

令和7年度シニアカレッジ かしの木学園

2025年6月10日(火)

10:00~11:30

加西市民会館コミセン3F小ホール

災害大国日本の台風の現在と未来



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台風Mindulleの眼内部
2021年9月29日、高度45000フィート(坪木撮影)

自己紹介：

坪木 和久（ツボキ カズヒサ）

略歴：

現職：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・教授。理学博士。専門は気象学。

- 実家は加西市窪田町にありました。
- 富田小学校、北条中学校を経て、1981年北条高校卒業（33回生）。（加西市で約18年）
- 1985年北海道大学理学部卒、同大学大学院理学研究科中退
- 日本学術振興会特別研究員（北海道大学低温科学研究所）（札幌で約9年）
- 東京大学海洋研究所助手（東京で約7年）
- 名古屋大学大気水圏科学研究所助教授、名古屋大学地球水循環研究センター助教授、准教授、教授を経て2015年より現職。（名古屋で約28年）
- 2021年より横浜国立大学教授を兼任。（横浜と往復を約4年）
- 台風や豪雨を主に研究。数値シミュレーションと共に、航空機を用いた台風の観測を行っている。
- 著書に「激甚気象はなぜ起こる」（新潮選書）、「天気のからくり」（新潮選書（令和7年6月出版予定））。

『激甚気象はなぜ起こる』(新潮選書)2020年5月出版



『天気のからくり』(新潮選書)2025年6月出版予定



「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』（自然のゆらぎ）である。」

「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を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



台風は大気中に発生する最強の擾乱で、暴風と豪雨を伴い、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 (2025年3月末現在)

順位	災害名	地域	年月	(億円)
1	平成30年 台風21号	近畿地方	2018年9月	10,678
2	令和元年 台風19号	東日本	2019年10月	5,826
3	平成3年 台風19号	全国	1991年9月	5,680
4	令和元年 台風15号	関東地方	2019年9月	4,656
5	平成16年 台風18号	全国	2004年9月	3,874
6	平成26年2月雪害	関東中心	2014年2月	3,224
7	平成11年 台風18号	熊本・山口他	1999年9月	3,147
8	平成30年 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	平成27年 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> (2025年6月閲覧)

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。

日本の風水災害の現状



2019年台風19号による10月12日の千曲川の氾濫

日本の風水災害の将来



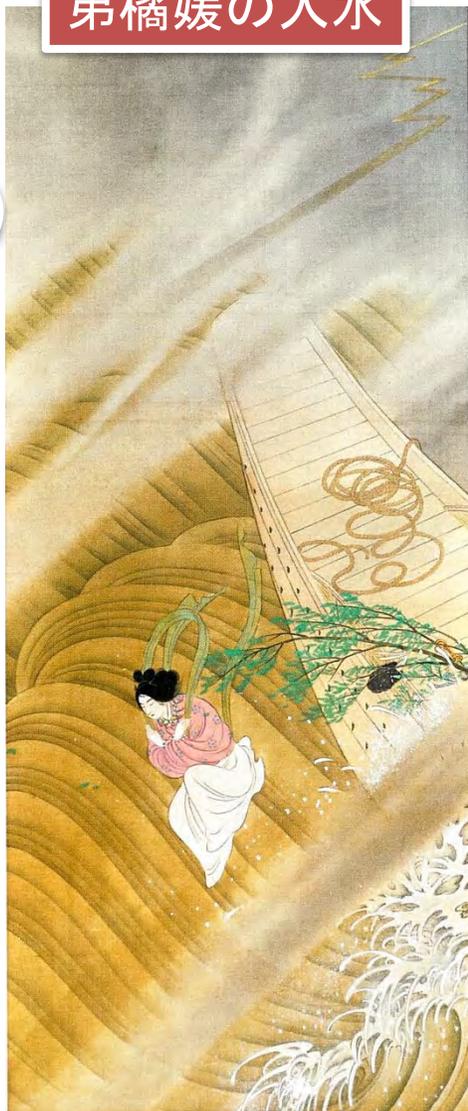
2013年11月スーパー台風ハイエンの被害

日本書紀 卷第七

「あからしまかぜ」と読みます

進相模欲往 上総望海 高言曰 是下
 渡 乃至于海中 暴風忽起 王船漂
 渡 時有德王之女 弟橘媛 神積
 之女也 智王曰 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 船得著岸 故姓

弟橘媛の入水



弟橘媛之図

一幅

昭和時代

景城筆

愛知・熱田神宮蔵

日本武尊 靈劍図



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

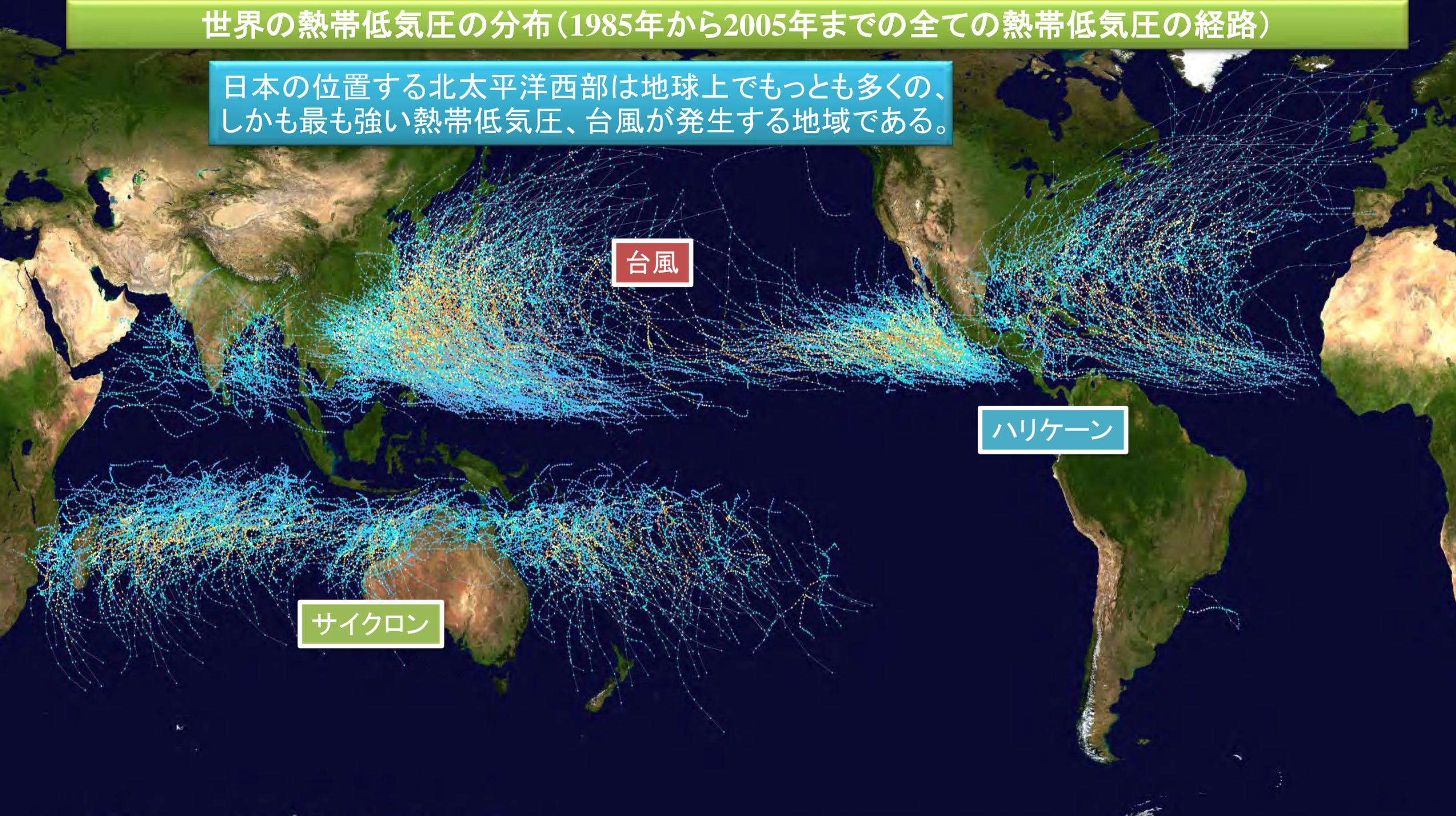
世界の熱帯低気圧の分布(1985年から2005年までの全ての熱帯低気圧の経路)

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

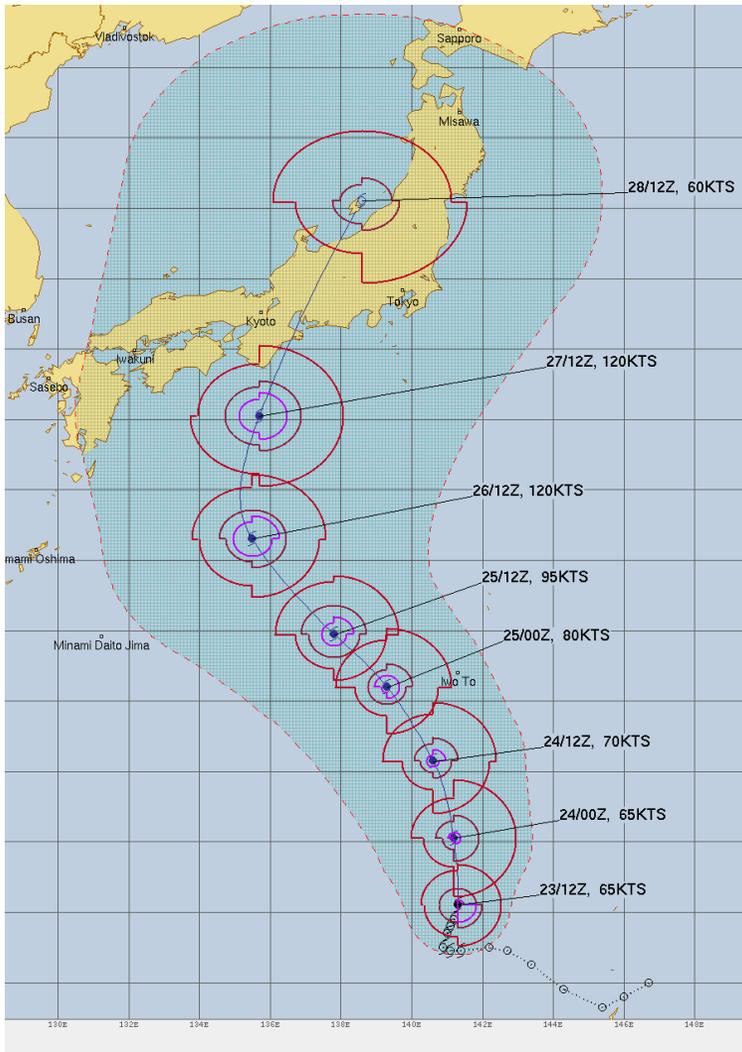
サイクロン



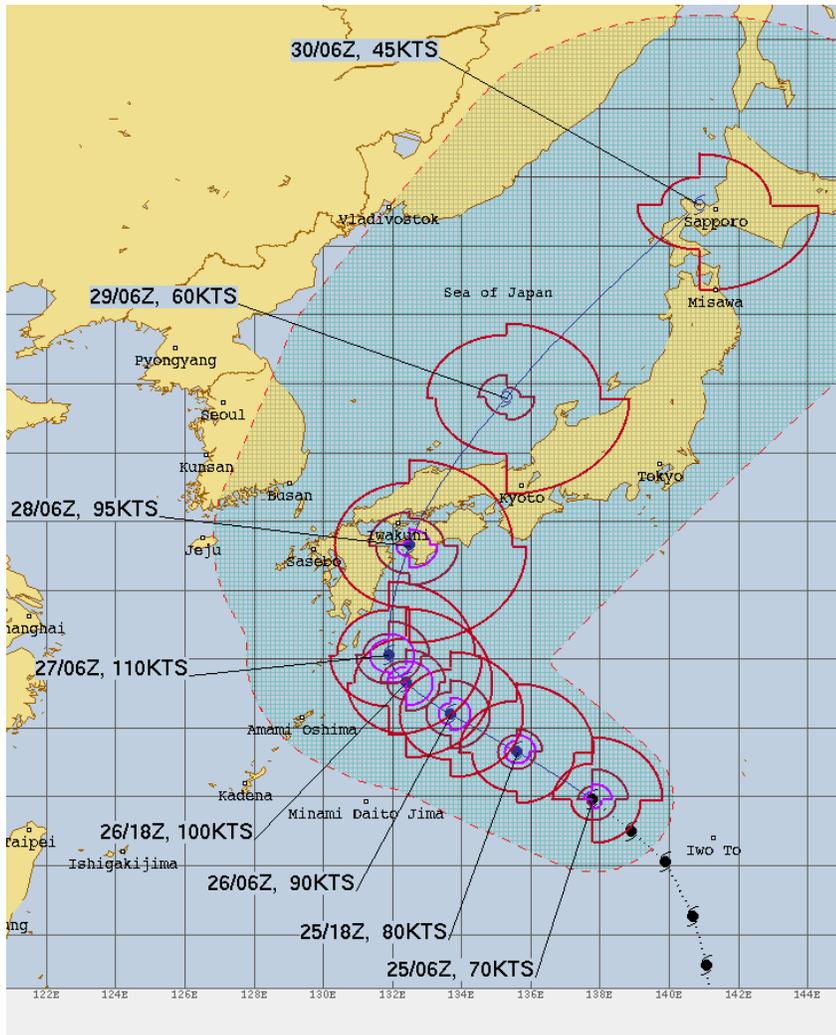
2024年台風第10号ShanShanの気象学的特徴

- 進路予測が時間とともに大きく変わった
- 北緯30度近くの高緯度で急速に発達し、上陸直前で最大強度に達した。その結果、**非常に強い勢力で九州に上陸**：2019年台風第15号に似ている
- 日本本土付近に達しても、**移動速度が異常に遅い**
- 台風の東側の広い領域で、南からの**多量の水蒸気の流れ込み**がみられた
- 台風から離れたところで、豪雨が発生（PRE:**遠隔豪雨**）
- 竜巻**が発生（宮崎県、埼玉県）：2006年の台風13号ShanShanと同様

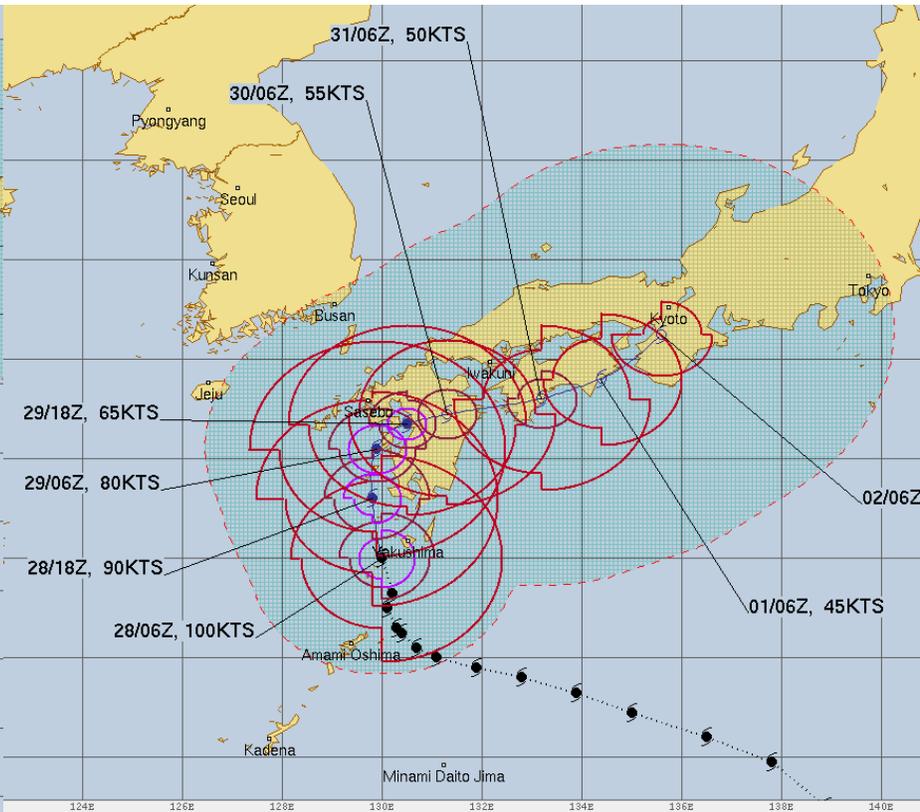
8月24日00JST



8月25日18JST

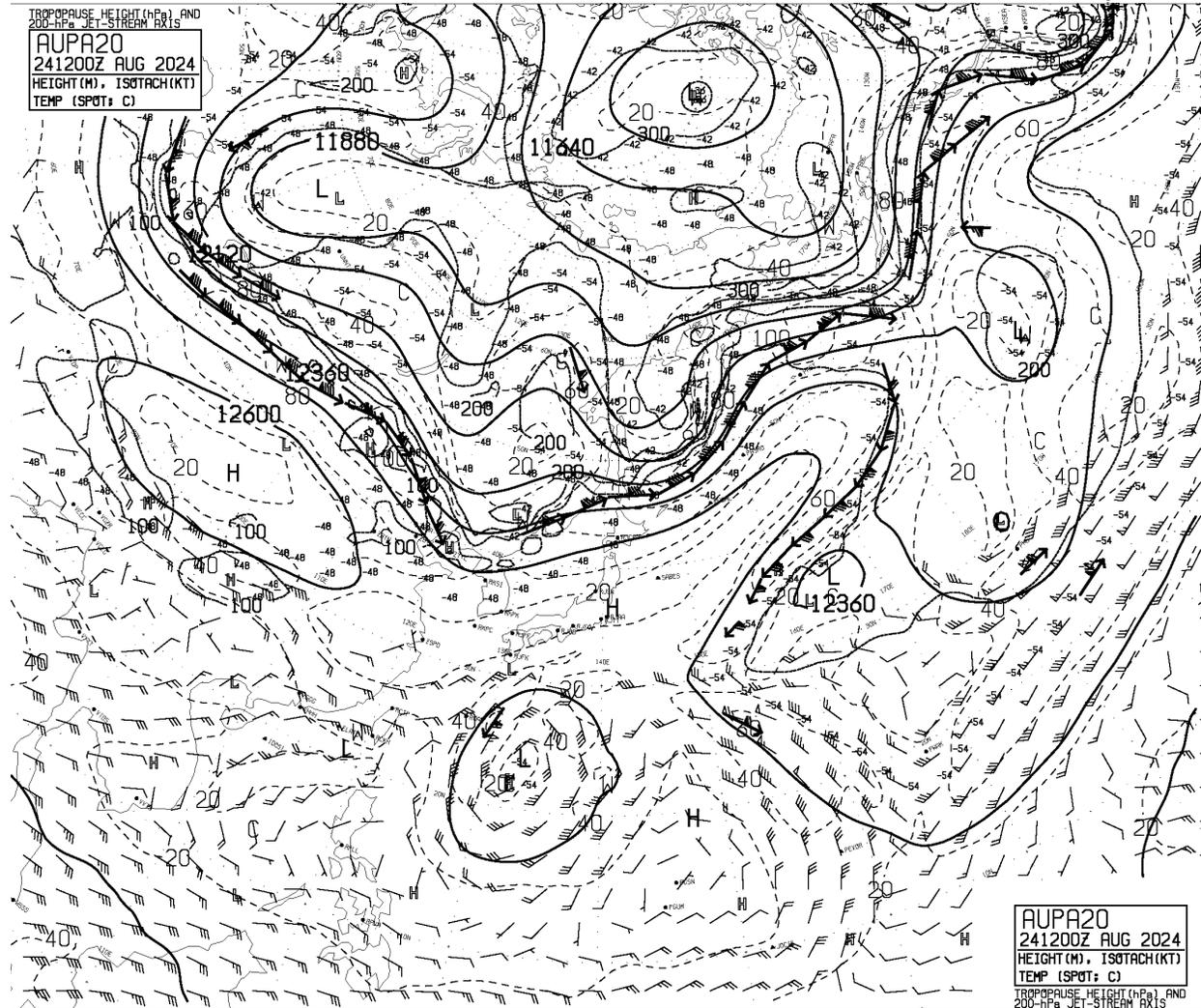
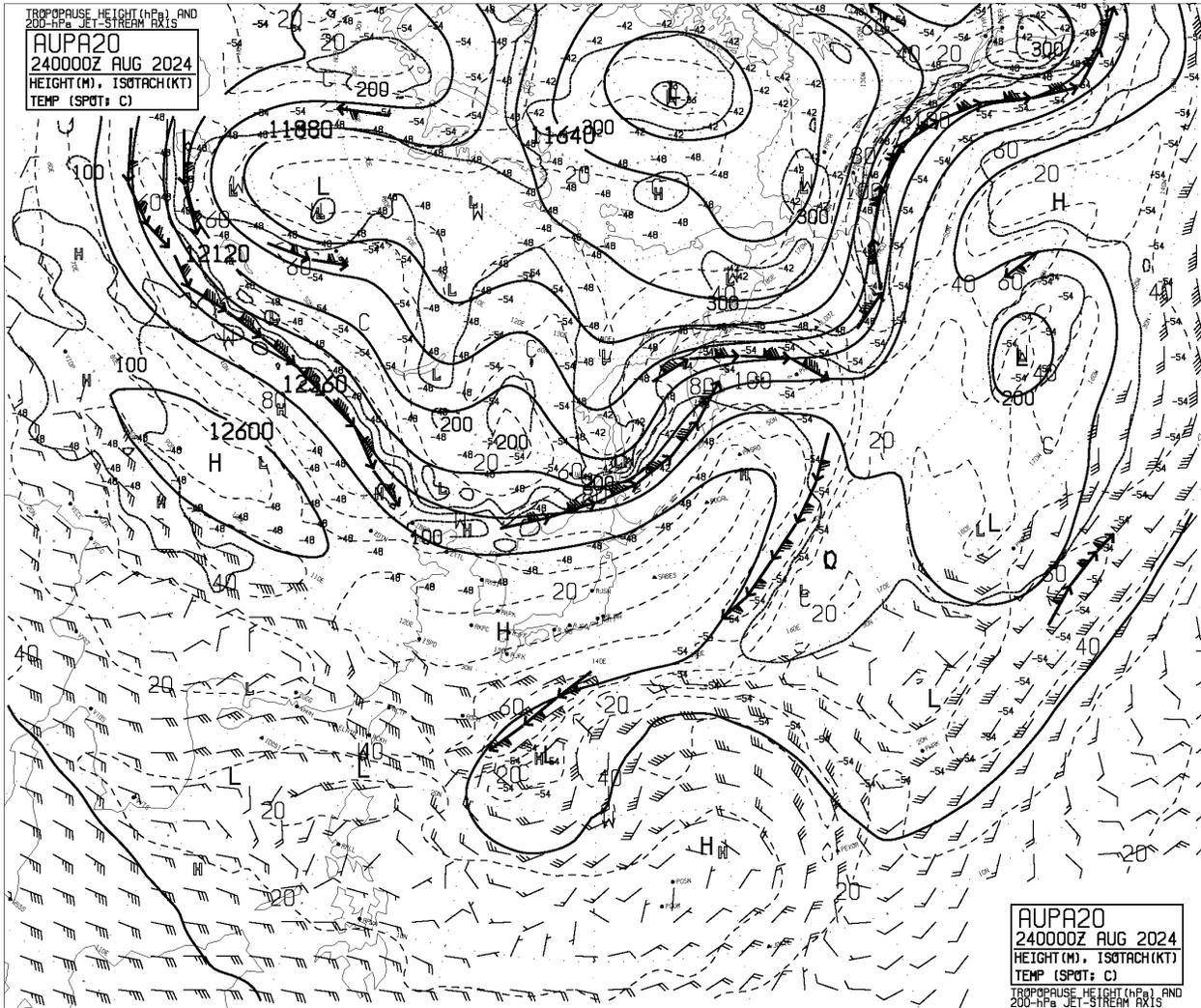


8月28日18JST

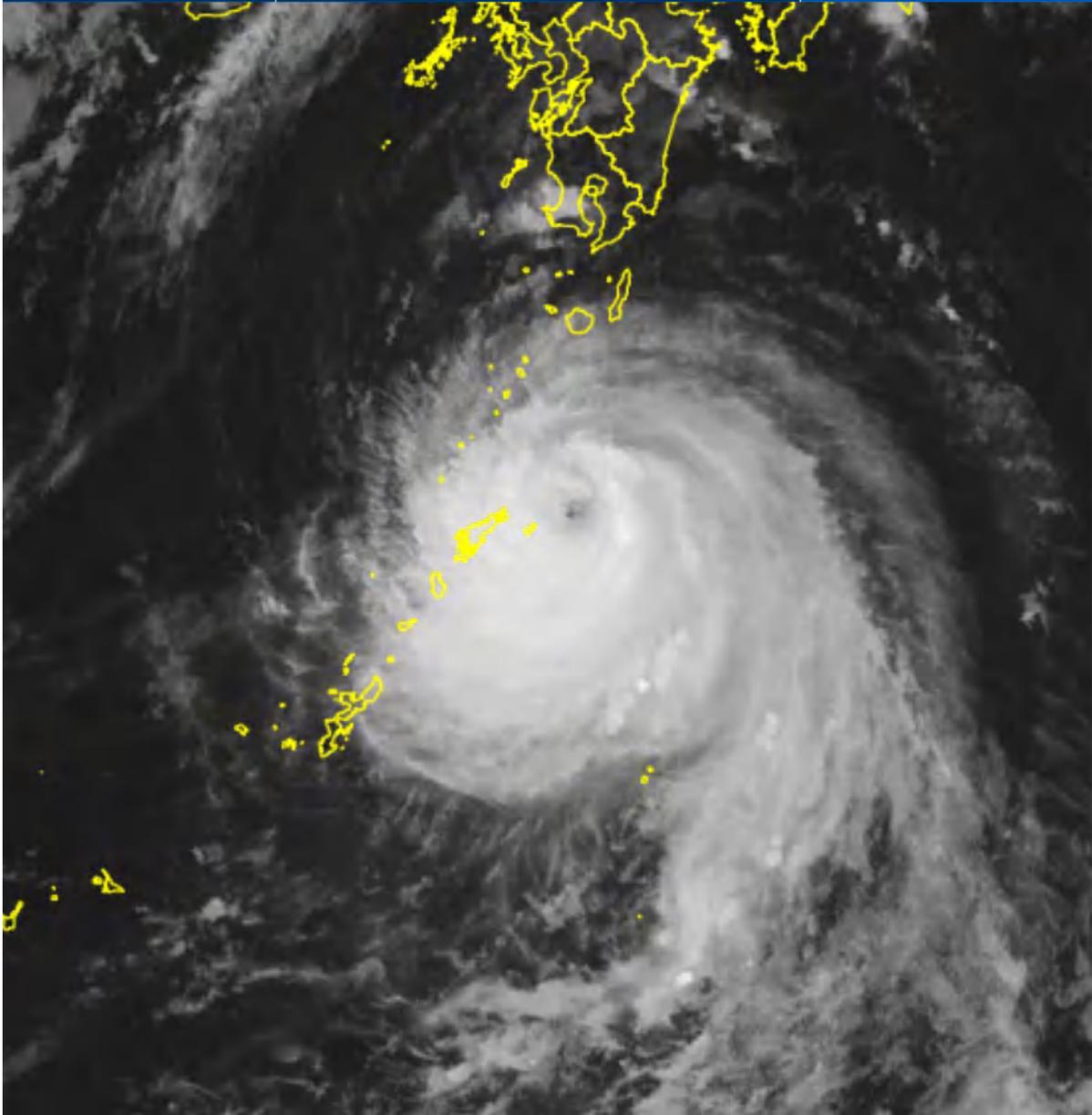


8月24日09JST

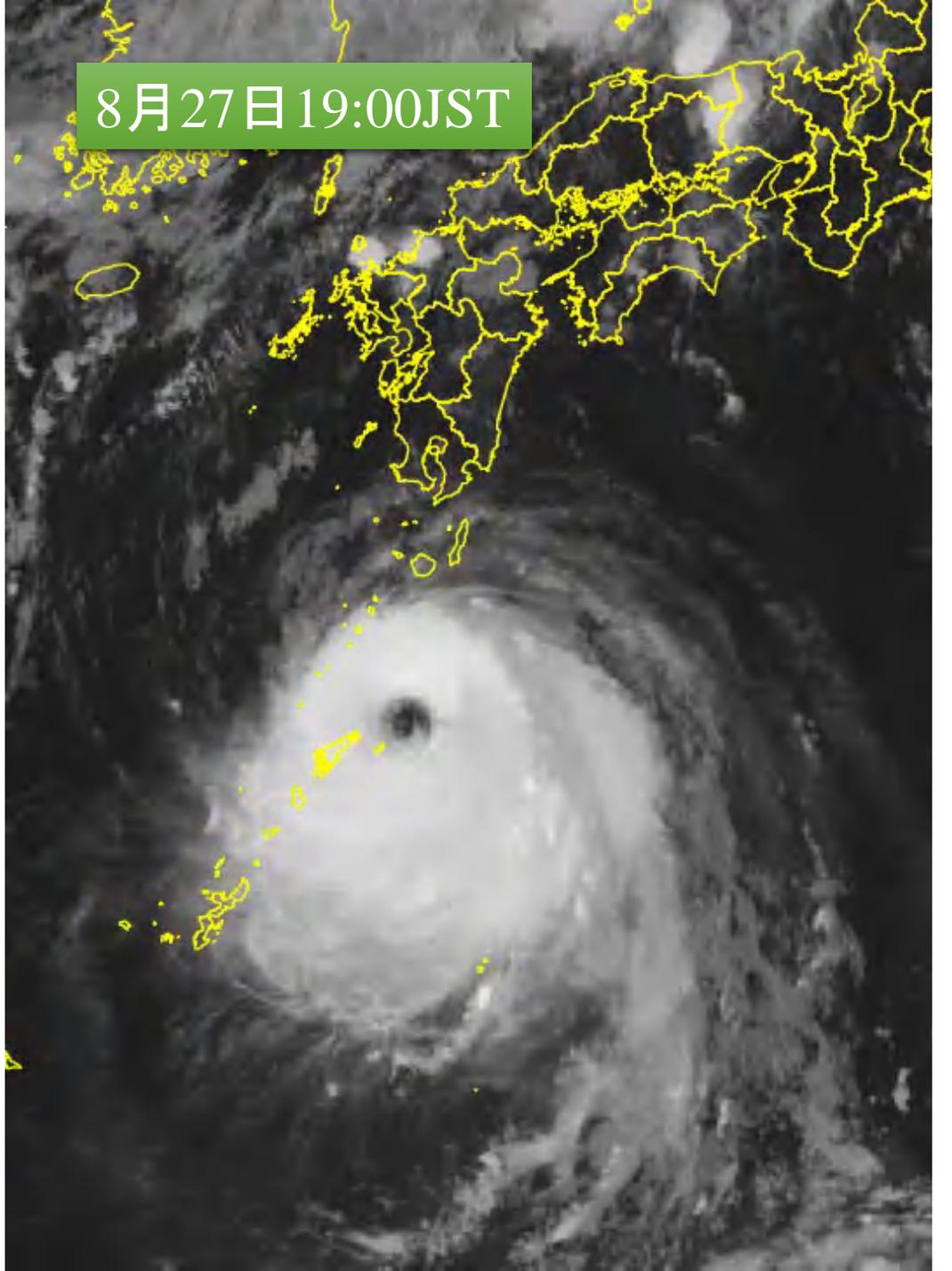
8月25日21JST



8月27日 15:00JST



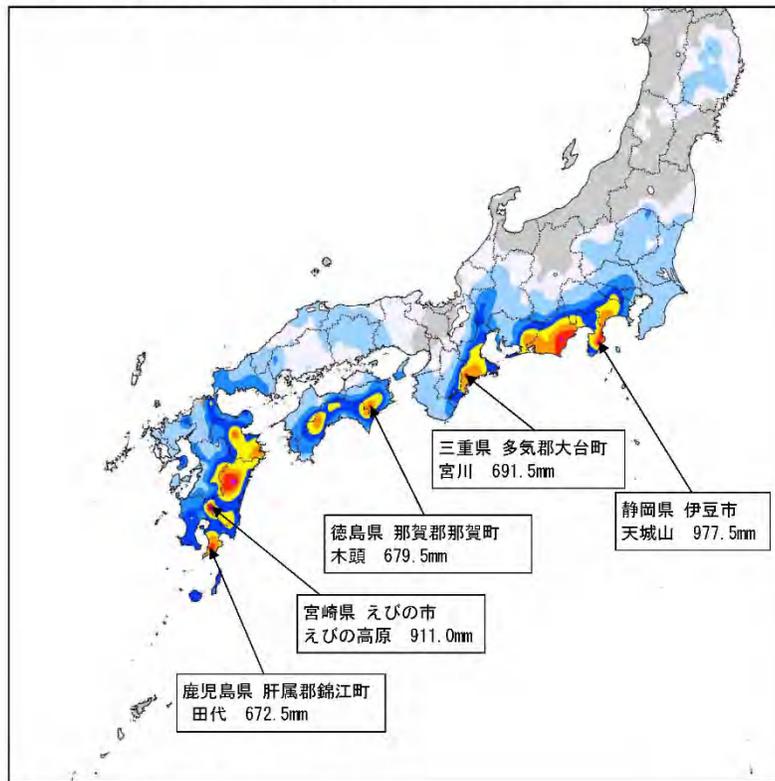
8月27日 19:00JST



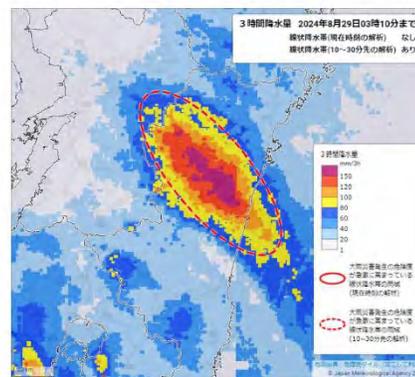
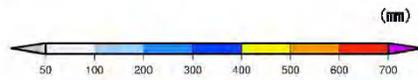
令和6年台風第10号（ShanShan）による大雨・暴風及び突風 2024年8月27日～9月1日

- 8月27日から9月1日にかけて、西日本から東日本の太平洋側を中心に大雨となった
- 総降水量は東海地方や九州南部で900mmを超えるなど平年の8月の月降水量の2倍以上となった所があった
- 27日から29日にかけて鹿児島県では猛烈な風を観測
- 宮崎県では、28日から29日にかけて複数の市町で竜巻とみられる突風の被害が発生した
- 九州、四国、東海地方で多数の線状降水帯が発生

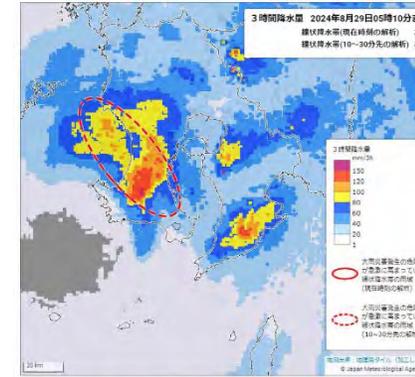
(1) 降水量の期間合計値分布図 (8月27日00時～9月1日24時)



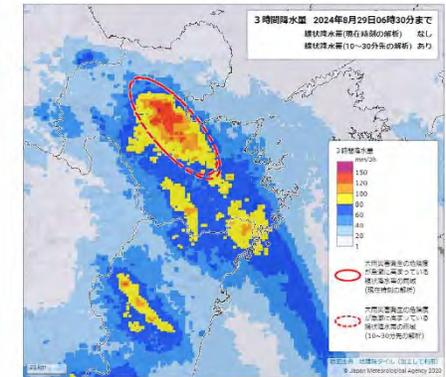
※降水量の期間合計値の多い主な5地点



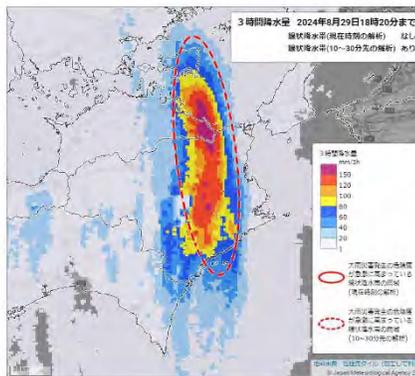
3時間降水量 (解析雨量)



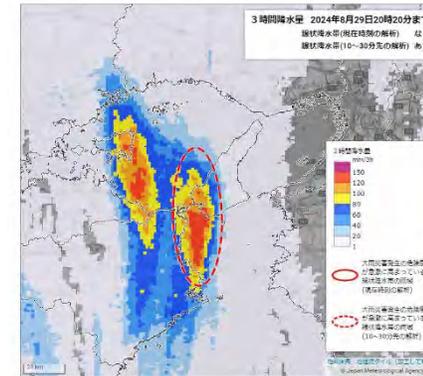
3時間降水量 (解析雨量)



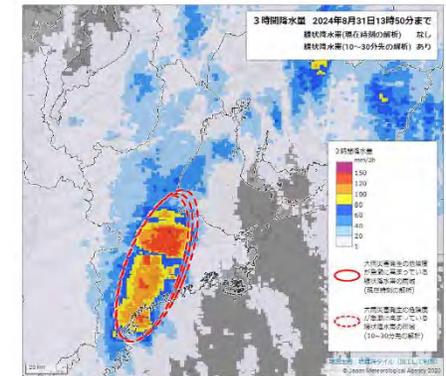
3時間降水量 (解析雨量)



3時間降水量 (解析雨量)



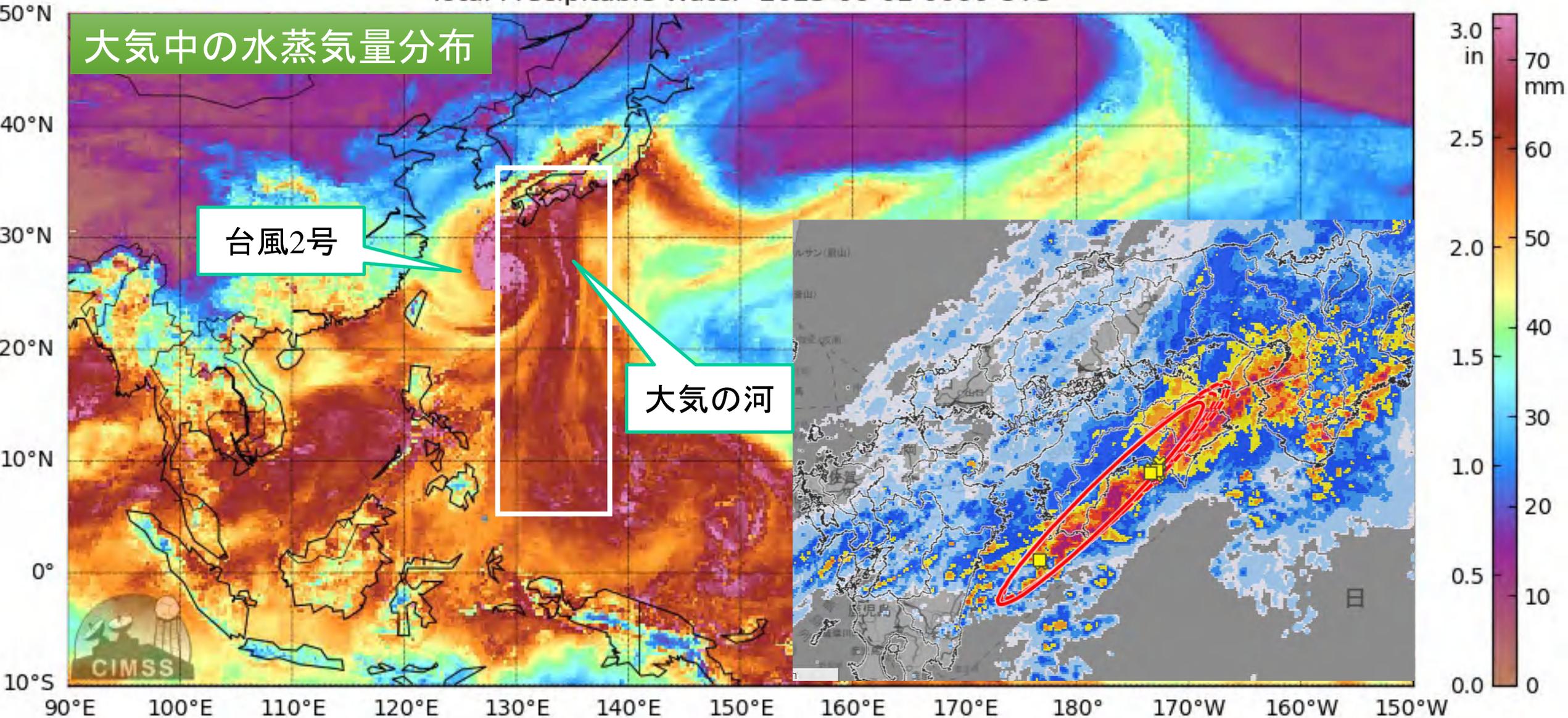
3時間降水量 (解析雨量)



3時間降水量 (解析雨量)

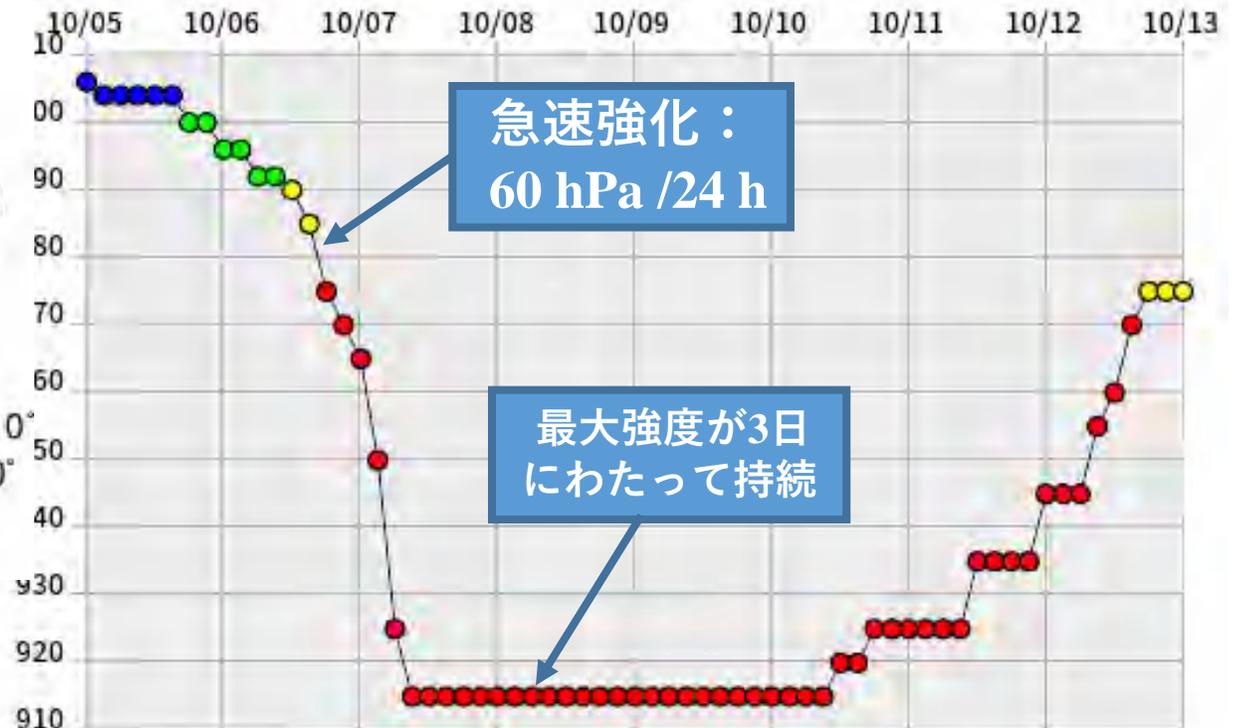
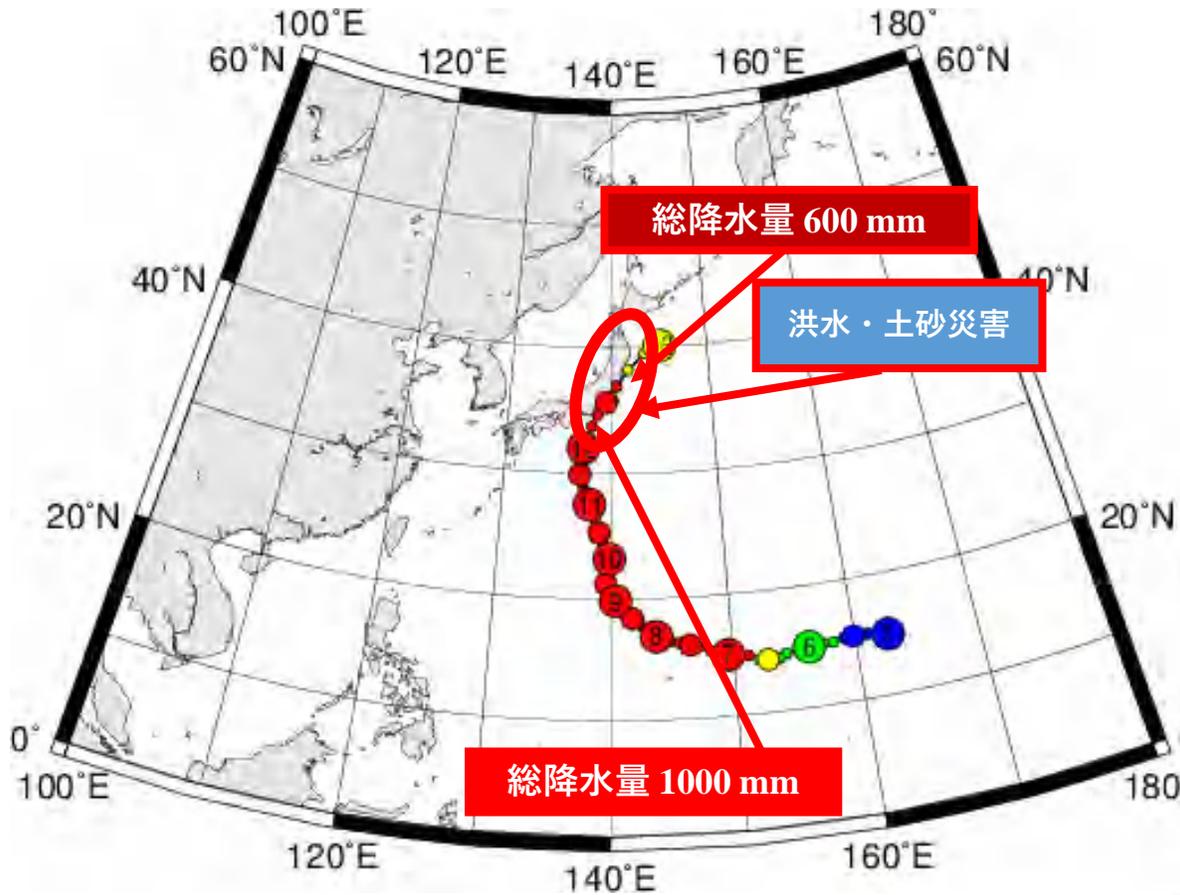
2023年6月の台風2号に伴う豪雨（線状降水帯）を発生させた大気の河

Total Precipitable Water 2023-06-02 0000 UTC



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



1248 JST, 12 October 2019, Chiba Pref.



0815 JST, 13 October 2019, Nagano Pref.



0812 JST, 13 October 2019, Hokuriku Sinkansen



0121 JST, 13 October 2019, Tokyo

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

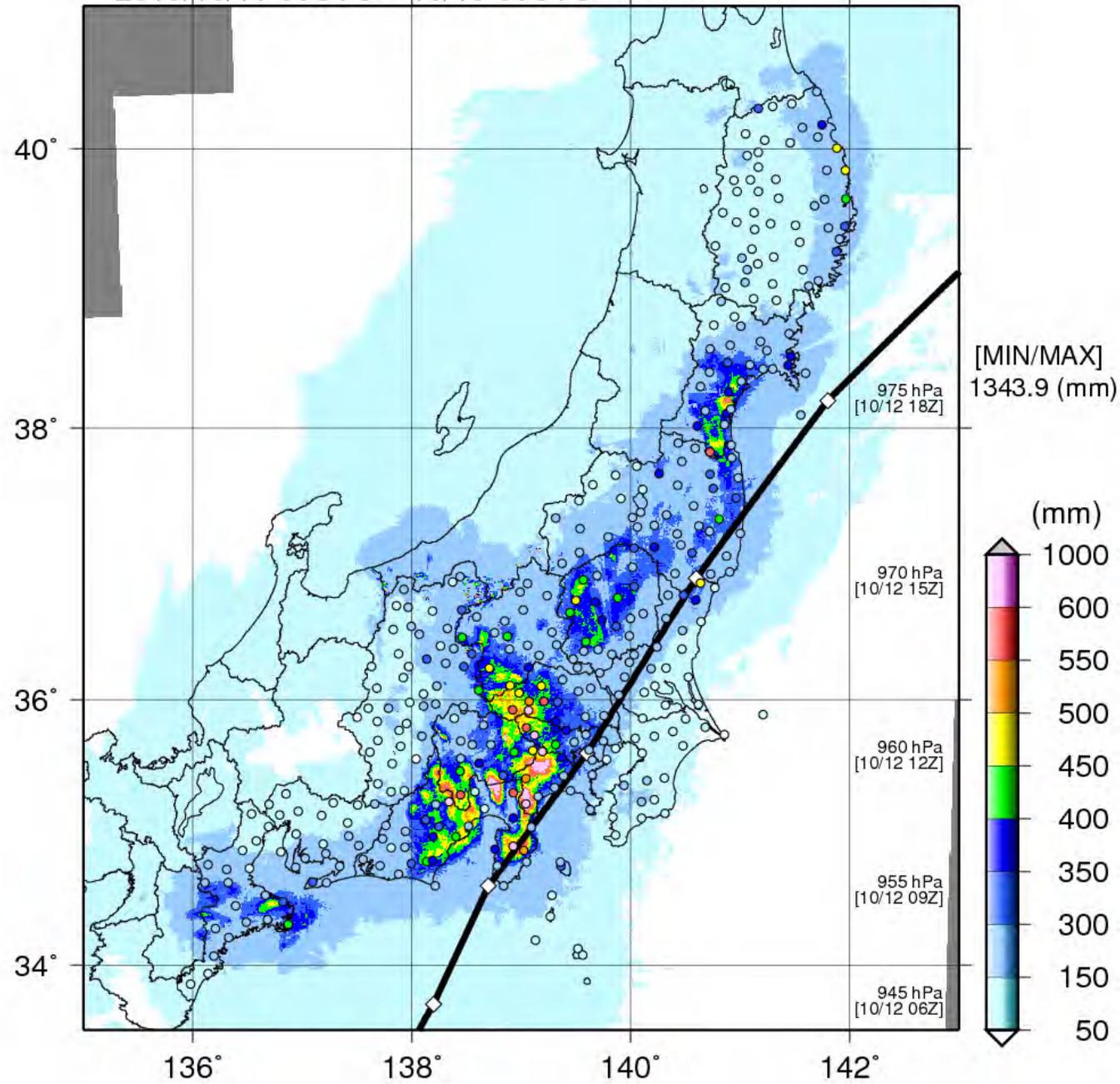


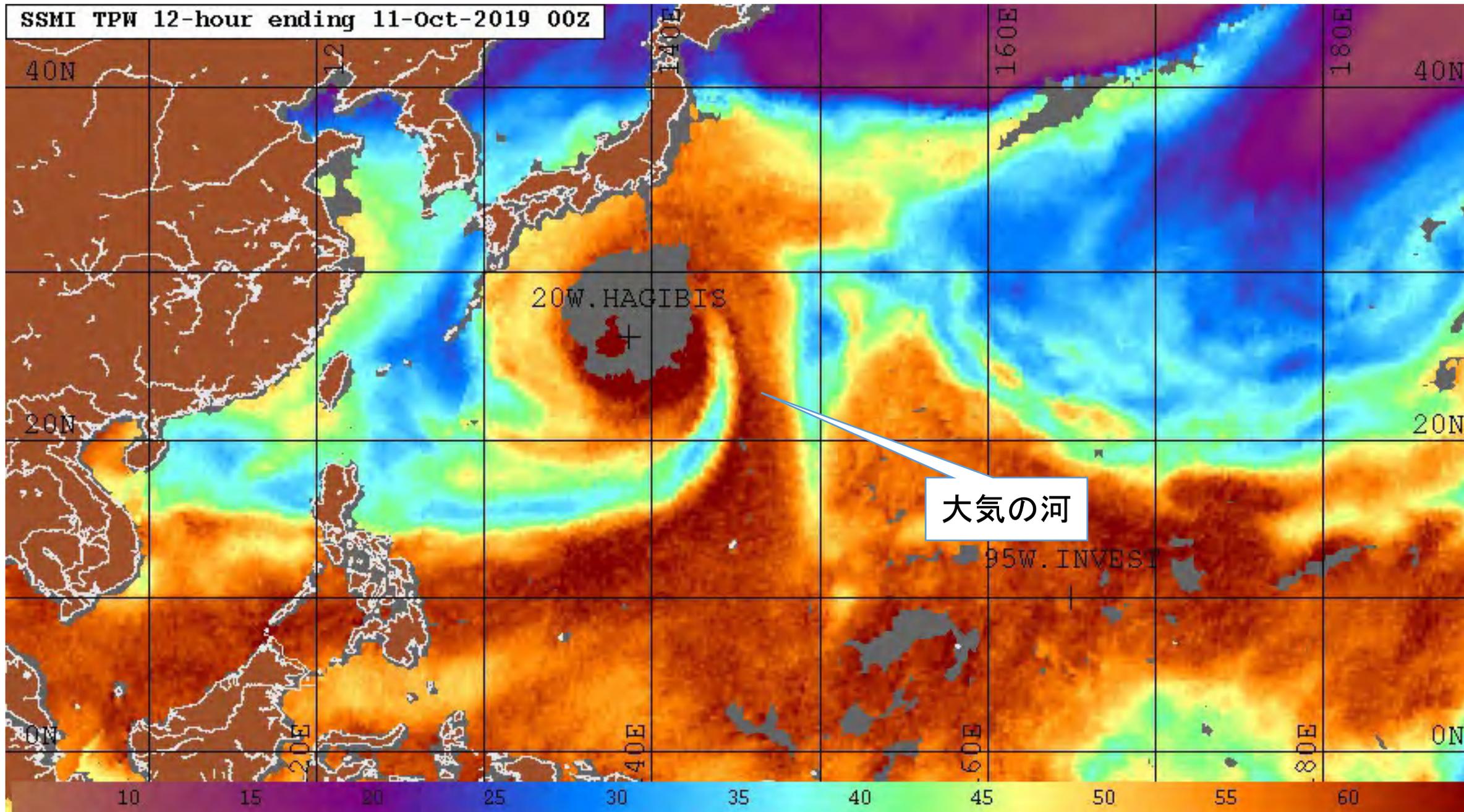


Photo by K. Tsuboki in Nagano 2019



Photo by K. Tsuboki in Nagano 2019

SSMI TPW 12-hour ending 11-Oct-2019 00Z

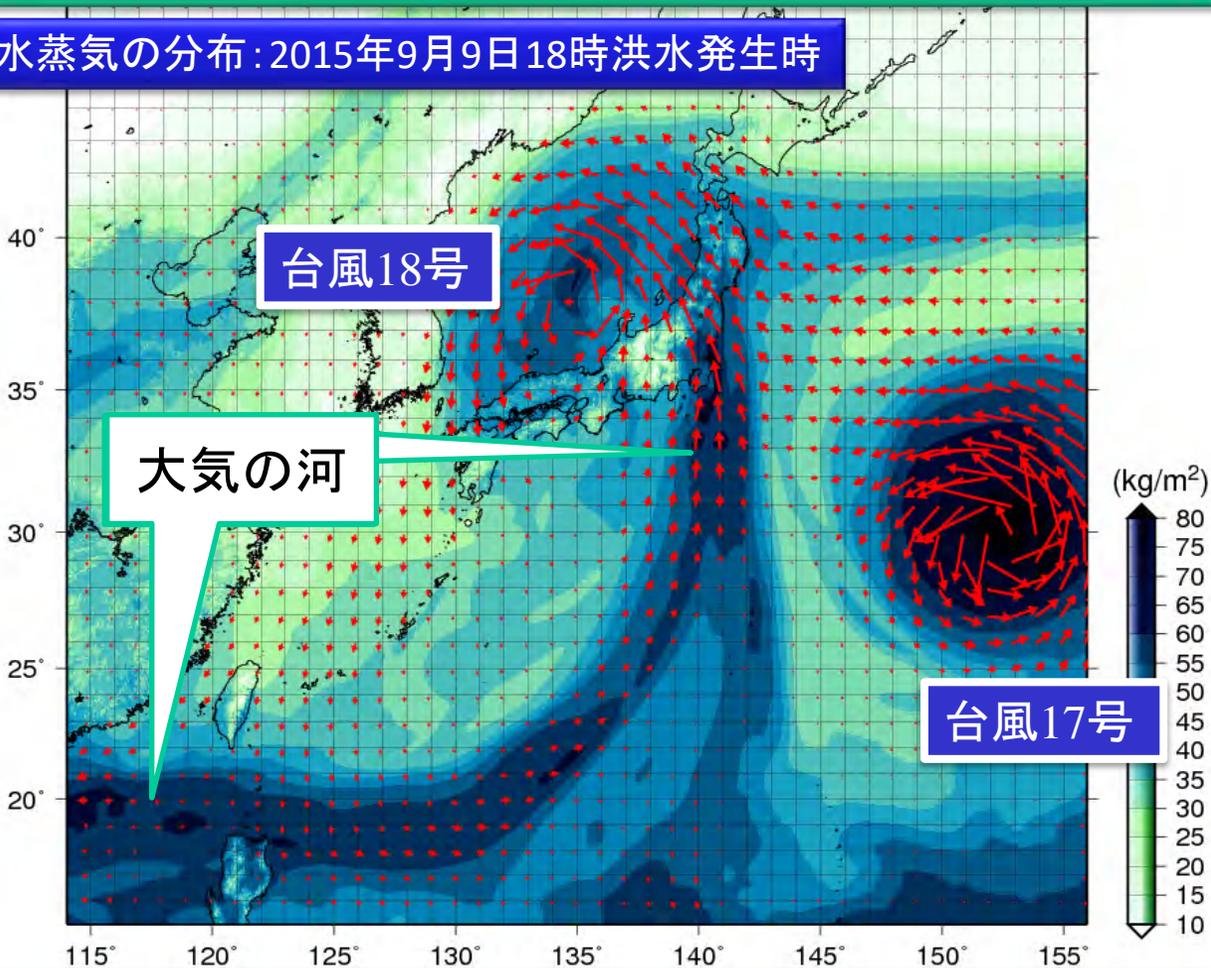


大気の流れ

台風や梅雨前線に多量の水蒸気の流れ「大気の流れ」が形成され、線状降水帯を発生させる

2015年9月10日：鬼怒川決壊洪水（関東・東北豪雨）

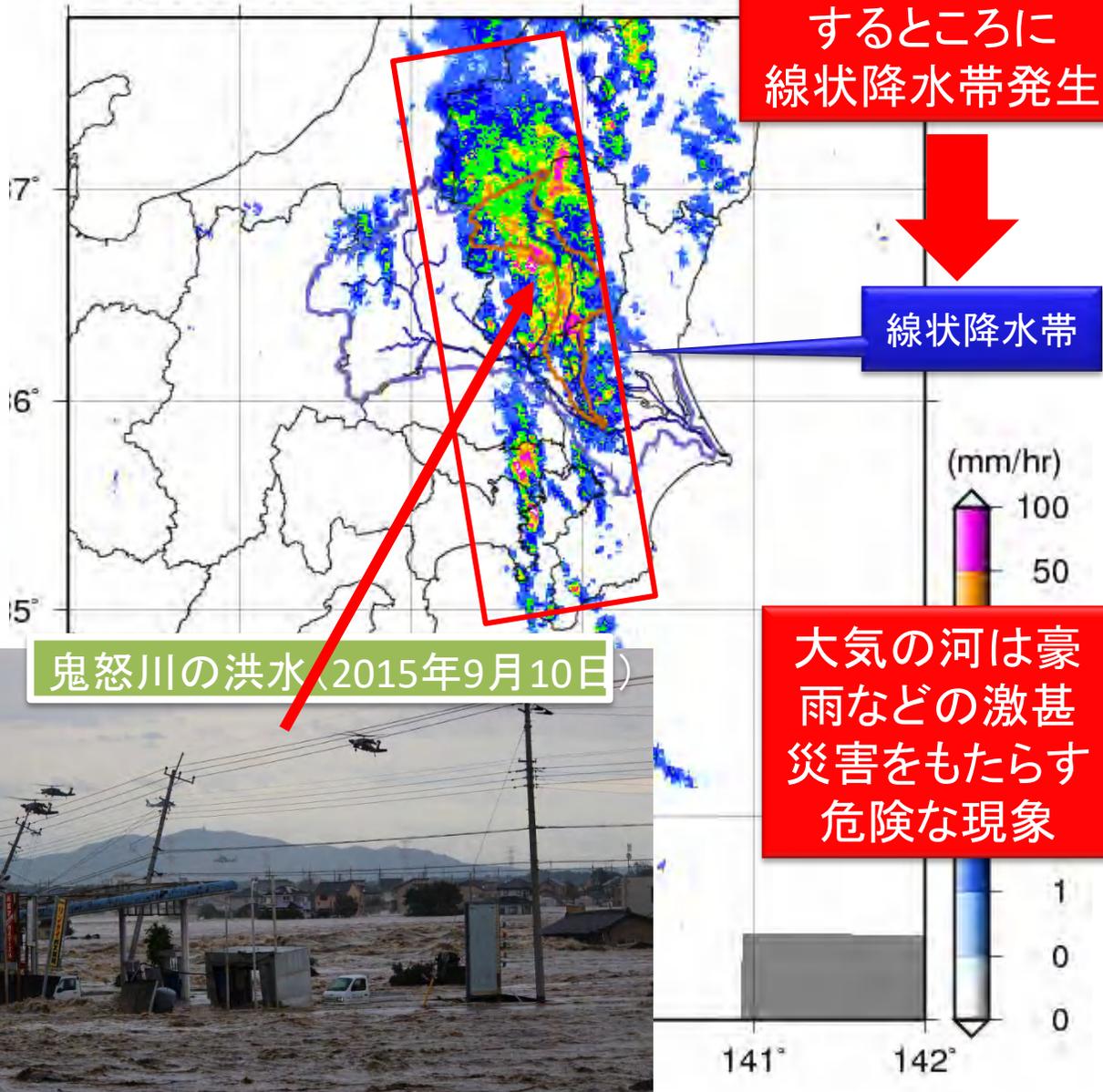
水蒸気の分布：2015年9月9日18時洪水発生時



南シナ海から太平洋、そして関東地方に続く大気の流れでは、毎秒40～50万トンの水が流れていた。これは地球上で最大の川

大気の流れの水量は、アマゾン河（毎秒20万トン）の2～3倍、信濃川(500トン)、最上川(400トン)の約1000倍の水の流量

JMA RADAR
18:00 JST 09 SEP 2015



大気の流れが上陸するところに線状降水帯発生

線状降水帯

鬼怒川の洪水（2015年9月10日）

大気の流れは豪雨などの激甚災害をもたらす危険な現象



関西空港連絡橋に衝突、損傷したタンカー「宝運丸」=5日午後、本社へリ「まなづる」から **タンカー無残**



断たれた橋

タンカーが衝突し破損した関西空港連絡橋
|| 5日午後、本社へリ「まなづる」から

**台風
21号**

関西 傷痕深く



2日目の夜

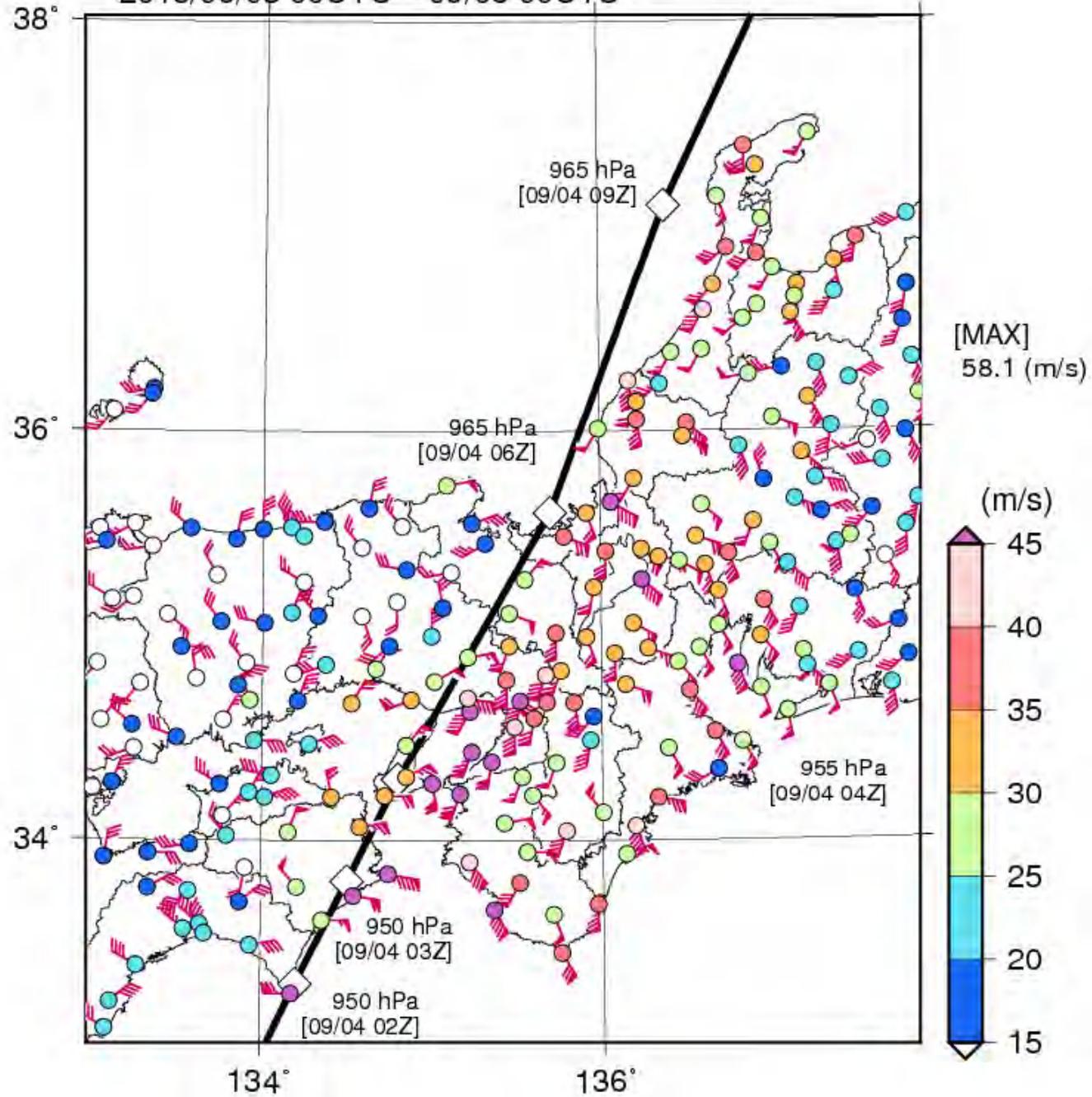
孤立した関西空港のベンチで休息をとる利用者=5日深夜

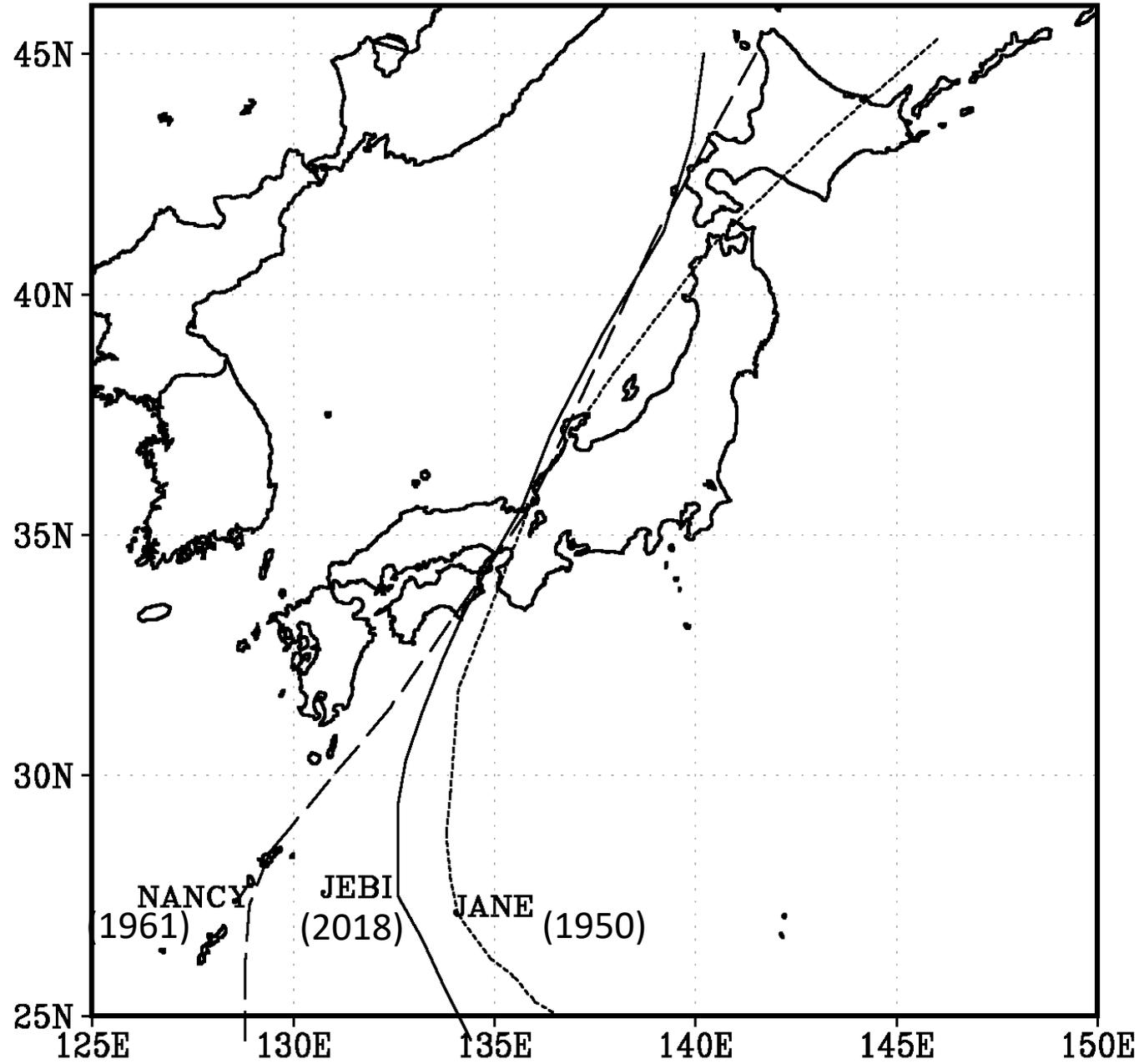


滑走路真っ暗

誘導灯が点灯しておらず闇に沈

[JEBI] MAXIMUM WIND GUST
2018/09/03 00UTC - 09/05 00UTC







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



https://www.youtube.com/watch?v=pYZM0_mHD20

©osamusahara

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

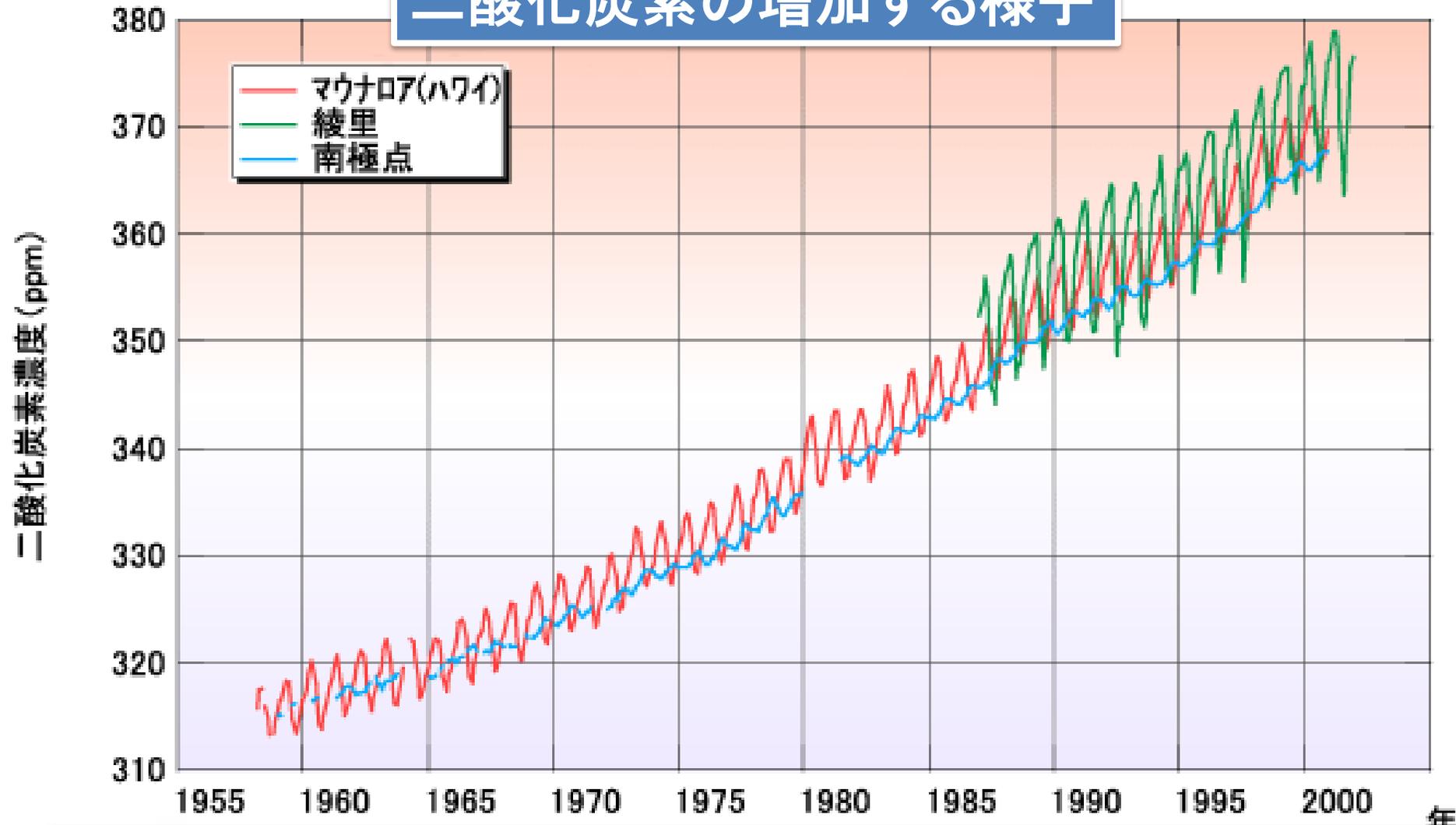
世界気象機関（WMO）は25日、**2020年**の二酸化炭素（CO₂）などの主要な温室効果ガスの世界平均濃度が前年から増加し、いずれも**観測史上最高記録を更新した**と発表した。

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**。

2021年10月25日 時事通信社の記事より

二酸化炭素の増加する様子



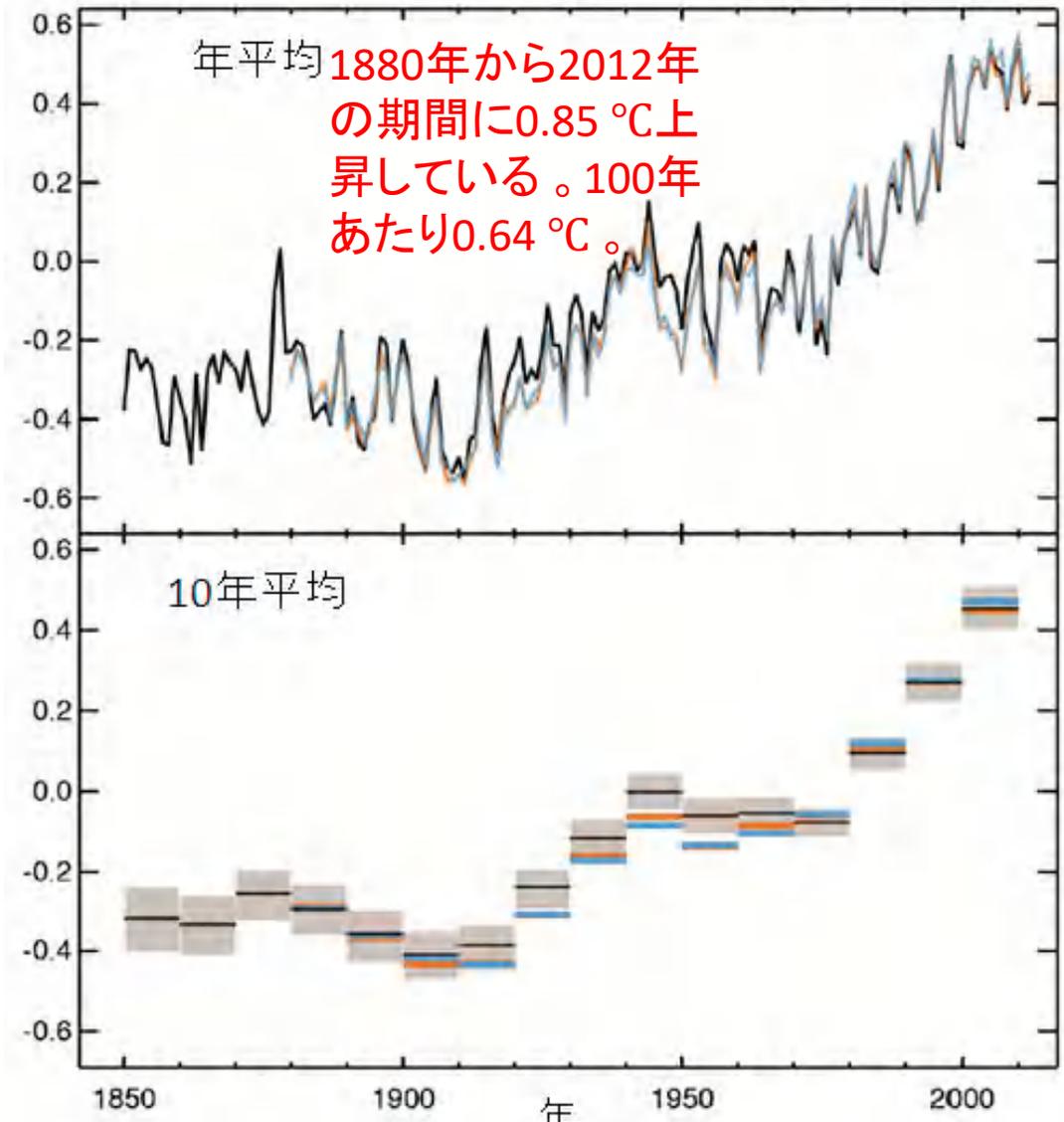
400ppmの二酸化炭素とは、空気の分子1万個に4個のCO₂分子。
1リットル中に、二酸化炭素の分子はおよそ 10^{19} 個も存在している。
10,000,000,000,000,000,000個 = 1兆の1千万倍個のCO₂

- ◆ **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。**

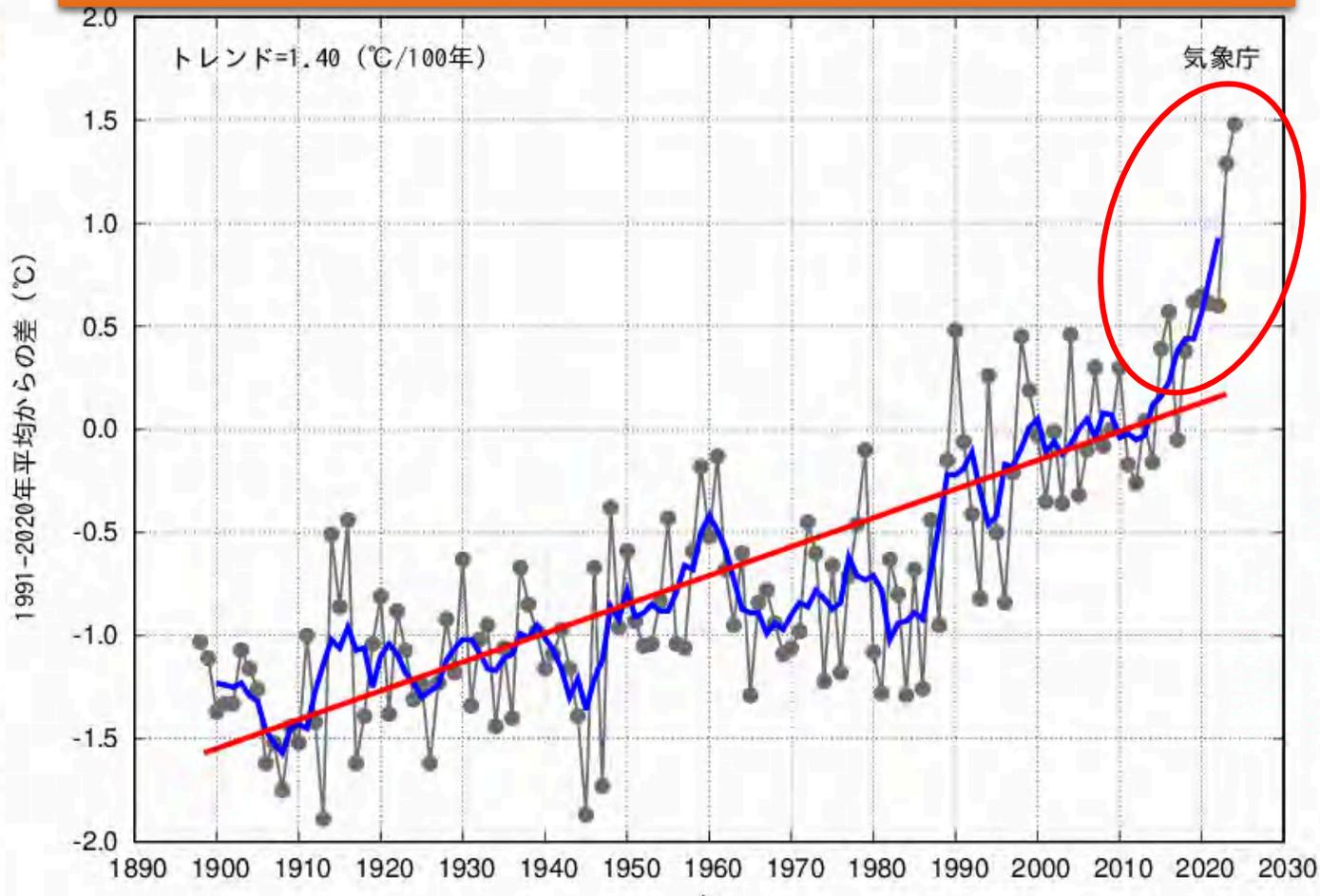
地球温暖化の結果起こると予想されるもの

- ◆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

日本は世界平均のおよそ2倍の速度で温暖化している。



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))

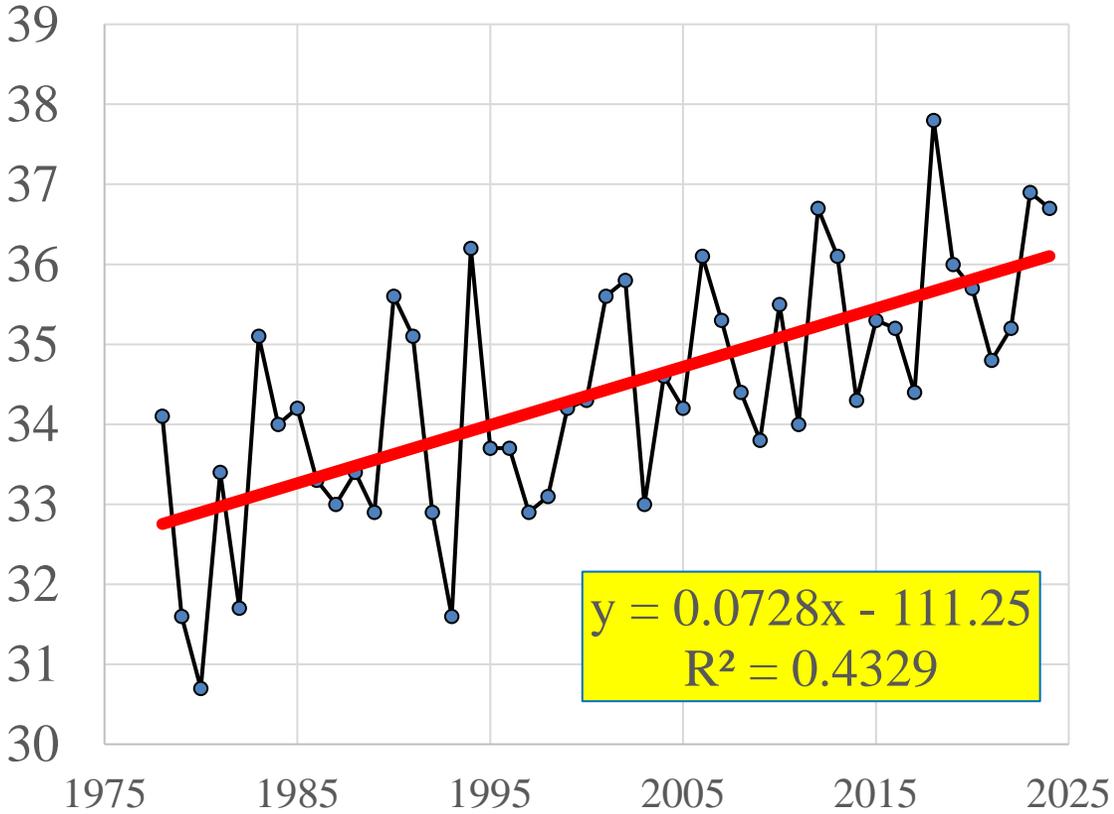


細線(黒)：各年の平均気温の基準値からの偏差、太線(青)：偏差の5年移動平均値、直線(赤)：長期変化傾向。基準値は1991～2020年の30年平均値。2024年の日本の平均気温の基準値(1991～2020年の30年平均値)からの偏差は+1.48°Cで、1898年の統計開始以降、2023年を上回り最も高い値となりました。日本の年平均気温は、長期的には100年あたり1.40°Cの割合で上昇しています。特に1990年代以降、高温となる年が頻出しています。

出典：気象庁HP日本の年平均気温偏差の経年変化(1898～2024年)
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html

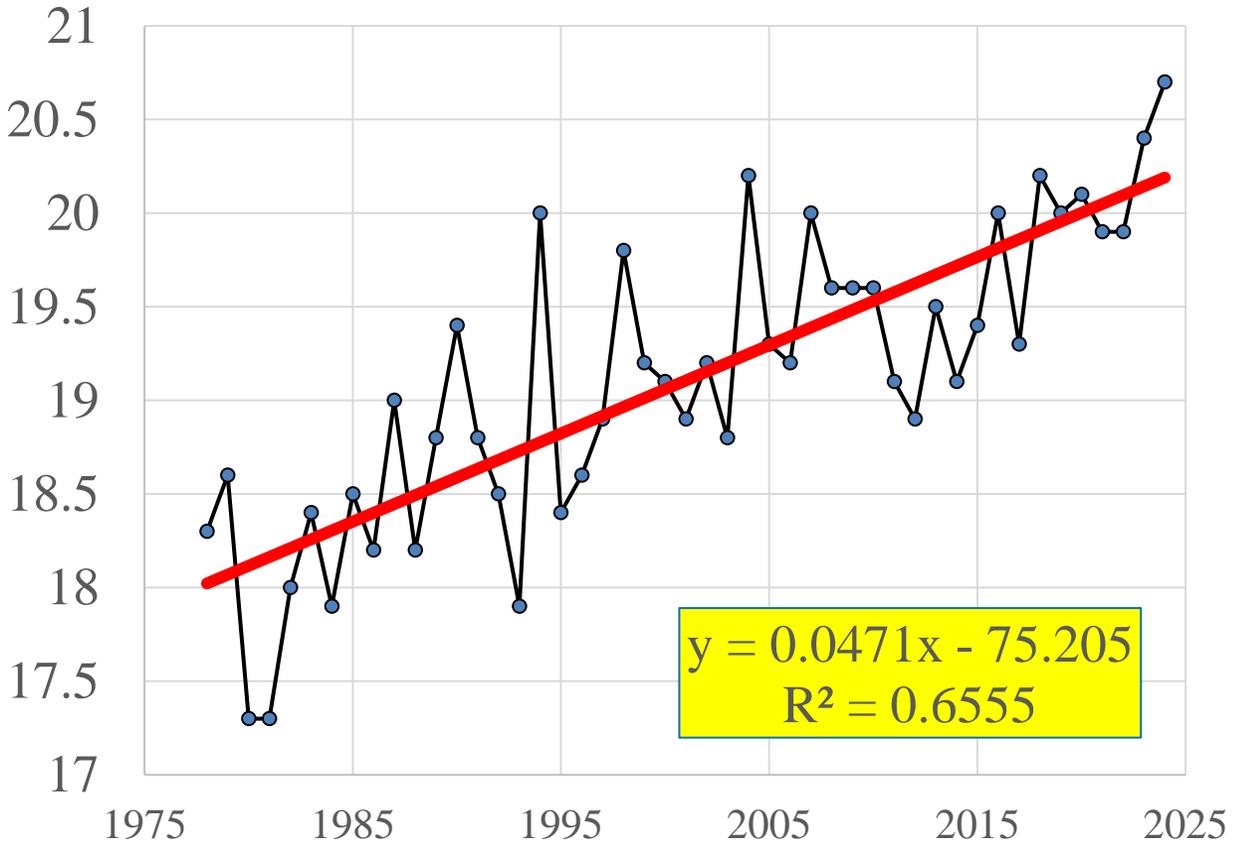
三木市の最高気温の1978～2024年の変化

三木市：年最高気温



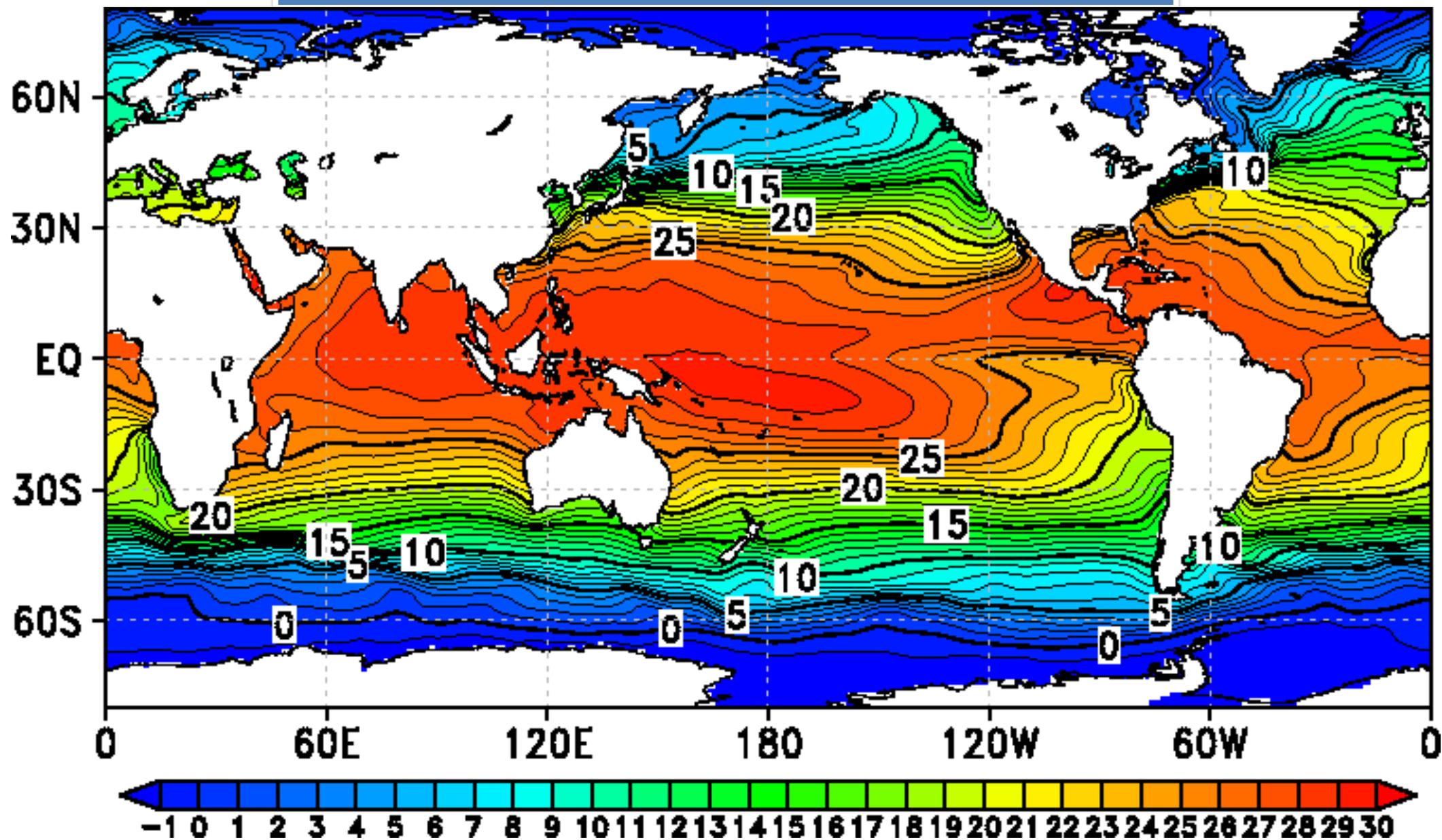
三木市の年最高気温は100年あたり、7度上昇

三木市：年平均の日最高気温



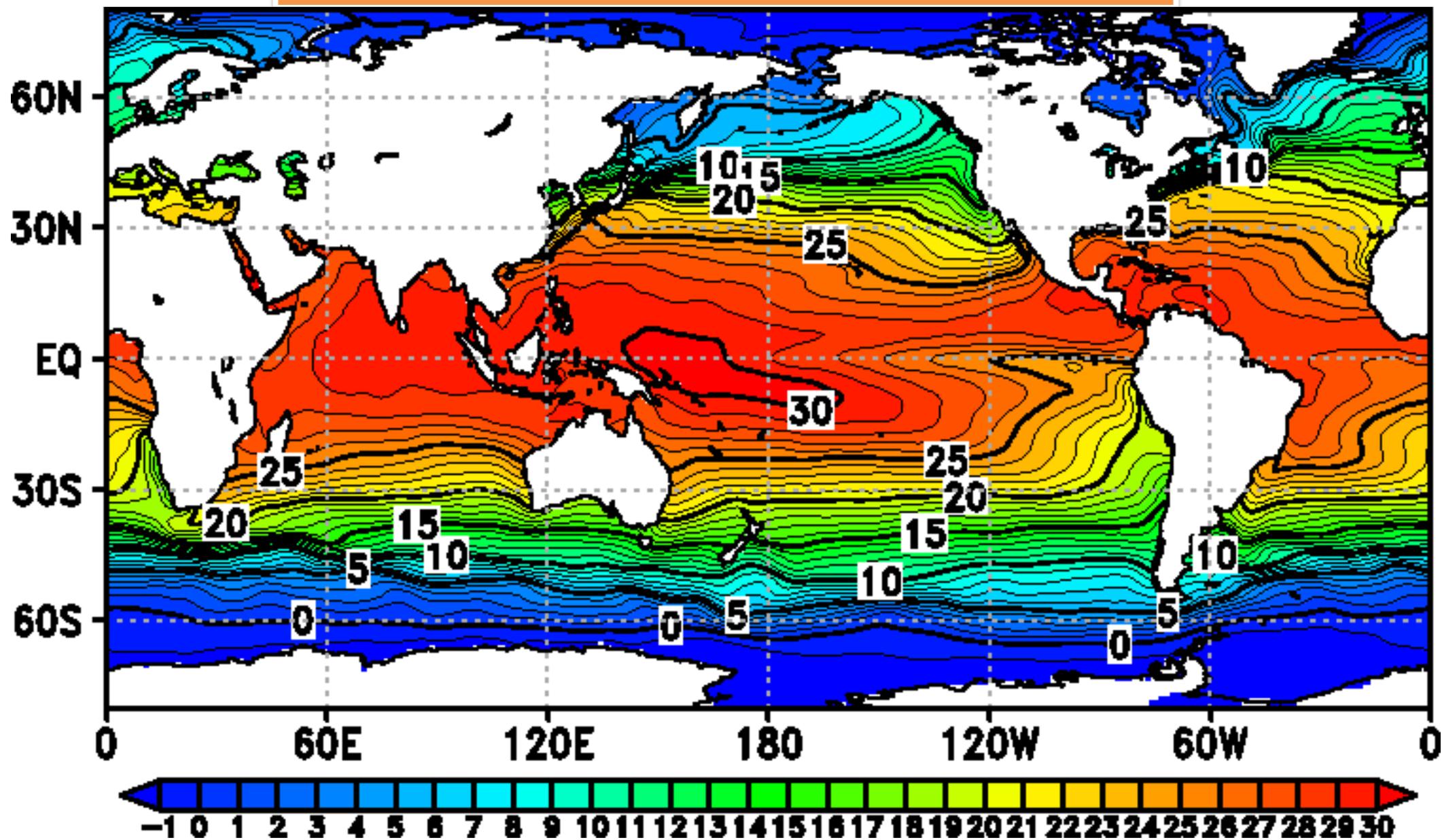
三木市の年平均の日最高気温は100年あたり、4.7度上昇

全球 年平均海面水温：1959年 (気象庁)



出典：気象庁HP: https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/climate/glb_warm/sst_annual.html

全球 年平均海面水温：2024年 (気象庁)



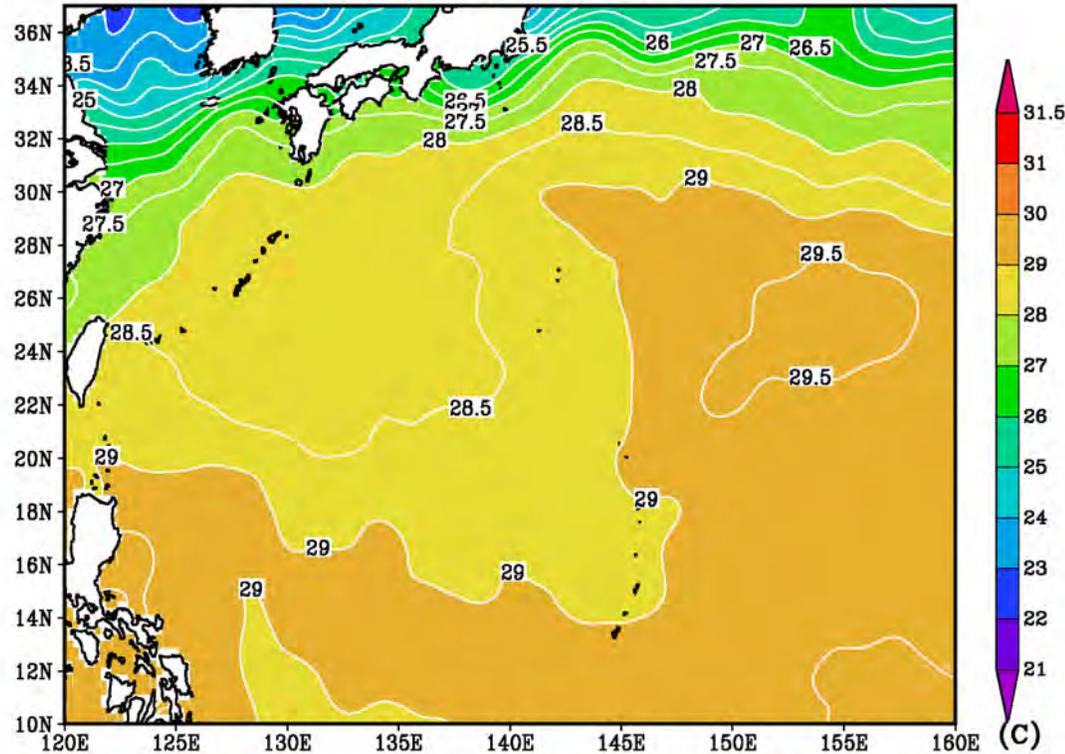
出典：気象庁HP: https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/climate/glb_warm/sst_annual.html

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

2005年9月の平均海面水温

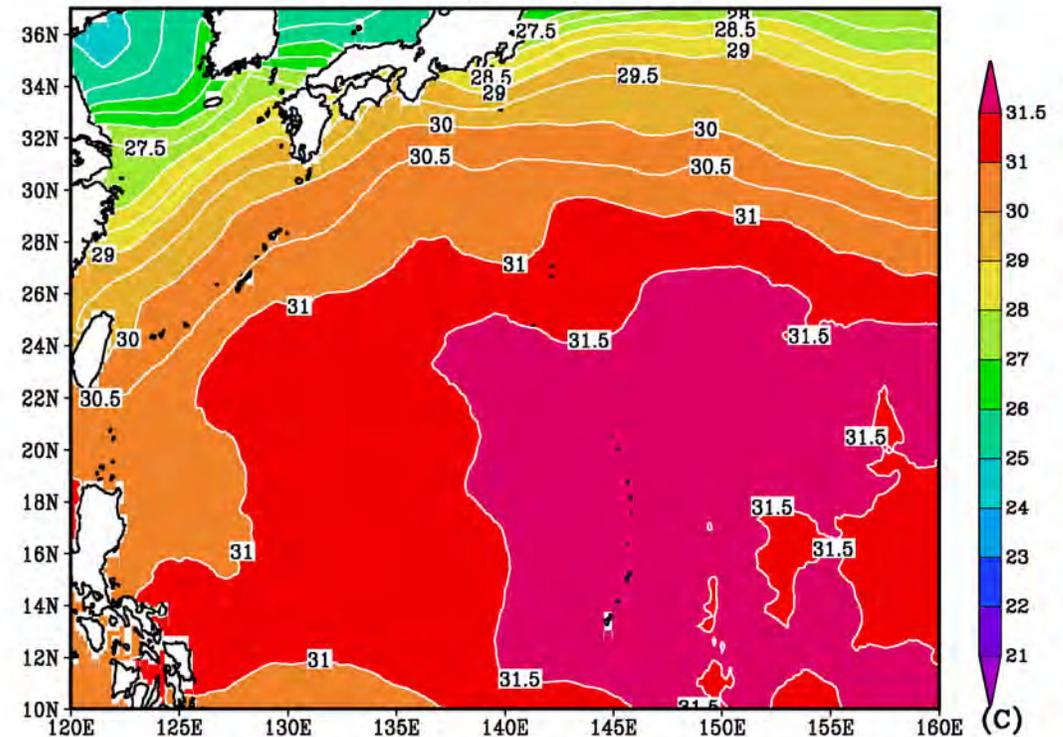
SST average Sept. 2005



現在気候の海面水温(観測値)

2076年9月の平均海面水温

SST average Sept. 2076



今世紀後半の海面水温(予測値)

今世紀後半、北太平洋西部の海面水温は、現在より2~2.5度程度上昇すると予測される。

雲解像モデル
CReSSによる、今
世紀後半の気候で
発生するスーパー
台風のシミュレー
ション。

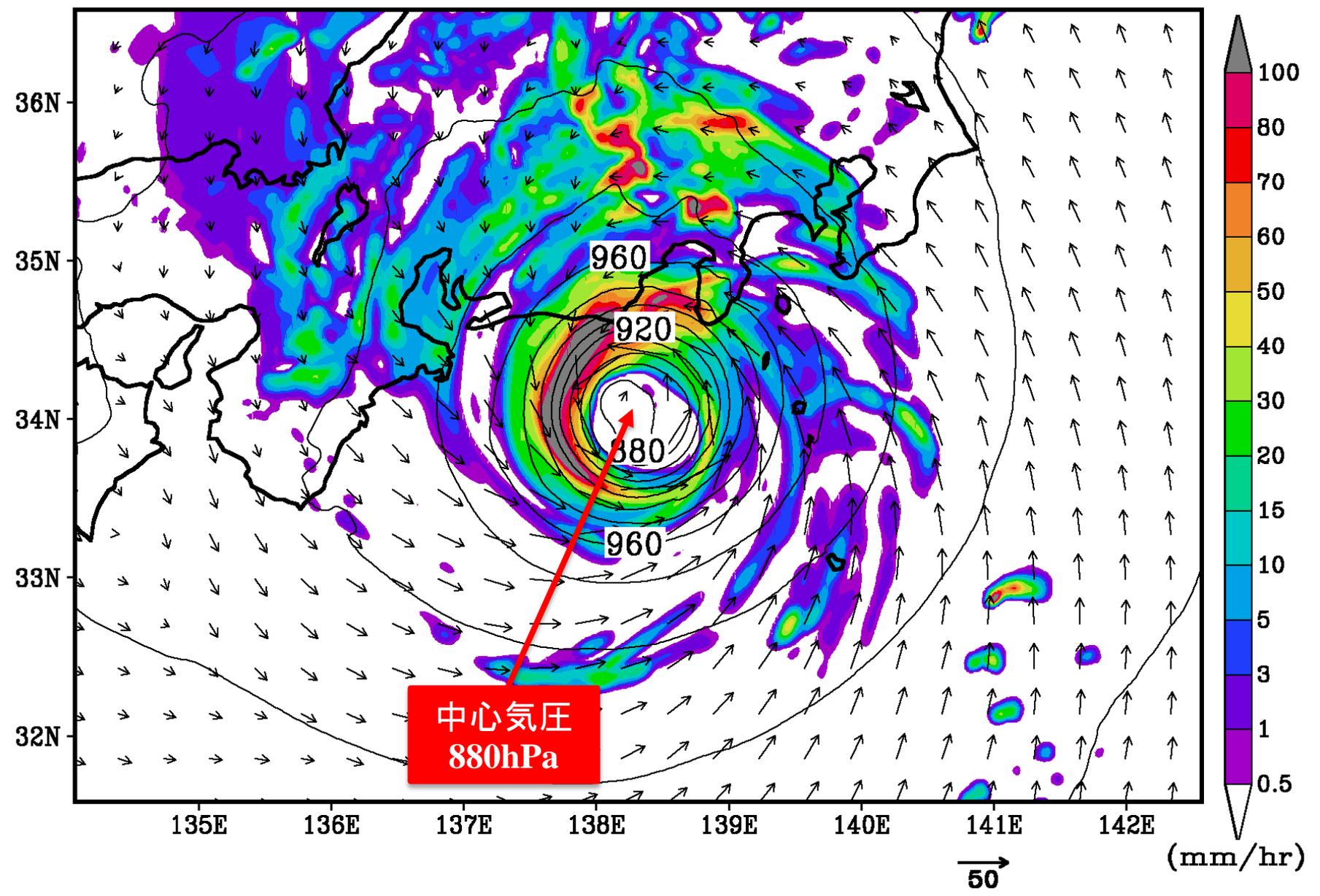
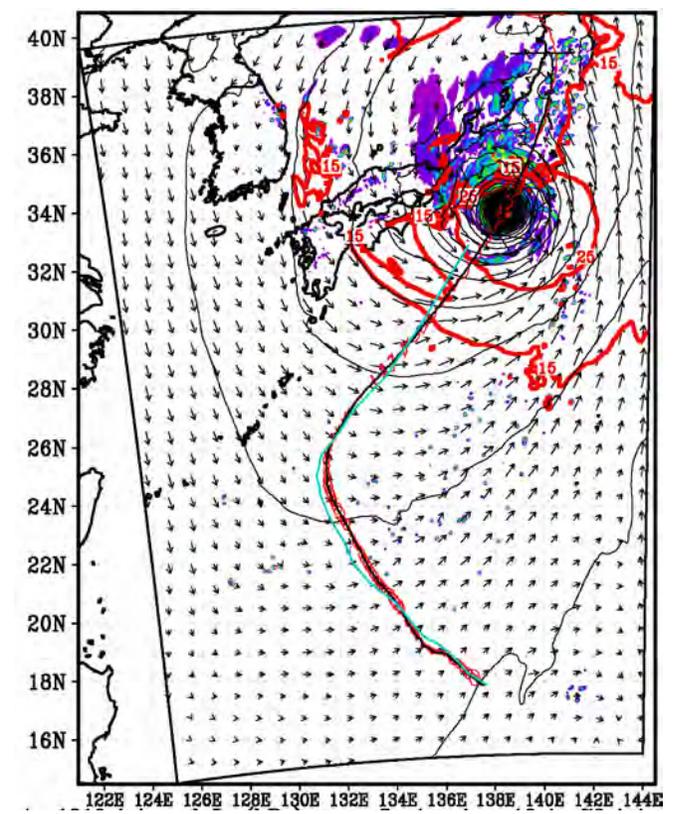
CReSS：名古屋大学で独
自に一から開発した数値
予報モデル。

(Tsuboki and Sakakibara 2002)

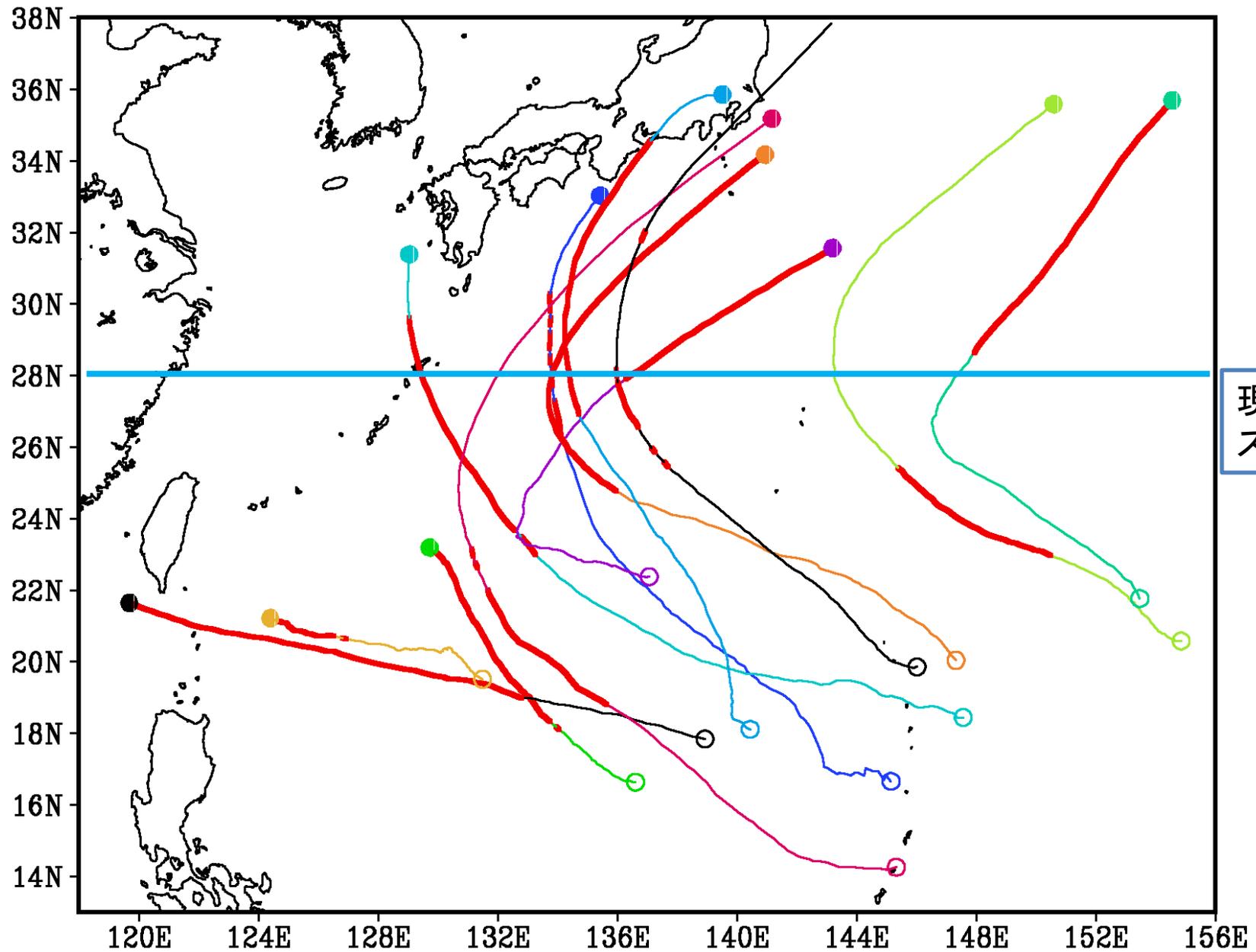


温暖化気候において、スーパー台風の強度を維持して日本に上陸する台風

12:00Z 16SEP2076



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



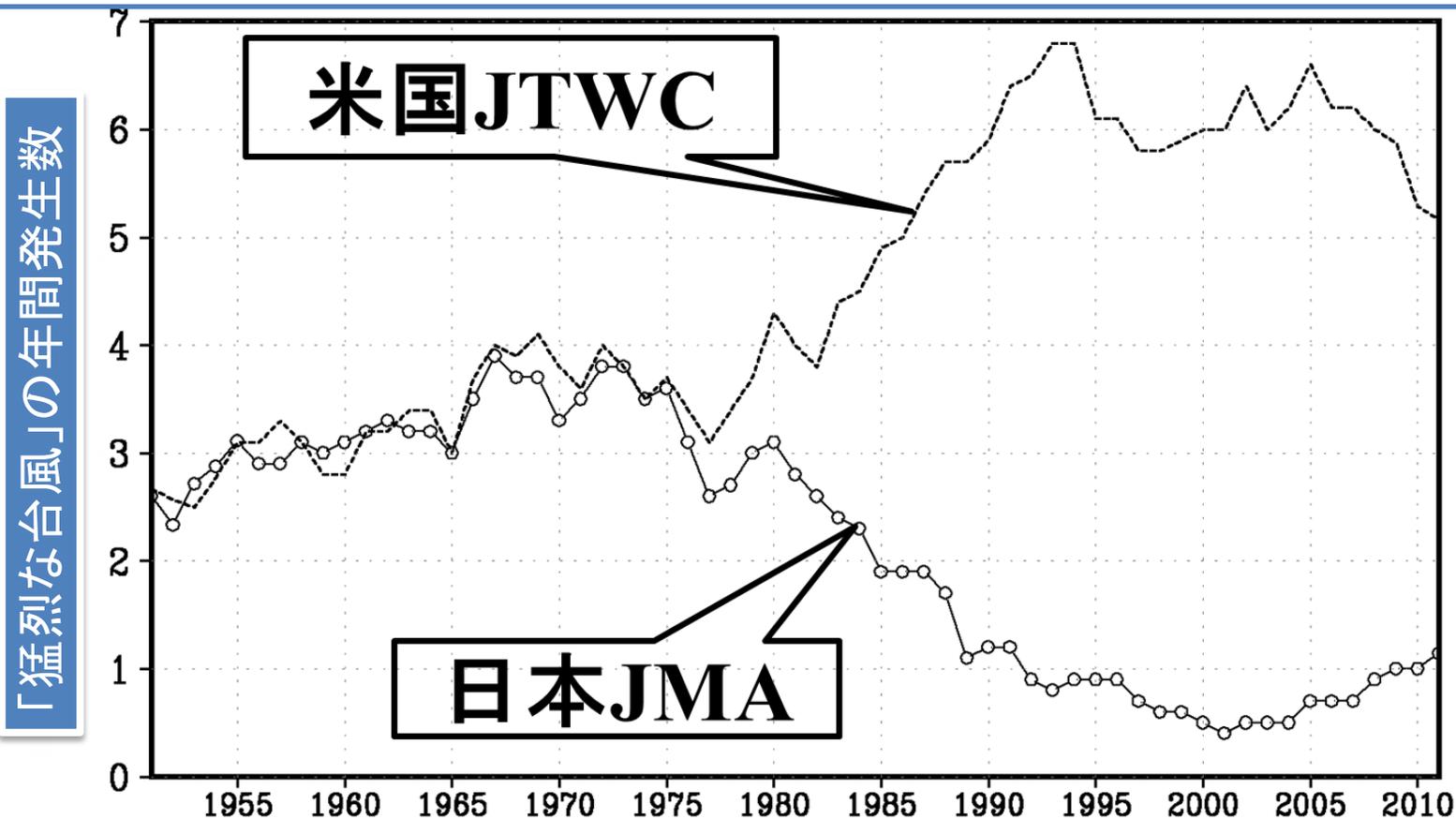
太赤線部: スーパー台風 (風速 67 m/s 以上)

現在気候でのスーパー台風の北限

Tsuboki et al. 2015

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

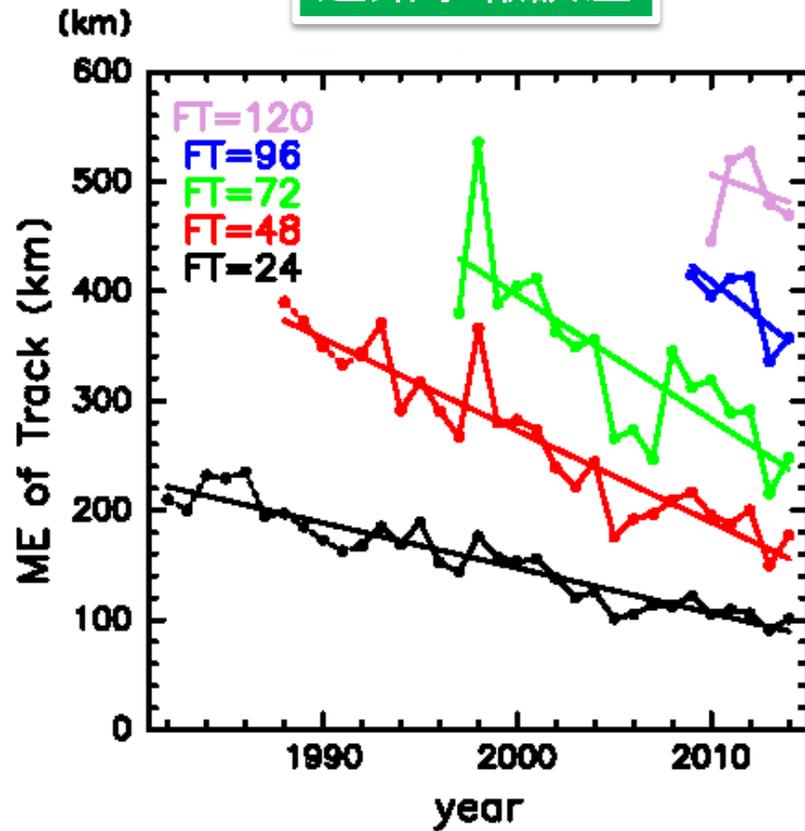
- ◆ とりわけ非常に強い台風の強度データには、1987年の米軍の台風の航空機観測終了後、強度推定値に不確実性が増大しているように見える。
- ◆ 気象庁の「猛烈な台風」(10分平均値で 54 m/s 以上)の年間の発生数は気象庁(JMA)と米国合同台風警報センター(JTWC)では、違いが増大している。



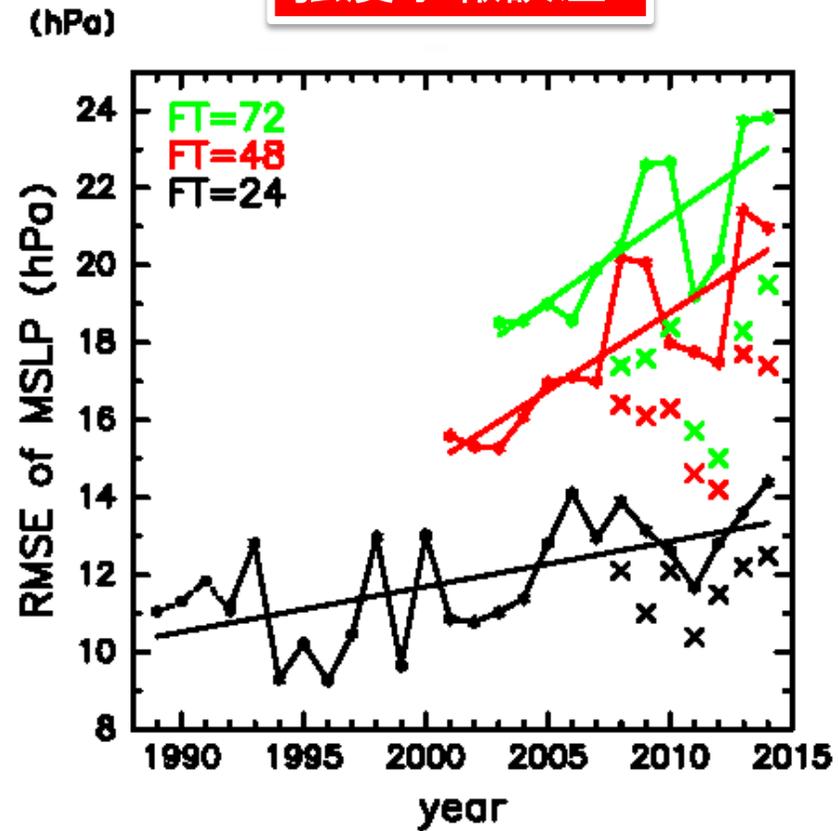
航空機による直接観測がなく、真値が不明なため、どちらがより正確かは不明。

問題点その2: 台風の強度予測の改善が不十分

進路予報誤差



強度予報誤差



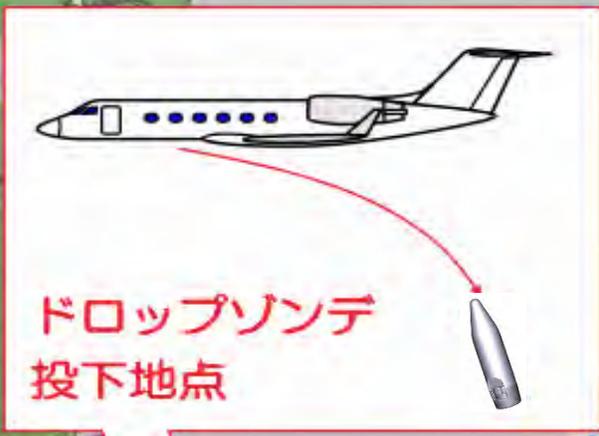
(Ito 2016, SOLA)

過去25年間の間に、台風の進路予測は顕著な改善がみられるが、強度予測には改善がみられない。

台風の強度の量的予測の改善には、モデルの高精度化とともに、航空機による直接観測のデータが不可欠。

T-PARCII (Tropical cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts)

(科研費基盤研究S:2016~2020, 2021~2025 研究代表者坪木(名古屋大学宇宙地球環境研究所))



台風周辺への投下型観測器(ドロップゾンデ)の投下観測(上空から海面までの温度、湿度、気圧、風向・風速を観測)

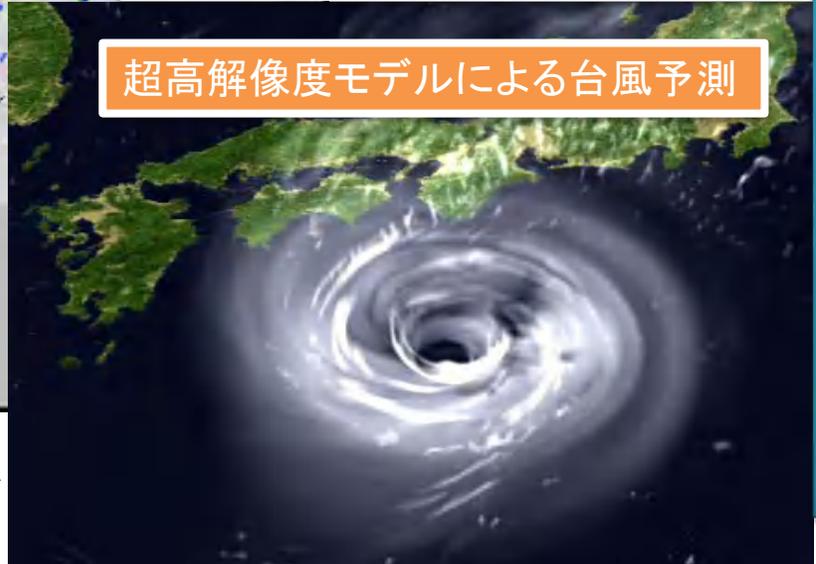
観測用ジェット機
ガルフストリームIV



T-PARCIIプロジェクトメンバー:
名古屋大学
北海道大学
東京大学
気象庁気象研究所
琉球大学
防災科学技術研究所

観測用ジェット機ガルフストリームIVに新しく開発したドロップゾンデの投下装置を搭載。台風の直接観測を行い、強度を実測するとともに、台風予測の高精度化により防災への貢献を図る。

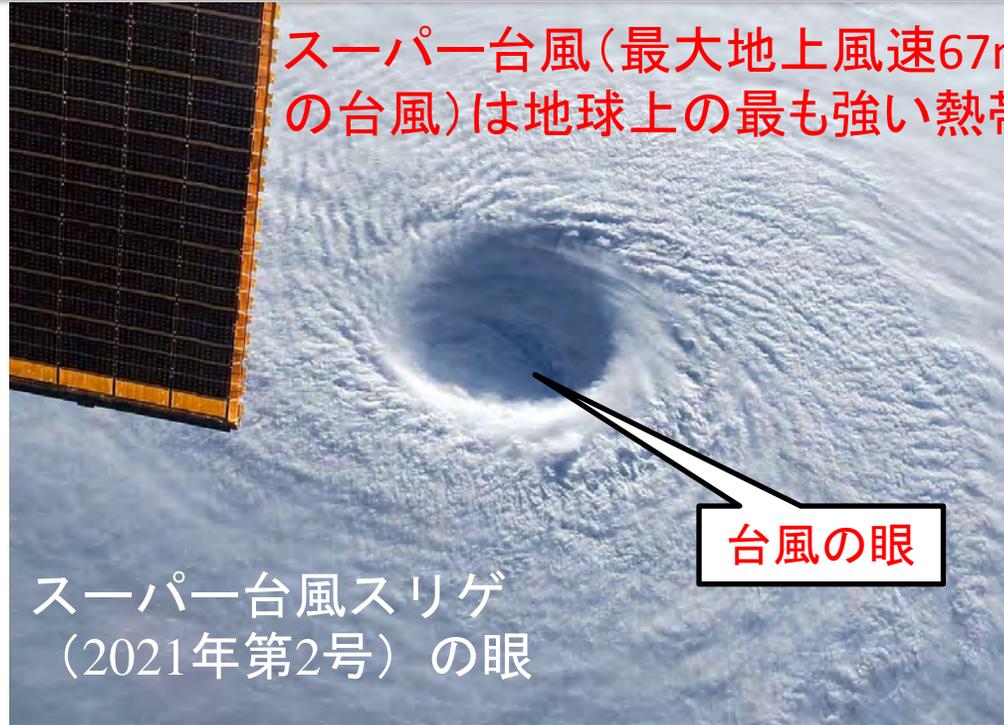
超高解像度モデルによる台風予測



T-PARCII国際アドバイザーボードメンバー:
US:コロラド大学、NOAA
台湾:国立台湾大学
韓国:NIMS,KMA
香港:香港気象台
UK:インペリアルカレッジ
フランス:CNRS
日本:東京大学、気象庁、横浜国立大学台風科学技術研究センター他

航空機からの多数の投下型観測器(ドロップゾンデ)観測データのモデルへの入力

学術的問題点: スーパー台風はなぜ重要か? なぜ台風の眼と壁雲の構造に着目するのか?



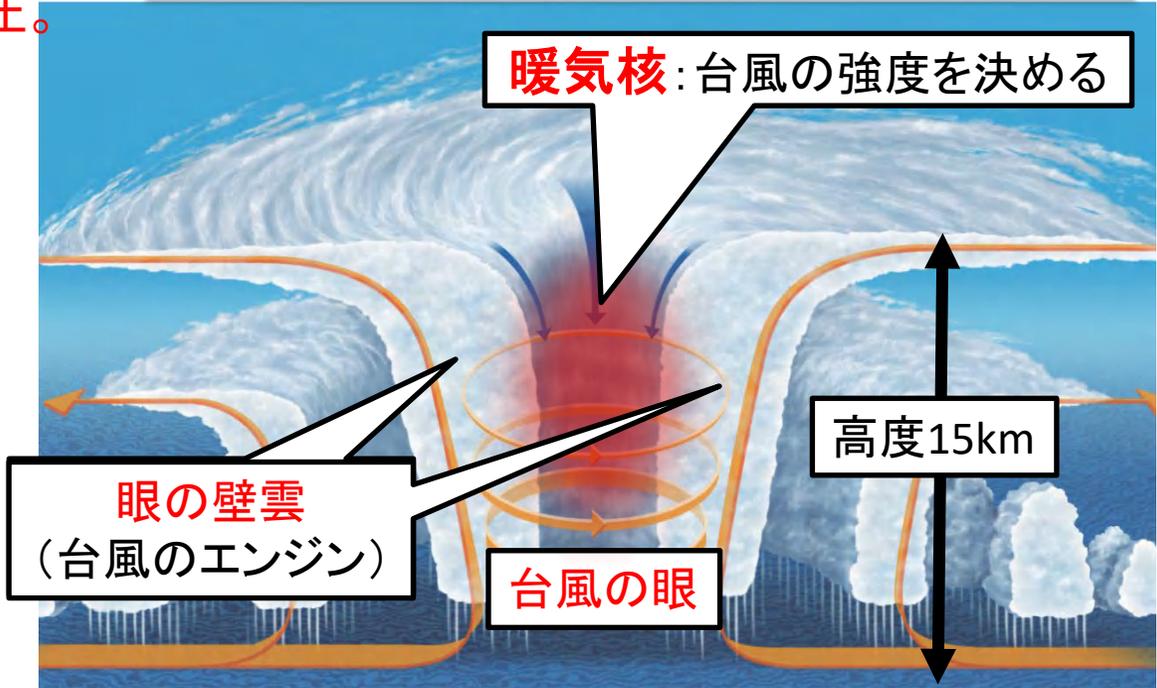
スーパー台風がなぜ重要か?

台風の強度には上限値があり、障害要因のない環境で発達するスーパー台風は**強度と発達速度の上限値に達する理想台風**

スーパー台風は台風の**最大強度であり、理想的構造を持つ**

それ以外の台風は様々な障害要因により、強度の上限値、つまりスーパー台風の強度に達しない。

なぜ台風の**眼**と**壁雲**の構造に着目するのか?



$$\log P_s = \gamma \int_0^{Z_t} \frac{1}{T} dz + const$$

P_s : 中心気圧、 T : 気温、
 γ : 定数、 z : 高度、 Z_t : 台風上端高度

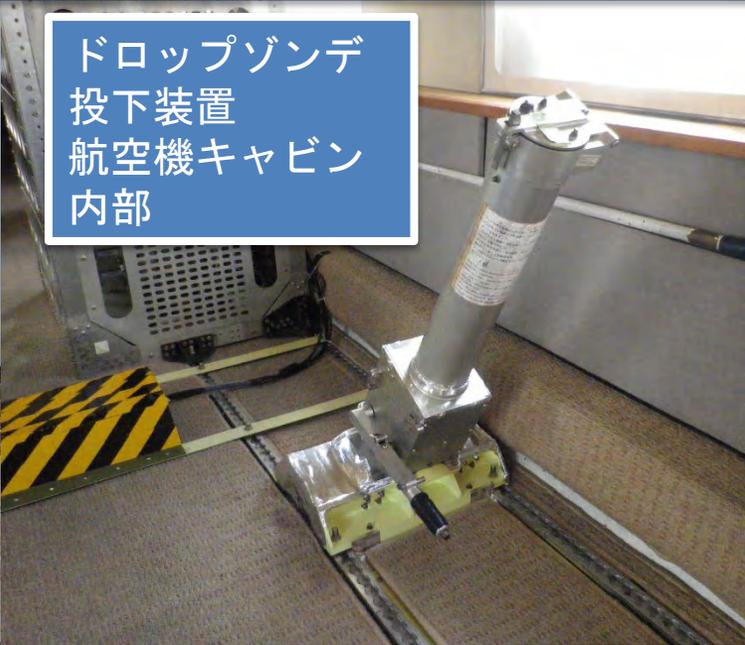
台風強度は眼内部の**暖気核**の強さが決める。
暖気核が暖かいほど、台風は強くなる。

台風・線状降水帯を観測するための航空機（ドロップゾンデ観測装置は名大総長裁量経費による）

観測用ジェット機(ガルフストリームIV)
高高度からの観測、長距離飛行可能



ドロップゾンデ
投下装置
航空機キャビン
内部



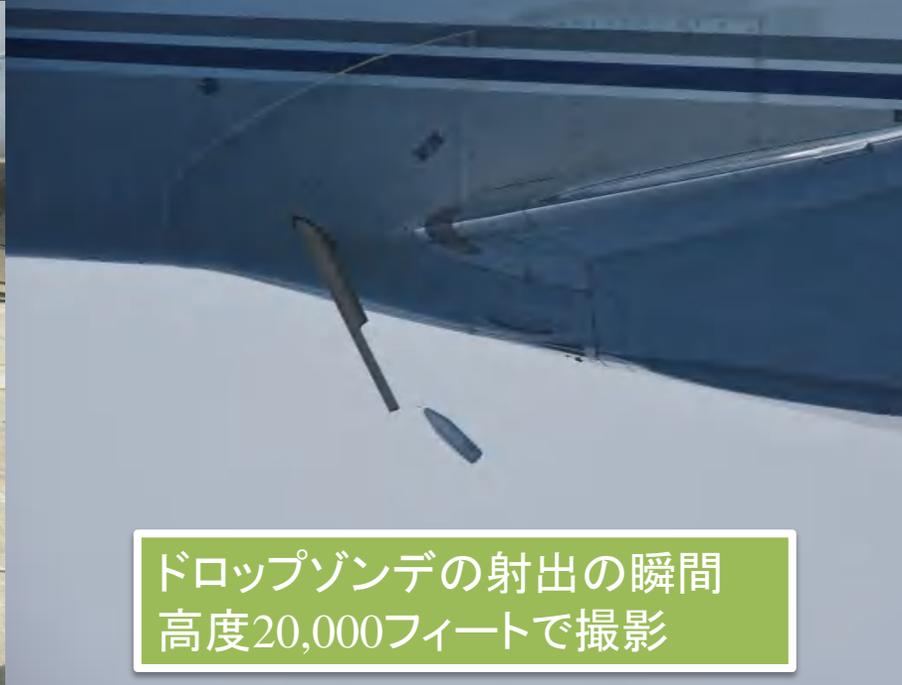
新型ドロップゾンデ:生分解性素材使用
(名古屋大学・明星電気製)



キャビン内部に設置したドロップ
ゾンデ信号受信機(2台)

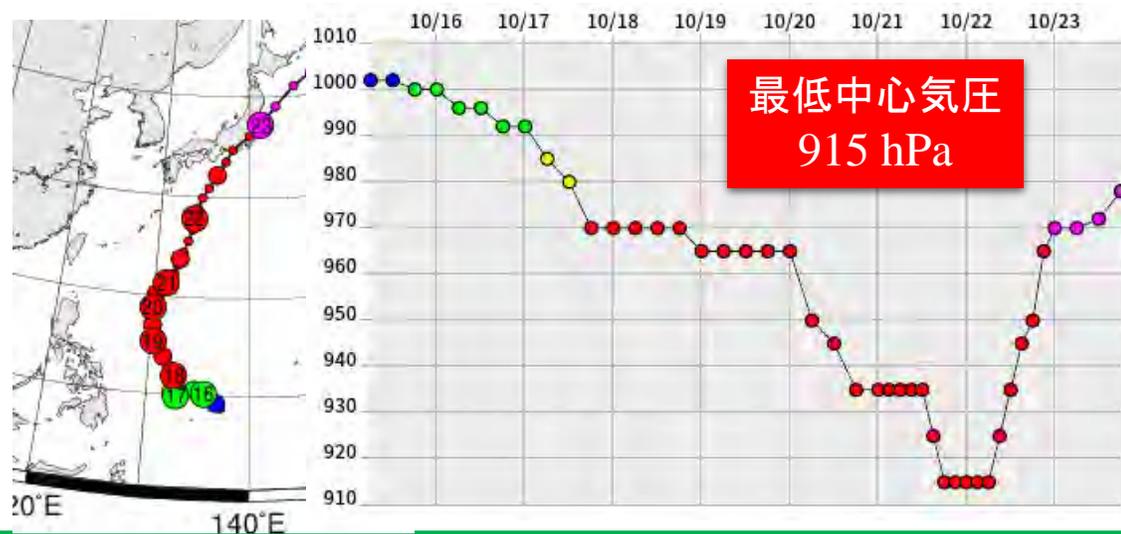


ドロップゾンデ投下装置
航空機の外、主翼付根部

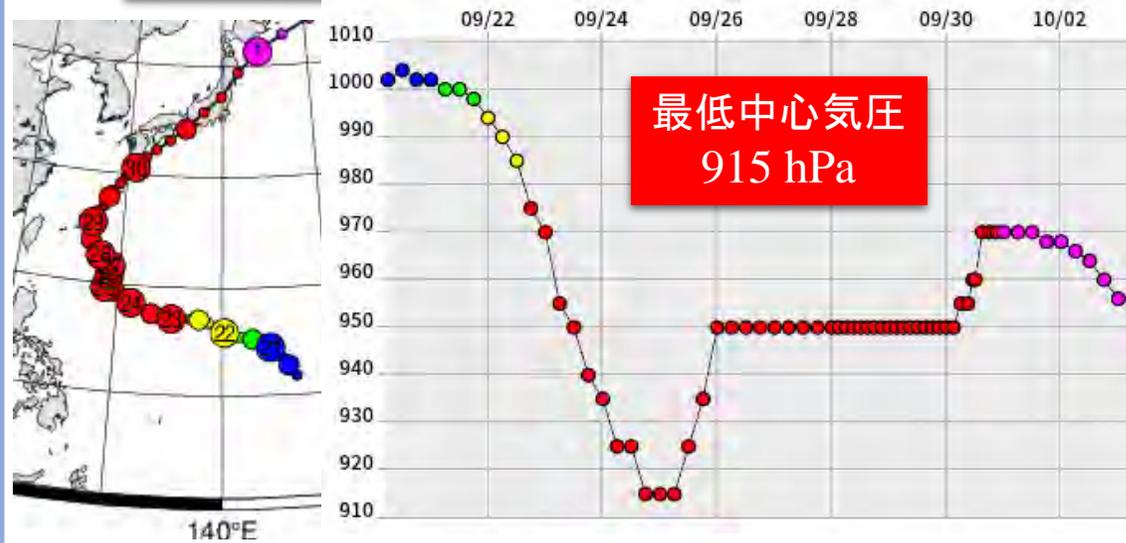


ドロップゾンデの射出の瞬間
高度20,000フィートで撮影

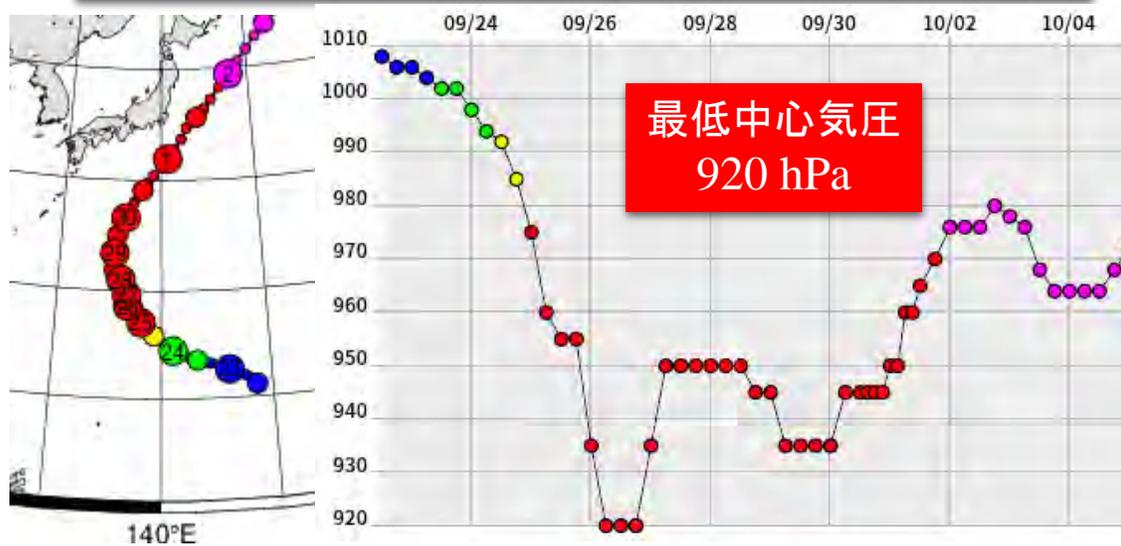
2017年10月台風21号 (Supertyphoon Lan)



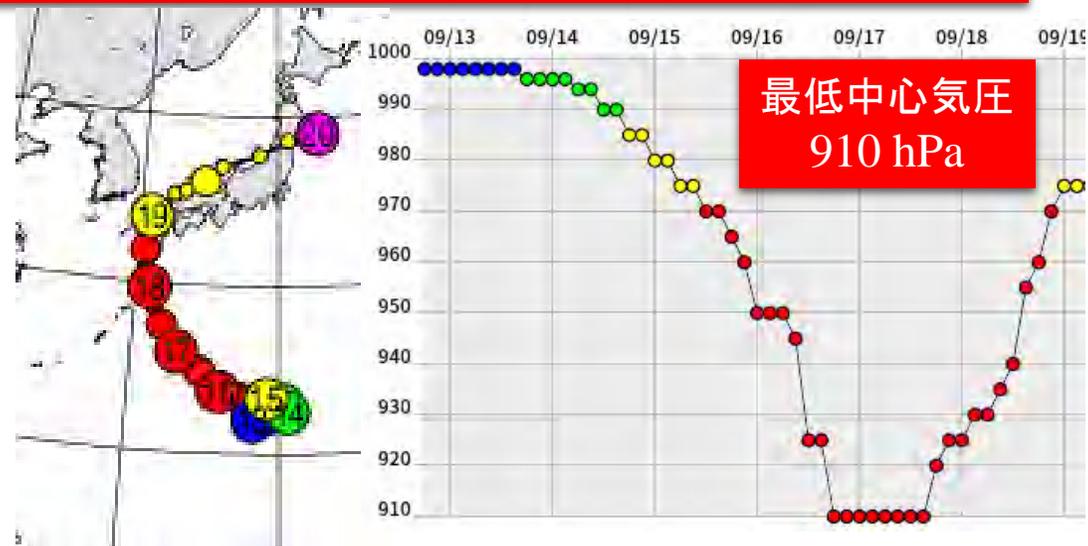
2018年9月台風24号 (Supertyphoon Trami)



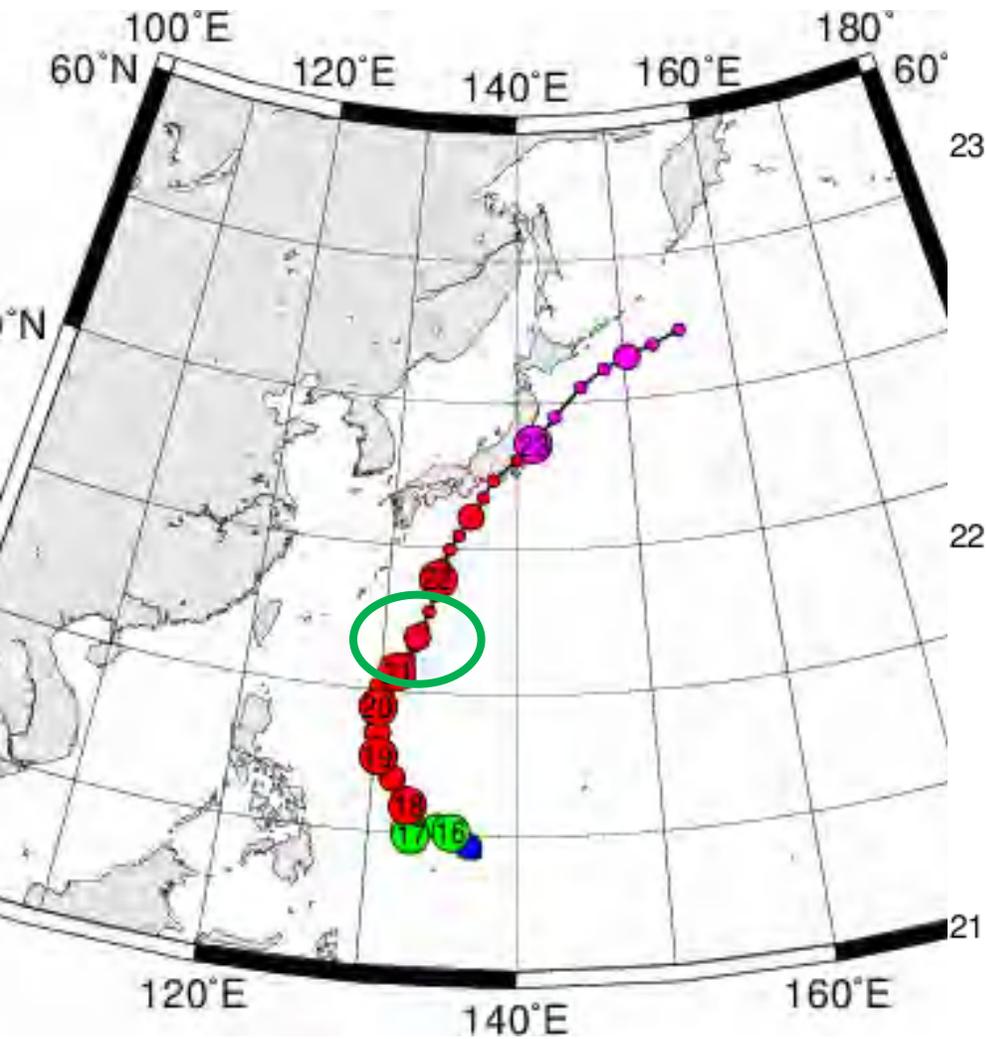
2021年9月台風16号 (Supertyphoon Mindulle)



2022年9月台風14号 (Supertyphoon Nanmadol)



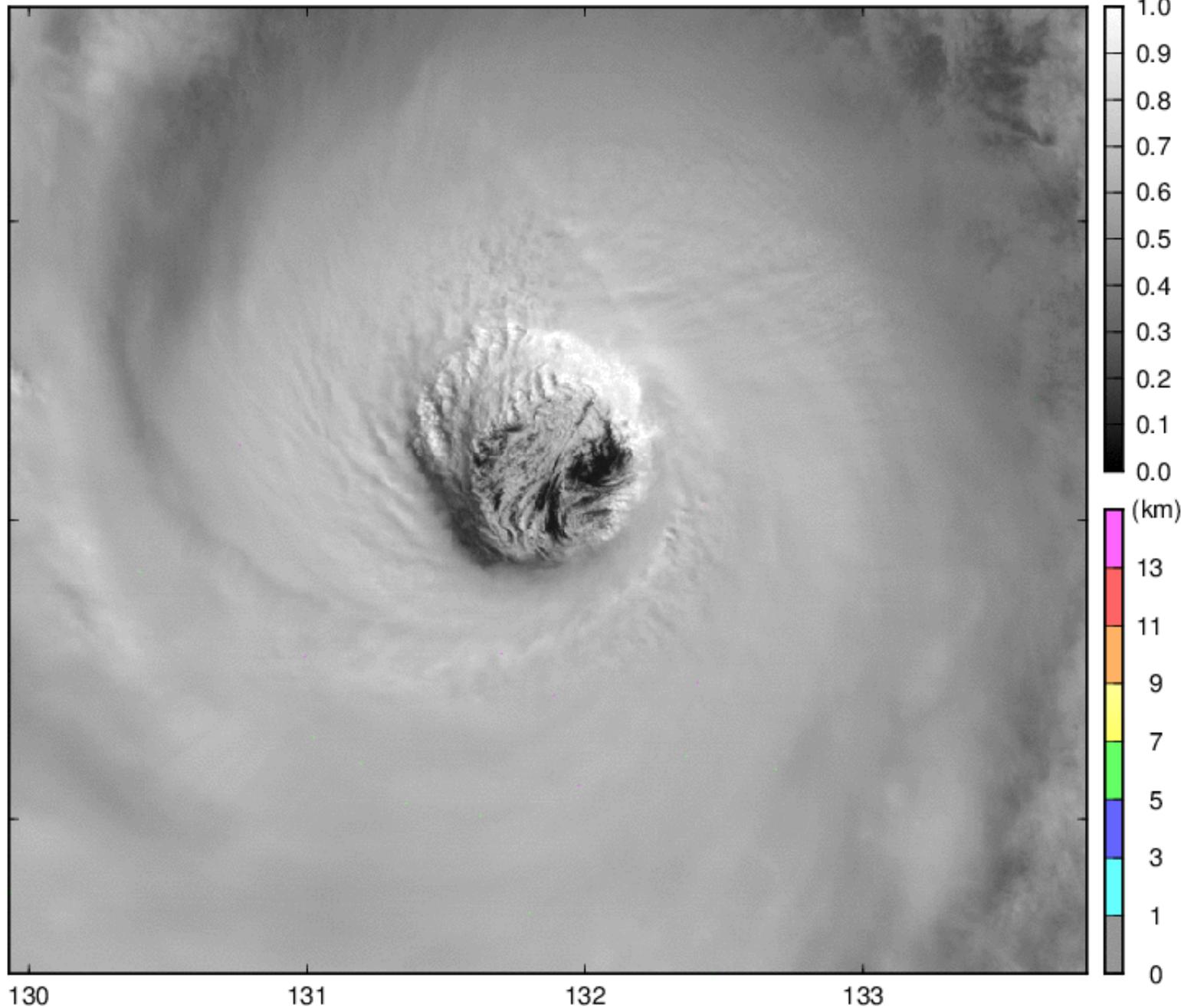
2017年台風Lan(第21号)



LAN (1721)

915 hPa

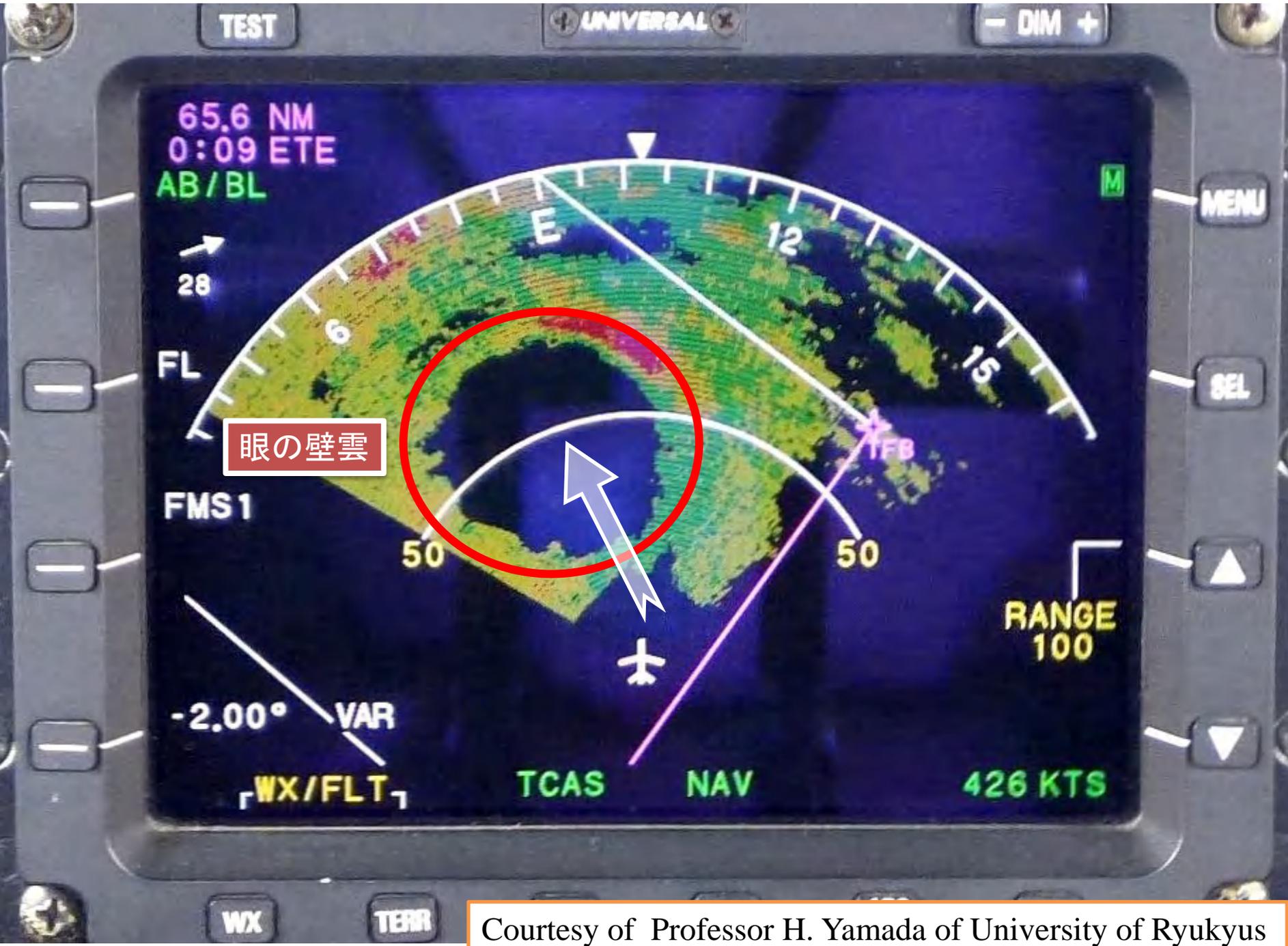
05:00:00 UTC 21 OCT. 2017



ムービー：琉球大学山田広幸先生作成

台風の航空機観測：スーパー台風に接近中のジェット機のキャビンの中での作業の様子





眼の壁雲

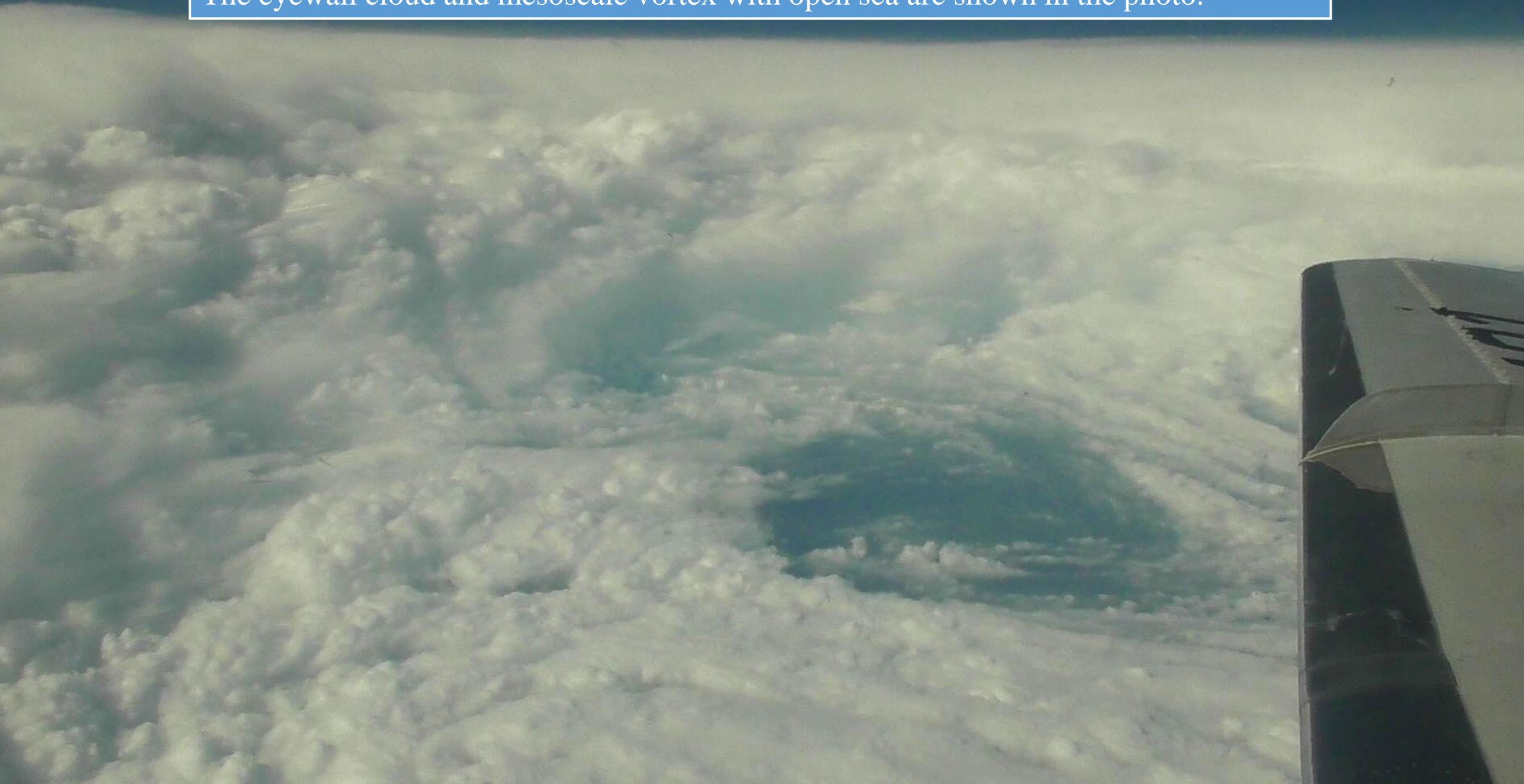
Courtesy of Professor H. Yamada of University of Ryukyus

スーパー台風 Lan (2017)へ眼の壁雲から眼内部への飛行



Courtesy of Professor H. Yamada of University of Ryukyus

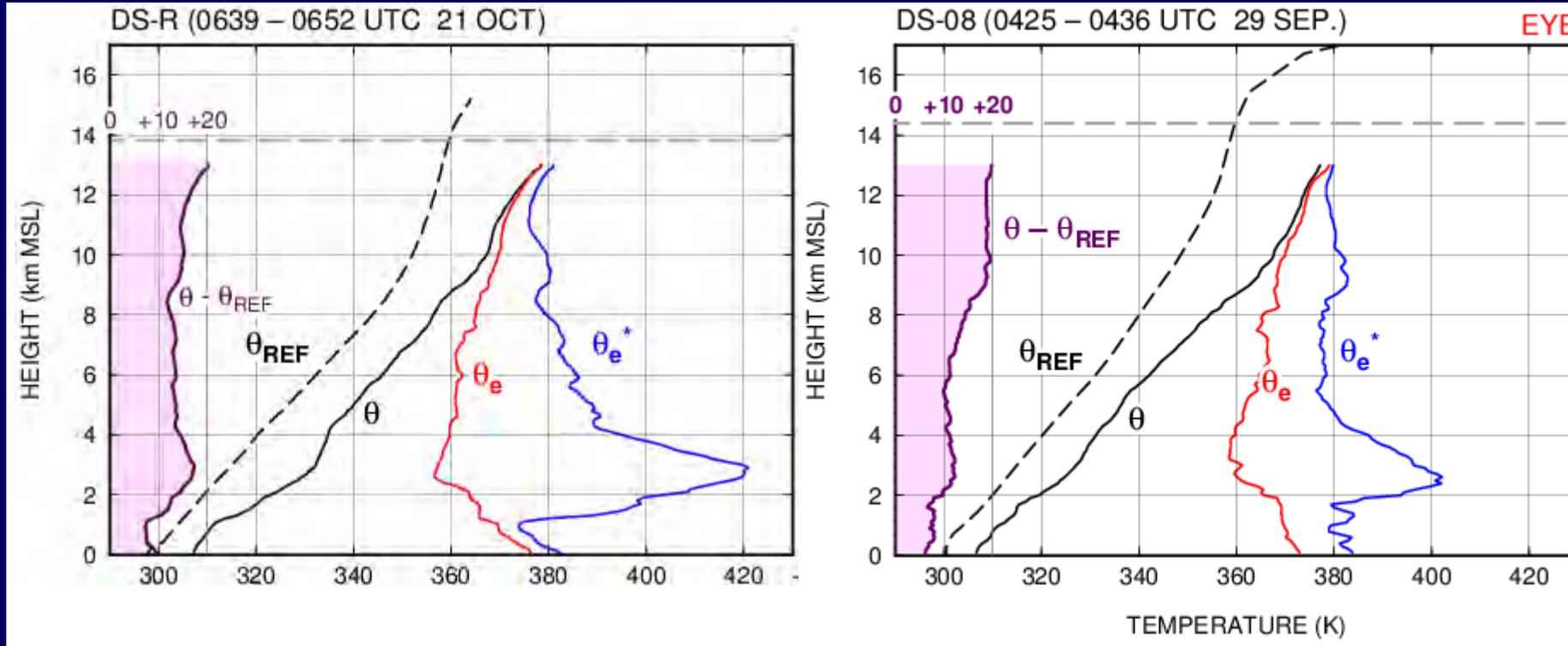
The eye of typhoon Lan (2017) observed by the T-PARCI project on October 21, 2017
The eyewall cloud and mesoscale vortex with open sea are shown in the photo.



二重暖気核構造の比較

Lan (2017)

Mindulle (2021)

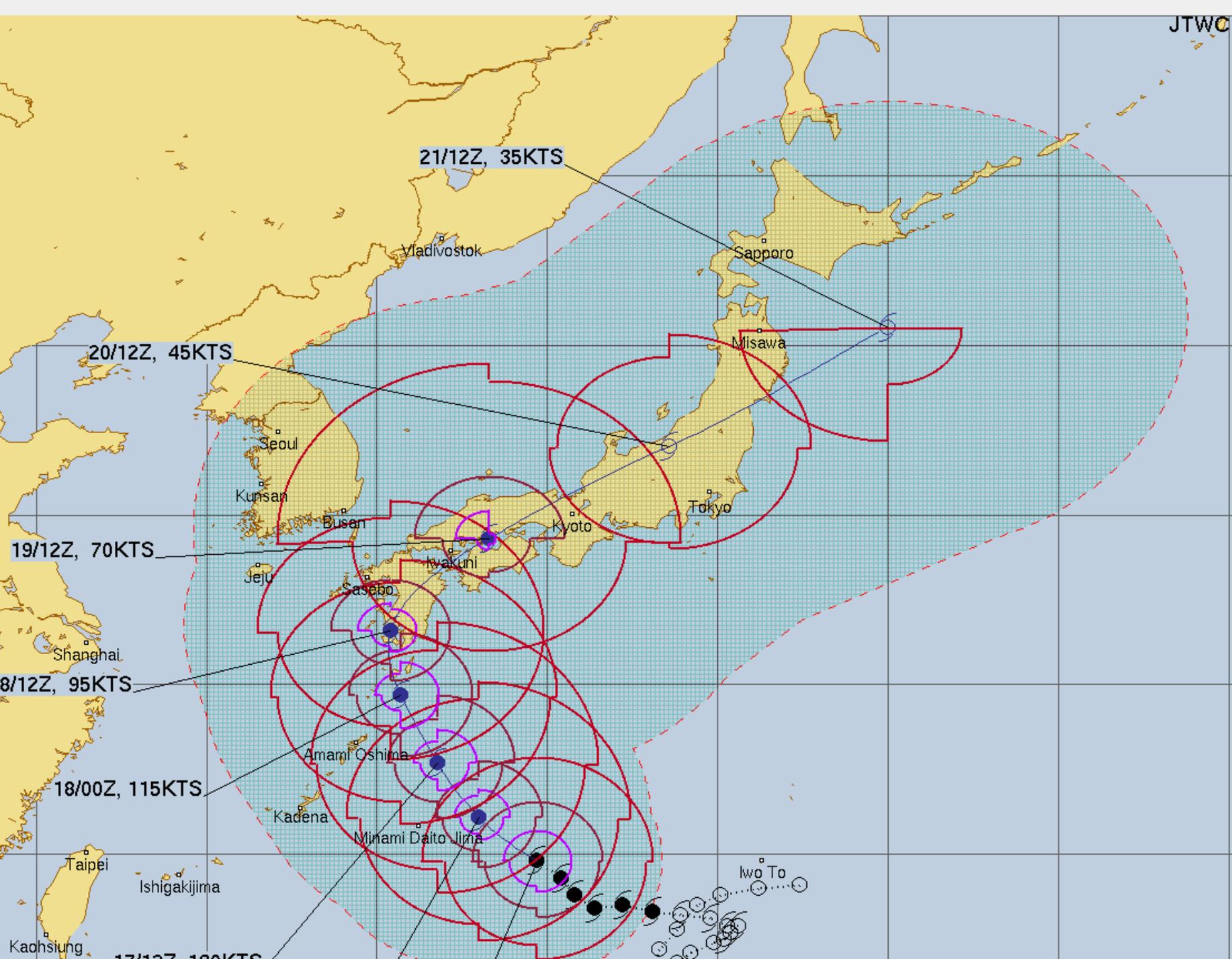


2017年第21号(Lan) に似た二重暖気核構造が観測された。

上部：9 km以上, $\theta_e \sim 380$ K

下部：3 km付近, $\theta_e \sim 360$ K

温位偏差はLanに比べて、上部暖気核で大きく、下部暖気核で小さい。



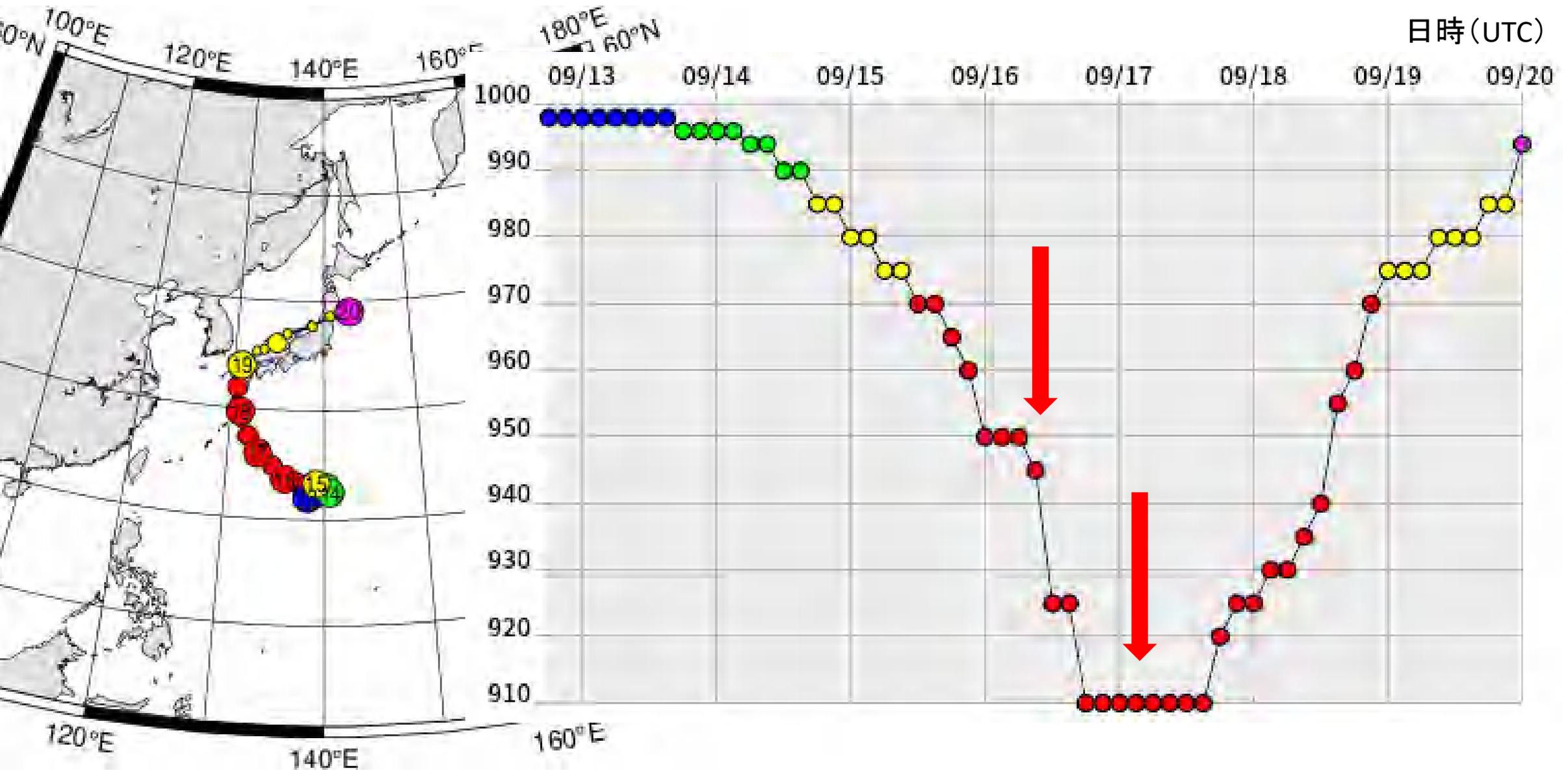
SUPER TYPHOON 16W (NANMADOL) WARNING #16

161200Z POSIT: NEAR 24.8N 134.7E
 MOVING 310 DEGREES TRUE AT 08 KNOTS
 MAXIMUM SIGNIFICANT WAVE HEIGHT: 32 FEET
 16/12Z, WINDS 130 KTS, GUSTS TO 160 KTS
 17/00Z, WINDS 135 KTS, GUSTS TO 165 KTS
 17/12Z, WINDS 130 KTS, GUSTS TO 160 KTS
 18/00Z, WINDS 115 KTS, GUSTS TO 140 KTS
 18/12Z, WINDS 095 KTS, GUSTS TO 115 KTS
 19/12Z, WINDS 070 KTS, GUSTS TO 085 KTS
 20/12Z, WINDS 045 KTS, GUSTS TO 055 KTS
 21/12Z, WINDS 035 KTS, GUSTS TO 045 KTS

CPA TO:	NM	DTG
OKIDAITO_JIMA	137	09/17/00Z
MINAMIDAITO_JIMA	87	09/17/04Z
KADENA_AB	225	09/17/15Z
KANOYA	27	09/18/11Z
MOKPO	262	09/18/19Z
GWANGJU_AB	255	09/18/20Z
SASEBO	72	09/18/20Z
CAMP_KENGUN	9	09/18/21Z
GWANGYANG	212	09/18/21Z
YEOSU	208	09/18/21Z
KUNSAN_AB	291	09/18/22Z
CHINHAE	186	09/19/00Z
GIMHAE_AB	179	09/19/01Z
PUSAN	168	09/19/01Z
CAMP_HUMPHREYS	320	09/19/02Z
CHEONGJU_AB	290	09/19/02Z
INCHON	355	09/19/02Z
OSAN_AB	324	09/19/02Z
SUWON_AB	329	09/19/02Z
TAEGU	216	09/19/02Z
SEOUL_AB	334	09/19/03Z
YONGSAN_AIN	341	09/19/03Z
CAMP_CASEY	356	09/19/04Z
CAMP_RED_CLOUD	354	09/19/04Z
POHANG	197	09/19/04Z
IWAKUNI	23	09/19/07Z
R2S2	26	09/19/23Z
CAMP_FUJI	94	09/20/09Z
ATSUGI	97	09/20/11Z
CAMP_ZAMA	97	09/20/11Z
YOKOSUKA	115	09/20/11Z
YOKOTA_AB	84	09/20/11Z
NARITA_AIRPORT	108	09/20/14Z
SHARIKI	152	09/21/02Z
MISAWA	107	09/21/04Z

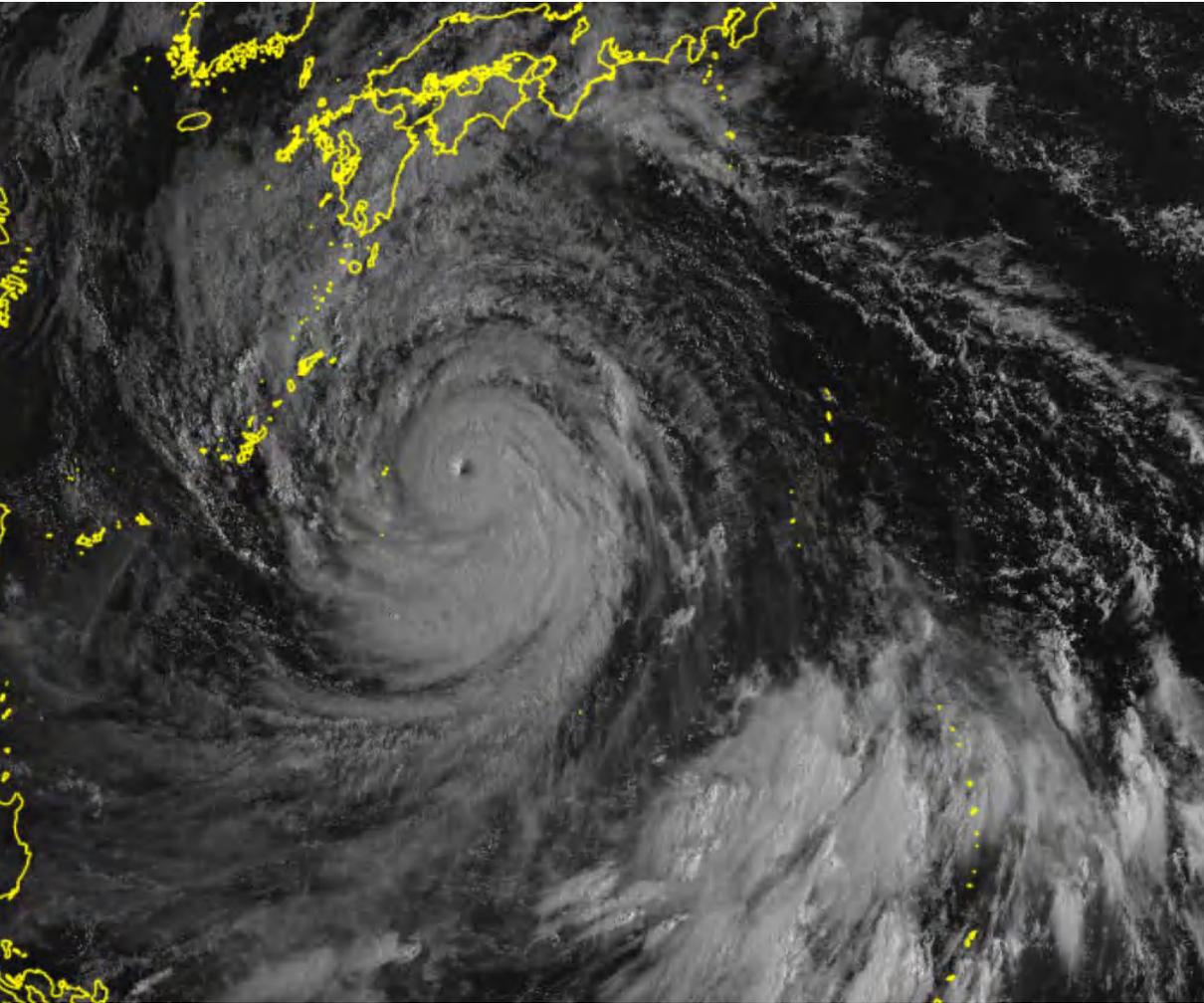
BEARING AND DISTANCE	DIR	DIST (NM)	TAU (HRS)
IWO_TO	271	359	0

2022年9月台風14号 (Nanmadol) の航空機観測 (9月16日~17日)

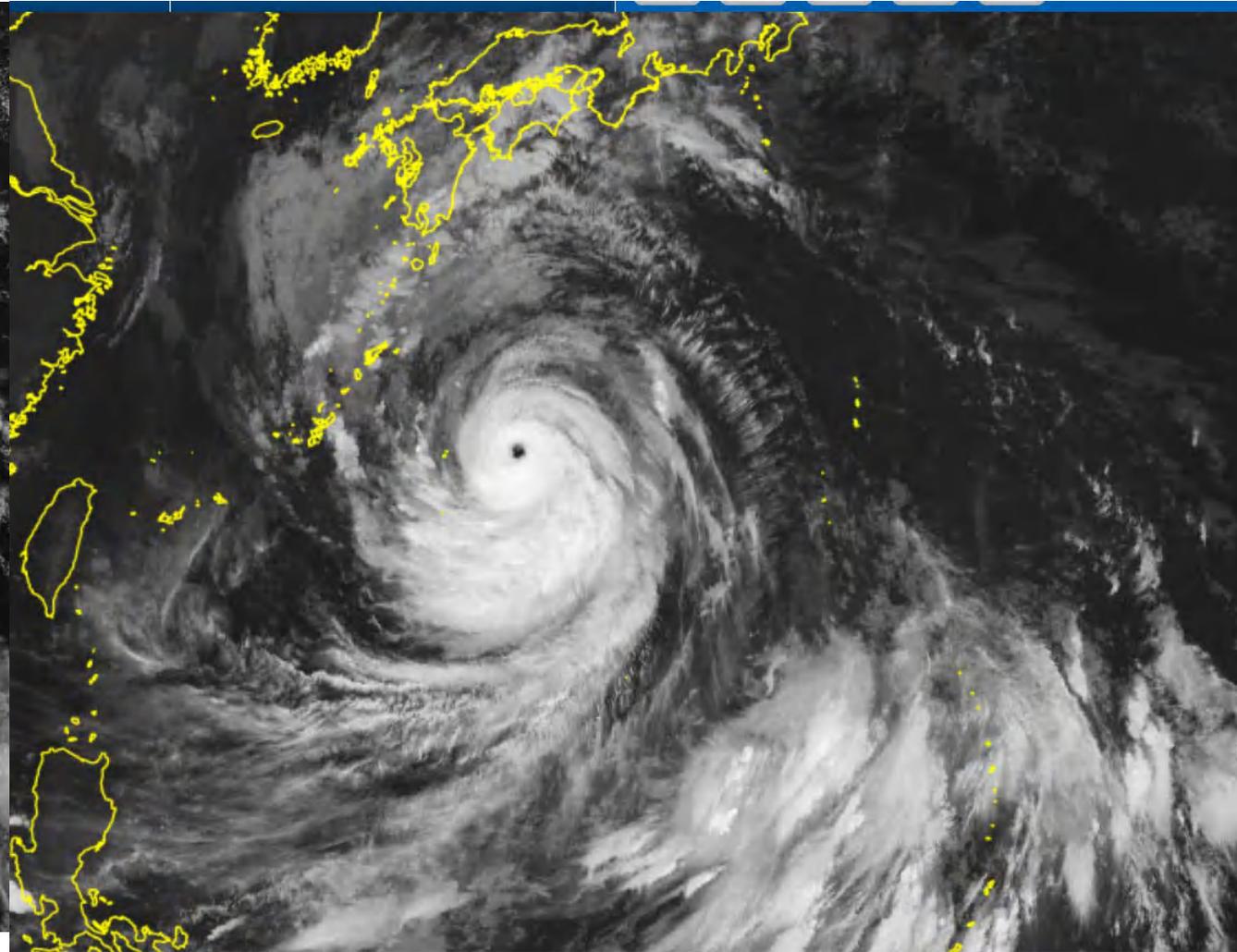


台風14号 (Nanmado1) 9月17日08JSTの衛星画像：可視(左)、赤外(右)

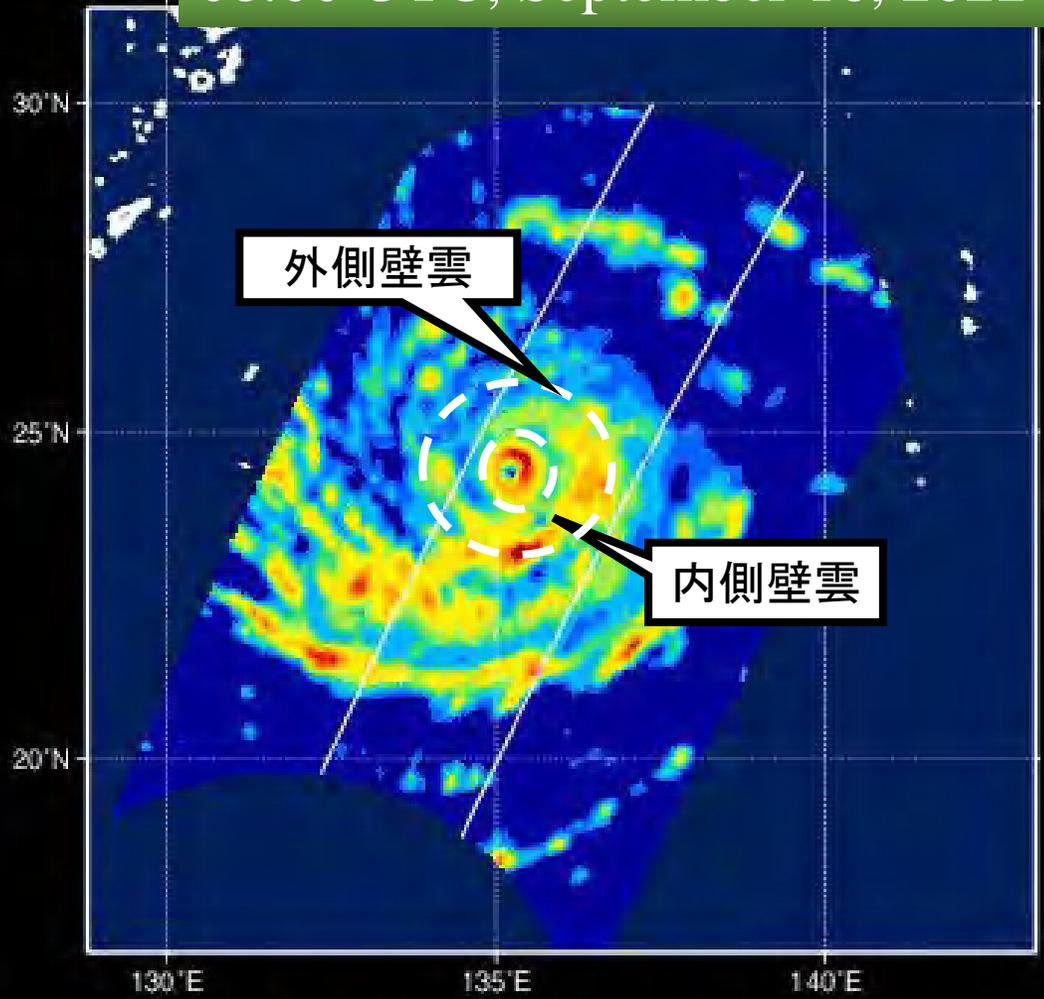
気象衛星ひまわり可視画像



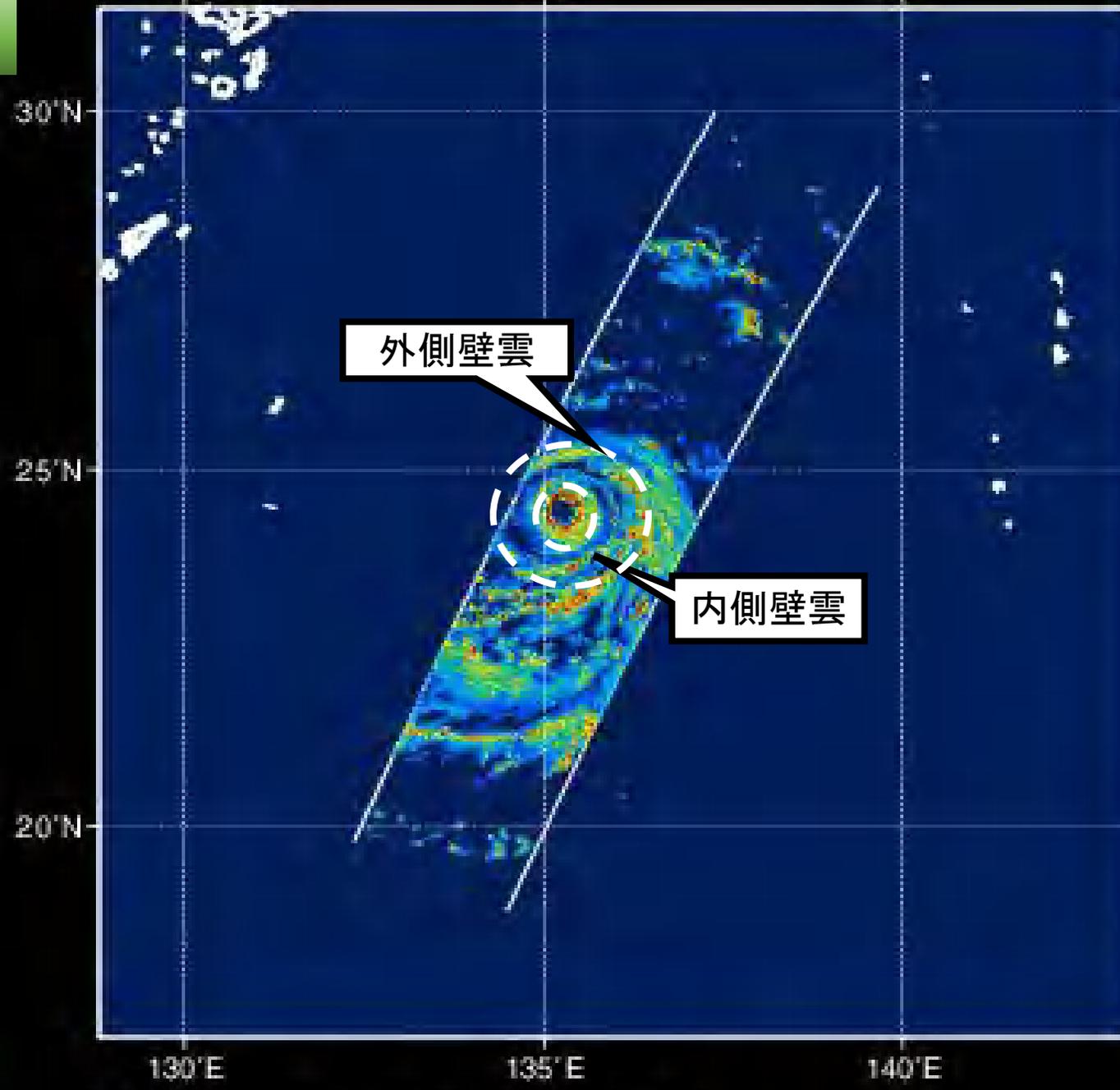
気象衛星ひまわり赤外画像



08:00 UTC, September 16, 2022



16W - Rainrate by GMI -
2022-09-16 07:57:33 to 2022-09-16 08:00:27 (UTC)



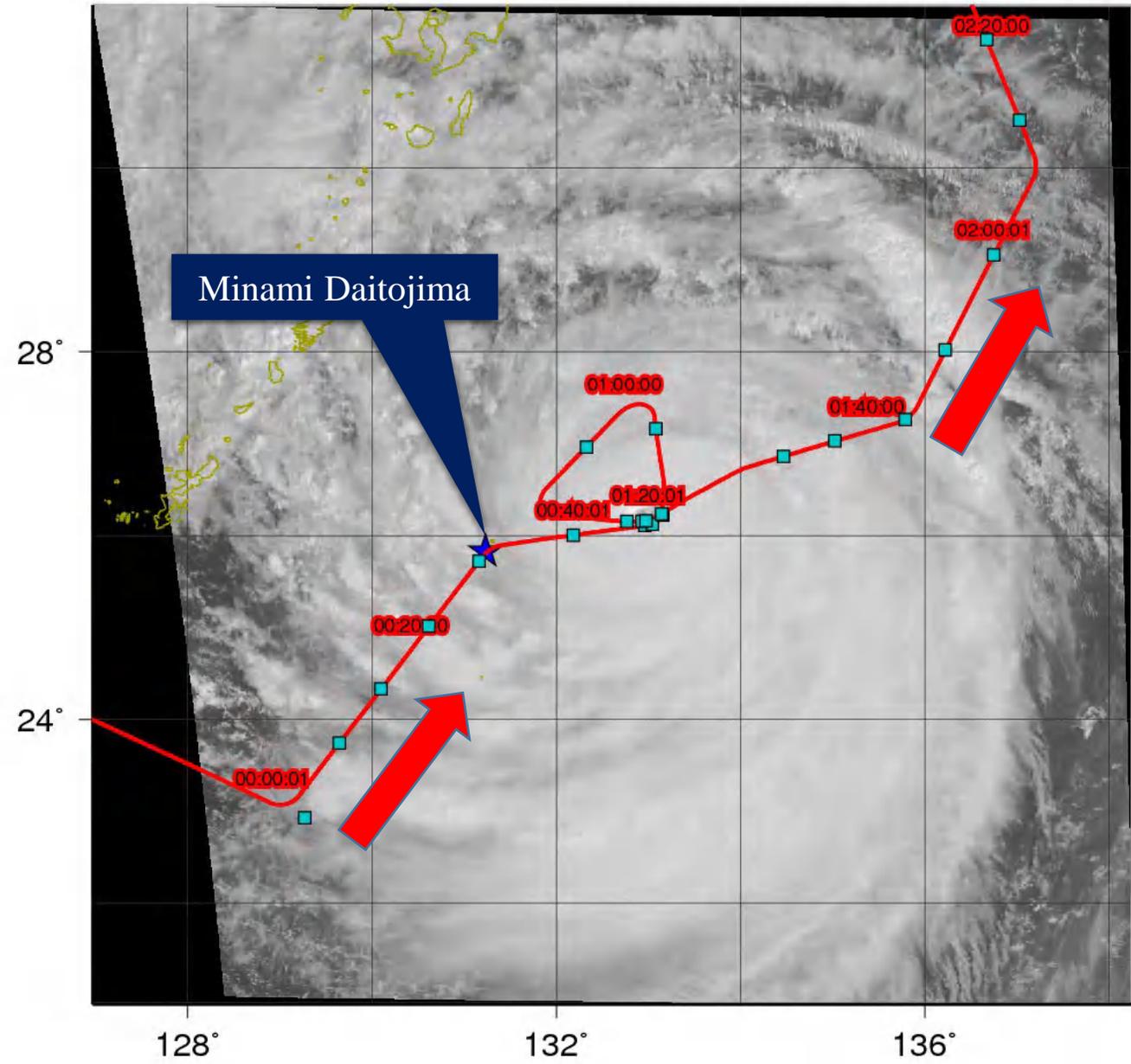
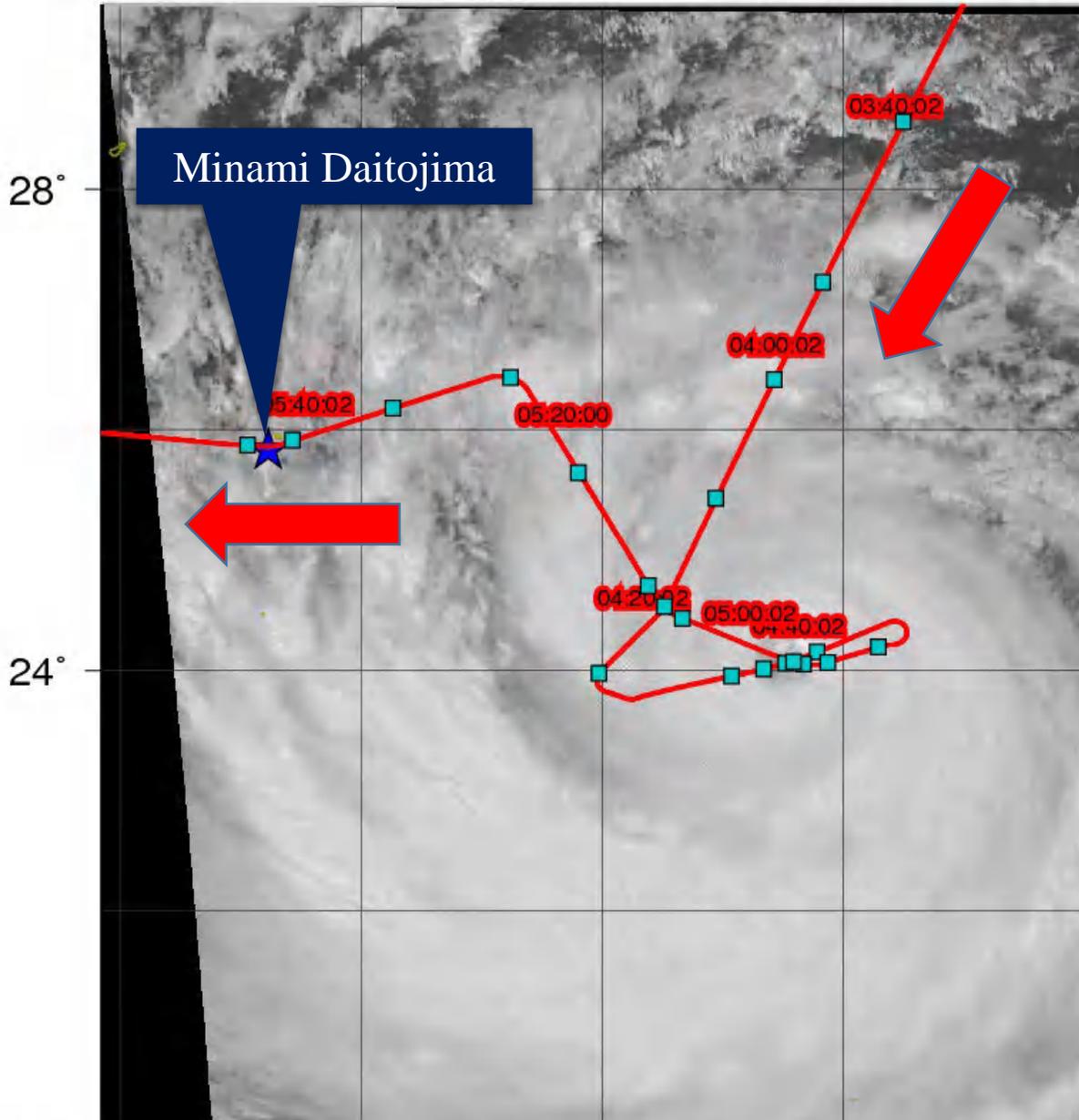
16W - Rainrate by Ku(NS) -

Flight Path on September 16, 2022

Flight Path on September 17, 2022

FLIGHT PATH [HIMAWARI-8] 2022

FLIGHT PATH [HIMAWARI-8] 2022-09-17T01:20:00



Eye of Nanmadol and eyewall observed by aircraft radar at 10:35 a.m. on September 17



2022年9月17日台風Nanmadolの眼への貫入観測第1回目



2022年9月17日に眼に入ったジェット機から撮影した台風14号の眼の壁雲。10時9分撮影。







センター長: 筆保 弘徳教授
副センター長: 坪木和久教授・佐藤正樹教授
森信人教授・満行泰河准教授

活動支援チーム
リーダー: 山室 孝文
○山室 孝文 IAS客員研究員
他11名



**台風観測研究
ラボ**



ラボ長:
名古屋大学/YNU
坪木和久教授

- 名古屋大
- JAMSTEC
- 北海道大
- ★川崎重工業
- JAXA
- 防災科研
- OIST

**台風予測研究
ラボ**



ラボ長:
東京大学/YNU
佐藤正樹教授

- YNU
- 東京大
- 京都大
- 気象研究所
- JAMSTEC
- 慶応大
- 東北大
- CMA
- UCAR

**台風発電開発
ラボ**



ラボ長:
YNU
満行泰河准教授

- YNU
- JAMSTEC
- NEDO
- 北海道大

**社会実装推進
ラボ**



ラボ長:
YNU
真鍋誠司教授

- YNU
- ★デロイト・トーマツ
- ★東京海上研究所
- ★川崎重工業

**地域防災研究
ラボ**



ラボ長:
京都大/YNU
森 信人教授

- YNU
- 京都大
- 千葉大
- ★あいおいニッセイ同和
- ★東京海上研究所
- ★三井住友海上
- 海上・港湾・航空技術研究所
- お茶の水女子大

**台風データ
サイエンスラボ**



ラボ長:
YNU
吉田龍二准教授

- YNU
- JAMSTEC
- 情報・システム研究機構
- ★富士通研究所

国際アドバイザー

- Prof. Kerry A. Emanuel(MIT)
- Prof. Yuqing Wang(UH)
- Prof. Chun-Chieh Wu(NTU)

○YNU特色分野の研究者
●日本中の台風研究者
★企業の研究者

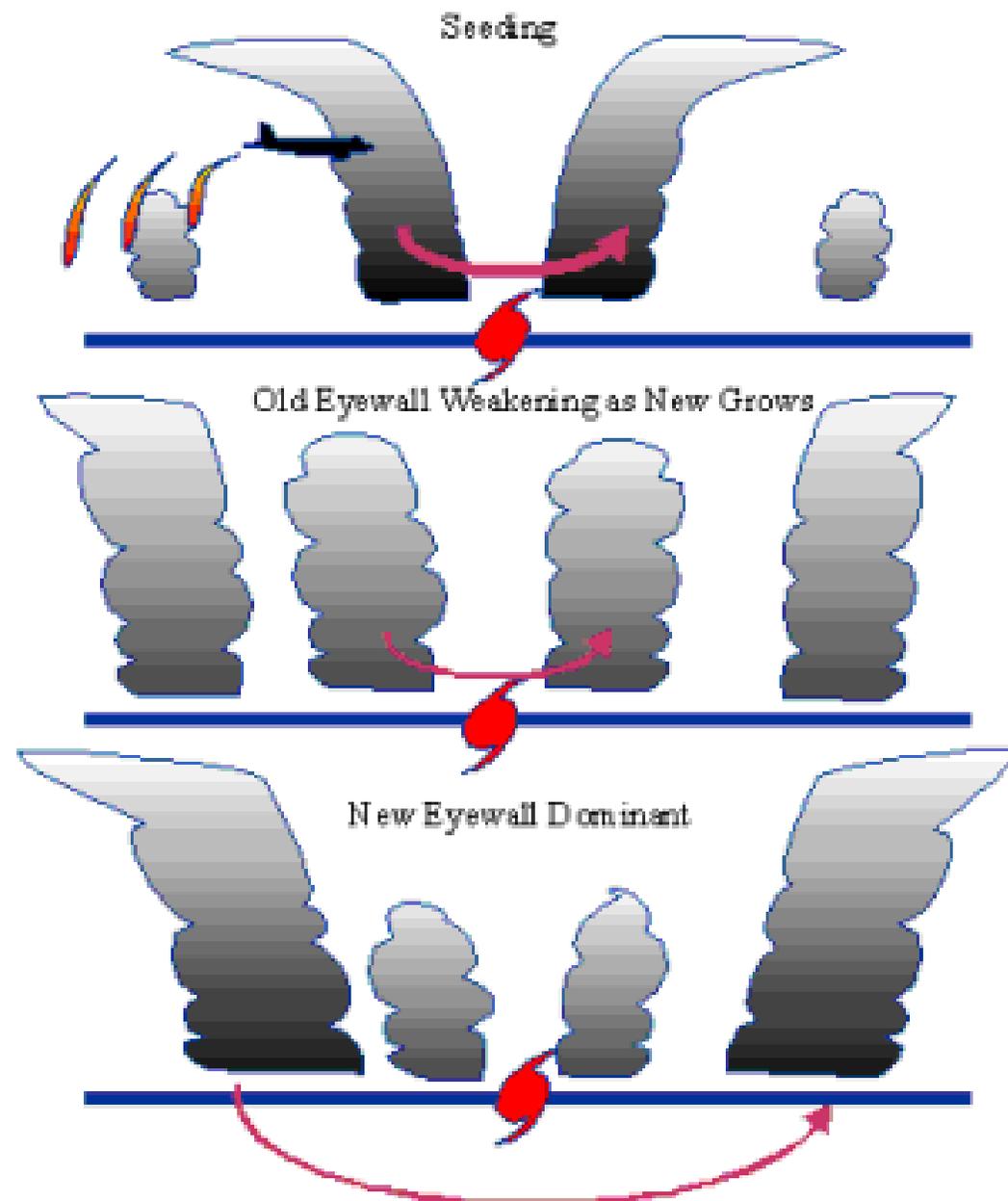
TRC総勢**67**名
11大学 7研究所
6企業 2国外機関

H. E. Willoughby, D. P. Jorgensen¹,
R. A. Black, and S. L. Rosenthal
Hurricane Research Division, AOML/NOAA

- インパクト物質としてヨウ化銀を散布。
- 風速が少し減少するだけで、ハリケーンの破壊力は急激に小さくなるので、風速が10%だけでも減少すれば、人工制御の価値がある。
- 米国の実験Stormfuryでは、風速が10～30%減少した。
- しかし、それは人工制御の結果なのか、もともとハリケーンがそのように衰弱するものだったのかの区別ができない。

https://www.aoml.noaa.gov/hrd/hrd_sub/sfury.html

STORMFURY Hypothesis



1969年から50年間の進歩：技術の発展

- 超高速コンピュータ
- 雲を解像する数値予報モデル
- 高度なデータ同化技術

+

- 航空機観測
- 雲の人工調節

||

- ◆ 台風の高精度予測
- ◆ その先にある台風制御の可能性

人為的インパクトと台風・ハリケーンの変化の因果関係を証明できない。台風・ハリケーンなどの自然の事象は1回限り。

自然界では1度きりの事象もコンピュータのなかでは何度でも、条件を変えて、台風を発生させ、インパクト実験をできる。シミュレーションによる対照実験が可能。

台風に対する介入方法の概要

- 目標：台風の強度に影響を及ぼす可能性のある制御方法を調査する。

Seeding of water (ice) from aircraft to weaken the warm core

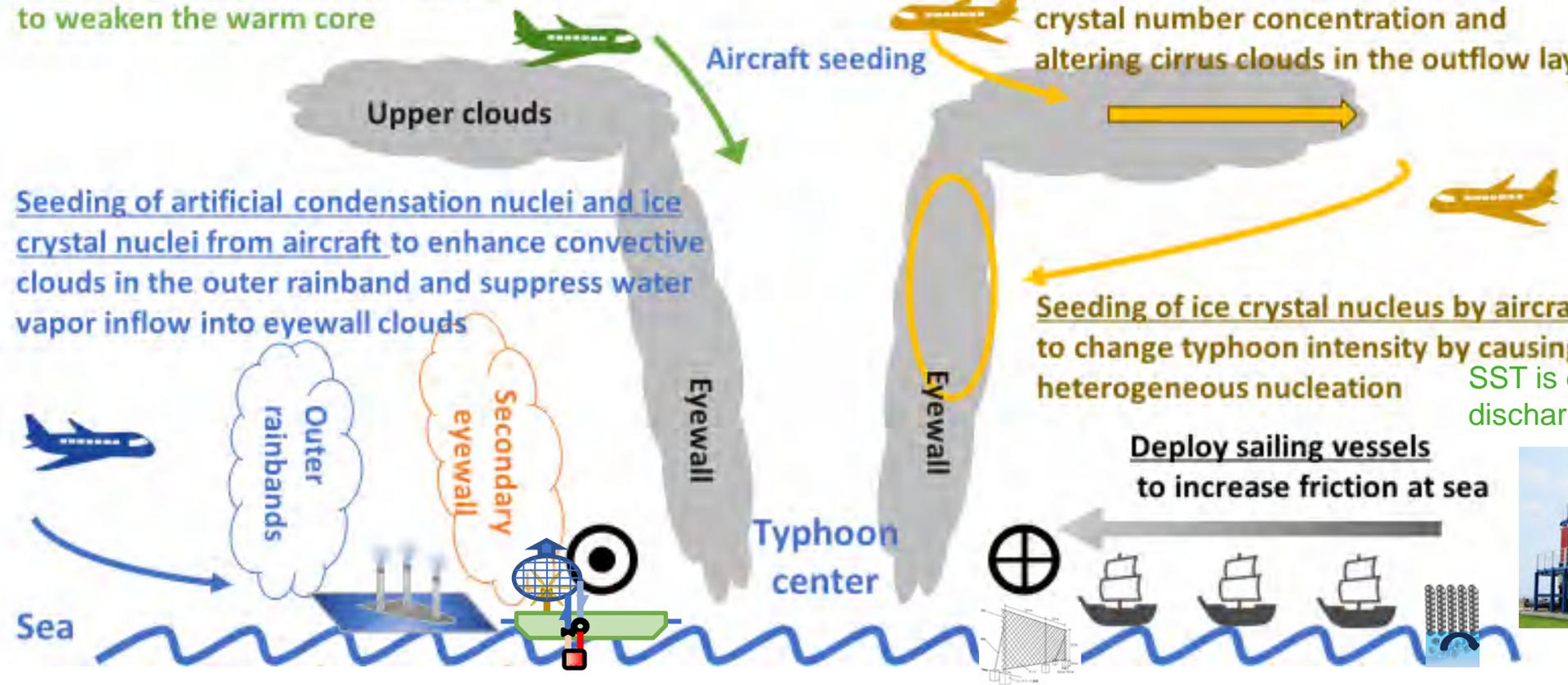
Seeding of artificial condensation nuclei and ice crystal nuclei from aircraft to enhance convective clouds in the outer rainband and suppress water vapor inflow into eyewall clouds

Spray water vapor by aircraft to decrease typhoon intensity by increasing ice crystal number concentration and altering cirrus clouds in the outflow layer

Seeding of ice crystal nucleus by aircraft to change typhoon intensity by causing heterogeneous nucleation

Deploy sailing vessels to increase friction at sea

SST is decreased by discharging deep-sea water



OTEC
NPO Umiroman 21

- 航空機からの種まきによる対流雲の変化
- 海洋温度差発電と海からの蒸発による海面水温の低下
- 海付近の風速、気温、湿度の変化
- 噴水、無人船、バリア、防風ネットによる海面付近の風速、温度、湿度の変化。

ハザードマップー不完全だが不可欠

- ハザードマップとは、「災害予測地図」はまたは「被害予測地図」ともいわれる
- 地震、洪水、火山噴火などの災害をもたらす自然現象について、想定される被害の種類、程度及び範囲などを示した地図のこと
- **浸水想定区域、浸水継続時間や土砂災害警戒区域などを示した地図**

- ハザードマップには、浸水深が色分けやグラデーションで描かれているだけでなく、必要な公共施設（警察署、消防署、病院、市役所など）、アンダーパスなどの浸水危険箇所、備蓄倉庫、観測所、ライブカメラなどの位置、さらに氾濫流による家屋倒壊想定域なども記載されているものがある
- **浸水想定区域の浸水深予想や浸水継続時間は比較的精度よく示されている。総降水量を想定すれば、浸水深は地形によって決まってしまうので、比較的精度よく求めることが可能**

- **ハザードマップは不可欠であるが、一方で災害の多様性・複雑性のため、それは**不確実性を含む不完全なもの****

- **ハザードマップで想定されている降水量を超える大雨が起こったときは、浸水深が予測を超える。また、土砂災害危険箇所については、不確実性が大きい。浸水と異なり、土砂災害は予測が難しい**
- 2019年の台風ハギビスの豪雨では、**約三割の方が危険区域の外で亡くなっている**。なかには危険区域から逃げ出したところで被災された例もあった。ハザードマップは改訂され続けているが、**常に不確実性のある不完全なものであることを前提に利用すべき**

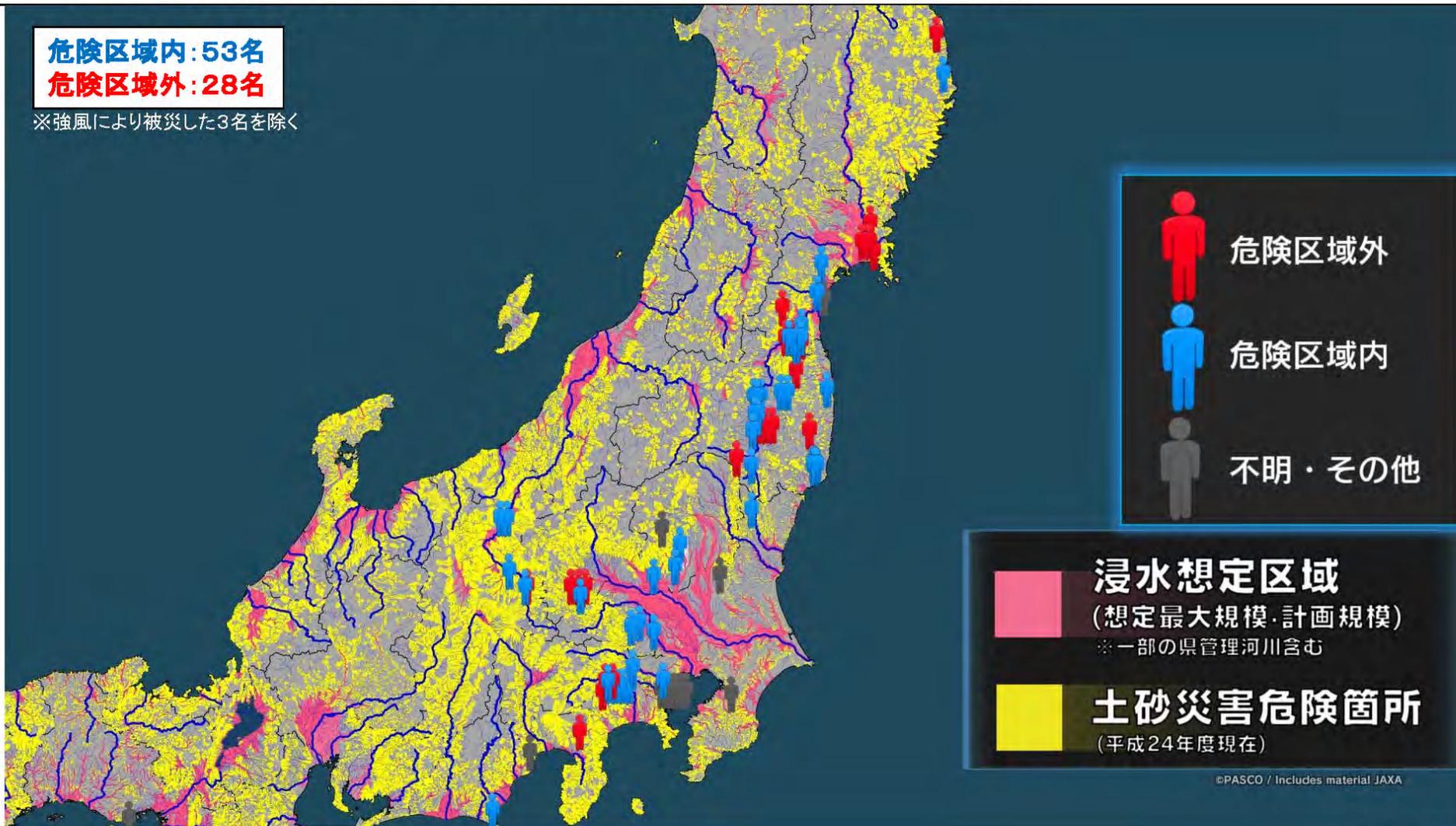
主な課題③ ハザードマップの認知が不足していた

- 台風第19号で**危険区域内で被災した人が約7割**で、ハザードマップの認知が不足していたり、ハザードマップを見てもとるべき行動がわかりにくかったのではないかと推察
⇒ハザードマップを避難行動に結びつくよう改善し周知する必要があるのではないかと推察

危険区域内: 53名

危険区域外: 28名

※強風により被災した3名を除く



警戒レベル	新たな避難情報等		これまでの避難情報等
5	 <p>災害発生 又は切迫</p>	<p>きんぎゅうあんぜんかくほ</p> <p>緊急安全確保※1</p>	<p>災害発生情報 (発生を確認したときに発令)</p>
<p>~~~~<警戒レベル4までに必ず避難！>~~~~</p>			
4	 <p>災害の おそれ高い</p>	<p>ひなんしじ</p> <p>避難指示※2</p>	<ul style="list-style-type: none"> 避難指示(緊急) 避難勧告
3	 <p>災害の おそれあり</p>	<p>こうれいしゃとうひなん</p> <p>高齢者等避難※3</p>	<p>避難準備・ 高齢者等避難開始</p>
2	 <p>気象状況悪化</p>	<p>大雨・洪水・高潮注意報 (気象庁)</p>	<p>大雨・洪水・高潮注意報 (気象庁)</p>
1	 <p>今後気象状況 悪化のおそれ</p>	<p>早期注意情報 (気象庁)</p>	<p>早期注意情報 (気象庁)</p>

※1 市町村が災害の状況を確実に把握できるものではない等の理由から、警戒レベル5は必ず発令される情報ではありません。

※2 避難指示は、これまでの避難勧告のタイミングで発令されることになります。

※3 警戒レベル3は、高齢者等以外の人も必要に応じ普段の行動を見合わせ始めたり、避難の準備をしたり、危険を感じたら自主的に避難するタイミングです。

警戒レベル5は、
すでに安全な避難ができず
命が危険な状況です。
**警戒レベル5緊急安全確保の
発令を待ってはいけません！**

避難勧告は廃止されます。
これからは、
警戒レベル4避難指示で
危険な場所から全員避難
しましょう。

避難に時間のかかる
高齢者や障害のある人は、
警戒レベル3高齢者等避難で
危険な場所から避難
しましょう。

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)