気候変動と気象現象の激化
－正しく恐れ、備えるために－

西出　則武

東北大学特任教授
富士通株式会社シニアアドバイザー

地方公共団体の危機管理に関する研究会
令和元年8月22日、名古屋市

自己紹介

- 昭和29年8月　石川県小松市生まれ
- 昭和52年3月　東京大学理学部地球物理学科卒業
- 昭和54年3月　東京大学大学院理学系研究科修士課程修了
- 同年4月　気象庁入庁
  福岡管区気象台長、地震火山部長、予報部長等　を経て
- 平成26年4月　気象庁長官
- 平成28年4月　退官

- 平成28年8月　株式会社富士通研究所顧問
  （平成30年4月からシニアアドバイザーに役職名称変更）
  （令和元年8月から富士通株式会社シニアアドバイザー）
- 平成28年11月　東北大学特任教授

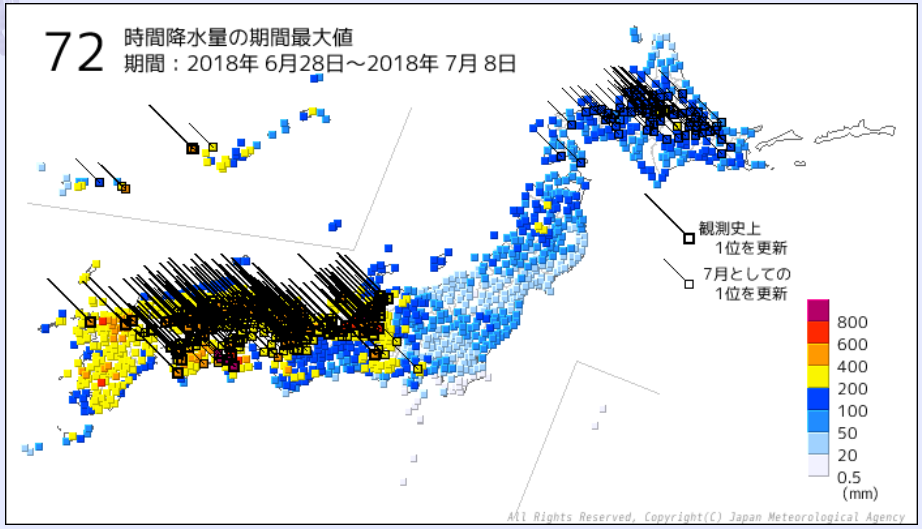
- 〈その他〉
- テレビ朝日防災アドバイザー（平成28年5月－）
- 長野県防災総合アドバイザー（平成28年6月－）
- 一般財団法人砂防・地すべり技術センター理事（平成29年6月－）　他

昨夏の豪雨、記録的な高温

- 「平成30年7月豪雨」が発生。西日本～東海地方、北海道で記録的な大雨、甚大な被害。
- 7月中旬以降は記録的な高温。猛暑日日数の年間総和が1976年以降で最大。埼玉県熊谷市で歴代全国1位の41.1℃を観測。
- これらの背景として、<u>地球温暖化に伴う気温の上昇と水蒸気量の増加が寄与したと考えられる</u>（平成30年度異常気象分析検討会より）。

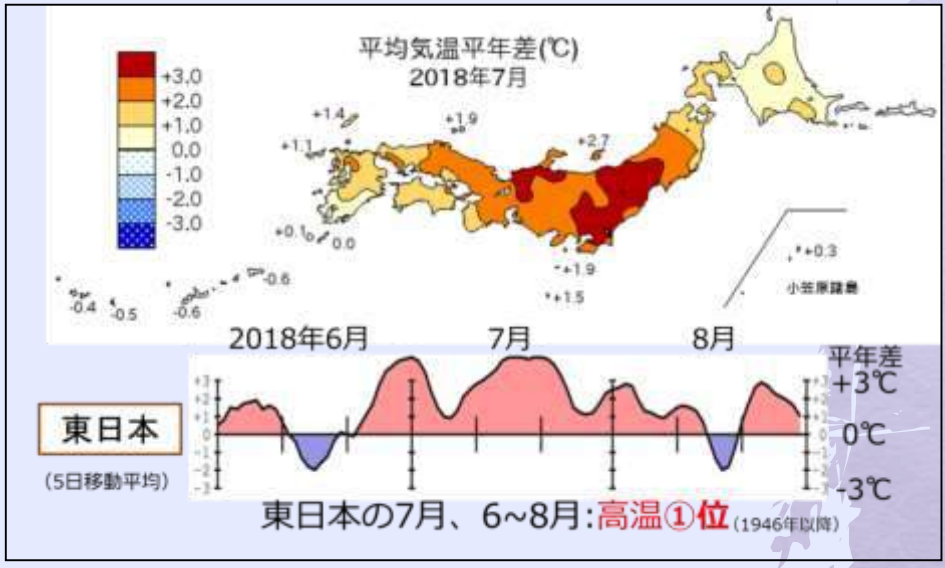
平成30年7月豪雨

■観測史上1位の降水量（72時間）を更新した地点



観測史上１位を更新した地点数：122地点
７月としての１位を更新した地点数：264地点

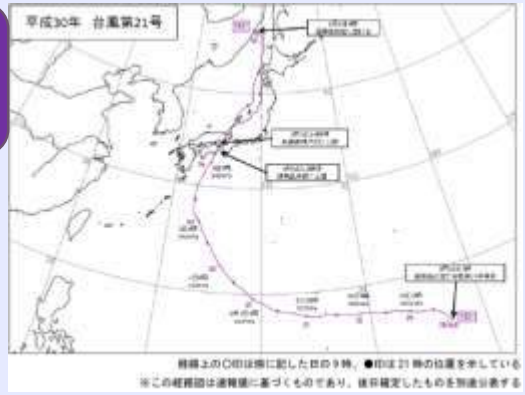
7月中旬以降の記録的な高温



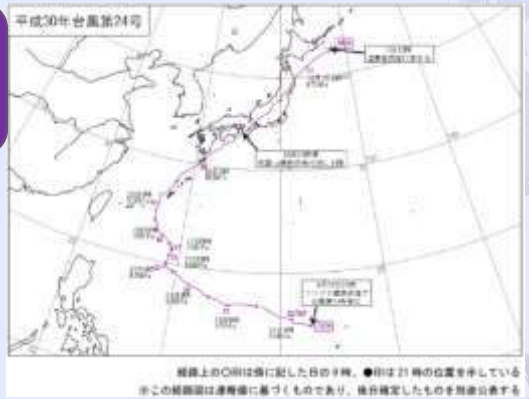
昨年の台風

- 2018年の台風発生数は29個（平年：25.6個）で、そのうち5個（平年：2.7個）が日本に上陸しました。
- 特に、台風第21号と台風第24号は、広い範囲で暴風・大雨、高潮等をもたらし、交通障害、ライフラインへの被害等が発生しました。

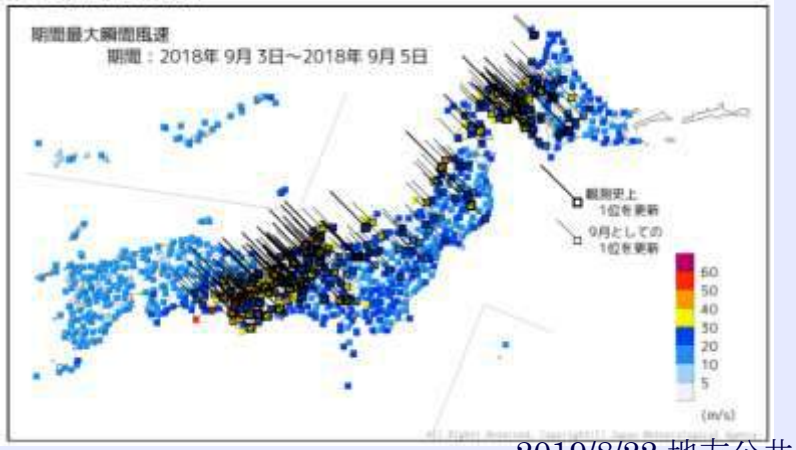
台風第21号
(9月初め)



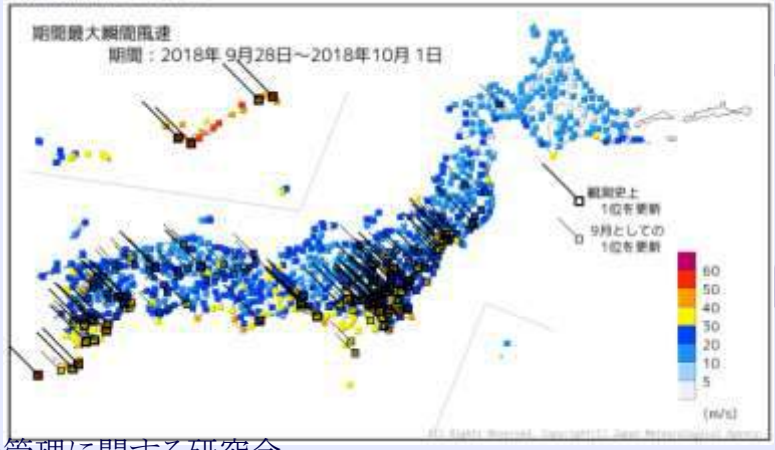
台風第24号
(9月末～10月初め)



■観測史上1位の最大瞬間風速を更新した地点（100地点）



■観測史上1位の最大瞬間風速を更新した地点（55地点）



目　次

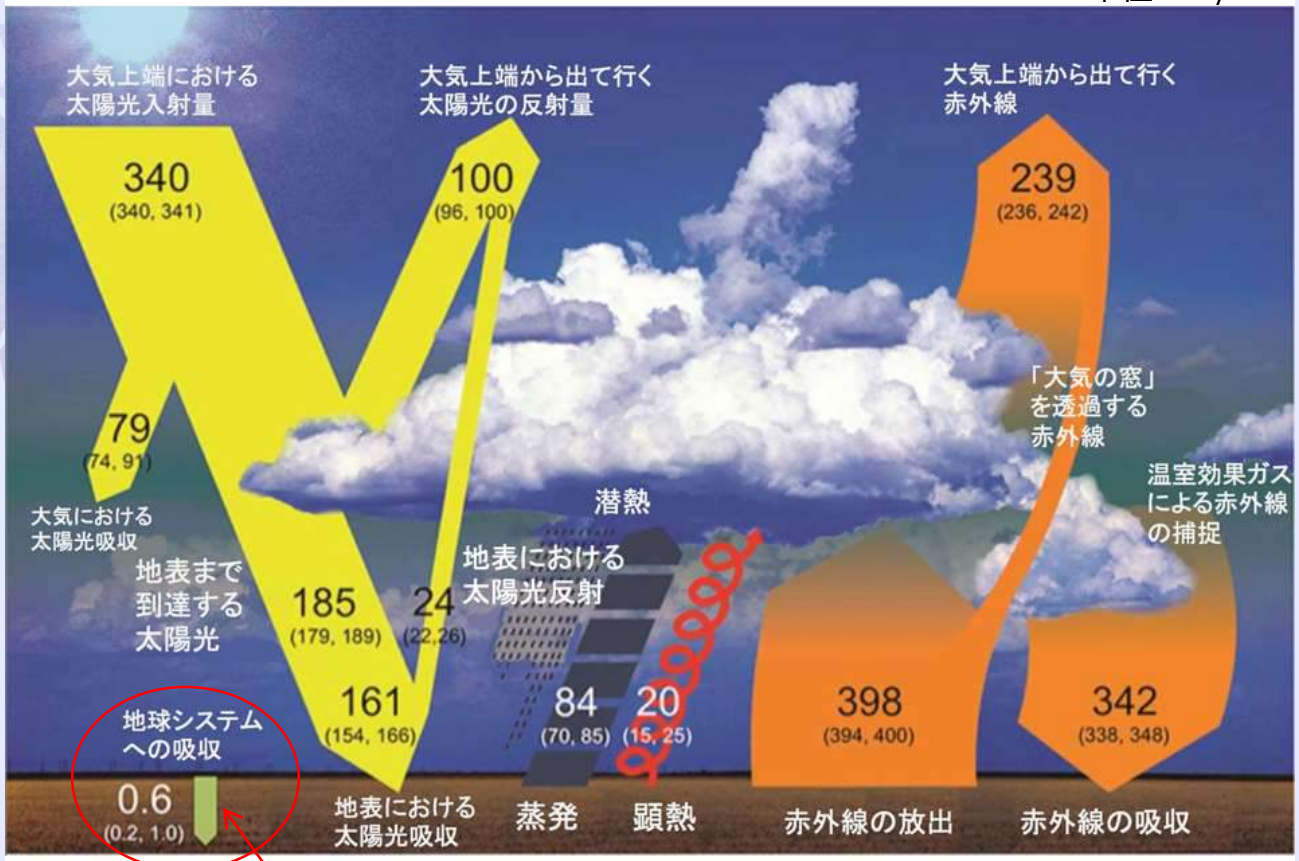
1　温室効果ガスの増加と気候変動
2　日本のこれまでの気候変化
3　日本のこれからの気候変化
4　気候変動の監視、予測の取組み
5　気象現象の激化
6　大雨の監視、予測、気象情報の拡充
7　伊勢湾台風から６０年
8　終わりに当たって

１．温室効果ガスの増加と気候変動

温室効果

温室効果ガスが地表面から放出される赤外線を吸収し、その一部を地球に向かって再放射することにより、地表面及び大気が暖められること

単位：W/m^2



温室効果ガスがない場合、地球の平均気温は-18℃程度。

↓

実際は、温室効果があり、15℃程度。

↓

さらに、地球システムへの吸収がある。

IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書（2013）より

温室効果ガスの種類

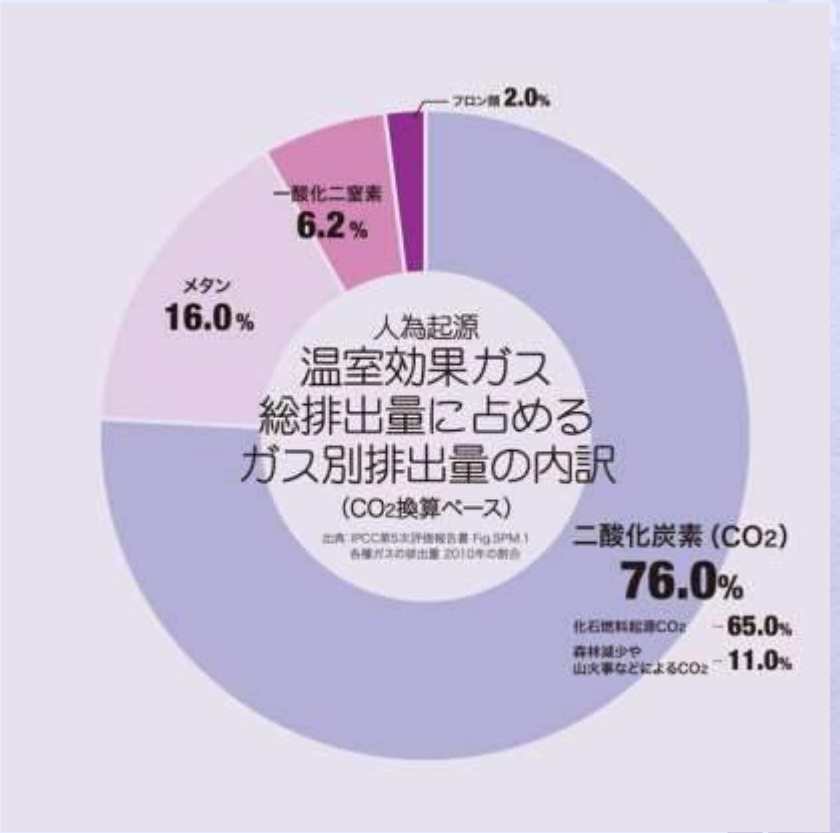
温室効果ガスの特徴

国連気候変動枠組条約と京都議定書で取り扱われる温室効果ガス

温室効果ガス		地球温暖化係数※	性質	用途・排出源
CO_2	二酸化炭素	1	代表的な温室効果ガス。	化石燃料の燃焼など。
CH_4	メタン	25	天然ガスの主成分で、常温で気体。よく燃える。	稲作、家畜の腸内発酵、廃棄物の埋め立てなど。
N_2O	一酸化二窒素	298	数ある窒素酸化物の中で最も安定した物質。他の窒素酸化物（例えば二酸化窒素）などのような害はない。	燃料の燃焼、工業プロセスなど。
HFCs	ハイドロフルオロカーボン類	1,430など	塩素がなく、オゾン層を破壊しないフロン。強力な温室効果ガス。	スプレー、エアコンや冷蔵庫などの冷媒、化学物質の製造プロセス、建物の断熱材など。
PFCs	パーフルオロカーボン類	7,390など	炭素とフッ素だけからなるフロン。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。
SF_6	六フッ化硫黄	22,800	硫黄とフッ素だけからなるフロンの仲間。強力な温室効果ガス。	電気の絶縁体など。
NF_3	三フッ化窒素	17,200	窒素とフッ素だけからなるフロンの仲間。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。

※京都議定書第二約束期間における値

参考文献：3R・低炭素社会検定公式テキスト第2版、温室効果ガスインベントリオフィス

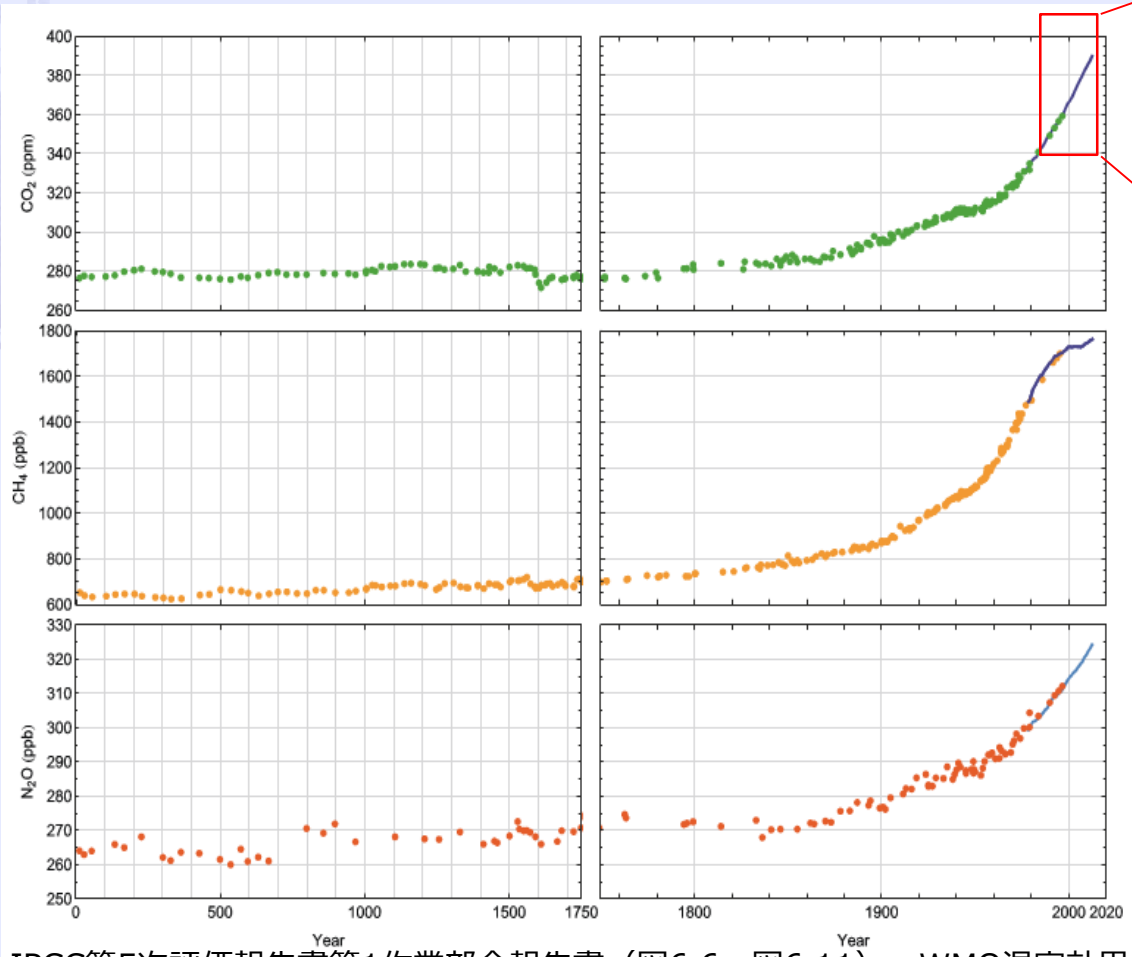


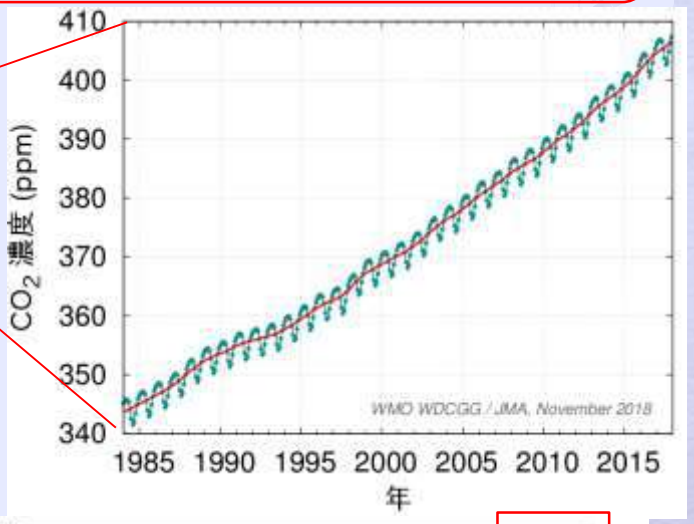
※水蒸気（H_2O）も重要な温室効果ガスであるが、大気中での量は人間活動によって直接変えられることがないため、人為起源の温室効果ガスとしては扱われない

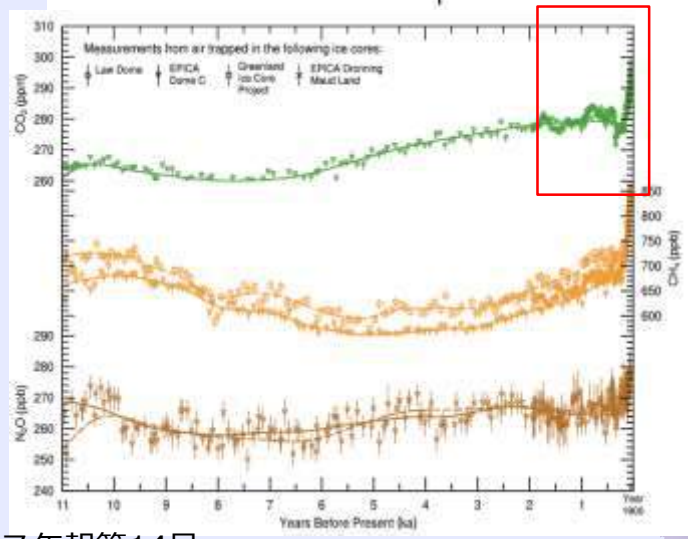
全国地球温暖化防止活動推進センター「すぐ使える図表集」http://www.jccca.org/chart/

これまでの二酸化炭素濃度の変化

2017年の平均濃度は405.5ppmで、工業化以前（1750年頃、約278ppm）に比べて46%増加しました



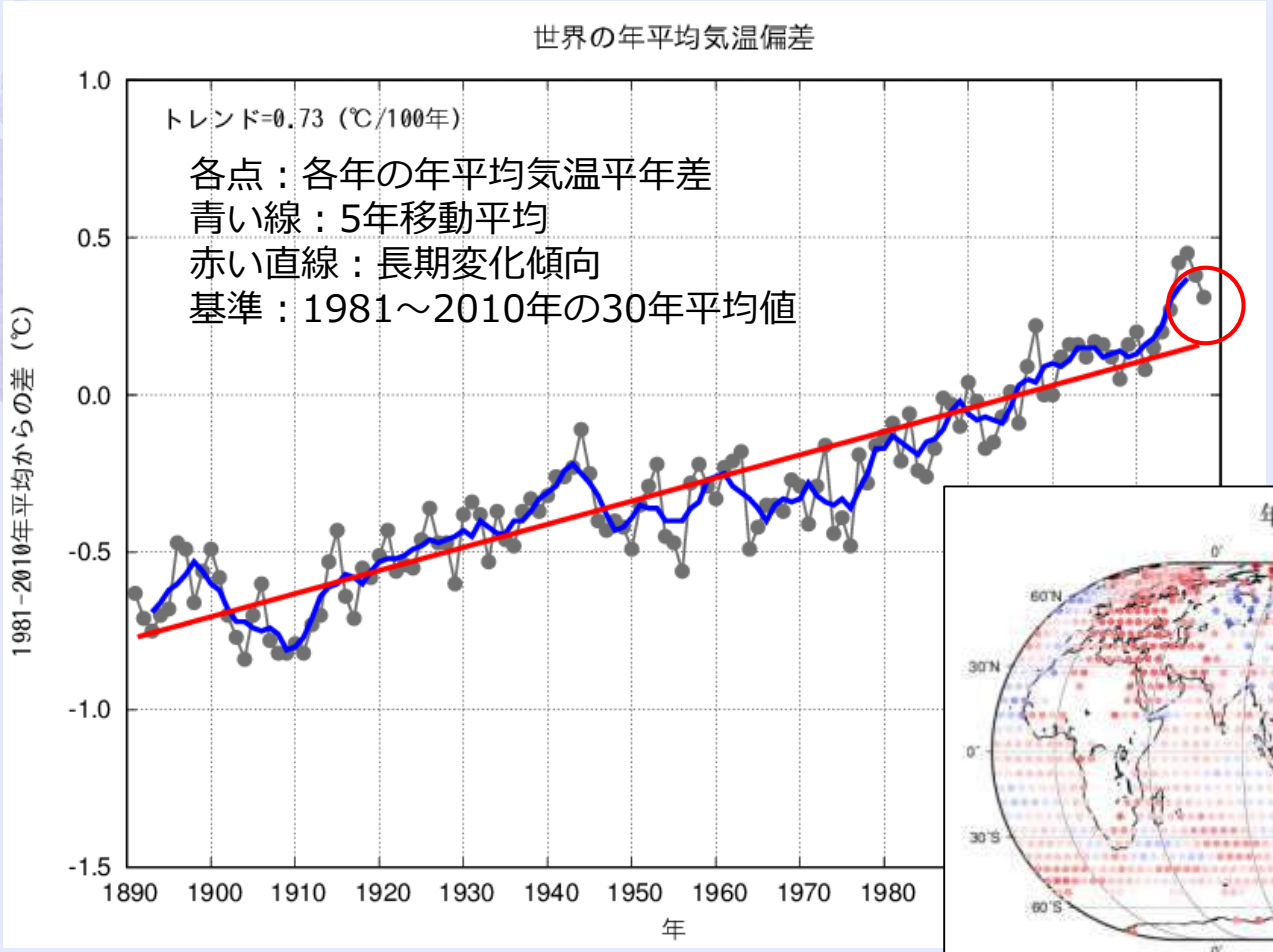


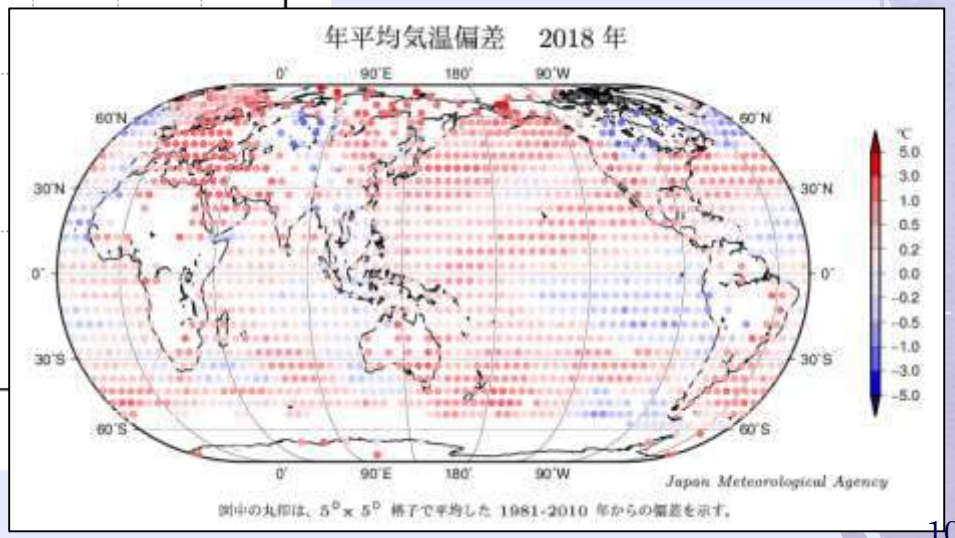


IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書（図6.6、図6.11）、WMO温室効果ガス年報第14号

世界の気温変化（1891～2018年）

- 2018年は、1891年の統計開始以降で4番目に高い値になりました。
- 100年あたり0.73℃の割合で上昇しています（99%有意）。



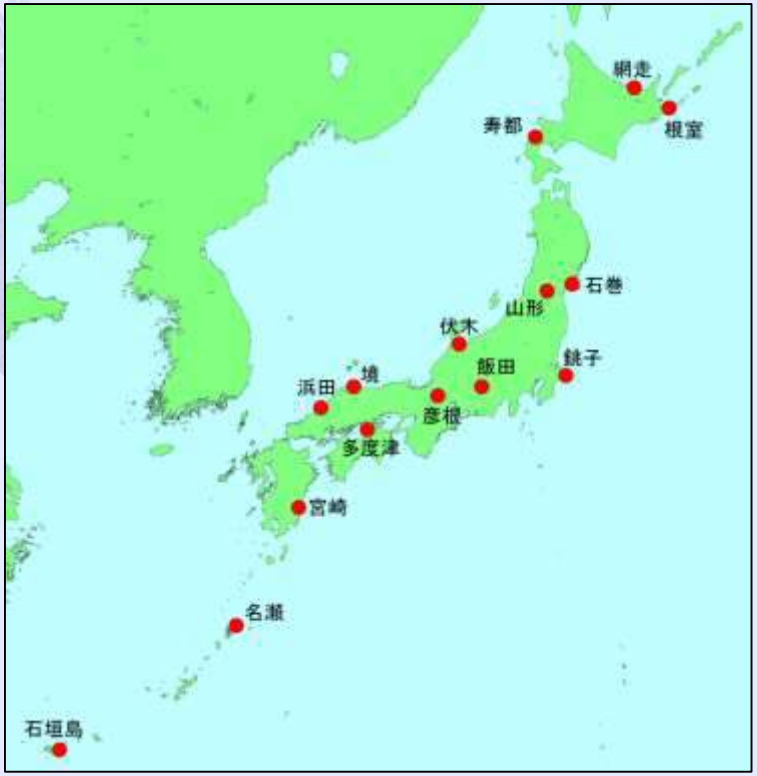


https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html

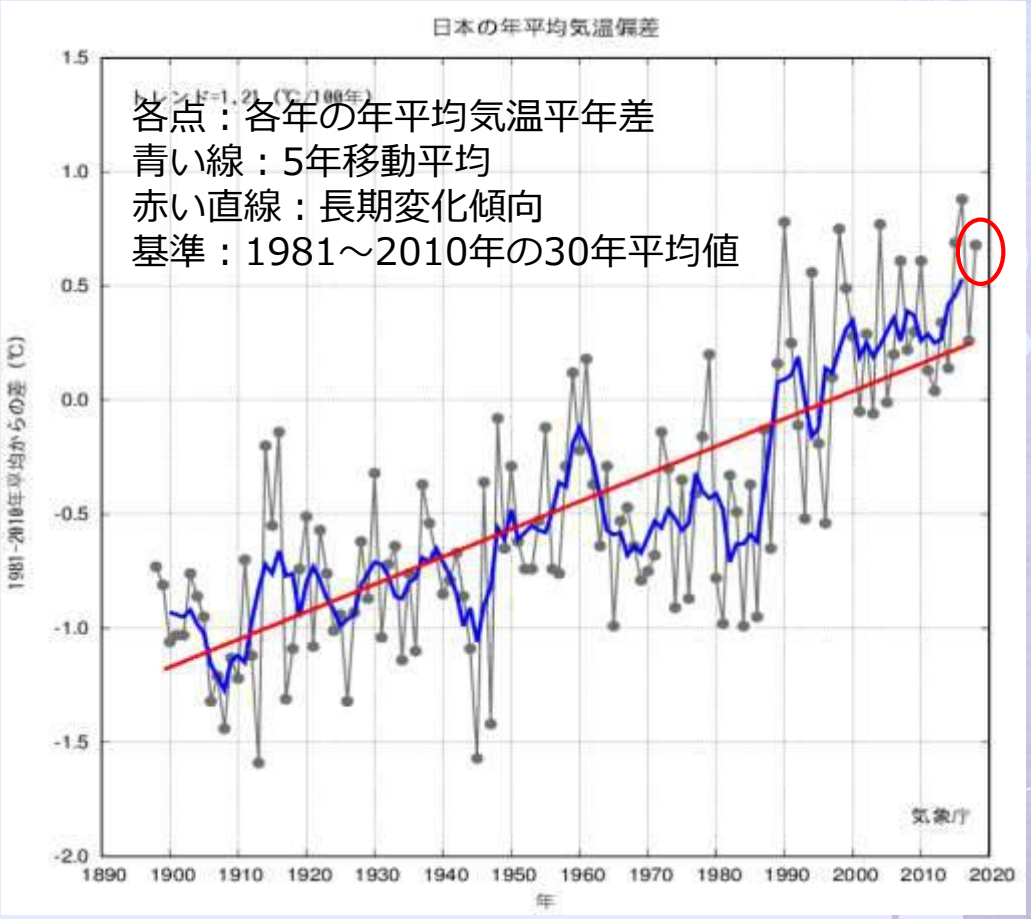
２．日本のこれまでの気候変化

日本の気温変化（1898～2018年）

- 2018年は、1898年の統計開始以降で6番目に高い値になりました。
- 100年あたり約1.2℃の割合で上昇しています（99%有意）。



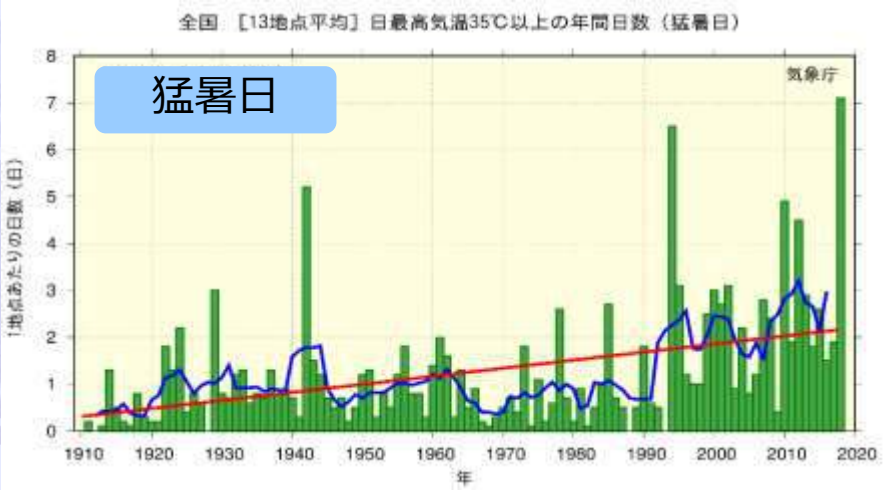
日本の年平均気温に用いる観測地点

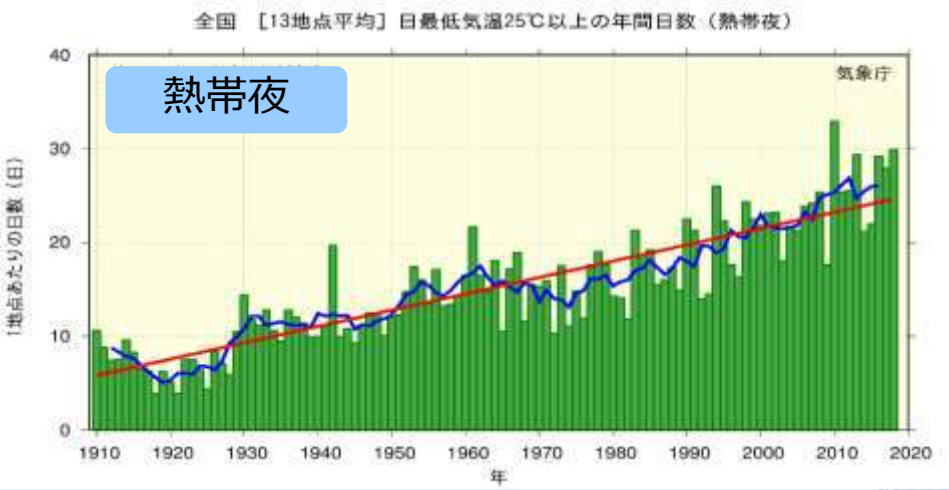


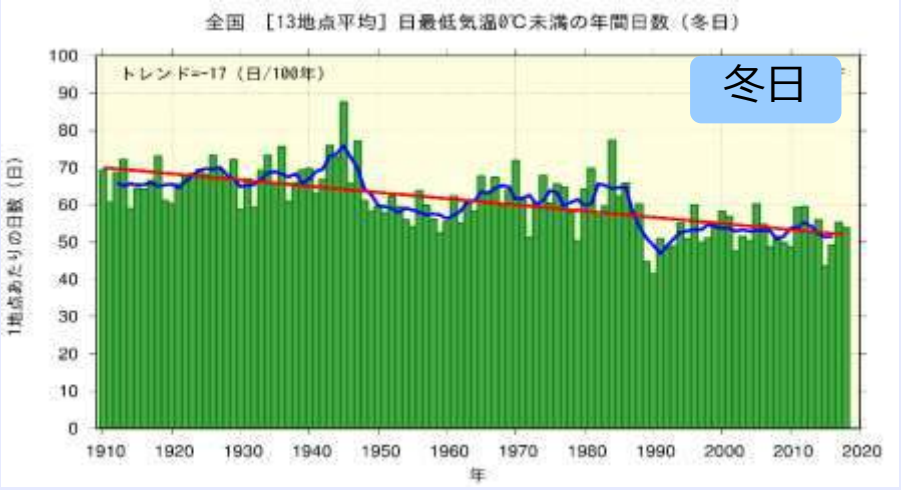
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html

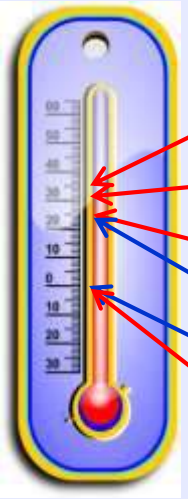
暑い日、寒い日の変化（1931～2018年）

- 暑い日（猛暑日や熱帯夜）の年間日数は増加しています（99%有意）。
- 寒い日（冬日）の年間日数は減少しています（99%有意）。









最高気温が35℃以上の日：猛暑日
最高気温が30℃以上の日：真夏日
最高気温が25℃以上の日：夏日
最低気温が25℃以上の日：熱帯夜（＊）
最低気温が0℃未満の日：冬日
最高気温が0℃未満の日：真冬日

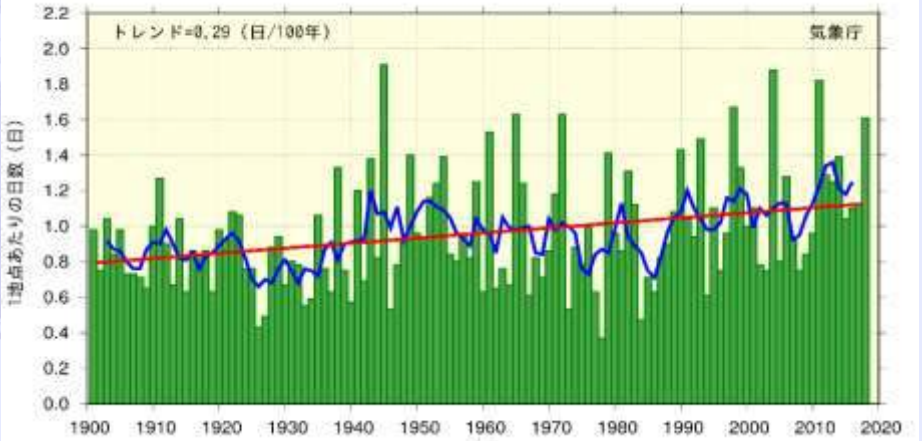
＊：本来は、日最低気温ではなく、夜間の最低気温が25℃以上のこと

全国13地点を対象

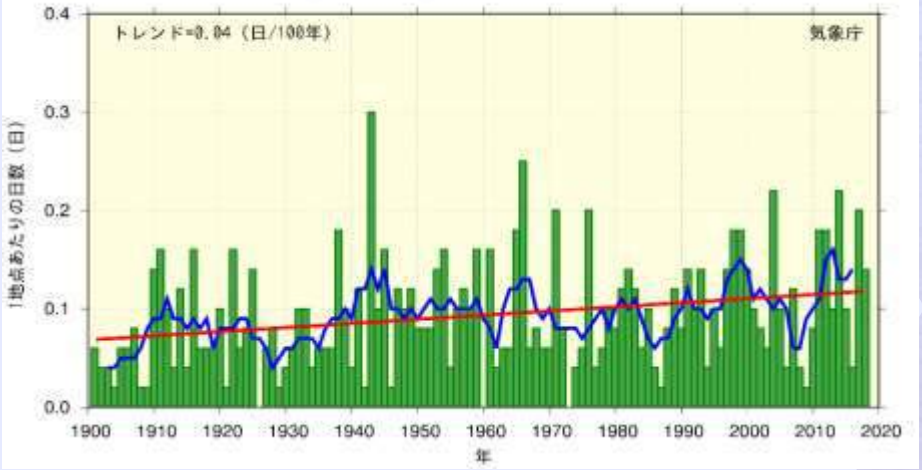
雨の降り方の変化①（1901～2018年）

- 大雨の発生頻度は増加しています（99%有意）。
- 降水日数は減少しています（99%有意）。

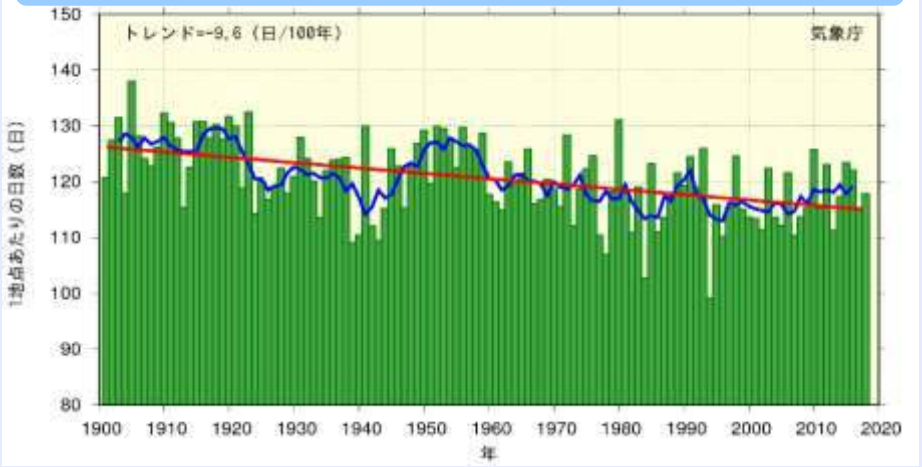
日降水量100mm以上の年間日数



日降水量200mm以上の年間日数



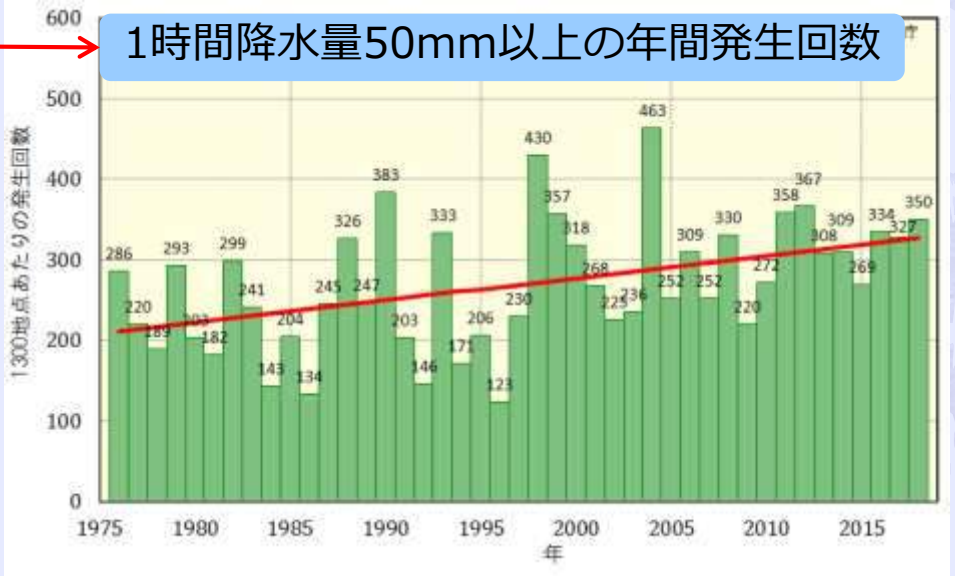
雨の降る日（日降水量1.0mm以上）の年間日数



全国51地点を対象

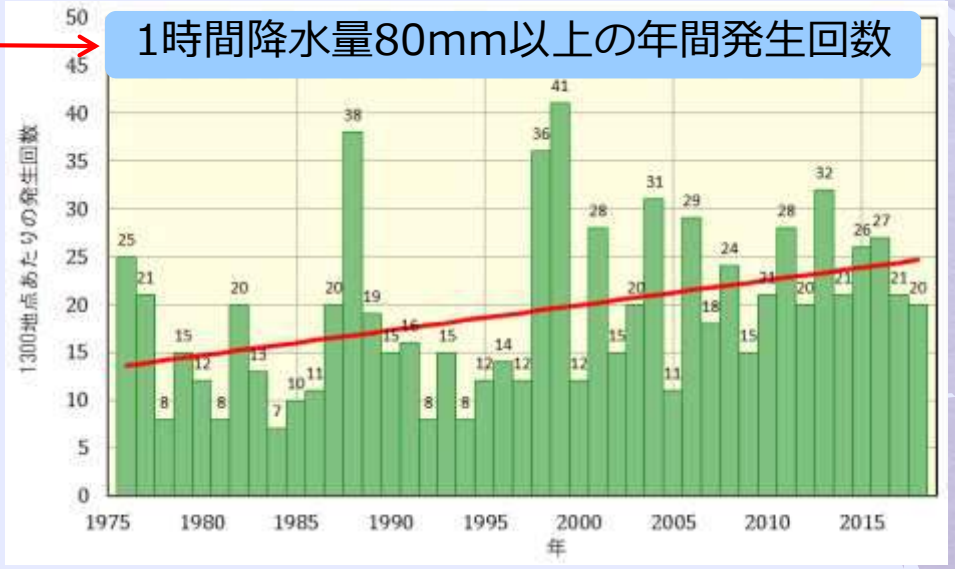
雨の降り方の変化②（1976～2018年）

滝のように降る雨 →



- 短時間強雨の発生頻度は増加しています（99%有意）。
- 地球温暖化の影響の可能性がありますが、より確実に評価するためには今後のさらなるデータの蓄積が必要です。

息苦しくなるような圧迫感があり、恐怖を感じるような雨 →

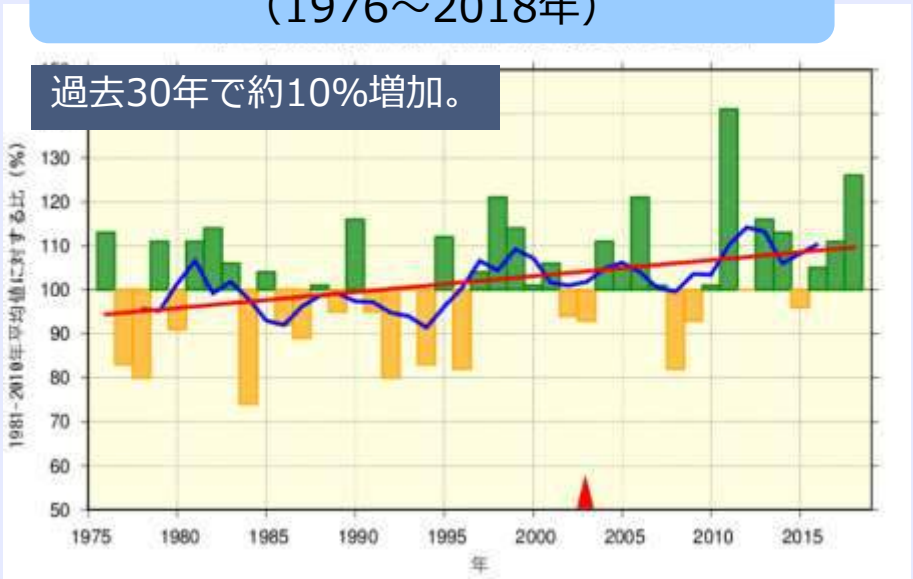


https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html の数値データより作成

雨の降り方の変化③

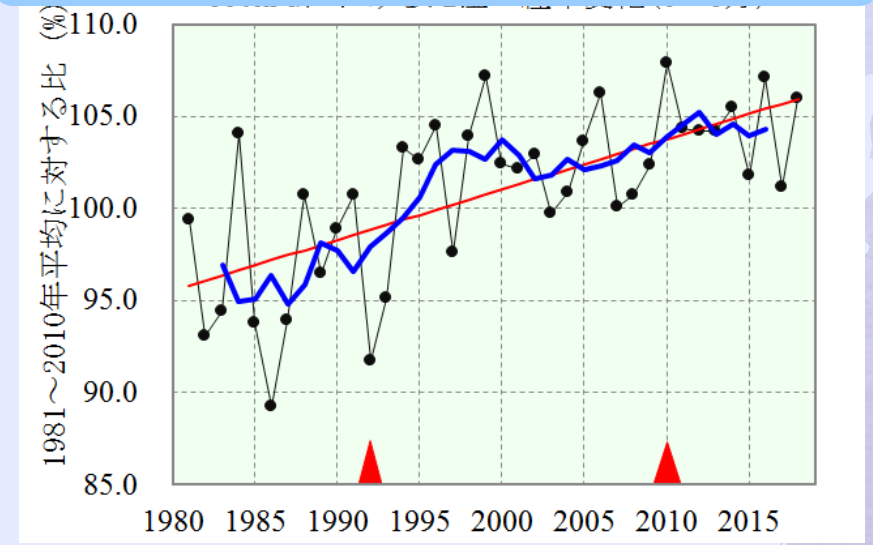
- 極端な大雨の強さは増大傾向が見られます（90%有意）。
- 大気中の水蒸気量が増加しています（99%有意）。

年最大72時間降水量の基準値との比（1976～2018年）



・全国のアメダスのうち685地点を対象
・基準値：1981～2010年平均値
・▲は観測の時間間隔を変更した年（2003年より前は1時間間隔、以後は10分間隔）

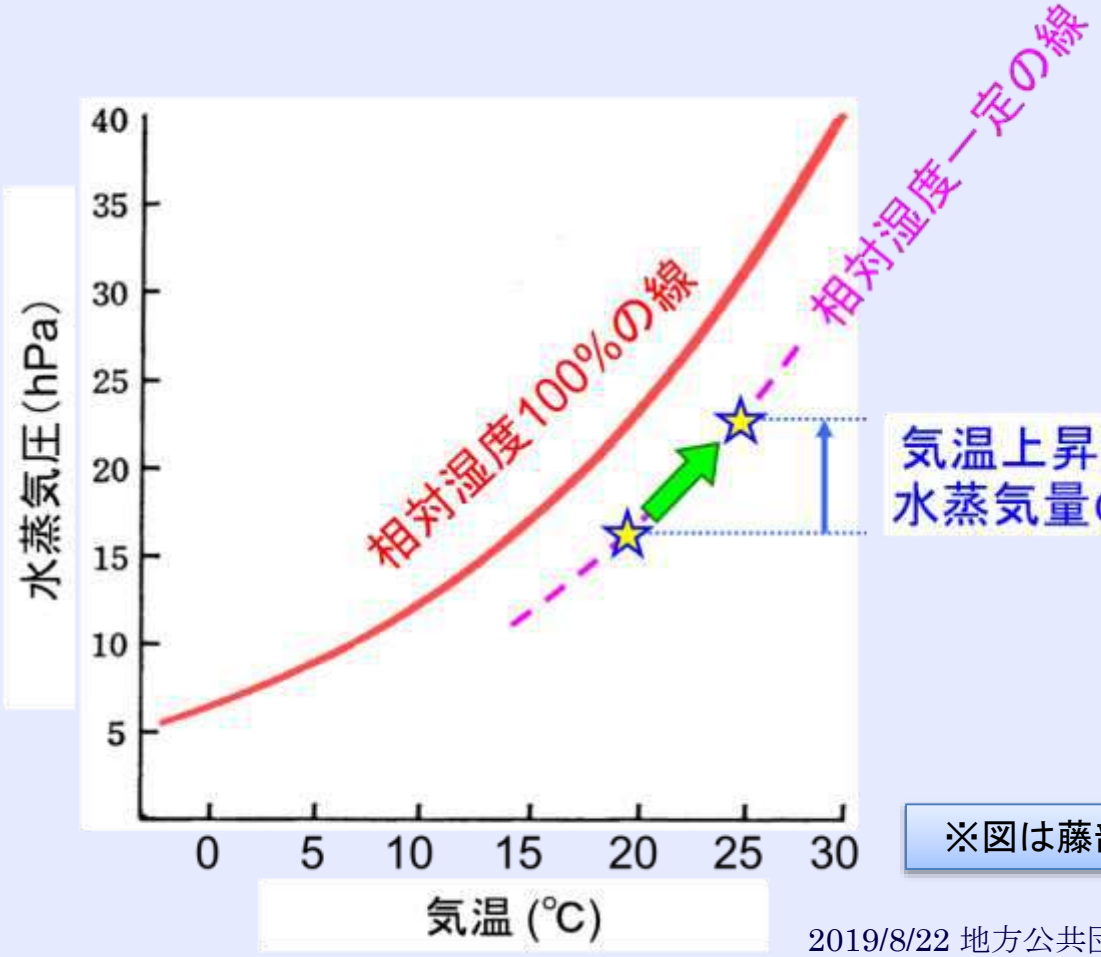
上空の水蒸気量の基準値との比（6～8月）（1981～2018年）



・上空約1,500メートルの夏季（6～8月）平均比湿（空気1kg当たりに含まれる水蒸気量）の基準値との比
・国内13高層気象観測地点を対象
・基準値：1981～2010年平均値
・2つの▲の間では測器の変更の影響により、相対的にやや値が高めになっている可能性がある

気温が上がると極端な降水がより強く・頻繁になる理由

- 極端な降水は、大気中の水蒸気量と直結しています。
- 気温が１℃上がると、空気が含むことのできる最大の水蒸気量（飽和水蒸気量）が約７％増加します。



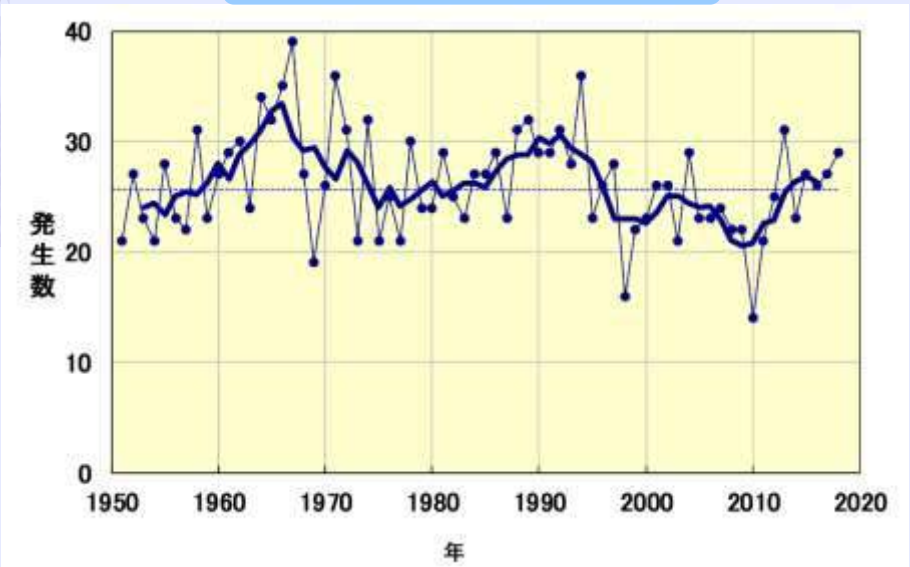
※ 地球温暖化が進んでも、相対湿度はあまり変わらないと考えられています。

※図は藤部氏（首都大学東京）提供

台風の変動（～2018年）

- 台風の発生数に長期変化傾向は見られません。
- 「強い」以上の勢力となった台風の発生数は、1977年以降では変化傾向は見られません。

台風の発生数



「強い」以上の勢力となった台風の発生数、全発生数に対する割合

気象庁資料に基づき作成

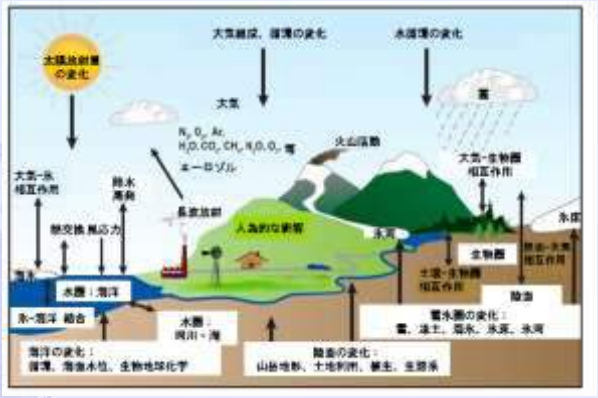
3．日本のこれからの気候変化

将来予測結果を扱う上での注意点

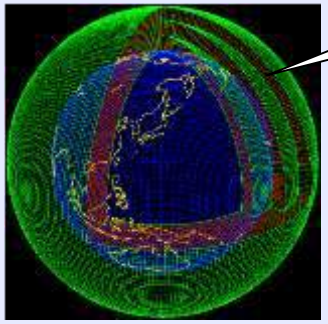
- 気候モデルは、すべての現象を完全に再現できるものではないので、再現性に注意する必要がある。
- 狭い領域を対象とした予測結果には大きな不確実性が含まれるので、広域での評価結果との整合性を考慮する必要がある。
- 地球温暖化予測の前提となる温室効果ガスの将来変化は、単一のシナリオについてのみ予測対象としている。このため、他のシナリオを用いた場合には、異なる予測結果となる可能性がある。
- 降水の変化予測は、気温に比べて一般に不確実性が大きい。これは、台風や梅雨前線に伴う大雨等の顕著現象の頻度や程度は年々の変動が大きいことに加え、空間的な代表性が小さい（狭い地域で集中的に降る等）うえに発生頻度が稀であって20年程度の計算対象期間を設けても統計解析の標本数が少ないため、系統的な変化傾向が現れにくい場合があることによる。
- 地球温暖化予測は、自然変動に伴う気候の「ジグザグ」な揺らぎの影響を取り除いて、温室効果ガスの増加に伴って「じわじわ」と進行する長期的な変化の傾向を検出することが目的である。
- 降雪の予測は不確定性が大きいため、参考程度として頂きたい。

温暖化予測の方法

気候システムの理解

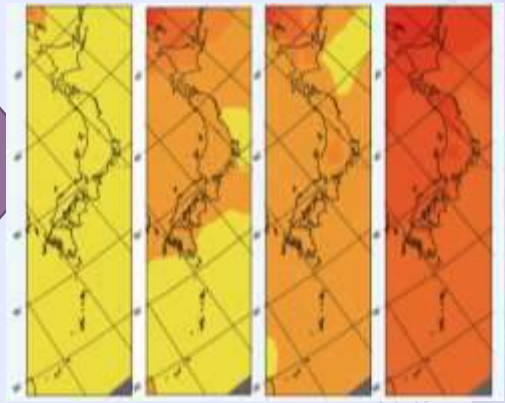


気候モデル



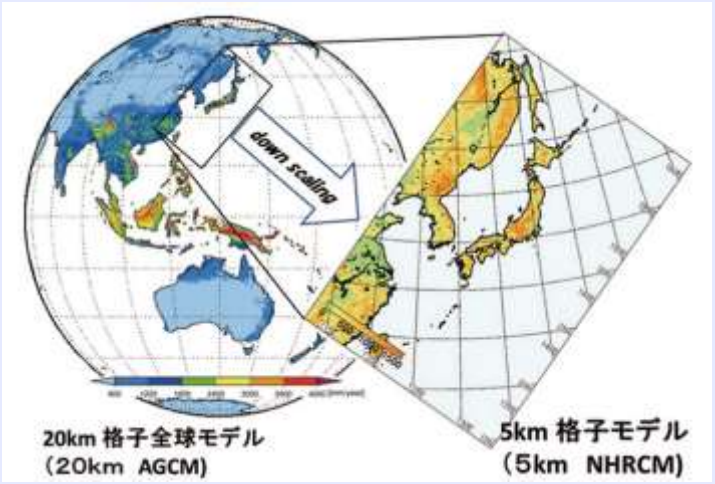
コンピュータ上に
地球を再現

温暖化予測の計算



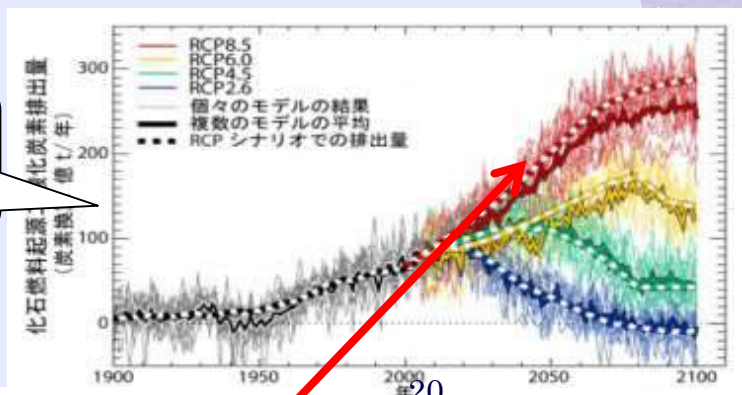
時計を進める

日本付近を拡大して計算



現在（20世紀末）：1980～1999年
将来（21世紀末）：2076～2095年

人為的な温室効果ガスなどの濃度変化を与える



＊これからご紹介する予測結果は、温室効果ガスの排出が最も高レベルな場合です。

「地球温暖化予測情報第９巻」の概要

「地球温暖化予測情報」とは

- 地球温暖化の緩和策や適応策の検討に資すること、また、地球温暖化に関する科学的な知識の普及を目的に、平成８年度より、数値モデルによる地球温暖化の予測結果を「地球温暖化予測情報」として数年おきに公表。
- 平成25年に公表した「地球温暖化予測情報第８巻」では、 中程度の温室効果ガス排出が続くと想定した場合の日本の気候変化を5km間隔で予測し、21世紀末には20世紀末と比べて、日本の年平均気温は3.0℃程度上昇することなどを予測。
  注）気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第５次評価報告書で想定されている４つの温室効果ガスの濃度シナリオのうち、２番目に温室効果ガスの排出が多いものに相当。
- 今般、防災上の意識を高める観点等から、最も高程度の温室効果ガス排出が続く場合の予測結果を「地球温暖化予測情報第９巻」として取りまとめた。 注）上記４つの濃度シナリオのうち、最も温室効果ガスの排出が多いもの。

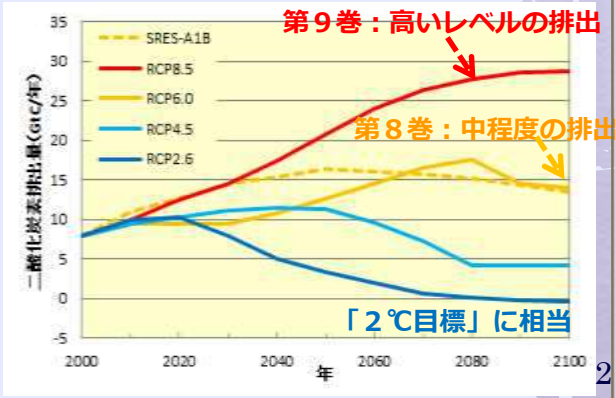
「地球温暖化予測情報第９巻」（平成29年３月公表）の特徴

- 最も高程度の温室効果ガス排出が続く場合を想定。
- 実際に現れ得る様々な変動をより広く捉えるとともに、将来変化の増減傾向の信頼度を評価するため、４通りの将来予測結果を解析。 注）４つの異なる海面水温の変化パターンを与えた結果。
- 21世紀末における日本付近の詳細な気候変動を予測するため、地域気候モデルを用い、日本の７地域別に解析。

（補足）地球温暖化対策の２つのアプローチ
○**緩和策**：温室効果ガスの排出削減と吸収対策
○**適応策**：悪影響への備えと新しい気候条件の利用

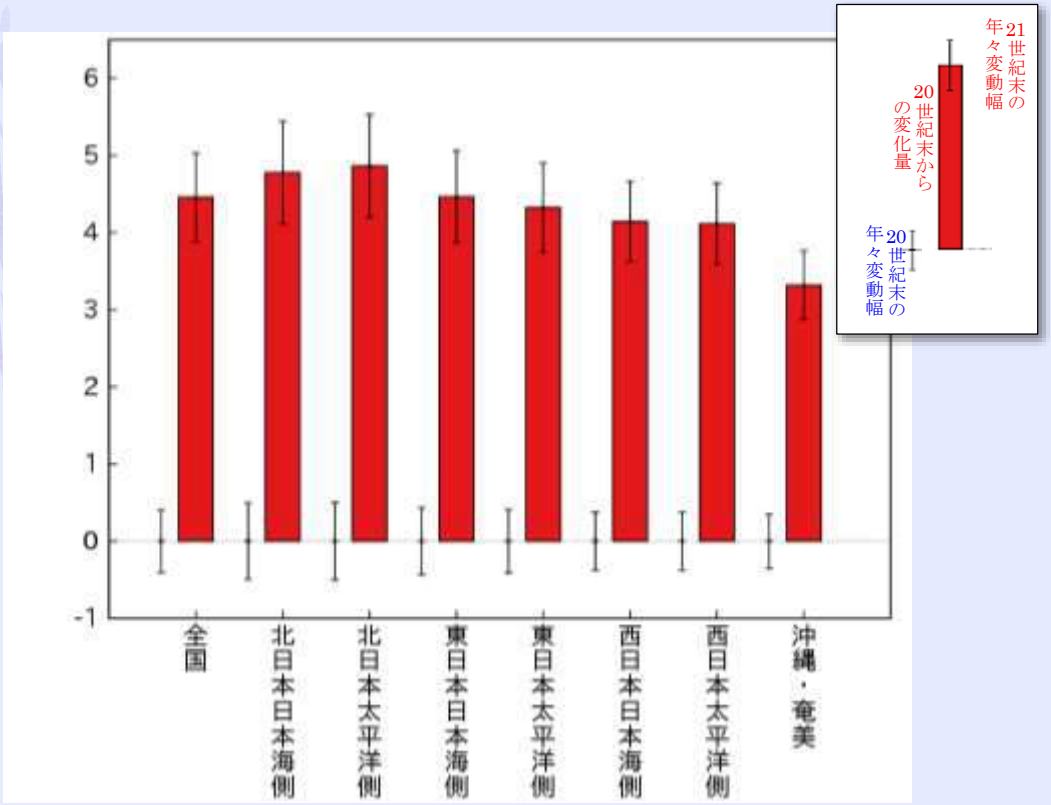
日本の気候特性の異なる７地域別に解析

予測計算に用いた温室効果ガス排出量



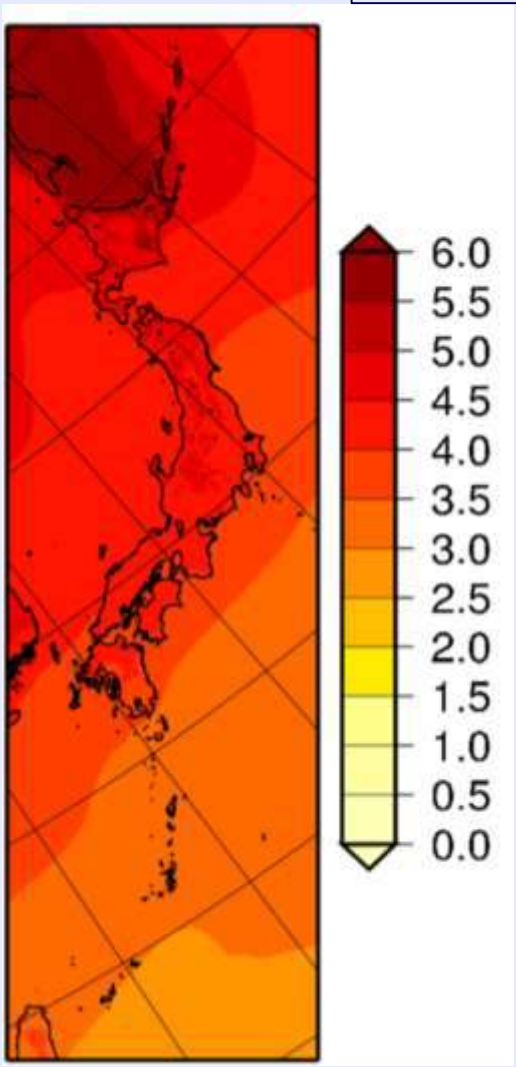
年平均気温の変化（21世紀末−20世紀末）

- 21世紀末には、3.3～4.8℃上昇します。
- 北ほど上昇幅が大きくなっています。



棒グラフは将来と現在との差、細縦線は年々変動の標準偏差

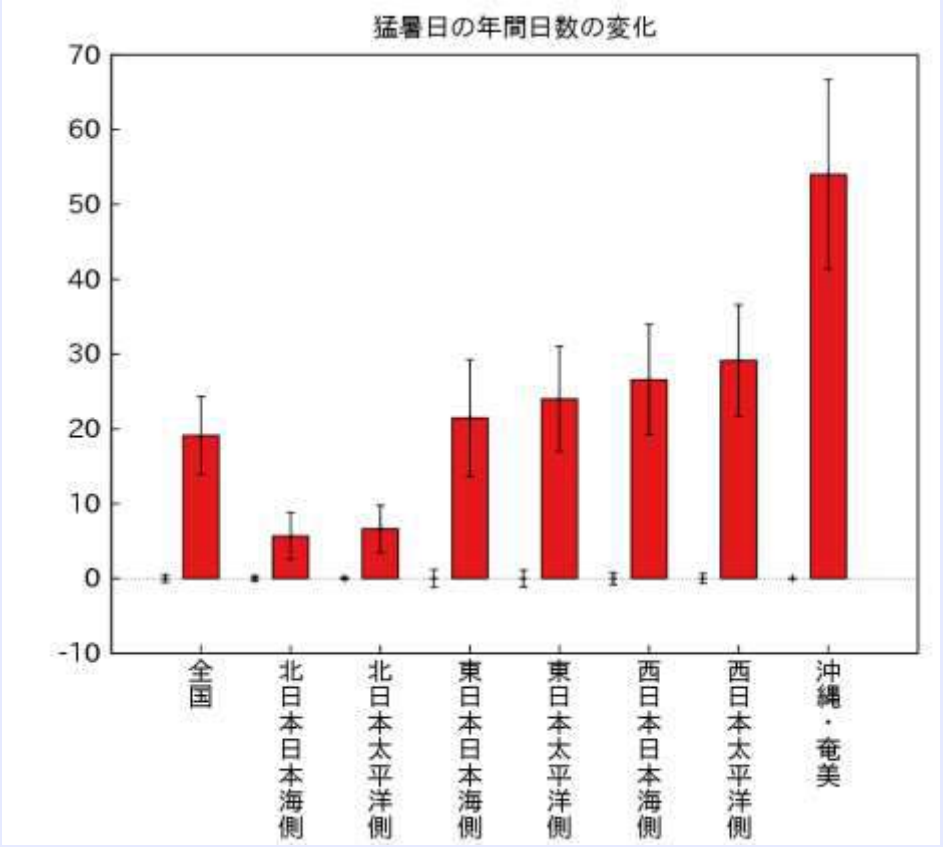
20世紀末：1980～1999年
21世紀末：2076～2095年



気象庁「地球温暖化予測情報第９巻」（2017）

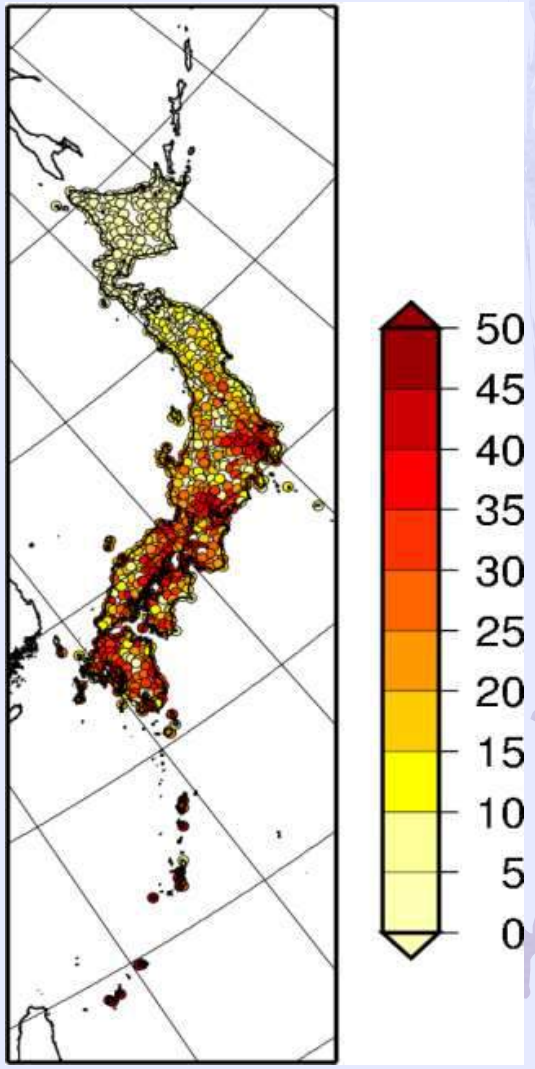
猛暑日の年間日数の変化（21世紀末−20世紀末）

東日本、西日本で30日程度、沖縄・奄美で50日以上の増加が予測されています。



棒グラフは将来と現在との差、ひげは年々変動の標準偏差

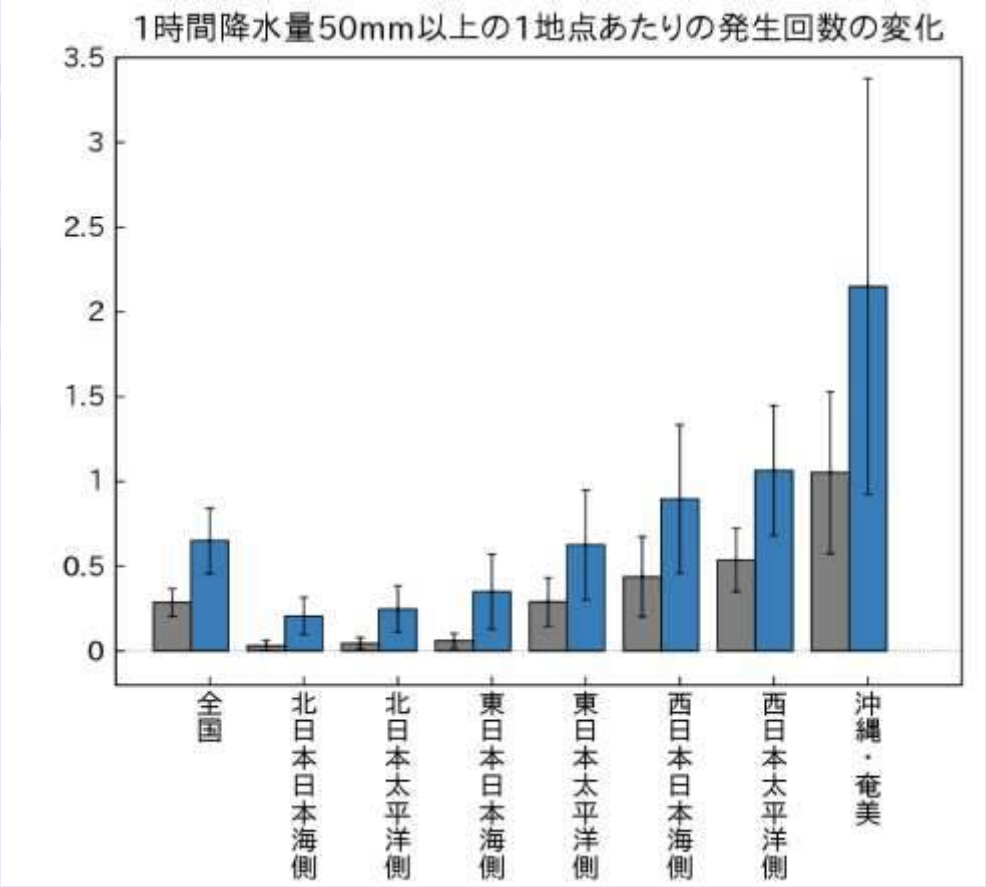
20世紀末：1980～1999年
21世紀末：2076～2095年



気象庁「地球温暖化予測情報第９巻」（2017）

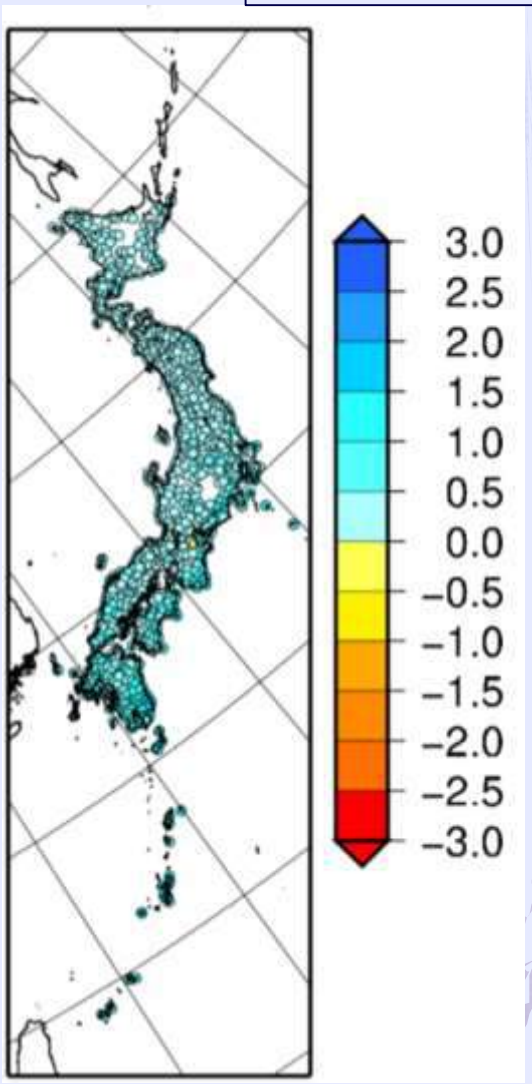
短時間強雨の変化（21世紀末−20世紀末）

全国的に短時間強雨の発生回数が増加すると予測されています。



灰色の棒グラフは現在、青色は将来、ひげは年々変動の標準偏差

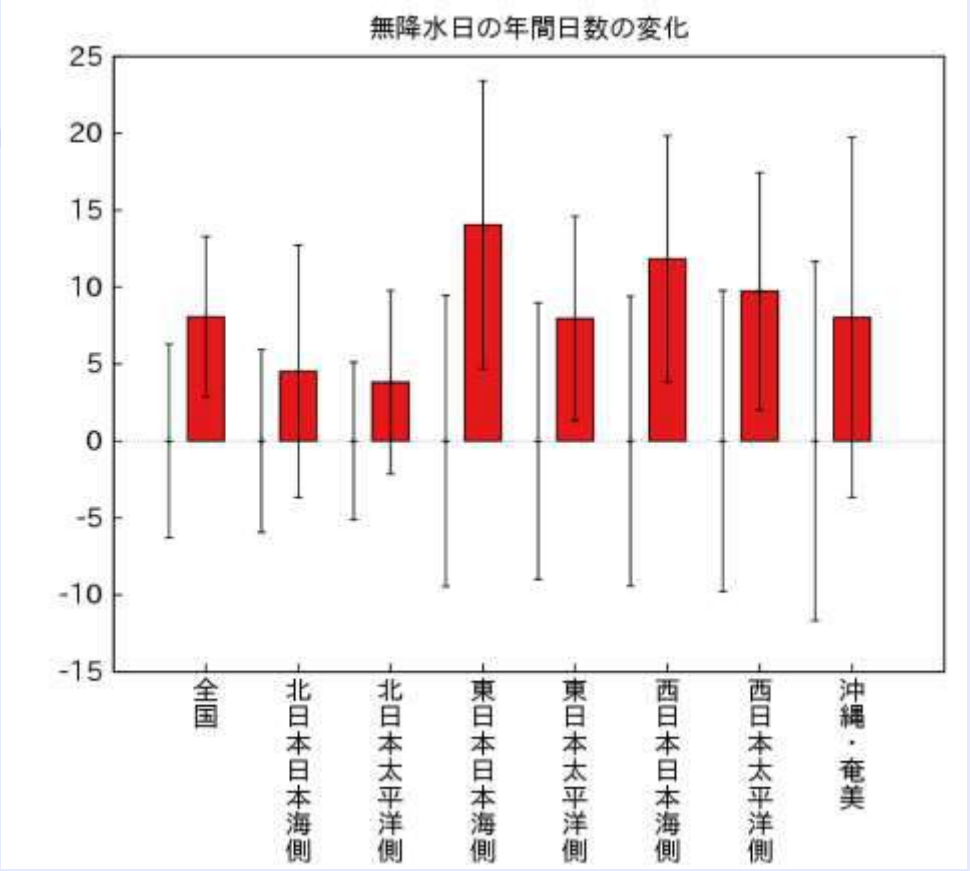
20世紀末：1980～1999年
21世紀末：2076～2095年



気象庁「地球温暖化予測情報第９巻」（2017）

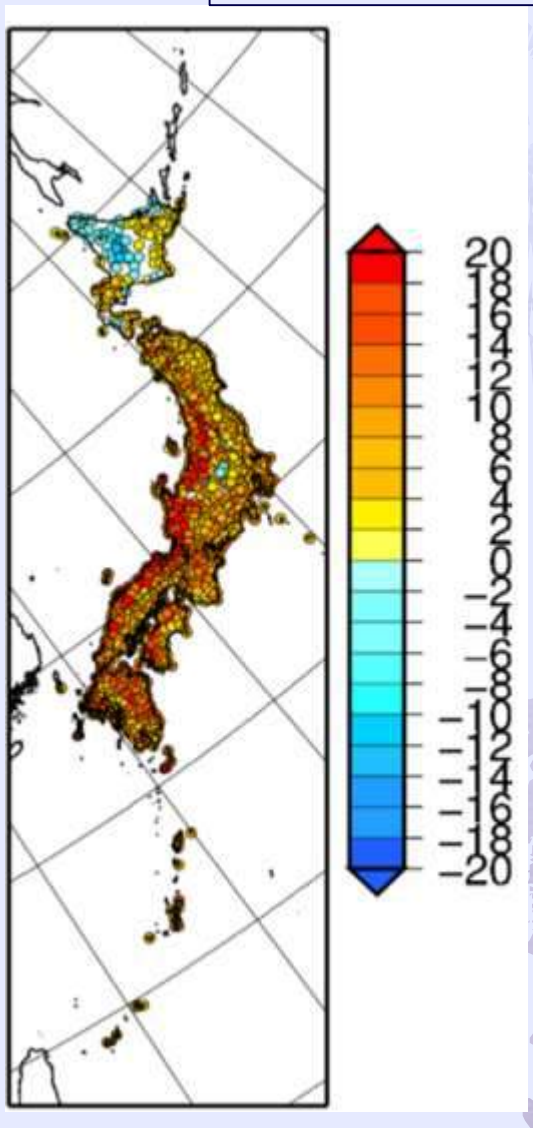
無降水日数の変化（21世紀末ー20世紀末）

年間無降水日数（日降水量1mm未満の日数）は全国的に増加すると予測されています。



棒グラフは将来と現在との差、ひげは年々変動の標準偏差

20世紀末：1980～1999年
21世紀末：2076～2095年



気象庁「地球温暖化予測情報第９巻」（2017）

台風等熱帯低気圧の今後は？

- **熱帯低気圧の発生数が減少する**

水蒸気量増加のフィードバック効果で熱帯大気の対流圏上層の気温上昇が地表面付近より大きくなり、大気が安定化するため

- **熱帯低気圧の平均強度が増加する**

海面水温が上昇することにより大気中の水蒸気量が増加し、熱帯低気圧発達のエネルギー源が増加するため

- **熱帯低気圧の発生位置がずれる**

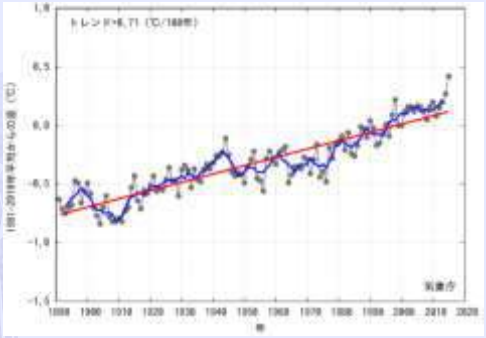
海面水温の上昇幅が一様ではなく地域的な偏りがあるため

「異常気象レポート2014」より

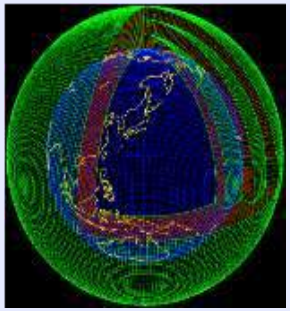
４．気候変動の監視、予測の取組み

気象庁の役割

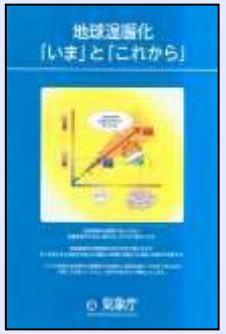
気候の観測と監視



温暖化予測と解析



情報発信・提供

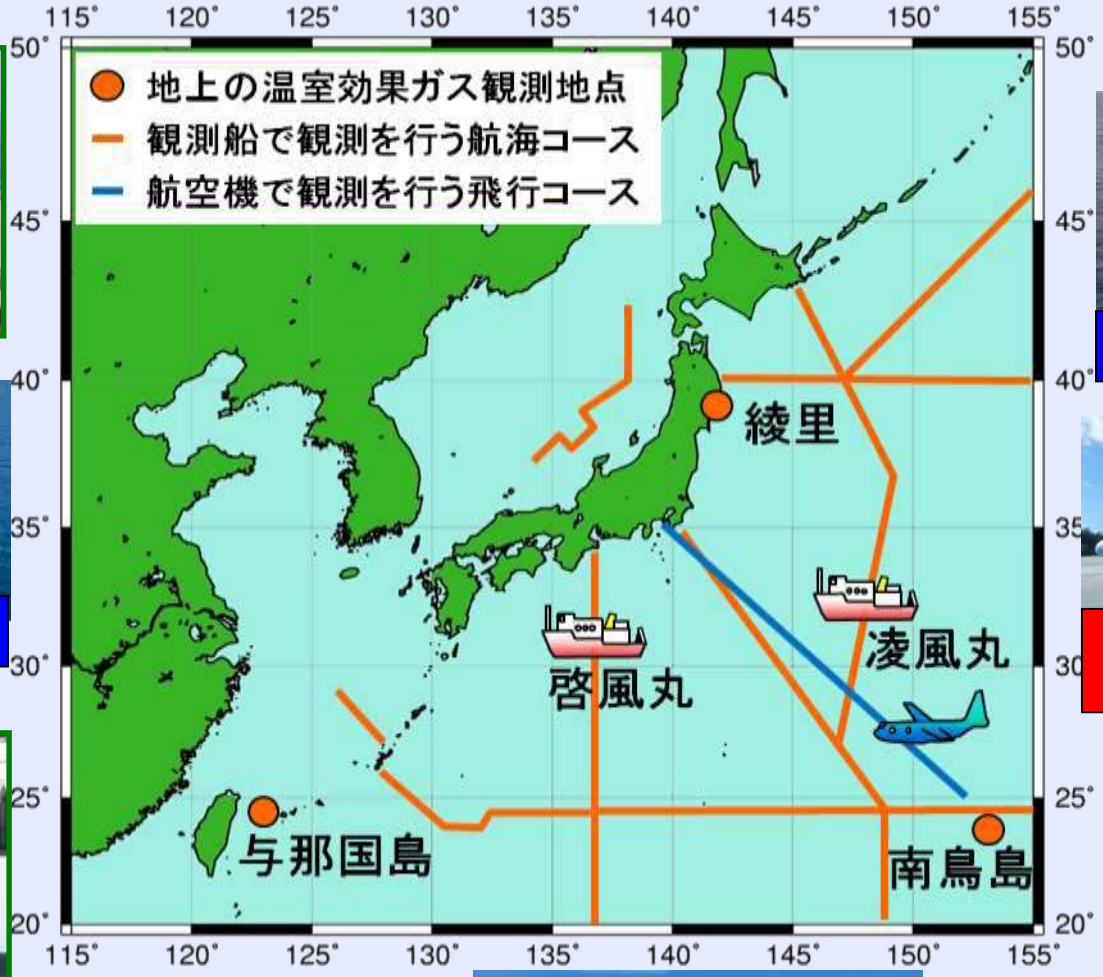


気象庁の温室効果ガス観測

綾里　1987～

啓風丸　2000～

与那国島　1997～



凌風丸　1981～

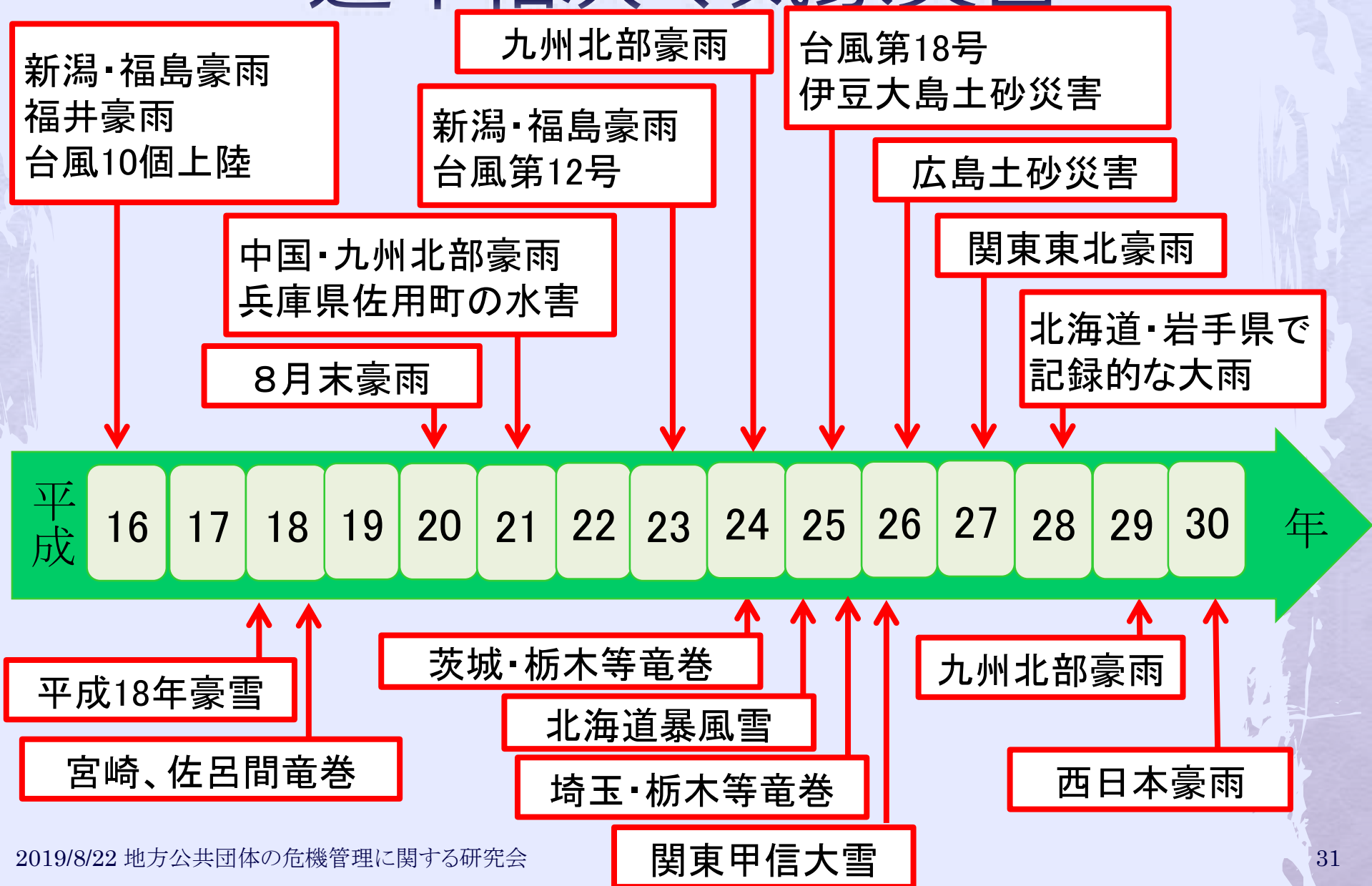
南鳥島交替便による
航空機観測　2011～

南鳥島　1993～

民間航空機 1993～ （気象研等）

5．気象現象の激化

近年相次ぐ気象災害


新潟・福島豪雨
福井豪雨
台風10個上陸
九州北部豪雨
新潟・福島豪雨
台風第12号
台風第18号
伊豆大島土砂災害
広島土砂災害
中国・九州北部豪雨
兵庫県佐用町の水害
関東東北豪雨
北海道・岩手県で
記録的な大雨
８月末豪雨
平成
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
年
平成18年豪雪
宮崎、佐呂間竜巻
茨城・栃木等竜巻
北海道暴風雪
埼玉・栃木等竜巻
関東甲信大雪
九州北部豪雨
西日本豪雨

平成21年7月中国・九州北部豪雨

梅雨前線による集中豪雨により、
山口県防府市で同時多発的に大規模な土砂災害が発生

平成23年台風第12号（紀伊半島の豪雨）

大型で動きが遅い台風により、紀伊半島を中心とする広い範囲で記録的な大雨となり、大規模な土砂災害や洪水が発生

平成25年台風第26号（伊豆大島の土砂災害）

台風からの暖かく湿った空気の流入に伴い局所的に記録的大雨となり、大規模な土砂災害が発生

平成26年8月豪雨（広島市の土砂災害）

梅雨前線の南側で局所的に湿った空気が流入し、大規模な土砂災害が発生

平成27年関東・東北豪雨（鬼怒川の決壊）

低気圧や台風により、湿った空気の流れ込みが継続し、栃木県・茨城県・宮城県では記録的な大雨となり、河川の氾濫が発生

「平成29年7月九州北部豪雨」の概況

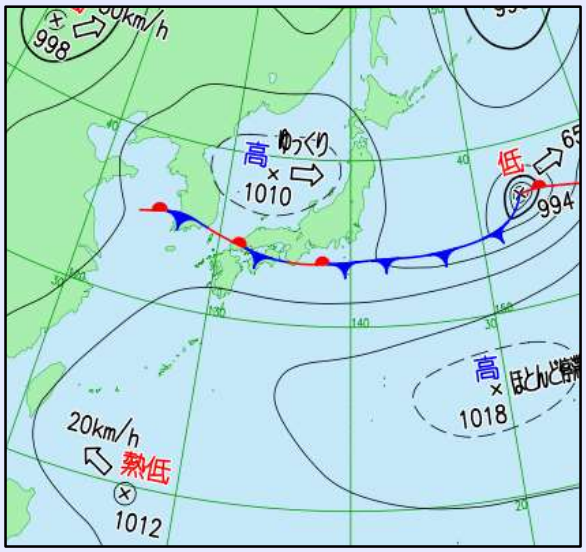
【7月5日から6日の概況】

○　梅雨前線が7月5日から6日にかけて西日本に停滞し、この影響で、九州北部地方を中心に大雨となった。

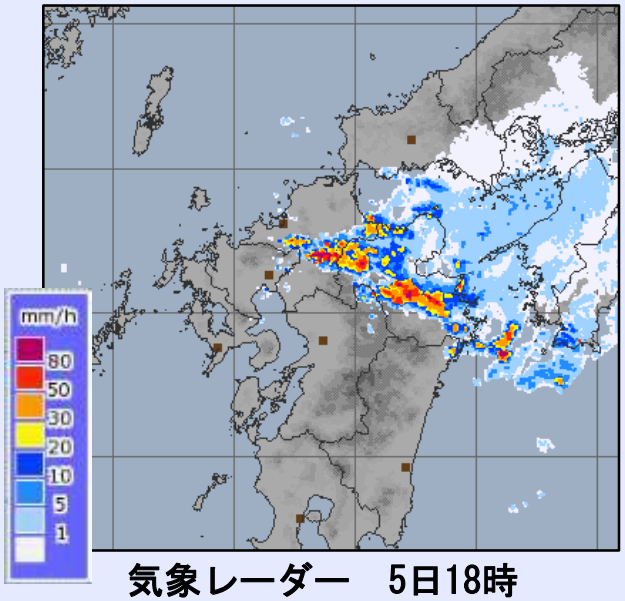
○　九州北部地方では、対馬海峡付近に停滞した梅雨前線に向かって暖かく非常に湿った空気が流れ込み、線状降水帯が形成された影響で記録的な大雨となった。これにより、5日17時51分に福岡県、19時55分に大分県に、大雨特別警報を発表した。

○　福岡県及び大分県では、5日昼頃から夜遅くにかけて猛烈な雨が降り続き、福岡県朝倉市で129.5ミリの1時間降水量を観測したほか、最大24時間降水量は福岡県朝倉市で545.5ミリ、大分県日田市で370.0ミリとなって平年の7月の降水量を超えるなど、統計開始以来の1位の値を更新した。

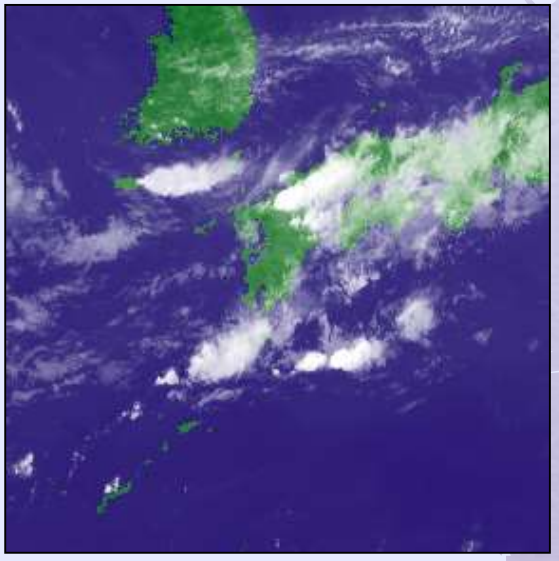
7月5日　福岡県・大分県に大雨特別警報を発表した頃の状況



実況天気図　5日18時

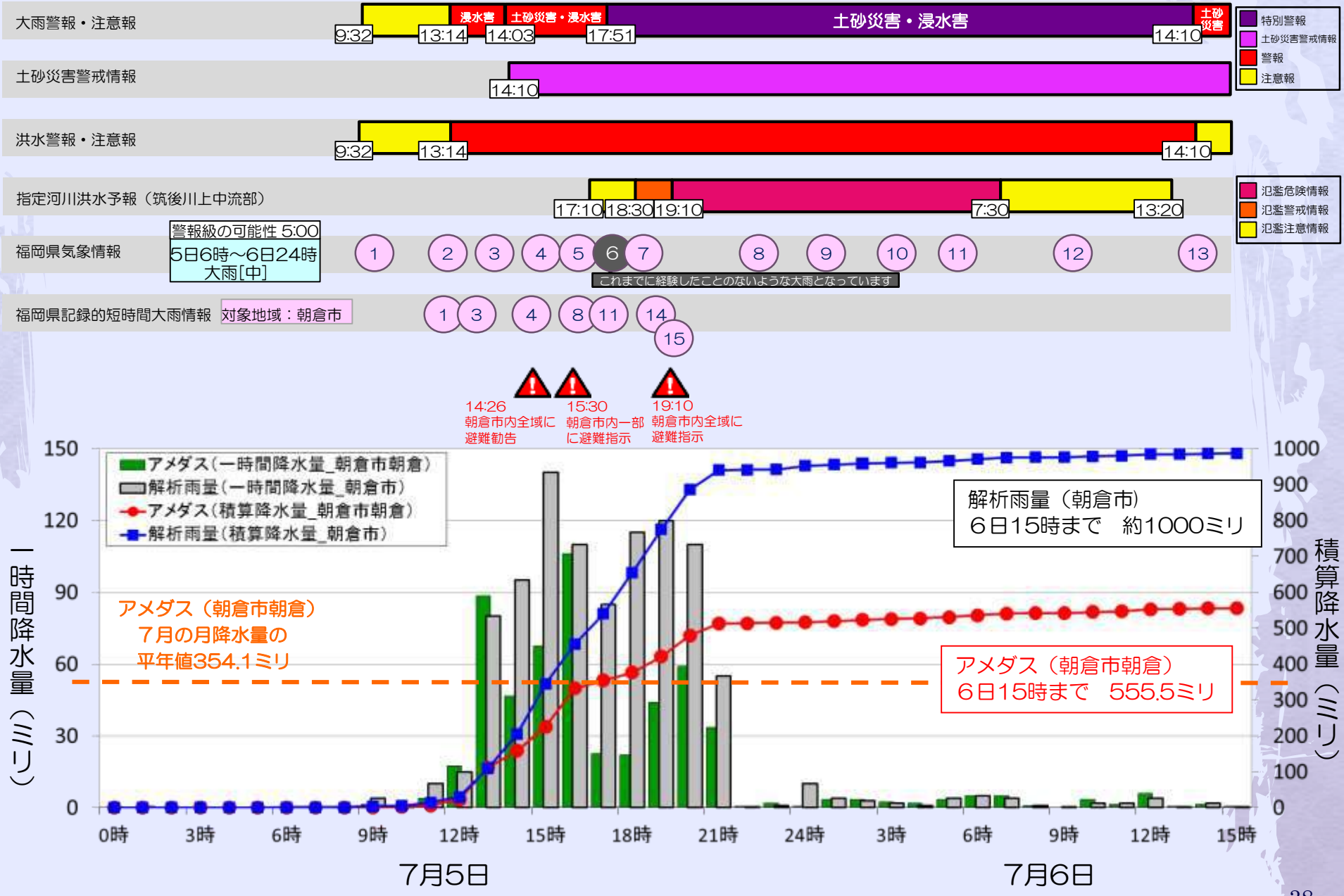


気象レーダー　5日18時



気象衛星画像　5日18時

福岡県朝倉市における防災気象情報等の発表状況

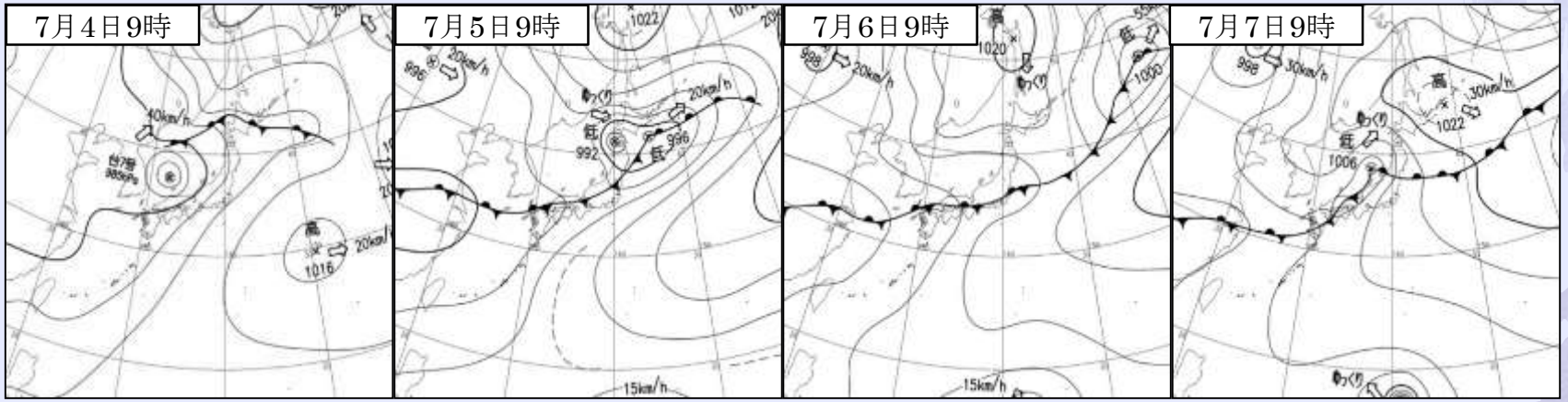


平成30年7月豪雨の概要

平成30年7月豪雨の概要

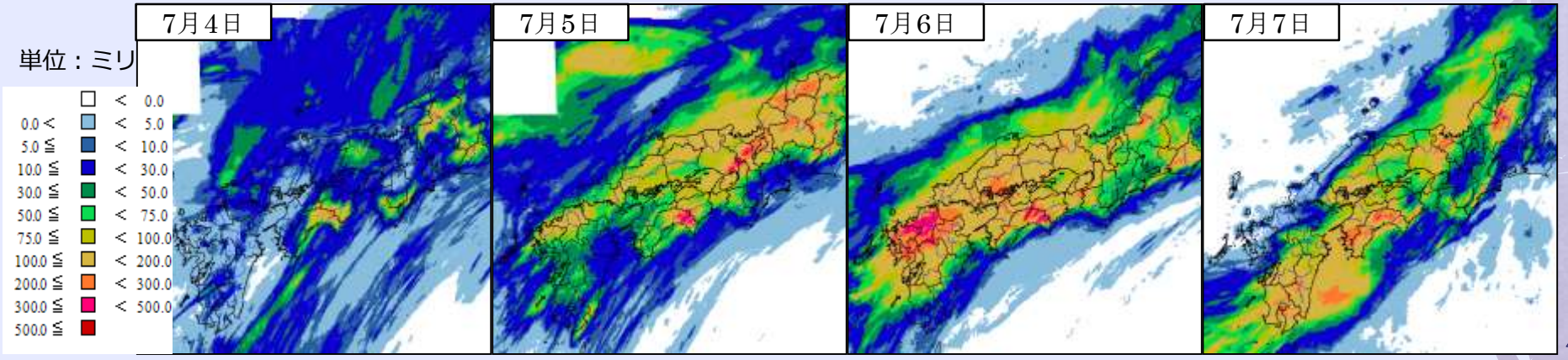
【概要】
○6月29日に発生した台風第7号は、7月4日に日本海を北東に進み、15時で温帯低気圧に変わった。
○台風第7号や台風から変わった温帯低気圧の通過後、本州付近に梅雨前線が停滞した。
○梅雨前線は、暖かく湿った空気が継続して流れ込んだ影響で、活動が非常に活発となった。この状態が、７月５日頃から８日頃まで続いたため、西日本から東海地方を中心に記録的な大雨となった。

■天気図



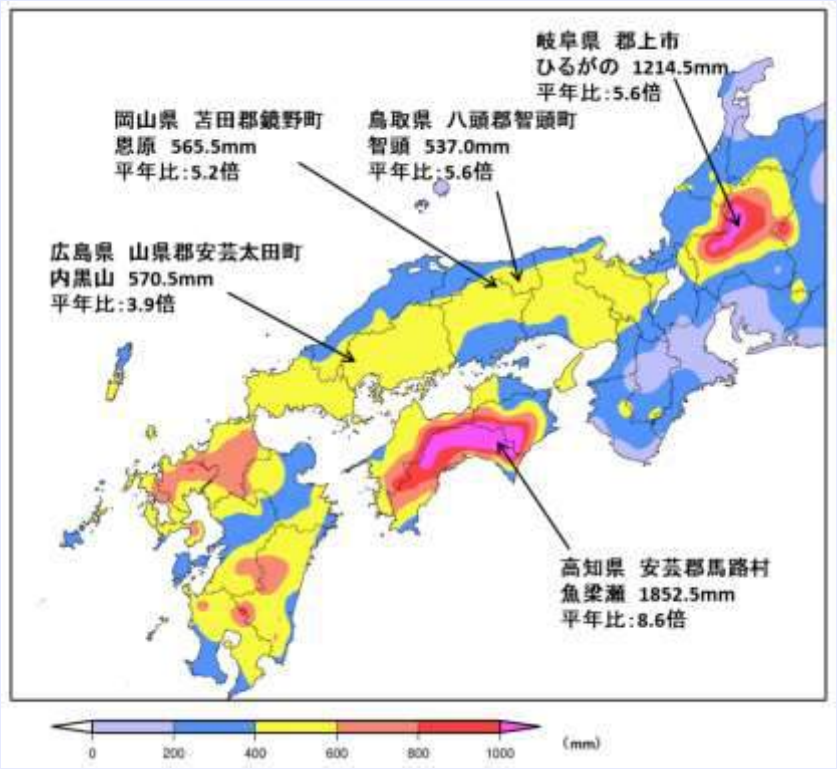
■日降水量（解析雨量）

単位：ミリ



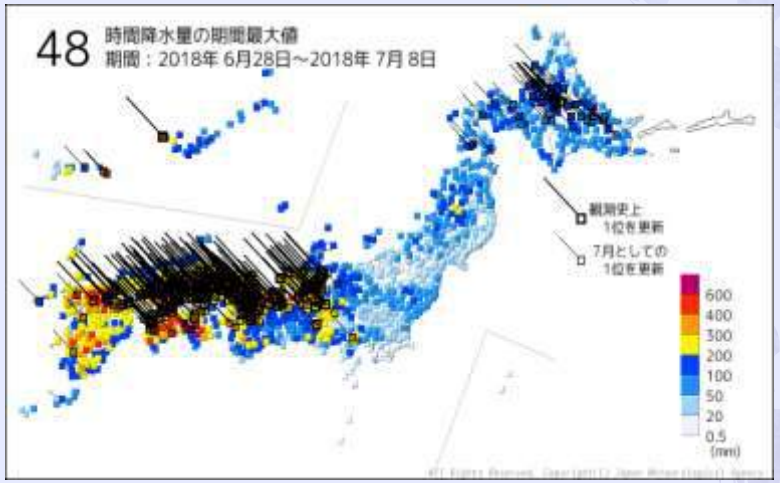
平成30年7月豪雨の雨量の状況

■６月２８日から７月８日までの総降水量（アメダス）



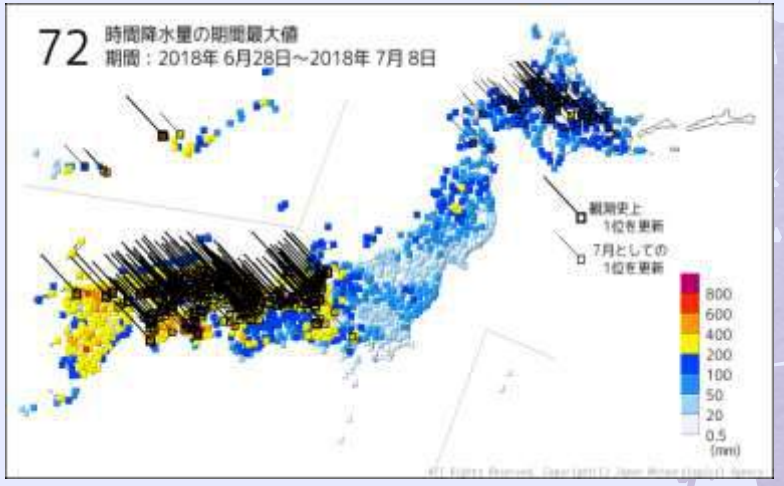
■全国のアメダス地点（比較可能な９６６地点）で観測された降水量の総和
（１９８２年１月上旬から２０１８年７月上旬における各旬の値の度数分布）

■6月28日から7月8日までに観測された最大48時間雨量



観測史上１位を更新した地点数：124地点
７月としての１位を更新した地点数：239地点

■6月28日から7月8日までに観測された最大72時間雨量



観測史上１位を更新した地点数：122地点
７月としての１位を更新した地点数：264地点

防災気象情報の発表状況

■気象庁からの呼びかけ

４日（水）１５：３１　…全般気象情報において次のように呼びかけ
「西日本と東日本では８日頃にかけて大雨となり、数日間、同じような地域で大雨が続くおそれ」

５日（木）１４：００　…記者会見において、次のように呼びかけ。
「西日本と東日本では、８日頃にかけて非常に激しい雨が断続的に数日間降り続き、記録的な大雨となるおそれ」

６日（金）１０：３０　…記者会見において、次のように呼びかけ。
「今後、重大な災害の発生するおそれが著しく高くなり、大雨特別警報を発表する可能性。」

その後、特別警報の発表にあわせ、記者会見を実施。

＜主な府県（特別警報を発表した府県）の警報等の発表・解除時刻＞

都道府県	大雨警報発表時刻	土砂災害警戒情報発表時刻	大雨特別警報発表時刻	大雨特別警報解除時刻
岐阜県	4日　11時40分	5日　20時10分	7日　12時50分	8日　14時10分
京都府	5日　01時49分	5日　05時00分	6日　22時50分	7日　21時20分
兵庫県	5日　03時35分	5日　03時55分	6日　22時50分	7日　18時10分
岡山県	5日　14時19分	5日　17時00分	6日　19時39分	7日　15時10分
広島県	5日　08時08分	6日　14時05分	6日　19時40分	7日　10時50分
鳥取県	5日　10時50分	6日　15時30分	6日　19時40分	7日　13時10分
愛媛県	5日　01時22分	6日　03時05分	8日　05時50分	8日　14時50分
高知県	5日　01時48分	5日　08時15分	8日　05時50分	8日　14時50分
福岡県	5日　12時20分	5日　18時00分	6日　17時10分	7日　08時10分
佐賀県	5日　12時08分	5日　17時55分	6日　17時10分	7日　08時10分
長崎県	5日　15時17分	5日　17時12分	6日　17時10分	7日　08時10分

気象庁 Japan Meteorological Agency

岡山県倉敷市

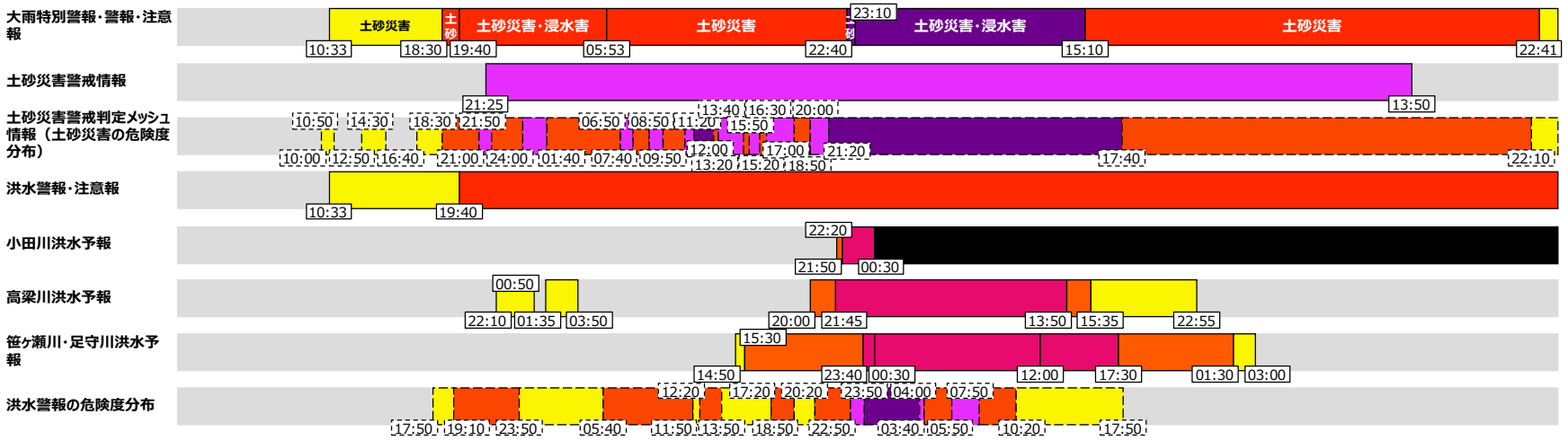
岡山県倉敷市に関する警報等発表状況と岡山県倉敷(ｸﾗｼｷ)の観測値

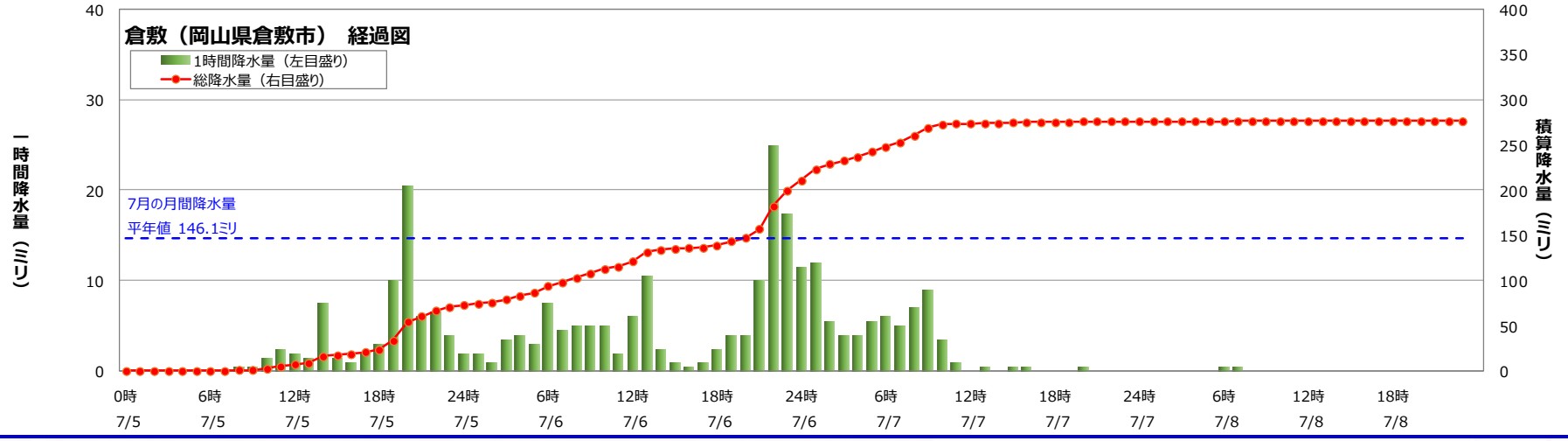
<警報・注意報等>
特別警報
土砂災害警戒情報
警報
注意報

<危険度分布>
極めて危険
非常に危険
警報級
注意報級

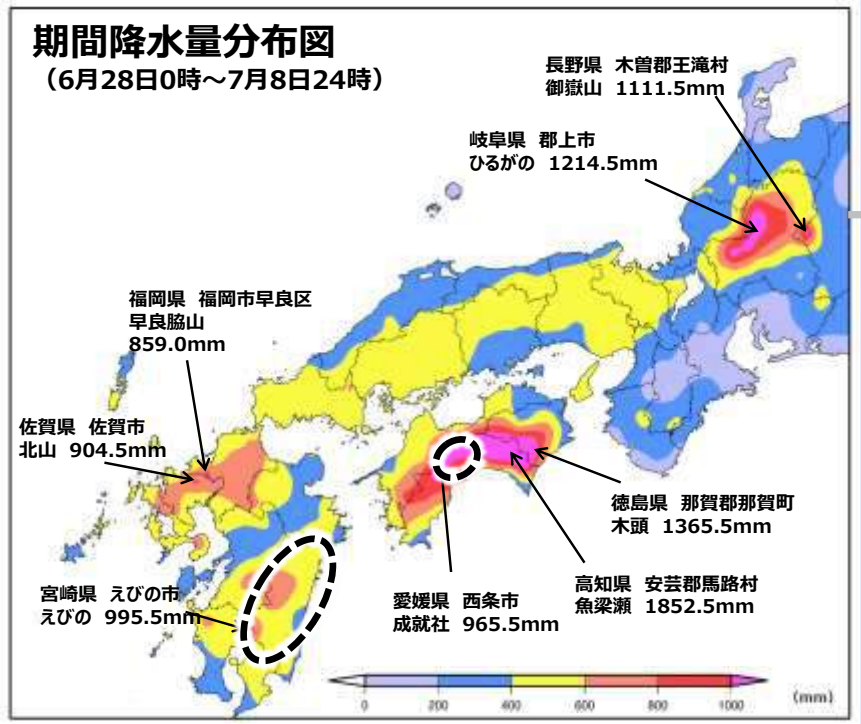
<指定河川洪水予報>
氾濫発生情報
氾濫危険情報
氾濫警戒情報
氾濫注意情報

※危険度分布は市町村内の最大危険度を示す

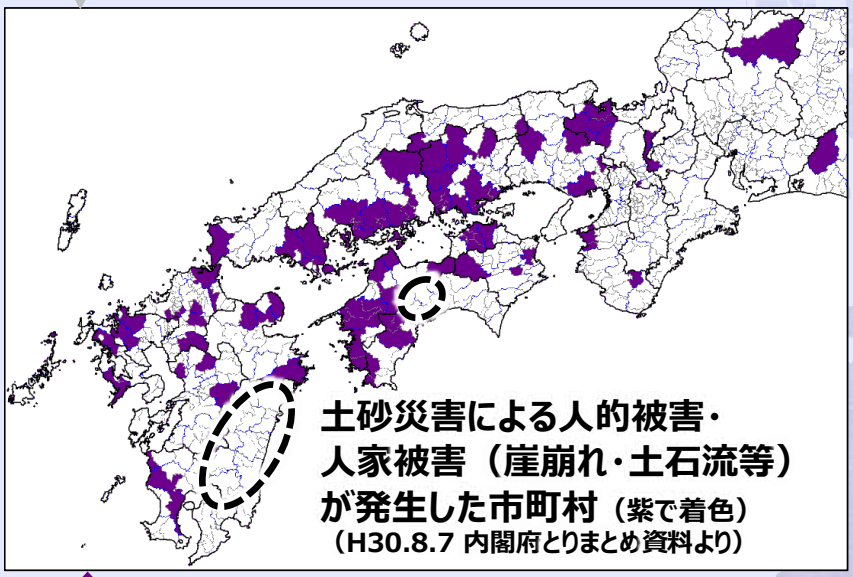


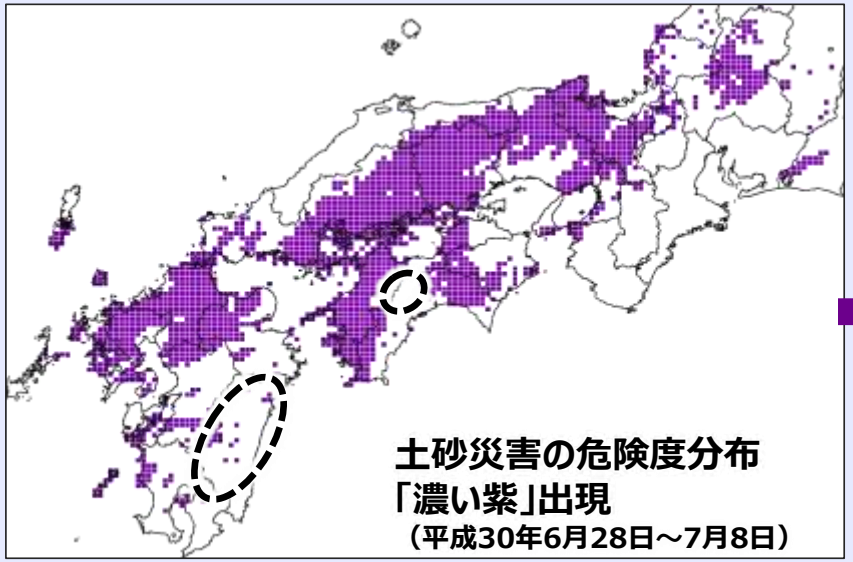


雨量データから災害発生予測を地図表示した「危険度分布」が有効



雨量が多い場所で必ずしも
災害が発生しているわけではない。
（破線で囲んだ地域）



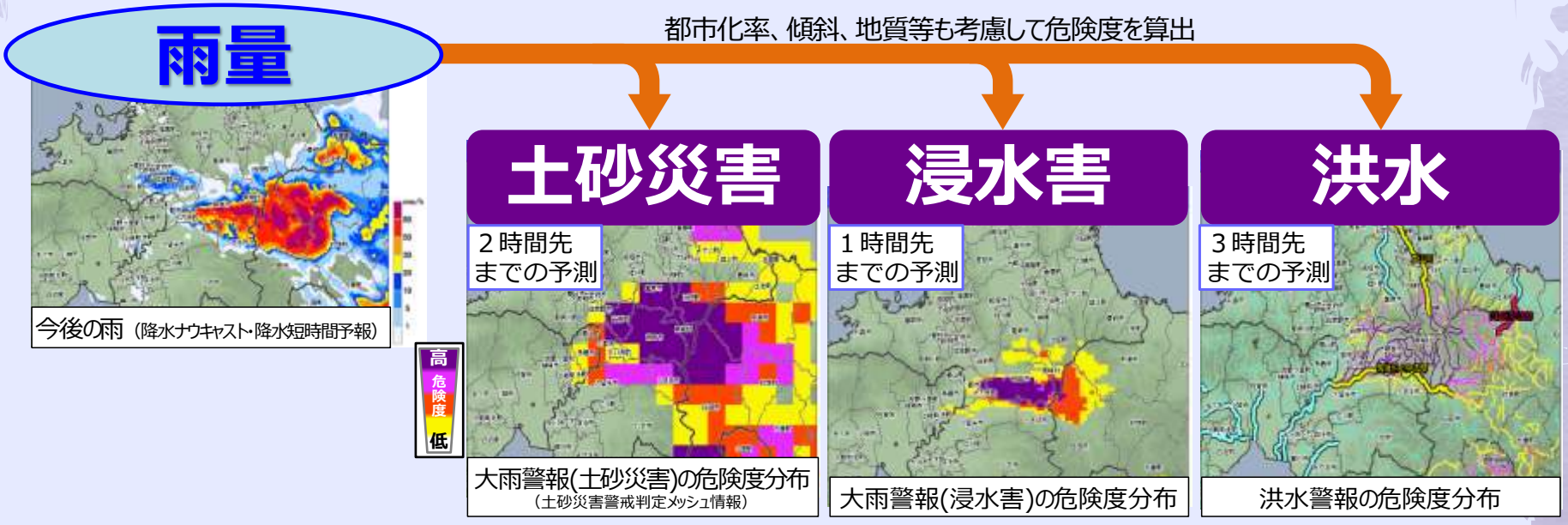


危険度分布の「濃い紫」の場所で災害が発生している。

危険度分布とは

- 雨量データから、各地の都市化率、傾斜、地質等も考慮して災害発生の危険度（指数）を算出。
- 過去約25年分の災害データを用いて、過去の重大な災害発生時に匹敵する基準を設定。
- この基準を超えた領域（濃い紫）では過去の重大な災害発生時に匹敵する状況。
- この基準をまもなく超えそうな領域（うす紫）においては速やかに避難。

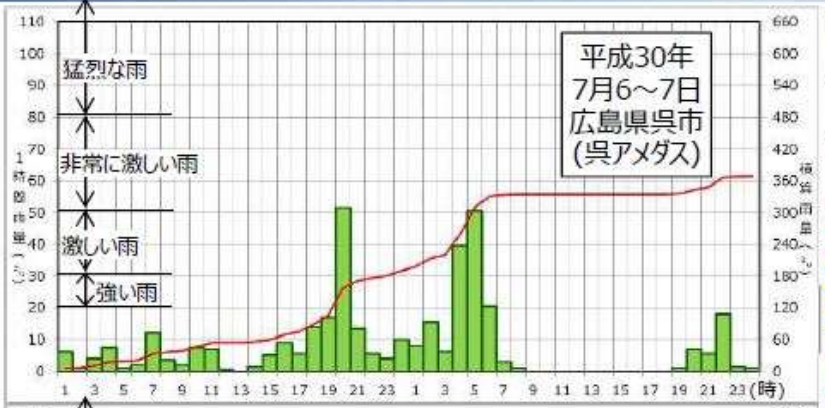
  - 「うす紫」の計算には、土砂災害は２時間先まで、洪水は３時間先までに降ると見込まれる予測雨量を利用。
  - １市町村あたりの平均的な出現回数は、
    - 土砂災害は「うす紫」と「濃い紫」が年１回程度。
    - 洪水は「うす紫」が２年に１回、「濃い紫」が５年に１回程度。

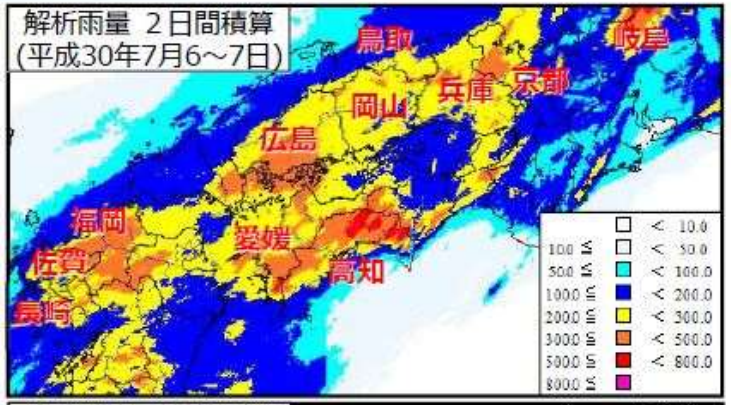


「平成30年7月豪雨」と「平成29年7月九州北部豪雨」等との比較

平成30年7月豪雨

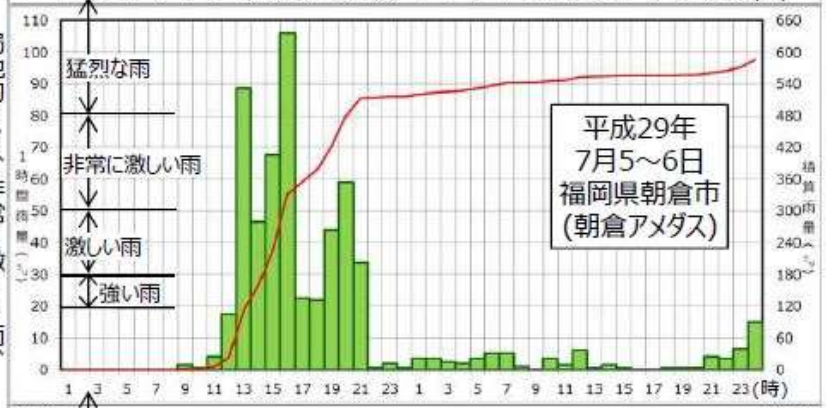
広い範囲で、強い雨、激しい雨が長時間降り続く事例

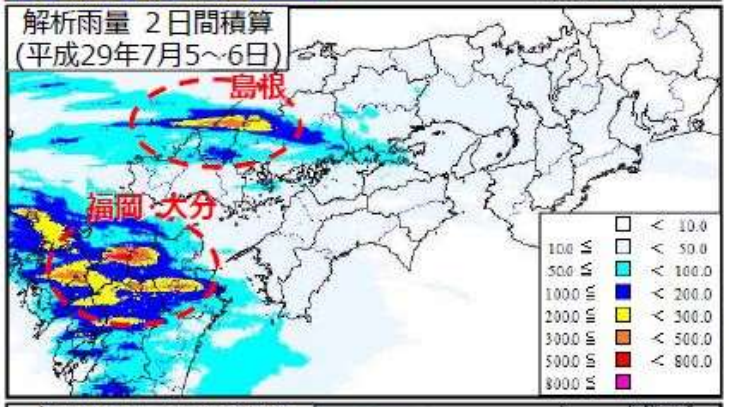




平成29年7月九州北部豪雨

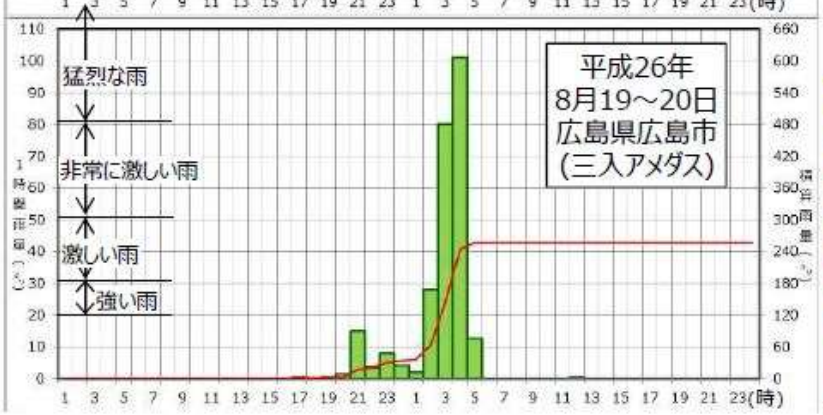
局地的だが、非常に激しい雨、猛烈な雨が断続的に数時間に渡って降り続く事例

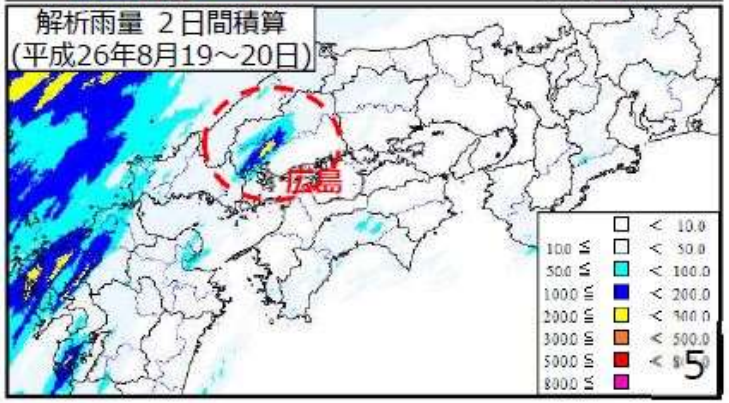




平成26年8月豪雨

局地的だが、非常に激しい雨、猛烈な雨が降る事例





災害の特徴　その1

- 広範囲、長雨
- 早めの警告　これまでにない緊急記者会見、踏み込んだ言及

災害の特徴　その2

- 多くの被害は、災害リスクが高いと公表していた地域で発生した

– 岡山県倉敷市真備地区の浸水範囲は、ハザードマップで示されている浸水想定区域と概ね一致しており、犠牲者のほとんどが非流出家屋の屋内で被災した可能性がある。

– また、土砂災害による死者のうち、約9割が土砂災害警戒区域内等で被災した。

災害の特徴　その3

- 居住地の災害リスクをあまり認識していない（正常化の偏見？）
  - 洪水の可能性がある低地居住者の7割が居住地の洪水危険性を楽観視している。

- 在宅の高齢者の被災が多かった
  - 愛媛県、岡山県、広島県の死者のうち、60代以上の割合が約7割。岡山県倉敷市真備地区では、死者のうち、70代以上の割合が約8割。

災害の特徴　その4

- 在宅の高齢者の被災が多かった

－　岡山県倉敷市真備地区では、破堤氾濫等の洪水による被災と推定される死者51人のうち、40人以上が非流失家屋の屋内で被災し、また、多くの方が1階で被災した可能性もあり、垂直避難が難しかった高齢者がいたことも考えられる。

－　要配慮者利用施設における死者は確認されておらず在宅の高齢者が多く被災した。

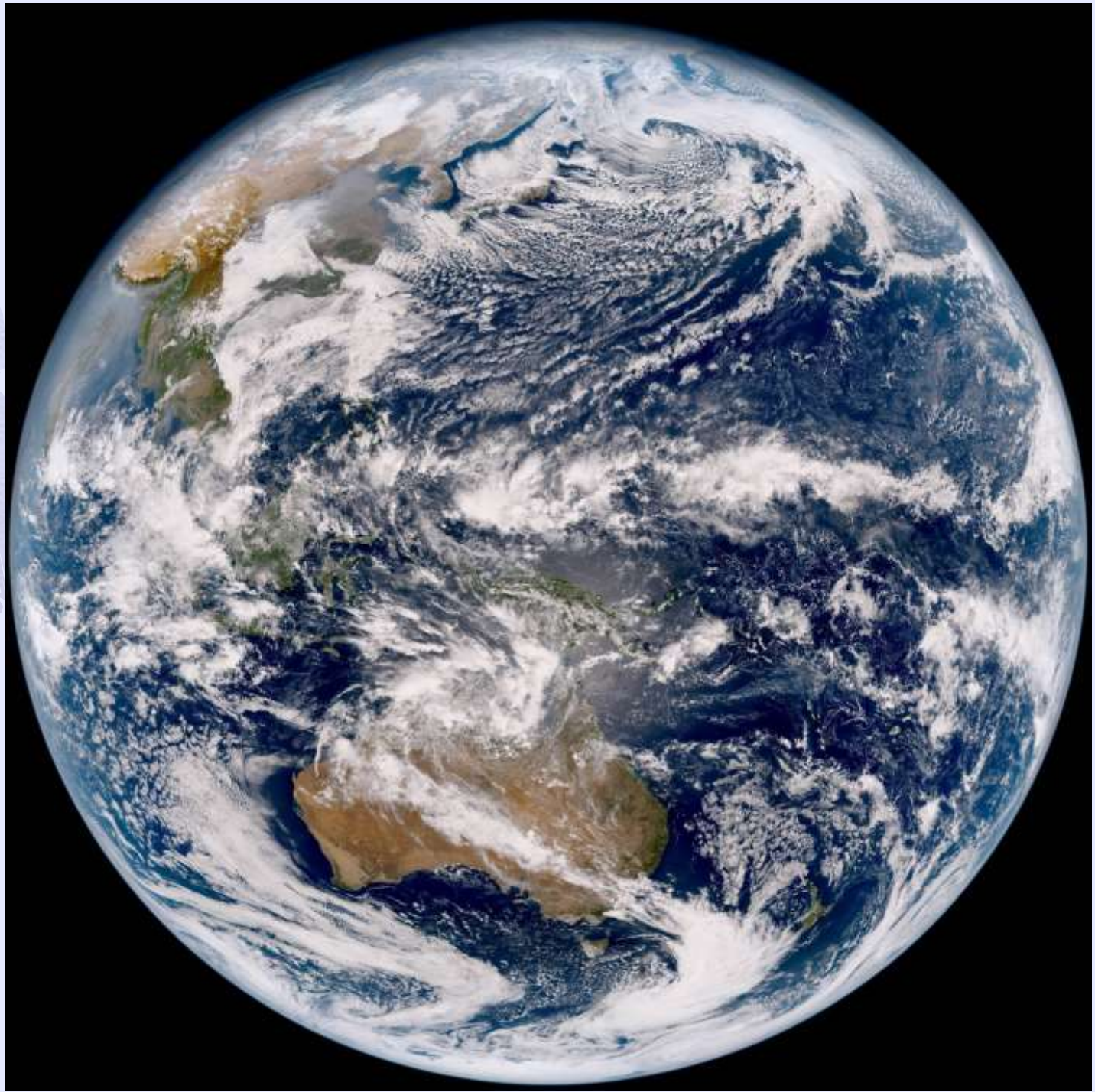
教訓と対策

- 我が事として捉えてもらうための努力（継続）
- 自助を支援する公助としての防災情報の更なる改善
- 地域の防災力（共助）による高齢者等の要配慮者への避難支援強化
- 共助のための、地域の防災力向上方策として、地域防災リーダー育成
- 「防災」と「福祉」の連携による高齢者の避難行動に対する理解促進

国民の皆さんへ ～大事な命が失われる前に～

- 自然災害は、決して他人ごとではありません。「あなた」や「あなたの家族」の命に関わる問題です。
- 激化した気象現象は今後更に悪化するでしょう。
- 行政が一人ひとりの状況に応じた避難情報を出すことは不可能です。自然の脅威が間近に迫っているとき、行政が一人ひとりを助けに行くことはできません。
- 行政は万能ではありません。皆さんの命を行政に委ねないでください。
- 避難するかは「あなた」が判断してください。皆さんの命は皆さん自身で守ってください。
- まだ大丈夫だろうと思って亡くなった方がいたかもしれません。河川の氾濫や土砂災害が発生してからではもう手遅れです。「今、逃げなければ、自分や大事な人の命が失われる」との意識を忘れないでください。
- 命を失わないために、災害に関心を持ってください。
- あなたの家は洪水や土砂災害等の危険性は全くないですか ？
- 危険が迫ってきたとき、どんな情報で、どこへ、どうやって逃げますか ？
- 「あなた」一人ではありません。避難の呼びかけ、一人では避難が難しい方の援助、地域の皆さんで助け合いましょう。行政も、全力で、皆さんや地域をサポートします。

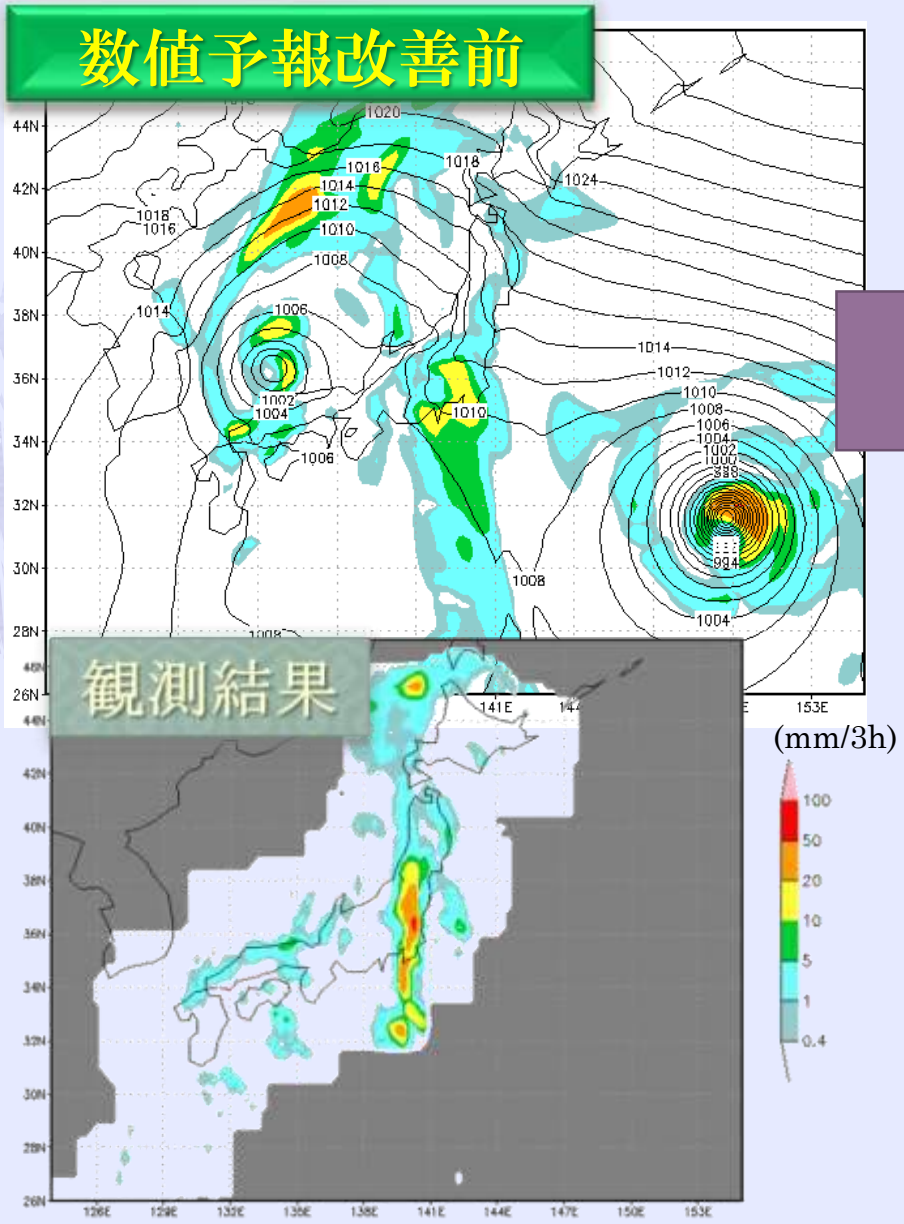
６．大雨の監視、予測、気象情報の充実

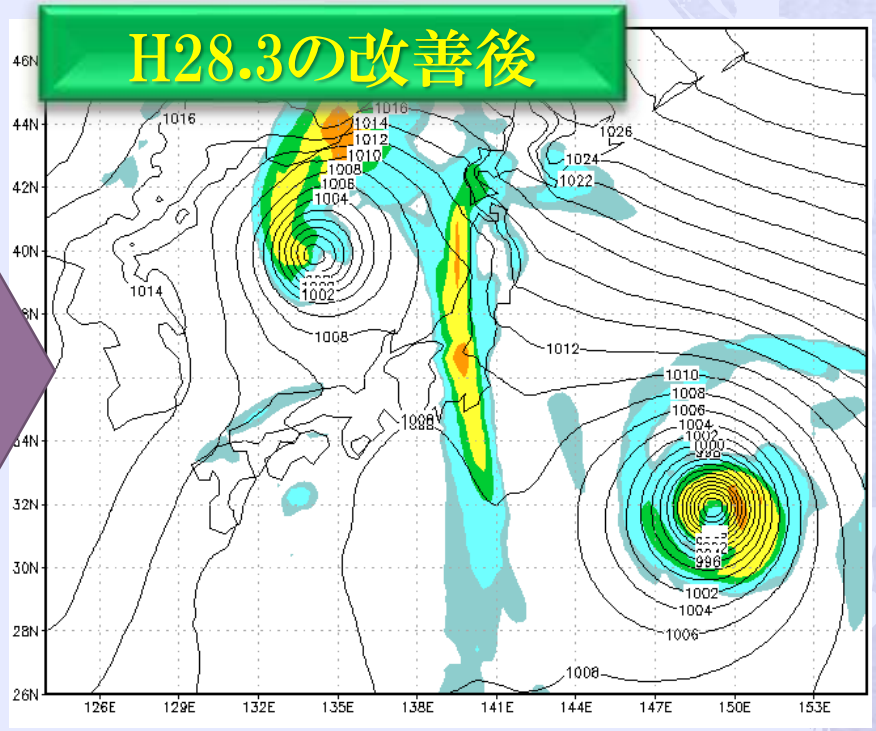


静止気象衛星ひまわり9号の初画像

平成29年1月24日午前11時40分(日本時間)撮影

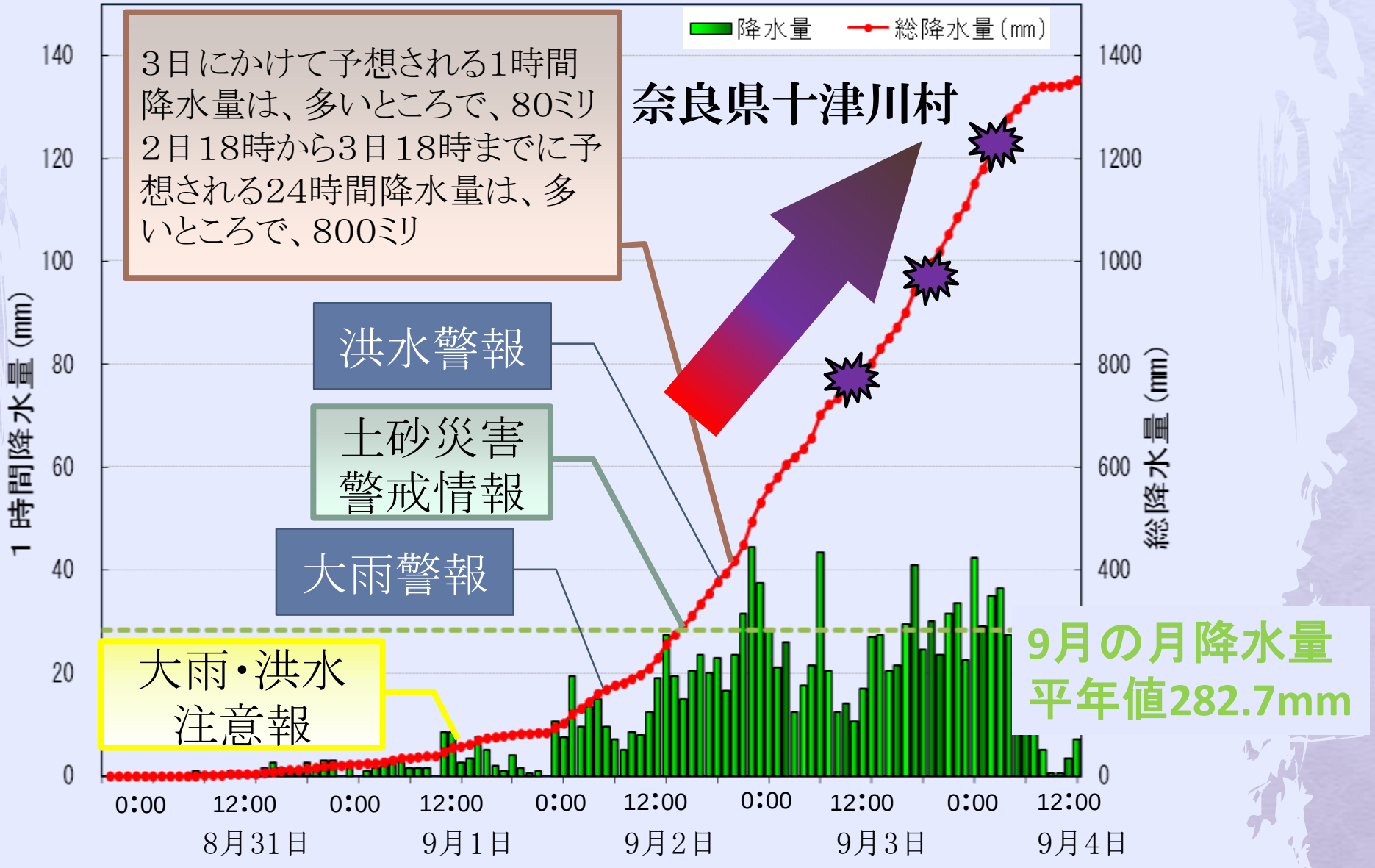
数値予報の改善（平成27年関東・東北豪雨の例）





台風の進路予想が改善したことにより、関東・東北豪雨をよりよく再現

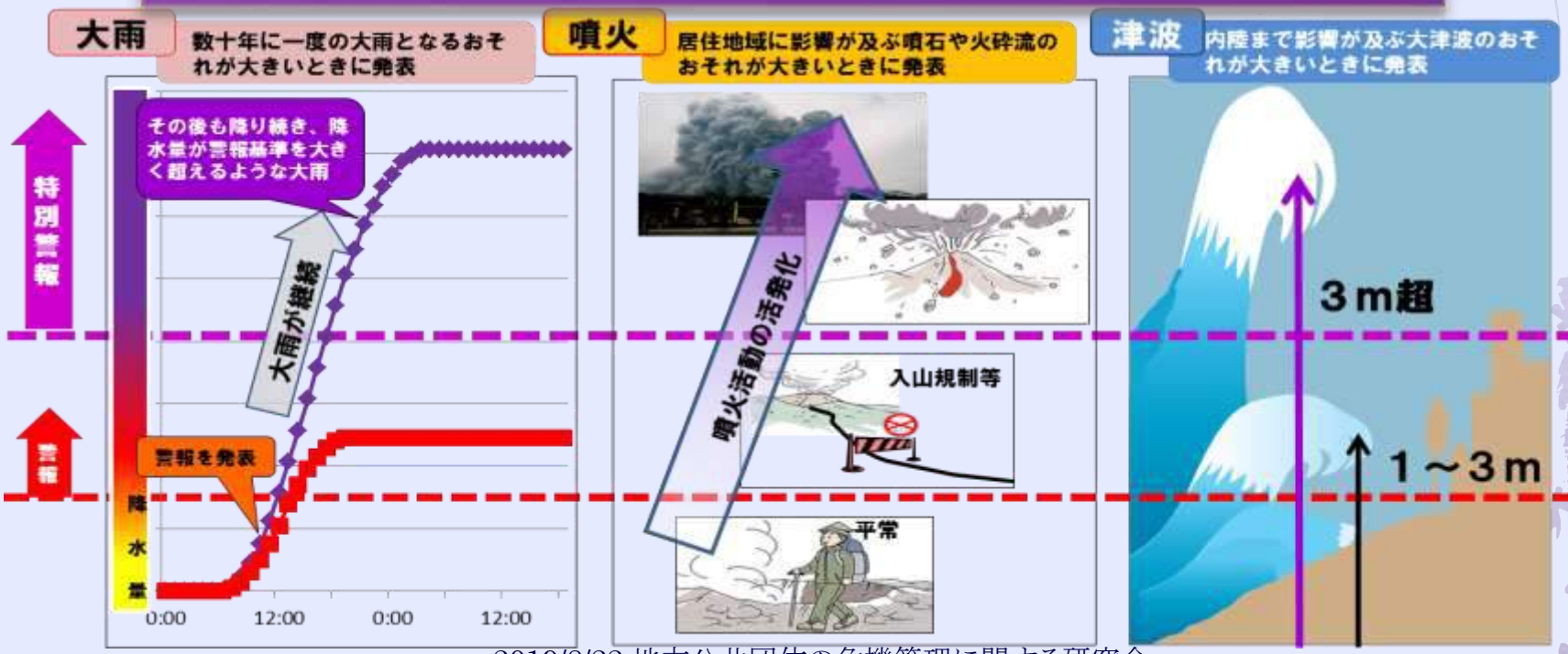
平成23年台風第12号接近時の防災気象情報



平成25年に創設した「特別警報」

警報等の防災情報による重大な災害発生への警戒が、住民や地方自治体に危険性として十分には伝わらず、迅速な避難行動に結びつかない例

災害に対する危機感を伝える「特別警報」を創設



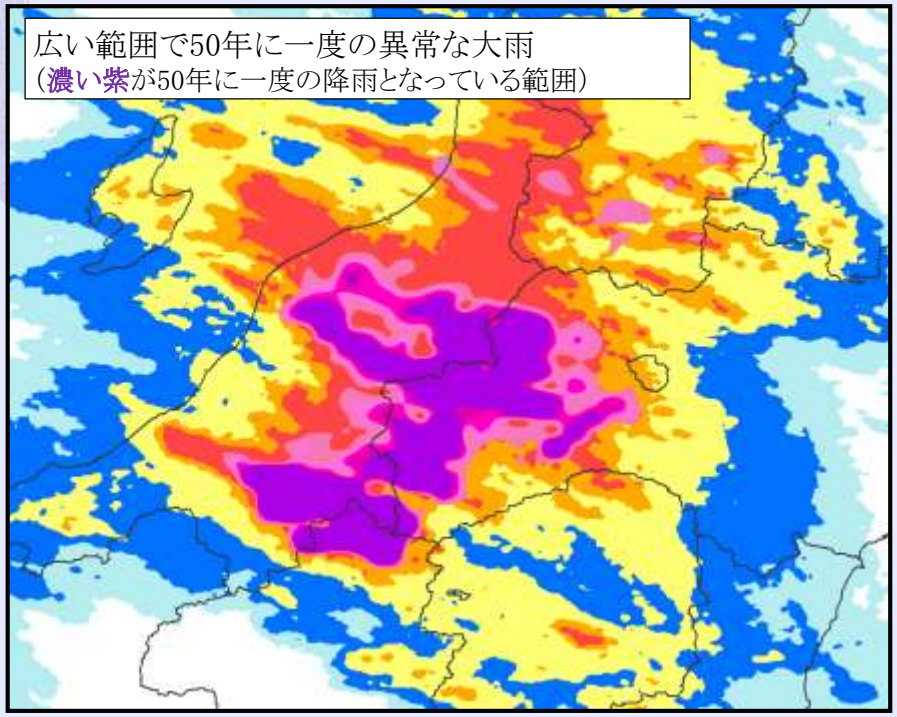
特別警報の対象となる現象

数十年に一度の大雨

数十年に一度の強度の台風

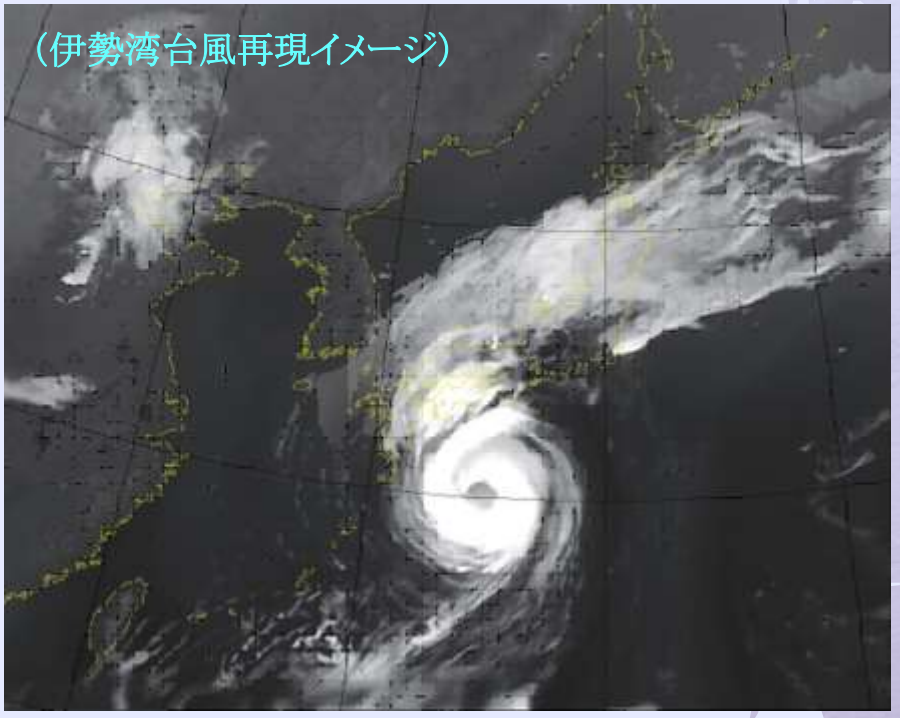
平成23年7月新潟・福島豪雨

（死者・行方不明6人、全半壊1,071棟、床上・床下浸水9,025棟）



昭和34年伊勢湾台風

（死者・行方不明5000人以上、全半壊15万棟以上）



平成29年度に改善した防災気象情報

基本的方向性

○社会に大きな影響を与える現象について、可能性が高くなくとも発生のおそれを積極的に伝えていく。
○危険度やその切迫度を認識しやすくなるよう、分かりやすく情報を提供していく。

改善Ⅰ 危険度を色分けした時系列

○ 今後予測される雨量等や危険度の推移を時系列で提供
○ 危険度を色分け

【現在】

注意報・警報（文章形式）

【改善策】

平成ｘｘ年ｘ月ｘ日１１時ｘｘ分ｘｘ気象台発表

ｘｘ市　［発表］大雨（土砂災害、浸水害），洪水警報
　　高潮注意報
　　［継続］暴風，波浪警報　雷注意報

		今日					明日			
		9時	12時	15時	18時	21時	00時	03時	06時	09時
大雨	雨量(mm)	10	30	50	80	50	30	10	0	0
	(浸水害)									
	(土砂災害)									
洪水										
風	陸上(m/s)	15	20	20	25	20	20	15	12	12
	海上(m/s)	20	25	25	30	25	25	20	15	15
波浪 (m)		4	6	6	8	6	6	4	4	3
高潮 (m)		0.6	0.6	1.3	1.8	1.8	0.6	0.6	0.6	0.6

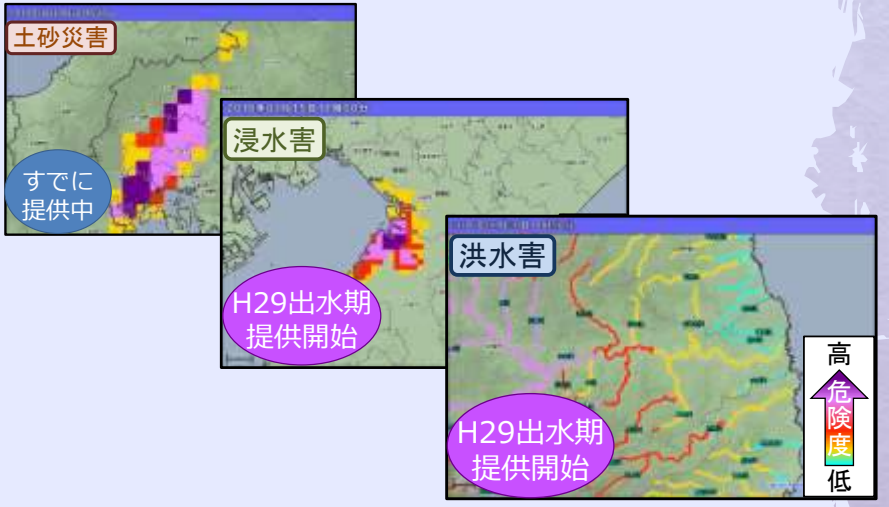
改善Ⅱ「警報級の可能性」の提供

○ 夜間の避難等の対応を支援する観点から、可能性が高くなくても、「明朝までに警報級の現象になる可能性」を夕方までに発表
○ 台風等対応のタイムライン支援の観点から、数日先までの警報級の現象になる可能性を提供

日付		明朝まで	明日	明後日	（金）	（土）	（日）
警報級の可能性	雨	中	―	―	中	高	―
	風	中	―	―	高	高	―

改善Ⅲ メッシュ情報の充実・利活用促進

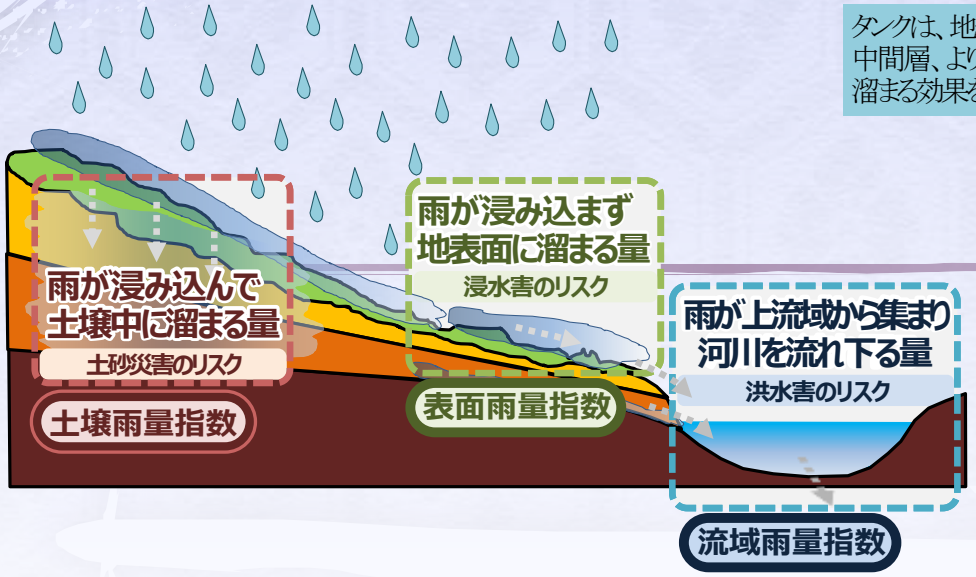
○ メッシュ情報の利活用促進
○ 災害発生の危険度の高まりを評価するメッシュ情報の技術の開発
○ メッシュ情報の技術を活用した大雨・洪水警報の改善
○ 大雨警報(浸水害)・洪水警報等を発表した市町村内においてどこで実際に危険度が高まっているかを確認できる危険度分布の予測（メッシュ情報）の提供



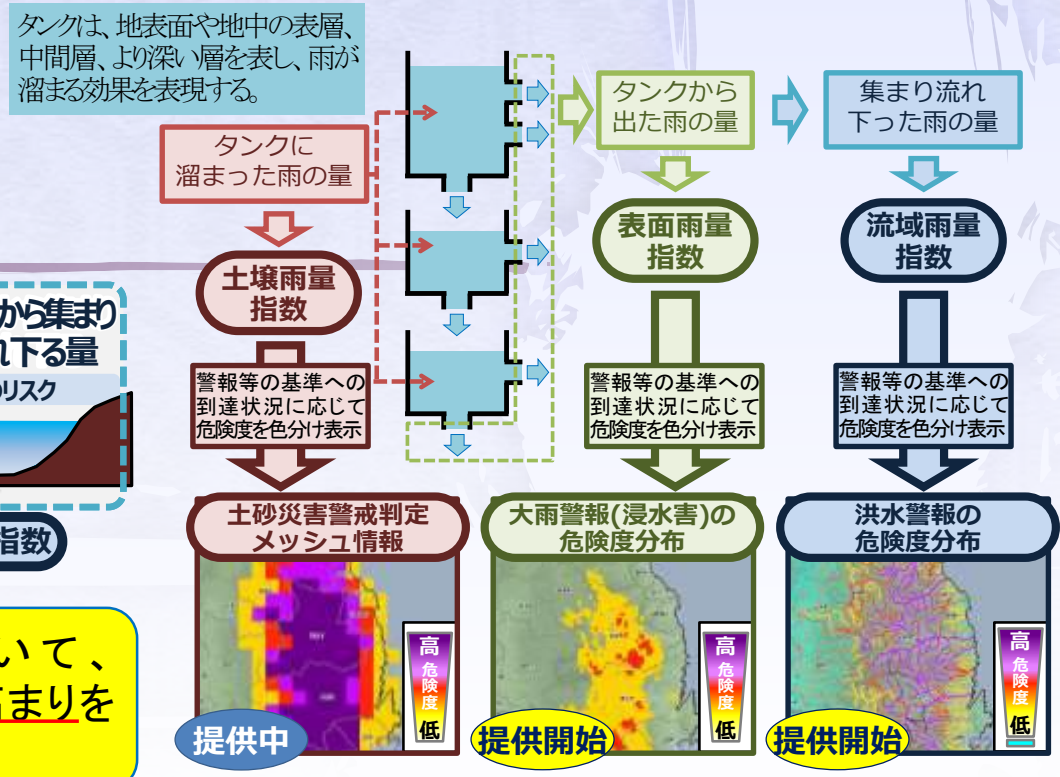
雨によって引き起こされる災害発生の危険度の高まりを評価する技術
（土壌雨量指数・表面雨量指数・流域雨量指数と危険度分布）

アメダスやレーダー等による雨量の観測や、雨量の予測に代えて、雨によって引き起こされる災害発生のリスクの高まりを「指数」によって評価し、危険度を5段階に色分けして地図上に表示した「危険度分布」を提供。

雨によって
災害のリスクが高まるメカニズムは
以下の３つが考えられる。



左のメカニズムを“**タンクモデル**”で表現し
各々の災害リスクの高まりを“**指数**”化し
警報等の“**基準**”への到達状況に応じて色分け表示。

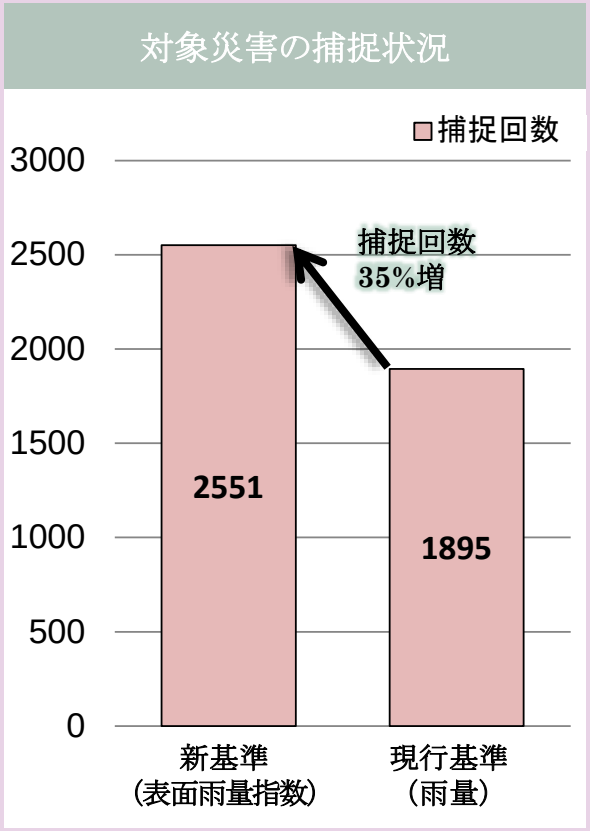


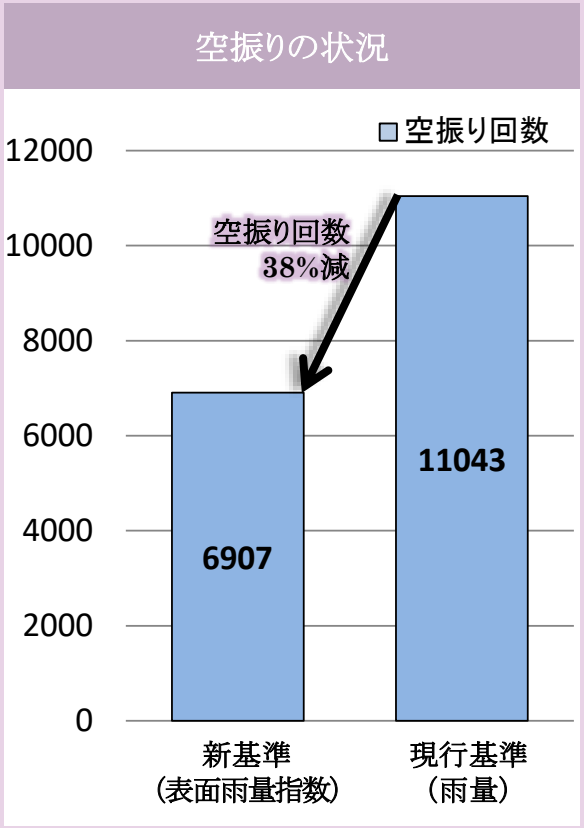
３つの“指数”と警報等の“基準”を用いて、
雨によって引き起こされる災害の危険度の高まりを
評価・判断し、危険度分布の予測を提供。

<表面雨量指数>

表面雨量指数の導入による大雨警報（浸水害）の改善効果

現行基準に比べ、災害捕捉状況を改善した上で、空振り回数を大幅に低減。



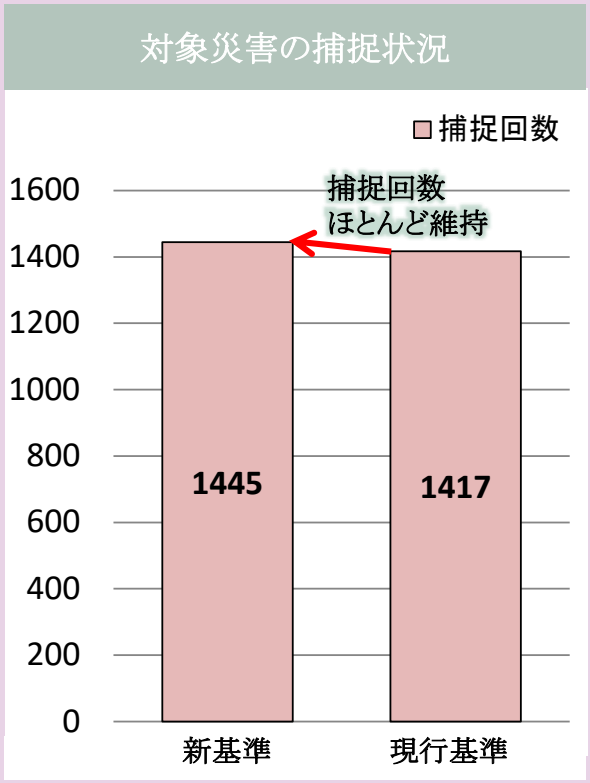


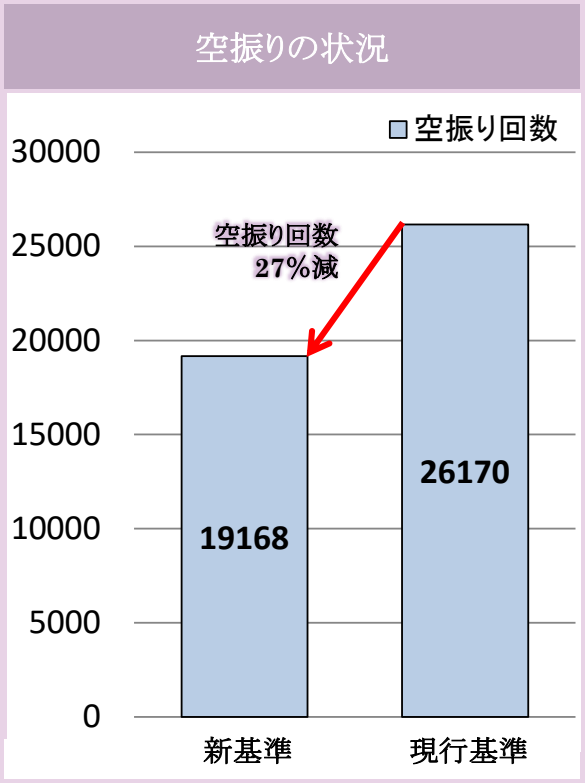
※　1991年から2012年にかけて、全国市町村で発生した浸水害に対して、現行基準と表面雨量指数を用いた新基準の災害捕捉状況を検証した。

<流域雨量指数>

流域雨量指数の精緻化による洪水警報の改善効果

現行基準に比べ、災害の捕捉状況は維持したまま、空振り回数を3割弱程度減らすことができる。





※　1991年から2013年にかけて、全国市町村で発生した外水氾濫に起因する水害事例に対して、
現行基準と精緻化後の新基準の災害捕捉状況を検証した。

<流域雨量指数>

気象庁ホームページにおける「洪水警報の危険度分布」の表示イメージ

3時間先までの流域雨量指数の予測値が洪水警報等の基準値に到達しているかどうかで危険度を５段階に色分けして、概ね1km毎に表示。

拡大すると、河川名も表示。

指定河川洪水予報の発表状況も重ねて表示。

鉄道や道路等を重ねた表示も可能。

■ 洪水警報の危険度分布とは

洪水警報の危険度分布は、洪水警報を補足する情報です。指定河川洪水予報の発表対象ではない中小河川（水位周知河川及びその他河川）の上流域に降った雨による洪水害発生の危険度の高まりの予測を示しており、洪水警報等が発表されたときに、どこで危険度が高まるかを面的に確認することができます。3時間先までの流域雨量指数の予測値が洪水警報等の基準値に到達しているかどうかで、危険度を5段階に判定しています。

<大雨特別警報>

危険度分布の技術を活用した大雨特別警報の発表対象区域の改善

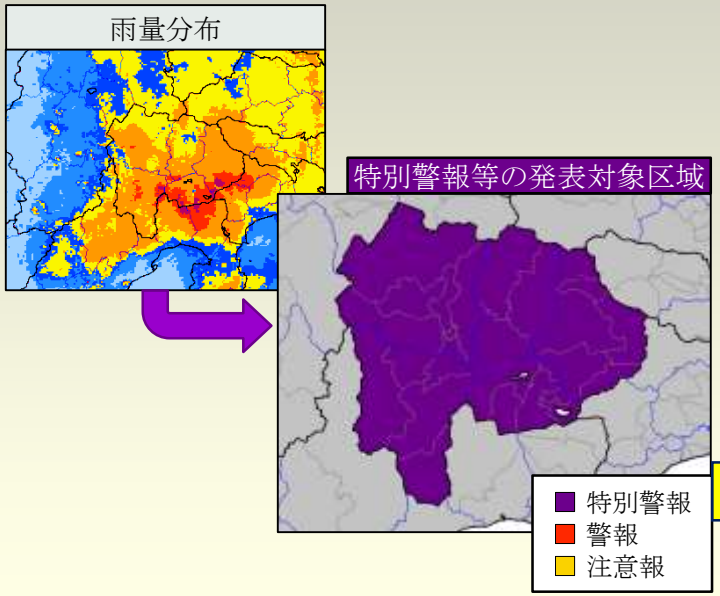
現　状　数十年に一度の大雨となる府県予報区内において、大雨警報を全て大雨特別警報に切り替えて発表。

計　画　数十年に一度の大雨となる府県予報区内において、大雨警報を大雨特別警報に切り替えて発表。
ただし、危険度分布の技術を活用して、危険度が著しく高まってはいないと判断できる市町村は除く。

※　特別警報の発表基準・指標の変更はありません。

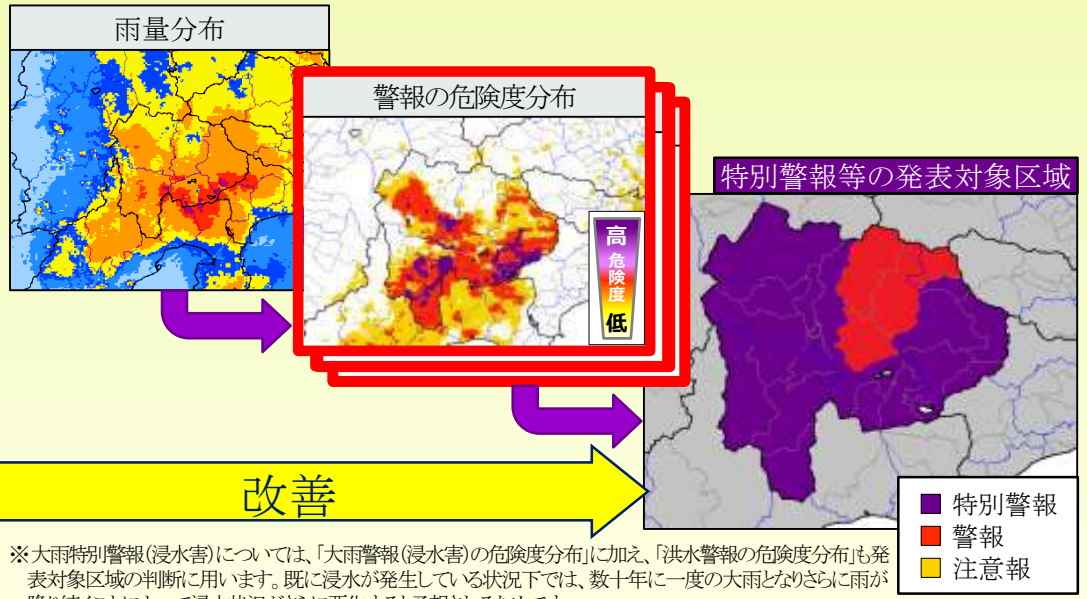
現状

数十年に一度の大雨となる府県予報区内において、大雨警報を全て大雨特別警報に切り替えて発表。



改善後

数十年に一度の大雨となる府県予報区内において、大雨警報を大雨特別警報に切り替えて発表。ただし、警報の危険度分布において、最大危険度すら出現していない市町村は除外して大雨特別警報を発表。



改善

※大雨特別警報(浸水害)については、「大雨警報(浸水害)の危険度分布」に加え、「洪水警報の危険度分布」も発表対象区域の判断に用います。既に浸水が発生している状況下では、数十年に一度の大雨となりさらに雨が降り続くことによって浸水状況がさらに悪化すると予想されるためです。

**危険度が著しく高まっている区域を
より明確にして大雨特別警報を発表**

警戒レベルと防災気象情報

警戒レベル	住民が取るべき行動	住民に行動を促す情報	住民が自ら行動をとる際の判断に参考となる情報（警戒レベル相当情報）		
		避難情報等	洪水に関する情報		土砂災害に関する情報
			水位情報がある場合	水位情報がない場合	
警戒レベル5	既に災害が発生している状況であり、命を守るための最善の行動をとる。	災害発生情報※1 ※1可能な範囲で発令	氾濫発生情報	（大雨特別警報（浸水害））※3	（大雨特別警報（土砂災害））※3
警戒レベル4	・指定緊急避難場所等への立退き避難を基本とする避難行動をとる。 ・災害が発生するおそれが極めて高い状況等となっており、緊急に避難する。	・避難勧告 ・避難指示（緊急）※2 ※2緊急的又は重ねて避難を促す場合に発令	氾濫危険情報	・洪水警報の危険度分布（非常に危険）	・土砂災害警戒情報 ・土砂災害に関するメッシュ情報（非常に危険） ・土砂災害に関するメッシュ情報（極めて危険）※4
警戒レベル3	高齢者等は立退き避難する。 その他の者は立退き避難の準備 をし、自発的に避難する。	避難準備・高齢者等避難開始	氾濫警戒情報	・洪水警報 ・洪水警報の危険度分布（警戒）	・大雨警報（土砂災害） ・土砂災害に関するメッシュ情報（警戒）
警戒レベル2	避難に備え自らの避難行動を確認する。	洪水注意報 大雨注意報	氾濫注意情報	・洪水警報の危険度分布（注意）	・土砂災害に関するメッシュ情報（注意）
警戒レベル1	災害への心構えを高める。	警報級の可能性 ※平成31年出水期から「早期注意情報」と名称変更			

※3 大雨特別警報は、洪水や土砂災害の発生情報ではないものの、災害が既に発生している蓋然性が極めて高い情報として、警戒レベル5相当情報[洪水]や警戒レベル5相当情報[土砂災害]として運用する。
ただし、市町村長は警戒レベル5の災害発生情報の発令基準としては用いない。
※4「極めて危険」については、現行では避難指示（緊急）の発令を判断するための情報であるが、今後、技術的な改善を進めた段階で、警戒レベルへの位置付けを改めて検討する。
注）市町村が発令する避難勧告等は、市町村が総合的に判断して発令するものであることから、市町村の避難勧告等の発令に資する情報が出されたとしても発令されないことがある。
注）土砂災害警戒判定メッシュ情報（大雨警報（土砂災害）の危険度分布）、都道府県が提供する土砂災害危険度をより詳しく示した情報をまとめて「土砂災害に関するメッシュ情報」と呼ぶ。

まとめ

- 気温の上昇、大雨の頻度増加など、地球温暖化に伴う気候変化は既に現れ始めています。
- 気候変化に伴い、農業や自然災害など、既に多くの分野で影響が現れています。
- この傾向は将来にわたってさらに続くとともに、台風の変化など、さらなる変化が現れることが予測されています。

- 短時間の強い雨の頻度が増えていることには、地球温暖化の影響が現れている可能性があります。このため、今後はますます激しい気象現象に対する取組が必要となります。

- 気象庁は、地球温暖化の監視、将来予測、普及・啓発活動などとともに、防災に向けた情報の拡充等を今後も積極的に行っていきます。

- また、今後もIPCC等を通じた、国際的な貢献にも努めていきます。

7．伊勢湾台風から60年

第二の伊勢湾
台風に備える

伊勢湾台風のプロフィール

昭和34年(1959年)台風第15号、英名ベラ(Vera)

		観測気圧	観測所
1	室戸台風	911.6hPa	室戸岬
2	枕崎台風	916.1hPa	枕崎
3	伊勢湾台風	929.2hPa	潮岬

●低い中心気圧

最低895hPa (23日15時～24日3時)

上陸時の中心気圧⇒観測史上3位

●強い風・・・伊良湖45.4m/s(島しょ部、富士山、室戸岬を除く官署記録5位)

上陸直後の移動速度が速い(時速65km/h(26日21時)**)**

(中心の周りを回る強風＋速い移動速度⇒台風の右側で特に強い 風)

●大型・・・・・26日9時の強風域：東側750km西側650km

(上陸当日の朝)

暴風域：東側400km西側300km (太平洋台風センター 解析)

●高潮・・・・・名古屋港：389cm(観測史上1位)

(強い風＋低い気圧＋遠浅の湾 ⇒ 大きな高潮)

●寿命は・・・平均的(6.75日)(1951年～2007年の平均⇒5.2日)

●大雨は・・・大雨災害としては、いわゆる東海豪雨の規模に達せず

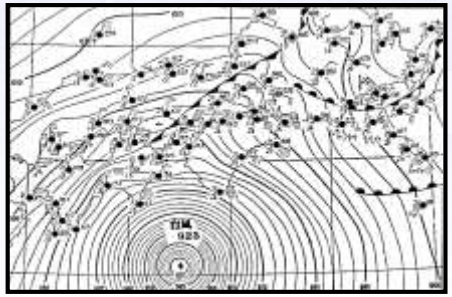
(動きが早く、大雨は長続きしなかった)

●被害は・・・・

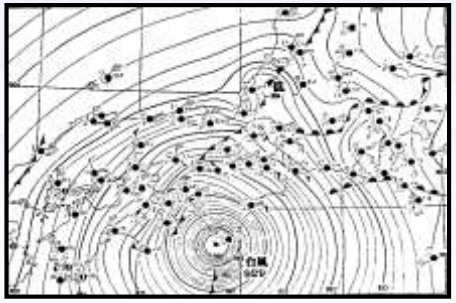
・死者・行方不明　5,098名(愛知県3,260名、三重県1,281名、岐阜県104名)

・浸水　363,611棟

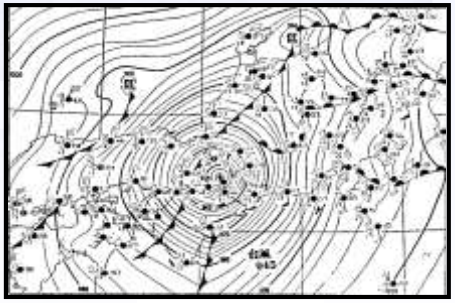
・住家全壊　40,838 棟



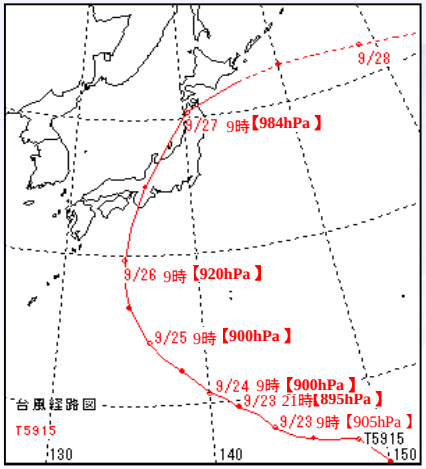
1959年9月26日15時



1959年9月26日18時



1959年9月26日21時

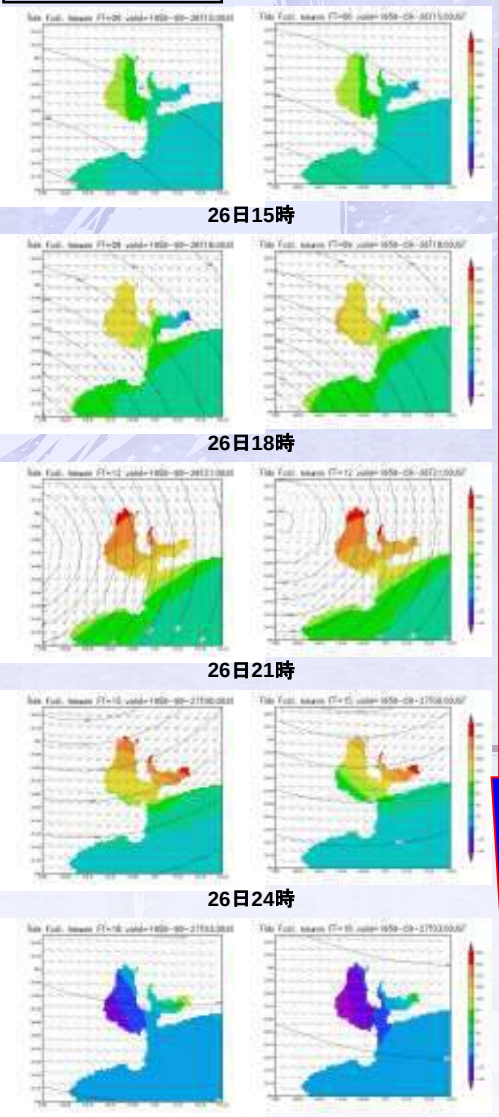


第二の伊勢湾台風に備える

第二の伊勢湾台風に対する

最新技術による高潮予報

～どのくらい前から　どこまで正確に予報できるか～



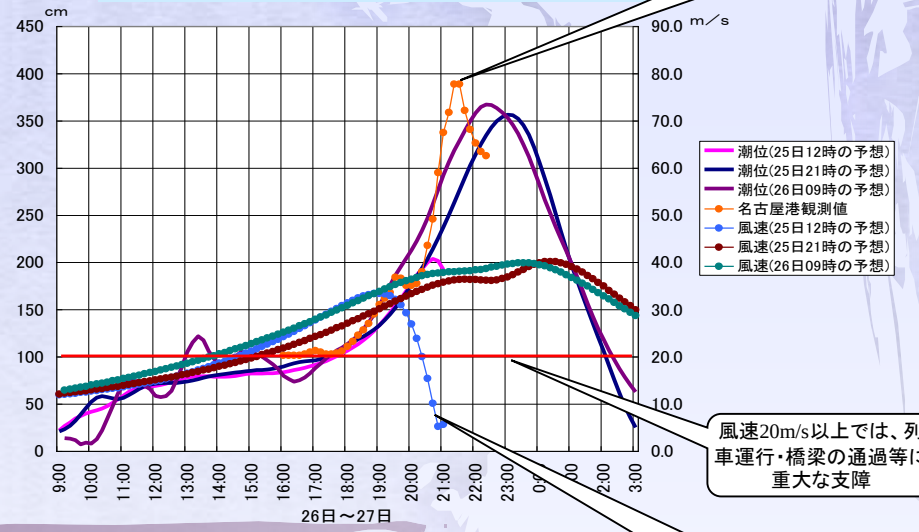
左：予報の進路+高潮予報　　右：実際の経路+高潮予報

9月26日9時に予想した各時刻の高潮分布図

高潮モデルに使用した台風予報
(誤差：12時間で35km)

黒線：伊勢湾台風の実際の経路
青い点線：現在の予報技術による進路予報と予報円
赤線：暴風域(円)と暴風警戒域

第二の伊勢湾台風の潮位予想　と　風速予想



名古屋港潮位観測値

風速20m/s以上では、列車運行・橋梁の通過等に重大な支障

台風の中心に入る予想

現在の台風進路予報における誤差なら、実際の台風経路を使った高潮予想分布図との差はほとんどない。

●最新の予報ほど高潮予報の精度が高い
●台風が予報円の中心を進めば
24時間前でも3.5mを超える予報

予報の進路：現在の予報技術による台風の進路予報
実際の経路：伊勢湾台風の実際の経路
高潮予報：数値モデルにより予想した風と高潮の分布

大型で非常に強い台風の予報の平均位置誤差
・24時間後：**70km**

※**潮位は東京湾平均海面(TP)からの高さ(実質的に標高と同じ)です。**

協力：気象庁地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室

気象情報の活用と行政・報道の連携による44万人の避難が
伊勢湾台風に匹敵する台風による災害を大きく軽減

第二室戸台風の教訓に学ぶ

第二室戸台風は、伊勢湾台風に匹敵する勢力で、2年後に関西地方を襲いました。暴風や高潮は伊勢湾台風に肩を並べる強さで、浸水棟数も40万棟に迫りましたが、死者･行方不明者は、202名にとどまりました。これは、行政と報道が連携して、気象情報を活用し、44万人の避難をはじめとした対策を行ったためといわれています。

伊勢湾台風(昭和34年)

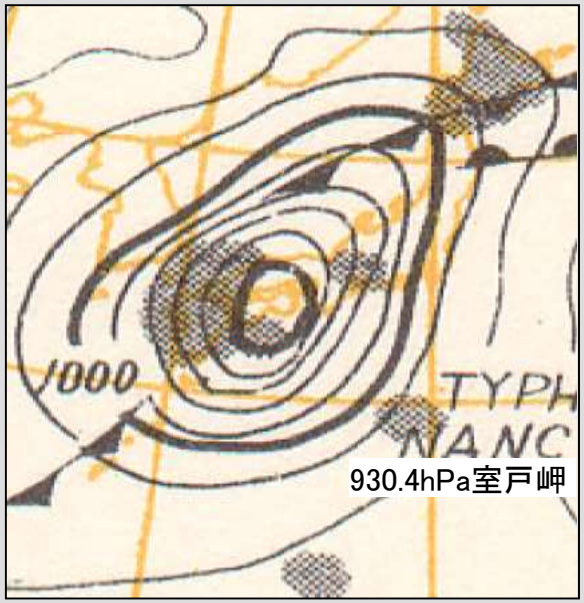
浸水363,611棟　住家全壊40,838棟
高潮(伊勢湾で潮位偏差3.5m)

死者･行方不明　5,098名

⇒ 二年後 ⇒

⇒犠牲者が大幅減！⇒

第二室戸台風(昭和36年)



浸水384,120棟　住家全壊15,238棟
高潮(大阪湾で潮位偏差2.6m)

死者･行方不明　202名

●大阪管区気象台は、知事、市長、府警本部長、放送・新聞各社に、「最悪の事態となったので厳重な警戒と予防態勢をとるよう」依頼しました。

●大阪府知事は、テレビ・ラジオを通して 「台風への備えと早急の避難」を呼びかけました。

●高潮警報の発表後、大阪湾沿いの14の区市町村に避難命令が発令され、大阪府内の避難所に44万人が避難しました。その結果、高潮に襲われた0m地帯の死者は0でした。

50年に一、二回の大規模で非常に強い台風なら、現在も避難が最善の方策です！

台風予報の誤差を考慮しても、避難が必要な回数は多くはありません。

「堤防などのインフラさえ整っていれば避難は不要」・・・・・ではありません

伊勢湾台風当時、半田市では、6年前の台風の高潮災害を契機に高さ4.5mの防潮堤が増強整備されていました。加えて「小潮」のため、避難勧告が出された後も、実際に避難した人は少数でした。ところが、3mを超える高潮と高波により防波堤が破損し、300人近くの方が犠牲となりました(中央防災会議, 2008)。堤防などのインフラは台風防災に大きく貢献してきましたが、過去の実績を上回る規模の台風では、想定外の被害のおそれが十分にあります。

記憶に新しいアメリカのハリケーンカトリーナによる災害でも、防波堤が損壊したことが、災害を大きくした要因の一つと言われています。

出展：中央防災会議・災害教訓の継承に関する専門調査会報告書「1959 伊勢湾台風」

8. 終わりに当たって

警報の鉄則と宿命

- 人命にかかわる情報である警報の鉄則
  → 合理的に予測される現象の中で最悪の現象を想定
  → 規模の大きな現象ほど低頻度で滅多に発生しない
  → 多くの場合、実際の現象は警報で想定していたより小さく、その結果、「はずれ感」を伴う

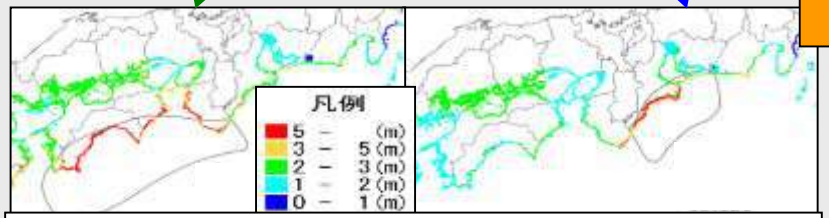
- 「はずれ感」が高じると、「オオカミ少年」的悪影響、すなわち、警報が適切な防災行動に結びつかなくなることが危惧される

（もう一つの鉄則）

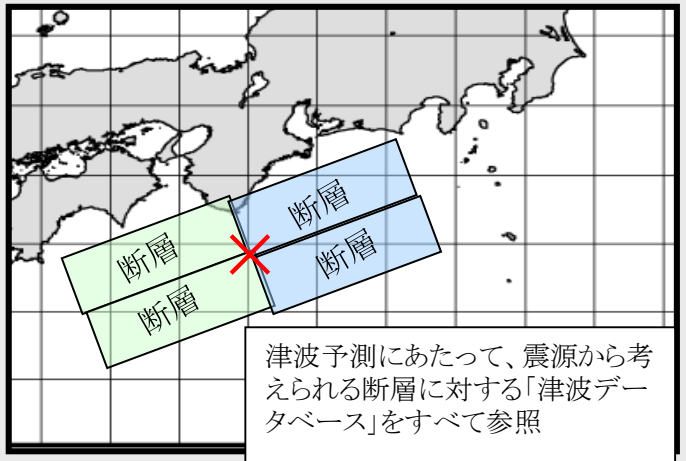
- 満点の答案でも、間に合わなければ零点！

地震発生後すぐには、震源の位置が推定できても、震源域（地震で壊れた断層の広がり具合）が分からない

紀伊半島沖を震源とするマグニチュード8の地震が発生



震源の位置や地震の規模が同じでも、震源域が異なれば、各地域に来襲する津波の高さや到達時間は異なる



津波予測にあたって、震源から考えられる断層に対する「津波データベース」をすべて参照

×**震源**・・・震源とは、震源域の中で、最初に断層が壊れ始めた場所のことである。

震源から考えられる断層をすべて考慮し、そのうち**最も高い値、最も早い来襲時間の津波を予測値として採用**（ただし、マグニチュード8を上回ると判断した時は、南海トラフ全域が破壊したマグニチュード9の地震が発生した時の想定に従い、定性的表現（巨大等）で津波警報を発表する。）

「オオカミ少年」的悪影響を避けるために

- 不断の予測技術の改善
  例）平成28年3月の改善では、10％程度の精度向上を実現

- 防災気象情報の改善
- 新たな指数の導入

✓ 表面雨量指数を発表基準に導入することで、大雨警報（浸水害）の発表基準に到達したときに災害が発生しない事例の回数は38％減少

✓ 精緻化した流域雨量指数を発表基準に用いることで、洪水警報の発表基準に到達したときに災害が発生しない事例の回数は27％減少

（過去（平成3 年以降）の全国分の事例で検証した結果）

激化する気象災害から身を守るために

- 安易な垂直避難の戒め
- コミュニティ内の助け合いの重要性

災害先進国日本？

- 教育レベルが高いのに、防災リテラシーが低い？

最後に、・・・
正常性バイアスの罠

- 自分は大丈夫と思う（思いたい）
  - → 避難しなければならないという都合の悪い情報は
    （無意識に？）無視して、
    避難しなくても良いという都合の良い情報を
    つなぎ合わせて判断しがち

    → 鬼怒川決壊の事例
    （12時間後に浸水するという専門家の警告があった
    にもかかわらず逃げ遅れた）
  - 科学的根拠がない判断に命をかけているという自覚がない！

ご清聴ありがとうございました