

カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工業グループの取り組み

三菱重工業グループは、社会課題の解決を通じて企業価値を向上させ中長期的に成長していくために、取り組んでいくべき重要課題（マテリアリティ）の特定を2020年に行い、その一つに「脱炭素社会に向けたエネルギー課題の解決」を掲げました。

そして、このマテリアリティを具体化する全社目標として、2021年10月、MISSION NET ZERO、2040年カーボンニュートラルを宣言しました。ここでは、カーボンニュートラル社会の実現に向けた考え方と具体的な取り組みについてご紹介します。

2040年カーボンニュートラル宣言

2020年に発表した中期経営計画「2021事業計画」において、エネルギー供給側で脱炭素化を目指す「エナジートランジション」と、エネルギー需要側で脱炭素・省エネ・省人化を実現する「社会インフラのスマート化」を2つの成長領域に定めました。これらの領域の事業を推進し、また既存の事業の脱炭素化・電化・知能化を推進することにより、2040年にはCO₂排出量の実質ゼロ（Net Zero）を実現し、カーボンニュートラル社会の実現に向けて貢献します。

カーボンニュートラル社会の実現は地球規模の課題であり、当社グループは、脱炭素分野での実績を誇るリーダーとして、気候変動対策を牽引していくことがミッションであると考えています。社員一人ひとりが、お客さま、ビジネスパートナー、国、自治体、研究機関などと積極的に連携し、Net Zeroの未来、カーボンニュートラル社会の実現に向けて行動していきます。

▶2040年カーボンニュートラル宣言に関する詳細情報は、当社ウェブサイトをご覧ください。
<https://www.mhi.com/jp/expertise/carbon-neutral>

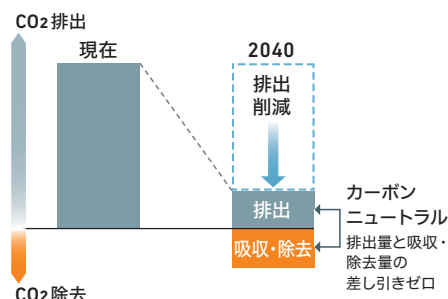
MISSION NET ZERO



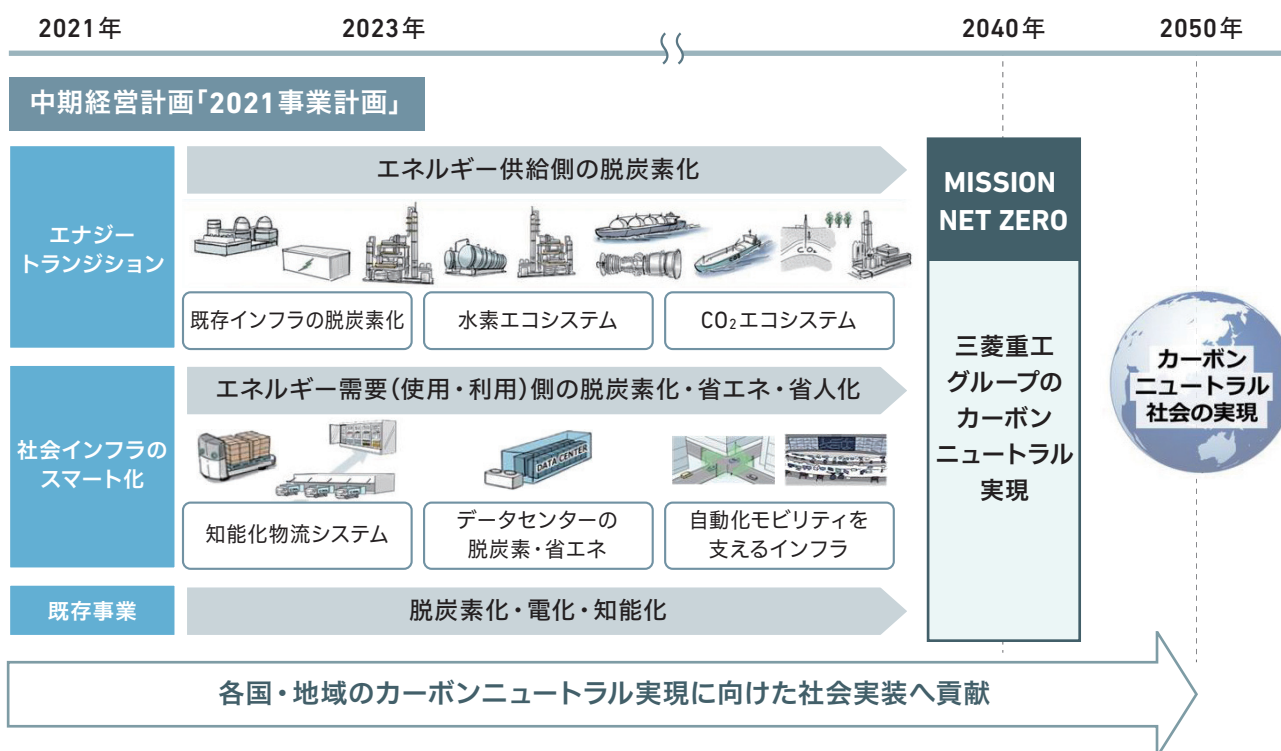
カーボンニュートラル= Net Zeroとは？

カーボンニュートラルとは、「CO₂の排出量から吸収量と除去量を差し引いた合計をゼロにする」ことを意味します。つまり、CO₂排出を可能な限り削減した上で、排出せざるを得なかった分については、同じ量を植林や再利用により「吸収」または地下貯留などで「除去」することで、差し引きゼロ、つまりNet Zero(正味ゼロ)にするということです。

右図にカーボンニュートラルのイメージを示します。



MISSION NET ZEROに向けたロードマップ



カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工グループの取り組み

CO₂排出量の削減目標

MISSION NET ZERO「2040年カーボンニュートラル宣言」では、当社グループのCO₂排出量（Scope1、Scope2）を、2030年までに2014年比50%削減し、2040年までに実質ゼロにすることを第一の目標とします。

また、当社グループ製品の使用によるお客さまのCO₂排出量が大部分を占めているScope3から、CCUS※に

よる削減貢献分を差し引いた、バリューチェーン全体からのCO₂排出量を、2030年までに2019年比50%削減し、2040年までに実質ゼロにすることを第二の目標とします。

※ Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage
（CO₂回収・利用・貯留）

目標年	三菱重工グループのCO ₂ 排出削減 Scope1、2	バリューチェーン全体を通じた社会への貢献 Scope3+ CCUS削減貢献
2030年	▲50%（2014年比）	▲50%（2019年比）
2040年	Net Zero	Net Zero

※ Scope1、2：算出基準は、GHGプロトコルに準じる。

Scope3：算出基準は、GHGプロトコルに準じる。ただしこれに独自指標のCCUSによる削減貢献分を加味。

Scope1、2、3とは？

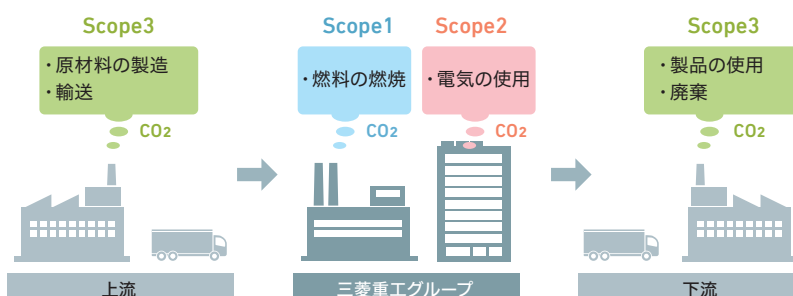
GHGプロトコル※で規定された、CO₂排出のScope1、2、3の定義を右下図に示します。Scope1は、当社グループ自らのCO₂の直接排出であり、主に燃料の燃焼により発生します。例えば、工場の生産設備で必要となる熱源を工場内に設置したボイラーで賄う場合、このボイラーからの排ガスとして放出されるCO₂が対象になります。Scope2は、他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出であり、電気の使用が主要因となります。例えば、ビルや工場で電力会社から購入した電気を使用する場合、その電気の発電過程で発生したCO₂などが対象になります。Scope3は、当社グループの上流および下流に位置

する他社の排出であり、上流側は原材料が生産される過程や輸送される時に発生するCO₂など、下流側は当社グループの製品、例えば納めた発電機器の運転に伴い発生するCO₂や廃棄される時に発生するCO₂などが対象になります。

GHG Greenhouse Gas

※ GHGプロトコル

世界的に推奨されている温室効果ガス（GHG）排出量の算定、報告の基準。米国の環境シンクタンクWRI（World Resources Institute：世界資源研究所）とWBCSD（World Business Council for Sustainable Development：持続可能な開発のための世界経済人会議）が主導し、各国政府機関も関与して開発された基準。

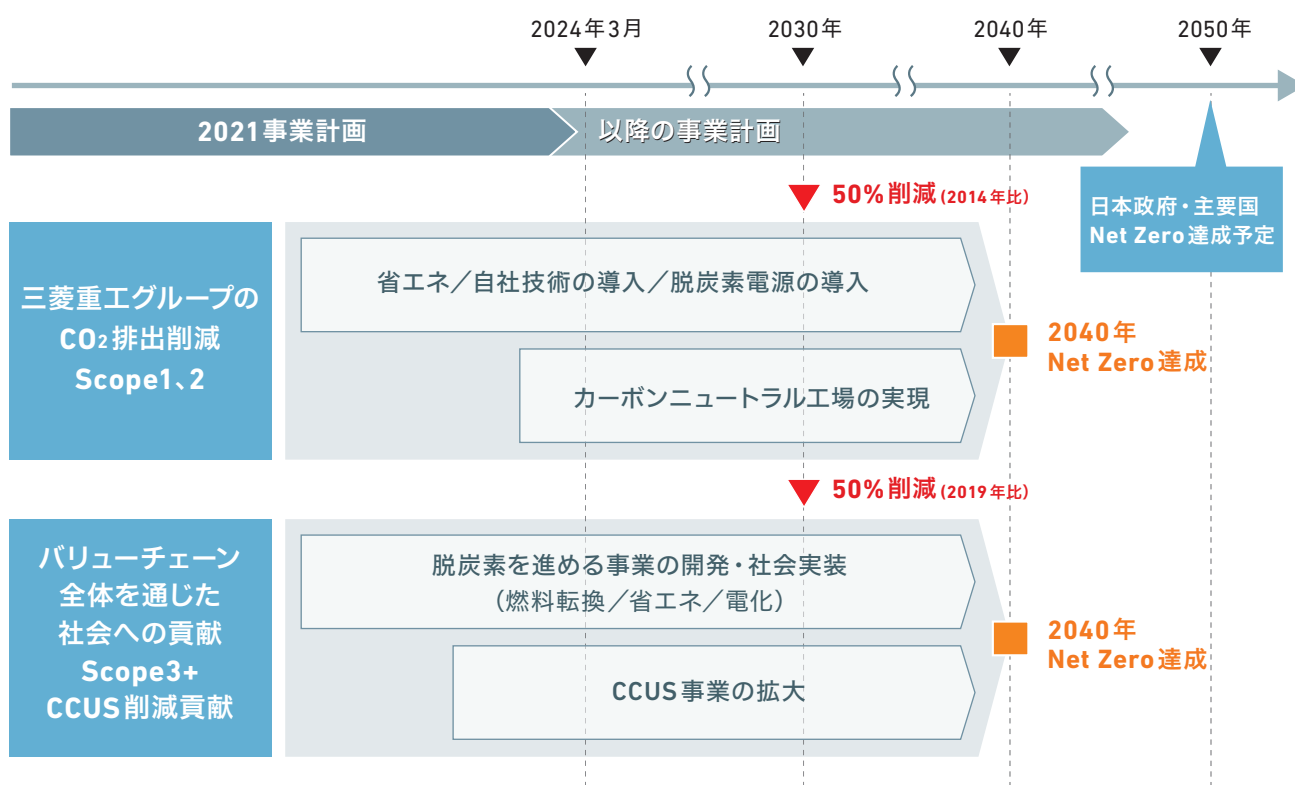


カーボンニュートラル実現に向けたロードマップと取り組み

MISSION NET ZERO「2040年カーボンニュートラル宣言」は、日本を含めた主要先進国が表明している「2050年のカーボンニュートラル実現」という目標より10年早く、2040年にCO₂排出量実質ゼロを目指すものですが、これは当社グループの製品や技術が社会全体に

実装されるまでのリードタイムを考慮して設定したものです。つまり、当社が世界に先駆けてカーボンニュートラルの実現を果たすことで世界に対する旗振り役となるという野心的な目標であり、かつ、私たちの決意を示すものです。

▶ カーボンニュートラル実現に向けたロードマップと取り組み



カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工グループの取り組み

Scope1、2

当社グループのScope1およびScope2排出量は、2014年実績で約94万トンでした。2021年の実績は約55万トンと、すでに40%以上の削減を達成しています。この取り組みをさらに加速すべく、当社グループの脱炭素化ソリューションを自社工場に率先して導入するとともに、クリーンエネルギーを利活用することで、2040年のScope1およびScope2排出量実質ゼロを実現します。

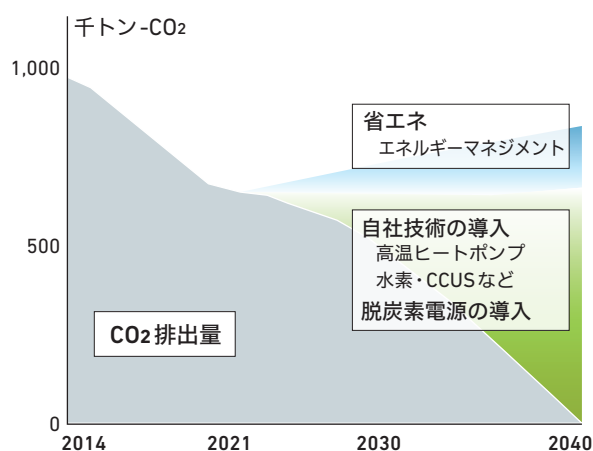
具体的には、生産プロセスのエネルギー使用合理化、ヒートポンプなどによる熱源の電化、CCUSおよびAIを利用したエネルギーマネジメントシステムによる非化石エネルギーの効率的な利用などの脱炭素製品・ソリューションの導入検討を開始しています。

2022年6月には、中国電力が当社の三原製作所に設置した太陽光発電設備により発電したグリーン電力を、オンサイト型とオフサイト型のPPA（電力販売契約）により当社へ供給する取り組みについて、中国電力と基本合意しました。これにより2023年末までに、同製作所が使用するすべての電力が脱炭素化される計画です。この結果、同製作所が排出するCO₂のうち年間約1万トンが削減されることになります。

これらScope1およびScope2については、当社グループだけでなく、多くの企業が工場のカーボンニュートラル化に課題を抱えているのが現状です。自社工場を開発フィールドとして得られた脱炭素化ソリューションの実績や知見をお客さまの工場でも使っていただくことで、今後の当社グループのビジネスの潜在的可能性の発掘、ひいては産業界全体のカーボンニュートラル達成に向けた大きな推進力となると考えています。

三菱重工グループのCO₂排出削減 Scope1、2

自社技術を自社工場へ導入



Scope3+ CCUS削減貢献

Scope3排出量の削減

当社グループのScope3排出量は2019年時点で約15億トンと計算されており、Scope1およびScope2と比較してその規模も、社会に与える影響も大きいといえます。

このScope3排出量については、エネルギーの供給側と需要側双方の脱炭素化を実現するためにコアと

なる製品、技術の開発を推し進め、早期に社会実装することによって削減を進めていきます。

エネルギーの供給側における脱炭素化を目指す当社グループの取り組み「エナジートランジション」について、まず短期的には、既存火力発電設備の置き換えによる高効率化を進めています。当社のJAC形大型ガスタービンは世界最高水準の発電効率を誇り、世界各地での

受注・納入・運転実績を着実に積み上げていますが、当社がお客さまに納入する火力発電設備をこのようなCO₂排出量のより少ない高効率ガスタービンに置き換えていくことにより、Scope3排出量の削減を進めることが可能です。

水素やアンモニアの活用

CO₂排出量の削減に劇的な効果があると期待されているのが水素やアンモニアの活用です。水素は燃焼時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギーであり、なおかつ、地球上に水の形で豊富に存在しています。また、アンモニアも、水素と同様に燃焼時にCO₂を排出せず、水素と比べて運搬・貯蔵が容易であること、すでに大量生産の設備が整っているというメリットがあることから、カーボンフリー燃料として注目されています。

当社グループは、水素やアンモニアへの燃料転換による既存火力発電設備の脱炭素、すなわち「既存インフラの脱炭素化」を進めていきます。例えば水素焚きの分野では大型ガスタービンにおける燃焼試験で30%混焼までは開発完了しており、50%混焼で安定的に燃焼させる技術的課題も克服しています。水素100%専焼については、2025年に中小型ガスタービンでの、2030年に大型ガスタービンでの商用化を目指して実証を進めています。また、既存の石炭を燃料としたボイラに適用できる、アンモニア混焼および専焼が可能なバーナーの共同開発にも参画しており、2028年までに実証を行う予定です。これら水素やアンモニアの混焼・専焼は、既存の発電設備の改造により対応可能であり、現状の発電インフラを有効活用し、社会的コストを抑えた形で脱炭素化を実現することができます。

また、エネルギーの需要側として、世界の温室効果ガス排出の7～10%を占めるといわれている鉄鋼業でも、水素を活用して画期的な脱炭素を図るための技術開発を進めています。現状、鉄鉱石の還元プロセス（鉄鉱石の主成分である酸化鉄から酸素を取り除くプロセス）には石炭を利用しており、ここで多量の温室効果ガスが発

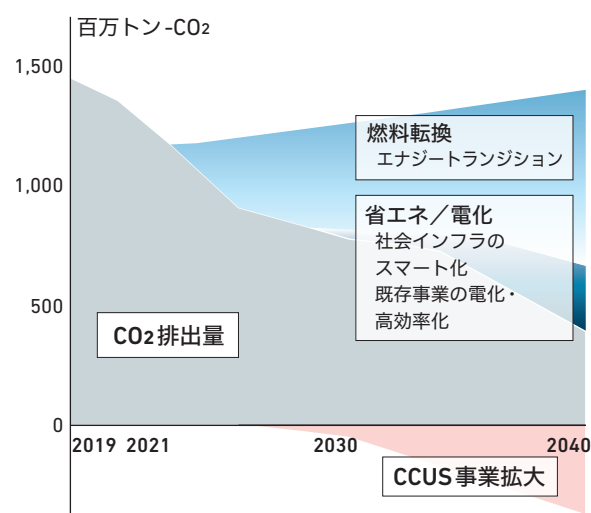
生していますが、水素を利用した脱炭素プロセスへ転換させるべく、世界初の水素ベースの微粉鉄精鉱直接還元プロセス（HYFOR：HYdrogen-based Fine-Ore Reduction）を使用したパイロットプラントを2021年4月から稼働させ、製品化に向けたさまざまな実証試験に取り組んでいます。

さらに、水素の製造から利用までのバリューチェーンを構築すべく、水素の製造、貯蔵、発電の一貫した実証設備である「高砂水素パーク」を、2023年の稼働を目指して当社高砂製作所の実証設備複合発電プラントに隣接して整備中です。水素製造設備は、水電解装置の採用に加え、メタンを水素と固体炭素に熱分解することによ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・実証を順次行います。

▶ 詳細はP24の「CTO対談 カーボンニュートラルの実現に貢献する三菱重工業グループ」を参照ください。

バリューチェーン全体を通じた社会への貢献 Scope3+CCUS削減貢献

脱炭素技術を早期に確立し、社会実装に貢献



カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工グループの取り組み

CCUSによる削減貢献

ここまで、Scope1、2、3排出量それぞれの削減に向けた取り組みを述べてきましたが、当社の「2040年カーボンニュートラル宣言」の独自性は、Scope3排出量の削減に、CCUSによる削減貢献分を差し引いている点です。

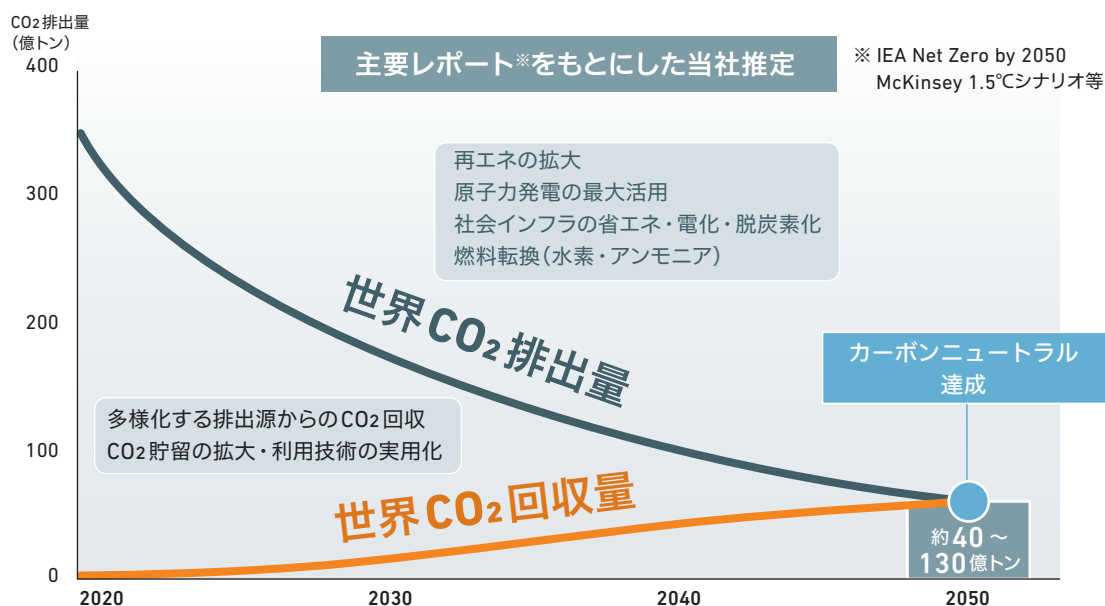
「既存インフラの脱炭素化」などにより、CO₂排出量の削減自体は可能ですが、排出量を完全にゼロとすることはできません。現在の試算によれば、2050年においても年間約40～130億トンのCO₂排出量が残ってしまうと見込まれています。これは、鉄鋼、セメントなどのCO₂排出削減が困難（hard-to-abate）な産業分野が存在するためです。カーボンニュートラル社会の実現のためには、このような産業からCO₂を回収する必要があります。

当社グループは1990年から関西電力と共同で、アミン吸収液を用いた化学吸収法によるCO₂回収技術の開発に取り組んできました。また、商用CO₂回収装置を世界各地のプロジェクトに納入してきた豊富な実績を有し、現在、産業設備で発生する排ガスからのCO₂回収設備容量ベースで世界トップシェアを誇ります。

例えば、米国のPetra Nova Carbon Captureプロジェクトには、2022年現在、世界最大の4,776トン/日の回収能力を持つCO₂回収装置を納入しました。また英国の大手電力会社Drax社のバイオマス発電所からCO₂を回収するプロジェクトにおいても、当社グループのCO₂回収技術が使用されることとなり、これが実現すれば約800万トン以上/年のCO₂排出量を削減することができます。

またCO₂回収のみならず、輸送・貯留・利活用といったCCUS全体に着目した新たなサービス事業を創出し、「CO₂エコシステムの実現」に伴う多様なニーズに応えるべく、さまざまな取り組みを進めています。

このように「Scope3+CCUS削減貢献」という目標設定は、CO₂回収技術とその商用化実績において、すでに世界をリードする立場にある当社グループの事業活動と親和性があるだけでなく、CCUSの社会実装、CO₂エコシステムの実現を通じた、カーボンニュートラル達成への当社グループの貢献を示すことにつながるものといえます。



CCUSバリューチェーンをつなぐデジタルプラットフォーム

カーボンニュートラル実現のためにはCCUS (CO₂の回収・利用・貯留)の実用化が不可欠です。以下では、その実用化を加速するために三菱重工グループと日本IBM社が共同で構築に取り組んでいるCCUSのデジタルプラットフォーム「CO₂NNEX」をご紹介します。

CCUSの現状と課題

CCUSとは、CO₂ (C) の回収 (Capture)、利活用 (Utilization)、貯留 (Storage) の頭文字を取ったもので、温室効果ガスの中でも特に排出量の大きいCO₂を回収し、地中などに貯留したり、化学工業製品の原材料などとして利活用したりすることを指します。

現在、地球全体で年間約400億トンのCO₂が排出されており、これを減らすべく世界各国で化石エネルギーから再生可能エネルギーなどへの転換が進んでいます。それでも2050年時点で約40～130億トンのCO₂排出が残ると予想されています。カーボンニュートラルを達成するためには、これらのCO₂を回収する必要があります。

しかし、現時点では回収したCO₂の用途や貯留地が限定されていることや、CCUSにかかるコストが高く経済性が成り立たないといったことが原因で、CO₂の回収は伸び悩んでいます。このため、CO₂の年間排出量約400億トンのうち、回収されるCO₂は1億トン未満(2022年)にとどまっています。

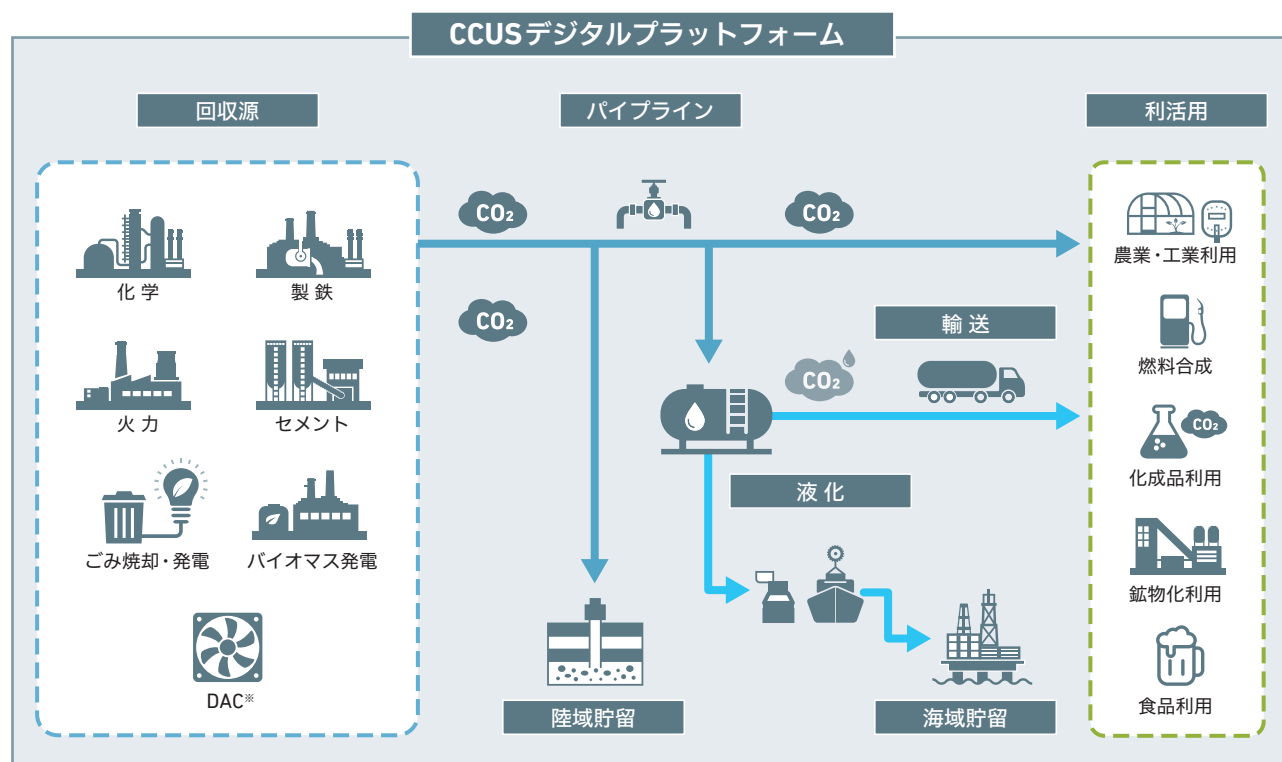
CCUSバリューチェーンの構築

回収したCO₂の全量はCCUSの後流に輸送され、利活用や貯留に消費される必要があります。また、CO₂の需要側である利活用サイドでは、CO₂が原材料として安定的かつ経済的に供給されないことには、安心して事業を営めません。さらに、利活用しきれずに余るCO₂はすべて地中貯留することにより安全に地球内部に固定されないことには、積極的に回収量を増やすことができません。

逆に言うと、CO₂の回収、輸送、利活用および貯留までの各プレーヤーをつなぐ「CCUSバリューチェーン」が上手に構築できれば、需要量も回収量も飛躍的に拡大することになります。また、後述のカーボン・プライシング制度等により、CO₂が経済的価値を持つことになれば、「CCUSバリューチェーン」における経済取引に多くのプレーヤーが参加するだけでなく、そこから全く新しい形態のビジネスが生まれる「CO₂エコシステム」に発展することが期待されます。

カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工業グループの取り組み

▶ CO₂エコシステムの実現



※ Direct Air Capture

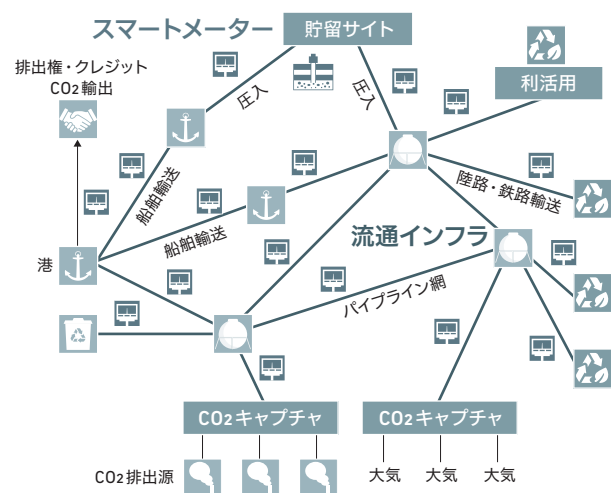
フィジカルとサイバーのCCUSをつなぐ

CO₂NNEXとは、CO₂削減による環境価値を最大化するデジタルプラットフォームです。このプラットフォームにつながるプレーヤーの間でCO₂を流通させれば、その状態をデータ化・可視化・追跡し、その証跡を改ざん不可能な形で提供することができるようになります。

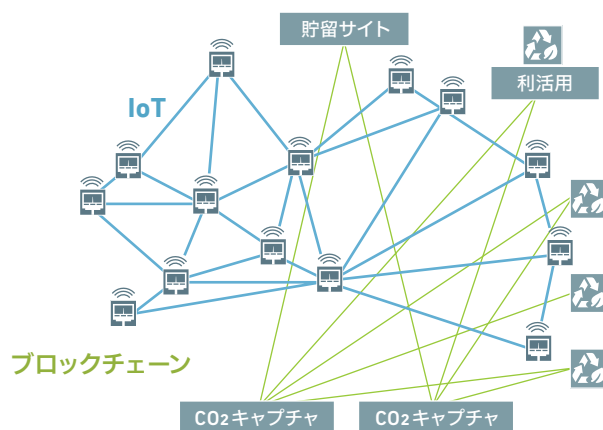
CCUSバリューチェーンに登場するプレーヤーは、エミッター（排出者）や回収事業者、利活用事業者、貯留事業者、輸送業者、排出権やクレジットの取引を扱う事業者などです。こうしたさまざまなビジネスプレーヤーを、パイプラインや、船舶、鉄道、トラック輸送といったインフラでつなぎ、流通経路ができていきます。

ここで重要なのは流通のデジタル化です。CO₂NNEXでは、共通のインターフェイスを持つスマートメーターを流通経路の要所に設置することによって、CO₂がどこにどれだけあって、どこに向かっているのかを一目で把握できるようになります。それによりCO₂の削減量がデータとして把握できます。この仕組みが、フィジカルな現実世界と対になるサイバー世界、すなわち「デジタルツイン」となります。

▶ CO₂NNEXの概念



フィジカル世界
(流通インフラストラクチャー)



サイバー世界
(デジタルプラットフォーム)

CO₂の流通情報を正確に可視化

現在、CCSやCCUのバリューチェーンは、そのほとんどが、相対契約の関係にある特定のプレーヤー間で作られています。CO₂NNEXが適用されると、それらの「線」のバリューチェーン間を互いにつなが合うことで、さらに広範囲でマルチエンドなプレーヤー間での「面」のバリューチェーンに発展します。このように面でつながるCCUSバリューチェーンが実現すれば、CO₂の削減による環境価値を、より自由で柔軟な形で取引できると予想されます。それにより、CO₂の回収量や流通量の指数関数的な拡大に大きく寄与すると考えられます。

CO₂NNEXでは、トレーサビリティ技術によりCO₂の流通情報を追跡するだけでなく、高度なセキュリティが確保されたブロックチェーン技術により、CO₂の取引を安全かつ公正に行うことができ、流通の結果を改ざん不可能な形で残すことができます。

近い将来、各国でカーボン・プライシング※の制度が導入されると、エミッターによる金銭を介した環境価値のオフセット取引が進んだり、企業で進められるCO₂

排出削減努力を認証機関がクレジットとして認証したり、さらにそのクレジットを個人投資家を含むさまざまなプレーヤーが金融商品のようにクレジット市場で取引するようになることが予想されます。CO₂NNEXによる正確な記録と追跡は、環境価値の正しい証明になり、補助金やクレジットなどの金銭価値を評価する上で不可欠なものになります。

※ 排出されるCO₂に価格付けをし、支払いを義務化することで、排出者の行動変容を促す政策手法。炭素税、排出量取引、クレジット取引などの仕組みが考案されている。

また、CO₂NNEXでは、信頼性の高いデータをさまざまなサービスプロバイダに提供することができます。これによりCO₂NNEX上に、新しい環境価値をマネタイズすることができる事業者を呼び込むことができ、CCUSに関連した全く新しいビジネス・エコシステムが形成されることが期待されます。例えば、政府・金融機関等の資金提供者に加えて、個人投資家、メタバースやWeb3等仮想空間における事業者や消費者なども、新たなCO₂エコシステムの担い手になることが期待できます。

カーボンニュートラル社会の実現に向けた三菱重工グループの取り組み

今後の展開

CCUS に関しては、北米の EOR (Enhanced Oil Recovery : 原油増進回収) のように稼働済みのプロジェクトに加え、2025 年ごろには北米や欧州で CO₂ の商用貯留が本格化する見込みです。税制や補助金、企業に投資を促すカーボン・プライシングなどの各種制度が整った英国、欧州、米国およびカナダを中心に、大型の CO₂ 貯留プロジェクトが次々に発表されています。

一方、日本でも、CO₂ の貯留や利用に関する制度設計の検討が本格化しています。例えば、経済産業省「CCS 長期ロードマップ検討会」の中間とりまとめ (2022 年 5 月) においては、2030 年までに CO₂ の国内商用貯留もしくは海外越境貯留を開始すべく、政府がその事業環境整備にコミットすることとされました。CO₂ 利用分野においても、CO₂ 吸収型コンクリートの開発や化学工業製品の原材料への CO₂ 利用の実用化が進んでいます。

当社グループは、このように 2020 年代半ばから急速に盛り上がると予想される CCUS 市場拡大の機会を逃さず、そして 2030 年以降の本格的な CCUS 時代には、CCUS におけるキープレーヤーとなることを目指します。2025 年ごろには CO₂NNEX のデジタルプラットフォームが社会実装されている状態を創り出します。

なお、CO₂NNEX のコンセプトを当社だけで実現することは不可能です。オープンなプラットフォームである CO₂NNEX においては、三菱重工グループと日本 IBM 社はその取りまとめとして、フィジカル・サイバー双方の CCUS サービス提供者と連携しながら、新しいソリューションを生み出していきます。

これにより当社グループは、従来の製造業としての事業領域、またルールフォロワーの立場に留まらず、CO₂ に関連する新しい商流や BtoC 取引への拡大なども視野に入れながら、CCUS のプラットフォーマーとして、CO₂ エコシステムの実現とカーボンニュートラル達成に貢献していきます。

