# 気候変動下における降雨特性と 不確実性を踏まえた治水に関する検討

北海道大学

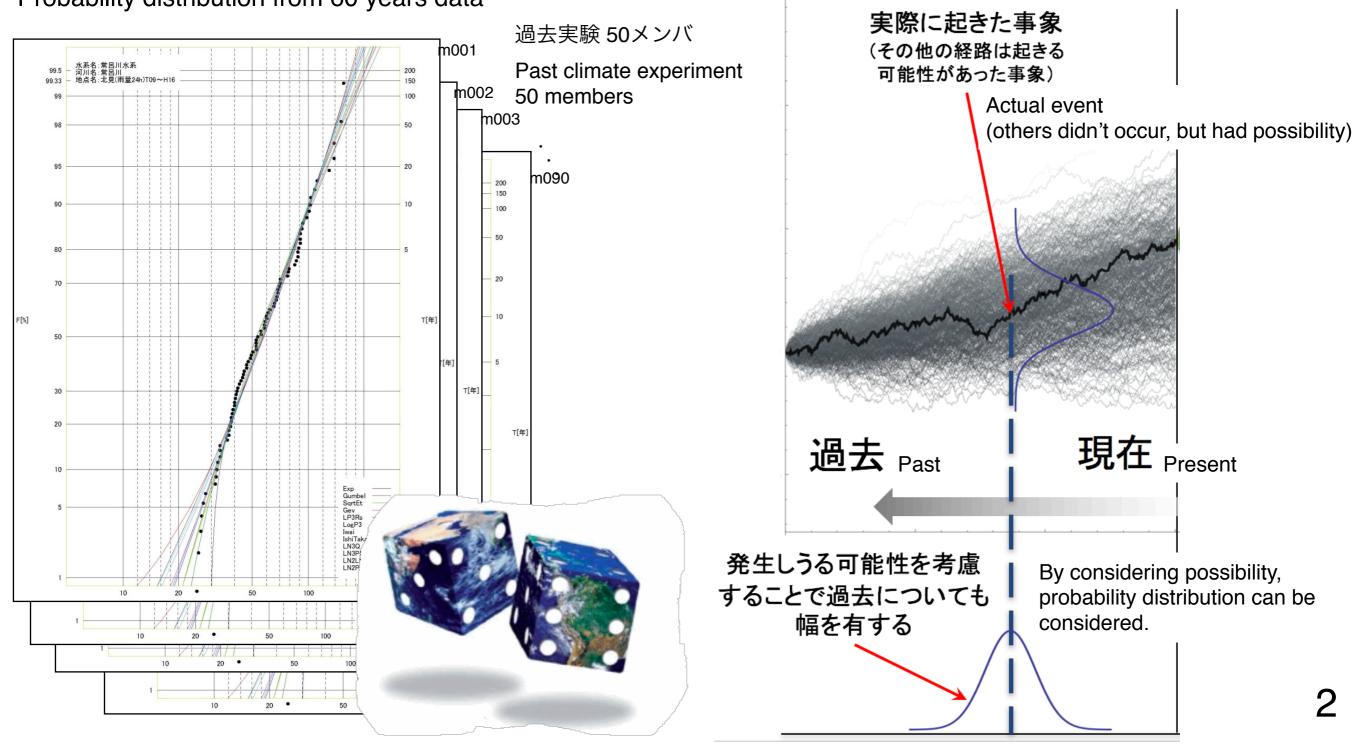
山田朋人

Hokkaido university Tomohito Yamada

# サンプリングによる確率年の揺らぎ

## Uncertainty of return period due to number of sampling

60年分データによる確率分布 Probability distribution from 60 years data



国土交通省(北海道開発局)・北海道 北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会関連資料

# d4PDFの実験デザイン Experimental design of d4PDF

#### <u>領域モデル実験 (regional climate model dataset)</u>

<u>過去実験(Past experiment)</u>: 1951年から2010年までの観測された海面水温などが境界条件

(Boundary condition is sea surface temperature between 1951 to 2010.)

2℃上昇実験(+2K experiment):産業革命以前から全球平均気温が2℃上昇した条件

(Experimental condition is 2 K increase climate from the industrial revolution)

<u>4℃上昇実験(+4K experiment)</u>:産業革命以前から全球平均気温が4℃上昇した条件

(Experimental condition is 4 K increase climate from the industrial revolution)

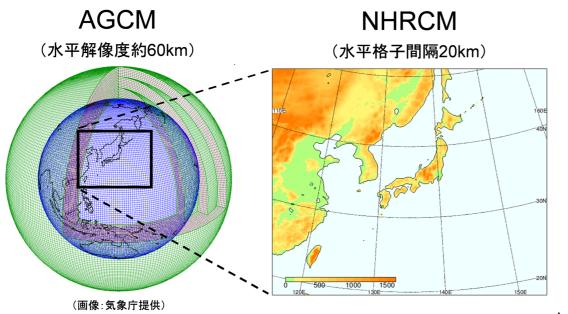
#### <u>アンサンブル数 (Number of ensemble member)</u>

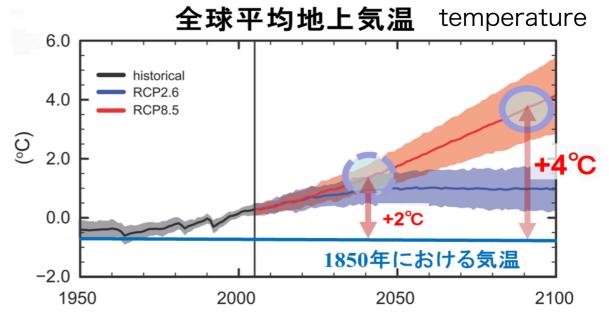
Past experiment : 60(years)x50(members)=3000(years)

+2K experiment: 60(years)x6(SST)x9(members)=3240(years)

+4K experiment: 60(years)x6(SST)x15(members)=5400(years)

Global average





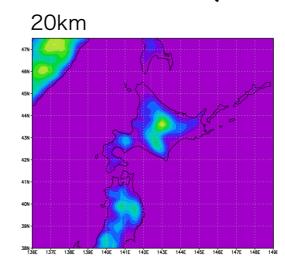
d4PDFの実験デザイン(http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html)

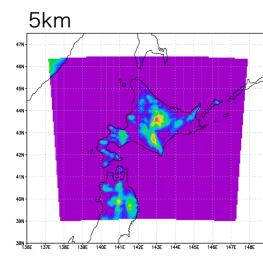
## 力学的ダウンスケーリング **Dynamical downscaling**

力学的ダウンスケーリングの実施(20kmから5kmへの変換) Dynamical downscaling has been conducted (conversion from 20km to 5km).

高解像度化により地形形状をより適切にシミュレー ションに反映

Finer horizontal resolution can reflect topographic effect more precisely.





136E 137E 138E 139E 140E 141E 142E 143E 144E 145E 146E 147E 148E 149E

膨大な計算資源が必要であり地球シミュレータの使用により実現

Quite huge computing resources are needed for DS.

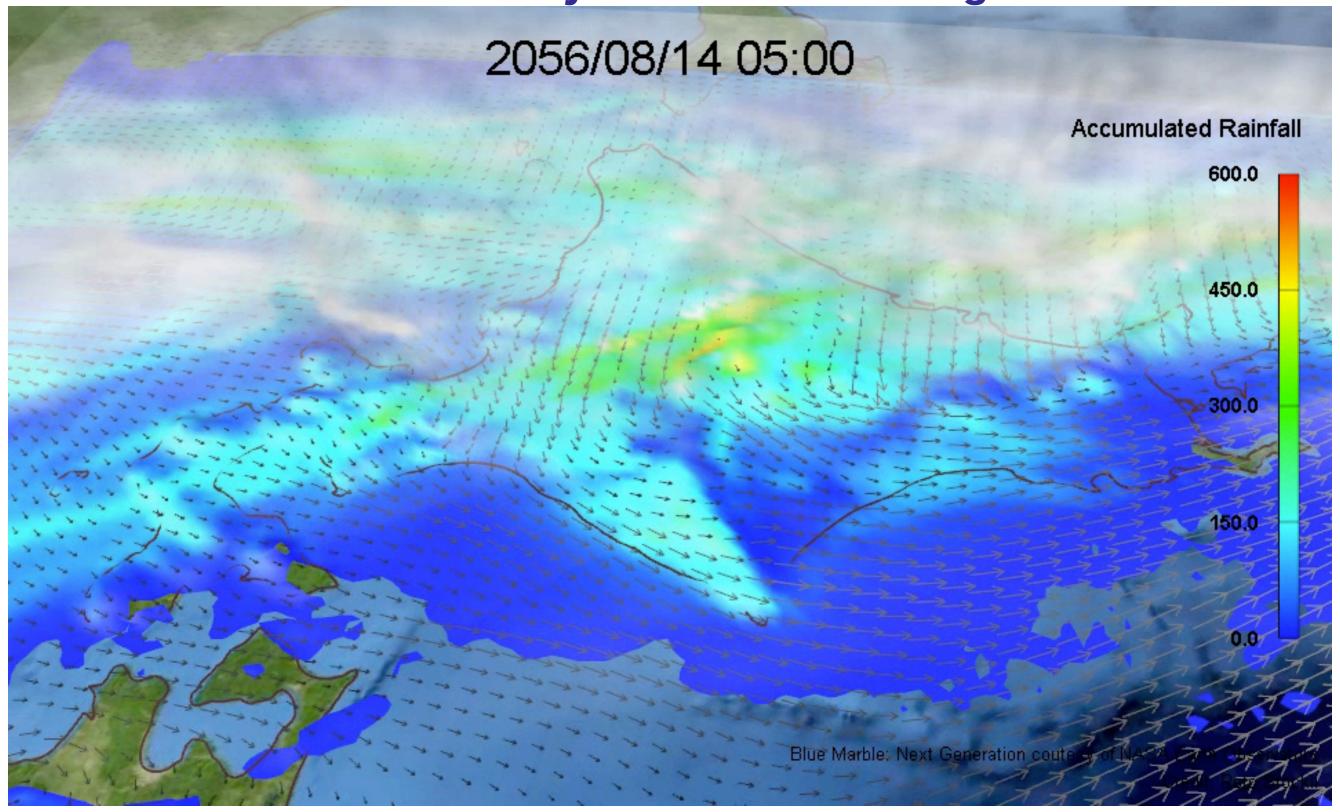
(画像:気象庁提供)

Using super-computer (Earth simulator) enabled to complete these simulations.

Computational domain AGCM NHRCM horizontal resolution 5km) (水平解像度約60km) (水平格子間隔20km)

# 力学的ダウンスケーリング結果

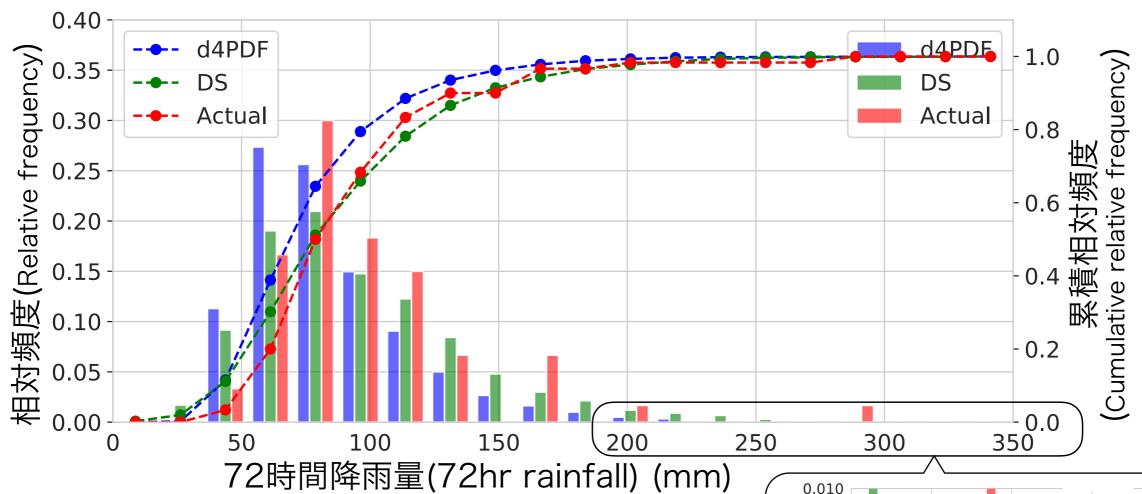
Result of dynamical downscaling



2016年洪水に似た降雨パターン(台風による大雨) Similar atmospheric pattern to actual event (2016 flood).

# 年最大降水量はどれほど変化するか? Frequency distribution of annual maximum rainfall

#### 十勝川帯広基準地点集水域 (Tokachi river basin)

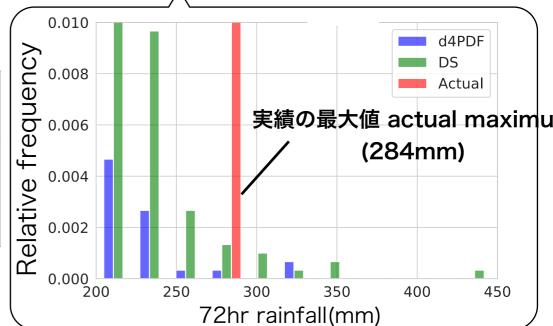


#### (Statistic)

	d4PDF(20km)	DS(5km)	Actual(1951-2010)
Mean(mm)	84.5	95.9	98.0
Max(mm)	336.2	435.1	283.8
99%ile(mm)	199.4	235.8	230.3
95%ile(mm)	149.2	178.2	167.4

5kmへのDSにより、降雨の頻度分布は実績値に近づく

The results of 5kmDS and observation have similar  $f^{6}$  quency.

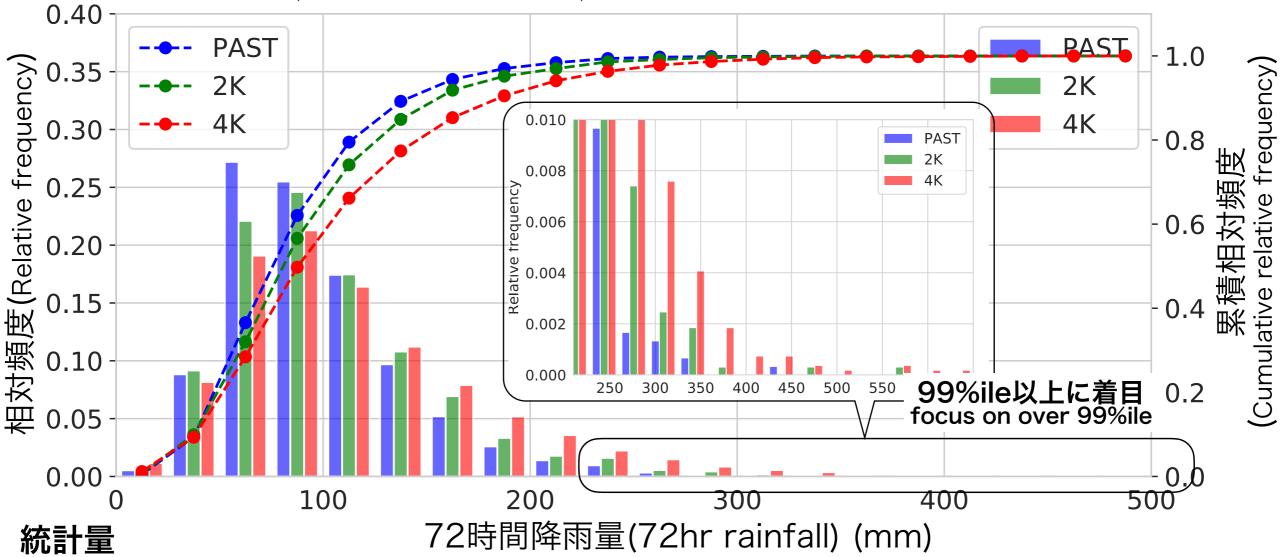


### 年最大降水量はどれほど変化するか? Frequency distribution of annual maximum rainfall

#### 十勝川帯広基準地点集水域 (Tokachi river basin)

#### Using 5kmDS rainfall

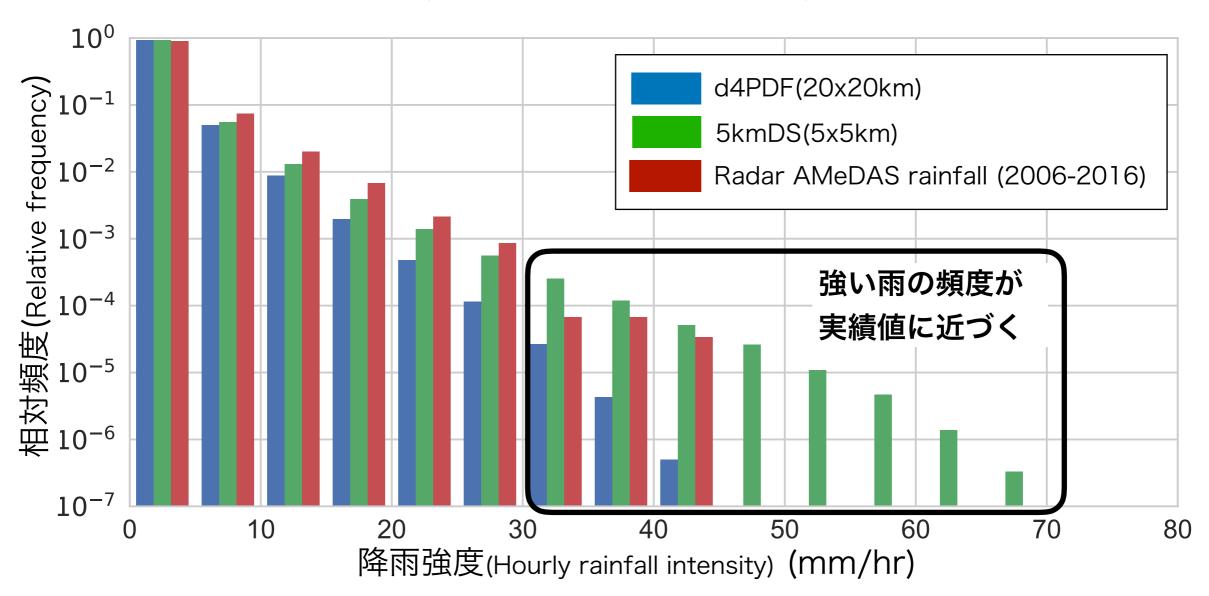
過去実験3000イベント、2°C上昇実験3240イベント、4°C上昇実験5400イベントから作成 Past climate: 3000 events, +2K climate: 3240 events, +4K climate: 5400 events



	Past	+2K	+4K	rate (+2K/Past)	rate (+4K/Past)
Mean(mm)	95.9	102.8	114.7	1.07	1.20
Max(mm)	435.1	553.5	645.5	1.27	1.48
99%ile(mm)	235.8	268.4	317.1	1.14	1.34
95%ile(mm)	178.2	198.2	233.1	1.11	1.31

## 1時間降水強度の頻度はどれほど変化するか? Frequency distribution of hourly rainfall intensity

#### 十勝川帯広基準地点集水域 (Tokachi river basin)

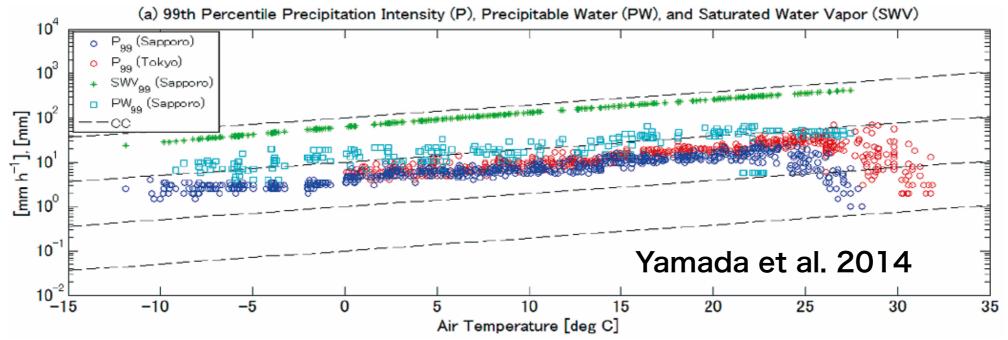


### 5km解像度の方が20km解像度のものより観測値に近い値を有する

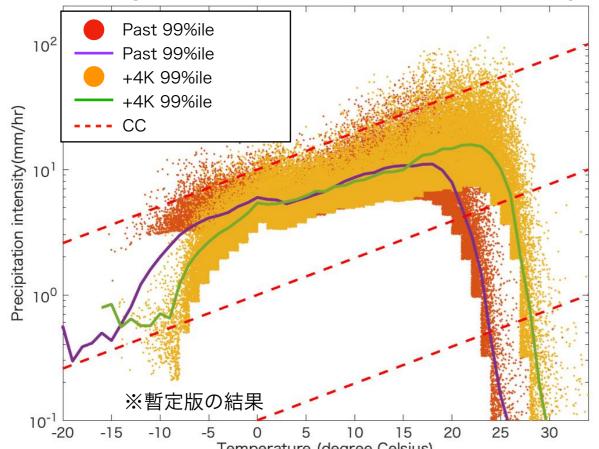
The result of DS has similar frequency in terms of strong intensity rainfall.

## 気温と降雨強度の関係性 Relationship between rainfall and temperature

・気温と99パーセンタイル降水強度との関係性(観測結果) Relationship between 9%ile rainfall intensity and temperature (observation)



・気温と99パーセンタイル降水強度との関係性(5kmDS) Relationship between 9%ile rainfall intensity and temperature (5kmDS)

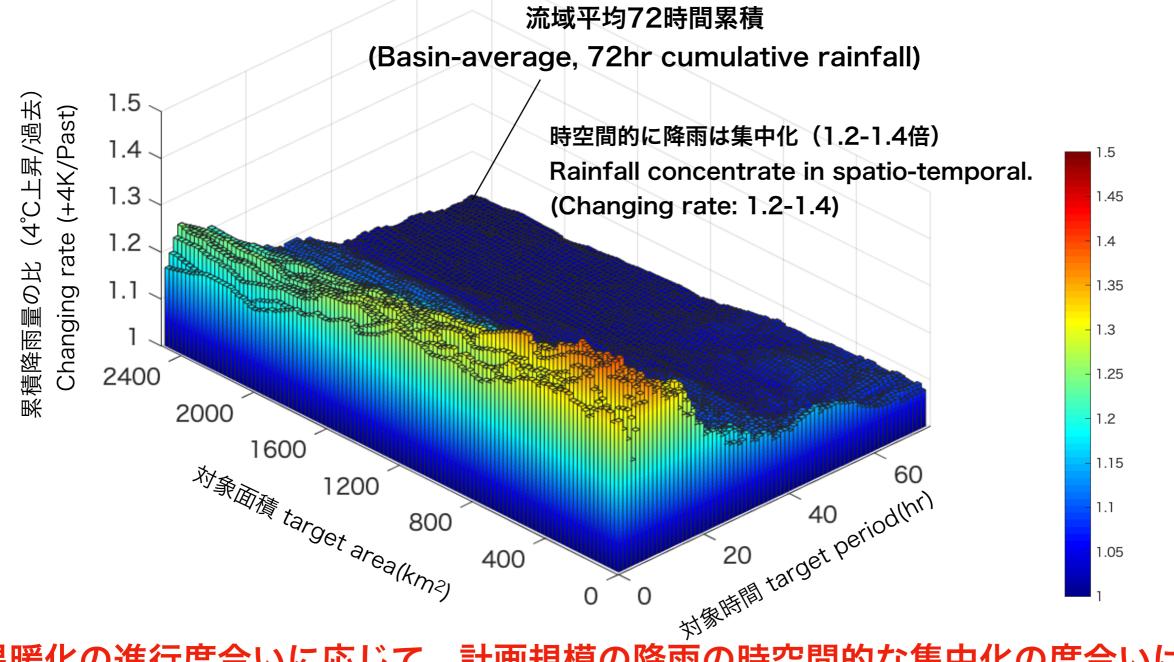


- 99パーセンタイル降水強度は地表面気温と飽和水蒸気圧の関係式(Clausius-Clapeyron関係)に従うことを観測およびシミュレーション結果から確認
- Observation and simulation shows that rainfall intensity and temperature follows Clausius-Clapeyron relationship.

### 降雨の時空間的なパターンは変化するか? Spatio-temporal rainfall characteristic

十勝川帯広基準地点集水域 (Tokachi river basin)(200~250mm/72hr)

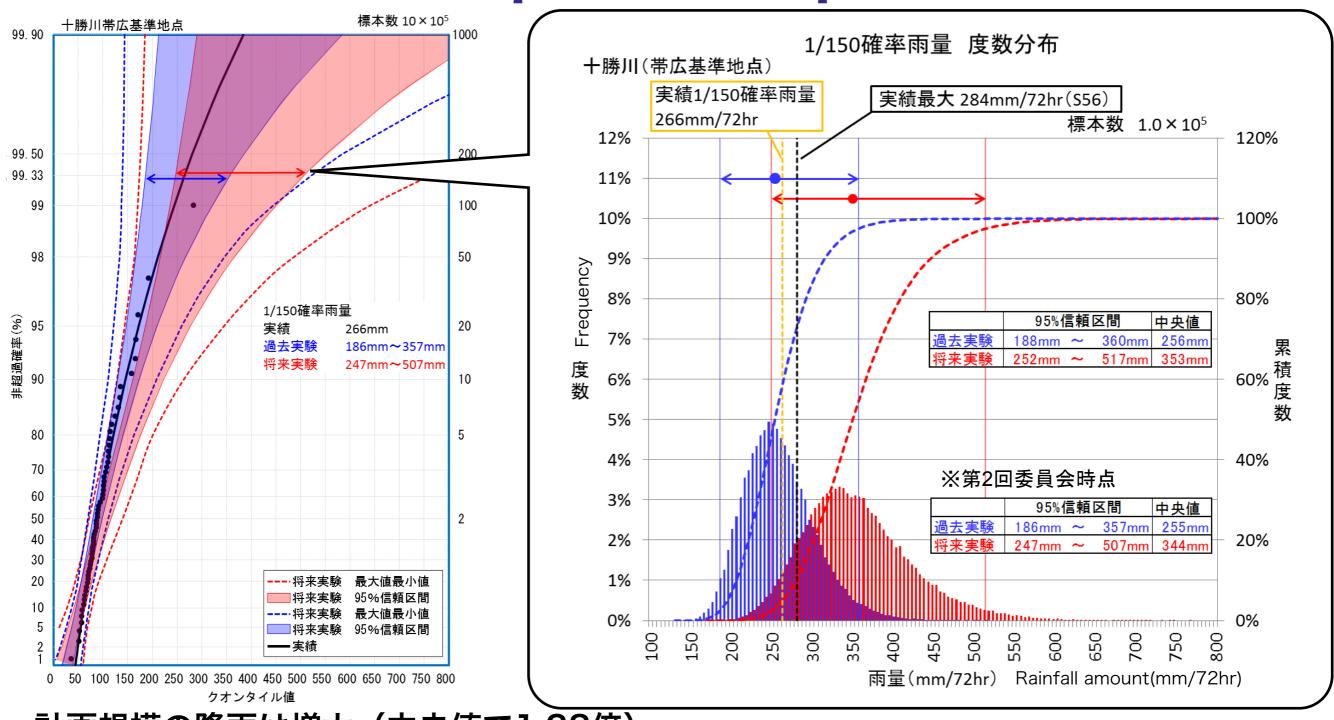
・<u>過去実験(DS後71事例の中央値)</u>, <u>4℃上昇実験(DS後314事例の中央値)の比較</u>
Past experiment(median of 71 events), +4K experiment(median of 314 events)



温暖化の進行度合いに応じて、計画規模の降雨の時空間的な集中化の度合いは高まる Short-time and small-area rainfall increase under warmer climate condition.

# 計画対象降雨の評価

Evaluation of plan return period rainfall



- ・計画規模の降雨は増大(中央値で1.38倍)
  - Plan rainfall become larger (mean value become 1.38 times)
- 信頼区間の幅を定量化可能に(95%信頼区間の幅は170mm, 260mm)

Confident interval of plan rainfall can be estimated. (95% confident interval is 170, 260mm)

「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」資料より

# 確率年の信頼区間の評価

**Evaluation of confident interval of return period by theory** 

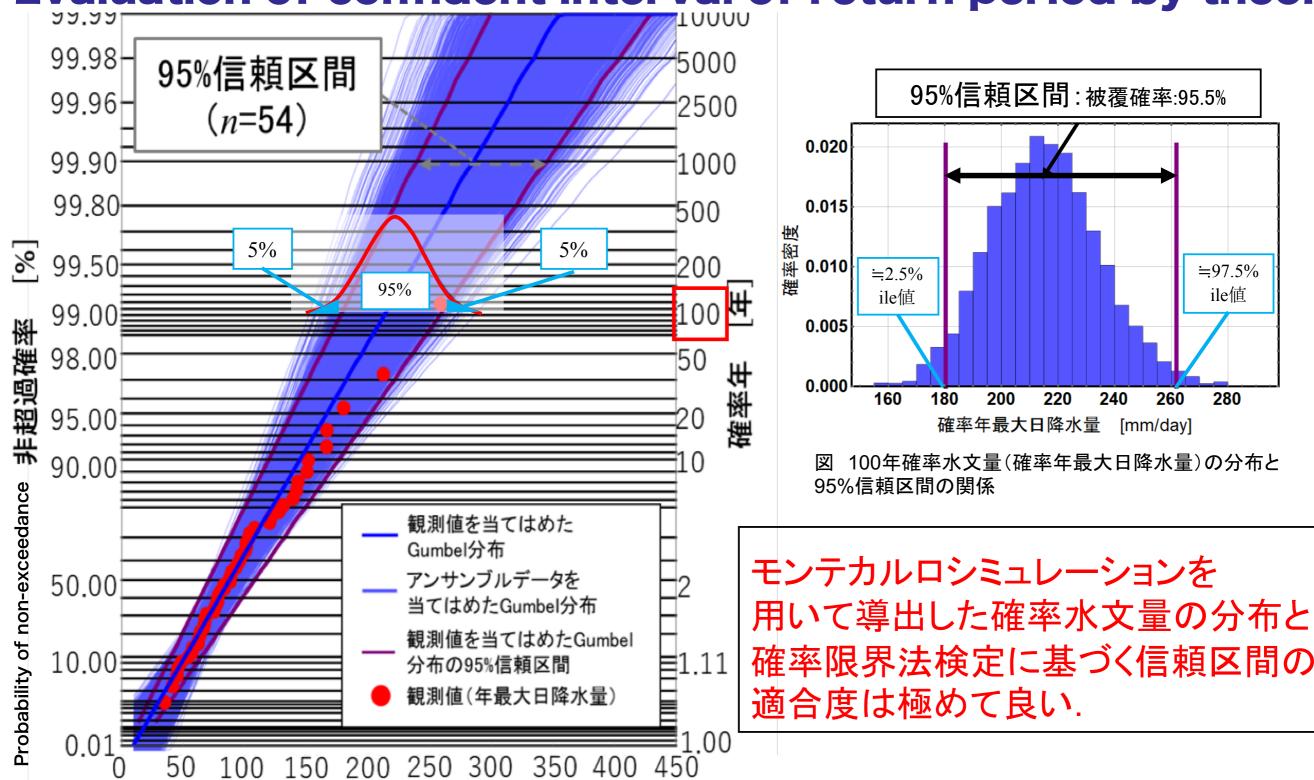


図 利根川水系八斗島観測所における54年間分の年最大日降水量の観測値及びこれら54個の観測値を当てはめたGumbel分布, 当該Gumbel分布 の95%信頼区間を記入した確率紙

極値統計理論において同様の結果が得られることを確認 Similar result has been suggested by & theory.

清水ら(水工学論文集; 2018)

**≒**97.5%

ile値

280

240

260

[mm/day]

## 降雨パターンがもたらすピーク流量の違い

Uncertainty of peak discharge due to differences of rainfall pattern

#### 8,000 降雨流出モデル(Runoff model) : observation, H28.8出水 Two-cascade Tank Type Of X: model 2段タンク型貯留関数モデル Storage Function Model 6,000 Peak discharge 1段目貯留高S, 4,000 2,000 地下に流出し遅れて出てくる成分 × C11関数化 ● 観測実績 河道 北海道開発局洪水予測システム【解説書】より 200 300 100 400 500 (北海道開発局.平成19年3月) Basin averaged rainfall (mm/72hr)

大量アンサンブルデータを用いることで降雨パターンの違いの影響を踏まえたピーク流量の確率的な評価が可能に

Evaluation of probability of peak discharge is enabled by accepting freedom of climate system.

n=3000

# まとめ(Summary)

• 大量アンサンブルデータにより降雨量の増大やその要因の変化を評価可能に

Using large ensemble dataset enables to evaluate heavy rainfall characteristics (frequency, intensity, spatio-temporal characteristic and cause of heavy rainfall).

- → more intense in smaller and shorter scales
- 過去・将来の気候における計画雨量の信頼区間を評価可能に

Confident interval of plan rainfall can be estimated under past and future climate. — Supported by mathematical & statistical theory.

• 大量の降雨パターンから降雨の時空間的な違いがもたらすピーク流量の幅を 把握可能に

Evaluation of probability of peak discharge has been enabled by using large ensemble climate dataset.

複合的な適応策による流域スケールでのリスク最小化(リターンも提示)の試 みを実施する時期

Now the time to take actual actions to minimize risk (maximize return) by various adaptive measures in river basin scale ⇒ risk based approach