

□東日本大震災で目撃された火災旋風

消防研究センター 篠原 雅彦
松島 早苗

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で津波の被害を受けた気仙沼市「内の脇町」では、14日夜に市街地火災が発生し、翌15日未明に、竜巻状の火柱である「火災旋風」が目撃された。市街地火災で発生する大規模な火災旋風は観測事例が少ないため、火災旋風の現象解明、ひいては今後の市街地火災の対策を立てる上でも、できる限り詳細に事実を明らかにする必要がある。そのため、この火災旋風の性状、発生時の状況を明らかにすることを目的に、現地調査、聞き取り調査を行ってきた。まだ調査、解析中ではあるが、この火災

旋風の発生時の状況と性状について、これまでに分かったことを報告する。

2. 内の脇町の火災の概要

火災旋風が目撃された内の脇1丁目の延焼範囲は、南西側を流れる大川と、北東側を通るJR気仙沼線に挟まれた地域である。この地域は起伏が少なく、標高は4m程度である。

気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部によれば、この火災の覚知は3月14日22時34分で、大浦地区の岸壁で活動中の消防職員によって発見された。鎮圧は3月15日20時20分、完全



図1 内の脇1丁目の延焼範囲 (c ZENRIN)
(津波前に作られた内の脇町周辺の住宅地図に加筆)

鎮火は3月25日15時とのことである。出火原因は不明である。

延焼範囲を図1に示す。この地域の現地調査は、火災旋風を目撃証言を知った後の2011年7月に始めた。すでに火災から4ヵ月経っていたため、津波による瓦礫、焼損建物の撤去が進んでいた。実線で示した延焼範囲の面積は3.8haである。

現在までに得られた消防職員、住民の証言、写真によれば、延焼範囲の北東部の線路に沿う一帯は、15日の午前1時台には、かなりの範囲が炎に包まれていた。この一帯は北西から南東方向に燃え広がっていたようだとの証言がある。明け方には、延焼範囲内から立ちあがる煙の下に、2~3箇所から炎が上がっている写真が残っている。大川公園の北東側の道路では、車が数珠つなぎになって燃えていて、火が強かったという証言もある。燃え広がり方の特徴として、建物間はじくじくとゆっくり燃え、建物に火が入ると燃え盛る、その繰り返しだった、という消防職員の証言もある。

3. 津波前後、火災前後の現場の状況

この延焼範囲は、3月11日の地震で津波に襲われた地域である。広域の延焼と火災旋風の発生の理由を考える上では、火災現場が火災前にどのような状況であったかを知る必要がある。そこでここでは、延焼地域が元々どのような街並みで、津波と火災によって、どの様に変ったかを述べる。

3.1 津波前の街並み

図1に示した津波前に作られた住宅地図からは、延焼火災のあった地域は、その北側の地域に比べて、空き地、公園が多く、家屋がそれほど密集していない印象を受ける。また、道路幅もそれほど狭くなく、この地図で測定した限りでは、延焼範囲を北西から南東に横切る2本の道路の幅は、大川公園の北東側の道路が延焼範囲内で最も広く11m、そのさらに北東側の道路が8m、それらと直交する道路の幅は、北西側の道路が6m、南東側

の道路が8mである。

3.2 津波後から火災時までの街の様子

この火災があった地域は津波によって浸水した。写真1は、火災発生日の3月14日の日中に、火災現場近くを住民が撮影した写真である。写真中に記号を示した建物は、図1中に記号を示した建物に相当する。Aの建物は、1階の窓の上まで茶色く変色しており、この境界線まで津波が来たことを示している。Bの建物の屋根の上にも津波で運ばれたと思われる材木が載っている。図1でDと示した建物でも、1階の窓の上まで浸水したとの証言が得られている。

しかし、火災が発生した3月14日には、写真1に示したように、水没はしていないことが分かる。ただし、土が多少ぬかるんでいるように見える部分はある。火災現場で活動した消防職員によれば、火災時の、津波の影響による地面の様子は、「泥が湿ったくらい。泥は深さ50cmくらい。固めの泥。浸水はなかった。比較的、泥の上を歩ける状態であった。残材は水浸しではない。津波は3月11日のみで、その後は乾き続けていたはず。」とのことであった。写真2は、火災時に図1のEの建物を南西側から撮影したものである。建物の手前側には地面が写っており、その地面の上に直接瓦礫が散乱している。つまり、地面は水没して



写真1 3月14日13時頃の内の脇1丁目の様子
(住民提供)



写真2 3月15日1時30分頃の内の脇1丁目の火災時の様子（住民提供）



写真3 3月13日に撮影された火災前の内の脇1丁目の空中写真（延焼範囲、瓦礫範囲を加筆）

〔©2011 ZENRIN, Image ©2011 GeoEye, ©2011 Geocentre Consulting〕

いない。ちなみに、写真右上部のハレーションを起こしている部分が火災である。一方、JR 気仙沼線の北側は、火災時にも水浸しで、膝くらいまで水位があったという消防職員の証言がある。火災時には、瓦礫はまだ撤去されていなかったようである。火災発生前日の3月13日の空中写真を写真3に示す。この写真から分かるように、津波で運ばれた瓦礫は、中央部の一か所と延焼範囲の周囲部分を除き、延焼範囲内の道路、空き地、公園などを覆い尽くしているように見える。

3.3 火災後の街の様子

火災発生から4日後の3月18日午後、気仙沼を撮影した空中写真が、河北新報社から出版され

た写真集¹⁾に掲載されている。写真3で家が本来ない場所や大川公園(図1にその位置を示した)に写っている構造物が、この河北新報社の火災後の空中写真ではなくなっていることが分かる。延焼範囲内では、大川公園の北東側を通る道路上の瓦礫が、北西から南東に向かって撤去が始まっているが、その他の道路上の瓦礫はまだ撤去されていない。道路上の瓦礫の撤去すら終わっていない時期なので、家が本来ない場所や大川公園にある構造物がなくなったのは撤去によるものではなく、火災による焼失である可能性が高い。

大川公園の中にはその外周に沿って焼損した樹木が立っていた。特に、公園の内部に面する側が焼損した樹木が多かった。内の脇1丁目の住人が人から聞いた話では、「公園の中には家が4棟位入っていた」という証言もある。これらのことから、本来燃える物の少ない公園にもかかわらず、津波により家屋等の瓦礫が押し寄せたため、公園内でも火災があったと考えられる。

4. 気象条件

気仙沼消防署で観測された気象データ²⁾によれば、火災の前日である3月13日の朝方から、気温が12日までに比べて急激に上昇した。13日の日平均気温は12日の1.8℃よりも5度近く上昇し6.6℃となり、14日はさらに3度近く上昇し9.4℃となった。最高気温は14日には17.7℃まで上がっている。これは、3月中旬の気仙沼の最高気温の平年値³⁾8.5℃と比べて9.2℃高い。津波翌日の12日1時から15日の18時まで降水量は0mmで、天候も概ね晴れが続いている。最小湿度は火災当日の14日には25.2%まで下がっている。こうした天候、乾燥した状態は、建物や瓦礫の延焼を促進する方向に働いたはずである。

火災が覚知された14日22時34分から鎮圧された15日20時20分までの間、10分間平均風速は最大で2.8m/sで、風はそれほど強くない。火災

旋風が目撃されたのは15日の午前4時30分ごろであるが、10分間平均風速は4時が0.2m/s、5時が0.4m/s、4時台の最大瞬間風速は1.8m/sであり、風は非常に弱い。

5. 延焼火災の発生要因について

延焼火災となった要因としては、家屋がそれほど密集せず、道路幅もそれほど狭くない地域にもかかわらず、津波によって家屋間、道路、空き地、公園にまで多くの瓦礫が流れ着いていたため、瓦礫を通じて延焼しやすかったことが考えられる。さらに、火災は津波後3日経ってから発生しており、しかも、火災前日の朝から気温が急上昇し、相対湿度が低くなっている。このため、津波で浸水した地域にも関わらず、瓦礫、家屋は延焼しやすい状態であったと言える。

6. 火災旋風

6.1 火災旋風の性状

火災旋風は、火災現場から約1.4km離れた気仙沼消防署から2名の消防職員によって、また、火災現場の北側から1名の消防職員によって目撃された。彼らに対して、2011年7月に聞き取り調査を行った。その証言によれば、火災旋風は15日午前4時30頃に発生し、継続時間は5分位、うねったものではなく、まっすぐ、ばねに例えれば、伸びたばねではなく、縮んだばねのようだった、色は赤色またはオレンジ色、移動はしなかった、とのことである。

消防署から目撃した2名の証言を元に、現地での測量と地形図・空中写真を利用して、火災旋風の大きさを推定した。目撃者は、火災旋風と同時に視界に入っていた、消防署北側の店の看板の高さ、幅を元に、火災旋風の高さ、幅を語ってくれた。また、目撃者と火災旋風の間には樹林帯があ

り、火災旋風はその樹林帯を越えて目撃された。

この樹林帯の高さや、看板の高さ、幅の測量結果を用いて、目撃者、看板、樹林帯、火災現場の位置関係から、火災旋風の高さ、幅を求めた。

その結果、火災旋風の高さは、少なくとも約70m以上で、目撃談Aからは約230m、目撃談Bからは約230m未満と推定された。火災旋風の直径は、目撃談Aからは約55m、目撃談Bからは約130mと推定された。

直径55mの円は、大川公園の北東側にある、延焼範囲の中心部の街区に収まる程度の大きさに相当し、直径130mの円は、この街区と大川公園の街区をほぼすっぽり覆う大きさに相当する。

火災旋風が延焼範囲内のどこで発生したかについては、特定できていない。

6.2 火災旋風の発生要因

炎を含む竜巻状の渦である火災旋風が発生するには、火災の周囲環境中に渦度が必要であると言われている。

火災旋風発生時刻前の15日4時の平均風向は北北西で平均風速0.2m/s、発生後の5時には北北東で0.4m/sである。弱い北風といえるが、延焼範囲に隣接して流れる大川は、北西から南東に向かうため、川の上のみ周囲に比べて速い風が吹くことで発生する水平シアー風中の渦度に起因する火災旋風が発生した可能性はある。このことは、関東大震災で発生した旋風についての考察⁴⁾でも指摘されている。ただし、ここで用いた気象データは現場から1.4km離れた地点の値であり、現場と同じ風であったという保証はない。

火災旋風が目撃された明け方には、延焼範囲内に複数の火災域が形成されていた写真が残っている。よって、複数火災への吸い込み気流の相互作用で発生する火災旋風⁵⁾であった可能性もある。

写真4は、15日の午前5時19分に、大川公園の南端から直線距離で約560m離れた神山川橋から撮影されたこの火災の写真である。家並みの下で煙が反射して見えるのは神山川である。最も右



写真4 3月15日午前5時19分に神山川橋から撮影された内の脇町の火災（菊田清一氏撮影）

側の煙が2巻き渦を巻いていることが分かる。最も左側の煙は川の方に傾いているように見える。この渦は、Counter-rotating Vortex Pair (CVP) と呼ばれる、風で傾いた火炎からの上昇気流が形成する互いに逆回転する渦対の片側の渦のように見える。この渦対が火炎の上を通過して、火炎を含む火災旋風になることも報告されており⁶⁾、この形成過程の火災旋風であった可能性もある。

いずれにしろ、詳細な検討を行うには、さらにデータを集める必要がある。

6.3 火災旋風による被害

火災旋風による人的被害、物的被害は今のところ見つかっていない。発生した場所は津波の被害を受けていたため、火災時に住民がほとんどいなかったと考えられる。このことから、人的被害がなかったのかもしれない。物的被害が見当たらないのは、住民がいなかったために、目撃証言が少なかったことが原因かもしれない。また、我々が現場に入るのが遅すぎたせいもあるかもしれない。

7. おわりに

東日本大震災において津波被害を受けた気仙沼市内の脇1丁目の市街地火災で目撃された火災旋

風について、調査、解析を行った。その結果、火災旋風の高さは、少なくとも約70m以上で、約230mあるいは約230m未満、直径は約55mあるいは約130mと推定された。

今の所、この火災旋風の映像や写真は見つからない。火災旋風は今後の地震火災、市街地火災でも発生する可能性があり、もしそれが住民や避難者を襲えば大惨事を引き起こす現象である。

この現象を解明する最大の鍵は、実際に発生した火災旋風についての記録である。もし読者の方で、内の脇に限らず、火災旋風の目撃情報、写真等をお持ちの方がおられれば、ぜひともご一報いただくと、こんなに有り難いことはない。

謝辞 気仙沼・本吉地域広域行政事務組合気仙沼消防署、東京消防庁の方々、元・気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部消防長の菊田清一氏、気仙沼市民の方々には、聞き取り調査に快く応じていただき、様々な情報をご提供いただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 河北新報社、緊急出版特別報道写真集巨大津波が襲った3・11大震災～発生から10日間の記し～、pp.40-41、2011.
- 2) 気仙沼・本吉広域消防本部、気象日報、2011.
- 3) 気象庁ホームページ、ホーム〈気象統計情報〉過去の気象データ検索〈平年値(旬ごとの値)〉.
- 4) 山下邦博、火災旋風、火災、24、pp.243-258、1974.
- 5) Zhou, R. and Wu, Z., Firewhirls due to surrounding flames sources and the influence of the rotation speed on the flame height, *J. Fluid Mech.*, 583, pp.313-345, 2007.
- 6) Church, C.R., Snow, J.T. and Dessens, J., Intense atmospheric vortices associated with a 1000 MW fire, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 61, pp.682-694, 1980.