

水素エネルギー

～CO₂削減の未来の切り札～



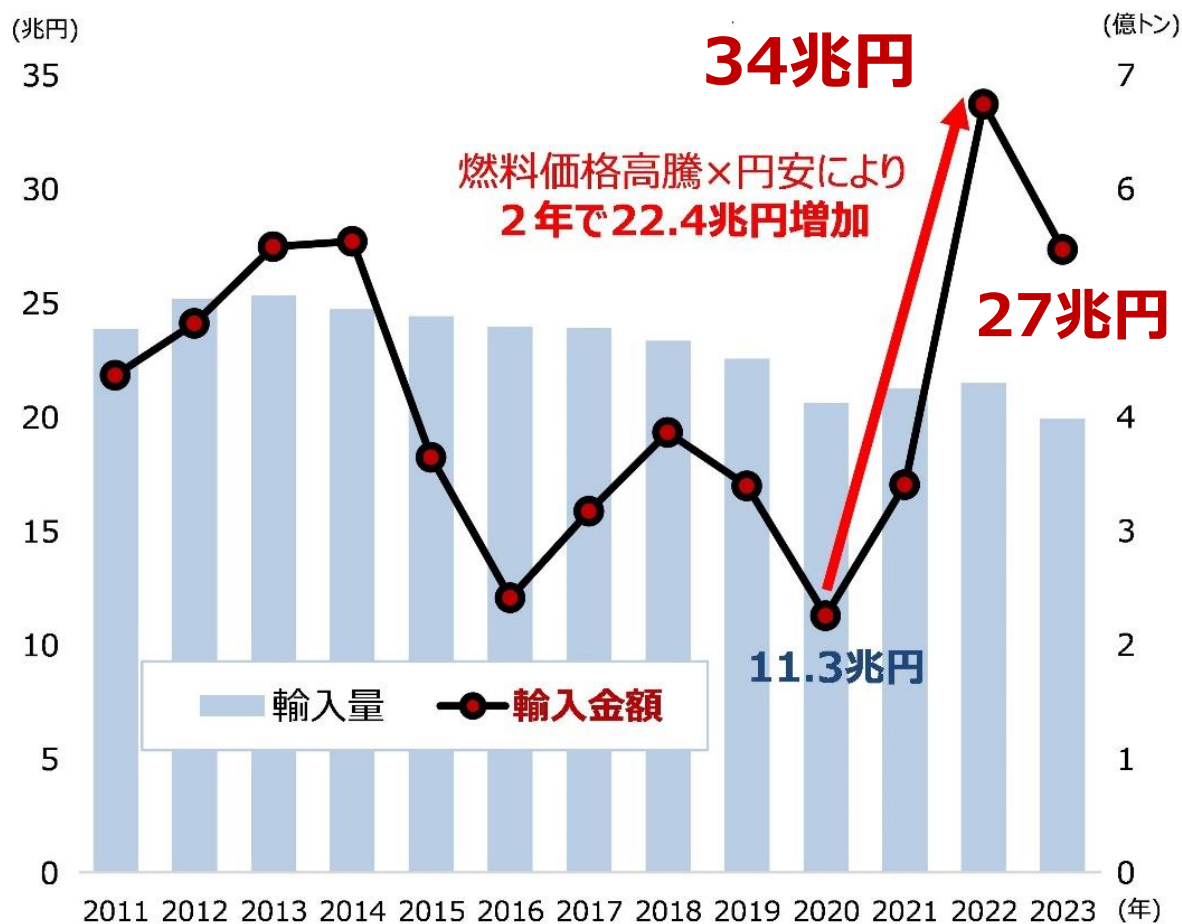
東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

東京大学 先端科学技術研究センター

水素エネルギー分野

この たつおき
教授 河野 龍興

日本の化石燃料の輸入金額

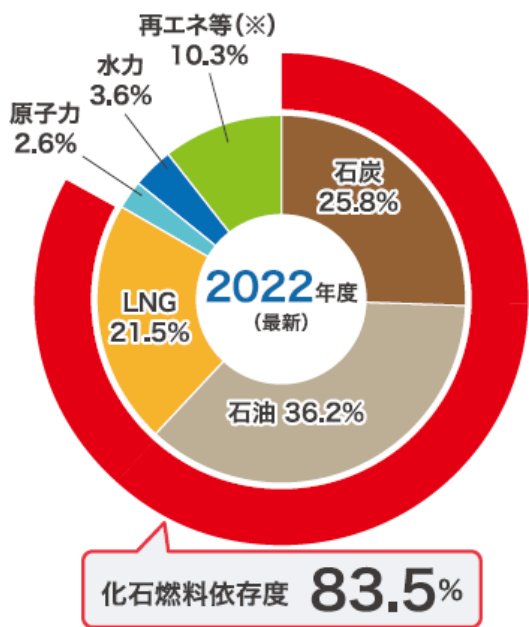


リアリティ・チェック

明日は本当に
良くなるのか？

日本が抱えるエネルギー問題

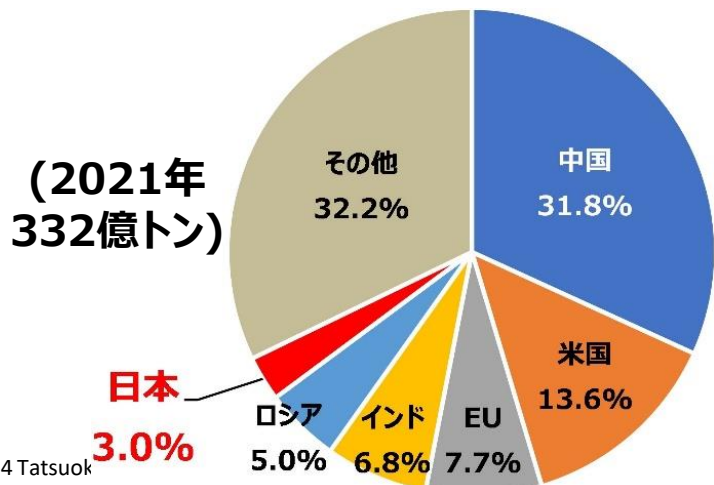
エネルギー自給率が低い



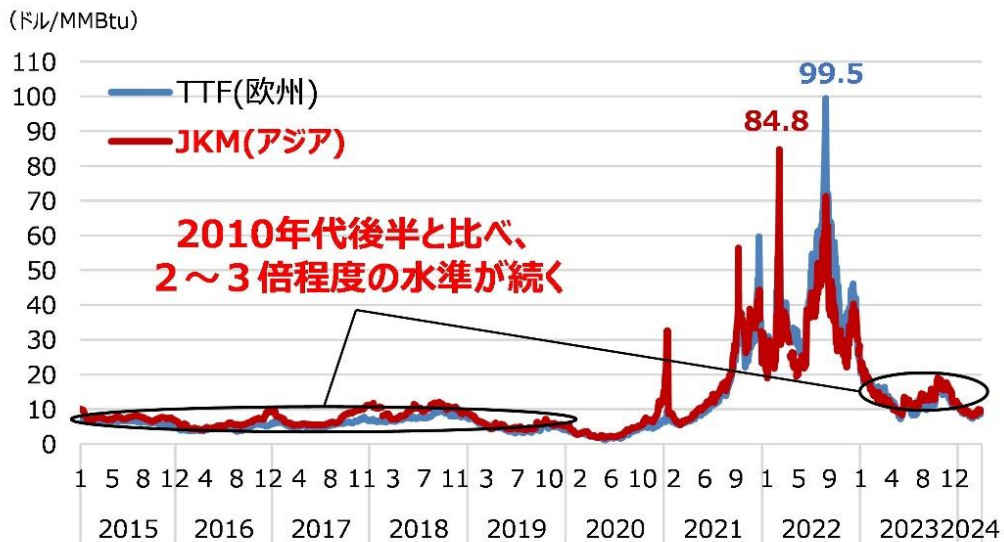
石炭の価格推移



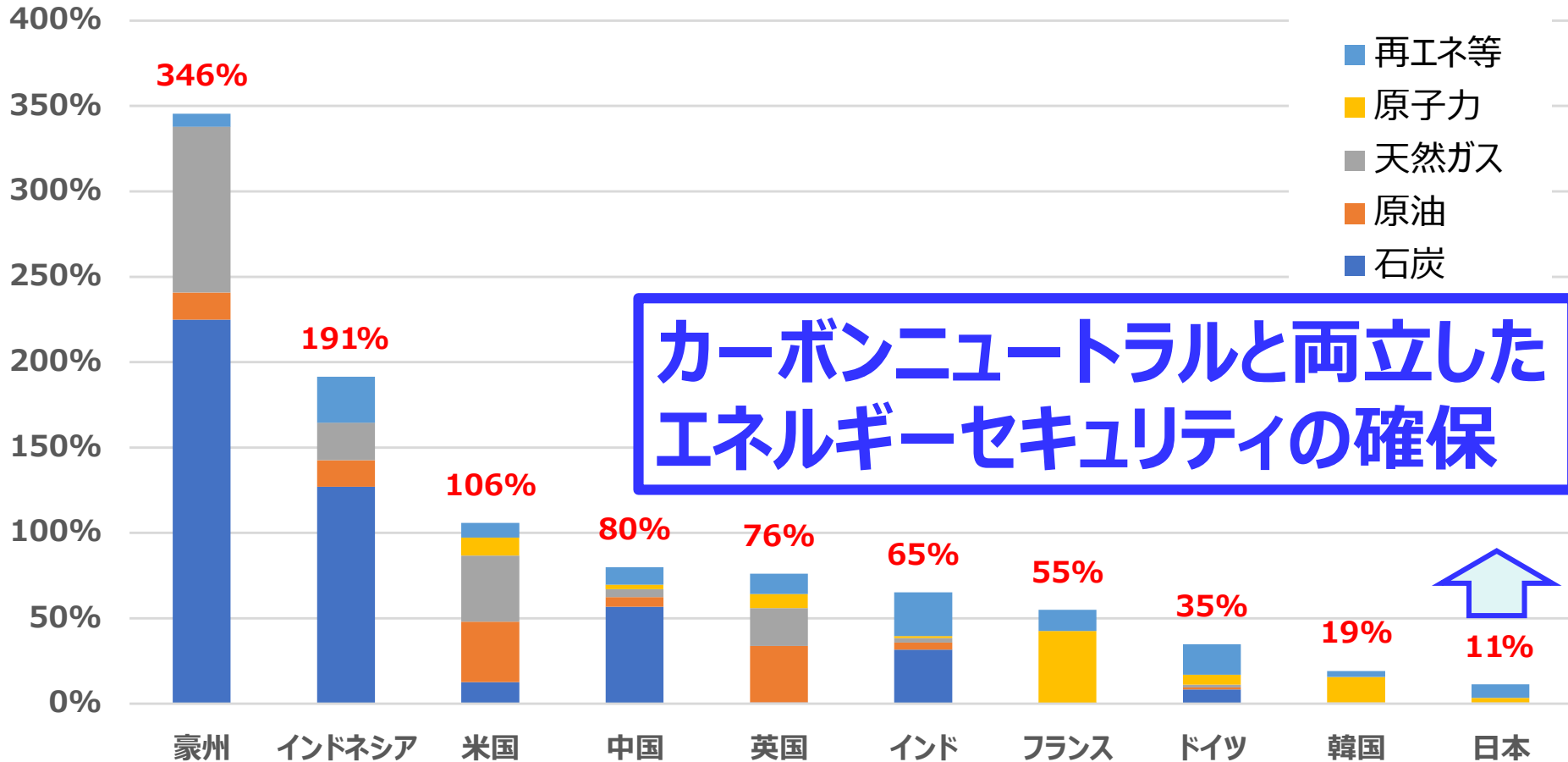
CO2排出量が大い



天然ガス・LNGの価格推移



主要国におけるエネルギー自給率

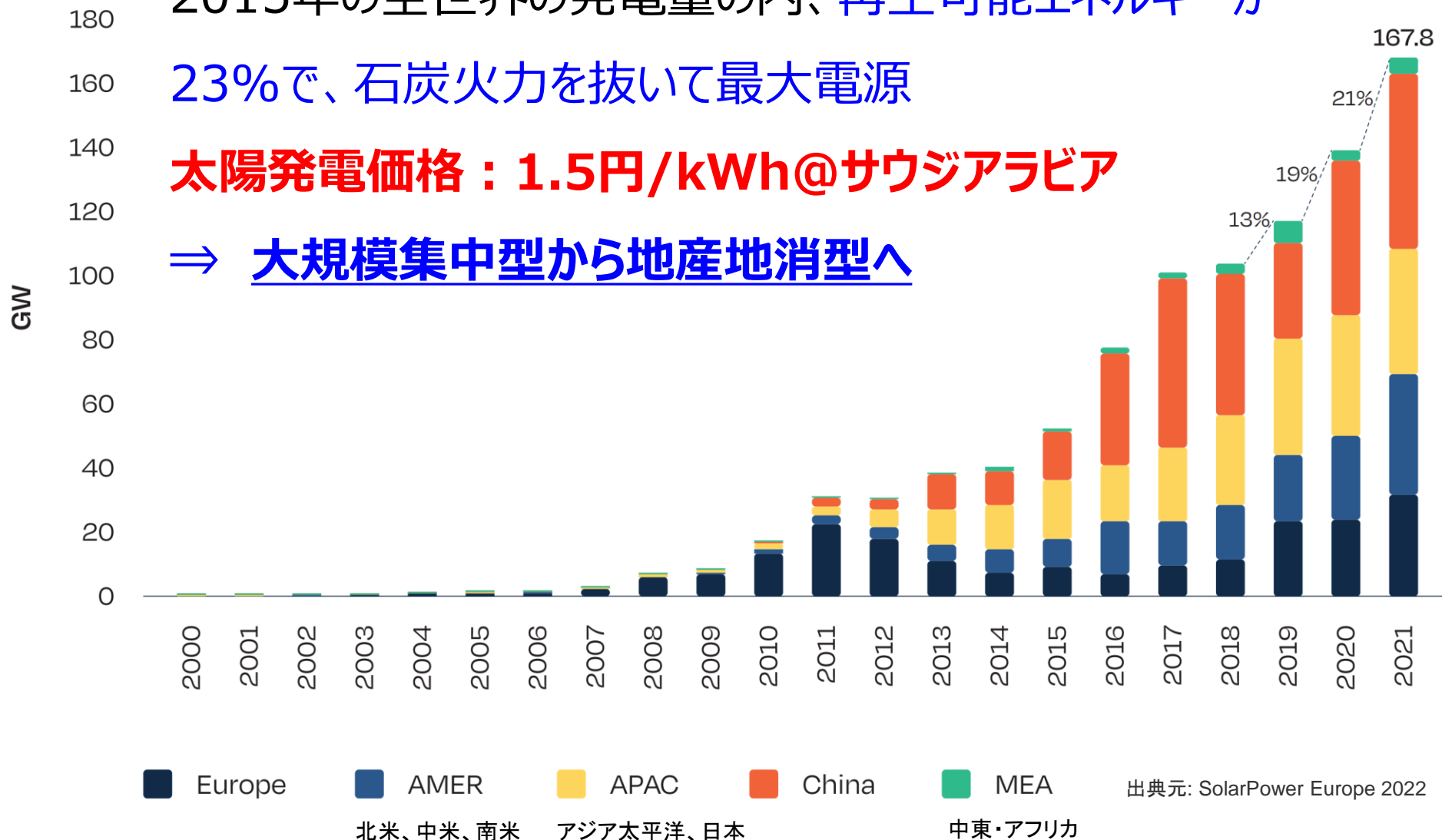


世界の太陽光発電導入量

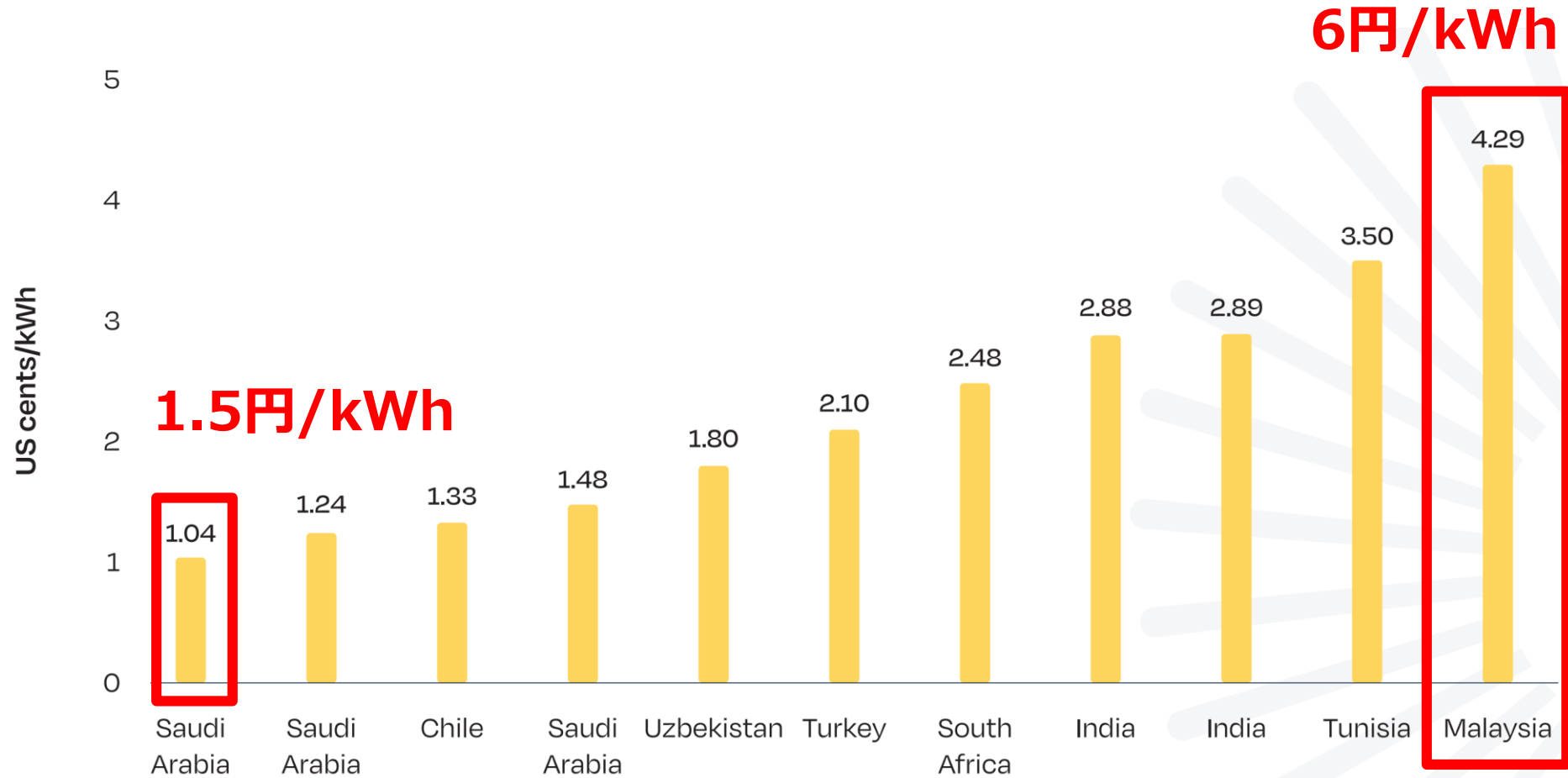
2015年の全世界の発電量の内、再生可能エネルギーが
23%で、石炭火力を抜いて最大電源

太陽発電価格：1.5円/kWh@サウジアラビア

⇒ 大規模集中型から地産地消型へ

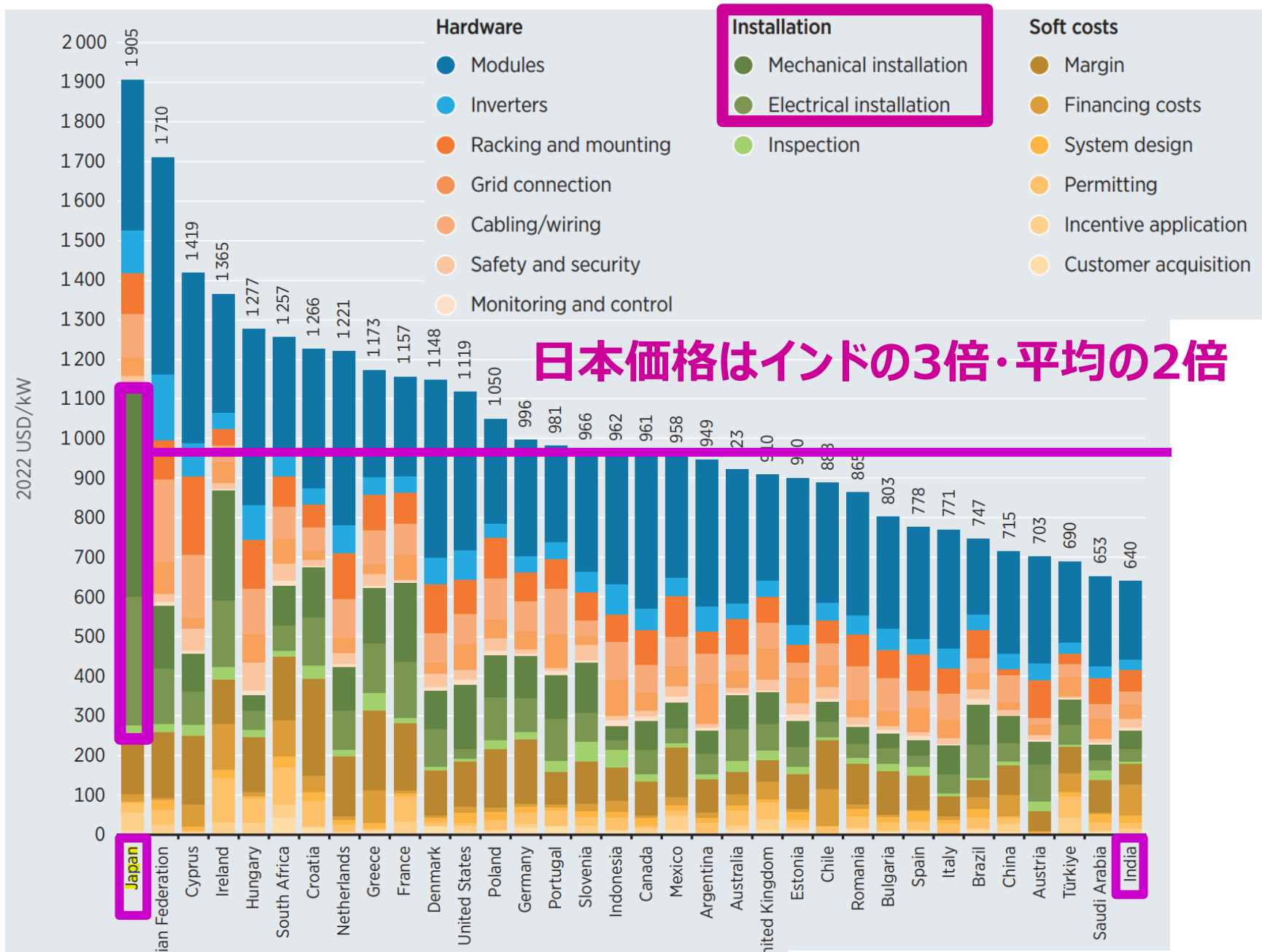


太陽光発電価格（2021年）



出典元: SolarPower Europe 2022

世界の太陽光発電設置コスト



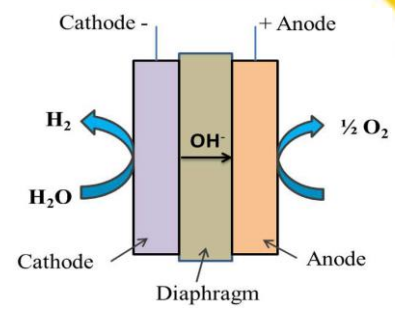
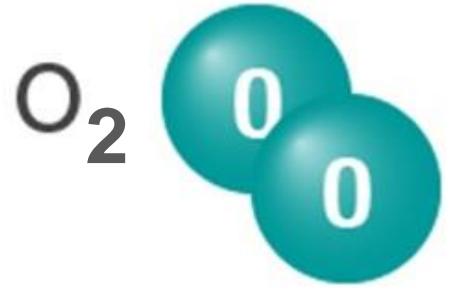
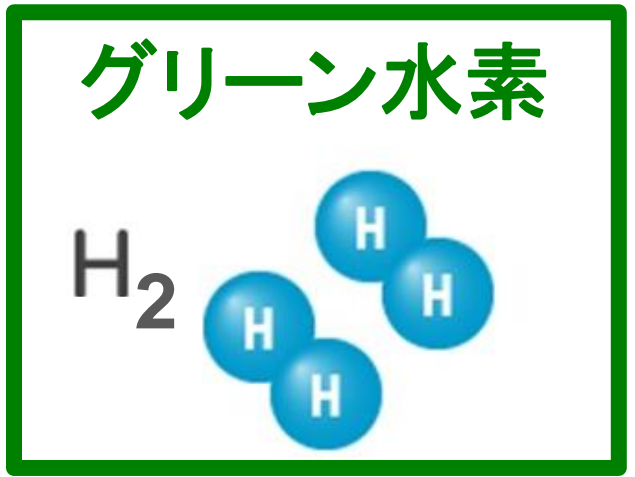
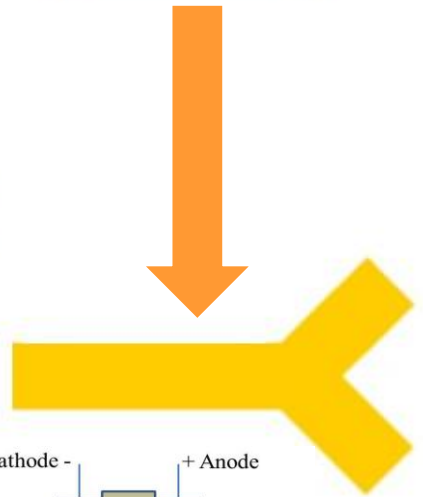
出典元: Renewable Power Generation Costs in 2022

グリーン水素とは？

再生可能
エネルギー



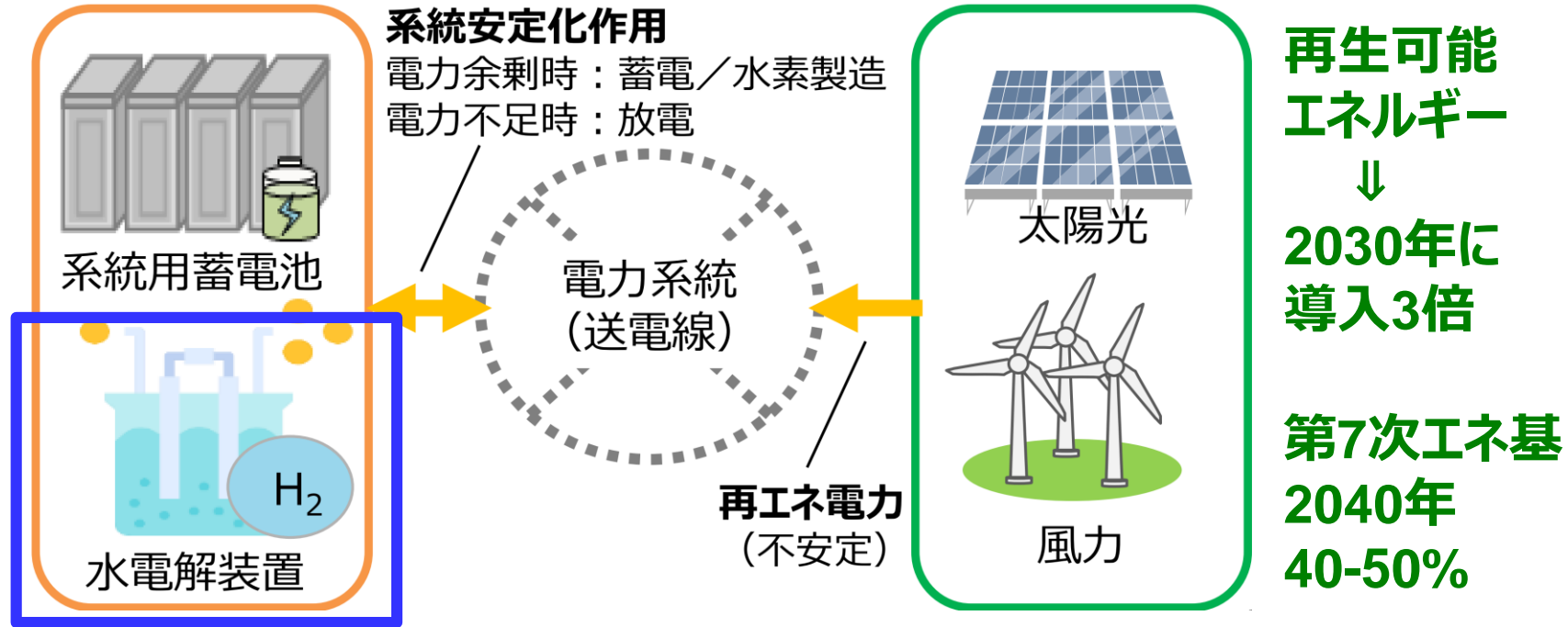
電気



水電解装置

二酸化炭素 (CO₂) が出ない

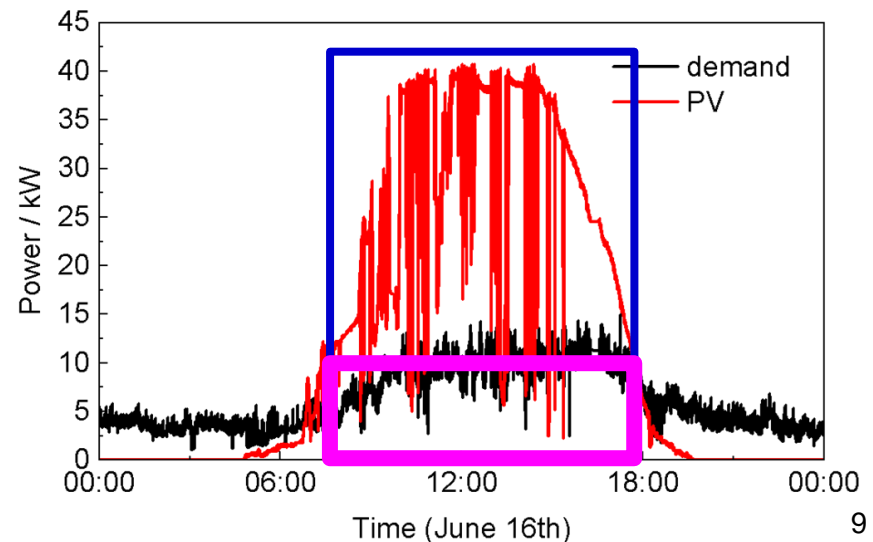
なぜ水素エネルギー？



再エネの出力電力が不安定

→ **システムの安定化が必要**

水素エネルギーで制御



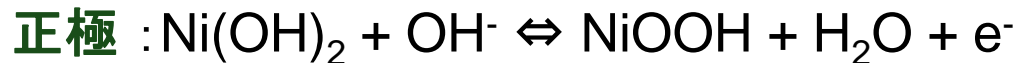
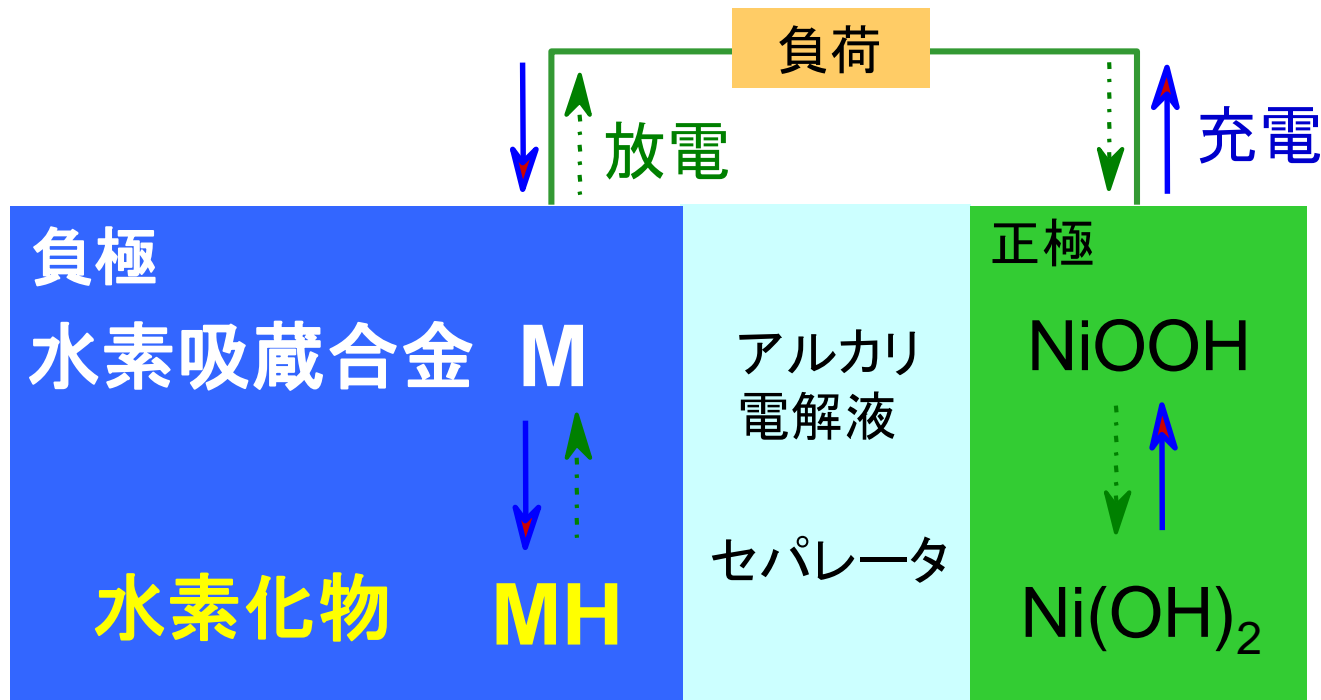
ニッケル水素電池



水素エネルギーは既に実用化している
⇒ 日本発の技術

ニッケル水素電池とは？

充電：水を電気分解して水素を製造し、貯蔵
放電：貯蔵した水素を使って、電気を製造



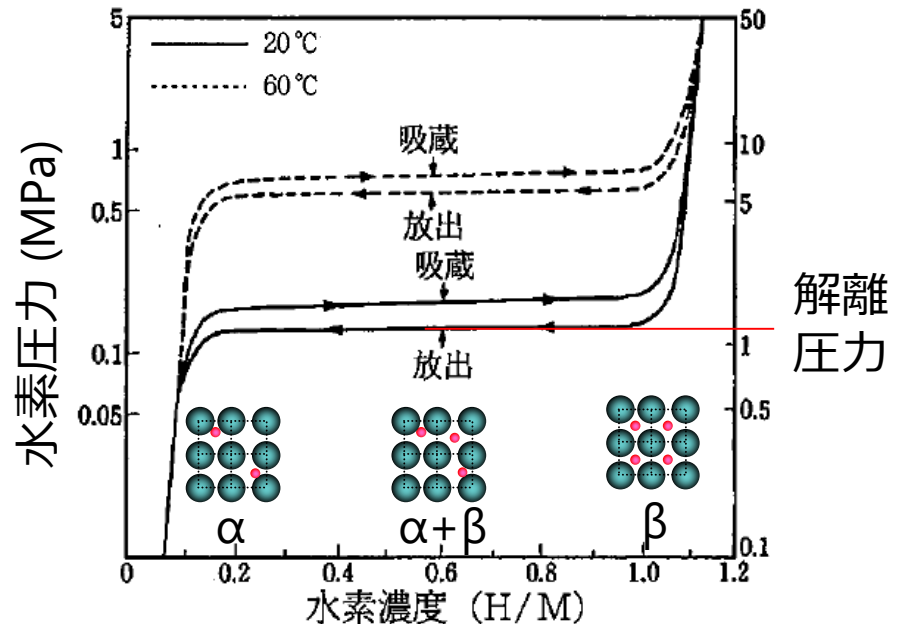
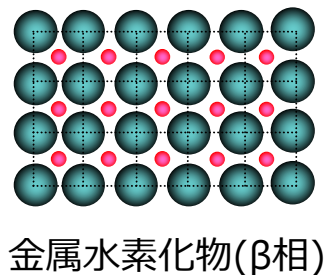
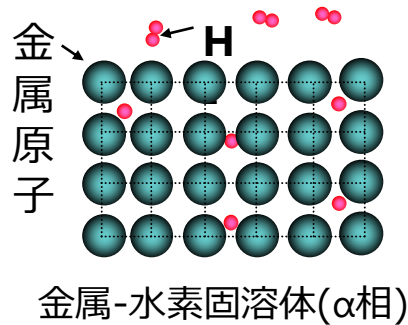
水素吸蔵合金とは？

水素吸蔵合金

金属水素化物を形成し、大量の水素を可逆的に吸蔵放出できる金属



- ・液体水素より高い密度で、長期間安全に水素を貯蔵
- ・常温・大気圧付近において水素と反応
- ・火を近づけても燃えない、爆発しない：ガスタンクよりも安全



水素吸蔵合金(LaNi₅)の圧力-組成-等温 (PCT) 線図



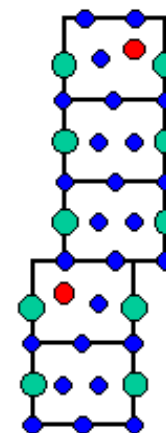
Journal of Alloys and Compounds
Volume 311, Issue 2, 26 October 2000, Pages L5-L7



Letter

Hydrogen storage properties of new ternary system alloys: La_2MgNi_9 , $\text{La}_5\text{Mg}_2\text{Ni}_{23}$, $\text{La}_3\text{MgNi}_{14}$

T Kohno ^a, H Yoshida ^b, F Kawashima ^c, T Inaba ^b, I Sakai ^b, M Yamamoto ^b, M Kanda ^a



● 希土類元素
● マグネシウム
● ニッケル

全く新しい水素吸蔵合金を発見：La-Mg-Ni系

→ 1996年に発見¹⁾、2000年発表（超格子合金）²⁾

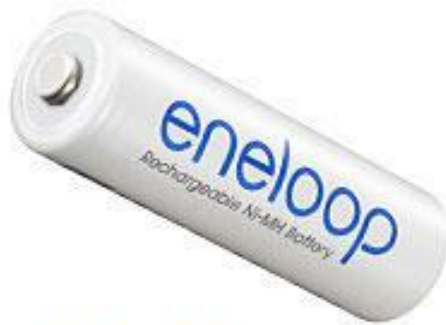
1) 河野ら、特許第5401941号

2) T. Kohno, *et al.*, J. Alloys Comp., 311, L5-7 (2000).

「eneloop」(パナソニック、三洋電機)

2005. 11. 1発表

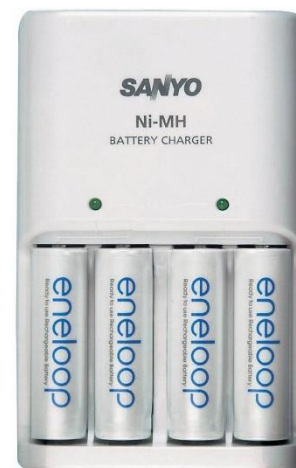
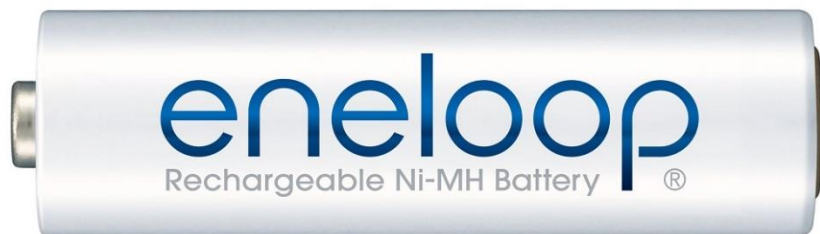
eneloopは、**負極材料の「超格子合金」、**正極材料、電解液などを設計段階から見直し、自己放電しにくい素材を採用することで、放置時の自己放電、放置後の動作電圧の低下を抑制させたニッケル水素充電電池



【エネルギー】



ニッケル水素電池



ハイブリッド自動車

HV
Hybrid Vehicle



水素エネルギーシステムとは？

ニッケル水素電池では下記の反応メカニズムを利用している



1) 充電: 水を電気分解

①水素製造(水電解)

水素を吸蔵

②水素貯蔵(水素吸蔵合金)

2) 放電: 水素を脱蔵

③水素利用

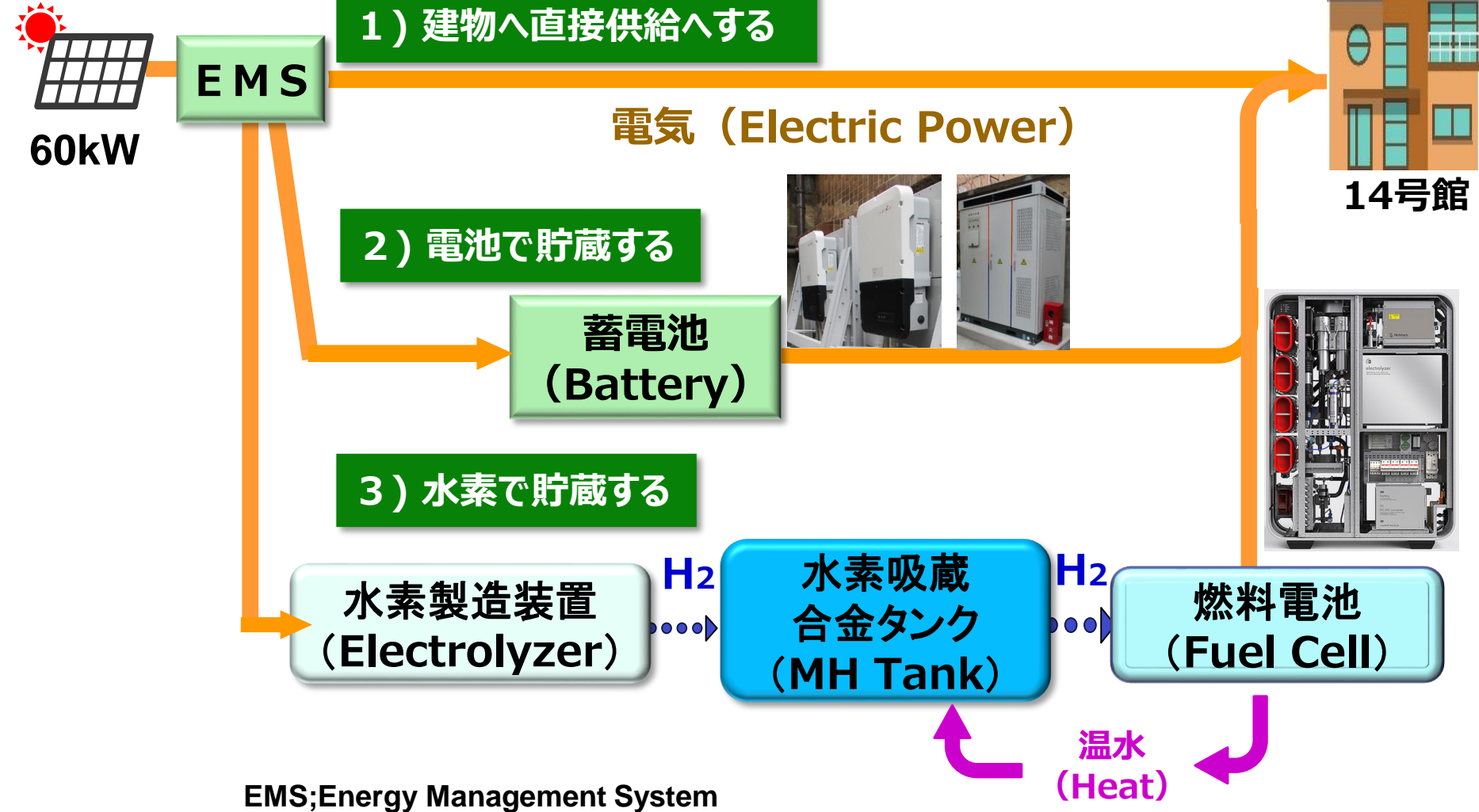
①製造(水電解)⇒②貯蔵(MH)⇒③利用

もし各ステップを装置化及びシステム化できれば
大型水素エネルギーシステムを構築できるのではないか？

再生可能エネルギーを利用した水素エネルギーシステム



太陽光発電 (Solar Power)



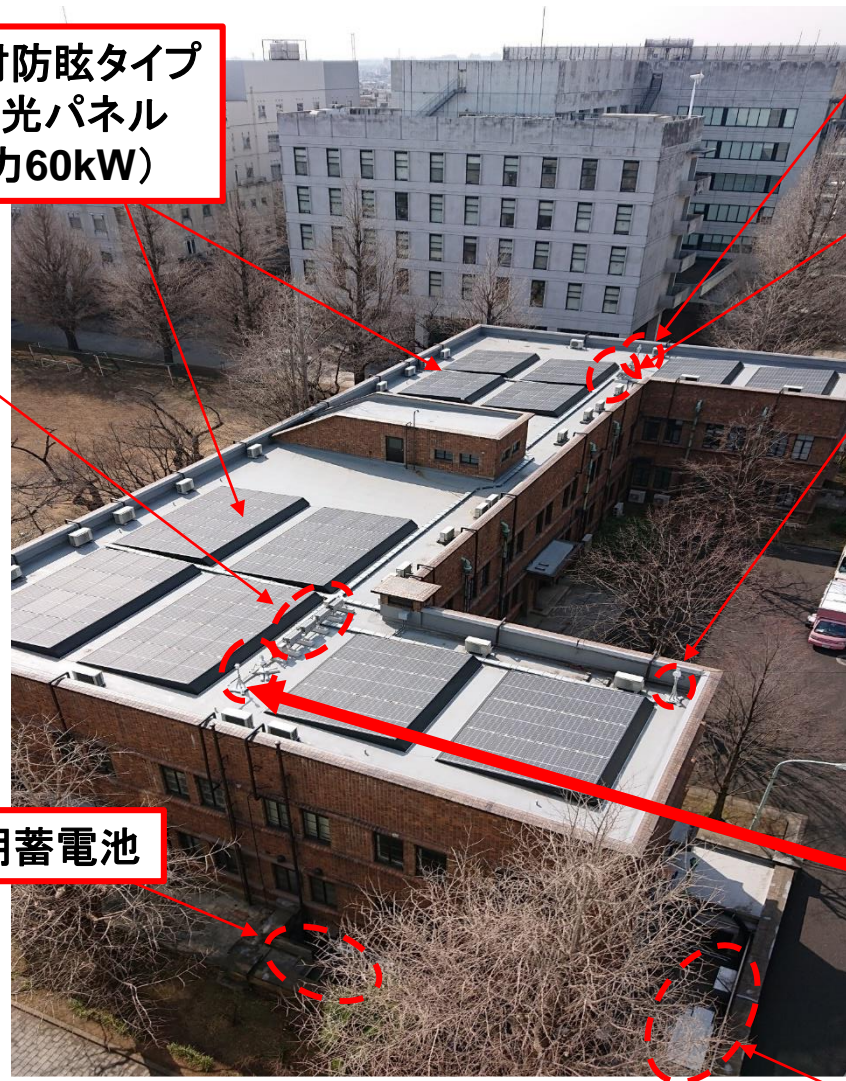
EMS; Energy Management System

再エネを利用した水素エネルギーシステム

低反射防眩タイプ
太陽光パネル
(出力60kW)

PCS

短周期蓄電池



全天カメラ

Wifi
System

PCS

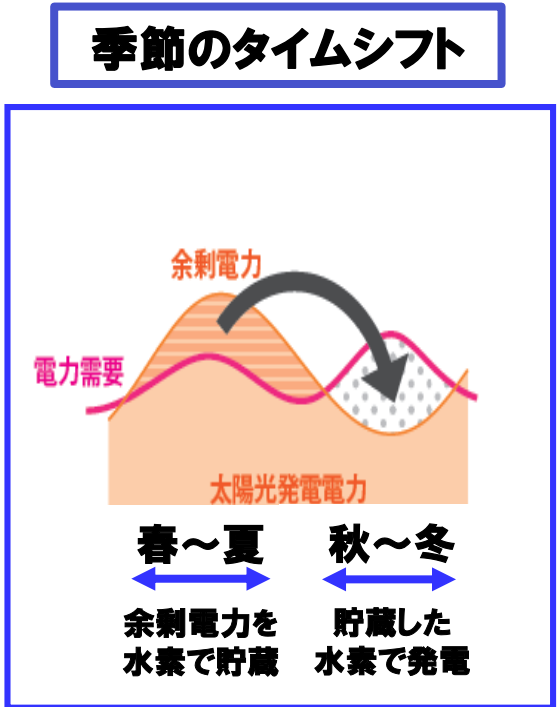
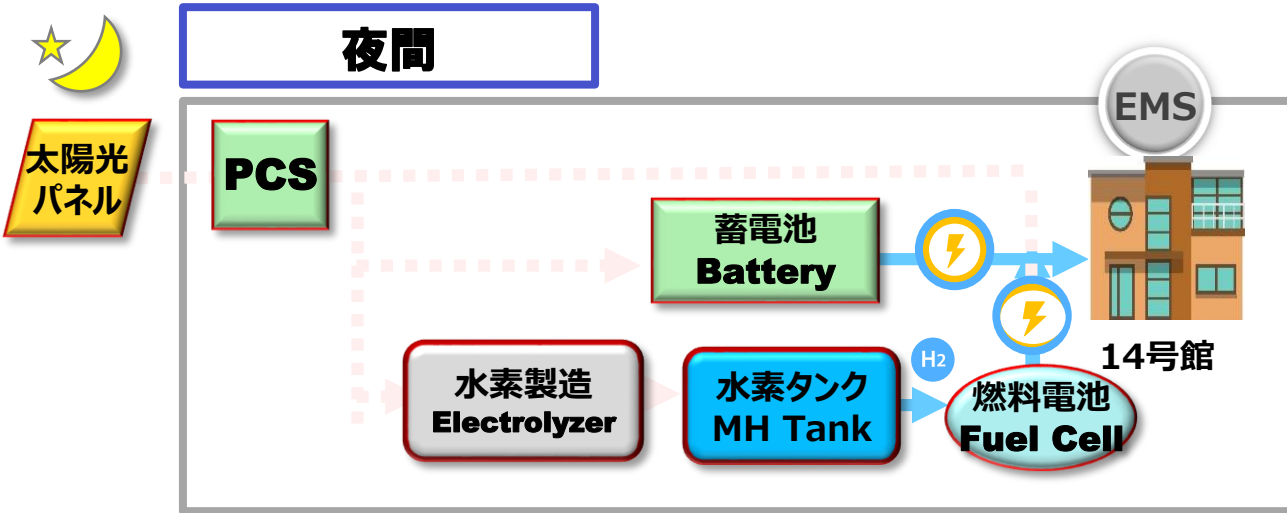
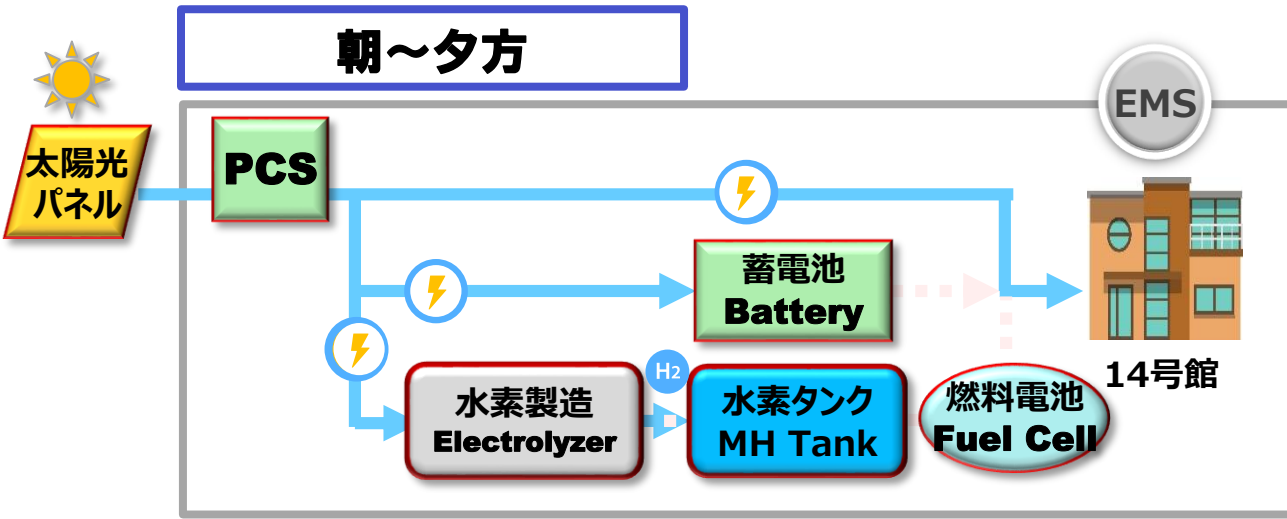
Wifi
System



日射計、全天カメラ、
気象計測装置

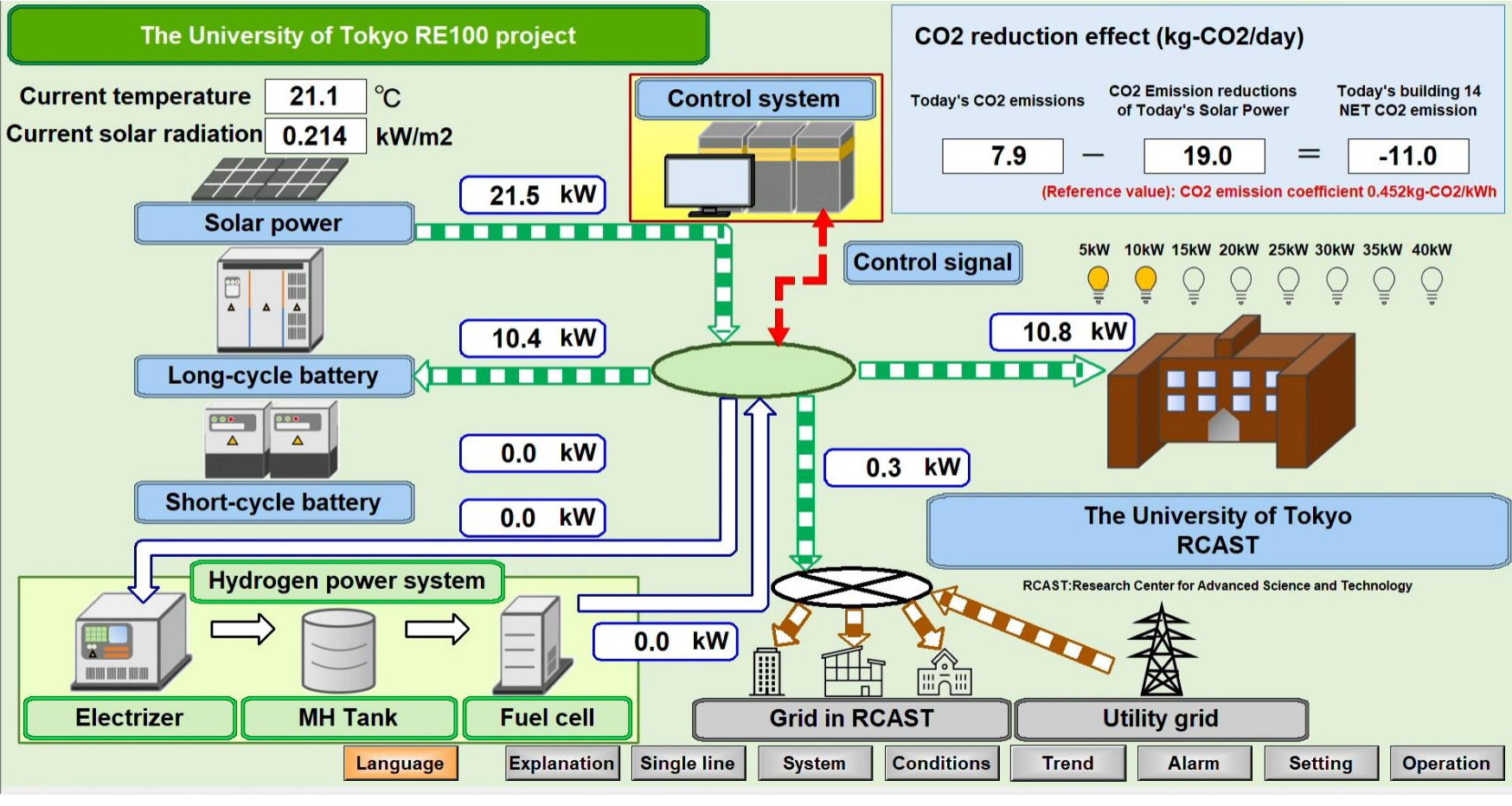
長周期蓄電池

再エネを利用した水素エネルギーシステムの電力フロー



PCS : Power Control System
 EMS : Energy Management System

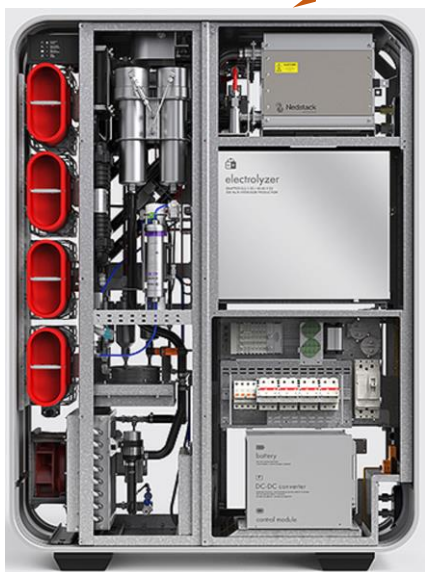
再エネを利用した水素エネルギーシステム



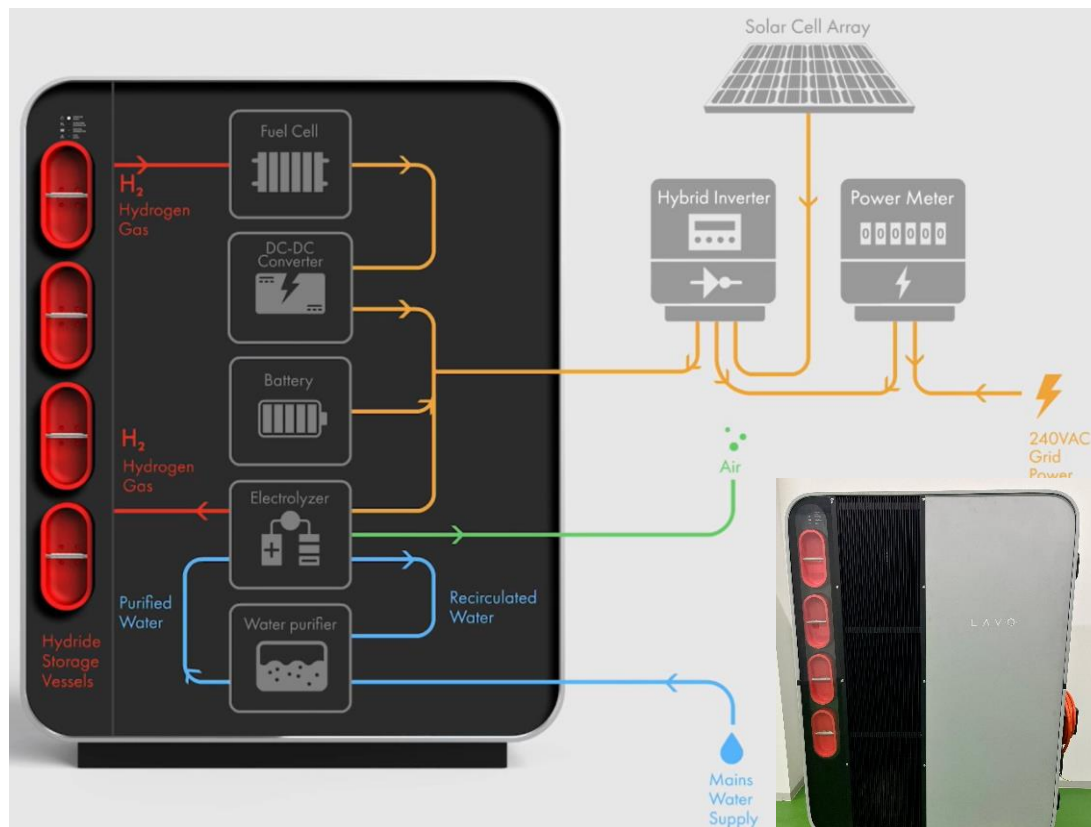


再エネを利用した水素エネルギーシステム

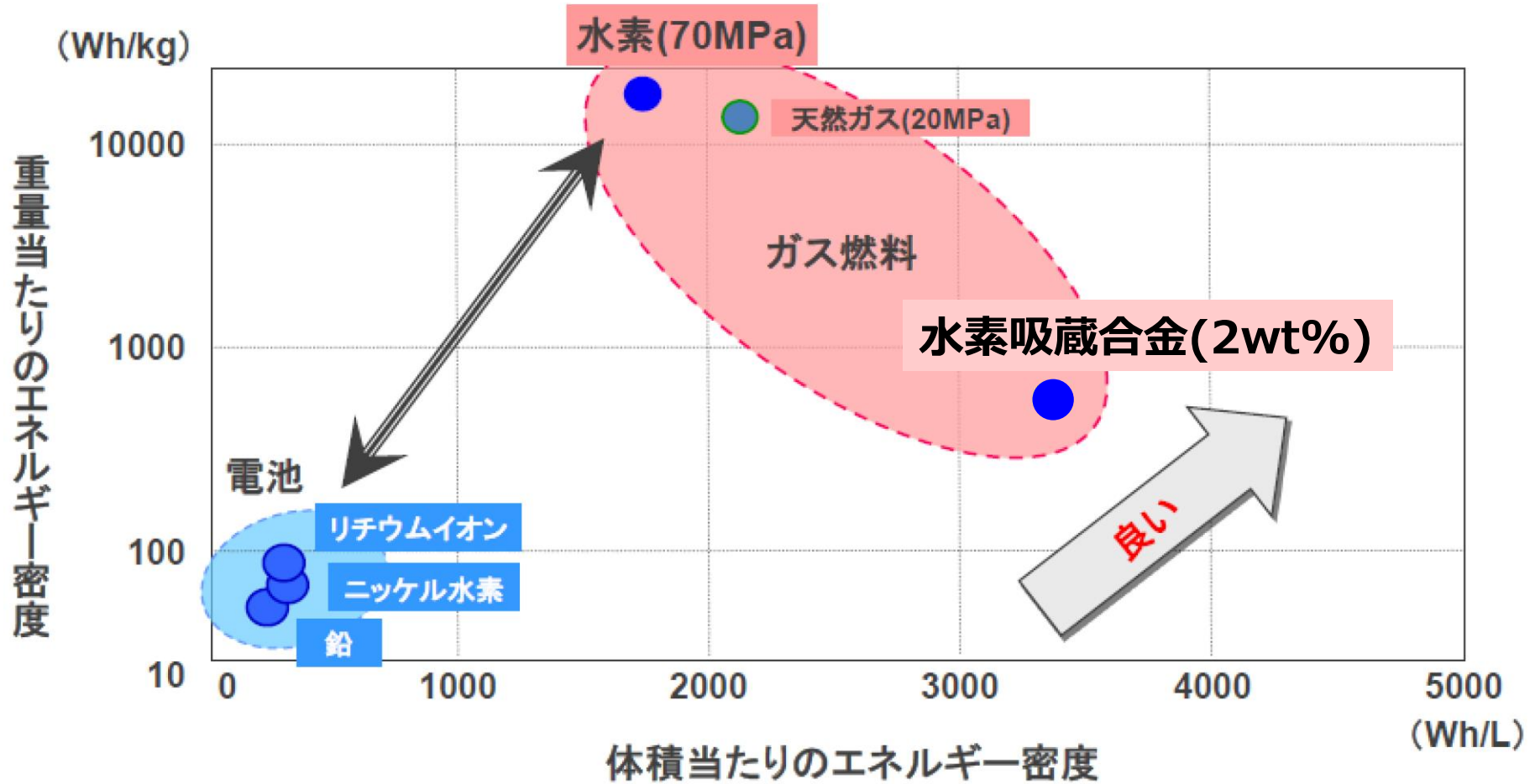
3) 水素で貯蔵 (Electrize and reserve)



LAVO™ Energy Storage System



水素と蓄電池のエネルギー密度



カーボンニュートラルを実現する水素エネルギーネットワークの研究開発



募集課題名	エネルギー分野 令和5年度「水素エネルギーネットワーク構築に関する研究開発」委託事業 (1) 電力・水素エネルギー連携システムの構築、(2) 先端的な水素材料開発環境の構築
研究実施者	河野 龍興 (CN水素コンソーシアム (東京大学 (代表機関)、東北大学、京都大学))
実施予定期間	令和11年度まで (ただし実施期間中の各種評価等により変更があり得る)

【背景・目的】

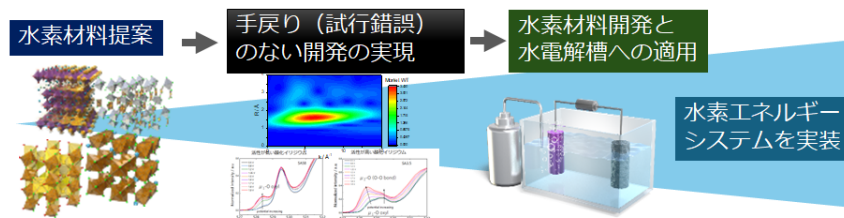
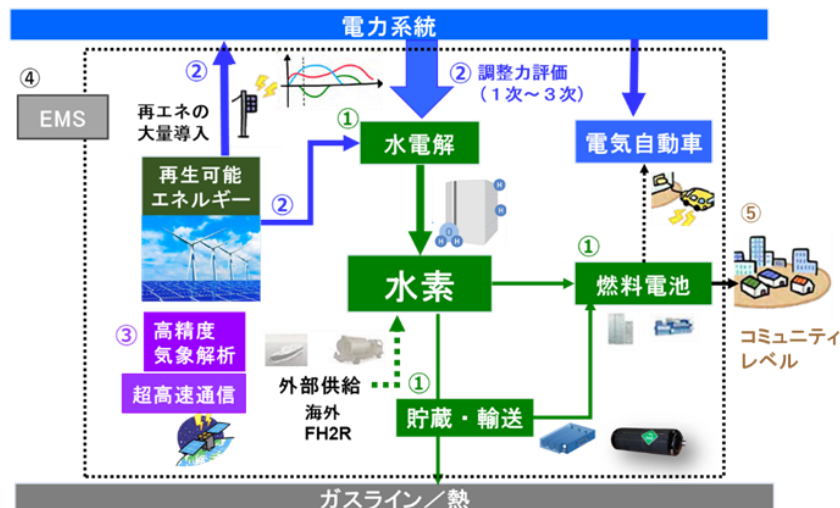
2050年カーボンニュートラルとレジリエンスな社会構築を実現するために、再生可能エネルギーから水素を製造・貯蔵・利用「P2G(Power to Gas)」を高効率化することが必要。本研究ではP2Gの高効率化を目指した水素エネルギーネットワークの研究開発を行う。

【研究方法 (手法・方法)】

- 水素製造・貯蔵・輸送及び利用に関する要素技術 (材料、装置、システム) の開発を行い、地域レベルの規模での利用を想定した小型プロトタイプ (試作機) の水素エネルギーシステムを構築する。また、1)電気自動車等を再生可能エネルギーの調整力としての活用、2)高精度気象データ等を活用した地域エネルギーマネジメント、3)地域のエネルギー需給を予測・監視・制御、が可能なシステムを研究する。
- 災害時における水素の効果的な利用方法、有用性を評価する。
- 水素エネルギーネットワークの高度化に必要な触媒等の材料開発を迅速化する手法を開発する。

【期待される研究成果】

- 水素を利用した高効率なエネルギーネットワークの構築
- 脱炭素で災害に強いレジリエンスな街づくりへの貢献
- 他地域へも展開できるような次世代スマートシティモデルの構築



中国、水素ステーション世界一・再エネ水素製造へ

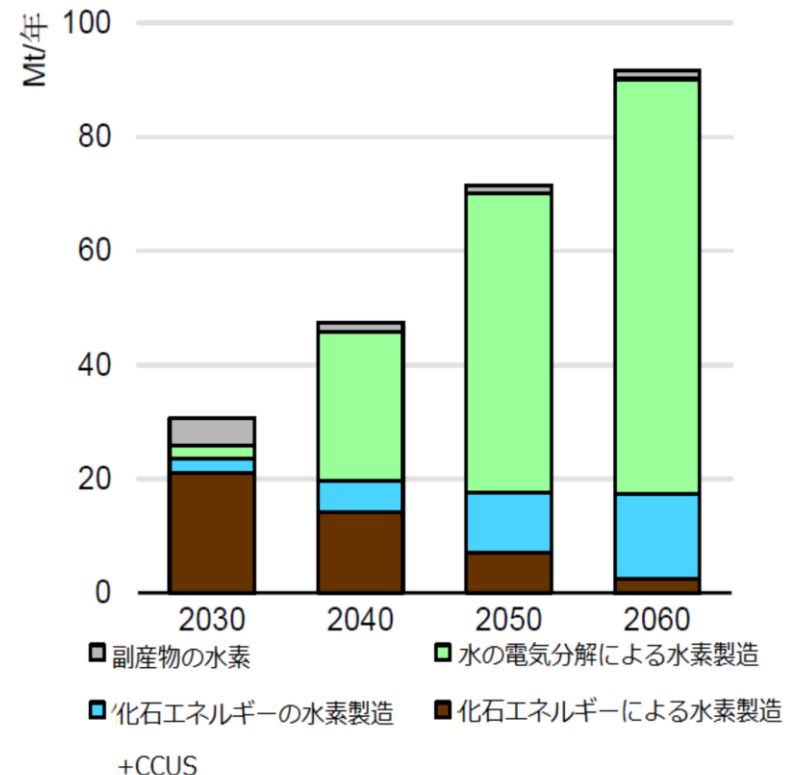


「水素ステーションの数は300カ所を超えている」(日本:163カ所)
→ 多くのステーションは35MPaで、70MPaは限定的。

2022年3月「水素エネルギー産業発展の中長期計画」を公表。
2025年までに、燃料電池車5万台、グリーン水素年間10~20万トン

2022年の世界の再エネ導入に
占める中国の割合は、
風力、太陽光ともに世界一
(風力38GW、太陽光87GW)

→ 再エネを用いたグリーン水素
の製造・利活用へシフト

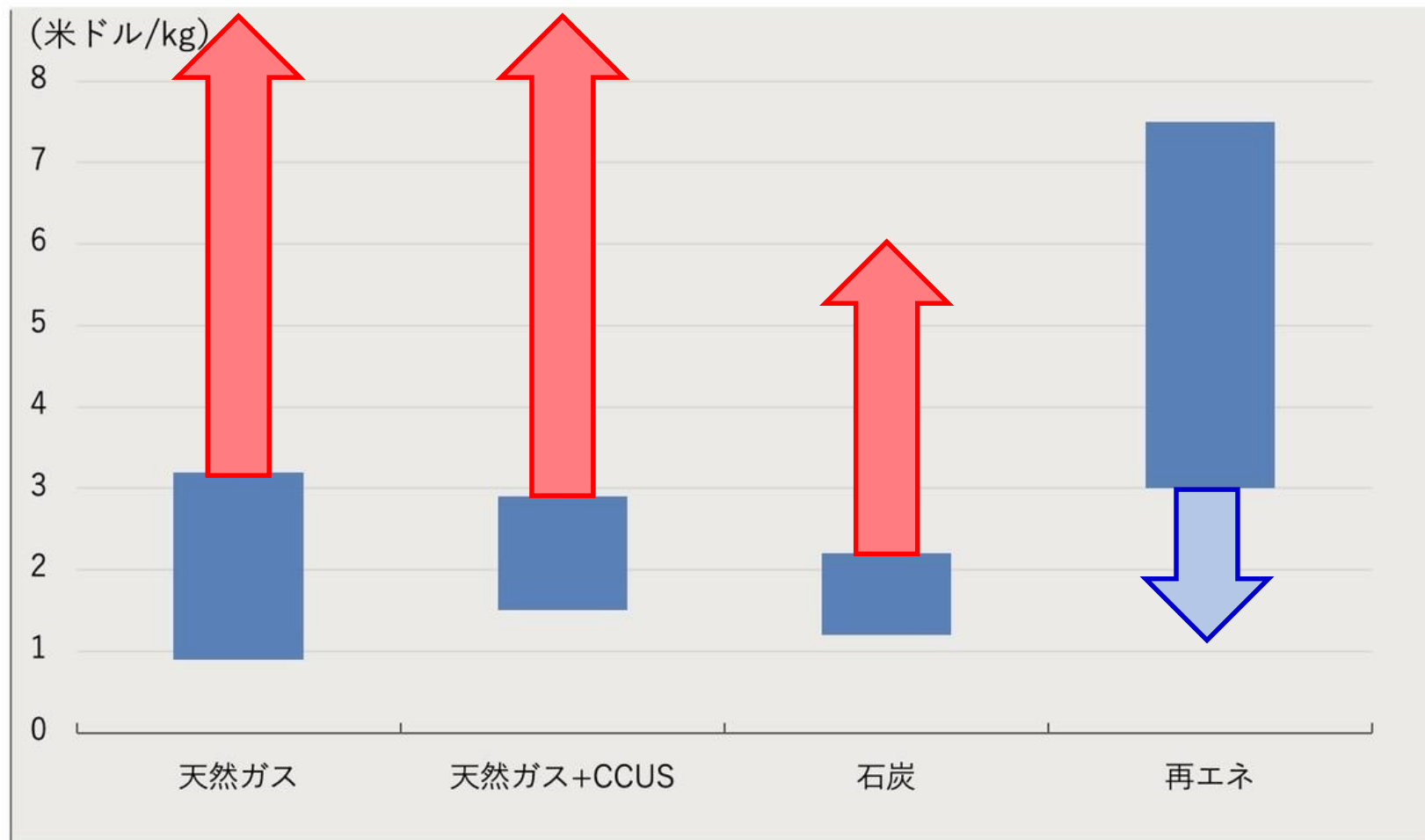


大型燃料電池トラック@中国



グレー&ブルー水素は「グリーン水素」より割高に？

水素の生産コスト（2018年）



水素エネルギーの普及拡大に向けた東京都の取組状況

2050年の目指す姿

●グリーン水素

グリーン水素が**本格活用**され、**再エネの大量導入**を支えている。



グリーン水素活用施設 ©東芝エネルギーシステムズ (株)

●運輸分野

グリーン水素が大型車両や船舶、航空機などの**輸送機器の燃料**として活用されている。



水素航空機のイメージ図 ©川崎重工業 (株)

●様々な分野 (発電、産業、業務・家庭)

水素発電、熱需要 (メタネーション等)、産業での**原料利用**にグリーン水素が活用されている。



水素製造・貯蔵・発電実証設備イメージ図 ©三菱重工業 (株)

中長期的な見通し

グリーン水素

グリーン水素の導入事例が積み上がる

グリーン水素の基盤づくりが進行

・あらゆる分野でグリーン水素を**本格活用**
・グリーン水素が**再エネ大量導入**を支える

運輸分野

乗用車やバス、トラック等での水素活用

船舶等での水素活用

航空機等の大型輸送機器での水素活用

様々な分野

・地域的な発電での水素活用
・燃料電池の活用

・水素発電の商用化
・メタネーションの導入
※サプライチェーン構築が重要

・電力の調整力として利用
・熱の脱炭素化実現
・産業での原料利用

初期 (～2025年頃)

中期 (～2030年頃)

長期 (～2050年頃)

製造から利用までの グリーン水素

設備導入を支援します!

東京都は脱炭素社会の柱となるグリーン水素の活用を促進するため事業者による設備等の導入に対して助成を行っています。

補助率

10/10

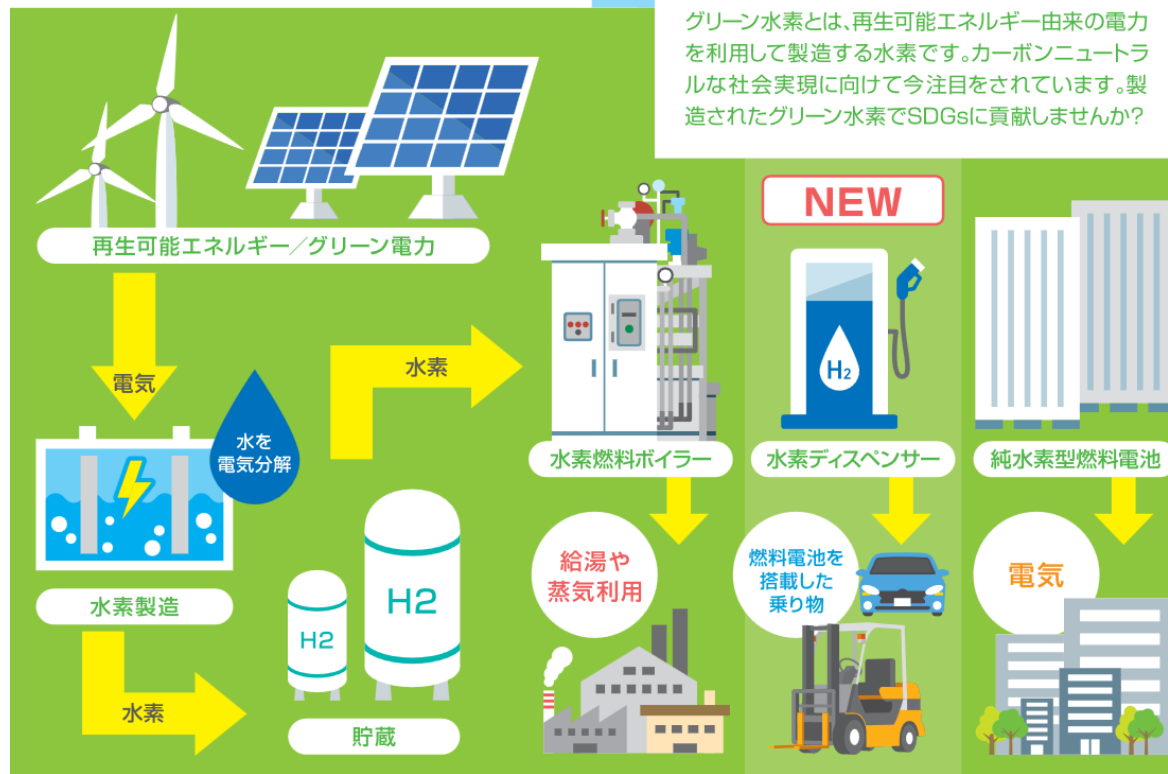
モデルプランを公表

水素製造～利用までの設備についてモデルプランを公表しています。一から設備を選定する必要がなく工数削減が可能です!

都内の
狭小地にも
設置可能です

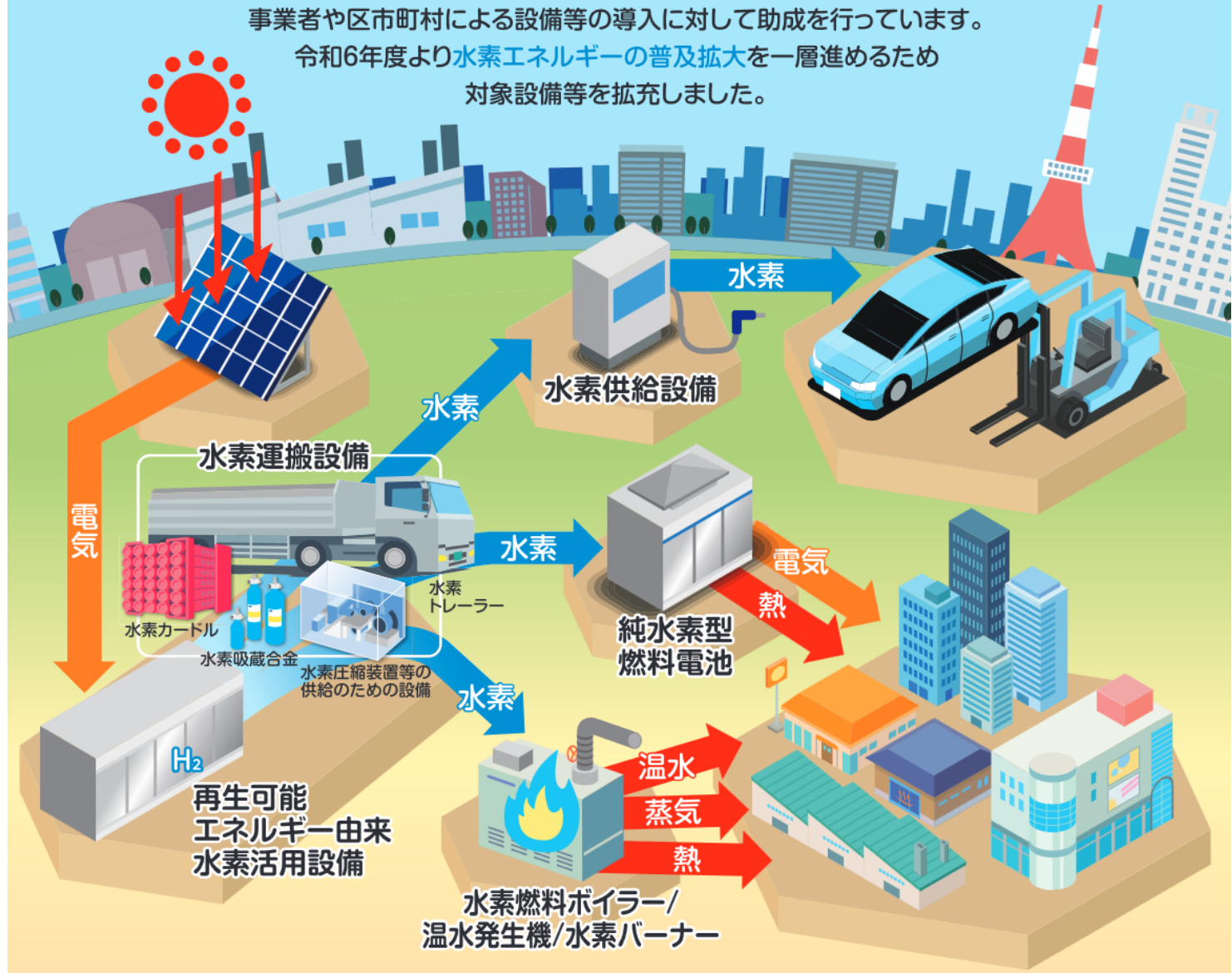
グリーン水素とは?

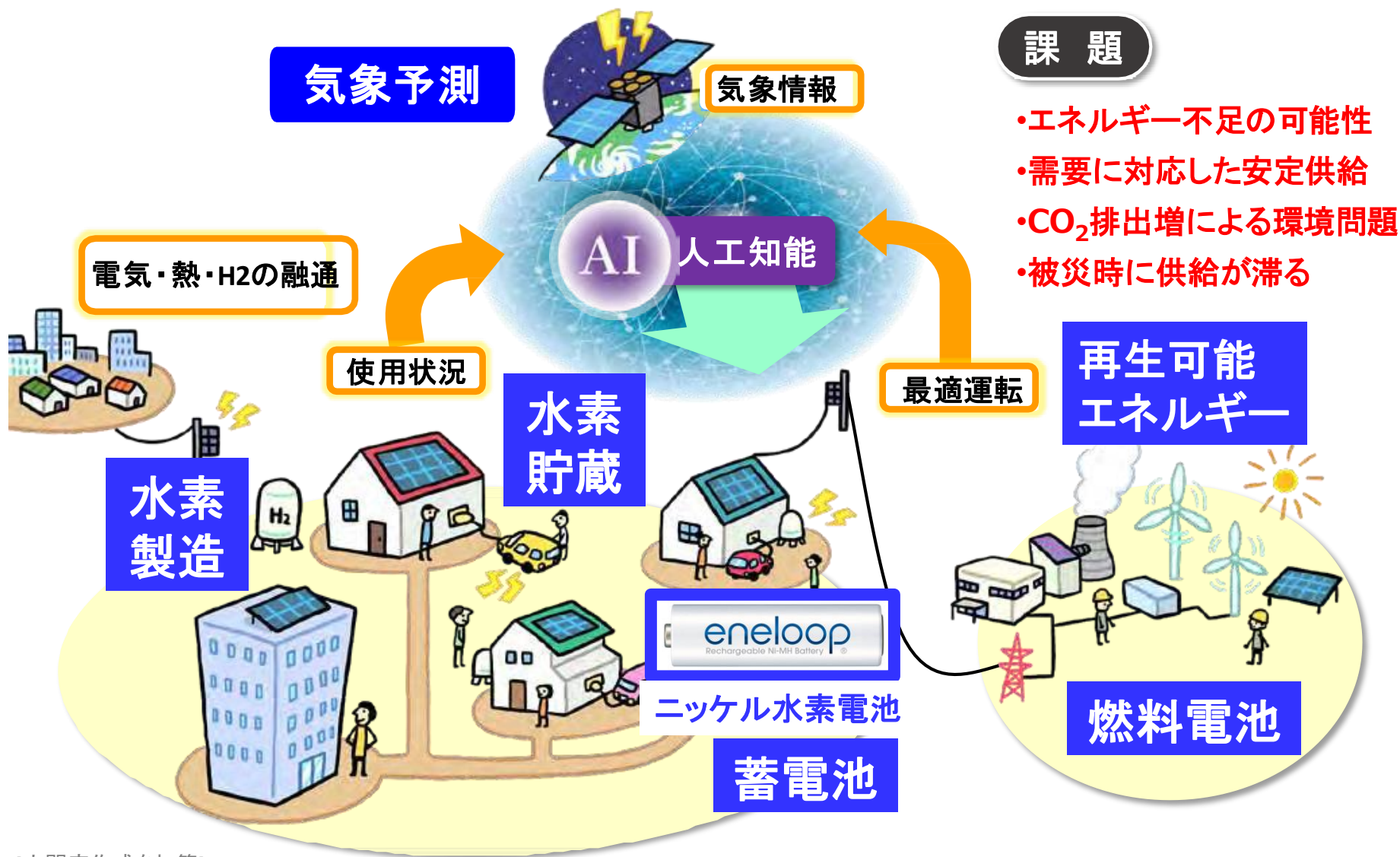
グリーン水素とは、再生可能エネルギー由来の電力を利用して製造する水素です。カーボンニュートラルな社会実現に向けて今注目をされています。製造されたグリーン水素でSDGsに貢献しませんか?



再生可能エネルギー由来水素活用設備等の導入を東京都が支援します!

東京都は、**脱炭素社会の柱となる再生可能エネルギー由来水素(グリーン水素)**の活用を促進するため、事業者や区市町村による設備等の導入に対して助成を行っています。
令和6年度より水素エネルギーの普及拡大を一層進めるため対象設備等を拡充しました。






[内閣府作成を加筆]

CO₂フリー社会を実現する再エネ・水素エネルギーの装置及びシステムの研究開発・実用化

既存領域

グリーンエネルギー・脱炭素戦略 

融合・機能強化

外交・安全保障分野の創発戦略

ROLES

学内関連部局

グローバルコモンズセンター
(未来ビジョン研究センター)

総合文化研究科

東洋文化研究所

連携研究機構

未来戦略LCA連携研究機構

ITエネルギー総合学連携研究機構

兼務教員

エネルギー国際安全保障機構

エネルギーの安定供給を確保しつつカーボンニュートラルを実現するためのイノベーション戦略を国際的視座で策定

国際イノベーション戦略部門

エネルギー安定供給とカーボンニュートラルを両立する技術開発・国際展開戦略を策定
先進エネルギー技術の気候変動影響評価

最先端情報

最先端情報

フィードバック

学際・融合研究

フィードバック

グリーンエネルギー部門

カーボンニュートラルを実現するグリーン技術の研究
再エネ技術の特性に整合し、共生を実現するシステム構築

創発戦略研究部門

資源輸出国、大規模消費国の安全保障・外交戦略分析
産油国・消費国の脱炭素化・トランジション政策分析



長期的目標

カーボンニュートラル

両立

エネルギーの安定供給

短・中期的目標

学学連携

日本国際問題研究所
テルアビブ大学、ライマン大学
ミラノ工科大学、パリ大学
クイーンズランド工科大学
国内他大学

官学連携

文科省、経産省、環境省、
国交省、外務省、防衛省、
産総研、国環研

産学連携

エネルギー資源開発事業者
エネルギー供給事業者
大手総合商社
素材・製品製造事業者
エンジニアリング・リサイクル

産官学連携
国際連携
による政策実装



カーボンニュートラルと両立したエネルギーセキュリティの確保