

TOSHIBA

(公社) 低温工学・超電導学会 一般公開シンポジウム
「カーボンニュートラル社会創出に向けて」

カーボンニュートラルに向けた水素の役割と その実現に向けた東芝の取組み

2022年6月22日

東芝エネルギーシステムズ株式会社

佐藤 純一

CONTENTS

- 01 カーボンニュートラルの潮流と
カーボンニュートラルに向けた水素の役割
- 02 東芝の水素ソリューション
- 03 Power to Gasソリューション
- 04 燃料電池ソリューション
- 05 Power to Chemicalsソリューション
- 06 さいごに

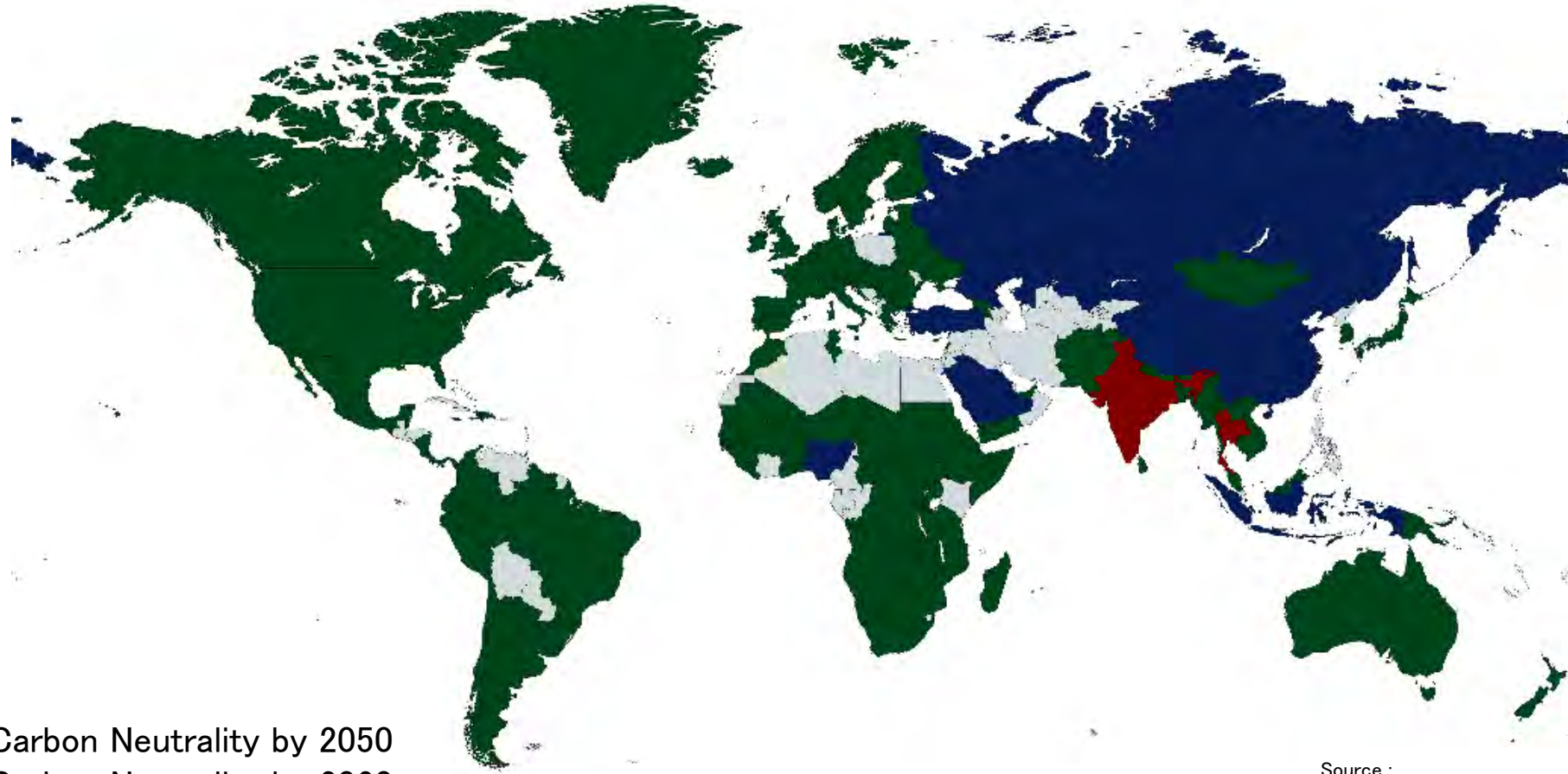
01

カーボンニュートラルの潮流と カーボンニュートラルに向けた水素の役割



カーボンニュートラルの潮流

150カ国以上がカーボンニュートラルを宣言



- Declared Carbon Neutrality by 2050
- Declared Carbon Neutrality by 2060
- Declared Carbon Neutrality by 2070

Source :
Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan :
<https://www.rite.or.jp/news/events/pdf/kihara-ppt-kakushin2021.pdf>

国内のカーボンニュートラルの潮流

- ✓ **2050年カーボンニュートラル宣言**(20年10月)
- ✓ **グリーン成長戦略を策定**(20年12月)
- ✓ **第6次エネルギー基本計画が閣議決定**(21年10月)
- ✓ **クリーンエネルギー戦略の策定表明**(21年11月)
- ✓ **クリーンエネルギー戦略に関する有識者懇談会初会合**(22年1月)

- 水素、アンモニアは、**カーボンニュートラルに不可欠なエネルギー**
- ウクライナ情勢等を踏まえ、**エネルギー安全保障**の確保が更に強く求められる中、エネルギーの安定供給と脱炭素化を両立できる水素、アンモニアの社会実装の加速が一層重要
- 現時点では既存の化石燃料に比べ**割高な燃料**であることも事実であり、**商用化に向けて需要の拡大と効率的な供給インフラの整備**を通じて価格低減を図ることが必要

22年3月18日 経済産業大臣発言 要約

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/001_03_00.pdf



菅総理 所信表明演説

出典：首相官邸ホームページ



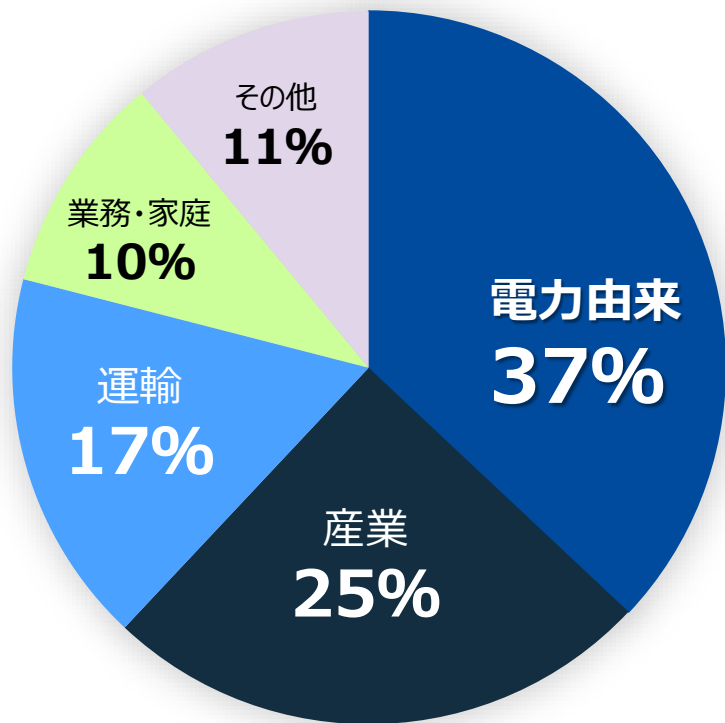
岸田総理 所信表明演説

出典：首相官邸ホームページ

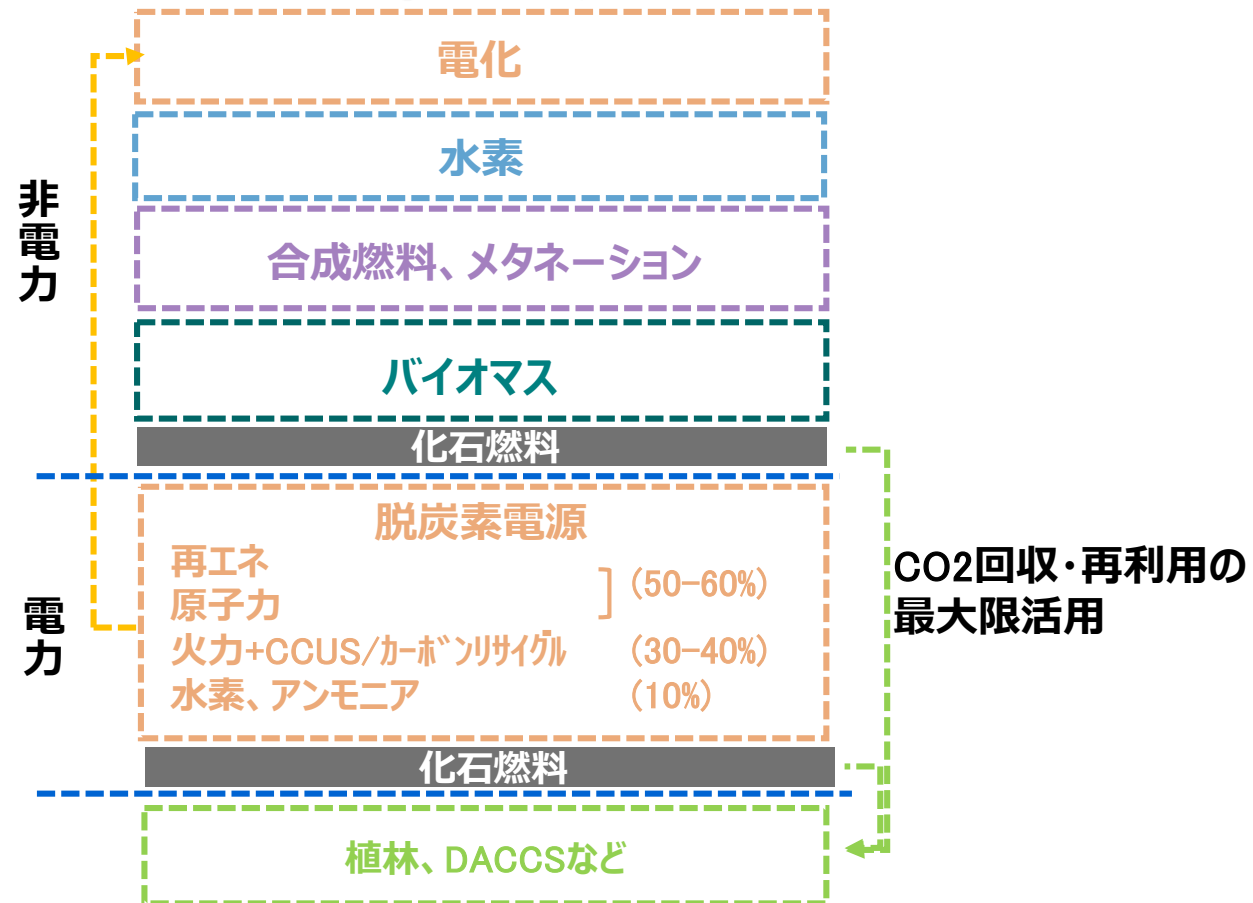
2050カーボンニュートラル実現に向けて

2050年CNに向けた戦略

CO₂部門別排出割合



2050年
排出 + 吸収で実質0トン
(▲100%)

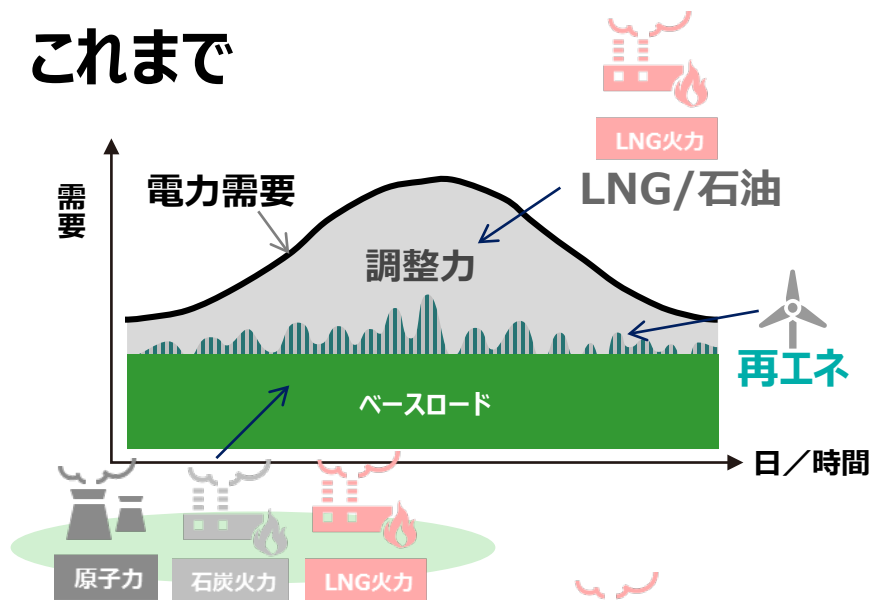


2050カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

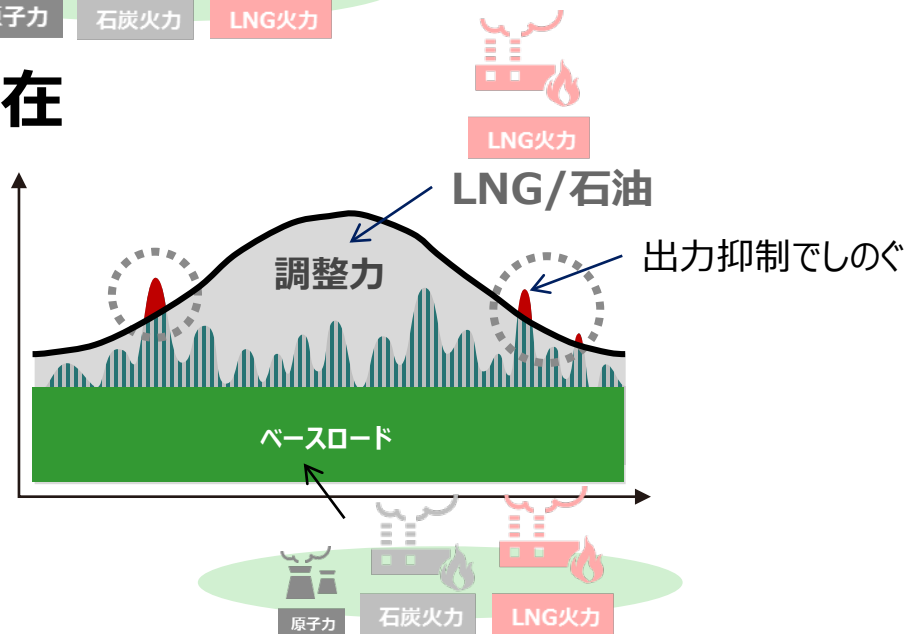
出典：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を基に再作図

再エネ導入拡大のイメージ

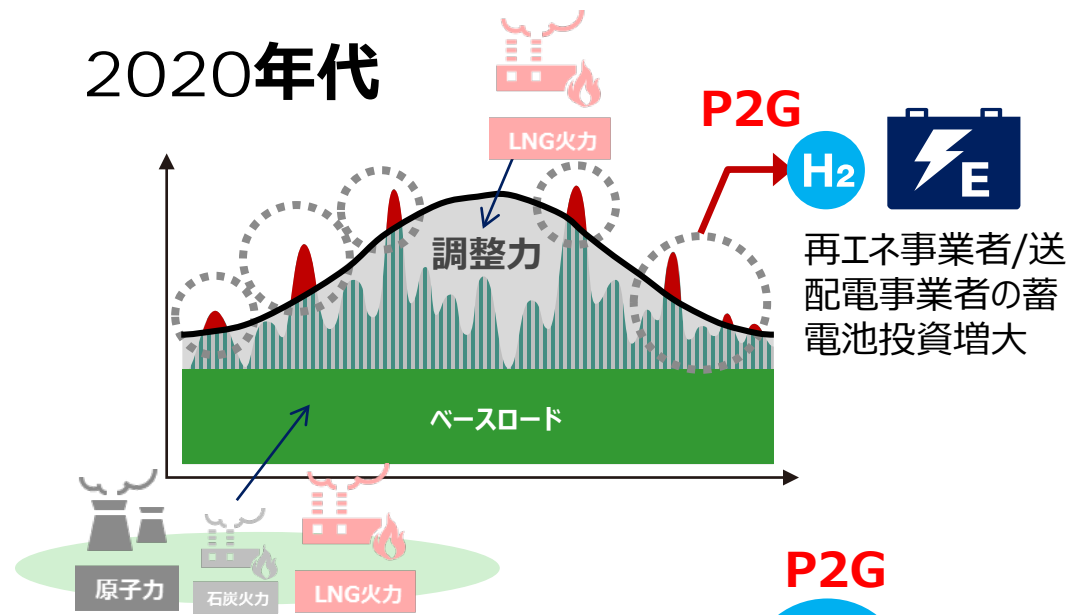
これまで



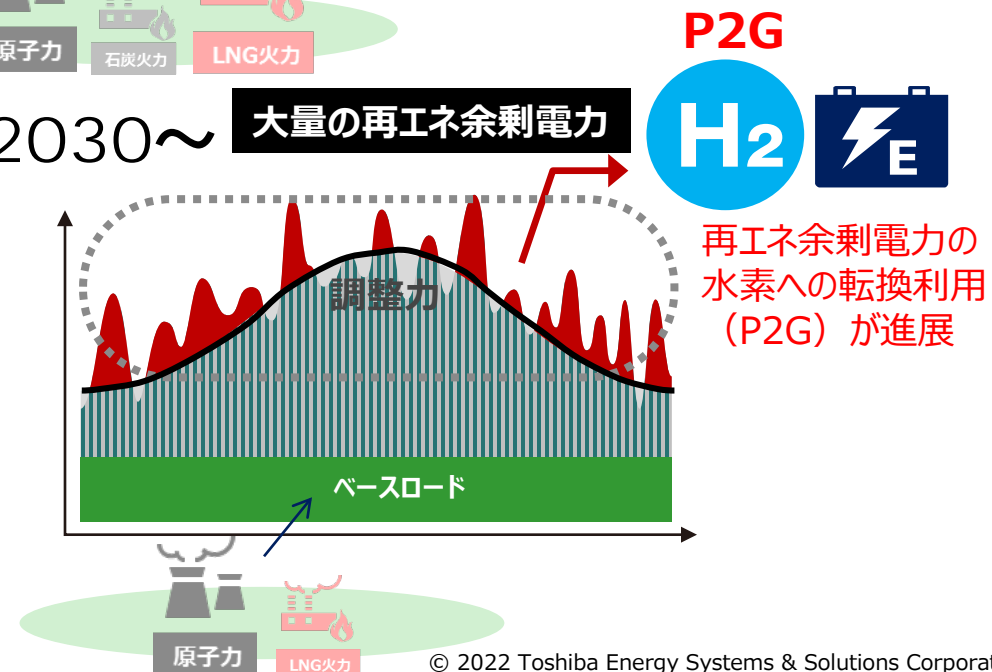
現在



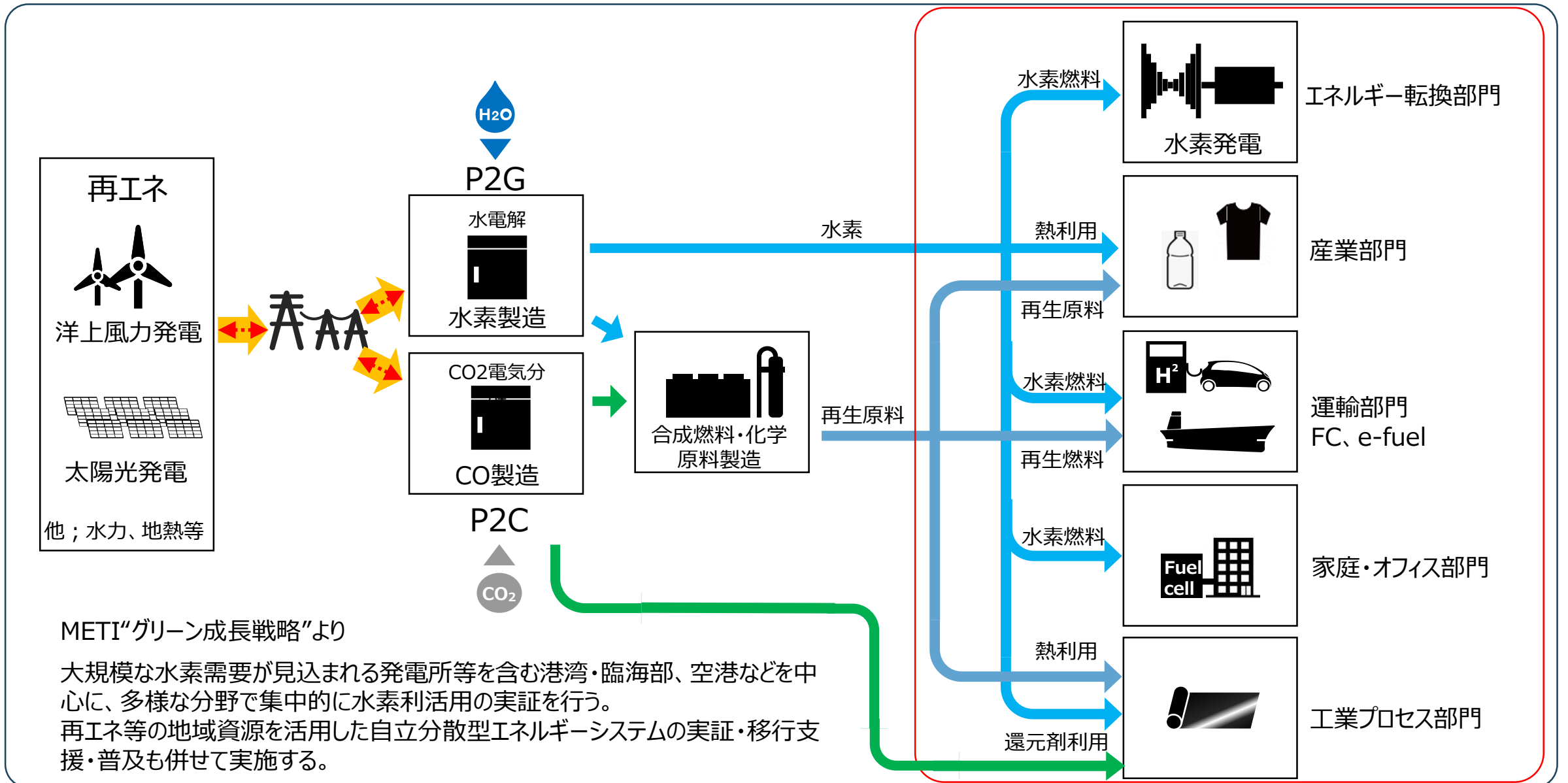
2020年代



2030~



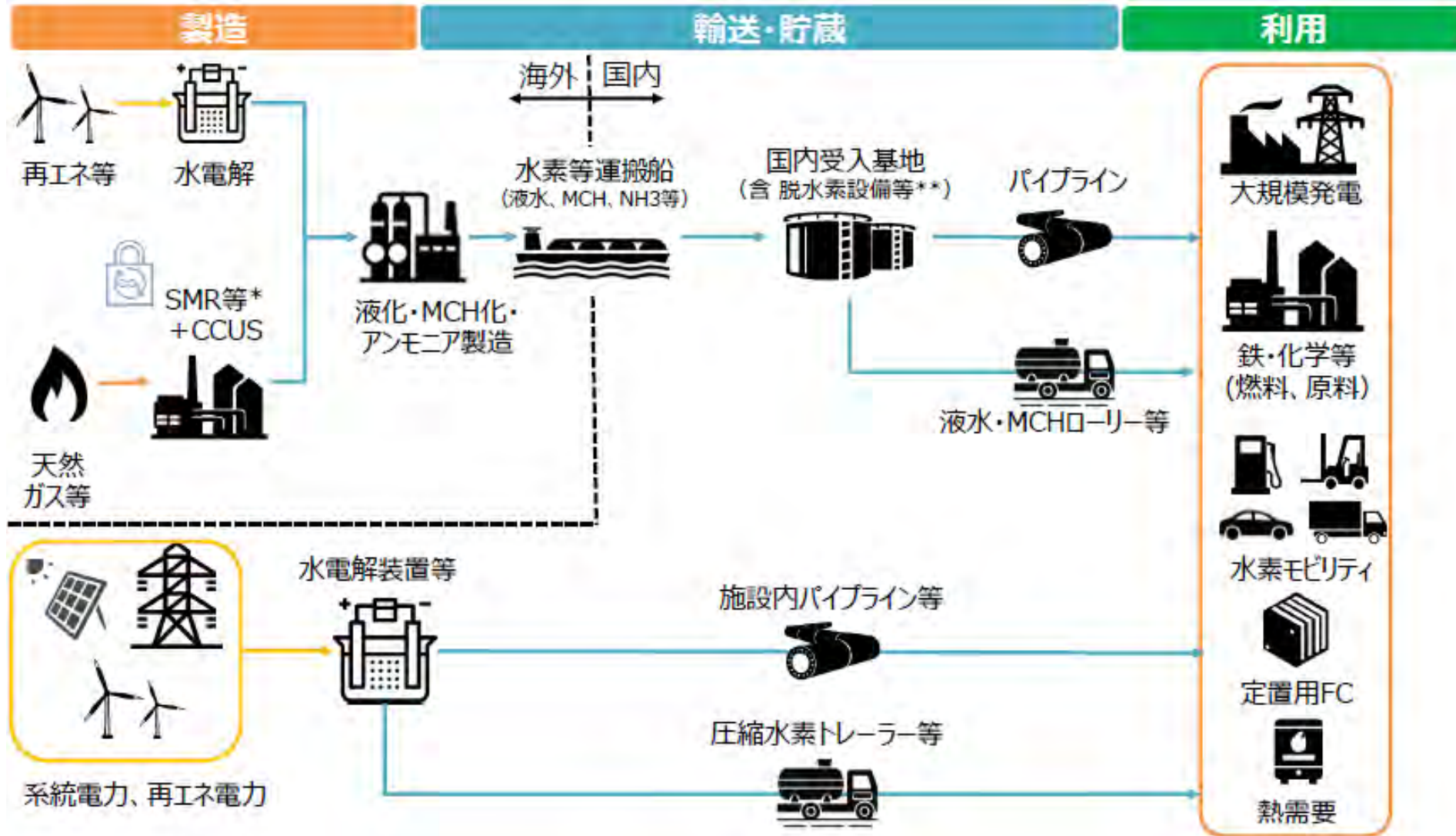
水素を活用したCarbon Neutralへの貢献



METI“グリーン成長戦略”より

大規模な水素需要が見込まれる発電所等を含む港湾・臨海部、空港などを中心に、多様な分野で集中的に水素利活用の実証を行う。
 再エネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及も併せて実施する。

水素サプライチェーン構築と需要創出



供給側の課題

- ・コスト低減
- ・インフラ整備

需要側の課題

- ・水素の燃焼特性等に合わせた機器開発

*SMR：水蒸気改質、**脱水素は利用地で行う場合も有り。等は圧縮工程などを含む

出典：経済産業省「水素・アンモニアを取り巻く現状と今後の検討の方向性」（2022/3/29）より引用

水素キャリアの特徴と課題

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
体積 (対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液体となる条件 毒性	-253℃、常圧 毒性なし	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有	-162℃、常圧 毒性なし
直接利用の可否	N.A.	現状不可	可 (石炭火力混焼等)	可 (都市ガス代替)
高純度化のための 追加設備	不要	必要（脱水素時）		
特性変化などの エネルギーロス	現在：25%-35% 将来：18%	現在：35%-40% 将来：25%	水素化：7-18% 脱水素：20%以下	現在：-32%
既存インフラ活用 活用可否	国際輸送は新設要 国内配送は可	可 (ケミカルタンカー等)	可 (ケミカルタンカー等)	可（LNGタンカー、都市 ガス管等）
技術的課題等	大型海上輸送技術 (大型液化器、運搬船 など) の開発が必要	エネルギーロスの更なる 削減が必要	直接利用先拡大のため の技術開発、脱水素設 備の技術開発が必要	製造地における継承的 な再エネ由来水素、 CO2供給が不可欠

02

東芝の水素ソリューション



東芝グループのエネルギーソリューションの全体像

エネルギーのありかたをデザインし、社会に貢献する

つくる

おくる

ためる

かしこくつかう

再エネの主力電源化

カーボンニュートラル電源

再エネ電源

変動再エネ電源

風力



太陽光



調整力

慣性力

慣性力

水力



地熱



慣性力

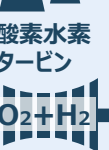
原子力



調整力

慣性力

次世代
革新電源



調整力

慣性力



CO₂
+ 分離回収

HVDC
電力

電力

電力系統

あらゆる取組み
においてDXを行い、
CPSを形成

CO₂

VPP※1



蓄エネ

蓄電池



P2G※2



水素

蓄熱



熱

サイバー



電化の推進



グリーンモビリティ



省エネ



新型太陽電池

CO₂の資源化

P2C※3



※1 : Virtual Power Plant

※2 : Power to Gas

※3 : Power to Chemicals

東芝グループのエネルギーソリューションと超電導技術

電化の推進／省エネに貢献する超電導技術



超電導技術

伝導冷却によるHeレス冷却技術※4で
世界最高性能の磁石コイルを実現



東北大学向け25T磁石
(世界最高磁場)



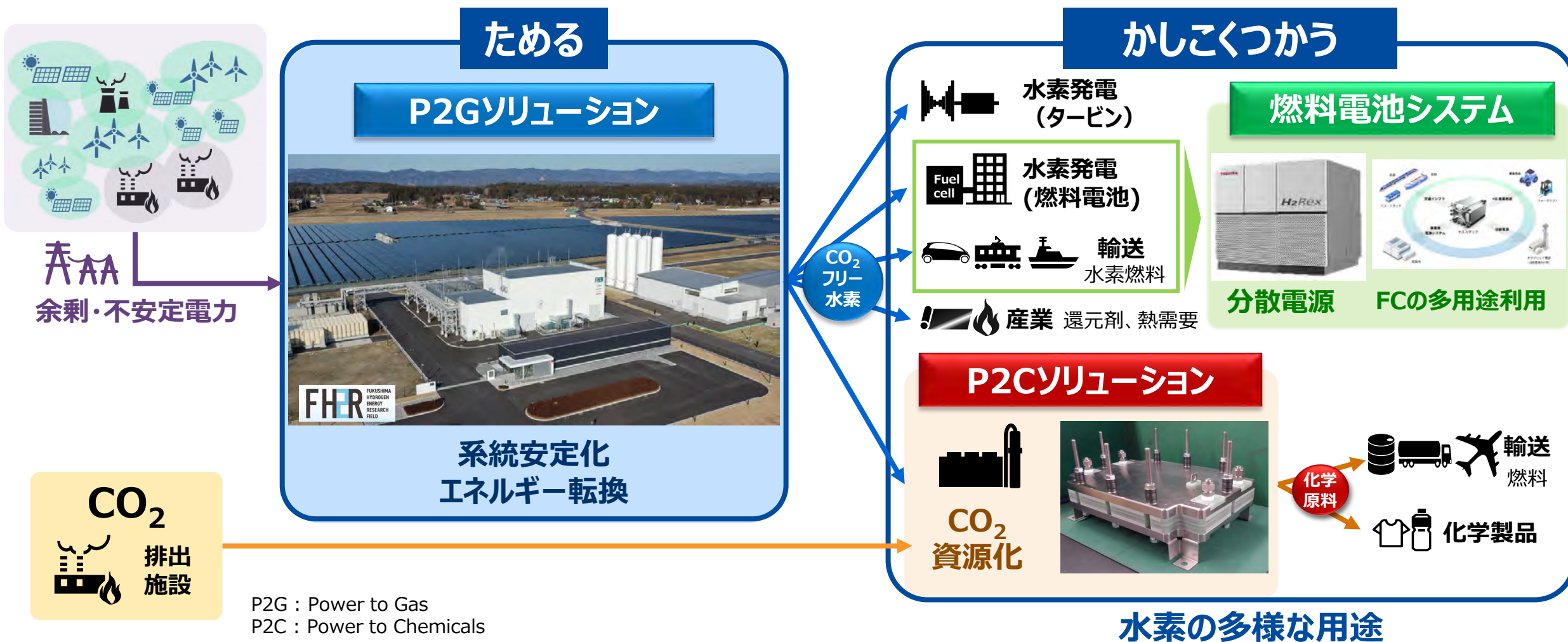
小型超電導回転電機

※4：市村産業賞貢献賞（2019）、文部科学大臣表彰科学技術賞（2020）

東芝IR Day 2022年2月8日 インフラサービスCo.事業戦略プレゼンテーション資料より抜粋
https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/irAssets/about/ir/jp/pr/pdf/tpr20220208_1.pdf

東芝グループの水素エネルギーソリューション

水素エネルギーソリューションでカーボンニュートラル社会に貢献

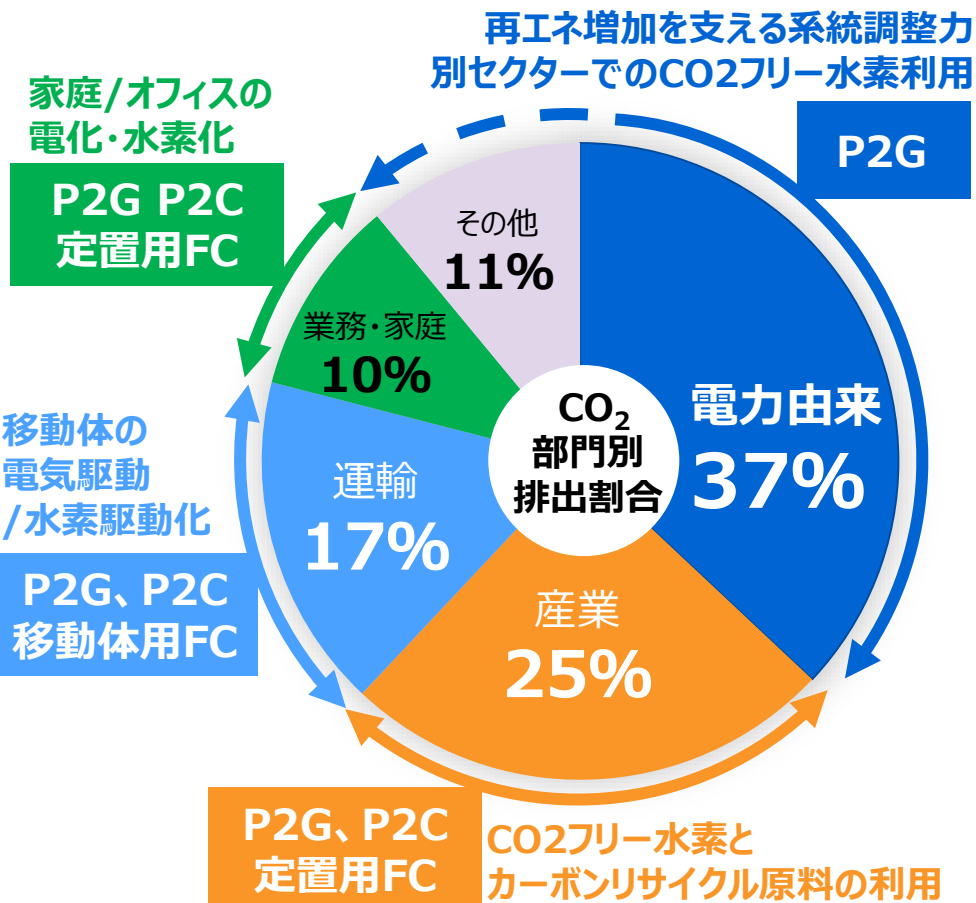


水素の多様な用途

東芝の水素エネルギーソリューション

水素はカーボンニュートラルのキーテクノロジー

2050年に向けた東芝の考え方



東芝が貢献できる水素エネルギーソリューション

P2G Power to Gas

世界最大級のP2G施設。系統調整力利用の他に、製造した水素を配送し必要な場所で利用。2020年3月より実証開始。

定置用FC H₂Rex™

短い起動時間と柔軟な出力対応能力を持つコージェネレーションシステムである燃料電池技術を産業用に向け大型化。市場投入済。

SOEC 高温水蒸気電解システム

再エネ電力により水を電気分解し、高効率にCO2フリー水素を製造

P2C Power to Chemicals

CO₂を再エネにより電気分解し、CO₂フリー水素と合わせてジェット燃料や化学原料を製造。2025年に大型実証を計画。

2050年カーボンニュートラル社会の実現

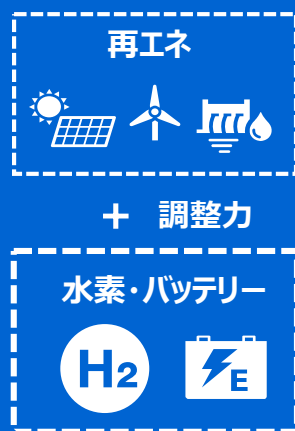
2050年カーボンニュートラル社会実現に向けた重要な3つの要素

1 CO₂排出“0”

再エネの促進と
P2Gの活用

事業開発/社会実装中

P2G (Power to Gas)

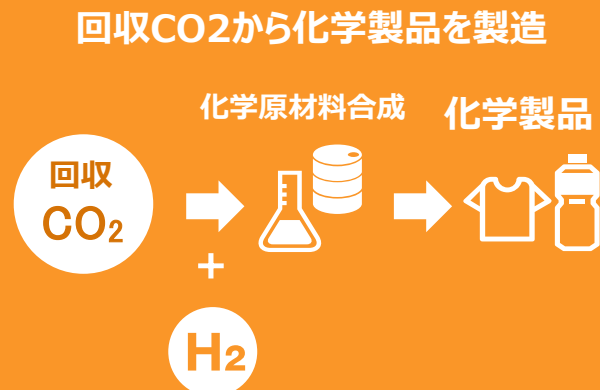


2 CO₂リサイクル

CO₂回収と水素による
P2Cの活用

技術開発中

P2C (Power to Chemicals)

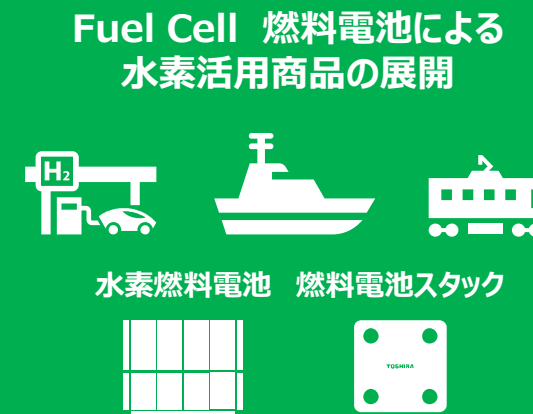


3 CO₂フリー水素活用

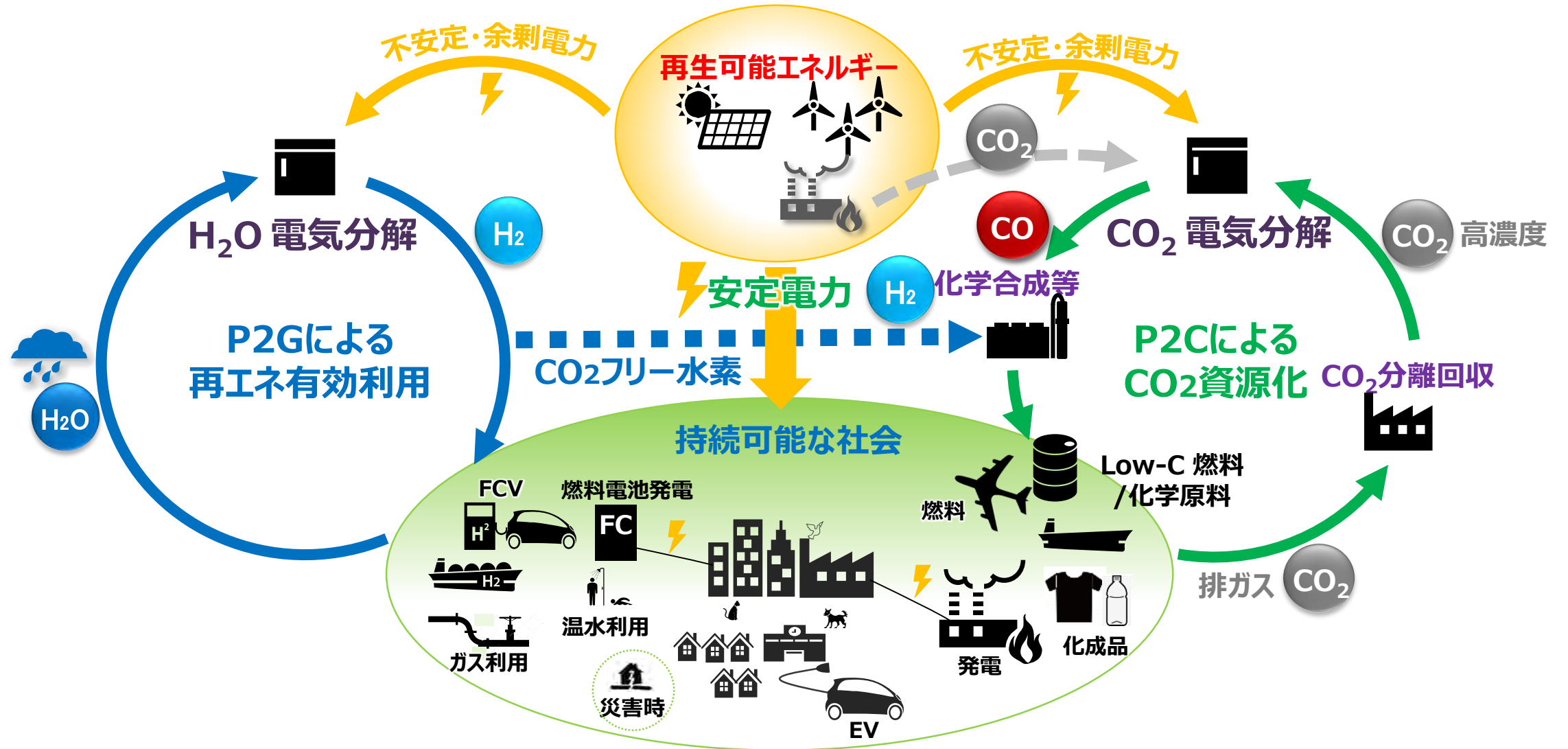
CO₂を出さない
水素燃料電池の活用

事業開発/社会実装中

FC (Fuel Cell)



再エネが推進するカーボンニュートラル社会



P2G : Power to Gas 再エネによる水素製造

P2C : Power to Chemicals 再エネによるCO₂の資源化・リサイクル

03

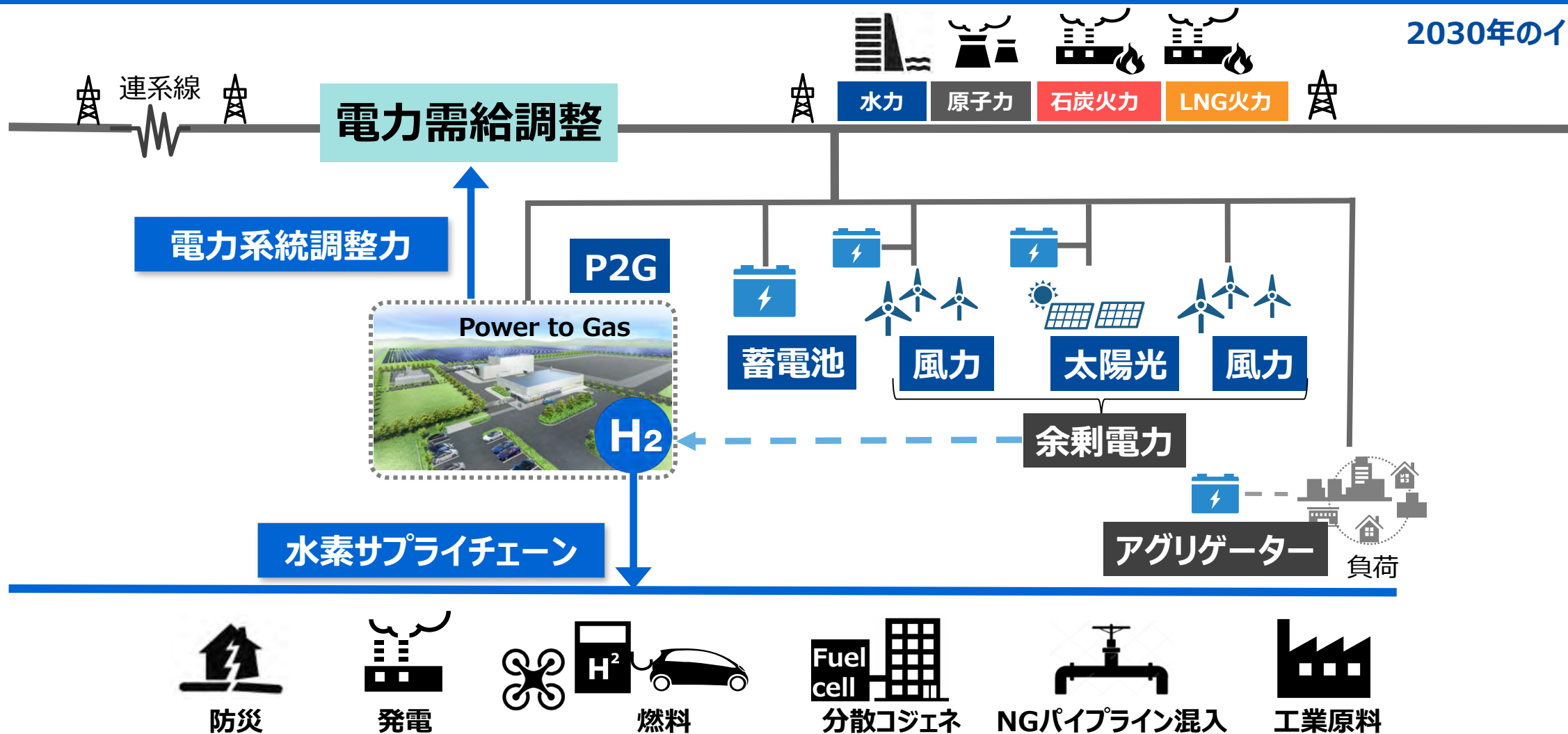
Power to Gas ソリューション



電力市場とつながる安価な水素製造

P2Gの強力な電力系統調整力により、電力取引、抑制電力マイニング、水素製造の新しいエネルギー事業の可能性

2030年のイメージ



福島水素エネルギー研究フィールド

世界有数規模の水素エネルギーシステム



(2020年7月実証開始)

福島県 浪江町 2020年 3月完成・開所

事業実施者：東芝エネルギーシステムズ(株)、岩谷産業(株)、東北電力(株)、東北電力ネットワーク(株)、旭化成(株)

本事業はNEDO※「水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発」の一環として実施しています。(※)NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

項目	仕様
機能	(1)水素製造・貯蔵・供給 (2)電力系統の需給バランス調整 (上げ・下げDemand Response)
水素製造能力	900t-H ₂ /年 燃料電池自動車 1万台相当 (定格の年間水素製造量)
水素製造装置 入力電力	(最大)10MW (定格)6MW (範囲)1.5MW～10MW

福島水素エネルギー研究フィールド概略

製造・貯蔵

輸送

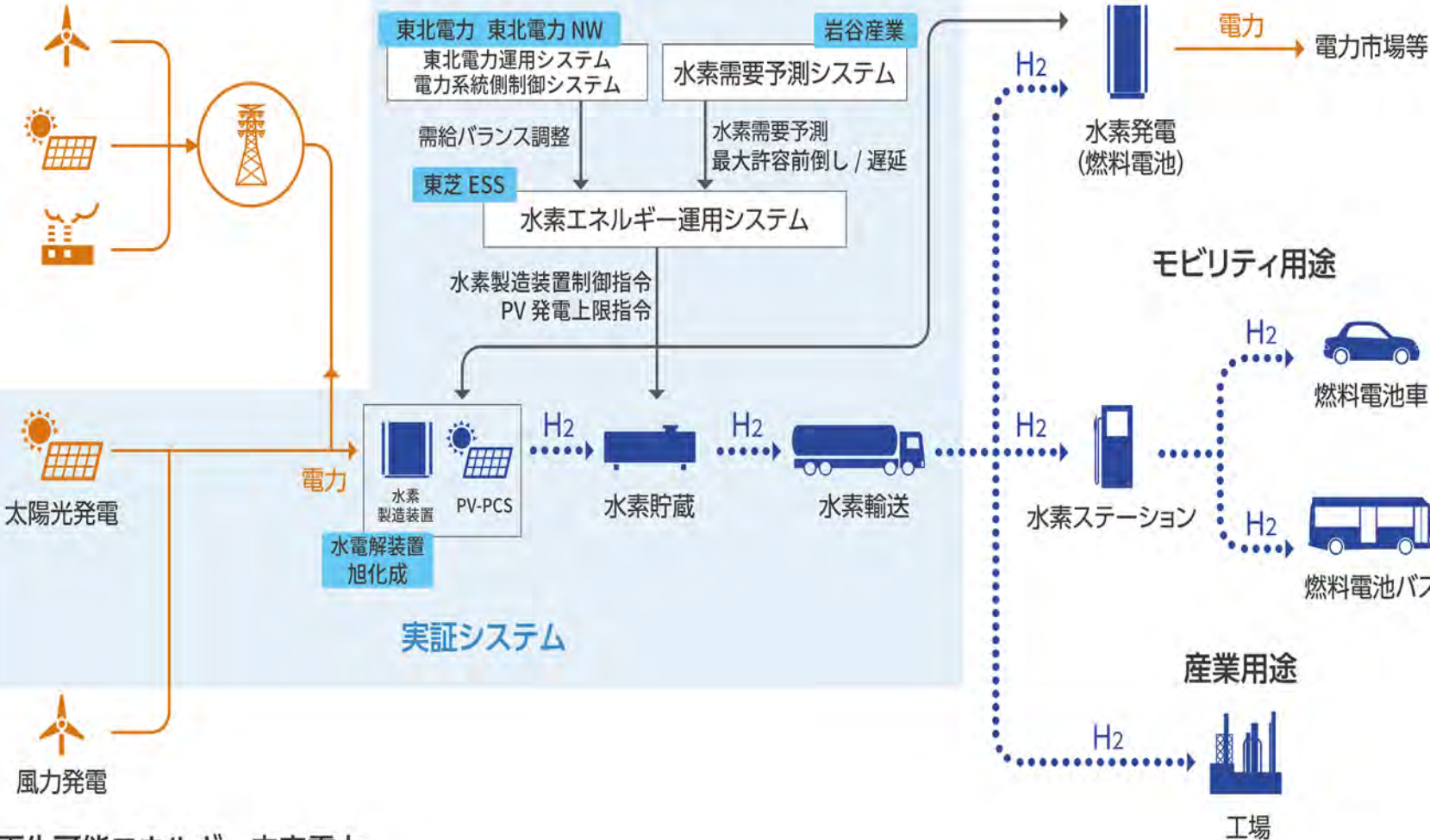
供給・利活用



系統電力

水素エネルギーシステム

発電用途



提供価値

- 再エネ活用のCO2フリー水素により、CO2排出量削減
- 水素製造による電力系統の需給バランス調整

実証内容

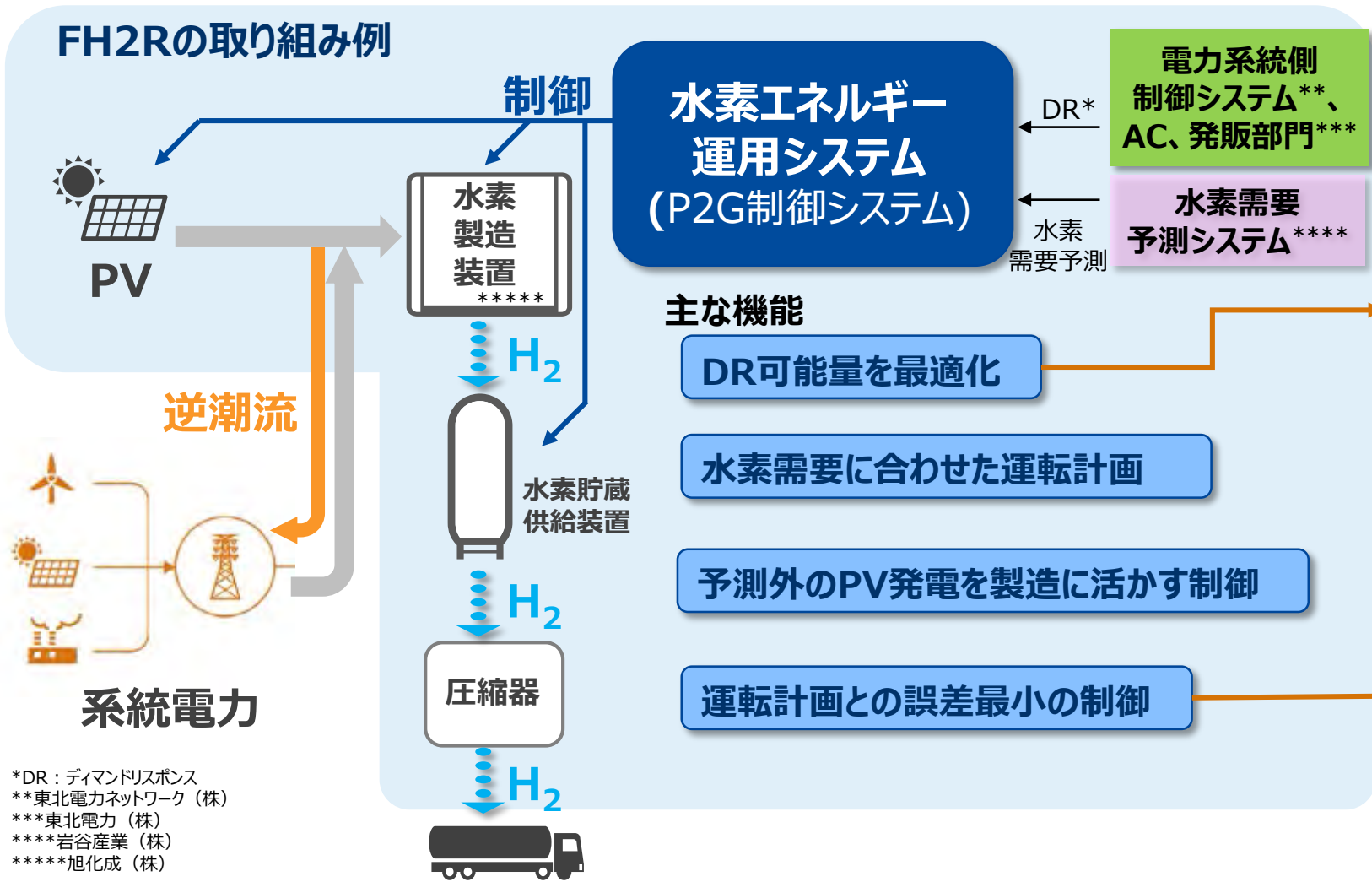
- 電力系統の需給バランス調整のための水素活用/事業モデル確立
- 大規模再エネ水素エネルギーマネジメントシステムの開発/実用化

本事業はNEDO※「水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発」の一環として実施しています。(※)NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

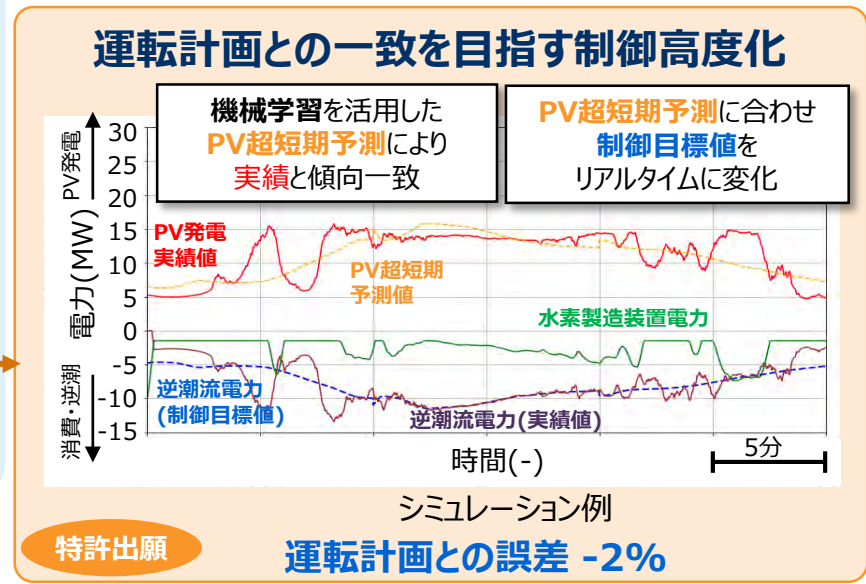
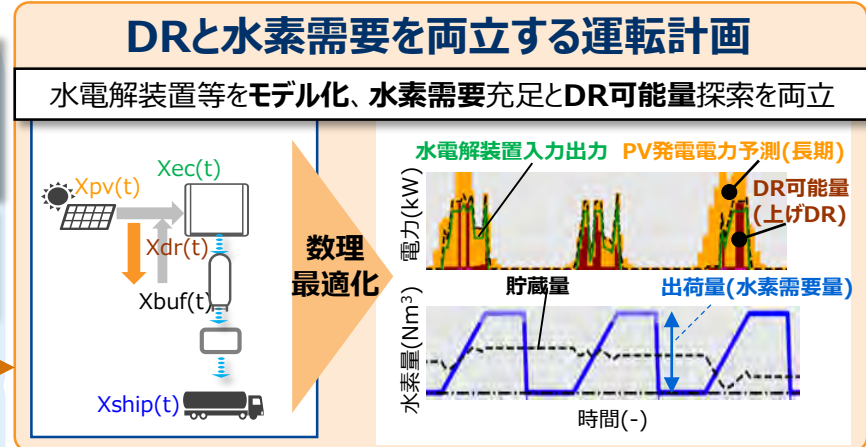
水素エネルギー運用システムの技術

本事業はNEDO※「水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発」の一環として実施しています。(※)NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

機械学習 + 数理最適化により、最適で高精度な制御を実現



*DR：デマンドレスポンス
**東北電力ネットワーク（株）
***東北電力（株）
****岩谷産業（株）
*****旭化成（株）



P2GのKeyとなる水電解技術の比較

電解種別	アルカリ	PEM	SOEC
特徴	アルカリ溶液 (KOH) を活用した水電解	触媒に貴金属を活用したコンパクトな電解装置	約700℃の高温水蒸気を活用した高温電解
効率 (定常運転時)	スタック: ~4.8kWh/Nm ³ システム: ~6.5kWh/Nm ³	スタック: ~5.1kWh/Nm ³ システム: ~6.5kWh/Nm ³	スタック: ~3.2kWh/Nm ³ システム: ~4.0kWh/Nm ³
運転温度	動作温度(室温): ~80℃	動作温度(室温): ~80℃	動作温度: 約700℃ ※起動後はシステム内で熱回収するため外部からの加熱エネルギーは少ない
メリット	技術が最も成熟 大型化が先行	省面積 再エネへの変動対応に優位	高効率 (4kWh/Nm ³) ※高温水蒸気や排熱利用により更に高効率化が可能
デメリット	アルカリ溶液の濃度管理 後処理が必要	貴金属の供給量に制限有 貴金属価格高騰	技術開発段階
イメージ			

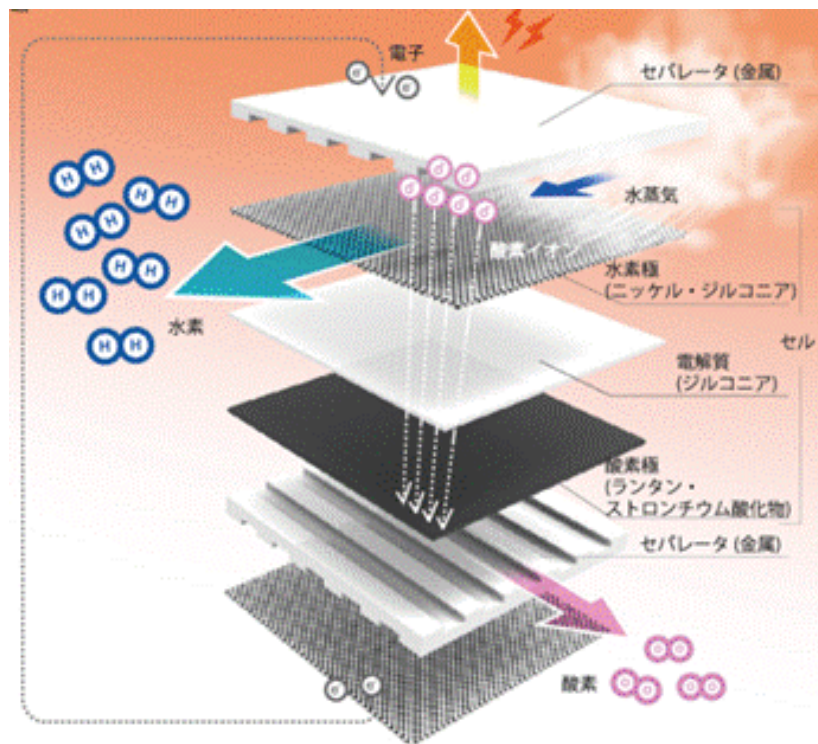
SOEC水電解の原理とシステム

約700℃の高温水蒸気を活用した高温電解

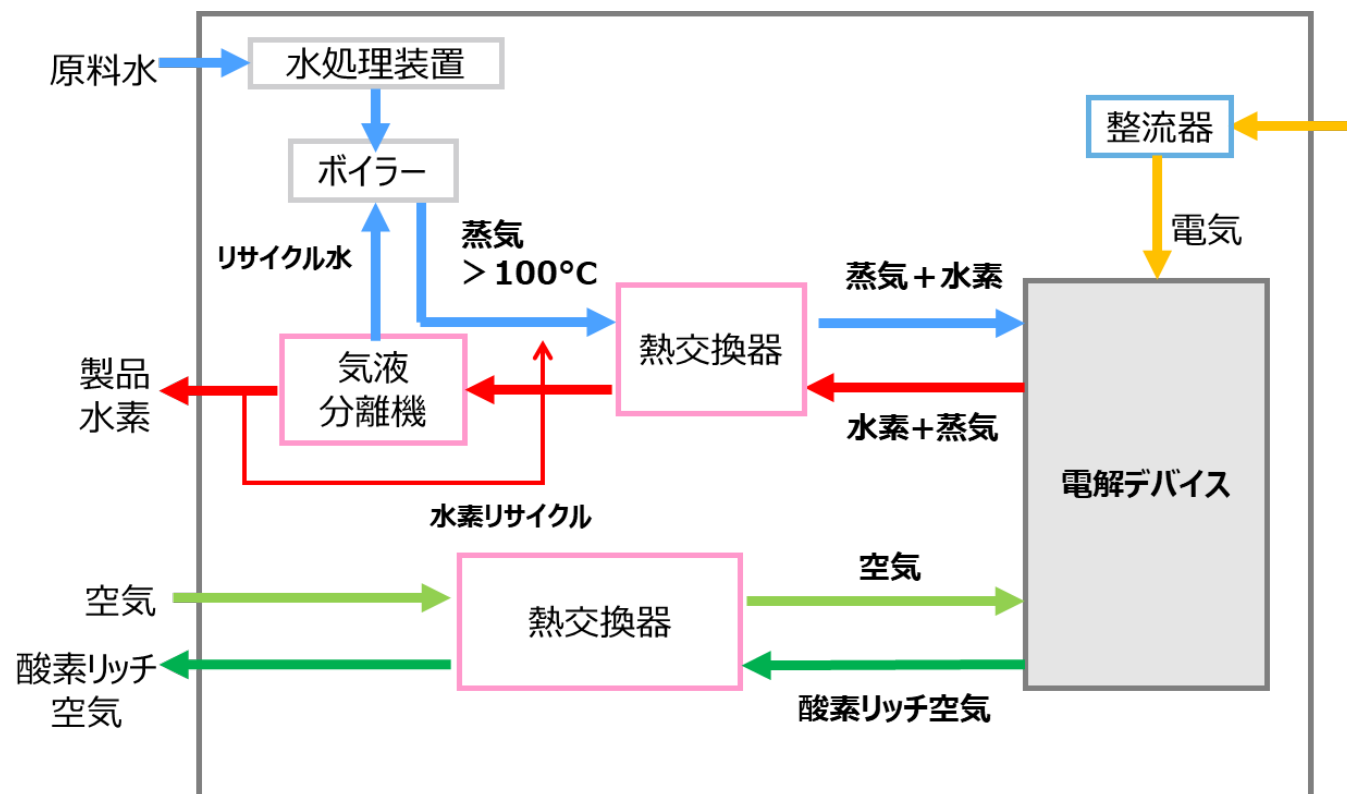
【高温水蒸気電解とは・・・】

- ・高温(約700℃)で水蒸気を電気分解し水素を製造
- ・電解に必要なエネルギーの一部を熱エネルギーで供給可能

水蒸気電解水素製造の原理概念図



システムプロセスフロー概念図



SOEC 開発計画



発電プラントで養った技術を利用

化成品合成プラント

発電・産業熱利用システム

再エネP2Gシステム

2015

2020

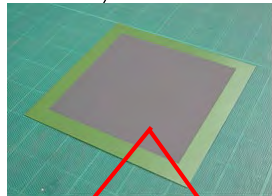
2025

2030

技術成立性確認

大型化・量産化開発

実用化



高耐久電解セル
(2010)



ショートスタック (2017)
数100W



水素製造システム試験機 (2017) 10kW



大型スタック
(2022)
10kW級



水素製造システム プロトタイプ (2024) 500kW級

水素製造システム (2027)
10MW級システム

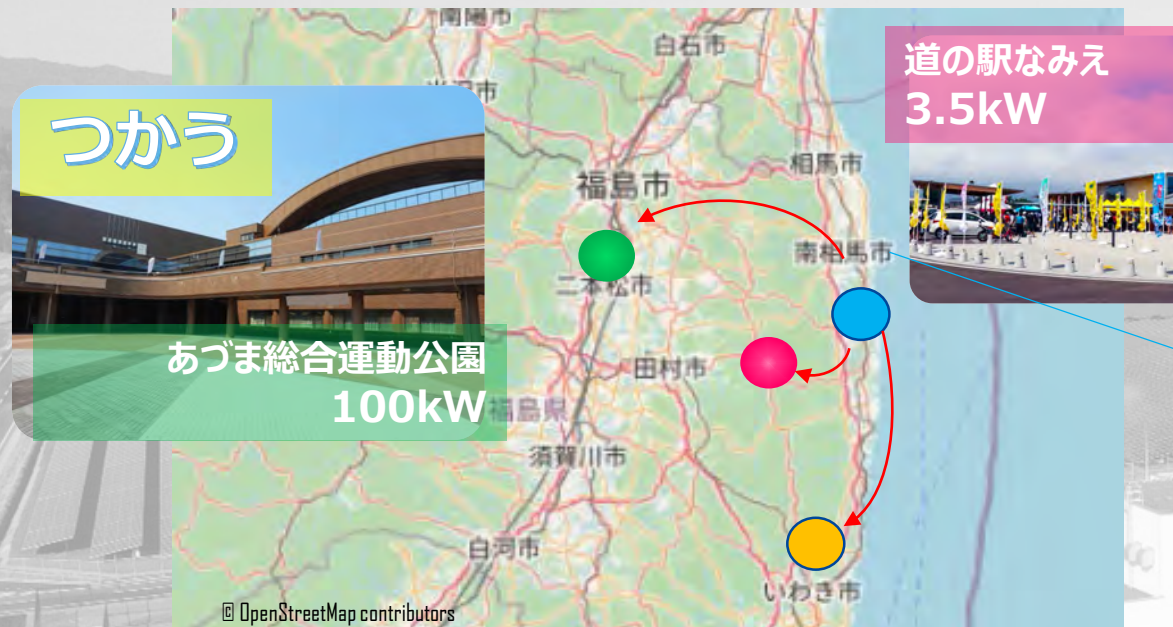


04

燃料電池ソリューション



FH2Rで製造された水素を活用し、福島県内の施設で定置用FCの実証運転中



再エネの調整力としての役割の他、製造された水素はトレーラー等で輸送し、各施設の燃料電池を使ってエネルギー利用。



本事業はNEDO※「水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発」の一環として実施しています。NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

産業・業務・家庭部門で、地域のカーボンニュートラル・産業活性化に貢献



特長	備考
長寿命	設計寿命 8万時間
高エネルギー効率	総合効率 95%以上
柔軟なオペレーション	起動時間 5分以内、負荷変動 1分以内
DSS対応	連続発電および日間起動停止(DSS)に対応
コジェネ・モノジェネデュアル対応	温水利活用の熱交換器を設置し、発電の過程で発生する熱を有効活用

100kW水素燃料電池システム開発

第1世代



サイズ : W4.0m×D2.4m×H2.5m
重量 : 8.4t



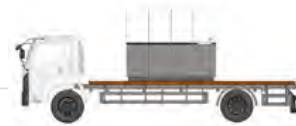
トレーラー輸送 (通行許可申請要)

第2世代



40%サイズダウン
※第1世代比

サイズ:W2.9m×D2.0m×H2.4m
重量 : 5.8t



8tトラック輸送

第3世代



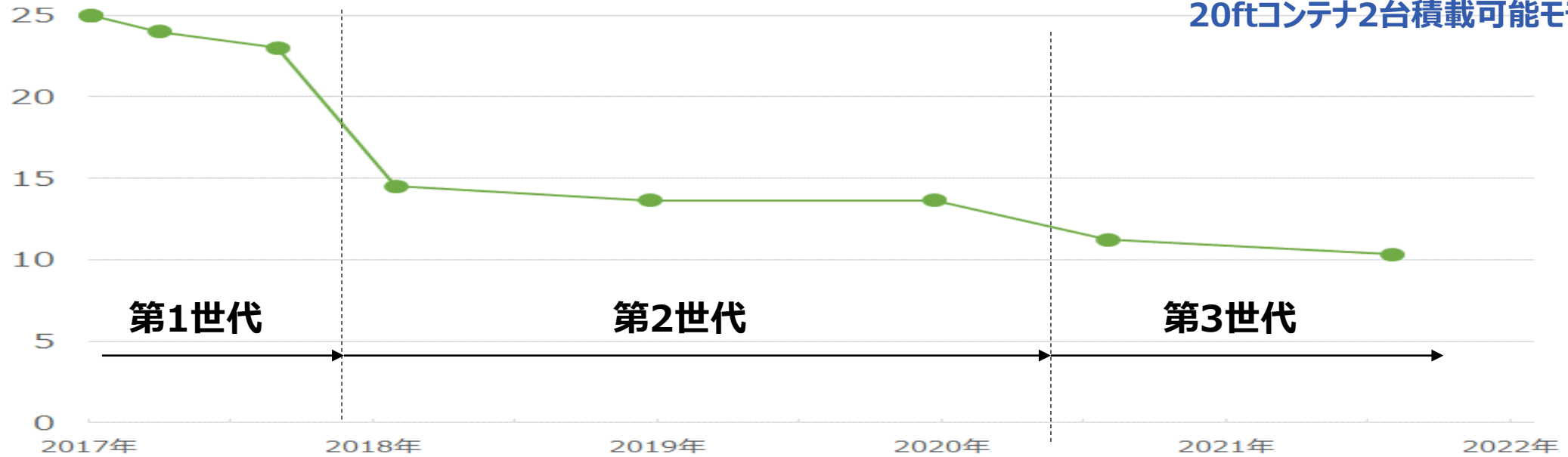
20%サイズダウン
※第2世代比

サイズ : W2.8m×D2.0m×H1.9m
重量 : 4.5t



フォークリフト可搬対応
20ftコンテナ2台積載可能モデル

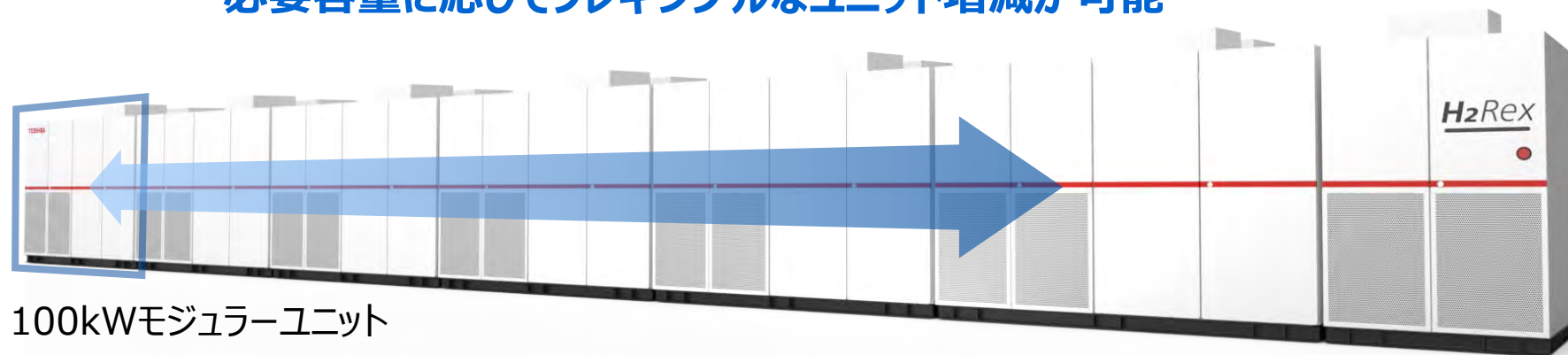
パッケージ容量(m³)



製造年度

様々な電力需要に対応するMW級 水素燃料電池システム

必要容量に応じてフレキシブルなユニット増減が可能

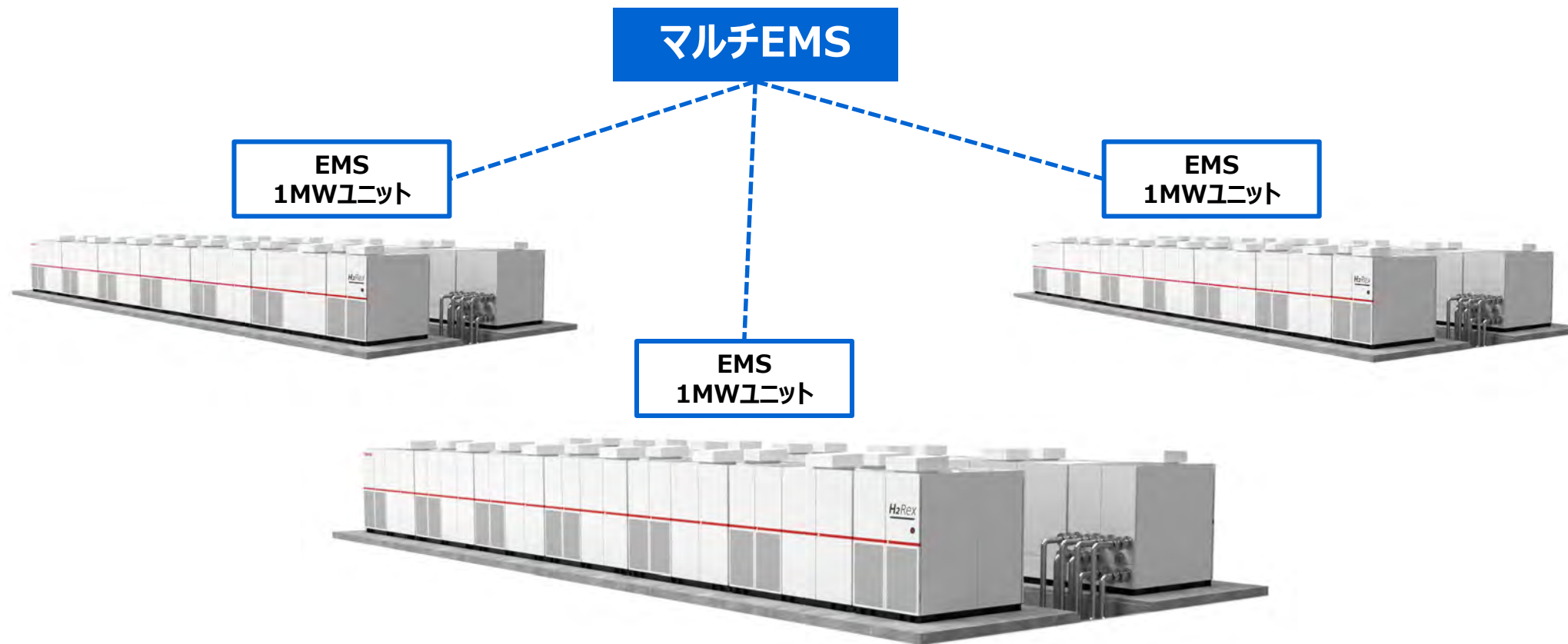


100kWユニットのモジュール化によるMW級まで柔軟な拡張が可能

- 100kW単位で設備容量の増減が可能なモジュール構成
- 小規模～中規模～大規模まで様々な規模・用途に対応
- EMSによる各モジュールの個別起動・停止などの運転制御
- 電力需要や熱需要に応じて、高い発電効率・排熱回収効率が見られる最適運転
- 各モジュールの運転時間配分の平準化やメンテナンスの計画的な実施

様々な電力需要に対応するマルチMW級水素燃料電池システム

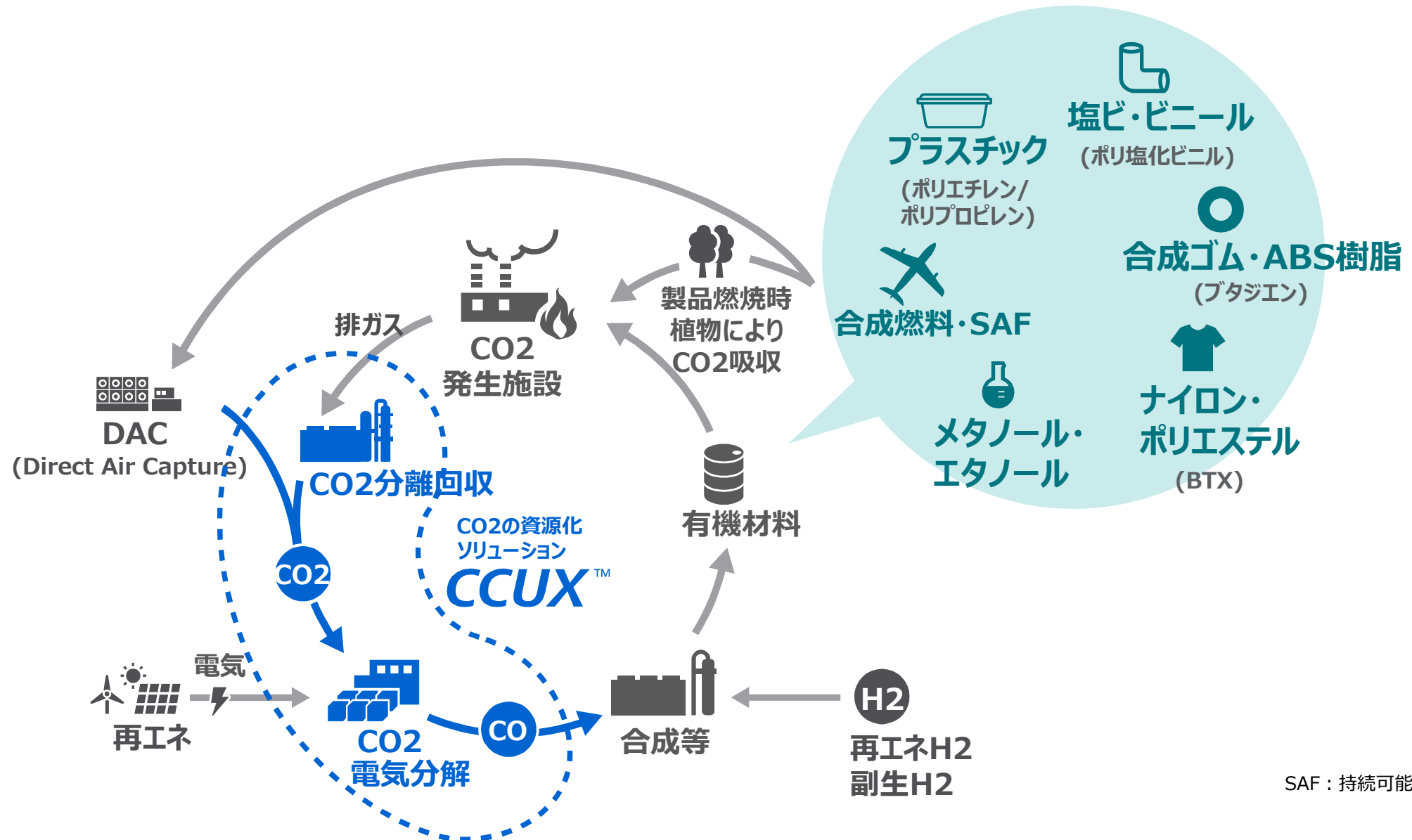
1MW機を1ユニットとして複数の1MW機を統合的に運用するマルチMWモデル



05

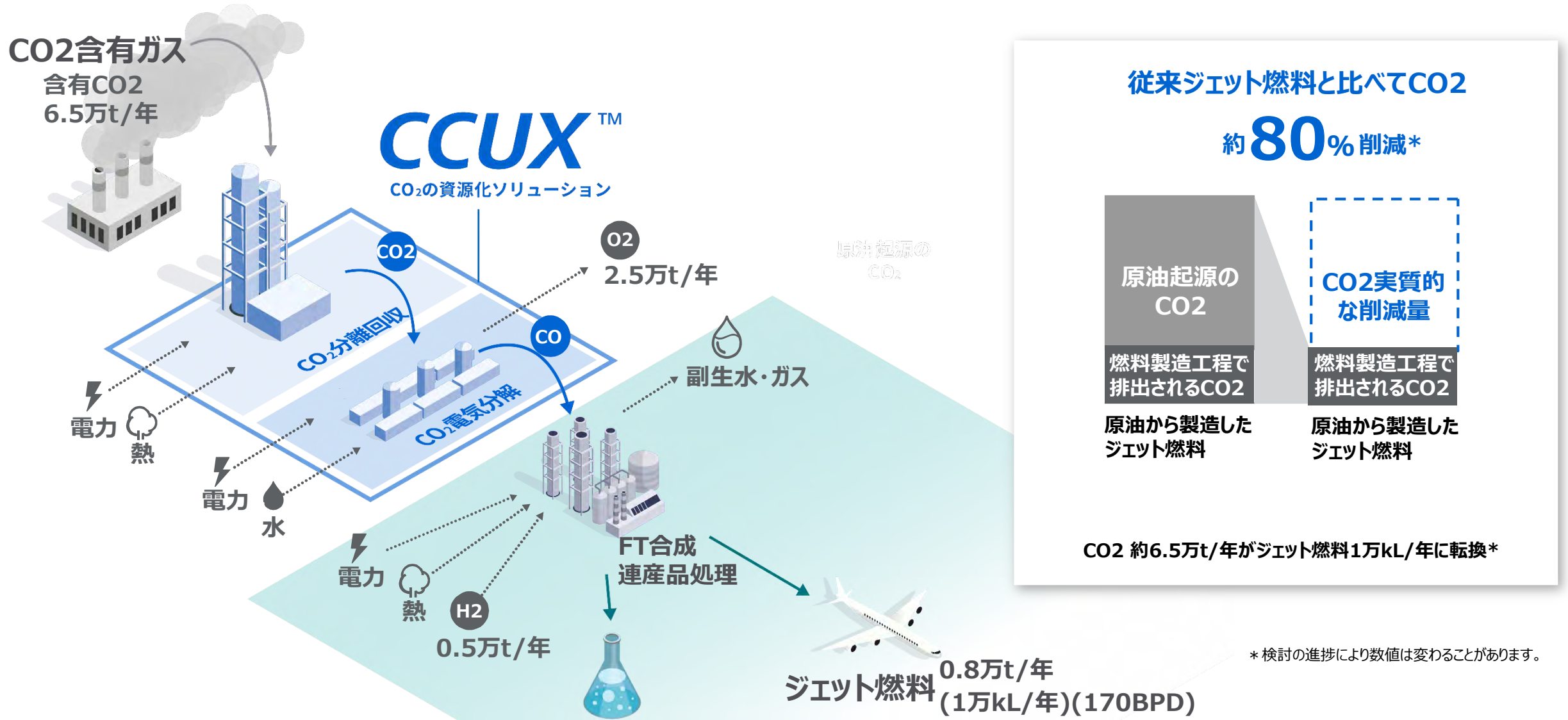
Power to Chemicals ソリューション





SAF : 持続可能なジェット燃料

合成燃料 (SAF) 製造への適用例



CO2電解モジュール 開発計画



燃料電池で培った製造技術を利用

合成燃料等大型化学プラント

中小規模化学プラント・冶金産業

2015

2020

2025

2030

技術成立性確認

大型化・量産化開発

実用化

人工光合成
開発セル(FY2014)
電解電力
<0.01W

固体高分子形電解セル
(FY2018)
W級

小型電解装置*(FY2022)
kW級

150t-CO/年級 電解装置セル・
スタック試作(FY2020)

CO2電解標準モジュール
プロトタイプ**(FY2024)
150t-CO/年級 100kW級

環境省国プロポト機
(化学産業等向けに転用予定)

CO2電解標準モジュール
構成装置 (2026頃)
1600t-CO/年級 MW級

SAFサプライチェーン実証用
(化学産業等向けに転用予定)

大型CO2電解装置
(2030頃)
≥1万t-CO/年級
10-100MW級

SAF商用プラント向け
(化学産業等向けにも転用予定)

*「二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業委託業務」
(多量CO2排出施設における人工光合成技術を用いた地域適合型二酸化炭素資源化モデルの構築実証) (環境省)
**「二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業委託業務」(人工光合成技術を用いた電解による地域のCO2資源化検討事業) (環境省)

06

さいごに



水素エネルギーによるカーボンニュートラル社会の姿を見据えて

水素利用の拡大に向けて水素製造・利活用の両面での社会貢献を目指す



TOSHIBA