

# 東北地方の気候変化 雨の降り方はどう変わるのか

令和6年10月15日  
福島地方気象台長  
平野 喜芳

# 目 次

1. 地球温暖化の概要
2. これまでの気候変化（観測事実）  
世界・日本・東北地方の気温・降水
3. 地球温暖化の将来予測  
世界・日本・東北地方の変化、  
台風の発生・発達等の変化とその影響
4. まとめ

- 地球の気温は、地球に入ってくるエネルギー（太陽放射）と地球から出て行くエネルギー（赤外線放射）のバランスで決まる。
- 水蒸気、二酸化炭素、メタンなどの**温室効果ガス**には、地球表面から放射される赤外線を吸収し、再び地球表面に戻し付近の大気を温める性質がある（**温室効果**）。
- 温室効果により全球平均気温は**約14℃**に保たれる（ない場合は**-19℃!**）



気象庁HP（温室効果とは）

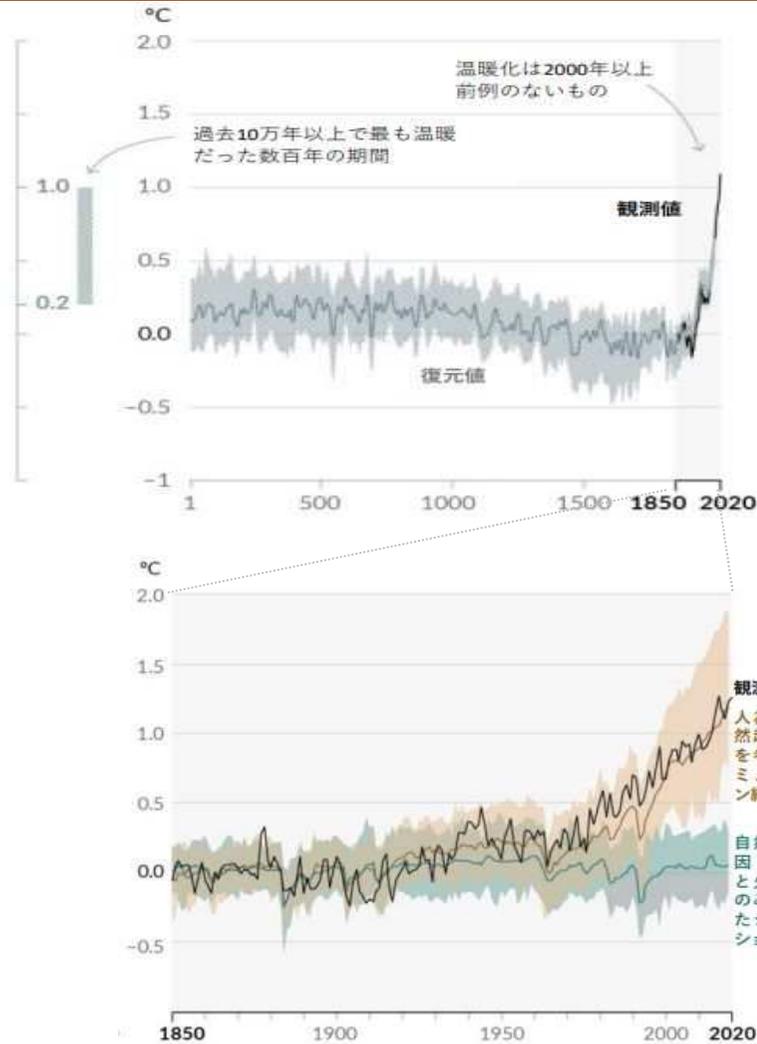
気候システム（地球）におけるエネルギーは、太陽からの日射として入り、地球からの赤外放射として出ていく。基本的にはエネルギーの出入りが”ほぼ”釣り合っている。

何らかの理由（人為起源の化石燃料の燃焼など）によって温室効果ガスが増加すると、エネルギーの「入」が「出」をわずかに上回り、気候システムにエネルギーが溜まることで温度（気温）が上昇する。

# 概要

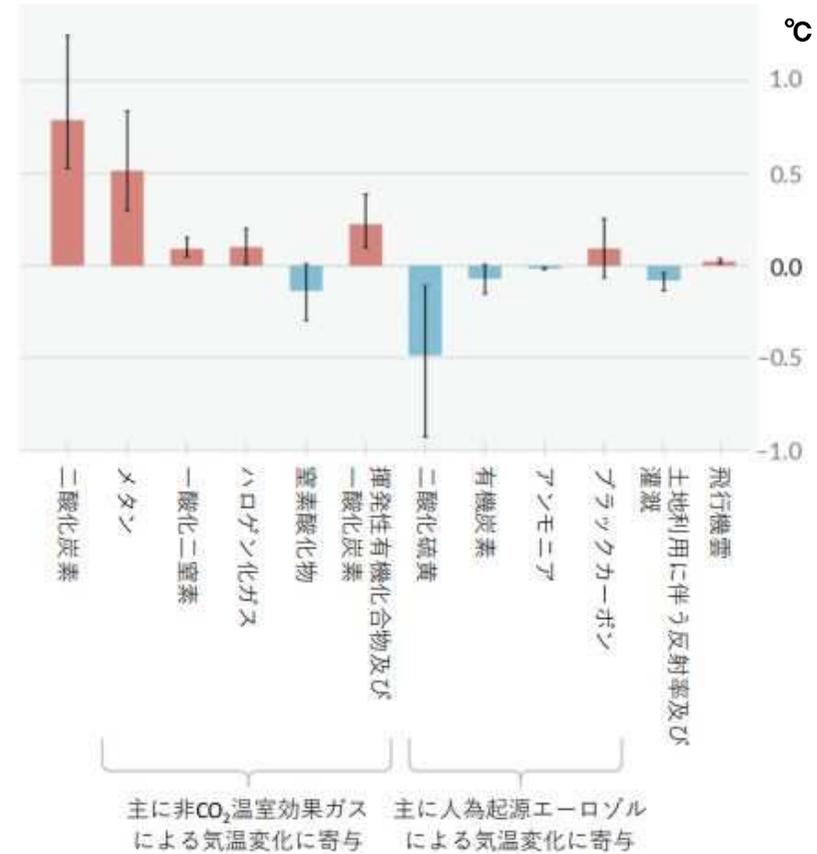
# 地球温暖化への人間の影響

1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化



気候モデルによるシミュレーションから得られた人為起源と自然起源の両方の駆動要因を考慮した気温（茶色）及び自然起源の駆動要因（太陽及び火山活動）のみを考慮した気温（緑色）

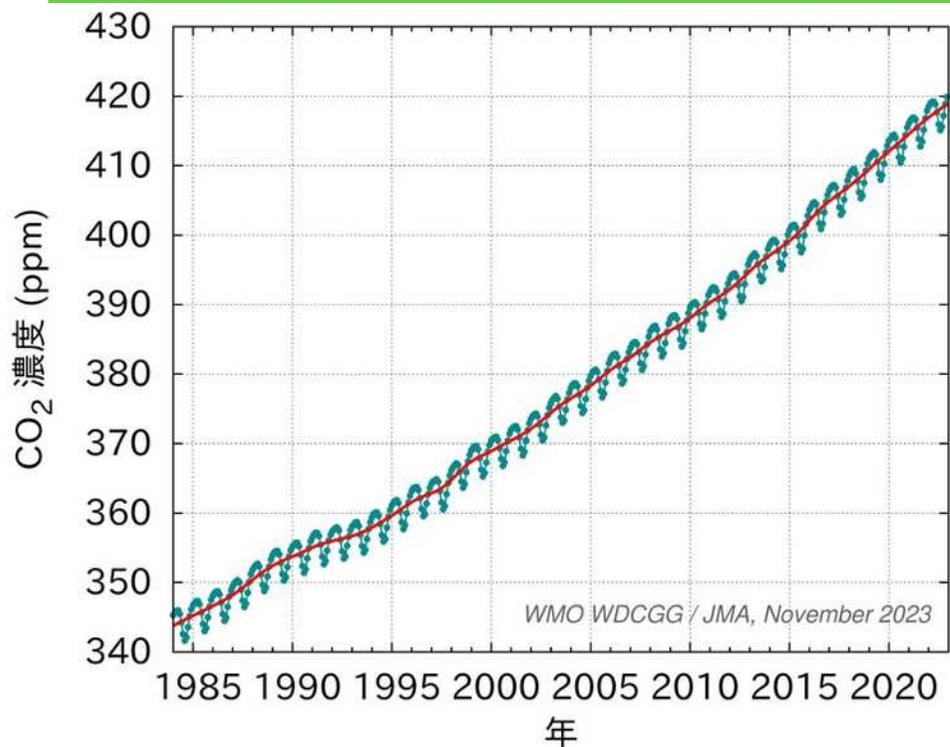
放射強制力の研究から評価された、1850～1900年を基準とした2010～2019年の昇温における寄与



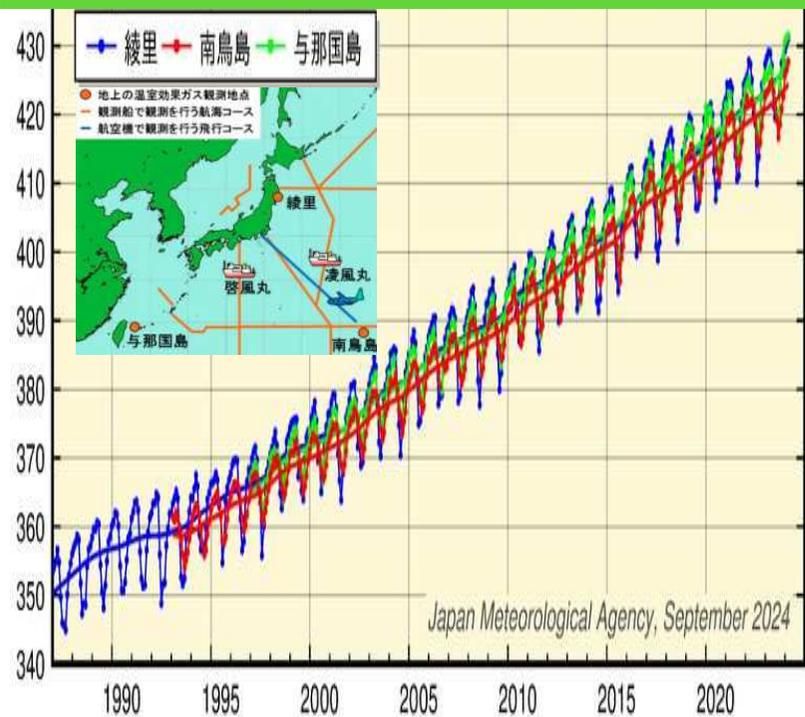
# 二酸化炭素濃度の変化

- 世界平均の2022年の大気中の二酸化炭素の平均濃度は417.9ppmで、工業化以前（1750年頃、約278ppm）に比べて50%増加。

## 地球全体の大気中の二酸化炭素濃度



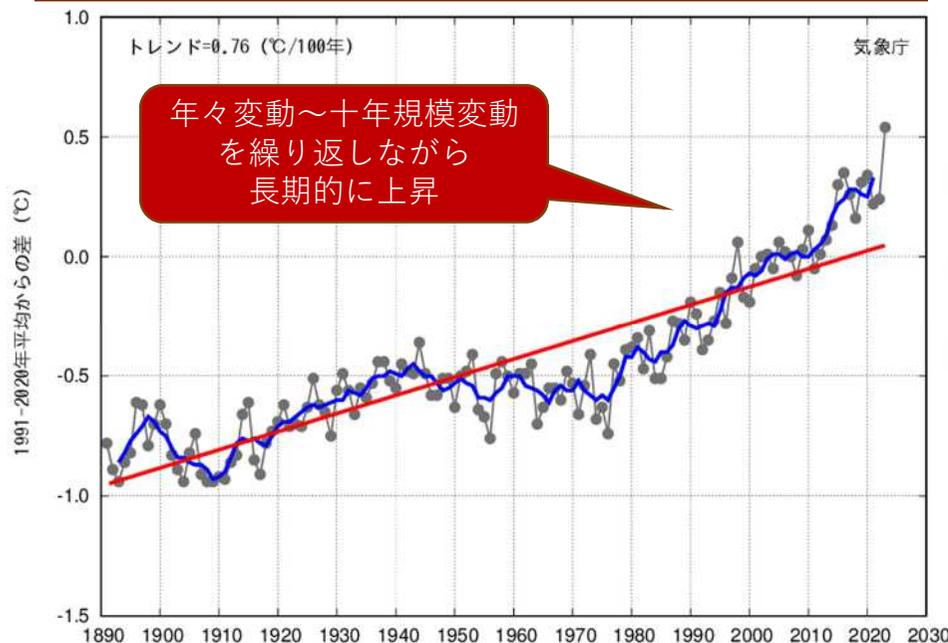
## 日本国内の大気中の二酸化炭素濃度



二酸化炭素の月平均濃度と季節変動を除いた濃度の時間変化

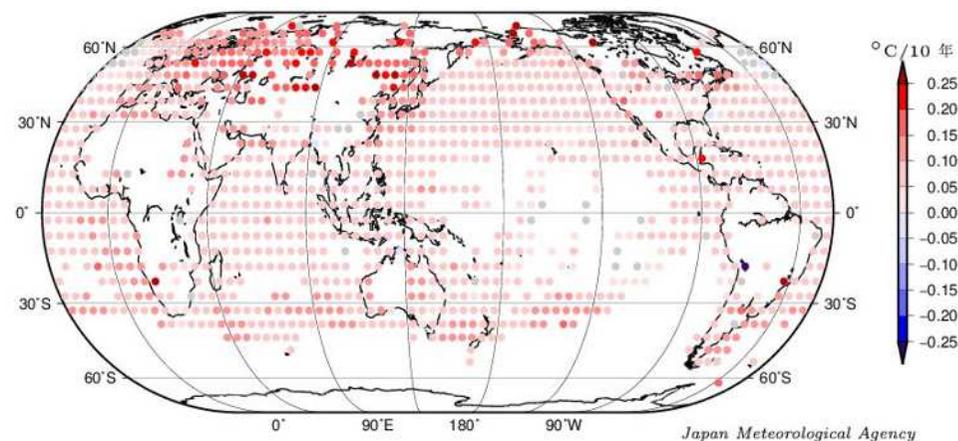
- 世界の平均気温は、100年あたり0.76℃の割合で上昇。
- 「人間活動の温暖化への影響は疑う余地がない」 <IPCC第6次評価報告書>

世界の年平均気温偏差（1891～2023年）



基準値（1991～2020年の30年平均値）からの偏差。折れ線（灰色）は各年の値、折れ線（青色）は5年移動平均値、直線は長期変化傾向（信頼度水準99%以上で有意）を示す。

1891年から2023年の年平均気温長期変化傾向

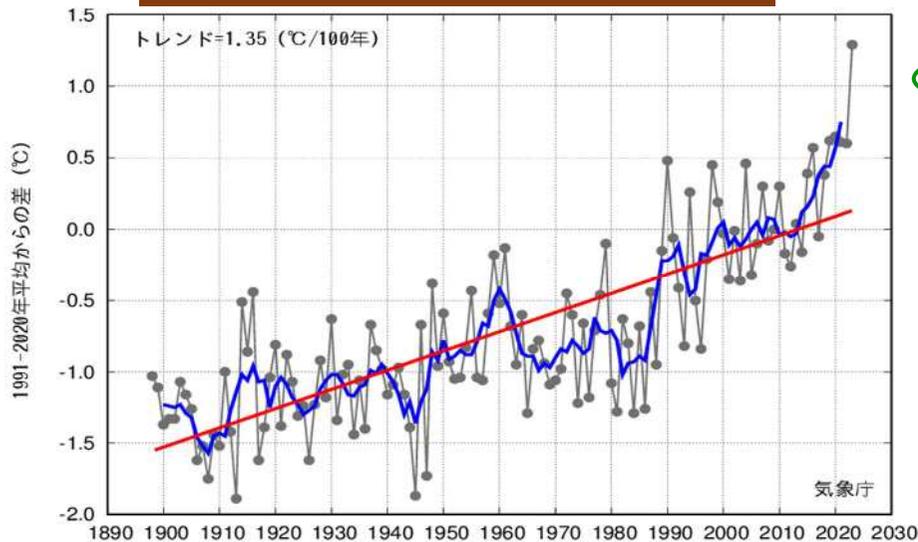


図中の丸印は5×5度格子で平均した1891-2023年の長期変化傾向（10年あたり）を示す。灰色は、信頼度90%で統計的に有意でない格子を示す。

気象庁HP「世界の年平均気温」  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_wld.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html)

- 日本の年平均気温は、100年あたり1.35℃の割合で長期的に上昇。
- 日本を含む北半球中高緯度では、気温の上昇率が大きい。

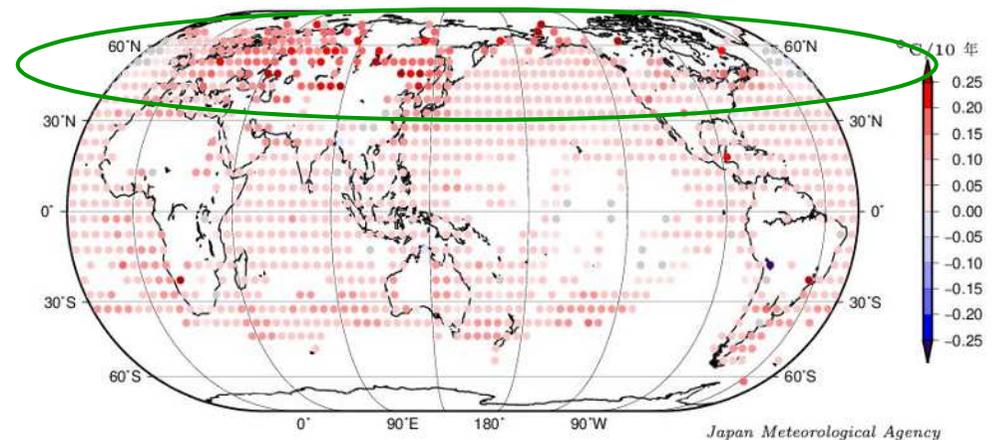
日本（国内15地点平均）  
（1898～2023年）



都市化の影響が比較的小さい国内15観測地点（※）のデータに基づく。折れ線（灰色）は各年の値、折れ線（青色）は5年移動平均値、直線は長期変化傾向（信頼度水準99%以上で統計的に有意）を示す。

※ 網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島

1891年から2023年の年平均気温長期変化傾向



図中の丸印は5×5度格子で平均した1891-2023年の長期変化傾向（10年あたり）を示す。灰色は、信頼度90%で統計的に有意でない格子を示す。

雪氷アルベドフィードバックや海陸の昇温量の違い（水分の蒸発により熱が奪われやすい海洋の方が陸よりも温度が上がりにくい）等により、**陸域が多い北半球の中高緯度は地球温暖化による気温の上昇率が比較的大きい。**

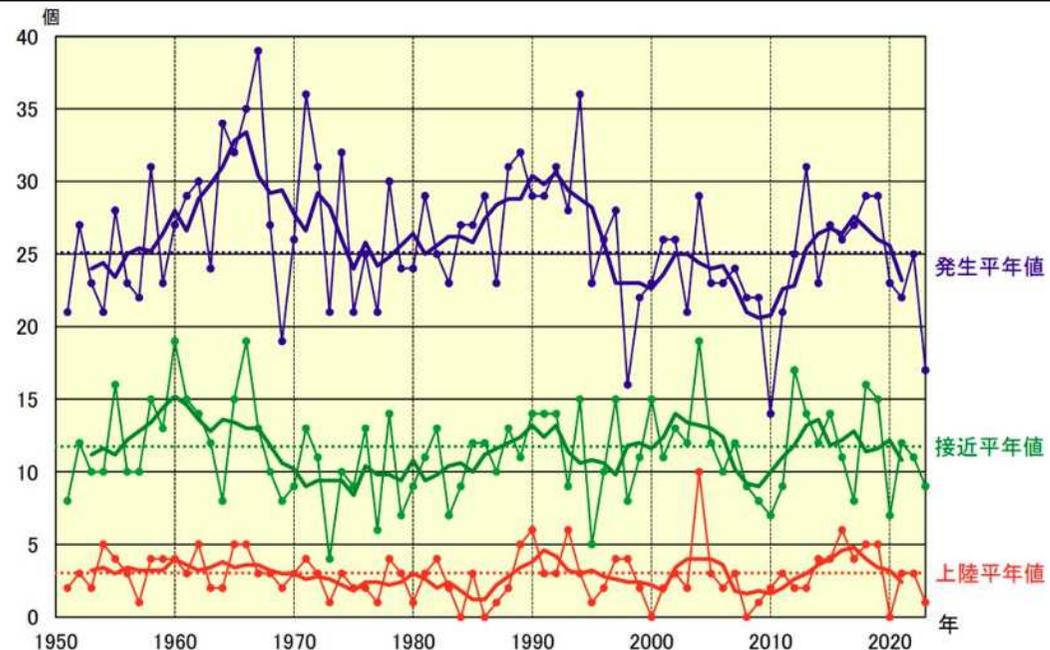
- 1980年代以降、カテゴリ4以上（1分間の平均風速58m/s以上；概ね「**猛烈な台風（10分間の平均風速54m/s以上）**」に相当）の台風が増加している（確信度が中程度）。
- 北西太平洋域の熱帯低気圧がその**強度のピークに達する緯度が北に遷移している**可能性が高い。

<IPCC第6次評価報告書>

- 北西太平洋域における強度の大きい台風に関する長期変化傾向については、引き続き、より長期かつ質の高い観測を継続することが必要。

<気象庁の解析>

台風の発生数・接近数・上陸数  
(1951~2023年)



「気候変動監視レポート2023」より  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2023/pdf/ccmr2023\\_all.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2023/pdf/ccmr2023_all.pdf)

- 日本で近年相次いで発生している顕著現象  
(異常気象分析検討会で検討され報道発表した事例)
  - 2020年 「令和2年7月豪雨」とその後の記録的高温
  - 2021年 8月の記録的大雨
  - 2022年 6月下旬～7月初めの記録的高温
  - 2023年 7月後半以降の顕著な高温
  - 2024年 7月以降の顕著な高温と7月下旬の北日本の大雨
- いずれも、現象の背景として、**地球温暖化の影響が寄与している可能性が指摘されている**

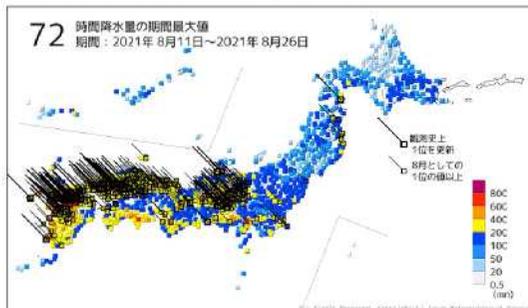
温暖化の進行により危惧されているような極端な雨の降り方が現実に起きており、明らかに雨の降り方が変化している

(←新たなステージに対応した防災・減災のあり方)

## 2021年 8月の記録的な大雨

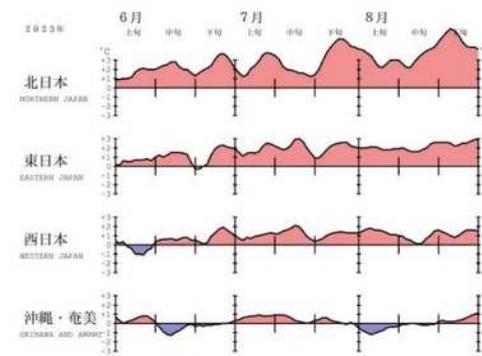
72時間降水量の期間最大値(期間:8/11～26)

■観測史上1位の降水量(48時間)を更新した地点



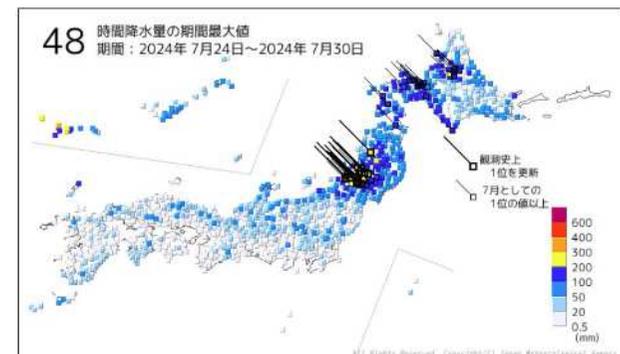
## 2023年の顕著な高温

6月～8月の地域平均気温平年差の推移



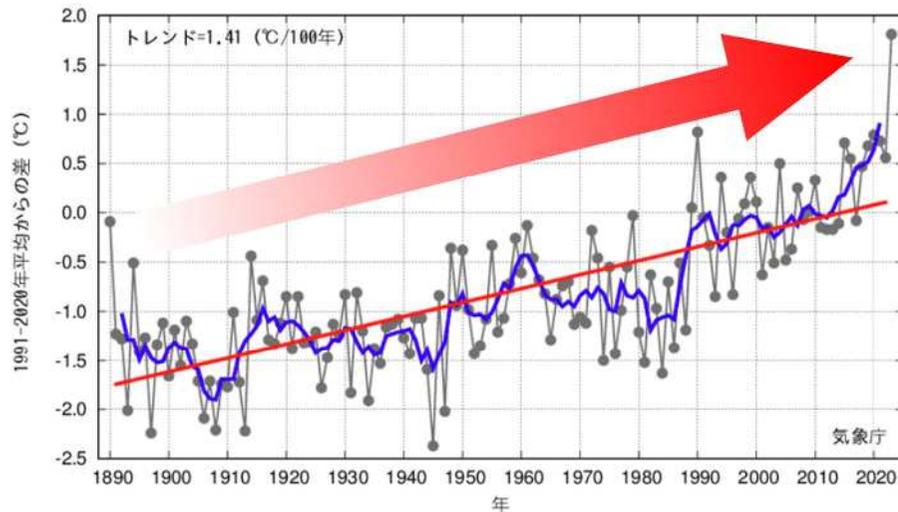
## 2024年7月下旬の北日本の大雨

48時間降水量の帰還最大値 (期間:7/24～30)



- 東北地方でも、長期的に気温が上昇し、短時間強雨の回数が増加している。
- 災害につながるような極端な高温、降水が起きやすくなっている。

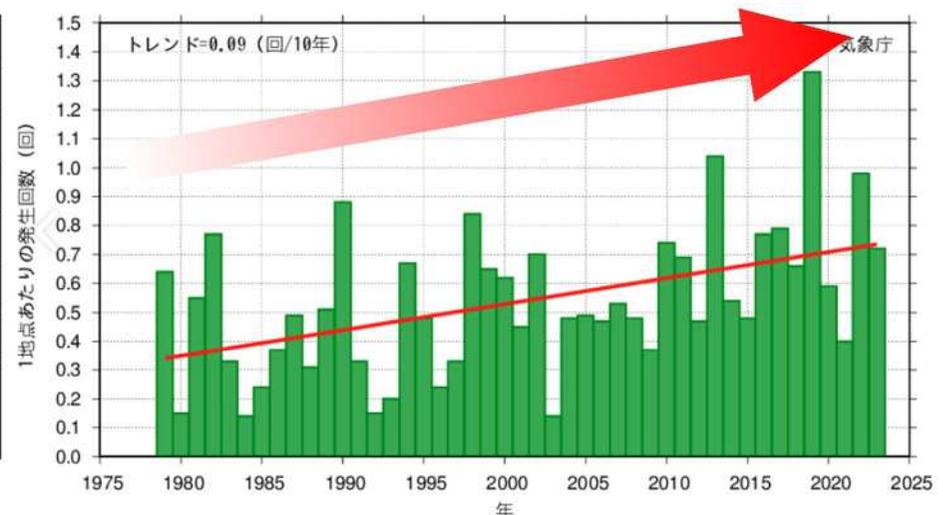
年平均気温  
(東北地方 6地点平均)



1890年から2023年までの観測データによると、東北地方の年平均気温は100年あたり1.41°Cの割合で長期的に上昇しているとみられます。

長期間の観測記録が残る青森、秋田、宮古、石巻、山形、福島の6地点の平均値を使用しています。

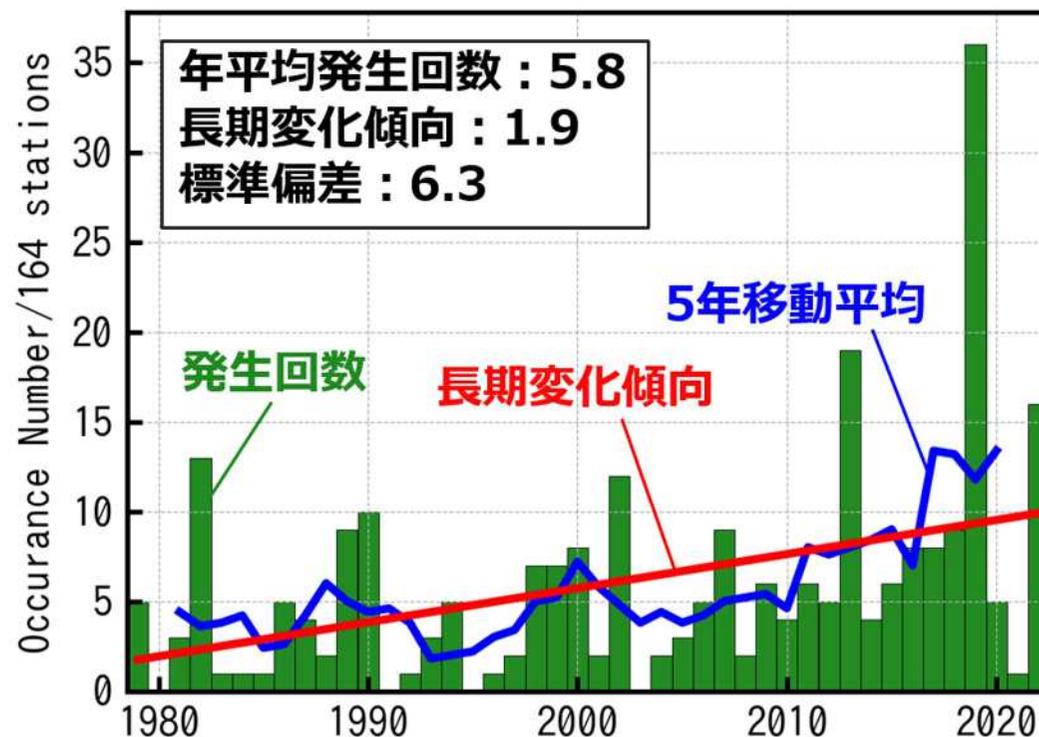
1時間降水量30mm以上の年間発生回数  
(東北地方アメダス 1地点あたり)



東北地方のアメダスによる1979年から2023年までの観測データによると、東北地方では1時間に30mm以上の短時間強雨が降る回数が長期的に増加しているとみられます。

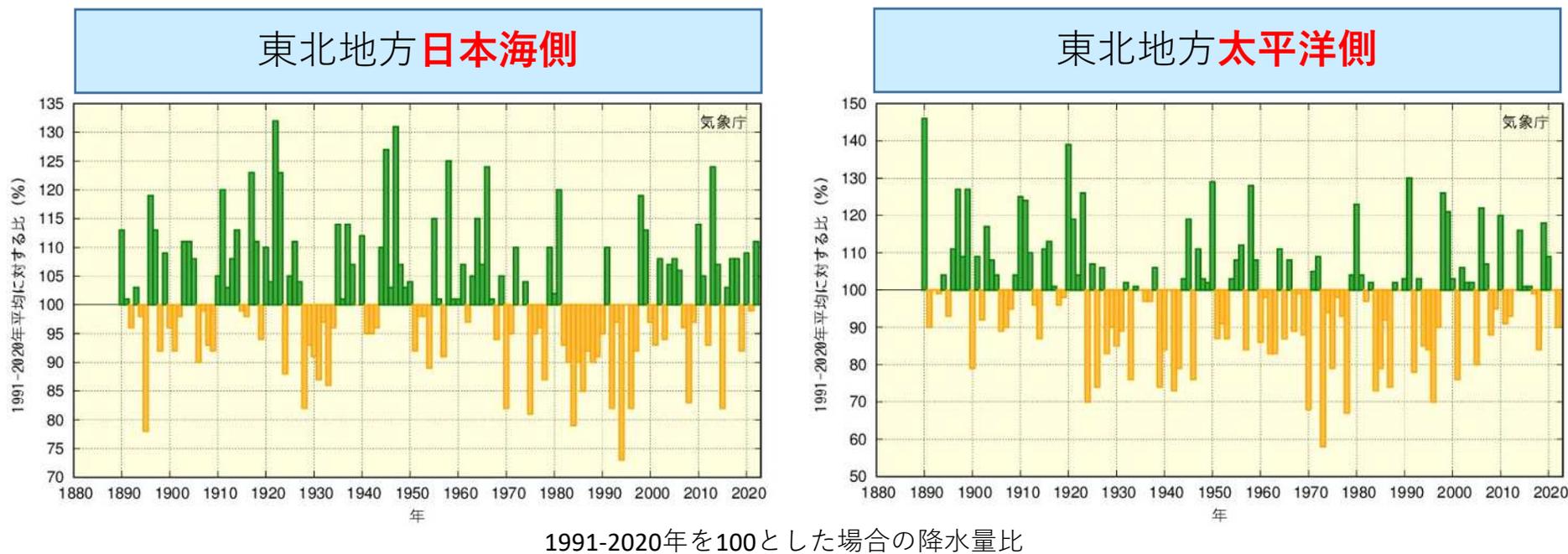
気温の上昇に伴って大気中に存在できる水蒸気量(飽和水蒸気量)が増えることで、このような短い時間でまとまって降る雨の頻度が増加すると考えられています。

- 強雨が数時間続くことによって災害が発生することが多いことから3時間雨量に着目
- 3時間雨量100ミリ以上の大雨発生回数も増加傾向（約2回増加/10年）
- 年によるバラツキが大きい



全地点における100mm/3h以上の大雨発生回数の経年変化  
年変動はあるが、長期変化は増加傾向を示す。

1979年4月から2023年3月（44年分）、東北6県164地点のデータによる



年間を通した降水は日本海側と太平洋側で特性が異なるため、日本海側（青森、秋田、山形）と太平洋側（宮古、石巻、福島）に分けて示します。

1890年から2022年までの観測データによると、東北日本海側及び東北太平洋側の**年降水量には**、いずれも**統計的に有意な変化傾向がみられません**。

○激しい雨の頻度は増えている。

○年降水量は増加・減少の傾向がない。年ごとのバラツキ（多い・少ない）が大きい。

大雨・渇水など雨の降り方が極端になっていることを示唆

「現在」ではない

「今から100年後」  
ではない

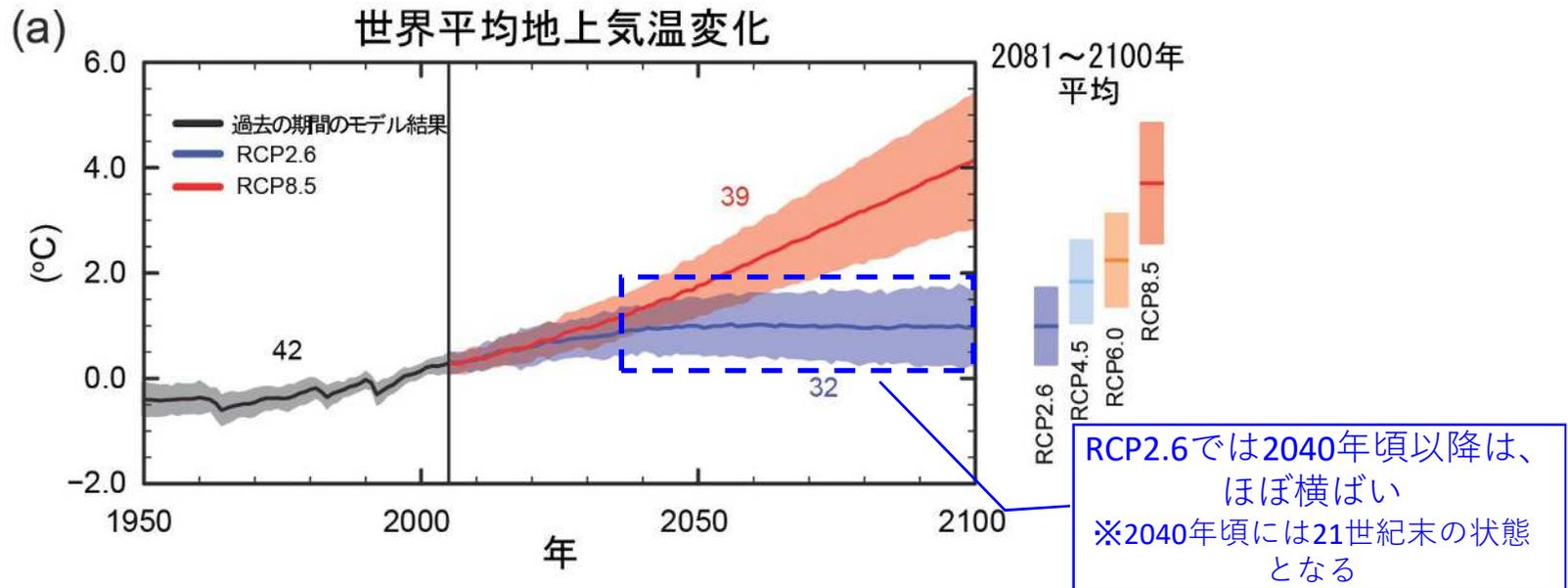
- 20世紀末（1980～1999年平均）から21世紀末（2076～2095年平均）の間に起きる気候の変化を予測する。
- 予測は以下の2通りの設定（シナリオと呼ぶ）で行っている。
  - 4℃上昇シナリオ（RCP8.5）：21世紀末の世界平均気温が工業化以前と比べて約4℃上昇。追加的な緩和策を取らなかった世界。
  - 2℃上昇シナリオ（RCP2.6）：21世紀末の世界平均気温が工業化以前と比べて約2℃上昇。パリ協定の2℃目標が達成された世界。

RCPシナリオは、SRESシナリオに代わりIPCCが第5次評価報告書（2013）で扱う気候予測に用いるシナリオとして、2007年に示されたものである。政策的な緩和策を前提として、将来、温室効果ガスをどのような濃度に安定化させるかという考え方から、その代表的濃度経路（Representative Concentration Pathways）を示している。

RCPに続く数字は、放射強制力と呼ばれ、1750年以降の放射エネルギー収支の変化量で、単位はW/m<sup>2</sup>。例えば、RCP2.6は、放射強制力が1平方メートル当たり2.6ワットの場合のシナリオで、パリ協定の2℃目標が達成された世界であり得る気候の状態に相当する。

なお、IPCC第6次報告書で採用されたSSPシナリオによる将来予測資料は気象庁では未作成

## 排出シナリオの不確実性



IPCC 第5次評価報告書 (AR5) 第1作業部会報告書「政策決定者向け要約」(気象庁訳) 図SPM.7(a)  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc\\_ar5\\_wg1\\_spm\\_jpn.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf)

シナリオによって結果が変わる。

社会・経済動向によって将来の温室効果ガスの排出量は変わる。つまり、「どのシナリオが正しいのか」は分からない。

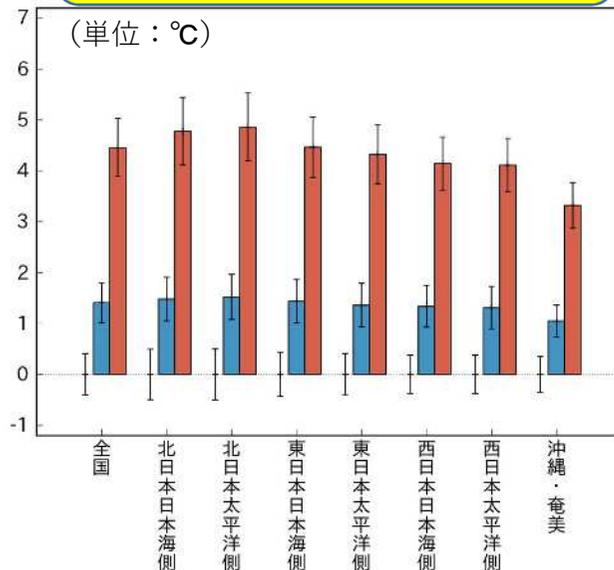
⇒複数のシナリオに基づいた予測を行い、想定できる「幅」を見積もる。

気象庁の温暖化予測情報ではRCP8.5シナリオとRCP2.6シナリオの予測を行っている。両者を想定される温暖化による変化の上限と下限と考えて「予測の幅」を見積もることができる。

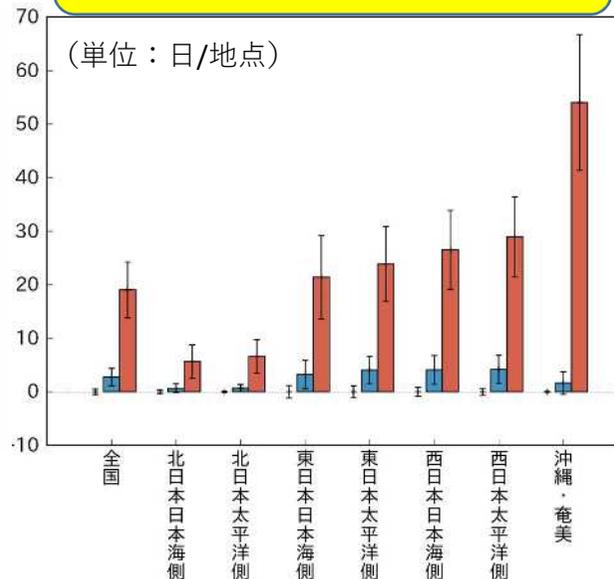
- 日本の年平均気温は、全国平均でRCP8.5シナリオでは4.5℃、RCP2.6シナリオでは1.4℃上昇。 ⇒ 国民生活や生態系等へ広く影響
- **猛暑日**は、全国的に**増加**する。（**真夏日**、**夏日**、**熱帯夜**も**増加**）  
⇒ 熱中症リスク等の増大
- **冬日**は、全国的に**減少**する。（**真冬日**も**減少**）

20世紀末：1980～1999年  
21世紀末：2076～2095年  
RCP8.5、RCP2.6に基づく

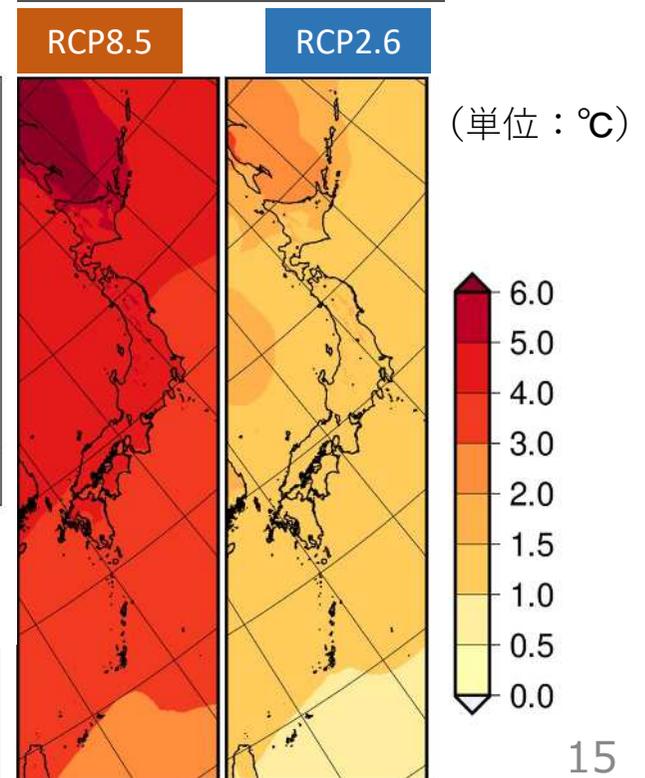
年平均気温の変化



「猛暑日」日数の変化  
(最高気温35℃以上)



年平均気温の将来変化



棒グラフは、将来変化量(※)、細縦線は年々変動の幅を示す。(赤色はRCP8.5シナリオ、青色はRCP2.6シナリオに基づく予測)

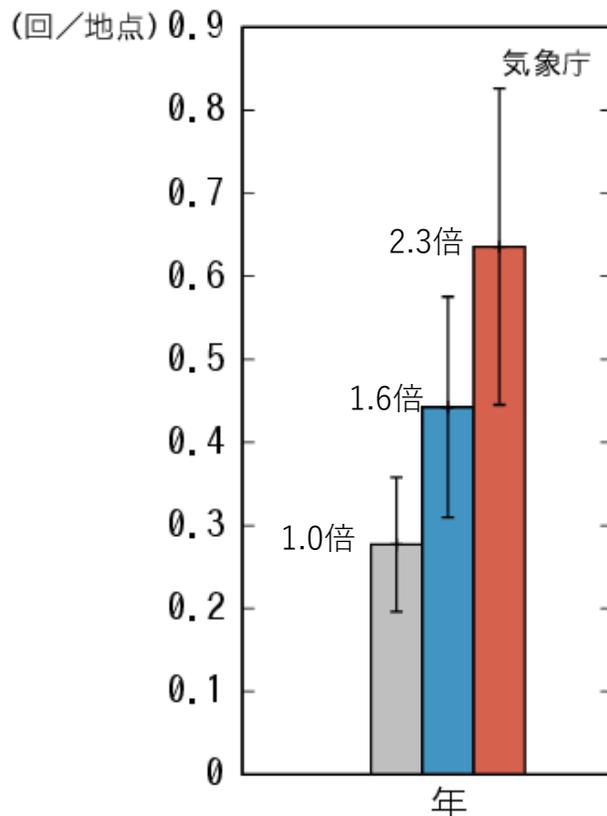
※気候モデルで予測した21世紀末(2076～2095年)の気候から気候モデルで再現した20世紀末(1980～1999年)の気候を引いた値

# 将来予測 雨の降り方：極端な降水の頻度

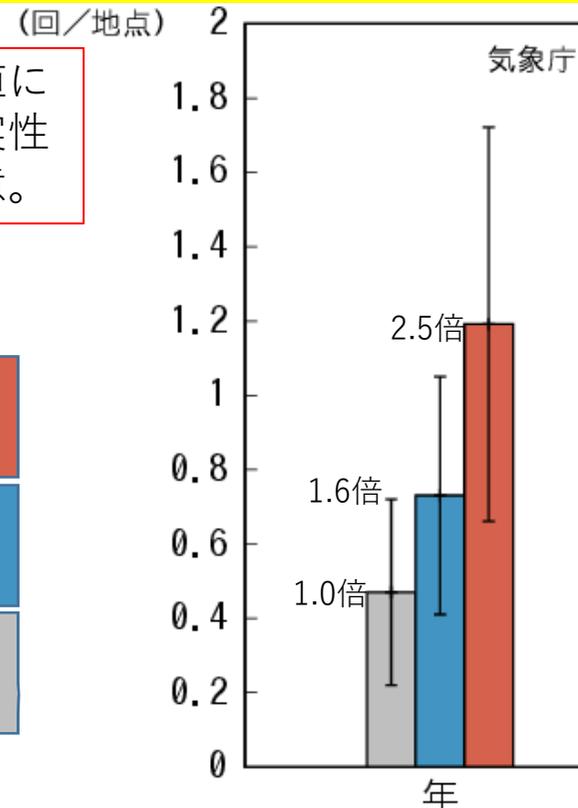
- 1時間に50mm以上の短時間強雨が降る回数(全国) は4℃上昇シナリオ(RCP8.5)で約2.3倍、2℃上昇シナリオ(RCP2.6)で約1.6倍に増加。
- 東北地方では1時間に30mm以上の短時間強雨が降る回数が4℃上昇シナリオ(RCP8.5)で約2.5倍、2℃上昇シナリオ(RCP2.6)で約1.6倍に増加。

東北地方では20世紀末における1時間50mm以上の発生頻度が少ないため、1時間30mm以上で示しました。

1時間水量**50mm**以上の  
年間発生回数 (全国)



1時間水量**30mm**以上の  
年間発生回数 (東北地方)



定量的な予測値については不確実性が高いので注意。

凡例

21世紀末 (RCP8.5)

21世紀末 (RCP2.6)

20世紀末

大雨の頻度、年最大日降水量ともに増加  
RCP8.5では、無降水日数の増加



**今後も雨の降り方が極端になる傾向が続くと予測**

20世紀末（1980～1999年平均）と比べた21世紀末（2076～2095年平均）の  
雨の降り方の変化（いずれも全国平均）

	2℃上昇シナリオ (RCP2.6)	4℃上昇シナリオ (RCP8.5)
日降水量200 mm以上の 年間日数	約 <b>1.5倍</b> に増加	約 <b>2.3倍</b> に増加
1時間降水量50 mm以上の 短時間強雨の頻度	約 <b>1.6倍</b> に増加	約 <b>2.3倍</b> に増加
年最大日降水量の変化	約 <b>12%</b> （約 <b>15 mm</b> ）増加	約 <b>27%</b> （約 <b>33 mm</b> ）増加
日降水量が1.0 mm未満の 日の年間日数	（有意な変化は予測されず）	約 <b>8.2日</b> 増加

- 年平均気温、極端な降水の頻度など、いずれも**4℃上昇シナリオ(RCP8.5)**の方が予測される変化が大きい。
- **2℃上昇シナリオ(RCP2.6)**でも気候変動はすぐには止まらない。

## 2℃上昇シナリオ(RCP2.6)

(2℃目標相当)

<b>気温の変化</b>		<b>雨の降り方の変化</b>	
4℃上昇シナリオよりはかなり小さいものの、気温の上昇は続きます。		雨の降り方もこれまでよりは極端になります。	
年平均気温 (東北地方平均)	約 <b>1.4℃</b> 上昇	1時間に30mm以上の雨の回数 (東北地方)	約 <b>1.6倍</b> に増加
真夏日 (東北地方平均)	約 <b>9日</b> 増加	雨の降る日数 (全国)	有意な変化なし
熱帯夜 (東北地方平均)	約 <b>2日</b> 増加		
<b>海の変化</b>			
三陸沖の海面水温に有意な変化は予測しません。			

## 4℃上昇シナリオ(RCP8.5)

(追加的な緩和策なし)

<b>気温の変化</b>		<b>雨の降り方の変化</b>	
4℃上昇シナリオよりはかなり小さいものの、気温の上昇は続きます。		雨の降り方もこれまでよりは極端になります。	
年平均気温 (東北地方平均)	約 <b>4.6℃</b> 上昇	1時間に30mm以上の雨の回数 (東北地方)	約 <b>2.5倍</b> に増加
真夏日 (東北地方平均)	約 <b>42日</b> 増加	雨の降る日数 (全国)	約 <b>8日</b> 減少
熱帯夜 (東北地方平均)	約 <b>28日</b> 増加		
<b>海の変化</b>			
三陸沖の海面水温は約 <b>4.9℃</b> 上昇します。			

※ 仙台管区気象台HP「東北地方の気候の変化」

<https://www.data.jma.go.jp/sendai/knowledge/climate/change/change.html>

- 日本付近の台風の強度は強まり、日本の南海上で猛烈な台風の存在頻度が増加
- 年間の総雨量に変化はないが、個々の台風に伴う雨や風は強まると予測される

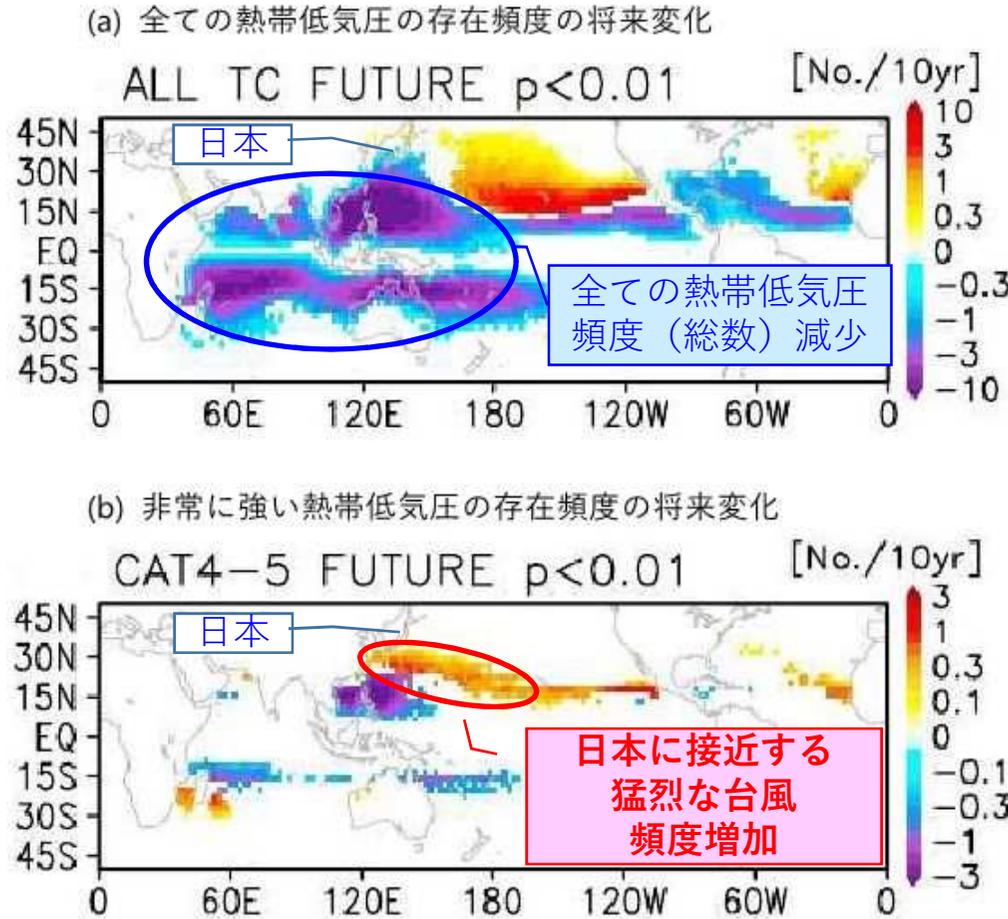


図 7.2.2 熱帯低気圧の存在頻度の将来変化  
カラースケールは10年当たりの頻度

Yoshida et al. (2017) より、一部改変 (RCP8.5、21世紀末を予想)

地球温暖化に伴う将来の台風のシミュレーションを行った研究では、

熱帯の大気の上層が下層より暖まって大気の成層が安定化し台風の発生総数は減少する (上図)

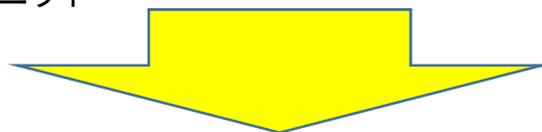
台風のエネルギー源である大気中の水蒸気量が中緯度でも増すため、日本の南海上で猛烈な台風の存在頻度が増える結果となったものが多い (下図)

参考  
世界の全熱帯低気圧に占める強い熱帯低気圧 (カテゴリ3~5) の発生割合は過去40年間で増加している可能性が高く、北太平洋西部の熱帯低気圧がその強度ピークに達する緯度が北に移動している可能性が非常に高い。(IPCC第6次評価報告書)

これらの結果から、  
「日本付近に発達した台風が接近する」ということ。

	世界	日本
観測事実	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 世界の平均気温は、100年あたり0.76°Cの割合で上昇。</li> <li>● 気候システムの温暖化には疑う余地がない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日本の年平均気温は、100年あたり1.35°Cの割合で長期的に上昇。</li> </ul>
将来予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 21世紀末の世界平均地上気温は、1986～2005年平均と比べて                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ RCP2.6シナリオで0.3～1.7°C上昇</li> <li>➢ RCP8.5シナリオで2.6～4.8°C上昇</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 21世紀末の日本の年平均気温（全国平均）は20世紀末と比べて、                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ RCP2.6シナリオでは1.4°C上昇</li> <li>➢ RCP8.5シナリオでは4.5°C上昇</li> </ul> </li> </ul>
ポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日本の気温は世界平均より大きく上昇</li> <li>● 気温の上昇に伴って、猛暑日、熱帯夜等は増加、冬日等は減少</li> </ul>	

- 地球温暖化に伴う雨の降り方の変化はすでに始まっている
  - ・雨の降り方が局地化・集中化・激甚化
- 温暖化の進行により、雨の降り方は更に極端になる。
  - ・気温上昇（飽和水蒸気量増加）による激しい雨・大雨の増加
  - ・渇水の顕在化
  - ・猛烈な台風が増加
  - ・台風発達のピークが北（日本近海）にシフト
  - ・平均海面水位の上昇



- 水災害分野における気候変動適応策のあり方  
極端な降水がより強く、より頻繁となることを前提とした防災対策（AR5）
  - ・頻度の高い外力 ⇒ 施設の整備を着実に進める
  - ・施設では守りきれない事態を想定 ⇒ 関係機関が連携したソフト対策洪水・浸水対策、渇水対策、情報を活用し早期の対応など、  
ハード対策・ソフト対策を組合わせた効果的な対応