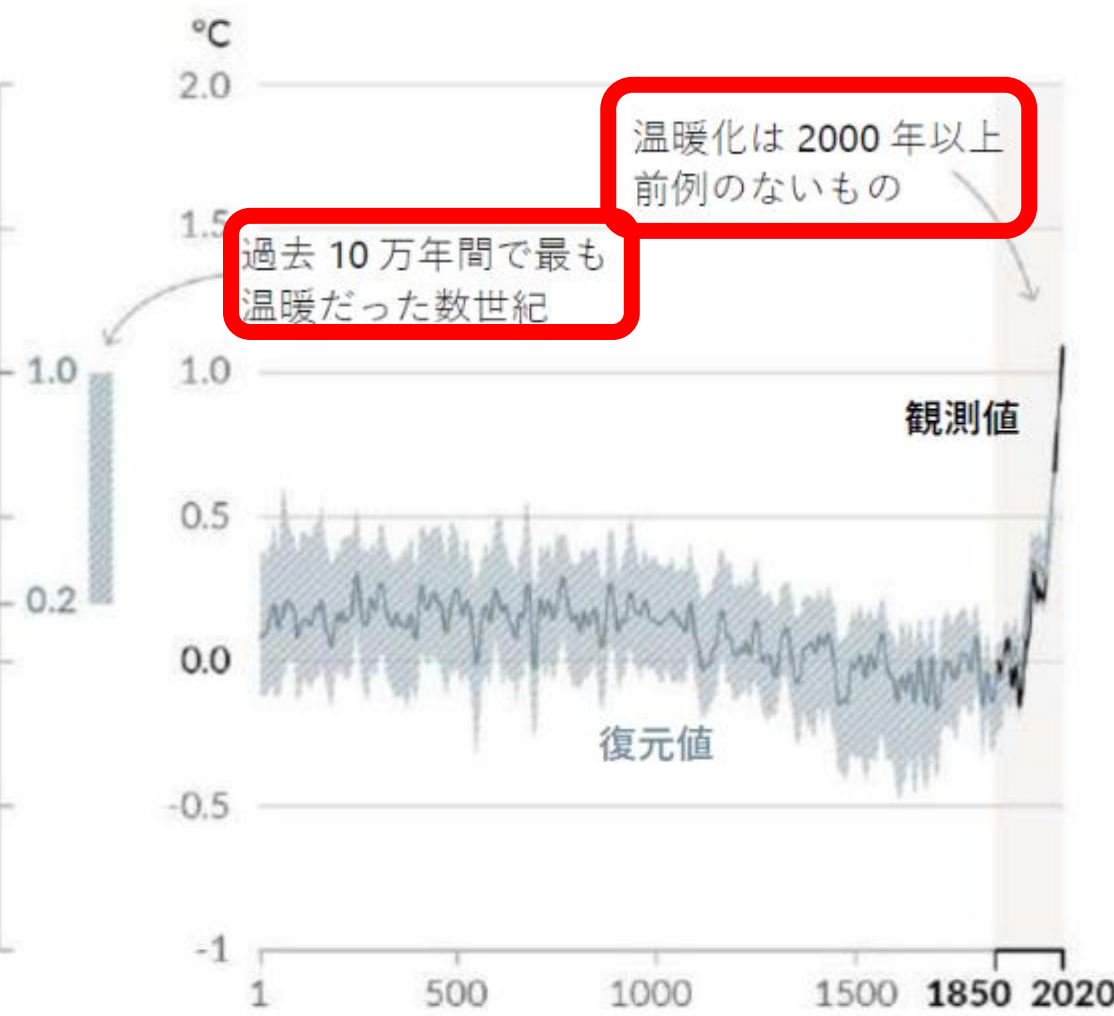


パート 1

- ①本当に地球は温暖化しているのか？
- ②なぜ温暖化しているのか（メカニズム）
- ③なぜ温暖化すると困るのか

1850～1900 年を基準とした世界平均気温の変化

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）



b) 世界平均気温（年平均）の変化
観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値 及び
自然起源の要因のみを考慮した推定値（いずれも1850～2020年）

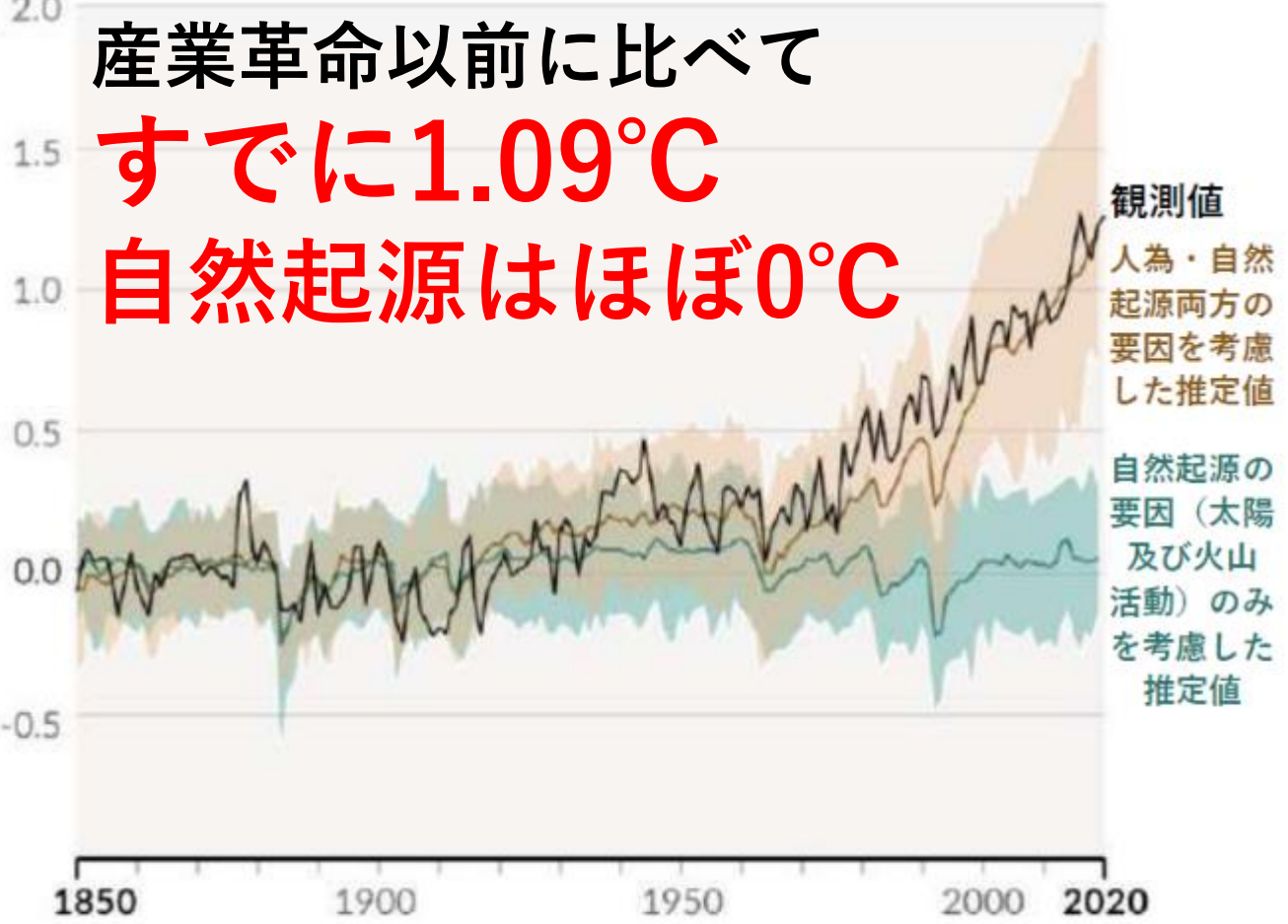


図 SPM.1：世界の気温変化の歴史と近年の昇温の原因

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書 第1作業部会報告書（自然科学的根拠）政策決定者向け要約（SPM）の概要より

クイズ1：
宮沢賢治の小説の中で、
温暖化に関する記述がある
○か×か

答えは○

宮沢賢治は、1932年(昭和7年)に発表した「グスコーブドリの伝記」において、火山から噴出するCO₂によって地球を温暖化し、冷害に苦しめられている農民を救うために、主人公が自ら犠牲となって火山を人工的に噴火させるというストーリーを展開している。

クイズ2：
宮沢賢治の小説の中での
温暖化の記述は正しい
○か×か

答えは×

現在では、火山の噴火は、CO₂と同時に吹き出す粉じんによって、太陽光線が地表に届くのが妨げられるため、全体としてはかえって気温は下がることが知られている。

はじめに

いまから約200年前の19世紀初め、フランスの科学者ジョゼフ・フーリエは、「温室効果（地球の表面で反射された太陽光の一部が大気中の物質に吸収され、地表や地表付近の大気をさらにあたためる現象、→1巻）」を発見しました。1859年、アイランドの科学者ジョン・ティンダルは、水蒸気・二酸化炭素（CO₂）・メタンがおもな温室効果ガスであることをつきとめ、温室効果ガスを大気に排出すると地球の気候を変えるかもしれないと発表しました。当時の日本は江戸時代、世界ではイギリスで産業革命がはじまったところで、人間の活動が地球温暖化を引き起こす前のことでした。

クイズ3：
温室効果ガスがあるために、
地球は温暖な気候になっている
○か×か

答えは○

もし温室効果ガスがなかったら、地球の平均気温は -18°C



① 温室効果とは？地球の温暖化とは？

物体は、その温度によって決まる波長の電磁波を出しています。そして、その電磁波の波長は、温度が高いほど短くなります。6000℃の太陽からは主に可視光線が放射され、平均15℃の地表からは赤外線が放射されます。可視光線は無色の気体には吸収されませんが、赤外線は、窒素や酸素のような等核2原子分子には吸収されませんが、水蒸気、二酸化炭素、メタンのような異核2原子分子や3原子以上の気体分子には吸収されます。大気中に存在するこの赤外線を吸収する気体を温室効果気体と言っています。

さて、地球にやってきた太陽からの電磁波、主に可視光線は、約半分が雲による反射、空気分子などによる吸収、散乱によって失われますが、残り半分が地表に届き、地表を暖めます。地表からはその熱が主に赤外線となって大気に戻ります。その赤外線を大気中の温室効果気体が吸収して大気を暖めます。暖まった大気は赤外線を四方八方に放射しますから、その一部はまた地表に戻ります。この繰り返しで地表はさらに暖まります。最終的な地表の温度は、地表が受けたすべてのエネルギーを赤外線として放出する温度で、大気中の温室効果気体の濃度が高いほど、そのエネルギーが多くなり、地表の温度は高くなります。その温度上昇分を温室効果と言っています。上空に温室のガラスのようなものがあるわけではありません。

なお、地表からは、赤外線放出の他、水を蒸発させたり、空気を直接暖めたりして失われるエネルギーもあります。これらを数字で表してみます。地球が受ける太陽放射を100（全地球平均で 342 W/m^2 となる）とすると、地表が直接受ける太陽光は49ですが、地表からは、114が赤外線放射、26が潜熱（蒸発）、5が顕熱(伝導)で失われ、計145が放出されます。この差の96が温室効果分です。これによる地表温度の上昇は平均 33°C に達します。すなわち、地表温度は、温室効果気体が現在の濃度で 15°C 、まったくなければ零下 18°C になります。

また、地表から放出される赤外線は連続スペクトルですが、これら温室効果気体が吸収できない赤外線の波長領域（地球放射の窓）があります。放射と吸収を繰り返しながら高空に達しますと、だんだんこの吸収できない波長領域の赤外線の割合が増えます。さらに、その割合は、温室効果気体の濃度が増すとともに増えます。赤外線を吸収し、放射しなければ周辺の気体の温度は上がりません。また、地球が受け取るエネルギーと地球から放出するエネルギーは同じです。その結果、成層圏では、温室効果気体の濃度が増すと逆に気温が下がります。それで、成層圏の温度降下が温室効果増大を知る手段にもなっています。なお、オゾンには太陽からの紫外線を吸収して成層圏を暖めますので、その濃度変動にも注意する必要があります。

いずれにせよ、温室という言葉が一人歩きし、この赤外線放射吸収効果に誤った印象を与えています。正しく理解したいものです。

クイズ4：

(まともな) 気候科学者は、
「今年の夏が暑い原因は温暖化のせいです」
と断言することはできない

○か×か

——近年では世界各地で豪雨や猛暑、強力な台風など、「異常気象」と呼ばれる現象が増えています。そもそも異常気象とは何をもって「異常」としているのでしょうか？

気象庁の定義では「ある場所(地域)、ある時期(週、月、季節)において30年に1回以下の頻度で発生する現象」とされています。30歳ぐらいになる人が人生で1回しか経験したことがないくらいの現象のことですね。

——近年そのレベルの稀な現象が増えているように感じます。そのたびに、地球温暖化や気候変動への対策が叫ばれるわけですが、とはいえすべての異常気象が気候変動に関係すると証明されているわけではないのですよね？

はい、その通りです。例えば異常な大雨の原因のひとつとして台風や梅雨前線の停滞などが挙げられますが、これらは温暖化が進んでいない昔から続いてきた現象ですね。そして、こうした現象に地球温暖化がどれくらい影響を与えていたのかを数字で表すことは不可能だと今までは考えられていました。

個別の異常気象に関する気象庁の説明も「台風がこういうルートで来たから大雨になりました」というものになってしまいます。記者の方たちに地球温暖化がどれくらい影響していたか問われても、「地球温暖化の影響はあると思うが、どれだけ影響があったかは言えない」という答えで終わってしまっていたんです。

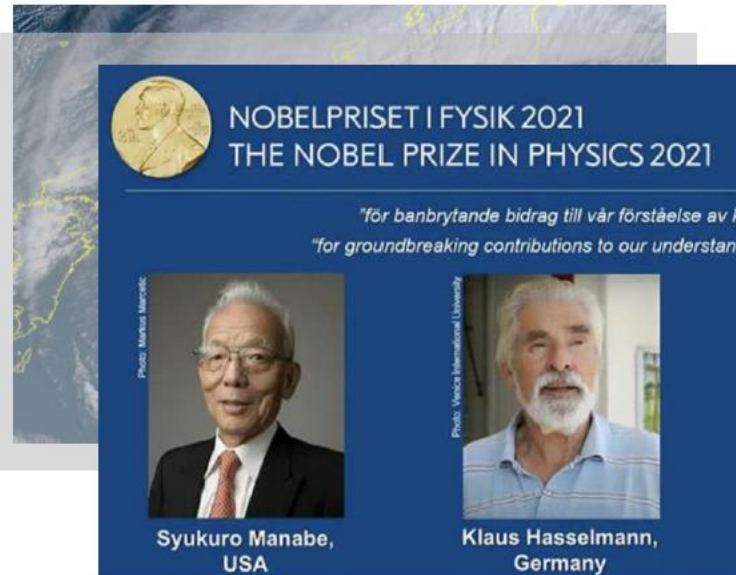
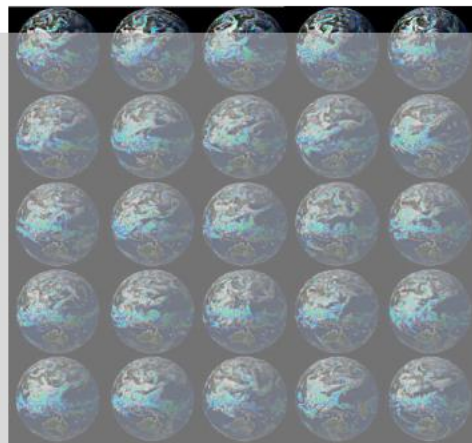
——一方で、ここ数年で使われ始めた「イベント・アトリビューション」という手法は、いままで証明できなかった一つひとつの異常気象と地球温暖化の関係を明らかにすると伺っています（編註：ここでの「イベント」は個別の気象現象を差す）。具体的にどのように証明するのですか？

この手法を説明するときによく例として出すのが、タバコと肺がんの関係です。タバコを吸うと発がんリスクが高まることはもはや常識とされていますが、実はこれを証明することって簡単じゃないんです。例えば、あるベビースモーカーの人が肺がんで亡くなったとしましょう。一般的にはタバコを多く吸っていたから肺がんで亡くなったと考えると思いますが、実際には遺伝やほかの生活習慣が影響している可能性もありますよね。

そこで医学では、毎日同じレベルでタバコを吸っていた人を集めた集団と、タバコをまったく吸わなかった人の集団を比較し、そのなかで肺がんで亡くなった人の数を数えるという手法をとります。タバコを吸わなかった人の中にも肺がんで亡くなる方はいらっしゃるはずですが、人数を数えてタバコを吸っていた集団のほうが肺がんで亡くなる人の割合が高かったということを示せば、タバコが発がんリスクを高める要因のひとつだと証明できるわけです。

異常気象もタバコと肺がんの関係に似ていて、地球温暖化があったからといって必ずしもそのイベントが起こったかはわからないわけですね。でも、似たような条件の地球のサンプルをたくさん集めてきて、温暖化が起きている場合と起っていない場合で比較できれば、地球温暖化によってそのイベントの発生確率がどれくらい増えたかを数字で表せます。これを実践しているのがイベント・アトリビューションです。

豪雨と気候変動の関係を探る イベント・アトリビューション



今田由紀子

(気象庁気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官)

共同研究者: 川瀬宏明(気象研)



2021/12/25 JpGU 高校生のための冬休み講座

眞鍋叔郎博士 ノーベル物理学賞受賞記念講演会 ～眞鍋先生とゆかりの深い研究者たちと気候変動について考えてみませんか？～

「気候変動と異常気象。近年の猛暑、豪雨は人間のせい？」

異常気象と気候変動の関係を探る イベント・アトリビューション



今田 由紀子



必見！！！！

<https://www.youtube.com/watch?v=7ArE7Q9uoMk>

今田由紀子

(気象庁気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官)

共同研究者：川瀬宏明(気象研)

1

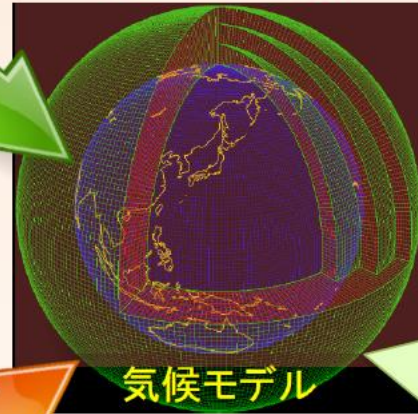
2021-12-25 13:43:48

気候モデルを利用して、温暖化した現実の気候を作り出す

➤ 現在の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

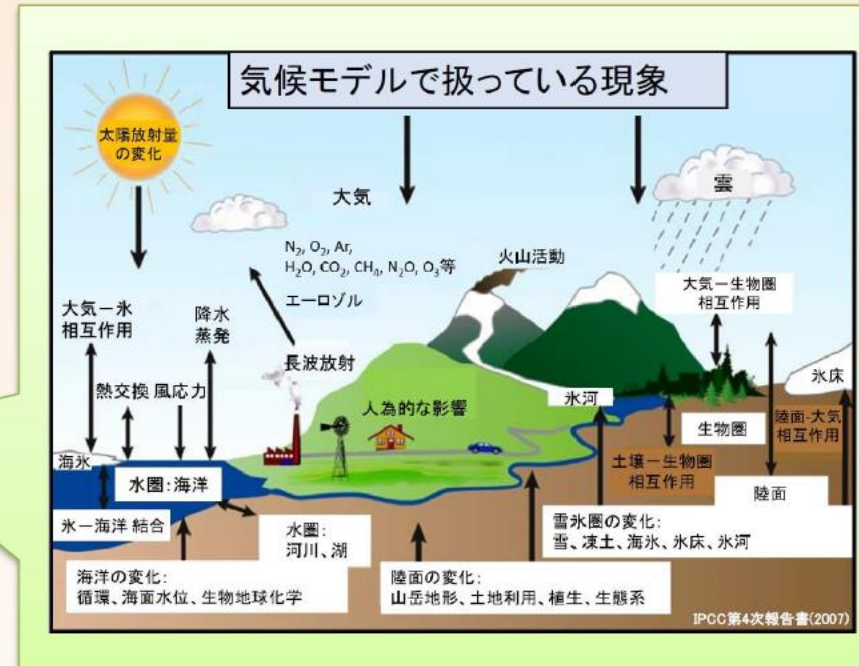
温暖化した
現在の地球



気候モデル

➤ 現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

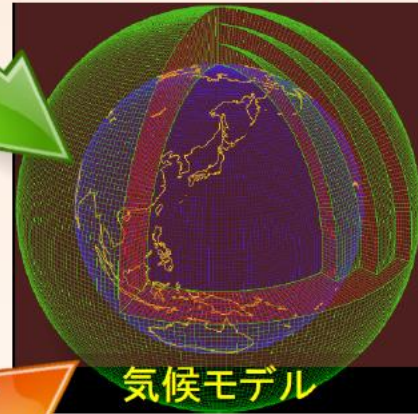


温暖化した現実の気候と温暖化しなかった仮定した 仮想の気候を作り出す。

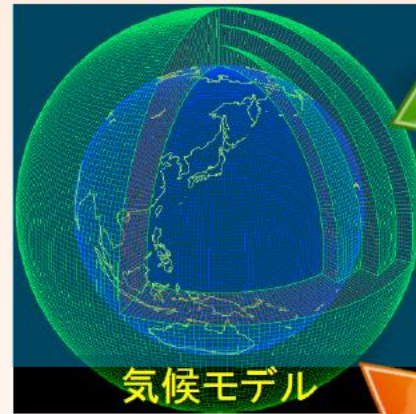
➤ 現在の自然起源 の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

温暖化した 現在の地球



温暖化しなかったと 仮定した仮想の地球



➤ 現在の自然起源 の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

➤ 現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

➤ 産業化前(1850年頃)の人間活動 起源の要素(推定値)

将来の気候を予測するためには...

➤ 現在の自然起源の要素

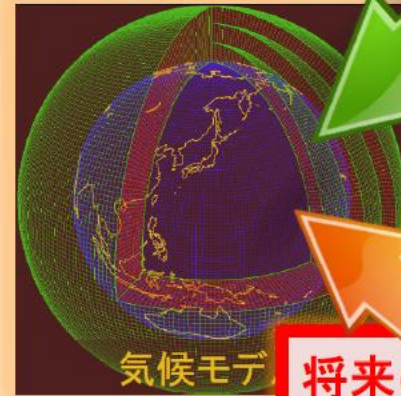
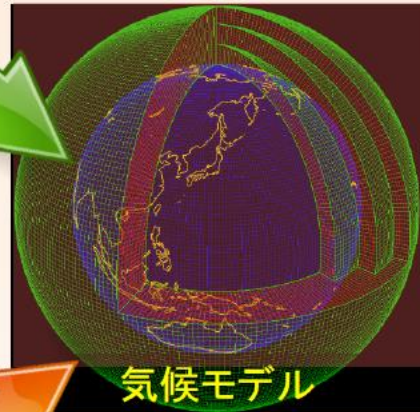
- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

➤ 将来の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

温暖化した
現在の地球

将来の地球



過去の経験を基に
仮定する

➤ 現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

『排出シナリオ』

◆ RCP (第5次評価報告書)
RCP: 代表的濃度経路

◆ SSP-RCP (第6次評価報告書)
SSP: 共通社会経済経路

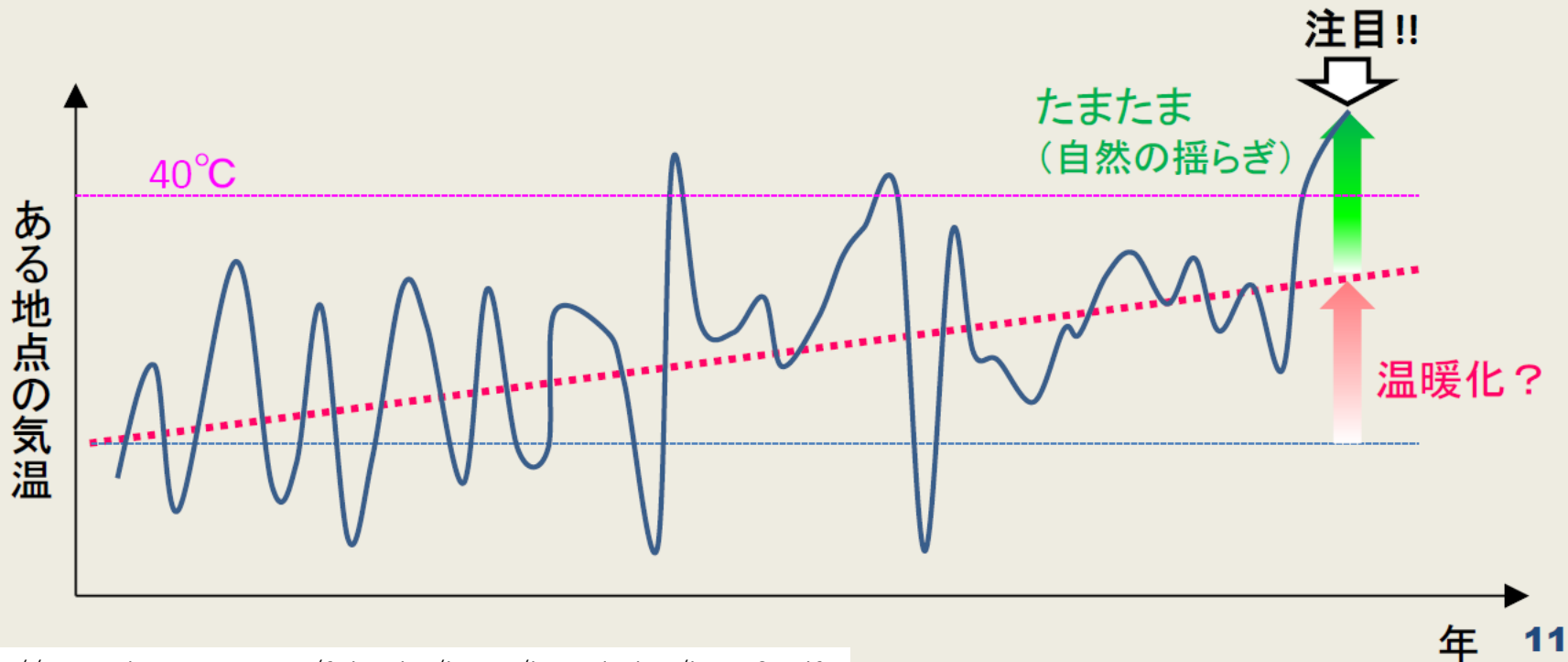
将来の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

「この異常気象は温暖化のせいですか？」

これまでなぜ答えられなかったのか？

- 個々の異常気象はあくまで大気の偶然の揺らぎ。発生要因の一部に温暖化が影響を与えている可能性はあるが、個々の異常気象を見て「偶然の揺らぎ」と「温暖化の底上げ」を区別することは不可能
- 偶然と必然～ある事象がどのようにして起こったかは説明できるが、起こるべくして起こったかどうかは言えない





因果応報：疫学の考え方

医学的に言えること:

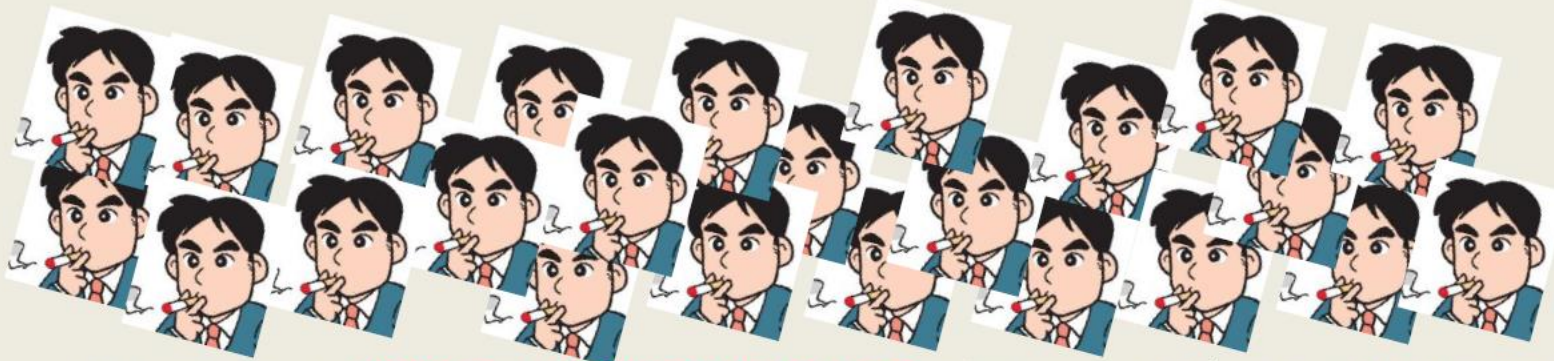
一般に、喫煙は健康を害しガンのリスクを高める

断言できないこと:

毎日喫煙するW氏が肺ガンで亡くなったとき、喫煙が彼の寿命を縮めたと言えるかどうか 一いかにもそう思えるが、ストレスや他の要因のせいかも。どうしたら確かめられるか？



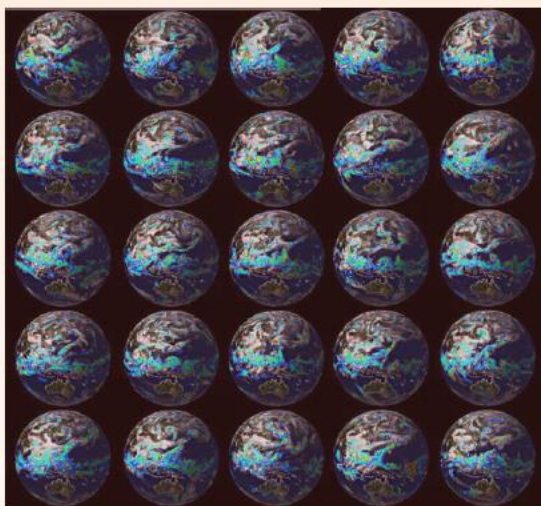
もし、少しずつ異なる環境にいる(ただしふるまいは同じ)W氏がたくさんいたら？



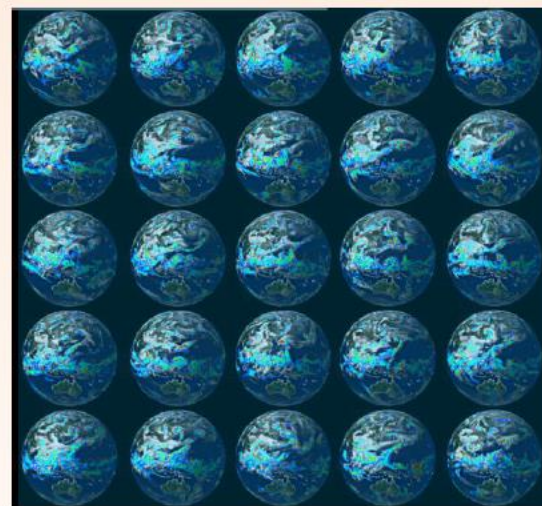
一般論ではなく、特定の人物(W氏)に関する、喫煙によるガンの発生リスクが推定できる

猛暑の発生確率に対する地球温暖化の影響

温暖化が進行している
現実の条件



温暖化しなかったと
仮定した場合

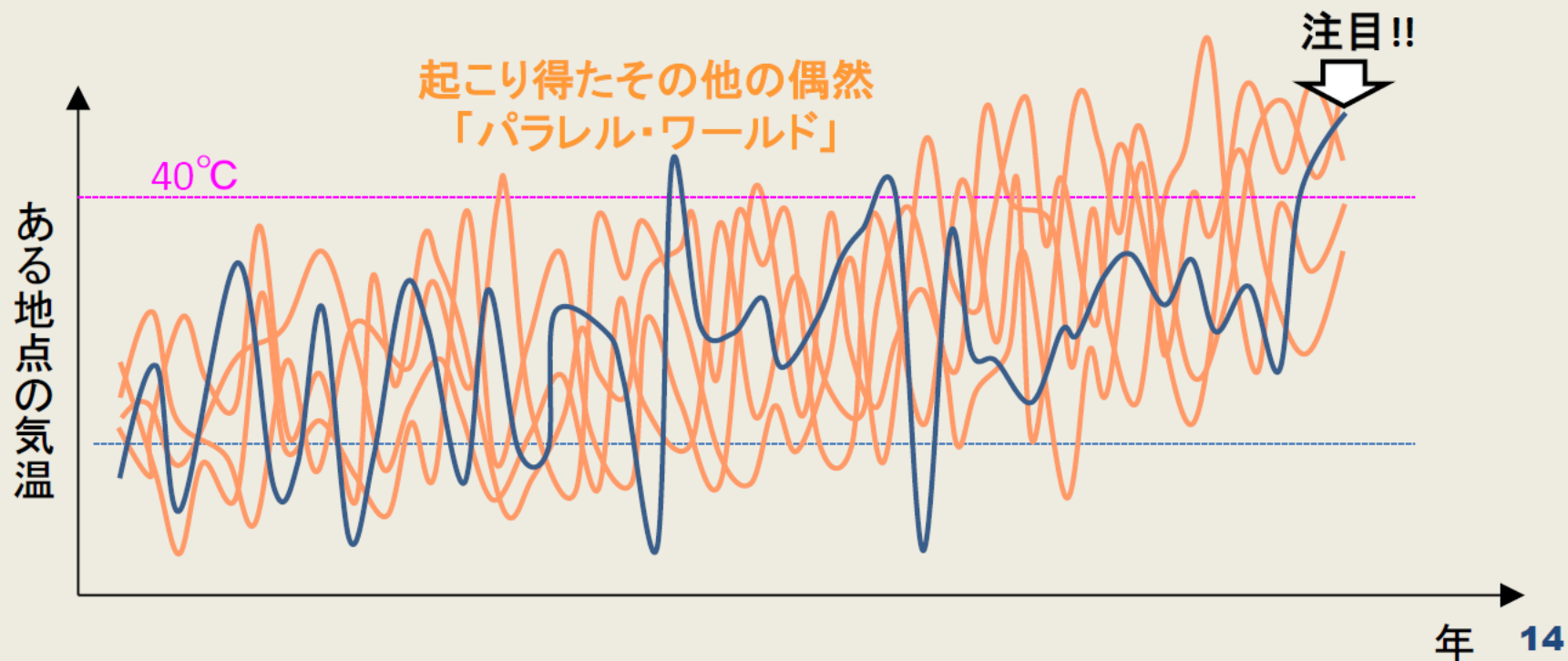


発生確率を対象とする場合、2つの条件下で
大量の地球を作り出し、何割のメンバーが
観測された極端現象を再現したかをカウントして比較

イベント・アトリビューション (EA)

「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 気候モデルを用いて、実際の気候を模した**大量の実験**を行う。

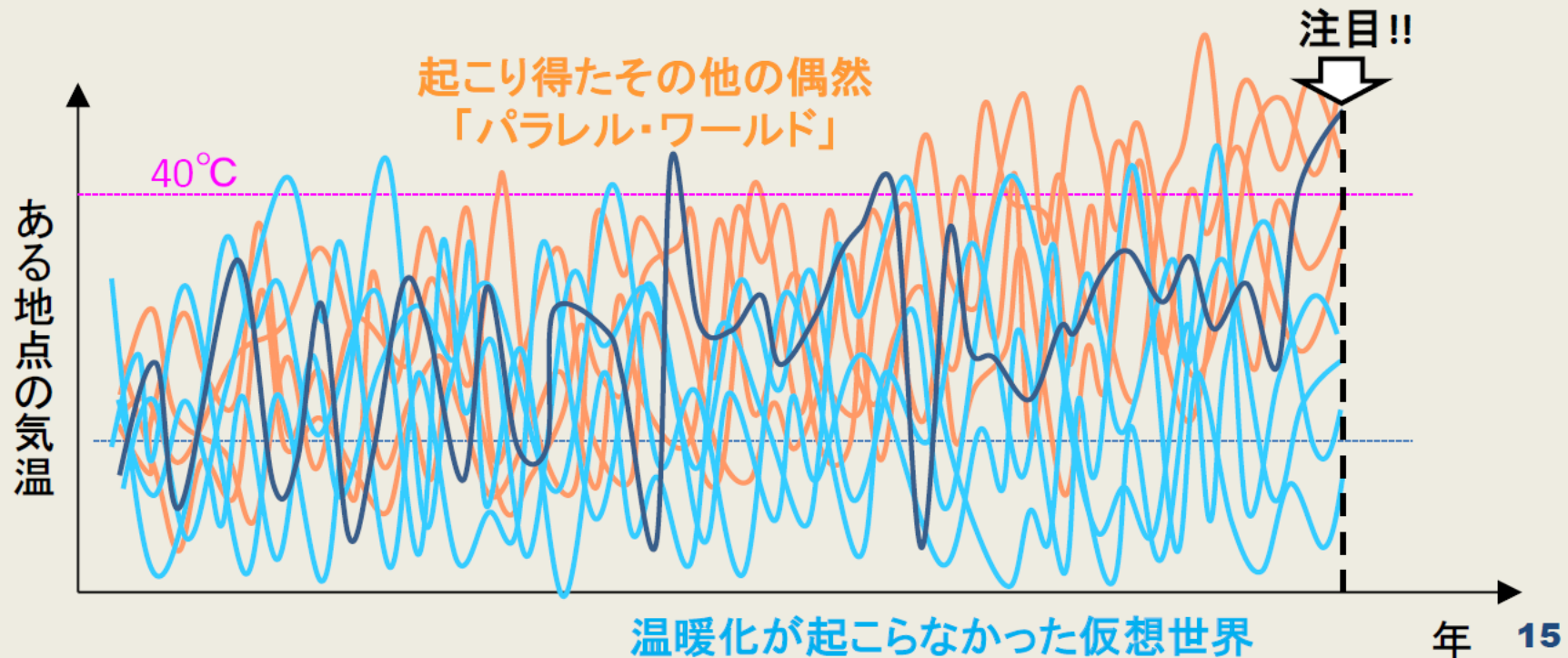


イベント・アトリビューション (EA)

「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 気候モデルを用いて、実際の気候を模した**大量の実験**を行う。
- さらに**人間活動による温暖化が無い設定**で大量の実験を行う

<https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/knowledge/koen2.pdf>

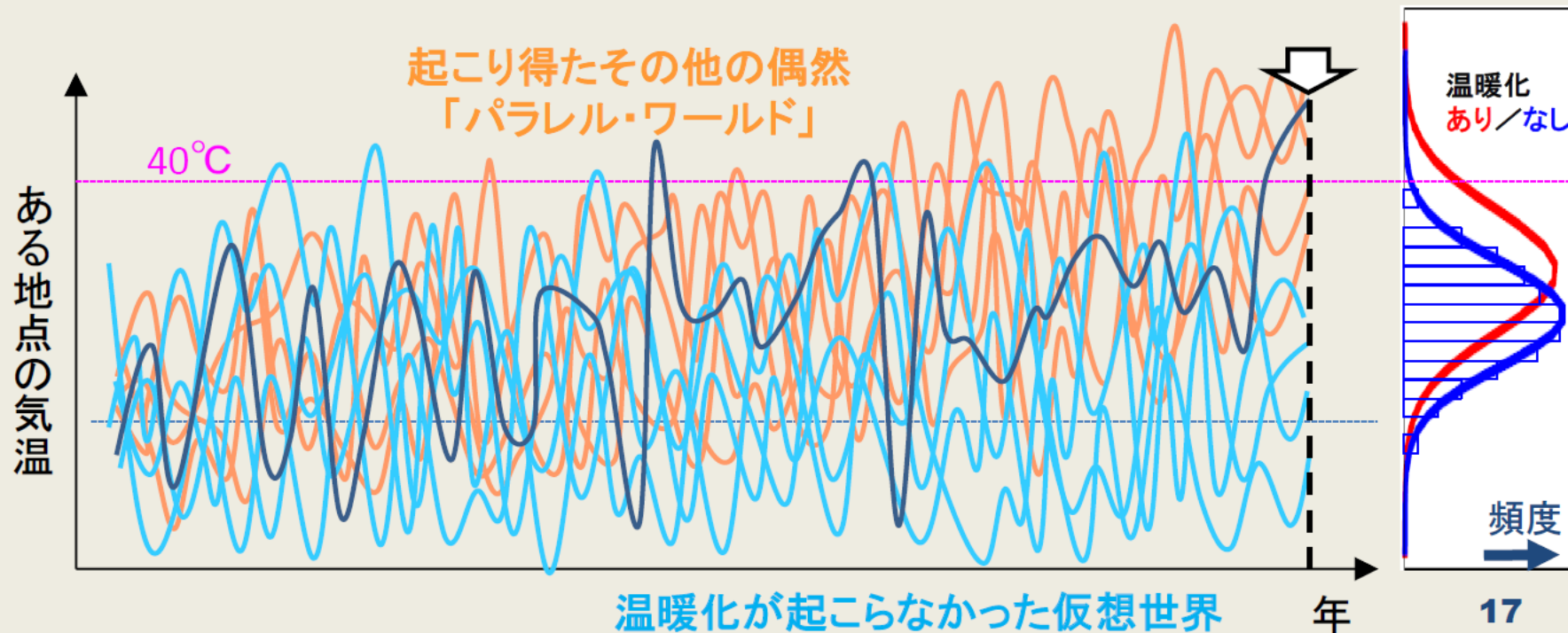


イベント・アトリビューション (EA)

「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 気候モデルを用いて、過去の気候を模した**大量の実験**を行う。
- さらに**人間活動による温暖化が無い設定**で大量の実験を行う
- 目の前の異常気象イベントの発生確率が、人間活動によってどれだけ変わっていたかを、確率的に推定する

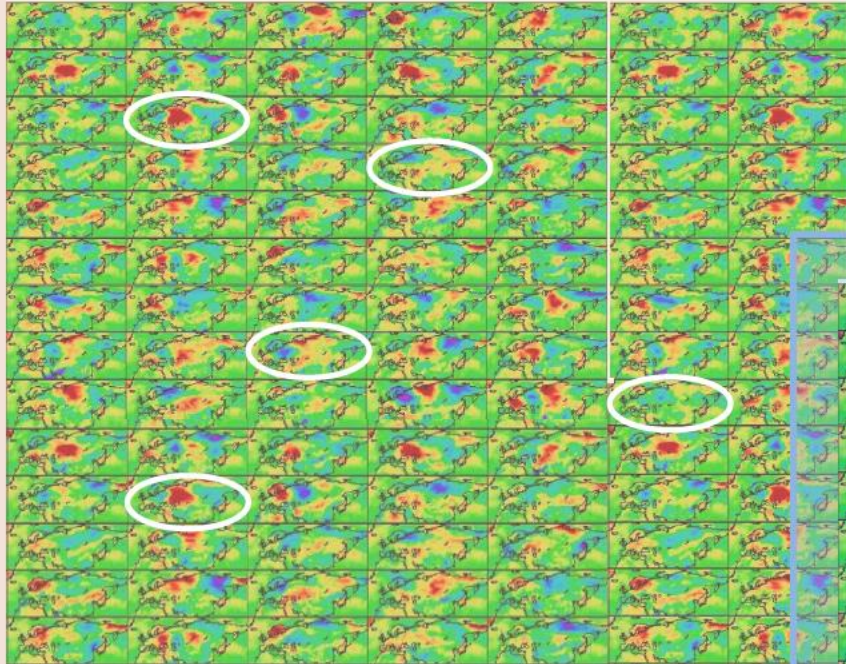
<https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/knowledge/koen2.pdf>



イベント・アトリビューションの考え方

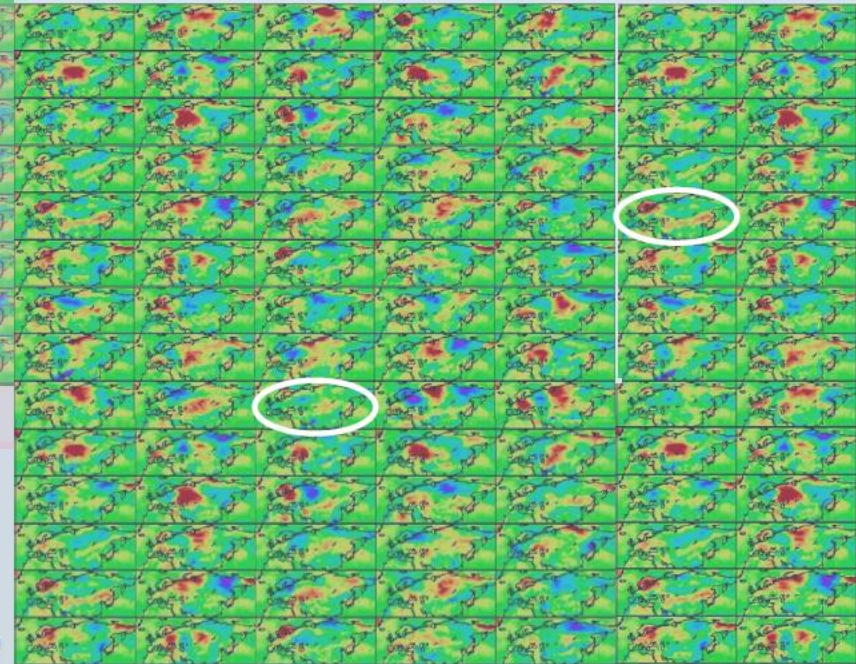
～ この異常気象は温暖化のせい？ に答える～

温暖化している世界



100メンバー中5メンバーで発生
 $5 \div 100 = 5\%$
「20年に1度」のイベント

100メンバー中2メンバーで発生
 $2 \div 100 = 2\%$
「50年に1度」のイベント



温暖化していない世界

クイズ 6 :

2022年夏、パキスタンでは
国土の3分の1が水没した

○か×か

【速報】パキスタン洪水：国土の3分の1が水没・日本赤十字社は海外救援金の募集を開始

https://www.jrc.or.jp/international/news/2022/0906_028257.html

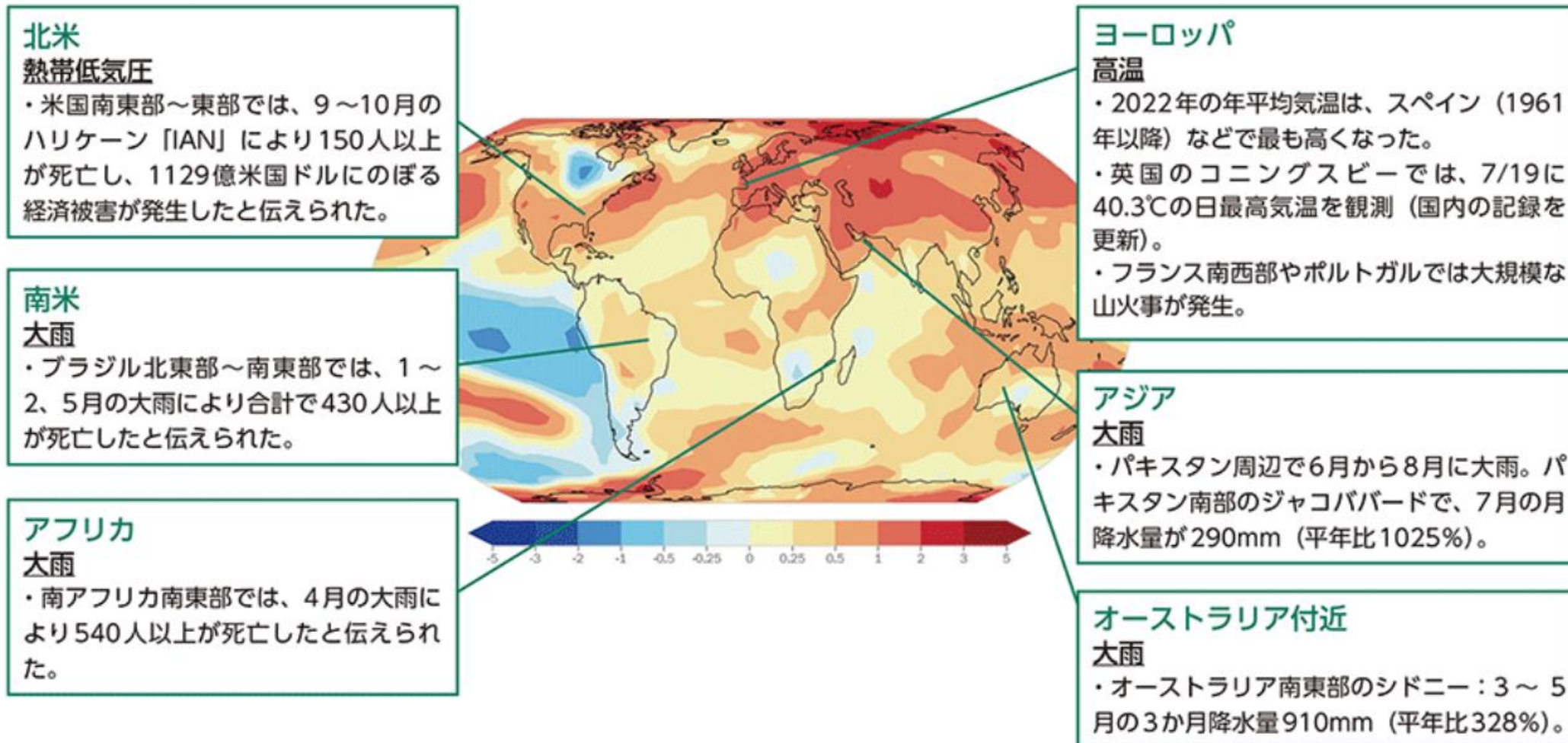
2022年9月6日

2022年6月以降、モンスーンがもたらした例年の10倍以上もの降雨により、パキスタンのパロチスタン州、シンド州、カイバル・パクトウンクワ州、パンジャーブ州で大洪水が発生しました。この数十年で最悪とされる洪水が同国を危機的状況に追い込み、9月2日時点で子どもを含む1,200人以上の死者が報告され、3,300万人以上が被災、50万人以上が救援キャンプで生活していると推測されていますが、被災地への道路が寸断され、全容はつかめておらず、被害状況はさらに深刻であることも懸念されています。



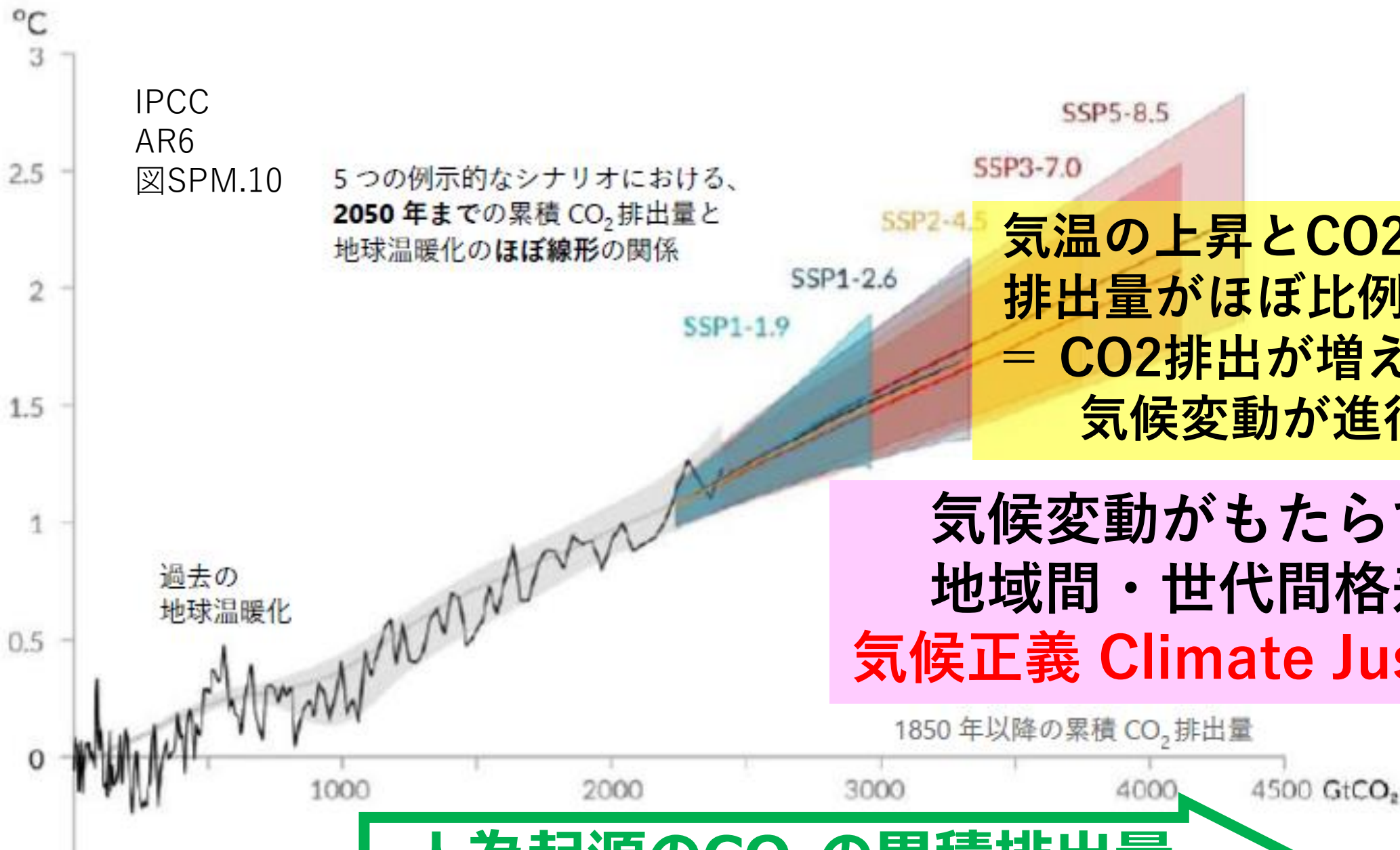
世界気象機関（WMO）や気象庁の報告によれば、2022年も世界各地で様々な気象災害が見られました。

図 1-2-1 2022年の世界各地の異常気象



1981-2010年の平均気温に対する2022年1月-9月の平均気温の偏差

累積 CO₂ 排出量 (GtCO₂) の関数としての 1850~1900 年以降の世界平均気温の上昇 (°C)



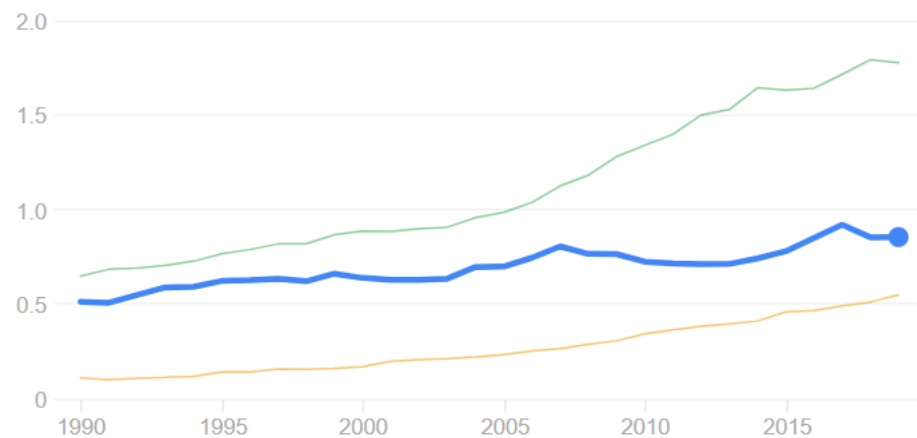
気温の上昇

気温の上昇とCO₂累積排出量がほぼ比例関係 = CO₂排出が増えたと気候変動が進行

気候変動がもたらす地域間・世代間格差
気候正義 Climate Justice

人為起源のCO₂の累積排出量

0.85 metric tons (2019)

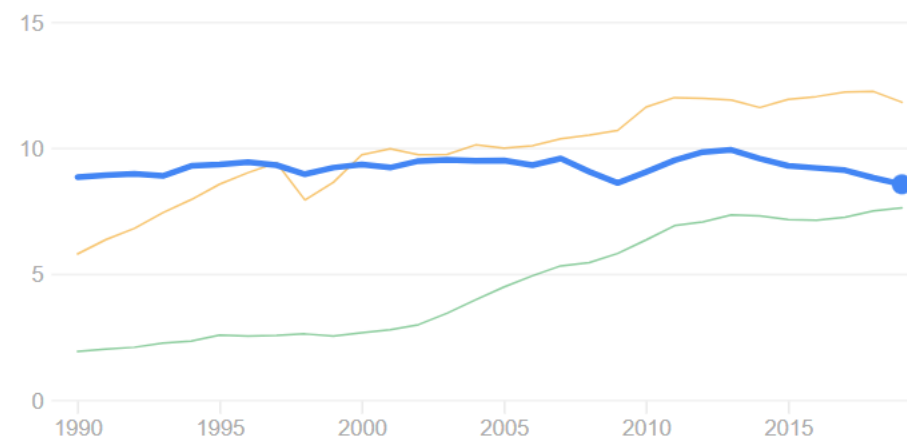


- India
1.78 metric tons
- Pakistan
0.85 metric tons
- Bangladesh
0.55 metric tons

Explore more →

Sources include: World Bank

8.54 metric tons (2019)



- South Korea
11.80 metric tons
- Japan
8.54 metric tons
- China
7.61 metric tons

Explore more →

Sources include: World Bank

Feedback

[内閣府ホーム](#) > [大臣・副大臣・大臣政務官](#) > [これまでの大臣・副大臣・大臣政務官](#) > [武田内閣府特命担当大臣（防災）、国家公安委員会委員長、行政改革担当、国家公務員制度担当、国土強靱化担当](#) > [写真で見る動き](#) > 令和元年台風第19号の被害状況等に係る現地視察

令和元年台風第19号の被害状況等に係る現地視察

被災現場上空視察(1) (長野市)



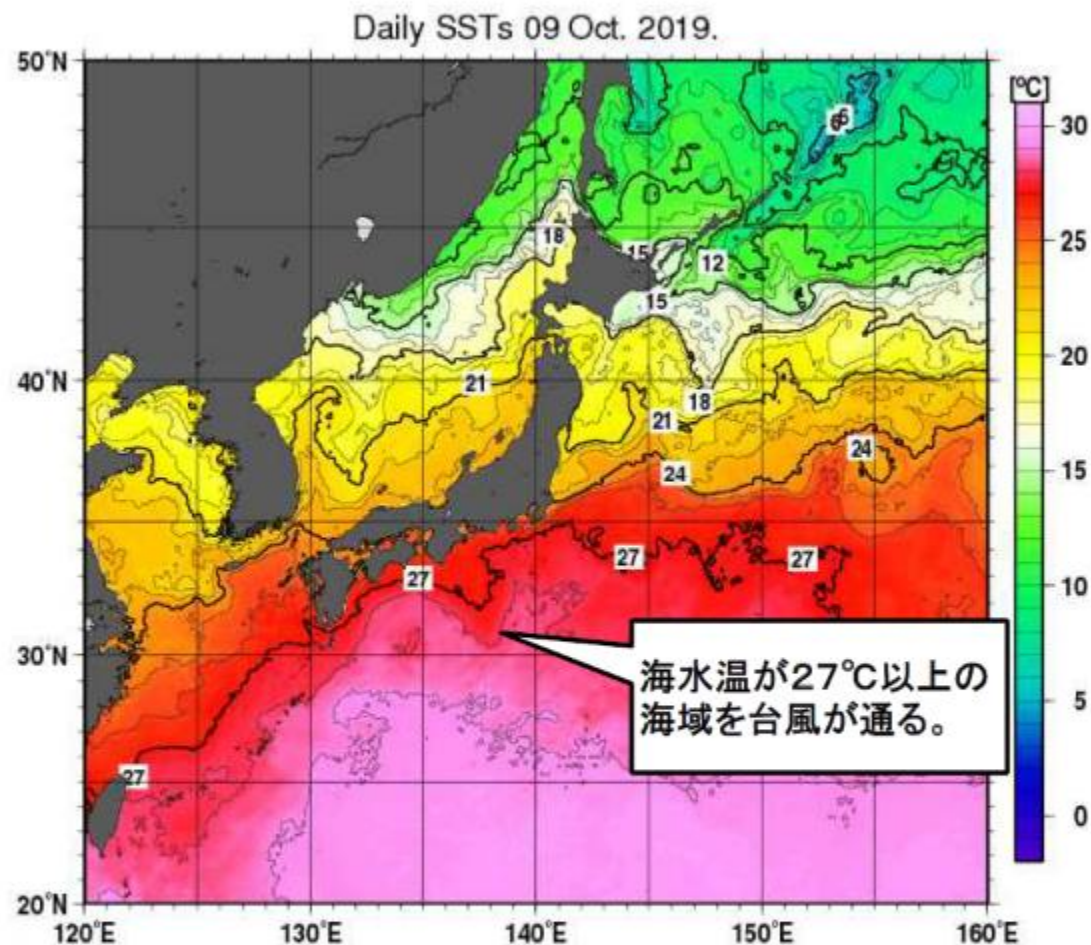
被災現場上空視察(4) (千曲市)



海水温の状況

10月11日
10時時点の資料

2019年10月



日本近海の海面水温(9日)

今後の予想を含めた最新の情報は、各地の気象台が発表した気象情報をご利用ください。
(海面水温：https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/sst_HQ.html)

[ホーム](#) > [各種データ・資料](#) > [海洋の健康診断表](#) > [地球温暖化に関する診断表、データ](#) > 海面水温の長期変化傾向

海面水温の長期変化傾向（日本近海）

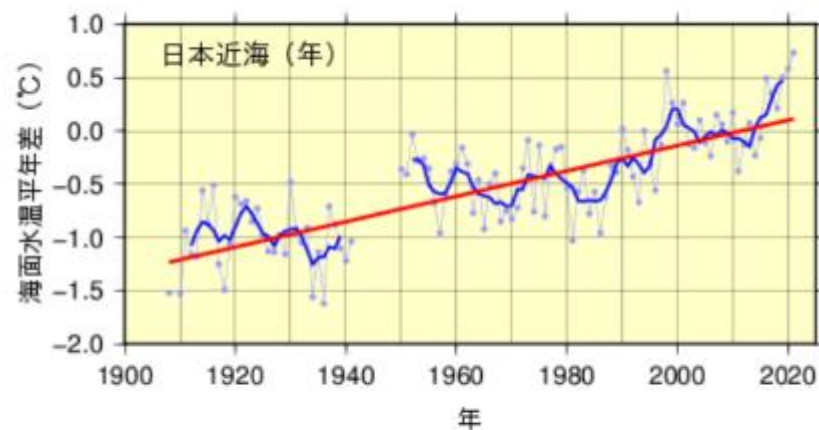
診断（2021年）

上昇率：

- 日本近海における、2021年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は、+1.19°C/100年です。この上昇率は、世界全体で平均した海面水温の上昇率（+0.56°C/100年）よりも大きく、日本の気温の上昇率（+1.28°C/100年）と同程度の値です。
- 海域別の海面水温（年平均）の上昇率は、日本の気温の上昇率と比較すると、黄海、東シナ海、日本海南西部、四国・東海沖、釧路沖で同程度、日本海北東部、三陸沖、関東の東、関東の南、沖縄の東、先島諸島周辺では小さく、日本海中部では大きくなっています。

十年規模変動：

- 日本近海の海面水温には十年規模の変動が見られます。全海域平均水温では、近年は2000年ごろに極大、2010年ごろに極小となった後、上昇しています。



日本近海の全海域平均海面水温（年平均）の平年差の推移

令和4年3月10日 気象庁発表
(次回発表予定 令和5年3月10日)

線状降水帯とは

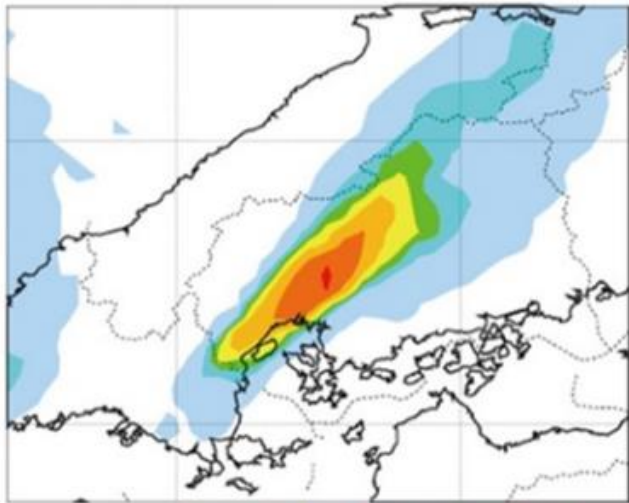
次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水をともなう雨域を線状降水帯といいます。

毎年のように線状降水帯による顕著な大雨が発生し、数多くの甚大な災害が生じています。この線状降水帯による大雨が、災害発生の危険度の高まりにつながるものとして社会に浸透しつつあり、線状降水帯による大雨が発生している場合は、危機感を高めるためにそれを知らせてほしいという要望があります。

発生メカニズムに未解明な点も多く、今後も継続的な研究が必要不可欠です。

大気中に含まれる水蒸気量は
気温が1度上昇すると7%増加する

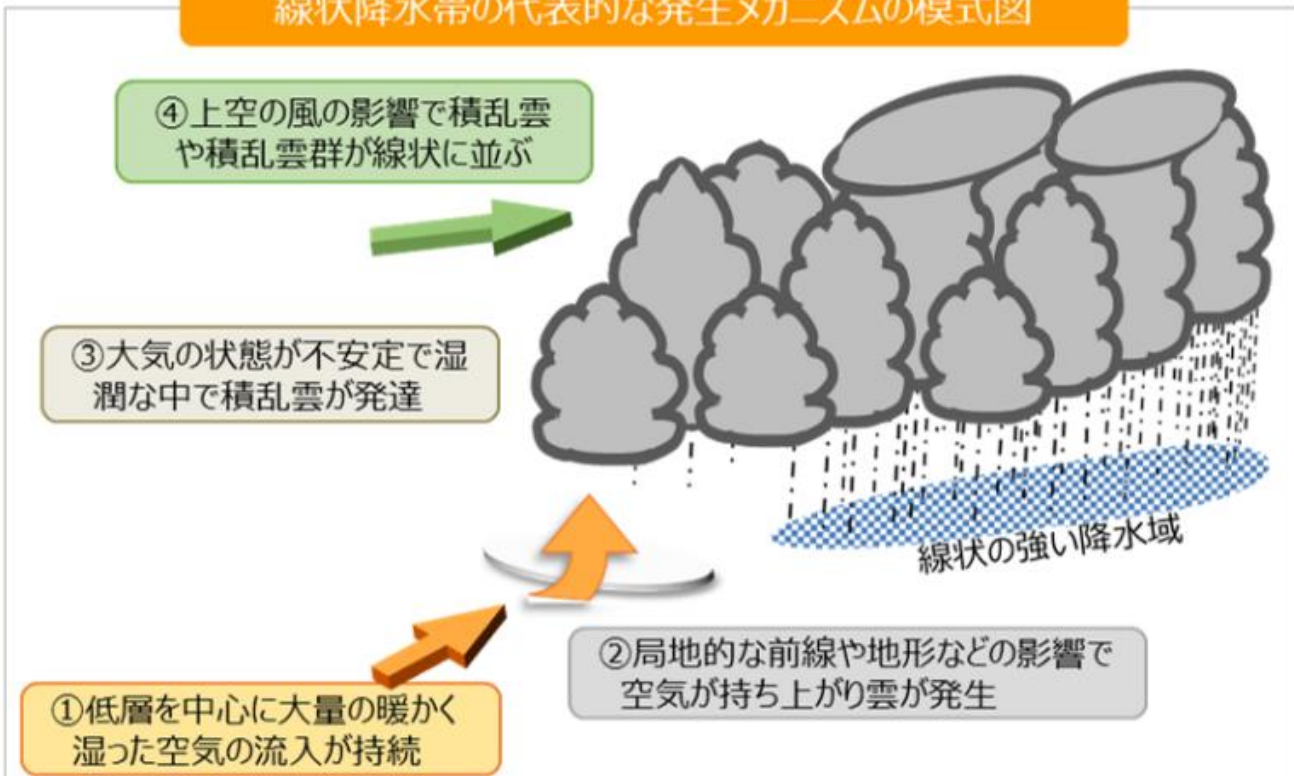
線状降水帯の例（平成26年8月の広島県の大雨）



1 10 20 30 50 100 200 (mm/3h)

気象庁の解析雨量から作成した、平成26年
8月20日4時の前3時間積算降水量の分布

線状降水帯の代表的な発生メカニズムの模式図



老朽化する（都市）インフラと
気候変動から
どのようにまちを守るのか？

= 適応していくのか??