

温暖化緩和策がもたらすエルニーニョの頻発化

[ポイント]

- ・ 気候モデルにより CO₂削減時にエルニーニョが短周期化・頻発化する可能性があることが分かりました。
- ・ CO₂緩和は地球温暖化を抑制する一方で、エルニーニョの活発化を通して地球全体での異常気象の発生頻度の増加に寄与する可能性があります。
- ・ 温暖化のみならず気候緩和政策に向けたシナリオのリスク評価を併せて行う必要があることを示します。

[概略]

お茶の水女子大学の岩切友希日本学術振興会特別研究員（兼当時ソウル大学校ポストドク研究員）およびソウル大学、ハワイ大学等の国際共同研究チームは、熱帯の気候変動である**エルニーニョ現象**（用語 1）が温暖化緩和政策を想定した CO₂削減時に頻発化・短周期化することを明らかにしました。

大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度の増加に伴う地球温暖化の影響に対して、CO₂削減時の気候影響に関する研究は未だ理解が進んでいない領域です。気候システムが複雑であることから CO₂濃度の増加時と減少時の応答が線形（対称的）であることは保証されていません。したがって将来的な気候緩和政策に向けた緩和影響に関する研究の重要性が指摘されていました。

本研究は**気候モデル**（用語 2）に**CO₂除去シナリオ**（用語 3）を与えた数値実験を解析した結果、温暖化が十分に進んでしまった場合、CO₂が削減されたとしても**不可逆な気候応答**（用語 4）により新たな気候リスクが生じることを示唆しています。CO₂濃度の低下は地球の平均気温を下げることで温暖化を緩和する一方で、世界中で異常気象を引き起こすことで知られている熱帯の海面水温変動 - エルニーニョ現象 - は短周期化・頻発化する可能性があります（図 1）。図より CO₂濃度の増加速度と減少速度は実

験内で線形対称であるのに対して、熱帯の様々な気候変動は CO₂ 削減時に大きく応答しており不可逆であることが分かります。

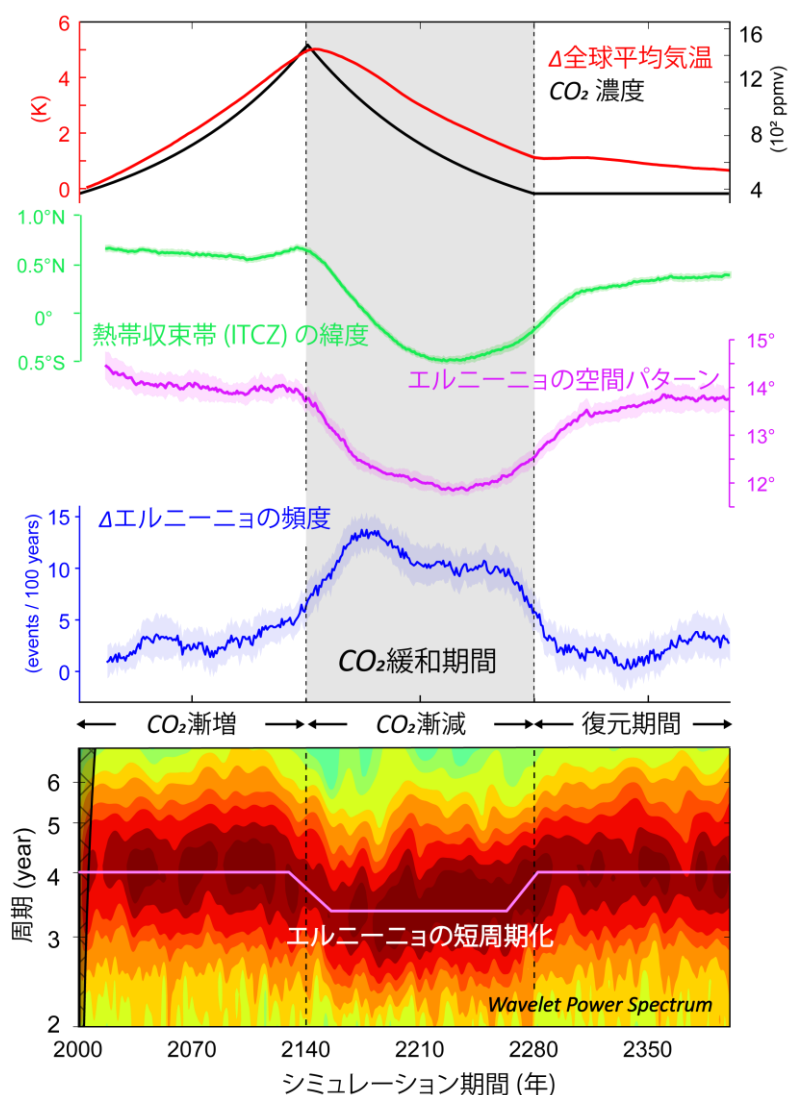


図 1：理想化された CO₂ 緩和シナリオでの時間変化

CO₂ 強制（黒線）、全球平均気温の変化量（赤線）、熱帯収束帯の中心緯度（緑線）、エルニーニョの南北幅（紫線）、エルニーニョの発生頻度の変化量（青線）。下図、ウェーブレット解析による熱帯太平洋の海面水温偏差のパワーの周期依存性。暖色が強いほどその周期のパワーが強いことを示す。

このエルニーニョ現象の不可逆応答は、温暖化によって停止することが懸念されている大西洋子午面循環（用語 5）や南極海の遅れた応答に起因しています。これら極域で

の変動が北半球と南半球のエネルギーバランスを崩すことで、熱帯赤道域に位置する降水帯（熱帯収束帯; ITCZ、用語 6）の中心緯度を南下させ、それに伴い大気海洋相互作用が変調することでエルニーニョの周期に変化をもたらします（図 2）。この結果は気候システム上に存在する非線形システムによる応答は、地球全体に波及する可能性があることを警鐘しており、より早い段階で温暖化を抑制することが重要であることを示唆しています。CO₂ 除去を含む気候緩和策にはさらなる気候リスクを生じさせる可能性があることから多様な気候緩和シナリオを用いた研究が進展することが期待されます。

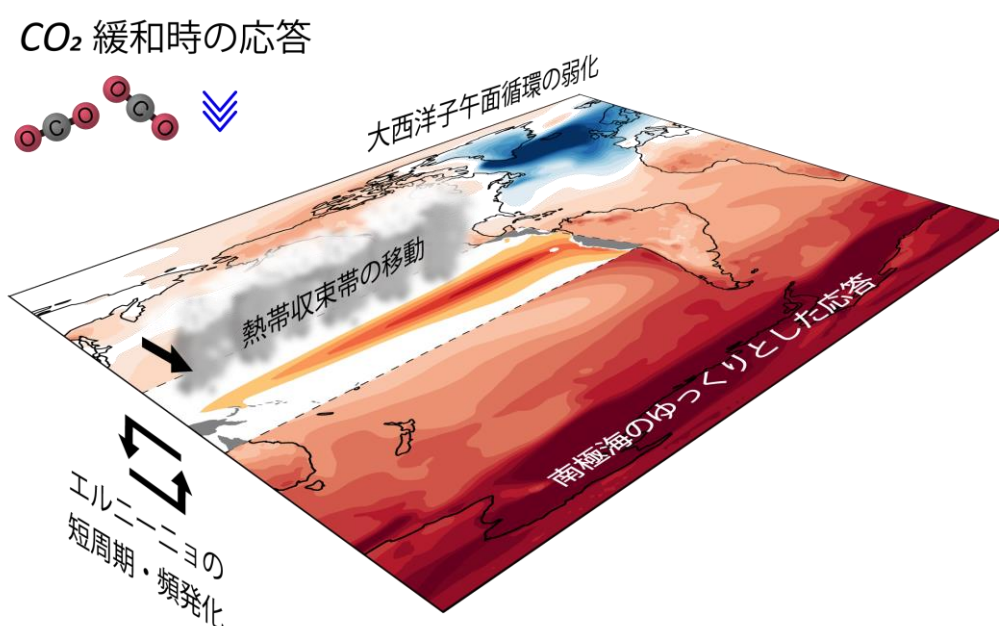


図 2 : CO₂ 緩和時の全球に波及しうる不可逆な気候応答

陰影は CO₂ 緩和期間と増加期間の地表気温の差。北大西洋では大西洋子午面循環が弱化することで気温がより低く、南極海では温暖化の緩和速度が遅いことで昇温が残る。両極の気温コントラストにより熱帯収束帯が暖かい南側にシフトする。熱帯収束帯とエルニーニョの相互作用によりエルニーニョが頻発化する。

本成果は、米国科学アカデミーが発行する「Proceedings of the National Academy of Sciences」で掲載される予定です。また本研究は日本学術振興会(JP23KJ2168),および気候変動予測先端研究プログラム(JPMXD0722680395)の支援により実施されました。

[一般向けの詳細]

地球温暖化の主要因である大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度の増加により 2024 年の全球平均気温はついに 1.5 度の温暖化レベルに達しました。温暖化に伴う気候や社会への影響については数多くの研究があり、その緩和策として大気中からの CO₂ 除去技術などによるカーボンニュートラルの達成などの政策が掲げられているものの、CO₂ 削減時の気候影響はあまり調べられていません。

本研究では、気候モデルによる CO₂ 緩和シナリオの解析により、CO₂ 削減時には温暖化が緩和する一方で、熱帯太平洋の海面水温変動であるエルニーニョ現象の発生頻度が増加する可能性があることが分かりました。エルニーニョ現象は日本を含む地球全体での異常気象の引き金として知られており、その発生頻度の増加はさらなる気候リスクを生む可能性があります。

これら CO₂ に対する気候の複雑な応答は、北大西洋の海洋循環や南極海に起因しており、その影響が地球全体に連鎖的に波及することで熱帯太平洋に変化をもたらします。このような気候の不可逆応答の発生は温暖化レベルに伴い大きくなることが期待されていることから、温暖化が十分に進行する前に抑制する - 温暖化レベルを上げない - ことが重要であることを示します。

[発表論文]

題目：Abrupt shift of El Niño periodicity under CO₂ mitigation

雑誌：Proceedings of the National Academy of Sciences

DOI：10.1073/pnas.2426048122

著者：岩切友希^{1,2}、Jong-Seong Kug²、Fei-Fei Jin³、Sen Zhao³、Soon-Il An⁴、Geon-Il Kim⁵、Dongkyu Park²

所属：1. お茶の水女子大学、2. ソウル大学校、3. ハワイ大学、4. 延世大学、5. トロント大学

[用語]

1. エルニーニョ現象（ENSO; El Niño-Southern Oscillation）

熱帯東部太平洋の海面水温が高温、低温になる現象。3~8 年の周期で繰り返し発生し、熱帯の降水パターンを変化させることで地球全体に影響を及ぼす。

2. 気候モデル（Global Climate Model）

大気、海洋、陸面などをコンピュータ内で再現することで仮想的な地球の環境を数

值的にシミュレーションする実験道具。

3. CO₂ 除去シナリオ (CDR; Carbon dioxide removal)

気候モデル内の仮想的な地球の大気中 CO₂ 濃度を年間 1%の割合で増加していき、4 倍の濃度に達した時点で 1%/年の割合で減少させていく実験 (図 1 黒線)。CO₂ の増加期間と減少期間は、理想的な温暖化シナリオと緩和シナリオに対応する。CO₂ 濃度の増加率と減少率は同じであるため、対称な CO₂ 濃度の変化からどのような気候の非対称な (不可逆) 応答が生じるかを調べられる。

4. 不可逆な気候応答 (Irreversible climate response)

気候の変化が強制 (本研究では CO₂) に対して元の状態に戻らないこと - 逆向きの変化を辿らない。

5. 大西洋子午面循環 (AMOC; Atlantic Meridional Overturning Circulation)

大西洋に存在する海洋の深層循環。温暖化に伴い弱化しており将来的に停止することで急激な気候変化をもたらす可能性がある。

6. 熱帯収束帯 (ITCZ; Intertropical Convergence Zone)

赤道付近に存在する降水ベルト。その中心緯度は南北のエネルギーバランスでおおむね決まっており、現在気候では陸面が多く気温の高い北半球側にずれている。

[問い合わせ先]

【研究に関する問い合わせ先】

お茶の水女子大学 基幹研究院 日本学術振興会特別研究員-PD 岩切友希

mail: iwakiri.tomoki@ocha.ac.jp

【取材に関する問い合わせ先】

お茶の水女子大学 広報・ダイバーシティ推進課 (広報担当)

電話:03-5978-5105

Email: info@cc.ocha.ac.jp