

2021年3月9日

令和3年電気学会全国大会 本部企画シンポジウム



温暖化に伴う 将来の台風変化の可能性と 適応策について

ー アンサンブル予測によるリスクマネジメント ー

一般財団法人 日本気象協会
環境・エネルギー事業部

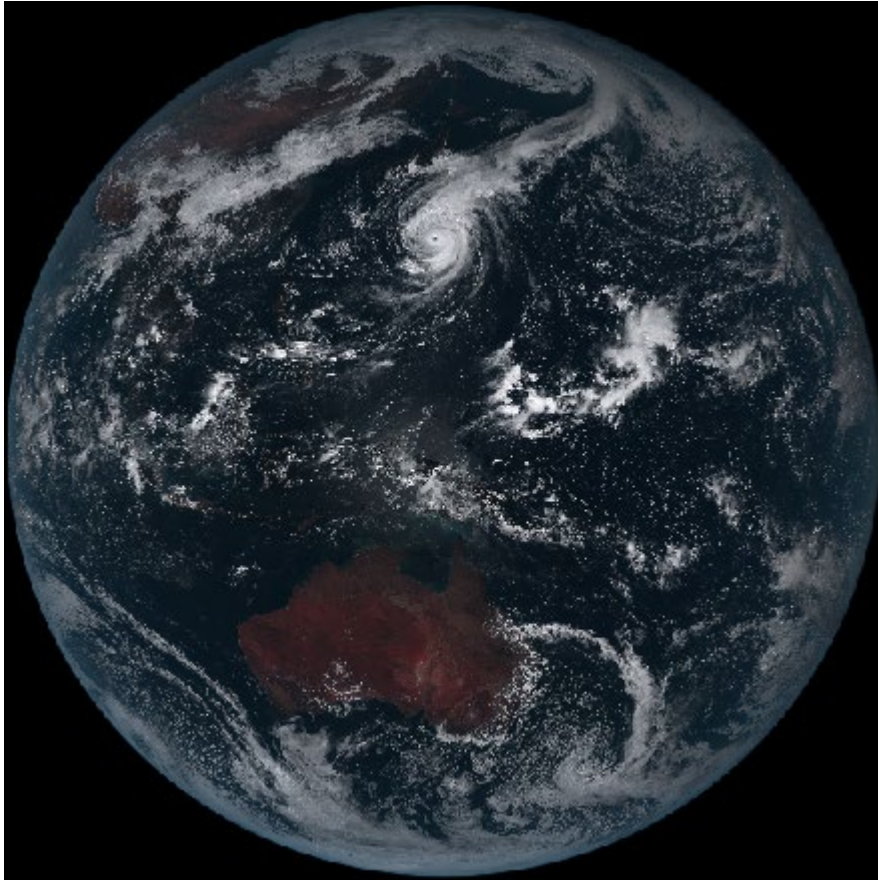
小玉 亮

- 1. 近年の台風の状況**
- 2. 地球温暖化の影響**
- 3. 台風のアンサンブル予測**
- 4. まとめ**

台風とは？

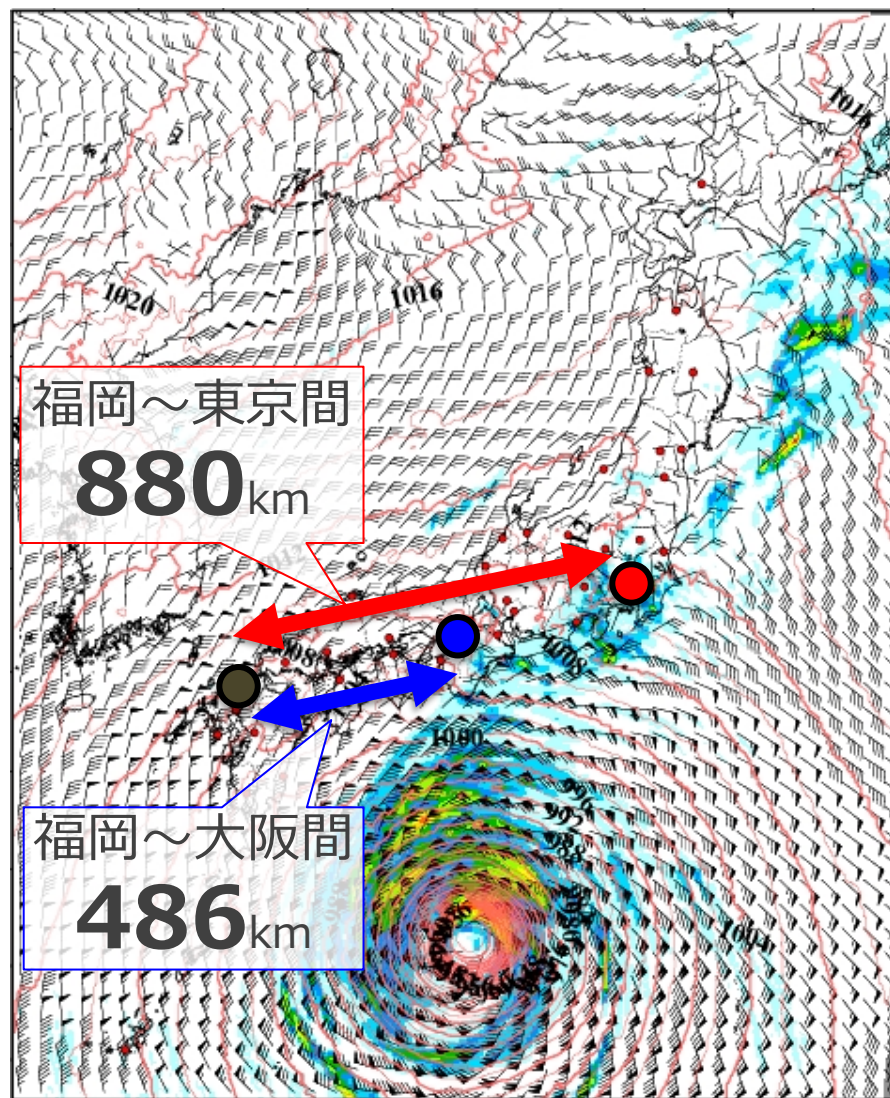
熱帯低気圧のうち、

- **北西太平洋**または**南シナ海**に存在
- 低気圧域内の最大風速（10分間平均）が**17.2m/s（34kt）以上**



気象衛星画像(合成カラー画像)

[2019/10/10 12:00]



地上気圧と風向・風速、降水量の分布
(気象数値モデル計算結果)

強さは**最大風速**で決まり、
大きさは**強風域の半径**
で決まる。

【強さ】

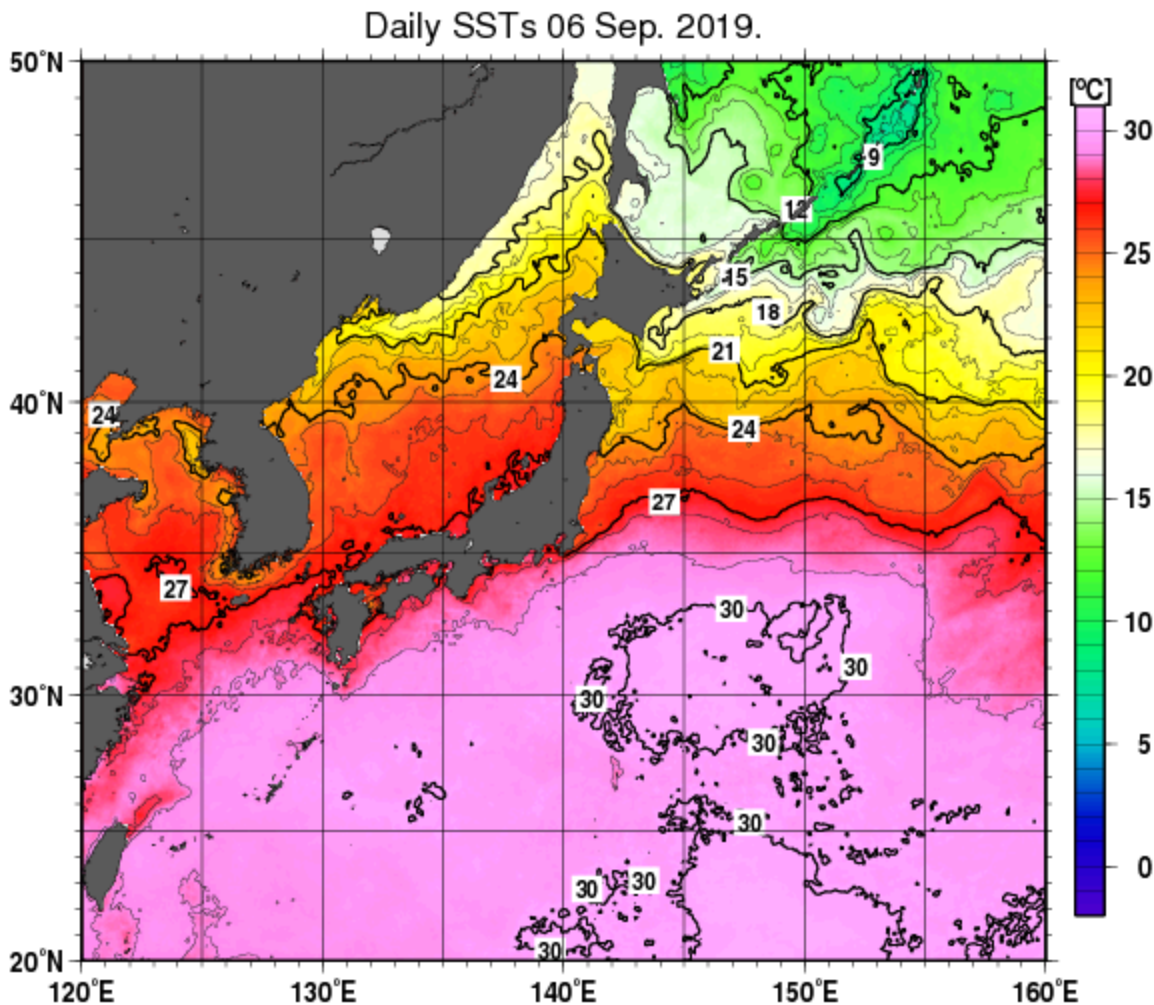
階級	最大風速 (10分間平均)
強い	33 m/s(64kt)以上 44 m/s(85kt)未満
非常に強い	44 m/s(85kt)以上 54 m/s(105kt)未満
猛烈な	54 m/s(105kt)以上

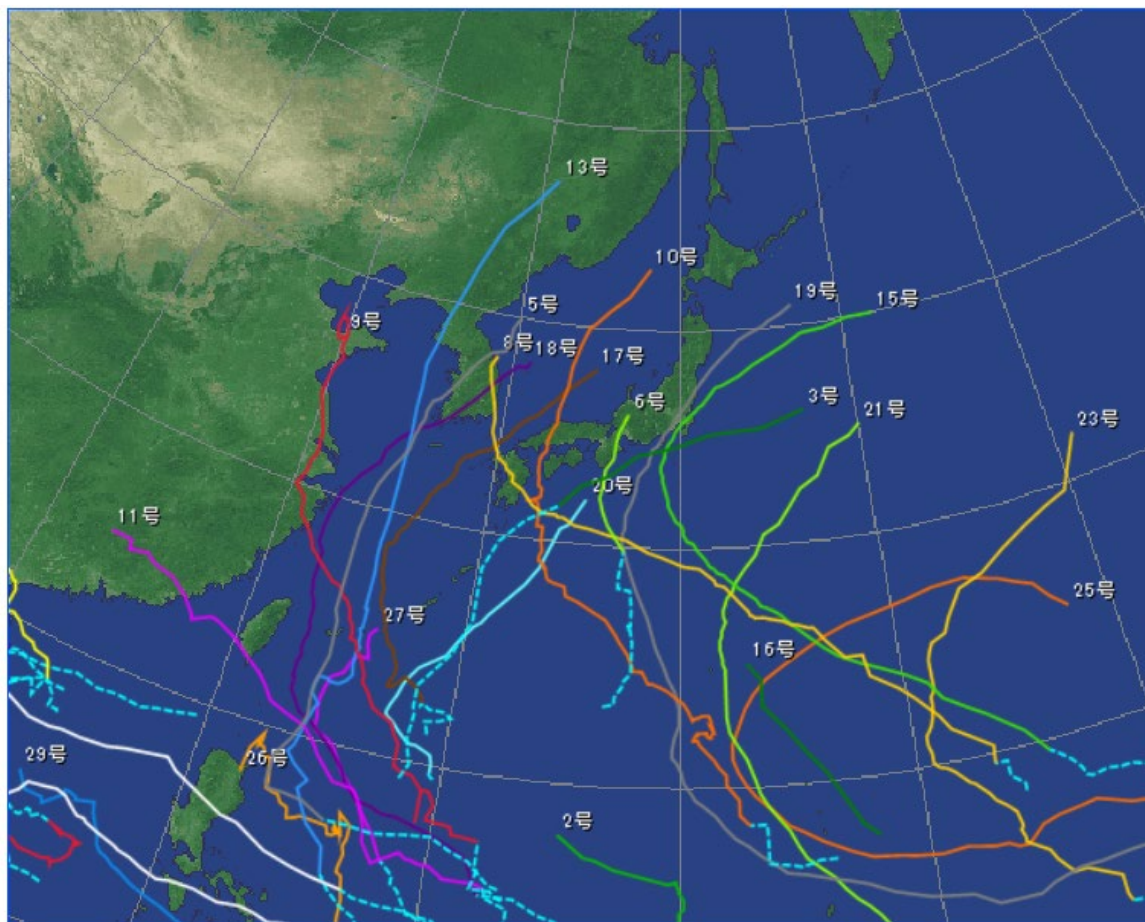
【大きさ】

階級	風速15m/s以上 (強風域) の半径
大型	500 km以上 800 km未満
超大型	800 km以上

発達条件は？

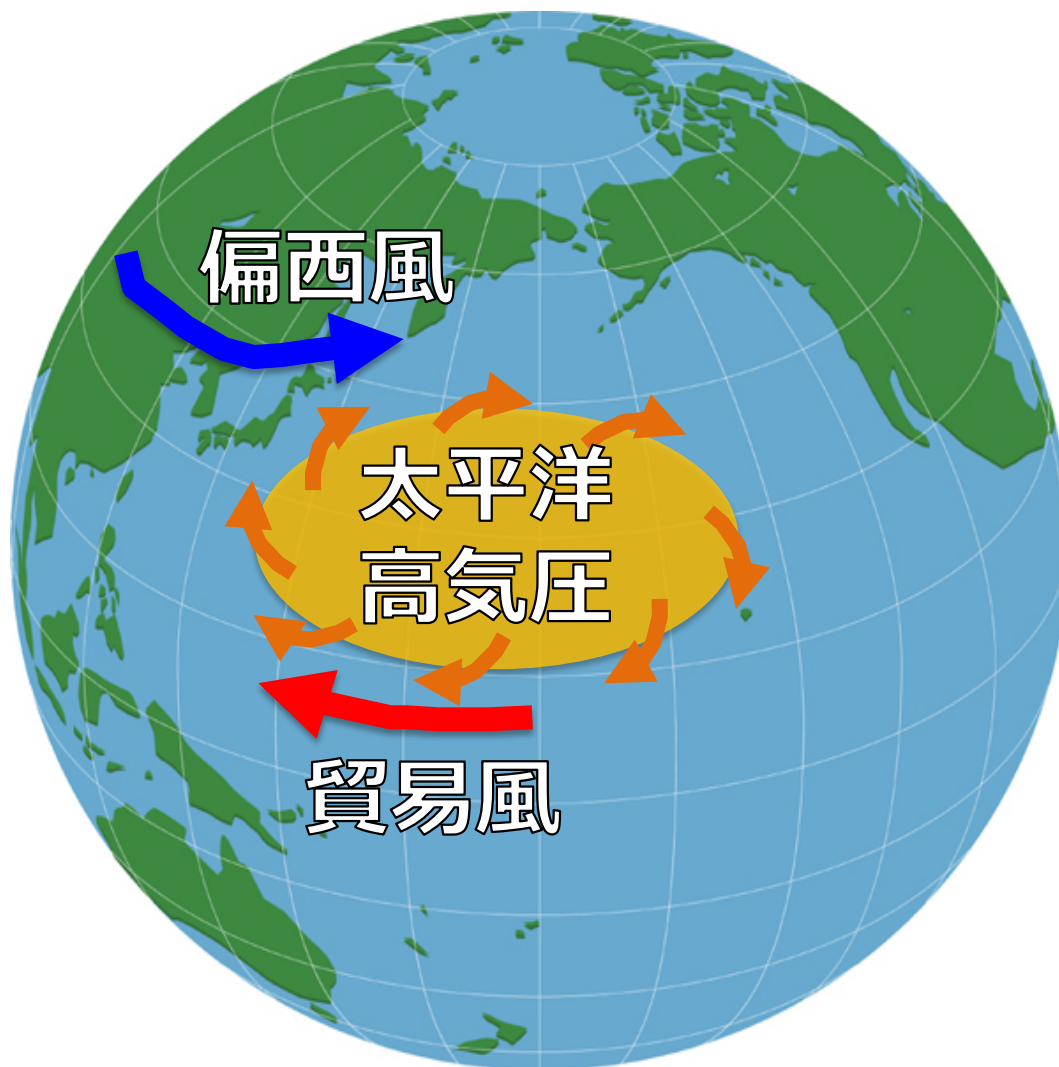
- 大量の水蒸気
- 26°C以上の海水温





2019年の台風経路

台風の進路 を決める 要因は？



- 偏西風
- 太平洋高気圧
- 貿易風

台風の進路を決める要因

台風第15号

- 2019年9月8日21時に**非常に強い**勢力で伊豆諸島に接近（中心付近の最大風速45m/s、中心気圧955hPa）
- 9日3時前に三浦半島を通過し、強い勢力で5時前に**千葉市**付近に上陸

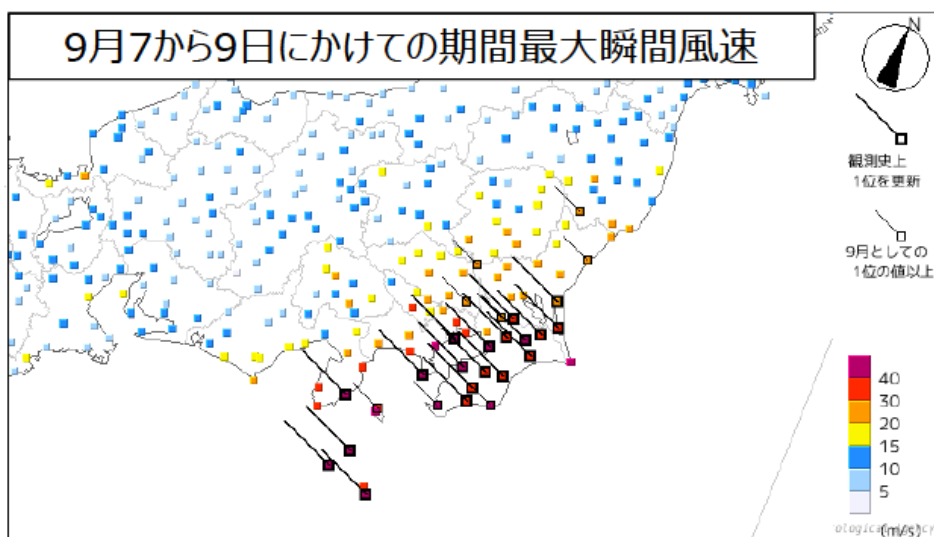
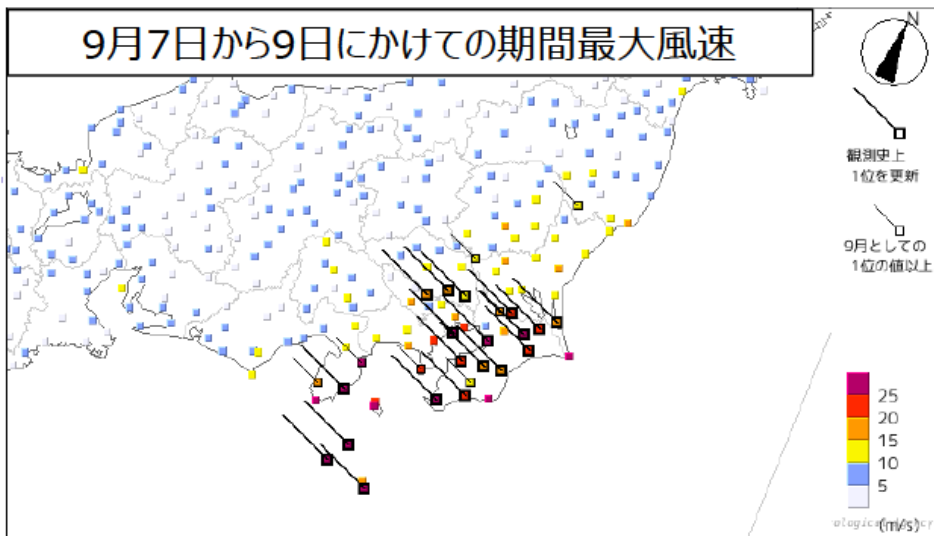


9日5時前
千葉市 付近上陸

伊豆大島付近まで
非常に強い 勢力

台風第15号の進路

伊豆諸島・千葉県 で観測史上1位を 更新する猛烈な風



期間中の最大風速と最大瞬間風速（気象庁）

- 神津島で最大風速**43.4m/s**、
最大瞬間風速**58.1m/s**
- 千葉市で最大風速**35.9m/s**、
最大瞬間風速**57.5m/s**

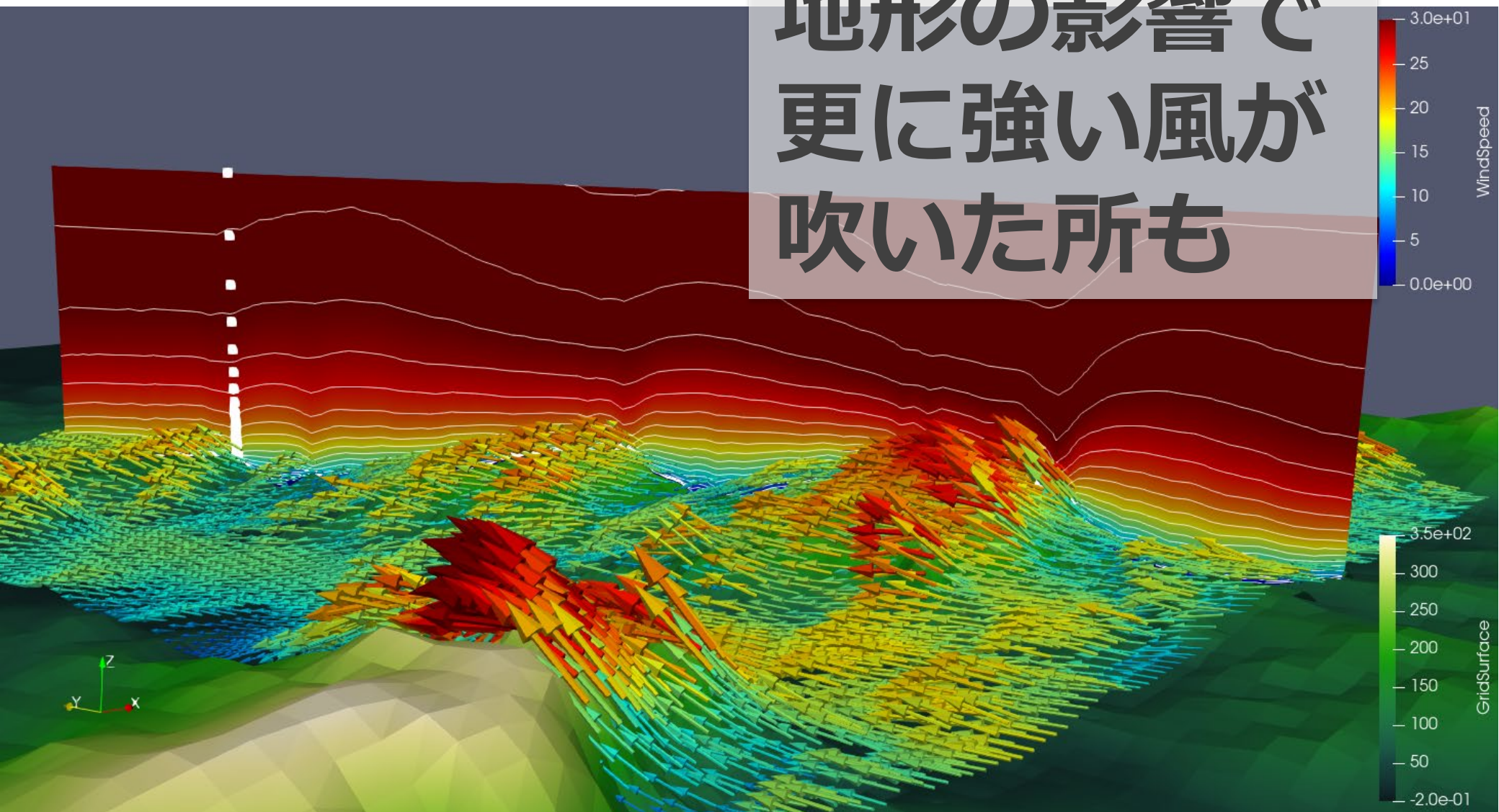
※いずれも観測史上1位

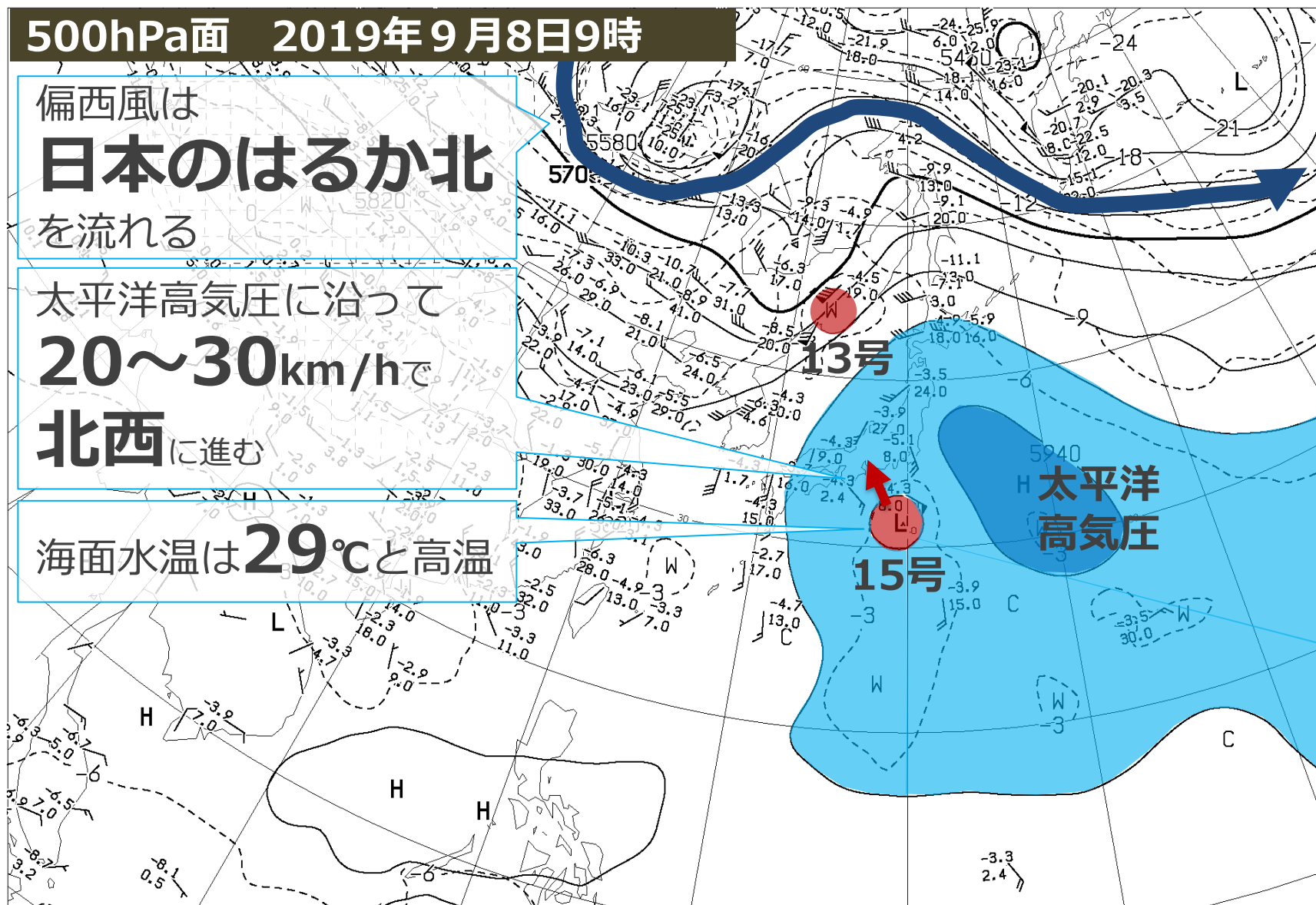
出典：気象庁ホームページ

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/periodstat/20190909a/20190909/24/index_wind.html?gazou=mxwsp00s&zoom=1&x=2052&y=1772&v=m&wt=100

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/periodstat/20190909a/20190909/24/index_wind.html?gazou=gust00s&zoom=1&x=594.4285714285716&y=569.1428571428571&v=ev&wt=100

地形の影響で
更に強い風が
吹いた所も



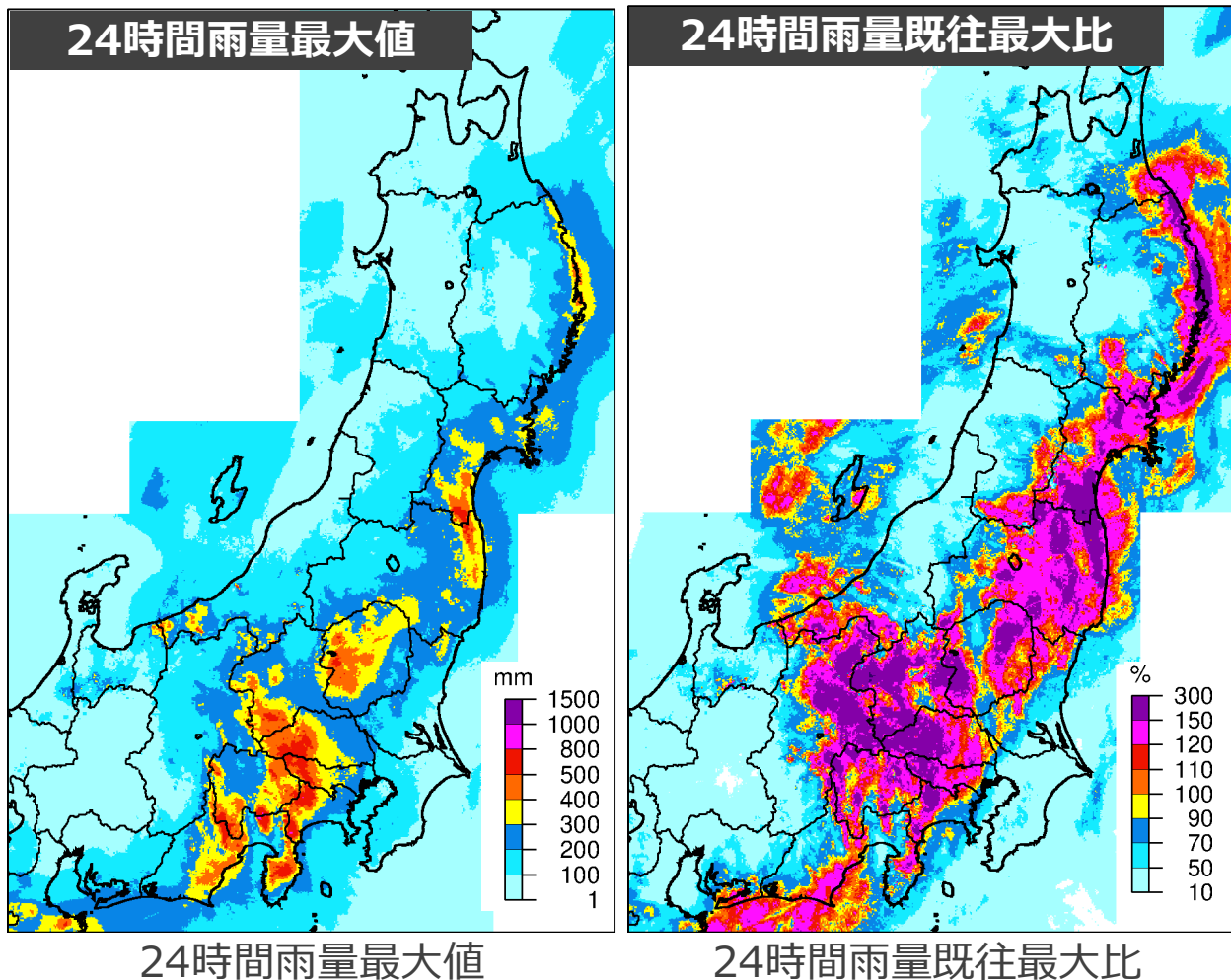


ANALYSIS 500hPa: HEIGHT(M), TEMP(°C)

台風第19号



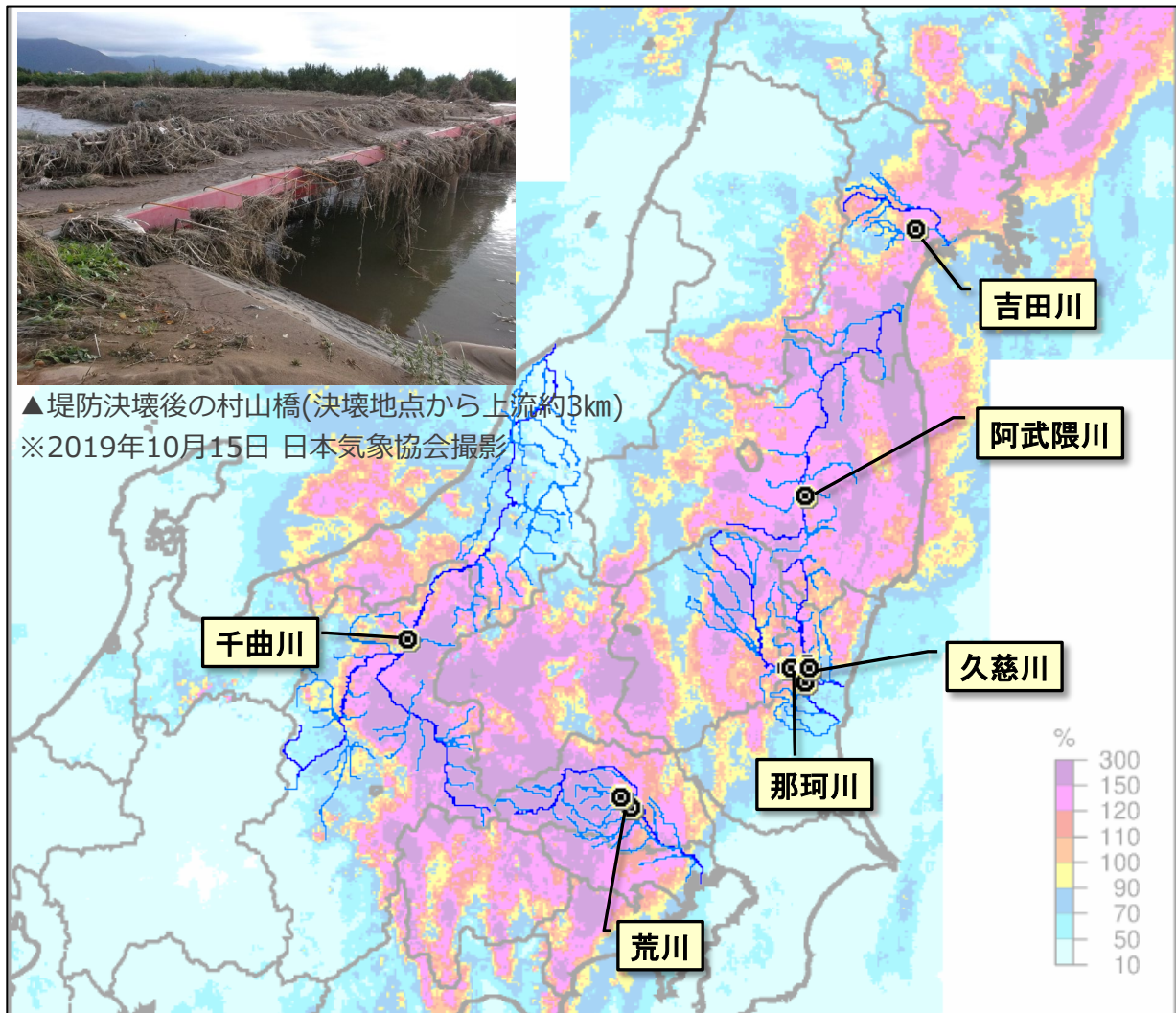
- 2019年10月12日19時前に**大型で強い**勢力で伊豆半島に上陸
- 台風第15号より西側のルートで関東地方を通過



関東甲信地方 東北地方で 記録的な大雨

- ・ 広範囲で24時間雨量の既往最大比**100%超**
- ・ 計**140箇所**で堤防決壊
- ・ 一級河川を中心に約**2万5千ha**が浸水

※対象期間：2019年10月9日9時～14日6時
既往期間：2006年5月～2018年12月
国土交通省レーダ解析雨量(1kmメッシュ)より作成

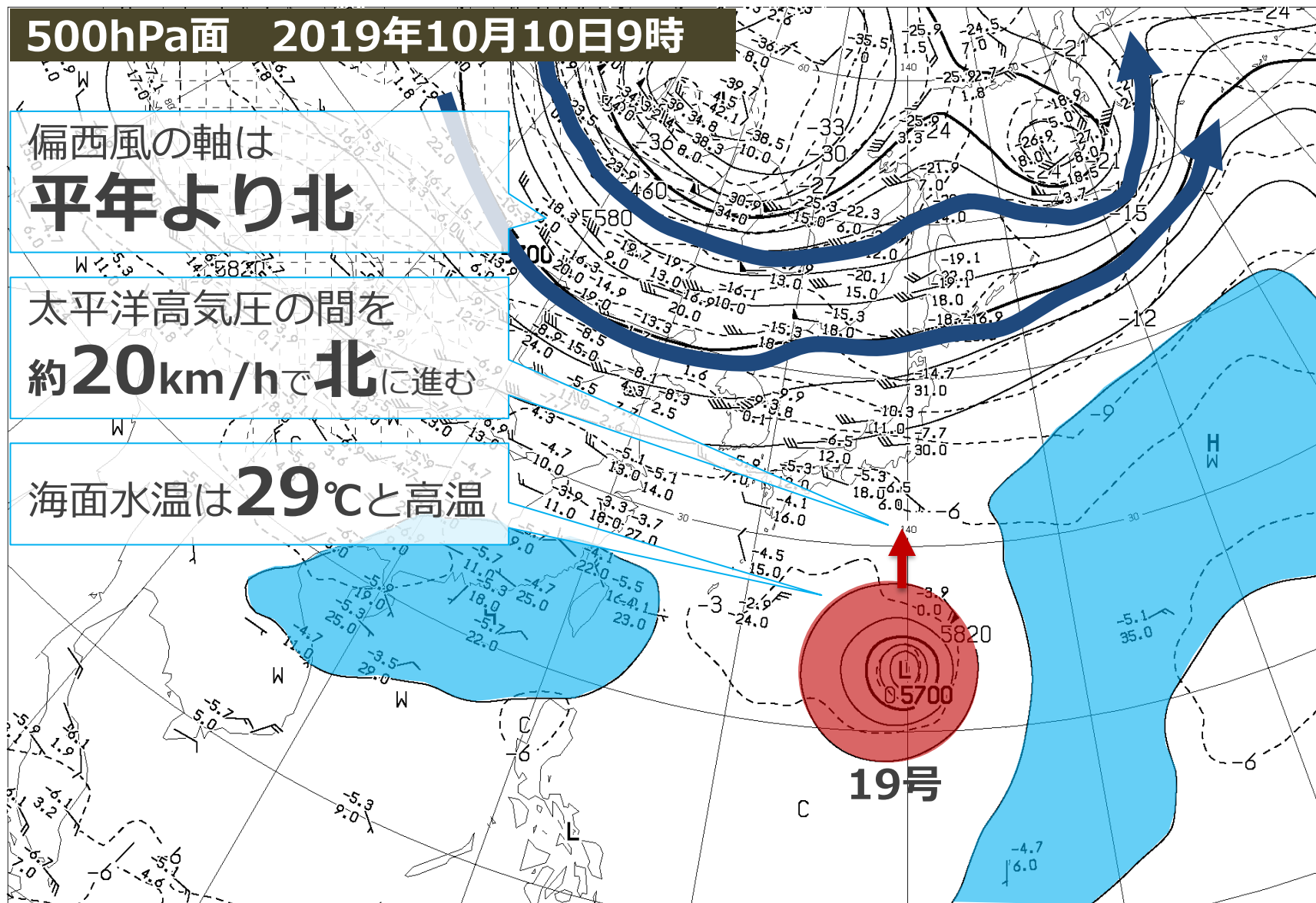


24時間雨量既往最大比と堤防決壊地点

- 堤防決壊地点は、24時間雨量の既往最大比が **120%超と一致**
- 大規模な浸水被害があった千曲川では **150%超**

※堤防決壊地点：国土交通省HP堤防決壊箇所一覧(令和元年11月3日現在)を基に、一級水系の国管理河川を抽出

2019年台風第19号の特徴



ANALYSIS 500hPa: HEIGHT(M), TEMP(℃)

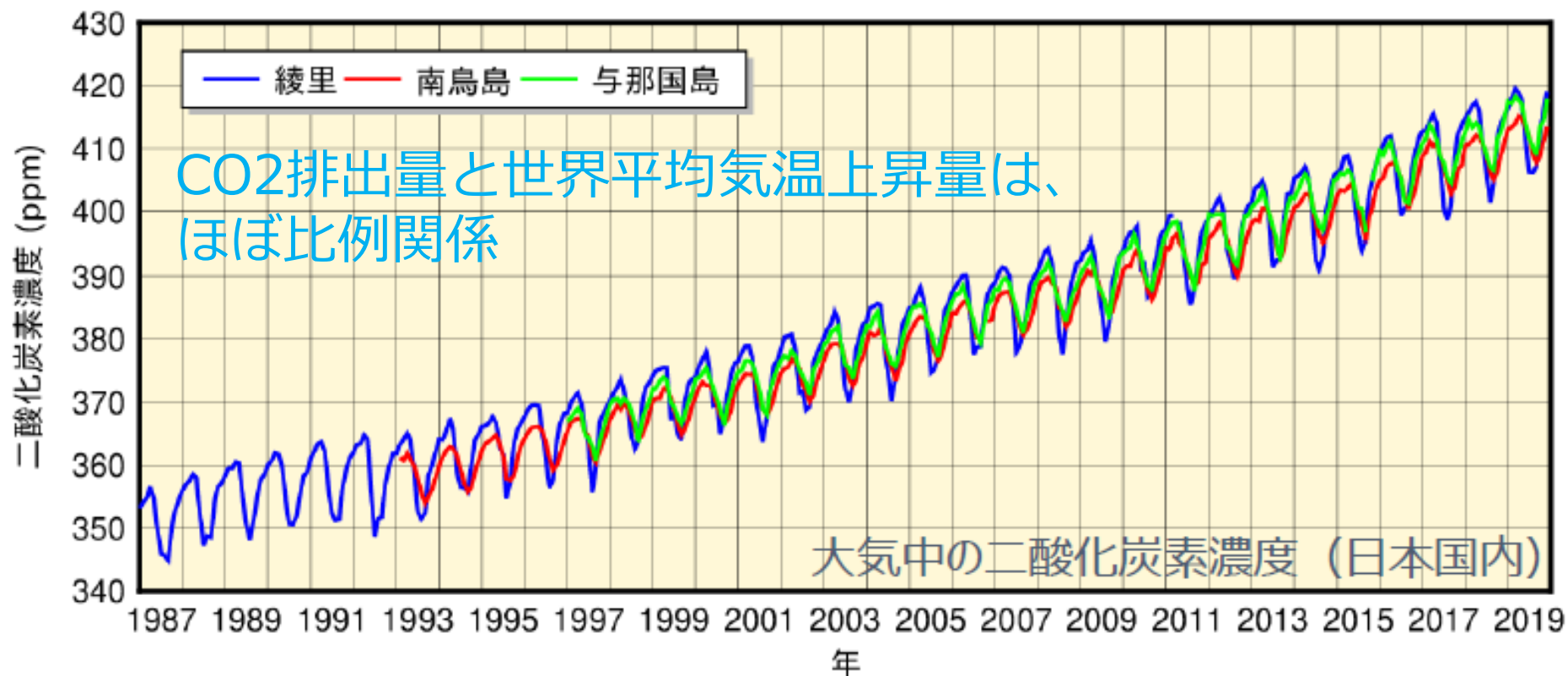
1. 近年の台風の状況

2. 地球温暖化の影響

3. 台風のアンサンブル予測

4. まとめ

- 工業化以降、温室効果ガスである二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の大気中濃度は**増加傾向**



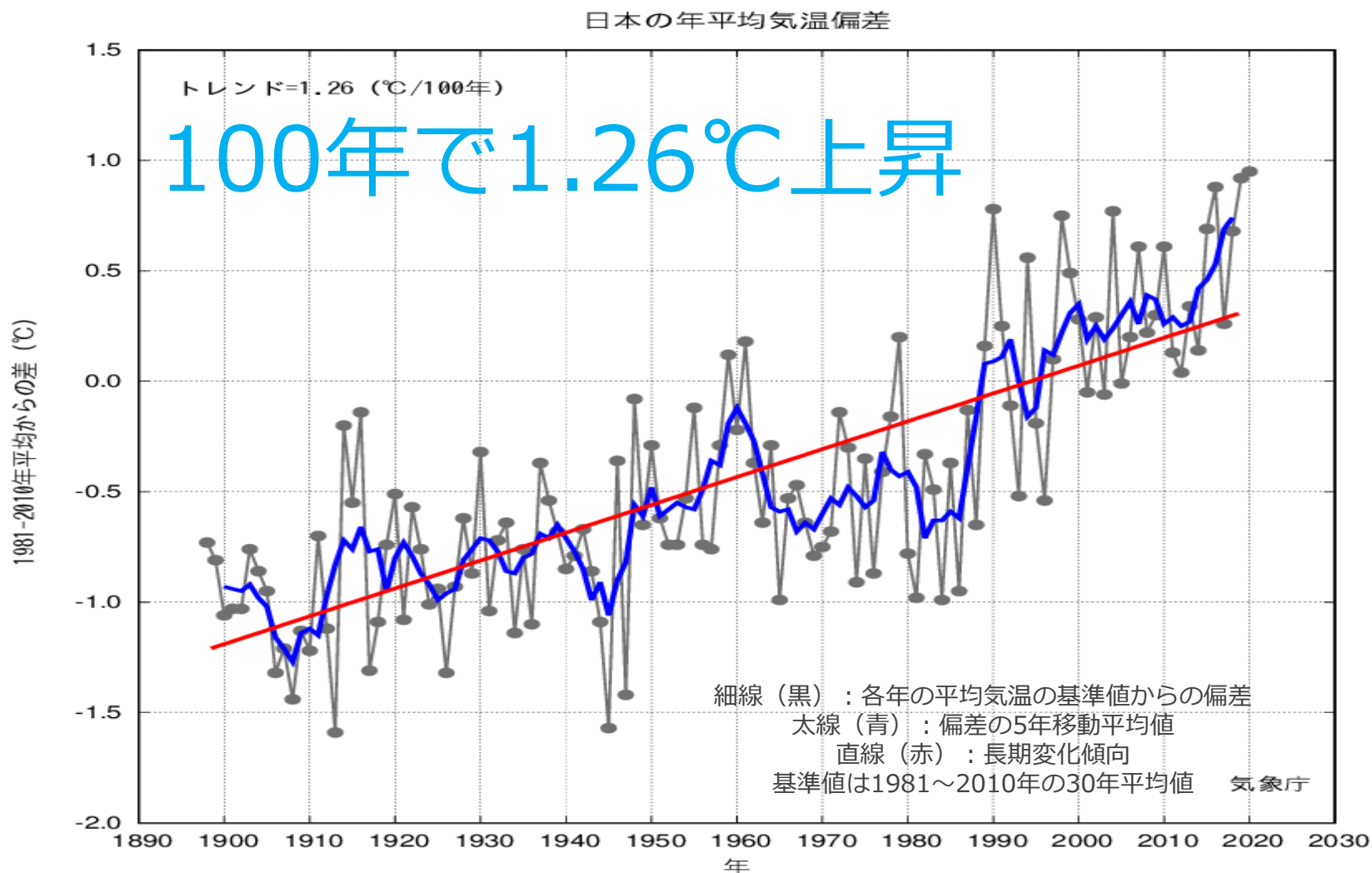
出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2020 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

日本の年平均気温の経年変化

日本の年平均気温は**上昇**、猛暑日・熱帯夜等の日数が**増加**



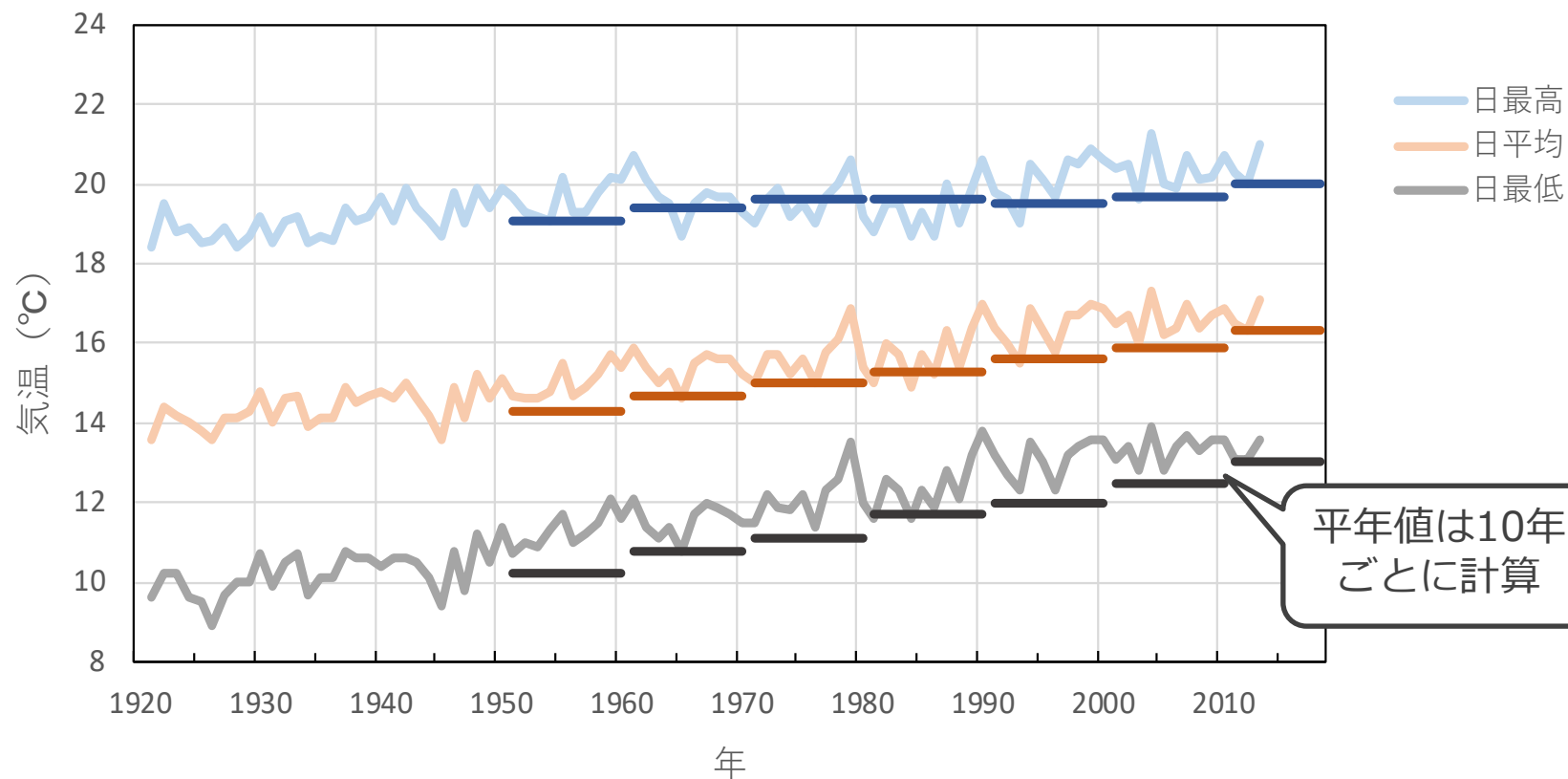
出典：文部科学省及び気象庁

「日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —」

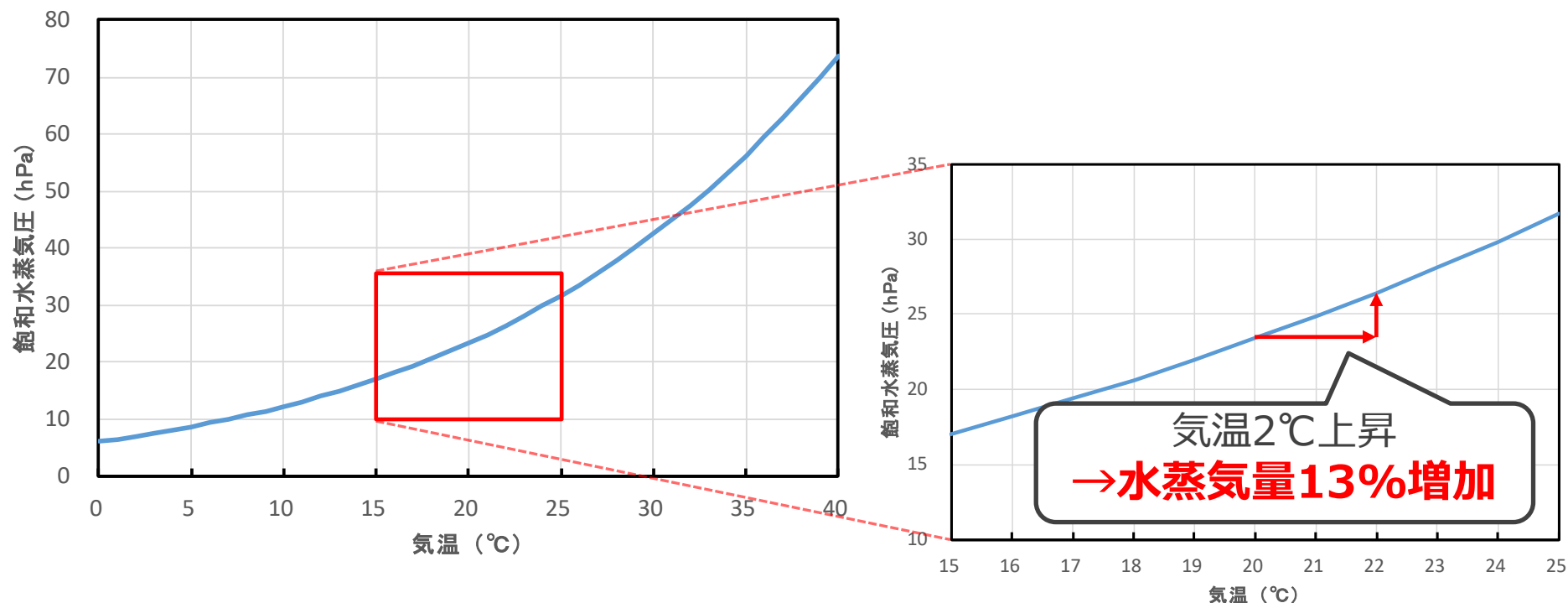
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

東京（大手町）の年平均気温と平年値



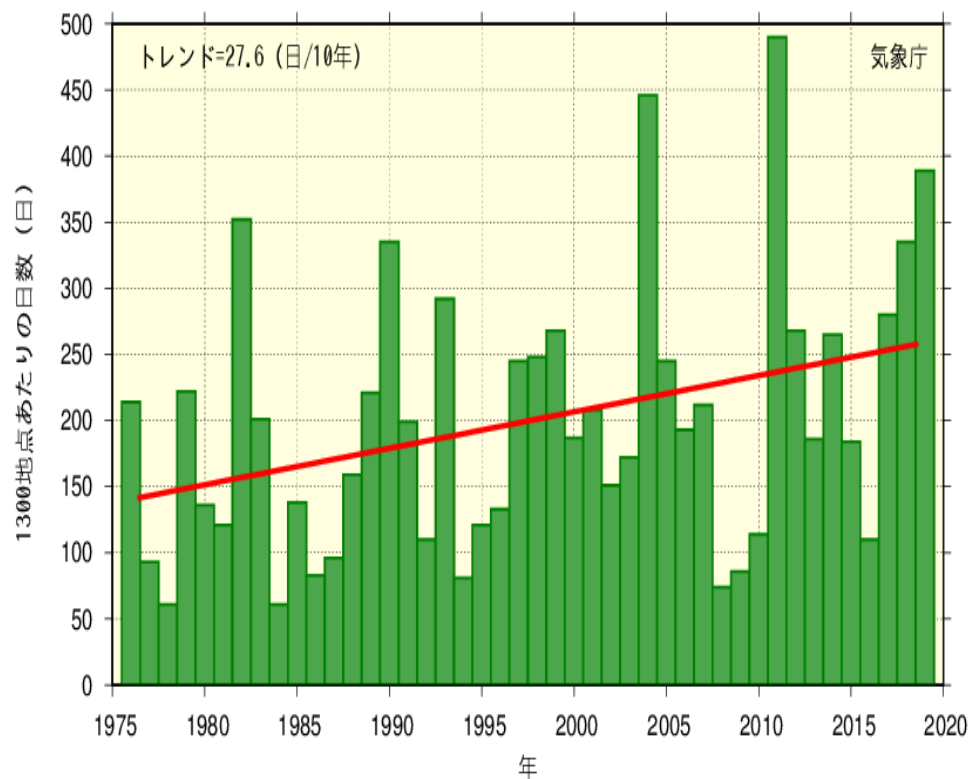
- 東京の気温は長期的に**上昇傾向**
- 過去30年間の平均値として計算された**平年値そのものが上昇**



- 気温の上昇
→ 大気中に含むことができる**水蒸気量が指数関数的に増加**
→ **降水量の増加**

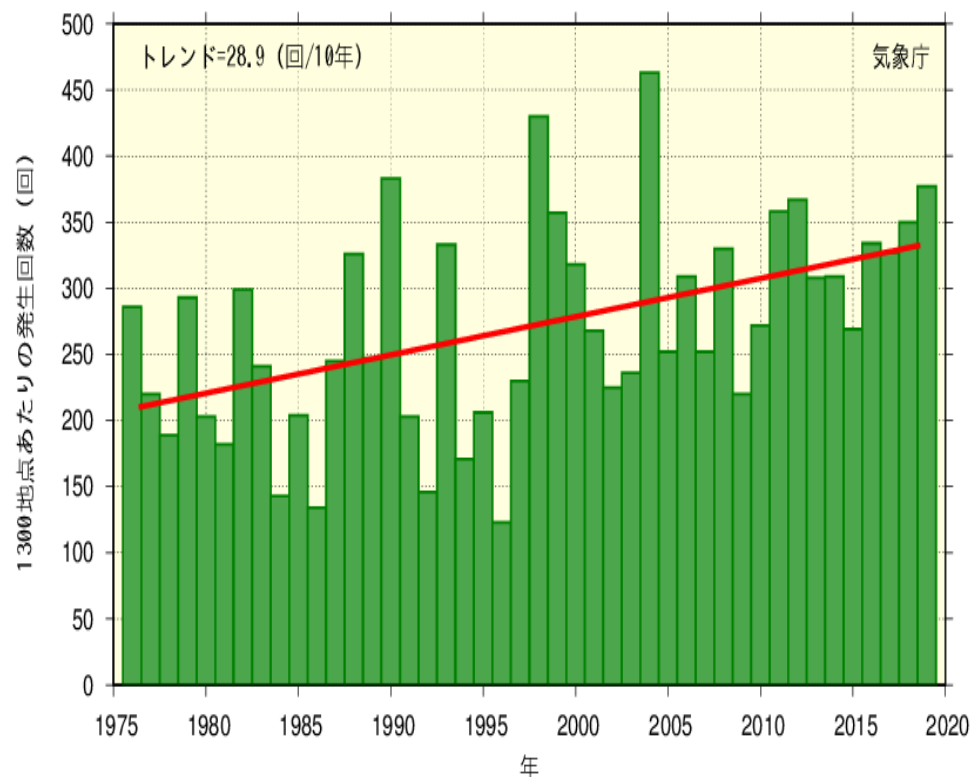
日本の大雨・短時間強雨の発生頻度は**増加傾向**

全国 [アメダス] 日降水量200mm以上の年間日数



直線 (赤) : 長期変化傾向

全国 [アメダス] 1時間降水量50mm以上の年間発生回数



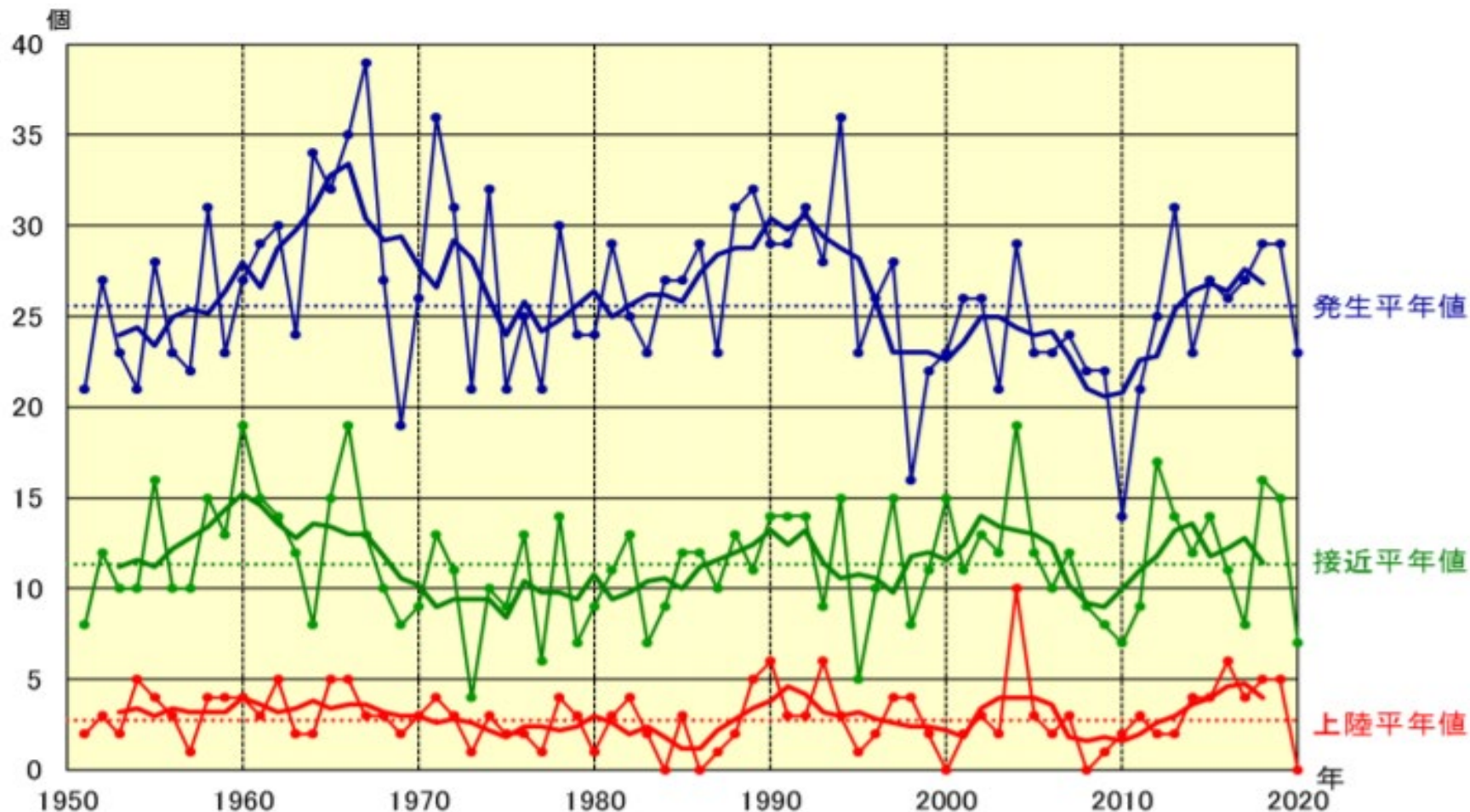
出典：文部科学省及び気象庁

「日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

台風発生数は現在まで、**長期的な変化傾向は見られない**



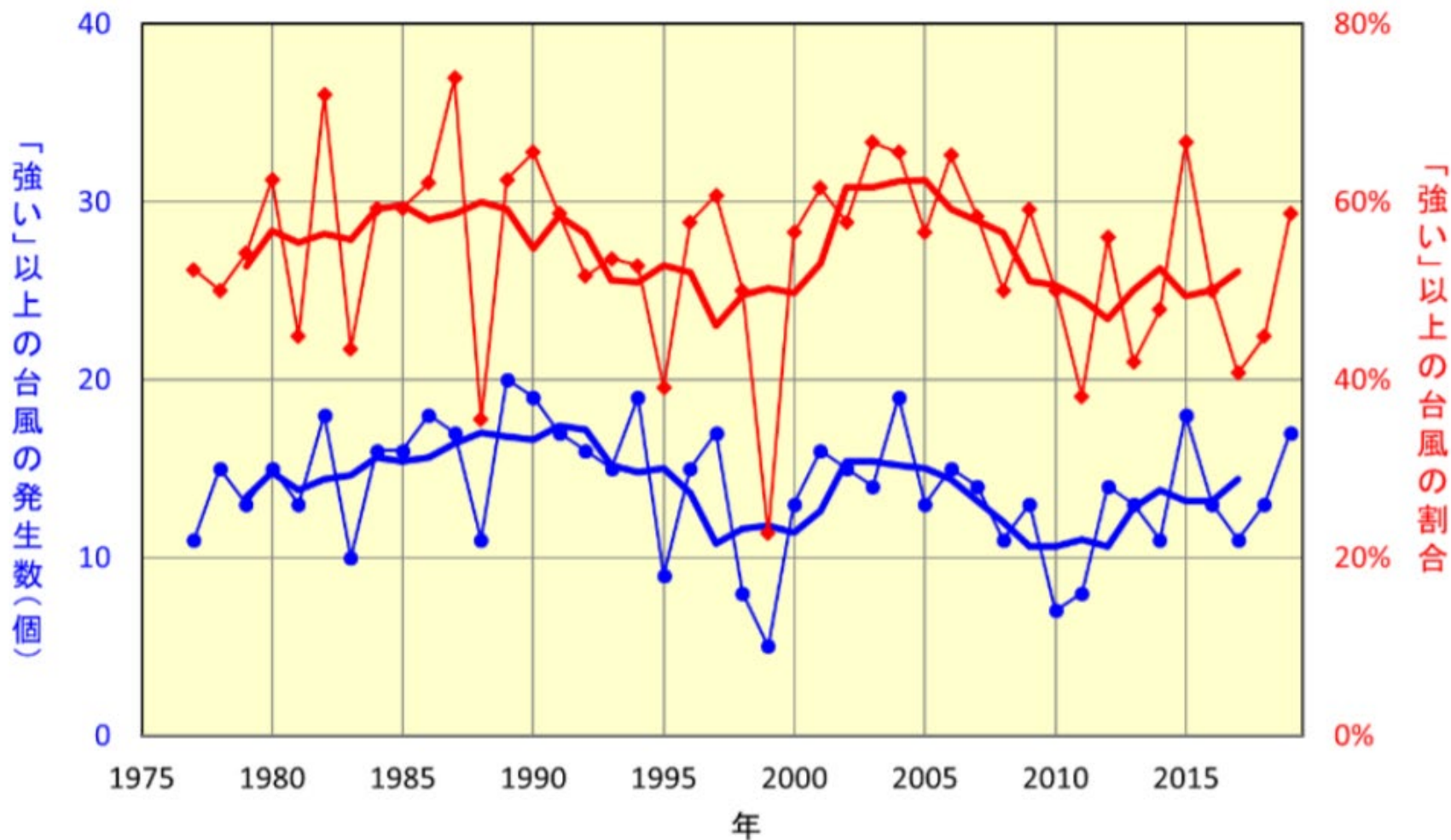
細線：各年値、太線：5年移動平均値、
点線：平年値(1981～2010年の30年平均値)

出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

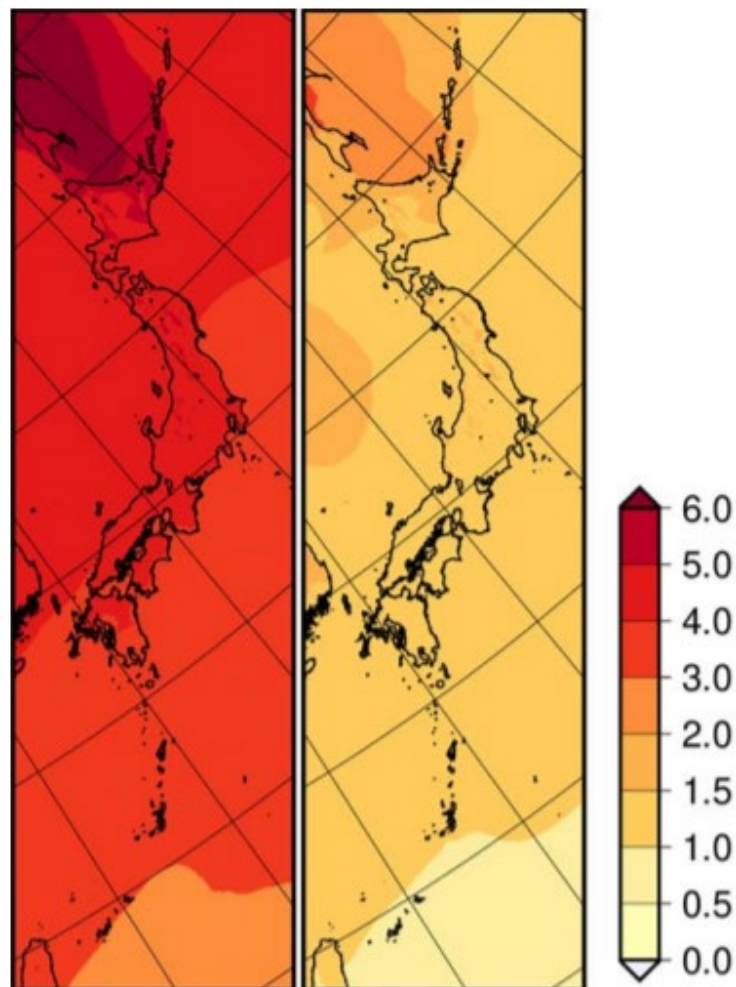
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

強い台風の発生数も、**長期的な変化傾向は見られない**



青細線：「強い」以上の台風の発生数
赤細線：台風の年間発生数に対する「強い」以上の台風の割合
太線：5年移動平均

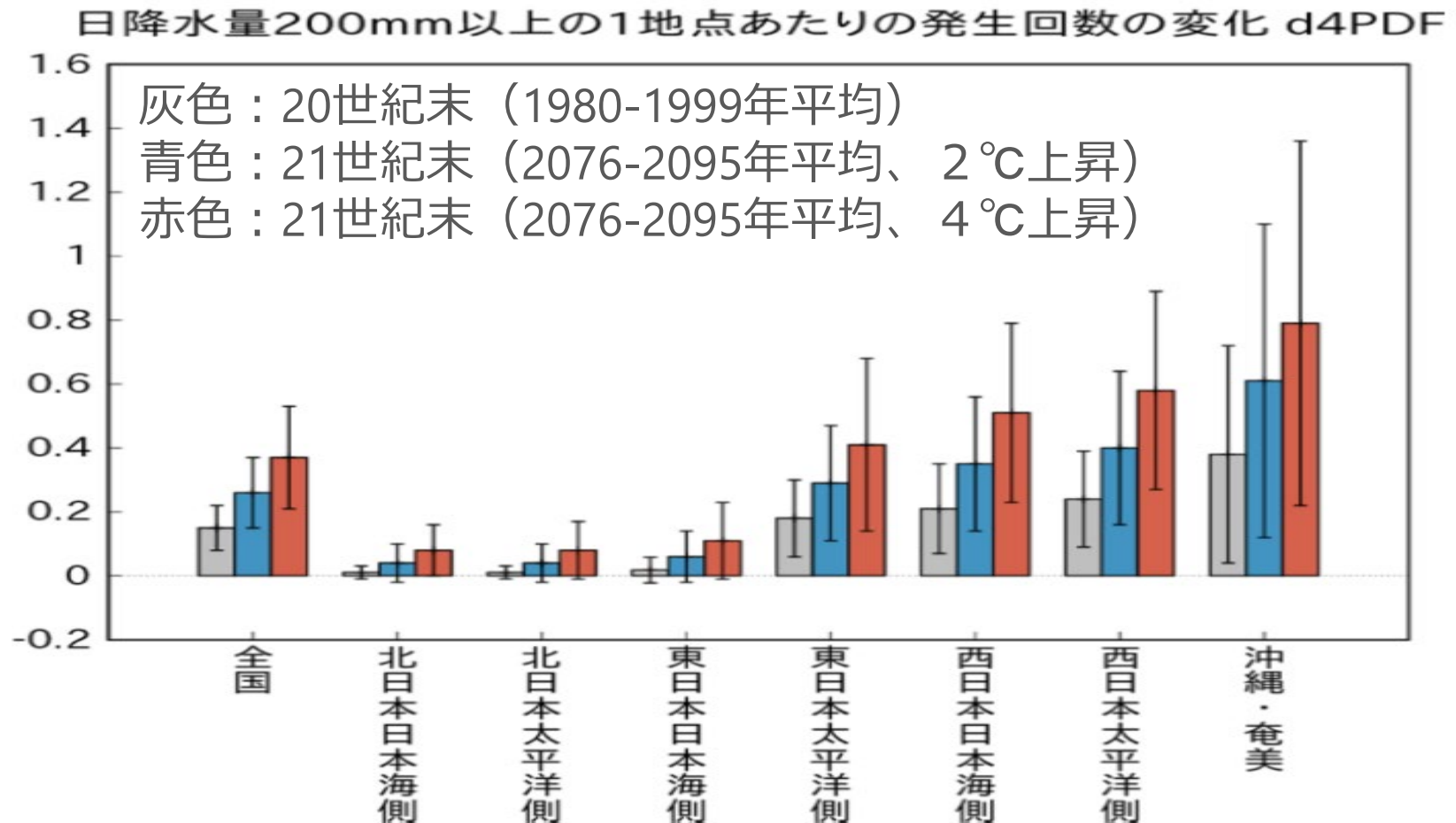
パリ協定目標：世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて
2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする



シナリオ	備考
2℃上昇シナリオ (RCP2.6)	パリ協定の2℃目標が 達成された世界
4℃上昇シナリオ (RCP8.5)	現時点を超える追加 的な緩和策を取らな かった世界

21世紀末(2076～2095年平均)における
日本の年平均気温の変化の分布(℃)
左：4℃上昇シナリオ、右：2℃上昇シナリオ
※20世紀末(1980～1999年平均)との差

大雨頻度全国平均： 2℃上昇シナリオで**1.5倍増加**
4℃上昇シナリオで**2.3倍増加**

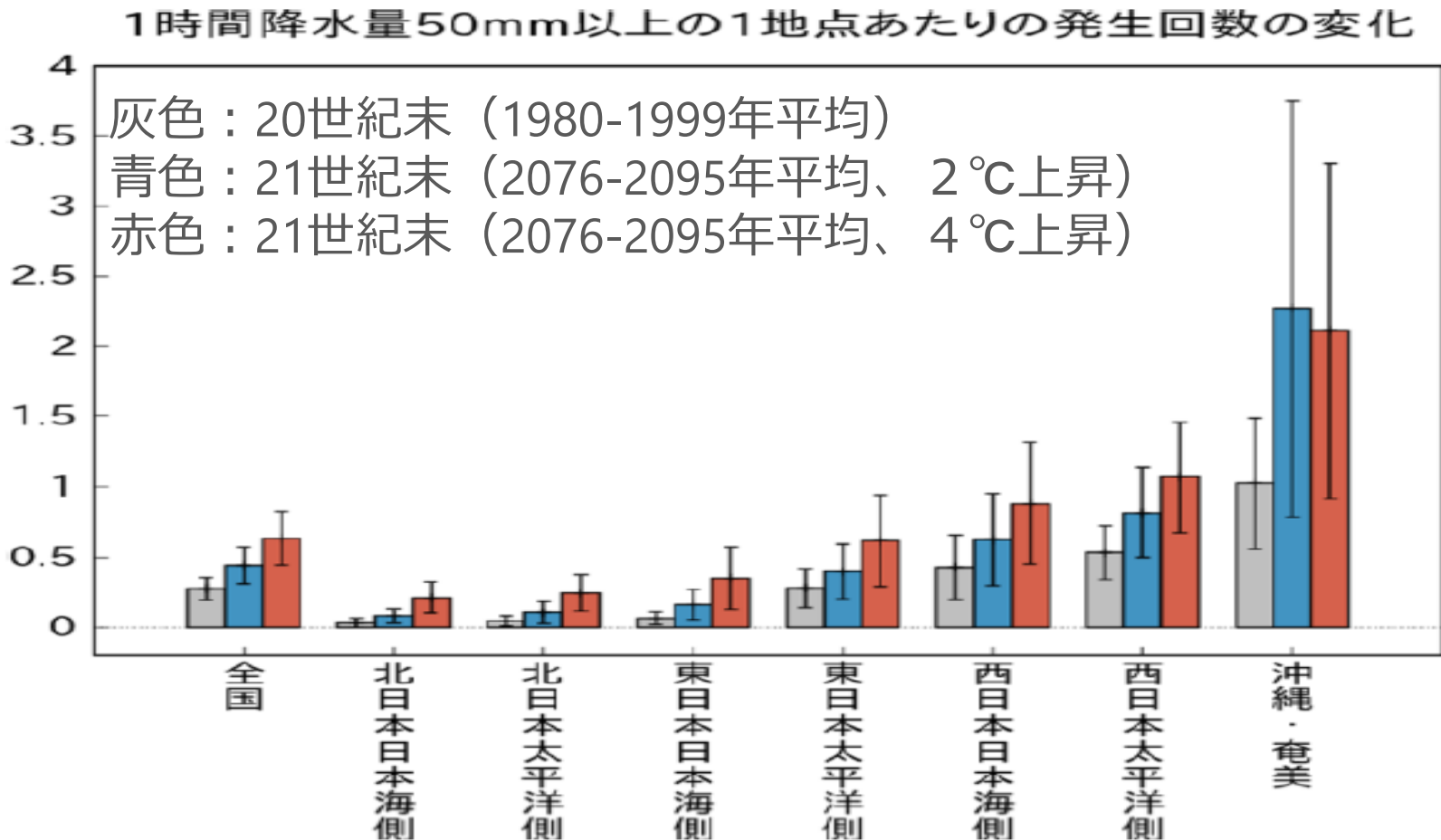


出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2020 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

短時間強雨頻度全国平均：2℃上昇シナリオで**1.6倍増加**
4℃上昇シナリオで**2.3倍増加**

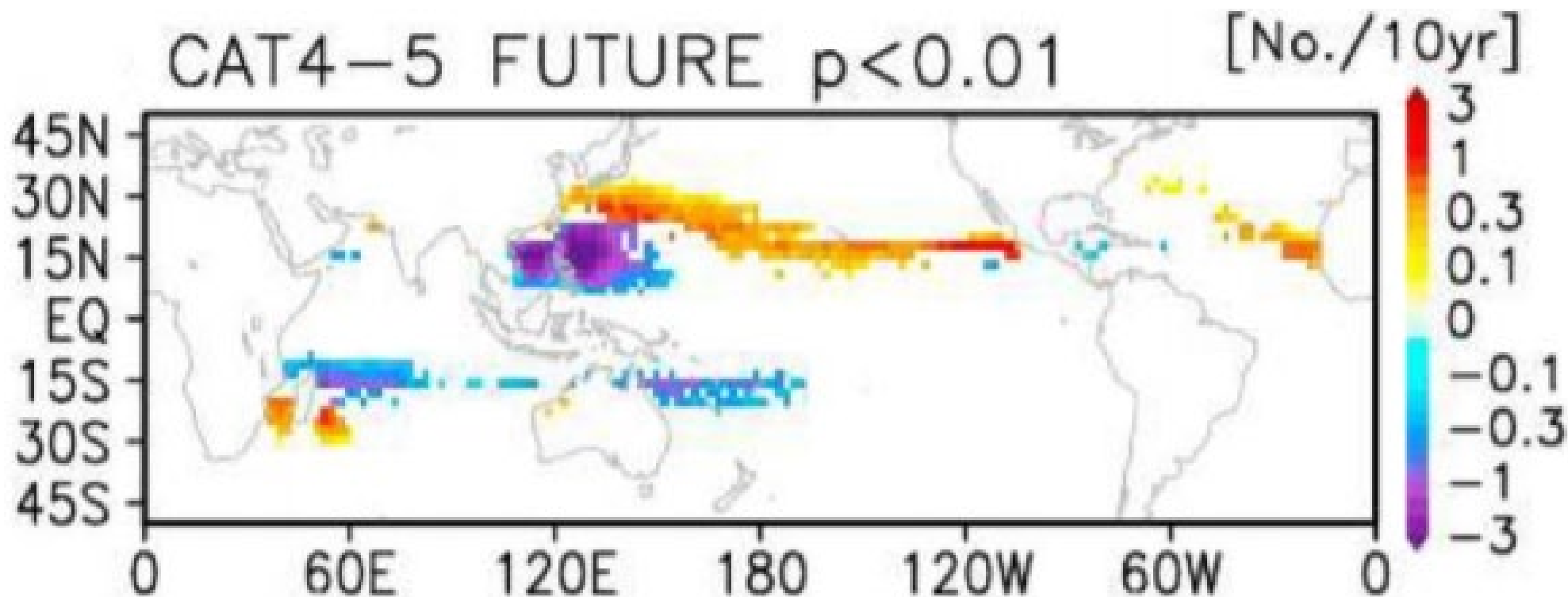


出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

- 日本付近における台風の強度は**強まる**
- 日本の南海上で猛烈な台風の**存在頻度が増加**



非常に強い熱帯低気圧（地表最大風速59m/s以上）の存在頻度の変化
世界平均気温が4℃上昇した状態における、非常に強い熱帯低気圧の存在頻度の現在（1979～2010年）からの変化
(Yoshida et al. (2017) より)

出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2020 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

Yoshida et al.(2017) Future changes in tropical cyclone activity in high-resolution large-ensemble simulations, Geophys. Res. Lett., 44, 9910 – 9917,

<https://doi.org/10.1002/2017GL075058>.

1. 近年の台風の状況

2. 地球温暖化の影響

3. 台風のアンサンブル予測

4. まとめ

➤ 適応策の例

● ハード対策

例) 堤防の強化、排水設備の増設、砂防施設の整備

● ソフト対策

例) 防災体制の整備、**気象予測の活用**



施設の能力を上回る外力の発生も念頭に置き、
ハード・ソフト両方の対策を行うことが重要

➤ 気象予測の活用目的

- ・ 災害リスクの可能性を**事前に把握**し、余裕を持った防災態勢判断を行う

【気象予測活用の留意事項】

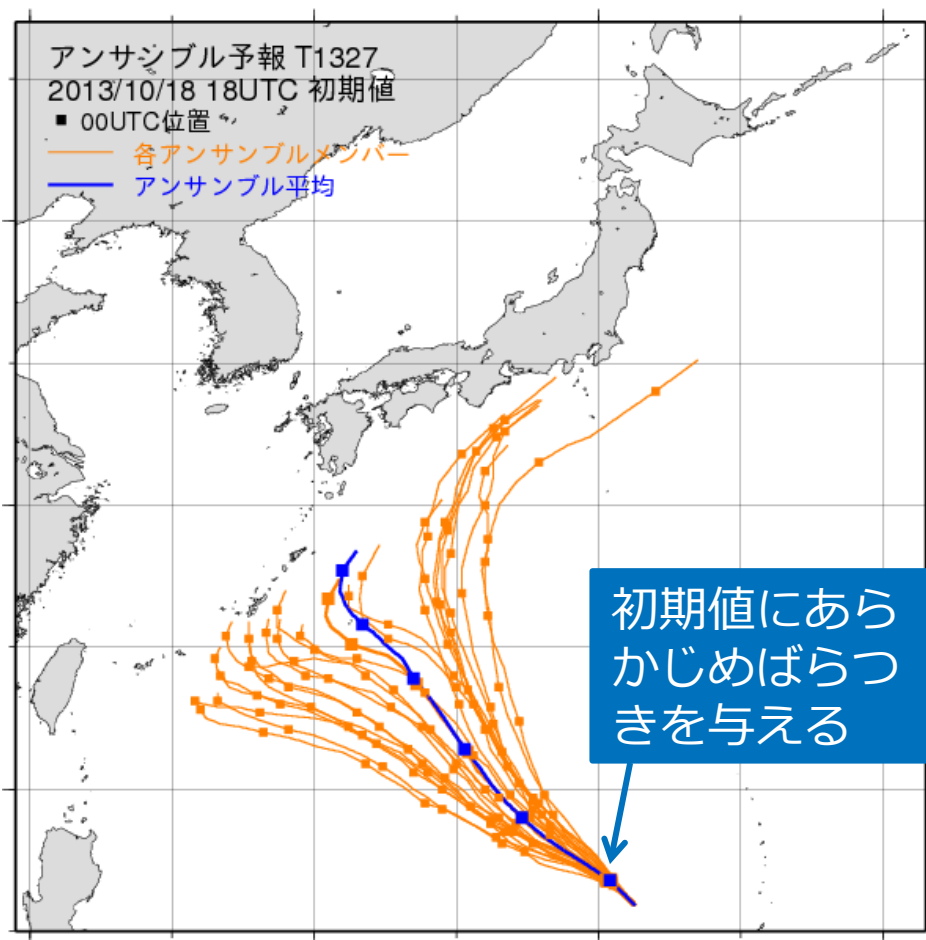
- ・ 気象予測には**予測誤差**がある

予測誤差の要因)大気のカオス性、観測データの不足、数値予報モデルの細かさの限界

- ・ 予測誤差は、**予測対象時間が長いほど増加する**



最悪のシナリオを考慮した防災対策を行うには
予測のブレ幅を考慮した気象予測の活用が重要

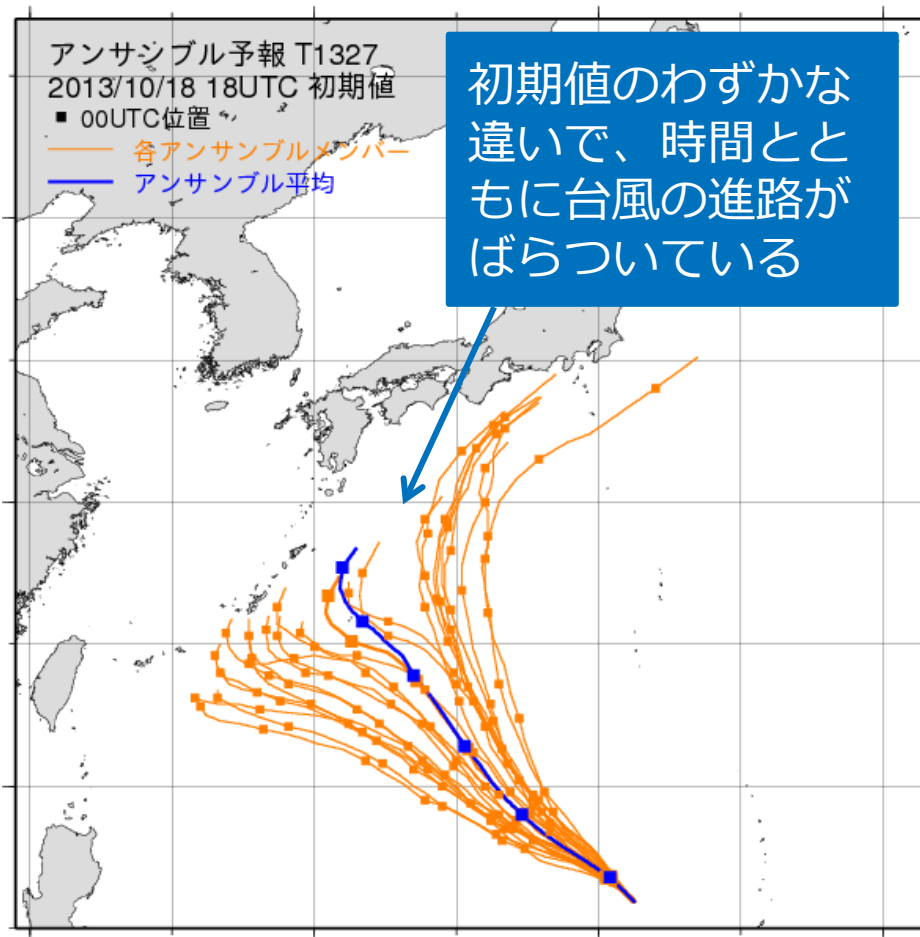


台風進路のアンサンブル予報の例

アンサンブル予測

- 少しずつ異なる初期値を多数用意して、多数の予測計算を実施

出典：気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-8.html>



台風進路のアンサンブル予報の例

出典：気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-8.html>

【特徴①】

- 複数の予測で見られるばらつきの大きさによって**予測の信頼度**を算出可能

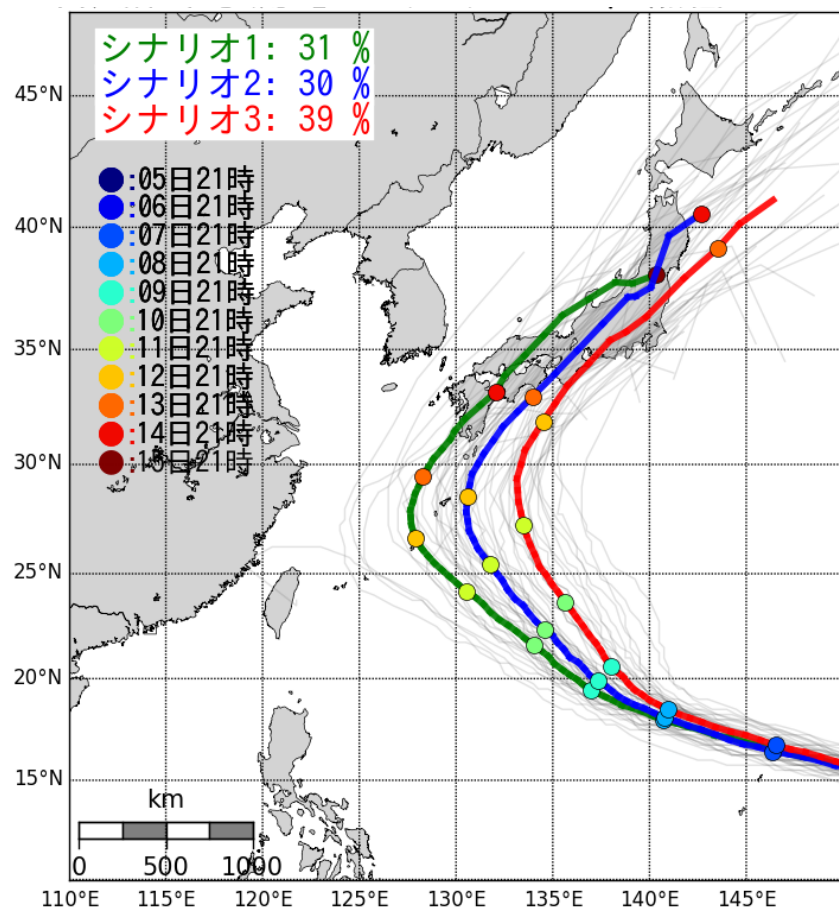
【特徴②】

- 複数の予測値を平均することで、個々の誤差が打ち消し合われ、**より精度が高い予測**が可能

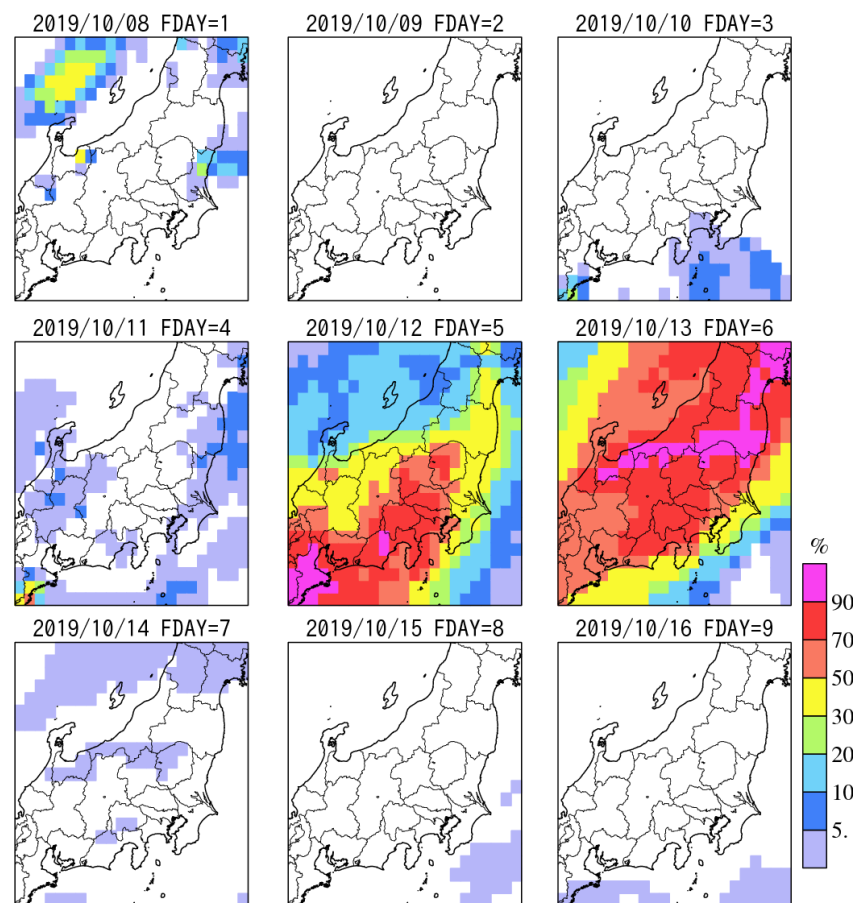
複数のシナリオ、最悪のシナリオを想定した

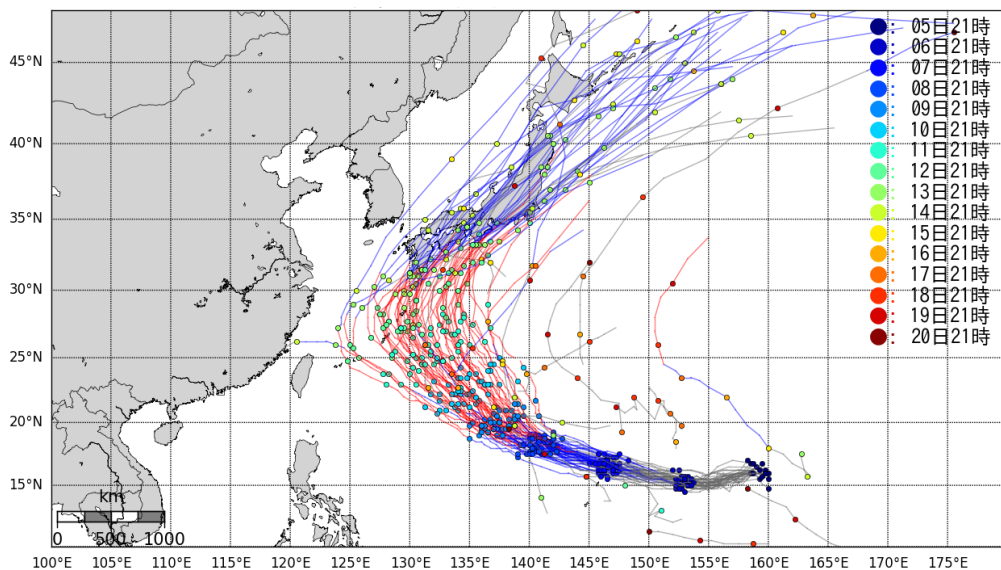
体制判断に活用可能

① シナリオ型台風予測

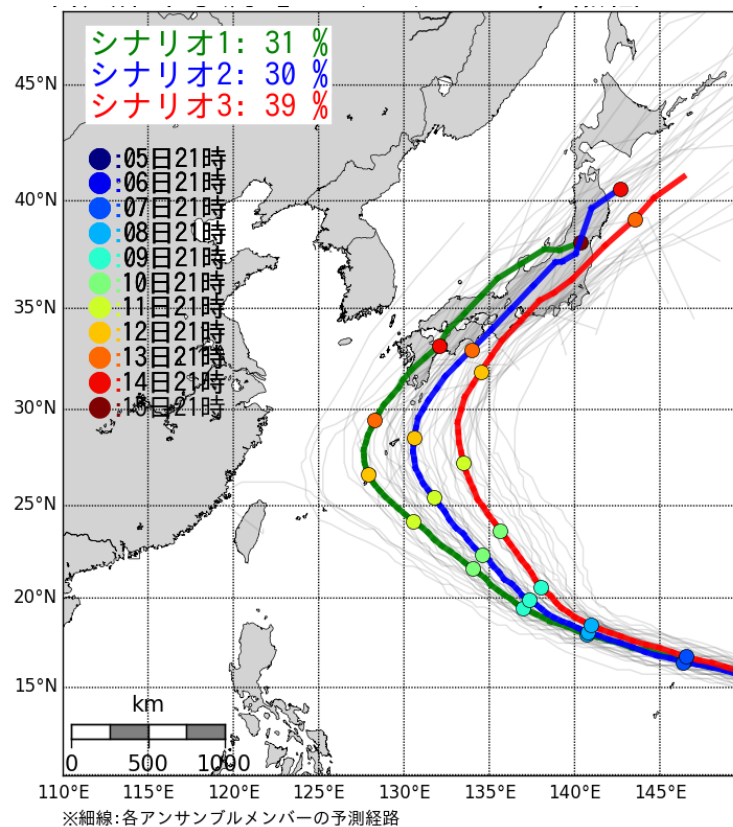


② 超過確率予測





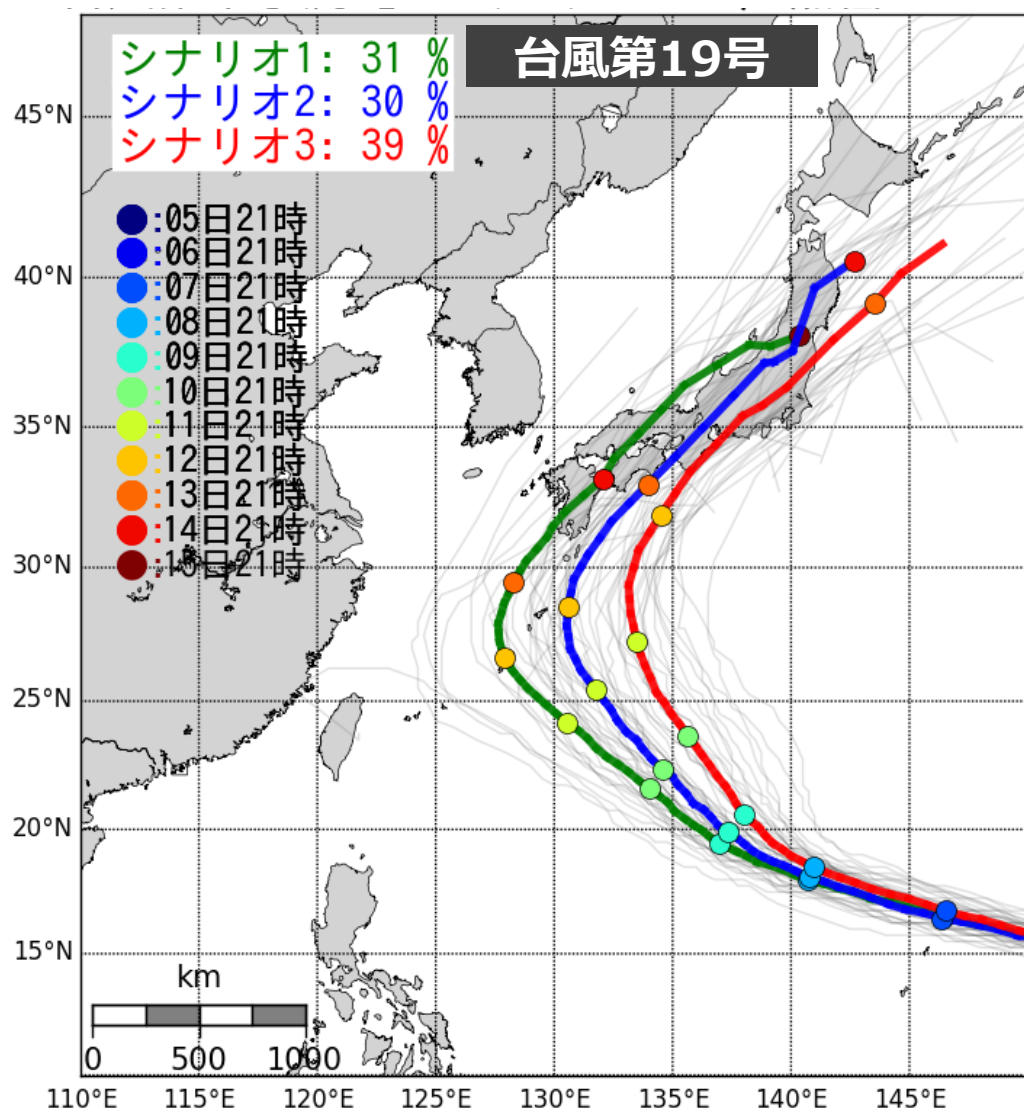
台風進路予測（51メンバー）〔初期時刻：2019年10月5日21時〕



シナリオ型台風予測
〔初期時刻：2019年10月5日21時〕

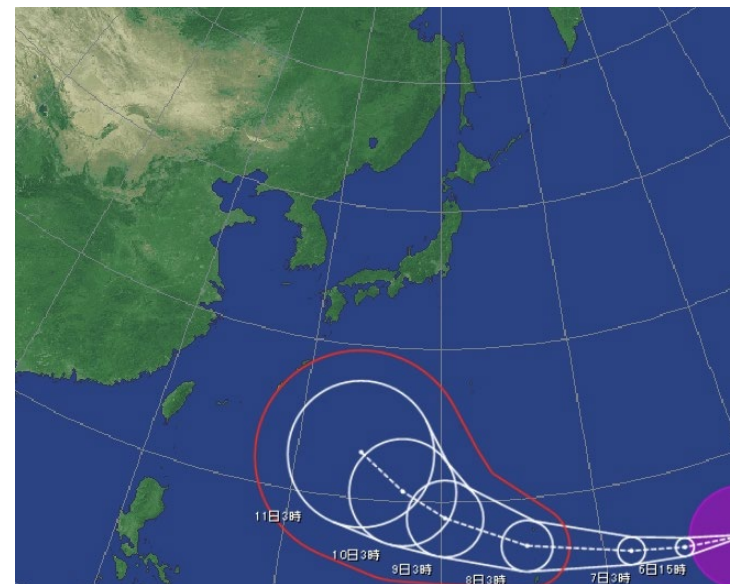
51通りの予測をクラスター分析により分類し
3通りの確度付シナリオを作成

2019年台風第19号における予測結果



※細線:各アンサンブルメンバーの予測経路

シナリオ型台風予測の結果例 [初期時刻:2019年10月5日21時]

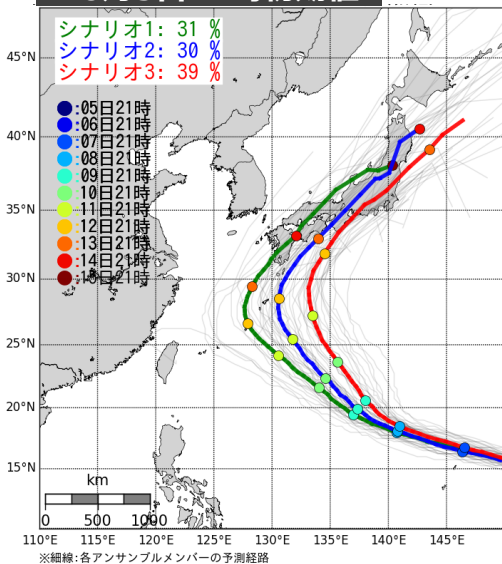


気象庁台風情報
[発表時刻:2019年10月6日3時]

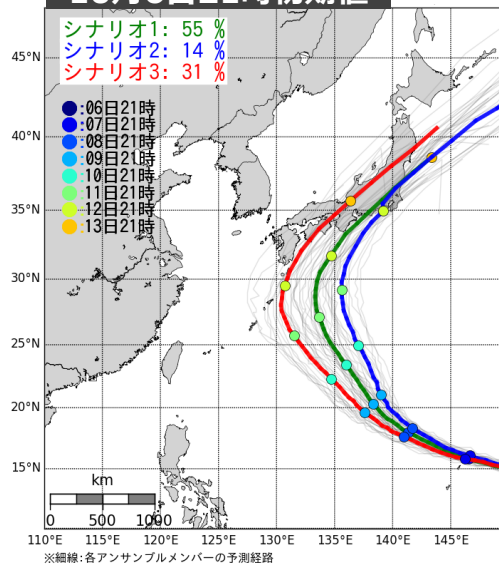
台風が発生した時点で、
**日本列島への
接近・上陸を予測**

2019年台風第19号における予測結果(進路予測)

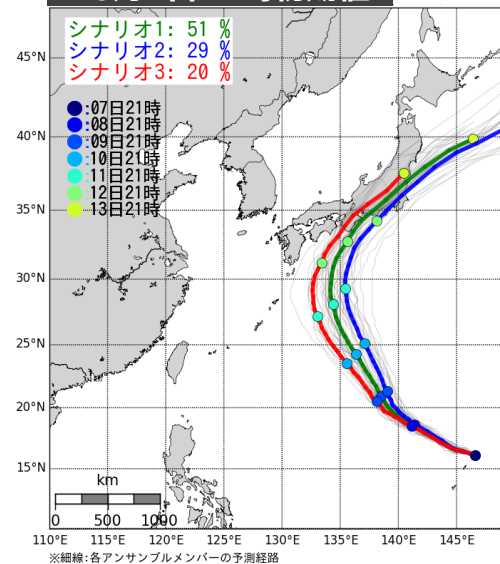
10月5日21時初期値



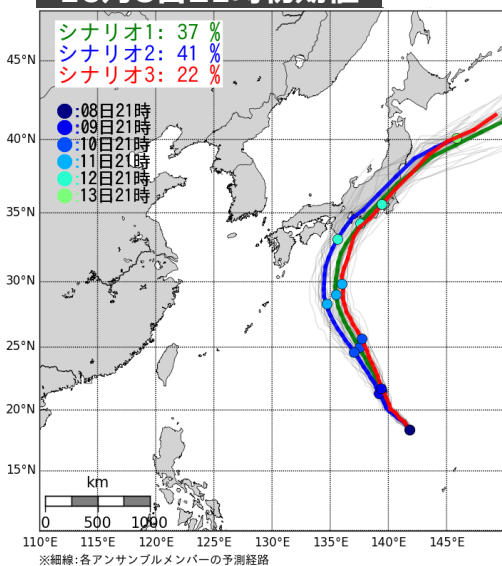
10月6日21時初期値



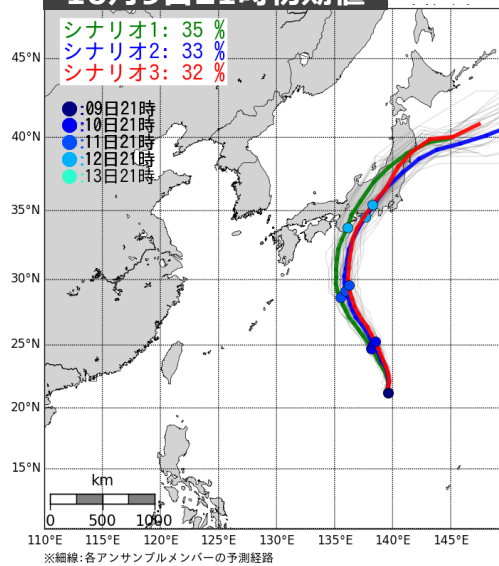
10月7日21時初期値



10月8日21時初期値

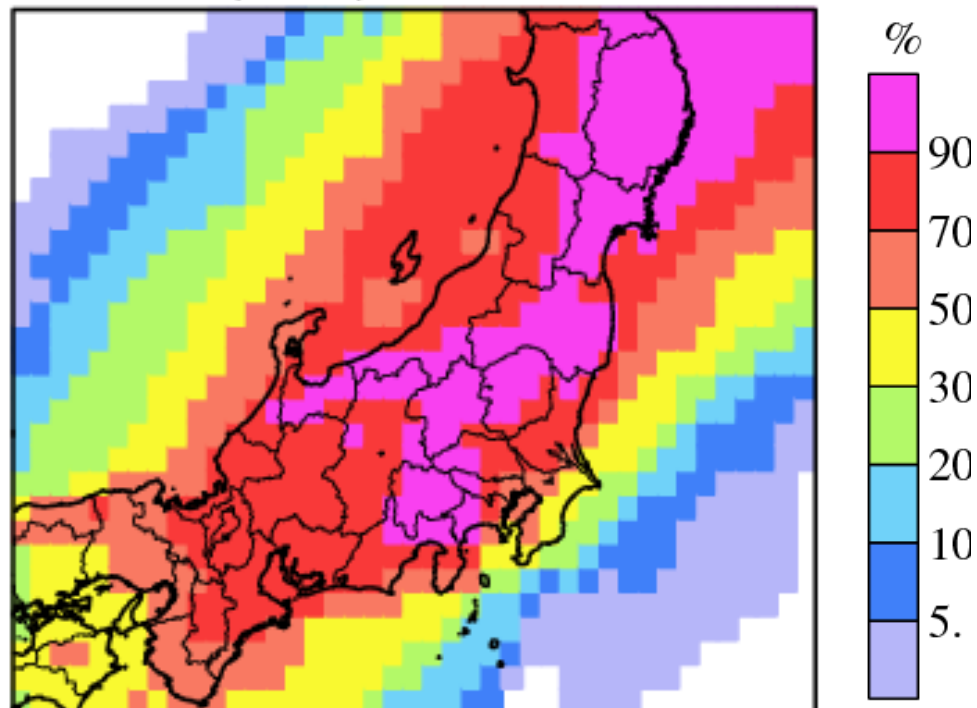


10月9日21時初期値



更新の度に
**51メンバーの
バラツキは小さく**

2019/10/13 FDAY=6



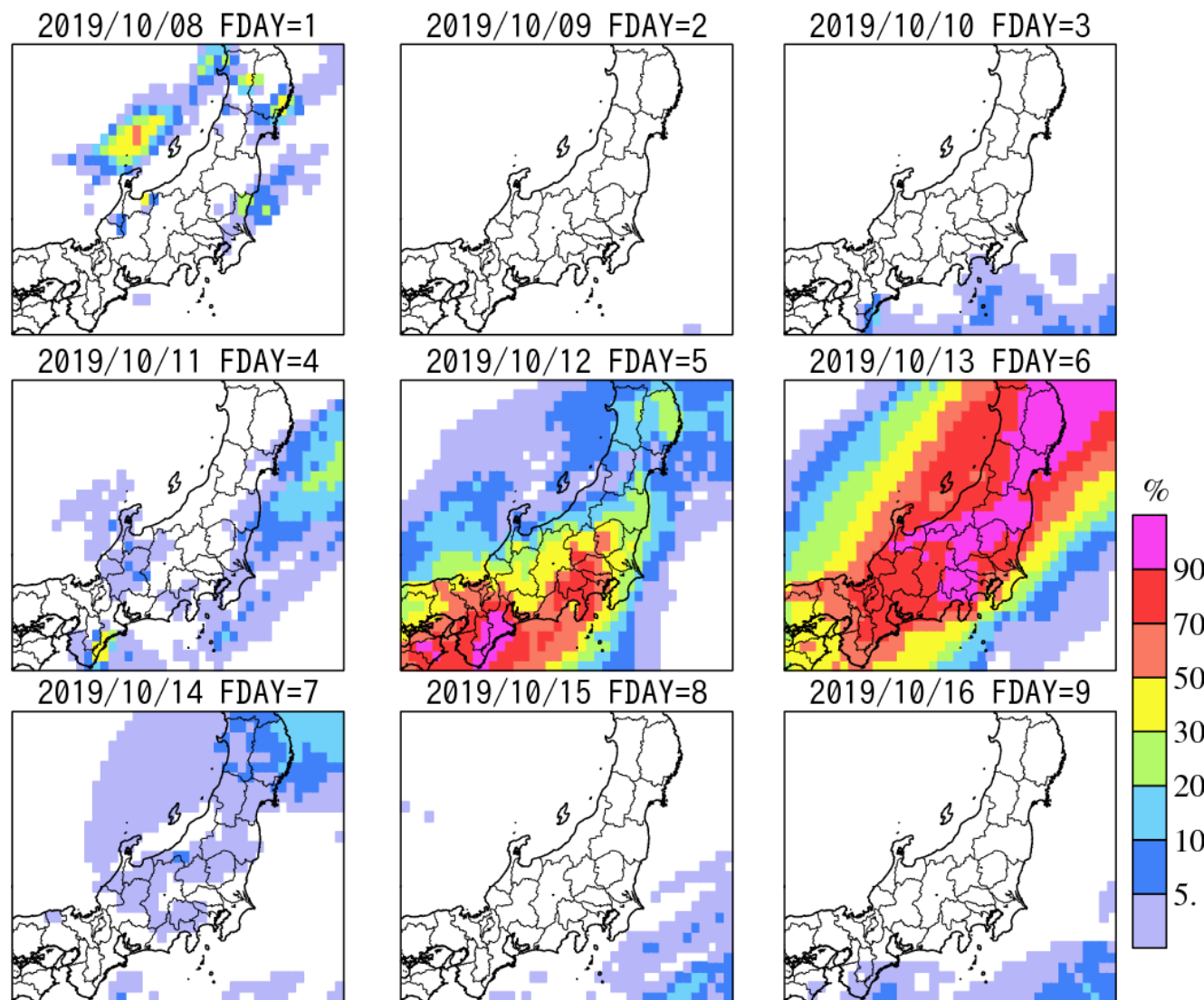
日雨量100mm以上の確率

51通りの予測から
基準値を超過する確率を算出



防災態勢判断基準を
超える大雨・暴風の発生
リスクを把握可能

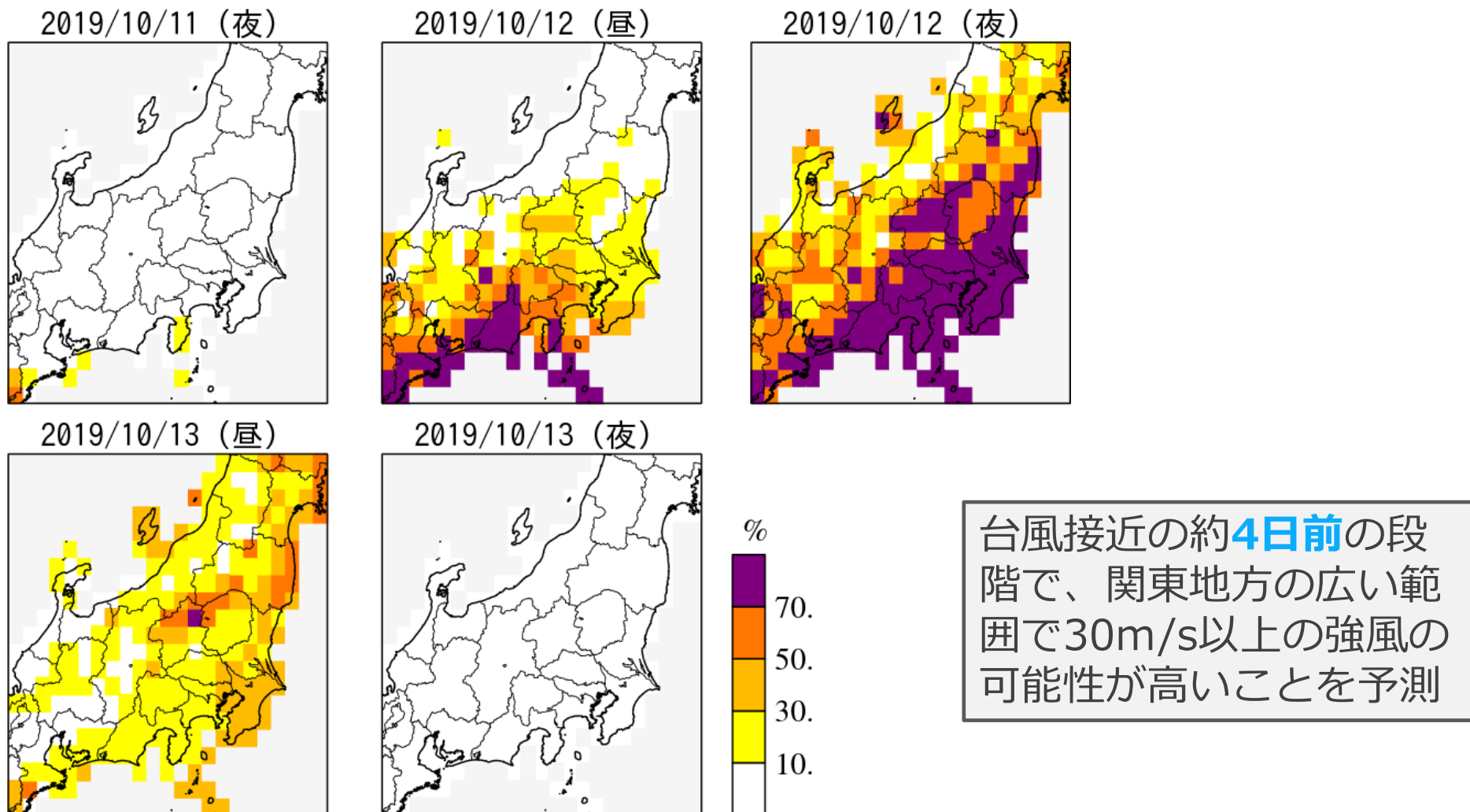
2019年台風第19号における予測結果(日雨量)



台風接近の約**5日前**の段階で、関東～東北太平洋側の広い範囲で100mm以上の大雨の可能性が高いことを予測

日雨量100mm以上の確率予測 [初期時刻：2019年10月7日]

2019年台風第19号における予測結果(最大瞬間風速)



最大瞬間風速30m/s以上の確率予測 [初期時刻 : 2019年10月8日]

1. 近年の台風の状況

2. 地球温暖化の影響

3. 台風のアンサンブル予測

4. まとめ

背景：地球温暖化に伴い、台風の強度等が増す可能性がある



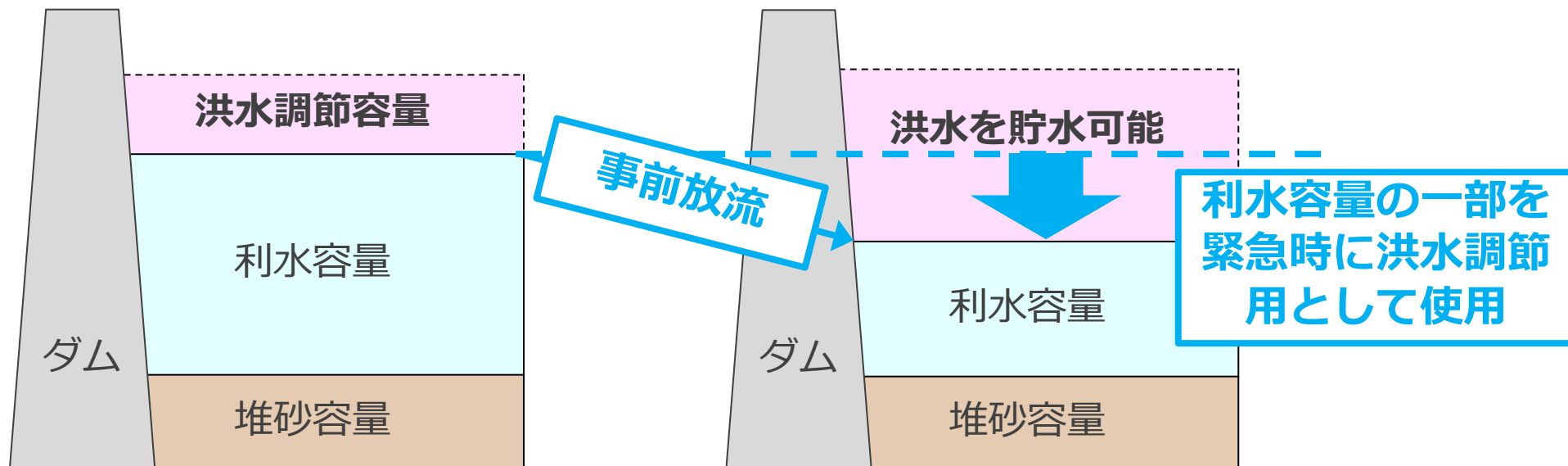
課題：地球温暖化により増大する災害リスクの低減



解決策：**アンサンブル予測**の活用

➤ ダムの事前放流判断

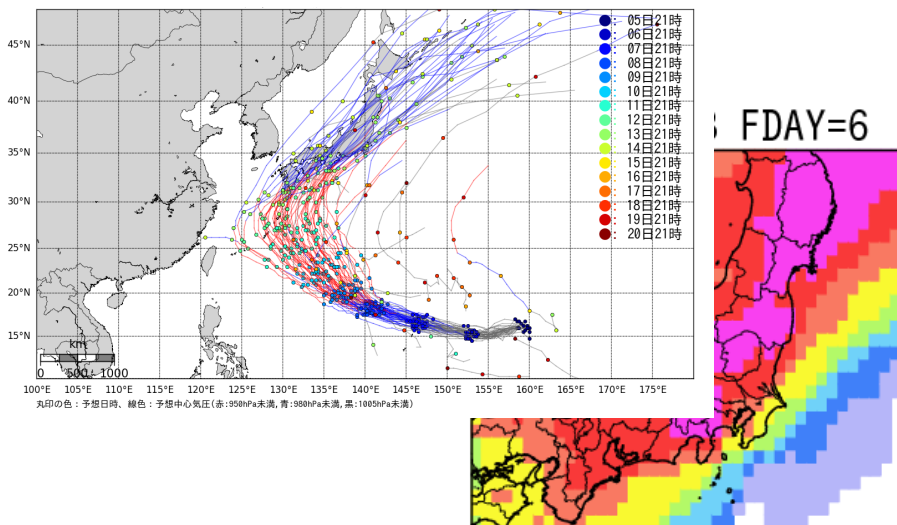
- 数日先の予測を用いて事前放流判断を行う



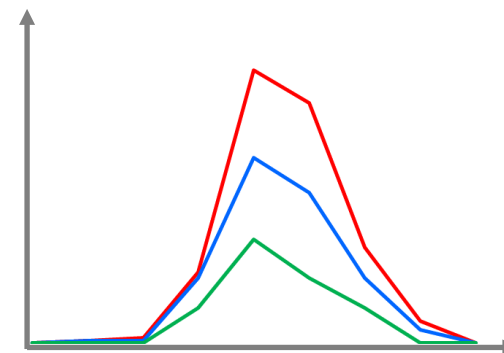
【単一の予測を活用した場合の問題点】

- **見逃リスク**：予測に反して大雨となった場合、洪水調節容量を超過
- **空振リスク**：予測に反して大雨とならなかった場合、水不足に

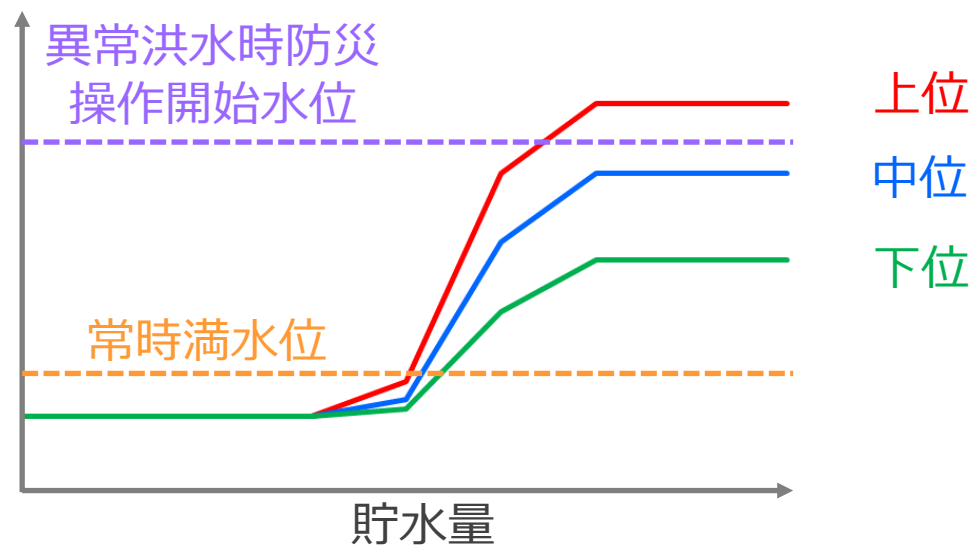
アンサンブル予測を活用した事前放流判断



51通りの予測雨量



51通りのダム流入量を3通りに分類



【見逃し防止】

上位予測を用いて事前放流を判断

【空振り防止】

下位予測を用いて事前放流の量を判断

アンサンブル予測の活用



- 複数のシナリオ・最悪のシナリオを考慮した意思決定
- リスク管理・危機管理における十分なリードタイムの確保

防災態勢
判断

防災・減災
対策

災害復旧
対応

ご清聴ありがとうございました