ー真のエネルギー地産地消ー

エネルギーシステム研究について

水素エネルギーシステムの実用化に向けた取組み

九州大学 工学研究院機械工学部門

立川 雄也

令和3年3月3日

エネルギー部会の研究計画と目標の全体像

地域のエネルギーを無駄なく利用できる、真のエネルギー地産地消を実現！

1.高精度需給予想、調達支援・ＥＭＳ

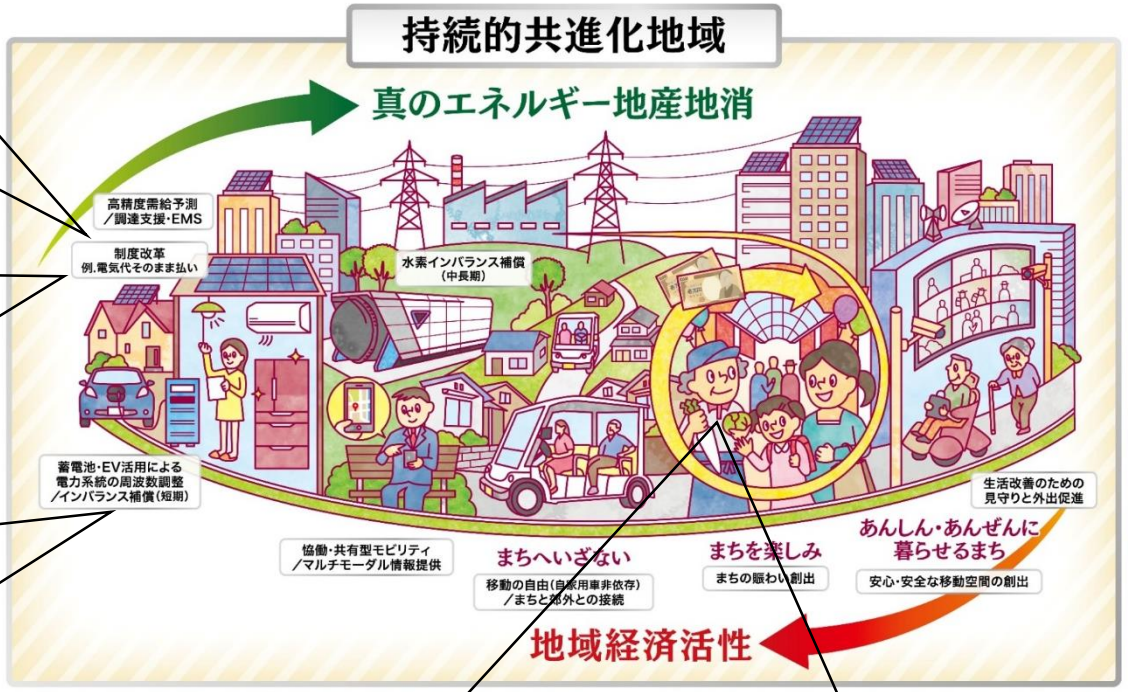
●【地域電力小売事業のリスク管理】高精度需給予測とポートフォリオ理論によるリスク管理
●【PVインバランス補償】太陽光発電からの電力の需要予測技術を進化させて、PVのインバランス補償を実現（本COI目標：1箇所で社会実装）

2.制度改革

●【制度改革】初期投資の負担を減らして、低炭素エネルギー技術の導入を地域で加速
（本COI目標：電気代そのまま払い5箇所）

3.EV活用系統周波数調整、家電等活用インバランス補償

●【インバランス補償実証】電気を貯められる電気自動車、家庭での主なエネルギー需要である家電を使った、エネルギー需給のインバランス補償と周波数調整
（本COI目標：EVによる周波数制御実証1箇所）

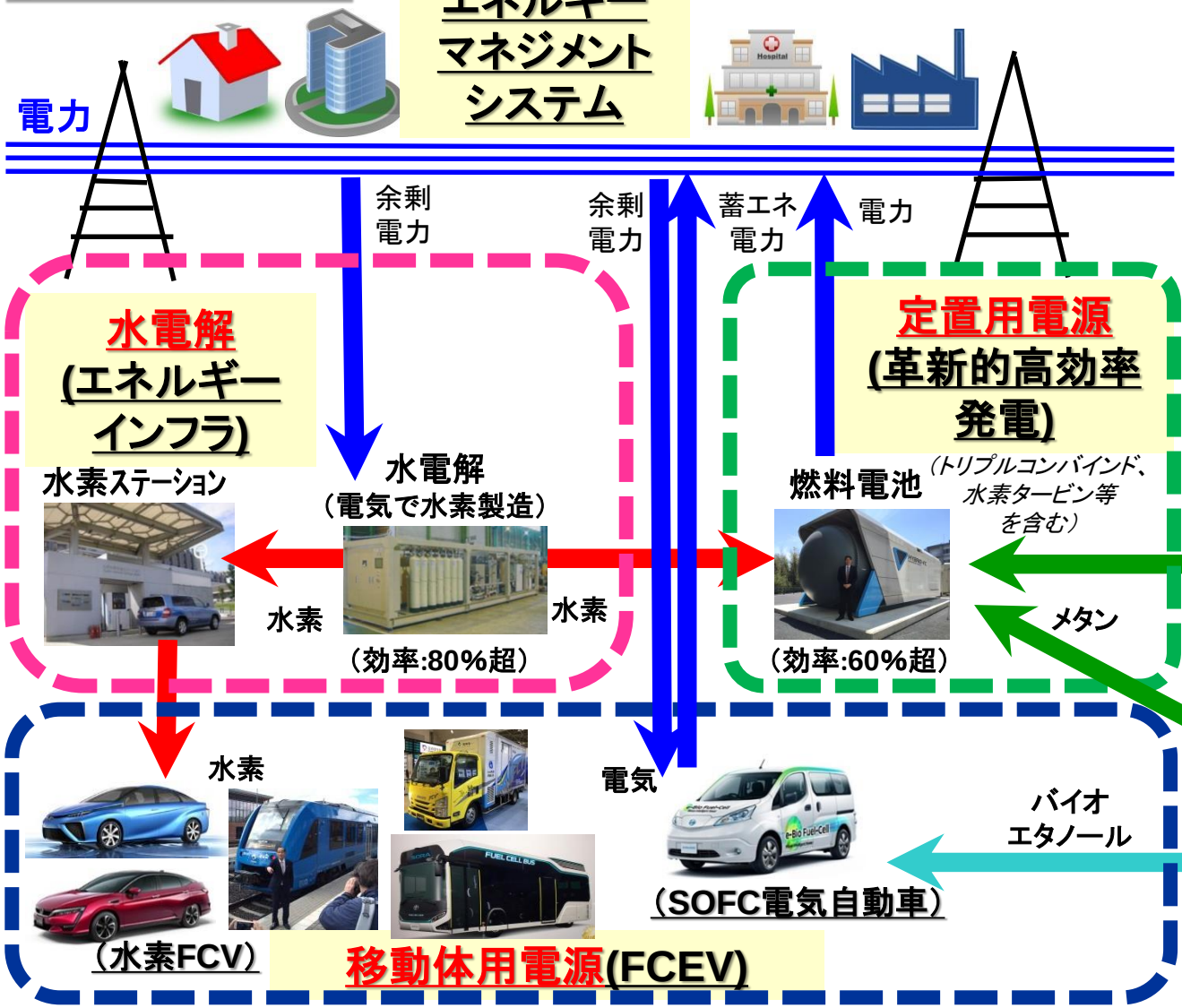


4.水素インバランス補償

●【水電解】地域でEVや家電を活用しても吸収できない余った電力で、高効率（本COI目標：80％超）に水を電気分解し、水素にして貯蔵。
●【定置用電源】貯めた水素から、必要な時に必要な分だけ高効率（本COI目標：60％超）に電気を作って利用。（高効率化で、運用コスト低減）
●【移動体電源】再エネ由来の電気やバイオ燃料での電気モビリティ（EV）、再エネ由来の水素での水素モビリティ（FCV）を実現
●【コストエンジニアリング】社会実装に向けて、システムコスト（初期投資）の低減へ、各部材等のコストを精査

脱炭素・水素社会におけるキーテクノロジー

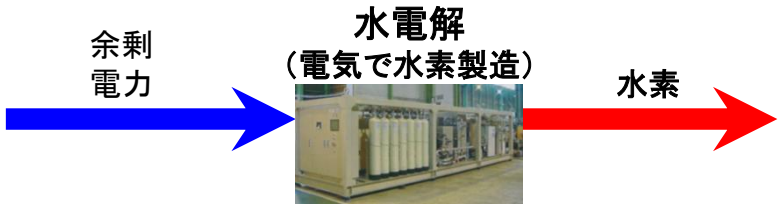
【完成目標図】



	現状	将来目標例
再生可能エネルギー（メガソーラー等）	約10%（水力含む）	50%（再エネ水素不可欠）
天然ガス等化石燃料	90%弱	40%（超高効率化＋CO2回収）
バイオ燃料（バイオガス・消化ガス・サトウキビ等）	約0%	10%（SOFC-EV不可欠）

水電解システム

再生可能エネルギーの利用拡大によって
地域のエネルギーマネジメントは変革の時代
例）九州地域のソーラー発電出力抑制や洋上風力発電の設置計画等

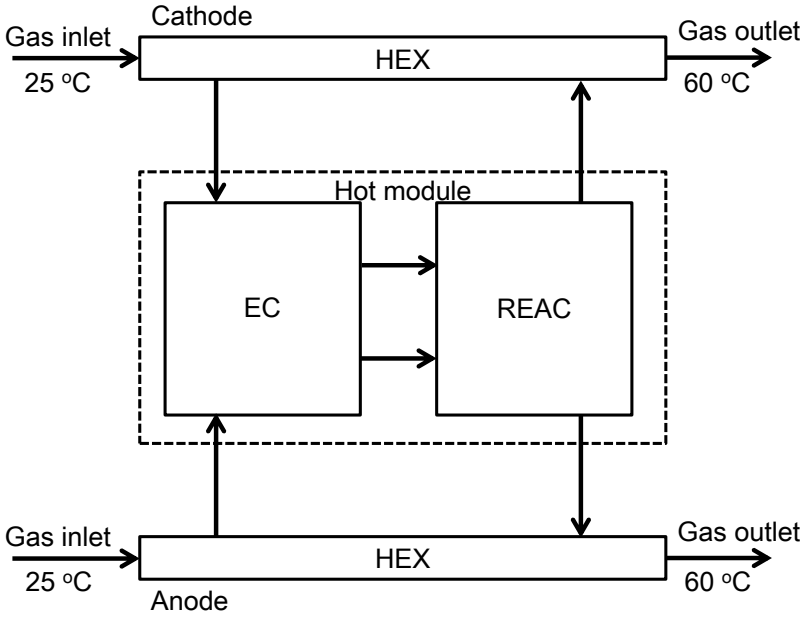


本COIにおける水電解システム研究の目標

真のエネルギー地産地消の実現によって、地域でEVや家電を活用しても吸収できない余った電力で、高効率（本COI目標：80%超）に水を電気分解し、水素にして貯蔵する。

→新規材料とシステム設計研究から水電解システムの社会実装につなげる

水電解システム設計（簡略版）



高効率なシステム設計の提案

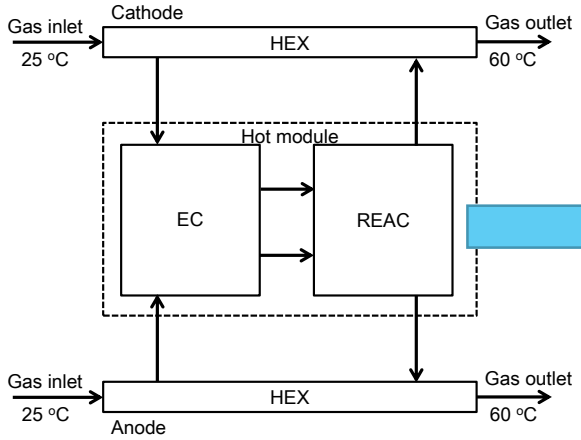
System size / -	10kW class
Temperature at gas inlet / °C	25
Temperature at gas outlet / °C	60 or higher when waste heat is enough
Temperature at SOEC hot module / °C	800
Temperature at PCEC hot module / °C	600
H_2O supply rate to the EC / mol min^{-1}	3.0
H_2O utilization / %	80
CO_2 additive ratio per generated H_2 / %	25

Electrolyte material	Conventional	
CO_2 additive / mol min^{-1}	0.0	0.6
Electric power input to EC module / kW	11.9	12.2
Molar rate of H_2 at offgas / mol min^{-1}	2.4	2.0
Molar rate of CH_4 at offgas / mol min^{-1}	-	0.0
Molar rate of CO at offgas / mol min^{-1}	-	0.4
Efficiency / %LHV (%HHV)	81.3 (96.1)	81.4 (93.5)
Efficiency except for EC heating loss / %LHV	97.4	97.9

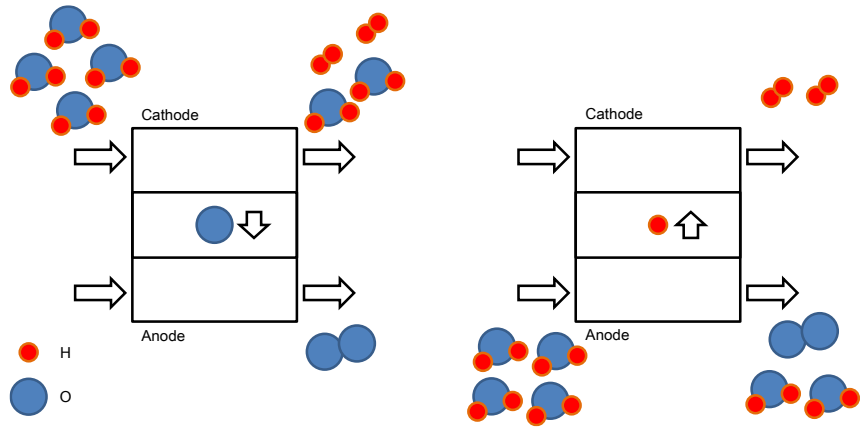
Tachikawa et al. Proceedings of EFCF 2018

水電解システム

新材料(プロトン伝導性電解質)の適用



従来の電解　　新材料を用いた電解

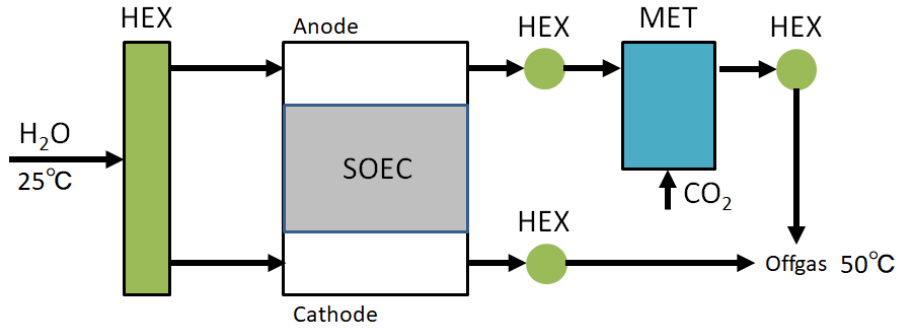


酸素イオンの代わりにプロトン(H^+)が移動
中温域で作動可能

Electrolyte material	Conventional		Proton-conducting	
CO_2 additive / mol min^{-1}	0.0	0.6	0.0	0.6
Electric power input to EC module / kW	11.9	12.2	11.9	11.2
Molar rate of H_2 at offgas / mol min^{-1}	2.4	2.0	2.4	1.4
Molar rate of CH_4 at offgas / mol min^{-1}	-	0.0	-	0.2
Molar rate of CO at offgas / mol min^{-1}	-	0.4	-	0.2
Efficiency / %LHV (%HHV)	81.3 (96.1)	81.4 (93.5)	81.3	82.2 (93.9)
Efficiency except for EC heating loss / %LHV	97.4	97.9	97.9	98.8

効率向上効果を確認

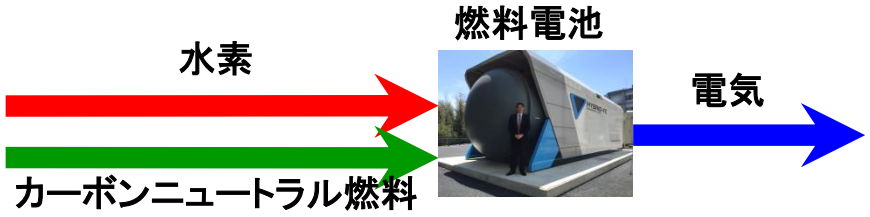
今後、真のエネルギー地産地消実現へ
脱炭素・再エネ活用に向け水電解研究を推進



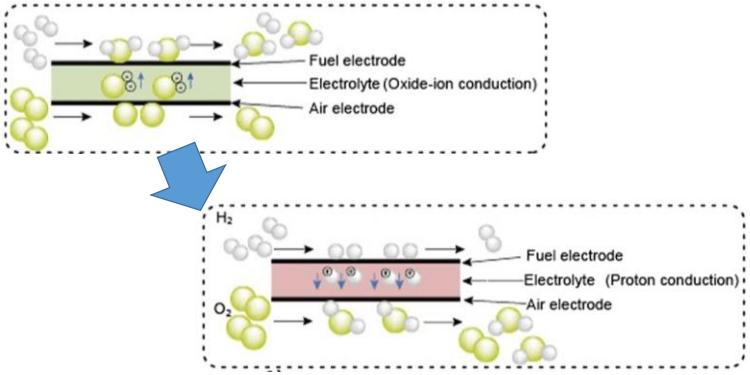
定置用電源システム

定置用電源に求められる３E+Sと４R

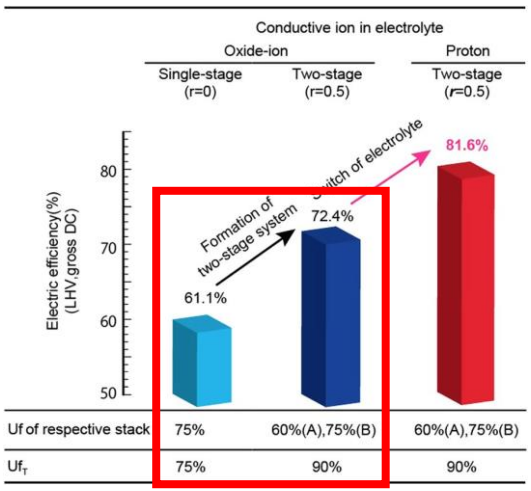
EfficiencyとEnvironmentや
Reduce, Recycle, etc.は地域への実装の前提！



Oxide-ion conducting solid oxide



Proton conducting solid oxide



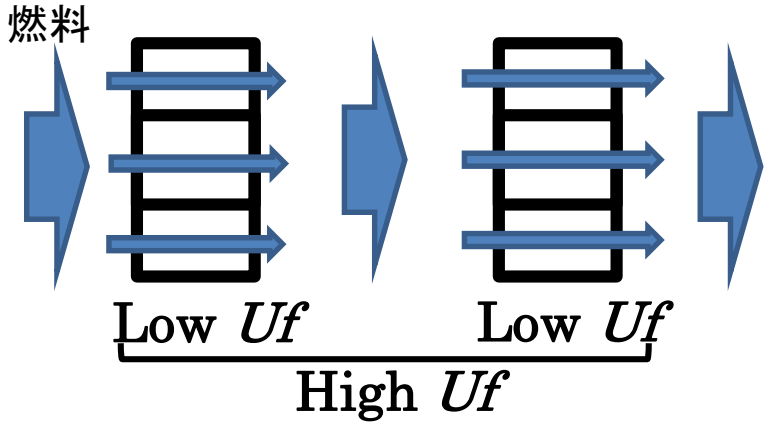
プロトン伝導性酸化物を用いることで、
通常作動条件下で発電効率80%LHVで発電可能！

→多段型燃料電池スタック設計との複合効果

<多段型燃料電池スタック設計>

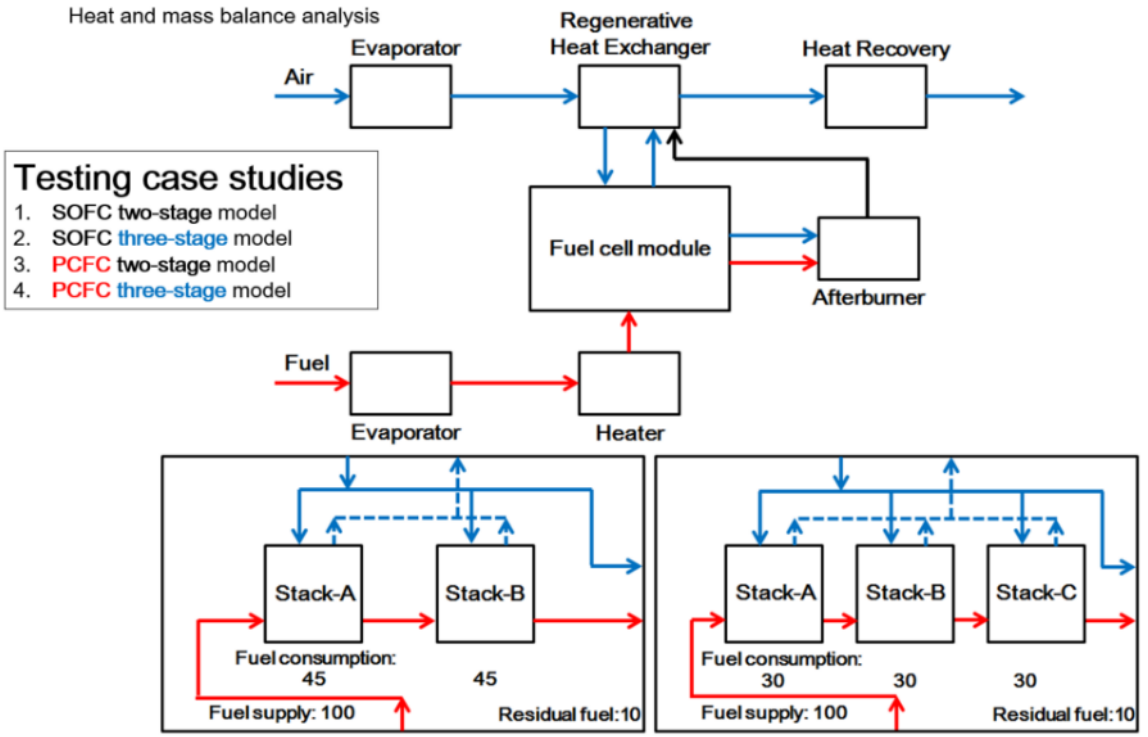
多段型の燃料電池スタック構造

長所：燃料を使い切る

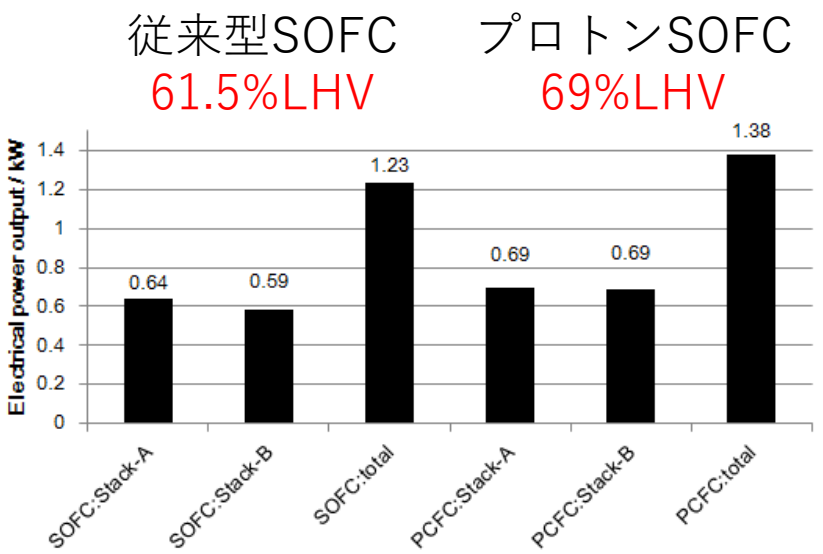


定置用電源システム

多段型燃料電池スタック設計の検討



2段スタックでの発電効率への影響



燃料を使い切る多段型コンセプト設計とプロトンSOFCのシナジー効果により、
発電効率向上効果がさらに高まった。

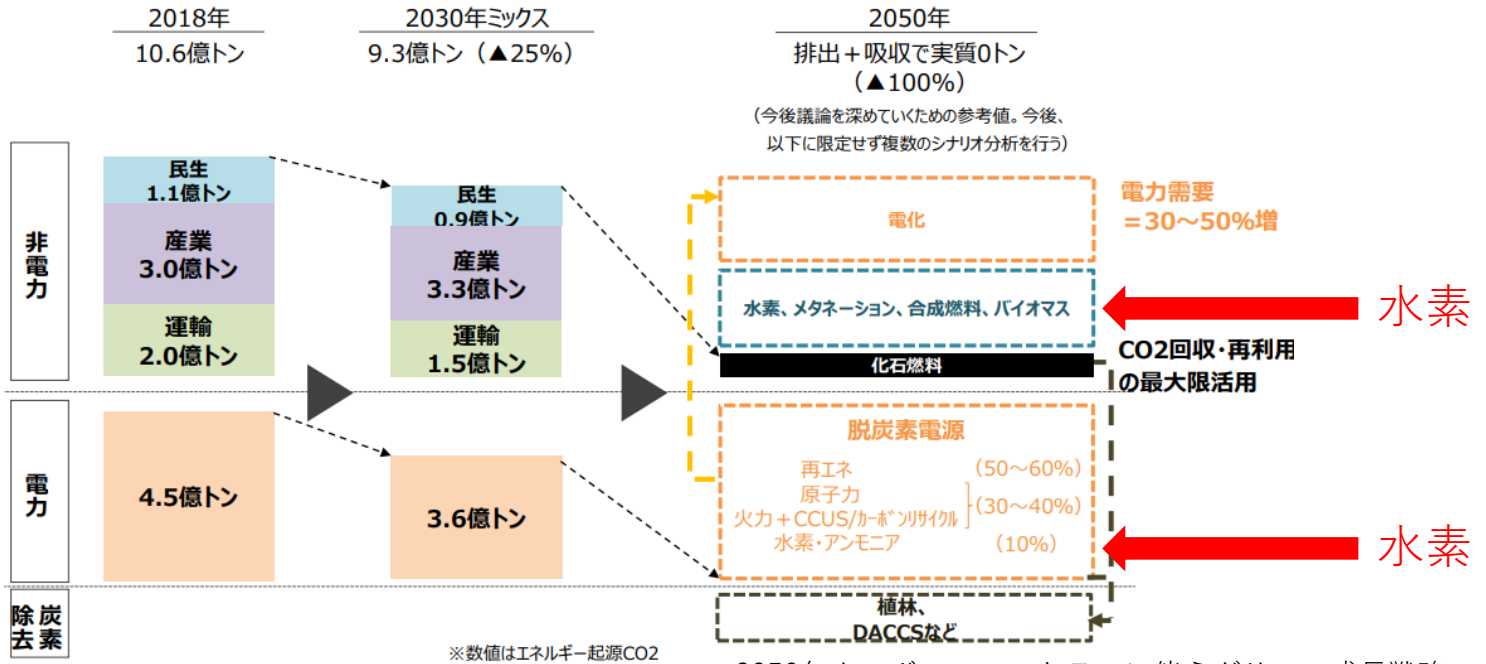
スタック多段化技術の適用による発電への燃料利用比率向上効果によって
本COI目標の効率60%超の高効率定置用電源としての実現可能性が高まった。

まとめ　さらなる社会目標の実現に向けて

① 国内外のグリーン政策（欧州グリーンディールや国内のグリーン成長戦略）に基づくと、水素インバランス補償に用いる水素関連技術は将来さらに社会実装を見据えた開発が求められる。

② 本COIではそれらに先行して水素技術の社会実装に向けた研究開発を進めており、今後も継続して水素エネルギー技術・システムの社会実装を推進

③ 東京大学(エネマネ)-東京工業大学(コストエンジ)-九州大学(水素)で連携して、未来社会エネルギー基盤実現に取り組んでまいります。



2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略