

'78宮城県沖地震災害の教訓

＝実態と課題＝

宮 城 県

'78宮城県沖地震災害の教訓

＝実態と課題＝

発 刊 に あ た っ て

“1978年宮城県沖地震”あの恐ろしかった地震から早や2年の歳月が過ぎようとしている。

考えてみると、地震は遠い昔から人間の生活をおびやかしてきた。人間の知恵が向上し、科学や技術が高度に進歩しても、自然の途方もないエネルギーをコントロールすることは到底不可能であろう。私たちは自然の限りない恩恵を受けて生活していることに感謝するとともに、自然の底知れない恐ろしさを常に念頭におかなければならない。

私たちは、長い間、近代化・都市化のなかで、多くの機械文明などを安易に受け入れて、物の豊かさや利便性を追求するあまり、安全性を忘れ、災害への取り組みが弱かったことを反省しなければならない。あの都市型震災は、このような私たちの生活態度に対する一つの警鐘であったといえる。

科学は、あらゆる分野でめざましく進歩しているが、地震の予知対策はまだ十分といえないのが現状である。地震予知の確立が急務であることは当然であるが、それと同時に、私たち自身が災害に耐え得る生活力を身につけることも大事なことである。その意味で、今回の地震は、災害に強い生活環境、災害時の安全や生活手段の確保などについてもさまざまな教訓を残したといえる。

この終生忘れることのできない数々の貴重な体験を、今後の安全な県土づくりの指針とするだけでなく後世にもこの教訓を引き継ぎたいと考え、そのとりまとめを東北大学名誉教授河上房義先生を中心とする各分野の専門の先生方をお願いした次第である。

幸い、心よくお引き受けいただき、地震、地質、建築物、土木構造物、都市機能および県民生活についてそれぞれ解説と教訓を御提言いただいたことに対し、心から御礼を申し上げる次第である。

私は、先に発刊した「'78宮城県沖地震災害の概況（応急措置と復興対策）」、「'78宮城県沖地震災害の実態（住民等の対応および被害の実態調査報告）」と本報告書の3編をあわせて「'78宮城県沖地震白書」と名付けたいと思う。

この白書が、防災機関・県民の方々には勿論のこと、広く全国の関係者に活用され、災害に強い地域社会や防災都市づくりの一助となれば幸いである。

昭和55年3月

宮城県知事 山 本 壮 一 郎

は し が き

我々が1978年宮城県沖地震を経験してから、すでに1年10か月を過ぎようとしている。近代的な都市化された地域がかなり激しい地震を被って以来、宮城県知事はこの貴重な経験を「白書」の形で取りまとめ、広く全国の行政機関や民間事業所の防災に携わる人々の参考に供することを企画された。本書は、いわばその一部に該当するものである。

宮城県が本書を取りまとめるに当たり、我々数名の者、すなわち編集企画委員がそのお手伝いをするようになった。もとより、我々はそれぞれの専門とするところに関して地震防災の研究に携わる者ではあるが、行政機関や民間事業所の防災に携わる人々の参考に資する本書の取りまとめに当たるには必ずしも適任ではない。このようなことについては、宮城県の関係者に補っていただけたことを感謝している。

上記のように、本書は広く全国の行政機関や民間事業所の防災に携わる人々や有識者を対象として編集し、宮城県民に限らず、広く行政・産業・国民生活に防災上の参考資料を提供することを目的としている。このような本書の目的から、一般の防災に携わる人々や有識者に理解していただきやすいように、解説的な記述を付加した部分もある。また、本書を一般の地震防災の研究者の参考に供するには、本書の目的や紙数の制約などのゆえに、不十分な点も少なくない。これら研究者や防災業務の専門家のためには、重要な参考文献を掲げて、その足りないところを補うことにした。これらの原文献の執筆者にも感謝の意を表する。また、本書は別に記したように、企画委員以外にも多くの執筆者の手を煩わした。多忙な執筆者が短時日の間に執筆されたことについても併せて感謝する。

地震の直後から短時日の間に、実に多分野にわたりたくさんの報告が公けにされた。それにもかかわらず、地震後2年弱を経た今日の時点において本書を編集したのは、地震後、ある時間の経過した今日、改めて地震災害の実態を総合的に吟味・把握し、その貴重な経験に基づいて大規模地震に対する近代都市（住民生活も含めて）の防災上の諸問題への対応策や提言をまとめることが有意義であると考えたからである。本書がその企画の目的にかなえば幸いである。

最後に、編集企画委員が本書を編集するに当たって、格別に御世話になった宮城県震災対策室の皆さんに深甚な謝意を表する。

昭和55年3月

編集企画委員 代表 河 上 房 義

編 集 企 画 委 員

(五十音順, 敬称略)

河 上 房 義	東北大学名誉教授	(土質工学)
北 村 信	東北大学理学部教授	(地質学)
佐 武 正 雄	東北大学工学部教授	(構造力学)
志 賀 敏 男	東北大学工学部教授	(建築構造学)
高 木 章 雄	東北大学理学部教授	(地震学)
塚 本 哲 人	東北大学教育学部教授	(社会教育学)
藤 咲 暹	東北大学医学部教授	(病院管理学)
津 軽 芳 三 郎	宮城県総務部長	

執 筆 者 名 簿

(五十音順, 敬称略)

浅 田 秋 江	東北工業大学教授	III-4
阿 部 四 郎	東北大学教養部助教授	VII-3, 5
大 槻 憲 四 郎	東北大学理学部助手	III-3
岡 本 友 孝	東北大学教養部助教授	VII-3, 5
小 川 淳 二	東北大学工学部助教授	IV-6
尾 坂 芳 夫	東北大学工学部教授	V-3
河 上 房 義	東北大学名誉教授	I, IX-1~9
岸 野 佑 次	東北大学工学部講師	V-4, VI-2(3)~(5)
北 村 信	東北大学理学部教授	III-1, 6
佐 武 正 雄	東北大学工学部教授	V-5, 6 VI-2(1)(2)(7), 6
志 賀 敏 男	東北大学工学部教授	IV-1~3, 6~8
柴 田 明 徳	東北大学工学部助教授	IV-2, 5
高 木 章 雄	東北大学理学部教授	II-1, 3, 7 VI-1
塚 本 哲 人	東北大学教育学部教授	VII-5
中 川 久 夫	東北大学理学部助教授	III-2, 5
平 澤 朋 郎	東北大学理学部教授	II-2, 4, 5, 6
福 田 正	東北大学工学部教授	VI-2(6)
藤 咲 暹	東北大学医学部教授	VI-3, VII-2
柳 沢 栄 司	東北大学工学部助教授	V-2
吉 野 博	東北大学工学部助教授	IV-4

目 次

I 宮城県沖地震とその被害の概況	1
1 地震の概要	1
2 地震被害の総括	1
3 被害の概要	5
(1) 人的被害	5
(2) 物的被害	5
(3) 地震被害の主な影響	7
4 地震被害の特徴	8
II 地 震	15
1 過去の地震および津波被害	16
(1) 過去の地震および津波被害の分布	16
(2) 被害地震の特性	18
(3) 宮城県周辺の被害地震	20
2 地震のメカニズム	23
(1) 断層運動の型と等価点震源	23
(2) 標準的な断層運動	26
(3) 標準的断層モデルの問題点	29
3 地震予知	32
(1) 地震予知計画の発足	32
(2) 地震の先行現象	33
(3) 前兆現象に関する基礎研究	37
(4) 地震予知の実用化	41
4 東北地方の地震活動の特性	42
(1) 地震の空間分布	42
(2) 発生機構の一般的特徴	46
(3) 宮城県沖地震前の地震活動	50
5 宮城県沖地震の発生機構	53

(1) 前震・本震・最大余震の概要	53
(2) 余震分布	55
(3) 長周期地震波からみた断層モデル	59
(4) 断層運動の詳細	60
6 宮城県沖地震の強震動特性	63
(1) 震度分布と伝播特性	63
(2) 震源特性の最大加速度	66
7 宮城県沖地震と地震予知	71
(1) 先行現象	71
(2) 特別観測地域の指定	75
III 地形・地質・地盤と地震動	101
1 宮城県の地形・地質・地盤	101
(1) 宮城県の位置づけ	101
(2) 宮城県の地形・地質	103
(3) 地質学的にみた宮城県の地盤	109
2 沖積平野の特徴	110
(1) 沖積平野の成立	110
(2) 沖積平野の微地形と沖積層の関係	113
(3) 地盤としての沖積層	114
3 地震動と地盤	116
(1) 墓石転倒率からみた震動分布の概観	116
4 丘陵地の造成地盤と地震動	126
(1) 宅地造成地の被災概況	127
(2) 仙台市緑ヶ丘団地と白石市寿山団地の被害	128
(3) 宅地造成地の地震災害の原因	143
(4) むすび	145
5 地盤と建造物の被害	146
(1) 震度の異常分布	146
(2) 被害の分布	148
(3) 自然の斜面の崩壊	148

(4) 盛土・埋土の崩壊	153
(5) 沖積平野での震動による被害	157
6 ま と め	158
IV 建 築 物	163
1 被害概況	163
(1) 被害の特徴	163
(2) 構造的被害	164
(3) 内外装・設備の被害	164
(4) む す び	165
2 構造的被害	165
(1) 強震計記録	165
(2) 震害と地盤	170
(3) 鉄筋コンクリート造建物の被害	174
(4) 鉄骨造建物の被害	177
(5) 鉄骨鉄筋コンクリート造建物の被害	179
3 二次部材・内外装の被害	180
(1) 二次部材の被害	180
(2) 内外装の被害	181
(3) む す び	182
4 設備の被害	183
(1) 被害の傾向と特徴	183
(2) 被害の原因	189
(3) む す び	189
5 家具・機器類の転倒	191
(1) 住宅内の転倒被害	191
(2) 転倒の状況および対策例	192
(3) 転倒に伴う火災および障害	194
6 ブロック塀・石塀の被害	196
(1) 被害概況	196
(2) 被 害 例	197

(3) むすび	198
7 復旧	198
(1) 復旧の基本方針	198
(2) 仙台市立図南高等学校	199
(3) 宮城県立泉高等学校	200
(4) 仙台市長町公営住宅	201
(5) むすび	205
8 まとめ	206
V 公共土木施設および関連構造物	211
1 公共土木施設とその関連構造物の被害と復旧の概要	211
(1) 道路	211
(2) 橋梁	214
(3) 河川	216
(4) 港湾	218
(5) むすび	220
2 構造物被害と地盤との関連	222
3 コンクリート構造物被害の考察	227
(1) 構造物被害の特徴	227
(2) 構造形式に関する問題	233
(3) 支承および支承付近の構造	235
(4) 構造物の重要度	239
4 埋設管路の被害と対策	240
(1) 地中構造物の被害の概要	240
(2) ガス管の被害	243
(3) 水道管の被害	244
(4) その他の被害	246
(5) 今後の問題点	248
5 タンクの被害	249
(1) ガスホルダー	249
(2) 石油タンク	251

6 ま と め	252
VI 都市機能	255
1 都市機能の地震災害時の問題点	255
(1) 被災の特徴	255
(2) 都市機能と地震災害	257
(3) む す び	258
2 ライフラインの機能障害と復旧	259
(1) ライフラインについて	259
(2) 電 気	261
(3) 水 道	266
(4) ガ ス	269
(5) 下 水 道	273
(6) 道路交通	275
(7) 電話・電信	280
3 医療機能	284
(1) 医療施設の被害	284
(2) 診療機能の障害	286
(3) 施設・設備などの問題点	288
4 流通機能	289
(1) 仙台都市圏の物流の概要	289
(2) 輸送路の被害と影響	290
(3) 鉄道の被害と影響	293
(4) 事業所活動の状況	294
(5) 食料品流通の状況	296
(6) む す び	299
5 情報と管理機能の問題	299
(1) 災害と情報	300
(2) 宮城県沖地震と情報活動	300
(3) 情報活動の課題	304
6 ま と め	306

VII	個人生活	313
1	個人生活被害の概要	313
(1)	人的被害の概要	313
(2)	物的被害の概要	314
(3)	電気・ガスなどの生活機能の停止と県民生活への影響	317
(4)	生活必需物資の概要	320
(5)	地震情報と県民の対応	322
2	負傷者の状況	322
(1)	負傷者の発生	322
(2)	負傷者の対応	327
(3)	対策の考え方	331
3	個人住宅被害の状況とその対応	332
(1)	被害の地域的偏在	332
(2)	住民の特徴把握	334
(3)	復旧過程における問題	336
(4)	対策の考え方	339
4	生活必需物資の確保の問題点	341
(1)	生活必需物資に関する全般的状況	341
(2)	食料品の確保について	342
(3)	生活必需物資確保に関する教訓	343
5	地震情報と住民の対応	345
(1)	災害情報とパニック	345
(2)	被震中および被震直後の住民の心理と行動	347
(3)	住民の対応	349
VIII	産 業	355
1	商工業関係	355
(1)	被害状況	355
(2)	復旧対策	356
(3)	む す び	357
2	農業関係	358

(1) 被害状況	358
(2) 復旧対策	360
(3) むすび	360
3 林業関係	362
(1) 被害状況	362
(2) 復旧対策	362
(3) むすび	363
4 水産業関係	364
(1) 被害状況	364
(2) 復旧対策	364
(3) むすび	364
5 石油基地群および港湾の耐震性・安全性	365
(1) 石油コンビナート	365
(2) 流出油事故の概要と問題点	366
(3) 港湾施設	368
IX 防 災	371
1 地震の被害と地震動の関係	371
2 構造物や施設の耐震	372
3 災害危険度の予測と地震地盤図	372
4 諸学校における地震時の安全確保	373
5 情報・物資の供給とパニック	374
6 地震に伴う火災	375
7 負傷者とその救急医療	376
8 地震予知	377
9 防災教育	378
10 防災都市の建設にむけて	379
参 考	
宮城県沖地震関係文献一覧	

I 宮城県沖地震とその被害の概況

1 地震の概要

昭和53年(1978年)6月12日午後5時14分頃、宮城県金華山沖に震源のある顕著地震が発生した。気象庁の発表によると、震央の位置は、北緯38度09分、東経142度13分、震源の深さは約40kmであり、地震のマグニチュード(M)は7.4であるとされている。この地震は、1978年宮城県沖地震と名づけられた。

この地震の有感範囲は、最大有感距離が約800kmにも及び、東北地方を中心に、北海道から、関東、中部、近畿、中国地方にまで及んでいる。各地の震度およびその分布は表I-1-1および図I-1-1のとおりである。

この地震に際して、仙台管区気象台は6月12日午後5時21分、東北地方の太平洋沿岸に津波警報を発したが、太平洋沿岸で観測された津波の高さは14~22cmで、このための被害はみられなかった。

この地震の際に、かなりの数の強震計による加速度記録がとれたのも、この地震の一つの特

表I-1-1 各地の震度

震度	V: 大船渡, 仙台, 石巻, 新庄, 福島
"	IV: 帯広, 八戸, 秋田, 鷹巣, 盛岡, 一関, 宮古, 山形, 酒田, 白河, 小名浜, 水戸, 宇都宮, 熊谷, 前橋, 東京, 伊豆大島, 千葉, 銚子, 館山, 横浜
"	III: 釧路, 函館, 根室, 広尾, 浦河, 青森, 高田, 軽井沢, 河口湖, 甲府, 秩父, 勝浦, 静岡, 網代, 三島
"	II: 札幌, 岩見沢, 苫小牧, 室蘭, 新潟, 相川, 長野, 飯田, 諏訪, 名古屋, 津, 輪島, 彦根
"	I: 旭川, 小樽, 森, 留萌, 江差, 網走, 松本, 八丈島, 三宅島, 浜松, 御前崎, 敦賀, 豊岡, 西郷

(気象庁による)

徴といえる。これらの記録の詳細については後述されるが、仙台、塩釜、石巻などにおける地表や建物の1階床における最大水平加速度は250~440ガル程度の値を示している。地震動の最大加速度の値と震度との間には、はっきりした関係は確立されていないが、これらの加速度の値や構造物の被害の状況からみると、これらの地域では震度Vというより震度VIとみられるところもある。また主要動の継続時間は約20秒であった。

2 地震被害の総括

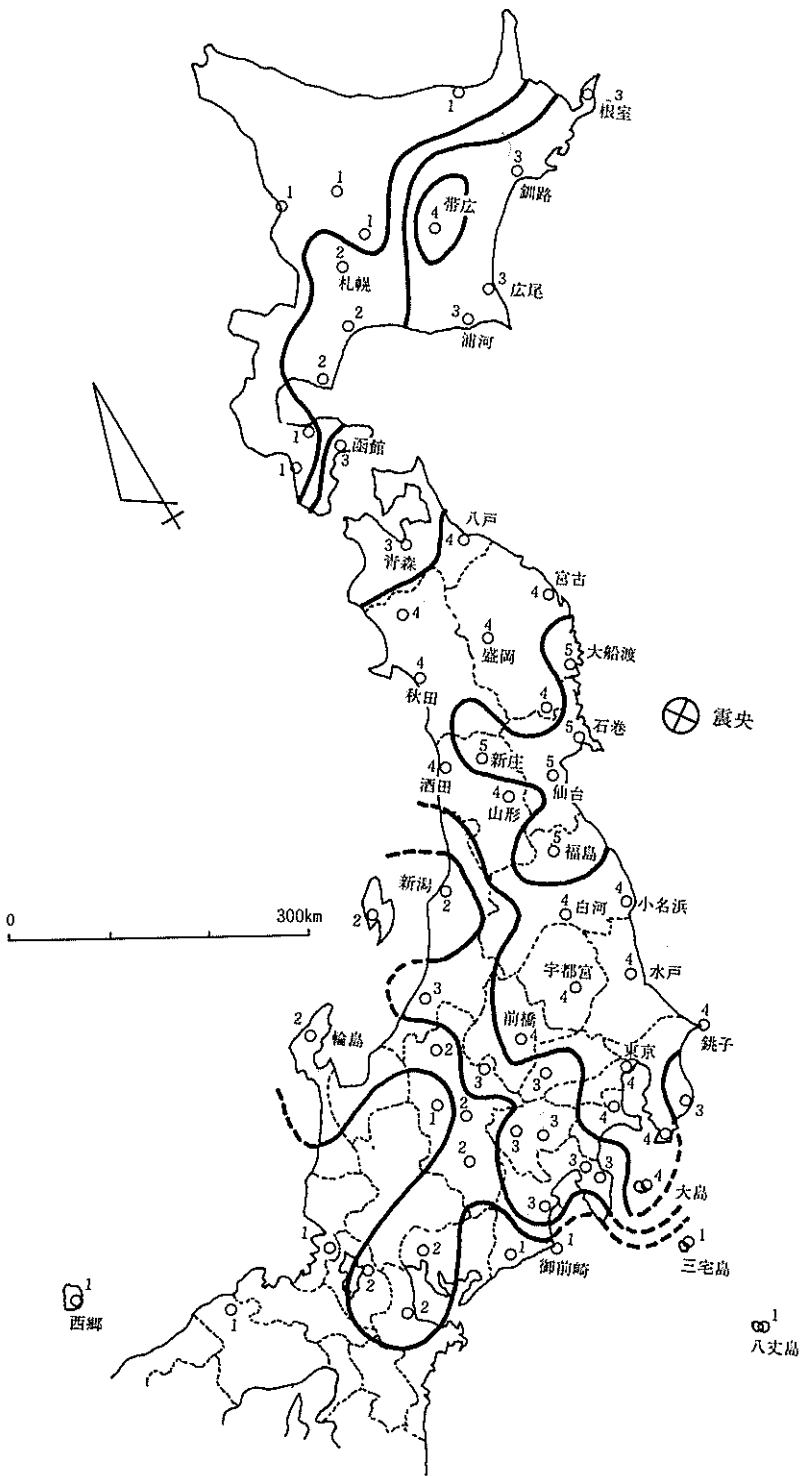
この地震に襲われた宮城県では、死者27人、負傷者11,000人弱、全壊家屋1,377戸を含む家屋の損

表 I - 2 - 1 1978年宮城県沖地震被害総括表

区 分		単位	数 量	被 害 額	備 考
人	死 者	人	27	千円	
	負 傷 者	〃	10,962		重傷者 262 人, 軽傷者 10,700 人
住 家	全 壊	戸	1,377	59,959,134	
	半 壊	〃	6,123		
	一部破損(浸水)	〃	125,375		床上浸水 3 戸, 床下浸水 2 戸 5,300 千円を含む
	非 住 家	〃	43,238	18,926,380	
	小 計	〃	176,113	78,885,514	
医 療 ・ 衛 生 施 設	病 院	棟	119	349,218	公立 47 棟 160,708 千円, 私的 72 棟 188,510 千円
	診 療 所 等	〃	194	40,600	公立 10 棟 9,500 千円, 私的 184 棟 31,100 千円
	医 療 機 器 等	件	735	205,509	
	水 道 施 設	箇所		1,733,399	工業用水, 広域水道を含む 64 市町村 2 広域水道
	清 掃 施 設	〃	37	1,292,377	
	その他の衛生施設	〃	34	1,643,463	
	小 計			5,264,566	
商 店	工 場 ・ 商 店		53,524	95,753,230	大 企 業 653 件 25,337,050 千円
	その他営業用建築物	棟			中小企業 52,871 件 70,416,180 千円
	小 計		53,524	95,753,230	
耕 地	農 水 田	ha	61.2	132,000	
	地 畑	〃			
	農 業 用 施 設	箇所	1,261	10,134,000	溜池 113 頭首工 20 揚水機 122 ほか
	小 計			10,266,000	
農 産 物	農 作 物	ha	834.2	277,873	
	共同利用その他施設	箇所	903	1,595,358	
	小 畑			1,873,231	
畜 産	家 畜 等	頭	1,844	2,851	
	畜 産 施 設	箇所	913	338,481	
	畜 産 品 等	件	3	3,575	
	小 計			344,907	
養 蚕	養 蚕 施 設	箇所	7	10,070	
水 産	漁 船	隻	21	3,550	

区 分		単位	数 量	被 害 額	備 考
水 産	漁 港 施 設	箇所	109	千円 2,493,000	外かく施設 26 箇所 けい留施設 70 箇所 輸送施設 13 箇所
	水産養殖・施設	〃	564	1,277,796	
	水 産 物 等	kg	286,880	78,307	
	漁 業 用 資 器 材	件	34	11,210	
	小 計			3,863,863	
林 業	林地・林道・治山	箇所	97	390,377	
	林 産 施 設	〃	81	459,970	
	林 産 物	件	6	12,888	
	小 計			863,235	
教 育 施 設	小 学 校	校	360	1,931,173	国公立 358 校 1,918,383千円 私 2 立 校 12,790千円
	中 学 校	〃	171	513,322	国公立 170 校 512,972千円 私 1 立 校 350千円
	高 校	〃	103	1,617,377	公 86 立 校 992,766千円 私 17 立 校 624,611千円
	そ の 他	箇所	353	3,287,192	国公立 153 校 1,357,534千円 私 200 立 校 1,929,658千円
	文 化 財	件	28	244,440	
	小 計			7,593,504	
公 共 土 木 施 設	道 路	箇所	2,154	5,005,793	街路 7 箇所を含む (10,875 千円)
	橋 梁	〃	236	5,715,705	
	河 川	〃	482	12,822,659	
	海 岸	〃	14	433,656	
	砂 防 設 備	〃	15	437,383	
	港 湾	〃	83	3,745,872	外かく施設 11 箇所 けい留施設 26 箇所ほか
	小 計	〃	2,984	28,161,068	
そ の 他	鉄道その他交通施設		17	7,062,165	国鉄分 6,300,000 千円 船舶 131,500 千円ほか
	電 力 施 設	〃		2,960,000	
	通 信 施 設	〃	2,660	850,000	
	社 会 福 祉 施 設	〃	212	604,967	
	都 市 施 設	〃	(4) 129	925,664	下水道 838,453 千円 都市公園 87,211 千円
	ガ ス 施 設	〃	190	947,000	
	そ の 他	〃	142,536	22,535,162	
	小 計	〃		35,884,958	
総 計				268,764,146	

図 I-1-1 1978年6月12日宮城県沖地震の震度分布



壊176,000戸余、港湾、道路、橋梁、河川などの公共土木施設、鉄道、電力施設、通信施設、上・下水道、ガスなどの都市施設、石油貯蔵施設などが著しい被害を受けた。その被害は表Ⅰ－２－１のとおりである。

３ 被害の概要

(1) 人的被害

宮城県内において発生した人的被害は表Ⅰ－３－１に示すように、死者 27人、負傷者 10,962人を数えている。

死者についていえば、27人の死者のうち約70%に当たる19人は、ブロック塀、石塀、門柱、記念碑などの倒壊や土砂崩壊に巻き込まれたことによって屋外で死亡したものである。また、家屋の倒壊や地震によるショックなどのために屋内で死亡した者は8人（死亡者の約30%）で、この数は全壊家屋数1,377戸に対して比較的少ないといえよう。

表Ⅰ－３－１ 宮城県広域圏別死亡者および負傷者

区 分 広域圏	死亡者(人)	負 傷 者 (人)		
		重 傷	軽 傷	計
仙 南 圏	6	13	40	53
仙 台 都 市 圏	20	191	10,225	10,416
大 崎 圏		15	193	208
栗 原 圏		5	18	23
登 米 圏		9	56	65
石 巻 圏	1	28	167	195
気仙沼・本吉圏		1	1	2
計	27	262	10,700	10,962

(2) 物的被害

この地震による物的被害の概要については、表Ⅰ－２－１のとおりであるが、そのうち住宅の被害は、全壊1,377戸、半壊6,123戸を数え、さらに一部損壊125,375戸を加えると132,875戸に達する。その他非住家の被害も43,238戸にのぼっている。これらの建築関係の被害の中には高層マンションや鉄筋コンクリート造の建築物も含まれており、被害総額は788億8,551万円にのぼっている。その被害は、仙台市および泉市に集中したほか、県北の石巻市、古川市、小牛田、田尻、米山、鳴瀬の各町でも30戸以上の全壊家屋がみられるなど、県内に広く分布している。これらの被害は、沖積平野の軟弱な地盤の地域と丘陵地帯に新たに造成された地域に多発している。今回の地震の場合、屋内の家財の倒壊が多かったにもかかわらず、地震発生の時刻が夕食準備時よりやや早かったことに

より、火災の発生件数は少なく、東北大学理学部および東北薬科大学の化学実験室における薬品による火災の発生、仙台市ガス局原町工場の有水式ガスホルダーの炎上を含めてわずかに11件であり、このうち民家の火災は2件にとどまっている。

今回の地震は、高度化した都市機能をもつ地域が罹災の中心であったので、交通関係の施設、生活関連施設、公共土木施設なども著しい被害を受けた。道路の被害は、路面に生じた亀裂や段差、陥没、土砂崩壊および橋梁の損壊などで、2,100箇所以上に支障を生じたが、主要国道および東北自動車道は1～3日後にほとんど開通した。しかし、北上川に架かる錦桜橋を始め236箇所に及ぶ橋梁の被害のうち、被害の著しいものについては復旧にかなりの日時を要した。また、宮城県内の交通信号1,106基のうち744基が主として停電のため機能障害を生じたが、地震発生の16時間後すなわち13日午前9時には94%が復旧した。

県内の国鉄も、築堤の変状など軌道関係の被害243件、橋台、土留壁、乗降場の変状などの被害26件を受け、線区によってはその復旧にかなりの期間を要した。また、東北新幹線は昭和56年の開業を目標に建設が進められているが、高架橋の橋脚躯体、ラーメンの支持柱および中間梁、PC橋の沓部などに多大の損傷があり、耐震設計および復旧工法について検討が行われた。

今回の地震の一つの特徴は、市民生活に重大な影響をもつ供給施設の被害が著しかったことである。電力では、二つの火力発電所の発電設備の一部が破損し、また、一次系変電所および配電設備が被害を受けて、宮城県全域のほか岩手、山形、福島各県の一部にわたる68万戸が停電したが、ネットワークの多重性を応用して短時日の間に復旧した。水道施設は、県内74市町村のうち64市町村と2広域水道の施設が被害を受け、その地域は広範囲にわたっている。都市ガスについては、仙台、泉、多賀城、塩釜、古川、石巻の各市で供給施設が被害を受けた。なかでも仙台市においては、原町工場のガスホルダーの崩壊炎上、供給管の損傷などのため、ガス供給が長期間停止し、県民生活に大きな影響を及ぼした。

上述した道路以外の公共土木施設も多く被害を受けた。河川関係では、国が直轄管理している北上川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川、県の管理している七北田川、梅田川を始め、市町村管理の河川を含めて、河口に近い沖積層地帯や旧河道敷などの軟弱地盤上の堤防や工作物が破壊され、被害の総計は482箇所、128億円に及んでいる。

港湾施設は、塩釜港（塩釜港区・仙台港区）、石巻港の重要港湾および七つの地方港湾で、岸壁、エプロン、荷役機械設備、臨港鉄道および道路が総計37億円に達する被害を受けた。仙台港区に立地している東北石油㈱仙台製油所では、石油タンク3基が亀裂破損し、約68,000ℓの重油などが流出し、この油の一部は防油堤を越え、製油所構内から港内海上にまで流出したが、オイルフェンス

によって港外への流出は阻止できた。

(3) 地震被害の主な影響

今回の地震では、人的および物的な直接の被害のみでなく、都市機能や住民の日常生活など大きな影響を受けた。これは被災地域の都市化が進んでいることを考えれば当然のことである。

今回の地震に際して、電力、水道、都市ガスなどの都市供給施設（ライフライン施設）の被害が都市生活の震災に対する脆さを示したことが一つの特徴である。電力については、被災地域で68万戸、本県では42万戸が停電し、不安な一夜を迎えることになった。しかし、地震の4時間後には岩手、山形、福島の一部の停電が解消したのを始めとして、ネットワークの多重性が応用されて復旧が進められ、約12時間後には77%の32万戸余が、38時間後の6月14日午前7時には完全に復旧するという迅速な作業がなされた。この停電によって、都市機能、市民生活、生産活動などにある程度の影響を生じたが、それほど大きなものではなかった。

都市ガスについては、多くの市民が熱エネルギー源として依存しているが、被害の多くが埋設管に生じたこと、ガス漏れによって二次災害を誘発する恐れがあるなどのため、全国各地の36社から延12,000人の作業員の応援を得て復旧に当たったが、仙台市以外の3都市では10～15日、仙台市では31日の日数を要し、市民生活に多大の影響を及ぼした。

水道施設の被害は、県内で64市町村、2広域水道の広範囲に及んだ。断水戸数は仙台都市圏における58,000戸を含めて、87,740戸に達したが、地震の翌13日には49%、15日には78%が復旧した。仙台市などでは全面通水までに10日を要したが、地下漏水の復旧が終了するまで1か月を要した。

電話については、1968年十勝沖地震の経験から耐震的考慮が払われていたこともあり、重要施設の被害による機能障害はなかったが、地震発生直後から仙台を中心とする市内および市外通話は異常輻湊状態になり、6月14日までRCIE（規制対地識別装置）による大規模な規制措置が適用された。

交通関係では、県内1,106基の交通信号機のうち744基が停電のため作動を停止し、かつ道路の損壊のため、道路交通の混雑や渋滞が続いたが、多数の警察官の出動による交通整理や電源車の出動で大きな混乱には至らなかった。国鉄は線路などの損壊のため、東北本線ほか多くの線区で列車の運転が中止されたが、常磐線、仙台以南の東北本線などは比較的早く6月13日に運転再開された。しかし、橋梁などに被害のあった線区では復旧に時間を要し、仙台以北の東北本線は6月18日、仙石線は6月21日、気仙沼線は7月7日に運転が再開された。

4 地震被害の特徴

今回の地震被害からみた若干の特徴を記すと次のとおりである。

- (1) 我が国では今回の地震と同程度の規模の地震を再三経験しているが、今回の地震の被害地域の中心には、人口63万人の仙台市という近代化、都市化の進んだ地域が含まれていた。もちろん、今回の地震被害の状況から、京浜や阪神地方のような巨大な都市化の進んだ地域が将来受けるかも知れない地震災害の様相を類推することは困難であろうが、それでも今回の地震は、人口や産業施設、あるいは各種の機能が集中している都市の受ける地震災害について、今までにない多くの教訓を残した。これが今回の地震を「都市型」とか、「都市直撃型」の地震というゆえんである。
- (2) 今回の地震の際、気象庁による「震度V」という認定をめぐり多くの議論があった。それは震度Vに相当する地震動に対して予想外に大きい被害を出したということで、より大きい震度の方が妥当ではないだろうかという考え方と、一方、今回の被災の大きさは震度V程度の地震動の強さに対し、近代都市のもつ脆弱性をあらわしたものであるという考え方があった。これらの議論は、震度が災害復旧に対する行政面の対応の基準となっていることも関係した結果であろう。ともあれこの震度に対する論議は、高度成長による近代都市が地震に対しその被災の様式の多様化、局所的地域性の差異によるもののあらわれと考えられるので改めて震度に対する行政面の対応についての見直しが必要であろう。

震源から発生した地震波は地表の各場所をゆさぶる。そのゆさぶりの大きさの程度を表わす尺度として震度が用いられている。よって震度がいくつであったかという時には必ずどこでそうであったかという場所が必要であり、また、その場所が一点でなく、地域を表わす場合にはその平均的な意味をもたなければいけない。もちろん、複雑な内容をもつ地震動の強さを震度という数字で代表させること自体かなり無理があることは当然である。

日本では、1949年当時の中央気象台(気象庁)が定めた震度階級が採用され、表Ⅰ－4－1のようにⅠからⅦまでの8階級に分けられている。震度階級は地震動の強さと相関がある現象を選び、小さい方では主として人体感覚、大きくなるにしたがい屋内の物体の挙動、建築物、土木構造物などの被害状況、自然界の地表に表われた変化などにより決められている。もちろん、人間などの感覚によらず、地震計の記録からその場所の加速度を求め、震度を決定するのが科学的であろう。しかし、人間の住む場所のすべてに地震計を備えることは現実的に不可能であり、人間の住んでいる至る所で人間の体感や建物の状態で震度を求めることができれば、それ

表 I - 4 - 1 震度階

気象庁震度階級 (1949年)		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X～XII
改正メルカリ震度階 (1931年)		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X～XII

気象庁震度階級 (1949年)			改正メルカリ震度階 (1931年)		
震度	名称	説明	震度	説明	
0	無感	人体に感じないで地震計に記録される程度。0.8以下	無感覚		
I	微震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震。0.8～2.5	I	地震計にのみ感ずる程度の地震、特に感じやすい状態にあるごく少数の人に感ずる程度。1.0以下	
II	軽震	大勢の人に感ずる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震。2.5～8.0	II	ビルの上層に静止しているような少数の人々にのみ感ずる。動きやすく作られた物体はゆらぐ。1.0～2.1	
III	弱震	家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電燈のようなつり下げ物は相当ゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震。8～25	III	特にビル上層の屋内で著しく感じ、止まっている自動車がわずかにゆらぐが、多くのものは地震と思わない。2.1～5.0	
IV	中震	家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花びんなどは倒れ、器内の水はあふれ出る。また歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外に飛出す程度の地震。25～80	IV	日中屋内の多数の人に感じ、皿、窓ガラス、扉などがゆれ、止まっている自動車のかなりゆらぐ。5.0～10.0	
V	強震	壁に割目のはいり、墓石、石燈籠が倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震。80～250	V	ほとんど全部の人に感じ多くの方は目がさめる。すわりの悪いものは倒れ、振り時計が止まる。10～21	
VI	烈震	家屋の倒壊は30%以下で山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震。250～400	VI	すべての人々に感じ、多くの方は驚いて屋外に飛出す。21～44	
VII	激震	家屋の倒壊が30%以上におよび山くずれ、地割れ、断層などを生ずる。400以上	VII	ほとんどすべての人が戸外に飛出し、すわりの悪いものや、設計のよくないものにはかなりの損害がある。44～94	
			VIII	堅ろうな建物にもかなりの損害があり、煙突、記念碑、壁などが墜落し家具が横倒する。また砂や泥などを多少吹出し、井戸水に変化がある。94～202	
			IX	堅ろうな建物にも損害があり、一部つぶれ地面に亀裂が著しく現われる。202～432	
			X	石工物の大部分破損、地面に亀裂多大、鉄道線路のわん曲。432以上	
			XI	残在建物が少なく橋りょう破損大亀裂	
			XII	あらゆるものが破壊、地表に波形が見られ、あるものは空中に投出される。	

注) 気象庁震度階級は日本で、改正メルカリ震度階は諸外国で使われている。説明欄の数字は地動の加速度で、単位は gal [cm/sec²]

なりに利点があり意味をもつ。各個人の得た体感を集めた時、また、複雑な被害状況に対して不確実なものが含まれるけれども、それらがたくさん集まれば意味のある分布が求められる。かつ、その分布はかなり系統的なものであり、地盤との関係も明瞭であるので、防災計画などの資料に大いに役立っている。

国際的にみると、それぞれの国の風俗習慣が違うので、その国の実情に応じた震度階が用いられているが、それを統一した形で世界的に適応能力をもった震度階というものが要望され、その要求にかなり適応したものとして改正メルカリ震度階が提案された。表 I-4-1 に示すようにこの震度階はその定義が精密で12階級に分けられている。日本では気象庁震度階級およびこの改正メルカリ震度階などを用い、最近の被害地震の震度分布について多くの報告がある。それらの結果をみると、地震の規模、地域、発生の季節、時刻、天候などによりかなり、その値に分散性が認められる。たとえば、大規模の地震では、震源からかなり遠い所でも、長周期の震動が卓越し、かつ震動継続時間が長いので、加速度が小さい割合に電灯や器の水が大きく揺れ、その一方、戸や障子などの鳴動が少ない。また、ゆれている時間が長ければ長いほど恐怖感が高まり、加速度が比較的小さくとも戸外に避難する傾向がみられ、晴天か否かによってまた避難する率が変わる。このように地震時の環境は震度判定にかなりの影響を与える。一方、今回の地震で注目すべきことは東北大学工学部建設系研究棟で1,040ガルという世界で初めての最大加速度の記録が得られた。以前であれば建物が破壊される値であり、今日における耐震設計の進歩を強く印象づけている。

このように耐震構造物を考慮せず、その被災面だけで震度を決めるとすれば、その震度は以前に比べ過少評価されることになる。さらに今回の被害の特徴として地域性の差異があげられよう。生活の智慧といおうか、長い間の経験に基づき形成された仙台市の旧市内はその直接的被害が比較的少なく、まさに「仙台は地震に強い」という言い伝えのとおりであったが、一方、高度成長とともに開発された旧市内の周辺域はその便利性、経済性のみを重視した人工造成などにより都市化された工業団地、住宅団地などであり、被害はそこに集中した。

このように被害の少ない地域と大きな被害を受けた地域との差が鮮明に分けられたことは、今回の地震のきわだった特徴であろう。震度について議論が生じた理由はここにあるわけである。一方、気象庁による一定の場所、一定の基準で震度を決定されること自体は問題でなく、むしろ、長期間にわたり同一基準で多くの地震に関するその場所の震度が決められることは、一つの標準値として学問的に貴重なものであろう。それにもかかわらず震度についての多くの議論があった。どこに問題点があるのだろうか。

震度は地震の際、もっとも一般的に扱われる基準で、被害の程度から推定される値である。したがって、加速度計を使用しない限り数値そのものは統計的に考えられるべきで、絶対的なものではない。震度を表わすのに小数点以下は使われないことも、また数少い場所の特別な値にのみこだわらないのもこの理由である。しかし、被災に対する行政面の対応は今まではこの震度を基準としているし、また、それ以外の判断の方法はみつからない。しかし、上述したように震度決定そのものにも地震の性質、発生時期、天候などによりかなりバラツキがあり、今回のような都市の被災の面からみた場合、宅地造成地の地震に対する体質の脆弱性、また、耐震設計の進歩にみられるような体質の強化など、一つの都市における被災の程度は一つの数値で表わされる震度では表現不可能で、その分散性はかなり大きい。さらに、今回の地震災害の特筆すべき特徴として都市生活機能のマヒがあげられているように、直接的被害だけでなく莫大な間接的被害を考えなければならない。行政面での被害に対する対応は、あくまで災害の復旧体制を準備することであり、その対応度の基準として従来震度が用いられていたが、都市型地震災害では、震度そのものの値の分散性および都市機能の被害を考慮し、被災に対する対応として単なる震度の値にこだわることは大きな誤りであろう。むしろ、震度というハードの面のみに重点をおいた行政側の被災に対する基準の見直しが必要であり、今回の都市機能のマヒによる大きな被災を考慮するような総合的基準をいかにするかということを早急に研究することが望まれる。

- (3) 今回の地震被害は、仙台市とその周辺地域および県北の大崎、登米地方に集中して発生し、住宅、都市供給施設、交通施設、生産施設、中低層の鉄筋コンクリート造の学校建築その他に多大の被害を生じ、その被害の様相もきわめて多岐にわたった。しかし、負傷者が多いにもかかわらず、人命の損害などは軽微であり、その理由は種々考えられるが、今回の地震の4か月前および直前にやや強い地震があったこともその理由の一つである。

すなわち、昭和53年2月20日午後1時36分頃、宮城県沖北部の北緯38度45分、東経142度12分を震央とし、震源の深さ約50km、 $M6.7$ の地震が発生し、東北太平洋沿岸地域を襲った。この地震による各地の震度は大船渡でV、宮古、盛岡、石巻、仙台、福島、小名浜、水戸、酒田ではIVであった。この地震の被害は県北の栗原、登米地方に集中し、家屋の損壊、道路の破壊が生じたが、仙台でも高層ビルのガラスの破損が多発し、デパートや商店の被害、水道の破損、鉄道の一時停止などの被害が生じ、地震災害に対する予備的な警鐘となった。

また、今回の地震の直前、昭和53年6月12日午後5時6分頃、前震とみられる $M5.8$ の地震があり、大船渡、宮古では震度III、仙台では震度IIであった。この地震も本震の被害の予防・軽

減に有効であった。

- (4) 今回の地震に際して、多数の強震計による観測記録が得られたのもこの地震の一つの特徴といえよう。これらの記録については後述するが、仙台の中心街の高層ビルの地下でも最大水平加速度が250～440ガルであった。このことから、鉄筋コンクリートや鉄骨造の建築に顕著な構造的被害を生じた仙台市東方の軟弱な沖積地帯では、地盤の最大水平加速度は300ガル以上であったと推定されている。

また、仙台市の西側丘陵地にある東北大学工学部建設系研究棟（鉄骨鉄筋コンクリート造9階建）の9階にある強震計が、南北（NS）成分（短辺方向）で、1,040ガルの最大水平加速度を記録したことは前述したが、建物内部で重力の加速度を越すような地震の最大加速度が記録されたのは世界で初めてのことであろう。

- (5) 人的被害についてこの地震による死亡者27人は、負傷者の総数10,962人と対比すると、その割合は他の顕著地震の場合に比べて著しく少ない。この死亡者は、仙台市などの住宅密集地域に多く生じ、そのうちブロック塀、石塀、門柱の倒壊によるものが16人も含まれている。これらの死亡者の多くは、戸外で活動していた子供や老人といった依存性の強い年代の者であった。一方負傷者は女性が多く、全体の65%を占め、年令は20～50才の主婦層が大部分であった。この年令の負傷者の負傷は、ガラスの破片や家具の転倒によるものおよび消火のための火傷が多かった。

- (6) 今回の地震被害、たとえば建物や都市供給施設、公共土木施設などの被害の状況をみると、地盤の特性の影響を強く受けているのは、既往の地震の場合と同様である。たとえば、集中的に被害を受けた仙台市およびその周辺地域についてみると、地盤の状況は次のとおりである。仙台市の旧市街地の大部分は、北部が高く、南部が低い4面の段丘面を有する広瀬川の残した扇状地の上に堆積した河岸段丘地帯で、厚さ5～10mぐらいの礫層からなっている。この地域の北東～北～西～西南方を半環状に山地および丘陵地が囲んでいる。また、旧市街地の東南側は仙台湾に面した沖積平野で、沖積層の着岩深度は－30～－35m程度、海岸付近では－60mに達している。この地域における被害は、新たに市政域に加えられた丘陵地に造成した住宅地と仙台市の東南に広がる軟弱な沖積地帯に多発しており、旧市街地の段丘地帯では被害は比較的軽微であった。

その他被害が集中して発生したのは、古川市を含む大崎平野、迫川流域および北上川下流平野で、これらはいずれも河川に沿って発達した沖積平野である。これらの地域の被害は、地盤の影響を被ったと考えられるものが少なくない。

- (7) この地震による火災の発生については、民家の火災発生件数が著しく少なく、また、延焼の例も少なかった。これは本震の８分前に前震があり、火の始末を行った家庭が多かったこと、本震の発生時刻が夕食準備時よりやや早かったこと、暖房を使用しない季節であったことなどによるものと考えられる。
- (8) 今回の地震被害は、被害市町村の財政規模や人口に対する割合、家屋の被害率などでみると、必ずしも他の顕著地震より大きいとはいえない。しかし、この地震の被害について社会的関心が著しく強かったのは、被害額や被害量のみでなく、被害の質が大きな意味をもっていたからであろう。
- (9) 今回の地震の場合、ガス、水道、電力などの都市供給施設の被害が大きな問題となった。これらの施設や各種の産業施設の被害の実態は、被害統計から読みとることはできない。地下に埋設されている供給施設の復旧は著しく困難で、かつ、都市ガスのように破損に伴って人命に危害を及ぼす二次的被害を生じるおそれのある施設については、急速な復旧が困難であり、また、市民の日常生活における依存度が高いだけに、その影響は、被害箇所数や被害額からみられるよりはるかに大きいといえる。このことは、都市型地震の場合、今回は大きな被害を生じなかった通信施設や下水道などの都市施設についても同様である。

参 考 文 献

- 1) 宮城県：'78宮城県沖地震災害の概況－応急措置と復興対策－（1979.12）

II 地 震

1978年6月12日午後5時14分ごろ、金華山東方約60km、深さ約40kmの海底下に1978年宮城県沖地震が発生した。その有感半径は宮城県を中心に北海道から近畿、中国地方に及び仙台、大船渡、石巻、福島、新庄では震度Ⅴ、その他東北地方、関東地方でも震度Ⅳが観測され、仙台市を中心に多大な被害をもたらされた。今回の地震の災害に関する特質は、すでに指摘されているように新しい都市型の被害態様がみられたことである。都市型震災としては関東大地震(1923年)、福井地震(1948年)、新潟地震(1964年)などについてその特徴的な被災の様式が解析されている。それによれば、地震による直接的被害は建築、構造物の倒壊、崖・土砂崩れなどがあるが、都市型震災として被害が波及拡大するのは地震火災、地震水害などが主体であった。

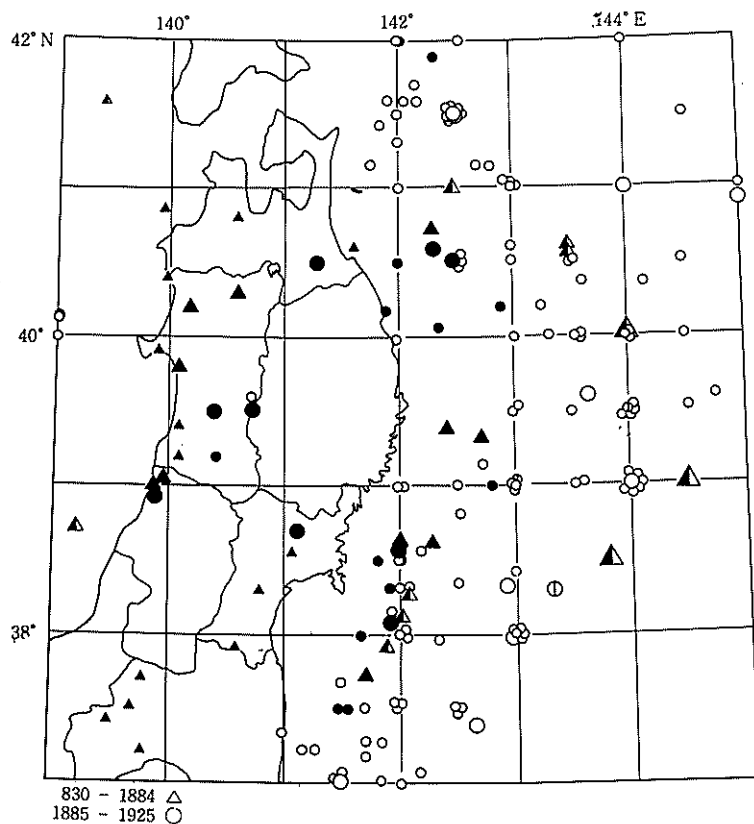
しかしながら、今回の地震に関してはその被災のパターンが従来の都市型とは異なり、家屋被害に関してはその地盤条件がかなり異なる最近開発された都市外縁部に集中し、また、負傷者の数は震度または死者の数に比較して異常に多く、さらに、地震直後には家族、知人の安否の確認のために通信網が輻湊し、緊急の救急通信、行政活動などに多くの支障がみられた。また、地震後長期にわたり、地域的には電気、ガス、水道の供給停止のため、これらの都市機能に依存している市民の生活に対する困難性が継続するなど、新しいさまざまな都市における被災の型がクローズアップされた。このように、都市開発に伴う地盤条件の複雑化、都市機能の高度化に伴い、地震に関する被害の多様化がみられたことが特徴的であり、複雑な機能により支えられている近代都市について、その地震防災の対策を考える際には、それぞれの地域の地震環境を的確に把握することが最も重要な課題となった。ここではまずその地震環境の基本となる過去における被害地震の分布、その地域的な発生様式、地震のメカニズムの一般的な特徴を述べる。続いて、今回の地震の発生機構とその強震動特性に検討を加えるとともに、地震予知に関する問題にもふれる。

1 過去の地震および津波被害

(1) 過去の地震および津波被害の分布

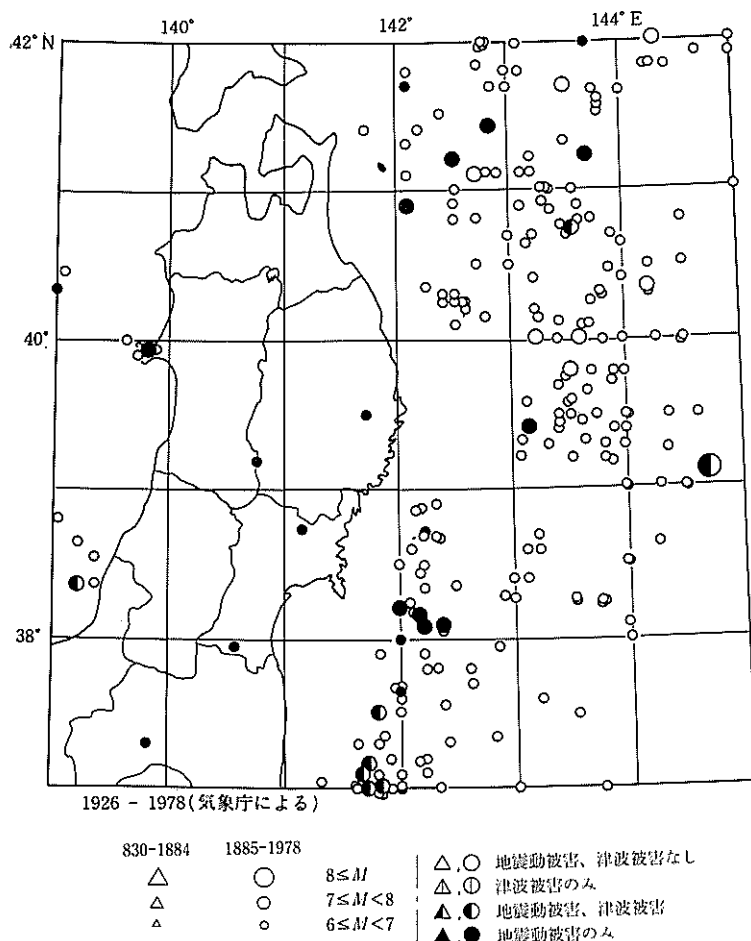
大地震は地域によって異なるが、数十年ないし数百年の間においてほぼ同一地域に繰り返し発生し、かつ地域別にみると大地震の発生過程や被害の状況には一定のくせ（パターン）があると考えられている。これらのことは、膨大な過去の資料の解析によりはじめて可能とされたわけで、歴史時代に戻り過去の地震資料を収集－整理－解析することは防災科学の面できわめて重要である。最近、宇佐美龍夫（1974）、宇津徳治（1979）などにより古文書の発掘、古資料の再調査などが積極的になされ、有史以来の地震資料について、その確実度、統一性を高める努力がなされている。とくに、一部あいまいさのあった明治、大正年間の震源要素についてはかなり信頼のおける資料が得られるに至った。図II-1-1および図II-1-2は、宇佐美・宇津および気象庁により得られた有

図II-1-1 被害地震およびM6の地震分布



注) 記号については図II-1-2を参照

図II-1-2 地震分布図



史以来の東北地方およびその周辺の地震活動分布図である。図II-1-1には、有史以来1884年までは宇佐美により、1885年～1925年までは宇津により再調査されたものが示されている。図II-1-2は、1926年～1978年までの気象庁による観測資料から得られた地震分布で、いずれの図にも M 6.0以上、深さ60km以浅のものが示されている。もちろん、二つの図は観測資料および古文書に基づいたものであるからその確実度について差はあるが、地震規模が統一されるなど従来に比し信頼性のある地震分布が得られたわけである。

図II-1-1の△印は1884年以前、○印は1885年～1925年の地震分布図である。黒くぬりつぶしてあるものは被害を伴うものであるが、被害の有無は人文的要素に関係するもので、古い地震は全部被害地震である。図II-1-2は、気象庁による過去53年間の M 6.0以上の地震分布図で、その検知能力から考えて、もれなくこの期間の地震活動度を示している。これらの図からわかるように、

その地震活動度の空間的分布は、有史以来ほとんど同じものと考えられ、大別して三陸沖からいわき沖にわたる海底下の地震区域、内陸の地震区および日本海沿岸に分布する地震区の三つに分けられる。第一は、太平洋海底下の地震活動地域で、青森県東方沖から三陸東方沖に至るほぼ南東～北西に並ぶ三陸地震区と、宮城県～岩手県境の沿岸から福島県沖にはほぼ海岸に平行に走る地震区であり、本邦で最も地震活動度の高い地域であることが理解される。よって、その活動の繰り返し時間は比較的短く、三陸海溝に近い地震区では $M8$ を超える巨大地震が歴史上何回か知られている。また、沿岸に近い地域では $M7.5$ 前後の地震が発生しており、後述するように、発生様式にも明らかな差が認められる。また、岩手県沿岸には観測開始以来 $M7$ クラスの地震が発生していないことも特徴的であろう。

一方、内陸および日本海沿岸地域については、三陸～いわき沖に比較してその活動度はかなり低く、かつ最大のマグニチュードも 7.0 前後で、繰り返し時間も数百年の程度で考えられているが、現在の活動度の低いことは留意されるべきで、かつそのほとんどの震源が内陸であるからいわゆる直下型地震であり、地震防災についての対策は今後の課題であろう。

東北地方およびその周辺の地震活動の時間的推移については多くの議論があり、その規則性の存在が、みられるという主張もあるが、あまり明確ではない。しかし、 1600 年代以降長期的にみると地震活動の変動が存在することは否定できず、大地震の前に地震活動が活発化するとか、続発的な活動があることは特徴的であろう。三陸沖に関しては、 1650 年～ 1730 年、 1760 年前後、 1850 年～ 1860 年、 1900 年前後、 1930 年代、 1968 年などが地震活動の活発期であった。これらの活動期の一つ一つの群に着目すると、時間的推移について一つの方向性が存在するように見え、その活動が南方に、あるいは海溝寄りに移動することもあるが、必ずしもその例が多いとはいえない。内陸および日本海沿岸に関しても、約 50 年の期間を単位として考えれば続発性の存在は否定できない。 1600 年後半、 1800 年前後、 1900 年前後などにその特徴がみられる。このように時間的推移の特性は明瞭とはいえないが、続発的な群をなすこと、大きな地震の前に活動度が高くなることなどが定性的には明らかとなったから、今後さらに、高精度・高密度の観測によりその特性を明らかにし、長期的予知のための努力がなされるべきであろう。

(2) 被害地震の特性

次にそれぞれの地域における地震発生の様式について検討してみる。

図Ⅱ－１－１、図Ⅱ－１－２を詳しく調べると、太平洋地域の海底下に発生する大地震に伴う被災の様式には海溝側と沿岸域とで大きな差異がある。すなわち、沿岸近くに発生した地震は地震動

による災害が大きく、津波被害はほとんどなく、あっても小被害にとどまる。しかし、海溝近くに発生した大地震に伴う被害は地震動に関してはあまり大きくなく、津波による被害が特徴的である。これは震源地と被災地との距離に関係し、沿岸に起こる地震はその距離が近いため地震動の減衰が小さいから地震動災害が大きく、また、一般的にその震源の深さが約40kmぐらいであるため、地震断層による海底地形の変化が少なく、津波を起こし得ない。また、海溝に近い大地震は震央距離が大きいため地震動は小さいが、震源の深さが浅いため海底地形の変動が大きく、その結果巨大津波を発生すると考えられよう。しかし、この一般的な説明で十分であろうか。1896年6月15日の明治三陸津波といわれる大津波被害（岩手県、宮城県、青森県で死者26,360人、流出家屋9,879戸）をもたらしただけの海底地震は、昭和8年3月3日の三陸地震（ $M8.3$ ）と比較し規模は小さく、最近の研究によれば、 $M6.8\sim7.0$ である。一方、津波の波高は、表Ⅱ－1－1のとおりであるが、地震規模がそれぞれ6.8～7.0（1896年）、8.3（1933年）にかかわらず津波の波高は1896年の場合きわめて大き

表Ⅱ－1－1 三陸津波の波高

地 名	1896年三陸津波	1933年三陸津波	地 名	1896年三陸津波	1933年三陸津波
岩手県種市町八木	10.7m	6.0m	岩手県三陸町吉浜本郷	24.4m	9.0m
久慈市小袖	13.7	8.2	三陸町越喜来浦	9.8	3.2
野田村玉川	18.3	5.8	浜		
普代村大田名部	15.2	13.0	三陸町綾里白浜	22.0	23.0
田野畑村羅賀	22.9	13.0	大船渡市細浦	6.7	3.1
岩泉町小本	12.2	13.0	陸前高田市泊	7.6	4.5
田老町田老	14.6	10.1	宮城県唐桑町只越	8.5	7.0
宮古市磯鶏	6.1	4.5	本吉町大谷	5.2	3.0
宮古市姉吉	18.9	12.4	歌津町石浜	14.3	7.6
山田町山田	5.5	4.5	志津川町志津川	2.1	1.7
山田町船越	10.5	6.0	北上町相川	4.6	4.8
大槌町波板	10.7	5.5	雄勝町荒	8.8	10.0
釜石市小白浜	16.7	6.0	女川町女川浜	2.7	2.4
			牡鹿町鮫浦	3.1	4.8

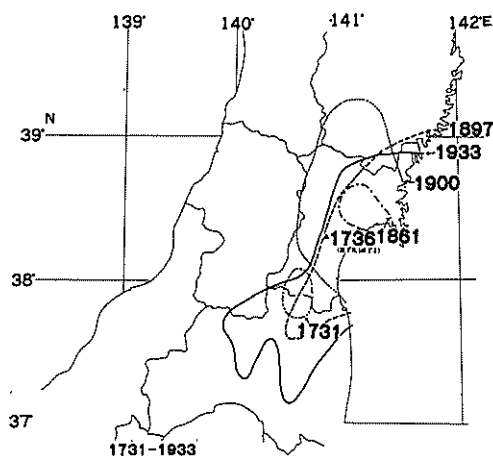
かった。もちろん地震動による震害はなかった。このような現象はその震源域における地震の発生過程の特性によるものと考えられよう。金森博雄は、同じ大きさの断層面を持つ地震断層の運動の時間変化の違いにより、三つの型の地震の発生についてモデルA、B、Cを考えた。地震Aは断層面ですべりを開始してから比較的短時間（1～10秒）ですべての運動が終了し、最終のずれの大きさがDとなるものである。地震Cはすべり開始よりきわめてゆるやかに運動し、同じ最終値Dに達するには長い時間（1日ぐらい）がかかるものとする。地震BはAとCの中間的なものである。D

の値は地震（すべり）前後の地殻変動の大きさを表わすもので、地殻変動の大きさから考えれば上記の三つの地震は同じマグニチュードになるはずである。断層のすべりにより地震波が発生するが、その場合、地震AはCに比較しより大きな短周期の波を発生する。もし、短周期の地震波だけでマグニチュードを比較すれば、地震Aは地震Cよりかなり大きな値をもつであろう。この考えを基にして、金森はA、B、C型の地震の特徴を次のように区別した。A型地震は急激に破壊が生じ、短周期の波を強く発生する地震動災害の大きさに関係する地震であり、地震Cは地震波の発生が少なく地殻変動がゆっくり進む型のものである。B型地震はA型に比べ長周期の波が卓越し、構造物などに与える影響はA型と異なるもので、海底下にこの型の地震が発生すれば、地震動の大きさに比し、大きな津波が長周期変動によって引き起こされる特徴を有している。実際に三陸海溝付近に発生する地震は、群発性を呈し、かつ地震記録がP、S相とも不明瞭なことが多く、ゆるやかな波の振動が長く続く特徴があり、津波地震の発生の条件をもつ地域と考えられよう。一方、沿岸近くの地震はほとんどがA型と考えられるから、地震防災を考える場合にはとくにそれぞれの地震の地域性を考慮しなければならない。

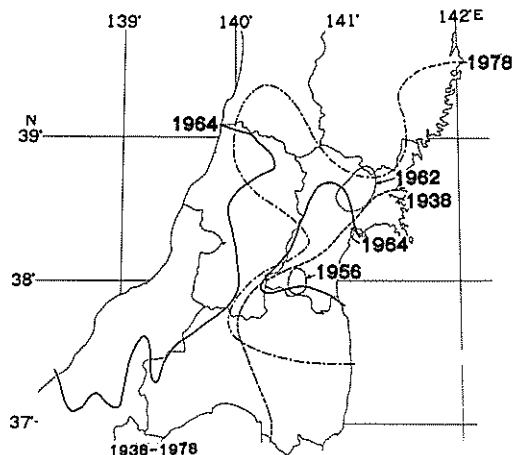
(3) 宮城県周辺の被害地震

宮城県の大地震に対する震災対策を考える場合には、この地域の過去における被害地震を調べる必要がある。また、今回の地震においては平均的には震度Vの地震動の強さであったが、くわしい加速度などの調査によれば、都市地域の拡大に伴う各種の地盤条件があり、それが被害分布と強い相関があるため、震度分布は単一的でないから、今後の対策のために、過去に経験した震度Vを下

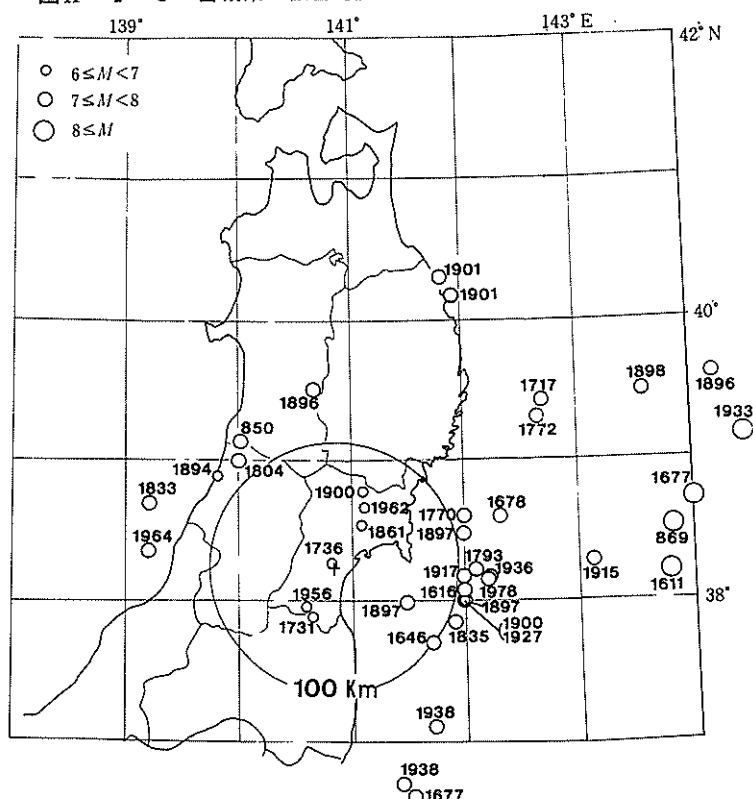
図II-1-3 宮城県の被害地震の震度V分布図



図II-1-4 宮城県の被害地震の震度V分布図



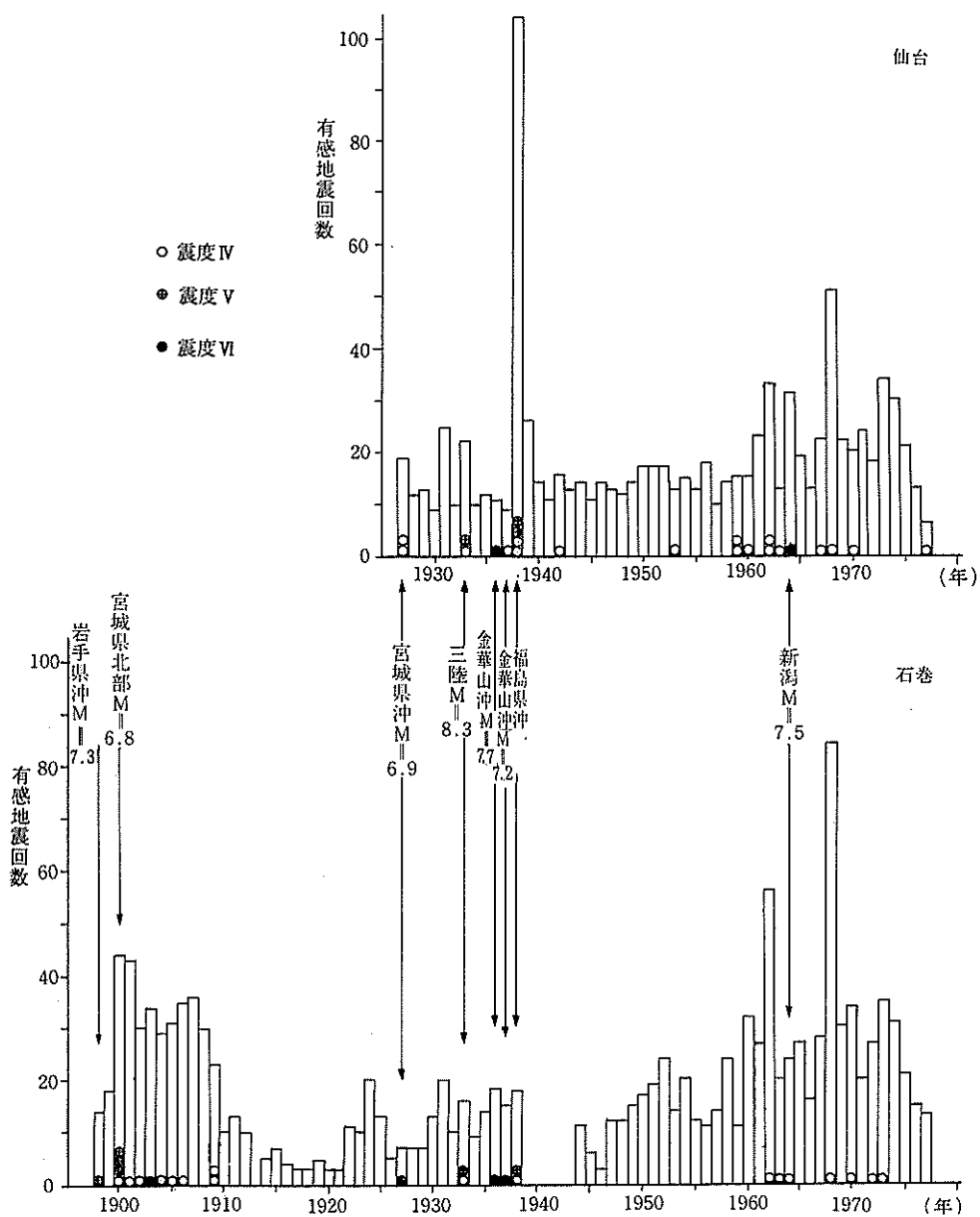
図II-1-5 宮城県被害地震



限として地震環境を調べることが望まれる。図II-1-3および図II-1-4は宮城県を中心にそれぞれの地震の震度Vの分布図であり、その震央は図II-1-5に示されており、それらの被害については資料(IIの本文末に記載)に示されている。これらの図から地震に対する地盤の良否が明らかに認められ、仙台平野、宮城県北部などは防災の面で特別な対策が必要である。この地域的な特性とともに震災対策上重要なことは被害地震の再来年数の見積りであろう。図II-1-6および図II-1-7は特定用地質調査事務所で仙台および石巻の気象官署の資料を用い、有感地震回数の年別推移および各震度に対する再来年数を調べたものである。これは有感地震回数の年別データを基にして観測期間に得られたある震度以上の総発生回数を調べ、平均的再来年数を求めたものである。仙台、石巻とも震度V以上が期待される再来年数は平均的に約10年であることがわかる。しかし、図II-1-6で明らかなように震度V以上を与えた地震は上述したように1900年前後、1930年代に集中していることがみられ、規則的に約10年に1回発生しているわけではない。宇佐美龍夫、勝又護は同様な資料を基にして一定期間の期待地震回数を調べた。それは震度の度数分布を解析したもので、観測所ごとに震度別地震回数を

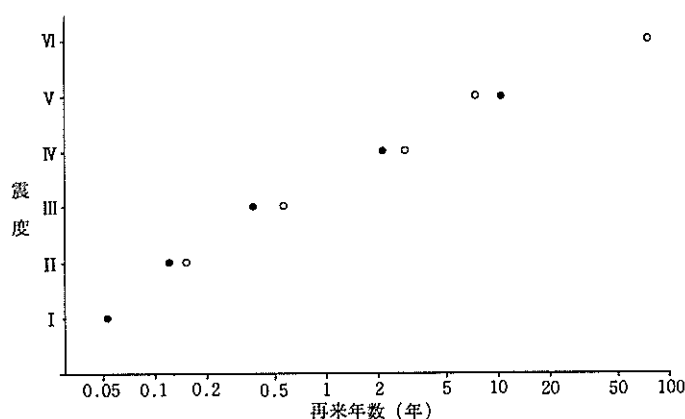
$$\log n(I) = a - bI \quad ; \quad a, b \text{ 常数}$$

図II-1-6 有感地震回数の年別推移



図II-1-7 震度別再来年数

記号	地点	統計期間	震度別有感地震回数						
			I	II	III	IV	V	VI	総数
●	仙台	1927～1977年 計51年間	581	282	90	18	5	0	976
○	石巻	(1898～1938年) 計75年間 1944～1977年	938	354	107	17	9	1	1426



という式で示されると考え、石巻69年間、仙台45年間の震度別地震回数をを用い、最小自乗法により a 、 b を求めた。 a はその地点の地震活動度を代表するものと考えられる。

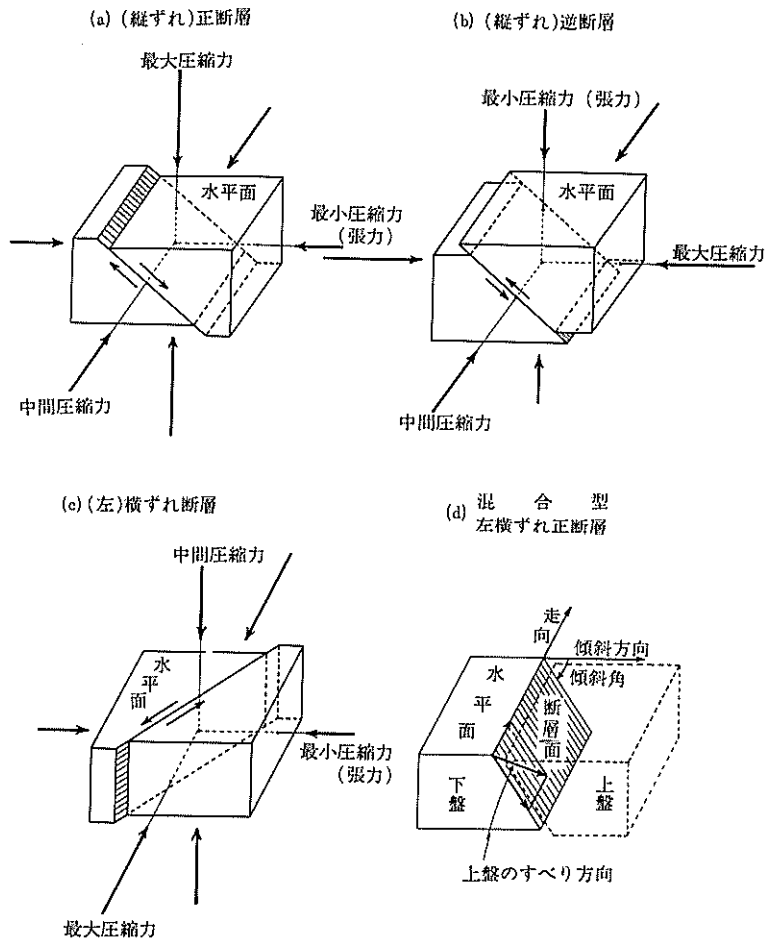
この結果によれば、石巻、仙台においては100年間における震度Vの期待地震回数は、それぞれ8.0、13.0であり、平均的に約10年に1回である。しかし、図II-1-6に示されるように、金華山沖あるいは宮城県沖地震に対する仙台、石巻の地盤の応答（有感地震回数など）と福島県沖地震に対するそれとは明らかな差異があり、それは地震の発震過程によるものか地震波の経路によるものか現在明らかでないが、仙台周辺の震災対策を考慮する場合には宮城県沖地震のみならず福島県沖地震の性質を詳しく調べることが望まれる。

2 地震のメカニズム

(1) 断層運動の型と等価点震源

地球内部の任意の深さにおける応力場は、第一近似として静水圧の場と考えてよい。その強さは、その深さの上にある岩石の重量にはほぼ等しい。しかし、場所によっては無視できない程度の静水圧からのずれ、偏差応力が存在する。その原因は、ユーラシアプレートと太平洋プレートといったプレート相互の間に働く大規模な造構造力（テクトニック・ストレス）や、密度分布の水平方向の不

図II-2-1 断層運動の型



均質性などに基づく比較的局所的な力である。このような偏差応力が地殻およびマントル上部を構成する岩石の脆性的なすべり破壊（断層面に沿う急激なすべり）をひき起こし、同時に地震波を放出する。これが地震現象である。このことは、浅い大地震に伴って地表に現われた断層沿いに地面のくい違いがみられることや、地震波の精密な解析から確かめられている。

このように地震は急激な断層運動であるが、地表面を基準にして断層運動には二つの基本型がある。断層面内にあるすべり方向が断層面の走向（図II-2-1(d)）に直交する場合は純粋な縦ずれ断層である。図II-2-1(a)のように上盤がずり落ちる場合を正断層、同図の(b)のようにずり上る場合を逆断層という。すべり方向が断層面の走向に平行な場合が純粋な横ずれ断層である。図II-2-1(c)のようにすべりの向きが上からみて左まわりの場合を左横ずれ、逆の場合を右横ずれという。一般には、図II-2-1(d)のように、断層面上でその走向とすべり方向とのなす角(slip angle)

が任意の値をもつ混合型になる。断層運動は断層面の傾斜方向 (dip direction; 通常北から時計回りにはかられる) と傾斜角 (dip angle), そして slip angle の三つの量で記述される。ところが, slip angle に必要な断層面の走向には, 正負の向きが定義されないことが多い。そのため, 断層運動を一意に指定するには, これら三つの量の値とともに「左横ずれ正断層」といった表現を付加する必要がある。

このような断層運動に伴って, 射出方向によって振幅の異なる P 波と S 波が励起される。P 波の射出方向に関する振幅分布の特徴は 2 枚の節平面に表わされている。すなわち, その平面内にある射出方向には P 波は励起されない。2 枚の P 波節平面の一つは断層面であり, 他は断層面とすべり方向の両者に直交する平面である。この互いに直交する 2 枚の節平面によって空間は 4 領域に分割されるが, 隣接する領域における P 波初動の向きは反転している。この性質を利用して, P 波初動の向きの観測データから 2 枚の節平面の傾斜方向と傾斜角を決定することができる。一方, S 波に関しては振幅がゼロとなる平面は存在しない。しかし, その振幅の規則的な指向性を利用して, 地表で観測される S 波初動の振動方向から 2 枚の P 波節平面を決定する (メカニズム解を求める) ことができる。

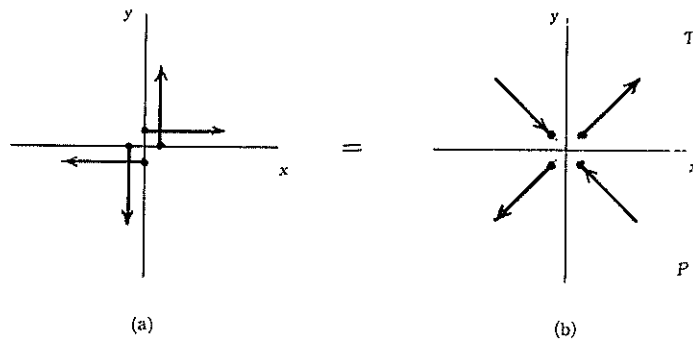
この S 波の振動方向は地震計の水平 2 成分の記録振幅の比から計算される。したがって, 補正しにくい伝播経路の種々の影響の多くが相殺され, P 波初動の向きとともに, きわめて安定な観測量とみなせる。換言すれば, これらの観測量から得られるメカニズム解の信頼度は, もちろんデータの質と量にもよるが, 比較的高いと考えてよい。しかしながら, これらの観測量だけから, いずれの P 波節平面が断層面であるかを知ることはできない。その識別には, P 波あるいは S 波の振幅を直接利用する, より高度な波形解析が必要となる。あるいはまた, 余震分布などの他の情報が必要である。弾性体内の任意の応力場は, 互いに直交する三つの主軸方向の応力の主値で表わすことができる。前出の図 II-2-1 には, すべり破壊における断層面あるいはすべり方向と, 応力の主軸方向との関係が模式的に示されている。とくにすべりやすい面や方向がない場合には, 中間主応力軸 (中間圧縮力の方向) は断層面内にあるすべり方向と直交する。さらに, すべりに際して摩擦が働かないとすれば, 最大主応力軸 (最大圧縮力の方向) は断層面と 45 度の角度をなすはずである。実際には多かれ少なかれ摩擦が働くので, この角度 (破壊力学などでは破壊角と呼ばれている) は 45 度より小さい。しかし, 地球内部構造の複雑さや観測データの精度などを考えて, 通常はこの角度を 45 度と仮定し, 2 枚の P 波節平面の傾斜方向, 傾斜角から応力の主軸方向を算出している。

それぞれの主軸方向の主値から, 三つの主軸方向の主値の平均値を引きさった量はその方向の偏差応力の主値である。この偏差応力に注目するとき, 最小圧縮力は張力になっている。このことか

ら、最小主応力軸をしばしば張力軸と呼び、最大主応力軸を簡単に圧力軸と呼ぶ。また、中間主応力軸の方向にはP波とS波のどちらも励起されないで、それを null 軸ということがある。このように、P波とS波初動の観測データから、近似的ではあるが、地震をひき起こした力の方向を知ることができる。

前述のように、地震は有限な広がりをもつ破壊面に沿う急激なすべり現象であるが、その広がりに比し十分波長の長い地震波を考える限り、震源として一点に集中した実体力を想定することができる。図II-2-2に2種類の実体力の組み合わせが示されているが、この両者は全く同等な点震源モデルであることが数学的に証明される。図の(a)は x 軸と y 軸方向におかれた偶力の組み合わせである。個々の偶力は回転のモーメントを有するが、二つ合わせて打ち消している。一方、(b)はモーメントをもたない双極子の組み合わせである。 x 軸と45度の角度をなす P 軸と T 軸はそれぞれ前述の圧力軸と張力軸に対応する。なお、これらのモデルで $x=0$ と $y=0$ 面がP波節平面である(点震源では断層面か否かの区別はない)。このように、長周期波にとってすべりに等価な点震源は図II-2-2の(a)または(b)である。逆に、有限な広がりをもつ断層面上のすべりを数学的に表現するには、この点震源を断層面のすべり領域全体に分布させればよい。

図II-2-2 断層運動に等価な点震源



矢印は力の向きと大きさを表わし、(a)と(b)の力型は等価である。 P は主圧力、 T は主張力を意味する。

(2) 標準的な断層運動

地震に際して出現した断層として有名な例は、1891年に発生した $M8.0$ の濃尾地震による根尾谷断層系である。それは岐阜県南部を北西から南東に80kmにわたって横切り、根尾村の水鳥部落では上下方向に6m、水平方向に4mもの変位のくい違い、断層崖が出現した。現在特別天然記念物に指定されている。外国では1906年のサン・フランシスコ地震($M8.3$)が有名で、300km以上

の長さのサン・アンドレアス断層が出現して、最大6.4mの右ずれのくい違いを生じた。さて、このように大きな広がりをもつ破壊面の全域ですべりが同時に発生するわけではない。すべり破壊は微小面積部分に発生し、有限な速さで周囲に拡大していく。その速さ（破壊速度）はS波速度の70%ぐらいであり、浅い地震で2～3.5km/sec程度である。

破壊領域の一方の端近くから破壊が開始した地震の例は比較的多い。そのような場合、破壊の進行方向の地震波振幅は大きくなる。つまり、前述の点震源による指向性に、破壊が伝播することによる指向性がさらに付加される。この指向性は短周期の波ほど顕著であり、破壊の伝播方向ではその反対方向に比し大きな波動エネルギーを受けることになる。この性質を利用して、波形解析から破壊領域の広がりや破壊速度を推定することができる。もっとも、この破壊域は本震発生後の比較的短期間の余震域にはほぼ等しいことが知られており、余震域から本震の破壊域を推定するのが簡便かつ有効である。

地震のマグニチュード(M)は記録紙上の最大振幅の対数に、地震計や震央距離などの適当な補正を施して求められる。その推定法の容易さから、マグニチュードは地震の大きさ、規模を表わす尺度として大変便利な量である。実際、地震が放出する波動の全エネルギーを E_s (単位は erg) とすると、

$$\log E_s = 1.5M + 11.8 \quad \cdots \cdots \text{数式 1}$$

という、いわゆる Gutenberg—Richter の式が経験的に求められており、これよりマグニチュードが地震の大きさの実用的な尺度として適当であることがわかる。しかし、より厳密な議論をするときには、これが必ずしも適切な量であるとはいえないのである。実は、マグニチュードを求める具体的な方法にはいろいろあって、周期20秒前後の表面波の最大振幅を利用する表面波マグニチュード(M_s)、短周期地震計による実体波の最大振幅と周期の比に基づく実体波マグニチュード(m_b)が代表的なものである。また、日本の気象庁は独自の方法で表面波マグニチュード系統のマグニチュードを求めており、気象庁マグニチュードと呼んで区別することもある。いずれの方法においても簡便さを重んじたマグニチュードの決め方をしており、断層運動の特性を表わすパラメーターと理論的に関係づけることが難しい。なお、同一の地震に対する表面波マグニチュード(M_s)と実体波マグニチュード(m_b)はかなり異なった値を示すので、両者を区別しないと実用的にも混乱を起こす。ここでは、とくに断らない限り気象庁マグニチュードないし表面波マグニチュード系統のものをを用いる。

上記のような理由から、地震の大きさを表わすより厳密な尺度が必要となり、地震モーメント(M_0)が導入された。これは、図II-2-2(a)に示されたすべりに等価な点震源モデルの要素である単一偶力のモーメントを表わしており、

$$M_o = \mu S \bar{D}$$

$$= k \Delta \tau \cdot S^{3/2} \dots\dots\dots \text{数式 2}$$

μ = 剛性率

S = 断層の面積

$\bar{D}$ = 平均的なすべり量

$\Delta \tau$ = すべりの発生前後のせん断応力の差すなわち応力降下量

k = 断層の形できまる無次元定数

によって断層パラメーターと関係づけられる。数式2の第一式はむしろ地震モーメントの定義式と考えてよいが、そこには断層運動の動的な特性が陽には入っていない。これから理解されるように、理論的には地震モーメントは周期無限大の極限における地震波スペクトル密度から決定されるべき量である。繰り返して述べれば、地震モーメントは、周期20秒程度の地震波スペクトル密度を反映する表面波マグニチュードや、同様に周期1秒程度を反映する実体波マグニチュードとは異なった地震の大きさの尺度である。

しかしながら、地震モーメントには、定義が明快であっても断層運動の動的特性が十分に反映されていないという欠点がある。別な表現をとれば、震源の動的特性が地震の大小にかかわらずほぼ一定でなければ、大きさの尺度として不適当だということになる。この点について多くの地震のデータを用いて統計的に検討されている。その結果によれば、標準的な浅い地震を考える限り、動的特性を表わす破壊速度、すべり速度（断層面を境にして両側の物質がすべるときの相対速度、応力降下量に依存する）、そして応力降下量はほぼ一定と考えてよい。したがって、普通地震の大きさは断層の広がり、たとえば断層の長さでスケイリングされ、断層の幅やすべり量は断層の長さに比例する。これを支持する統計として、

$$\left. \begin{array}{l} \log M_o = 1.5M + C_1, \\ \log S = M - C_2 \end{array} \right\} \dots\dots\dots \text{数式 3}$$

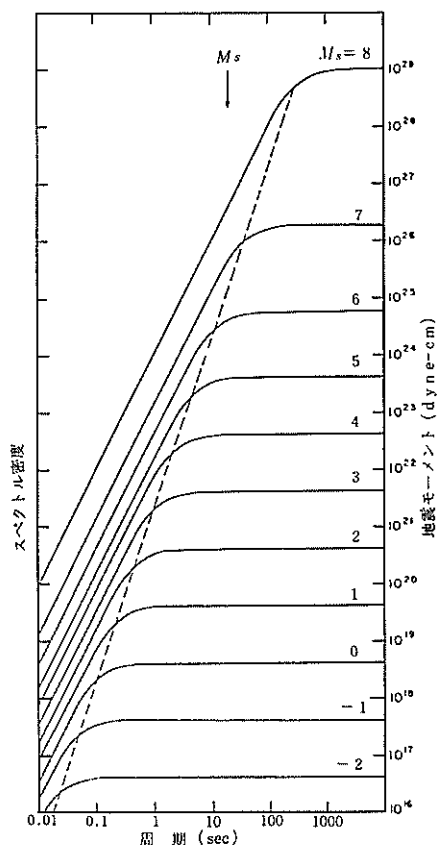
C_1, C_2 は定数（より一般的には応力降下量の関数として表わされるべき量）。統計によって多少異なるが、 $C_1 \approx 16, C_2 \approx 4$ である。

M_o の単位は $\text{dyne} \cdot \text{cm}$, S の単位は km^2

なる関係式が経験的に得られている。また、比較的大きな浅い地震の平均値として、応力降下量は約60bar、破壊速度は前述のとおりS波速度の約70%である。

このような地震の大きさのスケイリングに対応して、地震波スペクトルのスケイリングを断層モ

図II-2-3 地震波のスペクトルのスケイリング



横軸は周期(秒), 縦軸は地震モーメントあるいはスペクトル密度の相対値を表わす。

デルから導くことができる。図II-2-3は地震波による地動変位スペクトルの形をマグニチュードをパラメーターとして示している。この図は、実体波とか表面波という地震波の種類など細かいことは一切無視して、震源における地震波スペクトルの重要な特徴を大まかに表現しようとするものである。長周期領域でスペクトルは平坦であって、その高さが地震モーメントに比例している。コーナー周波数と呼ばれる周波数から、スペクトル密度は周波数の2乗に逆比例して減少している。「マグニチュードは周期20秒のスペクトル密度の対数に比例する」という前提のもとにマグニチュード別の曲線が作図されているので、各曲線の縦軸方向の間隔は周期20秒で等間隔になっている。このためマグニチュードの大きい地震はマグニチュードの差以上に地震モーメントの差が大きい。換言すれば、 $M_s \geq 7$ という大きな地震に対しては、マグニチュードの頭打ちが顕著になるため、地震の規模の指標としてむしろ地震モーメントの方が適当であるともいえる。

地震波スペクトルのスケイリングでもっとも重要な結果は、地震が大きいほど（すなわち破壊面積が大きいほど）コーナー周波数が小さくなることと、高周波数領域でスペクトル密度が周波数の2乗に逆比例して減少すること（周波数2乗モデルとも呼ばれる）である。このスケイリングモデルは、中規模以上の地震で数秒から10秒以上の長周期地震波に対して、ほぼ満足すべきモデルであると考えてよい。

(3) 標準的断層モデルの問題点

前述したのはあくまでも浅い地震の平均的断層運動像である。平均像では律しきれない地震も多いし、地震の発生地域によって系統的に標準からずれる現象もある。ここではそれらのうち重要な問題をとりあげてみよう。

応力降下量は、岩石のせん断強度と断層面上の動的なすべり摩擦力との差（あるいは、既存の断層に沿ってすべりの発生が歴史的に繰り返すという立場にたてば、静摩擦力と動摩擦力との差）に密接に関係している。このことから、地震の発生場所、とくに深さによって応力降下量が異なるであろうことが予想される。事実、ごく浅い微小地震では0.1bar程度の応力降下量が推定される一方、深発地震では数キロバールという大きな値が求められている。このようなわけで(2)では浅い比較的大きな地震という限定をしたのである。しかし、そのような限定をしてもなお、プレート境界に沿う地震（たとえば1968年十勝沖地震）とプレート内部に発生する地震（たとえば1964年新潟地震）とでは応力降下量に系統的な差があることが知られている。ある統計によれば前者の平均値は約30 bar、後者は約100barである。応力降下量が大きいほど地震波を励起する能力が大きいため、応力降下量の大小は地震工学的にも重要な意味をもっている。

上記は地域による差を平均的にみたものであるが、個々の地震を対象にすると、きわめて異常な地震が存在する。その一例は1896年の三陸津波地震（ $M6.8$ ）である。この地震はマグニチュードがそれほど大きくないにもかかわらず、1933年の三陸大地震（ $M8.3$ ）に優るとも劣らない大津波を発生させた。古い地震で観測記録が少なく、マグニチュードの信頼度はやや乏しいが、震度分布からみても1896年地震は1933年地震より明らかに小さく、7.0程度のマグニチュードとみなすのが適当である。ところが、1896年地震の地震モーメントは同じマグニチュードの普通の地震のモーメントより数十倍も大きく、1933年地震と同程度と見積もられている。津波は地震という断層運動に伴う海底の上下変動によって励起される。地震モーメントが大きいうことは海底の変動量とその広がりが大きいことを意味しており、これが大津波を発生せしめたと考えられる。

地震のマグニチュード（ M ）と同様に、津波の大きさを表わす津波の規模（ m ）が表Ⅱ－2－1のように定義されている。津波の励起能力は震源の深さに強く依存することもあるが、マグニチュ

表Ⅱ－2－1 津波の規模（ m ）

m	波 高* と 被 害 の 程 度		
－1	波 高	50cm以下、被害なし。	
0	波 高	1 m前後、被害軽微。	
1	波 高	2 m前後、海岸の家屋を損傷し、船艇をさらう程度。	
2	波 高	4～6 m、家屋や人命の損失がある。	
3	波 高	10～20m、400km以上の海岸線で顕著な被害がある。	
4	最大波高	30m以上、500km以上の海岸線で顕著な被害がある。	

* 波高：波の山から谷までの全振幅

ードと津波の規模の相関は必ずしもよくない。しかし、その関係の概略を知るために、海底で起った浅い地震を対象にして得られた飯田の実験式、

$$m=2.61M-18.44$$

を利用してみよう。上述の1896年三陸地震の実測による津波の規模は3ないし4であり、上式に $M=6.8$ を代入して得られる m の値よりはるかに大きい。このように、地震のマグニチュード(あるいは地震波エネルギー)の大きさに比較して、異常に大きな津波を発生する地震を津波地震と呼んでいる。津波地震に特徴的な断層運動の解明は未だ不十分であるが、断層運動におけるすべり速度が異常に小さい、いわば半クリープ的な地震であろうと解釈されている。このすべり速度の大きさは、地震波の励起に著しい影響を及ぼすのに反し、地震波に比し周期の非常に長い津波に対してはほとんど影響がない。もう少し正確に言えば、地震波エネルギーの大きさが断層運動の速さに依存するのと同様に、発生する津波のエネルギーの大きさも海底変動の速さに依存し、瞬間的に変動する場合にどちらのエネルギーも最大になる。しかし、津波の場合には変動の継続時間が数分程度まではほぼ瞬間的と考えてよいのである。

1896年三陸地震ほどではないが、1975年6月10日の北海道東方沖地震も $M7.0$ の割には大きな津波($m=1.5$)を発生した。その異常さは6月14日に起こった最大余震(津波なし)と比較すると明らかであろう。本震、余震とも気象庁による震源の深さは0 km、つまり非常に浅い地震である。最大余震のマグニチュードは6.5で、本震の7.0より確かに小さいが、逆に実体波マグニチュードは6.1で本震の5.8より大きい。要するに、本震の場合には短周期地震動が小さいにもかかわらず、異常に大きな長周期地震波が発生したことを意味している。これらの例からみて、津波の規模を推定するのに、地震のマグニチュードを利用するより、地震モーメントを用いた方がより適当であろうと思われる。このことはまた、よりの確な津波予報のためには、長周期地震波の観測が肝要であることを示唆している。

人間が感じる地震動は地面の加速度であり、種々の構造物を破壊する力は地動加速度に比例する。地動加速度のスペクトルは、(2)で論じた地動変位のスペクトルに周波数の2乗を掛けたものである。換言すれば、加速度波形は変位波形に比較してはるかに短周期成分が強調され、波形の卓越周波数は高くなる。一方、通常の構造物の多くは0.2秒から5秒程度の間の固有周期をもっている。結局、地震動による構造物被害の見地からすれば、この周期範囲の短周期地震波が重要な問題である。ところが、(2)で述べた断層モデルに基づく地震波スペクトルのスケイリングは、このような短周期地震波に対してほとんど役立たない。というのは、断層モデルに従って計算すると、高周波数領域のスペクトル密度を小さく見積もり過ぎて、観測データと調和しないのである。ここで高周波数領域

とは、厳密にはコーナー周波数を基準にしているので、地震のマグニチュードによって実際の数値が異なる。たとえば、 $M > 8$ の地震の場合には周期20秒でも短周期であって、モデルから期待されるスペクトル密度が小さ過ぎると指摘する研究者もいる。そして、周波数2乗モデルではなくて、変位スペクトルが高周波数領域で周波数に逆比例して減少する周波数1乗モデルがより適当であると主張している。このような主張は多少極端としても、大地震の周期数秒以下の地震波に対して、既述の断層モデルが不適当であることは間違いない。

断層モデルにおける高周波成分不足の原因は、モデルを単純化するために導入された断層運動の一様性の仮定にある。実際の断層運動は決してなめらかなものではなく、破壊速度やすべり速度は断層面上で種々の値をとると考えられる。しかし、通常の断層モデルではそれらの量の平均値を取り、すべり面全体で一定の破壊速度、一定のすべり速度を与えるという、平均化の操作を行っている。このような操作は長周期の波に対しては影響を及ぼさないが、短周期の波に対しては平滑化の作用があり、結果として高周波成分の不足を招いてしまう。したがって、この断層運動の非一様性をどのように理論断層モデルに反映させるかが現在の地震学の重要な課題である。

3 地震予知

(1) 地震予知計画の発足

地震の発生を予知し、地震による災害の軽減に努力することは地震学研究の一つの重要な目的である。しかしながら、地震のような破壊現象は、破壊の起こる瞬間にはいろいろな偶然に支配されるから、その発生の時刻を正確に知ることは不可能と考えられている。しかし、破壊の過程はこれまでの知識と経験により次のように考えられている。

第一段階 一定に近い歪の進行

第二段階 限界点への到達

第三段階 破壊への準備

第四段階 破壊の発生

ある場所で地殻の状態がこのような過程のいずれにあるかにより、その場所での地震発生の危険度がわかる。しかし、これらの各過程についてもそれぞれの地域により、その出現する異常現象の大小、持続時間などに特徴があると考えられ、それぞれの地域の過去の地震の調査や現在発生している小、中地震の特徴を調べるのがきわめて重要である。1962年地震予知研究計画グループが「地震予知—現状とその推進計画」という報告書をまとめ、1965年よりその計画が国家的事業として実

施されるに至った。この報告書は長年の研究成果をまとめ、何を観測すれば地震の前駆的現象が捕捉できるかということについての考え方を集大成したものである。その内容は

- ① 測地学的方法
- ② 検潮
- ③ 地殻変動連続観測
- ④ 地震活動
- ⑤ 地震波速度変化
- ⑥ 活断層・活褶曲
- ⑦ 地震・地磁気効果

であり、この計画に基づき精密測地網の設定、水準測量の強化、検潮所の整備、地殻変動観測所の新設、気象庁地震観測網の近代化、微小地震観測所の新設、深井戸地震観測網の設置、伊豆大島人工爆破による地震波速度変化の観測、活断層調査、プロトン磁力計群の新設、土地比抵抗連続観測および岩石破壊実験などが実施された。また、データ処理を促進するため、地殻活動検知センター、地震活動検出センター、地震予知観測センターが国土地理院、気象庁、東京大学地震研究所にそれぞれ設置され、各種資料はこれらのセンターおよび関係機関などから地震予知連絡会に報告することになった。また、異常現象の発見に努めるために、重点的に全国的観測、特定観測地域の観測が実施された。

その後、新潟地震、松代地震における観測・研究成果や、米国、中国、ソ連などの地震予知研究の成果などに照らし、我が国の地震予知計画がきわめて的を得ているものと評価され、さらに実用化に向けて研究が推進されている。

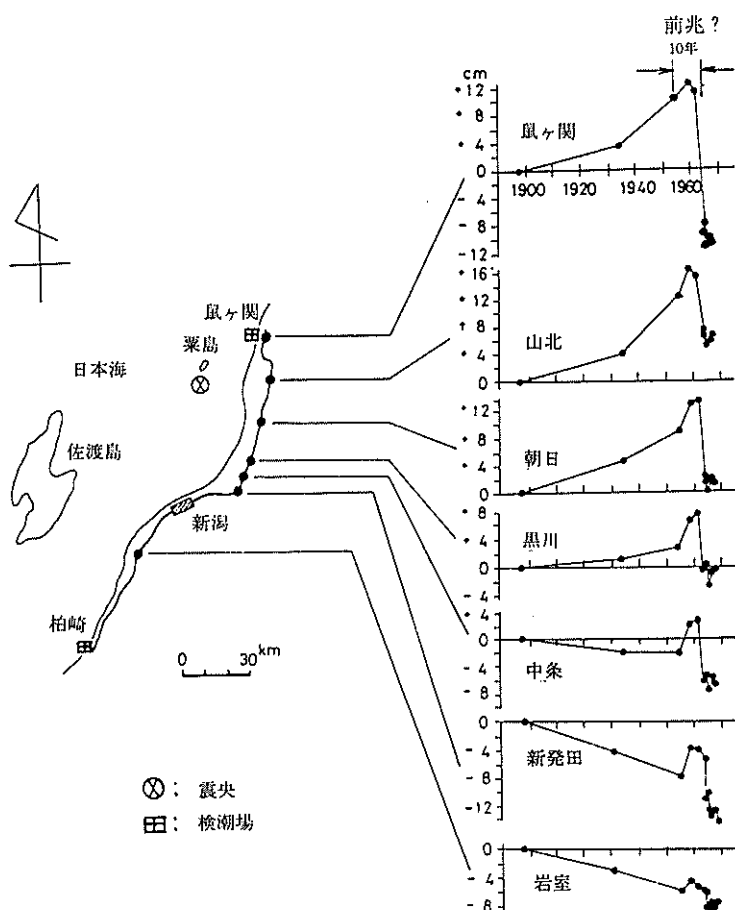
(2) 地震の先行現象

① 地表の変形

地震の前後に地表面の変形が測地測量の繰り返しによりしばしば検出されているが、時には地震前に明瞭な土地の変形が観測される。典型的な例として新潟地震に先行した異常隆起の様相が図II-3-1に示されている。また、地震直前についても異常変動があったことが報告されている。鯨ヶ沢地震(1793年、 $M6.9$)、佐渡地震(1802年、 $M6.6$)のときには、本震の数時間前に海水が引いたという記録が残されているから、直前隆起があったものと推定される。

このように、測量は地殻変動を検出するための重要な手段であるが、間欠的にしか測定ができない。その点を補うために、歪計や傾斜計の連続観測が実施されており、日本(松代)他、諸外国で

図II-3-1 新潟地震(M7.5)前後の水準点の変動



地震に先行して傾斜変化があることが認められている。また、高精度重力計の開発により、土地のわずかな上下変動に伴う重力の値の変化を検出できることが確められ、容易かつ機動的に実施することのできる重力測定は水準測量の代替として、長期、短期的前兆現象の検出のために大きな期待がよせられている。

② 前 震

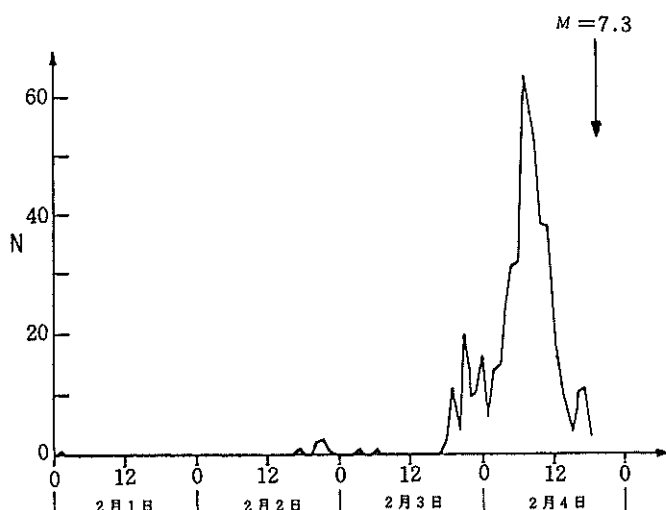
大地震の起きる数時間前から数日前に地震が起こった例があり、前震といわれている。明治以降、日本におけるM6.5以上の地震で前震を伴ったものは表II-3-1に示す。一般にかなり大きな地震で前震を伴うものは必ずしも多くはない。しかし、これらの前震の伴う地震の空間的分布には特徴があり、地殻の破碎度の大きい地域により多く見い出されている。一般に現在観測されている

地震群が、群発性地震か、あるいは前震活動に相当するかを明らかに区別する方法は見出されていないので、今後の重要な研究課題となろう。

表Ⅱ－３－１ 前震を伴った $M \geq 6.5$ の地震

本震の年月日	地震名	M	最初の前震から 本震までの時間 (有感)
1872 3.14	浜田	7.1	4～5日前
1896 8.31	陸羽	7.2	8日前
1905 6.7	伊豆大島	6.5	10日前
1906 4.21	岐阜県中部	6.6	7時間前
1930 11.26	北伊豆	7.0	19日前
1945 1.13	三河	7.1	2日前

図Ⅱ－３－２ 中国の海城地震（1975）の前震



③ 地震波速度異常

大地震の前に地震波の伝播速度の変化が認められたという例が報告されている。この異常変化量は、高精度の観測ではじめて検出されるものと考えられるので、爆破地震による調査が実施されている。

④ 活断層

最近、全国の活断層について詳細に調査が行われ、その分布のみならず、活動度、微小地震との関係などの基礎的事実が明らかにされた。その結果、活断層は大地震を起こす候補地であるばかり

でなく、局所的応力集中の場であることから、各種前兆現象検出に有力な地域であるとも考えられるに至った。また、断層のすべり発生直前には、そこに局所的応力集中が起こるはずであるから、地形変形、その他の先行現象が検出されることが期待される。実際に中国においては、断層に沿い、時間的、空間的に先行現象が大地震発生域および発生前に集中されることが認められた。

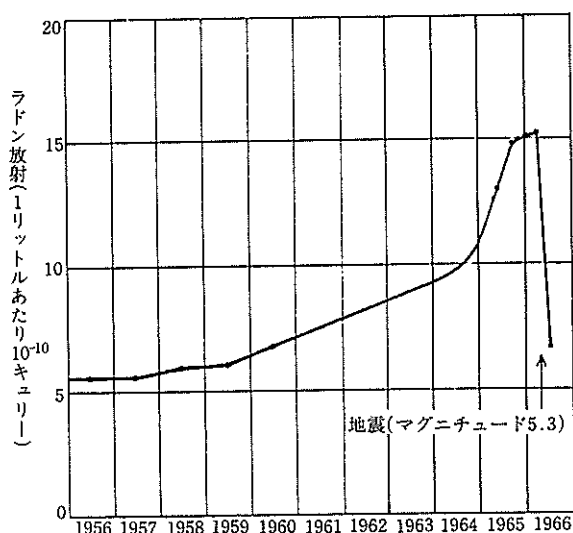
⑤ 地磁気・地電流

最近、プロトン磁力計などの新しい観測計器が開発され、その測定精度が飛躍的に向上した結果、河津地震（1976年）では全磁力、伊豆大島近海地震（1978年）では岩石の比抵抗、今回の地震では電磁場の異常などの前兆現象が明瞭に観測されている。また、活断層周辺では電気抵抗の異常分布が報告されているなど、地震の前兆現象として電磁気異常は大きな期待がもたれている。

⑥ 地球化学・地下水位

地殻が破壊に近づくと割れ目の発生などで、その物理的性質が変化し、地下水位や地下水のラドン含有量などに異常が検出される。近年、地下水位の観測精度が向上し、資料の処理方法が確立され、さまざまな雑変動を除去し、地震に直接関係すると考えられる異常が観測される例が多く報告されている。1978年伊豆大島近海地震のときには、震源から35km離れた伊豆船原の深さ600mの井戸の水位が、地震の約1か月前から明瞭な前兆的低下現象を示した。また、ラドンなどの地下水中の化学成分の測定計器の開発が行われ、その連続観測が可能となり、前兆現象の検出に大きな役割を果たすことが期待されている。伊豆大島近海地震のときには、震源から25km離れた中伊豆町の井戸のラドン濃度が地震の5日前に明らかに異常現象を示した。

図II-3-3 タシケント地震（ソ連）に先行するラドン含有量の変化



(Sadovsky らによる)

⑦ 動物の異常行動

大きな地震の前にいろいろな動物の異常行動が観察されたという例はかなり多く、中国において臨震予報に役立てられている。この動物の異常行動は、地殻が破壊に近づくときクラック（割れ目）の発生その他でその物理的性質が変化（変質）し、それに伴う微小震動や地電流、地下水、ガスの発生などの異変を感知した結果と思われる。もし、密度の高い観察が行われ、時間的および空間的に統計処理がなされれば、先行現象として、より信頼性の高い資料となるであろう。

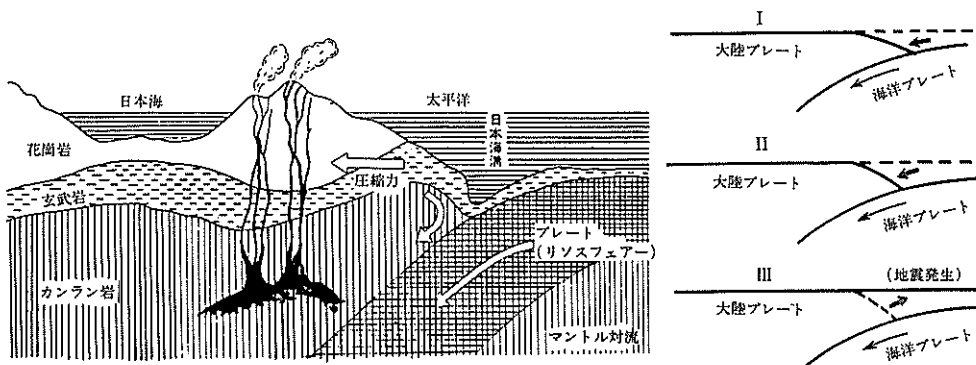
(3) 前兆現象に関する基礎研究

地震発生に至る過程は複雑かつ多様であるが、その前兆の現象を的確に収集、整理し、かつ基礎的理論、実験を背景としてその機構を統一的に解明する努力が続けられている。

① 地震とプレート・テクトニクス

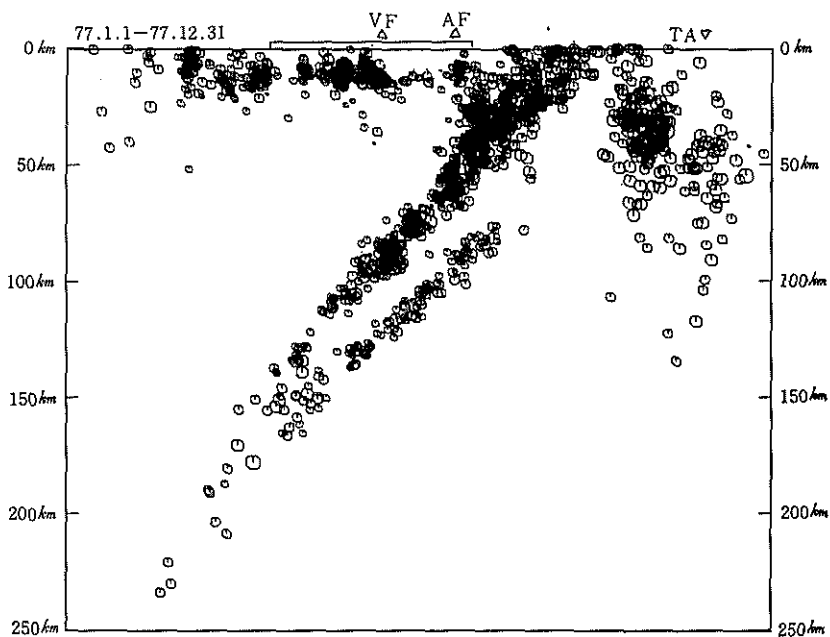
プレート・テクトニクスとは、地球表層部を覆っている何枚かの岩石でできた剛体的な板（プレート）が相互に作用しあって、表層部のいろいろな地学的現象（造山運動や地震・火山など）をひき起こしているという学説である。この板はリソスフェアといわれ、その下に存在するより流動的なアセノスフェアに浮かんでいると考えられている。海溝沿いに発生する地震はこのプレート間の相互運動により発生するものと考えられ、日本の太平洋岸または沖合いに発生する巨大地震もプレートのもぐり込みと弾性反発により説明されている。海のプレートが海溝において大陸プレートに接し、その下にもぐり込み、それに伴い大陸プレートが引きずりこまれる。大陸プレートの先端は弾性の限界を超えたときに跳ね上がり、地震を引き起こすという考えである。

図Ⅱ－３－４ 地震発生機構



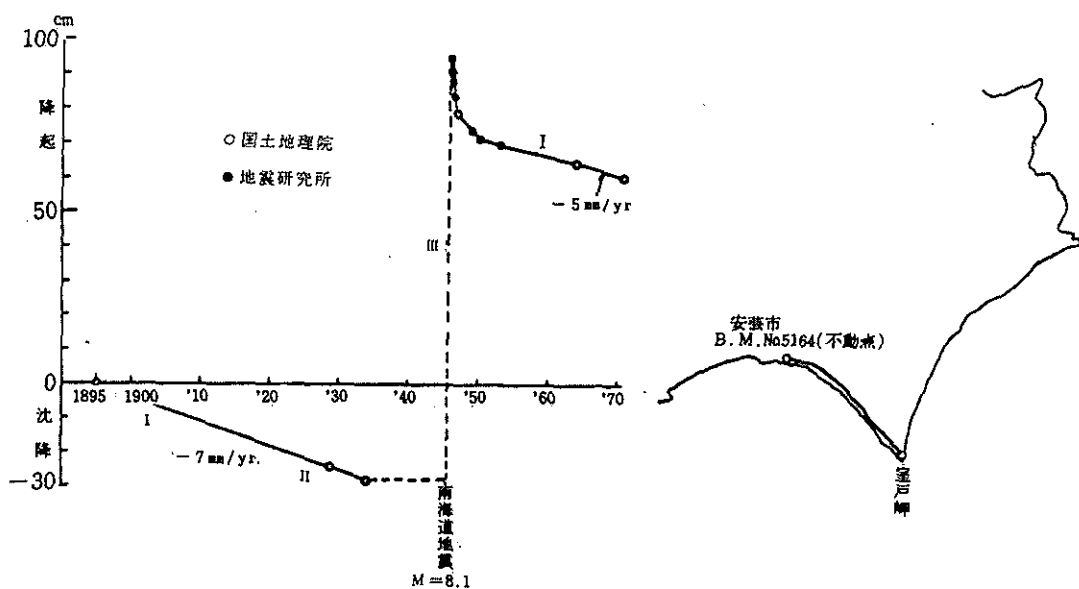
日本列島は、図のように太平洋側から押され絶えず水平圧縮力を受け、これが巨大地震を発生させる原動力となっている。

図II-3-5 北緯39°から40°までに起った微小地震の震源分布



(高木らによる) プレートの沈み込みの面に地震が発生している。

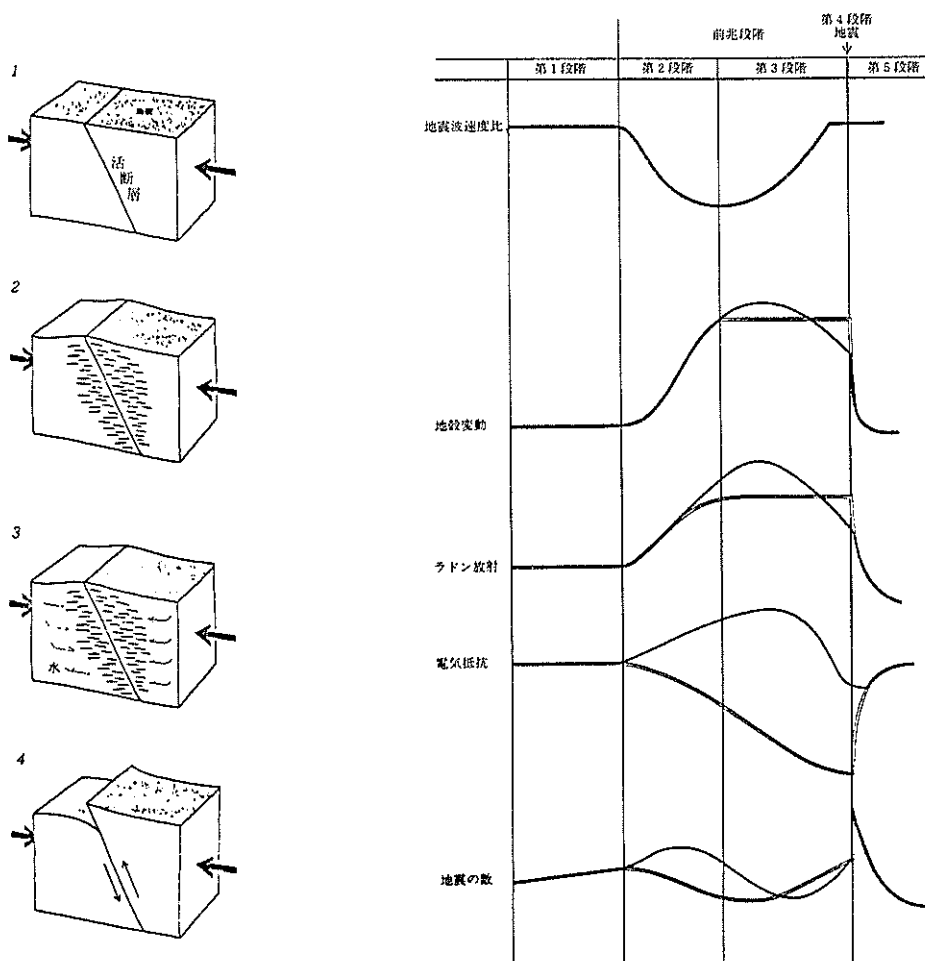
図II-3-6 南海道地震前後の室戸岬の上下変動



② 地震のダイラタンシー・モデル

ダイラタンシーとは、岩石をある方向に圧縮すると大破壊に至る前に多数の小さな割れ目が生じ、

図II-3-7 地震とダイラタンシー・モデル



ダイラタンシーによる地震発生
(ショルツらによる)

ダイラタンシーによる物理量の変化

—— 水の移動を考慮に入れた場合
—— // —— 入れぬ場合

	前 兆 段 階				
	第 1 段 階	第 2 段 階	第 3 段 階	第 4 段 階	第 5 段 階
水の移動を考慮 に入れたモデル	弾性歪の蓄積	ダイラタンシー	水 の 流 入	地 震	応力の突然の降下、それに引きつづいて、余震がおこる
水の移動を考慮 に入れぬモデル	弾性歪の蓄積	ダイラタンシー および割れ目の 「なだれ的な」 発展	断層地帯に及ぼす不安定変形およびそれを取りまく地域における部分的な応力の解放	地 震	応力の突然の降下、それに引きつづいて、余震がおこる

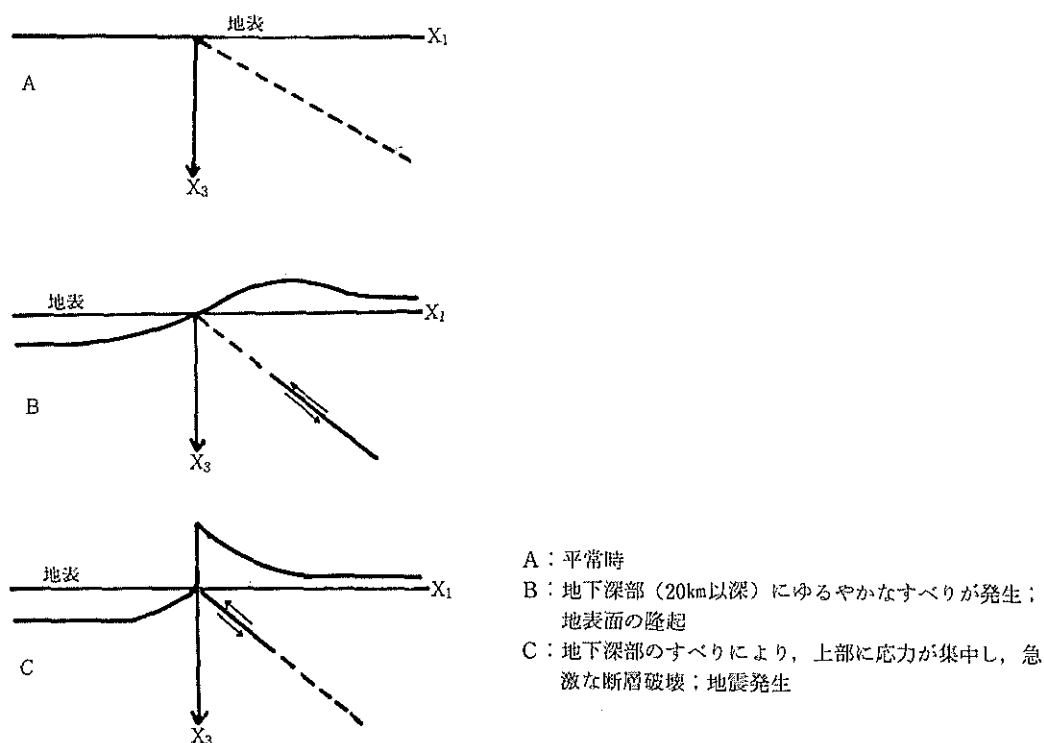
全体として体積が増すことをいい、割れ目が増えるに従い、地震波の縦波と横波の速度比 (V_p/V_s) が減少することがこの実験から確められた。この現象を現実の地震にあてはめて考え出されたのがいわゆるダイラタンシー理論である。地震観測結果によれば、 V_p/V_s の値が地震直前にもとの値に戻ることが確められたので、それを説明するために割れ目による膨張、それに引き続く水の移動を考えたのがダイラタンシー水拡散モデルであり、水の移動を考えずにこの現象を説明する考えがドライ・モデルである。

このダイラタンシー理論により、大地震前の地殻の中の小さな割れ目の生成、成長、水の移動などの過程を通じて V_p/V_s の異常、表面地形の変化、電気抵抗、地震活動、ラドン濃度など種々の観測量の変化を説明することが試みられている。

③ プレスリップ理論

地震の起こる前、地震断層となるべき部分の一部がゆっくりとすべりはじめ、その結果、土地が隆起したり、傾斜変化が起こるという考えがある。この大破壊の前の先駆的すべり運動が急激な場合には、前震として地震波を発生する。このような考えをプレスリップ理論といい、東南海地震の前兆傾斜などいくつかの先行現象を説明することができる。

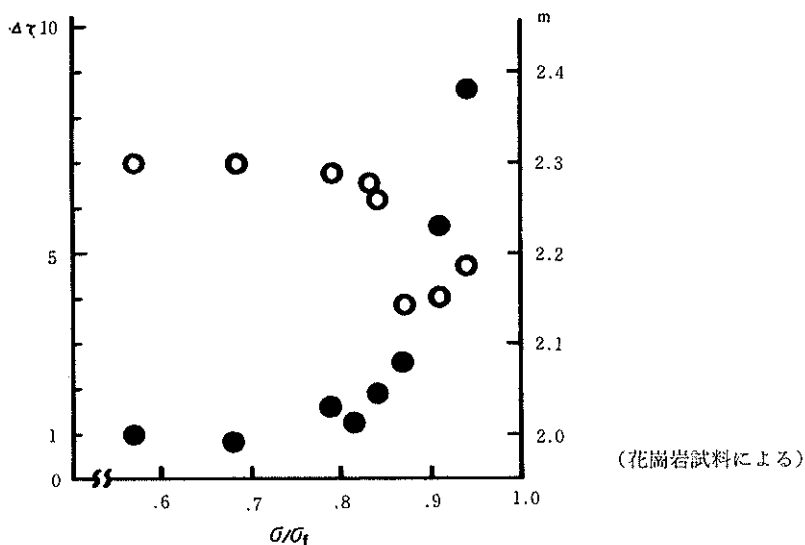
図II-3-8 プレスリップ・モデルによる地震発生



④ 局所的応力集中に伴う破壊様式の特徴

岩石の破壊実験から、軸応力の増加に伴う微小破壊振動の振幅別度数分布に関係する m 値および局所的応力降下量の変化について調べられた。それによれば、軸応力が増加すると m 値、応力降下量が徐々に変化し、とくに軸応力が岩石の破壊強度の約85%に達すると急激に m 値が減少し、かつ応力降下量が急に増加し、微小破壊振動波形の短周期成分が卓越することが確かめられた。

図II-3-9 破壊応力で規格化された軸応力に対する石本・飯田の式 m 値（白丸）とAEによる応力降下量相対値（黒丸）



これは、大地震の直前現象として前震活動は、大きさ別度数分布に特徴があり、小さい地震の発生度数に比べ、より大きな地震の発生度が多くなることを示し、また、発生する地震波のスペクトルが急激に変化し、局所的応力降下量が増大することを示している。前震活動か否かの判別のために、今後この種の研究の発展が期待されている。

(4) 地震予知の実用化

現在、地震予知のために最も望ましいと考えられる方法は、海域を含む日本全土に高精度の器械、装置などによる観測網をきめ細かく張りめぐらし、集中的、連続的に監視観測を行うことである。しかし、そこまでの体制を急に整備することは現実的には不可能である。そこで全土にわたり、測地測量、検潮、大・中・小地震活動の観測を主とする全国的な基本観測を基本とし、さらに、過去の地震の歴史を調べ、地震の起こりそうな地域を設定し、できるだけ多くの観測(精密測地測量、地殻

変動連続観測、重力、微小地震、地球電磁気、地下水質など)を集中的に行う特定観測地域を選び、各種の有効な観測研究を進め、地震予知の実用化に努力している。地震予知は、地震に必ず結びつく前兆現象を観測によってとらえることにはじまり、それにより「どのくらいの大きさ」「どこに」「いつ」の三要素を明らかにすることである。この全国的な基本観測、特定観測地域における観測は、場所、大きさを設定する長期的予知を目標とし、異常現象が検出されたときにはとくに観測を強化し、それが地震に直接関連すると認められた場合には、常時密度の高い観測を集中し、短期的前兆現象の検出に努めている。昭和54年東海地域が地震防災対策強化地域に指定され、判定会が組織されたのも、この地震予知の戦略に沿ったものである。

4 東北地方の地震活動の特性

歴史的にみた被害地震の活動特性についてはすでにⅡの1に記述されている。また、地震活動の空白域あるいはその時間的特徴については、地震予知の問題との関連から、3あるいは7で述べられる。重複を避けるために、ここではまず近年における小地震活動とその空間的なパターンから得られる重要な結果を述べる。次に、東北地方に発生する地震のメカニズムの一般的な特徴を概観し、最後に、今回の地震に先行する地震活動として最も重要な1978年2月20日の地震($M6.7$)の発生機構ならびに余震活動について考察を加えよう。

(1) 地震の空間分布

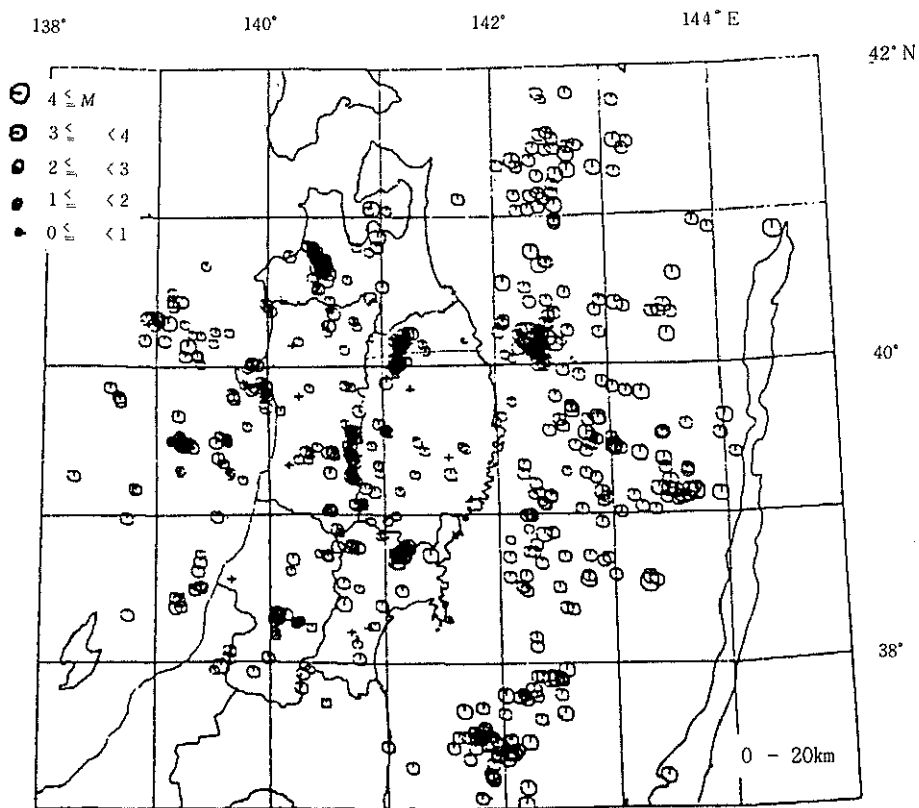
東北地方の小・微小地震活動と比較するために、まず過去の大地震活動を図Ⅱ-1-1、図Ⅱ-1-2に基づいて復習してみよう。日本海沿岸では、秋田県の北部から新潟県に至るまで、ほぼ全域で $M7$ クラスの地震が発生している。震源の決定精度が比較的よいと思われる最近の100年間の地震をみても、北から1939年男鹿地震($M7.0$)、1894年庄内地震($M7.0$)、1964年新潟地震($M7.5$)が発生している。内陸で顕著な点は、1931年の小国地震($M6.1$)という例外を除いて、岩手県のほぼ全域にあたる北上山地に地震が発生していないことである。そして、この北上山地を取り巻くようにして、1902年三戸地震($M7.0$)、1896年陸羽地震($M7.2$)、1900年宮城県北部地震($M7.0$)が発生している。さらに、図Ⅱ-1-1、図Ⅱ-1-2に地震がプロットされていない地域として、福島県の阿武隈山地と山形県の内陸部がある。ただし、マグニチュードがやや小さくて図には出ていないが、山形県内陸では1944年に起こった左沢地震($M5.8$)がある。

日本海溝をほぼ東端とする太平洋底では実に多数の大地震が発生している。図Ⅱ-1-1、図Ⅱ-1-2に表わされた地震活動の空間的特徴を要約すると次のようになる。

- ① $M \geq 8$ のいわゆる巨大地震は海溝付近で発生している
- ② 震源決定精度のよい最近100年間の地震をみるかぎり、大津波を伴う大地震は海溝付近に発生している
- ③ 海溝付近に発生する大地震は北緯38度を南端とするようにもみえる
- ④ 逆に、北緯39度以南で比較的海岸寄りに $M 7$ クラスの地震が多発している
- ⑤ 少なくとも最近100年間の地震をみる限り、北緯39度から40度、東経142度から143度の岩手県沖の領域には地震が発生していない

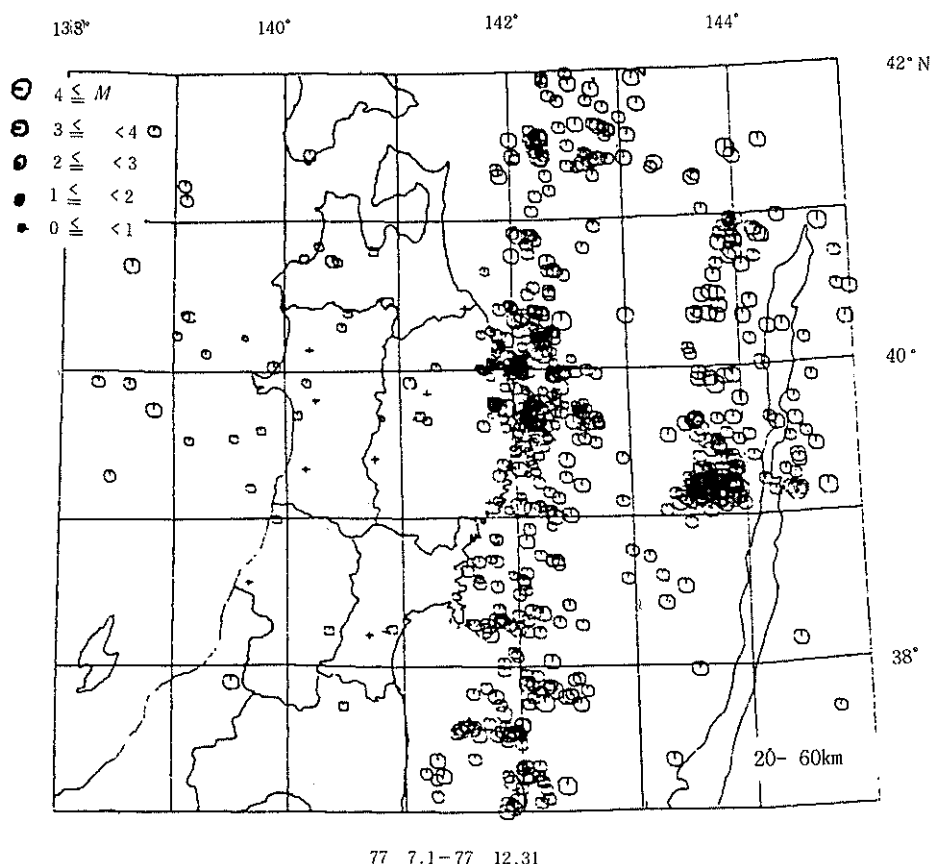
東北大学理学部では、東北地方の15箇所に微小地震観測点を配置しているが、各観測点で得られた地震記録は電話回線を通じて仙台市にあるセンターに送られてくる。このテレメター地震観測網により、高精度の震源決定が可能になり、東北地方の地震活動の詳細が明らかになってきた。図II-4-1は1977年7月1日から半年間に発生した浅い地震の震央分布である。比較的短期間のデー

図II-4-1 1977年7月1日から半年間の浅い微小地震の震央分布



77 7.1-77 12.31

(a); 深さ 0 ~ 20km の地震の震央分布



(b) : 深さ20~60kmの地震の震央分布

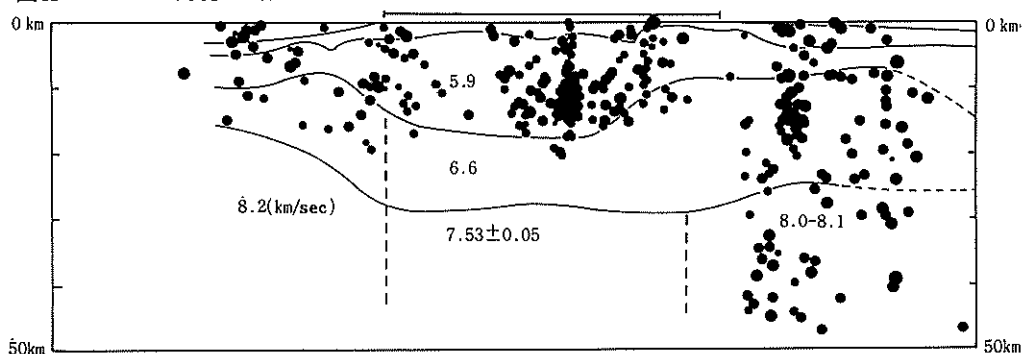
タであるが、期間を長くしても、全体的な分布のパターンはあまり変わらない。図II-4-1(a)は震源の深さが0~20kmという大変浅い地震の震央分布である。この図で北緯39.6度ぐらいから南の奥羽脊梁山脈沿いでは、多数の白丸が重なって黒くみえるように、微小地震活動が活発である。なお、1896年の陸羽地震の震央はこの活発な活動域の北端付近に位置している。また、その南端付近には1970年の秋田県南東部地震(M6.2)の震央が位置する。

過去の大地震活動と同様、図II-4-1(a)でも北上山地における微小地震活動は不活発である。さらに、宮城県北部付近(1900年のM7.0と1962年のM6.5の被害地震が過去に発生している)、上述の脊梁山脈沿い、そして、岩手県北西端付近と微小地震多発地域が連なって、北上山地を取り囲んでいる。この点でも過去の地震活動と類似している。ただし、岩手県北西端付近は群発微小地震の発生域であって、大地震と結びつくものではないであろう。また、脊梁山脈沿いの活動域の中ほどから西に活動が延びているのが読み取れる。この付近には、1914年の秋田仙北地震(M7.1)が発生

しており興味深い。一方、大地震のない山形県内陸には、かなりの微小地震が発生している。なお、青森県北部、福島県、新潟県は東北大学の観測網の範囲外であり、議論の対象としない方が無難であろう。

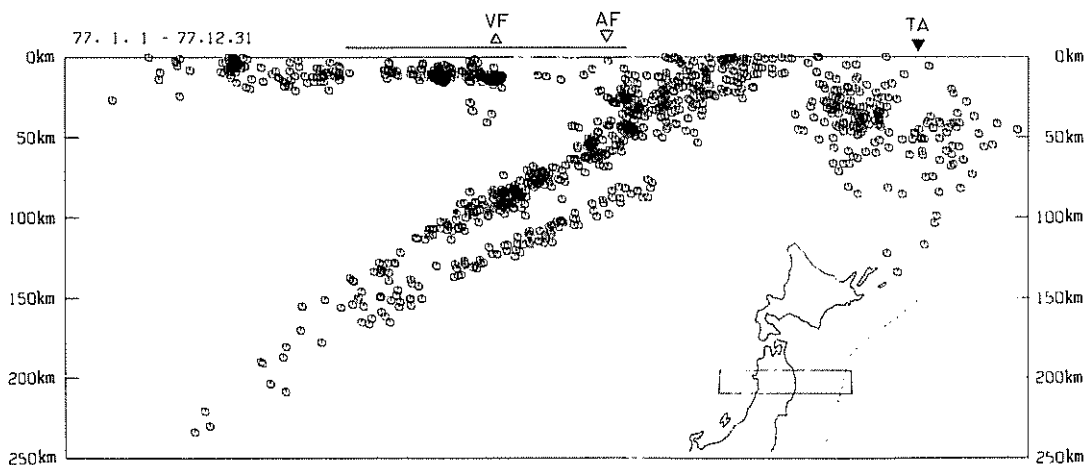
図II-4-1(b)は震源の深さが20~60kmの地震の震央分布図であるが、海底の地震については(a)、(b)両図をあわせて考えてよいと思われる。太平洋側は全般的に地震活動度が高い。なかでも顕著なことは、大地震の活動がきわめて低い北緯39度から40度、東経142度から143度の領域で微小地震活動が活発な点である。また、日本海溝付近の活動をみると、北緯39度以南で急に活動がなくなっていることである。(a)図と(b)図を比較して、前者で内陸の地震が多数みられるのに、後者ではほとんどないことに気がつく。この点をより明瞭にするため、次に地震の震源分布を鉛直断面図に投影してみよう。

図II-4-2 男鹿-気仙沼測線に沿う鉛直断面における地殻構造と微小地震の震源分布



測線を中心に幅60kmの帯状領域に発生した地震の震源が図示されている。内陸部は図の上部の線分で示され、その右側が太平洋、左側が日本海である。図中の数字はP波速度を表す。

図II-4-3 東西鉛直断面における北緯39度から40度の稍深発地震の深さ分布



VF：火山フロント，AF：アサイズミック・フロント，TA：海溝軸

秋田県の男鹿市と宮城県の気仙沼市を結ぶ測線に沿う地殻構造は、人工的な爆破地震動を用いて比較的正確に推定されている。その測線を中心に幅60kmの帯状領域に発生した微小地震の震源を、測線に沿う鉛直断面に投影して作図したものが図II-4-2である。内陸下では地殻の厚さが約30kmで、マントル上部のP波速度は7.5km/sec と他地域に比し小さい。地殻は大別して2層に分けられ、花崗岩層とよばれる上部地殻は5.9km/sec、玄武岩層とよばれる下部地殻は6.6km/secのP波速度である。図から明らかなように、内陸下の浅い地震は上部地殻の5.9km/sec層に限られて発生している。プレート運動に起因する広域応力場は上部地殻と同様に下部地殻にも及んでいると考えべきであろう。それにもかかわらず、地震が発生していないということは、下部地殻が延性的（やわらかくて非弾性的に変形しやすい性質）で脆性破壊を発生しにくいことを示唆している。

東北地方では今まで述べてきた浅い地震ばかりでなく、深い地震も数多く起こっている。図II-4-3は、東西鉛直断面に投影した、北緯39度から40度の稍深発地震の震源分布図である。ここで、図の上部の横線は内陸部の位置と範囲を示しており、また日本海溝の位置は黒ぬりの逆三角形で示されている。図から明らかなように、深さ約60kmから160kmの稍深発地震が、太平洋側から日本海側へ2枚の傾斜面を形成している。これらの面は二重深発地震面とも呼ばれているが、その傾斜角は約25度である。

プレート・テクトニクスで知られているように、日本列島を上に乗せたユーラシア・プレートと太平洋プレートは日本海溝付近で会合し、後者が前者の下にもぐり込んでいる。この沈み込む太平洋プレートが稍深発地震の震源分布にその形を現わしているのであって、海洋プレートと陸のプレートの境界が2枚の深発地震面の上面にあたる。この解釈を支持する重要な証拠が地震波の解析から得られている。すなわち、上側の深発地震面はP波速度の不連続面とも一致し、かつ、沈み込む海洋プレートの内部のP波速度は周辺のマントル内より数パーセント大きいことが見出されているのである。一方、海洋プレートの下側境界面は顕著な速度不連続面として同定されていない。したがって、沈み込むプレートの正確な厚さはわからない。しかし、下側の深発地震面はプレート内部に位置していると考えられる。

(2) 発生機構の一般的特徴

東北日本は、前述のように、日本海溝付近から太平洋プレートがユーラシア・プレートの下にもぐり込む、いわゆる島弧-海溝系の典型的な地震活動域である。この陸と海のプレートの相互作用力が東北地方全域に働く広域応力場を規定している。多数の地震のメカニズム解（発震機構）や、国土地理院による一等三角測量の結果に基づく水平歪の方向は、東北地方がほぼ東西方向に圧縮力

表II-4-1 東北地方の地震の断層パラメーター

番号	年・月・日	名 称 又は発震時	震 中		深さ (km)	M	断 層 運動の型	断層の面積 (km ²)	地震モーメント (dyne・cm)	すべり量 (m)	応力降下量 (bar)
			北緯(度)	東経(度)							
1	1933・3・2	三陸大地震	39.2	144.5	10	8.3	正断層	185×100	4.0×10^{28}	3.3	39
2	1938・5・23	塩屋沖	36.58	141.34	40	7.1	低角逆断層	75×40	4.0×10^{27}	2.7	57
3	1938・11・5	福島県東方沖	36.97	141.71	30	7.7	〃	100×60	7.0×10^{27}	2.3	33
4	1938・11・5	19°50' ⁿ	37.24	141.75	45	7.6	〃	100×60	4.8×10^{27}	1.6	23
5	1938・11・6	17°53' ⁿ	37.33	142.18	17	7.5	正断層	85×45	3.8×10^{27}	2.0	38
6	1938・11・7	06°38' ⁿ	36.91	142.19	33	7.1	〃	95×45	3.2×10^{27}	1.5	28
7	1964・5・7	青森県西方沖	40.39	139.05	22	6.9	逆断層	50×20	4.3×10^{26}	1.2	36
8	1964・6・16	新 潟	38.40	139.26	12	7.5	〃	80×30	3.2×10^{27}	3.3	70
9	1965・3・17	01°46' ⁿ	40.8	142.9	26	6.4	低角逆断層	19×9.5	5.0×10^{25}	0.39	22
10	1965・3・29	19°47' ⁿ	40.8	142.8	30	6.4	〃	17×8.5	5.5×10^{25}	0.53	34
11	1968・5・16	十勝沖	40.84	143.22	7	7.9	〃	150×100	2.8×10^{28}	4.1	32
12	1968・5・17	08°04' ⁿ	39.8	143.1	14	6.7	〃	20×10	6.7×10^{25}	0.88	25
13	1968・5・23	04°29' ⁿ	40.2	142.3	34	6.3	〃	12×6	1.3×10^{25}	0.25	23
14	1968・6・12	岩手沖	39.47	142.89	0	7.2	〃	80×30	5.1×10^{25}	0.48	12
15	1968・11・11	23°41' ⁿ	40.1	143.0	20	6.0	〃	11×5.5	7.5×10^{24}	0.33	17
16	1970・5・28	04°05' ⁿ	40.3	143.0	24	6.2	〃	10×5	9.0×10^{24}	0.47	27
17	1970・10・16	秋田県南東部	39.20	140.74	6.3	6.2	逆断層	15×11	1.4×10^{25}	0.28	15

を受けていることを物語っている。より詳細にみればもちろん地域性があり、岩手県北部太平洋岸の久慈周辺や津軽海峡付近のように、圧縮力が南北方向に近い例外的な地域もある。しかし、プレート運動に起因するほぼ東西方向の圧縮力が大地震の発生を支配していると考えてまず間違いない。

いわゆる断層モデルのパラメーターを推定するには、多数の良質な地震波記録が必要である。したがって、大地震の解析例は数少ないが、中規模地震も含めて、断層パラメーターが推定されている東北地方の全地震を表II-4-1に掲げてある。これらの地震のうち、日本海沿岸の地震としては地震番号7の青森県西方沖地震と8の新潟地震である。とくに新潟地震は、各種の観測データが豊富なため、その震源過程が徹底的に解析された世界最初の地震である。表II-4-1に記されているように、この地震は東西圧縮力によるほぼ純粋な逆断層であり、応力降下量は約70bar と推定されている。一方、IIの2の(3)に述べたが、プレート内部に発生した地震の応力降下量の平均値は約100bar である。この70bar という値は平均値よりやや小さ目である。同じくプレート内の地震と考えられる青森県西方沖の地震の応力降下量は36bar であり、異常に小さい。もっとも、応力降下量の推定値の精度はそれほど高いものではなく、最悪の場合数十パーセントの相対誤差があると考えてよからう。

内陸の地震で断層パラメーターが求められているのは1970年の秋田県南東部地震だけである。北東一南西方向の圧縮力によるほぼ純粋な逆断層型の地震であったが、15bar という応力降下量はプレート内の地震としては異常に小さい。しかし、これが東北地方内陸の地震の標準的な値かどうかは今後の研究をまたねばならない。この地震と関連していると思われる1896年の陸羽地震 ($M7.2$) に対しては、古い地震のため点震源に関するメカニズム解さえ得られていない。しかし、地震に際して生じた千屋断層と川舟断層は共役な関係にある逆断層である。秋田県南東部地震の余震の震源分布にも、共役な関係をもつ二つの震源面が見出されており、千屋・川舟両断層の関係と類似している。

1956年の白石地震 ($M6.1$) と1962年の宮城県北部地震 ($M6.5$) に対しては、その点震源モデルに関するメカニズム解が求められている。前者はほぼ東西方向の、後者は北西一南東方向の圧縮力による逆断層型である。このように、東北地方の内陸から日本海沿岸一帯における中規模以上の地震は、逆断層型が卓越していると考えられる。ただし、例外もあって、1939年の男鹿地震 ($M7.0$) は、東西方向の圧縮力と南北方向の張力による横ずれ断層型であると報告されている。しかし、古い地震であって十分な調査がなされていない憾みがある。

太平洋側の地震に関しては、その一般的特徴を最初に述べよう。表II-4-1にみるように、例外的な正断層型を除いて、ほとんどが西に小さく傾斜した断層面上の、いわゆる低角逆断層型である。ここで、断層面の傾斜角が30度以下のものを便宜上低角と呼んでいる。この断層運動は太平洋プレートのもぐり込み運動と調和的であり、かつ、断層面の傾斜方向と傾斜角がプレートの境界面（図II-4-3の上側の深発地震面）のそれらと大体一致している。これは低角逆断層型の地震がプレート境界に沿って発生していることを暗示する。実際、6個の中規模地震（表II-4-1の地震番号9, 10, 12, 13, 15, 16）の震源の深さを正確に再決定したところ、震央が海溝から陸地に近づくにつれ震源が深くなり、断層面の傾斜角も大きくなる傾向が見出された。もう一つの一般的特徴は応力降下量である。1938年の塩屋沖を除いて、いずれの地震も30bar 前後であり、前記プレート境界の地震の世界的な平均値（30bar）とよく調和している。

次に、例外的な正断層型の大地震を考察しよう。1933年の三陸地震 ($M8.3$) はその大きさゆえにとりわけ重要な意味をもっている。その震央は海溝の東側に位置し、断層面の傾斜方向が東、その傾斜角が約45度のほぼ純粋な正断層型である。実は、中規模以下の比較的小さい地震の場合には、正断層型の地震も珍しくない。一般に、三陸沿岸寄りでは逆断層型であるが、海溝付近では正断層型の地震が多い。また、同様な傾向が他の島弧一海溝系でも認められている。しかし、この三陸地震のような巨大な正断層型地震発生の例は大変珍しい。プレート・テクトニックスの立場からみて、

この地震がまさに画期的で例外的な地震であったのか、あるいは、この型の巨大地震が今後も繰り返し起こり得るのかは、長期的な地震発生予測にとってきわめて重要な課題であろう。

この1933年地震と対照的な地震が1896年の三陸津波地震 ($M6.8$) である。1933年地震よりやや西側ではあるが、この地震の震央も海溝付近に位置している。古い地震で地震波記録がほとんどないため、津波初動の押し引きから逆断層型と推定されている。マグニチュードの大きさの割に大津波を発生したこの地震の特異性はIIの2の(3)に述べられている。

1968年の十勝沖地震 ($M7.9$) も大きな地震であった。表II-4-1にあるように、プレート境界に沿う低角逆断層型の地震である。最大余震 ($M7.5$) は本震の約10時間後に発生した。その震央は北緯41.5度、東経142.7度で、日本海溝と千島海溝の会合点の西北西延長上に位置している。他の比較的大きな余震 (たとえば表II-4-1の地震番号12) は、本震と同様、低角逆断層であるにもかかわらず、この最大余震のみは正断層型で、断層運動の向きも本震とほとんど正反対である。これに対する解釈の鍵は、最大余震が海溝の会合部付近の複雑な応力場で発生した点にありそうだ。ともあれ、大きな余震の発震機構が本震と逆になるという事例は珍しいことである。なお、 $M7.2$ の岩手沖地震 (地震番号14) は十勝沖地震の約1か月後で、かつその余震域の南西端近くに発生したため、十勝沖地震の余震とみなす人も多い。

福島県沖に発生した1938年塩屋沖 ($M7.1$) と福島県東方沖 ($M7.7$) の地震は低角逆断層型である。表II-4-1の地震番号4, 5, 6の地震は福島県東方沖地震の余震であるが、本震と大差のない大きな地震である。宮城県沖および福島県沖のやや海岸寄りの地域では、このように比較的大きな地震が続発する傾向がみられる。さて、地震番号4の余震は本震と同じ低角逆断層であるが、5と6の余震は正断層型の解が得られている。しかし、その解の圧縮軸と張力軸の方向は本震と大きく異なるものではなく、前述の十勝沖地震の場合とは意味合いが異なっている。

最後に、稍深発地震に対するメカニズム解の興味ある結果を述べよう。(1)でみたように、東北地方の稍深発地震は2群に分かれて、二重深発地震面を形成するように発生している(図II-4-3)。上面に属するグループの地震に対して得られたメカニズム解は、それらが down-dip compression 型であることを示している。すなわち、沈み込む海洋プレートの傾斜している方向に主圧縮力が働いており、プレートのもぐり込み運動と調和的である。ところが、下面の地震は down-dip extension であって、主張力軸がプレートの傾斜している方向に働いている。沈み込む海洋プレートの上部境界付近とその内部とでは、何故このように向きの異なる力が働くのかという点に関しては、未だ定説が得られていない。

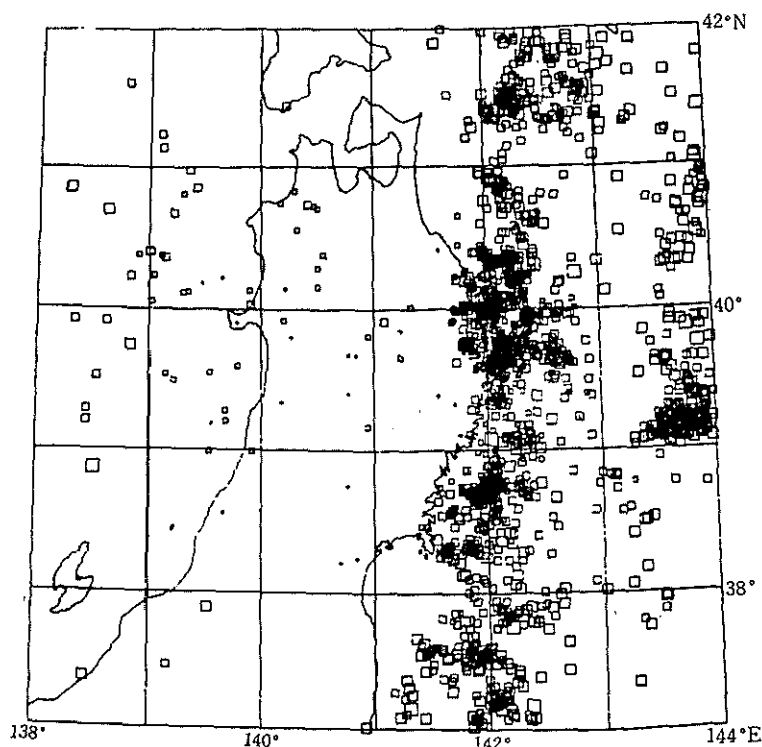
(3) 宮城県沖地震前の地震活動

今回の地震に先行する地震活動として最も顕著なものは、いうまでもなく約4か月前に発生した2月20日の地震($M6.7$)とその余震活動である。しかし、同様に先行的地震として見逃せないのは、今回の地震の約1年前、すなわち、1977年6月8日に宮城県太平洋岸直下でおこった中規模地震($M5.9$)である。その震央は北緯38度32分、東経141度32分、深さは約65kmである(東北大学理学部による)。マグニチュードが小さい稍深発地震にもかかわらず、大船渡、仙台、盛岡で震度IV、東京では震度IIであった。発生順に記述すれば、この稍深発地震の約8か月後の1978年2月20日に $M6.7$ の地震が東北東に約50km離れた地点で発生し、続いて約4か月後約60kmほど南下して $M7.4$ の今回の地震が発生した。震源の深さが約65km、約56km、約30kmと順次浅くなったのも興味深い。

さて、2月20日地震に戻ろう。気象庁による本震($M6.7$)の震源は、

発震時：1978年2月20日午後1時36分57.2秒

図II-4-4 深さ20~60kmの微小地震の震央分布



(1977年1月1日~1978年4月30日)

震 央：北緯38度45分±01分，東経142度12分±02分

深 さ：50km

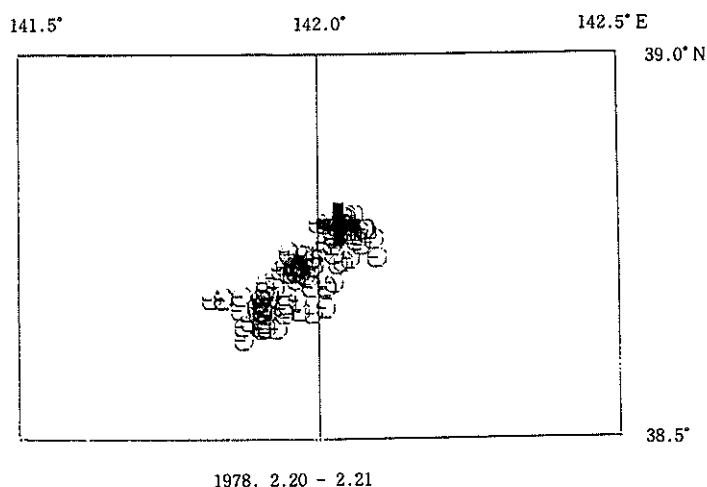
であり，東北大学理学部によれば，

震 央：北緯38度47分±01分，東経142度02分±02分

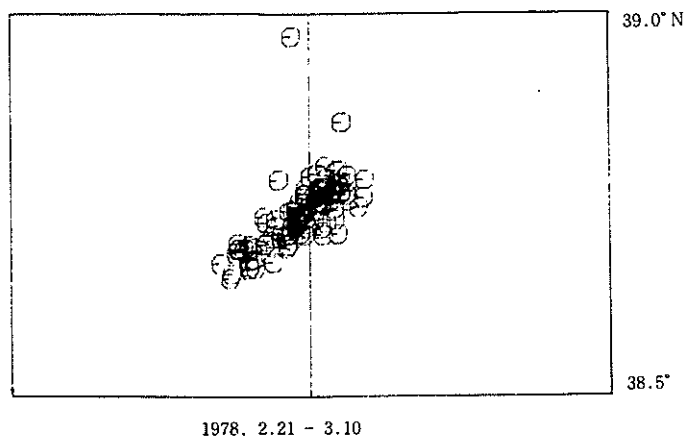
深 さ：56.0km±3.7km

となっている。いずれを採用しても，この震源は今回の地震の数十キロメートル北で，やや深い所に位置している。気象庁による震度分布は図Ⅱ－6－1（後出）に示されるが，大船渡で震度V，仙台その他で震度IV，東京で震度IIIであった。マグニチュードの小さい地震であったにもかかわらず

図Ⅱ－4－5 1978年2月20日地震の余震の震央分布



(a)；本震発生後約24時間の余震，＋印は本震



(b)；本震発生約24時間以後3月10日までの余震

ず、震央距離100km前後の宮城県北部内陸地域で、各種構造物にかなりの被害が出た。

本震直後から活発な余震活動がみられた。図II-4-4は1977年1月1日から1978年4月30日までに発生した深さ20~60kmの微小地震の震央分布図である。東経142度、北緯38.7度付近で北東-南西方向にやや細長い、楕円状領域に密集した地震群が2月20日地震の余震である。この図から、周辺の地震活動と余震域との関連が読み取れるであろう。たとえば、この余震域の約100km北の地域では活発な活動があるのに対し、南のきたるべき6月12日地震の震源域（北緯38.2度付近）の活動は不活発である。

さて、図II-4-5は余震域付近を拡大して震央分布をみやすく示したものである。(a)図は2月20日の本震発生後24時間以内の余震、(b)図はそれ以降3月10日までの余震の震央分布図である。本震の震央は(a)図で大きな+印で示されているが、余震域の北東端に位置している。深さ分布の図は省略したが、ほとんどの余震が深さ50kmから60kmの間に分布し、本震の震源はそのほぼ中央にあっている。図II-4-5の(a)図と(b)図を比較して、時間が経過しても余震域が拡大しなかったことは著しい点である。余震活動は時間の経過とともにその活動域を拡大するのが普通である。(a)図に示された余震分布から、余震域の面積は 20×10 (km²)と見積もられる。これが本震による破壊域と考えられ、上記本震の震源位置は破壊の開始点と理解すればよい。

最大余震(M5.0)は3月13日に発生したが、その震源は本震のごく近傍であり、その後も余震域が拡大する傾向はみられなかった。なお、本震と最大余震のマグニチュードの差は1.7で、今回の地震の場合の1.1よりも大きい。しかし、本震の規模が小さいほど、この差が大きいことが経験的に知られており、標準的な値とみなせるであろう。

本震のメカニズムは逆断層型であるが、断層面の傾斜方向は西で、その傾斜角は90度に近い。重要なことは、この地震がプレート境界に特徴的な低角逆断層型ではなく、二重深発地震面の上面の稍深発地震に特徴的な down-dip compression 型であることである。これに対する傍証は余震の深さ分布である。深さ分布は2月20日地震が海のプレート内部の破壊であることを示している。なお、この地震に対して得られているメカニズム解と断層パラメーターは、今回の地震の結果とともに表II-5-2（後出）にまとめられている。

このように、2月20日の地震はそれ自身本震-余震型の活動を示すばかりでなく、今回の地震とは断層運動の型も違い、かつ、余震域も互いに隣接はしているものの分離している。したがって、2月地震は後発の今回の地震の先行的地震（もしくは広義の前震）ではあるが、狭義の前震とは区別すべきであろう。それにしても、この異なったタイプの二つの地震の因果関係の解明、あるいは、2月地震が今回の地震発生に対して果たした役割の解明は、地震予知にとって重要な課題である。

5 宮城県沖地震の発生機構

(1) 前震・本震・最大余震の概要

1978年6月12日午後5時14分25.4秒(気象庁による), $M7.4$ の宮城県沖地震が金華山の東方約60kmの海底に発生した。ほぼ同じ地域で1936年に $M7.7$ の地震が発生しているので, 約40年ぶりの大地震である。さて, この本震の気象庁による震源と東北大学理学部による震源を, 前震と最大余震とともに, 表II-5-1に掲げてある。この両機関による震源位置の差は, 異なる観測点のデータを用いていることと, 震源決定に用いる速度構造の違いによる。どちらが正確かは軽々しく判断できないが, 本稿では, 震央に近い観測点のデータが多く, 東北地方に適合する速度構造を用いている東北大学の震源を用いることにする。

表II-5-1 宮城県沖地震の前震, 本震, 最大余震の震源

	前 震 ($M5.8$) 6月12日17時06分		本 震 ($M7.4$) 6月12日17時14分		最大余震 ($M6.3$) 6月14日20時34分	
	気 象 庁	東北大・理	気 象 庁	東北大・理	気 象 庁	東北大・理
北 緯	38°11'±01'	38°11'±02'	38°09'±01'	38°13'±03'	38°21'±01'	38°22'±02'
東 経	142°11'±01'	142°14'±04'	142°10'±01'	142°07'±04'	142°29'±02'	142°31'±03'
深 さ	40km	28.4km±4.2km	40km	29.5km±4.4km	40km	13.3km±3.9km

気象庁による本震のマグニチュードは上記のように7.4であるが, USGS(米国地質調査所)が発表した表面波マグニチュードは7.5であって, 気象庁マグニチュードとはほぼ同じである。また, この地震の震源が太平洋底の比較的浅い所であったため, 津波の発生が心配された。しかし, 実際に観測された津波はごく小さなものであった。津波の規模は0.5程度と見積もられている。

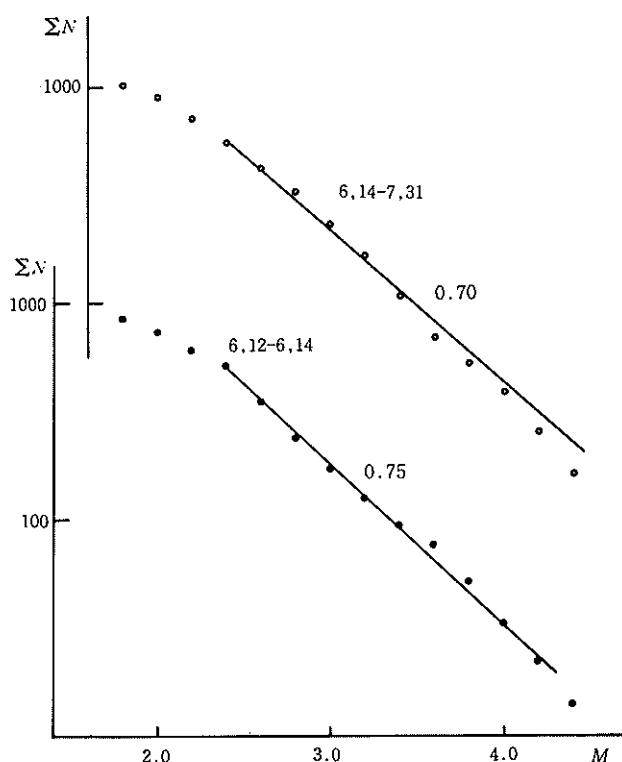
本震発生約8分前に $M5.8$ の前震が発生した。石巻, 大船渡, 宮古, 福島, 盛岡で震度III, 仙台では震度IIであった。気象庁による前震の発震時は午後5時06分09.7秒であり, 震源は表II-5-1に示されている。気象庁と東北大学理学部のいずれの震源を採用しても, 前震位置から10km以内という比較的近接地点から本震の破壊が開始したと考えられる。

最大余震は2日後の14日午後8時34分18.9秒(気象庁による)に発生した。その震央(表II-5-1)はこれが発生する前までの余震域のほぼ東端に位置している。福島で震度IV, 大船渡, 石巻, 盛岡, 宮古で震度III, 仙台, 東京などで震度IIであった。気象庁発表は $M6.3$ であり, 本震の $M7.4$

との差は1.1となる。日本付近の浅い大地震の場合、本震と最大余震のマグニチュードの差の平均値は約1.2といわれている。今回の本震—余震活動はこの平均値に近い値を示している。

東北大学理学部微小地震観測網によって観測された余震のマグニチュード別累積度数分布が図II-5-1に示されている。6月14日の最大余震発生前後で2期間に分け、それぞれの期間の累積度数の対数を縦軸にとってある。マグニチュードの小さいところを除いて、データは直線に乗っている。その直線の傾斜を表わす b 値は、最大余震前で0.75、後で0.70であるが、両者の差は有意とはいえない。また、余震活動の b 値として標準的な値でもある。図の $M \leq 2.2$ ではデータが直線からはずれてしまう。これは観測網の検知能力の限界を示していると考えられる。

図II-5-1 宮城県沖地震の余震のマグニチュード別累積度数分布

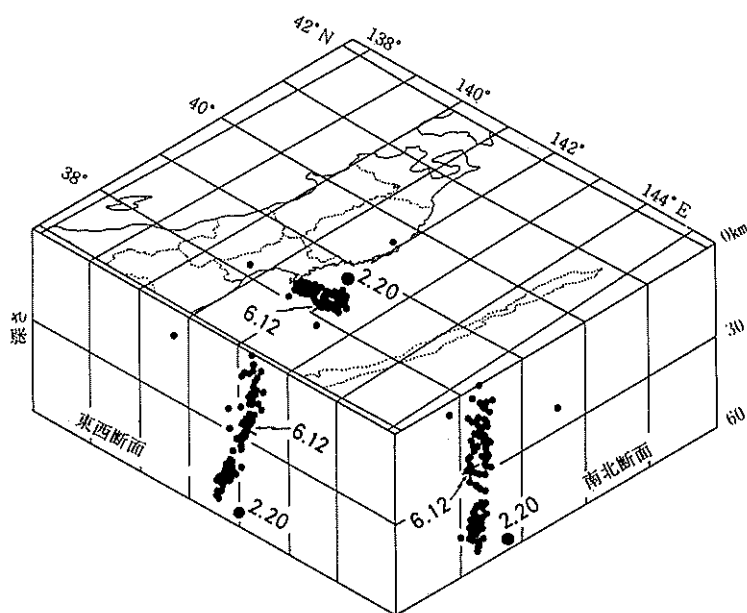


下図は6月14日の最大余震まで、上図は最大余震以後7月31日までの地震。図中の数字は直線の勾配を表わす b 値

(2) 余震分布

東北大学理学部の微小地震観測網は活発な余震活動を観測した。しかし、震央に最も近い金華山観測点は本震発生直後から約6時間停電のため欠測した。金華山観測点の欠測中と復旧後では、震源決定精度に有意な差があり得ると考えねばならない。精度が良いと考えられる6月13日午前0時から12時までの余震の震源分布を立体的に表示したのが図II-5-2である。本震の位置は矢印で示され、2月20日地震も参考のために記入されている。南北鉛直断面図におけるよりも、東西鉛直断面における震源分布は、より線状に並んでいるようにみえる。この直線が東西鉛直断面に投影された本震の断層面であると解される。なお、図II-5-2の鉛直方向の長さは水平方向の約5倍に強調されていることに注意されたい。

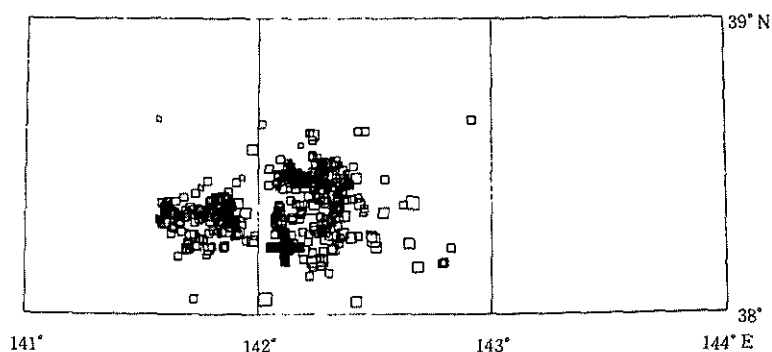
図II-5-2 宮城県沖地震の余震（6月13日0時から12時まで）の震源分布



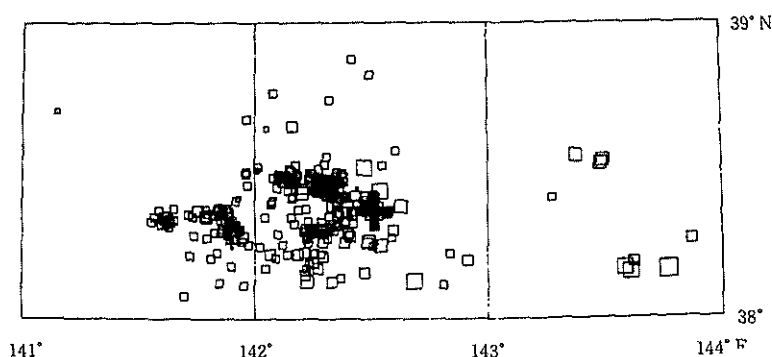
矢印は本震の位置を示し、大きな黒丸は2月20日の震源位置

図II-5-3では、6月14日午後8時の最大余震($M6.3$)発生前(a)図と後(b)図の震央分布が比較されている。(a)図から明らかなように、東経142度を境にして余震が東西二つのグループに分離しているが、+印の本震は東のグループの南西端に位置する。(b)図の+印で示される最大余震は、(a)図における東グループの密集部分よりさらに東で発生し、余震域が東に拡大したようにみえる。なお、(b)図の東南端、38度10分、143度46分にある大きな□印は、6月16日午後2時に発生した $M5.9$ の地

図II-5-3 宮城県沖地震の震央分布



(a) : 6月14日の最大余震まで。+印は本震の震央



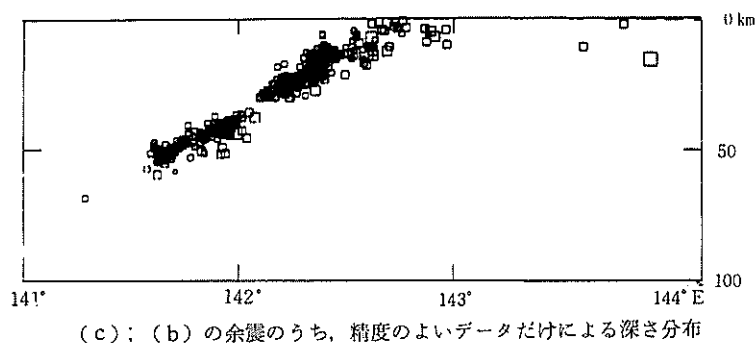
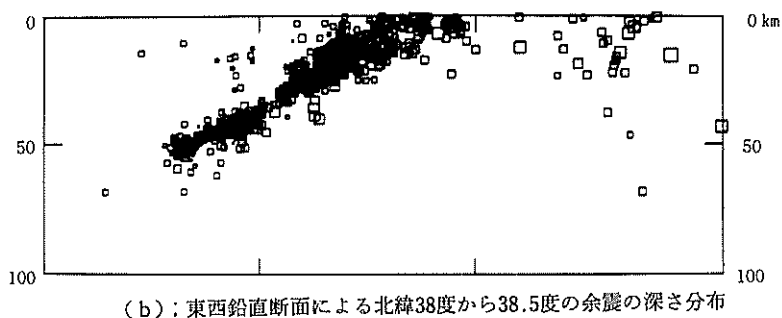
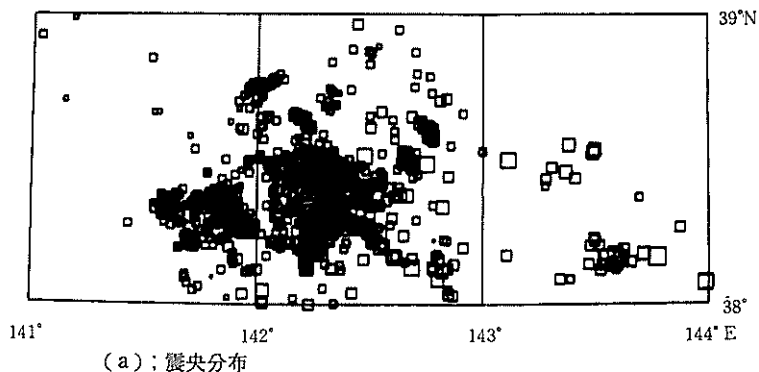
(b) : 最大余震以後6月20日まで。+印は最大余震

震で、このころから海溝寄りの地域の地震活動がやや活発化した。

図II-5-4は6月13日から7月31日までのより長期間の余震分布である。(a)図は震央分布であり、期間を長くとると余震域が広がることがわかる。この図で、北緯38.7度、東経142度付近に北東～南西にやや細長く地震が密集しているが、これは2月20日の余震域に発生した地震である。このような異質の地震を除去するために、(b)図の東西鉛直断面図では、北緯38度から38.5度の間の地震のみをプロットしてある。この図にみられる震源面の水平面からの傾斜角は25～30度である。この震源面の位置とその傾斜角は、IIの4の(1)で述べた深発地震面の上面と一致し、今回の地震がプレート境界で起こった地震であることを示している。

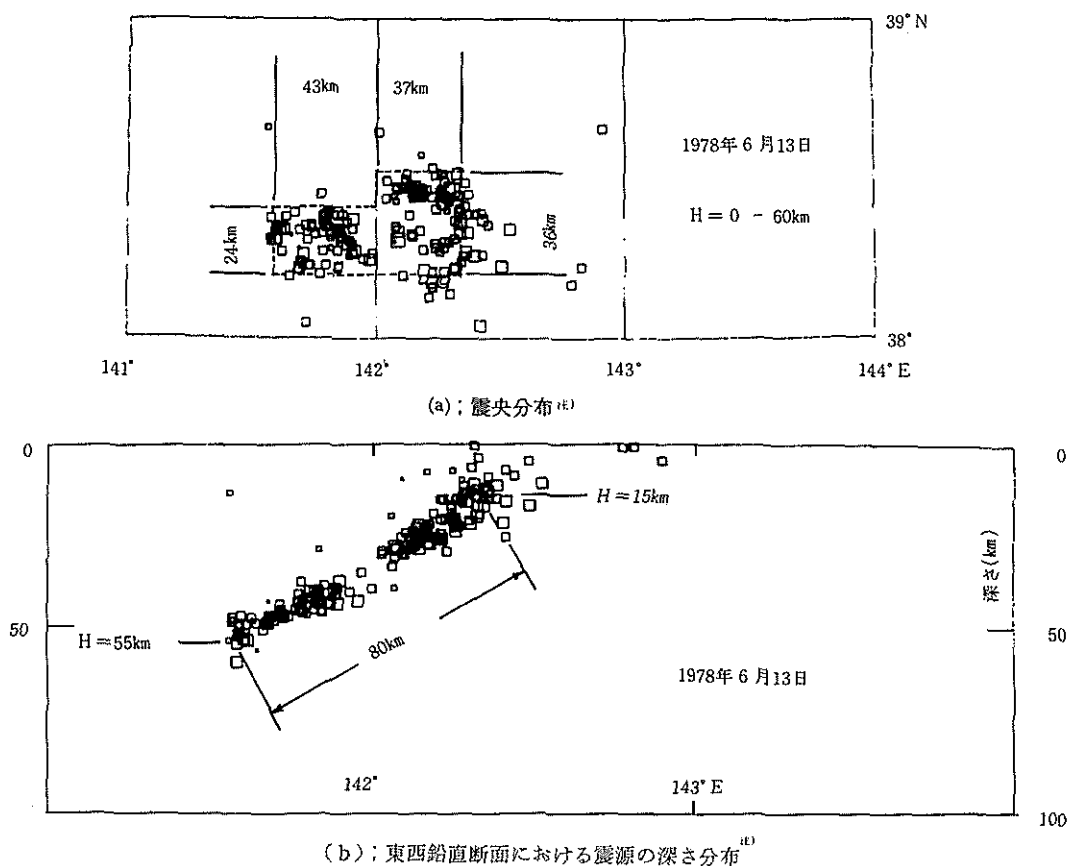
図II-5-4の(b)図は、震源決定精度の良し悪しにかかわらず、対象としている領域の震源をすべてプロットして得られたものである。(c)図はそれらの地震のうち精度の良いものだけを選んで作成した深さ分布である。(b)図に比し、より狭い幅に震源がおさまって、より線状にみえるであろう。もう一つの特徴は、深さ約30kmが境界になって、浅い地震のグループと深い地震のグループに分離していることである。これらはそれぞれ(a)図の震央分布における東西のグループに対応する。

図II-5-4 6月13日から7月31日までの余震の震源分布



本震時の破壊域を推定するために、6月13日に発生した余震のうち、決定精度のよいデータのみを用いて作成した震源分布が図II-5-5である。(a)図は震央分布を、(b)図は東西鉛直断面における震源の深さ分布を表わしている。(a)図で震央の密集している部分を点線で囲んであるが、西側の余震グループの方が南北方向の幅がやや狭くなっている。図に記入してある東西方向の長さは、(b)図の西に傾斜した震源面上で測られた長さである。(b)図に示されるように、本震の破壊域は深さ約15kmから55kmの範囲と考えられる。本震の破壊が深さ15kmで止まって、海底面まで達しなかったことが、大きな津波を発生しなかった一つの大きな原因であろう。

図II-5-5 余震の震源分布と本震の推定破壊域



注) データは6月13日の余震のうち震源決定精度のよいもののみ

図II-5-5においても、二つの余震グループの間はかなり明瞭な空白域になっている。この空白域に対する可能な解釈として、①本震時に十分破壊しつくしたため余震が発生しない ②空白域部分はきわめて延性的であるため余震を起こし得ない ③空白域部分の破壊強度がきわめて大きいため本震時を含めて破壊が発生しない の三通りが考えられる。もし②が正しいければ、本震時における両側の領域の破壊に伴って、この空白域にも多かれ少なかれすべりが発生したに違いない。一方、③の場合には、この空白域の両側の領域にはつながりがなく、独立した二つの地震と考えねばならない。現在のところ、これら三つの解釈のいずれが正しいか結論が得られていない。ここでは、とりあえず本震時にすべりが全領域で発生したとして、近似的に80km×30kmの長方形部分が破壊域であるとみなすことにする。

(3) 長周期地震波からみた断層モデル

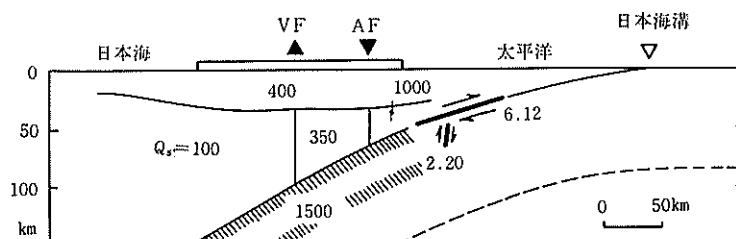
ここでは今回の地震の点震源モデルに関するメカニズム解と、長周期表面波によって求められた断層パラメーターを述べることにする。今回の地震のメカニズム解はP波とS波の初動の観測データから求められている。表II-5-2にあるように、西に傾斜した傾斜角の小さいP波節平面を断層面として採用すれば、余震の震源分布ときわめて調和的である。すなわち、このM7.4の地震はプレート境界の地震に特徴的な低角逆断層型である。また、約8分前に発生したM5.8の前震も本震とはほぼ同じメカニズムであったと推定されている。

断層運動の動的特性を平滑化した断層モデルは、遠地観測点における長周期表面波の解析から求められる。すなわち、まず断層の広がりや余震域から推定し、次に断層の大きさに比し十分波長の長い地震波の振幅から地震モーメントを推定する。これらをIIの2の数式2に代入して、平均的なすべり量と応力降下量を求めるのである。今回の地震に対して、このような手続きによって得られ

表II-5-2 6月12日地震と2月20日地震の断層パラメーター

	2月20日 (M6.7)	6月12日 (M7.4)
断層面 傾斜方向	N270°E	N280°E
断層面 傾斜角	85°	20°
補助面 傾斜方向	N133°E	N115°E
補助面 傾斜角	20°	71°
断層面積 (km ²)	20×10	80×30
地震モーメント (dyne・cm)	0.8×10^{26}	3.1×10^{27}
平均的すべり量 (m)	0.6	1.8
応力降下量 (bar)	70	70

図II-5-6 6月12日地震と2月20日地震の断層運動と Q_s 構造 (東西鉛直断面)



VF: 火山フロント

AF: アサイズミック・フロント

Q_s : S波に対する減衰に関する無次元定数

破線: 太平洋プレートの想定下部境界

斜線部: 稍深発地震発生域

た結果が表Ⅱ－５－２にまとめられている。なお、図Ⅱ－５－５の(a)図で示された破壊域の形はやや複雑な形をしているが、計算上はこれを長方形で近似し、断層面の走向方向の長さとして平均値の30kmを用いている。

図Ⅱ－５－６には、地殻および上部マントル構造との関連が明らかになるよう、2月20日と6月12日の二つの地震の断層運動が東西鉛直断面図に模式的に描かれている。2月20日の地震は沈み込む海のプレートの内部で起こった地震であって、そのすべり方向もプレートの相対運動の方向とは異なっている。一方、今回の地震はプレート境界で発生し、すべり方向もプレートの相対運動の方向と一致している。このように、典型的なプレート境界の地震であるにもかかわらず、今回の地震の応力降下量(70bar)は全世界の平均値の30barよりも有意に大きい。これが今回の地震の断層運動の一つの特徴であり、短周期地震波に対する励起能力が相対的に大きい地震であったと考えることができる。

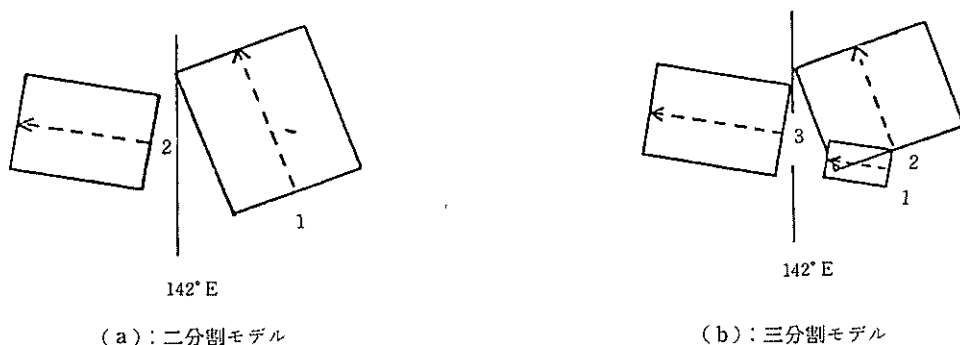
(4) 断層運動の詳細

長周期表面波(周期100～300秒)から求めた断層モデルは、今回の地震の巨視的な全体的断層運動をよく記述している。しかし、断層運動の微細構造は長波長という平滑化によって無視され、観測された短周期地震波の振幅を満足するものではない。とくに、実体波の観測波形において、初動から約11秒後に顕著な振幅をもつ波(フェイズ)が見出され、この地震が多重地震(multiple shock)であったという可能性を示唆している。さらに、5の(2)で述べた二つに分離した余震域はこの可能性に対する一つの証拠とみなすことができよう。

このような観点から、表Ⅱ－５－２で与えられた今回の地震の破壊域を二つ、あるいは三つに分割したモデルを導入し、実体波の観測変位波形を満足するようにパラメーターを決定する試みがなされている。その際、モデルが満たさなければならない条件は、①余震分布 ②実体波初動と次のフェイズの到達時刻差から求められる二つの破壊の開始点(A, B)の相対位置 ③個々の破壊に対して求められた地震モーメントの和は表Ⅱ－５－２に与えたモーメントに等しい である。ここで、最初の破壊点Aに対するBの位置はAの西北西約30km、つまり西側余震域の東南端付近に求められている。

分割された破壊面の形状を図Ⅱ－５－７に示す。(a)図は二分割モデルであり、第一破壊の11秒後に第二の破壊が始まる。このモデルは上記条件を満たし、後述する三分割モデルにくらべれば客観性のあるモデルといえよう。しかし、この二分割モデルでもなお近地観測点におけるS波初動部分の大振幅を満足させることはできない。そこで図Ⅱ－５－７(b)の三分割モデルが導入され、最初

図II-5-7 宮城県沖地震の分割断層モデル



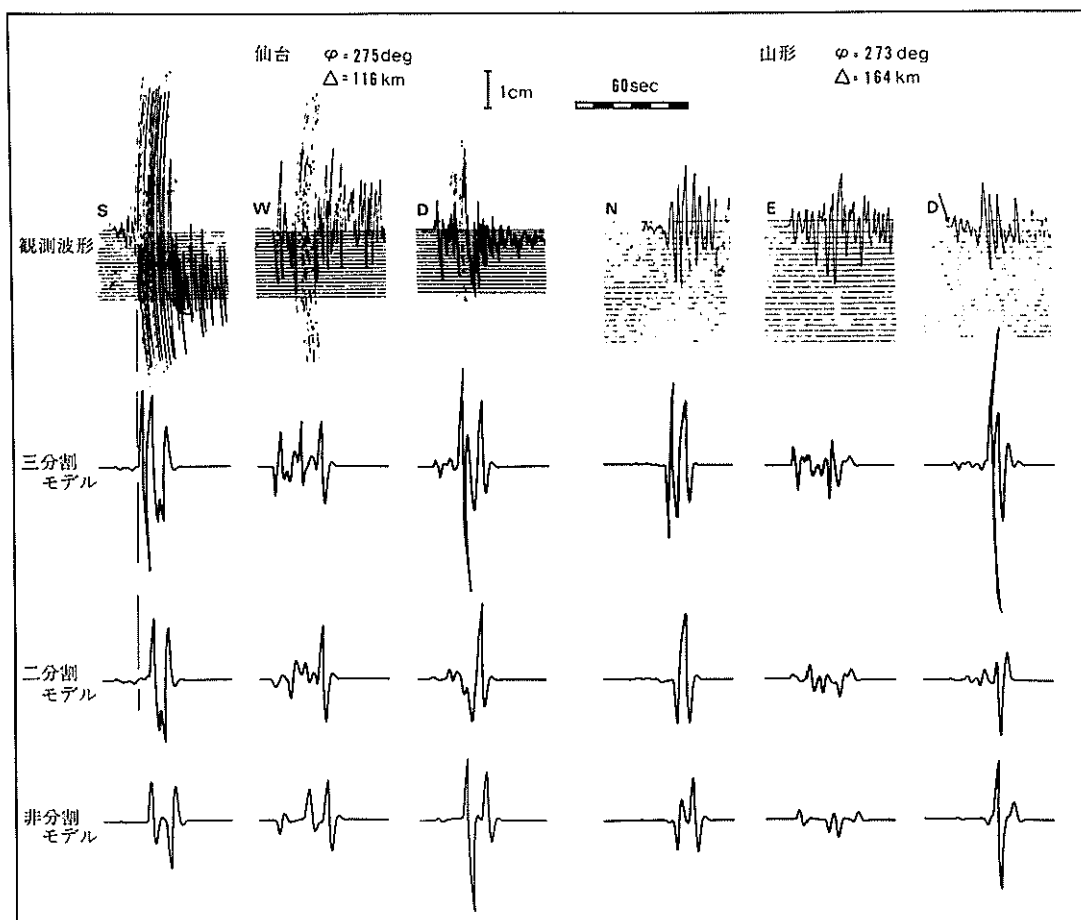
の小さな破壊領域（図で1の領域）における急激な断層運動が仮定されている。なお、この三分割モデルにおいては第二破壊は第一破壊の3秒後、第三破壊は第二の8秒後に開始する。ここで、第一、第三の破壊が前記条件におけるA、Bの開始点に対応する。

観測波形を満足するように分割モデルのパラメーターの値を定めた結果が表II-5-3にまとめられている。そして、最良モデルに基づく理論波形と観測波形の比較の一例が図II-5-8に示されている。観測波形は気象庁一倍強震計による仙台と山形の記録で、近似的には変位波形と考えられる。なお、仙台の観測波形はS波部分で振幅が振り切れている。一方、理論波形は均質媒質を仮定して計算されている。比較的短周期の地震波を議論するには、表層近くの低速度層を無視するのは無理であろう。たとえば、三分割モデルの理論波形で上下動のS波が水平動よりも振幅が大きく、観測波形と矛盾するのはこのためと考えられる。

表II-5-3 宮城県沖地震の分割断層モデルのパラメーター

	二 分 割 モ デ ル		三 分 割 モ デ ル		
	第一破壊	第二破壊	第一破壊	第二破壊	第三破壊
断 層 の 長 さ (km)	37	24	10	27	24
断 層 の 幅 (km)	34	34	17	34	34
地震モーメント (dyne・cm)	1.7×10^{27}	1.4×10^{27}	0.5×10^{27}	1.3×10^{27}	1.3×10^{27}
平均すべり量 (m)	1.9	2.4	4.2	2.0	2.3
応 力 降 下 量 (bar)	95	145	550	110	135

図II-5-8 宮城県沖地震の仙台と山形における観測波形(気象庁・一倍強震計)と理論波形



φ: 震央からみた観測点の方位, Δ: 震央距離

表II-5-3の結果でとくに注意されるのは、分割モデルの応力降下量がきわめて大きいことである。これは、個々の領域の破壊が互いに独立であるという前提に基づいて、それらの領域に配分された地震モーメントからIIの2の数式2によって応力降下量を計算したためである。一つの領域を二つの面積に分割すれば必然的に応力降下量が大きくなる。応力降下量は、本来、破壊前後の応力値の差として定義されている。したがって、分割モデルにおいて、個々の領域が互いに独立に破壊し始めたとしても、全体の破壊が終了したとき互いにどのような関連をもったかが重要な意味をもつ。少なくとも、この分割モデルで得られた応力降下量を、従来の方法で得られた結果（たとえば(3)の結果）と直接比較するのは適当でない。

IIの2の(3)で論じたように、通常の断層モデル（後述の確率論的断層モデルに対比して決定論的

断層モデルと呼ぼう)による短周期地震波のエネルギーは明らかに不足して、観測事実と矛盾する。観測事実との調和をはかる一つの試みがここで紹介した分割モデルである。決定論的モデルのこのような改良は必然的にモデルを複雑化する。モデルの検証が理論波形と観測波形の定性的な比較で行われているために、複雑なモデルの最大の欠陥はその客観性が乏しいことと一意性の保証がないことである。

6 宮城県沖地震の強震動特性

今回の地震による仙台の震度はVであった。加速度に換算して80～250ガルに相当する。仙台市内に設置されている強震計のデータによれば、建物の1階ないし地階で300ガル近くの最大加速度が得られている。さらに、震央から300km以上も離れた東京でも10ガルを超す最大加速度が記録された。これらの測定値は過去の強震資料に基づく経験式から推定される値よりかなり大きい。

ある特定の場所の強震動を決定する重要な要因として、地盤特性、伝播特性、震源特性の三つがあげられる。今回の地震でも、仙台市内の場所によって被害に大きな差が出たが、これは地盤の良し悪しのきわめて局所的な地域差によっている。震源から出た地震波が基盤に到達するまでには種々の影響を受ける。これが伝播特性である。ここで、基盤というのは、仙台市というような広がり地域に共通してみられるかたい地層であって、やわらかい地盤はその上に乗っている。今回の地震の場合、仙台の震央距離は100km程度でかなり大きい。したがって、仙台の基盤における地震動の地域差は無視できるほど小さいに違いない。このことから、仙台市内の地表における強震動の地域差の原因は基盤の上の地盤に帰せられる。IIの2と5で述べたように、同じマグニチュードの地震でも、発生する短周期地震動の強さは大きく異なり得るものである。これは個々の地震の震源特性（断層運動の特徴）に起因する。

ここではまず、伝播特性の効果の一例として、今回の地震でみられた震度分布の特徴を説明する。次に、短周期地震を規制する震源特性をモデル化し、かつ、今回の地震の強震動特性の解明を試みる。なお、地盤に関する問題はIIIで詳しく論ぜられるであろう。

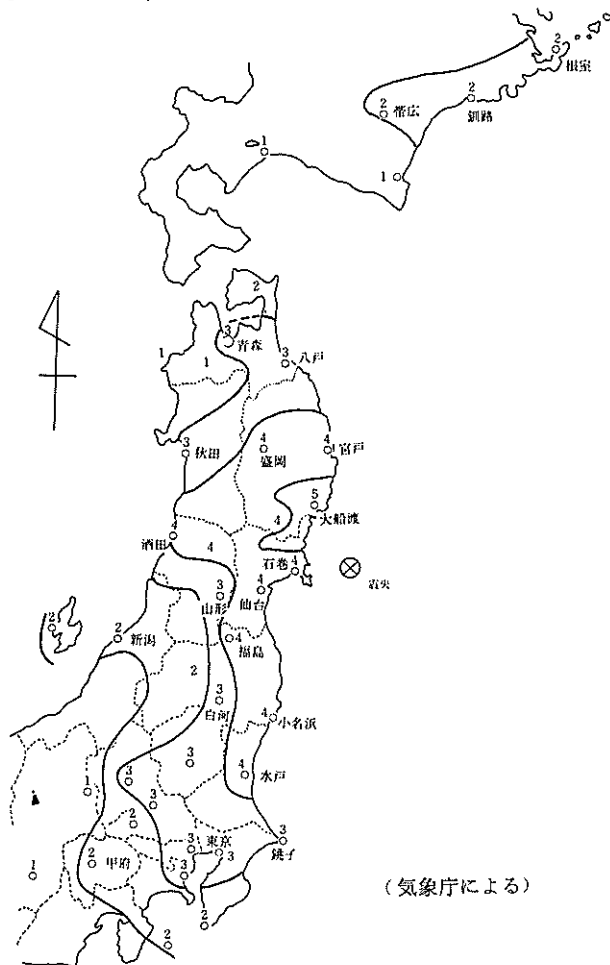
(1) 震度分布と伝播特性

全国の気象官署から報告された今回の地震の震度は、大船渡、仙台、石巻、福島、新庄の5箇所ではV、東京、横浜、八戸、帯広などでIVとなっていて、有感域は北海道北部から中国地方にまで広がっている。これらのデータに基づいて気象庁が作成した震度分布が図I-1-1である。その等震度曲線の形の全体的特徴は、それが震央を中心とした同心円ではなく、南北方向に奥深く広がっ

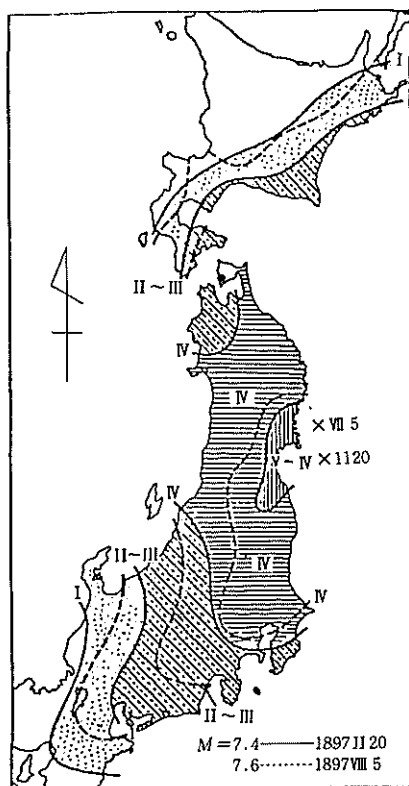
ていることである。この傾向は2月20日地震（図II-6-1）や、過去の地震にも明瞭に現われている。図II-6-2は宮城県沖あるいは福島県沖の比較的陸地寄りに発生した地震の例であるが、等震度曲線の大規模なパターンは今回の地震に類似している。この現象は地殻および上部マントルにおける地震波の非弾性的減衰の地域性によるものである。

IIの5の(3)に前出した図II-5-6には、東北地方中央部（北緯39度付近）の Q_s 構造が東西鉛直断面図で示されている。 Q_s はS波に対する非弾性的減衰に関する無次元定数で、S波の減衰項は $\exp(-\pi f T / Q_s)$ で表わされる。ここで、 f はS波の周波数、 T はその走時である。深発地震の発生する沈み込む海洋プレートの内部では、 Q_s が大きい（波の減衰が小さい）ことが第一の特徴である。たとえば、東京付近でもかなり大きな震度になるのは、地震波が主としてこの海洋プレートの内部を伝播するためである。第二の特徴は、モホ面と海洋プレートの上面との間で、かつアサイズミック・フロント（図II-5-6のAF）の東側では Q_s が大きいのに反し、火山フロント（図の

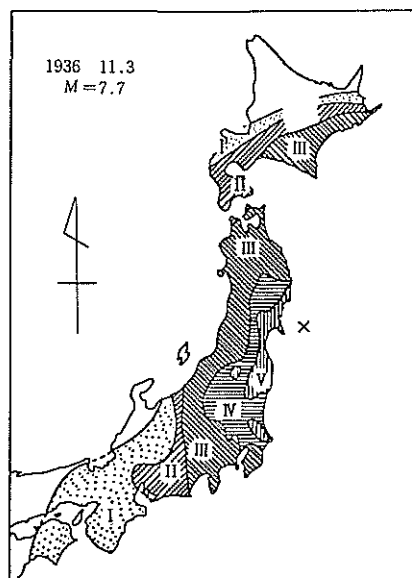
図II-6-1 1978年2月20日宮城県沖の地震の震度分布



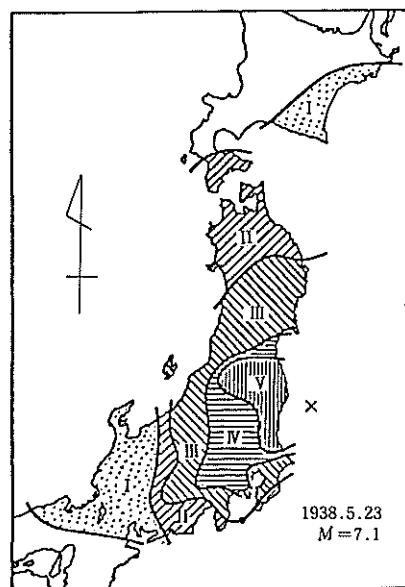
図II-6-2 宮城県・福島県沖に発生した大地震の震度分布



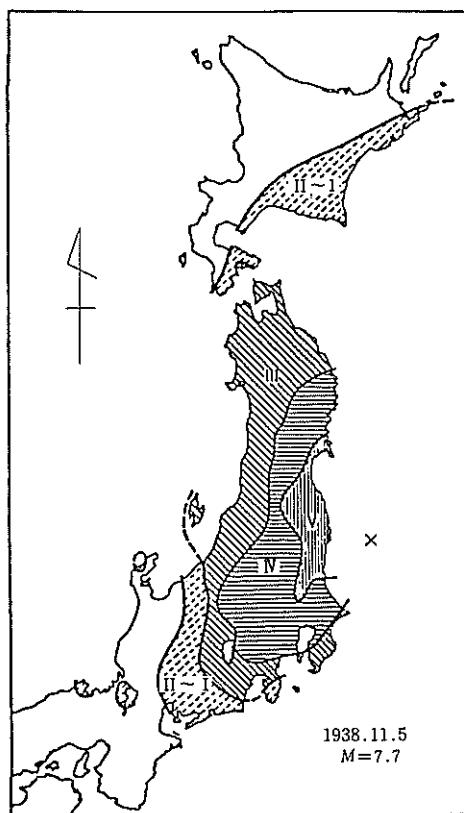
(a)



(b)



(c)



(d)

V F) の西側の上部マントルでは小さいことである。これが脊梁山脈の西側の日本海側で震度が小さくなる原因である。このように、震度分布の大きな規模の特異性は伝播経路にあたる上部マントルの Q 構造に起因しており、短周期地震波を考えるとこの伝播特性を無視することはできない。

体感や被害状況などに基づいて決められる震度は、それぞれの場所の地震動の強さを表わすきわめて粗い尺度である。強震計のデータのない古い地震の震動の強さを評価するには、大変不満足ではあるが、震度を利用するしかない。さて、今回の地震による震度分布（図 I-1-1）を過去の地震（図 II-6-2）と大きさの点で比較検討してみよう。図 I-1-1 では震度 V の限界を示す等震度線が秋田県と山形県の県境付近で西に深く入り込んでいる。これは、新庄における震度 V の報告をそのまま反映させたためと推察される。震央からはほぼ等距離にある山形が震度 IV であることを考えると、震度 V の曲線の西への張り出しを重視しない方がよいと思われる。

図 II-6-2 の各地震の震央はこの図の出典のままで修正していない。しかし、最近の研究によれば、図 II-6-2 (a) の 1897 年 8 月 5 日の地震 ($M7.6$) の震央は宮城県沖の沖合 170 km に修正されており、II の 1 でもこの修正された震央を採用している。したがって、今回の地震の震央に近い地震は、1897 年 2 月 20 日 ($M7.4$) と 1936 年 ($M7.7$) の地震である。これら三つの地震の震度分布を比較すると、まず、1936 年の地震は他よりも明らかに小さな震度を与えている。次に今回の地震と 1897 年 2 月の地震を比べると、震度 V の曲線と有感範囲において前者がやや上回っているようにみえる。しかし、震度という量の粗さなどを考えると、この差が有意かどうかは疑問であろう。それにしても、次のような結論は可能ではなからうか。今回の地震は、宮城県沖の活動域で予想される地震のなかでは、短周期に富んだ地震動（すなわち大きな強震動）を発生するタイプの地震であった。

(2) 震源特性と最大加速度

加速度波のような短周期地震波にとって、従来の断層モデルが不満足なモデルであることは、II の 2 の (3) で述べたし、5 の (4) の分割モデルの導入からも推察されよう。しかも、この分割モデルから計算された理論波形の周期は数秒程度とかなり長周期であって、地震工学的に興味のある周期範囲をカバーするのは難しい。ここでの目的は、確率論的断層モデルを導入し、加速度波を規制する震源特性を明らかにすることである。

従来の断層モデルでは、断層面上で、すべり量が一定あるいは応力降下量が一定、という断層運動の一様性が仮定されている。しかし、実際には非一様な断層運動であることは疑いない。たとえば、破壊面上における応力降下量 (τ) はそれぞれの場所によって異なっているはずである。従来の断

層モデルでは、破壊面全体にわたる τ の平均値、 $E\{\tau\}$ を用いて断層運動を記述していると理解すればよい。このような平均化の操作をしても、破壊面の広がりには比し同程度以上の長波長の地震波に関しては問題ないが、短波長の波にとっては具合の悪いことは前に述べたとおりである。

しかしながら、断層運動の非一様性を決定論的に記述することは不可能に近い。そこで、次のような確率論的な断層モデルを導入しよう。まず、面積 Σ のすべり面をそれぞれ固有の τ をもつ $\Delta\Sigma_i$ の小領域に分割する。 τ はある確率分布をもち、その平均値、 $E\{\tau\}$ 、と自乗平均値、 $E\{\tau^2\}$ 、が定義されるとする。個々の小領域から発生する加速度波はインパルスで十分よく近似され、その強さはその小領域の応力降下量に比例する。一方、観測点における加速度波形はこれらのインパルスの和で表わされるが、ここで、観測点からみたときそれらのインパルスの到着はランダムであると仮定しよう。すなわち、確率ショットノイズ過程で近似されるという仮定である。

以上がモデルの基本的概念であるが、観測点での加速度スペクトルを求めるには、さらに多少込み入った計算を必要とする。たとえば、震源までの距離が小さい場合を取りあつかうために、観測点から Σ 上の任意の点までの距離の差を考慮しなければならない。 τ が同じであっても遠い小破壊領域からのパルス振幅は小さいはずである。このような影響を計算した上で、任意の距離における加速度波のパワー・スペクトルが求められる。伝播経路における非弾性的減衰を無視した場合には、このパワー・スペクトルはホワイト、すなわち、周波数にかかわらず一定である。この確率論的断

表II-6-1 地盤モデル

	厚 さ (m)	密 度 (g/cm ³)	P波速度 (km/sec)	Q_p	S波速度 (km/sec)	Q_s
大 船 渡	360 —	2.3 2.5	2.7 5.2	150 —	1.5 3.0	100 —
石 巻	25 200 —	1.9 2.0 2.5	1.8 2.0 5.2	15 45 —	0.4 0.8 3.0	10 30 —
塩 釜	24 3 93 80 —	1.6 1.8 2.0 2.3 2.5	1.5 1.8 1.8 2.7 5.2	12 15 45 150 —	0.08 0.3 0.7 1.5 3.0	8 10 30 100 —
宮 古	2.2 7.9 200.0 1200.0 —	1.6 1.7 2.0 2.4 2.5	1.5 1.8 2.0 4.3 6.1	30 30 150 300 —	0.12 0.23 0.8 2.5 3.5	20 20 100 200 —
仙 台 (東北大・工)	23 157 820 —	1.9 2.0 2.3 2.5	1.8 1.8 2.7 5.2	30 75 150 —	0.3 0.7 1.5 3.0	20 50 100 —

層モデルから導かれる最も重要な結果は、加速度のパワー・スペクトル密度が $E\{\tau^2\}$ に比例することである。短周期地震波の振幅は応力降下量の分布の散らばり方に依存するが、その平均値には直接には依存しない。これは、長周期地震波の振幅が $E\{\tau\}$ に比例するのと基本的な違いである。ここで、短周期、長周期とはコーナー周波数を基準にしており、確率モデルの適用範囲はコーナー周波数の2倍以上の高周波数域である。また、理論的には $\sqrt{E\{\tau^2\}} \geq E\{\tau\}$ であるが、まずは実際の地震に対して $E\{\tau^2\}$ を推定するのが先決である。

2月20日の地震と今回の地震について、最大加速度の資料から簡便に $E\{\tau^2\}$ を推定してみよう。対象とする観測地点は地盤上に強震計が設置されている大船渡、石巻、塩釜、宮古の4箇所である。方法の概略は、まず、極値理論を利用して各観測点における $\sqrt{E\{\tau^2\}}$ が1 barあたりの最大加速度の理論的な期待値を計算する。その際、全破壊領域 Σ に関するモデルは表II-5-2の断層パラメーターの値を用い、上部マントルと地殻の Q_0 構造は図II-5-6を参考にして伝播特性を考慮した。また、各観測点の地盤として表II-6-1のモデルを採用し、簡単のためにSH入射で近似している。次に計算された期待値と実測値から、表II-6-2のように $\sqrt{E\{\tau^2\}}$ が計算される。

表II-6-2 最大加速度の期待値 ($E\{\tau\}$)と応力降下量の自乗平均($E\{\tau^2\}$)

	2月20日地震				6月12日地震			
	最短距離 (km)	$E\{\tau\}/\sqrt{E\{\tau^2\}}$ (gal/bar)	最大加速度 測定値(gal)	$\sqrt{E\{\tau^2\}}$ (bar)	最短距離 (km)	$E\{\tau\}/\sqrt{E\{\tau^2\}}$ (gal/bar)	最大加速度 測定値(gal)	$\sqrt{E\{\tau^2\}}$ (bar)
宮古	112	0.592	70	118	127	1.19	150	126
大船渡	72	0.504	113	224	73	1.27	170	134
石巻	76	0.805	144	178	58	2.80	294	104
塩釜	100	0.865	129	149	70	3.41	284	84
	平均値			167±39	平均値			112±20

このようにして推定された応力降下量の自乗平均の平方根 ($\sqrt{E\{\tau^2\}}$) は、2月20日の地震に対して167±39 bar、今回の地震の場合には112±20 barである。表II-5-2の従来の断層モデルにおける応力降下量は $E\{\tau\}$ とみなせるから、 $\sqrt{E\{\tau^2\}}/E\{\tau\}$ は2月および今回の地震に対してそれぞれ2.4、1.6である。これらの値と比較すべき他の地震のデータは今のところ皆無である。しかし、2月地震と今回の地震を比較した場合、前者の方がより短周期に富んだ地震波を励起したと判断される。これは前者がプレート内部のより深い地震であったことと関係しているのかもしれない。

次に、推定された応力降下量の自乗平均値を用いて、地盤種別による最大加速度の違いを、SH

表II-6-3 仙台市内各地の地盤モデル

	厚 (m)	密 度 (g/cm ³)	S波速度 (km/sec)	Q_s
高 砂	23	1.7	0.16	10
	29	1.8	0.40	20
	28	2.0	0.70	50
	920	2.3	1.50	100
	—	2.5	3.00	—
六 郷	7	1.6	0.10	10
	11	1.7	0.23	10
	17	1.8	0.40	20
	65	2.0	0.70	50
	900	2.3	1.50	100
	—	2.5	3.00	—
霞 の 目	6	1.6	0.10	10
	11	1.7	0.23	10
	19	1.8	0.40	20
	64	2.0	0.70	50
	900	2.3	1.50	100
	—	2.5	3.00	—
仙 台 駅	8	1.8	0.25	20
	132	2.0	0.70	50
	860	2.3	1.50	100
	—	2.5	3.00	—

表II-6-4 最大加速度の理論値と測定値

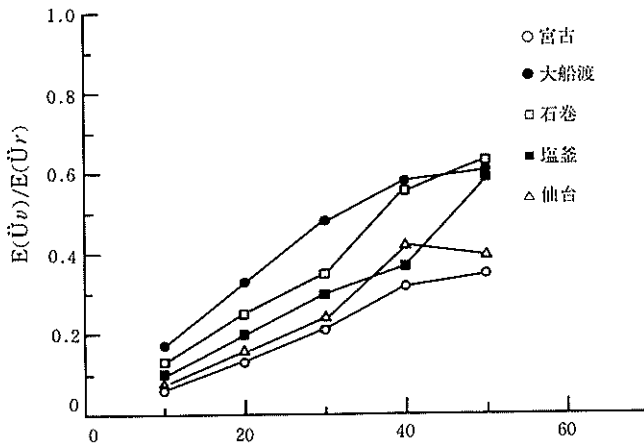
	2月20日地震 最大加速度		6月12日地震 最大加速度	
	期待値 (gal)	測定値 (gal)	期待値 (gal)	測定値 (gal)
東北大学 (1 F)	105	170	297	240
七十七銀行 (B 1 F)	95	98	291	294
住友生命 (B 2 F)	95	105	291	250
霞 の 目	174	—	488	—
六 郷	179	—	495	—
高 砂	137	—	380	—

入射を仮定して検討してみよう。表II-6-3は仙台市内の高砂、六郷、霞の目、仙台駅付近の地盤モデルである。この4箇所、表II-6-1の東北大学工学部付近を加え、そのそれぞれについて最大加速度の期待値を計算した結果が表II-6-4である。なお、仙台から破壊域までの最短距離は2月地震が116km、今回の地震が82kmであり、「七十七銀行」と「住友生命」に対しては仙台駅付近のモデルを利用した。建物に設置された強震計による測定値も併記したが、東北大学を除いて、理論的な期待値とよく一致している。強震記録がないため実測値と比較できないが、六郷などの地

盤の悪い地点ではきわめて大きな最大加速度であったことが想像される。

最後に、上下動の最大加速度がどの程度の大きさになり得るかを検討してみよう。多くの場合、上下動最大加速度はP波入射によるものではなく、SV入射によるものと考えられる。表II-6-1の各種地盤モデルの基盤にSV波が入射したときの、水平動最大加速度の期待値に対する比が図II-6-3に示されている。横軸は基盤におけるSV波の入射角である。実際のS波にはSH波も多かれ少なかれ含まれているであろうから、この比の値は理論的な上限を与えている。今回の地震の場合、各地における入射角は40度（石巻）から50度（宮古）の間と考えられるが、この図は、上下方向の最大加速度が水平動の6割を超えないことを物語っている。なお、強震計による今回の地震のデータは4割弱の平均値を示す。

図II-6-3 SV入射波による水平動最大加速度に対する上下動最大加速度の比（宮城県沖地震の場合）



基盤におけるSV波の入射角（度）

$E(\ddot{U}_v)$: 上下動成分の最大加速度の期待値

$E(\ddot{U}_h)$: 水平動成分の最大加速度の期待値

今回の地震で観測された強震動記録の大きな特徴は、①過去の経験に照らして最大加速度が大きかったこと ②強震記録のスペクトルに1秒付近という比較的長い周期に顕著なピークがみられたことである。ここで紹介された確率論的断層モデルでは、短周期地震動は応力降下量の自乗平均という新しい断層パラメータで規定される。このパラメータは長周期地震波を規定する応力降下量の平均値とは独立な統計量である。したがって、他の地震のデータがない以上、ここで得られた $E(\tau^2)$ の値から今回の地震の特殊性を論ずることはできないが、今後の地震の強震動予測にとって重要な情報となるであろう。

一方、強震動の周期特性についても、今後の研究に待つところが多く、量的な議論は困難である。震源特性としての加速度スペクトルの振幅はコーナー周波数(今回の地震の場合0.1Hzのオーダー)までは周波数の2乗にはほぼ比例して増大し、コーナー周波数より十分高い周波数ではほぼ一定(確率論的モデル、決定論的モデルのいずれにおいても)となる。次に、伝播経路と地盤における減衰は高周波数域の振幅を著しく低下させるのに反し、低速度表層の存在は高周波振幅を増幅する。このように種々の要因がからみ合っているが、すでに観測された強震記録の周期特性を定性的に説明するのは、調整可能なパラメーターが多いのでかえって容易である。しかし、来るべき強震動を定量的に予測するには、地盤の速度構造ばかりでなく、その減衰特性の正確な知識が不可欠である。

このように、短周期地震動に関する現在の地震学の知識はあまりにも貧弱である。震源に関するモデルの改良、とくに、長周期地震動に対する決定論的モデルと短周期地震動に対する確率論的モデルの調和を図るとともに、良質な観測記録によって強震動特性を実証的に解明するために強震観測を強化することが肝要である。

7 宮城県沖地震と地震予知

地震は、地殻の一部に歪が蓄積し、その度合が約 10^{-4} (100mの棒の先が1cm撓むことに相当する)に達すると地殻を構成している岩石の強度を超えることにより、ついに破壊に至る現象と考えられている。したがって、地殻の歪の蓄積およびそれに伴って生ずる諸現象を観測、測定することが地震予知の基本的な方法である。地殻の歪蓄積—解放の全過程を地表観測により検知することは容易でないが、最近の計測技術の進歩により地震の先行現象を観測することが可能と考えられるようになった。現在の地震予知計画は直接地殻の異常を観測することに重点を置いており、その推進方法の一つとして特別な地域が選定されている。しかし、それは、歴史時代には大地震を経験したが最近の地震活動が低い地域、活構造・活断層地域、東京などの重要地域が特定観測地域として指定されており、実際に観測可能な地域に限られている。

三陸沖、金華山沖は本邦における地震活動の最も高い地域の一つであるが、観測手段に難点があるため指定地域からはずされていたわけである。よって今回の地震域に対する直接的観測は実施されず、陸上観測網のみによりその地震活動が調べられていた。

(1) 先行現象

宮城県沖あるいは金華山沖のM7クラスの地震は、1616年以来前回の金華山沖地震の1936年までに9回発生しており、その間約320年であるから平均的には30～40年に1回発生していた。しかし、

表II-7-1 宮城県沖地震の地学的先行現象

項 目	先行時間 (日)	震央距離 (km)
先行的地震活動(2月20日)	112	
前 震 発 生	0.005	
地磁気短周期変動振幅比	30	70
ラドン濃度変化*	10	500
地下水位異常 A (9例平均)**	18.6	120~450
地下水位異常 B (5例平均)**	2.8	120~450
地下水位異常 C	0.3	120
温泉水温異常 (2例平均)**	20	450~470

注) ※印は杉崎, ※※印は大木・平賀, その他は昭和53年8月21日「第43回地震予知連絡会資料」による

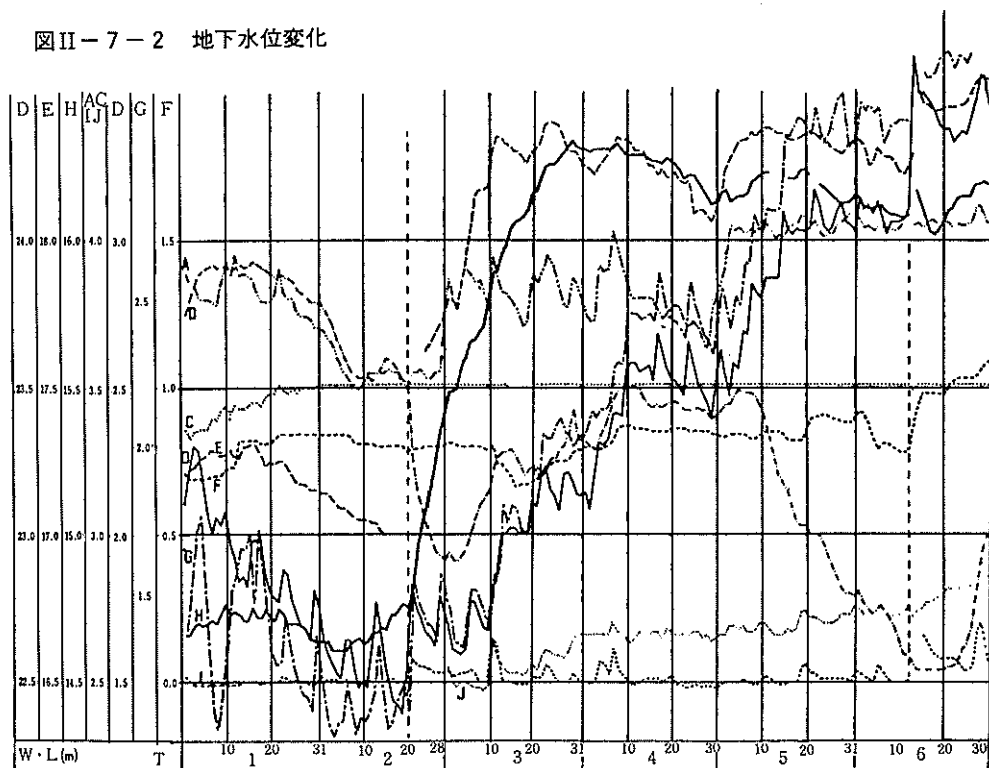
表II-7-2 宮城県沖地震にみる動物異常行動の件数

発 現 日	鳥 類	動 物	魚 類	計
当 日	57	31	23	111
前 日	12	8	6	26
2 ~ 3 日 前	33	15	7	55
4 日 以 上 前	7	8	2	17
10 日 以 上 前	5	3	2	10

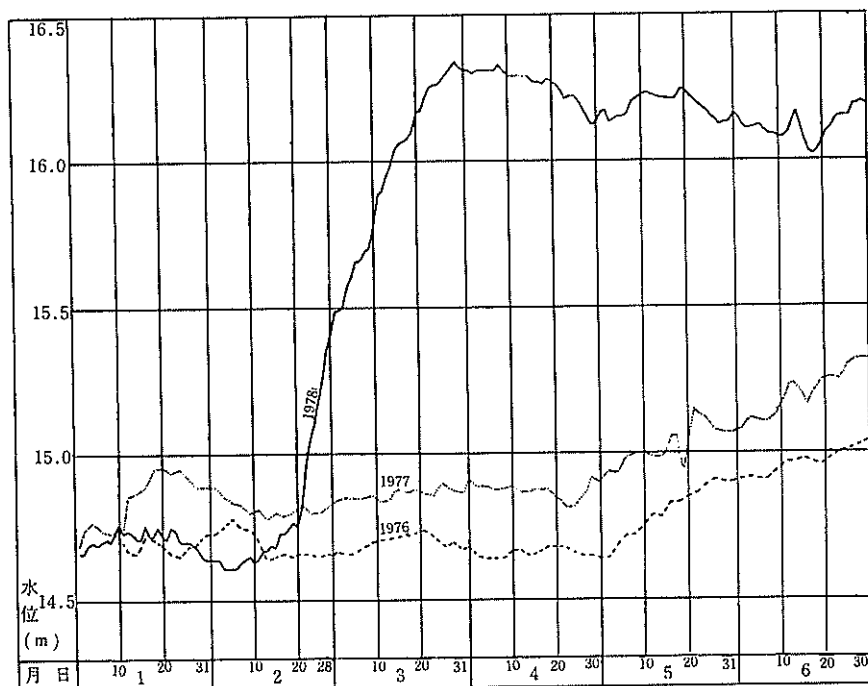
過去の地震による被害はあまり大きくなく、むしろほぼ同緯度の海溝側に長期的な地震活動の空白域(1611年, 1677年の地震の位置が正しければ)が認められ、かつ最近の地震活動も北緯39度以南は活動空白の域であったため、今回の地震域よりむしろ東側の地域の活動に注意が集められていた。1978年2月20日、今回の地震に先行して北に約50km、深さ56kmにM6.7の地震が発生した。この地震は沈み込む海洋プレート内部に発生し、ほとんど鉛直に近い断層面に沿う逆断層型でかなりの被害をもたらした。この深さで、この大きさの地震は過去にあまり例がなく、その発震機構などが詳しく調べられた。しかし、余震の数は一般のそれと比較して少なかったが、なお本震-余震型を示したので前兆的地震活動として重大には捉えられてはいなかった。その後、この地震の余震域は、今回の地震の余震域と分離されることが判明したから、前震活動として考慮されるべきでなく、プレート境界の低角逆断層の地震の先行的過程と考えられなくもない。

実際に沿岸近くに発生した過去のM7以上の地震を調べたところ、1937年7月27日の地震(142.0°E, 38.2°N, M7.2, $h=50$ km)に先行して1937年1月7日にM6.6の地震(142.3°E, 38.7°N, $h=40$ km)、また、1945年2月10日の地震(142.1°E, 40.9°N, M7.3, $h=30$ km)に先行して1944年10月3日にM6.5の地震(142.5°E, 41.0°N, $h=50$ km)が発生している。これらの例から考えると、

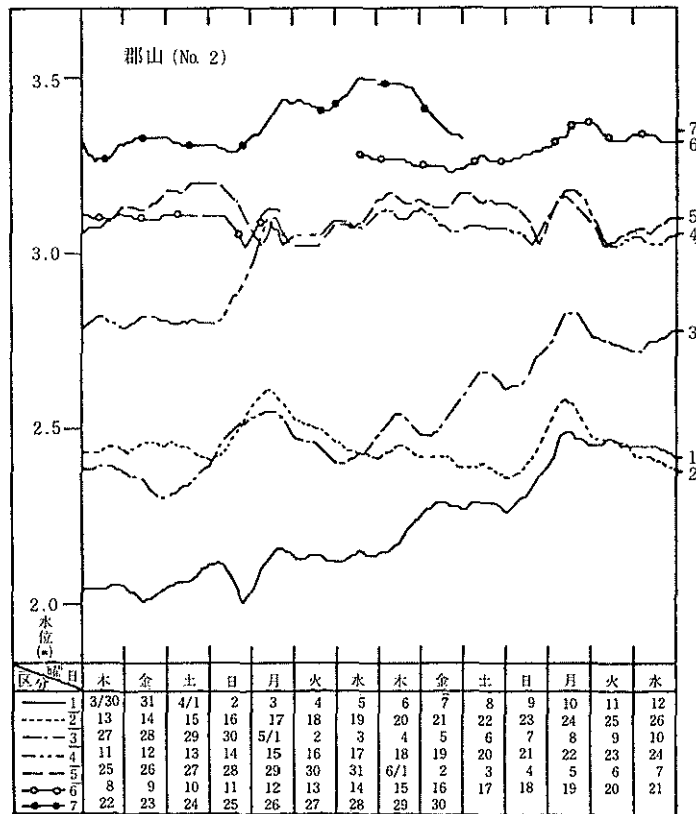
図II-7-2 地下水位変化



図II-7-3 古川観測所(深)にみられる2月20日地震の長期的影響



図II-7-4 郡山観測所No.2にみられる周期的変化



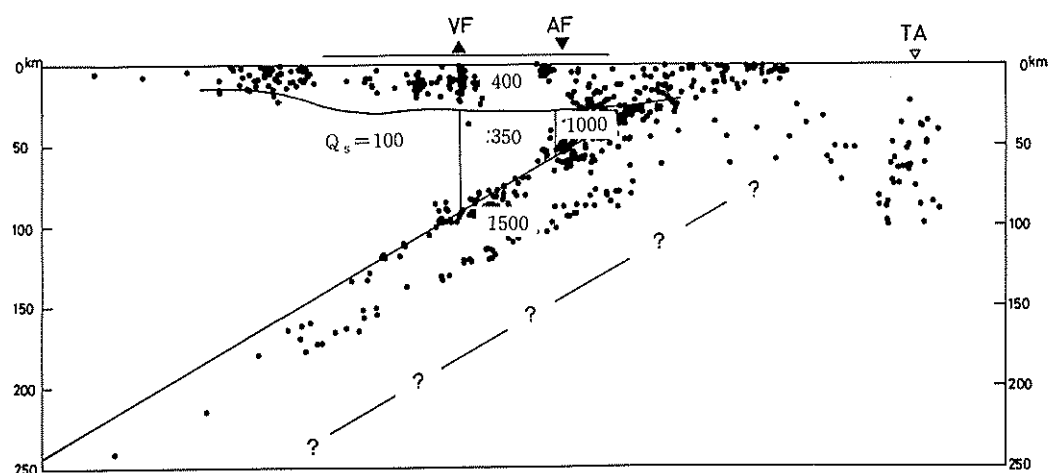
(2) 特別観測地域の指定

太平洋沖に発生するM8クラスの巨大地震の発生機構は、プレート・テクトニクスにより次のように説明されている。海洋プレートが大陸のプレートの下にもぐりこんでいくために、大陸プレートの先端が弾性的に引きずりこまれて沈降する。さらに、もぐりこみが続くと大陸プレートの先端は弾性限界ぎりぎりまで引きずりこまれる。その時、もぐりこむ速度は年間数センチメートルといわれている。そして、ついに弾性限界を超えたとき、大陸プレートは反発して跳ね返り、最初の状態に復帰する。この跳ね返るときに地震が発生する。この説明は大地震前後に行われた測地測量とよく調和しており、稍深発地震面の存在も有力な証拠の一つであろう。最近、東北大学の地震観測網によるデータを用い、地震の原動力であるプレート間運動について、その境界面の存在が明らかにされた。

1974年6月29日、日本海西部にM7.7の深発地震（深さ600km）が発生した。東北大学の微小地震

観測網により得られた記録からの ScS 波（震源から出発し、地球の核とマントルの境界で反射して地表面に到達する S 波のこと）とその先駆波である ScSp 波がみい出された。ScSp 波とは、深発地震面に ScS 波が入射したとき、屈折 P 波に変換されて伝播する波である。長谷川昭、海野徳仁（1978）はこの二つの波の各観測点における時間差を用い、すでに求められている海洋プレートの地震波速度が同じ深さの大陸プレートのそれより 6 % 大きいという結果を採用して、深発地震面の空間的位置を求めた。その結果が図 II-7-5 の中の実線で示されている。また、同じ図に深発地震の震源が示されている。図から明らかなようにもぐりこむ海洋プレートと大陸プレートの境界は深発微小地震の分布と完全に一致しており、かつ、起震歪力はその面に沿う逆断層型地震であることがわかった。よって、過去の三陸沿岸やいわき沖に発生した $M7$ クラスの地震は、海洋底下のためその震央の位置や震源の深さなどにかなり誤差があり、ばらついていたが、この境界面に沿って起こったものと考えられるようになった。

図 II-7-5 北緯39度から40度までの範囲の微小地震の東西鉛直断面分布

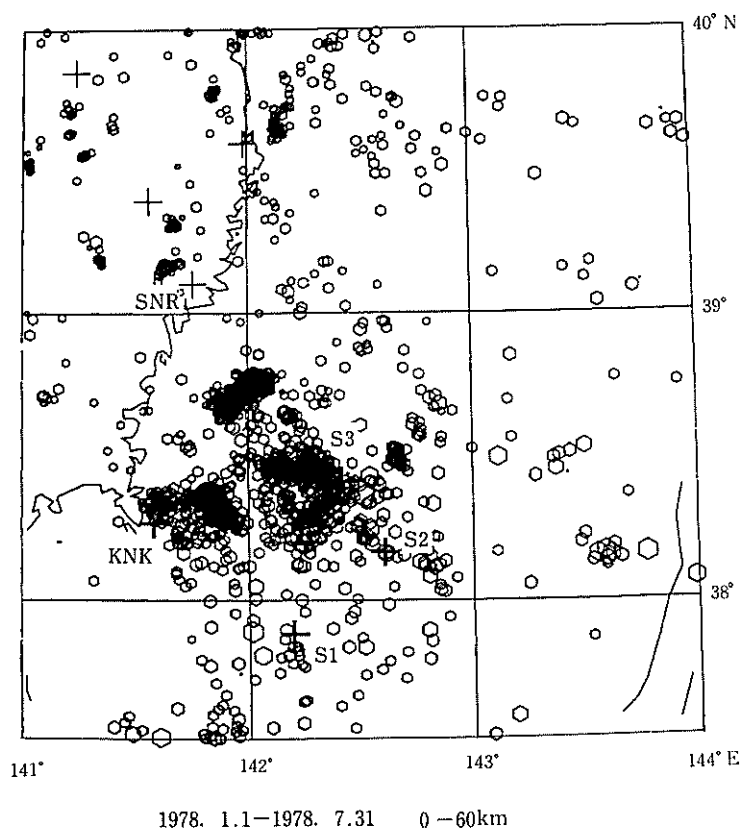


TA, AF, VFはそれぞれ日本海溝軸、アサイズミク・フロント、火山フロントの位置を示す。

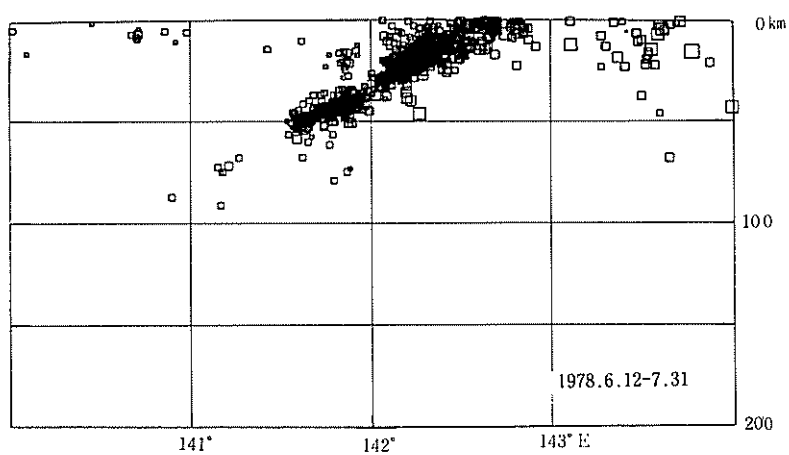
図 II-7-6 は今回の地震の余震分布図である。図から明らかなように、その分布は東西方向に約80km、南北に30～40kmの長方形で、海溝周辺に起こった大地震の余震分布がほぼ南北に長軸をもつ楕円形であることと比較すると大きな差が認められる。この三陸沿岸の地震が南北方向に続発する例が多いことと考えあわせると、この分布はこの地域の地震発生の特徴であろう。

図 II-7-7 は余震の東西鉛直断面図であり、ほぼ30度の角度で金華山直下に達している。図 II-7-8 は1975年4月から今回の地震の直前までのこの地域を含む北緯38～39度の範囲に発生した

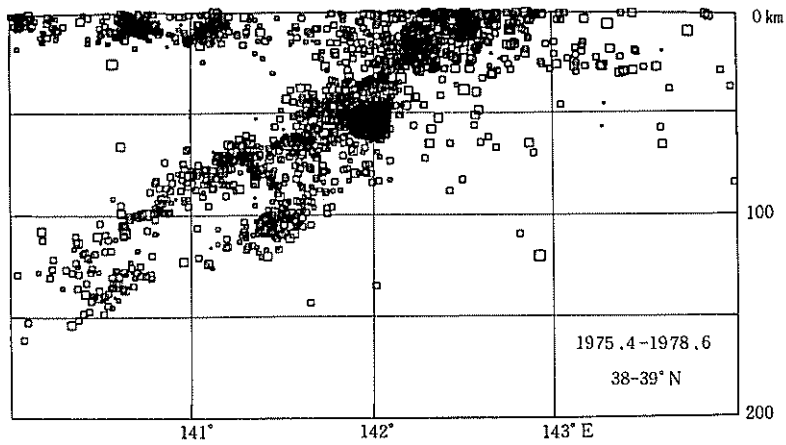
図II-7-6 1978年宮城県沖地震の余震分布



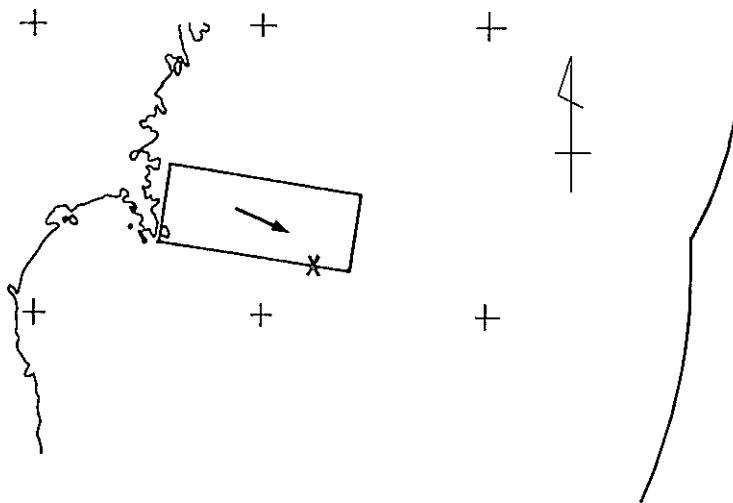
図II-7-7 余震の東西鉛直断面



図II-7-8 微小地震の東西鉛直断面



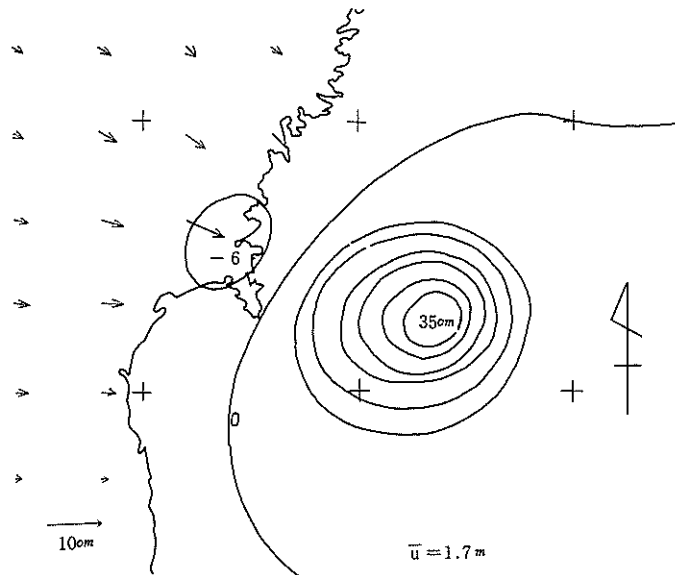
図II-7-9 推定断層領域



(×：本震震央，矢印：スリップ・ベクトル)

微小地震の東西鉛直断面図であり、この分布図と、図II-7-7にみられる余震の分布図を比較するとこの余震は大陸プレートと海洋プレートの境界面（深発地震面）に全く一致することが分かる。すなわち今回の地震は、プレート・テクトニクスで考えられる二つのプレートの相互作用として解釈される。瀬野徹三（1978）は観測データを用い、図II-7-9に示される断層面を推定した。これによれば、金華山の直下から震源にかけて、長さ約80km、幅約30kmで西下がりに約20度くらいの傾斜を持った断層面内で、1.7mほどのずれが生じたとすると説明できる。これは断層面の上盤が

図II-7-10 計算地表変位



上向きに、下盤が下向きにずれたことになり、もぐり込む海洋プレートの上面で起こったことが初めて立証されたわけである。この事実はきわめて重要であり、もし三陸、いわき沿岸に沿って深さ約40kmに $M7.0\sim7.5$ クラスの地震を想定すると、その破壊直前までに生ずる地殻変動の大きさが推定でき、陸上における高感度観測網で注意深い観測が行われれば、検知可能となることである（図II-7-10）。一方、地震後、図II-7-6に示すS1、S2、S3の地点に海底地震計が設置され余震観測が行われた。この観測は余震の震源をより詳しく調べるとともに、陸上観測網のみによる海底下地震の震源に対する検知能力の検定を可能とした。その結果、金華山より約100kmくらいの沖合いまでの地震に対しては、深さの精度が系統的に悪くなるが、かなりの精度で検知できることがわかった。

この観測精度に対する信頼性および上述したようにこの地域の地震の発生過程が明らかにされたので、大地震直前の地殻変動の特徴が推定できるという観点から、十分な観測点が陸上にあれば、地震に関する情報を得ることが可能と考えられ、1978年8月宮城県東部・福島県東部を特別観測地域と指定したわけである。

今回の地震は多くの被害をもたらし、不幸な犠牲者が多数でたが、近代化された都市の生活機能に対する新しい都市型災害について大きな教訓を残す一方、平均的に30～40年に一回発生する地震のからくりを我々に教えてくれ、その予知の方法についての手掛りを与えた地震として、強く銘記されるべき地震であろう。

1731 X 7（享保16 IX 7）

岩代 $\lambda=140.6^{\circ}\text{E}$ $\varphi=37.9^{\circ}\text{N}$ $M=6.6$ 〔I〕 桑折で家屋300余崩れ、橋84落ちる。白石城の石垣崩れ、小原温泉で山崩れ泉脈絶ゆ。仙台に被害多し。津軽で有感。

1736 IV 30（享保21〈元文1〉III 20）

仙台 $\lambda=140.8^{\circ}\text{E}$ $\varphi=38.3^{\circ}\text{N}$ $M=6.2$ 仙台でところどころ破損あり。

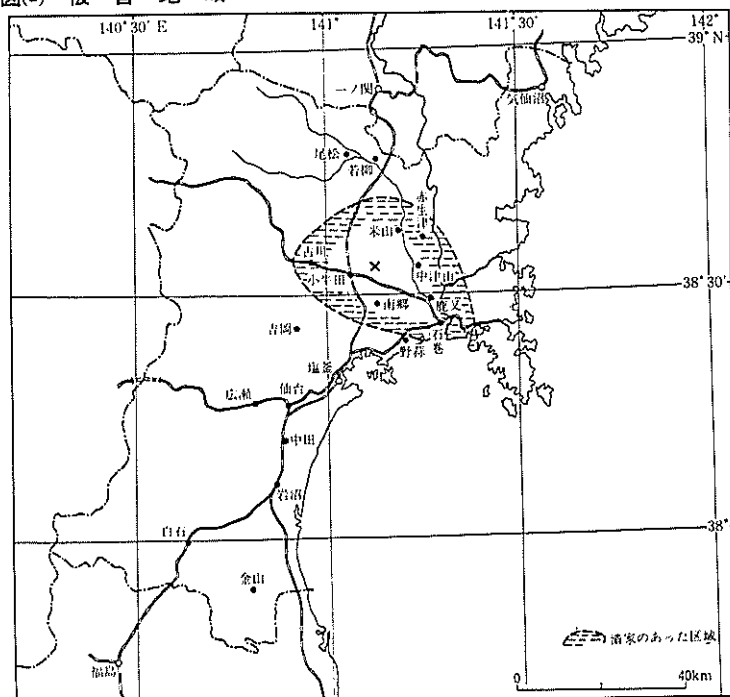
1861 X 21（文久1 IX 18）

暁七ツ時陸中・陸前・磐城 $\lambda=141.6^{\circ}\text{E}$ $\varphi=37.7^{\circ}\text{N}$ $M=6.4$ 〔III〕 仙台城破損、綾里で津波（文久とのみあり年月日不明）の波高13尺（3.9m）。江戸有感、おもな被害は表(a)のとおり。津波記事を見視すると、被害域から $\lambda=141.1^{\circ}\text{E}$ 、 $\varphi=38.55^{\circ}\text{N}$ となる。〔津波規模2〕

表(a) 被害状況

町	村	名	被害
陸前国	遠田郡	小牛田村 字北浦	潰家多く、死あり
		小牛田村 字下小牛田	破損あり、土蔵崩壊す
		南郷村	ところどころ人家つぶれ、破損多く、死あり
	志田郡	古川町	土蔵の潰10余
	栗原郡	尾松村 字栗原	家屋小破
		若柳町	土蔵小破
	登米郡	米山町	潰11、死傷あり
		安生津 字二ツ屋	潰10、傷あり（赤生津か？）
	桃生郡	中津山村 字寺崎	潰10余
		鹿又村	潰20余、死傷あり
		野蒜村	家破損、津波あり
	黒川郡	吉岡町	器物の破損
	仙台市		家屋破損、土蔵破る
	宮城郡	広瀬村 字上愛子	家屋破損3、道路亀裂
	牡鹿郡	石巻町	家屋潰2～3
磐城国	名取郡	中田村 字前田	家屋破損、壁崩る
		岩沼町	家屋小破損
	刈田郡	白石町	家屋破損、壁崩る
	伊具郡	金山町	土蔵の壁に亀裂

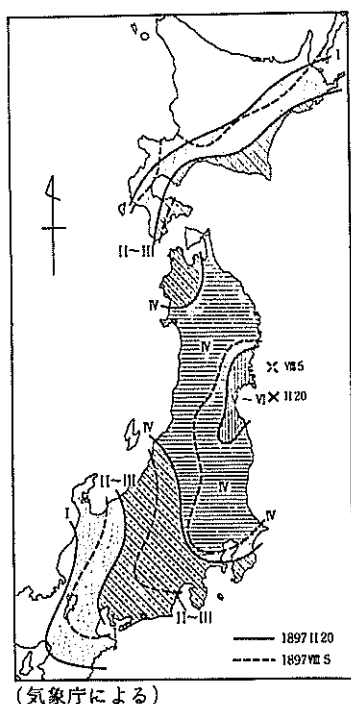
図(a) 被害地域



1897 II 20 (明治30) 05時50分

仙台沖 $\lambda = 141.5^\circ\text{E}$ $\varphi = 38.1^\circ\text{N}$ $M = 7.8(7.3)$ 被害範囲は広く、岩手・山形・宮城・福島各県に及ぶ。しかし、被害は小規模。仙台の煉瓦作り2階建では多少の亀裂のはいらないものはなかった。和風木造は壁の亀裂程度で無事。石巻で住家全倒1、半潰数10、地盤に亀裂を生じ、近くの蛇田・渡波・飯野辺で強くゆれた。岩手県では宮古で土蔵に小破損、久慈で微小被害、花巻で地裂け噴泥水、土蔵に小被害。とくに県南で強く揺れ、一ノ関で家屋の大破60、小破12、土蔵の大破23、小破44、煙突破損6、土蔵の亀裂60、山目村で家屋小破2、土蔵の大破5、小破29、亀裂25、中里村で家屋小破32、土蔵大破20、亀裂20。黄海(きみ)地方でも被害。その他土地の亀裂多し。福島で土蔵の破損等81、また、桑折、川俣、白河、山形県天童で小被害。金華山燈台も小被害。盛町で海水が3尺(0.9m)増潮した。石巻での当年中の余震173回。5月23日21時23分($\lambda = 142^\circ30'\text{E}$, $\varphi = 39^\circ\text{N}$, $M = 7.5(7.0)$)ころにも地震があり、一ノ関で古い土蔵の壁土が落ちた。 $\lambda = 142.0^\circ\text{E}$, $\varphi = 38.0^\circ\text{N}$ にとりたい。〔津波規模0〕参考：木村駿吉、1898、仙台市及付近震災被害調査報告、震災予防調査会報告、No21, 51-56

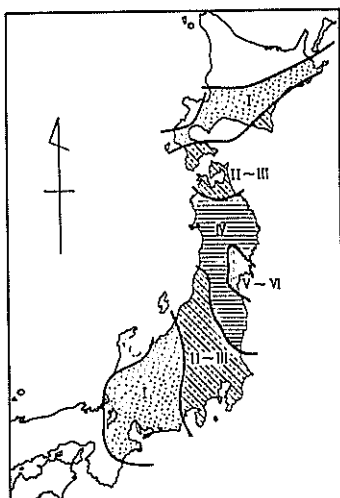
図(b) 震度分布



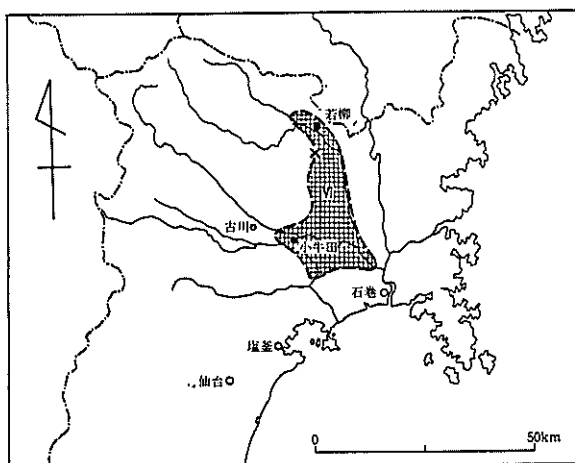
1900 V 12 (明治33) 02時23分

宮城県北部 $\lambda=141.0^{\circ}\text{E}$ $\varphi=39.0^{\circ}\text{N}$ $M=7.3(6.8)$ 震央は $\lambda=141.1^{\circ}\text{E}$, $\varphi=38.8^{\circ}\text{N}$ か? 遠田郡で被害最大, 桃生・登米・志田の各郡も強かった。被害は文献により異なる。警察による統計は表(b)

図(c) 震度分布



図(d) 烈震域 (点線)



表(b) 被害状況

郡名	死傷	家屋			道路堤防決壊	橋梁破損
		全潰	半潰	破損		
桃生	1	6	5	257	18	5
登米	2	7	4	190		
遠田	11	21	33	570		2
志田	2	7	4	400		
その他	1	3	2	57	2	

* 黒川・名取・伊具・牡鹿・玉造・栗原の各郡

のようになっている。遠田郡南小牛田村は64戸のうち45戸が大破・転倒した。

柱が折れ、傾いた家が多かった。栗原郡若柳町で家屋全潰5、半潰2、破損27、土蔵崩壊20があった。仙台では壁の小亀裂にとどまり、塩釜で煙突倒れ、石垣が崩れた。地震前(?)に地鳴りがあった。範囲は盛岡と平を端とする楕円形の中で西は新庄まで聞こえた。

1933 III 3 (昭和8) 02時31分

三陸沖 $\lambda=144.7^{\circ}\text{E}$ $\varphi=39.1^{\circ}\text{N}$ $M=8.3$ $h=0\sim 20\text{km}$ 三陸地震津波 地震による被害は少なく、三陸地方で壁の亀裂、崖崩れ、石垣・堤防の決壊があった程度。震後約30分～1時間の間に津波が北海道・三陸の沿岸を襲い大きな被害が出た。とくに、岩手県田老村田老では人口1,798人のうち、死763、傷118、戸数362のところ、358軒が流失し全滅といってよいほどの被害をうけた。また、その北の小本村小本でも、戸数145のところ流失77、人口792のうち死118もあった。綾里湾では波の高さが28.7mにも達し、白浜では戸数42のうち32が流失し、死66もあった。同村の港上、港下もほとんど全滅した。この津波は近代的な研究体制が整って初めてのものだったので各種の研究が行なわれ、V字形の湾、U字形の湾の順に波高が低く、遠浅の凹凸の少ない海岸では大津波にならないことが明らかにされた。今度の場合、北海道では一般に波は低く、襟裳岬付近でやや高かった(図(g))。津波の振幅は銚子で10cm、宮崎15cm、鳥羽7.5cm。ハワイ島の kona では3mで小被害を伴い、California で10cm、チリの Iquique で20cmであった。津波の波源はかなりの広がりをもっている。この場合は図(h)のように長軸の長さ500km、短軸の長さ145kmに及ぶ大きなものであった。また、津波の周期としては5分くらいのものと10分くらいのものが著しかった。明治29年の津波の教訓を生かしたところでの被害は少なくて済んだ。また、この津波の後に部落移転、避難道路・防波堤・防潮林等の対策をとった町村が多い。各地の波高等については表II-1-1を参照のこと。この地震

で地鳴りや大砲のような音が東北地方各地で聞こえた。この原因については一部は津波によるものとの説もあるが井上⁽¹⁸⁾は本震および余震に伴った地鳴りと考えた。また、各地から発光現象の報告があったが、確からしいのは三陸沿岸でみられた津波に伴うもので波の山が光ったりした。これは発光性浮遊生物が原因とも考えられている。さらに、末広の調査によると底着性硅藻類が地震に先だって、海の表面に出現したらしい。その他、前兆現象としては三陸沿岸で2月ころから井水が減じたり、2日くらい前から潮位が低下したことが報告されている。海震の報告も多く、表(d)のとおりである。余震回数は図(f)のとおりで、図(h)は3、4月中のおもな余震の震央を示している。〔津波規模3〕注：1934，地震研究所彙報，別刷1

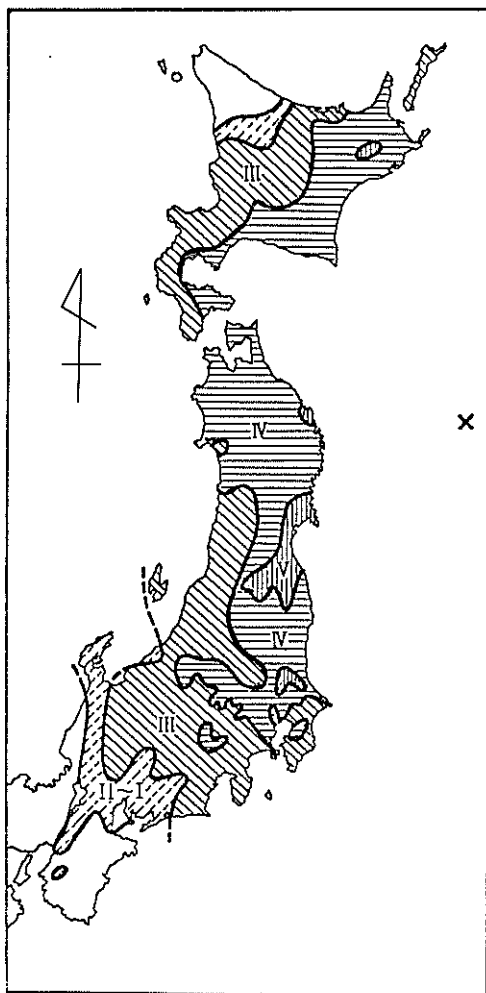
表(c) 被害状況

県名	死	傷	不明	計	家屋					船舶	
					流失	倒潰	焼失	浸水	計	流失	破損
岩手	1,316	823	1,397	3,536	2,914	1,121	216	2,259	6,510	5,860	
宮城	170	145	138	453	950	528		1,520	2,998	948	425
青森	23	70	7	100	151	113		107	371	320	312
北海道	13	54		67	19	48		131	198	162	44
福島								1	1	5	2
山形						7			7		
計	1,522	1,092	1,542	4,156	4,034	1,817	216	4,018	10,085		

表(d) 海震の報告

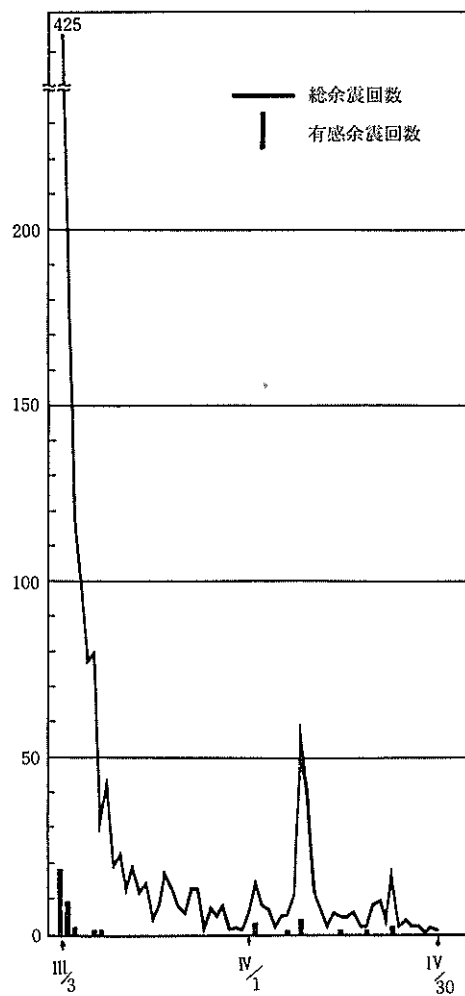
船名	トン数	λ	φ	時刻	備考
		E	N	時分	
もんでびでお丸		151°27'	40°35'	3 40	つよいエンジンの racing のような振動 4 分間
小倉丸	7,270	143°45'	34°36'	2 33	激動，3 分間
摩耶丸	3,145	141°36'	37°38'	2 32	激動，3 分間，全速でエンジンを後退したよう
東星丸	5,484	144°13'	39°45'	4 36	激動，2 秒，その後2 回の微動
平安丸		149°30'	41°50'	2 31	5 分間，上下の激動，羅針儀が飛び出すかと思うほど
得撫丸		142°32'	39°57'	2 33 ころ	強烈な振動，1 分間
盛進丸	50			2 30	船が折れるかと思うほどの上下の激動， 5 分間
光洋丸		146°32'	36°37'	2 50	強い上下動，3 分間

図(e) 震 度 分 布

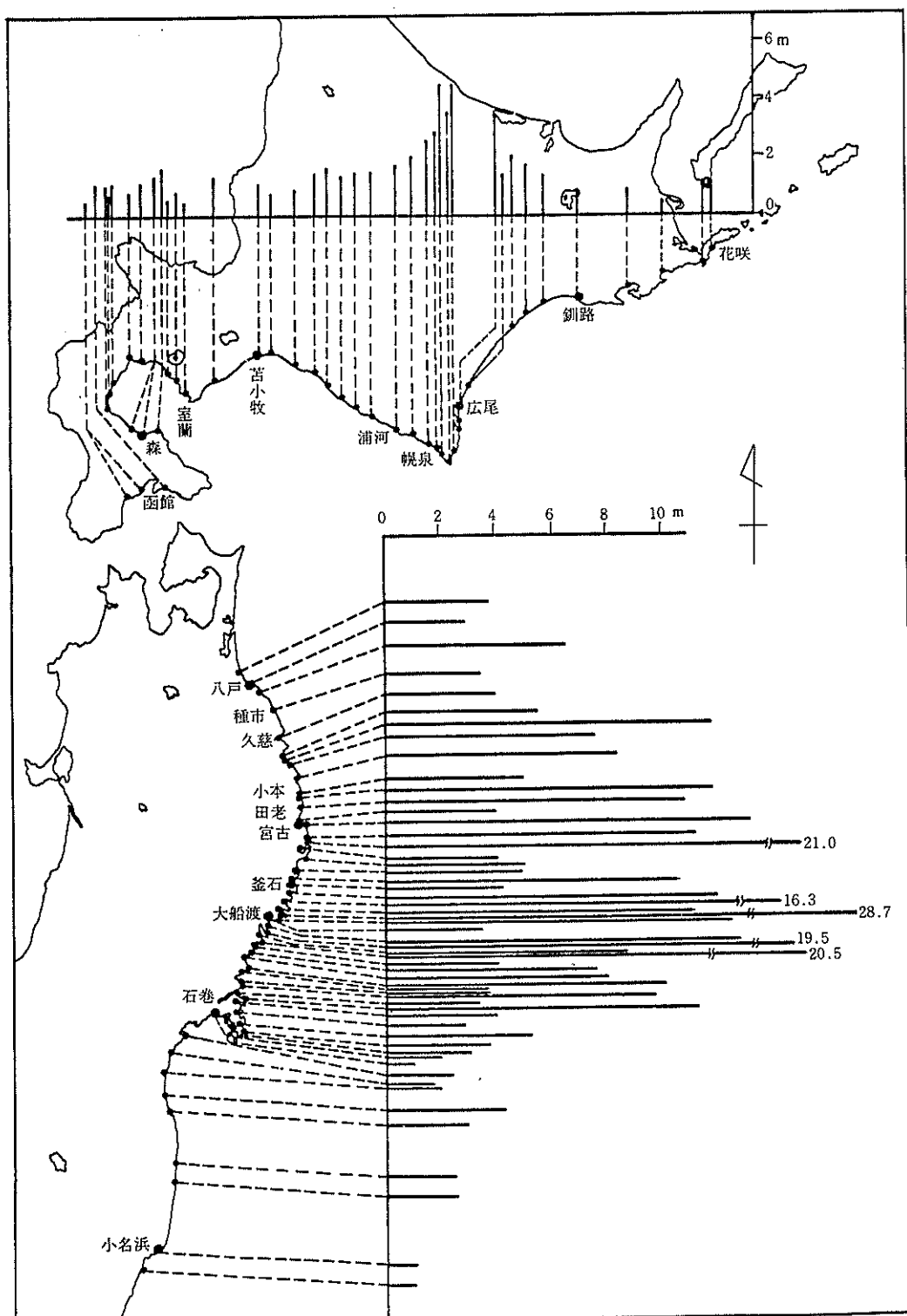


(気象庁による)

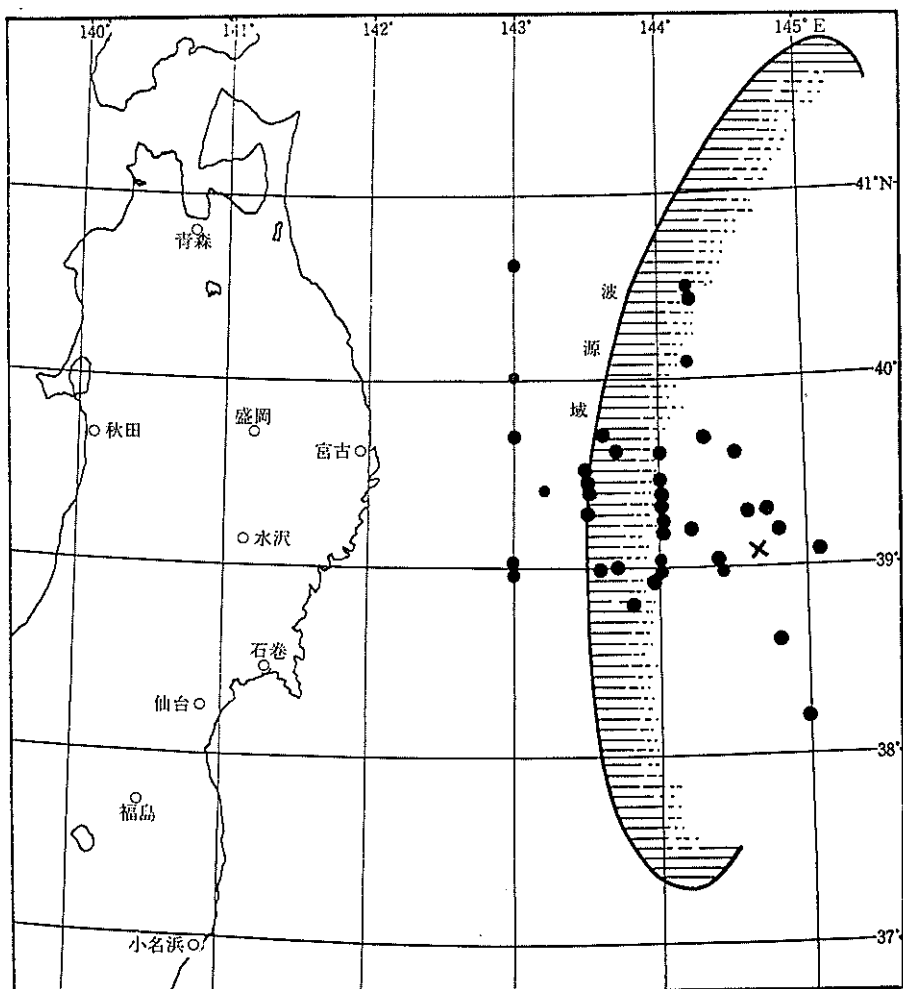
図(f) 日別余震回数



図(8) 津波波高 (平均海面上)



図(h) 本震および余震(3, 4月中)震央



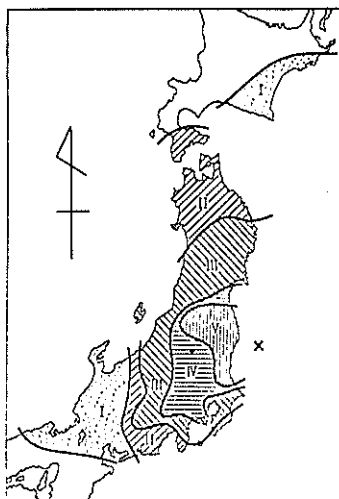
(本多・竹花(1933)に加筆)

1938 V 23 (昭和13) 16時18分

塩屋崎沖 $\lambda=141.4^{\circ}\text{E}$ $\phi=36.7^{\circ}\text{N}$ $M=7.1$ $h=10\text{km}$ 被害は小名浜付近の沿岸と、内陸の福島・郡山・白河・若松付近にあった。とくに郡山・須賀川・猪苗代の付近で強く、煉瓦煙突の折損、壁落、壁や道路の亀裂があった。小名浜でも同様の小被害があり、小屋崩れもあった。小名浜に震後22分で小津波(全振幅83cm)が押し寄せた。福島県の被害は家屋250箇所、煙突の倒折7、橋梁堤防

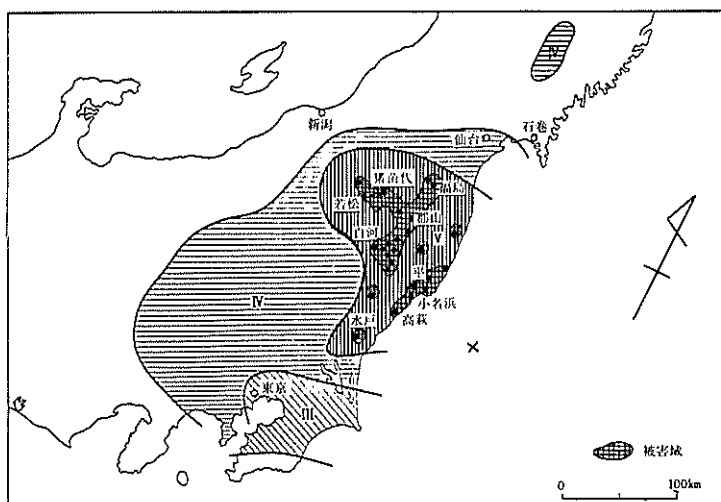
6, 水道管破損2カ所等で、茨城県でも煙突5本折損し、磯原で土蔵の倒壊1。岩代熱海・湯本・飯坂等の温泉に異常があった。〔津波規模-1〕

図(i) 震 度 分 布



(気象庁(1938)から作成)

図(j) 被 害 地 域

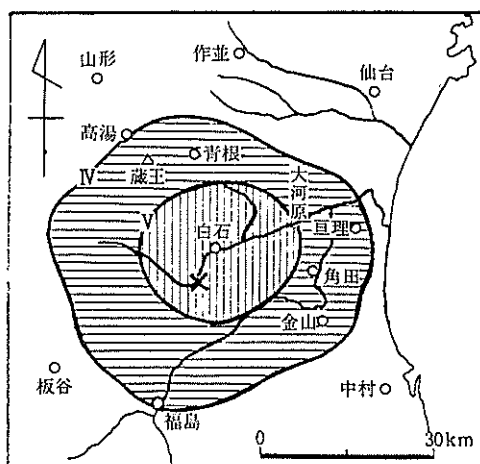


(竹花・副田による, 1938)

1956 IX 30 (昭和31) 06時20分

宮城県南部 $\lambda=140.55^{\circ}\text{E}$ $\varphi=37.95^{\circ}\text{N}$ $M=6.1$ $h=20\text{km}$ 死1, 傷1, 塀・垣根・風呂場等倒壊17件。土蔵・家屋に亀裂多く, 鉄道・電力線に小被害。小規模な地割れ・崖崩れところどころにあり。震央付近の小原温泉塩倉部落で墓石の転倒率40%。同温泉の湧出量が変化した。また, 白石付近で地鳴りがあった。水準測量の結果, 震央付近の斎川で8mmくらいの沈下が観測された。白石における日別有感余震回数は表(e)のとおり。また, 11月3・8・13日におおの1回の余震があった。昭和10年6月26日の地震と震央は同じ。

図(k) 震央付近の震度分布



(仙台管区気象台による, 1957)

表(e) 白石における日別有感余震回数

9月 30日	10月 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
18	0	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	0	1	4	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0

1962 IV 30 (昭和37) 11時26分

宮城県北部 $\lambda=141^{\circ}08'\text{E}$ $\varphi=38^{\circ}44'\text{N}$ $M=6.5$ $h=0\text{km}$ 宮城県北部地震 被害の大きかったのは田尻町・南方村で詳細は表(f)のとおり。国道・鉄道ともに盛土部分の被害多く, 瀬峯駅の南で貨車脱線転覆。振動によるものと考えられる。古川市の北の江合橋は桁が水平15cm, 上下5cmのズレを示した。南方村大袋・野谷地で水田中に軽石状の小石を噴出した。井水はふえたものが多かった。図

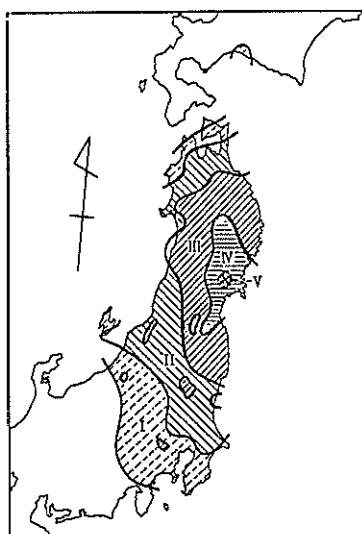
(o)は建物の倒壊率{(全潰+半潰)/住宅数}で、この他部落別にみると南方村一の曲で90%、同野谷地69%、若柳村大林88%、田尻町田尻29%である。震後の測量の結果、築館付近が約4 cm隆起した。図(n)は詳しい震度分布。図(m)は余震の減衰を示す。

表(f) 被害状況

市町村名	死	傷	家屋被害			非住家 損害	苗代(坪)	河川	道路	橋梁
			全壊	半壊	一部被害					
古川市	2	91	18	23	9,836	9,093	15,900	1	12	4
涌谷町		11	5	5	3,440	1,600	3,900	6	7	
○田尻町	1	19	105	317	660	405	21,900	9	6	2
○小牛田町		22	21	177	3,000	380	26,400	3	1	
南郷町		1		2	31	15	1,800		2	4
松山町					300	55	900			
三本木町					176	35	1,200		1	
築館町		12	3	16	1,000	2,144	5,000	10	24	
○若柳町		41	35	149	2,874	3,798	5,000	6	5	
栗駒町		3			200	90		2	6	1
高清水町		6	2	13	957	682	1,500		4	2
瀬峰町		5	3	18	900	535	6,000	4	14	6
一迫町		36			95	103	3,000		20	
○金成町		8	49	155	519	1,046	3,000	4	1	1
志波姫町		5	2	2	824	1,261	8,000	1	2	3
○一迫町		2	21	76	3,983	12,212	30,000	13	23	6
豊里町		1				1	4,000			
○米山町		1	23	84	370	452	6,400	1		1
石越町		4			1,000	172	3,000	6	2	
○南方村		4	53	77		279	6,000	4	6	1
その他							20,600	3	17	4
計	3	272 (276)	340 (369)戸	1,114 (1,542)戸	30,165 (25,575)戸	34,358 (37,003)棟	173,500	73 (390)	153 (283)	35 (187)

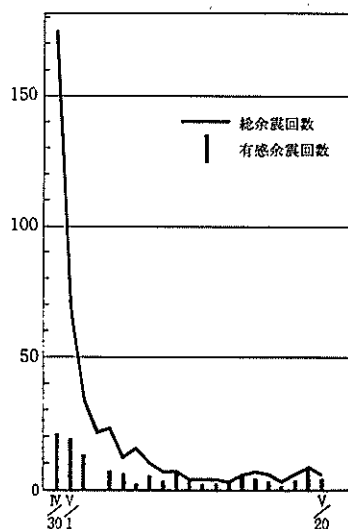
○は災害救助法適用。かっこ内の数字は別の資料による。

図(1) 震度分布

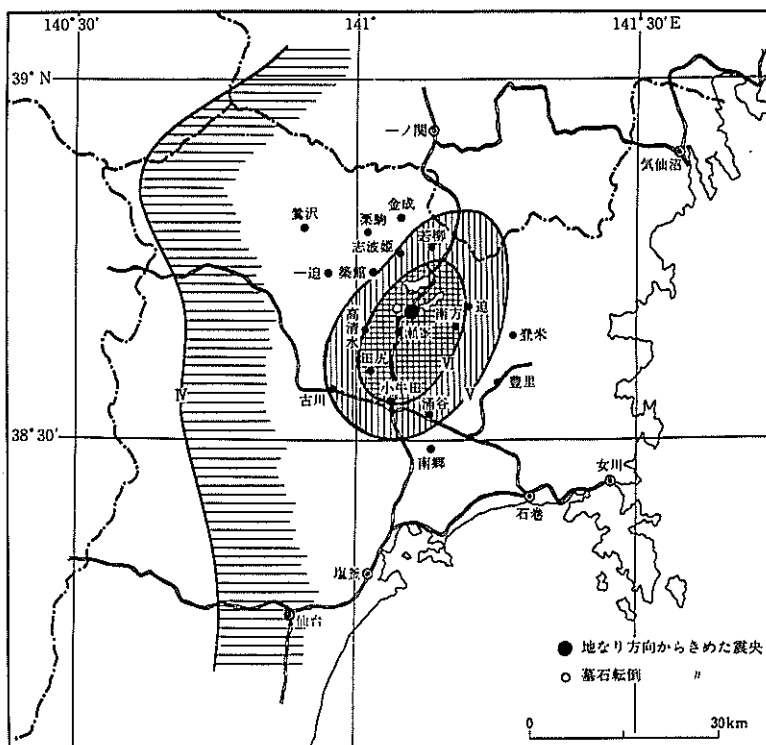


(気象庁による)

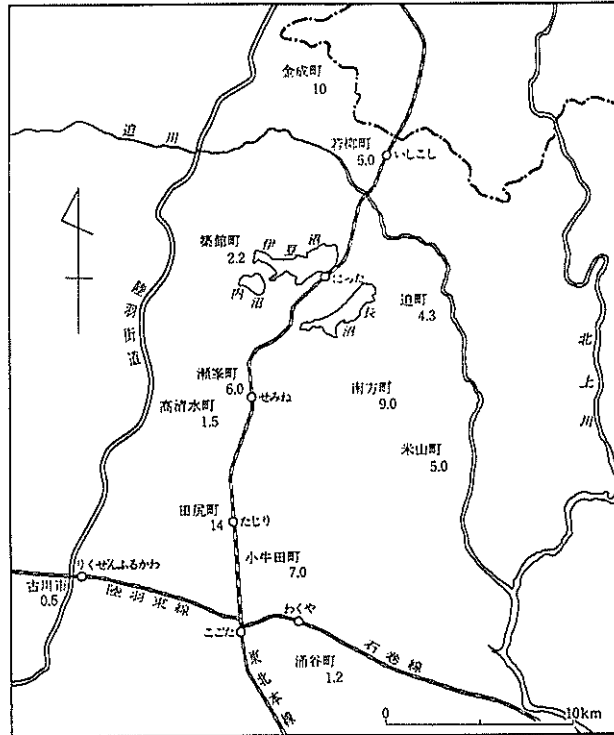
図(m) 日別余震回数



図(n) 震央付近の震度分布



図(o) 家屋被害分布



(大沢ほかによる, 1962)

1964 VI 16 (昭和39) 13時01分

新潟県沖 $\lambda=139^{\circ}11'E$ $\varphi=38^{\circ}21'N$ $M=7.5$ $h=40\text{km}$ 新潟地震 被害は新潟・山形を中心として9県に及んだ。とくに住家全壊の多かったのは新潟市・村上市(神林村)・中条町・水原町と山形県の酒田・鶴岡・遊佐・温海の各市町である。神林村の塩谷部落では全戸数316のうち全半壊152にのぼった。鶴岡市の西, 大山町では戸数50のうち10が全壊し, 墓石の転倒も道林寺では90%に達した。

余震の分布および減り方は図(q), (s)のとおり。図(q)の無感余震は気象庁の2つ以上の観測所で観測されたもの。津波が本震の約15分後から日本海沿岸各地を襲い, 島根県隠岐島でも水田が冠水した。図(r), (t)は津波の最大波高を示し, 図(u)は, 波源域と海底の隆起量(単位m)および平均海面上の津波の高さ(単位m)を示す。最大波高が2 m以上のところは震源地に近い海岸の狭い部分に限られている。

粟島は全体として約1 m隆起し, かつ東側が上がるように約 $55.7''$ 傾いた。その傾きの軸は $N28.6^{\circ}$

Eである。実際には島の東は平均して1.3m、西は0.9m隆起した。地震後は旧に復しつつあり、1年後の6月の測量によると東側は1.2m、西側は0.75mの隆起量になり、傾きは東上に46.5″、その軸はN23.3°Eとなった。また、断層は見つからなかった(海底にそれらしいものがあるという報告もある)。図(v)は1900年以來の沿岸各地の標高の変化で北のほうはゆるやかに上昇し、南のほうは下降しているが地震の数年前から隆起している。これは将来地震の予知に役にたつ現象である。岩室以外は地震のときに10cm前後沈降している。

新潟市では9件の出火。うち4件はすぐに消され、2件は昭和石油のもので、石油タンクに引火し7月1日17時に鎮火した。他の3件も幸い大火に至らなかった。この石油タンクの火災は地震防災に問題を投げかけた。

この地震の特徴として噴砂水がある。新潟市や酒田市等の低湿地から砂と水を噴き出し、砂が1mも堆積したところもある。このような砂の流動化現象による被害がとくに目だった。とくに有名なのは川岸町のアパートで鉄筋コンクリート4階建のアパートがそのまま傾き倒れたが、建物の被害はなかった。新潟市内で1,500の鉄筋コンクリートの建物のうち310が被害をうけ、そのうちの2/3が全体として傾いたり沈んだりして、上部構造の被害はなかった。また、深さ20mの基盤まで杭を打った建物は被害をうけなかった。図(w)は建物の傾斜量の調査で、図(x)深さ8mにおけるN-値の12より大きいところ(○)と小さいところ(×)である。A地域は被害のほとんどないところ、B地域は小被害、C地域は大被害の区域で図(w)の傾斜量から求められた区分である。この両図がよく対応している。

土木構造物の被害も大きかった。新潟市内の昭和橋は竣工間もない橋だったが10スパンのうち5スパンが落ちた。道路は山形・新潟の沿岸地方に被害が多く、沈下・亀裂・盛土部分の破損等があった。鉄道も各地で被害をうけ、とくに新潟駅は駅舎やホームが波打ち、線路の蛇行、跨線橋の落下等の被害があった。その他港や新潟の飛行場、河川の堤防等も大被害をうけた。

トランジスタラジオが正確な情報を伝え、デマの発生を防ぐのに役だった。〔津波規模2〕参考：地震研究所速報，1964，No. 8；Kawasumi, H. (ed.), 1968, General Report on the Niigata Earthquake of 1964, Tokyo Electrical Engineering College Press.

図(p) 震 度 分 布



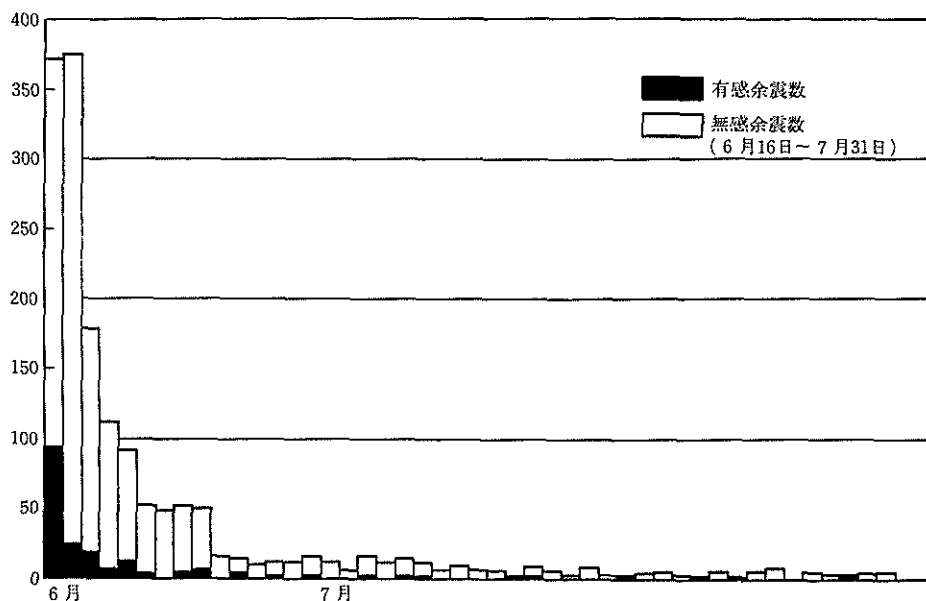
(気象庁による)

表(8) 被害状況

県 名	死 傷	住			家 (棟)			非 住 家 被 害 (棟)	水 田**		畑**		道 路 被 害	橋 被 害	山 (崖) 崖 れ	堤 防 決 壊	鉄 軌 道 被 害	船 舶	
		全 壊	半 壊	全 焼	床 上 浸 水	床 下 浸 水	一 部 破 損		流 失・ 埋 没	冠 水	流 失・ 埋 没	冠 水						沈 没・ 流 失	そ の 他
				290															
新 潟	13 315	1,448	5,376	(11)*	9,446	5,544	19,472	10,556	3,624	2,111	392	476	759	67	111	56	86	26	208
山 形	9 91	486	1,189		16	23	42,077	1,772	787	42			185	4	35	6	22		4
秋 田	4 25	8	65		9	142	6,116	3,859	47	25			47	7	1	1	10	3	5
宮 城	1						13								3		5		
福 島	12	8	6				83	86					15		17		5		
群 馬	1						1	5					1		1		1		
長 野	2		4				25	5									1		
石 川					3	113				75									
島 根						1	38			10									
計	26 447	1,960	6,640	290	9,474	5,823	67,825	16,283	4,458	2,263	392	476	1,007	78	168	63	130	29	217

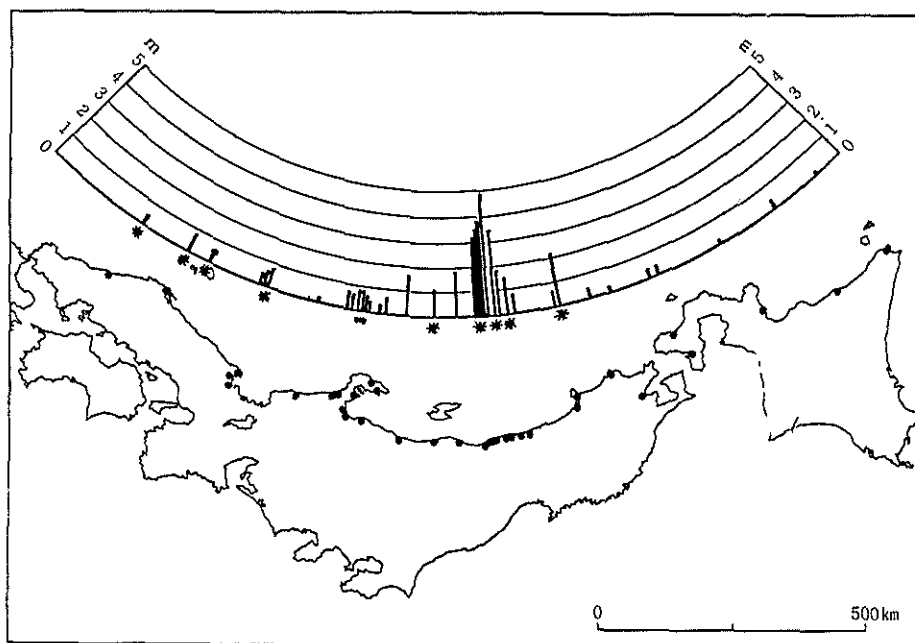
*半焼 (外数), **単位ha。

図(q) 日別余震回数



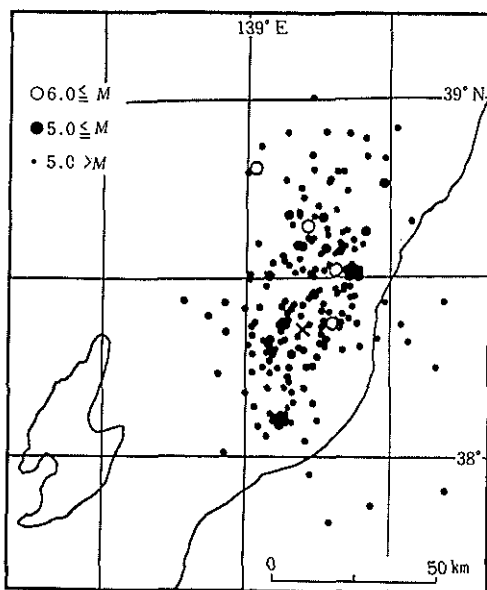
(気象庁による, 1965)

図(r) 津波の最高水位 (平均海面上, *はT.P.上)



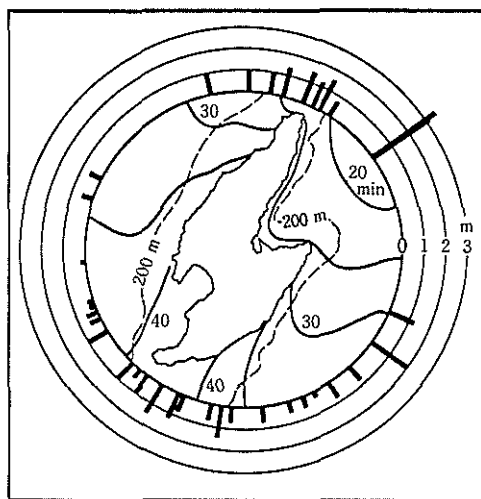
(気象庁による, 1965)

図(s) 余震分布 (7月末まで)



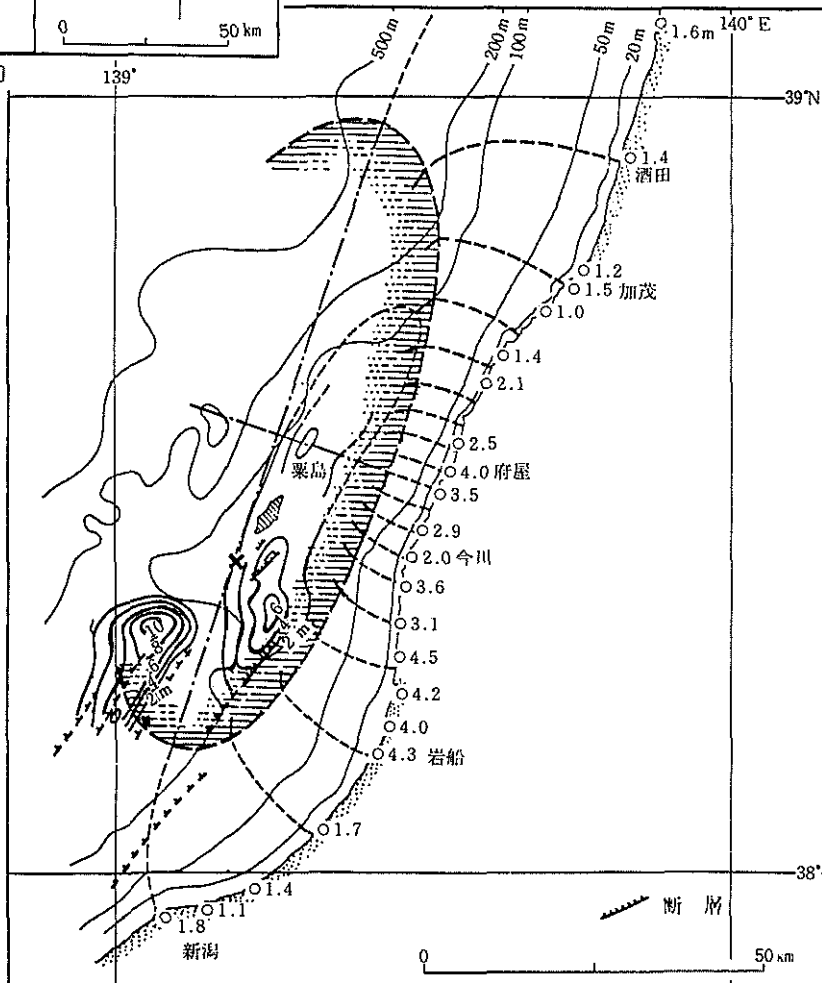
〔気象庁による, 1965〕

図(t) 津波の最高水位 (平均海面上)



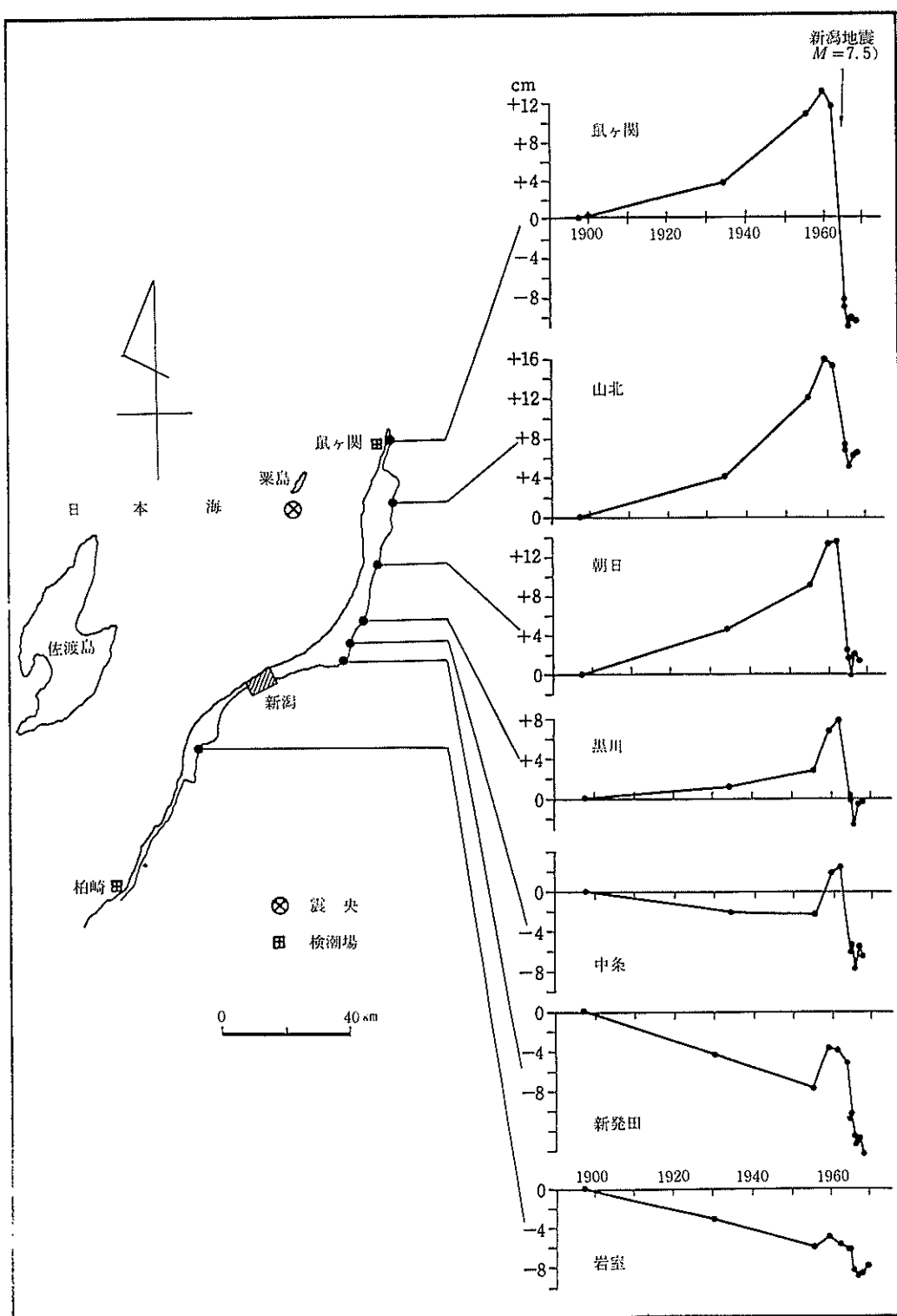
(気象庁による, 1965)

図(v) 波源域と波高



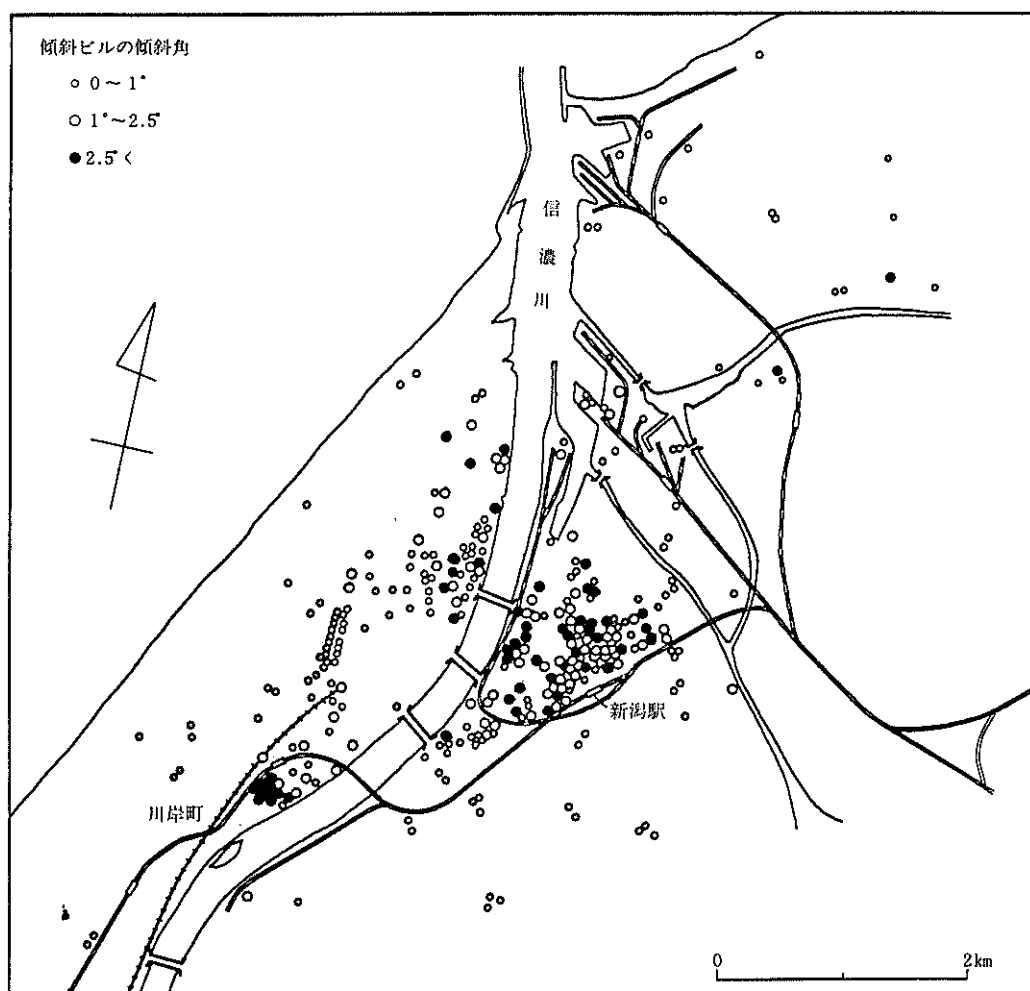
(羽鳥による, 1965)

図(v) 新潟地震前後の水準点の変動



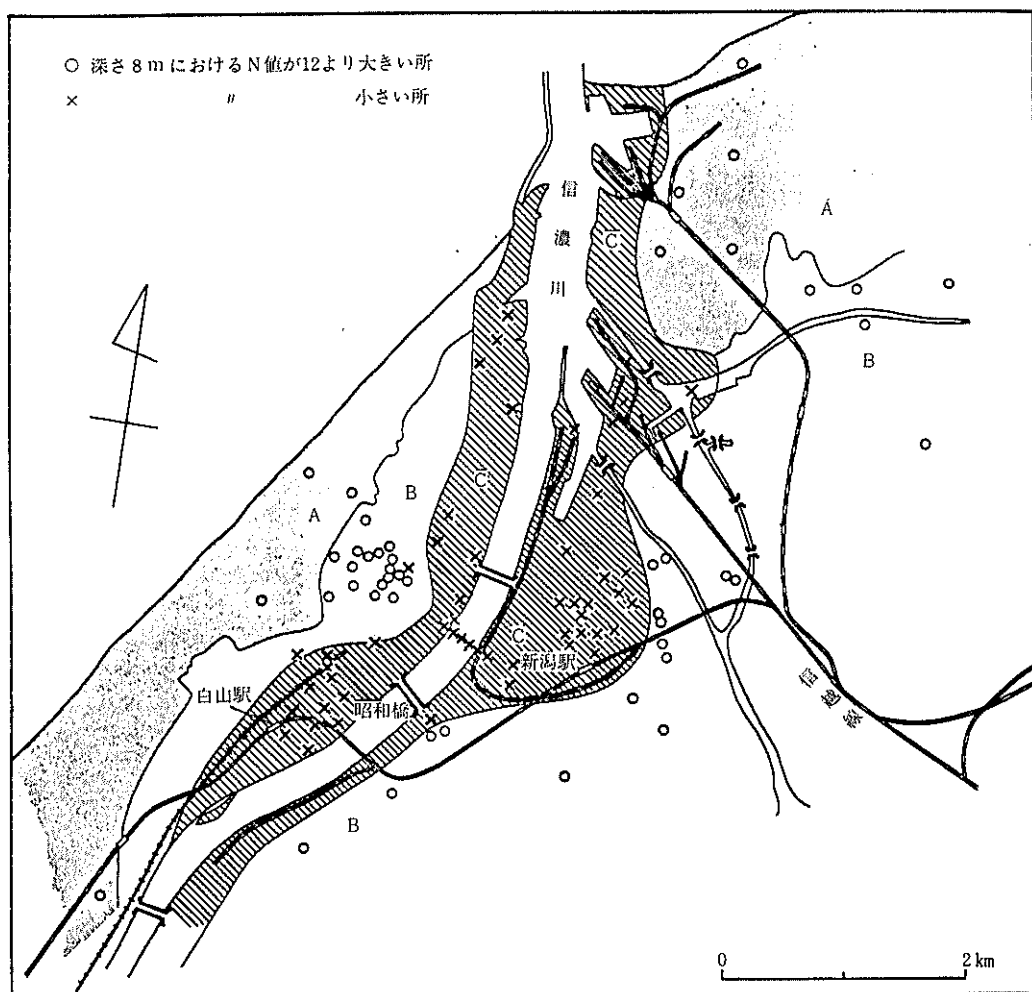
(国土地理院による, 1973)

図(w) ビルの傾斜角分布



(大崎順彦による, 1968)

図(x) 液状化現象の生じ易いところ (×) と生じ難いところ (○) の分布



(大崎順彦による, 1968)

注) イタリック体数字で書かれた M は河角マグニチュードで, () 内の数値はそれより 0.5 を差し引いた値。マグニチュードに続く [] 内のローマ数字は今村明恒による被害等級。

参 考 文 献

- 1) 地震予知計画研究グループ：地震予知現状とその推進計画（1962）
- 2) 宇佐美龍夫：日本被害地震総覧，東京大学出版会（1974）
- 3) ㈱応用地質調査事務所：1978年6月12日宮城県沖地震被害調査報告（1978）
- 4) 宇津徳治：1885年～1925年の日本の地震活動，地震研究所彙報，54号 pp. 253～308（1979）
- 5) 国土地理院編：地震予知連絡会報，22（1979）
- 6) 気象庁：地震月報
- 7) 日本物理学会編：地球の物理－現代の地球観，丸善株式会社（1974）
- 8) 宇津徳治：地震学，共立全書（1977）
- 9) 浅田敏：地震予知の方法，東京大学出版会（1978）

III 地形・地質・地盤と地震動

1 宮城県の地形・地質・地盤

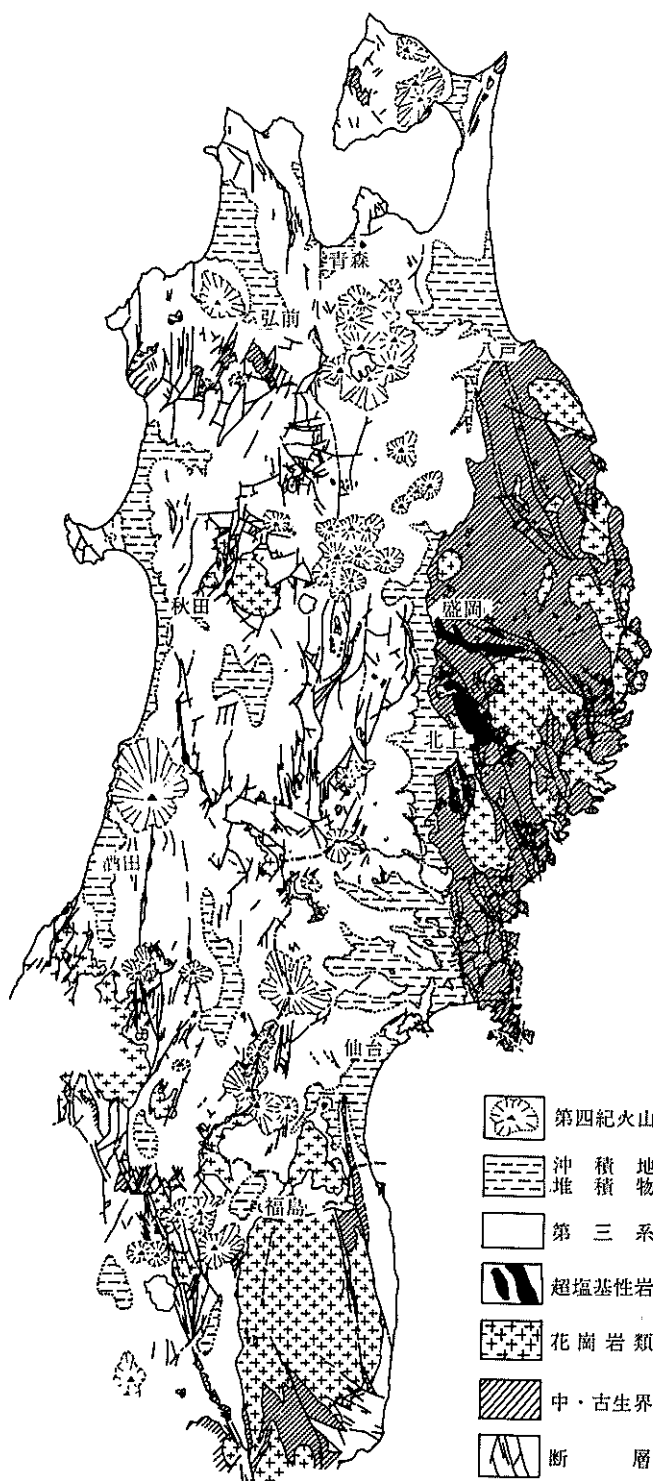
(1) 宮城県の位置づけ

宮城県の位置づけは、過去にそれが経験したさまざまな地質学的プロセスを反映して今日のその姿を呈している。したがって、宮城県をよりよく理解するためには、それが立脚している地質学的位置づけを考えてみる必要がある。

弧状列島の最も典型的な例とされている東北日本弧は、東に向かって湾曲しながら、太平洋側の日本海溝と平行に走り、西側の中国・シベリア大陸との間に日本海を抱いている。日本海溝は、太平洋プレートが、東北日本弧を含む大陸プレートの下にサブダクション（もぐり込み）を行っている場所である。太平洋プレートの海洋地殻は、東北日本弧の基盤を作っている大陸地殻の下に向かってもぐり込み、東北日本弧の下で深度100～200kmにも達している。したがって、東北日本弧の下では、大陸地殻の下の上部マントルと太平洋プレートの海洋地殻が相接する状態となっていて、その境界部が深発地震帯となっている。また、沈みゆく海洋地殻は、地表下110～130kmに達すると融解を起こし、安山岩マグマを発生させる。このような現象を起こす位置が火山フロントと呼ばれている。東北日本弧の脊梁山脈に沿って、南北に配列する第四紀火山列は、第四紀以降現在にいたるまでの火山フロントの位置づけを示すものとして意義がある。

さて、東北日本弧を含む日本列島の地殻が、何時、どのような過程を経てできたのかということを手短かに述べることはきわめて困難であるが、地殻上層部を構成する岩石の中には、現在より6億年前のものが知られている。この岩石は、朝鮮半島や中国大陸の地質学的基盤とされているものと同じ過程のもとで形成されたものであることが明らかにされている。シルル紀（4億年前）以降の海成古生層は、北上山地・阿武隈山地のほか日本列島の随所に広く分布している。これらの古生層は、当時中国大陸より朝鮮半島をへて現在の日本海地域に広がっていた古陸の東側縁辺部に発達した地向斜の堆積物と考えられている。この地向斜は数次にわたって造山運動を繰り返し、最終的には、白亜紀前期の大島造山運動（1億年前）によって地殻に付加されていったとされている。日本海の形成は、その後、白亜紀後期より古第三紀にかけて（8千万年～3千万年前）の酸性火山活動と、それにひき続くグリーンタフ地域における断裂帯の形成および初期火成活動（2千万年前）

図III-1-1 東北地方地質構造図



とに密接な関係をもって促進された。それ以後、日本列島は、島弧としての発展を遂げるにいたるが、東北日本弧では、東側の太平洋プレートのサブダクションに伴う西側への圧縮と、日本海の拡大による東側への圧縮によって地殻および表層の変形を余儀なくする位置におかれたと考えられるのである。

図Ⅲ－１－１は東北日本弧主部の地質構造の概要を示したもので、東列の北上・阿武隈両山地と、西列の新第三系分布地域が、島弧に平行して配列していることが読みとれる。また、北上・阿武隈両山地の基本的な地質構造を規制している断層系は、北北西－南南東ないし、北西－南東の方向をとっているのに対して、新第三系分布地域の断層系は、島弧にほとんど平行な南北性のものが多いこともわかる。さらに、奥羽脊梁山脈の頂部を占めて分布する第四紀火山は、島弧の主軸をなすが如くに、ほぼ南北に連なり、東北日本弧の分水界となっていることがよくわかる。

上述したように、宮城県の地質学的位置づけは、東北日本弧全体の地質構造発達史を考察するうえでも、きわめて重要な位置を占めているといえるのである。

(2) 宮城県の地形・地質

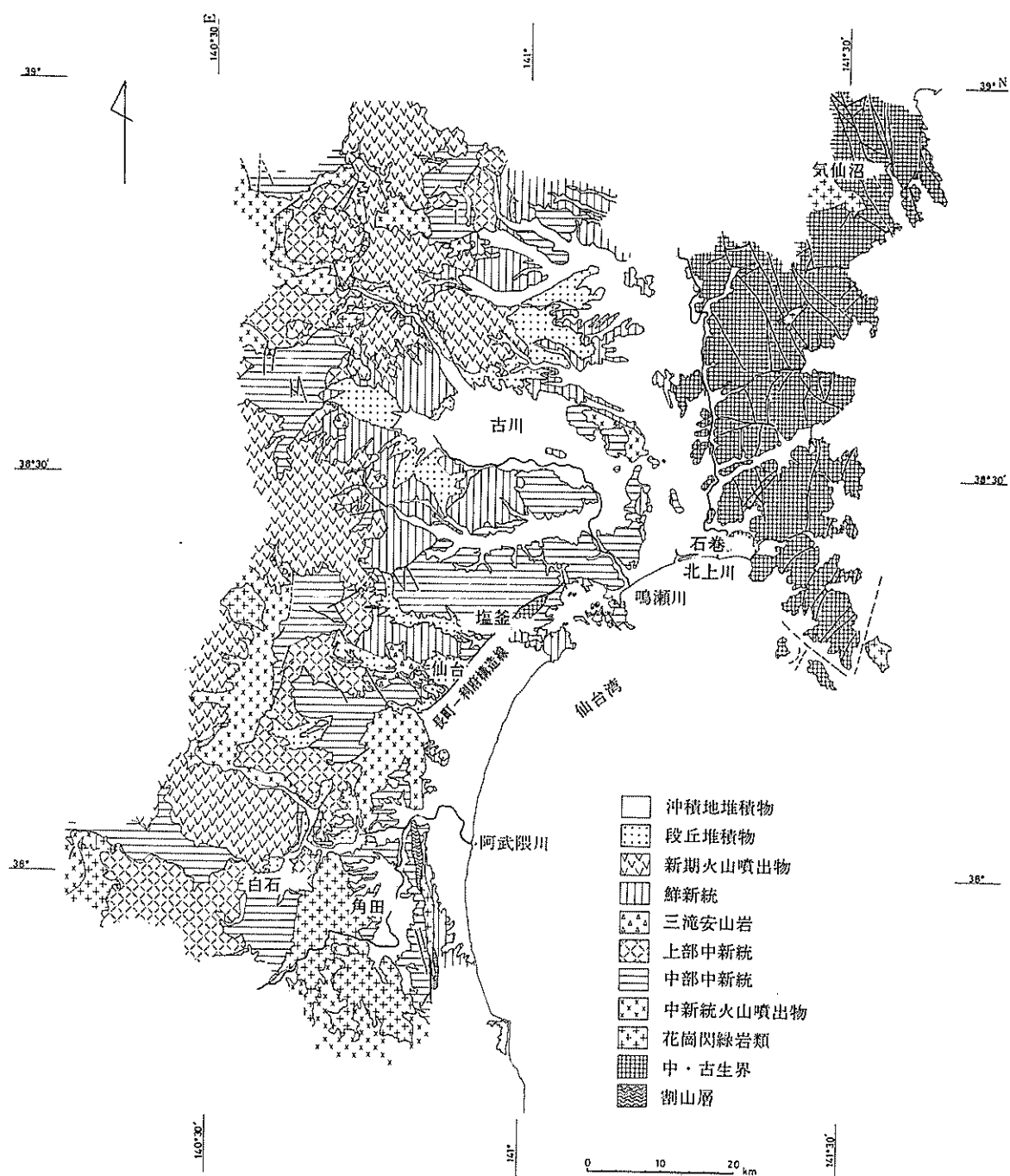
北上山地と阿武隈山地は、ともに古生界および中生界よりなる古い山地で、前者は南に向かって没し、後者は北に向かって没する関係にあって、直接的には連続していない。両山地は、北北西－南南東の方向をもって雁行状に配列し、その間に仙台湾と仙台平野をさし挟んでいる。

宮城県と山形県とを境する奥羽脊梁山脈は、新第三紀以降火山活動の場であったグリーンタフ地域が新第三紀後期に隆起を行って山脈化した場所であるとともに、第四紀に入ってからもお火山活動を行いつつある地帯である。したがって、北上・阿武隈山地のような古い山地とは対比的に、若い地形的特徴をもつ地域となっている。

北上・阿武隈両山地と奥羽脊梁山脈との間の低地帯は、もともと、東側の中・古生界分布地域と西側のグリーンタフ地域を界する「盛岡－白河構造線」と称される西側落しの潜在断層の位置にあたっているのであるが、現在では、北上川と阿武隈川によって幅広く開析された標高100m前後の丘陵地帯と沖積平野とからなっている。

① 北上山地：宮城県内には北上山地の南端部が含まれるにすぎないが、地下の岩石を知るためには北上山地全体の地質の概要を念頭に入れておく必要がある。北上山地の基盤は6億年前の先カンブリア紀の結晶片岩類で、この上にシルル紀（4億年前）以降の古生界および中生界が厚く堆積している。古生界および中生界は表Ⅲ－１－１に示したとおりで、大部分は地向斜型の堆積岩類よりなる。これらの堆積岩類は、数次にわたって造構運動を経験しているが、最終的には、白亜紀前

図III-1-2 強震地域地質図



表III-1-1 地層対比表

地質系統		仙南地域及び阿武隈山地		仙台周辺地域		塩釜・松島地域		仙北地域及び北上山地							
新 生 界	第四系	完新統		仙 台 層 群	沖積地堆積物	向山層		清 滝 層	真 滝 層						
		更新統			投丘堆積層										
	新第三系	鮮新統			大八瀬川 年木山 寺山 層岩類					竜の口層 下馬層	竜の口層 有賀層	油島層 賀層			
		中新統			安山岩								松島凝灰岩	黄金迫層 追戸層 茂岳山安山岩類	瑞山層 (殿美層)
					沼田層 白石層										
古第三系		福田層 金ヶ瀬層 鉢森火山岩類	網本層・七北田層 旗立層・青森層 茂庭層 高館山岩類 槻木層												
中 生 界	白亜系	ジュラ系	花崗岩類					大島層群 花崗閃緑岩類 大島層 新月層							
			相馬層群						十三浜層群						
									橋浦層群						
	三疊系			志津川層群											
				皿貝層群											
古 生 界	二疊系	石炭系	弓折沢層 大上層 芦野層	割山層				登米層 登米層 登米層							
			立石層 真野層						住田層群 横田層群						
	系	合の沢層				茂ヶ森・大森層 中里・大野層									

北村（1967）を一部修正した

期（1億年前）の大島造山運動によって強く褶曲し、同時に多くの断層によってその連続性を断たれている。また、これらの堆積岩類は、造山運動時に地下深部より進入してきた超塩基性岩および花崗岩質岩によって貫かれ、全体が著しく固結するにいたっている。北上山地全域は、白亜紀前期以降隆起を続け、新第三紀後半から第四紀にかけての造山運動時にも、その変動の影響を受けずに陸地として存続した安定地塊である。

宮城県内に分布する古生界は、上部二疊系登米層で、黒色粘板岩・砂岩・石灰岩・礫岩などから成り、登米町・気仙沼市・歌津町・雄勝町などに狭小な分布をするにすぎない。

中生界三疊系稲井層群および皿貝層群は、黒色砂質シルト岩や灰色砂岩から成り、本吉町・登米

町東部・志津川町・雄勝町・女川町・石巻市東方など広範囲に分布する。これらの地層は、北部で北西－南東ないし南北、南部では北東－南西の走向をもつ複向斜構造を作っている。ジュラ系は、下位の志津川層群と上位の橋浦層群に区分され、前者は気仙沼市小々潮・唐桑町舞根付近で幅のせまい向斜構造を作り、その延長部は牡鹿半島一帯に褶曲と断層によって繰り返しながら北東－南西の走向をもって分布する。また、後者の橋浦層群は、本吉町・北上町・石巻市などに分布し、北東－南西の走向を持つ向斜構造を作っている。両層群は、ともにアルコース砂岩と黒色頁岩の互層からなり、部分的に礫岩を挟んでいる。白亜系は、その下部のみが分布し、上部白亜系は宮城県内に分布しない。下部白亜系は、下位より十三浜層群と大島層群に分けられている。十三浜層群は砂岩および砂岩と黒色頁岩の互層からなり、追波川左岸および牡鹿半島東部にわずかに分布するにすぎない。大島層群は安山岩質火山砕屑岩からなり、気仙沼市東部の新月一帯、唐桑町南西部、大島および金華山対岸の山鳥付近に分布する。金華山に分布する花崗岩類は、片状の石英閃緑岩・花崗閃緑岩のほか非片状の花崗閃緑岩からなる。金華山西海岸には強い片理を示す変成岩が分布し、牡鹿半島との間に断層の存在を示唆している。

北上山地南部地域の中生界・古生界の走向は、北部では北西－南東ないし南北であるが、追波川から雄勝町にかけて緩やかに東方に湾曲し、女川町以南では北東－南西に変化する。また、全体の地質構造は南方に軸傾斜する向斜構造となっているが、波長数十～数百メートルの小褶曲がこれを修飾し、牡鹿半島ではその翼部に断層を伴っている。断層は、褶曲軸に直交する東西性で南側落としの正断層が多い。志津川町・河北町・女川町などで山地を貫流する東西性の河川はすべて断層に支配されたものである。リアス湾入の位置づけも断層谷に沿った浸蝕に関係がある。

② 阿武隈山地：阿武隈山地は、福島県側から宮城県側に入ると、2つの山列に分かれ、西の列は大河原町に達し、東の列は、幅の狭い地壘状隆起帯となって岩沼市西方にまで延びている。西側の花崗閃緑岩は白亜紀に貫入したもので、その北方延長部は、蔵王・面白山・鳴子などに、新第三系の基盤となって分布する。東側の隆起帯は刈川破碎帯・双葉断層に挟まれた地壘を構成し、福島県側ではデボン系の松平層・合の沢層のほか石炭系・二疊系をも巻き込んだ褶曲帯となっているが、宮城県側ではその幅も狭くなって、著しく破碎され、地層の細分はされず一括して割山層と呼ばれている。この地壘の東側を限る双葉断層はほぼ南北の走向をもって福島県まで南北に連なっている。双葉断層は白亜紀に形成されたものであるが、東側海岸平野の新第三系鮮新統堆積後も東側落としの活動を行ったことが知られている。

③ 奥羽脊梁山脈地域（グリーンタフ地域）：山形県との境界部は標高1,000m前後の山岳地帯となり、白亜紀の花崗閃緑岩類を基盤とし、緑色凝灰岩類（グリーンタフ）および第四紀の火山岩類

などによって構成されている。基盤の花崗閃緑岩類は、鳴子付近・面白山付近・蔵王山東麓・二井宿峠付近に露出するが、一部には変成岩や片麻岩を伴っている。これらは、大部分が阿武隈山地の花崗岩類と地下で連続しているものと考えられている。地表に露出している部分は、新第三系堆積後の造構運動によって隆起した地域に相当している。奥羽脊梁山脈の新第三系は、中新世初期における海底火山活動の産物で、主として変朽安山岩・石英安山岩・流紋岩の熔岩および火山砕屑岩からなっている。変朽安山岩類は最下位を占め、熔岩および火山砕屑岩ともに著しく変質し、暗緑紫色を呈している。これらは、栗駒山南東麓・細倉鉾山付近・鳴子町花崗山周辺・関山峠付近・蔵王北東麓などに分布している。石英安山岩および流紋岩の熔岩と、それらに伴った火山角礫岩・凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩・浮石凝灰岩などは、変朽安山岩質の岩石を覆って、広範囲に厚く分布し、奥羽脊梁山脈の骨格を作っている。これらの熔岩および凝灰岩類は熱水変質を強くうけたため、ほとんどが緑色に変化している。緑色凝灰岩という表現はこのような特徴に由来している。緑色凝灰岩類の堆積後、奥羽脊梁山脈地域は、次第に浅海化した。この間に黒色頁岩や青灰色砂岩を堆積させた。緑色凝灰岩類の上位に重なる頁岩や砂岩からなる地層は、脊梁山脈地域ばかりでなく、東側の中央低地帯にまで連続して分布し、仙台市を取り囲む地域から、北上・阿武隈山地縁辺部にまでも広がっている。緑色凝灰岩類や浅海性の砂岩の堆積後、脊梁山脈地域は隆起・陸化した。隆起に際して東西両翼部に石英安山岩の大量の噴出を行っている。また、石英安山岩の噴出に引き続いて、局部的にはカルデラ性陥没地の出現をみるが、脊梁山脈東麓部には南北性の堆積盆地が形成された。この年代は1,000万年前から500万年前ごろまでとされている。栗駒山東麓より栗駒町岩ヶ崎にかけての地域・鳴子町西部より宮崎町にかけての地域・仙台市西方白沢付近から川崎町西部にかけての地域・白石市西方七ヶ宿町一帯の地域などに分布する石英安山岩およびそれに伴う浮石質凝灰岩・凝灰質頁岩・凝灰質砂岩などの大部分はこの時代の堆積物である。これらの地層の分布する地域は、脊梁山脈地域より一段と高度を下げ、標高300～400mに頂部を揃えた山地を作っている。脊梁山脈地域には、これらより若い新第三系の分布はみられないが、第四紀火山噴出物は火山体を構成して分布する。北より、栗駒山・荒雄岳・船形山・大東岳・蔵王山などの火山は、安山岩熔岩およびそれに伴った各種の火山砕屑岩から成る。

脊梁山脈地域とその東麓部の平頂山地との境界は、宮城県北部および南部地域では不明瞭で、漸移する傾向にあるが、仙台市西部から川崎町西部にかけては、明瞭な断層で境されている。

④ 中央低地帯：北上・阿武隈両山地と奥羽脊梁山脈との中間部の低地帯は、南北に連なる中央低地帯として、他と区別することができる。この区分は、東北地方全域にわたる地質構造発達史を考察する上での区分単位であって、必ずしも、現在の地形区分単位と一致するものではない。新第三

系によって構成される丘陵地と、それを開析した沖積平野部とでは地盤の特性の上で大きな差をもつが、基盤としての新第三系に関する限り、より多くの共通性をもっている。

中央低地帯の新第三系の層序は、表Ⅲ－１－１に示すように、北から、仙北地方一帯と北上山地西縁部を含む地域、塩釜・松島地域、仙台周辺地域および仙南地方と阿武隈山地北縁部を含む地域の４ないし５地域ごとにまとめられている。相互の地層の対比は、含有化石・構成岩石の特徴や地層の連続などによって確かめられている。また、上記各地域の境界は、断層などによる地層の不連続を意味するものではなく、いずれかの地層は互いに連続し合っている場合が多い。したがって、阿武隈山地以东の海岸平野部のように、そこに分布する地層の大部分が仙台市周辺の地層と連続していることが確かめられている場合には、とくに地域区分はしていない。

中央低地帯の新第三系に共通した岩相上の特徴および層位関係を列挙すると、次のようになる。

- i 中新統下部は安山岩およびそれに伴った火山碎屑岩からなる
- ii 中新統中部は浅海性の砂岩および頁岩からなり、凝灰岩を挟有する
- iii 中新統上部は石英安山岩およびそれに伴った浮石凝灰岩および細粒凝灰岩類からなる
- iv 鮮新統下部は含垂炭層と青灰色の浅海性シルト岩からなる
- v 鮮新統上部は数枚の垂炭層を挟有する凝灰岩類からなる
- vi 不整合は中新統上部基底、鮮新統下部基底および鮮新統上部基底にある

中新統下部の安山岩類の分布地域は、仙北地方の筥岳山塊・塩釜北方地域・仙台南部の高館山地帯・白石市西方の鉢森山地帯などで、それぞれが独立した隆起帯を形成している。中新統中部の地層は上述の隆起帯を取り巻くように分布するが、地層の著しい変形はみられず、比較的緩やかな地質構造を示している。

中新統上部の石英安山岩や凝灰岩からなる地層は、奥羽脊梁山脈東縁部から中央低地帯西部にひろく分布するが、低地帯中心部以东には分布していない。したがって、若柳町・築館町・古川市・仙台市・大河原町を結ぶ線以东の地域では、中新統中・下部の地層の上位には、鮮新統下部の地層が直接不整合に重なっている。鮮新統下部の竜の口層と呼ばれる地層は、浅海成の青灰色シルト岩からなり、岩相の上でも、また、多くの貝化石を産するという特徴からも、他の地層とは容易に区別される。この地層は、仙台市竜の口峡谷を模式地としたものであるが、ほとんど水平に近い緩やかな構造をもって、中央低地帯全域にわたって分布するので、層準決定の良い手がかりとなる。

中央低地帯の新第三系分布地域の中には中新統下部の安山岩類の露出する隆起帯があって、その縁辺部に撓曲^{とうきよく}帯を伴うところもあるが、新第三系は、総じて、水平に近い緩やかな構造を示している。撓曲帯の主なものは筥岳山塊および三本木山塊北縁部にみられ、ともに、東西性の走向をもつ

て、鮮新統下部の地層を北に40～60度傾斜させている。仙台市南西部および東部には鉤取一奥
武士撓曲帯および長町一利府線に沿う撓曲帯があり、前者は北西一南東の走向をもって鮮新統下部
の地層を東方に急傾斜させ、後者は北東一南西の走向をもって鮮新統上部の地層および更新統を東
方に急傾斜させている。

(3) 地質学的にみた宮城県の地盤

自然地盤は、もともとが地質学的諸営力のもとで造られたものであって、その評価を行うにあ
っては、地盤を構成する岩石または堆積物の地質学的な履歴を基礎にして考察しなければならない。
一般に地盤と表現されている概念の中には建造物の基礎として安定性の評価を求める意識がある。
ここでは、単に、建造物の基礎としてではなく、地震による震動を含む自然災害に対して、現在の
地盤が現状を保ちうるかどうかという点に焦点を合わせることにする。また、前述した北上山地・
阿武隈山地・奥羽脊梁山脈・中央低地帯の4地域は、それぞれ地質学的背景を異にするとともに構
成岩石のうえでも違いをもっている。

① 北上山地：南部北上山地の中・古生界は白亜紀前期の造山運動によって複雑に褶曲し、多く
の断層によってブロック化した。この地域は新第三紀を通じて隆起し続け、西方地域一帯に及んだ
新第三紀以降の地殻変動の影響をほとんど受けていない。おそらく、北上山地西限を画する「盛岡
一白河構造線」(西側落しの潜在性正断層)の存在が、その波及を食い止めたものと思われる。南部
北上山地における東西性の正断層は、現在の河川流路やリアス式湾入の位置づけに大きな影響を与
えていることは確かであるが、新第三紀以降に変位を伴うような運動を行ったという証拠は全くな
い。このように、南部北上山地は、基盤地質から判断するかぎり安定地塊であるといえる。しかし
ながら、地盤という視点に立つと、中・古生界の構成岩石は緻密堅硬で、風化、浸蝕に強い
ため、急峻な山腹斜面を作ることが多く、さらに、断層に伴う破碎帯が多く存在するという不利な条件を
そなえている。事実、斜面の崩壊、高所よりの落石・層理面あるいは節理面に沿う剥離などが常に
生じている。風化の産物としての被覆層が薄いことや深層風化のないことなどは、地すべり発生
の危険性を少なくしている。

② 阿武隈山地：阿武隈山地全体としては、花崗岩類によって構成される範囲が広く、安定地塊
とみることができるが、東縁部の地壘状隆起帯は、東西を仕切る断層が幅広い破碎帯を伴っている
ので、基盤地質のうえからも不安定要素が多い。とくに、東縁部の双葉断層は鮮新世以降も東側落
しの運動を行っており、第四紀に入ってから左ずれの運動を行った疑いが残されている。

③ 奥羽脊梁山脈地域：第三紀中新世初期より後期にわたる間火山活動を行った地域である

もに第四紀に入ってから火山活動の場となっているので、地下の構造は複雑である。とくに、新第三紀後期以降隆起を行った際に形成された脊梁山脈東縁部の断層に沿った地帯には、固結度の低い酸性凝灰岩類が分布するので、震動による地盤災害の危険性はあるものとみななければならない。また、脊梁山脈地域は、一般に起伏量大で、山腹斜面も急峻なところが多く、風化層も厚いので、地下の複雑な構造と相まって、地すべり、崩壊などの危険性を常にはらんでいる。

④ 中央低地帯：北上・阿武隈両山地と奥羽脊梁山脈に挟まれたこの低地帯は、一部の地域を除いて、比較的安定した地帯となっている。新第三紀中新世以降第四紀までの地層は、堆積時においても静穏な環境下におかれ、また、その後の地殻変動に際しても大きな変位を受けることなく、現在でも、ほとんど水平に近い構造を保っている。したがって、基盤地質という側面からみた場合は、地盤災害の危険性はむしろ少ない地域であるといえる。しかしながら、このような新第三系および第四系の安定化した基盤地質をもっている地域も、第四紀後半の海面変動に伴う侵蝕、堆積によって様相を一変する。

新第三系分布地域の丘陵頂面に残されている仙台市西部の本砂金礫層や、仙台付近の青葉山層は、丘陵地構成層であるが、堆積後、海水準の降下に伴って、河谷によって開析された。この際、海水準の段階的降下に対応して、少なくとも4段の段丘が形成された。したがって、段丘はつねに丘陵地帯の縁辺部に形成されることになる。また、砂、礫などからなる段丘堆積物は、新第三系を新しく削った上に直接重なるように発達する。仙台市旧市街地のように、段丘地帯が安定地盤となっているのは、このような理由による。

第四紀更新世における海水準の降下は、段丘形成後も続き、現在の海水準より約100m下るまでに至って止んだ。この間、埋没扇状地や埋没段丘が形成されたのであるが、やがて海水準が復帰し、現在の水準に達するに至る。中央低地帯の丘陵地を開析した沖積平野の形成は、この海水準の復帰の期間になされたものであり、その概要はⅢの2に述べる。中央低地帯の丘陵部の地盤の安定性とは全く異なった性格のものとして、沖積地の地盤は形成されたのである。

2 沖積平野の特徴

(1) 沖積平野の成立

今回の地震の際に、沖積平野上では多様な被害が発生したが、その被害発生状況は山地、丘陵地、段丘などにおける場合とはかなり様相を異にするものであった。一般に、現在の海岸、河岸、湖岸にある低平地の大部分では、地表下に未固結の新しい堆積物があり、低平地形面はそれらの堆

積面に当たっていることが多い。沖積平野と呼ばれているのはこのような低平地である。沖積平野を構成する堆積物、すなわち沖積層の下底は起伏に富み、その深度は地域ごと・地点ごとに異なるが、一般に100m未満のことが多い。堆積物の上面は現在の海面、河床面、湖面などによって制約され、それより高いところは侵蝕されてしまう。このような侵蝕と堆積を規制する面は、一般に、侵蝕・堆積の基準面と呼ばれている。この基準面は海岸地域ではほぼ海面に近い。たとえば、現在の河川は河口で海面によって規定された河床の高さをもち、流量、運搬物の量などに応じた勾配で上流へしだいに高度を増している。これに対して河岸段丘は、やはり河成面であるが、現在の河床より高い所にあり、現在より高い基準面が過去にあったことを示している。

図III-2-1 宮城県中部の沖積平野概観



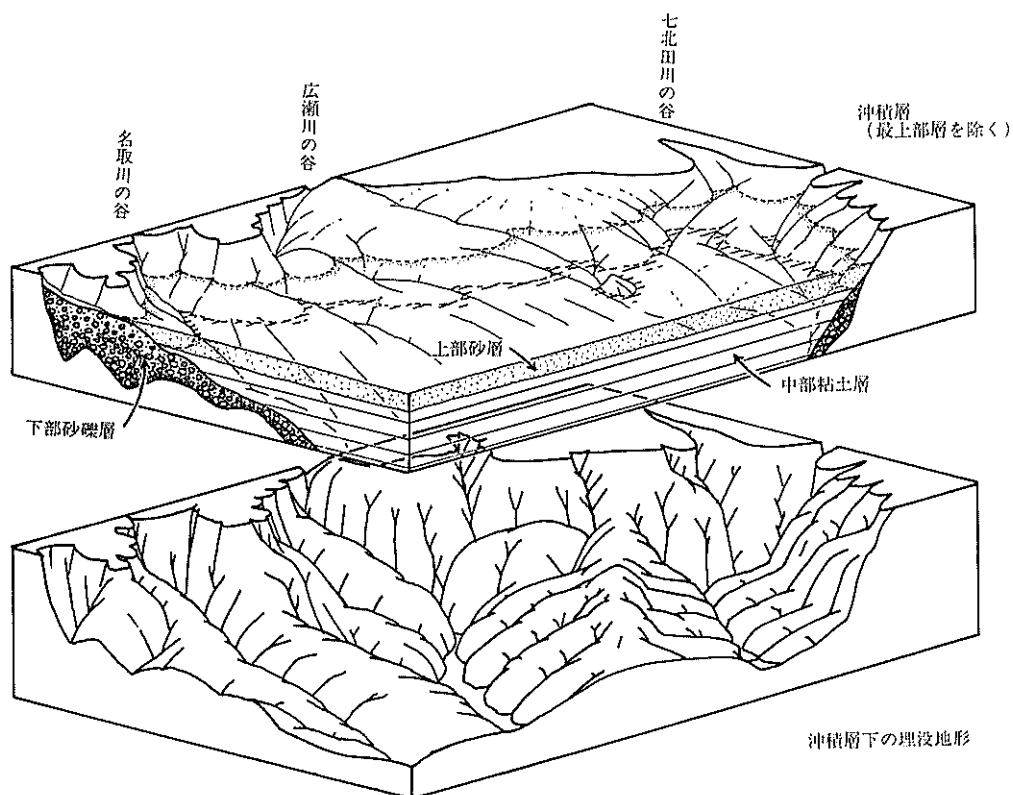
宮城県内の沖積層下底の起伏に富む地形は大部分が河川によって侵蝕されてできた河蝕地形である。仙台市東部の宮城野海岸平野では、その埋没河蝕地形の最も深い部分は現海面下70mあまりで、阿武隈川河口付近ではそれよりさらに約10m深い。また、北上川河口付近では、埋没谷底は海面下約90mにある。このことは、かつて海面が現在より約90m以上低かったことを示している。このような状態は全国の主要な海岸平野にはほぼ共通で、この海面が低かった時期は今からおよそ1万8千年前で、当時の海岸線は現在の大陸棚外縁付近にあったことが判明している。

現在の平野の地域で、約1万8千年前までに河川の侵蝕によってできていた河谷はその後の海面、すなわち基準面の上昇に応じて埋立てられ、沖積層とその表面である平野が形成されたのである。したがって、沖積層と平野面の性格を知るためには過去約2万年間の海面の変化と、そこに堆積物を運び込んだ河川および海的作用を考慮する必要がある。

宮城県内の平野の地下地質に関する資料は、従来実施された諸事業に際してかなり数多く得られているが、地域的にきわめて偏っていて、全域的に沖積層の状態を知るためにはなお多くの探査

を要するのが現状である。宮城野海岸平野を例にとり、乏しい資料に基づいて、長谷弘太郎(1967)や他の地方での資料を参考にしながら、やや大胆にその構成と形成過程を予測すると、およそ次のようになる(図Ⅲ-2-2)。

図Ⅲ-2-2 宮城野海岸平野の地下構造を示す模式図



上述した埋没河谷地形を埋め尽くし、さらにそれより高いところまで堆積した砂礫層が、扇状地群を形成している。この扇状地群の扇頂は、現在、主要河川が平野に流れ出す部分に近い位置にあり、各扇状地の中心線はそこから放射状に外側に広がっている。河川ごとに扇状地の発育状態は異なり、たとえば、広瀬川、名取川の扇状地群に比して七北田川、梅田川のは小規模である。扇状地面は、内陸側では現平野面下数mにあり、海岸付近で海面下25~30mにある。ここで、この扇状地を作っている砂礫層を下部砂礫層と呼ぶことにする。下部砂礫層の中には粘土層を含む部分があって、この扇状地群は基準面の異なる、おそらく新・旧のものが累重しているものと考えられる。標準貫入試験の打撃数(N値)は砂礫層で50以上、夾在する粘土層で10~30程度である。

下部砂礫層の作る扇状地の裾を埋める形で粘土層(ここで中部粘土層と呼ぶ)と砂層(上部砂層)が分布する。両者とも表面は水平に近く、その深さは中部粘土層が海面下約15~20m、上部砂層は

同じく約0～5 mである。両層とも海棲の貝化石などを含み、海底堆積物であることを示している。これらは地域的な層相の変化に乏しい。N値は中部粘土層で5～7，上部砂層で25～45程度である。

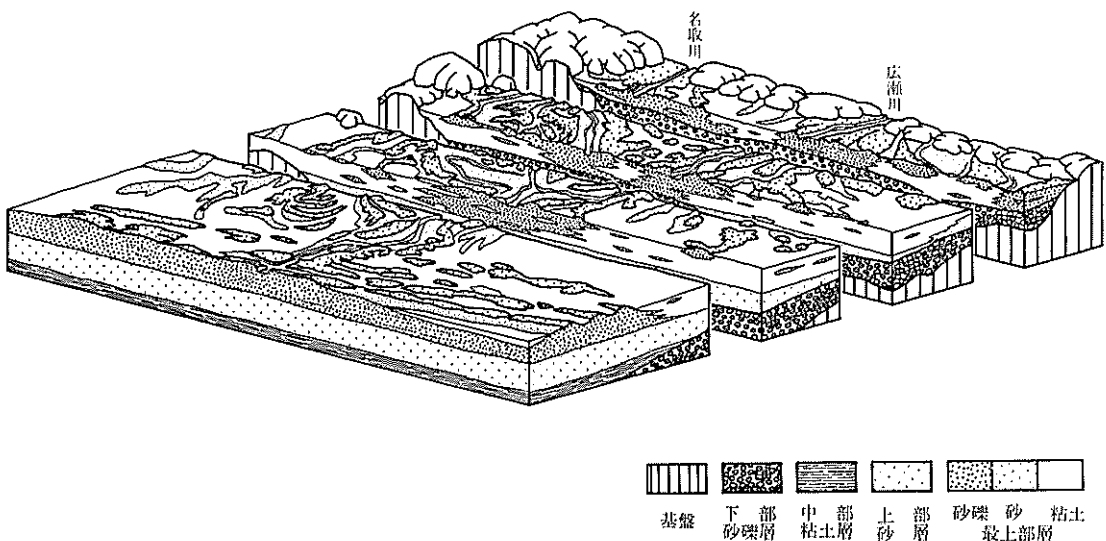
以上の諸層の上位に、内陸側では陸成の、海岸付近では海成の最上部層が重なる。その表面は現在の平野面である。海成堆積物は大部分が砂で、一部に粘土などを伴っている。陸成の堆積物は砂・礫・粘土・泥炭～腐植より成り、それらの分布はきわめて複雑であるようにみえる。N値は海成砂層で10～20，陸成粘土層では0～4である。

県内の他の平野についてはさらに資料が少ないが、長谷弘太郎（1967）などの従来の見解によると、大局的には宮城野海岸平野の場合と類似しているようである。ただ、上述した各層のうち、砂礫質部の発達状態にはかなり地域差があるようで、それと相補的に粘土質部の厚さと分布範囲が変化しているものと予想される。なお、松島湾は有力な流入河川が無く、また湾の両側の海岸とも岬によって隔てられているため、海面が上昇しても埋積されることなく今日に至ったものと考えられる。

(2) 沖積平野の微地形と沖積層の関係

沖積平野の地形は一様に平坦ではなく、微小ではあるが、かなり複雑な起伏がある。その複雑な地形を構成しているものは、およそ、次の3成分である（図Ⅲ－2－3）。

図Ⅲ－2－3 宮城野海岸平野の微地形と沖積層の関係



① 浜堤：海岸付近で、海岸線にはほぼ平行にのびる高所で、宮城野平野では海岸から内側約3 kmの範囲に、石巻市～矢本町付近の平野では海岸から6 kmの範囲内に、それぞれ、4列(または4群)が明瞭であるが、のびの方向には断続的な部分がある。頂面は高さ2～3 m以内で、平坦である。海岸線にはほぼ平行にごく緩く弧を描き、列をなしているが、平野の側縁部では、内陸側のものほど曲率が大きい傾向をもつ。堤列を構成するものは海浜砂(または砂礫)で、その下底は前述上部砂層と接している。河川はこの浜堤列を横断して海に注いでいる。浜堤と浜堤の間の低地には湿地や沼、入江などが残っている所がある。浜堤はもと沿岸砂洲として形成され、海岸線の前進により、内陸側にとり残されたものである。最も外側の列は海浜のすぐ背後にあって、地表部が海岸砂丘になっている所がある。

② 自然堤防：河川沿いの高所で、現在の河川に沿うもののほか、旧河道に沿うものがある。河川の曲流、分流、合流などにより、きわめて複雑な分布を示す。周囲の低地からの比高は2～3 m以内で、各河川ごとに下流ほど不明瞭となる傾向があるが、河川が丘陵地や浜堤を通過したり、支流が合流したりする所では、その下流でやや顕著になる場合がある。河道、旧河道の両側の地表部は砂または砂礫よりなる。自然堤防は河川がとくに増水時の運搬物をその周囲に堆積させたことによって生じたものである。

③ 後背湿地：浜堤、自然堤防間およびこれらと後背丘陵、山地の間の低湿地で、水流を失った旧河道もこれに類する。後背湿地の分布は浜堤、自然堤防、後背高地の分布に制約されている。地表部は粘土、腐植物などよりなり、沼地となっている所もある。後背湿地は海および河川の粗粒物の堆積作用が及ばなかった所にとり残された低地である。

平野の微地形は大部分が上述3成分の組合わせよりなる堆積地形で、これに応じて沖積層の表層部の層相はきわめて複雑である。このような複雑な構成は、前述した上部砂層、中部粘土層、下部砂礫層には認められていない。ただ、地表直下の部分をも含む最上部層だけが対応している。最上部層の厚さは局部的に20mとされている所(長谷弘太郎)もあるが、一般には10m以内、多くの地域で数m以内のようである。この部分は、おそらく、現在と似通った海岸と河川の配列のもとに、堆積作用が進行し、基準面の緩慢な上昇につれて、海岸の位置が変化し、また河道にも変遷があって、それらの堆積物が順次累重して来たものと考えられる。

(3) 地盤としての沖積層

沖積平野は水田地帯として開けてきた所が多い。水田の適地である低湿地が広く、居住区、畑地に適したやや高燥な所が適当に配されている。高燥地は浜堤と自然堤防であり、低湿地は後背湿地

である。この伝統的な土地利用法は、微地形を利用しているが、これは微地形と密接な関係をもつ表層地盤の特性にかなった利用法でもある。一方、大都市ではこの伝統的土地利用法の代りに、微地形にかかわることなく、沖積平野を単なる平坦地として利用している。この平坦な敷地として利用される部分は次第に広がり、敷地の用途はきわめて多様となった。このような利用法の多様化は、沖積平野の地盤問題をもまた多様なものになっている。

沖積平野で多い地盤問題は、地盤沈下と地盤災害であろう。平野直下の未固結粘土、腐植物などは、軟弱地盤として土木、建築工事の際などにとくに警戒されてきた。このような軟弱地盤は大部分が後背湿地の堆積物で、荷重、脱水によって容易に圧密、収縮を起こし沈下する。また、地震の際には局地的な地震動が最も大きくなる部分であることもよく知られている。

これとは別に、関東大地震（1923年）の際、東京での建造物被害分布などから、一般に沖積平野での地震動災害は沖積層、とくにその厚さに関係があるものとみられてきた。この考えはやはり東京などの地下水くみ上げによる沖積平野の地盤沈下量が沖積層中の粘土質部の厚さに比例することと結びついて、かなり一般的に受け入れられているようである。このため、沖積層全体の厚さと一致しない地震災害分布（表、1949 a, b, など）や、沖積層の複雑な層相形態と地盤の安定性との関係に関する指摘（貝塚爽平, 1972）などはあまり注目されることがなかったように思われる。しかし、今回の地震の調査結果は被害分布が沖積層、あるいはその中の粘土質部の全層厚とは無関係で、最上部層の層相と密接な関係があったことを示している（東北大学地質学古生物学教室, 1979）。

沖積層の構成上の特徴を地盤という観点からあげるとおよそ次のようになるであろう。

- i 沖積層と下位層との関係は不整合で、両者の物性には明瞭な差異がある
- ii 沖積層は、たとえば仙台市東部の場合は下部砂礫層、中部粘土層、上部砂層、最上部層というように、層序に従う層相区分が可能である
- iii 沖積層構成員のうち、最上部層の層相は水平方向に頻繁に変化する。それ以下の諸層の層相変化は一般に緩慢である
- iv 地表直下の最上部層の層相は平野の微地形と密接な関係をもっている

このような構成は沖積層の形成過程をたどることによって最もよく理解される。各部分の物性などについても同様である。地質調査では、一般に、対象とする地質のすべてを直接観察、計測することはできず、自然のままの状態でその一部、可能な限りその要所を調査することによって、全体を細部に至るまで把握しなくてはならない。沖積層の場合は大部分が地下にあるので、形成過程の考察はとくに重要である。前述したように、宮城県全域についてみると、沖積層に関する資料は乏しいが、今回の地震災害とこれにかかわる諸問題から考えても、将来の防災、土地利用、地下水問

題等々のためには、沖積平野全域にわたる基礎資料をととのえておくことが必要であろう。これにはおそらく地質学と地球物理学、土木工学など関係分野の知識を傾注しての調査計画を要するであろう。今後沖積層の構成を総合的に把握し、各部分の物性などを知るために考慮すべき事項は、過去2万年間の海面変化、海および河川の侵蝕、堆積過程と、これを大きく支配した後背地を含む河川流域の気候変化、地盤変動である。また、とくに最上部層については海岸線と河道の変遷を復元しながら調査を進めるなら、一見複雑に見える層相変化も統一かつ具体的に理解されるであろう。

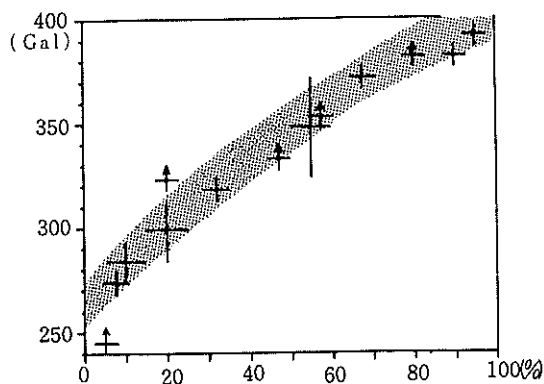
3 地震動と地盤

(1) 墓石転倒率からみた震動分布の概観

まず、ここで用いる「地盤震動加速度」とは被害墓石の転倒率から推定したものであることを断っておく。墓石のH/Bを測定して推定された地盤震動加速度と墓石転倒率との間には図III-3-1で示されるようなよい相関がみられる。したがって、墓石転倒率からおおまかながら地盤の震動加速度を推定することができる。なお、図III-3-1は仙台市周辺の墓地の資料をもとにしている。

各地の墓石転倒率の資料は、東北大学理学部地質学古生物学教室(1979)と建設省土木研究所地震防災部振動研究室(1978)に依った。墓石転倒率分布を図III-3-2に示す。墓地下の地盤の相違による転倒率の変化が大きく、震源からの距離による効果はほとんど認められない。北上山地およびより西部の丘陵地で転倒率が低いのに対し、宮城野海岸平野、古川などの沖積平野で著しく高い。

図III-3-1 地盤震動加速度の大きさと墓石転倒率との関係

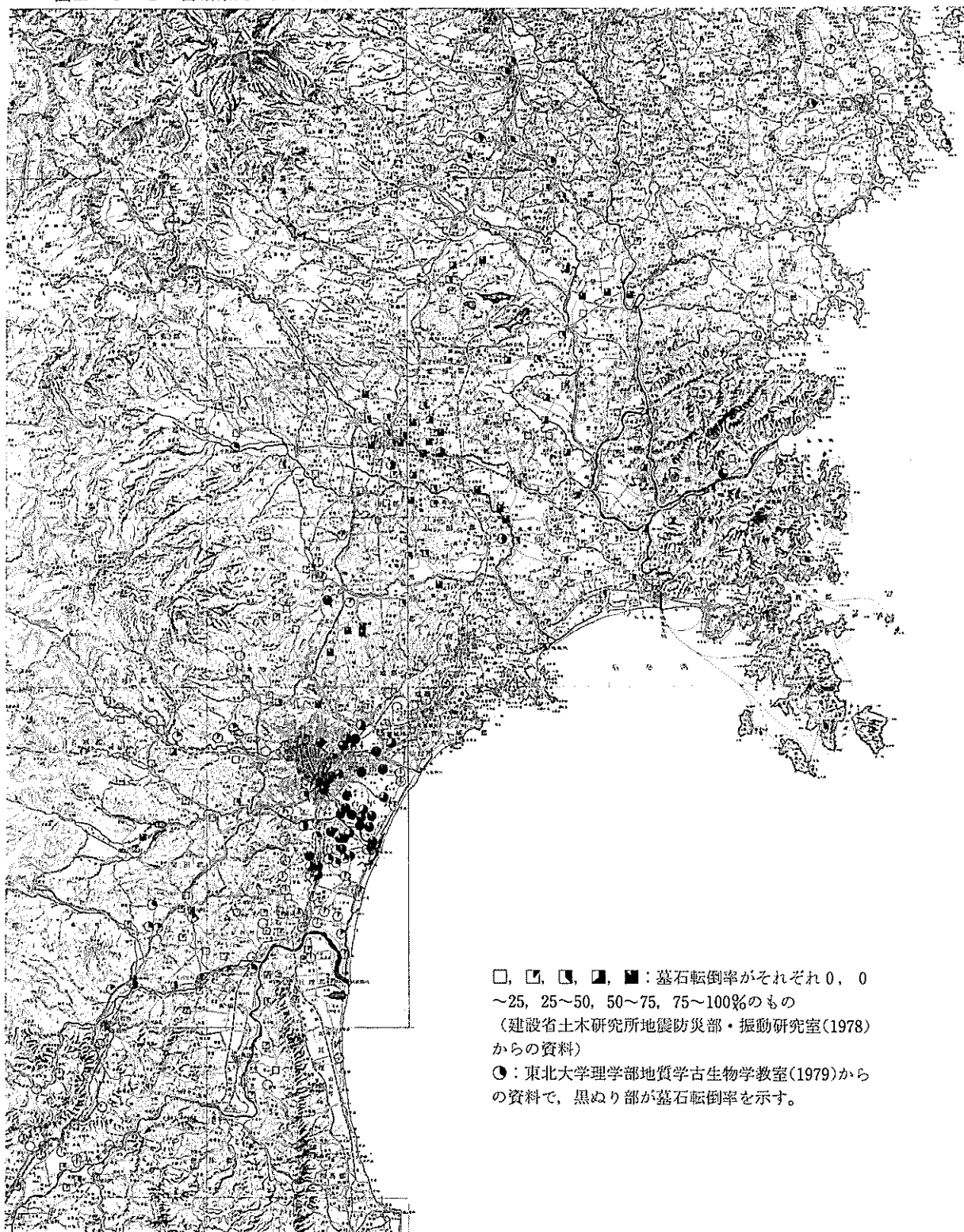


① 北上川・迫川流域

i 北上山地

北上山地は中・古生界の砂岩・頁岩、花崗岩を主体とする。これらはきわめて固く良好な地盤となっている。北上山地の墓石転倒率はきわめて低く、0~10% (約250~280ガル) 程度のところが多い。震央から60~80kmと最も近い牡鹿半島においても、その例外ではない。震央から約100キロm離れた気仙沼市では大部分の墓地で墓石がほとんど倒れなかった。一般に低い転倒率を示す北上山

図Ⅲ－３－２ 宮城県内の墓石転倒率分布



地内にあって、散点的にみられるやや高い転倒率を示す墓地の多くは山腹斜面や崖錐堆積物が集積しやすい斜面末端部に位置している。

ii 丘陵・段丘地域

登米町から石巻市に至る北上川右岸の小丘陵地の地盤は主に中・古生層より成り、地質学的には北上山地に属する所であり、同様に墓石転倒率が低い。

加護坊山・簗岳山から鳴瀬川河口へと続く丘陵、伊豆沼付近の丘陵および栗駒町岩ヶ崎付近の丘陵は、新第三系の凝灰岩・凝灰質砂岩泥岩・亜炭などからなる。これらはよく固結した岩盤であり、この地域での墓石転倒率は25%（その大部分はおそらく10%以下）と低い。地盤の震動加速度は280ガル以下と推定される。岩手県一関市から有壁・花泉町付近の丘陵地も上述した丘陵地と類似した地層が岩盤となっているが、墓石転倒率は30%（約320ガル）程度のものが多い。他の丘陵地においても、少数ながらやや高い転倒率を示す墓地がみられる。少なくともこれらの過半は斜面や崖堆積物が集積しやすい丘陵末端部に位置していることに依るものと推定される。

段丘上の墓地に関する資料は数少ないが、築館町東部の継入と木戸では50%前後のかなり高い転倒率を示した。

iii 沖積平野

旧北上川・迫川流域にはかなり広い沖積平野が発達している。沖積層の厚さは矢本町付近で80mに達している。前述したように石巻平野の沖積層は下位より下部砂礫層、下部砂粘土層、中部粘土層、上部砂層、上部砂粘土層に区分されている（長谷弘太郎，1967）。平野の地形は現在の海岸に平行な4列の浜堤群と浜堤間湿地帯・北上川と迫川に沿う自然堤防とその後背湿地帯からなる。迫町、中田町の沖積平野には、発達の程度は弱いながら、広く自然堤防が分布している。

浜堤上の墓石転倒率に関する5点の資料のうち、25%以下のものが3点、50%以下のものが2点である。これらの転倒率は山地、丘陵、段丘上のものと比較してやや大きく、地盤の震動加速度は 300 ± 20 ガル程度と推定される。

自然堤防上には古くからの集落が発達しているため10点以上の墓石転倒率の資料が得られている。その値にはバラツキが多いのが特徴のひとつで、転倒率0%から100%に近い値が得られている。しかし、その過半は25%以下で、比較的安定な地盤であることを示しているが、迫町、中田町付近の自然堤防上では75%以上の値を示すところが多い。

後背湿地上の資料はわずかに2点だが、いずれも75%程度の転倒率（約380ガル）で、地震動に対して不安定な地盤であることを示している。

なお、迫川上流の一迫町、鶯沢町付近の狭い沖積平野上では、0～25%の転倒率が得られている。

② 鳴瀬川・江合川・吉田川流域

i 丘陵・段丘

この地域の西部（色麻町，大衡村，大和町）の丘陵地では墓石転倒率が25%以下（その大部分は10%以下で約250～280ガル）である。これに対し，東部（富谷町，大郷町，松山町など）の丘陵地では25%以上（その過半数は75%以上）の値を示している。両地域ともその地盤を構成するものは新第三系の凝灰岩，凝灰質砂岩，シルト岩などで，大きな差異はない。他地域と比較すると，西部丘陵地の低い転倒率が正常であるとみなされる。東部丘陵地での高い転倒率に関しては原因が不明である。

段丘上の墓石転倒率の資料は少ないが，鳴瀬川上流の色麻町一の関・小野田町・宮崎町，江合川上流の岩出山町天王寺，吉田川上流の大和町吉岡・大郷町中村などで0～25%（その大部分は10%以下で250～280ガル）であり，他地域の山地・丘陵部と同じ程度に安定な地盤であることを示している。

ii 沖積平野

鳴瀬川と吉田川沿いには沖積平野が発達しているが，前者は小牛田町を中心とする基盤の高まりによって，古川低地帯と南郷低地帯とに分けられている。古川低地帯の沖積層の厚さは古川市深沼付近で最大70mに達する。沖積層は下部砂礫層，中部砂層，上部砂粘土層に区分されている。南郷低地帯の沖積層の厚さは50m以上あり，下部砂礫層，下部砂粘土層，中部粘土層，上部砂粘土層よりなる。

古川低地帯における自然堤防上の墓石転倒率の資料は18点あるが，0%のものが4点，0～25%，25～50%，50～75%および75～100%のものがそれぞれ4，5，3および2点である。このように，自然堤防上では墓石転倒率にバラツキが大きいことがひとつの特徴であるが，平均すると30数%（約320ガル）で，山地，丘陵，段丘などと比較するとかなり不安定な地盤であるといえる。

後背湿地では5点の資料中4点までが75～100%の転倒率を示し，平均値も80%（約380ガル）に達する。したがって，後背湿地はきわめて不安定な地盤であると結論される。なお，江合川上流の岩出山町付近の沖積層上では転倒率0%である。

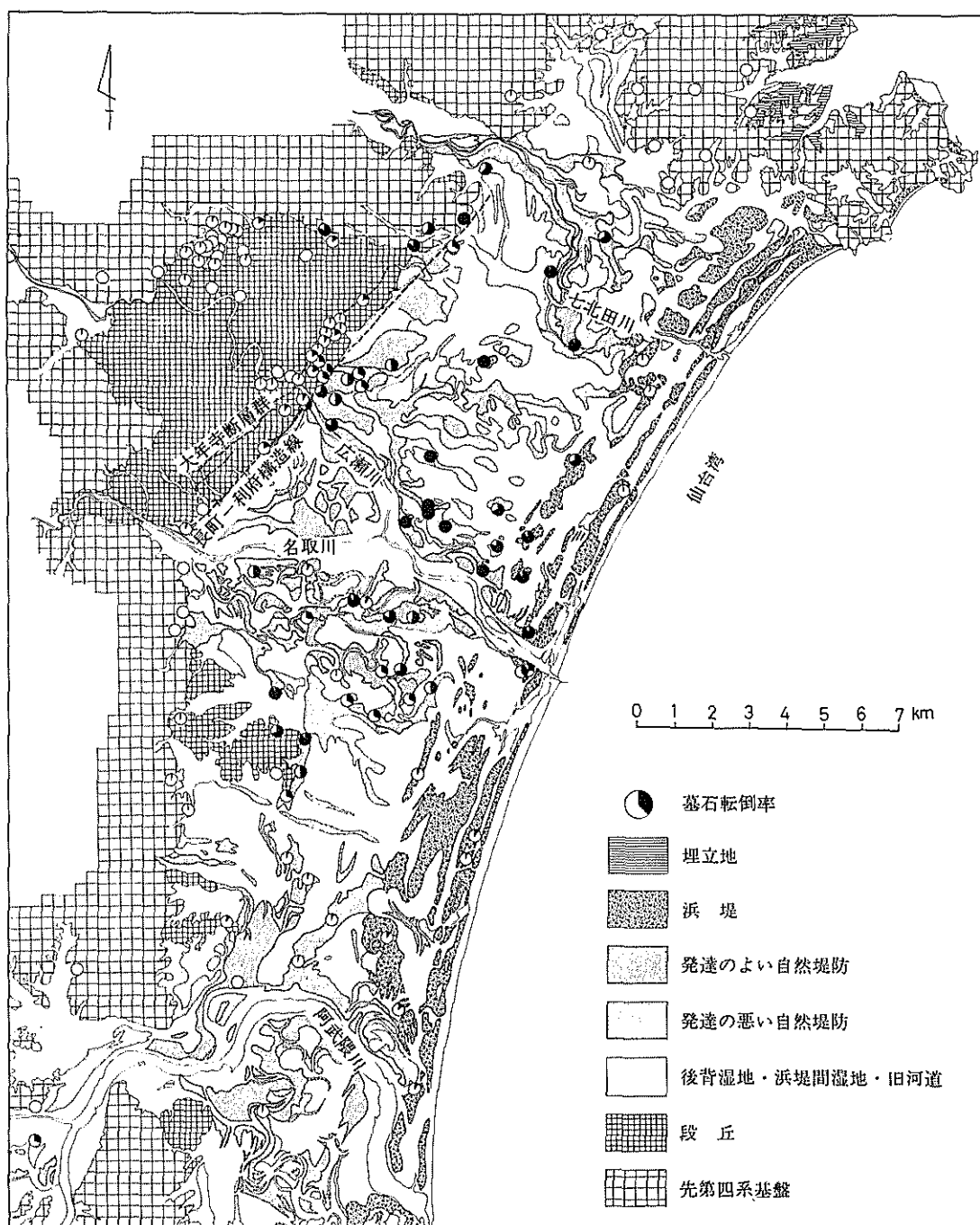
南郷低地帯での資料は少なく，自然堤防上の5点のうち0～25%，25～50%，75～100%のものがそれぞれ1，2，2点である。

吉田川上流の富谷町下草での墓石転倒率は100%に近いが，ここは後背湿地に位置している。

③ 七北田川・広瀬川・名取川流域

i 山地・丘陵

図III-3-3 仙台付近沖積平野微地形区分および墓石転倒率分布図



西部の山地，丘陵地域の地盤は新第三紀の凝灰岩類，火山岩類，砂岩，シルト岩などからなり，よく固結した岩盤を構成している。西部山地，丘陵上の墓石転倒率に関する資料は20数点にのぼるが，その多くは0～5％で，25％以上のものはわずか4点にすぎない。これらの平均値は10％未満（250～280ガル）である。

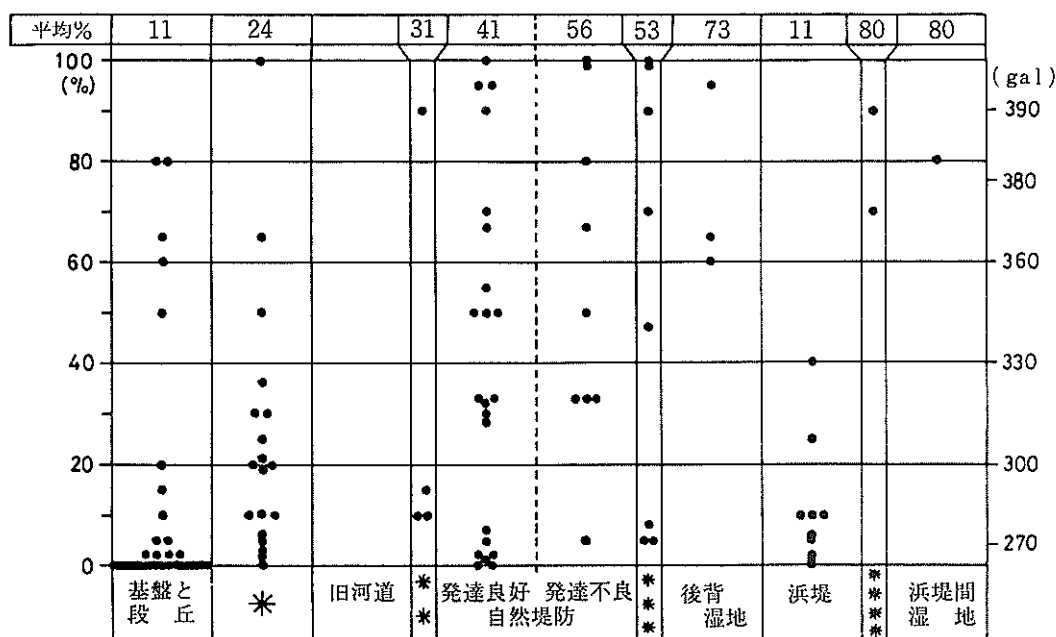
塩釜，松島の丘陵地も新第三系の凝灰岩，凝灰質砂岩，シルト岩を主とし，得られた10数点の資料中過半数は転倒率0％，残りも25％未満である。

ii 段丘

七北田川，広瀬川，名取川のうち，上流部に発達する段丘上の資料は15点得られているが，そのなかの2/3は転倒率0％で，平均値も10％強である。

仙台市の市街地や名取市小豆島付近には鮮新統の上に段丘が発達している。これらの段丘上の墓石転倒率に関する資料は50点にのぼる。このなかの約60％は転倒率5％以下である。ところが，図III-3-3に示すように，仙台市の市街地の段丘の南東縁部では20点の資料の大部分がやや高い転倒率を示し，それらの平均値は約25％（約310ガル）である。このやや高い墓石転倒率を示す地域は長町一利府線と大年寺山断層群とに挟まれた地域に一致している。これらの断層はともに活断層性

図III-3-4 仙台周辺の地形・地質区分毎の墓石転倒率および推定地盤震動加速度



・：長町一利府線と大年寺山断層群との間の地域。・・：旧河道と自然堤防との漸移部。・・・：自然堤防と後背湿地との境界部。・・・：浜堤と旧河道との漸移部。

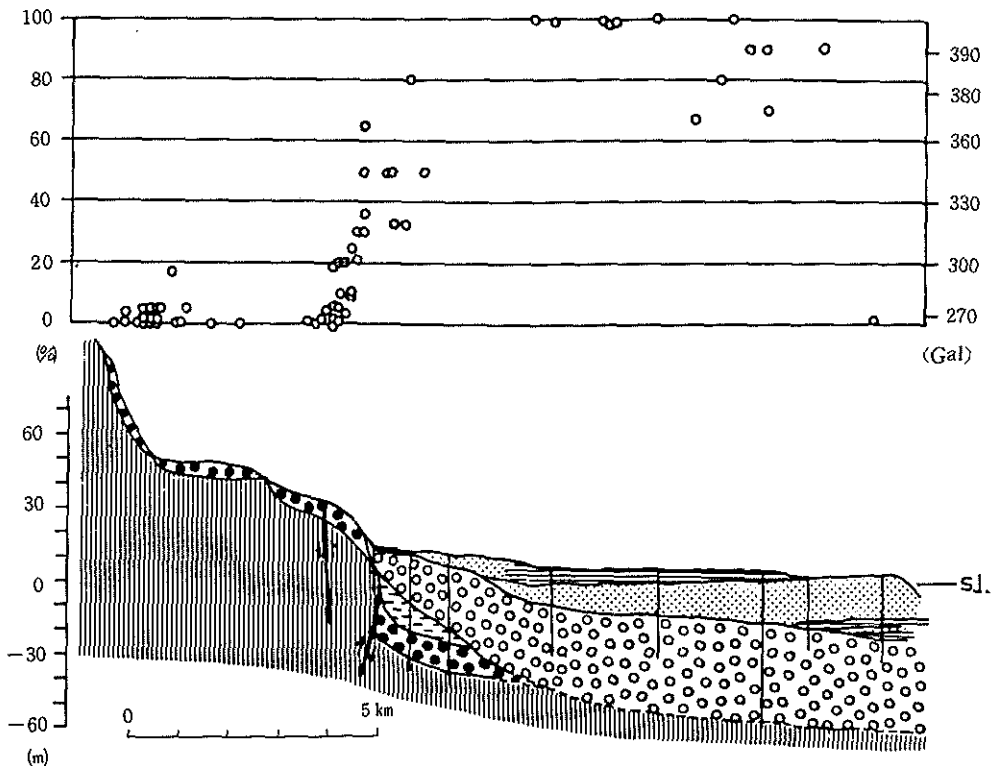
の逆断層で、両者に挟まれた幅700~800mの地帯は地塁を呈し、地下に向かって楔状をなしている（中田高ら，1967：大槻憲四郎ら，1977）。したがって、この地帯のやや高い転倒率は上記のような地下構造と密接な関係をもっているものと考えられる。

iii 沖積平野

宮城野海岸平野の沖積層の厚さは60mに達し、下部砂礫層、中部粘土層、上部砂層および上部砂粘土層よりなる（長谷弘太郎，1967）。平野北部では下部砂礫層中に下部粘土層が挟まれる。上部砂・粘土層は地表の微地形と密接な関係がある。宮城野海岸平野の微地形は海岸に平行な4列の浜堤と浜堤間湿地帯、七北田川、広瀬川名取川の自然堤防、後背湿地および旧河道によって特徴づけられる。

図III-3-3と図III-3-4にはそれぞれ平野の微地形区分図と墓石転倒率分布および地形、地質区ごとの墓石転倒率を示した。浜堤上では閼上で20%以上の転倒率を示す2点があるほかは、南蒲生、新浜、荒浜、北釜、相の釜など全て10%以下と安定している。浜堤間湿地帯や浜堤との境界付近では、資料が少ないが、80%（約380ガル）前後の高い転倒率を示している。自然堤防上ではバ

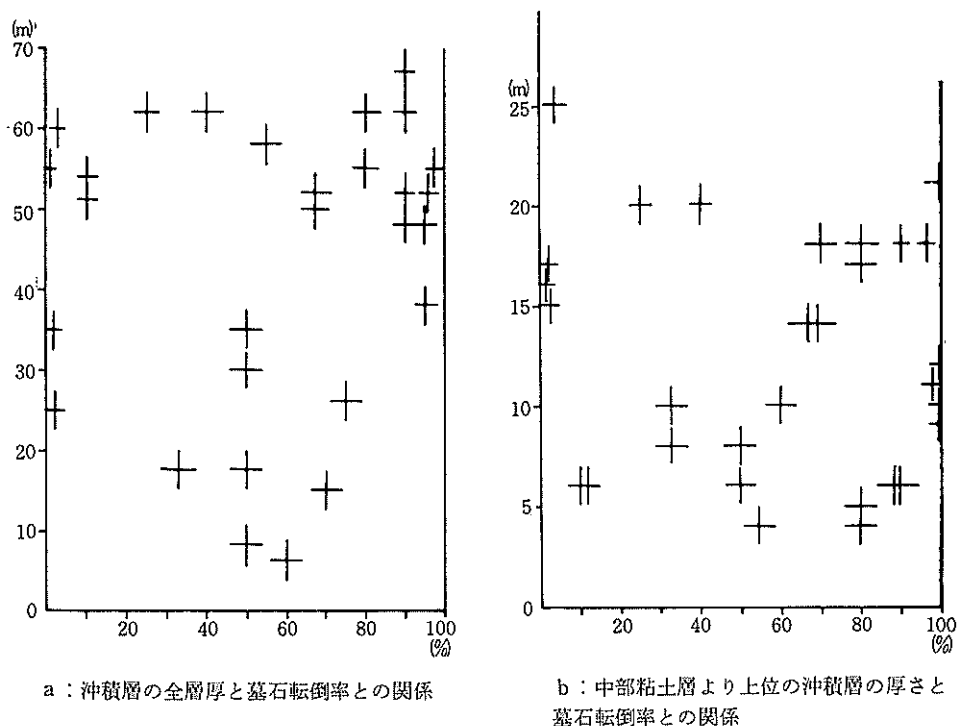
図III-3-5 仙台市北山から広瀬川一名取川北側に沿う地質断面図（長谷，1967を一部改変）とその周辺の墓石転倒率および推定地盤震動加速度



ラツキが非常に大きい、平均すると50% (約350ガル) 程度で、自然堤防の発達的好坏により平均値で15%ぐらいの差が生じている。後背湿地上の資料は少ないが、いずれも60%以上の転倒率を示し、平均値は73% (約380ガル) で、不安定な地盤であることを物語っている。以上のような観測資料から、宮城野海岸平野では浜堤間湿地帯および浜堤との境界部付近、後背湿地、発達の悪い自然堤防および自然堤防と後背湿地との境界部、発達のよい自然堤防、旧河道と自然堤防との境界部、浜堤の順に地盤が安定で、同じ平野内にあっても、浜堤上と浜堤間湿地帯や後背湿地との間には100ガルもの推定地盤震動加速度の差があったと結論される。

上述したような墓石転倒率分布の特徴を地下の地質構造との関連で検討してみよう。図III-3-5には仙台市北山から広瀬川一名取川の北側に沿う地質断面図にその周辺の墓石転倒率を投影して示した。段丘と沖積平野の間には推定地盤震動加速度に130ガルもの差があったことが明瞭である。先第四系基盤は両地域とも鮮新統と中新統であり、有意な差があるとは考えられない。したがって、この差は沖積層の有無によるものと考えられる。しかし、沖積平野内にあっても、浜堤部では転倒率が低い。地質断面図からわかるように、浜堤部ではそこを構成する砂層と上部砂層とが直接に接していて、上部砂・粘上層の粘上質部が欠除している。他方、沖積平野の中で高い転倒率を示すも

図III-3-6 沖積層の厚さと墓石転倒率との関係



の分布は上部砂・粘土層，とくに粘土や泥炭層の分布に一致している。このようなことは沖積層の主要な部分を占める下部砂礫層と海成層である上部砂層の平均的なN値がそれぞれ60と25であるのに対し，上部砂・粘土層のそれは2である（「仙台湾臨海地帯の地盤」，1965）ことから納得されることである。

上述したようなことから，この地域で地盤震動加速度に大きな差をもたらした主要な原因は，第一に沖積層の上部砂・粘土層，とくにその粘土・泥炭質層の存在であり，第二に上部砂・粘土層に微細な岩相変化をもたらした平野の微地形であると結論される。

なお，従来沖積層の厚さと地震被害率との間には明瞭な相関があるとされてきたが，図III-3-6に示すように，今回の地震の際の宮城野海岸平野の場合には何らの相関も認められなかった。

④ 阿武隈川・白石川流域

i 山地・丘陵

この地域の地盤は阿武隈山地の花崗岩・中古生層とこれを覆う新第三系の火山岩，凝灰岩，砂岩，シルト岩，礫岩などを主体とする。この地域の山地，丘陵上での墓石転倒率の資料30数点中10%未満のものが過半数を占め，25%以上のものはわずかに2点にすぎない。これらの平均値は9%（約280ガル）で，他の地域の山地，丘陵と同様に安定な地盤であることを示している。

ii 段丘・扇状地

本地域で比較的段丘や扇状地の発達が良好なのは，常磐線沿線地域と福島県国見町・桑折町付近である。これらの地域で得られた10数点の資料中，転倒率0%のものが半数近くあり，転倒率の平均値は6%である。

iii 沖積平野

岩沼市蒲崎，亶理町荒浜，山元町花釜などの浜堤上の墓石転倒率は，他地域と同様に10%以下と低い。しかし，浜堤以外の沖積平野でも，岩沼市と亶理町付近では転倒率が低い。これは基地の大部分が発達のよい自然堤防上に位置していることにもよるが，阿武隈川からの大量の土砂の供給によって，上部砂，粘土層中の粘土・泥炭質層の発達が妨げられたためであると考えられる。

白石川流域に発達する沖積層上の資料は7点得られているが，バラツキは多いものの，それらの平均値は43%である。とくに転倒率が高いのは村田町荒川上流および白石川と松川の合流点付近からのものである。このことは縄文海進や河川の合流部付近における支流での流水の停滞が粘土や泥炭層の発達を促したためであると考えられる。

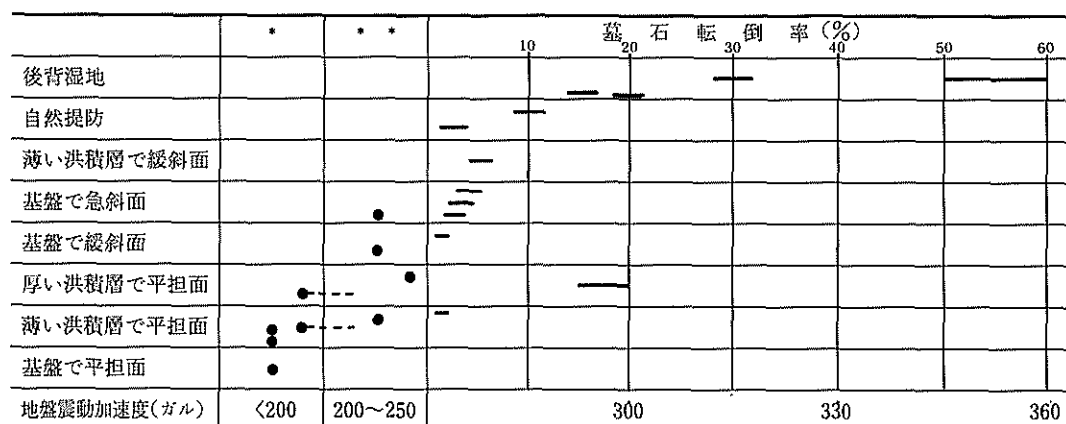
⑤ ま と め

i 山地，丘陵部では，地盤が中・古生層であるか新第三系であるかにかかわらずなく，ほとんど全

ての地域で推定地盤震動加速度が250～280ガル程度であった。ただし、岩手県一関市から有壁、花泉町付近および宮城県富谷町、大郷町、松山町などの一部では、丘陵地としては異常に高い墓石転倒率が得られたが、その原因は不明である。

山地・丘陵部においては、そのほかにも異常に高い転倒率を示す墓地が散在した。これらには地盤以外の諸条件も関与しているものと思われるが、同時にこれらの墓地の多くが斜面や崖錐堆積物が集積しやすい斜面末端に位置していることがその要因のひとつと思われる。図III-3-7に

図III-3-7 宮城県柴田町より福島県国見町に至る東北本線沿いの福島県柴川町北部における地形・地質区分毎の墓石転倒率および推定地盤震動加速度



*：墓石・燈籠は転倒せず、墓石の移動のみ、**：墓石は転倒せず、5%以下の燈籠が倒れる。

は地表勾配の地盤震動に及ぼす効果の例を示したが、この効果もかなり重要であることがわかる。

- ii 段丘・扇状地においても、山地丘陵部と同様、250～280ガル程度の推定地盤震動加速度を示した。したがって、段丘、扇状地堆積物は地震動の有意な増幅因子ではないといえる。また、段丘・扇状地における墓石転倒率には、山地、丘陵部のそれと比較してバラツキが少ない。これは当然のことながら、地表が平坦であることによるものであろう。

- iii 沖積平野では山地、丘陵、段丘、扇状地に比較して、推定地盤震動加速度が著しく高いところが多かった。沖積平野（少なくとも宮城野海岸平野）における地震動の主要な増幅因子は縄文海進（約5000年前）以後の堆積物（上部砂・粘土層）、とくにそのなかの粘土・泥炭質層である。上部砂・粘土層、とくにその上部の岩相は現地表に見られる平野の微地形と対応している。したがって、沖積平野の推定地盤震動加速度の大きさは平野の微地形とよい相関をもつ。

自然堤防の直下では砂質の堆積物が卓越し、自然堤防上での墓石転倒率（加速度）の平均値は、石巻平野で45%（約340ガル）、大崎平野で30数%（約320ガル）、宮城野海岸平野で50%（約350ガ

ル)で、とくに上部砂・粘土層に粗粒堆積物が卓越すると考えられる阿武隈川下流域では10%(約280ガル)以下であった。

後背湿地や浜堤間湿地帯の直下には粘土質、泥炭質の堆積物が卓越するが、これらの上の墓石転倒率はほとんど全ての地域で70~100%(約370~400ガル)に達した。ところで、自然堤防や自然堤防と後背湿地との境界部付近の墓石転倒率には大きなバラツキがあることが大きな特徴であった。これは平野の微地形が上部砂・粘土層の上部の岩相と対応するにすぎず、より深部ではより古い時代の自然堤防や後背湿地に対応する地層があって、全体として横方向にも上下にも互いに錯そうしているからである。

浜堤部では上部砂・粘土層の粘土・泥炭質部が欠除し、上部砂・粘土層相当層が全て浜堤砂層によって構成され、それが下位の上部砂層と直接に接しているため、墓石転倒率が低く、石巻平野で23%(約300ガル)、宮城野海岸平野で11%(約280ガル)であった。

- iv 長町一利府線と大年寺山断層群に挟まれた地域は段丘に相当するにもかかわらず、墓石転倒率の平均値が24%(約310ガル)というやや高い値が得られた。これは断層に挟まれた特殊な地質構造に起因している可能性がある。

4 丘陵地の造成地盤と地震動

昭和35年以降、我が国においては、経済の高度成長にともない、全国的に急激な都市化現象を生み、さらに日本列島改造論によって一層、人口の都市集中に拍車がかけられてきた。急速な都市の発展はいきおい旧市街地周辺の宅地の需要を促し、都市周辺の丘陵地における大規模な地形改変を伴う宅地造成を促進させる結果になった。仙台市においても例外でなく、昭和25年代後半から小規模な宅地造成が開始され、昭和35年頃から大型造成が盛んに行われるようになり、現在では既に、旧市街地(昭和22年)面積の約2倍強の宅地造成地が建設されている。一方、宅造工事に対する行政側の規制はこのような急速な開発に対応できないまま、宅造開始後約10年を経た昭和40年に初めての宅地造成等規制法が施行され、ある程度の規制が行われるようになった。乱開発といっても過言ではない宅造技術を無視した工事に対して、一部の識者は豪雨および地震による宅造地盤災害発生を懸念し、終始警告を発し続けてきたのである。

1978年6月12日、仙台市東方沖約100kmに発生したマグニチュード7.4の今回の地震は、かかる警告に呼応するかのよう、乱開発された宅地造成地のいたるところに無残な爪跡を残し去った。我が国において初めてといってもよい都市に開発された宅造地の被災状況は、即刻マスコミを通じて全国に報道され、このような被害を予想もしなかった都市周辺団地に住む人々に対して大きなショ

ックと不安を与えた。

ここでは、今回の地震による宅造地被害の原因を調査した結果を述べるとともに、さらにまた将来起こるかも知れない災害に対してどのような対策をたてればよいかの一つの指針を提供したもので、これが、幾分でも宅造地に住む人達の防災の一助になれば幸いである。

(1) 宅地造成地の被災概況

宮城県による住宅家屋の被害調査によると、宮城県内においては全壊家屋数1,377戸、半壊家屋数6,123戸の多きを数えている。そのうち、とくに被害が大きかった仙台市においては全壊家屋数が715戸、半壊家屋数が3,271戸に達し、いずれも宮城県内の被害家屋数の50%強を占めている。表Ⅲ－４－１は明治26年に仙台市に市制がしかれて以来市政区域の拡大に伴って家屋の被害がどのように増えたかを知るために作成されたものである。

表Ⅲ－４－１ 仙台市における市政区域の拡大に伴う家屋の被害

	全壊家屋被害率	半壊家屋被害率
明治26年からの市政区域	1 %	2 %
昭和22年 //	8	18
昭和35年 //	16	38
昭和53年現在の //	100	100
現在の宅地造成規制区域	22	15

表Ⅲ－４－１をみると、第一に気づくことは市街地が開発されるにつれ被害率が伸びていることである。端的にいえば開発が進むほど地盤条件が悪くなるともいえる。明治26年時に市制がしかれていた旧市内（地質的にいえば河岸段丘地帯）においてはほとんど家屋の被害が発生していない。この事実は今回の地震の大きな特徴といえる。大地震が発生すると往々にして被害が起こったところだけが調査対象となり、被害が発生しなかった地域は置き去りになり勝ちであるが、どうして被害が起こったのかということと何故被害が発生しなかったかということを考えることは全く同じ程度に重要なことである。この観点からみると、今回の地震の一大特徴は少なくとも旧市内の地盤はきわめて耐震性が高かったことを実証したことにあるように思われる。なお、昭和35年時に市制がしかれた区域内で家屋半壊数が38%に急増したのは、被害が大きかった長町地域がこの区域内に入っていることによる。表Ⅲ－４－１でとくに問題にしたいことは宅地造成規制区域内において家屋

全壊数が22%に達した事実である。つまり、仙台市内の全壊家屋のうち、5軒に1軒は宅地造成地内において甚大な被害を受けたわけである。宅地造成地内に発生した被害をさらに分析してみると、昭和40年に宅地造成等規制法が施行されてから造成された宅地造成地内における被害率が0.5%であったのに対し、何んら法規制が行われなかった昭和40年以前に造成された地域内では実に25%もの高い被害発生率を示している。ちなみに全国的に有名になった緑ヶ丘地域および北根・黒松地域は後

表Ⅲ－４－２ 緑ヶ丘および黒松・北根地区の住宅被害状況（53. 8.31）

地 域 名	町 名	全戸数	被災戸数	解体戸数	集 団 移 転 数	第 一 種 警戒区域	第 二 種 警戒区域
緑ヶ丘地域	一 丁 目	444	49	9	17	43	13
	二 丁 目	332	44	1	0	0	0
	三 丁 目	479	83	1	11	29	100
	四 丁 目	448	51	3	0	20	91
	小 計	1,703	227	14	28	92	204
黒松・北根地域	北根一念坊	310	43	16	0	39	19
	荒巻源新田	203	50	6	0	32	58
	小 計	513	93	22	0	71	77
	合 計	2,216	320	36	28	163	281

者に属するものである。たとえば表Ⅲ－４－２に示すように緑ヶ丘地域においては全戸数1,703戸のうち、なんらかの被害を受けたものが227戸、そのうちの28戸は甚大な被害のため居住できず集団移転を余儀なくさせられたものである。さらに特筆すべきことは、緑ヶ丘・北根・黒松地域に限って、地震発生後長期間にわたって余震または降雨による二次災害発生の危険性が高いと判断し、第一種警戒区域（直ちに避難すべき地域、緑ヶ丘92戸、北根、黒松71戸）および第二種警戒区域（大雨などに備えて避難できる準備をしておく地域、緑ヶ丘204戸、北根、黒松77戸）が指定されたことである。地震発生の約2か月後に荒巻源新田地域に対して警戒区域指定の解除がなされたが、緑ヶ丘一丁目19戸および三丁目114戸は、地震発生の3か月後においてもなお警戒地域指定の解除がなされず、半年後の1月22日に宅地保全審議会の答申により条件付きでようやく解除された。

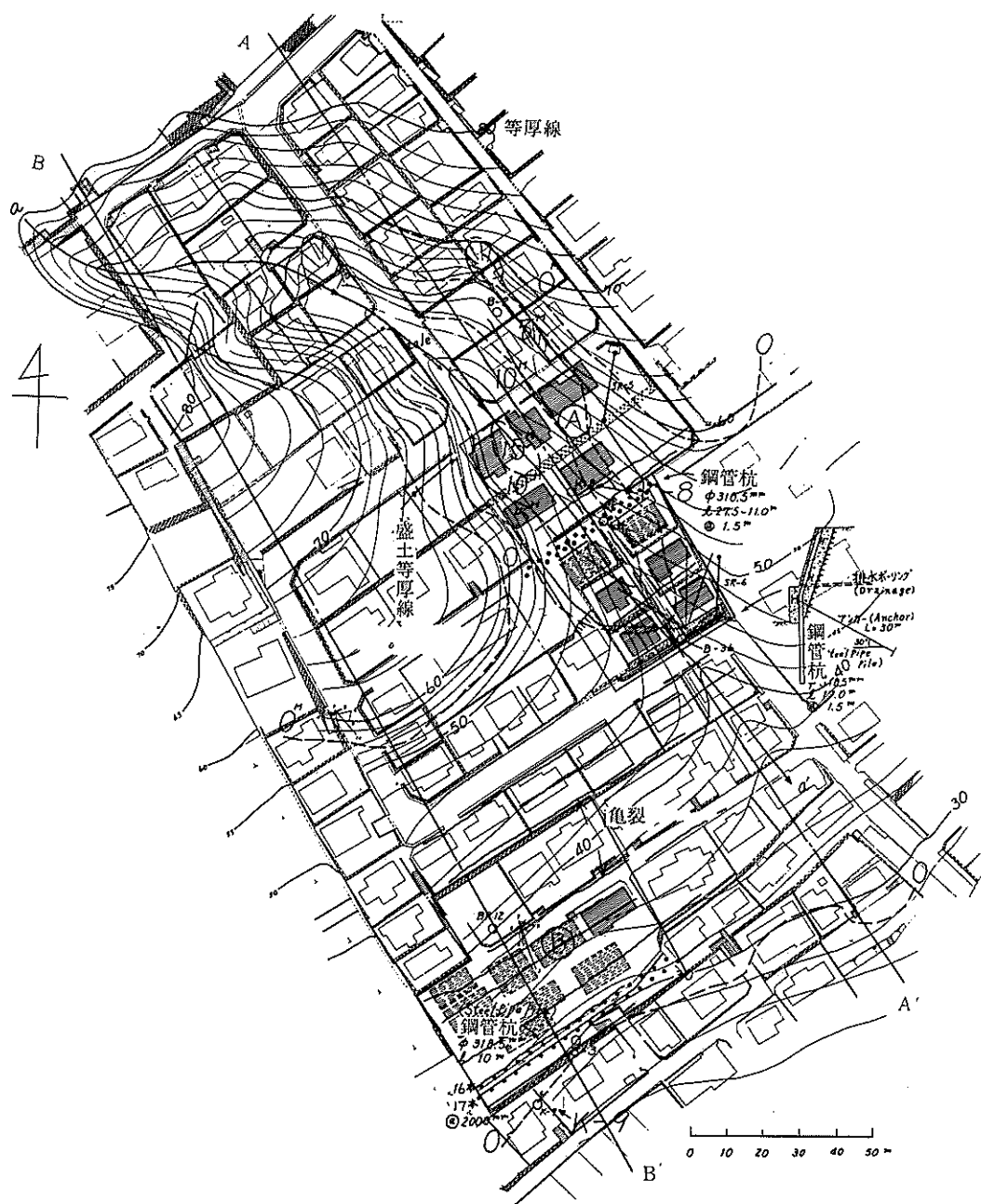
（2） 仙台市緑ヶ丘団地と白石市寿山団地の被害

① 仙台市緑ヶ丘団地

i 緑ヶ丘一丁目

緑ヶ丘一丁目はほぼ南に面し、傾斜角15～25度をなす傾斜地に昭和32、33年に造成された全戸数

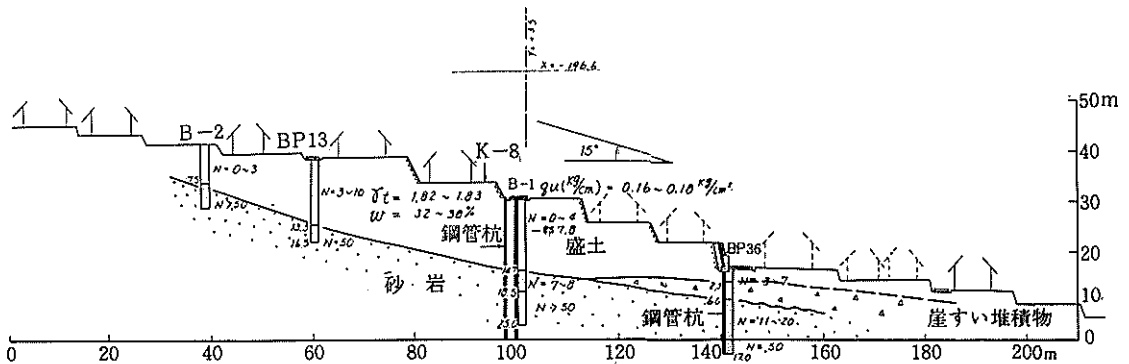
図III-4-1 緑ヶ丘一丁目被災宅造地域平面図



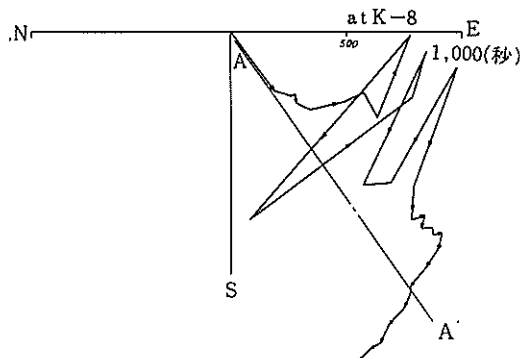
444戸からなる住宅団地である。一丁目のうちでとくに被害が顕著であった区域は図Ⅲ-4-1に示すAブロックとBブロックである。

Aブロックにおける顕著な被害は、図Ⅲ-4-1の平面図に示すように、A-A'方向およびそれに直交する方向の幅10~30cmの数条の地盤亀裂の発生と、これによる家屋の不等沈下であった。さらに、Aブロック下部の6戸の宅地では、擁壁のはらみ出しのほか、亀裂発生・宅地地盤の沈下・地割れ発生などの被害を受け、家屋の全壊は免れたものの全く使用に堪えないほど破壊された。ちなみにこのブロックではこの6戸を含む合計11戸が集団移転を余儀なくされた。また、Aブロック末端の市道に面した玉石積擁壁は地震の約3か月後にコンクリート擁壁による復旧工事が完了するまで倒壊寸前の状態に置かれていた。AブロックはV字谷に厚さ5~15mの盛土造成が行われたとこ

図Ⅲ-4-1-(a) A-A'地質断面図



図Ⅲ-4-1-(b) 傾斜計K-8の合成日変動量経時変化



表III-4-3 B-1における土の性質

粒 度 組 成	礫 分 (%)	33~57	土 の 分 類	統 一 土 質 分 類	S C
	砂 分 (%)	26~36		三 角 座 標 分 類	礫 混 り 粘 土
	シルト 分 (%)	10~32	自然状態における土の性質	土 粒 子 の 比 重	2.62~2.65
	粘 土 分 (%)	6~10		土の自然含水比(%)	32.3~38.2
	最 大 粒 径 (mm)	38~51		土の単位重量 g/cm^3	1.80~1.90
	均 等 係 数	72~320		土 の 間 隙 比	0.93~1.00
	曲 率 係 数	0.2~1.3		飽 和 度 (%)	92~100
コンシステンシー	液 性 限 界 (%)	39~47		一軸圧縮強さ (kg/cm^2)	0.16~0.18
	塑 性 限 界 (%)	22~30			
	塑 性 指 数	14~21			

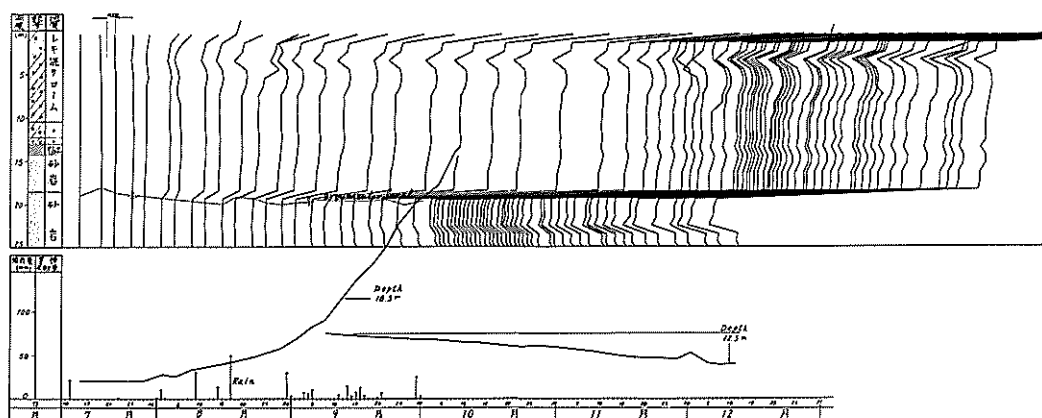
表III-4-4 ヒズミ変動一覧表

ボーリング 番 号	深 度	観 測 期 間	日変動絶対値 (μ)	累積変動絶対値 (μ /日)	備 考
B-1	18.5m	'78 7/13~9/8 9/8~9/30 9/30~10/12 7/13~10/12	1.23×10^2 6.4×10^2 7.3×10^2 3.3×10^2	3.7×10^3 19.2×10^3 21.8×10^3 9.9×10^3	確定変動 $1 \times 10^2 \mu$ /日以上 $5 \times 10^3 \mu$ /月以上
	22.5m	'78 9/8~11/28	0.3×10^2	1.0×10^3	1.0×10^2 /日
B-2	0.5m	'79 4~6	14	434	$5 \times 10^3 \mu$ /月
B-3	15.5m	'78 7/13~12/14	0.05×10^2	0.14×10^3	
	12.5m	'79 4~6	8	260	
B-36	3.5m	'78 9/22~10/20	0.79×10^2	2.4×10^3	
		11/16~11/15	2.4×10^2	7.3×10^3	
B-1"	6.5m	'78 10/31~12/14	0.3×10^2	1.0×10^3	
	17.5m	12/1~12/14	0.6×10^2	1.9×10^3	

ろで、図III-4-1-(a)のA-A'地質断面図に示したように、基盤は比較的ルーズな砂岩(N値約50、一部7~8のところもある)からなり、盛土はN値0~10(大部分が5以下)のきわめて軟弱な土で構成されている。地震発生後の6月20日から12月14日までの約半年間にわたって行った地盤の変状観測の結果によると、水管式傾斜計K-8は、図III-4-1-(b)に示すように当初A-A'線に沿って下方に傾斜し、その後A-A'線に直交する方向で動きが活発となり、再びA-A'線に沿う微小な動きののち、再び直交した動きに変わっている。その間に観測された最も大きな変動量は、

10月5日から10月29日までの平均日変動量が36秒という値であって、通常地すべりにおいて確定変動と判断される平均日変動量の基準値10秒と比較してもきわめて大きな変動量を示したことになる。次にボーリング孔を利用した地中ひずみ計B-1の観測結果によれば、図III-4-1-(c)に示すように深さ5m以浅の盛土の動きと、深さ18.5m（砂岩内でN値が7～8と低く、かつ地下水位と同じレベル）にきわめて顕著な累積ひずみ（9月30日～10月12日の月平均変動量が 21.8×10^3 ミクロン(μ)で地すべり地の確定変動値 5×10^3 ミクロン(μ)に比してきわめて大きい）を示し、この深さの動きがさらにB36ひずみ計の深さ3.5mの動きに直結している可能性が大きいと判断された。この深い地層内での地すべりを防止するために、宮城県では、昭和53年度内に図III-4-1に示すように、B-1地点においてA-A'線に直交した方向に径318.5mm、杭間隔1.5mの千鳥配列で深さ11.0～27.5mまでの鋼管杭防止工（工費58,900千円）を行った。さらに、仙台市内では、B-36地点において径318.5mm、杭間隔1.5mの千鳥配列で深さ17mの鋼管（中にH鋼押入後コンクリート注

図III-4-1-(c) 地中ひずみ計B-1のひずみ変動累積図

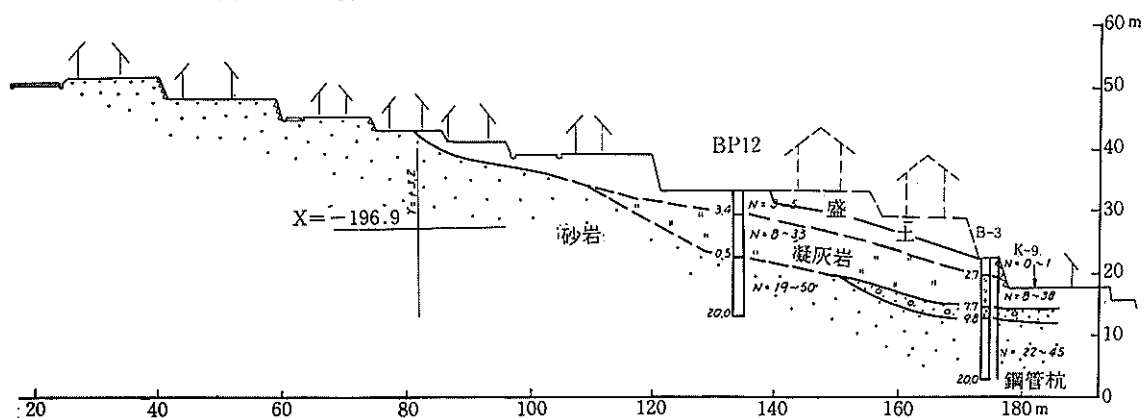


入)を基礎杭として打込み、その上部にコンクリート擁壁を旧石積擁壁に腹付けするという形で防止工（工費22,000千円）を施した。B-1地点の杭打ちが完了したのは地震後約1年を経ってからであるが、これら防止工が施工されて以来、地盤の変状は観測されていない。

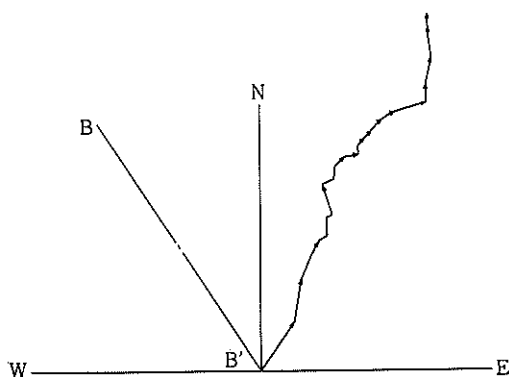
次にBブロック内における顕著な被害は、図III-4-1に示すように、B-B'に直交した方向に幅10～20cm、長さ50～80mの数条の亀裂の発生によるものであった。図III-4-1において点線でハッチしている宅地6戸は、ブロックの末端部の玉石積擁壁の崩壊に伴い倒壊寸前となり、地震発生4日後に他の家屋への倒壊による二次災害防止のために解体撤去された。Bブロックの地盤の状態は図III-4-1-(d)のB-B'地質断面図に示す如く、N値20～50からなる砂岩を基盤として下流

側一部崖錐堆積物と厚さ5～10mのN値0から5というきわめて軟弱な盛土で構成されていた。地震後設置された傾斜計K-9は一時末端部の盛り上がり現象を示したが、12月14日現在ひずみ計を含めてほとんど変動を示していない。復旧工事としては図Ⅲ-4-1に示したように末端部に径318.5mm、長さ10mの鋼管杭を杭間隔2mの千鳥配列で2段に施工した。

図Ⅲ-4-1-(d) B-B'地質断面図



図Ⅲ-4-1-(e) 傾斜計K-9の合成日変動量変化

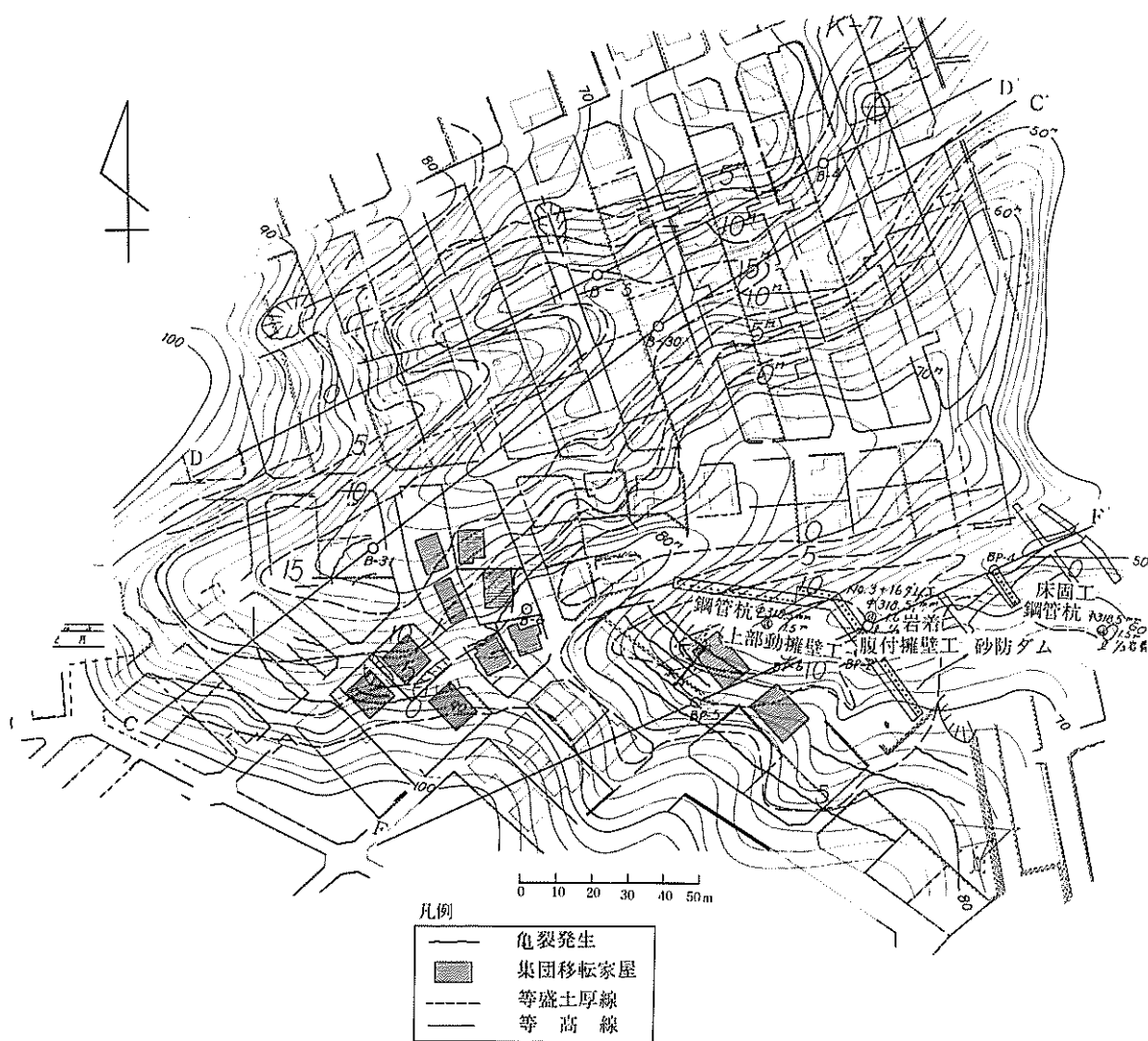


ii 緑ヶ丘三丁目

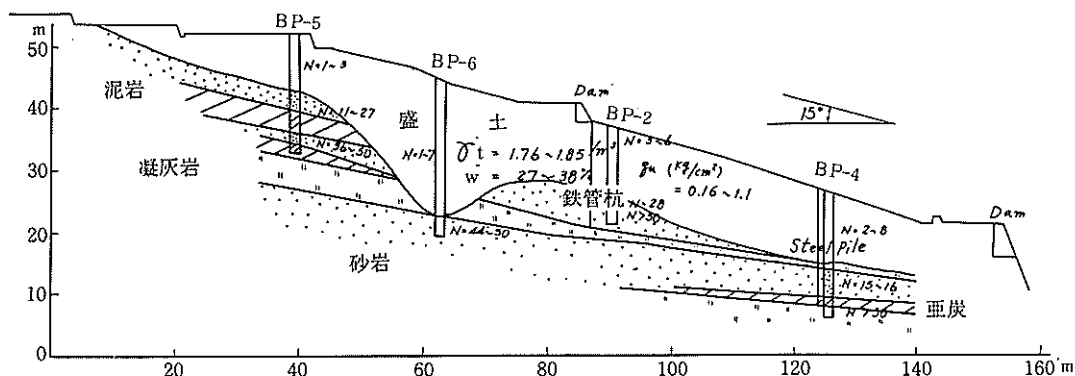
緑ヶ丘三丁目全戸数479戸のなかで今回の地震により被災した83戸の宅地は、ほぼ東側に面し約15度の傾斜角をなす傾斜地に昭和36年から37年にわたって造成された。この区域は図Ⅲ-4-2の二群の盛土等厚線（C-C'およびD-D'に挟まれた区域とF-F'線に沿った区域）で示されるように、二本の深い沢を埋立てて造成されたところである。今回の地震により発生した顕著な被害とし

ては、まず、F-F'線に沿う沢の頭部付近に数条の亀裂がF-F'方向に直交した方向に発生し、亀裂をまたいだ宅地は崩壊し、さらに崩壊土砂がダム本体左岸部を押し出し、ジョイント部に約30cmの食い違いを生じさせた。さらに、C-C'線とF-F'線に挟まれた区域の頭部に亀裂と陥没が生じたが、これらの被害が最も顕著であって、図Ⅲ-4-2にハッチして示されている9戸の家屋は使用不可能な程度に破損され、集団移転を余儀なくされている。一方、D-D'線に沿う区域の被害としては、大きな亀裂が数条生じた程度にのみ図示されているが、実際には小さな亀裂が無数に宅地内に発生し、家屋および擁壁になんらかの損傷を与えている。

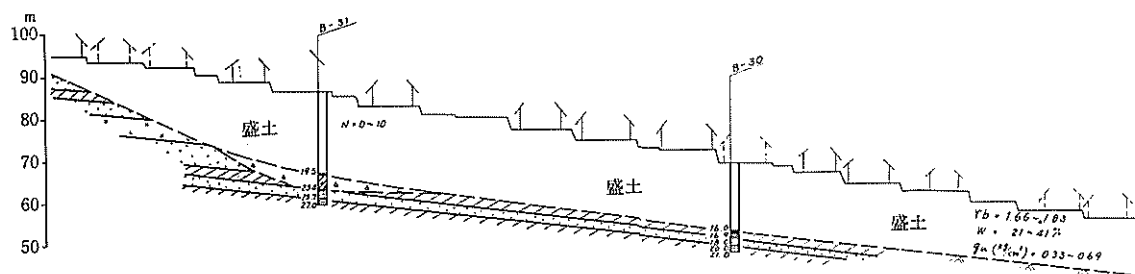
図Ⅲ-4-2 緑ヶ丘3丁目被災宅造地域平面図



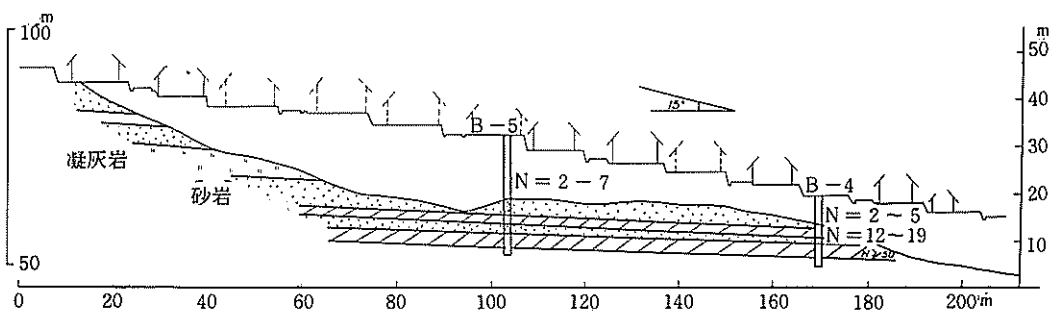
圖III-4-2-(a) F-F'地質断面圖



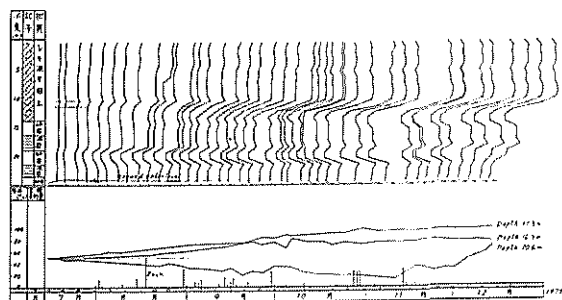
圖III-4-2-(b) C-C'地質断面圖



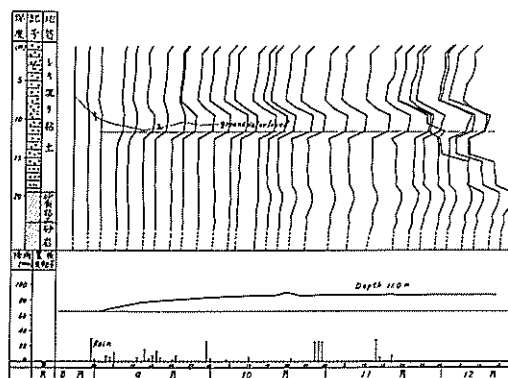
圖III-4-2-(c) D-D'地質断面圖



図III-4-2-(d) 地中ヒズミ計B-5のヒズミ変動累積図



図III-4-2-(e) 地中ヒズミ計B-31のヒズミ変動累積図



表III-4-5 土の性質

	BP-6	B-30		BP-6	B-30
礫分(%)	14~51	6~46	統一土質分類	SC, GC	SC, GC
砂分(%)	17~36	30~63	三角座標分類	Clay and gravel	Clay and gravel
シルト分(%)	16~37	10~46	土粒子の比重	2.62~2.66	2.57~2.65
粘土分(%)	7~21	6~24	土の自然含水比	27.0~38.1	20.9~41.2
最大粒径(m_m)	19~51	19~51	土の単位重量	1.76~1.85	1.66~1.83
均等係数	27~1820	20~390	土の間ゲキ比	0.80~1.39	0.44~1.22
曲率係数	0.1~6.8	0.1~11.4	飽和度	80~100	73~94
			一軸圧縮強さ	0.16~1.06	0.33~0.69
液性限界(%)	46~52	31~52			
塑性限界(%)	23~26	17~29			
塑性指数	22~29	16~26			

F-F'線周辺の区域は図III-4-2-(a)のF-F'地質断面図に示すように、砂岩、凝灰岩および泥岩の互層からなる基盤上に、宅地地盤では5~6mの厚さでN値0~3、ダム周辺地盤では10~20m厚さの盛土(N値3~8, $\gamma_t=1.76\sim1.85\text{ t/m}^3$, $w=27\sim38\%$, $q_u=0.16\sim1.1\text{ kg/cm}^2$)が行われている。一方、C-C'線およびD-D'線周辺の区域は砂岩および凝灰岩からなる基盤上に厚さ10~20mの軟弱な盛土(N値0~10, $\gamma_t=1.66\sim1.83\text{ t/m}^3$, $w=21\sim41\%$, $q_u=0.33\sim0.69\text{ kg/cm}^2$)がなされている。

地震後も持続した地盤変動の観測結果によるとD-D'線に沿った区域内に設置したB-5地中

ひずみ計は表Ⅲ－４－６に示すように、盛土内深さ10.5～11.5mにおいて7月13日から12月14日の間に $0.92 \times 10^3 \mu$ /月の少々顕著な累積傾向をもったひずみ変動を示し、さらに砂岩内深さ20.5mでも同期間内に $5.21 \times 10^3 \mu$ /月のかなりのひずみ累積を示した。一方、C－C'線に沿って設置したB－31

表Ⅲ－４－６ ヒズミ変動一覧表

ボーリング番号	深度(m)	観測期間	日変動絶対値	累積変動絶対値	ボーリング番号	深度(m)	観測期間	日変動絶対値	累積変動絶対値
B-4	1.5	'78 7/13～12/12	0.33×10^2	0.98×10^2	B-30	4.5	8/22～9/30	0.24×10^2	0.73×10^2
	2.5	7/13～12/14	0.38×10^2	1.16×10^2			9/30～12/14	—	—
10.5		7/13～9/30	0.30×10^2	0.92×10^2	11.5		8/22～9/30	0.12×10^2	0.35×10^2
		9/30～12/14	—	—			9/30～12/14	—	—
B-5	11.5	7/13～12/14	0.32×10^2	0.97×10^2	B-31	11.5	9/1～10/20	0.50×10^2	1.50×10^2
		7/13～11/10	0.30×10^2	0.90×10^2			10/20～10/30	—	—
	20.5	7/13～11/10	0.30×10^2	0.90×10^2					
		11/10～12/14	1.70×10^2	5.12×10^2					
B-6	6.5	8/17～12/12	0.28×10^2	0.85×10^2					

のひずみ計は深度11.5mにおいて9月1日から10月20日の間に、 $1.50 \times 10^3 \mu$ /月の少々顕著な累積ひずみを発生し、B－30ひずみ計の深さ11.5mでみられる $0.35 \times 10^3 \mu$ /月のひずみ変動との関連性が懸念された。

緑ヶ丘三丁目における復旧対策としては、昭和53年度には、砂防施設災害復旧工事として砂防ダム腹付工延長81.7m、床固工延長11.5mおよび鋼管杭（径318.5mm）80本、総工費98,638千円の工事とC－C'線周辺区域の鋼管抑止工延長23m（径318.5mm鋼管23本）の工事（工費42,000千円）が行われた。さらに昭和54、55年度にわたって鋼管抑止工が延長421m（鋼管杭426本、工費609,300千円）にわたって、図Ⅲ－４－７に図示された箇所に計画されている。緑ヶ丘三丁目においてだけで約7億5千万円、緑ヶ丘一丁目における復旧工事費1億5千万円、さらに調査費約1億円を加えると約10億円もの莫大な経費が緑ヶ丘地域の復旧工事に投入されたことになる。

② 白石市寿山団地

白石市寿山第4団地は東北本線白石駅の東方約1.3kmに位置し、白石川およびその支川によって開析された東西性の丘陵で、標高47～106mぐらいの緩い地形を呈している。この丘陵地は主として新第三系中新統の白石累層と呼ばれる含火山礫軽石凝灰岩より成り、さらに、この層を不整合に被覆して第四系の河岸段丘堆積物が分布している。

宅地造成は、昭和47年12月に宮城県住宅供給公社により着工され、昭和50年7月に竣工した。造

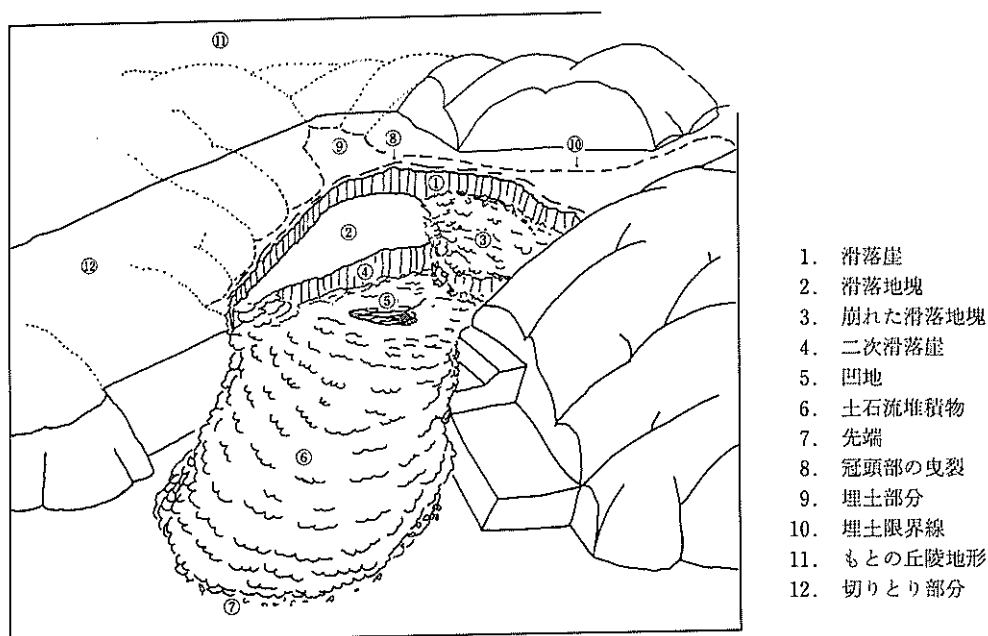
成面積22.8ha内で行われた土工において、切土量72万 m^3 、盛土量85万 m^3 で事業費は16億4千5百万円であった。計画戸数490戸（計画人員1,800人）の内訳は独立住宅277戸、集合住宅190戸（県営90戸、市営100戸）、その他23戸である。

i 被災状況

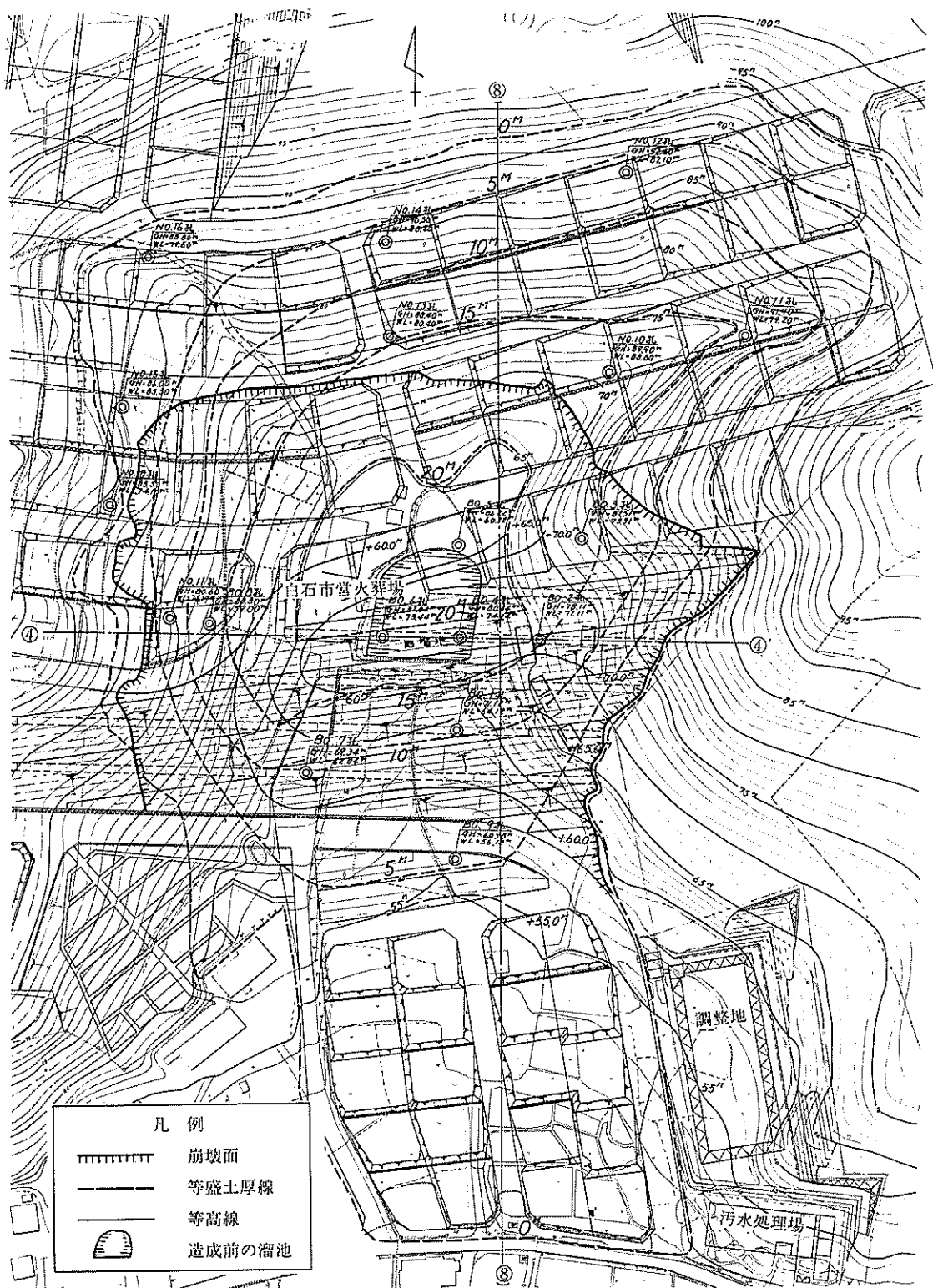
地震により寿山団地南側斜面では、幅120m、長さ230mの楕円状に面積16,000 m^2 にわたり崩壊し、約80,000 m^3 の土量が流出した。不幸にも1人が流出土砂に巻き込まれ死亡したが、崩壊した区域の宅地は末だ分譲されていなかったために大惨事に至らなかったことは不幸中の幸いであった。

図Ⅲ-4-3の模式図に示すように、主滑落崖①は半円形で、埋土限界線⑩の少し下方に位置し、落差は約5mで、埋土限界線の後背部10mにわたって引張り亀裂を生じた。崩壊面の右下半部で滑落塊②はよく保存され、主滑落崖の下方50~70mのところに落差約8mのもうひとつの滑落崖④がみられた。滑落塊②では長径数メートルから十数メートルの小塊化し、その多くが逆傾斜し、円弧すべりを生じていた。滑落崖④の下方で崩壊域のやや中央部には径40~50mの浅い凹地⑤を生じ、地震直後には泥水が溜っていた。一方、主滑落崖①の左下半部③では滑落塊が分裂し、主滑落崖から15~20mにわたって後方回転を伴う小地塊群があって、それより下方は中央の凹地に至るまで、土石流の特徴を示す泥土混りの小塊群が斜面をなしていた。中央の凹地の南縁は埋土末端の斜面の

図Ⅲ-4-3 谷の埋土の崩壊（白石市寿山の例）



図III-4-4 白石市寿山団地の被災状況

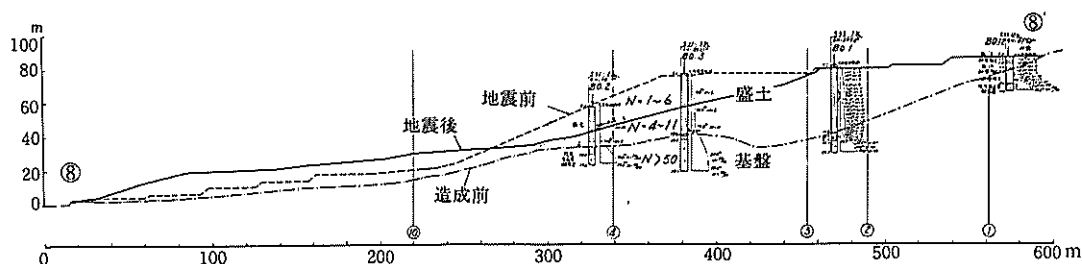


東西方向の道路の位置とほぼ一致する。この道路はほとんど破壊されずに崩土の下に埋っていて、主すべり面が路面よりやや上方にあったことを示す。なお、これより下方は小塊を含む砂泥状崩土で表面の傾斜はごく緩く、泥流堆積物の特徴をもっていた。

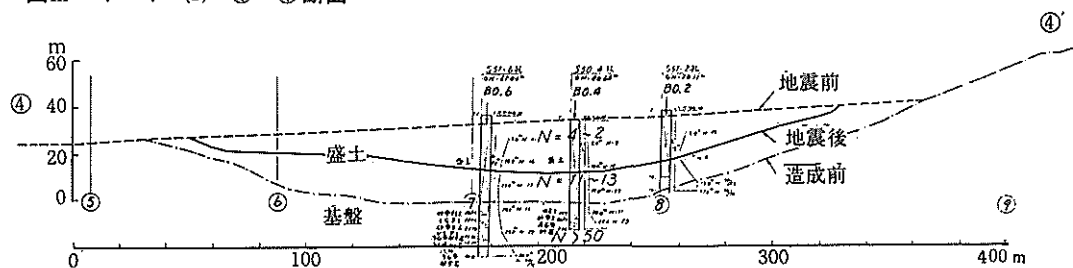
ii 地形、地質および土質

寿山団地は白石川およびその支流によって開析された標高差47~106mにわたる東西性の丘陵で、その基盤は石英安山岩、流紋岩、真珠岩などの岩片を含む浮石質火砕流凝灰岩によって構成されている。地震により崩壊した区域は図III-4-4に示すように、南東部の谷間(北高50m、幅約300m、谷底幅約50m、長さ約300m)を埋立てたところである。造成前、谷沿いの低地には図に示されているような溜池が存在し、傾斜角10~15度をなす背後斜面から2本の沢に沿って流れる水を貯留していた。地震発生前約1年半前の調査によれば、図III-4-4(a)・(b)の断面図に示すように、溜池直上部の盛土内においてかなり高い地下水位を示していたことがわかる。造成により行われた盛土

図III-4-4-(a) ⑧-⑧'断面



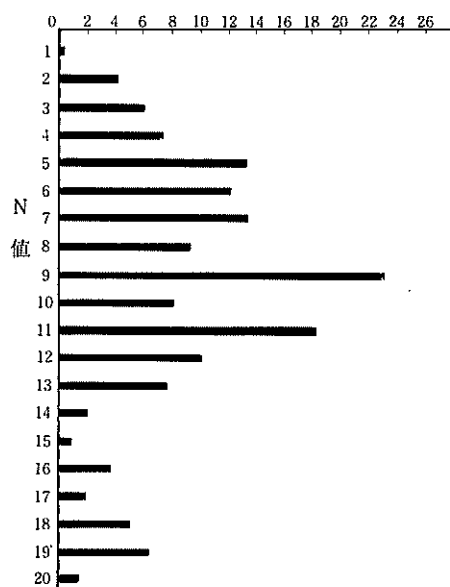
図III-4-4-(b) ④-④'断面



の厚さ分布は、図Ⅲ－４－４の等盛土厚線に示されるように溜池直上部において最も厚く、最大厚25mにも達していた。地震前および後に行われた約30本のボーリング孔による標準貫入試験結果によれば盛土内のN値分布は地震前後においてとくに変わらず、盛土全体の3分の2が図Ⅲ－４－５に示すようにN値10以下の軟弱な状態を呈していた。

さらに崩壊土の土質試験結果(表Ⅲ－４－７)によると、崩壊土は軽石凝灰岩からなるために比重が2.375～2.674と小さく、この土を水中に投入すると1～2割の粒子が水中に浮く状態を示す。一方、均等係数118～588が示すように粒

図Ⅲ－４－５ N値の頻度分布



表Ⅲ－４－７ 土 の 性 質

土 粒 子 の 比 重		2.375～2.674
現 場 含 水 比		20.0～30.0%
粒 度 組 成	粘 土 分	10～40%
	シ ル ト 分	15～35%
	砂 分	25～50%
	レ キ 分	10～50%
均 等 係 数		118～588
ア シ タ ー ベ ル グ 限 界	液 性 限 界	30～50%
	塑 性 限 界	15～25%
	塑 性 指 数	10～20
単 位 体 積 重 量		1.75～2.00t/m ³
最 大 湿 潤 密 度	1－1－a 法	1.85～2.10t/m ³
	1－1－6 法	1.85～2.10t/m ³
最 適 含 水 比		17～23%
透 水 係 数	室 内 試 験	$1.0 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-8}$ cm/sec
	現 場 試 験	$1.6 \times 10^{-5} \sim 1.9 \times 10^{-5}$ cm/sec
一 軸 圧 縮 強 度		0.2～1.2kg/cm ²
三 軸 圧 縮 試 験 に よ る 強 度 常 数	全 応 力 表 示	Cu=0.10～0.30kg/cm ² $\phi u=21 \sim 35^\circ$
	有 効 応 力 表 示	C'=0～0.25kg/cm ²
		$\phi'=25 \sim 40^\circ$

度配合がよく、液状化発生の可能性はきわめて低いように思われる。コンシステンシー試験による塑性指数が10～20と比較的高く、地震時の流動性が懸念されなくもない。

iii 崩壊発生の原因および機構

施工直後の昭和50年に震度係数0.10をとり、間隙水圧をも考慮して安定解析を行い $F=1.391$ の安全率が得られた。しかるに昭和51年9月集中豪雨により斜面の一部が崩壊したため再度その時点での浸潤線を考慮し、安全率を求めた結果 $F=0.940$ となり、震度係数を考慮しなくても不安定という結果が得られた。その後集水井などにより間隙水圧の低下を試みたが、その効果については確認されていない。今回の地震時に発生した宅地地盤上の最大応答加速度を推定するために、当地点より約25kmに位置する樽水ダムにおける地震記録を入力させ、宅地地盤上の応答加速度を有限要素法により求めたところ最大加速度526ガルが得られた。この値は他の方法、すなわち常時微動より地盤の卓越周期を求め重複反射理論によって得られた応答最大加速度値とオーダー的には一致している。この最大加速度値は設計震度をはるかに上回るもので、前述した集中豪雨時の間隙水圧を考慮して震度法により安全率を求めると約0.5となりきわめて不安定となる。顕著な応答加速度の発生は、入力地震そのものの加速度が大きかったとはいえるものの、造成地盤そのものが軟弱であったために地盤内での加速度増幅もきわめて大きかったといえる。

次に、地震時の崩壊過程を知るために、上述した有限要素法により地盤の動的応答解析を試みた。この解析結果によれば、地震発生1.31秒後に一次滑落崖④部分に、さらに地震発生1.65秒後に二次滑落崖①部分に塑性領域の発生がみられた。このことは、解析結果が実際の崩壊過程を裏付けていることを示すものである。

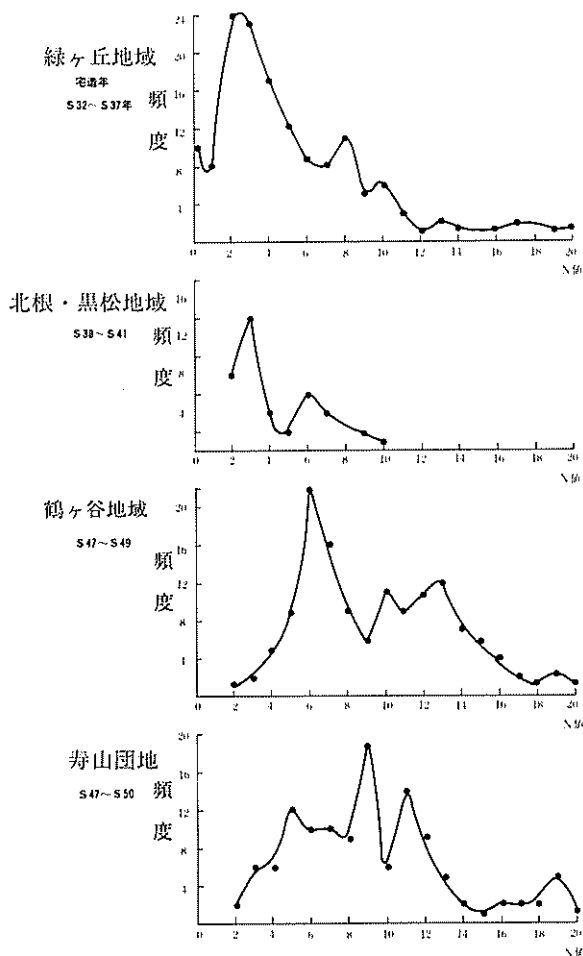
昭和51年9月の集中豪雨時に、溜池直上の盛土内に急上昇した被圧地下水がその後排水工を施したものの、完成直後53年2月の震度IVの地震を受け、安定しないままに昭和53年6月12日に400～500ガルの地震動を受けた。この地震動により不安定化していた溜池直上盛土付近に滑落崖を持ち、道路付近に先端を持つ円弧に近いすべり面に沿う第一次崩壊が発生し、引き続いて後背面の土塊が不安定化し第二次的崩壊をもたらした。さらに地震による宅地地盤内の水道管破裂による水の流入に伴い、崩壊土は泥状となって下流に広範囲にわたって流動したものと推定される。

なお、崩壊直後、一部の識者に液状化を起こしたのではないかと懸念をもたれていたため、動的三軸圧縮試験法により液状化発生の可能性を検討したが、盛土の単体重量が 1.7 t/m^3 以下のゆるい締め固め状態であれば10数波の地震動を受けることにより液状化するが、当地盤の平均的密度が 1.8 t/m^3 であるので、この場合には50波近い繰返しがないと液状化しないことになる。したがって今回の崩壊が液状化によるものとは考え難い。

(3) 宅地造成地の地震災害の原因

地震によって顕著な被害が発生した仙台市緑ヶ丘地域、北根・黒松地域および白石市寿山団地、やや顕著な被害を受けた仙台市鶴ヶ谷地域の各宅造地において、地震発生直後20本ないし50本にわたるボーリングおよび標準貫入試験が行われた。各地域で行った標準貫入試験より得られたN値の頻度分布を造成年代別に示したものが図Ⅲ-4-6である。これによれば、宅造年代が古いほど造成地盤のN値が小さく、地盤が軟弱であることが一見してわかる。とくに、造成後16～21年を経た緑ヶ丘地域、また12～15年経過した北根・黒松地域ではN値の最も高い頻度が2ないし3というきわめて軟弱な地盤状態を呈している。このように低いN値では、ワーカビリティからいって宅造時

図Ⅲ-4-6 宅造年代とN値分布との関係



の締め固めができない状態である。また、造成後4～6年および3～6年しか経ていない鶴ヶ谷および寿山団地においてさえも、それぞれ6および9にN値のピークを持つような軟弱な地盤状態にある。宅地造成等規制法の第一次指定（昭和40年）以前に行われた緑ヶ丘および北根・黒松地域の宅地造成地盤よりは、法施行後に規制の下に行われた鶴ヶ谷および寿山団地の造成地盤の方が、N値からみると多少ではあるが締め固まった状態にあるとはいえる。しかしながら、宅地造成等規制法の盛土工に対する技術的基準をみると、同法施行令第4条第3項に「盛土をする場合には盛土をした後の地盤に雨水その他の地表水によるゆるみ、沈下または崩壊が生じないように締め固め、その他の措置を講じなければならない」とだけ記され、そのほかなんらの締め固め度、最大粒径およびまき出し厚さなどの規制はもちろんのこと施工管理の指針もないのであるから規制法施行以前、以後とにかかわらず、宅造地盤の品質にそれほどの変わりはあるはずがなく、現に上述した如く、緑ヶ丘と鶴ヶ谷とでN値にそれほどの差はみられていない。最近、仙台市では宅地造成工事示方書による指導が行われ、盛土工に対しては、「盛土埋戻しは良質土または適切な材料（例えば、砂、切込砂利、碎石など）をもって一層の厚さを30cm程度ごとに水平に敷き均し、適当な機械をもって十分締め固め、均等な支持力が得られるよう施工しなければならない」というように、規制がより厳しくなってきた。しかし、この指針でさえ、たとえばフィルダムあるいは高速道路盛土の設計、施工に適用されている各種基準（最大土塊粒径、まき厚、締め固め度、転圧機械種、施工管理）にみられる定量的な規制がほとんど行われていない。とくに施工管理が義務づけられなければ、如何に規制が厳しくとも品質の保証はない。また、施工管理がなされても工事のコストが低ければ、これまた良質の地盤を得ることが難しい。したがって、現行法下にあっては発注者がよほど、独自の設計、施工指針を与えないかぎりには法施行以前以後の施工であろうと造成地盤の品質に著しい差はないはずである。

これまでに述べてきた宅地造成地の地震動災害の調査結果並びに宅造設計、施工の現状などを考慮して造成宅地地盤とくに沢を埋立てた地盤における地震動災害発生の原因について次に述べるような推測をくだしてみた。

宅地地盤造成の初段階は自然植生の伐開にあるが、伐開した草木の処理がきわめて困難な今日においては、谷の中へ落とし込んで土をかぶせることが多いと思われる。最初にかぶせる土は表土であるから谷底部分は圧縮性が高くなり、将来腐食して地盤破壊の一因にもなりかねない。地震後の調査によれば、各地域とも共通して谷底部において地山と埋土との境界が最も軟弱化している。次の施工段階は盛土材料としての岩の堀削・運土・転圧であるが、元来宅地造成ではブルドーザーのリップングにより容易に破砕されやすい軟岩を対象とするから砂岩、凝灰岩および泥岩などが主に取り扱われる。上述したように、最大粒径やまき出し厚さの規制がほとんどないために堀削した岩塊は

容易に沢の中へけ落される。とくに横断勾配の急な谷間ほど岩塊のけ落しが多く、また谷間での転圧も困難なため、大きな岩塊が積み重なった状態となり、岩塊間に大きな空隙を残す結果となる。つい最近のことであるが、一流業者の手で行われた宅地造成地においてさえ、地表から3～4mの範囲で建物直下の地盤内各所に空洞が発見され(空隙率30%)、薬液およびベントナイト注入が行われた。この空洞は、最大土塊粒径の規制なしに行われることによって生じた大きな土塊間の空隙そのものであった。造成後、長年月の間に雨水および地下水のこれらの空隙を通しての浸透が容易となり、固結度が低く、水の浸食に弱い軟岩の周縁部の風化そして粘土化が促進される。地震後の調査によれば、宅造年代が古いほど盛土材料の塑性指数が高くなり粘土化が促進されていることが認められる。造成後、風化がそれほど進まないうちは岩塊同志の噛み合わせ抵抗や摩擦抵抗力によって宅地地盤の支持力が保持されるだろうが、浸食が進むにつれ粘土化し支持能力が減退する。軟弱化により上載荷重による地盤の圧密による沈下が起こる可能性もある(実際、緑ヶ丘のある区域では地震前から地盤の変形が生じていた形跡が認められる)。しかし、一般的には、粘土化に伴い地盤の透水性も低下するので圧密による変形も起こりにくくなる。しかし、圧密しにくいということは長期間にわたって軟弱な地盤を構成し続けることになる。このような地盤状態のときに地震動が作用すれば軟弱地盤内での地震動の振幅が増幅されやすくなるため地震外力が大となる。一方、粘土化により地震時のせん断抵抗力も減少することから、これらの地盤の地震時の安定性がきわめて低くなる。

上述したように、とくに谷を埋土して造成された地盤は、造成後年月を経るにつれその安定性が減少し、地震の発生あるいは集中豪雨など異常な外力の作用により地盤が変動し得る可能性が十分高いと考えられる。

(4) む す び

今回の地震によって生じた仙台市内の宅地造成地の被害は宅造地全体からみれば一部であった。被害がなかった大部分の宅造地は、地震波の減衰による地震外力の低下あるいは宅造年代の新しい造成地であった故に被害がなかったかも知れないし、また他の原因によって安定性が維持されたのかも知れない。だからといって将来起こり得るかも知れない地震に対して安全だと保証することはできない。地震の伝播性が今回とは異なるかも知れないし、また前述したように年月を経るにしたがって品質が低下する宅地地盤もでてくるかも知れない。

今回の地震災害の経験を契機として、造成地の宅地地盤の防災診断の手法を考えてみる必要があると思う。その一つの提案であるが、たとえば、造成前の地形図と造成後の地形図を重ね合わせて、

みると、沢に盛土した状態がわかり、その盛土厚さが知れる。盛土の状態を知るためには、ボーリングと標準貫入試験とを行う。まずボーリングにより試料を採取し、空隙の有無とその広がり調べ。空隙が多い場合にはなんらかの注入工法を施さなければならない。比較的宅造年代の古い地盤に対しては貫入試験を行いN値の分布を調べる。その判定には前述した被災地地盤のN値が参考になる。とくに貫入試験は何年間ごとに行い、地盤の軟弱化が進んでいるかどうかの確認が必要である。以上に述べた精密な方法とは別に、地盤上で常時微動を測定して軟弱地盤の分布状態を調べる概査法もある。

しかしながら、このような方法で地盤の危険度を判定し得たところで、危険な宅地を救済する法的措置の全くない現状では、いたずらに調査の手法を適用して住民の不安のみをつのらせることは慎まなければならないことかも知れない。

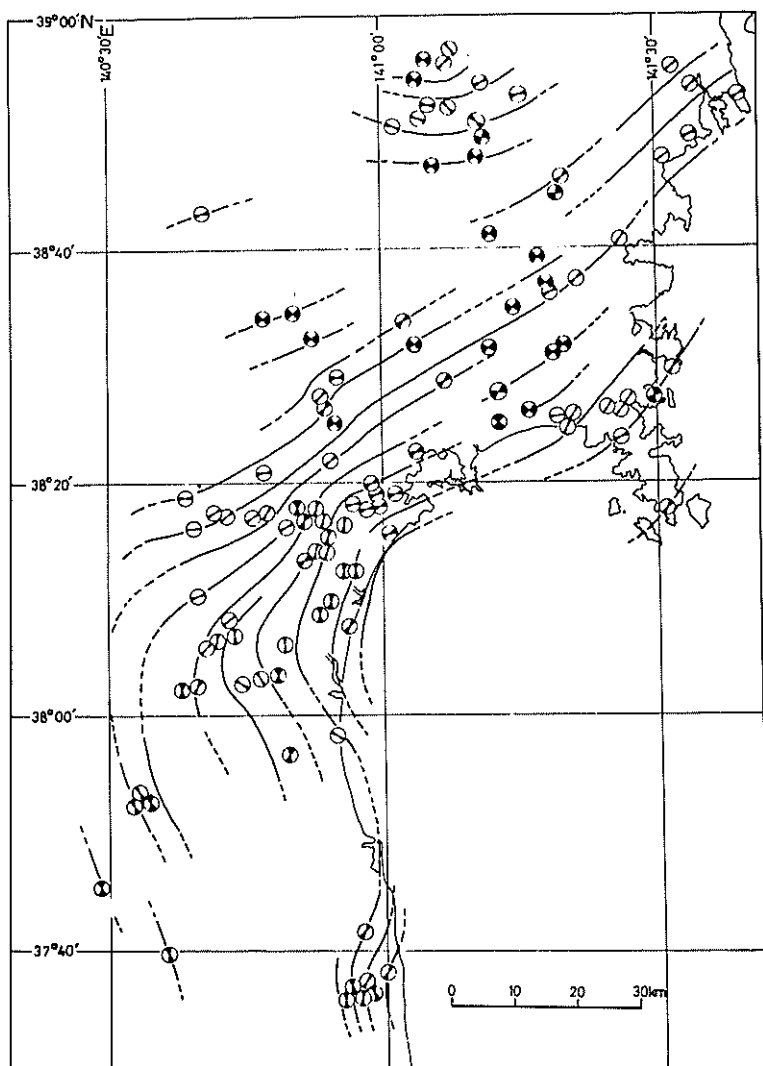
5 地盤と建造物の被害

(1) 震度の異常分布

気象庁の震度階級によると、震度V（強度）は「壁に割れ目がいり、墓石、石燈籠が倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震」で、地動の加速度は80～250ガルである。報道された震度分布図（気象庁、1978年など）では、震度Vの範囲は宮城県のほぼ全域に、隣接の岩手県南東部、秋田・山形県境沿いの東部、福島県北東部を加えた地域となっていた。このような震度分布図は縮度の大きい地図上に、その概略を示すことを目的とするもので、細部の複雑な震度分布を表現してはいない。実際に、建造物などの被害で震度Vに相当するものは上述の範囲外にも散見されたし、また逆に、震度Vの範囲内でもそれほどの被害はなかった所もある。さらに、震度VIの「家屋の倒壊は30%以下で、山崩れが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度」であった地区もある。このように、震度分布の大勢と細部とは必ずしも調和的ではない。このことは地震域全体の概況を示す等震度線が震源を中心とする同心円状にはなっていないのと同様で、震域、震度の異常分布と呼ばれている現象である。震度の異常分布にはさまざまな規模のものがあって、それぞれ地質構造によるところが大きいと考えられるが、局部的には地形の影響も大きい。建築、建造物の被害分布は、当然このような異常を伴う震度分布に支配されるが、さらに建造物そのものの強さによって一層複雑となる。斜面の崩壊などについても、同様に、その地域全体の地盤条件に加えて、個々の斜面での表層部の状態が問題となる。地盤と建造物の被害はこのように幾通りもの要素を含み、それらが一斉に引き起こした現象と考えられる。これらの諸要因を区別することは難

しいが、それぞれの地点での震動の強さはある程度推定することができる。Ⅲの3は墓石などの転倒状況から最大水平加速度を求めた東北大学地質学古生物学教室の調査結果に基づくもので、概観すると、今回の強震区域内の山地、丘陵地では250～280ガル、沖積平野のうち浜堤では250～300ガル、自然堤防で250～400ガル、後背湿地で370～400ガル程度というのが一般的な上限値であった。これと同時に測定された各地の主要な水平震動方向は図Ⅲ－5－1のとおりである。この震度と震動方向とは、地盤、建造物の被害とその分布を考える場合の基礎的な資料となるであろう。

図Ⅲ－5－1 1978年宮城県沖地震における各地の地盤の水平震動方向



東北大学理学部地質学古生物学教室（1979）

(2) 被害の分布

地盤の崩壊と建造物の破損の分布例を図Ⅲ－５－２～４に示す。図Ⅲ－５－２は自然斜面の崩壊で、一部に自然状態に近い人工的斜面をも含めてある。落石が大部分で、北上山地の縁辺部と松島湾周辺に集中するほか、内陸部に北北東－南南西方向に並んで点在するものがある。

図Ⅲ－５－３は土木構造物の例である。堤防、岸壁などは河岸、海岸にあり、道路はこのほかに山地や丘陵の裾に沿う部分が多く、斜面の崩壊と関係の深い被害もある。このため分布は図Ⅲ－５－２と似通ったところがあるが、そのほかに、平野、丘陵地を通じて、かなり一様に分布しているようにみえるところがある。

図Ⅲ－５－４は建築物の被害分布で、これは都市、集落の分布に支配されるが、沖積平野と人工地盤の上に集中的に発生した地域があった。

これらの被害分布例を、上述した地盤地域ごとの震度分布に照らしあわせてみると、被害の程度と地盤との関係から説明できるものが多いが、また同時に、それだけでは説明されないものも少なくない。(3)には顕著な被害例について記すが、一方、地盤条件のよくない所でも被害が無かったり、軽微だった建造物も多かったことに注意しておきたい。

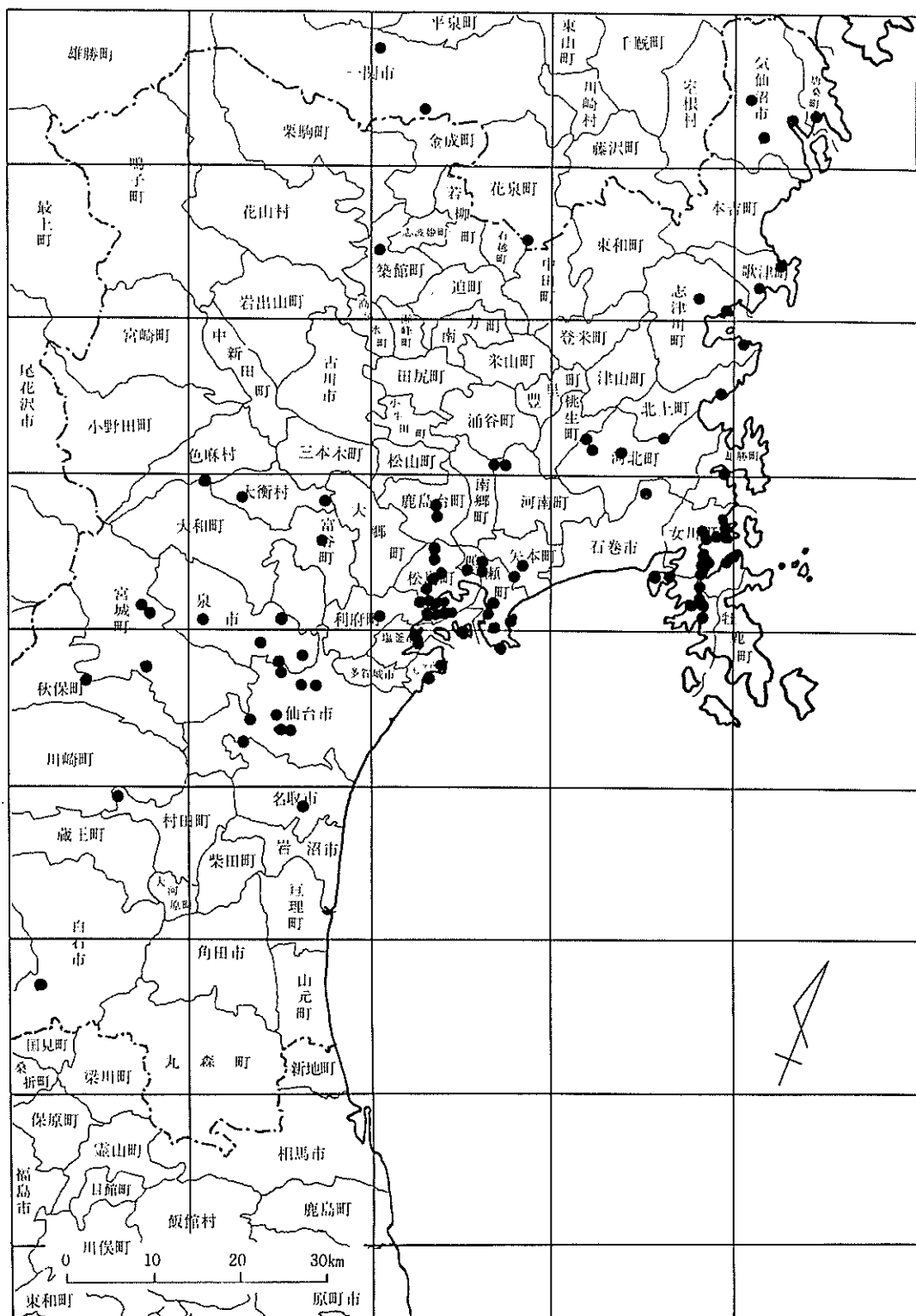
(3) 自然の斜面の崩壊

陸上で起伏をもつ地盤は、風化、崩壊、侵蝕のために、常に損耗、低下している。河岸、海岸での作用などを除けば、平時はそれがきわめて緩慢に進行しているため目立たないことが多い。しかし、豪雨、暴風、地震などがあれば、斜面の急激な崩壊となって一時に大きく進行する。今回の地震による顕著な斜面の崩壊は、自然および人工的な急崖からの落石・落土と盛土・埋土などの人工地盤の破損であった。

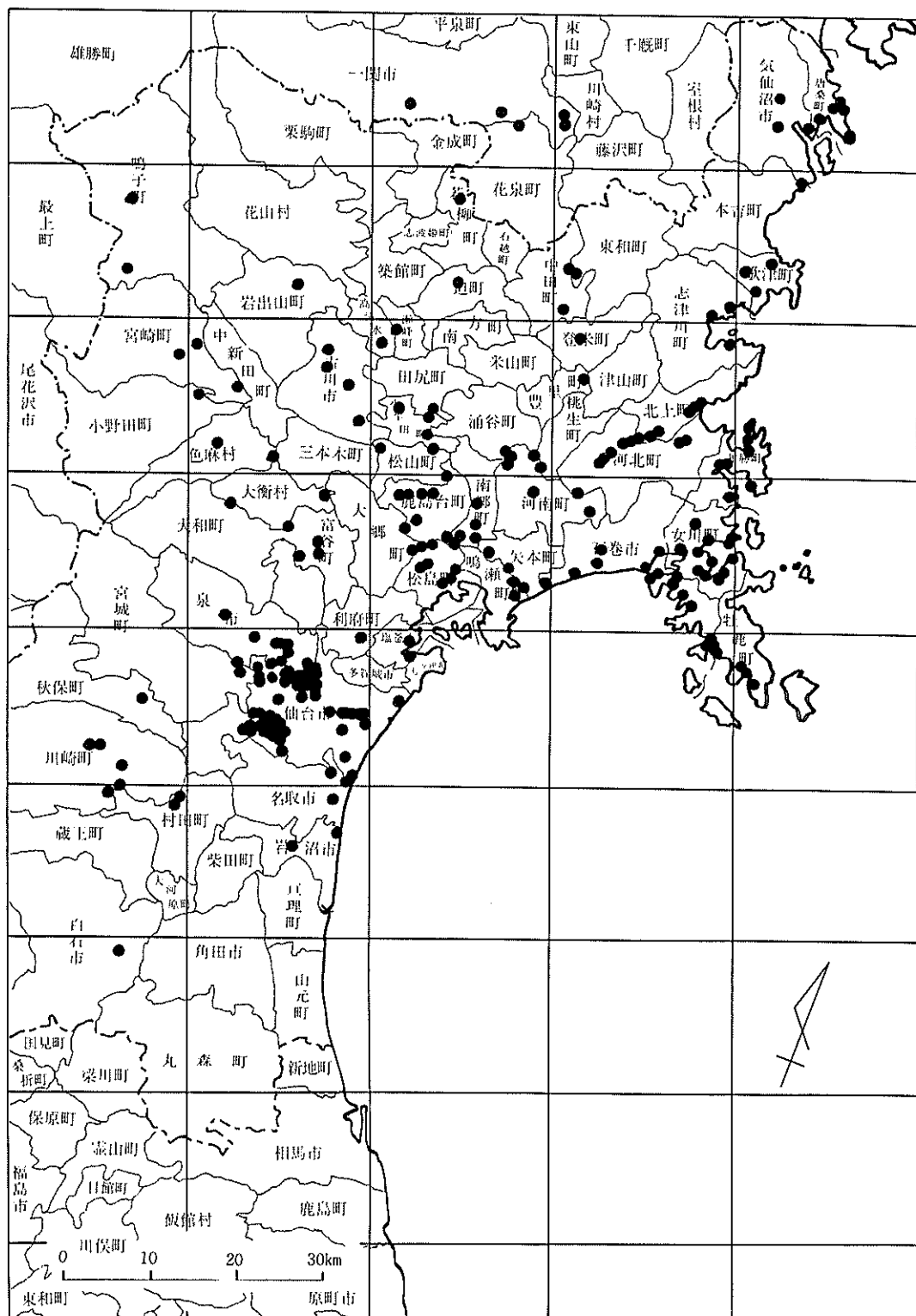
急崖は海岸、河岸にできやすく、とくに堅硬な岩石や軟質でも結合のよい岩石に生じやすい地形である。崖面の風化が内部に及ぶと、崖の面と平行な風化剝離面を生ずる。岩石中に層理、節理、断層などの不連続面があれば風化によってそれらが開く。粒子間の結合も同様にゆるむ。こうして、崖の表面付近は外見は変化しないままで、中味は岩盤の本体から離れて積木を重ねたような岩塊の集合になってしまう。垂直な割れ目や外側へ傾斜した割れ目はとくに岩塊の落下を容易にする。落石は単発的にも起こるし、崖の全面にわたって一斉に起こり、崖崩れとなることもある。

崖の上や中腹に緩傾斜部があると風化土がたまり土壌が生育する。草木の根が張ると、土壌はマット状になって、崖面が崩れて後退してもその上に張り出して残る。このような風化土や土壌は落

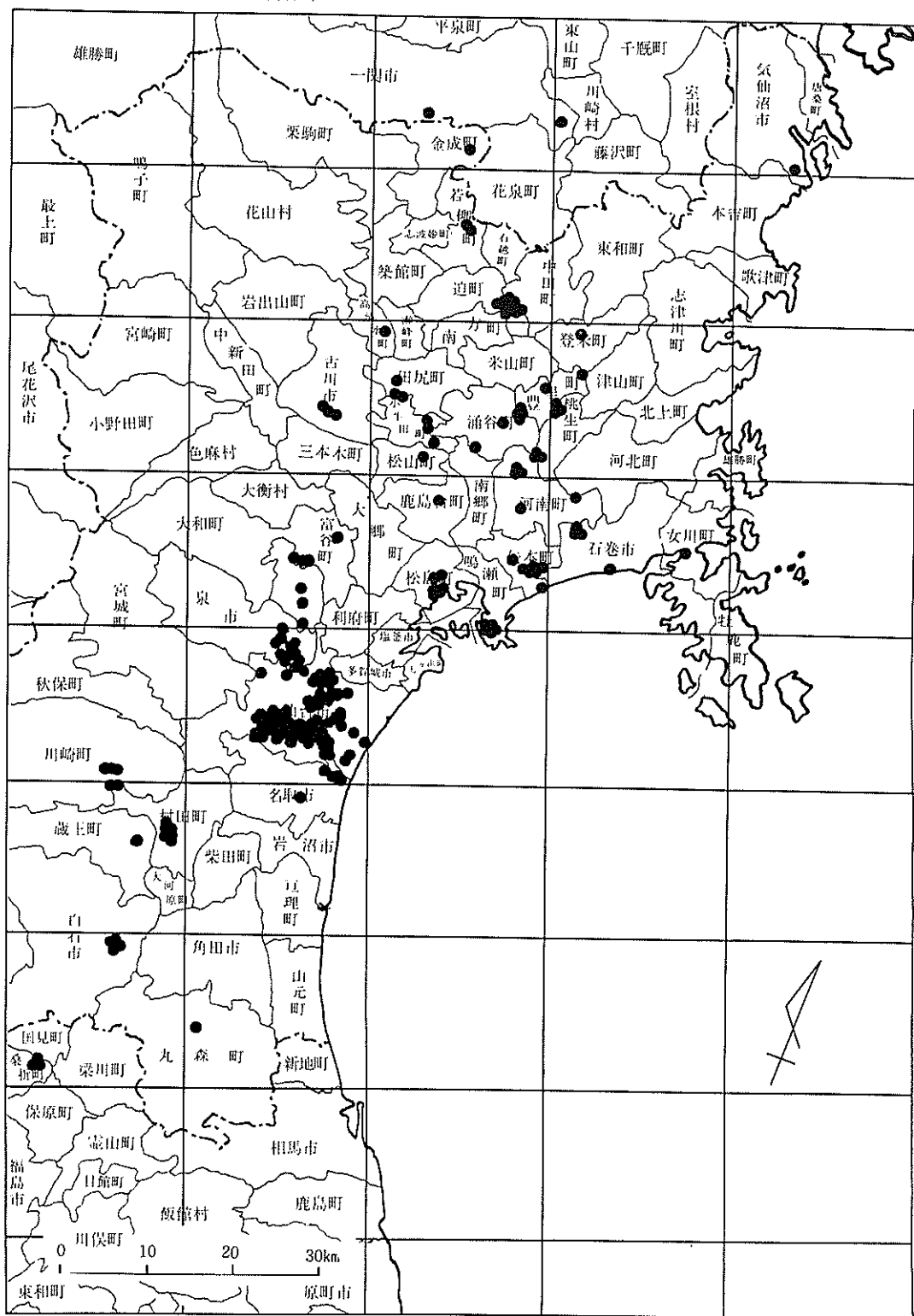
図III-5-2 自然斜面崩壊の分布



図III-5-3 土木構造物の被害分布



図III-5-4 建築物の被害分布



下しやすい。斜面が緩いと風化物が全面的にたまり、震動や水分の急増などによって山崩れを起こす。

北上山地の外縁部では堅硬な岩石が急斜面をつくっている。北上山地の岩石は先第三系の層理面がよく発達した堆積岩と花崗岩で、かなり複雑な構造をもち、断層、節理にも富む。山地全体としては堅固な安定地塊と考えられるが、縁辺部の急斜面では、上述したように、風化のために各種の面が開いていて崩れやすい状態になっているところが多い。北上山地の東側は太平洋に面し、また西側も現在は平野であるが、数千年前には海湾であったところであるためこの傾向はとくに著しい。海岸部には平地が少ないため道路は急斜面の中腹を通る部分が多く、その切り割りにより過傾斜面ができているところもある。

今回の地震による崩壊は山塊の本体から離れていた岩塊などが、震動によって直接落下したもの、幾らかの支えが震動ではずれてすべり落ちたもの、風化土がすべり落ちたものなどであった。幸い大規模な崩壊はなかったが、各所で道路をふさぐなどした。崖面をコンクリート吹付けなどによって処理してあった部分は全く崩壊しなかった。

松島湾周辺には中新統の凝灰岩質の地層が分布している。北上山地の先第三系ほど堅硬ではないが、結合のよい岩質で直立した崖を作りやすい。層理、断層、節理も多く、これらに沿う分割も起こりやすいが、とくに崖面に沿う風化剝離が顕著である。この地域の地形は開析された丘陵がなかば海中に沈んだもので、上述のような特徴をもつ岩相が海蝕と風化によって独特の景観を呈している。湾内、湾岸と同様の地形は内陸の平地の背後にも見られるが、これは数千年前までは海が奥深く入っていたためである。海崖の下部は波蝕によってくぼみ、崖の内部の風化剝離などと結びついて崖崩れを促進する。

松島湾とその周辺の急崖は地震によって落石、崖崩れを多発した。このため湾内の島はそれぞれに変ぼうし、宮戸島では家屋にも被害があった。また松島町高城付近では旧海崖の大規模な崖崩れが起こり、崖下の家屋が被災した。

内陸部で著しい落石があったのは宮城町定義付近と白石市の材木岩である。定義付近では中新統の堆積岩中に安山岩熔岩が挟まれている。熔岩は周囲の岩石より堅硬で、噴出後の冷却時に生じた柱状節理が多い。このため急崖を作りやすく、また崩れやすい。定義付近の数箇所でのこのような崖から落石があり道路をふさいだ。材木岩は大きな石英安山岩の岩脈で、これにも柱状節理がよく発達し、その名のとおりの景観を作っている。ここでは小規模な落石は常に起こっているが、地震によって大量の岩塊が落下した。材木岩の対岸の崖からの落石のため茶店が破損した。

このほか、仙台市、泉市、大和町、鹿島台町、築館町、河南町などでも丘陵地内の急崖からの落

石による被害が発生した。仙台市西部の名取川左岸，羽黒台付近の国道286号沿いの崖には風化した凝灰角礫岩が露出していて，豪雨の際などしばしば落石を繰り返しているが，今回も崩れて道路が閉鎖された。泉ヶ岳北麓に当たる大衡村，色麻町の山間部は，おそらく奥羽山脈では最も震動が大きかった地域のように，崖崩れ，山崩れ型の斜面崩壊が数箇所であったが，とくに著しい被害にはならなかった。

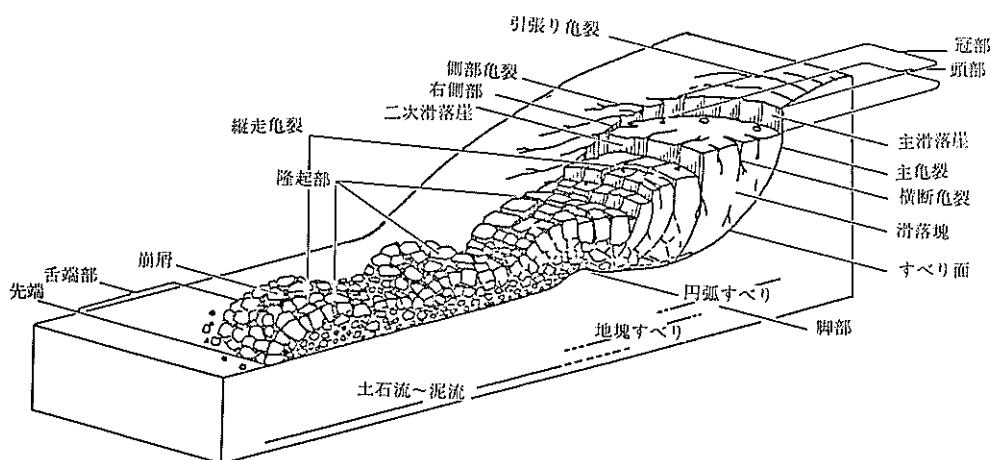
(4) 盛土・埋土の崩壊

斜面が内部から崩壊する場合は，その地盤中に割れ目を生じ，ついで，その割れ目や地盤内に潜在する他の面などに沿って地塊がすべり出すことが多い。最初の割れ目も既存の弱線などに沿う場合と全く新たに生ずる場合とがある。初生的な最初の割れ目は地盤の頂部で垂直に近く，斜面の下部で水平に近い円弧状の断面をもつ。このため，このような割れ目を生じ，それに沿ってすべり出す地すべりは円弧すべりなどと呼ばれている。円弧すべりは，滑落地塊が後方回転して尻もちをついたようにすべるのが特徴である。これに対して，割れ目によって地盤の本体から離れた地塊が既存の面に沿ってすべり出す地すべりは，地塊すべりと呼ばれる。この場合の滑落地塊の動きはすべり面の形によるが，一般には回転を伴わない平行移動である。地塊すべりが進むうちに，滑落地塊は底の部分から壊れ出し，次第に分解する。すべり面には地すべり粘土を生じて滑動を促す。地盤が水分を多く含んでいると，さらに流動性を増し，分解した滑落地塊は土石流となることもある。このような崩壊の経過のうち，どの部分まで進むか，あるいはどの段階が最も顕著となるかによって，地すべりは多種多様なものに分類することもできる（図III-5-5）。

前述したような急崖の落石，落土，崖崩れなどを除けば，今回の地震によって崩壊した地盤は大部分が人工的な盛土，埋土であった。道路の路盤，人工路床や堤防の破損は，肩の部分に円弧すべりを生じたものが多いが，とくに固結の弱かった盛土は円弧状の割れ目を生ずることなく全体が弛緩してしまった。追波川の堤防などはその例である。天端からだけ締め固められ，斜面の締め固めが不十分な盛土では，円弧すべりの面は上部で内側へ傾斜し，崩れたあとがくぼみとなった。道路，線路，堰堤，堤防などの盛土のこのような破損は強震地域の全域にわたってみられたが，とくに集中的に被害が発生したのは，上述した追波川沿岸のほか，牡鹿半島コバルトライン（県道牡鹿半島公園線），迫川，吉田川，七北田川，名取川下流，阿武隈川下流の沿岸などであった。

宅地の人工地盤の崩壊は，斜面の盛土の場合と谷の埋土の場合とでやや様相が異なった。盛土の宅地の崩壊は，南光台，黒松，北根，緑ヶ丘地区などで多発した。大部分が円弧すべり型の地すべりで，家屋の被害は甚大であった。緑ヶ丘一丁目南部，同三丁目南東部などは典型的な例である。

図III-5-5 斜面の地盤崩壊の進行を示す模式図



その多くは斜面をいわゆる切り盛りで整地した宅地の盛土部分の崩壊であったが、南光台などでは北斜面が階段状に整地されていたため、日当たりを考慮して、各敷地の南側を庭とし、家屋は北側の盛土の上に建てられていて軒なみに被災した例もある。

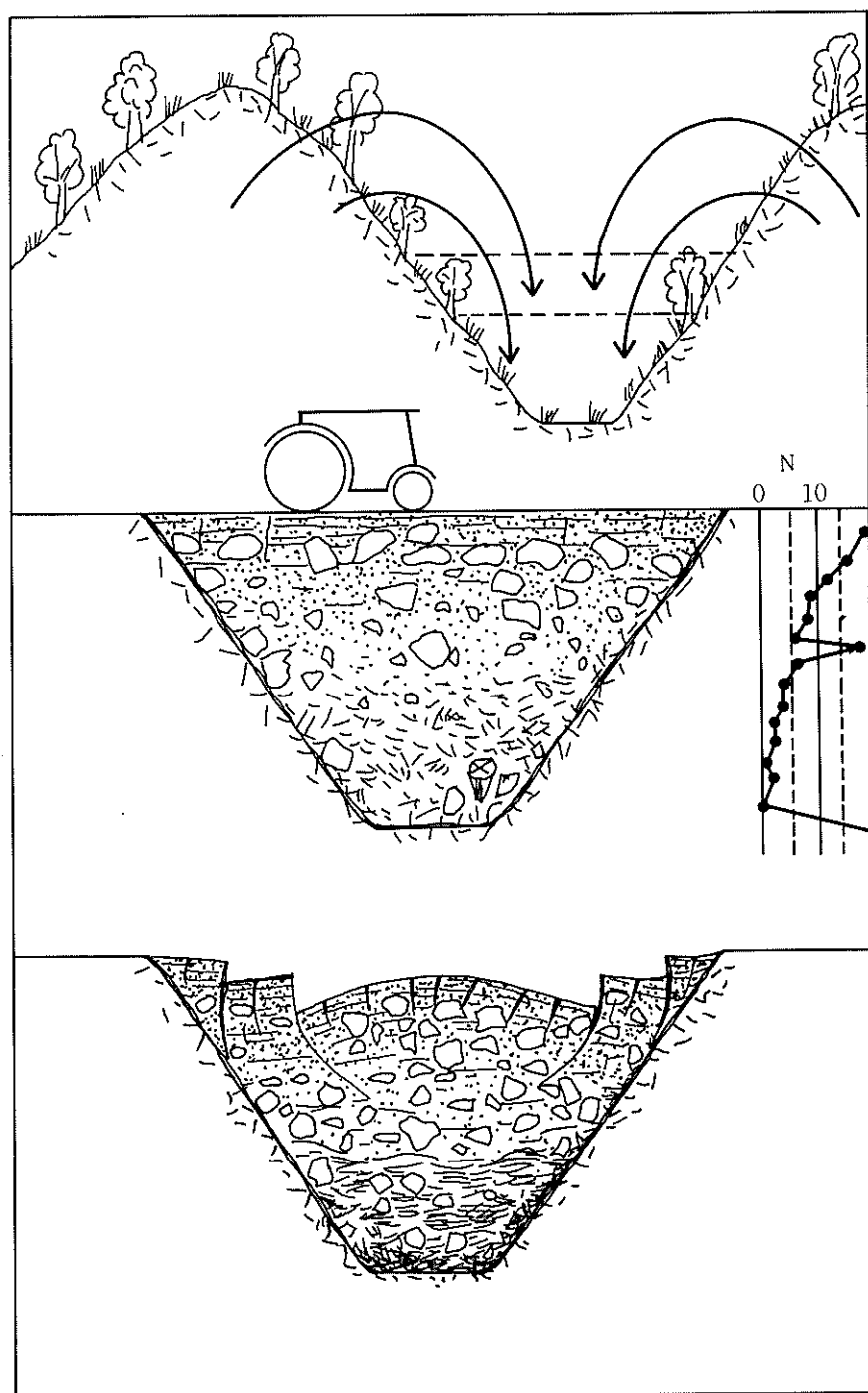
宅地以外の盛土敷地の例としては、仙台市二ツ沢の東北少年院の校庭外縁部の盛土が円弧すべりを起こし、滑落塊が崩れて外へ押し出して道路をふさいだ。古川市山田の小学校分校では、盛土で整地してあった運動場の外端部に割れ目を生じ崩れかかったが、校舎は基盤の切り取り部分にあって被害はなかった、一関市の弥栄中学校は2月20日と今回の地震で鉄筋コンクリート3階建の校舎が大破したが、その敷地は段丘外縁の緩斜部を盛土で整地してあった。この部分に円弧すべり型の崩壊が起こりその上の校舎が破損したものである。

丘陵地に広い平坦な敷地を造成する場合は稜部を切り取り谷を埋めることが多い。このような宅地造成は、仙台市では開析された高位段丘である青葉山段丘の縁辺部に当たる緑ヶ丘などで昭和30年代に始められ、同40年代にはいと高位段丘と丘陵地の内部で広く行われるようになった。このような造成地は現在仙台市などでかなり広い面積を占めるが、その一部で谷を埋めた部分に被害が集中的に発生し、今回の地震災害のうち注目すべき現象のひとつとなった。

破損した埋土は、上述のような経過において、それぞれの初期に造成された宅地に多かった。顕著な例は全く不適当な材料による埋土といわゆる逆転型の埋土で起こっている。

逆転型埋土は最も安直な整地法で、切り取り部分は表面から順に土をはがし、そのまま谷を埋める材料とするもので、植物、土壌、風化土、未風化の基盤岩という順に切り取り、それをこの順で谷

图III—5—6 逆転型埋土



底から積み上げる。でき上がった埋土の材料はちょうど元の位置にあった時と逆の順序に重なっているので「逆転型（または倒置型）」と呼ばれる（図Ⅲ－５－６）。このような埋土は、元の谷底、谷壁の堆積物、風化物、土壌、植生の上のにり、下部ほど植物混りの土壌、風化土が多く、上部ほど新鮮な材料が多い。また、中部に大きな岩塊が含まれることも多い。つまり、下部は腐りやすい植物を含み、粘土分が多く水分を含みやすく締め固めにくい。中部は空隙を生じやすく締め固めがむらになりやすい。上部は透水性が高く締め固めやすい。逆転型の埋土、盛土は人工地盤としては劣悪なものである。しかし、造成手順から慎重な施工においても部分的には逆転型の埋土ができやすい。いかにそれを回避するかということは造成工事の一要点であろう。

前述した盛土造成地を含めて、仙台市内の被災した宅地はすべて逆転型の盛土、埋土の部分であった。Ⅲの４に記されているとおり、このような埋土のN値は上部で大きく下部で小さい。地表部の破損状況は、締め固められた部分の円弧すべり型崩壊で、震動による下層の締め固めと移動に伴うものと考えられる。鶴ヶ谷三丁目・四丁目の２箇所では仙台市がトレンチを切って調査した結果では、埋土上部の割れ目は円弧状の断面をもち、そのうち１箇所では深度２m足らずで旧谷壁に当たって止まり、他の１箇所ではよく締まった深度１.５mまでが明瞭な割れ目でそれ以下の埋土のゆるい部分で次第に不明瞭となり、深度約３mで旧谷壁に達せず消滅していた。なお、前述の旧谷壁には植生、土壌がそのまま保存されていた。

円弧すべりの主亀裂に当たる割れ目は、旧谷壁上で埋土の厚さが１.５～５mのあたりに生じ、埋没谷壁の傾斜方向に直角にのび埋土がさらに厚いところで消滅し、かわってそれより切り取り側で、やはり同程度の埋土の厚さの部分に別の割れ目が生じていた。鶴ヶ谷での調査結果では、この主たる割れ目を生ずる位置は、旧谷壁にN値１０以上の締まった埋土の下限が接する所に当たっているようであった。緑ヶ丘一丁目、三丁目など埋没谷底の急傾斜する上では割れ目は雁行状に群生し、旧谷底が平坦であった鶴ヶ谷では割れ目は谷に平行にのびている。斜面の円弧すべりと同様に、主たる割れ目のほかに埋土側に二次的割れ目があり、これらは谷側に落差をもつ。また、反対側の埋土には引張り亀裂に相当するひび割れを生じ、いずれもが多少とも開口している。切り取り部分にはほとんど変化がみられなかった。

埋土の破損が顕著だったのは、鶴ヶ谷、南光台、黒松、緑ヶ丘、茂ヶ崎で多数の家屋が割れ目にかかって破損し、旭ヶ丘や松ヶ丘の一部にも同様の被害があった。地震直後の割れ目の最大落差は、緑ヶ丘三丁目では約５０cm、開口幅約３０cmで、これはその後も開き続け、数日後には１m以上に達した。そのほかの地区では、大部分が落差、開口幅とも２０cm以内であったが、精密な構造をもつ家屋は、わずかに１～２cmの落差でも大きな影響を受けた。

仙台市のこのような宅地の災害にとってきわめて幸いだったのは、地震の前かなりの期間にわたって雨が少なく、盛土、埋土は水分を多く含んでいなかったことである。また、地震後も雨は多くなかった。このため、盛土、埋土の崩壊は、大部分が円弧すべりの初動の段階で止まり、大きな地塊すべりや土石流は起こらなかった。もしも緑ヶ丘などの盛土、埋土が十分に水を含んでいたら、死者多数を出す大惨事となっていたであろう。

人工地盤の崩壊が土石流の発生にまで進んだものが2例認められた。白石市の寿山団地と岩出山町上山里の開田地である。両地点に共通の条件は、火山噴出物よりなる地域で谷の埋土材料がそれから得られていたことと地下水が豊富だったことである。寿山団地では、Ⅲの4に記されているとおり、円弧すべり、地塊すべり、土石流の移行経過が明瞭であった。上山里では円弧すべりからほどなく土石流、そして泥流となったようで、約400㎡の水田の部分の谷埋土約800㎡が谷の外側に流出し、水田約1,600㎡の上に広がった。

火山灰、凝灰岩などの火山噴出物の粒子は、粒径だけで砂や礫に含められてしまうことがあるが、そのような堆積物とは全く異なる性質をもっている。砂や礫は、地上に露出した岩石が風化、侵蝕されてできた岩片で摩耗しながら水流に運ばれて堆積したもので、いわば風化などに対して十分な試練を経てきた粒子の集合である。その堆積も水流や波浪の下で行われ集合状態は安定している。これに対して、火山噴出物は火山から直接もたらされて堆積したもので地表での経験を全くもっていない。その集合は比較的角ばった不規則な外形をもつ粒子のからみ合いによって支えられ、そのままではかなりよく結合している。しかし、粒子は堆積後に風化を始め、外形を保ったまま、それぞれの粒子が外側から粘土化している。このため、凝灰岩は急崖を保つような強さはあるが水流の侵蝕には弱く、一度掘り崩すと粒子間のからみ合いが壊れ風化粒の集合となる。そのような状態で水を含み、震動を受けると、粘土、水とわずかの鉱物粒の集合つまり泥水に鉱物が混ったもの一に变身する。

(5) 沖積平野での震動による被害

今回の地震による地盤災害のうち落石、崖崩れ、人工地盤の崩壊とともに顕著だったものは、沖積平野での震動による被害である。沖積平野の地下地質とその成立および地形との関係ならびに地震動の特性は前述したとおりであるが、今回の地震に際して、地盤の強弱に関係の深かったのは地表下15mで、多くの地域では10m以浅の沖積層の最上部層の層相であった。

地震や地盤沈下に対して後背湿地が弱い、軟弱地盤の区域であることは既によく知られていた。しかし、今回も豊里町上谷地、石巻市向陽町、仙台市日の出町、扇町、卸町、大和町一帯、長町の

一部などで、後背湿地とこれに類する旧河道の軟弱地での顕著な被害があった。

自然堤防は地震に対する強さが多様であった。自然堤防上で大きな被害のあった地区は、仙台市七郷・南小泉・沖野・長町一帯、古川市、村田町、蔵王町円田、迫町、豊里町などであった。これらの被害状況は一般の住宅、農家、店舗、倉庫などと比較的古い学校や公民館などの公共施設の倒壊を含む集中的破損で、これに伴って道路、橋梁を始め各種の施設にも被害があった。いずれも、普通建設時にあらかじめ地盤調査をするような建造物ではない。仙台市の中心部に隣接する地域と長町以外の地区は、周囲の後背湿地に比して高燥地で、水田地帯の集落か、あるいはそれから発展した中心街のようなところである。

このような著しい被災地と同じように自然堤防上にありながら、被害がごく軽微だった所も多い。このことは墓石の倒壊率から推定された水平加速度のばらつきにも表われているとおりで、複雑な自然堤防の地下構造によるものと考えられる。この自然堤防上での震動による被害は、おそらく、今回の地震災害のうち、最も予測し難かったものであろう。後背湿地は明らかに軟弱地盤の低湿地であるのに対して、自然堤防は浜堤と同様に高燥地であり、おそらく、集落が古くからその上にあったであろう。そのような古い集落は幾度か地震を経験したはずであるが、今日まで存続しているのは、被害が軽微だったためか、被災してもなおそこに留まる理由があったためか、あるいはまた被害が地盤の弱さに関係あることに気付かず今日に至ったかといったような事情によるのであろう。一般に、自然堤防直下の沖積層は砂質であるが、さらに下位まで、最上部層の全体にわたって砂～砂礫質である部分もあり、また地表部は砂質であっても、その直下は軟弱な粘土や腐植質になっている部分も少なくない。しかし、地表の微地形からその差異を予測することは困難である。ごく一般的な傾向としては、河川の下流沿岸ほど自然堤防直下の砂層は貧弱であり、また、自然堤防の縁部ほど下位に軟弱層が伏在する可能性が大きい。しかし、的確に沖積層最上部層の層相を知るためには入念な地下探査を要する。

6 ま と め

宮城県は基盤地質の違いによって、北上山地・阿武隈山地・奥羽脊梁山脈地域、中央低地帯に4区分される。これらのなかで北上山地と阿武隈山地は、ともに新第三系の基盤をなす古生界・中生界およびそれらに貫入した花崗岩類によって構成されている。また、奥羽脊梁山脈地域は、新第三紀以降第四紀に至るまで火山活動の場と化し、複雑な地質構造をもつ若い山岳地帯となっている。中央低地帯は、上述した3つの山地に囲まれた低地帯で、安定した基盤地質によって構成されているが、第四紀の海水準変動時に行われた丘陵地の開析と沖積平野の形成によって軟弱な地盤を伴う。

地域となっている。

宮城県沖地震で震度Ⅴ以上の記録を示した地域は、北上山地南部との中央低地帯の全域である。地震災害のあらわれ方は、地形、地質、地盤震動特性に密接に関連していて、基本的には、既存断層の再活動、断層の新生、斜面構成物の崩壊、崩落、地すべり、亀裂、陥没、地盤沈下、地下物質の噴出など多岐にわたり、多くの場合それらの複合された形をとる。

今回の地震による地盤災害の多くは、中央低地帯から海岸平野にかけての沖積平野部と丘陵地縁辺の撓曲帯または断層に近接した地域に集中した傾向がみられた。

北上山地における被害は牡鹿半島基部に集中し、主として、道路沿いの崖の崩壊、落石、路盤の亀裂、小規模の沈下などにすぎない。これらの被害は、山腹斜面の勾配が急であることと基盤岩に断層、節理などの亀裂の多いことによる。

中央低地帯のうち新第三系よりなる丘陵地域における被害は、落石、崩壊、崖崩れ、山崩れ型斜面崩壊などであるが、とくに著しいものではなかった。しかし、仙台市周辺の丘陵地と東方の沖積平野とを境する長町―利府断層に沿った地域や三本木丘陵北縁の撓曲構造に沿った地域には、やや被害の集中傾向がみられている。これらの断層や撓曲構造は、今回の地震で直接的な変位を伴う活動を行っていないが、岩盤中の破碎構造や軟弱化を無視することはできない。

中央低地帯の丘陵地縁辺部と、これを開析して形成された段丘地帯および沖積平野部は、人類の生活基盤としての利用度が最も高い。したがって、道路その他の構造物の建設および宅地開発による自然地盤の改変が多く、盛土、埋土などによる人工地盤の出現率が最も高い所でもある。今回の地震による被害を大きくしたものの一つに人工地盤地域があげられる。道路、堤防などの盛土の破損は強震地域の全域にわたっている。

宅地の人工地盤の崩壊は、斜面の盛地の場合と谷の埋土の場合とで様相が異なった。

盛土の宅地の崩壊は、南光台・黒松・北根・緑ヶ丘などに多発し、大部分が円弧すべり型地すべりで、家屋に甚大な被害を与えた。

埋土による宅地造成は、丘陵地内部や高位段丘の谷部を埋めて行われ、仙台市周辺部にかなり広い面積を占めている。埋土の宅地の破損が顕著だったのは鶴ヶ谷、南光台、黒松、緑ヶ丘、茂ヶ崎などで、埋没谷地形に平行な亀裂を伴う円弧すべり型崩壊が多かった。仙台市内の被災した宅地はすべて、昭和30年から40年代前半にかけて造成されたもので、逆転型埋土による整地法を採用したものであった。不幸中の幸いともいうことは、地震の前、かなりの期間にわたって雨が少なかったことで、円弧すべりの初動の段階で止まったということである。

人工地盤の崩壊が土石流の発生にまで進んだのは白石市の寿山団地と岩出山町上山里の開田地に

みられた。ともに火山灰、凝灰岩などを埋土材料とした地域で、円弧すべり、地塊すべり、土石流、泥流に発展した。このような火山性の地質を基盤または材料とする工事は今後も県内各所で実施されるであろうが、そのような際には設計・施工関係者にとくに地質学的知識が要求されよう。

今回の地震による地盤災害のうち、人工地盤とともに顕著だったものは沖積平野での震動による被害である。これは、沖積平野の地盤の成立に関わりの深いもので、とくに、地表下15m、多くの地域での10m以浅の沖積層の最上部層の層相と密接な関係がある。

粘土、腐植物よりなる後背湿地で被害を受けたのは、豊里町上谷地、石巻市向陽町、仙台市日の出町、扇町、卸町、大和町一帯、長町の一部などで、主として家屋、道路、橋梁などの被害としてあらわれた。

砂質地盤からなる自然堤防の上であっても、その直下に軟弱な粘土層があるような場所も被害を受けた。その例としては、仙台市七郷・南小泉・沖野・長町一帯、古川市、村田町、蔵王町円田、迫町、豊里町などである。被害は、一般住宅、農家、倉庫、道路、橋梁などで、倒壊を含む集中的破損であった。

以上、今回の地震による地盤災害をまとめるにあたって明らかにされたことは次のとおりである。すなわち、仙台市を含む強震地域であっても、自然地盤からなる丘陵地や段丘地帯では、災害に直接結びつく被害はほとんどなく、沖積平野の後背湿地および自然堤防の一部に被害が集中したということである。また、甚大な地盤災害をもたらしたのは、一部の人工地盤であったということで、これは今後の都市開発に大きな教訓を残したといえよう。

参 考 文 献

- 1) 長谷弘太郎：宮城県沖積平野の地質学的研究，東北大学理学部地質学古生物学教室邦文報告，64号（1967）
- 2) 建設省土木研究所地震防災部・振動研究室：1978年宮城県沖地震被害調査概報，土研資料，1422号（1978）
- 3) 宮城県・建設省計画局編：仙台湾臨海地帯の地盤，都市地盤調査報告書，10巻（1965）
- 4) 中田高・大槻憲四郎・今泉俊文：仙台平野西縁・長町ー利府線に沿う新期地殻変動，東北地理，28巻（1976）
- 5) 大槻憲四郎・中田高・今泉俊文：東北地方南東部の第四紀地殻変動とブロックモデル，地球科学，31巻，1号（1977）
- 6) 東北大学理学部地質学古生物学教室：1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について，東北大学理学部地質学古生物学教室邦文報告，80号（1979）
- 7) 貝塚爽平：沖積層の層相変態と地盤，地盤と地下水に関する公害，日本地質学会討論会資料，223～225ページ（1972）
- 8) 北村信，宮城県：宮城県の地質，宮城県20万分の1地質図説明書（1967）
- 9) 中川久夫，日本科学者会議宮城支部編：地盤災害，宮城県沖地震ー1978年宮城科学シンポジウム報告集，III章10～15ページ（1979）
- 10) 表俊一郎：関東大地震による横浜市内の震害分布（英文），東京大学地震研究所彙報，27号，57～68（1949 a）
- 11) 表俊一郎：横浜市内の震害分布と地盤の関係（英文），東京大学地震研究所彙報，27号，63～68（1949 b）

Ⅳ 建 築 物

1 被 害 概 況

(1) 被 害 の 特 徴

宮城県がまとめた被害状況は、死者27人、負傷者10,962人、家屋全壊1,377戸、半壊6,123戸、一部破損125,375戸となっている。これらの被害は、仙台市に集中しているといつてよい。

仙台市の人口は、63万人で、大都市にあって仙台市にない都市施設は、地下鉄、地下街、高架式高速道ぐらいであろう。震度Ⅵというべき地震が、このような仙台を襲い、甚大な被害を与えたのである。都市直撃型地震といわれ、各方面から多大な関心が寄せられたのも当然といえよう。

建築関係に限ってみても、被害はきわめて多岐にわたっている。木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造など各種の建物に多くの構造的被害がみられただけでなく、二次部材や内外装の被害、設備の被害、家具類の転倒などこれまであまりみられなかった被害が続出している。宅造地の各所でみられた地盤の変動とこれによる住家の被害も見逃せない。ブロック塀、石塀および門柱の倒壊により16人の死者を出したことも忘れられない。

火災、パニックこそ起きなかったが、この地震には学ぶべき点が多い。心眼をもってこれを洞察し、そこに秘められた教訓を明日に生かすことこそ肝要と考える。

それにつけても、まず把握しておかなければならないのは、地震動の強さと考える。仙台の震度がⅤと発表されたことや、仙台市中心街に被害らしいものがあまりみられなかったこともあって、さして強い地震ではなかったのではないかと考えられやすい。これが誤りであることは、宮城県内でとれた強震計記録をみれば明らかとなる。仙台市内に建つ4棟の建物の地階あるいは1階における強震計記録が示す最大加速度は、250～440ガルとなっている。このような値や住家の被害状況から、仙台の震度は、全般的にみるとⅥとみなす方が妥当と考えられる。地震動の強さの把握を誤ると、被害の解釈をも誤ることになるので、この点をとくに強調しておきたい。

次に把握しておかなければならないのは、被害と地盤の関連性である。仙台市内で、鉄筋コンクリート造、鉄骨造建物に顕著な構造的被害が多く見られた地区は、主として旧市街地の東部の沖積地である。また、木造住家の被害が多く見られた地区は、主として旧市街地の南東部の水田地帯と周辺部とくに北部の宅造地である。これに対して、旧市街地の被害は概して軽微である。このよう

に、被害は特定の地区に集中している。同じような傾向が宮城県全体についても認められる。被害と地盤の関連性を見失っては、被害の特徴を見失い、今後の対策を誤ることになるので、この点も強調しておきたい。

(2) 構 造 的 被 害

鉄筋コンクリート造建物の崩壊したものは5棟、大破（取壊しまたは大規模補修を要するもの）と考えられるものが10数棟出ている。

崩壊したものは、2階が着地するような形で破壊している。いずれも3～4階建ての事務所建築である。1階の壁量が少ないうえに、柱量も少ない。しかも帯筋（柱の材軸方向に入っている鉄筋を主筋、これと直角方向に入っている鉄筋を帯筋という）の間隔が粗い。柱頭と柱脚が曲げとせん断で破壊し、軸力（2階以上の建物重量）を支えきれなくなって圧壊した形になっている。

壁量がきわめて少ないために層間変形が非常に大きくなり、帯筋の間隔が粗いために、柱が大変形に耐えられなかったものと考えられる。

大破と考えられるものの中に、学校がいくつかある。十勝沖地震の場合と全く同様に、壁の少ない建物平面の長辺方向に柱がせん断破壊している。

上述したように、崩壊あるいは大破と考えられるものは、いずれも壁がきわめて少なく、余力があまりないうえに、帯筋の間隔が粗く、柱に粘りがなかったものであった。

鉄骨造建物にも崩壊したものの、大破と考えられるものが合わせて20棟近く出ている。やはり余力が少ないものである。壁面ブレース（筋かい）の耐力不足によると考えられるものが多い。

鉄骨鉄筋コンクリート造建物には、上部構造に著しい被害の認められたものはなかった。しかし、2棟の高層住宅で、杭（ACパイル）の圧壊が確認されている。これまでにみられなかった被害であり、その対策は今後の重要課題といえよう。

仙台市内には、軒高45m以上の高層建物が7棟あったが、いずれも被害はなかった。

(3) 内外装・設備の被害

片廊下型の高層住宅で、廊下と室とを境する鉄筋コンクリート造の壁にせん断ひび割れの入ったものがかなりみられる。なかには、そのために玄関のドアが開閉不能になったものも多数ある。有事の際の避難を考えると、寒心にたえない。

窓ガラスの破損、落下がかなり目立つ。内外装タイル、石張りの剥落も多い。講堂、会館などの大天井の部分落下もみられる。人身事故につながる恐れのあることであり、注意を要する。

屋上水槽の破壊が各所にみられる。暖房用ラジエーターの転倒が相変らず起きている。このような設備の被害を防止することは、さして難しいことではないと思われる。むしろ、配慮不足の盲点をつかれた感がある。

コンクリートブロック塀の倒壊がきわめて多いが、倒壊したものは、粗悪なものばかりであった。

(4) む す び

これまでの地震は、構造的被害だけを調査すれば、被害の全貌がとらえられた。今度の地震はそうはいかない。これが今度の地震の特徴といえる。「構造の耐震から、建築の耐震へ」は、今後の重要課題といえよう。

建築計画・設備関係者と構造関係者の耐震に関する意志の疎通、共通理解の重要性を強調するとともにその進展を期待したい。

2 構 造 的 被 害

(1) 強 震 計 記 録

① 強震計の配置

今回の地震では、仙台を始め宮城県各地で立派な強震記録が得られている。宮城県内で得られた記録の最大加速度は表Ⅳ－２－１のとおりである。宮城県内の強震計の配置図は図Ⅳ－２－１のと

表Ⅳ－２－１ 強震計による最大加速度

No	場 所	設 置 対 称	震央距離 (km)	構 造 ・ 階 数	位 置	最大加速度 (ガル)		
						NS	EW	UD
1	仙台市	国鉄管理局	114	鉄筋コンクリート造 地上6階、地下1階	B 1 F	432	233	95
2		住友生命ビル	114	鉄骨鉄筋コンクリート造 地上18階、地下2階	18 F 9 F B 2 F	553 520 250	487 393 240	227 207 90
3		七十七銀行	114	鉄骨造 地上14階、地下1階	B 1 F	295	146	90
4		東北大学工学部建設系建物	118	鉄骨鉄筋コンクリート造 地上9階	1 F	258	203	153
5	名取市	樽水ダム	121	フィルダム	堤底 ギャラリー	235(LG)	185(TR)	79
6	塩釜市	塩釜港	104	地盤	G L	335(TR)	290(LG)	252
7	石巻市	開北橋	86	鉄橋	橋脚 G L	329 287	(ふりきり) 193	183 116
8	鳴子町	鳴子ダム ※	157	コンクリート アーチダム	堤中段 G L	68 94(TR)	59 50(LG)	37 57

※印は電磁式地震計，その他は SMAC 強震計 (LG)：ダムまたは橋の軸方向，(TR)：軸直角方向

図IV-2-1 宮城県内の強震計の配置



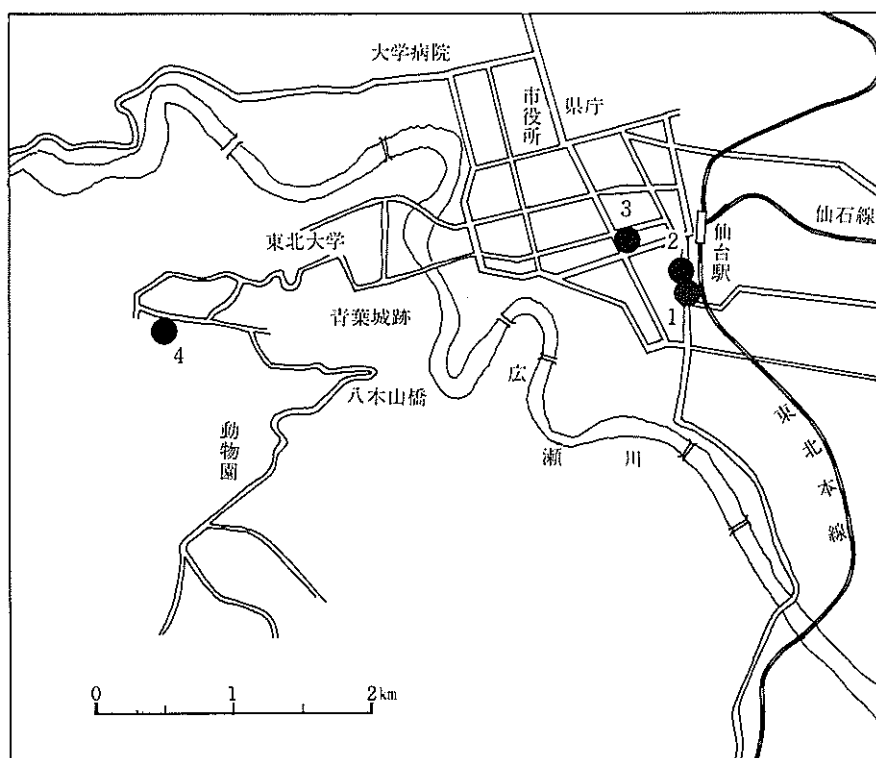
おりである。そのうち、仙台市内の四つの強震計設置建物の配置を図IV-2-2に示す。

各設置場所の地盤条件の概要は次のとおりである。

樽水ダムの強震計は、ダム底部の硬い角礫凝灰岩上に設置されている。開北橋地盤面の強震計は露頭した風化岩 ($V_s=1.3\text{km/sec}$) 上に直接設置されている。塩釜港湾の設置地盤は、15mぐらいまでがシルトおよび粗砂の軟弱な層で、それ以上は硬い泥岩 (N 値 >50) となっている。

住友生命、七十七銀行および国鉄仙台鉄道管理局が建っている仙台市の旧市街地は、広瀬川河段丘上にあり、地盤は硬い。少し掘ると礫層が出て、地下2階ぐらいの深さになると、凝灰岩層 (N 値 >50) になる所が多い。

図IV-2-2 仙台市内の強震計の配置



(建物番号は表IV-2-1 参照)

また、東北大学工学部建設系建物は、市の中心から約4 km西にはなれた青葉山にある。青葉山は、市街地との標高差が約100mで、地盤は約5 mの表土ローム層の下に礫まじり粘土層が約20mつき、その下は泥岩、凝灰岩となっている。

今回の地震で、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の建物に顕著な構造的被害が多くみられた長町、卸町、苦竹など国道4号仙台バイパス沿いの地帯は、沖積地で、広瀬川河段丘と接する辺りに近い。

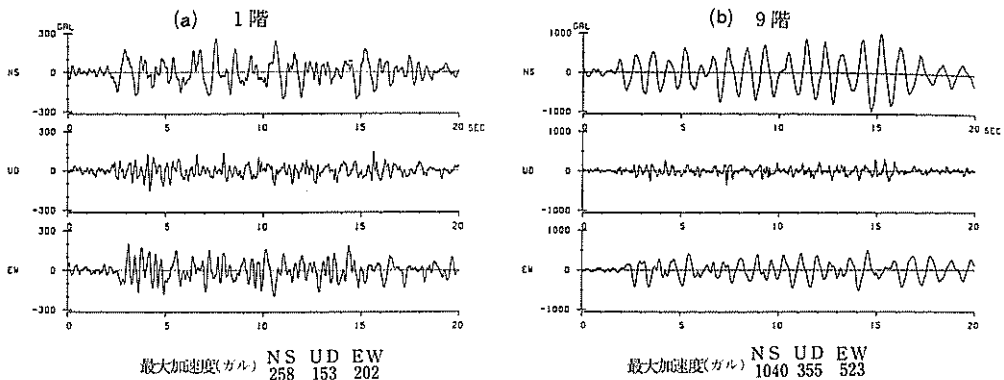
この付近には残念ながら強震計が1台もなく、地震動の記録は得られていない。しかし、地盤条件や建物の被害状況などから推察すると、この地帯の最大水平加速度は、優に300ガル以上はあったものと考えられる。この辺の地震動の強さは、関東大地震の東京下町級と推測している。

なお、地盤モデルを用いた解析によれば、沖積地の最大加速度は、旧市街地の1.5~2.0倍ぐらいという推定結果がでている。

② 強震波形

東北大学工学部建設系研究棟（地上9階、鉄骨鉄筋コンクリート造）の1階と9階の強震計記録波形を図IV-2-3に示す。

図IV-2-3 宮城県沖地震1978年6月12日東北大学建設系研究棟の強震計記録波形



9階の南北(NS)成分(建物の短辺方向)をみると、最大加速度は1,040ガルとなっており、500ガル以上のきわめて激しい揺れ(周期約1秒)が十数波も続いている。1,040ガルを示したときの揺れ幅を、周期1秒として計算してみると、片振幅が約26cmになる。

このような大変な揺れであったが、当研究棟の骨組は大事には至っていない。3階以上の耐震壁および境界ばりにせん断小ひび割れが、3、4階の一部の柱に曲げひび割れが入った程度で済んでいる。幸いなことに負傷者も出ていない。重力の加速度(1G、すなわち980ガル)を超過するような建物応答の記録が得られたのは、世界でも初めてのことである。

1階の南北(NS)成分を見ると、最大加速度が、260ガルになっており、100ガル以上の激しい揺れが20秒近くも続いている。この記録から地動の揺れ幅を計算してみると、片振幅が約15cmになる。

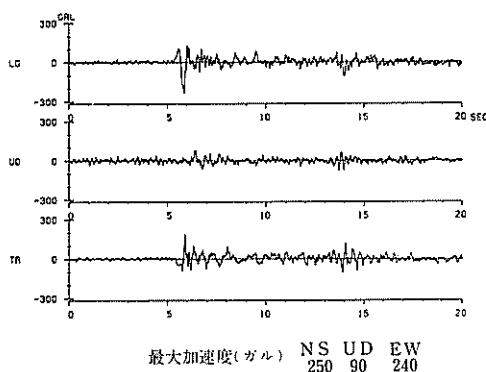
9階と1階の南北(NS)成分について、最大加速度の比を求めてみると、4.0:1.0になる。

東西(EW)成分の比は2.6:1.0である。中低層建物では、建物に損傷がなければ、建物頂部の最大加速度が1階の最大加速度の2~4倍になるということは、中小地震の応答実測や応答解析の結果からいわれてきたことである。烈強震の場合、地震動の最大加速度は優に300ガルはあるから、建物頂部の最大加速度は、地動の3倍としても900ガルを超過することになる。

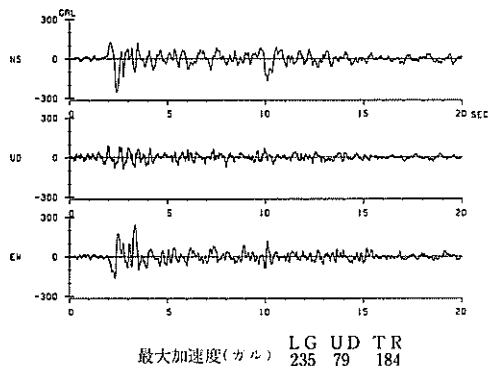
このような性質が、今回記録となって現われ、確認されたのである。その意義は大きい。烈強震時における、中低層建物の頂部の加速度は、建物に損傷がなければ、1G(重力加速度)ぐらいになるということが、建築関係者だけでなく、もっと広い範囲での常識となることを願ってやまない。

次に、仙台旧市街地の地動の例として、住友生命ビルの地階の記録を図IV-2-4に示す。強震記録の得られた旧市内の3つの建物はいずれも約1km以内の近くにあり、それらの地階の記録は互によく似かよっている。

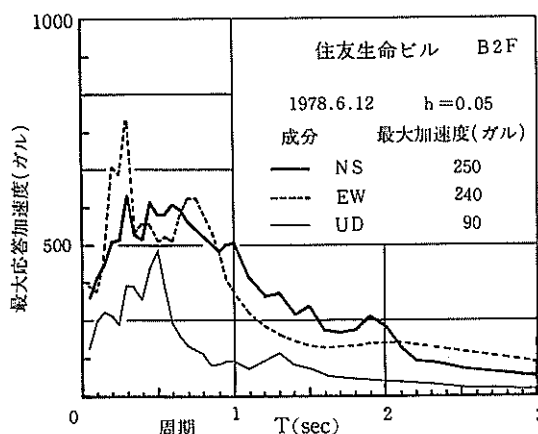
図IV-2-4 宮城県沖地震1978年6月12日
住友生命ビル地下2階



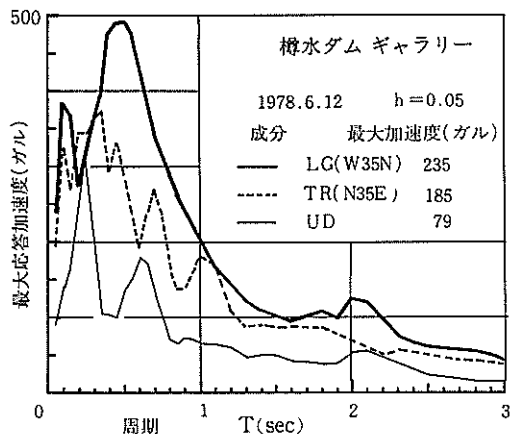
図IV-2-5 宮城県沖地震1978年6月12日
樽水ダム



図IV-2-6 加速度応答スペクトル



図IV-2-7 加速度応答スペクトル



また、仙台より南に約10km離れた樽水ダムの記録を図IV-2-5に示す。樽水ダムの地盤は、仙台では約200m前後の深さにある基盤に相当すると考えられる。

③ 加速度応答スペクトル

図IV-2-6および図IV-2-7は、住友生命ビルの地階記録および樽水ダムの記録を用いて作られた加速度応答スペクトルである。

加速度応答スペクトルとは、さまざまな周期をもつ建物にある地震動が作用したとき、建物に生ずる最大加速度を計算し、横軸に建物の周期、縦軸に最大値をとって、グラフに表したもので、これにより地震動の建物に及ぼす影響の大略の性質を知ることができる。

樽水ダムの加速度応答スペクトルは、0.5秒以下の短周期範囲にピークをもち、周期とともにほぼ双曲線的に減少する形になっている。

一方、仙台市内の住友生命ビルの地動の加速度応答スペクトルは樽水ダムのものとはやや異なり、短周期範囲の他に1秒前後にはっきりしたピークをもっている。このため、加速度スペクトルは1秒前後まで応答加速度が減らずにほぼ平坦で、それ以上の長周期でしだいに低下していく形になっている。

中低層の建物は、その固有周期が0.5秒前後あるいはそれ以下であり、図IV-2-6からもわかるように、地震時には耐震設計のときに考えたものよりかなり大きな震力を受ける。

このために、建物の一部に損傷が生ずると、周期は延びる。とくに鉄筋コンクリートでは、その傾向が強い。周期が1秒ぐらいまで応答加速度が減少しないということは、破損が生じて周期が延びても作用する震力があまり減少しないということ、つまり破壊に追打ちがかかるということにほかならない。このような地震動は、中低層建物にとってきわめて厳しいものであったといえる。

今回の地震で明らかになった重要なことの一つは、強震時の地動の性質が、地盤によってかなりはっきり異なるということである。今後、この点についての調査研究が強く望まれる。

(2) 震 害 と 地 盤

仙台市で顕著な構造的被害が見られた地区の概略分布を図IV-2-8に示す。また、仙台市付近の地質の概略を図IV-2-9に示す。

顕著な構造的被害が多くみられた地区は、まず、東北本線長町駅の周辺と長町辺から卸町を経て苦竹辺に至る国道4号のバイパス沿いの地帯である。この地帯では、鉄筋コンクリート造、鉄骨造建物の顕著な構造的被害が多くみられる。沖積地で、その西縁は東北本線荷物専用線の辺りにあり、そこで広瀬川河段丘と接している。

次に、長町の南東にある沖野、六郷などでは、木造家屋に全壊したものが多くみられる。この辺は水田地帯である。

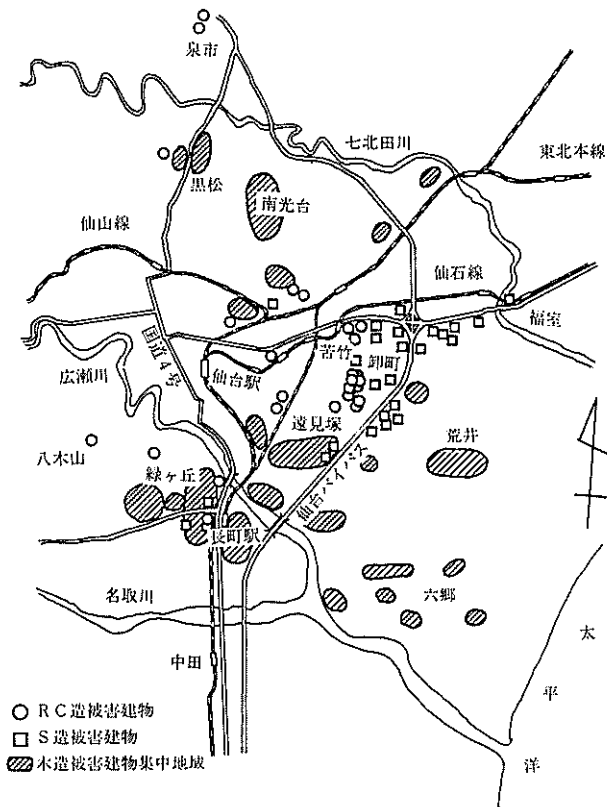
長町駅の西にある緑ヶ丘では、地震によって造成地盤に著しい変動が生じ、これによる住家の倒壊が多数出ている。

苦竹の北西にある鶴ヶ谷団地、その北に連なる南光台、旭ヶ丘、黒松、将監などの丘陵地に造成された団地では、住家の一部損壊、ブロック塀、石塀の倒壊、石垣の崩壊が各所にみられる。

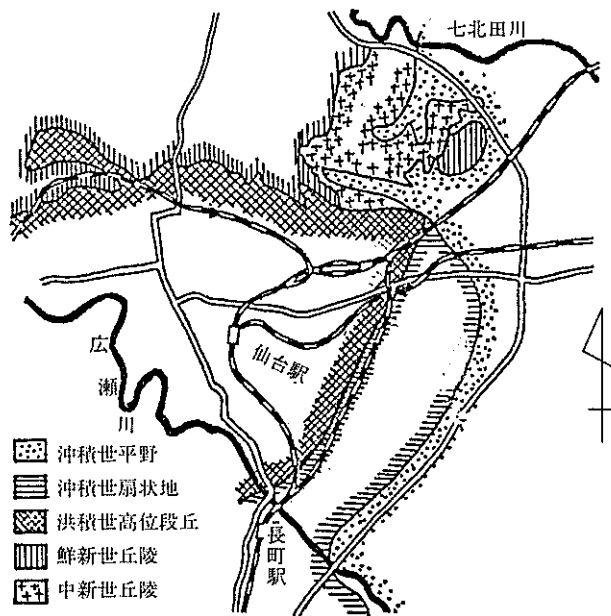
広瀬川河段丘上にあり、地盤の硬い仙台旧市街地の建物は、概して軽微な被害か小被害で済んでいる。

上述したように、顕著な構造物被害は特定な地域に集中している。地盤の違いによって被害の程度に差の出ることは、地震のたびごとにいわれてきたことであるが、今回ほどそれがはっきり現わ

図IV-2-8 建物の被害分布



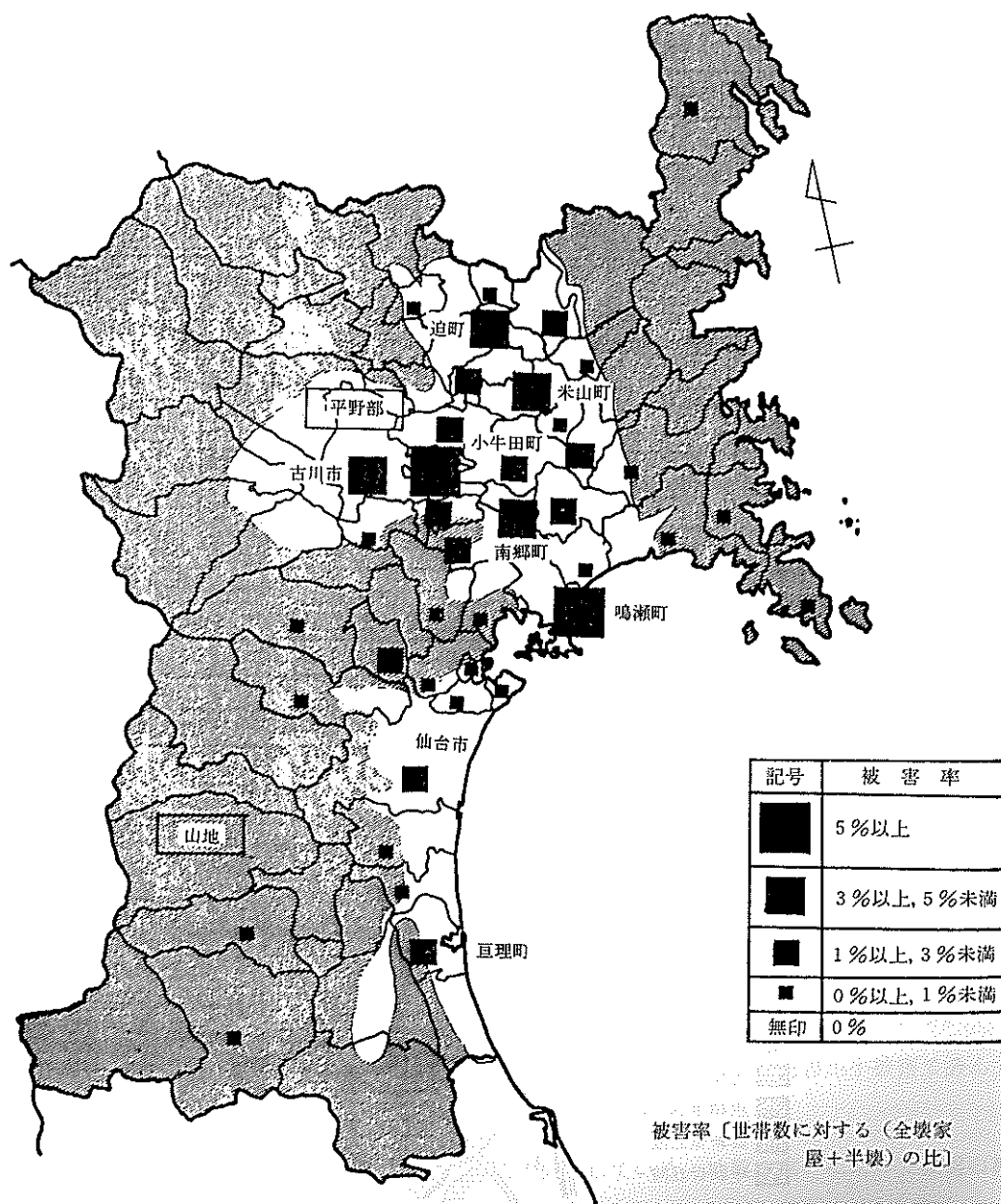
図IV-2-9 仙台地域の地質概略



れたことも珍しい。

仙台は地盤のよい所、地震に強い街という考えが一般にあったことは否めない。街が小さく、広瀬川河段丘上におさまっていた往時は確かにそうであったに違いない。ところが、ここ十数年来、街は東方に膨張し、沖積地に大きくはみ出してしまっている。周辺の丘という丘は宅造地として開

図IV-2-10 宮城県内各市町村の住家の被害率



発され、かつての緑はみる影もなくなっている。地震に強い街という考えは、もはや仙台全般には通用しなくなっていたのである。

時代の推移に伴い、人間生活環境が変遷すれば、災害の様相は変貌し、激甚の度合も増大するといわれている。今度の仙台市の被害は、その典型ともいえよう。

なお、木造住家については、仙台市周辺だけでなく、宮城県内の各地でかなりの被害が生じている。

図IV-2-10は、建築研究所の調査による宮城県内の住家被害分布であるが、沖積地での木造の被害率が大きいことがうかがえる。

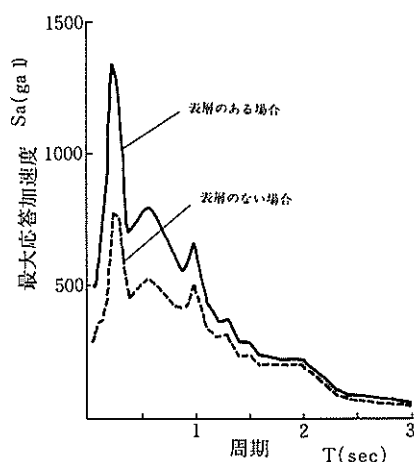
ここで、軟弱な沖積地盤の地震動が、硬地盤での地盤動とどのように違うかということを、地盤の柱状図や弾性波速度の資料から得られる地盤モデルの解析によって推定した例を次に示しておこう。図IV-2-11は、鉄筋コンクリート造建物の被害が著しかった仙台市卸町附近の地盤モデルで、凝灰質砂岩の硬地盤(第4層、仙台市中心部と同じ地盤)の上に厚さ30mの砂礫層と表土層(第1, 2, 3層)がのっているものとする。地盤が強震時に強く揺すられて剛性が低下することも考慮に入れて図IV-2-11のように地盤の諸定数を定め、この地盤の下方から仙台市の中心部で得られた地震波形が入射してくるときの地表の揺れを計算し、その応答スペクトルを求めたものが図IV-2-12である。図中の点線は、表層(第1～3層)がないとしたときの応答スペクトル、即ち仙台市中心部の硬地盤での応答スペクトルである。これをみると、表層地盤のために0.2～0.4sec 附近の成分が大きく増幅されており、低層の鉄筋コンクリート建物にとって大変不利な地震動になっている。

図IV-2-12 推定地震動の応答スペクトル

図IV-2-11 沖積地盤のモデル

地	層	地 土	層	密	速せん断	常減*
		質	厚	度	度波	数衰
			H(m)	P(t/m ²)	Vs(m/s)	h
1	1	表 土	3	1.4	70	0.15
2	2	砂 礫	4	1.9	160	0.10
3	3	砂 礫	23	1.9	240	0.10
4	4	凝灰質 砂 岩		2.0	540	0.05

※地震時のひずみレベルを考慮した値

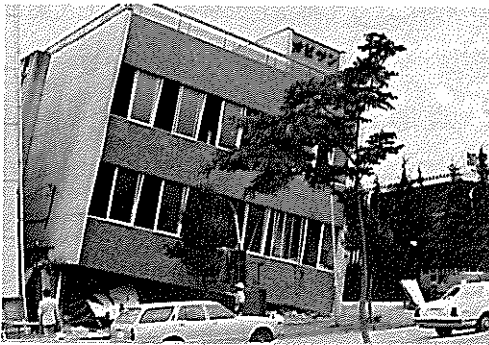


(入射波: 1978.6.12七十七銀行 N S 記録, 最大加速度294ガル)

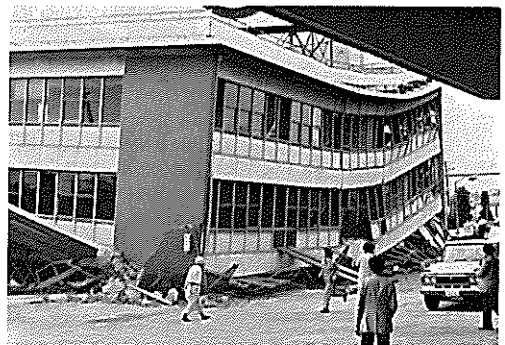
ることが推定できる。表層地盤の厚さや性質が異なれば、地表での揺れもそれに応じて異なった性質を示すことになる。したがって、都市地域の地盤構造を工学的に把握し、地震時に予想される揺れの強さと性質をこれに基いて予測しておくことは、防災的な都市づくりのために大変重要なことの一つである。

(3) 鉄筋コンクリート造建物の被害

鉄筋コンクリート造建物の被害で、中破（部分的な構造体の補修または補強を要する）以上の被害と考えられるものは、全部で30数棟出ている。このうちのほとんど（80%以上）が仙台市およびその周辺に集中している。



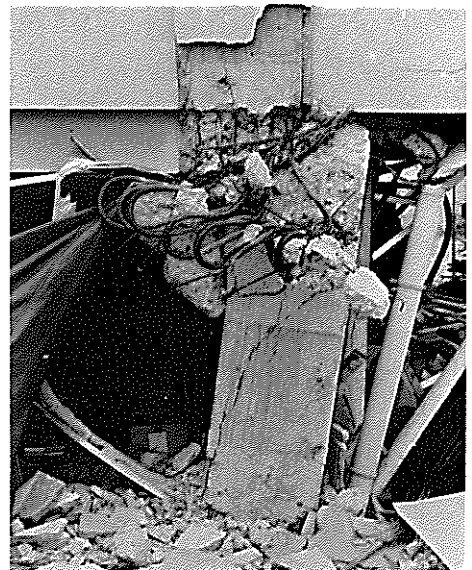
写真IV-2-1 鉄筋コンクリート造3階建物の崩壊（Oビル）



写真IV-2-2 鉄筋コンクリート3階建物の崩壊（Tビル）



写真IV-2-3 鉄筋コンクリート造3階建物の崩壊（Mビル）



写真IV-2-4 鉄筋コンクリート柱の圧壊（Mビル一階）

岩手県における被害建物（江刺市庁舎，千厩福祉会館，弥栄中学校）および宮城県北部における被害建物（西郷小学校，県築館合同庁舎）は，いずれも先に発生した2月20日の宮城県沖の地震ですでにかなりの被害を受けたものである。

崩壊した建物は5棟で，いずれも仙台市卸町またはその周辺に建つ3～4階建の事務所建築である。その例を写真IV-2-1，IV-2-2およびIV-2-3に示す。

これらの建物は，1階の壁量がきわめて少ないうえに，柱量も少ない。しかも，帯筋の間隔が粗い。このため，1階の柱頭，柱脚が曲げとせん断で破壊し，軸力を支えきれなくなって崩壊に至っている。その例を写真IV-2-4に示す。1968年十勝沖地震の時には，あまりみられなかった破壊形式である。

大破（大規模な補修または取り壊しを要する）と考えられるものは10数棟出ている。いずれも柱がせん断破壊しており，また，壁量も少ない。

これらのなかには，学校建築がいくつか含まれている。破壊形式は十勝沖地震の場合と全く同様で，壁のきわめて少ない建物平面の長辺方向のラーメンが，梁ではなく柱で破壊している。腰壁，垂れ壁付きの柱で，柱の可撓部分長さ l と柱せい d との比が小さい（約2.5以下），いわゆる短柱がせん断破壊し，短柱でない柱に曲げひび割れが入っている。せん断破壊した柱の例として仙台市立図南高校の1階柱被害を写真IV-2-5に示す。



写真IV-2-5 鉄筋コンクリート柱のせん断破壊
(仙台市立図南高校1階)



写真IV-2-6 鉄筋コンクリート柱のせん断破壊(宮城県立泉高校1階)

上述したような被害を示した建物は、1件以外全部が、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準改定（昭和46年）前に設計されたものである。

同計算規準改定後に設計された学校建築で、大破と考えられるものは、泉市にある宮城県立泉高等学校の1件である。

この校舎は、一文字型の平面をもつ3階建て、片廊下式、建物平面の長辺方向1教室2スパンタイプ（B型校舎）である。

破壊状況は、十勝沖地震のときとあまり変わっていない。廊下側の外ラーメンは、各階ともせいどの高い腰壁がついており、その1階柱のほとんどがせん断破壊している。建物平面の長辺方向には壁はほとんどない。柱の破壊状況を写真Ⅳ-2-6に示す。新規準による設計で、帯筋が密に入っていたので、この程度の被害で済んだのであろうか。

降伏を許すなら、はりの降伏は柱の降伏より先行させ、柱はせん断ではなく曲げで降伏させるというのが耐震設計の基本的な考え方である。柱の降伏は、はりの降伏より大事につながりやすいし、柱がせん断で降伏すれば必ず大事に至るからである。

この校舎の破壊形式が、上述したような耐震設計の基本的な考え方と異なった形になっていることが問題である。

この校舎の被害は、帯筋を密に入れただけでは問題の解決にならないことを示している。腰壁、垂れ壁のあるラーメンでは、はりの降伏を先行させること、柱を曲げで降伏させることがきわめて難しいことを教えていると思う。柱にはあまり大きな地震力を分担させられないということである。そのようにするには、耐震壁をうまく配置して、それに多くの地震力を分担させるのが最も現実的な道と考えられる。

学校建築は平面計画から見直しを行い、建物平面の長辺方向にも十分壁がとれるような平面に改めていかなければ、耐震性の向上は図れないし、問題は解決しないと考えている。

一般の建物の耐震計算は、設計震度0.2をとって行っている。材料の許容応力度には安全率があるし、建物を構成する部材のなかには耐力計算上強度を期待していないものもあるので、多くの中低層建物の耐力は、設計用地震力の3～4倍はある。つまり2～3倍分の余裕があるといわれている。この余裕のことを余力と呼んでいる。余力の最も大きな要因は壁であろう。当然のことながら、余力は建物によってばらつきがあり、あまりないものもある。先にも示したように、地盤の加速度ですら300ガルもあったのである。余力の少ないものがあれば、大事に至るのは当然である。

烈強震に対しては、構造体に多少の損傷が生じることは許容しようというのが、一般の建物にとられている耐震設計の基本方針である。このような方針の採用が許されるためには、構造体にねば

りがなければならない。構造体の一部が破損するとすぐ全体崩壊に至ったり、耐力低下をきたすようでは、損傷は絶対に許せなくなるからである。

終局耐力に達してもすぐ崩壊しない、耐力低下がない、つまり変形能のある構造体をねばりのある構造体と呼ぶ。

適正な強度とねばりの確保が、耐震設計の基本である。強度の確保の早道は、耐震壁の適切な配置である。ねばりの確保は、いろいろの道があるが、肝心の柱についていえば、まず帯筋を密に入れることであろう。

エキスパンション・ジョイントの破損が目立つ。クリアランスの取り方、ジョイントのディテールについては検討を要する。

壁式鉄筋コンクリート造の被害はみられなかった。

鉄筋コンクリート造の独立煙突、付属煙突の折損が相変わらず起きている。写真Ⅳ－２－７は仙台市における付属煙突の被害の例である。



写真Ⅳ－２－７ 鉄筋コンクリート付属煙突の倒壊

(河北新報提供)

(4) 鉄骨造建物の被害

倒壊したものが８棟、大破（軸組の残留変形が $1/30$ 以上のもの）と考えられるものが２８棟で、仙台市およびその周辺でみられる。いずれも余力とねばりのないものである。崩壊した例を写真Ⅳ－２－８およびⅣ－２－９に示す。写真Ⅳ－２－８は２階建の倉庫の１階が崩壊して、２階が着地し

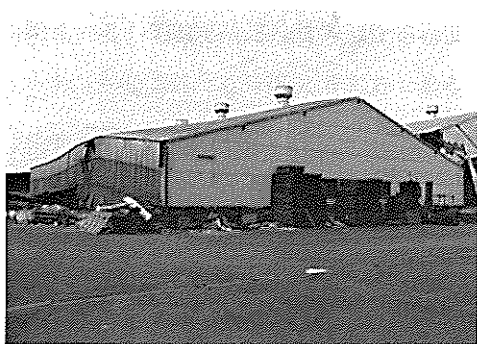
たものである。また、写真IV-2-9はボーリング場の倒壊である。

学校の体育館のように平屋で屋根の軽いものならば、たとえ壁面ブレース（筋かい）が破断しても、大事に至らずに済む場合が多いが、2階建倉庫のように1階の柱の軸力が大きい場合は、壁面ブレースの破断が致命的になる（写真IV-2-10）。

地震のたびごとに、壁面ブレースの破断が見られる原因は、いろいろあげられようが、主因はブレースの設計応力が小さい点にあると考える。烈強震時にブレースの働く力は、設計震度0.2に対する力の4倍ぐらいにはなるはずである。壁面ブレースの増強を図る必要がある。

また、ブレース建物のアンカー部の破壊が被害の原因となったものが多くみられた。

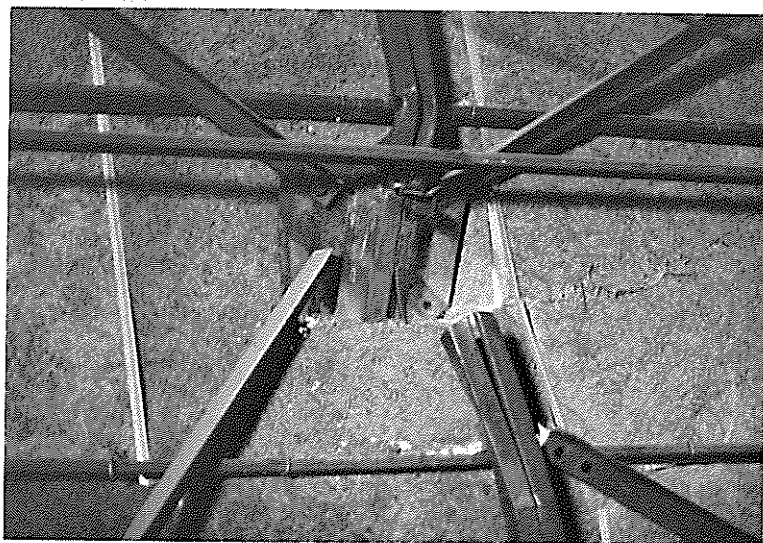
純ラーメン構造の骨組で、柱頭、柱脚の局部坐屈、溶接破断、梁の横坐屈などの被害が生じ、大



写真IV-2-8 鉄骨2階建倉庫の崩壊
(S倉庫)



写真IV-2-9 鉄骨造ボーリング場の崩壊



写真IV-2-10 壁面ブレースの破断 (S倉庫)

変形に至った例が多くみられたことも、今回の地震の特徴である。

施工上の不備、欠陥が被害を大きく増大させていることも見逃せない。

これまでの地震では、鉄骨造建物の被害は概して軽微であり、今度のように、多くの崩壊建物や大破とみられる建物を出したことはなかった。設計、施工の質の向上は今後の課題といえよう。

(5) 鉄骨鉄筋コンクリート造建物の被害

鉄骨鉄筋コンクリート造建物は、主構造体の骨組に大きな被害の見られたものはなかったといっ
てよい。いずれも耐震壁の小せん断ひび割れ程度の被害で済んでいる。

しかし、杭に曲げせん断による圧壊が生じ、建物が傾斜（最大傾斜角約1/100）してしまった例が
1件出ている。地上11階建の仙台市長町公営住宅である。構造体が出来上がり、仕上げ工事にかか
る段階で地震にあっている。杭は既製コンクリート杭（ACパイル）である。上部構造は、壁に多
少のせん断小ひび割れが見られる程度で、軽微な被害で済んでいる。杭の破壊状況およびその復旧
についてはIVの7で述べる。

杭が破壊した場合と上部構造が破壊した場合について、補修の難易を比較してみると、杭が破壊
した場合の方がはるかに大変であることはいうまでもない。このような点を考えると、杭の耐震力
は上部構造の耐震力を相当上回っている必要がある。また、上部構造については、多少の損傷は容
認するという考え方、つまり、弾塑性設計が許されても、杭については、そのような考えはとりえ
ないということになる。もともと、既製コンクリート杭は、脆性的な破壊を示すものであり、弾塑
性設計は成り立たないはずである。

杭は弾性設計ということになると、杭の耐震計算に採用する上部構造からの水平力や軸力は、常
用の設計震度0.2による値では済まされず、杭に実際に働くと考えられる値をとらなければならないこ
とになる。

高強度コンクリート、大口径の既製コンクリート杭を採用し、杭の支持力を大きくとれば、一つ
の基礎に配置される杭の本数は少なくなりやすい。このような場合は、杭の破壊がたとえ1本であ
っても、大事に至りかねない。

マンションやアパートなどでは、地下室が設けられない場合が多い。地下室がない場合は、ある
場合より建物に作用する地震力が大きくなり、杭にかかる水平力と軸力も大きくなりやすい。また、
地下室がない場合は、地下室がある場合に期待される周辺地盤の水平抵抗がないから、杭にかかる
水平力が大きくなる。

このような杭の被害は、これまでにみられなかったものであり、考えさせられる点が多い。

3 二次部材・内外装の被害

(1) 二次部材の被害

構造計算上耐力を期待していない壁を非構造壁と呼んでいる。このような壁はいうまでもなく二次部材の範ちゅうに入る。

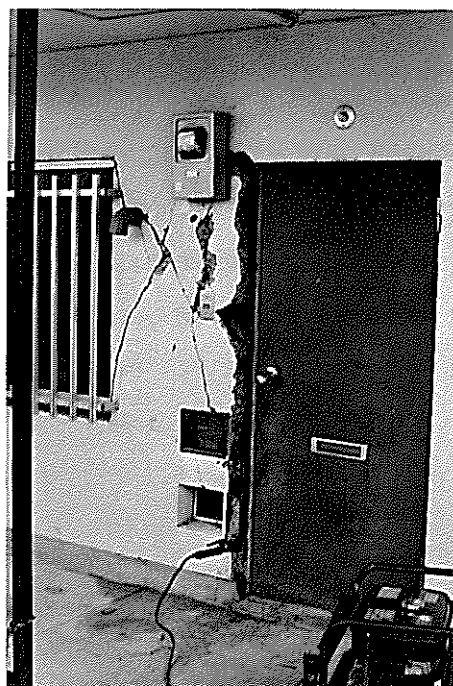
今回の地震では、鉄筋コンクリート造の非構造壁の破損が目立ち、問題になった。片廊下型の高層住宅の中に、玄関周りの非構造壁が破壊し、玄関のドアが多数開閉不能になったもののがかなり出たのである。その例を写真Ⅳ－３－１に示す。

高層住宅では、各戸の出入口は玄関しかない。また、廊下側の窓は格子付きの場合が多い。玄関のドアが開閉不能になると戸外への脱出は絶望的となる。有事の際の避難を考えると寒心にたえない。非構造壁といえどもそれが破壊すると、防災上の重大問題につながる場合があることを忘れてはならない。

高層住宅の玄関周りの非構造壁は、ドア、窓、改め口など多くの開口を設けなければならない、どうしても耐力が小さくなりやすい。また、高層住宅の平面は、使用勝手、建物平面の長辺方向の壁が十分とれない形になりやすい。

このような傾向にあるので、玄関周りの非構造壁には今回のような破損が生じやすい。配筋を十分にしておいて大破壊に至らぬように工夫するほか、たとえ破壊が生じて、ドアの開閉能を絶対に確保するという配慮が必要と考える。境壁から一段引込めた位置にドアを取り付ける（アルコーブを設ける）のも一つの方法と考える。このようなタイプのものは、今度の地震でも開閉不能にはおちいていない。取り付け位置は変えず、ドア自体に工夫をこらすのも一つの方法であろう。

強い地震を感じたら、火を消し、ドアを開けるというのは、昔からいわれてきた心得の一つである。建物が大きく揺れている間は、たとえ周りの壁が無傷であっても、ドアは開閉不能になるのが普通である。地震を感じたらドアを開けるというのは、高層住宅ではとくに大事な心得の一つといえよう。



写真Ⅳ－３－１ 非構造壁のせん断破壊

(2) 内外装の被害

ビルのガラス被害が各所で起きている。仙台市内に建つ794棟の建物について聞き取り調査を行った結果によると、ガラス破損のみられたものが227棟（全数の29%）に達している。

破損したガラスは、パテが非常に硬くなったのはめ殺し窓（開閉出来ない窓）のものであった。その例を写真Ⅳ－3－2に示す。このような窓は、窓枠とガラスの間の遊びが完全になくなっているため、地震による建物のたわみが、そのままガラスへの強制変形になってしまう。これが破損の原因である。同じパテ止めでも、引き違い窓や上げ下げ窓のガラスは被害が少なかった。ガラス障子と窓枠の間になんかの遊びがあるからである。

最近の建物ののはめ殺し窓は、ガラスが弾性シーリング材などによって弾力的に取り付けられているので、ほとんど無被害で済んでいる。

顕著なガラス被害がみられた建物は、角地に建つものが多い。角地であるために、道路側の2面が窓、隣地側の2面が壁になっており、壁の偏在によるねじれ振動が生じ、道路側の骨組の変形が大きくなったためと考えられる。

ガラス破片の窓からの飛散距離は、窓の地上高の $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{2}$ になっている。バルコニーは、ガラス破片の地上への直接落下をかなり防いでくれている。

今度の地震の4か月前に発生した2月20日の地震の際、ガラス被害が著しく、全国的に報道された仙台富士ビルは、今度は完全に無被害であった。2月の地震直後始めたサッシュの大改修がみごとに成功している。

プレキャスト・コンクリート・カーテンウォールの落下が、仙台市の北隣の泉市で1件起きている。その模様を写真Ⅳ－3－3に示す。鉄骨造3階建ての建物で、2階から落下している。よく人身事故が起きなかったものである。

内外装タイル、石張り、外装モルタルなどの剝落が各所でみられる。その例を写真Ⅳ－3－4に



写真Ⅳ－3－2 窓ガラスの破損



写真Ⅳ－３－３ P.C.カーテンウォールの
落下 (河北新報提供)



写真Ⅳ－３－４ 外装タイルの剝落

示す。ALC板の破損も多い。

上述したガラス被害、内外装の被害は、概括すれば地震力による建物の変形に関する問題、すなわち、骨組の変形に対する窓や仕上げの追随性の問題といえることができる。

戦前の建物は鉄筋コンクリート造の壁が多く入っていたので、地震による建物の変形について格別な配慮をしなくても問題が起らずに済んだ。

最近の建物は、鉄筋コンクリート造の壁が少ないものが多い。しかも、建物の変形についてのチェックもあまり行われていない。今度のような被害が生じた理由の多くは、このような点にあったと考えられる。

高層建物の設計、施工では、内外装の変形追随性について細心の注意が払われている。このような配慮が中低層建物でも必要と思う。建物の構造が変わってくれば、それなりの配慮が必要になってくる。剛性が低くなりやすい鉄骨造建物については、格別な注意が必要と思う。

会館、講堂、体育館などの大天井の部分落下を数件みている。宮城県民会館、東北大学記念講堂などである。人身事故は幸いにも生じなかった。地震の発生が午後５時過ぎで、建物内に人がいなかったことが幸いしている。

(3) む す び

今度の地震では、構造的被害がさほどでもないのに、二次部材や内外装に被害が生じ、問題にな

った建物が目立った。

このような、これまでにあまりみられなかった被害が続出したということは、主体構造についていえば、耐震性能が全般的に向上した証左であり、二次部材や内外装についていえば、耐震的配慮が全般的に不十分であった結果といえよう。一方は及第だったが、他方は落第だったということである。両者ともに及第というのがあるべき姿だと思う。構造の耐震にとどまらず、建築の耐震をめざすという発想の転換、拡大が必要と考える。

高層住宅の地震経験は、今度が初めてと思う。きわめて貴重な経験であり、生かすべき教訓も多い。何をおいても強調しておきたいのは、玄関のドアに関する問題である。建築関係者の対策研究と一般市民の理解を期待したい。

4 設備の被害

建築設備の被害調査は、多数実施されており、これらの調査報告を、今回の地震以前の新潟地震（1964年6月）や十勝沖地震（1968年5月）の時の被害報告を含めて改めて見直すと、今回の地震による建築設備の被害が、今までの地震の時に比較してはるかに甚大であったことが認められる。

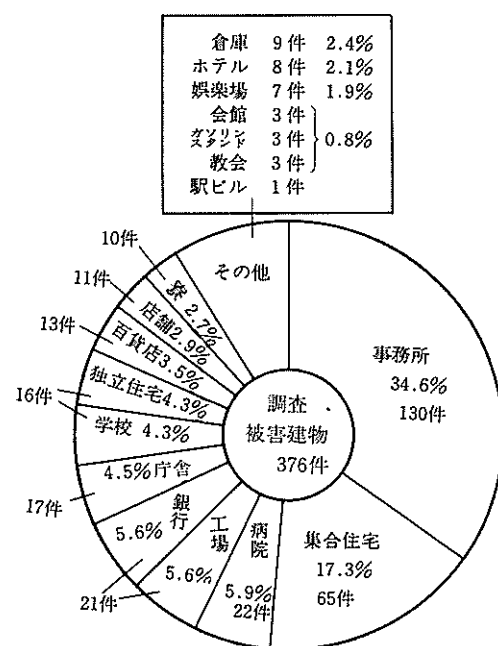
これは、今回の地震が仙台市という大都市の近くに発生したことが大きな原因であることは間違いないが、それだけではなく、以前から建築設備の耐震化が叫ばれていながら、現実にはほとんど実施されなかったということでもある。

図IV-4-1 調査した被害建物の種類別件数

(1) 被害の傾向と特徴

各関係官庁、大学、民間会社その他より提供を受けた地震被害に関する資料、写真をもとに調査を行い、その全体的な傾向と具体的な損傷の状況を以下に明らかにする。

調査建物件数の構成を図IV-4-1に示す。対象とした建物は376件である。まず設備の種類別に被害件数をまとめたものが図IV-4-2である。調査の性格上、それらの値は厳密な意味で統計的なものではないが、おおよその傾向はつかむことができる。すなわち、暖冷房換気設備では吹出口、配管、パッケージ、放熱器など、給湯設備では電



調査 被害事例 1090件

調査 被害事例 1090件	割合
冷蔵庫・換気・空調設備	35.4%
給水	21.8%
火災	8.3%
電気	9.6%
ガス	1.5%
通信	6.1%
照明	4.2%
エレベーター	3.9%
その他	3.9%

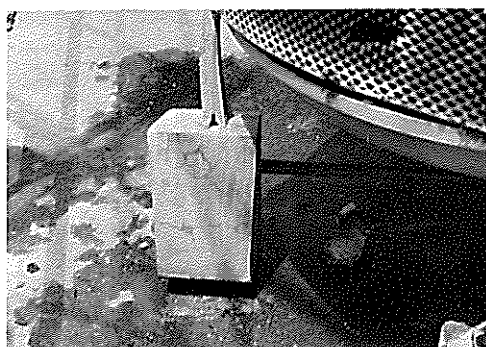
Figure 1: Frequency of equipment failure types (調査被害事例 1090件). The chart shows the number of cases for various equipment types across different failure categories. A pie chart on the right shows the percentage distribution of these failure types.

故障の種類 (Failure Type)	設備の種類 (Equipment Type)	件数 (Number of Cases)
故障 (Failure)	放熱器 (Heat Exchanger)	19
	その他 (Others)	4
切断 (Disconnection)	暖房用配管 (Heating Pipe)	13
	給水管 (Water Pipe)	9
亀裂 (Crack)	給水管 (Water Pipe)	40
	高圧水櫃 (High Pressure Water Tank)	28
落下 (Fall)	吹出口 (Blow-off)	47
	照明器具 (Lighting Equipment)	22
欠損 (Damage)	その他 (Others)	7
	排水井、煙突 (Drainage Well, Chimney)	1
変形 (Deformation)	暖房用配管 (Heating Pipe)	1
	ダクト、遮音材、トランスなど (Duct, Soundproofing Material, Transformer, etc.)	3
傾き (Tilt)	引込柱 (Pull-in Column)	1
	受水槽 (Water Storage Tank)	4
移動 (Movement)	パンチング (Punching)	34
	トランス (Transformer)	22
故障 (Failure)	吹出口 (Blow-off)	21
	暖房用配管 (Heating Pipe)	9
沈下 (Settlement)	浄化槽 (Sewage Treatment Tank)	2
	排水井、オイルタンク、量水器など (Drainage Well, Oil Tank, Flowmeter, etc.)	3
破損 (Damage)	給水管 (Water Pipe)	47
	高圧水櫃 (High Pressure Water Tank)	24

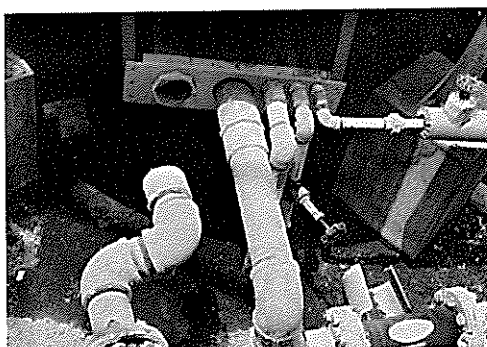
Percentage Distribution of Equipment Failure Types (調査被害事例 1090件):

故障の種類 (Failure Type)	割合 (Percentage)
破損 (Damage)	23.8%
移動 (Movement)	28.0%
亀裂 (Crack)	15.2%
落下 (Fall)	10.3%
欠損 (Damage)	9.4%
切断 (Disconnection)	6.6%
故障 (Failure)	3.7%
その他 (Others)	3.7%

気温水器，給水設備では給水管，高置水槽，その他の設備としては，トランス，照明器具，スプリンクラーなどの被害が目立った。次に被害状況別の件数を示したものが図IV-4-3である。給水管・高置水槽の亀裂，吹出口・照明器具の落下，スプリンクラーヘッドの離脱，パッケージ・トランス・ボイラーなどの移動・ずれといった被害が多数生じたことがわかる。個々の被害状況の様子は写真IV-4-1～16に示すとおりである。



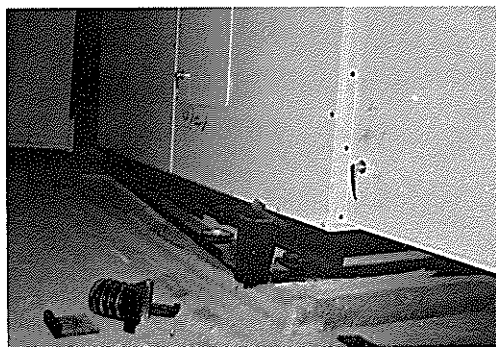
写真IV-4-1 M銀行，屋上冷却塔の基礎の浮上り（鹿島建設提供）



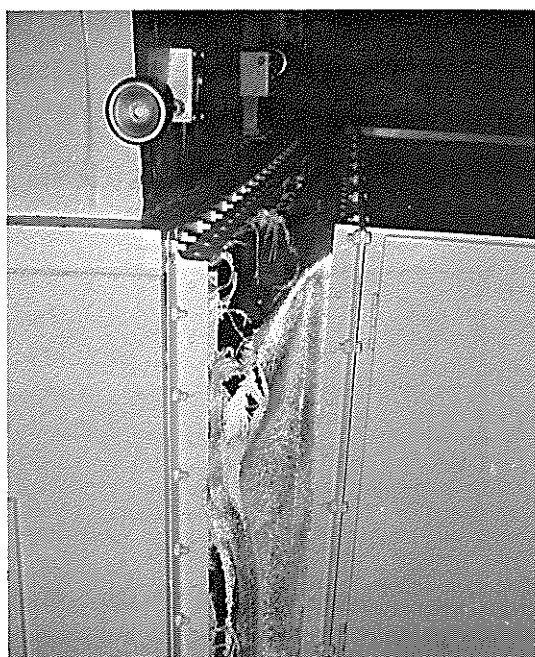
写真IV-4-2 M銀行，屋上冷却塔の配管の破損（鹿島建設提供）



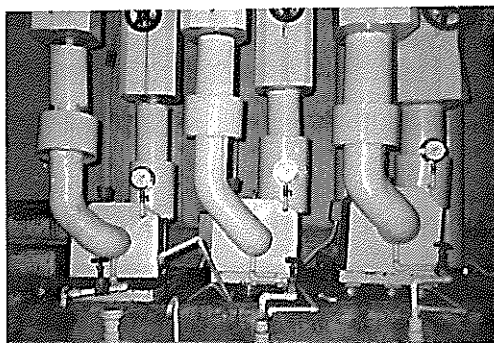
写真IV-4-3 泉市庁舎，地下1階温水セクショナルボイラー取り出し部の破損と水抜き用パイプの切断（高砂熱学工業提供）



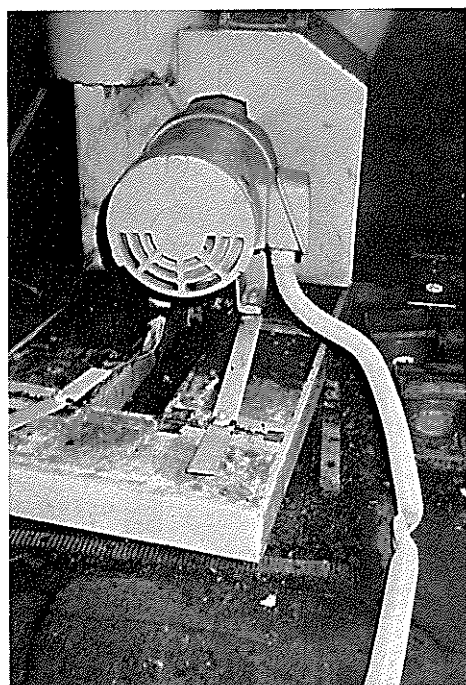
写真IV-4-4 泉市庁舎，2～5階空調機室のエアハンドリングユニット本体，スプリング架台のはずれ（高砂熱学工業提供）



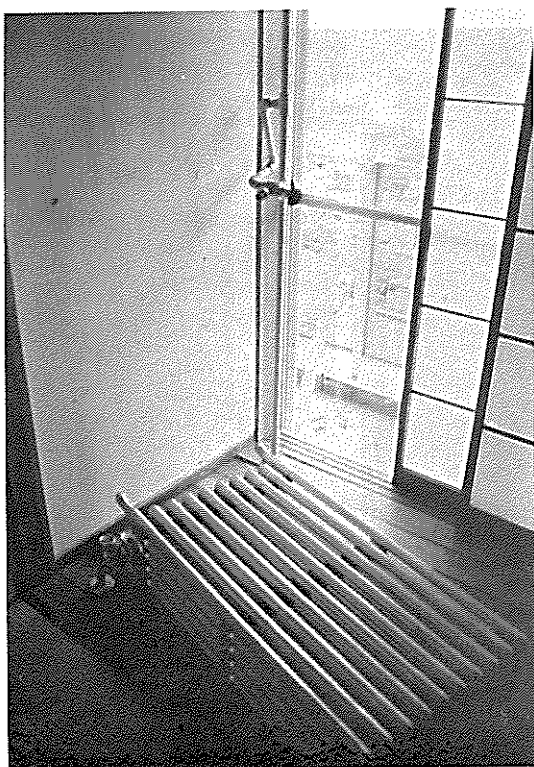
写真IV-4-5 泉市庁舎エアハンドリング
ユニットのキャンバス継手
の亀裂 (高砂熱学工業提供)



写真IV-4-6 S社事務所、ポンプの防振
基礎のスプリングのはずれ、ブロー管、ドレン管の
はずれ、立上り管上部、横
引管の一部折損
(高砂熱学工業提供)



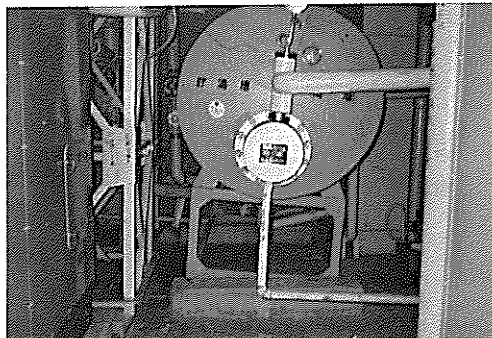
写真IV-4-7 S社事務所、ポンプの防振
基礎ずれ、スプリングのは
ずれ (高砂熱学工業提供)



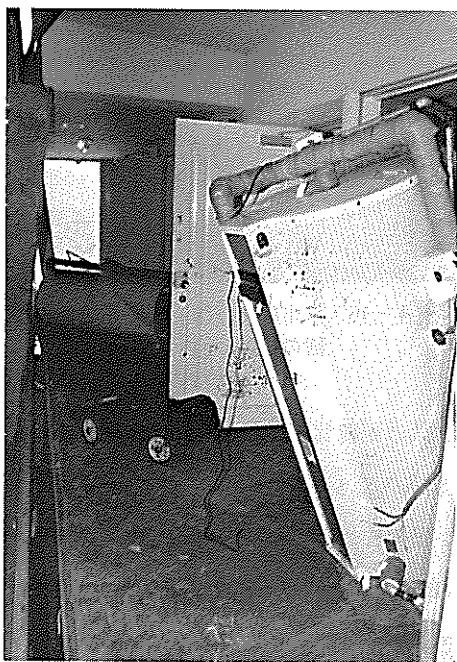
写真IV-4-8 T社寮、鋳鉄製放熱器転倒、
温水弁、レタンコックも切
断 (第一工業提供)



写真IV-4-9 泉市庁舎，吹出口の脱落
(鹿島建設提供)



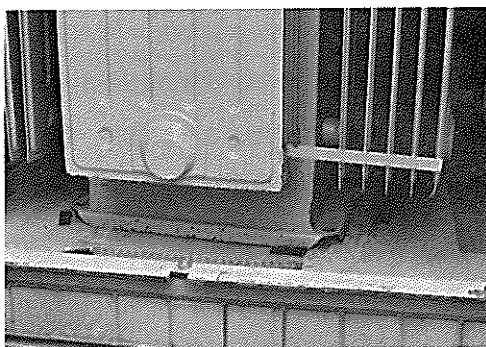
写真IV-4-10 S社貯温槽の架台のはずれ
(高砂熱学工業提供)



写真IV-4-11 Hマンション，電気温水器
の転倒（7～14階に被害多
い）（第一工業提供）



写真IV-4-12 泉市庁舎，高置水槽の接続
管の破断（第一工業提供）



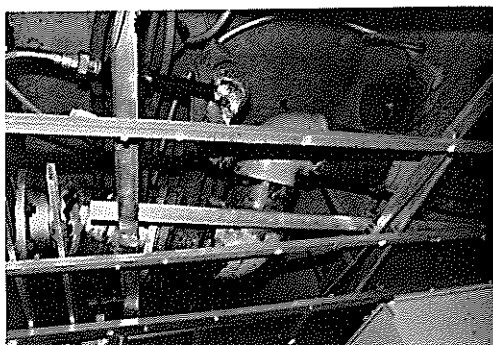
写真IV-4-13 Y社事務所，変圧器の移動
(鹿島建設提供)

以上の結果より，今回の地震における建築設備の被害状況を要約すると以下のようになる。

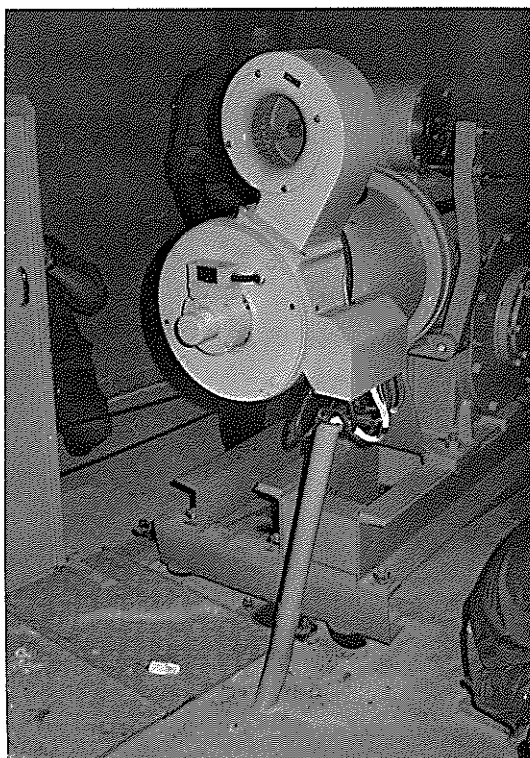
- ① 建築設備のあらゆる分野に被害が及んでいる
- ② 空調機，冷却塔，高置水槽，トランス，電気温水器などの重量機器の移動，転倒例が多数み



写真IV-4-14 泉市庁舎、レースウェイと
吹出口の落下
(高砂熱学工業提供)



写真IV-4-15 Hマンション14階、天井内
給水管エキスパンション付
近で防振継手の変形切断
(第一工業提供)



写真IV-4-16 泉市庁舎、エレベータ巻上
機の移動 (鹿島建設提供)

られる

- ③ 上記②の原因による接続配管，継手類の折損，亀裂被害が目立つ
- ④ FRP製高置水槽の被害が従来の地震に比べ多い
- ⑤ 天井に埋込んである吹出器具類，照明器具類の落下およびスプリンクラーヘッドの離脱といった被害もかなり多い

次に，機器を本体と付属機器に分けて，被害状況を分類すると以下ようになる。

- ① 機器本体の破損
- ② 機器本体の移動，転倒
- ③ 配管ダクト類の亀裂，落下
- ④ 機器本体と配管・ダクト類の接合部の破損

この四つの被害を防ぐためには，それぞれについて耐震対策が施されるべきであり，それらをま

とめて(3)に示した。

(2) 被害の原因

分析結果に基づいて、設備被害の原因を分類すると以下のようになる。

- ① 耐震対策が全く行われておらず、機器をただ単に置いてあるために発生したもの
- ② 固定されていても、機器の重量に対して貧弱な基礎であったり、固定支持部材の耐力がほとんどないために破損したもの
- ③ 相互に変位すると予想される接続部分が緊結され、変位が吸収されないために破断したもの
- ④ 耐震設計が行われているにもかかわらず、地震の加速度が予想外に大きかったために生じたもの

上記④の原因を他と区別することは、被害状況の観察だけでは困難な場合もあるが、ほとんど①、②、③の原因によるものであった。したがって、従来の耐震施工法を確実に励行しておれば、大部分は被害に至らなかったものと推定され、設計、施工の管理体制の見直しや、技術者の設備耐震に対する啓蒙といったことが、耐震化の早道かも知れない。ただし、④を含めて、どの程度の耐力を持たせるべきかということが問題で、この点については、早急に検討しなければならない。

(3) む す び

耐震化の合理的方法は、設計震度を設定して、耐震設計を行うことである。ところが新耐震設計法でも、設備の設計震度は今のところ高置水槽の0.6という値以外に規定されていないので、各設備に対する設計震度の目安を得ることが難しい。しかし、そのような震度法に基づいた設計をしないまでも、設備耐震化の簡単な方法は種々考えられる。そこで、被害状況の分類に対応して、具体的な耐震対策の方針を示すと表IV-4-1のようになる。とりあえず既設設備について表に示した対策が施されているか否かを見直して、もし施されていない時は、早急に実施されなければならない。

また建築設備の耐震化の作業を効果的に進めていくためには、建築設備の実施に関連する各種の主体が、それぞれの立場で責任ある業務、判断を行い、相互の連絡を密にしなければならない。主体を行政担当者、研究者、メーカー、設計・施工業者の四者に分けると、それぞれの役割は、以下のようになろう。相互関連を図IV-4-4に示す。

行政担当者：研究者による振動実験などの研究成果を基に、適正な耐震設計法を定める。メーカー、設計・施工業者に対して設備耐震に関する指導助言を行う

研究者：メーカーから設備機器に関する各種データ、施工業者から固定支持方法に関す

表IV-4-1 耐震対策の方針

対 象		方 針
1. 設備の設備位置		- 重量機器は、可能なかぎり地下階に設置し、上階は避ける - 破損による2次災害を防ぐため冷却塔、高置水槽などは建物内部に水が侵入しないように設置位置に注意する
2. 本体の耐震		- 耐震上、安全性が十分確保されている機器を選定する - FRP水槽は、耐震性を十分考慮する
3. 本体の固定・支持	3-1 防振の必要 ないもの	- 基礎コンクリートの強度に注意する - 基礎は架台に対して、十分な大きさを持つと共に、アンカーボルトへのコンクリートかぶりも十分とる - 架台と基礎との固定を強固にする - 本体は架台に十分固定する - 重心の高いもの、動きやすいものについては、必要に応じて頂部を固定する
	3-2 防振の必要 あるもの	- ゴムパット程度の防振を施すものは、原則としてストッパーを設ける。但し、アンカーの取れない機器の場合は、コンクリートベースを大きくして、移動による転落を防止する - 防振ゴム又は金属スプリング等による防振を施すものは、転倒防止ストッパーを設ける
4. 本体と配管の接続部		- 防振している機器との接続部は、原則としてフレキシブル継手を用いる - タンク類との接続は、フレキシブル継手を用いる
5. 配管、ダクト類の支持		配管、ダクト類は振動、横ゆれせず建物と一体に動くように、しっかりと固定する
6. 建物間エキスパンション・ジョイントの横断配管		建物間の異なる変位に対応できるようにフレキシブル継手を設けるか、変位の比較的少ない下層部で横断するようにする

るデータを得、それを基に、振動実

験、動的解析などを行って、設計震度

を設定するための基礎資料を整える

メーカ：設計震度に耐え得る設備を製作し、

適正な固定支持方法について設計、

施工業者に助言を与える

設計・施工業者：耐震設計法に基づいて、各部材の設

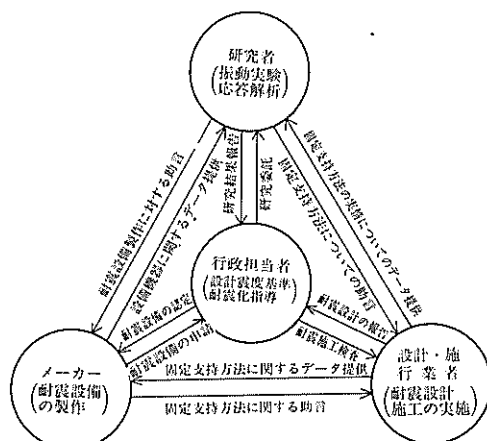
計を行い、実施する

いずれにしても、耐震対策の原則は、「設備を建築躯体に緊結し、設備相互の変位が生じる部分はフレキシブルなもので接続する」ということであり、そのことが、正

しく実行されておれば、今回の地震クラスの地震が襲っても、甚大な被害は生じないはずである。

関係各位の耐震対策の早急な見直しを願うものである。

図IV-4-4 各主体の責任分担と相互関係



5 家具・機器類の転倒

(1) 住宅内の転倒被害

今回の地震による室内の家具・機器類の転倒被害はきわめて大きかった。

仙台市内の住宅における家具の転倒状況を日本建築学会東北支部の調査からみてみよう。

まず、タンス、冷蔵庫、洗濯機などの比較的安定した家具については、全住宅数の約40%でなんらかの転倒（「ほとんど全部転倒」と「いくつか転倒」の合計）が生じている。

地盤の性質との関連をみると、構造的にも被害の大きかった仙台市東部や南部の沖積地盤地域での転倒がやはり多く、約60%を超える住宅で生じている。

次に、本棚、食器棚、ロッカーなどやや安定を欠くと思われる家具類については50%を超える住宅で転倒が生じている。沖積地盤地域ではこの割合は70%を超える。

テレビ、人形ケースなどの置物類は約80%の住宅で転倒が生じている。沖積地盤地域では90%以上に達している。

また、高層住宅で著しい家具の転倒被害がみられたことも今回の地震の特徴である。

建物の階数別でみると（3階以上のRC造、SRC造）、上述した安定した家具の場合、3～5階建では30%の住宅で、6～10階建では50%以上、11階建以上では60%近い住宅で家具転倒が生じている。また、やや安定を欠く家具の場合、3～5階建で46%、6～10階建で64%、11階建以上では77%に達している。置物類については、11階建以上の建物では94%の住宅で落下が生じている。

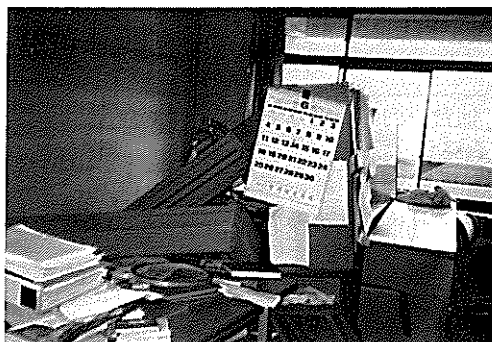
同じ建物の中では、一般に上階にいくほど揺れが激しい。通常の高層住宅では、最上階の加速度は地面の約2～4倍になるから、上階では下階に比べてはるかに転倒被害が大きくなる。

高層住宅での上階の住まい方、心がまえが1、2階建の個人住宅と同じであってよいはずがない。家具の転倒は避難行動の妨げとなり、さまざまなパニックをひき起こすおそれがある。また、けがの大きな原因でもある。もし、今度のような地震が就寝中に起こったらどんなことになるであろうか。壁への家具の緊結、家具の配置の仕方など、不断からの留意を忘れてはならない。なお、今回の地震の負傷者1,291人（全数の約13%）について行ったNHKの追跡調査の結果によれば、負傷の原因はガラスによるもの（22.5%）、転んだりぶつかったりしたもの（22.5%）に次いで、家具の転倒によるもの（17.4%）が多い。

幸いなことに、今回は住宅からの出火はほとんどなかったが、寒い時期だったらストーブの転倒なども大きな問題となっただろう。

(2) 転倒の状況および対策例

例として、東北大学工学部建設系研究棟における家具転倒の状況を示す。写真Ⅳ－５－１は7階の転倒の様子を示したもので、2段積みof スチールロッカーの上部がずれて落下し、スチール本棚は全部倒れている。この研究棟では、4階ぐらゐから上の階で本棚、本箱などの転倒が生じ、7～9階では足の踏み場もない状態になった。ちなみに、図Ⅳ－２－3(b)からみると、7～9階の最大加速度は建物平面の短辺方向では700～1,000ガル、長辺方向では300～500ガル程度である。



写真Ⅳ－５－１ 家具の転倒

(東北大学建設系建物7階)

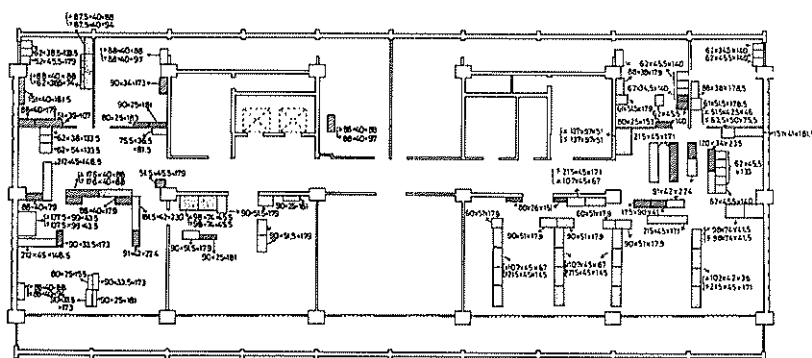
当研究棟の7～9階について転倒状況の調査と解析を行った結果を図Ⅳ－５－１と表Ⅳ－５－１に示す。この図表では2段積みof 家具は除いてある。2段積みof 家具は100%近く転落している。7～9階にある家具は、本棚、ファイルボックス、ロッカーなどが主である。図表をみると、建物平面の短辺方向の家具転倒率は各階とも40%を超している。長辺方向はこれよりやや少く、21～37%となっている。

表4－５－１ 家具の転倒率

階	家具の向き	家具総数	転 倒 数	転倒率(%)
9	N S	40	16	40
	E W	23	6	26
8	N S	20	8	40
	E W	41	15	37
7	N S	46	20	43
	E W	19	4	21
7～9	N S	106	44	42
	E W	83	25	30

(東北大学工学部建設系建物)

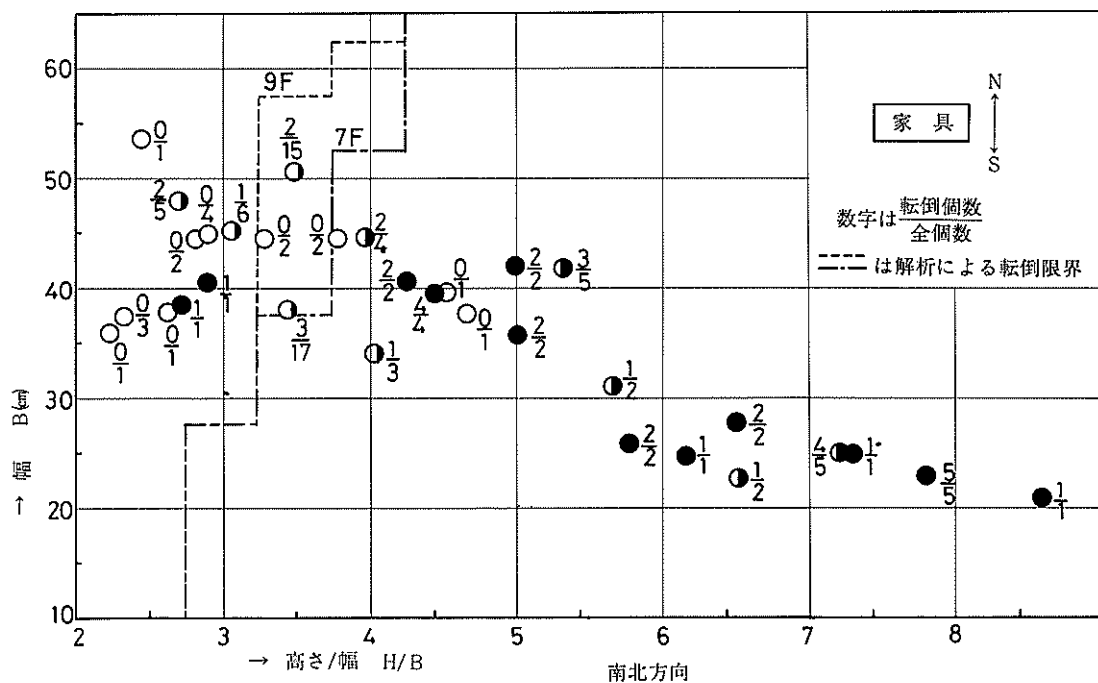
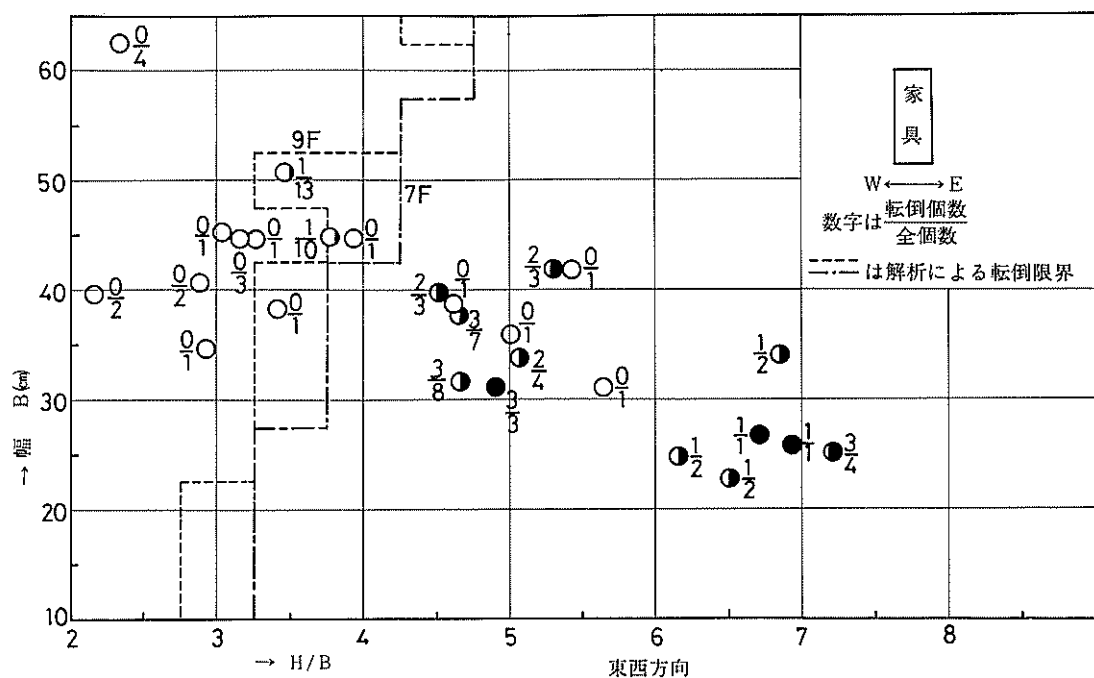
図Ⅳ－５－１ 東北大学工学部建設系建物9階の家具転倒状況



(数字は家具寸法)

机
椅子
本棚

図IV-5-2 東北大学建設系建物における家具の転倒状況



(●は転倒○は部分的転倒, ○は非転倒)

7～9階における単体の家具（2段積みでない）について、家具の幅Bと高さH比 H/B と転倒の有無についてプロットした図IV-5-2をみると、転倒の限界がかなりはっきり出ている。建物

平面の短辺方向の場合には H/B が3.5程度、長辺方向では4.5程度が限界値と考えられる。

家具をロッキングとすべりを考慮した2自由度の剛体でモデル化し、9階の加速度記録を外乱としたシミュレーション解析を行った結果は、調査結果とかなり一致しており、転倒の限界もほぼ合っている(図IV-5-2の中の点線と鎖線)。なお、すべりを無視して解析すると、転倒限界は H/B が1~2となり、調査結果と著しく異なることがわかった。

このような調査結果や解析結果をみると、よくみられる形状、寸法の本棚、本箱類の多くは地震の際に転倒を免れないと考えなければならない。

これを防止するには、壁などに緊結するのが一番手っとり早い。その際は、少なくとも1Gぐらいの水平加速度を想定する必要がある。

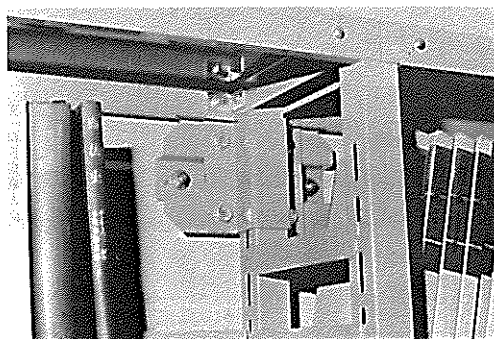
1978年2月20日の宮城県沖の地震の際、本棚が転倒した苦い経験から、壁に緊結する対策を講じた結果、今回の地震では好結果をおさめた例がいくつかある。

写真IV-5-2は、東北大学法文系建物において、2月の地震のあとで、隣室の本棚と壁を隔てて背中合わせに金具で緊結するなどの対策を講じ、今回の地震で成功した例である。

ちょっとした配慮で、被害の防止、軽減ができるはずである。不断の配慮がなかなかゆきとどき難しい問題だけに、常々注意を喚起する必要があるだろう。

(3) 転倒に伴う火災および障害

化学実験室の火災がいくつか起きている。東北大学理学部化学棟で2箇所、東北薬科大学で1



写真IV-5-2 本棚の固定
(東北大学法文系建物)



写真IV-5-3 化学実験室の火災
(東北大学理学部)



写真IV-5-4 実験室での転倒落下

箇所炎上火災が発生している。その他東北工業大学、一関工業高等専門学校の化学実験室でもボヤが生じている。写真IV-5-3は東北大学理学部化学棟の火災である。また、写真IV-5-4は実験室内のポンベの転倒と実験器具の落下の例である。

薬品の落下、ポンベの転倒、実験装置の転倒などは、いずれも大きな災害につながりかねない被害であり、これらを防ぐために不断の配慮と備えが必要と考えられる。

写真IV-5-5は、東北大学理学部化学棟において地震後に実施されているポンベの転倒対策の一例である。

また、電子計算機室におけるコンピューター機器の著しい転倒被害が1件起こっている。

写真IV-5-6にみるように、福島県庁(鉄骨造地上12階、地下2階)の11階にある電子計算機室のコンピューター機器が多数移動、転倒した。この種の被害は、我が国では今回が初めてである。現在では、電子計算機は情報処理や作業管理のために各所で不可欠のものとなっており、その機能の停止や喪失は由々しい問題を引き起こすだろう。

地震時における電子計算機の機能保持や機器の安全性に関し、十分な配慮が必要である。

とくに、高層建物内では、床の揺れが上階にいくほど激しく、地動よりかなり増幅される場合があることを考慮のうえ、慎重な対策を考える必要があるだろう。



写真IV-5-5 ポンベの固定
(東北大学理学部化学科)



写真IV-5-6 転倒した福島県庁のコンピューター
(河北新報提供)

6 ブロック塀・石塀の被害

(1) 被害概況

今回の地震による宮城県下の死者を原因別に示すと、表Ⅳ－６－１のようになる。ブロック塀、石塀によるものは計14人となり、全数の過半に達している。そのほとんどが老人と幼児であったことも考えさせられる。

表Ⅳ－６－１ 死亡事故原因

原因	死者
ブロック塀	9人
石塀	5
門柱	2
家屋	6
墓石	1
土砂	1
ショック死	3
計	27

表Ⅳ－６－２ 塀の種類と被害率
(仙台市, 泉市, 多賀城市)

種類	調査件数%	被害件数%	倒壊件数%
コンクリートブロック	3,654(50.0)	457(12.5)	167(4.6)
金属	1,508(20.6)	11(0.7)	1(0.1)
木竹	686(9.4)	20(2.9)	2(0.3)
生垣	637(8.7)	2(0.3)	0(0)
石塀	578(7.9)	165(28.5)	104(18.0)
R C, 組立R Cその他	246(3.4)	32(13.0)	5(2.0)
計	7,309(100.0)	687(9.4)	279(3.8)

(東北工業大学 建築学科 四戸英男)

塀の種類別構成比と被害率を、仙台、泉、多賀城の3市について調査した結果を表Ⅳ－６－２に示す。3市それぞれについて、適宜地区を抽出し、道路に面している塀だけを調査したものである。

種類別構成比をみると、ブロック塀が圧倒的に多く50%に達している。石塀はそれほど多くなく約8%にとどまっている。

次に、被害率と倒壊率についてみると、ブロック塀は、何らかの被害があったものすなわち被害率が約13%、倒壊または大傾斜したものすなわち倒壊率が約5%に達している。石塀の被害率は、きわめて高く約29%、倒壊率が実に18%に達している。これに対して、金属、木竹塀、生けがきの被害率はきわめて低い。

ブロック塀や石塀の被害分布は、一様ではなく、地区によってかなり差がみられる。仙台市の場合、南部および南東部の湿地帯と北部および北東部の丘陵地の宅造地とに集中している。

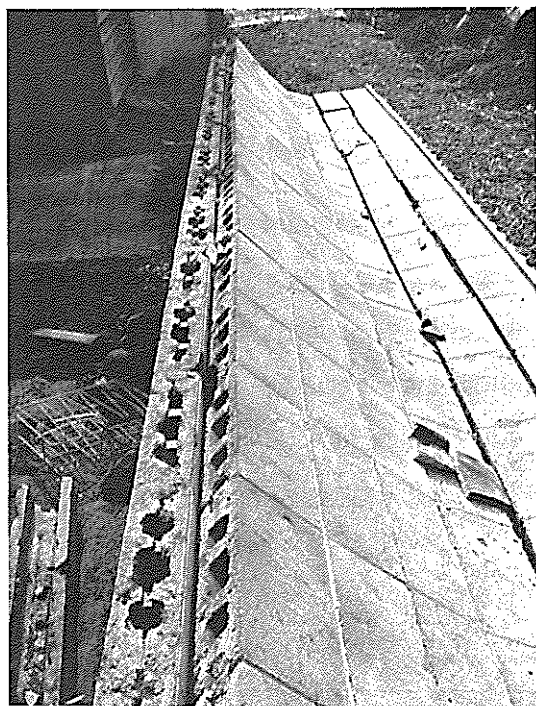
被害率の最も高い地区は、名取川と広瀬川との合流点付近で、地盤がとくに軟弱な、日辺、今泉、飯田、沖野地区での被害率は30～40%以上になっている。これらの地区は、木造家屋の被害率の最も高かった地区と符合している。

被害率の次に高い地区は、上述した地区に隣接する地区と高松、黒松など丘陵の宅造地で、被害率は20～30％になっている。丘陵の宅造地でも鶴ヶ谷、自由ヶ丘地区での被害率は10～20％である。

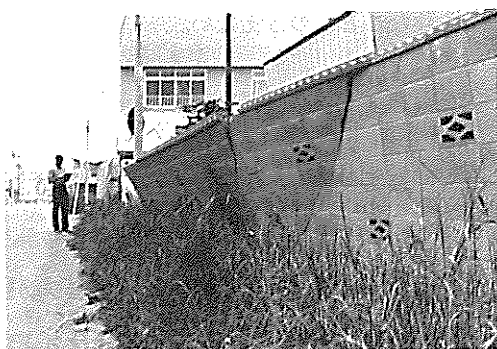
広瀬川河段丘上にあり、地盤のよい旧市街地の被害率はきわめて低く、ほとんど被害のみられなかった地区もかなりある。

(2) 被 害 例

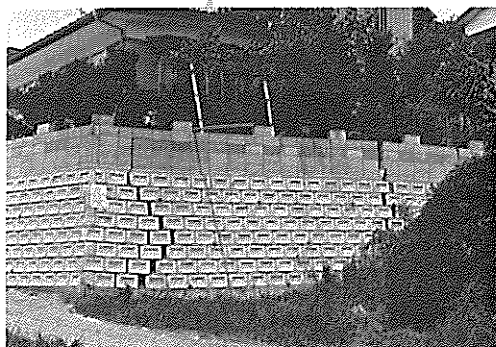
ブロック塀の倒壊例、傾斜例をそれぞれ写真Ⅳ－6－1、Ⅳ－6－2に示す。



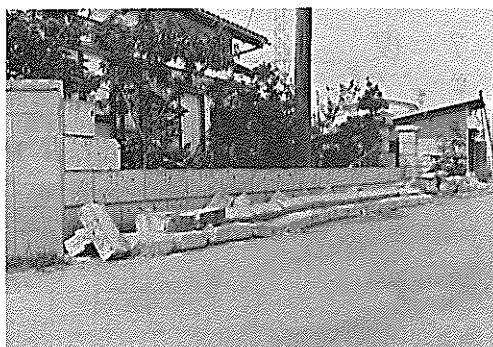
写真Ⅳ－6－1 ブロック塀の倒壊(仙台市)



写真Ⅳ－6－2 ブロック塀の傾斜(仙台市)
(四戸英男提供)



写真Ⅳ－6－3 よう壁上のブロック塀(仙台市)
(四戸英男提供)



写真Ⅳ－6－4 石塀の倒壊(仙台市)
(四戸英男提供)

倒壊あるいは傾斜したものは、基礎の形状と寸法、塀の高さとブロックの厚さとの関係、鉄筋補強の仕方など地震に対する配慮不足のものばかりである。

庭側に倒れるならまだしも、全部が道路側に倒れているので始末が悪い。狭い路地では、逃げるにも逃げられない。控壁は庭側の転倒に対して抵抗するが、道路側の転倒に対しては無抵抗に近い。

写真Ⅳ－６－３は、よう壁上のブロックの被害例である。このような例は、丘陵の宅造地でかなり見られる。よう壁に変動が起きては、いたしかたない。この例は、幸いにも塀は倒壊していないが、倒壊しそれが落下するようなことになったら一大事である。

石塀の倒壊例を写真Ⅳ－６－４に示す。徐々にはではなく、瞬時にこのような破壊が生ずるのである。危険なことこのうえない。

(3) む す び

ブロック塀の倒壊による死者が出たのは、昭和37年の宮城県北部地震が最初である。その時以来、ブロック塀の危険性について警告してきたが、その甲斐がなかった。

大型振動台による耐震実験まで行い、鉄筋補強を十分にし、入念に施工しなければ、耐震安全性は得られないことを示してきた。粗悪なものは、瞬時に倒壊する。数が多いだけに心配であるといってきた。警告の努力不足を反省している。

防災・減災には、一般市民への災害に関する知識の普及が肝要といわれている。今度のブロック塀、石塀の被害を見て、その感を一層深くしている。

心配されていた看板、広告塔の被害は、看板の落下1件を聞いているだけである。

7 復 旧

(1) 復旧の基本方針

崩壊に至ったものがかなりみられたが、今度の地震による建物の被害は、全般的に見ると軽微であったといえる。

顕著な構造的被害が多数見られた仙台市内の卸商団地でも、鉄筋コンクリート造建物(全数193棟)の被害率は、大破(取り壊しまたは大規模補修を要する)以上と考えられるものが約5%, 中・小破合わせて約20%, 残りの約75%は無被害で済んでいる。

東京大学の青山博之教授らが行った仙台市内の鉄筋コンクリート造の小中学校、高等学校、各種学校の被害調査結果(全数106棟)によると、大破以上と考えられるものが約2%, 中・小破が約13

%, 残りの約85%が無被害となっている。

全般的にみると被害は軽微であったといえるが、地震1年後でも、まだ、補修工事中のビルや修理に手つかずの住家が各所にみられる。地震の爪跡はなかなか消えないものである。

構造的被害の著しかった建物の中から、仙台市立図南高等学校、県立泉高等学校、仙台市長町公営住宅の3件を選び、処置の概要を示す。

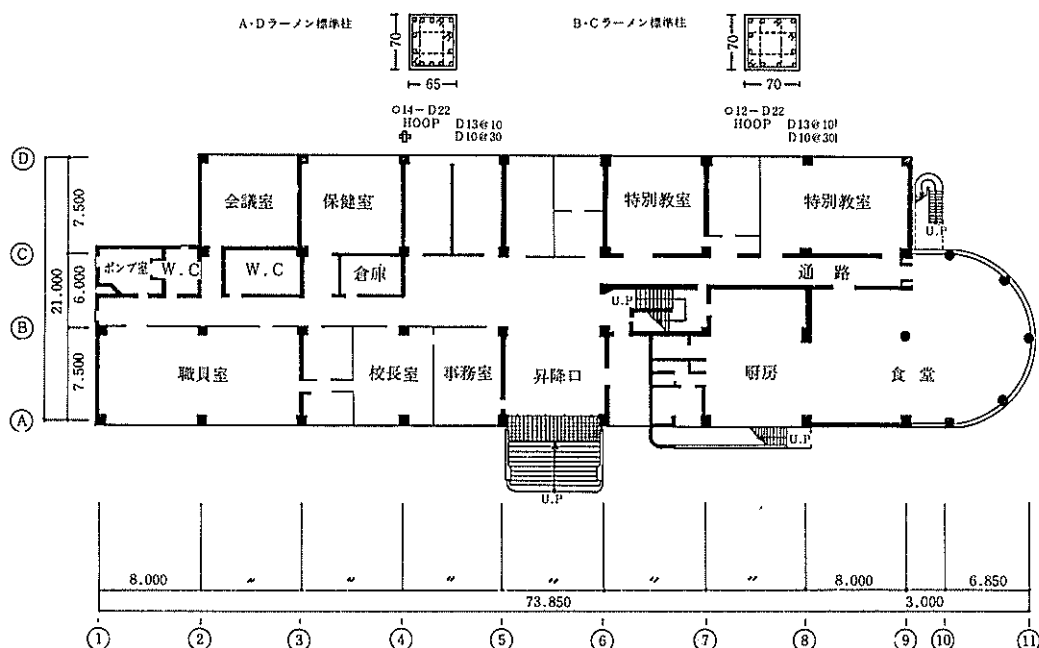
復旧か新築かその方針を決める場合、これに伴う諸条件が建物によって異なるので、その都度判断し、決定せざるを得ない。復旧するなら、今回程度の強さの地震に対しても、軽微な被害で済むように補強する。つまり、補修にとどまらず補強することを復旧の目標とし、目標達成が可能か否かを方針決定の基本条件とした。

(2) 仙台市立図南高等学校

鉄筋コンクリート造3階建、延面積4,400㎡の校舎である。写真IV-2-5に示したように、1階柱の大半がせん断破壊し、鉛直荷重に対する支持力さえ心配される状態だったので、新築の方針をとり、新築に当たっては、在来型校舎の構造形式を避け、建物平面の長辺方向にも十分壁をもつ構造とすることとした。昭和54年2月着工、同年11月竣工した。

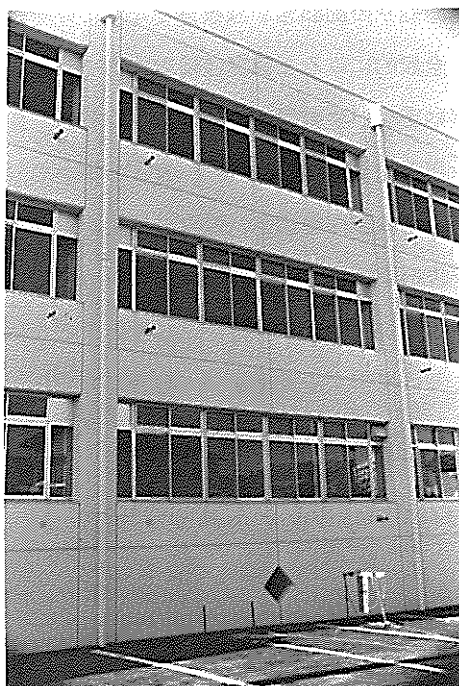
新校舎の設計については、1階の壁量を30cm²/m²（延べ面積当たり）以上とすることとした。

図IV-7-1 1階平面概要図



1階平面の概略を図IV-7-1に示す。1階の壁量は、建物平面の短辺長辺両方向とも $30\text{cm}^2/\text{m}^2$ を大きく上回っている。外観を写真IV-7-1に示す。建物平面の長辺方向の外側ラーメンは、腰壁が付いているが、柱は細く、可とう部とせいの比はすべて3.0で、いわゆる短柱は1本も作っていない。主筋の量も検討し、曲げ降伏がせん断降伏より先行するように配慮してある。最近、既存建物の耐震診断によく用いられる日本特殊建築安全センターの耐震診断規準に照らしてみても、完全に合格である。

敷地条件、その他の制約に厳しいものがあり、新しい形の平面を創り出すまでには至らなかったが建物平面の長辺方向にも壁を十分とった平面にし得たことは、評価されてよいと考える。



写真IV-7-1 新校舎東立面

(3) 宮城県立泉高等学校

鉄筋コンクリート造3階建の校舎、A、B、Cの3棟からなっている。3棟ともに廊下側外ラーメンの1階柱の多くが、写真IV-2-6に示したようにせん断破壊している。

これらの柱が支持している軸力は小さいし、教室と廊下の間にあるラーメンの柱はすべて無被害、教室側外ラーメンの1階柱は破損したものがあっても、せん断ひび割れ程度で済んでいるものが多いので、3棟ともに復旧の方針をとることとした。復旧にあたっては、廊下側外ラーメンの柱を補修するとともに、同ラーメンに壁を分散配置し補強するほか、被害のみられた教室側外ラーメンの柱を補修するのが適切と判断された。

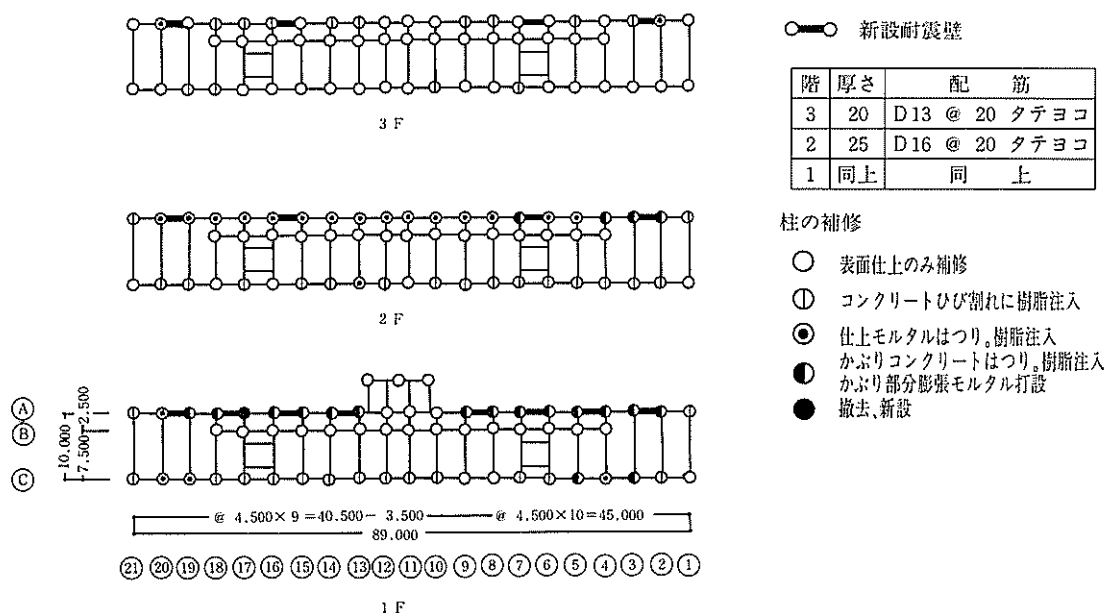
その結果、3棟ともに復旧することに決まり、昭和54年秋に着工、翌年春竣工となった。復旧後の外観を写真IV-7-2に示す。また、A棟の復旧工事の概要を図IV-7-2に示す。B、C両棟の工事は、これと大体同じである。

廊下側外ラーメンに壁を分散配置したので、建物平面の長辺方向の耐震力は、被災前に比して大



写真IV-7-2 A棟復旧工事後北立面

図IV-7-2 A棟の復旧概要



幅に上昇している。A, B, C各棟について、建物平面の長辺方向の終局耐力を層せん断力係数で示すと、表IV-7-1のようになる。廊下側外ラーメンにのみ壁を配置したので、建物平面の短辺方向の偏心は増すことになったが、教室と教室の間には壁があり、建物のねじれ剛性がもともと大きいので、ねじれの影響は、被災前に比してさして増大していない。

壁を取り付けた柱の軸力、とくに地震時の値が、被災前より増大することになったが、地盤がよ
く、支持力に心配がなかったので基礎は手を加えないこととした。

壁を新設したが、廊下が暗くなったとの声はない。

(4) 仙台市長町公営住宅

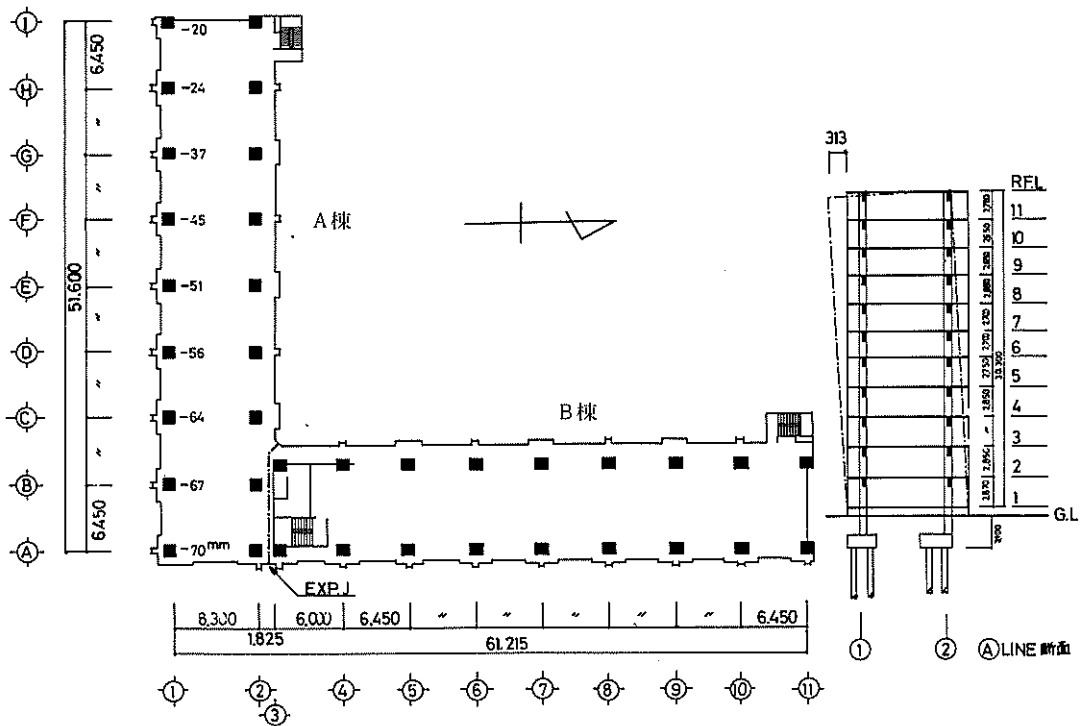
鉄骨鉄筋コンクリート造11階建のアパートである。平面の概略を図IV-7-3に示す。A、B両棟からなり、両棟の間には、エキスパンション・ジョイントが設けられている。地業は杭打ちで、杭は既製コンクリート杭（ACパイプ600φ、杭長約10m）である。敷地内で行われたボーリングの土質柱状図を図IV-7-4に示す。

表IV-7-1 復旧後の保有層せん断力係数

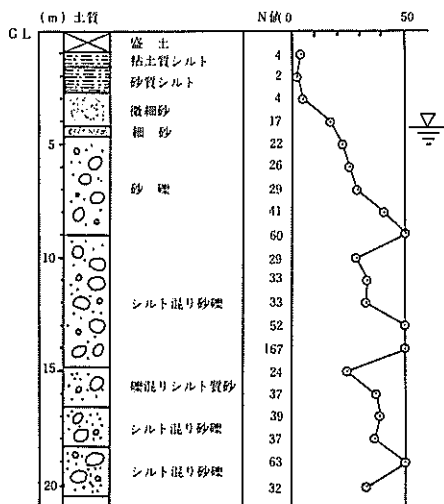
棟 階	A	B	C
3	1.07 (0.68)	1.13 (0.68)	1.15 (0.68)
2	0.69 (0.44)	0.69 (0.42)	0.73 (0.43)
1	0.60 (0.45)	0.63 (0.44)	0.64 (0.43)

() : 補修前	コンクリート圧縮強度	180kg/cm ²
	主筋降伏点	3.0 t/cm ²

図IV-7-3 平面概要図



図IV-7-4 土質柱状図



写真IV-7-3 杭の圧壊

躯体工事が完了し、仕上げ工事にかかったところで今度の地震にあい、南面しているA棟が南側に大きく傾斜するに至った。南側柱の1階床位置における沈下量の測定値は、図IV-7-3に示したとおりである。沈下量は、東側が大きく、東端で70mmに達し、そこでの傾斜角は約1/100になっている。

A棟の基礎，南側2箇所，北側1箇所を外側から掘り，外側の杭を露出させ，その杭を観察したところ，南側の基礎は2箇所とも，外側の杭2本（外側内側各2本，計4本打）がひどく圧壊していた。その模様を写真IV-7-3に示す。北側の基礎は杭にさしたる異状は認められなかった。

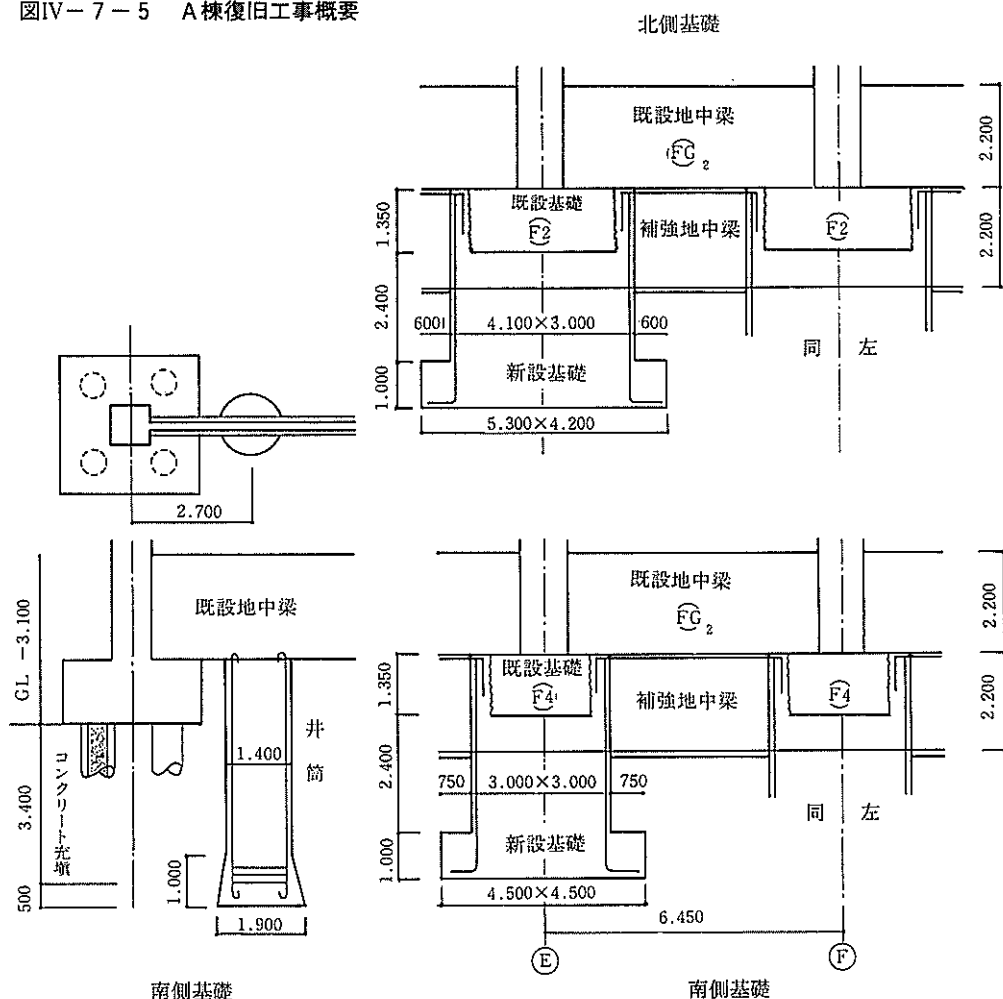
圧壊のみられた杭はそのまま放置できないと考えたので，杭の中空部を水洗いした後，膨張コンクリートで充填した。鉛直荷重に対する支持力だけでも回復させておきたかったからである。

この調査によって，A棟の傾斜は杭の圧壊によることが明確になった。また，南側の杭はすべてが破壊しているものと判断された。

その後，B棟の基礎1箇所について同じような調査を行ったところ，杭にたて方向の細いひび割れがみられる程度で，格別な異状は認められなかった。

上部構造は，A，B両棟ともに，各階の戸境壁にせん断小ひび割れ，廊下と室を境する非構造壁

図IV-7-5 A棟復旧工事概要



にせん断ひび割れがみられる程度の被害で済んでいる。

上述したような調査結果を基礎にして、対策の検討を重ねた。A棟の復旧は可能と判断されたし、その要望も強かったので、復旧の方針をとることとした。また、B棟については、全杭について調査を行い、破損が認められた場合は、実情に応じて補修、補強を行うこととした。

その結果、昭和54年12月、A、B両棟の復旧工事に着工、昭和55年3月に竣工となった。

A棟の復旧工事の考え方、進め方の概要を次に示し、その概略を図IV-7-5に示す。

南側の基礎に打ってある杭は、すべてが大なり小なり破壊していると考えられたので、地業の補修、補強を行うには、工事中建物を支持する方策を講ずる必要がある。

幸いにも、約G.L-6.5m以深に層厚約8mの礫層（N値=30～50以上）があったので、これに建物を支持させることにした。この方針をもとに計画した工事の概要は、次のとおりである。

- ① 南側の基礎（杭4本打）の外側を掘り、外側の杭2本の上部を露出させ、杭の中空部を水洗い後、膨張コンクリートで充填し、鉛直荷重に対する支持力を回復させる
- ② 各戸境壁の下に、礫層を支持層とする径140cm（底面径190cm）の鉄筋コンクリート造のピアーを設け、杭2本分以上の支持力を確保する
- ③ 残った内側の杭2本の上部を露出させ、上記①と同じ処置を行い、支持力を回復させる
- ④ 南側の基礎下を礫層まで掘り、底面4.5㎡の基礎を設ける。ただし、既存の基礎と新設基礎の間1.0mはコンクリートを打設しないしておく。新設基礎は、これだけで鉛直荷重、地震時荷重（今の地震程度の強さを想定）を十分支持し得るものとする
- ⑤ 新設基礎のコンクリート未打設部分で、杭を切断し、上下の切断部に鋼製の沓をはかせ、その間に鋼製楔を打ち込む。この作業は杭1本ごとに行う
- ⑥ 南側の基礎全部について、上記⑤までの作業を進め、これが完了したら既存の基礎と新設基礎の間にオイルジャッキを配置し、ジャッキアップを行う。ジャッキアップは数段階に分けて行い、その都度杭の切断部に設けた沓の間に、鋼製のライナーを入れる
- ⑦ ジャッキアップが完了したらオイルジャッキを撤去し、新設基礎のコンクリート未打設部分と新設地中ばり（既存地中ばりのせい拡大）のコンクリートを打設する。地中ばりのせいを拡大することにしたのは、基礎が深くなり地中ばりの地震時応力が増大したためである
- ⑧ 北側の基礎（杭5本打）について、南側と同様に礫層を支持層とする基礎（底面4.2×5.3、単位m）に直す工事と地中ばりを増強する工事を行う

上記の工事段階⑥における新設基礎周りの模様を写真IV-7-4に示す。

ジャッキアップ時における本建物の総重量は約9,800t、ジャッキアップ荷時はその約半分であ

る。

昭和54年7月26日午前9時頃からジャッキアップを開始、午後7時頃に無事終了することができた。

使用したオイルジャッキは容量100tの手動式で、その数は内柱に各10台、東西両外柱に各8台、総計86台である。各柱の沈下量が異なるので、それに見合うように各柱をジャッキアップしなければならぬ点が苦心を要するところであった。ジ

ャッキアップ完了後の各柱のレベルは、 $\pm 5\text{mm}$ 以下におさまっている。また、上部構造のコンクリートには、ジャッキアップによるひび割れはほとんど生じていない。

新設基礎のコンクリート未打設部分と地中ばり増強部分のコンクリート打設は8月中旬に完了している。続いて、北側基礎の新設工事（前記の工事段階⑧）にかかった。

A棟の復旧工事と並行して、B棟の杭についての調査と補修を行った。全数の1/3位の杭に水平あるいは垂直方向の小ひび割れが認められた。ひび割れのとくに心配されるものは、鋼板を巻いて補強した。

本建物の被災が居住開始前であったことは、不幸中の幸であったと思う。そうでなかったら、深刻な社会問題も起きたであろう。また、このような徹底した補修、補強の計画と実施もできなかったのではないかと考えられる。

(5) む す び

鉄筋コンクリート造の補修、補強は、十勝沖地震当時と比べたら、問題にならぬほど楽になり、可能性も広がった。諸材料の開発があり、工法の研究が進んだおかげと考えている。しかしながら、樹脂など使用材料の耐久性に関する資料が少ない。これに関する調査、研究の進展を期待したい。

杭が破壊した場合の補修補強工事は大変で、上部構造の場合とは比較にならない。

仙台市長町公営住宅の場合、約G.L-6.5m以深に礫層があったから、何とかやり遂げられた。それにしても、工事は大変であった。一つの基礎、一本の杭ごとに、手作業を繰返していく以外はなく、実に根気のいる工事であった。それなりの対策はしたつもりであるが、工事途中の強い地震の到来は心配であった。このような被害は、今後あってはならないと思う。

一つの法律、一つの学会規準によって設計されているのかかわらず、建物の耐震性能にはかな



写真IV-7-4 新設基礎周り

りのバラつきがある。なかには、法律の規定している設計震度0.2をあまり上回っていないものもあるように思われる。

公共建物や重要建物は、有事の際でも、機能を保持させなければならない。この種の既存建物に対する耐震診断とこれに基づく処置は急務といえよう。

8 ま と め

大規模地震の発生が問題になっていた時でもあり、この地震に寄せられた関心は大変なものであった。建築関係に限ってみても、建設系の大学、関係の諸官公庁、公社、建設会社、設計事務所などの調査団が、全国各地から来仙した。海外からの調査団も十指に近い。

これらの調査団が持ち帰った調査の成果が、それぞれの分野で結実し、今後の防災、減災に生かされることを期待してやまない。

この地震からくみ取られた教訓は、これまでその都度ふれてきたつもりである。

ここでは、次の点を強調しておきたい。

まず、震害と地盤の問題である。今度の地震は、震害と地盤の関連性がきわめて明瞭に現われている。これまでにない好例と考えられるので、この問題に関する調査研究を徹底的に行うべきである。それにつけても、強震観測ネットワークの一層の整備が望まれる。仙台市東部の沖積地盤地域に強震計が1台でもあったら、多くの貴重な情報が得られたはずである。

次に、都市の震害予測に関する問題である。都市の震害対策の策定には、震害予測が不可欠との考えから、これに関する研究が各方面で進められている。このような研究をみて誰しも思うことは、研究成果の検証が欲しいということであろう。今度の地震は、これを行うのにまたとない機会と考えられるので、この問題に関する調査研究を徹底的に行うべきであると考ええる。

最後に強調しておきたいのは、杭の耐震に関する問題である。今度の地震では、杭が圧壊し建物が傾斜した例が出ている。これまであまりみられなかった被害である。自然が示してく新たな警告と受けとめるべきであろう。杭の耐震設計法は、上部構造に比べると一段遅れているといわざるを得ない。これを機会に、この問題に関する調査研究を強力に推進する必要がある。

今度の地震を体験した人々に、今後の施策として何を要望するかを問うと、まっ先に出てくるのは、地震予知である。予知に対する期待がきわめて強いことを感じる。予知さえできればと思い込んでいるのではないかとさえ思える。不思議にも地震を受ける側の建物、諸施設の耐震に関する要望はなかなか出てこない。

都市の耐震耐火に関する総合施策は、予知体制の整備と並行して推進される必要があり、社会の

要請もここにあると考えるべきであろう。このような点からも、今回宮城県民が払った貴重な犠牲が、今後生かされることを期待してやまない。

参 考 文 献

- 1) 宮城県：'78宮城県沖地震災害の概況－応急措置と復興対策－（1979.12）
- 2) 文部省科学研究費，自然災害特別研究，研究代表者佐武正雄：1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究（1979.3）
- 3) 建設省建築研究所：「1978年宮城県沖地震」の被害調査報告書，建築研究報告，No86（1979.2）
- 4) 日経アーキテクチュア：「都市直撃型地震」の爪跡を見る（1978.7.24）
- 5) 日経アーキテクチュア：「RC造の5％に大破の懸念，まず安心な壁率マップCゾーン内」（1979.3.5）
- 6) 長谷川，斎藤，湯沢，吉野，石川，松本：1978年6月宮城県沖地震による建築設備被害に関する調査報告，日本建築学会東北支部研究発表会（1979.3）
- 7) 吉野，日経アーキテクチュア：「設備の用途，重要度考えて耐震設計にランク付け必要」（1979.7.9）
- 8) 空気調和・衛生工学：特集：地震－建築設備の問題点とその対策，空気調和・衛生工学53巻9号（1979.9）
- 9) 空気調和・衛生工学：1978年宮城県沖地震設備被害調査報告速報，空気調和，衛生工学52巻9号（1978.9）
- 10) 栗原不二夫：1978年宮城県沖地震の被害の実態，建築設備と配管工事，16巻12号（1978.12）
- 11) 木内俊明，日経アーキテクチュア：「設備被害にもまざまざ やるべきこと軽視のむくい」（1978.9.4）
- 12) 今野知則：建築設備の耐震対策，建築設備と配管工事，14巻6号（1976.6）
- 13) 日本建築学会東北支部：'78宮城県沖地震災害の実態－住民等の対応および被害の実態調査報告－（1979.6）
- 14) 志賀敏男，柴田明徳，渋谷純一：地震と家具の転倒，第16回自然災害科学総合シンポジウム講演文集（1979.9）
- 15) 池上雄作：速報・化学実験室の地震，化学と工業，第31巻7号（1978.7）
- 16) 池上雄作：化学実験室の地震対策，化学と工業，第31巻12号（1978.12）
- 17) 四戸英男，田代侃：宮城県沖地震による塀の被害の統計的調査報告，日本建築学会東北支部研

究報告集, 第32号 (1978.11), 第33号 (1979.3)

- 18) 志賀敏男他: コンクリートブロック塀の耐震強度その1～その6, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第2巻～第7 (1964.2～1966.2)
- 19) 山内博之: コンクリートブロック塀とその補強, 地震工学ニュースNo.48 (1979.8)
- 20) 日本建築士会連合会, 日本特殊建築安全センター: ブロック塀, 石塀の正しい施工方法と補強方法 (1978.8)
- 21) 志賀敏男: 地震と学校建築, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第34 (1979.11)
- 22) 同上: 地震と杭
- 23) 今井弘他: 地震被害を受けた宮城県泉高等学校の補修・補強方法とその裏付け, コンクリート工学, Vol. 17, No.10 (1979.10)
- 24) 日本建築学会: 1978年宮城県沖地震災害調査報告 (1980.2)

V 公共土木施設および関連構造物

ここでは宮城県沖地震による公共土木施設および関連構造物の被害や復旧についてまとめたものである。まず1では、公共土木施設とその関連構造物の被害と復旧の概要について述べる。

構造物被害は広く宮城県全体に分布しているが、とくに地盤の軟弱な沖積地に多い。建物の場合と同様に、被害と地盤との関連が注目され、また一部には地盤の液状化もみられた。これら地盤に関することは2に述べる。コンクリート構造物、とくに新幹線高架橋など最新の施設が被害を受けたことが注目された。このことは3において考察する。ガス、水道などの埋設管は従来構造物としてはあまり重視されていなかったものであるが、現在では都市生活を支える重要な施設の一つとなっている。こういう観点から、埋設管の震害とその対策は、今回の地震を機会に、初めて本格的な検討がなされようとしている。このことは4で述べる。タンクの被害も今回の地震で注目されたもので、この種の構造物の防災対策のため、多くの関心を集めている。これについては5で説明する。

1 公共土木施設とその関連構造物の被害と復旧の概要

公共土木施設とその関連構造物の被害は県内全域に及んでいるが、なかでも被害が集中したのは、仙台周辺の丘陵地帯、沖積平野部と仙北低地帯の沖積平野部である。（被害の総括については、表Ⅰ－2－1を参照）

被災した施設は、道路、橋梁、河川、海岸、砂防、港湾、都市施設などに及びその被害形態も多種多様である。県内における主な公共土木施設の被災箇所は図Ⅱ－1－1のとおりである。

以下、主だった公共土木施設および関連構造物の被害と復旧の概要について述べる。

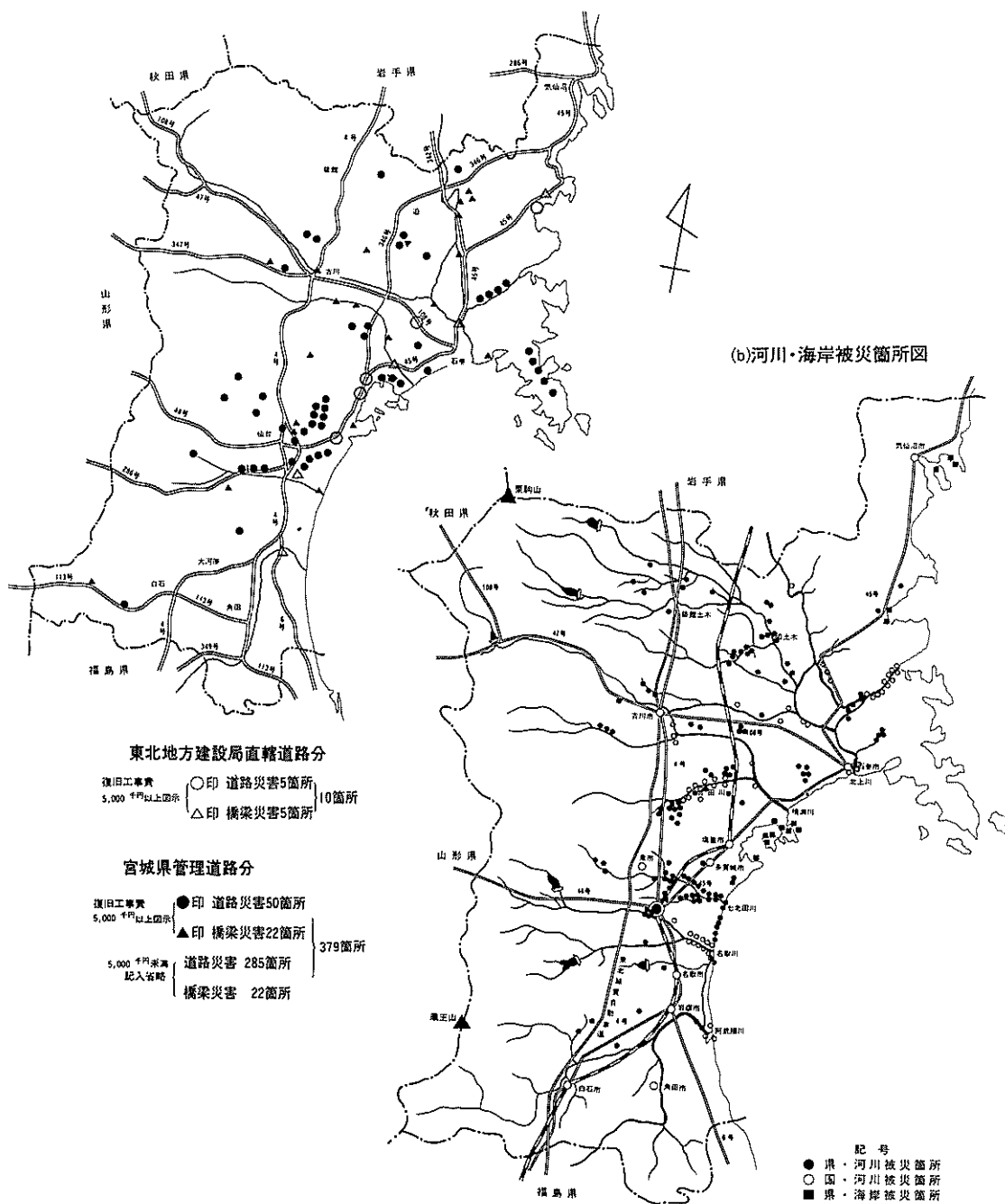
(1) 道 路

① 被害の概要

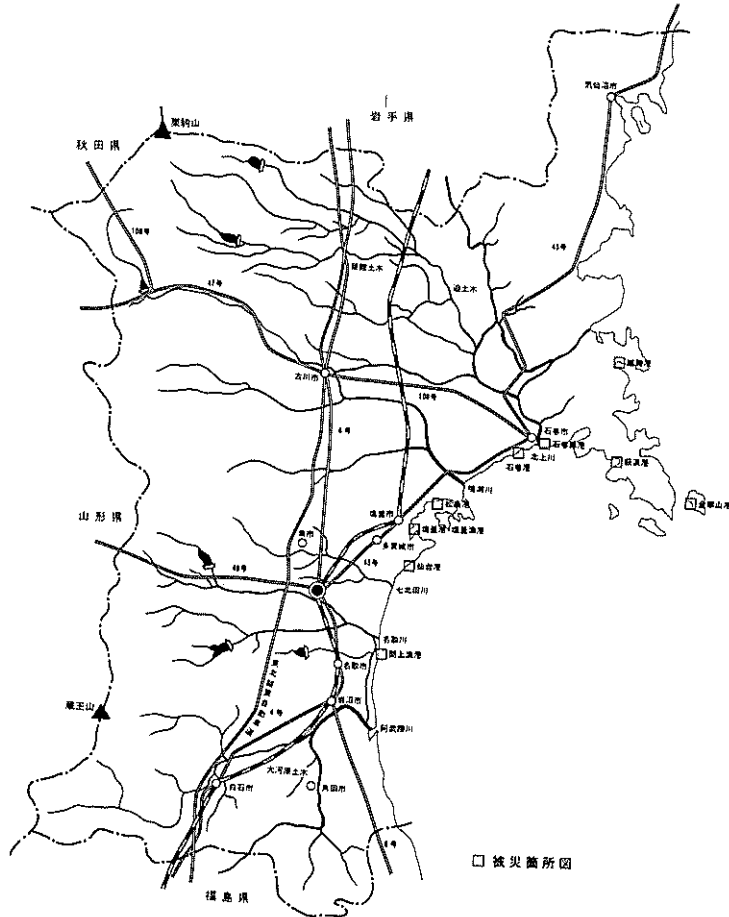
県内で被害を受けたのは、国の管理する国道4号（東京～青森）、6号（東京～仙台）、45号（仙台～青森）、108号（石巻～本荘）の4路線であり、一方、県の管理する国道113号（新潟～相馬）、342号（横手～津山）、346号（仙台～気仙沼）、347号（古川～尾花沢）、349号（水戸～柴田）の6路線および主要地方道24路線（仙台・松島ほか）と一般県道49路線で、被害は軟弱地盤上に盛土された路面および法面の亀裂、沈下、崩壊などがあげられる。とくに多かったのは、構造物背面の沈下

図 V-1-1 県内の主な公共土木施設の被災箇所

(a)道路・橋梁の主なる被害箇所図(5,000千円以上) 公共土木・災害復旧事業分



(c)港湾漁港被災箇所図



による路面の段差と亀裂であった。

② 応急対策と復旧工法

i 応急対策

被災直後各道路管理者は管内の道路について緊急パトロールを行った。その結果、路面の段差、亀裂などの甚しい区間については、道路機能を維持するため、横断幕、看板などを配置して走行上の注意を喚起し、危険箇所については片側通行などの措置を講じた。また、被災箇所のうち、段差処理の応急対策としては、とりあえず常温合材によるギャップの埋め込みを行い、法面崩落などの箇所については路面上の土砂排除を緊急に行い、盛土法面については危険防止のバリケード、二次災害防止としてシート覆工などの手当てを行った。

ii 復旧工法

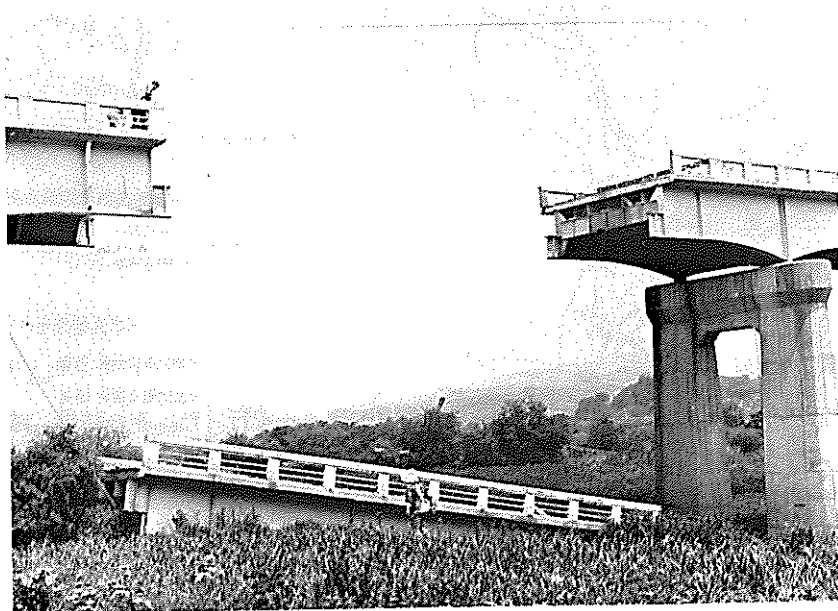
段差箇所については、維持修繕工事オーバーレイに準じた工法で縦断摺付けを行うものとし、摺付

け勾配の最大は0.5%程度を基準とすることにした。縦断亀裂が大きく路盤まで達している箇所は打ち換えるものとし、亀裂が表面程度のは亀裂部のアスファルト注入処理後に表面処理を行うことにした。また、陥没した箇所は路盤から打ち換えることとし、法面崩壊箇所のうち切土面では、崩落土と浮石除去を行い、盛土箇所では、すべりを起こした法面は厚さ1 m程度の置換を行った。

(2) 橋 梁

① 被害の概要

今回の地震によって被害を受けた橋梁は、国の管理するものでは、阿武隈橋(国道6号)、千代大橋(同4号)、天王橋(同45号)で橋脚損傷、小野橋(同45号)で橋桁移動などの被害が起きている。一方、県の管理する橋梁では、落橋した錦桜橋を始めとする県北の北上川に架かる登米大橋、米谷大橋などで橋台や橋桁接合部綾衝装置(沓)の亀裂、破損などの被害が起きている。被害は沓の損傷が最も多いが、支承部のウェーブ腹板に座屈を生じたもの(福島県伊達橋)、上横構に座屈を生じたもの(広瀬川水管橋)、対傾構に座屈を生じたもの(新江合橋)など従来あまりみられなかった上部構造の被害があった。



写真V-1-1 錦桜橋における橋桁の落下

なお、今回の地震による橋梁の被害は、落橋した錦桜橋や落橋寸前の被害を受けた木間塚橋などにみられるように、沓座幅が狭く、落橋防止の施設が施されていない昭和初期に建設されたゲルバー型式や単純桁のものに比較的多かった。

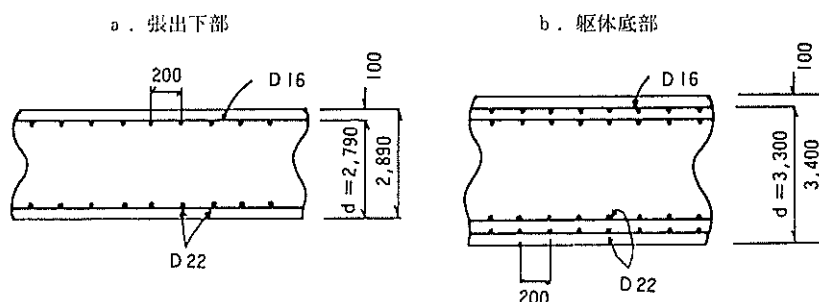
このほか国鉄の橋梁のうち、東北本線では、江合川橋梁、北川橋(小牛田～田尻間)、仙石線の鳴瀬川橋梁(野蒜～陸前小野間)などで橋脚変状、橋台沈下の被害を受けた。また工事中の東北新幹線施設では、名取川や七北田川の橋梁で躯体のクラック、ストッパーの油漏れ、P C桁端部の損傷などがあった。

② 主な橋梁の復旧工法

i 千代大橋

被災した橋脚コンクリートは、樹脂注入によって補修し、さらに外側に鉄筋コンクリート巻立補強を行った。地盤が礫層であるため、橋脚フーチングおよび井筒基は躯体に比べてその断面力は高く、地震動の影響が少ないものと判断し、橋脚の堅壁部のみを補強するものとした。また、躯体の損傷が全部の橋脚に認められたことから、巻立補強を行った。そして橋脚に作用する地震時水平力を推定値の最大値 $H=170\text{ t}$ とした補強断面の一例を図V-1-2に示す。

図V-1-2 補強断面の一例



ii 錦桜橋

トラス区間は橋脚沓座縁端距離の確保、支承の新規交換などの補修を主体としたものとし、ゲルバー鉋桁区間は現位置架け替えとし、上部工は2径間連続トラス2連、下部工は鋼管杭基礎工法を採用した。また、橋脚については在来躯体を利用し、基礎の補強にはペント杭工法を採用した。

なお、本橋は上流に架け替え工事中であり、昭和56年度中に完成する予定である。

iii 米谷大橋

下部工には被害は認められず、上部工はトラス上弦材が一部破断し、レーシング取付部の塗装の剝離、垂直部材のねじれ変形が生じた。上弦材ウェーブの破断面は部材軸に直交し、断面の絞りが無い形で生じていた。本橋は静定構造となっているため、一本の一次部材の破断により原理的には落橋に至るべきものであるが、破断を起こさない一方の主構および対傾構の協力作用により、上弦

材の破断にもかかわらず落橋を免れたものと思われる。しかし、固定沓の破損も加わり、きわめて大きな振幅の振動が生じ、一部部材は材料の降伏点を越えるような大きな繰り返し応力を受け、残留横変位や残留曲げ変形および塑性局部座屈が生じたものと思われる。復旧工法は、左右岸の碇着トラスを新設し、中央部の吊トラスについては変状がなかったのでそのまま使用した。

iv 登米大橋

下部工は、右岸側第1橋脚の門型ラーメン躯体の柱の基部に大きな亀裂が入り、鉄筋が露出したため、鉄筋コンクリート巻立てで応急工事を施した。上部工は、鉄筋コンクリートT桁の腹面で全スパンにわたりクラックが発生した。

復旧工事は、現橋の下部工を使用し、上部工は死荷重の軽い連続鉄桁の形式で架け替え工法を採用した。

v 関上大橋

橋脚は地震時せん断力により亀裂が発生し、鉄筋もすでに降伏点を越えているとみられたので、亀裂箇所の復旧には樹脂モルタルを注入した。また偏心荷重および地震時水平力に対しては、補強鉄筋コンクリートで分担させる工法を採用した。支承については、固定沓、可動沓とも下沓およびアンカーボルトを交換した。ゴム製伸縮継手は全箇所新規交換とし、主桁端部の亀裂については、樹脂モルタルを注入した。

(3) 河 川

① 被害の概要

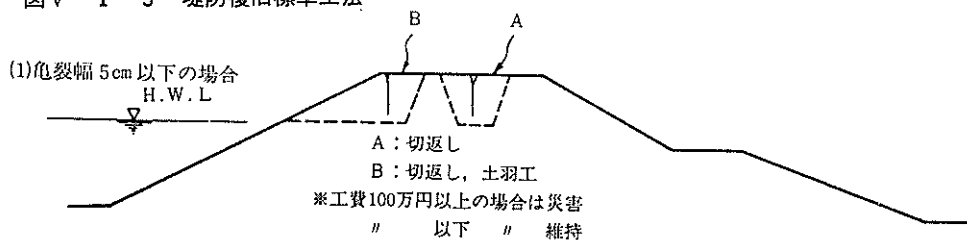
県内で被害を受けたのは、国の管理する北上川下流、阿武隈川下流、鳴瀬川、名取川の4水系22川であり、このうち県南の阿武隈川下流が比較的少なく、他の3水系はほぼ同程度であった。被災延長では県北の北上川下流、鳴瀬川がともに10kmを超えている。

これらの地域はもともと河川の堆積作用により形成された沖積平野で、この上に築造された堤防の被害が主体であった。そのほか堤体の縦亀裂、沈下、法面のはらみなどの現象もみられた。被災延長は約30kmで、被災率は堤防総延長の約7%に及んでいる。

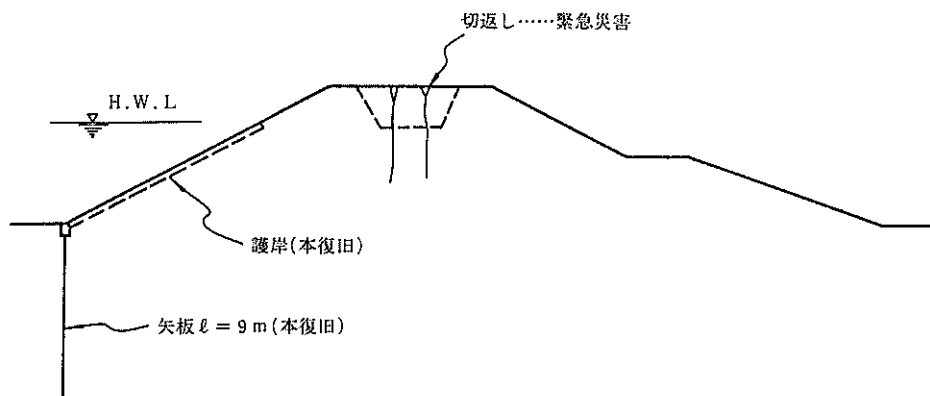
そのうち、北上川下流左岸の橋浦堤防、吉田川右岸の山崎堤防、名取川右岸の四郎丸堤防、同左岸の日辺堤防などで、堤防天端の陥没やすべり破壊により数条の開口、縦亀裂の発生がみられた。また、名取川河口付近右岸（関上）では、特殊堤の傾斜による食い違い、施行継手の開口、裏盛土の陥没などの被害もみられた。

一方、県の管理する河川では、57河川で被害を受けており、被災延長は約22kmであった。被害は

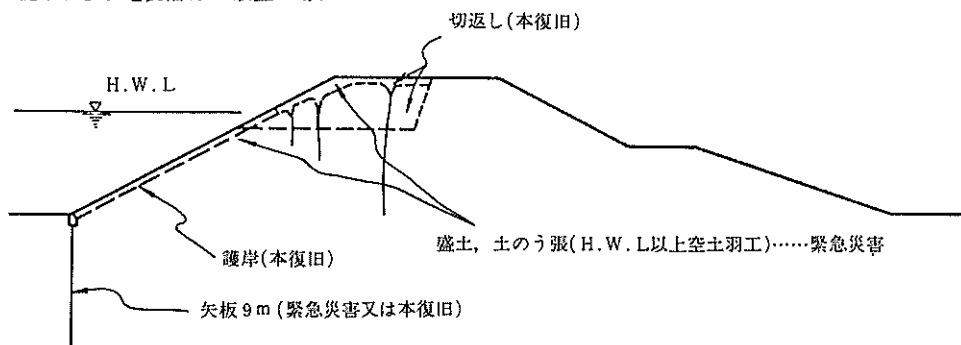
図 V-1-3 堤防復旧標準工法



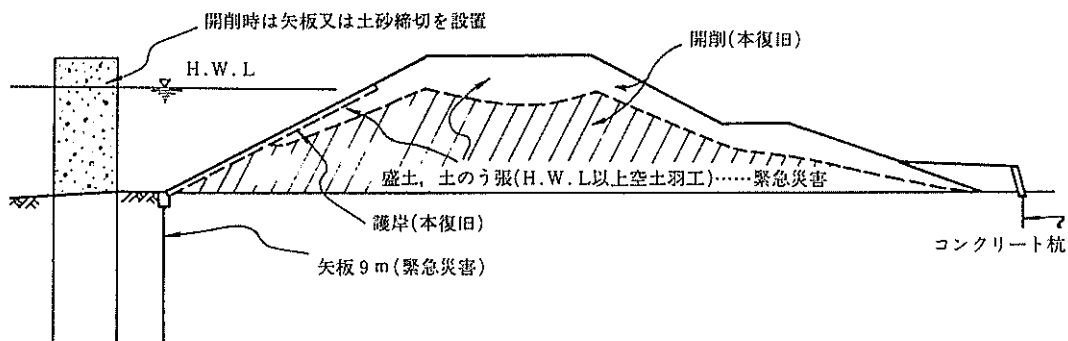
(2) 亀裂幅 5 ~ 15cm の場合



(3) 沈下および亀裂幅 15 cm 以上の場合



(4) 沈下の場合



仙台周辺よりも北部の沖積層の平野部に集中している。

一級河川では、39河川で被災延長約12kmの被害を受けており、なかでも、北上川水系の河川の被害が大きかった。二級河川では、18河川で被災延長約10kmの被害を受けたが、被害額では、一級河川より多かった。

② 応急対策と復旧工事

応急復旧のうち、亀裂の大きい被災箇所は仮応急工事として暫定的に亀裂を填充し、沈下の大きい箇所については在来高まで盛土を行った。填充に先立ち、亀裂に石灰水を注水し、本復旧時に深さを確認できるような処置をあわせて行った。また、亀裂が堤防全体に亀甲状に入っている箇所については、直ちに切り返し、盛土による本復旧に着手した。切り返した新規の川前法面には、出水による洗掘、法崩れを防ぐため土俵積を実施し、二次災害の防止を図った。

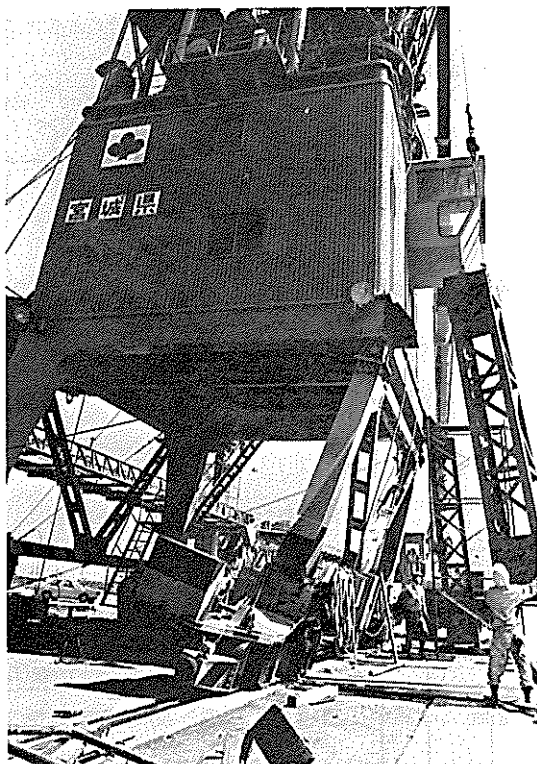
復旧工法については、建設省の指導や新潟地震の復旧例などを参考にして図V-1-3のような標準工法を定め、復旧工事を実施した。

(4) 港 湾

① 被害の概要

県内で被災した港湾は、塩釜港(塩釜港区・仙台港区)、石巻港の重要港湾および松島、荻浜、金華山港などである。被害はけい留施設(岸壁、さん橋物揚げ場)、外かく施設(防波堤、防潮堤、護岸)、臨港交通施設(道路、鉄道)および荷さばき施設(軌道走行式荷役機械、荷さばき地)などで発生した。

とくに、石巻港の被害が大きく、中島、日和、潮見の各埠頭の岸壁が海側に傾倒し、船舶の接岸、荷揚げが不可能となった。また、臨港道路に亀裂、陥没が発生し、日和埠頭に設置されているニューマチック・アンローダー(荷役機械)2基がレールから脱輪移動し、使用不能となった。さらに、臨海鉄道引込線



写真V-1-2 ニューマチック・アンローダーの脱輪・傾斜

ではレールが曲がり、貨物輸送に影響を及ぼす被害を受けた。

その他塩釜港や地方港湾でも、エプロンの陥没や亀裂、護岸の損壊および臨港道路の亀裂などの被害が発生した。

② 応急対策と復旧工事

i 設計震度

従来、県内の港湾施設の設計は「港湾構造物設計基準（運輸省港湾局昭和42年4月）」により、設計震度 k_h = 地域別震度 × 地盤種別係数 × 重要度係数の式に基づいていた。これにより、石巻港の k_h は約0.1 ($k_h = 0.1 \times 1.2 \times 1.0 = 0.12 \approx 0.1$) で、港湾施設は $k_h = 0.1$ で設計してきた。

今回被災した石巻港の各埠頭が建設された当時（昭和42年～46年）では、構造物の重要度係数の考え方は明確でなく、すなわち、「重要度係数は構造物の重要度に応じて定めるものとし、その範囲は0.5～1.5とする」となっていた。県ではその平均値をとり、1.0を採用して設計していたが、復旧にあたり、港湾施設は十分な耐震性をもつべきであるとの観点から、設計震度の見直しを行うことにした。

表V-1-1 岸壁、物揚げ場の重要度係数

岸壁及び物揚げ場の計画水深	重要度係数	備 考
～4.5m未満	0.5（C級）	
4.5m以上～7.5m未満	1.0（B級）	
7.5m以上～	1.2（A級）	
重要度の著しく高いもの	1.5（特定）	沈埋トンネル、緊急バース等

その結果、岸壁、物揚げ場の重要度係数を表V-1-1のように定めた。大型けい留施設（7m以上A級）の k_h は現行の0.10から0.15、小型けい留施設（7.5m以下B級）の k_h は0.10から0.10となり、これを復旧断面の設計計算に採用した。このような k_h の見直しにより、既設の岸壁の復旧については、鋼管矢板を使用することとした。

ii 控工の復旧工事

地震発生と同時に、岸壁の背後が砂層であるため、各地において液状化現象（噴砂）が生じた。液状化現象の原因となる砂層の深さは、N値によって異なるが、表面から10～25mの深さと推定されている。この地層間は、液状化現象を生じるとせん断抵抗が低下し、受働土圧の抵抗も極端に低下するため控版、直立式矢板に撓みを及ぼし、前面に移動する傾向が激しくなることが判明してい

る。

そのため、控工を液状化による影響が比較的少ない継杭とし、タイロットの反力を液状化しない深い地層に伝えるとともに、引き抜きおよび押し込み抵抗の作用により、タイロットの反力に耐えることができる工法とした。なお、液状化された砂層は、時間が経過することにより、液状化の状態からよりも多少は元に戻るが、そのままでは、必要なN値が得られない。コンポーザ工法などにより締め固めをすれば、N値を10～15程度にあげることができる。継杭の根入については、当初押し込みに作用する杭の根入はマイヤホフ式、引き抜きに作用する杭の根入はテルザーギー式で計算していたが、両方の式を満足する杭の根入にするべきとの見解に達し、復旧工法に採用した。

(5) む す び

① 応急処置について

- i 今回の地震のように、道路、河川などの公共土木施設が広範囲にわたって被害を受けたときは、関係機関の職員は、交通網の途絶、自宅被災などの悪条件のなかで、各機関に参集し応急復旧にあたらなければならない。たまたま今回の地震の発生時刻が午後5時過ぎであったことから、関係職員の動員には大きな支障はなかったが、災害発生時刻が真夜中などであったら、関係職員の動員などについて相当困難が伴ったことが予想される。また、被害箇所のパトロールなどについては、関係機関の事務職員も調査に参加し、被災箇所の写真のとり方などが不慣れのため被害状況把握に苦労した。その意味で今後は、災害時の初動体制、パトロール体制の確立を図るとともに、より具体的な災害点検要領の作成について検討すべきである。
- ii 今回の被災点検パトロールの結果に基づき、今後の地震災害に備えて、各種公共土木構造物の重要度、老朽度、基礎地盤の状態などの観点から、各種構造物の耐震性のランク付けを行い、点検順位、応急対策順位などを決定しておくことが望まれる。
- iii 今回の地震による橋梁の点検作業については、橋梁に管理点検設備がないため、初期の段階においては構造上重要な箇所の点検に見落としがあった。その意味で今後は、長大橋などの点検作業を容易にし、時間を短縮させるために、沓やピア上部付近に点検設備を設置しておくことが必要である。その他堤防、道路法面の被災箇所の点検作業、被災状況把握が迅速に行われるようにするため、平常時から堤防、道路法面の草刈を実施しておくことが望ましい。
- iv 交通混雑や通信網の混乱のなかでも、迅速にパトロールや応急処置がとられるよう、関係機関の車両は緊急車指定を受け、無線設備を常備するのが望ましい。無線も実際の災害時には、不通、混線などのトラブルが多いので、停電に対しては予備電源の容量アップ（無電設備用）をする必

要がある。また、連絡車搭載V・H・Fと携帯無線機との交信ができるよう、携帯無線機の性能アップと周波数の見直しも必要である。

- v 災害時の交通機能維持のため、災害箇所を設置する看板、標識、バリケードなどの常備とともに、交通混雑を緩和するため、的確かつ迅速な道路情報の収集と道路利用車への道路交通情報の伝達システムの検討が望まれる。
- vi 災害時の被害、道路網などの状況把握、連絡、調整、指示などの多岐広範にわたる対応は電話に頼るばかりではない。その意味で異常時における回線の優先確保の検討と、関係機関との連絡体制を確立、強化する必要がある。
- vii 被害調査の時間を短縮し、応急対策の迅速化を図るため、とくに橋梁などの被害調査については、専門的知識を有するコンサルタント、測量業者、民間建設会社を応急復旧組織体制のなかに位置づけること、また災害時の車両誘導などには警備保障会社の活用も考えられる。さらに他県との緊急相互応援体制についても、今回の地震を参考にして検討を加えておく必要がある。

② 本復旧について

- i 災害箇所の本復旧工事に際して、たとえば古い橋梁などでは、当時の設計図面、計算書、基礎構造（地盤性状）などの不備のため、いちいちボーリングなどによる再調査を行なったところもあり、被災原因の究明や復旧工法を検討するうえで隘路となった。今後の課題として、これら図面のマイクロフィルムなどによる保存を含めた改善工夫が必要である。また本復旧工事の迅速かつ的確な工法選定のための手引きとして、被災復旧工事事例集などの資料の整備も必要である。
- ii 災害時の技術者の応援体制については、激甚な災害が発生した場合、地方公共団体相互の応援について、災害対策基本法にも定められている。また、民間の全国府県建設技術センター等連絡協議会において、「公共土木施設等災害復旧事業相互応援に関する規則」を設けて、災害復旧事業の受託施行について会員府県相互の応援体制を確立している。しかし、大規模な災害が発生した場合は、市民生活維持に関する各種の応急措置、たとえば道路交通確保のための、う回路標識設定や段差、亀裂箇所のアスファルト填充などの作業が一時的に増大し、人員の確保がむずかしくなる。このような短期日で対応が必要な時の人員確保という面からみると、現制度は必ずしも現実に即したものといえないようである。

その意味で今後は大規模災害発生時の応援体制を含め、被災の実状、地域などを配慮した応援体制について検討を加える必要がある。

2 構造物被害と地盤との関連

地震時における構造物の応答は、構造物自身の振動性状によって異なるが、地盤の振動性状によっても大きく影響される。地盤の振動特性は、地盤構造やそれを構成する土の動力学的性質によって複雑に変化するが、地震時にはその地盤の特有の振動が励起され強調されることが多い。一般に、地盤にはその地盤が最も揺れやすい固有振動数があり、この振動数をもつ地震波が伝播してくれば、地表面での振幅が非常に大きくなり、いわゆる共振現象を示す。簡単な例として、硬い地層の上に軟らかい地表層がある二層地盤モデルを考えると、この地盤の固有振動数は、地表層の厚さが大きいほど、またその弾性波速度すなわち地盤の剛性が小さいほど、小さくなる。また、地表層の剛性あるいは弾性波速度が小さいと増幅率が高くなり、下からくる地震波が大きく増幅されるので、構造物はより大きな力で揺すられることになる。このことから、軟弱な地盤上に構築された構造物は振動に対して不利になることが理解される。

1で述べた各種構造物の被害の分布をみても明らかなように、今回の地震の被害はごく大まかにいえば地盤の良いところでは少なく、地盤の悪いところで比較的多く発生したといえよう。

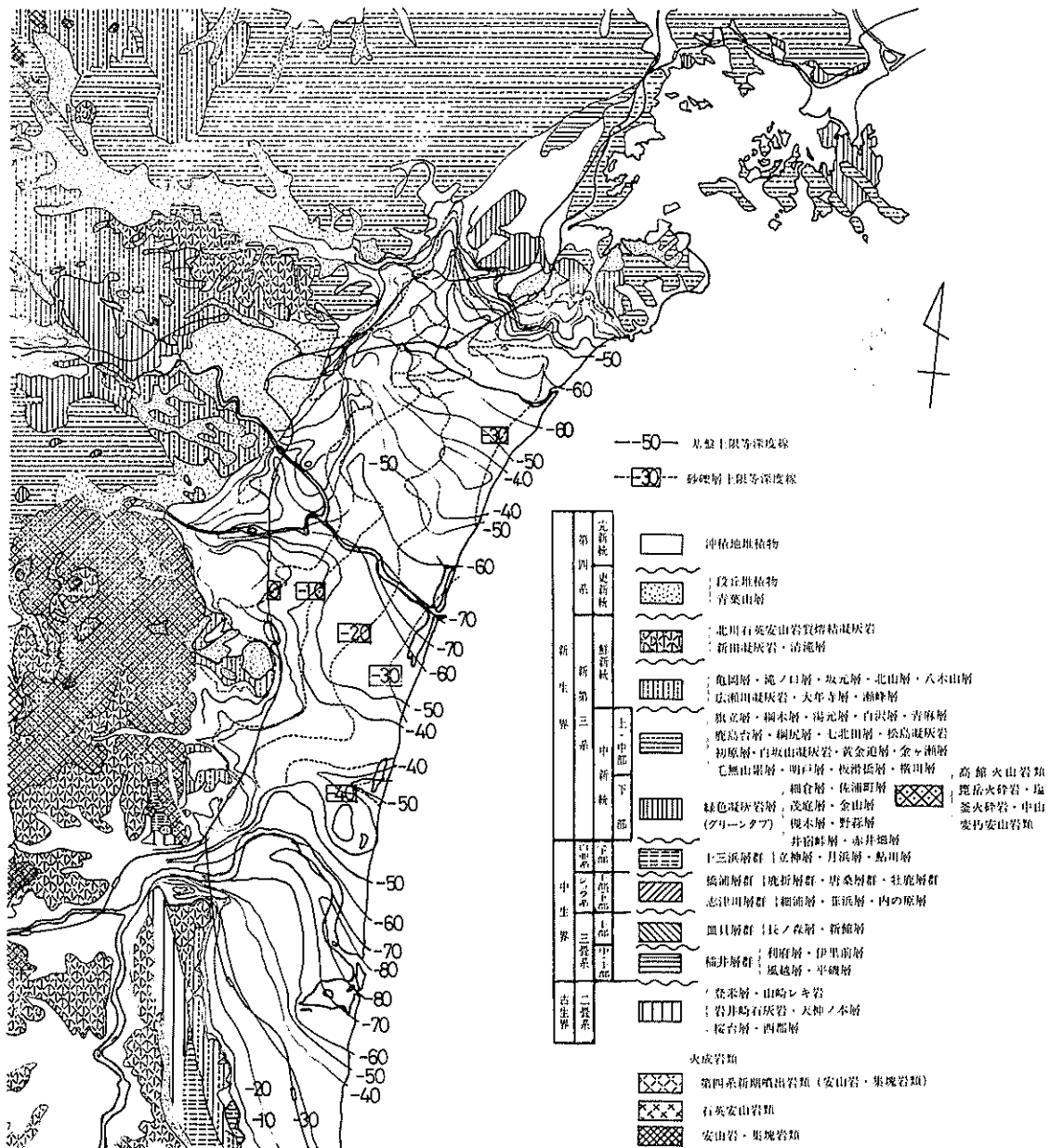
しかし、地盤が軟弱であるからといって、すべての構造物が被害を受けるわけではない。構造物やその基礎が適切に設計されていれば、軟弱地盤上においても被害はないか、あるいは発生してもきわめて軽微である場合が多い。換言すれば、被害を受けた構造物は耐震設計上なんらかの点で注意を怠ったところがあると考えられる。良好な地盤上に構築すると同様な方法で軟弱地盤の上に構造物を建設したとすれば、被害が発生する可能性はきわめて大きい。したがって、地盤条件の悪い箇所地震の被害を軽減するためには、軟弱な地盤を改良するなり、十分な基礎工事を行うなり、構造物の強度を高めるなどの適切な対策がとられなければならない。

しかし、実際には地盤の構造はきわめて複雑で地盤の地震時応答も箇所によって著しく異なる場合もあり、予想外に揺れの大きいところや逆に小さいところもある。仮りに揺れが大きくても、地盤が一様に動いていれば被害は軽微であるが、相対変位が大きくて地盤の動きが一様でない場合には被害はきわめて大きくなる。たとえば、山地と平野との境界付近では、山を形成する比較的硬い地層が比較的軟らかい地盤からなる平地の中に傾斜して埋没している場合が多いので、これらの土層の境界面で波の反射屈折があり、地盤に極端に大きな相対変位が生じることがある。このため山地から平地に移行する部分などでは構造物に被害が生じることが多い。その他、地盤条件の急変するところ、すなわち溺れ谷、旧河道、旧湖沼などの箇所では被害が発生することが多い。また、谷部分を埋め立て盛土した箇所、急斜面の近傍、断層などの付近では異常に大きな振動が発生する可

能性がある。

このように地盤構造が複雑な箇所でも、地表面に大きな相対変位が生じる場合がある。大地震に際して、しばしば田圃や地面がまるで海の波のようにうねって揺れるのが目撃されることがある。このような波は表面波と呼ばれるもので、地表面付近に大きな変位と応力を生ずるので、構造物にとって好ましくない影響を与えるものと考えられている。しかし、現在のところ、この表面

図 V-2-1 地質地盤図



波を設計上どのように考慮に入れるべきなのか明確にされていない。

図V-2-1は仙台付近の地盤地質を示したものである。仙台市内の旧市街は河岸段丘堆積物の上にあり、比較的良好な地盤条件にある。この地域では顕著な構造物被害が生じなかったことはすでに述べたとおりである。仙台市の東方には沖積平野が広がり、比較的軟弱な地盤が広く分布している。この沖積層は、標準貫入試験のN値が約20以下の砂、砂質ローム、粘土などの層からなり、図V-2-1の点線で示すように西から東に向かって層厚が大きくなっている。この沖積平野には各河川の後背湿地に起因するごく軟弱な粘土層や泥炭層が広く分布しており、これらのN値はほとんど10以下で、所によっては2以下の場合もある。このような軟弱地盤のところでは被害が多く発生している。

沖積層の下には洪積期の砂礫層がある。さらにその下には比較的硬い凝灰岩がある。この岩盤までの深さは、図V-2-1の実線で示す等深線から明らかなように、かなり複雑な形であるが、現河川の位置で深く、最深部で70～80mになる。

平野部の海浜に近いところや河川の近くの自然堤防のところには、N値の比較的低いゆるい砂層が分布している。このような砂地盤は一見良好な地盤のように見受けられるが、地下水位が高い場合には地震時に思わぬ被害を受けることがある。水で飽和したゆるい砂層が強い振動を受けると、土の間隙の中の水に圧力が生じ、この水圧が次第に蓄積されてやがて水と砂の混合した液体状態になることがある。このような現象を液状化現象（流動化現象ともいう）と呼んでいる。液状化現象が発生すると、地中の間隙水圧が高いために地表面に向かって流れが起こり、地中から泥水が噴き出るいわゆる噴砂、噴泥現象がみられる。また、間隙水圧が上がることによって、地盤のせん断抵抗が著しく低下し支持力がなくなるために、地盤の流動、構造物および基礎の不等沈下や変形、埋設管や木杭の浮上などの被害が発生する。

液状化現象は過去の大地震に際しても認められており、とくに、1964年の新潟地震の被害は液状化現象を最も強く印象づけたものである。新潟市の中心部のほとんどが、信濃川の堆積したゆるい砂層の上にあり、液状化現象に起因する被害が随所でみられた。とくに、川岸町にあった県営アパートが地盤の支持力が低下したために転倒した例はとくに有名である。建物自体は、転倒したものものなら破損していないのが特徴的であった。また昭和大桥が、杭基礎が変形し一部破損したために、落橋の被害を受けたことも液状化現象の影響によるといわれている。

今回の地震に際しても液状化現象が発生したと思われる箇所がいくつか認められた。このうち阿武隈川の河口に位置する亘理町荒浜の町民保養センターの被害は、液状化による被災の最も顕著なものの一つである。ここでは、マリンスプールが不等沈下によって変形し、プール底面に凹凸ができ

たり、プールサイドの石張りに変形、亀裂などの被害が発生した。また、運動場やテニスコートには大きな亀裂が多数発生し、多量の噴砂があったため、施設にかなりの沈下、破損などの被害が生じた。写真V-2-1はこの運動場の亀裂と噴砂の状態を示すものである。運動場脇のマンホール、浄化槽などは10数cm浮上して変形したほか、保養センターの建物にも亀裂などの被害が発生した。これらの被害はすべて液状化現象に起因するものと考えられる。

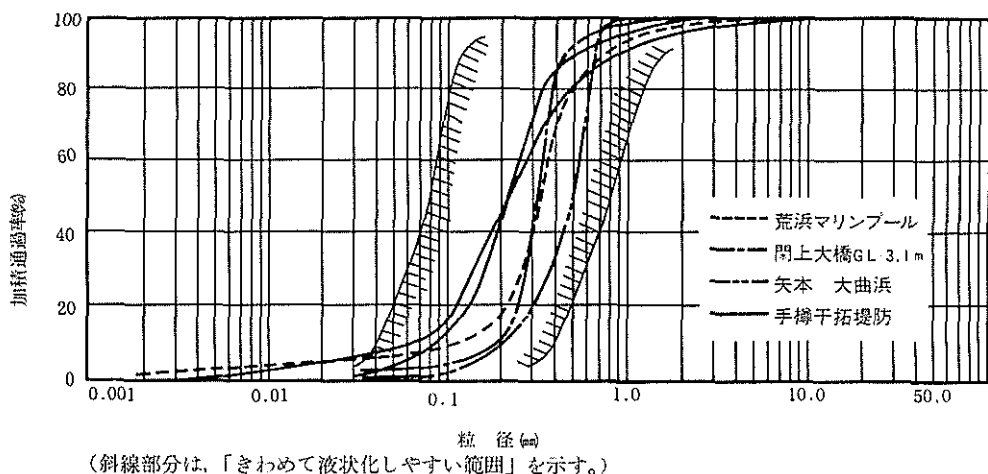


写真V-2-1 液状化にともなう噴砂
(亶理町荒浜町民保養センター)

このような砂地盤の液状化現象を実験室内で再現することは比較的容易である。箱にゆるく砂を詰め、静かに水をそそいで満たした状態で砂の上面に小さな重りをのせておく。この状態で箱に横方向から強い衝撃を与えると、重りが土中に埋没したり、砂中から水が湧き出るのが観察される。このように砂槽に振動や衝撃を加える方法のほか、振動三軸試験機を用いて砂の供試体の繰り返しせん断力を作用させることによっても、液状化の実験を行うことができる。振動三軸試験などの結果によれば、液状化は砂礫のような粒子の粗い土では起こりにくく、また、粘土のような細かい粒子の土でも起こらず、ある粒径範囲の砂で最も発生しやすいことが知られている。周辺からおさえる作用をする拘束圧力が小さいほど、また加えられる動的なせん断力が大きいほど、早い繰り返し回数で液状化が発生することが知られている。砂の間隙比が大きい（密度が小さいこと、すなわちゆるく詰められた状態）ほど、また粒径が揃っていて均等なほど液状化しやすい。ゆるい砂はせん断を受けると体積が減少するので液状化しやすい。しかし、密な砂はせん断によって体積が増加するので間隙水圧は上昇し難い。これらのことから、液状化現象は地下水位の高い、地表面近くのゆるい砂層で発生しやすく、密度の高い砂層や地中深い部分などでは発生する危険性は少ないことが理解される。液状化の危険性の判定には種々な方法があるが、一つの目安としては「10m以浅のN値が10以下」であるかどうかで判断できるともいわれている。

図V-2-2は、今回の地震に際して噴砂現象や液状化の被害が認められた箇所で採取した砂の粒径分布を示すものである。4箇所の試料ともかなり均等な砂で、図中に斜線部分で示した「きわめて液状化しやすい範囲」の内の砂であることが知られる。また、荒浜において砂を乱さない状態でサンプリングした結果によれば、砂の相対的な締め具合を示す指標である相対密度は20～40%であり、比較的ゆるい状態であることが知られた。この砂層は、ある種の計算によれば、150ガル以

図V-2-2 液状化した砂の粒径分布



下の加速度で液状化する可能性があるので、今回の地震で液状化が発生しても不思議ではない。

液状化はゆるい砂地盤に特有の現象である。現在では、予想される強さの地震に対して地盤が液状化するか否かを判定することは可能であるので、液状化による被害を防止することも可能である。一般的に行われている液状化対策は、地盤を液状化しないように改良するか、あるいは地盤が液状化しても構造物に影響しないように基礎を設計するなどの方法である。砂地盤の改良はサンドコンパクションあるいはバイプロフローテーションと呼ばれる締固め工法などによってゆるい砂地盤を締め固めることによって行われる。また、杭基礎などでは、液状化が予想される砂層については、なんら支持力や抵抗を期待しないで設計する方法などがある。このような対策が有効であることは過去の大地震に際していくつかの事例で実証されている。

地震の被害と降雨との関連についてもここでふれておかなければならない。今回の地震は梅雨時に発生したにもかかわらず、地震前後の降雨がきわめて少なかったために被害が最小限にとどまり、なおかつ復旧がきわめて容易に行われたことは不幸中の幸いといわざるを得ない。

1968年十勝沖地震に際しては、地震前の3日間に青森県内では合計200mmを超える降雨があったために、地震の被害の状況は今回の地震のものと著しく異なっていた。地震直前の強い降雨のために、地盤をはじめ盛土や斜面も飽和しており、自然斜面さえもかなりゆるめられていた。そこへ地震の衝撃が加わったために多くの土構造物がほとんど液状になって流出する被害が発生した。さらに、自然斜面の崩壊が青森県南東部で多数発生し、土砂流となって多くの家屋を襲い、多数の死傷者を出したことは、まだ記憶に新しい。また、いくつかの小規模のアースダムが決壊し、下流一帯の田

畑が冠水してかなりの被害を受けたほか、濁流にのまれて1人が死亡している。河川堤防も著しく被災したが、幸い破堤には至らなかった。このほか、道路盛土や鉄道盛土などが各所で崩壊流下し、交通の確保や復旧にかなりの日時を要する原因となった。

このように地震前に強い降雨があれば、盛土やアースダムなどの土構造物にはかなりの被害が発生することが予想される。今回の地震においても、かりに地震前に降雨があって地盤がゆるめられていれば、被害はさらに広がり、その程度も一層はなはだしいものになっていたと想像される。たとえば、北上川、吉田川などの河川堤防はかなりの延長にわたって沈下、亀裂、変形などの被害を受けている。かりにこの期間に多量の雨が降っていれば、その水分によって土がゆるめられるので、被害は一段と激しくなり、また、河川の水位が上昇するので、破堤して洪水になる危険性もある。鉄道、道路、造成宅地などの盛土で、今回の地震で亀裂程度の軽微な被害で済んだ所でも降雨量によっては崩壊したかもしれないし、その箇所数もさらに増加したかもしれない。緑ヶ丘地区についても、もし地震前に多量の降雨があれば、あるいは急傾斜地が崩壊したかもしれないし、また、地震後に豪雨でもあれば、大規模な地すべりなど二次災害が発生したかもしれない。今回の地震の被害がこの程度で済んだこと、および復旧工事がきわめて順調に行われたことは、全くの幸運と考えなくてはならない。

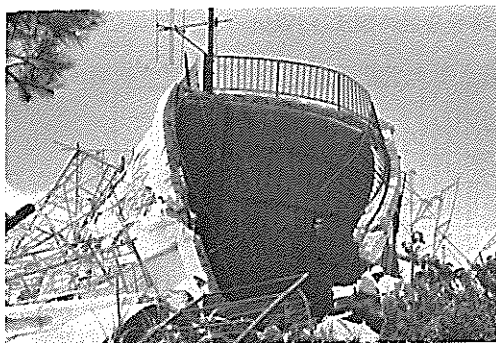
上述したように、地震による被害は地盤条件によってその形態や程度に差異があり、被災の原因も著しく異なる。被災した構造物の多くは、構造的な欠陥を有するものか地盤条件を無視して構築したものであり、設計・施工上のちょっとした配慮で被害を防止、あるいは軽減できたと考えられる。構造物の建設にあたって、地盤条件に合致した適切な設計・施工が行われれば、震害は十分防ぎ得るものであることをとくに強調したい。

3 コンクリート構造被害の考察

(1) 構造被害の特徴

① PC水槽

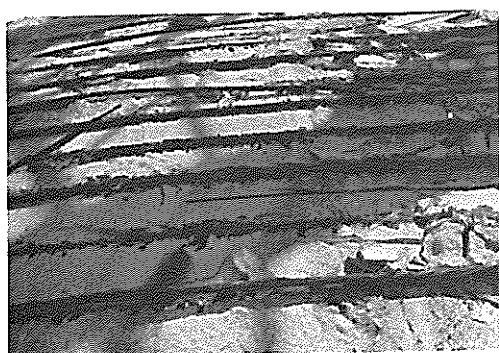
写真V-3-1は、今回の地震の際に生じたプレストレストコンクリート(PC)水槽の破壊状態を示している。この水槽は、ほぼ震源の方向へ向かって倒れた。鉛直PC鋼棒にはグラウトが施されていないように思われる(写真V-3-2)。また、側壁のPC鋼より線には、さびの発生(写真V-3-3)がみられる。また、かぶりコンクリート(厚さ0.5~5cm)の中性化の深さは4cm以下である(写真V-3-4)。この破壊状態の詳細な調査結果から、今後、設計施工上とくに注



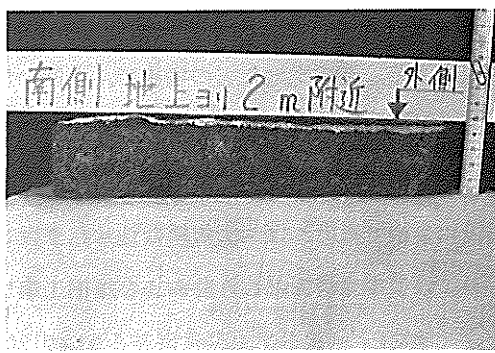
写真V-3-1 崩壊したPC水槽



写真V-3-2 鉛直PC鋼棒



写真V-3-3 PC鋼より線のさび



写真V-3-4 コンクリートの中性化

意すべきと思われる主な点を述べれば、次のとおりである。

- i PC水槽は小高い丘陵地に建設されることが多いが、そのような地点では、平地部に比べて地震時の地盤振動が大きい場合があり、十分な検討を行ったうえ、その影響を設計に考慮することが必要である。
- ii 水のスロッシングや動水圧の影響を十分に解析する満足な実用的方法が確立されていないので、研究者によって提案されている各種の方法で十分な検討を行い、その結果を設計に用いる場合には、設計上の安全の余裕を十分に大きくとることが必要である。
- iii PC水槽の温度応力は、まだ十分に解明されていない。この点については早急に調査、研究を進める必要があるが、現段階では、いくぶん安全側の余裕をとって設計することが望ましい。
- iv 側壁コンクリートの打ち上がり高は一時に1.8m程度とされている場合が多いようであるが、壁厚があまり薄いと、鉄筋、PC鋼材などの配置を適切に行うことが難しくなるほかに、コンクリートの十分な締め固めが行われにくくなるため、単位水量が大きく、スランプが大きいコンクリートを打ち込むことになりやすい。このような施工をすれば、いうまでもなく、コンク

リートの分離が起こり、強度が低下し乾燥収縮が大きくなるなど有害な影響を受けることになる。したがって、壁厚が小さくなり過ぎないこと(たとえば25cm以上)、コンクリートのスランブが大きくなり過ぎないこと(10cm程度以下)など設計・施工上の配慮が必要である。

- v コンクリートの単位セメント量は450～480 kg/m³ほどとされている例が多いようであるが、このようなセメントの使い過ぎは、資源の浪費となることはもちろん、硬化熱によるコンクリートのひび割れ(とくに側壁のコンクリートの打ち込みの第1層部分)を誘い、乾燥収縮が大きくなるなどの欠陥が現われ、良い点は何もない。コンクリート打ち込みの第1層部分は、材令1～2か月程度で、その他の部分でも材令数週間で、プレストレスングを行うので、一般のPC橋におけるような材令数日で200kg/cm²ほどの圧縮強度を発現させる必要はない。骨材の最大寸法をいくぶん大きく(たとえば25～40mm)選び、単位セメント量を360～400kg/m³として(もちろん、壁厚との関連を考えて)、コンクリートの配合を定めることが必要である。

- vi コンクリートの中性化は数十年を経たコンクリートでは20～30mmに達している例が少なくないので、鉄筋やPC鋼材のかぶりコンクリートをセメントガンなどの方法で施工することは適当でない。また、コンクリート表面を塗装することは、中性化を遅らせる点で有効であろう。

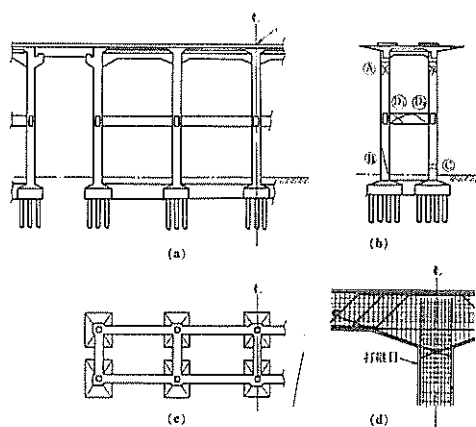
② ラーメン高架橋

写真V-3-5の構造物は、東北新幹線に多く用いられているラーメンタイプの高架橋である。この高架橋は、柱が高い場合は、この写真のようにそのほぼ中央に水平な横ばりが線路の方向と



写真V-3-5 ラーメン式高架橋の中層ばりにあらわれたせん断ひび割れ

図V-3-1 ラーメン式高架橋と地震によるひび割れ





写真V-3-6 柱上端のせん断ひび割れ



写真V-3-7 中層ばり（横ばり）のひび割れ

れに直角の方向とに設けられており、柱上下端付近の曲げモーメントを半減させる効果が期待されている。また、柱の地中部分、つまり柱の下端には、各柱をつなぐ大断面のはり（中層）が設けられている。図V-3-1はその構造を示している。(b)に示したように、柱上端の斜めのせん断ひび割れ①が生じ、柱下端にはいくぶん鉛直に近い斜めひび割れ②が現れたものもある。また、柱の高さの中央の横ばりには、斜めせん断ひび割れD₁、D₂が生じたものが多い。また、柱下端に曲げひび割れ③が生じたものもある。柱の上端付近の鉄筋配置の様子は、(d)に示したようになっている。コンクリートの打継目の位置は図中の矢印のとおりである。

写真V-3-6は、柱上端の破壊の様子を示している。この部分は、地震時に大きい曲げとせん断とを同時に受ける重要な部分であるが、図V-3-1に示したように、鉄筋を組立て配置する関係から、普通の場合、コンクリートの打継目を設けることを避けられない。そのため、この部分は構造上の弱点となりやすい。写真V-3-6の破損の例でも、その欠点の影響が現われている。このような構造は非常に多く現れており、この形式の高架橋ではある程度は避けることができないと思われる。柱の下端は、柱の上端と同じように地震による大きい曲げとせん断とを同時に受けるが、上端部分のようにひどい被害を受けないのは、周辺の土による支持状態のほか、軸圧縮力がいくぶん大きいことやコンクリートの施工の良さが関係しているのかもしれない。柱の高さの中央部を水平につなぐ横ばりは、もともと柱の曲げモーメントを低減させる目的で用いられる。横ばりに写真V-3-7のようなひび割れが生じたラーメン高架橋の柱の上下端には、たまたま曲げひび割れが現れてはいるが、あまり大きい被害が現れていない。横ばりのせん断ひび割れは非常に多くの高架橋に現れており、そのひび割れ幅も、大きいものは1mm程度にまで達している。かりに地震がもう少し大きかったとしたら、中間横ばりの剛性は急激に低下し、その結果、柱の上下端に働く曲げモーメントが急激に大きくなり、この部分に大きい被害が現れ、きわめて危険な状態になったのかもしれない。したがって、柱上下端の断面に破壊が生じたり、大きいひび割れが生じたりするより

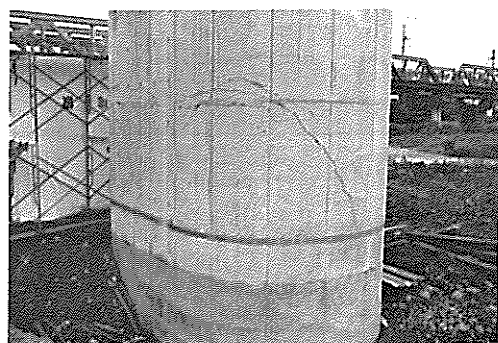
前に、中間横ばりが急激なせん断破壊を生ずることがないように、また十分な靱性をもつように設計することが必要であり、そのような設計基準を確立することが急務である。

地震後に発生したひび割れに樹脂を注入しても、その剛性は完全には回復しないと思われる。しかし、ひび割れに樹脂を注入した鉄筋コンクリート（RC）部材については、最初の地震荷重がそれほど高い水準にまで達していなければ、その耐力と靱性とは、少なくとも当初期待された程度の大きさを保有していると思われる。

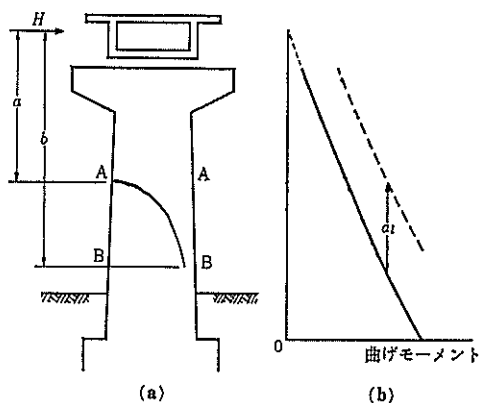
③ 橋脚など

橋脚には、曲げひび割れやせん断ひび割れが発生した。写真V-3-8の橋脚は、4径間連続桁と3径間連続桁との境の部分にある。この橋脚には、軸方向鉄筋の半分を cut off した断面から水

図V-3-2 曲げたモーメントのシフト



写真V-3-8 橋脚のせん断ひび割れ



写真V-3-9 連続桁



写真V-3-10 橋脚のひび割れ

平のひび割れが発生し、そのひび割れは斜め下向へ延び、反対側の表面近くまで達している（写真V-3-8）。軸方向鉄筋の半分は橋脚を下端固定の片持ばり（線材）と考えて求めた曲げモーメントに対し不要となった断面で、cut off されているが、実際には、せん断の影響で、この断面で連続している鉄筋は、図V-3-2(a)のように斜めひび割れの下端の断面の曲げモーメント $H \cdot b$ に相当する引張りを受けたものと思われる。そのため軸方向鉄筋の断面を設計するには、曲げモーメントを図V-3-2(b)のようにシフトさせ、いくぶん大きい曲げモーメントに対して鉄筋断面を定める必要がある。

写真V-3-9の橋梁は、中央スパン92メートルのPC連続桁で、各桁は、各スパンの中央で相互にヒンズで結合されている。この橋梁の橋脚にも、曲げせん断によるひび割れが発生した。写真V-3-10の橋脚は、写真V-3-9の連続桁の隣りのスパンの単純桁を支える橋脚で、曲げによるひび割れとせん断によるひび割れのほかに、ひび割れが亀甲状に発生した。



写真V-3-11 コンクリート打継目の被害

表V-3-1 建築物の柱と橋脚の比較

構造物	せん断 スパン	鉄筋比(%)		$\sigma_N = N/A_c$ (N/mm^2)
		引張鉄筋 P l	帯鉄筋 P w	
建築物	1～3	1～2	0.2～1.2	2～12
橋脚	> 3	< 1	< 0.1	1～2

大断面RC橋脚の構造上の特徴を普通の柱と比較して示すと、表V-3-1のとおりである。これからわかるように、橋脚では、軸方向圧縮荷重がその断面の大きさとコンクリートの圧縮強度とに対して比較的小さく、軸方向鉄筋比もかなり小さい。また、帯鉄筋比も小さいものが多い。橋脚の軸方向圧縮荷重は、鉛直方向の地震動によって、地震のあいだ中、多少の増減振動を呈していると思われる。地震による動的繰返し曲げせん断荷重に対してはもちろん、静的な繰返し曲げせん断荷重に対しても、コンクリート断面が大きく鉄筋比が小さいこの種のRC構造物が示す応答特性（ひび割れ、変形、破壊など）を研究、実験した報告は少なく、その性状については不明な点が多く、設計の根拠にできる基準、提案式などはまだ得られていない。それで、現段階では、静的な曲げせん断試験の結果提案されている設計方法を参考として、この種のRC橋脚の設計を行わざるを得ないのが実情であって、せん断耐力の算定値が大きくなるように軸方向圧縮荷重を設計計算で見積って取り扱うことは危険である。

写真V-3-11は、無筋コンクリートの橋脚で、そのコンクリート打継目の断面で、上の部分が下の部分に対して水平方向にずれた状態になった。コンクリートの打継目が平らで、上下部分が骨材または鉄筋によってかみ合っていないと思われるが、このほか、施工時にレイタンスの処理などが不十分であったのかもしれない。

(2) 構造形式に関する問題

① 概 説

構造物が耐震的であるかどうかは、用いる構造材料に関連して適切な構造形式を選定することに大きな関係を有している。構造形式が適切に選ばれていなければ、地震動にたいする影響をいかに厳密に求め、これにたいして構造計算をいかに綿密に行ったとしても、構造物の耐震性は、ほとんど改善されない。

構造形式の選定の際に、とくに考慮することが重要な点を列挙すれば、次のとおりである。

- i 地盤の沈下その他の影響をあまり受けない構造とする
- ii なるべく mass 中心と剛性中心とが一致するような構造とする
- iii なるべく軽い構造を採用する
- iv ねばりのある構造材料を用いる
- v 応急復旧のしやすい構造とする

② 地盤の沈下その他の影響を受けない構造

構造物はすべて地盤の上に建造されるが、地盤は、地震の際に大きい地震動を受ける。とくに、地盤が軟弱な場合、人工的に造成された地盤で、地質年代的な長期間にわたって自然に得られた安定が破られているような場合、地すべりが起こりやすい斜面の場合などには、種々の原因による地盤の沈下、移動が起こりやすく、構造物に異常な変形やひび割れが生じ、破壊に至る恐れがある。

地盤にこのような変状が生じた場合にも、構造物が致命的な損害をなるべく受けないようにするには、構造物の形式をなるべく単純な静定構造とするのが一つの方法であるが、特別な形式の構造を採用した例もある。図V-3-3はその一例で、この構造の特徴は、高架構造の柱下端がきわめて剛な水平のはりで結合されていることにある。地盤の不等沈下が起こった場合、そのために大きい応力は地中の水平ばりが受け、車両が直接載荷するはりでは不等沈下による応力は大きくならない。

③ mass 中心と剛性中心とが一致している構造

地震時に構造物に働く地震動による水平力の合力は、端的にいて、構造物の mass 中心に作用

図 V-3-3 弾性基礎杭に剛結されたラーメン

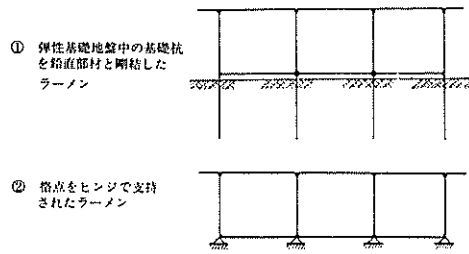


図 V-3-4 mass 中心と剛性中心

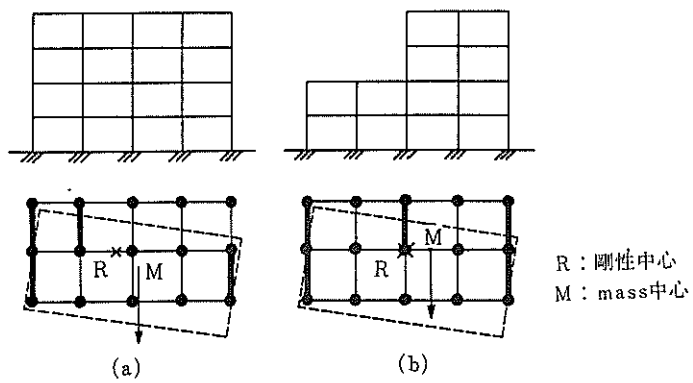
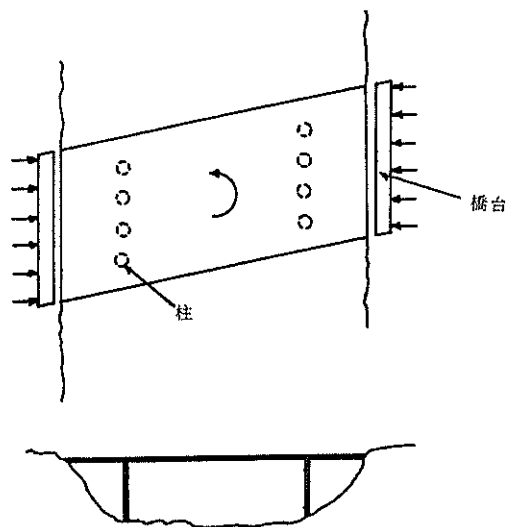


図 V-3-5 斜橋の橋台に働く土圧



する。一方、地震動に抵抗しようとする構造物の剛な部分（たとえば耐震壁）の配置が偏っており、剛性中心が mass 中心から大きくずれていると、構造物に大きいねじり振動が起こり、重大な破壊が生ずるおそれが大きくなる。

mass 中心と剛性中心とがなるべく一致するようにするには、構造物の形状・寸法、部材の形状・寸法がどの方向についてみても、なるべく対称形であるようにすることが大切である（図 V-3-4）。

また、橋桁を支える橋台が土圧を受ける場合は、できるだけ斜角となることを避けなければならない。斜角桁の橋台に働く土圧のために、桁が水平面内で回転する傾向があらわれ、そのために、図 V-3-5 のような構造の場合には、柱にねじりモーメントが働き、破壊の原因となる。

④ 軽い構造

構造物が受ける地震の大きさは、ごく概略的にいって、構造物の重量が大きいほど大きい。したがって、重量が大きい構造物は、それだけ大きい地震力に耐えるように、部材断面を設計しなければならない。軽い構造物の方が、それだけ楽に地震力を支持できるのは当然である。

⑤ ねばり

構造物の各部材は、できるだけねばり（靱性）が大きい構造とするのが安全である。とくに、橋脚、柱など地震時に大きい曲げとせん断とを受ける部分には、ねばりを大きくするための工夫をしておくことが大切である。ねばりを大きくするには、コンクリート部材の場合は、帯鉄筋を十分密に配置するのが有効である。

⑥ 応急復旧

地震によって構造物に被害があらわれた場合、なるべく速やかに応急復旧をして、構造物を一般の使用に供することが必要である。応急復旧のしやすい構造は、単純な構造である。単純桁、その他の静定構造は、その例である。

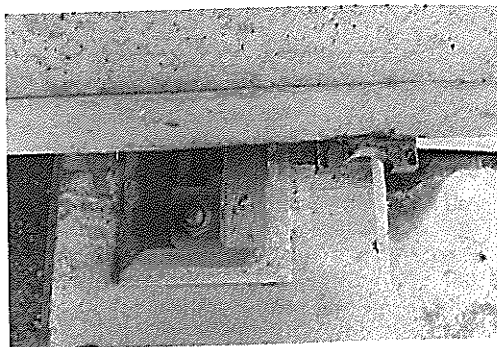
(3) 支承および支承付近の構造

今回の地震では、写真 V-3-12 のように、支承が破壊した例が多い。支承の破壊が生じている場合には、桁座やコンクリート桁が被害を受けていないものが多い。また逆に、桁座やコンクリート桁に大きいひび割れが生じている所では、支承が写真 V-3-12 のように大きく破壊した例は少ない。

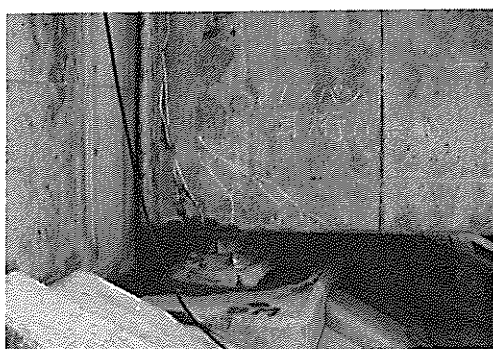
このような破壊を生じた支承は、もはや水平荷重を受けることはできないが、なお幾分か鉛直荷重を受けることが可能な状態になっているものが多い。



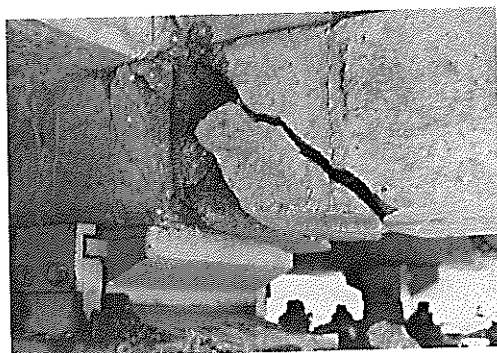
写真V-3-12 支承の破壊



写真V-3-13 支承の破壊による桁の移動



写真V-3-14 桁端のひび割れ



写真V-3-15 桁端の破壊



写真V-3-16 アンカーボルトの引きぬけ



写真V-3-17 桁底のひび割れ

支承が破壊した所では、写真V-3-13のように、桁が元の位置から大きく移動しているものが多い。この写真の例では、桁が逆方向にこれと同程度に移動したなら、桁は橋脚から落下していたかもしれない。

支承は、橋梁構造の弱点となりやすいもので、その設計はなかなか困難な問題である。この設計が困難な主な理由は、地震時に支承に働く荷重作用が、橋桁、橋脚、地盤、地震の規模・大きさなどの影響によって相違し、その評価が難しいこと、支承が占め得る空間（つまり支承の設計に利用

耐震的な支承構造を設計するには、次のような点を考慮することが必要である。

- これらの考慮によって、実際に多くの支承が設計され、実用されているが、その耐震性はまだ実際の地震によって確かめられていない。

このような桁の支承付近に働く荷重に対しては、予想される水平力 H_d を受けるに十分な引張主鉄筋 $A_s = \gamma H_d / \sigma_{sv}$ を、支承を越えて桁端部まで延ばして定着する（図 V-3-6）ほか、支承が

(a)

www

— 237 —

桁端部のコンクリートと一体的に働くように支承を桁躯体に定着することが必要である。安全度 γ は、求めた水平重 Hd の大きさについての精度（自信の程度）によって定める。十分な自信があれば、1.2ほどもあればよいと思われる。図V-3-7は、この部分の望ましい構造細目の例である。

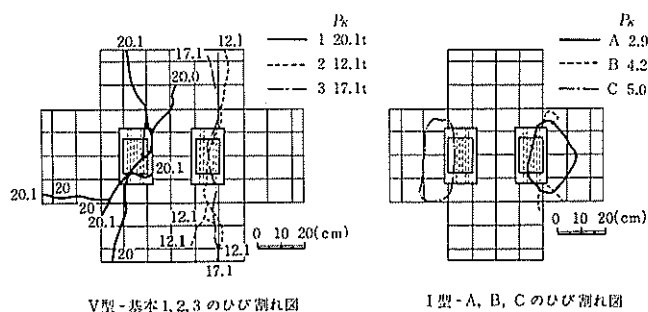
写真V-3-16の例は、橋台上の支承の変状である。この例では、桁が支承を押してアンカーボルトが引き抜けている。桁は橋台の壁に突き当たって停止している。この例の場合の被害は、桁の他端の支承部の設計に関係がある。通常、この形式の支承に用いられているアンカーボルトでは、その長さや太さを多少大きくする程度で地震荷重を十分安全に受け得るように設計することは難しい。上述のように、発想を改めて、根本的にその構造を変えて設計するのが得策と考えられる。図V-3-8は、そのような設計の一例である。

写真V-3-17の例では、橋台のコンクリートがほぼ鉛直方向に大きく割裂してしまっている。橋台の桁座のコンクリート体を十分な鉄筋を配置して補強することの必要性を示している。

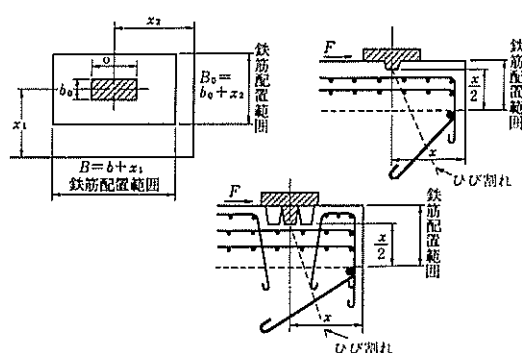
写真V-3-18の例では、橋台前面の上端がかきむしられている。この橋脚では、桁座にかなりの鉄筋が配置されているが、おそらく支承と橋台前面との距離が小さく、鉄筋の補強効果が十分に現れにくい構造となっているように思われる。

桁座の補強をどのように行うかを検討するために、試験が行われた。支承はドライパッキングによってすえ付け、斜め上方向から荷重をかけ、コンクリート体の破壊の様子を観察した。図V-3

図V-3-9 ひび割れ図



図V-3-10 けた座の鉄筋配置

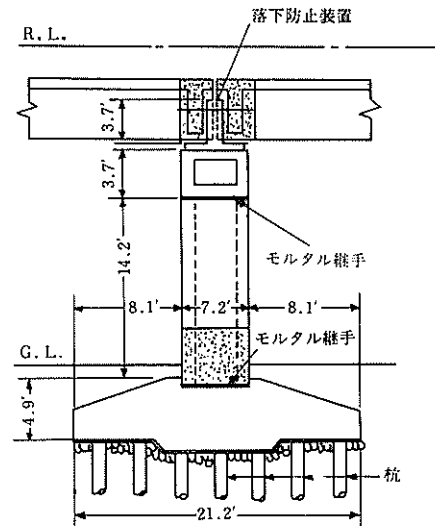


図V-3-9は、コンクリート体のひび割れの状態を示している。支承の部分から生ずるひび割れの形には2種類ある。右側の例のように、前面に貝がら状にコンクリートがかきむしられる場合と、左側のように、ひび割れが側面の方へ延びる場合とである。前者は写真V-3-18で示した被害例、後者は写真V-3-17で示した被害例に、それぞれ対応している。貝がら状の破壊は、支承の幅に対して橋台の幅が十分に大きい場合に、またひび割れが側面の方へ延びる破壊は、橋台の幅が十分に大



写真V-3-18 桁座の割裂

図V-3-11 桁の落下防止措置



きくなくない場合に、それぞれ生ずる。

この試験の結果、決定した配筋上の細目は、図V-3-10のとおりである。桁座近くに水平に配置する格子状の鉄筋は、なるべく支承の爪に近く（したがってコンクリート上面に近く）、しかし、十分なかぶりを残して配置することが大切である。水平鉄筋の断面積 A_s は、 $A_s = \gamma H d / \sigma_{sy}$ とすればよい。 γ は、図V-3-7の場合と同様に考える。この鉄筋は、橋脚前面に沿って下方へ延ばしてからコンクリート体内部の方へ曲げ、さらに延ばして定着する。（斜めひび割れは、水平に対して、角度45度よりもかなり鉛直に近い方向に生ずる。）。

桁が地震時に橋脚から落下すると、そのために被害が大きくなる。したがって、桁が橋脚から落下しないような構造を設計することは、地震の被害が大きくなることを避けるために大切である。図V-3-11は、その例である。

(4) 構造物の重要度

重要な構造物は、地震応答を綿密に計算し、できるだけ耐震的な構造を採用する。必要により、専門家に検討を依頼するのがよい。

あまり重要でない構造物は、慣用の震度法で耐震設計を行えばよい。

構造物の重要度は、その構造物が破壊した場合に生ずる損害の大きさに判断する。

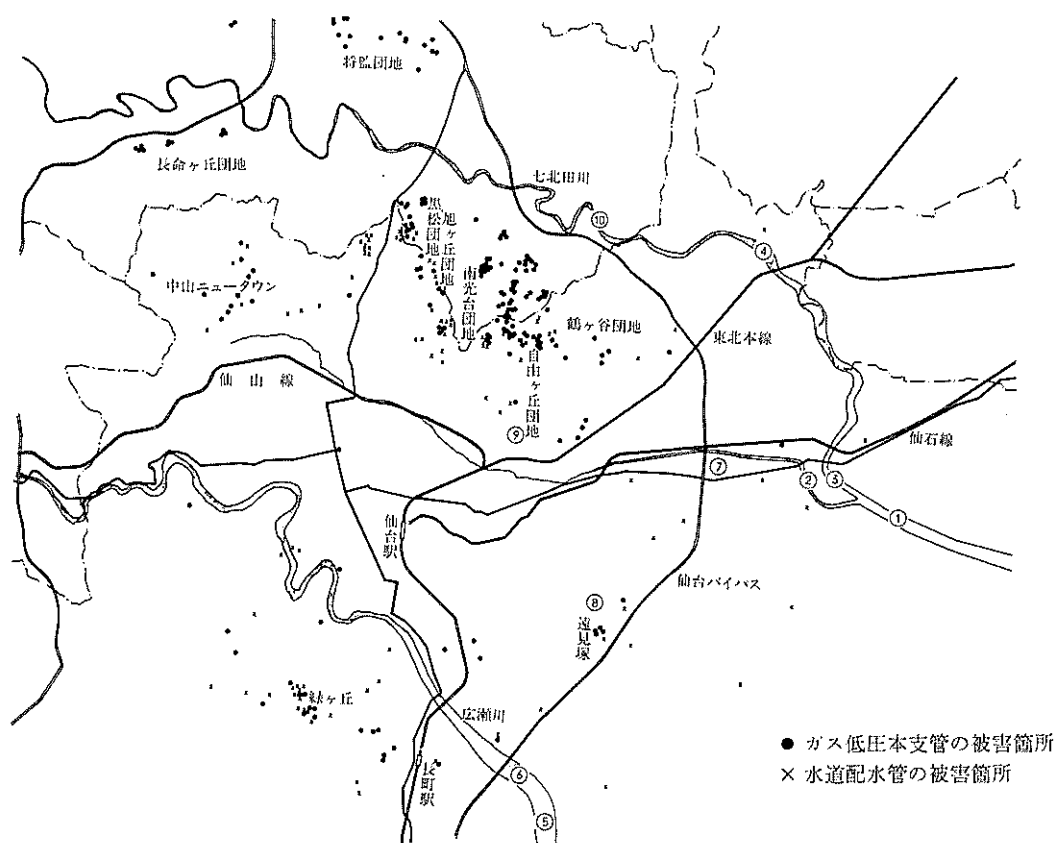
4 埋設管路の被害と対策

都市ライフライン・システムにおける地下埋設管路は、生体における血管に相当するものであり、都市機能を維持するうえで不可欠なものである。したがって都市の発展は埋設管路網の拡大に直接的に結びついているといえよう。今回の地震以前に、仙台市は地震に強い都市であるという一種の「常識」が通用していたが、このことは埋設管の被害をみた場合、ある意味においては立証され、他の意味においては裏切られた結果となっている。すなわち、洪積層からなる旧市街地においては埋設管の被害は極端に少ない一方、拡大した都市の周辺部の新興住宅地においては多数の被害が発生している。ここでは今回の地震によるガス・水道などの埋設管路の被害についてその特徴や問題点について述べる。

(1) 地中構造物の被害の概要

地中構造物の地震応答特性は周辺地盤の振動特性に大きく支配されるので、地中構造物の布設にあたっては他の構造物にはない特殊な耐震性の検討を加える必要がある。しかし、地中構造物の被害データは少なく、このような意味においても今回の地震による被害は広く注目を集めた。被害を受けた地域の中には電電公社や東北電力㈱の洞道などを含むさまざまな地中構造物が布設されていたが、大規模な施設に関する限り、下水道施設や橋梁添架管などを除いて被害は少なかった。図V-4-1は仙台市におけるガス管および水道管の被害箇所を示したものである。同図には、ガス低圧本支管（●印）、水道配水管（×印）の被害箇所のほか水管橋などにおける大口径管の被害位置を示した。同図に示されているように、ガス管、水道管ともに被害は仙台市の旧市街地周辺の宅地造成地に集中的に発生している。仙台市およびその周辺部以外の埋設管被害については塩釜市における被害が著しく、同市においては海岸埋立地における被害が多発している。このように埋設管の被害は地盤条件と密接な関連があることは明らかである。被害形態についてみると、ガス管の場合はねじ接合鋼管の継手部、水道管の場合は石綿セメント管の直管部の折損の被害が多く発生した。これらの管は各々の供給システムの末端近くに布設されている中小口径の管である。これに対して供給源に近い主要な管路の被害は少なく、かなりの耐震性が実証されたと考えられるが、大がかりな復旧工事を要した被害もいくつか発生している。仙台市において発生した大口径管の主な被害箇所を図V-4-1の①～⑩に示す。

図 V-4-1 仙台市におけるガス管および水道管被害箇所



- ①七北田川水管橋（仙台市上水道・工業用水道φ1,000 各1条：伸縮管拔出し,および仙台市ガスφ400 2条：架管前後バルブフランジ漏れ2箇所）
- ②梅田川水管橋（仙台市上水道φ400：伸縮管拔出し）
- ③七北田川水管橋（仙台市上水道φ400：伸縮管拔出し）
- ④大倉系七北田川水管橋（塩釜市上水道φ700：橋台亀裂）

- ⑤荒瀬川水管橋（仙台市上水道φ1,100 2条：伸縮管ズレ）
- ⑥荒瀬川水管橋（工業用水道φ1,000：伸縮管ズレ）
- ⑦扇町（工業用水道ACPφ800：折損による漏水）
- ⑧大和町（仙台市ガスφ200：バルブフランジ漏れ）
- ⑨幸町（仙台市ガスφ300：バルブフランジ漏れ）
- ⑩宝塚橋（仙台市ガスφ200：伸縮管変形）

表V-4-1 低圧本支管の被害状況

事業 者	本支管 管種 被害 形状 被 害 形 態	本 管 (75mm以上)					支 管 (75mm未満)	本 支 管 合 計	供 給 管		総計
		鋼 管			鋳 鉄 管 メカニカル 接 合	合 計	鋼 管 ねじ接合		鋼 管	鋼 管 ねじ接合	
		溶 接	ねじ接合	小 計							
仙 台 市 ガ ス 局	ねじ部折損(箇所)	0	3	3	0	3	127	130	129	259	
	ねじ部亀裂(箇所)	0	1	1	0	1	14	15	8	23	
	抜け出し(箇所)	0	0	0	11	11	46	57	2	59	
	ゆるみ(箇所)	0	1	1	3	4	5	9	2	11	
	その他(箇所)	0	1	1	0	1	6	7	7	14	
	合 計 (箇所)	(0箇所/km) 0	(3.33箇所/km) 6	(0.11箇所/km) 6	(0.02箇所/km) 14	(0.03箇所/km) 20	(0.33箇所/km) 198	(0.18箇所/km) 218	(1.09箇所/km) 148	366	
塩 釜 瓦 新 幹 線	ねじ部折損(箇所)	0	28	31	5 (印ろう型)	41	39	80	61	141	
	ねじ部亀裂(箇所)	0									
	抜け出し(箇所)	0									
	ゆるみ(箇所)	0									
	その他(箇所)	3									
	合 計 (箇所)	(0.16箇所/km) 3	(1.72箇所/km) 28	(0.88箇所/km) 31	(0.92箇所/km) 10	(0.89箇所/km) 41	(0.87箇所/km) 39	(0.88箇所/km) 80	(9.78箇所/km) 61	141	
石 巻 ガ ス 局	ねじ部折損(箇所)	0	0	0	1	1	1	2	0	2	
	ねじ部亀裂(箇所)	0	0	0	0	0	5	5	57	62	
	抜け出し(箇所)	0	0	0	0	0	4	4	0	4	
	ゆるみ(箇所)	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
	その他(箇所)	0	0	0	0	0	15	15	2	17	
	合 計 (箇所)	(0箇所/km) 0	(0箇所/km) 0	(0箇所/km) 0	(0.04箇所/km) 1	(0.02箇所/km) 1	(0.36箇所/km) 26	(0.20箇所/km) 27	(8.36箇所/km) 59	86	
古 川 ガ ス 局	ねじ部折損(箇所)	0	0	0	0	0	5 (塩ビ1含む)	8	11	19	
	ねじ部亀裂(箇所)	0	2	2	0	2					
	抜け出し(箇所)	0	0	0	0	0					
	ゆるみ(箇所)	0	0	0	0	0					
	その他(箇所)	0	1	1	0	1					
	合 計 (箇所)	(0箇所/km) 0	(0.39箇所/km) 3	(0.21箇所/km) 3	(0箇所/km) 0	(0.17箇所/km) 3	(0.30箇所/km) 5	(0.23箇所/km) 8	(5.34箇所/km) 11	19	
総計		(0.04箇所/km) 3	(0.56箇所/km) 37	(0.28箇所/km) 40	(0.04箇所/km) 25	(0.09箇所/km) 65	(0.37箇所/km) 268	(0.22箇所/km) 333	279	612	

(2) ガス管の被害

被災した都市ガス4事業者（Ⅵの2の(4)参照）のうち、中圧管を有する事業者は、仙台市ガス局（主として径300～400のアーク溶接鋼管 延長195.9km）および石巻ガス㈱（延長7.2km）であり、被害は仙台市ガス局においてバルブフランジ部からの微小漏えいが4箇所、また伸縮管の変形が1箇所発生したのみである。これらの被害を図V-4-1の①および⑧～⑩に示した。被害はいずれも地盤の不等沈下に起因するものである。図V-4-2に橋梁取付部伸縮管ボックス内における継手の被害状況（図V-4-1の⑩）を示す。図のように継手部には異常な変形が生じたが、ガス漏えいは防ぎ得た。なお、アーク溶接接合部における被害が皆無であったことは注目される。

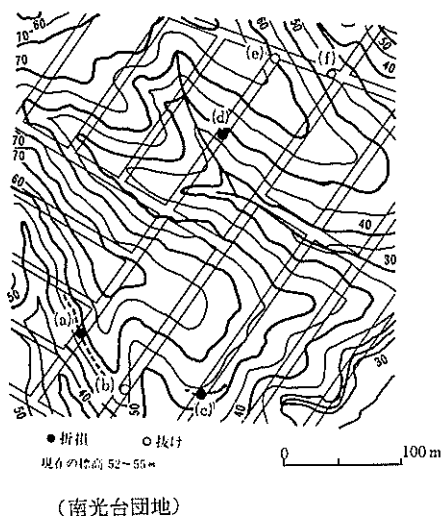
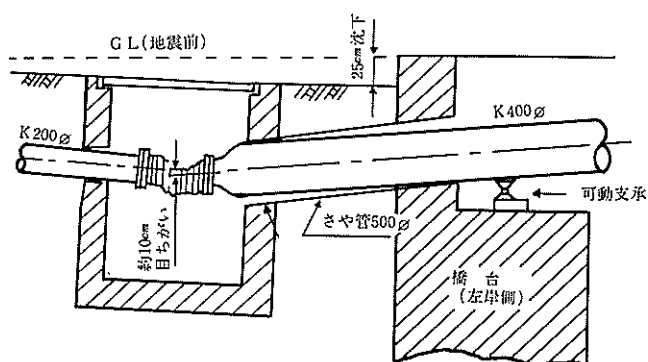
表V-4-1に各事業者における低圧導管の被害状況を示す。被害件数においては仙台市ガス局、被害率においては塩釜瓦斯㈱の被害が最も大きい。管種別ではねじ接合鋼管の被害が件数、率ともに大きい。写真V-4-1に典型的なガス導管の被害例を示す。ねじ接合鋼管とメカニカル接合鋳鉄管の被害率を比べるとオーダーが一つ異なっているが、このことからみてもねじ接合鋼管の耐



写真V-4-1 ガス導管の被害例
(φ50ねじ接合鋼管)

図V-4-3 ガス管の被害地点の例

図V-4-2 宝塚橋ベローズ継手部の変形



震性がいかに低いかわかる。図V-4-1の被害分布図と上述の被害形態とをあわせて考察すると、次のようなことが結論づけられよう。すなわち、継手部において伸縮を許されないねじ接合鋼管が宅地造成地のように地震により地盤の不均一な変形を生じやすい地域に布設された場合、管の断面が縮少しているねじ部付近に応力が集中し、折損を生じやすい。ガス導管の被害をさらに細かく調べると、同じ宅地造成地内であっても被害箇所は偏在する傾向にある。図V-4-3は南光台における被害地点の例であり、同図には旧地形とともに現在の道路の位置を示した。図中の点線は地表に亀裂の現れた箇所を表わし、いずれも切土・盛土の境目付近（標高約50m）に沿って位置している。図中(a)、(c)と示した部分の被害は地盤の不等沈下により発生したとみられる折損の被害箇所である。また、(b)、(e)は抜け出しの被害のあった箇所を示している。この例においてもわかるように、埋設管の被害は周辺地盤の不等変位の生じやすい箇所において起こるべくして起こっているといえる。以上述べてきたようにねじ継手には大変形に対するいわゆる「ねばり」が全くないので地盤条件の悪い地域においては被害率が非常に大きくなることは当然である。なお、塩釜瓦斯線におけるガス管の被害率が他のガス事業者に比して非常に高い値を示しているが、この原因として、ガス供給を受けている市街地のかなりの部分が海岸埋立地や旧河川跡であるために地盤が軟弱で地盤構造も複雑に変化していること、さらに埋立地には管の腐食を促す塩分が多く含まれていることをあげることができよう。塩釜瓦斯線においてはまた、溶接鋼管の接合部における被害が3件発生したが、これらの管はいずれもアーク溶接技術が導入される以前に布設されたものである。

(3) 水道管の被害

水道管の被害は、大口径の導水管から小口径の配水管に至るまで各種各口径の管に発生しており、その数は1,600箇所余りに及んでいる。これを管種別にみると、石綿セメント管774、塩化ビニール管405、铸铁管114、ダクトイル铸铁管37、鋼管153、その他55となっている。

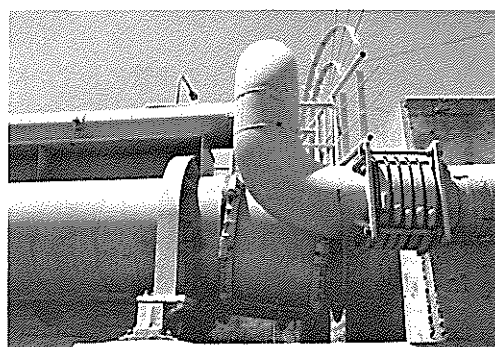
表V-4-2に口径400mm以上の大口径管の被害状況を示す。大口径管被害の大部分は水管橋や橋梁添架部において発生した。仙台市における水管橋における被害箇所は図V-4-1に示してある。写真V-4-2および図V-4-4に七北田川水管橋（図V-4-1の①）の被害状況を示す。同橋は仙台市上水道および工業用水道の口径1,000mmの鋼管各1条と仙台市ガス局の口径400mmの中圧管2条の共同橋であり、橋長は約155m、支間数は5である。地震により左岸の多賀城市側の橋台が沈下し、この部分で2条の水道管の軸線に約90mm程度の許容量を超えるくい違いが生じた。このくい違いは伸縮管の変形により吸収され、漏水は免れたが、下部構やとり付け部などの大がかりな補修を必要とした。なお、この部分においてはガス漏えいはなかったもののガス管にも大きな残留変

表V-4-2 口径400mm以上の大口径管の被害状況

事業体名	区 分	管 種	被 害 状 況
鳴 瀬 町	橋梁添架(配水管)	S G P φ400	継手の移動
石 巻 市	住吉跨線橋添架(配水管)	S G P φ450	ドレッサー伸縮II型継手離脱
	石巻大橋取付道路下(配水管)	S G P φ450	ドレッサー伸縮II型継手離脱
	石巻大橋取付道路下(配水管)	D I P φ450	道路部の沈下(2箇所)
	石巻大橋添架(配水管)	S G P φ450	道路部の沈下(上, 下流部とも)
	鳥揚系水管橋台部(送水管)	S P φ500	可とう管の沈下
	真の川水管橋台部(送水管)	C I P φ500	継手の離脱
仙 台 市	埋設管(配水管)	D I P φ500	メカニカルK型継手離脱
	埋設管(配水管)	C I P φ400	メカニカルK型継手離脱
	埋設管(配水管)	D I P φ400	メカニカルK型継手離脱
	梅田川水管橋(配水管)	S P φ400	兩岸沈下に伴うぬけだし
	七北田川水管橋(配水管)	S P φ400	兩岸沈下に伴うぬけだし
	七北田川水管橋(配水管)	S P φ1000×2条	兩岸沈下に伴う伸縮管のぬけだし, およびたわみ
	広瀬川水管橋(配水管)	S P φ1100×2条	伸縮管のズレおよび沓, 手すりの破損
塩 釜 市	大倉系導水管	S P φ700	4箇所, 継手部から継手部から漏水他
	大倉系七北田川水管橋	S P φ700	橋台亀裂
角 田 市	配 水 管	A C P φ450	鋳鉄継手破損
古 川 市	新江合川橋添架管(配水管)	S P φ400	継手移動, 橋に亀裂

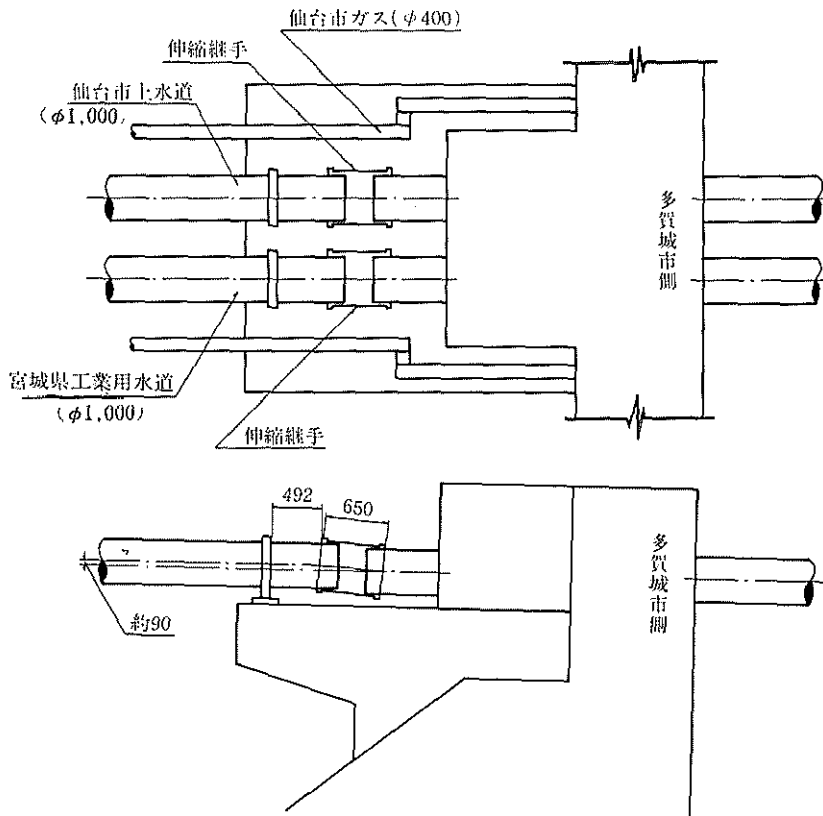
形を生じた。この例のような重要線構造物については、とくに構造の急変する部分における耐震性を十分に検討しておく必要があるものと思われる。仙台市以外については石巻市や塩釜市において大口径管の著しい被害が発生している。

表V-4-3は配水管などの被害件数の多かった10の事業体について被害件数を集計したものである。泉市南光台(民営), 仙台市, 泉市の順に被害が多く発生している。また被害率においては, 泉市南光台が他の事業体と比べてきわめて大きな値を示している。管種別の被害率では鋼管, 硬質塩化ビニール管, 石綿セメント管の被害が大きく, 鋳鉄管やダクトイル鋳鉄管の被害が小さくなっている。データの集計の仕方が異なることも考えられるが, ガス導管の被害率に水道管の被害率を対比させると, 被害率が1箇所/km以上という値は今回の地震規模においては大き目の値であると考えられる。被害率が1箇所/kmを超えたものは,



写真V-4-2 伸縮管が大きく変形した七北田川水管橋

図 V-4-4 七北田川水管橋の被害状況



ガス管については75mm以上の鋼管にわずかにみられるのみであるが、水道管については鋼管が9事業体、石綿セメント管、硬質塩化ビニール管、鋳鉄管がそれぞれ3事業体において1箇所/km以上の被害率を示している。主要29事業体の総計によれば、鋼管、石綿管、塩ビ管、鋳鉄管、ダクトイル鋳鉄管の順に1km当りそれぞれ1.24, 0.48, 0.27, 0.17, 0.04箇所であり、鋼管の被害率が高く、ダクトイル鋳鉄管の被害率が非常に低いことが特徴的である。次に、被害形態について表V-4-4に示す。被害数の最も多いものは石綿セメント管の中小口径の管であり、被害形態では直管部の折損が多い。また、被害率の高かった鋼管に関してはガス管と同様に中小口径管の継手箇所における被害が多い。ダクトイル鋳鉄管において被害が少ないのは、印ろう継手に代ってメカニカル継手が使われるようになったためとされている。

(4) その他の被害

大型の地中埋設物に関して被害の大きかったものは下水道の管渠であり、これについてはVIの2

表V-4-3 主な事業体における導・送・配水管の被害件数

事業体	管種 石綿セメント管	硬質塩化ビニル管	鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	その他	合計
泉南光市	210 (5.19)	36 (6.15)	0	1 (0.12)	103 (3.55)	—	350
仙台市	69 (1.37)	77 (0.18)	21 (0.065)	11 (0.03)	30 (0.40)	15	223
泉市	67 (0.88)	45 (0.53)	—	6 (0.04)	3 (1.73)	—	121
塩釜市	14 (2.44)	—	25 (0.23)	0	35 (0.90)	16	90
松島町	18 (0.88)	56 (1.20)	—	1 (0.08)	4 (5.4)	—	79
古川市	40 (0.26)	7 (0.28)	18 (0.35)	1	3 (0.30)	—	69
河南町	47 (0.56)	9 (1.01)	3 (?)	4 (0.23)	—	—	63
石巻市	25 (0.34)	6 (0.20)	13 (0.16)	11 (0.17)	6 (1.58)	—	61
名取市	46 (0.44)	5 (0.42)	—	0	2 (2.64)	—	53
鳴瀬町	37 (0.63)	7 (0.48)	—	—	7 (?)	—	51

() 内の数字は被害率 (箇所/km)

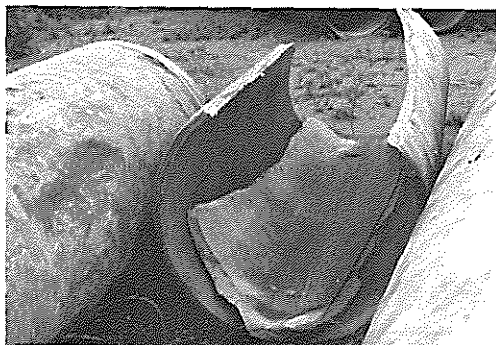
表V-4-4 主要17上水道、4簡易水道における導・送・配水管の被害状況

管種 被害箇所 口径	石綿セメント管					硬質塩化ビニル管					鋳鉄管					ダクタイル鋳鉄管					鋼管				
	直管部折損等	継手箇所	分岐箇所	異型管等	小計	直管部折損等	継手箇所	分岐箇所	異型管等	小計	直管部折損等	継手箇所	分岐箇所	異型管等	小計	直管部折損等	継手箇所	分岐箇所	異型管等	小計	直管部折損等	継手箇所	分岐箇所	異型管等	小計
20～50mm	66	27	1	0	94	35	68	31	13	147	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	20	5	3	36
75～150	205	77	11	12	305	36	55	22	19	132	26	23	5	16	70	3	8	2	7	20	13	16	1	5	35
200～350	28	13	2	8	51	—	—	—	—	—	3	17	0	0	20	0	9	1	1	11	1	8	0	1	10
400～1,100	0	1	0	0	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	1	4	0	0	5	2	17	0	0	19
計	299	118	14	20	451	71	123	53	32	279	31	40	5	16	92	4	21	3	8	36	24	61	6	9	100

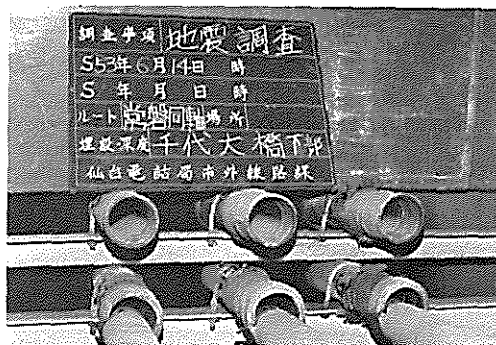
の(5)で述べるのでここでは省略するが、下水道の被害は不等沈下を生じやすい軟弱地盤地域において多く発生している。これに対して洪積層からなる仙台市旧市街地に数km程度設置されている東北電力および電電公社の洞道の被害は皆無であった。線状の大型地中構造物が軟弱地盤や埋土地域に設置されている場合には、構造自身の剛性が高いために周辺地盤の大きな歪が接合部に集中し、この部分が破損する例が多い。したがって構造の急変する部分や目地などについては、機能に応じた耐震的な配慮がなされる必要がある。

工業用水道関係については上水道の場合と同様に水管橋の被害や埋設部の被害が発生している。水管橋の被害は(3)に述べた七北田川水管橋(図V-4-1の①)のほかに広瀬川水管橋(図V-4-1の⑥)において発生した。後者の被害状況は橋脚の傾斜(15-22mm)や亀裂、伸縮管の大幅なずれ、アンカーボルト・沓・ストッパーの損傷などである。国道45号線沿いに埋設されている径800mmの石綿セメント管が仙台市扇町で破損し(写真V-4-3)国道が冠水した。この被害は重量車が頻繁に出入する地点において発生しており、地震以前に潜在的な破損の要因が存在していたものと思われる。このほか、漏水に結びついた被害は約20箇所において発生した。

電気通信設備関係の地中構造物については、マンホール289箇所、管路延長10.7kmの被害が発生し



写真V-4-3 工業用水配水管の被害例
(φ800石綿セメント管)



写真V-4-4 電々同軸ケーブルの継手部
における破損例
(千代大橋添架管)

た。下水道の場合と同様にマンホールおよびそれに接続している管の被害が多い。また、橋梁添架管路にも43箇所の被害が発生した。写真V-4-4は千代大橋の橋台部分における被害例であり、管路ケーブルの継手がはずれ、同軸ケーブルが破損した。

(5) 今後の問題点

今回の地震による埋設管の被害は中小口径の管に集中したが、従来このような種類の埋設管に対してはほとんど耐震的な配慮がなされていなかったといっても過言ではないであろう。埋設管のすべ

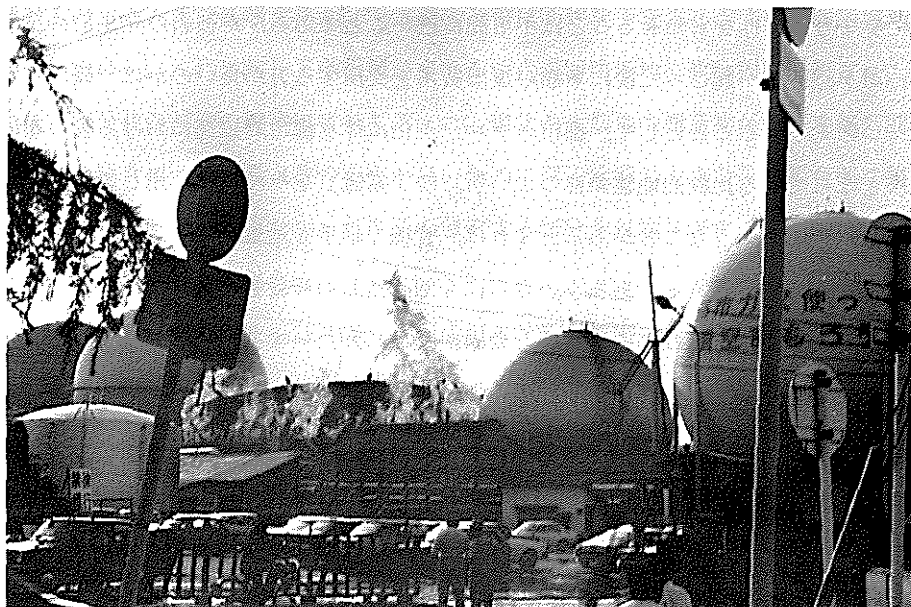
てに対して完全な耐震性をもたせることは不可能に近いことであろうが被害の発生前に投資しておく方が良いのか、被害が起こった後に多額の復旧費用を支出する方が良いのかは一概には判断し難い。ただ一つ考えられることとして、都市スプロール化に伴う都市周辺部における管の布設に際して都市の核となっている比較的地盤条件のよい所での「常識」をそのまま応用している傾向はないであろうか。もしこのようなことがあるとすれば、管種や継手を地盤条件に応じて選択するためのなんかの規準を作る必要があるであろう。さらに今回発生した埋設管の被害が直接的には地震が原因であったにせよ、被害に結びつく潜在的な要因が長期にわたって蓄積していたケースも多分にあり得ることと考えられる。したがって、既設の埋設管路に対する日常の点検を強化することが重要であり、中小口径の耐震性は案外このようなことにより大幅に向上することもあり得るのではないかと考えられる。今後の対策として、今回の被害状況を参考にしながら、管自身の構造や周辺地盤などの諸条件に関して、より条件の悪いものから順次耐震性のあるものに置き換えて行く努力がなされるべきであると思われる。

大口径の管路に関しては、管自身の材料的な強度よりはむしろ接合部の変形特性や強度が管路全体の耐震性に大きく影響を与えることになるので、管接合部においては管路の機能や設置場所に合わせて可能な限り可撓性のある接合方法を導入することが重要であると思われる。また、地中構造物の地震応答特性は非常に複雑であるので、さまざまな形式の構造物に対してより合理的な設計を行うためには応答変位法などの新しい設計法を取り入れて行くことが必要であろう。

5 タンクの被害

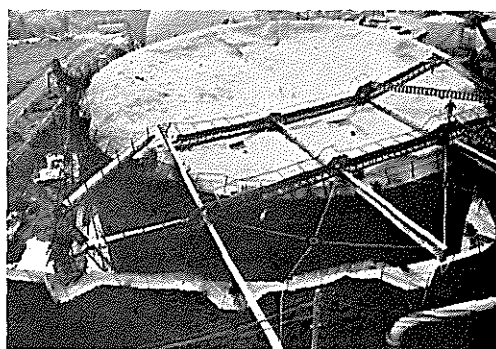
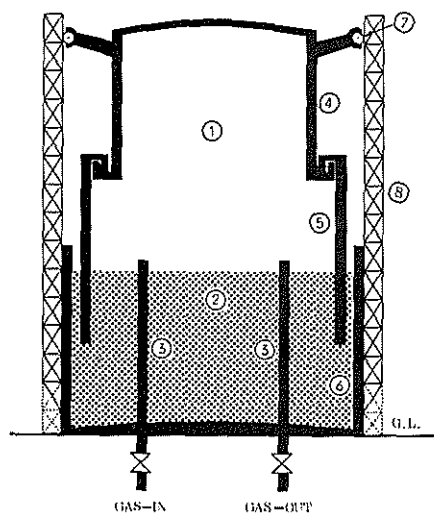
(1) ガスホルダー

仙台市ガス局の原町工場にある有水式ガスホルダー1基（直径37m、高さ27m、容量17,000m³、当時のガス容積14,000m³、水9,000t）は、地震直後発火炎上し、約30分間燃えつづけて自然鎮火したが、倒壊した（写真V-5-1、V-5-2）。このガスホルダーは昭和4年東京瓦斯㈱のホルダーとしてリベット構造で製作され、昭和32年8月現在のところに移設されたものである。ガスホルダーとしては、近年、球形のものが多く使用されるようになっているが、球形ガスホルダーについては、仙台市ガス局港工場の1基（容量10万m³）の基礎コンクリートの一部破損、アンカーボルトの曲がりの被害を生じた程度で、今回の地震においては、この形式のガスホルダーは安全性が高かったといえることができる。これに反し、有水式のものは上記のほか、石巻ガス（株）で2基（容量2,000



写真V-5-1 仙台市原町工場における有水式ガスホルダーの炎上

図V-5-1 有水式ガスホルダー構造図



写真V-5-2 同上，倒壊後の状況

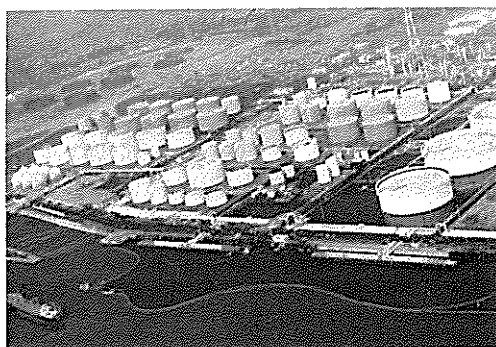
- ① 都市ガス、② 水封水、③ 導管、④ 内構(2層)
 ⑤ 内構(1層)、⑥ 外構、⑦ ガイドローラー、
 ⑧ ホルダー支材

m²と3,000m²), 古川ガス(株)で1基(容量300m³)がガイドローラーの破損やはずれの被害を生じている。原町工場の有水式ガスホルダーも、まずガイドの傾斜および切損のためガイドローラーが脱輪し、続いて最上構の落下破損、摩擦による発火、架構の破損に伴う水封水の流出、倒壊といった経過をとったものと思われる。有水式ガスホルダーは、我が国では明治初期ガス事業開始とともに

使用され、形式規模に若干の相違があるが、現在約570基存在している。報告されている過去の震害例は比較的少なく、ガイドローラーの脱輪、基礎の傾斜、水封水の溢流などであり、炎上倒壊のような大きい被害は今回が初めてである。有水式ガスホルダーは、構造図（図V-5-1）からわかるように、①地盤の震動や沈下の影響を直接受ける ②ガイドの取付け方法に問題がある ③振動に対し不安定で耐震計算が難しい など問題点の多い構造と考えられる。

(2) 石油タンク

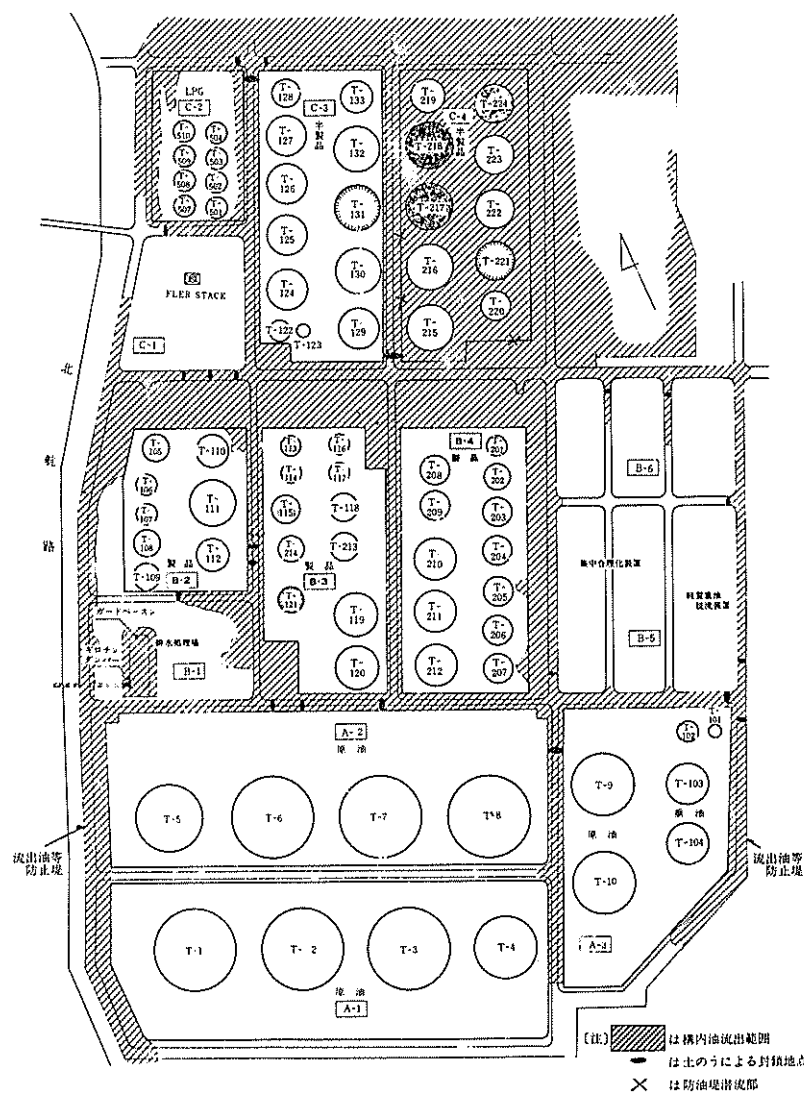
東北石油(株)仙台製油所にある87基の石油タンクのうち、C-4地区にある石油タンク3基（T-217重油、T-218重油、T-224減圧軽油）の底部溶接箇所が破断したため、地震時貯蔵量の全量（ $26,800+23,800+17,600=68,200\text{kl}$ ）が流出した。その他、近くの3基（T-221、T-131、T-121）も亀裂、底部破損、側板変形などの被害を受けた。流出した石油は防油堤（高さ約1.5m）から溢れ出し、A、B、C地区全域に広がった（図



写真V-5-3 東北石油(株)仙台製油所の油流出

V-5-2)。2次防油堤（高さ約0.6m）を越えた石油はなかったにもかかわらず、石油は種々の間隙から浸透して排水溝、ガードベースンに集まり、さらに緊急に築かれた封鎖土のうの間隙を通して海へ流出した。その量は3,000～5,000klといわれている。汚染防止のためオイルフェンスが張られ、一段落を待って流出油の回収作業が始められた。オイルフェンスの最長延長は8,040m、1日約700人が動員されて作業が行われた（写真V-5-3）。幸い火災が起らず、明るい時間で多数の動員が可能であり、天候がよく、海がおだやかであったことなどのため機敏で有効な対処が行われ、油回収作業も順調に進み、6月17日にほぼ回収を完了している。新潟地震の際の昭和石油タンク炎上の大被害に比較すると雲泥の違いを感じるが、上述したようにきわめて好条件下であったことに注意しなければならない。また、地震波の性質の違いから、新潟地震の場合に発生したスロッシングが起らず、今まであまり例のない側板とアニュラープレート間の溶接部破断による貯蔵石油流出という異なった形態の被害が発生したことも注目される。このように災害は、つねに新しい形態で発生するものである。今回の場合、災害は最小限度にくい止められたが、防災設備が十分に機能せず、二重・三重の対応でもなお不十分であったことは、防災対策を考える場合のよい教訓であったと思う。

図 V-5-2 東北石油(株)仙台製油所東地区平面図



6 ま と め

1 および 3 において述べられているように、今回の地震では、構造物に加わった地震力の大きかったことが一つの特徴であり、支承部の被害が多発している。一方、強震計による地震記録が、かなり多く得られている (IVの2の(1)参照) ことも新しいことである。

橋梁では2箇所で強震記録が得られた。一つは石巻市の旧北上川にかかる開北橋(L=285m, 5径間連続鋼ボックスガーダー)の橋脚P2天端で、橋軸方向スケールアウト(500ガル以上)、橋軸

直角方向338ガルの記録が得られている。このように大きい地震力を受けたにもかかわらず、同橋は上部、下部構とも被害を受けず、数コンクリート破損やアンカーボルトの変形程度にとどまった。一方、福島県伊達町の阿武隈川にかかる伊達橋（ $L=288\text{m}$ 、4径間連続鋼ワーレントラス）は、支承部や下弦材にかなりの被害を受けたが、同橋P2天端の強震計によると、最大加速度は橋軸方向475ガル、橋軸直角方向319ガルであった。また、加速度応答スペクトルには0.5秒から1.0秒まで大きい増幅が現われていることが注目されている。この両橋については、強震記録と対比して、その動的性状と震害の検討・解析がすすめられているが、大地震について、こうしたことが行われるのは初めてのことである。この例でみられるように、被害と強震記録の対比は、被害の精密な解析を可能にし、震害予測や防災対策に資するところがきわめて大きいと考えられる。今後、主要構造物について、強震観測体制の整備がすすめられるよう切望する。

大きい地震が起こった場合、構造物被害は、どこかで、なんらかの形態で、必ず発生すると考えなければならない。過去の例をみても、大きい地震が起こるたびに、新しい予期できない形態の被害が発生している。したがって、減災の立場から、被害箇所を直ちに発見し、速かに対策を講ずることができるよう、監視・点検の設備・方法を平常時から確立しておくことがまず肝要である。地中、水中の構造物についても困難ではあるが、検討しておくことが必要である。

構造物が重要であればあるほど、その復旧は急がれるわけであるが、応急復旧は、本復旧を考慮して慎重に行われなければならない。そのためには、やはり平常時から、いくつかの被災形態を想定した対応策を検討しておくことが必要である。また、復旧（大幅な改良復旧もある）が終った時点で、場合によっては、その構造物の耐震安全性が増大したのか、減少したのかという点を明らかにして、関係者、利用者に周知させることも必要であろう。

従来、長大構造物が重視され、設計技術者の関心もそういうものに傾いていたように思われる。今回の地震では、埋設管網の被害にみられるように、それ自身は小さい単純な構造体であっても、大きいシステムの一部として働くものであれば、その重要性の大きいことが認識された。こういったシステムの耐震性を考える場合は、個々の構造物の耐震性に加え、全体のシステムの機能の保持を考えた耐震信頼性の解析が必要で、確率論・ネットワーク理論などを基礎とした解析手法の開発とその実用化は、今後の耐震工学の新しい課題と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 宮城県：'78宮城県沖地震，公共土木施設等被災写真集（1979.3）
- 2) 大阪一，浜田正則：地震における同筒形タンクの液面動揺振動解析，土木学会第30回年次学術講演会講演概要集，I-183，pp378（1975.10）
- 3) USAEC：Nuclear Reactors and Earthquakes，TID 7024 Causner，Seismol：Dynamic Pressure on Accelerated Fluid Containers，Soc，Am，Jan（1974）
- 4) 柳田真司，小池晋，音羽立男：ケタ座に関する研究，鉄道技術研究報告，No597（1967.7）
- 5) 尾坂芳夫：宮城県沖地震の被害からみたコンクリート構造設計法の問題点，コンクリート工学，Vol. 17，No.9（1979.9）
- 6) 佐武正雄：1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究，昭和53年度文部省科学研究費自然災害特別研究（1979.3）
- 7) 日本瓦斯協会：宮城県沖地震と都市ガス（1979）
- 8) 鈴木繁：1978年宮城県沖地震による水道施設の被害とその教訓，水道協会雑誌，542巻，pp66～103（1979）
- 9) 栗村宗人：下水道施設の耐震構造，月刊下水道，1巻2号，pp70～81（1978）
- 10) 日本工業用水協会：昭和53年度第2回工業用水・排水ゼミナールテキスト（1978）
- 11) 東北電気通信局：1978年宮城県沖地震災害記録（1979）
- 12) 日本鋼構造協会鋼構造物震害対策調査団：1978年宮城県沖地震による鋼構造物の被害調査報告（1978.10）
- 13) 宮城県：1978年宮城県沖地震東北石油仙台製油所流出事故の概要（1978.11）
- 14) 建設省土木研究所地震防災部振動研究室：1978年6月宮城県沖地震被害調査概報，土木研究所資料，第1422号（1978.10）

VI 都 市 機 能

1 都市機能の地震災害時の問題点

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震($M=7.4$)は、仙台市を中心に宮城県、岩手県、福島県など広範囲にわたり被害を与えたが、とくに仙台市の被災のパターンは、高度経済成長期を経た都市の地震災害について新しい問題を提示している。

(1) 被災の特徴

今回の地震の震源は、仙台市から約100キロメートル東方の海底下約30キロメートルの深さで、そのマグニチュードは7.4であった。仙台市周辺の最大加速度は平均的には丘陵地で260ガル、硬い地盤で200ガル、軟らかい地盤で320ガル、さらに岩盤では180ガルとみられている。震度Vと震度VIはおよそ250ガルで分けられているから、軟弱地盤は震度VIと考えられよう。このような地震動の強さに対して、被害はどのような特徴を示しているだろうか。

- ① 建築物、工作物などの被害分布は地盤および地形の差異によることを示し、軟らかい地盤の平野部、丘陵地における傾斜地盤および地層が水平方向に急変する地域に被害が集中した。これらの地域は最近急造された造成地域であり、また都市化の進展に伴い開発された地域でもある。一方、旧市街地を代表する硬い地盤の地域では被害が少なかった。
- ② 負傷者が多数発生した。この程度の直接被害に対しては異常の数であり、新潟地震の場合と比較すると、新潟市（当時の人口32.5万人、震度V）の負傷者120人に対し、仙台市（人口63万人、震度V）の重傷者170人、軽傷者を含めると9,300人で大幅に増えている。これは生活様式の近代化すなわち便利性、快適性などに重きをおき、地震に対する安全性の配慮に欠けた都市生活様式に起因するものであろう。
- ③ 火災の発生が少なかった。薬品によるものが主であったが、いずれも延焼火災には至らなかった。
- ④ その構造物の被害が少ないにもかかわらず、中にある設備機器、発電施設、電子計算器などの転倒や破損が目立った。
- ⑤ 地域的に長期間にわたり電気、ガス、水道の供給が停止され、その生活をこれらのエネルギー、物的供給機能に全く依存し、慣れきっていた市民にとっては生活困難を強く感じさせた。

⑥ 都市の近代化に伴い職域、住宅分離の生活構造や電話の普及などにより、地震直後最も知りたい情報は家族、知人の安否であった。その結果、電話の輻湊が起これ緊急情報や行政活動を電話に依存していた分野では多くの支障がみられたという。

一般に地震災害は、地割れ、崖崩れ、家屋、構造物の倒壊など第一次災害といわれる地震動そのものによる直接的な被害と、地震火災とか地震水害などが被害を拡大する第二次災害と呼ばれる間接的な被害に分けられ、この二次災害を都市型震災と称していた。

しかし、今回の地震では、直接的被害は旧市街の周辺に新しく開発された住宅団地や軟弱地盤の平野部に発展した地域のみに局所的に集中し、その被害の地域性を、すなわち都市開発に伴う地盤条件の多様化を鮮明にした。この直接被害は都市化の進展により生じた高密度化によるもので我が国の多くの都市がかかえている共通的な問題であろうが、もし新市街地開発に際し、地質、地盤条件についてすでに十分得られている多くの知識を配慮すれば災害は軽減できたはずであるから狭義の都市型災害とはいえない。一方、今回の地震では従来考えられていた都市型である地震火災、地震水害は少なく、上述した多くの被害の特徴を調べると、間接災害として新たに都市における震災の特質をきわだたせたことが示されている。すなわち、直接的被害に比べ、電力、水道、ガスのような公共的供給施設、交通施設、通信施設など生命維持、生活維持、中枢管理を支える都市機能の障害が異常に大きかったため市民生活を困難にした。平常時ではこれらの機能は相互に連係し、社会、市民生活を維持しているのであるが、今回の地震により全く新しい型の都市災害を引き起こしたのである。一例をあげれば、今回の地震に際し、地震に伴う停電が信号機の停止となり、それは直接交通渋滞につながり、さらに救急活動、避難、機能間の相互連絡などに障害を与えるなど、被害が波及拡大していったのである。このように都市機能の破壊による災害が第三次災害として新しく、かつ重大な地震災害として考慮されねばならない課題となった。最近の都市生活は高度に分化した機能により維持され、かつそれらの多くの機能は複雑に連係しているので、その一部が破壊されても被災は波及拡大するものである。地震による災害は、多くの種類の災害が同時にかつ多発的に広範囲にわたり起こることが特徴的であるから、都市においては一次、二次災害はもちろん、三次災害の脅威にさらされていることが明らかにされた。とくに、都市の構造と機能が高度化し複雑化すればするほど三次災害はその本質上大きな一次、二次災害が発生しないような地震動の強さでも引き起こされる可能性が高いことが予想されるので、今回の地震による新しい被災の特徴は今後の震災対策にとって重要な問題を提示するものであり、地震に対する都市機能の被災のメカニズムを分析して社会生活への影響を正しく評価する作業が早急に進められるべきであろう。

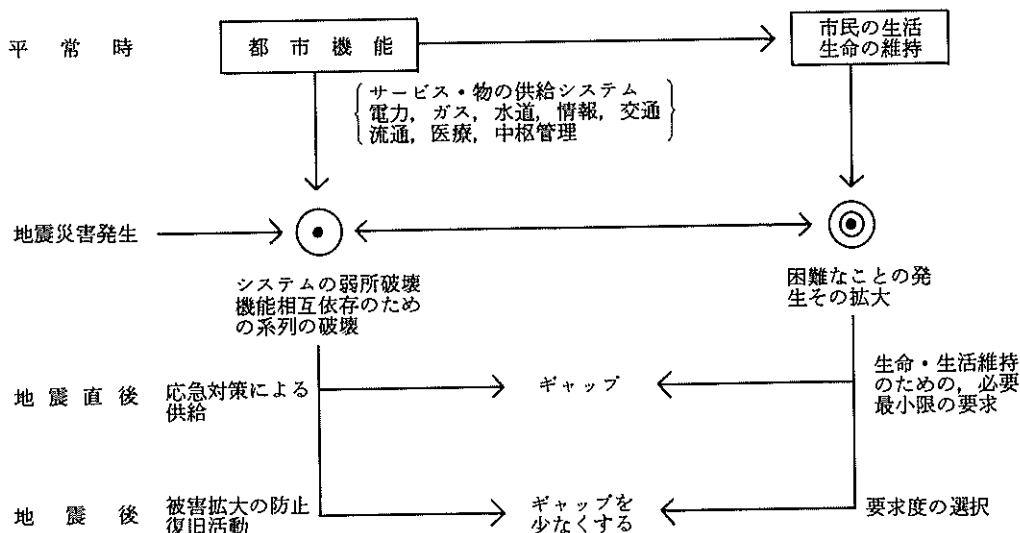
(2) 都市機能と地震災害

今回の地震の被災の様相は、我が国の高度経済成長期とともに発展した近代都市社会の多くの脆弱性を初めて明らかに示したもので、直接災害の集中した地域の特性、鉄筋高層建築物の損傷、地震直後における電気、水道、ガスなどの生活維持機能の停止や交通、電話などのマヒによる市民生活の混乱、さらに、地域的な復旧の長期化による生活上の困難さの発生など従来の地震災害と異なった都市型災害の諸相を示した。これは都市の構造と機能が高度化、複雑化することにより生まれたもので、サービス、供給機能は相互に連係しているため、その系の一部が被災するとその影響が直ちに波及し、系全体の被災につながる。市民の生活については公共的サービス機能にその多くを依存しているため、機能の停止により生活困難が地震後から拡大していくこと、また、職場と住居の遠隔化のため災害時に各種混乱が引き起こされたのである。このような新しい都市型地震災害は間接被害であり、その被害は直接被害よりかなり大きな比重となって受けとめられている。地震後なされた被害の意識調査によれば、都市生活の機能マヒによる困難さを指摘するものが全般的に多かった。もちろん、その災害の感じ方は被災体験に依存するものであるが、60%に近い一般市民が、今回の地震の特徴として考えたわけである。

都市生活はその都市の便利性、快適性、保健性、安全性、合理性などの確保により維持されるもので、平常時においては、その要求を満たすために、電力、ガスなどのエネルギー供給機能、水道、工業用水、食糧などの物的供給機能、通信放送などの情報機能、道路、鉄道などの流通、輸送機能、医療などの健康保全機能、中枢管理機能などの都市機能が相互に連係してその役割を果たしているため市民生活、生命が維持されているわけである。

このように、都市における市民の生活は多くの都市施設、機能によって維持されており、個人やそれぞれの家庭だけの能力だけでは生活の維持ができないのが都市の特性であり、今回の住民の被害意識についても、その60%近くが都市生活の機能マヒによる被災と受けとめたのは、まさに今回の地震は新しい都市型災害の最初の例として特筆すべきであろう。また、図VI-1-1には都市機能の被害とその復旧、また、被災者の困難さの質の変化について定性的な時系列を示した。都市機能と市民生活がいかなる相互関係を持ち、そのシステムの被災によりどんな生活困難が発生するか、また、どのようなシステムがその生活の困難さを軽減させるかなどを今回の被災の実態に即して分析し、災害対策として機能そのものに、① 壊れないよう耐震性を持たせる ② 壊れても復旧しやすいようにしておく ③ 機能を分散し、被害をなるべく小さくする。 ④ 代替システムを用意し切換えるなどの対策をそれぞれの機能について吟味することができれば、今後の都市災害へ

図VI-1-1 都市機能と市民生活の相互関係



の対応を考えるうえで、貴重な教訓を得るものと考えられる。実際に、すでに耐震強化をすべきものとしては、発電変電施設および送配電施設の埋設化、ガス、下水道ブロックの分割化、道路などの選択的耐震化、交通システムの電源確保などが一つの意見として述べられている。また、被害の波及パターンの分析により、各種復旧システムの技術開発なども今後に期待される課題であろう。

(3) む す び

今回の地震の被災特徴として都市型災害について述べたが、その被災のメカニズムはいずれの地震でも決して一律的なものでなく、それぞれの地域でそれぞれの性格をもったものであろうと予想される。また、地震発生時が夏季の午後5時14分であり、各家庭の火気使用時間とはわずかにずれがあり、各官庁などには行政部局に多くの人が残っていたため地震直後の対応にそれほど遅れなかったことなどは、新しい都市型の地震災害として比較的被害を少なくしたのではないだろうか。今回は目立たなかったことが次の都市型地震では大きな被害をもたらさないとはいえない。二次、三次の都市型地震災害というのは、少しの条件の差によっても被害のメカニズムが大きく変わるという特徴をもっているからである。また、今回の地震により、概略すれば

震度V 生活機能の破壊を伴う可能性がある

震度VI 生命、生活機能の複合的破壊が発生し被害の拡大波及が予想される

震度VII 生命維持に全力をあげることになり、救助活動（避難、医療）が主体となる

であろうと考えられている。つまり現在の都市機能維持システムは震度Vに対しても、脆弱である

ことを強く銘記すべきであろう。

2 ライフラインの機能障害と復旧

(1) ライフラインについて

ライフラインという言葉は、1971年のサンフェルナンド地震のころ、米国 UCLA のデューク教授が使い始めたもので、市民生活を支える電気、ガス、水道などの供給システム、さらに広い意味では、交通や通信のシステムをいう。こういうシステムは最近ますます高度化して複雑なシステムとなり、便利さが増した反面、災害を受けた時の社会的影響は深刻なものとなってきた。また、災害に対する種々の弱点も指摘されるようになった。こういう時代的要請で、個々のシステムの特徴をとらえる一方、ライフライン・システムとして統一的総合的な研究を行い、防災対策を考えようという機運が起こってきたのである。今回の地震は、たまたまこういう時機に発生したので、ライフライン・システムの震害や復旧、防災対策の研究に貴重なデータを提供することとなった。

供給システムは、供給源である少数の端末から流れが始まり、次第に分岐を重ねて、需要家の多数の端末に流入するシステムとなっている。表Ⅵ-2-1 は各種の供給システムを一括して示したもので、分岐設備を節、流れの通路を枝と記したのは、システムなどを点と線の図形として研究するグラフ理論の用語を用いたものである。電気などのように広域で大規模なシステムは、途中の中継点を結ぶ基本ネットワークをもっている。テレビ、ラジオ、新聞などの情報システムも一種の供給システムと考えることができる。

表Ⅵ-2-1 供給システム

	流入点(少端末)	基本ネットワーク	枝	節	枝	流出点(多端末)
上水道	浄水場・配水池	○	本・支管	操作所	給水管	需要家
下水道*	下水処理場		本・支管	ポンプ場	排水管	同上
ガス	製造工場・供給所		中圧本管	ガバナー	低圧本支管 供給管	同上
電気	発電所・一次変電所	○	送電線	二次変電所	配電線	同上

*下水道の場合、流れの向きが逆になる。

交通システムは、供給システムとはやや性質が異なっている。基本のネットワークがあり、利用者は可能な範囲で、随時任意の点から任意の点まで利用できるようなっている。流れの向きも一

般に特定されていない。電話などの通信システムも類似の性質をもっている。道路、鉄道、航路、航空路の各交通機関はそれぞれ特徴をもち、災害時には全体が多重システムとして応用される。今回の地震では、仙台空港が無被害であったため、航空路で臨時便が増発され、緊急の輸送に役立った。航路、航空路は、直接陸上を通る道路、鉄道より地震災害には強い（ただし、港湾は被害を生じやすい）ので、災害が長期化した場合など、この特性を活かした総合的な輸送計画を検討しておくことが必要であろう。

ライフライン・システムの大部分は長距離に連続した施設からなっている。このため、一個所の被害の影響が遠距離に及ぶ。システムが発達するほど災害には弱くなるといわれる所以である。可能な限り、ループ化、多重化をすすめることが望まれる。長距離の迂回は道路、鉄道ではあまり有効でないが、電気関係のシステムではきわめて有効である。このことは、今回の地震で幹線が遮断された東北電力側の送電、パニックを起した電話の送信などによく示されている。

今回の地震で、仙台市ガスの復旧に約1か月を要したことが注目されたが、これはガス漏れがきわめて危険で、開栓に慎重な点検を要したためである。一般に埋設管などの地中施設は、平常は地上に障害を与えない好ましい構造とされているが、地震災害の時には、① 被害箇所の発見が難しい、② 内容物の流出のため二次災害の危険がある③ 復旧作業が路面交通のさまたげとなり、掘り起こし、埋戻しなどが容易でない、など問題点が多い。さらに埋設管などの地中施設についても耐震性を高める研究とともに、総合的な安全対策の検討も必要である。

ライフライン・システムは一般に広域にわたる施設で、しかも連結しているため、地形地質の悪い所を通ることも避けられない。したがって、地震災害を100%防ぐことは不可能で、むしろ被害は必ず起こると考えて対策を立てておかななくてはならない。ここで、次の諸点を提言しておきたい。

- ① 災害は同じ形態で起ることは少ない。多様な被災状況を想定して、応急対策、復旧対策を考えておくことが必要である。
- ② 古い既設の施設については、新しい基準による耐震診断を定期的の実施し、その補強改良の案は早めに立てておく。被災した場合、復旧工事にこの案を活用することができる。
- ③ 被害の発生箇所を管理中枢で、迅速、正確に把握できるような設備、体制を整えておくことが肝要である。
- ④ 応急復旧のため必要な機材、資材を各要所に耐震的に備蓄し、常時点検を怠らないようにする。

ライフラインにおいては、個々の構造物、施設の耐震設計も重要であるが、機能保持の面から、全体のシステムの耐震信頼性を高める設計が重視されなければならない。このような計算には綿密

な被害予測の解析が必要である。対象とする地域の地盤や震度分布について、詳細な実測調査を行い、その資料を基に、地域の微視的震動特性を表示したマイクロゾーニング・マップを作成することは、このような解析に欠かすことのできない作業であり、その重要性をとくに強調しておきたい。

(2) 電 気

電気はエネルギー源を供給するシステムとして最も基本的なものである。したがって、地震による停電は、市民生活のみでなく、都市機能、産業機能など全般にわたり、広範囲にきわめて重大な影響を与えることになる。電気は他のライフラインと比較して次のような特徴をもっている。

- ① 代替が難しい（自家発電の使用にも限界がある）。
- ② 他のライフラインに対する影響が大きい。

- ③ システムが数県にわたる広域であり、直接災害を受けていない地区にも停電が起こる。
- ④ 迂回速度が速いのでループ化の効果が大きい。

これらの特性は、電気の重要性や災害時の特徴を示している。停電は all or nothing 型の機能障害で、しかも突発的に起こる。とくに、夜間の停電は心理的要素も加わり、きわめて大きい障害となる。したがって、電気の地震災害については、供給側も使用側も、平時から十分な対応策を練っておかなければならない。ここでは、今回の地震における電気関係施設の被災とその復旧の状況を述べ、特徴や問題点を指摘する。

① 設備の被害と復旧の概況

東北電力㈱の諸設備は、仙台市およびその周辺地域を中心に、宮城、岩手、福島各県にわたって大きい被害を受けた。その総括を表VI-2-2に示す。火力発電設備では、主力発電所である仙台火力、新仙台火力の両発電所が被害を受け、一時発電不能になったが、16日仙台火力1号機(175

表VI-2-2 東北電力設備別被害の概要

設備種別	被害額(億円)	内 容
水 力	0.1	水路・水槽・巡視路等土木工作物被害
火 力	7.7	2 発電所（仙台火力・新仙台火力） 5 ユニット
送 電	2.2	275kV 鉄塔敷擁壁損傷他 2 線路 154kV 鉄塔敷擁壁損傷他 2 線路 66kV以下 鉄塔敷の隣接地土砂崩れ 7 線路
変 電	10.3	265kV 2 変電所（仙台・宮城） 154kV 7 変電所 66kV 9 変電所
配 電	1.3	支持物の折損・倒壊・傾斜2,317本 変圧器の損傷・傾斜 4,083台 高圧配電線の断混線 1,162条間
通 信	0.4	結合コンデンサー損傷 3 台 マイクロ導波管の損傷 1 回線
その他	10.0	建物設備損傷その他
計	32.0	

昭和53年9月30日 現在

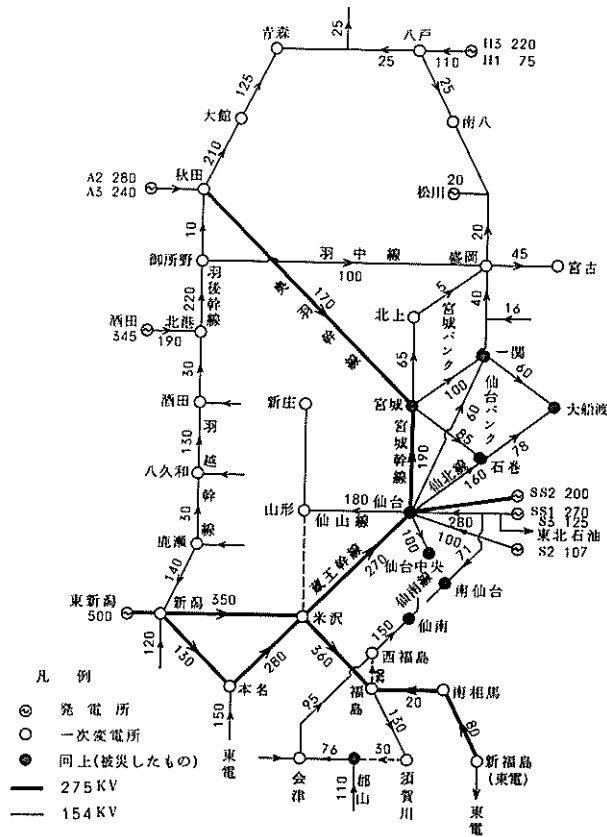
MW)が復旧、以下18日新仙台火力1号機(350MW)、19日同2号機(600MW)が復旧し、発電の障害は解消した。送電設備も幹線鉄塔敷擁壁の損傷など若干の被害があったが、基幹である275KV、154KVの送電には支障を与えなかった。変電設備の被害は、今回の電気設備震害のうち、最も顕著でかつ影響が大きかったものである。管内18変電所が設備損壊の被害を受け、機能障害を起こしたが、大型設備を有する一次系(154KV以上)変電所、とくに仙台変電所の被害が顕著で影響が大きく、最も重要な275KVの送電幹線が分断される事態となった(図VI-2-1)。しかし、復旧作業は順調にすすみ、主変圧器が14・15日、蔵王幹線1・2号が15・13日に、宮城幹線1・2号が16日にそれぞれ復旧した。一方、宮城変電所は設備被害が小さく、変電機能が保持されており、また南仙台変電所では154/66KVの主変圧器が損壊したが、仮復旧により12日中に福島系からの受電が図られた。これらのことによって、仙台変電所の復旧を待たず、仙台市およびその周辺地区における停電を早期に解消することができた。配電設備は、主として仙台市の南部、東部の軟弱地帯、埋立造成地において、電柱の倒壊、折損、傾斜や高低圧線、引込線の断線、混線などの被害が集中的に発生した。主な被害数は高圧電柱傾斜1,501本(仙台市内1,191、宮城県以外36)、低圧電柱傾斜712本(同491、同30)、引込線断線2,348口(同1,695、同137)、柱上変圧器傾斜3,817台(同2,266、同18)となっている。地震直後、停止饋電線数は658回線であったが、延約7,300人の作業員を動員し、応急電源車、クレーン車など1,800台を稼働して復旧作業が進められ、14日早朝に全線送電を完了した。

② 送電系統の被災と復旧

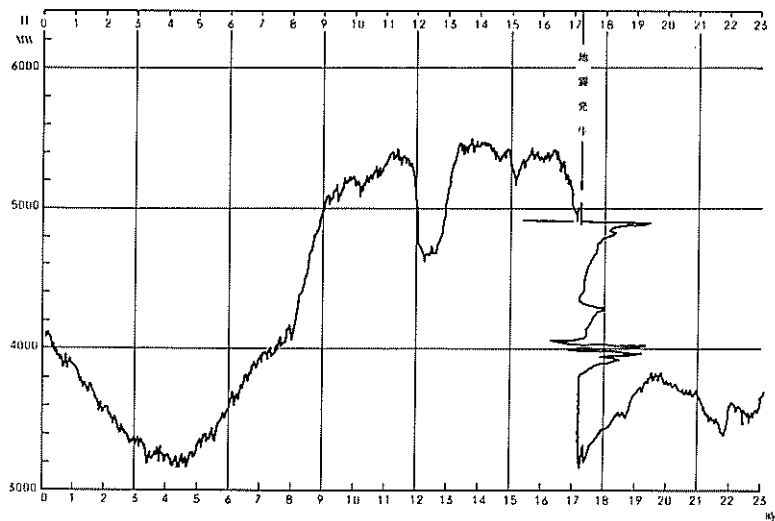
地震直前、東北管内は総需要4,900MWであったが、地震発生と同時に、運転中の仙台火力2、3号機、新仙台火力1、2号機、八戸火力3号機が手動開放され、また、水力の脱落42箇所約115MW、変電所18箇所の被災により計1,130MWの供給支障が生じ、受電減少378MWを加え、約1,500MWの負荷が減少し(図VI-2-2)、681,600戸が停電した。このため、系統周波数は50.58Hzまで上昇したが、約5分後に50Hzに安定した。図VI-2-1に東北電力輸送電系統の主要ネットワークと地震直前の潮流を示す。

275KV系では、仙台(変)の変電設備の罹災のため、新仙台火力A線、蔵王幹線、宮城幹線が遮断された。また、154KV系では、仙台バンク系、宮城バンク系に分けて供給されていたが、仙台バンク系で、仙台、石巻、南仙台、大船渡の各変電所、宮城バンク系で、石巻、一関、宮城の各変電所に被害が生じ、これらに接続する一次、二次変電所および仙台火力、新仙台火力が停電した。このように基幹系統の超高圧ループが分断されたが、保護リレーシステムの適確動作と潮流の調整運用により事故範囲の極限が図られ、青森、岩手、秋田系統および宮城の一部系統は、日本海側の羽越、

図VI-2-1 東北電力送電系統主要ネットワークと地震直前の潮流図



図VI-2-2 東北電力総需要の推移



(昭和53年6月12日XYレコーダー記録)

羽後幹線を通じて本系統と連係が維持された。

電力供給の安定を図るための措置としては、需給停止中の秋田火力1号機と新潟共同火力2号機の運転が指令された。また、12日中に系統たて直しの応急措置として、仙山線、仙北線、仙南線を經由して仙台へ送電する措置がとられ、6月13日午前1時28分には仙台市内の配電用変電所が全部受電を完了した。一部の大口需要家などに対しては、潮流隘路などのため負荷抑制が行われていたが、6月19日新仙台火力1号機が安全運転となり、全面的に解除された。

③ 被害の特徴と今後の対策

総括的にみると、今回の電気関係の機能復旧はきわめて迅速に行われた。関係者の尽力によることはいまでもないが、次の諸点を理由としてあげることができる。

- i 発電設備の被害が比較的軽微で、復旧が早かった
- ii 送電設備の被害として、大型送電鉄塔の倒壊や地中ケーブル切断などのように、送電に大きい支障を与え、復旧に時日を要する被害がなかった
- iii 変電設備は、主として一次変電所が大きい被害を受けたが、限定された箇所で交通の便利な地点であり、かつ地震後の交通状況が良好であったので、復旧作業が順調にすすめられた
- iv 配電設備の被害も多数発生したが、仙台市内の地盤条件の悪い局限された地域に集中していたため、復旧の作業能率が高かった
- v 送電系統の多重ネットワークが有効適切に利用され、需要家への供給が迅速に処置された
- vi リレー関係が正確に作動し、被害の範囲が最小限におさえられたばかりでなく、二次災害が防止された
- vii 通信関係設備に大きい障害となる被害がなかった

なお、過去の新潟、十勝沖地震の震害に対する教訓が、多くの面で生かされていたことも看過できない。次に、設備別に地震時の被害や復旧における特徴、問題点について述べる。

i 発電設備

水力発電所は海岸から離れた山奥にあるので、宮城県沖や三陸沖など海中に震源をもつ地震に対しては、一般に震度も小さく被害を受けにくいと考えられる。これに対し、火力発電所は臨海埋立地に立地されている場合が多いので、一般に地盤条件が悪く震度も大きく現われる。発電機、ボイラーなど主要機器については十分な耐震設計がなされていると思われるが、二次的設備、配管、高圧導管などについては、さらに耐震性の検討を深める必要がある。また、今回は隣接する東北石油㈱において火力燃料用以外の重油タンク6基に破損被害や重油流出が生じた。幸い、火災も起こらず、被害は最小限度にとどめられたが、火力発電所については、燃料の安全貯蔵や供給の確保につ

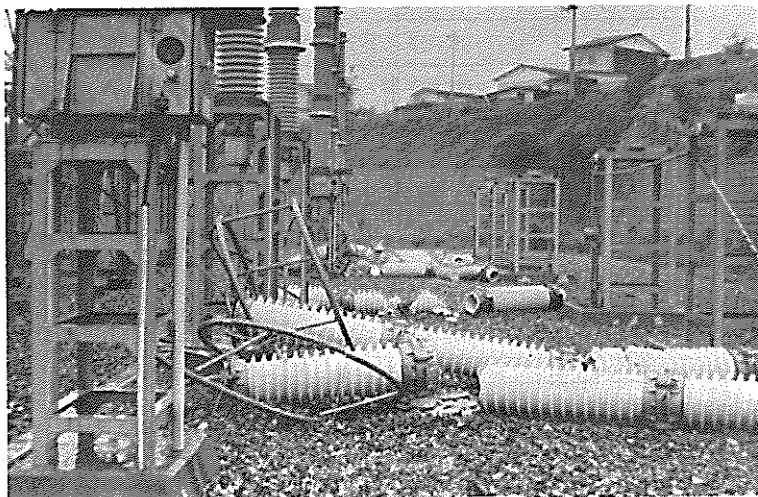
いて十分な防災対策を検討しておく必要がある。

ii 送電設備

送電設備について、とくに問題となる構造被害がなかったが、これは、概括的に地盤条件が良好であったことに留意しなければならない。また、送電系統ネットワークについては、とくに被災時に電力供給の信頼性を高める立場から、種々の被災状態を想定して、効用性の高い多重ネットワークシステムを構成することが、今後の課題と考えられる。

iii 変電設備

変電設備の被害の中で、最も大きい影響を与えたのは、超高圧用機器の損壊である（写真VI-2-1）。これらの被害機器は、ほとんどが0.5Gの静的水平震度による耐震設計がなされており、たとえば、仙台変電所における地表の推定加速度約300ガルに対しては十分安全でなければならなかった。それにもかかわらず、破壊が起こった理由として、碍管材料の脆性、振動の三次元性など諸々の問題点が指摘されている。また、最近では超高圧機器に対して、0.3G共振正弦三波による耐震設計が提唱されているが、この場合、応答解析を行うためのモデル化について、十分に検討する必要があると思われる。また、変電機器の固有振動数は、ほぼ2～8 Hzであるので、地震時の共振防止について、構造上の工夫も必要であると考えられる。今回の地震では、避雷器の被害によって機能障害を起こした例が多かったが、ガス遮断器の採用などにより避雷器の省略が提案されている。なお、避雷器の修復の過程では、幸い雷撃事故は発生しなかった。高圧碍管の耐震性の検討は、500KV系への発展に対応し、今後の最も重要な検討課題であると考えられる。なお、変電所機器については、被災時に迅速に対応できるよう常時必要な資材を耐震的に備蓄しておくことが肝要である。



写真VI-2-1 超高圧機器の損壊（仙台変電所275KV避雷器）

iv 配電設備

電柱の被害において、次のようなことが注目された。倒壊や折損は約100本であったが、そのうち、角柱や片引留柱が約60%を占めている。コンクリート柱の折損は数本あったが、いずれも地際の部分でせん断されている。また、コンクリート柱の被害率が高かったことが注目された（これは新潟地震でも同様であった）。電柱上の変圧器は十勝沖地震で160個の落下例があり、捕縛方法が強化されたことから、今回は落下例はほとんどなく、被害が著しく軽減された。

新潟地震では地盤移動、地盤沈下などにより、送電鉄塔傾斜、二次変電所の機器損壊、市中の配電設備とくに地中ケーブルの切断、マンホールの変状などの被害を生じたが、今回の地震被害では、一次変電所や火力発電所における超高圧の長もの碍管の被害が最も顕著で注目された。このように同じ地震災害でも、諸々の条件の違いにより、異なるところに異なった形態で現われることに注目しなければならない。災害の対策を考えるうえで最も留意すべきことである。

(3) 水 道

地震により宮城県内74の市町村のうち、64市町村および2広域水道の95の水道施設が被災した。

表VI-2-3 断水の解消状況

復旧日	断 水 解 消 施 設 数 ()内は上水道施設	断水解消 市町村数	市 町 村 名 (12日～15日は市のみ掲げる)
12	4(3)	3	
13(午前)	7(4)	3	
13(午後)	24(12)	20	岩沼市
14	13(8)	10	角田市, 多賀城市
15	8(5)	6	白石市, 石巻市
16	1(1)	1	鹿島台町
17	4(2)	2	名取市, 女川町
18	4(1)	2	古川市, 利府町
19	1(1)	1	松島町
20	2(2)	2	仙台市, 七ヶ浜町
21	2(2)	2	泉市, 河南町
22	1(1)	1	鳴瀬町
23	1(1)	1	塩釜市
合計	72(43)	54	

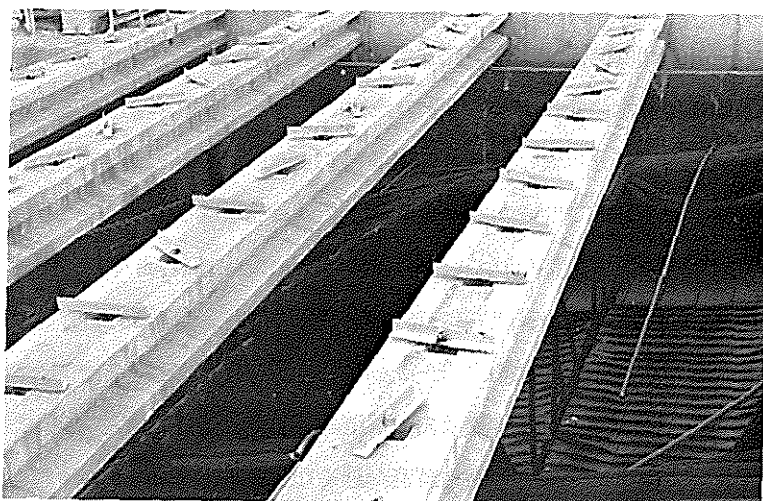
注) 二つ以上の施設の断水があった市町村についてはすべてが復旧した時点で解消とみなした。

この内訳は、仙台市、石巻市、塩釜市、泉市、古川市などにおける主要な上水道施設を含む49の上水道施設（県内の総数52）、41の簡易水道施設（県内の総数204）、その他5となっている。被害の中には鳴瀬町上水道のP C配水池の倒壊・貯留水の流出、塩釜市上水道の導水管（鋼管φ700）からの漏水、仙台市上水道の水管橋部分における配水管（鋼管φ1,000 2本）の許容量を上回る変形など、場合によっては人身事故にも結びつきかねない危険を伴う被害も含まれているが、今回の地震において水道施設の機能上の支障に直接結びついた最大のものは配水施設、とくに県下約1,600箇所における管路の被害であった。これらの被害により、54市町村、72施設、約88,000戸において断水となり、断水の解消には最高11日を要した。表VI-2-3に各市町村における断水の解消状況を示す。なお、利府町、七ヶ浜町のように事業体地域内の水道施設自身の被害は軽微であっても、他事業体からの分水への依存度が高かったために断水解消が遅くなった例もみられた。

管路以外の構造施設の主な被害を表VI-2-4に示す。構造施設の被害において数の上で目立つものは、傾斜板の破損の被害（写真VI-2-2）と配水池周辺の土留の崩壊である。また、最も危険を伴った被害は鳴瀬町のP C配水池タンクの倒壊である。今回の地震において管路以外の構造施設の被害は少なかったとされているが、上述の被害例は今後水道施設の耐震性を検討するうえで重要なデータであると思われるので詳細な調査が望まれる。とくに、傾斜板に関しては地震時の動水

表VI-2-4 管路以外の水道施設の主な被害

被害状況		施設名
取水施設沈下		若柳町(上水道)
沈 殿 池 ろ 過 池	傾斜板破損	松島町(二子屋浄水場)、多賀城市(新田浄水場) 石巻市(蛇田浄水場)、仙台市(中原浄水場)
	亀裂	石巻市(大街道浄水場)
	不等沈下	鹿島台町(上水道)
	亀裂	牡鹿町(鮎川簡水) 仙台市(国見浄水場ほか)
配 水 池	とい損傷	松島町(二子屋浄水場)
	不等沈下	鹿島台町(上水道)
	周辺土留石垣崩壊	唐桑町(上水道)
	コンクリート基礎破損	松島町(二子屋浄水場)
配 水 池	P C配水池倒壊	鳴瀬町(宮森配水池)
	亀裂	蔵王町(宮簡水、北原尾簡水)鹿島台町(上水道)
	周辺土留ブロック崩壊	女川町(わしの神浄水場)、泉市(旭丘、将監) 利府町(利府)、仙台市(安養寺、中山第2) 田尻町(上水道)
	沈下、橋台損傷	蔵王町(休養村簡水)、古川市(上古川)



写真VI-2-2 傾斜板の被害（石巻市）

庄に対する耐力が不足していたことが考えられるので、今後設計上の検討が必要であると思われる。なお、PCタンクの被害に関してはVの3に詳細に述べられているので、ここでは省略する。水道施設の多くはその性格上、周辺より高い部分に立地することが多いので、地震の際の地盤の加速度が平坦地よりかなり大きくなることが考えられる。したがって、設計に当たってはこのような地盤自身の振動特性について十分な配慮がなされる必要があるものと思われる。

管路の被害の詳細についてはVの4に述べられているが、ここでは機能停止に結びついた顕著な被害の例について記す。大口径の管路の被害としては、塩釜市上水道における大倉系導水管（ $\phi 700$ 鋼管）および春日系導水管（ $\phi 350$ ヒューム管）の被害が注目される。これらの被害により、同市においては6月15日まで全域にわたり断水を余儀なくされた。また、同上水道においては海底送水管の被害により浦戸諸島への送水が不可能となり、復旧は今回の地震で最も遅い6月23日であった。今後、遠距離送水の耐震信頼性に関しては十分な検討を加える必要があるものと思われる。配水管などの被害件数の多かった水道施設は泉市南光台上水道（350件）、仙台市上水道（223件）、泉市上水道（121件）、塩釜市上水道（90件）、松島町上水道（79件）などであり、これらの事業体の供給区域においては減断水の復旧に長時間を要している。このうち、泉市においては、市営の上水道が13日には復旧しているのに対して、民営の南光台上水道においては21日まで断水状態が続いた。南光台上水道においては被害率においても他の上水道施設より著しく大きな値となったが、このことは水道事業のあり方について問題を投げかけている。また、(4)で述べるガス供給施設の場合と同様に管自身の問題のほかに宅地造成の方法にも問題があるものと考えられる。仙台市水道局における被害例からも被害の大半は地盤条件の悪い箇所に集中する傾向にあることがわかるが、このように都

市開発以前には予想のつかなかったような多くの被害が発生している。今後、とくに地盤条件の悪い地区に埋設管を布設する場合、管の種類や継手の構造などについて十分吟味を行う必要があるものと思われる。

(4) ガ ス

都市ガス供給施設の被害は宮城県内4ガス事業者（仙台市ガス局、石巻ガス㈱、塩釜瓦斯㈱、古川ガス㈱）において発生した。各事業者の被害の概要を表VI-2-5に示す。また、地震後供給を停止した簡易ガス事業者の被害は16事業者33地点群に及んだ。これらの被害により影響を受けた需要家件数は約16万件に及び、復旧には最高1か月の長期間を要した。被害は、仙台市ガス局における有水式ガスホルダーの炎上、各事業所における多数の導管の破損などかなり危険を伴うもので

表VI-2-5 被害の概要

事 業 者 名			仙 台 市 ガ ス 局	石 巻 ガ ス ㈱	塩 釜 瓦 斯 ㈱	古 川 ガ ス ㈱	
事業概要	所 在 地		〔原町工場〕仙台市幸町5-13-1 〔港工場〕多賀城市栄町4-4-1	石巻市明神町2-3-48	塩釜市中の島4-20	古川市駅前大通1-7-48	
	事業開始年月日		明治43年11月3日	昭和35年1月5日	昭和5年10月1日	昭和36年5月1日	
	供給区域		仙台市、多賀城市、泉市	石巻市	塩釜市	古川市	
	需要家数		13,128	7,061	6,235	2,059	
	供給ガス種類・熱量(kcal/Nm ³)		6 B (5,000)	5 C (4,500)	5 C (4,500)	6 A (7,000)	
	従業員数(人)		397	38	33	22	
	ガス発生設備		原町工場4店、港工場5基	3基	2基	3基	
	ガスホルダー	球形	6基	—	—	—	
		有水式	2基	2基	3基	1基	
	供給設備	供給設備	中圧管(km)	195.9	7.2	—	—
低圧本管(km)			633.2	63.2	46.1	17.9	
低圧支管(km)			591.9	72.4	44.9	16.6	
合計(km)			1,421.0	142.8	91.0	34.5	
供給停止		全域・約3日間	全域・約1日間	全域・約3日間	全域・約3日間		
製造設備		ほとんど被害なし	被害なし	被害なし	被害なし		
被害状況	ガスホルダー		原町工場の有水式ガスホルダー倒壊炎上のため、同工場の製造が不能となった。港工場の球形ガスホルダー(2号機)の基礎の一部が損傷したが供給に支障はなかった	有水式ガスホルダーのガイドローラシャフトが一部湾曲した	被害なし	有水式ガスホルダーのガイドローラーが外れ同ホルダーの稼動が不能となった	
被害状況	供給・需要家設備	本管「75mm以上」損傷	20箇所(0.03箇所/km)	1箇所(0.02箇所/km)	41箇所(0.89箇所/km)	3箇所(0.17箇所/km)	
		本管(75mm未満) "	198 "(0.33 ")	26 "(0.36 ")	39 "(0.87 ")	5 "(0.30 ")	
		供給管損傷	148 "(1.09 所/千件)	59 "(8.36箇所/千件)	61 "(9.78箇所/千件)	11 "(5.34箇所/千件)	
		合計	366 "	86 "	141 "	19 "	
		内管	灯外	301 "	1 "	27 "	4 "
			灯内	1,147 "	1 "	24 "	26 "
被害状況	損傷	合計	1,448 "	2 "	51 "	30 "	
		ガスメーター損傷	1,040個	0 個	120個	0 個	

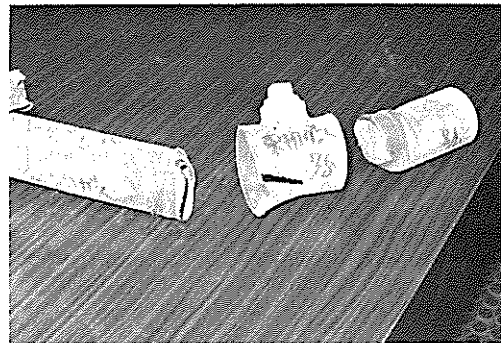
あったが、幸い人身事故の発生はみられなかった。復旧に多くの日時を要した原因は主にガス導管の点検、修復作業や供給再開のための内管検査や点火試験などの作業量が膨大なものであったためである。各事業者においては地震発生後の停電により製造が停止されたが、ガスホルダーによるガスの送出は1時間以上続行された。その後、導管破損によるガス漏れの通報が相次いだためガスの送出は全面的に停止された。

製造工場における被害の主なものは次のとおりである。仙台市原町工場においては有水式ガスホルダー（昭和32年に移設改造されたもの）が炎上倒壊した。原因は上部支柱と下部支柱との接合ボルトが腐蝕していたためとされている。火災は発生から約30分後に鎮火した。仙台市ガス局港工場においては、球形ガスホルダー1基の基礎モルタルグラウティングに亀裂を生じ、アンカーボルトの一部が変形した。また、東北石油㈱の重油タンクの破損による重油の流出により、パイプラインによる原料の受け入れが不能となった。石巻ガス㈱においてはレリーフ用有水式ガスホルダーの上部ガイドローラージャフトが湾曲した。また、頂部ブレースが破断して垂れ下がった。古川ガス㈱においても有水式ガスホルダーが被災し、ガイドローラが外れてガス槽が傾斜した。これらの被害のうち、製造停止に決定的に結びついたものは、仙台市ガス局原町工場における被害であり、同工場におけるガス製造は将来とも行われないうこととなった。また、古川ガス㈱の有水式ガスホルダーは応急的な修復の後使用可能となったが工場移転のため廃却された。なお、塩釜瓦斯㈱においては、製造工場が比較的堅い地盤上に設置されていたこともあり、製造設備の被害はみられなかった。製造設備関係の被害で注目されることは有水式ガスホルダーの損壊であり、今後既存のホルダーについて耐震的な見地からの点検・改良を行う必要があるものと思われる。また、将来の新規建設に当っては設計規準について十分な検討を加えるべきであると思われる。

供給施設関係の被害で量的な点においても、広がりにおいても著しかったものはガス導管の被害であり、復旧作業上の最大のネックとなった。中圧導管を有する仙台市ガス局および石巻ガス㈱のうち、石巻ガス㈱においては被害がなく、仙台市ガス局においても大きな漏えいを生ずるような被害はなかった。しかし、仙台市ガス局においてはベローズ継手部における許容量を大幅に超えた変形やバルブフランジ部における微量漏えいの被害が数件発生した。表VI-2-5よりわかるように、導管の被害件数においては仙台市ガス局が圧倒的に多く塩釜瓦斯㈱がそれに次いでいるが、需要家当たりの被害件数は塩釜28件、石巻12件、古川11件、仙台4件となっている。このように塩釜における被害率が高いことと仙台における被害率が低いことが特徴的である。仙台市ガス局における被害率が小さいことは被害が地盤条件の悪い限定された地域に集中していることを示しているものと思われる。写真VI-2-3に低圧導管の被害例を示す。従来、末端のガス導管についての耐震的な

配慮はほとんどなされていないが、多少の地盤の変形に対しては追随して変形し得るような配管上の工夫を行うべきであると思われる。また、宅造地の計画や施工上の問題そのものについても十分検討を加えるべきであることを示唆していると思われる。

需要家設備の被害については、需要家敷地内の導管（内管）の被害やメーター部の被害が非常に多くみられた。需要家設備の被害のうち、ビル関係の被害では、仙台市ガス局より供給を受けている三階以上の都市ガス供給ビル400棟のうちの55棟が漏えいのために開栓不能となった。これらの被害の中には内管の抜け出しなどにより、従来の配管設備が使用不能となったものもある。



写真VI-2-3 低圧導管の被害例
（仙台市ガス局φ50mmネジ継手鋼管）

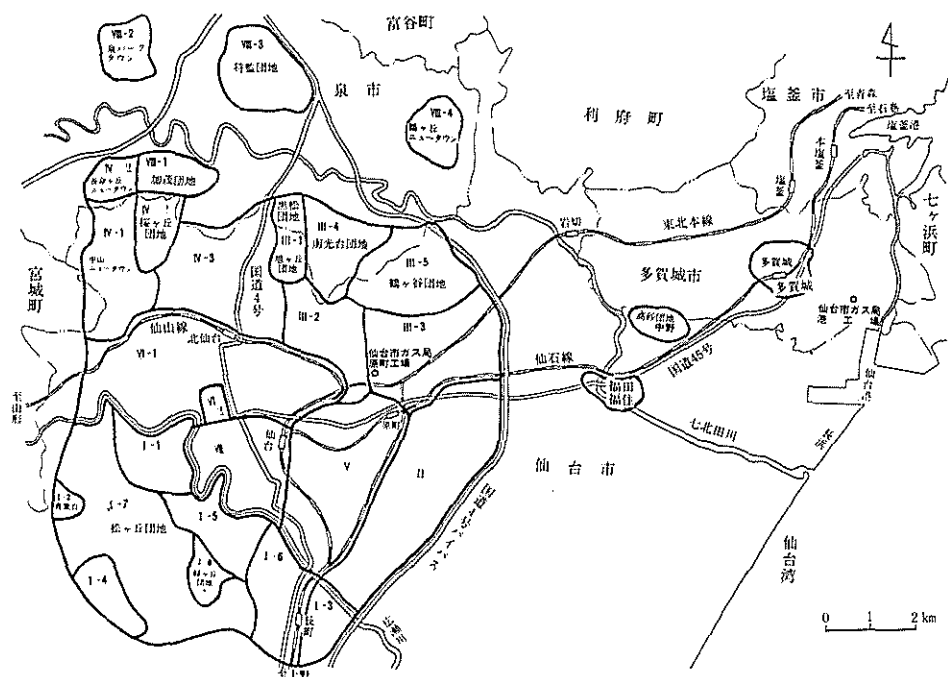
簡易ガス事業の被害形態は都市ガスと同様の導管被害のほか、鎖の切断、とめ金抜けによる容器の転倒および高圧ホースの切断などであった。

ガス供給施設の復旧作業は、他のライフライン関連施設の場合と異なり、安全性を第一に優先させる必要があることから、復旧作業には多くの人手と手間を要した。各事業者における復旧の状況を表VI-2-6に示す。復旧作業は他事業者からの多数の応援の下に行われ、作業延人員は、仙台市ガス局において27,131人日、石巻、塩釜、古川の事業者においてそれぞれ328人日、1,271人日、

表VI-2-6 ガス復旧作業の概要

		6 月												7 月												備 考						
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
仙台市ガス局	供給停止	18:15																														
	本支管修理																															供給区域を37ブロックに分割し 本支管等の修理を実施した
	閉栓確認																															
	供給開始 (内管検査・ガス抜き後)	(0.5) (52.5) (94.1) (99.1)																													()内供給開始割合%	
石巻ガス局	供給停止	21:20																														
	本支管修理																															
	閉栓確認																															
	供給開始 (内管検査・ガス抜き後)	(97.4) (99.4) (100.0)																													()内供給開始割合%	
塩釜瓦斯所	供給停止	19:15																														
	本支管修理																															供給区域を4ブロックに分割し 本支管等の修理を実施した
	閉栓確認																															
	供給開始 (内管検査・ガス抜き後)	(81.6) (99.5) (100.0)																													()内供給開始割合%	
古川ガス局	供給停止	18:00																														
	本支管修理																															
	閉栓確認																															
	供給開始 (内管検査・ガス抜き後)	(88.1) (99.0) (99.6) (100.0)																													()内供給開始割合%	

図VI-2-3 仙台市ガス局低圧管ブロック図



329人日であった。製造設備の復旧により、石巻においては1日後、仙台、塩釜、古川においては4日後には製造工場に関する限り供給再開が可能となった。仙台市ガス局においては導管の被害調査や修復確認の作業を行いやすいように供給区域が大きく11ブロック（うち独立3地区を含む）に分割された。さらに、被害件数の多いブロックを中心に最高11セクターの細分割がなされ、最終総分割数は37となった。図VI-2-3に仙台市ガス局におけるブロック図を示す。黒松・南光台地区、緑ヶ丘地区など全体の約6％に当たる需要家においては開栓が7月に持ち越された。仙台以外のガス事業者における本支管の漏えい修理は、仙台市ガス局の修理率が50％以下の時点で終了し、6月25日ごろまでにはほとんどの需要家で供給が再開された。なお、塩釜瓦斯株式会社においては復旧にあたり仙台市ガス局と同様にブロック化（分割数4）が行われた。復旧に関する問題点は、ブロック化の作業が膨大なものであり、復旧の初期の段階においてかなりの時間を要したことにある。末端のガス管網に対して高度なコントロールシステムの設置を期待することは困難であるかも知れないが、少なくとも非常時において供給系統を迅速に分離し得るようなネットワークシステムを形成しておくことは、復旧作業を容易に進める目的のみではなく、部分的にせよ迅速な供給再開を期するためにも必要なことであろう。また、製造工場や供給ラインはなるべく重複させて設定しておき、全供給システムの耐震信頼性を高めておくことも必要なことであると思われる。

(5) 下 水 道

下水道施設の被害は宮城県内の下水道施設（総数16）のうち、仙塩・阿武隈川下流の2流域下水道、仙台市・塩釜市など6市5町の公共下水道、2市1町の都市下水路において発生している。被害の概要を表VI-2-7に示す。被害の中で着目されることは、ポンプ場の被害により汚水を河川に放流せざるを得なかったことと、管渠・マンホールに多数の被害が発生したことである。

二つの終末処理場のうち、仙塩中央処理場（流域下水道、6月1日処理開始）においては特高受電設備2回線の変流器が破損し、また断路器も開閉不能となった。復旧は地震の翌日13日の午後であり、この間の処理は停止した。ただし、上水道の断水との関連で下水量が少なかったために、生下水は管内貯留で対応することができた。また、仙台市の南蒲生下水処理場においては地震当時自

表VI-2-7 下水道施設被害の概要

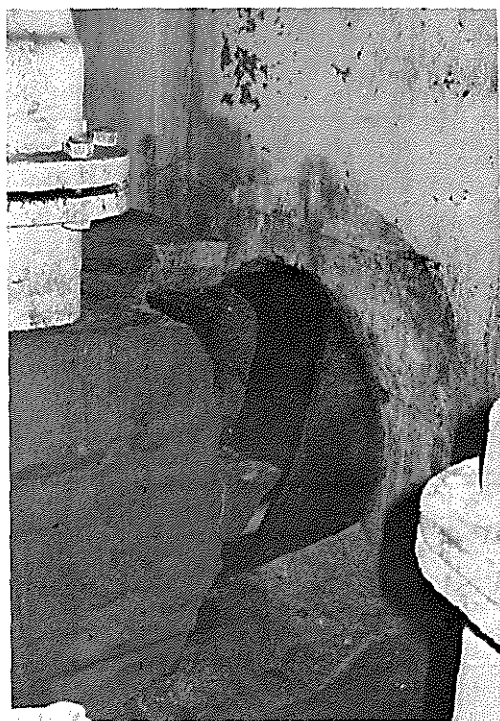
施 設	全数(又は全長)	被 害 数(延長)
処 理 場	2 施設	2 施設
ポンプ場	20施設	9 施設
管 渠	614.5km	4 km
都市下水路	64.5km	0.1 km

表VI-2-8 ポンプ場の機能停止状況

ポンプ場名	地震による停電後の自家発電	主 な 被 害 (自家発電以外)	圧 送 再 開	放 流 量 (m ³)
激	正 常 (若干の損傷あり)	給水管亀裂	地 震 直 後	—
霊 屋	装 置 な し	—	13 日 午 前	小 量
米 ケ 袋	断 水 の た め 作 動 不 能	圧送管破損	13 日 午 後	2,000
愛 宕 橋	正 常	流入管破損	14 日 午 後	2,000
郡 山	冠水のため停止	圧送管大破	23 日 午 後	450,000
五 ツ 谷	ポンプ用装置なし	圧送管破損	14 日 午 後	10,000
鶴 ケ 谷 北	給水管破損のため 停止	圧送管破損 給水管破損	14 日 午 前	5,500
鶴 ケ 谷 南	断水のため作動不能	—	13 日 午 前	小 量
苦 竹	正 常 (若干の損傷あり)	雨水ポンプ芯ずれ	地 震 直 後	—
志 波 東	断水のため作動不能	—	13 日 午 前	六丁目ポンプ場へ流下
六 丁 目	冷却水ポンプ故障等により停止	給水管破損 電磁接触器焼損	13 日 午 前	3,000
塩 釜 中 継	給水管破損のため作動不能	給水管破損 高圧引込ケーブル破損	14 日 午 前	貯 留

然流下による簡易処理の方式を用いていたので停電と自家発電機の支障が重なったが、溢水なしに放流が行われた。なお、同処理場においては汚泥ポンプが浸水により運転不能となり、汚泥処理は14日朝まで停止した。その他、流入管、排水管、吐出管、受水槽などの一部が被災した。

ポンプ場の機能停止状況は表VI-2-8のとおり（塩釜中継ポンプ場以外は仙台市公共下水道）であり、このうち、霊屋、鶴ヶ谷南、志波東以外の九つのポンプ場においては実質的な被害が発生している。顕著な被害としては、仙台市郡山ポンプ場において圧送管の破損（写真VI-2-4）に



写真VI-2-4 仙台市郡山ポンプ場圧送管
（φ700mm鋳鉄管）の破損

より11日間にもわたり機能が停止し、生下水を塩素消毒のうえ名取川へ放流せざるを得なかった被害があげられよう。また、自家発電装置の故障が7件もあり、その原因は主として断水や給水管の破損により冷却水が得られなかったためであることも注目される。緊急放流の放流先は広瀬川、名取川などであるが、鶴ヶ谷北ポンプ場においては農業用溜池（既貯水量約20万も）に汚水を放流した。

次に管路被害について述べる。下水道管はガス管や水道管と異なり、内圧が作用しないためにその被害箇所を発見することはきわめて困難なことである。表VI-2-7に示されている管渠の被害延長は道路災害や水道管・ガス管の被災箇所またはマンホールの変状のあった箇所などを中心として目視などにより調べた集計値であり、実際には

この値を上回ることも予想される。実際、仙台市公共下水道において第二蒲生幹線（径2,100mm、C型ヒューム管）や七北田川右岸幹線（径2,000～2,200mm、ヒューム管）などの未使用の幹線や枝線7,420mを調査した例においては、管路破損延長が94.1m（約1.3%）というデータが得られており、この値は地域差、管径の偏りを考慮しても表VI-2-7の値（被害率約0.7%）とかなりの隔たりがある。このほか、仙台市公共下水道においてマンホールの変状の著しい地点1,690メートルを重点的に調べた結果、被害延長は142.8m（約8%）にも達したが、このデータは管路被害がマンホール付近に多く発生していることを示しているものと思われる。管路の被害形態は、管渠の目地部におけるずれや破損、マンホール部における筒形の直壁や斜壁の相対的ずれや亀裂、マンホール底部壁面

の亀裂や破損などであり、これらの被害箇所の中には著しい漏水のほかに土砂流入の認められたものもある。下水道においては主要な施設が低地に立地する関係上、軟弱な地盤に大口径の管渠を布設せざるを得ないケースも多い。また、管渠はマンホールやポンプ場などのマッシブな構造物と至る所で接続されている関係上、地震時に大きな変形を生じやすいという特徴を有している。これらのことから下水道の被害は大規模なものになる宿命にあるものと考えられる。今後下水道施設の耐震対策としては今回の経験を活かしたハード面における種々の工夫のほかに、電気、水道といった他のライフライン施設の被害との関連性を重視した運用上の対策および処理場や管路の重複設置といったソフト面における工夫を行うことなどが必要であると思われる。

(6) 道 路 交 通

① 被災後の交通状況

i 交通渋滞

6月12日午後5時6分に震度Ⅲの前震があったのに続いて、午後5時14分に本震が発生した。すなわち地震発生がちょうど帰宅交通のピーク時間であったこと、さらに、東北本線、常磐線、仙石線、仙山線などの通勤線としての鉄道が完全に運転を休止したために、これが道路交通に転換されたこと、停電のために深夜業務の職場も休業状態になり帰宅時間を早めたこと、地震の不安から多くの市民が帰宅を早めたことなどが原因となって、大量の帰宅交通が一時に道路に集中し、市街地のほぼ全域に交通渋滞を生じた。

この渋滞した交通は、交通信号機の機能障害によってさらに混雑の度合いを高めた。宮城県内の道路に設置されている交通信号機の全数は1,106基であったが、このうち地震によって74%の744基が機能障害を生じた。とくに仙台市の市街地では信号機の機能が壊滅状態になったが、この障害の大部分の原因は停電によるものであって、翌日の午前9時までには94%が回復した。しかし、完全な復旧には4日後の16日正午までかかった。この信号機の機能停止のために宮城県警の警察官881人が交通整理にあたっている。また、東北電力㈱は東北各県に配置されていた電源車（自走式応急電源車規格50 kVA）7台を集結し、これを5箇所配置して市街地要所の交通信号機に電力供給を行うなどの緊急措置がとられている。

表Ⅵ-2-9は仙台都市圏の業務中心地点である仙台駅、市役所を出発地として仙台周辺部各方面の住宅地に帰宅するトリップについて通勤者約40人を選び、平常日と地震日のバス、乗用車の所要時間を調査したものである。これによれば地震日における仙台市の市街地での交通状況は次のようであった。

表VI-2-9 帰宅交通調査結果

(1) バスの場合

No.	出発地	到着地	主なルート	出発時間	所要時間		走行距離 (km)	走行速度 (km/h)
					地震日	平常日		
1	仙台駅	桜ヶ丘団地	4号北仙台	5:35 ^{時分}	60 ^分	30 ^分	6.8	6.8
2	"	泉ヶ丘団地	4号北仙台	5:50	40	40	4.6	6.9
3	"	向陽台	4号七北田	5:35	90	40	9.8	6.5
4	"	上杉3丁目	花京院-NHK経由	5:10	30	10	2.6	5.2
5	"	北仙台駅	4号北仙台	5:30	25	15	2.8	6.7
6	"	東照宮1丁目	東6番丁宮町	6:00	60	30	2.5	2.5
7	"	東警察署	45号苦竹	4:50	120	30	4.8	2.4
8	"	鶴ヶ谷4丁目	45号原町駅前-青年の家前経由	5:50	160	40	8.6	3.2
9	"	岩切駅	45号苦竹-石巻街道岩切	6:30	150	40	10.5	4.2
10	"	上野山小学校	4号五橋-286号鉤取	5:55	120	50	8.6	4.3
11	"	八木山神社	青葉通-霊屋橋経由	5:25	20	50	3.9	11.7
12	"	下飯田	4号河原町-若林	6:30	90	40	9.9	6.6
13	市役所	黒松2丁目	4号北仙台経由	5:20	90	30	4.6	3.1
14	"	小田原2丁目	45号陸前原町	5:30	120	30	4.0	2.0
15	"	小原	4号長町	5:00	120	30	7.2	3.6
16	"	西の平	青葉通-霊屋橋 經由八木山	5:30	70	45	10.8	9.3
17	"	"	"	5:50	80	45	8.8	6.6
18	"	"	4号長町-286号	6:00	120	45	9.5	4.8
19	"	羽黒神社	国分町通り	5:00	20	20	2.6	7.8
20	"	南小泉4丁目	4号五橋經由荒町	5:30	120	35	6.0	3.0
21	"	閑上	4号河原町-若林	5:15	70	60	15.8	13.5
22	"	河原町	4号	5:25	60	40	4.4	4.4
23	"	井上浜	4号河原町-若林	5:10	90	50	12.5	8.3
24	"	日本平4丁目	4号長町-286号	4:50	120	60	12.6	6.3
25	"	古川駅	4号七北田	4:50	210	90	39.2	11.2
26	"	七北田	"	5:25	90	30	7.0	4.7
平均					90	39	8.5	6.0

(2) 乗用車の場合

No.	出発地	到着地	主なルート	出発時間	所要時間		走行距離 (km)	走行速度 (km/h)
					地震日	平常日		
1	市役所	上愛子	4号黒松ー上谷刈	時分 5:30	分 60	分 30	24.0	24.0
2	〃	吉岡	4号七北田	5:30	120	60	23.0	11.5
3	〃	石垣町	4号愛宕橋	5:15	75	20	4.0	3.2
4	〃	松森	農学部前ー鶴ヶ谷	5:25	45	30	10.5	14.0
5	〃	南光台	45号榴ヶ岡ー国立病院前ー仙台バイパス	7:00	120	30	16.2	8.1
6	〃	蒲生	45号福田町	5:30	90	30	17.0	11.3
7	〃	松島	国立病院前ー苦竹自衛隊前ー石巻街道	6:30	60	50	27.0	27.0
8	〃	恵通苑	青葉通りー青葉城跡	5:30	20	20	5.5	16.5
9	〃	鉤取	〃	5:00	45	30	8.0	10.7
10	〃	向山4丁目	二番丁五橋ー愛宕橋	6:00	55	15	2.5	2.7
11	〃	霞目	二番丁五橋ー荒町ー南小泉	5:15	90	30	7.5	5.0
12	〃	四郎丸	4号長町ー仙台バイパス	5:05	105	60	14.0	8.0
平均					74	34	13.2	11.8

① 被調査者の平常日での出勤地ー目的地間の平均到着時間（乗車時間のみで徒歩時間を含めない）はバス利用者39分、乗用車利用者34分である。一方、地震日はバス利用者90分、乗用車利用者74分であった。すなわちバスの場合には地震日は平常日の2.3倍、乗用車の場合には2.2倍であって、渋滞の影響を両者ともほぼ同じ程度に受け、平均走行速度はガスの場合時速6.0km、乗用車の場合で時速11.8kmであった。

② 幹線道路の場合には渋滞度が高く、幹線以外の道路では低い傾向がみられる。これは両者の道路への交通の集中度の相違にもよるが、幹線道路の場合には信号機交差点が多く、この機能障害の影響が大きかったことを示している。

仙台市内での交通の渋滞状況を、宮城県警などの調査に基づいて主な幹線道路の状況を総括すると次のようである。

国道4号……市内中心部では午後10時ごろまで渋滞全般的には午後8時には解消

国道4号バイパス……主要交差点付近で午後10時ごろまで渋滞

国道6号……渋滞はほとんどない

国道45号……とくに市内苦竹付近まで渋滞が激しく、午後11時30分ごろまで渋滞

国道48号……市内八幡町付近で午後8時ごろまで渋滞、木町通大学病院付近で午後10時ごろまで渋滞

国道286号……市内西多賀付近まで午後10時ごろまで渋滞

なお、東北自動車道と国鉄東北線の不通により長距離旅行者の足が奪われたのであるが、幸い空港関係が大きな被害を受けなかったことから、全日空による仙台－東京間の臨時1往復便(6月13、14、17、18日)が運行され長距離交通が確保されている。

ii 運転者の行動

消防庁防災課編「地震の心得」によれば、「地震だと感じた時は、あわてて急停車することなく、ハンドルをとられないようにしっかり握り、徐々に速度を落とし、道路の左側に停止して様子をみる」、「カーラジオで交通情報、火災情報、津波情報などを聞く」が地震時の運転行動の原則とされている。宮城県警が実施したアンケート調査によれば、地震の感知に関して、運転中に地震を直接に路面震動から感知した者8.9%、付近の電柱や建物の揺れからわかった者67.3%、その他23.8%であって、路面の震動よりも、周辺の異常から地震を感知している者がかなり多い。しかしながら地震の初期の感知手段はともかくとして、地震発生中は道路路面の振動でハンドルがとられそうになり、実際に上記の調査でも97.4%の運転者が地震を判断した後に停車している。

地震発生後のカーラジオ情報は運転者の不安心理を鎮静するのに効果があったようである。地震直後からNHK東北地方本部はラジオ第一放送を全面的にローカル放送に切り替え、民放の東北放送とともに災害報道を行っているが、とくに交通情報については道路交通情報センターを通して午後5時56分から同10時18分まで放送されている。

② 災害時交通の問題点

災害時においては消防車、救急車、災害復旧車などの緊急車の通行の確保が重要な問題である。今回の地震では火災の発生件数が幸い少なかったのであるが、死傷者が多く、その救急活動が交通渋滞によって阻害されている。たとえば、仙台市消防局が地震発生後午後10時までに受けた救急車要請件数は212件に達したが、実際に現場に直行して処理できたのはわずかに24件であった。この原因は救急車の保有台数、医療施設の地域配置などの医療体制上の問題もあるが、最大の原因は救急車の優先通行を不可能にした交通渋滞にあった。

このような問題を除いて、今回の地震による交通状況を概観すれば、交通は長時間にわたって渋滞を生じたが、いわゆるパニック状態にはいたらず交通秩序が維持されている。この理由には次のようなことがあげられる。

- i もともと仙台都市圏内の通勤者の平均通勤時間は約30分であって全般に通勤時間が短いこと

- ii 地震の発生時間が帰宅時間帯であり、土地に慣れた運転者の集団であって、交通の流れも都市から郊外に分散する一方向の流れであったこと
- iii 帰宅交通の全交通手段に占める鉄道利用者の比率は7.3%であって、鉄道の運休によるこれらの自動車交通への転換が可能であったこと
- iv 仙台市の中心市街地は耐震性の高い礫層で、道路に致命的の被害がほとんどなく、通行が可能であったこと

すなわち以上のように、地震の発生時刻と業務地を中心に住宅地が同心円的に発達し、その交通手段をもともと道路に依存した都市構造が、今回の災害時には混乱を少なくしたといえる。さらに大火災などの二次災害が発生しなかったこと、カーラジオにより被災状況に関する情報をかなり正確に入手できたことも秩序維持に役立ったといえる。しかしながら今後の災害時の交通対策を検討する場合、今回の災害が上述のような、いわば特殊な環境条件にあったことに留意する必要がある。

③ 今後の課題

今回の地震による道路交通の機能障害を教訓として、道路計画上またその管理上の主な問題点を述べると次のようなことがあげられる。

- i 仙台市の中心市街地では道路の致命的損傷が少なかったものの、周辺丘陵地に造成された新興住宅地の盛土構造の道路に路面亀裂、路面沈下、法面崩壊などの被害が多かった。
道路は都市生活の基幹施設であり、防災を考慮した道路構造の設計が必要なことはいうまでもない。しかしながら、すべての道路に十分な耐震設計を取り入れることは実際には難しい。したがって道路計画においてその路線の重要度に応じた耐震設計水準を定め、災害時において道路網全体としての機能が大きく損われないようにすることが大切である。すなわち耐震設計水準の低い一部路線区間が被災によって通行不能になった場合にも、他の路線への迂回によって目的地に到達することが可能なような道路網の整備が必要である。
- ii 被災直後に道路の進入規制などの交通規制を行わなかったことは、交通パニックの誘因を未然に避けたことになるが、一方、緊急車の通行に支障を与えることになった。現行の宮城県防災計画では交通規制に関して、公安委員会による緊急輸送の広域交通規制措置のみであり、さらに、被災直後の一般車の通行規制と緊急車の優先通行に関して検討が必要である。
- iii 停電による広域的な道路交通管制システムの機能停止により交通混乱を生じた。この対策として幹線道路の信号機の耐震化および自家発電装置の整備、さらにカーラジオ向けの交通情報体制の検討などが必要である。

(7) 電 話・電 信

電話を含む電気通信は、利用が飛躍的に増大し、都市機能を支える重要な柱となっている。電気通信の設備や機能が大地震時にどういう状況になるかということは、今日、都市防災の上から最も注目される問題である。したがって、今回の地震は一つのモデルケースとして貴重なデータを提供したわけである。

まず、施設の被害、サービスの支障および回復の状況について述べる。

線路設備の主要な被害は、電柱の傾斜など損傷892本、架空ケーブル損傷247件、同軸ケーブル損傷18件(写真Ⅴ-4-4参照)であり、宅内設備では、電話機損傷1,071個、引込・屋内線損傷3,091件・882件、土木設備では、マンホール損傷389個、管路損傷延長10.7kmであった。このうち、とくに同軸ケーブルの被害については、ほとんど直埋区間に集中し、水田地帯の軟弱地盤地域であったことが注目された。また、6月12日発生 of 被害は15日午前0時までに回復されたが、同軸ケーブルの地震の後遺症的軽微な被害は8月11日までの間に8箇所が発生している(十勝沖地震の場合も、この種の被害が1カ月間続いた)電話交換設備については、ボルトのゆるみなど軽微なもので、通話に支障を及ぼすような被害はなかった。しかし、異常輻湊が数日続いたために、A形局においてワイパー損傷、リレーの焼損などの二次被害の発生もあった。電力設備関係では、蓄電池、予備エンジンなどに若干の被害があったが、携帯用発動発電機や移動電源車による巡回給電によって、停電による交換機能の障害は未然に防止された。

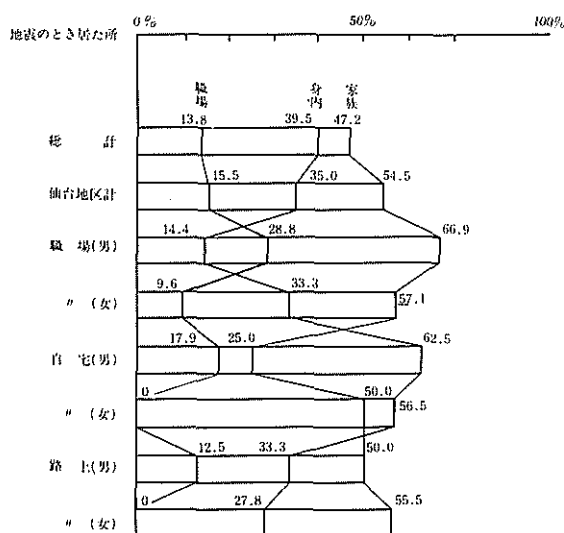
加入電話の申告障害件数は、東北電気通信局管内宮城、福島、岩手、青森の4通信部加入総数1,742,000のうち4,031件(宮城533,000のうち2,874件)であったが、6月16日までにはほぼ回復し、19日には全壊家屋などを除き全部回復した。公衆電話の申告障害件数は、宮城、福島、岩手の3通信部で276件(宮城251件)であった。市外電話回線は、仙台を通過、出入する約70,000回線のうち、24,000回線が同軸およびマイクロ伝送路の障害のために罹障したが、午後7時30分には8,000回線、夜半までに16,000回線が回復し、13日深夜までに全部回復した。テレビ回線は、十条～仙台間TV伝送路(上り、下り各6回線)の障害により、仙台以北のNHK教育および福島、会津若松のNHK総合が罹障した(映音不良1～10分)が、いずれもルート切替などによって、速かに救済された。電信回線では、仙台電信施設所に入出する搬信路のうち92(約30%)が不通になり、1,122回線(公衆電信回線23,加入電信回線727,専用符号回線320,その他52)が罹障した。予備搬信路への切替などによって、電報の疎通やデータ通信回線確保が図られ、午後7時30分には55%が回復し、13日午後5時までに全部回復した。

以上を総括すれば、設備関係の被害は、地震の大きさに比べ、大むね軽微であり、サービスの回復も早かったといえることができる。これは、主要設備に対し、十勝沖地震など過去の地震の経験が生かされ、耐震の配慮がなされていたこと、地盤条件が良好であったことなどによるものと思われる。

このように、施設被害が比較的軽微で、サービスの回復が早かったにもかかわらず、地震直後から平常時の何倍もの需要が殺到したため、機能のマヒが起こり、大きい新しい問題が提起された。

地震の状況が新聞やテレビで報道されるにしたがって、東京を始め全国各地から仙台市、福島市などの被災地あての電報が殺到した。これに対処して、主要対地間の臨時回線11本を設定、また航空機、汽車による使送も併用された。6月15日までの3日間、東北管内全体で約150,000通の着信があり、これは平常の約7倍にあたるものである(仙台市では、64,000通、平常の約20倍)。配達にあたって、単なる見舞電報より緊急性の高いものを優先するなどの処置がとられ、また、他県からの応援延約1,200人が動員された。配達の翌日持越数は6月15日に最大となり、東北管内全体で28,900通(仙台中電25,000通)に達したが、6月18日には平常に復帰した。

図VI-2-4 地震後の通話相手(複数回答あり)



(東北電気通信局による)

地震の発生直後から、職場と家庭間の安否問い合わせなどの市内および近郊への電話が一斉に生じ、仙台市とその周辺を始めとして、宮城、福島、岩手、山形、秋田の各県で異常輻湊となり、とくに、太平洋岸の3県で激しかった(図VI-2-4は、東北電気通信局経営調査室のアンケート調査による地震直後の通話相手を示す)。また、市外系についても、テレビなどで報道された直後か

ら、仙台市を中心に、被災地への問い合わせや見舞呼が全国各地から殺到し、仙台RC（総括局）を始め、多くの集中局で局内輻湊状態となり、市外電話回線区間も輻湊状態となった。全国各地と仙台間の輻湊状態を表VI-2-10に示す。輻湊状態は13日も続いたが、14日には、夜間最繁時を除いてほぼ平常状態に戻った。地震発生直後から、仙台RCTTS（市外発着信中継）交換機が輻湊し、RC機能がマヒ状態となった。そのため、12日および13日のトラヒック動向について、榴岡DEX交換機を中心に調査が行われた。図VI-2-5は榴岡DEXTTS、A・B・Cユニットの入接続総呼数状況を示す。これによると、12、13日のトラヒックは、それぞれ平日の6倍、3.6倍となっている。

呼の集中発生による異常輻湊に対し、市内系では、その状況に応じて自動発信規制措置が発動され、その適用は56局64ユニットに上った。無人局でも手動によって発信規制措置がとられたものもある。市外局についても、重要加入者の通話確保と混乱防止のため、全国的にRCIE（規制対地

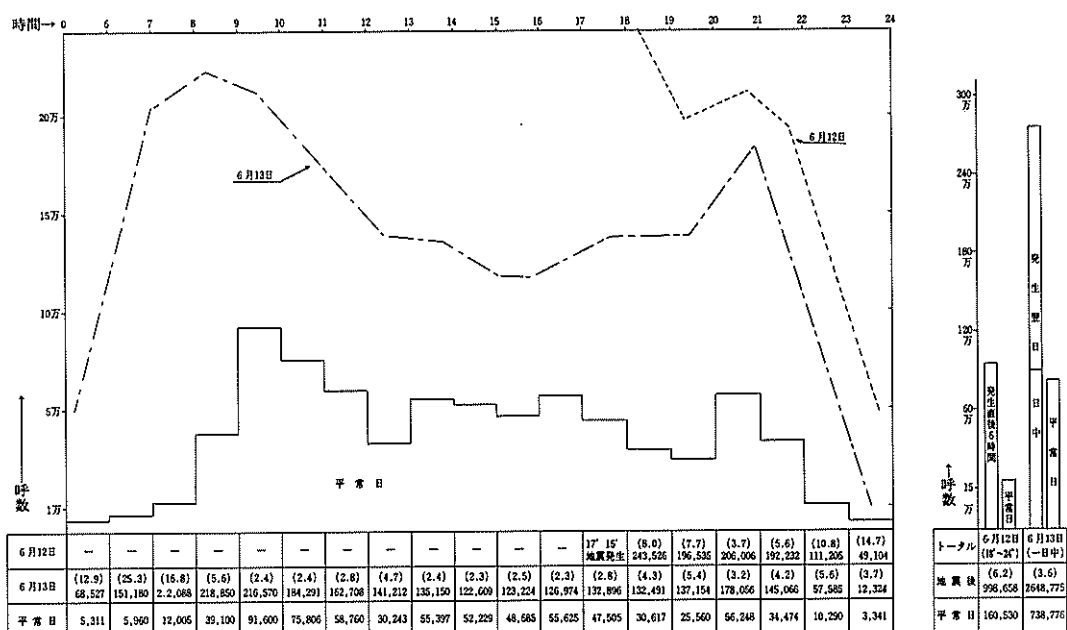
表VI-2-10 区間輻湊（RC→仙台RC）

回線名	回線数	平常トラヒック		12 日 (月)					
		昼 間	夜 間	17'	18'	20'	22'	24'	
東京→仙台㊦	1,565	134	283		832	1170			
名古屋→仙台㊦	450	37	151			1429			
金沢→仙台㊦	180	12	36			125	130		
大坂→仙台㊦	480	57	116			152			
広島→仙台㊦	234	24	64			134			
福岡→仙台㊦	276	24	84			138			
札幌→仙台㊦	582	33	83			220	219		
						221			
							77		
							78		
						102	146		
							168		
							314	511	
							562		

13 日 (月)										14 日 (月)			記 事
6'	8'	10'	12'	14'	16'	20'	22'	24'		20'	22'	24'	
							1220				1325		20'以前は大手B・D㊦ 仙台のみ輻湊
							1429				1566		
							432						
							444						
							171						
							156						
							475				406		
							480				480		
							196						
							234						
							556						
							582						

注) ××× →異常時間中の平均呼量
××× →残存回線数

図VI-2-5 地震発生時における入接続呼数状況



(福岡 DEX TTTS A・B・C ユニット)

識別装置)による規制が行われた。この規制がこのように全国的規模で行われたのは初めてのことである。また、重要通話サービスの確保のため、非常緊急ルートが設定され、12、13日の2日間で30件(新聞社9、病院5、県庁・市役所4、警察・刑務所3、その他9)の利用があった。

地震発生と同時に、停電となったため、赤電話以外の公衆電話は使用不能となった。とくに、仙台駅周辺は公衆電話利用者が殺到したので、発動発電機によって電源を供給し、13連式100円電話を使用可能にするなどの処置がとられた。また、仙台市、泉市の指定避難場所や、災害救助法が適用された市町村の電話局窓口合計18箇所35個の特設公衆電話が設置され、その使用度数は延21,484であった。災害応急復旧用無線電話方式(TZ-41)は昭和51年1月仙台地区に導入されていたが、今回の地震において初めて実際に運用された。無線電話は、宮城県庁などの官庁機関や日赤宮城県支部、また暫定的に指定避難場所の鹿野、八木山両小学校に配備され、利用度数は12～16日で4,448であった。

上述したような地震時の状況は、災害時の電気通信に対する今後の施策に対して、きわめて有益なデータを示し、多くの教訓を残したといえる。

停電に対応する電源の確保の重要性は従来から注意されてはいたが、今後さらにきめの細かい対策が必要であることが再認識されたといえる。電話の輻湊や電報の急増に対しては、今回のデータ

を基礎として対策が検討されることとなろう。しかし、一方、利用者の側の反省も必要と思われる。災害時には、平常時と全く異なった思考が要求されるのであるが、これは平常時における教育・訓練の積み重ねによって初めて得られることである。電話や電報の利用についても、当局と利用者の努力によって、このような教育、訓練がなされることを希望する。また、一方、無線電話など非常用施設は大いに活用されるべきで、その利用について平常時からPRや訓練を行い、緊急非常時に十分その効果を発揮するよう心掛けるべきであろう。

3 医 療 機 能

今回の地震では仙台市という都市に大きな被害をもたらし、負傷者が県下で約13,000人、仙台市で約9,300人と推定され、医療需要が同時多発したにもかかわらず、医療面での混乱がほとんど見られなかった。医療施設の被害は一般の被害と同様であり、医療機能に相当な障害をもたらしたが、住民の沈着冷静な行動が混乱防止に大きく寄与していたと考えられる。負傷などによる住民の医療需要と受診行動並びに医療提供との対応状況についてはⅦにおいて述べるので、ここでは医療施設における医療機能の障害状況について考察する。

(1) 医療施設の被害

① 被害の概況

医療施設の被害は、県の災害の概況によれば、建物被害は、病院119棟(国公立47棟、私的72棟)、診療所194棟(公立10棟、私的184棟)で、被害金額が病院 3 億4,922万円(国公立 1 億6,071万円、私的 1 億8,851万円)、診療所4,060万円(公立950万円、私的3,110万円)となっている。医療機器などの被害は735件、被害金額 2 億0,551万円となっているが、私的医療施設分の把握がきわめて不十分である。

宮城県医師会の調査によれば、建物、設備、医療機器、医薬品などの被害総額は、97病院で 2 億9,054万円、329診療所で 4 億0,802万円、合計 6 億9,856万円と集計されているが、後日発見された故障なども多いので、実際はさらに金額が大きくなると思われる。

仙台市医師会の調査によれば、私的医療施設498施設(総数551施設に対して90.3%の回答率)のうち、損害のないもの129施設を除いた369施設で被害総額 2 億6,094万円に上がっている。

② 建物、設備などの被害

医療施設も耐震性への配慮がないものが多かったのもので、一般の建物、住宅の被害の地理的状況と同じ状況を示している。医療施設の被害状況についての調査は、宮城県医師会および仙台市医師会が全医療施設を対象に地震直後に行ったもののほか、東北大学病院管理学教室が政策科学研究所と

プロジェクトを組んで、宮城県医師会の協力の下に行った今回の地震に関する病院・一般診療所調査がある。この調査は仙台、塩釜、名取、泉の4市について、建物被害度による町丁別で200標本を抽出したもので、165施設（17病院、138診療所）から回答がよせられ、161施設分について集計したものである。これによれば、全く被害のなかったのは6診療所（3.7%）にすぎなかった。

i 建物の被害は、全壊はなく、半壊が3棟、部分壊が21棟となっている。建物全体の78%が亀裂および剝離の被害を受けたが、建物の構造自体に及ぶような大きな被害は1割程度であった。半壊、部分壊の割合は地域の一般建物被害度に平行しているが、亀裂、剝離は地域差はとくになかった。また、建物の被害は木造モルタル造に著明であり、半壊、部分壊が23.2%に及んでおり、鉄筋鉄骨コンクリート造では亀裂が多かった。建物の復旧に要した日数は平均32.1日（標準偏差SD=35.6日）で、費用は大部分が200万円以下であったが、平均は354万円（SD=1,688.1万円）であった。仙台市医師会調査では、建物の被害として中等度以上の壁亀裂落下が全被害施設の32%にみられ、次いでブロック塀、屋根瓦、床などの被害が多くなっている。

ii 設備の被害は、病院・一般診療所調査では、65%の施設においてみられ、冷暖房施設および給水施設の故障がそれぞれ約20%、電話、インターホンなど通信施設の故障が15%、給湯および排水施設の故障がともに10%程度にみられ、内部水道管および排水管の破損や配ガス施設および内部ガス管の破損がそれぞれ5～10%みられた。そのほか配電施設、電気配線、通信線の切断などがみられた。仙台市医師会調査では、冷暖房施設故障が約10%、給水施設、排水施設、電気施設などが多くなっている。

iii 造作、調度品の被害は、病院・一般診療所調査では、約95%の施設でみられ、調度品の落下が一番多く、次いで棚の倒壊、その他の家具の転倒で、いずれも50%以上あり、ドアの開閉不良、窓ガラス破損も40%以上の施設でみられた。付帯設備、造作の復旧に要した日数は、1～7日が約半数を占めているが、36日以上を要したのが約20%あり、平均日数は24.6日（SD=31.6日）となっている。費用は大部分の施設で100万円以下であったが、平均では147.2万円（SD=359.5万円）となっている。

③ 医療機器などの被害

i 医療機器の被害があった施設は、病院・一般診療所調査では39%に上がっており、東北大学病院管理学教室が県下の病院を対象に行った医療機器被害調査によれば30.8%の病院で医療機器に被害があり、その主なものは、顕微鏡（被害機器のうちで占める割合11.4%）、X線テレビ装置（7.6%）、天秤（5.4%）、蒸留水製造装置（6.1%）、自動分析装置（6.1%）などであり、そのほか保育器、自動現像機、視野計、分光光度計などであった。これら被害医療機器のうち、修理可能なもの

は60.0%で、36.2%は更新を余儀なくされ、3.8%は廃棄された。更新された機器としては、X線テレビ装置、分光分析装置、血液ガス分析装置、自動現像機など高額なものがあつた。なお、修理や更新に要した日数と費用をみると、修理には平均88.9日(SD=69.6日)、平均費用23.0万円(SD=58.3万円)、更新には平均122.3日(SD=77.2日)、平均費用139.6万円(SD=391.6万円)となっている。

ii 医薬品の被害のあつた施設は、病院・一般診療所調査では、地震の揺れにより落下したり倒れたりした薬品が1割以上の施設が69%にも及んでいる。破損した薬品の割合は全体平均で1.9割であるが、7割以上の施設が18%あつた。被害のあつた薬品類の損害金額は平均18.3万円(SD=44.6万円)であつた。

iii 人員の被害、すなわち医療施設内で職員が負傷するということが、病院・一般診療所調査によれば、9.7%の施設で発生し、1施設平均1.8人となっている。負傷は切傷、打撲が大部分であるが、骨折が2人おり、全治まで1カ月以上を要した。なお、地震時に院内にいた入院または外来患者などで負傷したものがいた施設は10.8%であり、1施設平均8.8人が負傷しており、骨折や熱湯火傷などの重症者もいた。

(2) 診療機能の障害

地震による直接被害としての施設、設備、医療機器、医薬品などの破損による診療機能の障害のほかに、診療機能を大きく障害したものに電気、ガス、水道の供給停止と電話の不通があつた。

① 停電については、仙台市医師会調査では、停電のなかつたもの7.6%、1日以内に回復29.4%、2日以内53.4%、3日以内6.8%、7日以内2.5%、10日以上0.3%となっており、病院・一般診療所調査では、停電のなかつたもの4.7%、当日の夜だけ45.6%、翌日まで32.9%、3～7日16.1%、1週間以上0.7%となっており、停電した施設のうち60.3%のものが業務上支障があつたと訴えていた。停電は大病院では自家発電装置をもっていたが、後述するように問題があつた。一般には外傷の多発により骨折が疑われたにもかかわらず、X線装置が使用できないという障害が生じた。しかしながら、一部の地区を除いては復旧が早く、3日目までに大部分の停電が解消した。

② ガスの供給停止については、仙台市医師会調査では、プロパンガス使用10.2%、停らなかつたもの6.2%、1～5日3.4%、6～10日20.3%、11～15日47.7%、16日以上12.2%となっており、病院・一般診療所調査では、市ガス以外の熱源22.4%、停らなかつた12.6%、翌日まで2.8%、3～7日9.8%、1～2週間26.0%、2週間以上31.5%となっており、業務に支障があつたとする施設が、ガスが停止したもののうちの67.4%に上がっている。ガスの供給停止により熱源の確保に困惑した

ところが多く、とくに、消毒と給食の炊事に支障が大きかった。

③ 断水については、仙台市医師会調査では、断水せず64.4%、1日以内8.5%、2日以内17.2%、3日以内2.8%、4～8日5.9%、10日以上1.1%となっており、病院・一般診療所調査では、断水せず54.2%、当日の夜だけ10.4%、翌日まで8.3%、3～7日16.7%、1～2週間6.9%、2週間以上3.5%となっており、業務に支障があったとする施設が断水したもののうちの67.2%に上がっている。断水しなかった施設が多く、特定の地区を除いては比較的早期に回復したが、断水の続いたところでは水洗便所、洗面所の使用に大きな支障があった。また、自家用給水施設の故障により使用不能となったところがあった。

④ 電話の不通が回線故障および輻湊によって起きたが、その状況は病院・一般診療所調査によれば、使用できたものは23.9%にすぎず、76.1%は一時的にとまった。電話が回復した時期は、1時間後まで10.3%、2時間後まで7.1%、3時間後まで4.5%、4時間後まで9.0%、4時間以上34.8%、不明10.4%となっている。電話が使えない間は代替の方法がなく、連絡がとれずに困ったということが86.4%の施設から訴えられている。事実、転送を必要とする患者の受入先が確認できずに、困惑した例が多かった。また、他の医療施設との連絡、応援、援助ということは95%のところがとれなかったとしており、電話の不通が障害になっていた。

⑤ 交通混乱については、地震後に道路の車両渋滞および国鉄の不通などの影響を、病院・一般診療所調査でみれば、職員が帰宅に困難したという点では、歩いて帰宅したり、友人の車に相乗りして帰宅したほか、タクシーを利用するなどして帰宅したものが大部分であったが、帰宅できずに泊った者のいた施設が9%あり、泊った者の多くは院内に仮泊している。また、交通混乱によって翌日の業務に支障があったかどうかという点では、職員の出勤が遅れた、注文したものが届かないなどで13%の施設で支障があったとしているが、概して交通混乱による影響は少なかった。

⑥ 医療機器の破損は臨床検査の計器類やX線装置に多かったので、診療業務に及ぼす障害は大きかったが、問題はその修理や更新に長時日を要したことで、120日以上かかった機器が50%もあったことである。前述したように、修理に平均78日を要し、更新に平均121日を要しており、高額な機器ほどこの日数が長くなっている。とくに規模の大きい高度医療機能を有する国公立病院において、事務手続などで長時日を要しており、地域における医療技術水準を維持するうえから、災害時の緊急的な対応の方策を考慮する必要性が痛感される。

⑦ 診療業務の障害を休診状況についてみると、病院・一般診療所調査では、翌日開院したものの83.1%（平常どおりの時間に開院したもの74.3%、遅れて開院5.6%、早く開院0.6%、時間は不明だったが開院2.5%）、翌々日開院できたものの8.8%、4～7日目に開院4.3%、8日目以降0.6%、不

明3.1%となっている。翌日開院できなかったのは、後片付けに手間がかかった、建物、設備などが壊れたなどの理由であった。仙台市医師会調査では、翌日開院85.9%、翌々日開院9.6%、4～7日目開院4.0%、8日目以降開院0.6%となっている。

(3) 施設・設備などの問題点

建物、設備などの被害については、一般の事業場、家庭の場合と同様の問題があったが、医療施設に特有の問題点を検討することにした。

① 電源の確保、停電時の対策として、大病院には非常用自家発電装置が普及しているが、整備不良で停電と同時に作動しなかったり、発電機の容量不足や配電計画の不備があったり、冷却水の供給が不完全であったり、冷却水の配管やポンプが地震により破損したりして、種々の問題が生じており改善の必要がある。また、非常用電源が中央一箇所、そこから送電する現行の設備では、院内の一部で救急診療のために多量の電力を使用する場合には必ずしも適切ではなく、むしろ複数の移動式発電機を備えることが合理的であるとも考えられる。

② 熱源の確保、ガスの供給停止により熱源の確保に困惑した施設が多かったが、ガスの供給は復旧まで2～3週間を要した。消毒用の熱源にも多くの困難があったが、とくに入院患者を有する施設では、翌朝からの給食が最大の難問題であった。ガスによる炊事設備はもちろん、石油バーナーによる設備も点火装置がガスによるものが多く、炊事が不能となった。この間、それぞれの施設は独力で患者の給食を確保しなければならなかった。この対策については今後検討を必要とするが、入院患者を収容している医療施設については、最優先の公共的援助が必要と考えられる。

③ エレベーター設備、エレベーターを有する施設では、その半数以上でエレベーターの故障がみられた。カウンターウェイトやガイドレールの事故が主であったが、直流エレベーターではモータージェネレーターの転落がみられた。エレベーター故障により患者の搬送、給食搬送などに大きな影響があった。屋上に機械を設置してあるので地震対策はとくに重要である。

④ 設備、医療機器などの安全性、院内の設備、備品類の移動や転倒は重量物にとくに問題があった。放射線関係機器や手術台などに被害が生じ、酸素ボンベなども多数が転倒した。なかには、倒立して使用する消火器が倒れて泡を噴出して使用できなくなったのみならず、混乱した事例があった。また、移動用キャスターのついた器具は、地震の揺れに応じて動き回り、ぶつかり合うという現象が起こった。臥床中の患者がベッドが走り出したために恐怖におびえたという事例があった。手術室や病室内のキャスター付の器具には十分な配慮が必要である。

備品、医療機器などの安全性については、建物や設備構造の耐震性のみでなく、機器そのものについての対策を考えるべきである。とくに被害を受けやすい台の上のせて使用する器具は、落下防止の工夫が必要であり、検査関係装置類は耐震性を考える必要があり、立脚のものは移動防止のため、また、棚類は転倒防止のため壁面に固定する必要がある。さらに、重量物は強固に固定するか、支持しておく必要があり、戸棚には器材などの落下防止の工夫が必要である。なお、キャスター付の台の上に置かれたものは故障しなかった場合が多かったという事実があり、キャスター付器具の配置には配慮が必要である。

⑤ 診療への対応、病院一般診療所調査において、負傷者への対応、日常診療業務への対応などを含めて診療全体の機能を総合的に判断した評価を求めたところ、十分できた35.1%、ある程度対応できた32.5%、対応できる限界だった9.7%、少々対応できた6.4%、対応できなかった16.2%となっており、施設の被害状況と照合して、それぞれの医療施設が全力を尽くしたことを示している。

4 流通機能

生産者より生産された商品が消費者にわたるまでの仲介機能を流通機能といい、これを担うものが卸売業、小売業、運輸・倉庫業などである。今回の地震被害は、とくに仙台市およびその周辺地域で大きく、ライフラインの機能も停止し、住民生活のみならず商業活動についても大きな支障をきたした。流通機能もこの地域に中枢管理機能が集中しており、被害を免れ得なかった。しかし、地震後の行政や業界の対応が適切で、生活物資は安定的に供給され、消費が行動も冷静で、流通機能はおおむね正常に機能したといわれている。地震被害による流通機能への影響については、資料が乏しいが、仙台都市圏（仙台市を中心とする半径30kmで20市町村を含む圏域）を中心とした平常時の物資の流動状況などと県内交通網や流通施設とを対比し、地震後の流通の障害などを推察するとともに、仙台市中央卸売市場や量販店などの対応について考察する。

(1) 仙台都市圏の物流の概要

仙台都市圏は、商品要売額では5兆127億円（昭和51年）で本県全体の85%のシェアを占めており、経済活動においては本県のみならず東北地方の中枢的位置を占めている。物資流動調査（昭和52年度）によると、仙台都市圏内内が48.6%、都市圏内外が25.2%、都市圏外内が26.2%となっており、都市圏外と関連した物流が5割以上を占めている。都市圏への流入は関東以南（43.4%）で、とくに南関東（25.2%）から多く、また、隣接する県北地域（17.7%）、県南地域（8.1%）からの流入も多い。東北各県の中では、岩手県（10.8%）、福島県（6.2%）のウェイトが高い。次に流出では、

県北地域（24.0％）が多く、山形県（14.0％）、福島県（10.8％）、岩手県（9.6％）が多い。関東以南への流出は、流入量に比べて絶対量、構成比ともに小さい。これらの状況から、仙台都市圏は本県内および隣接県に対して物資流動の中継基地の役割を果たしているといえる。各品目ごとに主要な流入および流出先をみると、流入では、林産品、骨材を除いた各品目の関東以南地域からの流入が顕著であり、また流入量の大きい骨材では県北地域への各品目の流出が顕著である。都市圏外からの流入物資の輸送手段をみる（重量ベース）と、自動車利用が66.3％を占め、鉄道10.5％、船舶23.2％である。県南地域、県北地域、山形県、福島県からの流入では90％以上が自動車利用で、岩手県からは船舶が71％を占めている。仙台都市圏と隣接する地域や隣接県との交通手段は圧倒的に貨物車によっており、また直送が中心となっている。また関東以南地域からの流入は、主として、港湾、中継ターミナルなどの施設が立地している国道45号沿いの地区に集中している。この地区には仙台市東部流通、工業団地なども立地しており、これらの地域が広域との物流集散機能をもつものと判断される。仙台市東部流通地区は、昭和40年代前半から、卸売業、倉庫業などの流通関連の事業所が集団立地し、総合流通基地として地区形成が図られ、仙台卸商センター、仙台倉庫団地、仙台市中央卸売市場などの各団地で構成されている。この三団地の取扱い物資の特徴は、卸商センターでは食料工業品、紙・繊維工業品が多く、倉庫団地では食料工業品、金属製品などの品目が中心であり、中央卸売市場では、仙台都市圏の生鮮食料品の供給基地であることから農水産品が圧倒的に多いことである。そして各団地とも都市圏外からの搬入が多く、主に関東以南地域の製造業、卸売業から物資を搬入し、都市圏内および東北、県内への搬出部門として機能している。卸商センター、中央卸売市場などの卸売業中心の団地では、製造元から製品の仕入れ、小売業、卸売業への供給という業種関連をもち、とくに、仙台市の中心およびその周辺地区の小売業との結合が強く、消費市場への接近性が大きい。

今回の地震では、県内の主要道路において橋梁被害の発生が多く、輸送路が各地で寸断され、また、鉄道も全面運休を余儀なくされた。さらに流通地区においても軟弱地盤地帯に立地していることにより、建物や設備に多くの被害が発生し、なかでも卸商団地は激甚被災地となったのである。次に、これはの被害が本県、とくに仙台都市圏の流通機能にどのような影響を与え、また、どうして生活必需物資が安定的に供給されることができたのか、その要因を探ってみる

（2）輸送路の被害と影響

本県における仙台都市圏を中心とする輸送路としての主要な道路は、国道4号（仙台バイパスを含む）（東京～青森）、6号（東京～仙台）、45号（仙台～青森）、286号（仙台～山形）、利府街道（県

道、仙台・松島線）、東北自動車道（当時、岩槻～築館、一関～盛岡南）などである。今回の地震による道路橋梁の被害は、とくに県北地域や仙台市周辺で大きかった。仙台都市圏は前述のとおり東北地方の産業、経済ならびに行政の各分野において中枢機能を有することから、二次的な交通障害、物資の停滞による影響が非常に大きい。仙台バイパスは国道4号のバイパス機能をもち、都市圏の通過軸を形成しい貨物車交通量が高く沿道土地利用も流通部門業種が多いことから、産業道路としての性格が強い道路である。仙台バイパスの被害は、路面に段差が生じ、また千代大橋が被災したが、交通の要路であることにより一般交通を供用しながら復旧したため、交通は確保された。国道4号は、都市圏域を南北に貫通する主要幹線としても重要な道路である。国道4号では古川バイパスの新江合橋が被災したが、交通制限をしないで復旧したほか交通に支障のする被害は発生せず、都市圏内交通はもとより福島以南および県北、岩手県方面への交通は確保され、物資輸送についても大きな支障は生じなかったといえる。このことは、前述したように仙台都市圏と結びつきの大きい関東以南や岩手県ならびに、県北地方との陸上輸送道路が確保されていたことを意味し、今回の商工業関係の大きな被害にもかかわらず、流通機能が大幅な混乱をせずにはほぼ正常に機能したことの一要因であるといえるだろう。国道6号は、都市圏の南部地域に位置し、相馬地方へアクセスする道路で、物流上は他道路に比し利用度は低い。ここでは阿武隈橋が被災した。この近くに代替路線がない重要な橋梁であるので、一般交通に供用しながら復旧した。国道6号では、農水産品や骨材などの運搬が中心であり、これらの輸送が平常どおり確保された。国道45号は、国道4号、仙台バイパスとともに物流上の交通軸を形成しており、仙台市の中心地と東部流通地区、塩釜港（塩釜港区、仙台港区）などの結節機能を担う道路である。化学工業品や食料品の運搬利用度が高い。国道45号では仙台市福田町で福田橋の取付部分で地震動により路体そのものの変状が法面に現われ、また橋の横構が座屈したが落橋防止装置を設置して応急復旧するなどして、一般交通を確保した。しかし、仙台都市圏と石巻圏を結ぶ鳴瀬川に架かる小野橋は、都市間連絡道路としての機能をもつ国道45号の要所でもあるが、老朽橋でありアンカーボルトが切断するなどして落橋寸前の状態となり、全面通行止めとなった。その迂回路となり得る主要地方道石巻・鹿島台・大衡線に架橋している木間塚橋なども被災したことから、仙台市と石巻市間の交通確保は、一時深刻な事態となった。応急復旧工事の結果、地震後5日間で重量制限による乗用車などの交通は可能となったが、さらに、その下流1.4km地点で工事中であった鳴瀬バイパスの新小野橋を突貫工事によって完成させ、地震10日後に暫定供用することができた。また国道45号では、石巻圏と気仙沼、本吉地区を結ぶ旧北上川に架橋されている天王橋が被災した。この橋は、小野橋と同様に都市間連絡道路の要所としての機能をもつものであるが、迂回路として国道108号並びに主要地方道河南・米山線などがあるが、河

南・米山線の豊里大橋も被災したので地方道を代替路として期待できず、したがって重車両の通行止めを行うにとどめて復旧工事を実施した。県北部地域においては、このように国道45号の重要な橋梁が被災したほか、国道346号の北上川に架橋される錦桜橋の橋桁が落下し、下流の米谷大橋も通行不能となったため、さらに10km下流の登米大橋を迂回することとなった。しかし、この登米大橋し、被災も大型車両の通行制限を実施せざるを得なかったため、大型車両はさらに6km下流の柳津大橋を迂回しなければならなかった。このように今回の地震では、北上川に架橋された橋梁が軒並みに被災し、国道45号で大型車両の通行制限が実施され、国道346号は東和町、中田町間で落橋し通行不能のため、県内は北上川で二分される形となり、大型車による貨物輸送は地震後相当の支障をきたした。しかし、仙台都市圏と石巻圏および気仙沼圏の物流は前に述べたように、仙台都市圏の出超となっており、同圏は経済的に県北地方とは大きな依存関係をもたないので、北上川による陸上輸送路の遮断は仙台都市圏の住民の地震後の生活物資確保に対し大きな影響をもたなかったといえるであろう。次に東北自動車道であるが、首都圏と仙台都市圏を結ぶ長距離輸送道路であり、貨物は農水産品、骨材、食料品が中心である。福島見飯坂インターチェンジから本県築館インターチェンジ間が被災し、この区間が閉鎖された。応急復旧を実施し、14日午後4時まで飯坂～泉間が開通し、15日には全線開通した。国道4号が交通に支障を生じなかったことにより、東北自動車道の一時閉鎖も仙台都市圏の物資の主な流入先である関東以南との物流に、大きな混乱を招かなかったと同時に、仙台都市圏の住民や流通業界も、首都圏との輸送路が国道4号および6号で確保されているといった状況認識で、生活物資や復旧資材の供給に必要なだけ首都圏方面から転送されるだろうという安心感があり、孤独感におそわれることはなかったのではなかろうか。そういうことも、大きな被害のなかで沈着冷静に非常事態に対応できた要因の一つといえるだろう。道路、橋梁被害を概観すると、軟弱地盤地帯や老朽橋に大きな被害が集中した。仙台地域で都市施設が機能停止するほどの大きな被害が発生しながら、仙台都市圏の生命線ともいえる国道4号および6号が確保されたのは不幸中の幸いといえるし、東北自動車道の回復が早かったのも、仙台地域の震災からの復興を早めたといえるだろう。しかし、地震の規模や発生場所によっては、再び軟弱地盤地帯の道路施設や老朽橋に大きな被害が発生し、都市圏の生命線が断たれないとも限らない。現に今回の場合、北上川のほとんどの橋梁が被災したため、県北の気仙沼、本吉圏は、仙台都市圏、石巻圏から隔離されてしまい、橋梁の応急復旧後も、大型貨物自動車の通行の制限される状態が約半年から一年以上も続き、気仙沼、本吉圏の農水産品などの中央方面への長距離貨物輸送は、国道284号も利用して一関方面へ迂回するなど、陸送に支障が生じた。この地方の地震による直接被害が軽微だったからよかったものの、陸送路の障害がこの圏域の社会経済に与えた影響は小さくはなかっただろう。と

くに、長大橋の災害復旧は長期間を要するので、より耐震性を強化するとともに、老朽橋の架け替えを推進し、陸送路の確保に努めることが都市生活や地域経済社会を守ることにつながるのである。

(3) 鉄道の被害と影響

仙台都市圏における物流のうち、流出量の13%、流入量の10.5%を鉄道輸送によっている。これを品目別にみると、流出では、化学工業品（26%）、紙・繊維工業品（25%）、農水産品（21%）のシェアが高く、流入では、化学工業品（23%）、特殊品（23%）、食料工業品（21%）のシェアが高い。鉄道による流動のある地域は限られており、それは仙台市、岩沼市、塩釜市、名取市である。流動量の35%が仙台市―福島以南の結びつきである。仙台都市圏内の主要貨物駅は、宮城野駅、塩釜港駅、長町駅などで、この順に取扱い量が多く、仙台都市圏と関東以南地域との中継点としての性格が強い。また、港湾と内陸部の中継点である塩釜港駅では、外国から輸入された物資の輸送が多い。鉄道は、地震の発生と同時に車両の脱線、路盤の亀裂損壊、軌道狂い、鉄道橋の橋脚のクラックや沈下などの被害が発生し、運行中の旅客列車41本、貨物列車21本、駅に停車中の旅客列車18本、貨物列車14本に対して運転中止の指令が出た。復旧の見通しがたたないので、直ちに不通区間着通過となる貨物の受託を停止するとともに、地震発生前に受託した貨物のコンテナ代行輸送226個、車扱い代行輸送120両、迂回輸送834両の処理を行った。また、途中駅に止まったまま貨物列車に積載された生鮮魚介類などには、ドライアイスの補給が行なわれた。13日も貨物のほぼ全部が運休したが、旅客列車は東北本線仙台以南が同日午前10時20分に復旧した。14日に東北貨物線長町―東仙台間および石巻線の不通により、宮城野駅、石巻港および石巻埠頭駅到着に受託、輸送中の宮城野駅到着貨車については、車扱いは長町、コンテナ扱いは郡山貨物ターミナル駅からのトラック代行輸送を開始した。コンテナ扱いの代行輸送は6月23日まで続き226個の実績で、車扱いについては、6月30日の長町―宮城野間開通まで、120車両227台のトラック代行輸送が行なわれた。さらに、途中駅に停車している貨物列車に積載してある急送品（鮮冷凍品4両、コンテナ3個など）の代行輸送を実施した。15日には長町以南発の盛岡、北海道方面行き貨車は、奥羽本線経由などの迂回輸送で対処することを決定し、その翌日には全面的な迂回輸送を開始した。20日に不通区間の東北貨物線長町―東仙台間のうち東仙台―宮城野駅間が開通し、宮城野駅から東北本線仙台駅を経由して、コンテナ列車の運行を開始し、6月30日に最後まで難航した東北貨物線長町―宮城野間がようやく開通し、貨物列車の運行は全面的に復旧された。

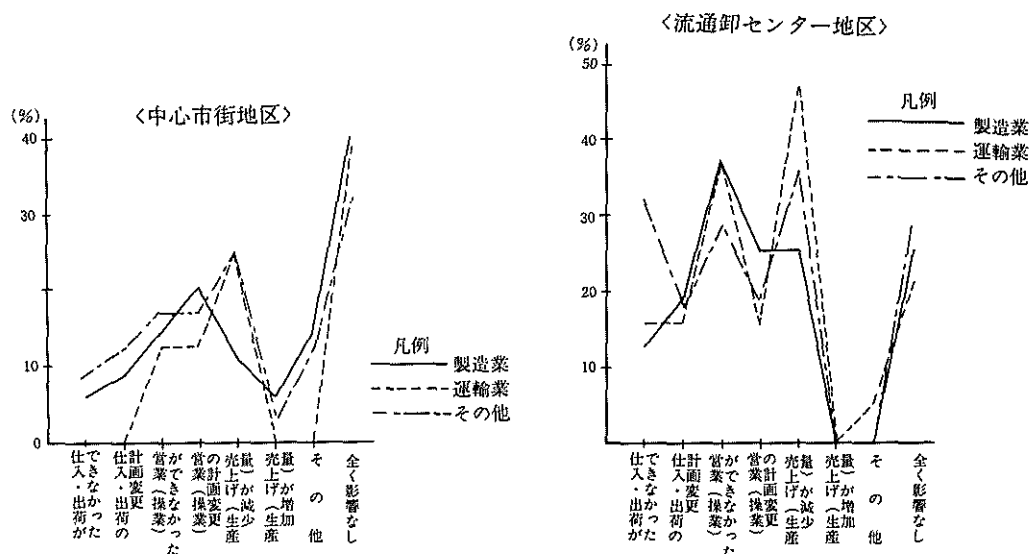
今回の地震では、このように鉄道輸送が壊滅的な打撃を受け、とくに貨物列車の運行停止期間が長期にわたった。鉄道は、地震で軌道が変状すればすぐ使えなくなるから、大規模な地震災害の場

合は、被害直後の応急生活物資や復旧資機材の輸送についてはあまり期待できないものと考えられる。また、生鮮食料品の鉄道輸送も、今回のように途中駅で貨物列車が運行を停止した場合、鮮度の確保が問題になる。ドライアイスや氷を補給して対応したのであるが、市場価値の低下は免れないであろう。道路交通がいち早く確保されたので、国鉄では既契約の貨物をトラック代行輸送したので平常より荷の到着時間がかかったとはいえ、地震後も貨物が納入先に到着していたことを意味し、地震直後の流通業界の在庫の減少を招かなかったといえるかも知れない。しかし地震後の新規受託を停止したので、数日後には鉄道輸送の停止が商品などの在庫量の減少となって影響がでた。いわば、トラック代行輸送措置が可能であれば、鉄道輸送物の都市圏内流入量の減少までタイムラグがあるといえる。したがって、流通業界においては、鉄道が停止したとしても、情報機能が確保されておれば、業者間で連絡調整を連係を密にして、消費者への物資の安定的供給のための効果的な対策を講ずることが可能となるような、時間的余裕があるのではないだろうか。

(4) 事業所活動の状況

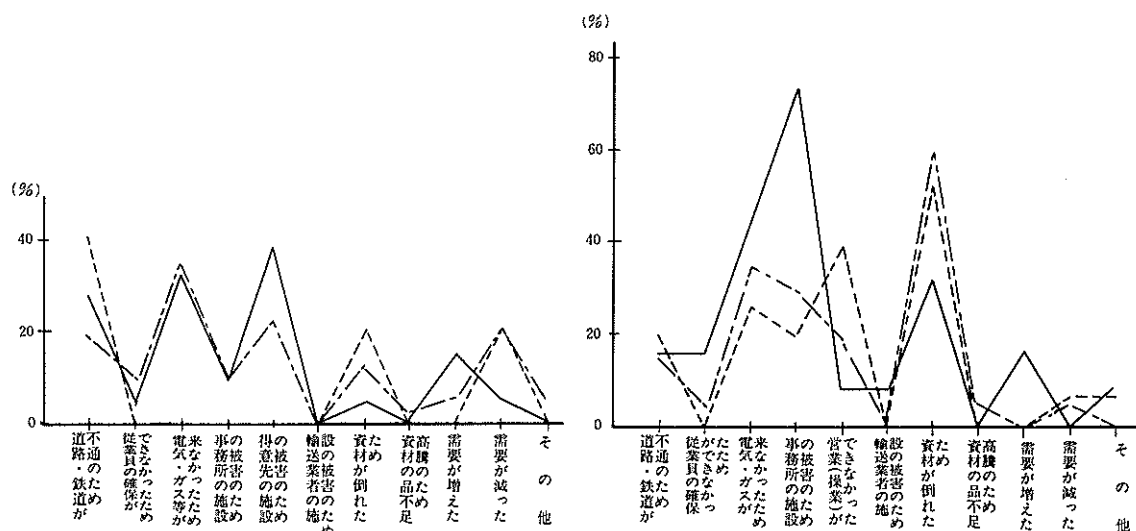
地震の発生とともに電気、ガス、水道が停止し、建物や施設・設備が損壊し、さらに道路、鉄道も不通となった。幸い、道路はすぐに復旧した。仙台市民はかつて経験したことのない大規模地震に襲われたのである。このようななかで、仙台都市圏で物流を担当する事業所は営業にどのような影響を被ったのであろうか。「昭和53年度仙台都市圏物資流動調査」によると、概要は次のとおり

図VI-4-1 業種別営業活動への影響



(「1978年宮城県沖地震」による事業所活動への影響調査による)

図VI-4-2 業種別営業活動への影響理由



(「1978年宮城県沖地震」による事業所活動への影響調査による)

であった。この調査は標本数がやや少ないと思われるが、影響の全般的な傾向がうかがわれる。まず、仙台市の中心市街地区では、①売上げの減少②営業の計画変更③営業ができなかったの順にあげているものが多い。東部の流通工業地区では、①売上げの減少②営業ができなかった③仕入、出荷ができなかったの順になっている。このような影響を受けた理由として、中心市街地区では、「電気、ガスなどが来なかったため」「得意先の施設の被害のため」「道路、鉄道が不通のため」の順で多く、流通工業地区では、「資材が倒れたため」「事務所の施設の被害のため」「電気、ガスなどが来なかったため」の順となっている。中心市街地では事業所自体の被害は深刻なものではなく、営業にあまり影響を及ぼしていないが、流通工業地区は軟弱地盤地帯に立地していたので地震動が強く、直接事業所の資材や施設、設備に被害を受けたため、営業活動に影響が出たとするものが多かった。物資輸送への影響では、生じたとするものが全体の18%で、中心市街地区よりも卸売業的性格の流通工業地区の方が多くなっており、とくに流通工業地区の運輸業では42%の事業所で影響があったとしている。正常時の輸送手段は、仙台都市圏総流動の80%を貨物自動車が担っている。今回の調査対象事業所でみると主要仕入品目の主な輸送手段は、中心市街地区では貨物自動車80%、国鉄が12%であり、流通工業地区では貨物自動車82%、国鉄を利用したものがなかった。したがって、鉄道輸送が停止したとしても、両地区の主要仕入品目の輸送自体には大きな影響は出なかったといえそうである。現に影響を受けたとする事業所のうち43%が代替輸送を実施したとしている。その方法は鉄道からトラックへの振替え、道路の迂回、出発時間の調整、直送手段の実施などで、長距

離輸送道路交通が短時間に復旧し、また仙台市の市街地の道路被害が軽微であったので、一週間程度で平常に復したとしている。平常時に比べて、地震後に仕入れ、出荷品目の量の増減の変化が6～7%の事業所でみられる。増加している品目は、缶詰、パン、冷凍食品や調整するための簡易コンロ、LPガス容器、さらに照明器具や乾電池などの生活必需品であった。また住宅や諸施設の復興のため建材、住宅機器などの増加も目立った。

(5) 食料品流通の状況

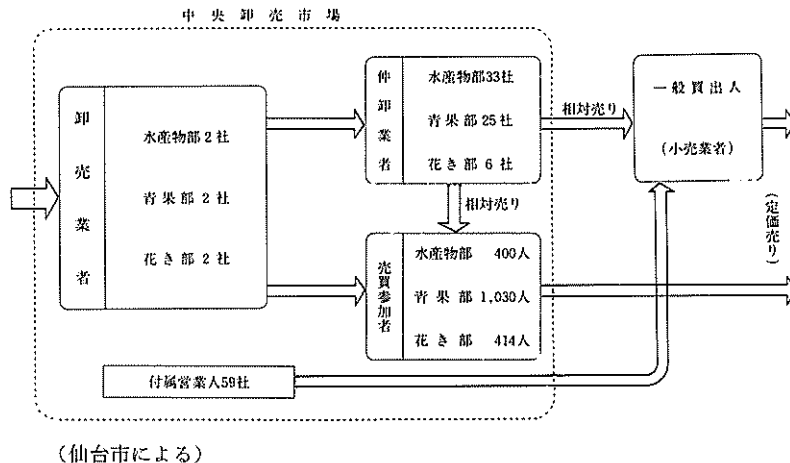
大規模地震の被害により、運輸、交通の手段が損われることは、食料の配送に重大な影響を与えることはいうまでもない。今回の地震の場合は、幸い輸送路が短時間で確保され、物資の輸送に大きな支障が生じなかった。しかし、地震直後、電気、都市ガスの供給停止により、食料や乾電池の購入に多くの人が殺到した。仙台市地域を対象に行った農林水産省の調査によると、地震発生当日に食料を買いに行った世帯は42.2%にのぼった。また県が行った一般小売店の生活物資需給動向調査（仙台市の30店舗を対象）によると、食パンは、地震当日在庫分が全部売り切れ、13日および14日の午前中は品物が全くない店が多かったが、14日の午後には問屋から仕入れもでき、15日以降は平常に復した。インスタントラーメンは、13日および14日の朝は30分くらいで売り切れたが、14日午後あたりから仕入れが順調になった。牛乳は、地震当日は翌日配達分も含めて10分くらいで売り切れた店がほとんどであり、13日も仕入れたものがすぐ売り切れ、14日昼ごろから仕入れも順調になったため、平常通り営業できた。缶詰は地震2日後くらいで魚類がよく売れたが、15日は平常に戻り、在庫も十分であった。肉類は在庫が十分であり、魚介類は水道が止まって調理出来ないため、あまり仕入れず、青果物は調理しないで生で食べられるものを中心に仕入れ、よく売れた。価

表VI-4-1 仙台流通センターの概要(中央卸売市場を除く)

区分	名称	仙 台 卸 商 団 地	仙台トラック輸送センター	仙台倉庫団地
業 種		食品、繊維、雑貨、機械等	自動車貨物運送	倉庫業
規 模		企 業 数 286 従業者数 7,000人 面 積 496,543m ²	企 業 数 22 従業者数 1,800人 面 積 73,053m ²	企 業 数 11 従業者数 153人 面 積 65,872m ²
主 な 施 設		組合会館、共同展示場、共同駐車場、共同給油所、共同暖房、共同配送センター	組合会館、共同車庫、共同駐車場、共同給油、共同洗車場	倉庫会館、作業員詰所、守衛所

(仙台市による)

図VI-4-3 中央卸売市場の流通経路



格は、平常とあまり変わらず、なかには安売りしたところもあった。これをみると、地震2日後ぐらいで仕入れ量も回復し、消費行動も平常に復しているといえる。ここで注目しなければならないのは、食パンと牛乳の需要の多いことで、小売店も在庫がなく対応に苦労したことである。そこで、これら食料品の供給を支える食料品流通システムの地震による影響と対応について考察してみる。

食料品流通システムに関連する建築物や施設は、軟弱地盤地帯に立地する流通地区で卸売市場、卸商団地、倉庫団地などに被害が発生した。また、一般の倉庫や販売店などでも棚の品物の落下や積荷の荷崩れが生じた。なかでも卸売商社286社が立地する卸商団地では、3社屋が全壊し、建物の11%に大きな被害が発生し、1社平均の被害額が3,500万円の荷さばきを担当する配送センターの荷扱量は、13日は平常時の1/5、14日は1/2に減ったが、15日からは平常の1日100トンペースに回復した。建物の被害のなかったところでも、シャッター、エレベーター、屋上水槽設備機器に被害が発生し、また、停電により電動シャッターやエレベーターが動かず、コンピューターも停止するなど、営業活動に支障が出た。停電の影響はきわめて大きかったが、比較的短時間で回復し、冷凍・冷蔵倉庫に影響は及ばなかった。仙台市の生鮮食料品供給を担う仙台市中央卸売市場は、停電のための支障や断水、通信などで、普通なら閉場の状態であった。しかし被害が門やシャッターなど一部であったこと、パニック発生を恐れたこと、また、場内卸売会社などが開場に協力を申し入れたことなどにより、翌日の開場を決定した。翌日は近在物が順調に入荷し、県外物は到着のおくれで2～3割減となったが、全体量に占める近在物の割合が比較的高いので、平常に近い入荷量が確保された。買参人が平常の3割減となり、また、価格高騰を避けるため、「せり売り」と「相対売り」が併行して行われた。また、市場が開設していることと生鮮食料品の量は豊富であることなどを放送局や電話案内などを通じて市民に呼びかけ、買い物パニックの防止に努めた。ただし、食肉市場は、高架

水槽、と場の配管、冷蔵庫などの被害が大きかったが、関係機関や買参人に電話連絡したところ在庫で対応できると判断して13日は卸売業務を休み、14日から開場した。県内公設センターは、仙台市に鶴ヶ谷、袋原、人來田、泉市将監、岩沼市の5箇所に設置されており、各センター建物の被害のほか入店舗の食料品、酒、雑貨などの被害、停電による保冷库の肉、魚の一部腐敗も見受けられた。しかし各センターとも営業の中断はなかった。なかでも、袋原公設センターでは店内荷くずれで営業出来る状態でなかったが、軒下で消費者に対して積極的に放出営業を行った。また、本県では災害、交通の途絶などの緊急時において、貯蔵生鮮食料品を計画的に放出する施設として、青果物は協同組合宮城県青果物需給調整センター(石巻市)、水産物は協同組合仙台水産物需給調整センター(仙台市)がそれぞれ設置されている。両センターの建物の被害もなく、また緊急放出という事態にも至らなかった。これは、卸売市場がほぼ平常通り営業し、また、仙台市でガス・水道が停止し、調理を要する食料品が敬遠され需給がひっ迫しなかったためである。先の農林水産省の調査によると、卸売会社では緊急時だからこそ市場の開場が必要という公共的使命に燃えたところもあり、また時間的に、産地からの輸送車はすでに出発しており、入荷したものだけで売ろうというところもあった。水産関係の会社では、停電に対応して商品の保持のため冷蔵庫を密封するなどの措置を行った。また、食肉市場では、地震当日と殺した豚50頭、牛40頭分の肉が保冷库に入っていたが、翌々日に販売するためすべてスライスして保管した。仲卸業者のほとんどは、翌朝競売に出るとともに開店した。しかし、生鮮食料品の需要はスーパーからのものがほとんどで業務上のものが少なく午後から閉店するところが多く、店内や家庭の復旧に当たった。業務上の需要が少なく、小売商においては、小売商組合に災害対策本部を設置した。組合の購売事業部が即席物の需要を見越して、東京からインスタントラーメンをトラック3台分仕入れた。また、組合では、品不足も一時的なものであると判断し、小売店のイメージダウンを避けるため、支部組織を通じ「便乗値上げをするな」という指令を出した。商品確保のメドがすぐに立ち、商品不足にならなかったため、大した混乱も発生しなかった。一般小売店の多くは、店内片付けと併行して販売を行い、キズ物、足の早いものを中心とした安売りを行ったところもある。また店内の復旧に手間配り、仕入れは3日目ぐらいから平常に復し、食パン、インスタントラーメン、バナナなどの売り筋商品の仕入れを行った。一方スーパーでは、量販店としての社会的責任から、一部を除き(定休日)、翌日は午前10時から12時の間に開店、パニック防止と残品処理のため全商品を50～70%引きで販売したところもあった。また、安定供給を図るため問屋に商品の確保を依頼するとともに、全支店に輸送のためのトラックを確保させた。被害に地域差があったので、支店間で商品を融通するなどの対応を行った。商品の手配では、地震発生直後、道路情報が不足したためなるべく遠くの方が確実と判断して東京方面へ依頼し

たところが多く、ラジオ情報で道路に支障がないことがわかってからも、大阪、名古屋などへバンとプロパン、ガスなどを手配したところが多かった。

(6) む す び

今回の震災は、①被害に地域差があり、しかも仙台旧市街地が比較的軽微であつたこと②火災が発生しなかったこと③道路網の被害が少なかったことなどの理由により、食料品の流通がスムーズに行われたことが特徴的であつた。とくに、食料品そのものの自体が確保出来たことと、流通を支える施設や管理機構に被害が少なかったことから、心理的・物理的余裕が生じた。さらに消費行動も冷静だったことから、流通機構が円滑に機能したといえる。しかし、今回の体験をもつて、流通機構は震災に対して抵抗力があるといった普遍視は危険であるといえる。我々は今回の災害からかくれた教訓を最大限に汲み取らなければならない。道路網の整備や道路施設、通信施設などの耐震性を強化していくことが、相互に依存度を高めている。地域経済社会の防災構造化を促進していくことといえるであろう。また、流通機関は、適確な情報連絡により円滑に機能するのであるが、電話が今回通話不能になり、地震当日は情報不足で各業界とも対応に苦労したことがうかがい知れる。いずれの業界からも、マス・メディアの協力を含む情報システムの確立を望む声が多い。地震の規模が大きく被害も拡大したならば、今回のように機能し得たであろうか。食料のみならず復旧資材の確保対策なども、被害が大きかったらどうなるであろうかを想定し、予防的対応を行っていくことが今後の大きな課題であろう。

5 情報と管理機能の問題

情報化社会といわれている今日、多種多様な情報が社会に満ちあふれている。情報が多いということは、それ自体いろいろ判断する材料が多いということであるが、何が正しいことであるか、何が重要な情報であり、何が不必要な情報であるかを選択することは、洪水のような情報の氾濫の中では大変困難な作業である。これら大量の情報を集中管理し、適切な情報として提供することが必要となってくる。しかし、それにしてもまして、むしろ情報が不足している方が判断を誤る危険性がいっそう大きく、かつ深刻である。

今回の地震では、地震直後、住民生活は一時的な混乱はあったもののパニックの発生までには至らなかった。その原因は、中都市の特殊性や、県民性、そして地震の発生した時間、季節、天候など幸運な条件が重なったことが考えられる。それとともに、情報を集中管理する都市部が大きな打撃を受けず、行政機関や報道機関などの中枢管理部門が生きていたこと、さらに、それらの機関が

ら適切な情報の提供が行われたことが、パニックの発生を回避出来た大きな要因と考えられる。

ここでは今回の地震における行政機関や報道機関などの情報活動をふり返り、災害時における情報の管理はいかにあるべきかという観点から考察する。

(1) 災害と情報

災害時における情報の果たす役割は重要な意味をもっている。それは、住民の生命や生活の維持および財産の保護に直接かかわってくる問題であり、情報機能が適切かつ有効に作用しなければ大きな混乱をひき起こす要因になるからである。しかも、災害規模が大きいほど災害情報への欲求度は高まり、情報機関の敏速な対応が要求されてくる。このような情報が遅れると、不安、混乱をひき起こしパニックの発生の要因となる。

情報は災害時に不可欠な役割を果たすといっても、それ自体で災害を防ぐことはできない。情報は一つの技術的手段であって、それをどのように利用するかが問題である。すなわち、災害発生を予知し、防災対策を進め、また災害発生の場合には、いかにして速やかに被害情報を集め、それによって住民を救援し住民の生活維持に貢献するかが求められる。どんな完璧な情報網が張りめぐらされたとしても、それだけで災害が防止できることにはならない。住民が何を知りたいと望み、また、どのように対応しようとしているのかをあらかじめ調査しておき、災害時に活用できるような体制を作っておくことが必要である。

災害時における情報の発生、伝達は、社会のあらゆる面で起こってくる。それは個人や組織体から発生し、集約されたり、あるいは生のままで、同じく個人や組織体へと連絡、指示、会話などの形をとって伝達されていく。また、災害の種類と発生時期によって情報の発生形態や発生量は極端に変化してくる。

(2) 宮城県沖地震と情報活動

災害時における情報の果たす役割などについては前述したが、その情報機能を、各種通信網を使って行われる防災上の指令、報告、連絡などの情報通信活動と、ラジオ、テレビ、新聞などの報道機関や行政機関などから一般住民、組織事業所などに対して情報提供を行う広報活動とに大別し、それらの機能が今回の地震の際、どのように作用したかを実際の情報活動を通して考察する。

① 行政機関

i 宮城県

宮城県では地震発生から16分後の午後5時30分に「災害対策本部」を設置し、直ちに大河原、仙

台、古川、築館、迫、石巻、志津川の出先合同庁舎などに支部設置を緊急指令すると同時に、全職員が配備につく「3号配備」を指令し初動態勢に入った。これは昭和23年のアイオン台風、昭和35年のチリ地震津波に続く三度目の緊急指令であった。県災害対策本部では、直ちに防災行政無線および県警本部からの情報収集連絡にあたった。

被害の状況は県警本部・各市町村・各報道機関から刻々と入ってきた。この報告により被害が全県下に発生していることが判明した。このような状況のもとで12日第一回の災害対策本部員会議を開き、停電による交通信号の停止に伴う道路交通の混雑および国鉄列車の運行ストップなどで帰宅不能になっている県民の足の確保と、通信手段・電力機能の早期回復が何より重要であると判断した。そして、これらのことを関係機関に対し要請するとともに、ラジオ・テレビによる災害情報の広報を図ることを決定し、その要請を行った。一方県警本部でも、地震発生後直ちに「災害警備本部」が設置され、全警察署に「災害警察非常体制」が発令され、全警察官の非常招集が行われた。また、道路交通情報センターを活用し、ラジオ・テレビを通じ、継続的に地震災害による交通情報を提供し、交通事故防止に努めた。一般加入電話は外部からの通信が殺到したため、その対応に精一杯であり、さらに庁内電話が満杯でほとんど通じないうえ、停電で庁内放送も使えなくなったので、職員への連絡は各部の情報連絡員があたった。市町村からの情報は建物、公共施設の被害が主であったが、警察からの情報はカバーする範囲が広く警察官が足でかき集めた細かい情報、とくに人的被害に関する情報の収集が迅速かつ精度が高かった。また自衛隊からの情報は道路状況などマクロ情報が中心であった。

続いて宮城県の行った広報活動は次のとおりである。

- (i) 記者発表、記者クラブへの資料配布
- (ii) 電光ニュースによる広報
- (iii) 県からのお知らせなど紙面購入による広報
- (iv) 県政テレビ番組、テレビスポット放送による広報
- (v) 広報写真の撮影
- (vi) 県政だよりによる広報
- (vii) 写真の展示、各機関への写真などの提供
- (viii) 県民アンケート調査の実施
- (ix) 記録映画の製作

広報活動は、時期によってその内容を変えた。地震直後は交通渋滞の解消、民心安定、火災やガス事故の発生防止などを中心とし、6月13日以降は崖くずれ、雨による二次災害防止に関したものの、

応急対策関連の広報を中心とした。その後16、17日ごろから復旧対策も具体化したので、窓口相談のほか、県民生活の基盤となっているガス、水道、国鉄などの復旧などに関する情報を中心として広報を行った。一方、このころから広報写真の撮影や記録映画の製作、県民アンケート調査の実施などの活動を中心として広報活動を行った。

ii 市町村

今回の地震でとくに被害の集中した仙台市では、地震発生直後は停電と道路交通状況からみて、テレビや広報車による広報は不可能と判断し、ラジオによる広報を依頼した。広報内容は都市ガス・水道・電気の被害状況とその復旧見通し、バス路線の運行状況などであった。とくにガス局のタンクの火災事故、ガス供給管破損などに伴い二次災害防止を図るため、ガスの元栓を締めるよう注意・呼びかけを行った。翌日以降は一部の地区を除いて送電が再開され、また、道路交通も緩和されてきたので、ガス局、水道局、消防局の各広報車を、フル回転し広報活動を行った。それと同時にテレビ・ラジオ・新聞・市政だより・チラシを通じて生活関連情報・各種制度の利用呼びかけなどの情報提供もあわせて行った。さらに落ち着きを取りもどした時点から、地震災害に対する特別相談の実施や各種融資制度の利用呼びかけなど被害の集中した地域に対する情報の周知徹底を図った。

また、三陸津波やチリ地震津波で甚大な被害を受けた三陸沿岸の気仙沼市や志津川町などの市町村では、津波警報の発表により広報車による避難勧告がなされた。その他、被害の多かった泉市や迫町などの市町村においては、必要な生活関連情報の提供・相談所の開設など被災者への周知徹底を図った。

② 防災関係機関

i 東北電力㈱

幸い非常通信回線に異常がなく、被害情報と収集連絡活動を開始した。災害時における電力の供給停止は住民生活に与える影響が大きいことにかんがみ、何よりも供給支障の解消を最優先として復旧送電を行うことに努めるとともに、報道機関に対して被害および復旧状況の説明を行ったのをはじめとし、仮復旧（送電開始）までの3日間は復旧状況をきめ細かに説明した。その後においても、情報の連絡に努めるなど報道機関に対する連絡を密にし、一般需要家に対するPRを行った。

ii 東北電気通信局

今回の地震で特徴的なものの一つに一般加入電話の異常輻湊があげられる。地震による停電・交通機能マヒが起こった場合その代替手段としての電話の重要度は大きい。

今回の地震直後はある程度スムーズに電話が通じたが、地震に関する情報がテレビ・ラジオを通じて全国的に報道されると、全国各地から仙台市をはじめ石巻市、気仙沼市、迫町などの被災地へ

向けて安否・問い合わせの電話が殺到したため、回線がパンクし、一時異常輻湊が続き、電話が通じなかった。

とくに異常輻湊が顕著であった仙台市については、仙台電話局が広報車により通話自粛を呼びかけるとともに、ラジオ・テレビなどを通じて状況を広報し、一般住民の協力を要請した。

③ 報道機関

i 放送関係

今回の地震において報道機関の果たした役割は大きい。とりわけラジオ、テレビがその機動性をフルに発揮して広く住民の情報欲求に応じた。また停電という状況下におけるラジオによる情報の提供が今回の地震の特徴の一つであった。

地震発生当日のNHKラジオの報道内容によると、地震発生から被害の概要が把握できるまでの初動段階は、電話の異常輻湊のため、なかなか連絡がとれず情報収集に手間どった。各方面から断片的な被害情報が入ってくる中で、当初は津波情報の報道に全力が注がれた。

第2段階は、被害が宮城県に集中していることがわかってから津波の心配がないと判明するまで、このころになると電話も回復しはじめた。NHKでは、市町村だけでなく個人に対しても、ラジオを通じて「放送をお聞きの方、近くの被害をお知らせ下さい」と情報提供を呼びかけた。その結果、道路や家屋の被害情報が次々と入ってきた。また安否問い合わせの電話が局へ殺到してきた。

第3段階は、津波の恐れが解消した以降で、ニュース以外の全国中継番組はすべてカットし、ローカル生番組に徹した。局に殺到する安否問い合わせの電話に対し、「個人情報も公的情報になる」と判断し、集中的に個人情報を流すことになった。このように地震発生当日は深夜の翌日午前1時48分までラジオ放送が続けられた。そして、翌日からは水道、ガスなどの復旧見通しや生活関連情報をラジオ、テレビを通じて流し、行政機関や防災関係機関の広報を補充する役目も果たした。とくに昭和51年の松山台風の教訓を生かして個人情報を流したことは画期的なことであった。このことによって、聞き手側が全体状況を把握したり、外出中で連絡がとれない場合、自宅周辺の被害状況を知ることができるなど、住民の不安の解消や無用な混乱を防ぐのに大きく貢献した。NHKのみならず東北放送、仙台放送、宮城テレビ、東日本放送も、地震発生当日はスポンサーの理解協力によって番組を変更し、特別番組を編成して深夜まで放送を続け、住民の情報欲求に応えた。

翌日以降も必要に応じ被害状況・復旧見通し・生活関連情報そして各種制度の活用呼びかけなどを行った。

ii 新聞関係

地震発生と同時に、県庁、市役所、県警本部、国鉄、東北電力㈱などに詰めている各記者は第一

報取材活動を行うとともに、記者やカメラマンが被害が集中した現場に派遣された。しかし、夕方のラッシュ時と停電による交通混雑に取材の車が巻き込まれるなど取材活動に困難をきたした。また、取材活動の主な手段である一般加入電話が一時的にせよ通話不能になったことで情報収集に遅れをきたした。このような状況の中で、ローソクの明りを頼りに原稿を書くなど、翌日の新聞発行に間に合わせるべく懸命な努力がなされた。幸い停電は比較的早く仮復旧したため、翌日の新聞発行に支障をきたさなかった。翌日以降は本格的な取材活動に入り、被害状況・復旧状況・復旧見通し・生活関連情報・各種制度など生活に密着した記事を取りあげ、住民の不安の解消や自立の促進に大きく貢献した。

(3) 情報活動の課題

地震災害は風水害と異なり予告なしに襲来し、しかも季節や昼夜を問わない。また、いったん災害が発生すると、総合的な災害として被害が広範囲にわたる。したがって、事前に災害対策のための整備体制を確立しておくことが、災害が発生した際の被害の軽減に大きく貢献するものである。ここでは、今回の地震における宮城県をはじめとする公共機関や報道機関などの情報活動の問題点を整理して述べる。

① 公共機関

公共機関においては防災計画などによって定められた情報の伝達系統があるが、今回の地震ではそれ自体有効に活用されていない面もあった。したがって組織と組織、あるいは組織内部での情報交換、相互協力体制の見直しの必要性が痛感された。

i 情報連絡網の整備

今回の地震では県の防災行政無線が十分にその機能を果たさなかった。また、一般加入電話も地震発生直後から約2時間にわたって異常輻湊を起し通話不能となった。したがって、無線回線の増波・多重化とともに無線装置の耐震化および停電対策のための自家発電装置の設置、さらに災害時における一般加入電話のかけ方についてあらかじめ住民に対して周知徹底しておくことなどの対策が必要である。

ii 情報連絡体制の確保

今回の地震では発生時間が職員の退庁(社)後ということもあり連絡に手間どった。したがって夜間や休日など勤務時間外の情報連絡体制を確保しておく必要がある。また、防災担当者や情報連絡担当者が不在の時は、一般職員でも対応ができるよう手引き作成し、情報連絡や無線操作の訓練を実施しておく必要があろう。

iii 報道機関との連絡体制の緊密化

今回の地震では、一時的にせよ宮城県庁や仙台市をはじめとする公共機関と報道機関との電話回線が不通になり、公共機関からの放送依頼ができず、また報道機関からの情報も入りにくかった。地震直後の広報活動は公共機関だけでは限界があるので、報道機関との専用回線の設置や増設、さらに災害時における放送協定などについて具体的なプログラムを作成しておくことが望まれる。

iv 職員の役割分担の明確化

県は地震発生後、直ちに全職員が配備につく「3号配備」をかけて職員を参集させたものの、対応に迅速性を欠いたところがあった。また、仙台市では、人員が不足した部門への応援が迅速に実施できないところがあった。したがって、今後はあらかじめ職員一人一人の役割分担の明確化を図り、平常時を含めて防災対策を総合的に推進するよう組織体制をさらに強化することが必要である。

v 情報収集ルートの一歩化

今回の地震では、被害情報の把握に迅速性を欠いたところがあった。したがって今後は情報収集のルートを一本化する必要がある。

vi 広報窓口の一本化

県は災害対策本部に広報班を設置し、そこから住民や報道機関などへの情報提供を行う体制をとったが、他の各部各課からも情報が流れていたところもあった。したがって、広報の統一性を欠くきらいもあり、広報窓口は広報班に限定するなど広報体制の見直しが必要である。

vii 情報の共有化の促進

情報収集力に限界のある県や市町村では、警察はもちろん消防や自衛隊などの実働機関からの情報を積極的に活用すべきである。そのためには、行政以外の公共機関や報道機関と迅速な情報交換ができるようなシステムを検討する必要がある。

その他 viii 殺到する無線の効率的運用, ix 問い合わせに対する対応機能の整備, x 民間無線局（アマチュア無線）との協力体制、なども今後の課題として検討する必要がある。

② 報道機関

今回の地震において、報道機関の果たした役割は大きく住民生活に好影響を及ぼした。とくに地震直後の停電・交通混乱・電話の異常輻湊による通話不能という事態に際し、住民生活は不安に陥ったが、そのなかでラジオによる的確な報道が、大きな混乱を回避できた要因としてクローズアップされた。

しかし、災害報道については、とかくセンセーショナルなものを求めるために被害の激しいところに目を向け、安心報道が不足がちで得られた問題点を整理したものである。

i 自家発電装置の設置

今回の地震による停電は比較的早く復旧したものの、被災状況によっては、停電が長期間に及ぶことも考えられるので、自家発電装置の整備が必要となろう。

ii 情報収集（取材）体制の整備

今回の地震では、停電による交通混乱や電話の異常輻湊による通話不能によって情報収集（取材）活動に支障をきたした。したがって自動車に代わる機動力としてバイクや自転車の活用や、現場と本部とを結ぶ携帯無線の増波など情報収集（取材）体制の整備が必要である。

iii 公共機関との連絡体制の緊密化

行政機関やそれ以外の公共機関との連絡体制を密にして、迅速かつ正確な情報交換を行う必要がある。そのためには、災害時における連絡体制について、あらかじめプログラムを作成しておく必要もある。

iv 地域に密着したきめ細かい情報提供

住民の求めているのは一般的な情報より、個人の安否や地域の被害状況といった具体的な情報である。したがって、関係機関だけでなく一般住民からの情報収集体制を整備し、地域に密着したきめ細かい情報の提供を行う必要がある。

v マイナス情報、プラス情報

従来の災害報道は、どちらかというと死傷者の数や被害の大きさなどの被害情報（マイナス情報）が中心であったように、今回の地震でとくにクローズアップされた個人や集団の安否の確認などプラス情報についても積極的に流すことが必要である。

vi 番組変更の規定の明確化

災害時における放送体制についてスポンサーと放送局との間で放送協定を締結しておくことが必要であり、そのためには、民間放送の場合、スポンサーの協力・理解が是非必要となる。

6 ま と め

今回の地震は都市型災害という一つの新しいとらえ方がされている。VIで述べられた各種の都市機能の障害とその復旧は、その意味で、新しい貴重な体験といえる。従来も都市の災害がなかったわけではないが、今回の地震がとくに都市型災害として注目を集めているのは、次のような理由によると思われる。

① 都市の進化による新しい被害の発生

都市化が進んだために、従来より地盤条件の悪い丘陵地帯などに造成されるようになった大規模

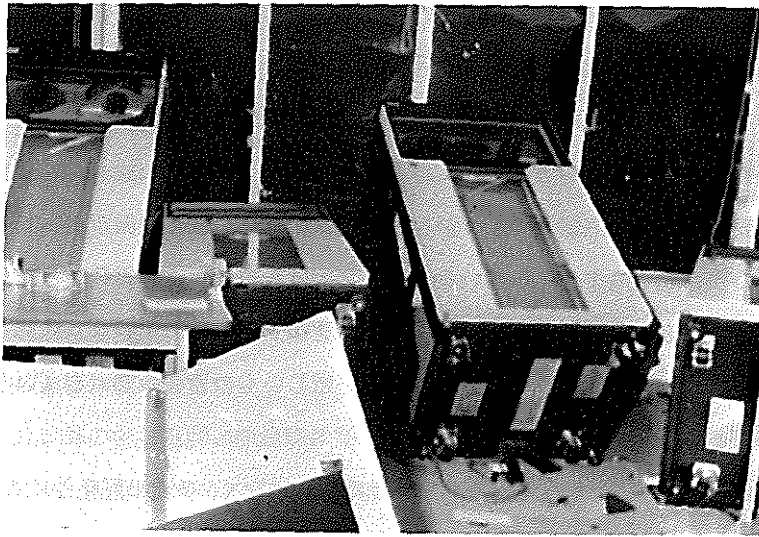
な住宅地の被害や、高層マンションの被害といった新しい形態の被害が発生した（これらは主として、Ⅲ、Ⅳで扱われている）。仙台には地下鉄や地下街がなかったが、もし建設されていれば、新しい被害経験が得られたかも知れない。

② 高度化した都市機能の被害と復旧

各種の都市施設はますます広域化し、またその機能は相互に複雑に関係し合っている。これに伴って、市民生活の依存度も高まってきている。このことは、市民生活の便利さとはうらはらに、災害やその復旧の影響が格段と大きくなっていることを意味する。したがって、防災や復旧のあり方に対する市民の要求は、従来と比較にならないくらい厳しいものとなっている（Ⅵの記録はこういう背景に立っている）。

今回の地震では、幸い被害も最高度に深刻というほどではなく、多くの好条件に恵まれたために、大きいパニックは起こらず、関係機関の対応はおおむね冷静適切に行われたといえる。さらに、被害の形態や復旧の方法などについて、都市型災害という面から詳細なデータが集められ、これをもとに多方面で大がかりな専門的調査研究が進められている。こういうことは従来の災害ではあまり例がなく、今回の地震の一つの特徴といえることができる。

都市の防災では、機能維持、早期復旧を優先すべきで、個々の耐震設計とともに被害の予知、予測のための調査や解析研究を進めることの重要性が強調される。地盤調査一つをとってみても膨大な経費と労力を要するものであるが、防災にはそれなりの投資と努力が必要であることをあらためて認識すべきであろう。また、災害時には、発想を転換し、平時と全く違った対応をとることが、提供者、使用者両方に要求される。たとえば、テレビ報道は、平時ニュース価値に重点をおくのは当然であるが、災害時にはまず災害の規模、範囲、分布を正確に報道し、むしろ、被災の小さかった状況についても報道することが大切である。これによって被災者ばかりでなく、他地区の人々にも正しいイメージを与えることができる。また、電話は、災害時、平素の習性もあって、すぐかけなくなる気持は理解できるが、緊急やむをえないもの以外は差し控えるのを原則と考えなければならない。医療施設などにおいて応急の際いかに電話が重要であり、電話の不通が障害になったかは、Ⅵの3の(2)に述べられている。このように災害に対応するあらゆる人々のメンタルな訓練を平時から十分に行っておくことが必要であろう。一般にライフラインについて、それが便利になればなるほど、システムとしては複雑なものとなっている。利用者は便利さを享受すると同時に、そのシステムについて、できるかぎり関心をもって理解と認識を深め、災害時の利用方法や復旧に対する期待をあやまらないようにすることが肝要だと思う。



写真VI-6-1 地震による電算機の転倒（福島県庁西庁舎12階の電算機室）

なお、最後に一つつけ加えたいことは、コンピューターの防災の重要性である。今回の地震では、コンピューターの転倒・破損などによって大きい機能障害の例は報告されていないが、官庁組織、産業施設、ライフラインなどの大きいシステムを管理するコンピューターの重要性は、システムの発達複雑化に伴ってますます大きくなっていると考えられる。コンピューターの移動、転倒防止、付近の漏水の予防、プログラム・データなどのバック・アップ保管などの対策に加え、コンピューター室の建物における位置の選択も、もっと注意されなければならないことと考える。

我が国は自然災害が多く、また厳しい国であるにもかかわらず、災害をのり越え、より高度に都市の近代化をすすめようとしている。今回の貴重な経験が、今後の都市防災対策のために、大きく生かされることを希ってやまない。

参 考 文 献

- 1) 東北電力株式会社：1978年宮城県沖地震災害報告書（1978.12）
- 2) 社団法人電気協同研究会：変電機器の耐震設計，電気協同研究，第34巻第3号（1978.10）
- 3) 土木学会：新潟地震震害調査報告書，土木学会，pp589～658（1966）
- 4) 東北電力株式会社：新潟地震災害報告書（1964.11）
- 5) 仙台市水道局：1978年宮城県沖地震による被害とその対策の記録（1978）
- 6) 佐藤敦久：上水道施設の被害，昭和53年度文部省科学研究費自然災害特別研究(1)1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究，pp175～183（1979）
- 7) 鈴木繁：1978年宮城県沖地震による水道施設の被害とその教訓，水道協会雑誌，542巻，pp66～103（1979）
- 8) 日本瓦斯協会：宮城県沖地震による都市ガス被害状況および復旧作業の経過概要（1978）
- 9) 仙台市ガス局：1978年宮城県沖地震都市ガス事業関係調書（1978）
- 10) ガス事業大都市対策調査会・地震対策専門委員会：宮城県沖地震ガス被害調査報告書（1978）
- 11) 仙台市ガス局：宮城県沖地震と復旧の記録（1978）
- 12) 岸野佑次，浅野照雄：ガス製造・供給施設の被害，昭和53年度文部省科学研究費自然災害特別研究(1)1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究，pp193～199（1978）
- 13) 安倍理夫：'78宮城県沖地震による仙台市公共下水道の被害，月刊下水道，第1巻第2号，pp43～53（1978）
- 14) 管野敏夫：'78宮城県沖地震における下水道の被害概要，月刊下水道，第1巻第2号，pp36～42（1978）
- 15) 日本道路公団仙台管理局：宮城県沖地震の東北自動車被害復旧状況（昭53.7）
- 16) 宮城県：'78宮城県沖地震の被害状況（昭53.7）
- 17) 蝦名晃郎：1978宮城県沖地震，道路（昭53.9）
- 18) 山本茂樹・網宏：宮城県沖地震，道路（昭53.9）
- 19) 宮城県警察本部：78年宮城県沖地震による交通障害等の発生状況とこれに対する警察措置の概要について（昭53.7）
- 20) 宮城県警察本部：1978年宮城県沖地震・交通対策に関するアンケート調査結果（昭和53.9）
- 21) 仙台都市圏パーソントリップ調査協議会：仙台都市圏の現況と対策，仙台都市圏パーソントリ

ップ調査報告書（昭52.3）

- 22) 日本電信電話公社東北電気通信局：1978年宮城県沖地震災害記録（1978.12）
- 23) 日本電信電話公社東北電気通信局経営調査室：都市圏における災害と情報－1978年宮城県沖地震を中心に（1978.10）
- 24) 仙台市医師会：宮城県沖地震における仙台医療圏の被害状況，仙台市医師会報，171号（1978.9）
- 25) 上林三郎，倉持一雄：被災病院はどう対処したか－宮城県沖地震被害病院を回って，日本病院会雑誌，25巻9号（1978.9）
- 26) 笥和夫：宮城県沖地震と病院建築・設備，病院設備，20巻6号（1978.11）
- 27) 安田恒人：宮城県沖地震における救急医療，宮城県医師会報，395号（1978.12）
- 28) 安田恒人：宮城県沖地震における救急医療，病院，38巻4号（1979.4）
- 29) 丹野三男：宮城県沖地震の体験から，病院，38巻4号（1979.4）
- 30) 高橋一郎：宮城県沖地震の体験から，病院，38巻4号（1979.4）
- 31) 藤咲暎：1978年宮城県沖地震と医療体制，宮城県医師会報，405号（1979.10）
- 32) 仙台都市圏総合都市交通体系調査協議会：昭和53年度仙台都市圏物資流動調査報告書（1979.3）
- 33) 同上：1978年宮城県沖地震による事業所活動への影響調査（1979.3）
- 34) 農林水産省：震災時における応急物資確保システム調査報告書（1979.3）
- 35) 東北地方建設局：1978年宮城県沖地震災害報告書（昭54.11）
- 36) 仙台鉄道管理局：宮城県沖地震－状況・対処・反省－（昭53.7）
- 37) 宮城県：'78年宮城県沖地震農業災害の記録（1979.3）
- 38) 総合研究開発機構，未来工学研究所：都市の防災体制の信頼性に関する研究（1979.5）
- 39) 岸田純之助他：情報化社会と行政，第一法規（1974.10）
- 40) 財団法人政策科学研究所：宮城県沖地震による都市機能および地域社会への影響に関する調査研究（1978.8）
- 41) 星野春人他：宮城県沖地震報道を顧りみて，仙台民放四社座談会（特集・地震報道）民放8巻（昭53.9）
- 42) 小沢爽：「安心報道」という標的－宮城県沖地震とラジオー，放送文化，33巻10号（1978.10）
- 43) 未来工学研究所：「1978年宮城県沖地震」の対応と今後の課題－都市の防災体制の信頼性，有効性に関する研究（1979.5）
- 44) 国土庁：大規模地震特別措置法と震災対策，近代消防，第16巻13号（1978.12）

- 45) 宮城県：'78宮城県沖地震，県・市町村広報活動の記録（1979.3）
- 46) 政府調査団座談会：今後の震災対策に貴重な教訓残した宮城県沖地震，近代消防，16巻13号（1978.12）
- 47) 河北新報社：'78宮城県沖地震，その記録と教訓（1978）
- 48) 宮城県：'78宮城県沖地震の概況－応急措置と復興対策（1978.12）
- 49) 宮城県警察本部：都市型災害警備の教訓－1978.6.12宮城県沖地震（1978.8）

VII 個 人 生 活

1 個人生活被害の概要

1978年宮城県沖地震は死者27人、負傷者10,962人、建物の全半壊7,500戸、また、電気、ガス、水道、交通などのいわゆるライフラインの機能停止、さらに宅地や塀などに被害を与え、県民生活に大きな影響を及ぼした。

被害の季節や時刻など幸運な条件が重なったとはいえ、県民や行政機関をはじめとする関係機関の適切な対応により大きなパニックに至らなかったことは、今回の地震における救いであったといえよう。

個人生活被害の概要については、いろいろな角度からとらえることができるが、ここでは今回の地震における人的被害の状況、住宅、宅地など物的被害の状況、電気、ガスなどの機能停止による県民生活への影響、地震後の生活必需物資の状況および地震情報と県民の対応というところに視点をあて、記述する。

(1) 人的被害の概要

① 死亡者、負傷者の状況

県内ではブロック塀、石塀および門柱の倒壊や下敷きによって16人が死亡し、家屋の倒壊や地震のショックなどによって11人が死亡、あわせて27人の犠牲者が出た。死亡事故の多くが仙台市や塩釜市および泉市などの住宅密集地域で発生し、しかも、それは戸外で活動していた子供や老人とい

表VII-1-1 県内広域圏別死亡者、負傷者数

区 分 広域圏	死亡者(人)	負 傷 者 (人)		
		重 傷	軽 傷	計
仙 南 圏	6	13	40	53
仙 台 都 市 圏	20	191	10,225	10,416
大 崎 圏		15	193	208
栗 原 圏		5	18	23
登 米 圏		9	56	65
石 巻 圏	1	28	167	195
気仙沼・本吉圏		1	1	2
計	27	262	10,700	10,962

った依存性の強い年代に多かった。また、負傷者は、県がまとめた「災害の概況」によると、重傷は262人、軽傷10,700人、あわせて10,962人に達した。地域別にみると、地盤的に軟弱な沖積平野と丘陵地に造成された人工地盤上の住宅地域に多かった。これらの負傷者のうち、重傷160人、軽傷1,048人、不明83人、あわせて1,291人を対象に行ったNHKの追跡調査の資料によると、負傷者の男女別では女性が65%を占めており、その大部分が主婦であった。

② 避難の状況

地震発生後、被害の集中した市町村は直ちに避難所を開設し、炊き出しなどを行った。とくに仙台市では、被害集中地区の小学校や公民館など11箇所に避難所を設置するととも

に地震による亀裂や崩壊の著しかった緑ヶ丘地区、荒巻源新田地区および北根一念防地区を「警戒区域」に指定し、避難の勧告を行った。これら被害者の収容のため、仙台市では応急仮設住宅70戸を建設し、このほかに泉市、小牛田町および鳴瀬町では、応急仮設住宅あわせて17戸を建設した。被災者は、市町村などのあっ旋によって公営住宅あるいは新威、知人宅へ仮住居を求めて避難したが、農村部では被災を免れた作業場やビニールハウスなどに寝泊りする姿もみられた。

(2) 物的被害の概要

① 住宅被害の状況

県内で住宅の全壊1,377戸、半壊6,123戸を数え、さらに一部損壊の125,375戸をあわせ、132,875戸に被害があった。被害のとくに集中した仙台市、泉市のほか石巻市、古川市、小牛田町、田尻町、米山町、鳴瀬町でも30戸以上の住宅が全壊被害を受け、被害は県内の広範囲に及んだが、とくに沖積平野の軟弱地盤や丘陵地に造成された人工地盤上に建てられた住宅に被害が顕著にあらわれた。仙台市とその周辺部の場合、人口の増加とともに住宅地の形成が郊外の平野部や丘陵地にとのびたが、そうしたいわゆる大都市型の開発が行われてきた地域において住宅の被害が多かった。これら

表Ⅶ－1－2 負傷者追跡調査対象者数

年 令(才)		全 数	重 傷	軽 傷	不 明
0～12	男	108	10	96	2
	女	114	10	99	5
	小計	222	20	195	7
13～19	男	38	1	36	1
	女	67	2	59	6
	小計	105	3	95	7
20～59	男	251	40	198	13
	女	489	48	403	38
	小計	740	88	601	51
60以上	男	47	7	38	2
	女	165	40	114	11
	小計	212	47	152	13
不明		12	2	5	5
合計		1,291	160	1,048	83

(NHK資料による)

表Ⅶ-1-3 マンションの被害概要・建物概要

建物完成年 (昭和)	被 害 箇 所									建 物 概 要		
	玄 関 ド ア	玄 関 ド ア 回 り の 壁	そ の 他 の 二 次 部 材	高 架 水 槽	浄 化 槽	エ レ ベ ー タ ー	ガ ス 関 連 設 備	そ の 他 の 設 備	構 造 部 材	階 数	戸 数	地 盤 条 件
47年										11	54	A
										12	55	A
	○	●				●				11	119	A
48年		○						●		11	60	A
			●							11	97	※
										11	93	A
49年	○	●								11	142	A
										11	61	A
		●				●				11		
		○								11	25	A
	●	●	●		●				●	11	171	A B
	●	●								11	121	A
		●	●					●		11	54	A
	●	●	●							11	30	B
		○	●			○				11	80	A
	●	●	●							11	140	A
			●							11	21	A
	●	●	●							11	72	A
50年										11		
		○	●	○						11	91	A
										11	40	A
	●	●								11	55	A
	●	●	●	●		●	●			11	261	C
										11	108	A
51年		○	●							11	60	A
	●	●	●		●					14	398	B
52年	●	●	●	●	●				●	14	189	C
										12	55	A
										14	26	A

(「78宮城県沖地震災害の実態」より抽出して作成) A 洪積台地一般面 B 自然堤防, 砂州, 砂堆
(凡例) ●被害大○被害小 C 氾濫平野, 盛土部 ※急斜面

住宅の被害を受けた世帯の大半は、住宅金融公庫などから融資を受けたりあるいは自己資金によって自宅を新築したり補修せざるを得なかった。

また、昭和41年に制度化された地震保険も損害査定基準などの関係で、加入していた世帯の大部分が、その恩典にあずかれず、今回の地震以後には大きな社会問題としてクローズアップされた。

② 高層マンション被害の状況

都市における土地の高度利用面から高層住宅いわゆるマンションの大型化や高層化が進んでいるが、仙台市内においても、11階以上のマンションが31棟を数え、今回の地震において今まで経験しなかった新しいタイプの被害をもたらした。表Ⅶ-1-3は、昭和47年から昭和52年の間に仙台市内で建てられた11階以上の高層マンションでの被害の概要を示したものである。このように、高層マンションの被害も住宅と同様に地震によって被害の程度に差があったが、とくに氾濫平野の盛土部分や自然堤防の後背湿地の軟弱地盤に建てられたものに被害が大きかった。とりわけ、中間部分の5階から10階付近の被害がひどく、玄関ドアや周辺壁に大きな亀裂が走り、ドア枠が変形してドアの開閉が不可能になったり、ベランダや通路などの手すりの変形や給排水施設などに被害がみられ、一時生活機能が停止し住民の生活に影響を及ぼした。

③ ブロック塀などの被害

今回の地震では、ブロック塀や石塀などの倒壊で16人の死亡者が出たことが大きな特徴の一つであった。これは、地震に際し、これらの塀が凶器と化したことを示しており、このこともまた大きな社会問題となった。

こうした被害は、とりわけ仙台市やその周辺部に多く発生した。仙台市では通学路内の塀だけでも4,162箇所あるが、この中での倒壊をみると、沖積平野の軟弱地盤上に建てられたものに被害が多く、旧市街地では少なかった。

また、位置や構造的には東西方向に長いものに多く、南北方向では無筋か充填モルタルとの付着力がないものに被害が多かった。

地震後、倒壊や破損した塀は除去や補修を行ったが、行政機関で指定された一部の区域を除き、ほとんど自己資金でまかなわれた。

④ 宅地被害の状況

仙台市の南西部から西部、北東部にかけての丘陵地には昭和30年代から逐次宅地造成が進み、住宅用地が形成された。これらの新興住宅団地では、ほとんど全域において地盤に亀裂が走り、擁壁が崩れ、道路がゆがみ、がけ崩れの危険に遭った。多くの家屋が倒壊または全、半壊の被害を受け、一部破損が随所に発生した。

VII-1-4 仙台市の宅地造成の進展と地盤災害の状況

種 別 地区名		団 地 数	開 発 主 体			宅 地 造 成 開 始 年					*世 (S 53・4 帯 現在) 数	宅 地 被 害			被害 件数 / 世帯 数 %	
			公 共	民 間	そ の 他 ・ 不 明	昭 和 30 〜 34	35 〜 39	40 〜 44	45 〜 49	50 〜		擁壁の 被 害		そ 宅 の 地 他 被 害		合 計
												崩壊	亀裂			
宅 地 造 成 工 事 規 制 区 域	緑ヶ丘地区	2	—	2	—	—	1	1	—	—	1,703	13	159	120	292	17.1
	荒巻源新田地区	2	—	2	—	—	1	—	1	—	203	3	12	3	18	8.9
	北根一念防地区	1	—	—	1	—	1	—	—	—	310	4	10	5	19	6.1
	旭ヶ丘地区	1	—	1	—	1	—	—	—	—	3,361	2	51	6	59	1.8
	鶴ヶ谷地区	1	1	—	—	—	—	1	—	—	6,597	0	8	17	25	0.4
	桜ヶ丘・中山地区	3	—	3	—	—	—	3	—	—	5,954	0	8	9	17	0.3
	その他の地区	71	6	53	12	—	31	25	14	1	55,768	45	234	64	343	0.6
	小 計	81	7	61	13	1	34	30	15	1	73,896	67	482	224	773	1.0
仙 全	台 域 市 団 地 数 面積 (ha)	99 2,203.2	12 489.9	62 1,100.7	25 612.6	1 126.1	39 460.2	35 858.2	23 734.7	1 24.0	219, 226	—	—	—	—	—

(「仙台都市圏における宅地等の開発状況調査報告書」仙台市(1976)「宮城県沖地震宅地被害調査結果」仙台市(1978)より作成)

* 町丁目別世帯数よりの雑計値である。

白石市寿山地区の宅地造成区域においては、13万立方メートルの土砂が崩壊し、死者1人が出た。住宅団地のうち、とくに被害が深刻だったのは昭和37年の宅地造成規制法の制定前に造成された住宅団地であって、とりわけ仙台市内の緑ヶ丘地区や荒巻源新田地区および北根一念防地区においては、地すべり、地割れ、亀裂、擁壁崩れなどが生じ、警戒区域に指定された163戸のうち仙台市から二次災害の危険があると判断されたところでは、家屋を除去せざるを得ない世帯も出た。さらに居住困難と判断された世帯は仙台市の応急仮設住宅や親戚・知人宅などに身を寄せて生活するという状態が続いた。そういう中で緑ヶ丘地区では、被害を受けた有志が今回の地震における宅地被害の責任問題について解明しようと緑ヶ丘罹災者の会を結成し活動を行っており、天災論、人災論に分かれ大きな社会問題として各方面に問題を投げかけている。

(3) 電気・ガスなどの生活機能の停止と県民生活への影響

① 電 気

現代生活に欠かすことのできない電気についても、今回の地震によってその施設や設備に被害を受け、県内で419,100戸が停電し不安な一夜を過ごした。そのため、ローソクや壊中電灯を頼りに食事をとるという光景が随所でみられ、電気の重要性が再認識された。

東北電力の手で直ちに復旧作業が開始されたが、被害の集中した仙台市やその周辺部では回復が遅れ、表VII-1-5に示されているように翌13日午前5時30分には77%が回復し、その後も漸次

表Ⅶ－１－５ 電力供給段階的復旧状況（東北電力）

月 日	時 刻	供給開始戸数 (千戸)	停 止 戸 数 (千戸)	備 考
6 月 12 日	17時15分	0	419.1	
〃	20時00分	20.1	399	
〃	21時00分	35.1	384	
〃	22時00分	90.1	329	
〃	23時30分	128.1	291	
13 日	0時30分	148.1	271	
〃	1時30分	196.1	223	
〃	2時30分	240.1	139	
〃	3時30分	250.1	129	
〃	4時30分	295.1	124	
〃	5時30分	323.1	96	復旧率77%
〃	7時30分	326.2	92.9	
〃	9時30分	337.1	82	
〃	11時30分	344.3	74.8	
〃	14時30分	355.1	64	
〃	17時30分	373.1	46	
〃	19時30分	391.1	28	
〃	22時30分	405.1	14	
14 日	0時30分	414.1	5	
〃	6時50分	419.1	0	

注) 全需要家数, 579.7千戸

回復地域が拡大し、14日午前6時50分には一部の地域を除いて回復した。

② ガ ス

県内では、仙台、泉、多賀城、塩釜、古川、石巻、気仙沼の各市で都市ガスが供給されている。表Ⅶ－１－６はガスの供給（開栓）状況であるが、今回の地震では仙台市ガス局を除く各事業所では、ガス漏れ防止検査の後、石巻ガス(株)は6月13日、塩釜瓦斯(株)と古川ガス(株)は6月16日にそれぞれ復旧し、供給が再開された。しかし、仙台市ガス局においては、ガス製造施設の被害、ガス管の損傷が各所で生じたため、地震発生1時間後に全面的に供給がストップした。そのため、代替熱源として携帯用のプロパンガスコンロを購入したり、薪などを使用して、食事の準備をする光景が随所でみられた。また、県内の簡易ガス（プロパンガス）は地震発生と同時にガスボンベの転倒が相次ぎ、ガス漏れが随所で起きたが、業者の適切な措置で爆発事故の発生はなかった。

③ 水 道

水道の被害は、仙台、塩釜、泉、多賀城、石巻の各市および利府、鳴瀬の各町を中心に県下広範囲に及んだ。これらのうち55市町村で断水し、2町で減水供給された。被害は都市部で大きく、地

表Ⅶ－１－６ ガス事業開栓状況（仙台通商産業局）

区分 事業所名	都 市 ガ ス					簡易ガス
	仙台市ガス局	石巻ガス㈱	塩釜瓦斯㈱	古川ガス㈱	計	
需要戸数	135,863	7,095	6,235	2,059	151,252	8,457
6月13日	0	447	0	0	447	1,157
6月14日	0	5,939	0	0	5,939	4,158
6月15日	0	557	0	0	557	0
6月16日	510	30	294	597	1,431	1,649
6月17日	10,387	2	643	1,022	12,054	230
6月18日	1,403	80	857	317	2,657	283
6月19日	13,500	8	1,306	51	14,865	80
6月20日	6,900	19	793	52	7,764	151
6月21日	2,300	13	1,066	9	3,388	499
6月22日	8,700		868	1	9,569	0
6月23日	12,352		141		12,493	50
6月24日	13,778		63		13,841	0
6月25日	11,370		27		11,397	100
6月26日	13,830		12		13,842	0
6月27日	10,270		6		10,276	100
6月28日	12,840		3		12,843	
6月29日	6,780				6,780	
6月30日	2,400				2,400	
7月1日	470				470	
7月2日	200				200	
7月3日	910				910	
7月4日	3,120				3,120	
7月5日	710				710	
7月6日	740				740	
7月7日	460				460	
7月8日	1,150				1,150	
7月9日	190				190	

注）仙台市ガス局（供給区域：仙台市，泉市，多賀城市），地震発生後31日目で復旧完了
簡易ガス事業（仙台市ガス局集中プロパンガス27地点群，民間集中プロパンガス3地点群）

震災発生後の断水戸数は，仙台市約7,000戸，塩釜市約19,000戸，泉市約20,000戸など多くを数えた。

これら市町村の住民は，市町村や自衛隊の給水車に列をつくって並び，飲料水の確保に努めたものの，量的な問題もあり，全面復旧するまで耐乏生活を余儀なくされた。県内の断滅水解消状況は翌13日に49%，14日までに67%，15日には78%であったが，とくに仙台市では地下漏水量が異常に多かったため，地震後1か月を要してようやく通常の給水状態に復した。

④ 電 話

電話の情報機能が住民生活に欠かせないことはいうまでもないが、今回の地震の際も電話の果たした役割は非常に大きかった。図Ⅶ－１－１は地震後の通話状態をあらわしたものであるが、このように地震発生後、家族や知人の安否、業務連絡などで、多くの人が電話に殺到したため、仙台をはじめ石巻、迫、気仙沼の電話局管内では電話回線がオーバーして電話がかかりにくく、いわゆる輻湊状態になり連絡手段が途絶え、混乱状態となった。しかし、まもなく

輻湊状態もおさまリ、通話が確保されたので大きな混乱に至らず、6月14日にはほぼ平常状態にもどった。

⑤ 交 通

震源に近かった本県は、道路、鉄道などの交通施設に広範囲にわたる被害を受け、また、停電で交通信号機も滅灯したことから、被害の集中した仙台市およびその周辺地域では、夕刻の帰宅ラッシュの時間帯とも重なり交通混雑により車両は身動きができない状態となった。また、鉄道機能もマヒし、仙台駅構内外には長距離客や通勤の国鉄利用者があふれ、不安を隠しきれない人々の間では、一時不穏な空気もたどった。さらに、道路交通制限箇所160箇所、交通不能箇所36箇所を数え、これらの交通規制や混雑は、大量輸送機関であるバスにも影響を与えた。しかし、地震直後混雑渋滞に巻きこまれたドライバーは、間断なく放送される地震情報や道路交通情報などもあって、比較的冷静な行動をとったため、心配された交通パニックには至らなかった。さらに、仙台駅構内外の国鉄利用者も場内放送や広報車などでの的確な情報を受け取ることによって不安も漸次緩和されていた。しかし、道路交通規制や鉄道の運行規制などによって、地震以降も住民の生活は相当不便をきたした。

(4) 生活必需物資の概要

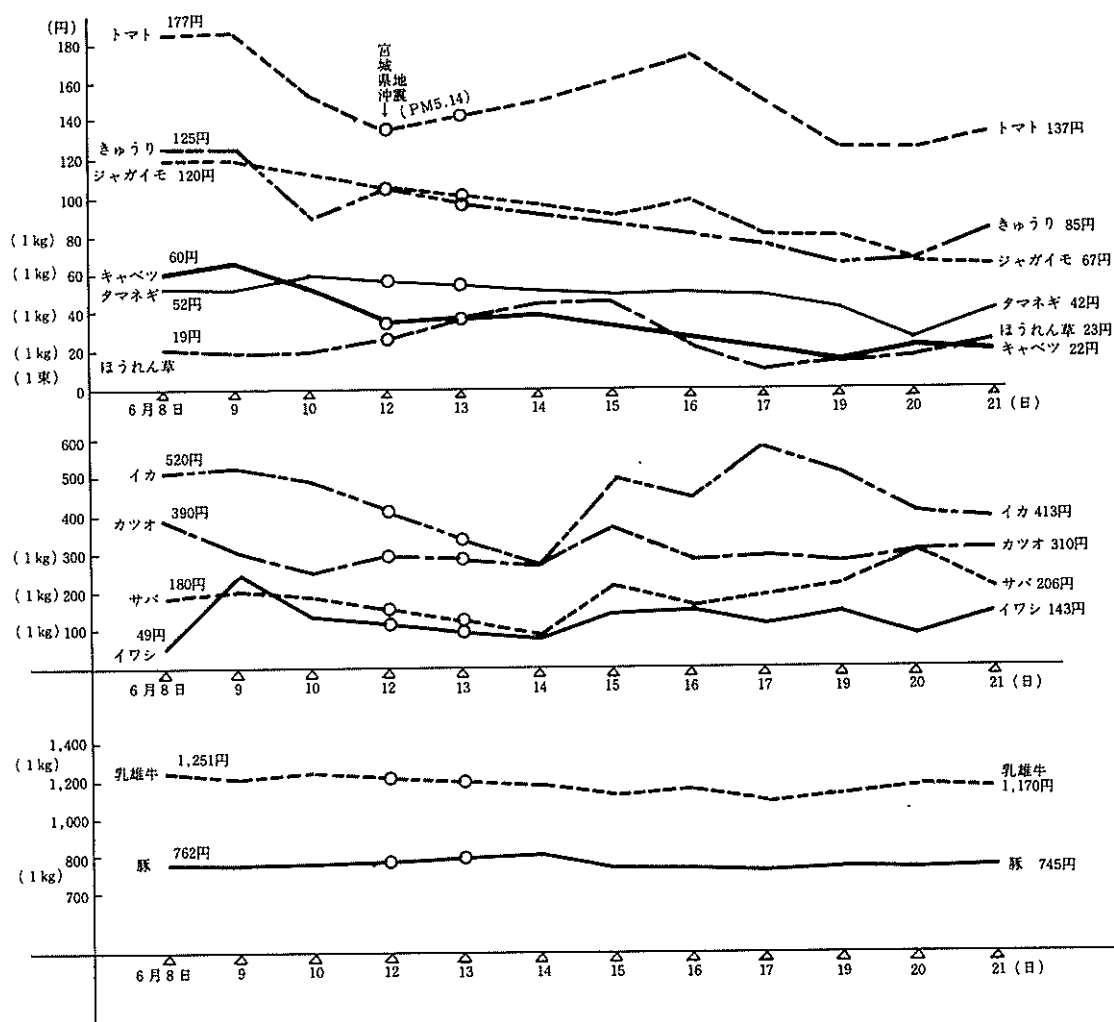
地震発生後、県民は家族の安否を確認し、家財の整理に取り組むとともに、電気、都市ガスの供給停止に伴い、ローソクと乾電池の用意や、食パン、牛乳、インスタント食品、缶詰などの食料品

図Ⅶ－１－１ 地震後の通話状態

全 県	通話できた (27.1%)	通話できなかった (72.9%)			
		すぐ回復 (15.8%)	2～3時間 で回復 (13.6%)	4～5時間 で回復 (13.9%)	回復するまで 6時間以上 (29.6%)
仙南内陸部	(35.3)	(64.7)			
		(16.4)	(13.7)	(11.8)	(22.8)
仙台周辺部	(21.0)	(79.0)			
		(13.9)	(15.5)	(17.1)	(32.5)
仙北内陸部	(31.2)	(68.8)			
		(14.7)	(13.3)	(8.9)	(31.9)
仙北沿岸部	(31.4)	(68.6)			
		(23.0)	(8.7)	(14.7)	(22.2)
仙台、泉地区	(21.0)	(79.0)			
		(12.2)	(15.2)	(16.6)	(34.9)

(東北電気通信局経営調査室資料による)

図VII-1-2 生鮮食料品（野菜・鮮魚・食肉）の仙台中央卸売市場卸値の動向



の確保に狂奔した。このため一時的に小売店、百貨店、スーパーマーケットの店頭では、食料品を中心とする生活必需物資が品不足の状態となった。しかし、電気、水道が早期復旧し、輸送道路が確保されたことなどから、生活必需物資は県内外から移送されて、都市ガスの供給停止を除いては、まもなく平常の消費生活に戻った。

青果物、魚介類、食肉などの生鮮食品は平常と変わらない市場への入荷状況であり、卸売物価や小売物価も平常どおりであった。牛乳、食パン、インスタント食品、缶詰なども平常の3～4倍の需要によって一時品不足となったが、メーカーなどへの緊急供給要請やスーパーなどの奉仕販売などもあって、小売価格は、地震に便乗した値上げもほとんどなく、むしろ下降気味に推移した。

(5) 地震情報と県民の対応

地震発生と同時に、県下の大半が停電し、また、仙台市やその周辺部を中心にガスや水道がストップし、さらに交通も渋滞し、鉄道もマヒした。そのうえ電話もほとんどかからなくなり、職場や学校あるいは買物に出かけている人と家庭との連絡がとれない状態となった。

そういう中でも県民は、行政機関や関係機関から出される災害情報や身近な情報を、トランジスタラジオやカーラジオを利用して、何とか入手し得たことによって、必要以上の混乱を防ぎ、冷静な行動をとることができた。このことは、県広報課が地震後行った「1978年宮城県沖地震アンケート調査」の結果にも如実に示されている。つまり、地震直後、情報をラジオから得たものが81%と最も多く、さらに地震後、心

強く感じたものとしてラジオによる情報が61%と最も高かった。これは県下の大半が停電したため、情報はラジオしか頼れなかったことをあらわしている。また、地震直後、大きな混乱がなかった理由として「地震の発生時間」や地震に伴う「火災」の発生がなかったことに加え、「正しい情報が十分に流れた」が44%と多く、県民はラジオを通じて行政機関や関係機関からの災害情報を得て、冷静に対応したことを物語っている。

2 負傷者の状況

(1) 負傷者の発生

① 負傷者の数

今回の地震の特徴の一つは負傷者の多発であった。新潟地震では新潟市内の負傷者発生は120人

表VII-1-7 1978年宮城県沖地震アンケート調査

地震直後情報として何を知りたかったか (重 複 回 答)	全 県
被害の状況	61.7
家族や家がどうなっているか	35.1
火災や津波の発生	37.7
交 通 情 報	18.1
余震がくるかどうか	73.7
水道・ガスなどが大丈夫か	37.0
生活必需物資は大丈夫か	10.1
何をすればよいか指導・連絡など	9.5
そ の 他	1.3

地震後心強く感じたのは何か (重 複 回 答)	全 県
広報車の広報	14.5
隣近所の励まし合いや協力	26.0
県や町村の救助活動など	9.3
ガス復旧工事などの他県からの応援活動	25.9
ラジオによる情報	61.0
自衛隊の救援活動	6.3
警察・消防団などのパトロール	11.2
町内会などの援助活動	2.4
テレビや新聞などの情報	38.7
そ の 他	2.5
感じたことはない	4.0

(発生率0.04%)、十勝沖地震では八戸市内のそれは305人(0.15%)であったのに比し、負傷者数が著しく多く、都市型災害の典型であるとされる所以である。

- i 負傷者数 悉皆調査を行っていないので正確な把握は不可能であるが、宮城県全域としては、県の「災害の概況」では、死亡者27人、負傷者10,962人(うち重傷者262人)であり、県のアンケート調査(2,000標本、回収率87.5%)では2.9%の家庭で負傷者が出ており、その負傷者のうち32.6%が診療を受けている。一方、宮城県医師会調査(県下全医療施設数1,257、回収率87.5%)では3,413人の受診患者が把握されているので、これから推計すると、県下で約13,000人の負傷者などが発生したことになる。これらから算出すると負傷者発生率は人口の0.6~0.7%と推定される。

被害の激しかった仙台市および周辺地区では、県アンケート調査によると4.5%の家庭で負傷者が出ており、そのうち30.4%の者が診療を受けている。仙台市医師会調査によると3,141人の受診患者が把握されている。これらから推計すると約9,300人の負傷者が発生したことになる。なお、日本建築学会東北支部の「人々の行動と住宅被害調査」(以下「行動調査」という。)によれば、被調査者19,803人のうち負傷者などは345人で、発生率は1.74%である。また、政策科学研究所が輿論科学協会に委託して行った市民アンケート調査(1,800標本、回収率82.6%)によれば、6.5%の家庭で負傷者が発生し、平均世帯人員から推計すると1.7%ぐらいの負傷者発生率となる。一方、仙台市が行った被害実態調査(市内19万一般世帯対象アンケート、回収率76.7%)によると、死亡者13人、負傷者7,146人(うち重傷者52人)であり、この結果とも符合している。これらから、仙台地区の負傷者発生率は人口の1.7%前後と推定される。

なお、市民アンケート調査によって、仙台市について町丁別の建物の全半壊件数の割合によった被害度による地域区分でみれば、被害度10%以上の地区では17.2%、被害度1~10%の地区では11.2%、被害度1%未満の地区では3.2%の家庭で負傷者が出ており、建物被害度が高くなるほど負傷者の発生率が高くなることを示している。

- ii 負傷者の性別 多くの調査において、男性は1/3前後であり、女性は2/3前後となっており、数値がほぼ一致している。女性が男性のおおむね2倍の負傷者発生率を示していることは、地震発生の時間的關係で被害の激しかった地区で屋内にいたのが女性が多かったということによると思われる。
- iii 負傷者の年齢別 東北大学教養部・NHKの負傷者行動調査によって、負傷者の年齢別構成を、調査地区の4市人口と対比してみる(表Ⅶ-2-1)と、乳幼児の負傷者発生率は意外に高くなく、保護の手が働いたものと思われる。小学生から29才までの少青年層では発生率が低

く、30才を超えると年齢とともに発生率が高まり、とくに60才以上において著しいことがわかる。また、高齢者には重傷者が多かったことがすべての調査を通じて示されており、行動能力と負傷時にいた場所が関連すると思われる。

② 傷害等の状態

i 負傷・疾病の発生状況 行動調査によれば、地震で負傷した者87.9%に対して、地震が原因で病気になった者12.1%となっている。負傷以外の疾病の主なものは、消化性潰瘍、脳血管障害、自律神経失調症、胃腸炎、高血圧・動脈硬化によるめまいなどであった。

ii 傷害の種別 市民アンケート調査では、切傷47.8%、打撲32.6%、擦過傷24.5%、骨折2.4%、火傷0.5%となっており、負傷者行動調査では、切傷49.8%、打撲28.3%、骨折10.9%、火傷3.5%となっているが、この調査は比較的重症のものが把握されている傾向

がある。一方、受診者(患者)についての仙台市医師会調査では、刺傷・切傷22.2%、挫傷21.5%、転倒受傷17.1%、火傷3.0%などとなっており、骨折や火傷は比較的少なかったが重傷者が多かった。

iii 負傷の部位 市民アンケート調査では、下肢66.3%、上肢24.9%、頭部10.5%、腰部3.2%と

表Ⅶ-2-1 負傷者の年齢別構成並びに4市人口との比較

	負 傷 者	4 市 人 口
0～2才	5.3%	5.7%
3～5	5.6	5.3
6～12	7.5	10.4
13～18	5.8	8.5
19～29	16.0	23.6
30～39	16.6	16.3
40～49	15.0	13.3
50～59	13.3	8.1
60才以上	15.0	8.7
計	100.0	100.0
実人員	626	764,210

注) 4市人口は仙台市、泉市、名取市、岩沼市の昭和50年度調査による合計人口である。

表Ⅶ-2-2 負傷者の状況

	全県	地 域 別				
		仙 南 内陸部	仙 台・ 周辺部	仙 北 内陸部	仙 北 沿岸部	(特 掲)仙 台・泉地区
けがの程度						
軽 傷	93.0	100.0	92.3	91.7	100.0	95.7
重 傷	7.0	-	7.7	8.3	-	4.3
病院までどのようにして行ったか						
家で手当した	67.4	100.0	61.5	75.0	60.0	69.6
救急車で	-	-	-	-	-	-
マイカーで	8.7	-	11.6	-	20.0	8.7
歩いて	17.4	-	26.9	8.3	-	21.7
その他の方法で	6.5	-	-	16.7	20.0	-
病院ですぐ手当できたか						
すぐ手当をうけた	69.0	-	70.0	60.0	100.0	57.1
待たされた	31.0	-	30.0	40.0	-	42.9
二、三の病院を回った	-	-	-	-	-	-

(宮城県・アンケート調査による)

なっており、四肢に圧倒的に多いことは負傷の原因と関連している。

iv 負傷の程度 負傷者における重傷者の割合が、県の「災害の概況」では2.6%とされ、仙台市実態調査では0.7%とされ、また、県アンケート調査では7.0%となっている（表Ⅶ－2－2）が、分類の基準が不明確なので信頼性に乏しいと思われる。一方、NHK東北本部が行った受診患者の負傷の程度をみた調査では、全治までの見込みが1か月以上の者が1.2%であった。県医師会調査では、入院または手術を要した重症7.6%、縫合など処置を行ったが帰宅させた中等症40.5%、軽症51.9%であり、仙台市医師会調査では、入院した重症8.0%、全治8日以上の中
等症49.0%、全治7日以内の軽症43.0%となっている。なお、市民アンケート調査では、事後に全治までの期間を聞いて、1か月以上の者が4.7%となっており、比較的重症者が対象となった負傷者行動調査では、入院した者は8.3%であり、約3か月経過した時点で通院や入院中の者が7.8%であった。これら各種調査の結果から、負傷をした者のうち、全治までに1か月以上を要する重傷者が、県全体として1%程度、仙台地区では2%程度いたものと推定される。

表Ⅶ－2－3 負傷時にいた場所の割合並びに行動調査との比較

		揺れている最 中の負傷者 (19才以上)	一般市民 行動調査によ る地震時いた 場所
屋 内	自宅	51.6%	43.2%
	知人の住宅	2.4	3.7
	職場・学校	19.6	25.4
	その他の屋内	3.6	6.5
	計	77.1	78.8
屋 外	広い道路の歩道	3.3	3.4
	歩道のない狭い道路	4.1	2.6
	公園・グラウンド	-	1.1
	住宅の敷地内	12.6	4.1
	住宅外の敷地内	1.9	0.4
	田畑	-	1.1
	乗物	-	7.5
	その他の	1.0	0.5
	不明	-	0.5
	計	22.9	21.2
その他の不明		-	0.0
合計		100.0	100.0
実人員		419	5,102

（負傷者行動調査による）

③ 負傷の原因

- i 負傷時の状況 負傷者行動調査によれば、揺れている最中に負傷した者86%、揺れがおさまった後に、多くは後片付け時に、ガラスなどにより負傷した者14%であった。また、東北大学公衆衛生学教室の指導で医学部学生が行った団地住民アンケート調査（仙台市中山および鶴ヶ谷団地2,850世帯、回収率62.6%）によれば、逃げる時に負傷した者51.2%、後片付け時23.4%、その他25.4%となっている。

負傷者行動調査による揺れている最中の負傷者がその時いた場所の比率を、行動調査による一般市民が地震時にいた場所のそれと対比してみる（表Ⅶ－２－３）と、屋内と屋外とでは危険度の差はないといえる。屋内では、職場、学校が相対的に安全であったが、自宅は危険が多かったことを示している。これは女性や高齢者に負傷者発生率が高かった原因の一つになって

表Ⅶ－２－４ 負傷の原因

(1) 県アンケート調査―世帯について

	全 県	仙 台 ・ 泉 地 区
けがをした人はいない	97.1%	95.5%
けがをした人はいる	2.9	4.5
家具などが倒れて	26.7	37.5
室内のその他で	46.7	41.7
瓦や壁の破片などで	8.9	8.8
屋外のその他で	17.7	12.5

(2) 市民アンケート調査

ガラス破片を踏みつけた	24.2%
自分で衝突した	16.5
転倒した	14.5
落下物による	11.9
倒れてきたものによる	7.5
ぶつかってきたものによる	2.4
その他	22.5

(3) 団地住民アンケート調査

ガラスの破片等	38.5%
物が落ちてきた	18.1
転りんだ	14.0
ぶっつけた	9.5
その他	19.9

(4) 仙台市医師会調査―医療受診者について

ガラスの破片による	22.2%
家具等の倒壊・落下物	21.5
転 倒	17.1
衝 突	4.6
火 傷	3.0
その他（含内科的疾患）	31.6

(5) 負傷者行動調査―医療受診者について

A 屋外負傷者の負傷原因

転倒、階段からの落下	38.0%
ブロック塀、門柱の倒壊	19.7
落下してきた瓦、看板	8.0
落下してきたガラス	8.0
落ちていたガラス	5.8
工作中的の落下・機械・道具	4.4
自転車・バイクで転倒	0.7
その他	15.3

B 屋内負傷者の負傷原因

落下してきた物	24.3%
家具等の倒壊	21.3
落ちていたガラス	19.4
転倒、階段から落下	10.2
壁・天井等の破損・落下	8.4
火・油・熱湯	4.7
作業中の機械・道具	3.5
その他	8.2

いると思われる。屋外では、グラウンドや田畑などの広い場所と乗物の中は安全であったが、住宅の敷地内と歩道のない狭い道路が危険であった。この場合の負傷の原因としては、住宅の敷地内では転倒、階段などからの落下が多く、歩道のない狭い道路ではブロック塀、門柱の倒壊が多かった。なお、負傷した場所として、屋内と屋外に分けてみると、すべての調査を通じて、屋内が70～80％、屋外が20～30％であった。

ii 負傷の原因 各調査で原因の分類が異なるため正確には比較できないが、調査結果を示したものが表Ⅶ－2－4である。

(i) 屋外における負傷原因 死亡者において示されたように(表Ⅳ－6－1)、ブロック塀、石塀、門柱、石碑などの倒壊、土砂崩壊、レンガ壁の倒壊によるもののほか、転倒、階段から落下によるものが多かった。なお、負傷の程度は、屋内での負傷者に比べると、屋外での負傷者に入院率が高く、重症者の割合が著明に高く、屋外における危険性が大きいことが示されている。

(ii) 屋内での負傷原因 家具の倒壊、棚の上からの落下物、ガラスの破片、転倒・衝突などが多い。これらのうち、ガラスに原因する負傷が最も多く、次いで倒れてきた家具や落下物によって負傷したものが多い。火を消そうとして熱湯や油をかぶり火傷した者は数は少ないが重症者が多かった。火災の発生を防ぐために勇敢に行動して火傷を負った人々がいたことによって、一般家屋の火災が防止できたことは、地震による二次災害の防止という点で高く評価されなければならない。また、後片付けで二次的にガラスで負傷した者が意外に多かったことは注目すべきことである。なお、乳幼児では落下物と家具の転倒が、60才以上の高齢者では転倒による負傷がとくに多く、運動能力の問題にかかわるものとして注目されることである。

(2) 負傷者の対応

地震による負傷などで受診した者がどのぐらいいたか、受診者の負傷の程度はどうであったか、どのような医療施設に受診したか、受診のための交通手段はどうであったかということは、負傷者の発生に対応する医療体制を考究するうえで重要な問題である。

① 受診状況

負傷者の医療受診状況は、県アンケート調査では、負傷者の67.4％は自宅を手当てをして済ませており、受診者は32.6％であった。なお、地震被害の激しかった仙台・泉地区で受診者の割合が30.4％と、全県の32.6％より低い値を示している(表Ⅶ－2－2)。市民アンケート調査では、全く自宅

で治療した者79.8%, 応急処置だけ自宅ですて、あと受診した者11.4%, すぐ受診した者8.8%となっており、受診者の割合は20.2%と低くなっているが、この調査は地震被害の激しかった地区が主な対象となっていた。行動調査では、受診するほどでないで自分で処置した者53.3%, 受診しなかったが自分で処置した者10.5%, 当日受診した者13.9%, 翌日受診した者22.3%となっており、受診者の割合は36.2%となっている。なお、被害の激しい地区で受診者の割合が少ないという結果になっているが、これは相当程度の負傷まで自宅で手当して済ませた者がいたのに対して、被害の少なかった地域では、負傷者の絶対数が少なく、医療施設も被害が少なく、診療が受けやすかったため比較的軽傷者も受診した傾向があったためと思われる。

② 医療施設の選択

- i 医療施設の選択 負傷者がどのような医療施設で受診したかということを見ると、県医師会調査では、3,413人の受診患者のうち、88.3%が私的医療機関で受診し、11.7%が大規模で高度診療機能をもつ国公立病院で受診している（表Ⅶ－2－5）。仙台市医師会調査では、3,141人の受診患者のうち、86.9%が私的医療機関で受診し、13.1%が国公立病院で受診している（表Ⅶ－2－6）。これを負傷の程度でみると、私的医療機関では、軽症（全治7日以内）44.6%, 中等症（全治8日以上）49.3%, 重症（入院）6.1%であり、国公立病院では、軽症30.4%, 中等症45.9%, 重症23.7%であった。

表Ⅶ－2－5 負傷の程度と受診医療施設（宮城県医師会調査）

	施設数	死 亡	重 症	中等症	軽 症	総 数
国 県 立 病 院	18	0	24	76	50	150
公 立 病 院	38	1	41	33	173	248
私 的 病 院	89	5	29	129	149	312
診 療 所	1,112	9	166	1,138	1,390	2,703
計	1,257	15	260	1,376	1,762	3,413

表Ⅶ－2－6 負傷の程度と受診医療施設（仙台市医師会調査）

	軽 症	中 等 症	重 症	死 亡	無 記 入
国 公 立 病 院	100	151	78	1	81
私 的 医 療 機 関	1,157	1,280	157	9	127
外 科	758	866	93	3	96
整形外科	209	286	29	2	2
内 科	102	83	27	3	25
そ の 他	88	45	8	1	4
合 計	1,257	1,431	235	10	208

負傷者が受診した診療科別は、仙台市医師会調査では、外科66.5%，整形外科19.3%，内科8.8%，小児科1.5%，産婦人科1.0%，泌尿器科0.8%，眼科0.8%，皮膚科0.7%，神経科0.4%，耳鼻科0.1%となっており、負傷の性質上当然とはいえ、外科および整形外科に患者の86%が集中している。

- ii **医療施設選択の問題点** 1万人を超える負傷者が一時に発生し、3,500人を超す患者が、停電、交通渋滞、通信マヒの中で、診療を求めて訪れた医療施設は、多くは身近な地元の外科、整形外科の診療所であったが、規模の大きい国公立病院にも多くの患者が訪れた。ここで広域災害時の医療体系を考えると問題となるのは、国公立病院受診患者の30.4%が軽症患者であったということ、また、私的医療施設が国公立病院の2倍の入院患者を収容したということ（入院患者は国公立病院78人に対して私的医療機関157人）である。すなわち、高度な診療処置を必要としない軽症患者が、高度な診療機能をもつ大規模な病院に押しかけ、高度な診療を必要とする患者への処置の足手まといになり、また、初療を受けた医療施設から高度な診療のために移送を必要とする患者の受入れを妨げることになる。これらの事態に対して組織的な対策を講じなければならない。一般的な対策としては、軽傷者は自宅で応急の処置をして、翌日以降に受診するなどの方策を徹底するとともに、外科、整形外科以外の医療施設が地元の負傷者に応急処置を行い、必要に応じて外科専門医や国公立病院に二次的に移送する方策を確立することを考慮すべきであろう。

さらに、外科、整形外科の医療施設が、停電、ガス供給停止、断水の条件下で、少数の医師、看護婦で、しかも医薬品の破損や消毒材料の払底する中で診療を行っていたとき、これらの施設の近隣で、専門診療科が産婦人科、眼科、耳鼻科などと特殊であったため、外科系であっても患者が全く来院しなかったところがある。しかも、連絡がとれなかったため、近くの外科医が負傷者への対応に忙殺されていたことを知らなかった場合も少なくなかった。このことから、今後の広域災害時の医療体制として、外科を標榜する医師を中心に近隣の医師を数名ずつ組み合わせたグループを組織し、有事の際には、それらの医師が外科医師の診療所に応援するという人的面での相互協力のチーム体制づくりが一方策であろう。

なお、今回の地震に際して、診療上困難をきたした医薬品、衛生材料などの治療器材の不足に対する補給方策として、小地域ごとに備蓄する体制を整備して、受診患者の地元での初療体制を確立する必要がある。

③ 交通手段

- i **受診のための交通手段** 負傷者などが受診のため利用した交通手段は、県アンケート調査で

は、救急車利用はなく、自家用車27％、徒歩53％、その他20％となっており(表Ⅶ－２－２), 行動調査では、救急車3％、乗用車34％、徒歩28％、自転車・バイク13％、タクシー9％、その他13％となっている(表Ⅶ－２－７)。被害の激しかった仙台市では交通渋滞と通信マヒによって救急車の利用が不可能であったため、重傷者にとっては自家用車が重要な交通手段であった。仙台市以外の地域では負傷者も少なく、交通渋滞もなかったことから、比較的軽傷者も救急車の利用が可能であったので、救急車利用が多かったものと思われる。

表Ⅶ－２－７ 治療者の交通手段

治療者数	117 (100.0%)
徒 歩	33 (28.2)
自転車・バイク	15 (12.8)
乗 用 車	10 (34.2)
タ ク シ ー	11 (9.4)
バ ス	5 (4.3)
救 急 車	4 (3.4)
そ の 他	5 (4.3)
不 明	4 (3.4)

(日本建築学会東北支部・行動調査による)

- ii 患者搬送の問題点 今回の地震に際しては輻湊による電話の機能停止と道路交通の渋滞によって、負傷者などの搬送に消防などの救急車が機能しなかった。仙台市消防局の救急車の稼動状況は、救急隊6隊(救急車5台、ほかに予備車2台、救急隊員35人)で、6月12日地震直後から6月13日午後4時45分まで非常配備体制をしいたが、その間の地震災害関係救急車出動回数は30件であった。相当数の重傷者が出たにもかかわらず、救急車の出動件数がきわめて少なかったことは注目すべき点である。出動の内訳は、13日午前0時までに25件で22人を搬送し、13日午前0時から午前9時45分までに、5件で4人を搬送した。負傷者などから救急車出動の要請が119番に寄せられたと思われるが、電話の輻湊と119番事項以外の通報(ガス漏れ、家屋倒壊など)の殺到で119番が機能マヒを起こし、また、救急系無線基地局の自家発電装置作動不能による無線通信機能停止により、出動した救急車と連絡がとれず、さらに出動した救急車は交通渋滞にまきこまれてほとんど走れなかったという実態であった。119番に電話が通じ、救急車の出動を要請されたものに対しては、救急指令センターで病院などを案内して自家用車で搬送するよう指示したが、この件数が212件にのぼっている。もっとも、電話の機能マヒで119番が通ぜず、自らの判断で搬送したものがはるかに多かったと思われる。なお、6月12日の25件の救急車出動のうち、8件が119番通報であり、2件が110番通報で、15件は救急車の自己覚知であった。

このような困難な条件下で、救急車が搬送した負傷者の中に軽症者があったこと(6月12日の仙台市救急車搬送患者22人の内訳は、死亡1人、重症5人、中等症12人、軽症4人である)は、平常時の救急車利用状況からみて当然考えられることであるが、問題である。また、上述した212件の救急車要請の中の相当数が軽症者からのものと思われる。広域災害発生時には、重症

者搬送を優先して救急車運行を考えるとという方向で解決しなければならない。身近かな地元の医療施設で初療を受けた患者を、さらに高度な診療を必要として大病院などに移送するときに、搬送手段を確保しなければならないが、少ない救急車をこのためにのみ使用するなどの方策を検討することが必要である。

徒歩で医療施設に行けない負傷者の搬送には車を利用しなければならないが、交通渋滞で時間がかかること、また、自家用車を使用すれば、それが自動車交通量を増加させて交通渋滞を増強させることになり問題である。広域災害発生時には、地元の医療施設での初療体制の確立と二次搬送のための救急車の合理的な利用および患者搬送自家用車の優先交通方策を、緊急交通確保の非常体制として確立することが早急に検討されなければならない。また、休日や夜間で医療従事者が帰宅しているときには、これらの人々を医療施設まで輸送する必要がある、このための方策も考慮しておく必要がある。

(3) 対策の考え方

今回の地震では、多数の負傷者が同時に発生したが、医療施設の被害が壊滅的でなく、ある程度の医療機能を保持できる広域災害時の医療体制に関しては、次のように対応することができると考えられる。

- ① 負傷者の自宅処置 軽傷者は一応自宅で処置し、できれば翌日以降に受診するという方策の徹底を図る。
- ② 負傷者の搬送（一次搬送） 救急車による搬送は期待できないので、自家用車による隣保相互扶助的なシステムを考える。
- ③ 負傷者の医療施設選択 身近かな地元の医療施設に受診する方策とその徹底を図る。また、中等症程度までは、外科、整形外科に限らず、外科系医療施設を受診するよう周知する。
- ④ 初療施設からの二次搬送 専門的診療のために二次搬送が必要な患者に救急車をあてる体制とする。また、二次搬送のために自家用車を緊急車両として使用する必要があるので、その方策を検討する。
- ⑤ 二次診療体制の確保 二次診療病院の情報を初療施設へ伝達するため医療情報センターを設置し、その運用方法を検討する。初療施設からの転送患者の受入態勢を確立するため、院内体制を整備する。また、軽症者の二次診療病院受診を防止する方策を徹底する。
- ⑥ 医療施設間の応援体制 小地域ごとに診療所をグループ化し、グループ内の情報連絡体制を確立し、必要に応じて応援するよう体系化する。

- ⑦ 医療器材の備蓄 医薬品、衛生材料、小熱源など医療器材の小地域ごとの備蓄体制を整備する。
- ⑧ 情報連絡体制 医療関係施設間の情報連絡を確保するため、医療情報センターの設置、アマチュア無線の利用などの体制整備を図る。なお、ラジオ放送の活用などにより、入院患者と患者家族間の情報連絡サービスを配慮する必要がある。
- ⑨ 緊急車両の交通の確保 救急車および患者搬送自動車の優先交通体制を確立する方策を検討する。また、医療従事者の輸送を確保する方策を検討する。
- ⑩ 入院患者の給食などの確保 ライフラインの障害による入院患者の給食の困難などについて、公共的施策としての対応策を検討する。
- ⑪ 安全教育 負傷の防止方法をその原因分析に則して教育する。

3 個人住宅被害の状況とその対応

(1) 被害の地域的偏在

① 被害統計からみた特徴

今回の地震による個人住宅被害は、住宅被害総数の98.4%が、また、全壊の99.6%が宮城県内に集中している。しかも、その被害は宮城全県に及んでいるとはいえ、県下の被害の75%が都市部において発生しており、そのうちの80%近くが仙台市であって、仙台市を中心とする都市圏にその被害が著しい。住宅被害の点からみても、今回の地震は都市集中型であった。また、物損被害の内訳をみると、とくに都市部では、一般住家の被害は、商工関係や公共土木施設の被害を超え、被害額が仙台市で1,269億6,000万円に達する。公共土木施設はいうまでもなく、商工関係の場合もかなりの行政的措置によって復旧が講じられる傾向があるのに対し、一般被災住宅の場合は、もっぱら個人に対して復旧の努力と負担の比重が大きいのしかかる現実を顧慮すると、個人生活に与える打撃はきわめて大きく、都市型災害といわれる今回の地震災害の特徴が、この個人住宅被害の状況にも如実に示されている。したがって、今回の住宅被害がなぜ都市集中型であったのか、その特徴と原因を解明しておくことが、今後の防災を考えるにあたって不可欠であるというべきである。

② 被害程度の地域的特性

個人住宅被害が集中した仙台市を中心とする都市圏における被害の大きな特徴は、その地域的偏在にあった。仙台市の旧市街地は、今回もまた住宅被害が軽微であったといえるのと対照的に、比較的新しく住宅が密集した以下の地域に、その被害はとくに多発した。その地域は、洪積台地にあ

る旧市街地の南北双方に近隣して昭和30年以降に開発された多くの丘陵造成住宅団地と、旧市街地に隣接して東南部に広がる沖積層平野部とであった。この丘陵造成団地とは、南部の緑ヶ丘を中心とする長町一利府構造線付近と、北部の旭ヶ丘、鶴ヶ谷を含む泉市にまたがる住宅団地とである。また沖積層平野部とは、戦後30年代までに急速に近郊農業地帯の宅地化が進んだ南小泉や遠見塚などの周辺住宅地、長町を中心とした戦前からの古い家屋の密集する商店街、昭和30年代から40年代の前半まで宅地化の進行した住宅地と中小工業地区の混在する郡山を中心とする地区、市の東南部から海岸に及ぶ六郷や七郷などの近年住宅が急増している農村部である。

これらの地域の住宅被害を事後調査した東北大学・宮城県沖地震災害調査研究会の調査結果によると、調査対象とした被災総戸数1,414戸の被害の全体的状況は次のとおりである。全壊は、「宅地と家屋」のそれが7.9%、「基礎と家屋」が6.9%、「家屋のみ」が14.9%で、合計20.7%である。また半壊は、「宅地と家屋」のそれが18.2%、「基礎と家屋」が14.4%、「家屋のみ」が14.9%で、合計47.5%であり、その他「建物一部損壊」が27.5%、「塀や石垣の倒壊」が2.7%、「塀や石垣のひび割れ」が1.6%となっている。全壊2割、半壊5割、一部被害3割ということである。

そして、この被害程度を地域別にみると、長町一利府構造線付近、商店街、農村部の三地域で全壊の占める割合が高く、それぞれ被災住宅の約1/4が全壊となっている。とくに、長町一利府構造線付近を含む丘陵造成団地全体に「宅地と家屋」の全壊が目立っている。そこでは、いわば「宅地・家屋一体型」の被害タイプが、また、商店街、周辺住宅地区、中小工業地区、農村部に分かれる沖積層地域ではいわば「家のみ型」の被害タイプが比較的多いという傾向がみられる。そして、半壊についてもこれと同様の傾向が認められる。つまり、「宅地・家」半壊が被災全戸に占める比重は丘陵造成住宅団地に高く、沖積層地域では低く、「家のみ」半壊の場合はその逆である。さらに、「一部被害」の比重は、沖積層地域では高率を占めているのにたいして丘陵造成住宅団地では低率である。以上のことは、宅地造成等規制法の施行以前につくられた特定の丘陵造成住宅団地に大きな被害が集中していたことの反映であるが、一般には、丘陵造成住宅団地の場合に、宅地もろともドラスティックな災害を受けやすい傾向があることを示しているといえよう。なお、被害程度を建築年数別にみると、いうまでもなく長町の商店街や農村部や周辺地区の21年以上の建築年数を経た古い家屋の被害が大きく、これが「家のみ」の被害の多いことに結びついたと推測することもできよう。

③ 問 題 点

以上のような個人住宅被害の地域的偏在は、いうまでもなく地盤構造の差異によるところが大きいと考えられるが、社会的には、仙台市の都市化の激しい進行、とくに市街地の外延的膨張の結果生じた特徴として問題とされるべきである。幾度となく指摘されてきたように、「仙台は地震に強い

街」という自信は、今回も被害がきわめて軽微であった旧市街地についてのものであるにちがいないが、その自信が、仙台市の都市化の進行によって新たに取り込まれた新開地域の宅地化に際して、逆に仇となる過信を生んでいたのではなかったであろうか。住宅被災者の80%以上が、宅地の立地に際して、「地震をとくに注意しなかった」と事後に答えている調査結果が、その過信を雄弁に物語っていると思われる。その過信がかつての地震の教訓を正しく生かすことなく、大きな個人住宅災害を発生させた最大の原因ではなかったのか。今回の地震はその過信をいっきょに虚像と化してしまったことだけは確かである。

(2) 住民の特徴把握

① 特徴のとらえ方

ところで、自然が現代の都市社会に対して行った一つの実験ともみられるという意味でも都市型災害であった今回の地震の特徴を、住民はどのようにとらえているのであろうか。前述の東北大学の調査研究グループの事後調査によると、次のとおりである。

いうまでもなく、都市住民が今日の地震災害の特徴点を事後にとらえる場合、その内容は被災体験の持ち方如何によって左右される。被害の比較的軽微であった一般住民は、80%以上が「都市機能マヒ」を今回の地震の最大の特徴としている。しかし、全半壊の住宅被害者には前述の被害の地域的偏在を意味する「被害の地域差」や個人住宅関係の損壊という「土地、建物被害」こそが大きな特徴であるにとらえる傾向が比較的強い。そしてその特徴把握には居住地域間の差異が顕著であって、被害の地域的偏在がここに投影しているといえよう。

しかし、全体的にみると、「都市機能マヒ」を特徴にとらえる住民が最も多い。しかも、都会らしい生活様式の蓄積と発展の高度化という都市化の進行の程度が高いと推測される中心部や旧市街地住民ほど、そうしたとらえ方をする人々が多くなるという傾向がある。また、全半壊が約70%を占める住宅被害者自身の場合でも、「被害の地域差」を特徴にあげる人も少なくないが、注目すべきは、「土地、建物被害」と答える人がかえって少なく、「都市機能マヒ」をいう人が最も多くて割合のうえではトップにあるということである。この点については、都市住民は都市型災害であるという今回の地震の特徴について意外と冷静に判断を下しているともみることできる。また、地震後にマス・メディアが流した情報はガス・水道などのライフライン関係の都市機能復旧に関するものが断然多く、住民の関心はもっぱらこの社会的問題に集中させられる結果を生み、それに反して、個人住宅被害は、個人的問題として受けとめられる傾向が住民の間に強かったからであるといえるかもしれない。さらに、現実には発生すれば大事になるパニックや火災被害などの二次都市型災害の発生がな

かったため、この両者への関心が乏しかったことも、こうした特徴把握をもたらした原因の一つであるにちがいない。

② 被害原因とその責任の受けとめ方

今回の地震被害の原因と責任について住民はどのように受けとめているのであろうか。そのことについては、被害原因を「天災だから誰にも責任はない」とする天災原因説をとる人が、一般の住民よりもかえって被害者の方に多いことが特徴的である。しかし、今回の地震の特徴は、「土地建物被害」にあるとする人は、他に比較して極度に天災原因説をとる人が少ない。また、被害者の中でも長町一利府構造線付近を中心に丘陵造成住宅団地では、天災原因説が少なく、「国や業者の責任である」とする人災原因説をとる人がかなり高い割合を占めていた。その反対に沖積層平野部では、ほとんどが天災原因説であって、国や業者の責任をあげる被害者はきわめて少ない。

以上から知り得ることは、個人住宅被害者の場合、被害タイプの差、したがって今回の場合は地域差によって、被害原因やその責任についての意見が大きく分かれているが、その分かれ方は天災原因説をとるかどうかを基盤にしたうえでの判断の差異である。また、それらの差異を超えて都市機能被害を重視する点ではほとんど共通している。

③ 居住選定理由と対策

同様の事後調査の結果から、今回の地震を契機に上述したような災害観をもつに至った被害者の被害以前の考え方や対応の姿勢を探ってみると、大半の人が災害についての関心や備えを持たず、また安全に対する対応も同じくほとんどみられなかったことがわかる。これをもって住民の不用意さを指摘し、今後のための警告を発することは容易である。しかし、その住民の不用意さの根底には、国や地方公共団体が認可し、社会的に公認されている業者が進めている開発は安全であるとする安心感、そして、膨張する都会のダイナミズムの中には防災上の社会的システムが機能しているにちがいないとする信頼感が横たわっていたのではなかろうか。しかし、現実の行動としては、「安価」で「便利」で「自然に恵まれている」土地を好んで選定したのである。大多数の人が地震などの災害を気かけずに、居住地を選定していたのであり、したがって「被害は予想外である」と考えているのである。このジレンマが、住宅被害者の中に、一方では天災原因説をとる人を一般市民よりも多くし、他方では「別途の方策」としての補償や救済への要求を生じさせたのではなかろうか。その意味で被害者の災害観は、被災の体験を通じて大きく変化したといってよいと思う。しかも、その変化は一方で被害経験を個人的教訓として受けとめるばかりでなく、自分個人の外にむけて体系化していく災害観をも生みだしたと考える。それは、補償や救済要求という形でまずあらわれたが、実際にこの要求を行った人々は、数のうえではそれほど多くはなく、その大部分が丘陵造

成住宅団地の被害者であった。しかし、被害者の行政への要望の中では被害補償体制の確立を望む声はきわめて高い。

(3) 復旧過程における問題

① 個人住宅被害の復旧

今回の地震では、地盤災害により多くの個人住宅が全壊、半壊の被害を受け、とくに被害の大きかった仙台市の造成地では、二次災害発生の恐れがあるために撤去された家屋が20戸に及んだ。この撤去措置は、強制ではなく、行政が所有者の同意を得て解体作業に入った。家屋の撤去に応じた世帯が直ちに代替住宅の提供を受けたり補償の対象とならないばかりではなく、私有財産について自己保全を原則としている現行制度下にあっても、補助金や見舞金は原則として支給されない。とくに、仙台市の緑ヶ丘住宅団地については、ほとんど団地全体が地すべりしたと言いうるほどで全壊家屋も多く、住宅団地で最大の激甚災害地となった。

これら激甚被災地の住宅全壊の被災者の救済策として県および仙台市は、1972年制定の「防災のための集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置等に関する法律」(特別措置法)に基づく「防災集団移転促進事業」および国の補助事業である「がけ地近接危険住宅移転事業」の適用を検討した。前者は元来は山間へき地の自然災害を防止することを目的としており、その補助内容は、土地の買取り費用を含めて上限額の規定があり、今回の都市型災害で、かつ、被災者がマイホームのローン債務を負っており、地価も高いので、すぐ適用しても満足のいくものではなかった。後者は、自然崖地には適用されるが、今回のように造成した段差の大きい住宅団地の宅地の場合は、運用の余地がなく適用できなかった。

そこで、県および仙台市は、前者の集団移転事業を実施すべく、国会および政府関係機関に強力に働きかけ、その理解を得られて、土地の買取り費用の上限額が仙台市の実情に即して大幅に引き上げられ、緑ヶ丘地区の被災者20戸が、仙台市で造成中の山田住宅団地に集団移転することとなった。この特別措置法が都市型災害に適用された第1号であった。このような意味で、県や仙台市が、被災者を説得して集団移転をすすめたこと、ならびに国会や政府が緑ヶ丘住民の窮状を十分理解し、法律を運用できる範囲で最大限の努力を払って予算措置が行われたことを高く評価すべきである。この場合のように、個人災害であっても集合的に激甚な災害を受け、なおかつ災害が拡大する恐れがある時は、むしろ問題は社会化するものであり、その救済には、制度の可能な限りの運用で行政が救援の手をさし伸べるのが、後に大きな社会問題の発生を防止し、社会秩序と民生安定に寄与するものであろう。

次に、激甚災害指定措置に連動して被災市町、住宅金融公庫の災害住宅復興資金の貸付利率の緩和という特例措置が適用された。しかし、この制度は低利であれ融資という点で、住宅ローンで新築した者が被災して融資を受けた場合、二重の支払いを余儀なくされることになる。

低所得者の復興資金としての災害援護資金は、130万円を最高限度額として、償還10年のうち3年間は無利子、4年目からは年3%の利子、償還は年賦、半年賦という条件で貸付けられる。これに所得制限があり、たとえば4人家族では年収240万円未満が対象となっている。

応急仮設住宅の建設にあたっては、「災害救助法」に基づき1戸当たり75.4万円の国庫補助があるが、この応急仮設住宅への入居も「自らの資力で住宅が再建できないもの」に限られ、自ら預貯金や不動産があり、また、親類、知人などの借入でバラック程度を建てる資力があるものは、入居資格がない。これらの低所得者や資力のない者に対する助成措置については、現在の生活水準や物価水準に照らし、また他の種々の社会保障制度との均衡の観点から種々検討し、改善の余地があるように考えられる。

今回の災害では、地震保険制度が大きな全国的問題となった。住宅被害者は地震保険に望みをかけたが、全損以外支払われない制度になっており、多くの被災者の失望を買った。これにひきかえ、農協の建物更正共済は5%以上の被害に対して共済金が支払われ、地震保険制度には多くの批判が寄せられた。それを受け、損害保険協会では、半壊以上の被災者に見舞金の支払いを決定して対応した。現在、政府、国会で地震保険制度の検討がなされており、支払い条件の緩和という方向で改正される見通しである。

こうした救済策や制度の不備は、今回の災害を契機に改善されたものは別としても、防災上今後さらに大きな問題を残したといえる。多数の死者をだした石塀やブロック塀についてみても、倒壊の危険性があるということで撤去されたものは別として、行政の改善勧告を出された多くのものが改善されぬまま放置されたケースがまだ存在するとみられる。また、改築ないし修理された住宅についても、防災上の教訓を取り入れた復旧がなされたか否かに不安が残されている。これらをチェックし、かつ改善を実効あらしめるための後述するような「社会的システム」を含んだ救済策やその制度が確立されなければならない。

② 復旧における個人負担の重み

個人住宅被害の復旧とそこでの問題は、上述したように概括することができるが、それらのことを住民はどのように意識し評価し対応したのであろうか。地震に限らず、あらゆる災害は、直後の応急措置とその後の復旧の過程を伴うものであり、そこにその災害のもつ特徴を知り得るものと考ええる。今回の地震被害の集中した仙台市の場合、避難やライフラインの復旧についての被災直後の

応急措置は適切であるとかかなり高く評価されているが、個人住宅被害については、「罹災者の会」を結成して活発に活動した緑ヶ丘など一部地域以外では、すべて個人の責任による応急対策と復旧が図られたと当人たちは考えていたのであった。「個人の財産は個人で守る」とする従来の考え方からすれば、これはきわめて当然のことであったといえよう。しかし、その結果、修復の不徹底、復旧の遅れ、被災者負担の加重という深刻な問題を残すことになった。

被災後半年を経た時点における復旧作業の進展状況について調査した東北大学調査研究グループの結果によると、全体的には、復旧作業を「着手・完了」した世帯は、建物38.1%、宅地36.1%であって、ともに4割に満たない。そして、「着手・工事中」が建物24.3%、宅地16.9%、「契約済みで着工待ち」が、建物6.1%、宅地5.9%で、この両者を合わせたいわば「進行中」のものは、建物30.4%、宅地22.8%であり、さらに、「中断」と「契約も着工もしていない」を合わせた、いわば「目途のたたないもの」は、建物31.6%、宅地41%に及んでいる。そして、この事態はその後もあまり変わっていない。被災1年後の昭和54年5月末現在、仙台市建築指導課の調査によると、仙台市全体の災害復興住宅の認定を受けた1,261世帯中、工事完了はわずか40%の509件にすぎず、修復の立ち遅れが目立っている。また、着工した場合についても、その修復の程度は、「とりあえず」というのが30%に達しており、「以前より強化」というものは、50%に及ばなかった。

このことは、個人負担による住宅の復旧が被害者にとっていかに大変なものであるかを如実に示している。ちなみに、復旧費は一戸当たり全壊で平均1,267万円、半壊で389万円、一部損壊で212万円（東北大調査）であったが、被害者の復旧費の調査についてみると、「最多資金源」として被害者があげているのは、「自己資金」47.4%、「政府系金融機関」21.5%、「銀行・農協・共済」20.4%であり、この三つで90%に達している。次いで「県・市の融資」4.4%、「親戚・知人からの借金」3.2%、「業者の負担」0.2%である。そして、負担額は復旧費だけについてみても多額を必要とするのであって、とくに現在なおローン返済中の被害者にとって耐え難いものというべきである。たとえ、国や地方公共団体が融資に特別の配慮をしても、新たな負債として被害者個人の今後の生活に重くのしかかってくることはいうまでもない。租税その他の減免措置は、それなりの意味をもったにはちがいないが、被災者の負担を軽減する決定的要因とはなり得ない。これらのことに関連して問題とされなければならないのが地震保険である。被災者にとって地震保険は、その役割を十分果たしていないことが事後調査でも明らかとなった。被災者の約60%が何らかの地震保険に加入していた。「火災保険」31.6%、「農協の建物更生共済」16.7%、「住宅総合保険」6.4%、「その他」2.7%であった。しかし、その支払い状況は、60.6%の世帯が全く支払いを受けておらず、受けているものでもそのうちの54.9%が50万円以下である。最も加入者の多い「火災保険」で87.2%、「住宅総合」で

81.1%、「店舗総合」で100%が支払額ゼロである。その反面、「農協」では5.1%、「共済」では12.5%が支払額ゼロであるにすぎない。とくに「農協」では比較的多額の支払が行われていることもあり、地震後に得た教訓として「農協の建物更生共済への加入」をあげる農村部の人々が多いのに比べて、その他の地震保険への不満と不信は大きい。したがって地震保険については、農村部と都市部とは明暗を分けたといえる。都市部においては、保険金による負担軽減もほとんど効果がなかったといえそうである。

③ 問題点と対策

したがって、個人住宅被害のこのような復旧方式は、今後にきわめて大きな問題を残した。第一に被害者個人の負担が被災によって急増することはいうまでもないが、今日の状況のもとでは、個人的レベルで安全とコストの関係を経済的合理性にかかわらしめて調整するなどということは、ほとんど不可能であることが、今回の地震によって明示された。

そして、第二に、もしこのように個人レベルでの調整のオートノミーが住民にないとすれば、それをどのようにしたらよいのかが今後の重要な検討課題である。住宅被災者は、その多くが天災原因説をとることで、被害が自らに重くのしかかってくる負担についてはじっとあきらめようとしていながらも、それでも何か補償や救済の道がないものかと願っている。そして、自らの努力と責任の可能な限りで個別的に復旧作業にとりかかるか、応急措置のみの状況に耐えているのである。この姿勢は、補償や救済についての現行の制度や格別の社会的配慮の仕組みなどに、なかば失望しながらもそれでもなおそれに依存しなければならない住宅被害者の現実を示している。この現実を直視しなければなるまい。

(4) 対策の考え方

前述したことから読みとれる教訓は、次のように要約できる。

① 歴史的に安全性が立証されていない地域に被害が多発して、被害の地域的偏在を特徴としたのが今回の地震であった。この事実は、従来の都市開発の方式やその基礎にある考え方に疑問を投げかけたものであり、都市計画の問題として旧市街地の外延的膨張地帯についての対策を再検討する必要を意味していると考ええる。なお、その再検討は、それぞれの地域の安全性を確知しうる地盤構造に関するマップ（地盤地図）の作製から行われるのが最も適切であろう。

同時に、その再検討を結実させるためには、住宅の安全性を強く願望する住民が、その安全性を確認しようとする態度と行動を厳しく堅持することがまず重要であり、そうした住民の対応の高揚こそ不可欠の条件である。しかし、その高揚が図られたとしても、現在では個人のレ

ベルでその確認を遂行することはほとんど不可能に近い。したがって、次に、その個人的に不可能な安全性の確認をも可能にし得るような「社会的システム」の確立にむかって地道な努力を積み重ねるべきである。この「社会的システム」とは、全国一律に適用される建築基準や宅地造成基準ではなく、それぞれの地域社会が固有する新事態に正しく対処できる基準を持ち、それが現実に機能し得る社会体制である。たとえば、上述した地盤地図が作製され、それに依拠して全国基準とともに各地域に即した行政指導が県や市町村によって行われ、その指導を業者も住民も納得するという形の、安全性に関するチェック・システムを組み込んだ社会的機構といいかえてもよい。もちろん、このような「社会的システム」は、住民の経済的自由や土地の所有権、利用権の制限について住民を納得させる仕組みを含むものでなければならないが、この点に対する行政と住民の対応が、その確立が可能か否かを分けるポイントである。とくに、この「社会的システム」は法制的制度の施行のみでは機能し得ないものであり、住民と業者と行政のコンセンサスを根気強く積み上げていく組織論的方策が模索されなければならない。このことは、防災体制確立の哲学にもつながる教訓といえよう。

- ② 被害の復旧は、個別的に個人の努力と負担で行わなければならなかった。それは上述した「社会的システム」がその役割を果たさないまま復旧が行われることを意味している。したがって、より防災的復旧がなされたかどうかについて多くの疑問が残される結果になった。個別的にではなく社会的に、地域という観点をもった防災的復旧の方式について、今後真剣に検討する必要がある。
- ③ この防災的復旧を実行するためには、被害の補償なり保険なり、あるいは再開発を含めた国の財政的支出なりが整備されていなければならない。しかもその整備のためには、「社会的システム」が確立されていなければそのような基準の策定は不可能であるという関係にある。今回の場合、個人被害者に対する措置は融資と租税などの減免のみであったが、個人の負担能力を超える復旧をどのような制度によって、いかなる形で救済すべきかを検討する必要がある。現行の枠内で考えるならば、まず地震保険制度の改善が求められよう。しかし、現在は保険金支払いの基準がなく、いいかえれば建物の安全と損壊についての具体的チェックの基準がないため、地震保険と国の災害指定つまり国の救済とが連動していないのである。しかも建物の安全基準の認定は、「社会的システム」の問題に深く関連するのであって、建物の安全は万事業者まかせであって、そこに建主本人が責任をもって関係していない現状に対して、業者と建主と行政の三者がどのように建物の安全基準にかかわっていくべきかを検討することが必要である。このことを検討しないかぎり、ある程度のチェックの基準をもっている火災保険に比較して、

不備な地震保険の改善は困難なのではなかろうか。

- ④ 今回の住宅被害では、家具調度など設備材の被害が大きかった。その破損による負傷者も多かったし、構造材のみならず設備材の安全性の確保も住民にとってきわめて重要な事項である。このことに関して、高層マンション入居者の調査によれば、入居選定時の意識においても、地震の予測意識においても、入居階数別にみて差異がなかった。それにもかかわらず、被害は5～10階にとくに多かったのである。したがって、入居者は揺れの大きさについての予測と、それに対処する設備材に関する準備をもつべきであるし、行政側は集団的居住空間である高層マンションのもつ特殊性にも注目したさまざまな総合的判断と、その対応の検討が必要である。
- ⑤ 個人住宅は個人財産であるからその復旧は個人の責任において行うべきであるとする立場によって、全体被害に占める割合の高かった個人住宅被害の復旧もその線で進められてきた。しかし、個人住宅の場合も、農地における個人財産でない水路などと同様に公共的道路が破壊されてしまうと個人の住宅は機能しなくなる。この点に注目して、防災的観点にたった都市地域の再開発の実施が、結果的には個人の補償と救済につながるような投資の方途を緊急的避難の観点からの行政的措置のみでなく、法的に可能な道として、模索すべきである。

4 生活必需物資の確保の問題点

ここでは生活必需物資のうち、食料品を中心に、生活用水やその他の生活必需物資について、住民がどのような生活上の支障と困難を体験したかを、今回の地震のなかでとらえ、これら生活必需物資確保のための、被震時の対応のあり方について考察する。

(1) 生活必需物資に関する全般的状況

今回の地震による生活必需物資の確保については、地震規模や地震による住宅などの直接被害に比べて、生活必需物資に関してはそれほど大きな問題とはならなかった。すなわち地震後の都市機能マヒに伴う住民の対応はかなり冷静であり、生活必需物資をめぐるパニック状態はほとんど発生しなかった。もちろん住民のこれらへの対応を個々にみれば、たとえば地震直後のパンや牛乳などの買いあさりや病院や高層ビルなどでの影響については問題を残したが、全体としては大きな混乱を巻き起こすことはなかった。その理由は、第一に、電気は停電世帯の77%が地震の翌日の午後5時30分には回復したこと、第二には、水道は給水停止になる前に多くの家庭で水を用意し、給水停止後は井戸水や給水車でなんとかまかなえたことや給水停止期間が比較的短期間であったことによる。しかし、都市ガスの供給停止は、その回復が最も遅れたことにより、住民の生活、とくに風

呂や炊事などに大きな支障をきたした。

また、地震後の食料や非常用必需用品の買出しで、地震直後スーパーなどで品不足もみられたが、翌日には道路交通などが確保され、県外からの補給が精力的に行われたこともあって平常に回復し、品不足やパニックなどの混乱はみられなかった。

(2) 食料品の確保について

① 地震直後の買い物行動

農林水産省が行った仙台市地域の食料品確保についての調査によれば、地震当日の夜までに食料品の買い物に出た世帯は42.2%あり、購入した食品はパン、牛乳、ジュース類が多く、次いで缶詰、うどん、ラーメンの順になっている。

これらはいずれも調理せずに食べられる食品で、地震直後の停電、ガスの供給停止に対応している。また、このような非常時には「多めに買っておこう」という心理が働くものであるが、今回の地震でも3人に1人は多めに買おうとしたと答えている。これらのうち実際に多めに買えたと答えているものが4割、買えなかったというものが5割という状況であった。被害の大きかった地域であっても、当日に多めに買えたと答えている世帯が44.3%あった。これは地震時の店舗の損壊、後片付けという混乱している状況のなかでも、販売店の食料供給能力が小さくはなかったということを示している。

また、地震が直接食物に与えた影響についてみると、「食べられなくなったものがあった」と答えている世帯が2割、あとの8割は「買い置き食品はすべて無事だった」と答えている。

② 冷蔵庫の状況

食料品、飲料水などのストックのかなりの部分を担っている冷蔵庫の機能に支障が起きなかったと答えた世帯は35.9%であった。このなかには数時間停電になった世帯も含まれている。

冷蔵庫が倒れた世帯は、被害の大きかった地区で6.8%、その他の地区で2.2%、中身がめちゃめちゃになったのは、被害の大きかった地区で16.5%、その他の地区で14.0%であった。こうしてみると震度Ⅴ程度の地震では、転倒防止のためのとめ金などを使用していない場合、20～25%の冷蔵庫が倒れたり中身がだめになったりすると考えられる。

③ 食料品のストック

災害は予告なしにやってきて、小売店活動などによる食料品供給が停止するという前提に立つと、まず家庭における平常のストックが、そのまま非常用の食料品となる。

その意味で今回の震災時に、一般家庭でどのぐらいの食料品のストックがあったかをみると、一

般家庭では平均4.4日分の食料(主食、副食、調味料)のストックがあることがわかった。これらの食料品のうち主食についてみると、その保有量は、米、菓子類、パン、インスタントラーメン、ゆでめんの順になっている。米についてはどこの家庭でも保有されており、パン、菓子類、即席型ではインスタントラーメンなどの保有率が高い。副食では魚、肉の缶詰、ハム、ソーセージ、漬物のストックがなされている。これからみると、食料品のストックに関していえば、今回の地震のように都市機能が1週間ぐらいではほぼ回復するという状況のもとでは大きな問題にはならないと考えられる。しかし、素材型の、たとえば米、即席型のインスタントラーメンなどについては、水や熱源といったものが不可欠である。水や熱源が得られない場合は、パン、菓子類、缶ジュースや牛乳などが重要な食品となってくる。

④ 小売店の対応

地震後、事態の重大なことに気付いた食料品小売商の動きをみると、まず県段階で県小売商業協組のなかに、災害対策本部を設置し、小売店の復旧のため見舞金支給や各種相談業務を開始している。組合は、地震後4日目には役員会議を開催し、東京からトラック3台分のラーメンを仕入れ、また、各小売店に対しては、便乗値上げ自粛の指導を行い、小売店のイメージダウンを防いだ。

また、一部の地域では組合の役員が巡回激励し、値上がり、品不足に対する手当の諸活動を行った。各小売店は、建物、商品の損壊などで各自の復旧活動に精一杯であったが、店内の後片付けと並行し、消費者に対する食料品、復旧資材の供給について積極的に活動した。小売店の仕入れは3日目ぐらいから順調に行われるようになり、その間ごく一部の小売店での混乱を除いて値上げなどは行われなかったようである。一般的にいて各小売店の在庫は十分あったが、とくに需要の多いバナナ、インスタントラーメン、食パンなどについて、問屋、市場に在庫があったので、いち早く仕入れなどの処置をとることができた。しかし、今後の課題として、零細な小売店が多いなかで業者間の連携を図るとともに、流通機能の発展により各小売店の在庫量が少なくなっているのを、在庫確保の方法について検討しておく必要がある。

(3) 生活必需物資確保に関する教訓

前述したように、今回の地震は県民にかなりの生活上の支障と困難を与えたとはいえ、生活必需物資の確保という点に関しては、幸いなことに大きな問題とはならなかった。それは、一言にしていって生活必需物資の流通機構が地震によって分断されて、生活必需物資の供給が停止したために住民がその事態に個別的に対処しなければならないという局面が時間的に短く、領域的に少なかったからである。したがって、今回の地震が与えてくれた最大の教訓の一つは、このように分断と停

止を防ぐためのさらにいっそう十分な対策の検討こそが、今後の課題であるという点である。

しかし、住民の個別的対処の必要が短く、少なかったとはいえ、それにもかかわらず、今回の地震後の住民の対応について問題とすべきことは少なくない。とくにもし流通機構が分断され生活必需物資の供給が長期にわたって停止する事態を想定した場合、今回の住民の対応の実態から読みとらなければならない教訓は数多いと考える。

その第一は、食料品と飲料水についてである。電気、ガス、水道の停止に直面した住民は、その日の夕食のために煮炊き不用のパンなどの食料品と牛乳など飲料品の購入に小売店に押しかけている。つまり、生活必需物資の確保をめぐるパニック発生の芽はなかったわけではない。翌日以後はこの事態は解消されたからよかったものの、保存がきき、栄養価もあり、煮炊き不用の食料品の常備や、防災ないし災害意識の再生産に役立つみおき水を毎日くみかえるという習慣の定着化などが必要である。

第二は、ローソクや懐中電灯、携帯用ラジオの常備とこの両者になくてはならない乾電池の点検なども同様に必要であり、負傷者の在宅処置に不可欠な応急手当用の救急薬品や身元識別カードを含む貴重品類なども一括して非常用袋に入れて常備し、時折の点検補充なども行うべきである。とくに地震後の火災の発生の防止がきわめて重要であるところから、消火器の常備も忘れてはならない。

第三は、上述したような品々の常備については従来もしばしば説かれてきたが、そのことと並んで、たとえば、ガスの供給停止によって使用不能になった器具に代替しうるものに何があるのかという知識などをよりいっそうもつことについても、住民側は平常から考えておく必要もある。こうした代替について、生活の知恵がなかった住民が多いのではなからうか。ガス供給の停止は長期間にわたったが、電気ガマなどの多面的使用に無知なため、不必要な器具を買い込んだ市民が少なくなかったという。この生活の知恵のなさは、都市化の進行による都市的生活様式の高度化が代替の幅をせばめやすく、器具の使用パターンを単一化しやすいだけに、重要な問題であると考ええる。

第四に、今回は火災も問題とすべきことにならなかったが、この火災災害が起きた場合を想定すると、被災者に対する火災を免がれた住民の側の援助のことが問題として検討されなければならない。関東大震災では、薪によるにぎりめしという形の炊き出しが行われたというが、現在の都市社会では、その際には、どのようにして何を援助すべきなのか、そして援助できるのかについても、今後検討すべきであろう。この課題は、援助する住民の組織にもかかわってくるため、都市におけるコミュニティ形成のあり方にも及ぼざるを得ない問題なのである。この問題は、生活必需物資とくに緊急的食料品の確保にかかわる住民の組織のあり方にとどまらず、地震全般に関する防災、緊

急避難、被害者の救済そして復旧という過程すべてにわたる住民の対応のあり方として早急に考慮すべき課題でもある。なお、上述したことは、国の緊急輸送などによる救済対策の実施までのおそらく被震後の3日なり4日なりの期間、被害地住民が最低の生活を支えていけるような体制の確立を住民の側についてみたものであり、これらのことは後述される問題とのかかわりあいでも検討すべき課題であることはいうまでもない。

5 地震情報と住民の対応

(1) 災害情報とパニック

① パニックの不発生

今回の地震は、パニックが出現しなかったことにその特徴があると各方面から評価され、注目されている。その原因は、一言でいえば、きわめて好運な条件が重なりあった点に求めることができる。積極的な人為的対応が大きく効を奏した面がないとはいえないが、それよりも地震発生時の「季節」「天候」「時間」および「地震規模」など、いわば自然的条件ともいべきものが重なって幸いした面がより大きい。パニックは、「防止」されたとみるよりも、好運にも「回避」されたというべきである。

情報とパニック不発生との関連についても、同様に幸い好条件が作用した側面を注目する必要がある。パニックの防止にとって、どのような情報が役立ち、どれだけの情報量が提供されるのが適量なのかは、必ずしも判然としない。しかし、正確な情報が不足である場合、それはしばしばパニックの出現につながるが、反対に過度な情報が提供された場合にも同じであることは容易に理解できる。その観点からみると、仙台市の旧市街地とくに中心部の構造物被害は軽微であり、県庁など中枢機関は破壊されず、その機能も中断しなかったため、多くの住民の目には県都中央は無事であり大丈夫であると映り、それが口伝えの情報として住民の間に流れた。その程度の地震規模であったことを忘れてはなるまい。また、被害は旧市街中心部以外の周辺地域に偏在していたし、停電によってテレビを視聴できなくなった県民は、地震の翌日まで被害の惨状を目のあたりにすることはなかった。有名な卸商団地のビル崩壊は、被害地域以外の人々は被震後すぐにテレビの画面でみたのに、そのため外部からの電話によって輻湊状態が発生したが、ほとんどの県民は翌朝の地元紙朝刊ではじめてそのことを目で知ったのである。したがって、停電によるテレビ視聴の停止は、過度の情報を制御するパニック防止の好条件であったとしても過言でない。

② ラジオによる情報の提供

この状況の中で地震当日を中心に情報提供に機能したのがラジオである。NHK通信第785号(昭和53年6月26日発行)に掲載された「宮城県沖地震と災害放送」というレポートによると、その間の情報提供は次のとおりである。

地震発生時から実に8時間26分、定時番組を中止してNHK第一放送は災害放送を続けた。その放送は、当初は地震発生と同時に発令された津波警報をはじめとするパブリックな地震関係の情報を伝えたが、津波警報の解除された午後8時40分すぎからは、聴取者の問合わせに応じて家族の安否に関する個人的な情報も流し始めた。そして、地震当日は住民の安全に関する報道を主とし、その翌日からはライフラインの被害とその復旧についての情報を伝え、さらに日を追うに従ってゴミの収集方法から簡易ガスコンロの安値な購入の手だてなどまで、被災後における生活の知恵を中心に放送は続けられた。ラジオ放送は、「災害対策本部と住民のパイプ役」を果たしたとこのレポートは自賛しているが、その点では、本震直後に一時中断があったとはいえ民放ラジオの演じた役割も同様に評価してよい。

③ パニック出現の芽

たしかに、ラジオの即時性を生かした地震当日における情報の提供が、今回の地震に関する限り、テレビ視聴の停止による過度の情報の制御という条件などとの見合いで、パニックの出現を防ぎ止めた有力な理由の一つであることは否定できない。後述されるように、ラジオによる情報提供の効果は今回は大きかったといえるが、ただ1回の教訓を絶対化し、ラジオ放送の効果を過信することはかえって危険である。今回の地震については、パニックとともに被災時に最も危険な同時多発火災による二次災害が発生しなかったことも注目を集めている。この二次災害の防止には県民の多くが火元の消火に努めたことが大きくあずかっているが、その消火行動さえ、一定の好条件が重なりあったがために可能であったといい得るのである。今回の幸いした条件の下でのラジオ放送の効果であるとの指摘をくりかえすとともに、それにもかかわらず住民の行動と対応には数多くのパニック出現の芽があることをむしろ深刻に考慮する必要がある。

ところで、数多くの調査結果が示しているように、被災前における県民の大多数は、地震に関する情報を主としてテレビや新聞などのマス・メディア、あるいは県政だよりなどの行政メディアに依存して一般的知識はもっているものの、実際の地震に対する具体的準備と現実的対応をほとんど実行していなかった。そして、その事態にとどめていた最大の理由は「地震に強い仙台」という情報への信頼にあった。いいかえれば、地震前に県民の間に流れていた最強でしかも過度の情報が、まさにこの「地震に強い仙台」であった。したがって、多くの県民にとって今回の地震は全く「思わぬ出来事」であった。しかもその地震は、停電をもたらし、テレビ視聴を不可能にし、電話回線

の大混雑による不通状態を招き、交通手段を一部分断してしまった。情報の不足、コミュニケーションの断絶というパニック出現の地盤はあったのである。

東北電気通信局の調査では、関東大震災の時のような緊迫性を帯びたパニックにかかわる噂はきわめて少なかったが、それでも流言を聞いたとするものは37%に達しており、その流言の内容は地震再発説がその中心であったと報告されている。また、東北大学調査研究グループの仙台市民を対象とした調査によると、「また大きな地震が来る」という噂を聞いたとするものが、全体の90%弱にものぼっていて、「余震があると不安になった」というものが、そのうちの67.3%を占めている。つまり、今回の地震の場合、県民性あるいは仙台市民気質ともかかわるのか、流言あるいは噂という形の情報として住民の間に口伝えに流れたのは、余震に対する警戒心あるいはその過敏性に発するものが中心であった。その他おそらく津波の被災経験をもつ地域では津波に関するものもあったにちがいない。しかし、この両者ともラジオでくりかえし流される津波警報と余震情報によって大きな問題とはならなかった。

(2) 被震中および被震直後の住民の心理と行動

① 被震中の住民の心理

地震という偶発的な危険場面に直面したとき、住民はどのような情報を欲するのであろうか。その欲求はどのようにして満たされたのであろうか。そうした状況から何を読みとることができるのか。前述の東北大学調査研究グループの調査結果に基づいて、まず被震中および被震後の心理と行動をたしかめることから、この問題をみていきたい。

地震、いいかえれば揺れに対する「恐怖感」についてみると、調査対象が異なる場合によって多少その割合に差異はあるが、主婦を対象とした調査では95%が「とてもこわかった」、あるいは「こわかった」と回答しており、他の調査では、「かなりこわかった」、あるいは「死ぬかと思い絶望的に」と感じた人が80%に達している。また、別途に行われた調査では、住宅や屋外では60%以上の人が「無我夢中」であるか「あまり揺れが激しく非常に危険と判断」している。さらに、被震中に冷静な行動ができたかどうかを判定させた他の調査では、約40%の人が「冷静でなかった」としている。あの程度の地震でも恐怖と危険を感じる人々は多く、冷静さを失ってしまう場合も少なくない。なお、このような「恐怖感」は、今回の地震の規模や被害程度を大きく認知している人や、揺れの激しかった地区や6階以上の建物にいた人ほど強い。逆に、「冷静な対応」は経験や日ごろの心構えと知識などと関係しており、日常の防災への関心と教育の重要性がここでもまた指摘できよう。

② 被震直後の行動

揺れがおさまったとき、人々が第一に心配したのは家族の安否であり、4人のうち3人がこのことを指摘している。第二は、停電、断水、ガスの供給停止についてである。第三は、火災の発生について、第四は、建物などの損壊についてとなっている。

このような心理的状況を投射して被震後の行動がとられた。住民の被震直後の行動は、各調査結果がほぼ共通して示しているように、次の四つのパターンに整理することができる。

第一は、家族など身近にいる者の安否と、自家や職場などの安全の確認と、報知のための行動である。このために家族の安否の確認を中心にした電話連絡と帰宅行動が一時に起こり、それに伴う電話回線の大混雑による不通状態と、車の運転再開と、それが停電による信号機の停止と重なってもたらした交通渋滞の出現という悪循環が生じたのである。

第二は、災害情報の入手によって状況を正確に把握するための行動である。人々は前述のラジオなどによって被害などの地震全体の被災状況の認知を図るとともに、同時に身近の者の安全や家屋、家具などの被害状況の確認につとめたのである。

第三は、自己防衛的行動とでもいえる被震中およびその後も継続して発生する危険状態からの直接的な避難である。しかし、今回は大きな火災が生じなかったため、被震後も長時間にわたって避難するという行動は、全体としてはとられていない。

第四は、被害の復旧のための行動である。被害の大小によってこの行動には個人差が大きい、比較的被害の軽微な家庭や職場では、復旧の着手は意外に早く、自宅や職場のいわゆる「後片付け」を始めている。

③ 地震当日知りたかった情報

ところで、地震直後、多くの人々は電話が不通状態のためラジオなどによって情報を入手しようと行動したのであるが、その日のうちに必要とした情報は何であったのか。仙台市の主婦を対象に、当日欲しかった情報を知りたかった順に二つ選択させた調査結果によれば、66.7%の主婦が「余震情報」を選んで最も多く、余震への関心の集中が著しい。本震の生々しい恐怖感が余震への心理的不安につながり、地震に対する鋭い警戒心を生んでいたことがわかる。次は、「電気、ガス、水道の復旧の見通し」で、47.2%である。家事の責任を負う主婦が対象であるとはいえ、約半数がこれら都市生活機能の復旧情報を必要としたことは、現代の都市住民がいかに都市生活機能に深くかかわっているかを端的に示している。そして「家族・知人の安否」は35.2%である。今回の地震の起きた時間が夫や子供の帰宅時であって、主婦にとってこのことは最大の関心事ではなかったかと思うのであるが、調査時が地震後6か月を経た後であり、おそらく地震直後にとくに必要とした情報であったにしても、その情報を入手し、安否を確認し得た後にはさほど思い出としては残らないこと

かもしれない。さらに、「被害の程度や状況」を選んだのは27.4%であるが、この調査の対象主婦は「規模に比べて被害は少ない」と認知するものが多く、そのための結果かと考える。

ところで、これらの情報を十分に入手できたかという設問に対しては、「まあまあ、得られた」とするものが75.7%と圧倒的に多く、「十分得られた」というものを合わせると93.2%となり、「ほとんど得られぬ」は7%に達していない。余震、復旧、安否、被害などの情報が、ラジオ放送などによって比較的順調に伝達されたと理解してもよいが、今回の場合は情報の伝達と住民の認知に好条件が多く作用した点を考えると、さらに検討すべきことは多い。

④ 地震後の生活上の支障

今回の地震被害は繰り返し指摘されているように、その特徴は都市機能マヒにあった。上述した仙台市の主婦を対象とした調査でも、地震の「当日困ったこと」としては、70.7%が「停電」を、50.6%が「ガス停止」をあげており、その他「電話不通」(24.3%)、「断水」(18.7%)となる。これに対して「翌日以後困ったこと」としては、「ガス停止」(65.1%)、「風呂が使えない」(37.8%)、「停電」(26.5%)、「断水」(18.7%)をあげる主婦が多かった。

地震直後最大の生活上の支障となり、かなりの生活の混乱を住民の家庭にもたらしたと推測される停電は、ほぼ一日経った6月13日午後5時30分の段階で77%が復旧し、翌14日午前6時50分で修復は完了した。しかし、都市ガスは約1か月、水道は10日の復旧日数を要した。このガスと水道についての停止と復旧の情報をどのようなメディアを通じて得たのかをみると、ガスについては、地震直後であって停電したこともあり、その停止の情報は「ラジオ」が主体であったが、復旧の情報は停電復旧が早かったためか「テレビ」に依存したものが多かったし、「新聞」を復旧情報源にしたものもこれに次ぎ、「テレビ」と「新聞」および「広報車」が主役を演じたとみてよい。また、水道復旧の情報源や給水情報も「テレビ」、「ラジオ」、「新聞」、「広報車」、「近隣の情報」など多くのメディアに依存する傾向がみられた。なお、都市ガス停止の影響は大きく、風呂が使えなかったこともそのためであるが、復旧が遅れた一部地域の主婦にはガス復旧対策への厳しい評価があるとはいえ、全般的にはガス復旧対策に対する評価は良好であり、ガスに比較して復旧の早かった水道については、その復旧に対する評価はガスよりも低い、それでも不満を訴える主婦は少数に止まっている。

(3) 住民の対応

① その後の地震への住民の対応

地震やその被害の体験は、その後の地震への住民の対応に多くの影響を与えている。その影響を

確認するため行われた若干の調査結果は、およそ次のことを指摘している。

地震体験は人々の地震に対する感受性をより敏感にした。大半の住民がより小さな地震でも行動を起こすようになり、地震が発生したら、「すぐに火を消す」ものが過半数に達し、「あわてずに状況判断をする」、「避難路を確保する」、「子供を保護する」など具体的対応の行動をあげる住民も多くなった。また、地震に備えて、懐中電灯、ローソク、トランジスターラジオ、非常用食料、消火器など消防器具、非常持ち出し品などを実際に準備したり、家具、調度の安全対策を考えたり、緊急時の避難や連絡方法について話し合うことも著しく増えた。しかし、これらに比較すると、宅地、建物の安全対策を考えたり、地域の防災訓練を実行している割合は少ない。身の準備や対策で個人的に容易に対応し得る分野では、一応地震の教訓は生かされているが、社会あるいは地域とのかかわり合いを必要とする領域については多くの問題を残しているのである。

② 隣近所づきあい

住民の地域とのかかわりあいで最も身近な隣近所づきあいは、地震を契機にかなり微妙な動きをみせた。地震の際、大半の住民は隣近所で入浴や炊事の面をはじめ、後片付けや応急対策などで助け合い、心理的な面でも近隣同志の連帯感をもった。しかし、それが隣近所のつきあい関係の改善に必ずしも直接つながったわけでもなかった。もっとも、話し合いの機会が増えたり、共通の問題に協力してあたるようになり、気持のうえでのつながりが強化された事例も少なくない。しかし、助け合いは全く一時的なものであった場合もあり、助け合わなかった者もいて、隣近所のまとまりは以前と変化していないとする住民もかなりの数にのぼり、つきあいの好転を指摘する傾向が強いことと、市中心部の住民にそうした傾向の少なかったことが注目される。

③ 地震情報と住民の対応—その教訓—

上述してきたことを住民と情報との関係に注目し、かつ地震発生以後の時間の流れに即してまとめると、次のようになる。

今回の地震が発生し、その揺れを経験して大多数の住民は、「大規模な地震」であると考え、「こわい」と思った。地震直後には、多くの人々は「余震情報」そして「家族の安否の確認」に関する情報を求めた。その日の生活上の支障は、一般には「停電」であり、「ガス停止」であり、「断水」であった。これに正確な情報を提供したのが主としてラジオであった。

この地震当日から翌日にかけて、停電、断水、ガス停止という生活上の支障に直面した住民は、そうした「都市機能復旧」や「被害状況」の情報を欲しがった。翌日になると新聞やテレビはその住民要求にほとんど応じることができた。

翌日以後は、これらメディアによる情報提供はいよいよ十分行われるようになり、それによって、

住民の大半は被害の比較的大きいことを認知するという、いわば各種の情報を自ら統合して今回の地震の評価的位置づけを行い、以後の対応の行動を決定するようになる。いうまでもなく、この情報統合の過程の延長線上で、自らの被震中、被震直後の経験を省みて、隣近所の助け合いと都市機能被害をはじめとする各種各様の被害の復旧対策とを評価することにもなるし、さらに、被害責任の帰属、いいかえると被害は人災か天災かという問題についての意見や態度も固められてきたのであった。そして、被震経験によって敏感になり、地震が起きた際の具体的行動をより考えるようになり、個人的になし得る準備や方策、あるいは一部かも知れないが、近所づきあいの見直しなどを実行に移すようになったと概括することができよう。

しかし、住民と情報の関係の時間的流れは、あくまで今回の地震に限られたものである。この点への留意が第一の教訓を生むと考える。地震規模、発生時間、都市規模および二次災害の発生など地震状況そのものを左右する要因が異なるならば、その流れは大きく変わるにちがいない。たとえば、地震当日にラジオが放送した被害情報と個人的情報は仙台市であるから正確であり得たし、十二分に効果をあげ得たのであって、大都市圏においてそのとおりに通用するとは考えられない。また、情報が不正確でしかも不足しているとすれば、あるいは住民に過度の情報が流れ、衝撃的な映像と音が送られているとすれば、地震直後の余震情報と家族の安否の確認に関する情報入手の段階から、住民の対応の流れは大きく変わってしまうにちがいない。その場合は、流言に盲従する行動の拡大、パニックの出現が容易に予想される。さらに火災などの二次災害に巻き込まれでもすれば、おそらく冷静な評価など不可能な大混乱が起きると思う。今回の地震ではパニックも二次災害もほとんど起きなかった。パニックが出現しなかった原因を尋ねた宮城県の調査によると、県民は、「発生時間にめぐまれた」、「暗くなるまで最少限の対応ができた」、「火災や津波がなかった」、「正しい情報が十分に流れた」などをパニック不発生主な原因にあげている。このうち情報の提供による県民の欲求充足は、人為的要因であるだけに関係者の努力を高く評価しなければならないが、その提供と充足は特定の地震状況などの一定の条件において生じたことに注意したいと考える。

第二の教訓は、今回の地震当日大いに活躍したラジオ放送による災害情報の提供に関してである。地震が直後の停電と電話の不通とを伴いがちであるとすれば、いずれの場合でもラジオ局が果たすべき役割は大きい。余震情報、津波情報、被害情報などをはじめとする各種の重大な情報の住民への提供は、おそらくラジオに依存しなければならない場合が多い。そのために、被震直後ラジオ局に地域ごとの災害情報などをインプットするルートをいかに確保するかについても検討の必要がある。今回の家族の安否に関する個人的情報などは、電話回線の大混雑の中でたまたま通じた電話によってラジオ局にインプットされた情報が流されたという傾向が強かった。ラジオ局の機能が停止

しない限り、アウトプットは可能なのであるから、上述したようなインプットのルートの組織化が重要であると考えからである。この点については、行政の側も地域ごとの正確な災害情報の掌握方法とそれの正当な住民への伝達方法について、あらためて整備の対策を検討することもまた必要である。

第三の教訓は、都市機能マヒが生活上の支障としてクローズアップされた今回の地震であったが、それらの復旧情報を含む行政側の対策に対する評価は、住民の間では高かったことについてである。とくに、復旧にはほぼ1か月を要した都市ガスであるが、その復旧のためにいち早く応援を求めたこと、その復旧の進行の広報活動が行きとどいていたことが高い評価につながったのである。復旧過程において、今回の地震被害の特徴は、ライフラインの停止にあるととらえた住民が、それを行政責任であるとするならば不満は多くなるが、それは復旧の阻害要因となって復旧が遅れることもあり得る。しかし、長期的にみると、そのためにより防災的な復旧の方式が探究され、責任の所在、あり方の追究も進んで、前述の「社会的システム」の構築に、行政も、住民も、そして業者もより真剣に進むことができるかもしれない。しかし、復旧に関してのみならず今回の地震全体への住民の対応は上述したようにそれほど緊迫感に満ち満ちたものではなかった。もしこのことが、今回の地震が与えた数々の教訓を忘れさせるものであるとしたら、大きな教訓はここにあるといわなければならない。

参 考 文 献

- 1) 大内秀明, 岡本友孝: '78宮城県沖地震災害調査- 2 都市型災害の歴史的教訓, 東北大学教養部紀要, 31号 (1979.12)
- 2) 対馬貞夫, 森博, 阿部四郎: '78宮城県沖地震災害調査- 4 住民の教訓と行政への要望, 東北大学教養部紀要, 31号 (1979.12)
- 3) 近江隆: 被震時の人間行動, 仙台都市科学研究会編『宮城県沖地震災害に関する諸調査の総合的分析と評価』(1979.11)
- 4) 岡本友孝: 住民被害と復旧における問題点と教訓, 同上
- 5) 阿部四郎: 総括-教訓と対策, 同上
- 6) 堀毛一也, 大浦宏: 地震被害の認知と対応行動- '78宮城県沖地震と市民生活に関する調査-, 東北社会学会研究会編 社会学研究, 第38号 (1979.10)
- 7) 安田尚, 佐藤康行: 宅地・家屋被害とその復旧過程における諸問題- '78宮城県沖地震被害事後調査-, 同上
- 8) 藤咲暹: 宮城県沖地震医療関係調査の概要, 公衆衛生情報みやぎ, 21号 (昭53.9)
- 9) 仙台市医師会: 宮城県沖地震における仙台医療圏の被害状況, 仙台市医師会報, 171号 (昭53.9)
- 10) 安田恒人: 宮城県沖地震における救急医療, 宮城県医師会報, 395号 (昭53.12)
- 11) 安田恒人: 宮城県沖地震における救急医療, 病院, 38巻4号 (昭54.4)
- 12) 丹野三男: 宮城県沖地震の体験から, 同上
- 13) 当麻忠: 山形徹一他: 宮城県沖地震によって発生したと思われる内科的疾患, 日本医事新報, 2851号 (昭53.12)
- 14) 仙台市総務局防災対策室: '78宮城県沖地震①災害記録 (昭54.6)
- 15) 日経メディカル: 宮城県沖地震の教訓-災害時医療の主役は開業医-, 日経メディカル, 98号 (昭54.10)
- 16) 藤咲暹: 1978年宮城県沖地震と医療体制, 宮城県医師会報 (405号 (昭54.10))
- 17) 仙台都市科学研究会: 宮城県沖地震災害に関する諸調査の総合的分析と評価 (昭54.11)

VIII 産 業

1 商工業関係

(1) 被 害 状 況

商工業関係は、今回の災害の中で多くの被害を受け、約53,000件、被害額957億円に達した。その被害は県下全域で発生したが、とくに仙台市とその周辺地域、石巻市、古川市、迫町などを中心とする県北地方に大きな被害が発生した。この被害調査は、県商工労働部が商工団体に委託して事業所統計に準じて行われ、県内の企業約9万(中小企業88,000, 大企業2,000)の中から無作為に1/20、4,500企業(29業種)を抽出し、被害額には設備、製(商)品が含まれている。実際に商店にあたったところでは、休業したのは約40%だった。被害が小さく調査対象としない事業所の分も含めて推計すると、全県の休業率は約20%程度と思われる。休業した平均日数は1.5日(震災当日の夜と翌日まで)だった。平常の一日当たりの業種別の売上額を参考にして、休業による売上減額を推計すると、小売業が9億9,000万円、卸売業11億9,000万円、製造業16億5,000万円、その他2億7,000万円で、中小企業全体の売上減額は41億円に達する。ただし、売上減額については、算定根拠が明確化されておらず、推計の域をでないで、政府統計による商工業被害金額には算入されなかった。業種別では、倉庫業で17事業所を調査したうち13事業所が休業し、なかには、営業再開まで6か月かかったものもあった。造船業においても、クレーンなどの大型機械の破損で休業を余儀なくされ、構造不況による受注難とあわせて損害が大きかった。その他休業が目立ったのは、飲食店、セトモノ・ガラス店、電気器具店、印刷業などであった。とくに飲食店の休業は、都市ガスの供給停止によるもので、プロパンガスに切替え、メニューを限定するなどして、平均2.5日後に営業を再開した。日銀仙台支店が地震後の6月29日に発表した東北地方の金融経済概況によると、宮城県沖地震による企業への影響は、機械破損、電力供給制限などから、宮城県内の紙パルプ、食品、合板、平電炉などの企業のなかには一時操業を停止したところもあり、調査対象30社の操業度は平常に比べ月産ベースで2割強のダウンになったということであった。

中小企業関係で見落すことのできないものは、仙台市東部の沖積層平野に立地された自動車工業団地、倉庫団地、印刷工業団地、卸商団地および機械金属団地の面的な被害である。なかでも東北地方をシュアにした卸売商社286社が立地する全国でも有数の卸商団地は、3社屋(鉄筋コンクリー

トビル)が全壊し、1社平均の被害額は、3,500万円に達する激甚災害地となった。各社では営業再開に全力を尽くし、社屋が全壊した3社も仮事務所で震災3～4日後までに再開した。

卸商団地の荷さばきを担当している配送センターの荷扱量は、震災翌日は平常の1/5、翌々日は1/2に減ったが、3日後の15日からは1日平均100トンの平常ベースに回復した。

仙台周辺に立地している大企業のうち被害の大きかったのは、東北石油㈱、仙台コカコーラ・ボトリング㈱、㈱東北金属工業、㈱東洋製缶、キリンビール㈱、サッポロビール㈱、大昭和パルプ㈱、東北トヨーゴム㈱、東北リコー㈱などであった。東北石油㈱ではタンク6基が破損し、重油が流出、常圧蒸留装置系列の操業再開に53年9月中旬までかかり、54年4月中旬に流出地区のタンク使用開始に伴う重油間接脱硫装置の操業を再開した。製造工場では、生産工程に大きな被害を受けたものも多く、最新の設備機械は精密機器を組み込んでおり、試運転して製品を作ってみなければ正確度の確認ができないことが多く、被害の把握に手間取ったケースが多かった。

観光関連では、松島町で土産品店の店舗が倒壊したほかは被害は軽微であった。

ただ、松島町の旅館では、観光シーズン中の震災とあって、一週間ぐらいは宿泊予約のキャンセルが相次ぎ、新規申込みも減少した。

高圧ガスの製造事業所では、ガス設備に何らかの被害があったが、爆発、火災などの事故発生は幸いにもなかった。県では、地震後県内17の大規模高圧ガス製造事業所の被害を確認したところ、大きな被害の発生はなかった。

(2) 復旧対策

商工業関係の被害がとくに激甚であったことから、県では、翌13日金融懇談会を開催し、金融機関の協力のもとに、緊急災害特別融資制度を創設するとともに、金融機関独自の被災者を対象とする融資制度の創設を要請した。商工会議所および商工会は、それぞれ被災中小企業金融相談所を設け、災害融資に関する制度、金融などの相談を実施した。県では、今回の地震災害の大きさから激甚災害の指定が復興促進への足がかりであるとの判断から、この激甚災害の指定と、さらに融資限度額の増額や融資条件などの改善について国会および政府関係機関に働きかけた。

県では、緊急災害融資制度として、県信用保証協会に10億円を預託し、50億円の融資枠を設定した。一方、国の制度金融は、政府系金融機関である中小企業金融公庫、国民金融公庫および商工組合中央金庫がそれぞれ災害特別融資制度により対応した。

政府は、7月28日に中小企業関係の激甚災害として、とくに被害の著しかった県内の6市15町に特例措置の適用を決定した。この指定により、「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関す

る法律」第12条（中小企業信用保険法による災害関係保証の特例）、第13条（中小企業近代化資金等助成法による貸付金等の償還期間等の特例）および第15条（中小企業者に対する資金の融通に関する特例）の規定の適用を受けることができ、被災中小企業者の復興資金が確保された。

さらに、県では、商工業の被災の激甚さから被害程度を綿密に再調査し、中小企業庁など関係機関に対して、適用市町の拡大を要請した結果、これを受けて15市町が追加指定され、上述した特例措置が適用された。

(3) む す び

① 商工業被害の把握

本県内の企業は約9万社あり、今回のように県下全域で被災した場合、調査対象件数は膨大であり、被害状況の正確な把握は至難と言える。しかし、被害状況の迅速な把握は、今回のように復興の最大の足がかりとなる激甚災害の指定による特例措置の適用などを受けるために、また、効果的な緊急災害特別融資制度の発動のために前提となるものである。また、中小企業の被害金額の算出は、多様な災害形態のなかで、金額に評価できない要素も多いと考えられる。さらに、被害情報の把握システムも、膨大な対象を面的にカバーすることが困難であり、従来の災害対策本部の縦系列の情報収集では対応しきれない。このような観点から、まず第一に、被害の明確な評価基準を確立することが必要であり、全国的に適用できる基準作成を急ぐ必要がある。第二に、被害の把握については、どうしても商工関係団体などに依存するところが多い。そこで、今回の地震災害でも効果をあげたところであるが、普段から災害対策体制のなかに商工団体の参加協力を求めて連携した情報収集および対策活動の推進を図る必要がある。商工団体および市町村の職員のみならず、中小企業者に対しても、災害時の被害評価基準なるものを十分に熟知し、さらに融資や税務においてそれぞれが適確に対応できるように、行政としても研修や講習を推進する必要がある。

② 工業団地などの立地

今回の地震では、仙台東部の沖積地帯に立地した工業団地などがとくに大きな被害を受けた。高度に生産流通機能の集積したこれら団地が機能マヒに陥れば、県民の消費生活はもとより、全国的な経済的影響は大きいであろう。軟弱地盤地帯であることにより、建築物の基礎は、コンクリートパイルなどの支持杭を基盤に打ちこむなどして対策を講じていたが、それでも建物の亀裂、損壊が激しかった。

また、据付けた設備機械類が激しい震動で移動したり、精密機械が狂ってしまったところもある。これらの被害に対しては、建築物の耐震性を強化し、設備機械の固定方法を考慮すれば、ある程度

の被害の軽減は達せられる。しかし、将来は、地質地盤を十分に配慮した土地の有効利用計画を樹立し、災害要因に対するアセスメントなどを取り入れた商工業立地政策を推進することが望ましいと言える。

③ 荷崩れなどの防止対策

大規模地震の場合、例外なく倉庫内の荷崩れやデパート、商店などの陳列商品の転倒、落下が発生している。今回はこれによる大きな事故は発生しなかったが、荷役作業員や買物客などにとって大きな危険性があり、さらに火災をひき起こすなど不測の大惨事の引金となる恐れがある。したがって、安全確保対策の指導基準を作成し、安全措置を事業者には義務づけるなどの対策を講じる必要があろう。

2 農 業 関 係

(1) 被 害 状 況

農業関係の被害は、農地、農業用施設の被害が最も多く、次いで農業倉庫を中心とした共同利用施設、そして農作業舎など個人施設の損壊が多かった。さらに、地震の震動による水稻の浮き苗被害が県北の迫地方を中心に810ha発生した。これらの被害は、震源地に近い沿岸部および内陸部の軟弱地盤地帯でとくに激甚であった。

農業用施設では、水路の被害が最も多く、とくに軟弱地盤の空積ブロック、張ブロックの弱さが目立った。農地海岸堤防は、軟弱地盤の沈下および砂基礎の液状化による被害が大きかった。揚水機場の被害は、主としてポンプ軸心のずれや管接手の離脱、重油タンクの傾斜、建物の破損であった。主要な揚水機場では、水稻の成育期にあたるので、応急措置により運転を再開した。

被災した溜池などについても、漏水を防止するため貯水位を低下させるとともに、亀裂箇所をシートで被覆し増破防止に努めた。

農業倉庫などの被害については、県内全農業倉庫の50%にも達した。昭和初期から20年代にかけて造られた、石造倉庫の荷被害が多く、地震に脆いことが実証された。また、倉庫保管米の荷崩れ（とくに紙袋のものが多く）がいたるところで発生し、これによるコンベアなどの運搬機具の破損もみられた。その他園芸施設、ライスセンター、野菜集出荷施設、菌茸類栽培施設などにおいても、破損および機械の移動傾斜などの被害が発生した。

水稻の被害は、泥炭土壌のような軟弱地盤地帯で、苗の埋没、浮き上がり、横倒し、泥水の冠水という形で発生し、植え直しを行わなかった水田では欠株となり収量の減少がみられた。

畜産施設では、盛土部分に設置したものは、地盤沈下による傾きや損壊が一部に発生した。さらに地盤の弱い場所に設置した飼料タンクの破損が多く出ている。その他施設内の給排水や電気施設の故障が相当出た。家畜については、とくにブロイラーが地震衝撃でパニック状態となり一部に圧死が発生した。他の家畜では、地震ショックによる食欲低下や産卵率の低下がみられ、乳牛では、軽い泌乳量の減少がみられたところもある。畜産品では、卵の破損が多く出た。また、食肉処理施設や牛乳処理工場における断水、停電、機械設備の移動、破損により数日間操業停止を余儀なくされたところもあったが、物流の混乱は、転送などを行ったため、さほどではなかった。

養蚕関係は、12箇所の稚蚕共同飼育所で温湿度調整装置の故障、施設の破損が発生した。夏蚕の掲立を目前に控え影響の出ないように、直ちに機械施設メーカーに対し全面的な協力を要請して応急修理を行った。

県内の卸売市場は、中央市場の仙台市中央卸売市場本場（水産物部、青果部、花き部）および食肉市場、地方卸売市場として8市場が配置され（水産物市場を除く）、県民生活への生鮮食料品などの安定的供給を図っているが、今回の地震により災害対策本部設置と同時に、安定的供給の確保を図るため、直ちに県は次の措置をとった。

- ① 青果物、食肉、水産物、食品加工などについて、緊急事態に対する出荷計画により、安定的な供給の確保と価格の安定を期するため関係団体に協力を要請
- ② 卸売市場の10日間（12日～21日）の入荷量の把握、せり状況などの報告要請
- ③ 卸売市場の被害状況の報告

仙台市中央卸売市場は、地方市場に比して施設被害が大きく、さらに電気、ガス、水道の中断により施設の機能が停止した。しかし、13日は中央市場の青果部門、地方市場とも県外物は道路被害などのため到着の遅れで2～3割減となったが、近在物が順調に入荷したため、全体の入荷量はほぼ平常に近かった。「せり」は13日午前6時半から停電しているなかで行われ、買参人が平常の3割減となり、価格は全般的に安値となった。

石造農業倉庫の被害は、予想以上に大きかったことは、上述したとおりであるが、この復旧事業費見込額（新築も含む）は12億5,000万円に達し、県下114農協の自己資本の8.2%に相当する大きなものになり、予定外の支出であるため農協の財務内容に大きな影響を与えた。また、農業倉庫の被害により政府米（自主流通米を含む）の出庫が32,606tに達した。これらのことから、農協は、計画外の固定資産の取得、補修のための借入金金の増加、保管料収入の減少により経営に大きな影響を受けた。

土地改良区については、溜池、頭首工、水路、揚水機などの施設に約79億2,000万円に達する甚大

な被害を被り、激甚災害の指定にならなかったため、災害復旧事業費の35%は受益者負担で、また補助事業対象外（被害額10万円以下）は全額受益者負担で、組合員負担が非常に大きく、その後の円滑な事業推進に支障となった。

(2) 復 旧 対 策

県では、直ちに各農林事務所に「宮城県沖地震農業被害復旧対策相談所」を設置し、被害状況の把握に努めるとともに、農業施設や農家住宅などの復旧対策相談と復旧対策資金の融資制度などのPRを行った。しかし、今回は瞬時に発生した予想外の大地震であり、当面、住民生活関連施設の復旧に主力をおかざるを得なかったため、農業関連施設などの被害の情報収集活動は出遅れの感否めなかった。被害調査、応急工事など復旧対策の一連の作業を短期間に迅速に処理するため、県および出先機関、市町村、土地改良区、それに県外職員の応援も得て総動員体制をとり対応した。

農地、農業用施設の復旧は、法に基づく災害復旧事業として実施されるため、農業団体、市町村、県との連携を密にして手続きが行われ、速やかに復旧工事に着工した。復旧工法は、災害復旧事業の工法が原形復旧を原則としているが、被害の様相は、外見のみでは判断できない要素が多く、また、田植直後のため、溜池、水路など落水できず、施設の被害程度の把握、復旧工法の決定には非常に苦勞した。なお、農林水産省は、今回の地震について、学識経験者をメンバーとした技術調査団を組織して、被害の実態調査、復旧工法、設計施工上の地震対策を検討したが、その結論をふまえてそれぞれ対応している。

県では、農家住宅および農業用施設（共同利用施設を含む）の復旧が急務であることから、そのための融資助成制度を新設した。また、系統連合会である信連、共済連が、会員農協並びに組合員の住宅その他諸施設の災害復旧資金として、それぞれ独自の貸付制度を設けた。農協共済については、農家住宅その他施設で5%以上の被害のあったものに対し、建物更生共済が16,634件、金額にして約23億円、団体火災建物共済が331件、約6,500万円が支払われ、全損以外適用しないとされた地震保険と際立った対照を示した。

(3) む す び

① 農地および農業用施設

瞬時に発生した大地震時には、住民生活関連施設の被害への対応が急務で、どうしても農業関係施設の被害情報の収集が遅れがちである。そこであらかじめ直ぐ対応できる体制を確立し、迅速な被害情報の収集と緊急対策の実施を図る必要がある。

また最近の農村は、作業態様も変化してきたため末端水利施設の管理が十分に行きとどいていない傾向があり、施設などの小破損が思わぬ二次災害を招くことも予想される。

そこで溜池や堤防の亀裂などを発見するために、草刈をしたり堆積物を除去するなど、きめ細かい配慮が必要である。また地震時のみならず常に軟弱地盤上の施設の点検を怠ることなく、さらに農繁期をひかえ、早めに各種施設・設備の試験操作または試運転を行なうなどに留意する必要がある。水路被害の大半が空積コンクリートブロックの崩壊によるものであり、とくに農業用施設は沖積地帯の軟弱地盤上に設置されるものがほとんどであることに留意し、構造物の耐震設計および工法に配慮する必要がある。

② 野菜・花き温室

盛土場所に建設する場合は、基礎パイルなどの打込みを配慮し、鉄骨接合部分についても錆防止措置をとるなど、耐震対策と強度減少防止策を講じる必要がある。またガラス温室のガラス経年変化により強度が減少するので計画的に更新することとし、オイルタンクおよび暖房機内の油漏れによる火災発生を防止するため、自動停止装置などの配慮が必要である。

③ 野菜関係集出荷施設

集出荷施設や冷蔵庫を同一床面に設置する場合は、不等沈下などを避けるため、できるだけ同一基礎上に設置することとし、また肥料、農薬、鉢などをストックする場合は、荷崩れ防止策を講じる。

④ 畜産・養蚕関係

家畜の過度の密飼は避ける。地震による家畜の一時的な不安、動揺については、日常の管理者ができるだけ早く畜舎内を見回り家畜に接する。破損畜舎から他に家畜を移動させる場合も急激な環境変化は避ける。

稚蚕共同飼育所については、土盛部分のてん圧不十分のため地盤沈下し、亀裂が生じたところもあった。今後はこの点に十分注意する必要がある。また、緊急時は機械の調整が難しいので、機械担当責任者とその所在を明らかにしておく。温水ボイラーについては、火災予防のため、感震自動停止装置を取り付ける必要がある。

⑤ 流通市場

市場の公益性が十分認識されており、市場関係者、業界が一致協力して生鮮食料品の安定供給にあたり、価格も安値に推移し、消費者も冷静に行動した。今後とも市場間の連帯意識を強め、県内外の応援体制の強化を推進する。

輸送手段はトラック輸送が多いが、迂回路などの的確な道路交通情報が必要であり、また安定的

な生鮮食料品などの供給確保のため交通混乱時の優先通行について今後関係機関と検討する必要がある。

⑥ 災害緊急融資制度など

今回の地震災害においては、多様な被害形態に対応して、各種の融資制度および利子補給などの助成策が一応有効に機能したと考えられる。しかし、融資希望農家などの状況によっては十分な融資額を受けられず、復興のために泣く泣く農地を手放す者もあった。今後とも被災の状況に応じた融資が効果的、効率的に行えるよう融資の内容および融資枠などについて一層の制度面からの研究が必要であろう。

3 林 業 関 係

(1) 被 害 状 況

林産施設の被害は県内ほぼ全域で発生し、とくに仙台、塩釜、石巻および迫地域での被害が大きかった。製材工場の全壊が1件発生したほか、工場建物、倉庫の損壊、製材機械の移動などによる損傷が発生し、製品についても一部地域切損するなどした。

林産物被害は、箱なめこの破損が一部地域で発生し、雑菌防止のための技術指導に農林事務所の普及員があたった。

林地では、新生崩壊あるいは拡大崩壊が随所に発生、林道では路体の決壊、亀裂、法面崩壊および擁壁、排水施設の損壊などの被害を受けた。さらに、海岸防潮護岸および林地荒廃施設も3箇所、強い震動と地盤沈下のために亀裂損壊した。

(2) 復 旧 対 策

製材工場などの復興を速やかに図るため、県は宮城県沖地震中小企業緊急融資制度による融資措置を講じ、また、被災した箱なめこ栽培業者で融資を希望する者については、農林漁業資金の災害復旧資金をあっ旋した。林地の崩壊については、緊急に崩壊防止の必要のある2箇所について、緊急治山事業を適用し、また、二次災害防止対策のため、関係市町村長に対して、山地災害危険箇所の表示および避難の体制について指導した。国庫補助事業の対象とならない小規模山地崩壊箇所については、県単独補助事業として措置した。林道災害については、とくに林業経営並びに地域の道路交通網として重要な路線を優先して復旧工事を行った。なお、家屋その他の建築物の新築または補修などのため、大量の木材需要が考えられ、その安定供給と価格維持対策のため、県は、6月14

日に宮城県木材組合連合会、宮城県森林組合連合会など木材、林業4団体に協力を要請し、復旧建築用材の在庫は十分であるが、さらに生産地と緊密に連携して供給に支障のないようにすること、価格は現行水準を維持し、便乗値上げはしないこと、改築および補修に必要な資金について県内の木材住宅ローン関係機関は全面的に協力することなどの対応策を協議し、対策を講じた。合板についても同様に卸売先である商社の県内各支店に協力を要請し、なお、林野庁にも商社に対する協力方の要請を行うよう依頼した。

(3) む す び

① 山地崩壊および地すべり対策の推進

山地の崩壊や森林の荒廃などにより流出する土石は、周辺の林地や集落地に大きな災害をもたらす可能性がある。つまり、集中豪雨によって発生する山崩れや地すべりは、大規模な地震によっても同様に発生する可能性がある。本県は、地形、地質の面から山地の崩壊しやすいところが多く、最近では、開発が山地に向かって進展し、山すその地域に人家、公共施設などが増加している。したがって山地に起因する災害は大型化することが予想される。そこで、新しい開発については、防災の観点から、厳しい土地利用の規制と開発技術の指導を行い、大規模土地開発についても、山地崩壊および地すべりに対する安全性を確保するためのアセスメントを義務づけることが必要であろう。

また、森林の過伐によってもこれらの災害は発生しやすくなる。森林は、貯水機能を有し、それが山地保護の役割を果たしている。過去の経験からみても、山地災害は、森林の皆伐地に起きやすいことがわかる。森林の皆伐や過伐を避け、山地保護のための計画的伐採方法を取り入れることが必要であり、また、保安林の指定を推進することも必要であろう。

治山施設についても、十分な地盤調査のうえに耐震性を備えた工法で施工し、危険箇所の把握に努めて治山施設の整備を推進する必要がある。

② 貯木施設の津波対策

今回の地震による津波は幸いにも小規模で、被害は発生しなかったが、過去の大きな津波や台風では、貯木場などの木材が濁流とともに流失し、その衝突などによって建築物や諸施設に多大の損害を与え、被害を大きくした例がある。沿岸の貯木施設では、木材の流出防止のため堅固な防護柵を設置するなど対策を講じる必要がある。

4 水産業関係

(1) 被害状況

水産業関係については、地震の発生に伴う津波、高潮がほとんどなかったことが幸いしたが、気仙沼湾などでは、ごく小さい津波によるカキいかだなどの移動が起こり、軽微な被害がでた。地震の被害は漁港施設や陸上施設に集中した。岸壁、物揚場などの壁体や背後の舗装道路などに亀裂、沈下、ずれが多く発生し、荷揚げに支障が出た。また、閉上および塩釜漁港では、地盤の流動化現象により、岸壁の前倒、陥没、亀裂損壊などの被害が大きかった。直ちに危険でない箇所については、大きな亀裂に充てん材などで応急措置を実施し、荷揚げの確保を図った。水産施設の被害は、協同組合の共同作業場および冷凍冷蔵庫などの共同利用施設に、沈下、亀裂が発生した。また、個人ののり乾燥庫や水産加工工場などにおいても沈下、亀裂が発生した。

(2) 復旧対策

水産業共同利用施設については、災害復旧事業の適用を受け、復旧措置を図った。

民間ののり乾燥庫、水産加工場および漁協の事務所などの被害については、宮城県信用漁業組合連合会に県が原資を預託し融資の確保を図り、また漁業近代化資金および農林漁業金融公庫資金などの融資枠を確保し、制度金融による融資を行った。

(3) むすび

① 養殖施設の津波対策

養殖施設の津波による被害は甚大なものがあり、全く無防備であるといっても過言ではない。現在有効な対策が考案されていないが、何らかの対策を一考する必要がある。

② 漁港施設などの対策

漁港施設や共同利用施設などの陸上施設は、海岸部の軟弱地盤地帯に立地することがほとんどであり、地震によって地盤が流動化現象を起こし被害を大きくした。そこで、基礎コンクリートパイプを基盤まで打ち込むことに留意し、構造物についても耐震性を強化する必要がある。

③ 魚市場の機能維持対策

魚市場は生鮮魚介類の供給基地であり、そこでの水揚げ機能や流通機能は、被災時の食糧確保の点からも非常に重要である。そこで、構造上耐震性を強化するのみならず、水道および電気の供給停

止の場合であっても、魚処理施設や荷役施設の機能が維持できるために自家発動装置の整備が必要である。

5 石油コンビナートおよび港湾の耐震性・安全性

石油コンビナート基地内には、石油、高圧ガスなどの危険性のある物質が大量に貯蔵、取り扱われており、これらの危険物は地震などの災害において、爆発、火災などの災害を起こす危険性がきわめて大きい。そして、ひとたび災害が発生すればコンビナート内部のみでなく、周辺住民の生命財産への危険を及ぼす可能性が大きい。また、コンビナート基地内には、火力発電所、石油ガス製造業、化学工業などが集積しており地域経済活動のエネルギーおよび原材料供給源となっている。これについても、ひとたび災害が起こるとこれら製造工業の操業が停止した場合の地域経済に与える損失も大きい。ここでは今回の地震により、油流出事故のあった東北石油㈱仙台製油所の事故をもとに、石油コンビナート地区の安全対策や課題について検討し、加えて陸上の交通機能が被害を受けたときの代替機能として有利な船舶輸送を可能ならしめる港湾機能の耐震性、安全対策についてふれる。

(1) 石油コンビナート

① 石油コンビナート地区の防災推進組織の現状

石油コンビナートの防災対策の関連法には、石油コンビナート等災害防止法、災害対策基本法、消防法、高圧ガス取締法、労働基準法、毒物および劇物取締法、建築基準法、都市計画法などがある。主たる防災機関は、石油などの危険物規制を行っている消防庁、高圧ガス規制を行う通商産業省、労働災害からの安全確保に関する労働省がある。都道府県および市町村レベルでも、国と同様な組織であったが、昭和49年の水島地区コンビナートの石油流出事故を契機として「石油コンビナート等災害防止法」が制定され、コンビナート地区防災体制の一元化が図られた。これにより石油高圧ガスなどを一定量保有する事業所をかかえる地区は、石油コンビナート等特別防災地区に指定され、都道府県、市町村、国の関係行政機関、事業者および災害応急活動関係機関（消防、海上保安庁、自衛隊、警察）を含めた石油コンビナート等防災本部を設置し、平常の防災体制の強化、発災後の応急対策実施の連絡調整を行うことになっている。この特別防災地区として本県では、今回油流出事故のあった東北石油㈱のある仙台地区、塩釜地区が地区指定されている。石油コンビナート等災害防止法によると、防災本部は防災計画の作成および実施、防災に関する調査研究、情報の収集、伝達、被害想定、災害時の関係機関の実施する応急対策の連絡調整を行うことになっており、災害

発生時の応急措置として統一的な防災活動を実施するため現地防災本部を設置できることになっている。

一方、公的機関とは別に特別防災区域内の特定事業所の防災体制強化のため、防災規程の作成、地区内の防災施設（流出油等防止堤、消火用施設）の設置、自衛消防組織〔防災委員、防災資機材（化学消防車、高所放水車、泡原液搬送車、泡消火薬剤、オイルフェンス、油回収船）など〕の設置および防災管理者の選任が義務づけられている。

（2）流出油事故の概要と問題点

地震により東北石油㈱仙台製油所C-4地区（図V-5-2）に設置されていた10基のタンクのうち、3基のタンク（T217、218、224）が破損し、油が流出、当時これらのタンクに貯蔵されていた重油などの危険物がタンクの周囲に設けられている防油堤を越え、また防油堤下の地盤を洗掘して流出し構内道路などを流れて製油所構内に拡散した。これらの流出油は、構内道路などに設けられている雨水排水溝に流入してガードベースンに至り、当該ガードベースンの海への排水路に設けられている緊急遮断ゲートの隙間を通じて、その一部が海上に流れた。この海上への流出油防止のため、第1次から第7次までのオイルフェンスを展開したが、流出油は第3次のオイルフェンスで防止され、油の海上拡散は防止された。

この事故に対する関係機関の緊急措置および復旧作業などについては、「1978年宮城県沖地震東北石油㈱仙台製油所流出事故の概要」、さらに工学的見地からの事故原因調査については、「1978年宮城県沖地震東北石油㈱仙台製油所石油タンク破損原因調査報告書」（昭54.9.20消防庁、危険物技術基準委員会）に詳しく報告されている。以下事故を通して浮きぼりにされた問題点を指摘し、今後の石油コンビナート基地の安全対策について述べる。

浮屋根式タンクの屋根からの石油溢流、スロッシングによる側板、上部の変形など過去の地震時のコンビナート事故と同様な被害が出たこと並びに昭和49年の水島地区石油コンビナートの事故の際と同様、今回もギロチンダンパーの本来の機能が十分に発揮できなかったことについては十分な検討が要請されるであろう。防油堤、防止堤などの基準はあるが、付帯装置についても基準がないというのは問題である。小さい構造ミスが重大事故につながる可能性が十分あるという観点に立って、基準の設定、さらに日常の点検、指導などについても検討する必要があるのではないだろうか。

今回の地震発生時は被害が同時多発し、住民の生活圏にかかる対策本部の設置が優先されたため、石油コンビナート等現地防災本部が設置されない場合も生じる。この場合、コンビナート内の企業と県災害対策本部間の意思の疎通および関係機関との連絡調整が十分であれば問題はないが、この

点について検討課題を残したのではないだろうか。しかし、今回の地震災害事故にあっては、水島地区石油コンビナート事故の経験が生かされ、オイルフェンス展張が迅速に行われたことによって、被害を拡大せずに済んだことは、ひとつの成果だといわれている。

このような迅速な復旧活動のためには、資機材を格納している倉庫の耐震化はもちろん、平常時からの資機材の準備、関係機関の防災訓練が必要である。これについては被災一周年にあたる、54年6月には県および関係機関などでコンビナートの災害の防災訓練が行われているが、今後ともより密度の濃い訓練がなされることを期待したい。そして、平常時からのコンビナート間の広域応援協定の締結、詳細な資機材のリストアップ、防災診断の実施についても重要となろう。

危険物保安技術協会でまとめた「都市防災システムに関する調査研究」報告書によると今回の宮城県沖地震からの石油貯蔵施設の地震対策および今後の調査課題として次のことを指摘している。

- ① タンク基礎マウンドの耐震性をより高めるために、側板の外傍に鉄筋コンクリートリングを設置
- ② 地震時におけるタンク本体と基礎地盤の同時観測
- ③ 地震時におけるタンク本体と基礎地盤との相互作用を考慮した貯蔵タンクの耐震設計手法の確立
- ④ 防油堤直下の管渠埋設部の補強
- ⑤ 万一の漏油に対しても基礎マウンドが洗掘されないための対策
- ⑥ 側板とマニュラ板内側隅内容接部の補強ならびに材質に関する検討
- ⑦ タンク直径に比べて、高さが高いタンクにしばしば採用される耐震、耐風用アンカーの構造の研究

最後に津波対策についてもふれると次のとおりである。

今回の地震で亀裂損壊がみられたタンクの立地している特別防災区域は、歴史上多大の津波被害を出した地域であることを忘れてはならない。たとえば、869年の三陸地震津波では推定30m以上の津波が襲って当時の「多賀城」が被災し、約1,000人の溺死者を出したと伝えられているし、1611年の地震でも同じ規模の津波で溺死者約1,000人を超え、岩沼付近でも家屋が流出したという。

したがって、宮城県の場合、津波対策を含んだ臨海コンビナート防災対策が必要になる。

そもそも、コンビナート地区は地震や津波に弱い沿岸部に立地しているので、内陸部に補助的な石油貯蔵補給基地を設置することが必要ではないかという指摘も検討に値するであろう。

(3) 港 湾 施 設

① 港湾被害の問題点

今回の地震による港湾の被害は、塩釜、石巻の重要港湾および松島、雄勝、荻浜、金華山の地方港湾の7つで、37億円に達している。船舶海上輸送路は、大量の物資を一度に運搬できるため、遠距離からの救援物資の輸送に便利であり、また、カーフェリーによって、消防車、給水車など災害救助に関する車両を輸送することができる。このような船舶輸送を可能にするためには港湾施設が使用できることが条件となるが、港湾施設は軟弱な地盤上に建設されている場合が多く、予想される被害としては、地震による直接的な被害のほかに津波による被害がある。

地震による被害としては、岸壁、物揚場、防波堤のすべり出し、沈下、亀裂、港湾道路、給水施設などの陥没、亀裂などがある。一方、今回は津波による被害なかったが、予想されるものとして、船舶の陸上への乗り上げによる施設の損壊、木材、石油などの流出による航路、泊地などの機能障害が考えられる。

これら港湾施設の地震対策としては、港湾、漁港の耐震性の検討の推進、陸路の代替路としての緊急時の港湾の整備、被震時の復旧計画のマニュアル化をすすめる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 宮城県：'78宮城県沖地震災害の概況－応急措置と復興対策－（1978.12）
- 2) 宮城県：'78宮城県沖地震災害農業災害の記録（1979. 3）
- 3) 河北新報社：1978・宮城県沖地震 1 カ月の報道（1978. 7）
- 4) 宮城県：東北石油㈱仙台製油所流出油事故の概要－1978年宮城県沖地震－（1978.10）
- 5) 宮城県：1978年宮城県沖地震による高圧ガス施設等被害概況（1978.10）
- 6) 仙台都市圏総合都市交通体系調査協議会：1978年宮城県沖地震による事業所活動への影響調査（1979. 3）

IX 防 災

1 地震の被害と地震動の関係

地震により発生する建築物、公共土木施設、都市供給施設などの被害、いわゆる一次的被害に及ぼす影響としては、一つは加災要因である地震動の特性に関するものと、他は被災要因である施設や構造物の種類や構造、その強度、あるいは地盤の性質や地形などに関係するものとが考えられる。

第一の加災要因である地震動の特性に関しては、被災地点における地震波のもつ最大速度や最大加速度の値が施設や構造物の耐震上重要な意味をもつと考えられているが、計器によるこれらの値の測定資料が十分に得がたいこともあって、被災地点における地震動の激しさ、すなわち震度によって表現されるのが一般である。現在わが国では震度を表わす階級として1949年に中央气象台によって定められた気象庁震度階級が用いられているが、この震度は人体感覚と震害状況から総合的に判断して定められるもので震度Ⅴ以上の地震動は主として震害状況から定められている。

今回の地震の場合、たとえば被災の中心地である仙台市についていうと、仙台管区气象台において専門の担当者が气象台周辺の震害状況から震度Ⅴと判断したものであるから、細部についていえば、この値をもって地盤の状況や構造物の種別などの多様な今回の地震被害が集中して発生した仙台市やその周辺地域の地震の状況を代表しうるものでない。また、震度の判断の基準としている構造物の耐震性が漸次増大するなどの変化もあるので、必ずしも震度と震害との間に整合がみられないことは当然である。したがって被害の激しかった地域では气象台の発表した震度より高い震度、たとえば震度Ⅵであったと考えられることがあっても矛盾はない。

今回の地震に際して被災地域の中で強震計による加速度記録が多くとれたのも一つの特徴といえよう。それらの記録は仙台市の中でそれ程地盤が軟弱といえない地点、すなわち第三紀層の上にある広瀬川河段丘上に広がった仙台市中心街や周辺の丘陵地において観測されたものであるが、これらの地域にある建物の地下においても250～440ガルもの最大水平加速度が測定されている。青葉山にある東北大学工学部の研究棟の9階建鉄骨鉄筋コンクリート造の建物の地階で260ガル、9階で1,040ガルもの水平加速度成分が記録されている。これらの値は既往の地震において観測された加速度の値と対比しても大きかったといえよう。今後震害予測などを行う場合に、従来震度と最大加速度との関係については必ずしも確定されていないが、今回の地震記録などからみても地震の特性などを考慮に入れて、従来用いられている関係について再検討しておく必要がある。

2 構造物や施設の耐震

今回の地震が都市直撃型であるなどといわれるのは、各種の構造物や施設が被害を受けたということにとどまらず、都市化された地域に特有な機能のような無形のものまで二次的に被害を受けたからである。しかし、都市が耐震的であるという基本としては個々の構造物や施設が耐震的であることも重要である。

今回の地震で被害を受けた構造物や施設の種類は広範にわたっている。たとえば、建築物にしても高層の学校やマンションもあり、また、軟弱地盤の地域ではあるが中層の事務所建築もある。さらには仙台市周辺に近年開発された団地の住宅もある。あるいは建築の躯体には大きな被害はなかったが、街路に面した窓ガラスが被損落下した高層建築もある。

今回の地震では、都市供給施設が種々の被害を受けたのも特徴の一つである。地下埋設管渠や変電所施設、市ガス貯蔵施設、貯水槽などが一次的被害を受けているし、道路、橋梁、鉄道などの交通施設、なかでも建設されたばかりの新幹線高架橋や下水道施設、あるいは石油貯溜タンクなども著しい被害を受けた。これらの災害の実態をみると、そのなかには従来予想されなかったような被害もあるが、多くは既往の地震でも経験されたような種類の被害であり、被害を受ける要因、たとえば構造上の問題点や地盤の状況などについては従来からいわれていたようなものも少なくない。いいかえれば、既往の耐震の経験や従来からの研究成果から得られた構造や施設の地震についての基本的事項が忠実に守られていたならば、地震による一次的被害ははるかに軽減できたであろうし、したがって二次的被害の防止も可能であったと思える。すなわち今回の地震は都市直撃型といわれるが、その被害は個々の施設や構造物の被害に関する限り、これまでの地震の際にみられなかったような形式のものもあったが、多くはこれまでの耐震工学に関する知識によってもかなりそれを軽減することや二次被害を防止することは可能なものであった。

3 災害危険度の予測と地震地盤図

今回の地震被害の状況をみると、建築物や公共土木構造物、あるいは都市供給施設（いわゆるライフライン）、とくに地下埋設管路などの被害は、地盤構造の影響を強く受けていることは前述したとおりである。これら地震被害に影響する地盤の状況としては、人工的な造成地のようなごく表層における地盤の土質、密度、強度などの特性と、地震基盤から地表に至る間の地層の種類やその堆積状況、この地盤における地震波の伝播や増幅などに関する特性との両者がある。

前者の特性については、土地の造成やその利用、建築工事の実施などの際の行政上の指導や住民

に対する防災教育などのなかにこれを生かして、ある程度は災害の予防・軽減に資することが可能である。しかし、より重要なのは、都市化が進んでいるなど被災危険性が集中している県内主要地域について、地震災害に大きな影響をもつ地盤の耐震的特性や地盤に関連した地震被害の発生の危険度を明らかにした地震地盤図を作製し、将来の地震対策の基礎資料として活用することである。この地図は、表層地質図や土性図とは異なり、単に地盤を構成する地質や土質の種類、分布やその物理的強度が判定できるというものではなく、たとえば、地下における地震基盤の分布とその深度、地震基盤から地表に至る間の地盤の構成や密度、その地盤における地震波の伝播速度や周期特性、地表の地盤の動特性、さらには既往の地震被害から判断した地震被害の発生危険度なども明らかにしうるので、各種構造物や施設の耐震計画の立案や災害予測に資することができるもので、地震災害の予防対策のうえにきわめて有効なものとなろう。

4 諸学校における地震時の安全確保

今回の地震の発生時刻は、小学校、中学校の下校時刻以後であったため、登校中の小・中学校の児童・生徒の安全確保に関しては問題がなかったが、もし児童・生徒の登校中に大地震が発生すれば、かなり困難な問題になることも考えられる。

在校中の小・中学校の児童・生徒の地震時の安全の確保に関しては、文部省防災業務計画や県教育委員会の小・中学校安全指導の手引などにその大綱が示されている。その内容には

- ① 地震発生時の安全の確保
- ② 被災校舎などからの退避および救助
- ③ 下校時の安全確保の要領または集団避難

の3段階の手段が考えられている。そのうち①、②に関しては、一次的に校内において措置できるが、③に関しては小学校においては原則として家庭からの迎えによって下校させ、中学校においてはグループにまとめて下校させるが、生徒の家またはその地域が危険状態にあれば指導避難場所に誘導し、家庭との連絡に努めるという指導がなされている。しかし、実際には、地震の発生時刻、地震動の強さ、被害発生の状況、たとえば、交通路の被害、交通渋滞の状況、火災の発生、延焼の状況などによっては、すべての児童・生徒の家庭と連絡を保つことは困難であろうし、学校周辺の状況によっては児童・生徒の下校が困難となる場合もあろう。

さらに小・中学校が地域の住民の緊急避難場所に指定されている場合もあるので、地震後校内にとどまっている児童・生徒と学校へ緊急避難して来た住民との間で混乱が生じないような配慮はとくに必要である。

高等学校および大学などの生徒・学生については、小・中学校の児童・生徒に比べて通学距離が長いなどの問題はあるが、その年齢などを考慮すれば、特別の場合のほか教員の指導の下に集団的な行動をとる必要は少ないと考えられる。

5 情報・物資の供給とパニック

大都市域が地震を受けた場合に考えるべき問題はパニックの防止である。大きな地震に際してパニックが起こるのは、単に地震の激しさや被害の激烈さによって住民が冷静さを失うために起こるのではない。幸い今回の地震ではパニックといわれる状態はみられなかったが、パニックが起こるのは、住民という人間の集団が物理的に窮地に追いこまれたり、情報の不足が不安感を増大させたりした場合に、人間の集団のなかに大きな混乱を生じ、遂には社会的あるいは政治的問題にまで発展するものである。

今回の地震においても必ずしも情報の伝達は十分であったとはいえない。災害発生の時刻が夕刻で、官公庁の退庁時刻以後であったこともあり、災害時を考慮して設置されている防災行政無線は大きな役割を果たしたとはいえるものの、地震直後に設置された県災害対策本部と対応すべき市町村のなかには十分に作動しないものもあり、県全体の被害情報の収集に支障をきたしたところもある。

また、現在の都市においては電話のもつ情報伝達機能が重要であることはもちろんである。電話の受けた直接の地震被害は、既往の地震の経験などを生かし、交換機、蓄電器などの重要施設が耐震的考慮が払われていたので電話の機能障害は無かったといってもよい。しかし、仙台市を中心とする市内および市外通話は、地震発生直後からパニック状態、いわゆる異常輻湊状態になり、RCIE（規制対地識別装置）による規制措置が、地震発生直後から一部の時間帯については2日後の6月14日まで行われた。これは地震直後は、仙台市およびその周辺地域で家族や親戚、知人などの安否を確かめるために輻湊状態が始まり、夕刻のテレビニュースで仙台市内の局所的な激甚な被害状況が全国に報道されるや、全国各地の主要市外回線から仙台に向けての通話が集中したためである。このため行われたRCIE（規制対地識別装置）の規制適用エリアは、東京、福岡に及び、このような大規模な規制措置の適用は今回の地震が最初のケースといわれる。なお、電話の規制（不通）があったこともあり電報も輻湊し、仙台の着信電報は平常の約20倍の7万通に達した。

このように電話による交信が不能となったため、ラジオが情報伝達に大きな役割を果たした。県警警備本部および交通管制センターで集約された交通情報は、道路交通情報センターからラジオを通じて市民や運転者に伝えられたほか、NHKラジオでは電話連絡のとれない団体や個人についての安否の情報を流し、人心を安定させ、パニックの防止に役立ったと考えられる。

上述のような各種情報の不足のほかに、生活必需物資の供給が円滑を欠くこともパニック状態発生の原因となる。今回の地震の後においても、仙台市内において缶詰食品類、インスタント食品、パン類、乾電池、電気コンロなどの電気器具、ポータブルガスコンロやガスボンベなどを始め、生活必需物資の買いだめを始めたため、一部の物資については短時日の間品不足が生じたが、関東地方との間の幹線道路の交通が確保されていたことと被災地域の規模が大きくなかったことのために、長期にわたり供給不足というような事態にならず、パニックには至らなかった。しかし、仙台よりさらに大規模な都市化の進んだ地域においては、今回程度の地震災害を受けてもより激しい混乱が発生することも考えられる。すなわち、都市防災の見地から都市の防災安全度を高めるためには、都市規模の抑制が重要な方策であろう。

6 地震に伴う火災

大正12年の関東大震災の経験に照らすまでもなく、我が国の地震被害において一番恐れられているのは、地震によって火災が発生し、その延焼によって大きな災害となることである。このことは、我が国の都市の大部分が可燃性の建築の集合から成ることを考えるとある程度は止むを得ないとされている。

しかしながら、今回の地震の際、火災の発生は県内で11件で、きわめて少なかったといえる。目立ったのは大学などにおける化学実験室からの発火や市ガス製造工場の有水式ガスホルダーの火災などであった。

学校の化学実験室に発生した火災は、幸い建物が不燃性の建築であったこともあり、広範囲に延焼することもなかったが、火災の原因となった化学薬品や危険物の取り扱いに関しても、棚から落下したり、倒壊することに対しより深い注意が払われていれば、発火は防止できたであろう。現に今回の地震より約4か月前に発生した地震の後にその地震の経験に基づいて適正な措置を行った化学実験室で発火を防止し得た事例もある。これらの化学実験室やガス工場の火災を含めて、火災の発生はわずか11件と異常に少なかった。しかもそれらの火災は延焼したものがなかった。

従来、火災に比較的弱い我が国の都市を大地震が襲うと、その都市が火災のために壊滅的打撃を受け、また、多くの人命が失われるなどのことが心配されていたが、今回の地震では火災による被害は著しく軽微であった。今回の地震発生の時刻は夕食の準備時よりやや早かったため、地震の激しさは、仙台市などでは家屋の被害のない場合でも家財や室内の設備の多くが転倒する程の大きさであったにもかかわらず、火災の発生がきわめて少なかった。このような種々の幸運に恵まれたこともあるが、一般の住民の防災への努力があったのもその一因であろう。すなわち、本震の約8分前

に前震とみられるかなりの震度（大般渡、宮古では震度Ⅲ、仙台では震度Ⅱ）の地震があり、火気の点検や停止を行った者が多かったこと、暖房を使用していない時期であったこと、さらに地震の際、在宅の住民が積極的に消火に努力したことなどによるものと思われる。このように一般の住民が消火に努力したことは、負傷者のうち、火傷を負った者が主婦に集中していることから推察できる。

なお、地震発生とともに停電によって多くの交通信号機の機能が停止したことによって、仙台市やその周辺地域では、夕刻の交通ラッシュとも重複し、交通混雑によって道路上の車両は身動きができない状態になった。こればかりでなく通信網の混乱とも相まって、地震直後には、消防車や救急車の出動などに支障があり、十分な機能を発揮できなかったことは今後反省すべき問題である。

我が国の都市、とくに大都市がかなり大きな地震を受けた場合、被災地域や発震の時刻などによって差はあろうが、地震による火災の発生や延焼の状況が今回の仙台市などにおける例のように、火災発生件数が少なく、延焼もないなどということは考えられない。とくに、都市化が一層進んだ地域やより規模が大きい都市が被災した場合や、震度が大きく水道施設などが使用不能になった場合などのことを考慮すると、やはり地震火災は我が国の都市防災上の最大の問題であろう。

7 負傷者とその救急医療

今回の地震においては、宮城県内において死亡者27人、重傷者262人、軽傷者10,700人という建築などの物的損害に対してもかなり高い割合で人的損害が発生した。これらの人的損害のうち、死亡者についていえば、今回の地震の際、安全性が問題となったコンクリートブロック塀の倒壊による死亡者を始め、屋外において死亡した者は全死亡者の70%に及び、家屋の倒壊などによって屋内で死亡した者に比べて圧倒的に多く、屋外の死亡者は、年齢的にみて幼児および高齢者が多かったのも特徴の一つである。

これに対し、負傷者の発生は、屋外に比して屋内におけるものが圧倒的に多く、全負傷者のほぼ80%にも及ぶと推定されている。負傷の原因は、家具や器具の倒壊、床上に散乱したガラス破片、棚や家具の上などの高所からの落下物によるものが多かったが（全数のほぼ2/3）、その中数%は入院して加療し、90%近くの負傷者は医院や病院に通って治療している。

以上の状況から判断すると、一般の住民の従来の防災についての考えの中には、家屋の倒壊とか、屋根瓦や看板その他の落下物による負傷は恐れられていたが、今回のような震度Ⅴ～Ⅵ程度の地震に際しては、従来ややもすると軽視されていた倒壊した家具や器具、棚や家具の上などの高所からの落下物、またそれらから散乱したガラスの破片によるなど屋内に負傷の原因が多く存在している。

これらの原因のうち、かなりのものは、倒れやすい家具や器具を壁面などに固定するとか、棚や家具の上には落下しやすい重量物をのせないなど、常識的で比較的簡単な耐震的な措置を採ることによって除去できると考えられる。

さらに、地震時の負傷者の医療問題についていえば、我が国の都市では、医師が大規模病院に集中せず、自宅や自営の医院で開業している医師が多く分布していることは、防災上かなり有利な医療体制であるといえる。しかし、一般の住民には、「けが人は外科医へ」という平常の考えが作用して、今回の地震のような場合でも、多数の軽傷者を含む負傷者が外科の専門医の所を集中して訪れ、重傷者でない限り外科的応急処置の可能な外科以外の専門医師のもとには負傷者があまり訪れないということがあったといわれている。これらは防災教育のうえからも留意すべき問題である。

8 地震予知

地震発生の日時、場所および地震の強さが予知できれば、地震災害の軽減に有効であることはいうまでもない。したがって、地震予知は、世界の地震国の科学者の間では、目下の重要な研究テーマとして取り上げられている。地震の予知は現在のところ完全に実施できるという段階にはないが、遠くない時期にこれが実用化されることは夢ではないと考えられている。

我が国の全域にわたって地震予知を行い得るためには、日本列島全域について各種の観測を行うことが必要であるが、地震予知連絡会においては、過去に大地震があり、あるいは最近はその発生を見ていない地域、活断層が集中して存在している地域、地殻変動が活発化している地域、社会的にとくに重要な地域などを特定観測地域や観測強化地域と定めて集中的な観測を実施している。そのほか国としても将来地震予知情報が提供された時の対応を定めた大規模地震対策特別措置法も制定して、防災の面にも力が注がれている。

このように大規模地震対策特別措置法が制定された現況から、一般の住民の中には地震予知が現在ではかなりの正確さをもって行われ得るものとする者も少なくない。近年地震発生の機構が明確になってきており、一般に前記の集中的に諸観測が行われている観測強化地域内において、 $M8$ 程度の巨大地震が発生するような場合には地震の予知も可能であると考えられている。しかし、我が国においてはこのことは未経験のことである。したがって、防災の面に資するため、全国いずれの地域においても、また、それほど大きくない被害地震についても、地震の予知が可能であるという段階には未だ到達していない。もちろん、この専門に関係する多くの科学者や技術者が地震の予知に関連する研究を進めているので、有効な予知の方法が確立され、予知の正確さが年を追って高まり、地震予知が防災に貢献する日も遠くないであろう。

しかし、ここで強調しておきたいのは、地震予知が正確に行える日がきたとしても、地震予知は地震災害の防止軽減上大いに役に立つであろうが、万能ではないことである。予知だけでは防災の効果をあげることはできず、構造物や施設の耐震および耐火化の推進と広く地震の影響する地域で生活し、活動する人々に対して正しい、しかも十分な防災教育が行われて始めて防災の実があがるものであろう。

9 防 災 教 育

地震防災上、防災教育が重要であることは前述したとおりである。一口に防災教育といっても、小・中学校を始め諸学校で実施する学校教育もあれば、地域住民に対して自治体などが行ったり、企業内で行われる社会教育、その他新聞、放送などによって広く行われる一般的な教育など、被教育者、教育の内容、教育の手段方法など著しく多様である。

防災教育の実施に当たり重要なことは、防災教育の実施に当たる教員や社会教育の指導者自らが、単に指導書の内容などを被教育者に伝達するのみにとどまらず、教育内容について深い知識と理解を得たうえで教育に当たるべきであろう。この意味から防災教育に当たる指導者の教育がまず重要であろう。また、教育の手段方法についても単に口伝えによるのみでなく、スライドや映画の利用、実験、振動台による振動の体験などをあわせて実施し、しかも繰り返して実施する必要がある。また、教育の内容には、各人や各家庭などで日常措置しておくべき地震防災対策、地震時の心がまえや行動要領などばかりでなく、地震の発生、地形や地盤に応じた地震動の特性、主要な被害の特徴や対策など地震防災の基本に関するような事項も含めることが必要である。

ところで防災教育の効果について一例をあげると、今回の地震に際しては前述のように火災発生の件数が異常に少なく、かつ延焼をみなかったのは、地震が激しくなかったことにもよるが、一つは防災教育の効果によるものともいえよう。被災地域の住民が地震に伴って発生する火災の恐しさや地震に際して防火のためにとるべき措置などについての知識がかなり徹底していたことは、地震後に行われた種々の調査の結果や、今回の地震の際、火元の始末のために火傷を負った者がかなりいたことから、防災教育の効果があがっていたと考えられる。もっとも今回の地震の被災地域の住民に対して、地震防災教育が他の地域よりとくにまさって行われていたということではない。この防災教育は、必ずしもこの地域における学校教育や社会教育の成果というのではなく、近年我が国の南関東や東海地方に大地震の発生する危険性が高まっているといわれるために、この地域に限らず、我が国の地震多発地域の住民の間に、地震の際に発生する火災に対する関心が高まり、防火、消火についての知識が普及したという一般的な教育の効果と考えることが妥当であろう。

他方、住民が防災対策について誤った認識をもち、今後防災教育によって一層改善されなければならない事例もある。大規模地震対策特別措置法に関連して行われたあるアンケート調査によると、警戒宣言が発せられた段階では40%の住民が避難行動を起こし、2/3の人が移動するといわれている。しかも、避難行動をすると答えた人のなかには、この段階で強制的に避難させられると考えているものも多い。これは、地震防災訓練のなかで避難訓練が強調して行われたり、街角に緊急避難場や避難路を示す標識が多数設けられていることに基づく誤解であろう。地震の際の避難は、津波などの場合を除いて、一般には火災の延焼などの危険がある場合に初めて行われるべきもので、警戒宣言の段階から多くの人々の移動を助長し、二次的災害の拡大を生じるようなことは、防災教育の徹底によって防止しなければならない。

なお、防災対策の教育について、マスコミ、とくに新聞は大きな効果をあげている。近年、新聞の地震に関するニュースや文化・教養欄などにおける解説記事の内容は、科学的でかつ正確になってきており、これらの記事が防災教育に果たす効果も見逃すことはできない。しかし、新聞の性格からいって、これらの記事は断片的な場合が多く、継続的でないためにせっかくの教育効果を十分にあげていないのは惜しむべきことであろう。

10 防災都市の建設にむけて

今回の地震の特徴は、前述してきたように、典型的な都市型災害をもたらしたところにある。

仙台市民意識調査（東北大学調査研究グループ）によれば、このことについてはほぼ市民の合意が形成されているとみてよい。しかし、市民の意識のレベルにおいては、都市化の進行にともなう社会的な都市問題であると認識しているにもかかわらず、他方、その災害を人災か天災かという点でみると、市民の多くは天災であるとしている。また、その責任についても、それを個人に結びつけて自然災害として処理しようとする傾向が強い。

しかし、一般的にいって、こうした地震災害の特徴をもつかぎり、人身被害にせよ、物的損害にせよ、単純に天災あるいは自然災害と断定しきれない側面が多いことに着目しなければならない。今回の地震災害においても、ブロック塀の倒壊による死亡事故の多発、造成団地に集中した家屋や建物の被害などのように、防災という観点が欠落したこれまでの都市化の進行がもたらした予期せぬ災害の数々を指摘することができる。これらの事実を冷厳に直視するならば、今回の地震災害を単純な自然災害あるいは天災と考えて、そこにすべてを還元してしまうことはできない。

とりわけ今回の地震災害の全体像をとらえて、そこから一般的な教訓を導き出す立場からすれば、あくまでも地震災害を社会的レベルにおける人為災害として理解し評価することが重要である。そ

の観点にあつことによってはじめて、総合的な防災対策の必要性を積極的に提起し得るからである。同時に、防災都市の建設という、いわば都市の再開発を含めた都市開発の根幹に防災という視点をすえた都市づくりの基本的方向を提案できるからでもある。

地震災害を昔ながらの天災としか受けとめないならば、「天災は忘れたころにやってくる」といわれてきたように、災害の責任の所在が判然としないまま、従来の状態がそのまま放置されてしまうであらう。

ここでいう責任とは、行政や業者の法的責任に限られるのではない。住民個人が自らの生活について負う倫理的責任にまでも及ぶ広範なものである。このように個人にまで責任が及ぶとしても、都市型災害は人災の要因が多く、それゆえに都市づくりのレベルで、程度の差はあるにせよ、ある程度防止できるという積極的姿勢を住民一般に普及し、行政も業者も共にその積極的姿勢を保有する必要がある。こうした前提がないところに、総合的な防災対策の実施や防災都市の建設という問題提起はあり得ないし、結実への一步を踏み出すことはできない。さらに、人災という認識を共同にすればこそ、国や地方公共団体をはじめ、都市づくりに関連する諸企業や関係住民が、それぞれの責任を分担しあいながら地震に強い都市をいかにして創出していくのかという方途もまた、明確になし得るはずである。

防災都市の建設には、いうまでもなく、地震そのものの実態を究明し、これに対処する体制を整備し、とくに土木・建築構造物などの耐震性を高め、ライフラインのような都市機能の保全に万全の対策を具備する等々のことが重要不可欠である。しかし、今回の地震に関する総合的評価の過程で明らかになった教訓の一つは、広義の都市機能の問題であった。それは都市住民の生命・財産・生活のすべてを災害から守る「社会的システム」の作動という意味での都市機能についてである。この「社会的システム」は、絶えず姿と仕組みを変えつつ成長する都市のダイナミックな発展過程自体の内側にビルド・インされているべきものでもあらう。また、地震発生時に直ちに作動開始する狭義の防災システムは、いわゆる予知体制とともに、このなかに包括されるべきものである。したがって、それは制度として、また組織として現在の社会体制を貫ぬく経済的合理性と法や行政と深いかかわりをもたざるを得ないし、住民に支持され住民をとりこんだものでなければならない。そうした「社会的システム」の重大性が主張されるにいたったのである。この主張は、近代都市の機能と安全にとって欠くことのできない土木・建築構造物の被害の個別的解明のみではその実像を必ずしも描出できなかった都市型災害への新しい問題提起といえよう。

80年代、それは「住みよさ」を住民が追求する時代であり、この住民の志向に国や地方公共団体がいかにかきたえるかが問われる時代である。これまでの経済的合理性や効率性あるいは生活的

利便性のみの直接的な追求にかかわって、それらを顧慮しながら、住民の主体的な定住条件としての住み心地のよさを重視し、住民ひとりびとりの人間性の追求を可能ならしめる社会と文化の創造のためのトータルな場をつくり出すことが、まさに時代の要請である。そこに住むことに自信と誇りをもち、そこには人びとが住みたくするような魅力が実在するという意味での「快適」という価値が実現されている地域を、人々は希求している。その「快適」を底辺で支えるのは、いうまでもなく「安全」と「健康」という価値への強い志向である。価値観が多様化している現代においての「価値の見直し」の進行は、「健康」と並んで、「安全」実現への要求とその必要の程度をいよいよ高めていくことにちがいない。

このような現代的な状況の下にあって、今回の地震が、防災都市の建設の新たな視点として、制度的かつ組織的分野のあることを明示し、しかも人間的領域への注目をうながし、広義の防災上の「社会的システム」を考究する契機を与えたとすれば、かつての関東大震災が都市火災の恐ろしさを教訓として残し、十勝沖地震が「鉄筋コンクリートの神話」を崩したといわれているのと同じように、その歴史的意義はきわめて大きいといわなければならない。この歴史的意義を確認し、防災都市の建設にむけて着実な歩調を早めていくことこそ、緊急の今日的課題である。

宮城県沖地震関係文献一覧

(東北大学附属図書館)

地震と地震動

1978年宮城県沖地震調査報告

気象庁

東京 同庁 昭53.12

114p. (気象庁技術報告95号)

地震火山概況・No171 (1978年6月)

気象庁観測部地震課

東京 同課 昭和53.7

15p.

1978年宮城県沖地震に関する地震津波速報

気象庁仙台管区气象台

仙台 同气象台 昭53.6

21 p. 付正誤表 (昭和53年防災業務実施
状況報告・第2号)

仙台管区異常気象報告・58号

気象庁仙台管区气象台

仙台 同气象台 昭和53.8

16 p.

強震速報No15—1978年6月12日宮城県沖地震—

強震観測事業推進連絡会議

桜村 (茨城県) 国立防災科学技術センタ
ー 昭和53.7

15p. 付図2枚

地震の概要 (特集・宮城県沖地震)

岩崎 敏男, 川島 一彦, 常田 賢一
橋梁と基礎, 12巻12号 pp. 1~5
(昭53.12)

地震波の解析 (特集・宮城県沖地震)

福島 文男

鉄道建築ニュース, 347号 pp. 36~38
(昭53.11)

宮城県沖地震の特性

鈴木 次郎

日本の科学者, 13巻 pp. 634~640 (昭53.12)

特集・日本の災害

地震予知より井戸の整備を

竹内 均

科学朝日, 38巻9号 pp. 81~86 (昭53.9)

地震学会講演予稿集・昭和53年度秋季大会
(1978, No.2)

地震学会

東京 同会 昭53.10

179 p.

日時: 昭和53.10.11~10.13

場所: 名古屋大学教養部

内, 関係分: A-04, 29~41, 45, 53

56 i ~ ii

C-25, 40

海底地震計による宮城県沖地震の余震観測・II
—青葉山観測網で決められた震源位置との比較—

松浦 充宏 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 - A04)

1978年6月12日宮城県沖地震の通信調査

茅野 一部

(地震学会講演予稿集1978, No.2 - A29)

宮城県沖地震と隣接地域への影響について

平岩 幸雄

(地震学会講演予稿集1978, No.2 - A30)

海底地震計による宮城県沖地震の余震観測・I

山田 敏彦 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 - A31)

1978年宮城県沖地震—余震観測—

増田 徹 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A32)

宮城県沖地震前の異常調査

亀井 義次

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A41)

最近の東北地方の顕著な地震活動

植木 貞人

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A45)

1978年宮城県沖地震—余震のスペクトル解析—

武村 雅之 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A33)

1978年 6月12日宮城県沖地震・速報

海野 徳仁

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A33)

1978年 6月12日早宮城県沖地震・速報

海野 徳仁

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A34)

1978年 6月12日宮城県沖地震の余震の震源分布

海野 徳仁

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A35)

1978年 6月12日宮城県沖地震の発生機構

瀬野 徹三 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A36)

宮城県沖に予想される地震について

瀬野 徹三

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A37)

深発地震面に沿う地震破壊の伝播—宮城県沖地震—

南雲 昭三郎

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A38)

1978年宮城県沖津波とその近海の津波活動

羽鳥 徳太郎

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A39)

1978年宮城県沖地震に伴った津波の数値実験

相田 勇

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A40)

伊豆大島近海および宮城県沖地震に関する地下水位, 温泉温度の前兆現象について

平賀 士郎

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A53)

地震予知の可能性と測定方法〔1978年伊豆大島近海地震と宮城県沖地震〕—地中水平地電位, 地中垂直地震測定について—その1・2

川口 正人

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — A56

i, ii)

震源の確率モデルと宮城県沖地震の最大加速度

平沢 朋郎 他

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — C25)

強震の主要動の継続時間

吉田 弘・勝又 護

(地震学会講演予稿集1978, No.2 — C40)

地震災害一般

'78宮城県沖地震災害の概況—応急措置と復興対策—

宮城県総務部

仙台 同部 昭53.12

135p.

1978年宮城県沖地震災害概況—昭和53年 6月12日, 17:14発生, M7.4—

宮城県

仙台 同部 昭53.10

17p. 図版1枚

宮城県沖地震の報告

仙台市震災対策本部

仙台 同本部〔昭53. 7〕

〔12 p.〕

宮城県沖地震の概要－中間報告－

仙台市震災対策本部

仙台 同本部 昭53. 6
15 p.

部内資料

1978年宮城県沖地震被害の概要

建設省東北地方建設局

仙台 同局 昭53. 7
78p.

部内資料

1978年宮城県沖地震の被害と教訓

－仙台市とその周辺－

建設省東北地方建設局営繕部

仙台 同部 昭53. 8
138 p.

1978年宮城県沖地震の被害と教訓－仙台市とその周辺－

建設省東北地方建設局営繕部

東京 営繕協会 昭53. 11
138 p.

昭和53年 6月12日宮城県沖地震災害記録

建設省東北地方建設局仙台工事事務所

仙台 同所 昭53.
11 p.

1978年宮城県沖地震による災害－現地調査報告－

植原 茂次 他

桜村（茨城県）国立防災科学技術セン
ター昭53.10

82p.（主要災害調査 第15号）

1978年宮城県沖地震に関する東京都調査団報告

東京都

東京 同都 昭53. 6
14p.

1978年宮城県沖地震調査報告

埼玉県

浦和 同県環境部消防防災課 昭53.

8

52p.

1978年 6月12日宮城県沖地震被害調査報告

応用地質調査事務所 浦和研究所

東京 ㈱応用地質調査事務所

昭53.10

97p. 付図 4 枚

O Y O社内資料

’78宮城県沖地震－その記録と教訓－

河北新報社

仙台 同社 昭53. 6
48 p.

宮城県沖地震の教訓

日本通運株式会社東北支店

仙台 同支店 昭53. 7
5 p.

1978年 6月宮城県沖地震被害調査速報

建設省土木研究所 第一次調査団

土地技術資料, 20巻 pp.422～433（昭53.
8）

「1978年宮城県沖地震」被害報告・第一報

土地学会誌編集委員会（倉西 茂）

土地学会誌, 63巻 9号 pp.82～87（昭53.
8）

ニ ュ ー ス

1978年宮城県沖地震の被害調査報告・概報

東京大学生産技術研究所（久保 慶三郎
他）

生産研究, 30巻 pp. 411～427（昭53. 11）

1978年宮城県沖地震災害調査報告

日本建築学会 構造標準委員会

建築雑誌, 93集1144号 pp. 33～47（昭
53.12）

1978年宮城県沖地震報告

土木学会東北支部1978年宮城県沖地震
調査委員会

土木学会誌, 63巻13号 pp.56～70（昭53.12）

1978年宮城県沖地震による鋼構造物の被害調査報告

日本鋼構造協会鋼構造物震害対策調査団
日本鋼構造協会誌 (JSSC), 14巻153号
pp. 1～56 (昭53.)

内容:

1. 宮城県沖地震の概要, 志賀敏男
2. 被災地域の地盤の概要, 河上房義
3. 鉄骨建築の被害, 内山和夫 他
4. 橋梁の被害, 倉西茂・小沢健作・川村友見
5. 容器の被害, 北村勝英
6. 配管(水道およびガス管路)の被害, 中島隆
7. 電力設備の被害, 高久修太郎
8. 調査にあたって

宮城県沖地震の概況―被害調査結果・国県市町村の
とった措置・今後の対策―(宮城県沖地震の総括)

宮城県沖地震災害復興対策室
近代消防, 16巻13号 pp. 28～40(昭和53.12)

今後の震災対策に貴重な教訓残した宮城県沖地震―
一現地の惨状を視察した政府調査団の語る大震対策―
(政府調査団座談会)

四柳 修 他
近代消防, 16巻13号 pp. 12～27 (昭53.12)

概要と特徴 (特集・宮城県沖地震)

上田 周明
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 9～13
(昭53. 11)

1978年宮城県沖地震による被害のようす

柳沢 栄司
土と基礎, 26巻8号 pp. 89～91, 口絵
写真2頁 (昭53. 8)

1978年宮城県沖地震

蝦名 晃郎
道路, 451号 pp.38～43 (昭53. 9)

地震雑感 (特集・宮城県沖地震)

原 弘道
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 14～16
(昭53. 11)

1978年宮城県沖地震による被害 (グラビア)

東京大学生産技術研究所
生産研究, 30巻11号 pp. 1～8 (昭53.11)

(特集・宮城県沖地震―口絵)

鉄道建築協会編集部
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 6～8
(昭53.11)

恐怖の都市型地震―その惨状の全記録1・2

(1978年宮城県沖地震・グラビア)
近代消防, 16巻13号 pp.91～96,
179～186 (昭53. 12)

宮城県沖地震による被害の実態

建設省建築研究所
カラム, 71号 pp. 4～40 (昭54. 1)

1978年宮城県沖地震報告

宮城県土木部砂防課
砂防と治火, 11巻3号 pp.18～25, 口
絵写真 (昭53.11)

“欠陥”の証明―危険と隣合わせの都市生活―

(特集・宮城県沖地震の教訓・I)
政経東北 (編集部)
政経東北, 7巻8号 pp. 10～16 (昭53. 8)

都市全体の空間的安全性―必要とされる都市施設
の“余裕”と“逃げ”― (特集・宮城県沖地震
の教訓・II)

材野 博司
政経東北, 7巻8号 pp.17～23 (昭53. 8)

原始生活を強いられた仙台市民―'78宮城県沖
地震から近代都市は何を学ぶべきか?―

政経東北 (編集部)
政経東北, 7巻7号 pp.88～93 (昭53. 7)

宮城県沖地震で泣いた人笑った人ー被害額は県
下で2,000億円を上回るー

東北財界（編集部）

東北財界, 4巻3号 pp. 3～6, 24～27
（昭53. 8）

宮城県沖地震・特集

河北年鑑・昭和54年版 pp.63～73（昭53.
11）

宮城県沖地震の教訓

玉手 統

工業教育（JSEE）, 26巻2号 pp. 15～
19（昭53.10）

'78宮城県沖地震の被害記録からー昭53.
6.12, 17時14分・M7.4ー

防災, 57号 口絵写真（昭53. 9）

1978年宮城県沖地震災害について

菅原 済・猪股 義祐・伊藤 整史

防災, 57号 pp. 50～57（昭53. 9）

宮城県沖地震ノート

小林基夫

防災, 57号 pp. 40～49（昭53. 9）

1978年宮城県沖地震

宮城県広報協会

グラフみやぎ, 3巻2号 pp. 3～13（昭53.
6）

1978年宮城県沖地震

原田 秀雄

気象, 257号 pp. 10～12（昭53. 9）

宮城県沖地震に思う

川越 昭

近代消防, 16巻8号 pp. 154～157
（昭53. 8）

宮城県沖地震について（校長随記一思いつくま
まに・17）

四柳 修

近代消防, 16巻8号 pp.158～161
（昭53. 8）

宮城県沖地震ーその時私は……ー（ミニミ
ニ・インタビュー）

近代消防, 16巻8号 pp. 151～153（昭53. 8）

予想外の被害続出／恐怖の都市型災害ードキュ
メント・宮城県沖地震ー

全国加除法令出版株式会社東北支社

近代消防, 16巻8号 pp. 133～138
（昭53. 8）

東日本に大地震・M7.5各地で被害続出ー1978年
宮城県沖地震の被害概況ー（速報）

近代消防, 16巻8号 pp. 129～132
（昭53. 8）

M7.5の恐怖／死傷者1,199人ー1978年宮城県沖
地震ー（カラーグラビア）

近代消防, 16巻8号 pp. 139～141
（昭53. 8）

1978年宮城県沖地震の体験と教訓（特集）

気象庁仙台管区気象台技術部調査課 編

東北技術だより, 94号 pp. 1～41（昭
53. 9）

最近の天変地異と災害の発生ー特に宮城県沖地
震をかえりみてー

中本 至

建設月報（建設省広報）, 31巻8号
pp. 23～33（昭53. 8）

宮城県沖地震の教訓

上田 康二

建築士, 27巻312号 pp. 7（昭53. 9）

宮城県沖地震の経験から学ぶものーてい談・藤
井陽一郎・庄司幸助・浅見善吉ー

- 文化評論 編集部
文化評論, 209号 pp. 106~133 (昭53.9)
- 宮城県沖地震の教訓
跡部 進一
ヒシサークルニュース, 34号 pp. 2~9
- 宮城県沖地震について〔東北特集・座談会 第1部〕
びるちんぐ, 111号 pp. 17~50, 口絵写真 (昭53.11)
- 地震と私の体験
渡辺 義夫
びるちんぐ, 111号 pp. 67~69 (昭53.11)
- あの時
男沢 裕
びるちんぐ, 111号 pp. 67 (昭53.11)
- 第15回・自然災害科学総合シンポジウム講演論文集
文部省特別研究自然災害科学総合研究班
〔福岡 同班 昭53〕
622 p.
日時: 1978. 10. 20~10. 21
場所: 九州大学工学部・農学部内, 関係分: No. 4, 49, 99~113, 194
- 1978年宮城県沖地震について
佐武 正雄
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 4)
- 仙台市都市圏の地盤の安定性に関する地質学的研究
北村・信 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 49)
- 宮城県沖地震のアンケート調査による震度について
- 三浪 俊夫 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 99)
- 1978年 6月12日宮城県沖地震の通信調査による被害・震度等の分布
茅野 一郎
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 100)
- 地震に伴う人間行動を中心とした調査——1978宮城県沖地震——
大橋 ひとみ・太田 裕
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 101)
- 宮城県沖地震による・震度分布の特徴
村井 勇 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 102)
- 1978年 6月12日の宮城県沖地震における地盤災害——主として液状化現象について——
陶野 郁雄 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 103)
- 丘陵地の宅地造成と地震被害——1978年宮城県沖地震における仙台付近の例——
田村 俊和 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 104)
- 宮城県沖地震にみられた地盤と構造物の被害について——仙台市卸町地区の場合——
鎌田 輝男・小堀 鐸二
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 105)
- 1978年宮城県沖地震による建築構造物の被害
中村 武 他
(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No. 106)

1978年宮城県沖地震災害調査・その1ー加速度分布と橋梁の被害ー

古川 浩平 他

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.107)

1978年宮城県沖地震災害調査・その2ー河川堤防・港湾構造物の被害ー

佐藤 忠信 他

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.108)

1978年宮城県沖地震における港湾災害について

西沢 勝・岩崎 敏夫

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.109)

1978年宮城県沖地震による仙台市の都市供給施設の震害とその復旧)

増井 由春・片山 恒雄

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.110)

宮城県沖地震被害報告ーガス・水道管など被害と土地条件ー

小林 芳正 他

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.111)

1978年宮城県沖地震によるガス埋設管の被害について

岸野 佑次 他

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.112)

宮城県沖地震による上下水道の被害調査

石橋 良信 他

(第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.113)

1978年宮城県沖地震に伴った津波について

真野 明・岩崎 敏夫

(第15回額然災害科学総合シンポジウム講演論文集, の内No.114)

建 築 ・ 設 備

1978年宮城県沖地震被害調査報告書(速報)

建設省建築研究所

東京 建築研究振興協会 昭53. 6
153.10p.

1978年宮城県沖地震設備被害調査報告速報

空気調和・衛生工学会宮城県沖地震被害調査団

空気調和・衛生工学, 52巻 pp. 825~832
(昭53. 9)

宮城県沖地震(53年2月及び6月)における建築物のガラスの破損状況調査結果とその対策

板硝子協会

東京 同会 昭53. 7
10p.

宮城県沖地震による塀の被害の統計的調査報告

田代 侃・四戸 英男

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号
pp. 85~88 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

情報処理の安全対策ー宮城県沖地震の被害と地震対策ー

日本電子計算機株式会社技術部技術課

東京 同社 昭53. 8
48p.

1978年6月宮城県沖地震による学校建築の被害概況調査報告

東京大学工学部建築学科・東京大学生産技術研究所・千葉大学工学部建築学科 合同調査団

〔東京〕〔東大・工・建築学教室〕昭53.
7.12, 214 p.

1978. 6.12. 宮城県沖地震被害調査報告

日本建築学会中国支部構造委員会

広島 同委員会 昭53. 9
22 p.

第2回建築構造研究懇話会資料

'78宮城県沖地震による東北工業大学の建物施設の被害調査報告書

東北工業大学災害対策学内本部施設被害調査委員会

仙台 同委員会 昭53. 8

172 p. 附図95枚

部内資料

宮城県沖地震被害状況調査報告書

建築業協会

東京 同会 昭53. 9

142 p.

'78宮城県沖地震建物被害状況

日本国有鉄道構造物設計事務所

構造物設計資料, 56号 pp. グラフ 3 ~ 5
(昭53.12)

1978年宮城県沖地震の被害調査報告 一主として鋼構造物を対象として

鋼材倶楽部

東京 同部 昭53. 8

133 p.

宮城県沖地震の被害調査報告

奥村組

大阪 同組 昭53. 7

26 p. 付図

部内資料

建築研究所調査が描き出した被害の実態と問題点(宮城県沖地震)

日経アーキテクチュア編集部

日経アーキテクチュア, 62 (1978. 8. 7)

号 pp. 46~55

建築設計・施工上の問題点を提起—地震被害調査結果より—(宮城県沖地震の総括)

建設省建築研究所

近代消防, 16巻13号 pp. 133~147

(昭53.12)

宮城県沖地震に遭遇し建築物を考える

志賀 敏男

学士会会報, 741号 pp. 28~32 (昭53.

10)

宮城県沖地震の建築物被害について

志賀 敏男

予防時報, 115号 pp. 13~18 (昭53.10)

「都市直撃型」の爪跡を見る—最大加速度 "1 g" の記録どう生かす—(現地報告・宮城県沖地震)

志賀 敏男

日経アーキテクチュア, 61 (1978. 7. 24)
号 pp. 35~39

宮城県沖地震を思う

内山 和夫

東北大学学報, 993号 pp. 9~11 (昭53. 10)

「6・12宮城県沖地震は高度成長時のヒズミを突いた」—内山和夫氏(東北大学教授)が語る建築防災工学の視点—

内山 和夫(聞き手: 蜂谷 真佐夫)

日経アーキテクチュア, 61 (1978. 7. 24)
号 pp. 16~19

宮城県沖地震における建物の被害

広沢 雅也

建築技術, 325号 pp. 95~99 (昭53. 9)

1978年6月12日宮城県沖地震による建築物等の被害—その1—

広沢 雅也・杉村 義広

建築技術, 326号 pp. 91~107 (昭53. 10)

1978年6月12日宮城県沖地震による建築物等の被害—その2—

広沢 雅也 他

建築技術, 327号 pp. 83~106 (昭53.11)

最近の地震にみられる諸障害について

日本建築学会

建築雑誌, 1141号 pp. 45~46 (昭53. 9)
昭和53年度日本建築学会秋季大会予稿抄録

1978年宮城県沖地震の被害について・速報

渡辺 丹
建築の施工, 147号 pp. 19~28
技術 (昭53. 8)

宮城県沖地震・レポート

材野 博司・橋山 知見
新建築, 53巻 9号 pp. 110~112 (昭53. 8)

あいつぐ地震の建築被害とその反省

谷 資信
建築界, 27巻 8号 pp. 26~29 (昭53. 8)

1978年宮城県沖地震による建築被害をみて

野村 設郎・井口 道雄
建築界, 27巻 8号 pp. 30~38 (昭53. 8)
速報・宮城県沖地震

宮城県沖地震における建物の被害

井上 博
建築技術, 325号 pp. 101~112 (昭53. 9)

仙台市内の建物被害 (特集・宮城県沖地震)

北沢 章・大熊 勝寿
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 17~19
(昭53.11)

仙鉄局管内の建物被害 (特集・宮城県沖地震)

内池 準
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 20~22
(昭53.11)

仙台駅と高層アパート (特集・宮城県沖地震)

原 弘道・谷井 和男
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 23~27
(昭53.11)

仙台運転所 (特集・宮城県沖地震)

町田・重美・北岡 英明
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 28~30
(昭53.11)

長町資材倉庫 (特集・宮城県沖地震)

加藤 仁

鉄道建築ニュース, 347号 pp. 30~33
(昭53.11)

東北鉄道学園寄宿舍 (特集・宮城県沖地震)

山田 一信
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 33~35
(昭53.11)

仙台鉄道管理局庁舎建物の応答解析 (特集・宮城県沖地震)

蓮田 常雄・国弘 仁
鉄道建築ニュース, 347号 pp. 38~40
(昭53.11)

「玄関が開かない！」・盲点だった「唯一の避難口」—初体験の高層住宅が示す非構造への配慮不足— (現地報告・宮城県沖地震)

日経アーキテクチュア (田辺昭次)
日経アーキテクチュア, 61 (1978. 7.24)
号 pp. 40~45

1978年 6月12日宮城県沖地震における木造建物の被害

金谷 紀行
建築技術, 327号 pp. 109~120 (昭53. 11)

震度5に反省迫られた木造住宅耐震性の証明—
“万一”のための重要ポイントはここに—
(宮城県沖地震)

飯塚 五郎蔵
日経アーキテクチュア, 62 (1978 8. 7) 号
pp. 40~44

“砂上の楼閣”まざまざ・地盤軽視の現実に警鐘—軟弱対策に建築・地質・地震の総合研究を— (宮城県沖地震)

守屋 喜久夫
日経アーキテクチュア, 63 (1978. 8.21)
号 pp. 48~53

1978年宮城県沖地震の教えるもの—特に地盤災害について

大平 成人

土と基礎, 26巻9号 pp. 1～2 (昭53.9)

宮城県沖地震による仙台市周辺の家屋被害と地形・速報—地震環境の把握のために—

中田 高

地理, 23巻9号 pp. 87～97 (昭53.9)

設備被害にもまざまざ・やるべきこと軽視のむくい—高架水槽・設備機器に基盤の弱さ目立つ— (宮城県沖地震)

木内 俊明

日経アーキテクチュア, 64 (1978.9.4)

号

pp. 118～122

塀・家具・ガラス等の地震対策案の作成報告書
建築研究振興協会

東京 同協会 昭53.3

62 p.

ガラスの破損調査結果と今後の対策 (宮城県沖地震の総括)

板硝子協会

近代消防, 16巻13号 pp. 148～153 (昭53.12)

1978年6月宮城県沖地震におけるコンクリートブロック壁の被害と今後の対策について
—特にガソリンスタンドの防火コンクリートブロック壁について—

田中 礼治

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号

pp. 89～92 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年6月宮城県沖地震における仙台市内の小・中学校の被害調査および今後の問題点について その1—

田中 礼治

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号

pp. 93～96 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年6月宮城県沖地震における仙台市内の

小・中学校の被害調査および今後の問題点について —その2—

田中 礼治・大芳賀 義喜

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号

pp. 97～100 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年6月宮城県沖地震における仙台市内の小・中学校の被害調査および今後の問題点について —その3—

田中 礼治・大芳賀 義喜

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号

pp. 101～103 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

“十勝沖”以来の泣き所・せん断破壊, 今回も一学校建築三例の被害実態と建築計画— (現地報告・宮城県沖地震)

日経アーキテクチュア (竹内 章元)

日経アーキテクチュア, 61 (1978.7.24)

号

pp. 46～49

見せた電算機耐震の後進性・「固定」「移動」両説が対立 —地震で転倒, “福島事故”に見る甘えの構造— (宮城県沖地震)

日経アーキテクチュア (久留宮 金一)

日経アーキテクチュア, 65 (1978.9.18)

号

pp. 34～38

宮城県沖地震でぐらりコンピュータのショック度 —こんなにある地震災害で改めて問われる安全性に関する問題点—

寺沢 康夫

学習コンピュータ, 9巻10号 pp. 28～31

(昭53.10)

宮城県沖地震におけるコンピュータの被害とその復旧状況

地方自治情報センター

地方自治コンピュータ, 8巻7号 pp. 65～

66 (昭53.7)

情報処理の安全対策 ―宮城県沖地震をふりかえって―

田口 孝弘

地方自治コンピュータ, 9巻2号 pp. 11～21 (昭54. 2)

〔写真及び解説〕(現地報告・宮城県沖地震)

日経アーキテクチュア編集部

日経アーキテクチュア, 61 (1978. 7.24) 号
p. 50

M7.4 1978. 6.12宮城県沖地震

建設新聞社

仙台 同社 昭53. 7

〔31 p.〕

建設新聞・特集

地震後で注目の構造分科会 ―前面に踊り出た社会・経済的視点での言及 (日本建築学会秋季大会に拾う) ―

日経アーキテクチュア (細野 透)

日経アーキテクチュア, 69 (1978.11.13) 号
pp. 47～50

「非構造部材」の耐震性 ―宮城県沖地震のもうひとつの教訓―

本真 勇造

日経アーキテクチュア, 67 (1978.10.16) 号
pp. 143

問題点多い二次部材―宮城県沖地震の教訓―

渡部 丹

近代消防, 16巻9号 pp. 76～79 (昭53. 9)

宮城県沖地震の被害状況と地盤特性

奥津 春生

土と基礎, 26巻12号 pp. 11～17 (昭53.12)

宮城県沖地震における建築物の被害

志賀 敏男

土と基礎, 26巻12号 pp. 19～24 (昭53.12)

宮城県沖地震における盛土の被害

河上 房義・浅田 秋江・柳沢 栄司

土と基礎, 26巻12号 pp. 25～31 (昭53.12)

宮城県沖地震による被害建物の記録 (仙台)

飯塚 五郎蔵

建築士, 27巻312号 pp. 35～39 (昭53. 9)

宮城県沖地震の教えるもの・座談会

〔建築士 編集部〕

建築士, 27巻312号 pp. 8～14 (昭53. 9)

水道用鋼管の耐震設計 ―宮城県沖地震における被害の分析と技術上の提案―

宮島 信雄

スチールデザイン, 185号 pp. 36～39 (昭53.10)

宮城県沖地震に於けるクローザージョイントー調査報告書 (昭和53年6月12日宮城県) ―

日本ヴィクトリック㈱

東京 同社 昭53. 8
21 p.

宮城県沖地震にみるFRP高置水そうの現状

小美野 英男

ヒンサークルニュース, 34号 pp.113～190

被害を大きくした無理な宅地造成 ―望まれる個人住宅の救済策―

古田 義弘

政経東北, 7巻9号 pp. 32～36 (昭53. 9)

宮城県沖地震被害を見て (二つの目・No.12)

大島 和義

公共建築 (pb), 20巻2号 pp. 66 (昭53.11)

ライフライン

1978年宮城県沖地震による被害とその対策の記録

仙台市水道局

仙台 同局 昭53.10
58 p.

'78宮城県沖地震災害報告
通商産業省仙台通商産業局公益事業部
仙台 同部 昭53. 7
54 p.
部内資料

宮城県沖地震ガス施設被害調査報告書
通商産業省 ガス事業大都市対策調査会
地震対策専門委員会
〔東京〕 同委員会 昭53.12
118 p.

1978年宮城県沖地震災害報告書
東北電力㈱
仙台 同社 昭53.12
152 p.

'78宮城県沖地震・簡易ガス関係報告書
仙台簡易ガス協会
仙台 同会
22, 表 2 枚, 2 p.

宮城県沖地震・簡易ガス事業関係被害調査団報告書
日本簡易ガス協会宮城県沖地震簡易ガス事業関係被害調査団
東京 同協会 昭53. 9
61 p.

宮城県沖地震による下水道施設の被害
栗林 宗人, 安藤 茂
土木技術資料, 20巻 pp. 549~554(昭53.11)

宮城県沖地震による下水道施設被害速報
西田 哲夫
下水道協会誌, 15巻171号 pp. 76~80
(昭53. 8)

宮城県沖地震を体験して
松屋 嘉男
日本の水道鋼管, 11巻 2 号 pp. 66~71
(昭53.10)

宮城県沖地震による水道施設の被害について
鈴木 繁
公衆衛生情報みやぎ, 22号 pp. 16~20
(昭53.10)

ライフライン(電気・水道・ガス)被害の実態
—都市型地震の諸問題を提起—〔宮城県沖地震
の総括〕
仙台市ガス局

近代消防, 16巻13号 pp. 99~107
(昭53.12)

通 信

マグニチュード7.4—'78宮城県沖地震の記録—
日本電信電話公社東北電気通信局仙台統制
電話中断所
仙台 同所 昭53.11
106 p.

都市圏における災害と情報
—1978年宮城県沖地震を中心に—
日本電信電話公社東北電気通信局経営調査
室
仙台 同室 昭53.10
174 p. (経営費料53— 4)

交 通

昭和53年 6 月宮城県沖地震—地震災体験速報
建設省東北地方建設局仙台工事事務所
仙台 同所 昭53. 6
41 p.

宮城県沖地震を顧みて・座談会
建設省東北地方建設局道路部
建設とくほく, 9 巻 pp. 338~348
月報
(昭53. 9)

'78宮城県沖地震鉄道被害状況
日本国有鉄道構造物設計事務所
構造物設計資料, 55号グラフ(昭53. 9)

東北新幹線コンクリート桁支承部の耐震設計

日本国有鉄道構造物設計事務所
構造物設計資料, 56号 pp. 18~22(昭53.12)

宮城県沖地震道路橋被害状況

日本国有鉄道構造物設計事務所
構造物設計資料, 55号グラフ(昭53.9)

宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧
— 鉄道の部 —

谷内田 昌熙
橋梁, 14巻10号 pp. 2~10(昭53.10)
特集・地震災害, 耐震対策

宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧
— 道路の部 —

山本 茂樹
橋梁, 14巻10号 pp. 11~16(昭53.10)
特集・地震災害, 耐震対策

道路および鉄道における被害状況 — 鉄道の被害と復旧 — (特集・宮城県沖地震)

宮崎 修輔
橋梁と基礎, 12巻12号 pp. 14~19
(昭53.12)

宮城県沖地震をふりかえって

安田 昌司
鉄道線路, 26巻 pp. 507~510(昭53.10)

宮城県沖地震と直轄国道の管理

山本 茂樹・納 宏
道路, 451号 pp. 36~38(昭53.9)

道路および鉄道における被害状況 — 直轄国道の被害と復旧 — (特集・宮城県沖地震)

納 宏
橋梁と基礎, 12巻12号 pp. 6~13(昭53.12)

道路および鉄道における被害状況 — 高速道路の被害と復旧 — (特集・宮城県沖地震)

児島 啓三
橋梁と基礎, 12巻12号 pp. 20~26(昭53.12)

宮城県沖地震に考える

中沢 茂仁

土木技術資料, 20巻 pp. 441~442(昭53.9)

宮城県沖地震と耐震設計基準の再検討

岡本 舜三
橋梁, 14巻10号 p. 1(昭53.10)
巻頭言

海路および鉄道における被害状況 — 宮城県における橋梁被害 — (特集・宮城県沖地震)

藤本 俊郎
橋梁と基礎, 12巻12号 pp. 26~32
(昭53.12)

河川・海岸・砂防施設

1978年6月12日宮城県沖地震による河川構造物等被害状況・写真集

建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所
石巻 同所 昭53.7
108 p.

1978年宮城県沖地震直轄河川関係災害概要報告

建設省東北地方建設局河川部
建設
青報
とうほう, 9巻 pp. 406~418(昭53.10)

宮城県沖地震と河川災害

渡辺 重幸
河川, 387号 pp. 17~27(昭53.10)

商工・金融業

1978年宮城県沖地震による高圧ガス施設等被害概況

宮城県商工労働部工業立地調整課
仙台 同課 昭53.10
25 p.

東北石油㈱仙台製油所流出油事故の概要 — 1978年宮城県沖地震 —

宮城県
仙台 宮城県総務部消防防災課
昭53.11
62 p.

1978年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地の建物全数被害調査 ―その1―

志賀 敏男 他

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号
pp. 105~108 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地の建物全数被害調査 ―その2―

志賀 敏男 他

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号
pp. 109~112 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地の建物全数被害調査 ―その3―

志賀 敏男 他

日本建築学会東北支部研究報告集, 32号
pp. 113~116 (昭53.11)

日本建築学会東北支部昭和53年度第一回研究発表会

1978年宮城県沖地震―印刷業界の被害報告―
宮城県印刷工業組合・仙台印刷工業団地協同組合

仙台 同組合・同協同組合 昭53. 9
17 p.

宮城県沖地震による工業用水道施設の被害と対策

斎藤 定雄

東京 日本工業用水協会〔昭53. 8〕
42 p.

昭和53年度第2回工業用水・排水ゼミナール

どう生かす広域災害の教訓・座談会

日本金融通信, 2840号 (昭53. 8. 28)

「地震保険」の仕組みと問題点〔特集・宮城県沖地震の教訓・III〕

堀村 勝美

政経東北, 7巻8号 pp. 24~25 (昭53. 8)

「1978年宮城県沖地震」の概要と当行の被害および対応について

七十七銀行総務部

仙台 同部 昭53.10
42 p.

農林・水産業

宮城県沖地震への対応策総まとめ

仙台市経済局農林部農政課

仙台 同課
部内資料

宮城県沖地震に伴う農家関係被害状況

仙台市経済局農林部農政課

仙台 同課
部内資料

教育・研究

1978年宮城県沖地震 ―わたくしたちの体験記―

宮城県・宮城県教育委員会

仙台 宮城県総務部宮城県沖地震災害復興対策室・宮城県教育委員会教育庁行政課 昭53.11

43 p.

公立教育施設の被害と復旧状況 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)

宮城県教育庁行政課

教育宮城, 28巻7号 pp.38~40 (昭53. 10)

学校における地震対策 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)

宮城県教育庁保健体育課

教育宮城, 28巻7号 pp. 34~37 (昭53. 10)

忘れまい, あの日のことを ―1978年宮城県沖地震〔写真集〕―

宮城県教育委員会

教育宮城, 28巻7号 pp. 1~4 (53.10)

宮城県沖地震に学ぶ (特集・宮城県沖地震に学ぶ)

- 平澤 朋郎
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 12~17 (昭53.10)
- 臨時休校とその対策 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
仙台市立鹿野小学校
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 18~19 (昭53.10)
- 宮城県沖地震時の本校児童生徒の実態—アンケートのまとめ—
宮城県立盤学校 (菊地清治)
仙台 同校 昭53. 7
8 p.
- アンケート調査に見る聴覚障害児の体験 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
宮城県立ろう学校
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 20~21 (昭53.10)
- 宮城県沖地震に関するアンケート調査
仙台市立函南高等学校 (小原 淳)
仙台 同校 [昭53]
8 p. 付図
- 生徒の心理状態とパニック抑止 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
仙台市立函南高等学校
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 22~24 (昭53.10)
- 平常授業への努力と避難訓練 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
泉市立南光台小学校
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 25~27 (昭53.10)
- 取材を通じて感じたこと (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
小林 正美
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 28~29 (昭53.10)
- 二号校舎さん, さようなら (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
浅野 芳博
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 29~30
- (昭53.10)
- 全壊したわが家 (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
大井川 昭廣
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 30~31 (昭53.10)
- その時, 学校にいた私は…… (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
佐藤 昌市
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 31~32 (昭53.10)
- 万一の備え (特集・宮城県沖地震に学ぶ)
有川 佳子
教育宮城, 28巻 7 号 pp. 32~33 (昭53.10)
- 震度 5 に弱かった研究施設 (トビックス)
科学朝日 (鈴木 俊策)
科学朝日, 38巻 9 号 pp. 32~33 (昭53. 9)
- '78宮城県沖地震と図書館
桜井 伝
びぶろす, 29巻 pp. 218~226 (昭53.10)
- 宮城県沖地震と附属図書館
東北大学附属図書館
東北大学附属図書館報・木道子, 3巻 2号 pp. 3~5 (昭53. 7)
- 地震と図書館—東北大学附属図書館からの報告—
長尾 公司
大学図書館研究, 13号 pp. 33~46 (昭53.11)
- 地震と図書館用家具—東北大学附属図書館の事例—
長尾 公司
丸善ライブラリーニュース, 113号 pp. 12~13 (昭54.winter)
- 宮城県沖地震被害の予備調査報告—図書館での被害状況—
本田 明
丸善ライブラリーニュース, 113号 pp. 12~

13 (昭54. winter)

宮城県沖地震と東北大学の被害状況 一座談
会・地震と大学ー

日本物理学会誌編集委員会

日本物理学会誌, 33巻 pp. 863~872
(昭53.10)

地震災害の教訓 ー災害はいつどこで起るか判
らないー 1・2

吉川 孔敏

文教ニュース, 448号 pp.11~13(昭53.7)
449号 pp. 9~10(昭53.7)

宮城県沖地震と東北大学の被害状況 ー理学部
化学教室の場合ー

桜井 英樹

日本物理学会誌, 33巻 pp. 861~863
(昭53.10)

地震と東北大学化学教室

桜井 英樹

科学, 48巻 pp. 568~573 (昭53. 9)

速報・化学実験室の地震

池上 雄作

化学と工業, 31巻 pp. 558~560
(昭53.)

化学実験室の地震対策 ー宮城県沖地震の教訓
を生かしてー

池上 雄作

化学と工業, 31巻 pp. 1001~1005 (昭
53.12)

宮城県沖地震と化学教室

荻野 博

ぶんせき, 1978 pp. 660~663 (昭53.)

化学研究室と地震

現代化学編集グループ

現代化学, 89号 pp. 26~29 (昭53. 8)

化学実験室の地震対策ー宮城県沖地震の教訓ー

吉田 忠雄 他

化学の領域, 32巻 pp. 753~758 (昭53.
10)

宮城県沖地震と生物・化学関連研究室

化学と生物編集部

化学と生物, 16巻 pp. 519~522
(昭53.)

宮城県沖地震と東北大学の被害状況 ー理学部
物理教室の場合ー

大塚 泰一郎

日本物理学会誌, 33巻 pp. 859~861
(昭53.10)

地震の被害 (宮城県沖地震・その時アイソト
ープ施設は?)

森田 右

Isotope news, 289号 p. 18 (昭53. 7)

地震と遭遇 (宮城県沖地震・その時アイソト
ープ施設は?)

塩川 孝信

Isotope news, 289号 p. 18 (昭53. 7)

3つの教訓 (宮城県沖地震・その時アイソト
ープ施設は?)

山田 正

Isotope news, 289号 pp. 18~19 (昭53.
7)

ドラムが踊る (宮城県沖地震・その時アイソト
ープ施設は?)

金友 高史

Isotope news, 289号 p. 19 (昭53. 7)

マグニチュード7.5体験・貴重な教訓 (宮城県沖
地震・その時アイソトープ施設は?)

斎藤 勝

Isotope news, 289号 p. 19 (昭53. 7)

地震だ!! こんな盲点が……

吉居 命

Isotope news, 295号 pp. 38~39 (昭
54. 1)

医療・社会福祉施設

宮城県沖地震における仙台医療圏の被災状況
—昭和53年6月12日17時14分発生—

仙台市医師会
仙台 同会
7 p.

宮城県沖地震医療関係調査の概要

藤咲 暹
公衆衛生情報みやぎ, 21号 pp. 21~24
(昭53.9)

被災病院はどう対処したか・宮城県沖地震被害
病院を回って(宮城県沖地震レポート)

上林 三郎・倉持 一雄
日本病院会雑誌, 25巻9号 pp. 21~29
(昭53.9)
近代消防, 16巻13号 pp. 69~90
(昭53.12)

地震がきたらまず患者の安全を—ポンベや消火
器の置き場所に注意—(インタビュー)

長浜 正雄
日経メディカル, 7巻9号 pp. 12~15
(昭53.8)

宮城県沖地震における仙台医療圏の被災状況・
特集

仙台市医師会
仙台市医師会報, 171号 pp. 2~7
(昭和53.9)

宮城県沖地震を体験して

森 泰明
公衆衛生情報みやぎ, 21号 pp. 19~20
(昭53.9)

宮城県沖地震(体験記)

白取 剛彦・斎藤 紀行
公衆衛生情報みやぎ, 21号 pp. 18~19
(昭53.9)

看護職は反射的に患者のもとへ—宮城県沖地震
の体験から—

吉田 ますよ
看護, 30巻9号 pp. 84~86 (昭53.9)

宮城県沖地震の体験に学ぶ

看護〔編集委員会〕
看護, 30巻9号 pp. 口絵1~7 (昭53.9)

宮城県沖地震と保健婦活動

大石 よ志い 他
看護, 30巻9号 pp. 81~83 (昭53.9)

宮城県沖地震と保健婦活動

及川 芳枝
公衆衛生情報みやぎ, 21号 pp. 17~18
(昭53.9)

家具・機器の固定をしっかりと—防火の基本は火
災報知器の設置—(地震・火災対策)

日経メディカル
日経メディカル, 7巻12号 p. 100
(昭53.10)

宮城県沖地震によって発生したと思われる内科
的疾患

當麻 忠・山形 敏一他
日本医事新報, 2851号 pp. 29~31
(昭53.12)

宮城県沖地震における救急医療

安田 恒人
宮城県医師会報, 395号 pp. 453~457
(昭53.12)
〔第3回医政科学学会・シンポジウム3〕

防 災

1978年宮城県沖地震防災懇談会の概要

宮城県総務部
仙台 同部 昭53.11
24 p.
部内資料

宮城県沖地震の報告

仙台市消防局

仙台 同局 昭53. 6

51 p.

部内資料

1978年宮城県沖地震調査報告書

東京消防庁防災部防災課

東京 同課 昭53. 8

51 p.

宮城県沖地震における消防機関の活動状況について

消防庁消防課

日本消防, 31巻10号 pp. 19~23

(昭53.10)

地震発生と同時に全消防力をあげて対処(宮城県沖地震の総括)

仙台市消防局

近代消防, 16巻13号 pp. 69~90

(昭53.12)

宮城県沖地震の報告—震災対策の概要—(宮城県沖地震の総括)

仙台市消防局

近代消防, 16巻13号 pp. 41~68

(昭53.12)

1978年宮城県沖地震震災の防災担当者からみた実態と問題点

仙台市南自衛消防連絡協議会, 仙台市危険物安全協会南支部

仙台 編者 昭53.11

48 p.

震災座談会から

いかに恐ろしいか、地震による都市災害—防災担当者から見た震災の実態と問題点・座談会(1978年宮城県沖地震)

仙台市南自衛消防連絡協議会, 仙台市危険物安全協会南支部(主催)

近代消防, 16巻13号 pp. 108~132

(昭53.12)

見たり聞いたり宮城県沖地震・座談会

大澤 胖 他

予防時報, 115号 pp. 30~40 (昭53.10)

都市型地震と今後の震災対策—宮城県沖地震の教訓と課題—(特別座談会)

近代消防, 16巻 9号 pp. 50~63

(昭53. 9)

緊急災害時における都市の防災システム

—新潟地震と宮城県沖地震との比較でみる—

黒田 正典

政経東北, 7巻 9号 pp. 37~40

(昭53. 9)

公共施設の防災計画と震災対策

近代消防, 16巻13号 pp. 361~421

(昭53.12)

内容: 東京瓦斯KK, 日本電信電話公社, 東京電力KK, 日本国有鉄道, 帝都高速度交通営団, 東京都交通局, 東京モノレールKK, 首都高速道路公団, 日本道路公団, 東京都水道局, 日本赤十字社, NHK

市民生活

宮城県沖地震特別相談のまとめ

仙台市市長室相談課

仙台 同課 昭53. 6

18 p.

部内資料

都市の生命線が守れた仙台“ふんばり”の秘密はどこに—建研調査が描く「1ヶ月の揺れ」と災害の全体像(宮城県沖地震)

日経—アーキテクチャ編集部

日経—アーキテクチャ, 68(1978.10.30)

号 pp. 84-90

地震—宮城県泉市黒松団地336戸の場合—

暮しの手帖社

暮しの手帖, 56号 pp. 5-20 (昭53.10)

報 道

1978宮城県沖地震1ヶ月の報道

河北新報社

仙台 同社 昭53. 7

145 p.

災害と地域放送—宮城県沖地震に遭遇して—

田村 紀雄

放送批評, 117号(12巻) pp. 30-33

(昭53. 7)

宮城県沖地震報道を顧りみて・仙台民放四社座談会(特集・地震報道)

星野 春人 他

月刊民放, 8巻9号 pp. 4-13 (昭53. 9)

地震予知情報の特徴と放送媒体の対応(特集・地震報道)

柳川 壽郎

月刊民放, 8巻9号 pp. 18-23 (昭53. 9)

余震情報事件と社会心理—情報の特異性と放送の役割—

真田 孝昭

月間民放, 8巻9号 pp. 24-28 (昭53. 9)

宮城県沖地震における放送設備の被害状況(特集・地震報道)

東北放送技術局, 東北放送放送実施局

月刊民放, 8巻9号 pp. 14-17 (昭53. 9)

「安心報道」という標的—宮城県沖地震とラジオ—

小沢 爽

放送文化, 33巻10号 pp. 24-29

(昭53.10)

宮城県沖地震における放送設備の被害とその対策・1

NHK東北本部技術部

放送技術, 31巻 pp. 899-903 (昭53.11)

宮城県沖地震における放送設備の被害とその対策・2

東北放送技術局

放送技術, 31巻 pp. 904-907 (昭53.11)

世 論 調 査

「1978年宮城県沖地震」アンケート調査結果の概要

宮城県広報課

仙台 同課 昭53. 7

103 p.

「宮城県沖地震」についてのアンケート調査結果表

宮城県生活環境部消費流通課

仙台 同課

7 p.

部内資料

宮城県沖地震に関する調査—第1回集計結果—

東北工業大学工学部建築学科佐賀研究室,

仙台市消防局北・南消防署

仙台 編者 [昭53]

18 p.

部内資料

NHK世論調査「宮城県沖地震」

NHK世論調査所, NHK東北本部

仙台 NHK東北本部 昭53. 7

22 p.

「1978年宮城県沖地震」に関する世論調査の報告

ビデオリサーチ
VIDEO RESEARCH DIGEST, 123号
(昭53. 7)

宮城県沖地震アンケート調査集計表 (昭和53年
8月2日調査)
(仙台ビルディング協会)
仙台 同会
3 p.
部内資料

1978年宮城県沖地震被害アンケート調査結果報告

復建技術コンサルタント(株)
仙台 同社 昭53. 9
11 p. 付図
部内資料

「1978年宮城県沖地震」を県民はどううけとめたかー地震アンケート調査の結果からー
宮城県広報課
日本消防, 31巻10号 pp. 36~45
(昭53.10)

「1978年宮城県沖地震」は県民はどううけとめたかー地震アンケート調査の結果からー
安田 昭治
都近府県展望, 241号 pp. 40~45
(昭53.10)

その時, 91パーセントの人が歩行不能にー県民行動アンケート調査の概要ー (宮城県沖地震の総括)

宮城県広報課
近代消防, 16巻13号 pp. 154~171
(昭53.12)

調査有効サンプルの精度ー全国視聴率・宮城県沖地震調査ー

高宮 義雄・杉山明子
文研月報, 28巻11号 pp. 34~40
(昭53.11)

行 政

地震災害復旧の手引

宮城県
仙台 同県 昭53. 6
28 p.

宮城県沖地震に関する実態調査

行政管理庁東北管区行政監察局
仙台 同局 昭53.10
77 p. 資料22 p. (管内参考報告書)
部内資料

宮城県沖地震に遭って

[宮城県総務部職員厚生課]
樺・職員厚生, 20号 pp. 9~14
(昭53. 9)

宮城県沖地震と共済組合のかかわり

針生 重雄
公済時報, 29巻 8号 pp. 20~25 (昭53. 8)

地震予知について (国の大地震対策)

萩原 尊禮
近代消防, 16巻13号 pp. 172~178
(昭53.12)

予知, 事前等の震災対策と今後の課題 (国の大地震対策)

国土庁
近代消防, 16巻13号 pp. 187~192
(昭53.12)

短期地震予知の実用化に本格的に着手ー第四次地震予知計画案ー [国の大地震対策]

測地学審議会
近代消防, 16巻13号 pp. 196~205
(昭53.12)

震災対策の現況ー資料編付ー (国の大地震対策)

消防庁
近代消防, 16巻13号 pp. 212~360
(昭53.12)

大規模地震特別措置法と震災対策（国の大地震対策）

国土庁

近代消防, 16巻13号 pp. 193～195

（昭53.12）

道路の防災・震災対策について〔国の大地震対策〕

藤井 達也

近代消防, 16巻13号 pp. 206～210

（昭53.12）

補 遺

(宮城県総務部震災対策室)

'78宮城県沖地震の実態＝住民等の対応および被害の実態調査報告＝：宮城県（昭54. 6）

1978年 6 月宮城県沖地震による橋梁震害調査報告書：宮城県土木部道路建設課（昭53.10）

建築物宅地被災概要（中間報告）：宮城県（昭53. 9）

1978年宮城県沖地震アンケート調査結果の概要：宮城県＜消防防災課無線係＞（昭54.12）

'78宮城県沖地震，農業災害の記録：宮城県農政部（昭54. 3）

'78宮城県沖地震，公共土木施設等被災写真集：宮城県土木部（1979. 3）

'78宮城県沖地震，公共土木施設被災報告書（中間報告）：宮城県土木部（昭54. 1）

あの時私は、昭和53年 6 月12日宮城県沖地震に遭遇して：宮城県石巻教育事務所（昭54. 5）

1978年宮城県沖地震対策について：1978年宮城県沖地震非常災害対策本部（昭53.11）

都市型災害警備の教訓～1978. 6 .12宮城県沖地震～：宮城県警察本部（昭53. 8）

'78宮城県沖地震「災害の記録」：仙台市（昭54. 6）

'78宮城県沖地震「被害実態と住民対応」 仙台市（昭54.12）

宮城県沖地震とガス復旧の記録：仙台市（昭53.12）

1978年宮城県沖地震災害報告書：東北地方建設局（昭54.11）

1978年宮城県沖地震 東北石油仙台製油所石油タンク破損原因調査：消防庁（昭54. 9）

'78宮城県沖地震：宮城県大和町（昭53. 9）

1978年宮城県沖地震災害の概況＝処理と復興状況＝：鳴瀬町（昭54. 6）

マグニチュード7.4のとき私は一全国各自治会からの見舞金に対するお礼として－：宮城県公団住宅自治会協議会（1978. 12）

地震保険の改定－地震保険と1978年宮城県沖地震－：ジュリスト No698（1978）

地震災害と市民生活（放送による東北大学開放講座）：東北大学教育学部大学教育開放センター（1979. 10～12）

宮城県沖地震による危険物施設の被害状況：宮城県危険物安全協会連合会，会報第 8 号（1979. 2）

セイフティダイジェスト Vol. 24
日本保安用品協会（1978. 9）

セイフティダイジェスト Vol. 24
日本保安用品協会（1978.10）

セイフティダイジェスト Vol. 24
日本保安用品協会（1978.11）

1978年宮城県地震による事業所活動への影響調査：仙台都市圏総合都市交通体系調査協議会（昭54. 3）

転倒備品，避難時には最大の障害物：時事通信厚生福祉（昭54.10）

マグニチュード7.4宮城県沖地震を体験して：森田長雄（小松島学園）＜愛護＞No249.（1978. 8）

- 1978年宮城県沖地震の状況と教訓：森田長雄（小松島学園）〈愛護〉No.250（1978.9）
- 日曜サロン・知事と語ろうNo.3：宮城県広報協会（昭54.3）
- 応用地質調査事務所年報：応用地質調査事務所（株）（昭54.10）
- UFOと宇宙・ここまで来た最新地震予知：ユニバース出版社（昭54.1）
- 地震予知連絡会10年のあゆみ：地震予知連絡会（昭54.10）
- 1978年宮城県沖地震の被害報告書：自治省消防庁（昭54.1）
- ～'78宮城県沖地震と山本県政の震災対策～：地方自治研究会 地方自治研究第2号（1978.12）
- 仙台市防災都市づくりシンポジウム記録集：仙台都市科学研究会（昭54.6）
- 1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究〈アンケート調査による震度分布と被害分布〉：村井勇（昭54.3）
- 砂防と治水：全国治水砂防協会 復刊第23号 Vol. 11. No. 3.
64. 65. 地震研究所彙報：東京大学地震研究所第53号4冊（昭54.3）
- 地震と安全〈教師用〉：白石市教育委員会（昭54.3）
- 1978年宮城県沖地震：振興相互銀行 振興相互銀行だより 91号特集（昭53.12）
- 環境論叢：長崎総合科学大学 Vol. 2（1979.1）
- 1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について：東北大学理学部（1979.3）
- 1978年宮城県沖地震の記録と教訓：泉市（昭54.4）
- 宮城県沖地震の被害調査報告：（株）鹿島建設（昭53.10）
- 1978年宮城県沖地震による宅地造成地の被害地震後の動き、対策工事について：（株）復建技術コンサルタント（昭53.11）
- 全国公害研究会誌：全国公害研協議会編集委員会 Vol. 4（1979）
- 仙台都市圏耐震都市構造調査報告書：国土庁地方振興局（昭54.3）
- 宮城県沖地震－1978年宮城科学シンポジウム報告集－：日本科学者会議宮城支部（1979.4）
- 1978年宮城県沖地震に関する調査報告書：東京都（昭54.6）
- 1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究：自然災害特別研究 佐武正雄（1979.3）
- 宮城県沖地震による被害規模と都市機能に関する課題：（株）日本損害保険協会 季刊 予防時報第118号（昭54.7）
- Miyagi-Ken-Oki Japan Earthquake June 12 1978：E. E. R. T Reconnaissance Report（December 1978）
- 宮城県沖地震と都市ガス：日本瓦斯協会（昭54.4）
- わが国エネルギー供給の安全保障と緊急時対策：日本エネルギー経済研究所（昭53.12）
- 宮城県沖地震におけるガス事業の被害について：公営企業金融公庫 公営企業（1979.1）

水道12：全国簡易水道協議会（昭53.12）

都市の防災体制の信頼性・有効性に関する研究：総合研究開発機構（昭54.5）

水道1：全国簡易水道協議会（昭54.1）

宮城県沖地震被害状況について報告：宮城県プロパンガス保安協会（1978.9）

木造建物の諸性状と被害の関係について－1968年十勝沖地震、1978年6月宮城県沖地震の調査から－（1979）

1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧：東京大学生産技術研究所（1978.10）

宮城県沖地震特集：GLASS and ARCHITECTURE ガラス（1978.7）

住宅金融公庫融資木造住宅の耐震性調査－1978年宮城県沖地震から－：住宅金融月報（1979 No.326.3）

1978年宮城県沖地震被害調査：山下設計（昭53.7）

“宮城県沖”震災から1年改めて問われる安全証明－復旧への技術的、社会的対応を解明すると：日経アーキテクチュア（1979.6）

1978年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地建物の被害調査：東北大学工学部（1978.8）

あれから1年－宮城県沖地震－：（株）ブリジストンタイヤ Better Space 1979 No.2

宮城県沖地震と水道：厚生 宮城県環境衛生課長 松崎作夫（昭54.6）

’78宮城県沖地震災害の実態＝住民等の対応および被害の実態調査報告＝：日本建築学会東北支部、（昭54.6）

1979年宮城県沖地震災害報告書：日本建築学会（昭55.2）

櫻井恵美子・池田博子：地震！その時私は…，至誠堂（昭54.5）

宮城県沖地震の教訓：内外調査会（昭54.4）

あ と が き

私たちの郷土宮城県は、多方面にわたって都市らしい便利さがある一方、風水害も少なく、四季の変化に富み、緑豊かな自然環境にも恵まれており、これらが住み良さを大きく支えているのであろう。

この住みよい郷土を突然あの地震が襲ったのである。“地震は恐ろしい”あの尊い犠牲と数々の教訓を無駄にすることなく、今後の安全な郷土づくりに役立てなければならない。

そこで、県としては、地震とこの災害をとりまく、各分野の専門家の御協力を得て、震災の実態を総合的に把握し、近代都市における防災対策と県民生活における諸問題の対応について提言し、広く県民生活に役立つ教訓としての本報告書を企画・編集した次第である。

このとりまとめには、編集企画委員会をお引き受けいただいた各先生方から、特段の御協力と御指導を賜わり、昨年6月の打合せから年度内とりまとめという無理な要望をも受け入れていただき、ここに報告できましたことに対し、心から御礼申し上げる次第である。

また、御執筆を担当していただいた先生方には、大変お忙しいなか、とくに、正月休みをも返上され、枚数、表現、期日など種々の制約を容認、御協力いただいたことに対し、重ね重ね感謝申し上げます次第である。

本報告書は、それぞれ専門の立場からの実態把握とその解説、貴重な教訓の数々から成っている。とくに、被震時から復旧そして現在でも、現地を調査され、実地に指導されている体験が行間にもじみ出ている。

復旧対策は円滑に進んでいるが、これはひとえに先生方の御指導と県民の方々の御努力に負うものと確信している。

なお、この報告書は、'78宮城県沖地震について網羅的な編集を期したが、出来上りに不備な点があるとすればそれはすべて事務局の責任である。

昭和55年3月

宮城県総務部震災対策室

嶋 津 仁

熊 谷 岳 朗

白 鳥 武 好

佐 藤 英 弘

長 井 忠 義

遠 藤 正 明

今 宮 新 一

'78 宮城県沖地震災害の教訓

=実 態 と 課 題=

昭和 55 年 3 月

編集発行 宮 城 県

印 刷 今野平版印刷株式会社
