

浸水想定（洪水、内水）の作成等のための 想定最大外力（洪水、内水）の設定手法について （骨子案）

1 はじめに

- ・近年、時間雨量 50 mmの短時間強雨の発生件数が約 30 年前の約 1.4 倍に増加し、日降水量 100 mm、400 mm以上の発生日数も増加している¹⁾。
- ・平成 23 年に新宮川水系、平成 24 年に矢部川水系において河川整備基本方針で定める基本高水を上回る洪水が発生し、大規模な洪水氾濫が発生している。
- ・平成 20 年に愛知県岡崎市等、平成 24 年に大阪府寝屋川市等において時間雨量 100mm を大幅に超える短時間強雨により大規模な内水被害が発生している。
- ・また、フィリピンでは平成 25 年にスーパー台風による高潮災害が発生するなど、世界各地でも激甚な水災害が発生している。
- ・今後、地球温暖化に伴う気候変動により、大雨や短時間強雨の発生頻度が増加し、大雨による降水量は今世紀末に約 25%増加することが予測されている²⁾。
- ・また、全国 1 級水系においては、年最大流域平均雨量が約 1.1～1.3 倍に、基本高水を超える洪水の発生頻度が現在の約 1.8～4.4 倍になることが予測されている³⁾。
- ・これらに伴い水害の激甚化が懸念される。
- ・水害・土砂災害等に関連する今後の防災・減災対策の検討の方向性を「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」として平成 27 年 1 月 20 日にとりまとめた。
- ・地震・津波については、最大クラスを想定して対策を進めているが、洪水等では最大クラスに対する対策は講じられていない。
- ・洪水等においても、最悪の事態も想定して、国、地方公共団体、企業、個人等が主体的に、かつ、連携して対応することが必要である。
- ・最大クラスの洪水等に関する浸水想定、ハザードマップを作成するなどとしている。

¹⁾ 気象庁：気候変動監視レポート 2013, 2013

http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2013/pdf/ccmr2013_all.pdf

²⁾ 環境省、気象庁：日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について（お知らせ）、2014
<http://www.env.go.jp/press/19034.html>

³⁾ 国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部：気候変動適応策に関する研究（中間報告）、2013

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0749.htm>

- ・「社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策検討小委員会」において、気候変動による外力の増大とそれに伴う水害の激甚化や発生頻度の増加等への適応策の一つとして、最悪の事態を想定した対策の検討が進むよう、想定し得る最大規模の外力（以下「想定最大外力」という。）を対象として浸水想定を作成すべきなどの議論がなされている。
- ・この浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力（洪水、内水）の具体的な設定手法について、有識者からなる「想定最大外力（洪水、内水）の設定に係る技術検討会」設置し、検討する。

2 想定最大外力（洪水、内水）の設定手法

- ・想定最大外力については、全国各地で毎年のように甚大な水災害が発生し、今後、気候変動によりさらに頻発・激甚化することが懸念されていることから、地球温暖化に伴う気候変動により懸念される外力の増大を見込み、速やかに具体的に設定する必要がある。
- ・しかしながら、気候変動予測に関する研究は進められているものの、現段階においては低頻度の現象に地球温暖化が及ぼす影響等についての研究は途上であり、気候変動予測の結果を直ちに見込むことは難しい。
- ・このため、現時点での技術水準を踏まえ、これまでの水理・水文観測、気象観測等の結果を用いて、想定最大外力を設定する。

2.1 対象となる河川や下水道の規模等

- ・想定最大外力（洪水、内水）については、降雨により河川が氾濫した場合や下水道施設に雨水の排水ができなくなった場合等の浸水想定を作成や、河川整備計画を想定最大外力までの様々な規模の外力に対して氾濫した場合にも災害リスクができる限り小さくなっているかどうかなどを点検することなどに用いる。
- ・浸水想定を作成等が見込まれる河川や下水道の規模等は以下の通り。

対象	対象面積 平均値	計画規模の降雨量 平均値	降雨継続時間等 平均値
大河川 (国管理)	約 1,592km ² (36~12,697km ²)	約 323mm (113~640mm)	約 40hr (5~72hr)
主な中小河川 (都道府県管理)	約 190km ²	約 250mm	約 24hr
主な下水道 (地下街を有する排水区等)	約 6km ²	約 50mm	1hr

※各数値についてはそれぞれの管理者から聞き取り整理したものであり、今後の精査により修正される場合がある。

2.2 既往最大降雨からの設定

- ・過去に観測された降雨データから設定する。
- ・想定最大外力（洪水、内水）を設定しようとする流域等における降雨だけでなく、近隣の流域等における降雨が同じように発生すると考え、国内を降雨の特性が類似するいくつかの地域に分割し、その地域内で観測された最大の降雨を用いる。

1) 地域区分の設定

- ・我が国は、東西南北に広く、起伏に富んでおり、例えば日本海側、太平洋側等といった地域ごとに気温や降雨などの気候の状況は異なる。
- ・このため、既往最大降雨からの設定にあたり、新たに降雨の特性の類似する地域を区分することとする。
- ・気象現象に関する地域区分については、例えば地域別比流量図（クリーガー曲線）における地域区分⁴⁾（以下「クリーガー曲線の地域区分」という。）や、関口による地域区分⁵⁾、前島による地域区分⁶⁾など、様々な地域区分が提案されているが、必ずしも定まった方法論があるわけではない。
- ・既往の地域区分の事例を参考にするとともに、できるだけ客観的に分析できるように数値的な分析を行い設定する。
- ・数値的な分析については、対象となる河川や下水道の検討対象降雨の継続時間等を踏まえ、降雨継続時間別（1時間から3日（72時間））の降雨量とそのバラツキ（発生頻度）に着目し、これらを指標として多変量解析の一つであるクラスター分析を行う。
- ・なお、クラスター分析に用いるデータについては、データの精度、全国的な一様性を勘案し、気象庁アメダスデータを用いる。
- ・クラスター分析の結果にクリーガー曲線の地域区分などの既往の地域区分を重ね合わせて比較を行い、特性が異なるように見える6地域を抽出し、それらの地域の同等性を「Mann-Whitney の U 検定」を行うことにより検証を行う。
- ・以上の結果より、降雨の特性を考慮した地域区分として、全国を15の地域（北海道北部、北海道南部、東北西部、東北東部、関東、北陸、中部、近畿、紀伊南部、山陰、瀬戸内、中国西部、四国南部、九州北西部、九

⁴⁾ 財団法人国土技術研究センター：改定 解説・河川管理施設等構造令，pp.14-17，山海堂，2000

⁵⁾ 関口武：日本の気候区分，東京教育大学地理学研究報告 3，pp.65-78

⁶⁾ 前島郁雄：気候区分に関する諸問題，現代気候学論説（関口武編），東京堂，pp.51-71

州南東部)に区分する。

2) 観測された降雨データの解析

①対象とする降雨データ

- ・降雨データについては、全国各地に一定程度、時間雨量を計測可能な観測所が整備された昭和 30 年代前半以降のものを対象とする。
- ・昭和 63 年以降については気象庁編集の「解析雨量」(レーダ観測雨量をアメダス等地点雨量により補正した雨量)を用いることとする。なお、レーダ雨量は、その作成時期により空間分解能が異なること(約 1km 四方～約 5km 四方)、細かな空間分解能のデータで日本全国といった広域の解析を行う場合には膨大な時間を要すること、統計期間中の空間分解能を一様にすることから、本解析においては約 5km 四方(緯度 0.05 度、経度 0.0625 度)のサイズに統一することとする。また、解析の対象とする降雨データは、アメダスデータで日雨量 100 mm 以上を記録した降雨日のものとする。
- ・昭和 62 年以前については、主な洪水日の降雨量を用いることとする。なお、主な洪水日とは、気象庁の気象観測所、国土交通省水管理・国土保全局の観測所の日雨量記録から各地点における日雨量の上位 5 位までの降雨日、および 1 級水系(109 水系)の河川整備基本方針等に記載されている降雨量または洪水流量が最大となっている降雨日を対象とする。なお、時間雨量観測所の降雨データは地点雨量であるため、レーダ雨量と同じく約 5km 四方のサイズのものに曲率最小化法により変換して解析する。
- ・また、約 5km 四方のサイズ(約 25km²)より小さな面積の雨量については、昭和 30 年代前半以降の気象庁の気象観測所、国土交通省水管理・国土保全局の観測所の地点雨量を約 1km 四方(1km²)のものとして用いる。

②面積別の降雨量の解析

- ・面積別の降雨量について、面積ごとの平均降雨量(以下「面積雨量」という。)として解析を行う。
- ・面積雨量の最大値を求める解析手法としては、これまで我が国で実施された手法⁷⁾や WMO(世界気象機関: World Meteorological Organization)が示すマニュアル⁸⁾より、FEM 法(変形面積法: Flexible Elements Method)、

⁷⁾ 宝馨, 端野典平, 中尾忠彦: DAD 解析におけるレーダ雨量と非線形最適化手法の適用, 土木学会論文集 No.691/II-57, 1-11, 2001.11

⁸⁾ WMO: MANUAL FOR DEPTH-AREA-DURATION ANALYSIS OF STORM PRECIPITATION, pp.49

CAM 法（面積固定法：Constant Area Method）、FRM 法（雨量固定法：Fixed Rainfall Method）が挙げられる。

- このうち、FEM 法は、降雨量の最大値を追跡して雨域を設定して面積雨量を算定する手法であり、WMO が示すマニュアルにも記載されていることや、他の手法と比べてより厳密に降雨量の最大値を評価できる手法と考えられるため、これを用いることとする。

③面積雨量～面積～降雨継続時間の整理

- FEM 法により、①で対象とした降雨データを、それぞれ降雨継続時間別（1,2,3,6,12,24,48,72 時間）、面積別（約 1,25,50,100,250,500,750,1000,2000,・・・,12000 km²）に解析し、15 地域区分ごとに面積雨量を整理する。
- 15 地域区分ごとに、解析した面積雨量の最大値を包絡すること（以下「既往最大包絡降雨線」という。）により、降雨継続時間、面積ごとに最大となる面積雨量を求められる。

3) 既往最大降雨量の算出

- 想定最大外力（洪水、内水）を設定しようとする流域等ごとに、既往最大包絡降雨線と当該流域等の面積、降雨継続時間から既往最大降雨量を算出する
- 河川に適用するにあたっての面積については、当該流域の基準地点より上流の流域の面積を用いることとする。
- 下水道施設に適用するにあたっての面積については、排水区等の面積を用いることとする。
- 降雨継続時間については、河川整備基本方針等の施設計画等の設定の前提とした対象降雨の継続時間を用いることを基本とする。

2.3 確率規模からの設定

1) 確率規模の設定

- 欧州連合（EU）においては、「洪水リスクの評価・管理に関する指令」が 2007 年に公布され、高頻度な事象から低頻度または極端な事象までの様々な規模の洪水に対する浸水想定等を作成することとされている。
- オランダでは、生涯で数回発生する可能性がある年超過確率 1/10、生涯に一回程度発生する可能性がある年超過確率 1/100（1/10～1/500）、生涯で発生する可能性が限りなく低い年超過確率 1/1,000～1/10,000 の浸水想定等が示されている。
- スウェーデンでは、年超過確率 1/100 洪水と想定最大洪水による浸水想定等が示されている。想定最大洪水については、降雨、融雪、地盤の湿潤

状態等を組み合わせて算出しており、年超過確率 1/10,000 の洪水となっている。

- ・イギリスでは、高頻度（年超過確率 1/30 以上）、中頻度（年超過確率 1/30～1/100）、低頻度（年超過確率 1/100～1/1,000）、ごく低頻度（年超過確率 1/1,000 未満）の浸水想定等が示されている。
- ・フランスでは、セーヌ川では歴史的洪水（既知の最大浸水範囲）、ローヌ川流域リヨンでは極めて頻繁な洪水（年超過確率 1/10 または 1/30）、頻繁な洪水（年超過確率 1/100 または 1/200）、例外的な洪水（年超過確率 1/1,000）の浸水想定等が示されている。
- ・ドイツでは、州ごとに浸水想定等を作成することとなっており、年超過確率 1/100 以下（中程度の生起確率）の洪水のものは必ず作成し、そのほか、極端な洪水によるものについては州ごとに定められている。例えばザクセン州においてはどの歴史的洪水よりも大きく年超過確率 1/300 以下の洪水、バイエルン州では年超過確率 1/100 の洪水流量の 1.5 倍の洪水、ノ르트ライン＝ヴェストファーレン州においては年超過確率 1/1,000 の洪水とされている。
- ・ベルギーでは、年超過確率 1/2 から 1/1,000 までの 17 の発生頻度別の浸水想定等が示されている。
- ・また、アメリカでは、年超過確率 1/100 および 1/500 の浸水想定等が示されている。
- ・日本では、水防法に基づき浸水想定を洪水防御に関する計画の基本となる降雨（1 級水系 1/100～1/200）を対象に作成しているが、これを上回る規模の洪水については対象としていない。
- ・なお、平成 22 年に内閣府より示された「大規模水害対策に関する専門調査会報告」で、年超過確率 1/1,000 の洪水により利根川、荒川の堤防が決壊した場合の氾濫の状況や想定される被害が示されている。
- ・これらを踏まえ、確率規模からの設定にあたっては、当該流域等において年超過確率 1/1,000 となる降雨量を用いることとする。

2) 1/1,000 確率降雨量の算出

- ・想定最大外力（洪水、内水）を設定しようとする流域等において、年超過確率 1/1,000 となる降雨量の設定にあたっては、当該流域等における降雨データを最新のものまで含めて可能な限り収集する。
- ・年超過確率 1/1,000 の降雨量の算出にあたっては、河川砂防技術基準調査編に基づき行う。なお、「利根川の基本高水の検証について⁹⁾」や「矢部

⁹⁾ 国土交通省：利根川の基本高水の検証について，pp.26-33，2011
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/mizukokudo03_sg_000062.html

川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料（参考資料）¹⁰⁾」に記載されている確率降雨量の算出方法を参考とする。下水道についても、これらを参考に算出するものとする。

2.4 研究成果を活用した設定

1) 研究の事例

- ・気候変動予測に関する研究は進められているものの、現段階においては低頻度の現象に地球温暖化が及ぼす影響等についての研究は途上であり、全国統一的な手法として、気候変動予測の結果を直ちに見込むことは難しい。
- ・一方、擬似温暖化実験等の気候変動に関する研究や谷底平野等の地形・地質等の痕跡からの極値流量の推算など、個々の流域等を対象とした研究が進められている。

（研究の例）

- －極端台風を対象としたアンサンブル実験からの推定
- －気候変動に伴う将来の温暖化バイアスを加えた擬似温暖化実験からの推定
- －谷底平野等の地質・地形等の痕跡からの極値流量の推定

2) 研究成果を活用した設定

- ・個々の流域等において適用可能な研究が進められている場合においては、その成果を活用して想定最大外力（洪水、内水）を設定することも考えられる。
- ・なお、研究成果を活用して設定するにあたっては、さまざまな研究を調べるとともに、その研究を活用することとした理由を示すこととする。

2.5 想定し得る最大規模の降雨の設定

1) 降雨量について

- ・「2.2 既往最大降雨からの設定」、「2.3 確率規模からの設定」のいずれの手法も、過去の限られた降雨データを用いて設定するものであるため、これを上回る降雨量が発生する可能性を否定できない。
- ・想定し得る最大規模の降雨については、最悪の事態を想定した対策を進めるにあたっての浸水想定を作成するためのものであるため、「2.2 既往最大降雨からの設定」、「2.3 確率規模からの設定」のうち、いずれか大き

¹⁰⁾ 国土交通省水管理・国土保全局：矢部川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料（参考資料），pp.84-86，2014
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/yabegawa93-6.pdf

い降雨量から設定する。

- ・なお、当該流域等で適用可能な研究が進められている場合においては、「2.4 研究成果を活用した設定」に基づき設定することもできる。

2) 降雨波形について

- ・流出解析、浸水解析に用いる降雨波形について、河川については河川整備基本方針の基本高水の設定の前提とした降雨波形を用いることを基本とする。下水道については、検討対象市町村等の既往最大降雨の降雨波形から設定することを基本とする。
- ・なお、流出解析等において、河川整備基本方針の基本高水の設定の前提とした降雨波形を、1)で設定した降雨量まで単純に引き伸ばすことにより著しく不合理が生ずる場合（例えば短時間に降雨が比較的集中している降雨波形を引き伸ばした結果、洪水のピーク流量に支配的な継続時間内での降雨強度が著しく大きくなる場合など）には、修正を加えるものとする。
- ・修正については、降雨波形を変更することや、降雨継続時間を流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態等を考慮して見直すことが考えられる。

3 今後の課題

- ・本設定手法は、過去に観測された降雨データから設定するものであることから、今後の降雨の発生状況等を踏まえ、適宜見直しを図る必要がある。
- ・また、気候変動予測の結果を見込んだものになっていないため、今後、気候変動予測技術等の向上を図るとともに、気候変動予測や最大降雨、極値流量等に関する研究の知見を蓄積し、想定最大外力（洪水、内水）の設定手法の高度化に取り組む。
- ・なお、最悪の事態を想定した対策を進めるにあたっては、想定最大外力の規模を上回る規模の外力が発生する可能性があることにも留意が必要である。