

極端な気象現象と 気候変動をどう報道するか

ジャーナリスト向けガイド

ベン・クラーク
オックスフォード大学

フリーデリケ・オッター
インペリアル・カレッジ・ロンドン



world weather attribution

ここで助言と提案をいただいたウルフギヤング・ブラウ氏とローズ・アンドレアッタ氏に感謝の意を述べる。

目次

| | |
|--|----|
| 序文 | 4 |
| WWAメディアガイド日本語訳リリースに寄せて | 6 |
| はじめに | 8 |
| イベント・アトリビューション研究 概要 | 10 |
| イベント・アトリビューション研究 事例 | 14 |
| アトリビューション研究がない 場合における極端現象の報道の仕方 | 18 |
| 熱波 | 20 |
| 洪水 | 22 |
| 熱帯低気圧 (ハリケーン、台風、サイクロン) | 24 |
| 大雪 | 26 |
| 干ばつ | 28 |
| 火災 | 30 |
| 極端現象と気候変動 1ページチェックリスト | 32 |

序文

フリーデリケ・オットー

物理学者。インペリアル・カレッジ・ロンドンのグランサム気候変動環境研究所上級講師。オックスフォード大学環境変化研究所(ICI)ディレクター/同大学教授を経て現職。2014年、気候変動が極端な気象現象に与える影響を迅速に分析する研究グループ、ワールド・ウェザー・アトリビューション(WWA)を共同設立。2020年、著書「Angry Weather: Heat Waves, Floods, Storms, and the New Science of Climate Change」を出版。



私たちの世代は、両親や祖父母が経験したものと大きく違う気象を経験する、初めての世代になります。

気温が上昇することで、熱波や暴風雨、洪水などの多くの極端な気象現象がより頻繁に、より激しくなっています。人間の活動に起因する気候変動の影響は、ますます明らかになってきています。

しかし、最近まで、気象災害に関する報道は、気候変動にほとんど触れていませんでした。

これには、それなりの理由があります。ほんの数年前まで、私のような気候科学者は、個々の極端な気象現象を気候変動と結びつけることは不可能だと考えていたからです。強いて言えば、気候モデルが予測した現象が起こりやすくなっている、と話すだけでした。

しかし、この考えは変わりました。過去10年の間に、出てきたアトリビューション科学によって、温室効果ガスの排出が世界中の極端な気象現象にどのような影響を及ぼしたか、より詳しく説明できるようになったのです。特定の現象においても、気候変動が果たした役割を定量的に示すことができる事例も増えてきました。

日本でも同じことが言えます。

この数年で日本を襲った極端な現象のいくつかは、人間の活動に起因する気候変動が関わっていることが最近のアトリビューション科学によって明らかになっています。こうした研究のおかげで、気候変動が2015年、2017年、2018年に日本国内のさまざまな地域で起きた豪雨を激化させたことが分かっています。また、2013年、2015年、2018年の熱波をより極端にしたことも分かりました。気象庁の研究者が率いる研究によると、2018年の熱波は、気候変動がなければ起こり得なかったとの報告もあります。

人間の活動による温室効果ガスの排出が気象をどう変えているかを知ることは、多くの理由から重要です。私たち現役世代がまだ予想することができる、新たな気象に備えることができます。もし温室効果ガスの排出と温暖化が続けば、次の世代はどのような事態に備えなければならないかも知ることができます。また、各地の裁判所が、温室効果ガスの排出者に対して、悪化した極端な気象現象から生じた損害賠償を求めることになるかもしれません。

同時に、気候変動による変化を、脆弱性と曝露という文脈で捉えることが極めて重要です。なぜなら、これらの要素が、極端な気象現象を災害へと変えてしまうからです。将来のリスクを最小化するための最善策を理解するには、気候がどう気象を変化させるのかを、脆弱性や曝露の変化と合わせて理解することが不可欠です。

これらの繋がりを見出すことを手伝えることで、私たちを取り巻く世界が「どう」変化し、「なぜ」変化しているのかをジャーナリストに伝えてもらいたい。それが、私たちがメディアガイドを書くことになった原動力です。

WWAメディアガイド日本語訳 リリースに寄せて

江守正多

東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
(総合文化研究科 客員教授) / 国立環境研
究所 地球システム領域 上級首席研究員 (社
会对話・協働推進室長)。IPCC第5次および
第6次評価報告書 主執筆者。著書に「異常
気象と人類の選択」「地球温暖化の予測は『
正しい』か?」等。



日本では、(ある地域、ある時期で)30年に一度より
も稀な気象を「異常気象」とよぶのはご存じのと
おりです。その多くは、極端な暑さ、極端な寒さ、極
端な大雨などであり、より極端なものほど稀に生じ
ます。一般的には(30年に一度などの稀さを指定
せずに)「極端現象」(extreme events)とよば
れます。

国内の異常気象は常にメディア報道の対象にな
りますが、その大部分は防災情報や災害報道とし
てです。それらはもちろん重要なことですが、それ
に加えて、異常気象を「気候変動」との関連性
において報道することの重要性が年々高まってい
ます。

ここでいう気候変動とは、人間活動による温室
効果ガスの排出を主な原因とする長期的な地球
規模の気温の上昇傾向、つまり「地球温暖化」
に伴う気候の変化のことです。

日本において気候変動問題に対する国民の関
心が高いことの一因は、メディアが異常気象と
気候変動の関連性をあまり報じないからでは
ないかという指摘もよく目にします。

異常気象は気象の不規則な変動により、昔
から確率的に発生するものであるため、気候
変動との関係を説明するのは難しいと思われ
るかもしれません。しかし、大まかにいえば、
長期的な気温の上昇傾向とそれに伴う水蒸
気の増加が、記録的な猛暑や大雨の発生確
率を上げることは、理論的に明らかです。

このメディアガイドでは、さらに詳しく、個
々の異常気象の発生確率が気候変動によっ
てどれくらい変化しているかを研究者が調
べる方法や、熱波、大雨、台風などの異
なる現象のそれぞれについて気候変動の
影響がすでにどの程度現れているといえ
るか解説されています。

このガイドを参考に、また国内の専門
家からもコメントを得つつ、日本のメ
ディアが異常気象と気候変動の関連性
について積極的な報道に取り組んでく
ださることを願います。

はじめに

熱波や大雨、暴風雨、干ばつなどの極端な気象現象は、人間が引き起こした気候変動の結果として、世界の多くの地域で発生率が高まり、その強度を増している。ただ、全ての現象の発生率が高まっているというわけではなく、その変化は世界中でばらつきがある。これらの現象が社会に与える影響は、農作物の収穫量や農地の減少、資産(土地や建物)の損壊、深刻な経済混乱ならびに人命の喪失など、往々にして広範囲におよぶ。私たちは深刻な影響をもたらす極端な現象を経験する中で、その原因に大きな関心を寄せている。「この現象は気候変動によって引き起こされたのか?」という疑問が強くなっている。

本ガイドは、ジャーナリストの疑問を解決する一助になることを目的に作成された。最初に、「イベント・アトリビューション」と呼ばれる科学的手法を紹介する。これは、ある気象現象が気候変動の影響をどの程度受けているのか(あるいは影響を受けていないのか)を解析するものである。次に、社会的関心の最も高い極端な気象現象について、特定の科学研究がなされていない場合であっても、確信をもって述べることで見解を示す。これらは、最近の極端な現象に関する数々の研究とIPCC第6次評価報告書を用いた最新の知識に基づくものである。末尾には、極端な気象現象の種類別に、分かりやすいチェックリストを用意した。

極端な気象現象の取材に際して、報道機関によく見られるミスが3つある。

- (1) 現象の原因として気候変動を度外視する
- (2) 主張の裏付けを提供することなく、現象を気候変動によるものとする
- (3) 気候変動を極端な気象現象の唯一の原因とする

こうしたミスが生じる理由には、「気候変動がある現象を引き起こしたのか」という問いが、一見理にかなっているようだが実はそうでなく、上手に提起されていないことがある。

例えば、愛煙家が肺がんになった場合、私たちは「タバコががんを発症させた」とは言わずに、「タバコによるダメージががん発症の確率を高めた」と言うのではないだろうか。同じように、気候変動がある現象を引き起こすことはできない(「原因」という言葉の二元的な使用において)。なぜなら、日々の天候の無秩序な性質による偶然性も含めて、すべての気象現象には複数の原因があるからだ。

しかし、気候変動は、ある現象が発生する頻度とその強度に影響を及ぼすことができる。それゆえ、ある特定の現象が人々や土地や建物、自然に与える影響の度合いを左右しうる。災害の発生を受けて世間の関心に応える任務を託されたジャーナリストは、気候変動がいかに個々の気象現象に影響を与えたかを知る必要がある。科学者がその答えを提供する手立てとなっているのが、イベント・アトリビューションである。

最近まで、科学者の多くは個々の現象と気候変動を結びつけるのを避け、それよりも傾向を指摘し、その現象は今後さらに発生が予想されるものの表れかもしれないと話していた。しかし、気候変動は、既に私たちが経験している天候に数十年に渡って影響を与えてきている。科学はようやくこの事実に見合ったものになりつつある。近年では、地球温暖化によってある気象現象がどの程度起こりやすくなったか、あるいは起こりにくくなったか、また、どの程度強度が増したかなどを算出し、地球規模の気候変動と個々の極端な気象現象との関連性を解きほぐすことができる手法が開発されている。

その答えは現象ごとに異なり、天候の種類や場所、時期やその強度、発生する範囲や期間次第となる。気候変動によって全ての極端な気象現象がより一般的になり、ひどくなっているというわけではない。気候変動によって発生率が下がるものもあれば、それほど変わらないものもある。従って、ジャーナリストが、存在しないかもしれない関連性をつくることに慎重になるのは当然である。

人々がますます経験するようになっている極端な気象現象に対する気候変動の影響について、その関連性を誇張したり過小に報道したりすることを避けながら、視聴者や読者に向けて最善のかたちで発信するにはどうすれば良いか?本ガイドは、温暖化する世界において、ジャーナリストが極端な気象現象を正確に報道するために役立つ情報を提供することを目的としている。

イベント・アトリビューション研究 概要

個々の気象現象の背景に、ある特定の要因があることの証明を行う(アトリビューション)という発想は、自宅が床上浸水する最中にあったある気候科学者によるものだった。水面が上昇するのを見ながら、科学者はその責任のありかについて思いを巡らせた。地球規模の気候変動の局地的な影響への責任は誰にあるのか? また、厳密な科学的手法でこの関連性を見出すことは可能だろうか?

イベント・アトリビューション研究は、ある特定の極端現象の発生確率および/または強度が気候変動によって高まった(あるいは下がった)かどうか、またその程度を割り出すものである。

最初のイベント・アトリビューション研究は2003年の熱波に関するもので、その翌年に発表された。2003年の夏、西ヨーロッパは異例の暑さとなり、前例のない広範囲に及ぶ熱波によって**7万人が死亡した**。この西ヨーロッパ全域に及ぶ大惨事を受けて、研究者は気候変動の役割を解き明かすべく気候モデルを用いた。

研究は以下のステップで行われた:

- **最初に**、人間活動によって温暖化した近代の気候を、数千回にわたってシミュレーションした。簡単に言えば、気候モデルシミュレーションを同じ条件で何度も行い、現在の気候にいわば数千年に及ぶ気象を作り出すというものである。極端な気象は稀にしか起きないため、当然ながらこの方法はその研究に役立つ。これらのシミュレーションの中で、2003年の現象と同じくらい極端だった熱波が発生した回数を数えた。そして、たとえ温暖化した世界においても、それは非常に稀な出来事であったことを発見した。

- **次に**、温室効果ガスやエアロゾルなど人為起源の排出がなかった場合の気候を再現し、人為的な気候変動の実質的な影響を取り除いた。化石燃料の燃焼により大気中に排出された温室効果ガスの量は明らかであるため、これは比較的簡単に行える。その後、2003年のような極端な熱波が発生した回数を数えた。それはまたしてもはるかに稀であった。つまり、あまりに稀であったため、2003年の現象は、人間の影響なくしてほぼ起こり得なかった。
- **最後に**、地球温暖化がある場合とない場合の発生回数を比較し、人為的な気候変動の影響がヨーロッパの夏のような現象が発生する確率が少なくとも2倍、おそらくそれ以上に高めたという結論に至った。

2004年以降、多くの国の研究者によって、世界各地で発生する気象現象のアトリビューション研究が行われている。研究者と研究は共に**先進国に大きく偏っている**ものの、現在では様々な種類の極端な気象現象を評価するための確立した手法が存在している。その手法はここに記載されているように、上述の3つの手順より発展したものが現れてきている。

最初に、科学者は極端現象を定義する。これは非常に重要なことである。なぜなら、同じ現象、例えばイギリスを襲った熱波であっても、「ロンドンで30°C以上の日が3日あった」、あるいは「イングランドとウェールズで25°Cを超える日が10日あった」というように、複数の説明が可能だからである。ここで何を選擇するかは、アトリビューション研究の結果を左右する。現代のアプローチでは、複数の定義ごとに結果を割り出すというものである。これにより、科学者は現象の定義が結果にどのような影響を与えるかを

知ることができ、その影響と最も関連性の高い特徴に向けて、研究を調整することができる。上記の例で言えば、ロンドンの熱波は狭い地域で発生したものの、はるかに深刻であったため、より大きな影響を与えた可能性がある。

アトリビューション研究は現在、それぞれ異なるが互いに関連する、3つの手法からなる。一つ目は、上述したステップである。これは、気候モデルを用いて近代の気候と産業革命以前の気候を再現して比較するという、現代の方法論の一部を説明している。ここでは、その比較を確実にを行うために、多数の異なる気候モデルが用いられる。二つ目の手法は、同様の現象の発生確率がいかに変化したかを知るために、現在および過去の気象観測データを組み入れた手法を用いる。そして三つ目は、気象観測と同じ要領で気候モデルを用いる。人為影響がある世界と

ない世界を再現するのではなく、ある年代(例えば1900年)から今日までの気候を、徐々に増加する人為起源の温室効果ガスの排出を考慮しつつ再現する。これにより科学者は、全体的な発生確率の変化を計算するだけでなく、極端の傾向を検出することができる。気候変動の影響を評価するうえで、様々な気候モデルに加えて複数のアトリビューション手法を用いることで、**結果の信頼性が高まることになる**。

これらの研究結果をもとに、科学者は、「この現象の発生確率は、人為起源の気候変動によって少なくとも2倍になった」、あるいは「この熱波は、温暖化がない世界よりも3°C上昇した」、といった形で気象現象に関して発言ができるようになる。また、ある現象は前例がなく気候変動なしのモデルでは再現されていないため、「気候変動がなければほぼ起こり得なかった」、と言うことができるかもしれない。

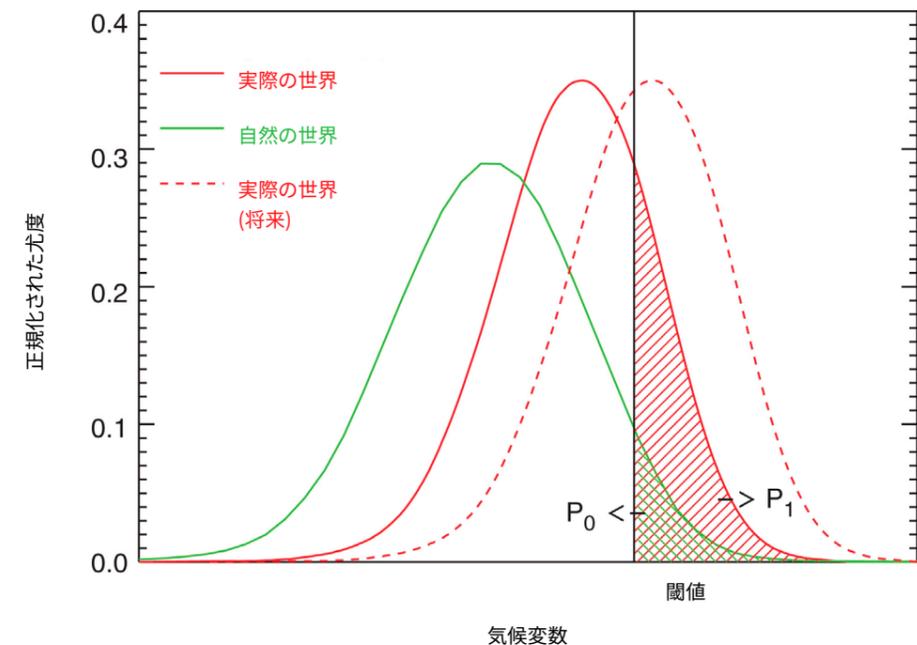


図1 | イベント・アトリビューション研究の例 (Stott et al., 2016)。2つの曲線は日々の気温などの気候変数を示している。平均気温は発生確率が最も高い(曲線の頂点)一方で、極端な気温(曲線の両端にある高温と低温)の発生確率は最も低い。緑の曲線は、これらの気温が「人為影響による温暖化のない産業革命以前の世界」で発生した確率を表している。赤の曲線は現在の地球における発生確率である。しきい値は、極端現象(この例では非常に暑い日)の発生時に設定される。網掛け部分の面積の大きさを比べると、現代社会でどの程度現象が発生しやすくなったかが分かる。点線は、将来、気象が今後さらにどう変化するかを示している(この場合、現在の気候の下での非常に暑い日は、将来の気候においては相対的に涼しい日になる可能性を示唆している)。

世界各地の極端現象に関するイベント・アトリビューションの研究結果(現時点で400以上)のデータベースは、[Carbon Brief](#)にて公表されている。2014年より、欧州のアトリビューション科学者が協力する「[ワールド・ウェザー・アトリビューション\(WWA\)](#)」が、数々の即時アトリビューション研究を実施してきた。WWAは、気候変動が与えた影響に関する結果をなるべく早く(場合によっては現象がまだ起きている最中に)導き出すことを目指している。この研究では与えられた時間が短いことから、結果は査読に先立って発表されることになるが、手法自体は査読されたものを用いている。

より最近では、アトリビューション研究は様々な人たちに活用されている。例えば、「[Juliana vs 米国](#)」、「[Pabai Pabai と Guy Paul Kabai vs オーストラリア連邦](#)」、「[Lluyia vs RWE](#)」などの気候変動訴訟のほか、[国際刑事裁判所\(ICC\)](#)におけるブラジルのボルソナロ大統領の告訴の証拠などに用いられている。訴訟事例におけるアトリビューション研究の効果的な活用は、急速な進展を見せる研究分野である。さらに、気候変動コミュニケーションのツールとしてのアトリビューションに関する研究が示唆するように、「(アトリビューション研究)は(気候変動コミュニケーションのツールとして)将来性を見せている(中略)。なぜなら、それは新しく人の目を引く現象固有の科学的な情報を、個人として経験または観察した極端現象に結びつけることができるからである。」

イベント・アトリビュション研究 事例

Bangladesh の洪水

2017年8月

- 現象:** 2017年8月、Bangladesh は豪雨に見舞われ、上流のインドからさらに水が流入して大河川流域に合流した。この水のほとんどがジヨムナ川流域に流れつき、堤防が決壊したことで、同国北部において記録的な氾濫と広範囲に及ぶ洪水を引き起こした。この洪水は700万人近い人々の家や暮らしに影響を与えた。

- 気候変動との関連性:** 本現象に関するアトリビュション研究では、極端な降雨の強度が気候変動により高まったのかどうかについて結論を導き出すことができなかった。これは、一つには降水量の記録が不足していることによるもので、また南アジア域の硫酸エアロゾルが局地的な冷却効果をもたらし、地球温暖化を部分的に相殺していることにもよる。ただし、将来的2°C温暖化した場合、このような極端な降雨現象が発生する可能性は70%高くなる。

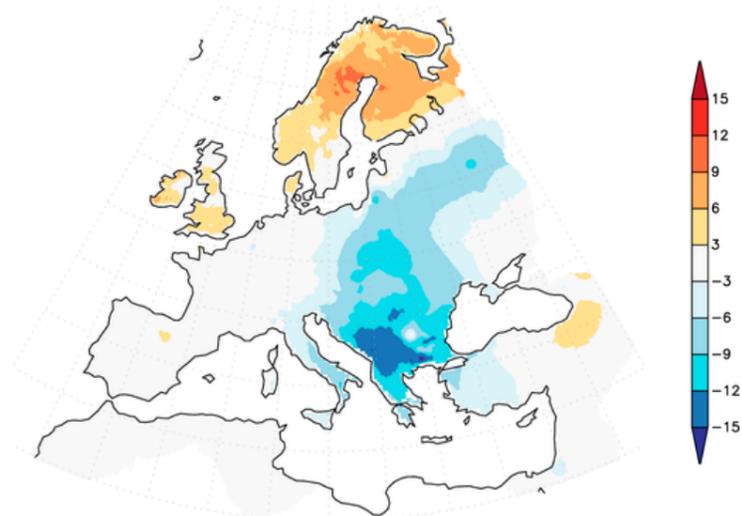


図2 | 2017年1月7～11日の5日間にわたるヨーロッパにおける日平均気温の平年値からの偏差(平年差)。出典: World Weather Attribution (2021年10月27日にアクセス)

ヨーロッパ東南部の極寒

2017年1月 | 図2

- 現象:** 2017年1月、高気圧がイタリア、バルカン諸国、トルコに極端な低温と降雪をもたらした。影響を受けた地域では、同時期の平均気温を5～12°C下回り、その異常な状況によって学校閉鎖や交通事故、フライトの欠航が起こった。
- 気候変動との関連性:** このような現象は全く前例がないわけではなく、概ね35年に1度発生している。同地域の気温は非常にばらつきがあるため、地球温暖化の影響を定量的に評価するのは不可能だった。とはいえ、本現象のような急な寒気は、人為起源の気候変動以前にはより寒いものであったことは明白である。

西ヨーロッパの熱波

2019年7月 | 図3

- 現象:** 2019年7月末に、西ヨーロッパとスカンジナビアでは3～4日間気温が急上昇し、2003年夏の記録を破った。オランダとベルギーでは、気温は初めて40°Cに達した。
- 気候変動との関連性:** フランスとオランダでは、気候変動により、少なくともこの熱波と同じくらい暑くなる現象が発生する可能性は約100倍になっている。ドイツとイギリスでは、その可能性は約10倍に高まった。影響を受けた地域全体では、(気候変動がない場合と比較して)気温がおおよそ1.5～3°C高かった。

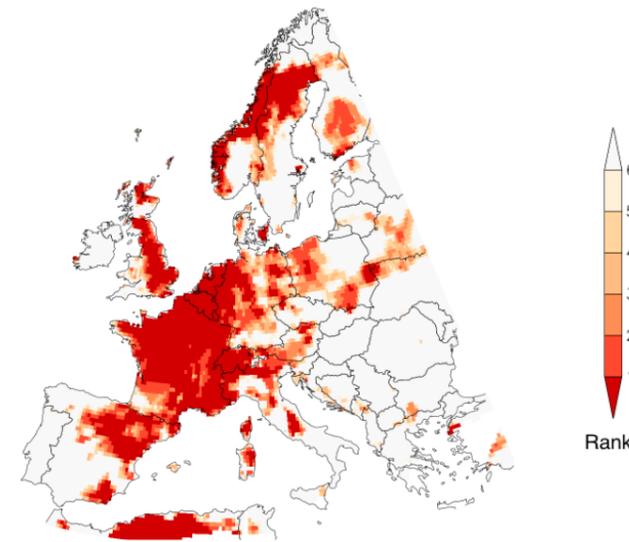


図3 | 1950～2018年との比較による2019年にヨーロッパで観測された年最高気温のランク。出典: World Weather Attribution (2021年10月27日にアクセス)

ケープタウンの干ばつ

2015～2017年 | 図4

- 現象:**南アフリカの西ケープ州では、2015～2017年にかけて3年連続で降水量が平均を下回った。地域全体の貯水池の水量は激減し、これらの貯水池に依存するケープタウンは、市の水道水が枯渇する「デイ・ゼロ」寸前の事態となった。14のダムとパイプラインからなる水管理システムは、50年に1度の干ばつを緩和するように設計されている。しかしながら、同地域の水管理は**政治活動**や**汚職**の温床だと非難されている。
- 気候変動との関連性:**現在の気候においてはこのような現象は依然として稀(概ね100年に1回)であるが、気候変動によってその発生確率は3倍になっている。

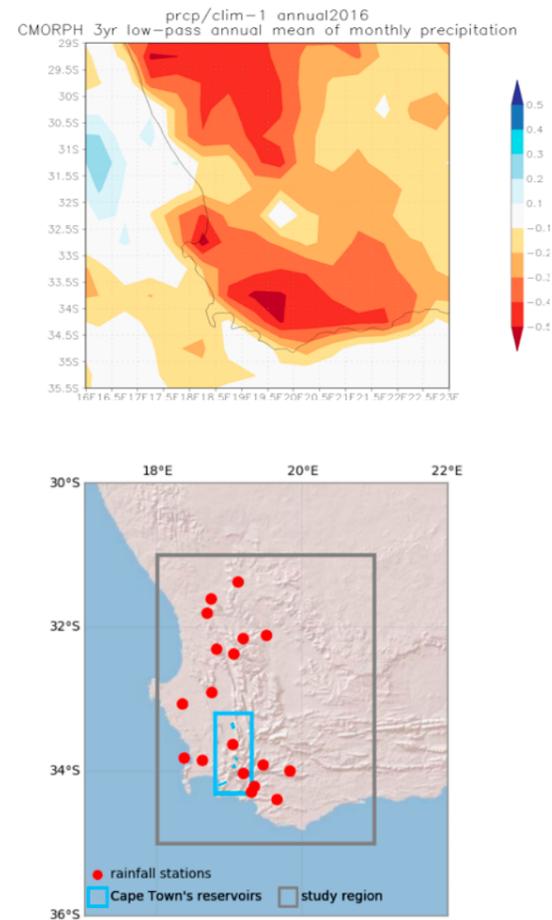


図4 | (上) 1998～2014年との比較で見ると同地域における2015～2017年の降水量の偏差。(下) 調査地域(灰色の四角)と貯水池の場所(青色の四角)。出典: [World Weather Attribution](#) (2021年11月3日にアクセス)

アトリビューション研究がない場合における極端現象の報道の仕方

なぜアトリビューション研究がない場合があるのか

2004年に最初の研究が発表されて以来、400を超える極端な気象現象がアトリビューションを用いて研究されているが、これは、その間に社会に影響を与えた極端現象の総数のごく一部にすぎない。

たとえ即時のアトリビューション研究であっても、数人の研究者が最低でも数日にわたり全力投球で取り組む必要があり、現在のところ、全ての主要な気象現象にこれを行うのは不可能である。例えばワールド・ウェザー・アトリビューション(WWA)にしても、未だ完全にボランティアで運営されている。

また、どの現象を研究するかは、現象の種類によって制限される。気象現象の中には、地球温暖化との関係が他と比べて一段と複雑なものがある。熱波は最も単純なケースである。大気中に熱がより多くあると、暑い天気の可能性がより高くなる。また、より暖かい空気はより多くの水蒸気を含む傾向にあることから、降雨も比較的分かりやすい。そのため、これらの現象はより頻繁に研究されている。

一方で、干ばつや吹雪、台風、森林火災は、より複雑である。例えば、干ばつは多くの場合、降水量の低下、高温、および大気と地表面の相互作用が様々な形で組み合わさることによって生じる。さらに干ばつは、より長期間にわたって継続する。こうした複雑さは、いくつかの課題をもたらす。これらの現象を効果的に理解するには、過去の気象の観測は一貫性があり、質の高いものでなければならず、また気候モデルはこれらの複雑な現象を再現できなければならない。

では、報道で何が言えるのか

アトリビューション研究がない場合においても、気象現象と気候変動の関係について報道することは可能である。その裏付けは2つある。第一に、アトリビューションという分野はまもなく20年目を迎えることから、多くの新規現象に関しては、以前に生じた同様の現象のイベント・アトリビューション研究がすでに存在している。これらの研究は、新たに発生した現象に対する気候変動の影響を読み解く手がかりとなる。第二に、多くの地域における重要な気象現象の発生過程について、比較的深く理論的な理解がなされており、2021年に発表されたIPCCの第6次評価報告書の第1作業部会(WG1)は、私たちがすでに目にしている気象の変化について、その概要を示している。

本ガイドの残りの部分では、アトリビューション研究がない場合に、極端現象と気候変動の関係について、気候科学をもとに私たちが言えることと言えないことを示している。

いくつかのケースでは、全体像がはっきりしていて、世界中のどの地域に対しても、高い確信度をもって速かに見解を述べるのが可能な場合もある。また、特定の地域や極端現象の特定の部分に関してとある見解を述べる際に、確信度が低くなる場合もある。視聴者や読者に正確な情報を提供するために、このニュアンスは重要になる。

災害は極端な気象現象以上のものである

極端な気象現象について報道する際、洪水や干ばつ、熱波などの自然災害は、気候変動とは無関係に社会的な脆弱性の結果として災害となる点を強調することが大切である。ほとんどの場合、人々の社会経済的な地位が、それぞれが受ける影響のばらつきを左右するため、誰と何が被害に遭ったかが、気象が災害となるかどうかを決定する。さらに、多くの自然災害は、単に自然に発生するだけでなく、人間活動による気候変動によって発生する確率と強度が高まっている。

熱波

人為起源の気候変動によって、今や世界で起こるどの熱波も、その強度は強まり、発生確率は高まっている。

地球温暖化は、地球全体の平均気温として測定される。これは、人々が実際に経験するものではない。平均気温が上昇するにつれ、特定の時点における特定の場所で起こりうる気温の範囲も、変化することになる。これは、全ての場所で、暖かい日が生じる可能性がやや高まり、若干涼しい日が生じる可能性がやや低くなるということを意味する。かつては「極端」とされた気温は、今では単に「普通でない」ということになる。そして、以前にはほぼあり得なかった気温が、「極端」の新しい定義になる。ここで重要なのは、発生確率の変化は、最も極端な温度の下で最も速く生じるということである。これは図1(7頁)を見れば明確であり、曲線の中央近くでは、特定の温度が生じる確率は僅かな高まりを見せる一方で、分布の「末端」部の温度は、温暖化した世界において発生確率が数倍になっている。従って、地球の気温が1°C上昇すれば、熱波は1°C以上高くなることになる。

2021年に発表されたIPCCの報告書は、平均および極端な熱は地球上のどの大陸でも増えており、それは人為起源の気候変動によるものだとはっきりと述べている。

- 産業革命以前の気候で**10年に1回**発生したような熱波は、現在では10年に2.8回発生し、1.2°C高くなる。2°Cの地球温暖化では、5.6回発生し、2.6°C高くなる。
- 産業革命以前の気候で**50年に1回**発生したような熱波は、現在では50年に4.8回発生し、1.2°C高くなる。2°Cの地球温暖化では、13.9回発生し、2.7°C高くなる。

これらは中程度の熱波に関する、地球全体の平均値である。しかし、特定の場所において極端な熱波が生じる可能性は、気候変動によって数百倍になりうる。これは、個別現象のアトリビューション研究において示されている。2021年にカナダ西部と米国を襲った記録破りの熱波や、**2020年のシベリアの熱波も、人為起源の気候変動なしにはほぼ起こり得なかった**。また2015年にインド北部とパキスタンで発生した致命的な高温多湿現象は、いずれも気候変動によって**発生確率が劇的に上昇していた**。他の研究でも、**中国、アルゼンチン、ヨーロッパおよび北米全域、北アフリカ、中部アフリカ、オーストラレーシア**、ならびに**東南アジア**に関して同様の結果を示している。これらの例はあくまでも全文献の一部にすぎない。

アトリビューション研究は一貫して、暑熱の傾向は、より高温で、より一般的な熱波として現れていることを確かに示しており、それぞれが何百万人もの人々に影響を及ぼす可能性がある。

限界と留意点

地球温暖化とより激しくそして頻繁になっている熱波との関係は、世界のあらゆる地域で非常に強いものであり、これらの発言をする際に注意すべきことはほとんどない。これは、各国の気象当局によって発表される破壊的で大規模な熱波についてであっても、各地域の温暖な日についてであっても当てはまる。

以下に、些細だが気を付けた方が良い注意点を挙げる：

- 熱波の「原因」** — 熱波は大気の流れによって形成される。例えば、**惑星波(プラネタリー波)**として知られるジェット気流の巨大な蛇行は、極端な高温を長引かせる可能性がある。顕著な例として、2003年のヨーロッパで7万人、2010年のロシアで5万5千人の死者を出した。2020年の冬と春にシベリアで生じた異例の暑さは、一つには北極付近の様々な大気の動力学によって引き起こされた。非常に強いジェット気流が曇り空(従ってより穏やかな天候)を作り出し、比較的暖かい空気を北方に引き込んだ。気候変動がこれらの惑星波や「動的」な効果にどの程度影響を及ぼしているのかについては、議論が続けられている。影響を示す研究(広く発表されているものが多い)がある一方で、示さない研究もある。結論には至っていない。それが将来的に熱波の発生確率および強度をわずかに高めることも、下げることもありうる。いずれにせよ、この類の影響は、現時点では地球温暖化が極端な熱波に及ぼす直接的な影響に比べれば、はるかに小さい。

- 熱波のアトリビューションに関する矛盾する報道?** — 一般に、地域全体や国土の大きい国(西ヨーロッパ諸国やブラジルなど)を襲う熱波、または夏の間ずっと続くなどの長期間にわたる熱波は、地球温暖化との直接的な関係がより強いと言える。例えば、西ヨーロッパで夏の間中に生じる熱波は、イングランドで3日間発生する熱波よりも、地球温暖化による大きな影響を示す可能性が高い。過去、このことが、複数の研究が一つの現象についてそれぞれに異なる定義をする場合、**一見矛盾するよう見える報道記事**を生じさせた。例えば、2018年のイギリスの熱波は、発生の可能性が(地球温暖化によって)「少なくとも2倍」になったとも「30倍」になったとも報じられた。前者はオックスフォードにおける3日間にわたる熱波に関するもので、後者はイングランド南東部の夏全体の平均気温に関するものであった。いずれにしても、とにかく、ジャーナリストは、極端な高温については、人為的な気候変動の影響によるものとして、自信をもって報道する必要がある。
- 慎重になりすぎる** — 暑熱に関しては、慎重になりすぎること、誤った報道をする危険性がある。記録破りの熱波はますます増えており、これは急速な温暖化の直接の結果である。また、世界の多くの地域で熱波が同時発生する可能性が桁違いに高くなっており、それは単独の現象よりも、人、農業、および食料システムに大きな影響を与える。研究は、これらの「複合現象」は気候変動なしには**ほぼ起こり得なかった**ことを示している。

洪水

人為起源の気候変動によって、極端な降雨は世界の大半の地域、とりわけヨーロッパ、アジアの大部分、北米中部・東部、および南米、アフリカ、オーストラリアの一部において、より一般的になると共に、激しさを増している。その他の地域に関しては、まだ変化について確信をもつことはできない。これらの地域では、気候変動の影響の結果として、洪水の発生頻度と強度が高まっている可能性が高いが、その他の人為的要因の影響も受けている。

気候変動は次の2点において豪雨に影響を与える。第一に、より暖かい大気はより多くの水蒸気を「保持」する。なぜなら、水分子は温度が高いほど速く移動するため、液体状態よりも、空気中の蒸気として気体状態にある傾向が強いからだ。科学者はこれを「クラウジウス・クラペイロンの式」を用いて表す。この式は、1℃高い大気では水蒸気量は7%増加することを示す。つまり、気温の上昇によって、ある大雨の降水量が増加することが分かる。気候変動が世界的に極端な降雨の増加を引き起こしている理由は、これによって大方説明できる。

第二に、暴風雨や集中豪雨などの豪雨は、複雑な気象現象と特定の大気循環パターンから生じるが、気候変動はそうした豪雨が発生する気象状況を私たちが目にする頻度にも影響を及ぼす。ただし、これを気候モデルで再現するのは一段と困難であるため、アトリビューション研究では、使用するモデルがそうした気象状況を正確に反映できるようにしている。だがいずれにしろ、この点はそれほど重要でないかもしれない。なぜなら、北ヨーロッパで実施されたアトリビューション研究は、これまでのところ、豪雨現象を引き起こした大気循環に対する人的影響は、わずかであったことを明らかにしている。

極端な気象現象に関連する災害形態のうち、洪水は最も頻繁に報道されている（しかし、熱波などの他の極端現象は、とりわけ南半球の途上国においては毎度報道されているわけではない。そのため、必ずしも洪水が最も頻繁に発生しているというわけではない）。洪水には、河川や地下水、沿岸、鉄砲水など、様々な種類がある。これらは、沿岸洪水を除いては、気候変動が大きな役割を担う豪雨によってある程度引き起こされている。従って、沿岸洪水については後掲の「限界」の項で軽く触れることとし、それ以外の場合、ここでは降雨による洪水に言及する。

1950年以降、豪雨の発生頻度と強度は世界の大半の地域で高まっており、それは現在、主に人為起源の気候変動によるものであることが分かっている。どの地域においても、豪雨の発生確率の大幅な低下は見られていない。IPCCの報告書は、地球全体で見ると、ある場所において人為影響のない気候では10年に1回発生したような豪雨は現在では10年に1.3回発生し、降水量は6.7%増加していると述べている。また、2℃の地球温暖化では、その頻度は10年に1.7回となり、降水量は14%増加するという。

アトリビューション研究は、一部の地域に関しては気候変動の影響を強く示しているが、その他の地域については変化はより小さいものとなっている。例えば、2015年の暴風雨「デズモンド(Desmond)」は、イングランド北部とスコットランド南部に大洪水をもたらした。この暴風雨による総降雨量は、人為起源の気候変動によって発生確率が約59%高まった。一方で、2017年にバングラデシュで発生した破壊的な洪水については、温室効果ガスが及ぼした影響は(たとえあったとしても)非常に小さいものだった。

総括すると、傾向とアトリビューションを組み合わせれば、ヨーロッパ、アジアの大部分、北米中部・東部、オーストラリア北部、南米北東部、および南部アフリカに関しては、気候変動によって降雨による洪水が増加したという確信がもてる。一方、アフリカ、オーストラレーシア、および中南米の広域に関しては、変化は不確かであり、確信をもって述べることはできない。

限界と留意点

- 一部の地域における不確実性** — 気候変動と豪雨に関する発言は、暑熱ほどに確信度が高いわけではなく、世界各地で異なる。それには複数の理由がある。降雨は、気候モデルで再現するのが往々にして難しい複雑な現象から生じるものであり、また世界各地における降水量の観測は歴史的に散発的で一貫性に欠けることが多く、それが傾向の観測を一段と困難にしている。つまり実際面では、傾向の確信度がより高い地域についてのみ、個々の降雨現象に気候変動が影響を及ぼしているという確信を持つことができるということであり、同時に不確実性が大きいことを認識する必要がある。その例外は北ヨーロッパと北米中部であり、これらの地域では最も確信度が高く、科学的な不確実性は比較的小さい。

- 降雨は洪水と同じではない** — ここで述べたことは、豪雨に関するものである。豪雨が洪水になるには、その他の要因が関わることになる。それには、土地がどのように使われているか（農業、森林伐採、都市化など）や水管理の質、洪水防止といった人間の行動に関わる課題がある。例えば、中程度の降雨であっても、排水システムが非常に粗末で、人口密度の高い都市では大洪水を引き起こしうる。いずれの洪水も、人々の脆弱性および危険にさらされる度合いに関連する要因が大きく関わっている。

- 沿岸洪水** — これは強風と高潮によって引き起こされる。従って、暴風雨の強度と海面水位が2つの主要な要因となる。風による沿岸洪水の増加傾向は小さい。しかし、海面上昇を通じて、気候変動の沿岸洪水への寄与はますます高まっている。いずれの沿岸洪水も、気候変動がない場合に比べて(潮位が)上昇している。この影響だけでも、**2100年までに多数の場所**で100年に1度クラスの高潮が1年に1回発生することになる。温室効果ガス排出量の多いシナリオでは、さらに多くの場所が影響を受けることになる。

- 複合洪水(compound flooding)** — 大雨と強力な高潮が組み合わさることで、沿岸都市やコミュニティに壊滅的な打撃を与える。気候変動は、**北米都市や北ヨーロッパ各地**においてこうした二重苦現象の発生率を高めていることが分かっており、その他の地域でも同様のことが言える可能性がある。

熱帯低気圧 (ハリケーン、台風、サイクロン)

地球全体で1年間に発生する熱帯低気圧の総数は変わっていないが、気候変動は非常に強力かつ破壊的な暴風雨の発生頻度を増やしている。熱帯低気圧による極端な降雨は、その他の発生源による降雨と一致して大幅に増えている。高潮の潮位は、気候変動による海面上昇により上昇している。

気候変動は、主に次の3点において熱帯低気圧に影響を及ぼす。一つは、**降水量の増加**である。熱帯低気圧は、地球上で最も極端な降雨現象である。そのため、あらゆる極端な降雨現象と同様、空気が暖かくなることで、雨となって降り落ちる水蒸気が増える。これらの現象の降水量はすでに非常に極端なため、割合(%)で表すことができる。熱帯低気圧では、降水量の絶対値の増加率が最大となっている。

2つ目は、海水温の上昇である。暖かい海水は熱帯低気圧を引き起こし、それに拍車をかける。それゆえ気候変動は、より強力な暴風雨が発生し、それが急速に激化し、より多くの水を含みながら陸に到達するという状況を作り出す。テキサス州で発生したハリケーン・ハービーの降水量は、メキシコ湾の海水温の記録的な温暖化の影響なしには**ほぼあり得なかった**。これはまた、より北方または南方で、熱帯低気圧が発生するということを意味する。気候変動が海を温暖化させる前であれば、低気圧を発生させるほどには海面温度は高くなかったであろう場所においてである、科学者は、熱帯低気圧の発生数の全体的な増加を観測しておらず、それを予測してもない。しかし、より強力な熱帯低気圧と共に、これまでに前例のない場所における事例を目にするようになると予測している。

3つ目は、海面上昇である。「洪水」の項で述べたように、高潮は、気候変動によって増加する熱帯低気圧による被害の主要な構成要素となっている。

熱帯低気圧の過去の記録はかなり限定的であり、傾向の見極めを難しくしている。だが、世界的に総数は変わっていないとはいえ、その発生が見られるいずれの地域においても、大型の熱帯低気圧(ハリケーンの種類等級サファ・シンプソン・ハリケーン・ウィンド・スケールでカテゴリー3~5)の**発生頻度が高まっている**ことが現在明らかになっている。すべての熱帯暴風雨による被害の圧倒的大部分は、これらの低気圧によって引き起こされている。

現在、複数の主要な熱帯低気圧の発生海域における現象については、アトリビューション研究がなされており、個々の現象の変化を示している。北大西洋で発生したハリケーンの、**カトリーナ、イルマ、マリア、ハービー、ドリアン**、および**フローレンス**の降水量は、いずれも気候変動によって増加し(それぞれ4%、6%、9%、15%、7.5%、5%)、これらの暴風雨による被害総額は5,000億米ドルを超えた。また、北太平洋で発生した**台風モラクット(Morakot)**の降水量は、2.5~3.6%増加し、ハワイ周辺、東太平洋、およびアラビア海における最近の極端なサイクロン・シーズンは、気候変動によって出現の可能性が高まっている。

さらに、気候変動は、個々の高潮に対しても影響を与えている。例えば、**ハリケーン・サンディー**による**洪水に見舞われた地域**は気候変動によって拡大し、それに伴い被害家屋数は71,000件、被害額は81億米ドル増加した。また、壊滅的な被害をもたらした**台風ハイエン(Haiyen)**による**高潮の潮位**は、気候変動がない世界で発生する同様の現象に比べておよそ20%上昇した。

限界と留意点

- **発生頻度には傾向はない** — 非常に激しい暴風雨がより頻繁に発生しており、気候変動は全体的な熱帯低気圧の活動を一段と活発化させているが、発生総数を増加させてはいない。
- **単一の台風の強度における気候変動の影響は分からない** — 熱帯低気圧のアトリビューション研究は、降水量および高潮の増幅に焦点を当てている。非常に激しい暴風雨の発生数は年々大幅に増えているものの、個々の暴風雨が気候変動によって激化したかどうかについてはまだ分かっていない。単一のモデルを用いた研究が1件なされているだけである。しかし、気候変動なしには起こらなかったであろう熱帯低気圧の**激化が、より温暖化する海によって実際に引き起こされる**ことを示す証拠は増えている。
- **急速な激化** — 気候変動は、極めて暖かい海水温によって、急速に強まる台風の発生数を増やしている。急速に強まる台風は、特に上陸直前に強まる場合は緊急事態への備えを促す警告に欠けることから、徐々に激化するものよりもはるかに危険となる可能性がある。ハリケーン・マイケルおよびハービーは、近年急速に強まったハリケーンの例である。

- **暴風雨は極地に向かっている** — 海水温が上昇する中、暴風雨が赤道からさらに遠ざかることを推測するのは理にかなっている。これまでのところ、北太平洋の西部で発生し東アジアおよび東南アジアを襲った熱帯低気圧の北方移動についてのみ、地球温暖化の直接の結果であるといえる。そのため、熱帯低気圧は、歴史的にそうした現象の発生を予期する理由がなく、備えができていない場所を襲う可能性がある。

大雪

極端な低温の発生確率と強度は、世界中の全ての事例において、気候変動によって低下している。ほとんどの場所において、大雪現象がどう変化したかは明らかでないが、東アジア、北アジア、北米およびグリーンランドの一部で、強度が増している可能性がある。

世界各地で地表温度が劇的に高くなっている。これは、降水量が増えることを意味するが、この増加のほとんどは雪ではなく雨というかたちで起こっている。しかし、この法則の例外が、北米、北アジア、東アジアおよびグリーンランドの一部で起きている可能性がある。なぜこうした例外の可能性があるかというと、雪が降るほどにまだ寒い場所では、気温の上昇が大気中の水蒸気を増やし、それが雪となって降る可能性があるためである。これらの場所では、年間に雪が降る期間はより短く、頻度も低くなっているが、時にその強度が高まる場合がある。

これまでのところ、気候変動によって大雪がどう変化したかについての確信度は低い。これは、多くの場所で大雪の観測記録が希薄であり、気候モデルでのシミュレーションが難しいためである。

アトリビューション研究は、ごく少数の近年の大雪現象についてのみ実施されている。その結果は、気候変動との関連性がないことを裏付けたか、確信をもって結論を述べることができなかつたかのいずれかとなっている。例えば、気候変動は2013年に見られたように、サウスダコタ州において初秋の降雪の発生確率を低下させた可能性があるが、それは科学的な確信をもって述べることができない。同じく2013年に、ピレネー山脈のスペイン側で生じた非常に大量の積雪は、気候変動の影響ではなく、ひとえに自然変動によるものであった。また、2016年に米国の中部大西洋沿岸東部を襲った吹雪「ジョナス」には、気候変動は影響していなかった。

その一方で、東アジア、北アジアおよび北米の一部やグリーンランドなど、北半球の高緯度地域では、1950年代以降、気候変動によって大雪がより激しくなった可能性がある。北米に関しては、これは標高の高い地域の冬場に対しておそらく言えるが、それ以外の時期や低平地にはあまり当てはまらない。

限界と留意点

- 極渦** — 冬の極渦は2つある。一つは対流圏で形成され(ジェット気流)、もう一つは成層圏で形成される(成層圏極渦:SPV)。これらの極渦が弱まると、ユーラシア大陸と北米一帯における冬の極端な気象の発生につながる。弱まったジェット気流は蛇行する傾向にあり、北極から冷たい空気を引き込みうる。一方、弱まった成層圏極渦は崩壊して「成層圏突然昇温」現象を発生させる傾向にあり、それによって非常に冷たい空気が南下することになる。これは、気候変動と関係がある。なぜなら、極渦は、北極とより南方の地域との間に生じる温度差によって生じるからである。北極はより南方の土地よりも急速に温暖化していることから、気候変動は、それぞれの極渦を弱める可能性がある。だが、これまでのところ、ジェット気流と成層圏極渦が弱まっているという証拠があるものの、それが気候の自然なゆらぎの領域外で起きているかどうかはまだ確実でない。

- 明確には言えない** — 現在、特定の大雪現象の発生に(発生確率の上昇あるいは低下という形で)気候変動の影響が及んでいる可能性は非常に限られている。北米、北アジア、東アジア、およびグリーンランドにおける特定の大雪現象に関しては、(気候変動と)関連があるかもしれないと推測することはできるが、確信度は低い。
- 温暖化する世界における雪(および極端な低温)** — 気象(weather)と気候(climate)は同一でない。気候は、長期(多くの場合は数十年間)かつ広域(通常は国または地域)における気象の平均である。古い格言によれば、気候は期待するもので、気象は得るものである。平均して温暖化する世界においても、気象の自然のゆらぎにより、いつ何時でも極端な低温と降雪は発生しうる。いくつかのアトリビューション研究は、温暖化する世界では極端な低温現象が発生する可能性が低くなっていることを示しているが、それが不可能になっているわけではない。健康的かつ活動的なライフスタイルを送ることは人が病気になる確率を低下させるが、それは丈夫で健康な人が病気になるのは不可能なわけではないのと同じである。

干ばつ

干ばつは、一部の地域（ヨーロッパ、地中海沿岸地域、南部アフリカ、中央アジア、東アジア、オーストラリア南部、北米西部など）でのみ、気候変動によってより一般的になると共に、激しさを増している。また、西アフリカ、中部アフリカ、南米北東部、ニュージーランドにおいて、発生頻度の高まりを示すいくつかの証拠がある。

気候変動は幾通りかで干ばつに影響をおよぼすが、中でも次の2つによる。一つは蒸発である。空気が暖まるにつれ、陸上からより多くの水が蒸発することになる。もう一つは降雨である。世界的に個々の降雨現象はより水量を増し、より短期的かつより激しく雨を降らせている。より大量に降る雨は、地面を水浸しにし、河川に直接流れ込む傾向が強いため、これは重要である。それに対し、同量だが中程度の雨がより長期にわたって降った場合には、土壌水分と地下水の蓄えを保持する傾向にある。そのため、たとえ総降雨量が変わらなくても、一部の場所で干ばつが悪化する可能性がある。現在、オーストラリア北部で起こっているだけの証拠しかないが、一部の地域では総降雨量は増加しており、その分干ばつの可能性を概して低下させている。しかし、その他のいくつかの地域では、最も激しい雨の発生頻度が高まっている一方で、平均降水量が減っている。こういう場所で、干ばつの変化は最も顕著になっている。総括すると、蒸発量の増加、より散発的かつ激しい降雨、そして平均降水量の減少の複合的な結果により、渇水が起りやすい地域および季節に、干ばつの発生はより一般的になる。

干ばつは複雑である。干ばつには様々な形態があるため、気候変動との関連性に簡単な答えはない。農業干ばつと生態学的干ばつは、土壌水分の不足によるもので、気象干ばつ、水文干ばつ、および地下

水干ばつは、それぞれ、降水量の不足、河川水位の低下、地下水の減少によって生じる。農業および生態学的干ばつは、気候変動の影響を最もはっきりと示しており、最新のIPCCの報告書でも詳述されている。また、それらは食料システムおよびより広範な自然システムへの影響と直接関係している。

これらの干ばつの発生リスクが高まっている地域として、北米西部、中央アジア、東アジア、地中海沿岸地域、中部アフリカ・西アフリカ・南部アフリカの一部、南米北東部、およびオーストラリア南部などが挙げられる。干ばつの深刻さを表すために科学者は、ある場所の状態が通常時と比べてどれほど異常かを示す標準偏差を用いている。これは、年間降水量および土壌水分量が大きく異なる地域間での、乾燥傾向の比較を可能にする。IPCC報告書によれば、上に挙げた乾燥化地域全体では、ある場所で10年に1回発生したような干ばつは、現在では10年に1.7回の頻度で発生し、乾燥強度は+0.3標準偏差で増している。2℃の地球温暖化では、10年に2.4回の頻度で発生し、乾燥強度は+0.6標準偏差で増すことになる。

近年発生した数々の干ばつのアトリビューション研究は、上記の傾向よりも強い気候変動との関連性を示す一方で、全く関連性を示さない例も挙げている。ただし、これらの研究は、全ての形態の干ばつ（農業および生態学的干ばつを含め）を対象とし

ているため、その結果は上記IPCC報告書で強調されている傾向と部分的にしか比較できない。例えば、2015～2017年にかけてケープタウンで発生した干ばつは、水道水が枯渇する「デイ・ゼロ」寸前まで至ったが、この干ばつが発生する可能性は、気候変動により3～6倍高まっていた。同様に、2019年5、6月に中国で見られた極端な乾燥は、気候変動により発生確率が6倍になっていた。また、オランダで観測された農業干ばつの増加の少なくとも半分は、気候変動によるものだった。その他の干ばつ、とりわけ東アフリカで人道的被害をもたらしたいくつかの干ばつについては、気候変動によって起りやすくなったわけではなかった。

まとめると、傾向とイベント・アトリビューション研究の結果を組み合わせると、次の地域に関しては、気候変動により干ばつの強度と発生確率が以下の確信度で高まったと言える：

- **確信度が高い:** 地中海沿岸地域、南部アフリカ、中央アジア、東アジア、オーストラリア南部、および北米西部
- **確信度が低い:** 西アフリカ、中部アフリカ、西ヨーロッパ、中央ヨーロッパ、南米北東部、およびニュージーランド

限界と留意点

- **IPCCの数値は乾燥化する地域にのみ当てはまる** — 干ばつの発生頻度と強度の変化に関するIPCCの結果は、全体として乾燥が進む世界の一部の地域の干ばつ状況にのみ当てはまる。それゆえ、IPCCの結果は、上記で列挙した地域（北米西部、中央アジア、東アジア、地中海沿岸地域、中部アフリカ・西アフリカ・南部アフリカの大部分、南米北東部、オーストラリア南部）に対してのみ引用されるべきである。

- **干ばつの種類と不確実性** — 先に説明したように、様々な種類の干ばつが存在する。それぞれ地域によって異なり、その知識もまた大きく異なる。そのため、いずれの干ばつの報道も注意を要する。本ガイドでは、使いやすくするために、全ての種類の干ばつを一つの見出しのもとにまとめて解説している。しかし、科学的見地から見れば、そうする事で確信度を失っていることになる旨をご留意いただきたい。ここでは、複数の異なる種類の干ばつに関して明確な兆候が見られる地域についてのみ、確信度が高いとすることができ。1種類の干ばつに関する証拠しかない地域については、確信度は低くなる。それ以外の地域に関しては、干ばつに対する気候変動の影響を明確に推論することはできない。**東アフリカ**では、影響力の大きい干ばつが定期的に発生しているが、記録が非常に限定的であり、気候変動との関係を述べるには気候モデルが十分でない。

- **その他の要因** — 洪水と同様、干ばつは人間による土地利用の変化や水管理の仕方に大きく左右される。それゆえ、人々が気候変動にどれだけ上手く適応しているか（または場所によっては、適応できるか）など、その他の主要要因を伝えることが重要である。とりわけ、そうした現象がもたらした影響を論じる際には、人々の脆弱性および危険にさらされる度合いを考慮することが基本である。それにより、気候変動の影響とは関係なく、一時的な屋外での水使用制限と、地域全体の飢饉との間にある違いを示すことができる。

- **干ばつと暑熱の同時発生** — 暑熱と洪水の同時発生のように、複数の極端現象が同時発生する確率は急速に高まっており、その傾向は単独発生より顕著である。極端な高温と干ばつの同時発生は、例えば火災（次頁参照）など、いずれかの現象が単独で発生する場合よりも深刻な影響をもたらす。

火災

火災の発生しやすい気象条件は全ての大陸の一部で増加しており、中でも南ヨーロッパ、ユーラシア大陸北部、米国、オーストラリアについては、発生確率と焼損面積の増加に対する気候変動の影響が明確である。また、中国南部においてもいくらかの証拠がある。

火災の発生しやすい気象条件は、暑熱、干ばつ、強風という、最悪の荒天の組み合わせである。この気象では、火が起り、その火の燃料が存在し、またそれが急速に広がる可能性が最も高まる。それゆえ、火災発生の傾向は、干ばつと暑熱の両方の傾向と密接に関連している。このため、暑熱および干ばつのリスクが同時に高まっている地域では、火災リスクは急速に高まることになる。だが、暑熱は地球全体で増加しているため、たとえ干ばつリスクが一定のままであったとしても、火災リスクは高まる。

世界全体では、火災の傾向は、1998～2015年の間には焼損面積が減少したことを示している。ただし、これは主に人為的影響(土地利用の変化など)によるものである。実際には、世界の多くの地域において、**森林火災の危険性は依然として増加している**。

火災の発生しやすい気象条件の期間は長くなっており、そのような気象を経験する地域は増えている。そのため、いずれの大陸においても、一部の地域で火災の発生しやすい気象条件の発生頻度が気候変動によって明らかに増加している。

アトリビューション研究によって、そうした傾向は確固たるものだと言えるようになってきている。オーストラリアでは、クイーンズランドとニューサウスウェールズの両州において、気候変動により火災が増幅されていた。2019、2020年にニューサウスウェールズ州で生じた森林火災が起こる可能性は、**少なくとも30%高まっていた**。アラスカ州からカリフォルニア州にかけて北米西海岸で最近発生した森林火災は、気候変動によって発生確率および焼損面積が増加した。1984～2015年にかけて米西部で発生した森林火災の焼損面積のうち、**400万ヘクタール以上**は気候変動の影響に直接結びつけることができる。また、2019年に中国南部で生じた極端な森林火災が起こる可能性は、気候変動によって**7倍以上**になっていた。

総括すると、南ヨーロッパ、ユーラシア大陸北部、米国、オーストラリアにおける火災の発生しやすい気象条件の発生確率の増加については、気候変動によるものだと確信をもって言うことができる。また、中国南部でもその兆候を示す証拠が浮上している。地球温暖化が進むにつれ、こうした状況は陸地表面でさらに増加する可能性が高い。

限界と留意点

- **限られたデータ** — これまでのところ、北半球の一部に関してのみ、火災リスクの高まりに気候変動が影響していると言える。その他の地域に関しては、過去の火災の記録データ、気象状況の観測、および火災気象を再現する気候モデルの能力によって、確信度は著しく限定されている。火災リスクは極端な高温の増加と乾燥化の傾向に強く関連しているため、世界的に他の多くの地域でも高まっている可能性が高い。残念ながら、現時点では、このリスクの高まりを定量化することはできない。
- **管理** — 燃料の蓄積を防ぐための森林の管理火入れは、一部の地域では何千年にもわたり慣習となっているが、必ずしも一貫して行われているわけではない。火災リスクのレベルは、管理火入れの計画および実行度合いに影響を受けるということができ、不十分な場合には、火災リスクは大きく高まる。

- **発火源** — たき火などの人間活動は、森林全体におよぶ災害の引き金になりうる。米国森林局によれば、米国の森林火災の85%は人の不注意または故意(放火など)の行動に起因している。これにより、落雷が発火源となる自然発火の場合に比べて、**森林火災シーズンの長さは3倍に伸びている(約3カ月の伸び)**。影響力の大きい森林火災の原因を報道する際には、被害に遭った人や建物の危険にさらされる度合いおよび脆弱性に加えて、こうした要因についても述べるのが重要である。だが、他の要因が森林火災のリスクを高めているという事実は、気候変動の役割を過小評価するものではない。気候変動により、森林火災シーズンは世界的に平均しておおよそ2週間長くなっている。これは、主に暑熱と乾燥によって燃料が増加していることによる。ただし、これらの数値を比較しても、全体像はつかめない。気候変動は、人為的原因による発火の増加には見られない形で、森林火災シーズンの強度を高めてもいる。これは、気候変動が、ある火災がどの程度定着し、広がり、持続するかにも影響を与えるためである。従って、気候変動の影響は人為的原因による発火の増加と並行して作用することになり、森林火災シーズンを長期化させると共に、激化させている。

極端現象と気候変動

1ページチェックリスト

本ガイドブックで取り上げた各種の極端な気象現象の基本的なポイントを以下にまとめている。最新の科学的見識、発生の仕組みと傾向、正確に報道を行うための留意点など、それぞれの気象現象に関するより詳細な情報については、ガイドブック本文を参照されたい。

| 極端な気象現象 | 要点 | 留意点 |
|---------|---|---|
| 熱波 | 現在、人為起源の気候変動により、世界的にいずれの熱波も強度と発生確率が高まっている。 | <ul style="list-style-type: none"> 慎重になりすぎないように。熱波は地球温暖化の直接の影響を受けている。 |
| 洪水 | 人為起源の気候変動により、世界の大半の地域において、極端な降雨はより一般的になると共に激しさを増している。その結果、一部の地域では、洪水の発生頻度と強度が高まっている可能性が高いが、その他の人的要因の影響も受けている。 | <ul style="list-style-type: none"> 洪水は大雨と関わりがあるが、水管理や洪水防止など、その他の人為的要因によるものでもある。 一般に沿岸洪水は海面上昇によって増加しており、降雨による洪水とは無関係である。 |
| 熱帯低気圧 | 地球全体で1年間に発生する熱帯低気圧の総数は変わっていないが、気候変動は非常に強力かつ破壊的な暴風雨の発生頻度を増加させている。熱帯低気圧による極端な降雨は、その他の発生源による降雨と一致して大幅に増加している。高潮の潮位は、気候変動による海面上昇によって上昇している。 | <ul style="list-style-type: none"> 熱帯低気圧の総数は増加していない。 個々の熱帯低気圧の強度および風速の高まりは、現在のところ地球温暖化によるものではない。 |

| | | |
|------|--|--|
| 大雪 | 気候変動により、世界的に極端な低温の発生確率と強度は低下している。ほとんどの場所において大雪の変化は明らかでないが、東アジア、北アジア、北米、およびグリーンランドの一部で強度が増している可能性がある。 | <ul style="list-style-type: none"> 極端な低温の減少に関する確信度は非常に高いが、依然として発生しうる。 降雪量の変化と気候変動との関連性は極めて確信度が低い。 極渦の変化と気候変動との関連性はまだ明らかでない。 |
| 干ばつ | 干ばつは、ヨーロッパ、地中海沿岸地域、南部アフリカ、中央アジア、東アジア、オーストラリア南部、北米西部を含む一部の地域でのみ、気候変動によってより一般的になると共に、激しさを増している。また、西アフリカ、中部アフリカ、南米北東部、ニュージーランドにおいて、発生頻度の高まりを示すいくつかの証拠がある。 | <ul style="list-style-type: none"> 干ばつは非常に複雑かつ多様であるため、気候変動との関連の確信度を認識しづらい。 影響力の大きい干ばつについては、気候変動以外に考慮すべき要因（特に水管理に関するものなど）が多数ある。 |
| 森林火災 | 火災の発生しやすい気象条件は全ての大陸の一部で増加しており、中でも南ヨーロッパ、ユーラシア大陸北部、米国、オーストラリアについては、発生確率と焼損面積の増加に対する気候変動の影響が明確である。また、中国南部においてもいくつかの証拠がある。 | <ul style="list-style-type: none"> 一部の地域では森林火災の記録データが非常に限定的であるため、アトリビューションが非常に困難である。 森林管理や発火源など、人間活動もまた重要な要因である。 |



@wxrisk

www.worldweatherattribution.org