

## □ 令和元年度台風第19号がもたらした降雨の特徴と それを踏まえた今後の治水計画の展開

中央大学 理工学部教授 山田 正

### 1. はじめに

台風の進路やその規模を予測することは非常に困難である。しかし、これをどれだけ早く予測できるかが住民の避難の迅速さを左右し、被害軽減に導くことができるということは十分に理解している。例えば、平成27年の関東・東北豪雨では約2,500棟が床上浸水し、多くの住民が避難できず、ヘリコプターでの救助を待たなければならない状況となった。さらに、今回の台風第19号（以下、台風19号と記す）の際には、日本全国での被害が早くから予想されており、上陸する前から防災用品を購入する人がスーパーに溢れ、鉄道各社は上陸前日から計画運休することを発表するなど、国民全員が台風被害に備えていた。そういう意味では、災害に備えるリードタイムを十分に確保できた台風であったとも言える。しかし、平成27年に設置された江東5区広域避難推進協議会では、規定に基づき上陸3日前に広域避難情報発令の可否を検討したものの、これを発令するための基準となる対象流域の3日間累積雨量がこの時点ではわからず、発令するに至らなかった。その結果、上陸当日になって広域避難情報の発令基準となる累積雨量になることが各自治体に伝えられたものの、鉄道は既に計画運休されており、広域避難を実施する時間を確保できないことから当該情報は発令されずに台風上陸を迎えた。こうした状況であり

ながら大きな被害とならなかったのは、たまたま運が良かったと見ることもできる。もし高潮も同時に生起していたらどうなったか、どこかの河川が決壊していたらどうなったか、今回の台風19号は土木技術者の叡智を結集した各種河川施設の運用などによって、ギリギリのところでは被害が食い止められたものであったと筆者は考えている。そして、今回の台風は、国土を縦断・横断して流れる一級河川と地方を流れる中小河川との河川整備状況の違いも露呈したものであった。台風19号によって71河川140箇所では堤防が決壊<sup>1)</sup>したが、このほとんどは地方の中小河川であった。

こうした被害を少しでも軽減するために筆者をはじめとする土木研究者は日夜研究に邁進しているが、それよりも早く気候変動が進んでいるのかもしれない。以下、今回の台風で得られた降雨の特徴を列挙する。ぜひ、消防・防災に携わる皆さんにも一読頂き、現場における判断の一助になればと願っている。

### 2. 令和元年度台風第19号がもたらした降雨の特徴

まず、現在用いられている雨の観測方法には、地上雨量計、C-Band レーダ、X-Band レーダの3つがある。その特性は表-1の通りである。当然ながら、ピンポイントでの雨量を知りたい場合は地

表-1 地上雨量計，C-Band レーダおよび X-Band レーダの比較<sup>2,3,4,5)</sup>

	地上雨量計	C-Band レーダ	X-Band レーダ
観測範囲	設置地点	半径120km	半径60km
観測時間	10分	10分	1分
提供する雨量データの空間解像度	設置個所の雨量を測定	1 km × 1 km	250m × 250m
設置数	約3,800局 内訳：国土交通省管理約2,500局， 気象庁管理 約1,300局	46局 内訳：国土交通省管理 26局， 気象庁管理 20局	38局 内訳：国土交通省管理 38局
(平成30年4月1日時点)			

(地上雨量計は、設置地点における雨量を詳細に観測できる一方、広域に亘って雨を観測することはできない。また、Cバンドレーダは広域的な降雨観測に適するのに対して、XバンドMPレーダは、その観測エリアは小さいものの局所的な大雨をリアルタイムで観測できる。)

上雨量計が最も精度が良いと言えるが、その設置数は地域によって異なり、洪水の発生など流域単位での雨の情報が必要となる場合はレーダ雨量を用いることが一般的である。また、国土交通省や気象庁を始めとして、各機関が提供しているレーダ雨量や予測雨量は、地上雨量計を始めとした複数の雨量データで補完し合いながらより精度の高い情報を提供するように取り組まれている。

図-1は、2019年10月11日午前9時から2019年10月13日午前9時までの国土交通省が設置したC-Bandレーダによる2日間累積雨量（2日間で降った雨の総量）を示したものである。この図から、累積雨量が300mmを超えた地域が広範囲に広がっていること、さらに、関東の山間部では累積雨量600mmを超えた地域があったことがわかる。これらの山間部は都心に流れる相模川や多摩川、荒川、利根川の上流に位置しており、これらの雨量がもう少し多かっただけ、或いは、もっと広範囲に広がっていたら、ここに挙げた河川やその支川は非常に危険な状態になっていたであろう。

一方で、今回の台風で堤防が決壊した長野県の千曲川や福島県の阿武隈川では関東地方山間部で見られた

ような累積雨量450mmや600mmといった豪雨は降っておらず、累積雨量100mmから300mm程度の雨が県下全域に亘って万遍なく降っていたことがわかる。こうした状況を概観すると、千曲川や阿武隈川の場合は一定量の雨が流域全域に万遍なく降り続いたことが決壊を誘発したのではないかと考えられる。このような流域全体に万遍なく降る雨によって起因する洪水を、私は「流域型洪水」と呼んでいる。

2019/10/11 09:00 ~ 10/13 09:00

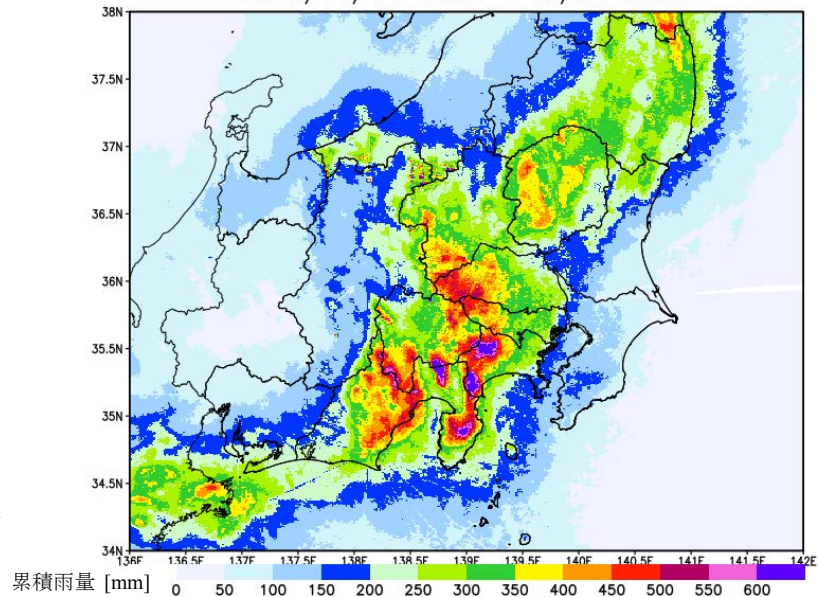


図-1 関東周辺地域のC-Bandレーダによる累積雨量

(累積雨量が300mmを超えた地域が広範囲に広がっており、特に、関東山間部では累積雨量600mmを超えた地域も見られる。また、河川堤防が決壊した千曲川(長野県)や阿武隈川(福島県)では、県下全域に亘って累積雨量100mmから300mmの雨が万遍なく降っていた。)

### 3. 流域型洪水を誘発した降雨

図-2と図-3は、千曲川流域周辺と阿武隈川流域周辺の累積雨量の空間分布を時系列に並べたもの

である。この2つの図を見ると、千曲川の場合も阿武隈川の場合も、累積雨量は上流から下流へと徐々に大きくなっていることがわかる。このように、累積雨量の伝播方向と河川の流下方向が一致

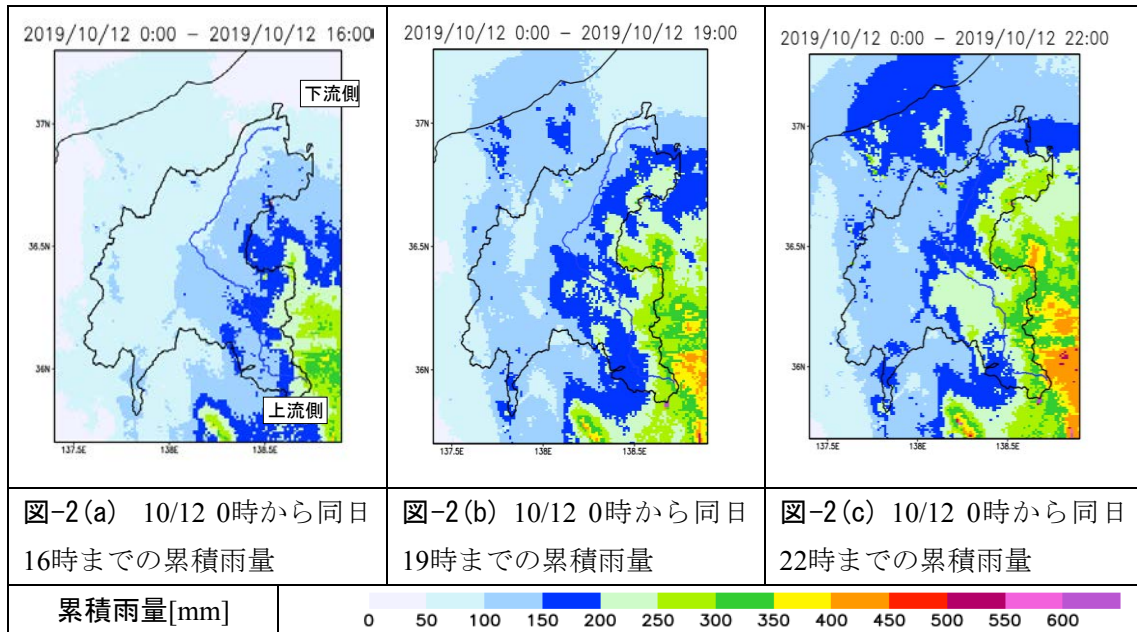


図-2 千曲川流域におけるCバンドレーダによる累積雨量の時空間分布

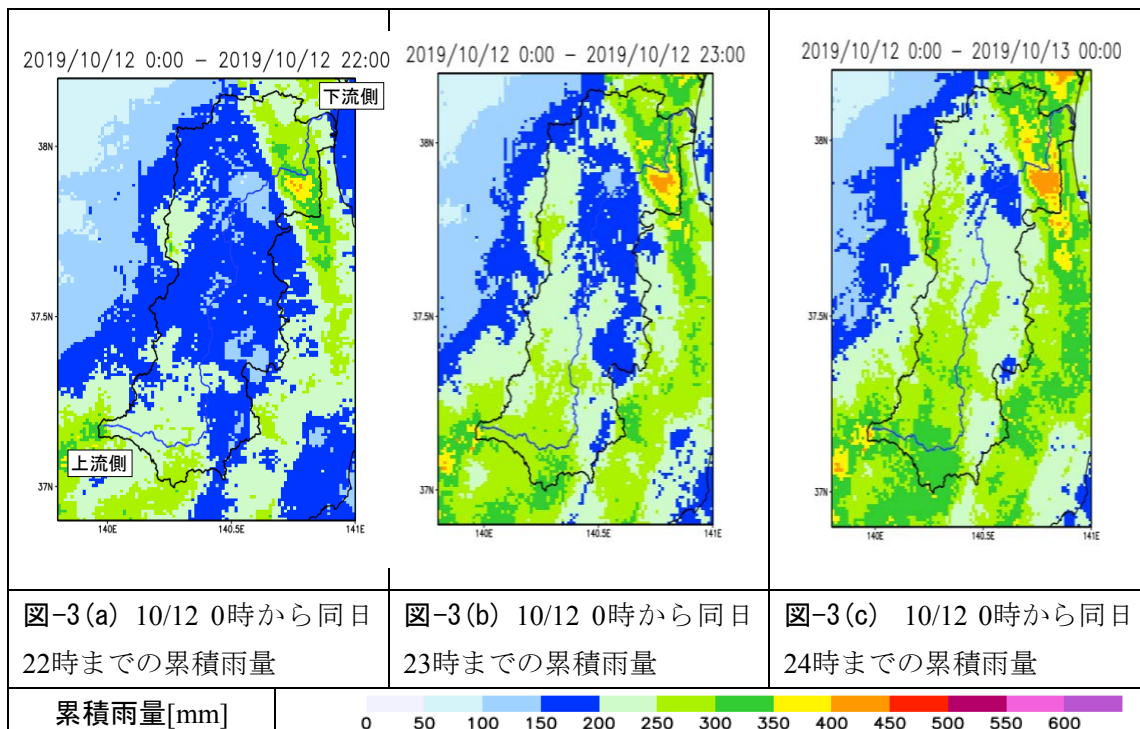


図-3 阿武隈川流域におけるCバンドレーダによる累積雨量の時空間分布

（千曲川（長野県）と阿武隈川（福島県）では、累積雨量の大きな値を示す範囲が上流側から下流側へ伝播していったことが分かる。このように、累積雨量の伝播方向が河川の流下方向と一致する場合、本川全体の流量が大きくなり、洪水リスクが増加する。

する雨の降り方は、大規模な洪水を発生させやすい。この雨の降り方の場合は、上流に位置する複数の支川が増水し、増水した支川の流量が本川に流れ込み、本川全体の流量を大きくしてしまうという、洪水対策上懸念しなければならない事態が生じる。

また、図-4と図-5は、千曲川流域と阿武隈川流域のC-Bandレーダによる流域総降雨量を示したものである。この図を見れば、千曲川流域と阿武隈川流域において、台風19号による雨量は、2日間累積雨量として設定されていた計画降雨量を約24時間（1日）で超過していたことがわかる。計画降雨量とは、各河川の河川計画を策定するに際して定められる治水安全度（計画規模）相当の雨量のことを言う。例えば、治水安全度を1/100 確率とした場合には、過去の年最大雨量の観測値を統計処理し算定された1/100 確率の雨量（100年に一度起こる規模の豪雨、100年確率降雨量とも言う）が計画降雨量となる。一般的に、計画降雨量は2日間もしくは3日間で降る累積雨量で設定されることが多い。そして、ここで挙げた2つの河川はその計画降雨量を1日で超過してしまった。しかし、今回の台風19号ではこの2つの河川以外にも相模川、多摩川、鬼怒川、那珂川、久慈川など、複数の河川で同様の事態が発生していた。詳しくは、日本気象協会が発行している防災レポート<sup>6)</sup>を参照していただきたい。

#### 4. 気候変動を踏まえた大規模豪雨予測の必要性

今後は、気候変動に伴う極端気象の増加、特に、台風勢力の増長が予測されている。図-6の上の図は、地球温暖化が進行した今世紀末で、関東地方に最大の雨量をもたらす台風の経路を示したものである。これは、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が想定している気候変動シナリオのうち、有効な緩和策が打ち出されず、温室効果ガスの排

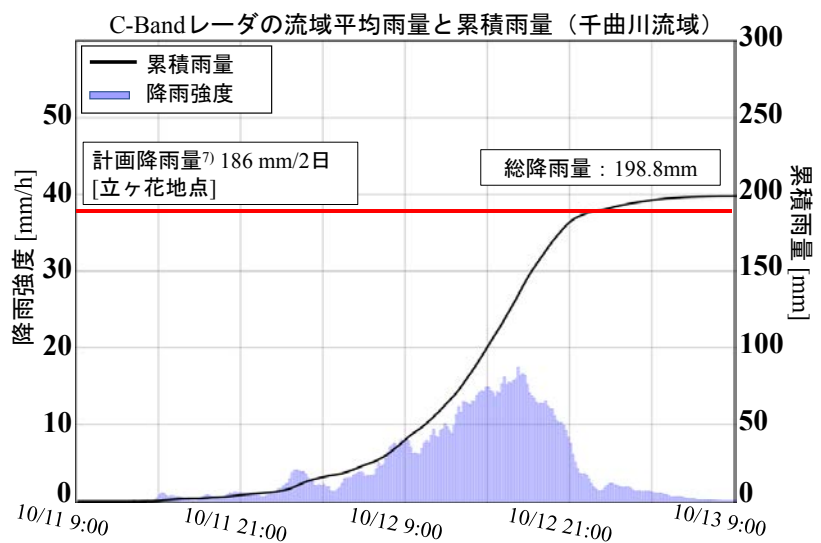


図-4 千曲川流域におけるCバンドレーダの流域平均雨量と累積雨量

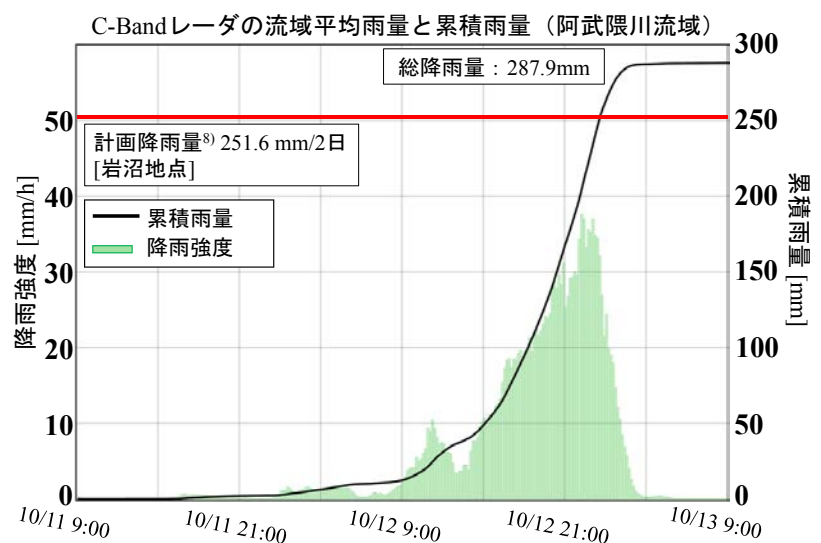


図-5 阿武隈川流域におけるCバンドレーダの流域平均雨量と累積雨量

（千曲川流域と阿武隈川流域における累積雨量は、2日間を対象として設定された計画降雨量を約24時間（1日）で超過した。）

出量が最大となるシナリオ（地球の平均気温が産業革命の頃から4℃上昇したシナリオ）において、発生する可能性があるとして予測された台風である。この気候変動予測結果は、「地球温暖化に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)<sup>9)</sup>」によるものである。そして図-6の上の図と下の図（台風19号の経路図）を比較すると、双方の台風の経路が酷似していることがわかる。つまり、4℃上昇のシナリオで想定される最大クラスの台風が既に発生してしまったということである。このことは、地球温暖化が着実に進行していること、そして、今後はさらに大規模な台風が発生するであろう可能性を示唆しており、これまでの治水計画では地球温暖化による降雨の激甚化に対応しきれない可能性があることを示している。

## 5. おわりに（「日本人は逃げない」）

台風19号を踏まえて今後どのような対策を取

ていくべきか。わたしが参画した土木学会台風第19号災害総合調査団で「台風第19号災害を踏まえた今後の防災・減災に関する提言～河川、水防、地域・都市が一体となった流域治水への転換～」<sup>10)</sup>を取りまとめている。ぜひ読者の皆さんにも一読いただき、今後のわが国の進むべき道と一緒に考えていただきたい。

そして、直接避難に携わっているであろう消防・防災関係者の各位にぜひ認識していただきたいのは、「日本人は逃げない」ということである。図-7はわたしの研究室の学生たちが平成27年関東・東北豪雨で決壊した鬼怒川周辺に住む常総市の皆さんにヒアリング調査を行った結果をまとめたものである。各種避難情報が出されていても鬼怒川上流で越水した時点で避難していた越水箇所付近に住む住民は約60%、鬼怒川中流で決壊した時点で避難していた下流に住む住民は約30%である。この状況は常総市の皆さんに限った数字ではなく、同様の調査を西日本豪雨で被災した市町村でも行ったが、状況は同じであった。そして、実

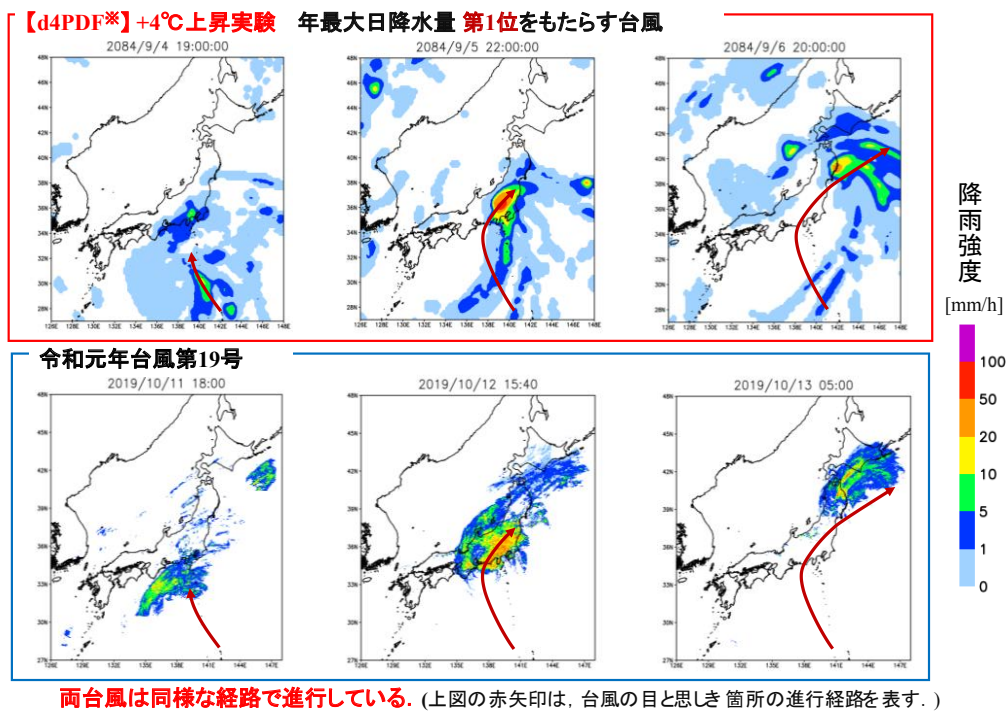


図-6 令和元年台風第19号とd4PDF 4℃上昇気候における最大の24時間雨量をもたらす台風の経路比較

（地球温暖化が進行した今世紀末に関東地方に最大の降雨量をもたらす台風の経路を示したIPCCの4℃上昇シナリオと今回の台風第19号の経路が酷似している。

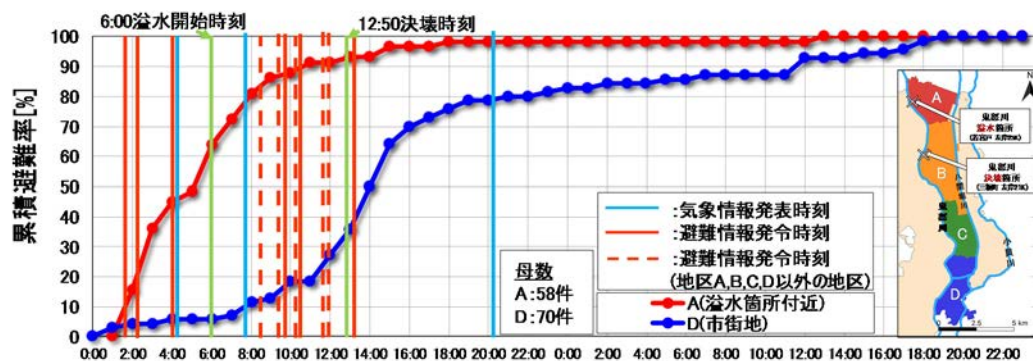


図-7 常総市における避難情報の発令と避難率の推移

( 鬼怒川の上流で越水が発生した時点で、越水箇所付近に住む住民のうち避難していた人は約60%であり、鬼怒川の中流で決壊した時点で下流に住む住民のうち避難していた人は約30%であった。)

際に避難のきっかけとしてどこの地域でも最も多く挙げられていたのが「家族、近所の人、市の職員などに避難を勧められたから」という理由であった。豪雨時の防災無線は場所によっては聞き取りづらいという話もよく聞く。そうした状況下で、水防団や消防団の皆さんを始めとする近隣住民の皆さんの声かけが実際の避難を誘導しているのが日本の実態なのである。より良い避難情報の発令方法を検討するのは当然ながら、日本の治水対策の一翼を最前線で担っている水防団及び消防団組織の維持と強化にも期待するところが大きい。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：堤防決壊箇所一覧，<https://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>，(2020年4月3日閲覧)
- 2) 国土交通省：国土交通白書 2011，<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/hakusho/h23/html/k2621ca0.html> (2020年4月3日閲覧)
- 3) 国土交通省「技術調査関係」：電気通信のあらまし (参考資料編)，2018.
- 4) 気象庁：地域気象観測所一覧，[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame\\_master.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf)，2020. (2020年4月3日閲覧)
- 5) 国土交通省：水文水資源データベース，<http://163.49.30.82/> (2020年4月3日閲覧)
- 6) 一般社団法人日本気象協会：防災レポート Vol.1，<https://www.jwa.or.jp/news/2019/11/8535/>，2019. (2020年4月3日閲覧)
- 7) 国土交通省：信濃川水系河川整備計画基本方針，基本高水等に関する資料，2008.
- 8) 国土交通省河川局 阿武隈川水系河川整備計画基本方針，基本高水等に関する資料 (案)，2004.
- 9) Ryo Mizuta, Akihiko Murata, and Masayoshi Ishii : Over 5, 000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models, Bull.Am. Meteorol. Soc., pp.1383-1393, 2016.
- 10) 土木学会台風第19号災害総合調査団：台風第19号災害を踏まえた今後の防災・減災に関する提言～河川，水防，地域・都市が一体となった流域治水への転換～，[http://www.jsce.or.jp/strategy/files/hagibis\\_20200123.pdf](http://www.jsce.or.jp/strategy/files/hagibis_20200123.pdf)，2020. (2020年4月3日閲覧)