

グループビジョン2030進捗報告会

カーボンニュートラルへの挑戦

－サステナビリティ社会に向けたKawasakiのソリューション－

2021年12月9日

川崎重工業株式会社

代表取締役社長執行役員

橋本 康彦

 **Kawasaki**
Powering your potential

カワる、
サキへ。
Changing forward



New Values

安全安心リモート社会



Cross Over

つぎの社会へ、 信頼のこたえを

Trustworthy Solutions
for the Future



© HySTRA

エネルギー・環境ソリューション



近未来モビリティ

Frontier



© HySTRA

カーボンニュートラルへの挑戦

– サステナビリティ 社会に向けたKawasakiのソリューション –

1. カーボンニュートラル実現に欠かせない「水素」エネルギー

2. ここまで来た「水素発電」

3. 「水素」で動くモビリティが新たな価値を生む

4. CO₂の分離回収によるカーボンニュートラルへの貢献

5. 多くの仲間とともに

世界の温暖化抑制目標

2018年 IPCC※ Global Warming of 1.5°C

※IPCC：気候変動に関する政府間パネル

2050年に、**CO₂ 100%削減**
2100年での温度上昇**1.5°C以下**に

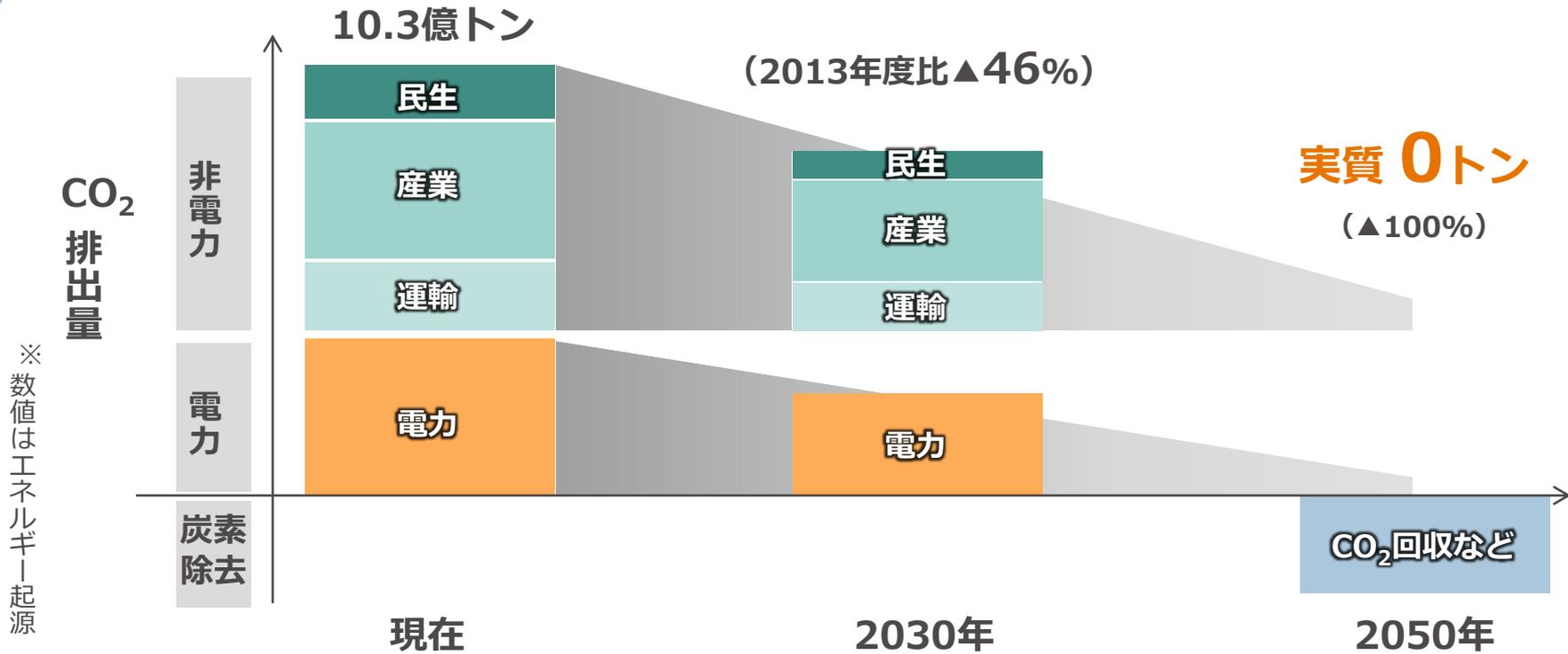
COP26においても1.5°C目標は堅持

(日本)

2050年までに、**CO₂排出実質ゼロ**を目指す方針

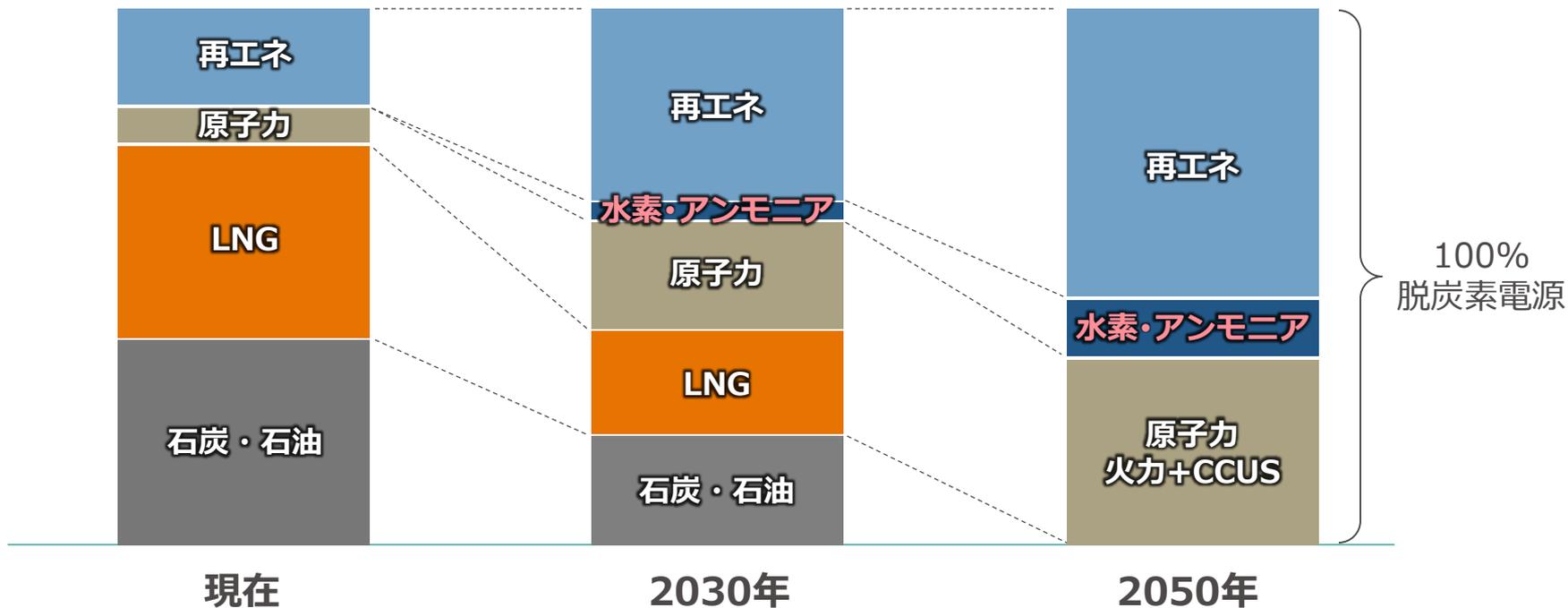


日本の2050年カーボンニュートラル達成のシナリオ



※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, 2021年6月」を元に当社作成

カーボンニュートラル達成に向けた電源構成

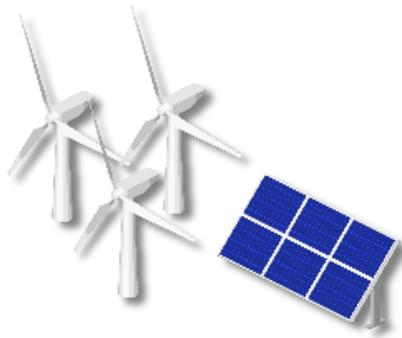


※経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 2020年12月」および、「第6次エネルギー基本計画, 2021年10月」を元に当社作成

再生可能エネルギー

(日本政府の方針)

カーボンニュートラルの実現に向けて、電化、電源の脱炭素化を推進し、**再生可能エネルギーの最大限の導入**を図っていく。



(課題)

- 日照や風況などの自然制約、変動する出力への対応
- 限られた国土で、さらに導入拡大するには制約あり など

他のクリーンエネルギーとの併用が必須

当社は、**水素** のリーディングカンパニーとして
世界のカーボンニュートラルに貢献

国内の水素エネルギー導入

安価かつ大量の水素供給には

海外からのCO₂フリー水素

- ・化学プラントなどで副次的に発生する“副生水素”
- ・水の電気分解（再エネ由来など）など

300万
ton/年

2,000万
ton/年

発電用

モビリティ用

工業用

2020

2030

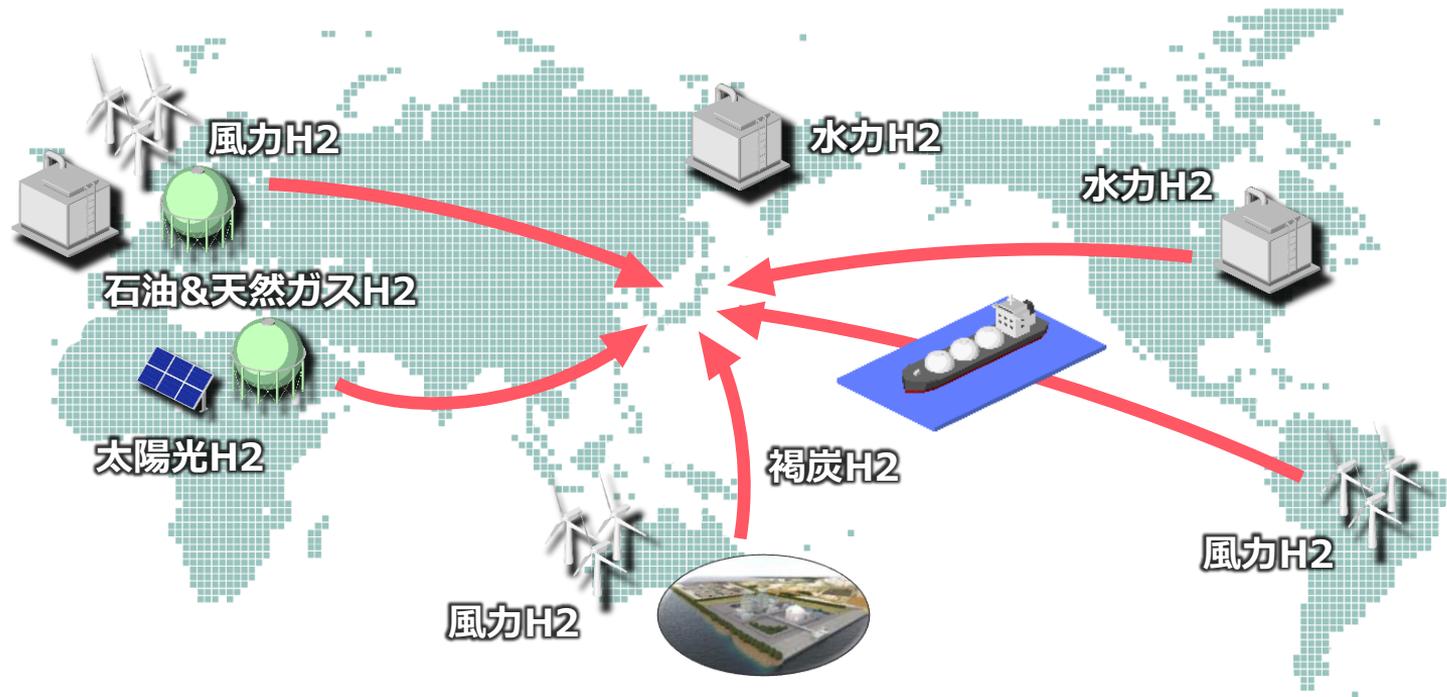
2050

※経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案), 2021年3月」を参考に当社試算

経済安全保障

水素は、様々な国や資源から水素が調達できる

▶ 我が国のエネルギーセキュリティを担保



水素製造コスト

再エネ由来の水素普及までは、化石燃料由来の水素を併用



※IEA「Energy Technology Perspectives 2020」を参考に当社作成

化石燃料の中の未利用資源である褐炭に着目し、安価かつ大量に水素をつくる

褐炭採掘現場
(豪州・ラトローブバレー)



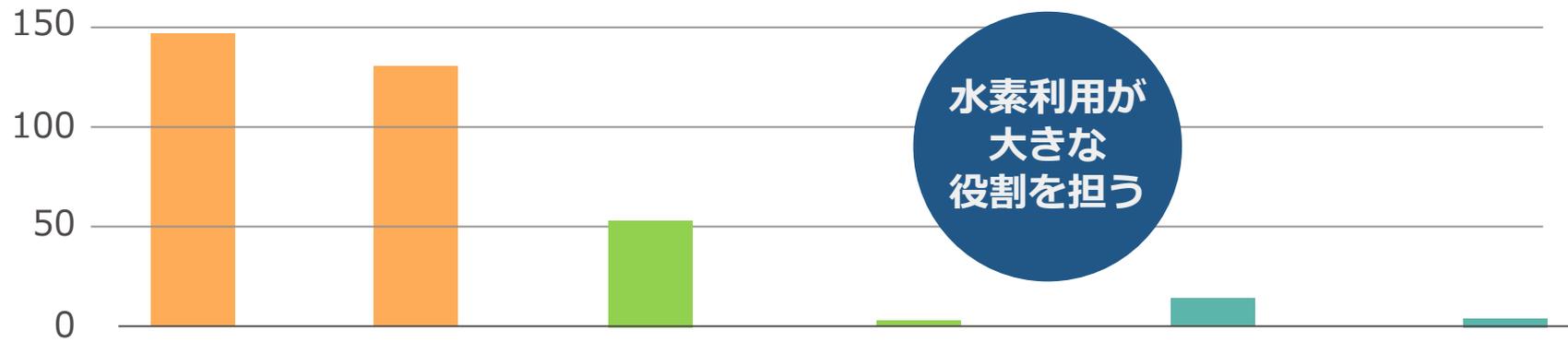
(日本の総発電量の240年分に相当する褐炭が存在)

CO₂排出量の例

パワートレイン別、乗用車のCO₂排出量

(Well to Wheel)

(g-CO₂/km)



水素利用が
大きな
役割を担う

ガソリン車

ディーゼル車

EV

一般電源から
充電

EV

カーボンフリー
電源から充電

FCV

再エネ由来または
化石燃料由来+CCS
水素

FCV

カーボンフリー
(燃料製造など)

※財団法人 日本自動車研究所「総合効率とGHG排出の分析報告書」、
みずほ情報総研(株)「ライフサイクルを考慮した水素の温室効果ガス排出量に関する評価報告書(概要版)」を参考に当社作成

海外から国内への水素輸送手段

	アンモニア(NH3)	有機ハイドライド(MCH)	液化水素
体積 (対、気体)	1/1300	1/500	1/800
液体となる条件	-33℃・常圧	常温・常圧	-253℃ ・常圧
毒性	強い毒性・腐食性	トルエンに毒性	無
直接利用	石炭火力の混焼など (純水素は分離が必要)	不可 (水素分離が必要)	蒸発させてそのまま利用
輸送インフラ	既存技術で流通可 (ケミカルタンカーなど)	既存技術で流通可 (ケミカルタンカーなど)	国内流通は 産業規模で広く普及
利用拡大に向けた課題	脱水素設備の開発 直接利用の技術開発	水素分離の エネルギーロス削減	極低温での 大型国際輸送技術の開発

※資源エネルギー庁「水素関連プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性、2021年4月」等を参照し作成

水素を「はこぶ・ためる」 30年の実績



液化水素タンク（種子島宇宙センター）



液化水素コンテナ

技術実証の進捗

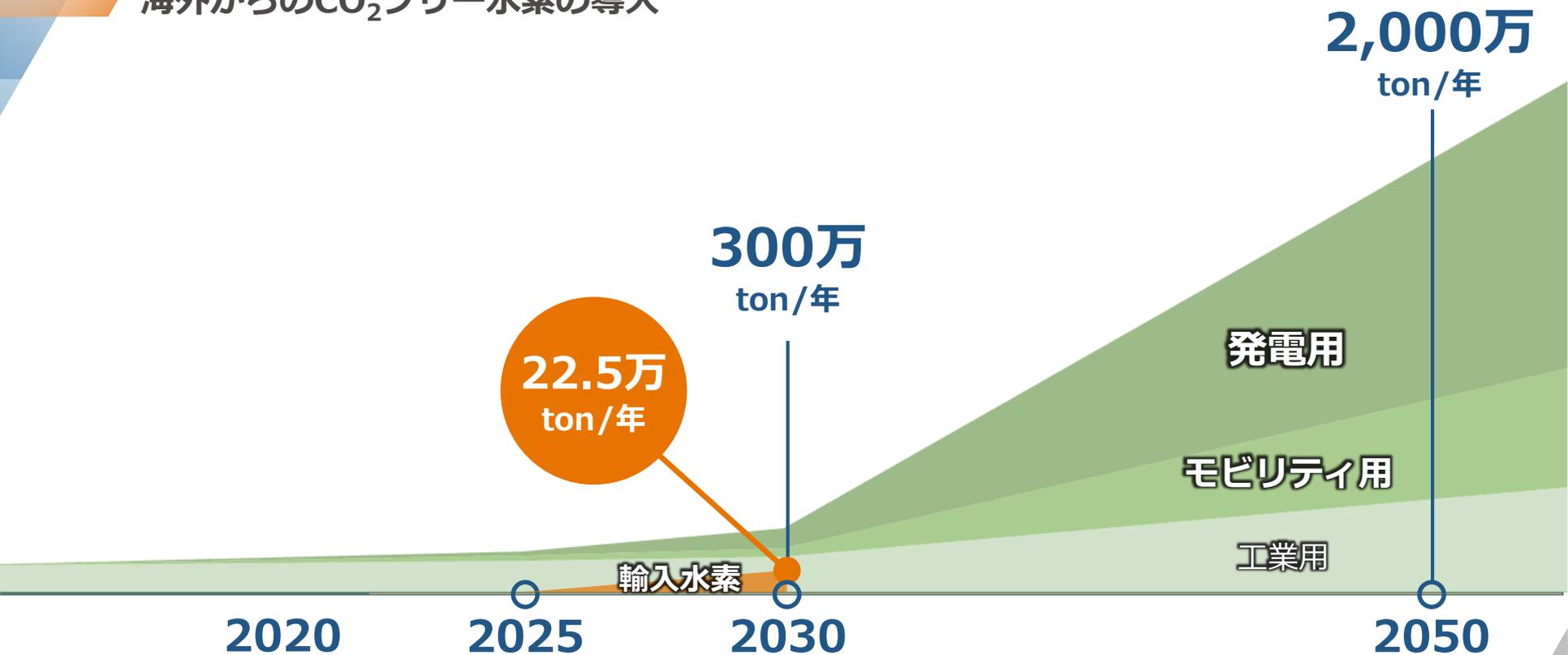


液化水素運搬船に関する国際機関の承認

2016年、日本が提案していた液化水素運搬に関する安全要求案が、
国連のIMO（国際海事機関）にて正式承認



海外からのCO₂フリー水素の導入



※経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案), 2021年3月」を参考に当社試算

水素コスト（技術実証から商用化へ）

現在



小型水素運搬船
(1,250m³)



約170円/Nm³

※CIFコスト

89円/Nm³

36
t/年

液化水素運搬船

22円/Nm³

0.1
t/day

水素製造 + CCS

30円/Nm³

5
t/day

水素液化

33円/Nm³

2,500
m³

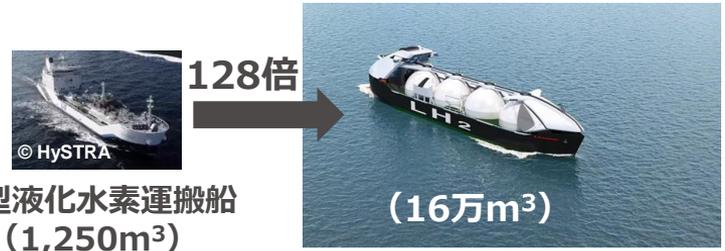
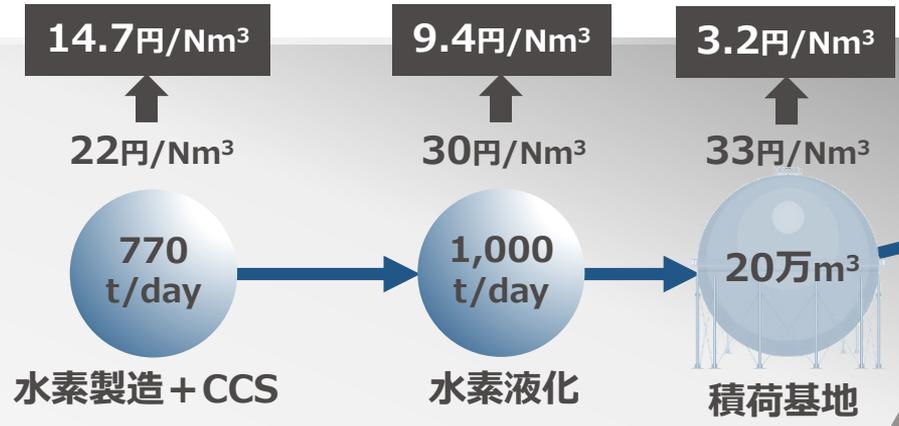
積荷基地

豪州

※経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案), 2021年3月」

水素コスト（技術実証から商用化へ）

2030年



2.5円/Nm³

89円/Nm³

22.5万 t/年

液化水素運搬船

約170円/Nm³

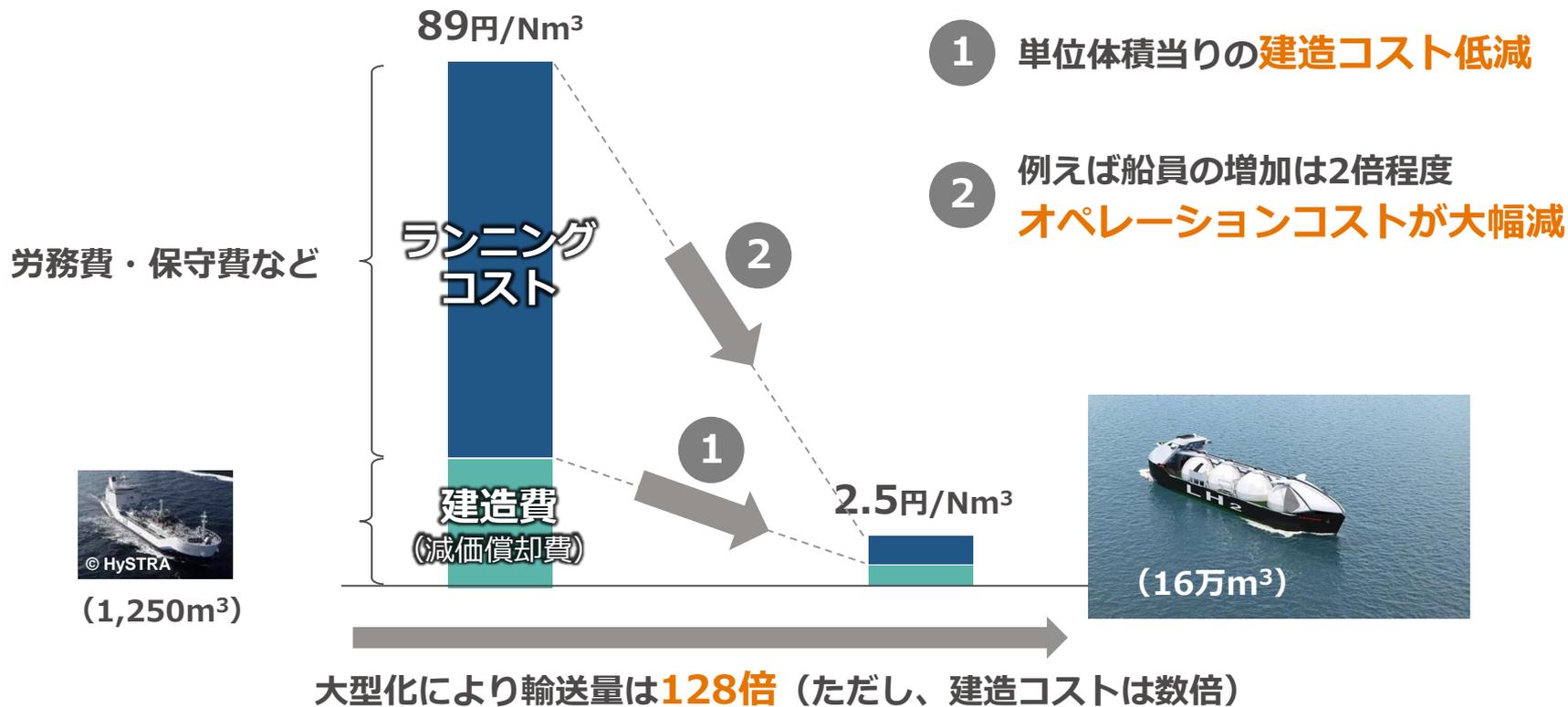
30円/Nm³

2050年 20円/Nm³



※経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案), 2021年3月」

液化水素運搬船の大型化による海上輸送コストの低減



※本図はイメージです。グラフの比率は実際とは異なる場合があります。

「水素サプライチェーンの商用化実証」が

NEDOグリーンイノベーション基金事業に採択

- 本基金への採択は、水素商用化の実現に向けた大きな一歩
- 日本水素エネルギー※・ENEOS・岩谷産業の3社で、数万トン/年の大規模実証

事業規模：約**3,000**億円
内、補助金は約**2,200**億円

対象事業

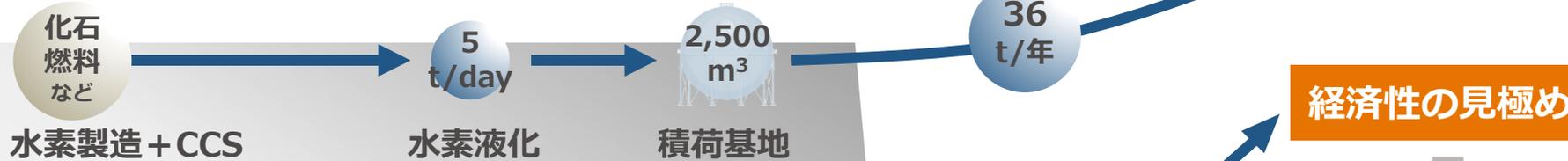
1. 液化水素サプライチェーンの商用化実証（2021-2029年度）
2. 水素液化機向け大型高効率機器の開発（2021-2030年度）

※当社100%子会社

★ 実証に必要な大規模設備は当社が供給することを想定

商用化実証の位置付け

- 現状技術 -



商用化実証

グリーンイノベーション基金



同様の機器を複数供給

商用化



カーボンニュートラルへの挑戦

– サステナビリティ 社会に向けたKawasakiのソリューション –

1. カーボンニュートラル実現に欠かせない「水素」エネルギー

2. ここまで来た「水素発電」

3. 「水素」で動くモビリティが新たな価値を生む

4. CO₂の分離回収によるカーボンニュートラルへの貢献

5. 多くの仲間とともに

水素発電の将来需要

2030年時点で、国内で約90億kWhの水素発電が政府目標



2030年

発電設備容量に換算し、約1,000MWと想定

← 水素発電のパイオニアとして
目標達成に向けて先導し、早期普及を図る

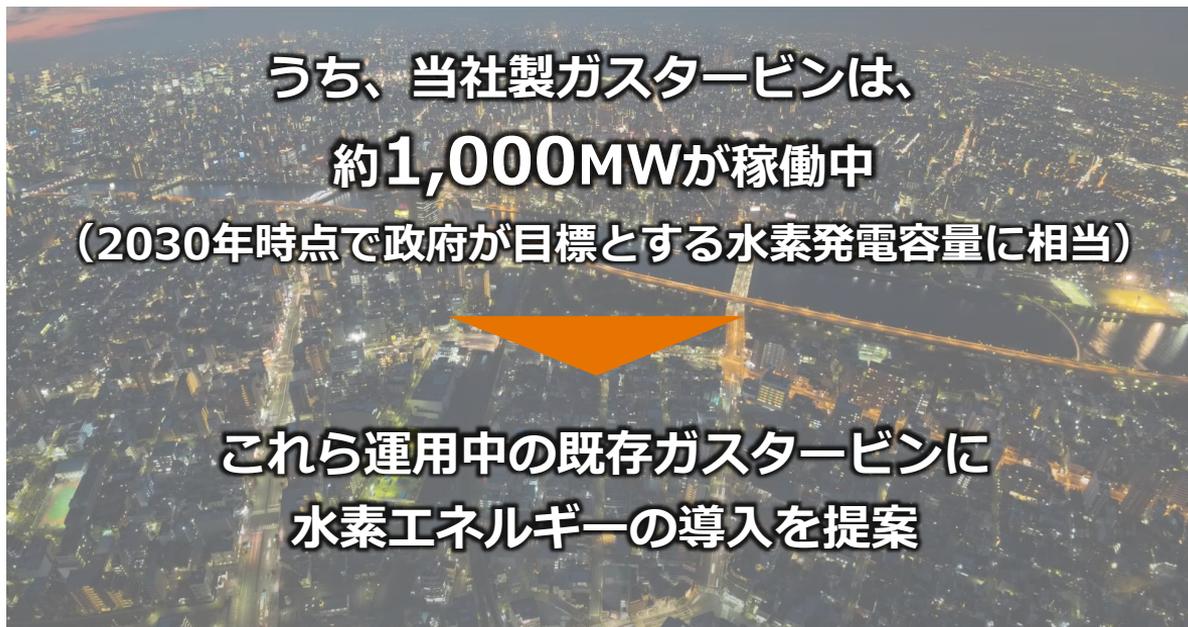
自社において水素発電を軸としたゼロエミッション工場



既存の発電設備への水素エネルギー導入の提案

既存ガスタービンへの水素エネルギー導入ポテンシャル

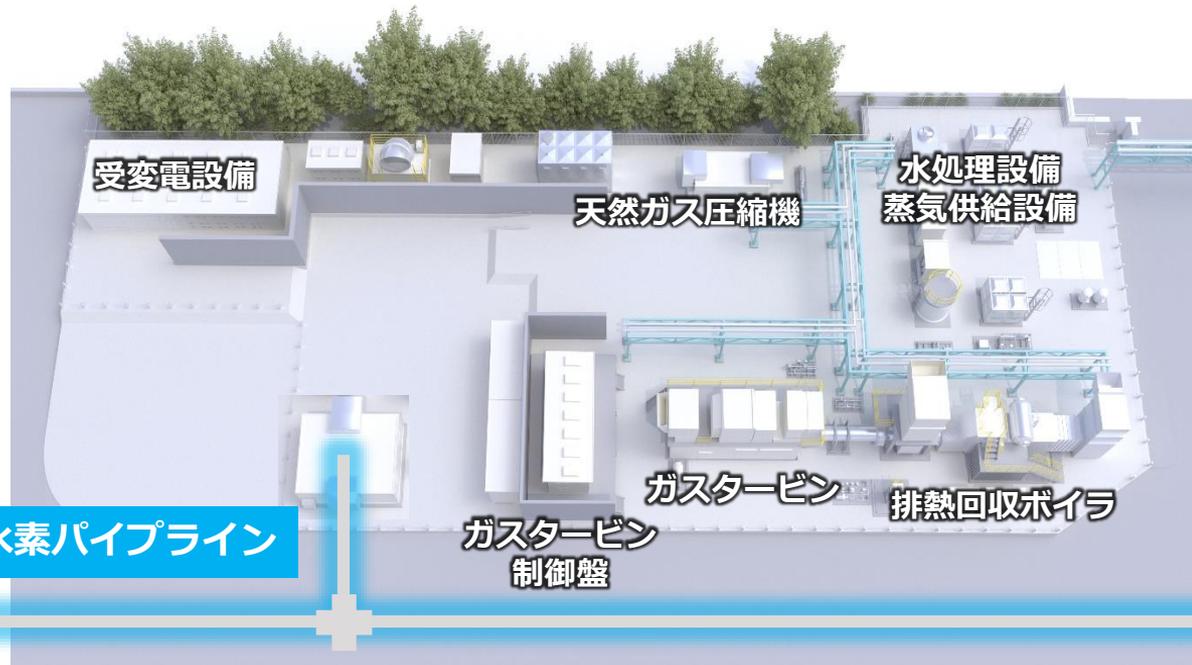
既存の天然ガス焼きガスタービンの発電設備容量は約5,000MW※



※コージェネレーション財団「原動機種別導入状況」を参考に当社試算

ガスタービン発電の水素エネルギーへの移行

インフラ設備を大きく変更することなく、水素エネルギーへの移行が可能



水素混焼 ～30%

水素パイプラインから
燃料供給できるケースでは
既存設備を大きく変更せずに
使用可能

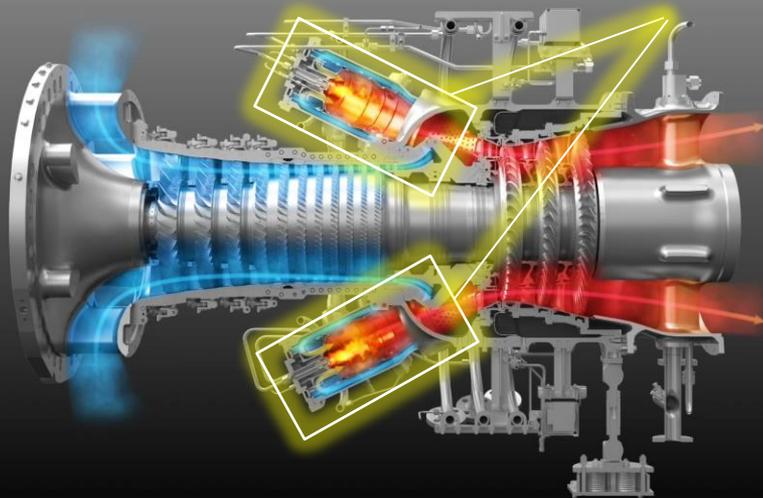
これだけで、
CO₂排出量は**10%**低下

ガスタービン発電の水素エネルギーへの移行

水素混焼 30%~100%(専焼)

ガスタービン本体の一部改修で対応可能※

燃焼器のみを換装



改修コストは、
ガスタービンの全体コストの

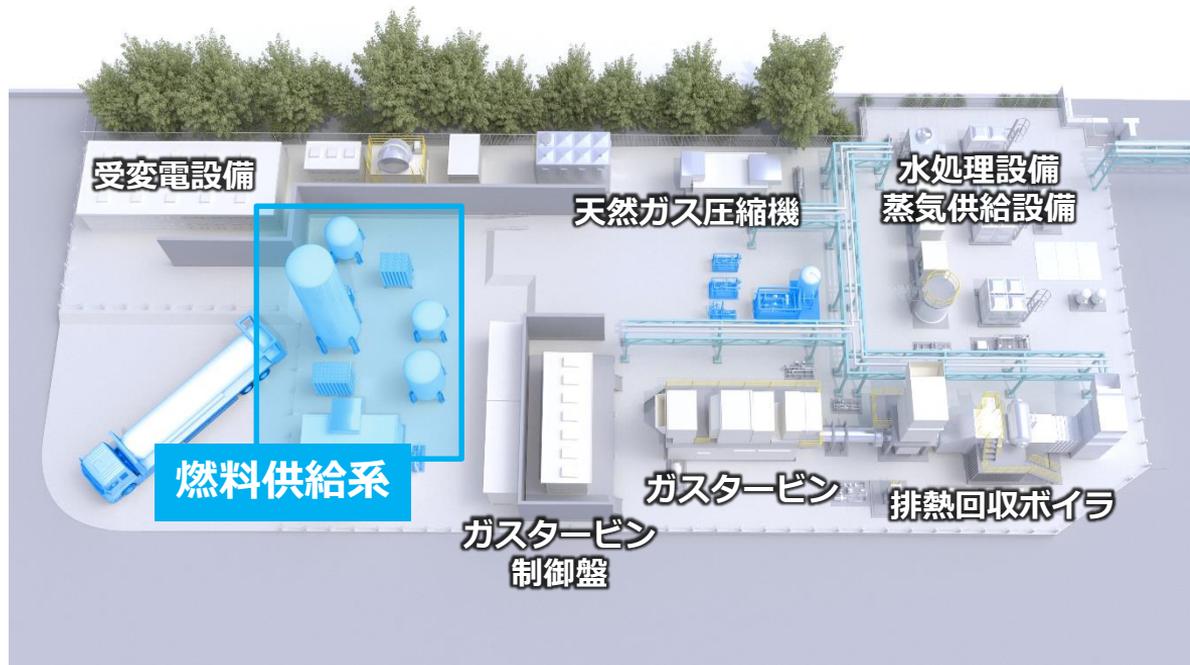
10%程度

水素専焼による
カーボンフリー電力

※防爆対応のためのスペースがあることが前提条件

ガスタービン発電の水素エネルギーへの移行

パイプラインが整備されておらず、自社で独立した水素供給設備を設置する場合



改修コストは、
ガスタービンの
10%程度 (燃焼器)

+

発電所全体の
25%程度

※当社試算の例、サイト条件によって異なる

水素発電は「実証」から「商用化」へ

2018年4月、世界初の市街地で水素100%による熱電供給を達成

(水素CGS活用 スマートコミュニティ技術開発事業)



水素CGSから発生した熱や電気を
近隣の4公共施設に供給



※CGS : Co-Generation System (電気と熱を供給するシステムの総称)

水素発電は「実証」から「商用化」へ



発電出力3.4万kW
(水素混焼 20~50%)

西部石油(株)殿向け水素発電プラント*
(2021年8月運転を開始)

*本案件は石油製品の精製過程で
発生した副生水素を使用

水素流通

国内の多様な輸送形態のニーズに応え、水素利用の拡大に貢献
当社は高圧ガス輸送にも液化水素輸送にも対応



オフサイト型水素ステーションへの輸送
(日本初の複合容器搭載・圧縮水素トレーラ)



発電所などの大量消費地まで
液化水素を陸上輸送する液化水素コンテナ

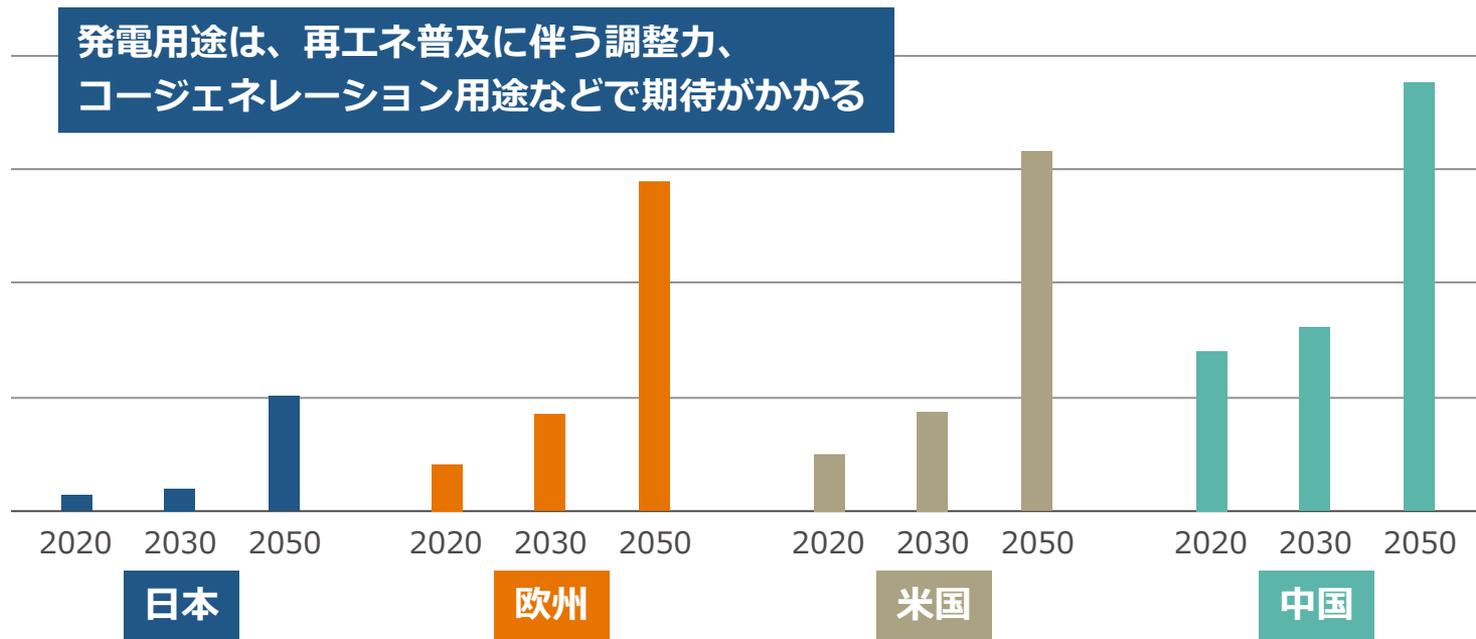
国内の水素流通は、高圧ガスから液化水素へ
(海外でも“液化水素”輸送基地が数多く建設)

水素発電のグローバル展開

2030年以降、グローバルで水素利用が急速に拡大

(万ton/年)

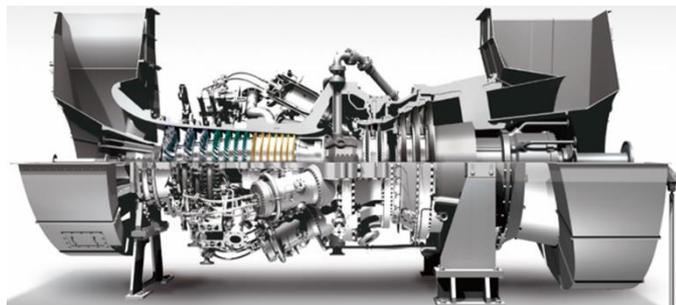
水素需要



※各国の水素ロードマップを参考に、当社にて推定

欧州での水素発電実証プロジェクト

独・大手電力会社RWEと
水素燃料100%の
発電実証運転開始に向けた協議を開始



30MW級ガスタービン



実施予定場所：ドイツ ニーダーザクセン州リンゲン

当社グループにおけるカーボンニュートラルへの取組み



明石工場

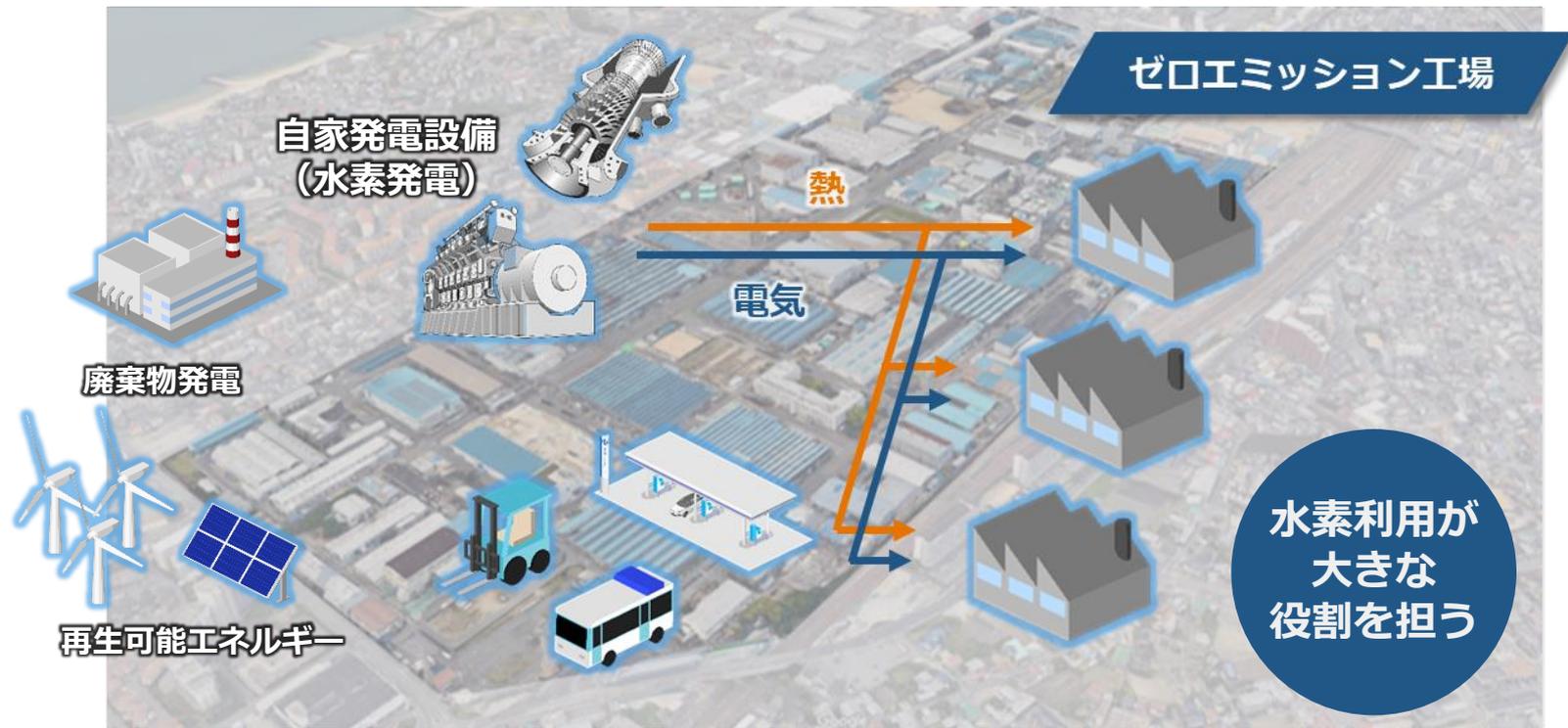
年間約30万tonのCO₂を排出
(国内工場)



岐阜工場

当社グループにおけるカーボンニュートラルへの取組み

自社工場で排出するCO₂を削減



海外からのCO₂フリー水素の活用

発電容量100MWは、
2030年時点で政府が目標とする
水素発電容量の**10%**に相当

豪州→国内
水素輸送
(2030年時点)

22.5万
t/年

4.5万
t/年

日本

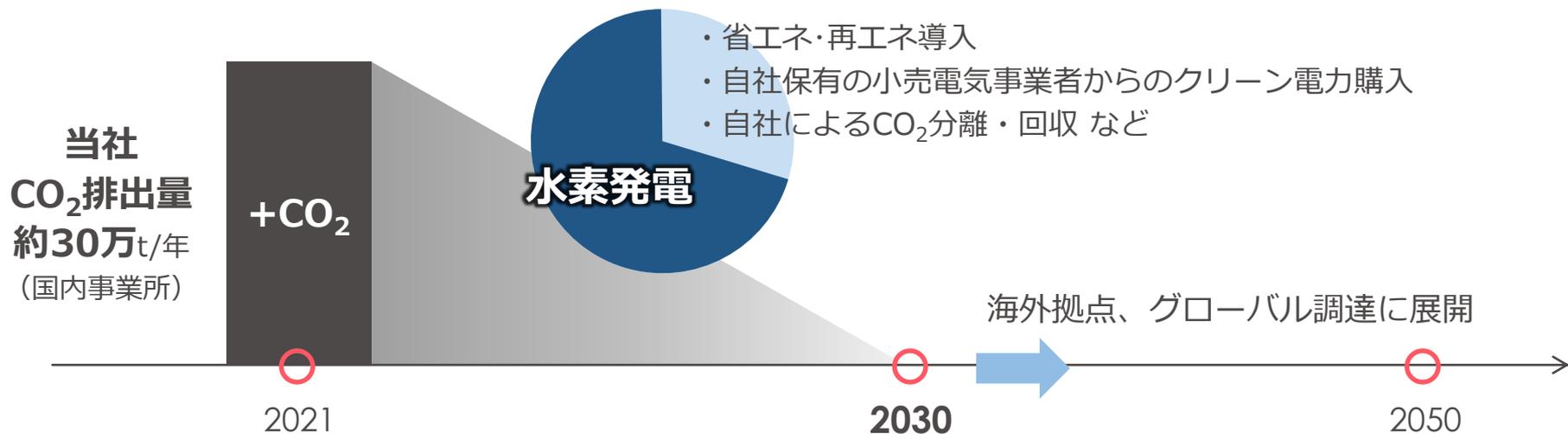
水素発電事業
(川崎重工)

水素発電
100MW

自社工場など

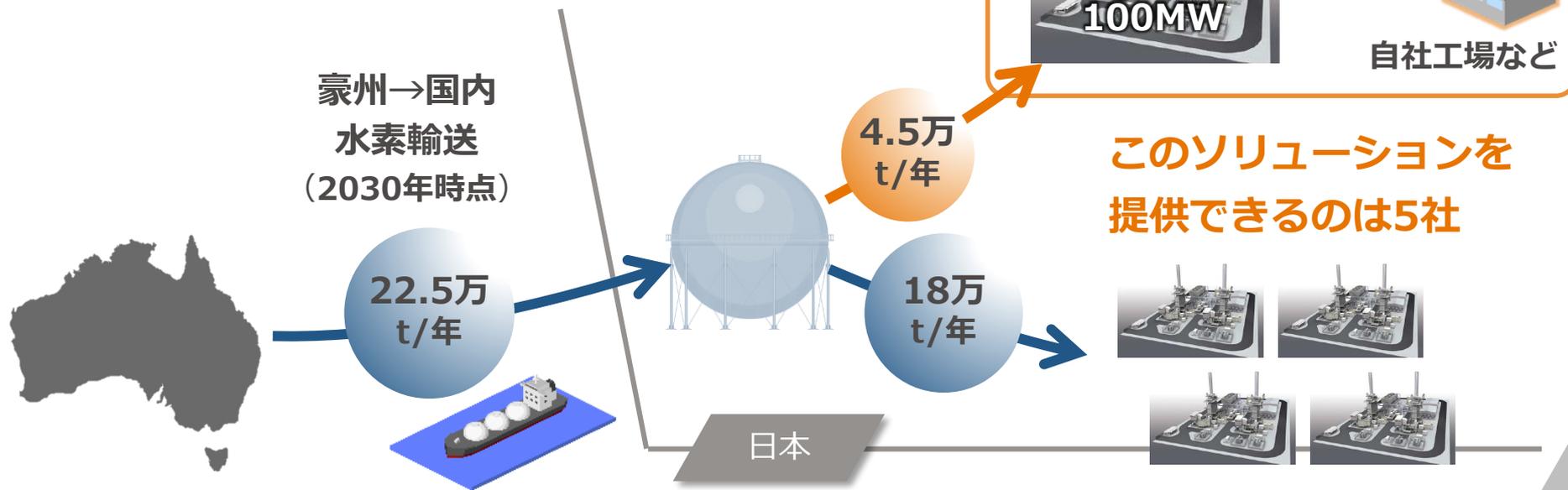
事業活動におけるCO₂排出削減「ゼロエミッション工場」

当社は2030年を目標に、水素発電を軸とした自主的な取組みにより、
自立的なカーボンニュートラルを目指す

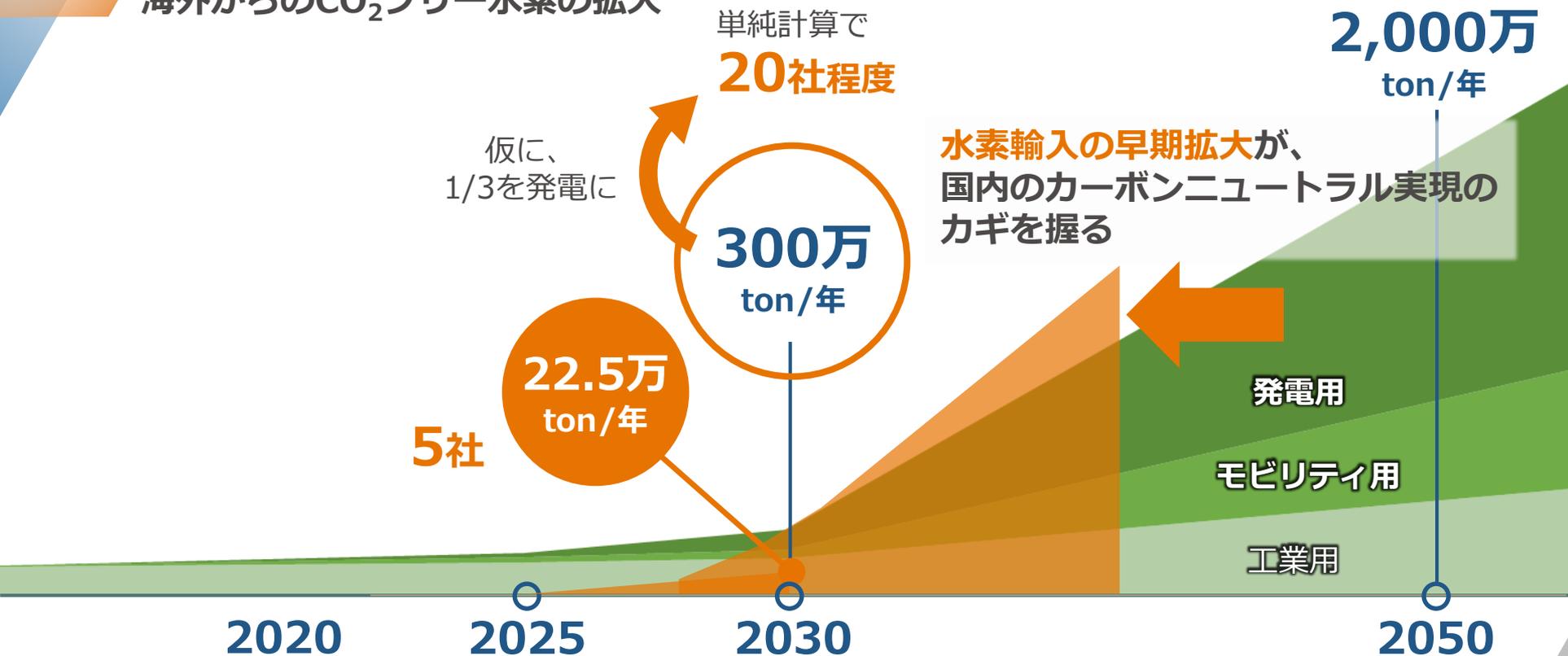


海外からのCO₂フリー水素の活用

仮に、22.5万t/年の全てを発電に供した場合、

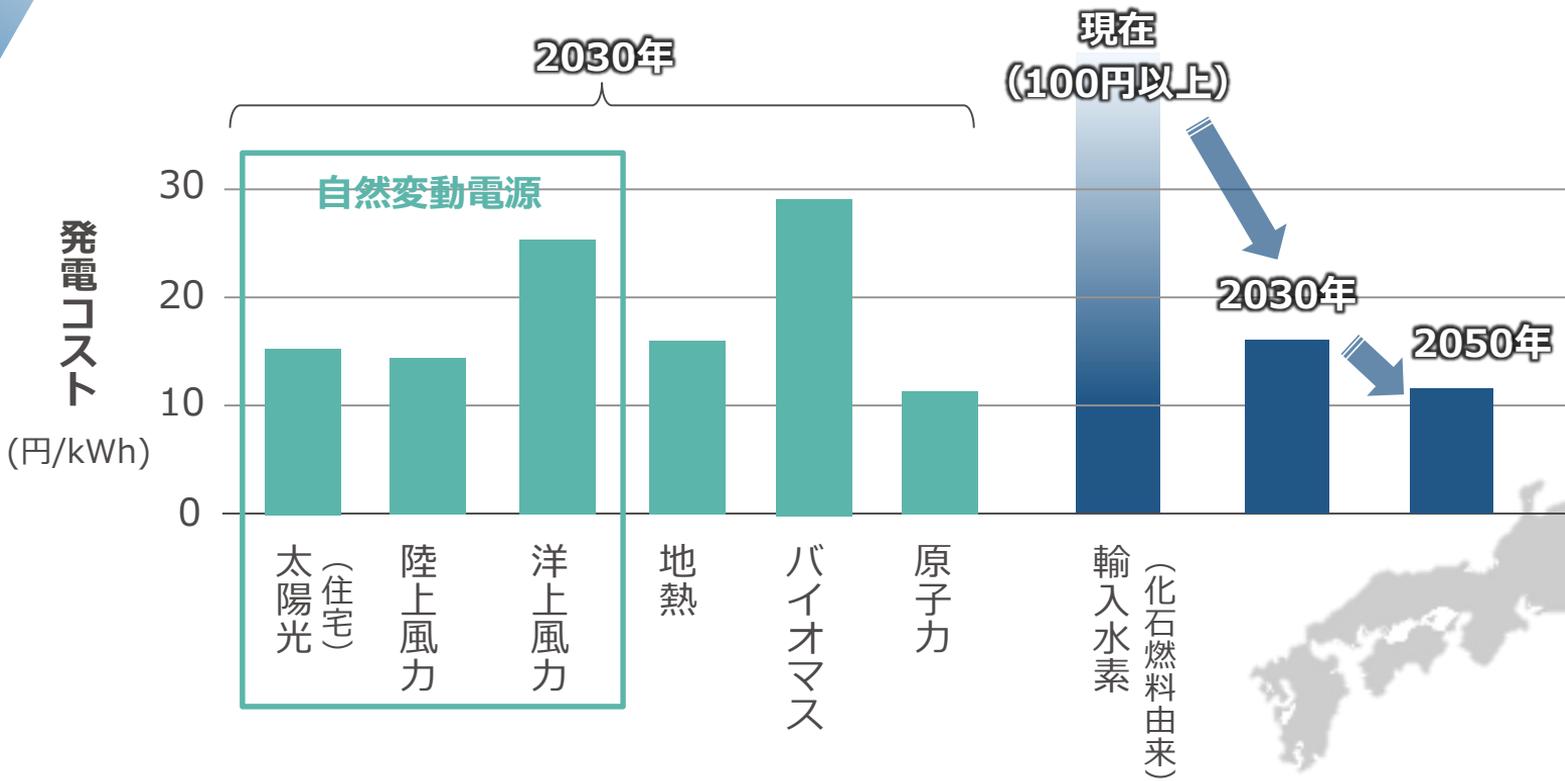


海外からのCO₂フリー水素の拡大



※経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案), 2021年3月」を参考に当社試算

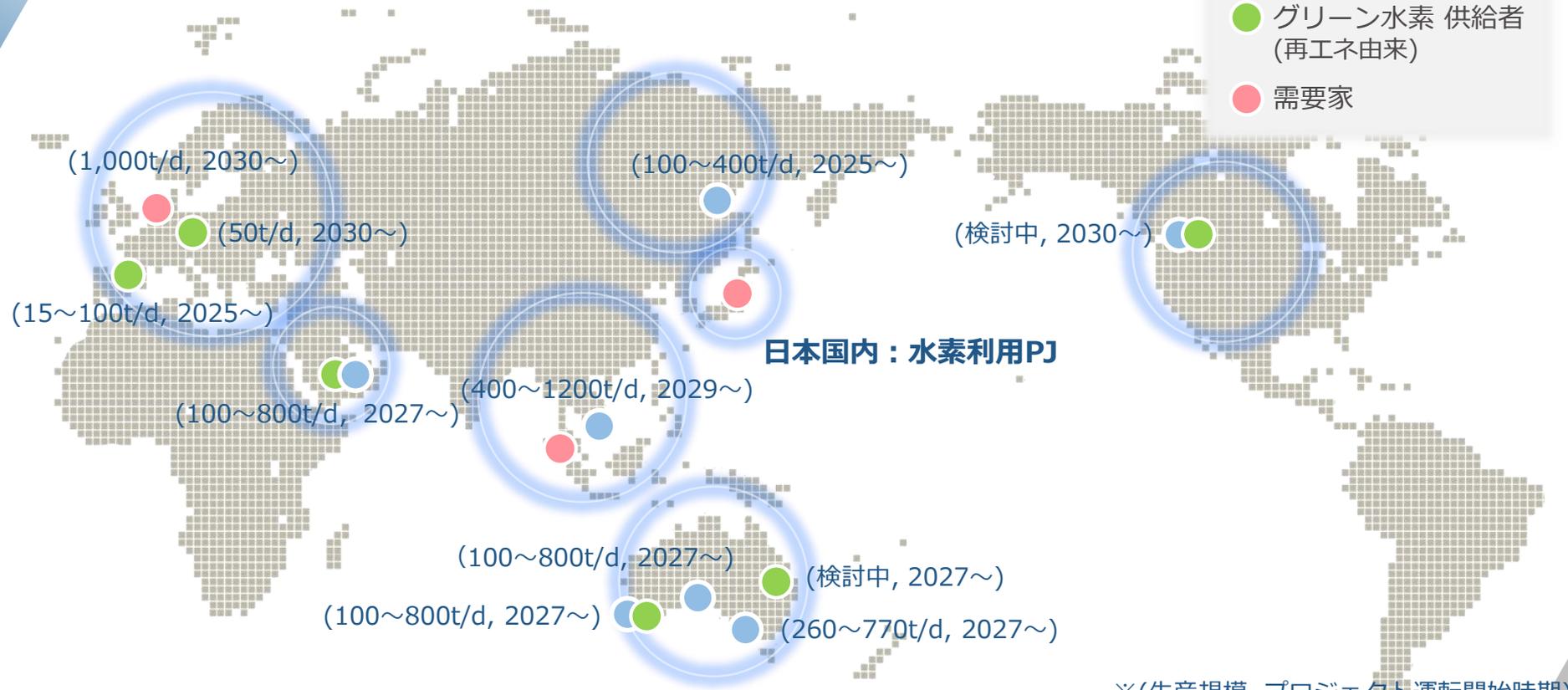
カーボンフリー電源の国内発電コスト



※経済産業省「総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ(第7回会合), 2021年7月」を参考に当社作成

水素事業：世界から当社に到来している検討依頼が着実に進捗

- ブルー水素 供給者
(化石燃料由来+CCS)
- グリーン水素 供給者
(再エネ由来)
- 需要家



日本国内：水素利用PJ

※(生産規模, プロジェクト運転開始時期)

カーボンニュートラルの実現に向けて

ゼロエミッション工場

自家発電設備
(水素)

世界のカーボンニュートラル達成に向けて、
当社は水素事業をスピーディーに推進します

政府や電力事業者様のご協力も得ながら、
このソリューションを皆さまにもご提供します

廃棄物発電

水素利用が
大きな
役割を担う

再生可能エネルギー

カーボンニュートラルへの挑戦

– サステナビリティ 社会に向けたKawasakiのソリューション –

1. カーボンニュートラル実現に欠かせない「水素」エネルギー

2. ここまで来た「水素発電」

3. 「水素」で動くモビリティが新たな価値を生む

4. CO₂の分離回収によるカーボンニュートラルへの貢献

5. 多くの仲間とともに

モビリティ分野における水素エンジンの可能性

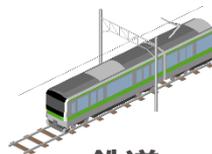
モビリティのゼロエミッション化は、用途や航続距離などに応じて、
様々な「選択肢を増やす」ことが求められる



乗用車・二輪車



大型車
(バス、トラック)



鉄道
(非電化区間)



船舶



航空機

水素エンジンの可能性を追求

FCV (燃料電池)

EV (バッテリー)

水素燃料を“マリン分野・航空分野”へ展開

水素発電で培った「**水素を安全・クリーンに燃やすノウハウ**」

Kawasakiの燃焼技術をさらに追求し、モビリティの内燃機関でも世界をリード



水素燃料船推進システムの開発※1

2026年頃までに、様々な用途に
対応可能なラインアップを完成



水素航空機向けコア技術開発※2

2035年以降の水素航空機の
本格投入を見据え開発を推進

2050年までに、
当社が狙う関連市場は
数兆円規模

※1 NEDOグリーンイノベーション基金事業「水素燃料船推進システムの開発」(補助金 約219億円)
(ヤンマーパワーテクノロジー、ジャパンエンジンコーポレーションとのコンソーシアムで採択)

※2 NEDOグリーンイノベーション基金事業「水素航空機向けコア技術開発」(補助金 約180億円)

水素エンジンへの挑戦

仕組みはガソリンエンジンとほぼ同じ、

日本、そして世界で培った産業を活かしながら、カーボンニュートラルを目指す



「はこぶ(供給側)」と「つかう(需要側)」の連携
— トヨタの水素エンジンカローラに水素を提供 —

ヤマハ発動機と二輪車等への搭載を視野に
水素エンジンの共同研究について検討を開始

水素事業の計画

水素の市場規模（2050年）

288兆円

水素販売

水素関連機器

関連機器（液化機、タンク、FCV用バルブなど）

発電関連

当面、当社が狙う
市場規模

約12兆円

サプライチェーン関連（基地、運搬船など）

2050年、政府目標2,000万ton/年のうち、約半分を海外からのクリーン水素(化石燃料+CCUS、再エネ由来)導入を目指し、複数チェーンを確立

例：液化水素運搬船80隻、受入基地10拠点

2050年 水素関連市場

※Hydrogen Council「Hydrogen Roadmap」を参考に当社試算

水素事業の計画

市場規模
12兆円

目標

事業規模
2兆円

営業利益率
30%以上

2050

仲間づくり
(他社へのキーパーツ供給や、ライセンス供与)

当社事業規模
1,000億円超

当社事業規模
3,000億円
営業利益率
15%以上

当社事業規模
5,000億円
営業利益率
20%以上

2025

2030

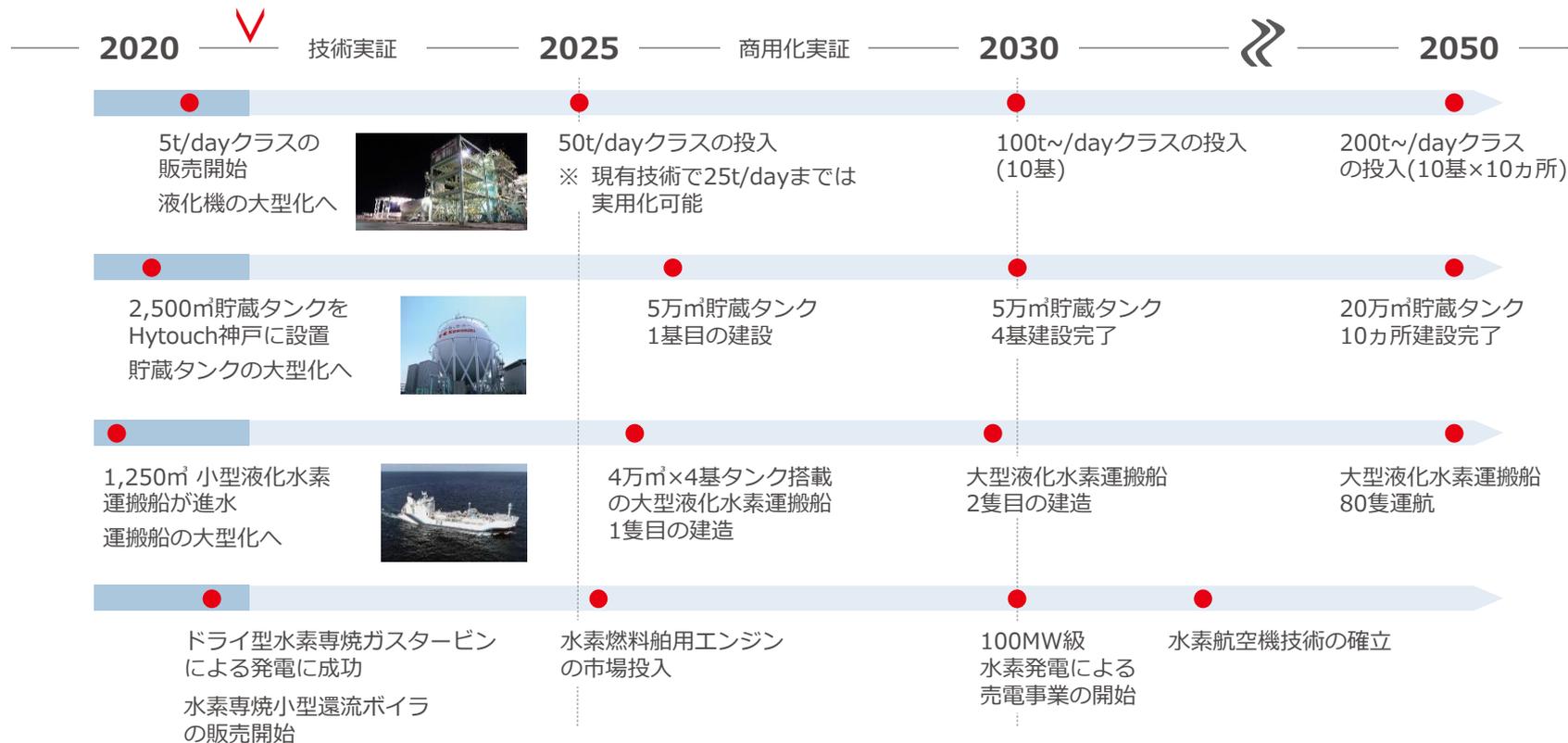
2040

関連機器
発電

運搬船

受入・出荷基地

タイムライン

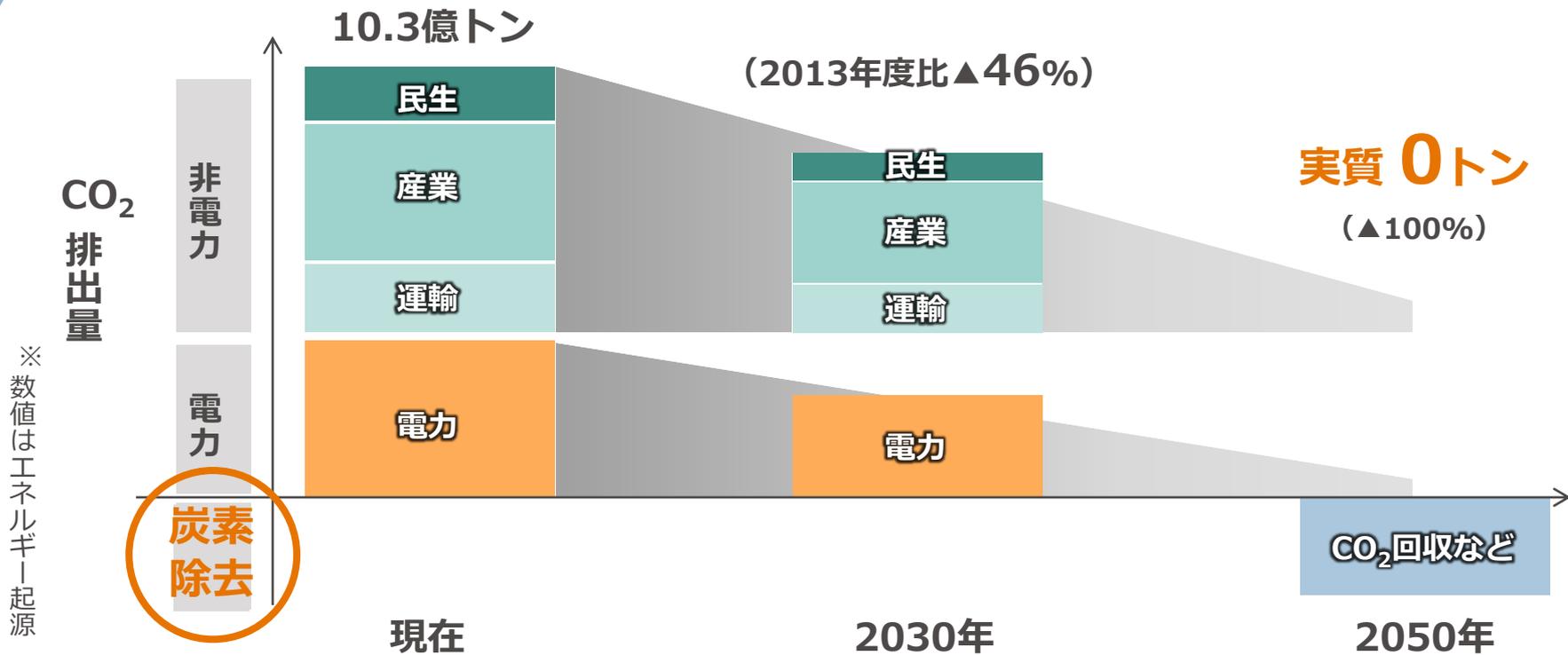


カーボンニュートラルへの挑戦

– サステナビリティ 社会に向けたKawasakiのソリューション –

1. カーボンニュートラル実現に欠かせない「水素」エネルギー
2. ここまで来た「水素発電」
3. 「水素」で動くモビリティが新たな価値を生む
4. CO₂の分離回収によるカーボンニュートラルへの貢献
5. 多くの仲間とともに

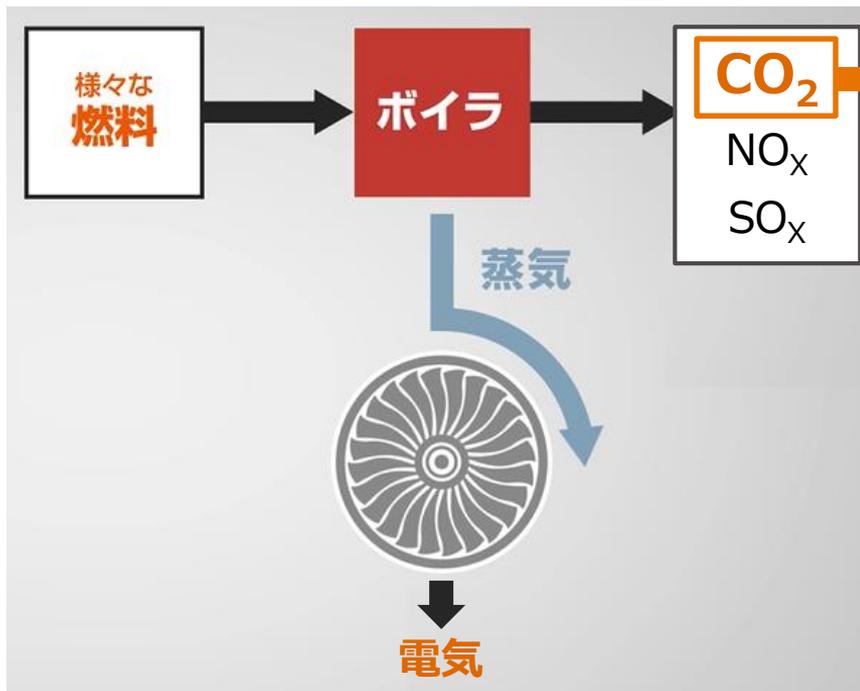
日本の2050年カーボンニュートラル達成のシナリオ



※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, 2021年6月」を元に当社作成

炭素除去の方法「CCUS」とは

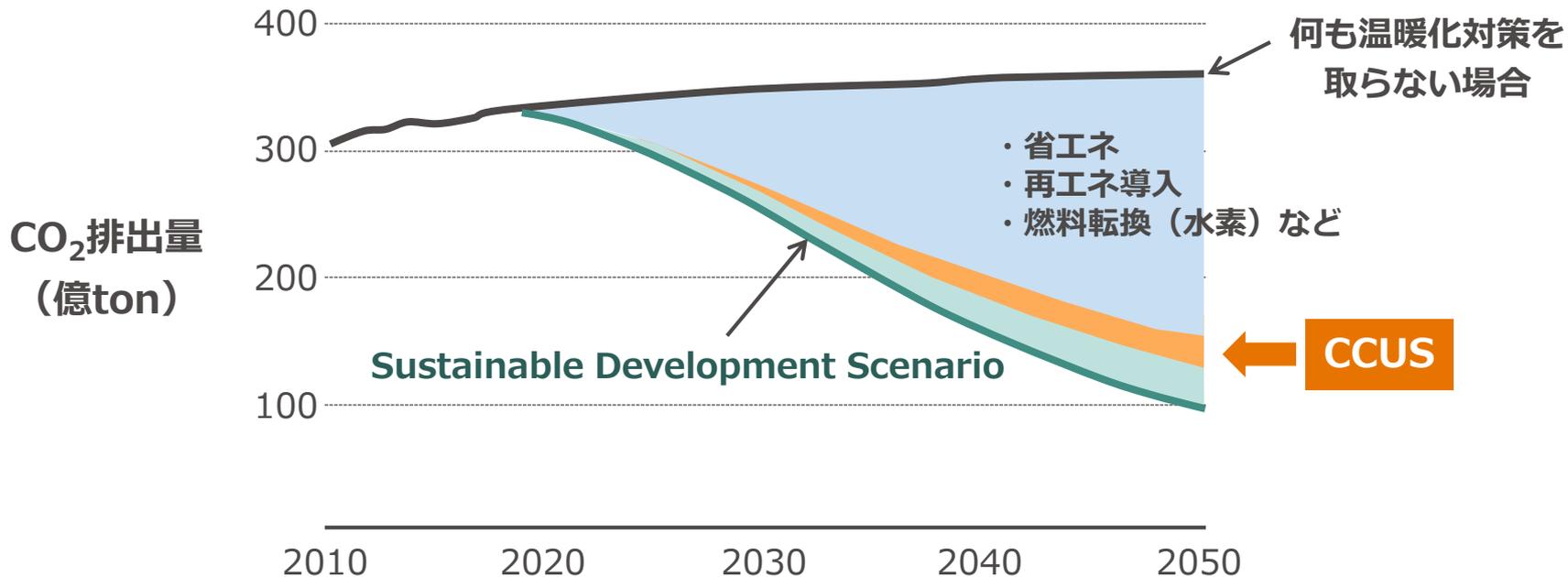
CC: Carbon dioxide Capture



火力発電所などからの
排ガス中のCO₂を分離回収し、
貯留(Storage)や、
有効利用(Utilization)する技術

CCUS (CO₂分離回収・有効利用・貯留) の役割

2050年までに、CO₂排出量の**9%**をCCUSで削減



※国際エネルギー機関 (IEA) 「持続可能な開発シナリオ」

CCUSの将来展望（CO₂分離回収・有効利用・貯留）

CC : Carbon dioxide Capture

世界のCO₂分離・回収の市場規模（予測）：約**6兆円**/年（2030年）

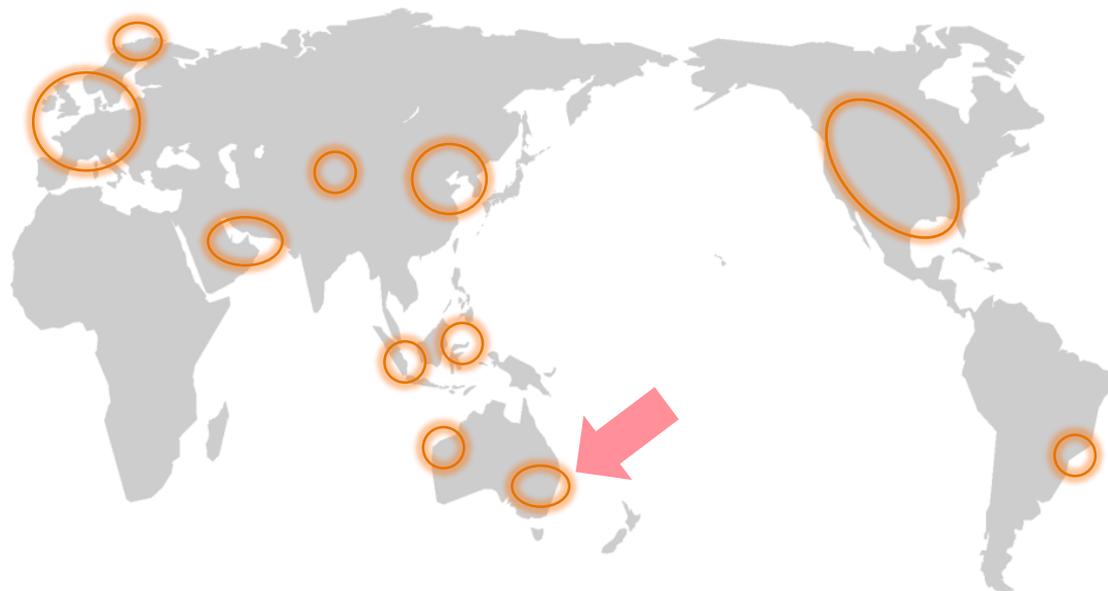
U : Utilization

CO₂を資源として捉え、素材や合成燃料などへの利用
（生産性向上と低コスト化などが課題）

※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, 2020年12月」を元に当社作成

商用CCS設備の分布（建設中・開発中を含む）

CO₂貯留に適した地質学的条件を有する場所は、世界中に多く分布

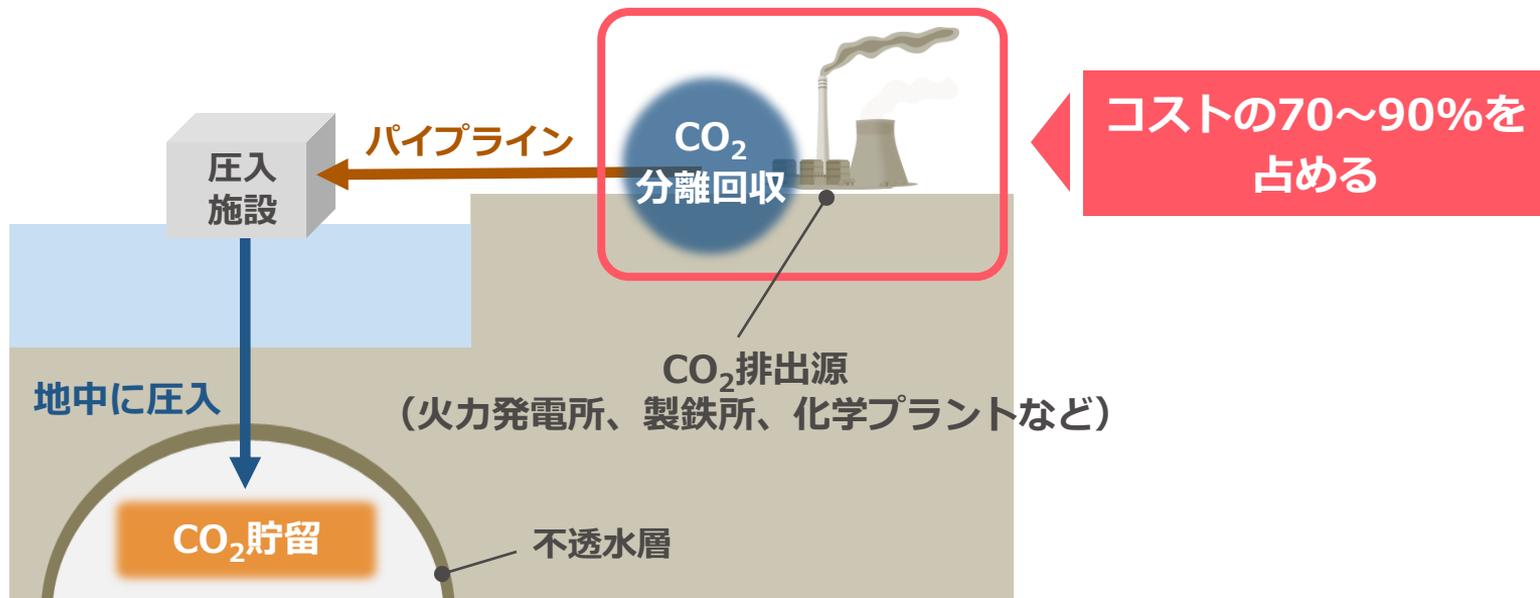


CO₂排出源の近くで
貯留(Storage)することが
合理的

※GLOBAL CCS INSTITUTE「GLOBAL STATUS OF CCS 2021」を参考に当社作成

CCS (CO₂分離回収・貯蔵) の課題

CO₂発生源と貯留サイトが近接するケースでは、分離・回収コストの占める割合が高い

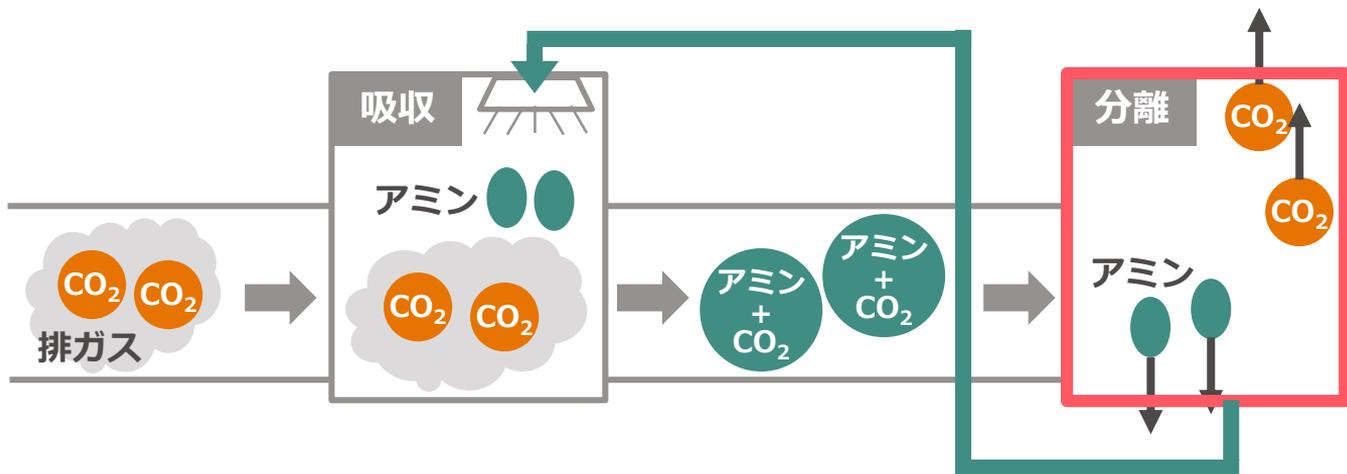


排ガスからのCO₂分離・回収ステップ



「アミン溶液」と呼ばれる
アルカリ性の**水溶液**を投入して
排ガス中のCO₂を吸収

CO₂吸収に最適な**多孔質材料**と**アミン化合物**
からなる**固体吸収材**を開発



課題

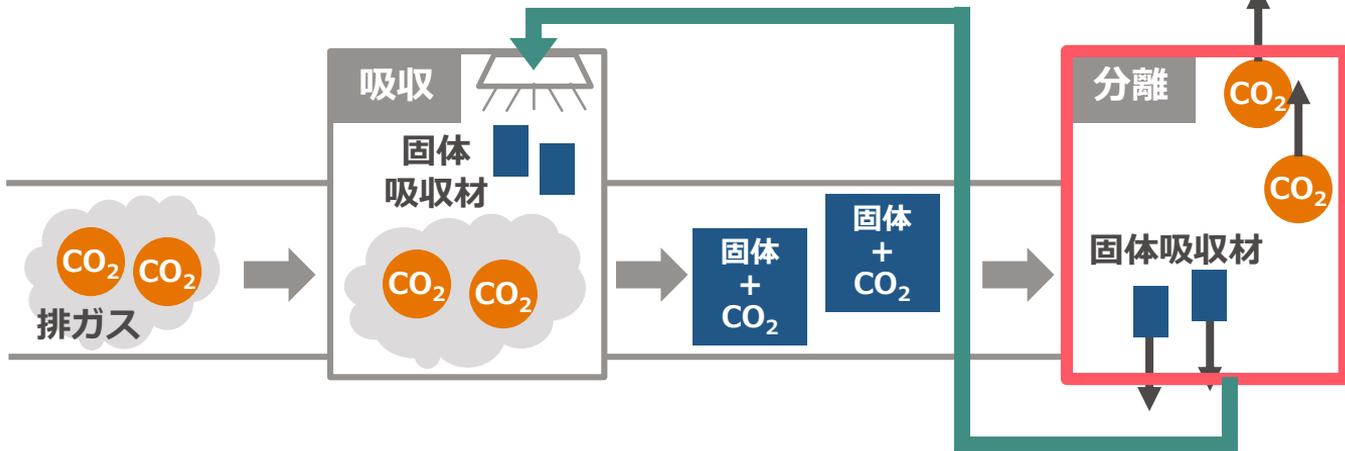
CO₂を分離するために
溶媒を蒸発させる
必要があるため、
120℃に加熱

追加エネルギーが必要

CO₂を分離して回収
アミンを再利用

固体吸収材方式

当社独自の**固体吸収材**を投入
排ガス中のCO₂を吸収



CO₂を分離して回収
固体吸収材を再利用

通常、火力発電所では利用されずに
捨てられる“**排熱**”を利用できる

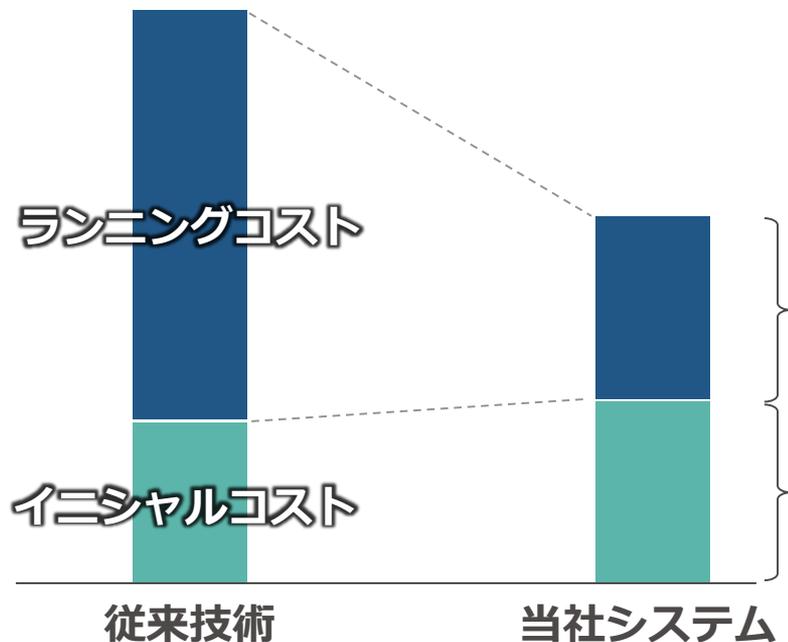
溶媒の蒸発を必要としないため
CO₂を分離するための
加熱温度は**60℃**

CO₂を分離するために
溶媒を蒸発させる
必要はないため、
追加エネルギーが必要

CO₂の分離・回収コスト

当社独自のシステム※により、CO₂分離・回収コストの大幅な低減が可能

※KCC : Kawasaki CO2 Capture



約60°Cの蒸気でCO₂を分離できるため、

- これまで捨てていた**余剰排熱**を利用
- 低温で再生するため**吸収材が長寿命化**

移動層設備、吸収材など

商用化に向けて



関西電力舞鶴発電所でのパイロット実証
2022年度より開始

※NEDO「先進的二氧化碳素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究」
公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）と共同実施
協力者：関西電力株式会社



米国・ワイオミング州Dry Fork発電所での実証試験
2023年度中に設備稼働

※環境省「環境配慮型CCUS一貫実証拠点・サプライチェーン構築事業」
一般財団法人石炭フロンティアセンター（JCOAL）と共同実施

DAC (Direct Air Capture)

1.5°C目標達成に必要なネガティブエミッション技術※の一つであり、独自の固体吸収材の特徴を活かして、**直接大気中のCO₂を回収**



※過去に排出され大気中に蓄積し、温室効果の最大要因物質とみなされるCO₂を人為的に回収・除去する技術

ラボ試験を進め、2025年頃の実証を計画

カーボンニュートラルへの挑戦

– サステナビリティ社会に向けたKawasakiのソリューション –

1. カーボンニュートラル実現に欠かせない「水素」エネルギー
2. ここまで来た「水素発電」
3. 「水素」で動くモビリティが新たな価値を生む
4. CO₂の分離回収によるカーボンニュートラルへの貢献

5. 多くの仲間とともに

多くの仲間とともに

川崎重工グループは、水素のリーディングカンパニーとして、
多くの仲間とともに「水素でカーボンニュートラルの実現」に向けて、
さまざまな取り組みを加速していきます。



"Hydrogen Council"

参加企業：129社
(2017年発足時：当社ほか12社)



水素バリューチェーン 推進協議会(JH2A)

会員：253社・団体
(2020年設立時：当社ほか87社)



技術研究組合 CO₂フリー水素 サプライチェーン推進機構

組合員数7社
(2016年結成時：当社ほか3社)

<各水素プロジェクトの主なパートナー>

経済産業省 国土交通省 環境省 神戸市 NEDO 岩谷産業 シェルジャパン J-POWER 丸紅 ENEOS 川崎汽船
大林組 関西電力 ジャパンエンジン ヤンマーパワーテクノロジー トヨタ自動車 ヤマハ発動機 INPEX (ほか
(順不同、敬称略)



カワる、サキへ。

C h a n g i n g f o r w a r d