

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 （補足説明）

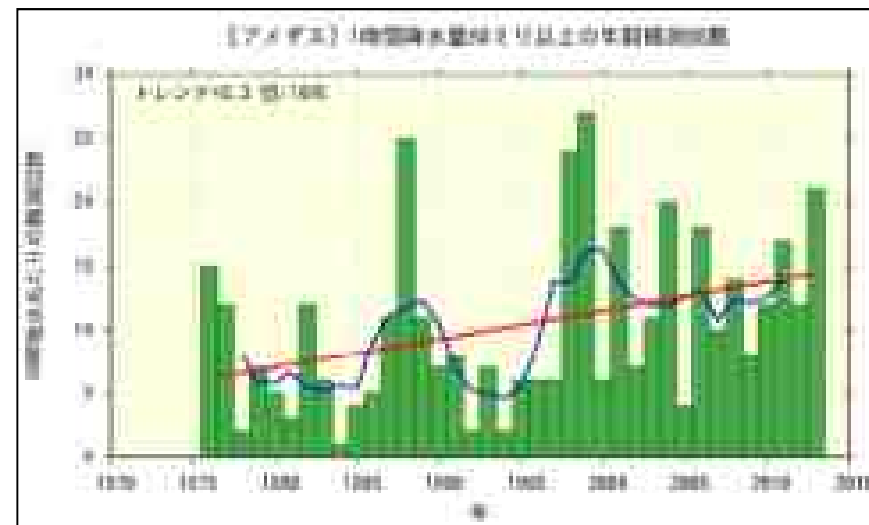
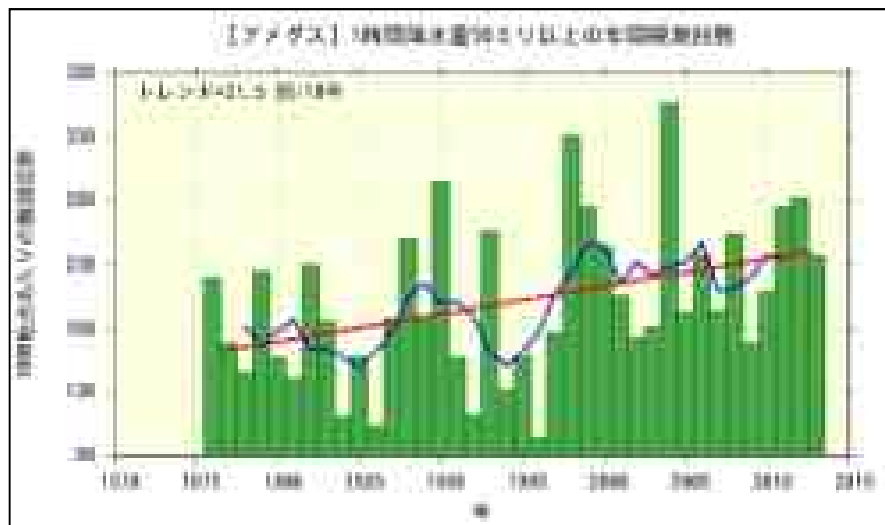
目次

- 1 はじめに
- 2 想定最大外力(洪水、内水)の設定手法
 - 2.1 対象となる河川や下水道の規模等
 - 2.2 既往最大降雨からの設定
 - 1) 地域区分の設定
 - 2) 観測された降雨データの解析
 - 3) 既往最大降雨量の算出
 - 2.3 確率規模からの設定
 - 1) 確率規模の設定
 - 2) 1/1,000確率降雨量の算出
 - 2.4 研究成果を活用した設定
 - 1) 研究の事例
 - 2) 研究成果を活用した設定
 - 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) 降雨波形について
- 3 今後の課題

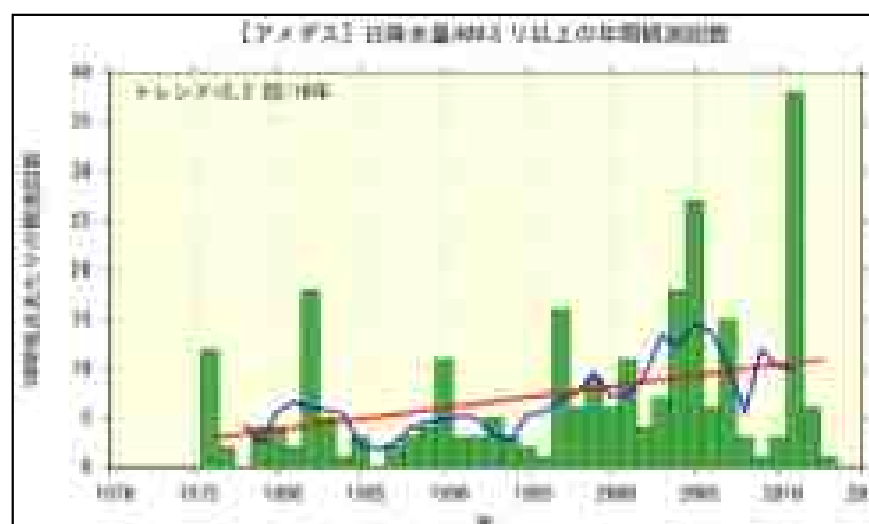
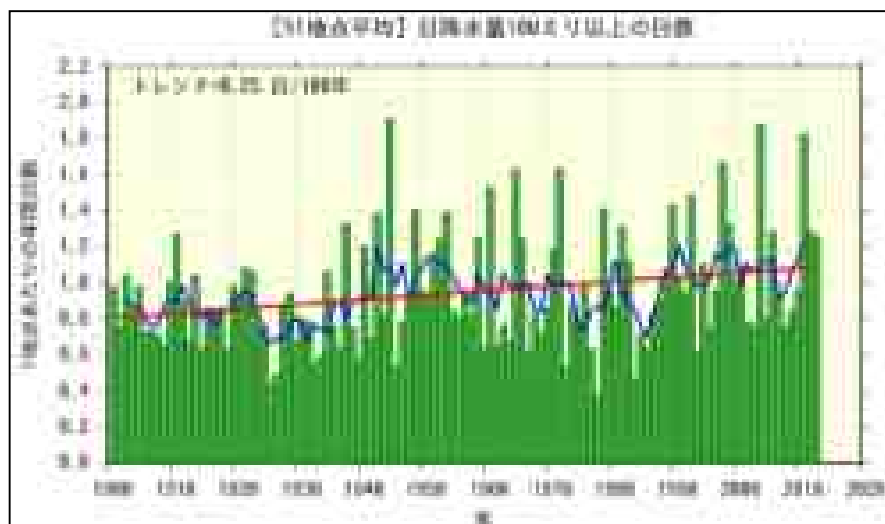
1 はじめに

短時間強雨や大雨の発生件数の増加について

- ◆ 時間降水量50mm以上及び80mm以上の短時間強雨の発生件数が増加している。
- ◆ 日降水量100mm以上及び400mm以上の日数が増加している。



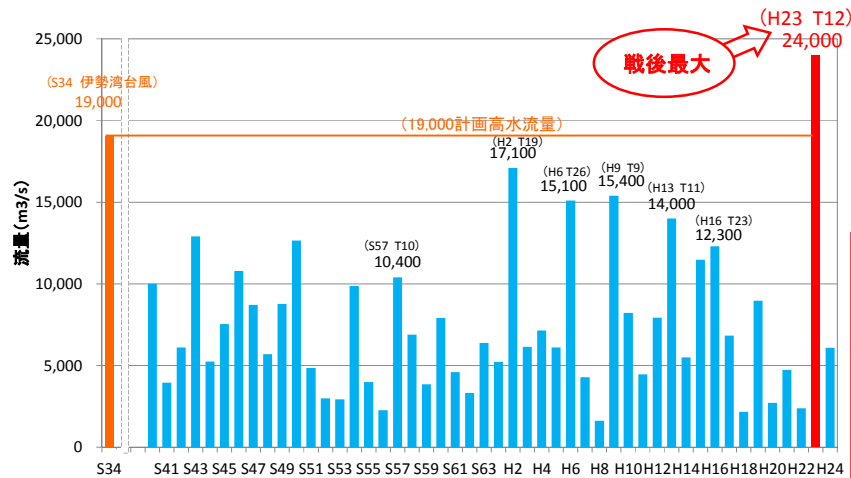
— : 5年移動平均
— : 変化傾向



大規模な水害の発生事例

- ◆ 平成23年9月、台風12号により、紀伊半島の一部では総雨量2,000mmを超える大雨となり、新宮川水系では河川整備基本方針の基本高水のピーク流量を上回り、我が国の観測史上最大の流量(約24,000m³/s)を記録した。
- ◆ 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。

平成23年台風12号 新宮川水系熊野川の実績流量及び被害



河川	地点	流量 (m ³ /s)	時刻
熊野川	新宮川水系	24,000	平成23年9月22日 15時
新宮川	新宮川	24,000	平成23年9月22日 15時
紀伊半島	紀伊半島	24,000	平成23年9月22日 15時

近年の主な内水被害

浸水地区	発生期間	時間最大雨量 (総雨量)	床上 浸水	床下 浸水
愛知県 岡崎市 名古屋市 一宮市	H20.8.28-29	146.5mm/h (448mm)	2,669 戸	13,352 戸
大阪府 寝屋川市	H24.8.13-14	143.0mm/h (162mm)	1,403 戸	5,732 戸

熊野川



相野谷川



平成20年8月 愛知県岡崎市

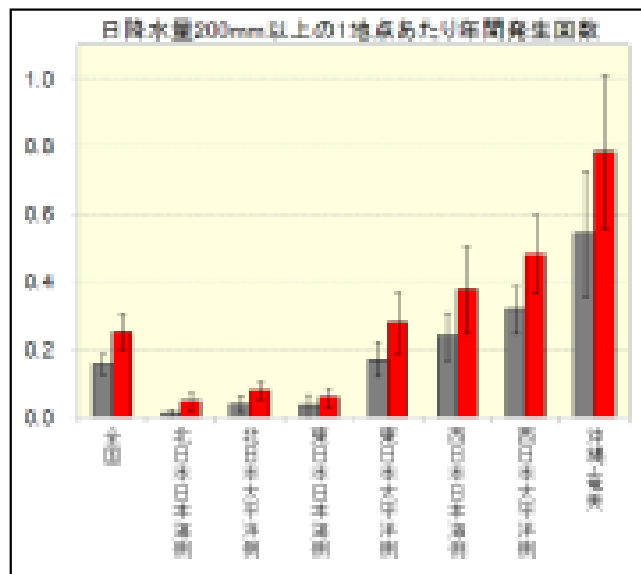
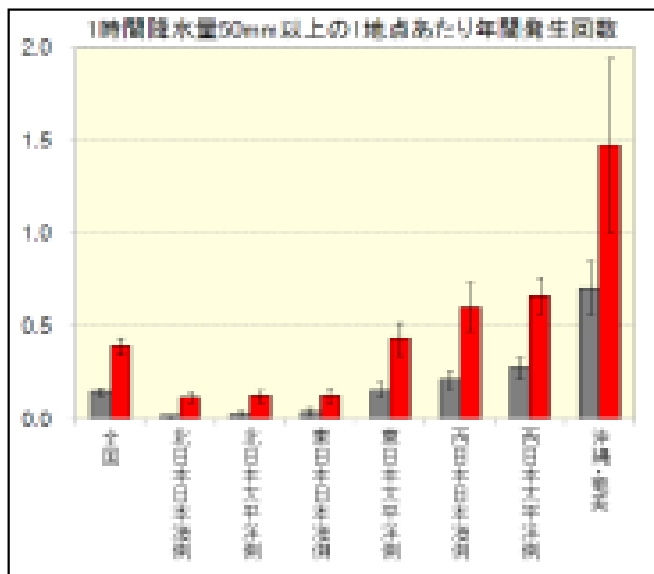


平成24年8月 大阪府寝屋川市

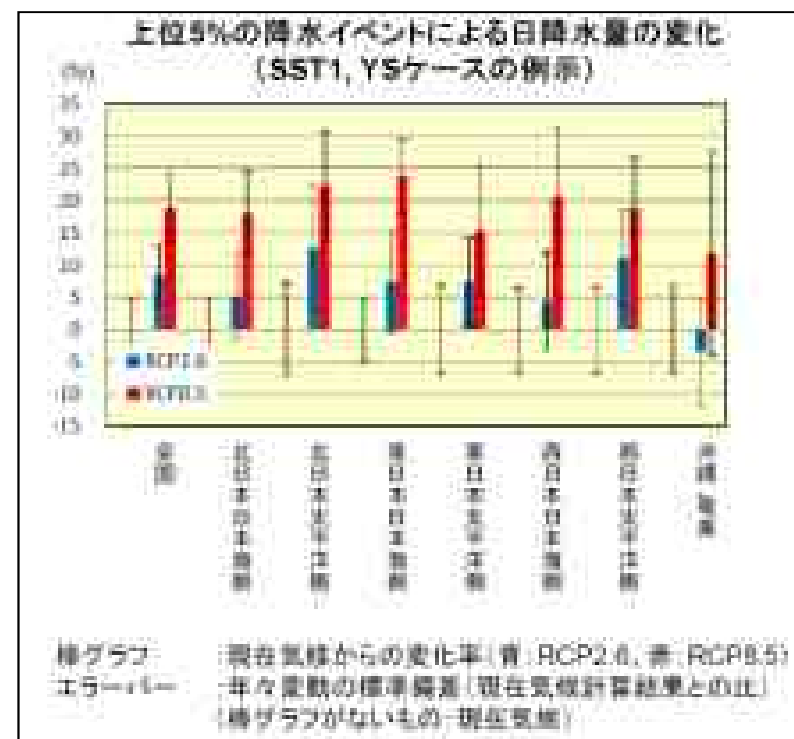


気候変動予測

- ◆ 地球温暖化に伴う気候変動により、今後さらに水災害が頻発・激甚化することが懸念されている。
- ◆ 気象庁の地球温暖化予測情報によると、全国的に1時間降水量50mm以上の年間発生回数は約2.7倍に、日降水量200mm以上の年間発生回数は約1.6倍になることが予測されている。
- ◆ 気象庁・環境省の研究によると、大雨による降水量、無降水日数はそれぞれ多くのシナリオ・ケースで増加傾向となると予測されている。



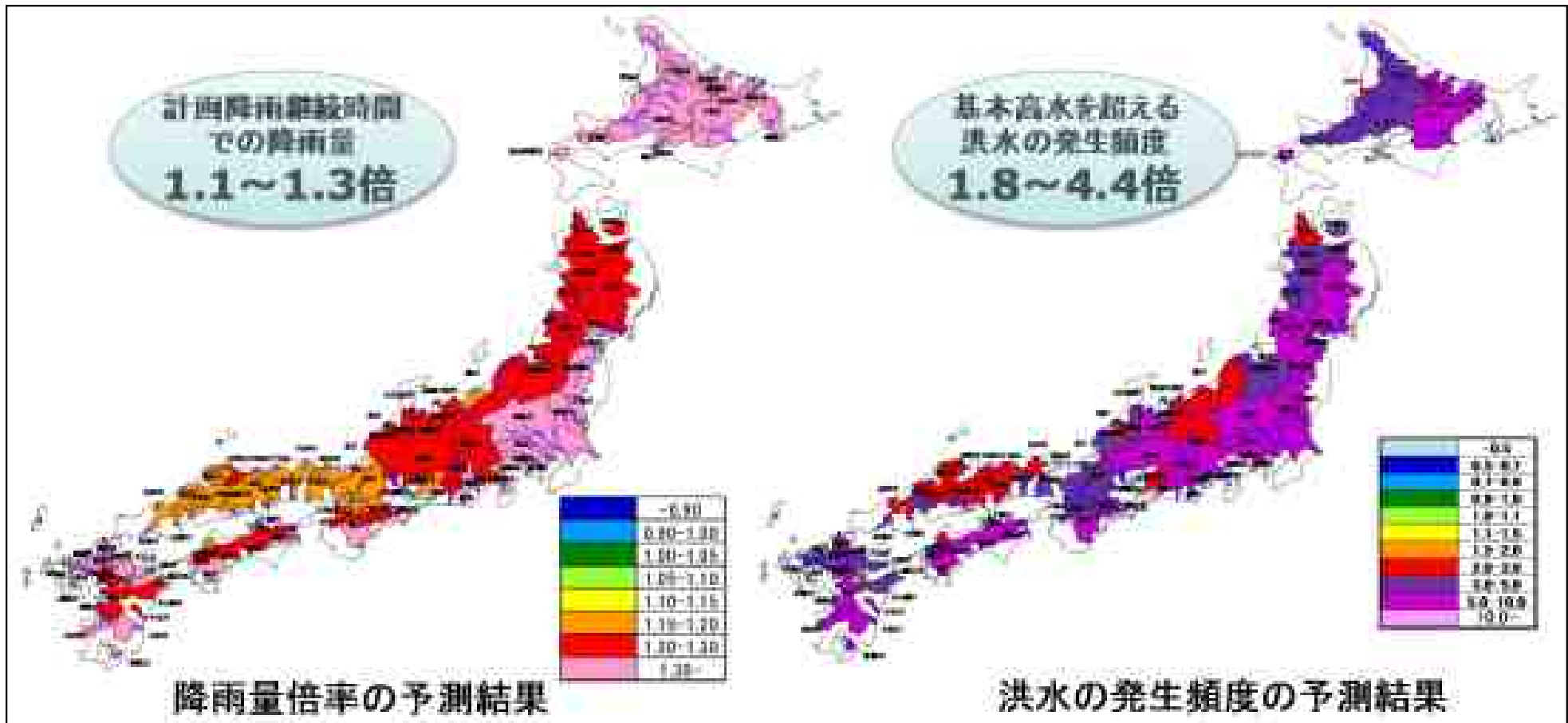
■ 現在気候: 20世紀末(1980年～1999年)
 ■ 将来気候: 21世紀末(2076年～2095年)



気候モデルを使って、日本周辺の将来(2080年～2100年)の気候変動予測計算を実施し、過去の再現結果(1984年～2004年)と比較。将来気候の予測計算は温室効果ガスの濃度に応じ、RCP2.6シナリオ、RCP4.5シナリオ、RCP6.0シナリオ、RCP8.5シナリオで計算を実施。

気候変動予測

- ◆ 国土技術政策総合研究所の研究によると、今世紀末には、全国一級水系の計画降雨継続時間での降雨量が1.1～1.3倍※¹に、基本高水を超える洪水の発生頻度※²が1.8～4.4倍※¹に増加する恐れがある。



新たなステージに対応した防災・減災のあり方

- 時間雨量が50mmを上回る豪雨が全国的に増加しているなど、近年、雨の降り方が局地化・集中化・激甚化
- 平成26年8月の広島ではバックビルディング現象による線状降水帯の豪雨が発生
- 2013年11月にはフィリピンにスーパー台風が襲来
- 大規模な火山噴火等の発生のおそれ

既に明らかに雨の降り方が変化していること等を「新たなステージ」と捉えて

災害に対する脆弱性

- 「国土」が脆弱
 - ・大都市の多くの範囲がゼロメートル地帯等
 - ・地質が地殻変動と風化の進行等により脆い
 - ・世界の地震(M6以上)の2割、活火山の1割が日本付近
- 文明の進展に伴い、
 - 「都市」が脆弱に
 - ・水害リスクの高い地域に都市機能が集中化
 - ・地下空間の高度利用化(地下街、地下鉄等)
 - 「人」が脆弱に
 - ・施設整備が一定程度進み、安全性を過信
 - ・想定していない現象に対し自ら判断して対応できない

最悪の事態の想定

- 地震: 最大級の強さを持つ地震動を想定
 - ・阪神・淡路大震災を踏まえ、最大クラスの地震動に対し、機能の回復が速やかに行い得る性能を求める等の土木構造物の耐震設計を導入
- 津波: 最大クラスの津波を想定
 - ・東日本大震災を踏まえ、最大クラスの津波に対し、なんとしても命を守るという考え方に基づき、まちづくりや警戒避難体制の確立などを組み合わせた多重防御の考え方を導入
- 洪水等: 未想定

新たなステージに対応した防災・減災のあり方

- 最大クラスの大雨等に対して施設で守りきるのは、財政的にも、社会環境・自然環境の面からも現実的ではない
- 「比較的発生頻度の高い降雨等」に対しては、施設によって防御することを基本とするが、それを超える降雨等に対しては、ある程度の被害が発生しても、「少なくとも命を守り、社会経済に対して壊滅的な被害が発生しない」ことを目標とし、危機感を共有して社会全体で対応することが必要である。

最悪の事態も想定して、個人、企業、地方公共団体、国等が、主体的に、かつ、連携して対応することが必要であり、これらについての今後の検討の方向性についてとりまとめ

命を守る

- 「行動指南型」の避難勧告に加え、「状況情報」の提供による主体的避難の促進、広域避難体制の整備等を目指す。
- ①最大クラスの水害・高潮等に関する浸水想定・ハザードマップを作成し、様々な機会における提供を通じた災害リスクの認知度の向上
- ②防災情報の時系列での提供、情報提供する区域の細分化による状況情報の提供
- ③個々の市町村による避難勧告等の現在の枠組み・体制では対応困難な大規模水害等に対し、国、地方公共団体、公益事業者等が連携した、広域避難、救助等に関するタイムライン（時系列の行動計画）の策定等

社会経済の壊滅的な被害を回避する

- 最悪の事態を想定・共有し、国、地方公共団体、公益事業者、企業等が主体的かつ、連携して対応する体制の整備を目指す。
- ①最大クラスの水害・高潮等が最悪の条件下で発生した場合の社会全体の被害を想定し、共有
- ②応急活動、復旧・復興のための防災関係機関、公益事業者の業務継続計画作成を支援
- ③被害軽減・早期の業務再開のため、水害も対象とした企業のBCPの作成を支援
- ④国、地方公共団体、公益事業者等が連携して対応する体制の整備と関係者一体型タイムラインの策定
- ⑤TEC-FORCEによる市町村の支援体制の強化等

水災害分野における気候変動適応策のあり方について 中間とりまとめ(案)

4.2 基本的な枠組み

(対策の基本方針)

まず、比較的発生頻度の高い外力に対しては、これまで進めてきている堤防や洪水調節施設、砂防堰堤、水資源開発施設等の施設の整備を引き続き着実に進めることが重要である。また、これらの施設の機能を確実に発揮させるよう適切に維持管理・更新を行うことも必要である。これらにより、水災害の発生を着実に防止することを目指すべきである。またその際には、諸外国の施策も参考にして、気候変動による将来の外力の増大の可能性も考慮し、できるだけ手戻りがなく追加の対策を講じることができる順応的な整備・維持管理等を進めるべきである。

施設が整備途上である場合はもちろんのこと、整備完了後であっても、常にその能力を上回る外力が発生する危険性があり、そのような場合には施設では守りきれないことを認識して、ソフト対策を中心に取り組む必要がある。具体的には的確な避難、円滑な応急活動、事業継続等のための備えの充実、災害リスクの軽減を考慮したまちづくり・地域づくりの促進など、できる限り被害を軽減するような対策を進めるべきである。また、施設についてもできる限り被害を軽減できるような対策に取り組むべきである。

これらにより、氾濫等が発生しても、人命・資産・社会経済をできる限り守ることを目指すべきである。

特に、施設の能力を大幅に上回るような激甚な外力に対しては、最悪の事態を想定し、ソフト対策に重点を置いて対応する必要がある。国、地方公共団体、企業、自治組織、住民等の各主体が危機感を共有し、それぞれが備え、また協働して対策を進めることにより、一人でも多くの人命を守り、社会経済の壊滅的な被害を回避することを目指すべきである。

(災害リスクの評価・共有)

(想定し得る最大規模の外力の設定)

最悪の事態を想定した事前の備えを進めるため、地震・津波対策や水災害に関する諸外国における取組みを参考に、現時点で想定し得る最大規模の外力(以下、「想定最大外力」という。)を新たに設定するべきである。

水災害分野における気候変動適応策のあり方について 中間とりまとめ(案)

5 水災害分野における気候変動適応策の具体的な内容

5.1 災害リスクの評価・共有

(災害リスクの評価・共有)

(想定し得る最大規模の外力の設定等)

現在、水防法においては、洪水防御に関する計画の基本となる洪水(1級水系では年超過確率1/100～1/200)を対象として浸水想定区域を指定することとされているが、今後は、洪水だけでなく、内水、高潮についても対象とするとともに、外力を想定し得る最大規模とするべきである。その際、地方公共団体、企業、自治組織、住民等が避難の検討ができるよう、浸水深だけでなく浸水継続時間を提示するべきである。

想定最大外力は、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設定すべきであるが、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。しかしながら、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、速やかに想定最大外力を具体的に設定して、適応策を進めていく必要がある。このため、想定最大外力については、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、設定するべきである。

洪水、内水については、当該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となる降雨を用いて想定最大外力を設定することが考えられる。

また、諸外国の事例等も踏まえ例えば年超過確率1/1,000の外力で設定することや、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定など関連する研究成果を活用し設定することなども考えられる。

2 想定最大外力(洪水、内水)の設定手法

2.1 対象となる河川や下水道の規模等

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。
- ◆ 大河川(1級河川の国土交通大臣管理区間)、主な中小河川(1級河川の都道府県知事管理区間や2級河川)、主な下水道(地下街を有する排水区等)について、各計画の諸元(対象面積、計画規模の降雨量、降雨継続時間等)について整理した。整理結果の概要を以下に示す。

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40h 5～72h
主な中小河川 (都道府県管理)	約190km ²	約250mm	約24h
主な下水道 (地下街を有する排水区等)	約6km ²	約50mm	1h

2.2 既往最大降雨からの設定

地域区分の設定についての考え方

- ◆ 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ため、既往最大降雨からの設定にあたって、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)における地域区分や、関口による地域区分、前島による地域区分など、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。
- ◆ 区分にあたっては、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うことにより設定する。
- ◆ 降雨特性の類似する地域区分の検討フローを以下に示す。

既往の研究等における地域区分

クリーガー曲線の地域区分、関口による地域区分、前島による地域区分など

クラスター分析

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、これらを指標とする

重ね合わせ

特性が異なる地域の同等性の検証
(Mann-WhitneyのU検定)

地域区分の決定

既往の研究等における地域区分について

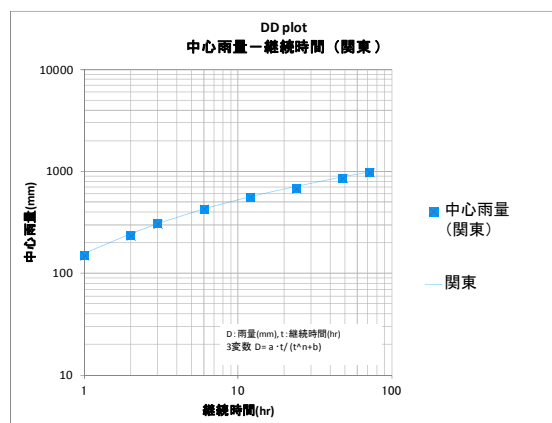
- ◆ 既往研究①及び②は、最大級の洪水比流量と流域面積との関係等に関する研究であり、想定最大外力に関連する降雨の特性に近い地域区分と言える。ただし、当時は観測所数が限られている。
- ◆ 既往研究③～⑦は気候による地域区分であるが、想定最大外力に関連する降雨の特性を考慮した地域区分とは必ずしも言えない。

名 称	地域区分の要素	区分数	発表年
①クリーガー曲線の地域区分	全国ダム地点の 実績最大比流量	11地域	1976
②角屋・永井による地域区分	クリーガー式適用区分に対して強雨域等を勘案して細分、統合。	9地域	1979
③福井による地域区分	気温、 降水量	4地域	1933
④関口による地域区分	気温、 雨（年降水量、降水日数） 、日照率、水分過剰量	12地域	1959
⑤鈴木による地域区分	寒冷前線の位置、気圧配置、 降水分布	9地域	1962
⑥前島による地域区分	気圧、気温、日照時間、雲量、蒸気圧、 降水量 とその発生時期	9地域	1967
⑦吉野による地域区分	気温（年平均、月平均）、霜、年最深積雪深、 年降水量	13地域	1980
⑧小泉・加藤による地域区分	月降水量 、月平均気温、月平均日照時間	14地域	2011

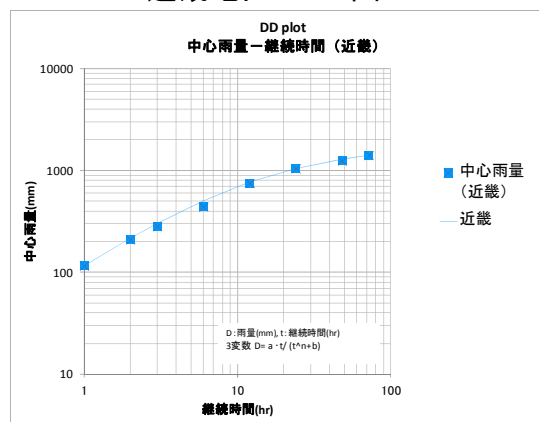
クラスター分析に用いる評価指標の設定

- ◆ 適切な地域区分の設定ためには、実績の降雨記録等をもとに時間的・空間的な降雨分布の地域間の類似性を判断することが必要である。
- ◆ 対象とする河川、下水道の降雨継続時間が1h～72hであることを踏まえ
 - ・DD(雨量-継続時間)特性が24時間前後で変化する傾向があることから、この特性を表す指標としてDD係数比を用いる。
 - ・時間的・空間的な降雨特性を表す指標として、継続時間別(3h,24h,48h)の降雨量とそのバラツキ(発生頻度)に着目し、地域間の差別化を図るため、指標として年最大時間雨量(3h,24h,48h)の平均及び平均/標準偏差を用いる。

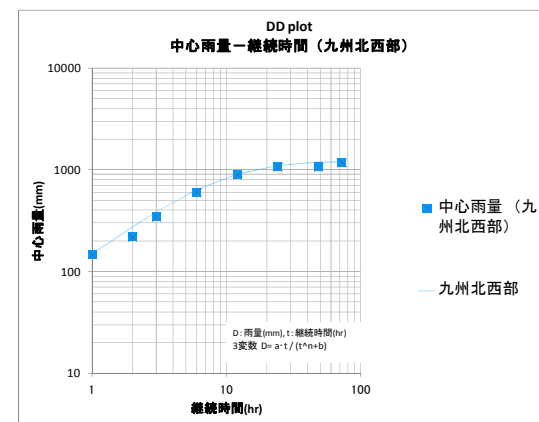
関東地区のDD図



近畿地区のDD図



九州北西部地区のDD図



評価指標	指標の内容
① 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
② 年最大3時間雨量の平均	継続時間別の雨量の大きさを表す指標
③ 年最大24時間雨量の平均	
④ 年最大48時間雨量の平均	
⑤ 年最大3時間雨量の平均／標準偏差	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雨量の標準偏差を用い、平均雨量と標準偏差の合成指標（平均雨量/標準偏差）としたもの。
⑥ 年最大24時間雨量の平均／標準偏差	
⑦ 年最大48時間雨量の平均／標準偏差	

2.2 既往最大降雨からの設定

クラスター分析の結果と既往の研究等における地域区分の比較(1)

◆ クラスター分析結果と、既往の研究等における地域区分を比較する。

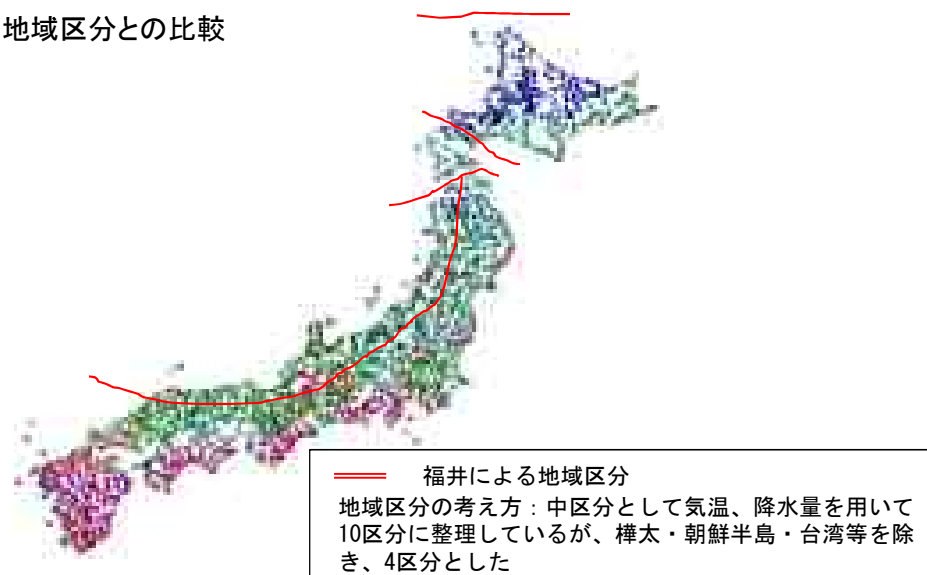
(1) クリーガー曲線の地域区分との比較



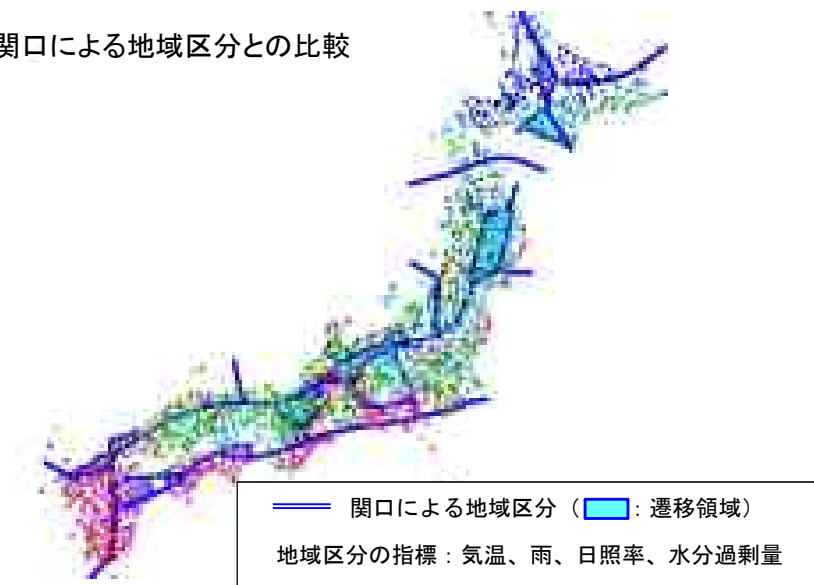
(2) 角屋・永井による地域区分との比較



(3) 福井による地域区分との比較



(4) 関口による地域区分との比較



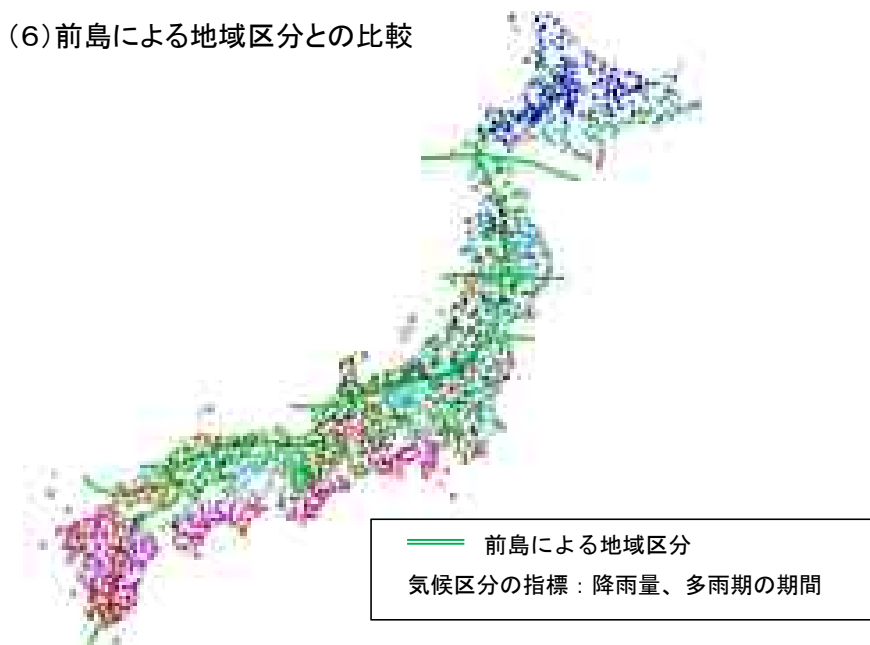
クラスター分析の結果と既往の研究等における地域区分の比較(2)

◆ クラスター分析結果と、既往の研究等における地域区分を比較する。

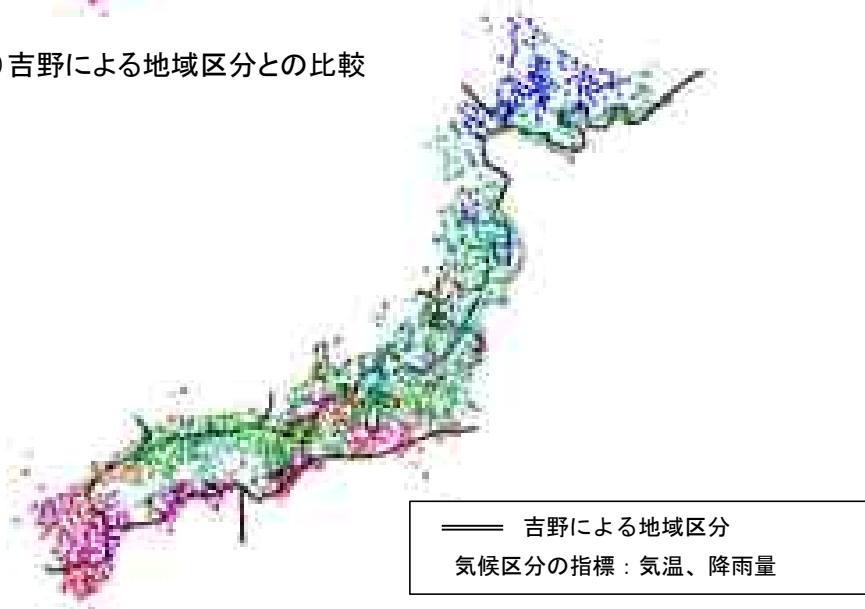
(5) 鈴木による地域区分との比較



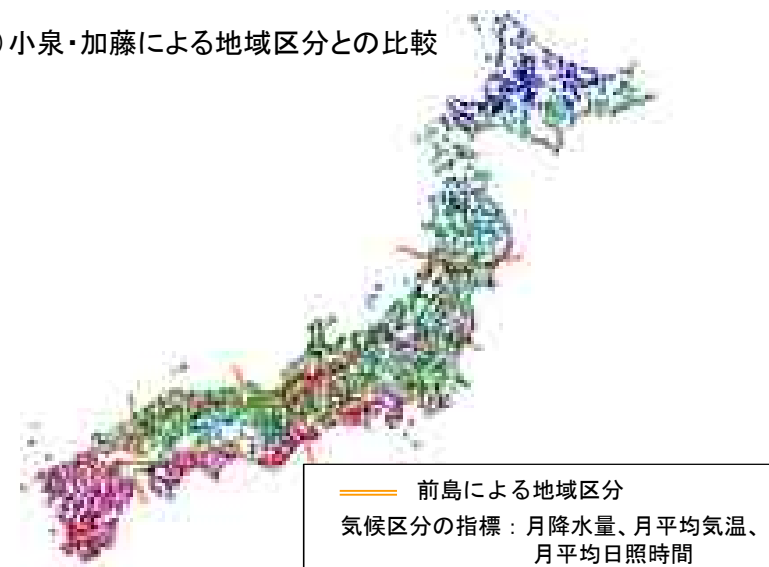
(6) 前島による地域区分との比較



(7) 吉野による地域区分との比較



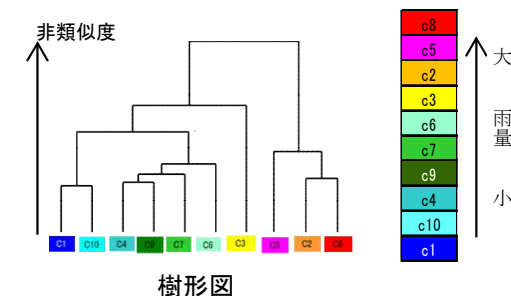
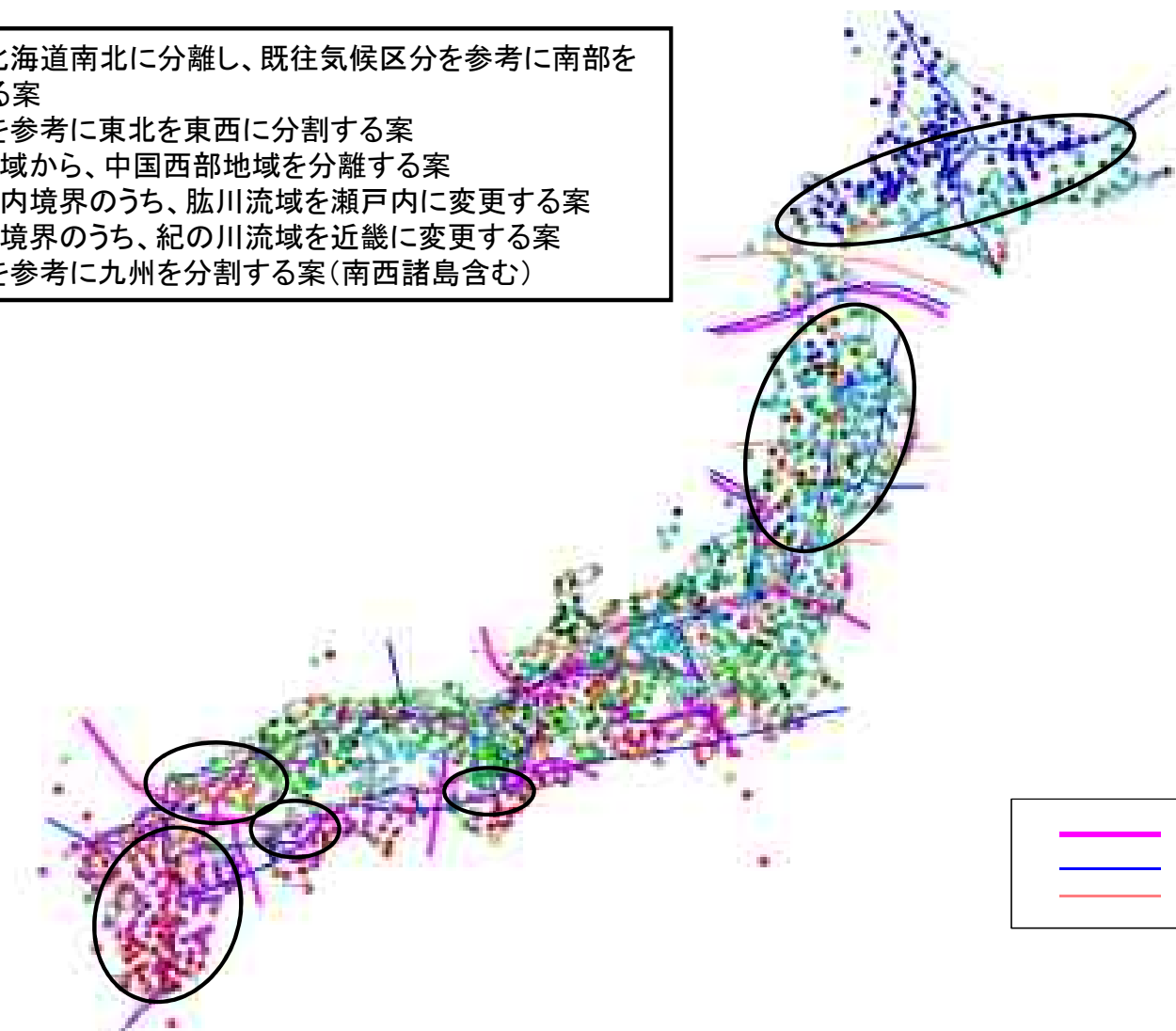
(8) 小泉・加藤による地域区分との比較



特性が異なる地域の同等性の検証

◆ クラスタ分析の結果及び既往の研究等における地域区分を考慮し、下記6箇所について分類を検証する。

- 1) 北海道地域を北海道南北に分離し、既往気候区分を参考に南部を東西に区分する案
- 2) 既往気候区分を参考に東北を東西に分割する案
- 3) 山陰・瀬戸内地域から、中国西部地域を分離する案
- 4) 四国南部・瀬戸内境界のうち、肱川流域を瀬戸内に変更する案
- 5) 紀伊南部・近畿境界のうち、紀の川流域を近畿に変更する案
- 6) 既往気候区分を参考に九州を分割する案(南西諸島含む)



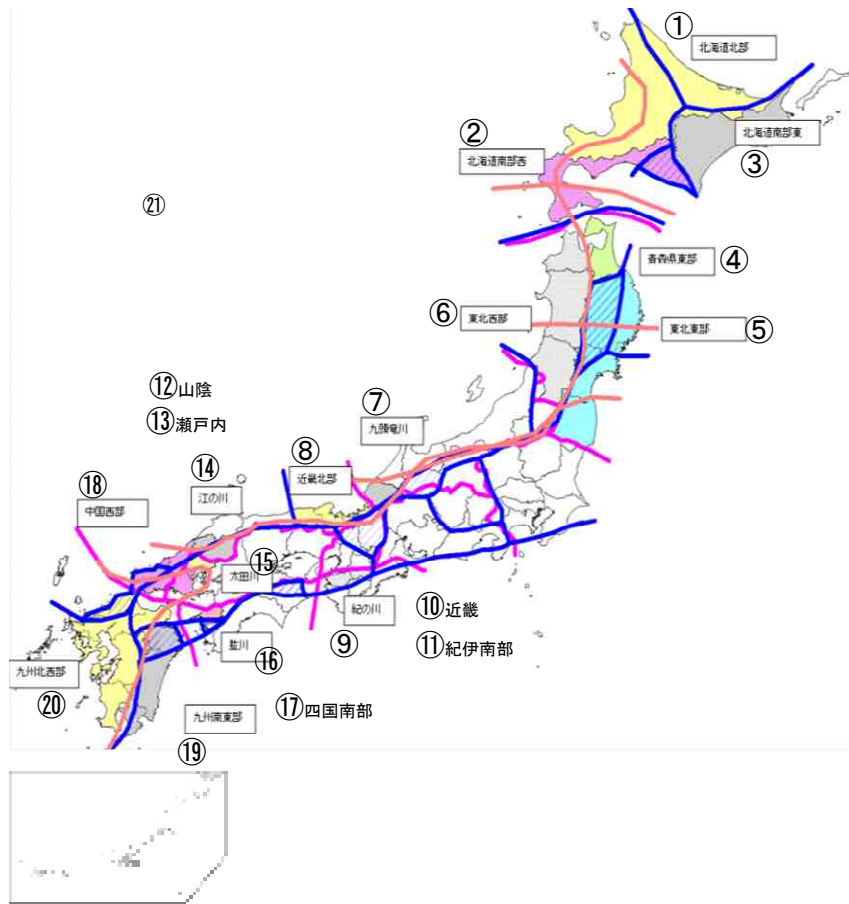
- クリーガー曲線式的地域区分
- 関口による地域区分
- 前島による地域区分

U検定による地域区分変更候補箇所の検定結果

◆ 継続時間別の雨量を対象に、着目する2つの地域間の有意差をU検定により評価し、地域区分およびその境界位置を設定した。

検定結果

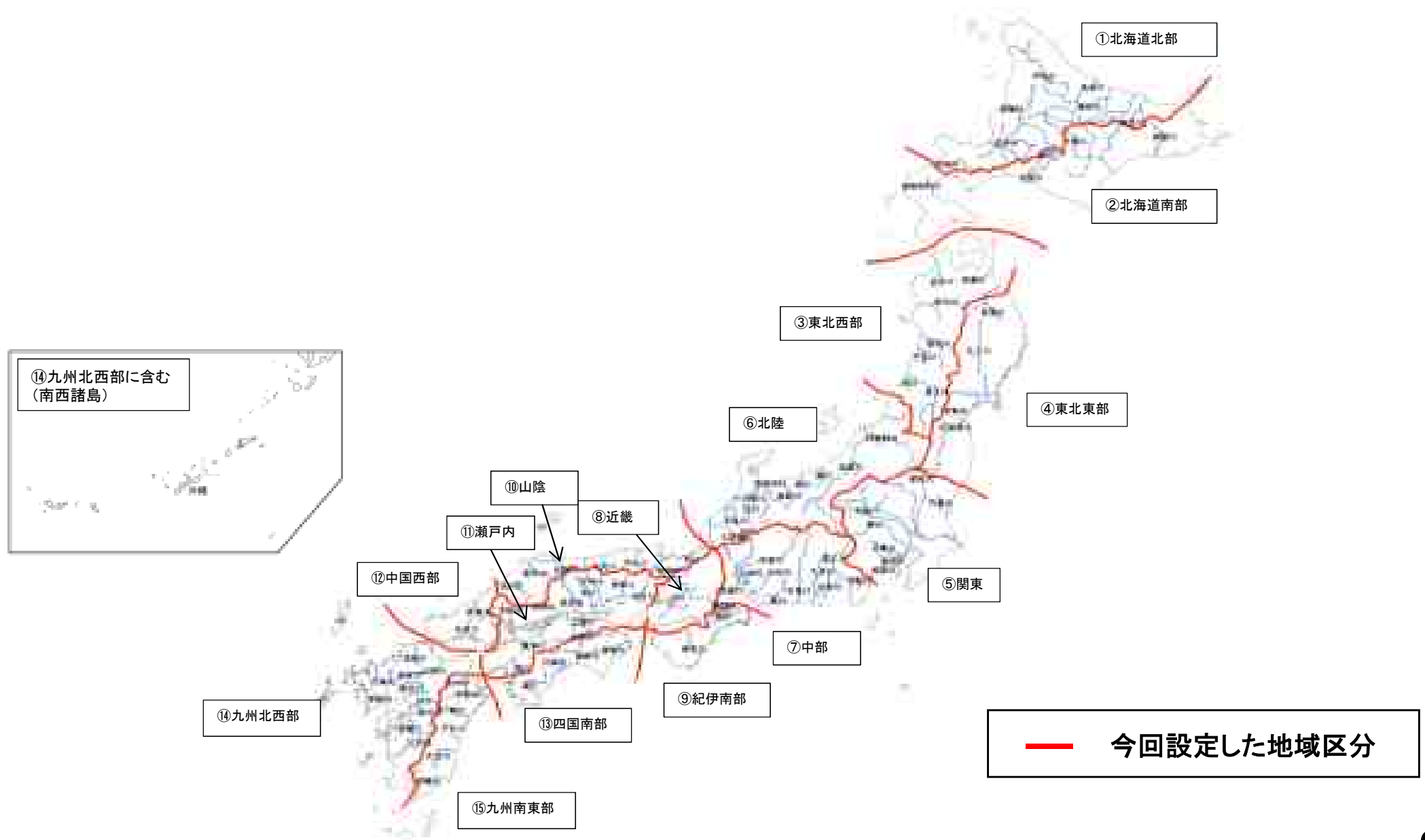
	比較するグループ	3hr		6hr		12hr		24hr		48hr		検定結果	
		p値	有意差	p値	有意差	p値	有意差	p値	有意差	p値	有意差		
北海道	北海道北部と南部	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.052		北海道は南北で差がある	①と②+③
	北海道南部の東部と西部	0.000	差がある	0.001	差がある	0.061		0.055		0.022	差がある	北海道南部の東西で差がある降雨時間帯は限定的である	②と③
東北～関東	東北東部と西部	0.005	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	東北は東西で差がある	⑤と⑥
	青森東部と東北東部	0.044	差がある	0.037	差がある	0.012	差がある	0.004	差がある	0.001	差がある	青森東部と東北東部は差がある	④と⑤
	青森東部と東北西部	0.991		0.633		0.229		0.070		0.562		青森東部は東北西部と差があるとはいえない	④と⑥
紀伊	紀ノ川と近畿	0.482		0.166		0.297		0.624		0.092		近畿と紀ノ川は差があるとはいえない	⑨と⑩
	紀ノ川と紀伊南部	0.003	差がある	0.005	差がある	0.010	差がある	0.012	差がある	0.024	差がある	紀伊南部と紀ノ川は差がある	⑨と⑪
中国西部	山陰と中国西部	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	山陰は中国西部と差がある	⑫と⑬
	瀬戸内と中国西部	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	瀬戸内は中国西部と差がある	⑬と⑧
	中国西部と太田川・江の川	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	中国西部と太田川・江の川は差がある	⑬と⑭+⑮
四国	肱川と四国南部	0.002	差がある	0.001	差がある	0.001	差がある	0.002	差がある	0.001	差がある	肱川と四国南部は差がある	⑯と⑰
	肱川と瀬戸内	0.517		0.349		0.373		0.445		0.728		肱川と瀬戸内は差があるとはいえない	⑯と⑬
九州	九州北西部と南東部	0.039	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	九州北西部と南東部は差がある	⑰と⑳
	九州北西部と南西諸島	0.020	差がある	0.412		0.700		0.229		0.784		九州北西部と南西諸島は差があるとはいえない	㉑と㉒
	九州南東部と南西諸島	0.281		0.237		0.004	差がある	0.000	差がある	0.000	差がある	九州南東部と南西諸島は差がある	⑰と㉒



検定結果に基づく地域区分の設定方針(案)

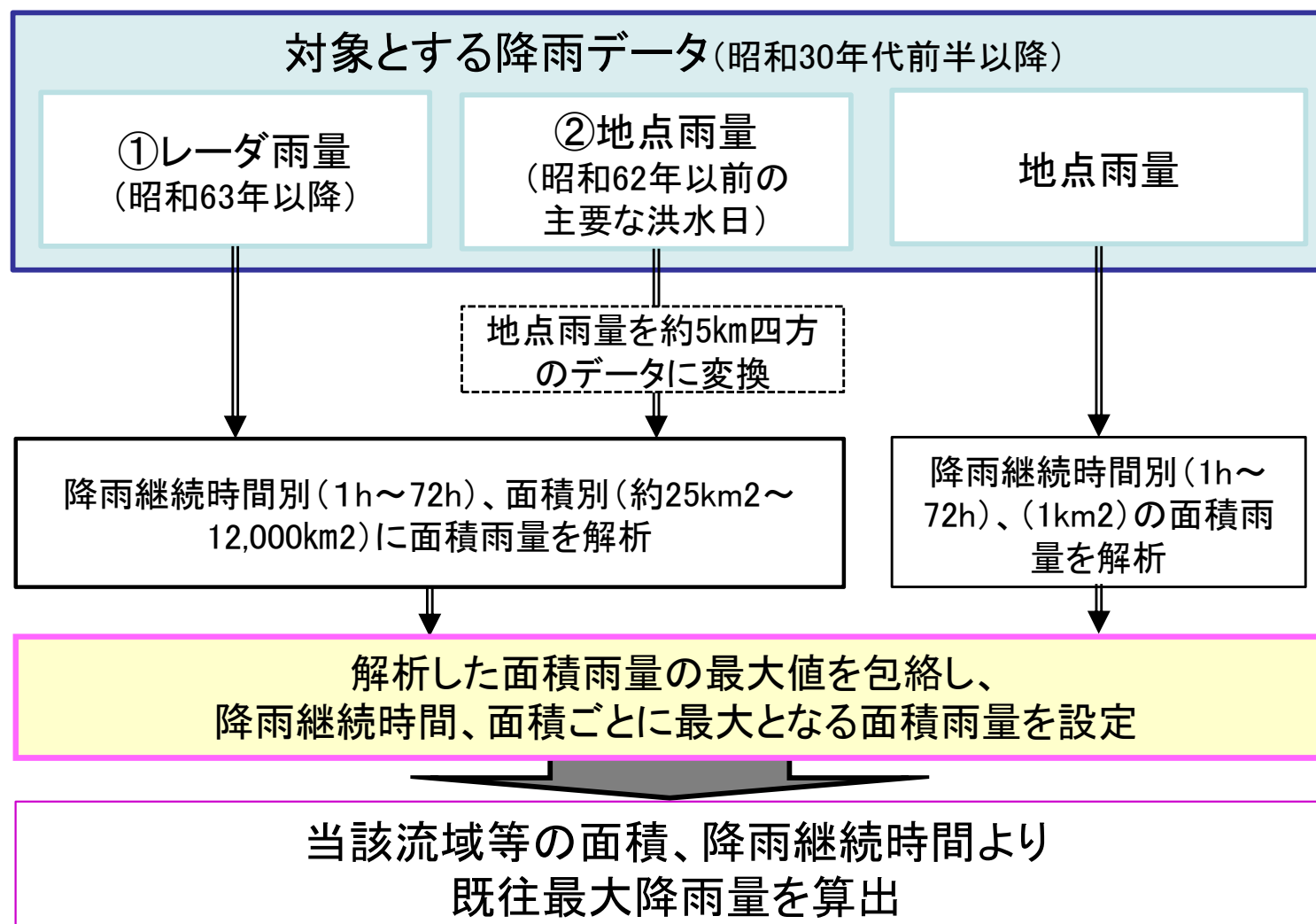
	区分(案)
北海道	北海道を南北に分類し、南部は分割しない。
東北～関東	東北は東西には分類する。 青森県は西部に含める。
紀伊	紀の川は近畿に含める。
中国西部	山陰、瀬戸内から中国西部を分類する。 太田川・江の川は中国西部に含めない。
四国	肱川は瀬戸内に含める。
九州	九州は北西部と南東部に分類する。 南西諸島は九州北西部に含める。

今回設定した地域区分



観測された降雨データの解析

- ◆ 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
- ◆ 既往最大降雨量の算出フローを以下に示す。



対象とする降雨データ①

①レーダ雨量(昭和63年1月～平成25年12月)

- レーダ雨量は気象庁編集の「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)を用いた。
- レーダ雨量はその作成時期により空間分解能が異なるため、5km四方(緯度0.05度、経度0.0625度)のサイズに統合。(下表参照)

観測期間	空間分解能 (緯度・経度方向間隔)	観測時間 間隔	測地系
昭和63年1月～平成13年3月	約 5 km 四方 (0.05度・0.0625度)	1.0 h	日本測地系
平成13年4月～平成15年5月	約 2.5 km 四方 (0.025度・0.03125度)	1.0 h	日本測地系
平成15年6月～平成17年12月	約 2.5 km 四方 (0.025度・0.03125度)	0.5 h	世界測地系
平成18年1月～平成25年12月	約 1 km 四方 (0.0125度・0.0083度)	0.5 h	世界測地系

対象降雨は、地域別の全アメダスデータから日雨量100mm以上の降雨日を抽出して、対象降雨日を選定している。

なお、平成26年8月2日に四国及び8月20日に広島で発生した豪雨は対象に加えた。
(地域区分はそれぞれ「四国南部」「中国西部」)

対象とする降雨データ②

②地点雨量(昭和30年代前半～昭和62年12月)

○昭和62年以前については、主な洪水日の降雨量を用いる

○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。(以下の表)

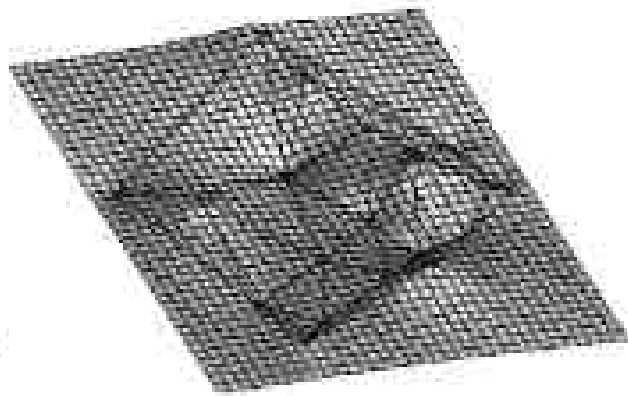
日付	備考
昭和32年7月26日	諫早豪雨
昭和33年9月26日	狩野川台風
昭和34年8月13日	台風第7号
昭和34年9月26日	伊勢湾台風
昭和36年6月26日	昭和36年梅雨前線豪雨
昭和37年8月3日	台風第9号
昭和38年8月9日	台風第9号
昭和42年7月9日	昭和42年7月豪雨(前線)
昭和42年8月28日	羽越豪雨(前線)
昭和44年8月4日	台風第7号
昭和44年8月10日	前線, 台風第7号
昭和45年8月21日	台風第10号
昭和47年7月10日	昭和47年7月豪雨(前線)
昭和48年8月18日	前線, 台風第10号
昭和49年7月6日	梅雨前線、台風第8号
昭和49年9月8日	台風第18号
昭和50年8月17日	台風第5号
昭和50年8月23日	前線, 台風第6号

日付	備考
昭和51年9月10日	台風第17号
昭和51年9月12日	台風第17号
昭和53年6月26日	前線
昭和54年10月19日	台風第20号
昭和56年8月4日	前線, 台風第12号
昭和56年8月22日	台風第15号
昭和56年8月23日	台風第15号
昭和57年7月23日	昭和57年7月豪雨
昭和57年7月26日	前線
昭和57年8月1日	台風第10号
昭和57年9月12日	台風第18号
昭和58年7月22日	昭和58年7月豪雨(前線)
昭和58年9月28日	台風第10号
昭和60年9月1日	台風第13号
昭和61年8月4日	台風第10号
昭和62年10月16日	前線

地点雨量(アメダスデータ)の空間補間手法

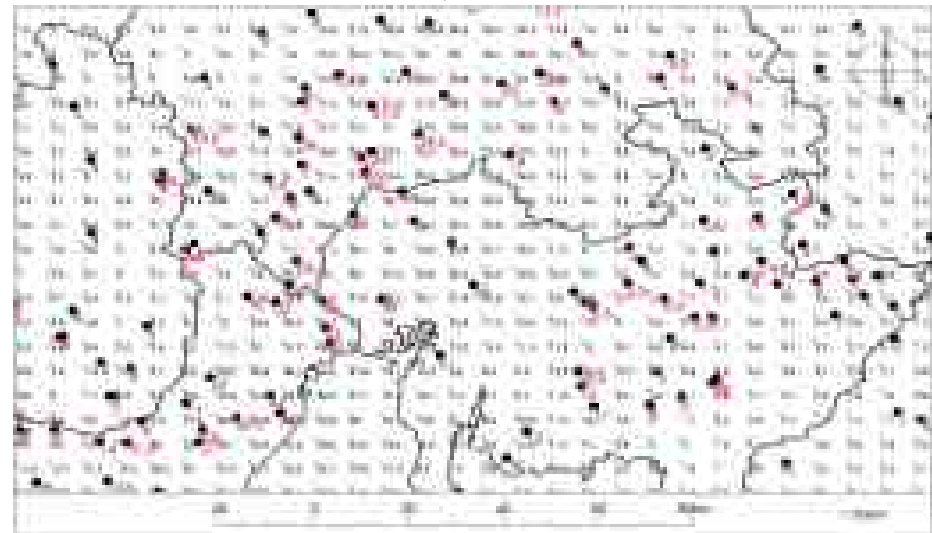
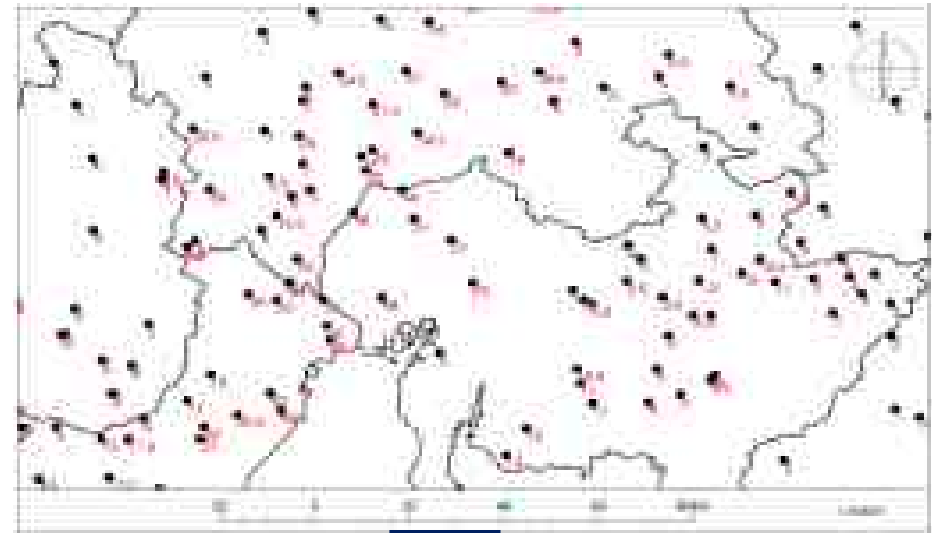
○時間雨量観測所の降雨データは地点雨量であるため、レーダ雨量と同じく約5km四方のサイズのものに曲率最小化法により変換して解析する。

対象地域を緯度経度方向に0.05、0.0625度格子(約5km四方)に分割し、曲率最小化法による空間補間している。空間補間のアルゴリズムは、オープンソースプログラムのGMTを利用している。



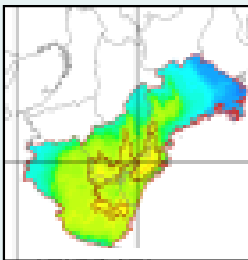
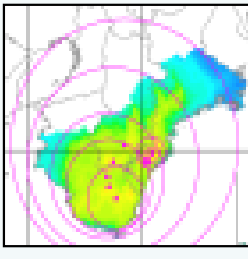
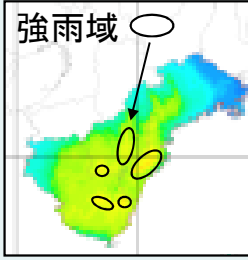
surface (T1.00)

補間手法の一例



面積雨量の解析方法

◆ 面積雨量の解析手法(降雨継続時間別に雨量と面積の関係を分析する手法)として考えられる以下の3手法について比較検討を行った。

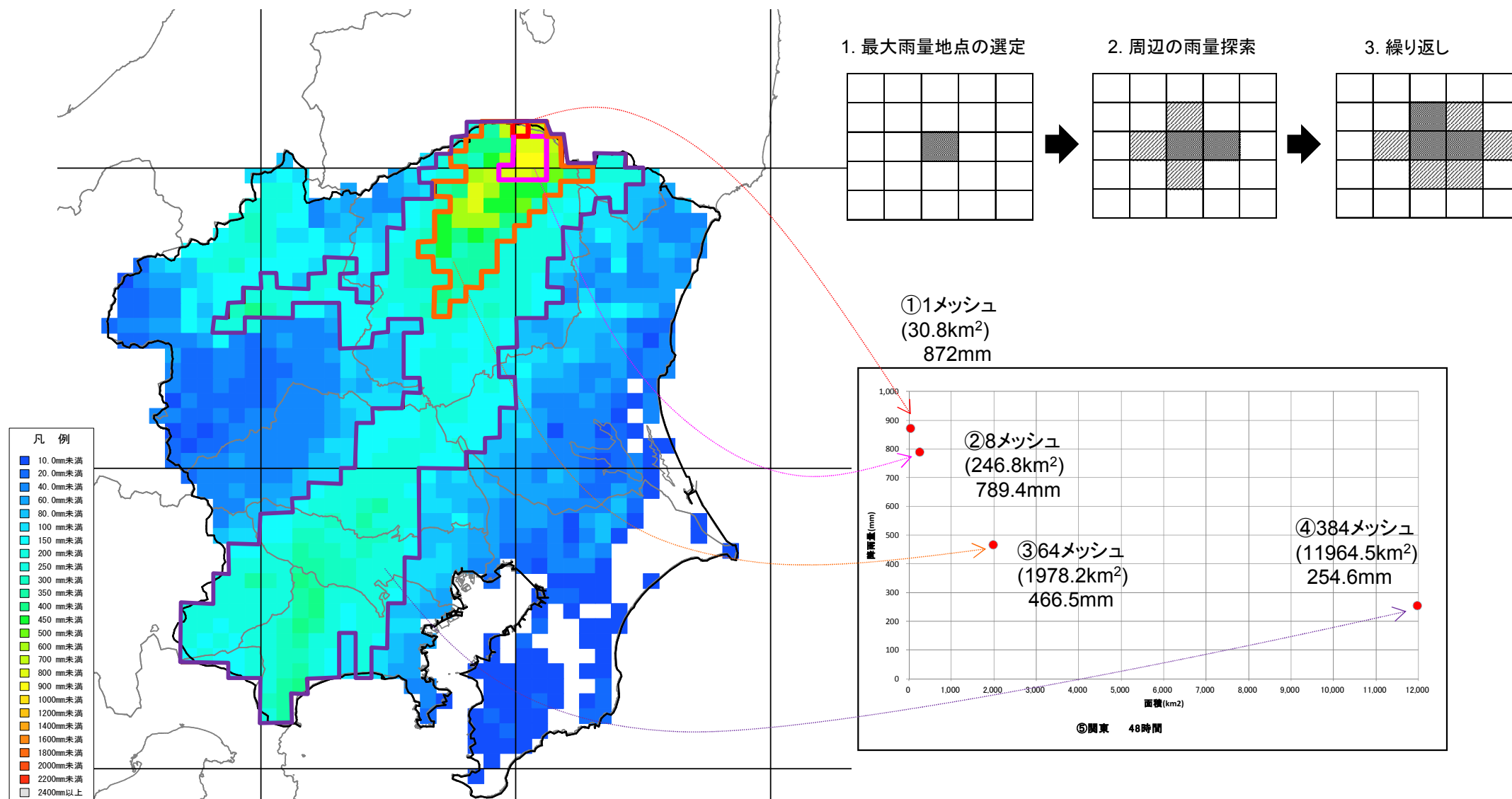
解析手法	特徴及び評価
変形面積法 (FEM) 	■ 雨量の最大値を追跡して連続する任意形状に雨域を設定し、面積雨量を算定。
面積固定法 (CAM) 	■ 対象区域内で同心円状に一定形状を隈無く移動させ、最大となる面積雨量を算定。 ■ 解析結果が実河川流域での実績面積雨量を下回る場合がある。
雨量固定法 (FRM) (計測域固定型) 	■ 雨量閾値以上の雨域を集約して面積雨量を算定。 ■ 集計範囲を広域にとる場合、全く別の雨域を1つの雨域と評価することがある。

⇒FEM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。

実績降雨の最大値の探索例

関東地方 48時間

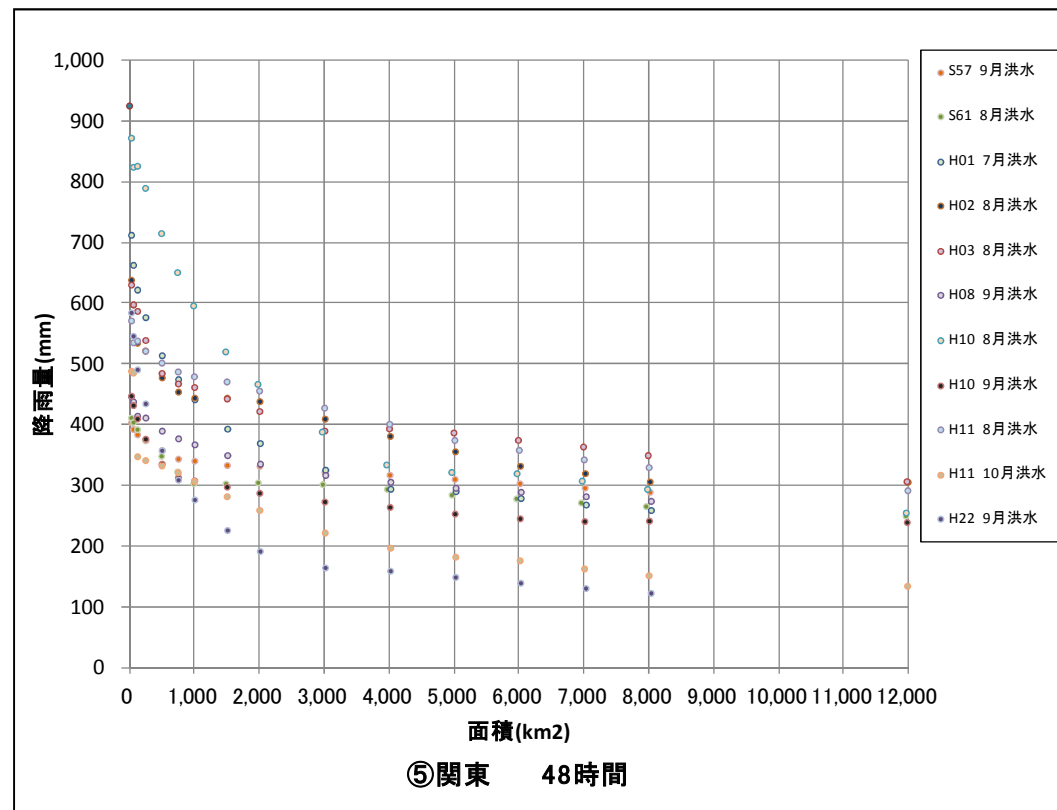
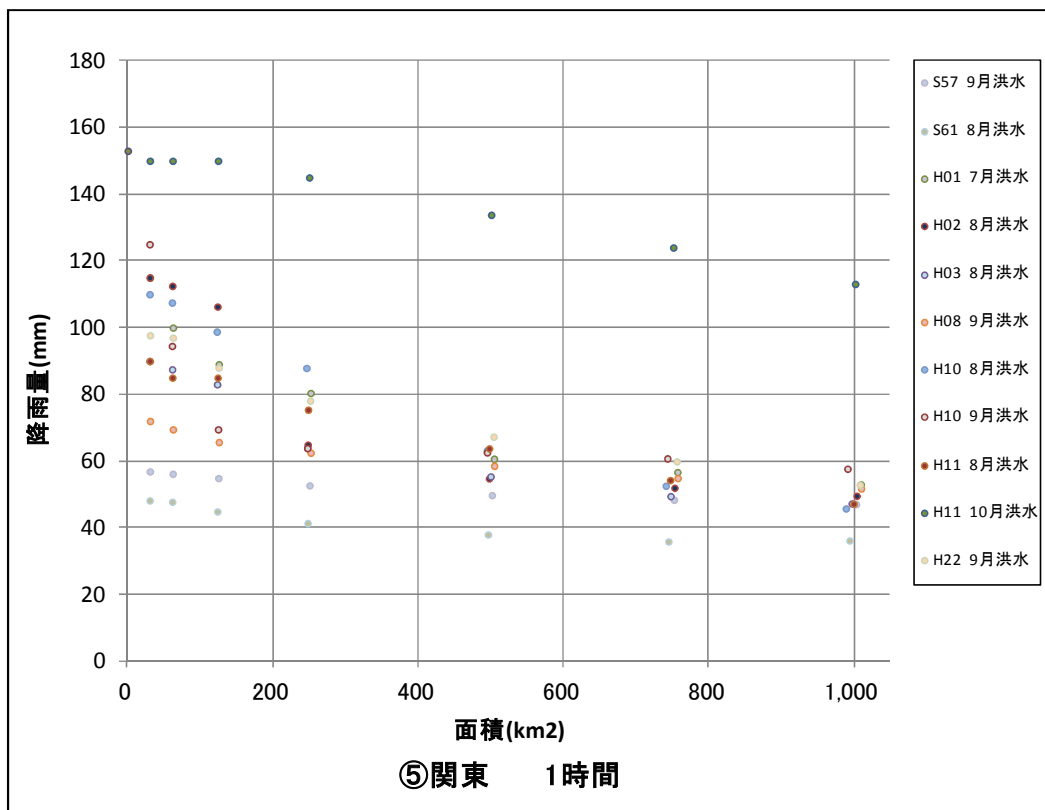
平成10年8月26日降雨



面積雨量～面積～降雨継続時間の整理(1)

- ◆ 前述の手法及び地点雨量の実績最大値を整理することにより、面積雨量、面積、降雨継続時間について、15地域区分ごとに整理する。

(整理例)

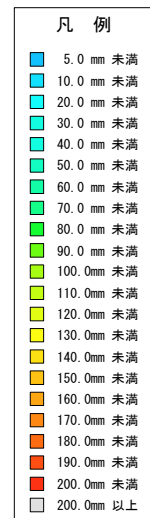
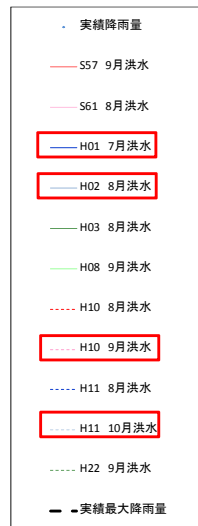
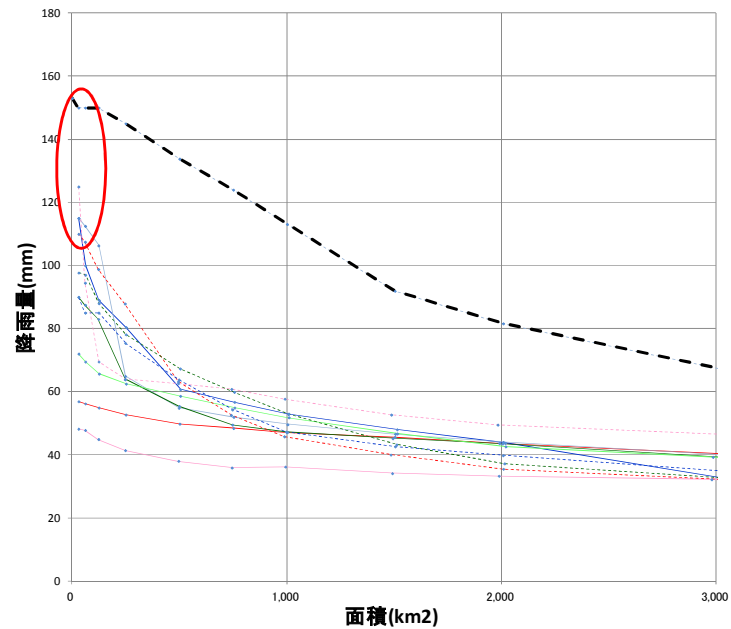


2.2 既往最大降雨からの設定

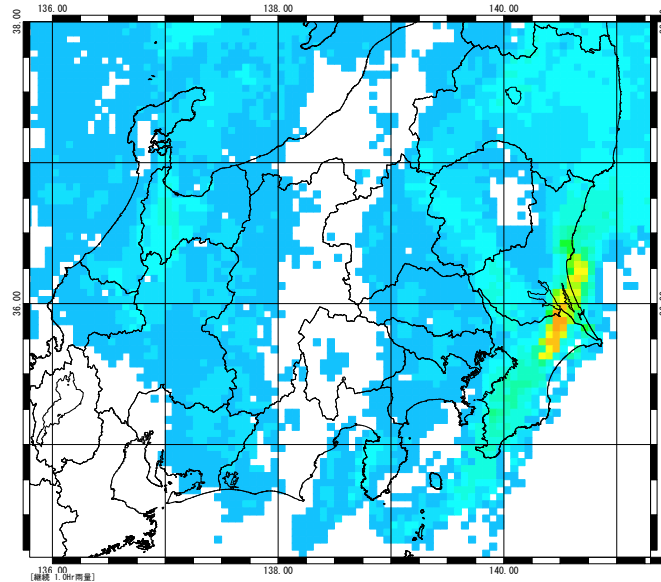
【参考】実績降雨の事例

関東地方

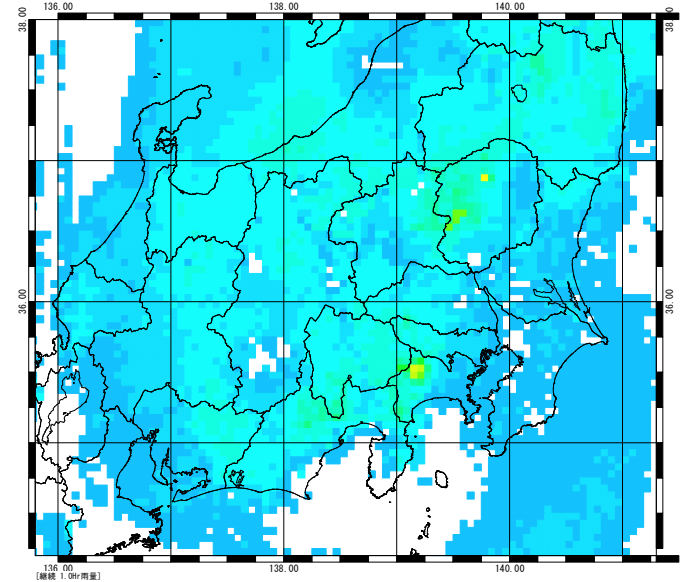
1時間、約25km² での上位4降雨



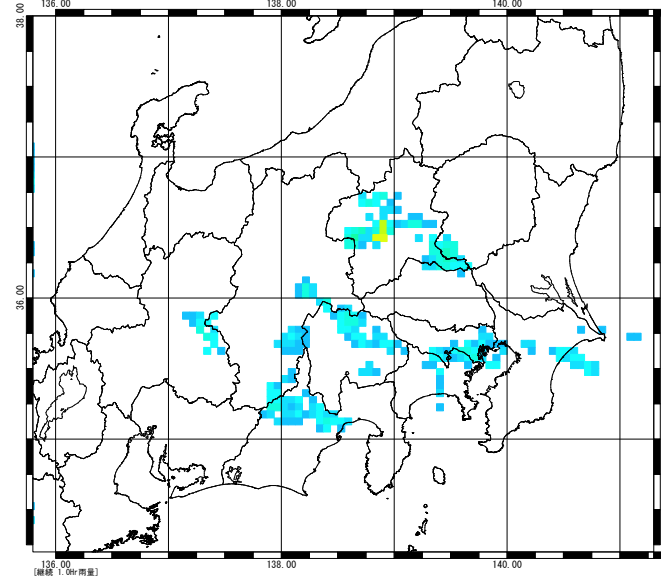
平成11年10月洪水



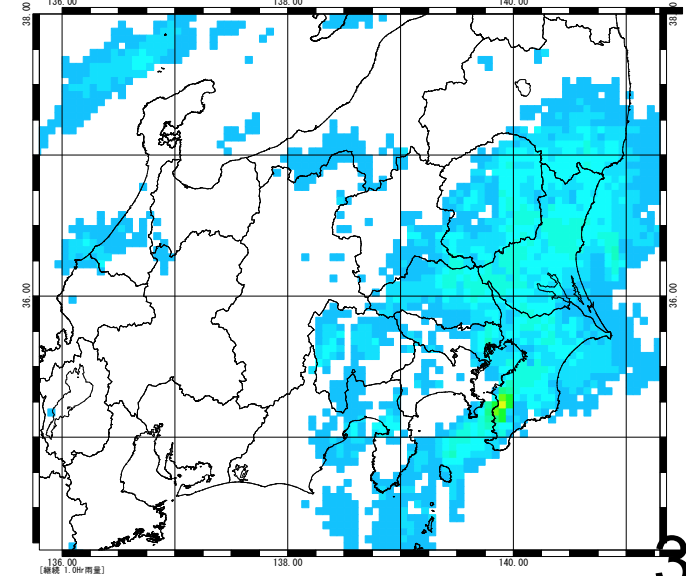
平成10年9月洪水



平成2年8月洪水



平成元年7月洪水

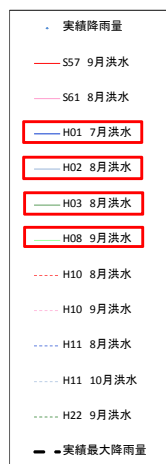
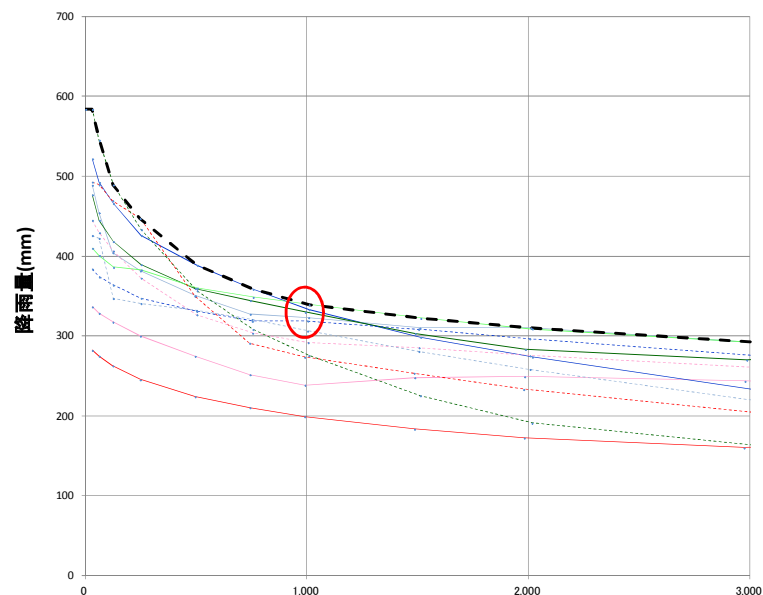


2.2 既往最大降雨からの設定

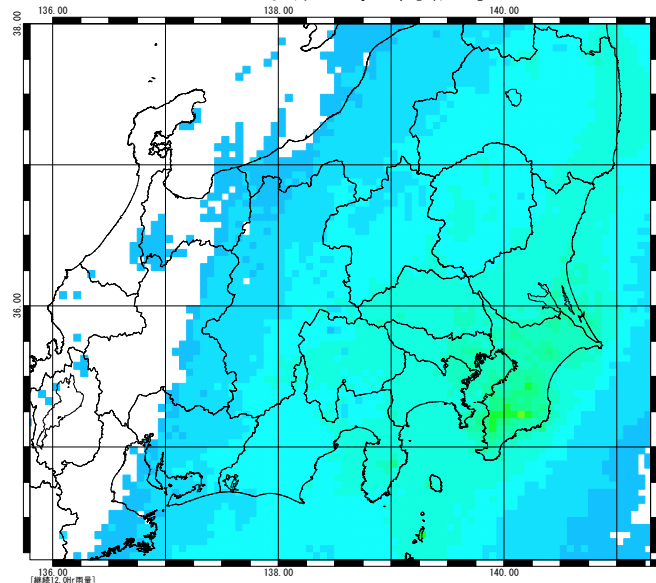
【参考】実績降雨の事例

関東地方

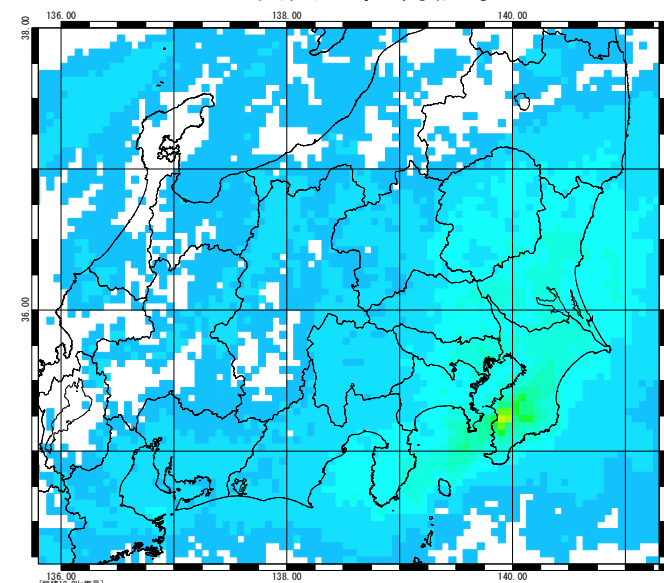
12時間、約1,000km² での上位4降雨



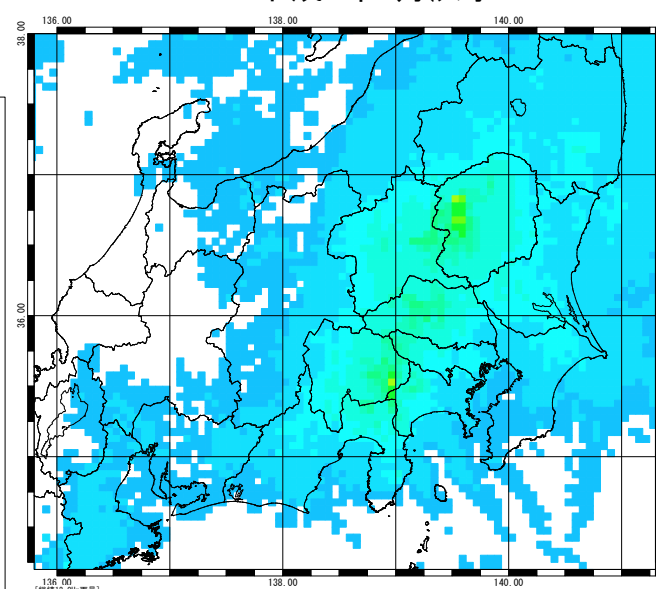
平成8年9月洪水



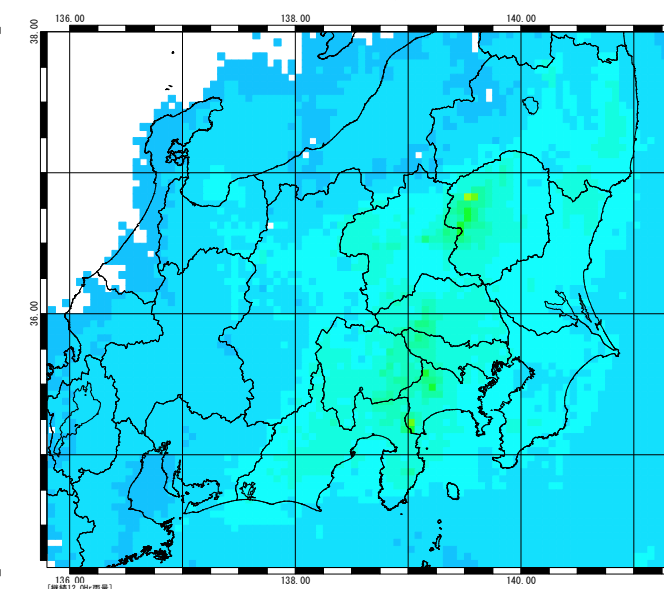
平成元年7月洪水



平成3年8月洪水



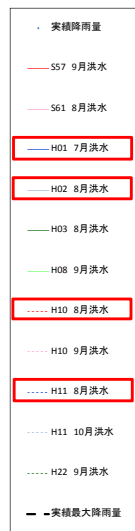
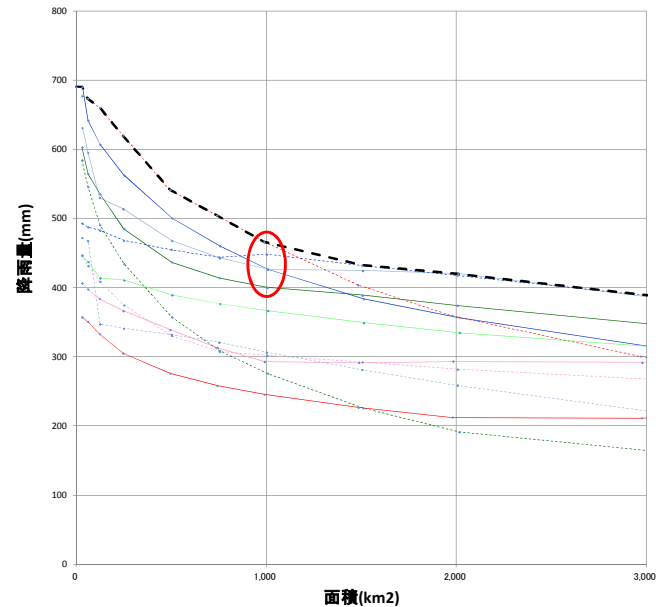
平成2年8月洪水



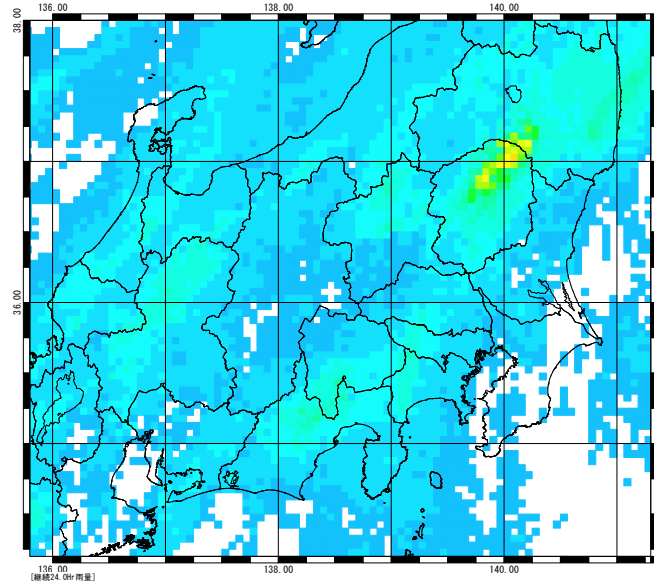
2.2 既往最大降雨からの設定

【参考】実績降雨の事例

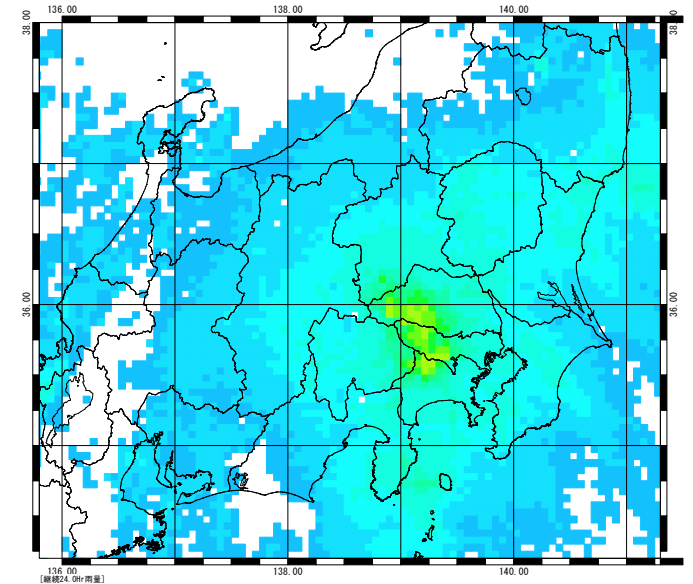
関東地方
24時間、約1,000km² での上位4降雨



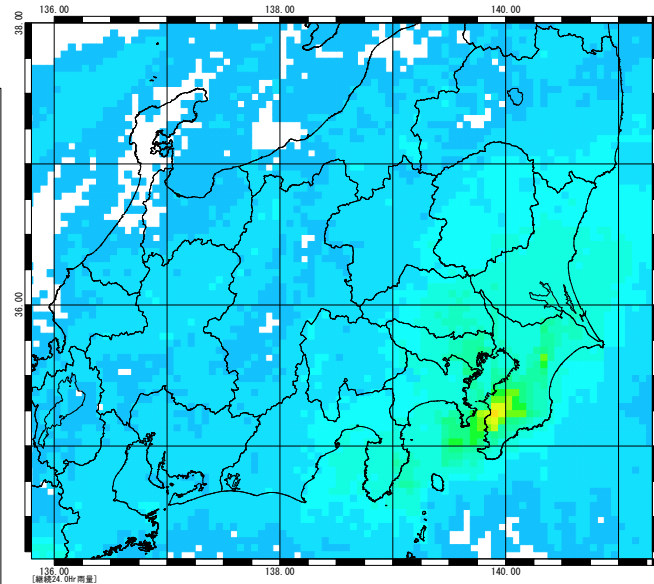
平成10年8月洪水



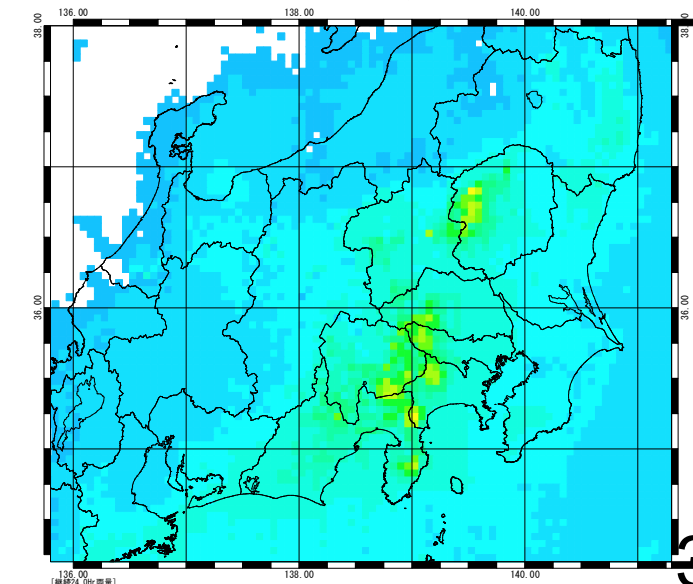
平成11年8月洪水



平成元年7月洪水



平成2年8月洪水

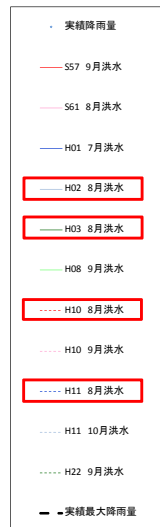
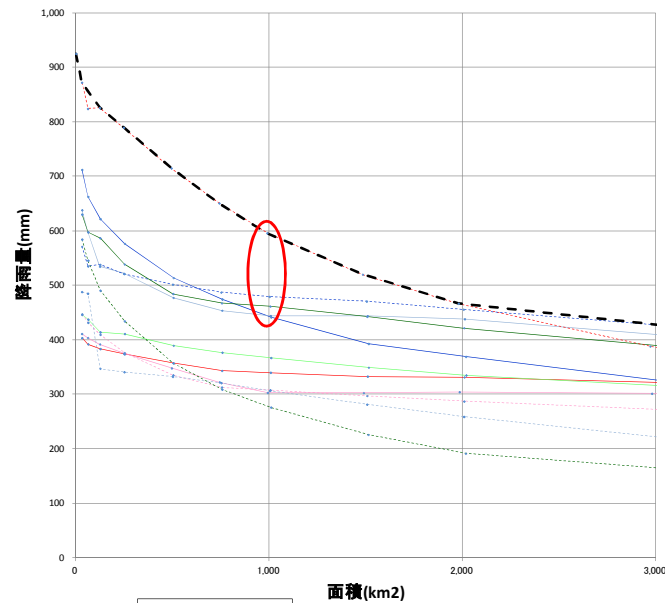


2.2 既往最大降雨からの設定

【参考】実績降雨の事例

関東地方

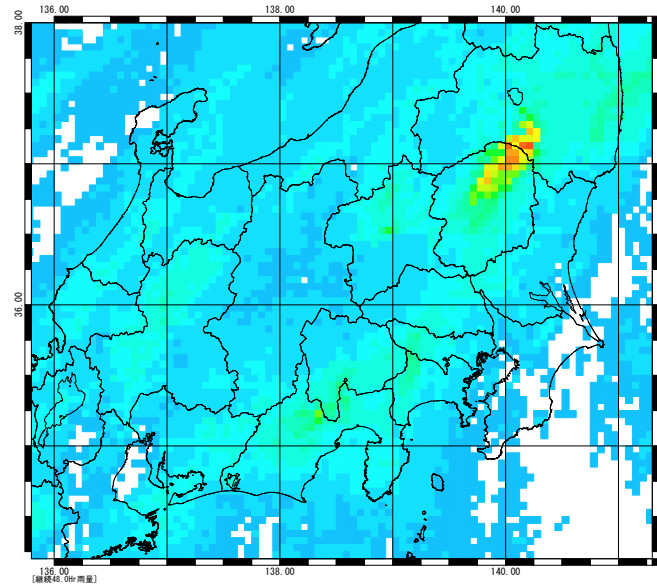
48時間、約1,000km² での上位4降雨



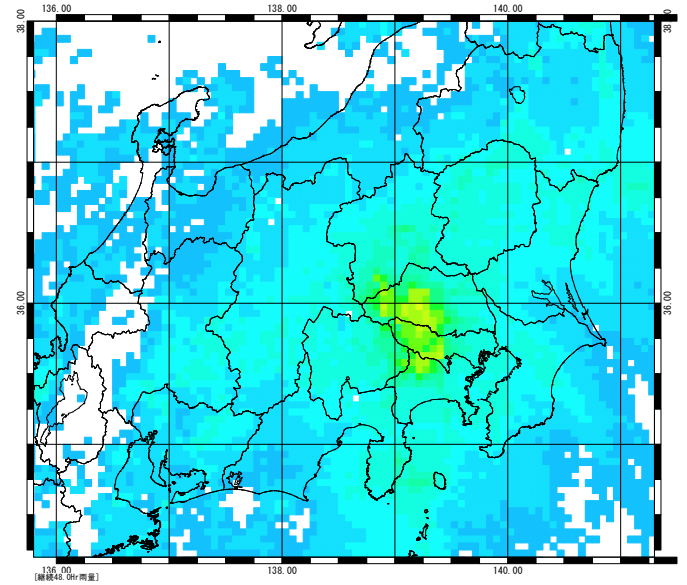
凡 例



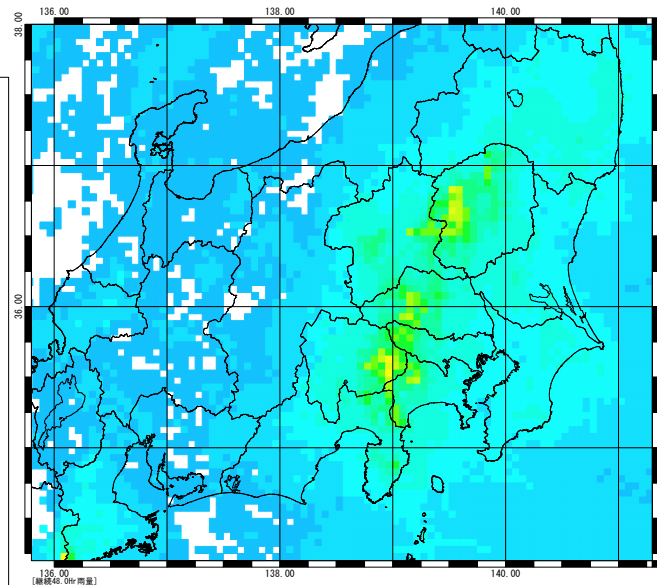
平成10年8月洪水



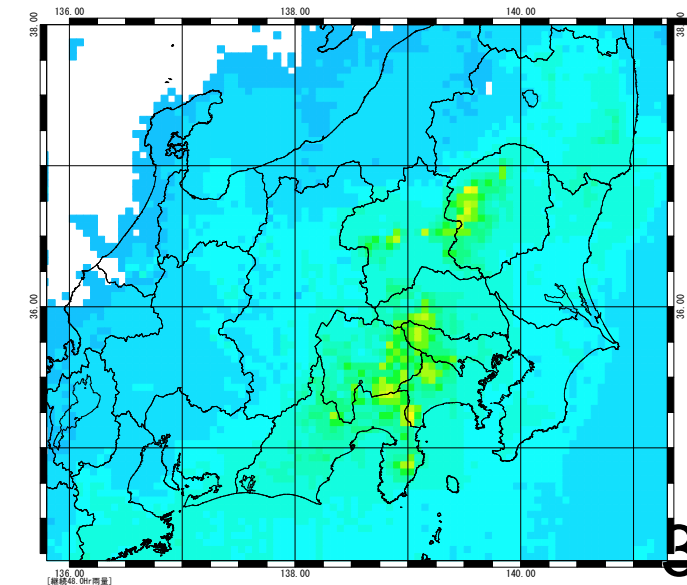
平成11年8月洪水



平成3年8月洪水



平成2年8月洪水

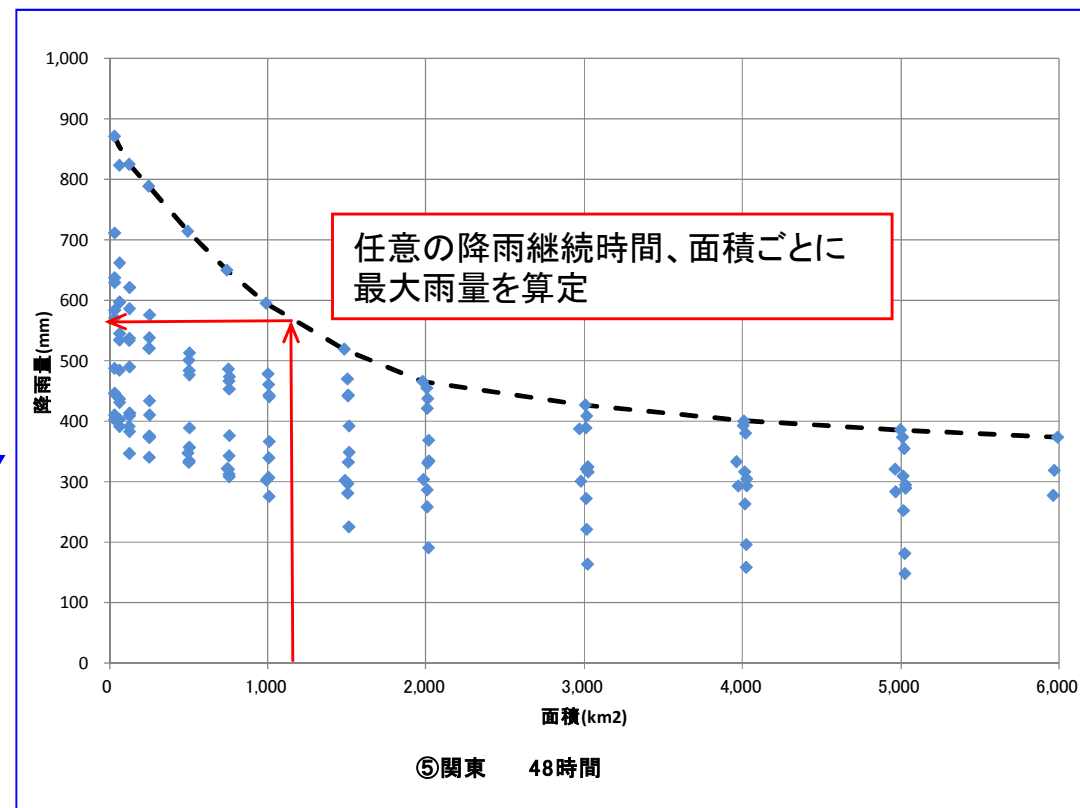
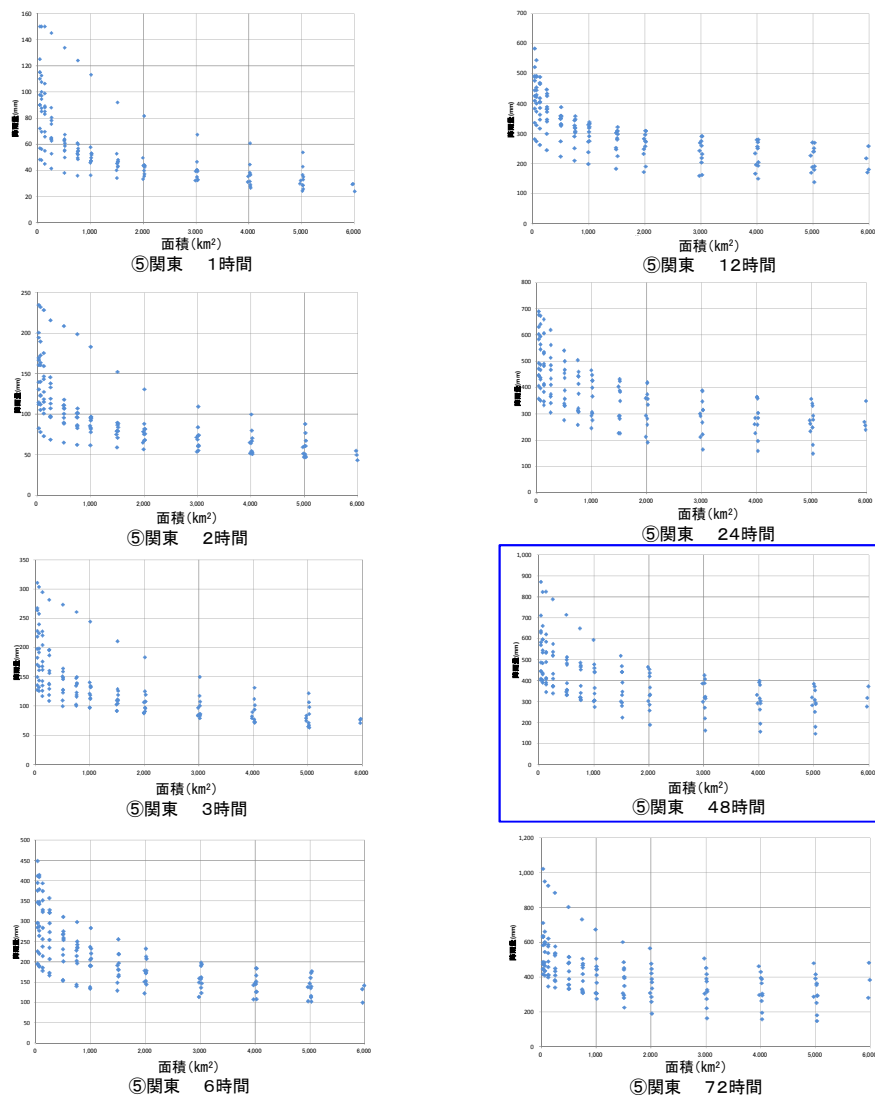


2.2 既往最大降雨からの設定

面積雨量～面積～降雨継続時間の整理(2)

- ◆ 地域区分ごとに、降雨継続時間(h)ごとの面積(km²)と最大雨量を包絡することにより、各降雨継続時間、面積ごとの最大雨量を算定する。

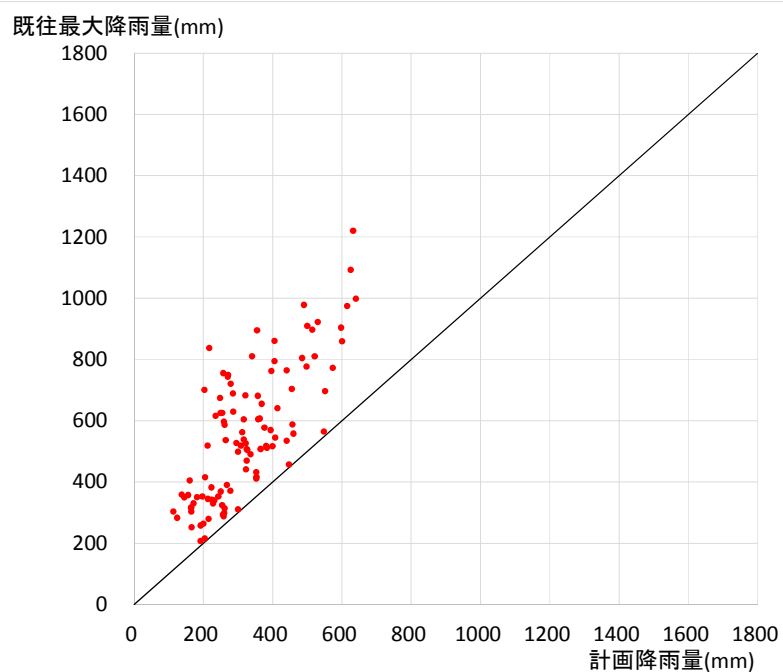
主要な降雨における降雨継続時間ごとの面積と最大の雨量をプロット



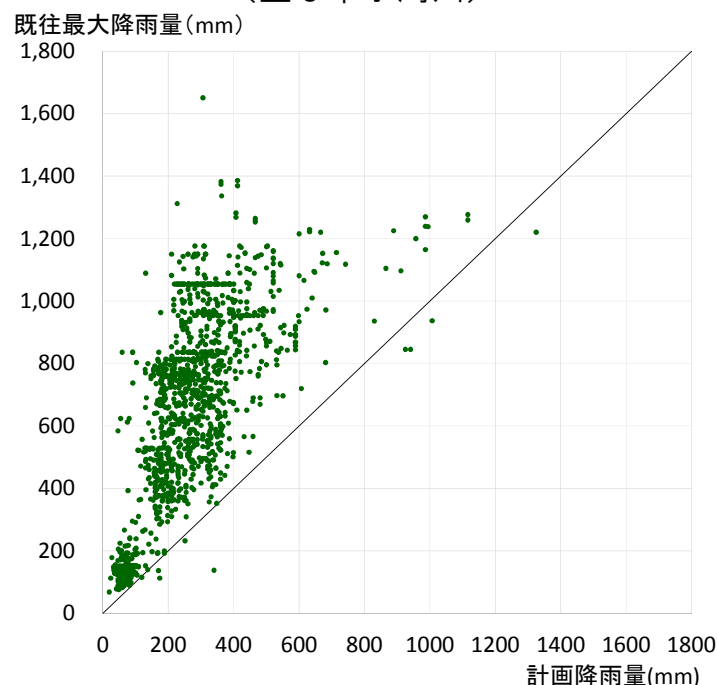
【参考】既往最大降雨量の算出

- ◆ 観測データから作成された面積別、降雨継続時間別の最大面積雨量線を用い、任意の面積、降雨継続時間から、最大となる面積雨量を求めることができる。
- ◆ このとき用いる面積については、流出解析に用いる基準地点より上流の流域面積や集水面積(内水、下水道)とする。
- ◆ また、降雨継続時間については計画降雨継続時間を用いることとするが、浸水想定を作成するに当たっての流域面積等を踏まえ、別で設定することもあると考えられる。
- ◆ なお、この手法で設定する最大面積雨量が、河川整備基本方針等の施設計画等の設定の前提とした計画降雨量とほぼ同じの値となる場合があることにも留意することが必要である。

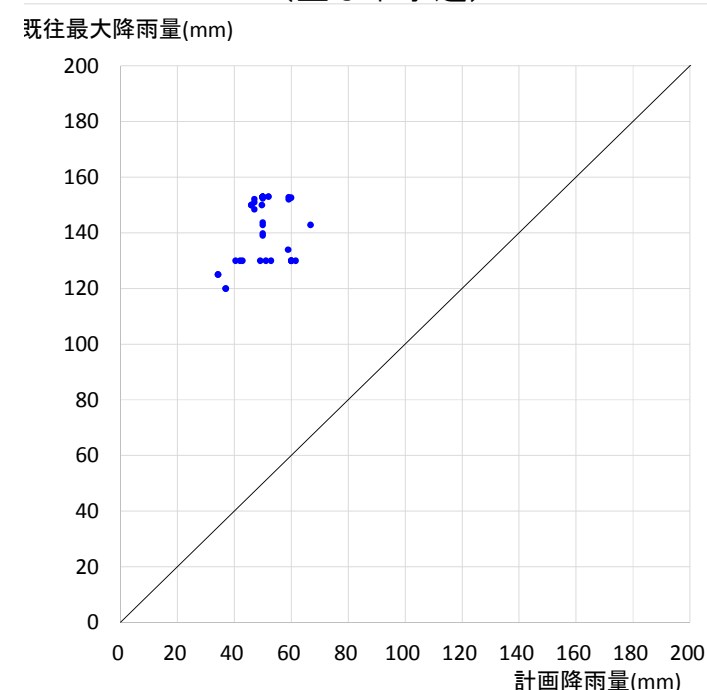
計画降雨量と既往最大降雨量(試算)の比較
(大河川)



計画降雨量と既往最大降雨量(試算)の比較
(主な中小河川)

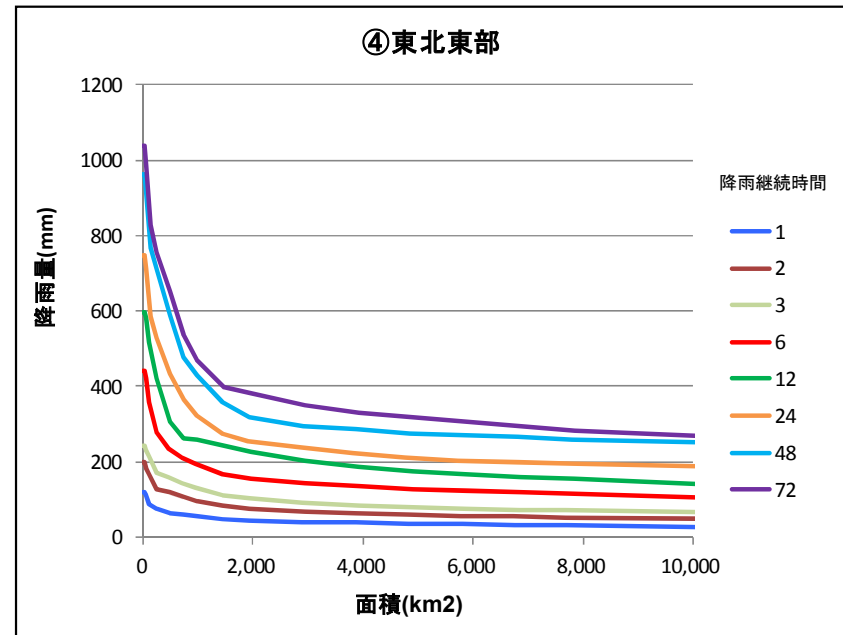
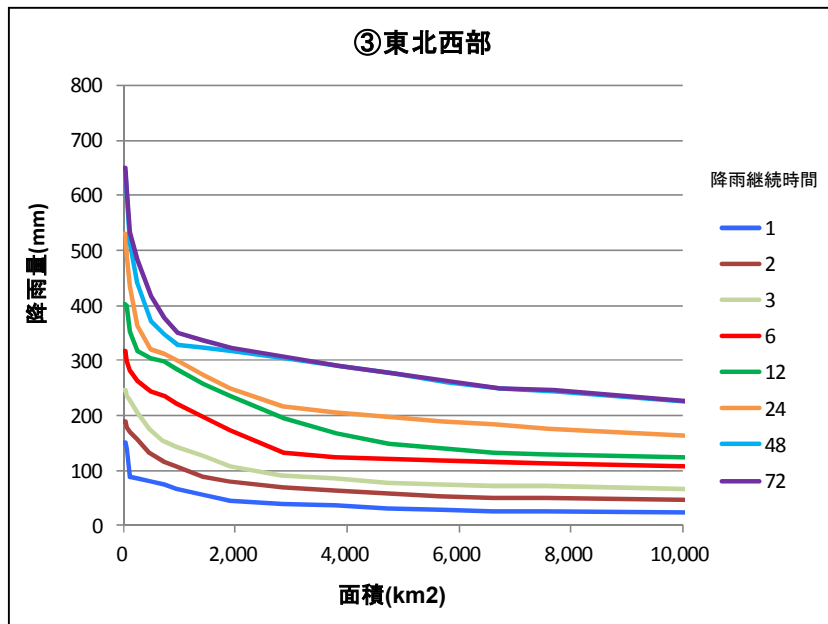
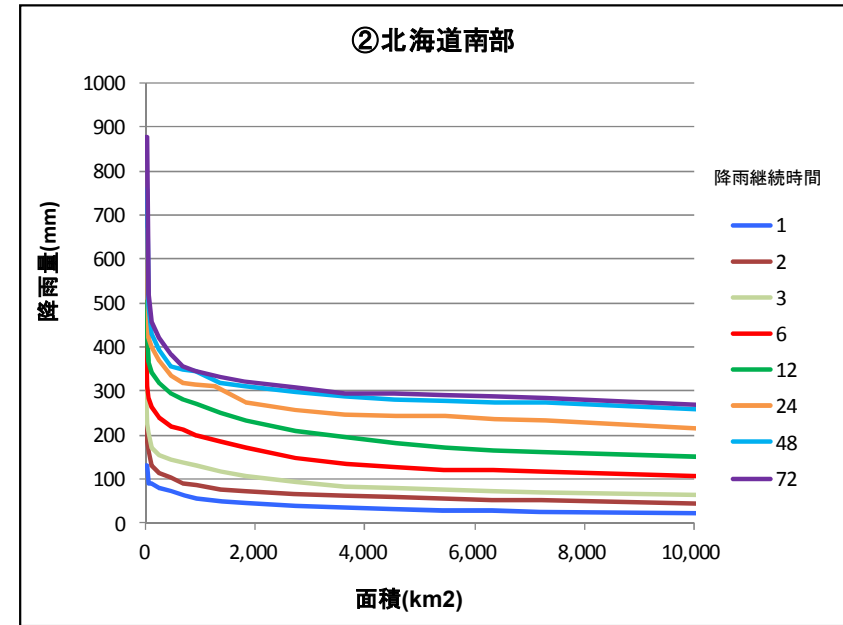
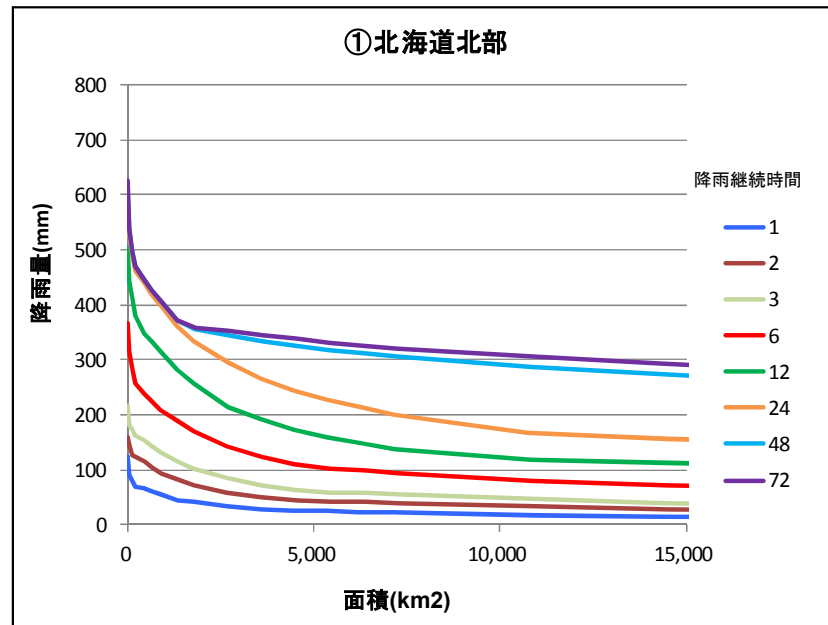


計画降雨量と既往最大降雨量(試算)の比較
(主な下水道)

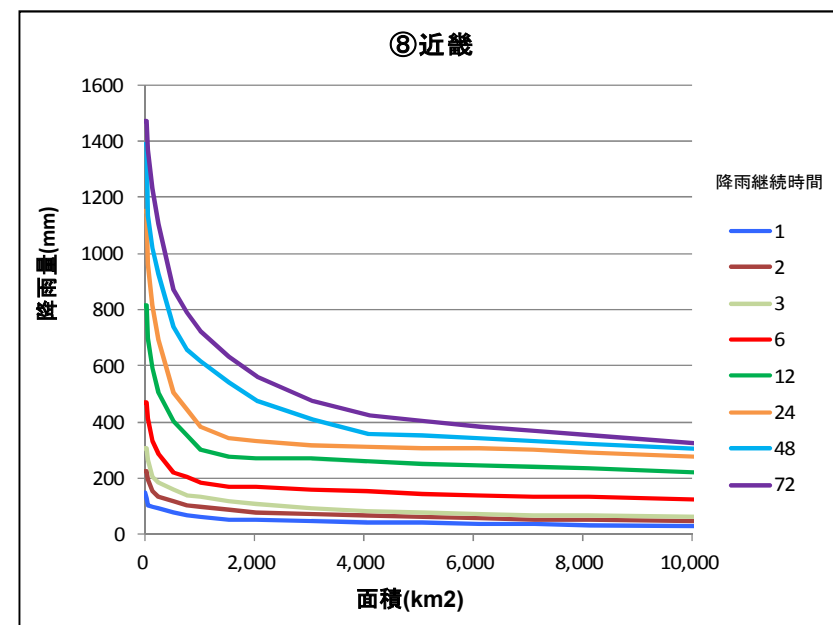
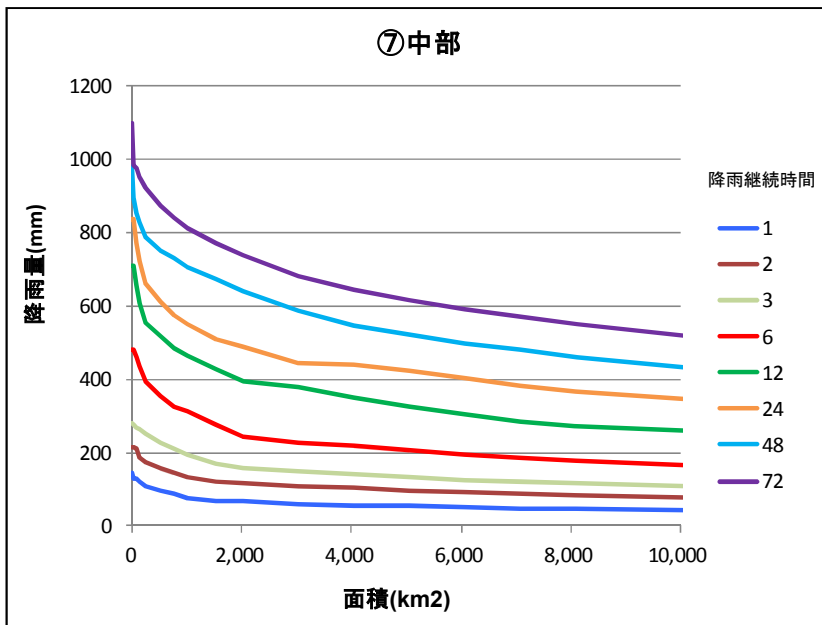
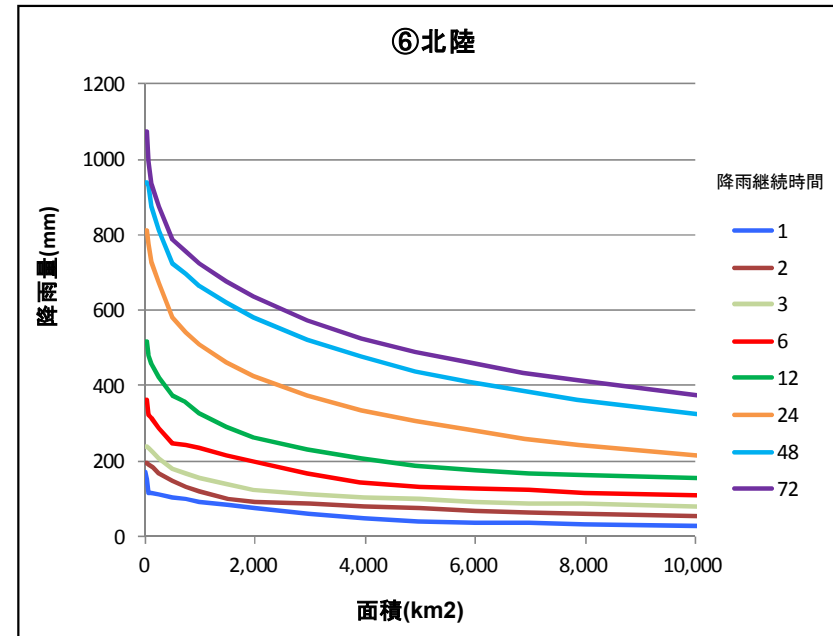
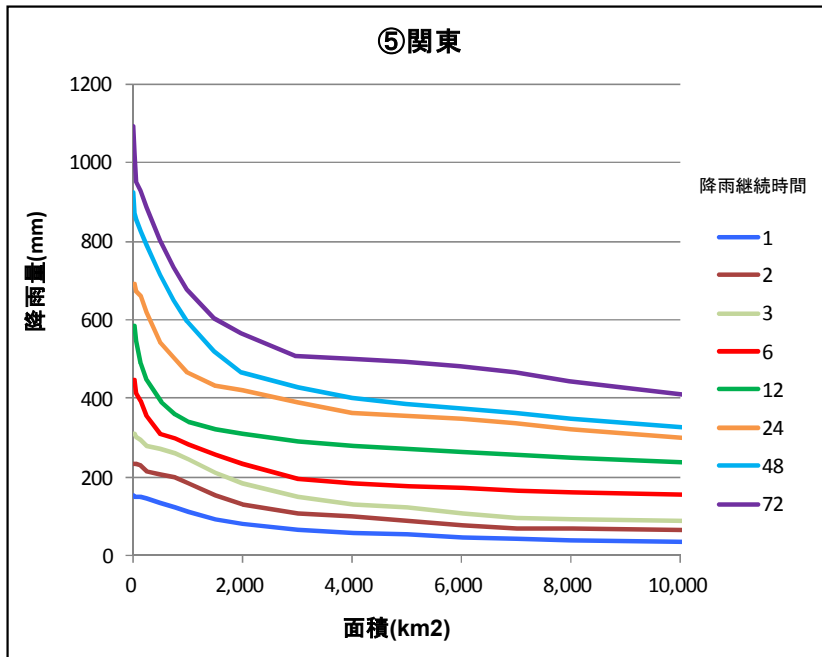


※各数値については現時点での試算結果であり、またそれぞれの管理者から聞き取り整理したものであるため、今後の精査により修正される場合がある

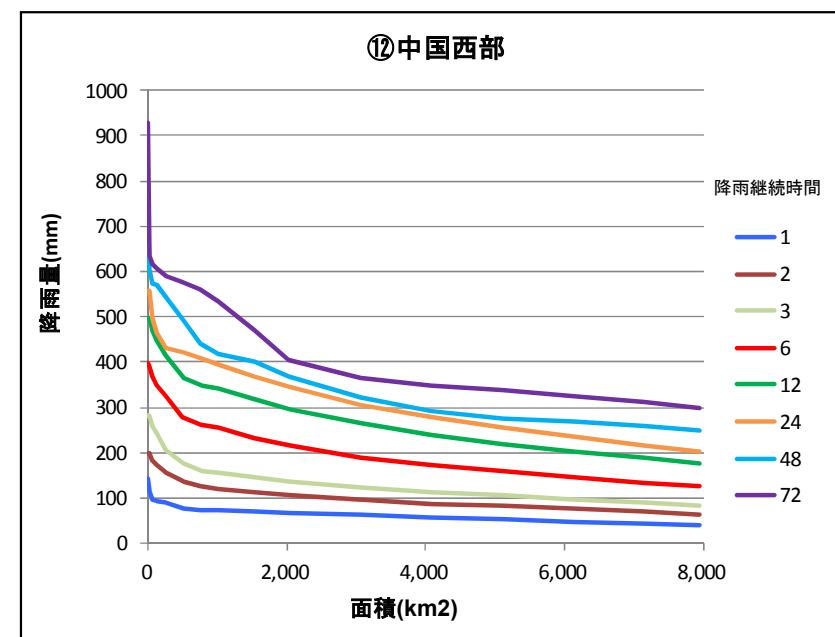
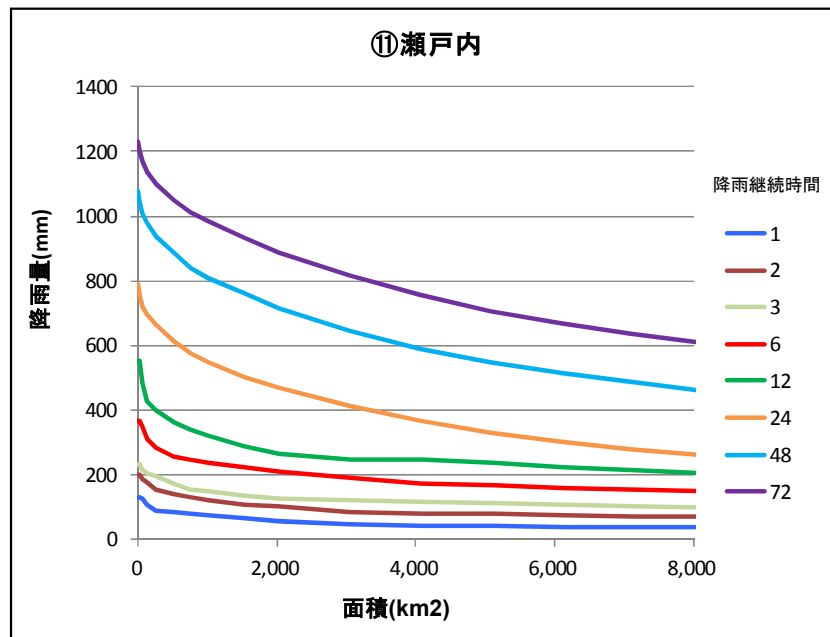
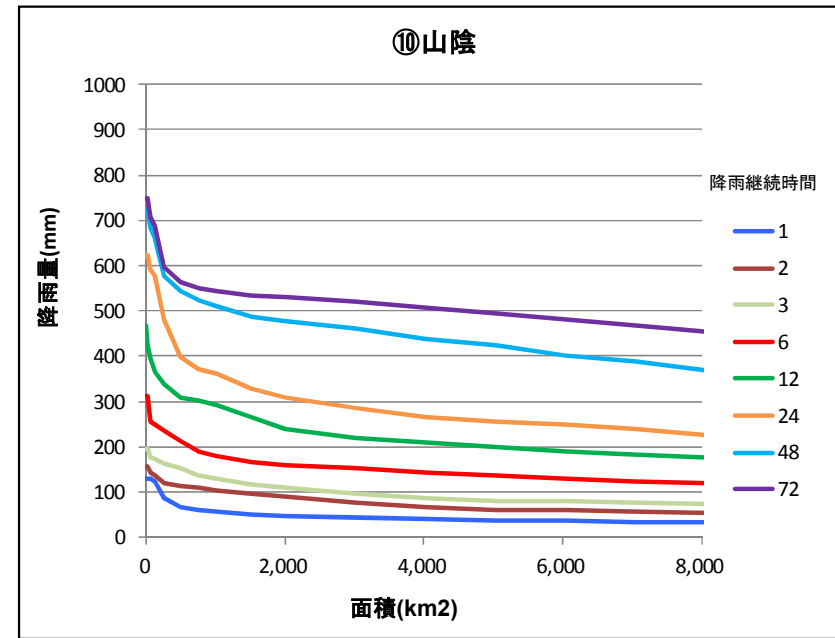
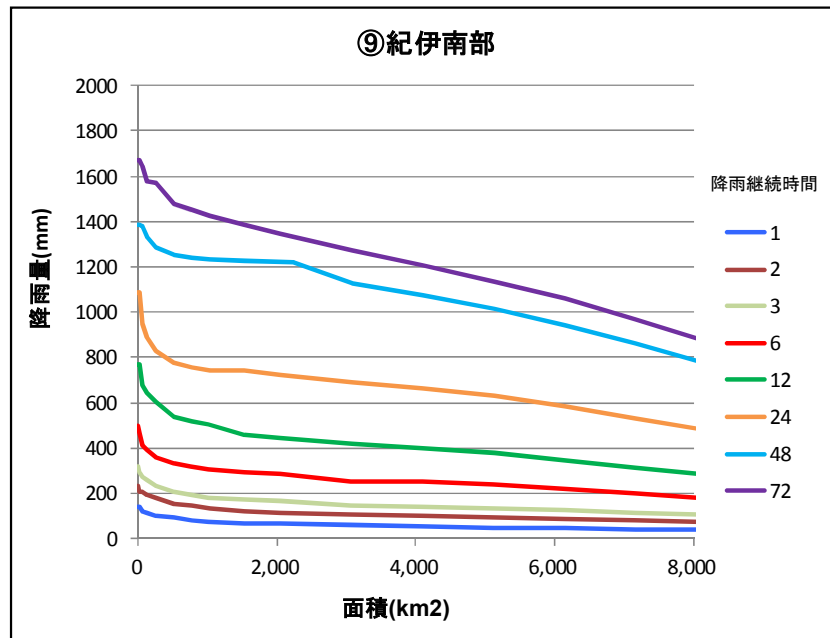
既往最大降雨量の試算結果



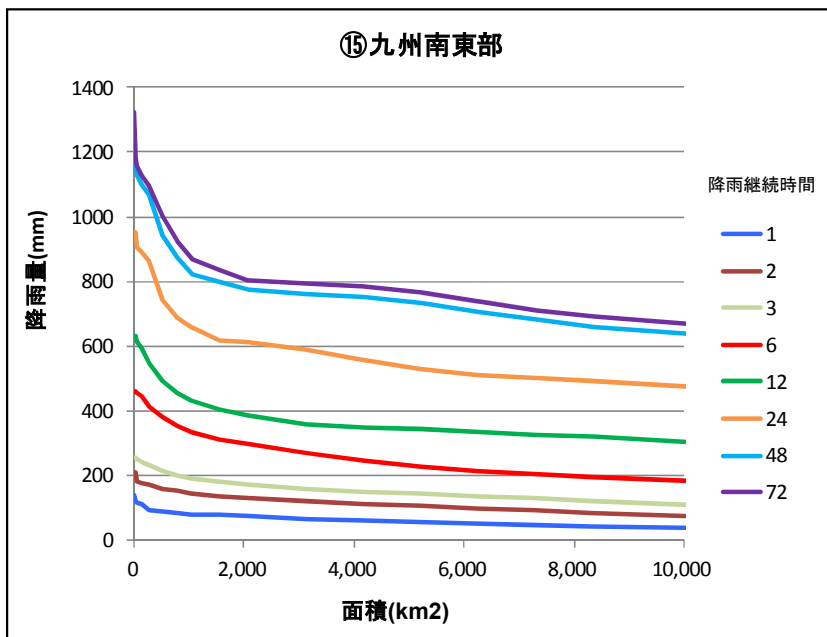
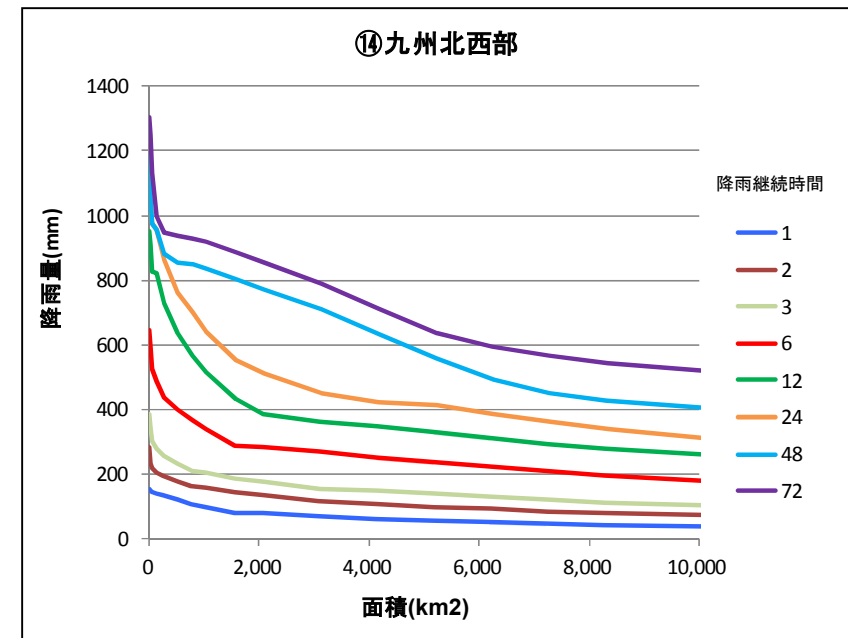
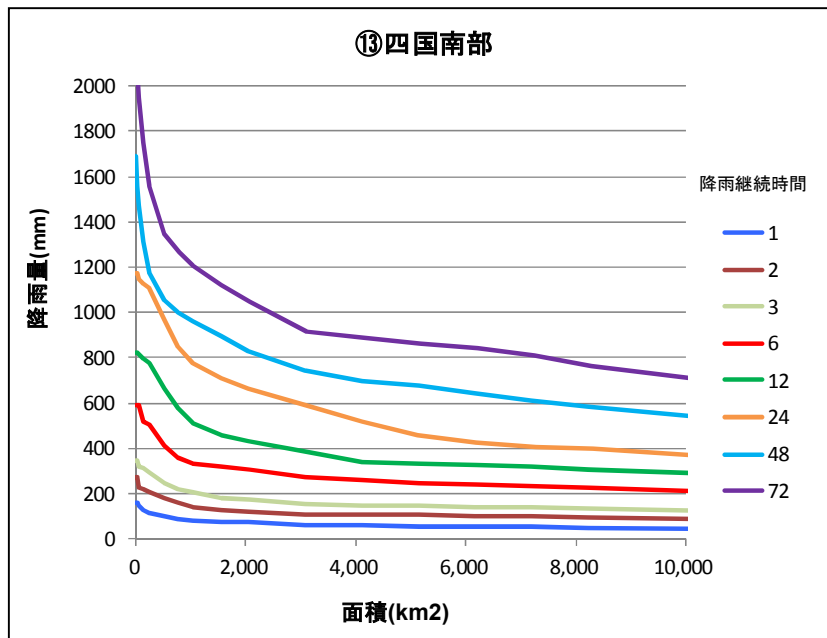
既往最大降雨量の試算結果



既往最大降雨量の試算結果



既往最大降雨量の試算結果



2.3 確率規模からの設定

欧米における浸水想定区域図等の作成例

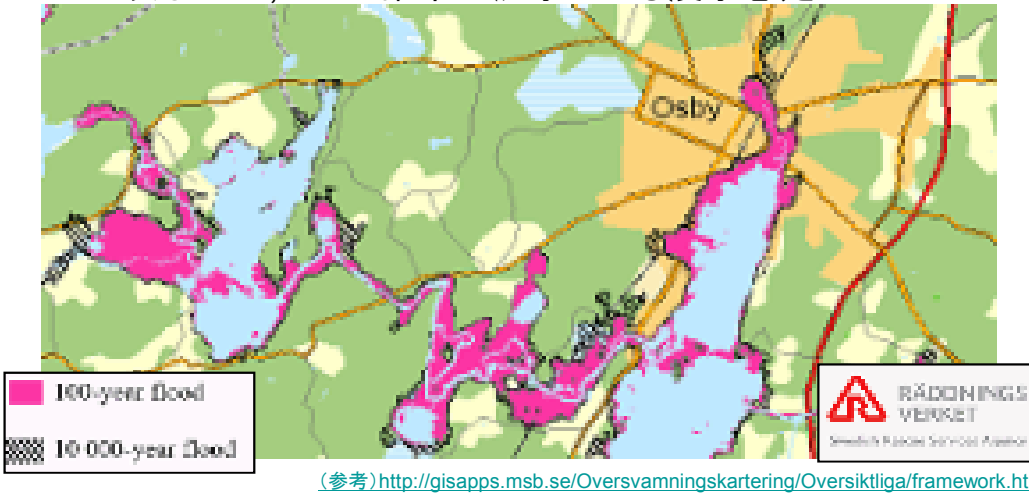
◆ 欧州連合(EU)においては、「洪水リスクの評価・管理に関する指令」が2007年に公布され、高頻度な事象から低頻度または極端な事象までの様々な規模の洪水に対する浸水想定等を作成することとされている。

	浸水想定における対象外力の規模※1※2	
	最大規模	それ以外
オランダ	$\frac{1}{10,000}$	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{500}$ $\frac{1}{1,000} \sim \frac{1}{10,000}$ $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{100}$ (内水)
スウェーデン	$\frac{1}{10,000}$	$\frac{1}{100}$
イギリス	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{30} \sim \frac{1}{1,000}$
フランス	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{10}$ または $\frac{1}{30}$ $\frac{1}{100}$ または $\frac{1}{200}$
ドイツ	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{100}$
ベルギー	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{2} \sim \frac{1}{500}$
アメリカ	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{100}$

※1 毎年、1年間にその規模を超える外力が発生する確率
※2 同一国内であっても河川や地域により、対象外力の規模が異なるものがある

スウェーデンにおける浸水想定区域図

■ 1/100及び1/10,000の確率の洪水による浸水想定



イギリスにおける浸水想定区域図

■ 青色部は1/100、緑色部は1/1,000の確率の洪水による浸水想定



年超過確率1/1,000降雨量の設定方法

- ◆ 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となる確率雨量を設定するにあたっては、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の確率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」や「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)」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。

【参考】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)の記載例

河川区間	計算方法	算出結果(単位:mm)			備考
		年超過確率1/100	年超過確率1/1000	年超過確率1/10000	
利根川	一級河川(利根川)	10.014	20.1	34.9	観測
	二級河川(利根川)	10.015	24.0	38.5	
	河川敷(利根川)	10.016	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.017	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.018	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.019	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.020	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.021	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.022	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.023	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.024	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.025	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.026	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.027	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.028	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.029	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.030	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.031	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.032	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.033	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.034	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.035	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.036	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.037	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.038	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.039	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.040	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.041	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.042	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.043	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.044	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.045	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.046	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.047	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.048	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.049	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.050	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.051	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.052	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.053	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.054	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.055	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.056	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.057	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.058	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.059	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.060	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.061	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.062	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.063	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.064	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.065	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.066	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.067	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.068	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.069	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.070	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.071	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.072	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.073	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.074	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.075	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.076	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.077	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.078	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.079	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.080	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.081	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.082	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.083	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.084	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.085	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.086	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.087	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.088	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.089	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.090	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.091	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.092	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.093	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.094	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.095	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.096	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.097	28.7	43.2	
利根川	河川敷(利根川)	10.098	28.7	43.2	観測
	河川敷(利根川)	10.099	28.7	43.2	
	河川敷(利根川)	10.100	28.7	43.2	

注：河川敷(利根川)は利根川(28.7mm)と河川敷(利根川)の平均値である。
利根川(28.7mm)は利根川(28.7mm)と利根川(28.7mm)の平均値である。

※本資料は、年超過確率1/100を算出したものである
※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)H26.6 より抜粋
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/yabe_index.html



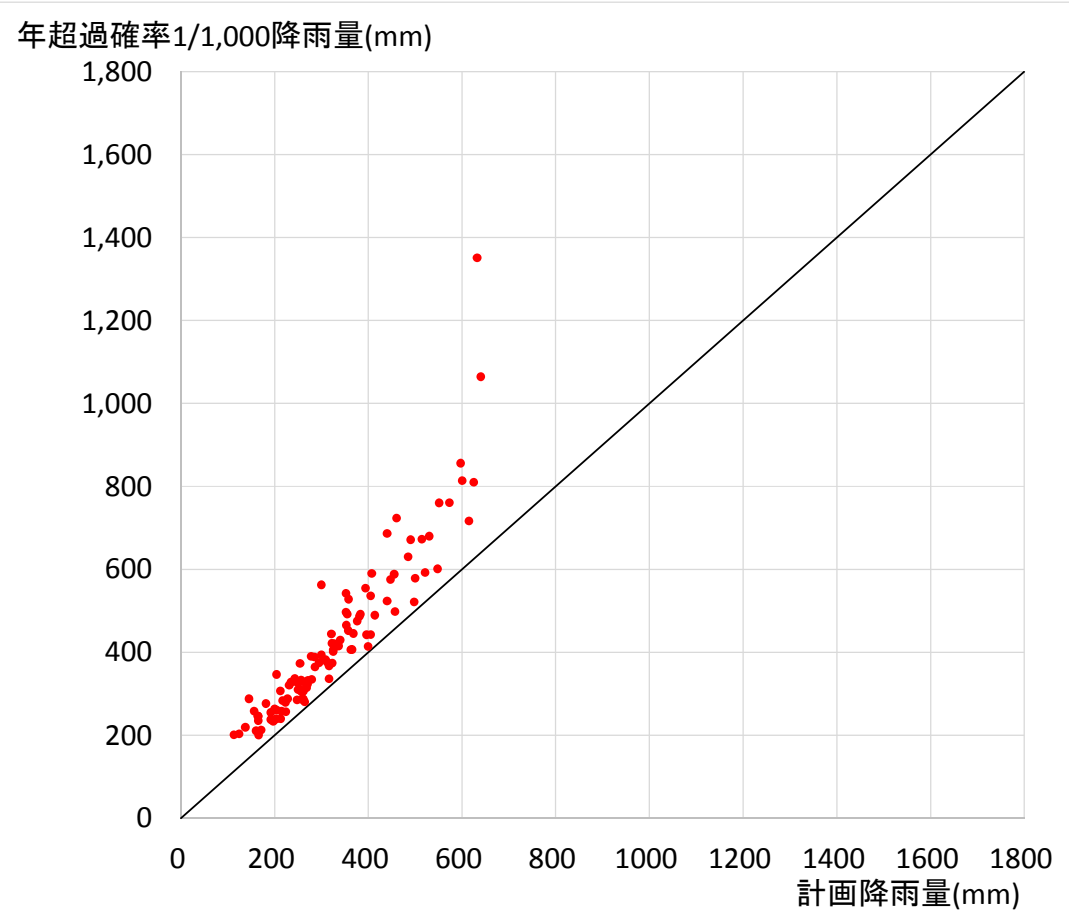
図1.3.1 利根川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料(参考資料)の記載例

【参考】社会資本整備審議会河川分科会(第44回)資料1-1 利根川の基本高水の検証について
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/mizukokudo03_sg_000062.html

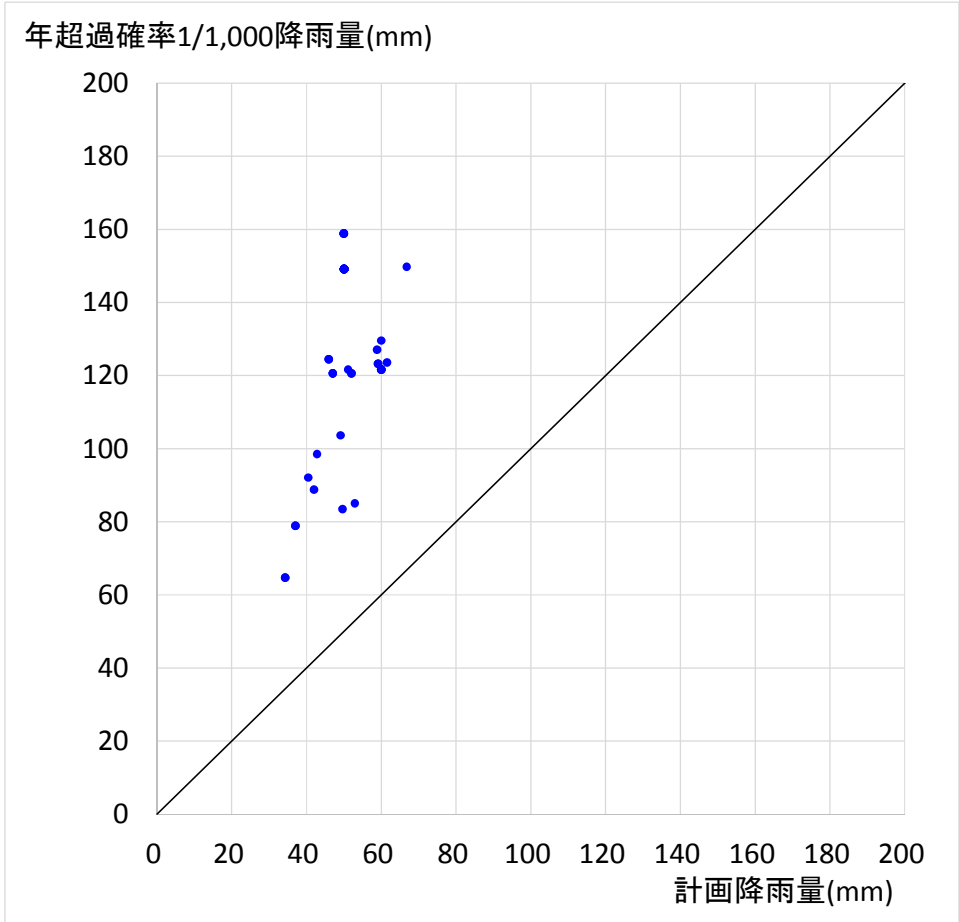
【参考】計画降雨量と年超過確率1/1,000降雨量(試算)の比較

◆ 大河川における試算結果と主な下水道における試算結果について、河川整備基本方針等の施設計画等の設定の前提とした計画降雨量との比較表を以下に示す。

計画降雨量と1/1,000降雨量(試算)の比較表
(大河川)



計画降雨量と1/1,000降雨量(試算)の比較表
(主な下水道)



※各数値については現時点での試算結果であり、またそれぞれの管理者から聞き取り整理したものであるため、今後の精査により修正される場合がある

2.4 研究成果を活用した設定

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。
- ◆ 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。

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。
- ◆ 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、その研究成果を活用することとした理由を示すこととする。

【参考】 擬似温暖化実験等の気候変動に関する研究の事例

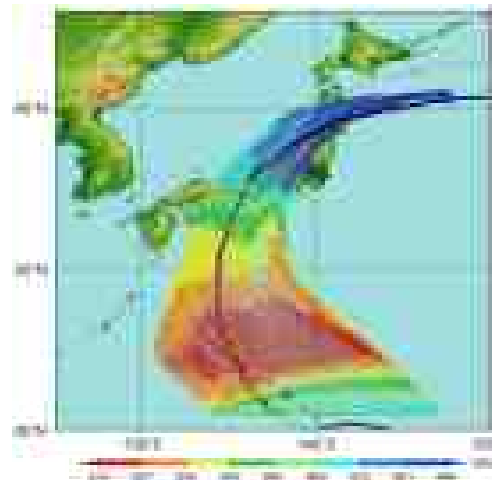
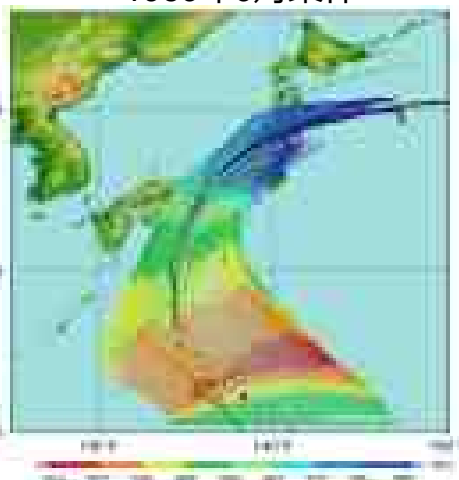
最大クラス・最悪シナリオの検討

伊勢湾台風を対象として台風経路操作アンサンブルシミュレーションを実施し、異なる経路をとった場合に想定される強雨・強風のパターンを解析

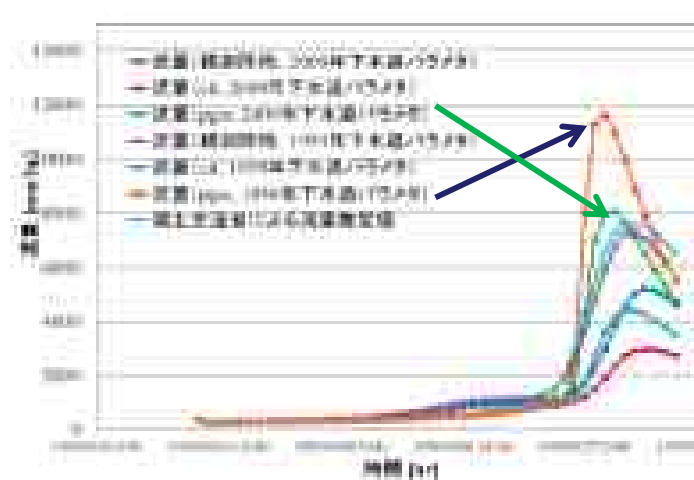
初期位置20 km間隔・合計81通りの経路をシミュレーション
水災害・沿岸災害の影響評価のデータセット作成

1959年9月条件

21世紀末擬似温暖化条件



流量の計算結果（淀川 枚方地点の流量）



小林健一郎ら（2013）：
伊勢湾台風疑似温暖化
実験による淀川流域にお
ける洪水規模の変化予測
（水工学論文集に掲載）

2.5 想定し得る最大規模の降雨の設定

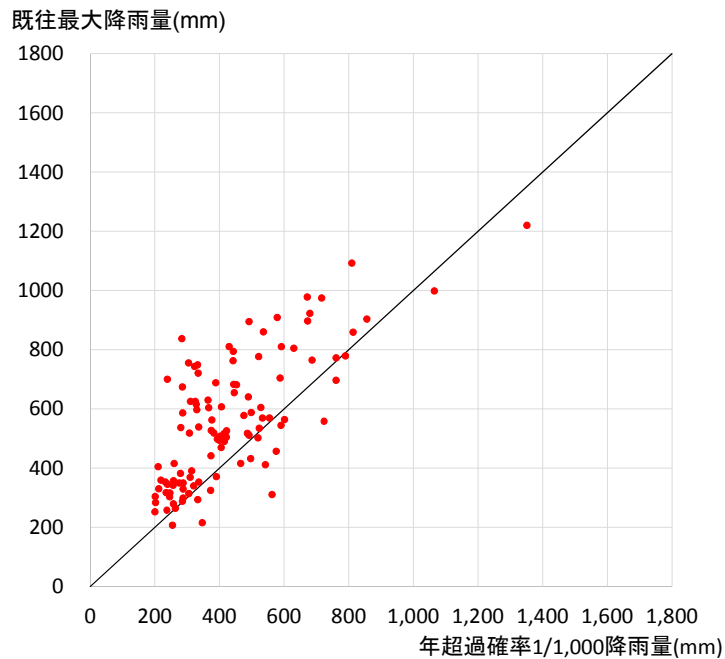
想定し得る最大規模の降雨の設定

1) 降雨量について

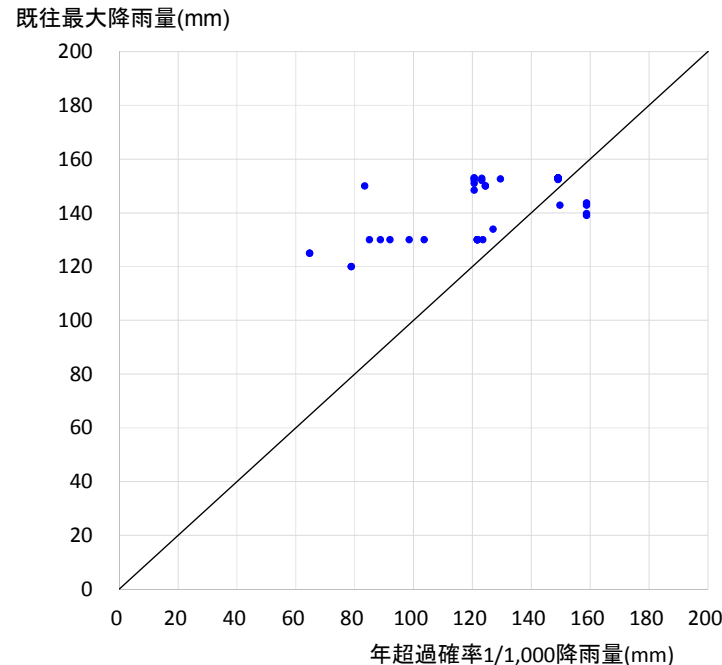
- ◆ 「2.2既往最大降雨からの設定」、「2.3確率規模からの設定」のいずれの手法も、過去の限られた降雨データを用いて設定するものであるため、これを上回る降雨量が発生する可能性を否定できない。
- ◆ 想定し得る最大規模の降雨については、最悪の事態を想定した対策を進めるにあたっての浸水想定を作成するためのものであるため、**「2.2既往最大降雨からの設定」、「2.3確率規模からの設定」のうち、いずれか大きい降雨量から設定**する。
- ◆ 当該流域等で適用可能な研究の結果が示されている場合においては、**「2.4研究の結果からの設定」**に基づき設定することもできる。

【参考】年超過確率1/1,000降雨量の試算結果と、既往最大降雨量の試算結果の比較表

年超過確率1/1,000降雨量(試算)と
既往最大降雨量(試算)の比較表(大河川)



年超過確率1/1,000降雨量(試算)と
既往最大降雨量(試算)の比較表(主な下水道)



※各数値については現時点での試算結果であり、またそれぞれの管理者から聞き取り整理したものであるため、今後の精査により修正される場合がある

想定し得る最大規模の降雨の設定

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から設定することを基本とする。
- ◆ 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。

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。
- ◆ 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。
- ◆ 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。