

# 想定最大外力（洪水、内水）の 設定手法に関する考察



柳澤 修  
河川政策グループ  
首席研究員



岡部 真人  
河川政策グループ  
主任研究員



竹島 雄介  
河川政策グループ  
研究員



湧川 勝己  
情報・企画部  
部長

## 1 はじめに

平成 27 年 1 月に「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」が国土交通省において取りまとめられた。また、同年 8 月には社会資本整備審議会より「水災害分野における気候変動適応策のあり方について ～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～ 答申」が公表され、水災害分野における気候変動適応策の基本的な考え方などが示された。これらの答申等では、激化する水災害に対処するため、施設では守りきれない事態を勘案し、社会全体が、想定最大外力（想定し得る最大規模の外力）までの様々な外力についての災害リスク情報を共有し、施策を総動員して減災対策に取り組むことなどが示されている。

この想定最大外力の設定にあたり、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」（以下「技術検討会」という。）において技術的な検討がなされ、平成 27 年 7 月に「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」が公表された。この技術検討会の検討過程において、JICE では国土交通省の受託業務の中で、地域区分の設定手法及び想定最大外力の設定手法に関する検討を実施した。

本稿では、想定最大外力（洪水、内水）の設定手法の検討において実施した、降雨特性を考慮した地域区分の設定、及び、実績最大降雨量を基に想定最大外力を設定した検討過程について考察する。ここで、「想定最大外力（洪水、内水）」とは、現状の科学的な知見や研究成果を踏まえ、利用可能な水理・水文観測、気象観測等の結果を用い、現時点において、ある程度の蓋然性をもって想定し得る最大規模の外力として

定義する。

なお、検討過程において、世界気象機関（WMO）による可能最大雨量の推定方法としても紹介<sup>1),2)</sup>されている DAD 解析により、地域ごとに継続時間別の面積降雨量の最大値の分析も実施しているが、紙面の制約もあり割愛する。これについては、「河川における DAD 特性を考慮した PMP（可能最大降雨量）の算定に関する研究」（河川技術論文集、第 21 巻、2015.6）をご覧ください。

## 2 検討手法の概要

日本はアジアモンスーン地域の東端に位置し、そのほとんどは温帯（北海道は亜寒帯、沖縄は亜熱帯）に属しているが、日本列島は南北に長く、脊梁山脈などの地形特性もあることから、地域ごとに降雨特性が異なる。桑原<sup>3)</sup>による先行研究においても、日本全域と地域区分した場合の DD（Depth Duration：降雨量、降雨継続時間）特性の違いが示されている。このため、まず全国を降雨特性の類似する地域に区分することとした。

想定最大外力の設定にあたって利用可能なデータとして、降雨、流量、水位などが挙げられるが、全国統一的な手法として設定する必要があることから、データの質や量を勘案し、既往の降雨データを用いることとし、想定最大規模降雨として設定することとした。任意の面積別、降雨継続時間別の想定最大規模降雨を設定する方法として、同じ地域内で発生した降雨量の実績最大値を包絡した降雨量（以下「実績最大包絡降雨量」という。）を算出した。

### 3 地域区分の設定

#### 3.1 既往の地域区分

気象現象に関する地域区分については、関口による地域区分<sup>4)</sup>、前島による地域区分<sup>5)</sup>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。これらの区分は降水量の他、気温や月別の降水量などを指標としており、洪水流量に關与する短時間（数時間～数日）の降雨量に着目したものではない。また、現在の治水計画で運用されている地域区分として、クリーガー曲線の地域区分（以下「クリーガー区分」という。）<sup>6)</sup>が知られている。これは1976年までの実績洪水比流量を基に地域を区分したものであるが、降雨ではなく比流量により区分していること、策定から時間が経っており近年の降雨が反映されていないことなど、想定最大外力の設定を行う上での地域区分として最善とは言い難い。このため、地域区分は降雨特性を表す指標を整理し、近年の降雨データを使用した上で、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こととした。

#### 3.2 クラスタ分析

降雨の地域特性は、主に継続時間別の雨量の大きさや、その発生頻度という形で表されると考え、これらの特性を全国的に一定の様式、精度で整理されている気象庁アメダスデータを用い、1976～2010年（35カ年）のデータを対象に分析を行った。

全国のアメダス観測地点を降雨特性が類似するグループに分類する方法として、多変量解析の1つであるクラスタ分析を用いた。クラスタ分析は、ある母集団に対して類似するものを集めて集落（クラスタ）をつくり、分類しようとするものである。

降雨特性を分類する指標は、降雨量とその頻度及びDD特性に着目し、それらを表す指標として表3-1に示すものを抽出した。なお、クラスタ分析に用いる指標に相関が強いものが含まれると、その相関に偏って分類されるため、表3-2に示す指標間の決定係数 $R^2$ について、強い相関があるといわれる0.5以上のものを除き、「DD係数比」、「年最大24時間雨量の平均」、「年最大3時間雨量の標準偏差／平均」、「年最大48時間雨量の標準偏差／平均」の4つの指標を用いることとした。

これらの指標を用いてクラスタ分析を行い、降雨特性として全国のアメダス地点を10のクラスタに分類した。クラスタの分布及び樹形図を図3-1に示す。

表 3-1 指標一覧

評価指標	指標の内容
DD係数比	1～24時間の最大雨量近似直線の傾き／24～72時間の最大雨量近似直線の傾き
年最大3時間雨量の平均（3av）	継続時間別の降雨量
年最大24時間雨量の平均（24av）	
年最大48時間雨量の平均（48av）	
年最大3時間雨量の標準偏差／平均（sig/3av）	年最大降雨量の変動係数 （年最大雨量のばらつきを表す指標として、観測地点ごとの年最大降雨量の標準偏差を年最大降雨量の平均で除したもの）
年最大24時間雨量の標準偏差／平均（sig/24av）	
年最大48時間雨量の標準偏差／平均（sig/48av）	

表 3-2 指標間の決定係数 $R^2$

	DD係数比	3av	24av	48av	sig /3av	sig /24av	sig /48av
DD係数比	—	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000
3av	0.000	—	0.905	0.897	0.269	0.183	0.145
24av	0.000	0.905	—	0.989	0.239	0.147	0.119
48av	0.000	0.897	0.989	—	0.249	0.154	0.128
sig /3av	0.003	0.269	0.239	0.249	—	0.457	0.344
sig /24av	0.004	0.183	0.147	0.154	0.457	—	0.809
sig /48av	0.000	0.145	0.119	0.128	0.344	0.809	—

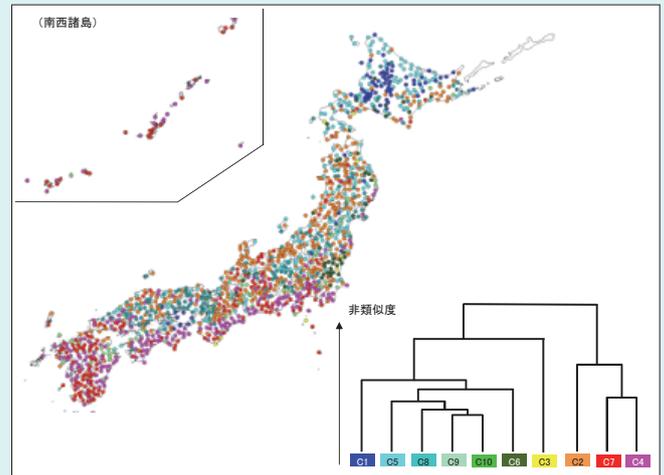


図 3-1 クラスタ分析の結果

#### 3.3 クラスタ分析結果の考察

クラスタ分析によって分類したそれぞれの降雨特性を理解するため、クラスタの分布を2つの指標間の関係図として整理し、図3-2に示す。

図3-1において、北海道や東北に多く見受けられるC1群（青色）やC5群（水色）は、図3-2から24avが比較的小さく、sig/3av、sig/48avがともに比較的大きいことが読み取れ、雨量が少なくかつ年最大降雨量のバラツキが大きい地域に分布していると考えられる。また、九州や太平洋側に多く見受けられるC4群（桃色）やC7群（赤色）は、24avが比較的大きく、sig/3av、sig/48avがともに比較的小さい。雨量が多く、短時間、長時間ともに年最大降雨量のバラツキが小さく、前線や台風など毎年のように大雨に見舞われる地域に分布していると考えられる。

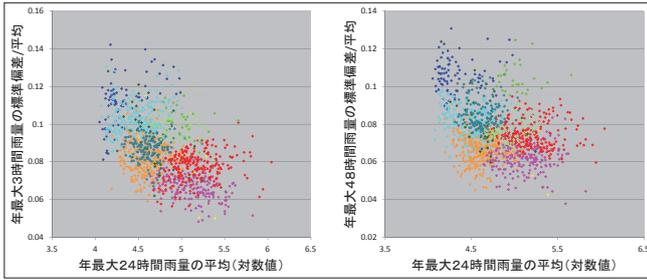


図 3-2 クラスターの分布

### 3.4 地域区分の設定及び妥当性検証

クラスター分析によりアメダス各地点を 10 のクラスターに分類し、これを基に地域区分を行うこととした。

区分にあたっては、クラスターの分布状況とクリーガー区分等を照らして、細分化等の必要性を検証すべきと考えられる場所を検討した。その結果、北海道の分割方法、東北の分割方法、九州の分割方法、近畿・紀伊南部の境界部、中国西部・山陰・瀬戸内の境界部、瀬戸内・四国南部の境界部の 6 箇所に対して検証を行うこととした (図 3-3 参照)。

抽出した箇所の分割方法や境界部の検討については、「Mann-Whitney の U 検定」により検証を行った (表 3-3 参照)。なお、その際の有意水準は 5% とした。

以上の結果を踏まえ、降雨の特性を考慮した地域区分として、河川の流域界も考慮し、全国を図 3-4 に示す 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、九州南東部) に区分した。

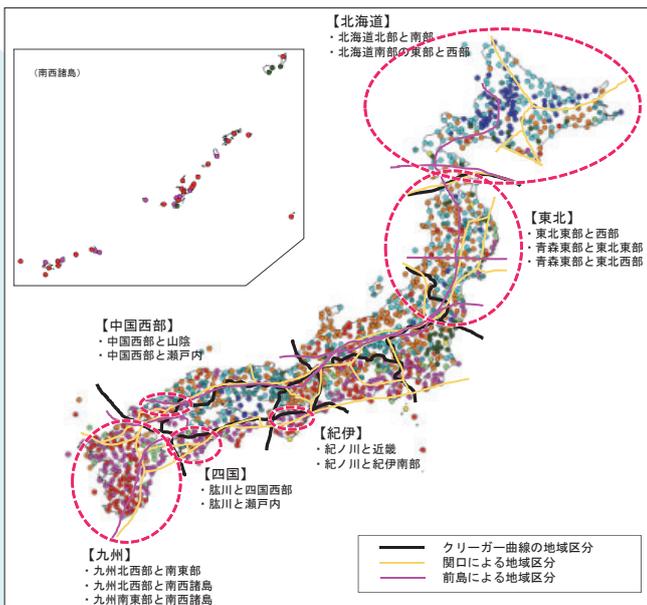


図 3-3 クラスター分析結果と既往の地域区分の重ね合わせ

表 3-3 Mann-Whitney の U 検定の結果

	比較するグループ	3h	6h	12h	24h	48h	検定結果
北海道	北海道北部と南部	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	5.2% 差有	差がある
	北海道南部の東部と西部	0.0% 差有	0.1% 差有	6.1% 差有	5.5% 差有	2.2% 差有	差がある時間帯は限定的である
東北	東北東部と西部	0.5% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	差がある
	青森東部と東北東部	4.4% 差有	3.7% 差有	1.2% 差有	0.4% 差有	0.1% 差有	差がある
紀伊	紀の川と近畿	48.2% 差有	16.6% 差有	29.7% 差有	62.4% 差有	9.2% 差有	差があるとは言えない
	紀の川と紀伊南部	0.3% 差有	0.5% 差有	1.0% 差有	1.2% 差有	2.4% 差有	差がある
中国西部	山陰と中国西部	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	差がある
	瀬戸内と中国西部	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	差がある
四国	坂川と四国西部	0.2% 差有	0.1% 差有	0.1% 差有	0.2% 差有	0.1% 差有	差がある
	坂川と瀬戸内	51.7% 差有	34.9% 差有	37.3% 差有	44.5% 差有	72.8% 差有	差があるとは言えない
九州	九州北西部と南東部	3.9% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	差がある
	九州北西部と南西諸島	2.0% 差有	41.2% 差有	70.0% 差有	22.9% 差有	78.4% 差有	差があるとは言えない
	九州南東部と南西諸島	28.1% 差有	23.7% 差有	0.4% 差有	0.0% 差有	0.0% 差有	差がある

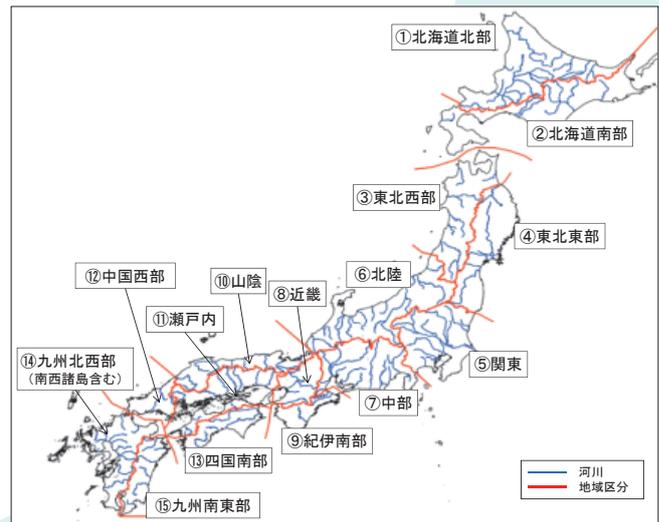


図 3-4 降雨の特性を考慮した地域区分

## 4 想定最大規模降雨の設定

### 4.1 設定方法について

想定最大規模降雨の降雨量については、過去に観測された大雨が同じ地域区分内であれば同様の雨が降り得るとの考えのもと、地域区分ごとに観測された最大の降雨量により設定することとした。

観測された最大の降雨量を整理するために、15 地域区分ごとに、実績降雨データを解析して各面積雨量の最大値を求め、図 4-1 に示すようにプロットし、その中で最大となる値を整理するとともに、包絡するよう直線で結んだ。この包絡する線 (以下「実績最大降雨量包絡線」という。) を各降雨継続時間で整理し、図 4-2 に示すように地域ごとの実績最大降雨量包絡線を作成した。これを用いて任意の降雨継続

時間、面積ごとに最大となる面積雨量を求め、想定最大規模降雨の降雨量とすることとした。

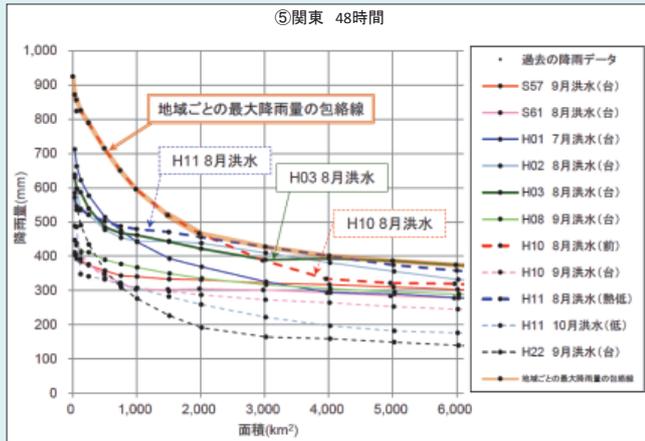


図 4-1 地域ごとの最大降雨量に関する解析と包絡線の作成

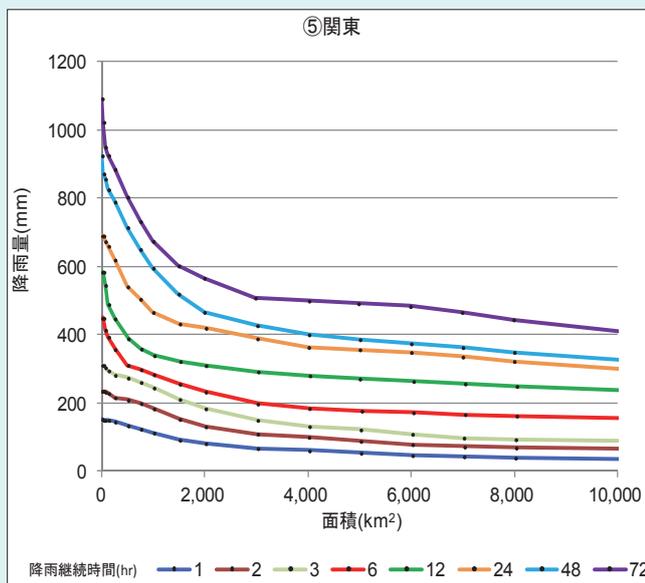


図 4-2 地域区分ごとの実績最大降雨量包絡線（関東の例）

#### 4.2 河川等への適用

前項の手法により、任意の降雨継続時間、面積ごとに想定最大規模降雨の降雨量を算定し、河川等への適用が可能となる。

具体的な河川等への適用にあたっては、面積については、当該河川の基準地点より上流の流域面積とし、降雨継続時間及び降雨波形については、流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態等を考慮して定められた河川整備基本方針等の施設計画等の設定において前提とする計画対象降雨の継続時間及び降雨波形を用いて算定できることとなる。

参考到大河川（国管理河川）の基準地点の上流における想定最大規模降雨の降雨量を算出すると、河川整備基本方針の計画降雨量に対して平均で概ね 1.8 倍となり、年超過確率を試算すると、平均では概ね 1/1,300 程度であった。欧米等においては、既に年超過確率 1/500 から 1/1,000

の洪水も対象に浸水想定等を行っており、イギリス等の多くの国では年超過確率 1/1,000 の洪水を対象としていることを踏まえると、実績最大包絡降雨量は想定最大外力の大きさとして妥当と考えられる。

## 5 おわりに

本研究では、統計的な手法を用いて地域区分を行い、実績降雨の分析結果を用いて、現時点において、ある程度の蓋然性をもって想定し得る最大規模の外力としてとりまとめた。

想定最大外力の設定手法は、過去に観測された降雨データを基に設定したものであり、今後の降雨の発生状況等を踏まえ、適宜見直していく必要がある。

また、気候変動予測の結果を見込んだものとはなっていないので、気候変動予測や最大降雨等の研究の知見を踏まえ、想定最大外力の設定手法の高度化を図っていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) WMO : Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP). 2009
- 2) WMO : MANUAL FOR DEPTH-AREA-DURATION ANALYSIS OF STORM PRECIPITATION, pp.49, 1969
- 3) 桑原英夫：日本における最大級豪雨の時間的空間的集中特性に関する実証的研究，東大学位論文，pp.1-173
- 4) 関口武：日本の気候区分，東京教育大学地理学研究所報告 3, pp.65-78
- 5) 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
- 6) 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