

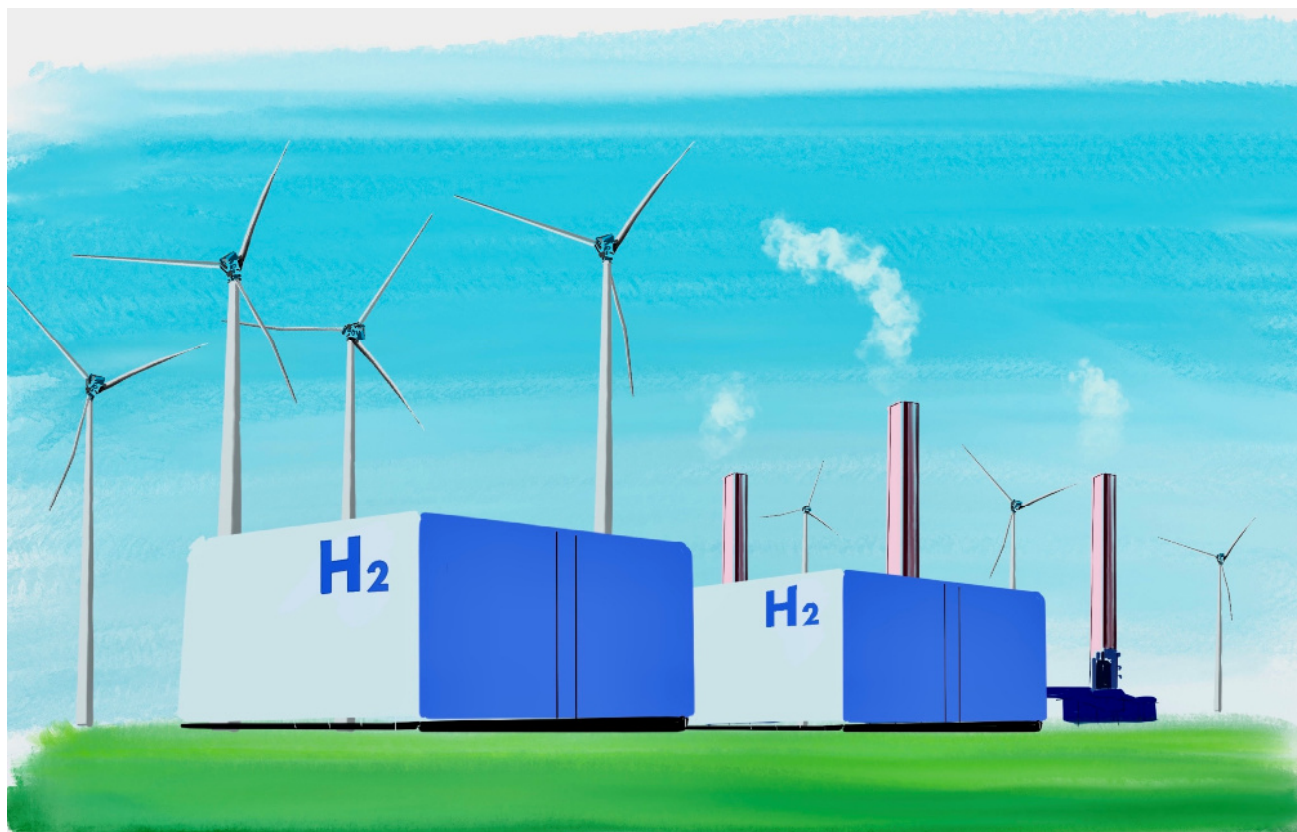
脱炭素社会における水素・アンモニア発電の貢献は限定的であることを解明

概要

石炭・ガス等の火力発電の早期退出、およびそこから二酸化炭素排出抑制は脱炭素化に向けた主要策の一つとされています。再生可能エネルギー等から製造された水素・アンモニアを発電に活用することは、石炭・ガスとの混焼も含め、火力発電からの排出削減に寄与する可能性があります。世界全体の脱炭素化にどの程度貢献し得るかは明らかにされていませんでした。

京都大学工学研究科都市環境工学専攻 大城賢 助教、藤森真一郎 同教授は、世界全域を対象としたエネルギーシミュレーションモデルを用い、脱炭素化に向けた水素・アンモニア発電の役割について分析しました。その結果、水素・アンモニア発電が世界の発電電力量に占める割合は、最大でも1%程度に留まることが示されました。水素・アンモニアの費用が大きく低下すれば、火力発電設備の約半数が水素混焼付きとなる可能性があります。しかし、年間を通じた稼働時間は太陽光・風力発電の出力が低下するごく限られた時間に留まることが分かりました。また、発電部門での水素・アンモニアの活用は限定的であった一方、航空・船舶用燃料への活用は比較的進みやすいことが分かりました。

本成果は、2024年3月4日に国際学術誌「*Nature Communications*」にオンライン掲載されました。



本研究のイメージ図

1. 背景

2015年のパリ協定では、気温上昇幅を2°Cより十分低く保ち、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。その実現に向け、石炭・ガス等の火力発電の早期退出、およびそこからの二酸化炭素排出抑制は、主要な対策の一つとされています。水素・アンモニアは、単体での燃焼（専焼）に加えて、既存の石炭・ガス発電燃料への混合（混焼）も可能であることから、火力発電の脱炭素化に寄与する可能性が指摘されています。近年の太陽光・風力発電の費用低下は、火力発電の優位性を相対的に低下させる一方で、二酸化炭素排出の少ない水素・アンモニアの費用低下に貢献し、これらの専焼・混焼発電を促進させる可能性があります。加えて、太陽光・風力発電は天候に応じた時間変動が大きく、これを一度水素化して貯蔵することで、電力の有効利用にも寄与する可能性があります。しかし、これまで水素・アンモニアを対象とした先行研究は、主に航空・船舶等の輸送部門や、鉄鋼等の産業部門を対象としたものが多く、発電部門への活用を含めた脱炭素化への貢献の可能性は明らかにされてきませんでした。

2. 研究手法・成果

本研究で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: アジア太平洋統合評価モデル) を用いた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、混焼を含む水素・アンモニア発電を新たな技術オプションとして追加しました。

本モデルを用いて、水素・アンモニアの費用が大きく低下する場合や、炭素回収貯留（CCS）など他の火力発電からの排出抑制策を制限した場合など、多様な条件のもとで、2050年までのシミュレーションを行いました。その結果、以下のことが明らかになりました。

- 2°Cや 1.5°C目標を達成する場合は、水素価格が大きく低下する条件下でも、火力発電による発電量は減少し、水素・アンモニア専焼・混焼発電が世界の発電量に占める割合は、最大で1%程度に留まる結果となりました。
- 水素価格が大きく低下するシナリオでは、世界の火力発電設備の約半数が水素混焼設備付きとなる可能性が示されました。しかし、これらの設備が1年のうちに稼働する期間は、太陽光・風力発電の出力が天候条件によって大きく低下するごくわずかな時間帯に留まることが分かりました。
- 水素・アンモニアの混焼率が高くなるほど、石炭・ガスへの炭素税に伴うCO₂排出費用は低下する一方、水素・アンモニア調達による燃料費が増加するため、費用面での利点が少ないことが、これらの結果の要因と考えられます。
- 発電部門における水素・アンモニアの利用は限定的となった一方、航空・輸送燃料としての水素・アンモニア利用は、先行研究と同様、比較的進みやすいことが示されました。

発電部門では、費用の観点から水素・アンモニアの役割は非常に限定的である一方、輸送部門では比較的有效な対策となり得ることから、様々な部門を横断した包括的な脱炭素化方策の検討が重要であることを示唆しています。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の成果は今後の脱炭素化に向けた政策検討、技術開発・普及方策に活用されることが期待されます。今回の分析は世界全域が対象であり、地域固有の特性や、エネルギー安全保障リスクは考慮していないため、これらを考慮した分析も今後重要と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)環境再生保全機構の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>

- ・ CCS (Carbon Capture and Sequestration) : 炭素回収貯留。火力発電等から回収した CO₂ を地中に隔離し長期間固定すること。

<研究者のコメント>

今回の研究で得られた知見は、過去の研究成果を踏まえるとおおむね予想のつくものだったので、研究としての面白みはそこまで大きくありませんでした。それでも学術誌の編集者・査読者からは、社会的な意義も含めて評価して頂いたと思いますので、大変有難く思います。(大城賢)

<論文タイトルと著者>

タイトル : Limited impact of hydrogen co-firing on prolonging fossil-based power generation under low emissions scenarios (低排出シナリオにおいて水素混焼が火力発電の延命に及ぼす影響は限定的)

著者 : Ken Oshiro, Shinichiro Fujimori

掲載誌 : *Nature Communications* DOI : 10.1038/s41467-024-46101-5

< 参考図表 >

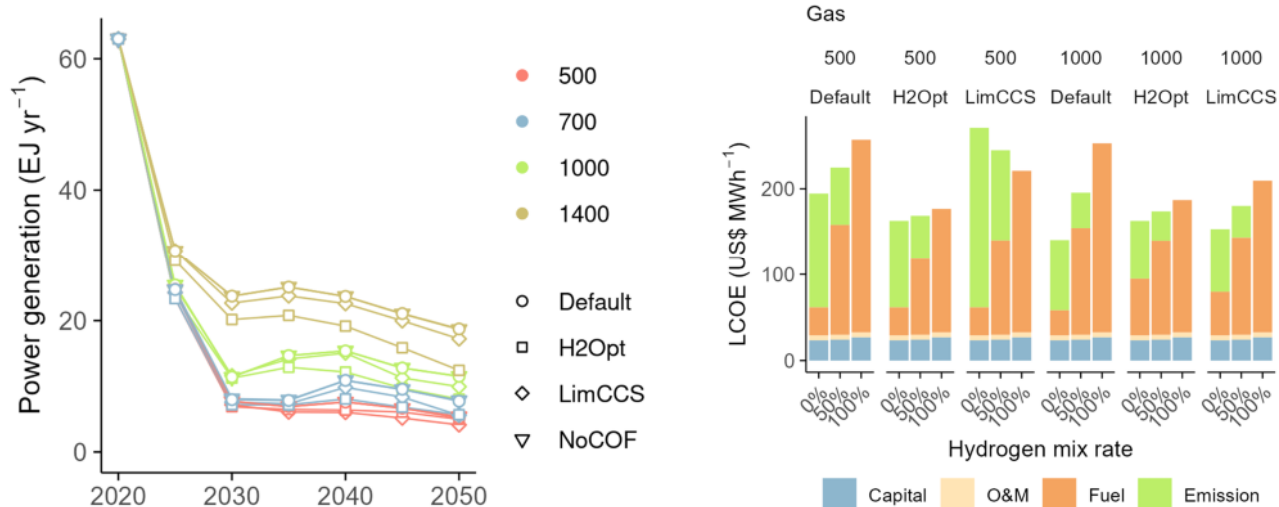


図 左：世界の火力発電電力量（水素混焼・CCS を含む）。いずれのシナリオでも火力からの発電量は低下。
 右：水素混焼率別のガス火力発電の発電コスト（LCOE）の比較。水素・アンモニア混焼率が高くなるほど、CO2 排出費用（緑色）は低下するが、燃料費（橙色）が増加する。