

## 気候の自然変動が大規模森林伐採による二酸化炭素の排出を 相殺した現象を世界で初めて検出！

～東南アジアの生態系によるCO<sub>2</sub>排出量が2000年代に減少した原因を解明、  
地球温暖化現象の理解に向けて新たな足掛かり～

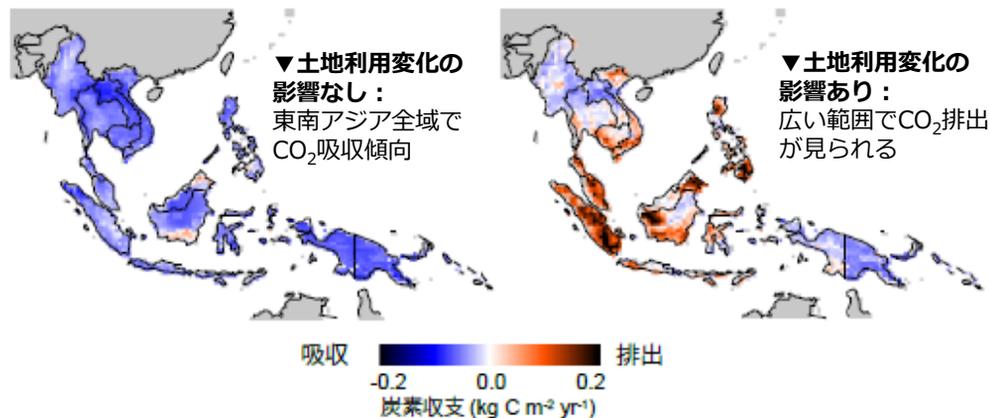
### ■概要

千葉大学環境リモートセンシング研究センター近藤雅征特任助教が率いる国際研究グループは、東南アジアを対象とした陸域炭素収支<sup>注1</sup>解析から、1980年代-1990年代の強い二酸化炭素（以下、CO<sub>2</sub>）排出傾向が、2000年代において大幅に緩和されたことを発見しました。また、その原因が、2000年代に強いエルニーニョ現象が発生しなかったことに起因し、生態系によるCO<sub>2</sub>吸収が増大し土地利用変化によるCO<sub>2</sub>排出を相殺したことが大きな要因であることを解明しました。本研究は、国際社会の懸念事項である森林伐採・劣化によるCO<sub>2</sub>排出が、自然変動によって大きく緩和されたことを世界で初めて示した事例です。本研究結果は「**Nature Communications**」（Springer Nature）2018年3月20日版に掲載されます。

### ■背景

東南アジアは活発な森林伐採、また、エルニーニョ南方振動<sup>注2</sup>の影響を強く受けることから、世界でもCO<sub>2</sub>排出のホットスポットとして知られています。特に、1990年代においては、土地利用変化がより活発になり多くの一次林が伐採されました。この結果、光合成によるCO<sub>2</sub>吸収量が減少し、伐採された土地からは土壌微生物による分解から多くのCO<sub>2</sub>が大気へ排出されました。また、1997/98年に代表される強いエルニーニョ現象による干ばつから大規模な森林火災が引き起こされ、突発的にCO<sub>2</sub>排出量が増加しました。東南アジアでは、1990年代以降も土地利用変化によるCO<sub>2</sub>排出量が大きく、地球温暖化問題における懸念事項の一つと位置付けられています。国連気候変動枠組条約（UNFCCC<sup>注3</sup>）によって提案され、第11回締約国会合（COP11<sup>注4</sup>）で締結された国際協力機構（REDD+<sup>注5</sup>）が森林伐採によるCO<sub>2</sub>排出量の削減目標を設定しましたが、未だ、具体的な進展が見られません。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC<sup>注6</sup>）第5次報告書で、世界各地の炭素収支量の推定値が報告されています。しかし、東南アジアを含む熱帯地域の炭素収支量には土地利用変化の影響を考慮できていませんでした。これに対し、本研究では、土地利用変化の影響を考慮した複数の数値モデルを用い東南アジアの炭素収支量の推定を試みました（図1）。



▲図1：生態系モデルによる東南アジア炭素収支量の空間パターン。推定は1980年–2009年の平均値。土地利用変化の影響なし（左）、影響あり（右）

本研究は環境省環境研究総合推進費（課題番号：2-1401）、（独）環境再生保全機構環境研究総合推進費（課題番号：2-1701）、およびアジア太平洋地球変動研究ネットワーク（課題番号：ARCP2011-11NMY-Patra/Canadell）の成果です。

本件に関するお問い合わせ・取材のお問い合わせ  
千葉大学環境リモートセンシング研究センター特任助教 近藤 雅征（こんどう まさゆき）  
TEL: 043-290-3860 メール: Mkondo@chiba-u.jp

## ■ 本研究の成果

本研究は、複数の数値モデル（生態系モデル<sub>手法1</sub>、大気インバースモデル<sub>手法2</sub>）・衛星観測データ（バイオマス変化量<sub>手法3</sub>）を用い過去30年における東南アジアの陸域炭素収支を解析し、CO<sub>2</sub>吸収・排出の変動原因を明らかにしました。特に、本研究で用いた生態系モデルには土地利用変化の影響が考慮されており、熱帯地域で大気インバースモデルと整合する結果を世界で初めて算出することに成功しました（図2）。これは、IPCC第5次報告書においても実現できなかったことです。

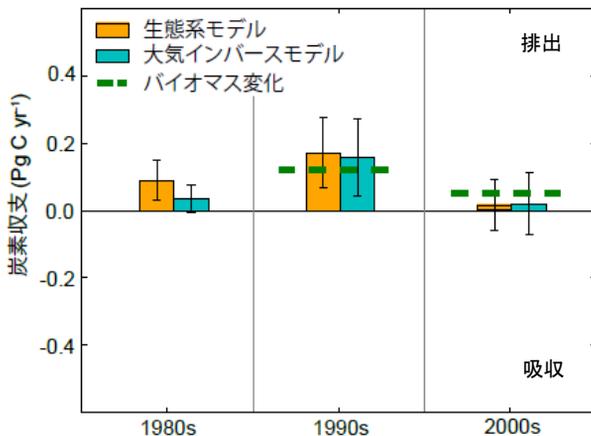
これら複数の推定から、

- ① 1980年代から1990年代にかけて増加したCO<sub>2</sub>排出量が、2000年代に大きく減少した（図2）
- ② この減少には気候変動が関係しており（図3）、特に強いエルニーニョ現象が起こらなかったことがその主要な原因である（図4）

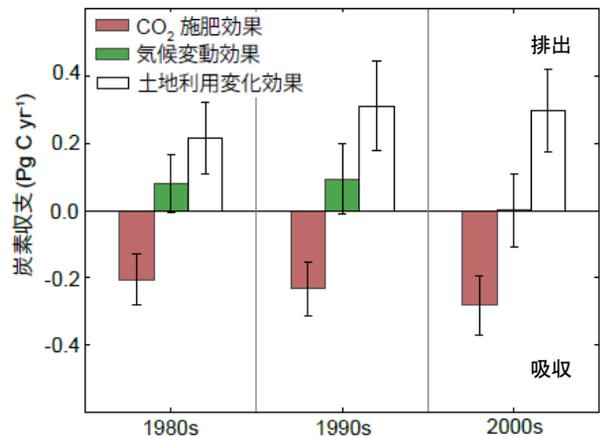
2000年代に強いエルニーニョ現象が起こらなかったことにより、

- ③ 光合成を阻害する高温・渇水から解放されたことから、生態系によるCO<sub>2</sub>吸収量が増加した
- ④ 結果として増加したCO<sub>2</sub>吸収量が土地利用変化によるCO<sub>2</sub>排出量を相殺したことを明らかにしました。

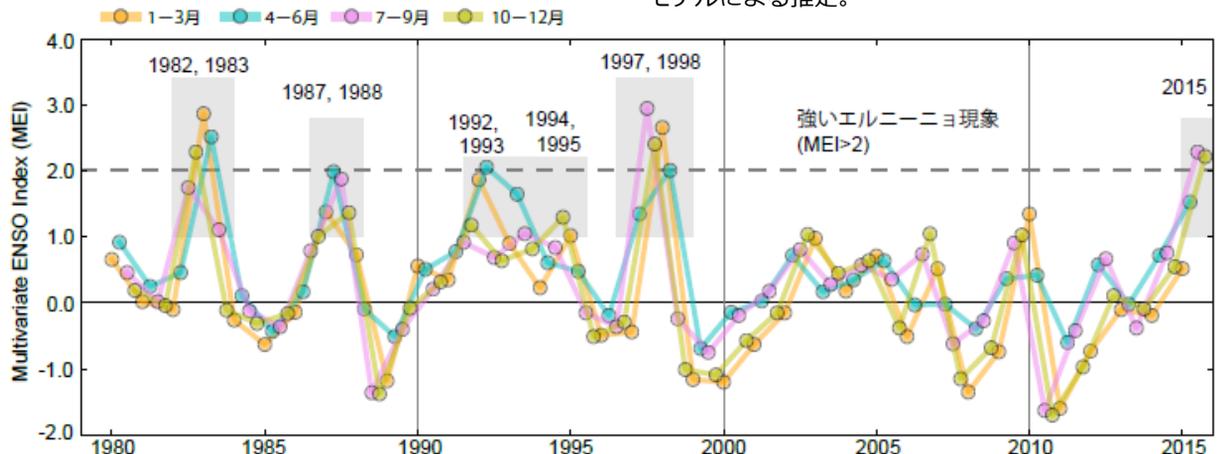
本研究の結果は、東南アジアで活発な森林伐採によるCO<sub>2</sub>排出傾向が、自然変動によって大きく緩和されたことを世界で初めて示した事例です。エルニーニョ南方振動は、振幅が大きい時期と小さい時期を繰り返すことが分かっています（図4）。2015年に非常に強いエルニーニョ現象が発生したように、今回の自然変動によって強まったCO<sub>2</sub>吸収は特殊な事象であり、今後、東南アジアのCO<sub>2</sub>排出量を削減するには森林伐採などの土地利用変化を制限することが重要であることを示唆しています。



▲ 図2：複数の数値モデル・衛星観測データによる炭素収支の年代別変動。1980年代から1990年代にかけて増加したCO<sub>2</sub>排出量が、2000年代において減少した。



▲ 図3：炭素収支の変動要因（CO<sub>2</sub>施肥、気候変動、土地利用変化）の年代別変化。気候変動が炭素収支に及ぼす効果が2000年代の変動に最も寄与した。生態系モデルによる推定。



▲ 図4：エルニーニョ南方振動を指数化した「Multivariable ENSO Index (MEI)」の年々変動。正の値がエルニーニョ現象の強さを示す。強いエルニーニョ現象（MEI>2）が2000年代に起こらなかった。

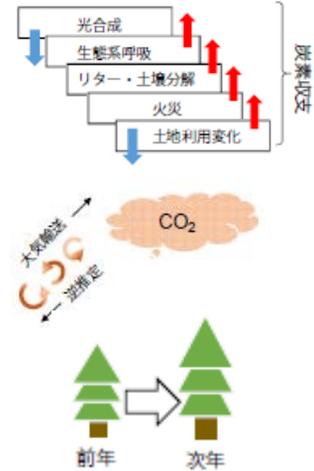
## ■今後の展望

東南アジアなどの熱帯地域における森林減少・劣化によるCO<sub>2</sub>排出量は、人為起源によるCO<sub>2</sub>総排出量の約2割を占めると考えられています。更なる地球温暖化の防止に向けて、熱帯地域の炭素収支量を正確に推定することが重要です。本研究で用いた「土地利用変化を考慮した数値モデル」は、以前よりも正確に東南アジアの炭素収支量を算出でき、REDD+などの国際協力機関に有益な情報をもたらすことが期待されます。

今後は、本研究の手法を他の土地利用変化が活発な熱帯地域（アマゾン、中央アフリカ）に適用することが重要です。より正確に熱帯地域の炭素収支量を見積もることは、森林減少・劣化によるCO<sub>2</sub>排出量の把握につながり、地球温暖化対策への足掛かりになると考えられます。

## ■研究手法

**手法1) 生態系モデル**：陸域炭素循環に関わる個々のプロセスを理論的・半経験的に計算し、炭素収支量を算出する数値モデル。大気CO<sub>2</sub>濃度、気象データを入力とするが、本研究では土地被覆変化データを更に加えた。炭素収支の変動に関わる要因を個別に評価することができる。



**手法2) 大気インバースモデル**：CO<sub>2</sub>が陸面・海面から大気に輸送される過程を計算する大気輸送モデルを用いて、大気CO<sub>2</sub>観測データから陸面・海面の炭素収支を逆推定する数値モデル。

**手法3) バイオマス変化量**：衛星マイクロ波データから算出した植生バイオマスの年差。陸面に吸収されるCO<sub>2</sub>の多くが植生バイオマスとなり、残りが土壤に蓄積する。従って、バイオマス変化量は炭素収支量の変動の指標となる。

## ■注釈解説

**注1) 陸域炭素収支**：大気-陸面におけるCO<sub>2</sub>の正味交換量。光合成によるCO<sub>2</sub>吸収量と生態系による呼吸、分解、森林火災や土地利用変化によるCO<sub>2</sub>排出量との差。陸面では人為的に排出されたCO<sub>2</sub>のうちおよそ30%を吸収しており、気候変動の将来予測においては大気-陸面でのCO<sub>2</sub>の正味交換量の正確な把握が必要とされている。

**注2) エルニーニョ南方振動 (ENSO)**：赤道太平洋の大気の循環や海水温・海流が連動して変動する自然現象。エルニーニョ現象発生時には、東南アジア域で高温・少雨になりやすい。

**注3) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)**：人為的温室効果ガス排出に伴う地球温暖化現象に対し、国際的な枠組みで対策にあたることを制定した環境条約。

**注4) 第11回締約国会合 (COP11)**：2005年11月から12月にかけて、カナダ・モントリオールにて開催されたUNFCCC締約国会議。

**注5) REDD+**：COP11にて提案された、途上国の森林減少・劣化に伴うCO<sub>2</sub>排出量の削減を抑制するための国家間支援・協力の枠組み。

**注6) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)**：人為的温室効果ガス排出に伴う地球温暖化現象の対策のため、科学的知見の集約・評価を執り行う国際的政府機関。

## ■論文情報

題名： Land use change and El Niño-Southern Oscillation drive decadal carbon balance shifts in Southeast Asia

著者名： Kondo M. (近藤雅征), Ichii K., Patra P. K., Canadell J. G., Poulter B., Sitch S., Calle L., Liu Y. Y., van Dijk A. I. J. M., Saeki T., Saigusa N., Friedlingstein P., Arneeth A., Harper A., Jain A. K., Kato E., Koven C., Li F., Pugh T. A. M., Zaehle S., Wiltshire A., Chevallier F., Maki T., Nakamura T., Niwa Y., Rödenbeck C.

雑誌：「**Nature Communications**」2018年3月20日：doi:10.1038/s41467-018-03374-x