

# 地球温暖化とその影響 ～「いま」と「これから」～ 宮城県の水について

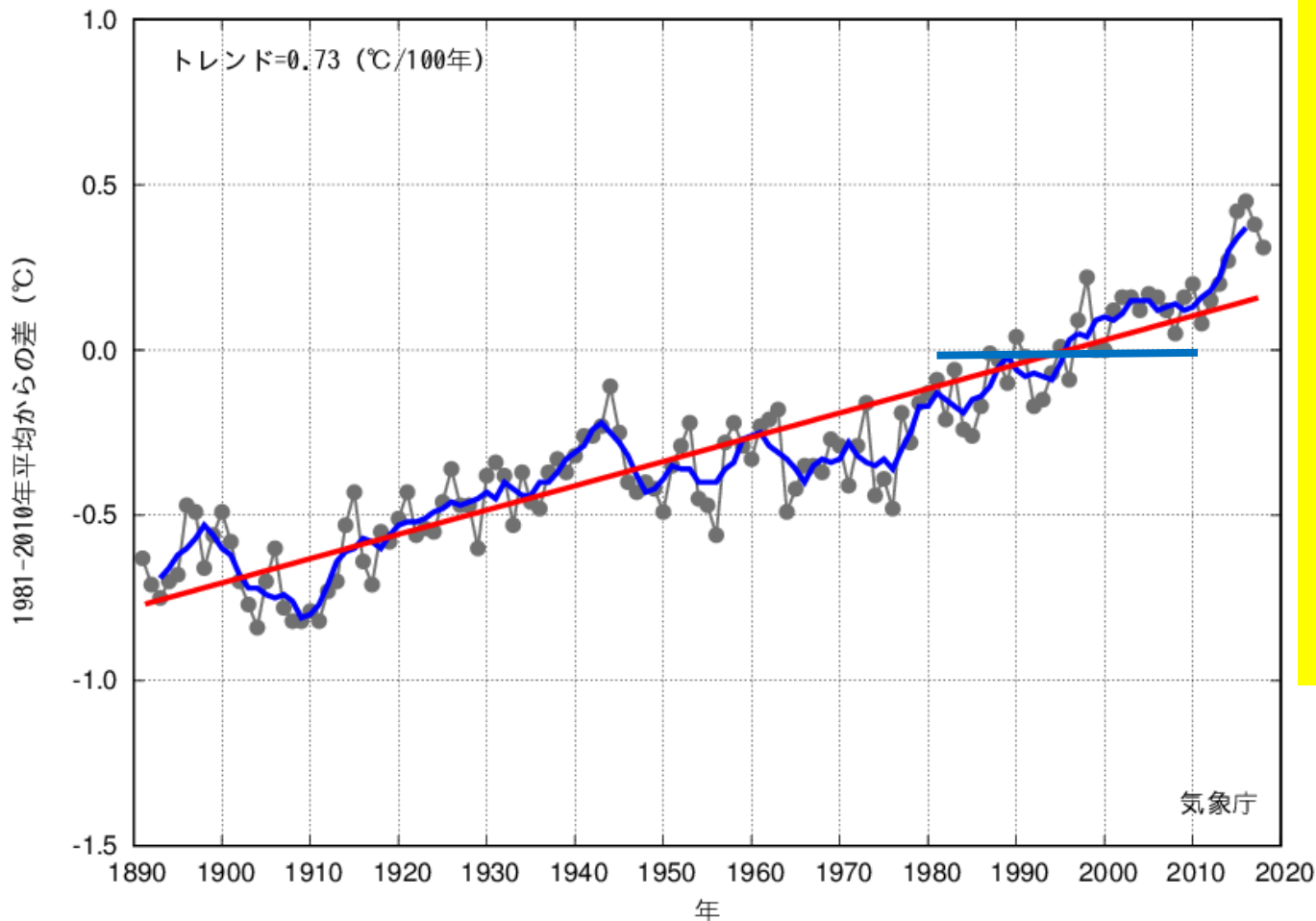
仙台管区気象台  
気象防災部 地球環境・海洋課  
金濱 晋

# 目次

- 地球温暖化の現状
- 気候モデルを使った地球温暖化予想結果

# 世界の年平均気温偏差の経年変化 (1891～2018年)

世界の年平均気温偏差

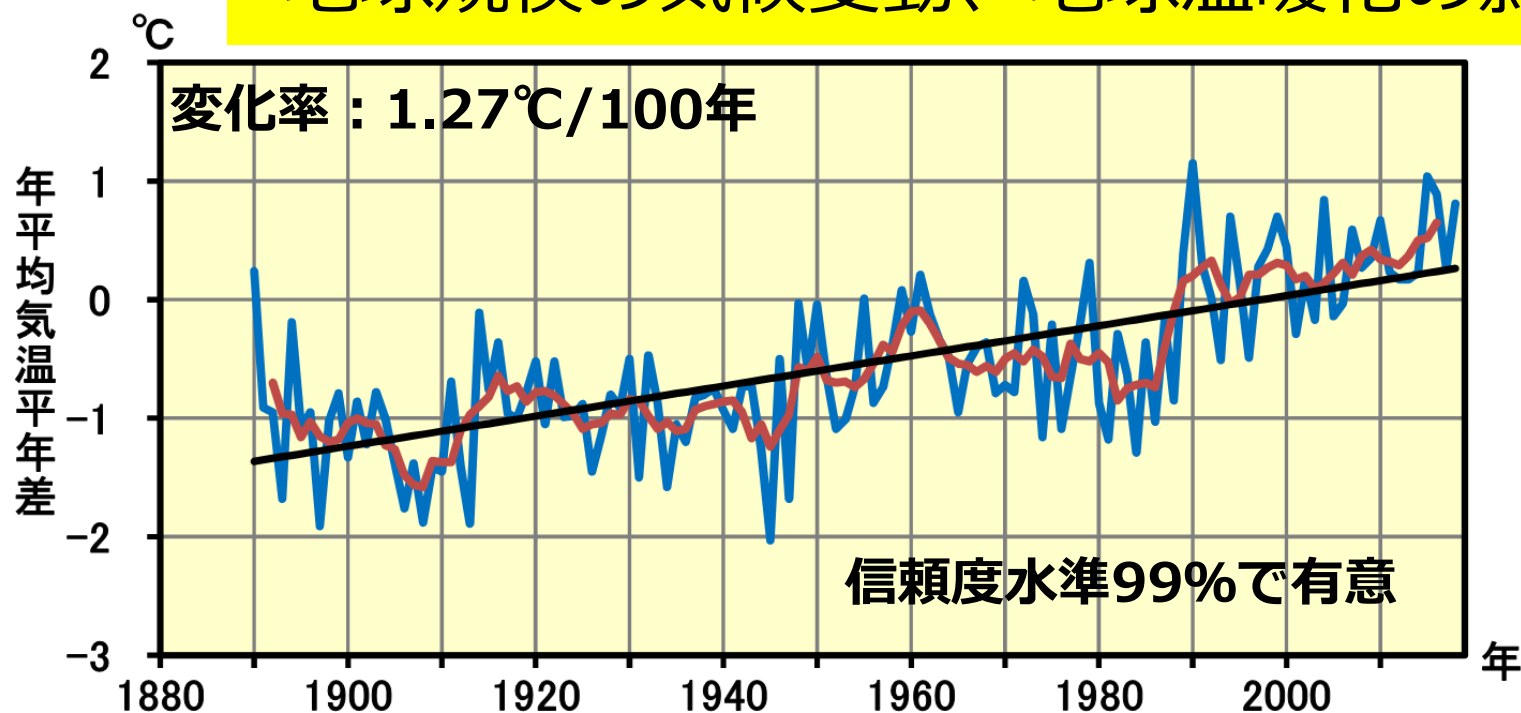


世界の年平均気温は、長期的には100年あたり0.73°Cの割合で上昇しています。特に1990年代半ば以降、高温となる年が多くなっています。



# 東北地方の年平均気温の長期変化

地球規模の気候変動、地球温暖化の影響

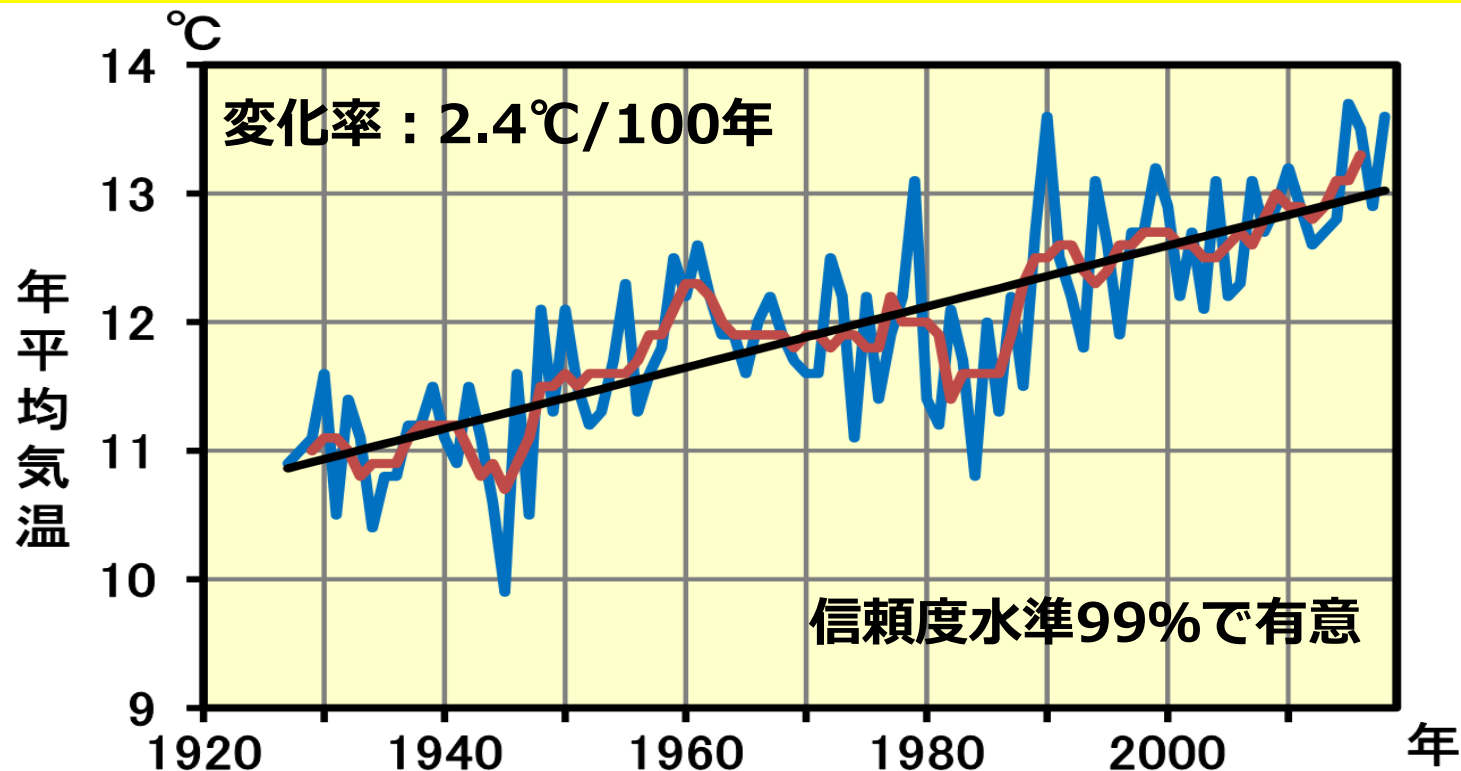


## 東北地方の年平均気温の推移（1890～2018年）

青線は、青森、秋田、宮古、石巻、山形、福島の年平均気温の平年差（平年値との差）を平均した値（°C）。赤線は平年差の5年移動平均値、直線は長期変化傾向を表す。平年値は1981～2010年の30年平均値。青森、秋田、宮古は観測場所を移転したため、移転の影響を取り除く補正を行っている。

# 仙台の年平均気温の長期変化

地球規模の気候変動、地球温暖化の影響、都市化の影響



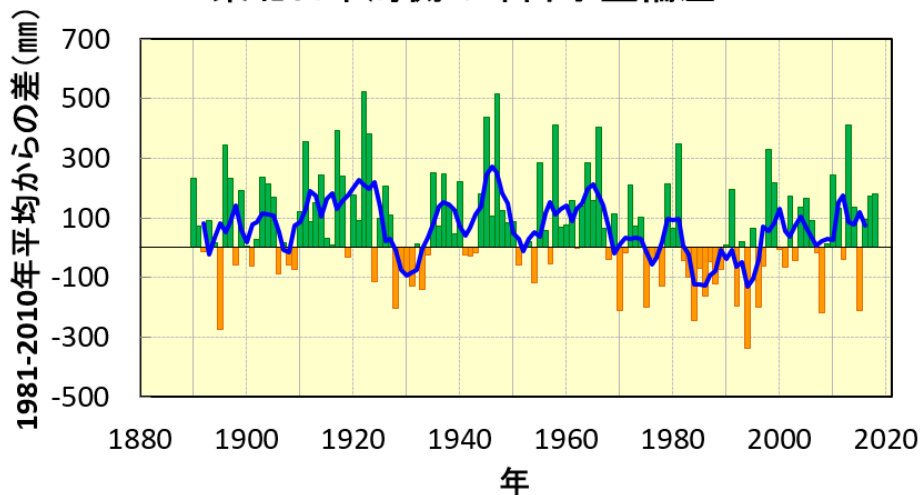
## 仙台の年平均気温の推移（1927～2018年）

青線は、年平均気温の値（℃）。赤線は平年差の5年移動平均値、直線は長期変化傾向を表す。平年値は1981～2010年の30年平均値。

# 東北地方の年降水量の変化

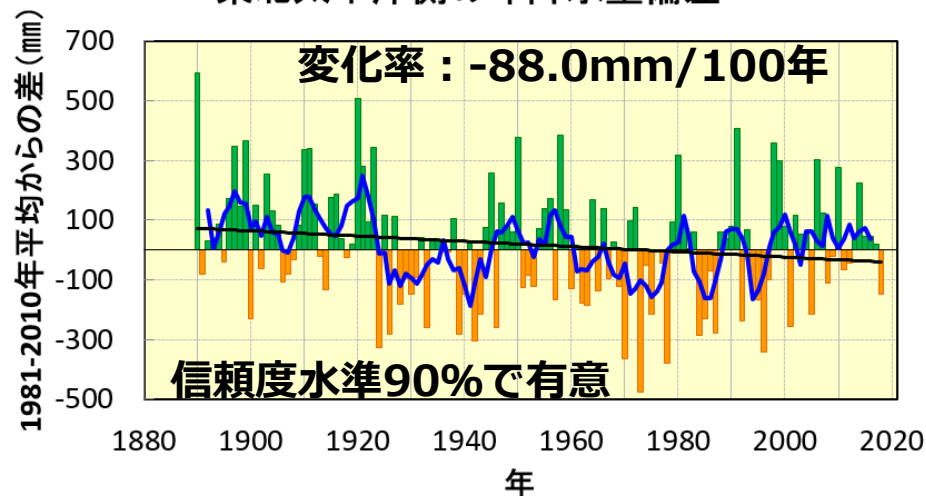
東北日本海側の年降水量には長期変化傾向は見られない。  
東北太平洋側の年降水量年は100年で88.0mm減少。

東北日本海側の年降水量偏差



東北日本海側

東北太平洋側の年降水量偏差

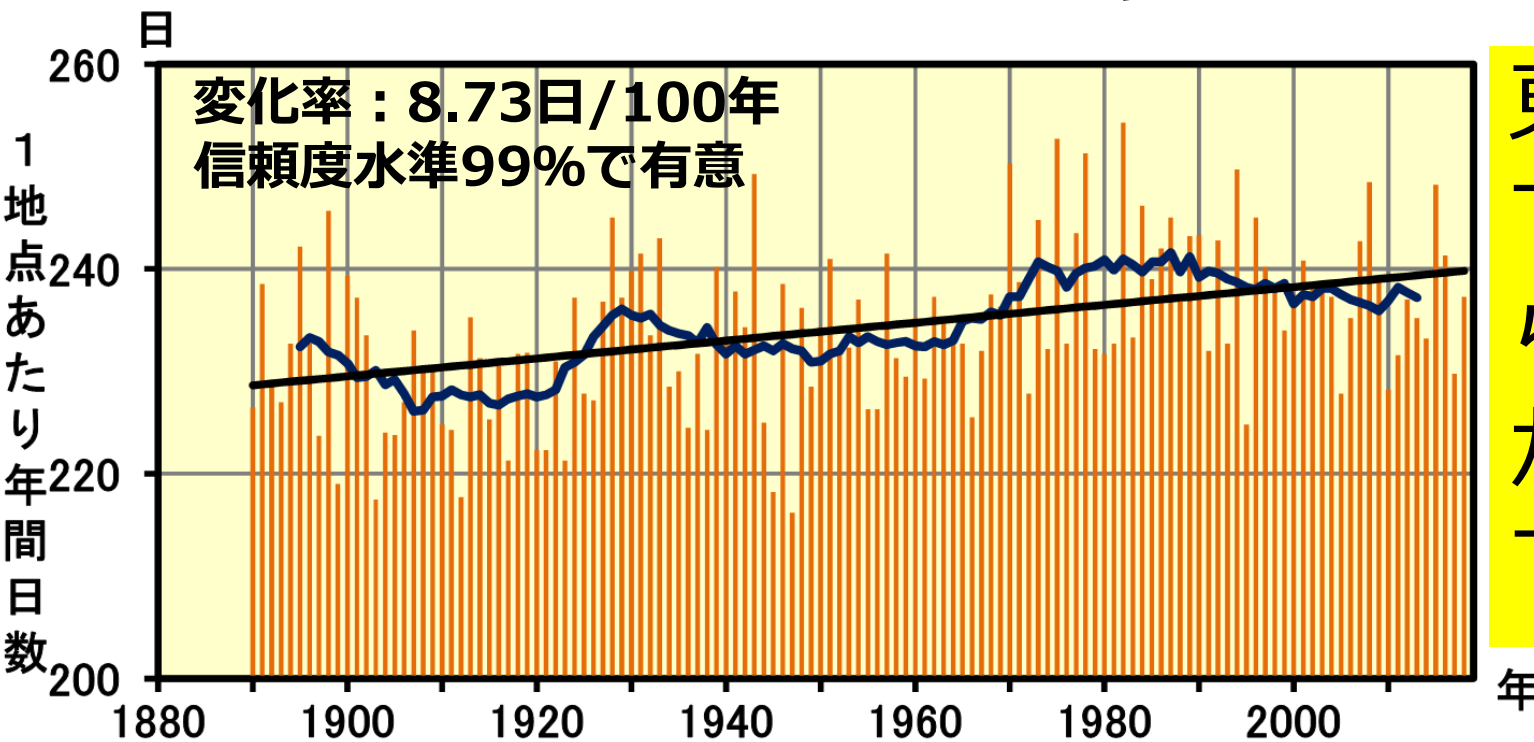


東北太平洋側

## 東北日本海側・太平洋側の年降水量の推移 (1890～2018年)

東北日本海側：青森、秋田、山形。東北太平洋側：宮古、石巻、福島における年降水量。折線は5年移動平均値（東北）。直線は長期変化傾向を表す。

# 雨の降り方も変化？

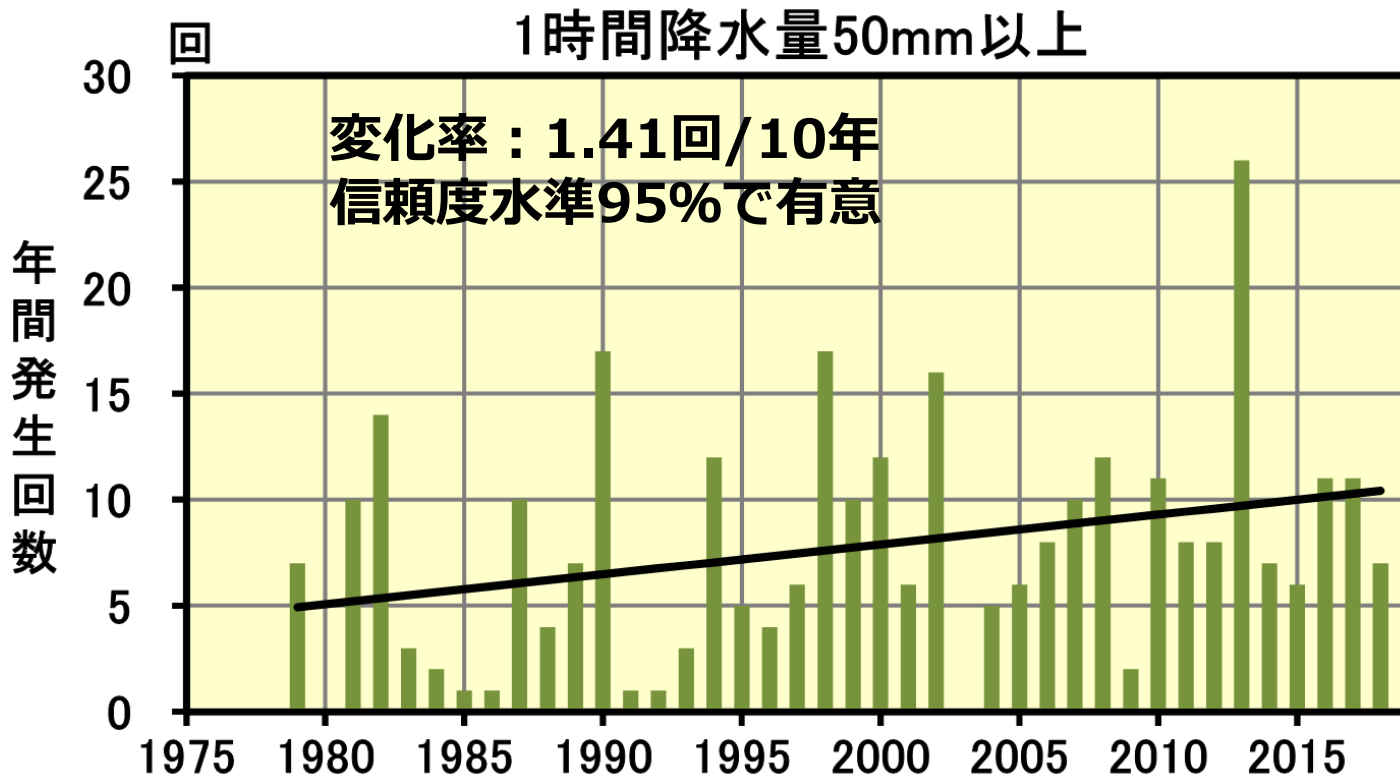


東北地方  
で雨の降  
らない日  
が増加し  
ている。

## 東北地方の日降水量1.0mm未満の年間日数の推移 (1890～2018年)

東北：青森、秋田、宮古、石巻、山形、福島における日降水量1.0mm未満の年間日数（1地点あたり）。折線は11年移動平均値（東北）。

# 短い時間に降る強い雨の変化



東北地方で  
激しい雨、  
非常に激し  
い雨の増加  
傾向が現れ  
ている。

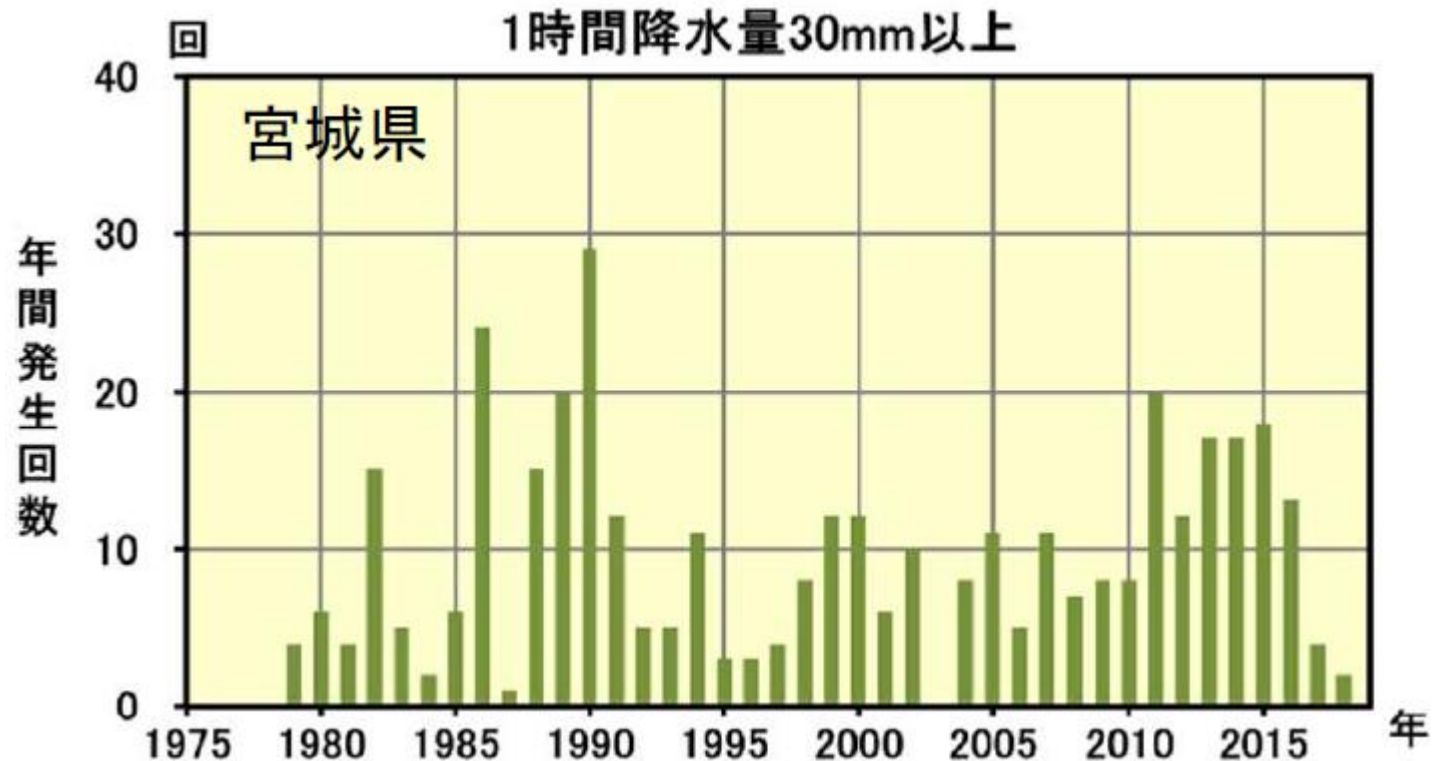
ただしアメダスの観測期間は比較  
的短いことから、これらの増加傾  
向をより確実に捉えるためには更  
なるデータ蓄積が必要。

東北地方（162地点）の1時間降水量50mm以上の年間発生  
回数の推移（1979～2018年）

地球温暖化による影響の可能性がある

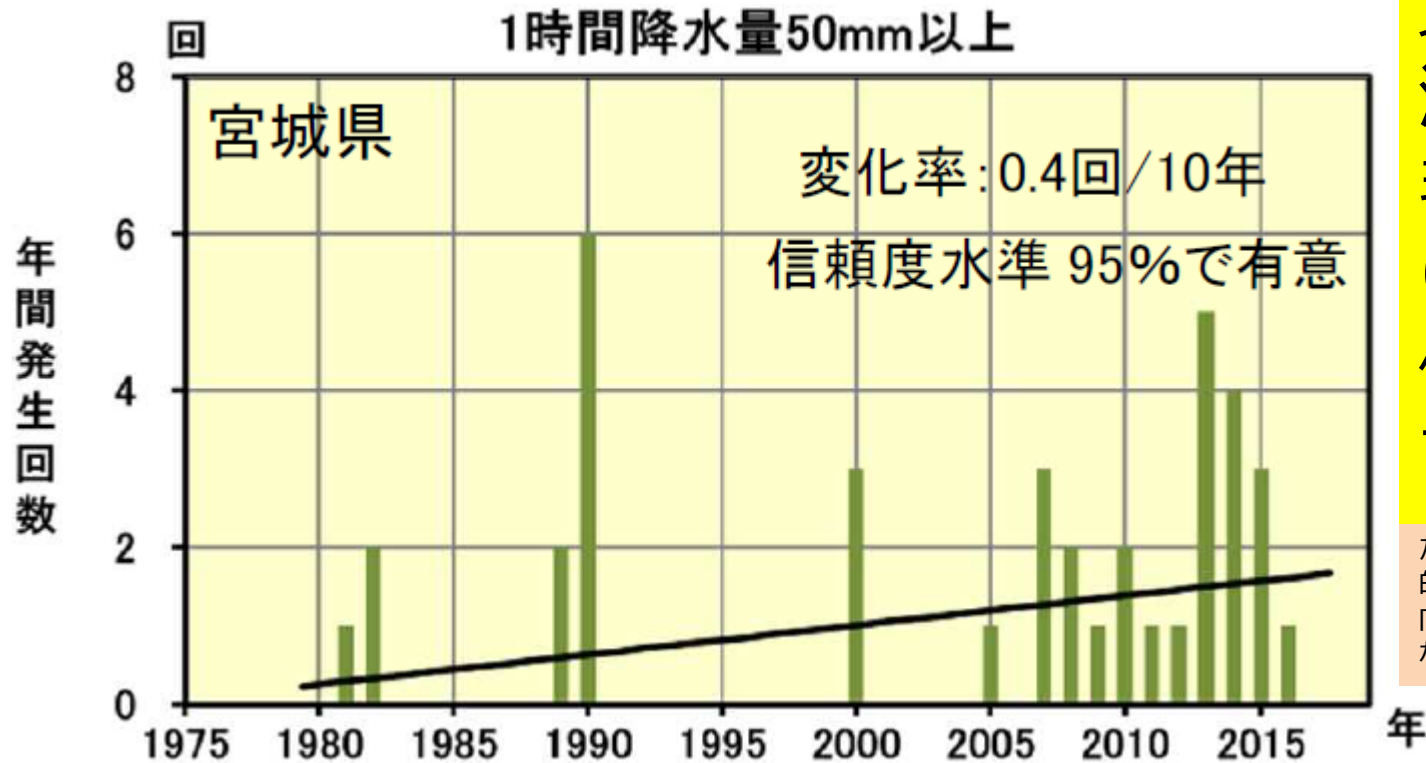


# 宮城県の1時間降水量30mm以上の 回数の長期変化(アメダス)



ただしアメダスの観測期間は比較  
的短いことから、これらの増加傾  
向をより確実に捉えるためには更  
なるデータ蓄積が必要。

# 宮城県の1時間降水量50mm以上の 回数の長期変化(アメダス)

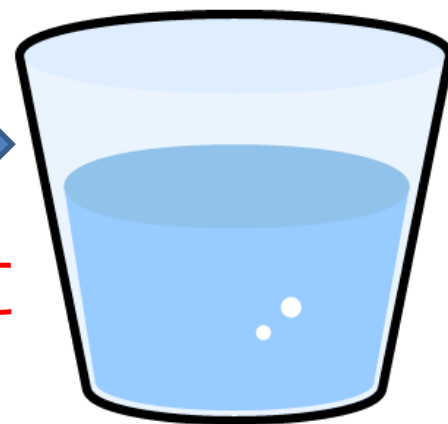


東北地方で  
激しい雨、  
非常に激し  
い雨の増加  
傾向が現れ  
ている。

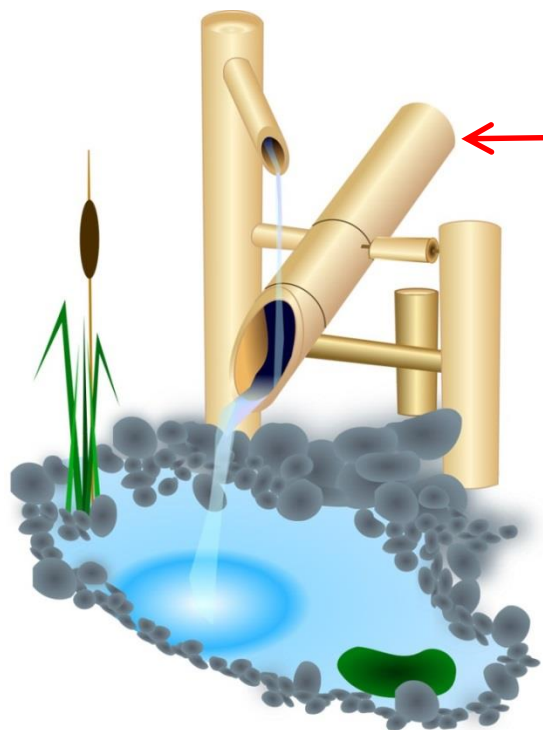
ただしアメダスの観測期間は比較  
的短いことから、これらの増加傾  
向をより確実に捉えるためには更  
なるデータ蓄積が必要。

# 温暖化で大雨が増えて雨の降る日は減る？

空気中には水分があります



気温が高くなると、空気中に  
ためられる水分量が増える。



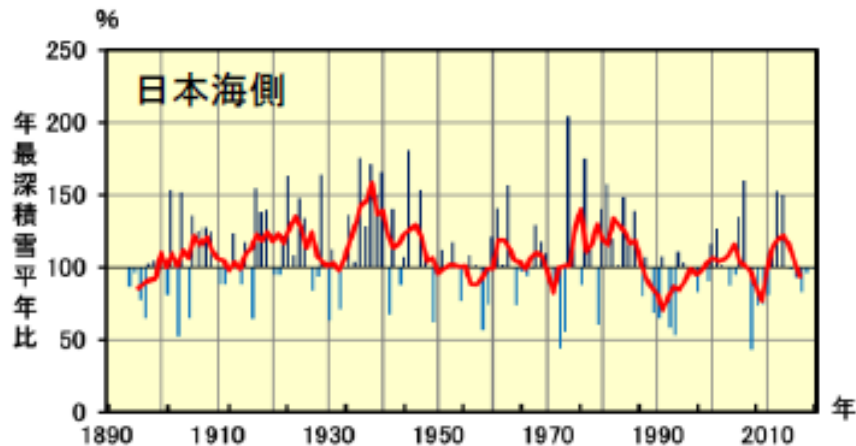
もし太くなったら？



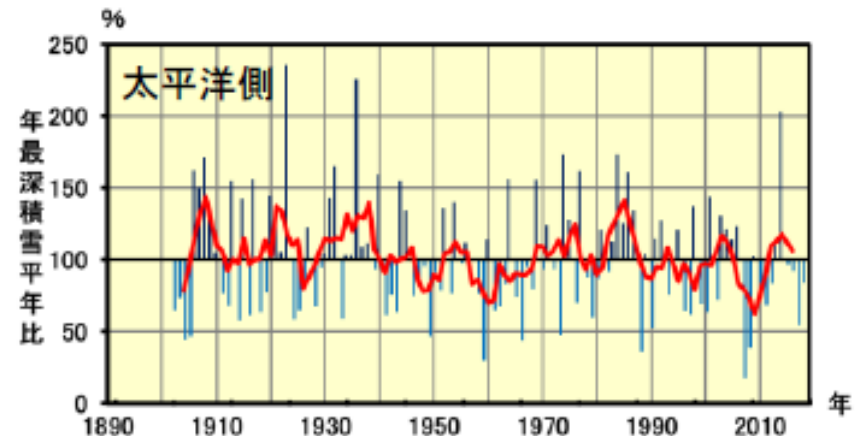
- 傾くまでに時間がかかる。
- 傾いたときにこぼれる水の量が増える。

# 東北地方の最深積雪の推移

東北日本海側、東北太平洋側の降雪量とも、年ごとのばらつきが大きく、統計的に有意な変化傾向は見られない。



東北日本海側



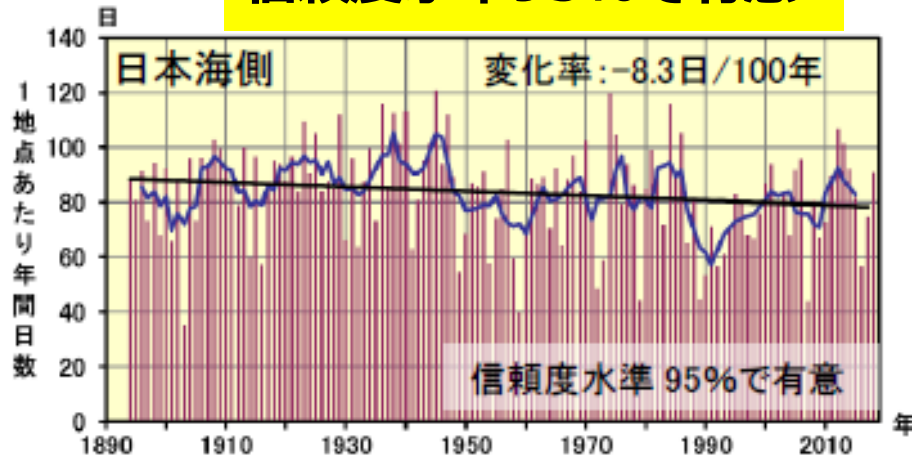
東北太平洋側

## 東北日本海側、東北太平洋側の寒候年最深積雪の推移

東北日本海側（青森、秋田、山形：1894～2018）、東北太平洋側（宮古、石巻、福島：1902～2018）における寒候年最深積雪の平年比の平均。折線は5年移動平均値。

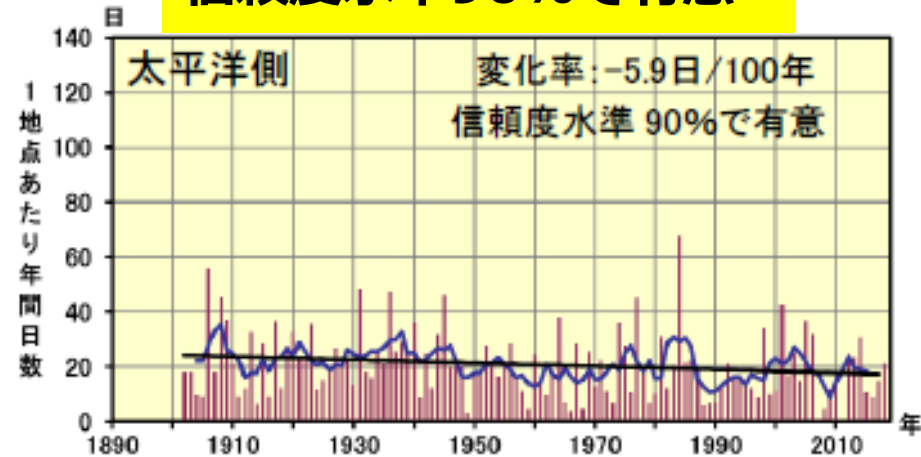
# 東北地方の日最深積雪5cm以上年間日数の変化

変化率：-8.3日/100年  
信頼度水準95%で有意



東北日本海側

変化率：-5.9日/100年  
信頼度水準90%で有意



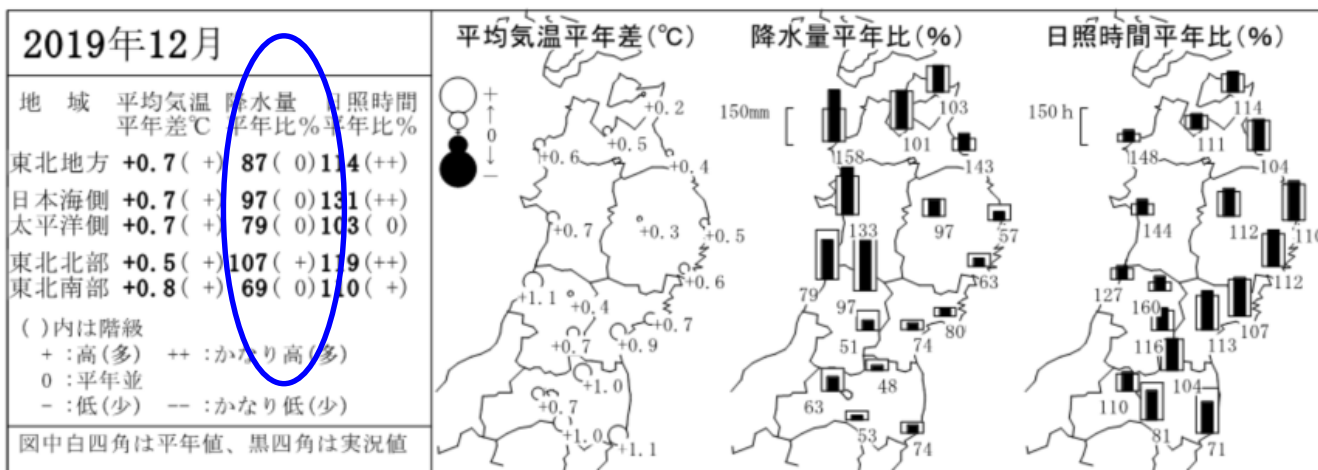
東北太平洋側

## 東北日本海側、東北太平洋側の日最深積雪5cm以上の年間日数（寒候年）の推移

東北日本海側（青森、秋田、山形：1894～2018）、東北太平洋側（宮古、石巻、福島：1902～2018）の1地点あたりの日最深積雪5cm以上の年間日数。折線は5年移動平均値。直線は長期変化傾向を表す。



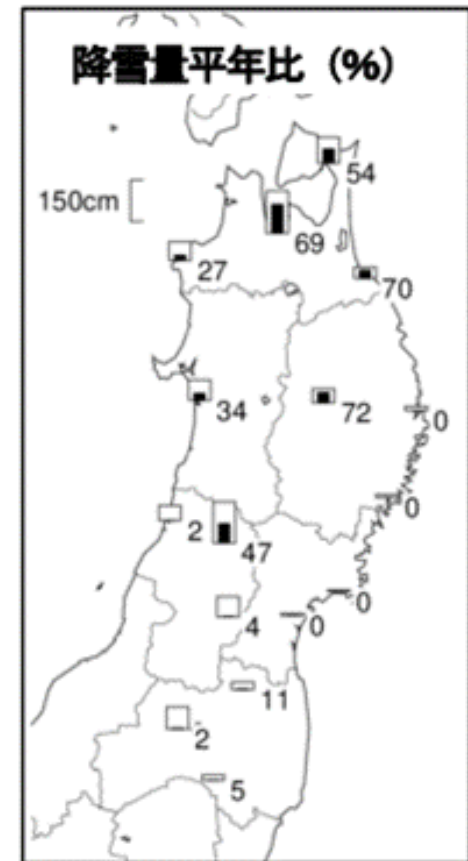
# 東北地方12月の実況



平均気温の平年差、降水量・日照時間の平年比の分布

2019年12月の月降雪量地域平均平年比と階級

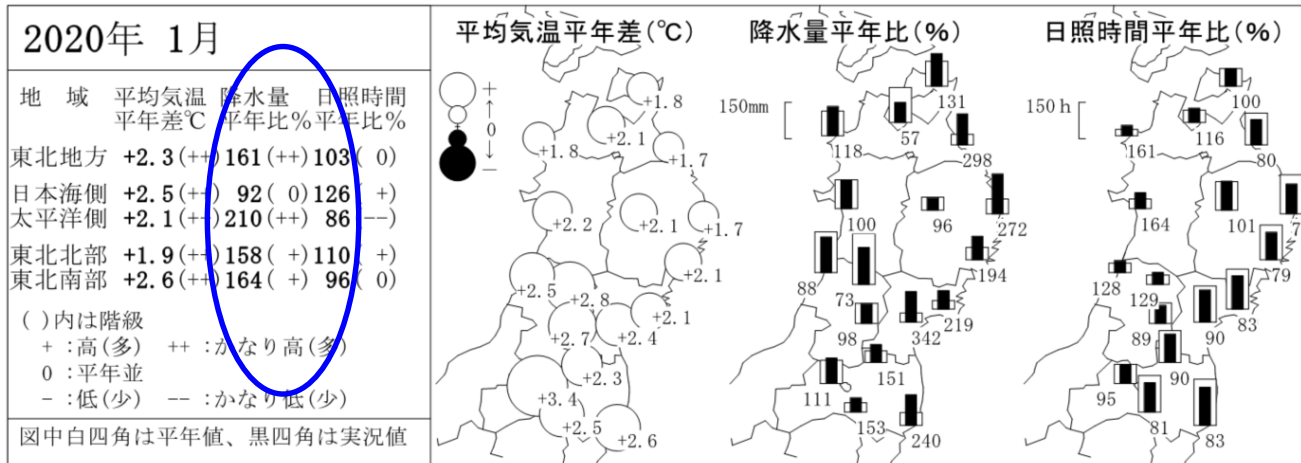
	地域平均平年比	階級
東北地方	25%	かなり少ない
東北日本海側	26%	かなり少ない
東北太平洋側	24%	かなり少ない
東北北部	41%	かなり少ない
東北南部	9%	かなり少ない



降雪量の平年比の分布

**降水量は平年並だが、降雪量はかなり少ない**

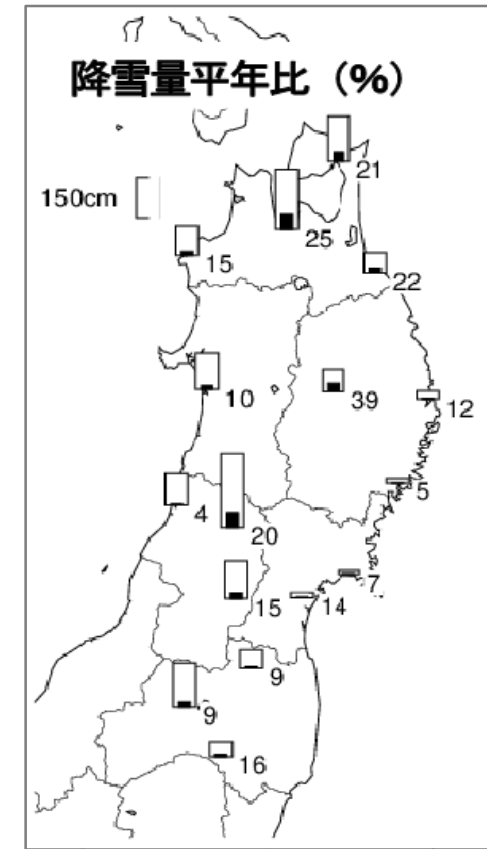
# 東北地方1月の実況



平均気温の平年差、降水量・日照時間の平年比の分布

2020年1月の月降雪量地域平均平年比と階級

	地域平均平年比	階級
東北地方	15%	かなり少ない
東北日本海側	14%	かなり少ない
東北太平洋側	16%	かなり少ない
東北北部	19%	かなり少ない
東北南部	12%	かなり少ない



降雪量の平年比の分布

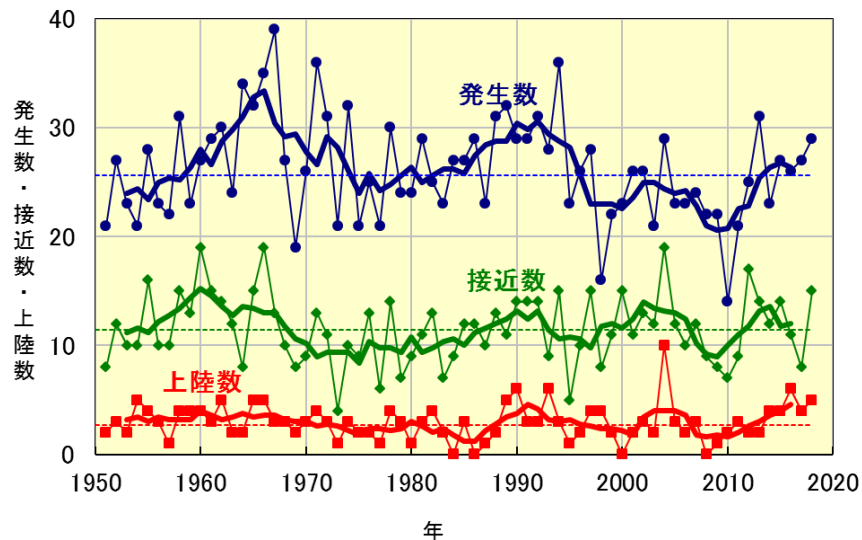
東北太平洋側は降水量はかなり多いが、  
降雪量はかなり少ない

# 台風

- 台風の発生数・接近数・上陸数、「強い」以上の台風の発生数や発生割合には、長期変化傾向は見られていない。

台風の発生数と日本への接近数・上陸数の経年変化  
(1951～2018\*年)

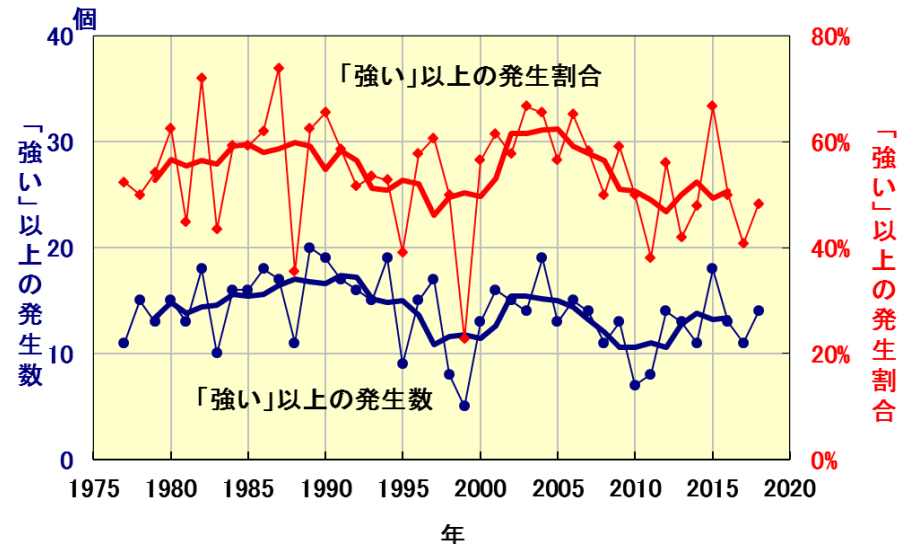
\*台風第27～29号は速報解析に基づく



細い実線は各年の値、太い実線は5年移動平均値を示す。  
日本への接近数とは、台風が国内のいずれかの  
気象官署から300km以内に入った場合の数。

「強い」以上の勢力となった台風の発生数と  
全発生数に対する発生割合の経年変化  
(1977～2018\*年)

\*台風第27～29号は速報解析に基づく



細い実線は「強い」以上の勢力となった台風の発生数  
(青色)と全台風に対する割合(赤色)の各年の値、  
太い実線は5年移動平均値を示す。

※熱帯または亜熱帯地方で発生する低気圧を熱帯低気圧といい、そのうち北西太平洋または南シナ海に存在し最大風速(10分間の平均風速)がおよそ17m/s以上のものを日本では「台風」と呼んでいる。

※台風の中心付近の最大風速により、勢力を「強い」(33m/s以上44m/s未満)、「非常に強い」(44m/s以上54m/s未満)、「猛烈な」(54m/s以上)と区分している。

# 世界の熱帯低気圧の長期変化とその要因

- 温暖化進行時の熱帯低気圧(台風)の変化予測については、IPCC第5次評価報告書では、温暖化進行時の熱帯低気圧の変化を地球規模でみた場合、発生頻度は減少するか変わらない可能性が高く、強度(最大風速や熱帯低気圧に伴う降水強度)は増加する可能性が高いと評価している。

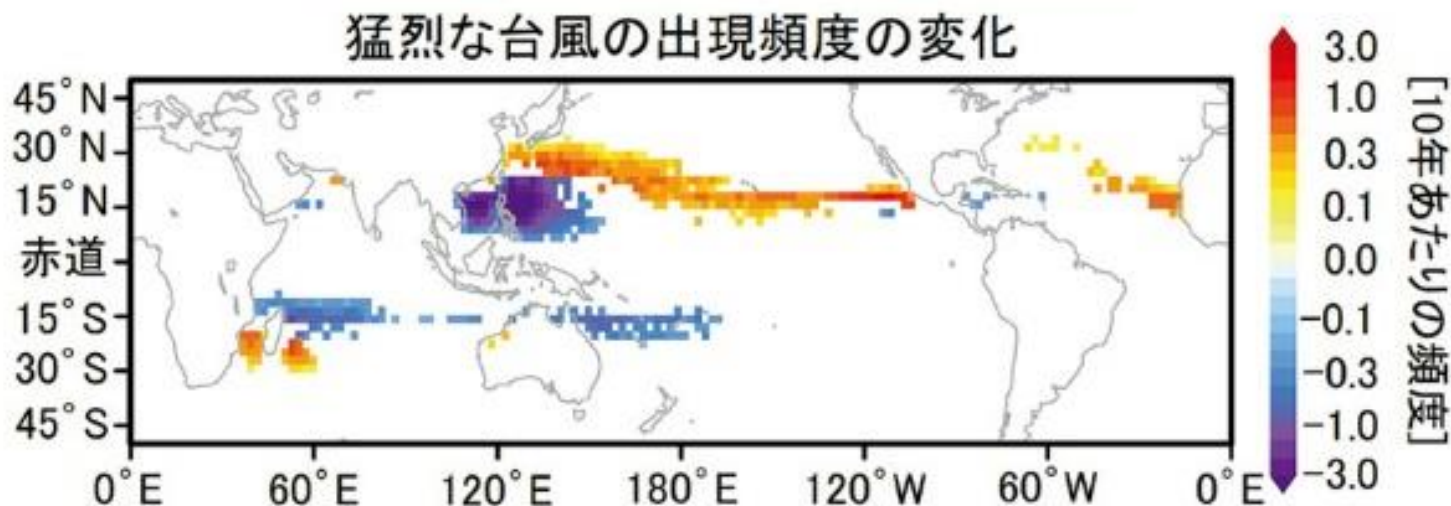
(異常気象レポート2014より)

# 猛烈な台風の出現頻度が増加

台風は全世界での発生数は現在よりも減るものの、個々の台風は強まり、日本の南海上からハワイ周辺およびメキシコの西海上にかけて、猛烈な台風（最大風速 $\geq 54\text{m/s}$ ）は現在よりも高い頻度で現れる可能性が高い予測結果が出ています。海面水温の上昇や大気中の水蒸気量の増加、大気循環の変化などが影響していると考えられています。

（気象業務はいま2018, P123 : <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2018/index4.html>）

## 21 世紀末の地球温暖化に伴う猛烈な台風の変化

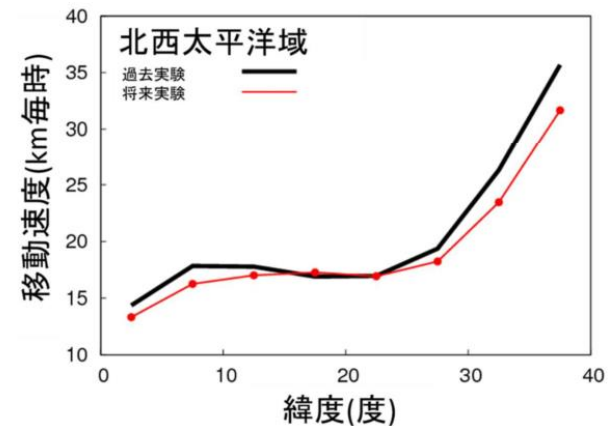
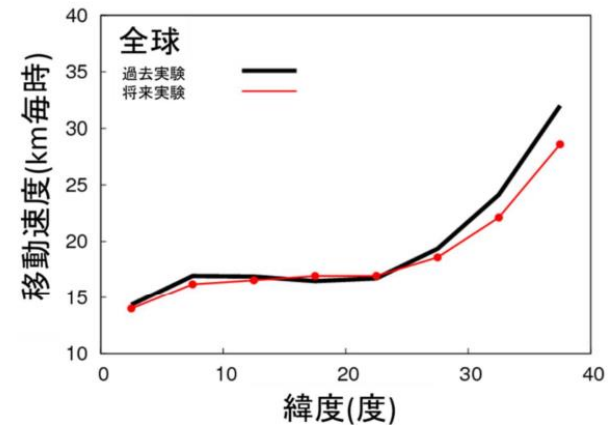


猛烈な台風が各地点で発生・通過する 10 年あたりの回数の将来変化。暖色系が増加、寒色系が減少を示す。最大地表風速  $59\text{m/s}$  を超える熱帯低気圧をここでは猛烈な台風としている。



# 地球温暖化によって 台風の移動速度が遅くなる

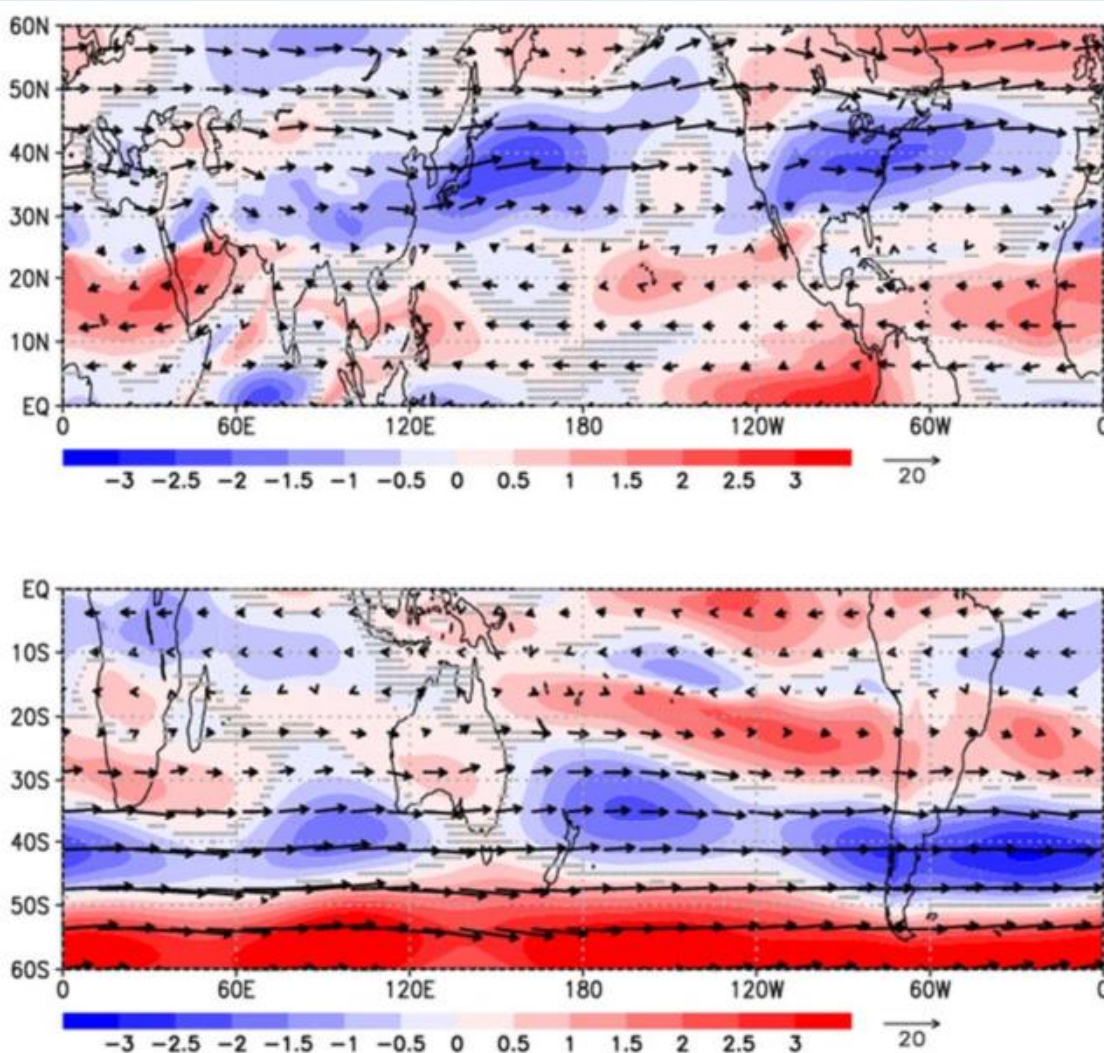
- 現時点を超える政策的な緩和策を講じない場合、今世紀末には、日本の位置する中緯度を通過する台風(熱帯低気圧)の移動速度が約10%遅くなる
- 地球温暖化が進むと、台風が日本付近に接近した際に、その影響を受ける時間が長くなる



「過去実験」と「将来実験」における台風の移動速度

出展: 気象研究所 (一財)気象業務支援センター

# 台風を運ぶ風が弱まる



現在、日本上空5000m付近を吹く、いわゆる偏西風(ジェット気流)は、台風の進む向きを転向させ、急速に東に移動させて遠ざけてくれる風だが、地球温暖化に伴って偏西風の位置が今より北上し、日本付近を通過する風が弱くなる、という予測結果がある。これは、日本付近での台風の移動速度が10%程低下して、その時はより日本の北に位置する偏西風で東に流されるまで、日本付近で大雨を長時間降らせる恐れがあることを示している。

左図は、北半球の7～10月、南半球の1～4月を対象とした風速の変化予測で、青色の陰影は、将来風速が弱まり、赤色の陰影は強くなる領域を示している。

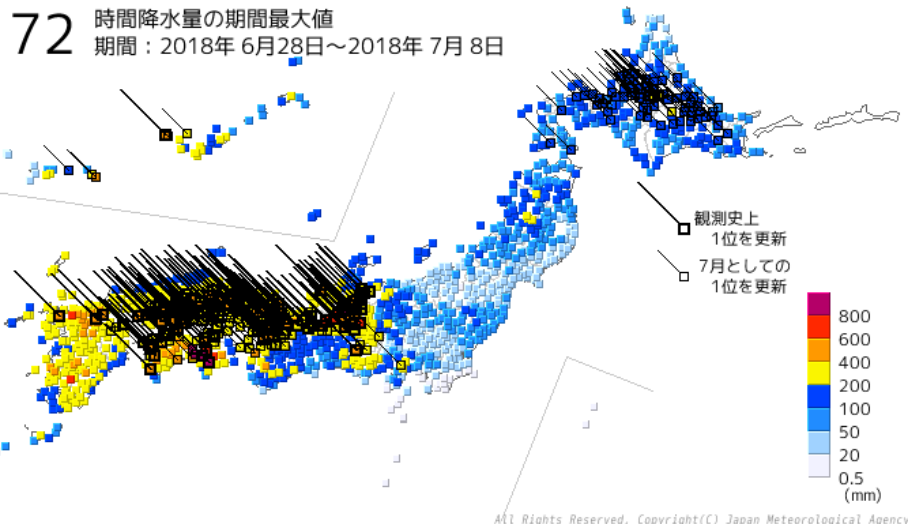
気象研究所+(財)気象業務支援センター  
(R2年プレスリリース)[https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/020108/press\\_release.pdf](https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/020108/press_release.pdf)

# 2018年夏の豪雨、記録的な高温

- 「平成30年7月豪雨」が発生。西日本～東海地方で記録的な大雨、甚大な被害。
- 7月中旬以降は記録的な高温。猛暑日日数の年間総和が1976年以降で最大。埼玉県熊谷市で歴代全国1位の41.1℃を観測。
- これらの背景として、地球温暖化に伴う気温の上昇と水蒸気量の増加が寄与したと考えられる（平成30年度異常気象分析検討会より）。

## 平成30年7月豪雨

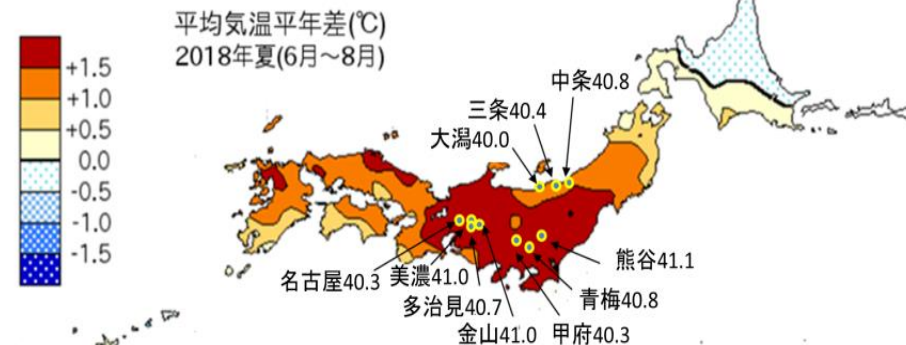
### ■ 観測史上1位の降水量（72時間）を更新した地点



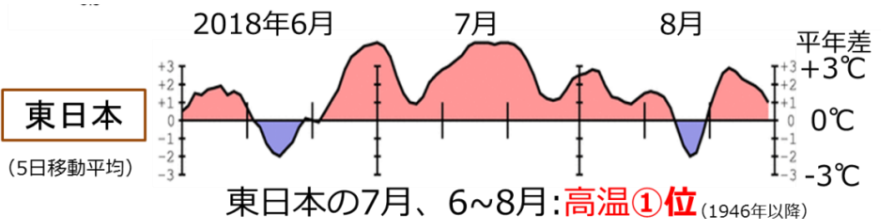
観測史上1位を更新した地点数：122地点  
7月としての1位を更新した地点数：264地点

## 平成30年7月中旬以降の記録的な高温

### ■ 2018年夏の平均気温

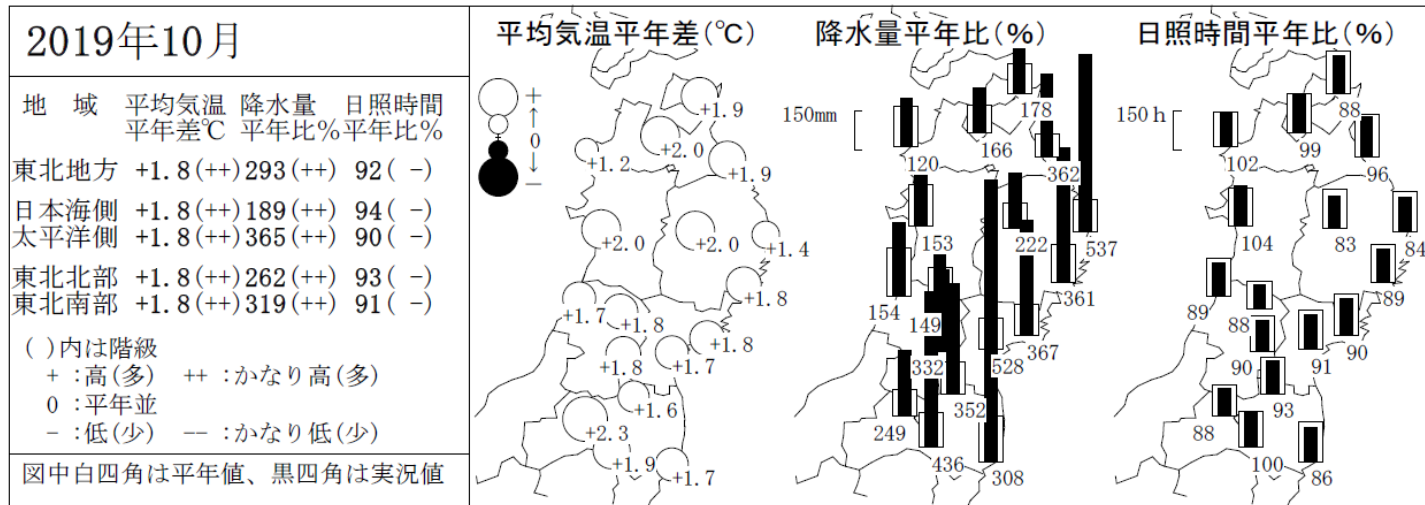


● 2018年夏に日最高気温40℃以上を観測した地点

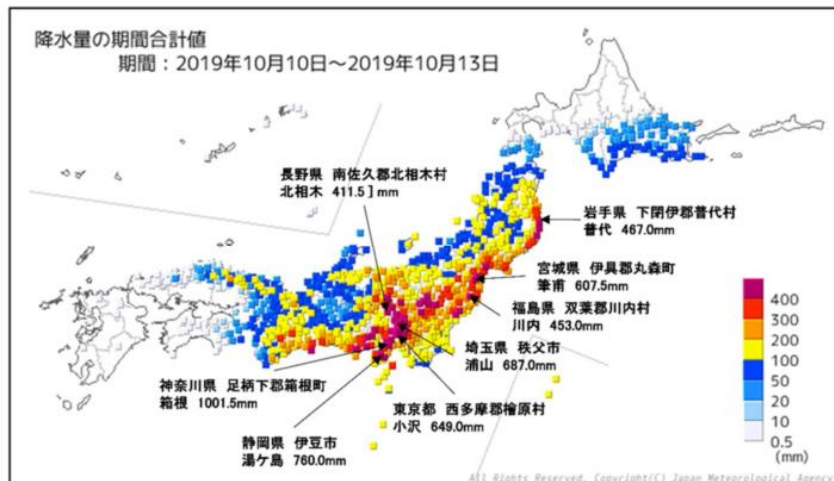




# 2019年10月の顕著な大雨と高温



東北地方の月降水量は、10月として1946年以降最も多く、月平均気温は、10月として最も高かった。  
 仙台の10月降水量 644.5ミリ： 年間降水量（1254.1ミリ）の51.4%



岩手・宮城・福島県に  
特別警報を発表



七北田川氾濫で冠水  
した大豆畑（泉区）

10月13日 池田撮影

台風第19号の降水分布（10月10-13日）

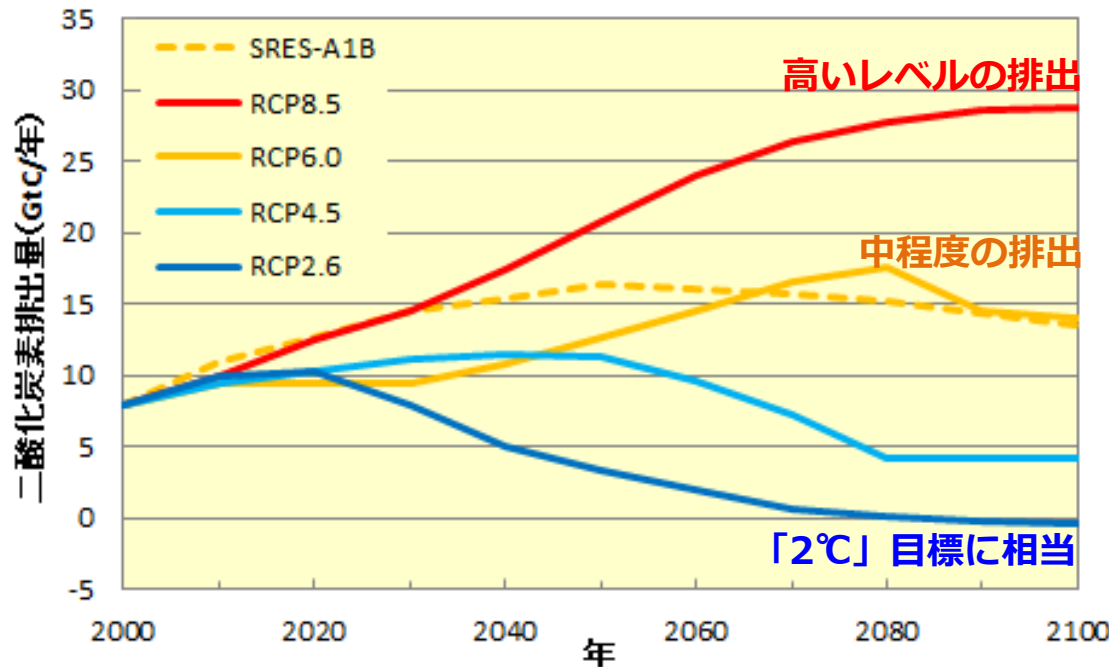
# 目次

- 地球温暖化の現状
- 気候モデルを使った地球温暖化予想結果



# 将来予測のための温室効果ガス排出シナリオ

- 地球温暖化を予測する場合、将来、温室効果ガスがどれくらい排出されるか？の前提条件が必要。
- IPCC第5次評価報告書では、4つの代表的濃度経路（RCP）シナリオを用いて、予測を実施。



現状程度の温暖化対策を続けた場合

RCP8.5	高位参照シナリオ
RCP6.0	高位安定化シナリオ
RCP4.5	中位安定化シナリオ
RCP2.6	低位安定化シナリオ

厳しい温暖化対策を取った場合

※RCP (Representative Concentration Pathways) : 代表濃度経路

※RCPの後ろに続く数値は、2100年時点での放射強制力の工業化以前に対する増加を表す。

気象庁「異常気象レポート2014」図2.1.7を加筆。

[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate\\_change/index.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/index.html)

2020 (R2) 年2月21日 (第3回気候変動適応東北広域協議会)

# 将来の気候変化 何と何を比べているか

## 将来気候・現在気候・平年値について

<b>将来気候</b>	気候予測モデルによる21世紀末（2076～2095年）における気候の予測結果です。
<b>現在気候</b>	気候予測モデルが再現した20世紀末（1980～1999年）の気候です。実際の観測に基づく値とは異なります。
<b>平年値</b>	1981～2010年までの平均値で、実際の観測に基づく値です。

# 東北地方の将来の気候変化(年平均気温)

いずれの地域においても、4～5℃程度の大きな上昇がみられ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態になることを示している。

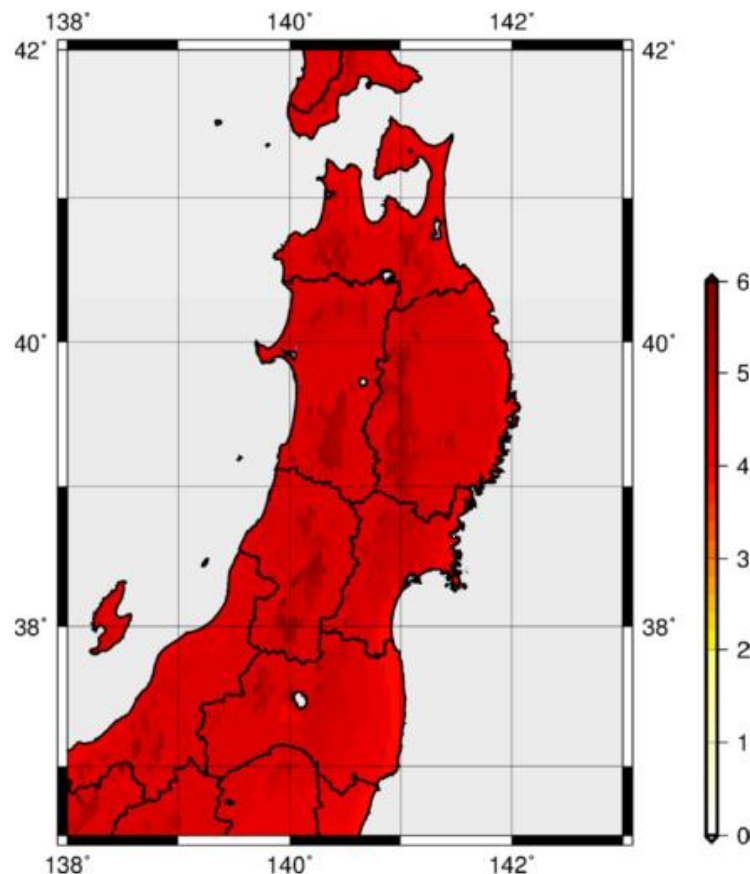


図2-1 東北地方の年平均気温の変化量(単位: °C)

現在気候に対する将来気候の変化量。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果(気象庁, 2017a)を基に作成。

2020(R2)年2月21日(第3回気候変動適応東北広域協議会)

# 東北地方の将来の気候変化(年降水量)

## 年降水量

東北地方では有意な変化は見られないものの、東北南部では有意な減少が見られる。

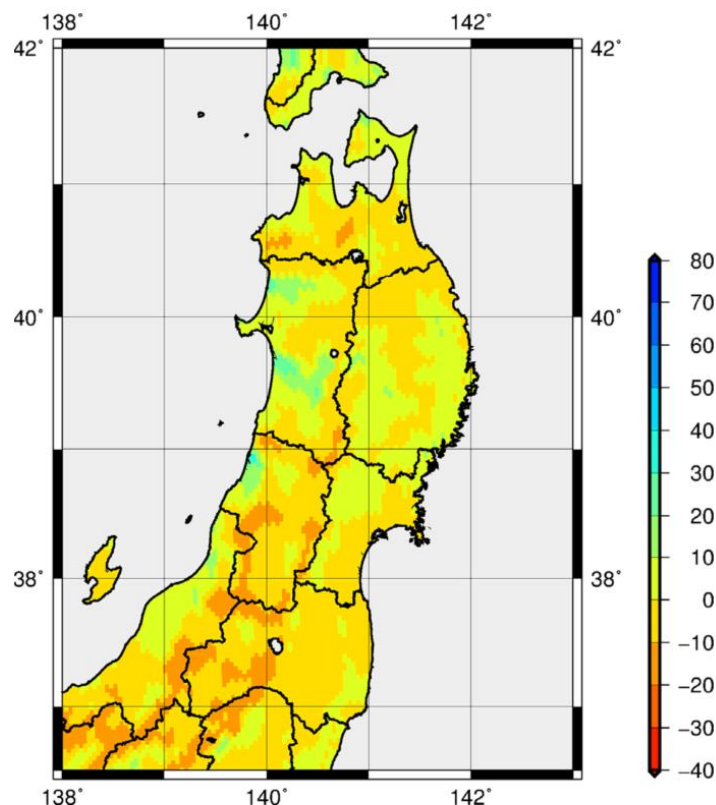
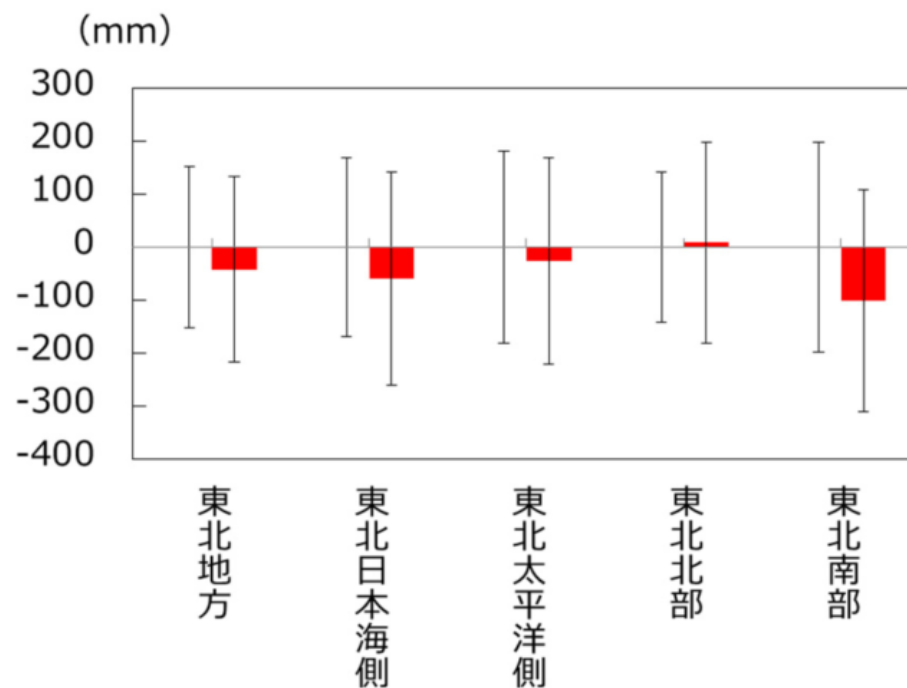


図2-4 東北地方の年降水量の変化量 (単位: mm)



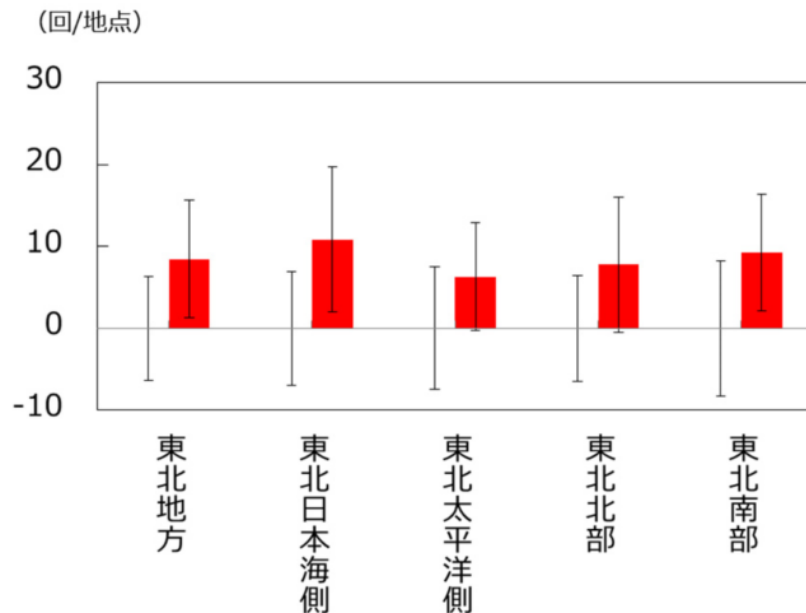
東北各地域における年降水量の変化量

# 東北地方の将来の気候変化(無降水日数)

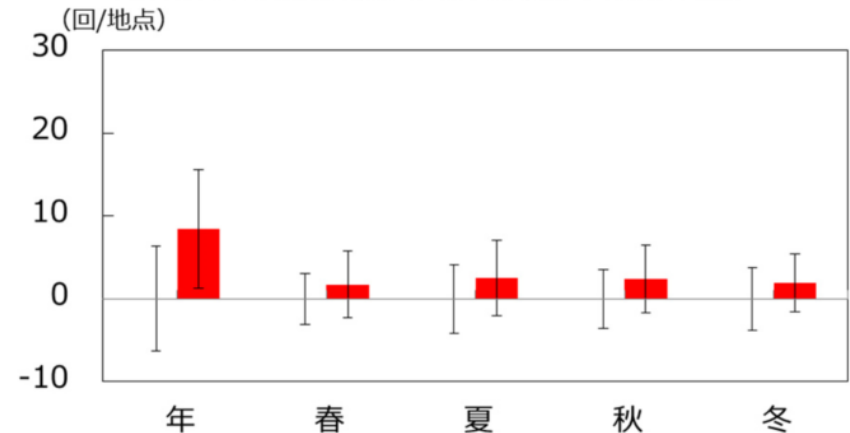
日降水量1mm未満の回数(無降水日数)

年間では、いずれの地域においても、有意な増加が見られ、雨の降る日が少なくなる可能性があることを示している。

東北地方としてはいずれの季節も増加が見られる。(地域別では季節によっては有意な増加はない。)



年東北各地域における日降水量1mm未満の回数(無降水日数)の変化量



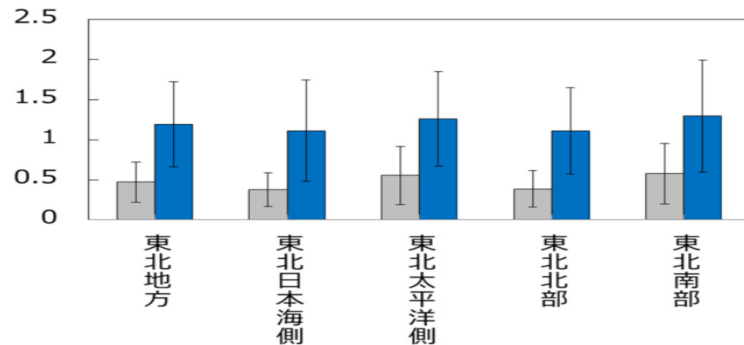
年東北各地域における日降水量1mm未満の回数(無降水日数)の年・季節別の変化量



# 東北地方の将来の気候変化(短時間強雨)

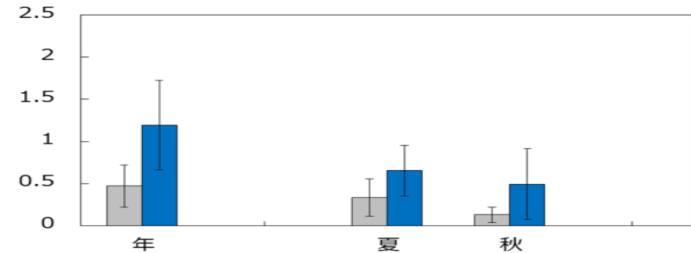
短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の発生回数  
年間発生回数では、いずれの地域においても大きな増加が見られ、将来気候では、激しい雨が毎年発生し、現在気候では数十年に1回の非常に激しい雨が数年おきに発生することを示している。  
季節別では夏の増加量が最も大きい。（季節によっては変化を示せない。）

(回/地点)



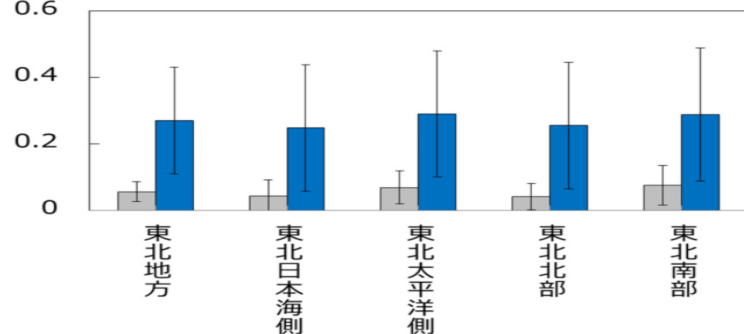
(a) 東北各地域における1時間降水量30mm以上の年間発生回数の変化

(回/地点)



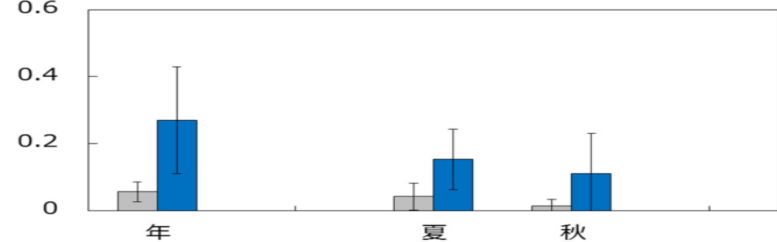
(b) 東北地方における1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化

(回/地点)



(c) 東北各地域における1時間降水量50mm以上の年間発生回数の変化

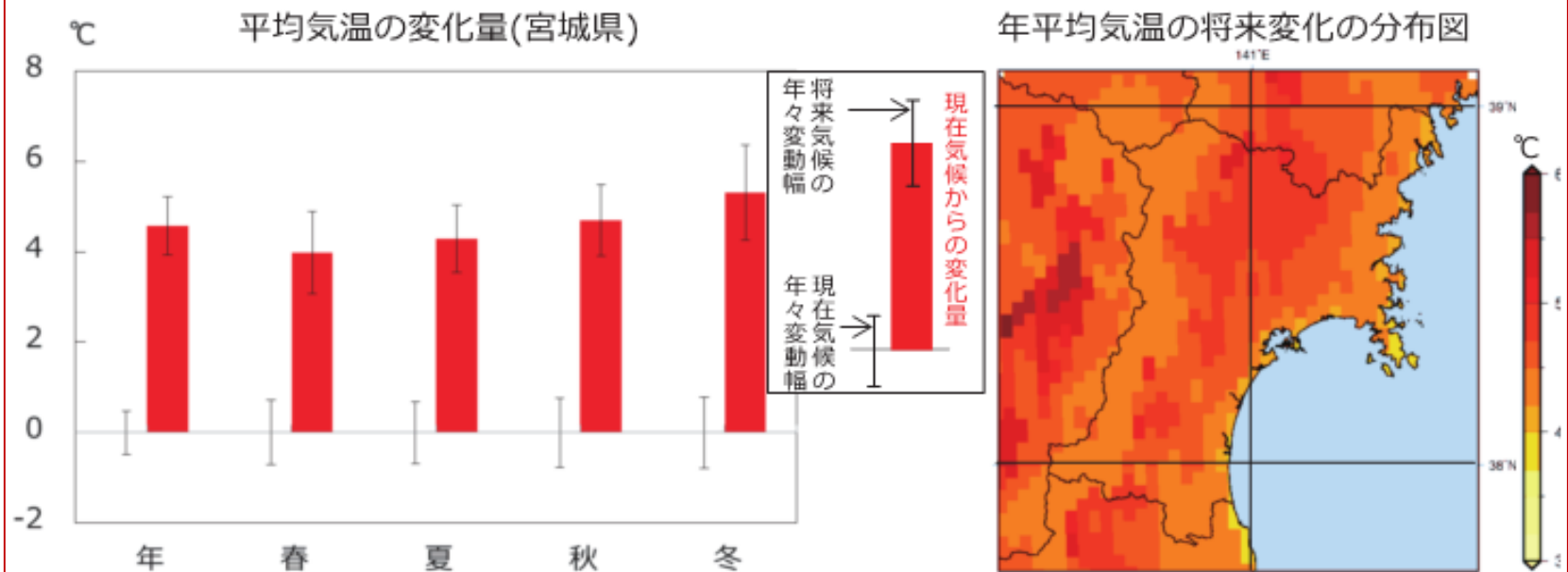
(回/地点)



(d) 東北地方における1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

# 21世紀末の気温の予測

▶ 宮城県では年平均気温が100年で約4.6℃上昇



仙台の平均気温は現在の福岡と同程度に！

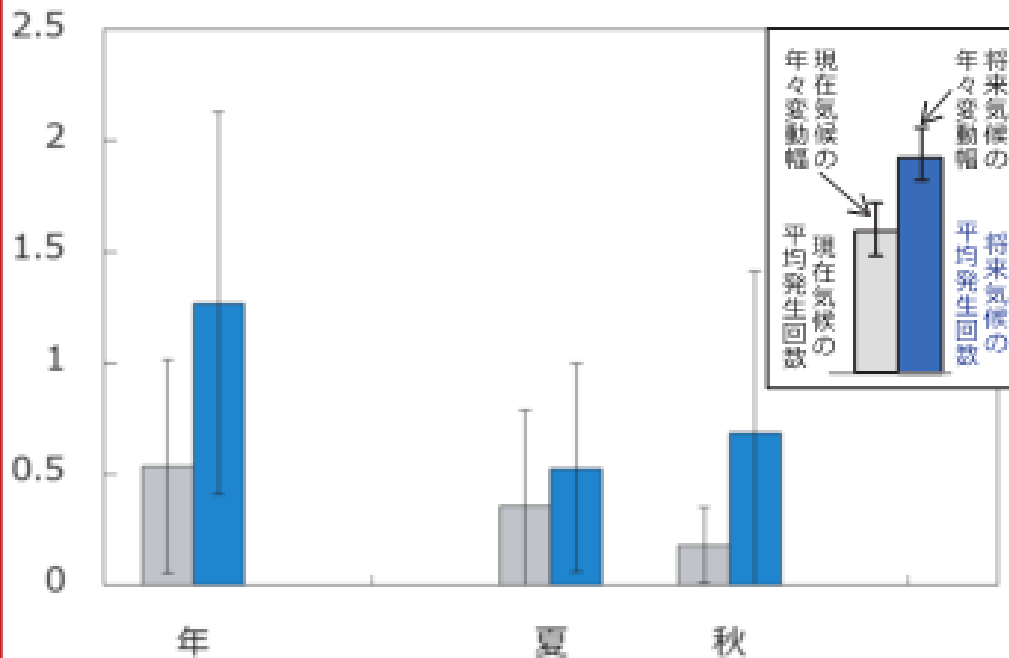
現在の年平均気温の平年値 仙台：12.4℃ 福岡：17.0℃

# 21世紀末の降水の予測

## ▶ 宮城県では激しい雨の発生が100年で約2.5倍に

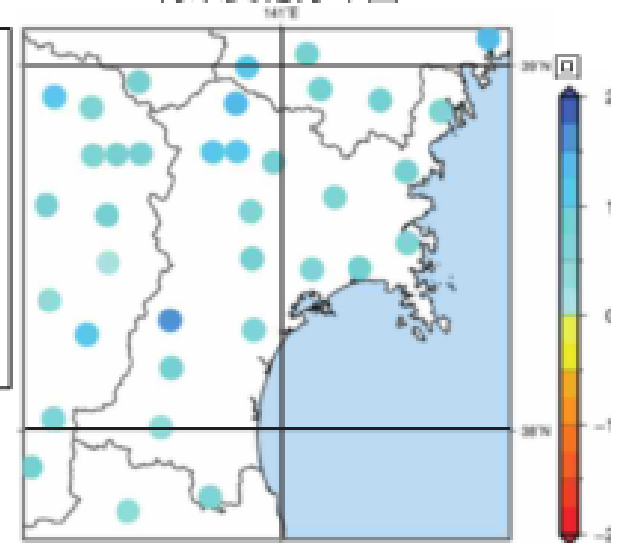
※激しい雨：1時間降水量30mm以上

回/地点 激しい雨の降る回数の将来変化(宮城県)



※春と冬は予測の変化傾向が不明瞭なため記載していません

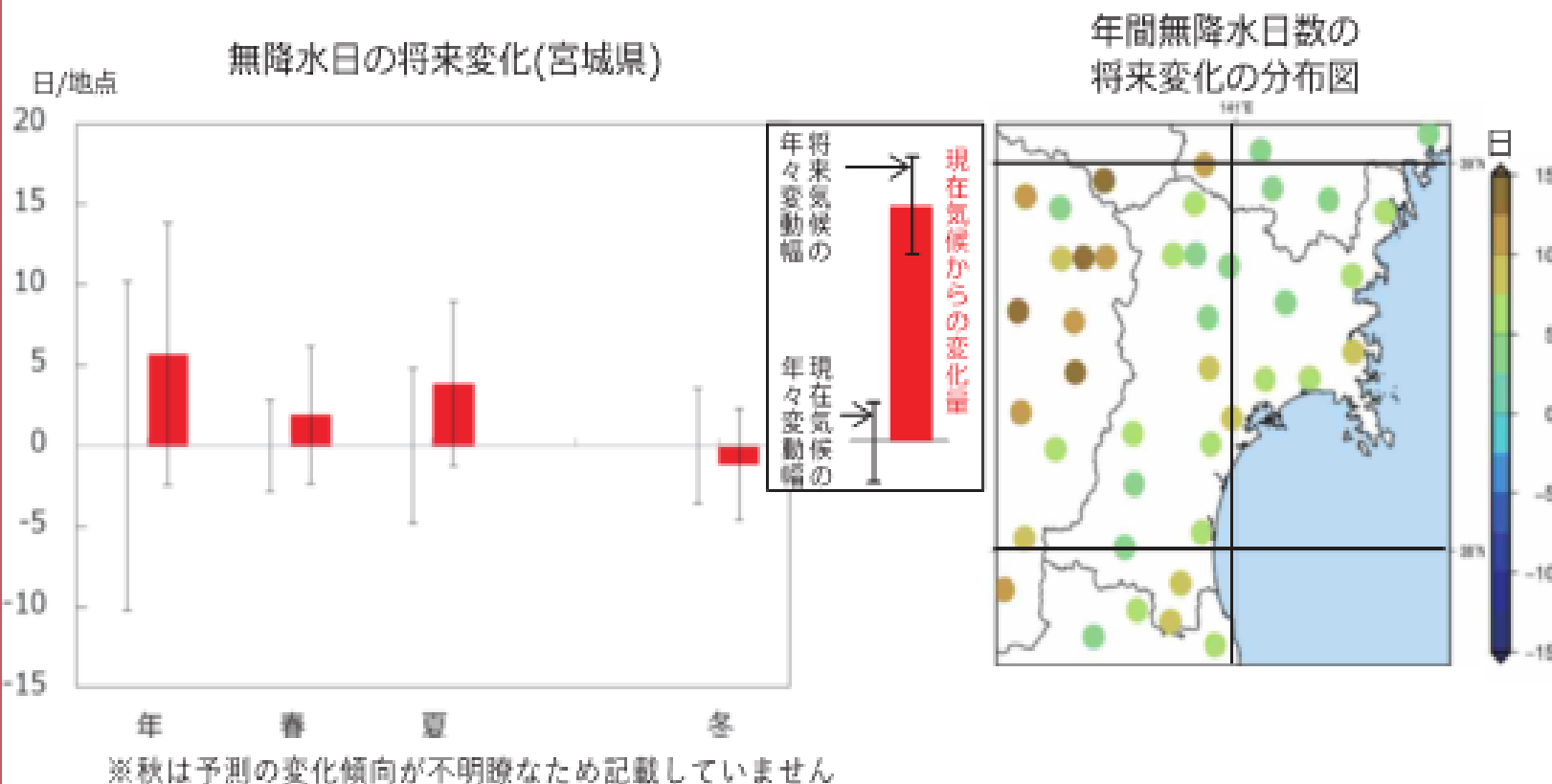
激しい雨の年間回数の将来変化分布図



# 21世紀末の降水の予測

## ▶ 宮城県では降水の無い日も増加

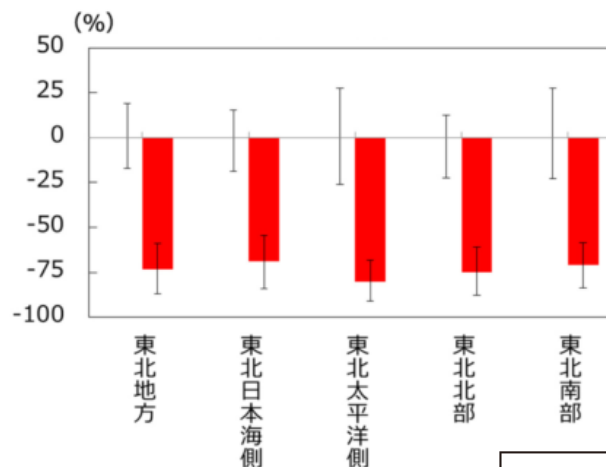
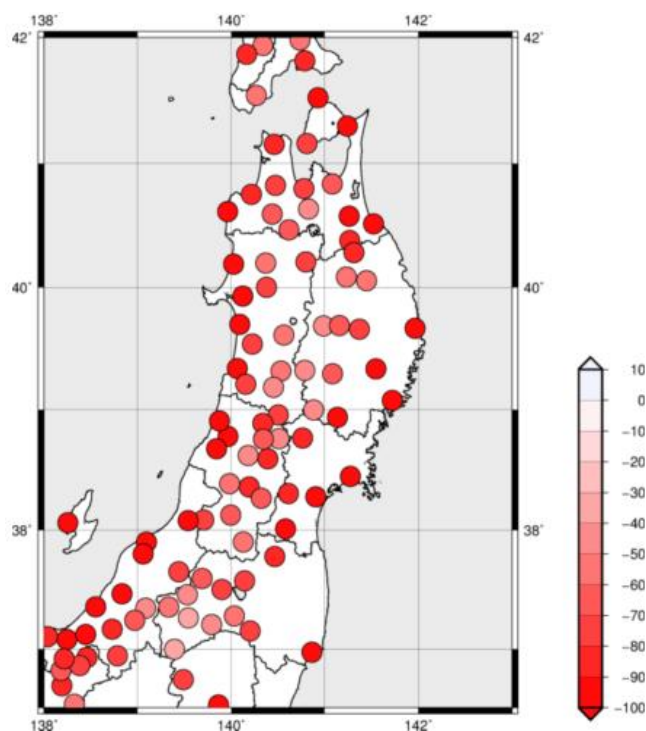
※降水の無い日(無降水日): 日降水量1mm未満



# 東北地方の将来の気候変化(降雪量)

## 年降雪量

東北地方では、いずれの地域においても大きな減少が見られる。



	年降雪量の変化率
東北地方	-73.2 (-87.1～-58.8)
東北日本海側	-68.8 (-84.0～-54.5)
東北太平洋側	-80.1 (-91.0～-68.2)
東北北部	-74.9 (-87.6～-60.9)
東北南部	-70.9 (-83.8～-58.7)

東北地方の年降雪量の  
将来変化率(単位:%)

東北各地域の年降雪量の将来変化率  
(単位:%)

# 東北地方の将来の気候変化(最深積雪)

## 年最深積雪

東北地方では、いずれの地域においても大きな減少が見られる。

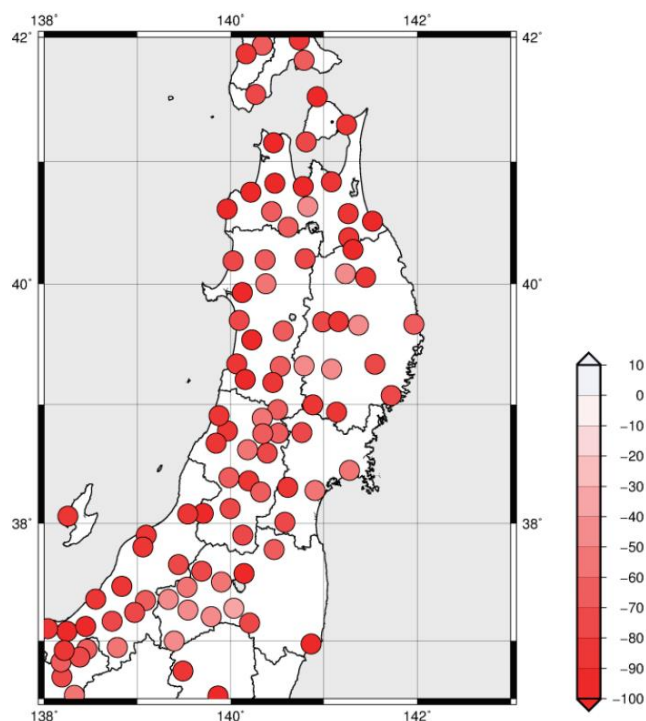
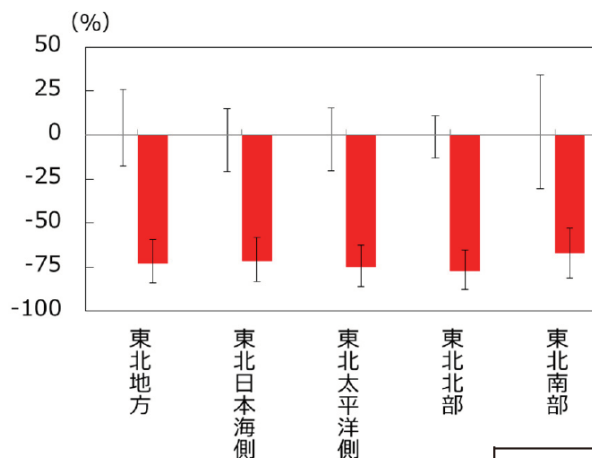


図2-11 東北地方の年最深積雪の将来変化率(単位: %)



	年最深積雪の変化率
東北地方	-72.9 (-84.0～-59.2)
東北日本海側	-71.6 (-83.1～-58.1)
東北太平洋側	-75.1 (-86.0～-62.4)
東北部	-77.4 (-87.4～-65.2)
東南部	-67.1 (-81.2～-52.8)

東北地方の年最深積雪の  
の将来変化率(単位: %)

東北各地域の年最深積雪の将来変化率  
(単位: %)



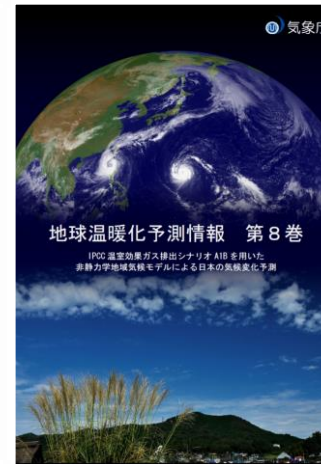
# 気象庁では地球温暖化に関する情報を提供しています



地球温暖化予測  
情報第9巻(2017)



東北地方の地球  
温暖化予測情報  
(2019)



地球温暖化予測  
情報第8巻(2013)



東北地方の気候  
の変化(2012)

気象庁HP 地球温暖化予測情報

<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html>

仙台管区气象台HP 東北地方の将来の気候

[http://www.jma-net.go.jp/sendai/wadai/future\\_kikouhenka/future\\_kikouhenka.html](http://www.jma-net.go.jp/sendai/wadai/future_kikouhenka/future_kikouhenka.html)

ウェブで検索または  
气象台までお問合せ  
ください！



はれるん