

日時:令和元年12月13日(金)

場所:九段第2合同庁舎8階地震予知連大会議室

社会資本整備審議会・交通政策審議会技術部会
国土交通技術行政の基本政策懇談会(第10回)

テーマ:「防災・減災、国土強靱化」

発表資料

中央大学工学部 教授 山田正

令和元年 12 月 3 日 15 時から
令和元年 11 月 20 日 19 時から
土木学会総合調査団意見交換

中央大学理工学部 教授 山田 正

この提言書は誰に提出するのか

0 : 国土交通大臣、2 : 安倍首相、3 : 安倍首相、国交大臣、4 : 安倍総理、国交大臣、農水、経産、環境等関係大臣、5 : 以上の他に与党、自民・公明党幹事長宛、6 : 全県知事会、全国市町村会、7 : メディア、8 : 以上のミックス

誰に提案するかで書きっぷりが違う

広い意味のサイエンスに基づいた議論をすべき→

もうそろそろデータサイエンスに立脚した議論をすべき

永続的な国土強靱化を目指して

現在の“国土強靱化”は安倍首相政権内の政策であり（来年 1 年で終わる）、永続性は期待されない。誰がどの政党が政権をとっても変わらない永続性と予算を担保する法整備が必要（河川法や水防法等の既存法体系の最大活用とその拡張及びその限界をわきまえた新しい法律の制定）

0. 近年の災害から学べたことはすぐにやる（活かす）治水事業の実現

- 未整備堤防の整備の早急化、堤防天端や裏の裏面、法尻の強化、本来やるべき樹木伐採、河床掘削の早急化→国土強靱化。見附市方式＝やれることはやってみる。
- ゲリラ豪雨、線状降水帯は 1 町、区から数市スケール，“流域洪水は” 1 県スケール、気象特性に起因する災害の特性の違い（今は、50 年、100 年、200 年といった確率年だけが設計根拠となっている）を背景とした河川整備計画の全面的見直し。
- 本川からのバックウォーターに伴う支川合流部堤防の強化、本川水位の低下が必然努力目標。そのための支線流域の田んぼダムや計画及び非計画遊水地、中小ため池や

国・水機構・県管理多目的ダム、発電ダムの事前放流を含む洪水ピークの低減、遅延機能の強化。

→重要資機材（直接水に関わるものから交通医療関係まで）が低い所に保管されている。公のものは高所移転とその補助金、民間のもので公的なら補助金（例：ネクスコ）、純民間なら義務化

→避難の成功例を他地域に活かす。防災教育の義務教育化

→全国津々浦々の国交省による洪水氾濫想定地図（ハザードマップ）の完備とそれに基づく水害保険の差別化や災害互助制度の充実、被災指定の迅速化。避難住宅建設の準備化と迅速化（長野県）、川ごとでなく気候区ごとの河川整備計画のパラメタ設定

→防災資機材の備蓄箇所の増大と運搬効率の向上策。

→2級河川の堤防点検・維持の義務化と目的に特化した交付金制度

→自衛隊支援の常時体制化（千葉県）、そのための自衛隊と国交省、地整、県、市との常時協議体制の構築

1. 防災国家 100 年の計の構築→災害対策基本法（事後法）と事前防災基本法→事前防災国家への変貌～国家 100 年を見据えた計画をつくる（この法整備が必要）～

→2℃上昇の計画を 20~30 年後を見据えた中期計画（河川整備計画）として、4℃上昇の計画を 50~100 年後を見据えた長期計画（方針レベル）として立案するための法整備。→最初は理念法でも良い（例：水循環基本法）。これを基本として、将来に備えて行政が動く（予算措置の裏付けのもとに検討する）ことのできる予算措置をもった法体系（全総の拡大をイメージ）の構築。

2. 地球温暖化を洪水防災計画に取り組む

平成 30 年 6 月に気候変動適応法が成立

→世界は地球温暖化（気候変動予測）をベースに、計画立案が進められている。

（例：オランダは 4℃上昇の基に法律をすでに作っている）

→今回の台風 19 号は 4℃上昇した場合の台風経路と酷似している。最悪パターン

3. 「(仮称) 洪水防災地域まちづくり法」を制定する

計画ありきから地域のリスク評価側から計画を立案する

「津波防災地域づくり法」、「豪雪地帯対策特別措置法、昭和 37 年法律第 73 号」は既にあり、参考になる。

→これによって、一時避難所の場所の見直し（病院に近接して配置等）やヘリポートのある避難所の整備、道路、鉄道路線の 2 線堤化等の地域づくり、まちづくりが地域単位で進められる。「土石流危険地域」の指定と同様に、計画以上の雨が来たときには人命が危険にさらされる地域の指定と集団移転の促進と補助金助成。

地方過疎集落の新しい家造り（参考、滋賀県や豪雪地帯住宅建設時の県の補助金）
あたらしい住まい方、ライフスタイルに適用可能な町、村作り→50年100年、
2、3世代計画づくり（100年計画）、新しい田舎の風景を作り出す

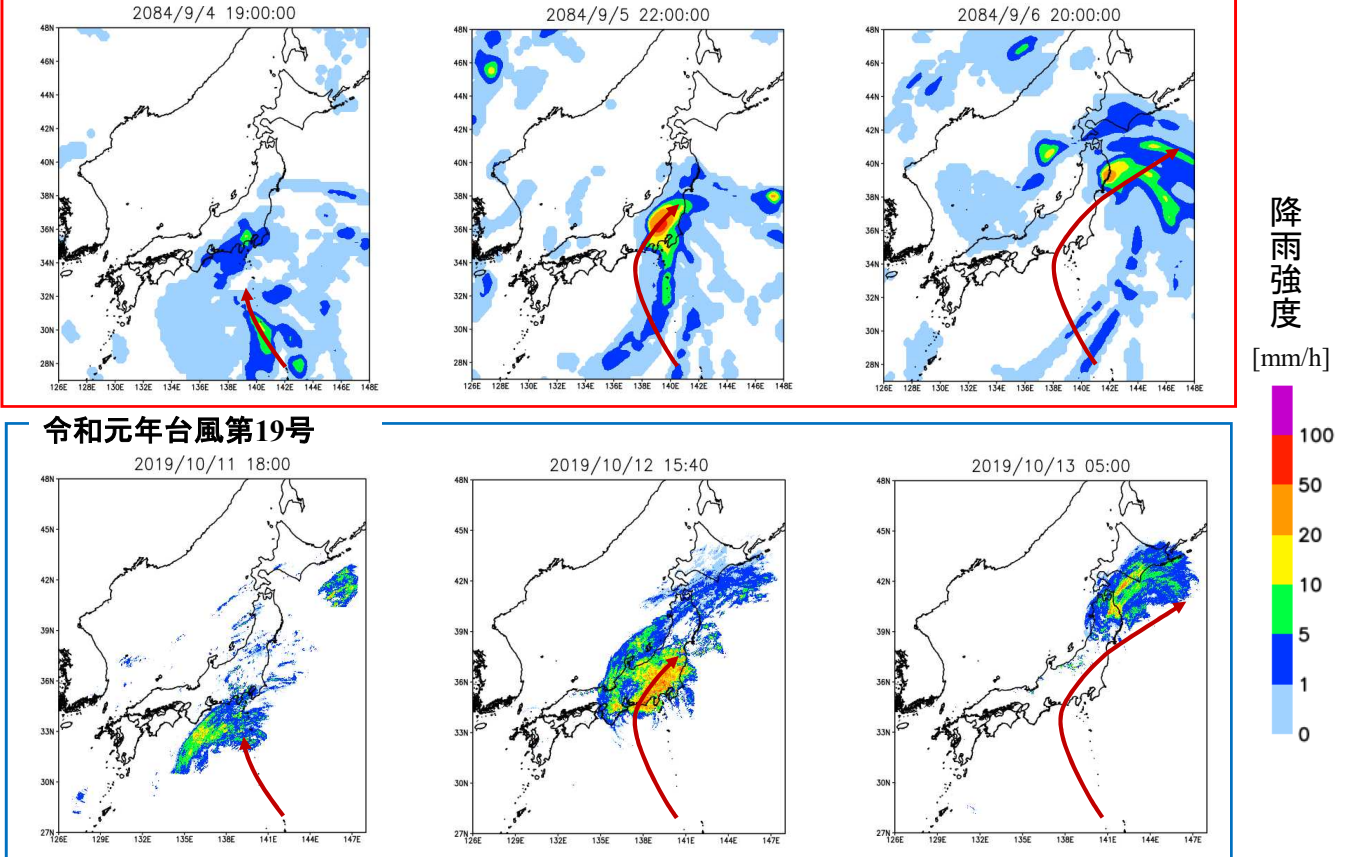
**4. 中央、地方(地整)、地方自治体(県市町村)が一体となった防災計画を基礎とする
まちづくり計画を立案し、それを基礎とする地域づくり・まちづくりの実行
そのための都市計画決定時の補助金の量あるいは率の増大、予算措置ができる法整備**

参考

津波来襲地域、高潮来襲地帯、土石流来襲地域、豪雪地帯、火山爆発地域、強風地域、地すべり地域、そして洪水来襲地域

- ① 村、小さい町----- 豪雪対策基本法的
- ② 小さい町、市-----洪水防災まちづくり法の整備
- ③ 地方中核都市や大都市-----以上①②に加えてゲリラ豪雨、線状降水帯、前線性、低気圧台風製降雨に対するそれぞれの空間時間スケールに応じた避難、広域避難方策の実施化
- ④ 県-----①②③に加え中小河川の維持・点検の義務化と交付金
- ⑤ 国
- ⑥ そして流域という概念

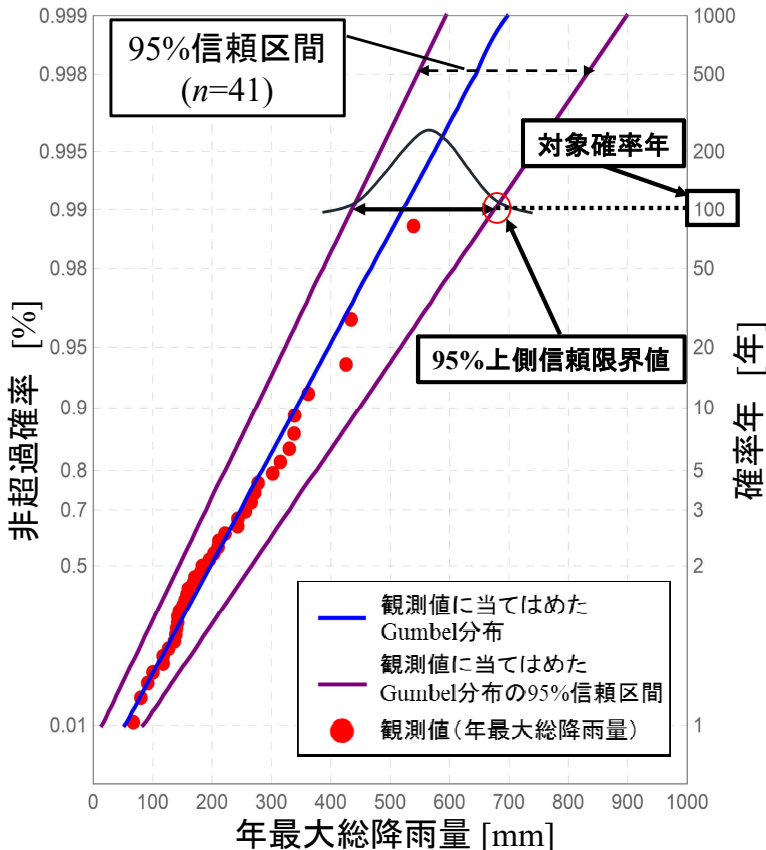
【d4PDF※】+4°C上昇実験 年最大日降水量 第1位をもたらす台風



両台風は同様な経路で進行している。(上図の赤矢印は、台風の日と思しき箇所の進行経路を表す。)

※地球温暖化対策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): <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>

確率限界法検定に基づく信頼区間の水文頻度解析への導入 4



T年確率規模相当の上側信頼限界値がもつ超過確率は、「対象確率年」と「信頼区間の超過確率」との積により求まる。

100年確率水文量の95%上側信頼限界値の超過確率

$$\frac{1}{100} \times 2.5\%$$

対象確率年

超過確率(95%信頼区間)

$$= 2.5 \times 10^{-4} \text{ (1/4千)}$$

信頼区間の導入により、従来では考慮されなかった規模の豪雨が生起するリスクを算出することができる。

他のリスクとの相対評価が可能となる

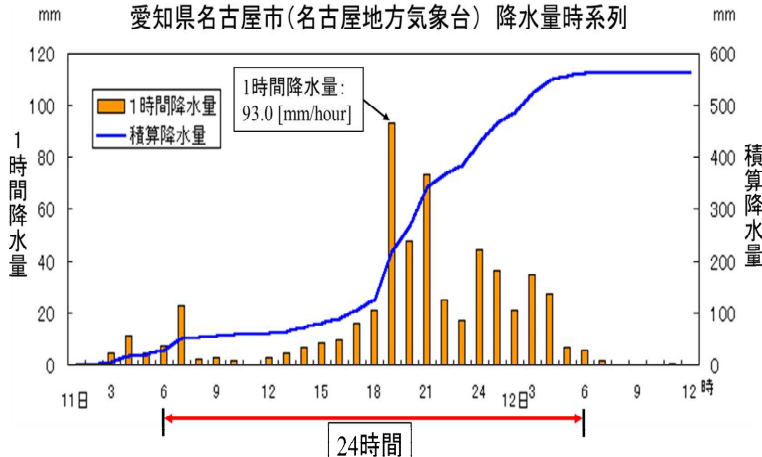
- [ref.]交通事故で死亡:1/2万 [年/人]
- 飛行機死亡事故:1/50万 [年/人]
- 薬剤死亡リスク:1/200万 [年/人]

確率紙には、草木ダム流域における41年間分の年最大総降雨量の観測値およびこれら41個の観測値を当てはめたGumbel分布、確率限界法検定により導出した当該Gumbel分布の95%信頼区間を記入した。※左上に示す確率紙において、nはサンプリング数を表す。

2000年9月11日から12日にかけて、本州上には前線が停滞していた。一方、大型で非常に強い勢力の台風第14号が日本の南からゆっくりとした速度で沖縄方面に進んでいた。この前線に向かって、台風周辺の非常に暖かく湿った空気が断続的に流入したため、東海地方では、ほぼ同じ地域で長い時間にわたって積乱雲が発生・発達した。このため、名古屋市や東海市では、日最大1時間降水量や日降水量が観測史上第1位を更新するなど猛烈な雨が降った。【引用・加筆】名古屋地方気象台ホームページ

〈被害〉【出典】消防白書

- ・死者 10名 ・行方不明者 2名 ・損壊家屋 400棟以上（内訳：全壊30棟、半壊176棟、一部損壊185棟）
- ・浸水家屋 69,300棟以上（床上浸水22,885棟、床下浸水46,342棟）



24時間で、降雨イベント内の主要な降雨のほとんどが発生している。このため、短時間に集中して、非常に強い降雨が発生したことで、積算降水量は、急激に屹立していく形となっている。

【引用・加筆】気象庁 災害をもたらした気象事例

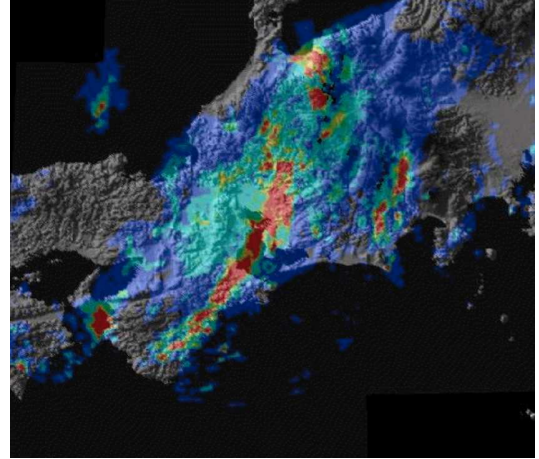


図 ドップラーレーダによる東海豪雨の観測雨量

・線状降水帯が形成されている。

【出典】京都大学 中北研究室

<http://hmd.dpri.kyoto-u.ac.jp/nakakita/imagefigure/NagoyaWide.gif>

東海豪雨の予測困難性

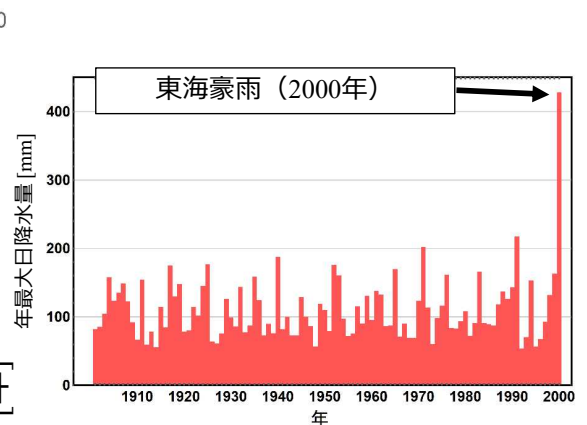
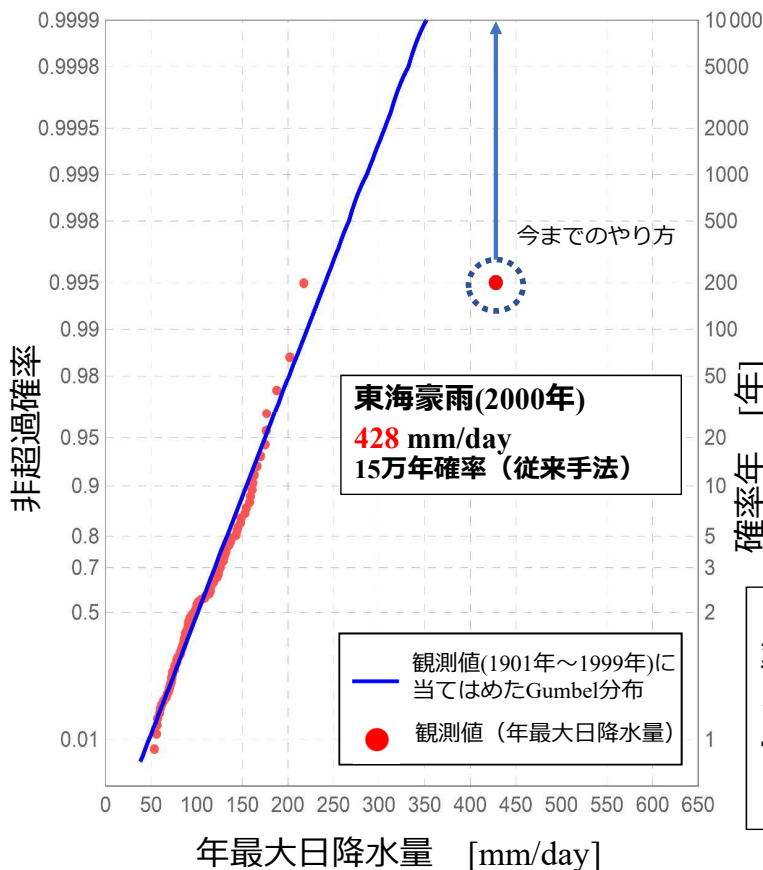


図 名古屋地方気象台における1901年から2000年に渡る100年間分の年最大日降水量の観測値時系列

日本の一級河川における計画確率年は、100年～200年確率である。一方、東海豪雨級の大雨は、十数万年オーダーの確率年となり、評価が困難である。

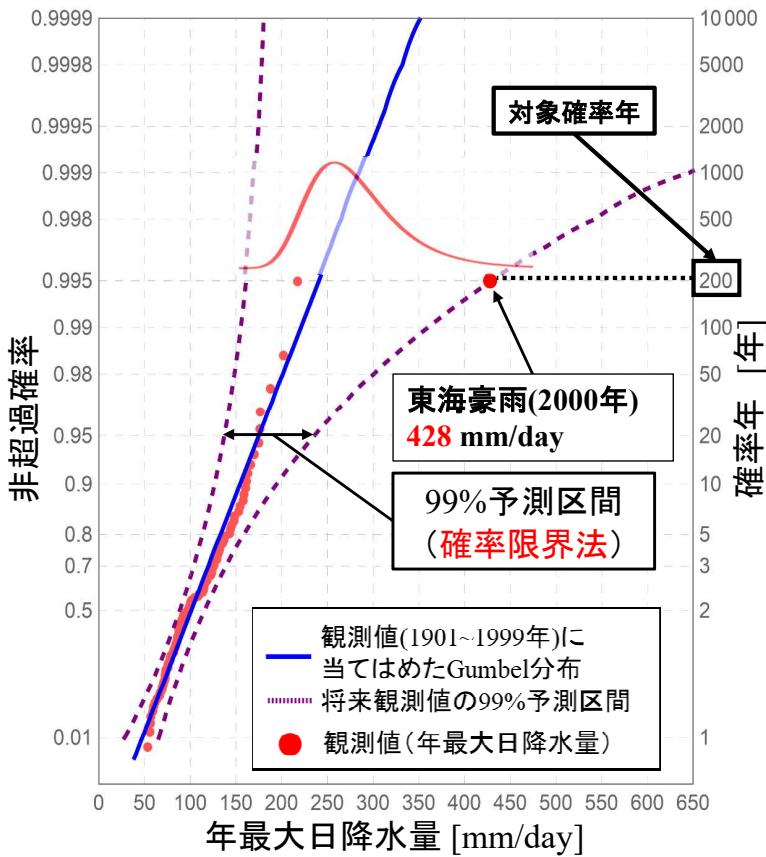


図 名古屋地方気象台における99年間の年最大日降水量の観測値(1901年~1999年)、これら99個の値に当てはめたGumbel分布および確率限界法検定による99%予測区間
※同図において、nは観測値の総数を表す。

予測区間内の豪雨が将来生起する確率を新たに定義できる。



リスクの相対評価の実現可能性

予測区間内の豪雨の生起確率を洪水対策におけるリスクとして扱うことができる。

(オランダの事例)

【オランダ・デルタプログラム※より抜粋】

3.2. デルタディシジョン

「適切な治水安全度の設定」

堤防、盛土、ダムで守られた地域に住む

個人が洪水で死亡する確率が年1/100,000 (10^{-5})を超えないことが原則である。

※この確率(10^{-5})は、オランダ人が交通事故で死亡する確率より低い

【引用文献】※ The Ministry of Infrastructure and Environmental and the Ministry of Economic Affairs, Netherland : Delta Programme 2014, 2014

力学的ダウンスケーリングの条件設定

気象研究所非静力学地域気候モデル

Nonhydrostatic Regional Climate Model (NHRCM)

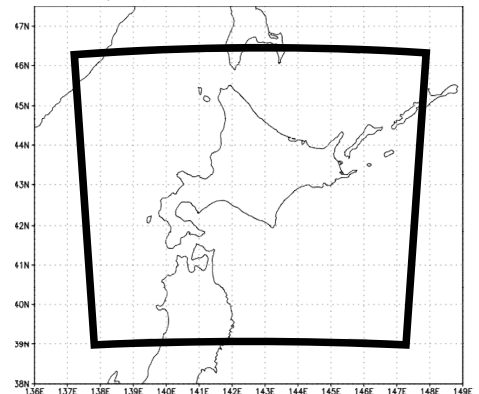
水平解像度：5x5km

基礎方程式：完全圧縮非静力学方程式
対流パラメタリゼーション：Kain-Frichスキーム
雲物理過程：氷相を含むバルクモデル
乱流クロージャモデル：Improved Mellor-Yamada Level3
陸面モデル：MRI/JMA-SiB

計算領域の設定

142.5E, 42.75Nを中心に東西方向に800km、南北方向に800kmの範囲を計算領域として設定

計算領域



ダウンスケーリングの対象

過去実験 (60年x50アンサンブル=3000年)

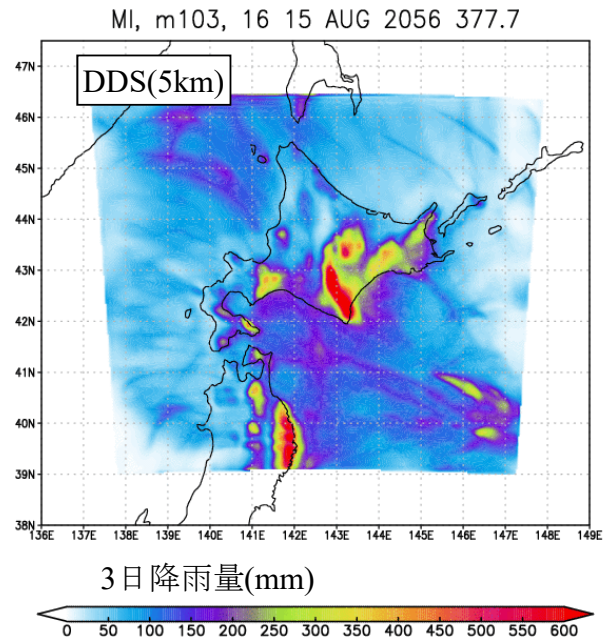
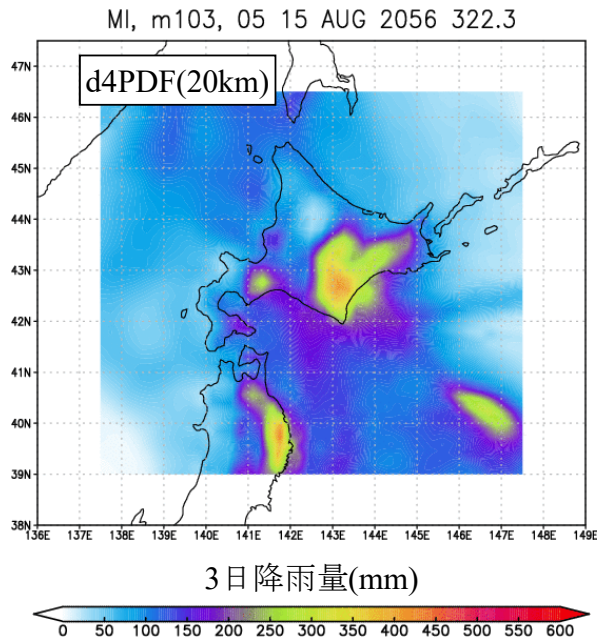
4°C上昇実験 (60年x90アンサンブル=5400年)

年最大降雨イベントを含む15日間が対象期間

・ダウンスケーリング前 (20km)

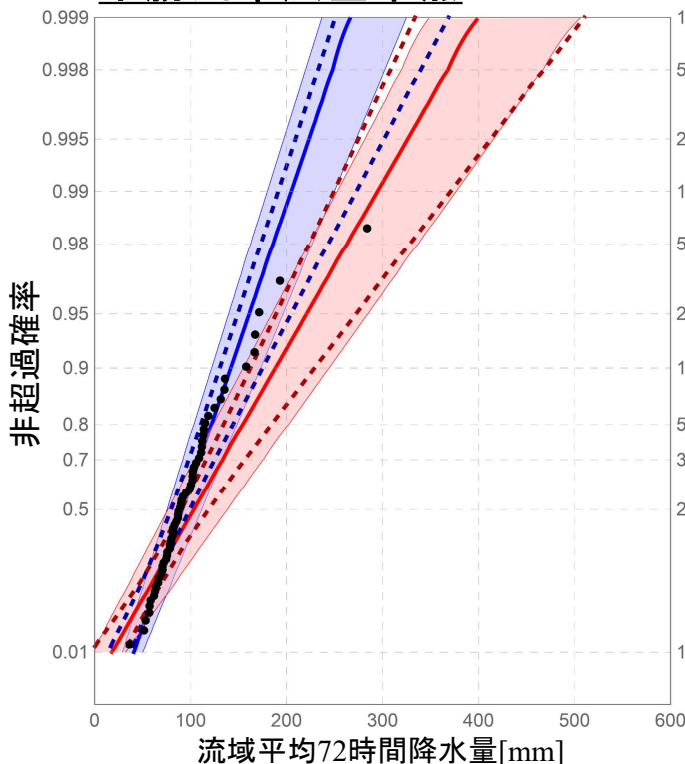
・ダウンスケーリング後 (5km)

十勝川帯広基準地点集水域での流域平均3日降雨量：322.3(mm)→377.7(mm)



力学的ダウンスケーリング結果との比較

十勝川帯広基準点



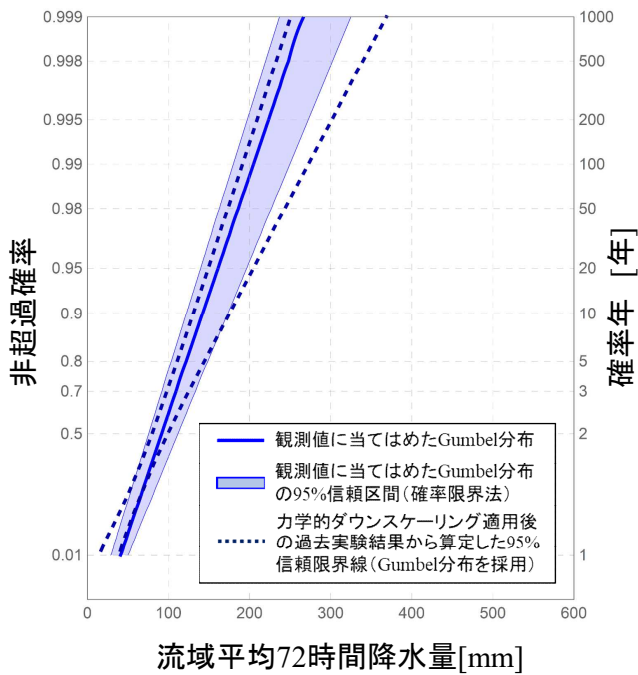
過去気候における信頼区間と将来気候における信頼区間が重複する範囲より、**将来気候における年最大日降水量は過去気候においても発生する可能性があったことが分かる。**

- 観測値に当てはめたGumbel分布
- 観測値に当てはめたGumbel分布の95%信頼区間(確率限界法)
- 将来実験結果にMCMC法を適用しベイズ更新されたGumbel分布
- 将来実験結果にMCMC法を適用しベイズ更新されたGumbel分布の95%信頼区間(確率限界法)
- 観測値(流域平均72時間降水量)
- 力学的ダウンスケーリング適用後の過去実験結果から算定した95%信頼限界線(Gumbel分布を採用)
- 力学的ダウンスケーリング適用後の将来実験結果から算定した95%信頼限界線(Gumbel分布を採用)

図 十勝川流域における流域平均72時間降水量の観測値(黒点)、これらの観測値に当てはめたGumbel分布(青実線)および確率限界法検定に基づく当該Gumbel分布の95%信頼区間(青色で表示された範囲)とMCMC法に基づき観測値に当てはめたGumbel分布に力学的ダウンスケーリング適用後の将来実験結果を取り入れベイズ更新されたGumbel分布(解析用データに当てはめたGumbel分布の予測分布、赤実線)、確率限界法検定に基づくベイズ更新された当該Gumbel分布の95%信頼区間(赤色で表示された範囲)、力学的ダウンスケーリング適用後の過去実験結果による95%信頼区間(青破線から成る幅)、力学的ダウンスケーリング適用後の将来実験結果による95%信頼区間(赤破線から成る幅)。

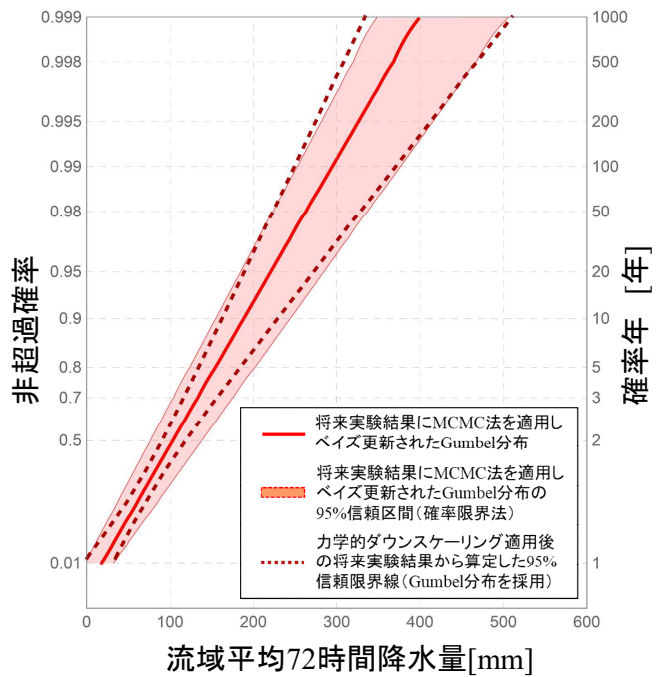
十勝川帯広基準点

過去気候 (d4PDF 過去実験)



Gumbel分布による確率評価

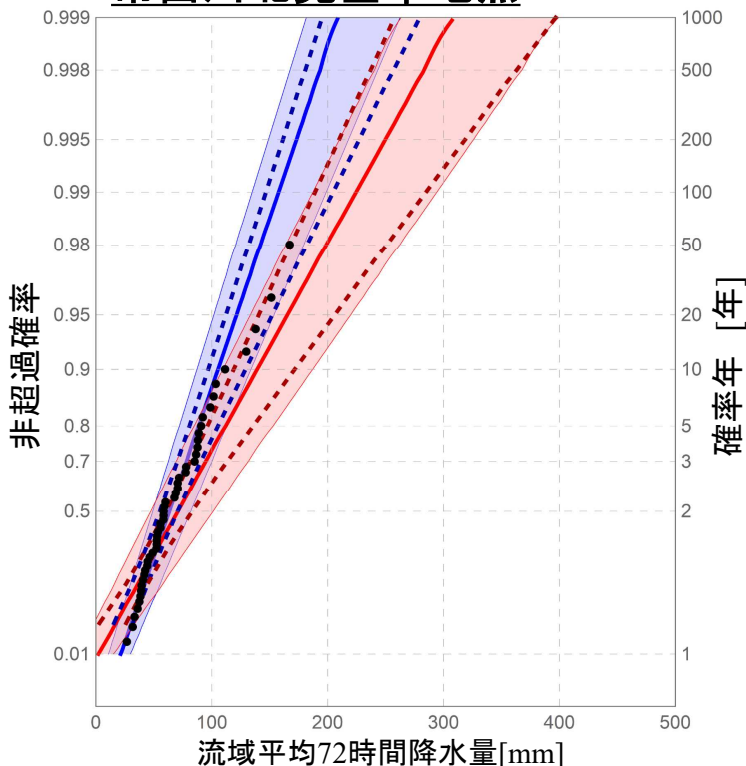
将来気候 (d4PDF +4°C上昇実験)



過去気候では、確率限界法による信頼区間と力学的ダウンスケーリング結果による信頼区間は、調和的傾向を示している。将来気候では、ベイズ手法により将来実験への力学的ダウンスケーリング結果を取り込むことで、双方の適合度が向上した。

力学的ダウンスケーリング結果との比較

常呂川北見基準地点



過去気候における信頼区間と将来気候における信頼区間が重複する範囲より、将来気候における年最大日降水量は過去気候においても発生する可能性があったことが分かる。

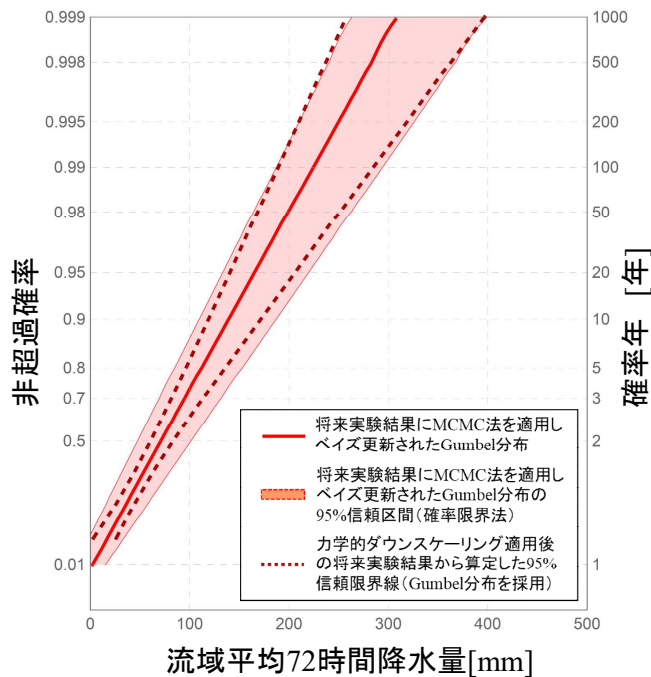
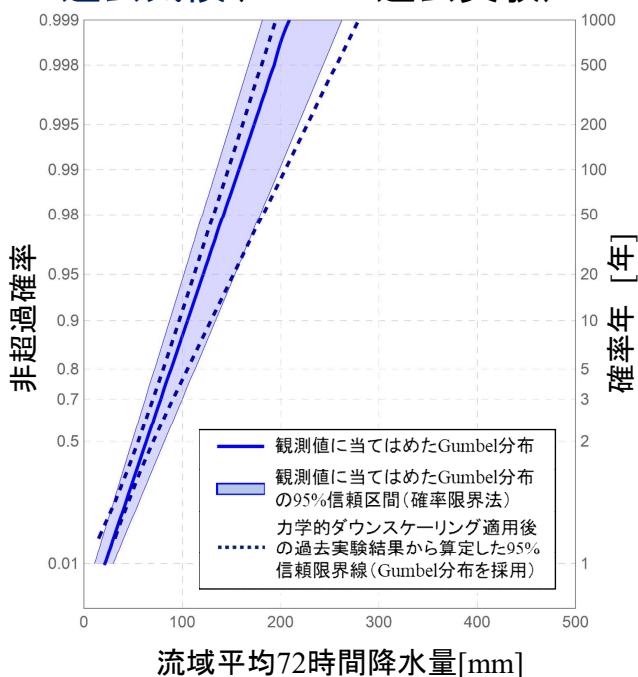
図 常呂川流域における流域平均72時間降水量の観測値(黒点)、これらの観測値に当てはめたGumbel分布(青実線)および確率限界法検定に基づく当該Gumbel分布の95%信頼区間(青色で表示された範囲)とMCMC法に基づき観測値に当てはめたGumbel分布に力学的ダウンスケーリング適用後の将来実験結果を取り入れベイズ更新されたGumbel分布(解析用データに当てはめたGumbel分布の予測分布、赤実線)、確率限界法検定に基づくベイズ更新された当該Gumbel分布の95%信頼区間(赤色で表示された範囲)、力学的ダウンスケーリング適用後の過去実験結果による95%信頼区間(青破線から成る幅)、力学的ダウンスケーリング適用後の将来実験結果による95%信頼区間(赤破線から成る幅)。

常呂川北見基準地点

Gumbel分布による確率評価

過去気候 (d4PDF 過去実験)

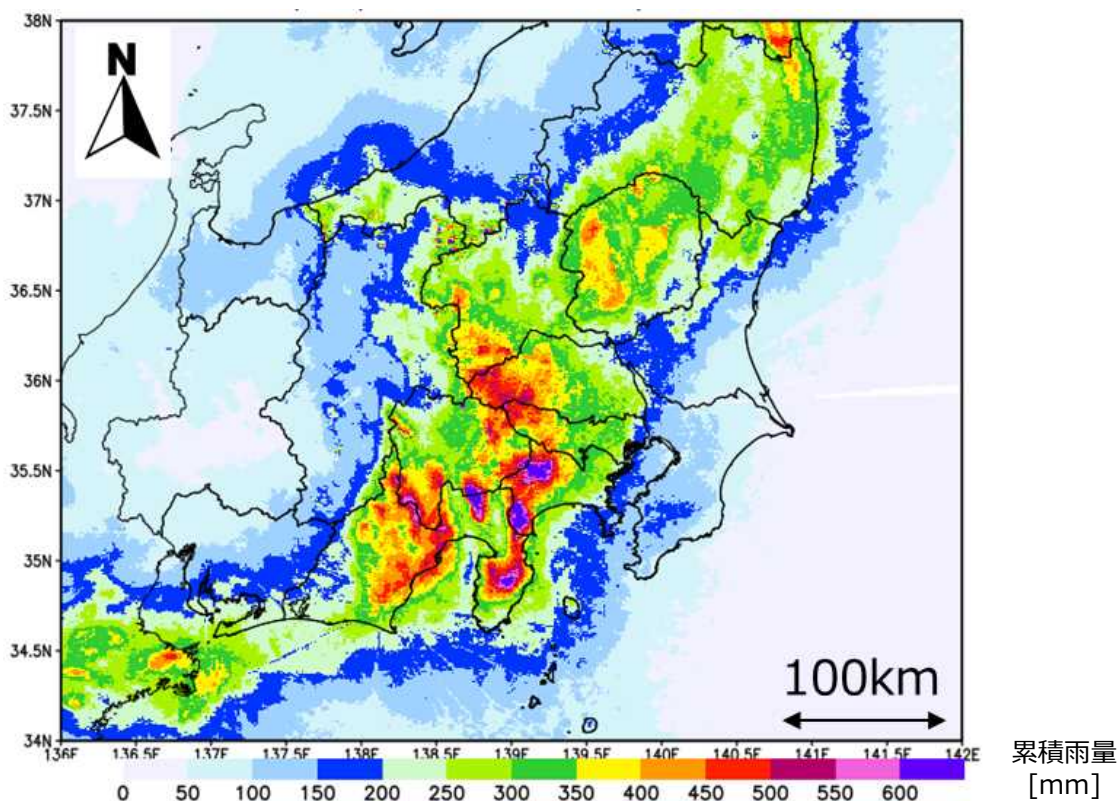
将来気候 (d4PDF +4°C上昇実験)



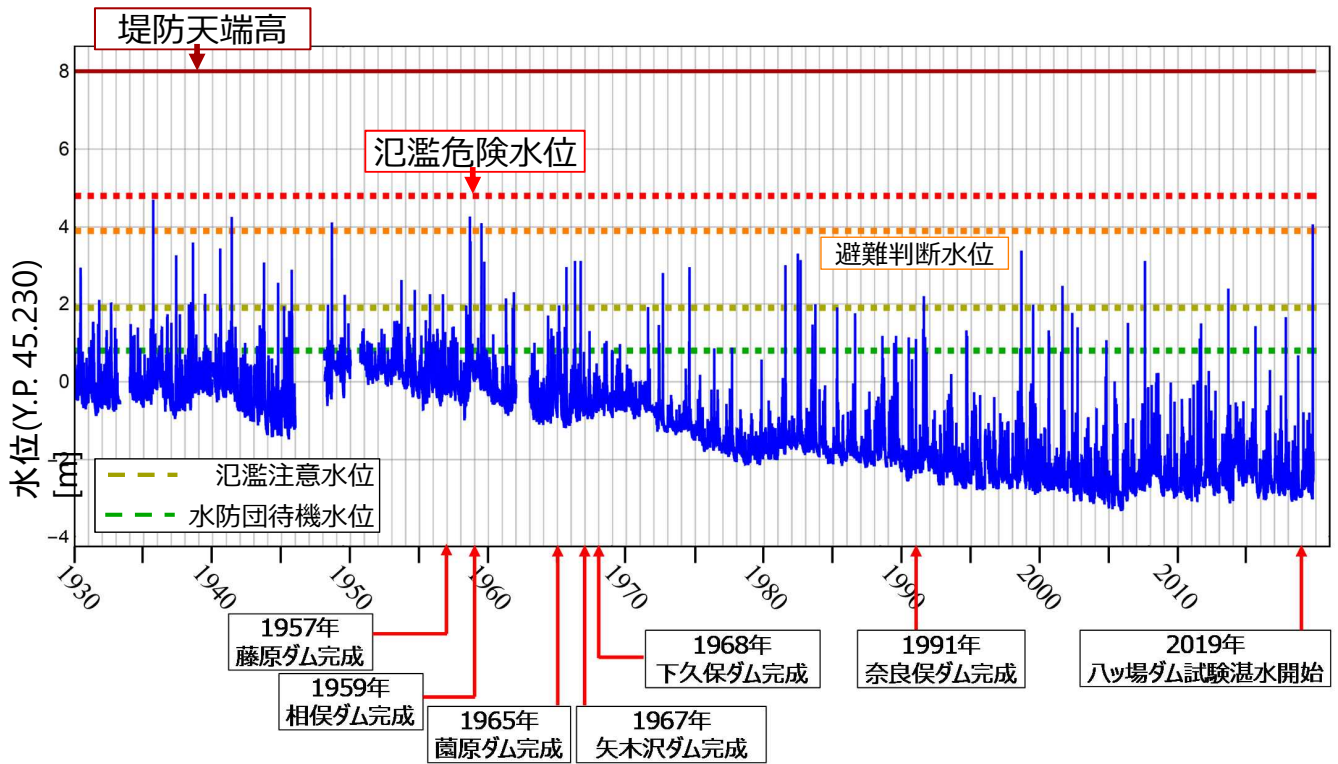
過去気候では、確率限界法による信頼区間と力学的ダウンスケーリング結果による信頼区間は、調和的傾向を示している。将来気候では、ベイズ手法により将来実験への力学的ダウンスケーリング結果を取り込むことで、双方の適合度が向上した。

Cバンドレーダによる累積雨量

期間：10/11 9:00 ~ 10/13 9:00 内の累積雨量

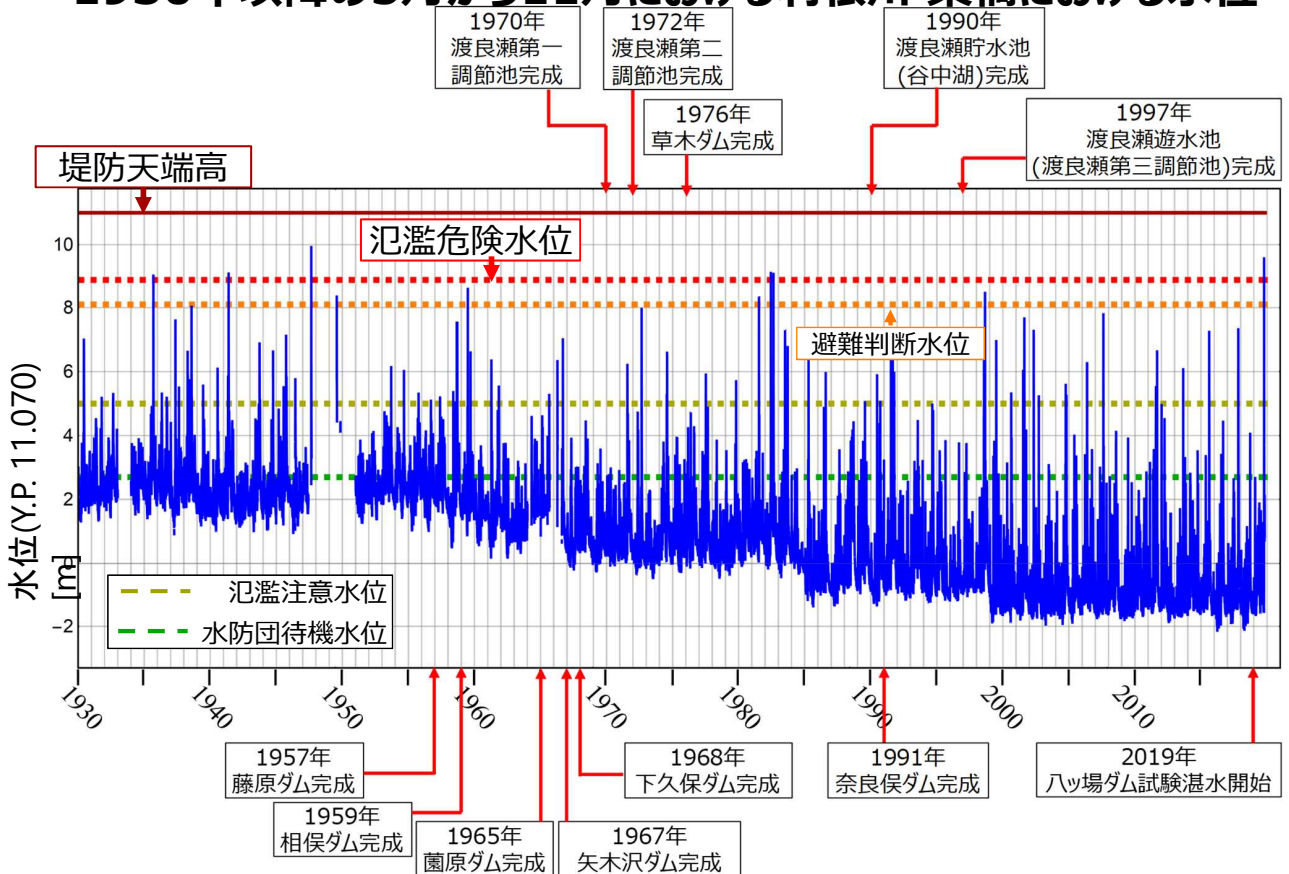


1930年以降の5月から11月における利根川 八斗島における水位 15



【出典】国土交通省 水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/> (水位データ)
 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所HP (<http://www.ktr.mlit.go.jp/tonejo/tonejo00139.html>)
 国土交通省関東地方整備局利根川ダム統合管理事務所HP (http://www.ktr.mlit.go.jp/tonedamu/tonedamu_index001.html)
 2019年10月26日 利根川上流河川事務所HP (http://www.ktr.mlit.go.jp/kinudamu/kinudamu_index025.html)

1930年以降の5月から11月における利根川 栗橋における水位 16



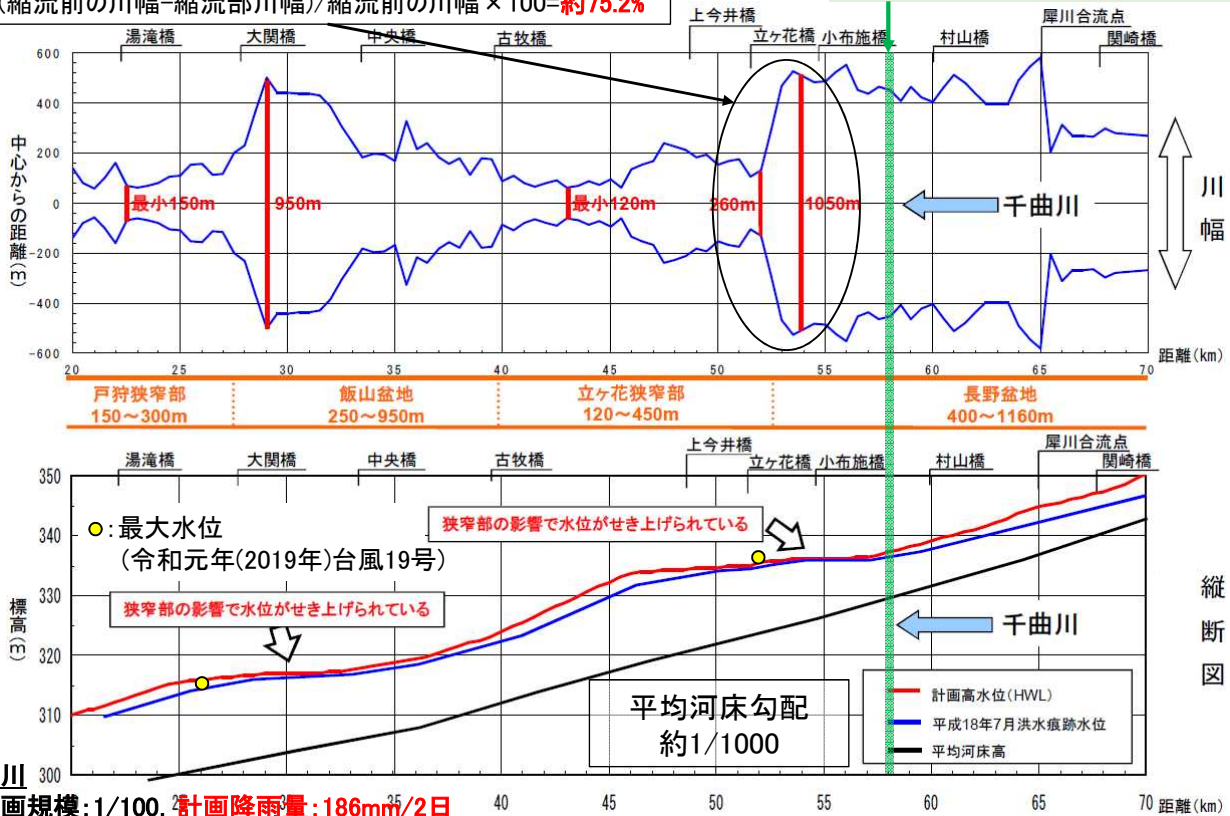
【出典】国土交通省 水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/> (水位データ)
 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所HP (<http://www.ktr.mlit.go.jp/tonejo/tonejo00139.html>)
 国土交通省関東地方整備局利根川ダム統合管理事務所HP (http://www.ktr.mlit.go.jp/tonedamu/tonedamu_index001.html)
 2019年10月26日 利根川上流河川事務所HP (http://www.ktr.mlit.go.jp/kinudamu/kinudamu_index025.html)

千曲川の川幅と水位縦断面図

川幅縮小率(縮流前の川幅に対する縮流部の川幅の割合を1から引いたもの)

$(\text{縮流前の川幅} - \text{縮流部川幅}) / \text{縮流前の川幅} \times 100 = \text{約}75.2\%$

令和元年(2019年)台風19号 17
堤防決壊箇所[左岸](川幅約820m)



千曲川

○計画規模: 1/100, 計画降雨量: 186mm/2日

○令和元年(2019年)台風19号:

最大降雨強度: 16.6mm/h, 総降雨量 219.8mm (地上雨量計)

2019年10月23日(水) 第2報

[加筆]国土交通省 信濃川水系河川整備計画[大臣管理区間] 2014

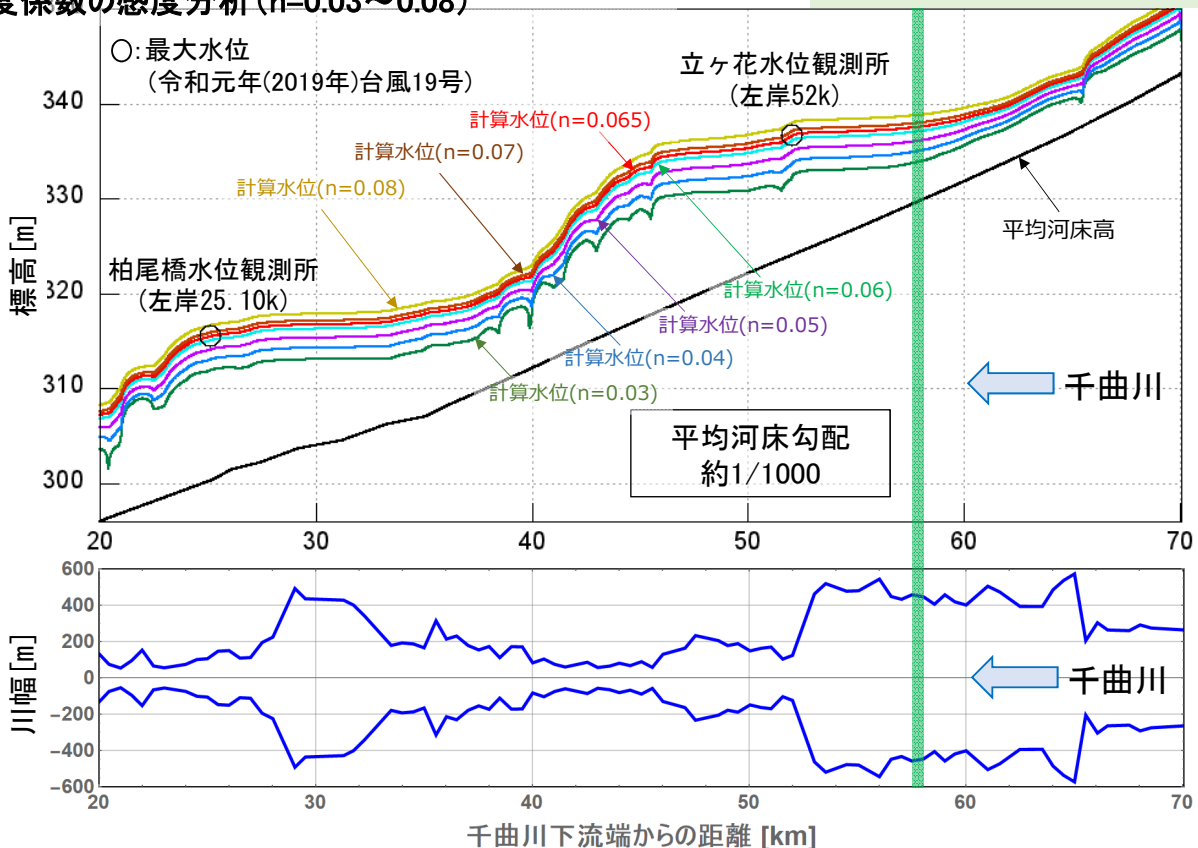
[出典]国土交通省 信濃川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料 2008

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shuuiinkai/kihonhoushin/080208/pdf/ref5-1.pdf
中央大学 河川・水文研究室

千曲川の水位縦断面図(数値計算結果)

粗度係数の感度分析 (n=0.03~0.08)

令和元年(2019年)台風19号 18
堤防決壊箇所[左岸](川幅約820m)



・河道一様にManningの粗度係数を0.03から0.08まで変化させても水面形状はほぼ等しい。

2019年10月23日(水) 第2報

中央大学 河川・水文研究室