

## 第3回 北海道における気候変動予測（水分野）技術検討委員会

本気候変動予測に使用した降水データの特徴

20kmメッシュと5kmメッシュでの大雨事例の比較

洪水リスク評価に向けた確率分布モデルの  
信頼区間を導入した水文頻度解析

北海道大学大学院工学研究院

山田朋人・星野剛

[tomohito@eng.hokudai.ac.jp](mailto:tomohito@eng.hokudai.ac.jp)

# ダウンスケーリングの対象期間の設定

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)

8400年それぞれにおいて下記の方法で対象期間を設定

## 十勝川

十勝川帯広基準地点の集水域において6月1日00時(UTC)から12月1日00時(UTC)の間で流域内での72時間降水量が最大となる期間を選定

同期間の初日から10日前を計算開始日とし、15日間をダウンスケーリングの対象期間に設定

## 常呂川

常呂川北見基準地点の集水域において6月1日00時から12月1日00時の間で流域内での24時間降水量が最大となる期間を選定

同期間の初日から10日前を計算開始日とし、15日間をダウンスケーリングの対象期間に設定

ただし、対象となる大雨の発生時刻が十勝川と常呂川で48時間以内であれば、十勝川を対象としたダウンスケールの結果を使用

# 1年間を通じたダウンスケーリング(通年DS)の実施

## 計算モデル

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

## 計算領域

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

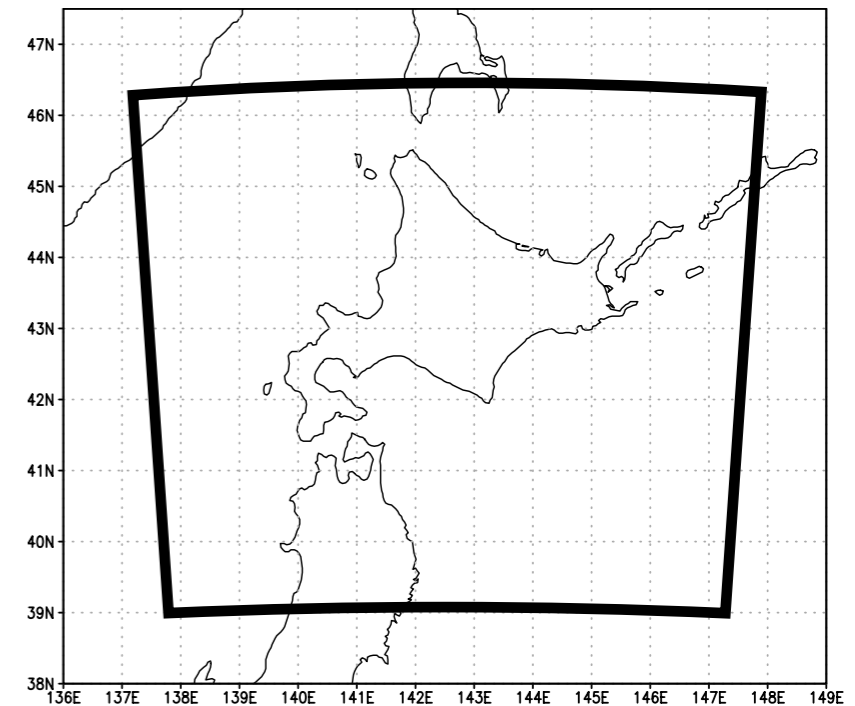
## 対象期間

### 15日間のダウンスケーリング(15日DS)

d4PDF領域実験(20km解像度)において6月1日から12月1日の間で流域平均降水量が最大となる期間を含む**15日間**

※ 過去実験3000年分、4°C上昇実験5400年分の計算を完了済み

## 計算領域



### 1年間を通じたダウンスケーリング(通年DS)

7月24日から翌年8月31日までの**約1年間**

※ 演算量が膨大となり全ての事例を計算することはできないため、20kmにおいて十勝川帯広基準地点集水域での年最大流域平均降水量の大きい過去実験675事例で計算を実施

地球シミュレータ特別推進課題 (成果創出課題)、文科省SI-CATの支援を受けて実施

# 1年間を通じたダウンスケーリング(通年DS)の実施

**計算領域** 15日間のダウンスケーリング(15日DS)と同じ、142.5E, 42.75Nを中心に東西方向に800km、南北方向に800kmの範囲を設定

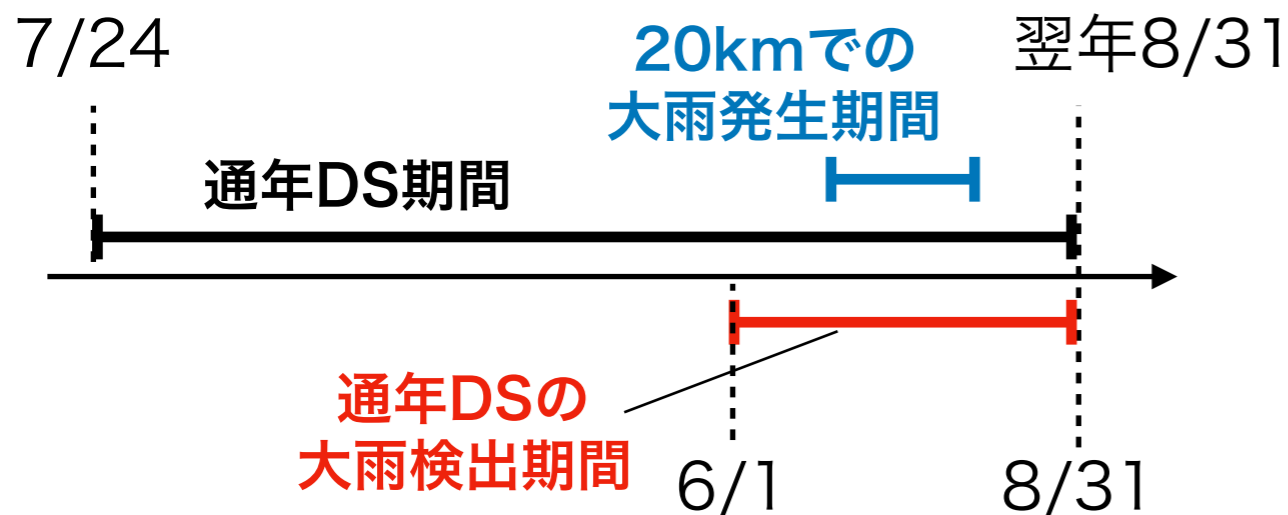
**計算対象** d4PDF領域実験(20kmメッシュ)において十勝川帯広基準地点を末端とする集水域での降水量が多いアンサンブル・年の順に計算を実施  
(過去実験: 675年分が完了)

**対象期間** 対象とする大雨の発生期間を含む、7月24日から翌年8月31日までの期間で連続したダウンスケーリングを実施

## 通年DSからの大雨の検出期間

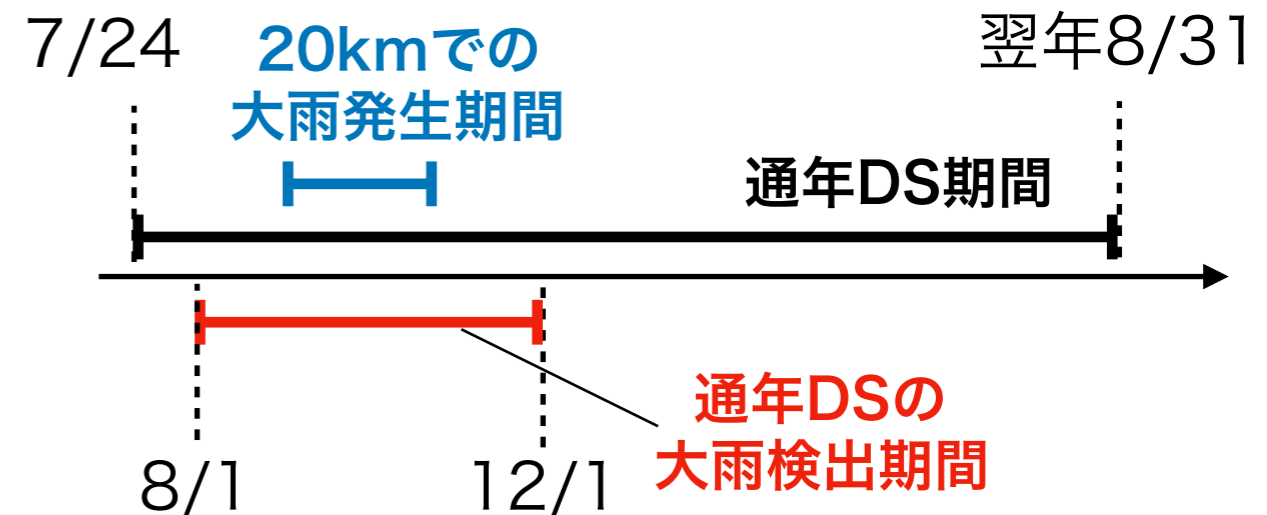
- 20kmメッシュにおける大雨発生日が8月26日以前の場合

6月1日から8月31日の間で大雨を検出



- 20kmメッシュにおける大雨発生日が8月27日以降の場合

8月1日から12月1日の間で大雨を検出

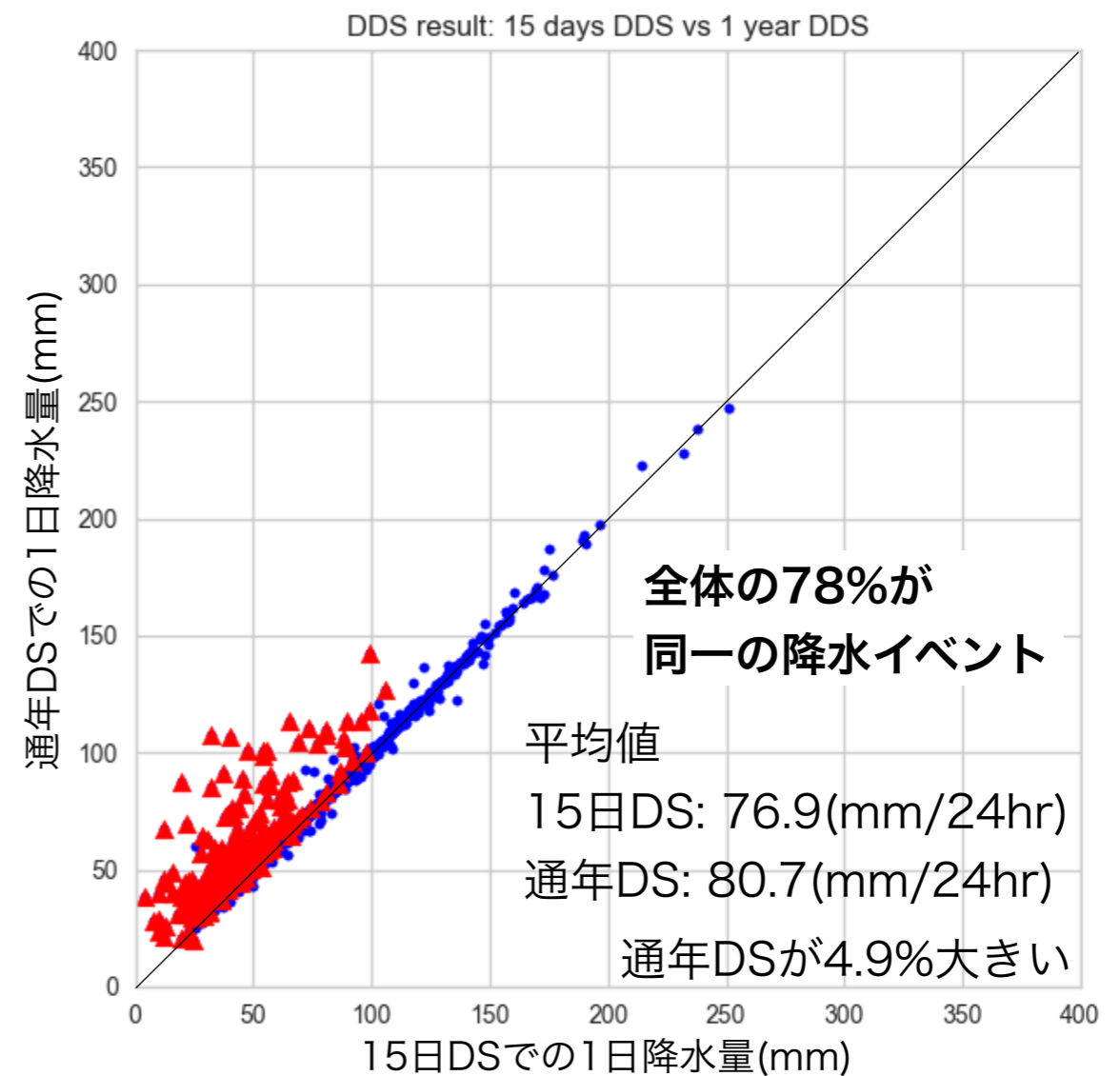
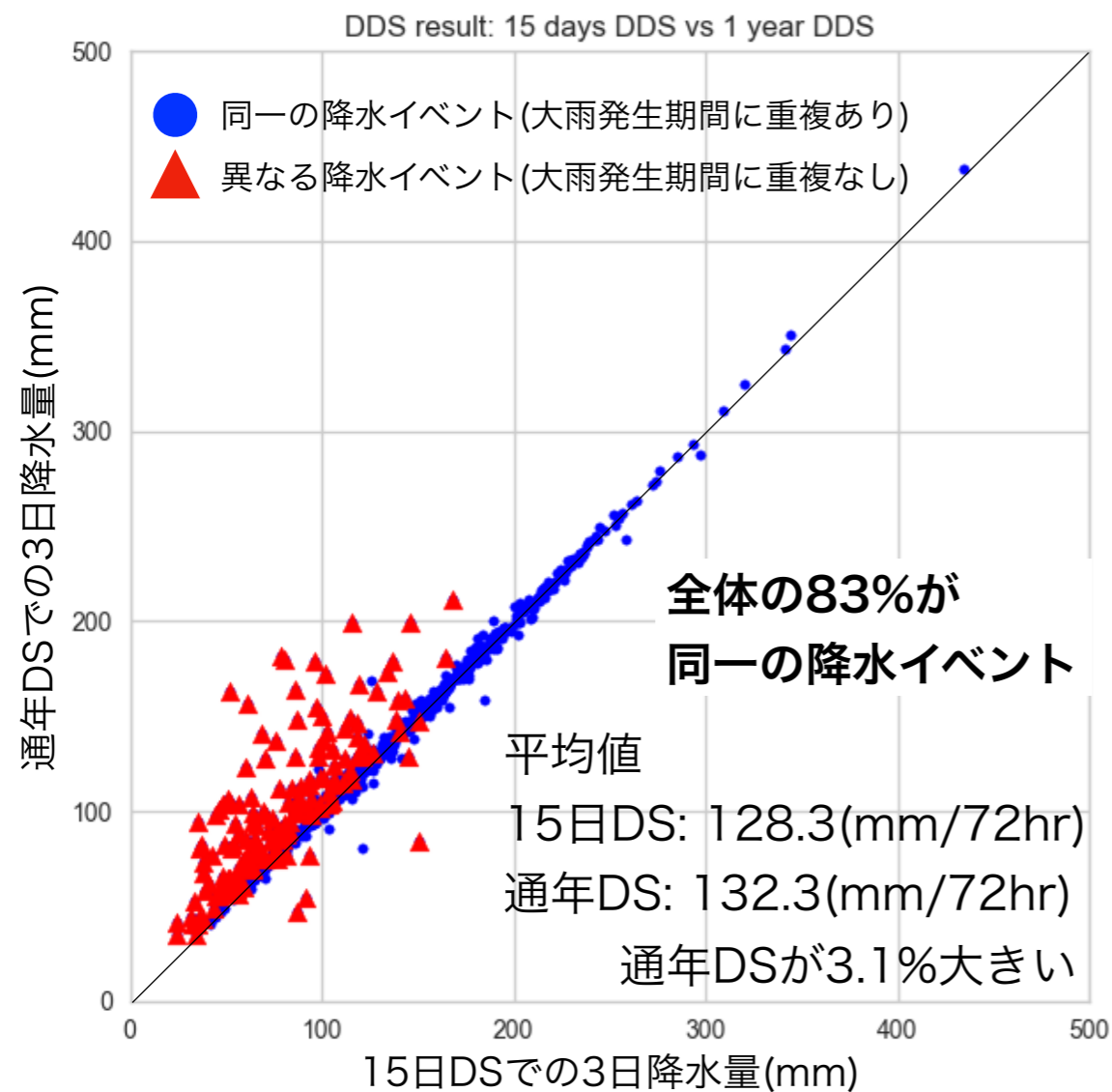


# 15日DSと通年DSによる年最大降水量の比較(1)

15日DS : 20kmメッシュでの大雨事例を5kmにDSしたものの  
通年DS : 上記の大雨事例の該当年を1年間DSしたものの

十勝川帯広基準地点集水域 過去実験

常呂川北見基準地点集水域 過去実験



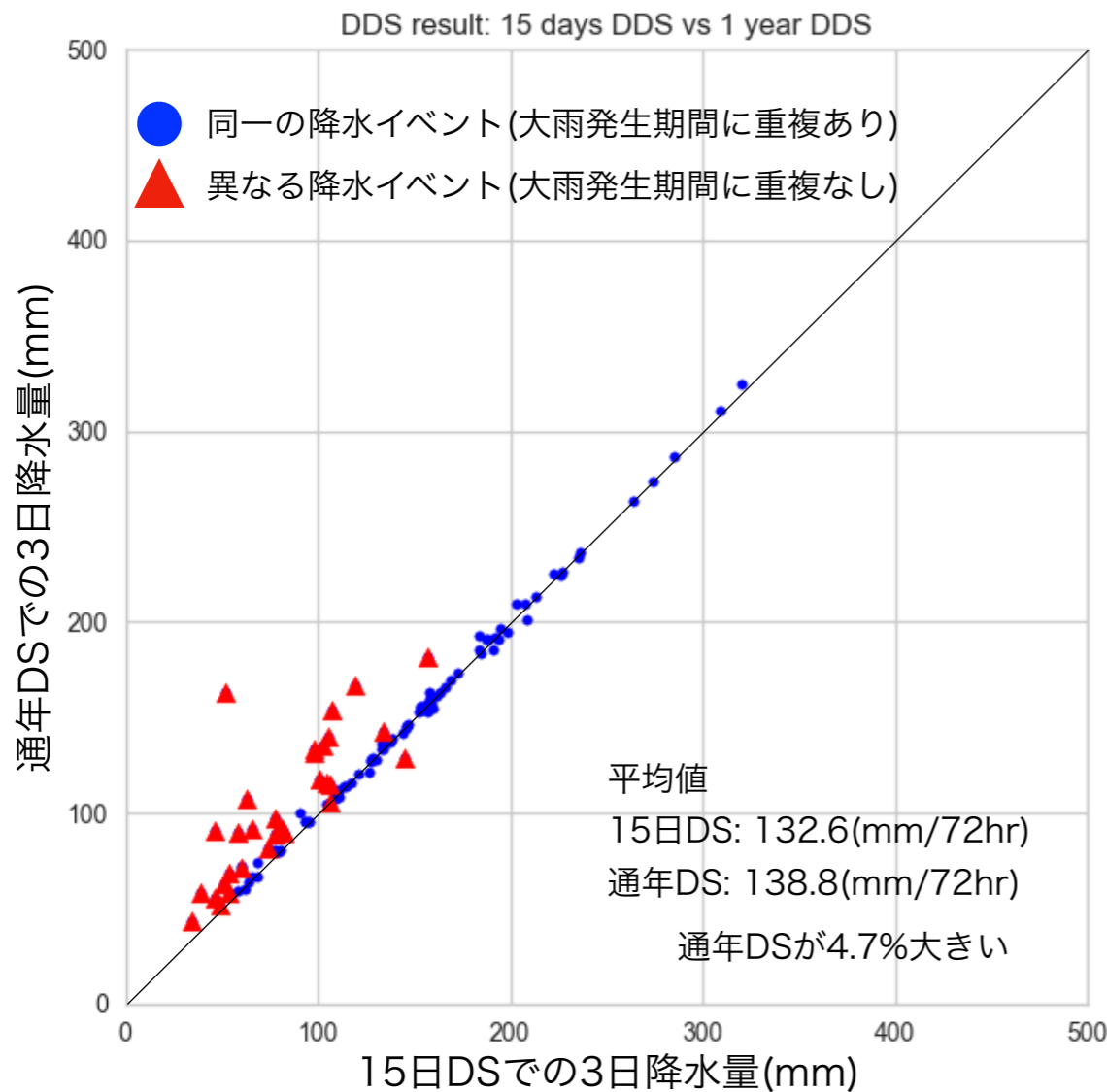
十勝川流域, 常呂川流域ともに上位7%, 5%の降水イベントは20kmメッシュでの大雨事例で占められる。

# 15日DSと通年DSによる年最大降水量の比較(2)

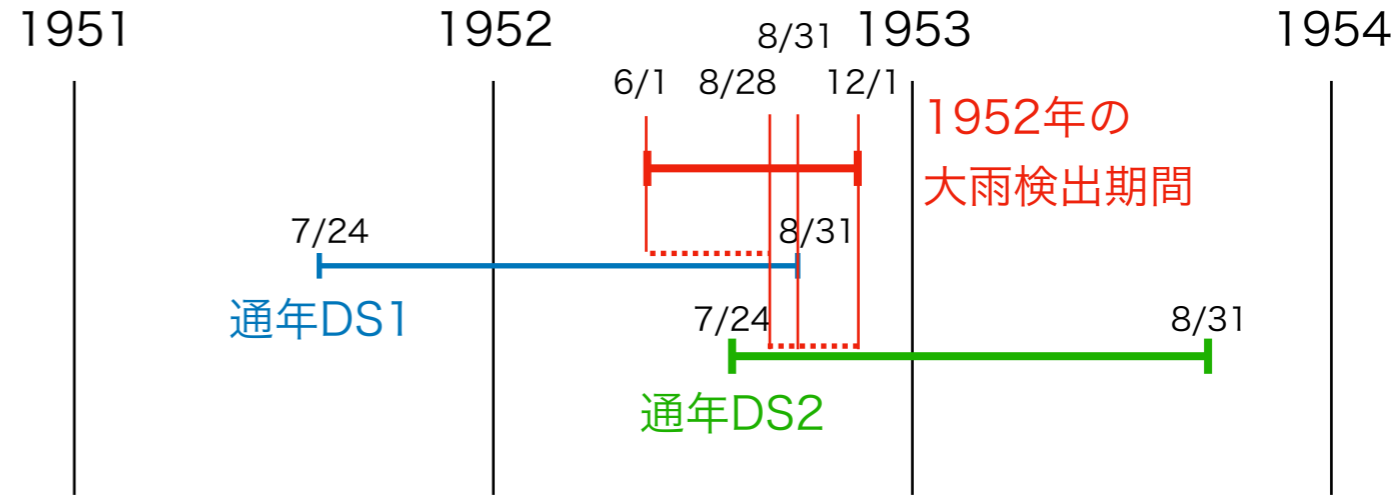
## 十勝川帯広基準地点集水域

20kmでの大雨検出の対象期間（6/1から12/1）と同一期間での通年DSからの大雨の検出

十勝川帯広基準地点集水域 過去実験



73%が同一の降水イベント



連続した2つの通年DSから対象期間内の大雨を検出  
DS1は6/1から8/28、DS2は8/28から12/1が対象

(15日DSにおいて8/28を境に使用する20kmメッシュデータを変えていたため、通年DSでも8/28日を境に使用する通年DSを変更した)

**675年間の通年DSにおいて6月1日から12月1日まで連続してデータが存在するのは115年分。**

**115年分の年最大降水イベントの中で上位17%が15日DSで抽出されたもの。**

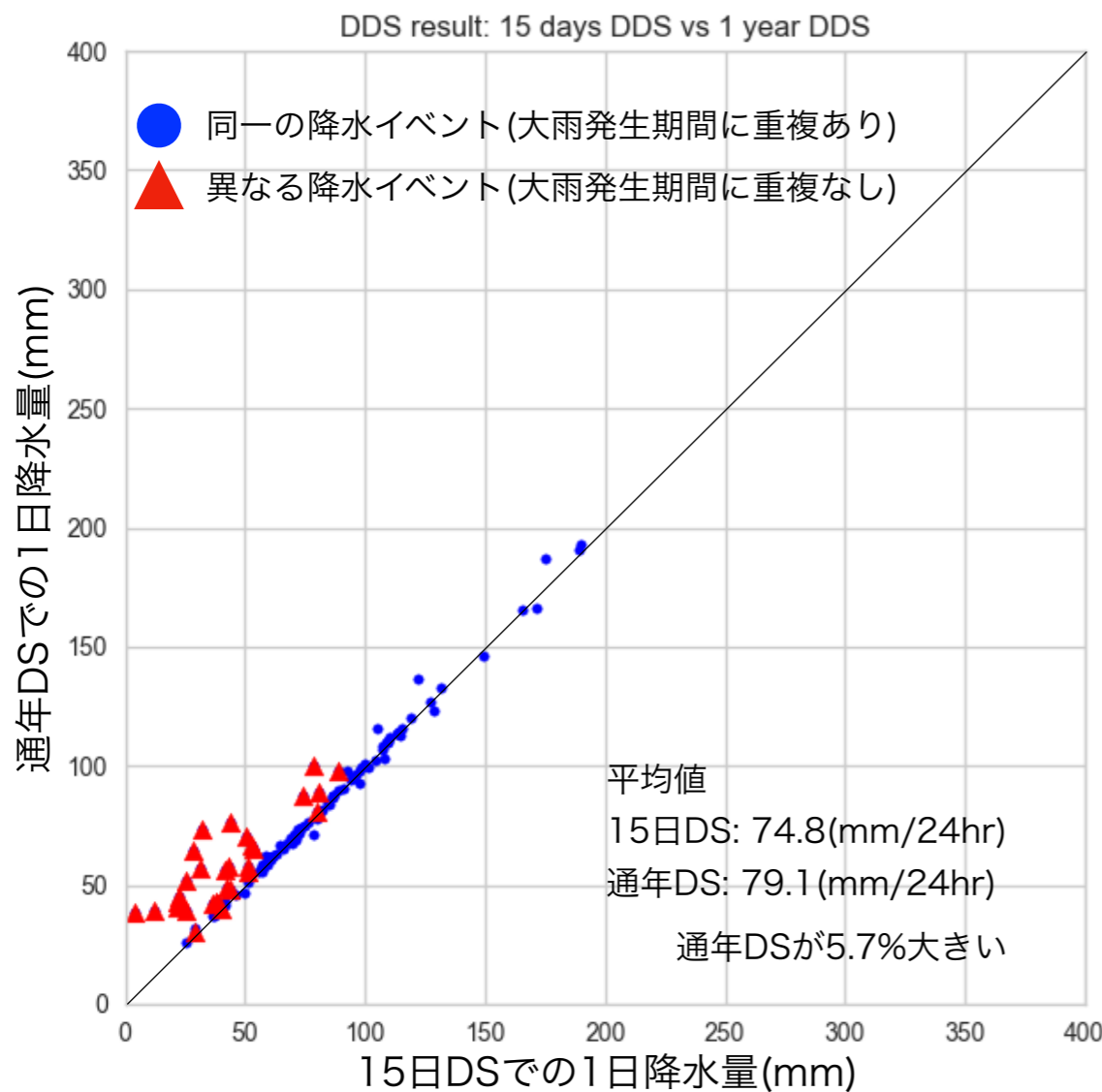
**15日DSで対象流域における計画に資する大雨事例を捉えることができた。**

# 15日DSと通年DSによる年最大降水量の比較(2)

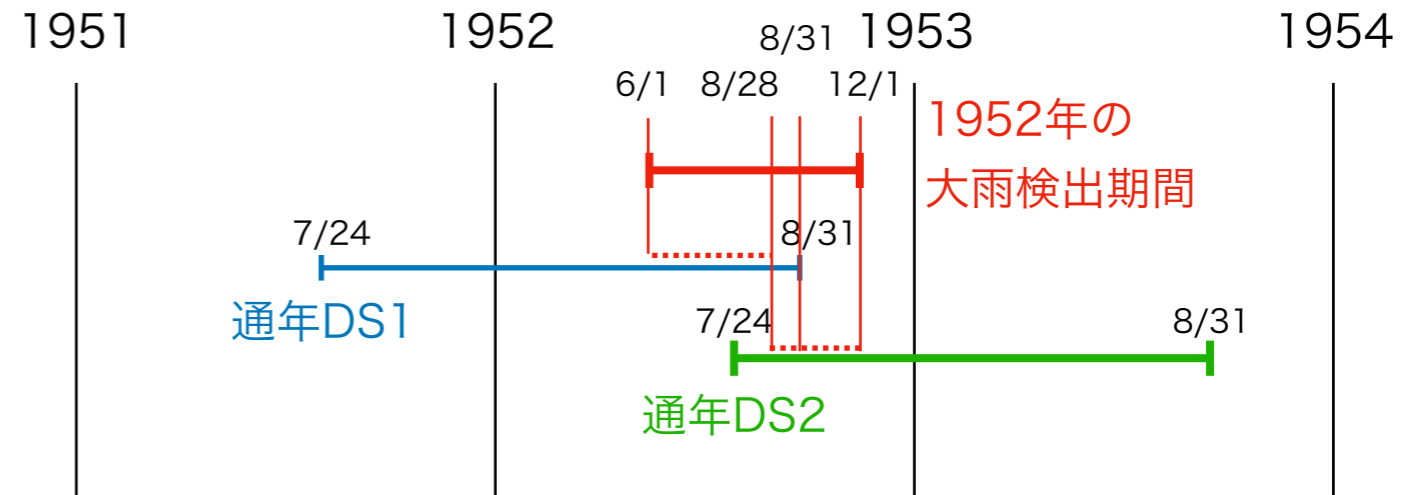
## 常呂川北見基準地点集水域

20kmでの大雨検出の対象期間（6/1から12/1）と同一期間での通年DSからの大雨の検出

常呂川北見基準地点集水域 過去実験



74%が同一の降水イベント



連続した2つの通年DSから対象期間内の大雨を検出  
DS1は6/1から8/28、DS2は8/28から12/1が対象

(15日DSにおいて8/28を境に使用する20kmメッシュデータを変えていたため、通年DSでも8/28日を境に使用する通年DSを変更した)

**675年間の通年DSにおいて6月1日から12月1日まで連続してデータが存在するのは115年分。**

**115年分の年最大降水イベントの中で上位23%が15日DSで抽出されたもの。**

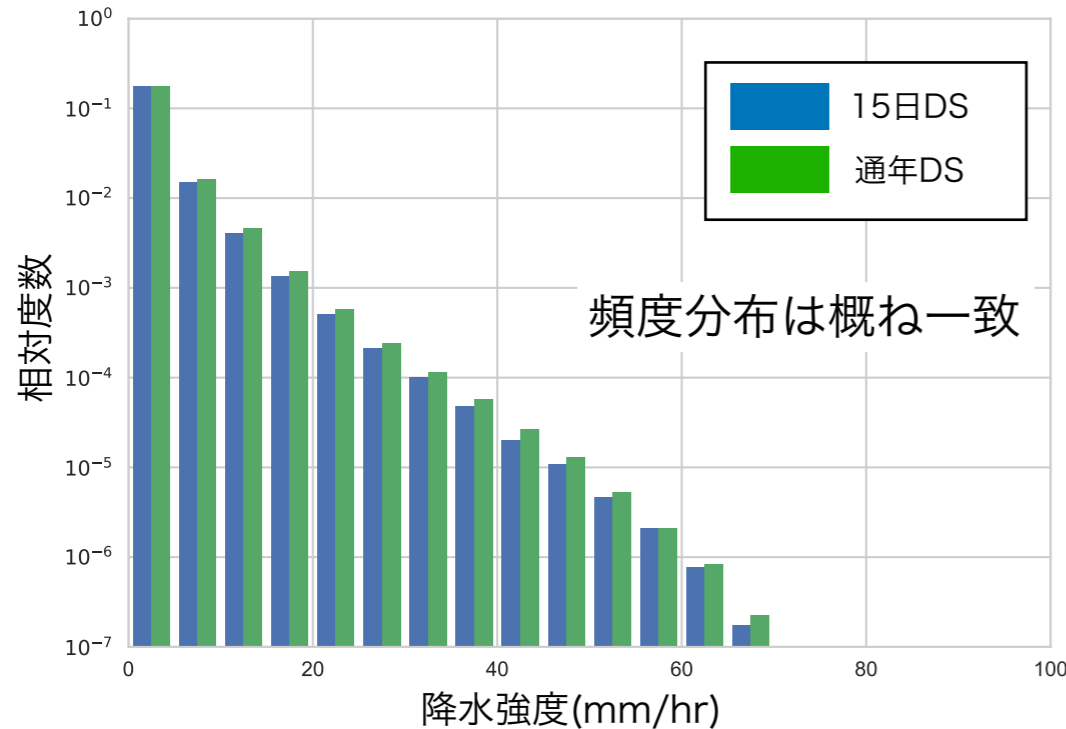
**15日DSで対象流域における計画に資する大雨事例を捉えることができた。**

# 15日DSと通年DSにおける1時間降水強度の特徴

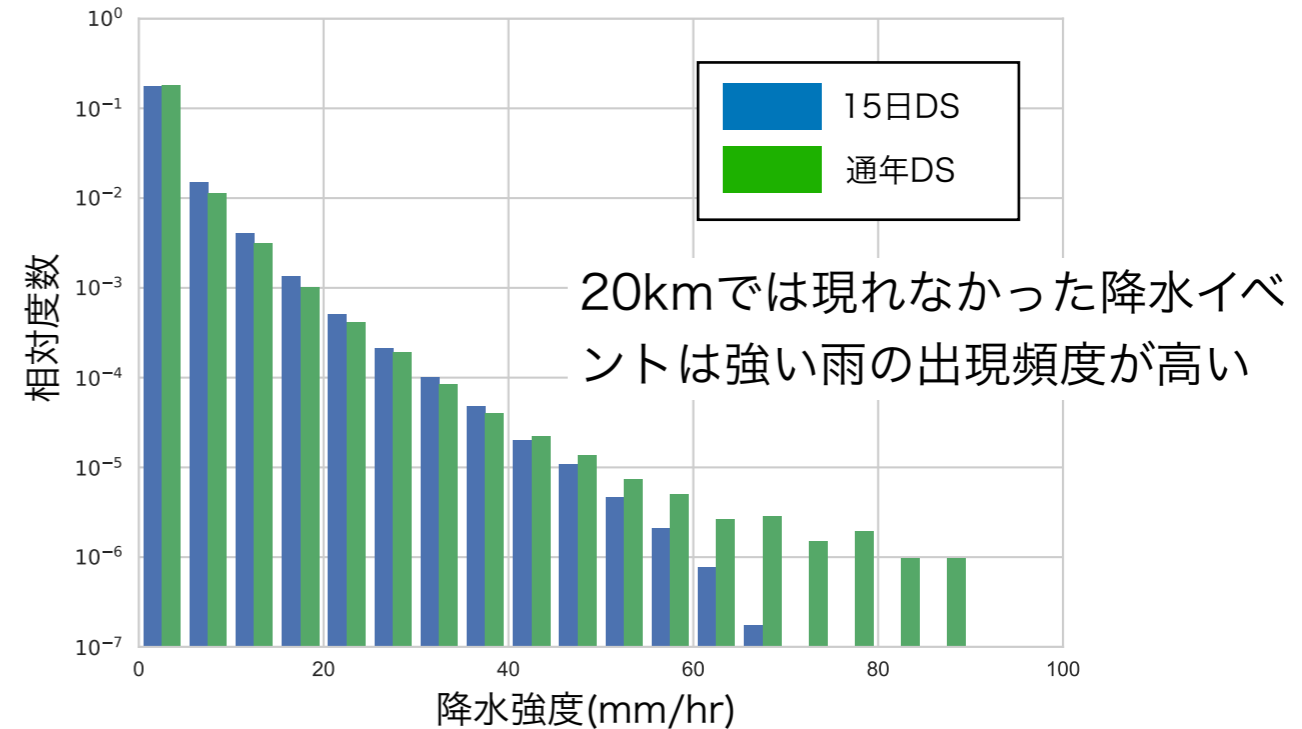
## 十勝川帯広基準地点集水域

### 15日DSと通年DSの比較

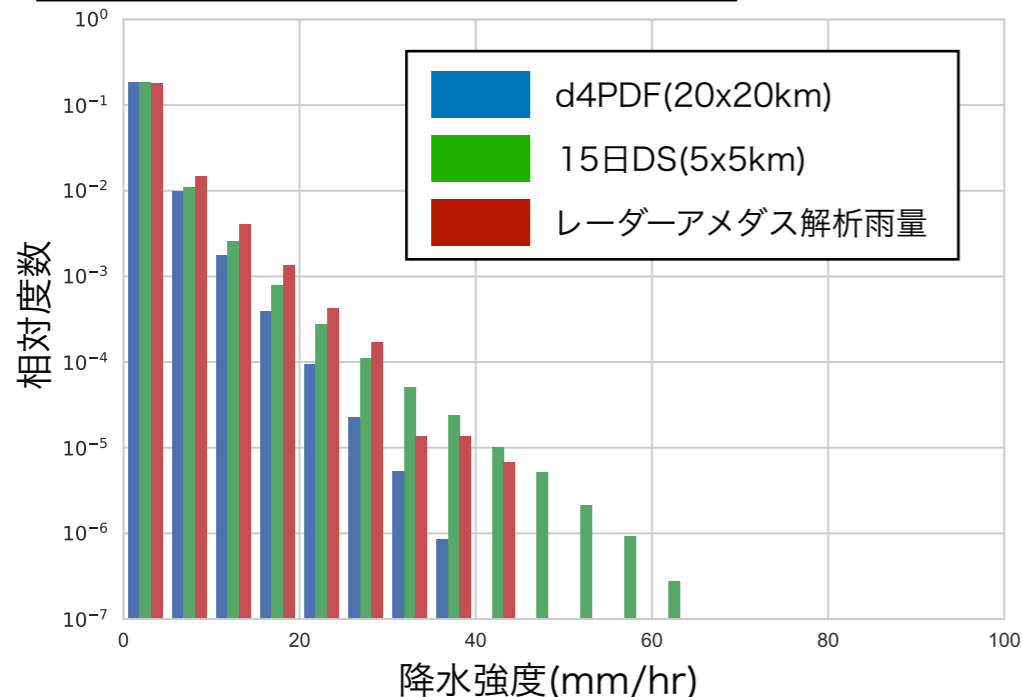
同一の降水イベント(全事例の83%)間での比較



異なる降水イベント(全事例の17%)間での比較



### 15日DSと実績値の比較



同一の降水イベント間では15日DSと通年DSの1時間降水強度の頻度分布は概ね一致した。

20kmメッシュでは現れなかった大雨イベントでは強い雨が生じる。

流域降水量の上位の事例は15日DSと通年DSが同一のイベントであることから、計画に資する大雨事例では15日DS, 通年DSの両者とも実績値との一致度が高い。

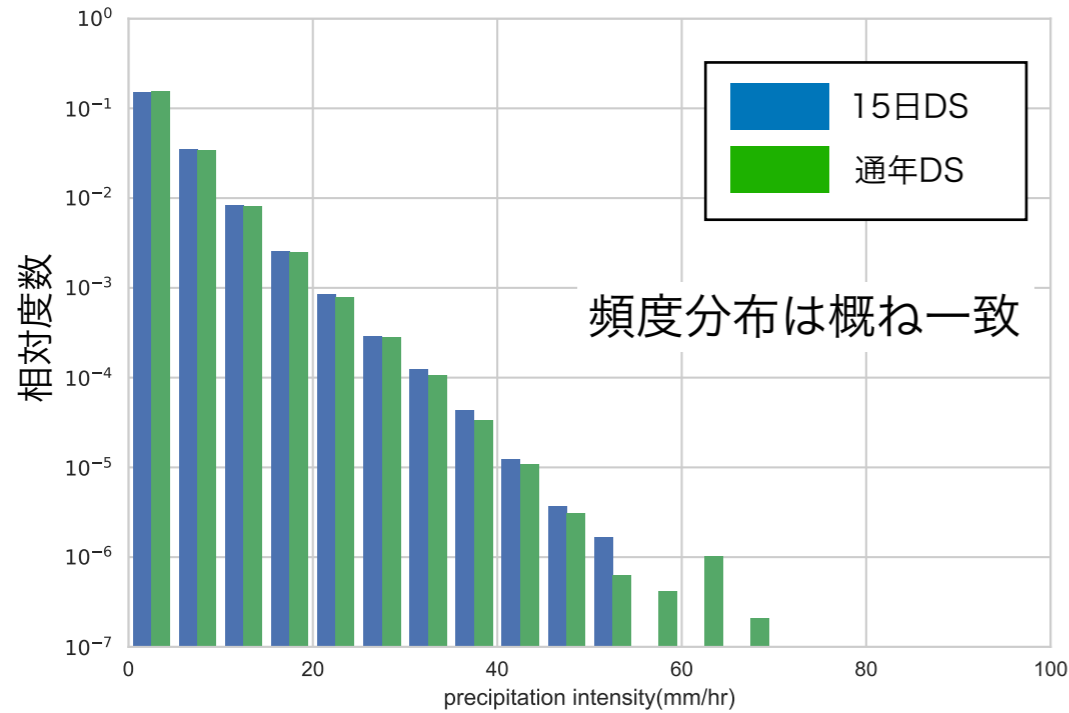


# 15日DSと通年DSにおける1時間降水強度の特徴

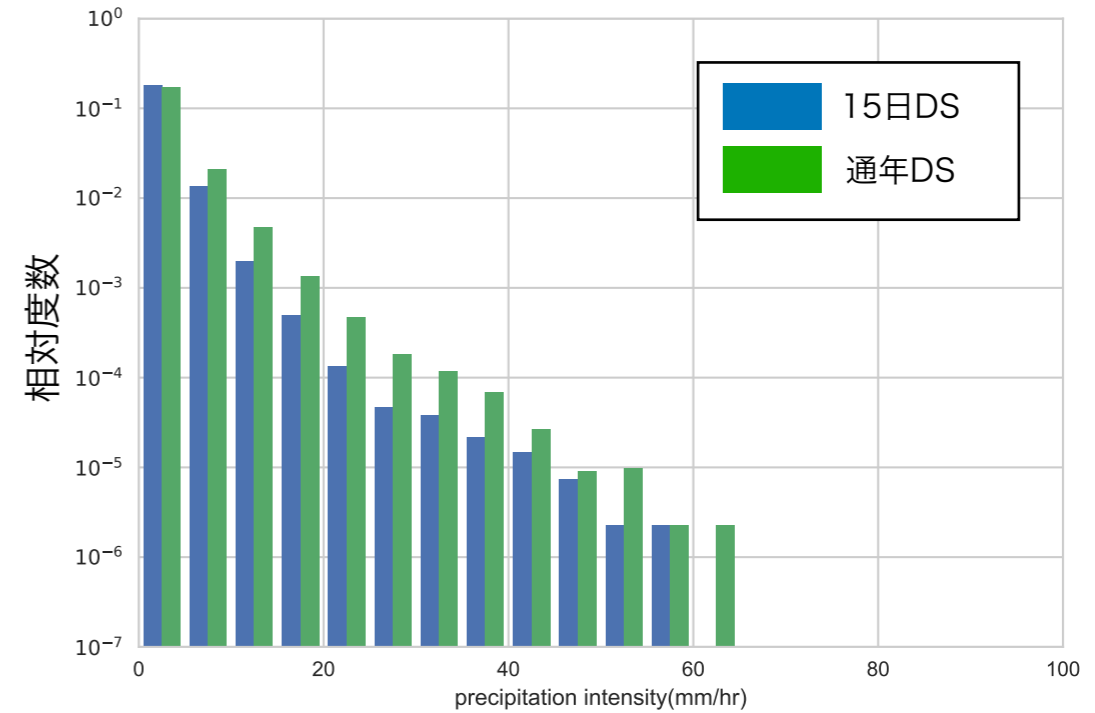
## 常呂川北見地点集水域

### 15日DSと通年DSの比較

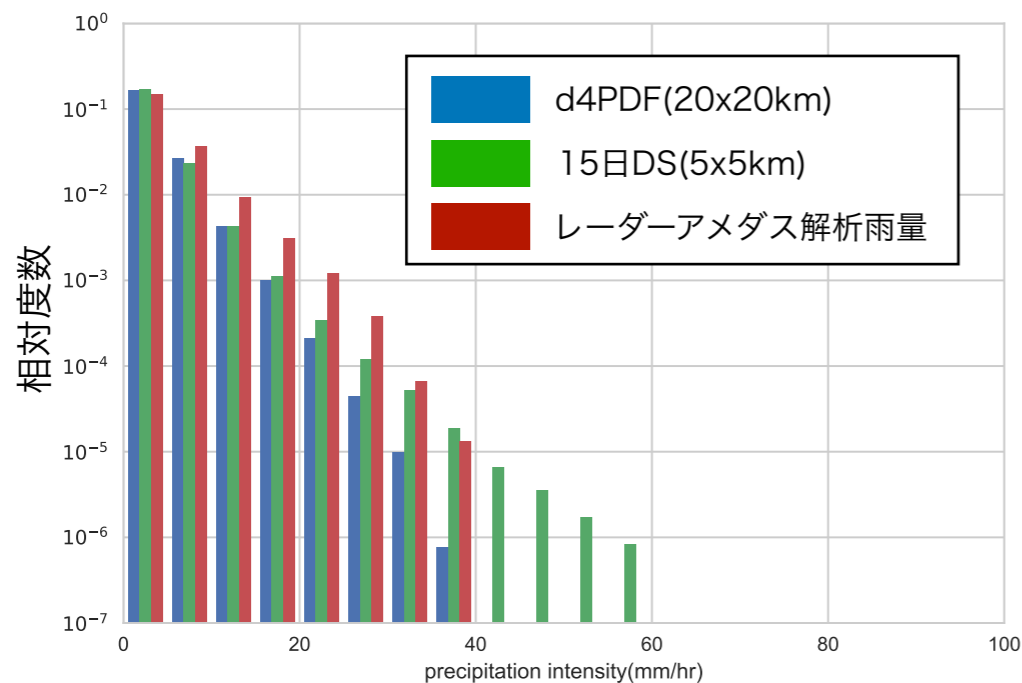
20kmで検出された降水イベント(全事例の78%)での比較



異なる降水イベント(全事例の22%)間での比較



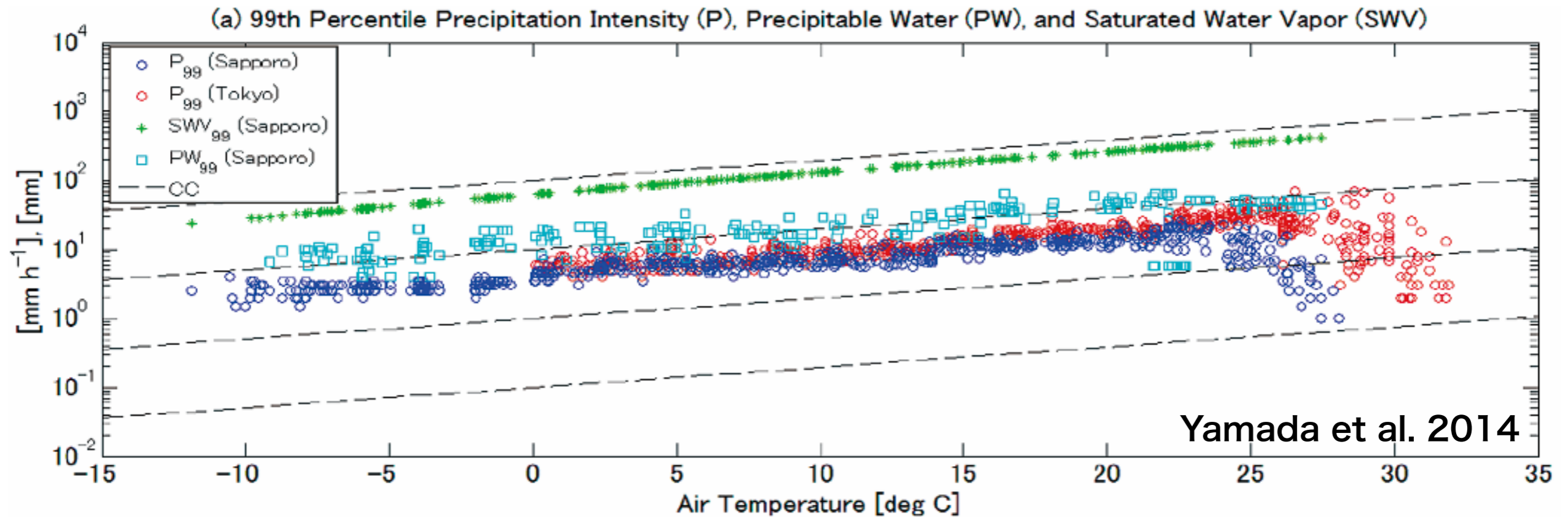
### 15日DSと実績値の比較



同一の降水イベント間では15日DSと通年DSの1時間降水強度の頻度分布は概ね一致した。

計画に資する大雨事例では15日DS, 通年DSの両者とも実績値との一致度が高い。

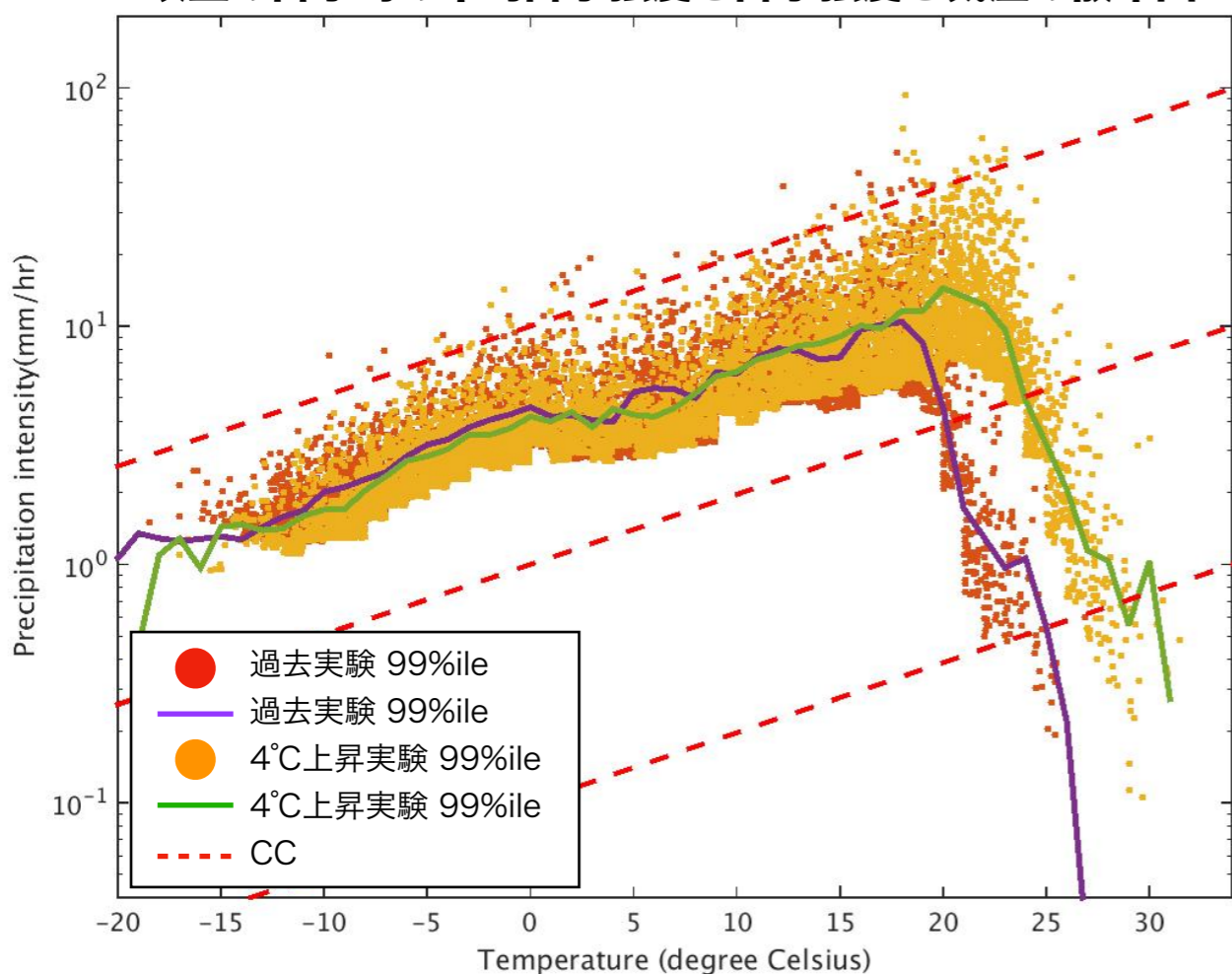
# 99パーセンタイル値の降水強度の特徴 (札幌(青丸), 東京(赤丸)を対象とした観測結果)



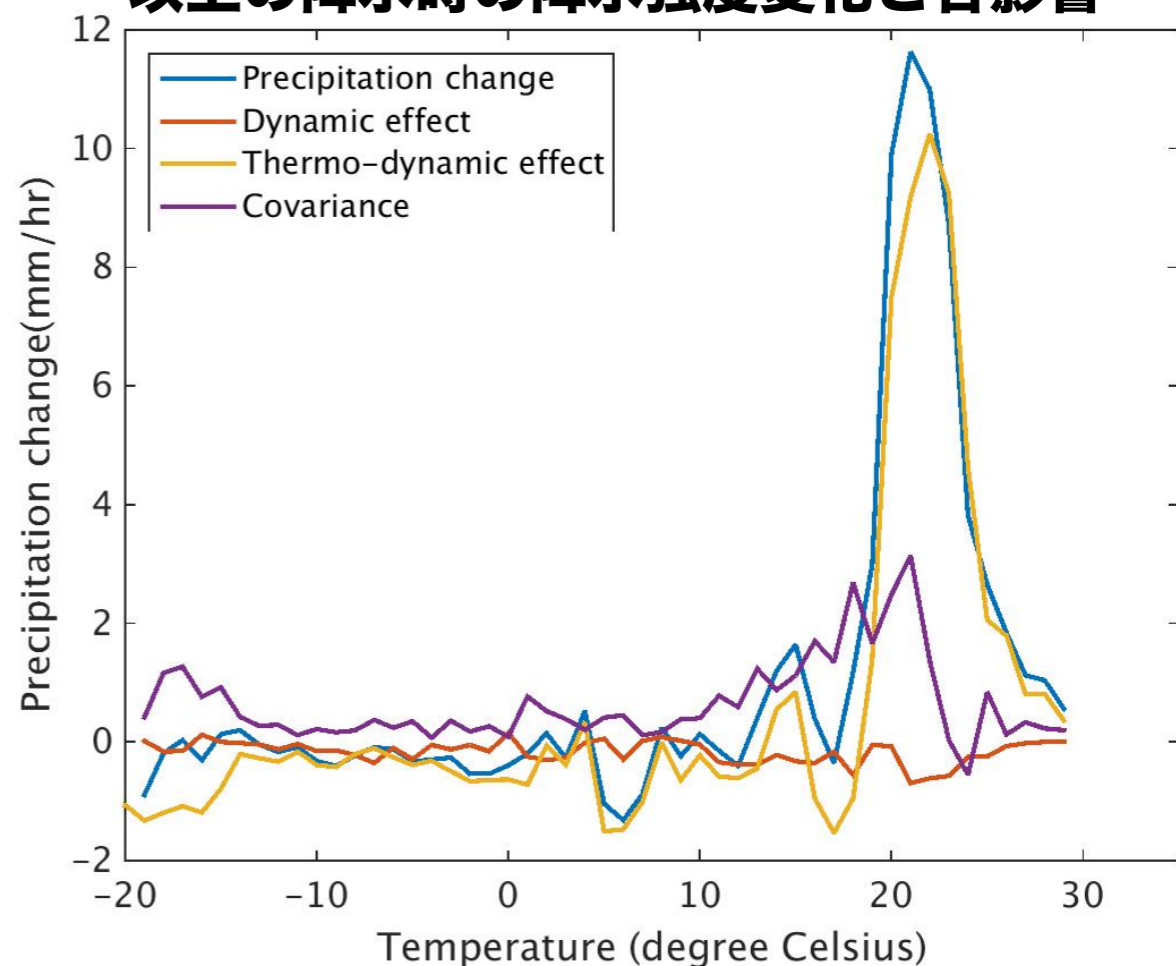
99パーセンタイル降水強度は地表面気温と飽和水蒸気圧の関係式(Clausius-Clapeyron関係)に従う。

# 過去・4度上昇実験における99パーセンタイル1時間降水強度の特徴(十勝川上流域)

各気温での降水強度が上位1パーセンタイル以上の降水時の平均降水強度と降水強度と気温の散布図



各気温での降水強度が上位1パーセンタイル以上の降水時の降水強度変化と各影響



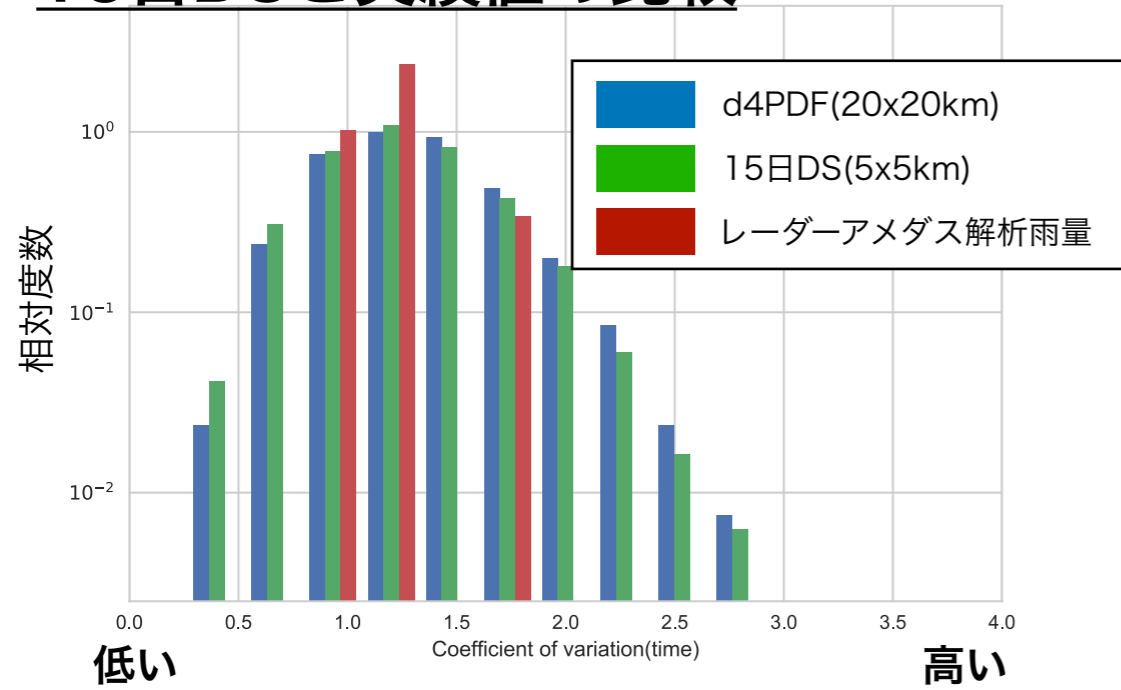
過去実験・4°C上昇実験ともにCC関係に従っており、かつ観測結果と整合的  
99%パーセンタイル1時間降水強度の増加分は熱力学効果と一部は力学的効果との  
共分散項で占められるとの結果が得られた。

※暫定版の結果

# 15日DSと通年DSにおける降水の時間的な集中度における特徴

## 十勝川帯広基準地点集水域

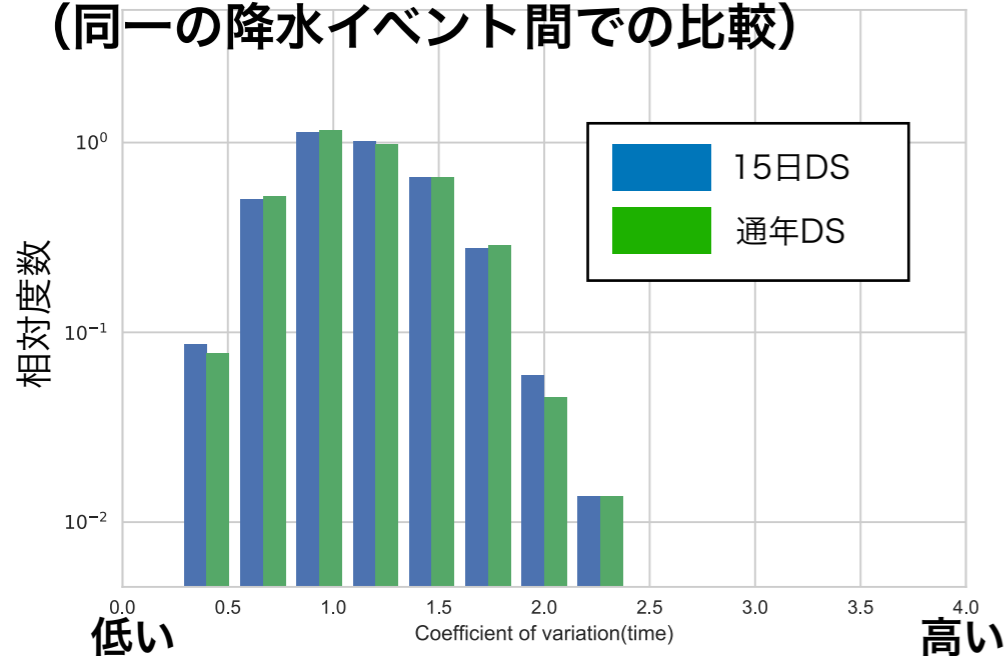
### 15日DSと実績値の比較



流域平均降水量の時間的な集中度

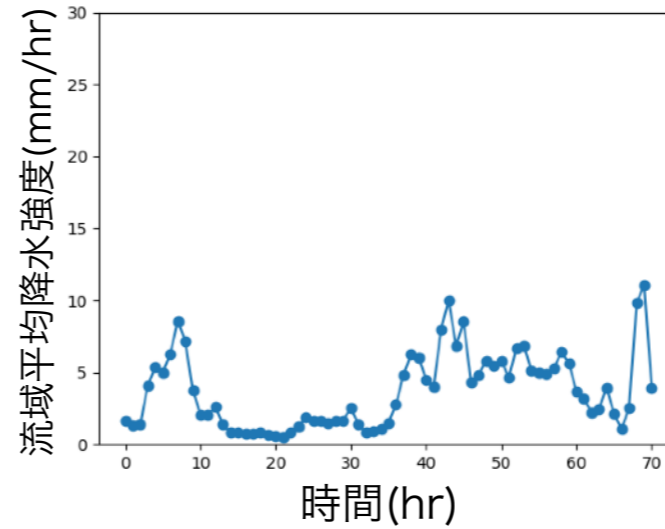
### 15日DSと通年DSの比較

(同一の降水イベント間での比較)

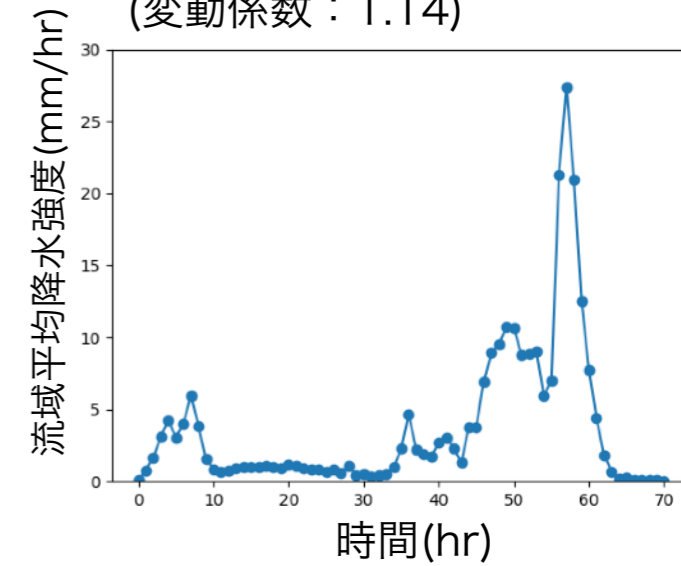


流域平均降水量の時間的な集中度

時間的な集中度が低い事例  
(変動係数：0.57)

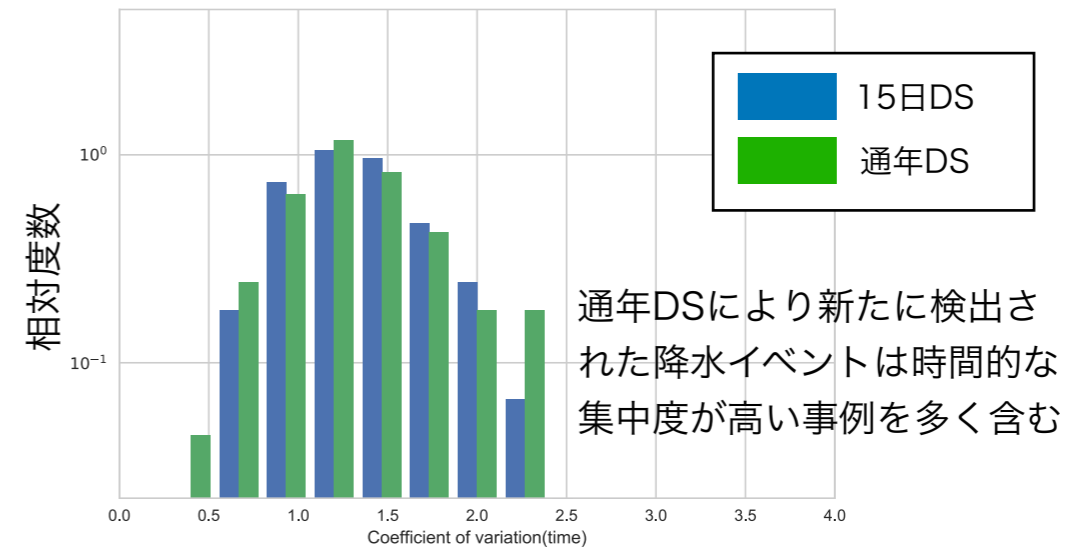


時間的な集中度が高い事例  
(変動係数：1.14)



### 15日DSと通年DSの比較

(異なる降水イベント間での比較)



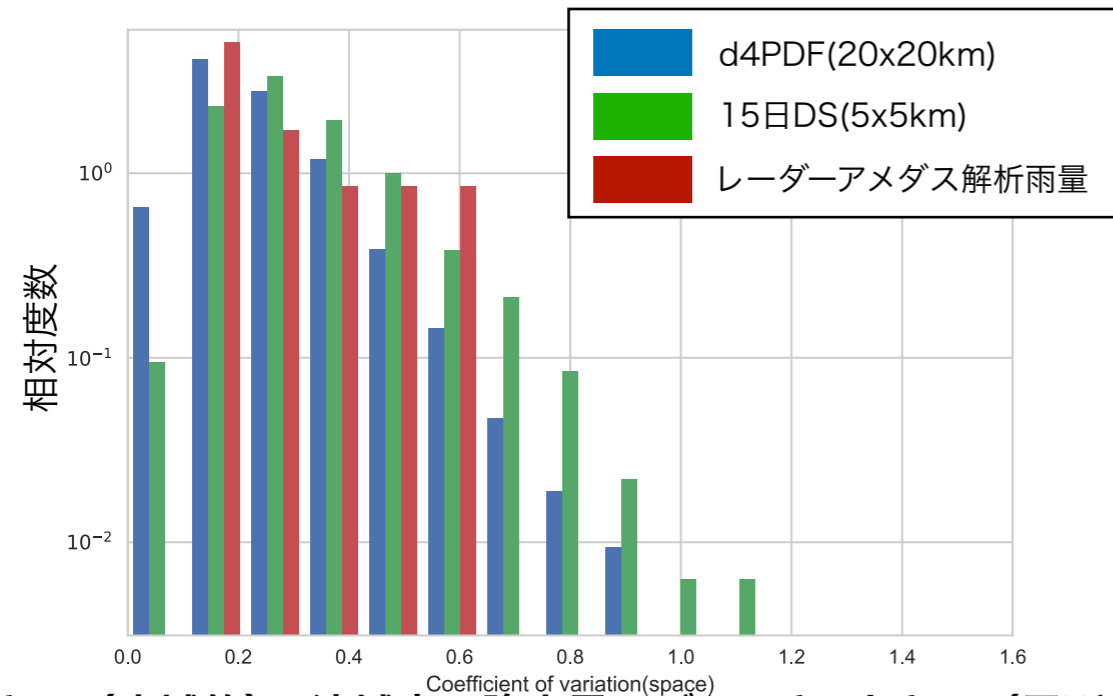
同一の降水イベント間での15日DSと通年DSの降水の時間的な集中度は概ね同様である。

異なる降水イベントでは通年DSの方が短時間に雨が集中している事例が含まれる。

# 15日DSと通年DSにおける降水の空間的な集中度における特徴

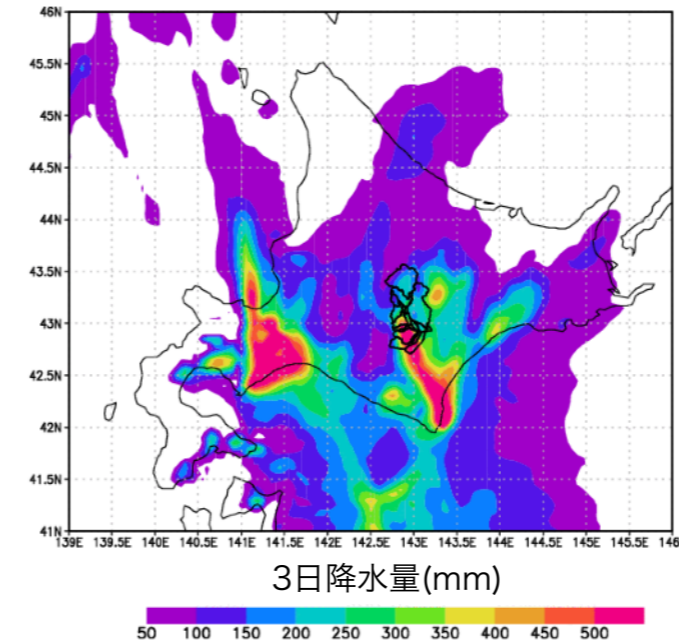
## 十勝川帯広基準地点集水域

### 15日DSと実績値の比較

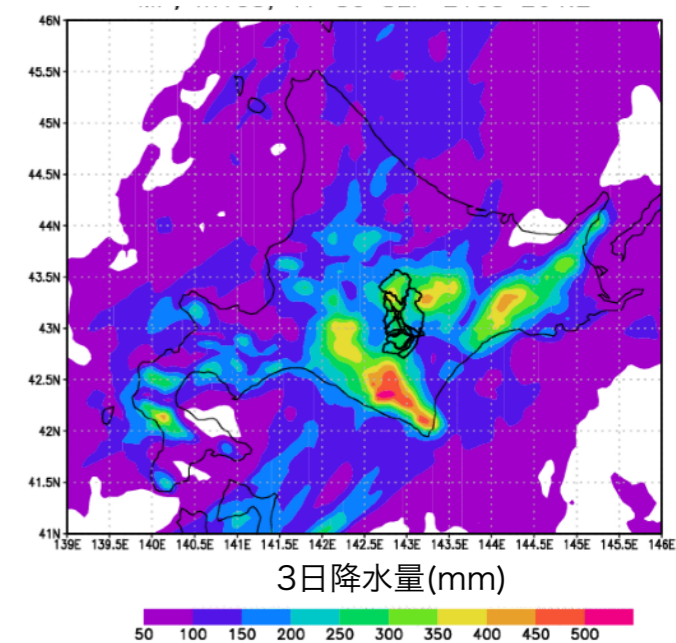


小さい (広域的) 流域内の降水量のばらつき 大きい (局所的)

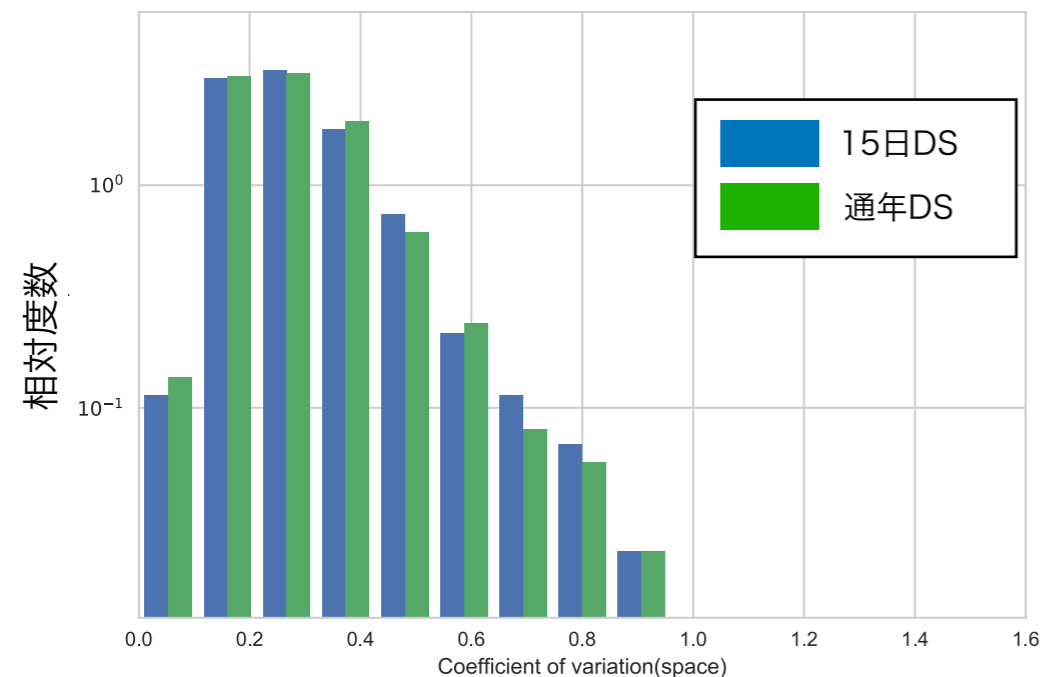
空間的な集中度が高い事例  
(変動係数：0.50)



空間的な集中度の低い事例  
(変動係数：0.19)



### 15日DSと通年DSの比較 (同一の降水イベント間での比較)



小さい (広域的) 流域内の降水量のばらつき 大きい (局所的)

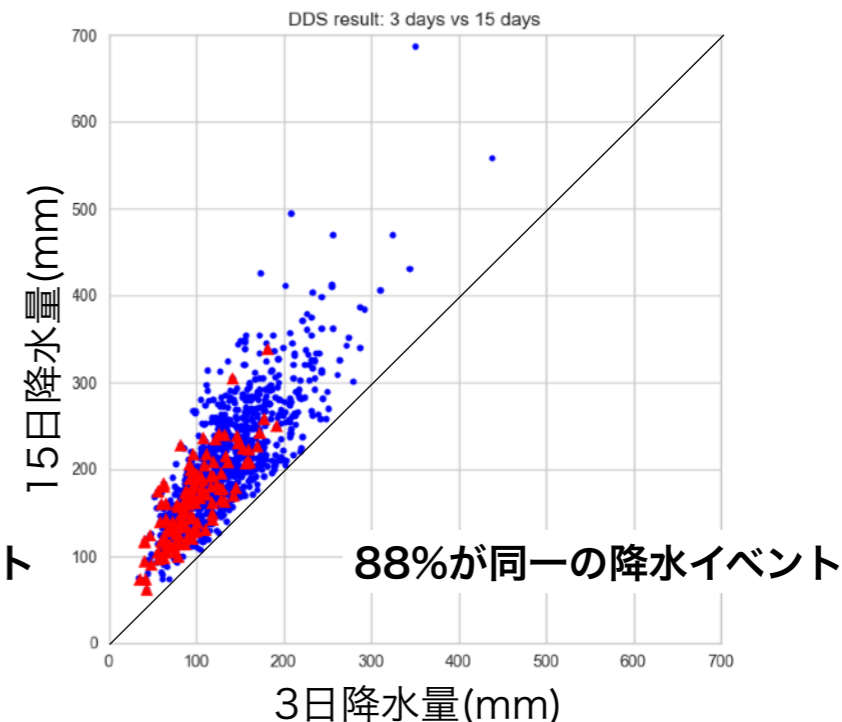
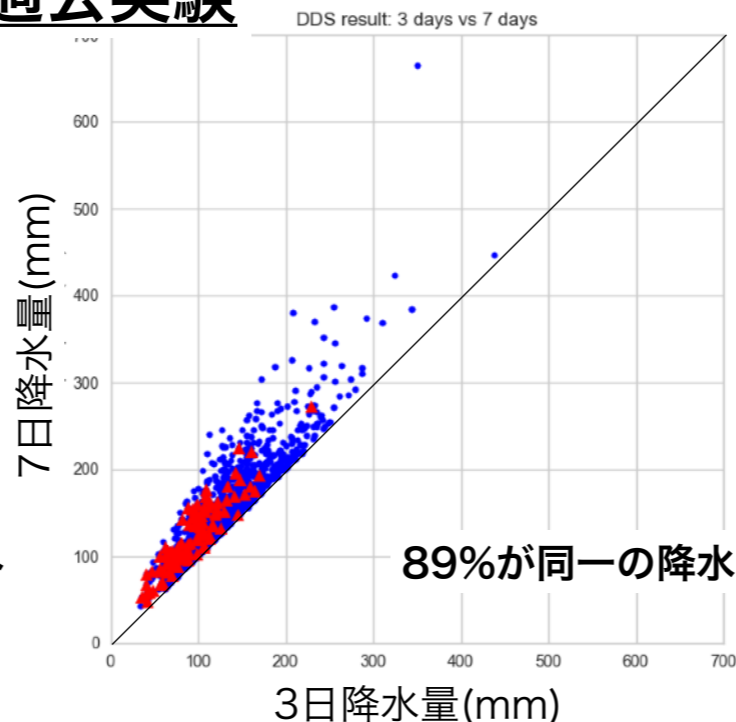
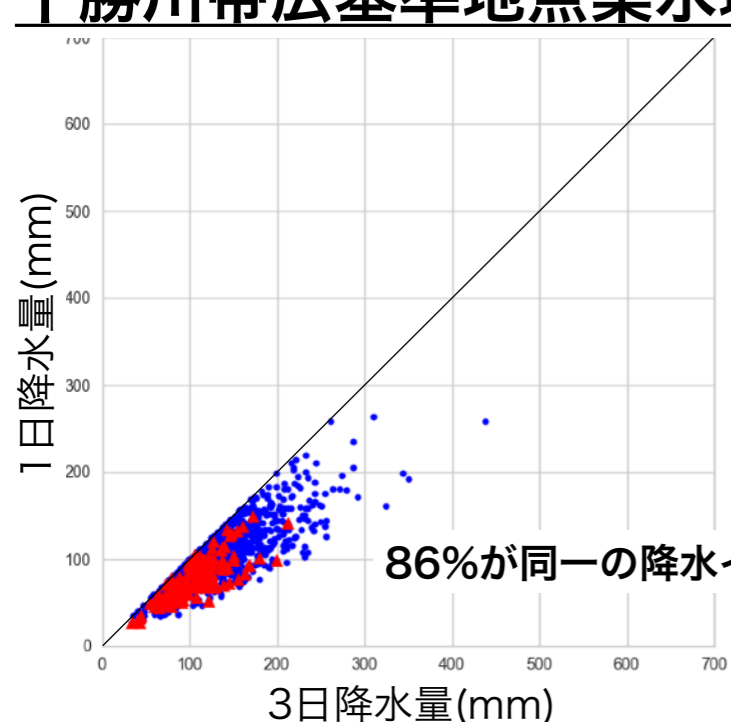
同一の降水イベント間では15日DSと通年DSの降水の空間分布は同様である。

# 時間スケールの異なる 大雨イベントへの適用性

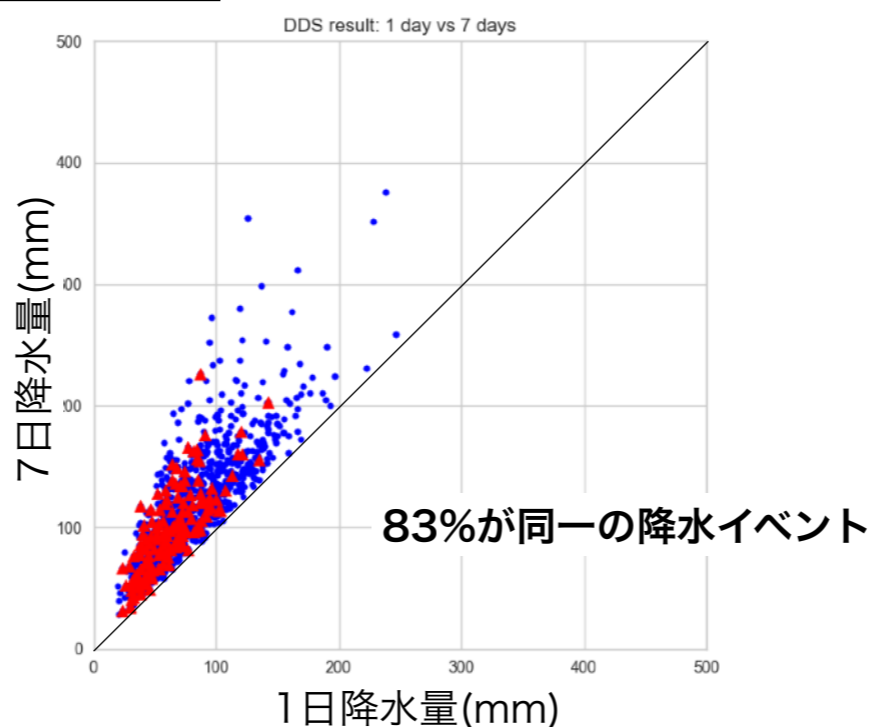
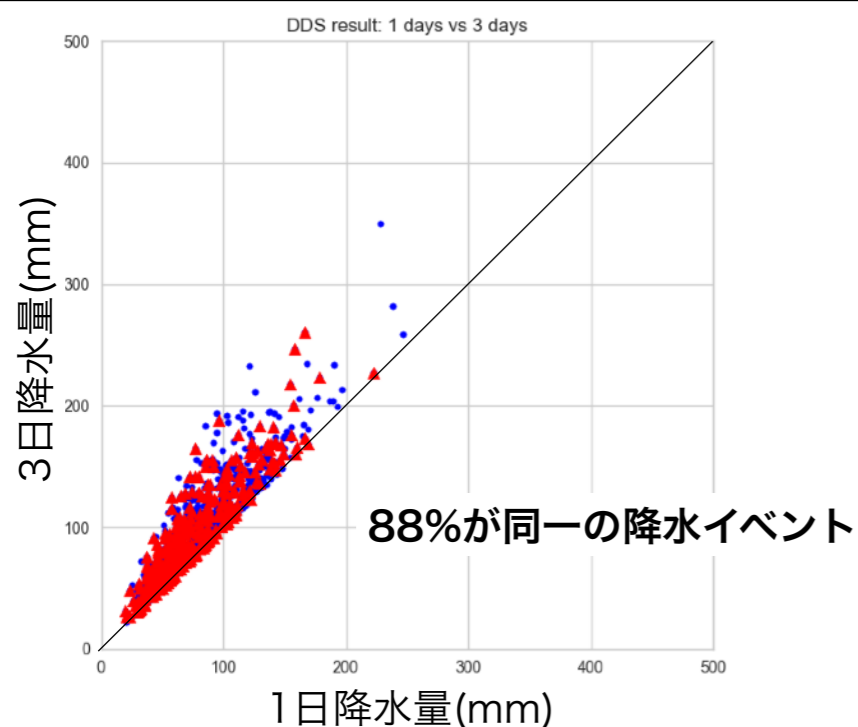
# 選定した年最大降水量は異なる時間スケールでも年最大イベントか？

通年DSの結果より検証

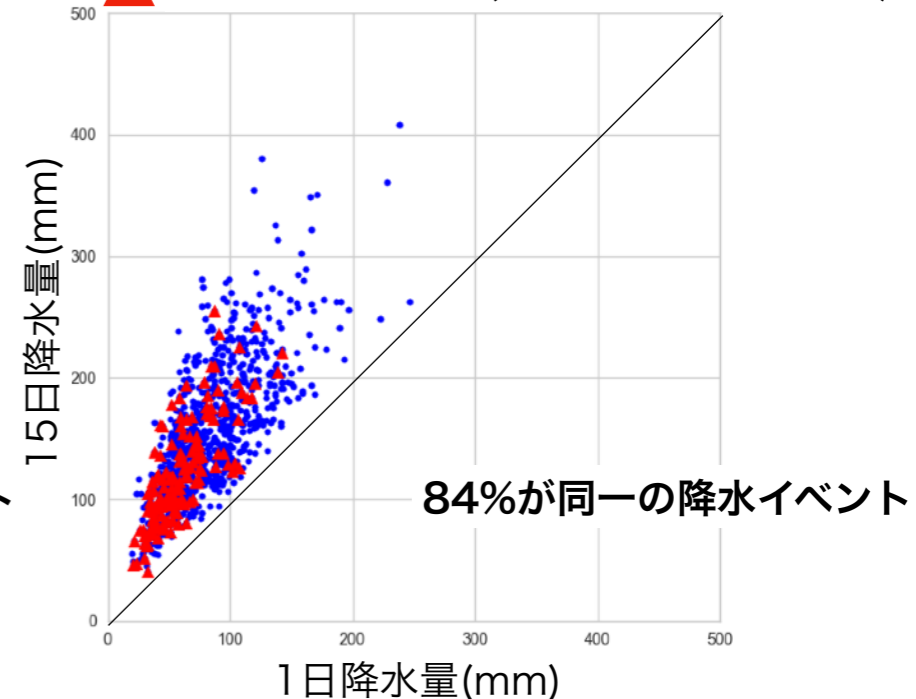
## 十勝川帯広基準地点集水域 過去実験



## 常呂川北見基準地点集水域 過去実験



- 同一の降水イベント(大雨発生期間に重複あり)
- ▲ 異なる降水イベント(大雨発生期間に重複なし)



いずれの時間スケール間の比較においても80%以上が同一の降水イベント  
降水量の多い事例ほど同一の降水イベントとみなせる割合が高い

# 台風を要因とする降水量の分析

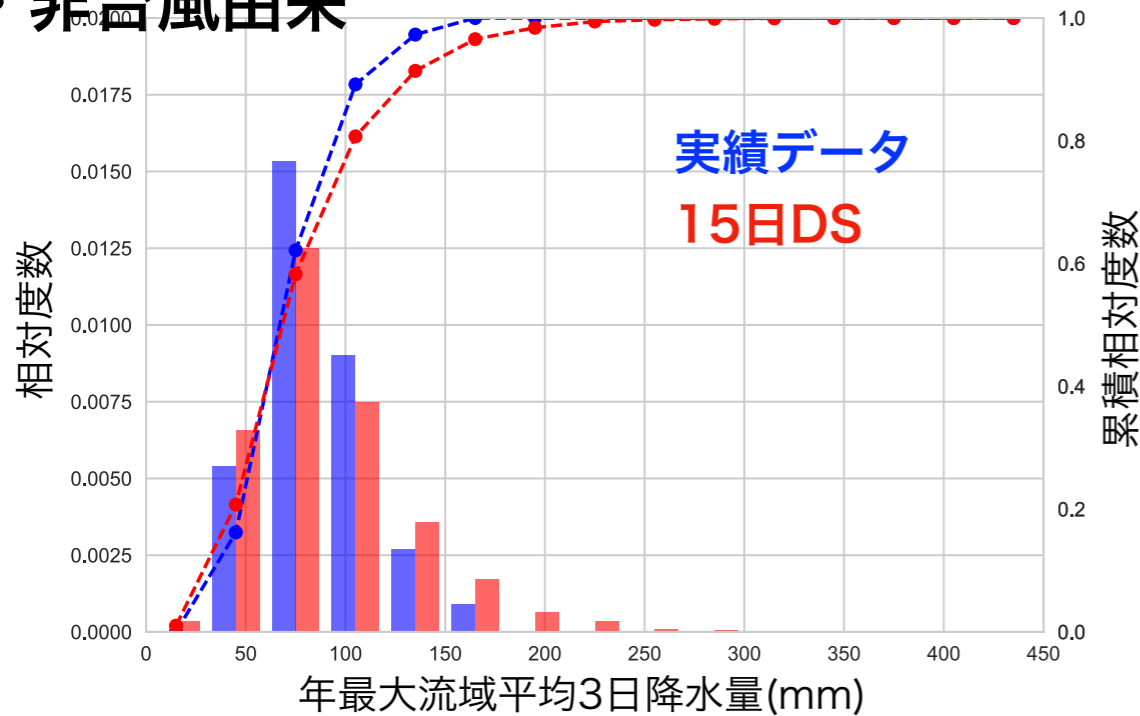


# 要因別での実績値との比較

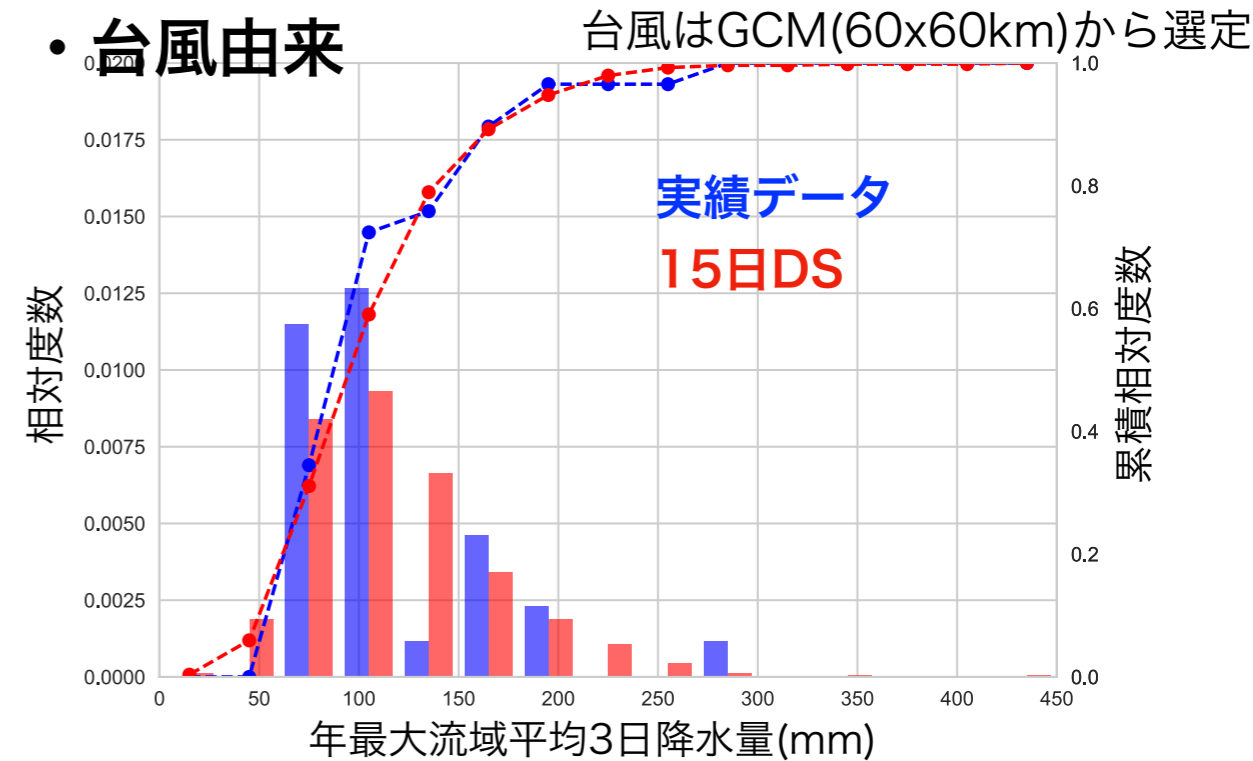
## 十勝川帯広基準地点集水域

- 台風の選別条件(H. Murakami et al. 2012)
- (1) 850hPa最大相対渦度： $8.0 \times 10^{-5}/s$ 以上
  - (2) 850hPa最大風速：13 m/s以上
  - (3) 850hPaの最大風速 > 300hPaの最大風速
  - (4) 300, 500, 700hPaの気温偏差の合計値が0.8K以上
  - (5) 継続時間が36時間以上

### ・ 非台風由来

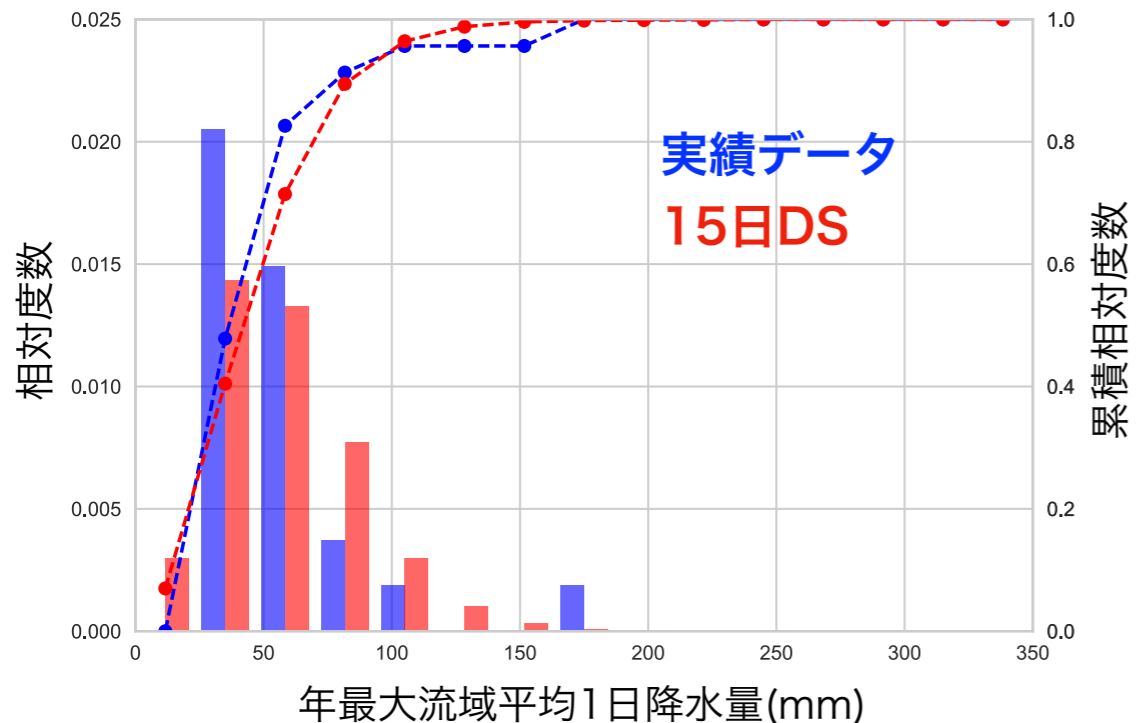


### ・ 台風由来

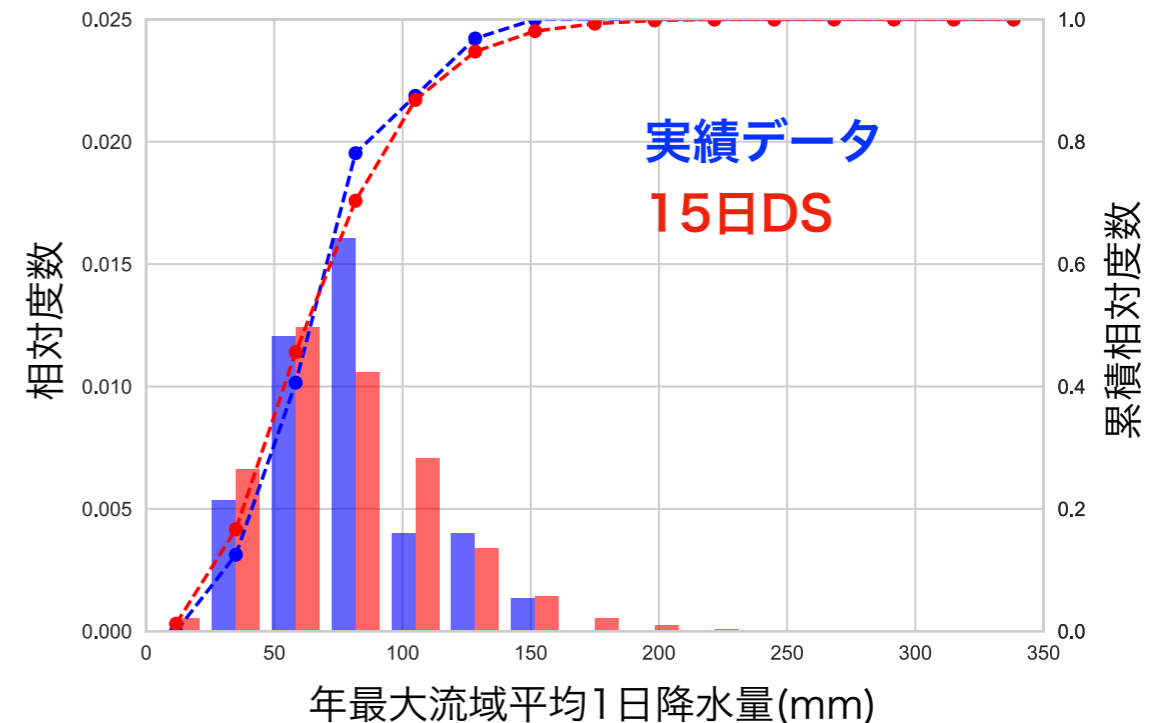


## 常呂川北見基準地点集水域

### ・ 非台風由来



### ・ 台風由来



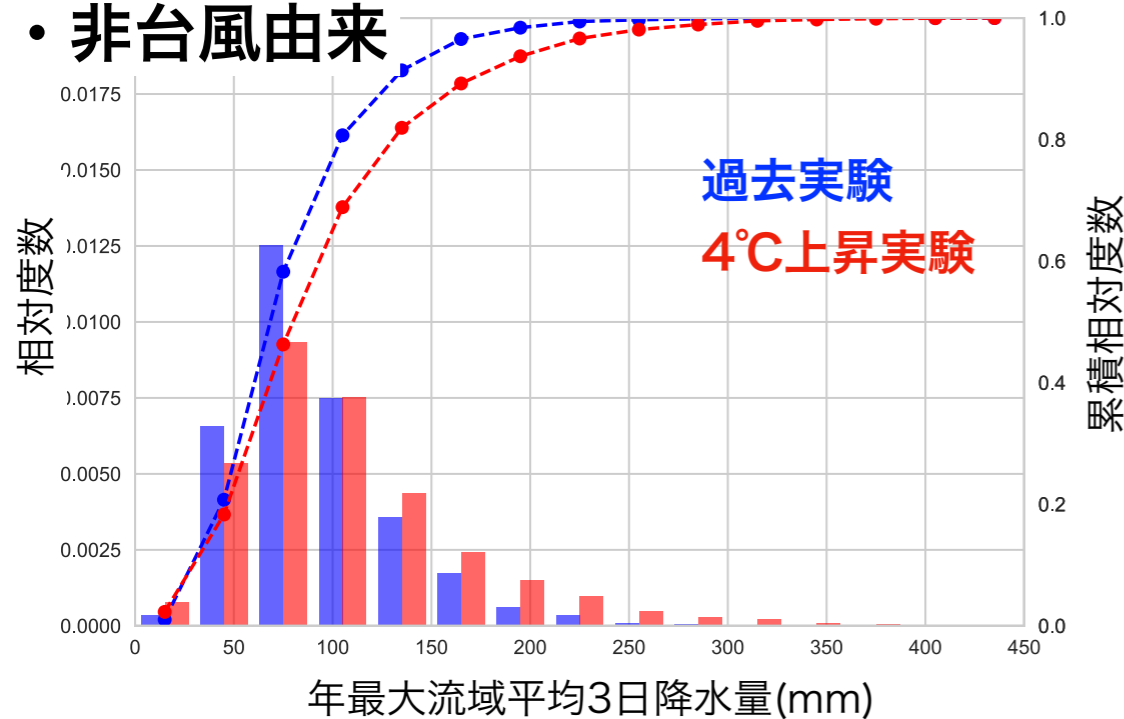
非台風由来と台風由来のどちらにおいても、実績データと15日DSの分布形状は近い

# 過去実験, 4°C上昇実験の比較

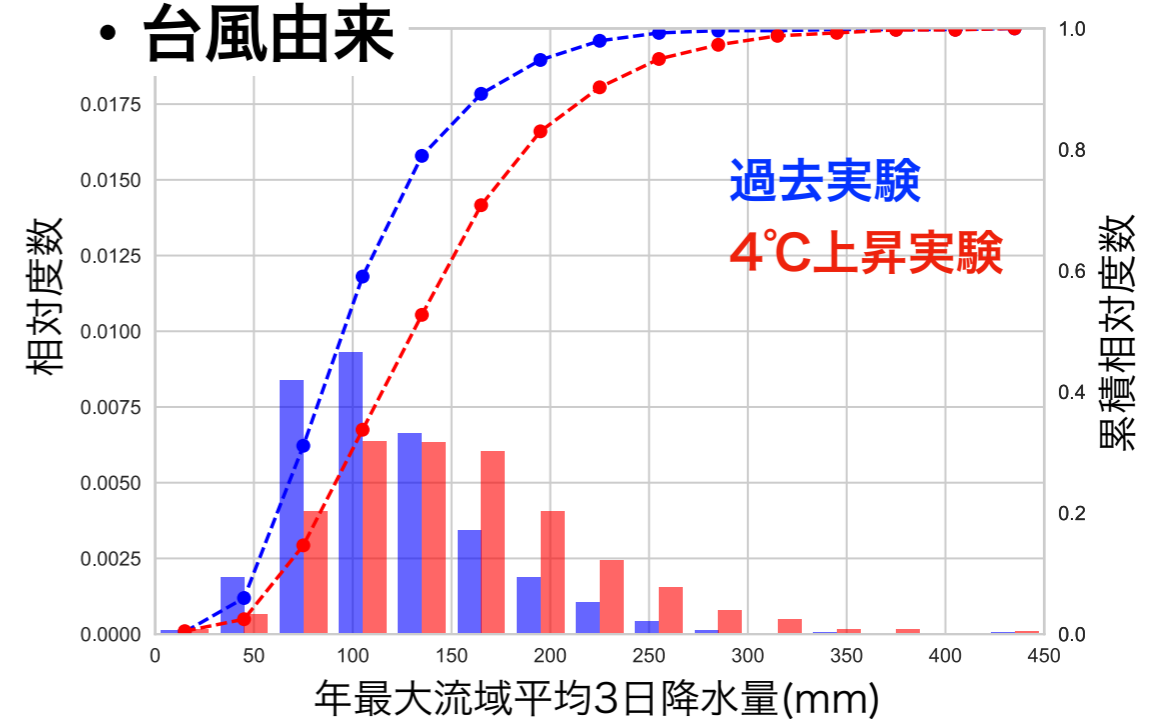
## 十勝川帯広基準地点集水域

※いずれも15日DSの結果

### ・非台風由来

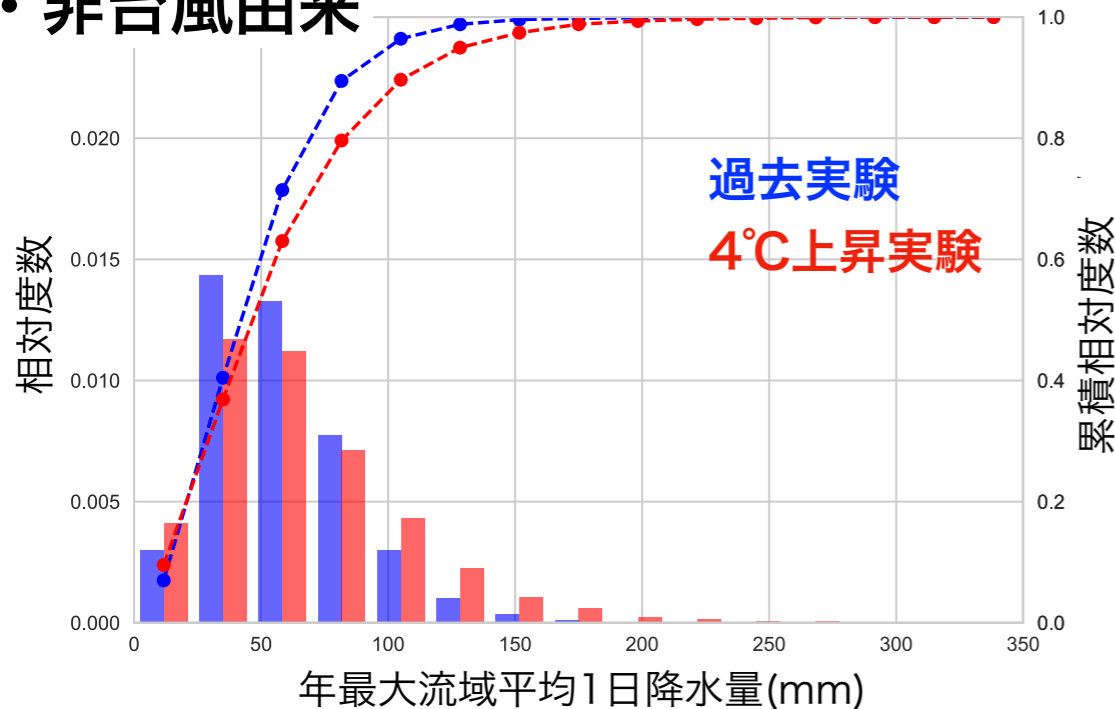


### ・台風由来

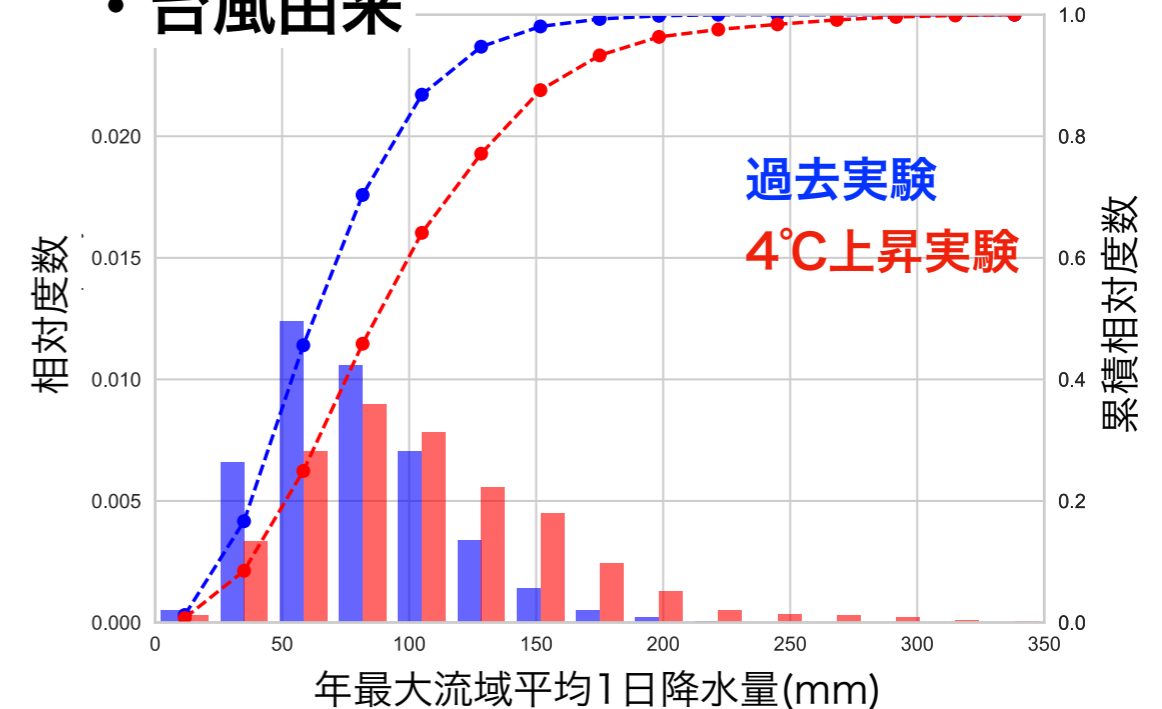


## 常呂川北見基準地点集水域

### ・非台風由来



### ・台風由来



非台風由来と台風由来のどちらにおいても、4°C上昇実験では降水量が大きい

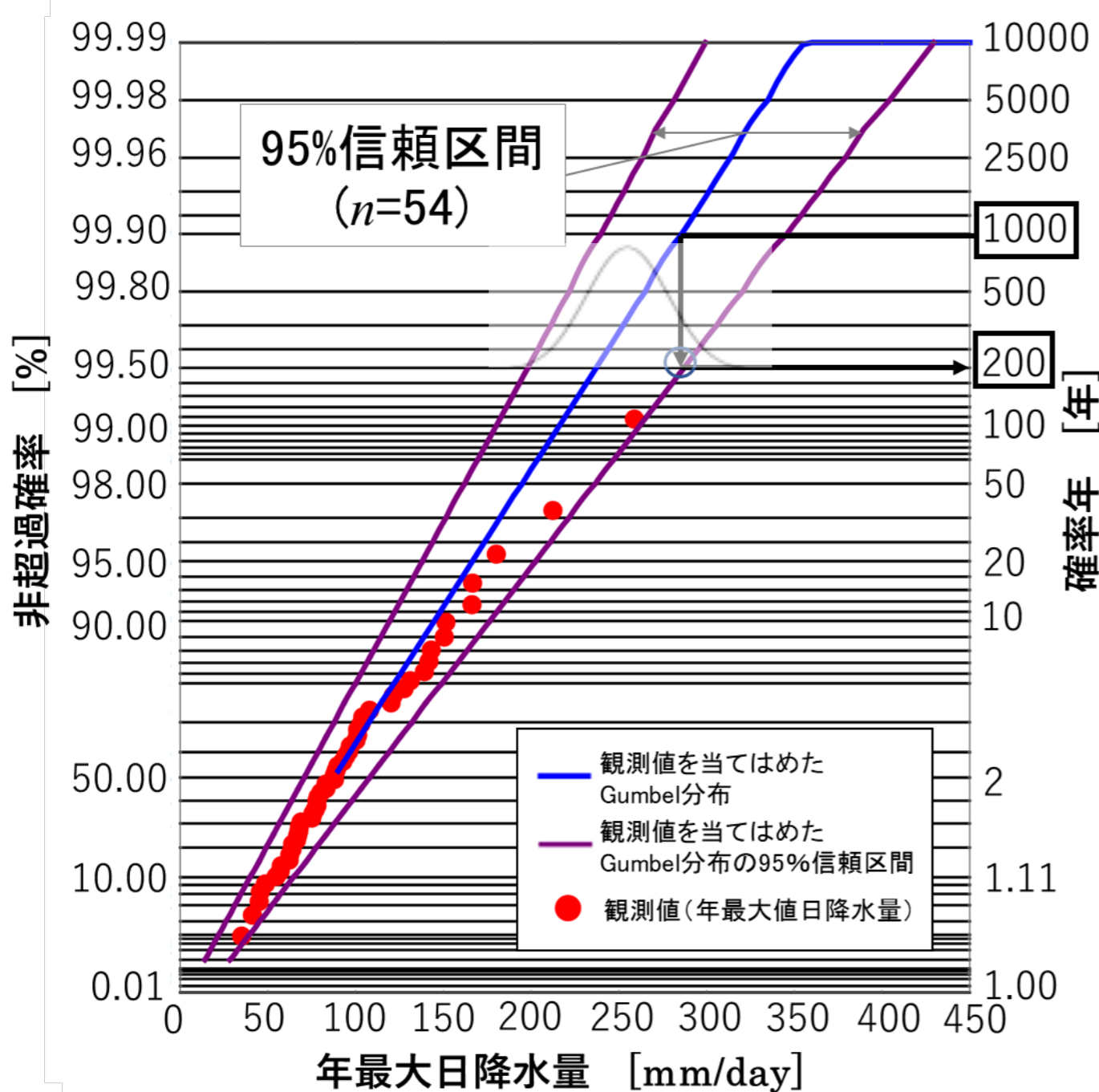
特に台風由来の大雨ではその傾向が顕著に

# まとめ

- 通年DSから選定された年最大降水イベントは多くの事例で20kmメッシュから得られた年最大降水イベントと一致する。（特に降水量の大きい事例ほど同一の降水イベントである割合が高い）
- 15日DSと通年DSの間での発生期間が重複する降水イベントは1時間降水強度、降水の時空間的な集中度は概ね同様となる。
- DSにより得られた99%ile 1時間降水強度は過去実験・4°C上昇実験ともにCC関係に沿い、観測結果と整合的であった。
- 選定した3日降水量(十勝川帯広基準地点集水域)、1日降水量(常呂川北見基準地点集水域)は時間スケールの異なる降水イベントに対しても多くの事例で同一の降水イベントとして含まれる。
- 要因別（台風・非台風）での降水量の頻度分布（過去実験）は実績値と近い形状となる。
- 4°C上昇実験における降水量は要因によらず増加し、特に台風に起因する大雨では増加量が顕著となる。

# 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

信頼区間を導入することで、従来(決定論的手法)では、想定外と見做され得た水文量を正当な確率年で評価することができる。



## 信頼区間を導入した新たな確率年評価の一例

観測値を当てはめたGumbel分布が与える1000年確率水文量  
 = 95%上側信頼限界線が与える200年確率水文量(200年確率水文量の95%値)

当該水文量の超過確率  
 = (採用した確率分布モデルが与える超過確率) × (95%上側信頼限界線が与える超過確率(2.5%))

$$= (1/200) \times 0.025 = 1.25 \times 10^{-3} (1/8千)$$

信頼区間を考慮することで、未曾有の豪雨が発生するリスクを算出することができる。

**リスクの相対評価が実現**

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

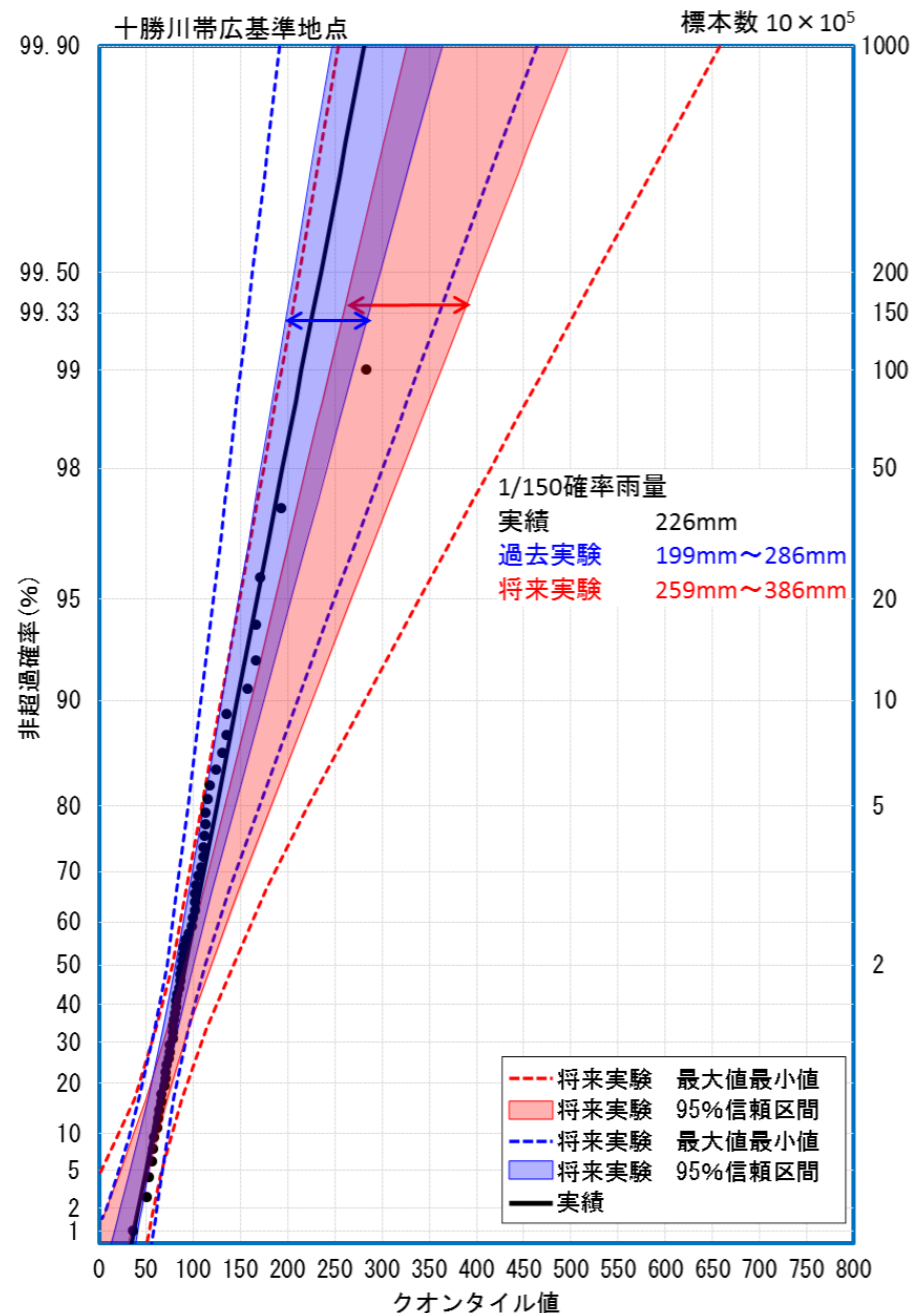
図 利根川水系八斗島観測所における54年間分の年最大日降水量の観測値及びこれら54個の観測値を当てはめたGumbel分布、当該Gumbel分布の信頼区間

# 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】

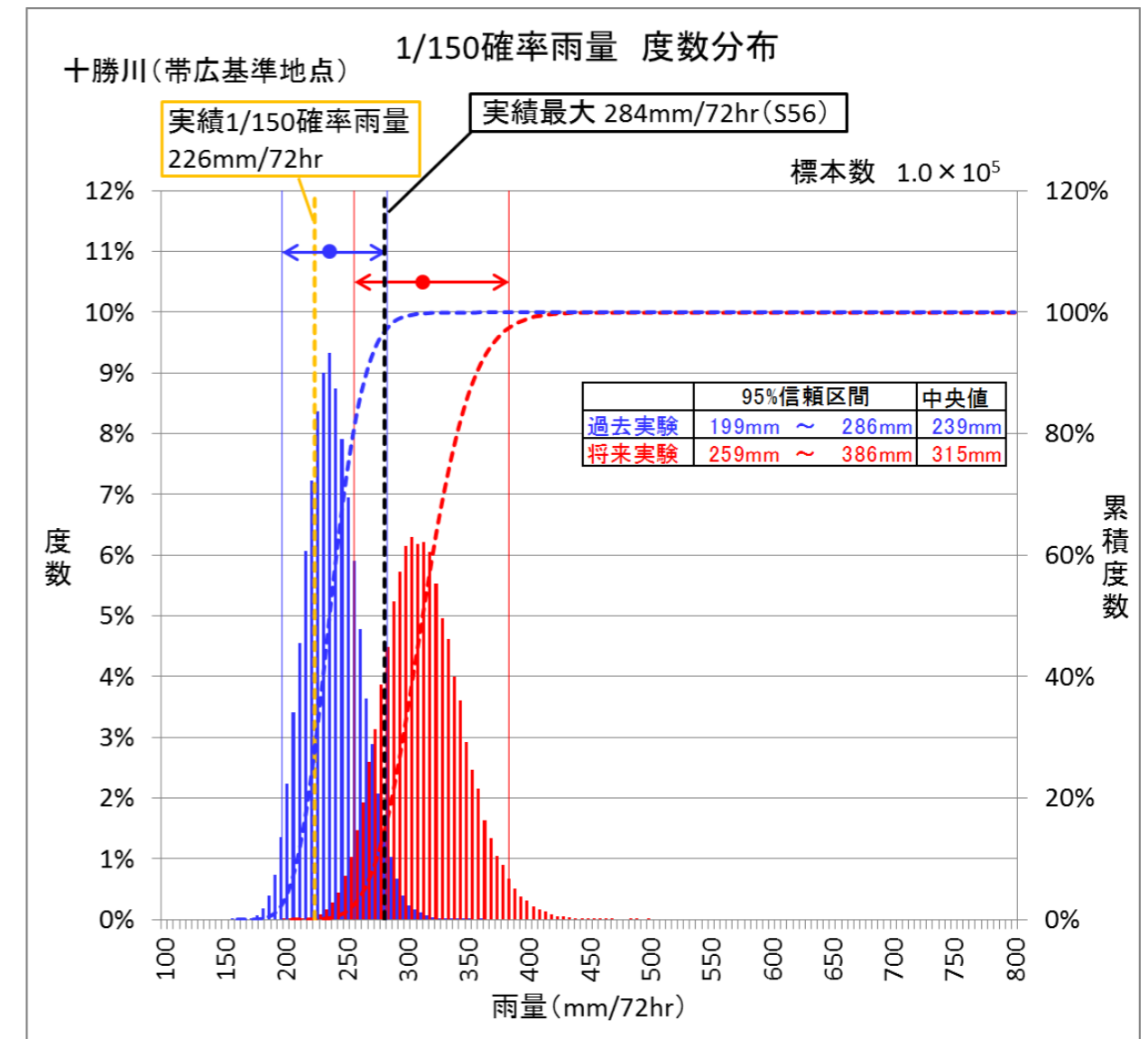
第2回委員会資料より

Gumbel分布

1.0 × 10<sup>5</sup>標本の  
SLSCの平均値  
過去実験:0.017  
将来実験:0.020



Gumbel分布



本検討による幅を持った確率情報からリスク評価が可能となる