

近年の気象災害の激甚化と気候変動 －異常気象多発時代に備えるには－

一般財団法人日本気象協会 執行役員CTO
政策研究大学院大学 防災・危機管理コース 講師
鈴木 靖

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

鈴木靖 自己紹介

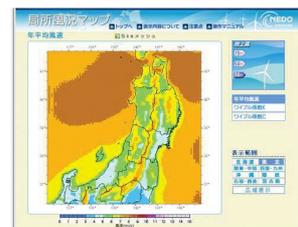
秋田市出身
秋田高校卒業（昭和54年）
東京大学理学部 地球物理学科卒業（昭和58年）

日本気象協会：

気象・海洋観測，数値シミュレーションモデル，
NEDO風況予測モデル（局所風況マップ），
携帯型熱中症計

リモートセンシング技術センター（2年間）：
熱帯降雨観測衛星（TRMM）プロジェクト
京都大学防災研究所（4年間）：
河川や沿岸への気候変動影響の研究

文科省防災科学技術員会
経産省環境審査顧問会
JAXA降水観測ミッション利用推進分科会



<https://apraw1.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>



<http://www.necchu-sho.com/product/heatstroke.html>



2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

新聞記事を紹介する予定

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

出典：秋田魁新報（2017年8月1日）

Japan Weather Association All Rights Reserved.

3

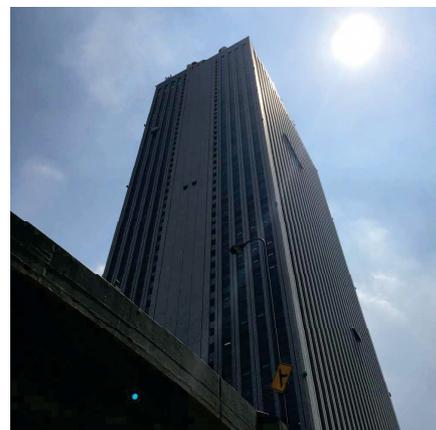
日本気象協会とは

一般財団法人日本気象協会



日本気象協会

設立 : 1950年5月
従業員数 : 812名（2020年7月1日現在）
主たる事務所 : 東京、札幌、仙台、名古屋、大阪、福岡
主たる業務 : 気象予報事業、気象情報提供事業、
防災事業（コンサルタント等）、
環境事業（コンサルタント等）
有資格者 : 気象予報士 315名、技術士 118名
RCCM 55名



本社：東京都豊島区東池袋3-1-1

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

4



2021/11/18

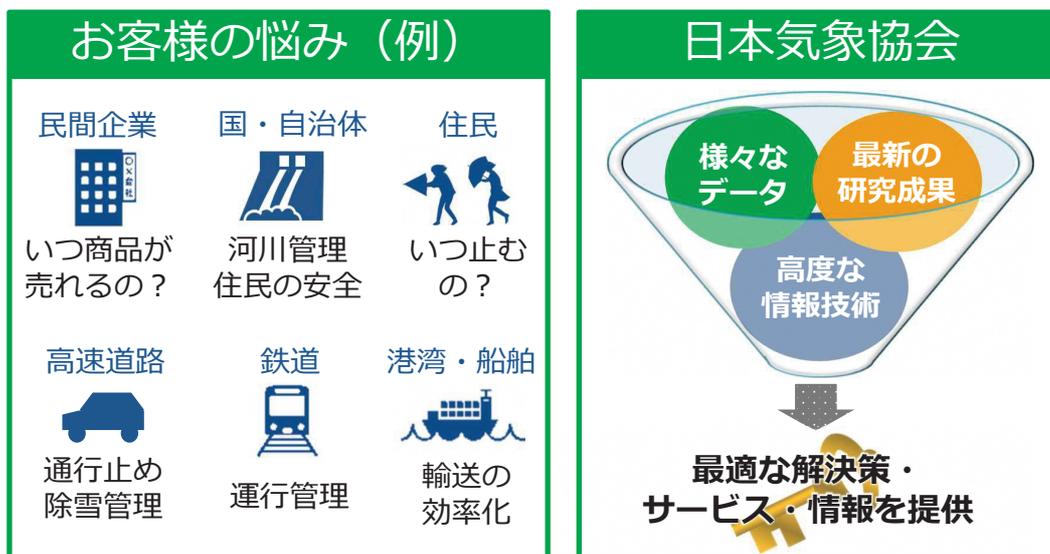
文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

5

社会・防災事業

- ◆ 台風、豪雨、大雪、洪水、地震、津波、波浪などの**気象に起因する様々な問題**に対して、お客様が抱えている**悩みを解決する**



2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

6

製造・小売などの業種、マーケティング・需給などの職種も様々

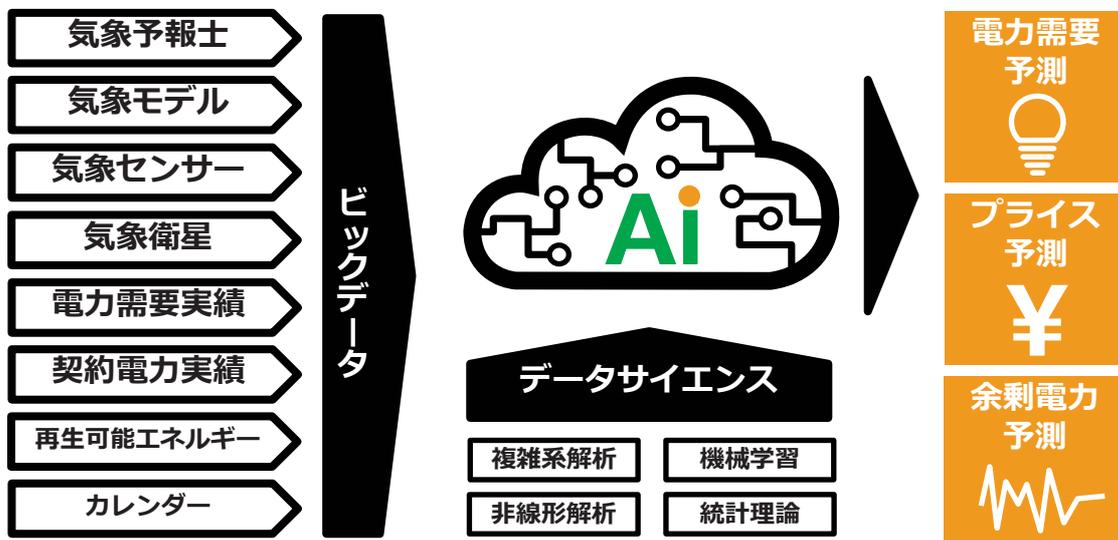
製造業様

小売業様

<h3>食品・飲料</h3> <p>アイス かき氷 ゼリー</p> <p>麺類 袋麺 調味料</p> <p>日配品</p> <p>清涼飲料 ビール</p>		<h3>アパレル</h3>		<h3>食品スーパー コンビニ</h3>	
<h3>OTC・化粧品</h3> <p>花粉対策商品 熱中症関連商品 日焼け止め・制汗剤</p>		<h3>日用品</h3> <p>カイロ 殺虫剤</p>		<h3>ドラッグストア EC</h3>	
		<h3>耐久財</h3> <p>輸送機器 アウトドア・園芸用品</p>			

人工知能（AI）を用いた電力需要予測サービス

日本気象協会 環境・エネルギー事業部は、人工知能（AI）を活用した「電力需要予測アルゴリズム」を開発しました。このアルゴリズムでは、**人工知能**と**気象予報士**がビッグデータを分析し、電力需要の予測精度を高めています。このアルゴリズムは、平成27年度に**大手新電力の電力需要予測システム**で採用されました。この実績を活かし、大手電力・新電力・電力小売などへ事業の拡大をはかります。さらに、人工知能を再生可能エネルギーや気象の予測に適用し、気象情報サービスの付加価値向上に努めます。

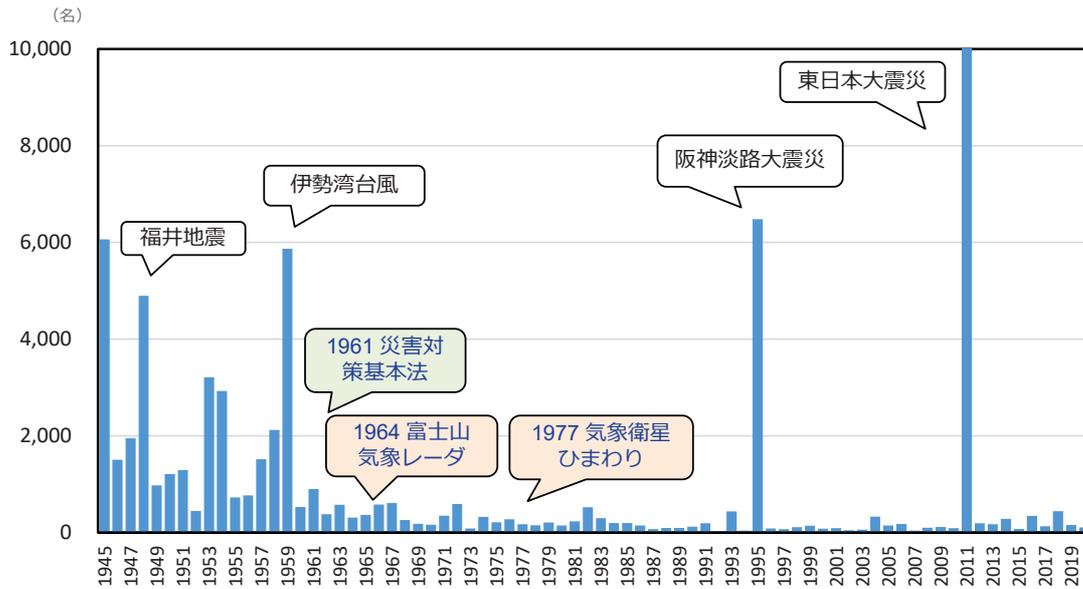


近年の豪雨災害は増えているか？

歴史的な自然災害と社会変化

- 1755年のリスボン地震による建物倒壊と津波と火災
→10万人の死者。大航海時代に繁栄したポルトガルの衰退。
- 1783年のアイスランドのラキ火山噴火
→数年にわたる天候不順と農作物被害と飢饉。
1789年フランス革命のきっかけに。
- 1585年の天正地震で大垣城が全焼焼失，長浜城も全壊。
→地震被害で秀吉は徳川家康攻撃を断念。
- 1828年のシーボルト台風により佐賀藩被災
→藩主交代，藩政改革と人材登用，西洋科学技術導入。
明治新政府誕生。

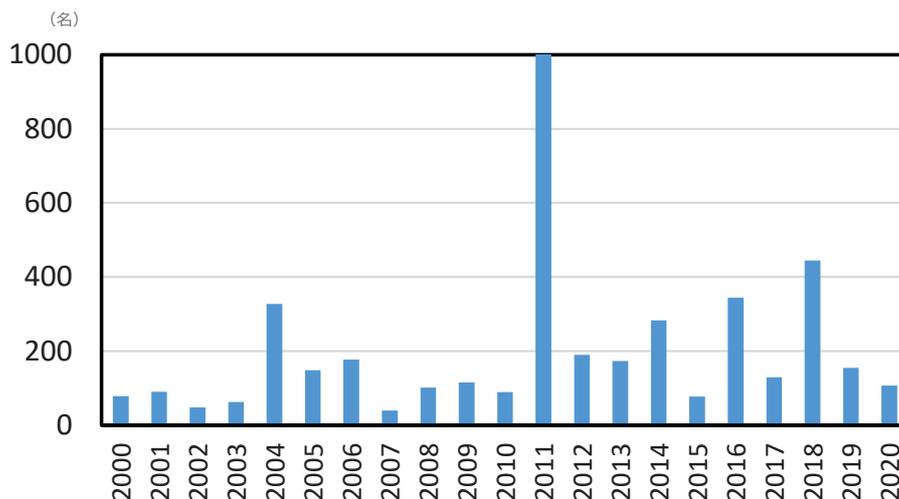
我が国の自然災害による死者・行方不明者数 日本気象協会



伊勢湾台風以後、気象技術の進歩により水・土砂災害の犠牲者は減少したが、近年も毎年数百名前後の犠牲者がでており、犠牲者を無くすことは困難。

出典：内閣府 防災白書

我が国の自然災害による死者・行方不明者数 日本気象協会



近年も毎年数百名前後の犠牲者

2004年 台風23号 98名, 中越地震 68名
 2014年 平成26年8月豪雨(広島土砂災害) 77名
 2016年 平成28年熊本地震 273名
 2018年 平成30年7月豪雨 271名
 2019年 令和元年東日本台風 108名
 2020年 令和2年7月豪雨 86名

出典：内閣府 防災白書

年	天候の特徴
2011年	「平成23年7月新潟・福島豪雨」、9月に台風第12号及び台風第15号で記録的な大雨（紀伊半島）
2012年	日本海側の大雪、「平成24年7月九州北部豪雨」
2013年	北日本日本海側の所々では記録的な積雪、最深積雪の記録（酸ヶ湯）、全国で暑夏、最高気温の記録（江川崎）、梅雨前線や台風の影響による大雨（初の大雨特別警報）
2014年	「平成26年8月豪雨」、2月の関東甲信越に大雪
2015年	「平成27年9月関東・東北豪雨」
2016年	8月は西日本では厳しい暑さ、北日本では前線や相次ぐ台風（4個）の影響で記録的な多雨（北海道、岩手）
2017年	「平成29年7月九州北部豪雨」
2018年	「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温。最高気温の記録（熊谷）、西日本の相次ぐ台風被害
2019年	初夏の東日本日照不足。日本海側で40℃を越える暑さ前線による九州北部大雨、台風15号強風被害、台風19号大雨
2020年	令和2年7月豪雨、台風10号暴風、7月の日照不足

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

13

近年の水害・土砂災害の発生状況

【2012年7月九州北部豪雨】 ①白川における浸水被害（熊本県熊本市）
【2013年9月台風18号】 ②由良川の浸水状況（京都府福知山市）
【2014年8月19日からの大雨】 ③土砂災害の状況（広島県広島市）
【2015年9月 月関東・東北豪雨】 ④鬼怒川の堤防決壊による浸水被害（茨城県常総市）
【2016年8月台風10号】 ⑤小本川の氾濫による浸水被害（岩手県岩泉町）
【2017年7月九州北部豪雨】 ⑥桂川における浸水被害（福岡県朝倉市）
【2018年7月豪雨】 ⑦小田川における浸水被害（岡山県倉敷市）
【2018年台風第21号】 ⑧神戸港六甲アイランドにおける浸水被害（兵庫県神戸市）
【2019年台風第19号】 ⑨北陸新幹線車両基地（長野県長野市）
【2020年7月豪雨】 ⑩球磨川における浸水被害（熊本県人吉市）

国土交通省(2019)に中北が追加

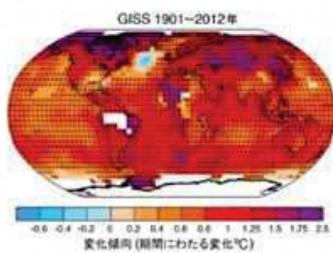
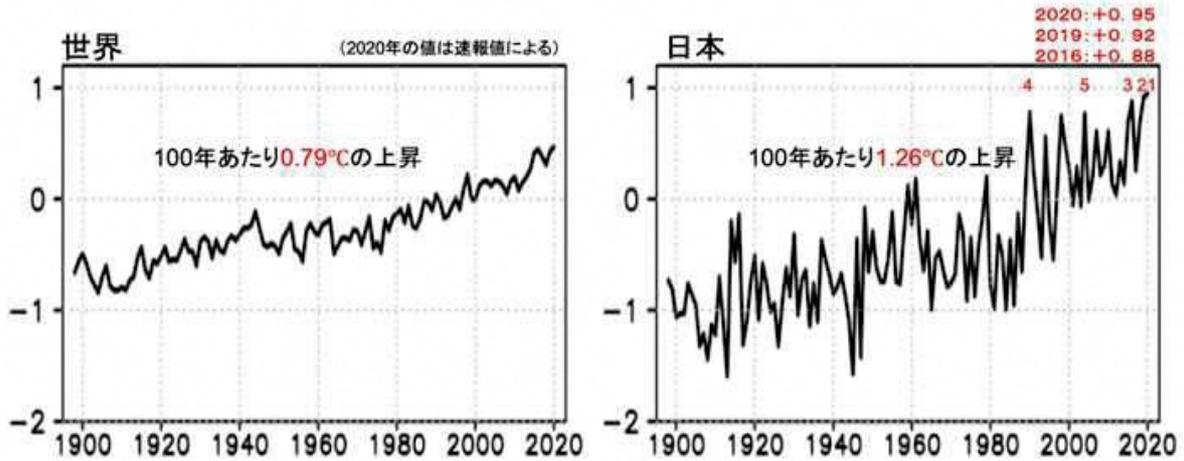
2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会 気候変動影響評価報告書公表記念シンポジウム

Japan Weather Association All Rights Reserved.

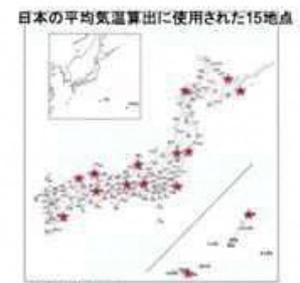
14

日本は世界より気温上昇量が大きい



温暖化はすべての地域で一様に進行するわけではない

- ・大気・海洋の大循環の変化や氷床融解水の流入により寒冷化したり温暖化の程度が小さい地域もある
- ・全球平均で明瞭な温暖化傾向を示していることが重要
- ・日本は世界全体の平均よりも温暖化の程度が大きい

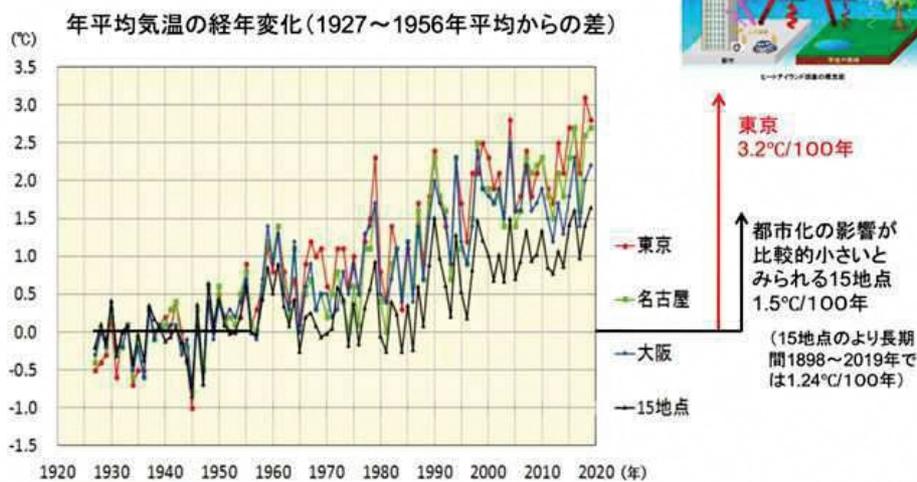


2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会(2021)気候変動影響評価報告書公表記念シンポジウム
Japan Weather Association All Rights Reserved. 15

都市部の気温上昇量が大きい

都市化の影響



日本近海の海面水温は 1.14°C/100年 上昇 (1900~2019年)

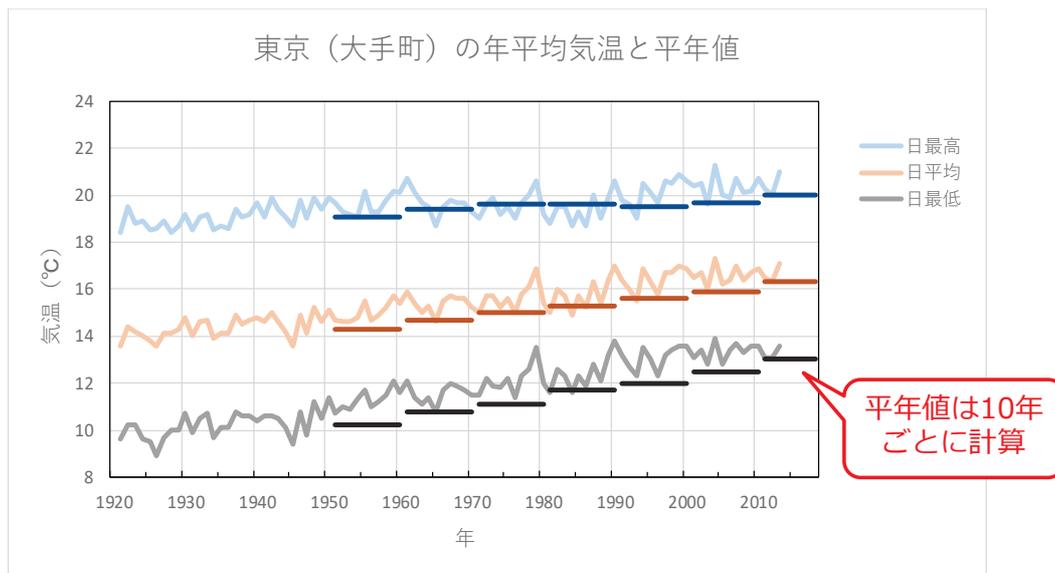
2021/11/18

気候変動監視レポート2019(気象庁 2020)
文京区議会災害対策調査特別委員会(2021)気候変動影響評価報告書公表記念シンポジウム
Japan Weather Association All Rights Reserved. 16

新聞記事を紹介する予定

出典：日経新聞（2021/5/27）
私見卓見

平年値そのものが変化している



東京の気温は長期的に上昇傾向にあり，過去30年間の平均値として計算された平年値そのものが上昇している。

日降水量 (各地点の観測史上1位の値を使ってランキングを作成)

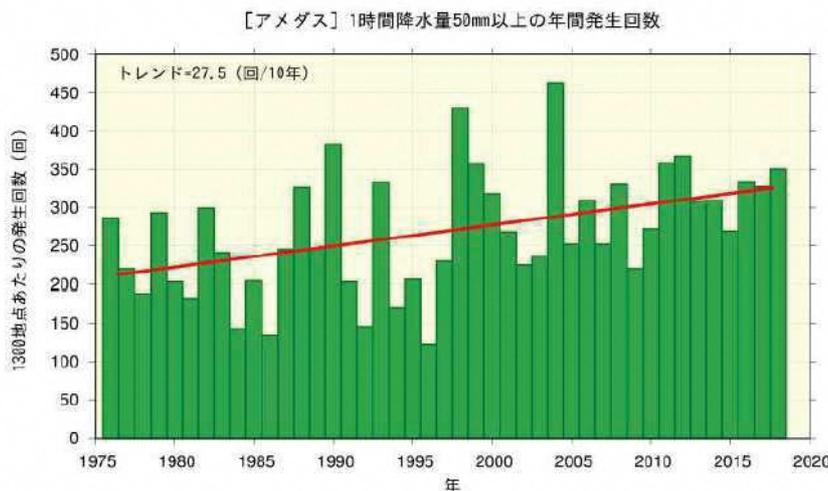
順位	都道府県	地点	観測値	
			mm	起日
1	神奈川県	箱根	922.5	2019年10月12日
2	高知県	魚梁瀬	851.5	2011年7月19日
3	奈良県	日出岳	844	1982年8月1日
4	三重県	尾鷲*	806.0	1968年9月26日
5	香川県	内海	790	1976年9月11日
6	沖縄県	与那国島*	765.0	2008年9月13日
7	三重県	宮川	764.0	2011年7月19日
8	愛媛県	成就社	757	2005年9月6日
9	高知県	繁藤	735	1998年9月24日
10	徳島県	剣山*	726.0	1976年9月11日
11	宮崎県	えびの	715	1996年7月18日
12	高知県	本川	713	2005年9月6日
13	静岡県	湯ヶ島	689.5	2019年10月12日
14	和歌山県	色川	672	2001年8月21日
15	奈良県	上北山	661.0	2011年9月3日
16	高知県	池川	644	2005年9月6日
17	徳島県	福原旭	641.5	2011年7月19日
18	埼玉県	浦山	635.0	2019年10月12日
19	沖縄県	多良間	629	1988年4月28日
20	高知県	高知*	628.5	1998年9月24日

アメダスの日降水量ランキング上位20位のうち、**2000年以降の記録が半数以上の12回**を占める。

昨年の台風19号により、箱根で過去最大の日降水量を記録した。

近年、**大雨等の極端な気象現象の出現頻度が増加している。**

大雨の発生回数は増加している



アメダスの1時間降水量50mm以上の年間発生回数は増加している。最近の10年間（2009～2018年）の回数は30年前の**約1.4倍**。

気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 改訂版【概要】

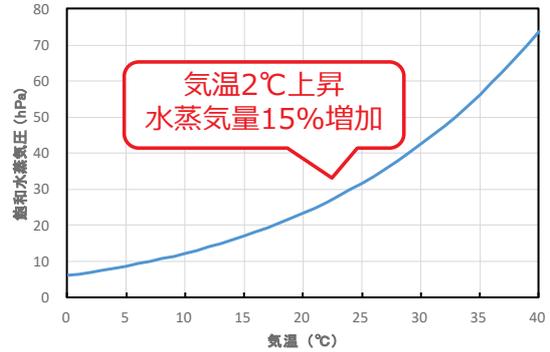
<気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化>

- 降雨特性が類似している地域区分ごとに将来の降雨量変化倍率を計算し、将来の海面水温分布毎の幅や平均値等の評価を行った上で、降雨量変化倍率を設定。
- 2°C上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道で1.15倍、4°C上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道・九州北西部で1.4倍、九州南東部で1.5倍となる。
- 4°C上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きい。

<地域区分毎の降雨量変化倍率>

地域区分	2°C上昇	4°C上昇	
		通常	短時
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

- ※ 4°C上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと(3時間未満の降雨に対しては適用できない)
- ※ 流域面積100km²以上について適用する。ただし、100km²未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。
- ※ 年超過確率1/200以上の規模(より高頻度)の計画に適用する。



<参考>降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2°C上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4°C上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

- ※ 2°C、4°C上昇時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度がそれぞれ2°C、4°C上昇した世界をシミュレーションしたモデルから試算
- ※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた降雨より算出した、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の流量の変化倍率の平均値
- ※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨の、現在と将来の発生頻度の変化倍率の平均値(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)

出典：国交省 水管理国土保全局

Japan Weather Association All rights reserved.

誰も住んでいない所に被害は生じない

被害（リスク）

$$= \text{ハザード} \times \text{暴露量} \times \text{脆弱性}$$

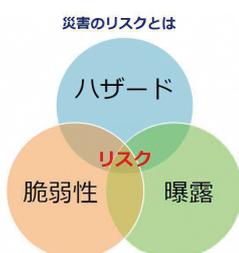
自然災害の場合

被害（リスク）：人的被害，インフラ被害，経済的被害

ハザード：気象・地象（大雨，台風，強風，地震など）

暴露量：都市・住宅の配置，海岸部の工場・交通，台風進路など

脆弱性：インフラ整備・老朽化，建築物の耐震性・耐風性など



防災気象情報は暴露量と脆弱性の軽減に役立つ

参考文献：林春男(2014)

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

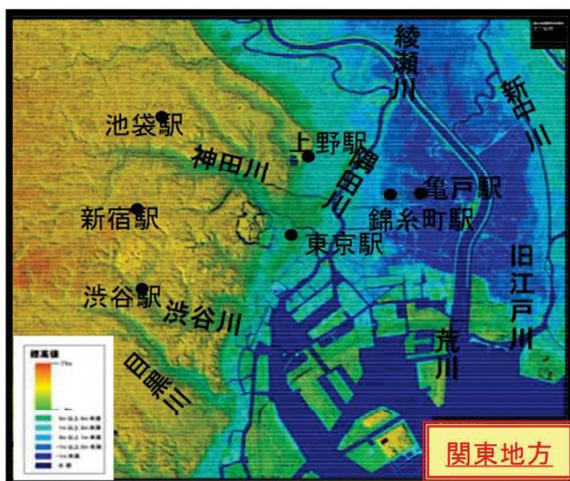
Japan Weather Association All Rights Reserved.

23

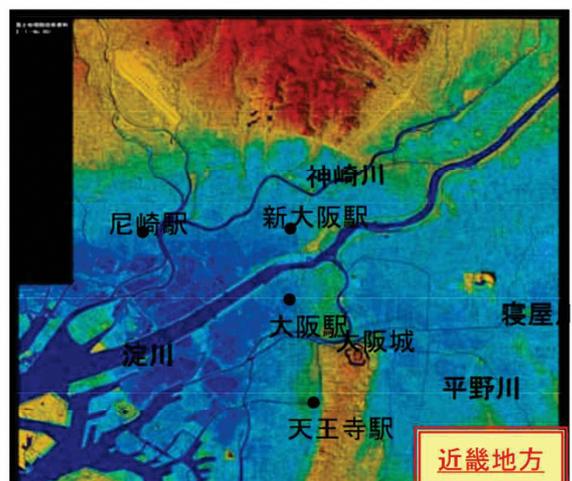
浸水しやすい低平地に人モノが集中

低平地に集積する人口・資産

参考資料



(出典)国土地理院作成資料



我が国は、洪水時の河川水位より低い

約10%の土地に
約50%の人口と
約75%の資産を抱えている。

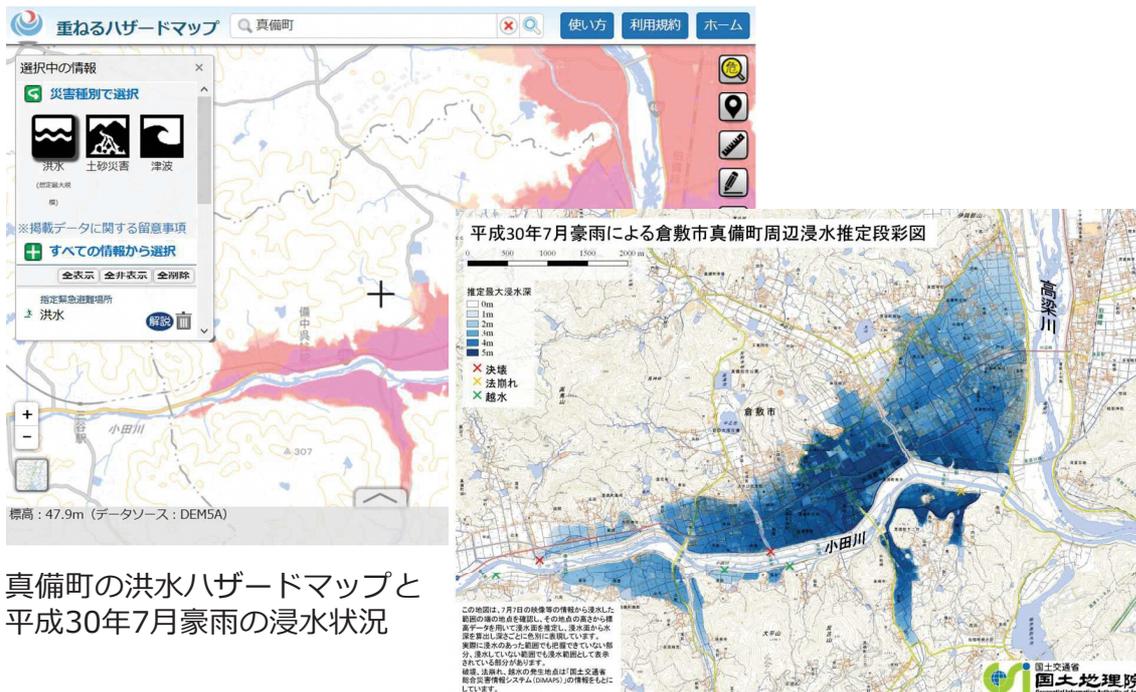
2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

出典：国交省

Japan Weather Association All Rights Reserved.

24



真備町の洪水ハザードマップと平成30年7月豪雨の浸水状況

出典：国交省，国土地理院
<https://disaportal.gsi.go.jp/>

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

25

文京区 水害ハザードマップ



英語版
 中国語版
 韓国語版
 色覚障害対応版
 が完備されている。

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

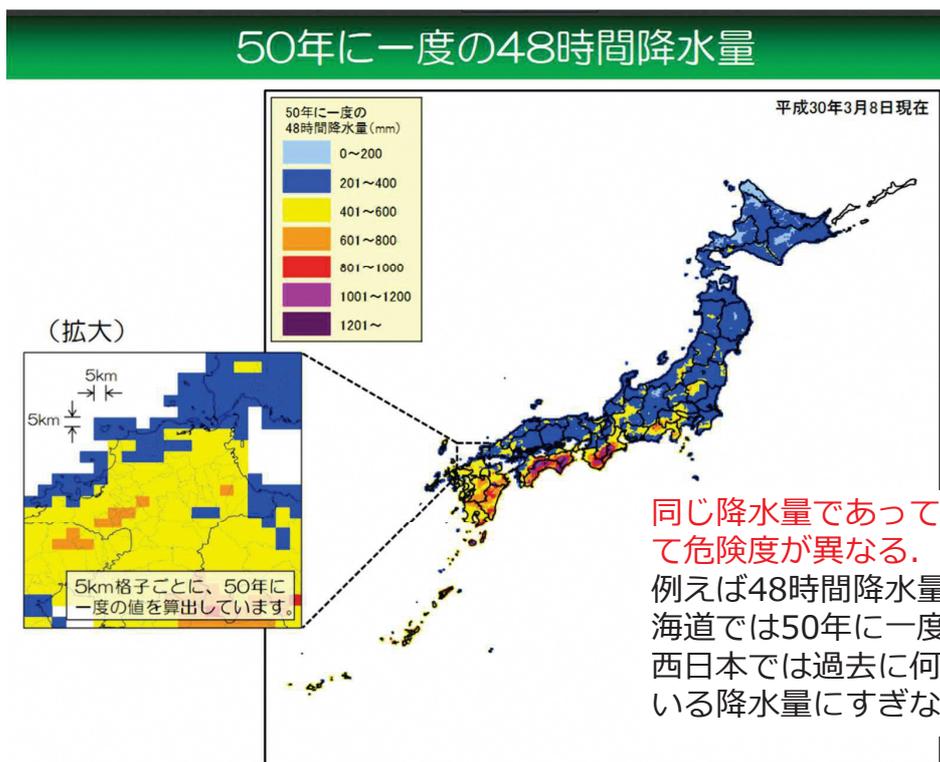
出典：文京区HP

Japan Weather Association All Rights Reserved.

26

過去の雨の経験値で被害が決まる

過去最大の降水量は地域で異なる

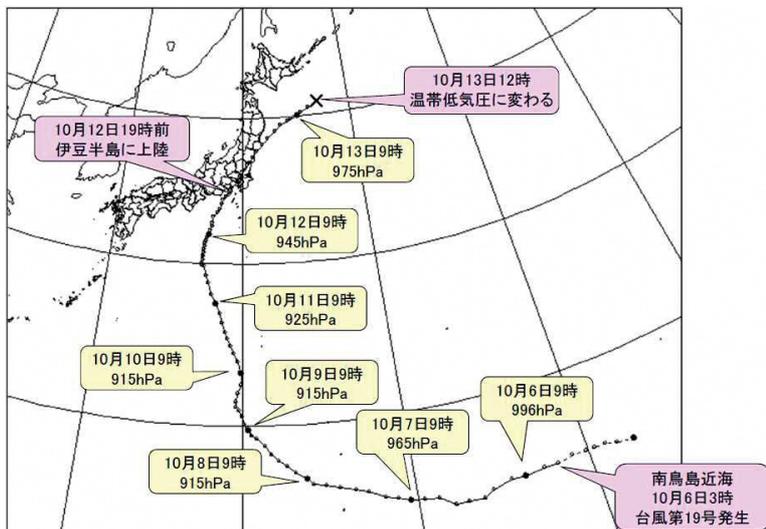
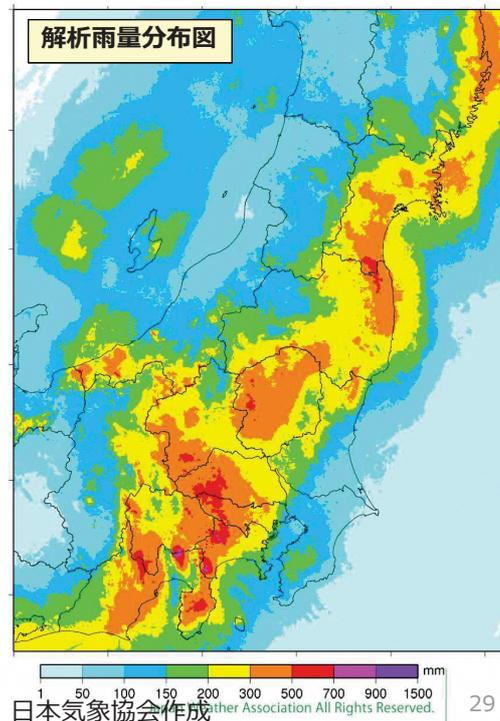


2019年台風第19号（東日本台風）

- ✓ 台風第19号の接近・通過に伴い、東日本を中心に大雨
- ✓ 関東地方では12日を中心に大雨となり、複数のアメダス地点で 総雨量が500mm以上を記録
- ✓ 広い範囲で雨量300mmを超過
- ✓ 強風域半径750kmの大型台風（台風15号の2.3倍）

36時間積算雨量

2019年10月12日0時～13日12時



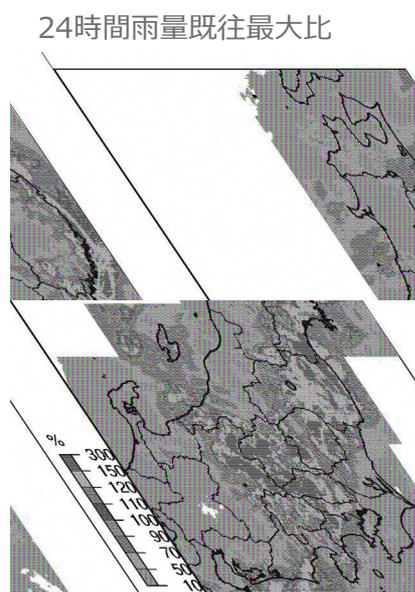
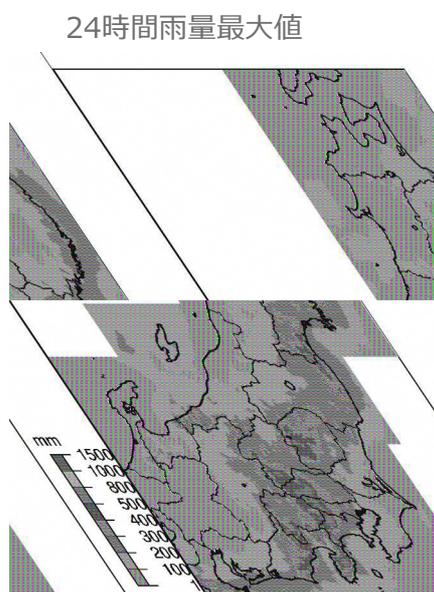
台風第19号 経路図（日時、中心気圧（hPa））速報解析※

出典：東京管区気象台資料

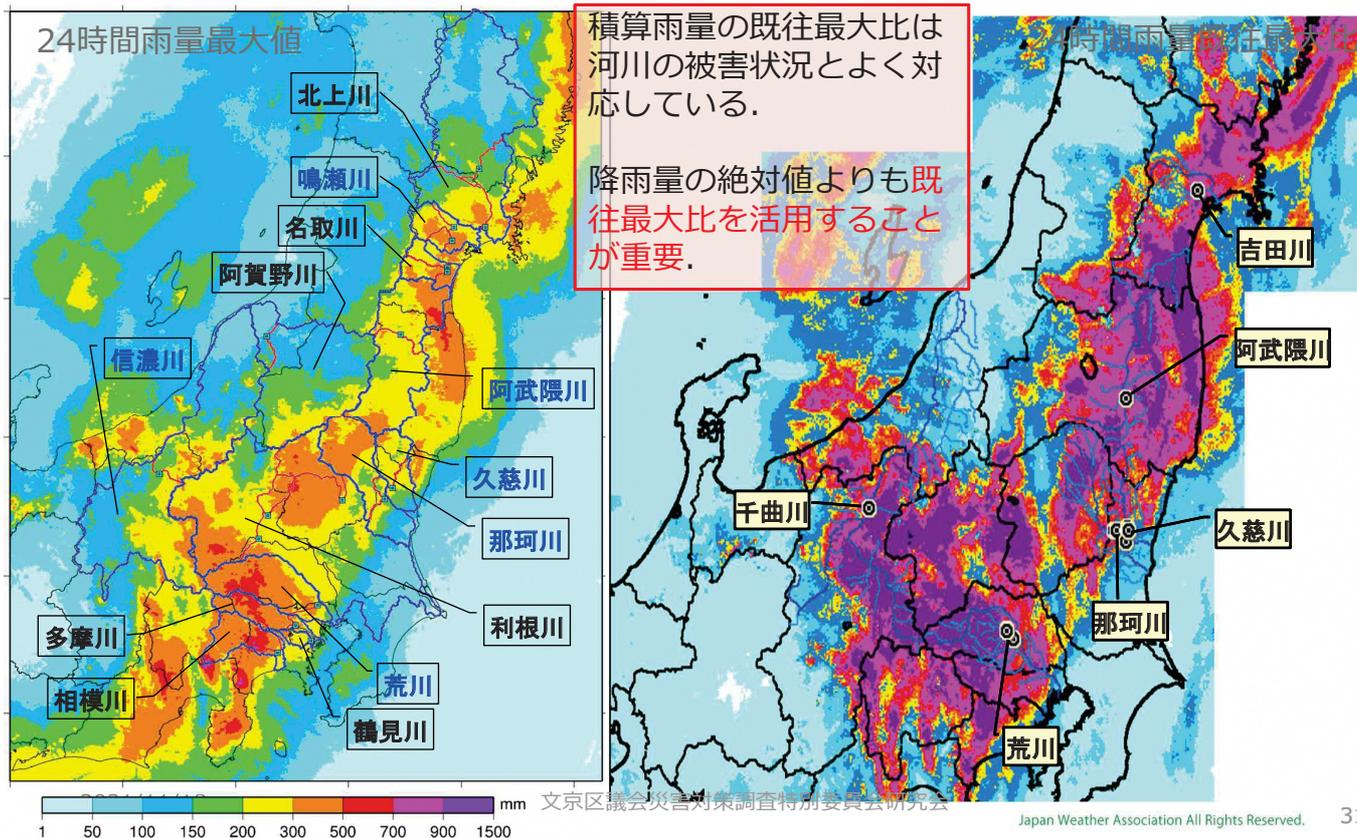
※点線の経路は熱帯低気圧時の経路を示しています。

24時間雨量最大値と既往最大比

- 24時間雨量既往最大比は、関東甲信から東北太平洋岸にかけて広い範囲で過去最大値を大きく超過している。
雨量絶対値で見ると千曲川流域は小さいが、既往最大比は150%超となっている。

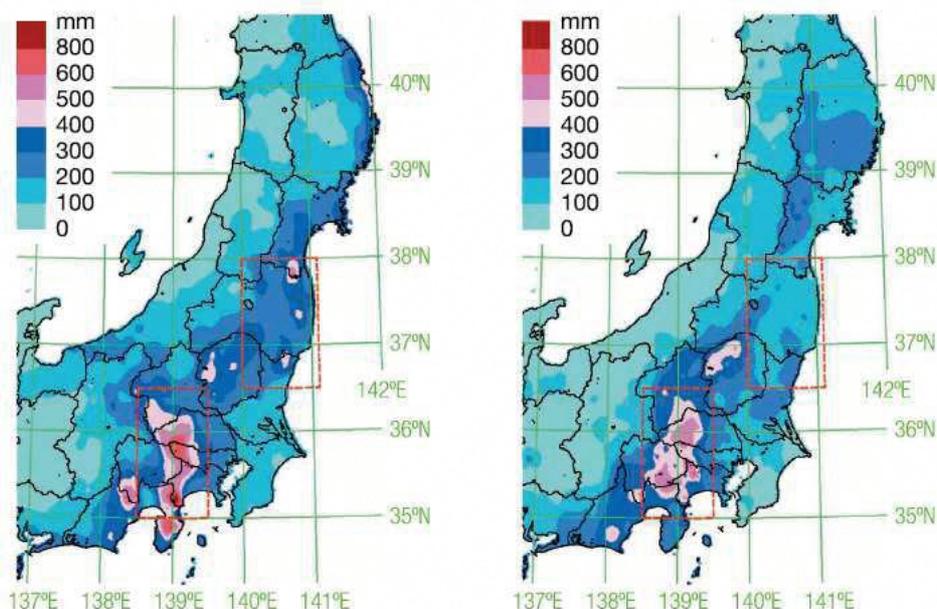


台風19号で被害のあった河川と降雨量



台風19号（東日本台風）とカスリーン台風

600 令和元年東日本台風（台風19号）による大雨の気候学的評価

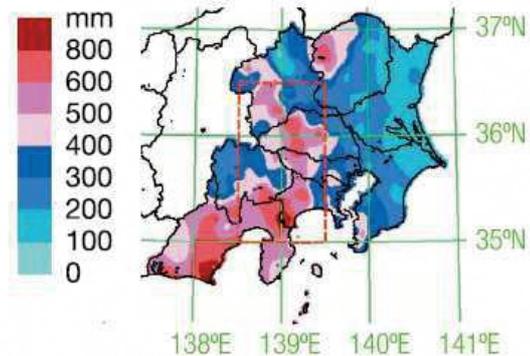


(a) 東日本台風 (2019年10月10～13日)

(b) カスリーン台風 (1947年9月13～16日)

出典：藤部ら(2020), 天気, Vol.67

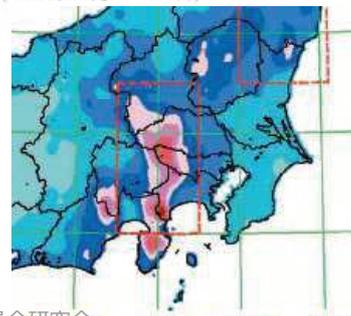
平均値で600mmを超えた。第A2図は8月6～11日の6日間降水量の分布を示す。降水量は関東山地から静岡県にかけての一部地域で500mmを超え、箱根では1082.8mmに達した。静岡県でも6日間降水量が900mmを超えたところがある。1都6県（156地点）の6日間の面積平均降水量を本文と同じ内挿方法で計算すると325.6mm（地点ごとの値の単純平均は333.9mm）になり、東日本台風による4日間降水量（270.7mm、第3表）を上回る。



第A2図 関東大水害時の6日間降水量の分布（1910年8月6～11日）。

関東大水害時（1910年8月）の1都6県の平均降水量325.6mmは、東日本台風（2019年10月）の270.7mmの1.2倍。（期間が異なることに注意）

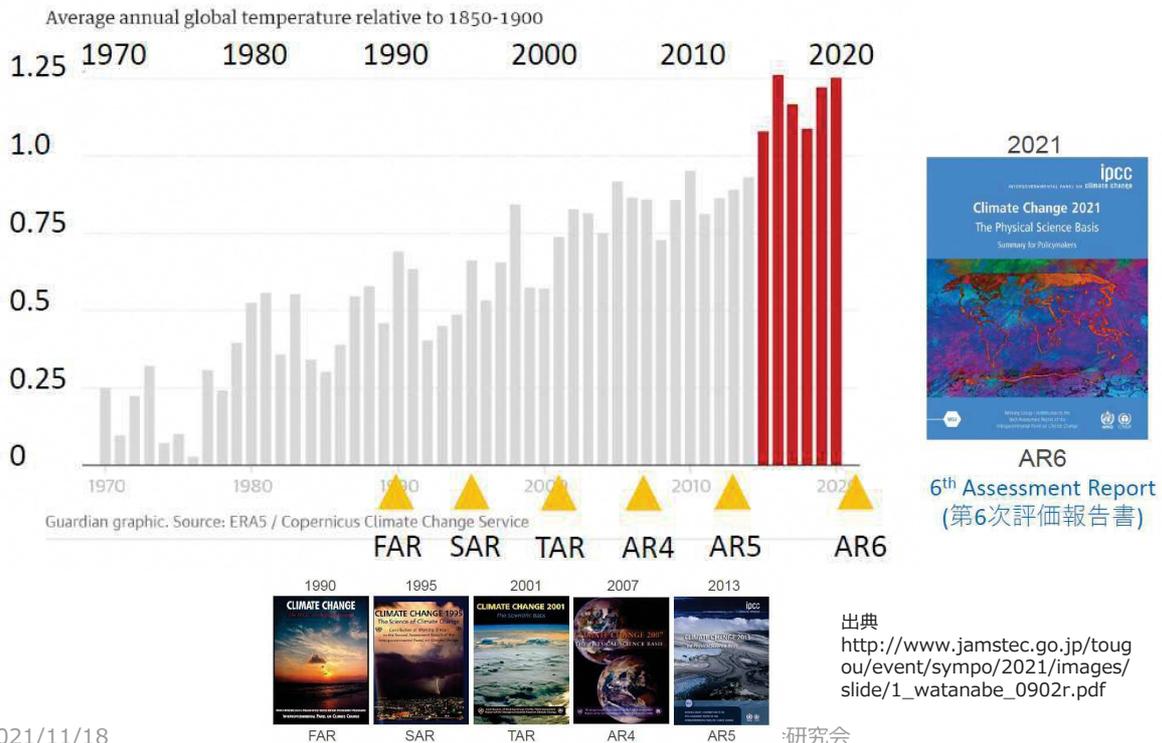
令和元年東日本台風の4日間降水量



出典：藤部ら(2020), 天気, Vol.67

将来の気候変動の影響は？

The past six years are the hottest on record



iii. 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) とは

- 設立: 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された国連の組織
- 任務: 各国の政府から推薦された科学者の参加のもと、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、得られた知見を政策決定者をはじめ広く一般に利用してもらうこと
- 構成: 最高決議機関である総会、3つの作業部会及びインベントリー・タスクフォースから構成

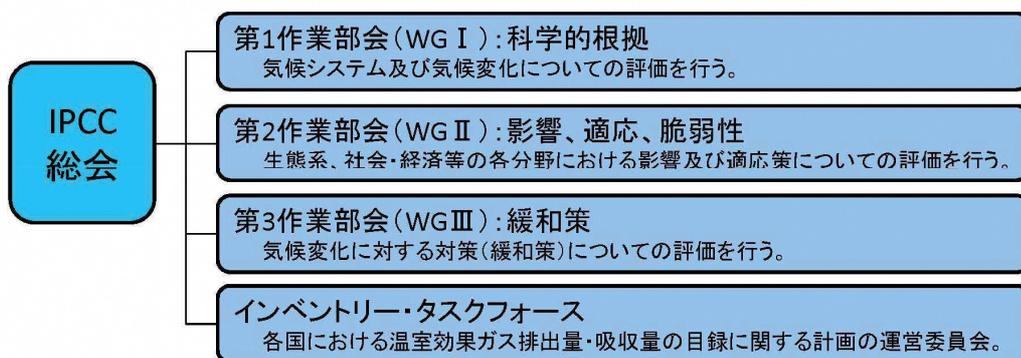


図.IPCCの組織

出典: 図 環境省資料

- 地球温暖化の進行に伴い、**熱波、大雨、干ばつ並びに北極の海水、永久凍土の減少**など、**気候システムの多くの変化が拡大**。
- これまでの評価と比べて、世界の平均気温が**1.5℃上昇する到達時期が約10年程度早まる***との評価。 ※1.5℃を超える時期の中央値：2040年ごろ⇒2030年代初頭

<早まった理由>

- ① 過去から現在までの気
- ② 最新の傾向を踏まえ

気候変動に人間活動が影響していることは疑う余地がない

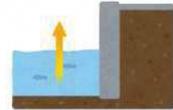
【具体例】

気温

工業化前と比べ、すでに世界平均気温は**1.09℃**上昇。21世紀末には**最大3.3～5.7℃**上昇する可能性。



海水位の間に



0.20 m上昇。

上昇率は1901～1990年間では**1.35 mm/年**、2006～2018年では**3.7mm/年**と増大。21世紀末には**最大0.63～1.01 m**上昇する可能性。

降水

温暖化した気候では、**極端な雨期**又は**乾期**、気象の**極端現象の深刻さが増大**。



台風

非常に強い熱帯低気圧の発生割合と、**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、**地球温暖化の進行に伴い増加**。

雪氷圏

北極圏では、2050年までに1回以上、**9月（夏の終わり）に実質的に海氷のない状態**。21世紀の間、**グリーンランド氷床の損失が継続**。



出典：文科省

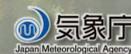
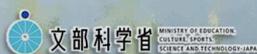
Japan Weather Association All Rights Reserved.

37

日本の気候変動2020

— 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —

文部科学省 気象庁



21世紀末の日本は、20世紀末と比べ...

※黄色は2°C上昇シナリオ (RCP2.6)、紫色は4°C上昇シナリオ (RCP8.5) による予測

年平均気温が約1.4°C/約4.5°C上昇

海面水温が約1.14°C/約3.58°C上昇



猛暑日や熱帯夜はますます増加し、冬日は減少する。



温まりやすい陸地に近いことや暖流の影響で、予測される上昇量は世界平均よりも大きい。

降雪・積雪は減少

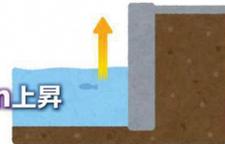
雪ではなく雨が降る。ただし大雪のリスクが低下するとは限らない。



激しい雨が増える

日降水量の年最大値は約12% (約15 mm) / 約27% (約33 mm) 増加
50 mm/h以上の雨の頻度は約1.6倍/約2.3倍に増加

沿岸の海面水位が約0.39 m/約0.71 m上昇



3月のオホーツク海海面面積は約28%/約70%減少



【参考】4°C上昇シナリオ (RCP8.5) では、21世紀半ばには夏季に北極海の海水がほとんど融解すると予測されている。



強い台風の割合が増加
台風に伴う雨と風は強まる

日本南方や沖縄周辺においても世界平均と同程度の速度で海洋酸性化が進行



※この資料において「将来予測」は、特段の説明がない限り、日本全国について、21世紀末時点の予測を20世紀末又は現在と比較したものである。

13

出典：日本の気候変動 2020

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

39

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

様々な分野における将来予測される影響

気象協会

<p>農業、森林・林業、水産業</p> <p>品質低下 収量低下</p> <p>気温上昇によるコメや野菜、果物など農作物の品質低下、収量の減少、牛乳や鶏卵の生産量への影響。</p>	<p>水環境・水資源</p> <p>水質悪化 渇水</p> <p>気温上昇が原因の植物プランクトン大量発生などによる水質悪化。渇水被害などの発生が頻発化。</p>	<p>自然生態系</p> <p>生態系への影響</p> <p>動物や植物の生息地が変わるなど生態系への影響。</p>
<p>自然災害・沿岸域</p> <p>土砂災害 浸水被害</p> <p>大雨の増加などによる浸水被害や土砂災害の発生頻度の増加。強い台風の頻発。</p>	<p>健康</p> <p>熱中症 ヒトスジシマカが媒介するデング熱</p> <p>気温上昇による熱中症搬送者数増加。感染症の原因となる蚊の生息エリア拡大。健康へのリスク増大。</p>	<p>産業・経済活動</p> <p>生産設備などへの影響</p> <p>短時間強雨など極端現象の頻発が生産設備に被害を与えるなどのリスク増加。他方で、新たなビジネスチャンスも。</p>
<p>国民生活・都市生活</p> <p>インフラへの影響、伝統行事などへの影響</p> <p>短時間強雨などによるインフラへの影響。生物季節、伝統行事への影響。</p>		

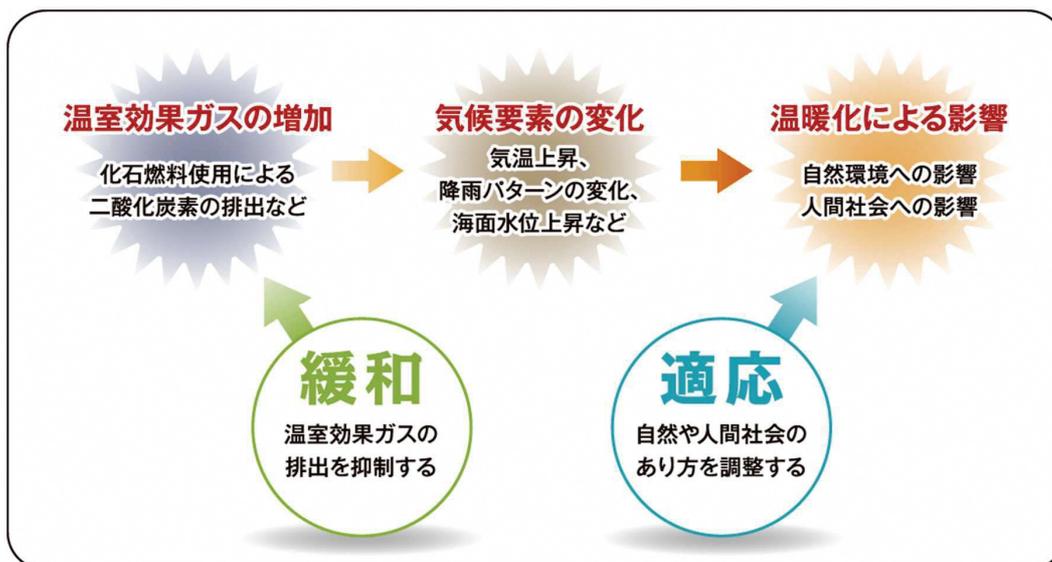
2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

出典：環境省 A-PLAT

Japan Weather Association All Rights Reserved.

40



地球温暖化の対策には、緩和策と適応策がある。
温室効果ガスの排出量を削減する（または植林などによって吸収量を増加させる）「緩和策（mitigation）」と、気候変化に対して自然生態系や社会・経済システムを調整することにより温暖化の悪影響を軽減する（または温暖化の好影響を増長させる）「適応策（adaptation）」

出典：環境省

2021/11/18

文京区議会災害対策調査特別委員会研究会

Japan Weather Association All Rights Reserved.

41

地名に残る災害伝承

- 「川」「池」「浜」「津」「洲」「浦」「沢」「湧」「浅」「深」「崎」「戸」「門」「田」「谷」
→ **水に関わる地名**は、過去の洪水・浸水・津波などの被害
- 「蛇」「竜」「龍」 → 過去の大規模な**土砂災害**
- 「鷹」は「滝」の意味 → 急傾斜地・崩壊危険区域
- 「梅」は埋めるの意味 → 土砂で埋まった土地
- 「久留」「来」「呉」「暮」などの「クル」「クレ」の読み
→ 土地の浸食や崩壊

- 近年の豪雨災害は増えているか？
 - 水災害・土砂災害の増加。気温の上昇と大雨の増加。
- 誰も住んでいないところに被害は生じない。
- 過去の雨の経験値で被害が決まる。
 - 地域の危険度はその地域の降水量既往最大比と対応。
- 将来の気候変動の影響は？
 - 将来の日本は気温の上昇と大雨の増加が予測されている。
 - 都市部では豪雨によるインフラへの影響，熱中症等の健康影響が懸念される。
 - 緩和策と様々な分野の適応策で対策する必要がある。