

北海道地方における気候変動予測について

平成29年11月21日

北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会

- 平成28年8月、観測史上初めて北海道に4つの台風が上陸・接近し、記録的な大雨により全道各地で甚大な被害が発生。今般の災害を踏まえ、今後の水防災対策のあり方を検討するため、国土交通省北海道開発局と北海道は共同で「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会」を設置
- 平成29年3月、同委員会は、「我が国においても気候変動の影響が特に大きいと予測される北海道が、先導的に気候変動の適応策に取り組むべきであり、**気候変動による将来の影響を科学的に予測し、具体的なリスク評価をもとに治水対策を講じるべき**」と報告書を取りまとめ
- 同報告を踏まえ、新たに、**北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会**を設置

技術検討委員会のミッション

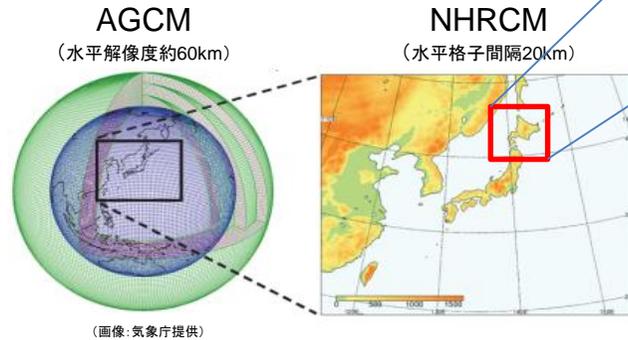
- 北海道地方における**気候変動の影響(降雨量、洪水流量の変化)**を最新の知見に基づき、**科学的に予測**する
- 気候変動の影響による**リスクの変化(規模・形態・頻度)の変化等を算定**し、社会と共有する

【委員名簿】

- <委員長>
中津川 誠
(室蘭工業大学大学院工学研究科教授)
- <委員>
稲津 将
(北海道大学大学院理学研究院教授)
- 鼎 信次郎
(東京工業大学環境・社会理工学院教授)
- 佐々木 秀孝
(気象庁気象研究所環境・気象応用研究部室長)
- 佐藤 友徳
(北海道大学大学院地球環境科学研究院准教授)
- 関 克己
(京都大学経営管理大学院客員教授)
- 立川 康人
(京都大学大学院工学研究科教授)
- 船木 淳悟
(寒地土木研究所水圏グループ長)
- 山田 朋人
(北海道大学大学院工学研究院准教授)
- ※敬称略 五十音順
- <オブザーバー>
国土交通省水管理・国土保全局、北海道局
気象庁札幌管区气象台
- <アドバイザー>
山田 正 (水防災対策検討委員会委員長)

北海道地方の気候変動の影響予測

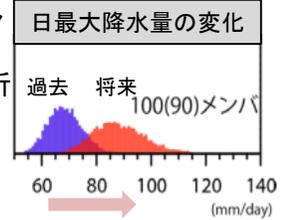
将来気候における降雨の分析



「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(d4PDF)」を利用し、北海道領域について数kmメッシュに**力学的ダウンスケーリング**(4°C上昇モデルから着手)

高解像度かつ大規模アンサンブル実験データに基づき、大雨の発生強度や頻度を分析

- ・**極端現象の解説**
- ・**統計学的な分析**

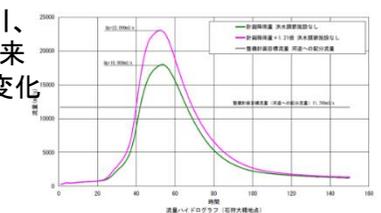


モデル流域における洪水量の変化



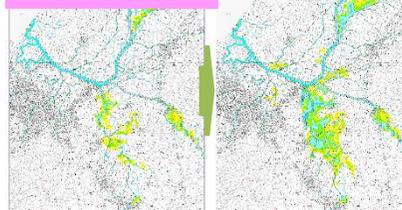
甚大な被害が発生した十勝川、常呂川をモデルケースに、将来気候における洪水流出量の変化を予測

- ・**洪水ピーク流量の変化**
- ・**治水安全度の低下**



洪水リスクの共有

浸水域の変化



人的被害の推定



農地被害面積の推定

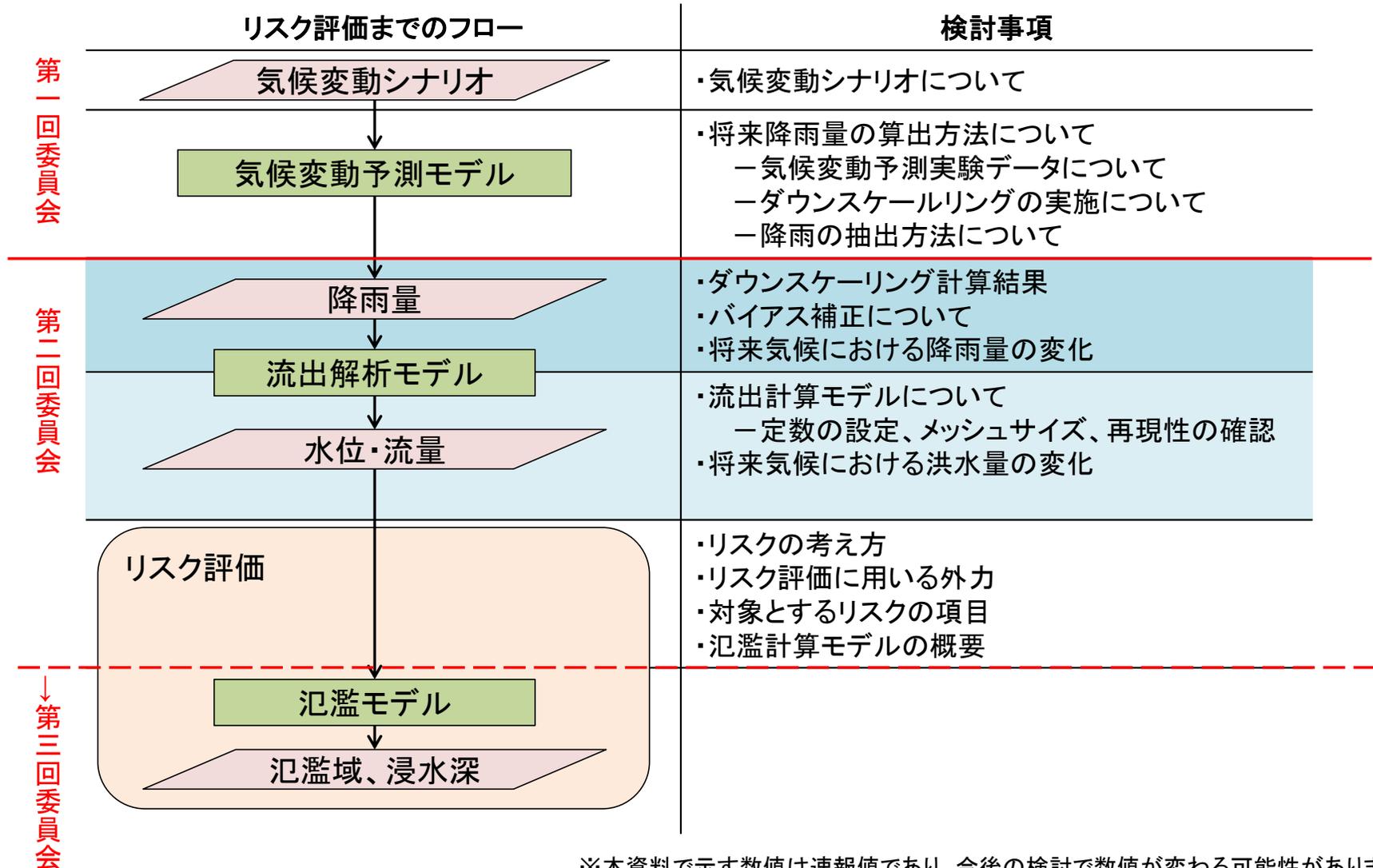


気候変動の影響によるリスクの評価を実施し、社会と共有

- ・**浸水域の増加**
- ・**人的リスクの増加**
- ・**社会的なリスクの増加**
- ・**交通事故等の他のリスクとの比較**

リスク評価までの手順と検討事項

- 本委員会では、気候変動シナリオを設定した上で、将来の降雨量・流出量を算出し、気候変動後の氾濫域や浸水深を算定し、その結果に基づき、リスク評価を実施する。
- 第二回委員会では、ダウンスケーリング計算の結果報告、流出計算及び氾濫計算、リスク評価の方法について検討及び確認を行う。



※本資料で示す数値は速報値であり、今後の検討で数値が変わる可能性があります。

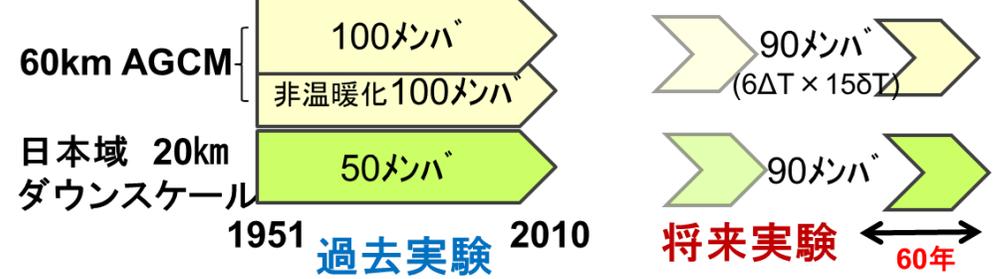
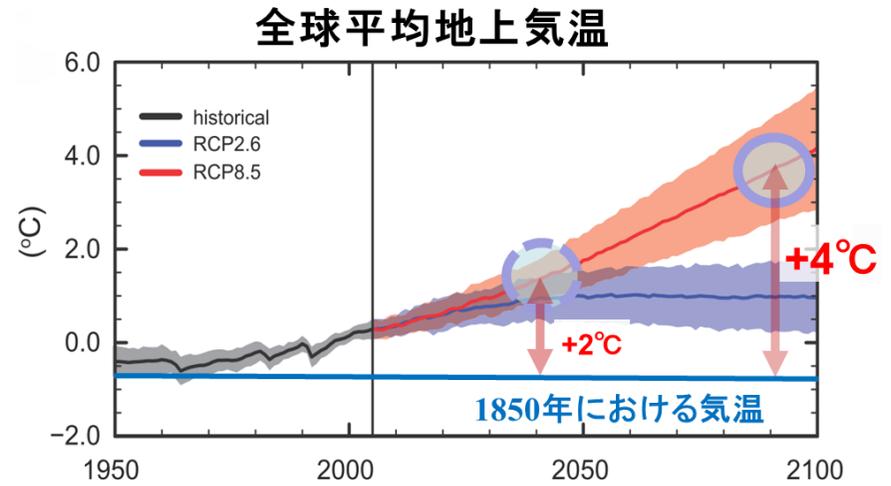
将来気候における降雨の分析

ダウンスケーリング計算結果

将来気候における降雨の分析-d4PDFデータの概要

- d4PDF(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)は、全球気候モデル(水平解像度60km)と領域気候モデル(日本域20km)を用いた気候変動アンサンブル実験データである。
- 将来実験については、60年(2051~2110年)×90メンバ(5400年分)、過去実験は60年(1951年~2010年)の50メンバ(3000年分)のデータとなっている。

d4PDFにおける利用可能データ



全球モデル(AGCM)と領域モデル(NHRCM)の解像度と計算領域

- アンサンブルメンバの作成方法について
 - 過去実験...観測されたSST(海面水温)データに摂動を与えることにより、50メンバを作成。
 - 将来実験では、6つのSST(海面水温)及び15の摂動により90アンサンブルメンバを作成。

将来実験において使用しているSSTモデル

CMIP5	実験各略称	機関名
CCSM4	CC	米国 大気科学研究所
GFDL-CM3	GF	米国 流体学研究所
HadGEM2-AO	HA	英国 気象庁ハドレーセンター
MIROC5	MI	日本 東京大学海洋研究所、国立環境研究所 海洋研究開発機構
MPI-ESM-MR	MP	独 マックスプランク研究所
MRI-CGCM3	MR	日本 気象庁気象研究所

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)

※出典: 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d4PDF, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>
 文部科学省ほか, d4PDF利用の手引き, 2015.12, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>

将来気候における降雨の分析－ダウンスケーリングについて

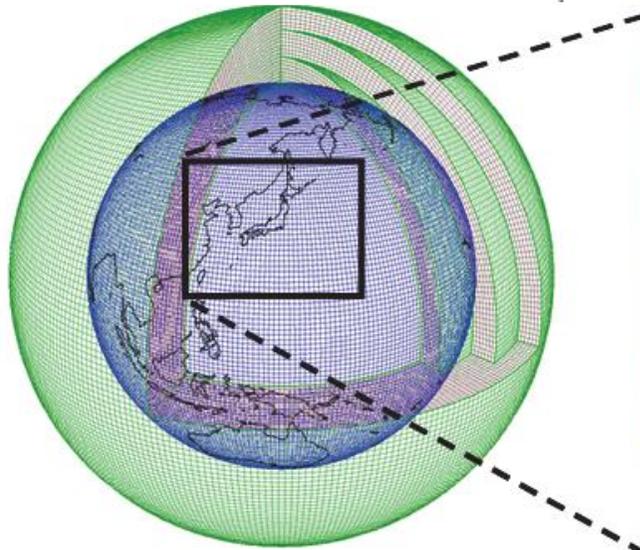
- 大きな洪水流出をもたらす台風や集中豪雨等の数十kmスケールの気象現象を対象とし、極端降雨や流域の地形特性を十分に表現できる解像度が必要となる。
- 本検討では、d4PDFの領域モデル実験(水平格子間隔20km)結果を、気象庁の領域気象モデル(NHRCM)を用いて5kmメッシュにダウンスケーリングした。

<ダウンスケーリングについて>

- ◆ 粗い気象モデルを境界条件として、領域内の気象を高解像度に再計算する方法。
- ◆ 課題…解像度によって計算負荷が大きくなる。

AGCM

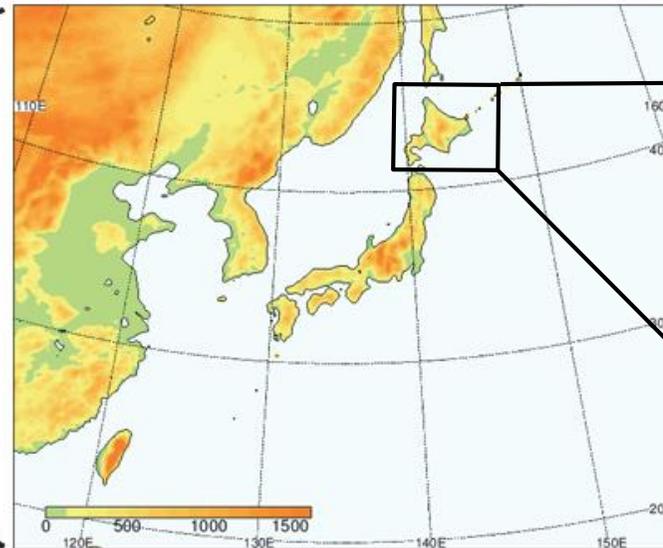
(水平解像度約60km)



(画像:気象庁提供)

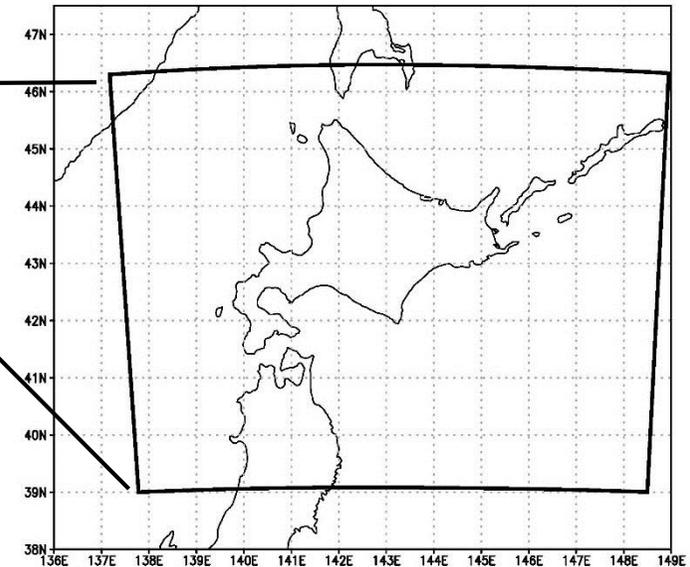
NHRCM

(水平格子間隔約20km)



NHRCM

(水平格子間隔約5km)



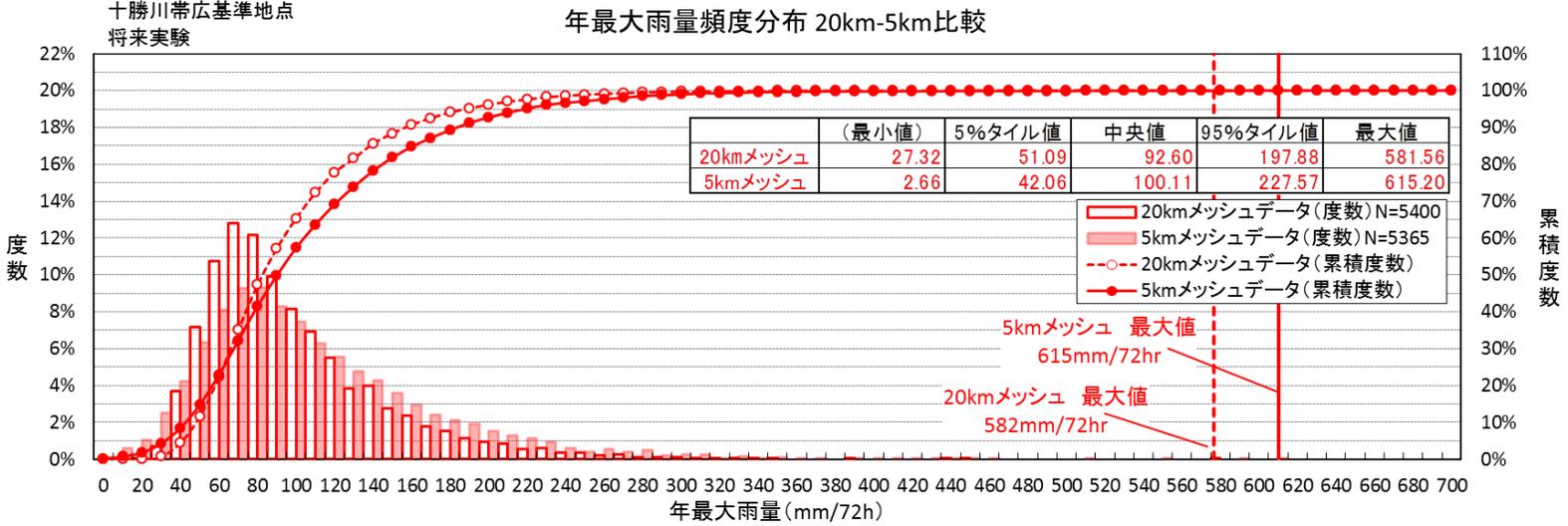
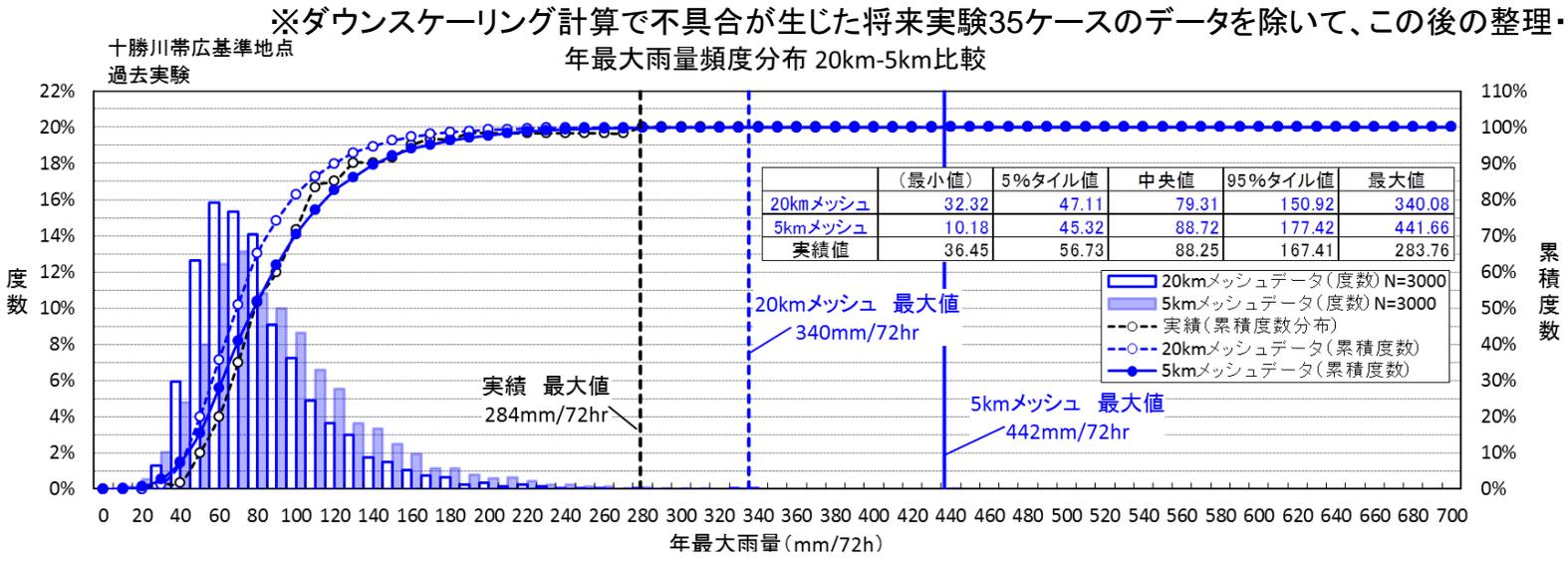
142.5E, 42.75Nを中心に東西方向に800km、南北方向に800kmの範囲

ダウンスケーリング結果報告(十勝川)①ー20kmデータと5kmデータの比較

- ダウンスケーリング前後での降雨の変化を確認するため、十勝川帯広基準地点流域を対象として、ダウンスケーリング前後の将来実験5365ケースおよび過去実験3000ケースの流域平均72時間雨量を比較した。
- ダウンスケーリングによって、過去実験、将来実験ともに、流域平均72時間雨量の中央値が大きくなり、規模の大きな降雨が増加する傾向となった。

※ダウンスケーリング計算で不具合が生じた将来実験35ケースのデータを除いて、この後の整理・分析を行った。

十勝川
帯広基準地点



ダウンスケーリング結果報告(十勝川)②ー20kmデータと5kmデータの比較

- ダウンスケーリングによる降雨の変化量を把握するため、ダウンスケーリング前(20kmメッシュ)の流域平均72時間雨量とダウンスケーリング後(5kmメッシュ)の流域平均72時間雨量の変化量を整理した。
- 十勝川帯広基準点では、ダウンスケーリング後に72時間雨量が増加したケースが多く、変化量の平均値は過去実験で+10.6mm、将来実験で+9.22mmであった。

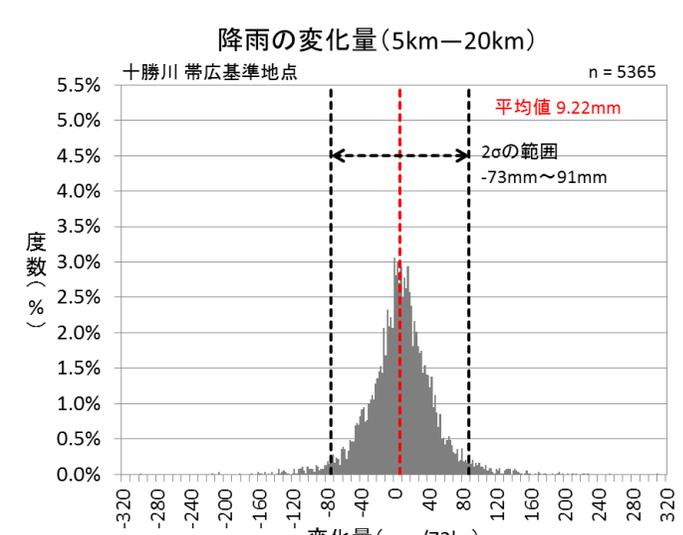
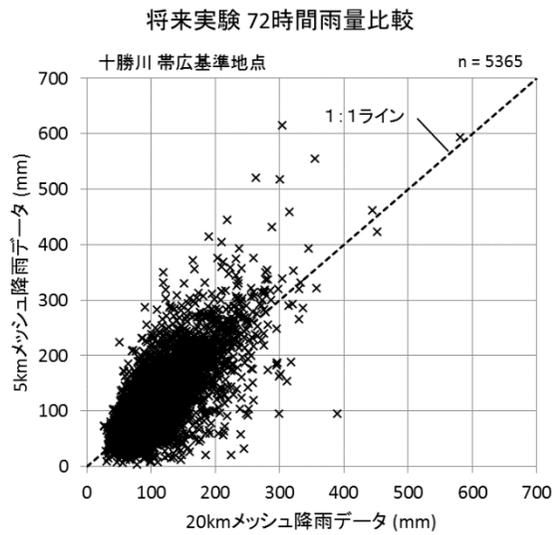
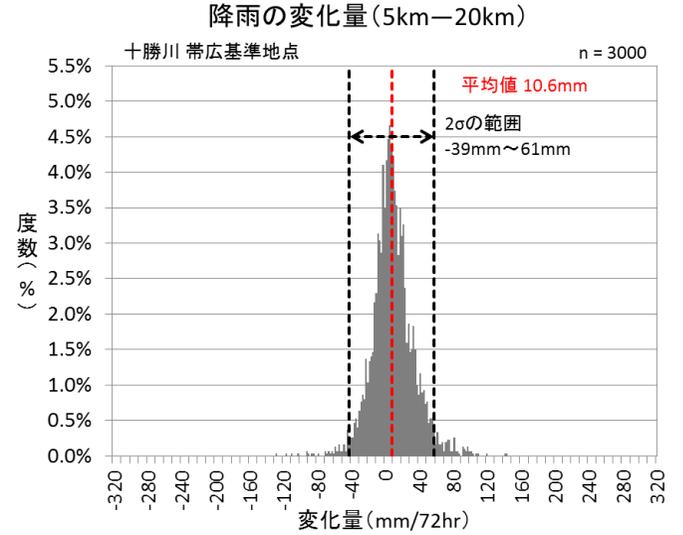
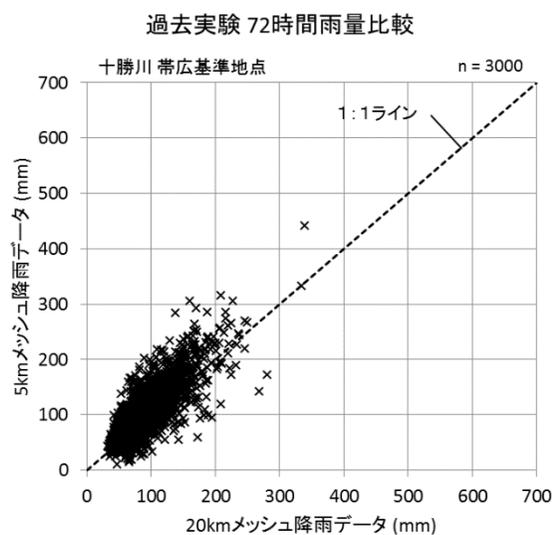
十勝川
帯広基準地点

過去実験

➤ 降雨の変化量
2σの幅: -39mm~61mm
平均値: 10.6mm

将来実験

➤ 降雨の変化量
2σの幅: -73mm~91mm
平均値: 9.22mm

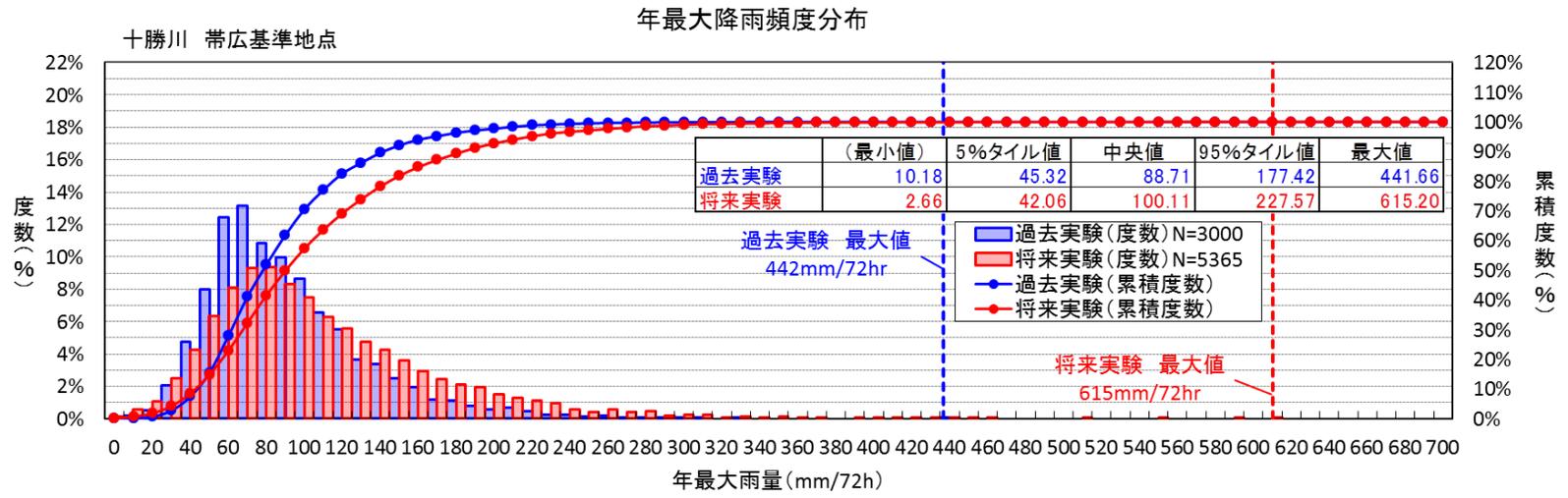
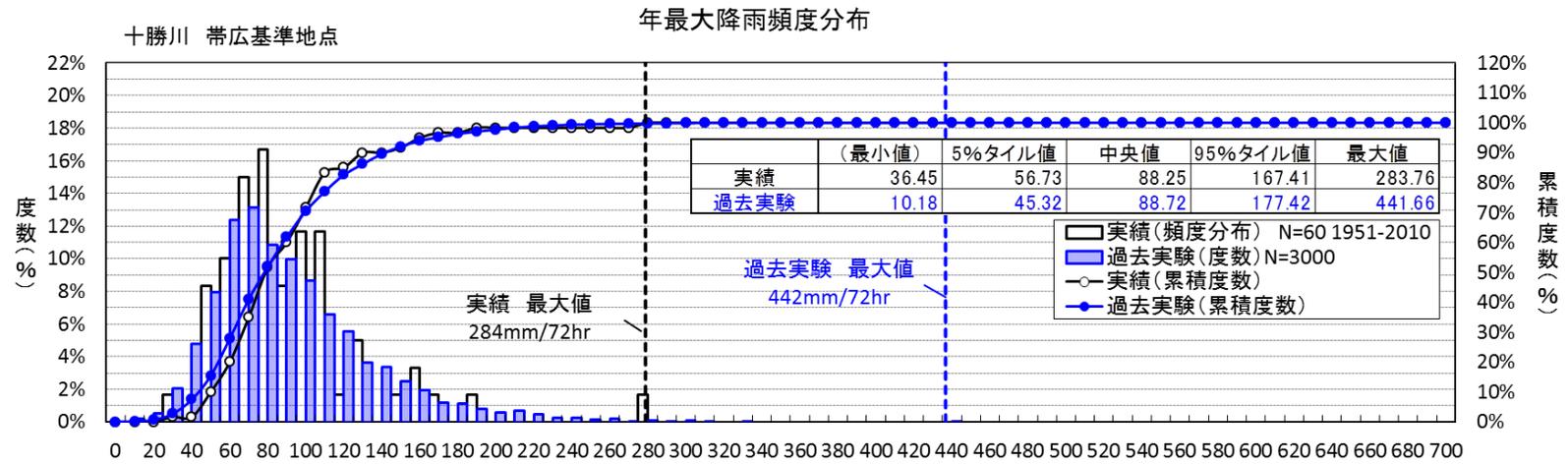


ダウンスケーリング結果報告(十勝川)③ー実績値及び5kmデータ間の比較

- 十勝川帯広基準地点流域における実績降雨とダウンスケーリング後の過去実験降雨を比較すると、実績降雨の中央値88mmに対して過去実験降雨の中央値は89mmとなり、実績降雨と過去実験降雨の中央値は同程度であった。
- ダウンスケーリング後の過去実験降雨と将来実験降雨を比較すると、過去実験降雨の中央値89mmに対して将来実験降雨の中央値は100mmとなり、気候変動後には降雨量が増加傾向になる。

※ダウンスケーリング計算で不具合が生じた将来実験35ケースのデータを除いて、この後の整理・分析を行った。

十勝川
帯広基準地点

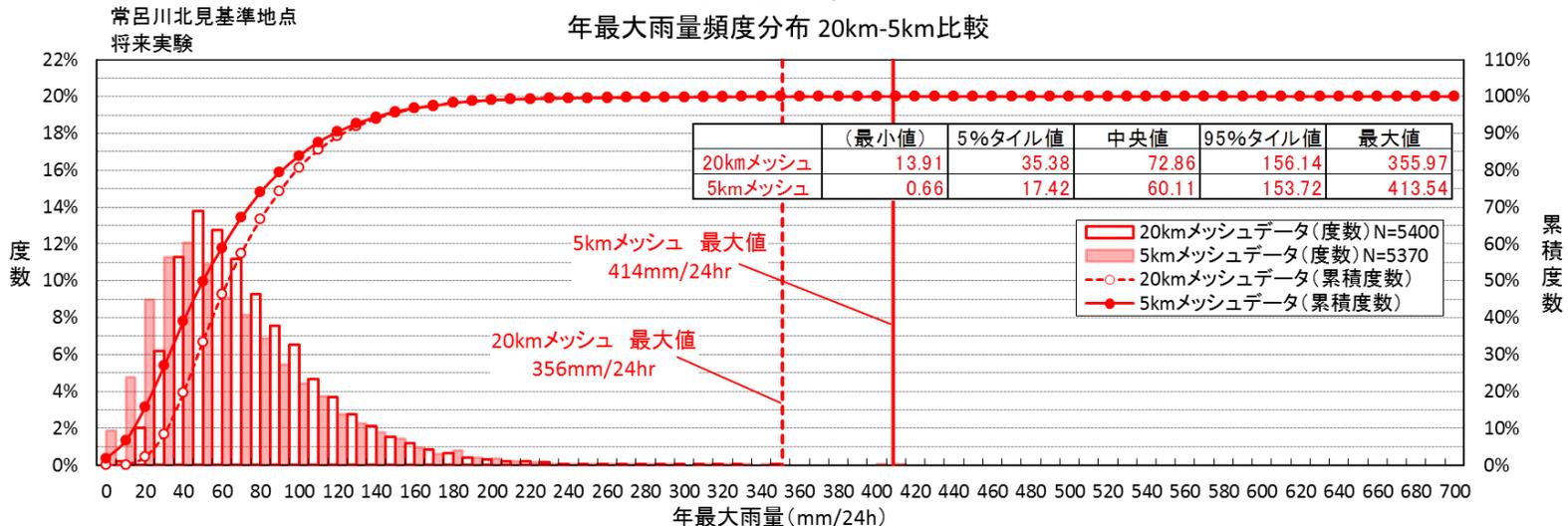
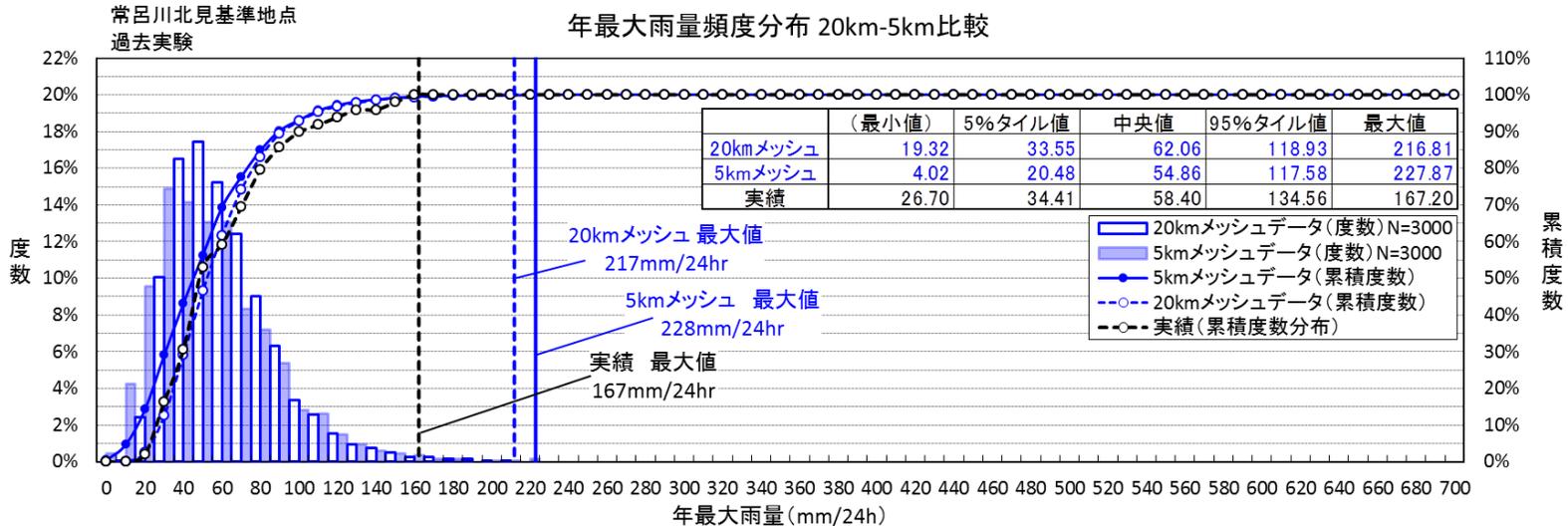


ダウンスケーリング結果報告(常呂川)①ー20kmデータと5kmデータの比較

- ダウンスケーリング前後での降雨の変化を確認するため、常呂川北見基準地点流域を対象として、ダウンスケーリング前後の将来実験5370ケースおよび過去実験3000ケースの流域平均24時間雨量を比較した。
- ダウンスケーリングによって、過去実験・将来実験ともに、流域平均24時間雨量の中央値が小さくなり、規模の小さな降雨が増加する傾向となった。

※ダウンスケーリング計算で不具合が生じた将来実験30ケースのデータを除いて、この後の整理・分析を行った。

常呂川
北見基準地点



ダウンスケーリング結果報告(常呂川)②—20kmデータと5kmデータの比較

- ダウンスケーリングによる降雨の変化量を把握するため、ダウンスケーリング前(20kmメッシュ)の流域平均24時間雨量とダウンスケーリング後(5kmメッシュ)の流域平均24時間雨量の変化量を整理した。
- 常呂川北見基準点では、ダウンスケーリング後に24時間雨量が減少したケースが多く、変化量の平均値は過去実験で-7.3mm、将来実験で-11.9mmであった。

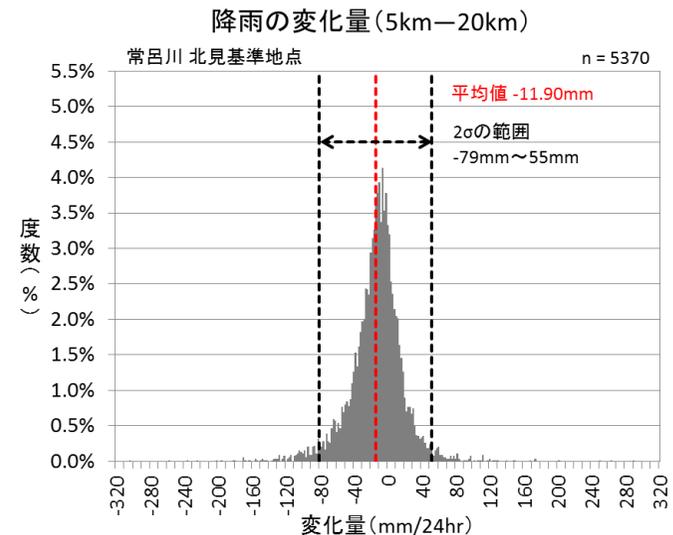
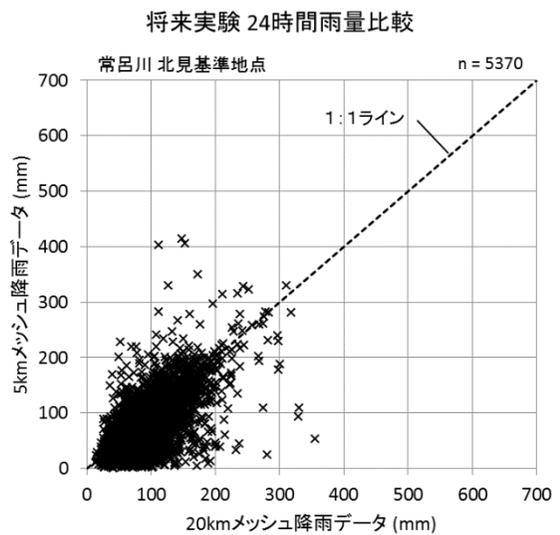
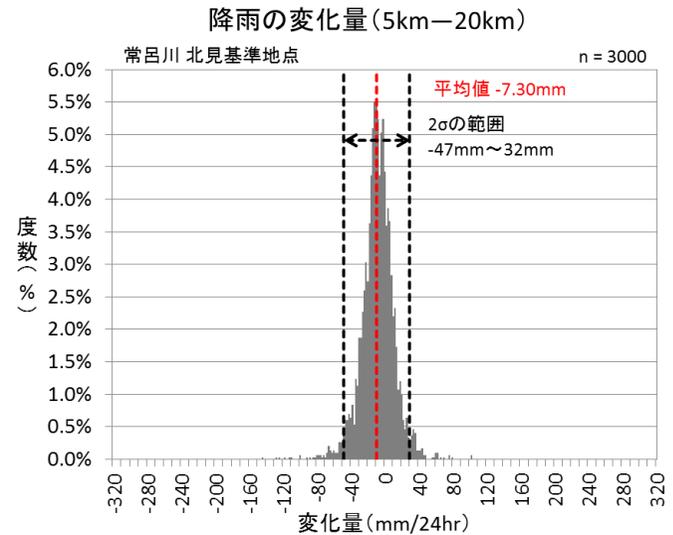
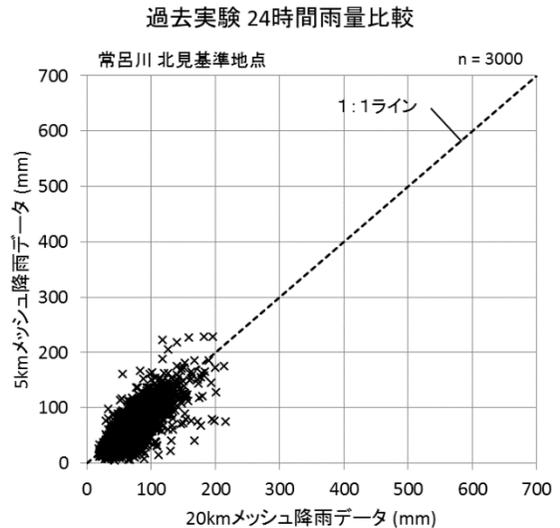
常呂川
北見基準地点

過去実験

➤ 降雨の変化量
2σの幅: -47mm~32mm
平均値: -7.30mm

将来実験

➤ 降雨の変化量
2σの幅: -79mm~55mm
平均値: -11.90mm

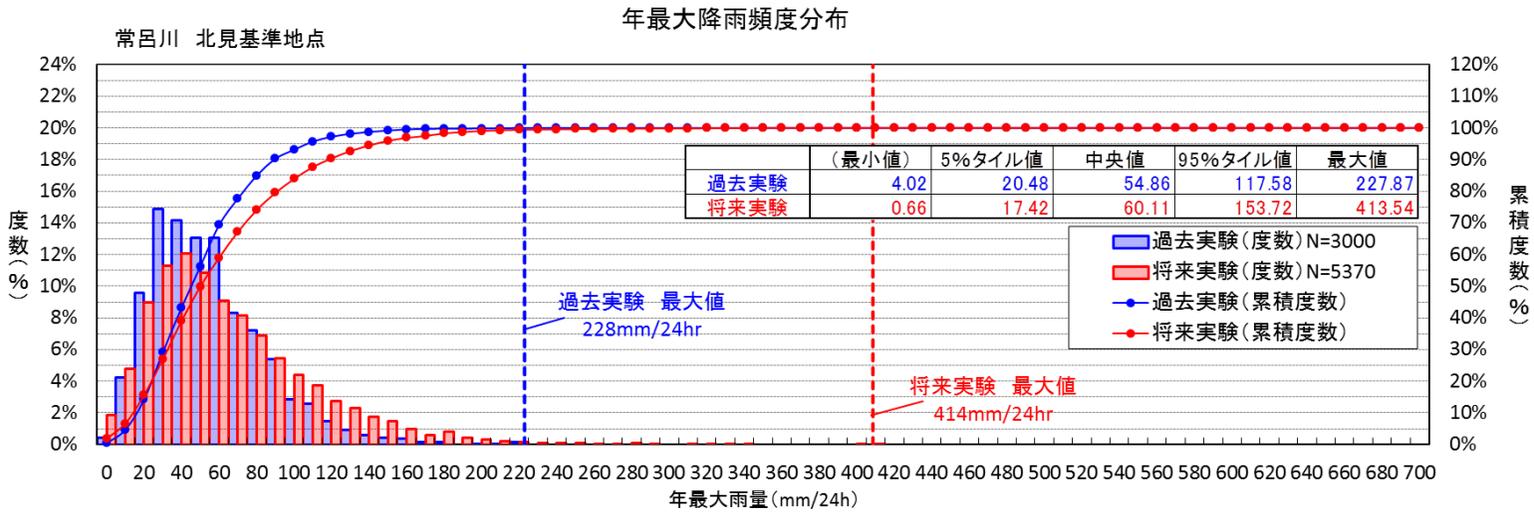
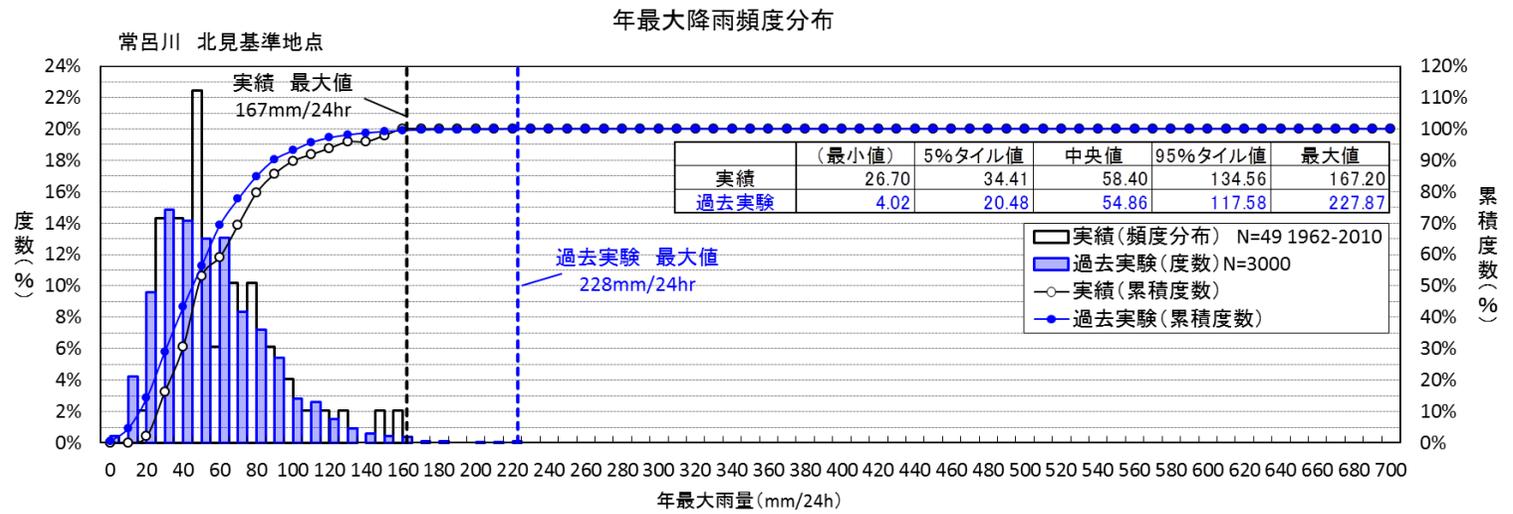


ダウンスケーリング結果報告(常呂川)③ー実績値及び5kmデータ間の比較

- 常呂川北見基準地点流域における実績降雨とダウンスケーリング後の過去実験降雨を比較すると、実績降雨の中央値58mmに対して過去実験降雨の中央値は55mmとなり、実績降雨と比較して過去実験降雨は小さい傾向がみられた。
- ダウンスケーリング後の過去実験降雨と将来実験降雨を比較すると、過去実験降雨の中央値55mmに対して将来実験降雨の中央値は60mmとなり、気候変動後には降雨量が増加傾向になる。

※ダウンスケーリング計算で不具合が生じた将来実験30ケースのデータを除いて、この後の整理・分析を行った。

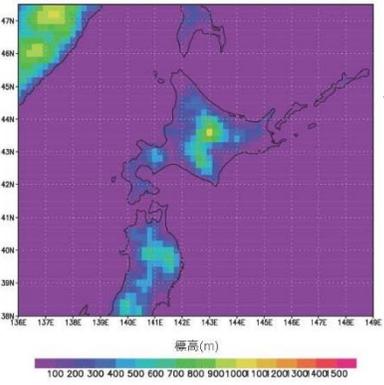
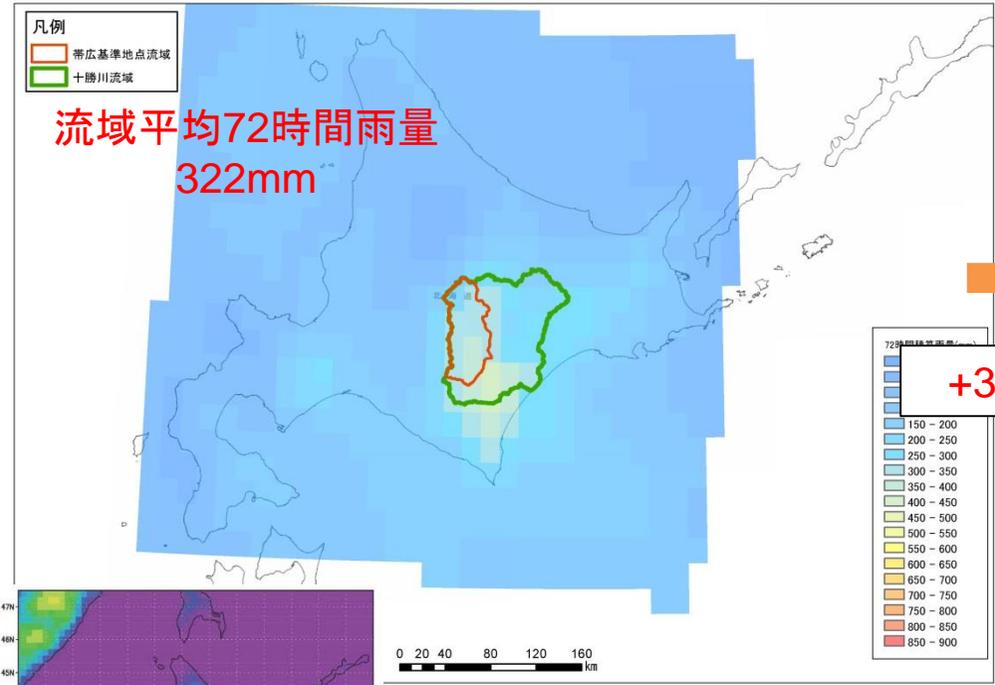
常呂川
北見基準地点



ダウンスケーリング結果報告-ダウンスケーリング前後での雨量分布変化

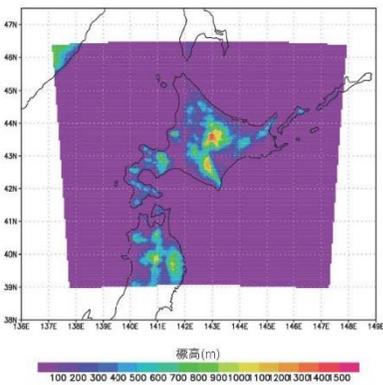
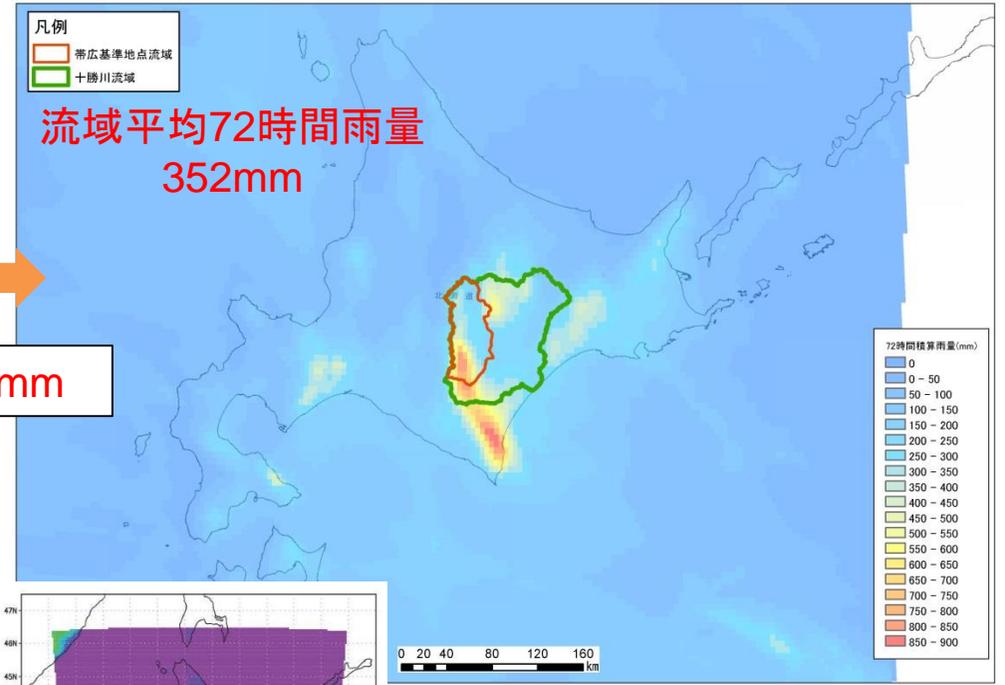
- 十勝川流域を対象とし、ダウンスケーリングによって帯広基準地点流域平均72時間雨量が増加した将来実験2056年(MI m103)の72時間積算雨量分布図を作成した。
- ダウンスケーリング後の降雨分布は、ダウンスケーリング前と比べて降雨分布が明瞭となったほか、日高山脈の影響を強く受けたことにより十勝川流域の降雨が増加したものと考えられる。

➤ 十勝川 将来実験 MI m103 2056年データ
 ダウンスケーリング前(20kmメッシュ)



20kmメッシュ標高コンター図

ダウンスケーリング後(5kmメッシュ)



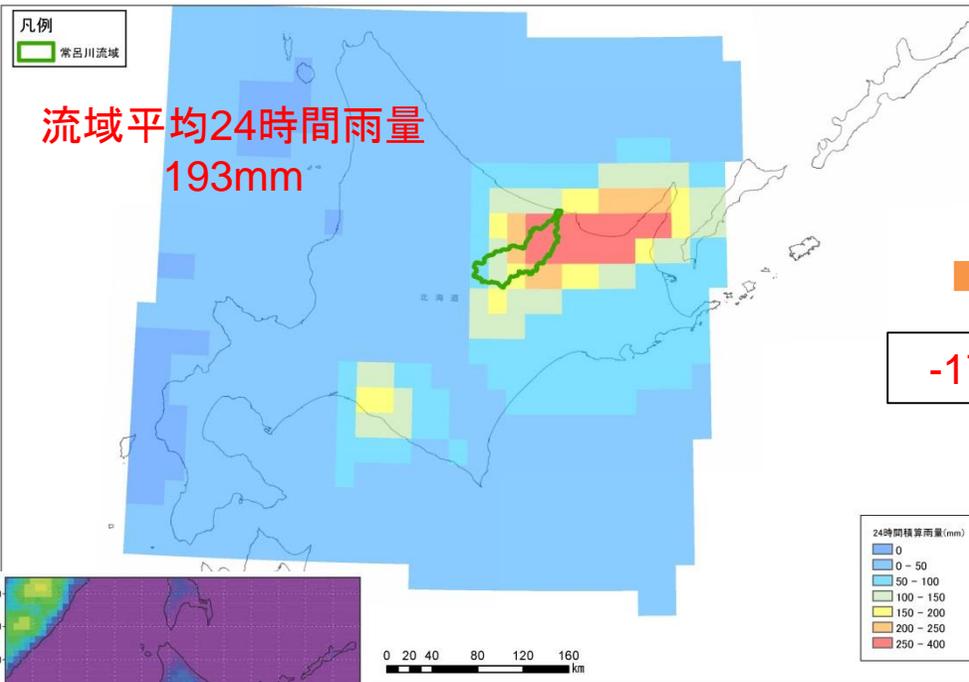
5kmメッシュ標高コンター図

ダウンスケーリング結果報告-ダウンスケーリング前後での雨量分布変化

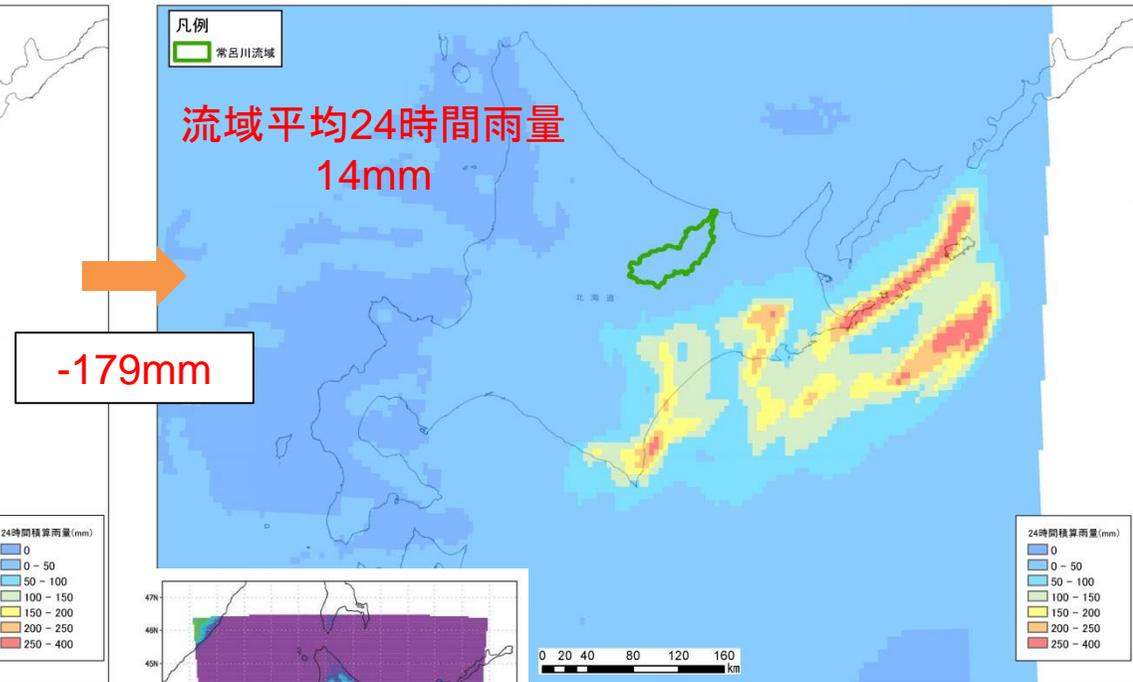
- 常呂川流域を対象とし、ダウンスケーリングによって北見基準地点流域平均24時間雨量が減少した将来実験2075年(CC m102)の24時間積算雨量分布図を作成した。
- ダウンスケーリング後の降雨分布は、ダウンスケーリング前と比べて降雨分布が明瞭となったほか、知床半島から阿寒湖に広がる山地の影響を受け、常呂川流域外の降雨が増加したため、常呂川流域の降雨が減少したものと考えられる。

▶ 将来実験 CC m102 2075年データ

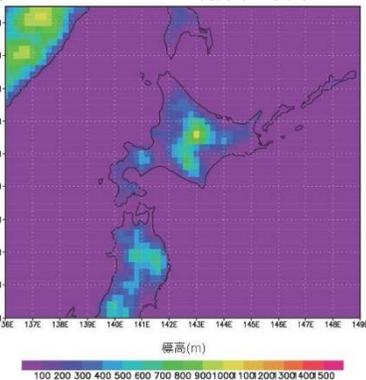
ダウンスケーリング前(20kmメッシュ)



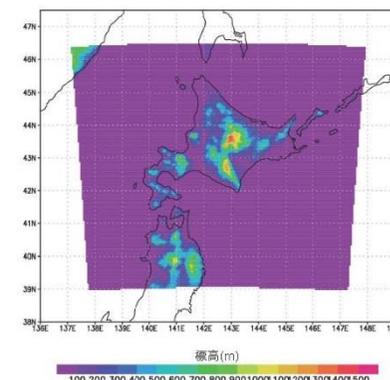
ダウンスケーリング後(5kmメッシュ)



20kmメッシュ標高コンター図



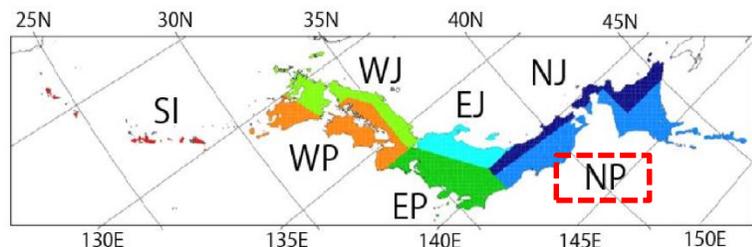
5kmメッシュ標高コンター図



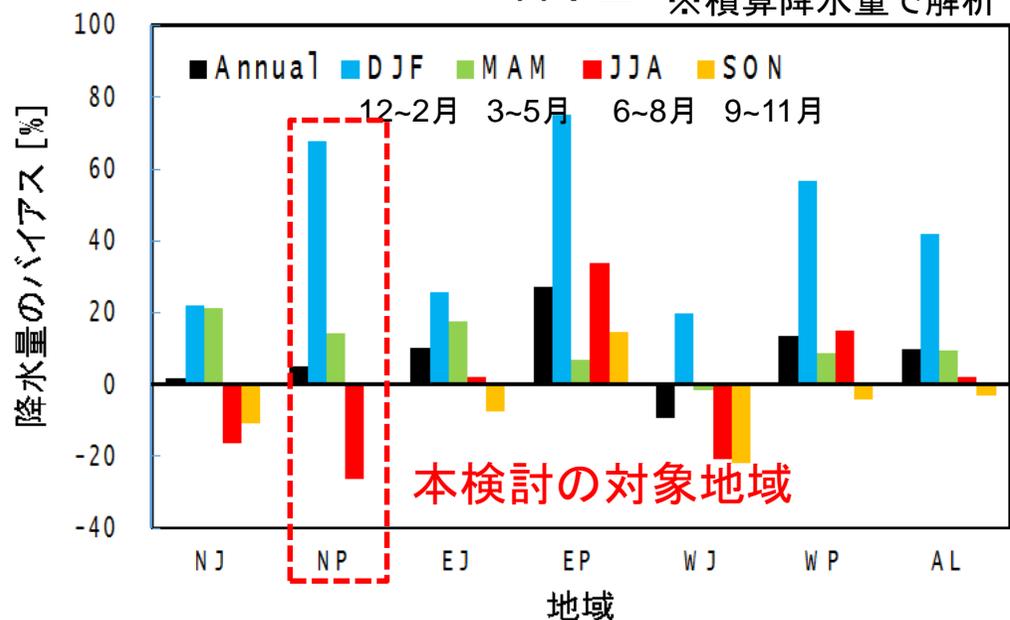
バイアス補正について

バイアス補正の必要性

- 過去実験のうち、1979年9月から2009年8月までの30年間のデータを気象庁アメダスデータと比較すると、十勝川流域および常呂川流域が位置するNP地域においては、6月～8月において降水量が少なくなる傾向にある。
- d4PDFは、単一の気象モデル(AGCM、NHRCM)を用いていることから、モデルの系統誤差を含んでいる可能性があるため、本検討では降雨量に対してバイアス補正を行う。



降水量 ※積算降水量で解析



※1: アメダス観測地点から距離が20km以内の格子点におけるデータを平均化することによってモデル再現値を求めた。

※2: $100 \times (b/a - 1)$ 、ここでaは観測値、bはモデル再現値

※出典: 文部科学省ほか, d4PDF利用の手引き, 2015.12, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>

バイアス補正実施にあたっての留意点

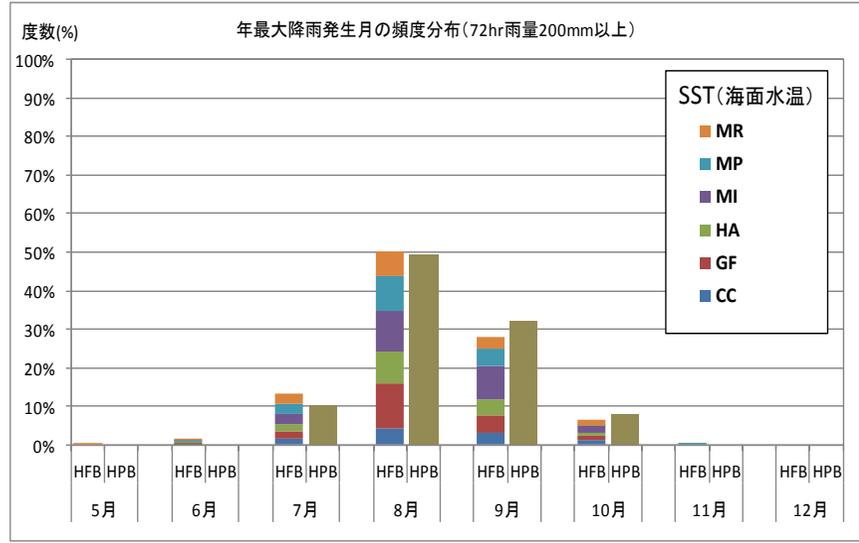
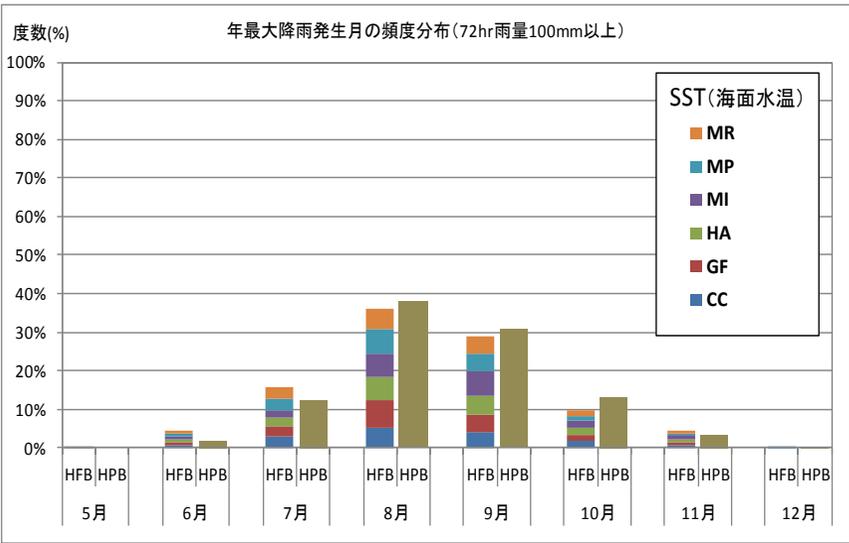
- ・実績降雨データと過去実験データによりバイアス補正式を設定するため、設定したバイアス補正式が将来実験データのバイアス補正には適さない可能性がある。
- ・観測体制等により、実績降雨データは不確実性を含んでいるため、バイアス補正を行っても真値を捉えられない可能性がある。

年最大降雨の発生月

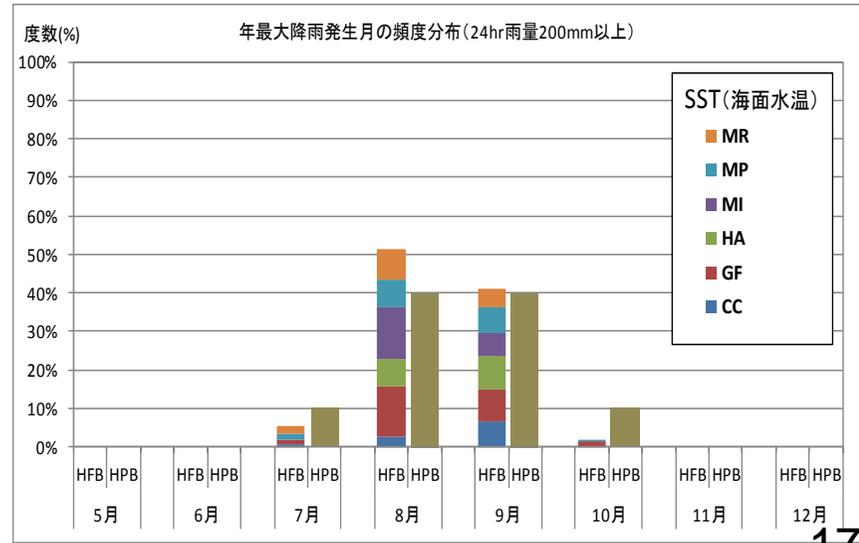
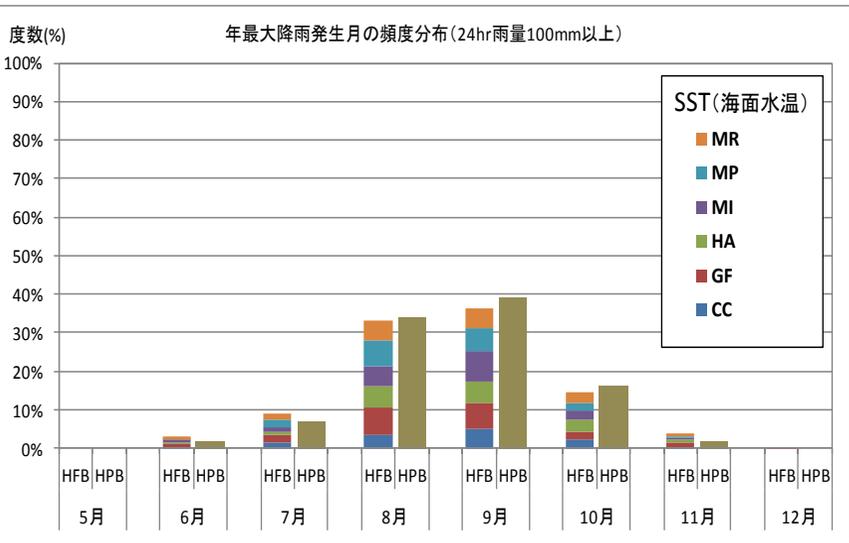
- 気候変動後の年最大降雨の発生時期の変化傾向を確認するため、過去実験3000ケースと将来実験5400ケースの年最大降雨発生月を整理した。
- 比較の結果、十勝川流域および常呂川流域ともに、過去実験と将来実験の年最大降雨発生月に違いはみられなかった。

HFB: 将来実験
HPB: 過去実験

十勝川
帯広基準地点



常呂川
北見基準地点



これまでに実施されたバイアス補正手法の例

■ これまでに、様々なバイアス補正手法が提案されており、主に日降水量を対象に補正が行われている。

●井沢ら¹⁾

①月平均降水量の比を用いた方法

基準期間におけるモデル出力と観測値の各月ごとの月平均降水量の比を計算する。その比を対応する月の日降水量にかけることで、モデル出力の月平均値が観測の月平均値を一致するように補正される。

②累積分布関数を用いた方法

モデル出力及び観測値それぞれについて各月ごとの日降水量のクオンタイル値を求める。そして、モデル出力の各クオンタイル値が対応する観測値のクオンタイル値に置き換えられることによって、モデル出力のバイアス補正が行われる。

③各日降水量毎に係数を定める方法

基準期間における観測日降水量とモデル日降水量をそれぞれ降順に並べ、同順位の日データの比を求めることで、各日毎のスケーリング係数を定める。そのスケーリング係数を、降順に並べたバイアス補正対象期間の対応する順位の日降水量にかけることで、補正された日降水量を得る。

●森ら²⁾

①適用手法1

現在気候における初期条件アンサンブル出力(main、m01、m02の3つのアンサンブル)および観測値の日降水量データの25年間分を月ごとに分類し、各月について日降水量を大きさの順位ソートする。次に、各順位の初期条件アンサンブル出力と観測値の比率を算出し、j-12番目からj+12番目の25個の平均をj番目の比率とする。その比率を初期条件アンサンブル出力ごとに求め、将来も変わらないとして各初期条件アンサンブル出力の現在気候降水量、将来気候降水量に乗じることで補正する。

②適用手法2

現在気候における初期条件アンサンブル出力および観測値の日降水量データの25年間分を月ごとに分類し、各月について日降水量を大きさの順位ソートする。そして、各順位において全ての初期条件アンサンブル出力の平均値と観測値の比率を算出し、j-12番目からj+12番目の25個の平均をj番目の比率とする。この比率を全ての初期条件アンサンブル出力の現在気候降水量、将来気候降水量に乗じることで補正する。

●猪俣ら³⁾

GCM20(計算値)およびアメダスの日降水量データを月毎に分類し、各月について各日降水量の非超過確率を求め、GCM20降水量と観測値の各非超過確率降水量値について比率を算出する。次に、その非超過確率ごとに定められたGCM20降水量と観測値の比率は将来も変わらないとしてGCM20の将来予測降水量にその比率を乗じることで将来の降水量を推定する。

- 1)井沢 慶彦、藤村 和正、村上 雅博、鼎 信次郎(2015):領域気候モデルとバイアス補正手法に起因する不確実性が早明浦ダム貯水量将来変化の推定に与える影響、流域圏学会誌 第3巻 第1号、p23-32
- 2)森 信治、Kim sunmin、萬 和明、立川 康人、椎葉 充晴(2012):気候モデルのアンサンブル降水出力に対するバイアス補正の影響分析、水文・水資源学会研究発表会要旨集 25(0)、254
- 3)猪俣 広典、竹内 邦良、深見 和彦(2009):GCM降水量データの統計的バイアス補正手法に関する一考察、水工学論文集第53巻、p223-228

適用するバイアス補正手法

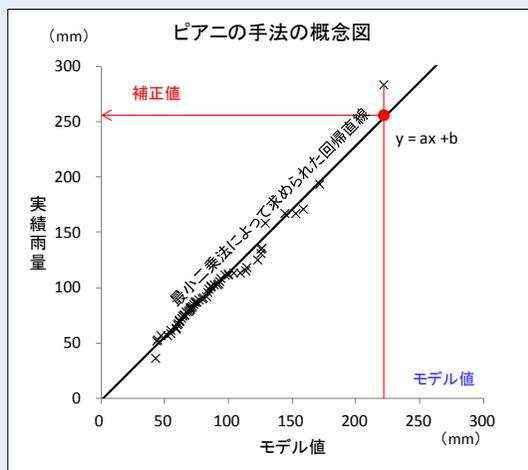
- 気象研究所技術報告第73号では、バイアス補正手法としてピアニの手法、クオンタイルマッピング法が紹介されている。
- 本検討では、流出計算実施の際の時間雨量に対してもバイアス補正を行う。そのため、バイアス補正を行っても補正前の降雨と大小関係(降雨波形)が維持され、実務上も取り扱いが容易なピアニの手法を用いる。

ピアニの手法

手法の概要

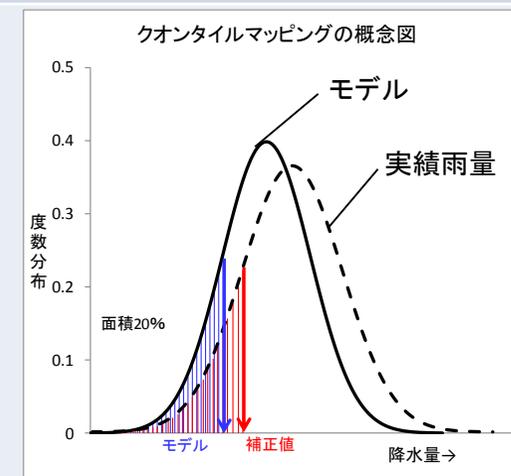
モデルによる計算値、観測値それぞれをソートし、小さい値から大きい値の順に並べる。ソートされた計算値、観測値をそれぞれx、yの値と見なしてxy平面にプロットする。そして、xとyについての線形関係を最小二乗法によって求める。この関係式を用いれば計算値(x)が観測値(y)に近似的に補正される。

概念図



クオンタイルマッピング

モデルによる計算値、観測値それぞれについて累積密度関数を求め、等しいパーセンタイル値を示すデータに対応させる。クオンタイルマッピングでは観測値の累積密度関数に数値を合わせるため、将来気候実験データに適用すると不具合が生じる場合がある。



利点

補正前の計算値の大小関係が補正後も維持される。

欠点

最小二乗法による近似を用いているため、誤差が完全に解消されるわけではない

モデルによる計算値が対応するパーセンタイル値の観測値に置き換えられることによって、誤差が完全に解消される

将来気候におけるモデル計算値と観測値との関係を現在気候のもので代用すると、補正前の計算値の大小関係が補正後に逆転してしまう現象が稀にみられる。

参考資料:『気象研究所技術報告第73号2015第4章将来気候予測』

ピアノの手法によるバイアス補正

- 過去実験の年最大雨量を対象とし、ピアノの手法によるバイアス補正を実施した。
- 関係式作成の対象データは観測実績データとの対応期間とし、過去実験の各50アンサンプルメンバの関係式を作成した。
- なお、関係式については、降雨量が負の値となることのないように、 $b=0$ とした。
- 作成した50アンサンプルメンバの関係式の定数 a の平均値を算出し、全体サンプルに適用する関係式を作成した。

関係式の作成方法

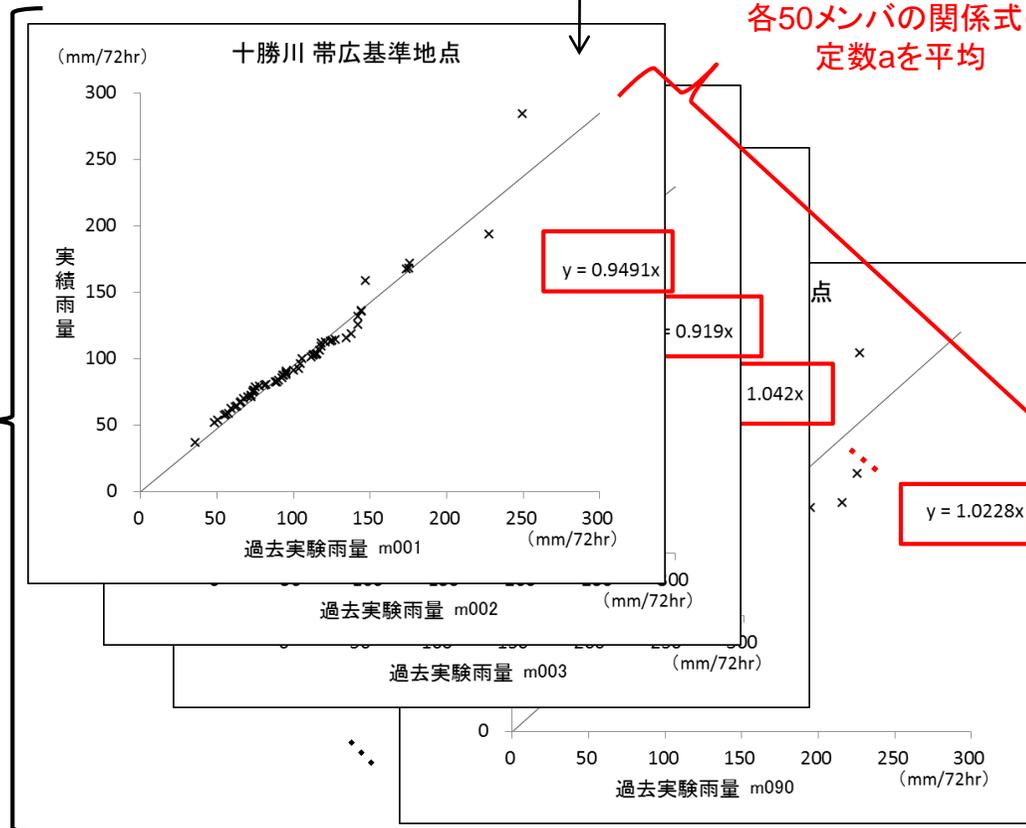
➤ 観測実績データの対応期間

- ・帯広基準地点…60年(1951-2010)
- ・北見基準地点…49年(1962-2010)

観測実績値と実験値を昇順に並び替えてプロットを作成。

各50メンバの関係式の定数 a を平均

過去実験
50メンバ



補正値の算出方法

ダウンスケーリング後の
流域平均雨量 (X)

- ・将来実験
- ・過去実験

関係式

$$Y = a_{\text{平均}} \times X$$

- ・帯広基準地点… $y = 1.00x$
- ・北見基準地点… $y = 1.13x$

バイアス補正値 (Y)

※補正式について

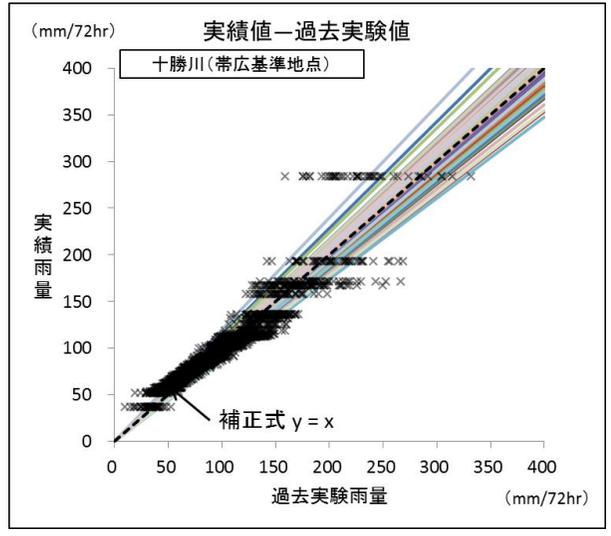
補正式は、流域平均の計画降雨継続時間(十勝川72時間・常呂川24時間)での年最大雨量を対象にして作成されている。一方で、流出計算にはメッシュ単位、時間雨量が必要となる。補正式($y=ax+b$)を時間雨量に適用した場合、 b の値の影響により、不具合が生じる。そのため、補正式は $y=ax$ ($b=0$)とした。

設定したバイアス補正式

- 補正式の作成において、50メンバ毎に作成した補正式の係数aの平均値を用いるにあたり、メンバ毎の係数aの分布を確認した。
- 係数aの平均値は、十勝川帯広基準地点で1.00、常呂川北見基準地点で1.13となっており、中央値と一致している。

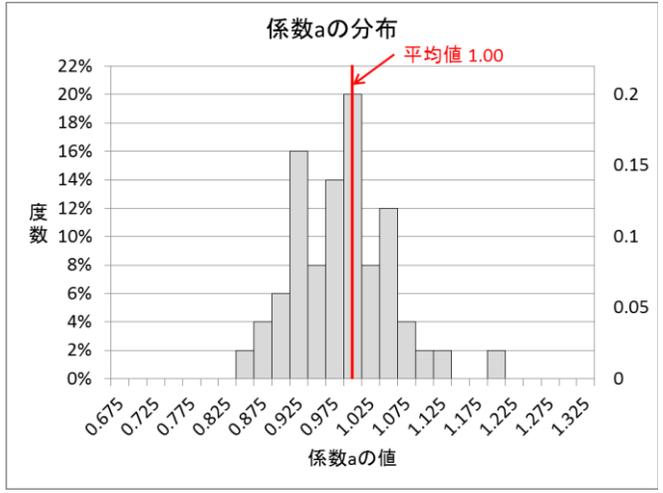
十勝川 帯広基準地点

➤ 50メンバ×60年分の過去実験および実績雨量のプロット図



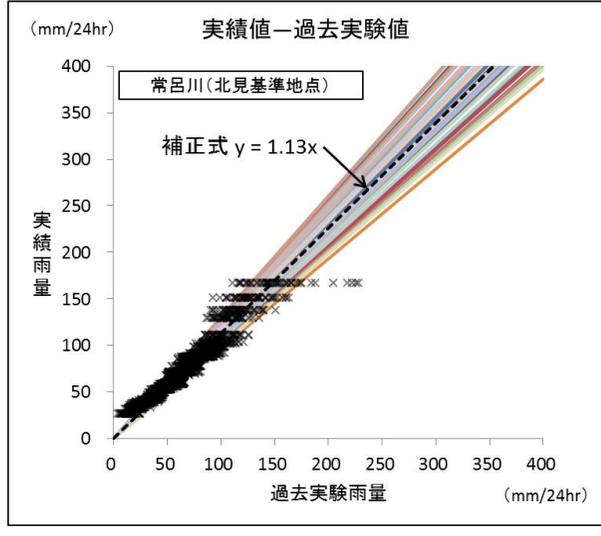
➤ 50メンバ毎に作成した補正式の係数aの分布

係数aの最小値は0.87、
最大値は1.20。
中央値は1.00。



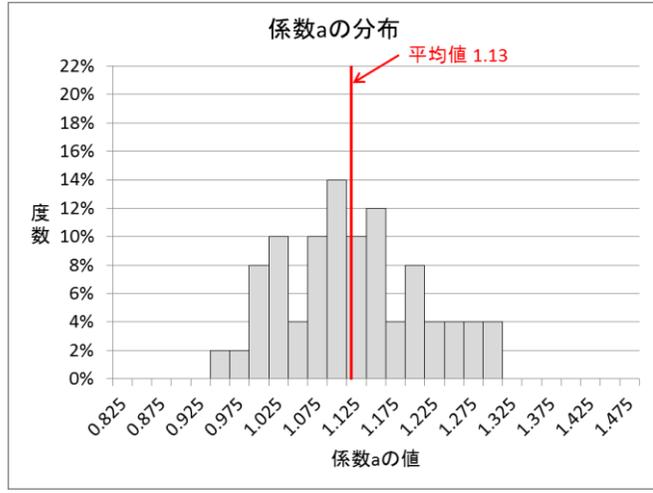
常呂川 北見基準地点

➤ 50メンバ×49年分の過去実験および実績雨量のプロット図



➤ 50メンバ毎に作成した補正式の係数aの分布

係数aの最小値は0.97、
最大値は1.31。
中央値は1.13。



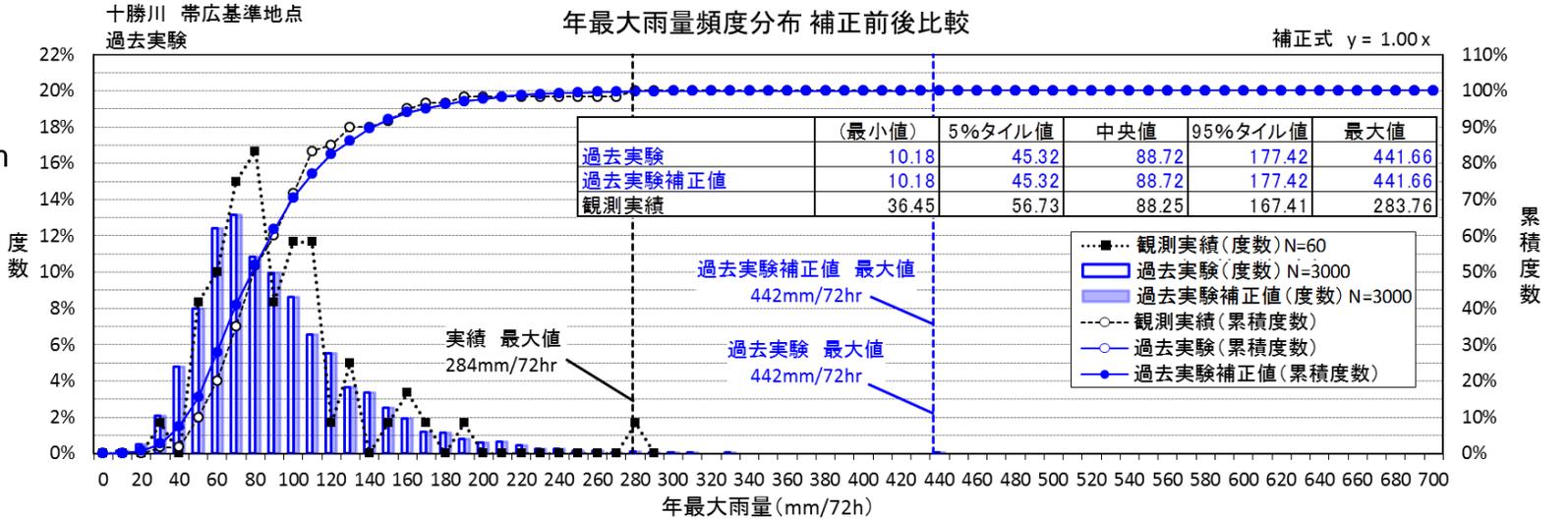
バイアス補正結果【十勝川帯広基準地点】

- 十勝川帯広基準点については、流域平均72時間年最大雨量を対象に、バイアス補正係数 $a=1.00$ として補正を実施した。
- バイアス補正にかかわらず、過去実験における年最大雨量の中央値は89mm、実績における年最大雨量の中央値は88mmとなっており、過去実験における年最大雨量の累積度数は実績の年最大雨量の累積度数に概ね一致している。

十勝川 帯広基準地点

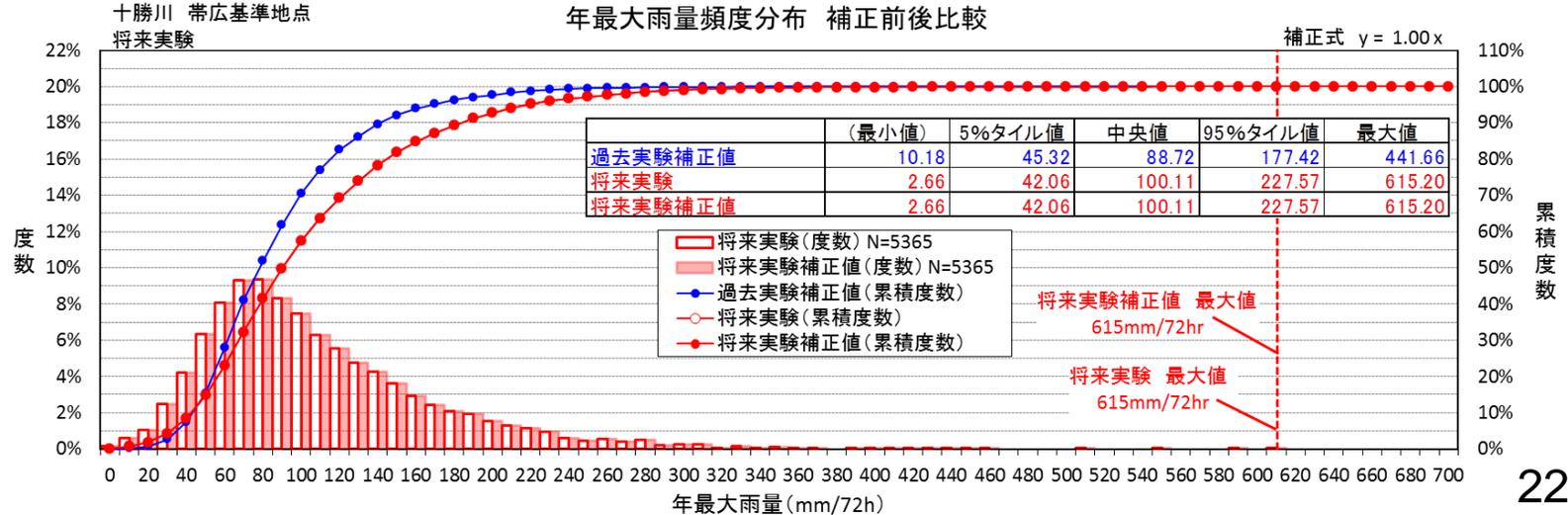
過去実験

- 最大値の変化
過去実験・・・442mm
過去実験補正值・・・442mm



将来実験

- 最大値の変化
過去実験・・・615mm
過去実験補正值・・・615mm



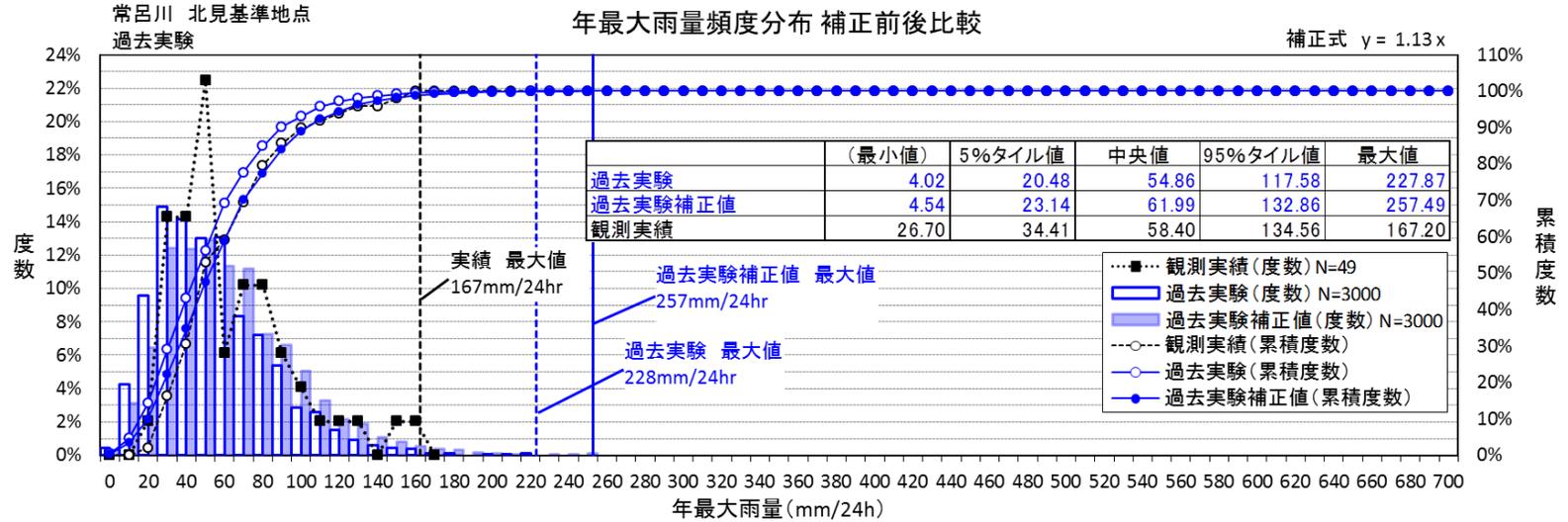
バイアス補正結果【常呂川 北見基準地点】

- 常呂川北見基準点については、流域平均24時間年最大雨量を対象に、バイアス補正係数 $a=1.13$ として補正を実施した。
- バイアス補正の結果、過去実験における年最大雨量の中央値は62mm、実績における年最大雨量の中央値は58mmとなっており、過去実験における年最大雨量の累積度数は実績の年最大雨量の累積度数に概ね一致している。

常呂川 北見基準地点

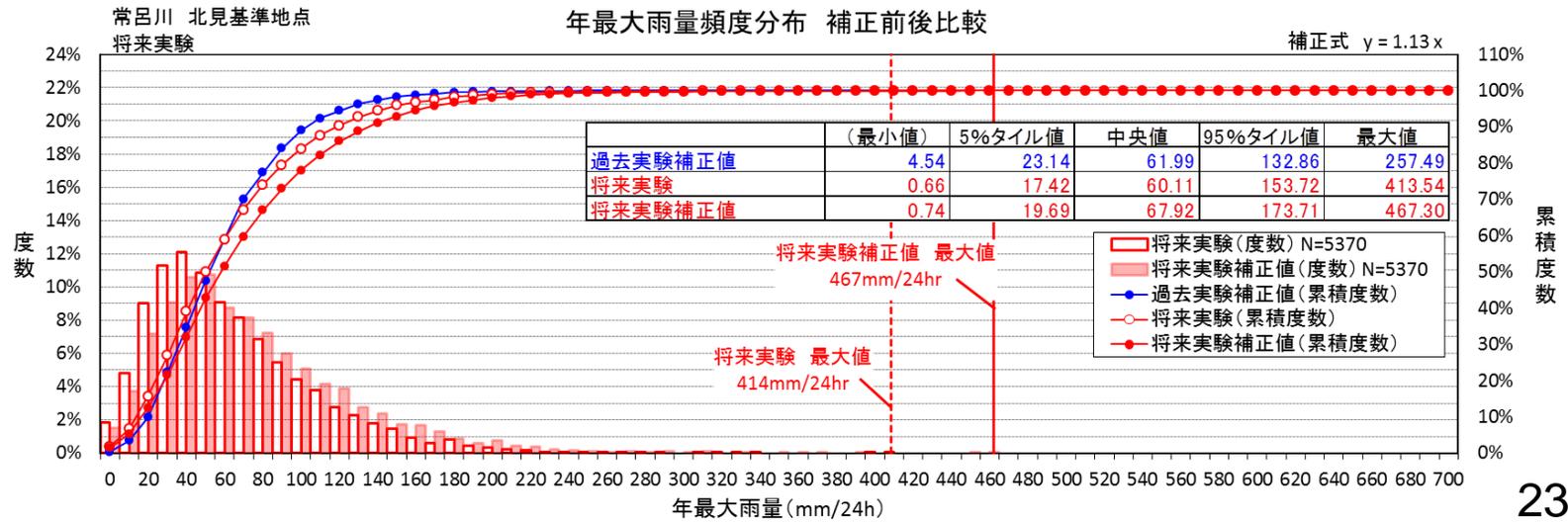
過去実験

- 最大値の変化
過去実験・・・228mm
過去実験補正值・・・257mm



将来実験

- 最大値の変化
過去実験・・・414mm
過去実験補正值・・・467mm

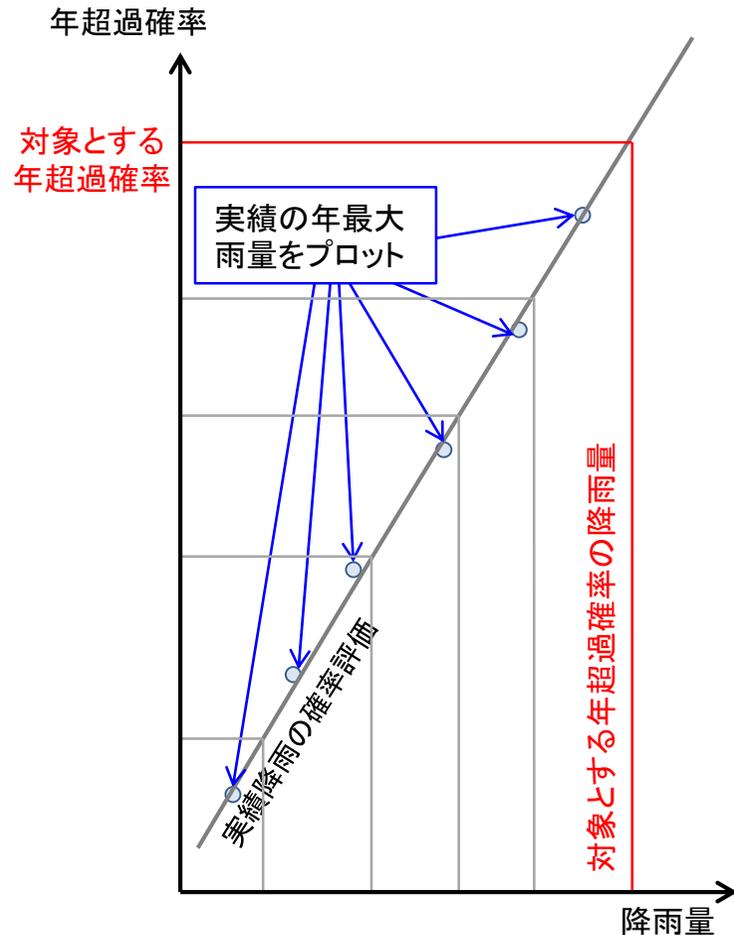


将来気候における降雨量の変化

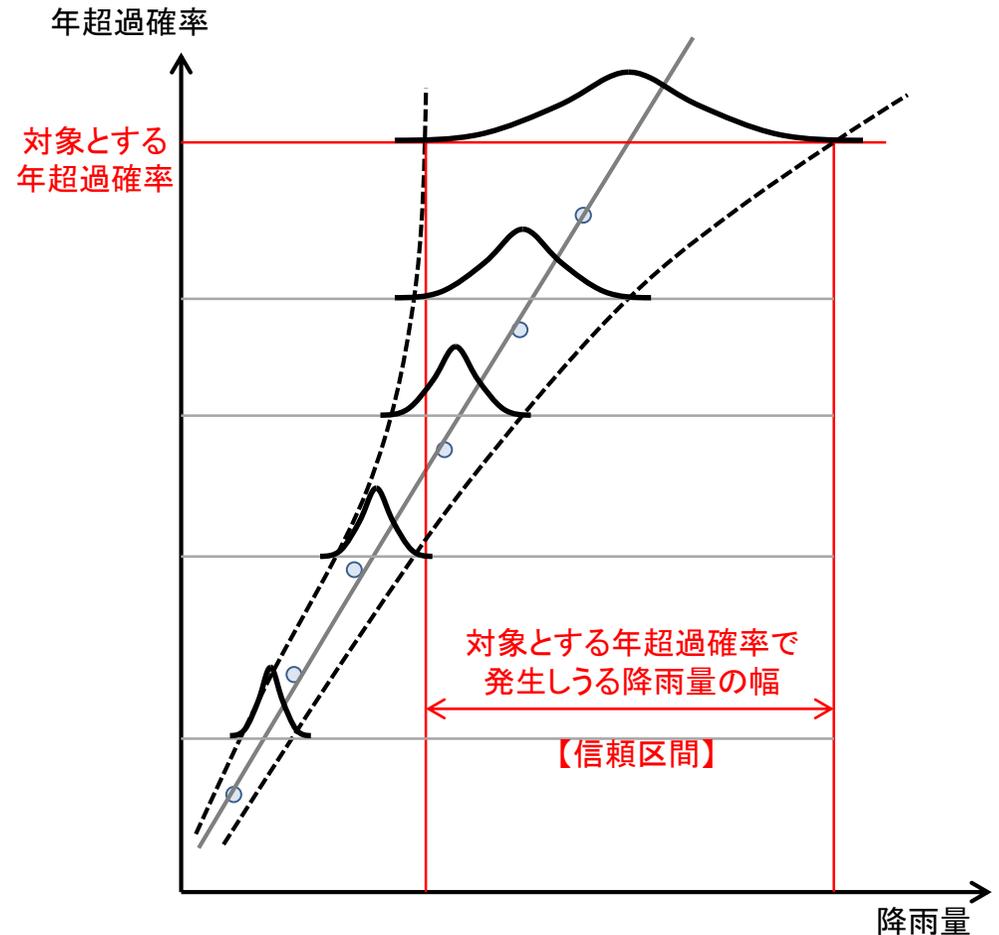
リスク評価で必要となる降雨の評価方法について

- これまでのリスク評価では、実績降雨を用いた確率評価によって求めた各確率規模の降雨を対象にリスク評価が行われてきた。
- 本検討では、大量アンサンブルデータを取り扱ったことによって、同一の確率規模において発生しうる降雨の幅を設定することが可能である。
- そこで、十勝川1/150確率規模および常呂川1/100年確率規模を例に、幅を持った降雨の設定方法を検討した。

これまでのリスク評価のイメージ

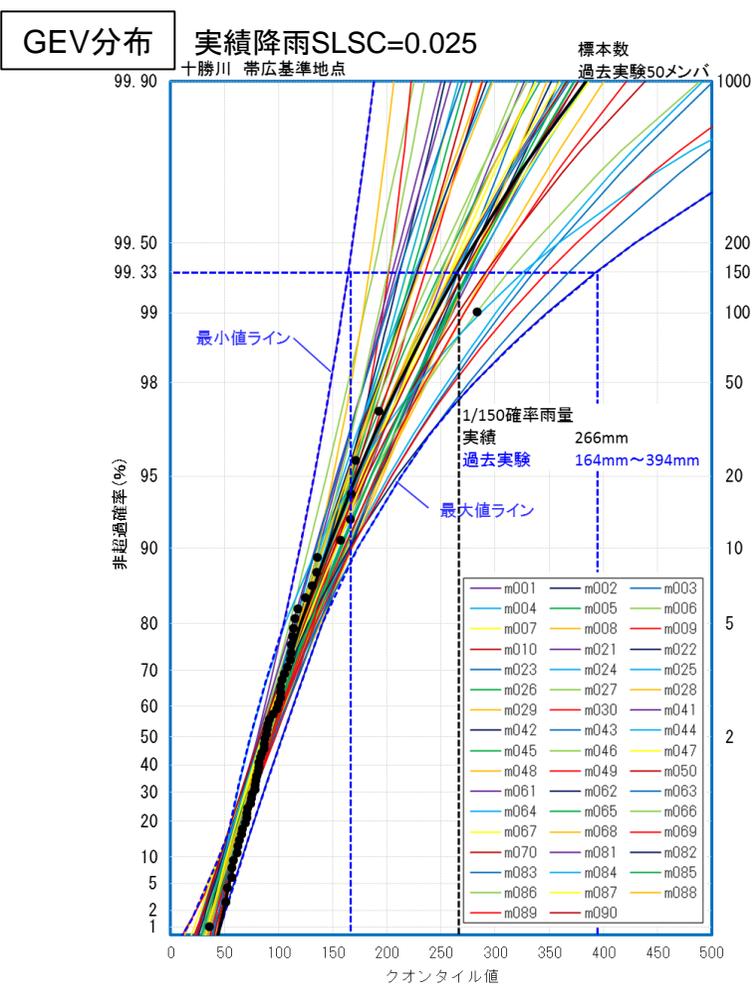
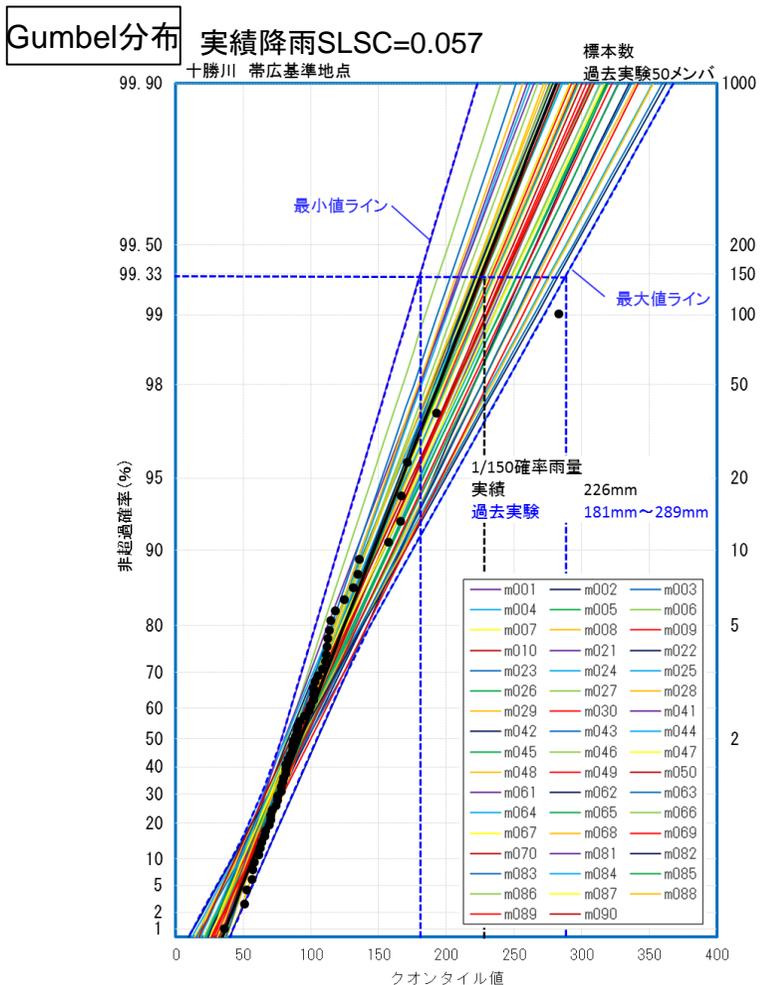


大量アンサンブルデータを用いたリスク評価のイメージ



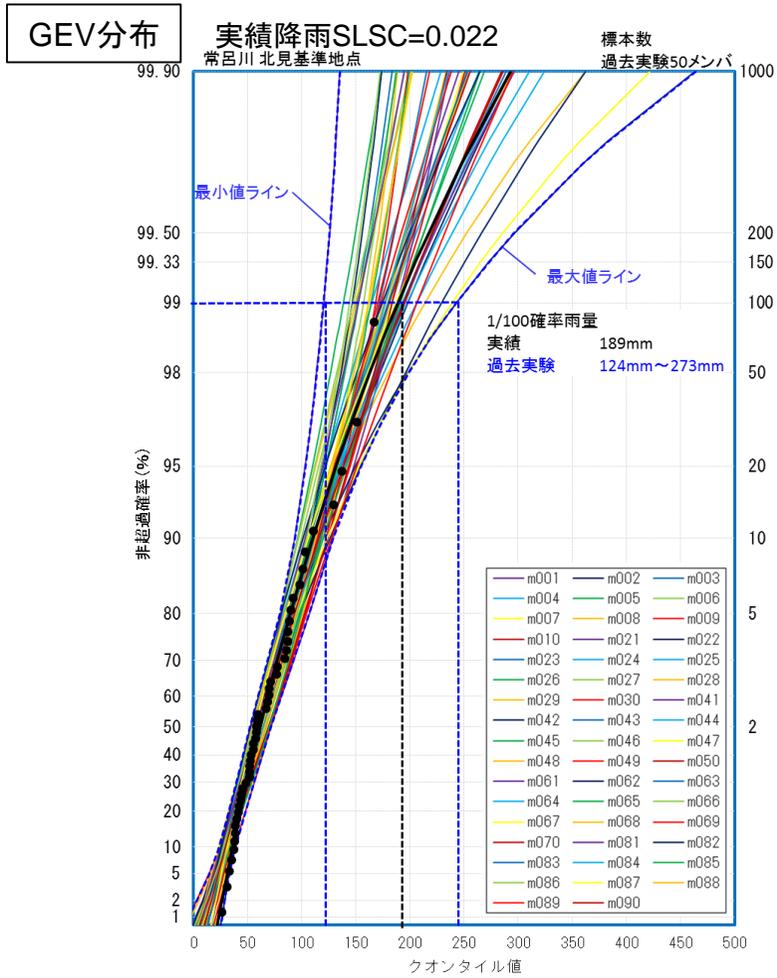
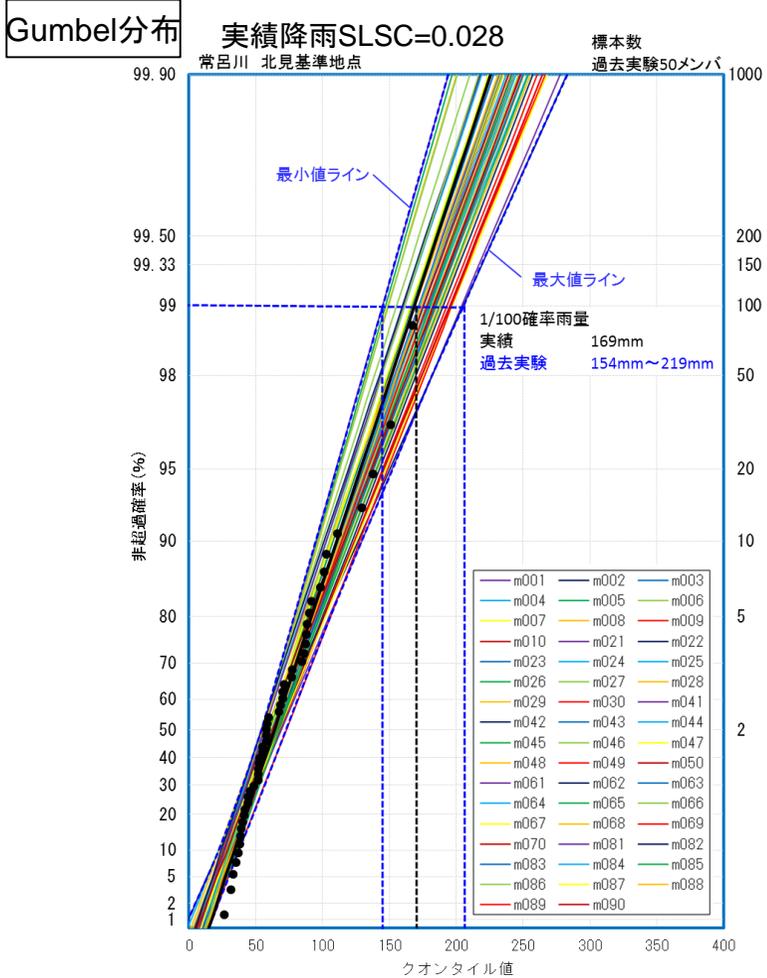
実績降雨および過去実験降雨の確率評価(十勝川)

- 現在の降雨の規模を把握するため、Gumbel分布およびGEV分布(一般化極値分布)を用いて、十勝川帯広基準地点の実績降雨(1951年~2010年)および過去実験(1951年~2010年、50メンバ)の確率評価を実施した。
- Gumbel分布では、計画規模である1/150確率雨量を比較すると、実績降雨が226mm、過去実験が181mm~289mmとなった。
- GEV分布では、計画規模である1/150確率雨量を比較すると、実績降雨が266mm、過去実験が164mm~394mmとなった。
- SLSCについては、GEV分布で0.025となり、適合度が高いとされている0.040以下の値となった。



実績降雨および過去実験降雨の確率評価(常呂川)

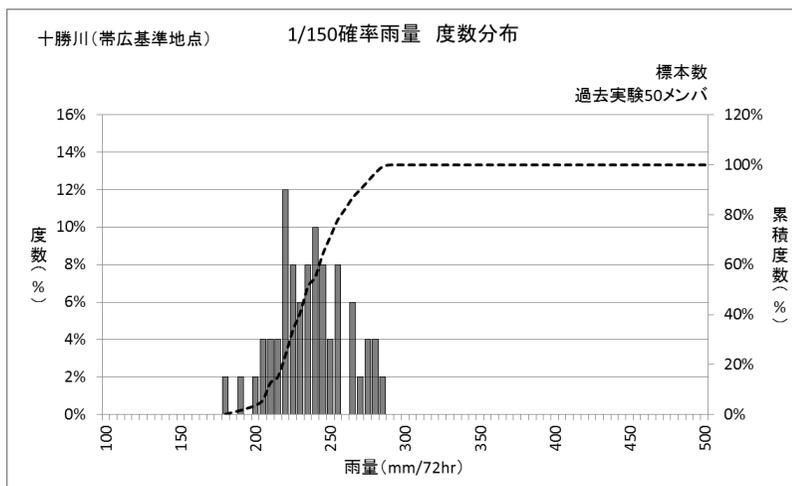
- 現在の降雨の規模を把握するため、Gumbel分布およびGEV分布(一般化極値分布)を用いて、常呂川北見基準地点の実績降雨(1962年~2010年)および過去実験(1951年~2010年、50メンバ)の確率評価を実施した。
- Gumbel分布では、計画規模である1/100確率雨量を比較すると、実績降雨が169mm、過去実験が154mm~219mmとなった。
- GEV分布では、計画規模である1/100確率雨量を比較すると、実績降雨が189mm、過去実験が124mm~273mmとなった。
- SLSCについては、Gumbel分布で0.028、GEV分布で0.022となり、どちらの分布についても適合度が高いとされている0.040以下の値となった。



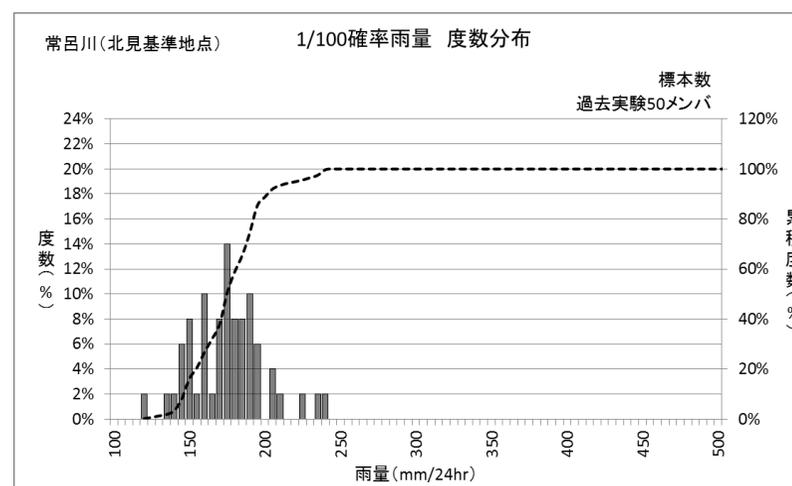
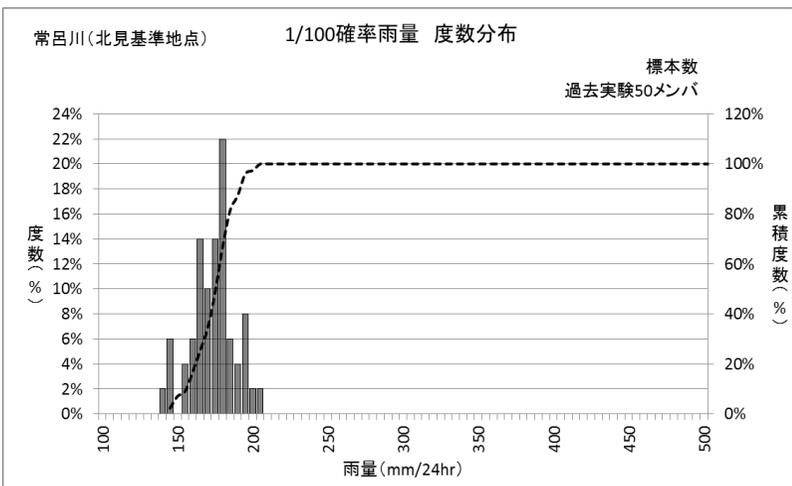
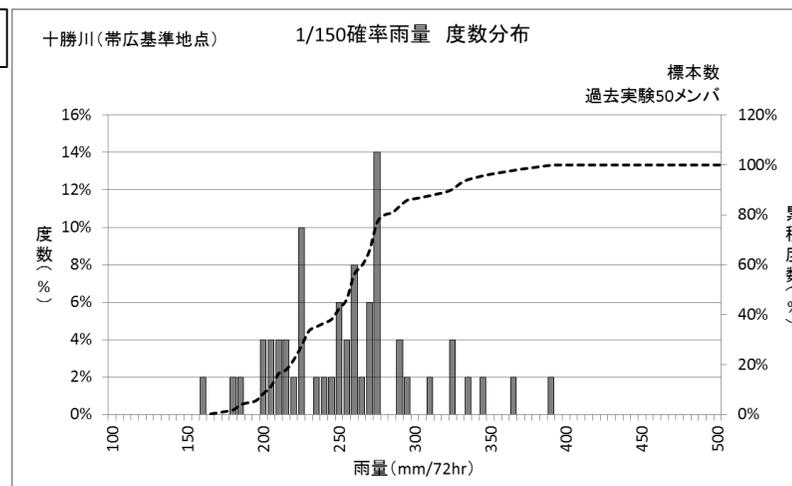
リサンプリングの必要性

- 過去実験データの計画規模降雨を整理すると、十勝川帯広地点1/150確率規模の降雨はGumbel分布で最小値181mm～最大値289mm、GEV分布で最小値164mm～最大値394mmであった。また、常呂川北見基準 地点の1/100確率規模の降雨はGumbel分布で最小値154mm～最大値219mm、GEV分布で最小値124mm～最大値273mmであった。
- 50メンバの標本数でも中央値や95%信頼区間を把握することは可能である。しかし、近年の計算機の進歩によってリサンプリングの実施が容易になったことから、本検討ではリサンプリングによって分布の波形を描くこととした。

Gumbel分布



GEV分布



リサンプリング方法

- 確率雨量の取りうる幅を評価する際に重要となる、分布のすそ野部分の評価を行うため、リサンプリングによって標本を大量に作成し、確率評価を行った。
- リサンプリングの標本数は、確率雨量の試行毎の値の変動を考慮し、 1.0×10^5 個とした。
- 過去実験については、年々変動の影響を考慮し、各年の50メンバから1メンバを無作為抽出したものを一つの標本とした。将来実験については、5400ケースから60ケースを無作為抽出し、一つの標本とした。

確率雨量の算出方法

ダウンスケーリング後の
流域平均最大雨量(X)

- ・将来実験
- ・過去実験

リサンプリングの実施

リサンプリング
標本

確率評価

- ・Gumbel分布
- ・GEV分布

確率雨量

リサンプリング標本作成方法

・過去実験

50アンサンプル

	m001	m002	m003	m004	m005	...	m086	m087	m088	m089	m090
1951											
1952						...					
1953											
⋮											
2009											
2009											
2010											

標本数は 1.0×10^5 個作成

各年50メンバからの
無作為抽出

1951 m088
1952 m064
⋮
2009 m001
2010 m042

60年分で
1つの標本

・将来実験

6SST × 15アンサンプル

	CC					...	MR				
	m101	m102	⋮	m114	m115	...	m101	m102	⋮	m114	m115
2051											
2052											
2053											
⋮											
2108											
2109						...					
2110											

5400ケースからの
無作為抽出

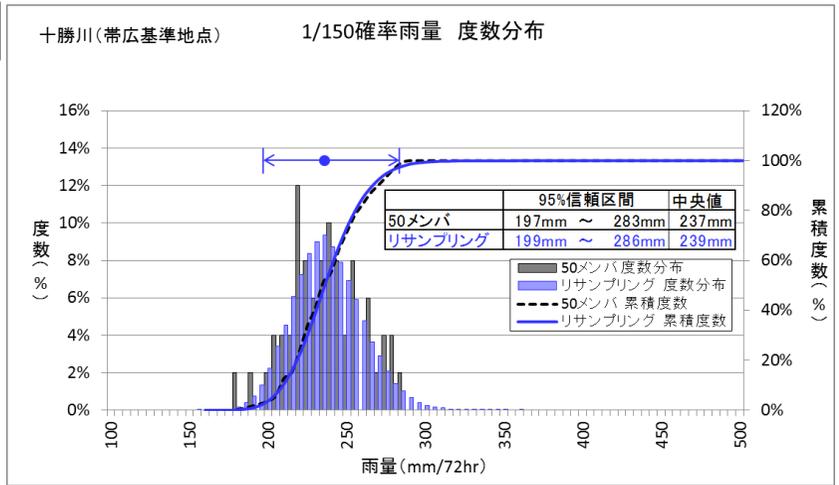
2108 CC m102
2052 MR m114
⋮
2080 GF m109
2051 CC m114

60年分で
1つの標本

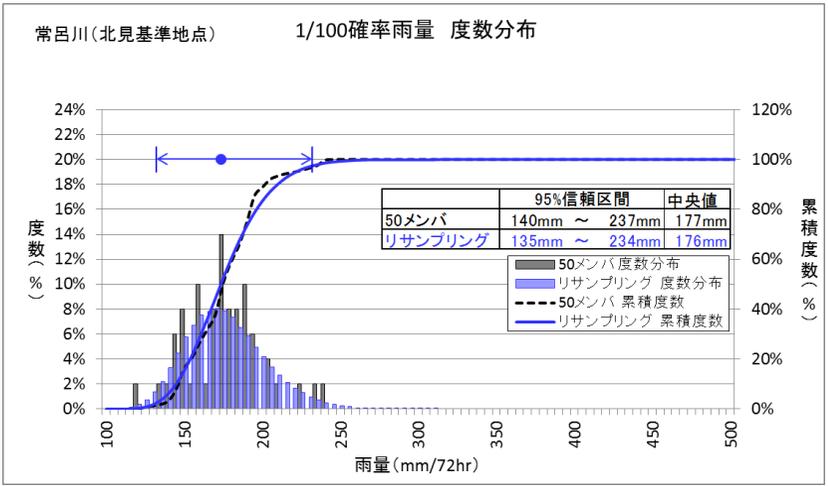
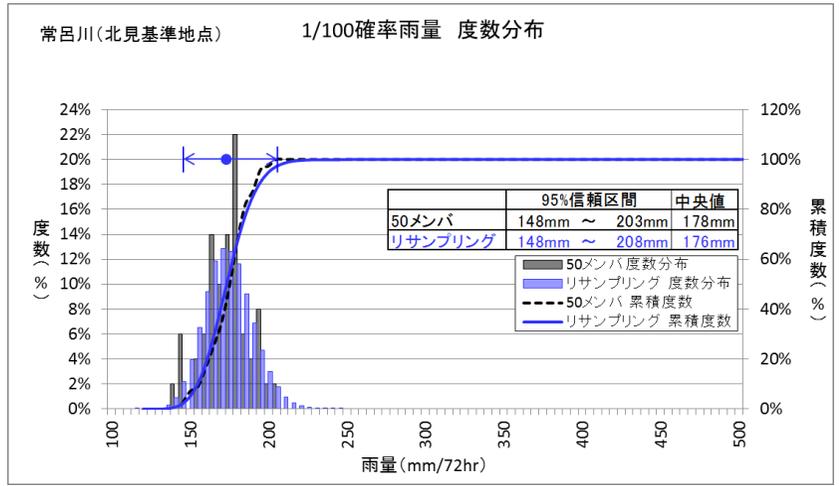
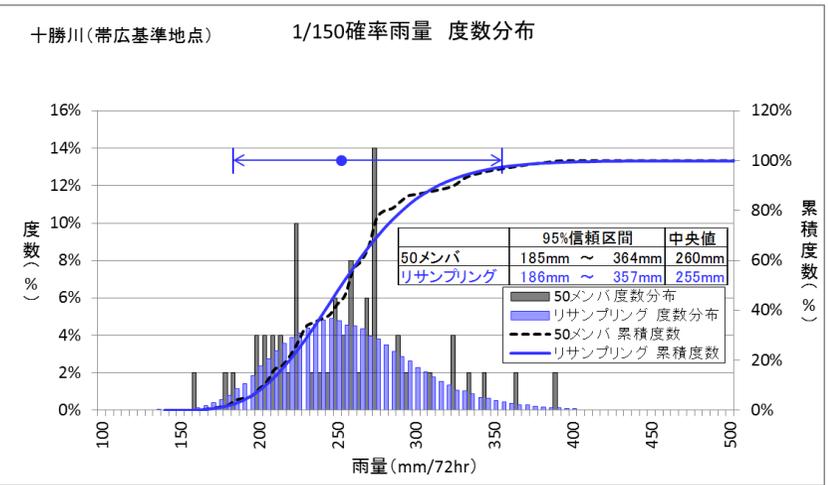
リサンプリング結果

- リサンプリング前後を比較すると、いずれの地点、分布形においても95%信頼区間の幅は概ね一致している。
- リサンプリングによりデータが増えたことで、分布の波形を描くことができた。

Gumbel分布



GEV分布

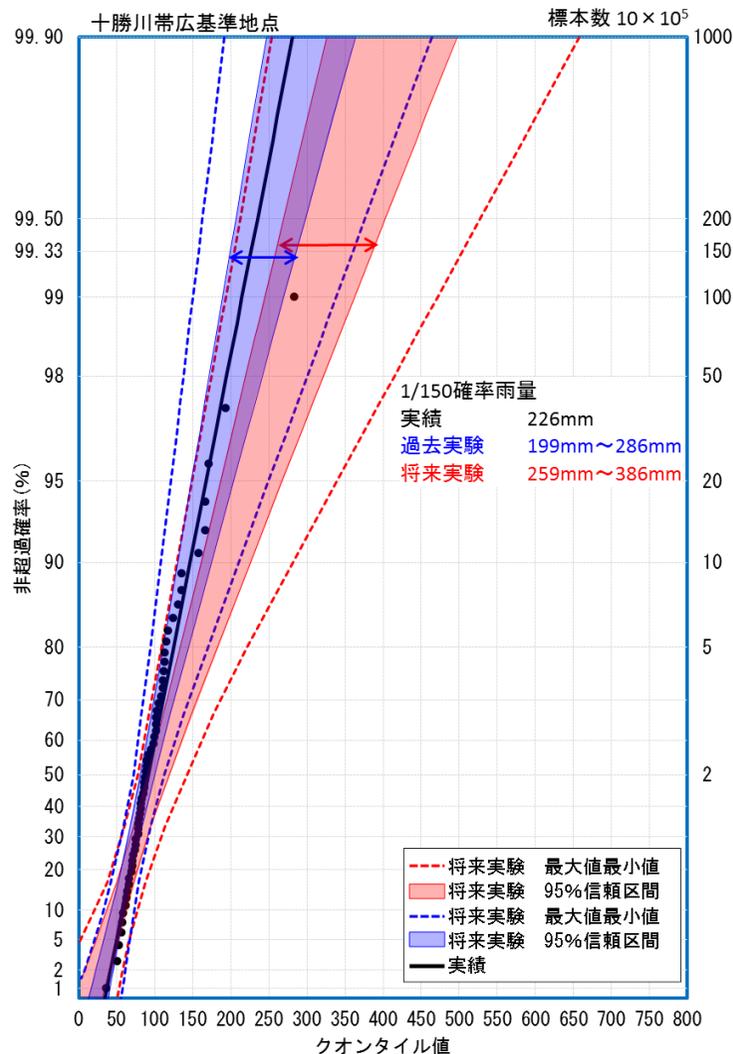


過去実験降雨および将来実験降雨の確率評価【十勝川 帯広基準地点】①

- Gumbel分布による確率評価の結果、計画規模の1/150規模における過去実験の95%信頼区間は199mm～286mmとなった。一方、将来実験の95%信頼区間は259mm～386mmとなり、将来気候では降雨が大きくなる傾向がみられた。
- GEV分布による確率評価の結果、計画規模の1/150規模における過去実験の95%信頼区間は186mm～357mmとなった。一方、将来実験の95%信頼区間は247mm～507mmとなり、将来気候では降雨が大きくなる傾向がみられた。

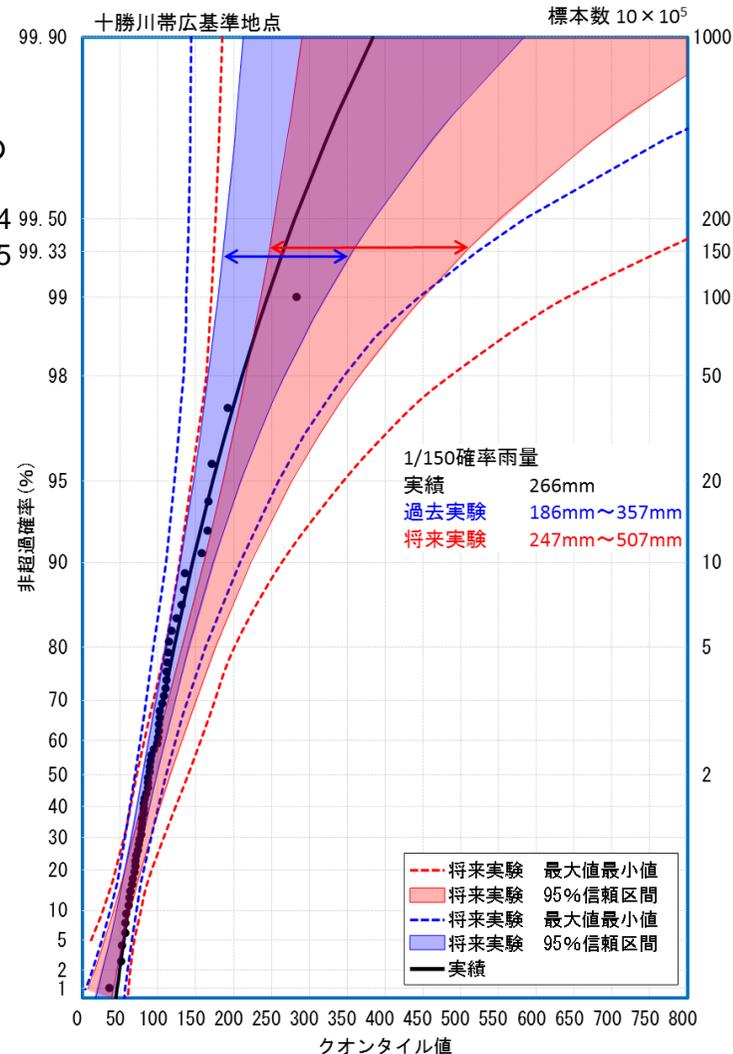
Gumbel分布

1.0 × 10⁵標本の
SLSCの平均値
過去実験: 0.017
将来実験: 0.020



GEV分布

1.0 × 10⁵標本の
SLSCの平均値
過去実験: 0.014
将来実験: 0.015



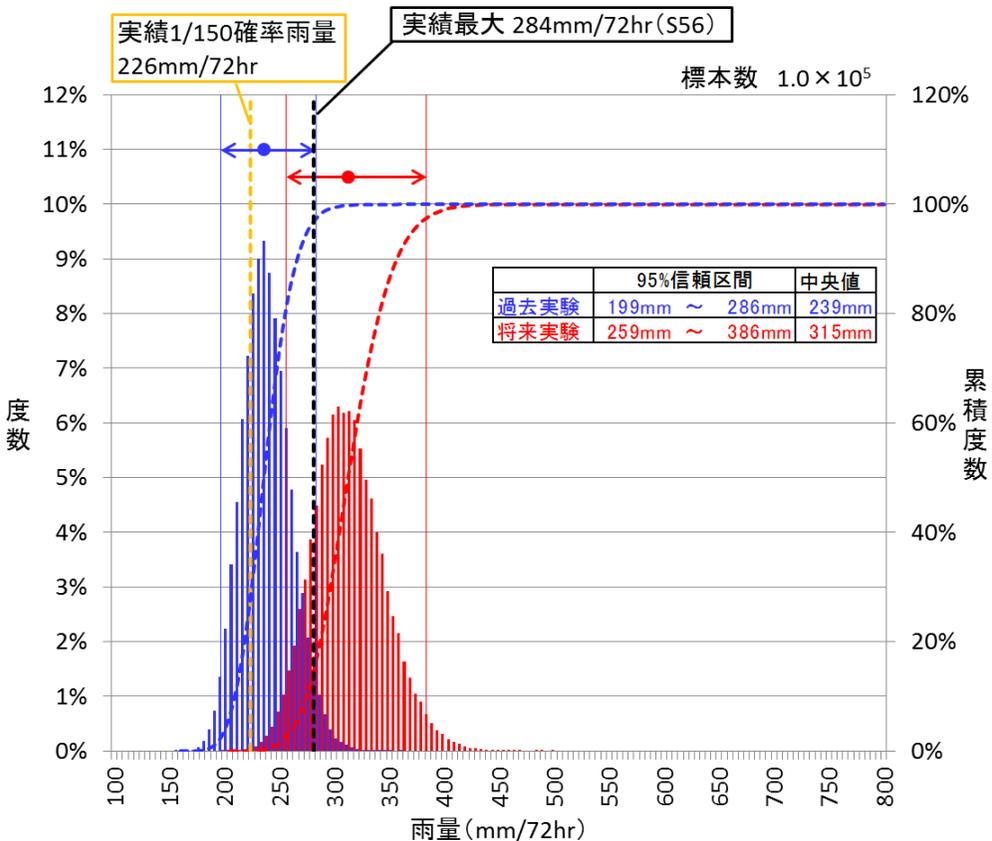
過去実験降雨および将来実験降雨の確率評価【十勝川 帯広基準地点】②

- 実績の1/150規模降雨は過去実験1/150規模の中央値付近に位置する結果となっている。
- 適合度の高かったGEV分布では、将来実験の中央値344mmが過去実験の95%信頼区間内に含まれる結果となった。一方、Gumble分布では、将来実験の中央値315mmは過去実験の95%信頼区間に含まれない結果となった。

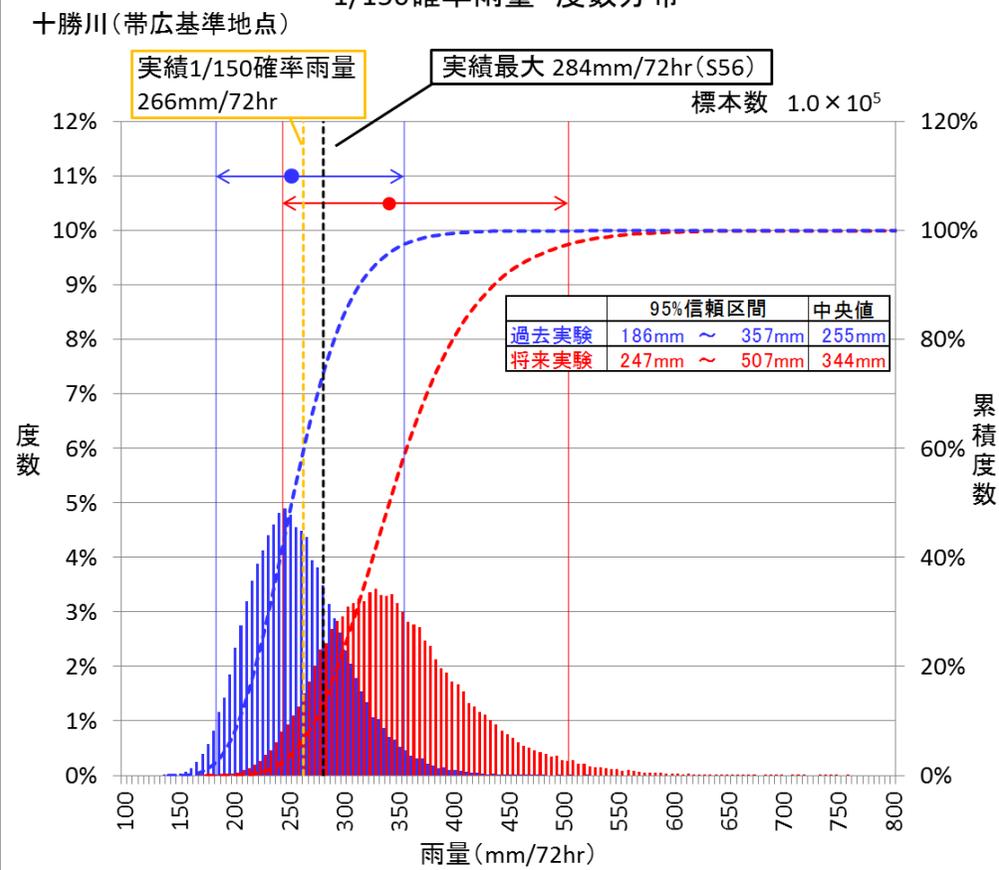
Gumble分布

GEV分布

十勝川(帯広基準地点) 1/150確率雨量 度数分布



十勝川(帯広基準地点) 1/150確率雨量 度数分布

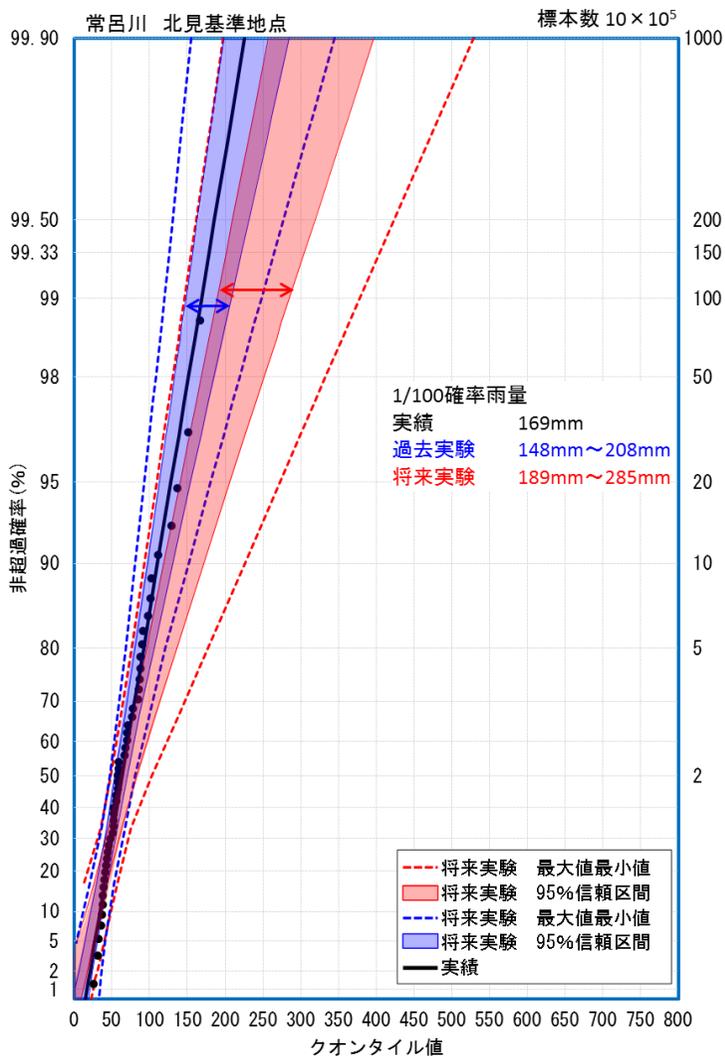


過去実験降雨および将来実験降雨の確率評価【常呂川 北見基準地点】①

- Gumbel分布による確率評価の結果、計画規模の1/100規模における過去実験の95%信頼区間は148mm～208mmとなった。一方、将来実験の95%信頼区間は189mm～285mmとなり、将来気候では降雨が大きくなる傾向がみられた。
- GEV分布による確率評価の結果、計画規模の1/100規模における過去実験の95%信頼区間は135mm～234mmとなった。一方、将来実験の95%信頼区間は182mm～356mmとなり、将来気候では降雨が大きくなる傾向がみられた。

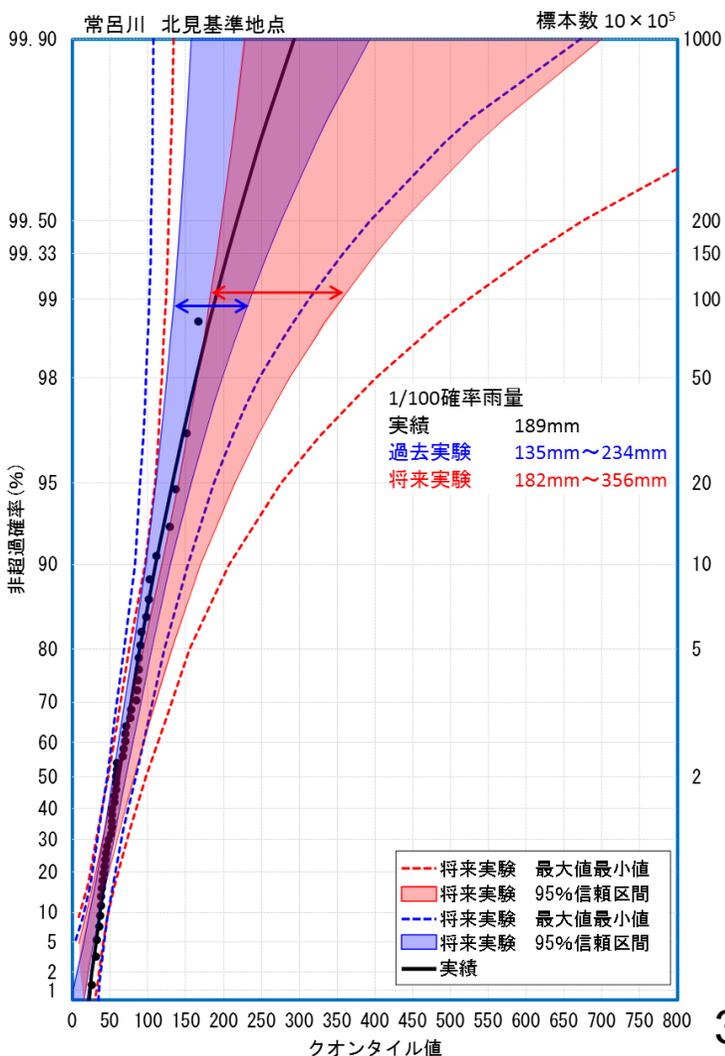
Gumbel分布

1.0 × 10⁵標本のSLSCの平均値
 過去実験: 0.016
 将来実験: 0.020



GEV分布

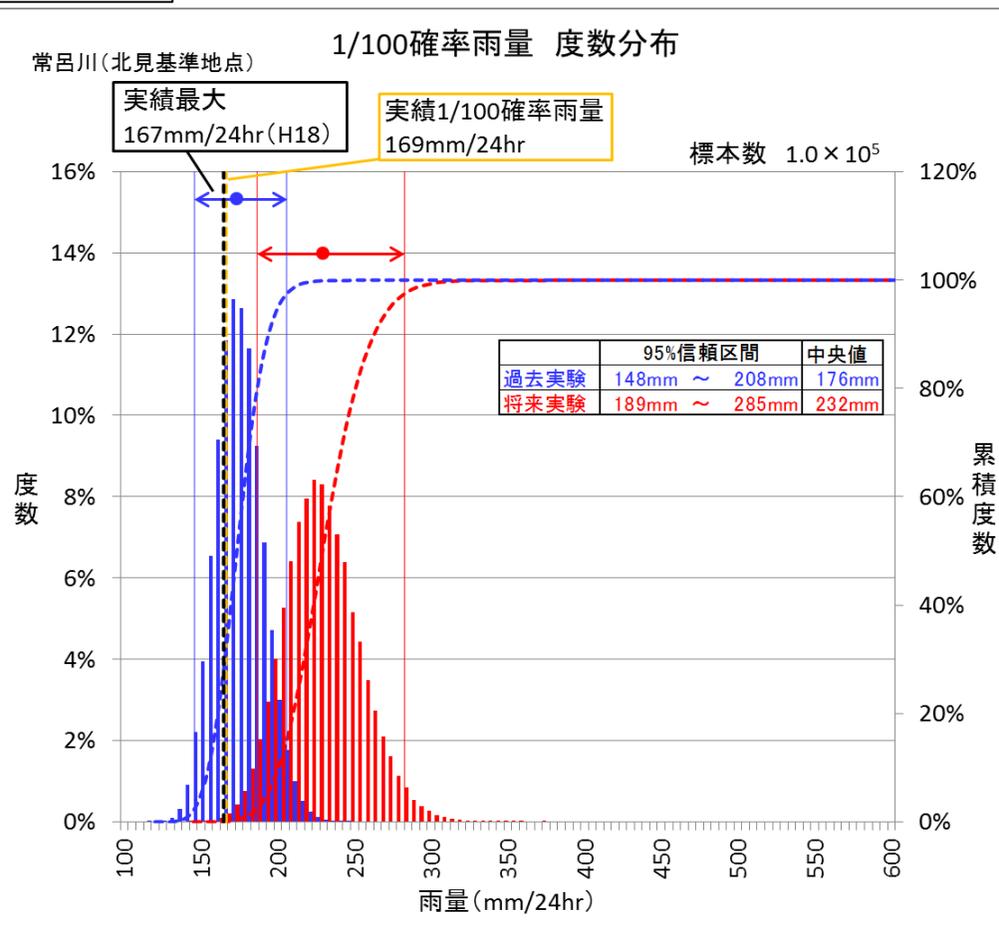
1.0 × 10⁵標本のSLSCの平均値
 過去実験: 0.013
 将来実験: 0.016



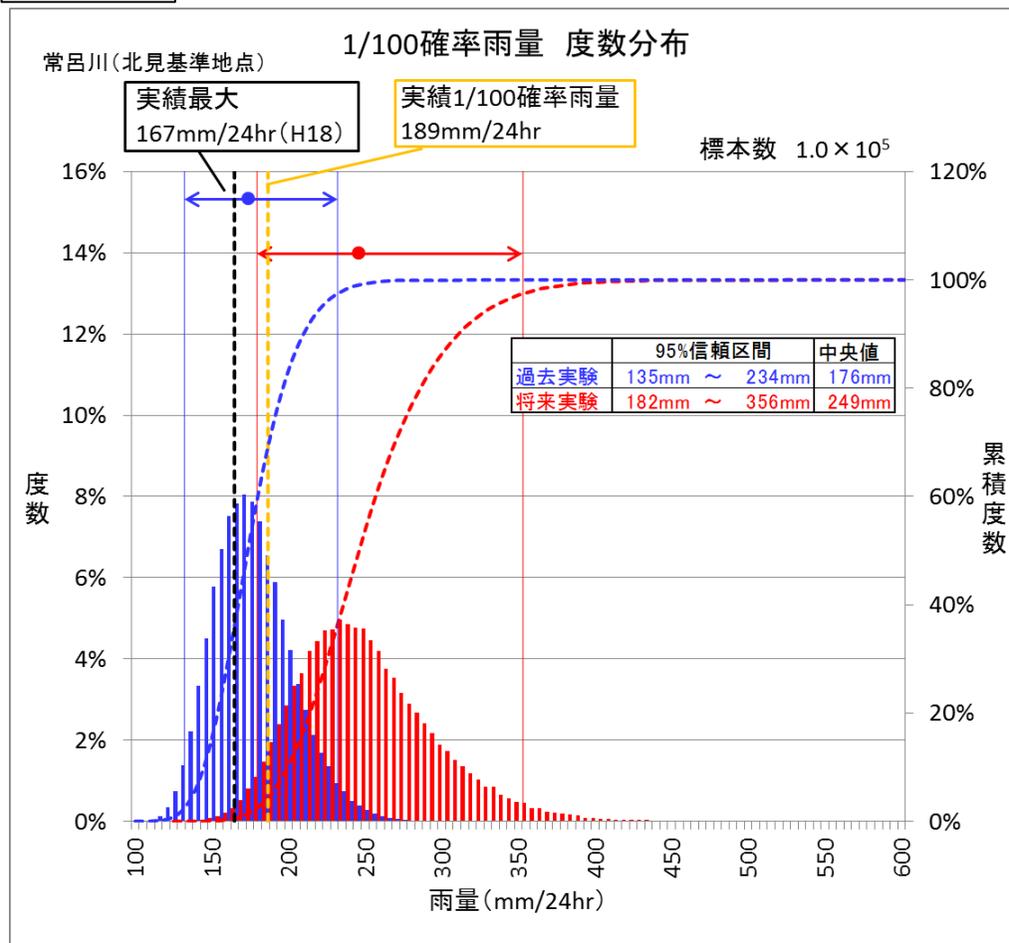
過去実験降雨および将来実験降雨の確率評価【常呂川 北見基準地点】②

- 実績の1/100規模降雨は過去実験1/100規模の中央値付近に位置する結果となっている。
- Gumble分布の将来実験の中央値232mmは過去実験の95%信頼区間内に含まれない。また、GEV分布についても、将来実験の中央値249mmは過去実験の95%信頼区間に含まれない結果となった。

Gumble分布



GEV分布



●ダウンスケーリング計算

- ・ダウンスケーリングによって、流域内の降雨の分布を詳細に表現することが可能となった。
- ・十勝川帯広基準地点では、ダウンスケーリングによって流域平均72時間雨量が大きくなる傾向を示した。
- ・常呂川北見基準地点では、ダウンスケーリングによって流域平均24時間雨量が小さくなる傾向を示した。
- ・ダウンスケーリングによって、日高山脈や知床半島から阿寒湖に広がる山地の影響が強くなり、雨量が増減したものと推定される。

●バイアス補正

- ・d4PDFの降雨が含んでいるモデルの系統誤差を取り除くため、ピアニの手法によるバイアス補正を実施した。
- ・バイアス補正の結果、十勝川帯広基準地点および常呂川北見基準地点ともに、実績降雨の累積度数と過去実験降雨の累積度数が概ね一致した。

●将来気候における降雨量の変化

- ・十勝川帯広地点における1/150確率規模の流域平均72時間雨量(GEV分布中央値)は、将来実験(344mm)が過去実験(255mm)の約1.35倍であった。
- ・常呂川北見地点における1/100確率規模の流域平均24時間雨量(GEV分布中央値)は、将来実験(249mm)が過去実験(176mm)の約1.41倍であった。
- ・同一の確率規模では、将来実験と過去実験の降雨の信頼区間が重複しており、気候変動後の降雨は現在気候においても発生する可能性がある。