

エナジートランジション説明会


2023年5月24日

取締役副社長 加口 仁

常務執行役員 エナジードメイン長 土師 俊幸

三菱重工業株式会社

© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

 三菱重工

加口でございます。会社全体でのエナジートランジションの推進および成長分野の拡大を社長特命事項として拝命しています。

本日はそのうちエナジートランジションに関して、この1年にわたる活動のアップデートと今後の見通しについてお伝えしたいと思います。

1. はじめに
2. 既存インフラの脱炭素化の取り組み
3. 水素エコシステム実現に向けた取り組み
4. CO₂エコシステム実現に向けた取り組み
5. おわりに

本日は3つのテーマに分けて説明させていただきます。
このうち、既存インフラの脱炭素化の取り組みはエナジードメイン長の土師から、水素とCO₂のエコシステム構築に向けた取り組みは私から説明します。

1. はじめに



グローバルでのエネルギー転換の加速

- ウクライナ侵攻によるエネルギー危機
- 米国における IRA成立による加速
- APAC市場も動きが活性化

エネルギー転換推進に関する当社取り組み強化

- 2021年10月 三菱パワーの統合
- 2023年4月 三菱重工エンジニアリングの統合

まず、最初に、この1年を振り返って私が感じたことをまとめて簡単にお伝えしたいと思います。

まずは、この1年で世界的にエネルギー転換が相当加速したと大きく感じています。

ウクライナ侵攻があり、エネルギー危機が起こり、当初は私自身もこれによりエネルギー転換の動きは遅くなるのかと思っていましたが、実際にはむしろ加速した面が多いと思います。一部、欧州ではエネルギー価格の高騰により、既存の再生可能エネルギー電源からのグリーン水素を作るようなプロジェクトは一時停滞していました。一方で、輸入する燃料と異なり、再生可能エネルギーは地域ごとの自立した電源であるため、やはり開発をしようという機運が高まりました。全体としては、再生可能エネルギーを中心にエネルギー転換は一気に加速したと感じます。

2つ目の昨年の大きな動きは、2022年8月の米国でのIRA (Inflation Reduction Act) 成立であり、これによりインセンティブが非常に多くつき、10年以上にわたって保証されるということで、さまざまなプロジェクトが活発になっていると思います。具体的にはCCSに対してCO₂1トンあたり85ドル、クリーン水素に対しては1キログラムあたり3ドルなどの税控除が挙げられ、ブルー水素を製造してCCSを行い、かつブルー水素でガスタービンを回す方が、天然ガスを燃料としてガスタービンを回すより経済的に有効かもしれないという話まで出ています。このような施策により、現在はさまざまな方がいろいろなプロジェクトを検討しているフェーズにあると思っています。

3つ目は、APACでエナジートランジションの動きが活発になってきたと感じます。特に、シンガポールは、国として脱炭素戦略を進めており、国が主体となっている。いろいろなプロジェクトを提案してほしいと呼びかけている状況であり、多くの事業者からお声がけをいただいています。また、オーストラリアも太陽光や風力などの再生可能エネルギーの余剰があり、現在も資源国ではあるものの、石炭・ガスからクリーンなエネルギーの輸出国になりたいという思いがあり、当社とさまざまな技術的な議論がしたいということで動きは非常に活発になっていると思います。

また、エナジートランジションがグローバルに加速する中で、当社の社内の体制も見直しを行っています。2021年には、事業会社であった三菱パワーを三菱重工に統合し、続いて今年4月には三菱重工エンジニアリングを三菱重工に統合しました。エナジートランジションに関わる技術は一連の話なので、全体を統括して行っていこうと進めています。

本日のご説明内容

- 事業計画計画推進状況説明(4月5日)の成長領域の開拓に関するトピック
- エネルギーの供給側、即ちエナジートランジションの推進についてご説明

成長領域の開拓

- 2040年カーボンニュートラルの達成を宣言(MISSION NET ZERO)
- カーボンニュートラルの達成に向け、エナジートランジションによる脱炭素化(供給側)と、社会インフラのスマート化による省エネ・省人化・脱炭素化(需要側)を両面で推進

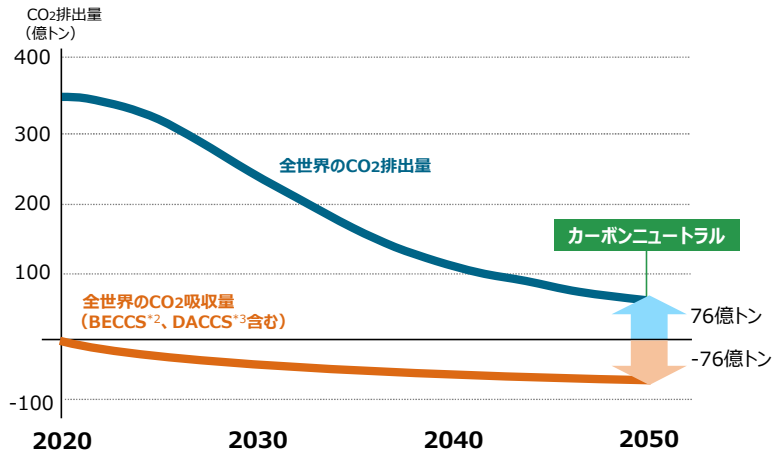


2023年4月5日 2021事業計画進捗説明資料より抜粋

こちらは、4月5日に社長の泉澤から説明した資料の一部です。

カーボンニュートラルの達成に向けてはエネルギーを作る側と使う側の両方での取り組みが必要ですが、本日はエネルギーの供給側を中心に説明します。

主要レポートに基づく当社予測*1



*1 : 主要レポート(McKinsey 1.5℃シナリオ、IEA Net Zero by 2050、IEA SDS、IPCC等)を元にした当社纏め
 *2 : Bio Energy with Carbon Capture and Storageの略、バイオマス由来の排ガスからのCO2回収・貯留
 *3 : Direct Air Carbon Capture and Storageの略、大気中からのCO2回収・貯留



既存インフラの脱炭素化

- ロードマップ
- 技術開発
- 高砂・長崎での取り組み
- 水素・アンモニア焼きプロジェクト



水素エコシステムの実現

- 当社の取り組み領域
- 水素製造技術開発
- 米国でのAdvanced Clean Energy Storageプロジェクト



CO2エコシステムの実現

- 当社の取り組み領域
- CO2回収
- CO2輸送
- CO2貯留
- カーボンリサイクル

このページの左側のグラフはMcKinseyのレポートやIEAなどが示すシナリオから当社で纏めているものです。現在は、350億トンのCO₂排出に対してCCSはほぼゼロですが、2050年のカーボンニュートラル達成に向けて水素などを活用してCO₂の排出を削減する一方で、hard-to-abateと呼ばれるセメントなどの産業を中心に76億トンのCO₂排出は残るため、CO₂回収も一定量の需要があると考えています。

そこで当社はエナジートランジション推進の3つの柱として、「既存インフラの脱炭素化」と「水素エコシステムの実現」にくわえCO₂の回収・貯留・利用に対する取り組みを考えています。

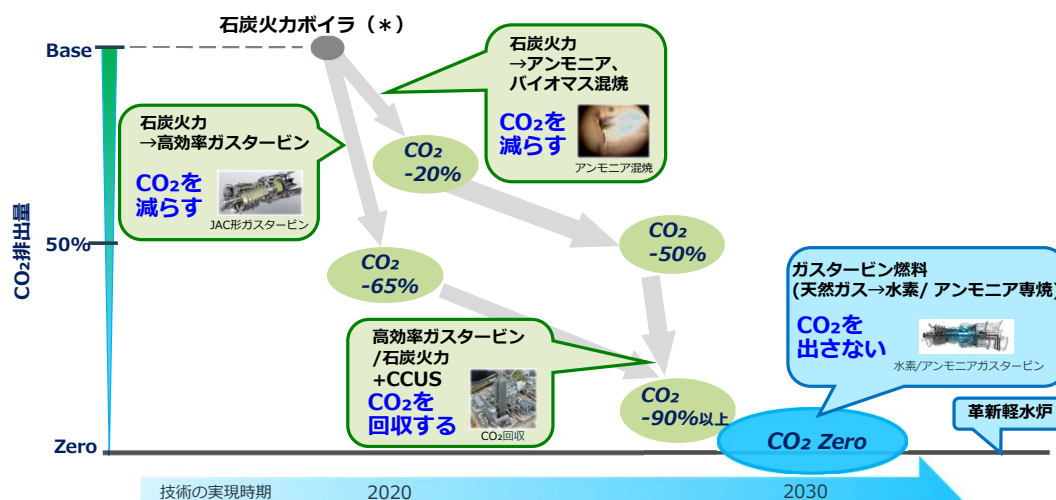
それでは、ここから既存インフラの脱炭素化について土師より説明します。

2. 既存インフラの脱炭素化



既存インフラの脱炭素化 ロードマップ

- 火力発電の脱炭素化を実現するには、CO₂を「減らす」・「回収する」・「出さない」の道筋がある
- 脱炭素電源である原子力の最大活用によりCO₂の排出量を削減する道筋もある



(*)：亜臨界圧石炭焼きボイラCO₂排出量を基準

エナジードメイン長の土師でございます。「既存インフラの脱炭素化」について、私から説明します。

当社はカーボンニュートラルの実現に向けて、既存火力発電所の脱炭素化の提案を行っています。

このページは、石炭火力ボイラからのCO₂排出量を100として、そこからのCO₂排出量の低減を示したものです。石炭火力はアンモニア、バイオマスの混焼でCO₂を減らす、あるいは老朽化した石炭火力は高効率ガスタービンに置き換えてCO₂を減らすことが可能です。

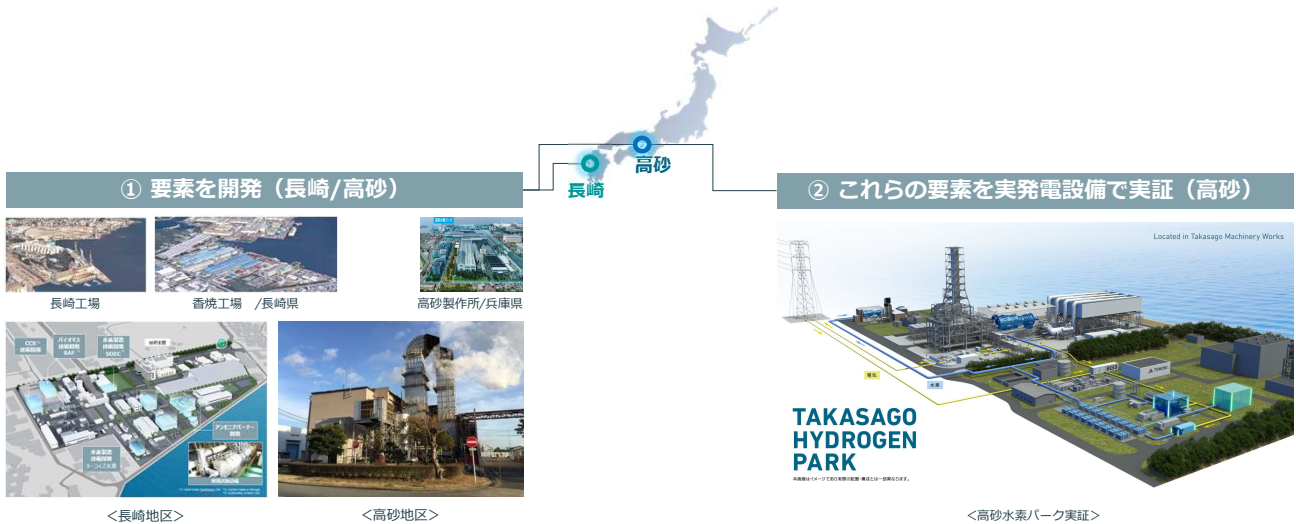
また、ガスタービンとCO₂を回収するCCUSを組み合わせることで、さらにCO₂を削減することができます。この技術はガスタービンだけではなく、石炭火力にも適用可能であり、同様にCO₂削減効果が期待できます。

加えて、将来的に水素などへの燃料転換によってカーボンニュートラルを実現する道筋を提案しています。

本日の議題ではありませんが、原子力の最大活用も電力の脱炭素化の道筋の一つです。

脱炭素化技術開発の拠点

- 長崎/高砂で要素開発を行い、高砂(兵庫県)で実証後、商用化予定



このページは、脱炭素化に向けた当社の技術開発の拠点を示したものです。

ページの左側は主に要素技術を開発している拠点、右側がそれらを実証する設備です。火力発電における脱炭素化技術の要素開発は、当社の工場と研究所のある高砂と長崎で進めています。

そして、それらの要素技術を統合的に実際の運転条件で長期実証していく環境を高砂に整備中です。当社では高砂水素パークと呼んでいます。

このように、新しい脱炭素技術を実際の発電所の運転環境下で十分実証してから市場に投入するプロセスが、当社の強みである高い信頼性につながっています。

欧州のCO₂排出規制とガスタービン開発スケジュール

1. EUタクソミーを達成する50%水素混焼技術 大型ガスタービン向けの燃焼試験を成功 (2022年)



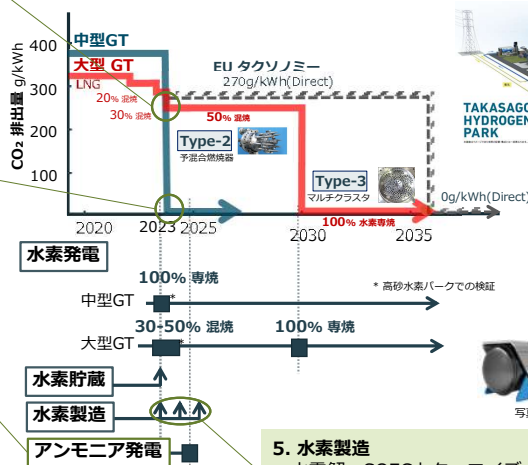
2. CO₂排出ゼロの水素専焼技術 中小型ガスタービン向けの燃焼試験を成功 (2022年)



3. CO₂排出ゼロのアンモニア専焼技術 中小型ガスタービン向けの燃焼試験を成功 (2022年)



4. 実際の大容量発電設備にて実証 高砂水素パークで開始 (2023年)



5. 水素製造 水電解、SOECとターコイズ水素による水素製造技術 検証開始 (2023年~)

当社の主力製品であるガスタービンは、世界で最も規制の厳しい欧州のCO₂排出規制に適合するように開発を進めています。

ページの左側にEUタクソミーに適合する水素混焼技術やCO₂排出ゼロの水素専焼技術、アンモニアの燃焼技術の写真を掲載しています。スライドの右側は水素焚きのガスタービンの開発状況です。このグラフにおいて点線部分がEUタクソミーで要求されるCO₂排出量、赤線が大型ガスタービンの開発状況、青線が中小型ガスタービンの開発状況を示しています。

大型ガスタービンでは、2025年の混焼での商用化に向け、従来型の燃焼器を使った燃焼試験において既に50%の混焼試験を完了しています。これは、270g/kWhというEUタクソミーのCO₂排出量の基準をクリアするものです。今後は、新型燃焼器の開発を進め2030年中の大型ガスタービンでの水素100%専焼を目指して開発を進めていきます。

中小型ガスタービンにおいても水素やアンモニアといった脱炭素燃料へ対応する技術開発を進めており、2022年に燃焼器単体での水素専焼試験に成功しています。これらの燃焼技術の実証は、実際の発電設備がある高砂水素パークにおいて今年度から開始する予定です。また、同じく高砂水素パークにおいて、水電解にくわえて、自社開発であるSOECやメタン熱分解によるターコイズ水素といった、当社が開発する水素製造技術の実機検証も順次始める予定です。これについては、のちほど第3章で詳しく説明します。

石炭火力→高効率ガスタービン

- 石炭火力をガス焼きGTCCに置き換えるだけで、CO₂排出量を65%削減できる

GT/CC

M701JAC (50Hz) 574_{MW} / 840_{MW}

M501JAC (60Hz) 453_{MW} / 664_{MW}



"JAC"
Gas Turbine

高効率

64%のCC効率

- 高圧力比圧縮機 (25:1)
- 強制空冷燃焼器
- 先進TBCの超厚膜化

信頼性

99.5%の信頼性

- 累積運転時間：200万時間超
- 受注台数：108台
(Jシリーズ 2023年4月末時点)

燃料柔軟性

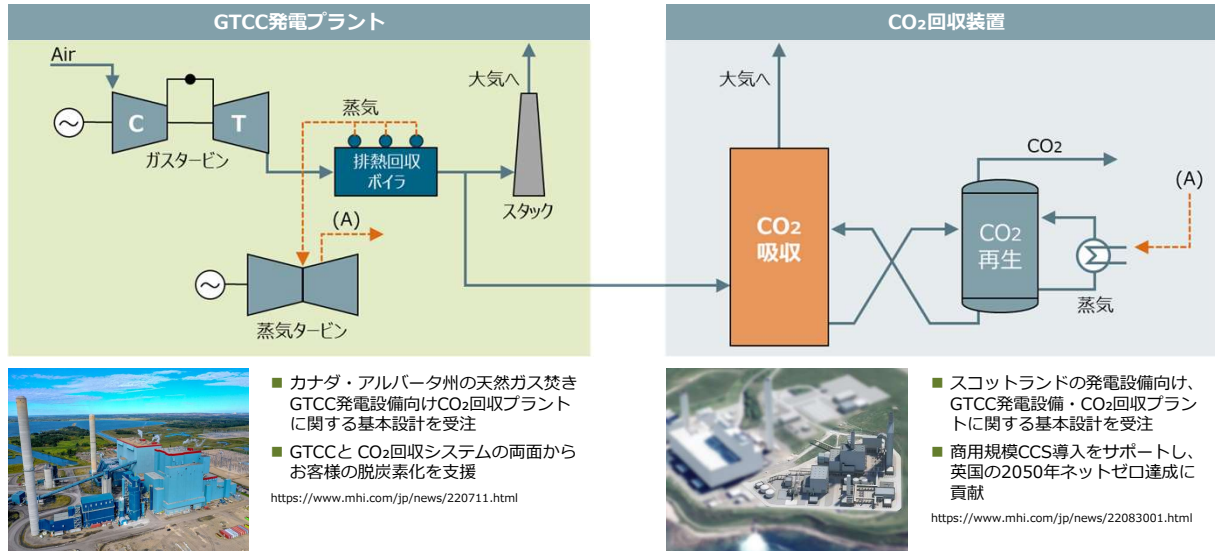
多様な燃料への対応性

- 化石燃料 (天然ガス・石油)
- クリーン燃料 (水素)

これは、当社の最新鋭JAC形ガスタービンです。先程も説明しましたが、石炭火力をガス焼きGTCCに置き換えるだけでCO₂排出量は65%削減できます。高効率で信頼性の高い当社のJAC形ガスタービンは、石炭火力に代わる、より低炭素な主力電源としてのニーズにも応えています。

高効率GTCC+CO₂回収

- GTCCにCO₂回収システムを適用することにより、90%以上のCO₂を回収できる



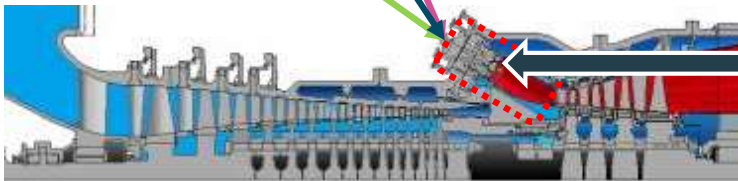
このページは、高効率のGTCCにCO₂回収システムを組み合わせたソリューションの説明です。
 左側が従来型のGTCC発電プラントであり、その排熱回収ボイラから出た排ガスをCO₂回収装置の方へ持ってきて、CO₂を回収するシステムです。

石炭火力からの置き換えニーズにくわえて、脱炭素化への対応が加速する米国や欧州では、GTCCにCO₂回収装置であるCCUSを設置する案件の基本設計が進んでいます。当社ではカナダのアルバータ州やスコットランドにおいて、基本設計を受注、さらなる脱炭素化へのニーズにも対応しています。

水素・アンモニア焼きガスタービン

■ 天然ガス焼きガスタービンの燃焼器を交換、燃料系統の追加のみで、水素焼き/アンモニア焼きガスタービンが実現でき、脱炭素を達成できる


天然ガス	Type1 (拡散)	100% 水素	開発完了	いつでも実機適用可能
	Type2 (予混)	30% 水素混焼 50% 水素混焼	開発完了	
水素	Type3 (マルチクラスタ)	100% 水素	2022年 大型ガスタービン向けの燃焼試験成功	
	Type1 (拡散)	100% アンモニア	2025年の実機運転、商用化に向け検証中	
アンモニア				




燃焼器交換

燃焼器交換と燃料系統の追加で水素・アンモニア仕様へ

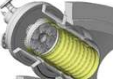
Type1



Type2



Type3



このページの図は、水素・アンモニア焼きのガスタービンです。図の中央部に天然ガス・水素・アンモニアが入ってくるところが燃焼器を示しています。燃焼器にはページの右にあるよう、水素向けにType1（拡散）・Type2（予混合）・Type3（マルチクラスタ）とType1（拡散）のアンモニア向けがあり、現在これらの種類の燃焼器をすでに開発済み、もしくは現在開発中です。水素・アンモニア焼きガスタービンへの転換は、圧縮機やタービン部分はそのまま流用し、燃焼器を交換することで比較的容易に行うことができます。右下に水素焼きガスタービンの各種燃焼器の写真を示しています。

当社は1970年代から製油所・製鉄所などの副生ガスである水素を多く含む燃料を扱うガスタービンを手掛けてきました。大型ガスタービンの燃焼器を用いて、2018年には水素30%-vol（容量比）、2022年には50%-volの混焼試験を完了しており、高砂水素パークにおける実際のガスタービンにて、2023年には30%-volの混焼試験の実証を計画しています。中小型ガスタービンの燃焼器を用いて、2022年に水素100%の専焼を完了し、高砂水素パークにおける実際のガスタービンで、2023年度中に100%専焼試験の実証を計画しています。大型ガスタービンでは2030年までに水素専焼での商用化が見込まれ、中小型ガスタービンでは2025年以降に水素専焼での商用化を目指しています。

また、水素よりキャリアとしてのハンドリングに優れたアンモニアの活用も有効です。燃料としてアンモニアを100%直接利用する40MW級ガスタービンシステムの開発にも着手し、2025年以降の実機運転、商用化に向けて検証中です。

アンモニア発電技術ロードマップ



- ガスタービン : 現在燃焼器開発中で、2025年以降の実機運転、商用化を目指す
- ボイラ : 現在バーナー開発中で、2030年代前半の商用運転開始を目途に、50%以上の高混焼技術を開発中。



© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

14

こちらはアンモニア発電技術のロードマップを示したページです。上半分がガスタービン、下半分がボイラです。

アンモニアも水素同様、燃焼時にCO₂を出さないクリーンな燃料として知られています。また、アンモニアは主に水素キャリアとして輸送・貯蔵に適したエネルギー源としても期待されています。

ガスタービンにおいては100%専焼にて、2025年以降に実機運転および商用化を目指して燃焼器の開発を行っている状況です。

ボイラに関しては、2020年半ばに石炭焚きユニットに対してアンモニア20%混焼の実証試験、2020年後半に50%以上の混焼の実機での実証試験を目指しています。

高砂水素パーク

■ 高砂製作所内で、水素製造、水素貯蔵、水素利用の一貫通貫での検証を、2023年より開始した

水素利用（発電）



水素製造

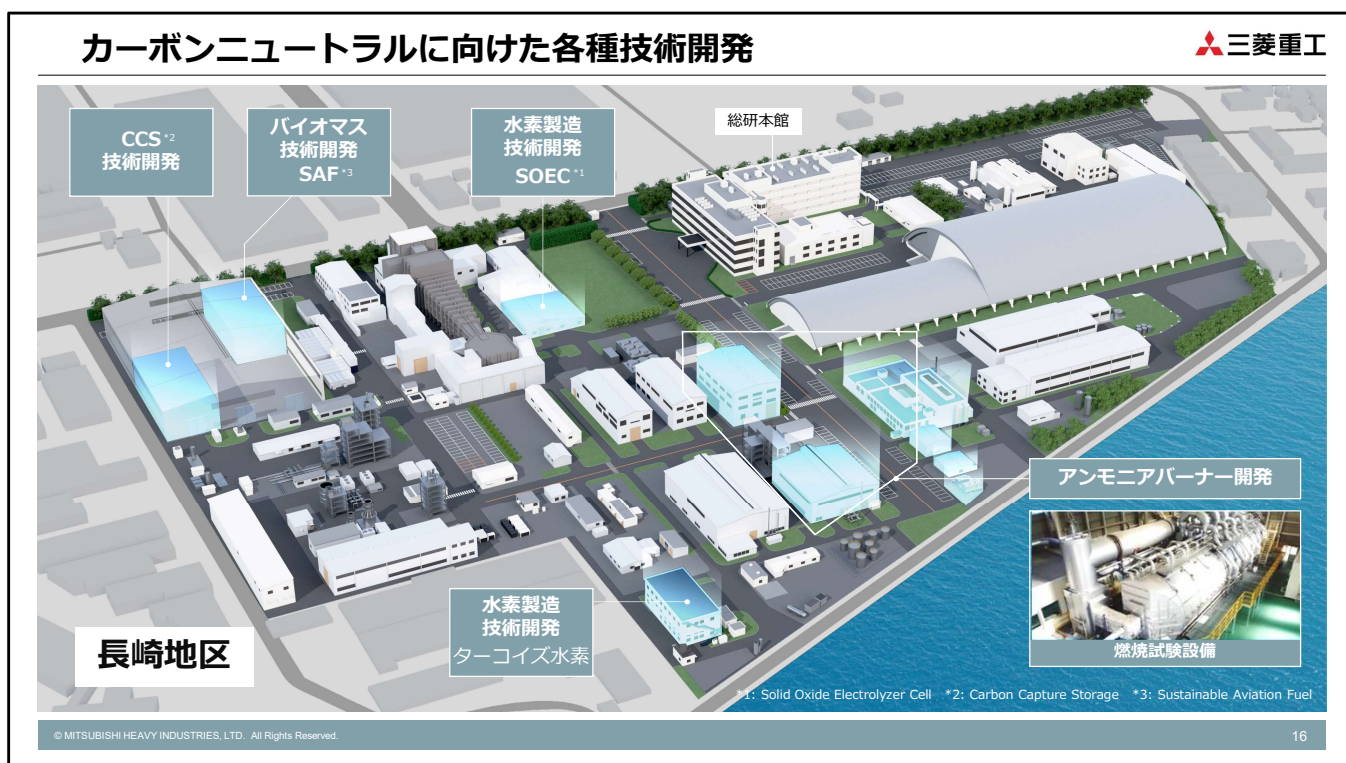


© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

このページは、高砂水素パークの説明です。右側が鳥瞰図、左下が2023年5月までにどこまで完成したかを示した写真です。水素を燃料とする水素ガスタービンの早期商用化に向け、開発・設計・製造・実証拠点を置く高砂製作所に水素製造から発電までにわたる技術を世界で初めて一貫して検証できる「高砂水素パーク」を整備しています。2023年5月現在、高砂水素パークは部分稼働を開始しており、本格稼働に向け準備を進めている状況です。

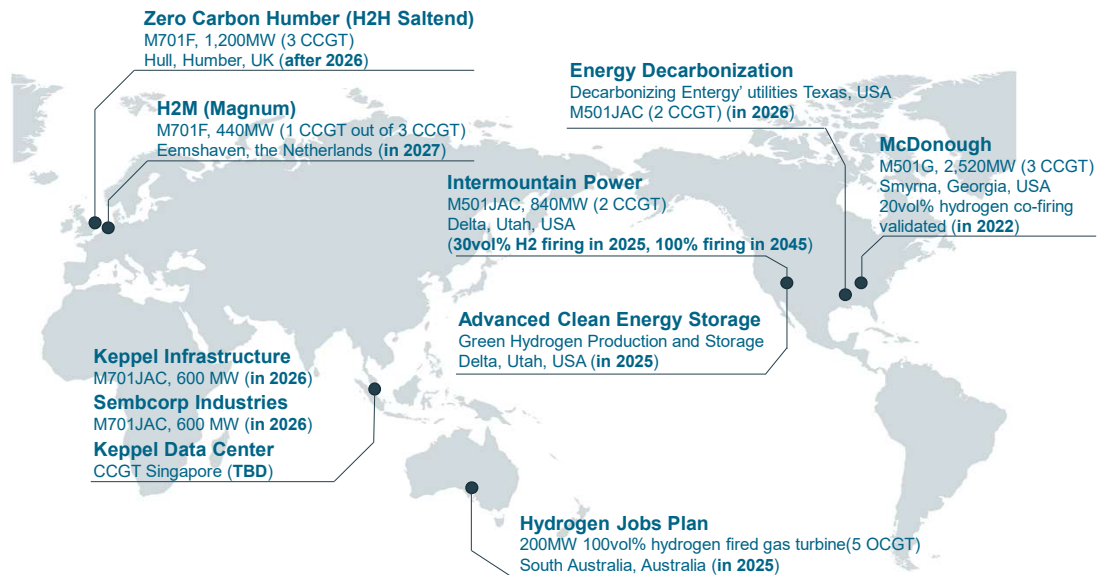
水素製造設備は、水電解装置の採用にくわえ、メタンを水素と固体炭素に熱分解するターコイズ水素の製造など、次世代水素製造技術の試験・実証を順次行う予定です。この実証設備を活用することにより、水素の本格普及、水素発電の社会実装に大いに貢献することを期待しています。

カーボンニュートラルに向けた各種技術開発



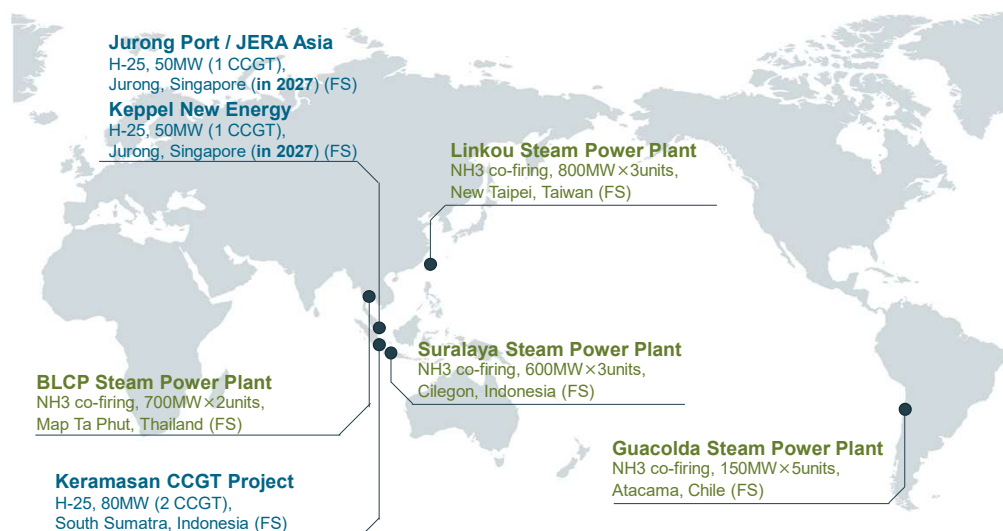
カーボンニュートラルに向けた各種技術開発としては、長崎造船所および総合研究所・長崎地区があります。ここにおいて、脱炭素関連の最先端の製品技術の実用化に向けて、設計・製造・開発部門が一体となって事業展開に取り組んでいます。

このページは総合研究所の長崎地区の研究開発施設を示した図です。こちらの施設では、アンモニアバーナー開発をはじめとして、バイオマス、水素製造、CCSなど多岐にわたる脱炭素に貢献する技術開発に取り組んでいます。



このページは、当社の水素焼きガスタービンコンバインドプラントのプロジェクトを示したものです。
当社では水素焼きガスタービンを通して国内外で水素の利活用が先行する地域での事業開発などに参画し、社外との協業を推進しながら製品の実用化を目指しています。

世界地図に示したように、北米、欧州、シンガポール、オーストラリアと、それぞれの地域で水素のさまざまな事業開発の取り組みに参画しています。
このうち、米国ユタ州のインターマウンテン電力が計画する水素を利用したGTCC発電プロジェクトについては、第3章で詳しく説明します。



© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

18

このページは、当社のアンモニア焼きGTCCおよびボイラのプロジェクトを示したものです。当社では水素と同様に、世界各地でアンモニア燃料を利用した発電プロジェクトにも参画しています。

シンガポールでは複数の発電事業者とアンモニア専焼GTCC発電設備の事業化に向けた調査を実施しているほか、各国で多数の発電事業者が、既存の火力発電所にアンモニア混焼技術を導入する検討を進めています。昨年度だけでも、当社はタイ、台湾、インドネシア、チリなど各国の事業者と協業契約を結び、既存火力発電所でのアンモニア混焼に向けた検討を開始しています。

ここから先、「水素エコシステムの実現」と「CO₂エコシステムの実現」につきましては、加口より説明します。

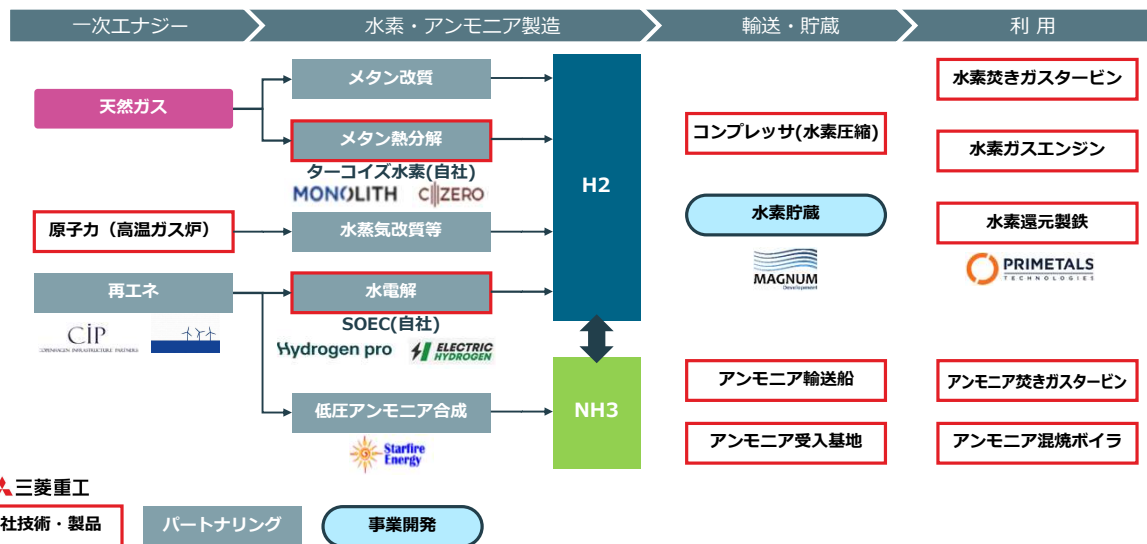
3. 水素エコシステム実現に向けた取り組み

ここから、水素エコシステムの実現に向けた取り組みについて説明します。

先ほど土師から水素焼きガスタービンの説明をしましたが、やはり水素をどこから持ってくるかというバリューチェーンの方が今後の課題であると考えており、製品だけではなくさまざまな取り組みを進めています。

水素エコシステム実現に向けた当社の取り組み

■ 自社開発に加え、パートナーとの連携を含め、バリューチェーン全体をカバーした事業展開を推進



このページは、主なエネルギー源、水素製造、貯留、利用について簡単な図で示したものです。赤枠で囲んでいるものは当社で開発しているものや既に当社が製品として保有しているものであり、グレーはさまざまなスタートアップ企業や他の企業のライセンスなどのパートナーングを検討している部分です。

水素エコシステムは最終的には再生可能エネルギーにより作られたグリーン水素を水素のまま運ぶか、あるいはアンモニアなどの他の形で運ぶという形になると思いますが、それまでにはターコイズ水素と呼んでいる、天然ガス（メタン）から水素と固体炭素を取り出し、固体炭素をどこかに貯留することも考えており、さまざまなものを開発しています。

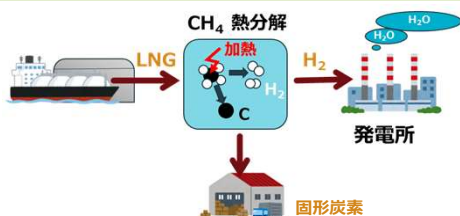
また、水素のバリューチェーンを作るなかで、水素を製造して隣接地で使用する場合にはあまり貯留スペースはいらないものの、季節をまたいで水素を貯留して発電に使用するなどの場合は、水素の貯留が一番の問題となります。高砂水素パークであれば、圧縮した水素をガスボンベに貯めています。物量が非常に多くなります。その一番簡単で経済的なやり方として、地下貯留の検討が進んでおり、そちらは後で紹介します。

そのほか特徴的なものとして、水素利用において、ガスタービンは紹介しましたが、そのほかにも三菱重工エンジン&ターボチャージャで水素ガスエンジン、当社の子会社であるプライメタルズテクノロジーで水素還元製鉄を進めています。

水素製造技術開発状況

ターコイズ水素

- 触媒でメタンを分解し水素製造、炭素は固体で回収
- 既存LNGインフラを活用、大量・低コストのCO₂フリーのH₂を供給



SOEC

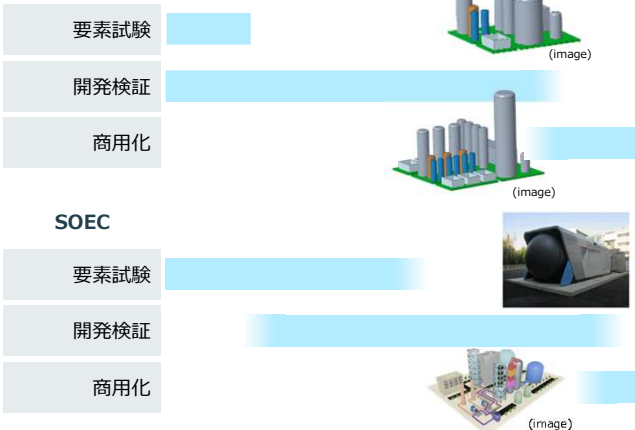
- SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell)は蒸気と電力から水素製造（電気分解）
- SOFC(Solid Oxide Fuel Cell)の逆反応でセル技術が応用可能



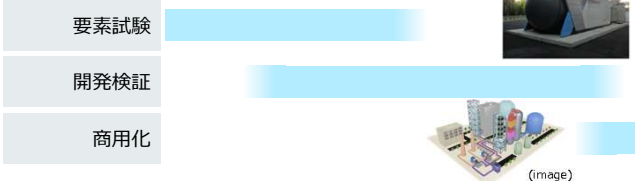
- 2023年度より自社開発のSOECの検証を開始予定
- 2026年以後の商用化を目標に開発・検証中

2023年 > 2024年 > 2025年 > 2026年~

ターコイズ水素



SOEC



水素製造について、一般的には現在はアルカリ水電解をすることで進んでいますが、将来のより効率的な方法として、先ほどのターコイズ水素などさまざまなものを考えており、自社で開発している代表的な例を載せています。

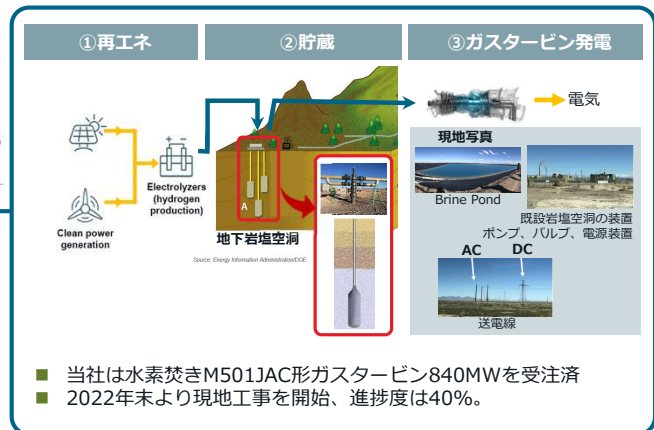
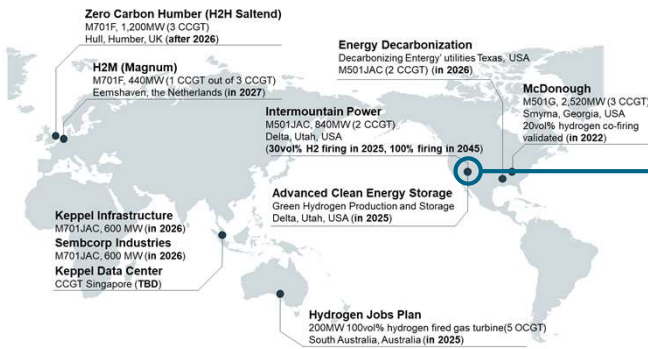
ターコイズ水素は天然ガスを熱分解することで水素を取り出し、ブラックカーボンだけを残す技術です。発電所に設置し、ガスタービンを水素用バーナに換装することで既存の天然ガスインフラを活用した脱炭素化が可能です。現在、要素試験が進行しており、その後に検証試験を行い、商用化は2020年代後半を考えています。こちらも最終的には高砂水素パークにて実機検証を行う予定です。

またSOECは、SOFC（固体酸化物形燃料電池）の逆反応であり、高温のセラミックセルの中に水蒸気を流して電気を与えることで水素を効率的に製造するものを検討しています。こちらも同様に、現在開発中であり、高砂水素パークでの実証を予定しています。

米国における水素貯留・ガスタービンプロジェクトの例

Advanced Clean Energy Storageプロジェクト (米国ユタ州)

- 西海岸の豊富な再生電力からグリーン水素を製造し、地下岩塩空洞にそのグリーン水素を貯蔵
- 電力必要時にグリーン水素を取り出し、ガスタービンで発電し、中長期間の電力需給安定化を図る
- 2022年6月にFID。2025年に水素30%混焼を開始予定。



このページは、水素エコシステムの取り組みの一例として、Advanced Clean Energy Storageという米国でのプロジェクトを紹介しています。

この水素から作られる電力はロサンゼルス地区に持っていくことを考えていません。西海岸は風力や太陽光などの再生可能エネルギーの先進地区である一方で、特にカルフォルニアは夏が暑いものの春先は電力需要が少なく、2月から6月にかけて大量のエネルギーが余るため、その電力を一旦ユタ州に既にある送電網で送り、ここで電気分解にて水素を製造し、地下貯留するというプロジェクトです。容量としては22万キロワットであり、電解装置を設置し、1日4トン程度の水素を製造することを考えています。

なおこのプロジェクトは、昨年6月にDOE（Department of Energy：米国エネルギー省）から融資保証を受けており、FID（Final Investment Decision：最終投資決定）したため、昨年の終わりから工事が始まっており、プロジェクト全体では40%程度の進捗となっています。

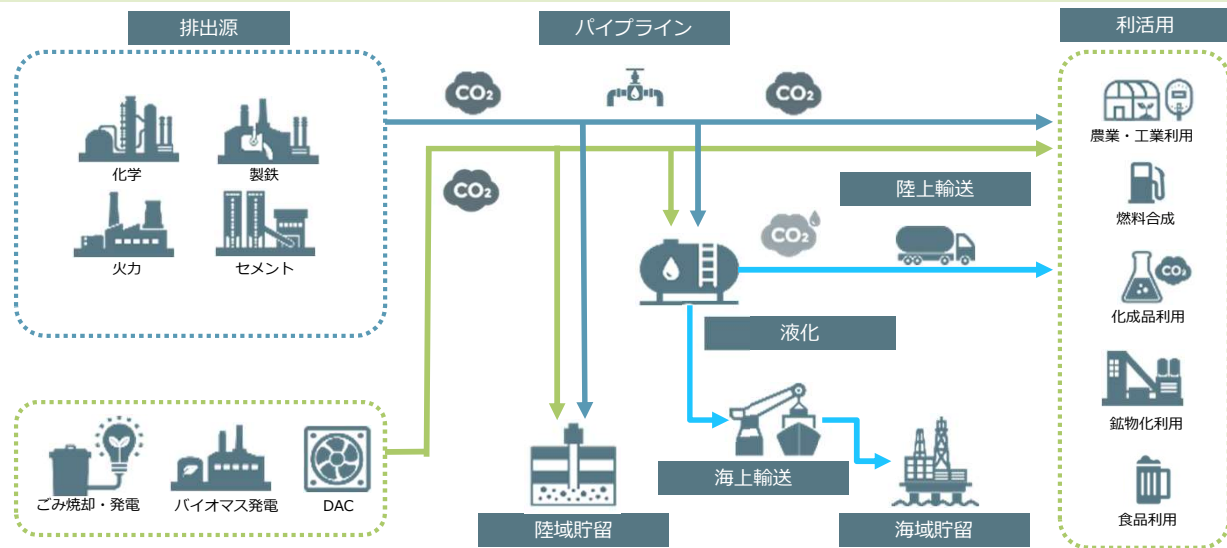
ちなみに、右下の図の地下貯留の仕方のイメージを説明すると、地下に大きな岩塩の岩があり、その中にドリリングして千数百メートルの穴を掘り、そこに水を流して溶かして空洞を作り、水素を貯めるといったものです。千数百メートルという非常に深い位置のため、当然圧力も高くなります。200気圧から300気圧程度の水素に圧縮して貯留するというので、貯留量としてはバッファーとして水素1万トン程度の貯留スペースを確保するというので、春に貯まった水素を電力需要のピークとなる夏に使用することで平準化します。ここには最新鋭のJAC形ガスタービンを2機導入し、84万キロワットの発電をするということで、エネルギーの年間を通じた平準化を行う最初のプロジェクトとして、世界的にも注目を浴びると考えています。ここまで大きな水電解装置を導入するプロジェクトは、FIDが決定しているものでも3つしかなく、世界的に先行しているので、当社としてもしっかり参加して行っていきたいと思います。

4. CO₂エコシステム実現に向けた取り組み

続きましてCO₂エコシステムの構築の取り組みに関して説明します。

CO₂エコシステム実現に向けた取り組み全体像

■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエナジートランジションにて対応する領域は以下



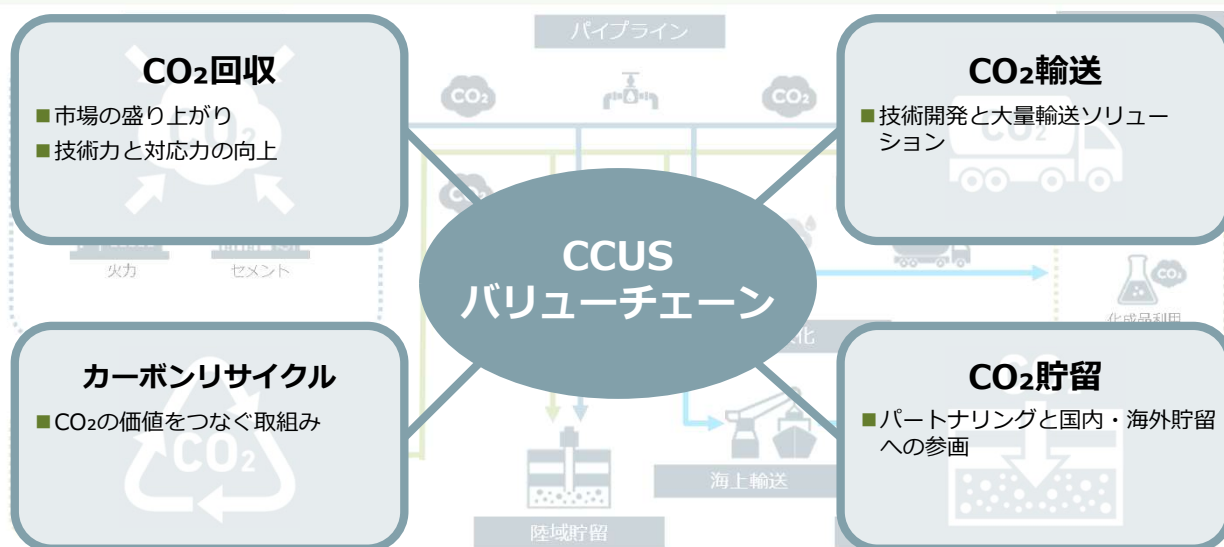
このページでは、CO₂エコシステムを構築するCCUSのバリューチェーンを記載しています。

イメージされるように、単純にCO₂を排出源から回収し、それを貯留地まで持っていき埋める、あるいは再利用するということですが、それにもさまざまなパターンがあります。

次のページで、当社の主な取り組みを4つに分けて説明します。

CO₂エコシステム実現に向けた取り組み全体像

■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエネルギー転換に向けて対応する領域は以下



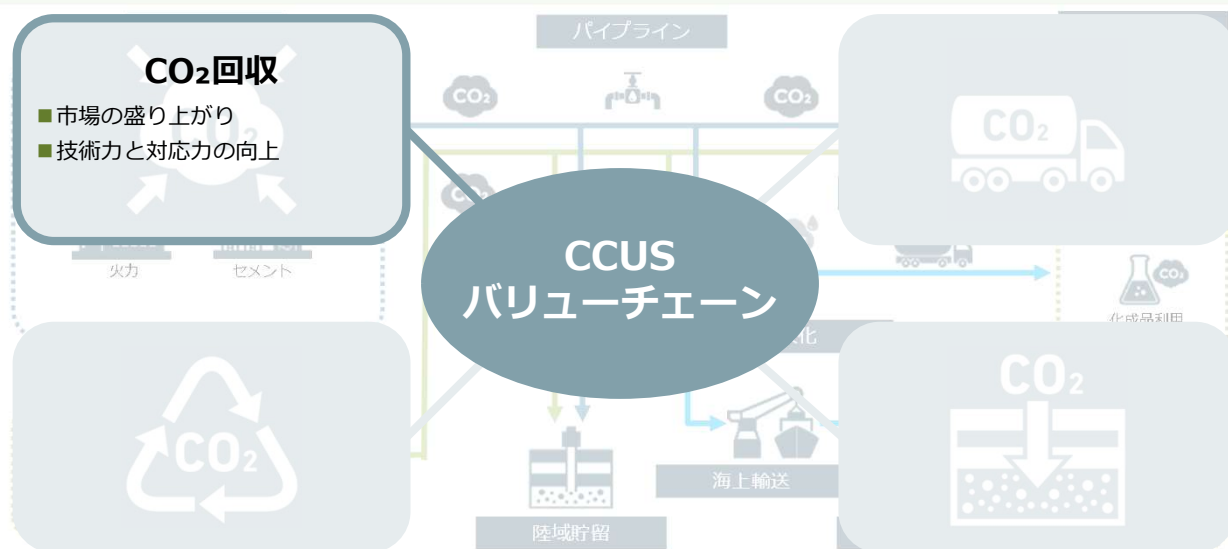
このように4つの領域それぞれで様々な活動を展開しています。

1つ目はCO₂回収であり、例えば石炭火力やガスタービンから排出されるCO₂を回収します。ガスのパーセンテージとしては、石炭火力で10%程度、ガスタービンで4%程度であり、そういうものからほぼ純粋なCO₂を回収してくるということを考えています。

次にCO₂の輸送に関しては、基本的にはパイプライン、海上輸送、陸上輸送などの形になると思います。

これにくわえて、CO₂貯留とCO₂再利用としてのカーボンリサイクリングという大きな4つの分野でさまざまな取り組みを行っています。

■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエナジートランジションにて対応する領域は以下



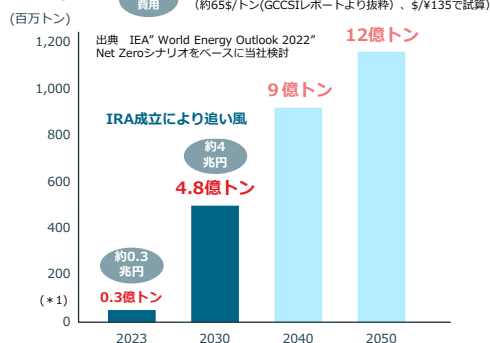
それではまずCO₂回収について説明します。

CO₂回収： 回収市場の盛り上がり

- 米国IRA成立を追い風に、欧米中心に商談旺盛、今後さらに拡大する米国のCO₂回収ニーズに応え、事業拡大、シェアのキープを図る
- DOEのクリーンエネルギー実証局(OCED)は、本年5月に助成案件としてFEED交渉権を得た8件のプロジェクトを発表、技術力が評価され、3件で当社CO₂回収技術を採用予定

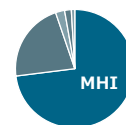
Net Zeroシナリオにおける必要なCO₂回収量(米国)

CO₂回収量



No.	選定事業者	サイト所在地
1	Duke Energy Indiana, LLC	インディアナ州
2	Entergy Services, LLC	ルイジアナ州
3	Lehigh Hanson, Inc	インディアナ州
4	Navajo Transitional Energy Company, LLC	ニューメキシコ州
5	Southern States Energy Board	アーカンソー州
6	Taft Carbon Capture, LLC	ルイジアナ州
7	Tampa Electric Company	フロリダ州
8	University of Illinois at Urbana-Champaign	イリノイ州

当社CO₂回収技術を採用予定



当社の世界シェアは、排ガスからのCO₂回収において70%以上 (*2)

【DOEプログラム：Carbon Capture Demonstration Projects Program】

2022年9月 CCSを目的としたFEEDプロジェクトに総額\$189mil.の資金供与を公表

(* 1) : 当社にて稼働日数を300日/年と仮定し、1日あたりのCO₂回収量を年換算したもの

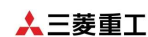
(* 2) 商用機CO₂回収量(納入ベース、当社調べ)

先ほど米国のIRAについて説明しましたが、IRAではCCSの場合、CO₂を回収すると1トンあたり85ドルの税控除がつくということで、非常に追い風になっています。ページの左側のグラフは、予測されるCO₂回収量であり、2030年にCO₂回収量が4.8億トンとなれば、これに85ドルのインセンティブを掛けると市場規模は4兆円規模となることを示しています。正確に申し上げますと、この時は1トンあたり65ドル程度の換算で行った際、そのくらいの金額規模の動きがあるというものです。なお、これは米国だけを言っており、その金額規模の市場の中で、当社は機器を供給したりと、ビジネスチャンスは大きい世界であると考えています。

新たな動きとしては、DOEのクリーンエネルギー実証局が、CCSを行うプロジェクトのFEED (Front End Engineering and Design：事前設計) を行う際に支援をするということで、ページ右側の表にある8件が対象として選定されています。このうち3件では、当社のCO₂回収技術が採用される予定であり、当社の技術はかなり有望な技術として認められていると考えています。

現在、当社は排出ガスからのCO₂回収技術に限れば、インストールベースで世界シェア約70%です。当社のCO₂回収技術が採用されているテキサス州にあるPetra NovaのプラントはCO₂回収が1日5,000トン程度の実証プラントなのでその寄与が大きいですが、かなり実績を積んできた状況になっています。

CO₂回収： 技術力と対応力の向上



- 世界をリードする当社回収プロセスのさらなる進化を進め、その適用先拡大に向けてArcelorMittalを始めとした多様な産業分野のパートナーと実証を推進
- グローバルでの商談機会拡大に対応するため、サプライチェーンのキープレーヤ（例：地域・顧客チャネル）とのライセンスパートナーリングを推進

技術力向上

- 関西電力(株)と共同で、新開発の吸収液「KS-21™」を活用したプロセス「Advanced KM CDR Process™」を商品化
- 世界最大級のCO₂回収実験施設「ノルウェー モングスタッドCO₂回収技術センター」での実証試験でKS-21™の優位性を確認（2021/8）
- KS-21™の特長（従来のKS-1™との比較）
 - ・ 揮発性が低く、劣化に対する安定性が高い
 - ・ 酸化分解抑制により、アミンエミッション値を低減
 - ・ 再生塔高圧化により、CO₂圧縮機動力を低減

	KS-1™	KS-21™ (*)
揮発性	100	50-60
熱劣化率	100	30-50
酸化反応率	100	70
吸収熱	100	85

(*)：排ガス等の条件による

ライセンスパートナーリング

- 2023年4月大手エンジニアリング会社伊Saipem社をプロジェクト協業パートナーとして、欧州・中東を中心とした地域にCO₂回収プラントを拡販



【Saipem社について】

- ・ 石油/ガスを中心としたプラントの設計/調達/建設/プロジェクト管理などを行うイタリアのエンジニアリング会社
- ・ 70カ国以上の拠点を持ち、先進的かつ革新的なエンジニアリング技術と豊富なプラント納入実績を有する
- ・ 当社はSaipem社が有する尿素技術において長年協力関係にあり、これまで世界各国に肥料プラントを建設

実証パートナーリング

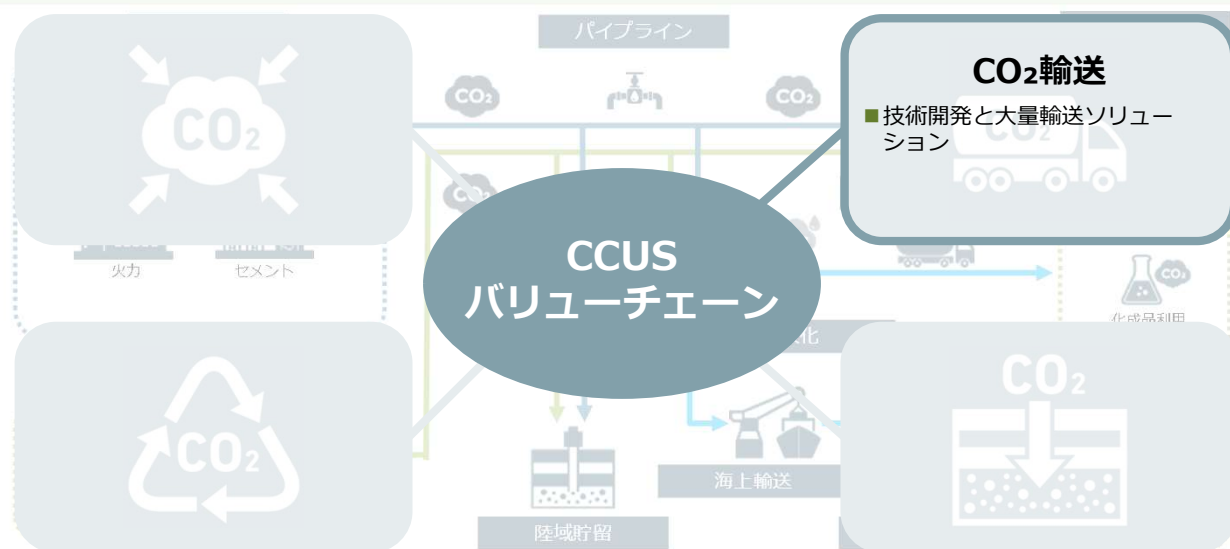
製鉄	ArcelorMittal 協業契約締結 (FY22/10)
セメント	トクヤマ 2022年6月末～ 2023年5月末
ごみ焼却設備	横浜市 2023年1月～ 2024年3月
ガスエンジン	社内 2022年7月末～ 2023年5月末

当社は技術力と対応力の向上、さらなる効率化・合理化を行っています。CO₂回収もアミン吸収液という媒体にCO₂を吸収させ、それをまた再加熱して熱分解するというプロセスを行うので、エネルギーをかなり消費します。この合理化やアミン吸収液の劣化をできるだけ防ぐべく、関西電力と共同開発でこれまでさまざまな取り組みを行ってきており、Advanced KM CDR Process、KS-21を使用し進めていこうとしています。なお、KS-21に関して、ページの右側で従来のアミン吸収液と劣化率などを比較した数値を載せていますが、非常に期待されている数値となっています。

対応力の向上として、非常に多くのCO₂回収プロジェクトが検討されており当社だけで全てのプラントには対応できないので、ライセンスパートナーが重要です。今年4月にはイタリアのエンジニアリング会社であるSaipem社とのライセンス契約を締結しました。同様に、今後も海外展開にあたり、ライセンサーとしてのパートナー探しを行っていきたくと考えています。

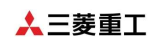
また、拡大する脱炭素ニーズに対応するため、多様な産業分野におけるCO₂回収に取り組んでいます。現在、製鉄、セメント、ごみ焼却設備、ガスエンジンといった分野で多数のパートナーと多種多様な排ガス性状を元の実証、データの蓄積を進めています。

■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエナジートランジションにて対応する領域は以下



続きまして、CO₂輸送について説明します。

CO₂輸送： 技術開発と大量輸送ソリューション



- CCSの本格商用化において、重要になるCO₂大量輸送に対し、船舶輸送技術により貢献
- 2023年3月には液化CO₂輸送実証船の進水式を下関において実施
- CO₂輸送に関するFS（これまでのべ20件）やパートナーリングを展開



2023年末に完成後、2024年より、舞鶴でCO₂を積載し、
苫小牧に輸送予定

進水式（2023年3月）

Flag	Japan	Class	ClassNK
Length o.a.	72.0m	Breadth	12.5m
Tank capacity	1,450m ³	Draught	4.55m

FSや基本設計承認、パートナーリングの展開

カテゴリー	パートナー候補
CCS事業者	Equinor、INPEX、伊藤忠、TotalEnergies 他
船舶運航事業者	川崎汽船、商船三井、日本ガスライン、日本郵船、山友汽船 他
船級協会	ビューローベリタス※1(Bureau Veritas)、日本海事協会、DNV※2 (Det Norske Veritas) 他
建造パートナー	日本シブヤード 他

社名ABC順

© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

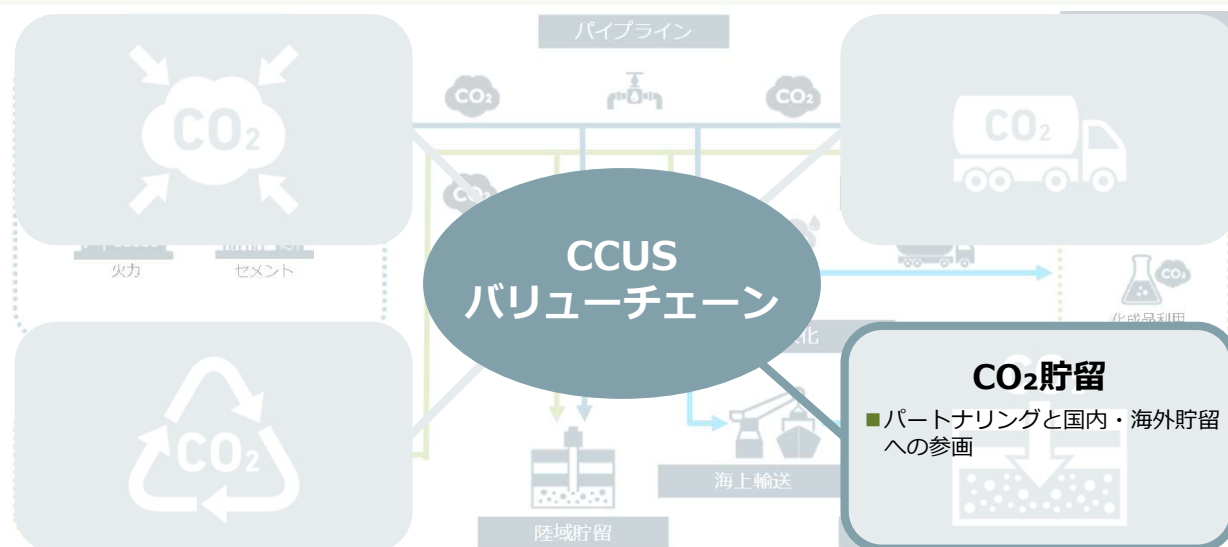
30

※1 フランス船級協会、※2 ノルウェー船級協会

国内での輸送事業として、CO₂を液化して舞鶴から北海道の苫小牧まで輸送するというプロジェクトが計画されており、当社はその液化CO₂輸送実証船の進水式を完了し、引き渡しに向けて遂行しています。

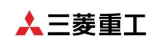
日本は海外と比較してパイプラインが少ないため、船による輸送の場合はいかに大規模にできるかが鍵となってきて、大型化を進める方向で開発を進めています。

■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエナジートランジションにて対応する領域は以下



続きまして、CO₂貯留について説明します。

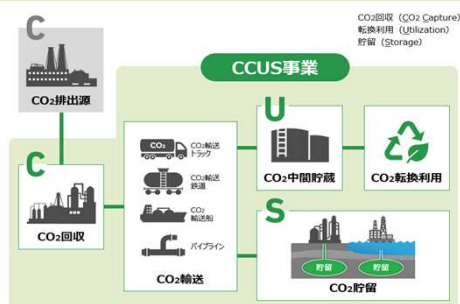
CO₂貯留： パートナリングと国内・海外貯留への参画



- 2022年 ExxonMobil社とのアライアンスに合意、バリューチェーン全体に対してソリューションを提供できる体制を整え、世界各国で案件具体化を促進中
- この取り組みにより、排出源と貯留・利活用を繋ぐ、end-to-endでのCO₂エコシステム構築に向けて当社が貢献できるようになる

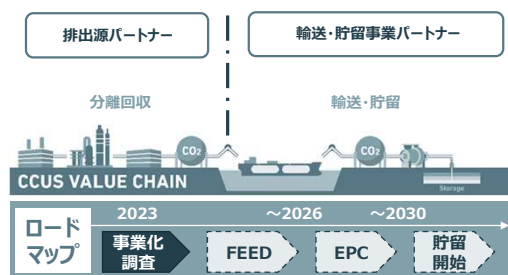
全世界：ExxonMobilとの協調(CCSプロジェクトの拡大)

- ExxonMobilは、CO₂回収と回収したCO₂を輸送し、地層に安全に注入する30年以上の実績を有する
- 当社のCO₂回収技術とExxonMobilが保有する輸送・地下貯留技術を組み合わせることで、産業界のあらゆる顧客に対し、回収から貯留まで一貫したCCS提案が可能
- 米国を中心に、全世界のCCSプロジェクトにおける連携を強化



日本：バリューチェーン事業の共同スタディへ参画

- 政府はCAPEX、OPEXへの補助を含めCCS長期ロードマップを推進中
- CO₂回収源、輸送方法、CO₂貯留地域の組合せが異なる3~5つのプロジェクトが採択され、国内CCSが急速に立ち上がる計画
- 当社は、INPEX等と共にCCS事業者として共同スタディを実施予定(FY23)



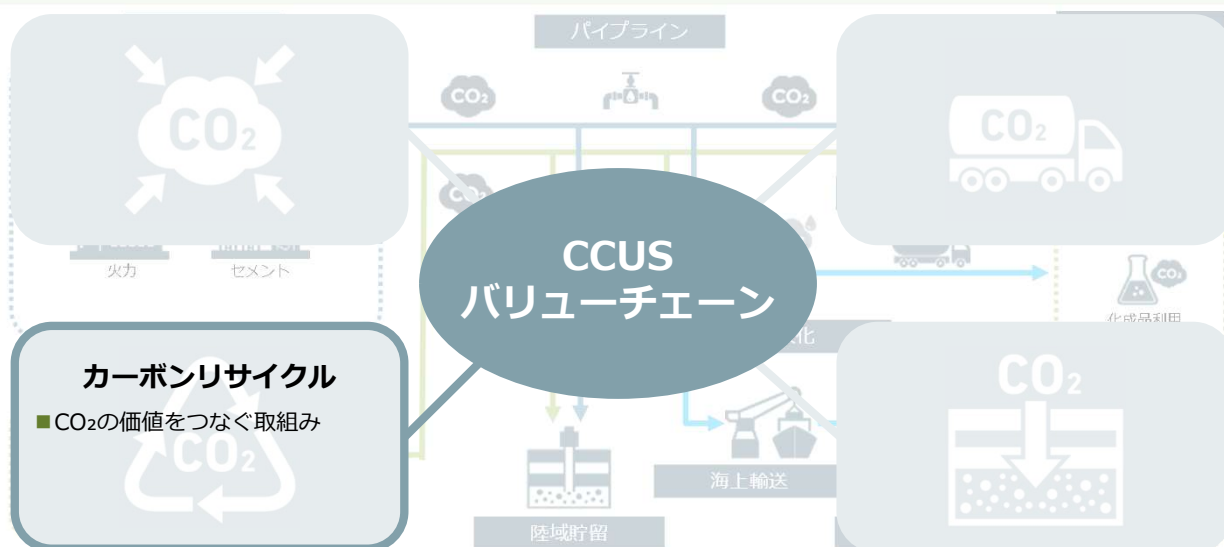
© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

32

当社が貯留事業を行うわけではありませんが、CCSを行う上で回収だけでなく貯留場所は非常に重要となってきます。この分野は、オイルメジャーの企業が貯留適地を保有しているということで、エネルギー企業もCCSのうち貯留部分に非常に市場性を見出しているということで、昨年度ExxonMobil社との技術的なアライアンスに合意しました。

また、国内においても国が2030年までにいくつかのプロジェクトを日本で実証することを発表しており、当社も参画したいということで手を挙げています。これに関しては、いくつかの企業とパートナリングを行いながら進めていくということで、2030年に日本でもCCSを事業として成立できるよう、取り組んでいきたいと考えています。

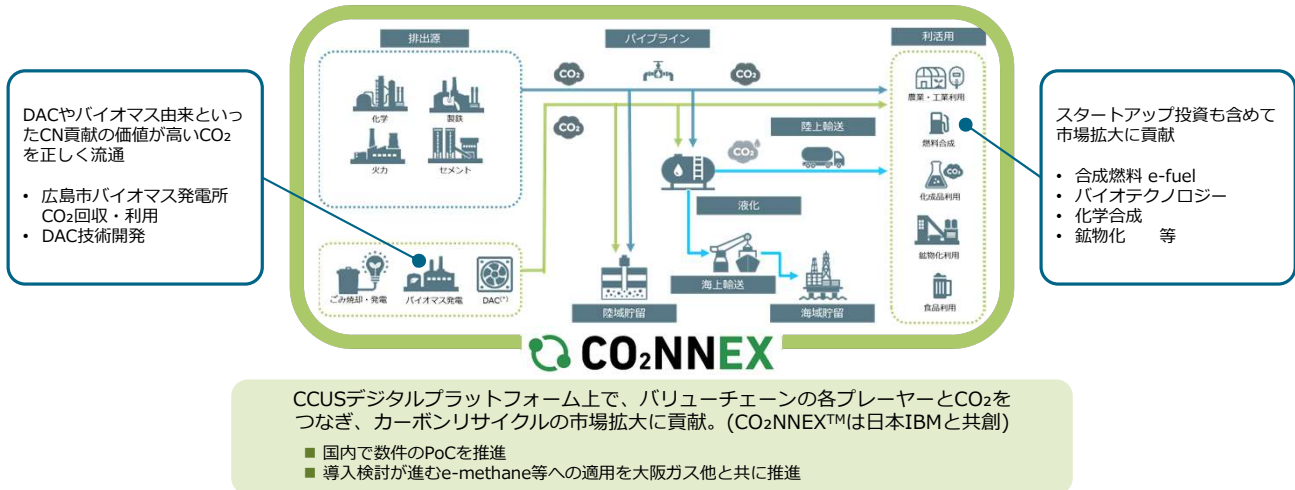
■ CO₂エコシステムを構成するCCUSバリューチェーンの全体像において、当社のエナジートランジションにて対応する領域は以下



最後に、カーボンリサイクルについて説明します。

カーボンリサイクル：CO₂の価値をつなぐ取組み

- CCUSバリューチェーン内のCO₂の価値を精緻に把握、可視化し、流通・取引を支援
- 肥料製造やメタノール製造等の当社経験に加え、スタートアップ投資を通じて利活用産業の幅広い領域で市場拡大に貢献



現在だとCO₂は厄介ものの廃棄物というイメージですが、これからカーボンタックスとなってくると、正しく実測し、追跡し、評価し、可視化して、カーボンタックスとも絡めて実証することが重要となってきます。

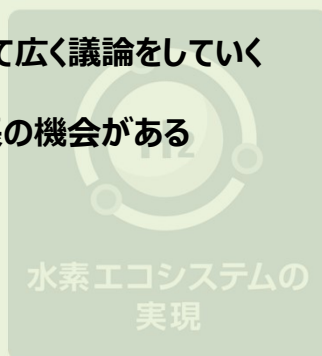
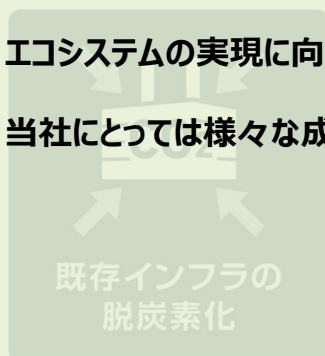
E-fuelというような合成燃料を本当に産業として使用するとなった場合には、CO₂を資源として捉える必要があり、その際にはCO₂のネイチャーをきちんと把握し、どこから持ってくるかということが重要になるため、CCUSのデジタルプラットフォームであるCO₂NNEXを提案しており、いろいろな方々とさまざまな議論をしています。

今の段階では特に事業というよりは、やり方をさまざまなパートナーングの中で制度化するというを考えていきたいと思っています。

5. おわりに



- 各領域での個々の技術開発は着実に進捗
- エコシステムの実現に向けて広く議論をしていく
- 当社にとっては様々な成長の機会がある



まとめとしまして、技術開発に関してはガスタービンを中心に着実に進捗していると考えています。

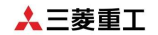
一方で、エコシステムについては、一つ一つの事業が大きな事業となるため、法的な整備などが決まらないとなかなか始まらず、いろいろな方々がさまざまな検討を行っている段階です。その中で、当社は正しい情報と正しい技術を提供していくことを考えたいと思っています。

いずれにしても、この分野は当社にとって非常に重要な分野であり、積極的に進めていきたいと考えています。

以上で私の説明を終わりにします。ありがとうございました。



これまでのエネルギーtransitionに関する説明会



当社の方針にかかわるこれまでのご説明

当社が考えるエネルギーtransition

2050年のカーボンニュートラル社会実現に向け
脱炭素化技術と水素バリューチェーン構築で貢献

水素バリューチェーンの構築

カーボンサイクルの構築

産業用エネルギーの効率的な活用

火力発電の脱炭素化
原子力によるCO₂削減

ネットゼロカーボンの達成

2020年11月26日 エネルギーtransition説明会
～三菱重工グループの新たな挑戦～

当社グループが目指すエコシステム

- 単なるバリューチェーンではない
- 多種多様な産業分野を繋げて環境価値、経済価値を創出

⇒ 当社グループの幅広い製品・サービスで早期社会実装

実現するための6つのキーワード

- 活用する
- 交換する
- 分離する
- 循環する
- 集約する
- 合成する

2022年03月18日 カーボンニュートラル説明会
～MISSION NET ZERO～

成長領域の開拓

- 2040年カーボンニュートラルの達成を宣言(MISSION NET ZERO)
- カーボンニュートラルの達成に向け、エネルギーtransitionによる脱炭素化(供給側)と、社会インフラのスマート化による省エネ・省人化・脱炭素化(需要側)を両面で推進

安全・安心・快適な社会

MISSION NET ZERO

エネルギーの供給側
脱炭素化(供給側)によるCO₂削減

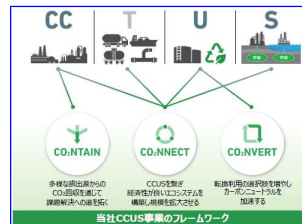
エネルギーの需要側
社会インフラのスマート化による省エネ・省人化・脱炭素化(需要側)

2023年04月05日 2021事業計画進捗状況
～三菱重工グループの新たな挑戦～

個別推進状況にかかわるこれまでのご説明



2021年06月14日 水素技術バーチャル工場見学会



2021年10月12日 CCUS説明会