

よくある質問と回答

**FAQ 12.3 | 排出を今すぐ停止したら将来の気候はどうなるのか？**

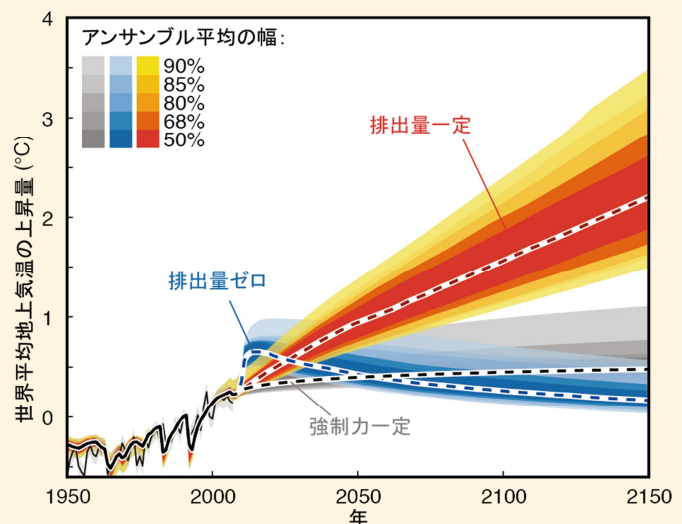
今すぐ排出を止めることはもっともらしいシナリオではないが、気候システムと炭素循環への応答を知る上で手がかりとなるいくつかの理想的なケースの一つではある。気候システムには複数の時間スケールがあるために、結果として排出量の変化と気候応答との関係は非常に複雑になり、変化によっては排出が停止しただつと後に現れるものもある。モデルと諸過程に対する理解によれば、海洋の慣性が大きいうえに、主に二酸化炭素であるが、多くの温室効果ガスの寿命が長いことの結果、温暖化の大部分は温室効果ガス排出の停止後数世紀にわたり持続することが示されている。

温室効果ガスが大気中に排出されると、他の反応性の気成分との化学反応を通じて取り除かれるか、あるいは二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の場合には、海洋や陸域と交換される。こうした過程が、濃度パルス<sup>【訳注 1】</sup>が e(2.71)分の1に減少するまでに要する時間で定義される、大気中のガスの寿命を特徴付ける。温室効果ガスとエアロゾルが大気中で存続する期間は、数日から数千年まで大きな開きがある。例えば、エアロゾルは数週間、メタン(CH<sub>4</sub>)は約10年、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)は約100年、六フッ化エタン(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)は約10,000年の寿命を持つ。二酸化炭素は海洋と陸域で複数の物理的・生物地球化学的過程を経て大気から取り除かれ、しかもその過程全てが異なる時間スケールで作用するため、はるかに複雑である。約1000 PgC<sup>【訳注 2】</sup>の排出パルスに対し、約半分は数十年以内に取り除かれるが、残りの部分ははるかに長い間大気中に残留する。二酸化炭素パルスの約15~40%は、1000年後もまだ大気中に存在している。

主要な人為起源温室効果ガスの寿命が長い結果として、過去の排出に起因する大気中濃度の増加は排出が止まった後も長い間持続するだろう。排出が停止されても、温室効果ガス濃度が工業化以前の水準にすぐに戻ることはないだろう。メタン濃度は、約50年で工業化以前の水準に近い値まで戻り、一酸化二窒素濃度は数世紀を必要とする一方で、二酸化炭素は、我々の社会に関係する時間スケールで工業化以前の水準に戻ることは基本的にない。他方、エアロゾルのような短寿命種の排出の変化は、その濃度にほぼ瞬間的な変化をもたらすだろう。

温室効果ガス及びエアロゾルによる強制力への気候システムの応答は、主に海洋を駆動要因とする慣性を特徴とする。海洋は熱を吸収する容量が非常に大きく、海面と深海との間でゆっくりと混合する。このことはすなわち、海洋全体が暖まり、変えられた放射強制力との平衡に達するには数世紀かかるだろうということである。海洋表面(したがって大陸も)は、この新しい放射強制力と平衡する表面温度に達するまで、昇温し続けるだろう。第4次評価報告書は、温室効果ガス濃度が現状水準で一定に保たれれば、地球表面は21世紀の間に2000年に比べて約0.6°C昇温<sup>【訳注 3】</sup>することを示している。これが、現在の濃度に関する気候変動の不可避性<sup>【訳注 4】</sup>(又は一定組成に関する気候変動の不可避性)であり、FAQ 12.3 図1の灰色部分で示している。排出量を現状水準で一定に保った場合には大気中濃度はさらに増加し、これまで観測されているよりもはるかに大きな温暖化をもたらすだろう(FAQ 12.3 図1 赤線)。

たとえ人為起源の温室効果ガス排出を今すぐ停止したとしても、これら長寿命の温室効果ガスの濃度に起因する放射強制力は、そのガスの寿命(上記を参照)に応じて決まる速度において、将来ゆっくりとしか減少していかないだろう。さらには、その放射強制力に対する地球システムの  
(次ページに続く)



**FAQ 12.3 図1 | エネルギーバランス炭素循環モデルの「温室効果ガスに起因する気候変動評価のためのモデル」(MAGICC)に基づく予測。2010年を開始年として、大気組成を一定にする(一定放射強制力、灰色)、排出量を一定に保つ(赤)、将来排出量をゼロにする(青)場合を不確実性の推定値を用いて表示。数値はHare and Meinshausen (2006)より編集したもので、簡易炭素循環気候モデルを全ての第3期結合モデル相互比較計画(CMIP3)モデルと気候・炭素循環結合モデル相互比較計画(C4MIP)モデルに合わせて調整した数値に基づく(Meinshausen et al., 2011a; Meinshausen et al., 2011b)。結果は、工業化以前の時代から開始し、放射強制力の全ての構成要素を用いた詳細な過渡的シミュレーションに基づく。細い黒線と彩色部分は観測された昇温と不確実性を表す。**

## FAQ 12.3(続き)

気候応答は、それよりもなおさらに遅いものになるだろう。地球の温度は温室効果ガス濃度の変化にすぐ応答することはない。二酸化炭素の排出量を削減しても、何世紀にもわたってほぼ同じ程度の温度が保たれるにすぎない。同時に硫酸塩エアロゾルによる短寿命の負の強制力を削減排除すれば(例えば大気汚染削減対策によって)、FAQ 12.3 図1に青で示すとおり10分の数°Cの一時的昇温を生じる。したがって、全排出をゼロに設定すれば、短期間の昇温の後、数世紀にわたる気候の安定化がほぼもたらされることになる。これを、過去の排出に関する不可避性(又は、将来のゼロ排出に関する不可避性)と呼ぶ。温室効果ガス濃度は減少し、ゆえに放射強制力も減少するが、気候システムの慣性が気候応答を遅らせるだろう。

気候と炭素循環における大きな慣性の結果として、地球の長期的な温度は、排出時期に関係なく時間とともに蓄積された二酸化炭素の総排出量によって主に制御される。したがって、地球温暖化を所定の水準(例えば、工業化以前の時代の 2°C上)未満に抑制する場合、一定の二酸化炭素収支は既に与えられているということになる。つまり、より早い時期により多くの排出があった場合には、後になってより強力な削減が必要になる。気候目標の数値を高くするということは、二酸化炭素濃度のピークがより高くなり、したがって累積二酸化炭素排出量がより多くなることを許容する(例えば、必要な排出削減が遅れることを容認する場合など)。

世界平均地上気温は気候変動の大きさを表現するのに便利な集約的数字だが、全ての変化を地球の温度で線形に測れるわけではない。例えば、水循環の変化は強制力の種類(温室効果ガス、エアロゾル、土地利用の変化など)にも依存しており、海面水位の上昇や氷床のように地球システムの構成要素の中でもより動きの遅いものは応答により長い時間がかかるほか、気候システムには重大なしきい値や、突発的又は不可逆的な変化が存在するかもしれない。

【訳注1】瞬間的な濃度の増加分を意味する。

【訳注2】1 PgC = 1 GtC(炭素換算で1ギガトン=10億トン=1000兆グラム)。二酸化炭素換算では36億6700万トンに相当する。

【訳注3】第4次評価報告書中の0.6°Cという値は1981-2000年平均に対するものであり、ここでは2000年と比べているので、約0.3°Cの誤りと考えられる。

【訳注4】原文では“climate commitment”と記されている。“commitment”という用語は、気候変動研究の分野で、所定の条件の下で不可避的に生じる気候の変化を指すものとして使用されている。本報告書「政策決定者向け要約」(気象庁訳)の訳注Lを参照。