神戸大学

2023年3月7日（火）15:00～17:30
オンライン開催　Zoomウェビナー

１．水素技術勉強会の概要と2022年度の活動

水素技術勉強会主査　武田 実

水素技術勉強会　～再エネ高度利活用を目指して～
第2回オープンシンポジウム

～水素技術の果たすべき役割を考える～

キックオフシンポジウム

神戸大学

水素技術勉強会キックオフシンポジウム
～再エネ高度利活用を目指して～

2022年 3月4日(金)　15:00 – 17:30

開催主旨

神戸大学は学内に水素専用実験棟を有する国内唯一の大学で、長年にわたり液体水素をはじめとする水素技術の基礎研究を実施しています。

近年、カーボンニュートラルへの関心が高まる中、水素が大きく注目されています。本学も研究を通じて社会貢献していくことが責務と考え、**「水素技術勉強会」**を発足させることにいたしました。

この勉強会では**「再エネ高度利活用」**を目指し、本学が得意とする海洋や再エネ分野の研究者と連携し、学外の有志の方々とも意見交換しながら知の集積と共創を進めて行きます。そのキックオフとしてシンポジウムを開催いたしますので、ご関心のある方は是非ご参加ください。

シンポジウム概要

今回のシンポジウムでは、本学より主査の武田教授をはじめ水素技術勉強会の主要メンバーが、それぞれの研究概要、再エネ高度利活用への取り組み等ついてご紹介いたします。

本学講演者プロフィールへ

また2015年に東京工業大学でグローバル水素研究ユニットを立ち上げ、水素社会実現を目指したわが国の産官学の連携活動を牽引してきた岡崎名誉教授に特別講演をお願いしました。

ゲスト講演者プロフィールへ

パネルディスカッションでは水素エネルギー協会の坂田会長にも特別参加いただき、水素技術から再エネ高度利活用への具体的戦略について考えて行きたいと思います。

プログラムはこちらから

オンライン参加費無料

なお今回シンポジウムへのご参加は、「水素技術勉強会」ご参加とは直接の関係はございません。

参加申込はこちらから

お問い合わせ先：水素技術勉強会キックオフシンポジウム運営事務局
日本コンベンションサービス株式会社　神戸支社内
E-mail：hydrogen@convention.co.jp

主催：神戸大学 産官学連携本部
共同研究・オープンイノベーション推進部門
後援：公益財団法人 新産業創造研究機構
公益財団法人 神戸市産業振興財団

戻る

プログラム

======セッションⅠ======

15:00　シンポジウムの概要と参加方法等のご案内　（事務局）

15:05　本学における水素研究の現状と課題～水素技術勉強会発足の背景
武田実（勉強会主査、大学院海事科学研究科教授）

======セッションⅡ======

15:30　水素低温工学のマリンエンジニアリングへの新展開
前川一真（勉強会幹事、大学院海事科学研究科助教）

15:40　水電解の現状と課題～水素製造効率化に向けた電極研究
青木誠（勉強会幹事、大学院海事科学研究科助教）

15:50　再エネ電力・水素の高度利活用とパワーエレクトロニクス技術
三島智和（勉強会幹事、大学院海事科学研究科教授）

16:00　洋上風力-水素連携技術の研究動向
大澤輝夫（勉強会主査代理、大学院海事科学研究科教授）

16:10　再エネ高度利活用と水素技術～カーボンニュートラルのシナリオ
駒井啓一（勉強会事務局、産官学連携本部客員教授）

（休憩）

======セッションⅢ======

16:30　**【特別講演】**
カーボンニュートラルに向けた水素利活用の最新動向
岡崎　健（東京工業大学名誉教授）

17:00　**【パネルディスカッション】**
水素技術からの再エネ高度利活用の具体的戦略を考える
パネラー　**岡崎　健**（東京工業大学名誉教授）
坂田　興
（一般財団法人水素エネルギー協会会長）
武田　実（神戸大学大学院教授）
モデレータ　**駒井啓一**（神戸大学客員教授）

17：25　今後の活動等のご案内

※講演題名は多少変更することがあります。

背景と経緯

【水素技術】

1968年のカスケード式He液化機完成等をルーツに極低温、超伝導に関わる多くの研究実績。2004年のLH_2超伝導液面計基礎研究等を皮切りに液体水素分野の基礎研究を展開。
国内の大学では唯一学内に水素専用実験棟を有し、特色ある液体水素研究等を実施中

（水素技術勉強会主査：武田実教授）

【再エネ技術】

気象学を基盤に2015-17年に洋上風況マップ作成NEDO事業を主導、NeoWinsを開発・公開、国内の洋上風力開発に欠かせないツールを完成。
高精度風況調査手法の確立、国内洋上風力発電拡大の技術インフラとしての試験サイト構築検討等を実施中

（水素技術勉強会主査代理：大澤輝夫教授）

2014～18年度　**重点研究チームNo19「海洋再生可能エネルギーと水素エネルギーへの展開」**

2019～21年度**開拓プロジェクトNo.8 「海洋再生可能エネルギーによる水素製造システムの研究開発」**

２０１９～文部科学省オープンイノベーション 海洋・エネルギー分野

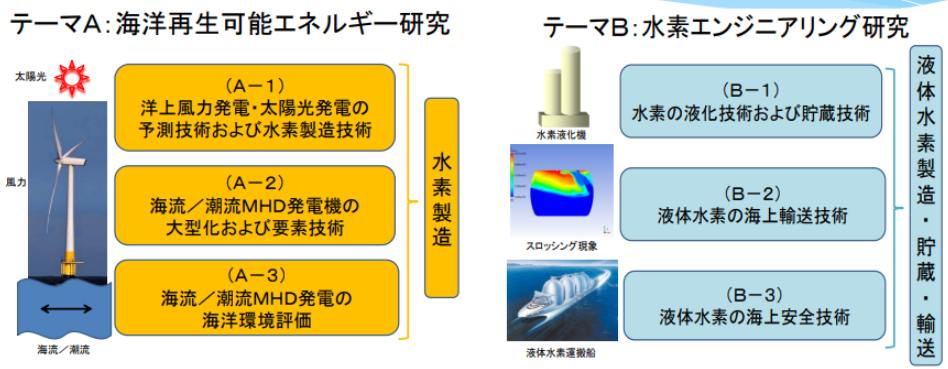
２０２２～全学組織 カーボンニュートラル推進本部

2022年3月　**水素技術勉強会　～再エネ高度利活用を目指して～**

重点研究チームNo.19

重点研究チーム No.19（2014～2018年度）
海洋再生可能エネルギーと水素エンジニアリングへの展開

重点研究チーム No.19（2014～2018年度）
海洋再生可能エネルギーと水素エンジニアリングへの展開

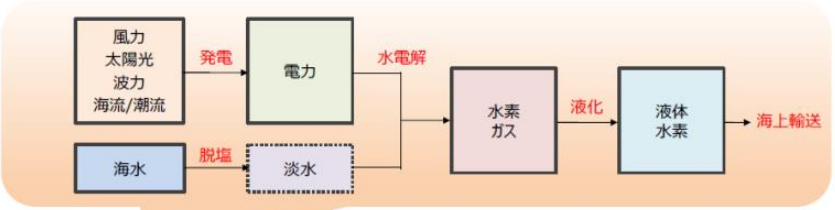


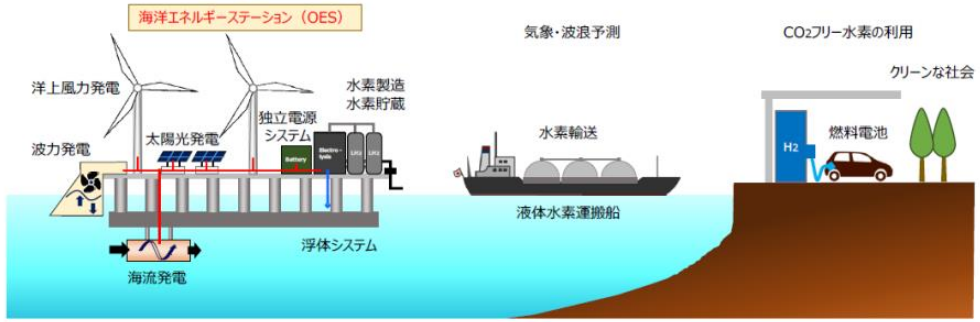
- Workshop on Hydrogen Cryogenics 2016-2018 開催
- 外国人研究者招聘
- 若手研究者育成
- 先端融合科学特論 開講

開拓プロジェクト　No.8

開拓プロジェクト No.8（2019～2021年度）
海洋再生可能エネルギーによる発電・水素製造システムの研究開発

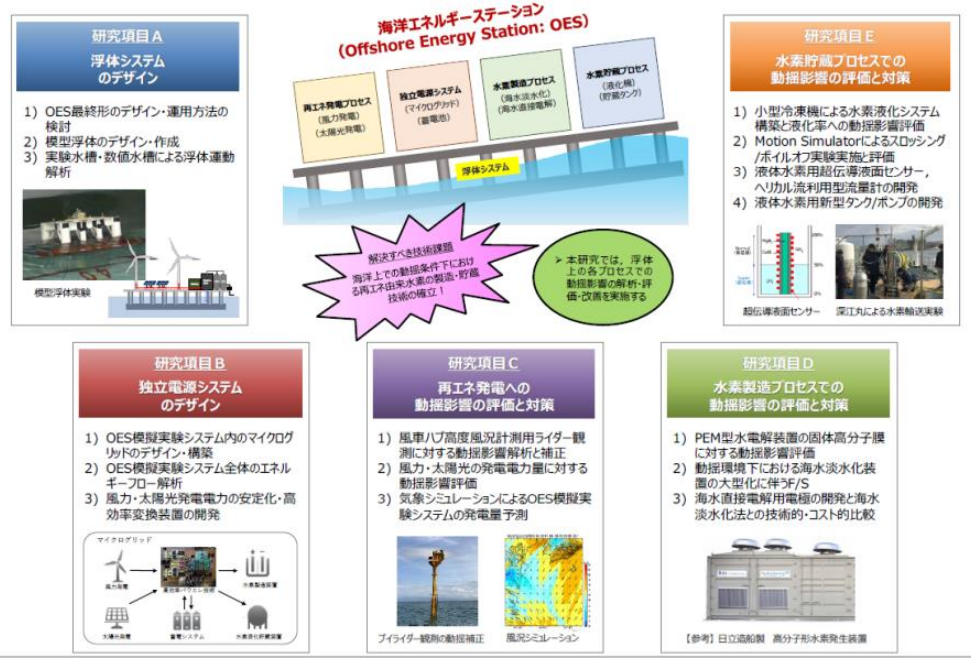
- 海洋再エネからのCO_2フリー水素製造及び水素貯蔵による発電電力平滑化を目的とした、完全独立電源型浮体式プラント「海洋エネルギーステーション」開発に向けた基礎研究





開拓プロジェクト No.8（2019～2021年度）
海洋再生可能エネルギーによる発電・水素製造システムの研究開発

- 海洋エネルギーステーション構築のための要素研究項目



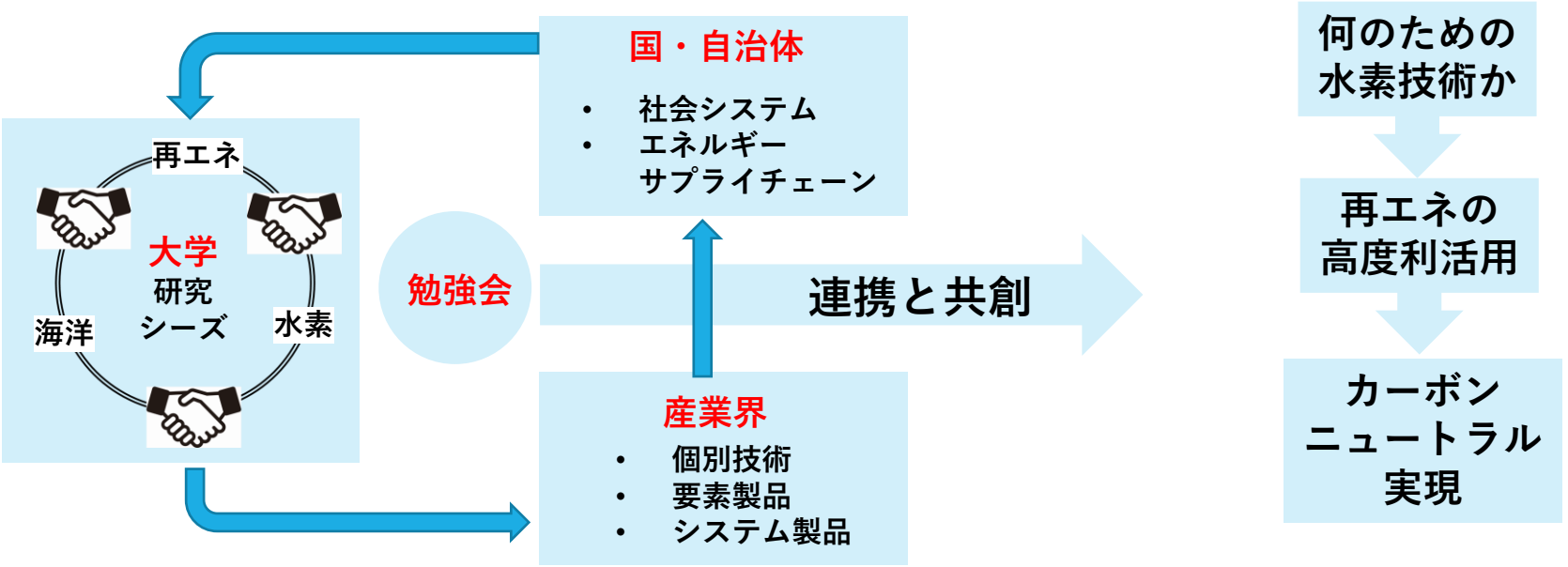
水素技術勉強会　キックオフシンポジウム開催について

グリーン成長戦略
（2020年12月政府発表）

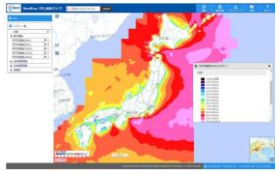
2050年カーボンニュートラルを目標

- 開拓プロジェクトの全て要素研究項目（海洋、再エネ、水素）の重点を包含
- その実現に向けた社会全体の動きが急加速

これに呼応して**水素技術勉強会**をキックオフ

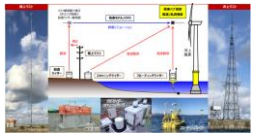


2014 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28



2015～2017Fy NEDO事業
洋上風況観測システム実証研究
(洋上風況マップ)

2019～2022Fy NEDO事業
着床式洋上WF開発支援事業
(洋上風況調査手法の確立)



2022～
洋上風況解析等人材育成（ENAA事業、日本財団事業）

2014～2018Fy 重点研究チームNo. 19
海洋再生可能エネルギーと
水素エンジニアリングへの展開

2019～2021Fy 開拓プロジェクトNo. 8
海洋再生可能エネルギーによる
発電・水素システムの研究開発

2019～2023Fy
オープンイノベーション（補助事業）

2024Fy～
オープンイノベーション（自立事業）

2022/3/4
水素技術勉強会　～再エネ高度利活用を目指して～

2500m3Hy touch 神戸

空港島液体水素研究センター/NEDO事業FS

～2022　2023

==========液体水素サプライチェーン（パイロット）==========▶ ◀====液体水素サプライチェーン（商用実証）======

1250m3すいそふろんてぃあ

2022/4　AiP取得
160,000m3液化水素船

▲2014
トヨタ/ミライ
高圧水素FCV

HDV/液体水素システム（NEDO事業、民間共研）

▲2014
#4エネルギー基本計画
/水素・FCロードマップ

▲2018
#5エネルギー基本計画
/水素基本戦略シナリオ

▲2020～2021
2050CN宣言
グリーン成長戦略

＃6エネルギー基本計画
/2030目標Δ46%
GI基金/2兆円

キックオフシンポジウム参加者

- 申込者：526、　参加者：407、　最大同時ビュー：356、　アンケート回答：277

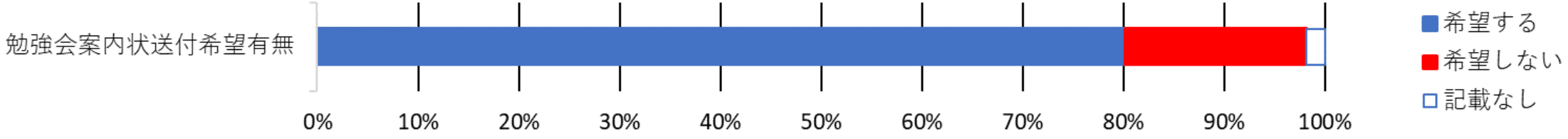
勉強会へ参加の可能性			
あり	組織・機関として	56	20%
	個人として	70	25%
	小計	126	45%
わからない		114	41%
小さい		28	10%
ない		7	3%
記載なし		2	1%
計		277	100%

勉強会の開催頻度			
1回/月程度	参加したい	28	10%
	意義はありそう	83	30%
	小計	111	40%
3～4か月に1回	参加したい	60	22%
	意義はありそう	71	26%
	小計	131	47%
年1回でも意義はありそう		16	6%
記載なし		19	7%
計		277	100%

勉強会の参加人数（機関数）					
区分	規模	特徴	狙い	人数	割合
少数限定	個社・個人	競争領域	守秘	11	4%
	数社・数人	非競争領域	活発	11	4%
	20社・人	異分野	交流	24	9%
	小計			46	17%
人数・規模にはこだわらな				134	48%
出来るだけ多数		異分野	交流	65	23%
記載なし				32	12%
計				277	100%

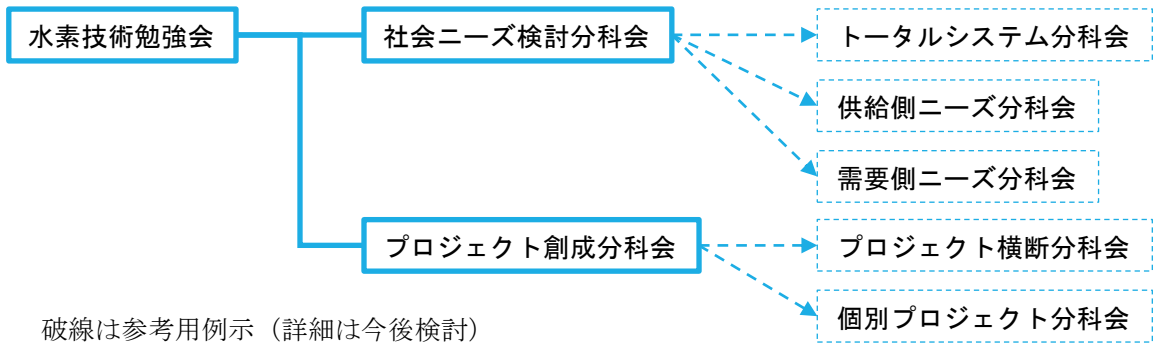
勉強会での発信（複数回答可）		
回答	人数	割合
自社から積極発信	5	2%
必要あれば講師を引き受ける	5	2%
まだわからないが発信努力	54	19%
質問やコメントは積極的に行う	73	26%

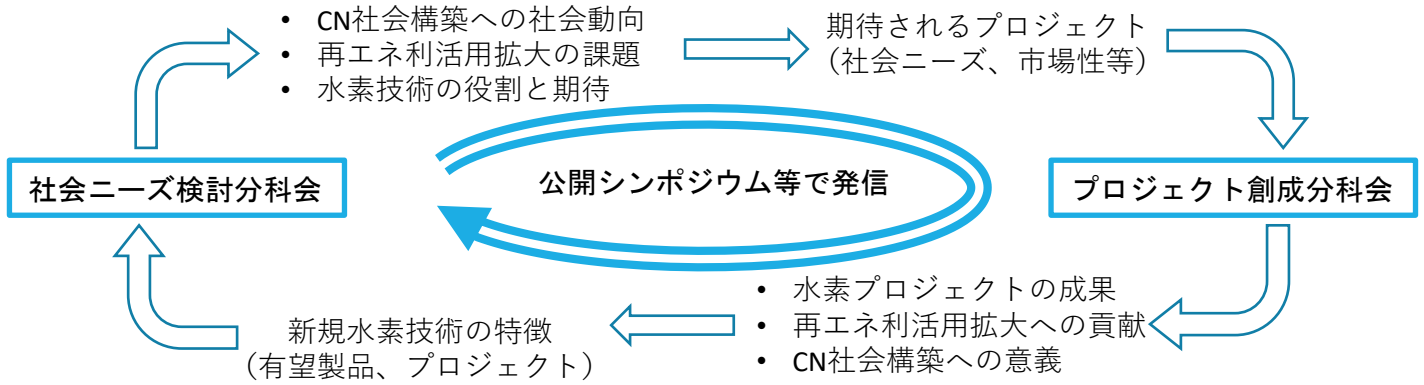
期待する講師（複数回答可）		
回答	人数	割合
大学だけで十分	68	25%
企業からの講師を期待	130	47%
政府自治体からの講師を期待	108	39%
講師不要、自由討論・意見交換	9	3%



入会案内

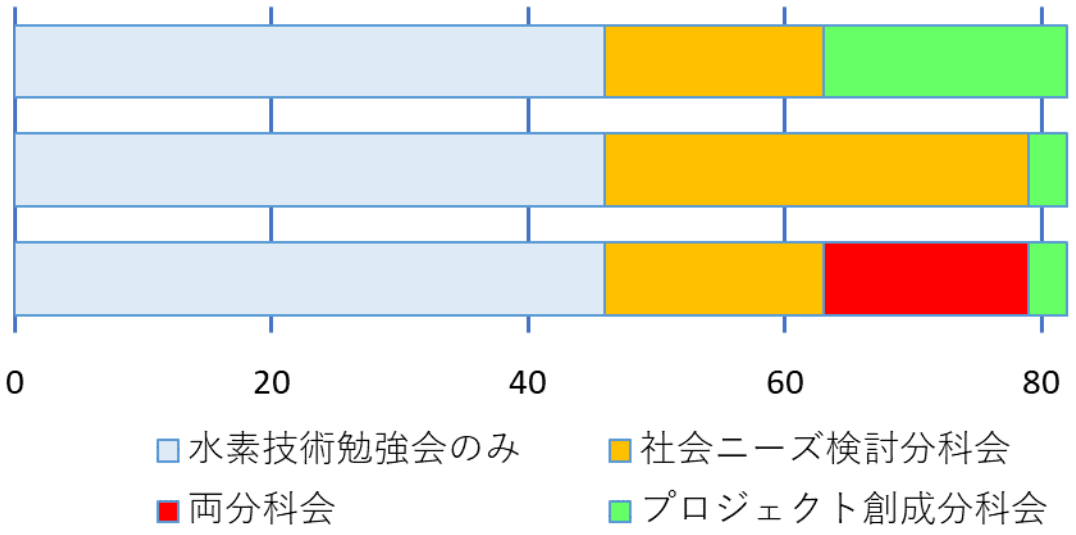
- シンポジウム出席者アンケート回答等を参考に分科会を設けることとした





入会申込状況

	水素技術 勉強会	社会ニーズ 検討分科会	プロジェクト 創成分科会	参加申込 件数
勉強会のみ参加	◎	×	×	46
社会ニーズ分科会に参加	◎	◎	×	17
両分科会に参加	◎	◎	◎	16
プロジェクト分科会に参加	◎	×	◎	3
合計	82	33	19	82



社会ニーズ検討分科会から始動

社会ニーズ検討分科会

- **カーボンニュートラルへの全般動向**
- **再エネの利活用拡大のための課題**
- **水素技術が果たすべき役割と期待**

⇓

- 期待される水素技術プロジェクト
  （社会ニーズ、市場性等）

プロジェクト創成分科会

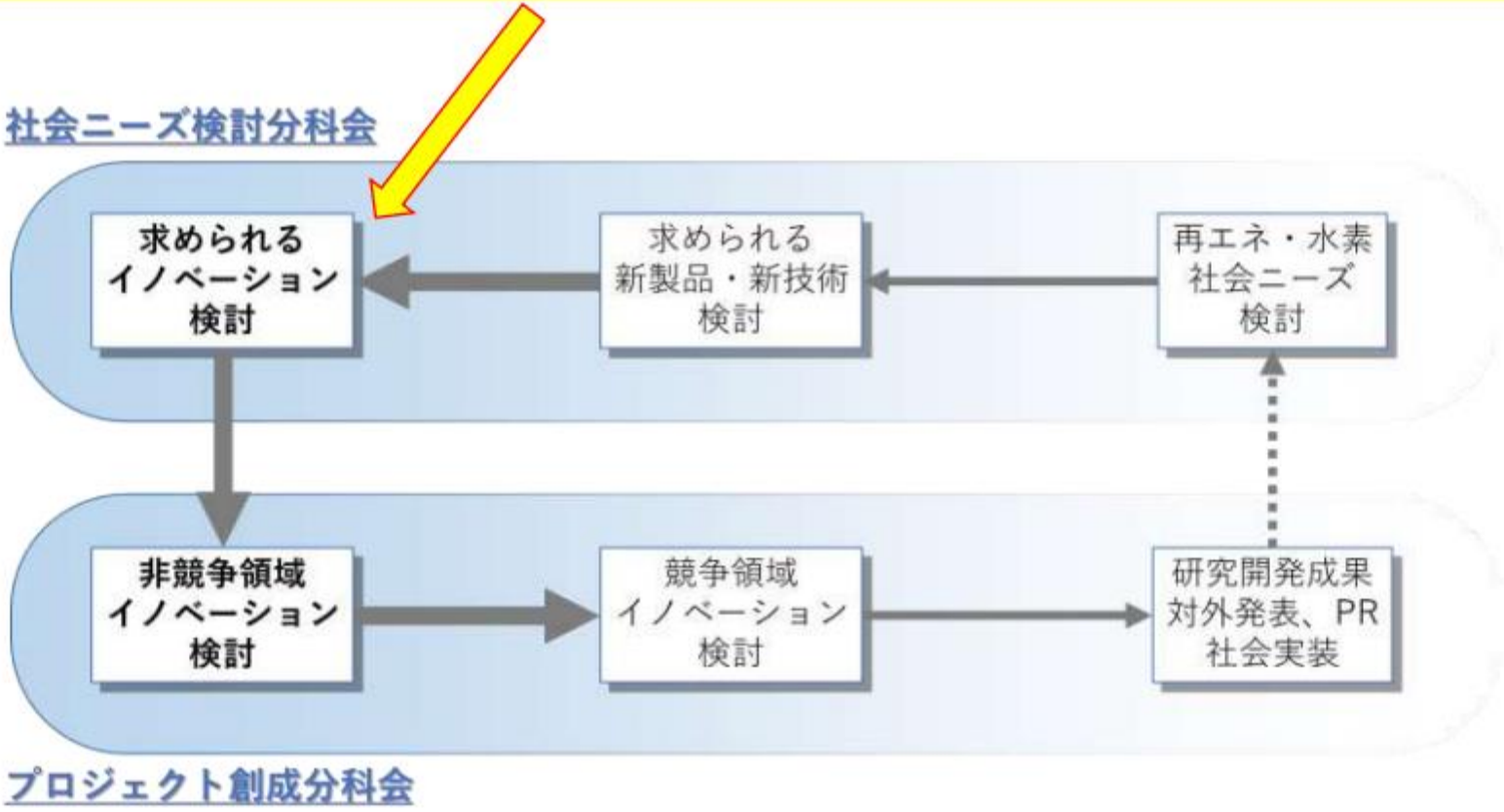
- 水素プロジェクトの研究開発動向
- 水素技術の再エネ利活用拡大への貢献
- カーボンニュートラルへの水素技術意義

⇓

- 新規水素技術の特徴
  （有望な技術、製品、プロジェクト）

社会ニーズ検討分科会のミッション整理

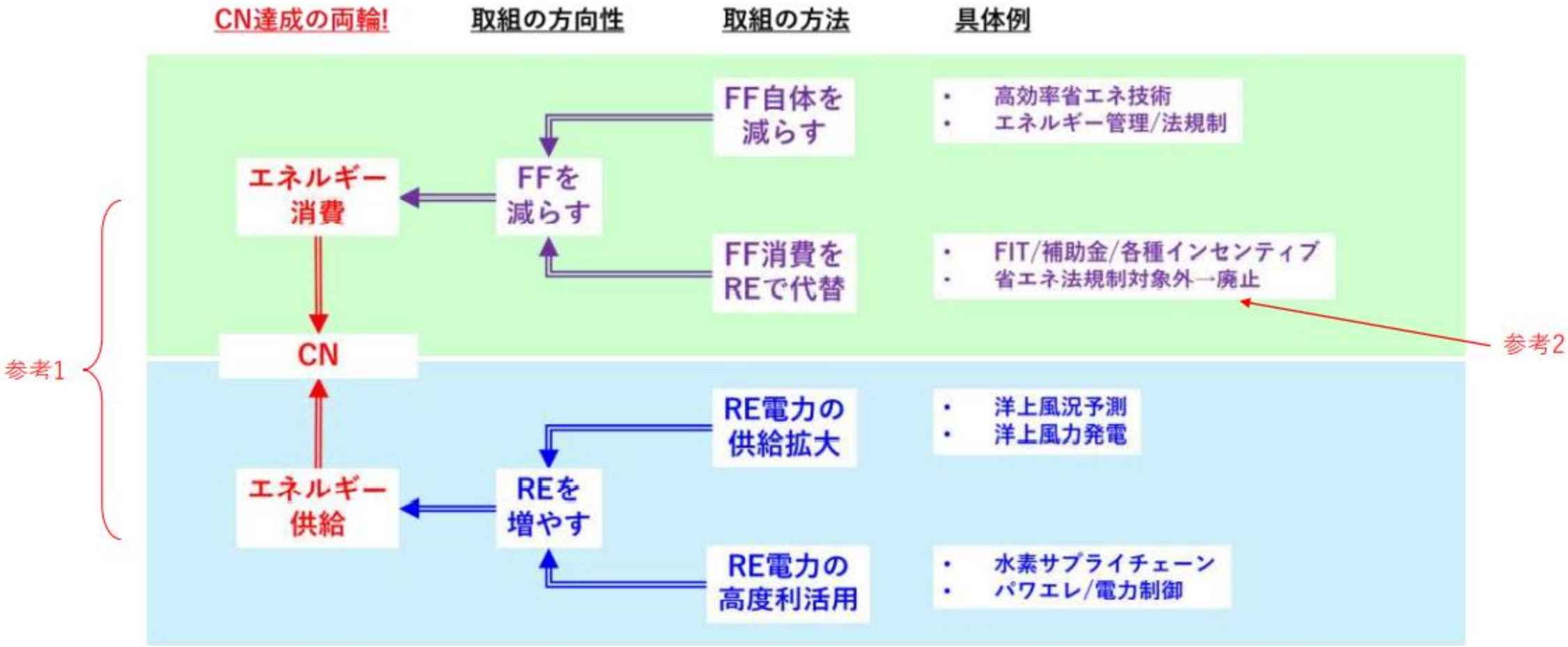
水素技術研究会の中核として、
水素技術によるRE高度利活用、CN社会実現に求められる**イノベーション**を抽出！



水素技術勉強会の目的

神戸大学

水素及び関連技術によってRE供給を増やし、CN社会実現に貢献する！



CN：カーボンニュートラル（Carbon Neutral）　RE：再生可能エネルギー(Renewable Energy)　FF：化石燃料(Fossil Fuel)

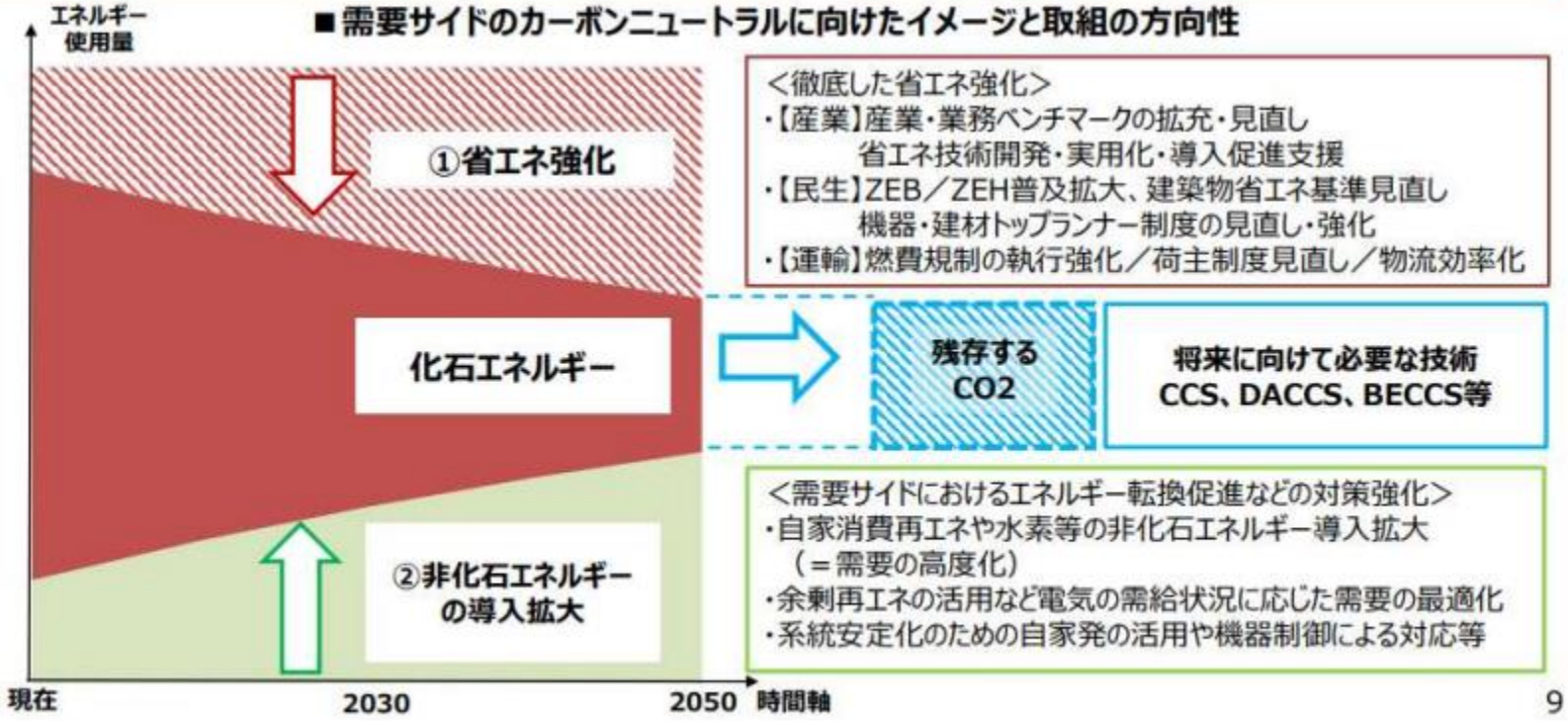
参考１）消費と供給の両輪が求められている

需要サイドの取組の方向性

2021年6月30日
省エネルギー小委員会資料　一部加工

- 2050年カーボンニュートラル目標が示されたことを踏まえ、途上である2030年に向けても、**徹底した省エネ（①）**を進めるとともに、非化石電気や水素等の**非化石エネルギーの導入拡大（②）に向けた対策を強化していくことが必要**。
- このため、引き続き**省エネ法に基づく規制の見直し・強化や、支援措置等を通じた省エネ対策の強化とともに、供給サイドの非化石拡大を踏まえ、需要サイドにおける電化・水素化等のエネルギー転換の促進などに向けた対策を強化していくことが求められる**。

■需要サイドのカーボンニュートラルに向けたイメージと取組の方向性

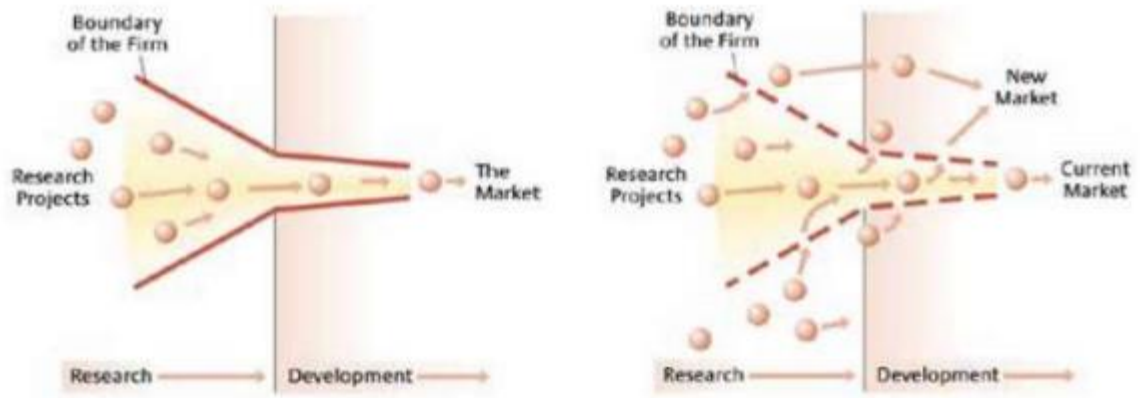


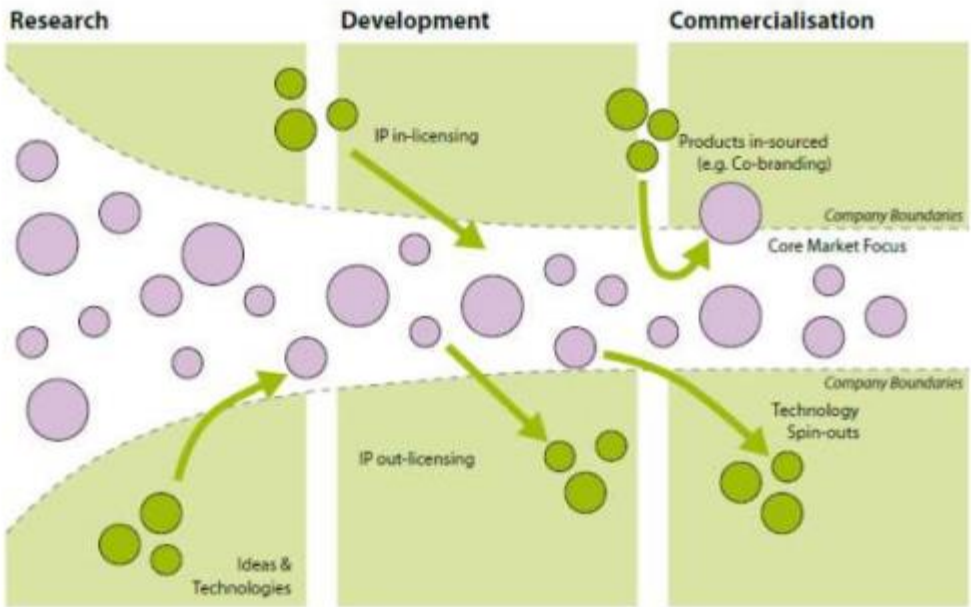
今後の進め方（案）

H2技術によるRE高度利活用、CN実現 → ・多様なプレーヤ ・多様な未来像 → **オープン・イノベーションアプローチ**

＜REから水素を＞ **つくる** → **はこぶ・ためる** → **つかう**

図表 1-1　チェスブロウによる「オープンイノベーション」の定義





出所：MIT Sloan Management Review, "Top 10 Lessons on the New Business of Innovation", 2011
http://sloanreview.mit.edu/files/2011/06/INS0111-Top-Ten-Innovation.pdfUniversity of Cambridge, "How to Implement Open Innovation –Lessons from studying large multinational companies"
http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Resources/Reports/OI_Report.pdf

活動実績

年		2022										2023		
月		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
水素技術勉強会														
	会員募集		開始	締切	（移行2022年度は随時受付中）									
	シンポジウム	3/4												3/7
	セミナー										12/12			
	短信					7/21		9/20		11/9	12/2		2/24	
社会ニーズ検討分科会														
	研究会				6/28			9/6		11/1	12/22		2/21	
	見学会									深江キャンパス水素実験棟			ハイタッチ神戸	
ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ創成分科会														
	研究会				（2022年度は活動見合わせ）									
										社会ニーズ検討分科会に提案募集中				

第2回オープンシンポジウム ：水素技術の果たすべき役割を考える
2023年 3月 7日（火） 15:00～17:30 Zoom ウェビナー

社会ニーズ検討分科会の活動事例紹介

研究会における話題提供事例に見る
水素技術の果たすべき役割

神戸大学 産官学連携本部 客員教授 駒井 啓一
オープンイノベーション機構 海事・エネルギー分野 クリエイティブマネージャ
水素技術勉強会 幹事（事務局担当）

目次

社会ニーズ検討分科会　活動概要

第1章　会員話題提供からの事例紹介

第2章　水素技術の社会ニーズ検討

社会ニーズ検討分科会　活動概要

- 水素技術勉強会会員の約半数が参画する分科会
- 水素技術による再エネ高度利活用の達成には、産官学の広範な連携が求められる
- その第1歩として、水素技術の社会実装に対する広範なニーズを、出来るだけ把握することが重要

⬇

- このため水素技術勉強会の初年度の活動は、本分科会を中心に展開。

- 2022年度は計5回の研究会を開催。
- 各回の研究会では、話題提供として数件ずつ、累計で会員より11件、本学教員より4件、計15件のプレゼンテーションを行い、出席会員による意見交換を行った。
- そこで本年度の活動成果として、各回の話題提供事例を基に、水素技術の社会ニーズに関し考察し、報告する。
- なお検討期間の都合上、今回の成果報告は、本勉強会の幹事会・事務局として行うものである。
- 話題提供いただいた分科会員各位に謝意申し上げるとともに、今後の意見交換を通じて社会ニーズに関する更なる理解を深め、改めて報告する方針であることを付言させていただく。

目次

社会ニーズ検討分科会　活動概要

第1章　会員話題提供からの事例紹介

第2章　水素技術の社会ニーズ検討

株式会社 大林組

- Obayashi Sustainable Vision 2050
  - 脱炭素/価値ある空間/サステイナブルサプライチェーン、電動化・水素/再エネ/ZEB
- 再生可能エネルギー事業　2012年開始　33か所　225MW
- 建設事業　　（水素：建設と再エネのシナジーを目指して）
  - 水素研究施設、
  - 水素ステーション
  - 液化水素受入れ基地
  - 水素関連施設の安全性検証：爆風圧コンクリート構造物挙動
  - コンクリートの極低温（-253℃）耐性確認、
- 水素事業
  - 水素CGS活用スマートコミュニティ（液化水素の冷熱活用）
  - 再エネ由来水素のエネルギーマネージメント（清瀬）
  - 水素供給低コストモデル構築・実証事業（浪江）
    - 複数地点搬送効率、コスト低減、最適運用管理システム
  - 地熱由来水素利活用（大分九重）：系統連携難の山間部の地熱
  - ニュージーランド水素サプライチェーン
    - NZ国内サプライチェーン　⇒　海外（日本など）

液化水素の付加価値開発

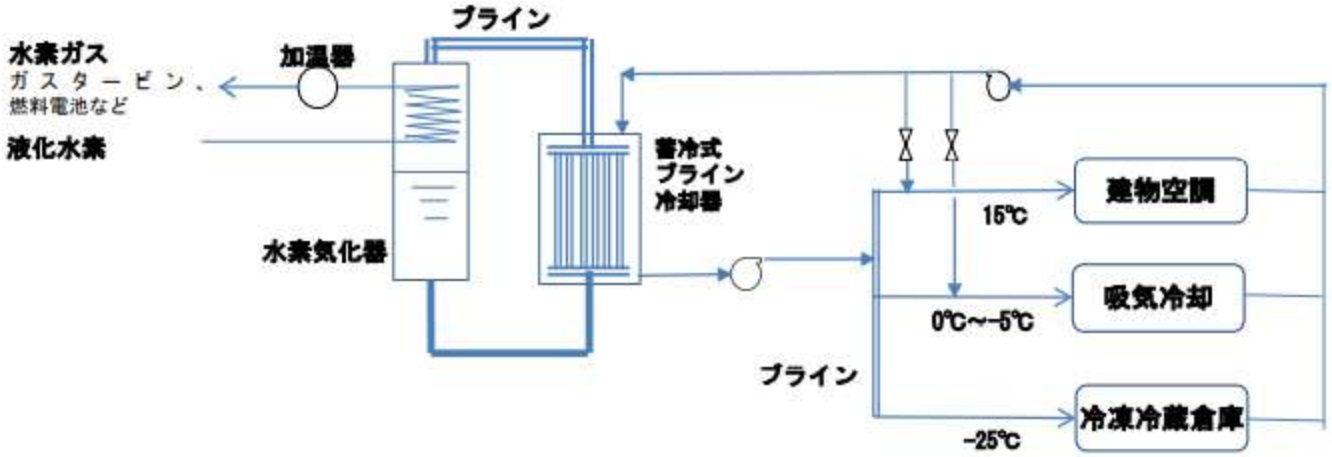
液化水素の普及には、液化水素の未利用価値開発（付加価値開発）が必要

活用できていない液化エネルギー

・液化には大きなエネルギーを消費するが、気化時は大気との熱交換のみで液化時のエネルギーを有効活用できていない

冷熱の利用イメージ

・ガスタービンの吸気冷却（発電出力の向上）
・冷凍冷蔵倉庫
・建物の空調

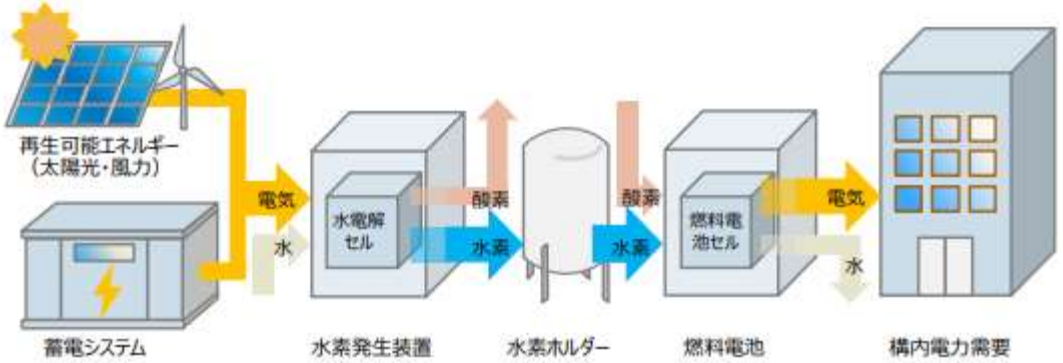


CONFIDENTIAL

Copyright 2022, OBAYASHI Corporation. All rights reserved.

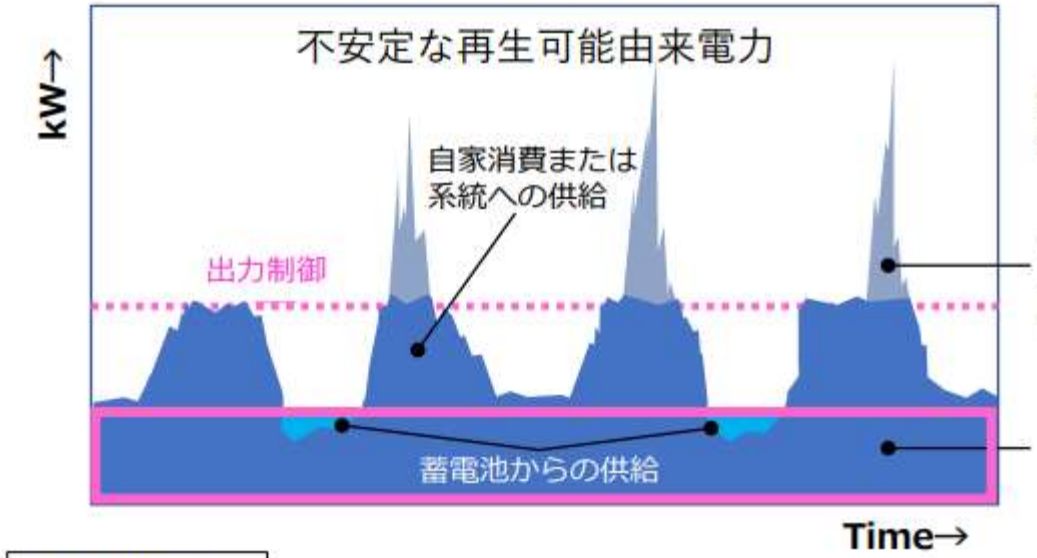
OBAYASHI

再エネと蓄電池を組み合わせたグリーン水素製造実証



再生エネ発電設備：太陽光（14kW）、風力　（2kW）
水素発生装置　：PEM型水電解装置（1.0Nm³/h）
蓄電システム　：Li-ion蓄電池（10kW/24.8kWh）

東京都　事業所向け再生可能エネルギー由来水素活用設備導入促進事業



安定した水電解装置の運転によりプラントの全体効率が向上し、水素価格の低減に繋がる。

低い水素製造効率
余剰となった再エネ電力による水素製造は、
設備稼働率が低く投資効率が悪い

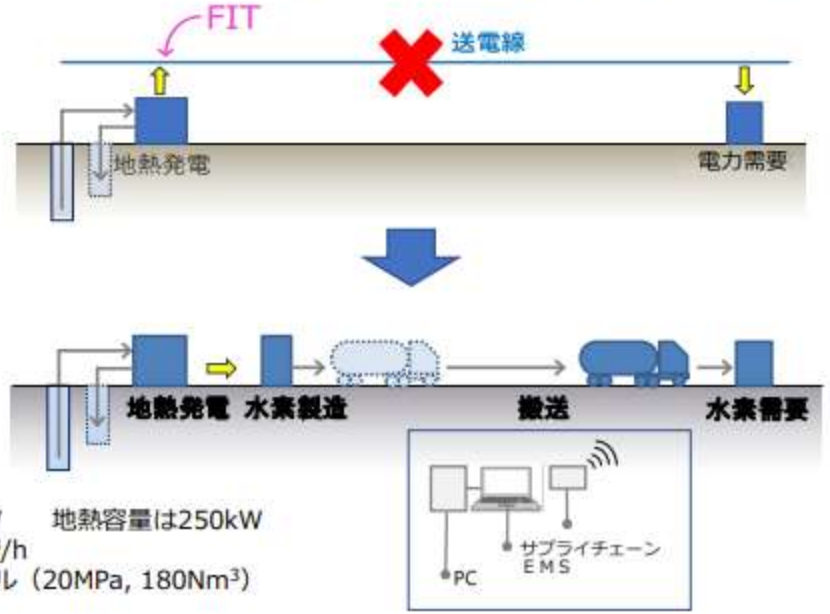
高い水素製造効率
蓄電池も併用し、安定した電力で製造すれば、
水素製造コストの低減が可能

CONFIDENTIAL

Copyright 2022, OBAYASHI Corporation. All rights reserved.

OBAYASHI

地熱由来の電力を水素に変換し、系統連携が難しい山間部の地熱開発を促進



水素供給先

トヨタ自動車、トヨタ自動車九州、ヤンマー、地元水素ステーション、水素エネルギー製品研究試験センター他に供給

スーパー耐久レース
大分オートポリス 2021.08.01

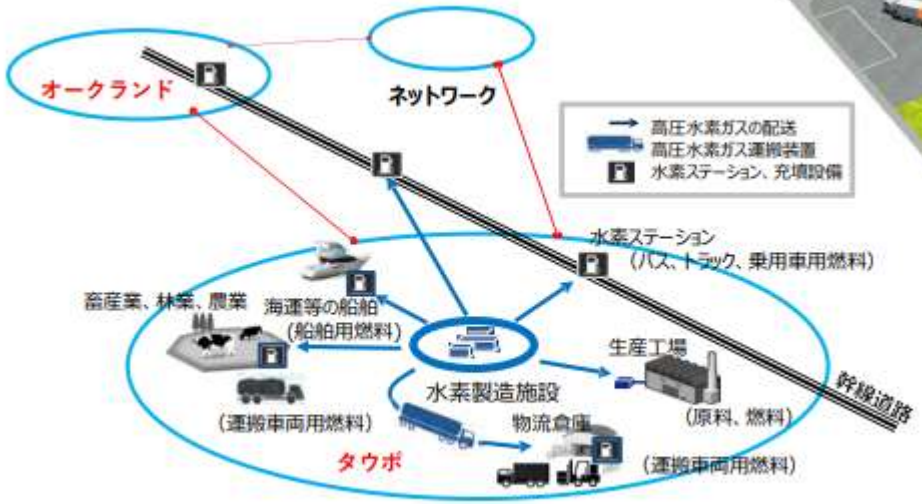
設備概要

発電出力	125kW	地熱容量は250kW
水素製造能力	10Nm³/h	
水素搬送方法	カードル（20MPa, 180Nm³）	

Copyright 2022, OBAYASHI Corporation. All rights reserved.

水素事業　ＮＺグリーン水素サプライチェーン構築/Phase1

- ニュージーランドでグリーン水素サプライチェーンを構築（現地企業と共同）
- 地熱由来電力を用いたCO_2フリー水素の製造、貯蔵・輸送から利用までの、グリーン水素サプライチェーン全体の事業性を検証
- 2021年3月　水素製造を開始
- 2021年12月　水素の試験販売を開始



アーダーン首相来訪（2020/09/10）

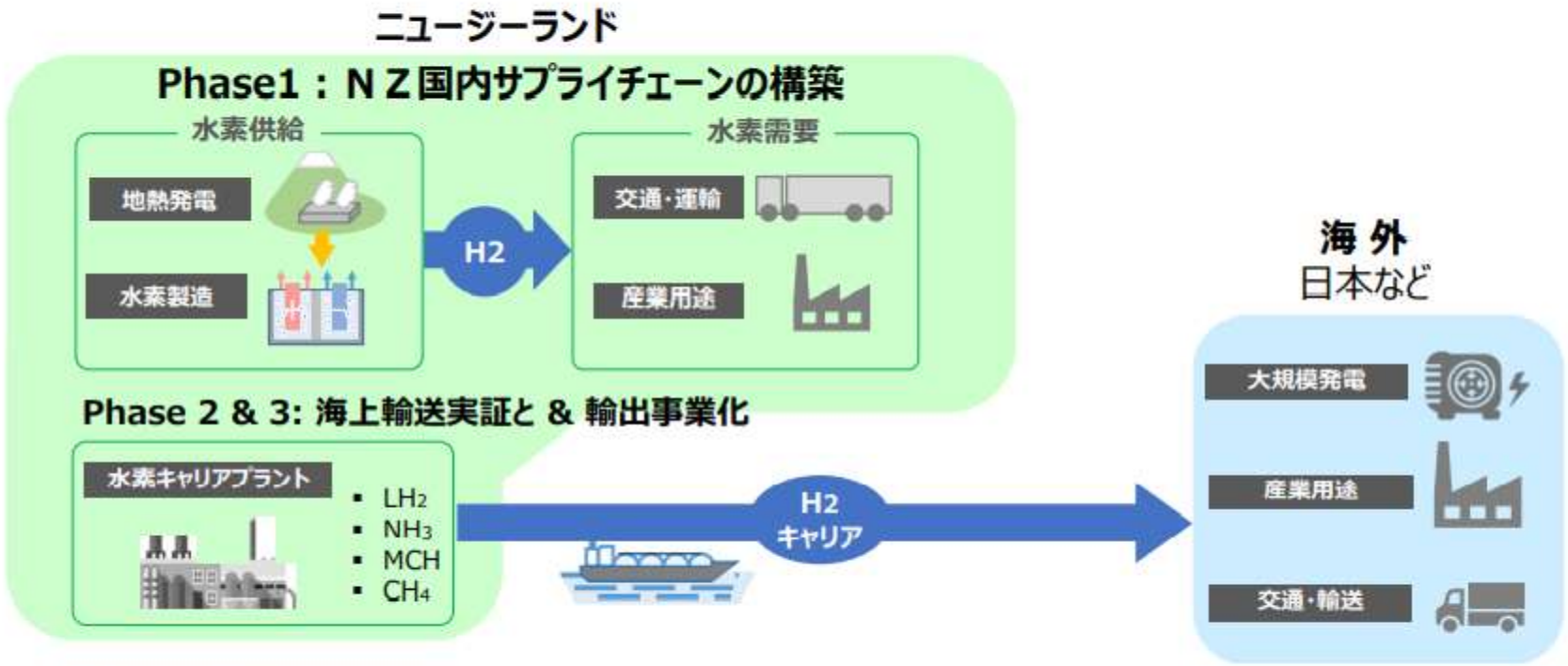
奥より電源装置、水電解装置、ガス圧縮機

CONFIDENTIAL

Copyright 2022, OBAYASHI Corporation. All rights reserved.

OBAYASHI

３つの事業フェーズ



プロジェクトフェーズ

2018年度-　　2025年度-

Phase 1	Phase 2	Phase 3
ＮＺ国内のグリーン水素 サプライチェーン構築実証	海上輸送実証	規模拡大 輸出事業化

CONFIDENTIAL

Copyright 2022, OBAYASHI Corporation. All rights reserved.

OBAYASHI

川崎重工業株式会社

- カーボンニュートラルに不可欠な水素の大量導入を目指して
- 総合重工の技術シナジーにより製品を実現
- 国際的な動向、ニーズ（パリ協定等）に注視ついて認識共有
- 水素の本質、物性、安全性等に関する理解の共有
- 水素の流通から見たCNへの課題
  - 再エネ活用
    - 安定供給、価格
    - 電気分解、効率
  - 移行期間対応（化石燃料、CCS）
  - 大量輸送と貯槽（海上、基地、陸上）
  - 大量利用
    - プロセス
    - 機器（輸送、産業、発電）
  - 管理、安全
    - 水素機器開発、製造、供給
    - 安全基準、規制、ルール

脱炭素に不可欠な水素の大量利用を目指して

- 再生可能エネルギーと電池だけでは規模・コストにハードル
- 液化水素の導入で、クリーンエネルギーの大量・長期・長距離の貯蔵・輸送と、セクター間の融通を
- 水素サプライチェーンと需要先には極めて広い産業とプレーヤーが関与し環境と経済の好循環をもたらし、世界が水素に注目
- 水素を「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」サプライチェーン全体の技術を完成させて脱炭素に貢献

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

川崎重工グループが関わる水素関連製品群

水素ガスエンジン

水素ガスタービン

水素焚きボイラ

つかう

肥料プラント
（水素大量製造）

水電解システム

つくる

水素液化機

液化水素タンク

ためる

液化水素
ローディング
アーム

総合重工の
技術シナジーにより
製品を実現

燃料電池車両

高圧水素弁

高圧水素トレーラー

はこぶ

液化水素コンテナ

液化水素運搬船

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

水素流通から見たＣＮへの課題

- ■ 再生可能エネルギーの活用
  - 安定供給と適性価格
  - 電気分解による効率的水素生成
- ■ 再エネ普及までの対応
  - エネルギー源は？化石燃料？
  - CO2の処理
- ■ 大量輸送と貯槽
  - 大型運搬船、水素基地、地上物流
- ■ 大量利用
  - プロセス利用（半導体・太陽電池製造、石油精製、脱硫）
  - 輸送用機器、産業用機器、発電所
- ■ 管理技術、安全整備
  - 水素機器の開発・製造・供給
  - 安全基準、規制、ルール

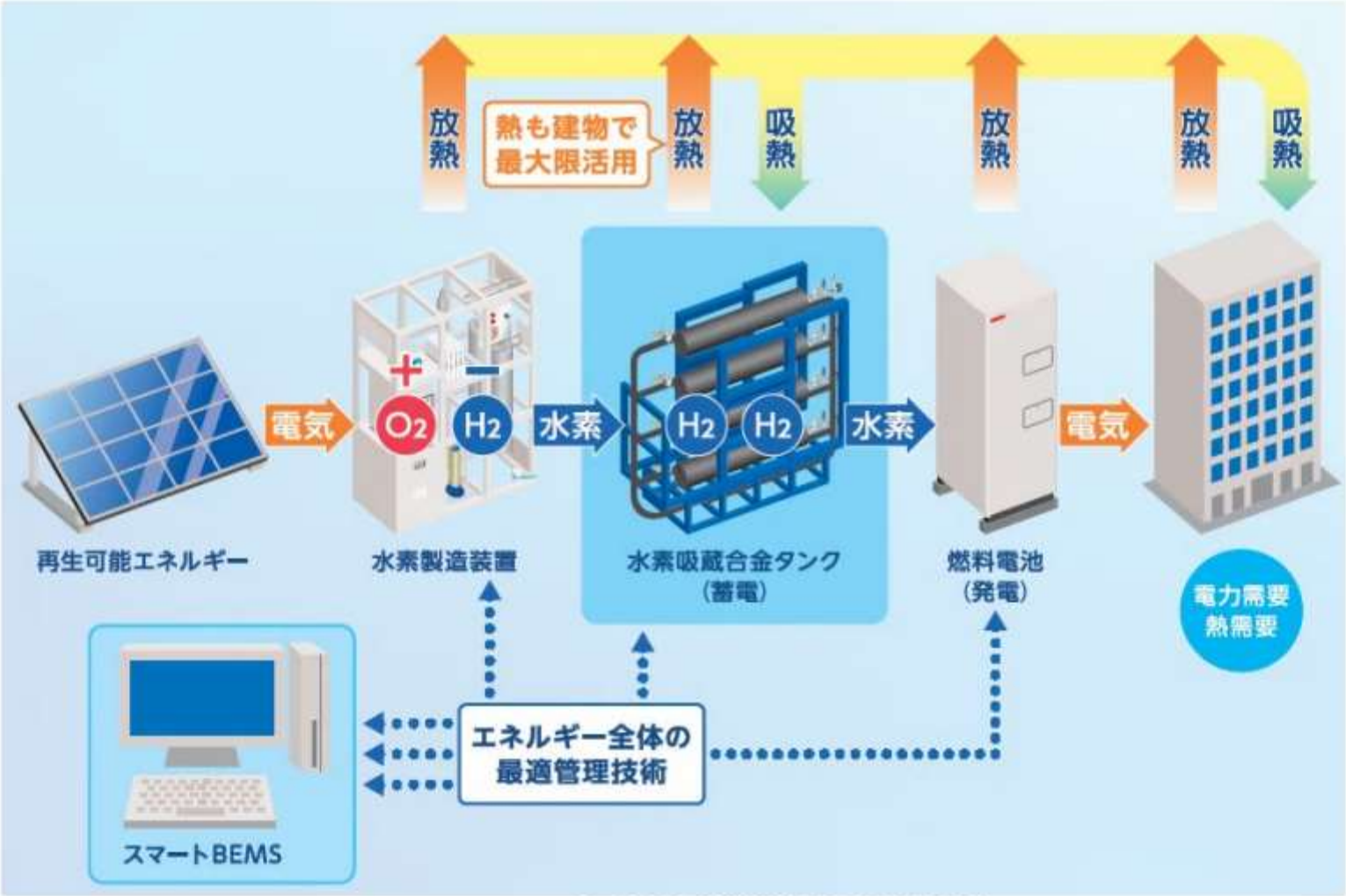
© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

清水建設株式会社

- 建物付帯型のグリーン水素エネルギー利用システム『Hydro Q-BiC』
- ゼロエミッション・水素タウンの実現に向けて　（産総研との連携研究室）
- 建物・街区での再エネ水素利用へ
  - 水素エネルギー利用システム『Hydro Q-BiC』：放熱&吸熱、再エネ&電力需要、BEMS
- Hydro Q-BiCのポイント
  - 水素吸蔵合金、水素貯蔵タンク、エネルギー最適制御
- 水素での安全かつコンパクトな蓄エネ
  - 建物近傍において資格者なしで大量の蓄エネが可能
- 水素貯蔵方式の選定
  - 圧縮、液化、吸蔵合金、MCH、アンモニア
  - 法規制、体積、重量、エネルギーロス
- 郡山市地方総合卸売市場での実建物実証：システム構成の設計、CO2削減効果（53%）
- 北陸支店 新社屋へ導入：システム概念図、設備実装状況、蓄エネルギー容量の設定
  - PV直接＋（Hydro-Q-BiC＋蓄電池）＝（通常時一般一系統）or　BCP

建物・街区での再エネ水素利用へ

● 水素エネルギー利用システム『Hydro Q-BiC』



コージェネ大賞
2018
理事長賞

© 2022 SHIMIZU CORPORATION

Hydro Q-BiCのポイント

- 建物での水素利用に適した貯蔵方法 水素吸蔵合金
- 吸蔵合金を内蔵した 水素貯蔵タンク
- 再エネ水素を利用した エネルギー最適制御

© 2022 SHIMIZU CORPORATION

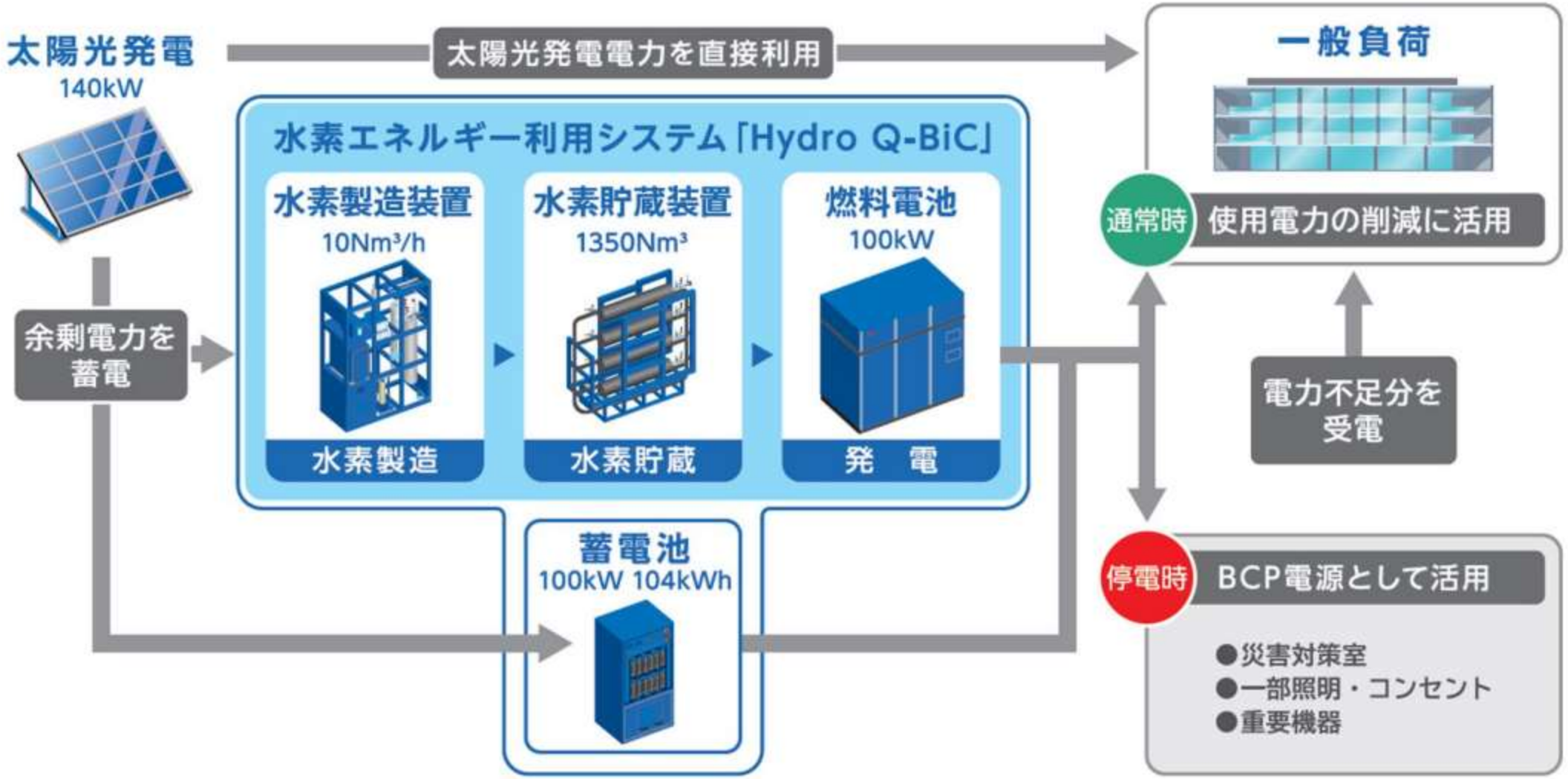
水素貯蔵方式の選定

● 建物での水素利用に適した貯蔵方法

貯蔵方式	圧縮	液化	吸蔵合金	MCH	アンモニア
関連法規	高圧ガス保安法 消防法 建築基準法		高圧ガス保安法 消防法 法規制が少ない	消防法 建築基準法	毒劇法 消防法
体積	△	○	◎ コンパクト	○	◎
重量	◎	◎	×	△	○
エネルギー損失	○	△	◎ エネルギーロスが少ない	○	○

© 2022 SHIMIZU CORPORATION

システム概念図



© 2022 SHIMIZU CORPORATION

兵庫県

1. 水素社会の形成に向けて
   - 新長期ビジョン「ひょうごビジョン2050」2022/3月
     - めざす社会：CNな暮らし（水素社会）＋水素社会を支える産業
   - 県政運営の基本指針（2022年度）：種まき（姫路CNP等）➡地域価値（人、投資）➡安全安心
   - 推進体制：自治体連携組織→庁内組織→CNP推進協議会➡ひょうご水素社会推進会議
   - 水素産業振興の方向性⇒全国一の水素産業クラスター
     - 神戸エリア：市街地熱電供給、ハイタッチ神戸➡液化水素技術拠点
     - 姫路エリア：火力発電、製鉄、大規模工場➡水素の産業利用先進地域
     - 淡路エリア：再エネによるグリーン水素製造拠点
2. 成長産業育成コンソーシアム推進事業←中小企業の声
   - NIRO→次世代成長産業４分野/159社→環境エネルギー/32社→産学連携：社会実装支援展開
3. 成長産業育成のための研究開発支援事業
4. 成長産業試作開発支援事業

水素社会の形成に向けて

県政運営の基本指針（2022年度）

「躍動する兵庫」へ　３つの視点　～人・モノ・投資・情報を呼び込む～

新しい成長の種をまく

人口の減少や産業構造の転換が進む中にあっても、
持続的に成長・発展する兵庫を築く

- スタートアップの育成強化
- 中小企業等の革新(DX人材の育成等)
- チャレンジHYOGO就職大作戦の展開
- 新たな観光戦略の推進
- 水素社会の推進(姫路港のCNP化等)など

地域の価値を高める

地方への関心が高まり万博が控えるこの機を逃さず、
人や投資をもっと惹きつけられる地域づくりをめざす

- 五国の魅力を高める地域創生の推進
- ひょうごフィールドパビリオン
- 大阪湾ベイエリアの活性化
- スマートシティモデル事業の実施
- スポーツ・芸術文化の振興 など

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

安全安心の網を広げる

新たに顕在化している課題も捉え、安全安心の網を広げる

- ヤングケアラー支援体制の構築
- 発達障害児の認定こども園への受入支援の拡充
- 困難を抱える妊産婦の支援
- 高齢者・障害者等の避難対策の推進
- 災害に強い県土づくり
- 防犯・交通安全対策の強化　など

水素社会の形成に向けて

推進体制

【庁内組織】7/26発足

ひょうご水素・脱炭素社会推進本部

【構　　成】本部長　：知事
副本部長：副知事
本部員　：各部長等

【取組内容】県施策の企画・総合調整、庁内の情報共有・連携

【官民連携組織】近日発足予定

ひょうご水素社会推進会議（仮称）

【構　　成】企業、有識者、国、兵庫県、県内関係市町

【取組内容】産学官連携による機運の醸成、万博を見据えた水素利活用の展開　等

連 携

【自治体連携組織】3/29発足

自治体連絡調整会議

【構　　成】兵庫県、神戸市、姫路市、尼崎市、高砂市
※ 今後、適宜追加

【取組内容】水素基地の誘致や水素利活用の推進、国への要望

7/29発足

播磨臨海地域CNP推進協議会

【構　　成】企業、学識者、国、兵庫県、地元市、地元経済団体　等

【取組内容】播磨臨海地域の脱炭素化の計画策定

水素社会の実現に向けた兵庫県自治体ワーキンググループ（仮）（事務局：県・神戸市）近日発足予定
県と県内市町による水素を中心としたGXに関する勉強会
情報共有や意見交換、施設見学会といった機会を通して県内の市町全体で水素社会を推進

水素社会の形成に向けて

兵庫県における水素産業振興の方向性

神戸港の先進的な取組

世界初の「液化水素運搬船」実証成功

豪州（褐炭水素製造ﾌﾟﾗﾝﾄ）
⇒　神戸液化水素荷役実証ﾀｰﾐﾅﾙ

液化水素運搬船「すいそふろんてぃあ」
液化水素ﾀﾝｸ（1,250㎥）

HySTRA提供

姫路港の優位性

港湾名	LNG輸入量(千t)
1 木更津港	20,746
2 千葉港	18,753
3 姫路港	16,935
4 名古屋港	14,923
5 川崎港	14,506
6 四日市港	11,994
7 堺泉北港	7,637
8 新潟港	7,172
9 横浜港	6,712
10直江津港	5,255

出典：R2年港湾統計調査（国土交通省）

- 播磨エリアは火力発電所や鉄鋼・化学工業など、水素需要が見込まれるエネルギー多消費型の産業が集積
- 加えて大企業から中小企業まで金属素材・加工産業の集積
- 神戸エリアでは、世界初の「液化水素運搬船」実証実験の成功

全国一の水素産業クラスターの可能性大

公益財団法人 新産業創造研究機構

- 挑戦する皆様のこれからとNIROは共に進みます
  - 水素サプライチェーンにおける主な液化水素関連製品
    1. 全体像
    2. 水素産業の構造（液化水素基地の例）
    3. 水素産業の構造（液化水素運搬船の例）
  - LNGと液化水素の比較
    1. 導入の経緯、背景
    2. 機器開発に及ぼす技術面の影響

水素サプライチェーンにおける主な液化水素関連製品（１）全体像

水素製造

水素製造

- 未利用資源
- 副生ガス
- 水電解

水素キャリアへの変換

- 水素液化

水素輸送・貯蔵

水素基地

- ローディングシステム
- 液化水素タンク
- 液化水素ポンプ
- 低温水素ガス圧縮機
- 液化水素気化器

海上輸送

- 液化水素運搬船

陸上輸送

- 液化水素輸送コンテナ
- 圧縮水素トレーラ

水素利用

燃料電池(FC)車

- FCV
- FCバス
- FCフォークリフト

水素ステーション

- 圧縮機
- 蓄圧器
- プレクーラ
- ディスペンサ

水素発電

- 水素ガスタービン
- 発電用/家庭用FC

（２）水素産業の構造（液化水素基地の例）

～液化水素基地の例～

構成要素に展開

液化水素基地

コア・コンポーネント

液化水素ローディングシステム
液化水素タンク　液化水素ポンプ
BOG処理設備　液化水素気化器
ローリ出荷設備　保安防災設備

2次・3次調達品（上記部品等）

配管・バルブ類　計装・電気設備　熱交換器
各種計測器・検知器類　真空排気ポンプ　各種安全装置

中堅・中小企業が得意とする製品群が数多く存在

但し液化水素での実績は少ない

（３）水素産業の構造（液化水素運搬船の例）

～液化水素運搬船の例～

構成要素に展開

液化水素運搬船
Cargo Part

コア・コンポーネント

カーゴタンク、貨物取扱機器
配管・弁・継ぎ手類、計装機器

2次・3次調達品（上記部品等）

カーゴポンプ、ボイルオフガス処理装置、真空ブロワ、
積層真空断熱材、ＧＦＲＰ支持材、ベローズ
真空断熱二重管、配管・バルブ類、各種計測器

中堅・中小企業が
得意とする製品群
が数多く存在

但し
液化水素での
実績は少ない

関西学院大学　大屋准教授

- 液体水素冷却超電導発電機
  - ガスタービン水素発電所、発電機/電動機コイル超電導材適用、液体水素冷熱有効活用
  - 低温超電導×LHe➡高温超電導×LN2
    ➡高温超電導×LH2＝線材CD＋冷却CD+貴重な冷熱の高度利活用
- これまでの取り組み
  - 液体水素冷媒特性：試験装置（50L, ID300、～2MPa）、プール沸騰、強制対流核沸騰
  - 液体水素冷却超電導材料特性：超電導試験装置、短尺超電導線材測定、超電導コイルの励磁試験
  - 回転体への液体水素給排：回転子給排技術、回転低温容器給排試験
- 世界初の発電デモと今後のビジョン
  - 実用化イメージ：水素ガスタービン発電機　＋　液体水素冷却超電導発電機
  - 開発課題と目標成果
    - 高強度コイル化技術の開発：中間/耐2000G→最終/耐8000G
    - 超電導発電機システムの開発：中間/10kW級デモ機設計→最終/同左回転励磁技術検証
    - 超電導発電機の実用化検討：600MW級コスト概算FS→同左開発ロードマップ・導入シナリオ
    - 実施体制：三菱電機、関西学院、東京大学、京都大学、JAXA、
  - 電力用途：10kW級デモ＋6kA級導体開発→水素GT連動システム検証→10MW系統実証(2030～)
  - 航空用途：10MW発電機群、GT＋SCG、推進用超電導モータ群(SCMs)、

液体水素×超電導

1980～1990年代
低温超電導×液体ヘリウム

○線材コストが安い

×冷却コストが高い
ヘリウム、冷凍機価格・効率

2000～2010年代
高温超電導×液体窒素

×線材コストが高い

△冷却コストが高い
冷凍機価格・効率

2030年に向けて
高温超電導×液体水素

○線材コストが安い
運転温度が低く 線材使用量が減少

○冷却コストがゼロ
冷凍機不要

液体水素の貴重な冷熱を
"余すことなく"活用した
ゼロエミッションな発電システム

開発課題と目標成果

研究開発項目	中間目標	最終目標
A)高強度コイル化技術の開発	耐2,000×g高強度化 液水冷却通電特性解明	耐8,000×g高強度化 液水供給停止時安定性解明
B)超電導発電機システムの開発	10kW級デモ機設計完了 安全性検討完了 小型超電導軸受の試作検証完了 構想設計での熱収支評価	10kW級デモ機回転励磁技術検証完了 安全性対策完了 Φ140超電導軸受の試作検証完了 概念設計での熱収支評価と冷熱有効活用方法の検討
C)超電導発電機の実用化検討	600MW級発電機コスト概算 系統安定度解析手法の確立 市場調査完了	600MW機概略設計完了 系統導入時要求仕様明確化 開発ロードマップ・導入シナリオ構築完了

電力用途に向けて

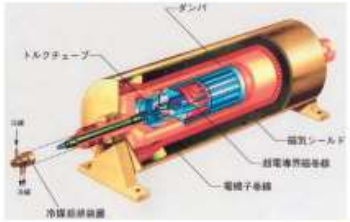
2022 2024 2026 2028 2030 2032

発電デモンストレーション

- 耐遠心力高強度コイル化技術開発
- **10kW級液体水素冷却超電導発電機デモ**
- 開発ロードマップ・導入シナリオ構築完了

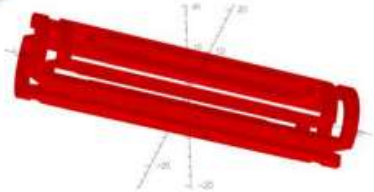
発電システム検証

- 10MW級液体水素冷却超電導発電機開発
- **水素ガスタービン連動システム検証**



大容量導体技術開発

- **6kA級集合導体技術の開発**
- 集合導体のコイル化技術の開発



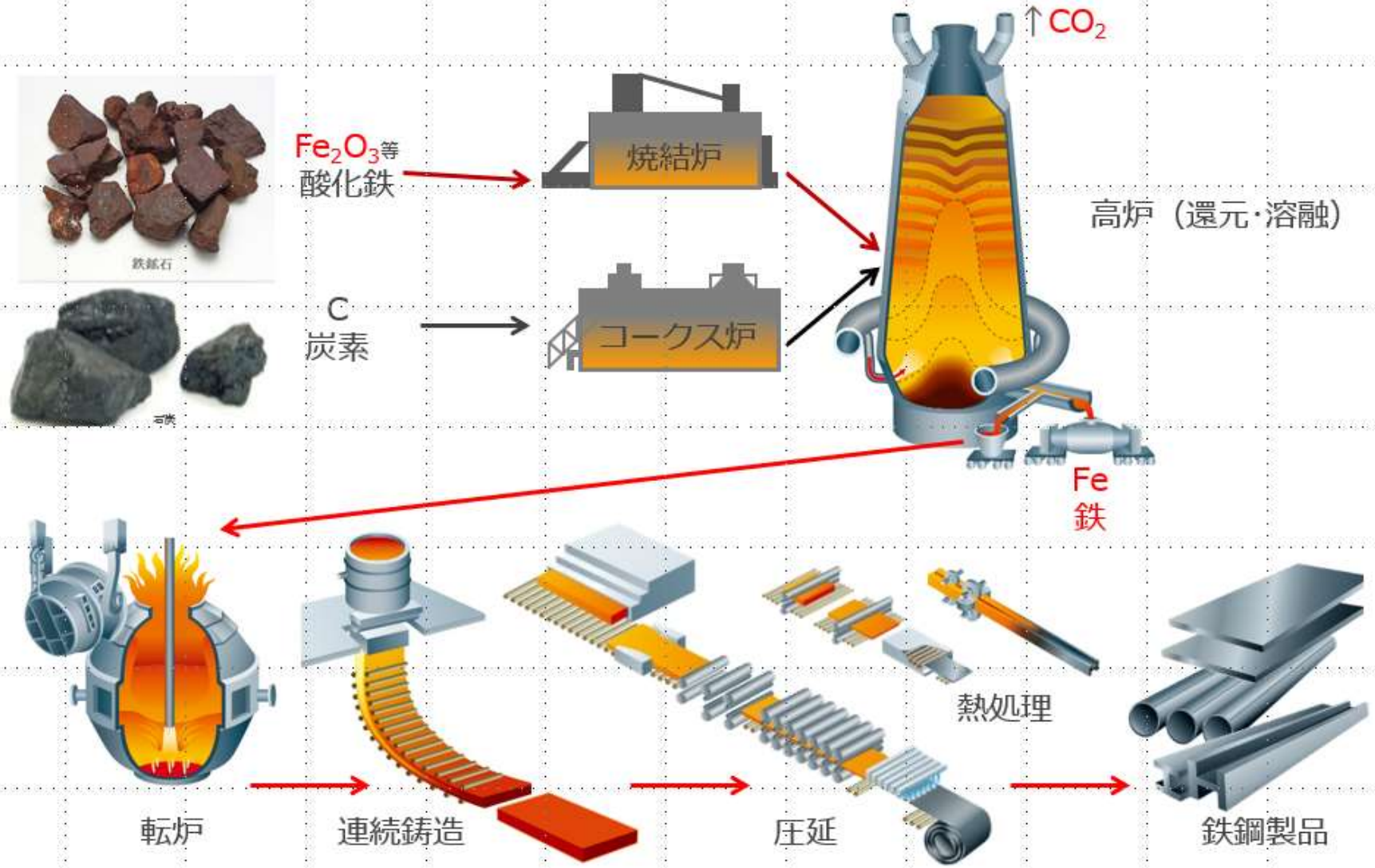
社会実装プロジェクト

- **10MW機系統実証**
- 大容量機開発

JFEスチール株式会社

- 鉄鋼業：国内CO2排出量の14%、鉄鋼連盟：３つのエコ、経産省：鉄鋼業CN計画
- JFEスチール：2050CNビジョン＝減らす+賢く使う+固定化、トランジション期→イノベーション期
- 現状製鉄プロセス：製銑+製鋼+圧延等、製銑→80%CO2、エネ≒自給自足
- 将来見通し：鋼材蓄積量漸増、老廃スクラップ増加、高級鋼確保のため銑鉄供給維持は不可欠
- CN製鉄に向けた優位性と課題：高炉/基準、電炉/低CO2だが高級鋼難等、還元鉄/低CO2だが原料難
- 課題　①水素還元時熱供給、②冷鉄源確保、③スクラップ不純物、④生産性
- カーボンリサイクル高炉：高炉→　CO2→　CH4（グリーン水素）→　高炉（鉄鉱石還元）
- カーボンリサイクル高炉とCCU：CR高炉→余剰CO2→基礎化学品→化学製品→リサイクル　→CR高炉
- GI基金事業：鉄鋼3社+JRCM、30～40年代社会実装検討も並行、
  ① CR高炉：150m3試験高炉@千葉、25年4月より、CO2▽50%目標
  ② 直還鉄：小規模還元炉@千葉、25-26年度試験、低品位鉄鉱石を水素で還元、CO2▽50%目標
  ③ 高効率・大型電気炉：試験炉@千葉、24-25年度試験、スクラップや還元鉄より高品質鋼材
- CCUS・グリーンインフラ：コンビナート←（CO2、H2）→　製鉄所
- CO2有効利用技術：低コスト型CO2分離PSA+高効率メタノール合成　@福山
- 製鉄水素需要ポテンシャル：政府試算700万トン、JH2A試算2000万トン

製鉄プロセスの概要



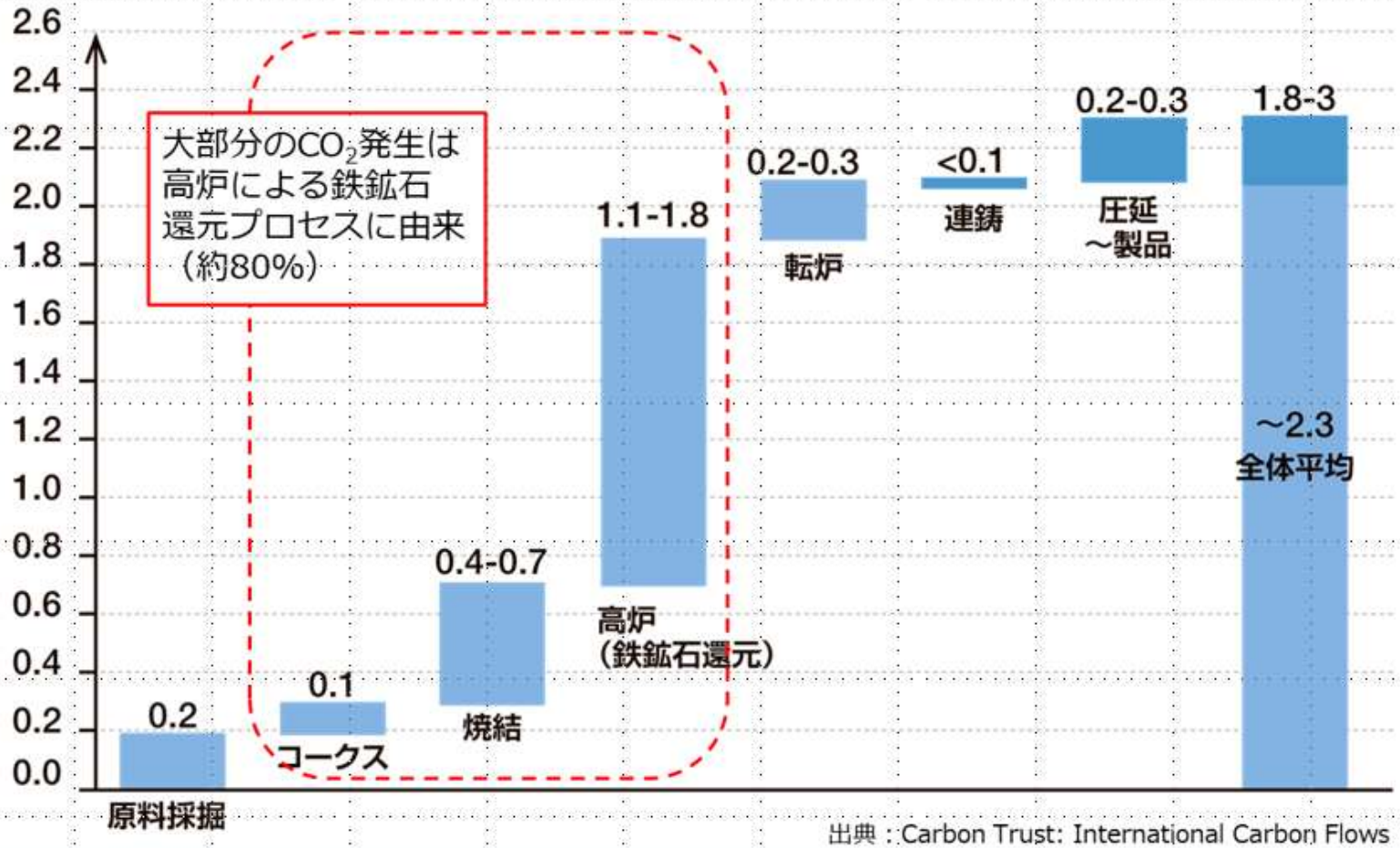
鉄鋼は鉄鉱石(酸化鉄)を炭素で還元して作る。

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画･本資料の無断複製･転載･webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

高炉-転炉法プロセスからのCO_2発生

- 国内CO_2排出量のうち、14%は鉄鋼から排出されている
- カーボンニュートラル実現には鉱石還元プロセスのCO_2削減が重要

鉄鋼製造プロセスからのCO_2発生比率（t-CO_2/t-粗鋼）



出典：Carbon Trust: International Carbon Flows (2011)

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

現状の製鉄所のエネルギー需給は、ほぼ自給自足

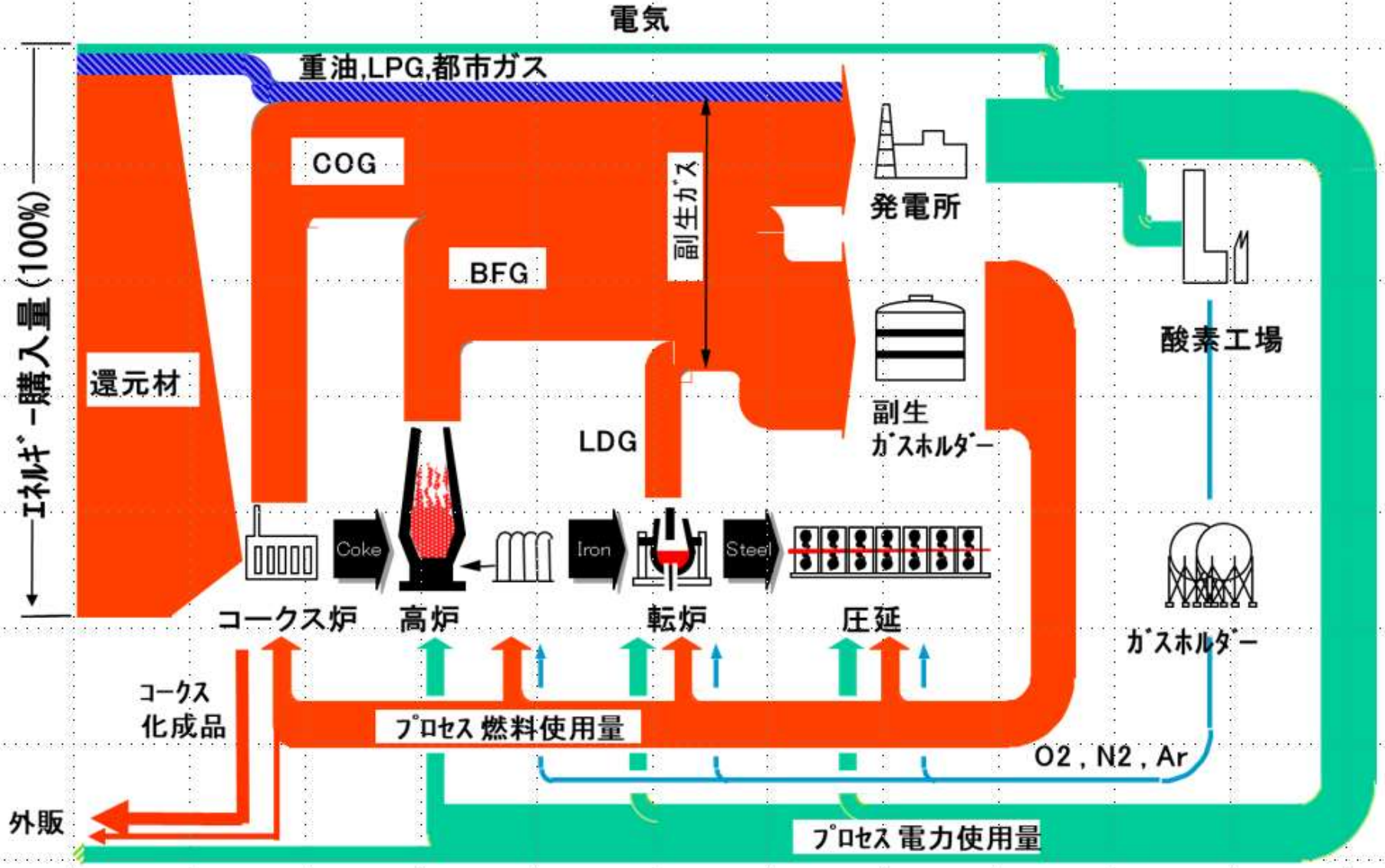


表　製鉄所副生ガス　性状

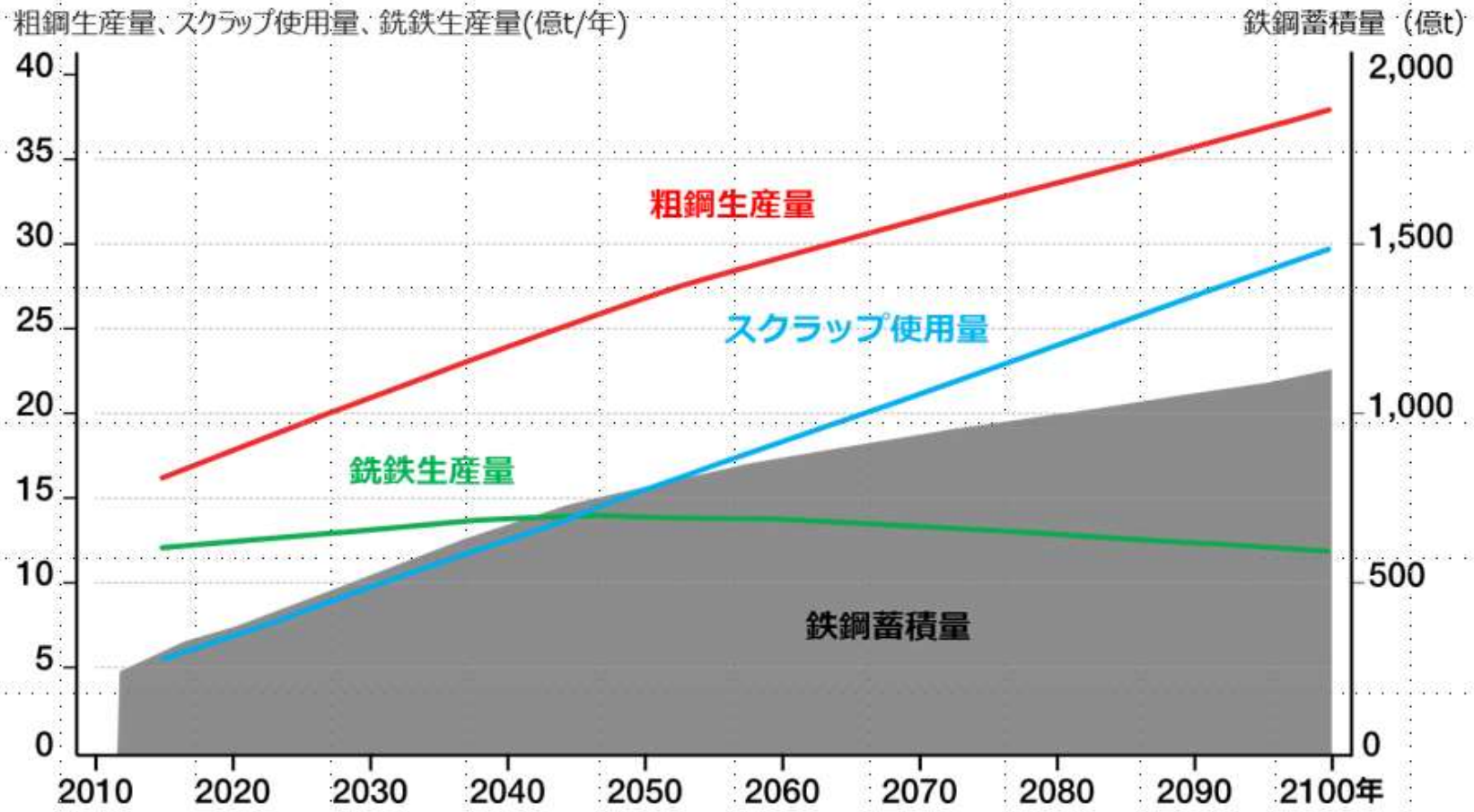
	COG	BFG	LDG
HHV (kJ/Nm3)	21,350	3,100	9,760
LHV (kJ/Nm3)	18,840	3,060	9,710
H2 (%)	55.2	2.8	1.1
CO (%)	8.0	21.9	76.0
CO2 (%)	2.7	21.9	13.1
CmHn (%)	3.1	--	--
N2 (%)	2.6	53.4	9.8

出典：火力原子力発電必携帯
(社)火力原子力発電技術協会

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

世界の鉄鋼生産・鉄鋼備蓄量の将来見通し

- 将来にわたって、鋼材需要量は増大していく
- 老廃スクラップも増加するが鋼材需要を満たすことはできない
- 高級鋼を供給するためにも、一定量の銑鉄供給は不可欠

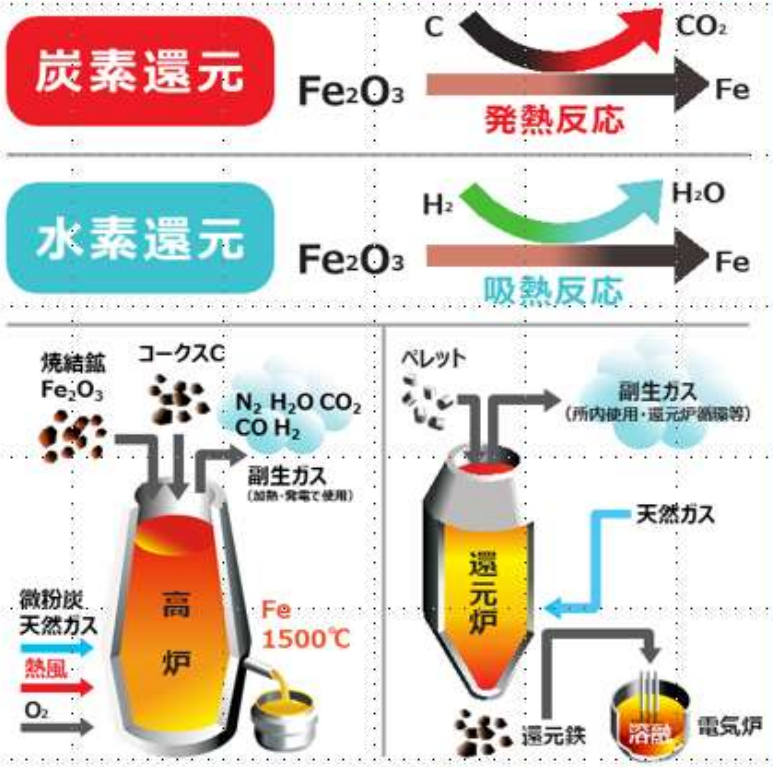


出典：日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』説明資料（2018年11月）より

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

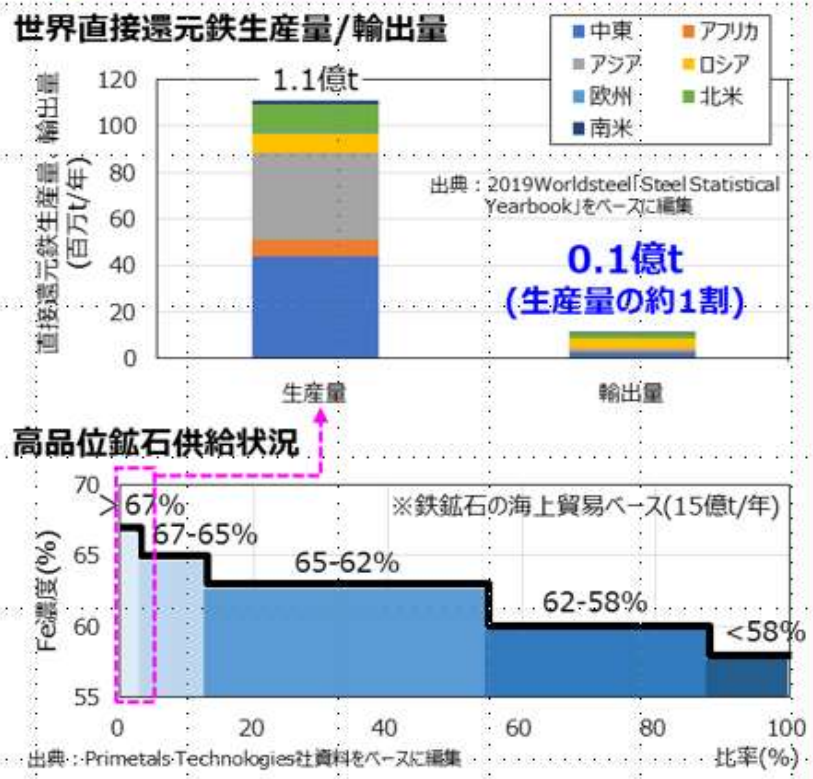
製鉄プロセスにおけるCO2削減技術開発の課題

課題1：水素還元時の熱供給



▶製鉄には鉄鉱石から酸素を取り除く還元反応が必須
▶水素還元は吸熱反応であり、高炉・還元炉ともに熱の供給が不可欠

課題2：冷鉄源確保



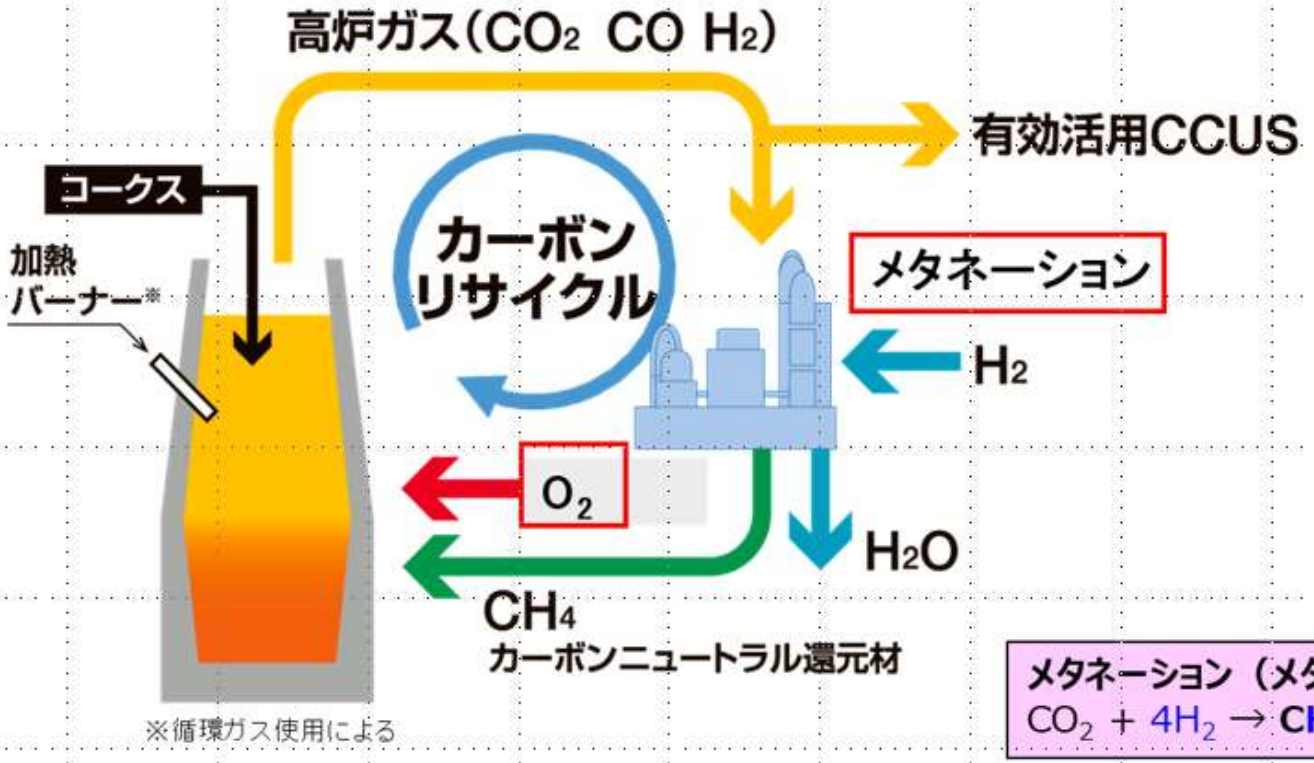
▶電気炉での高品質鋼材製造に必要な高品位直接還元鉄の輸出量は0.1億t程度
▶原料ソースは高品位原料に限られるため、低品位原料使用技術開発が必須

出典：JFEスチール　カーボンニュートラル戦略説明会 [2022年9月1日] https://www.jfe-steel.co.jp/company/pdf/carbon-neutral-strategy_220901_1.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンリサイクル高炉によるCO_2排出量削減

- 高炉から発生するCO_2をメタンに変換し、還元材として繰り返し利用
- 還元材の一部をコークスからカーボンニュートラルメタンに変換しCO_2排出量削減



メタネーション（メタン合成）反応
$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

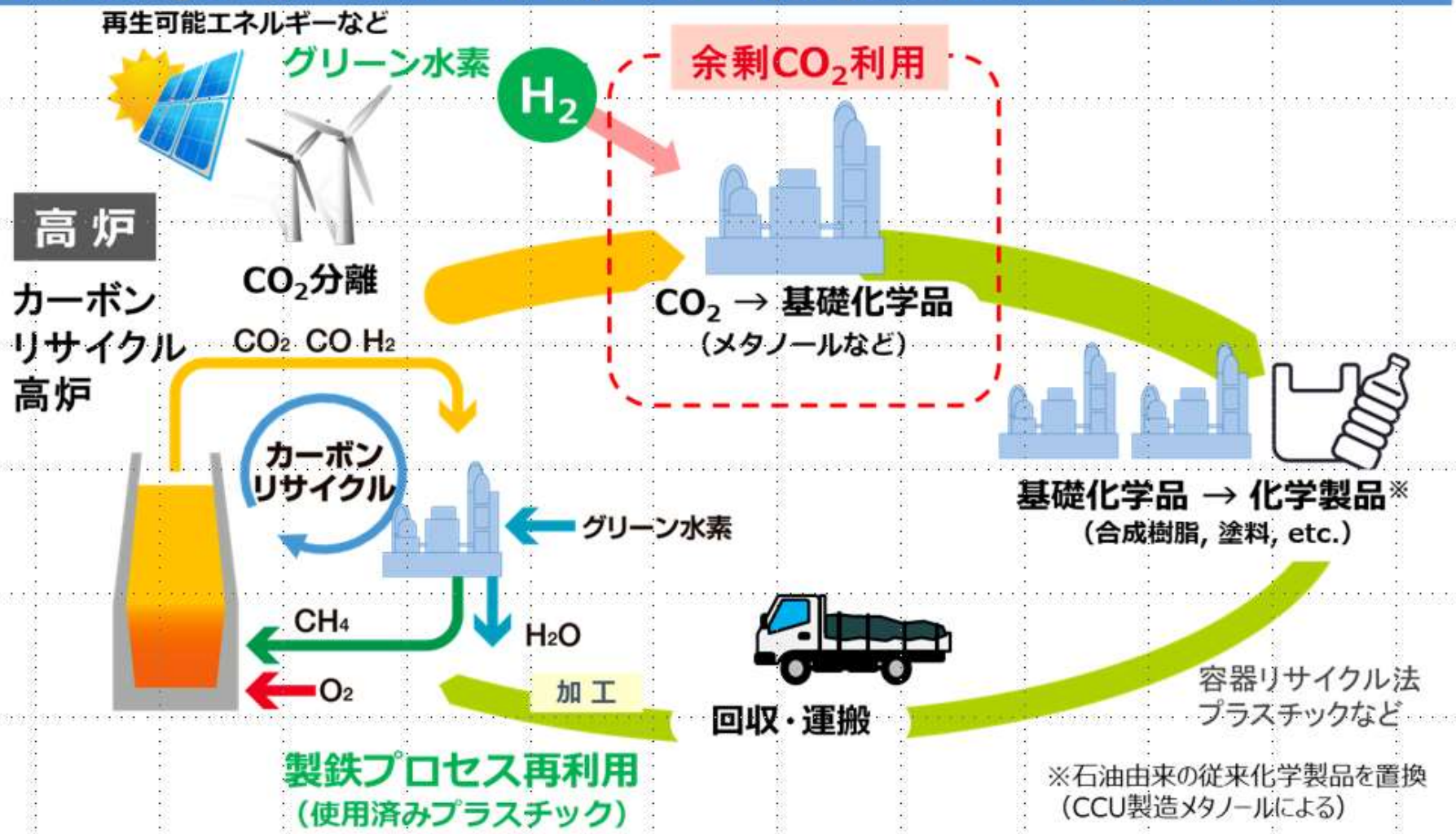
CO_2削減目標：高炉単体30%、CCUSを活用してカーボンニュートラルを目指す

出典：JFEグループ環境経営ビジョン2050 説明会資料 [2021年5月25日] https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/zaimu/g-data/jfe/2020/2020-environmental-management-vision210525-01.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved. 本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンリサイクル高炉とCO_2有効利用（CCU）

- CO_2削減を目的として高炉でのカーボンリサイクル最大化を推進
- 余剰CO_2についても基礎化学品(メタノール他)製造によりCO_2排出削減



出典：JFEグループ環境経営ビジョン2050 説明会資料 [2021年5月25日] https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/zaimu/g-data/jfe/2020/2020-environmental-management-vision210525-01.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved. 本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

水素
参考. 需要ポテンシャルの推計の考え方

項目		政府 水素・燃料電池戦略協議会における試算値※1	JH2A試算(2050年)	差（万トン）
産業（プロセス）	石油	2030年の全国のCO_2フリー水素への切替需要 **69万トン（77億Nm3）**	石油の需要減を見込む（130Mtoe→25Mtoe） **13.3万トン**	-56
	化学（製造プロセス）	エチレン生産全量転換 **695万トン**	エチレンだけでなくBTX等の基礎化学品全体の需要を見込む **275万トン（基礎化学品全体の25%が水素に代替）**	-420
	既存用途	既存アンモニア・ソーダ製造需要＋外販分 **24万トン**	同左	0
産業（熱）	製鉄（水素還元を含む）	なし （製造プロセスにて**約700万トン**）	製造プロセス含む鉄鋼全体での水素・e-fuelへの転換を見込む **2,000万トン（事業者ヒアリングに基づく）**	+1,300
	金属製品・窯業土木	なし	当該業種の消費熱量が水素・e-fuelに転換 **29万トン（金属製品）＋217万トン（窯業土木）**	+246
	化学・石油	なし	当該業種の消費熱量が水素・e-fuelに転換 **911万トン**	+911
e-fuel	都市ガス・天然ガス	現在の直接利用の需要量（熱量等価な水素量） 631万トン（都市ガス）＋37万トン（天然ガス）	商業・家庭需要分を計上 ※産業需要は産業（熱）に計上 **130万トン**	-538
	灯油	なし	RITE試算に基づき人口減等を見込みポテンシャルを計上 **89万トン**	+89
	LPG	現在の直接利用の需要量（熱量等価な水素量） 185万トン	商業・家庭需要分を計上 ※産業需要は産業（熱）に計上 **80万トン**	-105

製鉄

2050年水素需要ポテンシャル合計	6,945万トン～8,029万トン
うち、エネルギー用途※2	4,632万トン～5,717万トン （一次エネルギー国内供給に占める割合：31%~38%）

※1：2021/3/22「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）」にて記載があるもの
※2：総需要から産業(プロセス)、及び産業(熱)製鉄での需要を除いた1次エネルギー需要の代替分

出典：(一社)水素バリューチェーン推進協議会　20220829_水素ロードマップ
https://jh2a.sharepoint.com/sites/corporate_information/_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=0a784813144d14566855bc8e6261a15b4&authkey=AcgCCdTd-7ju2s27zJ76cSE&e=5Z56B7

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

一般財団法人 日本自動車研究所

1. 日本自動車研究所（JARI）Hy-SEF ご紹介
   - 水素・燃料電池自動車安全性評価試験施設（Hy-SEF）@茨城県/城里テストセンター（STC）
   - 水素・燃料電池自動車の安全性：水素安全、火災安全、電気安全
2. 大型商用車向け液化水素技術の開発の必要性
   - 航続距離～480km：70MPa乗用FCVの技術で応用可能範囲
   - 航続距離1000km以上：液化水素適用技術開発が必要、船舶、鉄道、飛行機等にも流用可能
   - 貯蔵密度：液化水素＞CcH2、70MPaH2、水素吸蔵材料
   - 初期導入検討イメージ：液水荷揚げ基地、物流拠点、高速バス基地等に液水ステーション
3. 大型商用車向け液化水素技術の課題
   - 充填時液位上昇置換ガス抑制等：中圧(2～2.5MPa)液水＝sLH2が最もメリット多い
   - BOG処理：FC使い切り（車内or外部）、触媒燃焼、MH容器回収、希釈放出、生ガス放出
4. 今後の液水技術の研究開発スケジュール（想定）
   - 70MPa商用車導入(～30年頃）→　液体水素商用車実用化（30年頃～）
   - 基礎研究（～25年頃）、要素技術（25年頃～）
   - 液水容器・車両開発、安全検証、規格化（～30年頃）
   - 容器内液体水素挙動解明（JARI、琉球大学、東京大学、神戸大学）：実施中

2．大型商用車向け液化水素技術の開発の必要性

長距離用大型商用車の要求航続距離：500～1,000km

70MPa圧縮水素タンク搭載大型商用車の目標航続距離：480～600km

乗用FCVの技術で
応用可能

荷室エリアを確保するには水素搭載スペースが限られるため、
貯蔵密度の大幅向上が必要 ⇒ 液化水素技術の適用

液化水素タンク搭載大型商用車の目標航続距離：1000km以上

ダイムラートラックが2021年に発表

乗用FCVでは採用されておらず、大型商用車向けの実用化開発が必要

（船舶、鉄道、飛行機等にも流用可能）

液化水素貯蔵システムの比較

赤字：メリット

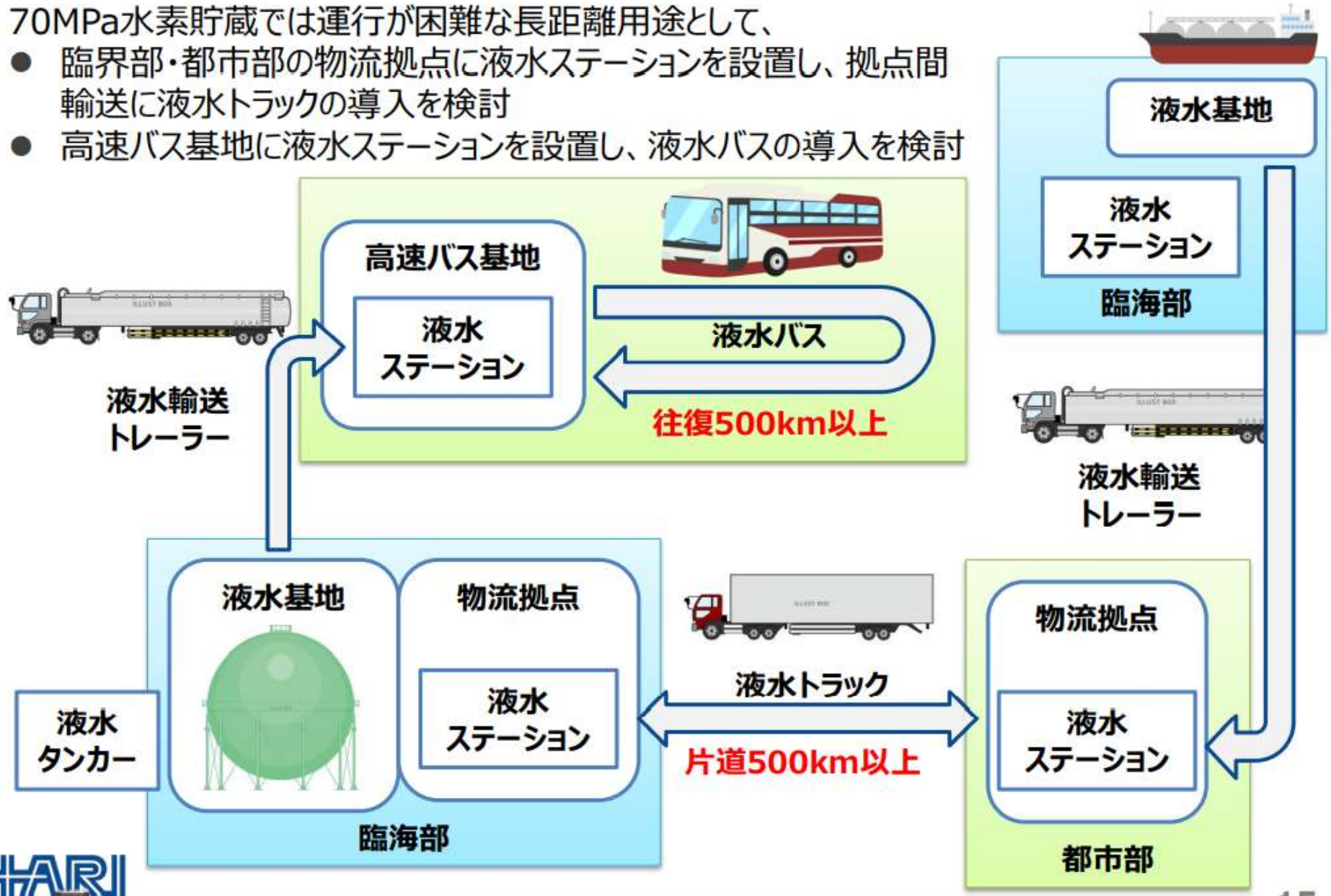
	低圧充填・低圧貯蔵（LH2）	中圧充填・低～中圧貯蔵（Subcooled LH2）	高圧充填・高圧貯蔵（CcH2）
最高許容圧力	1MPa未満	2.0MPa～2.5MPa程度	20MPa～35MPa程度
容器	金属容器	金属容器	複合容器（重量増・コスト増）
充填方法	1MPa未満の差圧充填または充填用ポンプ	1.5～2.0MPa程度の充填用ポンプ（圧縮機）	20MPa～35MPa程度の充填用ポンプ（圧縮機）
充填時のガス回収	必要	不要 または大幅削減（容器内ガスの液化）	不要（超臨界状態で保持）
通信	必要（満タン情報）	不要	不要
満タン検知	液面計等	圧力または液面計等	圧力
使用時の圧力	0.4MPa ヒーター等が必要	0.4～2.0MPa ヒーター等が必要	2.0～35MPa ヒーター等不要
その他	・短時間でBOG処理が必要になる（1日程度）	・最高許容圧力を超えるまで、BOG処理が不要（2日程度）	・最高許容圧力を超えるまで、ガス処理が不要（4～7日程度）

中圧充填・低～中圧貯蔵（sLH2）が最もメリットが多い。

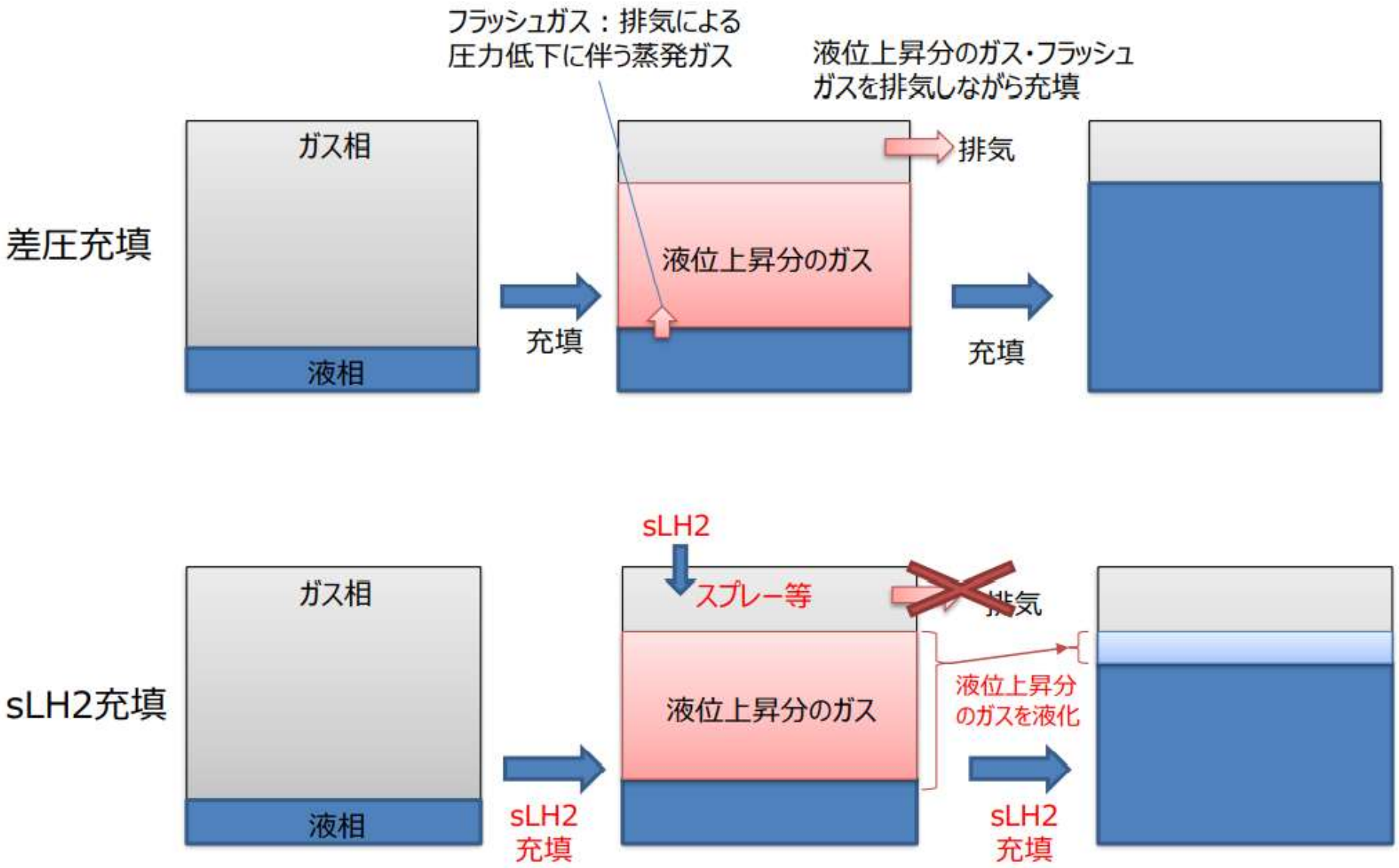
液化水素トラック・バスの初期導入検討イメージ

70MPa水素貯蔵では運行が困難な長距離用途として、

- 臨界部・都市部の物流拠点に液水ステーションを設置し、拠点間輸送に液水トラックの導入を検討
- 高速バス基地に液水ステーションを設置し、液水バスの導入を検討



sLH2充填

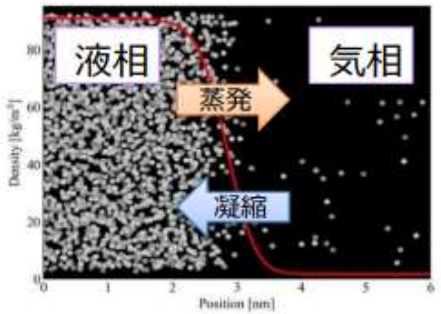

フラッシュガス：排気による
圧力低下に伴う蒸発ガス
液位上昇分のガス・フラッシュ
ガスを排気しながら充填
差圧充填
ガス相
液相
充填
液位上昇分のガス
排気
充填
sLH2
スプレー等
排気
sLH2充填
ガス相
液相
sLH2
充填
液位上昇分のガス
液位上昇分
のガスを液化
sLH2
充填

大型FCV用液体水素貯蔵システム開発に向けた容器内液体水素挙動解明に関する研究開発（日本自動車研究所、琉球大学、東京大学、神戸大学）

【研究開発の目標】　水素の凝縮／蒸発の物理的挙動メカニズムを解明することで、大型FCV用の液体水素貯蔵・供給システムの開発促進に資する。

【研究開発の概要】

① 分子レベルでの挙動解明

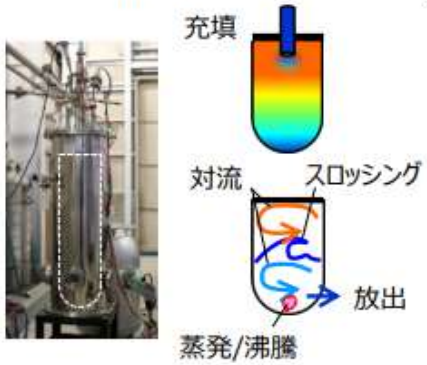


分子シミュレーションによる水素の凝縮／蒸発現象の解析

⇒凝縮／蒸発速度の算出

② 実験とシミュレーションによる液体水素充填・供給技術に係る物理的挙動の把握

容器内挙動実験

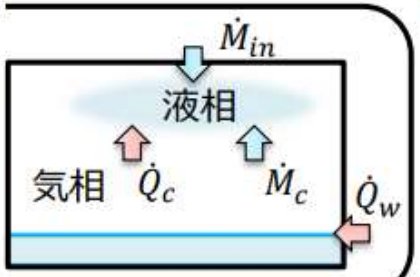


容器内液体水素挙動の可視化、温度・圧力データ等の取得、液体窒素との比較

充填シミュレーション

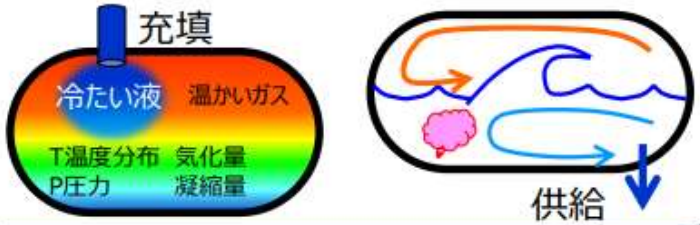
相変化を伴うsLH2充填モデルを作成

⇒効率的なsLH2充填の傾向を把握



3次元 気液2相 シミュレーション

温度層、成層破壊を伴うCFDの開発、挙動把握



③ 液体水素充填・供給時のハザードの把握

実験・シミュレーションによるハザード現象の把握

⇒対策の提案

リスクの一例:急激な沸騰泡の形成(突沸)
(上図は真水の例)

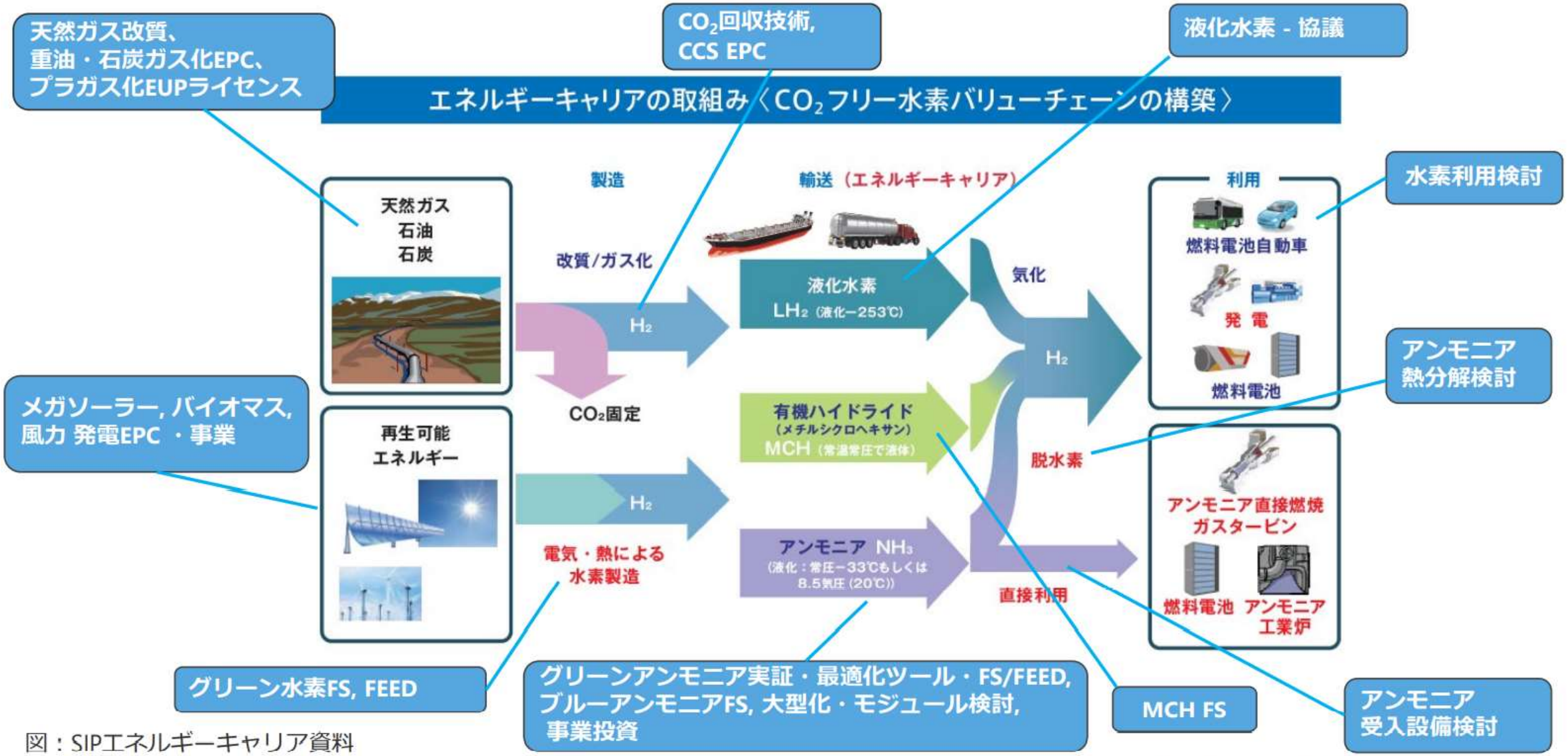
可視化実験

シミュレーション解析

日揮グローバル株式会社

- 日揮グループの水素関連の取組み状況
  - エネルギー源
    - 天然ガス改質、重油・石炭ガス化EPC、プラガス化EUPライセンス
    - メガソーラー，バイオマス，風力 発電EPC ・事業
  - 製造
    - CO2回収技術，CCS EPC / グリーン水素FS，FEED
  - 輸送（エネルギーキャリア）
    - 液化水素 – 協議 / MCH FS
    - グリーンアンモニア実証・最適化ツール・FS/FEED,
      ブルーアンモニアFS，大型化・モジュール検討，事業投資
  - 利用
    - 水素利用検討 / アンモニア熱分解検討 / アンモニア受入設備検討
- 取り組み紹介① JGC Blue Hydrogen Package（SMR）：ブルー水素の標準設計パッケージ
  - エネルギー変換効率の最大化、CO2回収の最適化、SMR リフォーマーモジュール化
- 取り組み紹介② グリーンアンモニアの取り組み：NEDO/GI基金事業（旭化成と共同）
  - 2024年度アジア初のグリーンアンモニアの準商業規模の実証運転を目指す
  - 水電解システム（旭化成）、アンモニア等ケミカルプラント（旭化成・日揮HD）

日揮グループの水素関連の取組み状況



図：SIPエネルギーキャリア資料

取り組み紹介①　JGC Blue Hydrogen Package (SMR)

日揮はリファイナリープラントで培った水蒸気改質（SMR）水素製造装置の設計ノウハウを応用して**ブルー水素の標準設計パッケージ**を開発した。

SMR水素パッケージは**高い運転信頼性**を有し、200,000 Nm3/hrまでのキャパシティーで経済的優位性を持つ事を確認。

<u>設計最適化のコンセプト</u>

- エネルギー変換効率の最大化
- CO_2回収の最適化
- SMR リフォーマー（加熱炉）のモジュール化

© 2022 JGC CORPORATION

取り組み紹介②　グリーンアンモニアの取り組み

ポイント

- NEDO「グリーンイノベーション基金事業」で、旭化成（株）と共同での大規模アルカリ水電解水素製造システムを活用したグリーンケミカルプラント実証事業＊に採択され、プロジェクトを開始
- 2024年にアジア初のグリーンアンモニアの準商業規模の実証運転を目指す

＊NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）「グリーンイノベーション基金事業/ 大規模アルカリ水電解水素製造システムの開発およびグリーンケミカルプラントの実証」
https://www.jgc.com/jp/news/assets/pdf/20210826j.pdf

© 2021 JGC GROUP

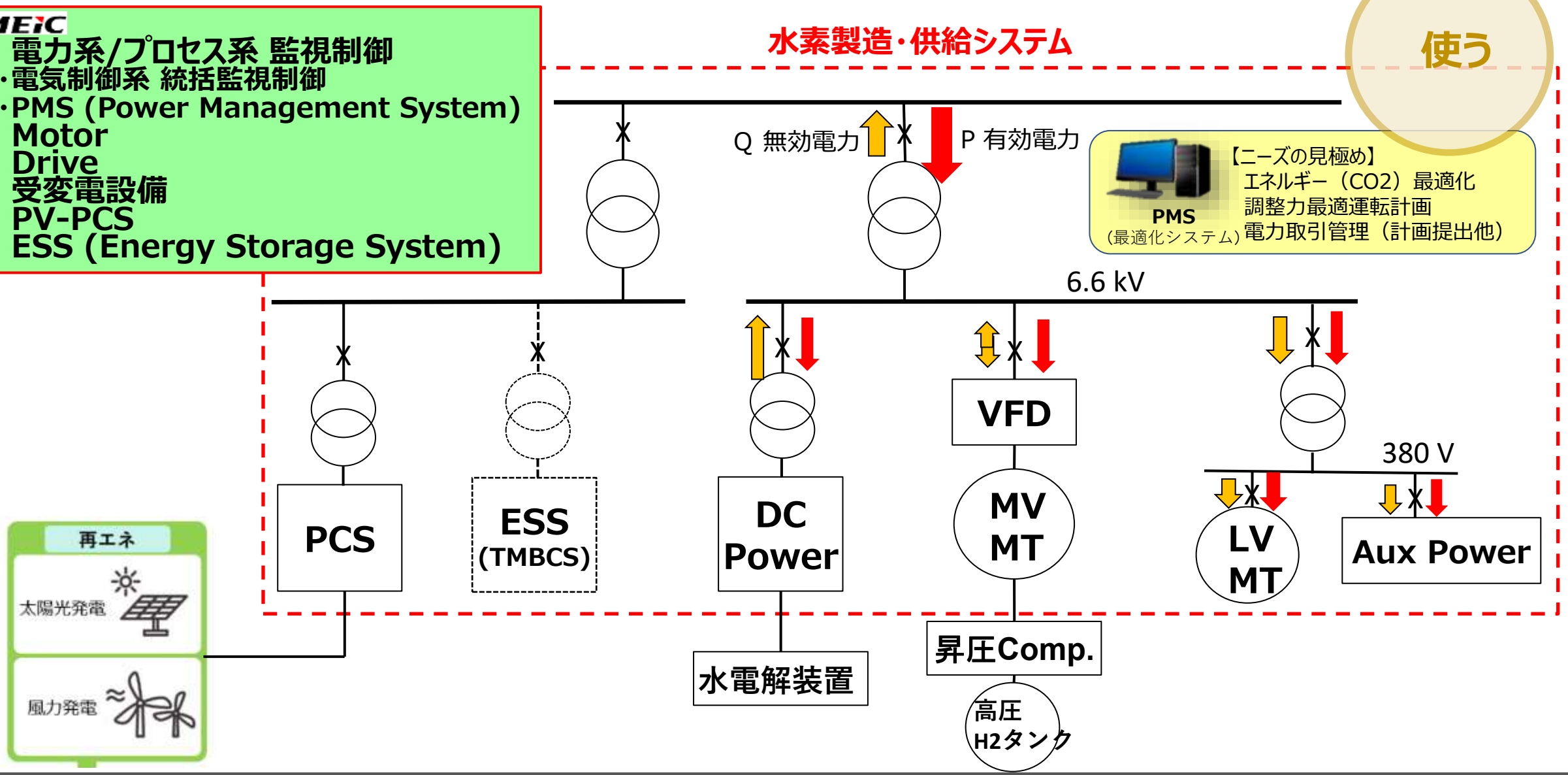
東芝三菱電機産業システム株式株式会社

- パワエレのトップメーカとして、再エネ発電に多様な製品、国内外に広く事業展開
  - 国内出荷容量ナンバー１のPV・ESSシステムサプライヤ、Total：42.882GW
- 回転機・パワエレ技術と再エネ市場ノウハウで、エネ貯蔵(ESS)、水素、脱CO_2の産業分野へ取組
  - グリーン水素製造用整流器：大電力大規模、電解槽ストレス低減、高力率/低高調波対応
  - 水素防爆モータ、水素プラント制御システム（運転最適化、電源安定化）
  - 再エネ→水電解・貯蔵・供給のトータルソリューションシステム
- 我が国の再エネ・脱炭素を取り巻く状況：温暖化、再エネ、水素、資源安全保障、国際情勢等
  - 様々な外部要因や重複する計画・戦略により、取組の全体像把握が困難になっている
  - 世界全体では太陽光≒風力、再エネ先行国では太陽光＜風力、日本は太陽光>>風力（約10倍）
  - 日本の太陽光発電システム導入量→2015年をピークにほぼ横ばい
  - 国土面積あたりの太陽光発電容量は日本が最大、平地に限るとドイツの2倍
  - PV発電設備の高コスト、グリーン水素製造の高コスト→安価な再エネ電源の国内大量導入困難
- 発電量増に向けた方策案（ただし、これらだけでは限界、政策的支援も重要）
  - 適地有効活用：屋根上・壁面・水面活用等、パネルの高出力化
  - 既存設備最大限活用：リパワリング等→発電量UP、ESS導入等→電力利用率向上
    - 太陽光発電＋ESS、EMS導入で発電側と需要側を一連のシステムとして管理
- 2050にふさわしいESSは？：ESS＝BESS＋H2＋第3の選択肢

2.6 水電解・貯蔵・供給のトータルソリューションシステム

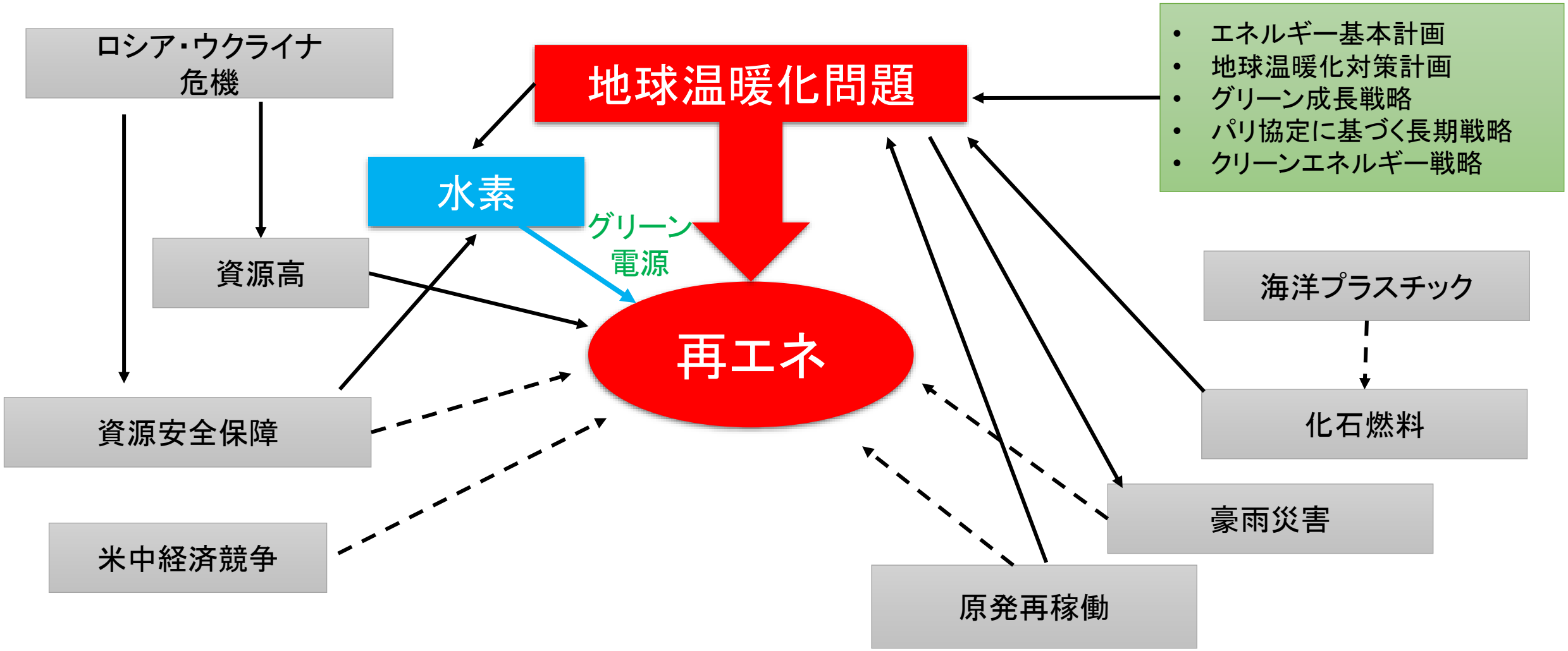
TMEIC

1. 電力系/プロセス系 監視制御
   - ・電気制御系 統括監視制御
   - ・PMS (Power Management System)
2. Motor
3. Drive
4. 受変電設備
5. PV-PCS
6. ESS (Energy Storage System)



3.1　我が国の再エネ・脱炭素を取り巻く状況

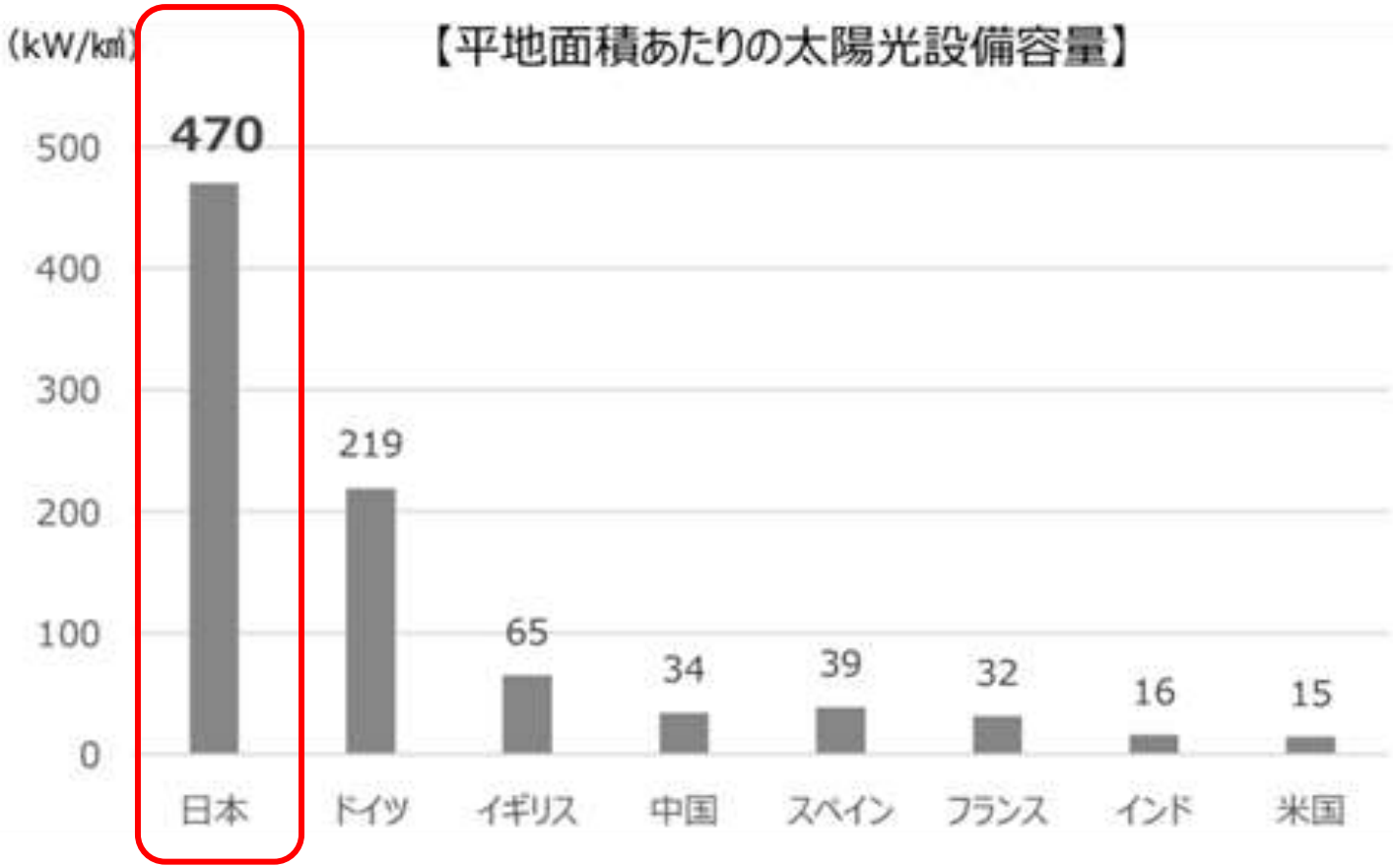
様々な外部要因や重複する計画・戦略により、取組の全体像把握が困難になっている。



3.5 各国の平地面積あたりの太陽光発電システム導入量

・国土面積あたりの太陽光発電容量は日本が最大
・平地に限るとドイツの2倍

適地の減少



出典：資源エネルギー庁,2022.国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案,第78回調達価格等算定委員会資料

3.11　2050にふさわしいESSは？

海外依存

資源リスク

SDGs

BESS

H_2

ESS

Third Way

目次

社会ニーズ検討分科会　活動概要

第1章　会員話題提供からの事例紹介

第2章　水素技術の社会ニーズ検討

水素技術による再エネ高度利活用のゴールイメージ

1次エネルギー源 ——▶◀—— 2次エネルギー源 ——▶◀—— 最終エネルギー

再エネ

電気

水素

- 水素発電
- 水素燃焼
- 水素還元等

電気

熱

燃料

その他

- 無尽蔵
- 広く薄い
- 面積大
- 遠い
- 時間変動
- 季節変動
- 使いにくい

- クリーン
- 利用しやすい
- 超長距離困難
- 超長時間貯蔵
- 変動再エネの十分な活用等が難しい

- クリーン
- 様々な利用が期待される
- 超長距離可能
- 超長時間可能
- 変動再エネの十分な活用が期待される

- 様々なニーズに応じたエネルギーに再転換が可能

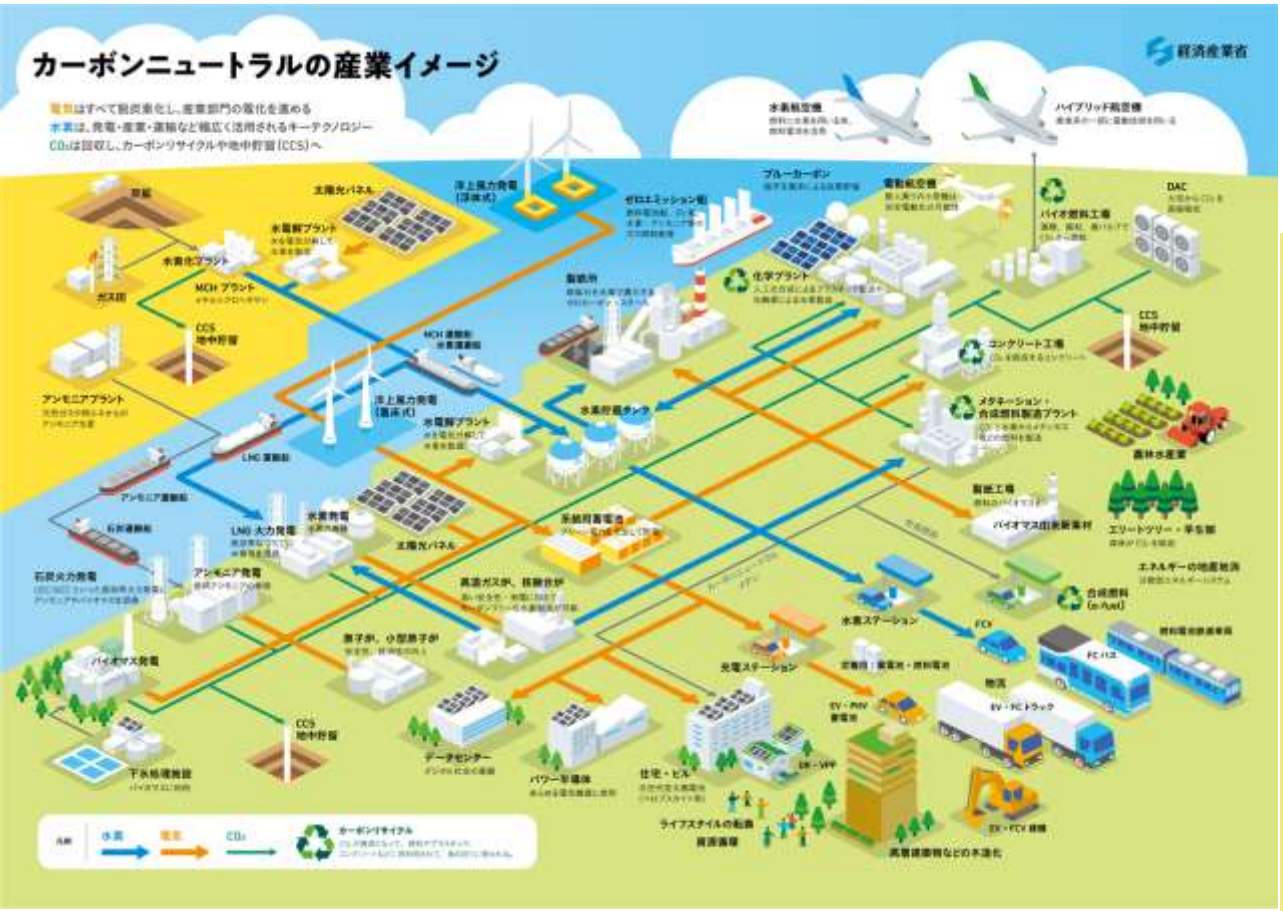
十分な利活用が困難

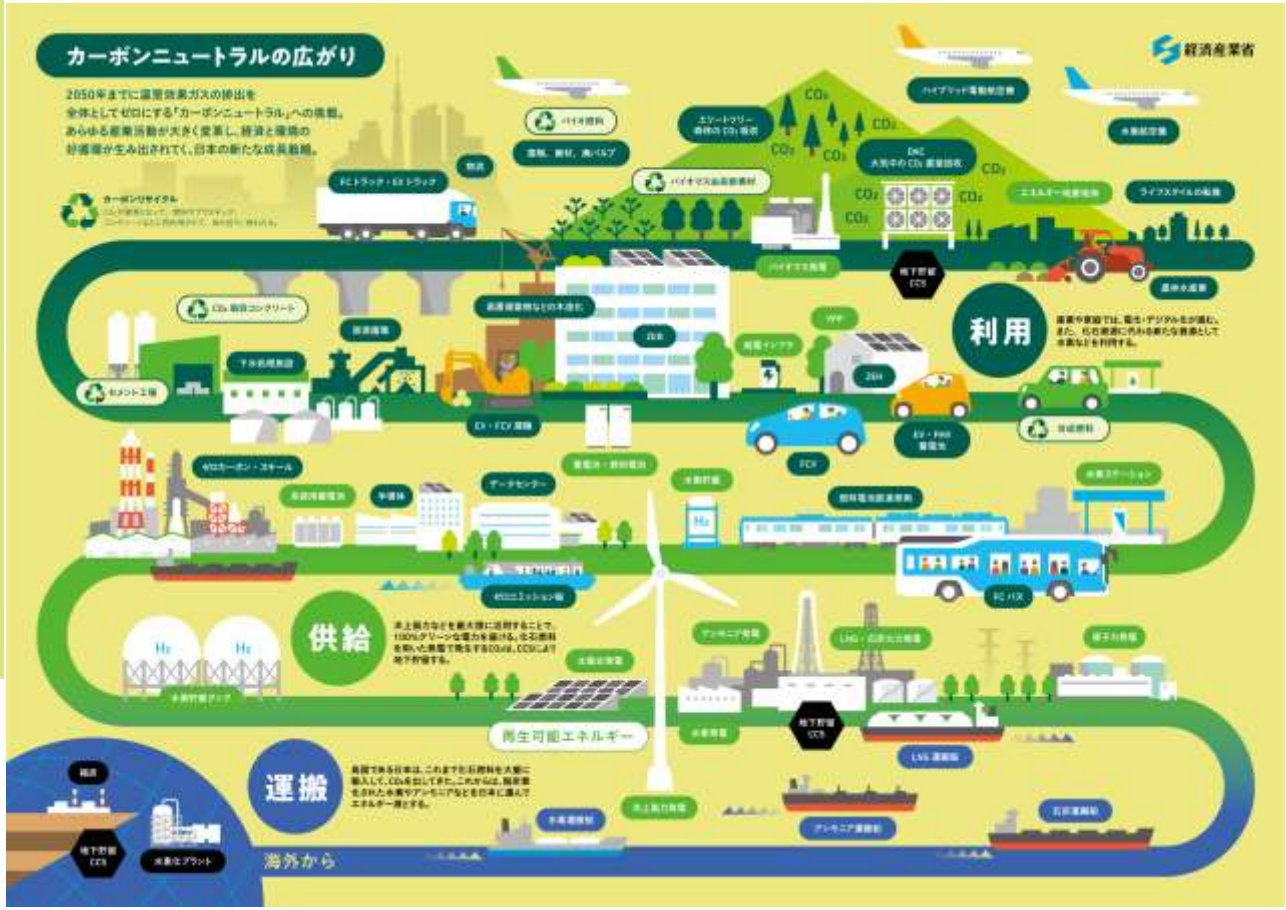
電気だけでは再エネ高度利活用には不十分

再エネ高度利活用に大きな貢献が期待される

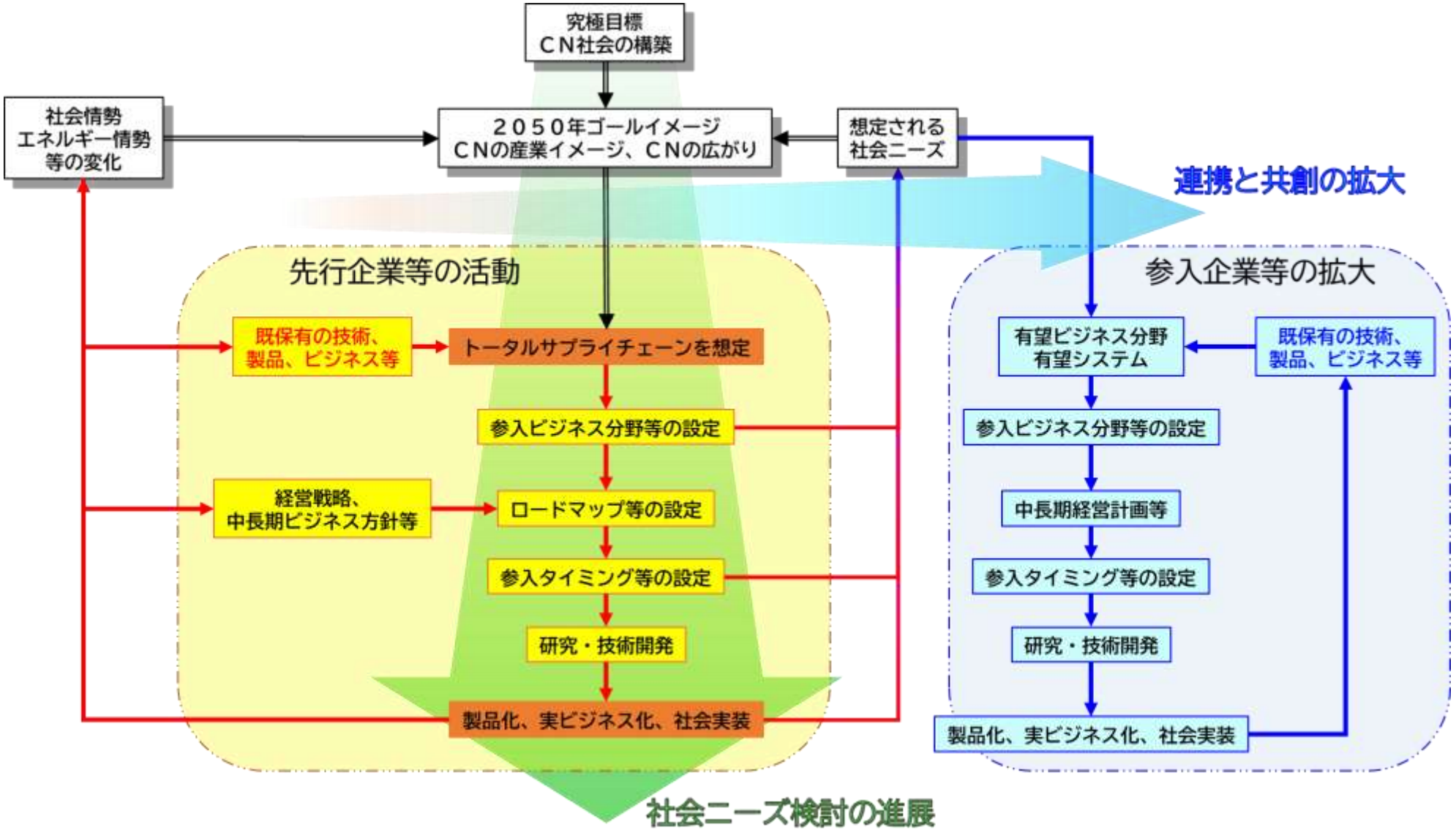
電気と水素の連携で、再エネ高度利活用

国が示す2050年のゴールイメージ

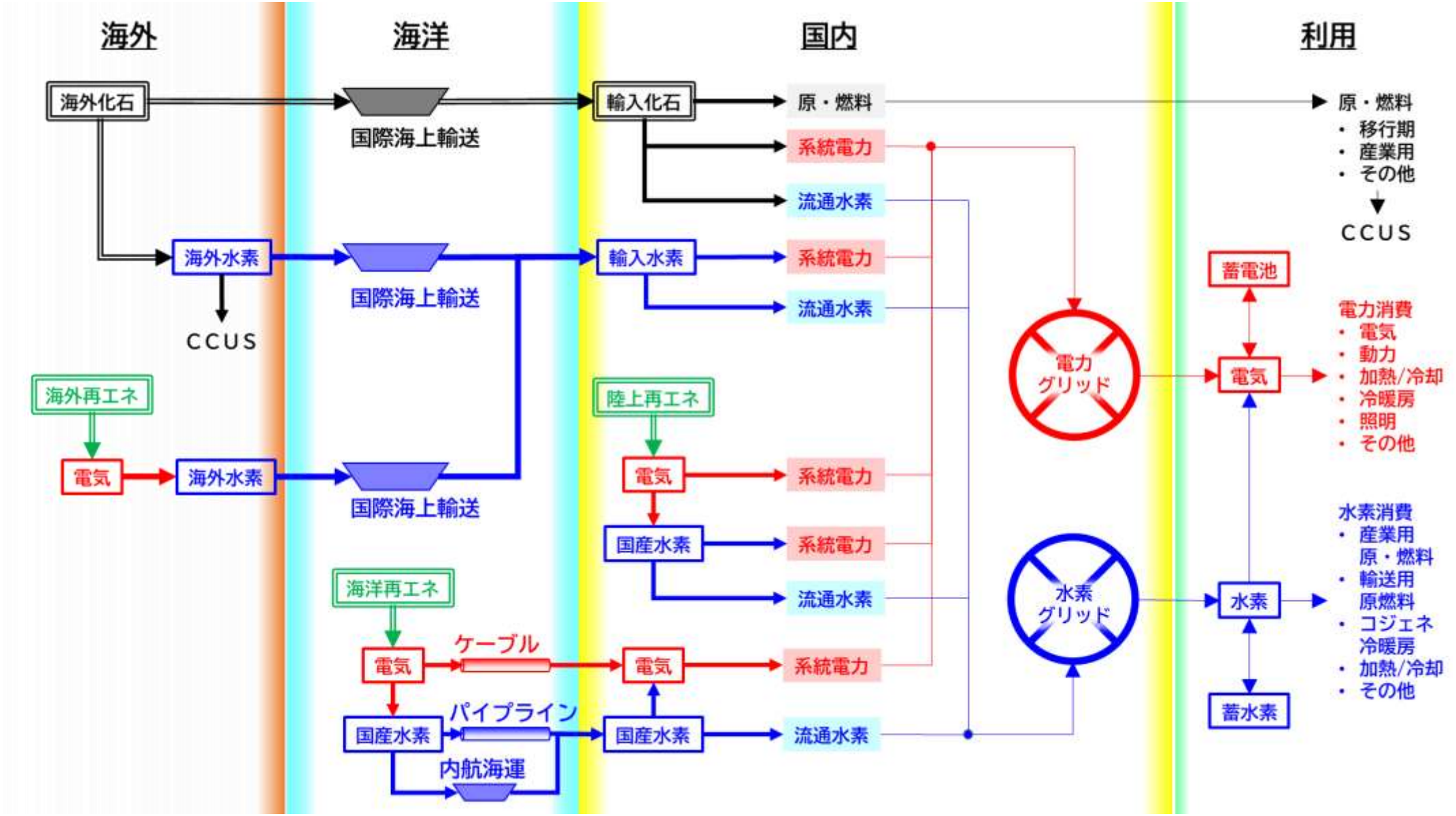




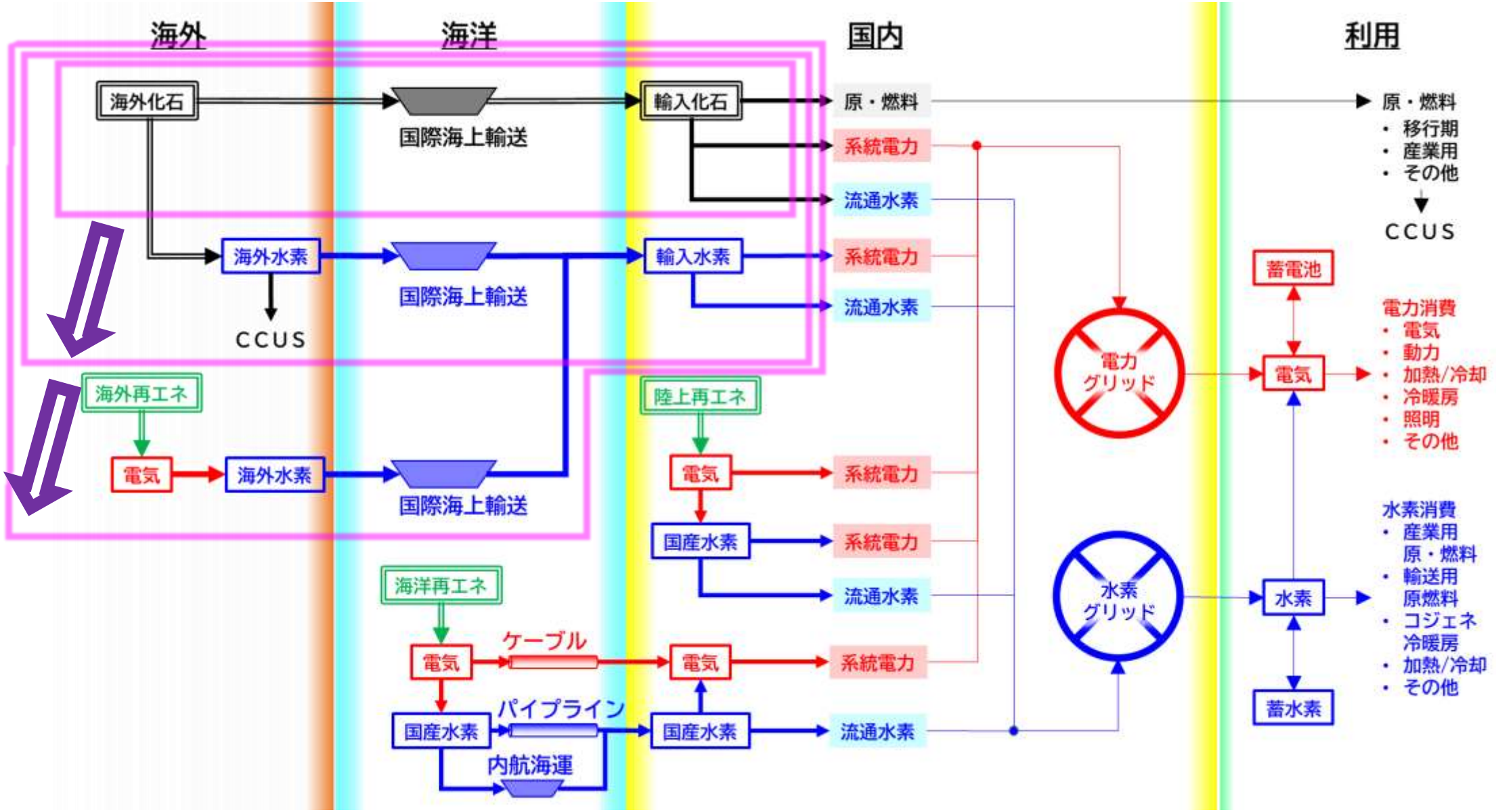
社会ニーズの検討と、連携と共創の拡大



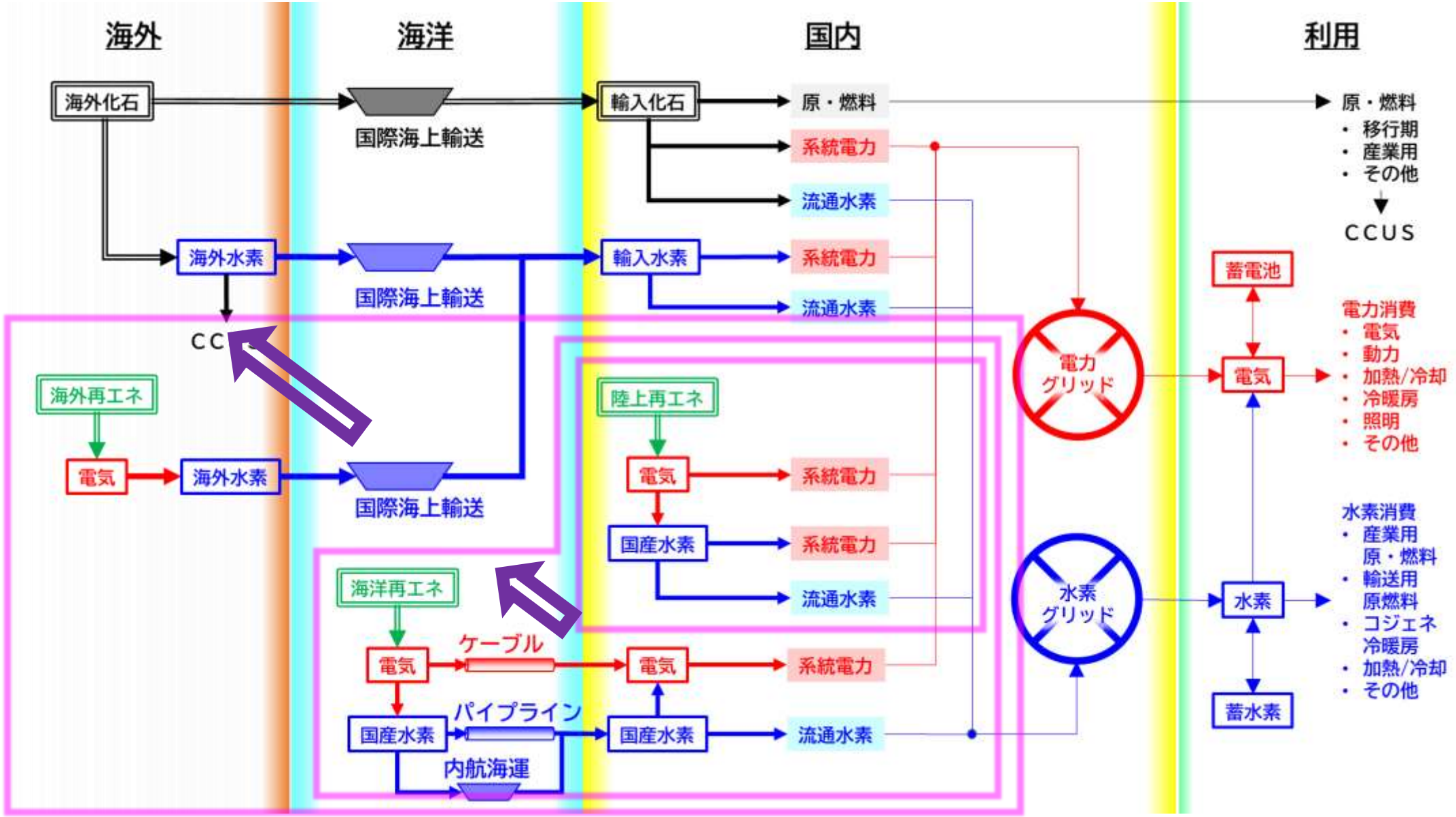
多様な視点からの多様なエネルギーサプライチェーン



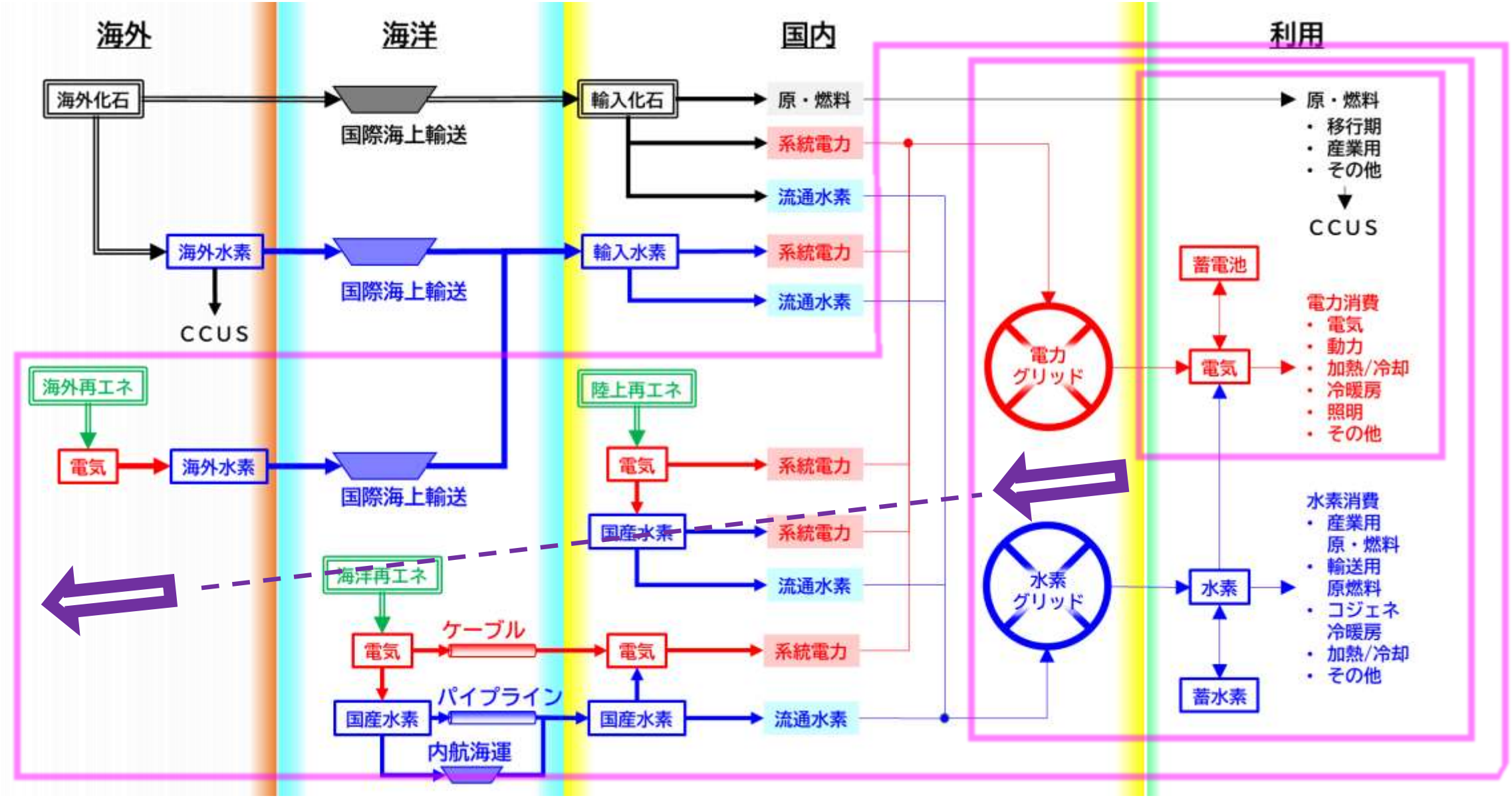
安価なクリーンエネルギーの大量供給の視点



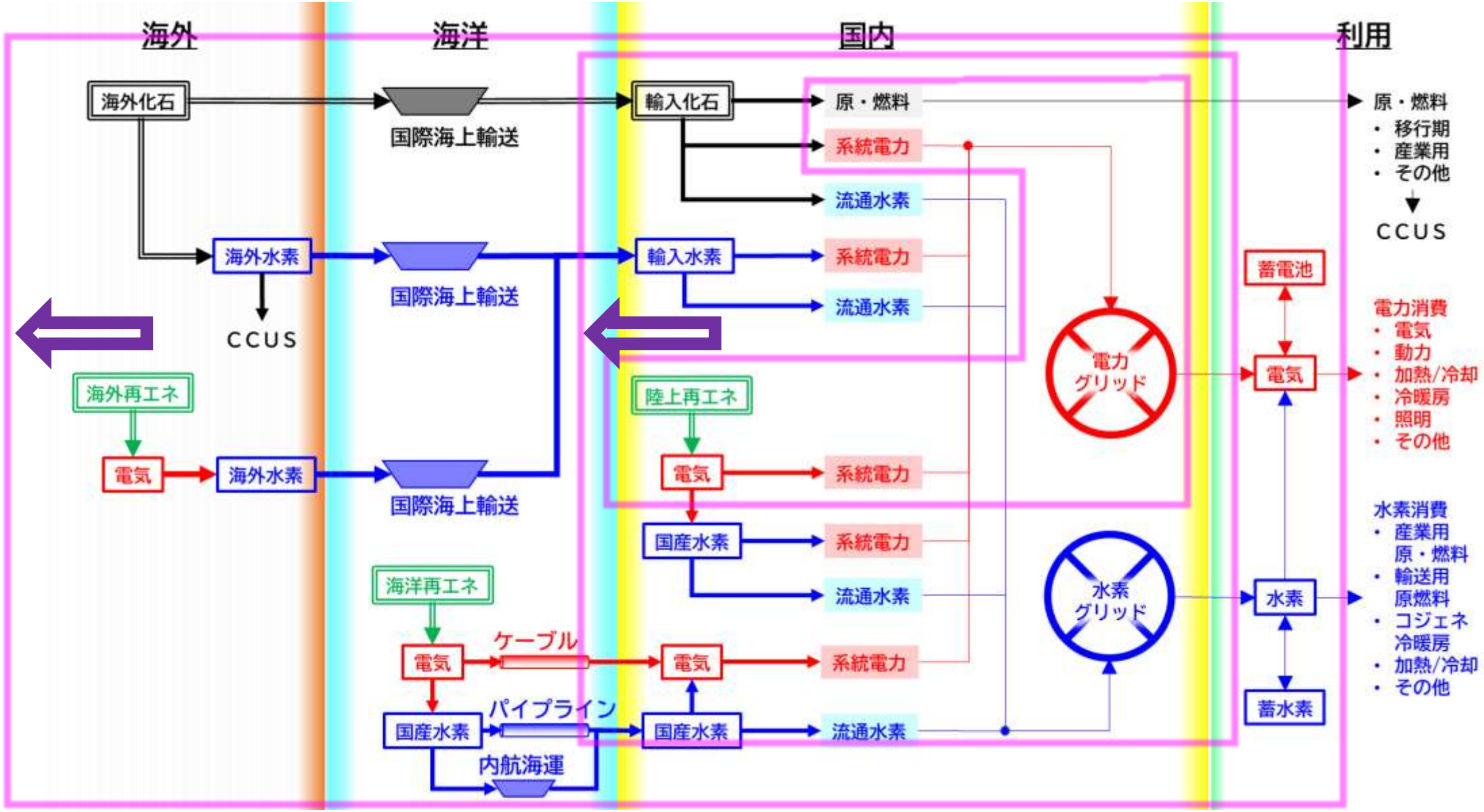
クリーンエネルギーの自給自足と安定供給確保を目指して



最終利用エネルギーのクリーン化を目指して

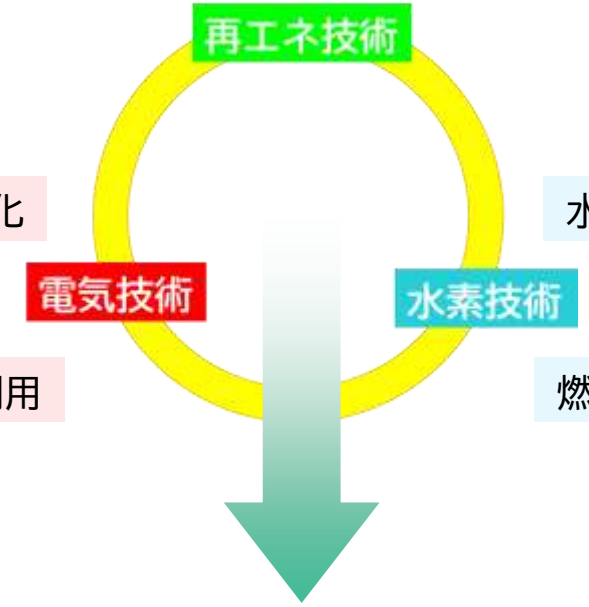


クリーンエネルギーの国内流通確保を目指して



本勉強会を通じて本学から目指すところ

気象学、風力発電、太陽光発電等



再エネ電力制御、高効率転換、平準化

水電解、水素加圧・液化・気化、貯蔵、輸送

燃料電池等水素発電、高効率電力利用

燃焼・発電、高効率化、損失低減、安全

水素技術による再エネ高度利活用

主旨にご賛同いただける産官学有志との連携と共創を期待しております

GTAI GERMANY TRADE & INVEST

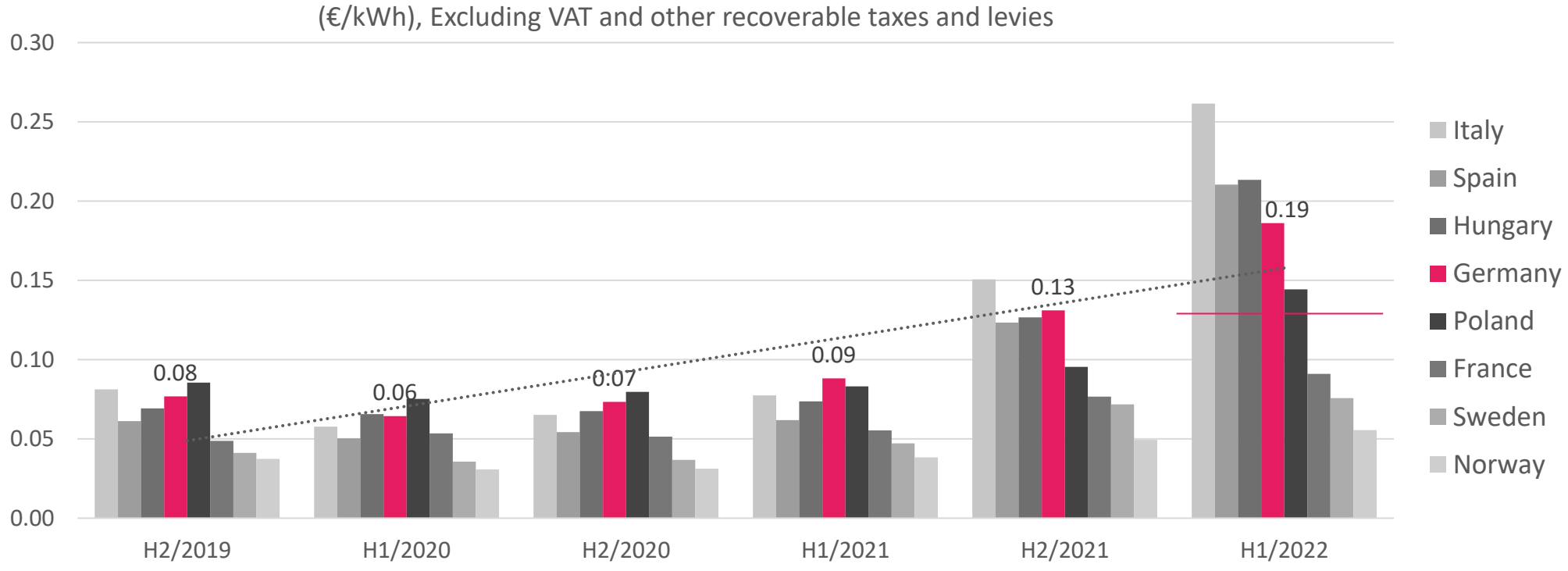
SECURING GERMANY'S ENERGY SUPPLY

Current Status & Future Perspective of Hydrogen Production

MARCH 2023

Heiko Staubitz
Germany Trade & Invest

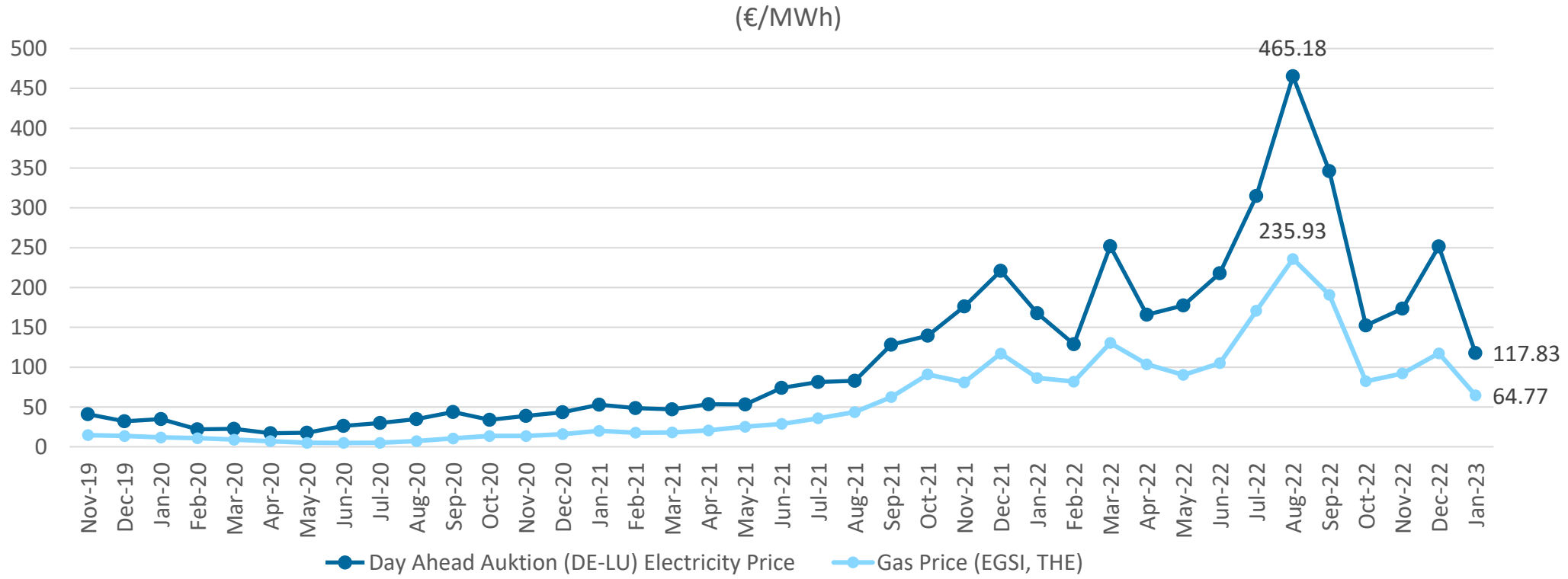
Industrial Electricity Prices



In H1 2022, European industrial clients experienced a strong increase in the average cost of electricity

Source: Eurostat, 2022; Notes: Consumption > 150 000 MWh

Germany: Energy Exchange Price Development



After initial price peaks in August 2022, German energy exchange prices have shown a downwards trend

Source: Energy-Charts.info, Fraunhofer ISE, 2022

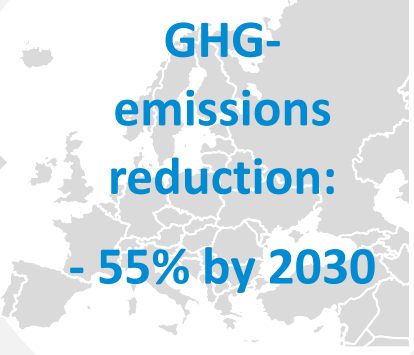
European Legal Framework

Paving the way for investments in decarbonized production

GREEN DEAL

Make the EU the first climate-neutral continent by 2050

GHG-emissions reduction: - 55% by 2030

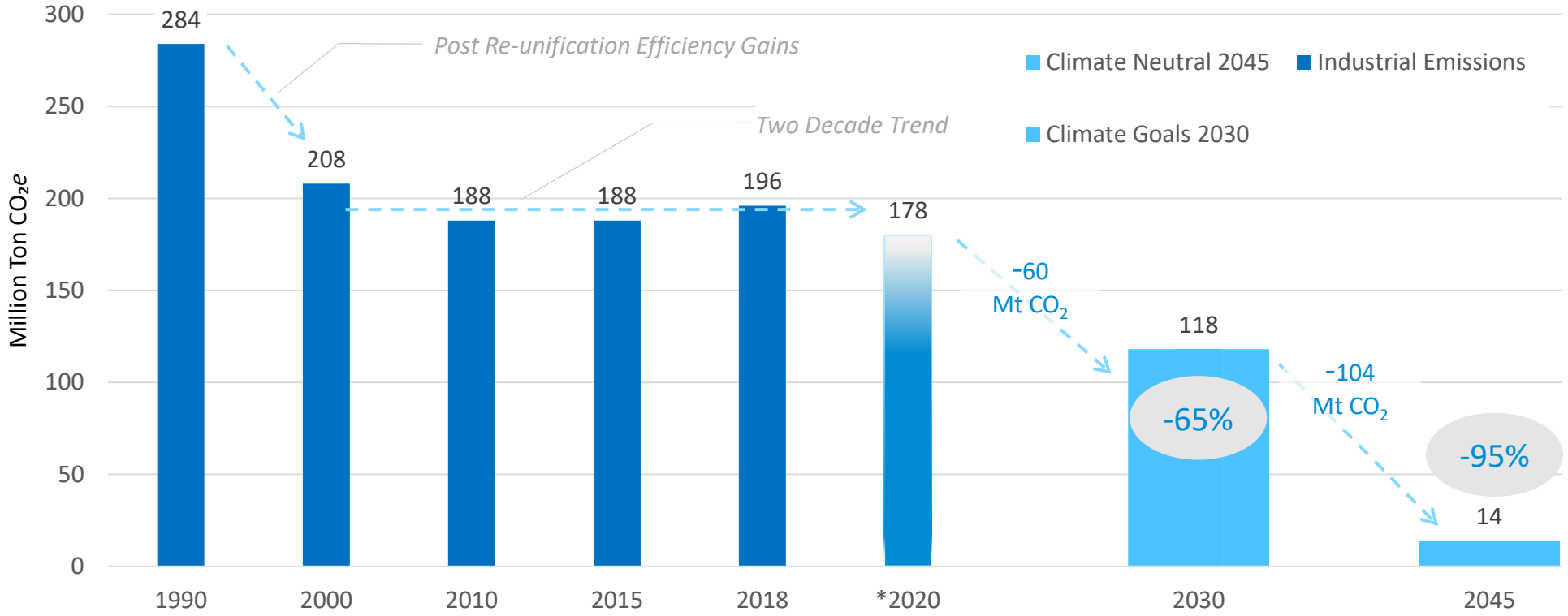


Source: European Commission 2021

German Industrial Emissions

Trends and Goals 2030- ~~2050~~ 2045

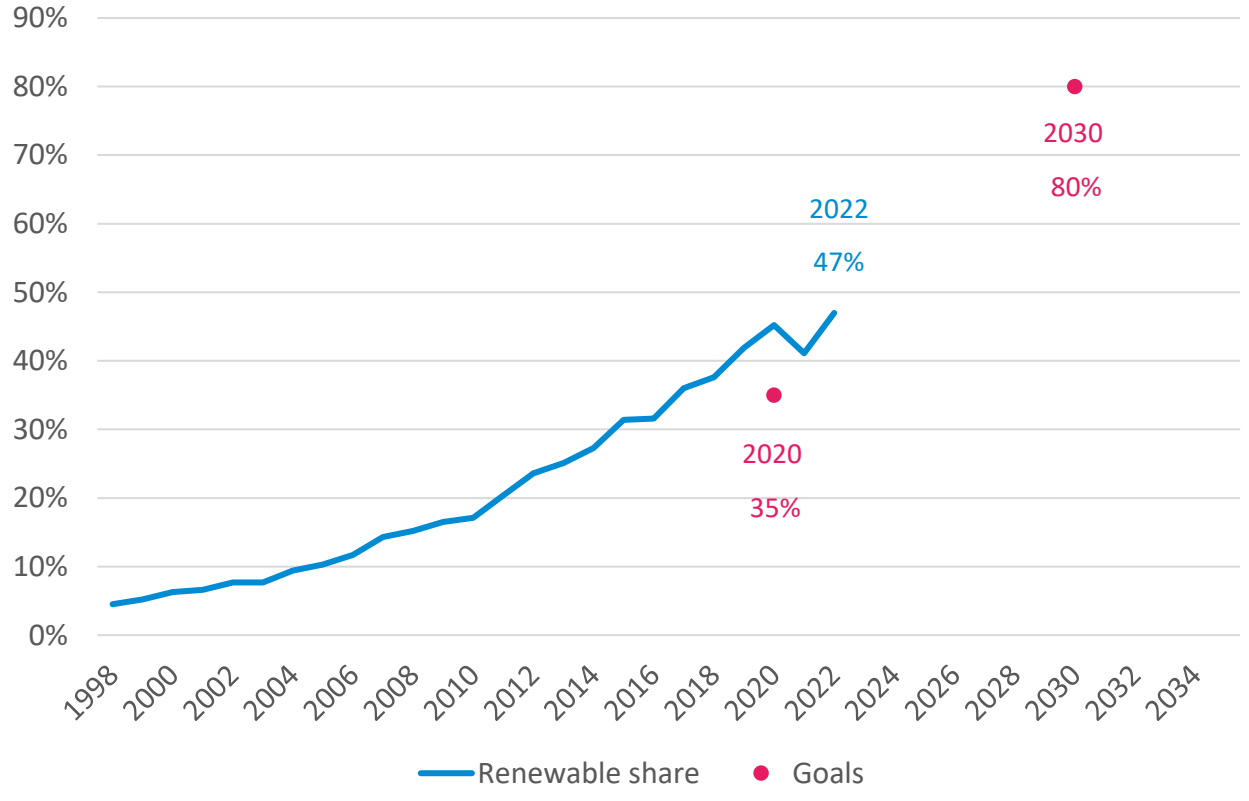
German Industrial Emissions (CO_2e Produced Domestically)



*Source: Agora Energiewende und Wuppertal Institut (2019); * Umwelt Bundesamt 2021*

Renewable Electricity in Germany

Renewables share of gross electricity consumption growing beyond expectations



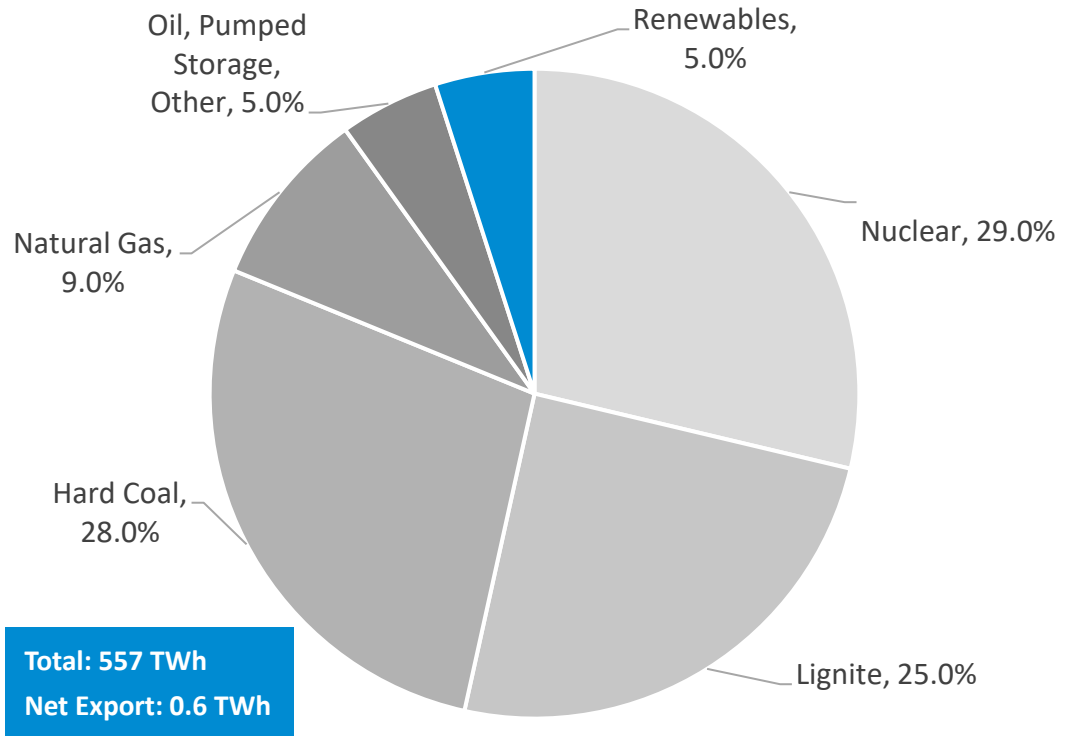
Germany will heavily increase the renewable share of gross electricity consumption by 2030

Source: BDEW 2022

Gross Electricity Generation in Germany

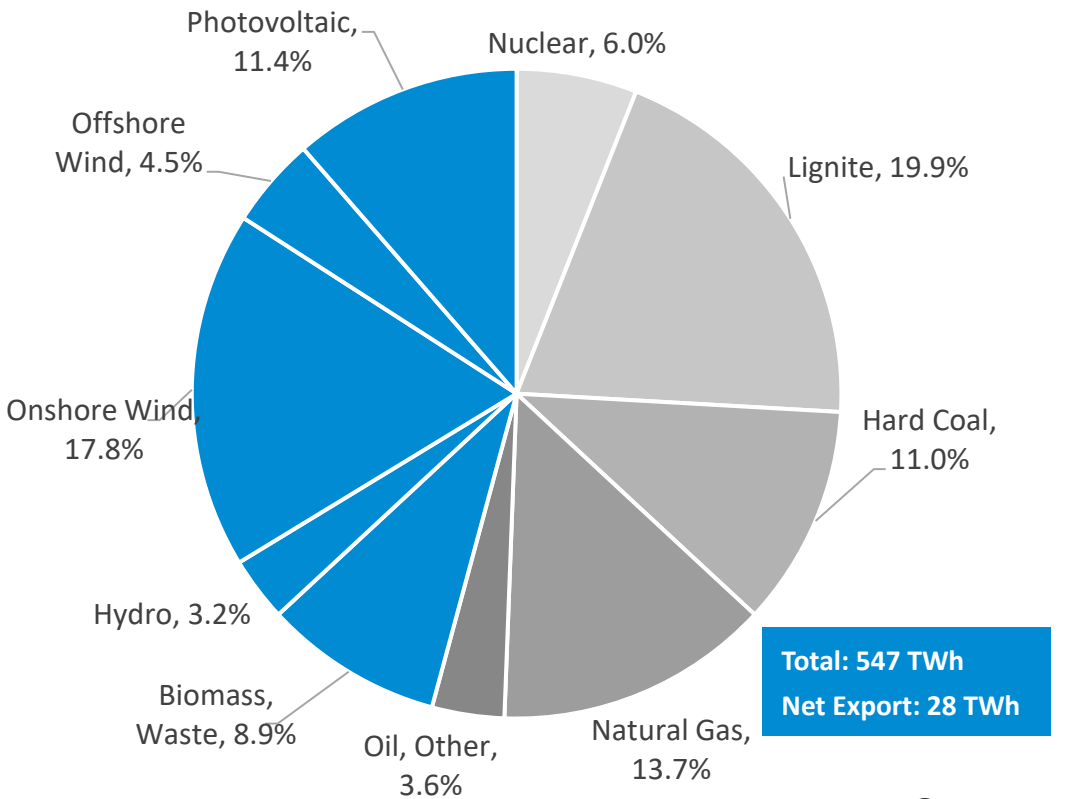
Renewables has increased almost tenfold since 1998

1998



Total: 557 TWh
Net Export: 0.6 TWh

2022



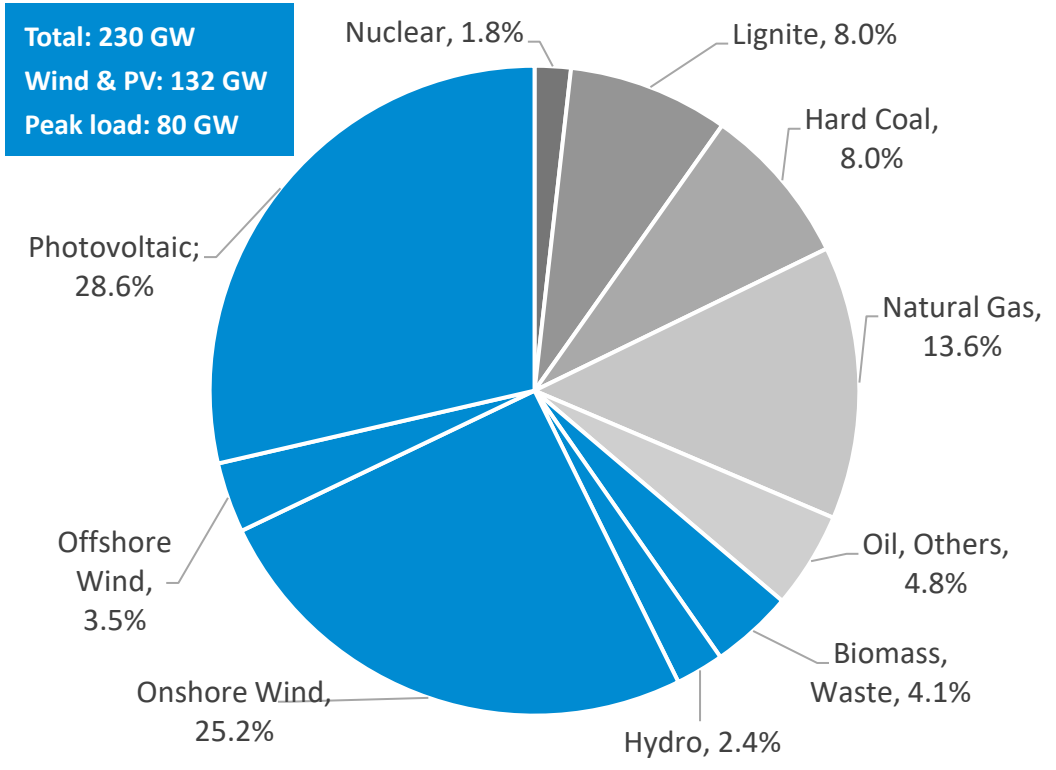
Total: 547 TWh
Net Export: 28 TWh

Source: BDEW, 2022

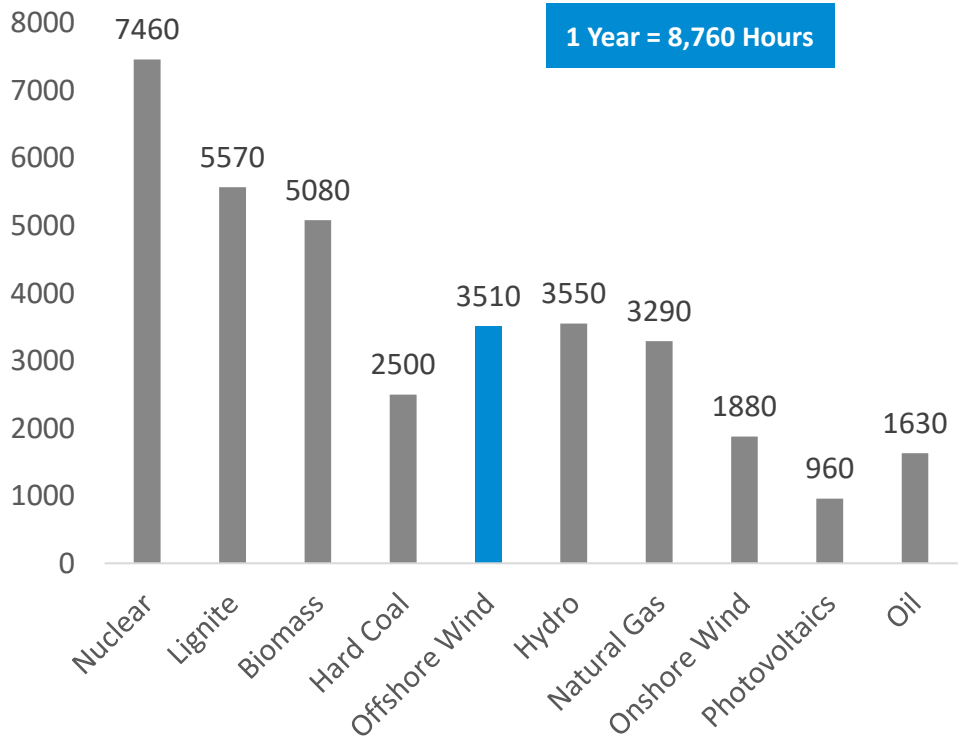
The German Electricity Market

Offshore wind recognized for its high potential

Installed Capacity By Source 2022



Full Load Hours by Plant Type 2020

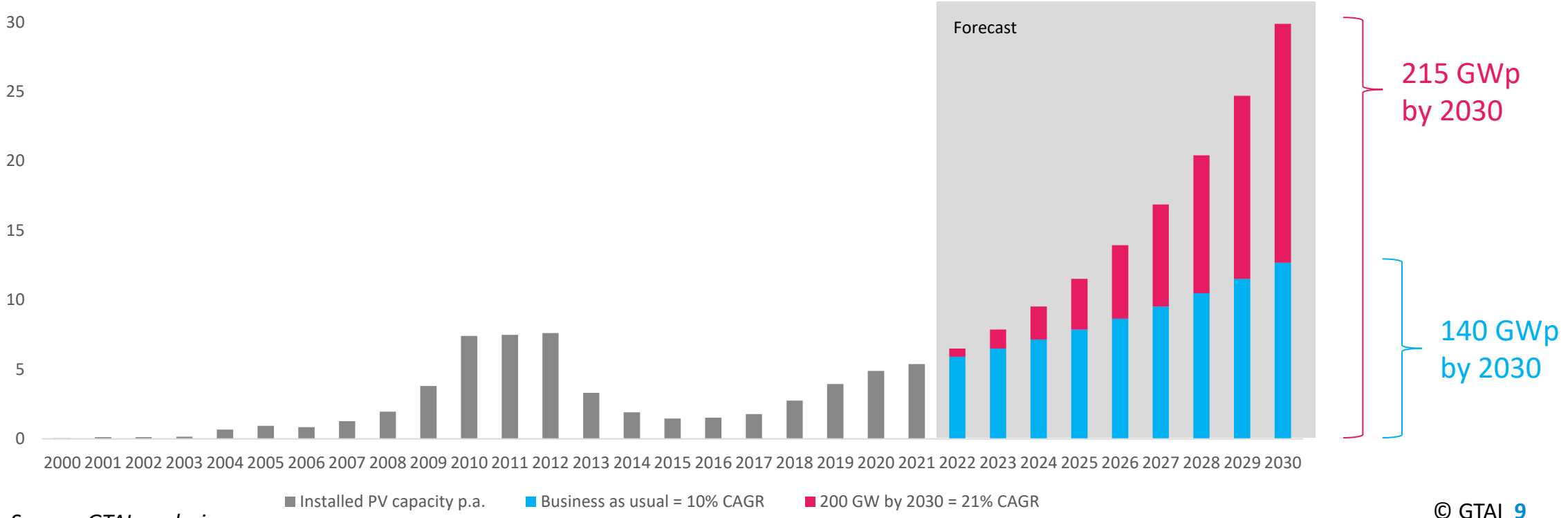


Source: BDEW, 2022

Massive Growth of PV Installations in Germany

>20% CAGR from 2022 to 2030 in annual installations needed in order to meet NEW GOV TARGET of 215 GWp total capacity by 2030

Annually installed PV capacity in Germany
(in GWp p.a.)



Source: GTAI analysis

Expansion of the Electricity Grid in Germany

An enormous expansion of the high voltage grid system is required by 2035

Grid Expansion	Distance in Km.
AC-New Construction	450
DC-New Construction	2,150
DC-Interconnections	250
AC-Interconnections	50
AC-Grid Reinforcement	3450
Total	**6,650**

Expansion and Reinforcement

Onshore grid estimated investment:

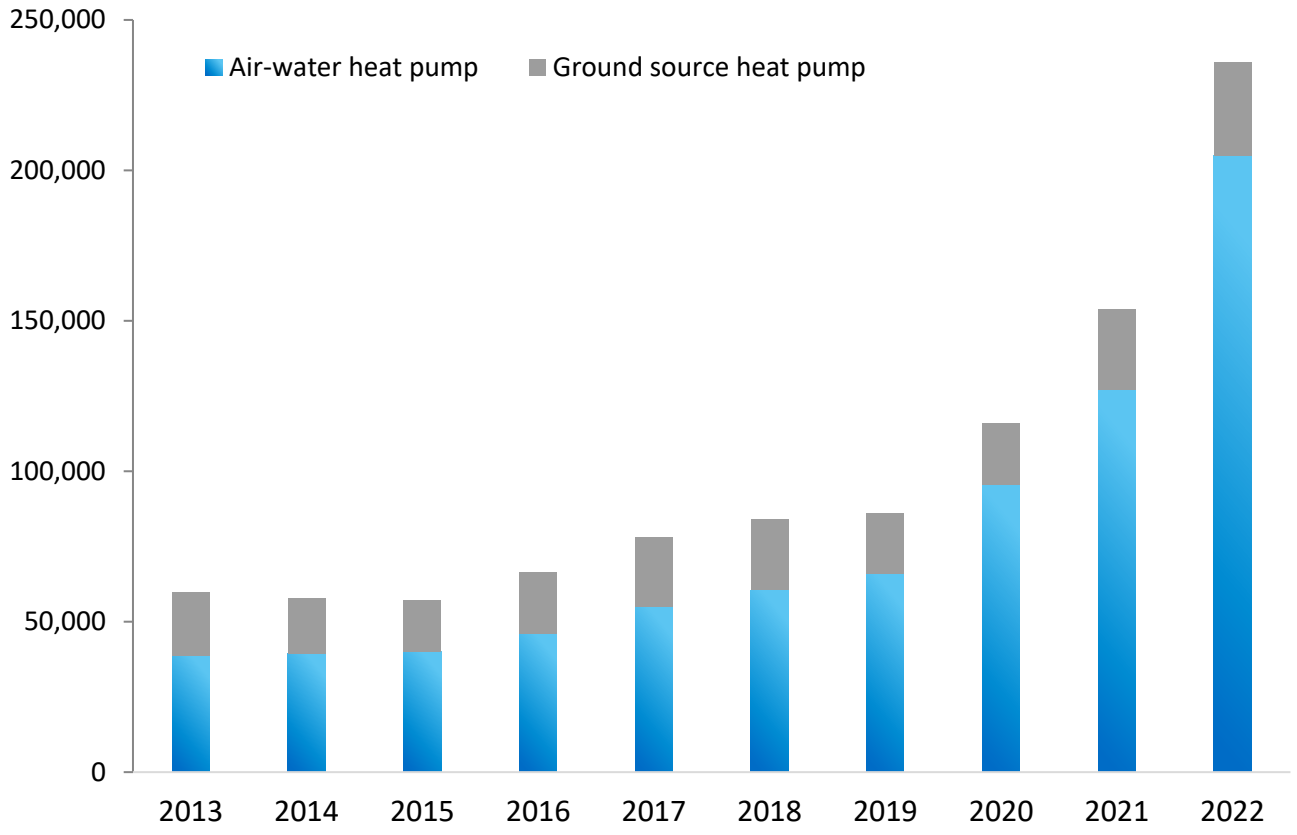
Total	**72,5 bn €**
- DC Network Expansion	13.9 bn €
- AC Network Expansion	20 bn €
- Reinforcement (current DC and AC lines)	38.7 bn €

Offshore grid estimated investment:

Total	**33 bn €**

Note: Data is based on the German Network Development Plan 2021-2035. Scenario A 2035 Fossil: 61,2 GW Renewable 233,4 GW / Offshore transmission capacity 28 GW. The plan is re-evaluated and updated every two years, next update in 2021. Source: BNetzA April 2022

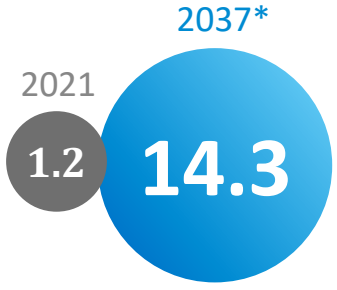
Record Growth in Heat Pump Sales



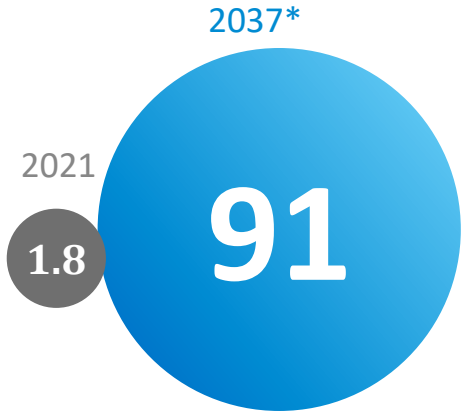
Record sales in 2022 (+53% compared to previous year)

Source: BWP 2023

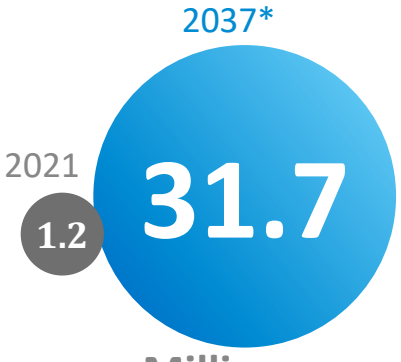
Major Transformation of the German Energy Market



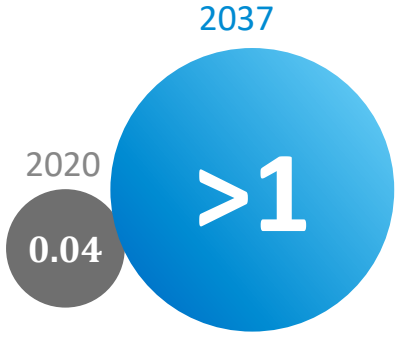
Million
Heat pumps



GW installed battery storage**



Million
Electric Vehicles



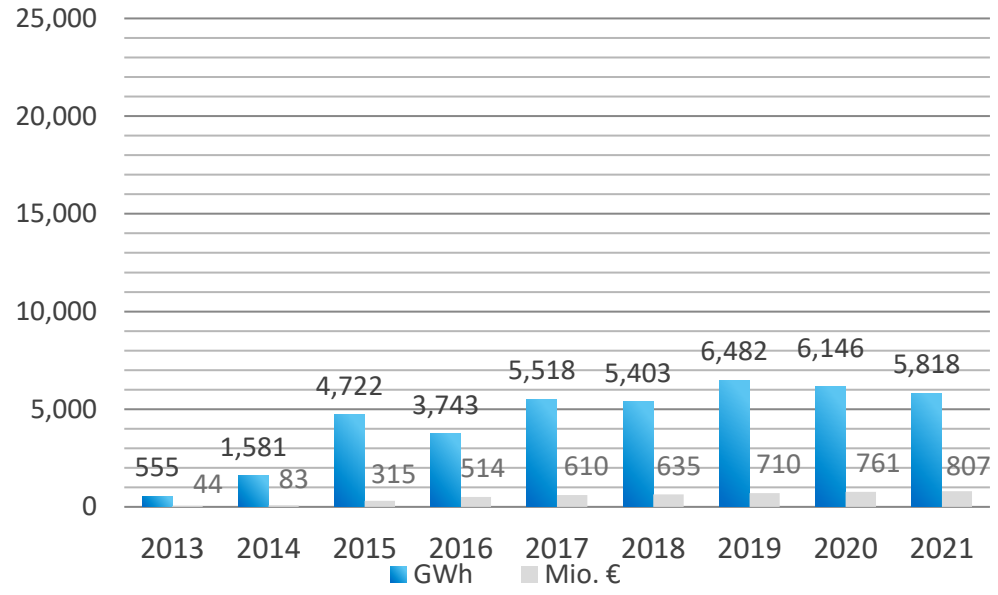
Million
EV Charging Stations

Source: EEG 2021, BNetzA, 2022 Prognosis Scenario B Network Development Plan,**PV & industrial battery storage systems. Graph: GTAI*

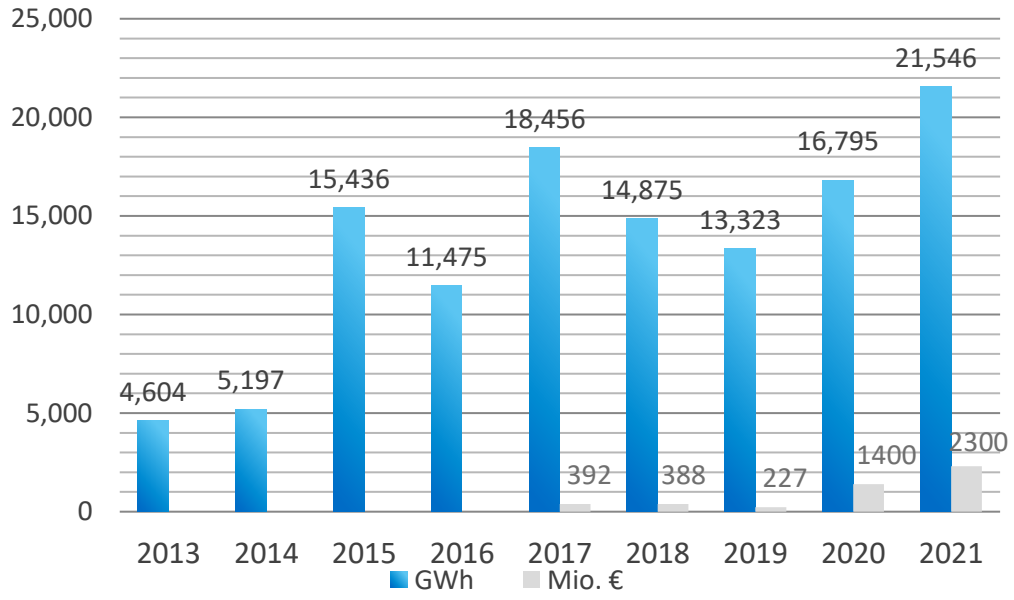
Development of Renewable Energy Curtailment

Long-term energy storage technologies are needed

Disconnected energy for grid stabilization and compensation
2013-2019



Redispatch development and compensation
2013-2021



German Federal Network Agency, Monitoring reports 2011-2022.

Example: Energiepark Mainz

Power-to-gas plant with PEM electrolysis

Key Parameters

- 6.3 MWel (3 stacks, each 2.1 MW)
- Hydrogen production: 200 tons/a
- Start of construction: October2012
- Start of operation: December 2016
- Partners: Stadtwerke Mainz, Linde, Siemens, Hochschule RheinMain

Goals

- Local grid integration by storing fluctuating renewable power
- Provision of ancillary services in the electricity grid (including negative control reserve)
- Intelligent and efficient hydrogen conditioning, storage, smart management structure

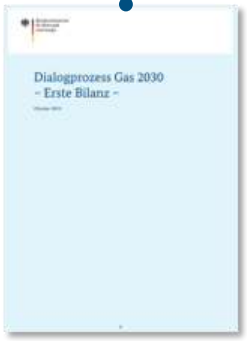
Source: Energiepark Mainz

Germany's National Hydrogen Strategy

Make hydrogen competitive

2019: Stakeholder dialogue on National Hydrogen Strategy across ministries

3 June, 2020: Coalition decision on stimulus package, incl. €9 billion for hydrogen



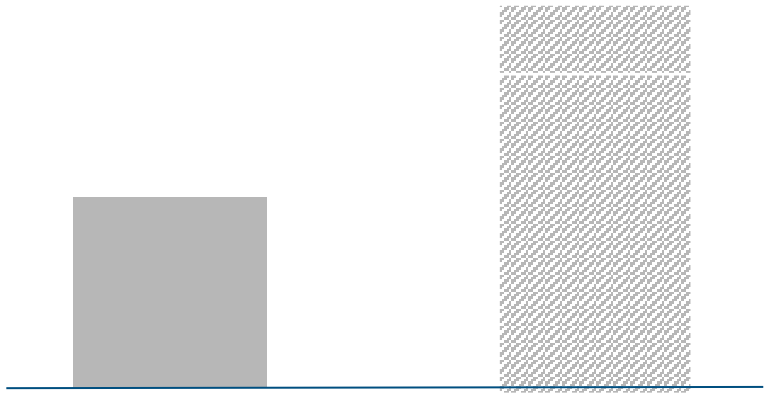
2019: Stakeholder dialogue "Gas 2030" run by Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

10 June, 2020: Cabinet adopts National Hydrogen Strategy

Source: Guidehouse 2020 based on BMWK 2020
Pictures: BMWK/BILDKRAFTWERK & BMWK/Andreas Mertens

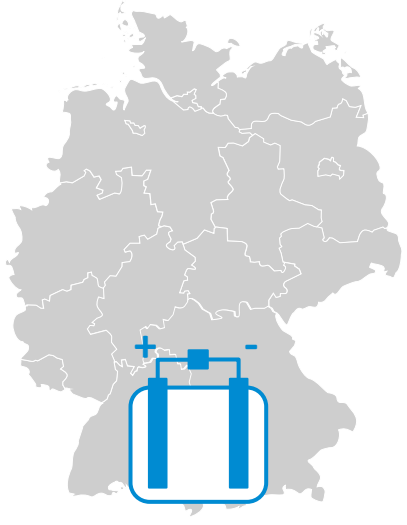
Domestic Hydrogen Market and Import Demand

Hydrogen (H_2) volumes foreseen for 2030



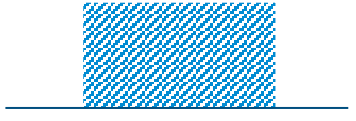
55 TWh
Germany's H_2 demand 2020

90-110 TWh
H_2 demand expected 2030



10 GW
Green H_2 production capacities planned for Germany by 2030

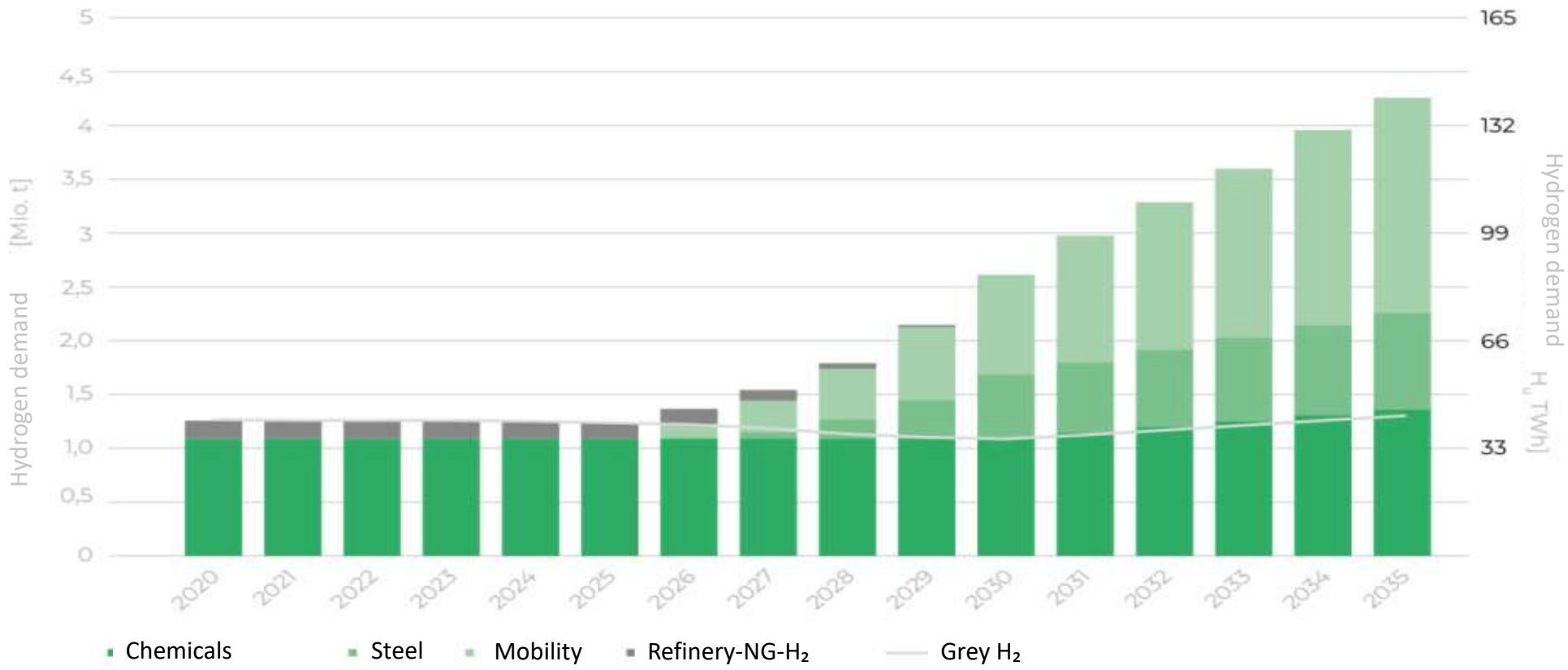
Import demand 2030:
up to 82 TWh H2,
~ 45 TWh green H2



28 TWh
Green H_2 domestic production 2030

Source: Guidehouse 2020 based on BReg 2020 & BMWK 2020

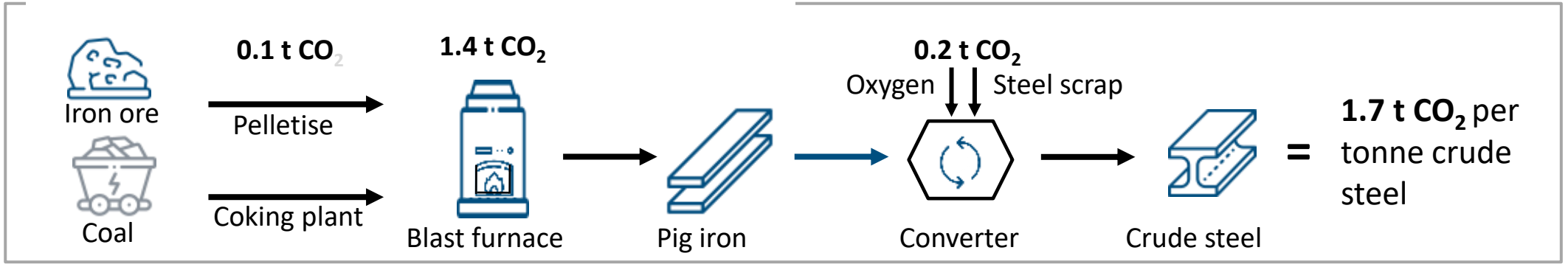
Hydrogen Demand in Various Sectors

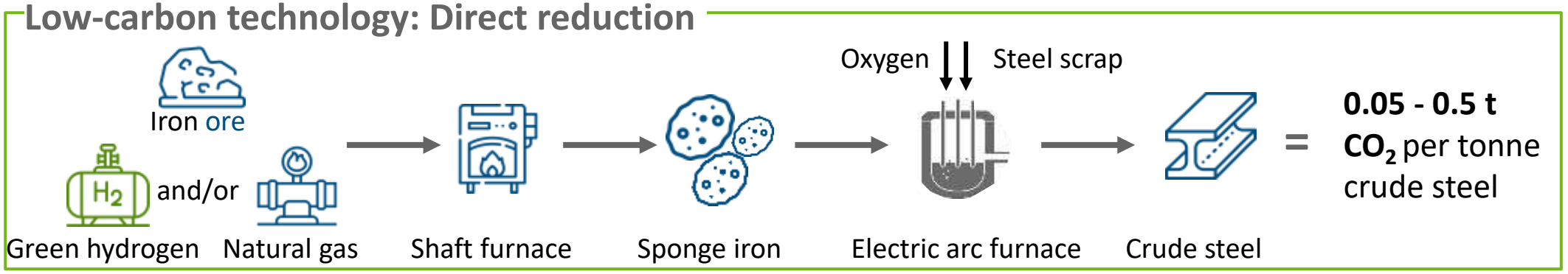


Source: German National Hydrogen Council

Green Steel Production

Green hydrogen can reduce CO_2 emissions by 97%





Source: Guidehouse 2021 based on BMU 2021 & Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019; Icons by flaticon.com

New Hydrogen Infrastructure

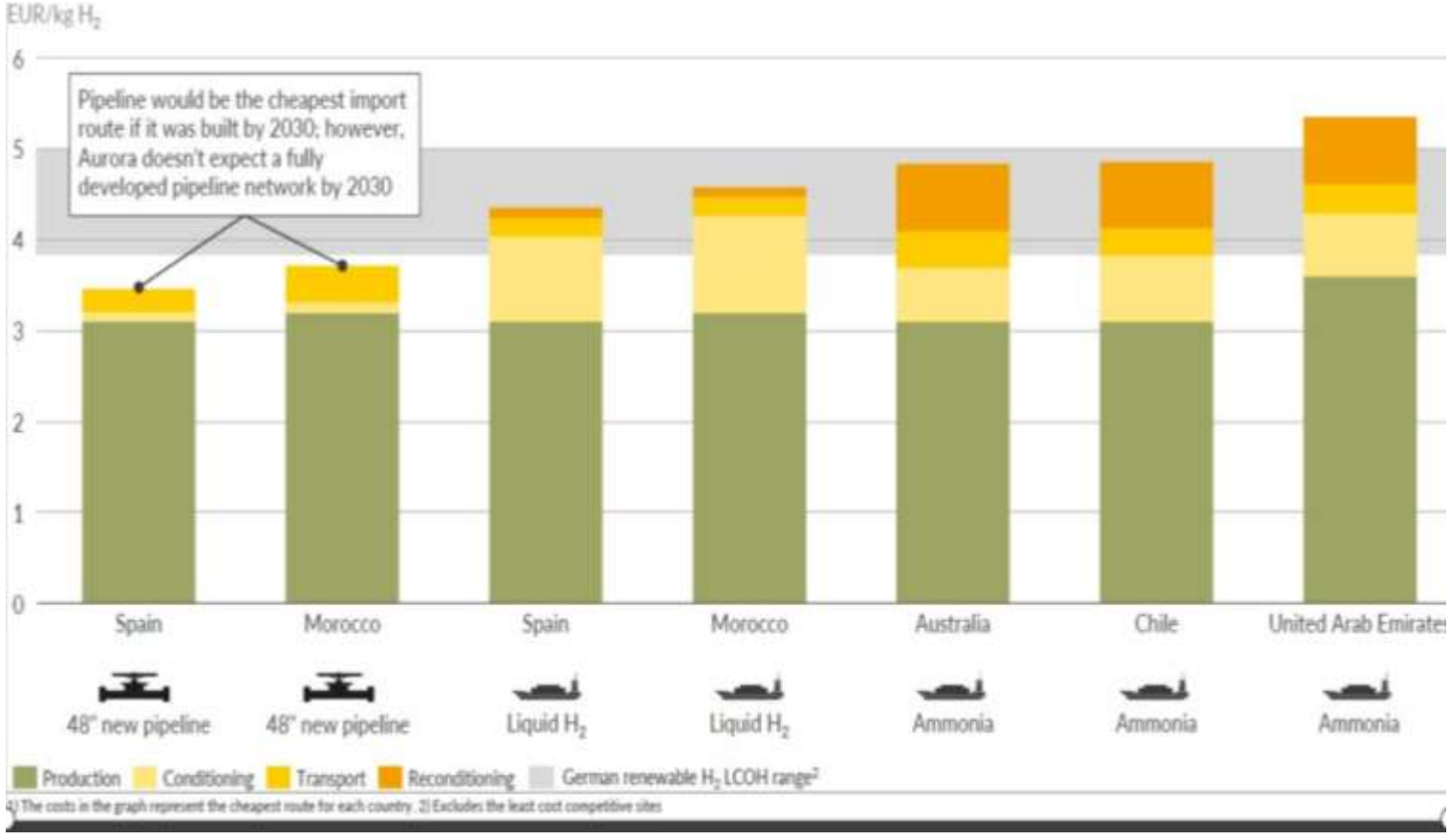
A pipeline network to supply the German industry

H_2 starter network 2030

- The NG infrastructure will be repurposed for hydrogen transport in connection with the European hydrogen backbone
- Storage capacity and 2 H2 pipeline networks already exist and will be further developed
- H2-ready LNG terminals are being built to import gas and H2 from overseas

Source: BMWK 2021, FNB Gas 2021, [Chemical Parks in Germany (gtai.de)](#) 2022

Levelised cost of hydrogen imports to Wilhelmshaven by 2030



Despite conditioning and transport costs, imports can be cheaper than domestically produced renewable H2 in Germany by 2030

Source: Aurora Energy Research

Contact Us

GTAI GERMANY TRADE & INVEST

Germany Trade & Invest is the economic development agency of the Federal Republic of Germany. The company helps create and secure extra employment opportunities, strengthening Germany as a business location. With more than 50 offices in Germany and abroad and its network of partners throughout the world, Germany Trade & Invest supports German companies setting up in foreign markets, promotes Germany as a business location and assists foreign companies setting up in Germany.

Contact

Heiko Staubitz
+49 (0)30 200 099-226
heiko.staubitz@gtai.com

Friedrichstraße 60
10117 Berlin
www.gtai.com

Supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
on the basis of a decision by the German Bundestag.

© Germany Trade & Invest
All market data provided is based on the most current market information available at the time of publication.
Germany Trade & Invest accepts no liability for the actuality, accuracy, or completeness of the information provided.

www.gtai.com/invest

ドイツのエネルギー供給確保に向けて

～ドイツのエネルギー転換と水素分野の現状と可能性～

（ハイコ・シュタウビッツ講演　概略）

産業用電力価格は2019年下半期から2022上半期までで倍以上(€0.08 kWh から €0.19 kWh)に高騰

⇒ ドイツ政府はガス・電力料金に上限設定（市場取引価格も2022年8月をピークに下降）

（EUの法的枠組み）

欧州グリーンディール ⇒ 2050年までに気候中立
⇒2030年までに温室効果ガス55%削減を求める

（ドイツ目標）

以下 三本柱で2045年までに気候中立（産業界は二酸化炭素排出を95%削減）：

- 再生可能エネルギー
- エネルギー効率
- グリーン水素

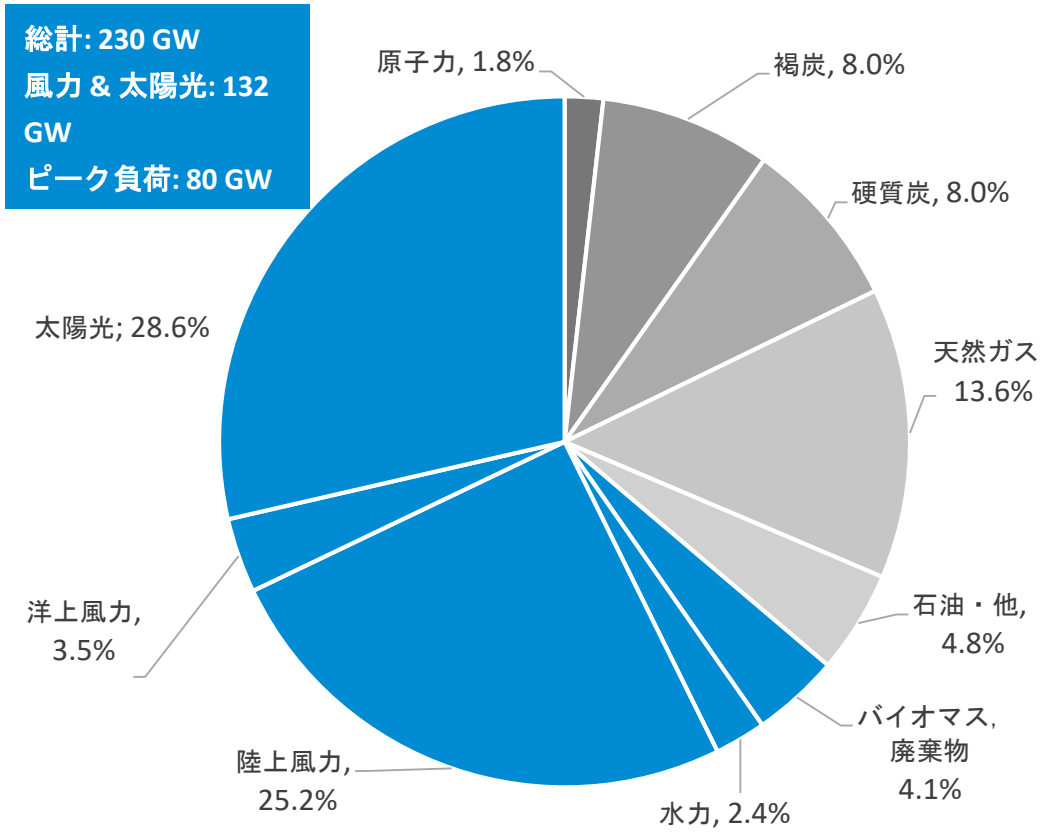
© GTAI

Photo: octopusenergy.group, MARKETS GERMANY 3/22 DIVERSIFYING DEUTSCHLAND, Germany Trade & Invest

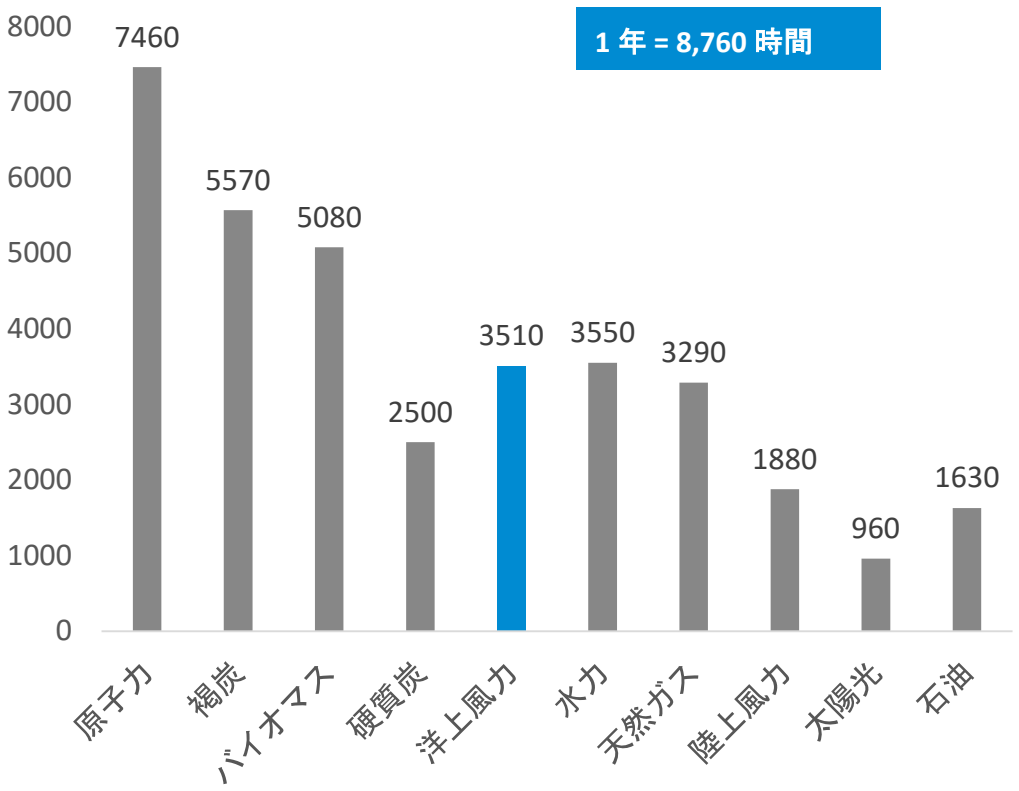
ドイツ電力市場と再生可能エネルギー

洋上風力発電が最も大きな可能性

エネルギー源ごとの設置容量 2022

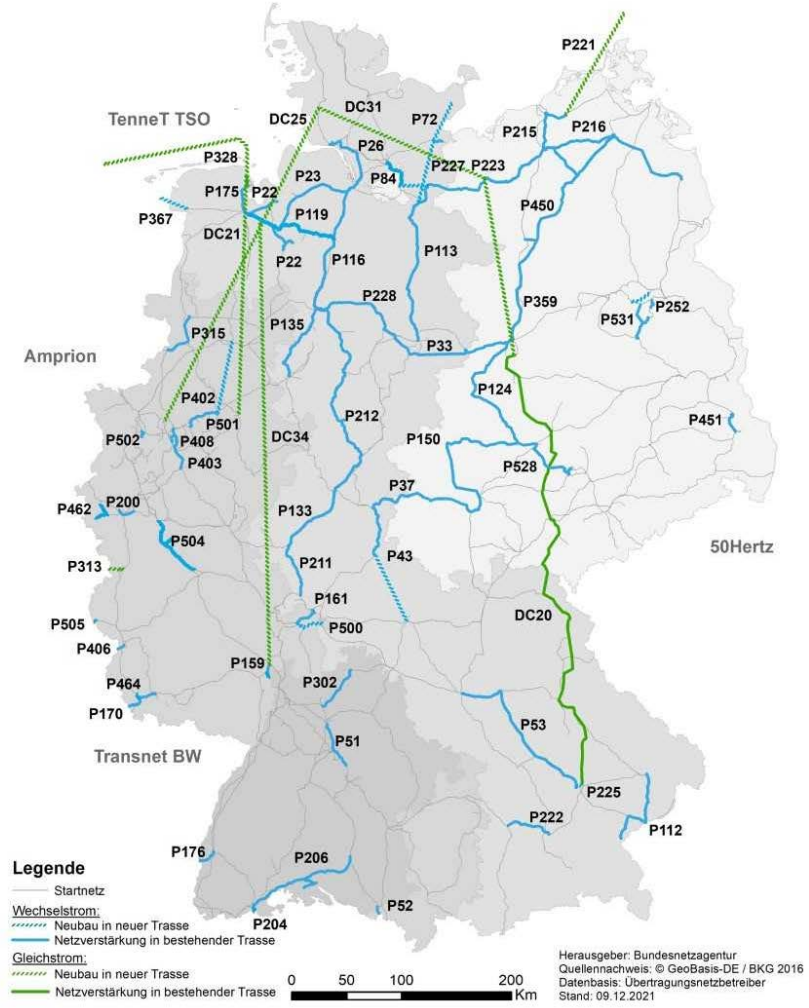


プラントタイプ毎のフル稼働時間 2020



Source: BDEW, 2022

ドイツの再生可能エネルギー



2030年消費電力に占める再生可能エネルギー割合目標: **80%**

⇒ 2022年には、中間目標を大きく上回る47%達成

太陽光発電目標：2030年に200GW

⇒ 複合年間成長率20%以上で設置が進められる予定

2035年までに送電網の大幅な拡張・拡大が必要

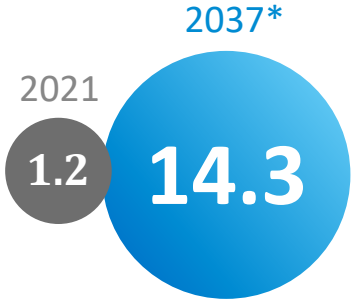
⇒ **DC**ネットワーク拡張 (**139**億ユーロ) / **AC**ネットワーク拡張 (**200**億ユーロ) / 補強 (**387**億ユーロ) を投資

国境を越えたヨーロッパ・グリッドの必要

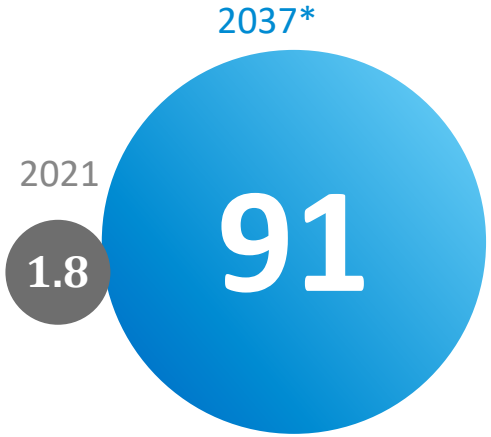
⇒ **10**カ年ネットワーク開発計画**2022**

Sources: 50HertzT, TenneT, Amprion, TransnetBW, internal data

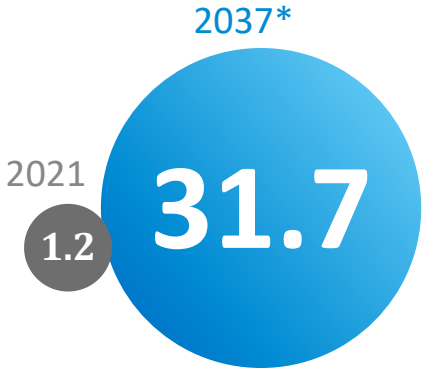
エネルギー効率



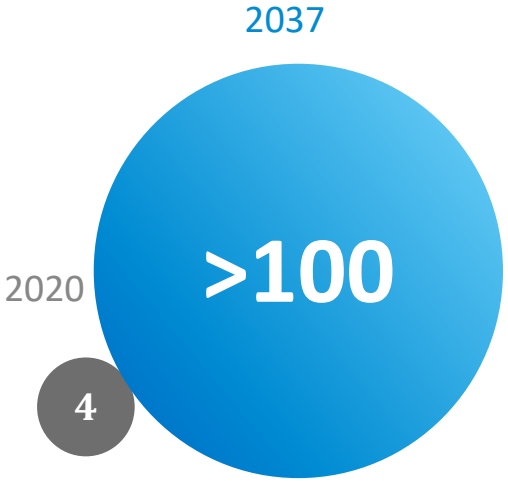
単位：百万台
ヒートポンプ



単位：GW
設置バッテリー容量**



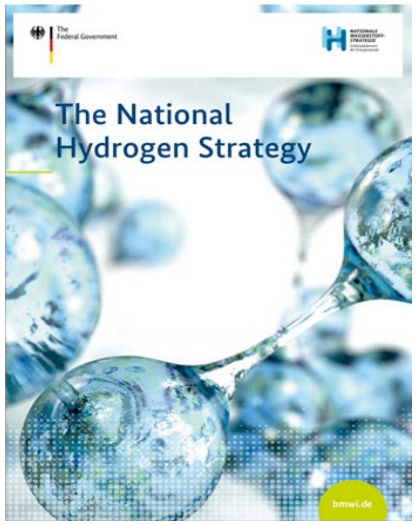
単位：百万台
電気自動車(EV)



単位：万基
EV 充電施設

Source: EEG 2021, BNetzA, 2022 Prognosis Scenario B Network Development Plan,**PV & industrial battery storage systems. Graph: GTAI*

グリーン水素

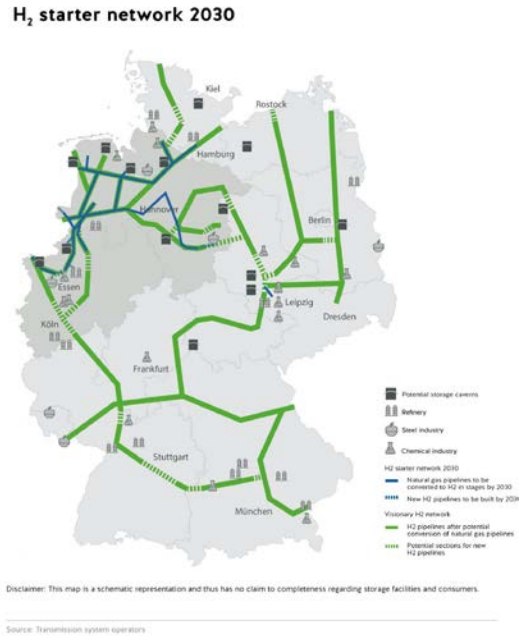


2020年6月、ドイツ政府は「国家水素戦略」を発表。

- 今後10年でインフラに90億ユーロ、内20億ユーロを水素輸入の国際協力
- 再生可能エネルギー由来「グリーン水素」の利活用と水素の競争力強化
- ドイツをグリーン水素のリーダーとすることを目指し、パイロットプロジェクトとR&Dを促進する

新水素インフラストラクチャー（パイプラインによる水素供給）

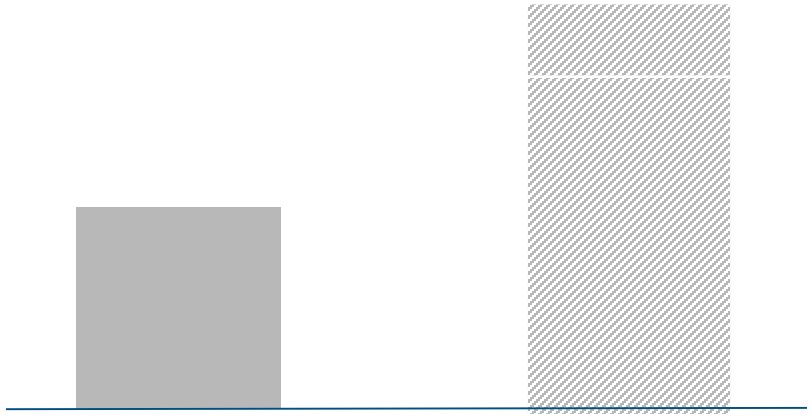
- 天然ガス パイプラインを水素輸送に転用し、欧州水素と接続
- 貯蔵容量と2 H2パイプラインネットワークは既存、さらに拡張
- 天然ガスと水素の両方を海外から輸入するための水素受入可能なLNGターミナルの建設が進行中



Source: Guidehouse 2022 based on BMWK 2022 & BMWK 2020

ドイツ国内水素市場と輸入需要

2030年における水素(H_2)容量予測

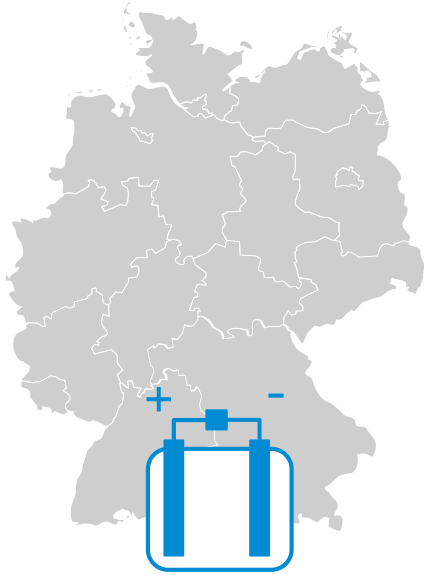


55 TWh

ドイツにおける
H_2 需要 2020

90-110 TWh

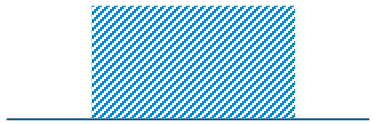
H_2 需要 2030
予測



10 GW

2030ドイツにおいて計画
されているグリーン H_2
製造能力容量

輸入需要 2030:
最大 82 TWh H2,
~ 45 TWh グリーン H2



28 TWh

グリーン H_2 国内 製造
2030

- 投資やR&Dには多くの財政的支援（EPCEI・NIP Ⅱ・H2 Global プロジェクト 等）が受けられる

Source: Guidehouse 2020 based on BReg 2020 & BMWK 2020

ドイツ貿易・投資振興機関(GTAI)について

Foreign trade and inward investment agency
of the Federal Republic of Germany

GTAI GERMANY TRADE & INVEST

（ドイツ貿易・投資振興機関）

Shareholder

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

（ドイツ連邦経済・気候保護省）

- ドイツ連邦政府が設立し、所有する経済振興機関
- ドイツ連邦経済・気候保護省の所管・後援
- ドイツ市場への事業拡大を計画している外国企業へ、アドバイスやサポートを無料提供
- 海外市場への進出を目指すドイツ国内企業に包括的な海外市場の情報を提供

GTAI GERMANY TRADE & INVEST

ドイツ進出へのサポートを無料で提供

- 主要産業の情報（市場分析・参入分析）
- 法規制の情報
- 税制についての情報
- 補助金・公的融資についての情報提供と支援
- 進出先（立地候補地）選定の支援
- 進出先の支援団体紹介

ドイツ貿易・投資振興機関 (GTAI)は
スマートエネルギ *Week*　FC Expo 国 際 水素・燃料電池展
（2023年3月15日～17日）に出展を予定しております

- ドイツ貿易・投資振興機関(GTAI)は

  「2023 国際 水素・燃料電池展 (FC Expo)」に

  出展予定

- 市場・産業最新情報、税制並びに法律枠組みや 助成金制度などの基礎情報を提供

- 個別ドイツ進出相談会(無料)にて、本日登壇の **Heiko Staubitz** によるドイツ現地ビジネス　ネット ワークへの案内や仲介を行う

- 速報！本年9月には、ザールラント州より、州首相も同行の経済ミッションが神戸を訪問、ネットワーク・イベントを行う予定（詳細が決まり次第ご案内致します）

FC Expo ドイツパビリオンの様子。ドイツへの事業拡大を検討する日系企業に対する無料の支援を提供

JETRO 大阪セミナー：ドイツのエネルギー転換 ～水素とバッテリー～
日本とドイツの国境を越えたビジネスと技術の連携について

化石燃料と原子力エネルギーの脱却と再生可能エネルギーの市場統合を目指すドイツの「エネルギー転換」は、2020年6月に打ち出された「国家水素戦略（NHS）」により水素促進のプロセス全体が強化され、ドイツ市場での事業展開を計画する外国企業にさらなる投資インセンティブが提供されています。

本セミナーではドイツに本拠地を置く世界的な電解プラント・エンジニアリング企業であるティッセンクルップ・ニューセラ株式会社とドイツ貿易・投資振興機関(Germany Trade & Invest: GTAI)が、日独間の協力の枠組みやドイツ市場における日本企業のビジネスチャンスをご紹介します。

2019年JETRO 大阪セミナーの様子

- 日時：2023年3月22日（水）14：00-16：00
  （受付開始13：30）参加無料、事前登録要
  https://www.jetro.go.jp/events/osc/c8688cda69f7d900.html
- 場所: ジェトロ大阪本部（大阪市中央区安土町2丁目3-13大阪国際ビルディング29階）
- 主催：ジェトロ大阪本部、ドイツ貿易・投資　振興機関（GTAI）
- 共催：大阪・神戸ドイツ連邦共和国総領事館、ティッセンクルップ・ニューセラ株式会社