

# このごろ気になる『巨大台風と豪雨』 どうして起こるの？ 必要な対策は？

寺尾 徹 (香川大学教育学部/気象学)

1

## 今日のお話

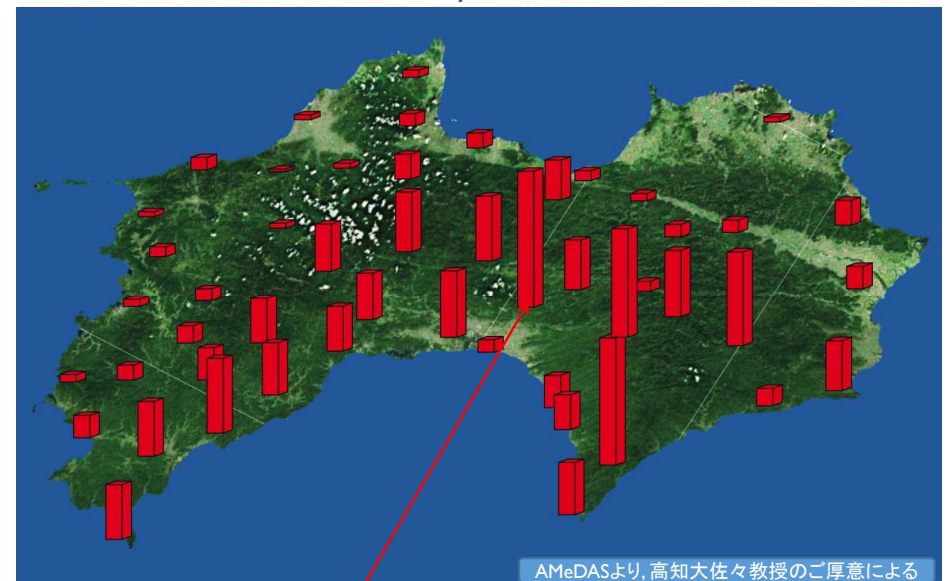
- ▶ 「極端現象」とは？
  - ▶ 極端現象とは何か
- ▶ 降水極端現象は増加しているか
  - ▶ 日本と世界の降水極端現象
- ▶ 地球温暖化と降水極端現象
  - ▶ 地球温暖化と降水極端現象の将来予測
- ▶ 地球温暖化の悪影響を防ぐために
  - ▶ パリ協定と1.5°C報告書

▶ 2

## 極端現象とは何か

3

## 過去30年間の50mm/hを超える強雨の回数



AMeDASより, 高知大佐々教授のご厚意による

▶ 4

最高回数は繁藤の55回

## 降水量と災害

- ▶ 災害は降水強度だけで決まるものではない
  - ▶ 降水量の大小と水害被害の多さとは直接対応しない

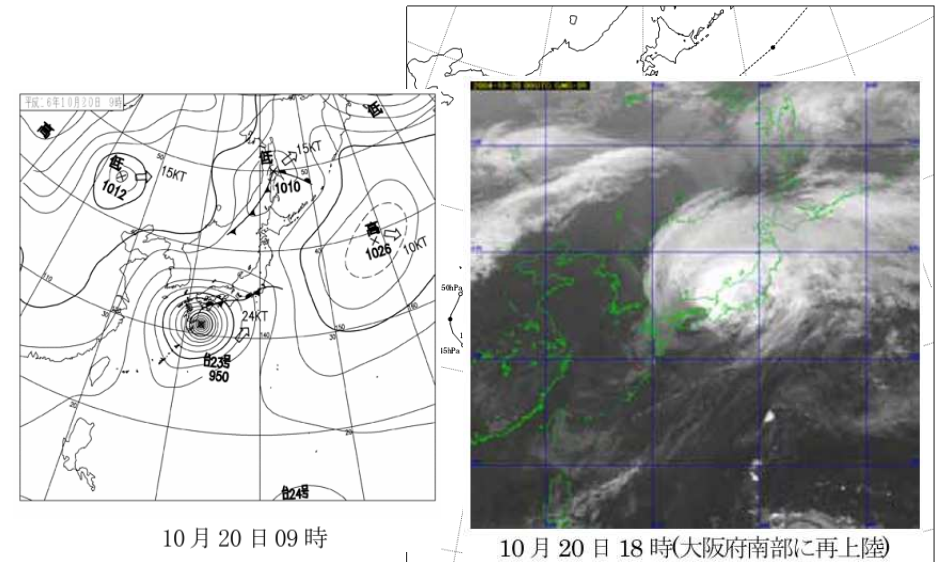
### ▶ 例：山陽・四国地方各県の床下浸水

#### ▶ 1962-2005年

県	岡山県	広島県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県
床下浸水(棟)	87,386	100,412	107,135	91,595	89,187	106,647
降水量(平年, mm)	1141	1540	1540	1124	1303	2627

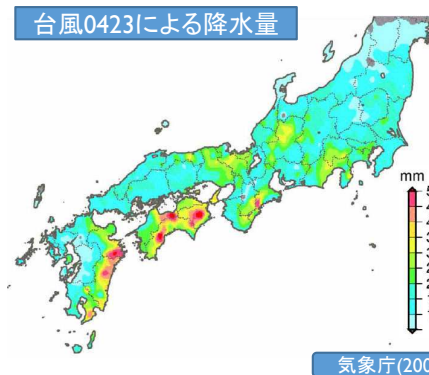
- ▶ 地域の特性を考える。降水量だけで考えない。

## 2004年台風23号



## 災害事例：2004年台風23号

- ▶ 最も多くの犠牲者を出したのはどの県か？
  - ▶ 降水量上位5県：徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県



	県	数
1		23
2		15
3		10
4		8
5		7
6		7

## 「かつてない雨」が降ったのはどの地域？

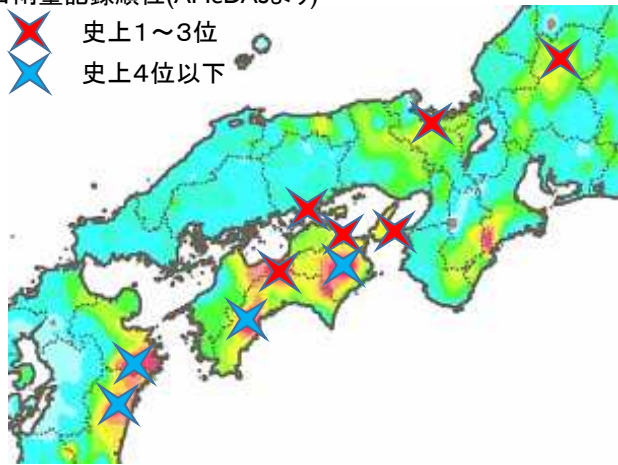
### 気象官署における極値更新表 (1)日降水量

都道府県	地点名	極値(mm)	起日	従来値	起日(年月日)	開始年
長野県	長野	124.5	10/20	114.5	1982/9/12	1889
京都府	舞鶴	277.0	10/20	154.0	1982/8/1	1974
兵庫県	洲本	309.0	10/20	259.0	1965/9/16	1919
香川県	高松	210.5	10/20	192.0	1972/9/16	1941

## 各地点の日雨量記録順位(極端度)を調べる

日雨量記録順位(AMeDASより)

- ✕ 史上1~3位
- ✕ 史上4位以下



### 被害大きかった5府県

府県	地点	雨量	位
		277	1 <span style="color: red;">✕</span>
		309	1 <span style="color: red;">✕</span>
		333	2 <span style="color: red;">✕</span>
		290	1 <span style="color: red;">✕</span>
		164	2 <span style="color: red;">✕</span>

### 雨量が多かった5府県

府県	地点	雨量	位
徳島	福原旭	470	7
愛媛	富郷	441	1 <span style="color: red;">✕</span>
高知	船戸	426	6
大分	宇目	352	4
宮崎	神門	368	10

▶ 9

## 大きな災害どんな時に起こるのか？

- ▶ 雨が多いとき？
- ▶ 雨が少ない香川県は安心？
- ▶ その土地にそれまでになかったような雨が降るとき、大きな災害が発生しやすい
- ▶ 極値更新・・・「その地域でかつてない雨」に注意

▶ 10

温暖化の進行で  
極端現象はどうなっているか

11

## 地球温暖化で着目される「極端現象」

- ▶ 極値更新、記録破りの大雨も、「極端現象」の一種
  - ▶ 記録破りの少雨も「極端現象」
- ▶ 地球温暖化は「極端現象」を大きく増加させる可能性が高い
- ▶ 極値更新は今よりも頻繁に起こるようになる可能性が高いです

▶ 12

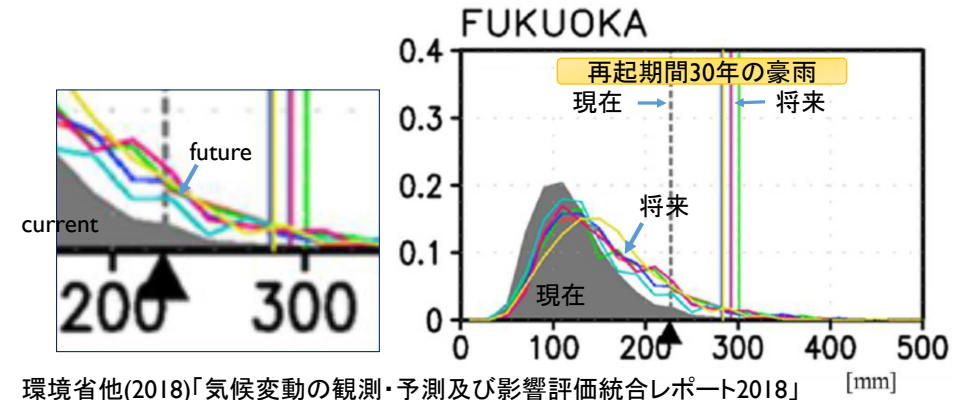
# IPCC特別報告

- ▶ 特別報告
  - ▶ 極端現象について警鐘
  - ▶ 2012年刊
- ▶ IPCC
  - ▶ 気候変動に関する政府間パネル
  - ▶ 地球温暖化に伴う気候変動の影響やそれに対する適応等について評価する機関



# 気候変動のリスク：極端豪雨

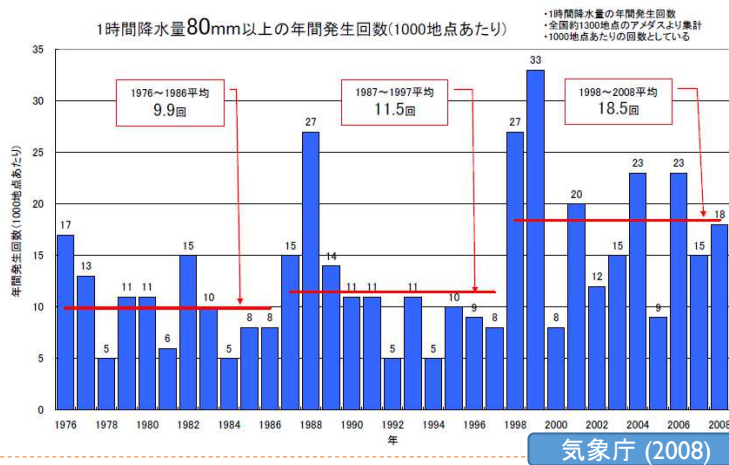
- ▶ 極端豪雨は将来気候において大きく増加するだろう
- ▶ 気候モデル出力のビッグデータ(d4PDF)による解析



環境省他(2018)「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018」 [mm]

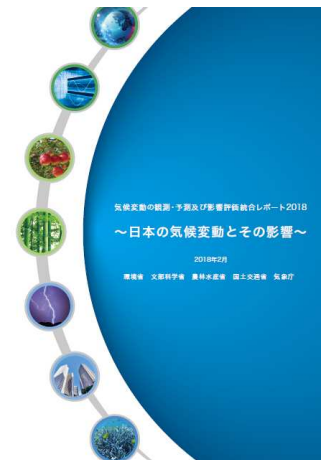
# 最近豪雨頻度は増加している

- ▶ 平均的な降水が増えた証拠はない
- ▶ 強い雨の回数が増えている



# 気候変動影響評価総合レポート2018

- ▶ 2018年2月
- ▶ 環境省・文科省・農林水産省・国交省・気象庁
- ▶ 専門家委員会委員名簿
  - ▶ 脇岡靖明(委員長)
  - ▶ 江守正多・倉根一郎・小池俊雄・高橋潔・高薮出・中静透・八木一幸・横沢正幸



# 短時間強雨

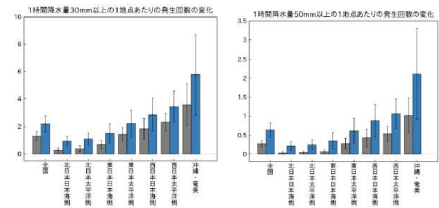
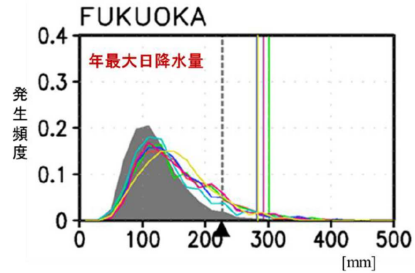


図 2.4.8 地域別の1時間降水量30mm以上(左)、1時間降水量50mm以上(右)の年間発生回数の変化

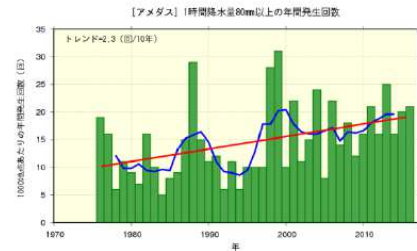
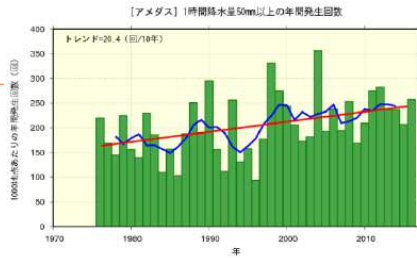
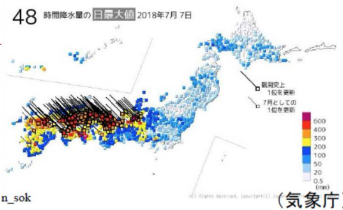
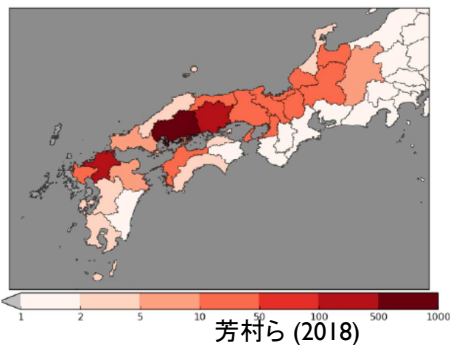


図 2.4.3 アメダス地点で1時間降水量が50mm以上(上)、80mm以上(下)となった年間発生回数(1,000地点あたりの回数に換算)の経年変化

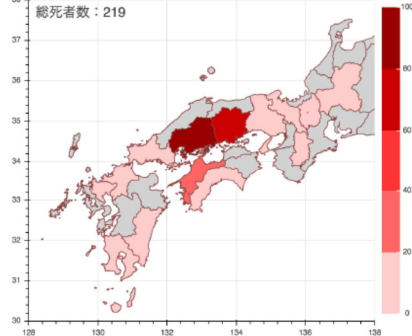
# 2018年西日本豪雨

- ▶ 西日本7月豪雨の特徴
  - ▶ 48-72時間雨量の極値更新
  - ▶ 流域・県単位でまとまった雨

再現期間(年)



死者行方不明者数



# 無降水日の変化

## ▶ 将来気候における無降水日数の変化

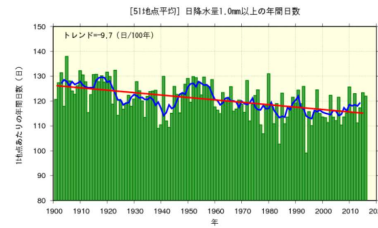


図 2.4.5 日降水量1.0mm以上の年間日数の経年変化

国内51地点の出現日数から求めた1地点あたりの年間日数(1901~2016年)。棒グラフは各年の値、青線は5年移動平均、赤線は期間にわたる変化傾向を示す。出典：気象庁(2017e)図2.2-6

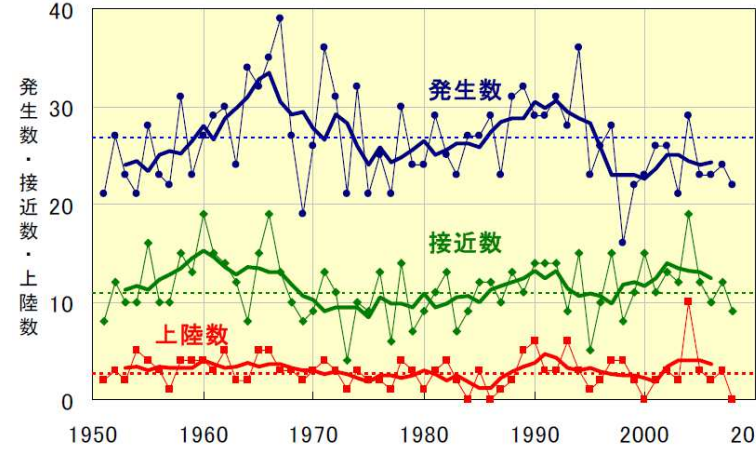
表 2.4.2 無降水日数の変化の将来予測

(日)	全国	北日本	北日本	東日本	東日本	西日本	西日本	沖縄
		日本海側	太平洋側	日本海側	太平洋側	日本海側	太平洋側	奄美
RCP2.6	1.1	-2.9	-1.3	1.6	0.5	5.7	4.0	0.7
RCP4.5	4.2	1.0	0.9	5.6	4.2	8.3	6.9	1.2
RCP6.0	5.0	3.7	2.7	8.6	4.5	8.5	5.4	1.9
RCP8.5	10.7	15.4	8.9	16.6	8.5	11.7	8.9	9.7
参考都市例	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	225.5	278.7	192.8	263.6	253.7	266.8	243.1

全球気候モデル(MRI-AGCM3.2H)と地域気候モデル(MRI-NHRCM20)を使用。各シナリオにおける全ケースの平均値を示している(キャリブレーション済み)。出典：環境省・気象庁(2015)

# 最近の台風の発生数

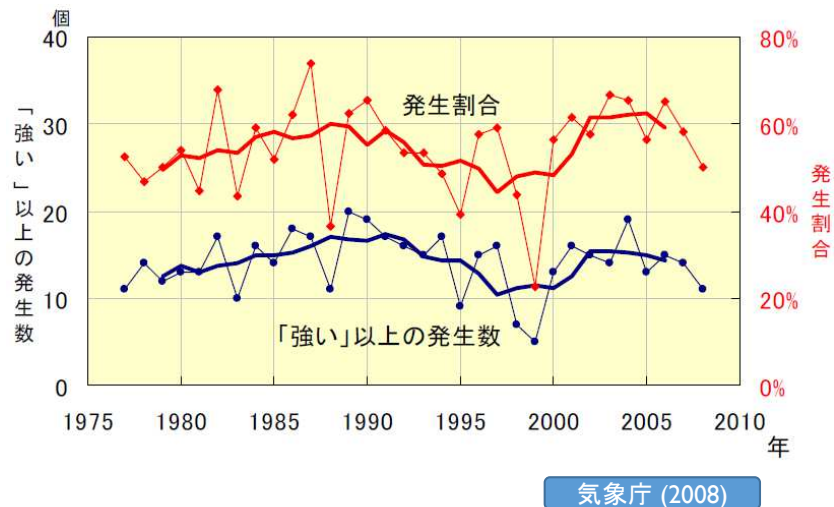
## ▶ 台風の数・上陸とも特に増加していない



気象庁(2008)

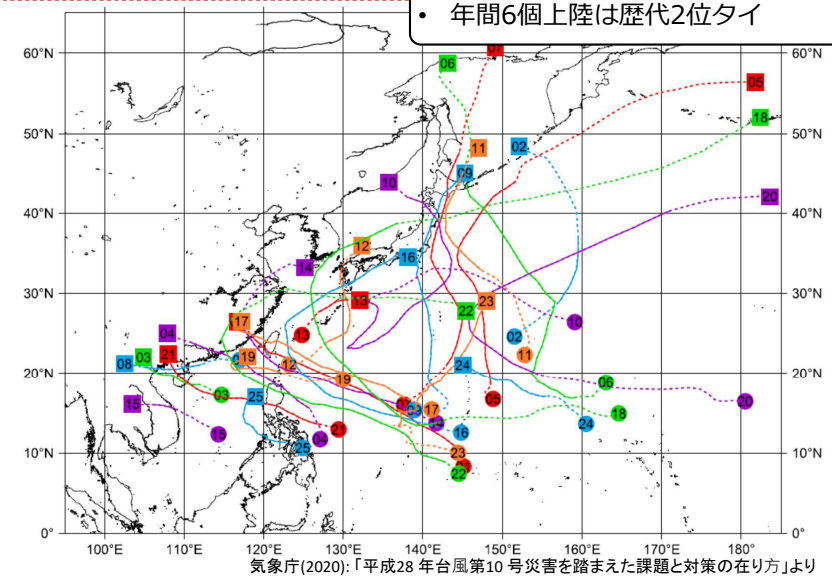
## 強い台風の発生割合

▶ 明確な傾向は見られない



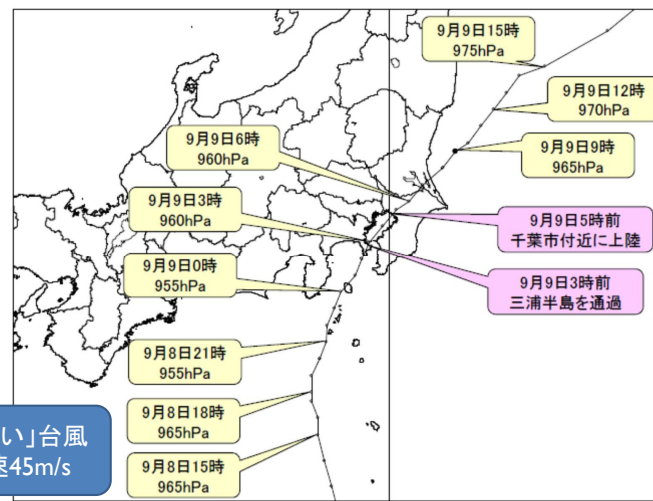
## 2016年の台風経路図

- 1951年の統計開始以来
- 北海道への年間2回上陸は初めて
- 東北地方の太平洋側への上陸は初めて
- 年間6個上陸は歴代2位タイ



## 2019年台風15号

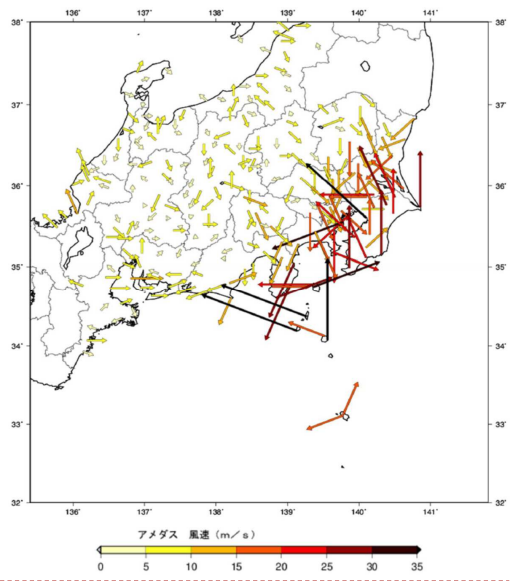
▶ 千葉県を中心に暴風による被害



上陸時点で「非常に強い」台風  
中心付近の最大風速45m/s

## 最大風速分布図

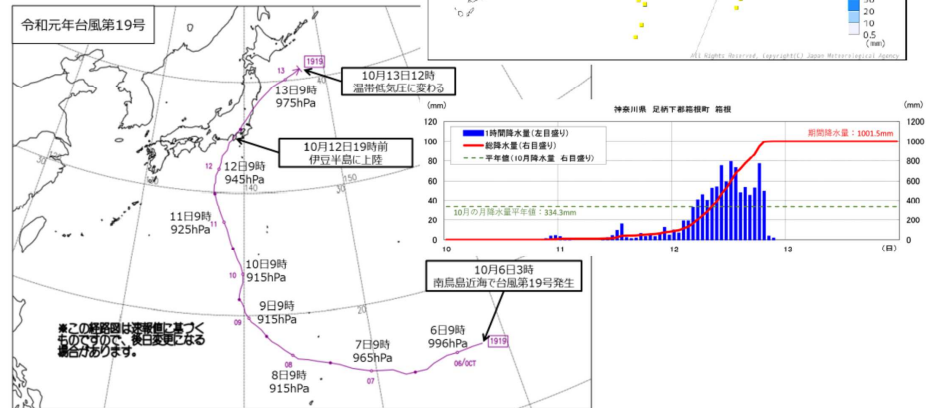
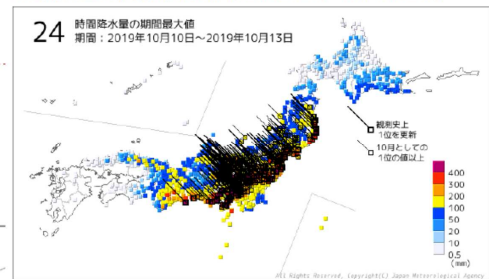
- ▶ 千葉で風速の極値更新
- ▶ 57.5m/s (9月9日4:28)
- ▶ 既往の極値: 48.6m/s



# 2019年台風19号

## ▶ 東日本で記録的な豪雨

24時間降水量の期間最大値の分布図(10月10日0時~10月13日24時)



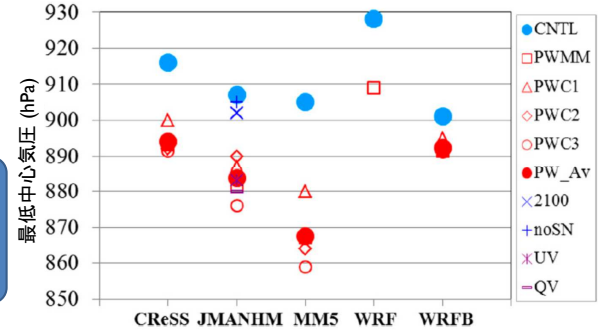
# 荒川決壊の危機?

## ▶ NHKの報道(2020.10.12)

▶ [https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/select-news/20201012\\_01.html](https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/select-news/20201012_01.html)

## ▶ かつてない強さの「スーパー台風」が襲ったら?

伊勢湾台風は将来気候下ではどのような強さに発達するか?  
Kanda et al. (2017)

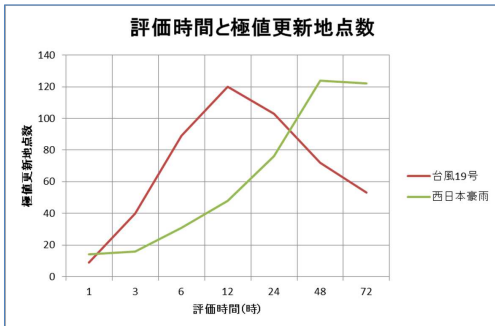


環境省他(2018)「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018」

# 災害と極値更新の関係 (1)

## ▶ 豪雨災害において豪雨の続く期間は災害をもたらす現象の特徴によって異なる

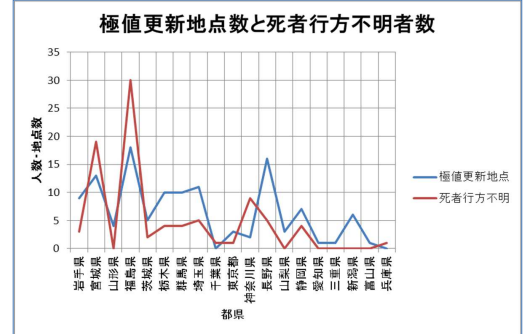
- ▶ 広島集中豪雨: 1~3時間程度
- ▶ 2018年の西日本豪雨: 48-72時間程度
- ▶ 2019年の台風19号: 12時間程度



# 災害と極値更新の関係 (2)

## ▶ 極値更新は深刻な被害につながる場合が多い

- ▶ 極値更新につながるような暴風や豪雨は、これまでの経験を超える現象であるため、大きな被害となる危険がある。
- ▶ 2019年台風19号時の極値更新数と犠牲者数の間には、相関係数0.70という強い関係がみられる



## パリ協定と1.5°C報告書

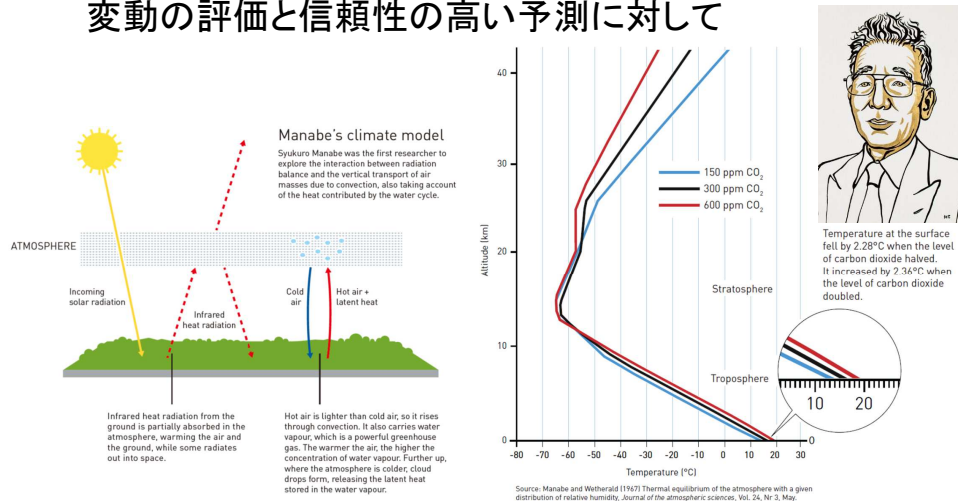
## 気象学あれこれ



- ▶ ノーベル地球科学賞はないけれど
  - ▶ 気象学でノーベル化学賞をもらった人: パウル・クルツェン
    - ▶ オゾンホール仕組みを解明
  - ▶ ノーベル平和賞: IPCC「気候変動に関する政府間パネル」
    - ▶ 人為的な気候変動やその影響等について評価するために世界の科学者によって組織される。数年に一度報告レポートを発表
- ▶ 運命論を変えたカオス理論
  - ▶ ラプラスの悪魔・・・あなたの運命は金輪際変えられない!
  - ▶ 当たらない天気予報・・・でもこれは希望の光かも

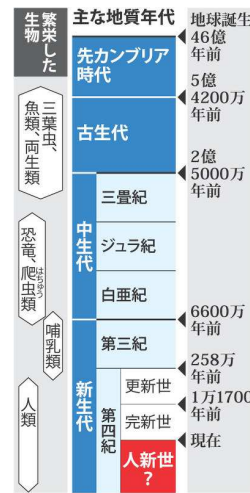
## 真鍋さんノーベル賞物理学賞受賞

- ▶ 地球の気候の物理学的モデル化と、地球温暖化による変動の評価と信頼性の高い予測に対して



## 地球史と人新世(アントロポシン)

毎日(2016.1.28)「我々の世代は...新たな地質年代「人新世」に突入か」



現代を地質区分としては、ここ1~1万2千年の後氷期の時代である「完新世」にひきつづく「人新世」と名付けるのが適当だと思います。現代はいろいろな形で人類が支配的な要素になっていますから。

P. Crutzen (2002)



Paul J. Crutzen, (1933-2021)

人新世とは: 人類が地球の地質や生態系に重大な影響を与える発端を起点として提案された、完新世 (Holocene, ホロシオン) に続く想定上の地質時代である。

Wikipedia (2021年5月9日閲覧)



## 人新生とプラネタリー・バウンダリー

- ▶ 今や時代は「人新世」
  - ▶ 人類の活動が地球の変動を特徴づける時代
- ▶ 9つの領域
  - ▶ 3つはすでに限界突破
  - ▶ 他も限界に近づきつつある

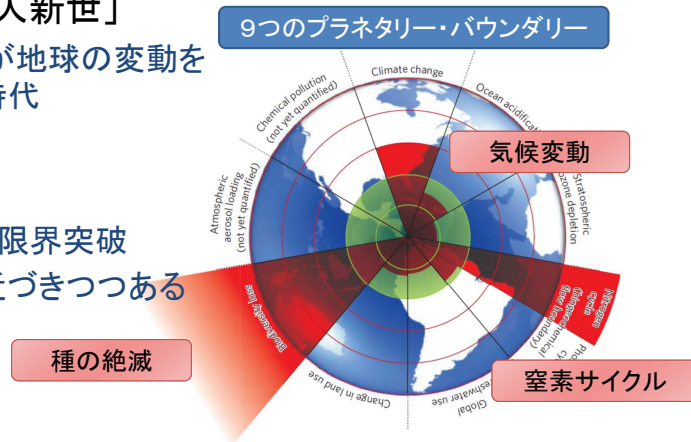


Figure 1 | Beyond the boundary. The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

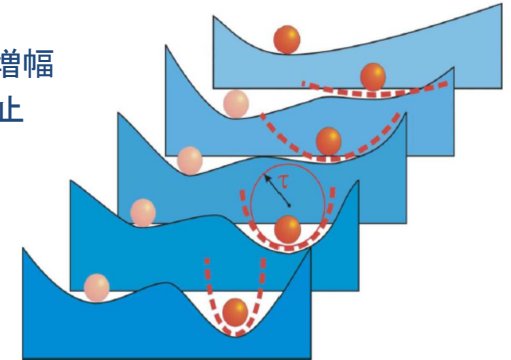
Rockstrom et al. (2009)

▶ 5

## ティッピングエレメント (激変要素)

- ▶ ティッピングエレメントのリスト
  - ▶ 北極海の夏の海氷の消失
  - ▶ グリーンランドの氷床の崩壊
  - ▶ 西南極氷床の崩壊
  - ▶ 大西洋熱塩循環の減速
  - ▶ エルニーニョ・南方振動の増幅
  - ▶ 夏のインドモンスーンの停止
  - ▶ サハラ・サヘルの緑化
  - ▶ アマゾンの熱帯林の減少
  - ▶ 永久凍土の広域の融解

多くは3~5°Cの温暖化で臨界値に達し、数十年から数百年(場合によっては1年)で激変した環境に移行すると予測される



Lenton et al. (2008) / 木口ら (2016)

▶ 6

## 国際社会と地球温暖化

- ▶ 地球温暖化をめぐって
  - ▶ **気候変動枠組条約**(1992, 地球サミット@Rio de Janeiro)
    - ▶ 目的: 地球温暖化防止のための温室効果ガス濃度安定化
    - ▶ 当初155か国、現在197の国と地域(一時米国離脱)
  - ▶ **気候変動枠組条約締約国会議(COP)**, 1995-
    - ▶ ベルリン・マンデート(1995, COP1)
    - ▶ 京都議定書(1997, COP3)
    - ▶ **パリ協定(2015, COP21)**
      - 産業革命期からの温暖化を**2°C未満**に抑える。1.5°C未満を目指す
      - 各国の削減目標の作成・提出・維持・国内対策の義務
    - ▶ **グラスゴー気候合意(2021, COP26)**
      - 産業革命期からの温暖化を**1.5°C未満**に抑える

▶ 8

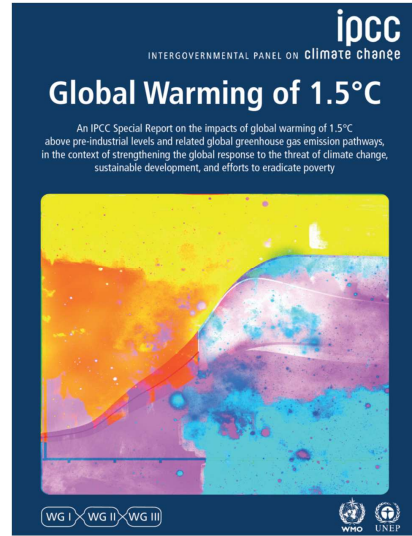
## 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

- ▶ IPCCの歴史(1988設立, 世界気象機関, 国連環境計画)
  - ▶ 3つの作業部会
    - ▶ **WG1: 科学的根拠**
    - ▶ **WG2: 影響・適応・脆弱性**
    - ▶ **WG3: 緩和策**
  - ▶ **評価報告書の発表(6回)**
    - ▶ 1990年, 1995年, 2001年, 2007年, 2013年, 2022年
    - ▶ ノーベル平和賞を受賞(2007年)
  - ▶ **特別報告書(例えば)**
    - ▶ **1.5°C特別報告書 / Global Warming of 1.5°C (2018/SR15)**
    - ▶ **極端現象特別報告書 / Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (2012/SREX)**

▶ 9

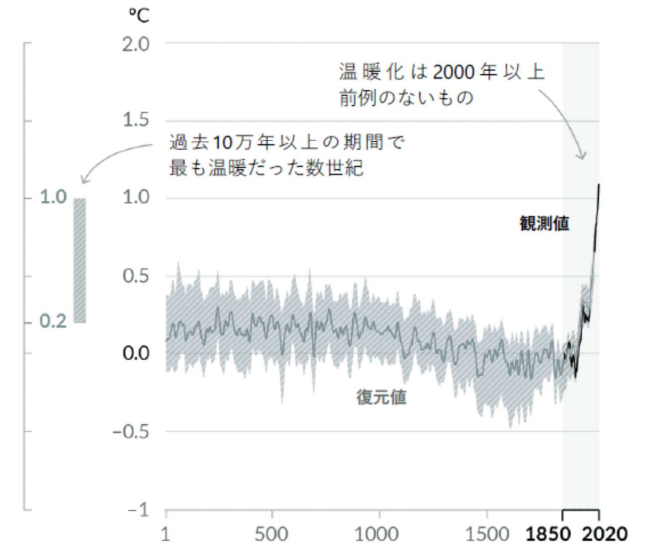
# 1.5°C特別報告書

- ▶ 発表:2018年
- ▶ 産業革命前のレベルと比較して1.5°Cの温暖化のインパクトと、それに関する温室効果ガス放出の排出シナリオに関するIPCC特別報告
- ▶ 気候変動の脅威への対応、持続可能な発展、貧困の撲滅の努力との関係を論じる。



# 温暖化の進行

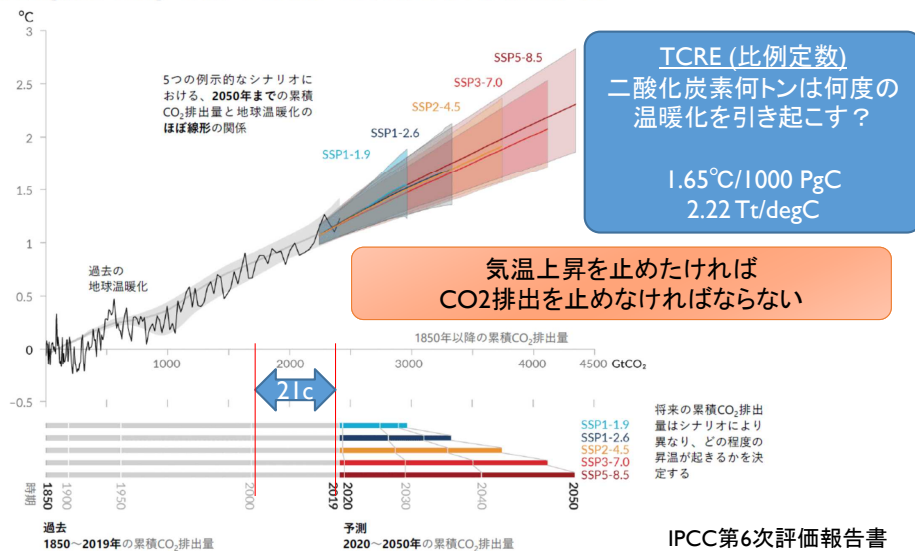
(a) 世界平均気温（10年平均）の変化  
復元値（1~2000年）及び観測値（1850~2020年）



IPCC 第6次評価報告書

# 温暖化は累積CO<sub>2</sub>排出量に依存する

累積CO<sub>2</sub>排出量 (GtCO<sub>2</sub>) の関数としての1850~1900年以降の世界平均気温の上昇 (°C)



IPCC第6次評価報告書

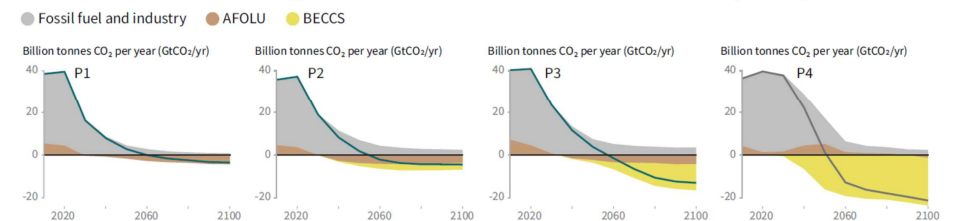
# 温暖化を+1.5°Cに抑えるシナリオ

- ▶ 削減の要素は3つ

SDG9・グリーンニューディール・緑の経済成長

- ▶ CO<sub>2</sub>排出をゼロに近づける
  - ▶ 森林の回復(AFOLU)
  - ▶ 技術革新「BECCS」
- BECCS: Bio-energy with carbon capture and storage

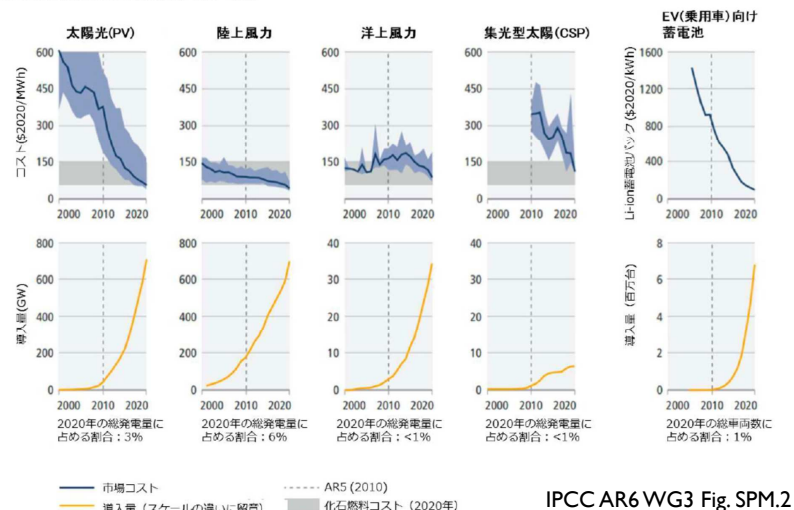
Breakdown of contributions to global net CO<sub>2</sub> emissions in four illustrative model pathways



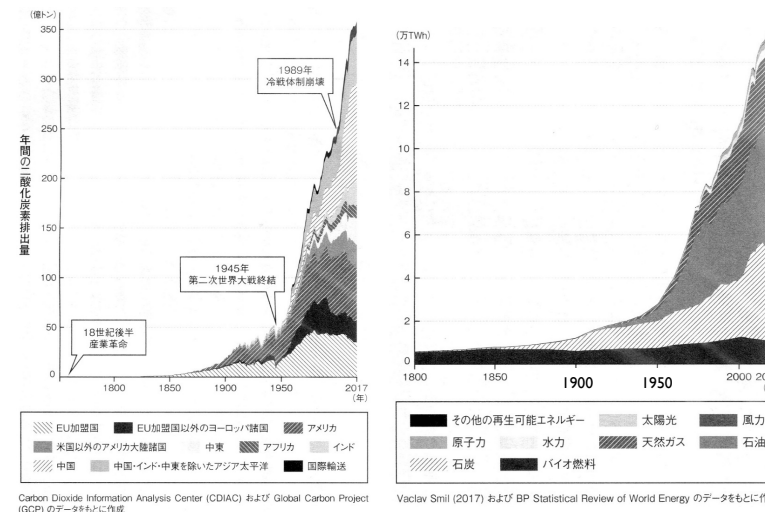
IPCC (2015) IPCC Special Report 15, Summary for Policy Makers

## 再生可能エネルギーのコストと使用量

一部の再生可能エネルギーやEV(乗用車)向け蓄電池の単価が低下し、その利用は増大し続けている。



## 急増するCO2排出量・エネルギー消費量



齋藤 (2020) より

## 気候変動とSDGs (アジェンダ2030抜粋)

- ▶ 宣言14(直面する課題):
  - ▶ 気候変動は最大の課題の一つであり、すべての国の持続可能な開発を達成するための能力に悪影響を及ぼす。世界的な気温の上昇、海面上昇、海洋の酸性化及びその他の気候変動の結果は、多くの後発開発途上国、小島嶼開発途上国を含む沿岸地帯及び低地帯の国々に深刻な影響を与えている。
- ▶ 宣言31(気候変動):
  - ▶ 気候変動枠組条約が、気候変動に対する地球規模の対応を交渉するための主要な国際的、政府間フォーラムであるということを認める。締約国の緩和約束の総体的効果と、世界の平均気温の上昇を産業革命以前と比べて2又は1.5°C以内に抑える可能性が高い総体的な排出の道筋との間に大きな隔たりがあることについて深刻な懸念をもって留意する。
- ▶ 宣言32(気候変動):
  - ▶ 12月のパリにおける第21回締約国会合を見据え、我々は、野心的で世界共通の気候合意にむけて取り組むというすべての国のコミットメントを強調する。

## まとめ

- ▶ 豪雨災害は降水量だけでは決まらない
  - ▶ その土地の過去の降水の記録とかかわっている
  - ▶ 極値更新をするような極端豪雨が影響する
  - ▶ 地球温暖化の進展とともに、極端豪雨が大きく増加する
- ▶ IPCCの気候変動影響評価
  - ▶ なぜ1.5°Cなのか?
  - ▶ カーボンニュートラル
  - ▶ 1.5°Cを実現するために必要なこと
- ▶ 気候変動とSDGs
  - ▶ 環境・社会・開発の統一で、民間も参加しやすくなったSDGs
  - ▶ SDGsは気候変動緩和・適応策と手をたずさえて