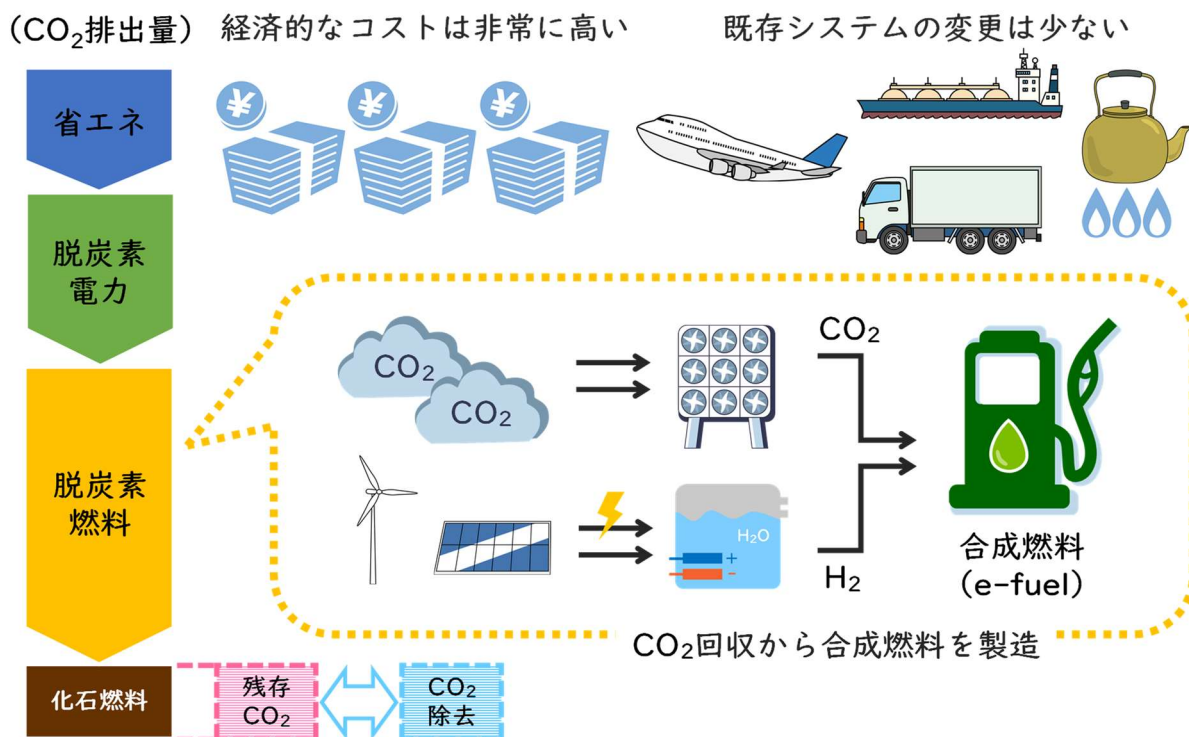


世界 CO₂ ゼロ排出を達成する新たなシナリオ

—直接空気回収・水素を用いた合成燃料（e-fuel）の活用—

概要

気温上昇を 1.5°C に抑制するため、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の最新報告書では、2050 年頃に世界全体での CO₂ 排出量をゼロとする複数の代表的なシナリオが示されました。それらは、バイオマス・CO₂ 回収貯留（CCS）による負の排出、民生や運輸等のエネルギー需要部門における急速な需要低減、電化技術への転換を必要としています。これらのシナリオの実現には多くの課題が指摘されてきました。本研究ではこれらに依存しない新たなゼロ排出シナリオとして、炭素回収利用（CCU）を活用するシナリオを提示しました。これは、大気中の CO₂ を直接回収する技術（DAC）と、再生可能エネルギー電力起源の水素を用いた合成燃料、いわゆる e-fuel を利用するものです。本研究の結果、このシナリオでは、合成燃料が世界のエネルギー需要の約 3 割に達し、電化等の急速な需要転換を回避しつつ CO₂ ゼロ排出を達成し得ることが分かりました。他方、直接空気回収や太陽光・風力発電の急拡大を伴うため、必要となる追加費用は電化を用いたシナリオの約 2 倍となることも明らかになりました。このように、CCU シナリオは、需要転換等が遅れた場合の代替となり得る一方で課題も多いことから、電化等の対策も含めた包括的な戦略の重要性が示唆されました。本成果は、日本時間 2023 年 7 月 14 日真夜 0 時に Cell Press が発行する国際学術誌『One Earth』にオンライン掲載されました。



1. 背景

2015 年のパリ協定では、世界の平均気温の上昇を産業革命前と比べて 1.5°C に抑える努力を追求するという目標が合意されました。この気候目標を達成するシナリオでは、2050 年頃までに世界全体での CO₂ 排出を正味ゼロとすることが必要とされています。2022 年に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 6 次評価報告書（第三作業部会）では、CO₂ ゼロ排出を達成する複数の代表的なシナリオが提示されました。その主要なものとして、①バイオマスと CO₂ 回収・貯留（CCS）の組み合わせによる負の排出、②エネルギー

需要の大幅な削減、③再生可能エネルギーの拡大と需要側の電化、が挙げられます。ただし、いずれのシナリオにおいても、バイオ燃料の生産による食料安全保障との競合、CCS 実施に必要な CO₂ 貯留地の確保の問題、民生や運輸部門等のエネルギー需要部門における急激な転換の実現可能性など、多くの課題が指摘されてきました。このため、これらの対策に依存しない多様な CO₂ ゼロ排出シナリオの可能性の模索が、今後のシナリオ研究や脱炭素化に向けた政策検討における課題の一つであるといえます。

2. 研究手法・成果

本研究は、統合評価モデルと呼ばれるシミュレーションモデル「AIM/Technology (Asia-Pacific Integrated Model/Technology)」を用いて分析を実施しました。本モデルは、将来の人口、経済成長、技術の進展（効率・コスト等）を入力条件として、CO₂ 排出量、エネルギー需給、エネルギー技術の導入量および費用を推計するモデルです。本研究では、直接空気回収や合成燃料製造を新たな技術オプションとして追加しました。

本研究では、新たな CO₂ ゼロ排出シナリオとして、バイオマスや CCS への依存の低減、エネルギー需要部門の技術転換速度の制約をモデルの入力条件とし、CCU 活用、具体的には合成燃料（いわゆる e-fuel）の利用を拡大するシナリオのシミュレーションを実施しました。その結果、以下のことが明らかになりました。

- 炭素回収利用（CCU）が活用されるシナリオでは、再生可能エネルギー起源の水素と CO₂ の直接空気回収による合成燃料が用いられ、2050 年までに世界のエネルギー需要の 30% を満たし得ることが分かりました。その結果、他の CO₂ ゼロ排出シナリオでは必須とされてきた自動車や家庭などのエネルギー需要部門における急速な電化を伴わずとも、CO₂ ゼロ排出を達成し得ることが示されました。
- CCU 活用シナリオでは、化石燃料・バイオマスや CCS への依存は抑制されますが、合成燃料を製造するため、2050 年までに必要となる再生可能エネルギー発電量は他の CO₂ ゼロ排出シナリオの 1.5 倍程度、直接空気回収量は年間 10Gt-CO₂ 以上となることが分かりました。
- CCU 活用シナリオでは、CO₂ ゼロ排出達成に必要な追加費用は、他の CO₂ ゼロ排出シナリオの約 2 倍に増加する結果となりました。

これまで提示された CO₂ ゼロ排出シナリオでは、バイオマスや CCS、エネルギー需要の急速な転換が必要とされていました。本研究では、これらの対策がうまく進まなかった場合や遅れた場合において、合成燃料等の CCU 活用が CO₂ ゼロ排出の達成に寄与し得ることを明らかにしました。他方で、CCU シナリオは費用面での課題が非常に大きいという課題も明らかとなりました。これは、今後の技術進展や社会受容性の観点も踏まえつつ、電化等の対策も包括的に考慮した、脱炭素化に向けた戦略検討が必要であることを示唆しています。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の成果は、新たな CO₂ ゼロ排出の可能性として、IPCC の次期報告書に向けた国際的な議論、各国や地域、企業等の脱炭素化計画、また、脱炭素化に向けた技術開発・普及方策に活用され得ると考えられます。ただし、この CCU シナリオは、現行のエネルギー需要システムや技術の急速な変更を社会がどの程度受け入れられるのかに大きく依存するため、今後は社会受容性の観点からの評価が重要になると考えられます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構 環境研究総合推進費（JPMEERF20211001）、日本学術振興会 科研費基盤研究(C)（JP23K04087）の支援を受けて実施されました。

<用語解説>

- ・ DAC (Direct Air Capture) : 空気中の CO₂ を分離・回収する技術。
- ・ CCU (Carbon Capture and Utilization) : 回収した CO₂ をエネルギー・化学品原料等に活用すること。ただし、乗用車での合成ガソリン消費など、エネルギーとして利用された場合、CO₂ は再度大気中に放出されることとなる。
- ・ CCS (Carbon Capture and Sequestration) : 回収した CO₂ を地中等に隔離し長期間固定すること。

<研究者のコメント>

CO₂ ゼロ排出といえば、特に近年国内では低エネルギー需要シナリオ（いわゆる LED シナリオ）が注目される機会が多いと感じています。しかし、コストをかけても遠距離旅行に行きたい・直火で調理がしたい、という人もそれなりにいるのではないのでしょうか。この CCU シナリオも課題は多いですが、ライフスタイルを維持しつつ化石燃料からの CO₂ を出さない、という点でユニークな選択肢の一つになればと思います。（大城賢）

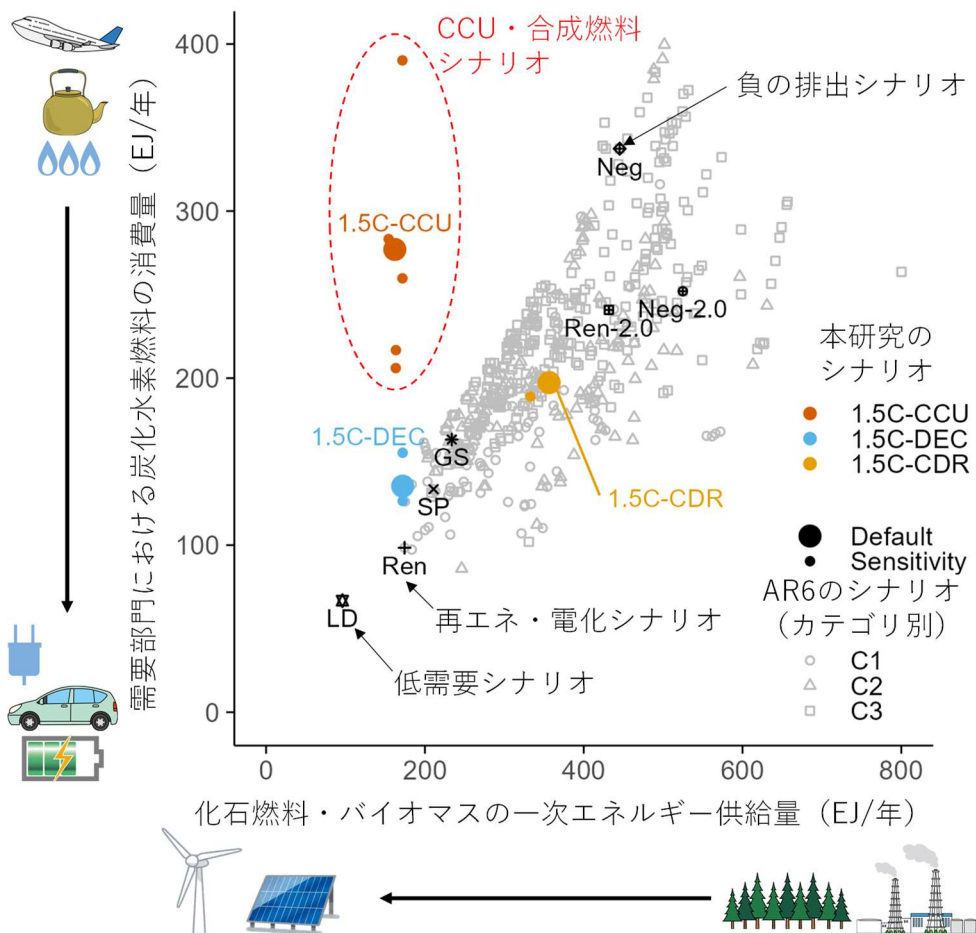
<論文タイトルと著者>

タイトル : Alternative, but expensive, energy transition scenario featuring carbon capture and utilization can preserve existing energy demand technologies (炭素回収利用を用いた新たなエネルギー移行シナリオ : 既存のエネルギー利用技術を維持できるが高コスト)

著者 : Ken Oshiro, Shinichiro Fujimori, Tomoko Hasegawa, Shinichiro Asayama, Hiroto Shiraki, Kiyoshi Takahashi

掲載誌 : *One Earth* DOI : 10.1016/j.oneear.2023.06.005

< 参考図表 >



図：本研究で定量化したシナリオと IPCC 第 6 次評価報告書に向けて提出されたシナリオ（黒/グレー）の比較。1.5C-CCU：CCU・合成燃料活用シナリオ。1.5C-DEC：電化等の需要転換シナリオ。1.5C-CDR：バイオマス・CCU による負の排出シナリオ。