

日時：令和2年12月15日（火）

資料3-4

**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16回）**

テーマ：「防災・減災，国土強靱化」

土木学会 豪雨災害対策総合検討会

土木学会 台風第19号災害総合調査団

2015年関東・東北豪雨災害 土木学会・地盤工学会 合同調査団長

中央大学理工学部

教授 山田 正

# 信頼区間・予測区間を導入した 大規模豪雨の生起リスク評価

# 従来の水文頻度解析の課題

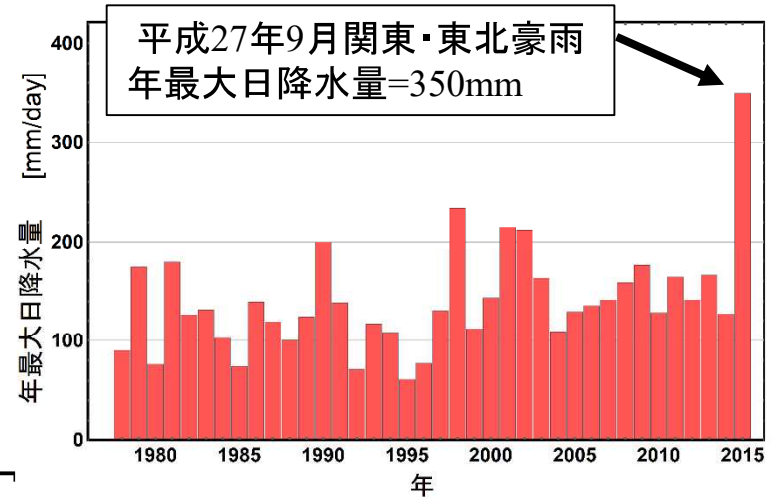
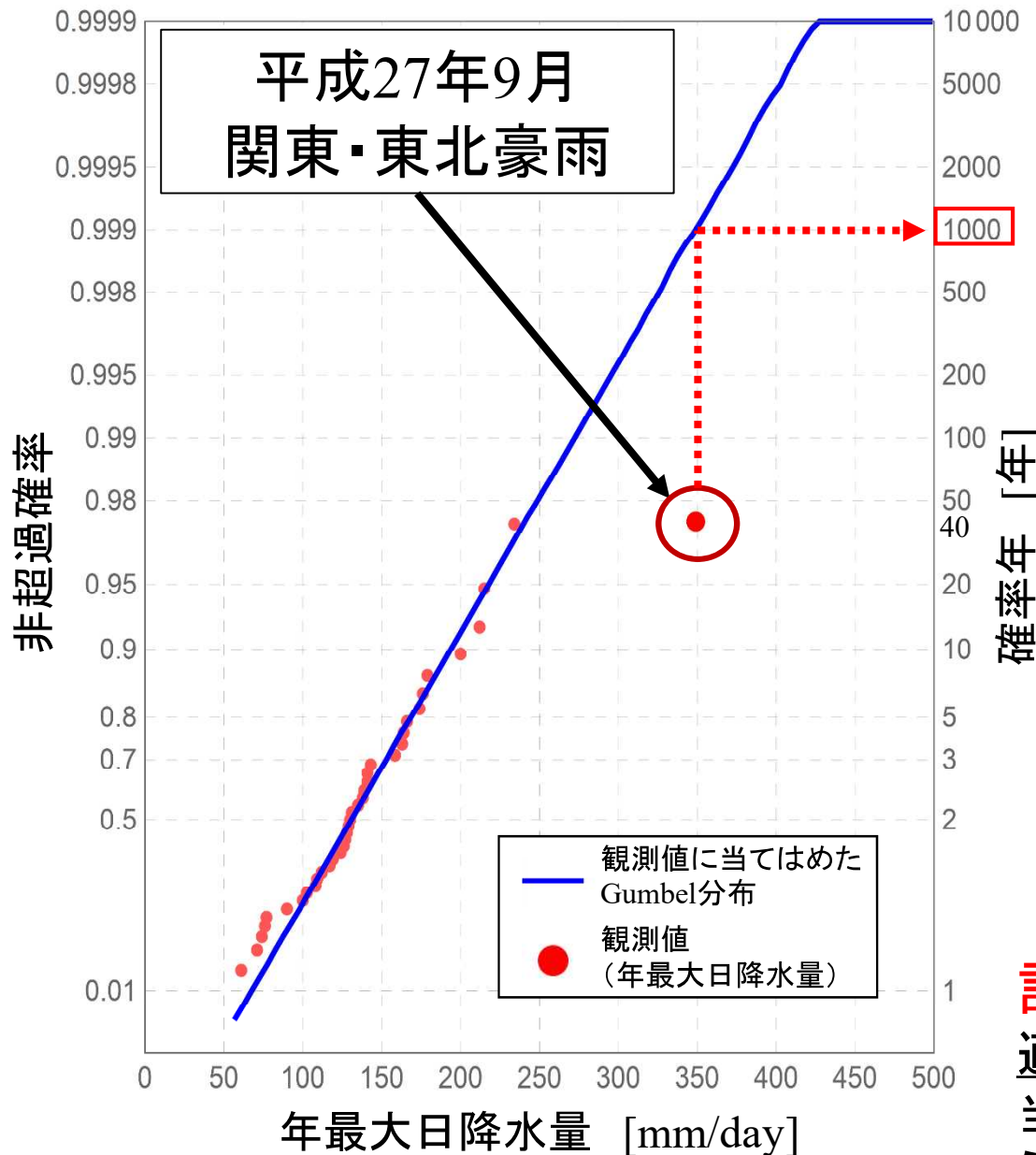


図 利根川水系五十里観測所における1977年から2015年に渡る38年間分の年最大日降水量の観測値時系列

従来の水文頻度解析では、  
**記録的豪雨の確率年は、  
数千年～数万年となる  
場合が多い。**



**計画確率年による評価が困難**  
適合度重視の従来手法の下では、  
当該豪雨は、“想定外”として扱われ  
うる。

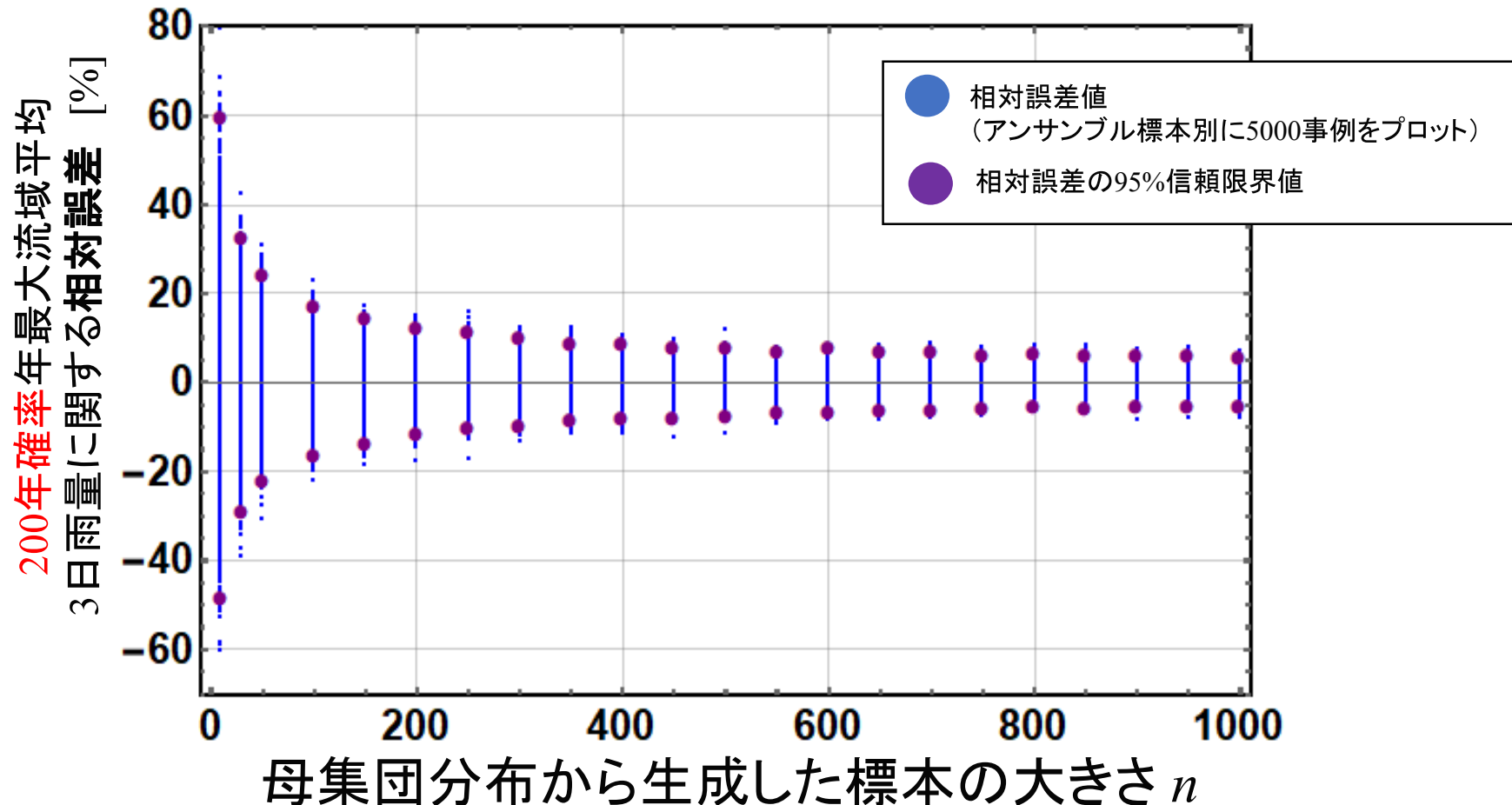
# 推定精度と標本サイズの関係 (200年確率)

観測値に当てはめたGumbel分布による200年確率年最大流域平均3日雨量(322.0 mm)を真値として扱う。そのGumbel分布から大きさ $n$ の標本を5000個生成。標本の大きさ別に、アンサンブル標本にGumbel分布を当てはめ、200年確率年最大流域平均3日雨量群を算出。下図は、各アンサンブル標本から算定した200年確率年最大流域平均3日雨量による相対誤差と標本の大きさの関係である。

$$\text{相対誤差} = (\text{真値} - \text{計算値}) / \text{真値} \times 100 [\%]$$

真値 = 観測値に当てはめたGumbel分布による200年確率年最大流域平均3日雨量

計算値 = モンテカルロ法で作成した標本に当てはめたGumbel分布による200年確率年最大流域平均3日雨量



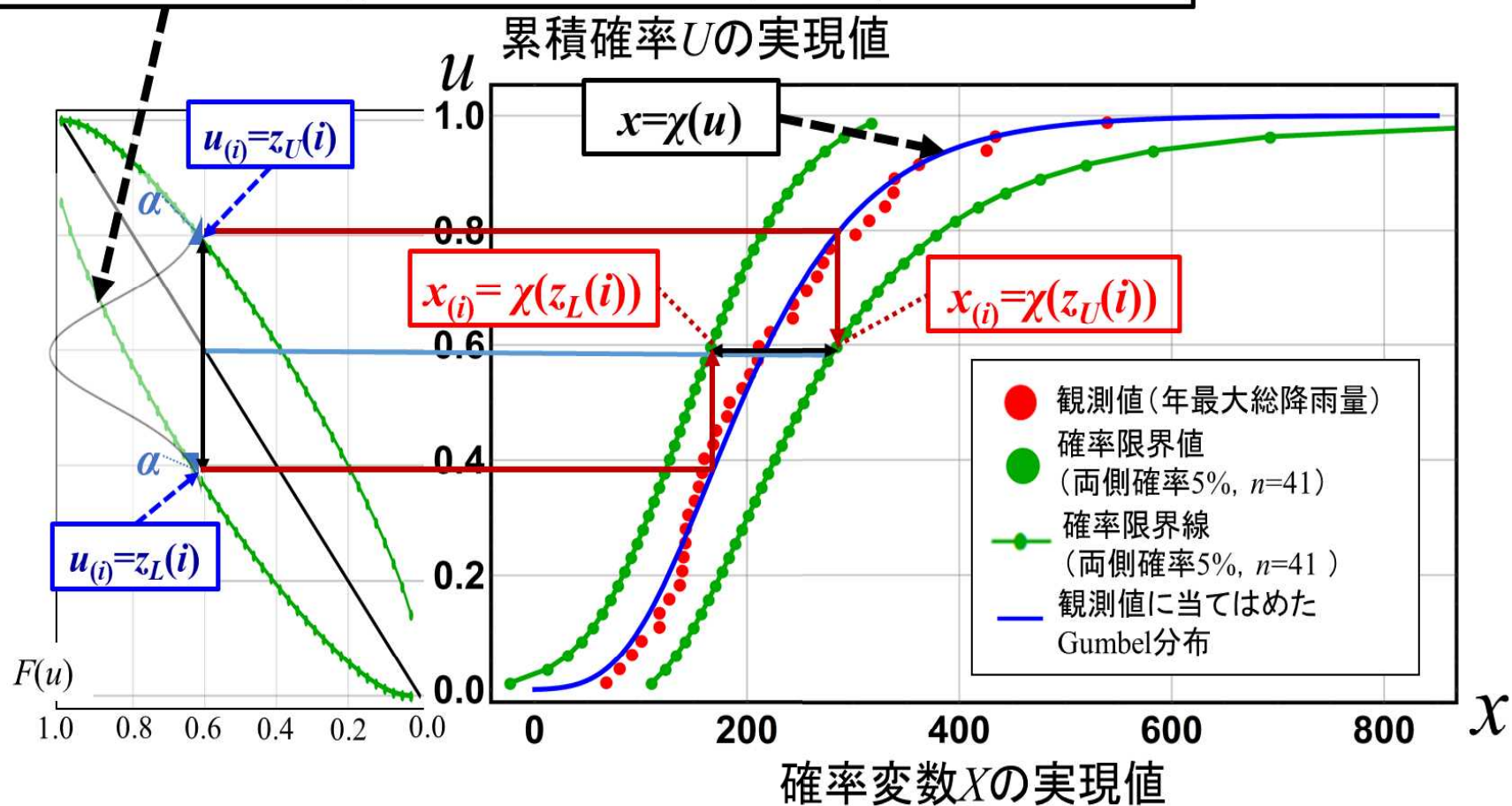


# 確率限界法検定の概要

$$f_{U(i)}(u) = \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} u^{i-1} (1-u)^{n-i} f_U(u)$$

$f_{U(i)}(u)$ : 母数  $(i, n-i+1)$  のベータ分布,  $U$ : 標準一様分布に従う確率変数,  $n$ : 観測値の総数,  $i$ : 順位,  $f_U(u)$ : 標準一様分布の確率密度関数

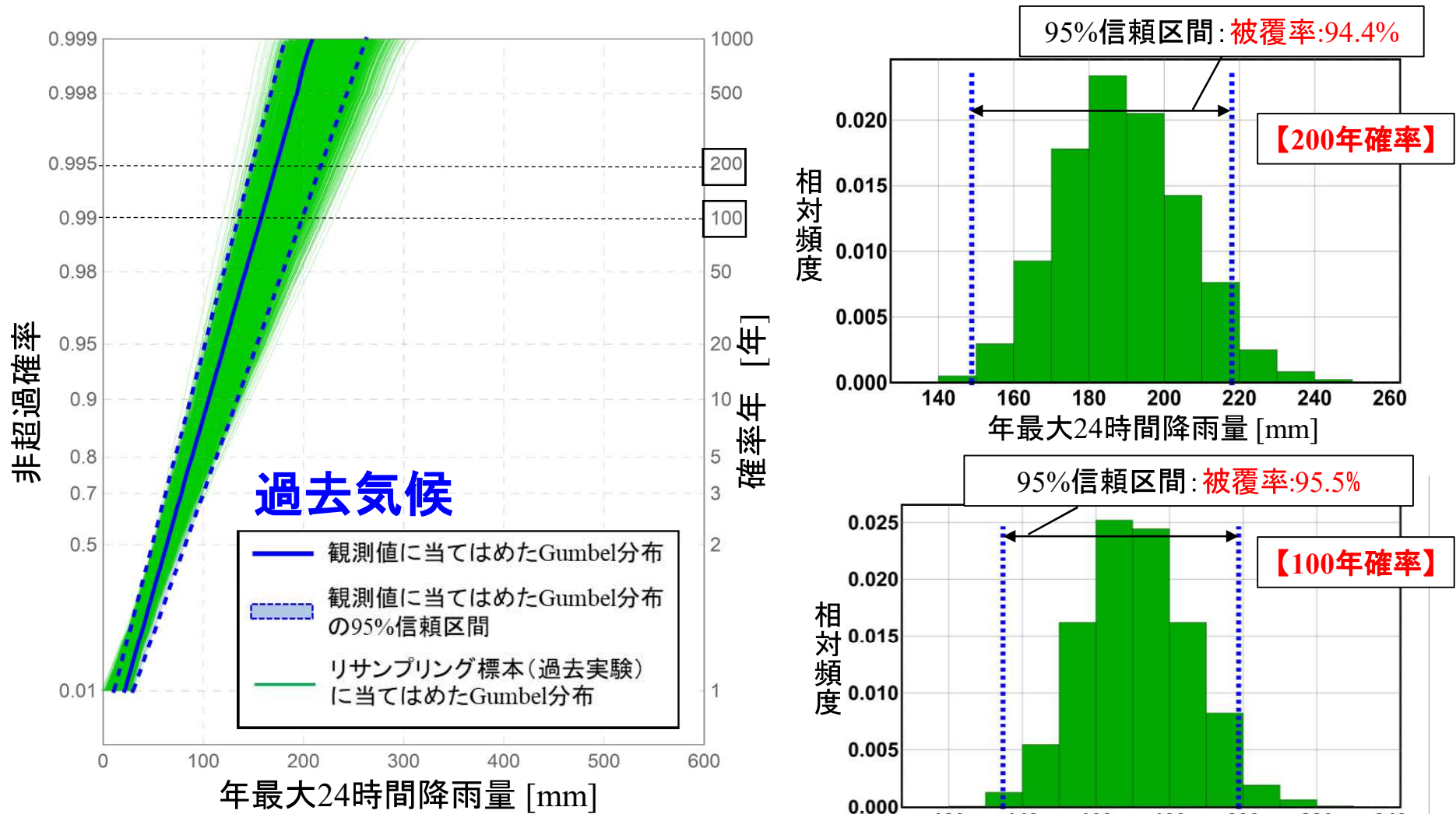
第  $i$  順序統計量  $U(i)$  の確率分布 = 母数  $(i, n-i+1)$  のベータ分布



標準一様分布における確率限界値を仮定した確率分布に代入することで, 仮定した確率分布の下で生じる極端現象を推定することができる。

# d4PDF過去実験(5km, Yamada)へのリサンプリングの適用による信頼区間の評価

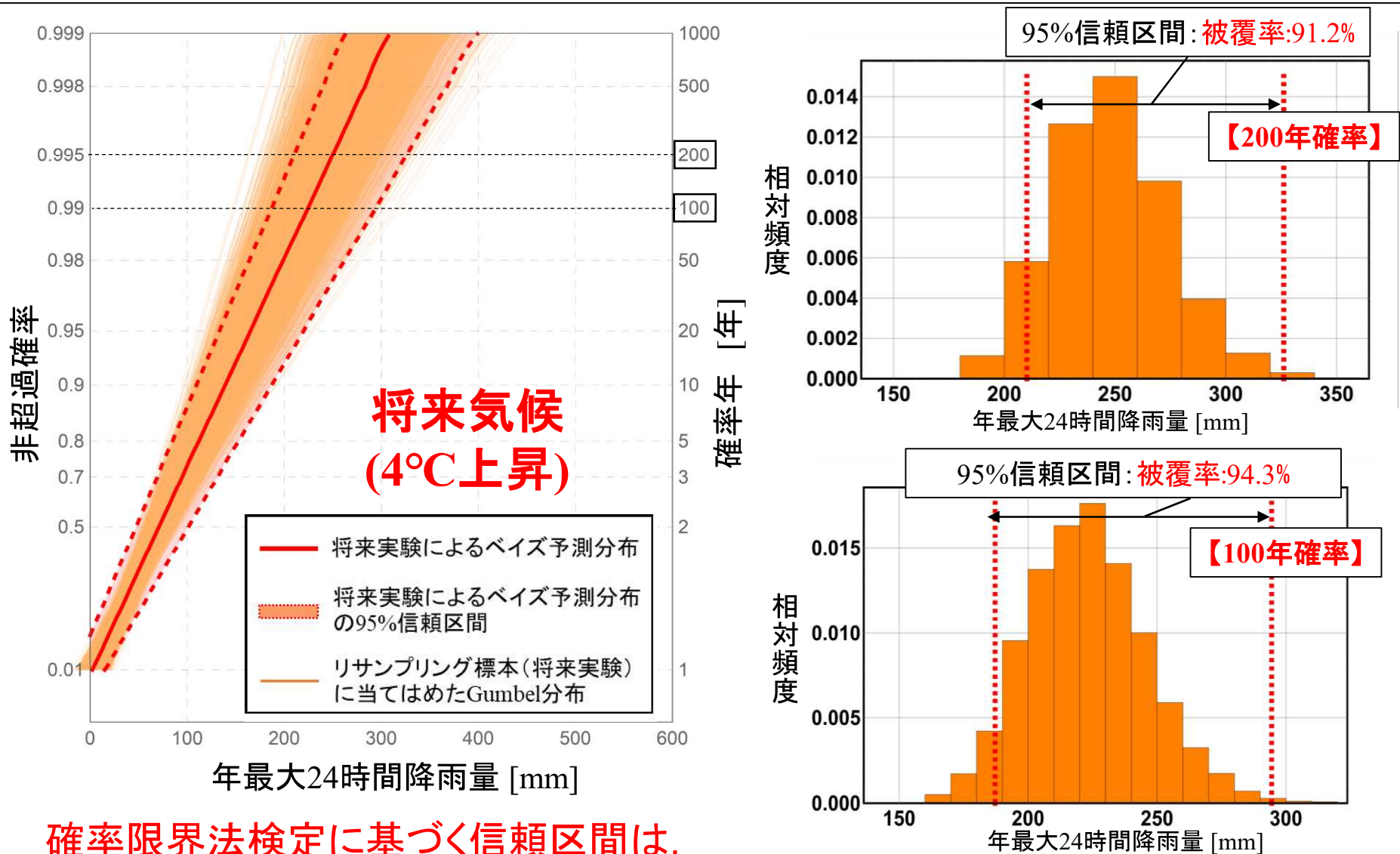
確率限界法検定に基づく信頼区間の精度を評価するために、過去実験結果へのリサンプリングの実施により得られる確率雨量の度数分布が信頼区間に含まれる割合(=被覆率)を算出する。



確率限界法検定に基づく信頼区間は、物理的モンテカルロ法による確率雨量の頻度分布に高い精度で適合している。

# d4PDF将来実験(5km, Yamada)へのリサンプリングの適用による信頼区間の評価

確率限界法検定に基づく信頼区間の精度を評価するために、将来実験結果へのリサンプリングの実施により得られる確率雨量の度数分布が信頼区間に含まれる割合(=被覆率)を算出する。

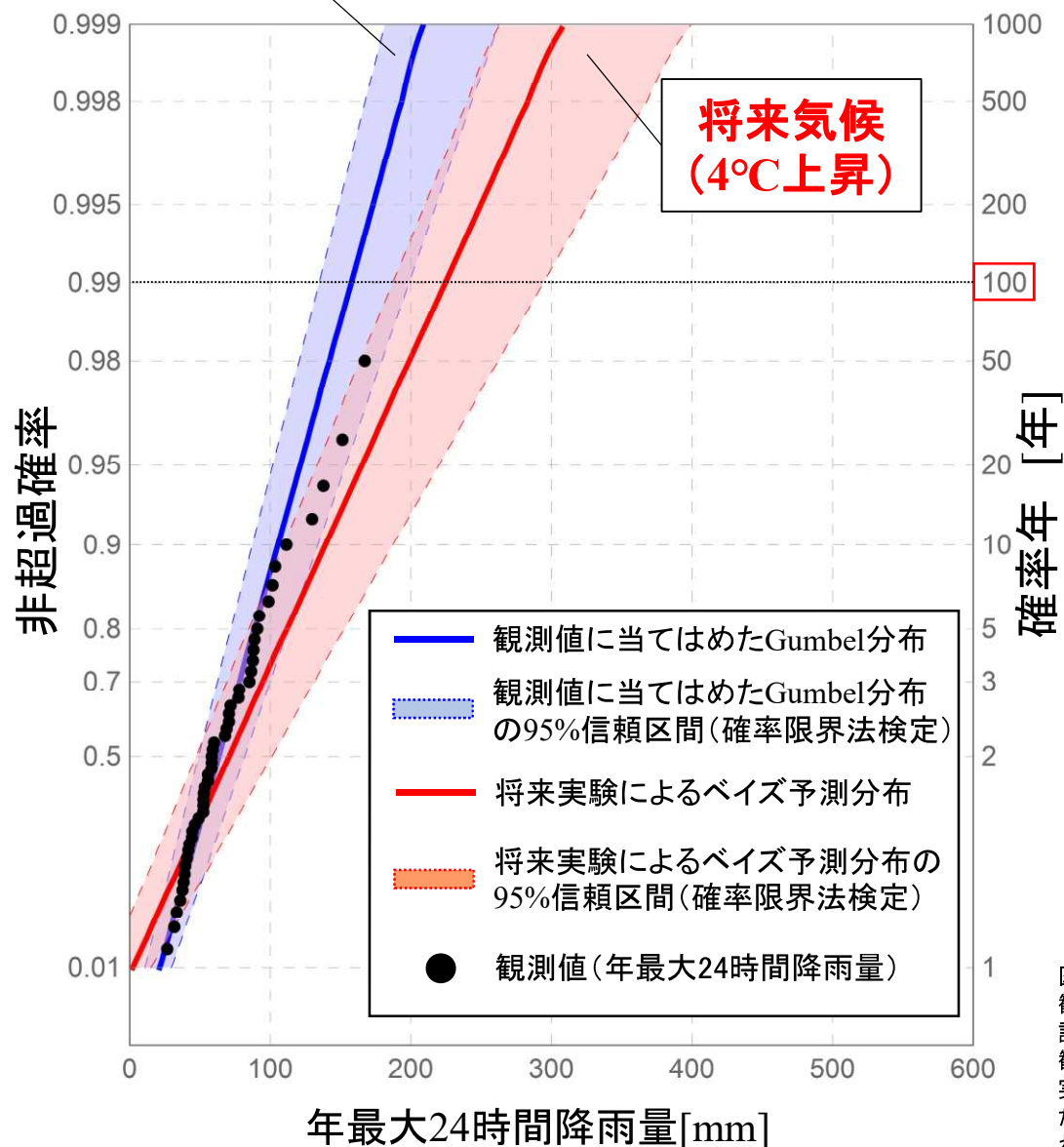


確率限界法検定に基づく信頼区間は、物理的モンテカルロ法による確率雨量の頻度分布に高い精度で適合している。

# ベイズ理論に基づく信頼区間の将来変化

過去気候(観測実績)

常呂川北見基準地点



有限なデータに基づき推定された計画降雨量値の不確実性が信頼区間という形で定量化され, その将来変化の推定が可能となった.

100年確率年最大24時間降雨量の95%信頼区間の将来変化

観測実績: 157.7mm  
 将来気候: 224.6mm

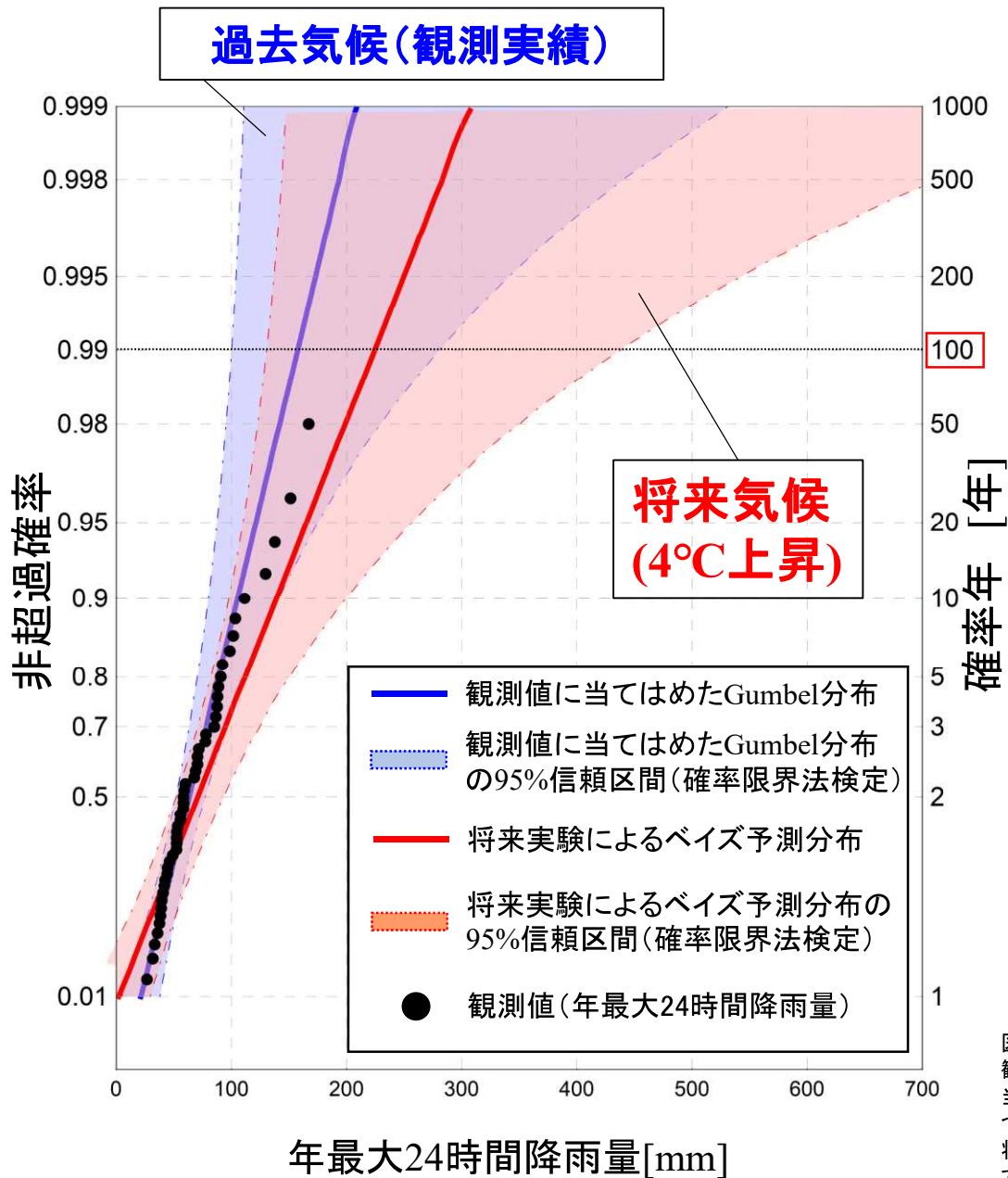
95%上側信頼限界値(観測実績):  
 198.8mm

95%上側信頼限界値(将来気候):  
 294.4mm

図 常呂川北見地点流域における24時間降雨量の観測値(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)



# ベイズ理論に基づく予測区間の将来変化



## 常呂川北見基準地点

予測区間の更新により, 地球温暖化進行時における極値降雨量の規模ならびにその生起リスクが評価可能となる.

### 100年確率年最大24時間降雨量の95%予測区間の将来変化

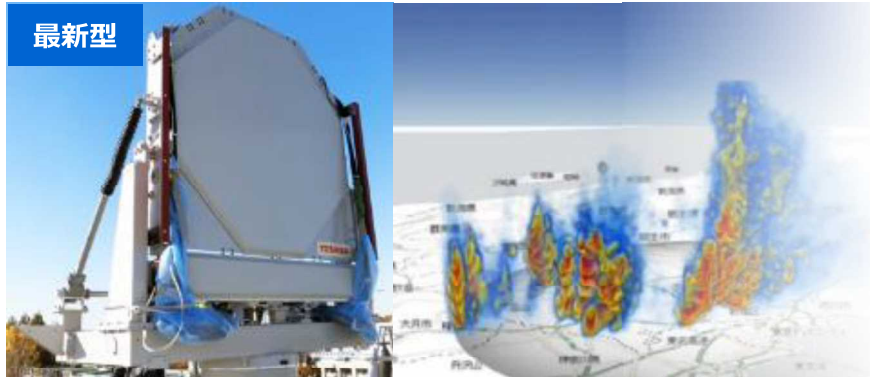
観測実績: 157.7mm  
 将来気候: 224.6mm

95%上側予測限界値(観測実績): 280.7mm  
 95%上側予測限界値(将来気候): 437.9mm

図 常呂川北見地点流域における24時間降雨量の観測値(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%予測区間(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%予測区間(赤色で表示された範囲)

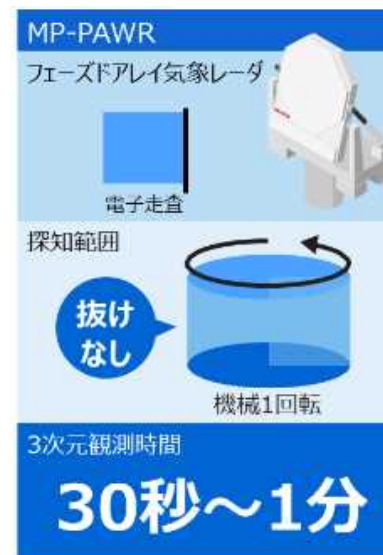
**二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ  
(Multi Parameter Phased Array Radar)  
の概要**

# MP-フェーズドアレイ気象レーダについて



埼玉大学(2017-) MP-PAWR

- フェーズドアレイ気象レーダは内閣府 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）で開発した世界最先端のレーダ（防衛レーダ技術の活用）
- 世界で唯一の実用型二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ



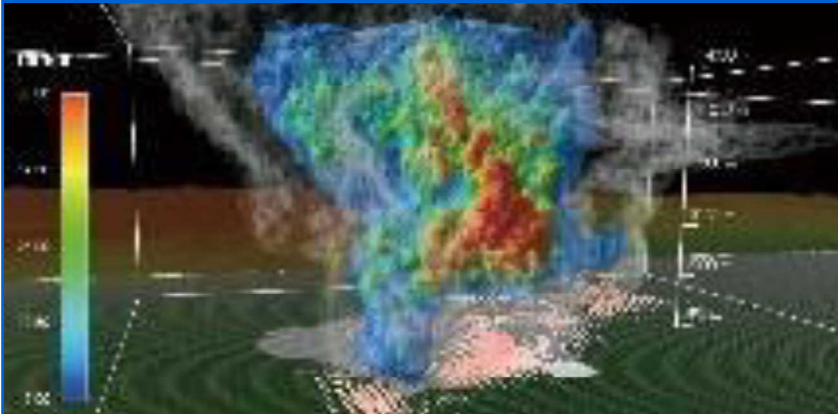
従来のパラボラ型レーダとフェーズドアレイ気象レーダの比較

豪雨被害で問題の線状降水帯やゲリラ豪雨の早期把握に極めて有効  
→ **流域治水で活用**

# MP-フェーズドアレイ気象レーダの活用

## 30分前（予知）

ゲリラ豪雨や竜巻をわずか30秒で三次元観測



フェーズドアレイ気象レーダは、**ゲリラ豪雨や竜巻をわずか30秒で3次元観測**。上空10kmで落ち始めた雨粒そのものを見ることができ、30分後の降雨をほぼ確実に予見することができる。

事前退避

事前退避



## 24時間前（高精度モデル）

降雨現象のメカニズムを明らかにすることが可能



気象ビッグデータをスーパーコンピュータで分析、線状降水帯などの降雨現象のメカニズムを明らかにすることができる。行政アクションの判断に足りうるレベルの情報提供が可能となる。

事前放流

前日避難

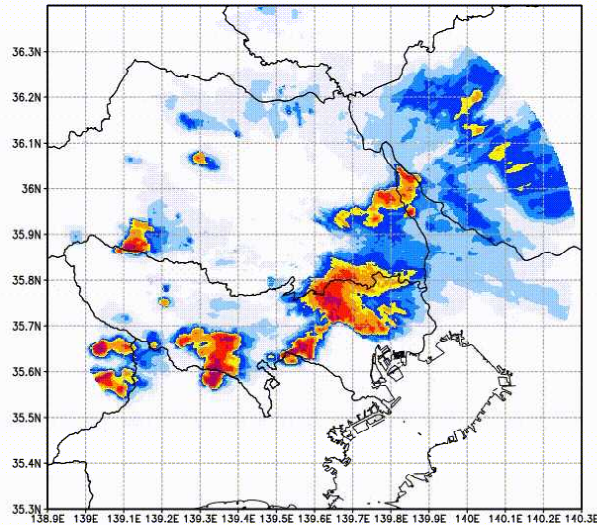




# 予測雨量と実測値の比較

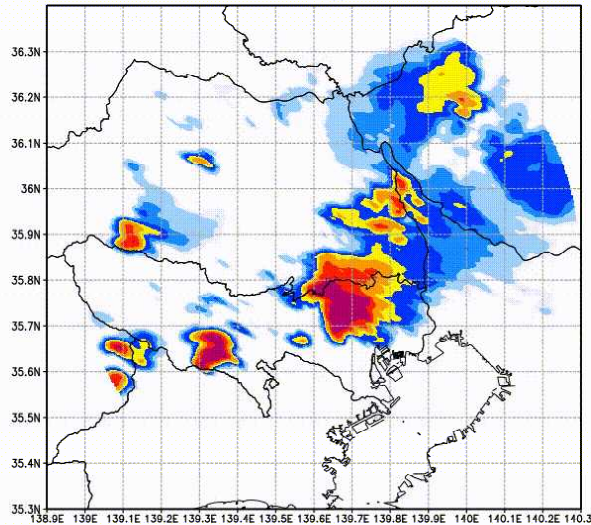
実測値(MP-PAWR@埼玉大)

2018/08/27 20:00



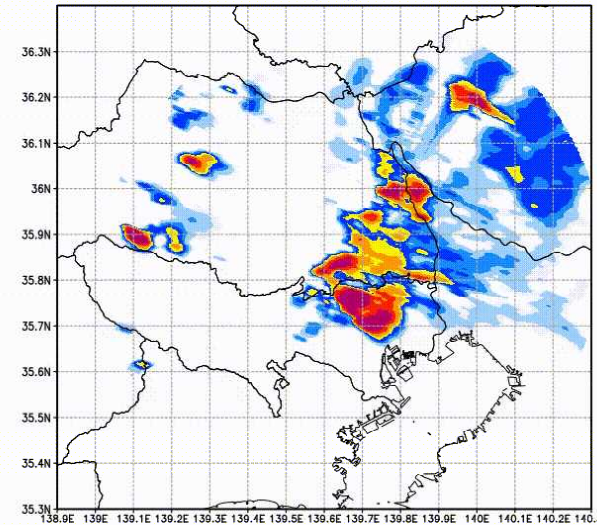
予測値(10分先)

2018/08/27 20:00

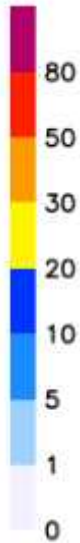


予測値(20分先)

2018/08/27 20:00



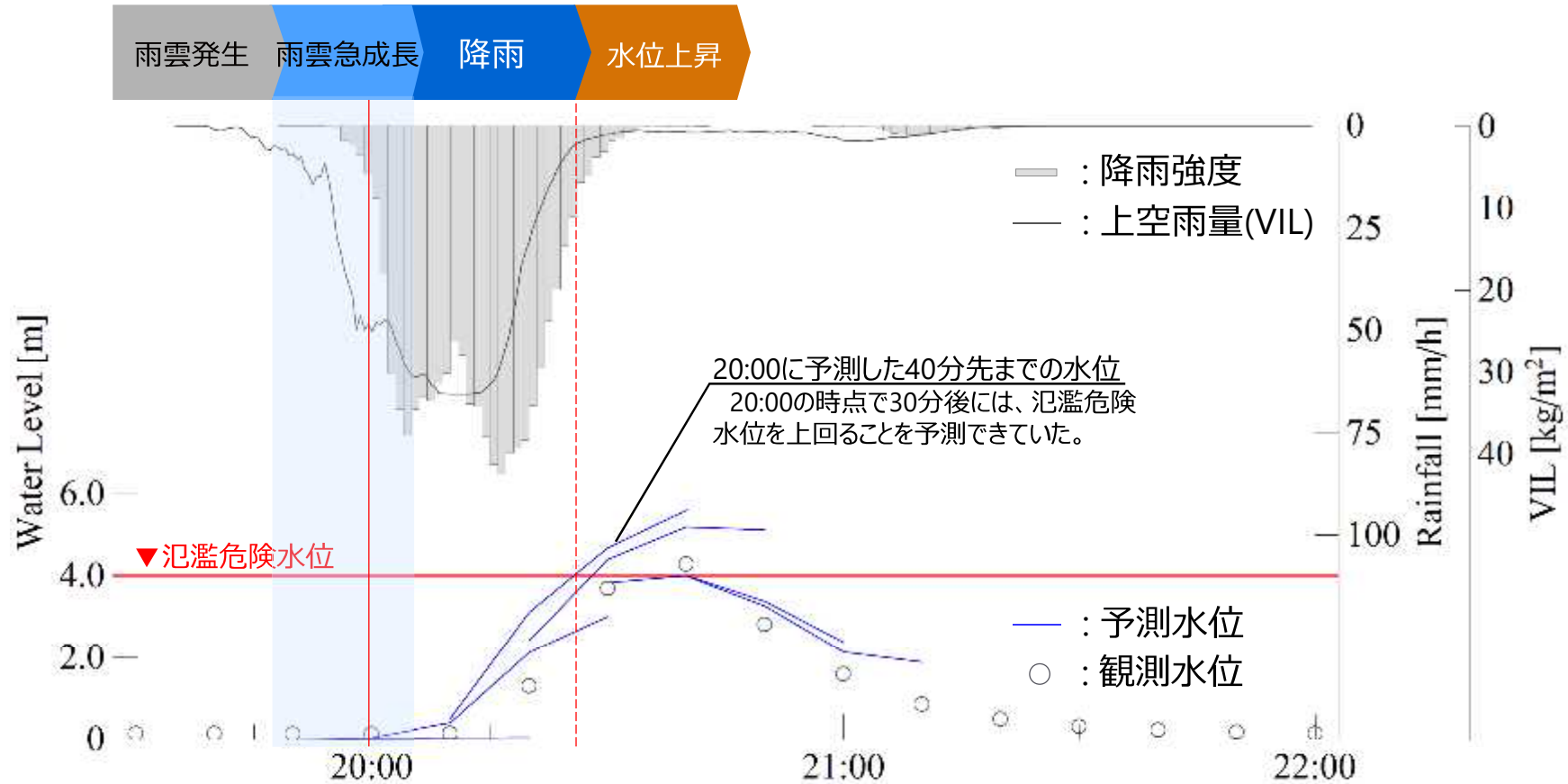
降雨強度  
mm/h



降雨分布の動きが急変する時間があるため、予測精度の向上が必要であるものの  
予測結果は概ね実測を再現できている。

# MP-フェーズドアレイ気象レーダの観測データを活用した河川水位予測

## ・ 河川水位の予測結果の一例

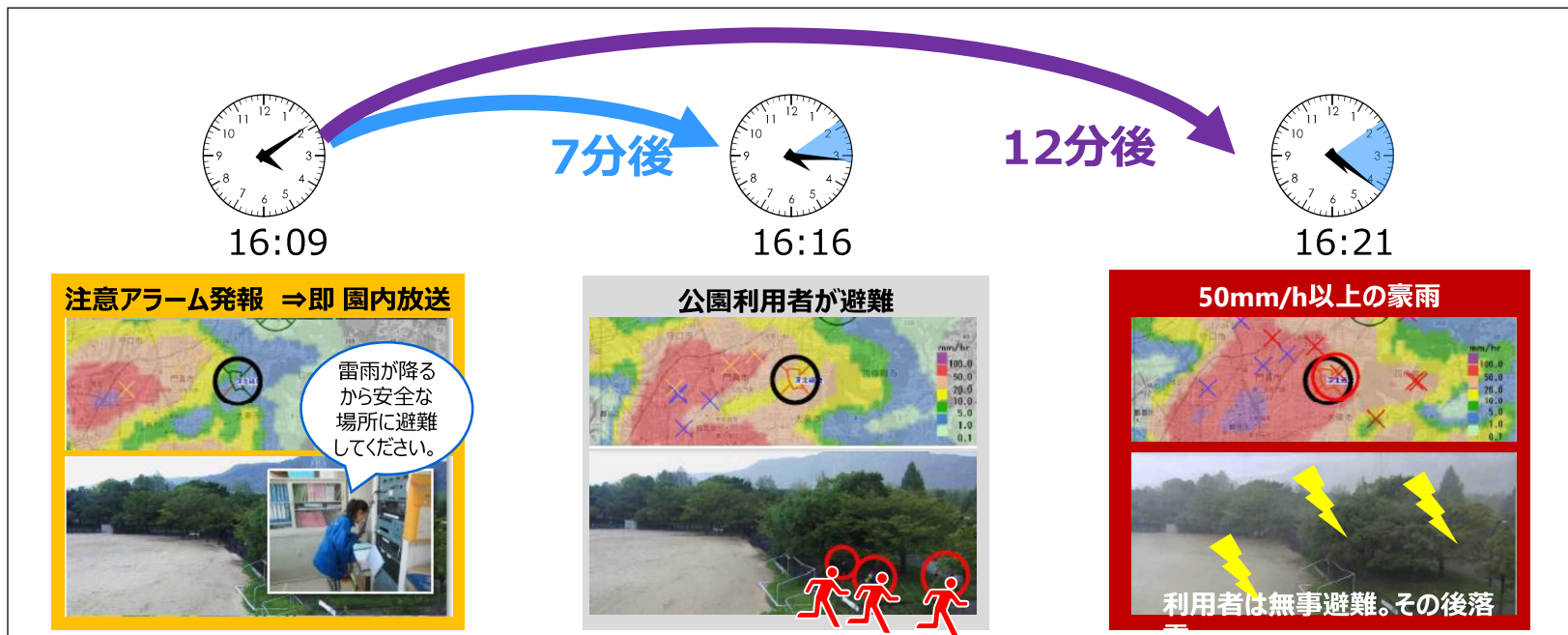


渋谷川渋谷橋地点の水位ハイドログラフ

# 活用 1 : ゲリラ豪雨の予測

## ゲリラ豪雨前のVILの値の急増を検出、豪雨を予測し、アラームを発報する

大阪府におけるフェーズドレイ気象レーダを活用した豪雨検知システムの実証実験では、ゲリラ豪雨の前にVILの値が急増し、事前に豪雨を検出したことで、被害発生に対して適切にアラームを発報した。

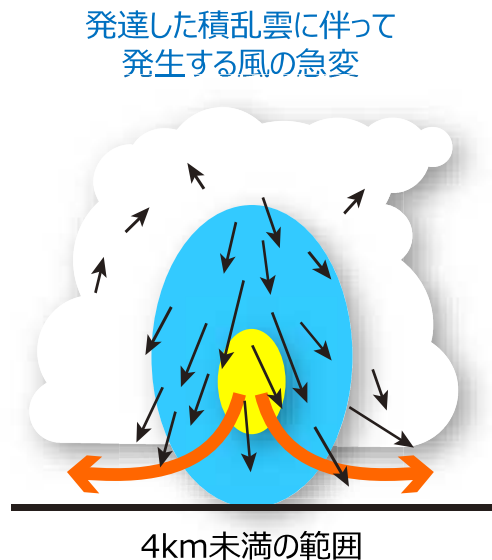


大阪府におけるフェーズドレイ気象レーダを活用した豪雨検知システムの実証実験より

## 活用2：突風の検知

### 積乱雲の発達状況を3次元でみることで、 突風(マイクロバースト)の発生を検知

MP-フェーズドアレイ気象レーダは1分以内に3次元観測を完了。  
積乱雲の発達と突風発生の関係性把握し、降水コア落下によるマイクロバースト発生を検知。



風向や風速の急変（ウインドシア）の影響で、  
航空機の安全運航の障害、建造物、立ち木などを破壊する力が大きい。

マイクロバースト アメリカ カサグランデ



出典：Weather Underground

イースタン航空66便着陸失敗事故

(1975年、JFK国際空港)  
当初、パイロットエラーが疑われたが、フジタ博士（シカゴ大学）の調査で、マイクロバーストによるウインドシアが原因であることが突き止められた。

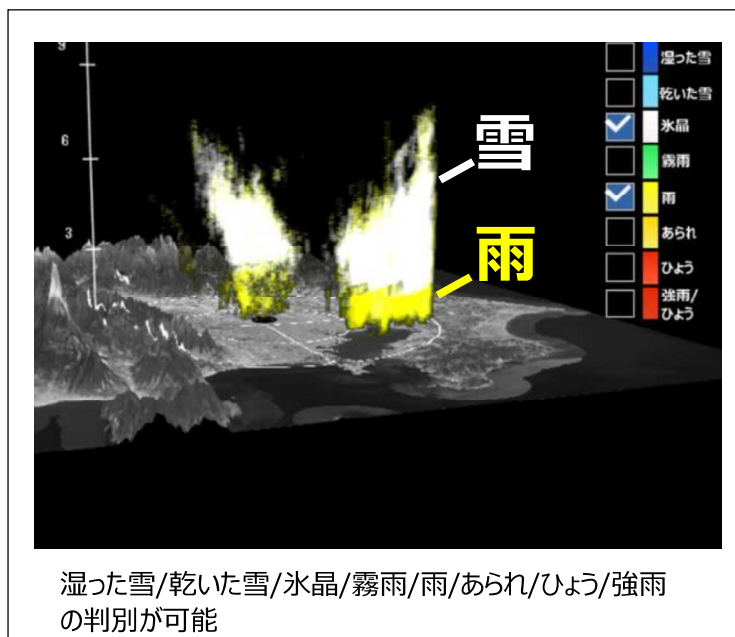


出典：10mtv

## 活用3：上空の大雪の検知

# 降雪状況を正確に把握し、交通被害を最小化

水平・垂直2つの偏波を使った位相差情報により、雨滴の大きさに応じた高精度な雨量観測を実現。2つの偏波の強度比、相関等の情報により降水粒子（雨、雪、あられ等）の識別に期待できる。



雨・雪・あられの判別をリアルタイムで把握



局地的な大雪による交通障害が多発。想定外の大雪を見込んだインフラ整備は、費用面を含めて事実上困難な状況。

写真は、平成30年の豪雪にて、JR信越本線新潟発長岡行きが約15時間に渡って立ち往生し、乗客約430人が車内に拘束された際のもの

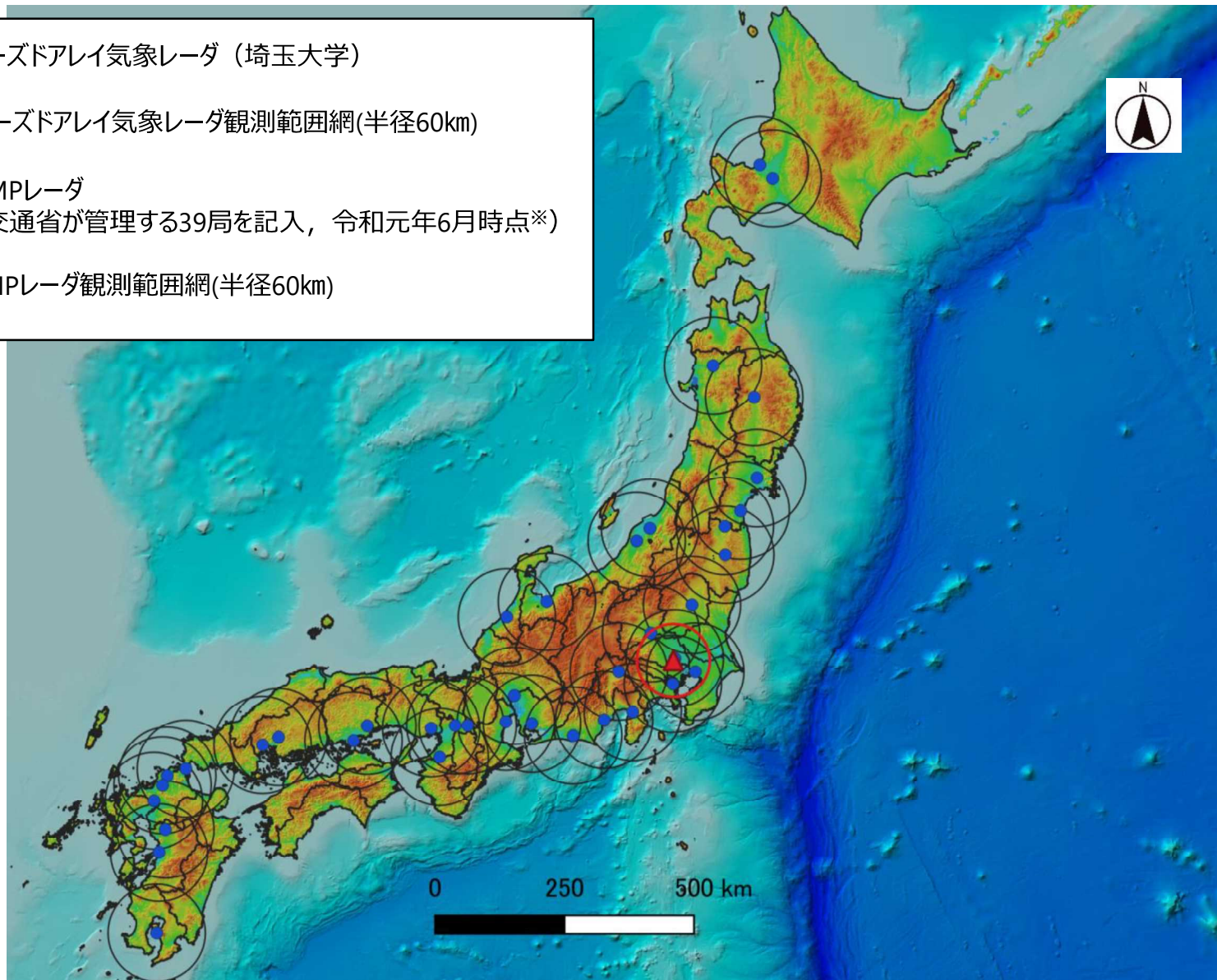
出典：共同通信社

局地的な大雪による交通障害



# 日本のX帯レーダ網

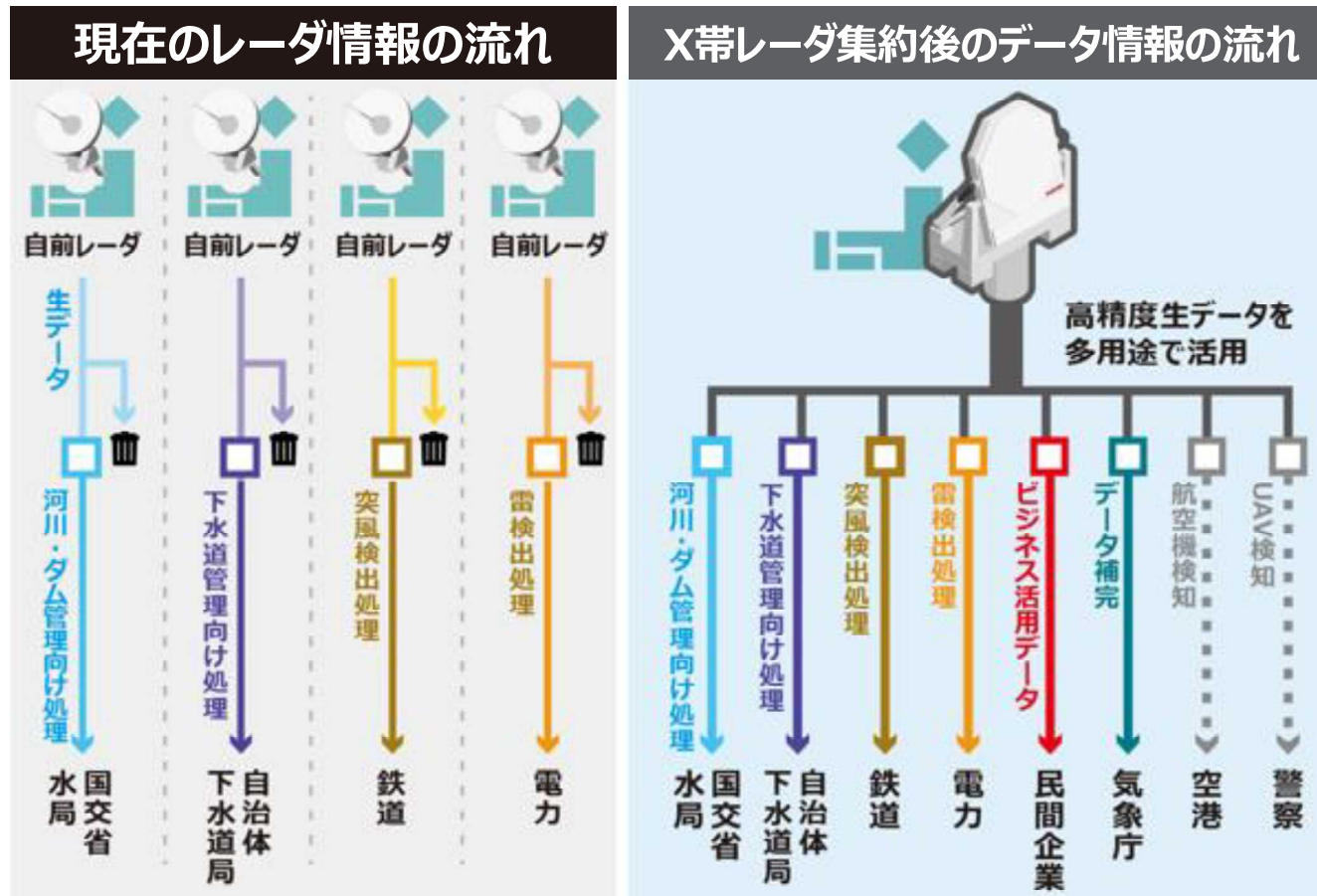
- ▲ MP-フェーズドアレイ気象レーダ (埼玉大学)
- MP-フェーズドアレイ気象レーダ観測範囲網(半径60km)
- XバンドMPLレーダ  
(国土交通省が管理する39局を記入, 令和元年6月時点※)
- XバンドMPLレーダ観測範囲網(半径60km)



※出典：国土交通省「技術調査関係」：電気通信のあらし (参考資料編)，2018.

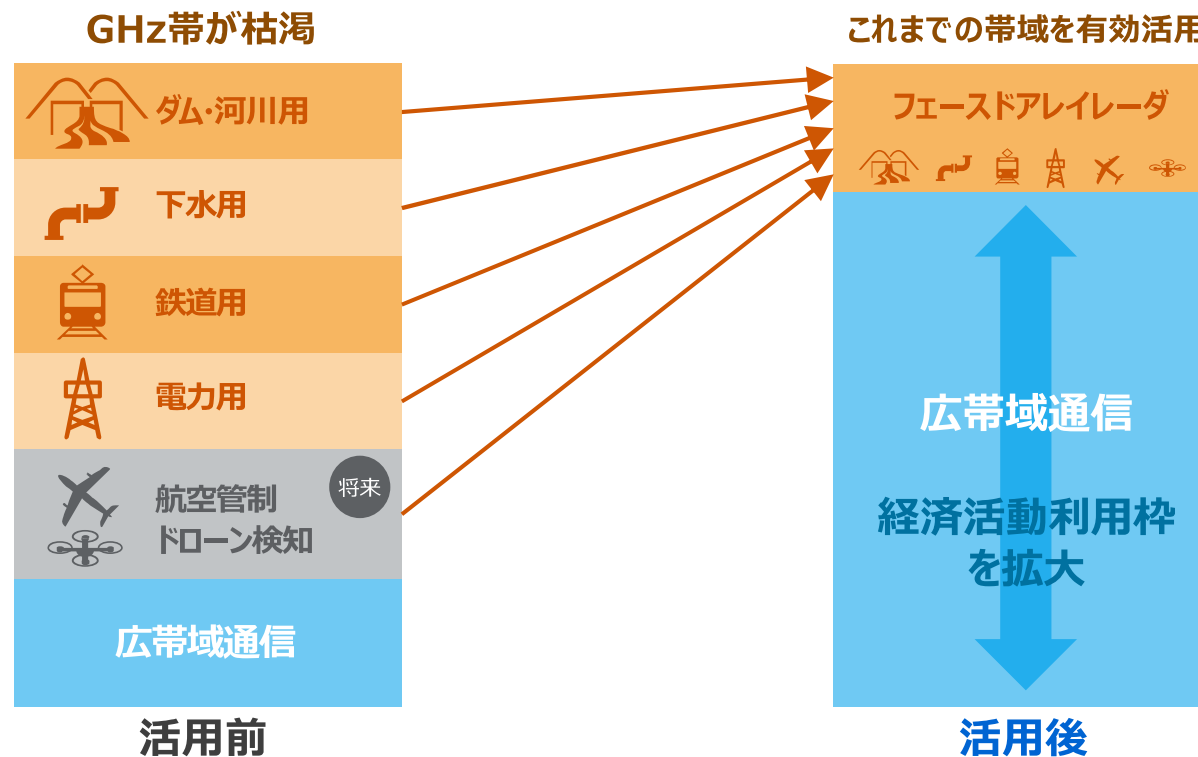
# X帯レーダの集約案

道路、鉄道、航空、下水、電力、気象予測などの用途毎にフェーズドアレイアンテナを用意する必要がなく、それぞれの用途毎の解析処理機能を付加していくことで、低コスト化を実現。低コストで他分野での活用が可能となるため、他分野での支出も低減。渋滞予測による物流の効率化、タクシー配車の効率化、降雨前の商業施設への誘導など産業分野の活性化による経済成長にも寄与できる。



# 周波数利用の効率化

- 観測密度30倍のフェーズドアンテナレーダであれば、道路、鉄道、航空、下水、電力、気象予測などの用途毎にレーダを用意する必要がなくなる。すなわち、用途毎の周波数の割り当てが不要になる
- 空いた周波数帯を、**5G/6G**等により利用拡大が進む広帯域通信に割り当てることができる
- 利便性の向上と経済成長に寄与する



フェーズドアンテナレーダ活用による帯域集約イメージ



# 令和2年7月豪雨の分析

# 球磨川流域図

- : 水位観測所 (13箇所)
- (オレンジ) : 危機管理型水位計 (42箇所)
- (赤) : 雨量観測所 (31箇所)

川辺川(かわべがわ)ダム  
 流域面積 : 470.0km<sup>2</sup>  
 洪水調節容量 : 8400万m<sup>3</sup>

球磨川(くまがわ)流域  
 1880km<sup>2</sup>

横石(よこいし)観測所  
 (12.77km)

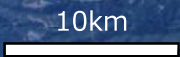
川辺川ダム  
 建設候補地

渡(わたり)観測所  
 (52.64km)

人吉(ひとよし)観測所  
 (62.17km)

市房(いちふさ)ダム  
 流域面積 : 157.8km<sup>2</sup>  
 洪水調節容量 : 1830万m<sup>3</sup>

人吉地点上流域  
 1137km<sup>2</sup>

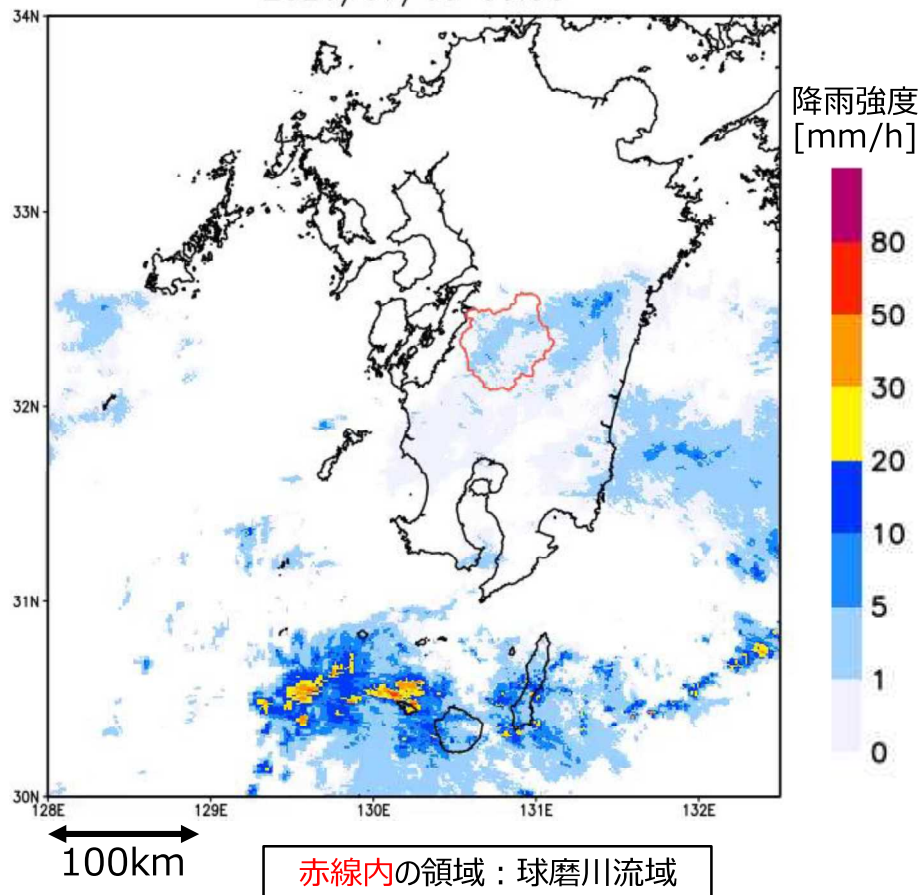


	市房ダム流域	川辺川ダム流域
球磨川流域に対する面積比	9%	26%
人吉地点上流に対する面積比	13%	41%

# 令和2年7月豪雨における降雨状況 -九州地方-

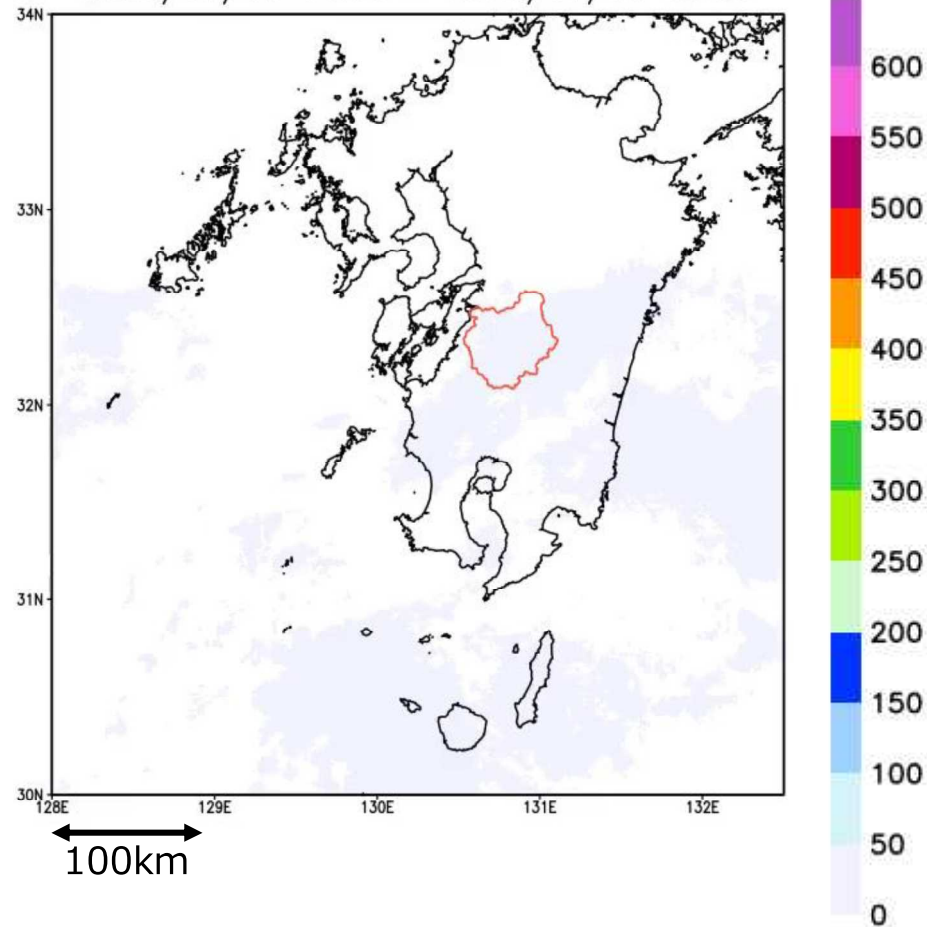
気象庁Cバンドレーダの観測降雨強度

2020/07/03 00:00



2020/7/3 00:00からの累積雨量

2020/07/03 00:00 - 2020/07/03 00:00



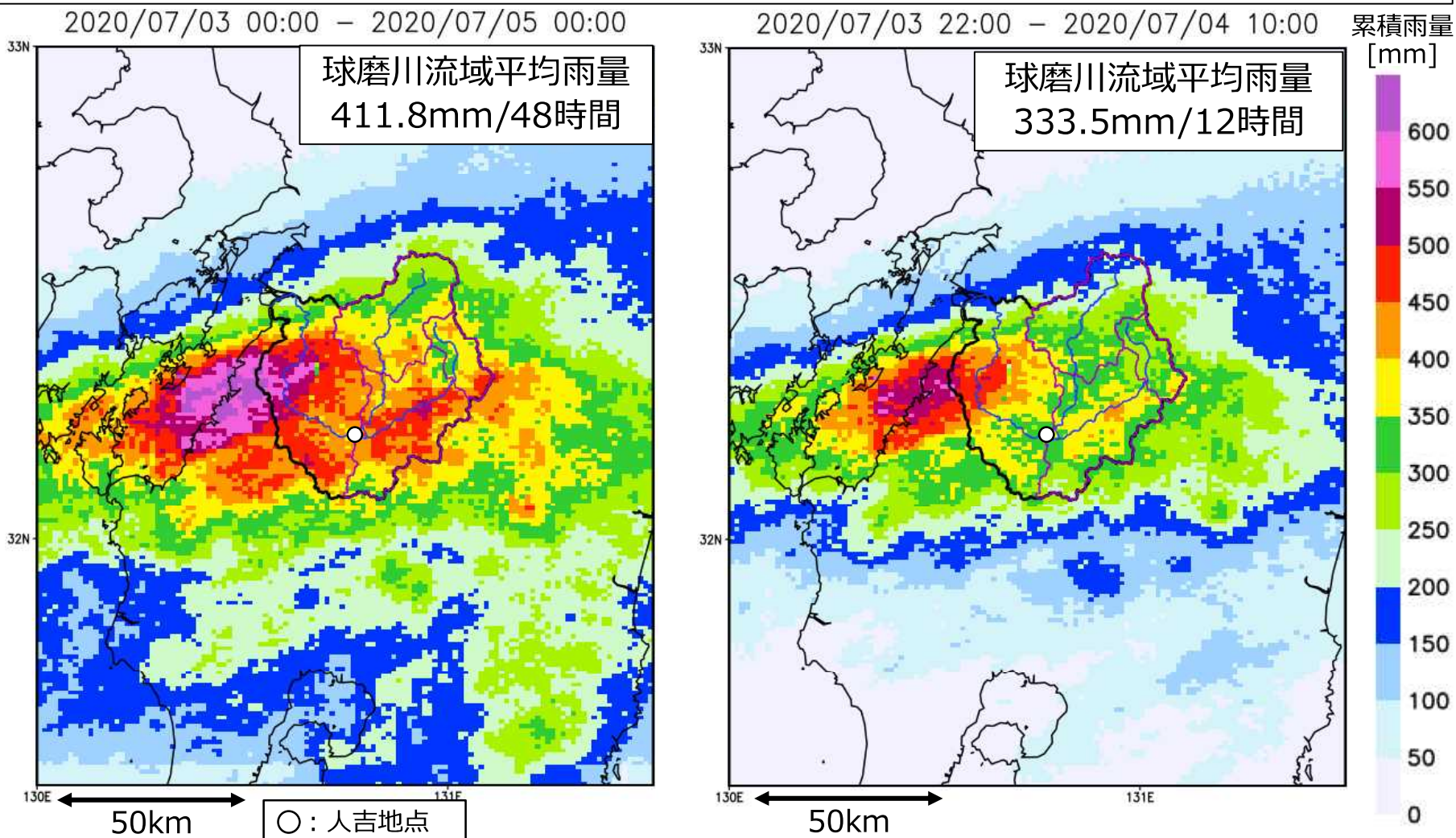
球磨川流域に沿って線状降水帯が約12時間停滞した。

(7/3 22時～7/4 10時)



# 令和2年7月豪雨における降雨状況 -球磨川流域周辺-

※球磨川流域平均雨量→Cバンドレーダで観測された1kmメッシュの雨量を球磨川流域全体で単純算術平均した雨量



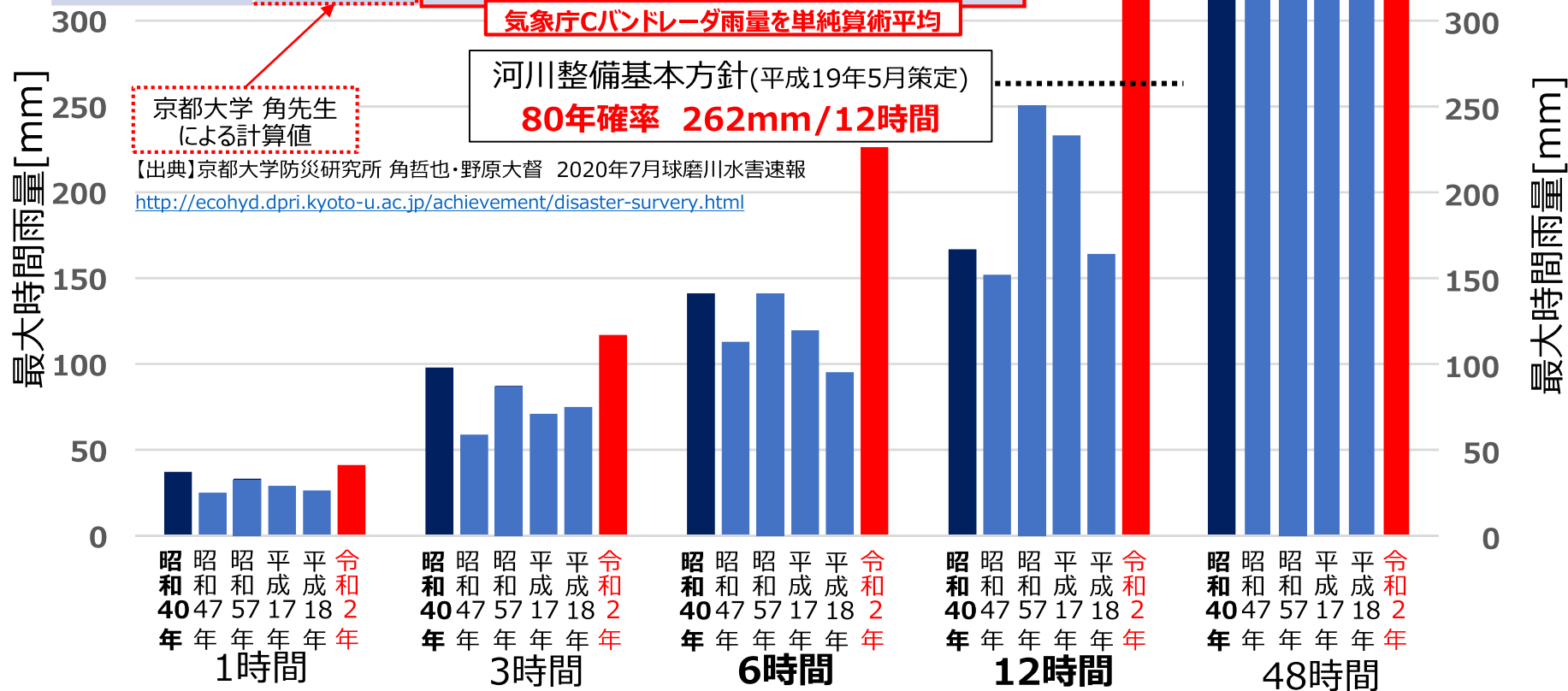
2020/7/3 22:00~2020/7/4 10:00の12時間で

**約80%**の降雨量となっている。

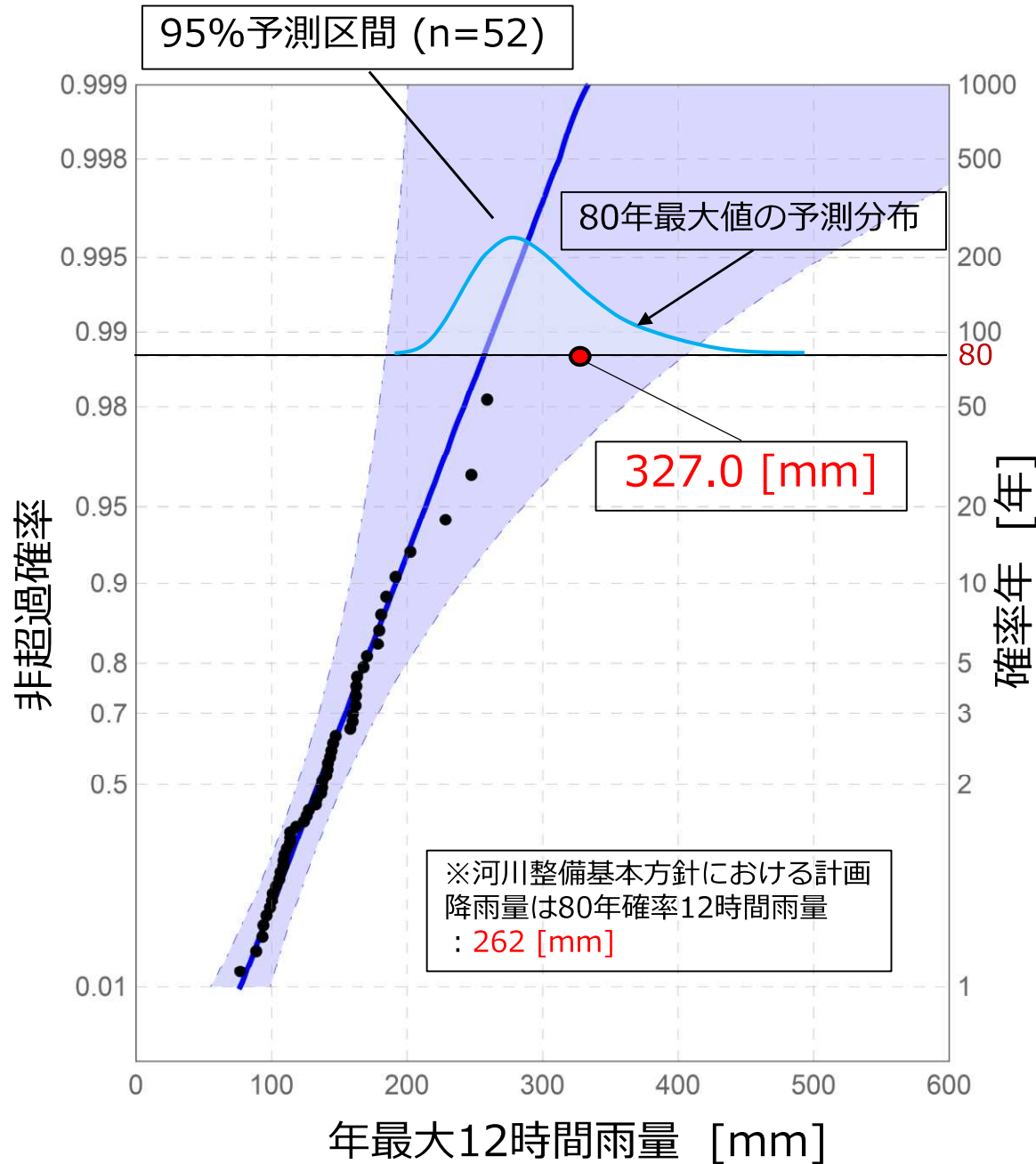
# 人吉地点上流域における最大時間雨量の比較

主要洪水	人吉地点 ピーク流量 [m³/s]	最大時間雨量[mm] (人吉地点上流域)				
		1時間	3時間	6時間	12時間	48時間
昭和40年7月	約5,700	36.1	97.1	140.6	167.1	355.7
昭和47年7月	約4,100	23.9	57.7	112.4	151.6	401.9
昭和57年7月	約5,500	32.0	86.4	140.6	250.4	369.5
平成17年9月	約4,600	28.0	71.1	119.5	232.9	460.8
平成18年7月	約3,700	25.2	74.6	95.5	163.9	430.9
<b>令和2年7月</b>	<b>約7,600</b>	<b>41.2</b>	<b>117.0</b>	<b>226.2</b>	<b>327.0</b>	<b>412.8</b>

【出典】国土交通省水管理・国土保全局  
第46回河川整備基本方針検討小委員会 資料2  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/s\\_haseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/kihonhoushin/060810/060810-siryu.html](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/s_haseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/kihonhoushin/060810/060810-siryu.html)



# 計画規模降雨量の予測区間による令和2年7月豪雨の確率評価



令和2年7月豪雨よりも前に発生したデータ (標本サイズn=52) で極値雨量の予測区間を構成.

予測区間の導入により, 計画確率年 (80年確率) で発生する雨量の幅が求まる. 令和2年7月豪雨の観測値は, 80年最大値の予測分布における右裾に相当する値として解釈できる.

- 1968年から2019年に亘る52年間分の観測値に当てはめたGumbel分布
- 観測値 (1968年~2019年)
- 令和2年7月豪雨の観測値
- 観測値に当てはめたGumbel分布における95%予測区間

※nは予測区間の構成に使用したデータの総数を表す.

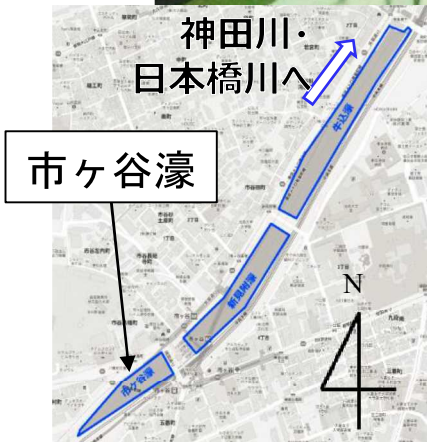




# 多摩から江戸・東京をつなぐ 水循環の保全と再生



# 江戸城外濠でアオコが発生している様子



この水を顕微鏡で見ると...



*Microcystis aeruginosa*

藍藻類は**毒素**(肝臓毒・神経毒)の生成や腐敗時に**悪臭**(カビ臭)を放つ

2017年8月  
山田研究室学生撮影

# 江戸城外濠のアオコの改善対策

比増殖速度と回転速度の関係から、アオコ浄化に必要な導水量を求めることができる

$$\frac{dC(t)}{dt} = (r_{\max} - d) \cdot C(t) \left( 1 - \frac{C(t)}{k'} \right) \quad \left( \frac{Q}{V} = \frac{1}{T} = d: \text{回転速度 (回/day)} \right)$$

◆計算条件

✓最大比増殖速度( $r_{\max}$ ): 0.2, 1.0, 1.8 [回/day]

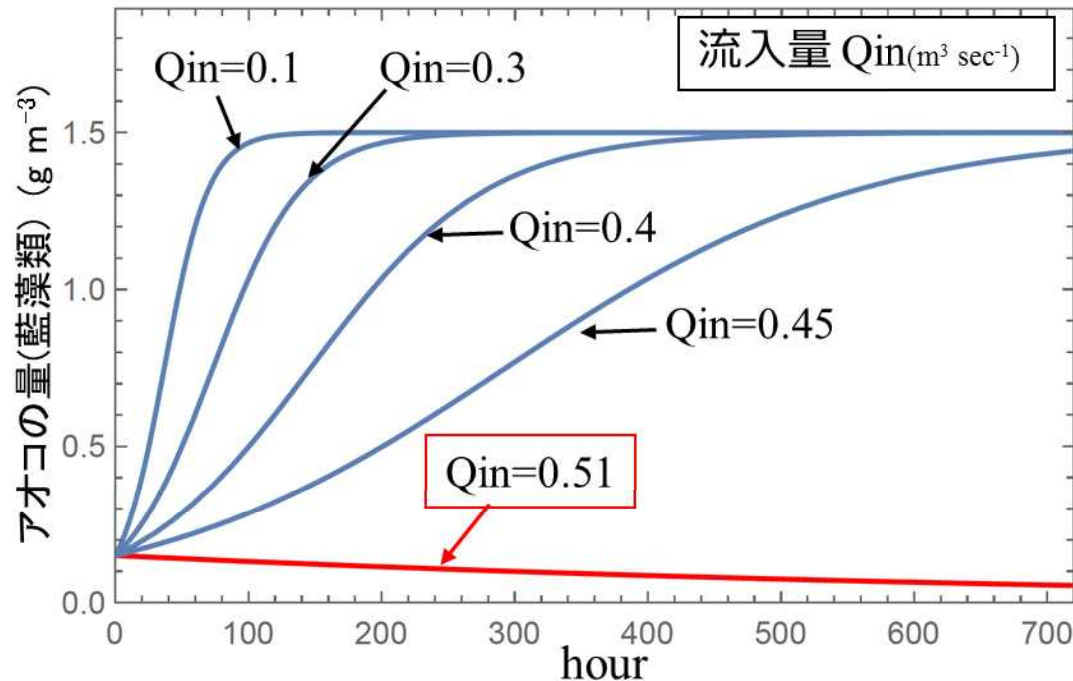
(藍藻類: *Microcystis*属の最大比増殖速度は0.2~1.8 [回/day])

✓濠面積 → 最上流の市ヶ谷濠: 16,450m<sup>2</sup>, 新見附濠: 26,940m<sup>2</sup>, 牛込濠: 36,400m<sup>2</sup>

✓平均水深 → 市ヶ谷濠: 1.23m, 新見附濠: 1.39m, 牛込濠: 1.82m

・✓容積: 濠面積×平均水深として計算する

※面積は国土地理院地図, 平均水深は観測により決定



**約0.5 (m<sup>3</sup>/s) の導水量で  
アオコの増殖を抑制可能\***

\* 柿沼太貴: 閉鎖性水域における藻類増殖能力に内在する不確実性を考慮した押し出し効果によるアオコ浄化手法に関する研究, 中央大学大学院博士論文, 2019.



# 台風第19号通過前後の江戸城外濠の様子(市ヶ谷濠)

台風第19号通過前日 (10月10日)

藍藻類が大量に増殖してアオコが発生し、  
ペンキを垂らしたような汚い水面をしている...

※中央大学河川・水文研究室撮影

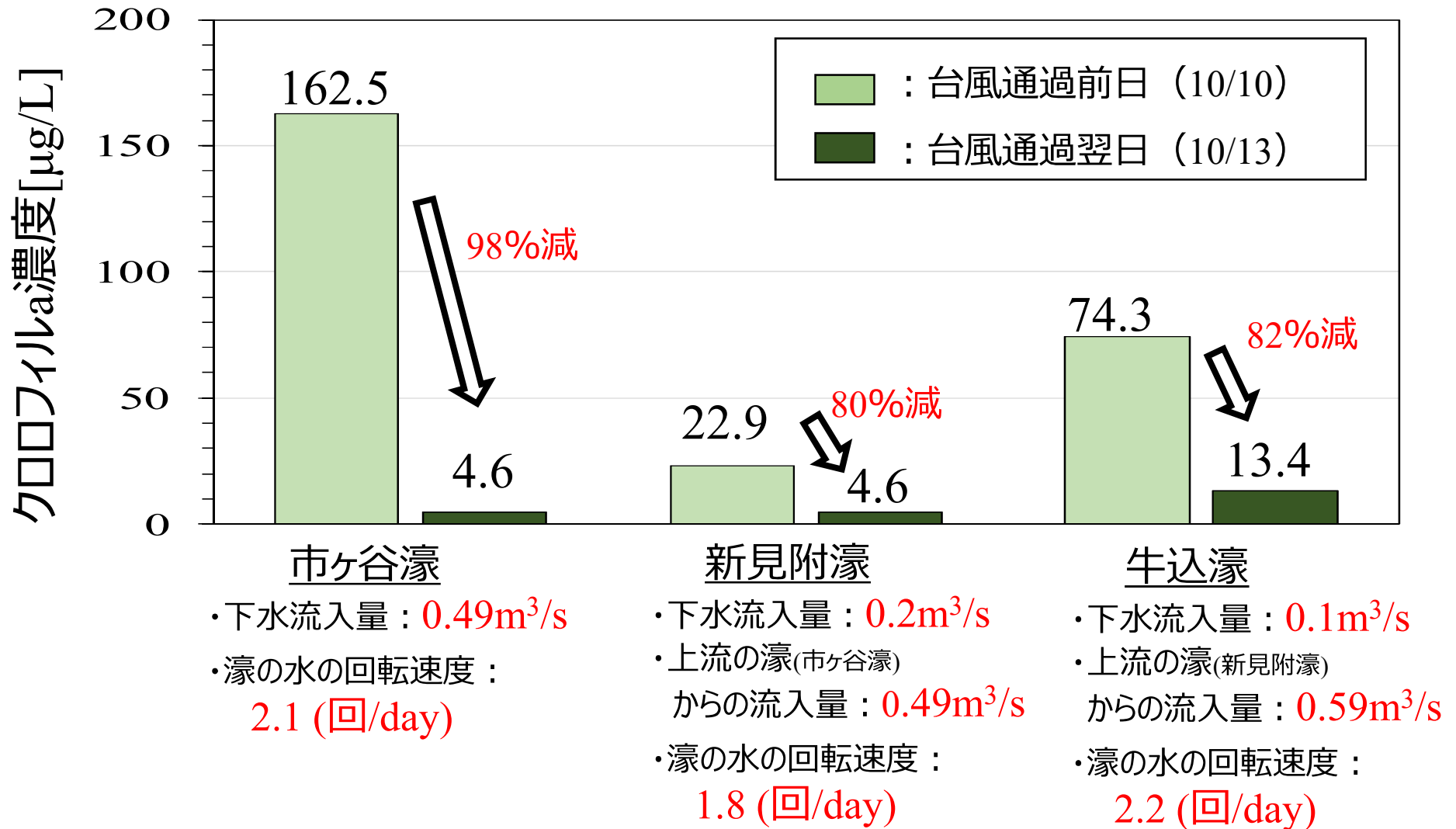
台風第19号通過翌日 (10月13日)

アオコはすっかり消え、  
澄んだ水面になっている！！

※中央大学河川・水文研究室撮影



## 台風第19号通過前後の植物プランクトン濃度(クロロフィルa濃度)の比較



いずれの濠においても、植物プランクトン濃度が低下しており、江戸城外濠においても、**押し効果でアオコがなくなる**ことがわかった。



# 江戸城外濠のアオコの改善対策

2019年に、都政の基本方針『「未来の東京」戦略ビジョン』に「玉川上水」を活用した皇居の外濠浄化事業が盛り込まれた



## 「未来の東京」戦略ビジョン16 水と緑 美しい東京

ビジョン16 水と緑  
水と緑を一層豊かにし、ゆとりと潤いのある東京

目指す2040年代の東京の姿

- ✓ 玉川上水や、河川等の清流が復活し、浄化や自然環境の改善が進んだ外濠では虫が舞い、江戸の昔ながらに再生された美しい水と緑が東京を代表するシーンとなっている
- ✓ 日本橋付近では、首都高速道路の地下化により水辺に顔を向けた街並みとなり、豊かな水と緑を楽しむ人々が集い、活発な舟運と相まって、賑わいと憩いの場となっている
- ✓ 多摩・島しょ地域では、豊かで美しい水と緑に囲まれた快適な居住環境が保たれている。固有の生態系を有する自然が東京の財産として後世まで引き継がれるよう、手を入れて大切に守られており、親しみ深い地域となっている



2019年(令和元年)12月26日(木曜日) 言置 置 糸斤 隆

### 小池都政の主な実績

- ・就任以降、待機児童が5000人減
- ・高齢運転者の事故防止装置に補助制度
- ・国の基準を上回る受動喫煙防止条例
- ・虐待防止条例に保護者の体罰禁止を明記
- ・情報公開時の閲覧手数料を廃止
- ・無電柱化の推進を条例化

中 玉川上水は多摩川から江戸市中に水を供給するため、幕府が約43坪・柱にわたって造成。かつては外濠や内濠にも流れ込み、「水の都」の景観づくりにも一役買っていた。その後、上水道の整備などによって水の流れが絶え、外濠などでは水質悪化による藻の発生や悪臭が問題となった。

都は新たな水源の確保や玉川上水の改修、導水管の整備を通じて清流の復活を長期計画の中核に位置づける考えで、小池知

### 小池知事インタビュー

都が2040年までの都政の基本方針として策定を進めている長期計画に、江戸期に造られた水道「玉川上水」を活用した皇居(千代田区)の外濠浄化事業が盛り込まれることがわかった。読売新聞のインタビューに応じた小池知事は「玉川上水を復活させて、東京に江戸の情緒を取り戻したい」と語り、事業の意義を強調した。

## 水の都へ玉川上水復活

事「長い事業となるが、よみがえった玉川上水によって外濠がきれいになっていく。夢のあるものだと語った。

◇ 小池知事はインタビューで、3年半に及ぶ任期を振り返った上で、①子育て支援施策の推進で四半世紀ぶりの低水準となった待機児童数②都民や大学研究者からの施策提案制度導入③情報公開制度の改善などを通じた都政の「見える化」——などを成果として掲げた。

その上で、小池知事は任期最終盤を迎える来夏の東京五輪・パラリンピックの成功に全力を挙げる考えを示した。特にパラリンピックについて「客席を埋め尽くし、東京の社会の成熟度を示したい」として、より重視する姿勢を明確にした。

五輪の開幕直前に行われる都知事選への対応については、東京にとって大事な時期なので、知事として日々まい進したい」とし、明言を避けた。

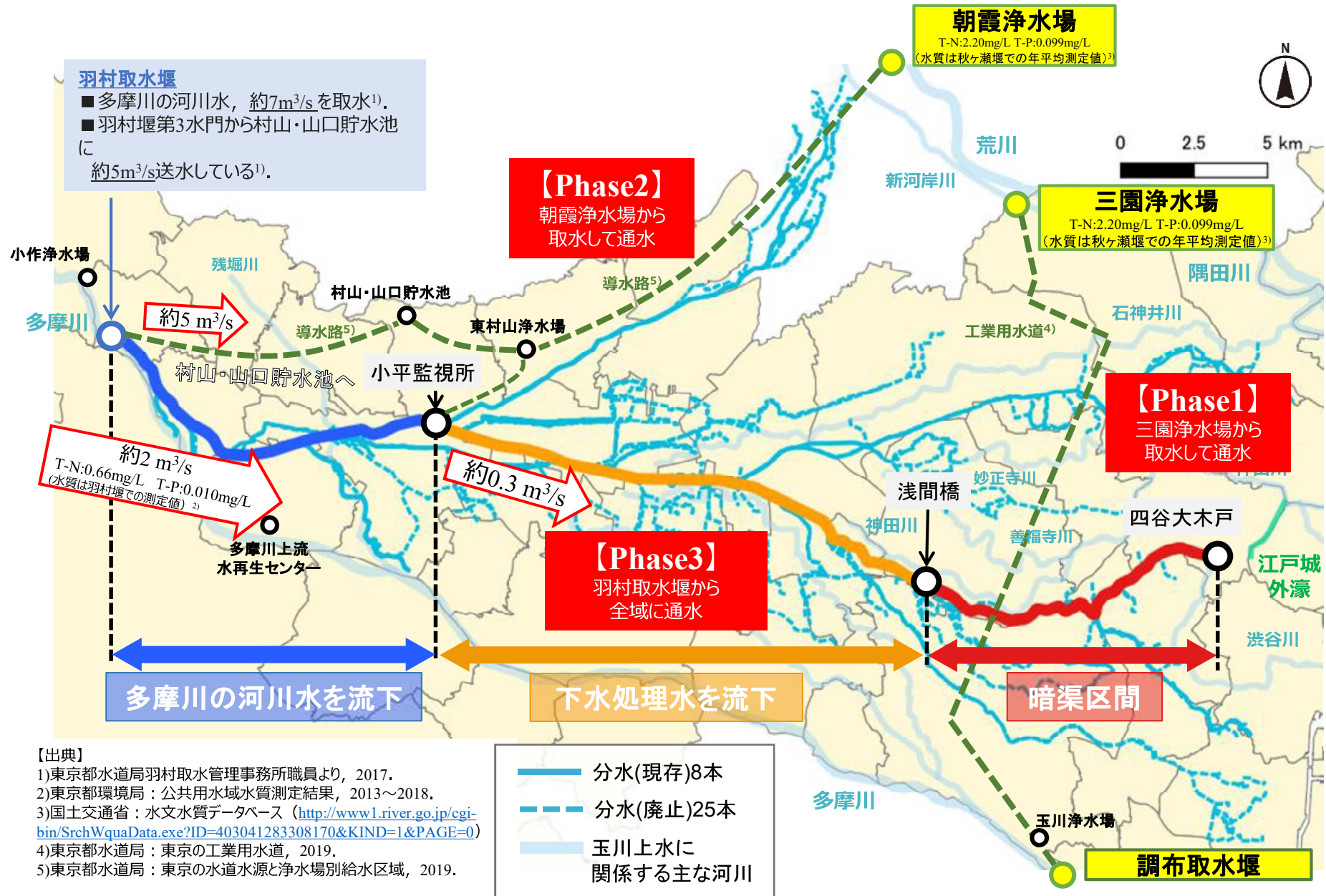
### 皇居外濠浄化「江戸情緒取り戻す」

約43坪・柱にわたって造成。かつては外濠や内濠にも流れ込み、「水の都」の景観づくりにも一役買っていた。その後、上水道の整備などによって水の流れが絶え、外濠などでは水質悪化による藻の発生や悪臭が問題となった。

都は新たな水源の確保や玉川上水の改修、導水管の整備を通じて清流の復活を長期計画の中核に位置づける考えで、小池知

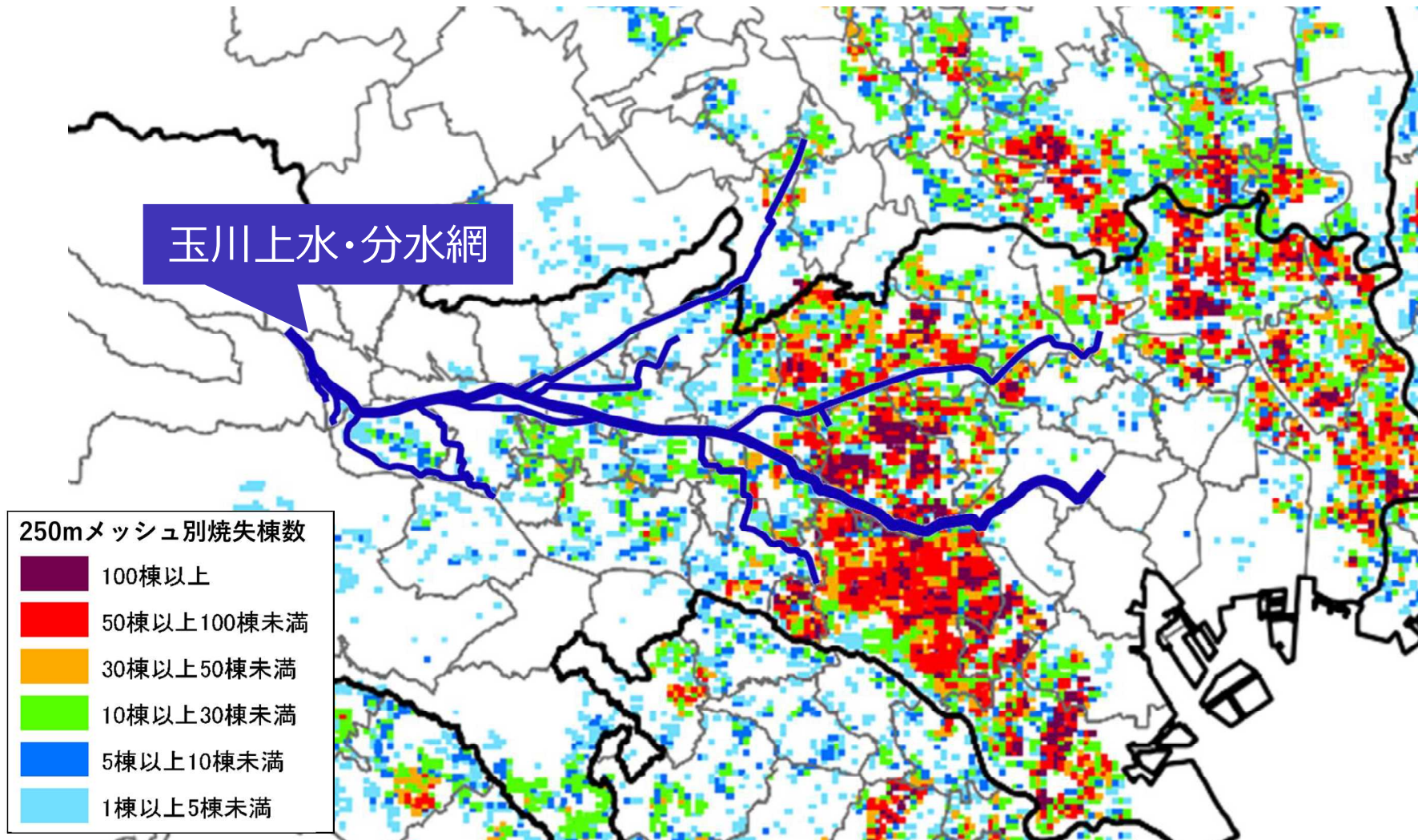
読売新聞：「水の都へ玉川上水復活」2019年12月26日。

# 玉川上水全体図 -玉川上水と工業用水転用の可能性-





# 大規模地震時、緊急水利に役立つ玉川上水・分水網・外濠他



## 都心南部直下地震における都内の被害想定（冬・夕・風速8m/sの場合）

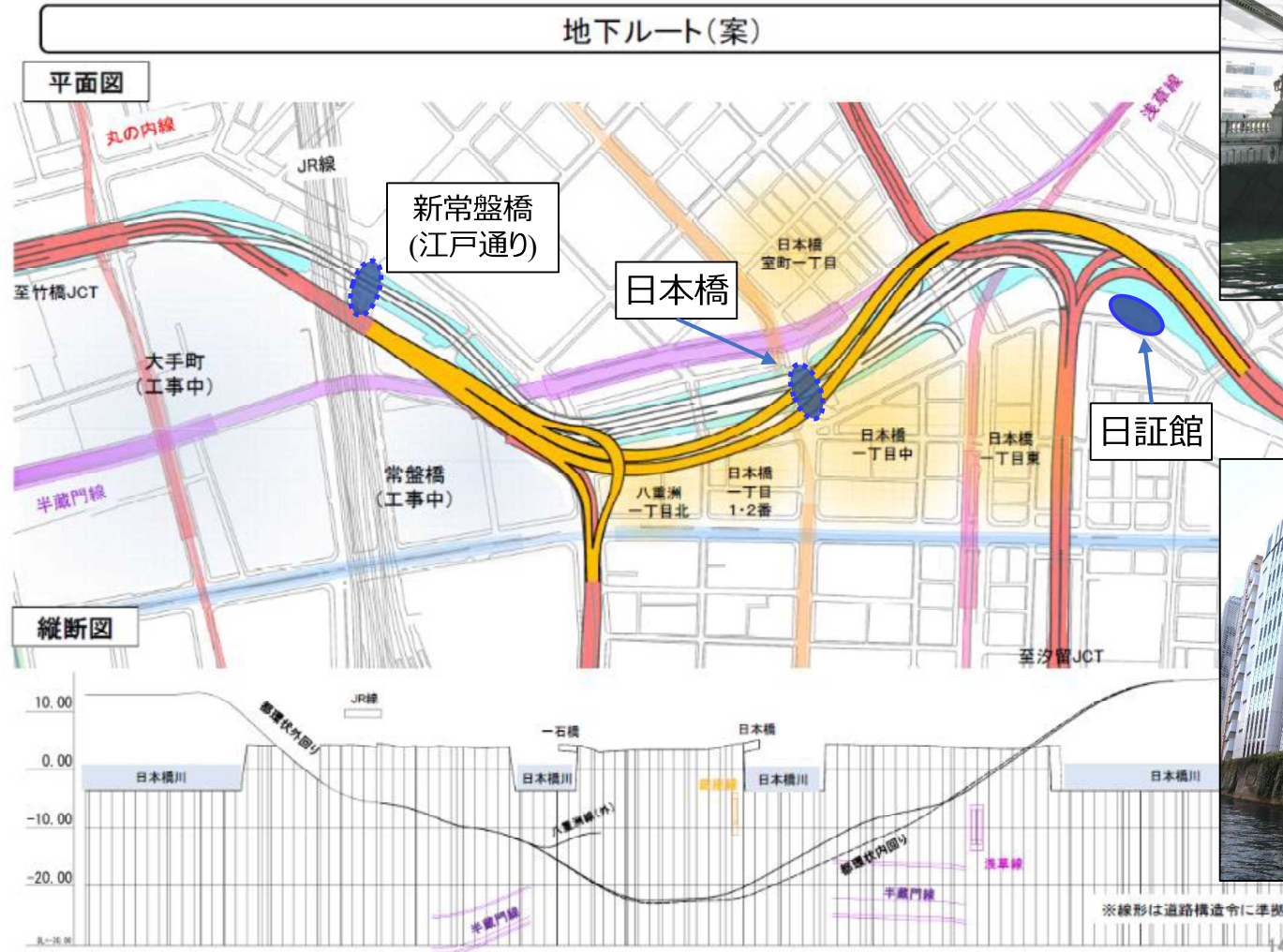
【図面出典】

内閣府：中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ「首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告)」，平成25年12月

# 東京都市河川(日本橋川)への 可動式堤防の導入検討



# 首都高速道路の地下化について



現在の日本橋の様子



川から見た日証館

※ 国土交通省：第2回首都高日本橋地下化検討会 資料2 対象区間及び地下ルート（案）の検討について,p.15,2018.の地図に地名を加筆

# 日本橋川(兜町周辺)の現状と整備方針案

## ◆ 日証館について

日証館は、昭和初期から現在まで、日本橋川に面する建物として日本橋の歴史・文化を伝える重要な近代建築物である

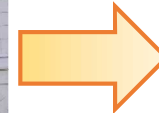
- ・竣工：1928年（昭和3年）
- ・規模：地上7階 地下1階 塔屋1階
- ・構造：鉄骨鉄筋コンクリート（一部鉄骨造）

現在、日証館と日本橋川は  
堤防によって隔てられている状態である



流れ方向

日本橋川から見た日証館  
(中央大学 河川・水文研究室撮影：2019/04/03)



①不足している  
船着場の整備

③カミソリ堤防に代わる  
可動式堤防の導入



②水辺空間の有効活用

一般社団法人 まちふねみらい塾 machifunemirai

# 日本橋川への可動式堤防の導入

## ◆ 水辺空間の活用

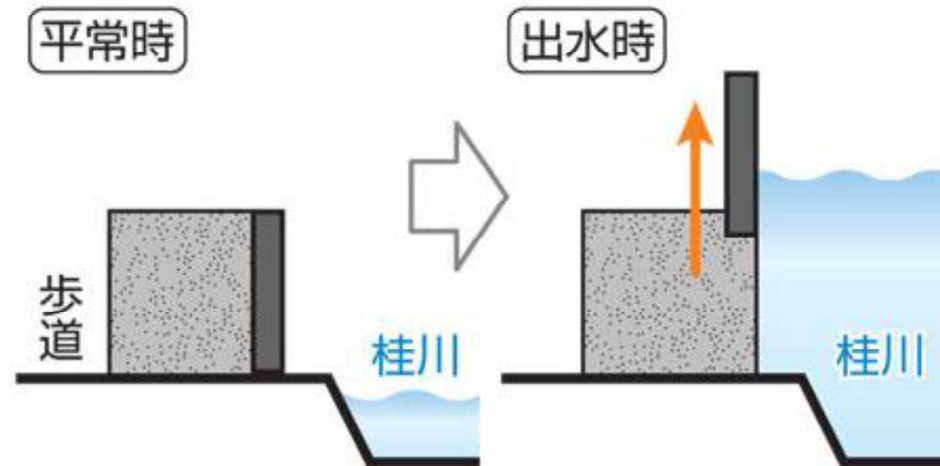
- ・船着場の整備
- ・遊歩道の整備

問題

現在のカミソリ堤防は、将来の日本橋エリアのまちづくりに適さない

## ◆ 可動式堤防

- ✓ 増水時に限って収納している可動部分がせり上がる仕組みの堤防
- ✓ 景観と治水の両立が可能



出典：京都新聞「京都・桂川に可動式止水壁 嵐山で全国初設置、景観と治水両立（2018/12/10）」

<https://www.kyoto-np.co.jp/top/article/20181210000157>

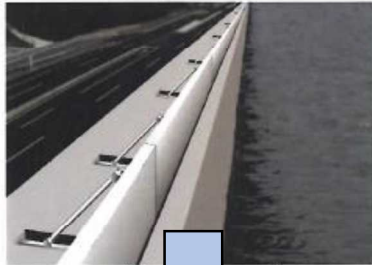


# 可動式堤防の技術について

## ◆ 垂直起立式可動ゲート (フジワラ産業株式会社)

水位上昇で河川の氾濫が予想される際に、堤防躯体の中に垂直方向に収納されている堰体を上昇させる

動作時 (波圧対応型)



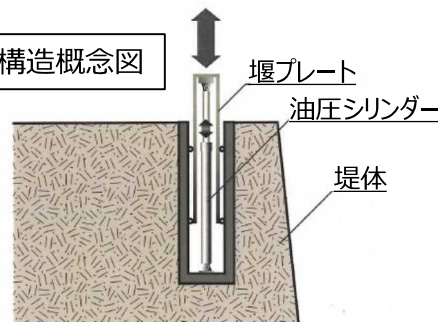
平常時



### 【特徴】

- ✓ 景観への影響が少ない
- ✓ 平常時は河川へのアクセスが容易
- ✓ 堤体上面がフラットであるため、通行が容易であり多様なスペース活用が可能

構造概念図



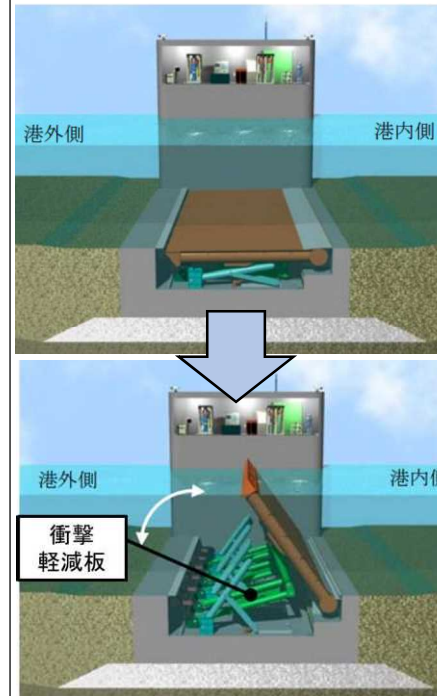
引用：フジワラ産業株式会社 製品紹介

## ◆ フラップゲート式防波堤 (日立造船株式会社)

海底に一系列に扉体を設置し、浮力を利用して扉体を旋回起立させることで連続した防波堤を形成する可動式の構造物

### 【特徴】

- ✓ 景観への影響が少ない
- ✓ 自然の力を有効利用した構造・機構により、安価な防御施設を実現
- ✓ 扉体浮力等の常時監視により施設状態を見える化し、安心な防御施設を実現



引用：日立造船株式会社 フラップゲート式水災害対策設備



# 参考：海外での可動式堤防の整備例

## イギリス ロンドン「テムズ・バリア」



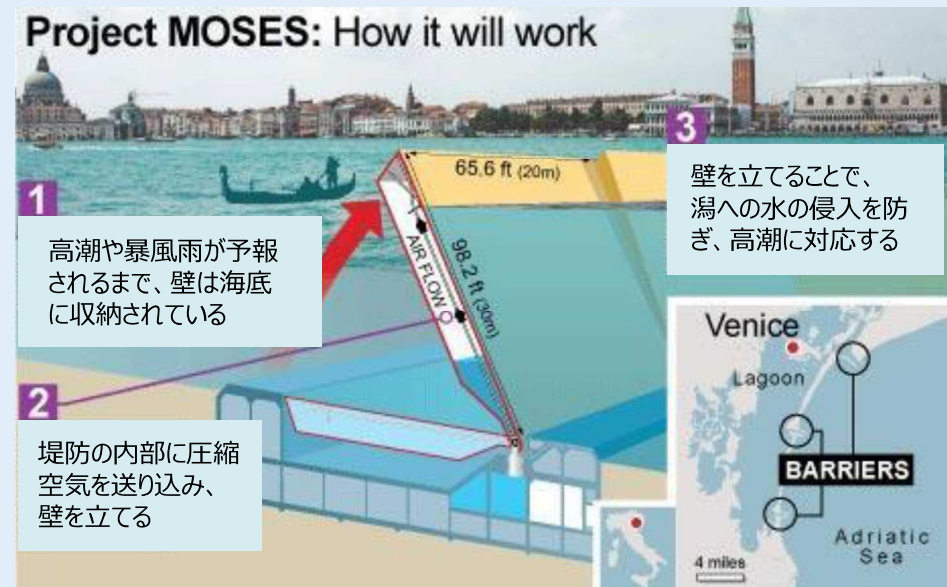
- ・1982年から運用開始
- ・全長：520m ゲート幅(最大)：61m
- ・ドルフィンゲートと呼ばれる回転式の門扉を採用

引用：気候変動適応情報プラットフォーム  
イギリスの防潮堤「テムズ・バリア」

## イタリア ベネチア「モーゼ・プロジェクト」

- ・2003年に建設開始
- ・2022年までの完成を目指している

### Project MOSES: How it will work



引用：The Telegraph Moses project to secure future of Venice

### 高潮によって浸水している様子(2018/10/29)



引用：National Geographic  
水の都ベネチアが洪水で水没  
悪天で高潮が発生