

激甚災害をもたらす台風と豪雨の 現状と将来変化

本講演で最もお伝えしたいこと:

- 地球温暖化の進行は疑いの余地がなく、それに伴い、日本における**豪雨**や**台風の災害の危険性(暴風、豪雨、高潮など)**が年々増大している。
- 今世紀後半にかけて、温暖化の進行とともに、日本を含む中緯度で、台風や豪雨などの**極端気象による災害はさらに激甚化することが予想される。**



坪木和久

(名古屋大学宇宙地球環境研究所・教授/
横浜国立大学 台風科学技術研究センター・副センター長)

ジェット機のキャビンから撮影したスーパー台風 ランの眼内部
2017年10月21日、高度43000フィート(坪木撮影)

寺田寅彦「天災と国防」 1934年

「日本はその地理的の位置がきわめて特殊であるために、（中略）**特殊な天変地異に絶えず脅かされなければならない運命のもとに置かれている**」

「ある年は**災禍が重畳**しまた他の年には全く無事な回り合わせが来るということは、**純粹な偶然の結果**としても**当然期待**されうる『**自然変異**』」

「悪い年回りはむしろいつかは回ってくるのが自然の鉄則であると覚悟を定めて、**良い年回りの間に十分の用意**しておかなければならないということは、実に明白すぎるほど明白なことであるが、また**これほど万人がきれいに忘れがちなこと**もまれである。」

寺田寅彦先生



災の年(災禍の重畳)

2018年の漢字「災」

- 北陸豪雪
- 大阪の地震
- 平成30年7月豪雨
- 猛暑
- 逆走する台風(12号)
- 台風20, 24号
- 台風21号(9月4日~5日)
- 震度7の北海道胆振東部地震(9月6日)

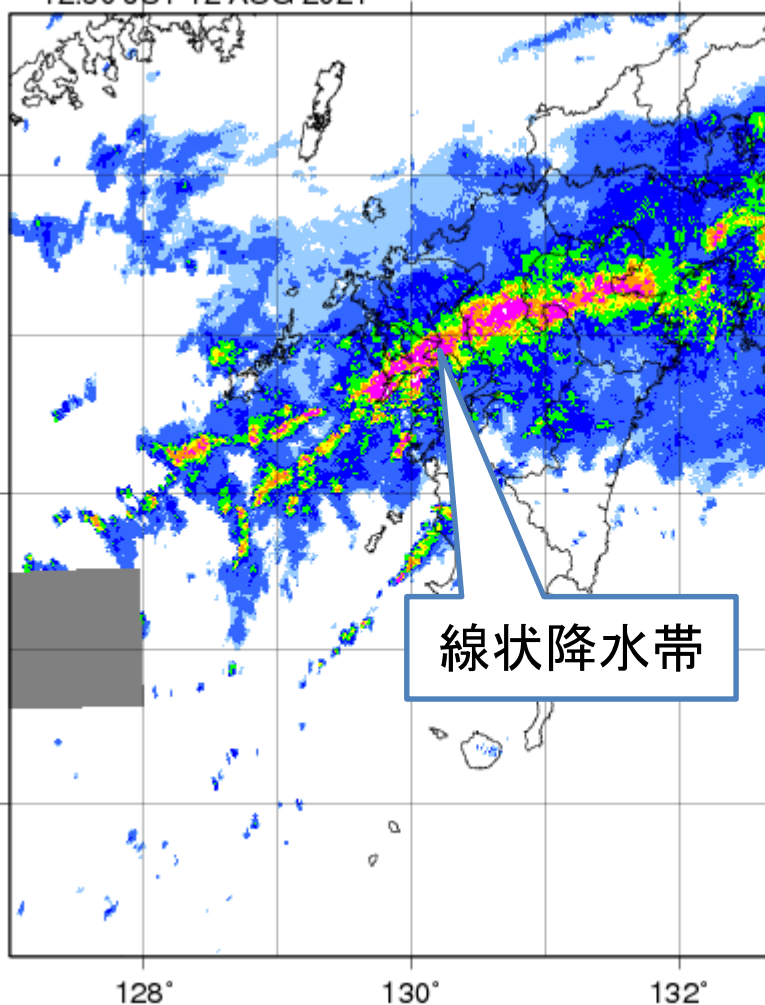
2004年の漢字「災」

- 10個の台風の上陸
- 平成16年7月新潟・福島豪雨
- 平成16年7月福井豪雨
- 台風23号(10月20日~22日に新潟に豪雨)
- 震度7の新潟県中越地震(10月23日)
- 猛暑
- 豪雪

震度7という大地震と台風の上陸が同時に起こる。そのようなきわめてまれな災害がほぼ同時に同じ場所で起こることがある。そのような同時天災を想定することも重要。

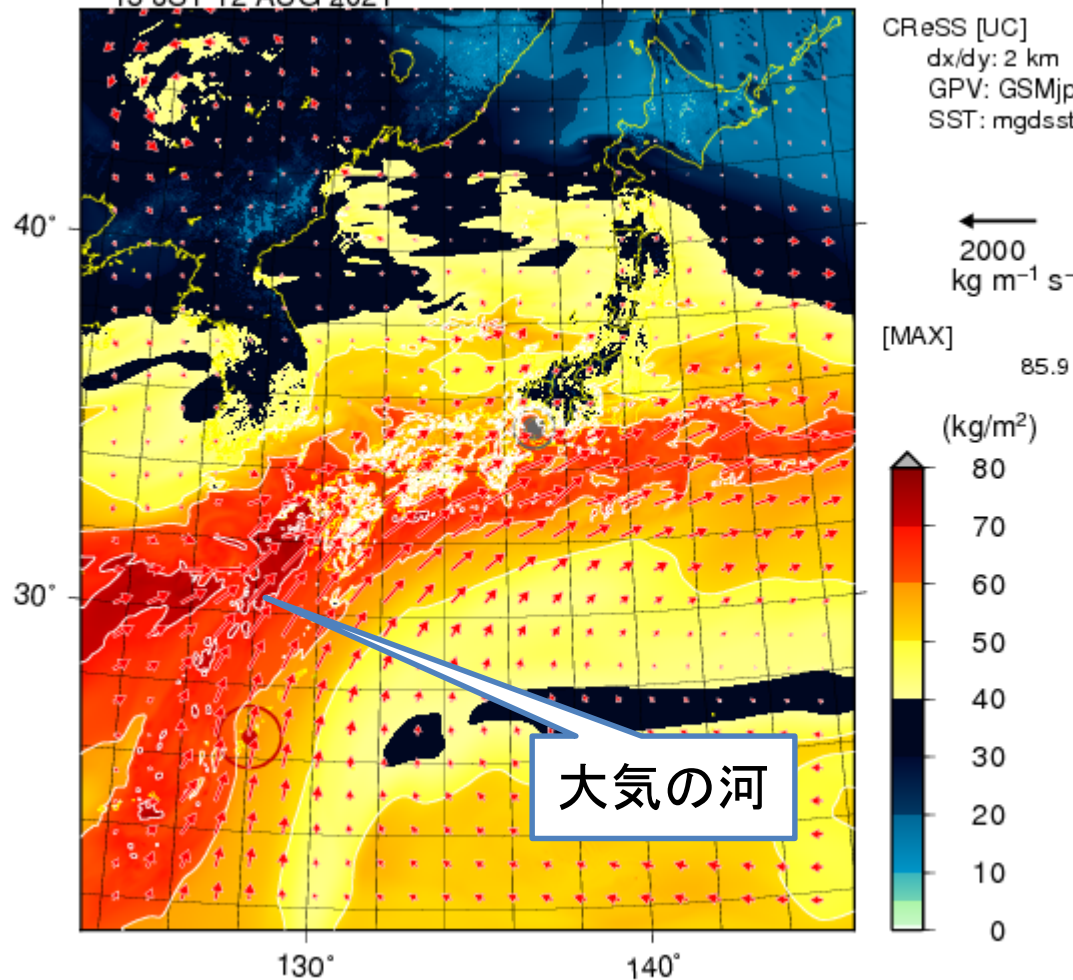
2021年8月12日、九州北部地方で線状降水帯が発生

JMA-RADAR
12:30 JST 12 AUG 2021



気象庁レーダによる降水分布

INTEGRATED MIXING RATIO AND WATER VAPOR FLUX
13 JST 12 AUG 2021

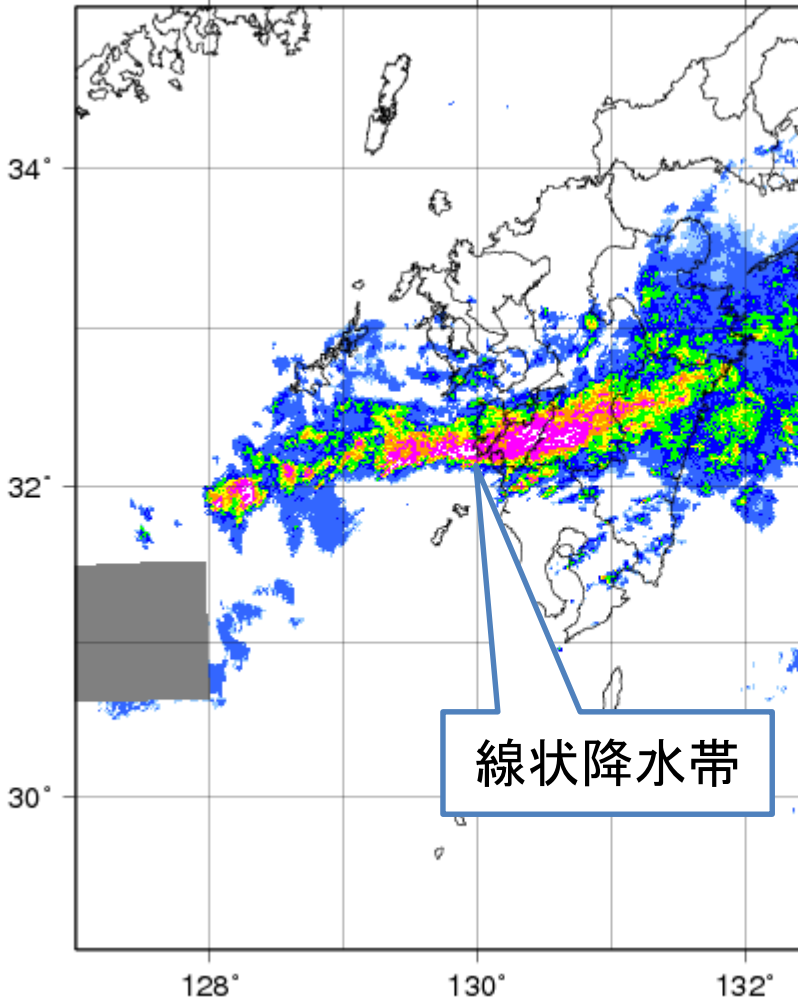


鉛直積算水蒸気量の分布とその流れ

8月12日は、九州北部地方で線状降水帯が発生し、24時間降水量が多いところで400ミリを超える大雨となった。（気象庁資料：災害をもたらした気象事例）

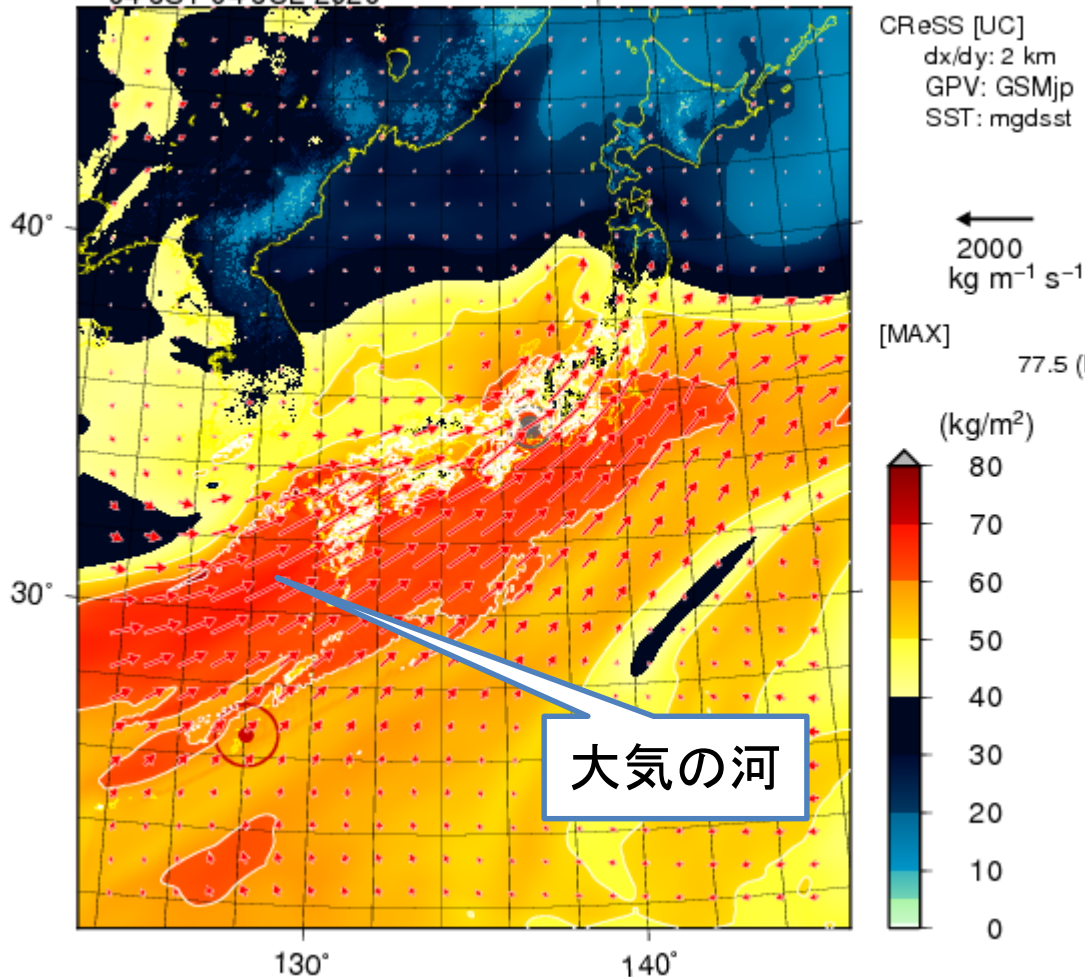
令和2年7月豪雨 令和2年(2020年)7月3日～7月31日
2020年7月4日熊本の豪雨をもたらした線状降水帯

JMA-RADAR
04:00 JST 04 JUL 2020



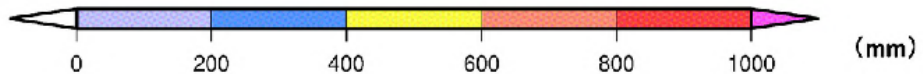
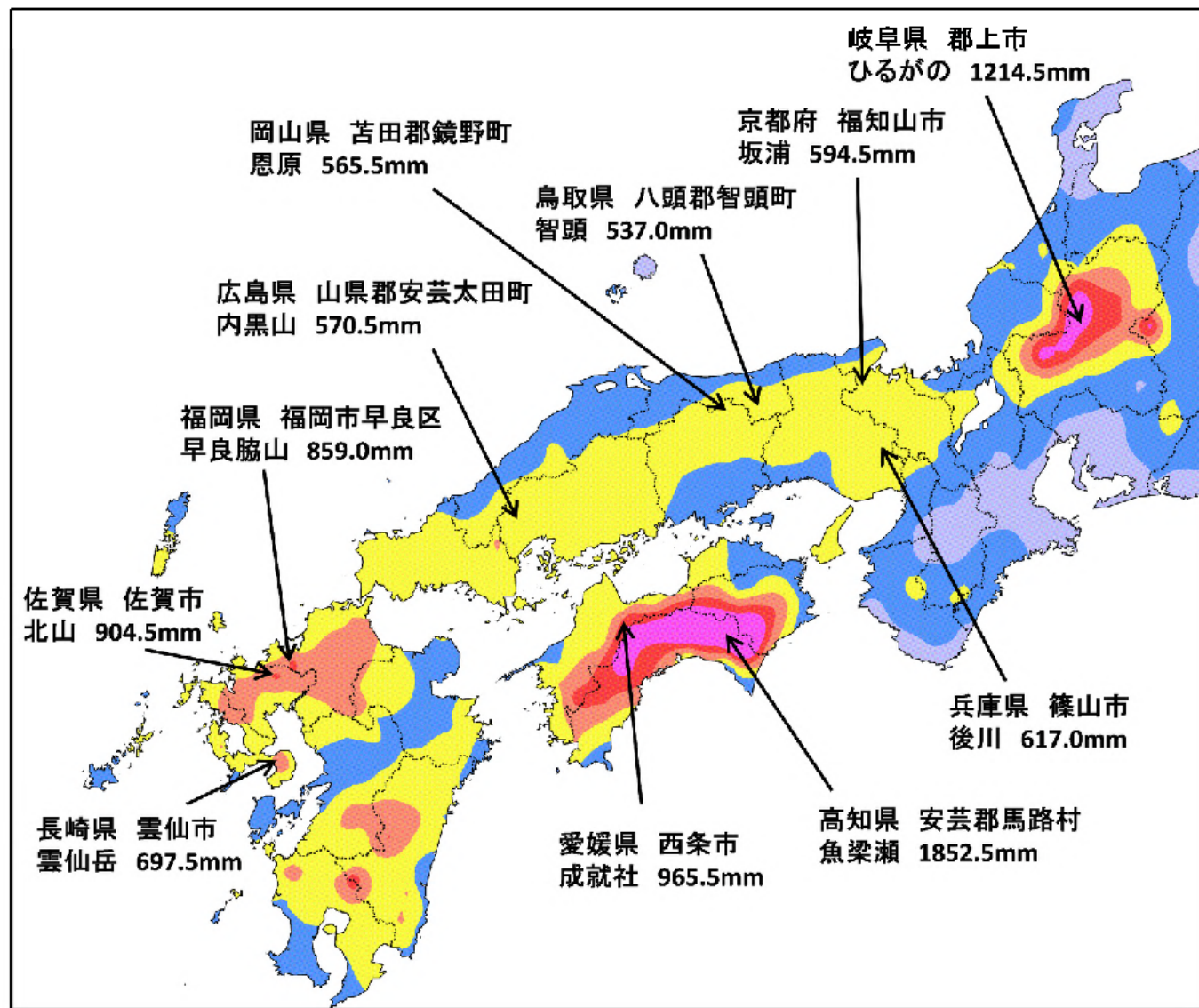
気象庁レーダによる降水分布

INTEGRATED MIXING RATIO AND WATER VAPOR FLUX
04 JST 04 JUL 2020



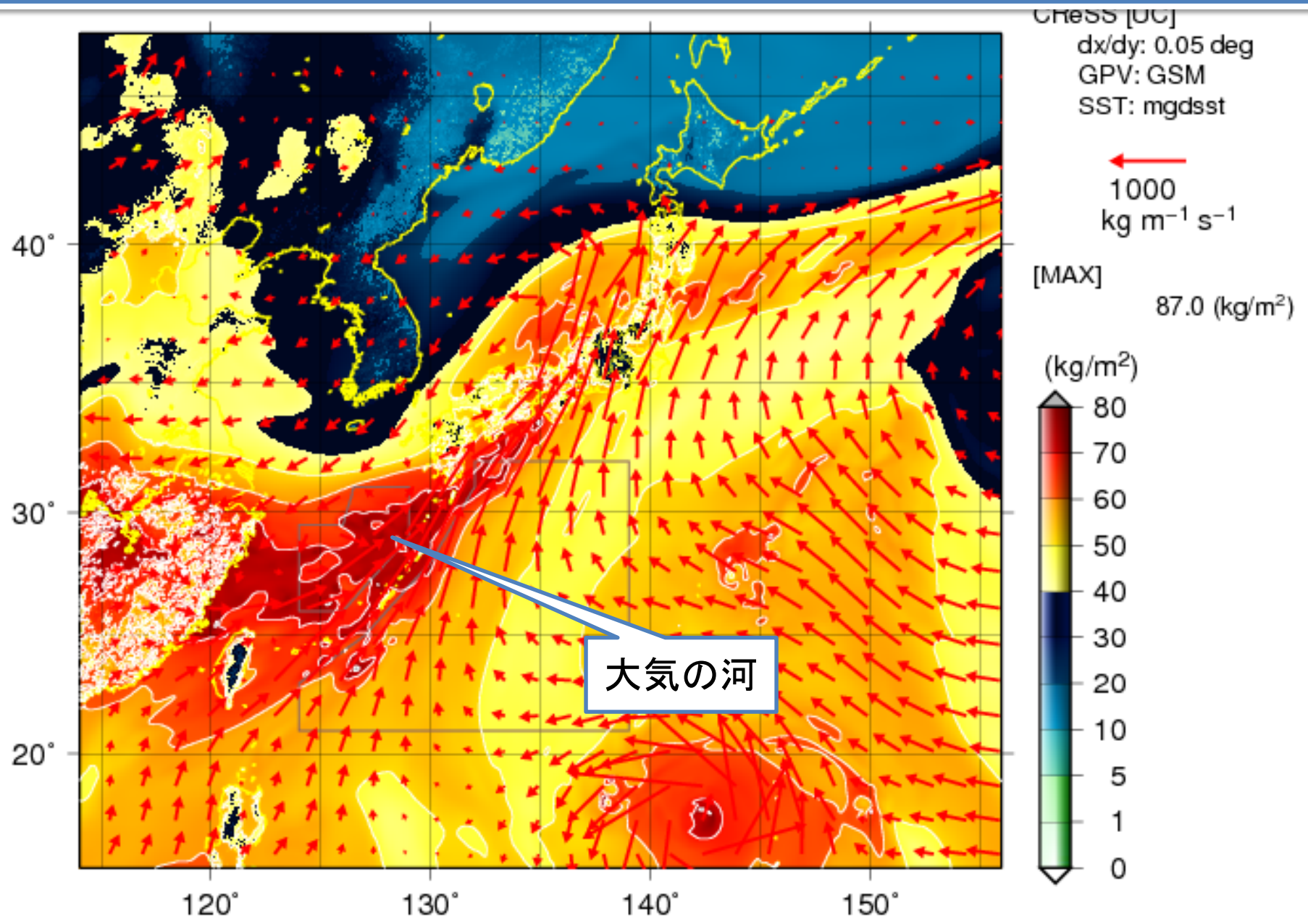
鉛直積算水蒸気量の分布とその流れ

期間降水量分布図(6月28日0時~7月8日24時)



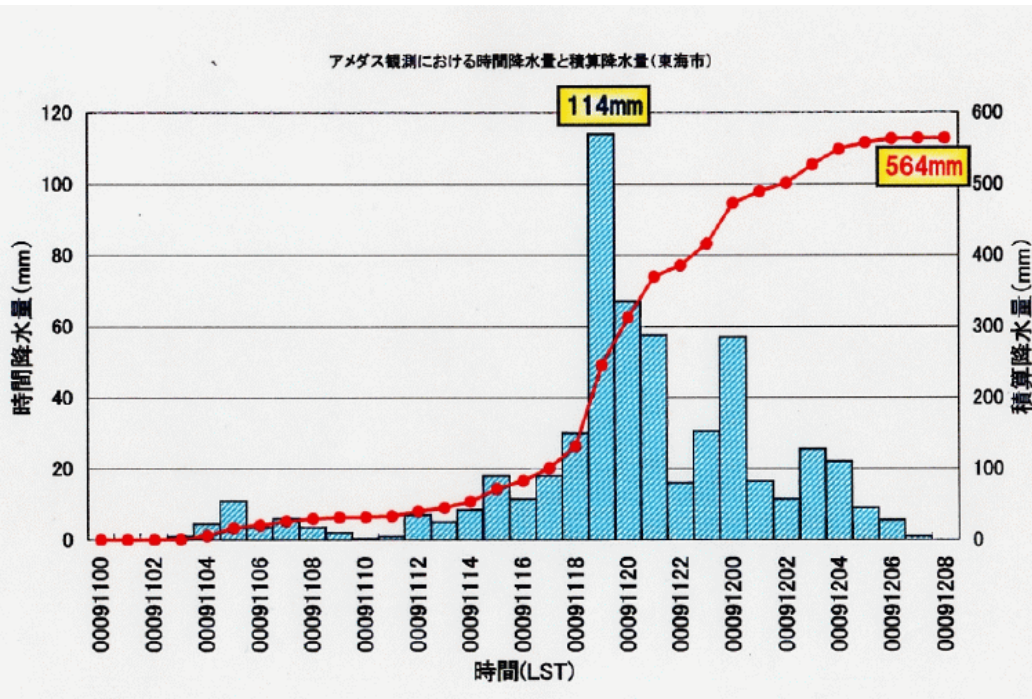
気象庁速報より引用

Vertically integrated water vapor mixing ratio and vapor flux in July 7, 2018



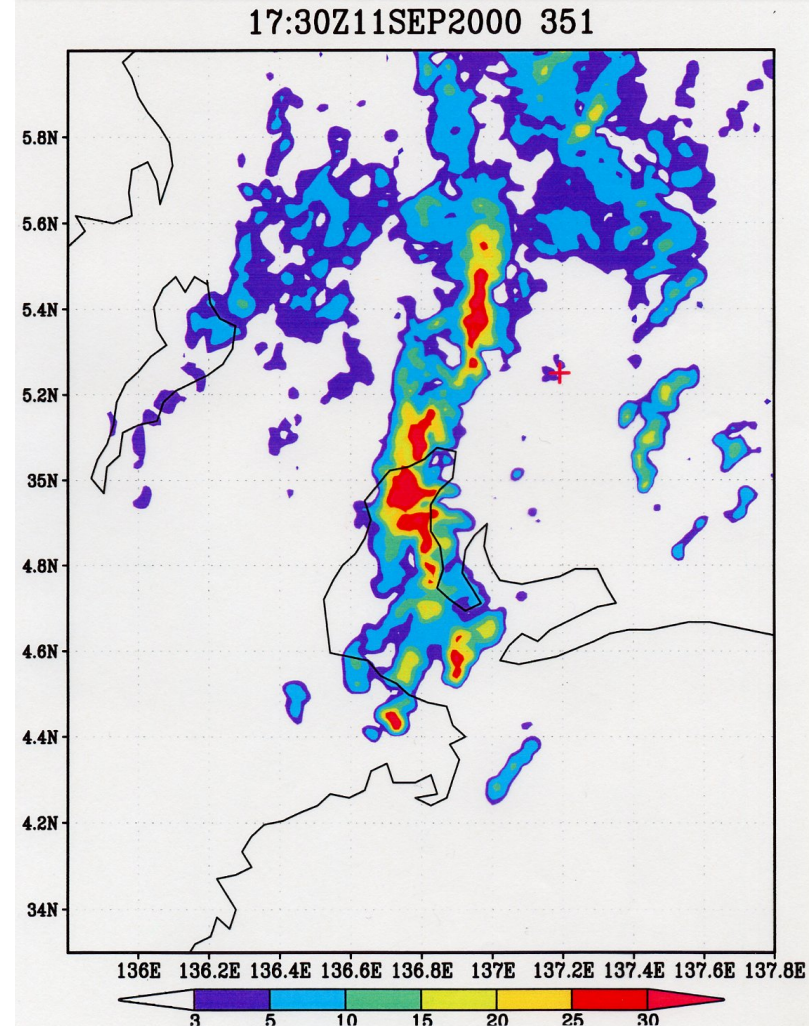
「集中豪雨は突然発生する」

東海豪雨(2000年9月11日)



1時間雨量の時間変化

東海豪雨をもたらした線状降雨帯



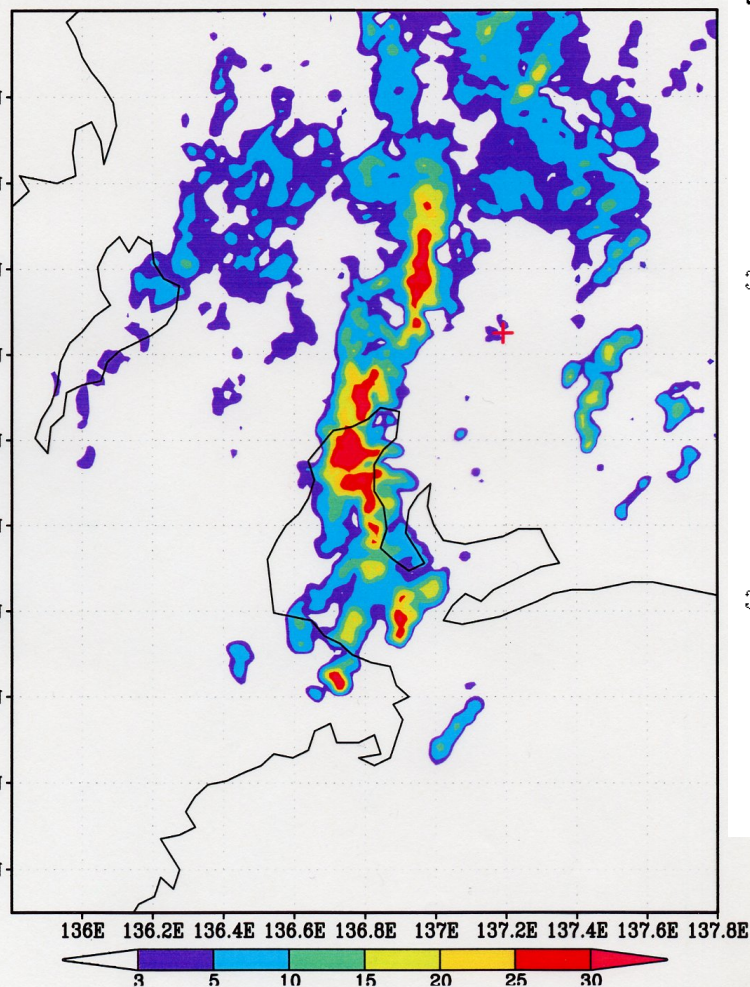
豪雨の発生条件

- ◆ 強い積乱雲(群)が発生する: 大気が不安定で水蒸気が大量に供給されている
- ◆ 積乱雲群や降水システムが維持・停滞するメカニズムがある(内的、外的メカニズム)
- ◆ 多くの場合線状降水帯が形成され、停滞する
 - ✓ 前線、収束線、局地前線
 - ✓ 山や島などの地形
 - ✓ バックビルディング形成
 - ✓ メソ対流系の形成
 - ✓ 積乱雲の自己増殖
 - ✓ メソスケール低気圧

線状降水帯: 100mm/hrを超える降水形成

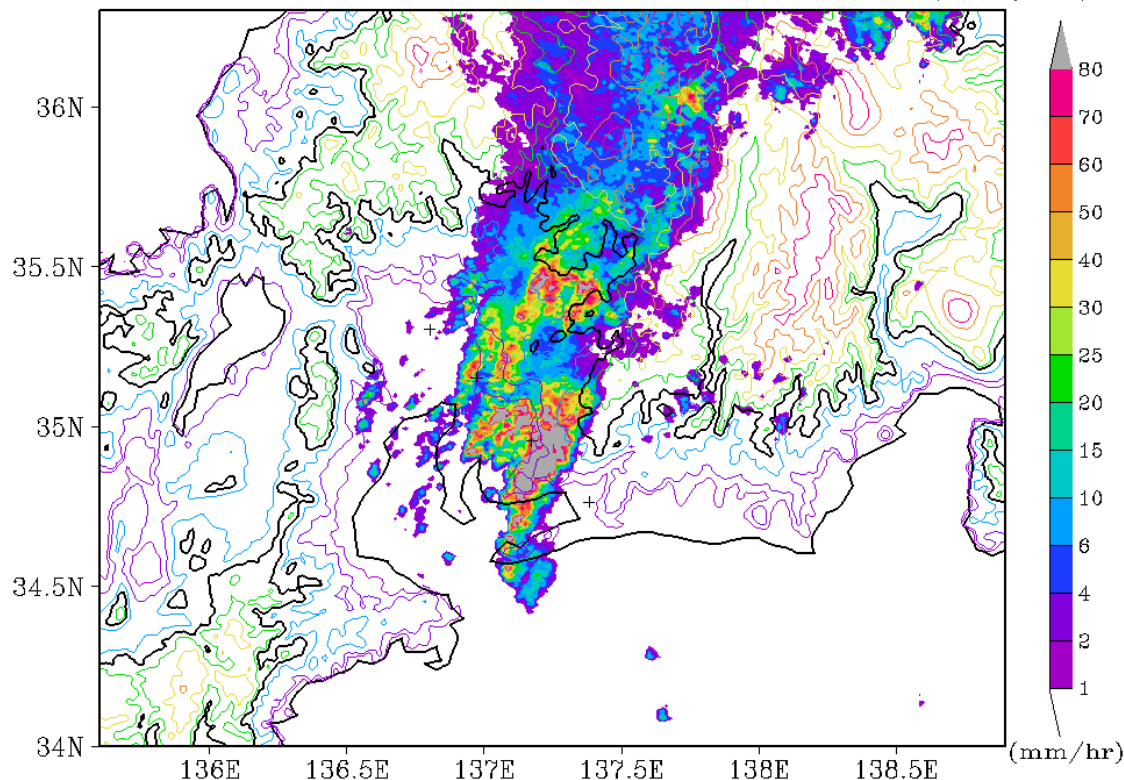
2000年9月11日の東海豪雨を
もたらした降雨帯

17:30Z11SEP2000 351



「2008年8月末豪雨」をもたらした降雨帯
2008年8月29日

01:50JST 29 AUG 2008: JMA radar, rainfall rate (mm/hr)

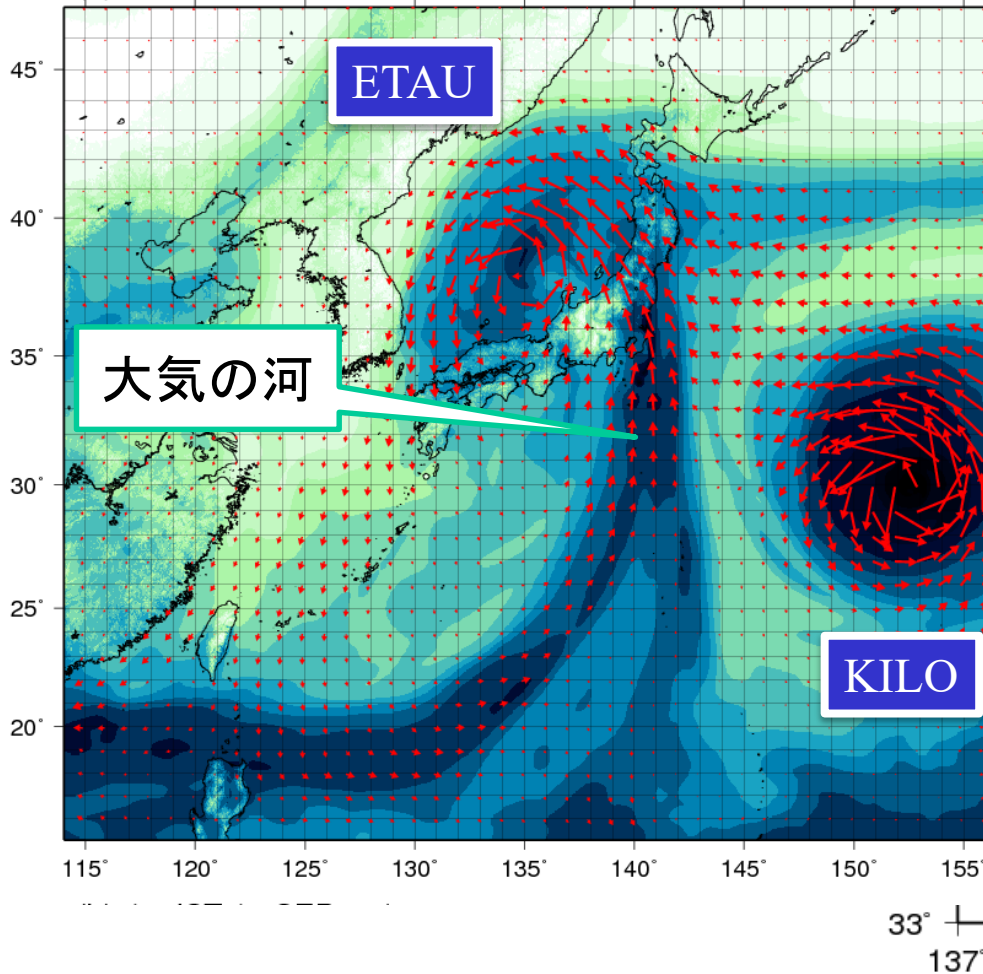


最大1時間雨量

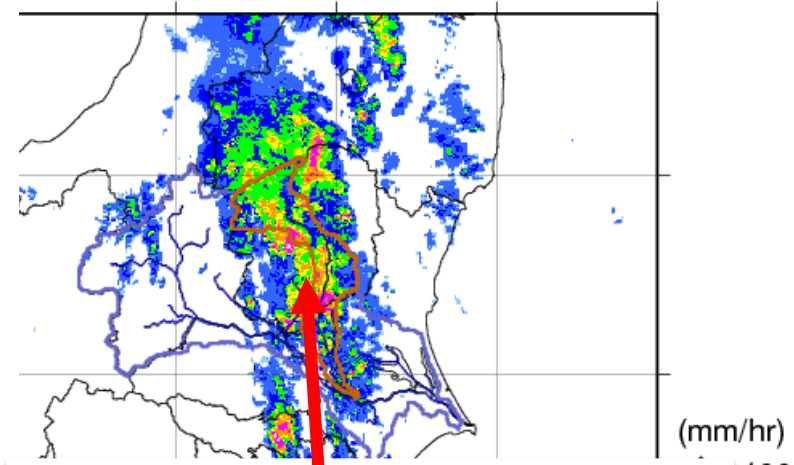
- ・ 岡崎 **146.5 mm**
- ・ 名古屋 **107.5 mm**

大気の河 2015年9月10日: 鬼怒川決壊の豪雨(関東・東北豪雨)

INTEGRATED MIXING RATIO AND WATER VAPOR FLUX
(a) 18 JST 09 SEP 2015



VAR
Γ 09 SEP 2015

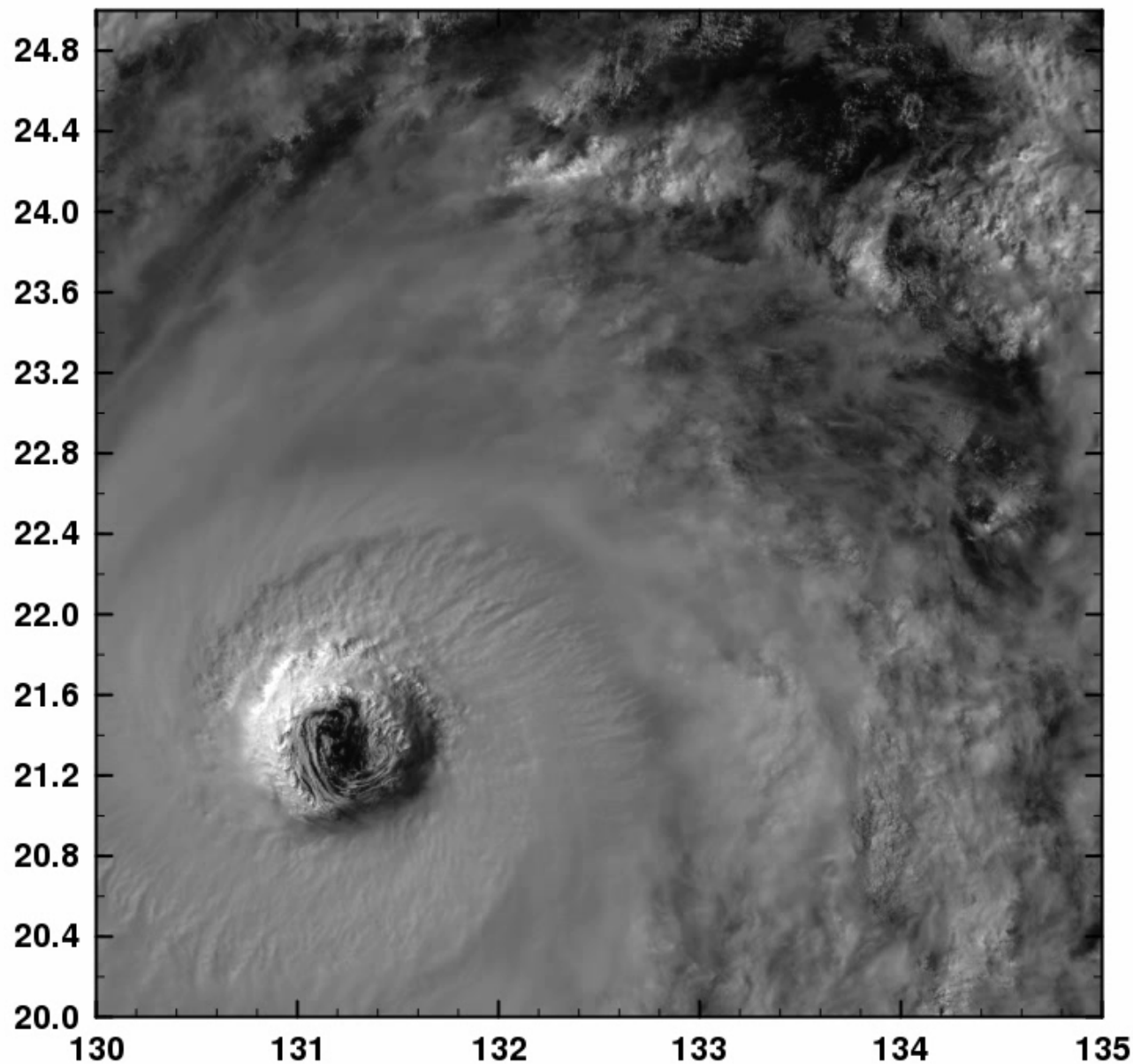


鬼怒川の洪水(2015年9月10日)



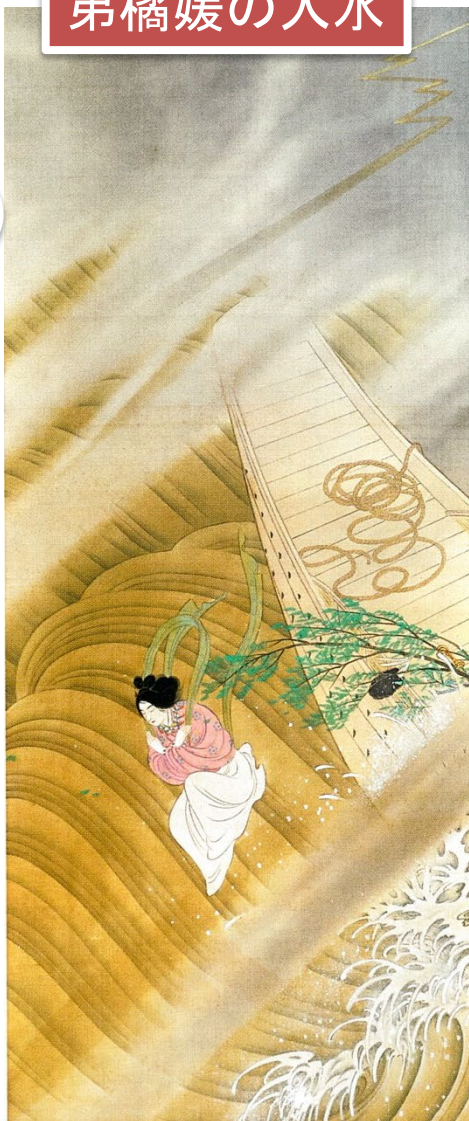
スーパー台風ラン(2017)の気象衛星画像

himawari8-vis (00:02:20 21 Oct 2017)



「あからさまかぜ」と読みます

進相模欲往上海望海高言曰是小法
 渡乃至于海中暴風忽起王船漂
 渡時有從王之外弟橘媛神積
 之女也督王曰今風起浪溢王船欲
 也願賤妾之身贖王之命而入海
 淵入之暴風即止船得着岸故時



弟橘媛之図 一幅 昭和時代 景城筆

愛知・熱田神宮蔵



靈劍図 一幅 昭和時代 猪飼嘯谷筆

愛知

源氏物語、枕草子、文永の役、弘安の役、古来、日本は台風の影響を強く受けてきた

出典：日本書紀撰上一三〇〇年 日本書紀の世界 熱田神宮宮庁

台風は大気中に発生する最強の擾乱で、しばしば大きな災害をもたらす

風水害による保険金の支払額(2020年6月現在)

| 順位 | 災害名 | 地域 | 年月 | (億円) |
|----|---------------|-----------------|----------|--------|
| 1 | 台風21号 | 近畿地方 | 2018年9月 | 10,678 |
| 2 | 台風19号 | 東日本 | 2019年10月 | 5,826 |
| 3 | 台風19号 | 全国 | 1991年9月 | 5,680 |
| 4 | 台風15号 | 関東地方 | 2019年9月 | 4,656 |
| 5 | 台風18号 | 全国 | 2004年9月 | 3,874 |
| 6 | 2月雪害 | 関東中心 | 2014年2月 | 3,224 |
| 7 | 台風18号 | 熊本・山口他 | 1999年9月 | 3,147 |
| 8 | 台風24号 | 東京・神奈川・ 静岡など | 2018年9月 | 3,061 |
| 9 | 平成30年7 月豪雨 | 岡山・広島・愛 媛など | 2018年7月 | 1,956 |
| 10 | 台風15号 | 全国 | 2015年8月 | 1,642 |

一般社団法人日本損害保険協会調べ

<https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/index.html>

台風は依然として自然災害(特に風水害)のなかで、災害の最も大きな原因である。

非常に強い台風24号 Trami (2018)の航空機観測を実施した。

2019年10月12日千曲川の氾濫

日本の風水災害の現状



日本の風水災害の将来



2013年11月スーパー台風ハイエンの被害

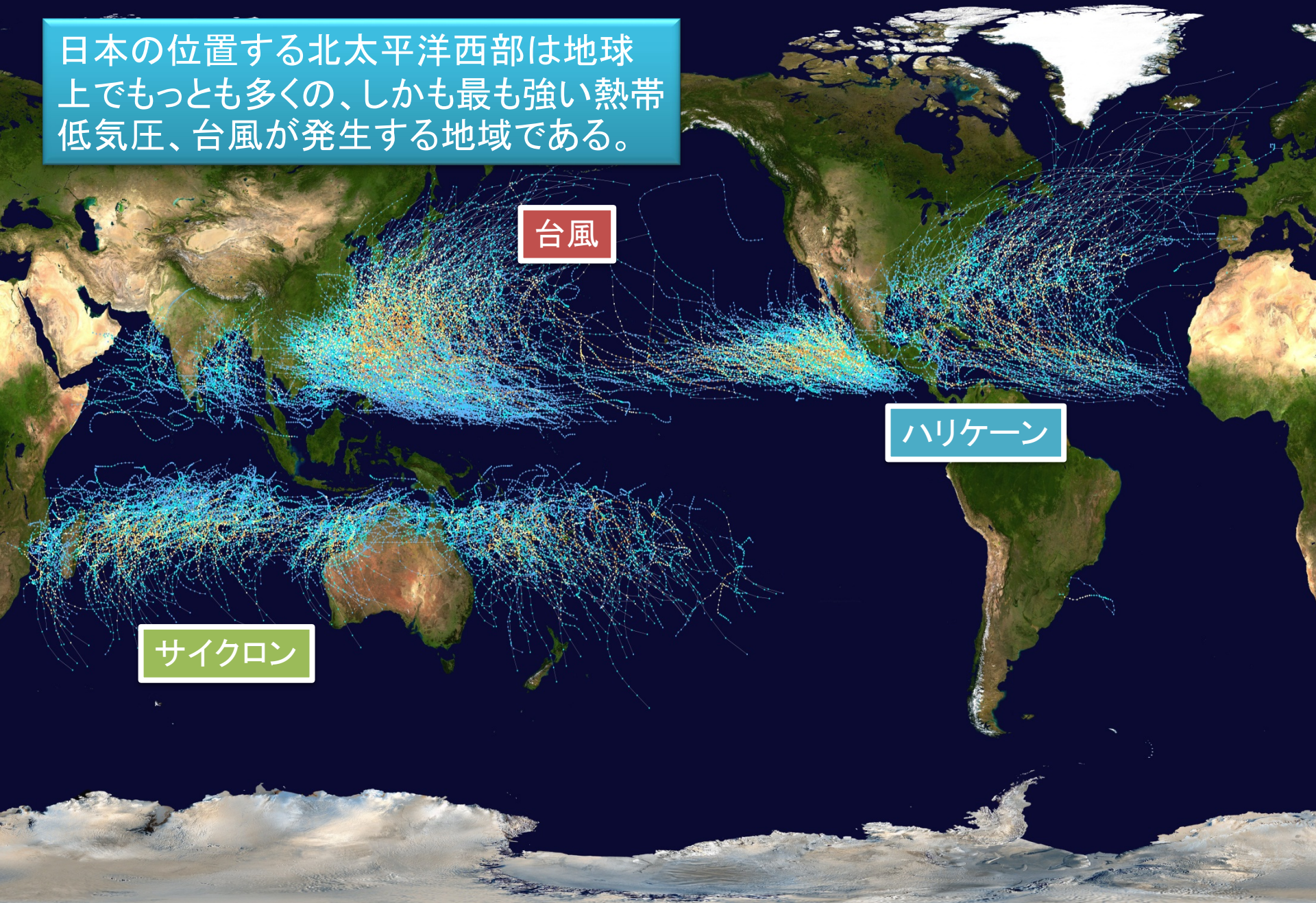
近年の台風による死者・行方不明者数(大規模なもののみ)

| 年 | 台風 | 主な被災地域 | 死者・行方不明者数 |
|-------------|-----------|----------|-----------|
| 2019(令和元年) | 台風第19号 | 関東甲信越・東北 | 99人 ・ 3人 |
| 2018(平成30年) | 台風第21号 | 近畿・東海 | 14人 ・ 0人 |
| 2018(平成30年) | 台風第24号 | 西日本 | 4人 ・ 0人 |
| 2017(平成29年) | 台風第21号 | 近畿・関東甲信 | 8人 ・ 0人 |
| 2015(平成27年) | 台風第17・18号 | 茨城・栃木・宮城 | 20人 ・ 0人 |
| 2014(平成26年) | 台風第10号 | 岩手県・北海道 | 26人 ・ 3人 |
| 2013(平成25年) | 台風第26号 | 伊豆大島他 | 40人 ・ 3人 |
| 2011(平成23年) | 台風第15号 | 全国 | 18人 ・ 1人 |
| 2011(平成23年) | 台風第12号 | 紀伊半島・西日本 | 83人 ・ 15人 |
| 2009(平成21年) | 台風第9号 | 兵庫県他 | 25人 ・ 2人 |

2050年から2020年を振り返ったとき、「今の予報技術があれば、この人々は犠牲にならずに済んだ。インフラ整備により気象災害が激減した。」30年後、そう言えるような社会、それが目指すべきところであろう。

世界の熱帯低気圧の分布(1985年から2005年までの全ての熱帯低気圧の経路)

日本の位置する北太平洋西部は地球上でもっとも多く、しかも最も強い熱帯低気圧、台風が発生する地域である。



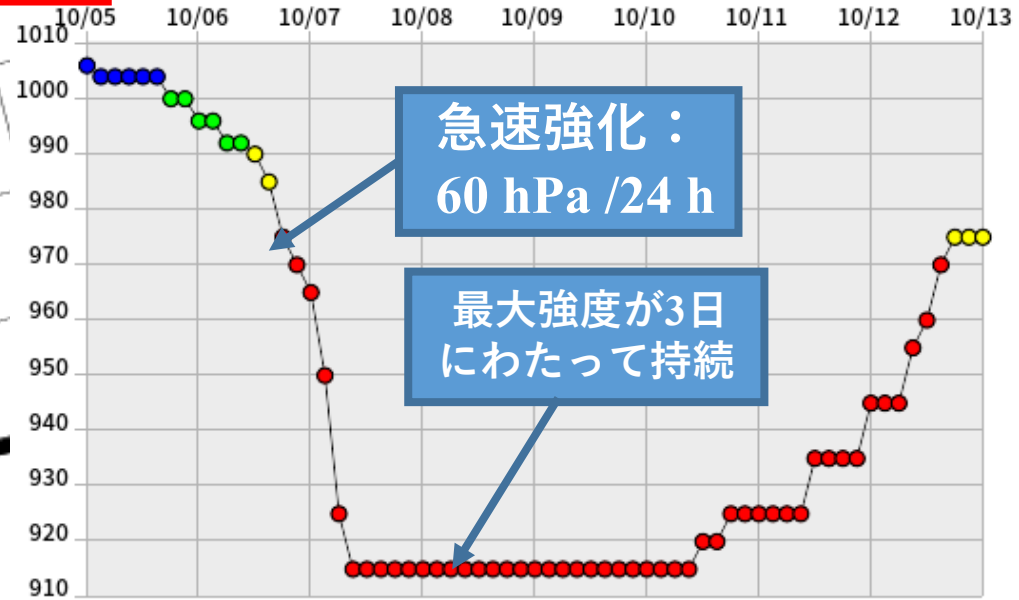
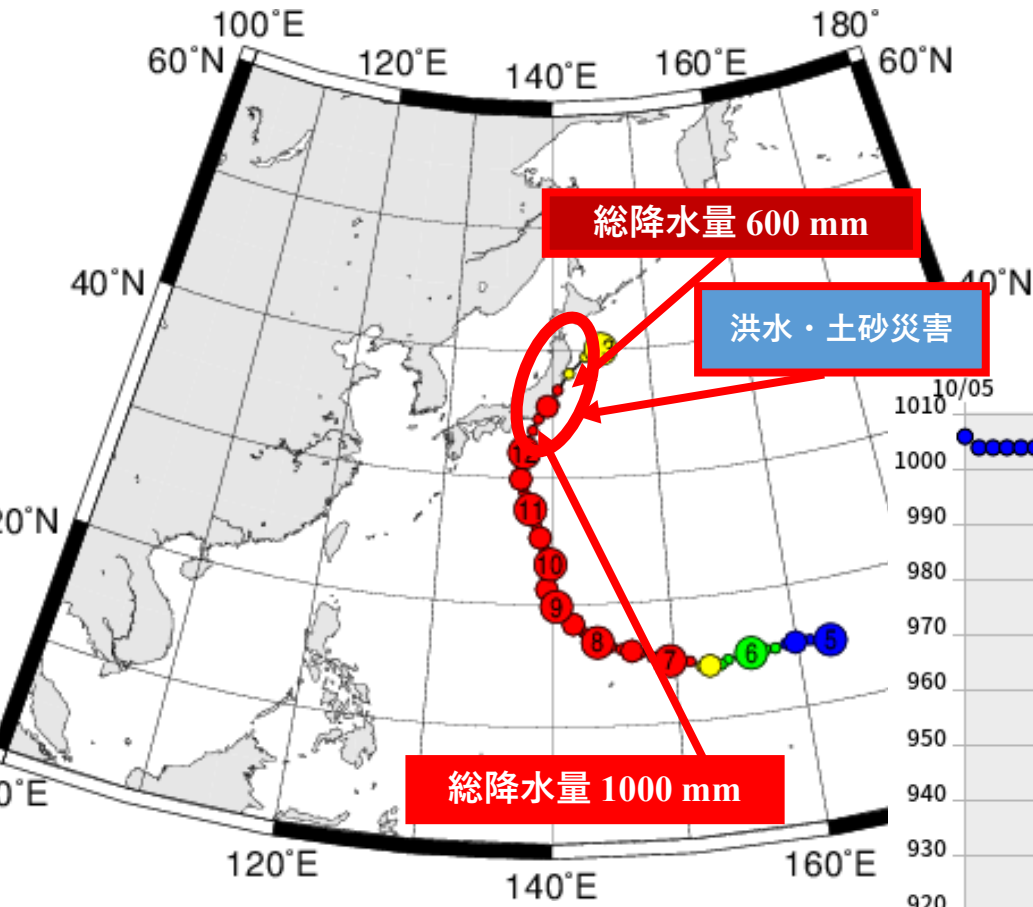
台風

ハリケーン

サイクロン

2019年10月の台風19号ハギビス（令和元年東日本台風）

- 急速強化と3日間にわたる最大強度
- 「大型」の台風
- 北緯25度までスーパー台風の強度
- 広域の大雨
- 142箇所で堤防決壊
- 死者104人、行方不明者3人



[HAGIBIS] 48 HOUR PRECIPITATION
2019/10/11 00UTC - 10/13 00UTC

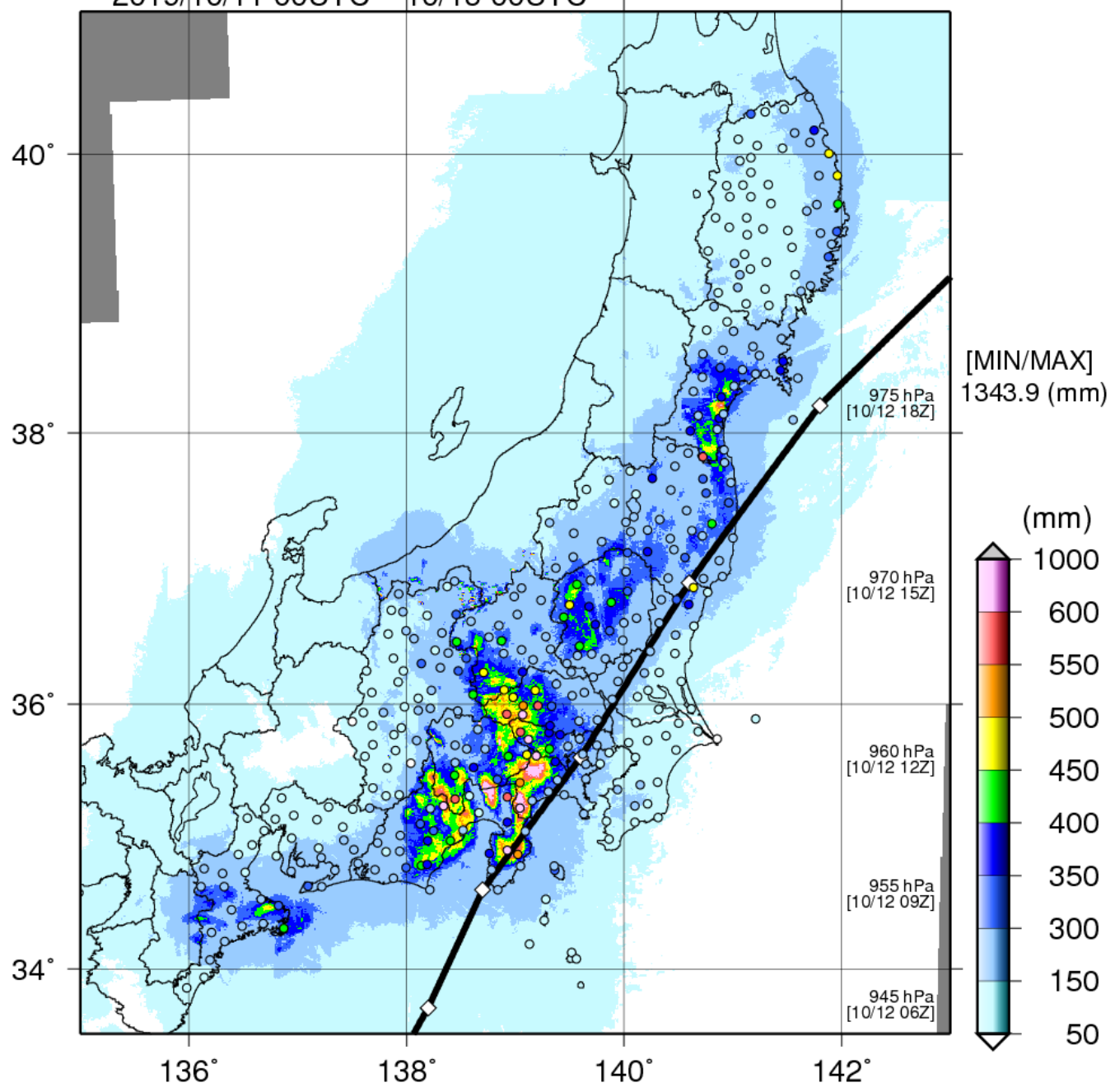




Photo by K. Tsuboki in Nagano 2019

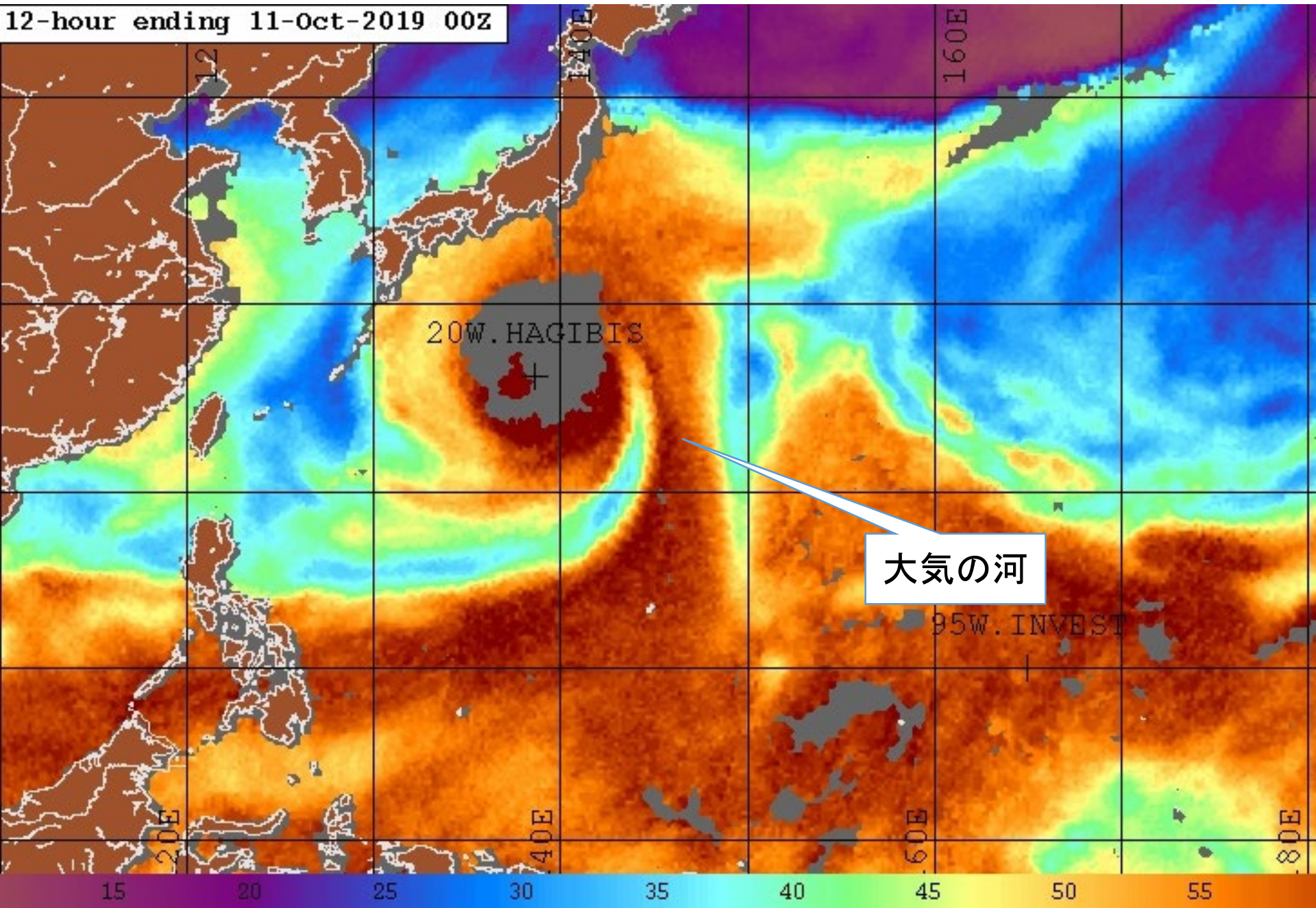


Photo by K. Tsuboki in Nagano 2019



Photo by K. Tsuboki in Marumori 2019

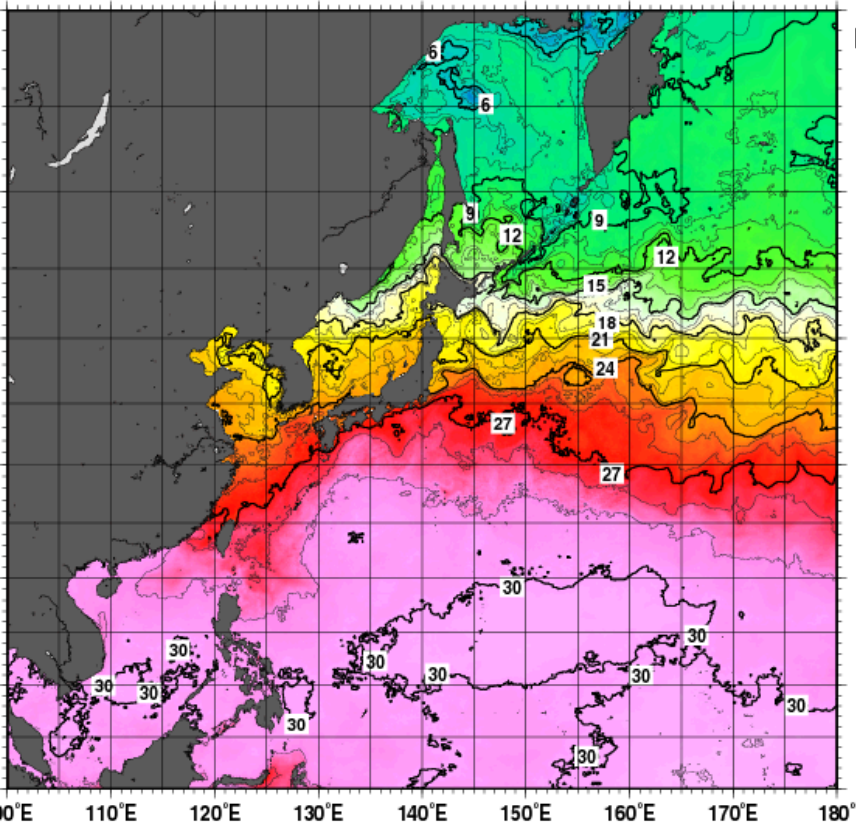
12-hour ending 11-Oct-2019 00Z



大気の流れ

海面水温

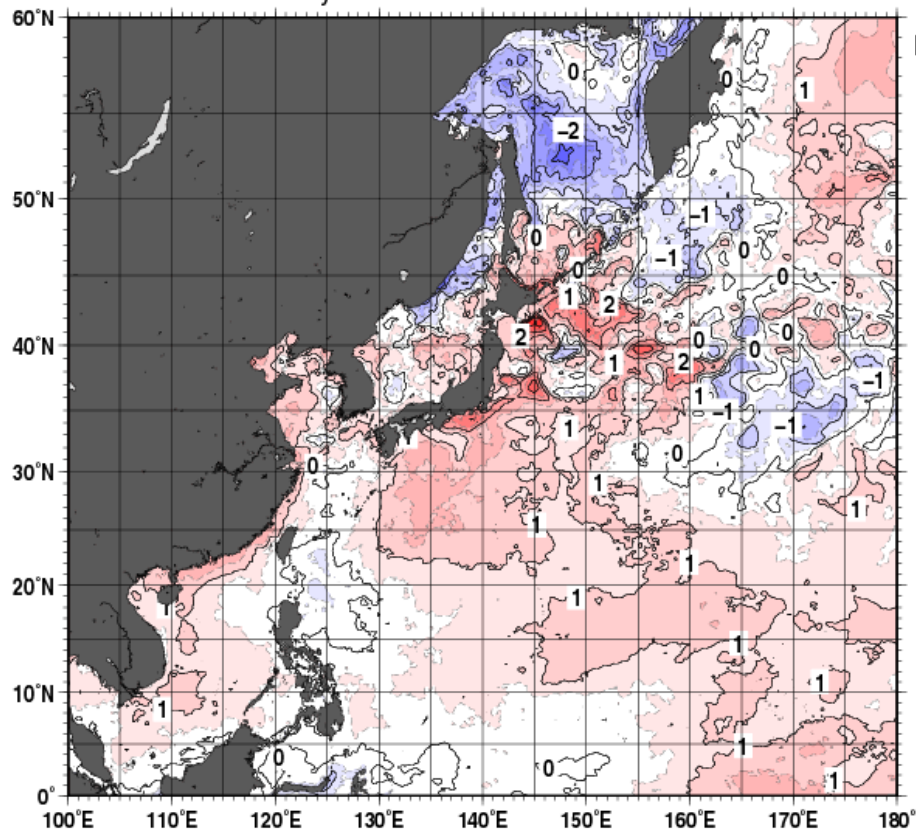
Daily SSTs 05 Oct. 2019.



➤ 高い海面水温：北緯28度付近まで29度

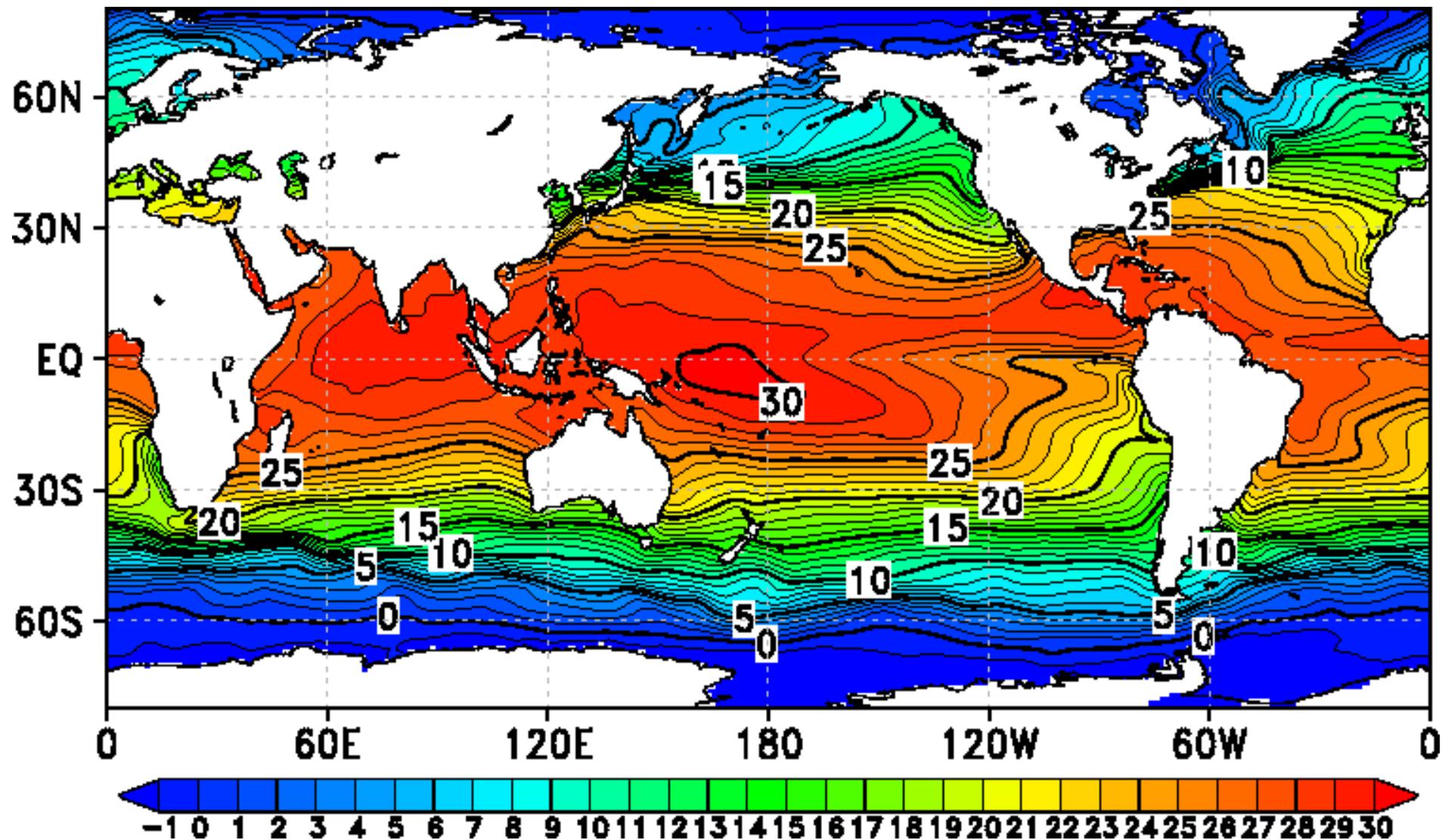
海面水温偏差

Daily SST anomalies 05 Oct. 2019.

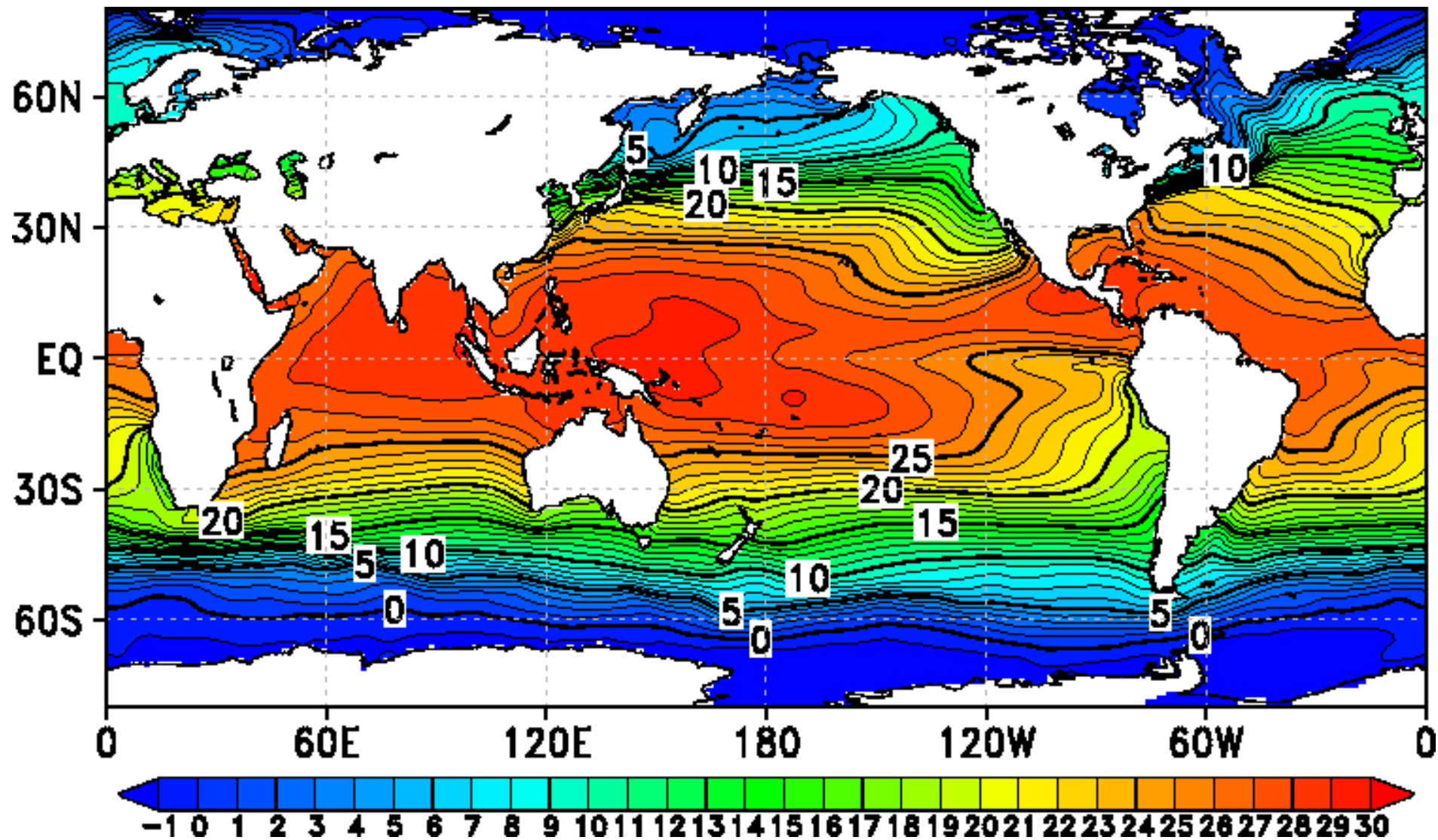


➤ 平年差でも日本の南海上で+2度

全球 年平均海面水温：2019年 (気象庁)



全球 年平均海面水温：1962年 (気象庁)



【ジュネーブ＝共同】世界気象機関（WMO）は二十三日、地球温暖化を引き起こす大気中の二酸化炭素（CO₂）の世界平均濃度が二〇一九年に四一〇・五ppm（一ppmは百万分の一）となり、観測史上最高を更新したと発表した。新型コロナウイルスの感染拡大を受けた社会・経済活動の停滞で二〇年はCO₂排出減が見込まれるが、大気中濃度は依然として上昇傾向が続くと予測している。

WMO「コロナで減少一時的」

一九年のCO₂の大気中濃度は前年比で二・六ppm上昇し、過去十年平均の二・三七ppm増を上回った。二〇年のCO₂排出量は前年比4・2〜7・5%減と予想されるが、**世界平均のCO₂濃度を下げるまでには至らない。ただ、大気中濃度の上昇幅は〇・〇八〜〇・二三ppmほどは低下する見込み。**

石炭や石油などの化石燃料の使用で排出されるCO₂は、温室効果ガスの約三分の二を占める。CO₂以外の主要な温室効果ガスはメタン、一酸化二窒素も、一九年の世界平均濃度がそれぞれ一八七七ppb（一ppbは十億分の一）、三三二ppbで観測史上最高を記録した。タールスWMO事務局長は、新型コロナウイルス対策の規制措置に伴うCO₂排出量減少は「長期的に見れば、小さな一時的な現象にすぎない」と指摘し、排出量の継続的な抑制が必要と強調した。

CO₂排出量が中国に次ぎ世界二位の米国はトランプ政権が温暖化対策の国際枠組み「パリ協定」から四日に正式離脱したが、大統領選で勝利を確実にしたバイデン前副大統領は再加入を明言。米国の国際的な協力態勢への復帰が期待されている。

CO₂濃度最高 今後も上昇

2020年11月24日中日新聞朝刊21面 CO₂濃度最高今後も上昇

世界の温室効果ガス、過去最高 化石燃料影響か WMO

10/25(月) 19:36 配信

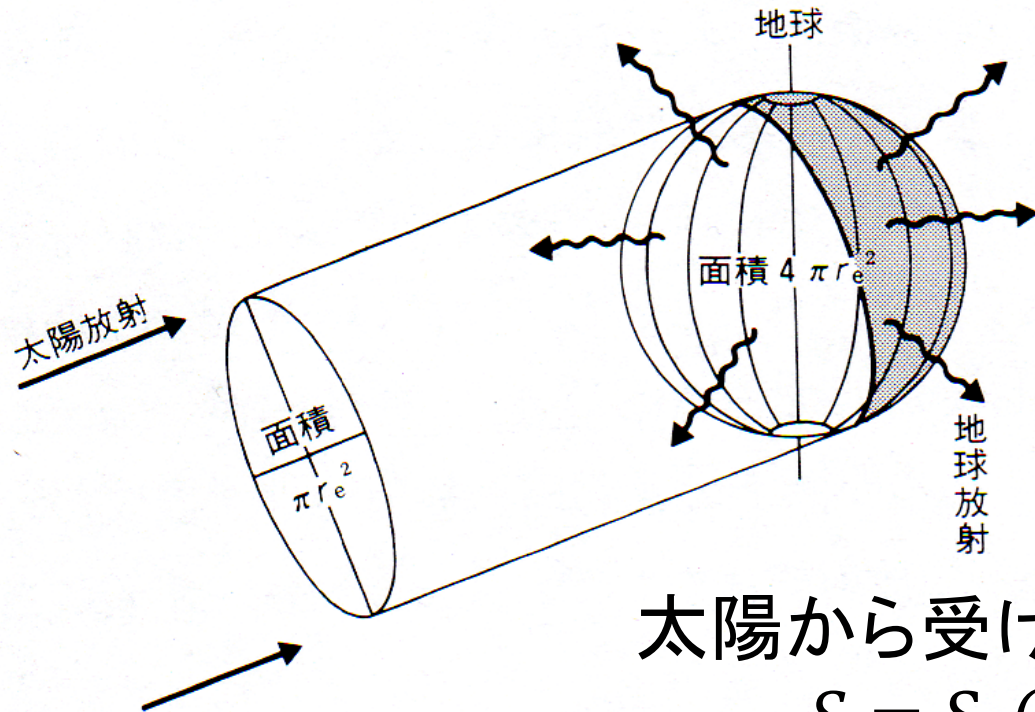
世界気象機関（WMO）は25日、2020年の二酸化炭素（CO₂）などの主要な温室効果ガスの世界平均濃度が前年から増加し、いずれも**観測史上最高記録を更新した**と発表した。

日本の気象庁は、人間の活動に伴う化石燃料の消費が増えていることなどが背景にあるとみている。

CO₂の平均濃度は413.2ppm（ppmは100万分の1）で前年より2.5ppm増えた。

メタンは1889ppb（ppbは10億分の1）、一酸化二窒素は333.2ppbで、前年よりもそれぞれ11ppb、1.2ppb増加した。

地球の気温はどのように決まるのか



大気がない場合
太陽放射(S) = 地球放射(I)
大気上端での太陽放射 S_0
 $S_0 = 1370 \text{ W/m}^2$

太陽から受ける放射の総量

$$S = S_0(1 - a)\pi r^2$$

地球(黒体とする)の放射の総量

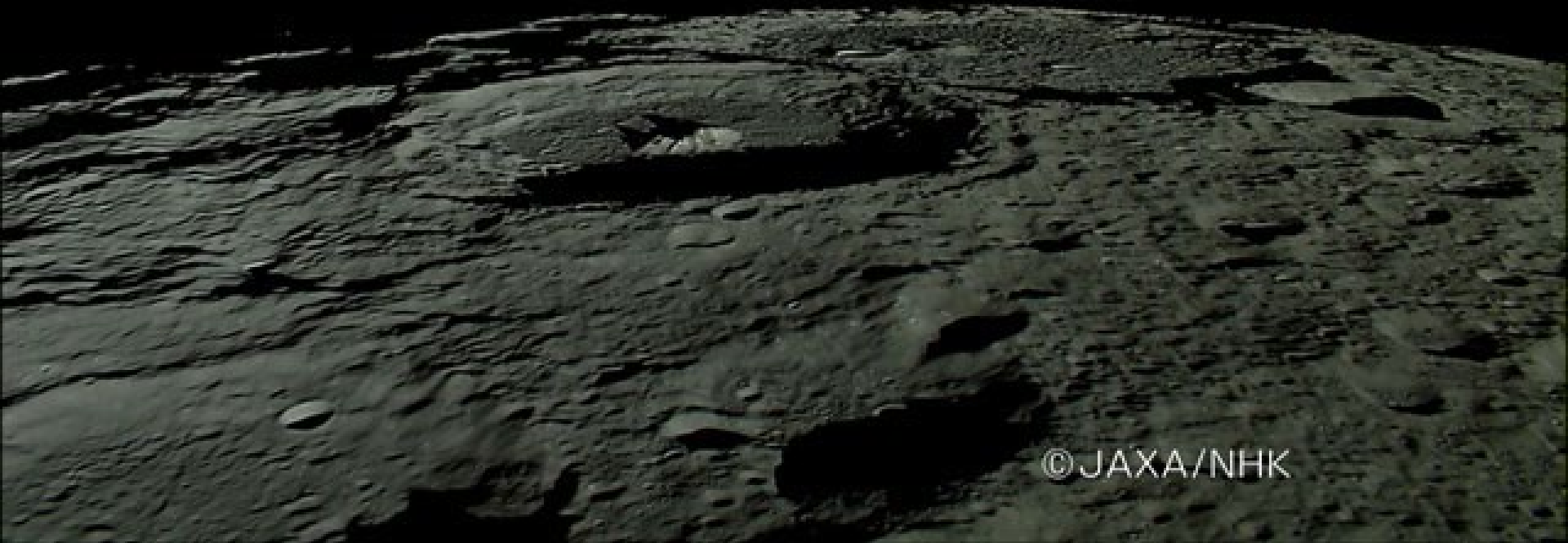
$$I = 4\pi r^2 \sigma T^4$$

これらを等しいとおくと、アルベド $a=0.3$ として、

$$(1 - a)S_0 = 4 \sigma T^4$$

地球の平均気温: -18°C

月の平均温度：約 -20°C
最高温度：約 120°C
最低温度：約 -170°C



© JAXA/NHK

かぐや搭載のハイビジョンカメラによる「地球の出」の撮影結果

この画像は、平成19年11月7日14時52分(日本時間)に「かぐや(SELENE)」ハイビジョンカメラ(広角)から撮影され、JAXA臼田宇宙空間観測所にて受信した動画の一部を静止画像として切り出したものです。

月面は北極付近で、地球にはアラビア半島、インド洋などが見えます。

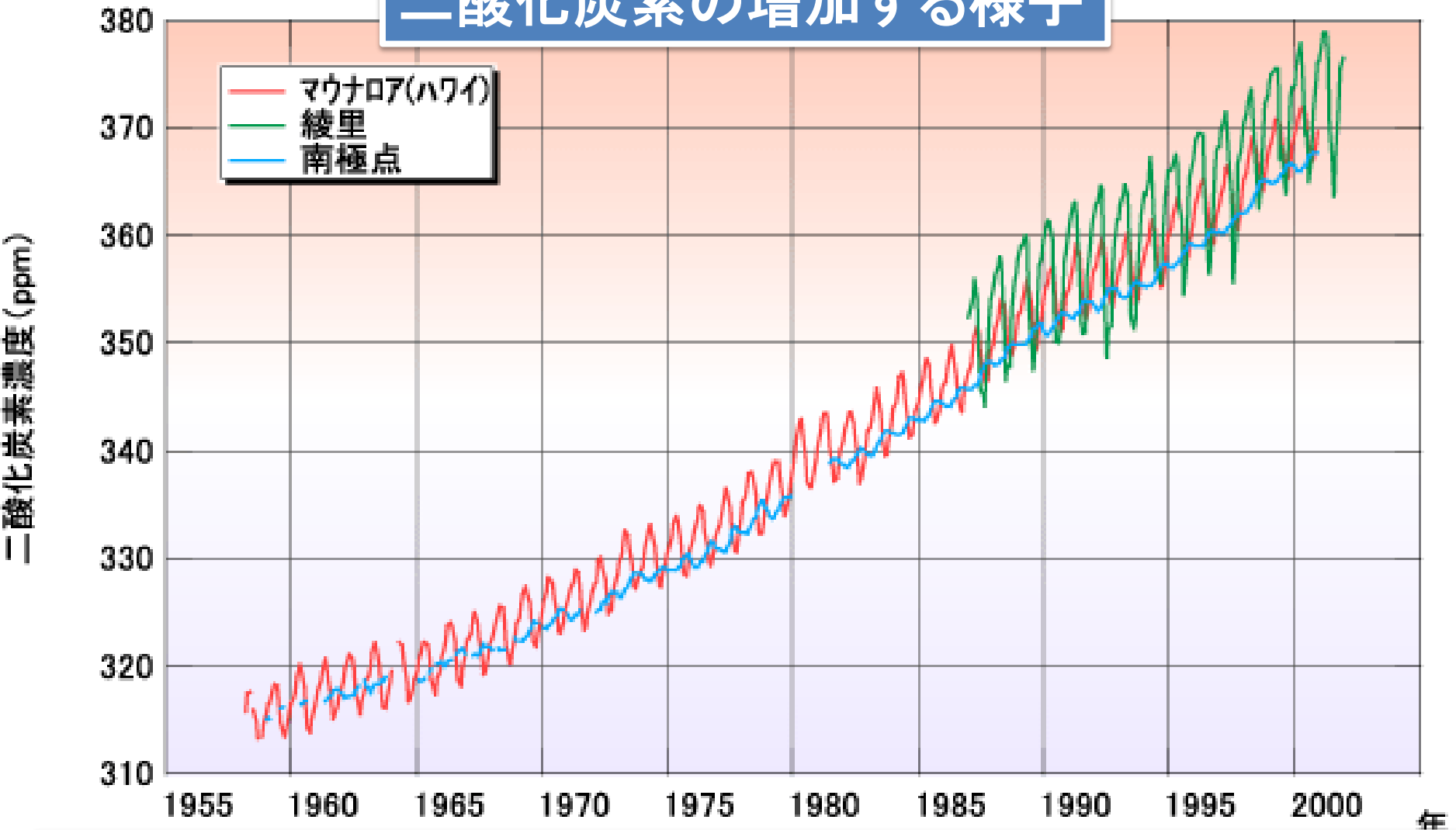
http://www.jaxa.jp/press/2007/11/20071113_kaguya_j.html



[youtube.com/watch?v=pYZM0_mHD20](https://www.youtube.com/watch?v=pYZM0_mHD20)

©osamusahara

二酸化炭素の増加する様子



400ppmの二酸化炭素とは、空気の分子1万個に4個のCO₂分子。
1リットル中に、二酸化炭素の分子はおよそ 10^{19} 個も存在している。
10,000,000,000,000,000,000個 = 1兆の1千万倍個のCO₂

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書 (2021年) 第1 作業部会報告書 自然科学的根拠の要旨

- ◆ 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。
- ◆ 大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている。
- ◆ 世界平均気温は、本報告書で考慮した全ての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。
- ◆ 向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、地球温暖化は1.5°C及び2°Cを超える。
- ◆ 過去及び将来の温室効果ガスの排出に起因する多くの変化、特に海洋、氷床及び世界海面水位における変化は、百年から千年の時間スケールで不可逆的である。
- ◆ 陸域のほとんどで1950年代以降に大雨の頻度と強度が増加(人為起源の気候変動が主要な駆動要因)。
- ◆ 強い熱帯低気圧(CAT3~5)の発生割合は過去40年間で増加(内部変動だけでは説明できない)。
- ◆ 非常に強い熱帯低気圧(CAT4~5)の発生割合と強度最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球規模では、地球温暖化の進行と共に上昇。

「我々は地球を祖先から譲り受けたのではない。
子孫から借りているのだ。」

アメリカ先住民のことわざ

(百億の星と千億の生命, カール・セーガン, 新潮文庫)

My message is that we'll be watching you.

So a 50% risk is simply not acceptable to us -
we who have to live with the consequences.

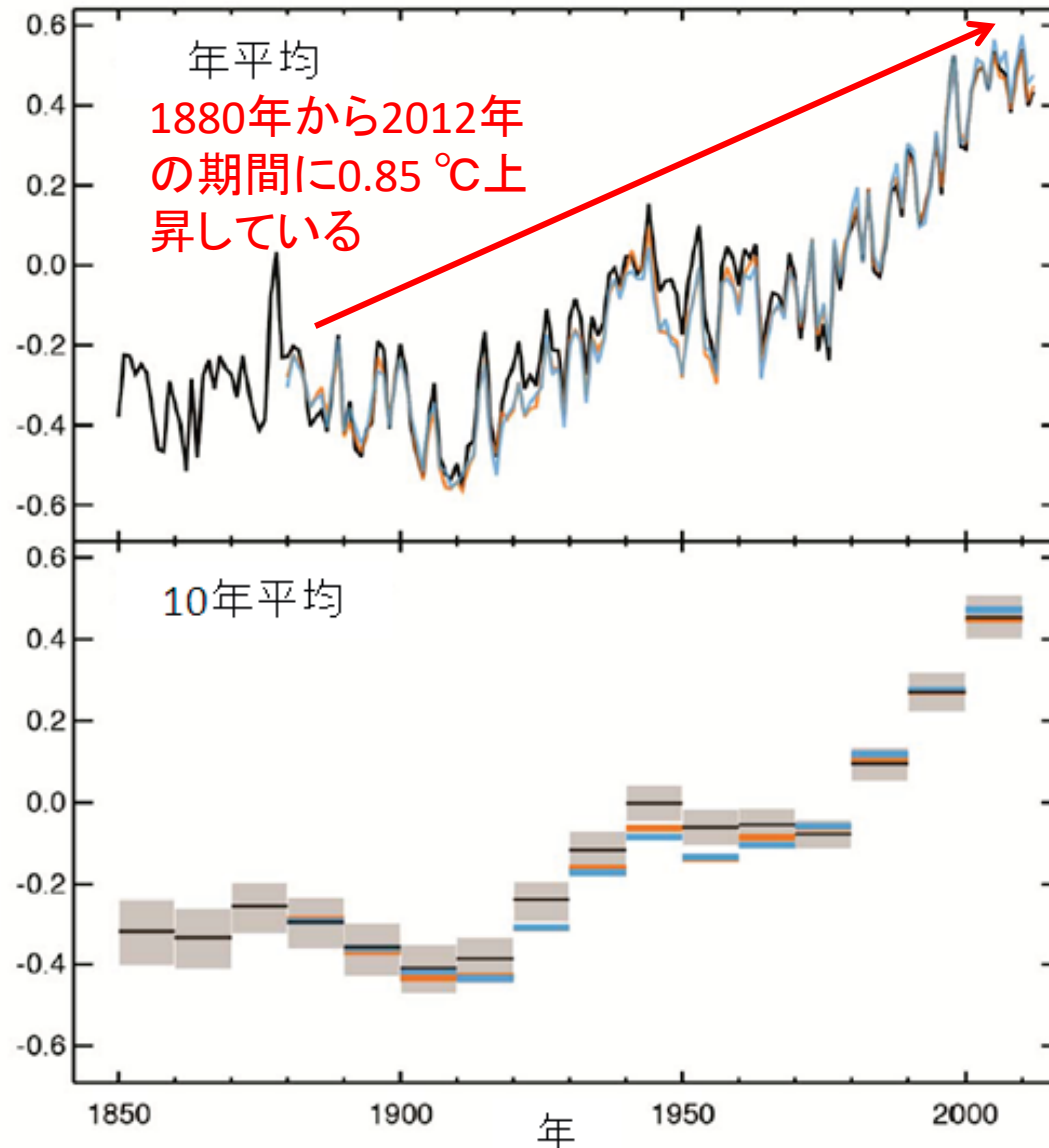
The eyes of all future generations are upon you.

And if you choose to fail us, I say:

We will never forgive you.

Greta Thunberg (September 23, 2019) at the United Nations

観測された世界平均地上気温(陸域+海上)の偏差(1850~2012年)

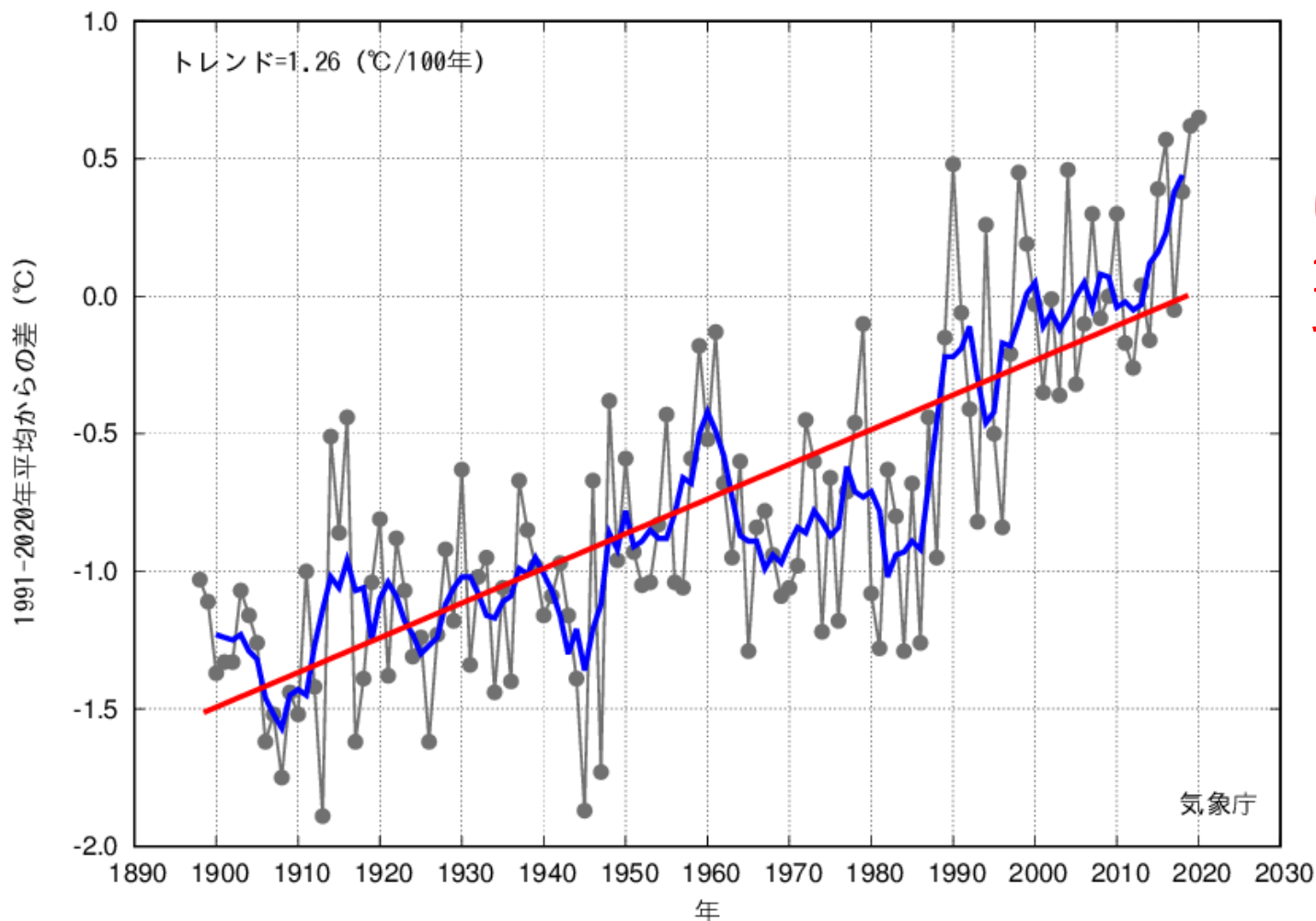


世界の平均では、100年で0.64°C上昇している

3つのデータセットによる、1850~2012年の陸域と海上とを合わせた世界平均地上気温偏差の観測値。上図: 年平均値、下図: 10年毎の平均値(黒色のデータセットについては不確実性の推定を含む)。偏差は1961~1990年を基準とする。(出典: IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.1(a))

日本の年平均気温偏差の経年変化(1898~2020年)

日本の年平均気温偏差



日本の平均では、100年で1.26°C上昇している

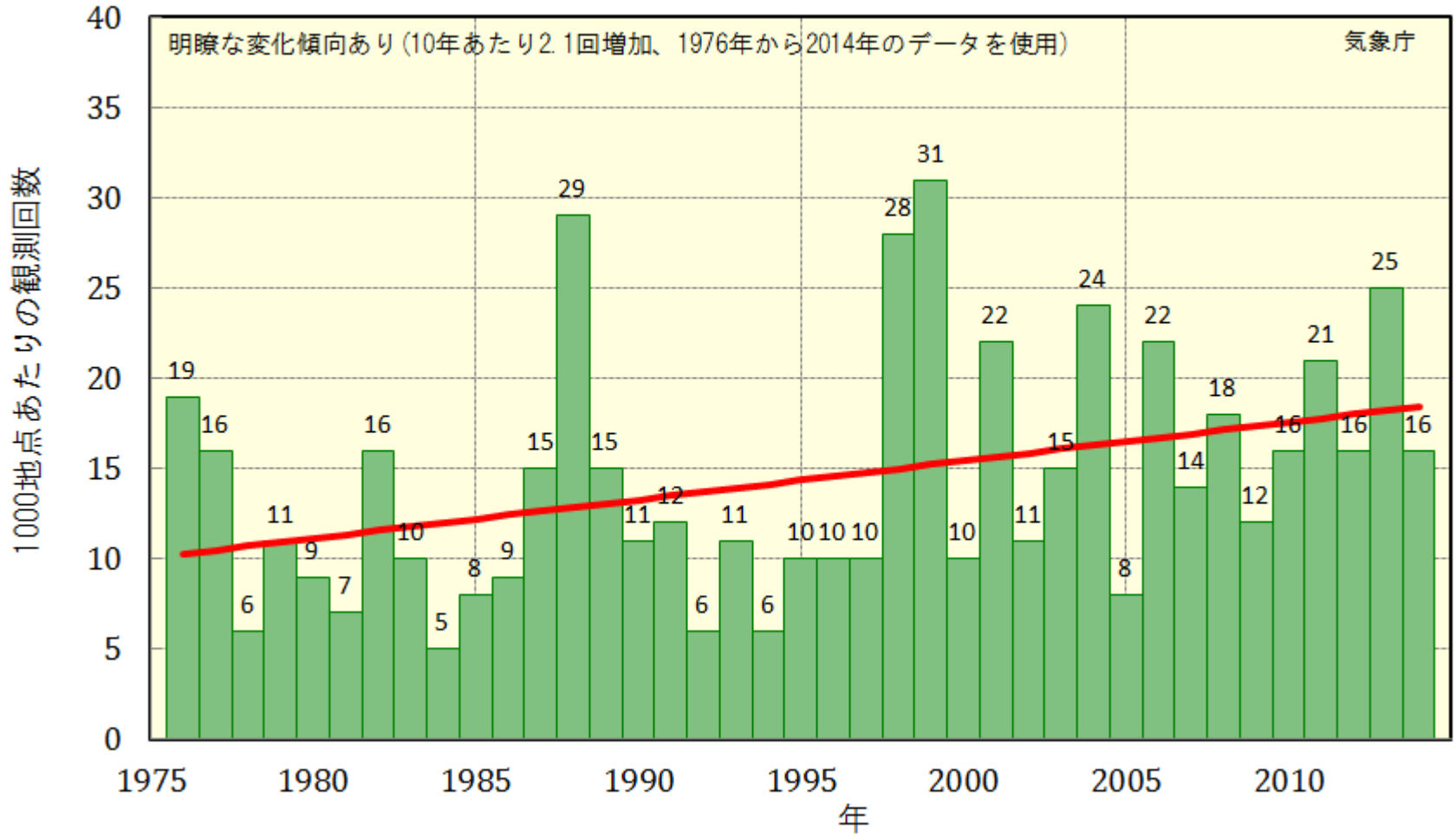
細線(黒):各年の平均気温の基準値からの偏差、太線(青):偏差の5年移動平均値、直線(赤):長期変化傾向。基準値は1991~2020年の30年平均値。日本の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には100年あたり1.26°Cの割合で上昇しています。特に1990年代以降、高温となる年が頻出しています。出典:気象庁HP 日本の年平均気温の偏差の経年変化(1898~2020年)

地球温暖化の結果起こることが予想されるもの

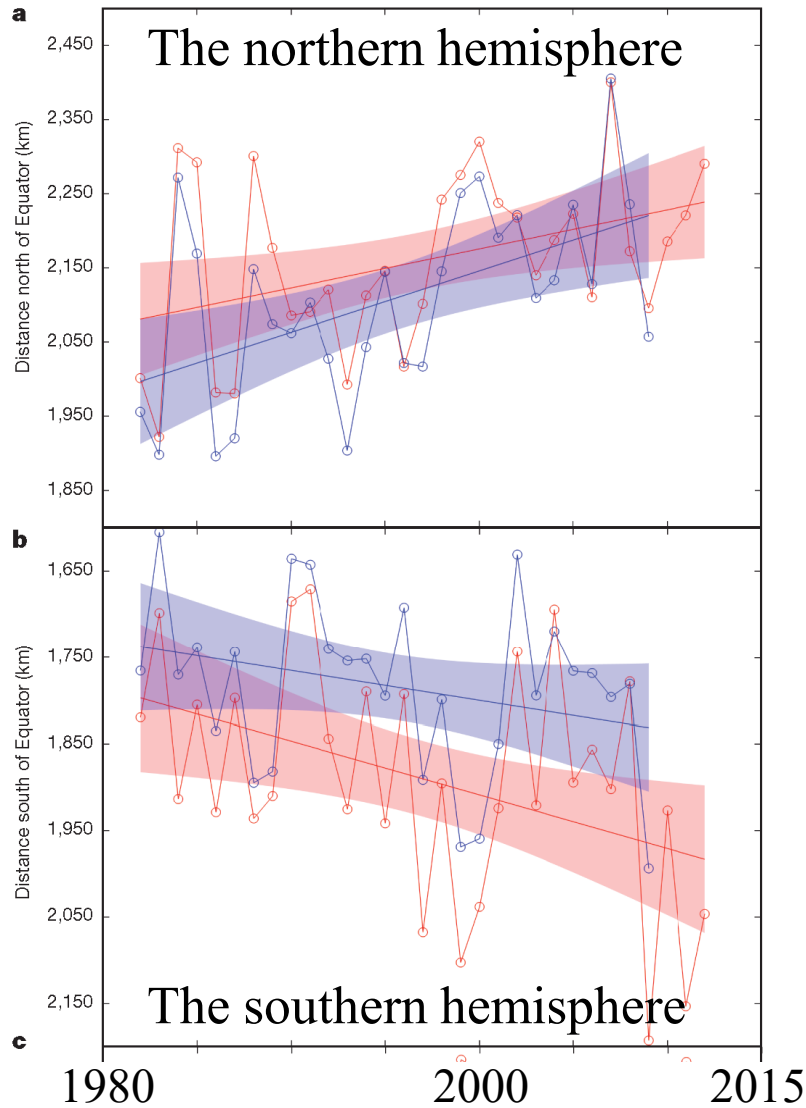
- ◆地球全体・各地域の気温の上昇
- ◆水蒸気量の増加
- ◆極端現象(豪雨・干ばつ・台風など)の増加
- ◆局地的豪雨の増加
- ◆台風の強化、竜巻の増加
- ◆海面水温・海水温の上昇
- ◆海面の上昇と低地の減少（海面上昇は地球全体で一様でなく局所的に高くなる。）
- ◆海洋の酸性化とそれに伴う海洋生物の変化
- ◆海氷、氷床、氷河、永久凍土の減少
- ◆植生、生態系の変化
- ◆熱帯性病原体の中緯度への侵入

アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について

[アメダス]1時間降水量80ミリ以上の年間観測回数

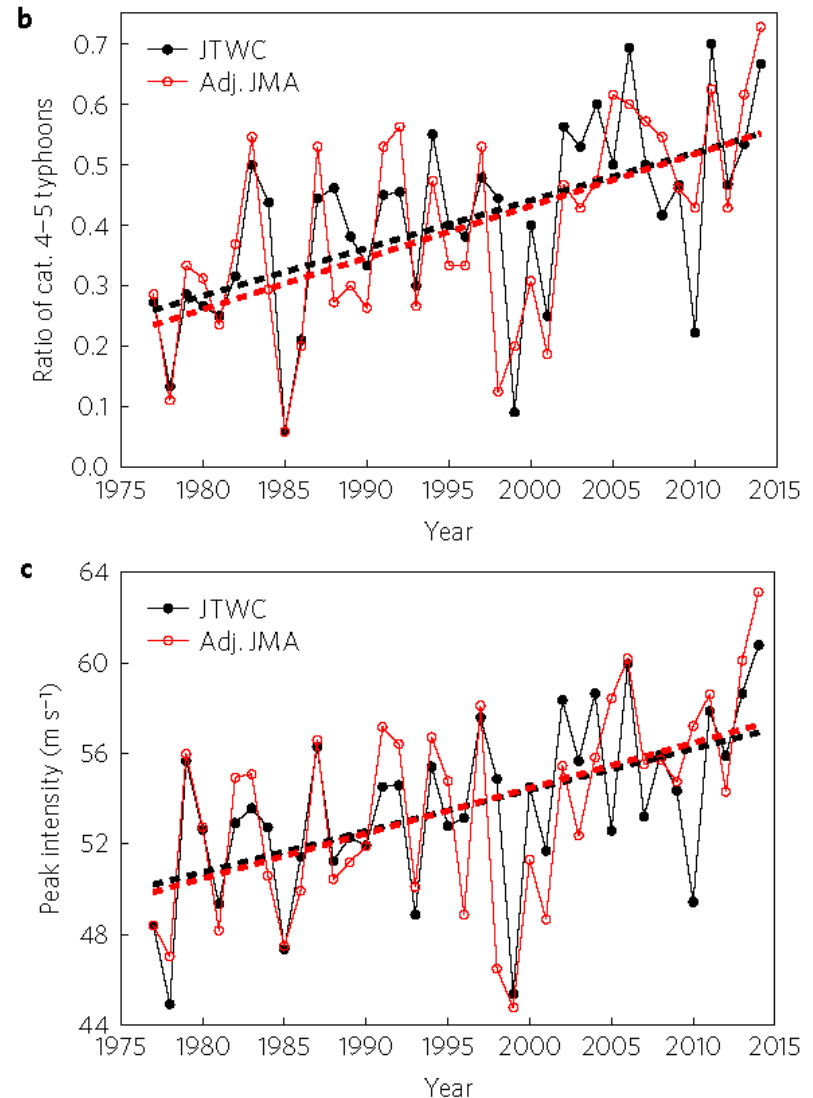


台風の生涯における最大強度をとる位置が北上している



Kossin et al. (2014), *Nature*

台風の強度が増大している



Mei and Xie (2016), *Nature Geoscience*

過去40年で太平洋側に接近する台風が増えている

- 太平洋側の地域に接近する台風が増えている。
- これらの接近する台風については、強度がより強くなっている。
- さらにこれらの台風の移動速度が遅くなっている。

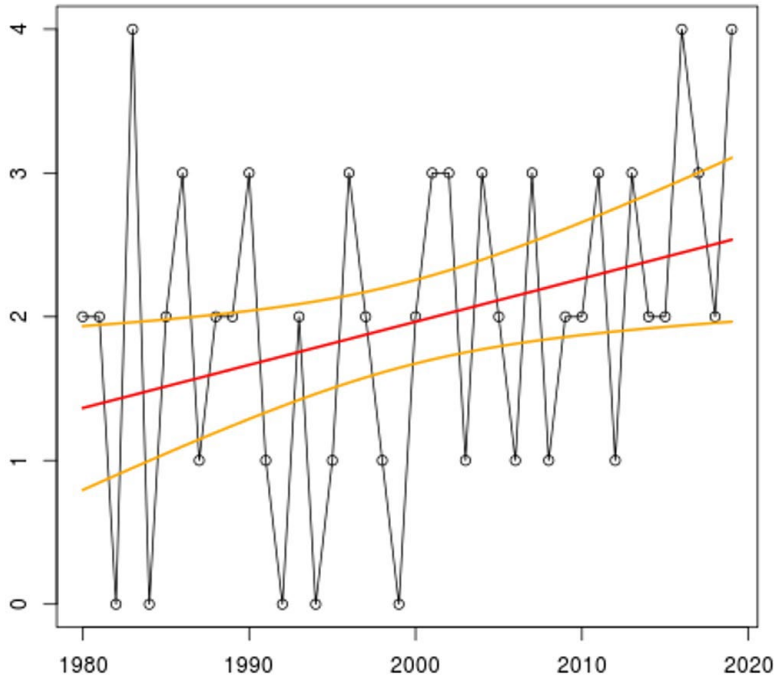


図1. 東京に接近した台風の数を経年変化。横軸は年、縦軸は各年の接近数。赤線は回帰直線、橙線は95%信頼区間を表している。増加傾向は統計的に有意である。

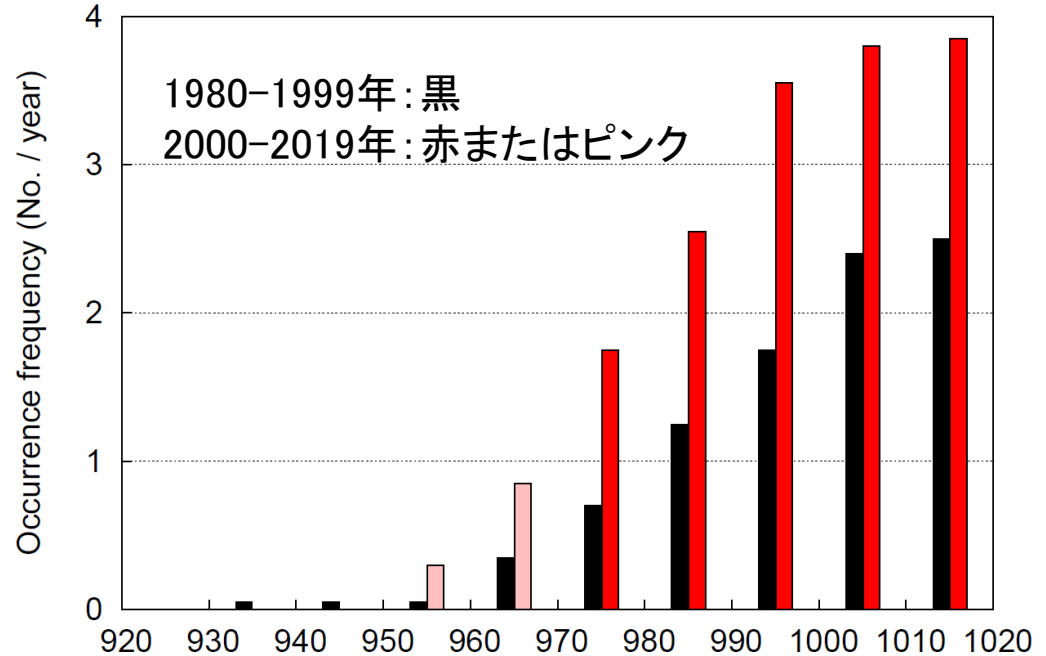
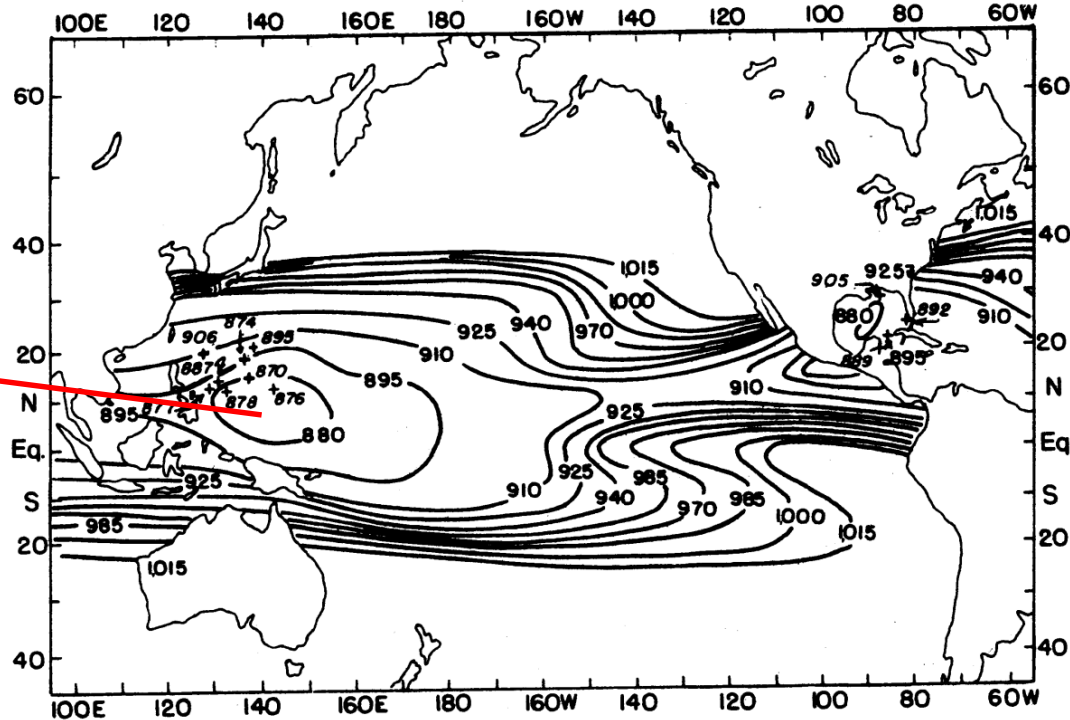
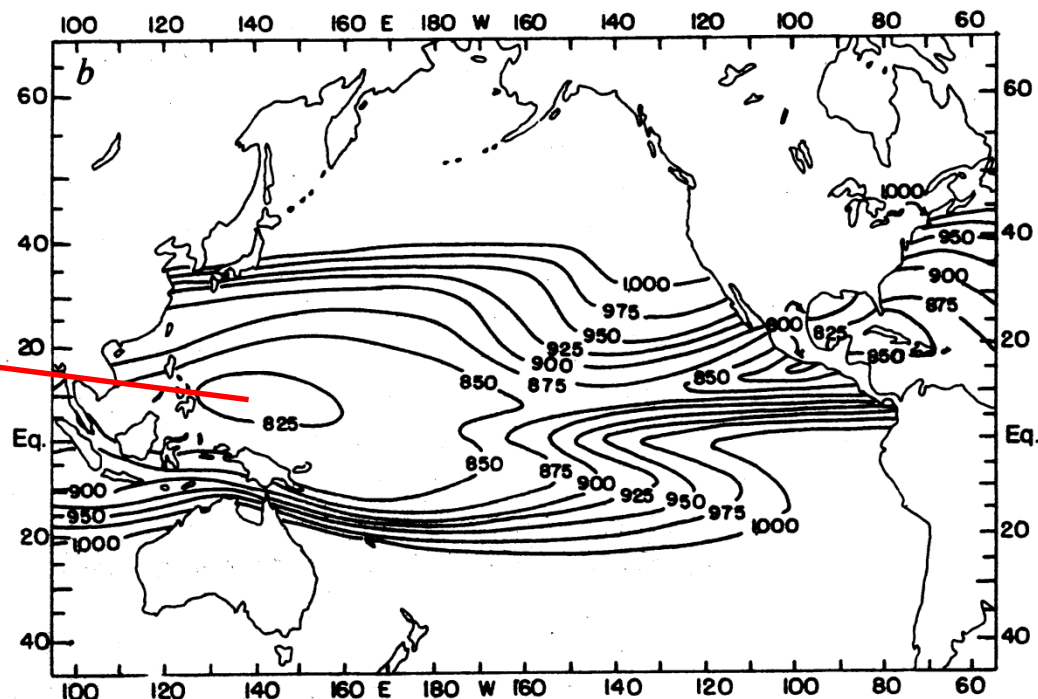


図2. 台風が東京に接近した時の中心気圧の累積頻度分布。1980-1999年が黒、2000-2019年が赤またはピンク。赤は差が有意水準5%で有意であることを示す。



現在気候における
台風の到達可能最低
中心気圧 (MPI)

880 hPa

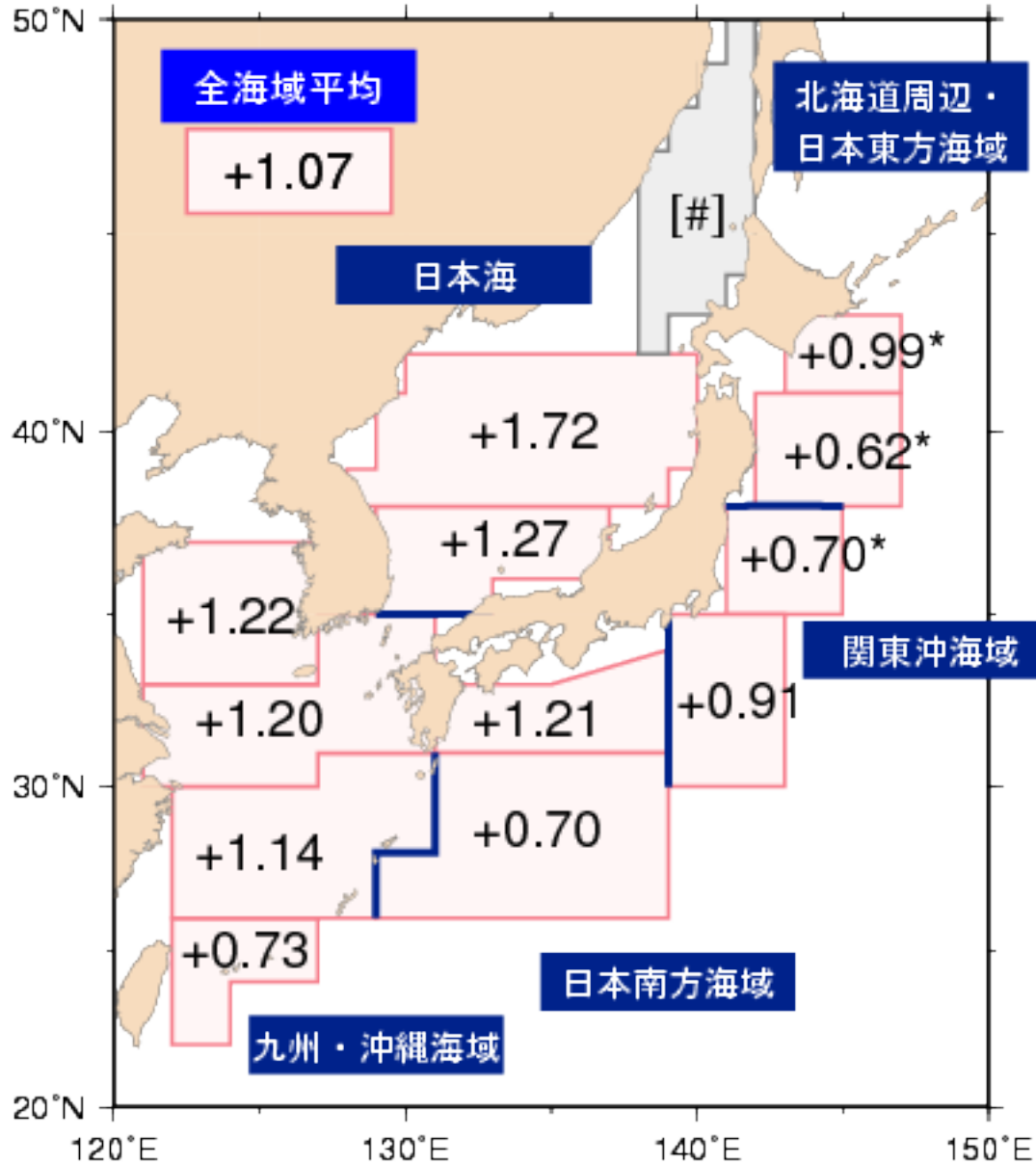


二酸化炭素が2
倍になった気候
における台風の
到達可能最低
中心気圧

825 hPa

Emanuel, 1985

海面水温の長期変化傾向(日本近海)

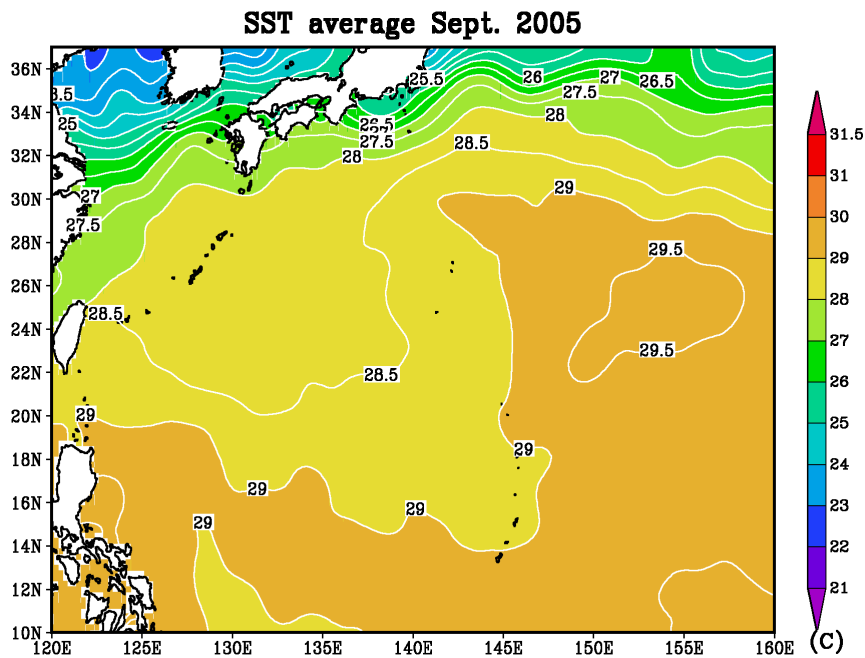


日本近海における、2014年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温(年平均)の上昇率は、 $+1.07^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ です。この上昇率は、世界全体で平均した海面水温の上昇率($+0.51^{\circ}\text{C}/100\text{年}$)よりも大きな値である。

海域別にみると、黄海、東シナ海、日本海南西部、四国・東海沖では日本の気温の上昇率($+1.14^{\circ}\text{C}/100\text{年}$)と同程度となっており、釧路沖、三陸沖、関東沖海域、沖縄の東および先島諸島周辺では日本の気温の上昇率よりも小さく、日本海中部では日本の気温の上昇率よりも大きくなっている。

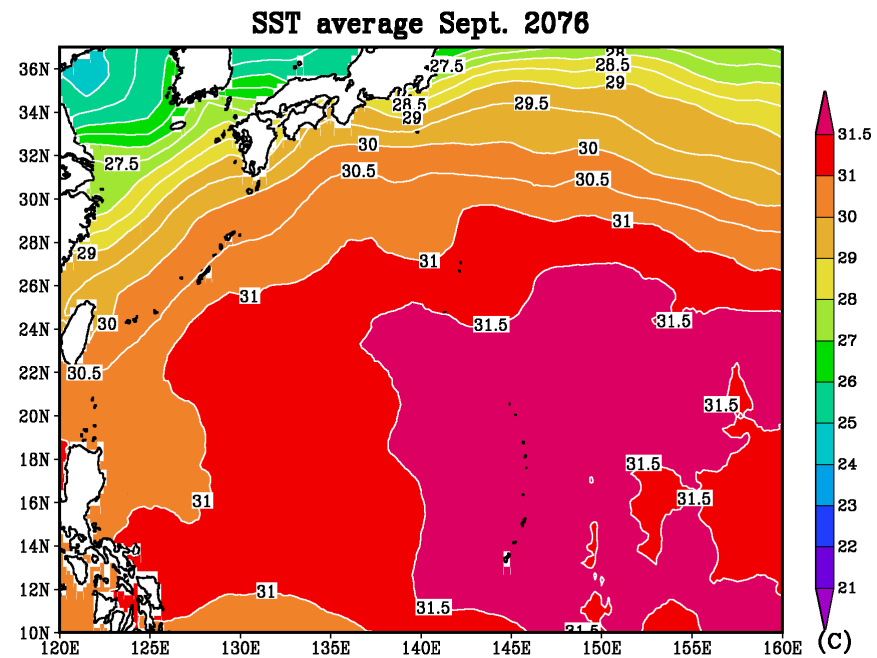
9月の平均海面水温 現在の気候(2005年)の観測値と今世紀後半の気候 (2076年)の予測値の比較

2005年9月の平均海面水温



現在気候の海面水温(観測値)

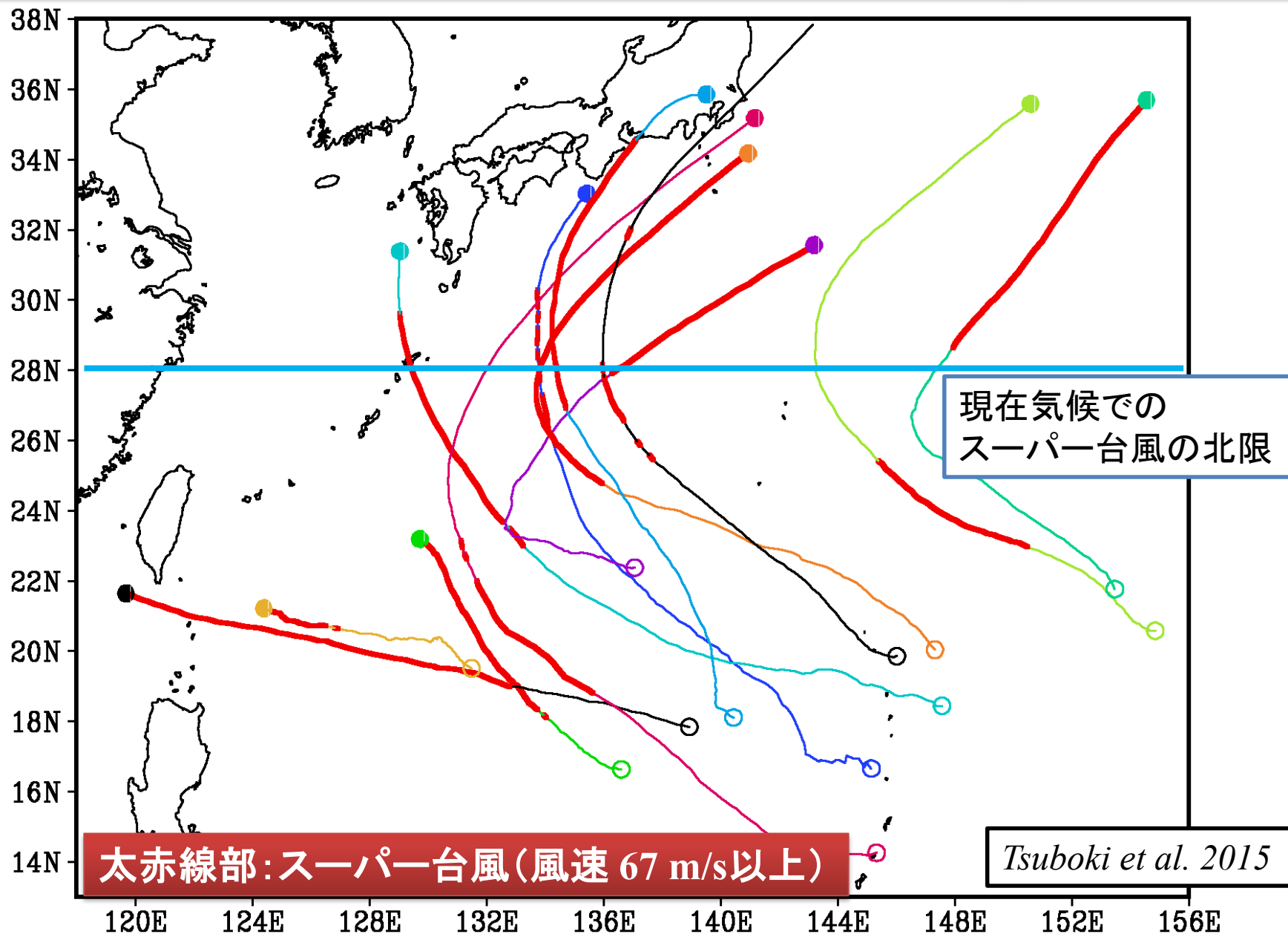
2076年9月の平均海面水温



今世紀後半の海面水温(予測値)

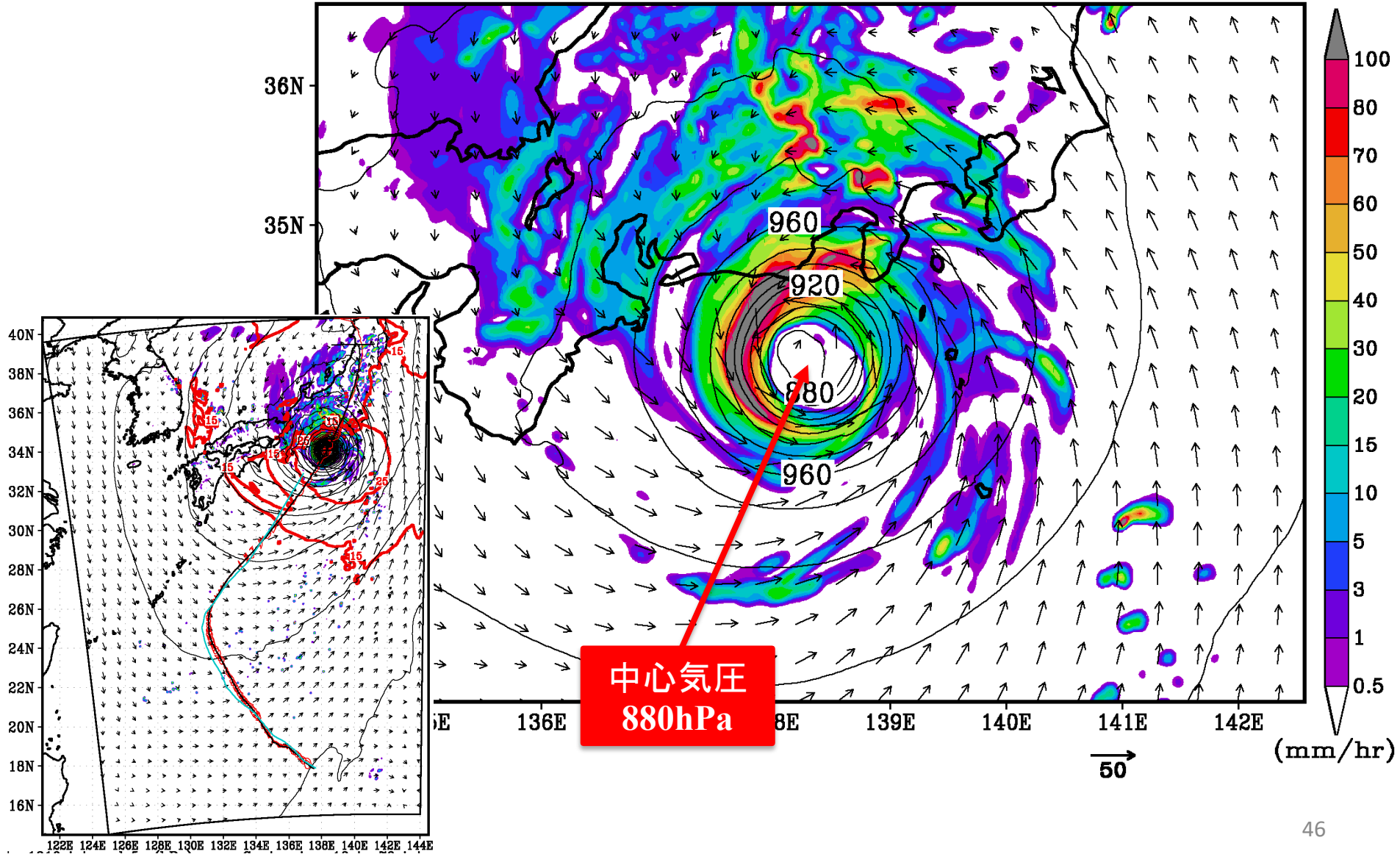
現在の気候に比べて今世紀後半の北太平洋西部の海面水温は、2~2.5度程度上昇すると予測される。

今世紀末の温暖化気候で発生したスーパー台風のトラック



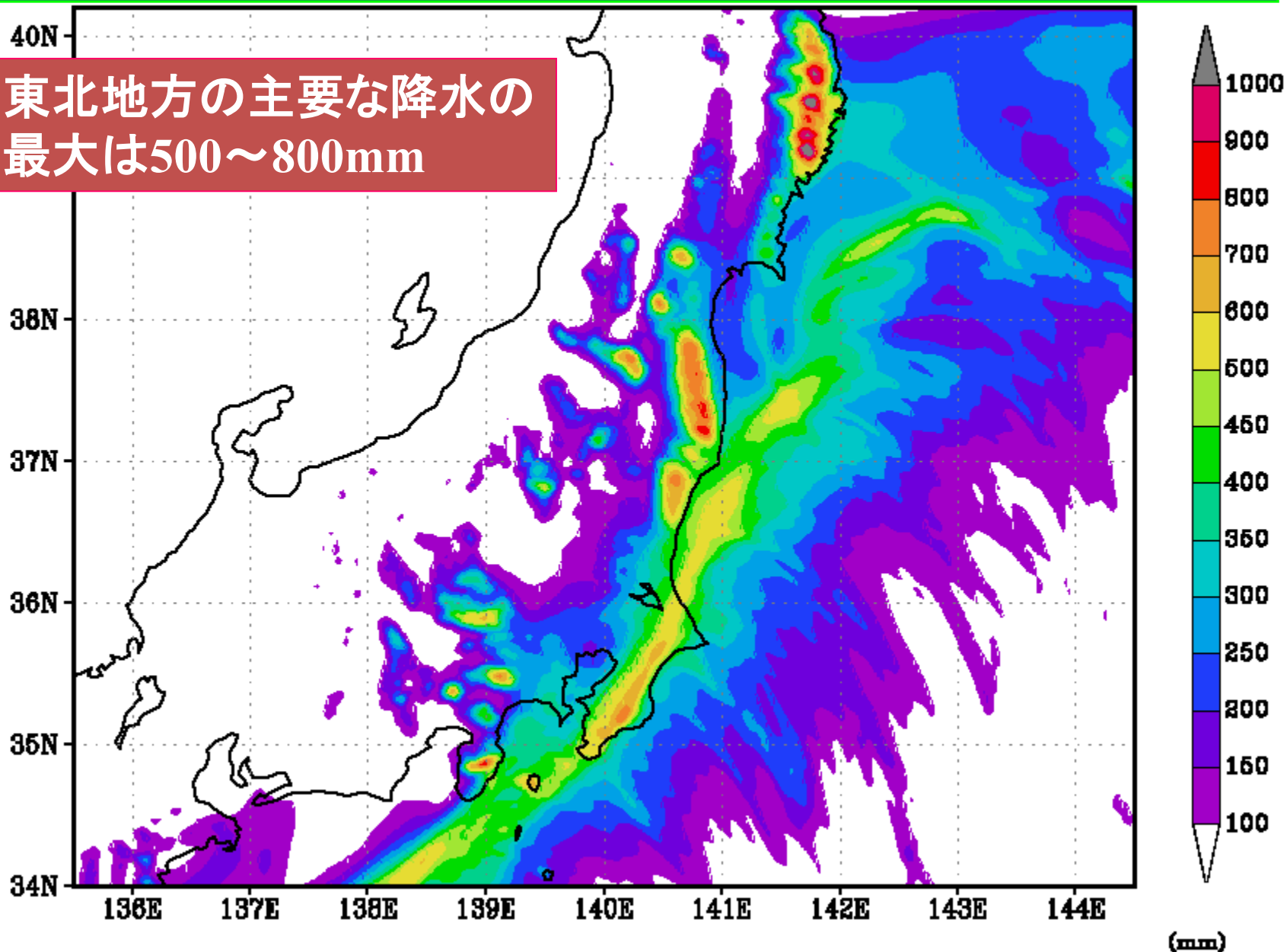
温暖化気候において、スーパー台風の強度を維持して日本に上陸する台風（後期実験の一事例）

12:00Z 16SEP2076



GCM温暖化気候の台風のCReSS実験: 台風SF0508による総降水量(mm)

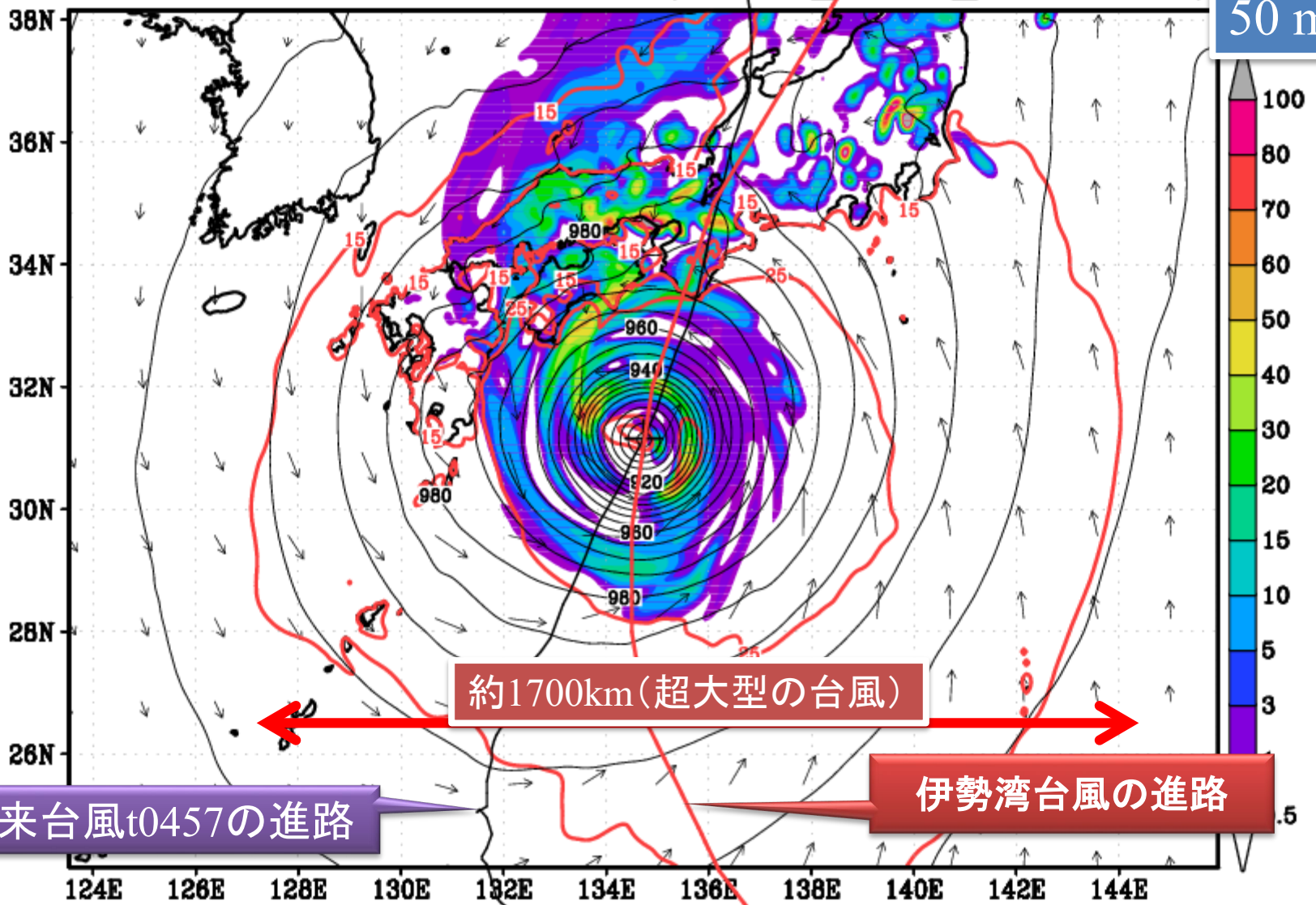
東北地方の主要な降水の
最大は500~800mm



温暖化気候で発生した超大型の台風：伊勢湾台風とほぼ同じ上陸地点

03:00Z 16SEP2076 RR, SLP (sfa001_t0457_2076v342e)

895hPa
50 m/s



約1700km(超大型の台風)

将来台風t0457の進路

伊勢湾台風の進路

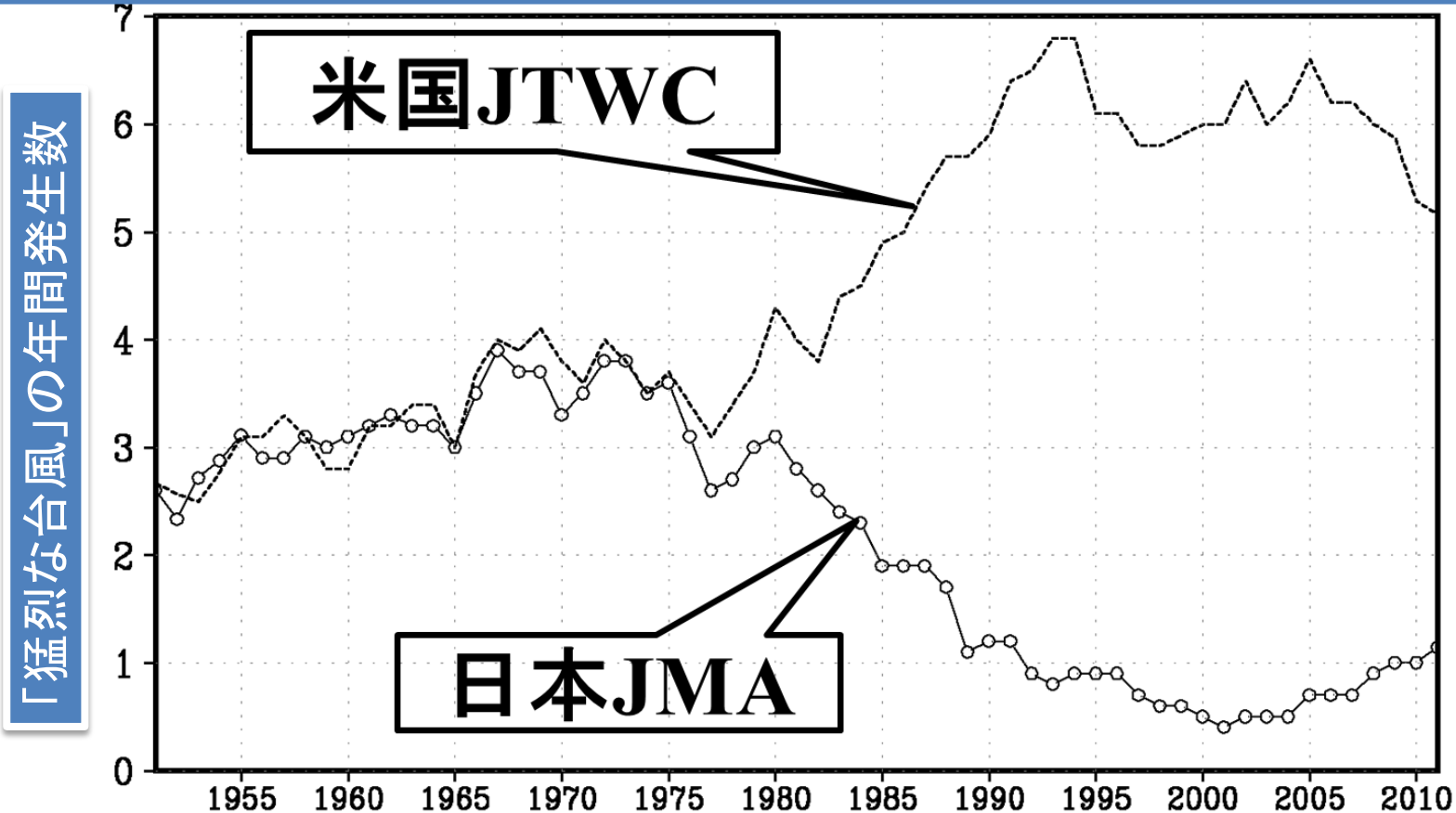
Contouring: 895 to 1005 interval 5 (hPa)

Contouring: 5 to 50 interval 5 (m/s)

(mm/hr)

問題点その1: 台風の強度推定値(ベスト・トラック)の不確実性の増大

- ◆ とりわけ非常に強い台風の強度データには、1987年の米軍の台風の航空機観測終了後、強度推定値に不確実性が増大しているように見える。
- ◆ 気象庁の「猛烈な台風」(10分平均値で 54 m/s 以上)の年間の発生数は気象庁(JMA)と米国合同台風警報センター(JTWC)では、違いが増大している。



航空機による直接観測がないため、どちらがより正確かは不明。

地球上で発生する熱帯低気圧(台風やハリケーン)の分布

西部北太平洋は地球上で
最多・最強の台風発生域

台湾の台風観測



Wu et al. (2005, BAMS)

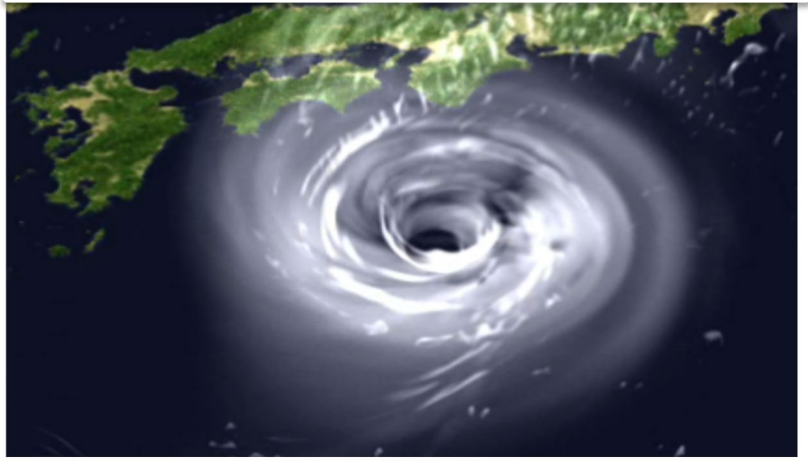


日本の観測機



米国のハリケーン観測

航空機観測と超高解像度モデルの組み合わせによる世界トップクラスの台風研究



台風の高精度予測による防災対策(下記に例)への貢献:

- タイムラインの高精度化
- 大規模避難の実現
- 台風・高潮対策の効率化

台風の航空機観測で使用するジェット機：Gulfstream IV



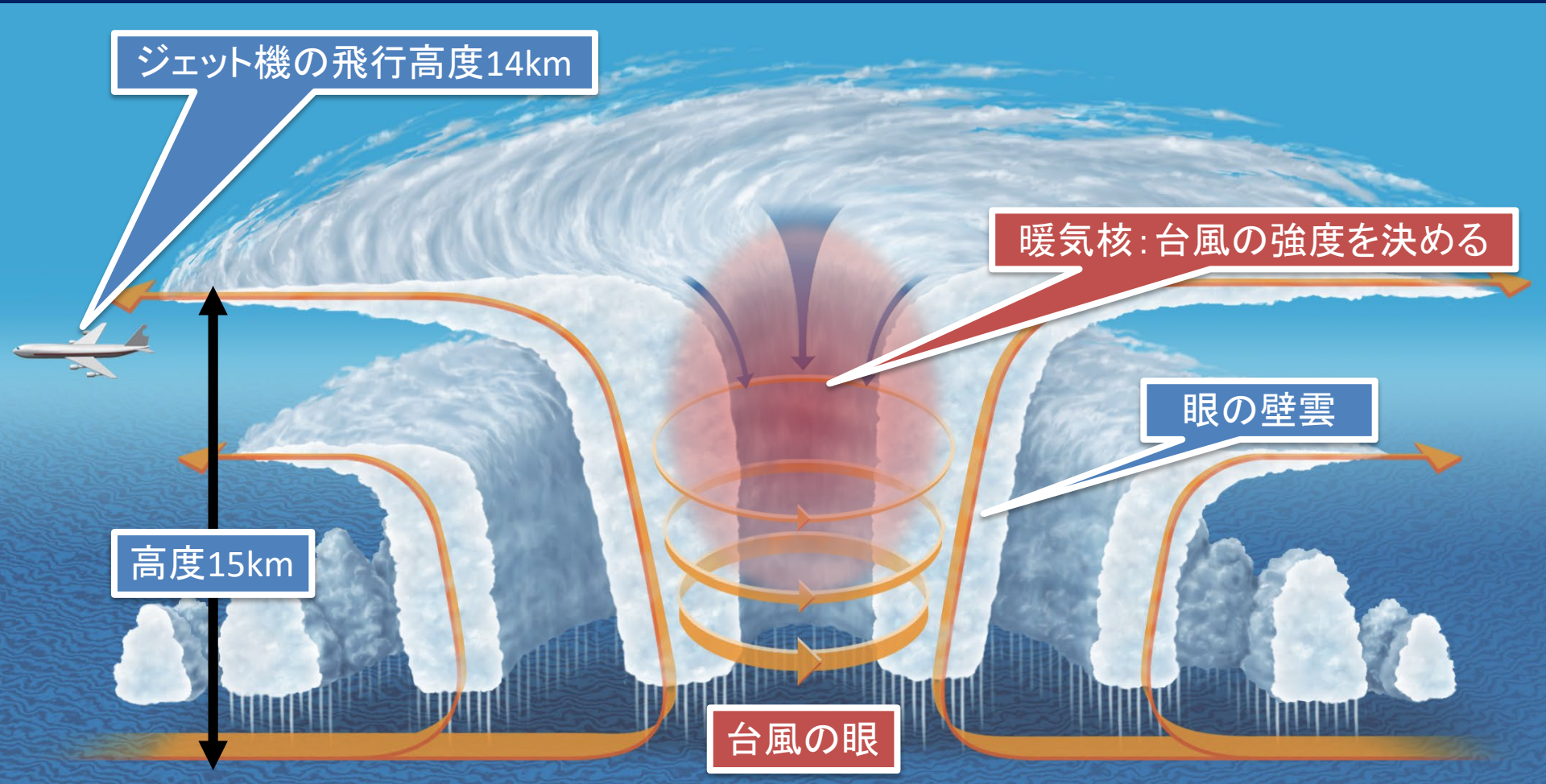


Newly developed dual two-channel receiver of dropsonde in GII
(Meisei electric Co and Nagoya University)

新しく開発したドロップゾンデ (Meisei electric Co and Nagoya University)



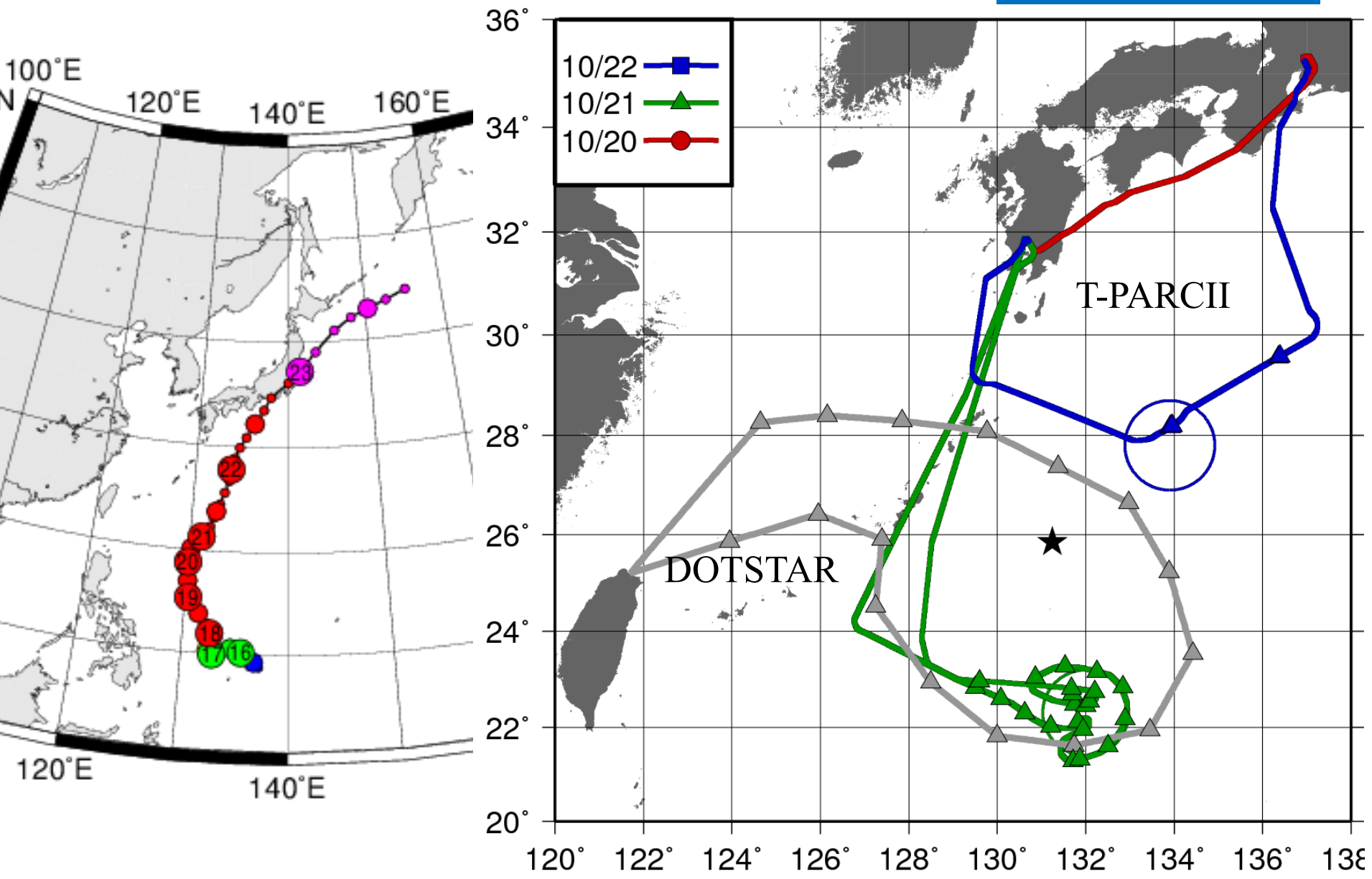
熱帯低気圧(台風・ハリケーン)の模式図



出典:わかる! 取り組む! 災害と防災4, 豪雨・台風, 帝国書院, 2017年

Typhoon Lan (2017)

October 2017



航空機観測：ジェット機のキャビンの中での作業の様子



TEST

UNIVERSAL

- DIM +

65.6 NM
0:09 ETE
AB/BL

28
FL

6

FMS1

眼の壁雲

50

50

RANGE
100

-2.00° VAR

WX/FLT

TCAS

NAV

426 KTS

MENU

SEL

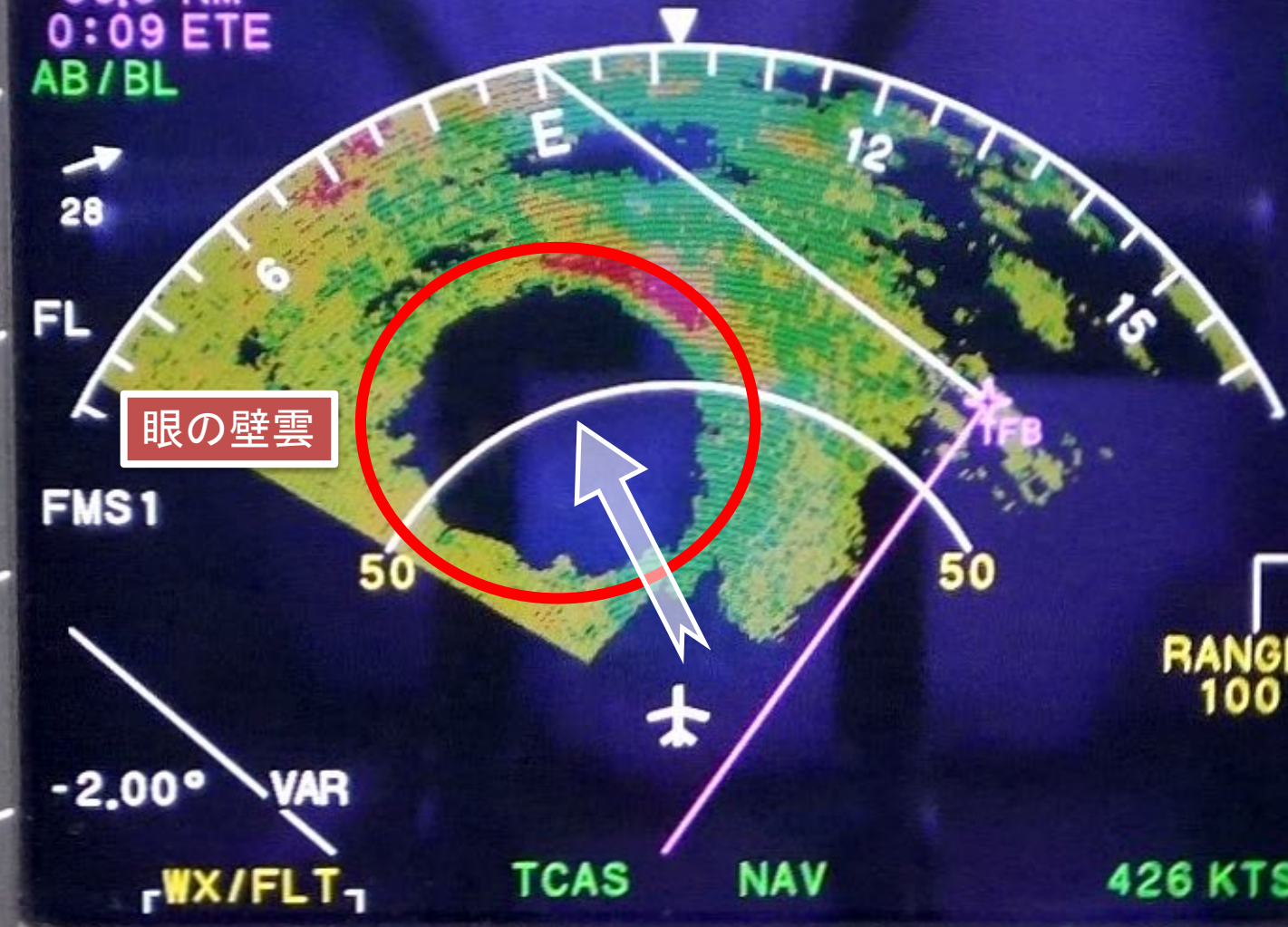
▲

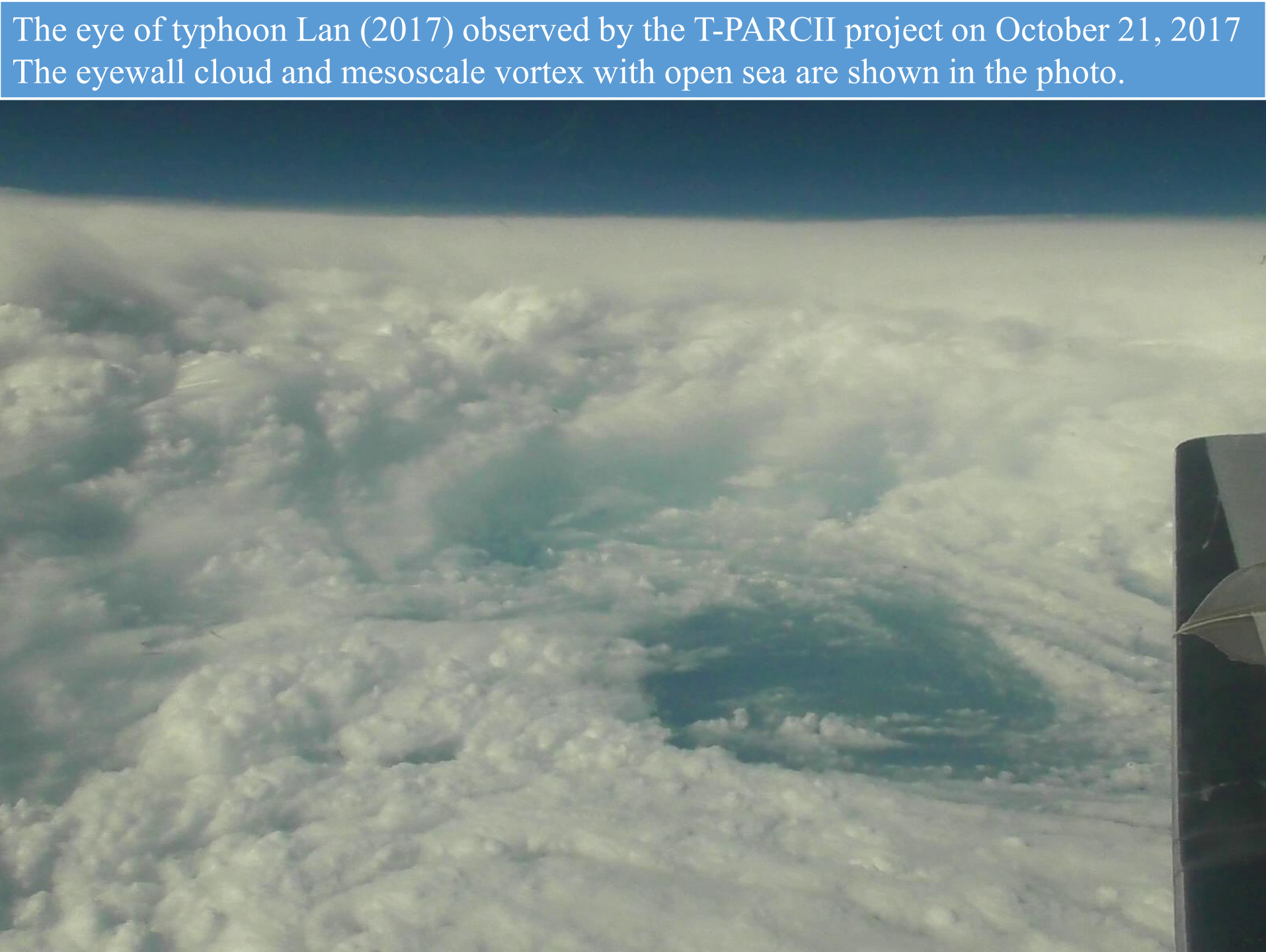
▼

WX

TERR

Courtesy of Professor H. Yamada of University of Ryukyus

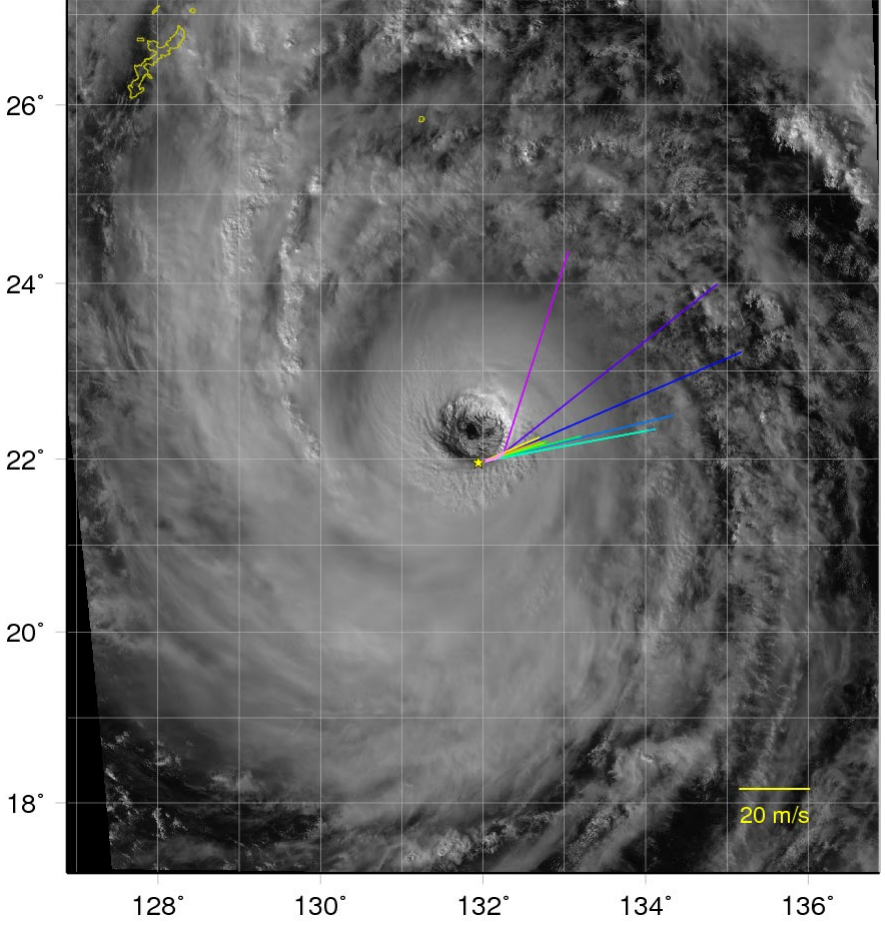




Dropsonde soundings from the aircraft in the surroundings of the eyewall

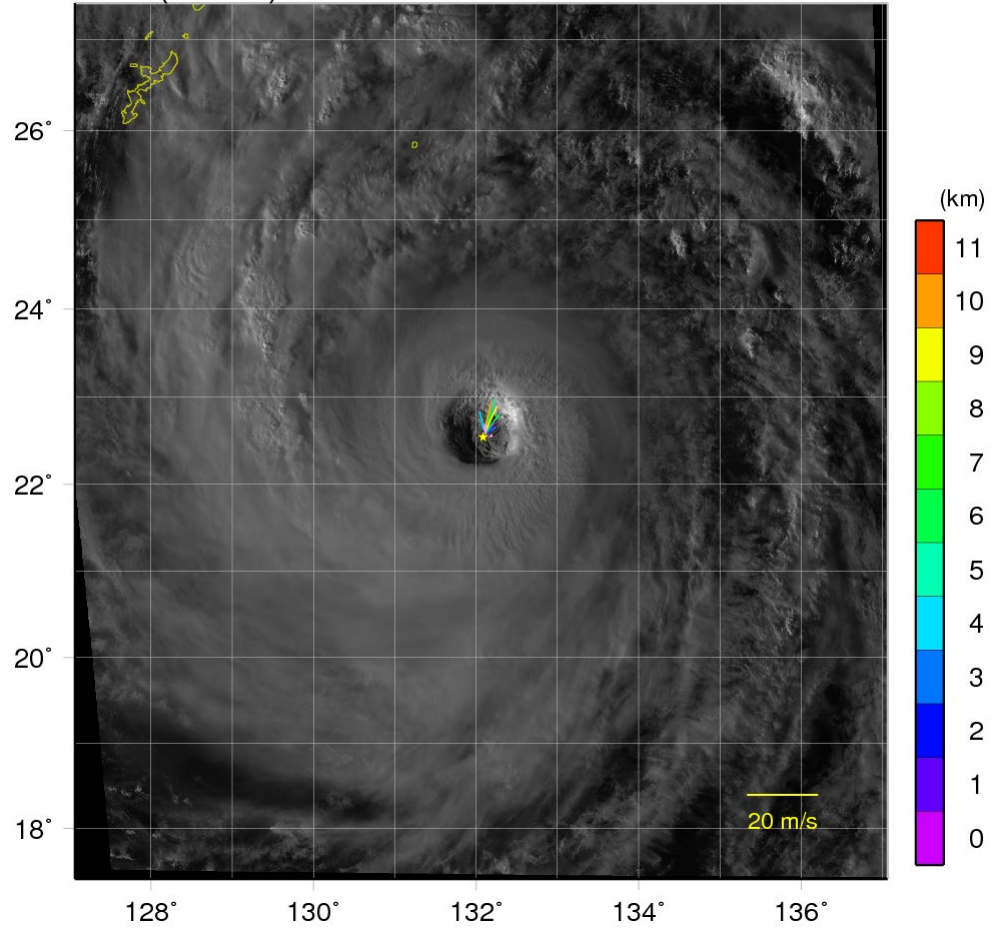
OBSERVATION: 5:35:31 – 5:49:18

LAN(T1721) 915 hPa 05:35:00 UTC 21 OCT 2017



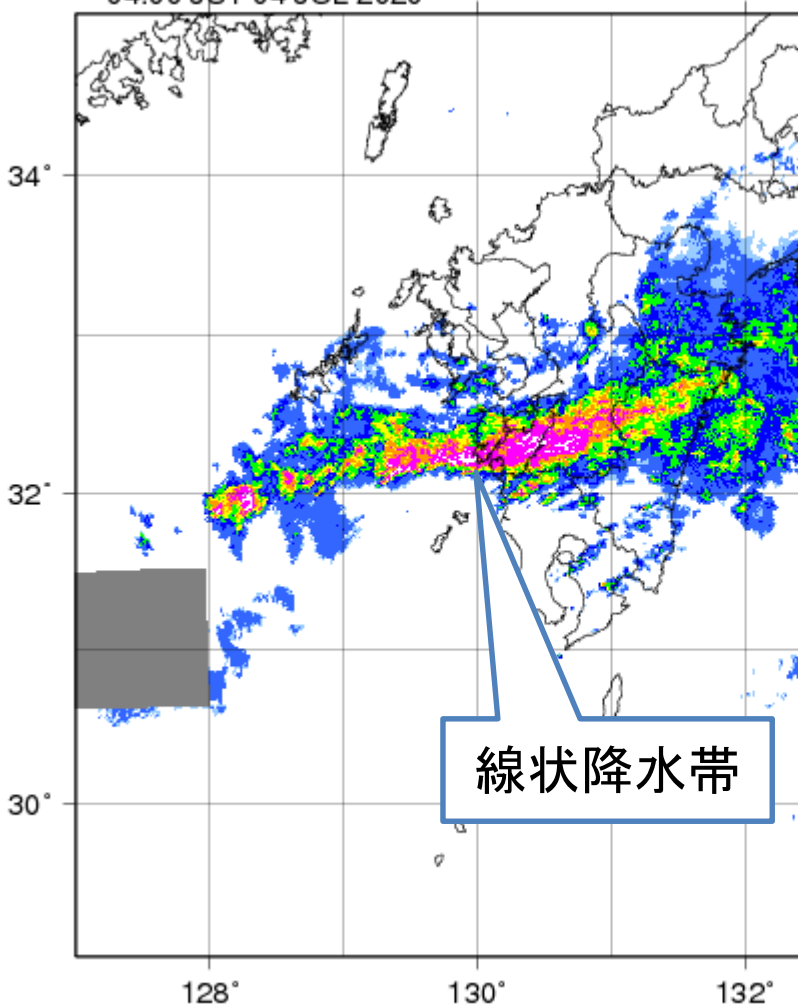
OBSERVATION: 6:39:42 – 6:52:40

LAN(T1721) 915 hPa 06:40:00 UTC 21 OCT 2017



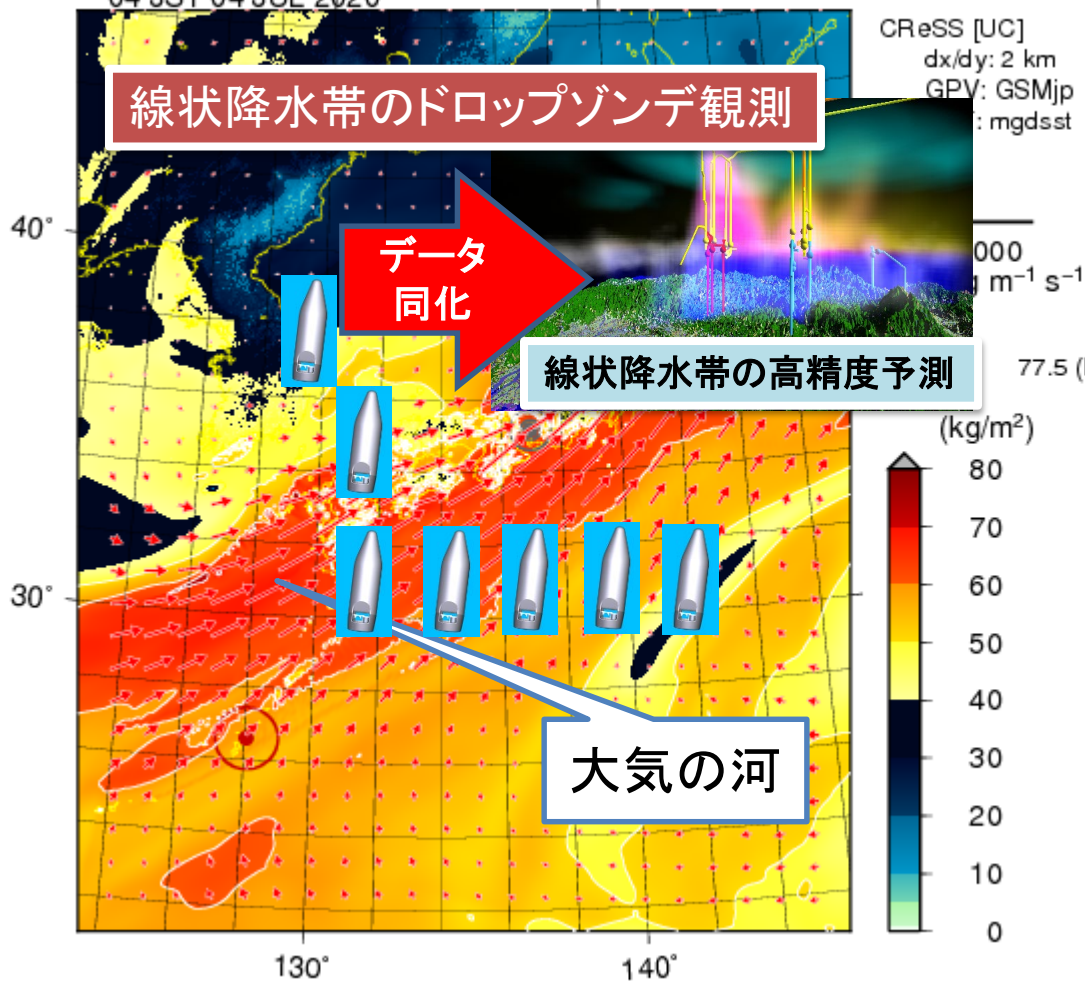
2020年7月4日熊本の豪雨をもたらした線状降水帯

JMA-RADAR
04:00 JST 04 JUL 2020



気象庁レーダによる降水分布

INTEGRATED MIXING RATIO AND WATER VAPOR FLUX
04 JST 04 JUL 2020



鉛直積算水蒸気量の分布とその流れ

成層圏



成層圏無人機から
ドロップゾンデ

Sunglider Overview

| | |
|-----------------|---------------|
| Wingspan | : 78 [meters] |
| Payload Weight | : 75 [kg] |
| Cruise Speed | : 110 [km/h] |
| Cruise Altitude | : 20,000 [m] |

対流圏

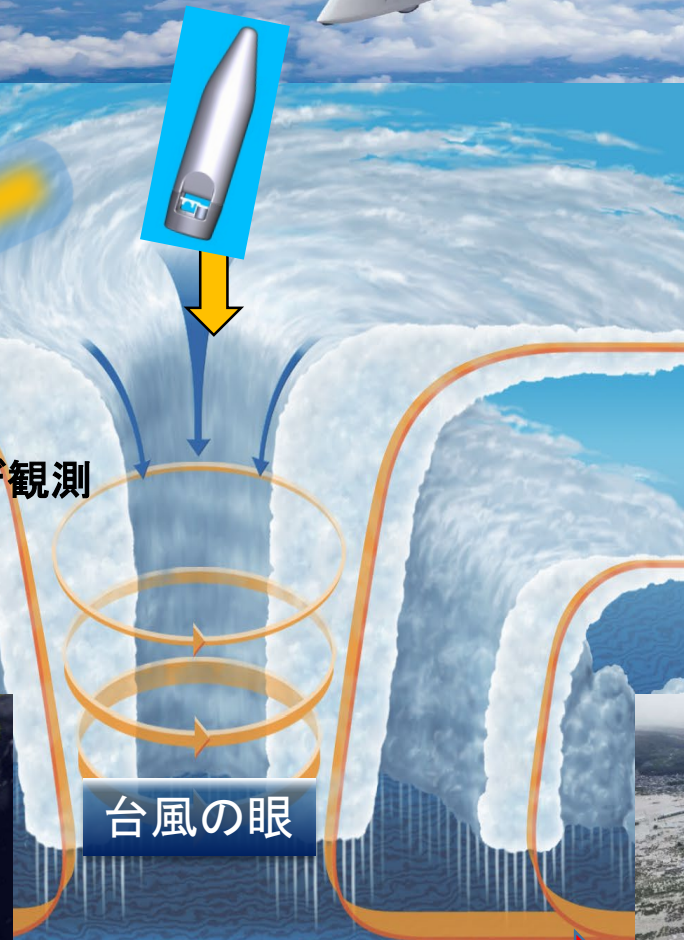
航空機雲レーダ観測



ドロップゾンデ観測



データ同化



台風の眼

夢の続き

台風の常時監視と高精度予測が可能になった先には、**台風の人工制御**により台風災害の積極的軽減が可能になるかも知れない

防災情報による減災

高解像度モデル台風予測



TYPHOON SHOT

が提案する2050年の社会

「台風は人類にとっての**脅威**ではなく、エネルギーをもたらす**恵み**へと変貌している」

何もしない未来

台風ショット計画を実現した未来

脅威

気候変動
→激甚化

恵み

自然エネルギー
→脱炭素社会

2050

災害大国日本

エネルギー大国日本

台風ショット計画

パラダイムシフト

ターゲット

1

無人航空機による
人工制御法の開発

2

無人船舶による
台風発電技術の開発

➢ 無人航空機からインパクト
物質を投下し、台風を減勢

➢ 台風の強風を動力に移動し
ながらadaptiveに発電・蓄電



社会的意義

自然と共生できる
「安心な生活への貢献」

再生可能エネルギー活用による
「脱炭素社会への貢献」

台風イノベーションによる
「技術大国日本の復活」

産学シームレスによる
「世界で戦える人材育成」

現在



台風の経済的被害

令和元年房総半島台風 1兆2000億円

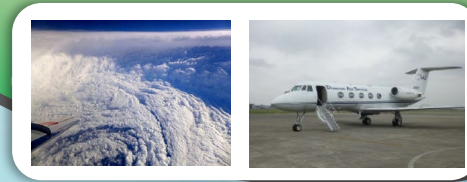
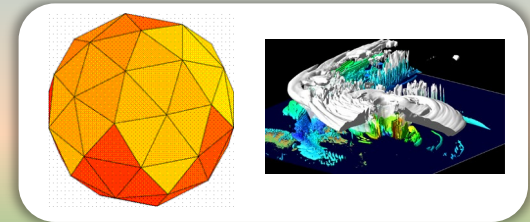
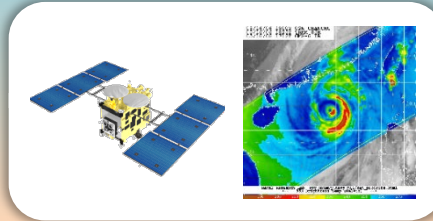
令和元年東日本台風 1兆8600億円

早川由紀夫先生提供

壁を突破する科学技術の進歩

災害対策基本法（1969年）から半世紀にわたる技術の進歩

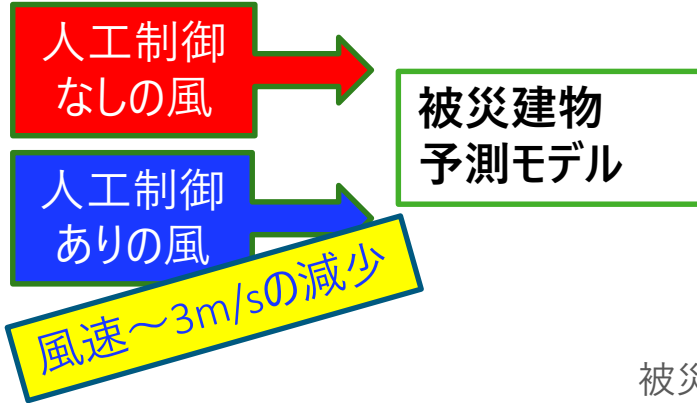
- 台風メカニズムの理解
- 超高速スーパーコンピュータ
- 高精度な台風シミュレーション
- 高度な大気観測
- データ同化技術
- 航空機観測の実施
- 人工降雨の民間参入



②実現に向けた課題や必要な科学技術

ブレイクスルー：現代の予測技術により人工制御の効果の先の影響評価も可能に！

令和元年房総半島台風
数値シミュレーション



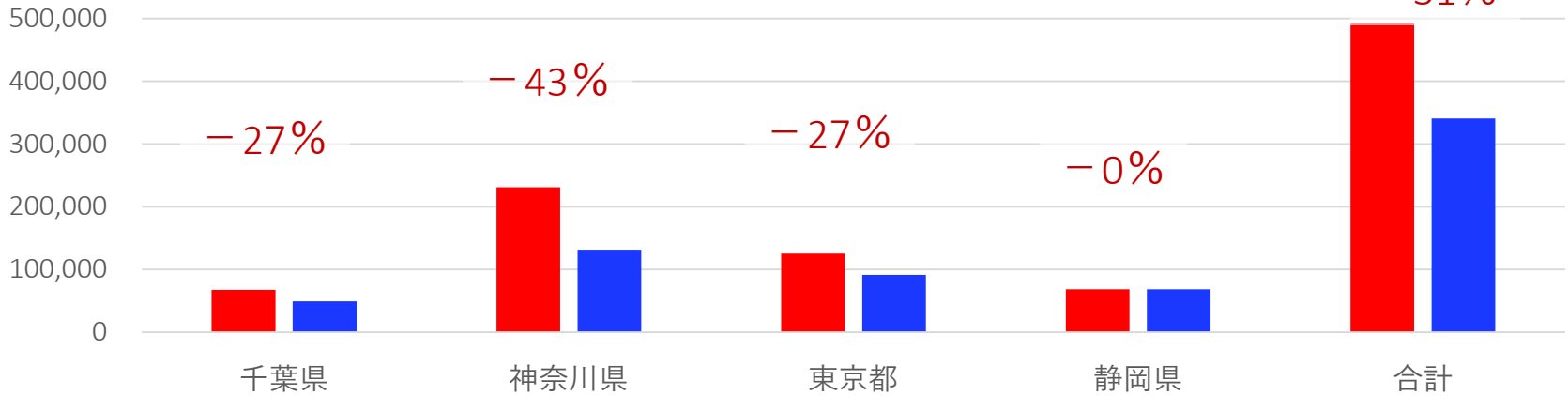
経済損失 **1兆2000億**円



経済的被害額のうち **半分** が建物被害とすれば、
その **30%の1800億**円が軽減

被災建物予

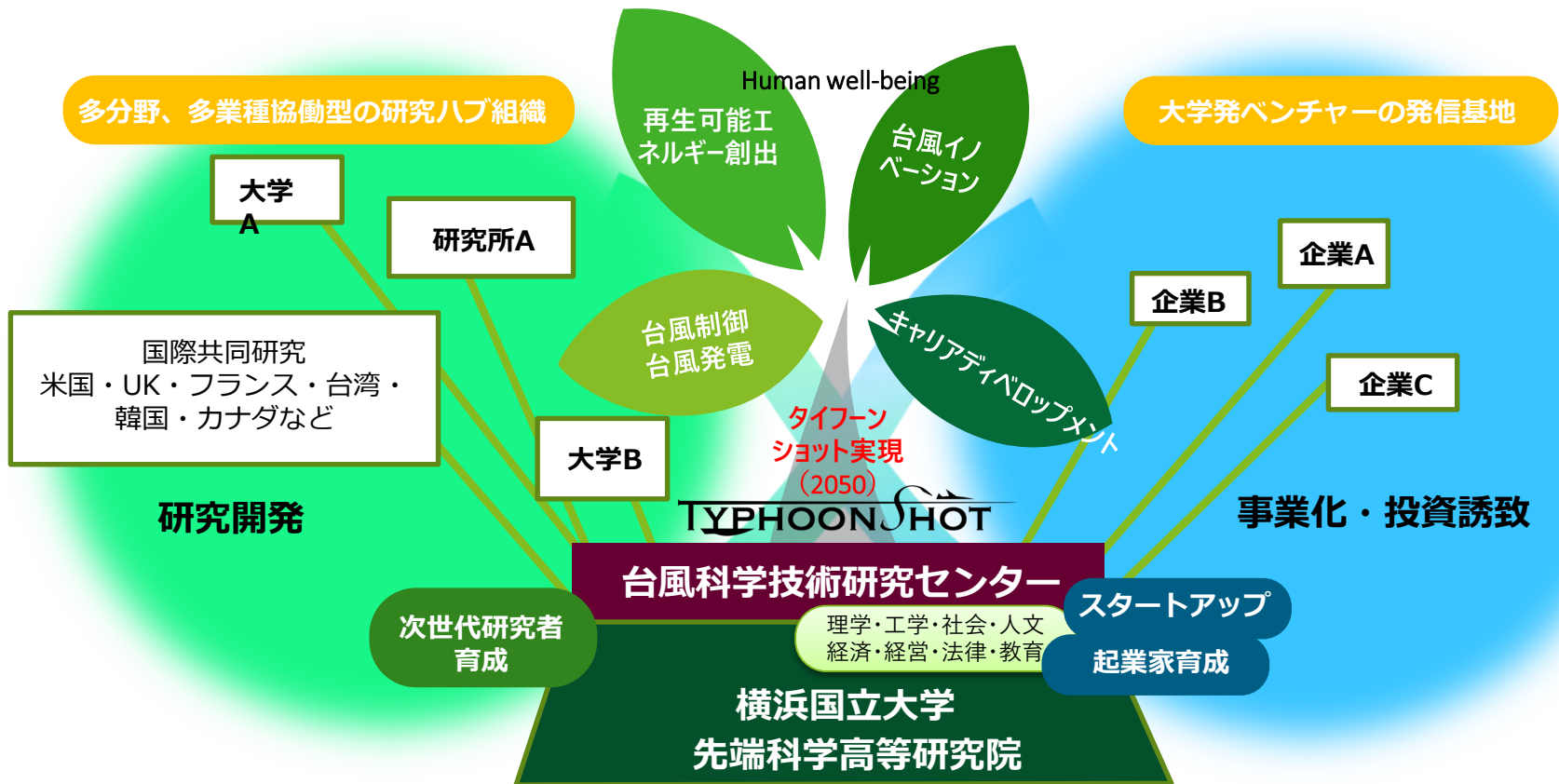
■ 制御なし ■ 制御あり



最大風速が3m/sの減少することで、建物被害は約30%も低減する！

台風科学技術研究センターの設立（2021年10月予定）

台風を総合的に研究する日本発の研究センター



まとめ

- ◆ 地球上で最も温かい海洋である西太平洋の西端に位置する日本において、**台風は気象災害の最も大きな原因**である。
- ◆ 近年、台風の最大強度が増大し、日本を含む**中緯度における台風のリスクが増大**していることが観測から示されている。
- ◆ 地球温暖化の進行は疑いの余地がなく、それに伴い、日本における**台風の災害の危険性(暴風、豪雨、高潮など)が年々増大**している。
- ◆ 地球温暖化に伴い、気温の上昇と共に大気中に含まれる**水蒸気が増加**する。それにともない**激しい積乱雲やそれに伴う豪雨、さらに強い台風が増加**する。
- ◆ 今世紀後半にかけて、温暖化の進行とともに、日本を含む中緯度で、台風や大雨などによる**災害はさらに激甚化**することが予想される。
- ◆ しかしながら、台風防災で最も重要な**台風強度の推定値には大きな誤差**があり、また、**強度予測はほとんど改善されていない**という大きな問題がある。
- ◆ これらの問題の解決には、航空機を用いた**台風の直接観測**が不可欠で、ドロップゾンデ観測を中心とした**観測プロジェクトT-PARCI**を開始。
- ◆ **2017年のスーパー台風Lan(第21号)、2018年のスーパー台風Trami(第24号)の航空機による直接観測に成功**。2021年も台風Mindulle(第16号)を観測。
- ◆ 今後もこのプロジェクトと**横浜国立大学台風科学技術研究センター**を発展させ、台風の理解、強度の高精度測定、さらに台風予報の高精度化に取り組んでいきたい。

ジェット機のキャビンから撮影した台風Mindulle(2021)の眼内部
2021年9月29日、高度45000フィート(坪木撮影)

ご清聴ありがとうございました。

坪木和久
(名古屋大学 宇宙地球環境研究所／
横浜国立大学 台風科学技術研究センター)

『激甚気象はなぜ起こる』(新潮選書)

坪木和久

【配本・発売日】5月27日発売

【造本】四六判

【ページ数】400ページ

【定価】1600円(本体価格)

【目次】

まえがき

第1章 繰り返される災いの年

第2章 なぜ日本は激甚気象が多いのか

第3章 高気圧はなぜ猛暑をもたらすのか

第4章 水蒸気をもたらす大気的不安定

第5章 豪雨はなぜ発生するのか

第6章 台風

第7章 激甚気象は予測できるか

第8章 地球温暖化と気象災害

第9章 激甚気象から命を守るために

あとがき

