

第14回ロードマップ^o検討会

事務局資料

2026年2月5日

経済産業省G Xグループ環境金融室

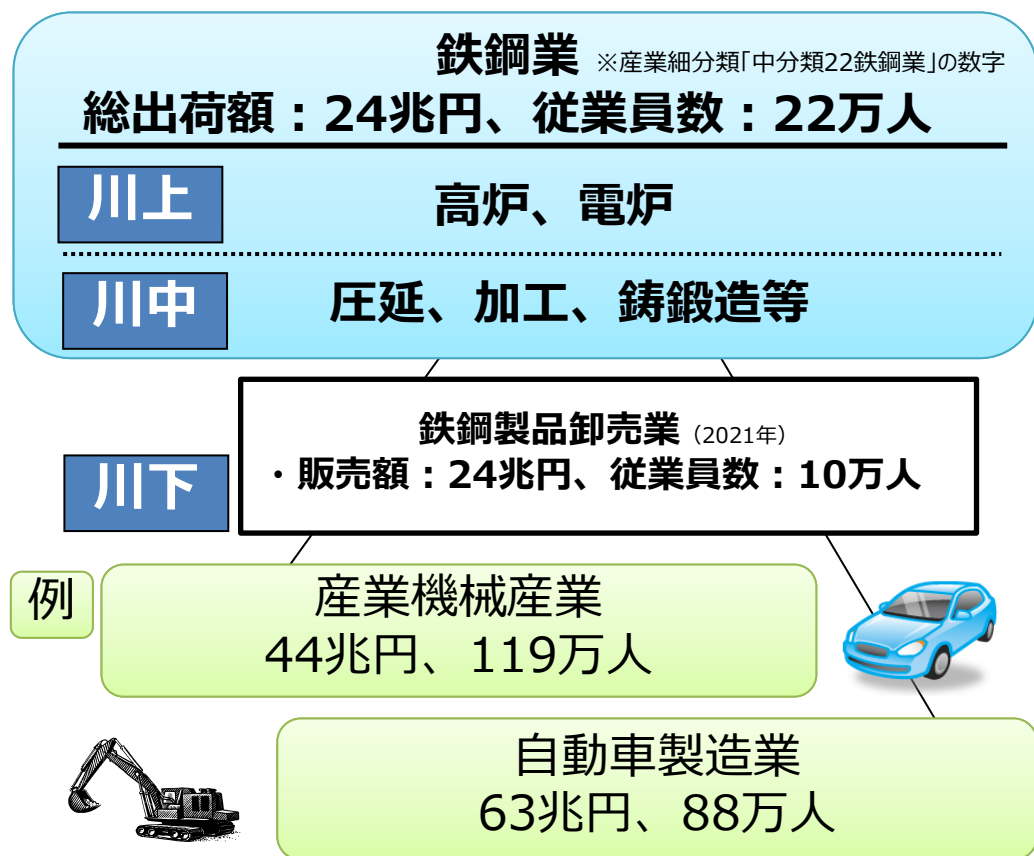


1. 鉄鋼分野の動向

2. 石油分野の動向

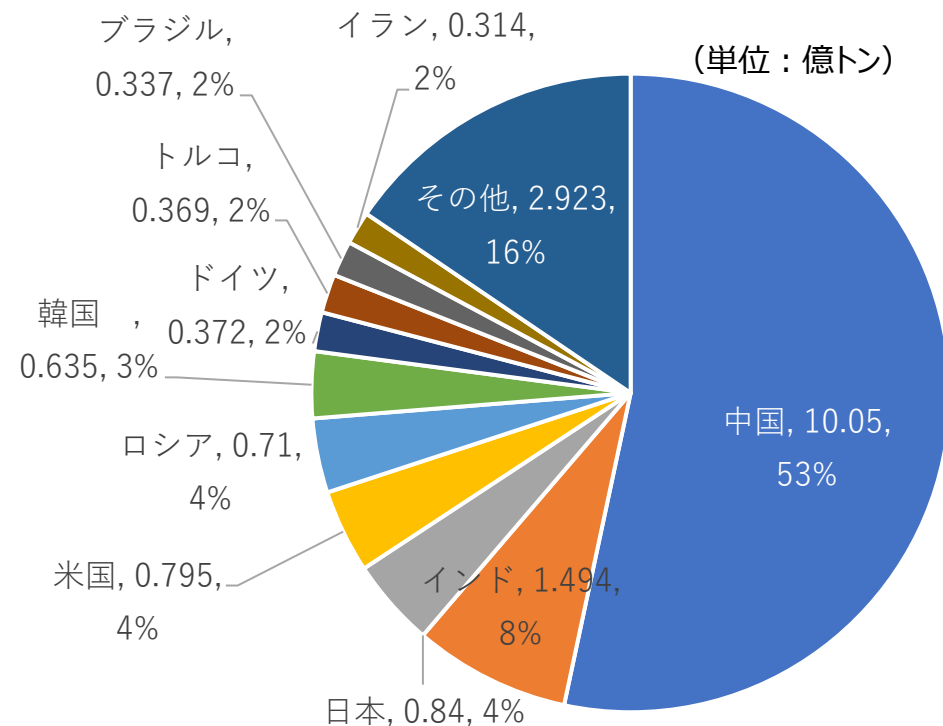
2. 鉄鋼業について | 産業規模

- 全国11か所にある高炉一貫製鉄所は、1か所当たり数千人規模の直接雇用（+ 関連企業・取引先多数）を確保し、最大で年間1千万 t 以上の鉄鋼を生産・出荷する。関連企業・取引先含め裾野が広く、雇用や地域経済を支える基幹産業となっている。
- 製造業全体GDPに占める、鉄鋼業等の一次金属の割合は10.7%。（14兆円）（2022年）
- 世界の粗鋼生産量は18.8億トン。中国が53%を占める。（日本は約1億トン）（2024年）



（出典）経済産業省経済構造実態調査、経済センサス、国民経済計算

2024年粗鋼生産量 18.8億トン
（2000年比：2.2倍）



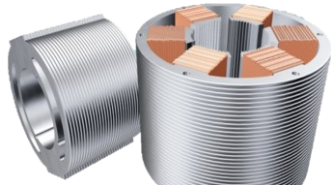
（出典）世界鉄鋼協会

2. 鉄鋼業について | 鉄鋼需要の見通し

- 鉄鋼は、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ分野や、自動車向けの電磁鋼板・洋上風力のモノパイル等にも利用され、**カーボンニュートラル社会においても、引き続き、必要不可欠な素材**であり、軽量化等の高機能化を図ることで、他分野における経済活動の低炭素化に貢献しうる。
- IEAの見通しにおいても、2050年断面で、**自動車や各インフラ、電子電気機器等で大きな需要が世界的に見込まれている。**

＜脱炭素に貢献する鉄鋼製品の例＞

電磁鋼板
(EV等のモーターで使用)



モノパイル
(風車用構造体で使用)



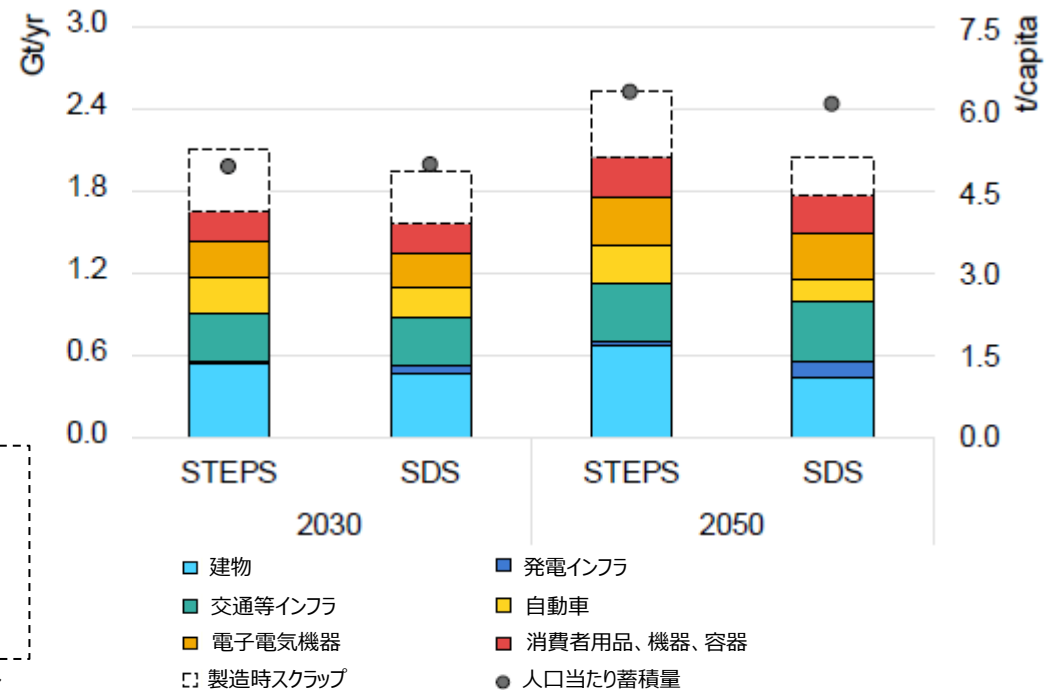
(出典) NEDO <https://www.nedo.go.jp/fuusha/haikei.html>

低炭素社会の構築に不可欠な高機能鋼材の開発、国内外への供給により、社会で最終製品として使用される段階においてCO2削減に貢献する。例えば、定量的な削減貢献を評価している**5品種の鋼材※**については、**2030年断面における削減ポテンシャルは約4,200万t-CO2と推定されている。**

※自動車用鋼板、方向性電磁鋼板、船舶用厚板、ボイラー用鋼管、ステンレス鋼板

(出典) 経団連 低炭素社会実行計画（鉄鋼業界の低炭素社会実行計画フェーズⅡ）

＜鉄鋼の需要見通し＞

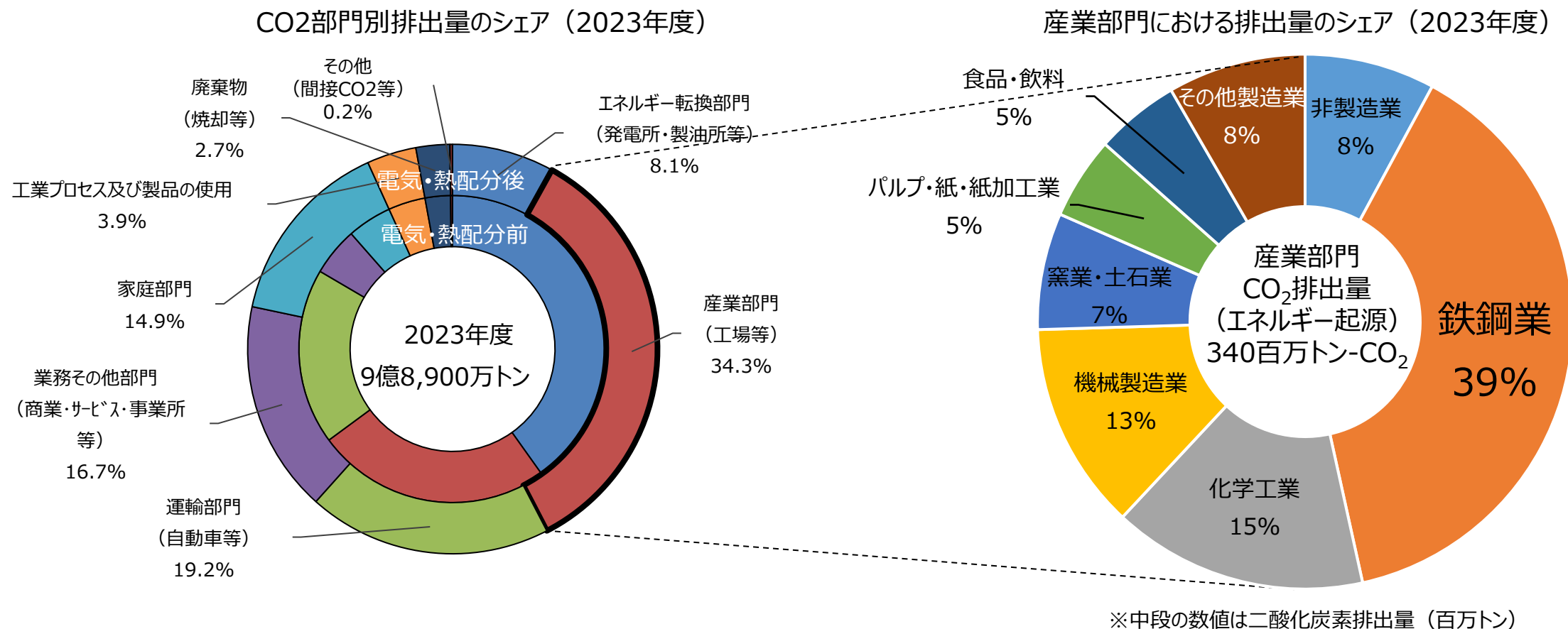


(出典) Iron and Steel Technology Roadmap (2020IEA)

※ STEPS:公表済み政策シナリオ、SDS:持続可能な発展シナリオ

2. 鉄鋼業について | CO₂排出の現状

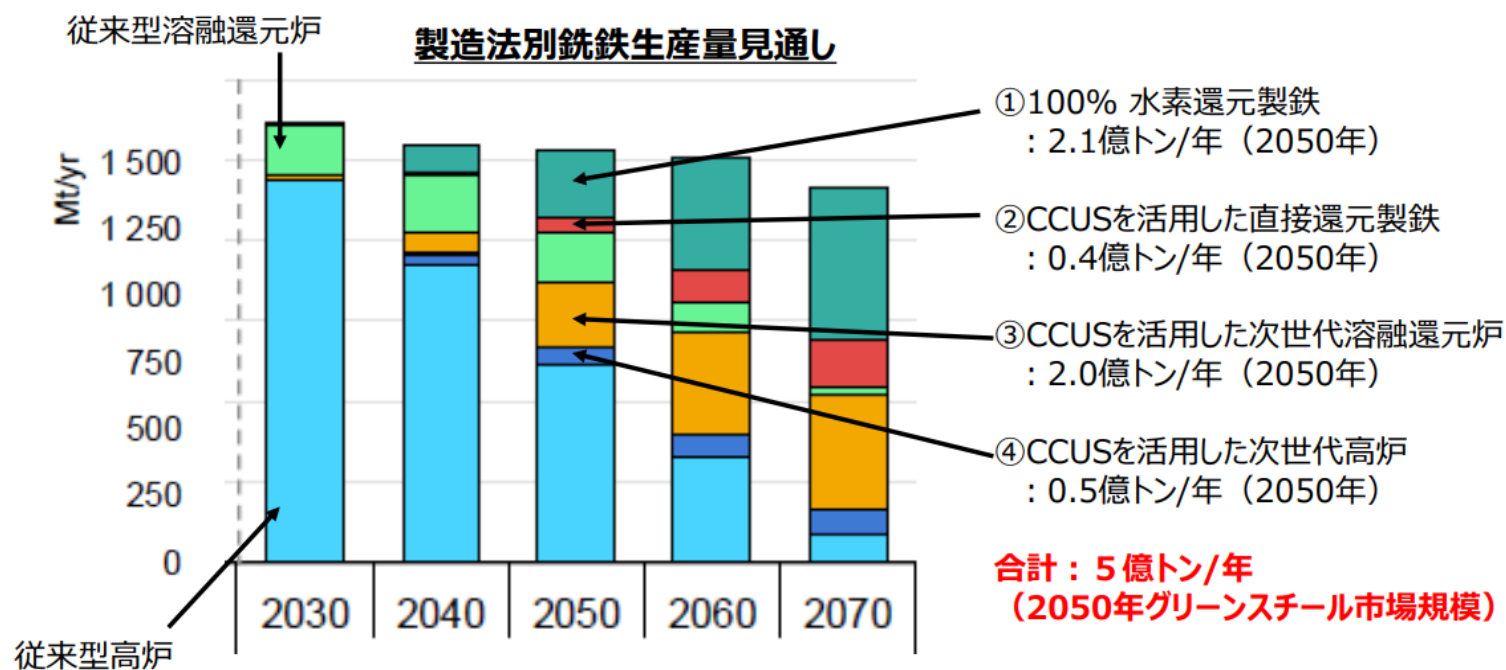
- 2023年度の我が国のCO₂排出のうち、産業部門のCO₂排出は34%。
- 特に、産業部門のCO₂排出のうち39%(我が国全体のCO₂排出の13%)を占める鉄鋼業において、CO₂排出量の削減は喫緊の課題。



2. 鉄鋼業について | カーボンニュートラルに向けた動向

- IEAは2050年時点ではグリーンスチールの市場規模として約5億トンになると見込んでおり、2070年には、銑鉄生産のほぼすべてが実質排出ゼロの製造方法となると見込んでいる。
- 官民一体となってグリーンスチール市場の獲得に向けた取り組みを進めている（※）。

IEAにおける製造法別銑鉄生産量の見直し



(出所) 経済産業省「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性などをもとに作成

主な海外鉄鋼メーカーの動向※

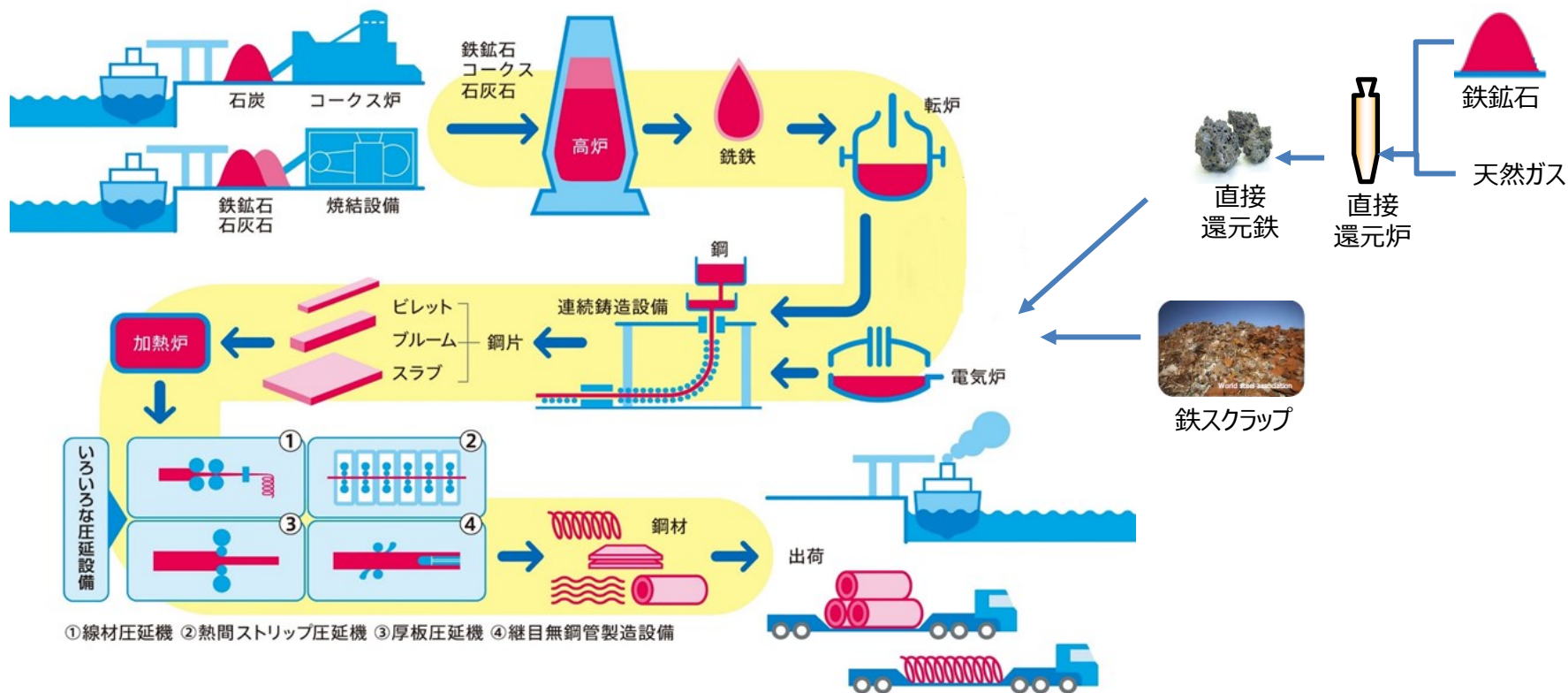
- カーボンリサイクルと、直接還元法による2つのルートでCO₂排出削減をしていき、最終的にはオフセットを含め達成する計画を構築。(オランダ)
- 化石燃料の使用を2045年までにゼロにするための水素活用を2016年から研究しており、2026年から商用化。(スウェーデン)
- 高炉から直接還元へ段階的に移行を進めることで、2030年までにCO₂排出量を20%削減、2040年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。(韓国)

※需要側では、大手メーカー等においてサプライチェーン全体でのカーボンニュートラルの方向性が打ち出されている。

その取組の一環として、既に欧州の一部自動車メーカーでは、製鉄プロセスでのCO₂排出量が少ない鉄鋼の調達を開始するなどの動きがある。

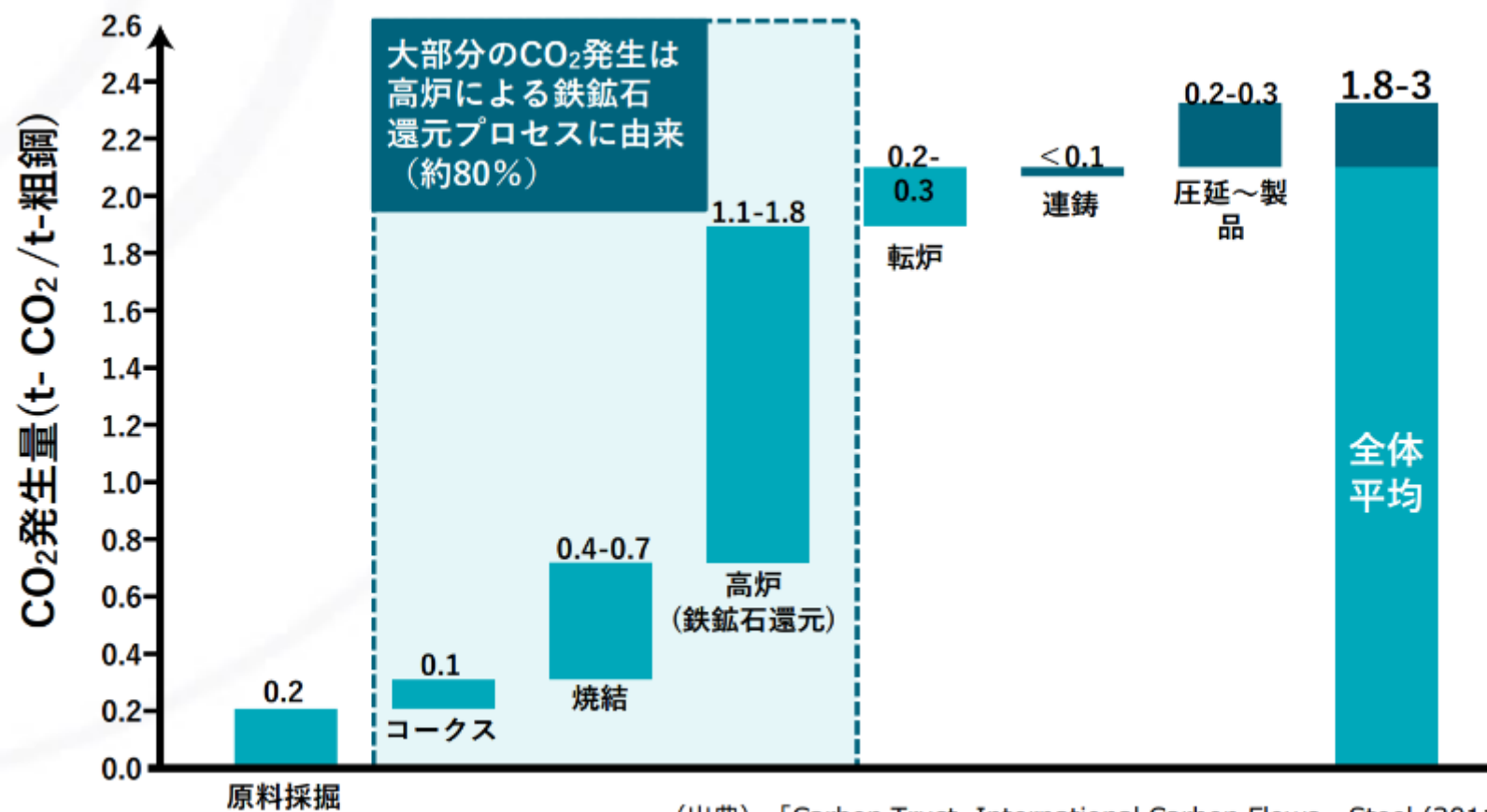
2. 鉄鋼業について | 製鉄プロセス

- 鉄は、鉄鉱石と石炭（コークス）から、高炉・転炉により還元・溶解して生産する方法のほか、鉄スクラップを電炉により溶解して生産する方法が一般的である。
- 海外では、天然ガスが豊富な一部地域において、鉄鉱石を天然ガスで直接還元した上で、電気炉で溶解する製法も採用されている。
- 現在、鉄鋼各社は水素還元製鉄等の脱炭素化技術の開発に取り組んでいる。



2. 鉄鋼業について | 鉄鋼製造時のCO₂排出内訳について

- 1トンの鉄製造で約2トンのCO₂が発生するが、その大半は、高炉における鉄鉱石の還元工程で発生している。



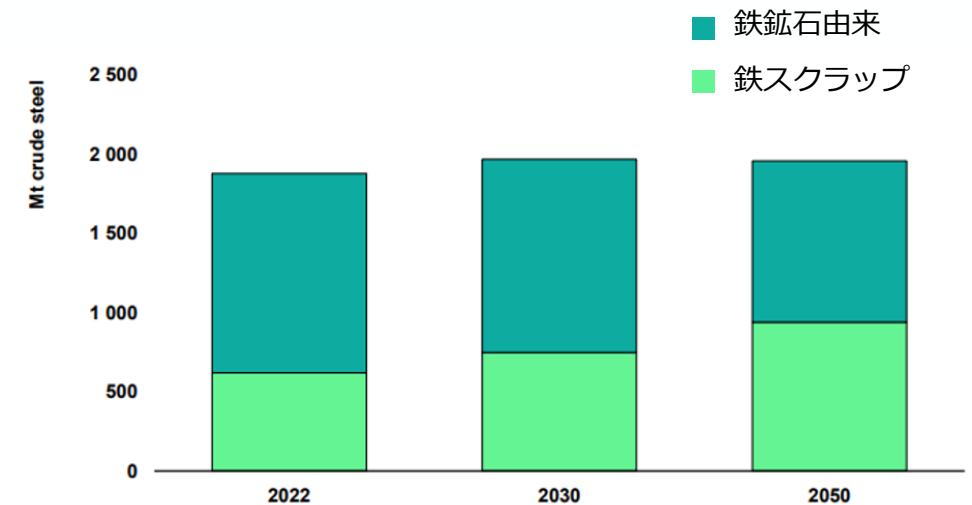
(出典) 「Carbon Trust, International Carbon Flows - Steel (2011)を改変」

2. 鉄鋼業について | 鉄鋼業におけるGX推進の必要性

- 鉄鋼業は温室効果ガス排出削減が困難な産業（Hard to abate sector）であり、カーボンニュートラル社会実現のためには、脱炭素化が必須。
- CO₂排出量のほとんどを占める高炉プロセス（鉄鉱石を還元）と、排出量が少ない電炉プロセス（鉄スクラップを溶解）が存在。鉄スクラップの供給制約から、**電炉プロセスだけでは世界全体の鋼材需要を満たせない。**
 - ※また、不純物の問題により、従来の電炉プロセスでは生産できない鋼材（自動車向けなど）が存在。
- GX投資を促進し、鉄鉱石還元時のCO₂排出量を削減しつつ、**必要な鋼材を供給することが必要**（従来型高炉プロセスからの転換）。

➡ GX投資を通じて、CO₂排出量を従来よりも大幅に下げていくことの価値（GX価値）を、社会において認識することが必要。

IEAによる原料別の鉄鋼世界需要予測



出典：国際エネルギー機関（IEA）

鉄スクラップの供給制約から、鉄鉱石の還元は今後も必要

2. 鉄鋼業について | 日本の鉄鋼業の動向

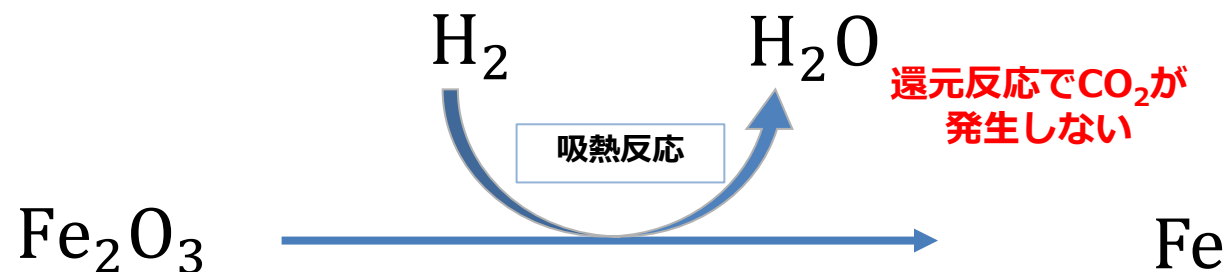
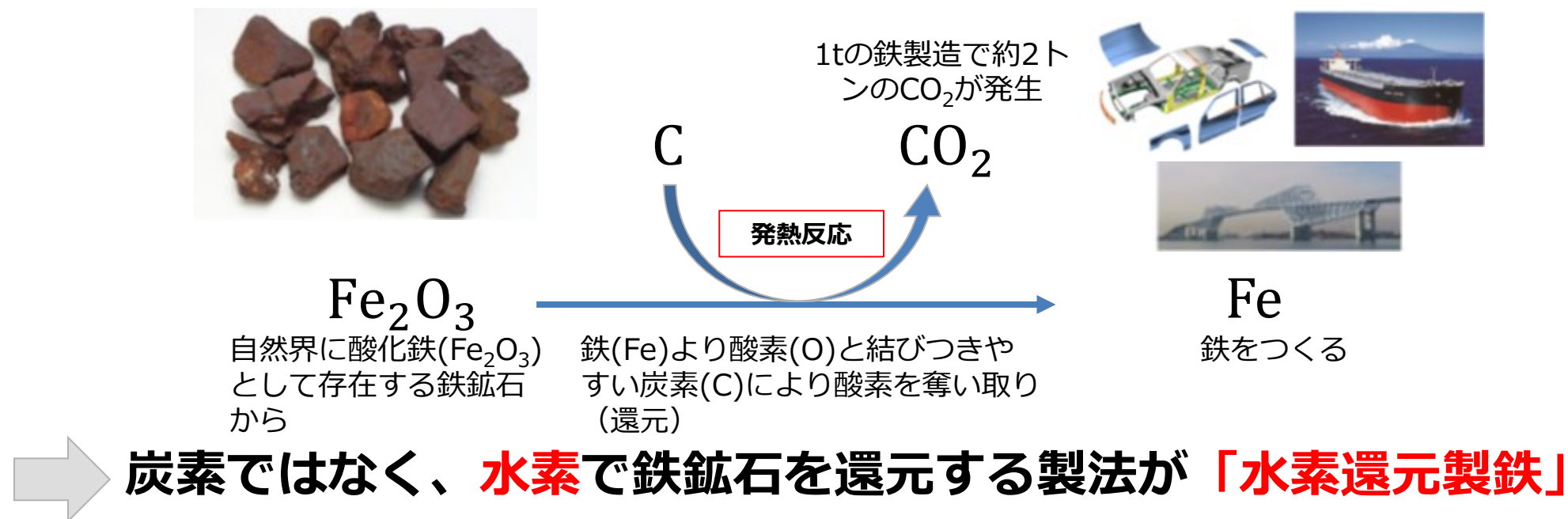
- 日本鉄鋼連盟は、2021年2月、「我が国の2050年カーボンニュートラルという野心的な方針に賛同し」、「日本鉄鋼業としてゼロカーボン・スチールの実現に向けて、果敢に挑戦する」旨を表明。水素還元製鉄などの超革新的技術開発に挑戦している。
- また、日本の主要な鉄鋼業各社（日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所）も、2021年3～5月に、2050年カーボンニュートラルの実現を目指す旨を公表。

我が国の2050 年カーボンニュートラルに関する日本鉄鋼業の基本方針（日本鉄鋼連盟）-抜粋-

- ①我が国の2050 年カーボンニュートラルという野心的な方針に賛同し、これに貢献すべく、日本鉄鋼業としてもゼロカーボン・スチールの 実現に向けて、果敢に挑戦する。鉄鋼業としては、①技術、商品で貢献するとともに、②鉄鋼業自らの生産プロセスにおけるCO2 排 出削減に取り組んでいく（ゼロカーボン・スチール）。
- ② ゼロカーボン・スチールの実現は、一直線で実用化に至ることが見通せない極めてハードルの高い挑戦であることから、現在 鋭意推進 中の「COURSE50 やフェロコックス等を利用した高炉のCO2 抜本的削減+CCUS」、更には「水素還元製鉄」といっ た超革新的技 術開発への挑戦に加え、スクラップ利用拡大や中低温等未利用廃熱、バイオマス活用などあらゆる手段を組み合 わせ、複線的に推 進する。
- ③我々が挑戦する超革新的技術開発
 - 製鉄プロセスの脱炭素化、ゼロカーボン・スチール実現には、水素還元比率を高めた高炉法（炭素による還元）の下で CCUS 等の高度な技術開発にもチャレンジし更に多額のコストをかけて不可避免的に発生するCO2 の処理を行うか、CO2 を 発生しない 水素還元製鉄を行う以外の解決策はない。
 - 特に水素還元製鉄は、有史以来数千年の歳月をかけて人類が辿り着いた高炉法とは全く異なる製鉄プロセスであり、まだ姿 形 すらない人類に立ちはだかる高いハードルである。各国も開発の途についたばかりの極めて野心度の高い挑戦となる。
 - また、実装段階では現行プロセスの入れ替えに伴う多大な設備投資による資本コストや、オペレーションコストが発生する が、これ らの追加コストは専ら脱炭素のためだけのコストで、素材性能の向上にも生産性の向上にも寄与しない。

2. 鉄鋼業について | 製鉄プロセスにおけるCO₂排出

- 炭素（木炭や石炭）を鉄鉱石の還元に用いる技術は、古来から行われている製鉄法。
- 現行の高炉法においても、コークス（石炭）を用いて還元する過程で不可避免的にCO₂が発生。



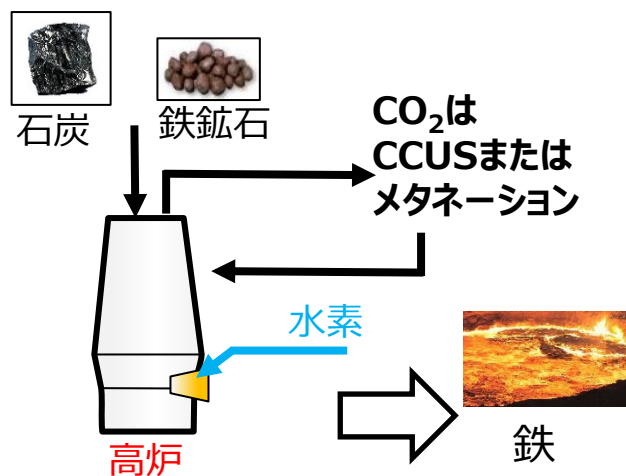
2. 鉄鋼業について | 鉄鋼産業の生産プロセス転換に向けた複線的アプローチ

高炉法

- 運用に高度な技術力を要するが、高品質、経済性を両立させる極めて効率的な生産手段。製造プロセスで必ずCO₂が発生する。

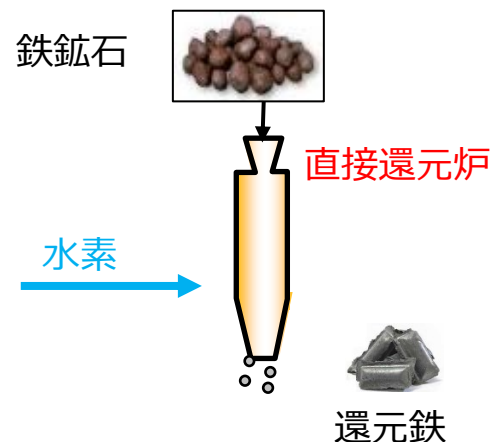


水素還元製鉄・カーボンリサイクル



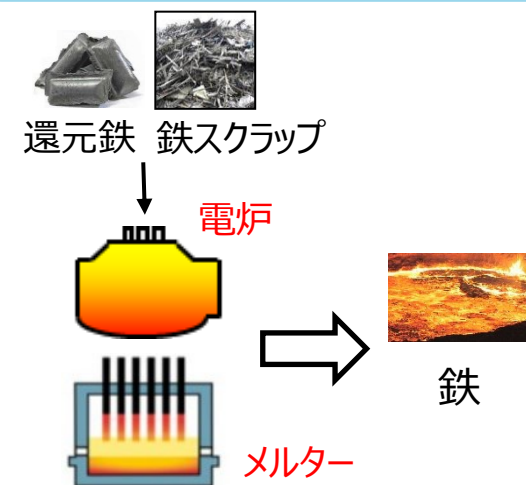
- 高炉で使用する石炭の一部を水素、またはメタンに代替することで、製鉄プロセスで発生するCO₂排出量を大幅に抑制。

直接還元製鉄



- 石炭を使わずに、水素だけで低品位の鉄鉱石を還元。
- 製造したペレットを電炉で溶解し、鉄鋼を生産。実証に向けて要素技術の研究開発中。

電炉化



- 還元鉄および鉄スクラップを電気炉で溶解し、鉄鋼製品を製造。
- 大型化した際の不純物（リン、銅など）除去の技術を開発中。

2. 鉄鋼業について | 大型革新電炉の建設計画

- 2024年12月20日、JFEスチールは、西日本製鉄所（倉敷地区）での大型電炉新設を計画し、採択。
- 2025年5月30日、日本製鉄は、九州製鉄所（八幡地区）の大型電炉新設の他、瀬戸内製鉄所（広畑地区）での電炉増設、山口製鉄所での電炉再稼働を計画し、採択。

JFEスチールの取組	日本製鉄の取組
<p>■投資額・支援額</p> <ul style="list-style-type: none">約3,294億円（うち、補助対象は約3,133億円）の投資に対し、約1,045億円を支援。（補助率1/3） <p>■プロジェクトの概要</p> <ul style="list-style-type: none"><u>倉敷地区の第2高炉</u>（年産約300万トン）を革新的な電炉※に転換（年産200万トン）し、2028年度から生産開始。	<p>■投資額・支援額</p> <ul style="list-style-type: none">約8,687億円（うち、補助対象は約7,543億円）の投資に対し、約2,514億円を支援。（補助率1/3） <p>■プロジェクトの概要</p> <ul style="list-style-type: none"><u>八幡地区の高炉</u>（年産約360万トン）等を革新的な電炉※に転換（年産290万トン・3カ所計）し、2029年度から生産開始予定。

※革新的な電炉について

- 電炉は高炉に比べて製品トンあたりCO2排出量が低いものの、生産できる鋼材の種類が限定される。
- 革新電炉は、一般的な電炉同様にCO2排出を抑えながら（一般的な高炉と比べて60%減）純度の高いスクラップ材や還元済みの鉄鉱石を用いることで、電炉における精錬機能強化及び高炉メーカーの保有する一貫製造技術を適用し、高炉同様に幅広い種類の鋼材を生産できるようにしたものの。

2. 鉄鋼業について | グリーンイノベーション基金による技術開発

- 世界に先駆けて製鉄プロセスに係る水素還元技術を確立すべく、「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画の下、プロジェクトを進行中（一部前倒し）。
- 2025年8月5日に第7回NEDO技術・社会実装推進委員会を開催し、全体的にプロジェクトが順調に進行していることを確認。

【研究開発項目1】高炉を用いた水素還元技術の開発

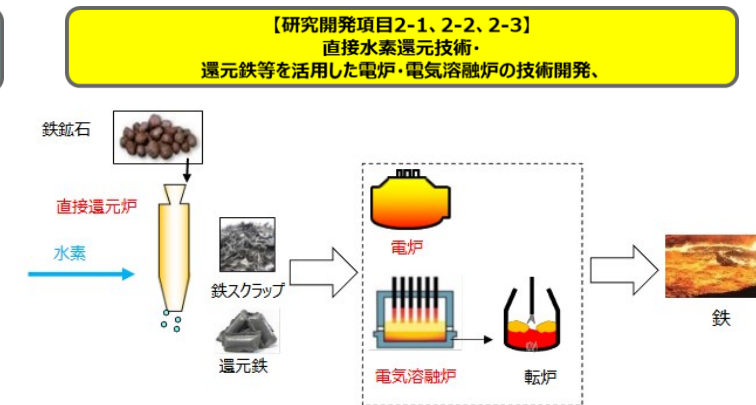
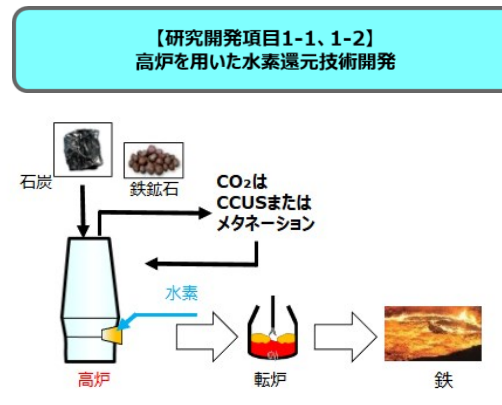
「所内水素を活用した水素還元技術の開発」については、実証試験に向けた設備の設計・製作を計画通り推進。製鉄所内発生COG(コークス炉ガス)をベースとした水素系ガス吹込み技術の実証試験を2026年から開始。事業加速化に向けた計画の見直しにより事業期間を2年短縮。

「外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素化技術等の開発」については、小型試験高炉への高温水素吹込み試験により、2023年にはCO₂削減量33%、さらには2024年12月に世界最高水準のCO₂削減量43%を実現。

【研究開発項目2】水素だけで低品位の鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発

「直接水素還元技術の開発」、「直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発」については、小型試験炉(シャフト炉、電気炉)が順次完成。2025年より試験開始。

「直接還元鉄を活用した電気溶融炉による高効率溶解等技術開発」については、シミュレーション試験等を行うとともに、試験炉の仕様等について検討中。



2. 鉄鋼業について | 海外鉄鋼メーカーによる技術開発動向

- 欧州や中国、韓国の手鉄鋼メーカーも2050年までのカーボンニュートラルを目指し、研究開発・実証に取り組みは始めている。
- 水素利用、CCUS等の組み合わせにより、2030年までに、高炉製鉄からのCO2排出30%※程度削減や、2050年までのカーボンニュートラル実現等の野心を掲げる。

＜欧州大手鉄鋼メーカー＞

- ・ 高炉利用と直接還元炉・電炉の2つの技術開発シナリオを同時追及。
- ・ 高炉製鉄においては①水素投入、②排ガスから回収した炭素を還元剤として再利用(CCU)、③CO2貯留による低炭素技術を開発中。

＜中国大手鉄鋼メーカー＞

- ・ 熱風の代わりに純酸素を吹き込むことで石炭使用量を削減する「酸素高炉」技術を開発中。
- ・ 酸素吹込み、炉頂ガス循環、循環ガス加熱と水素添加を組合せた技術の実装に向けて現有高炉を使った試験を実施。

＜韓国大手鉄鋼メーカー＞

- ・ 所内排ガスの有効活用、AI技術等の活用による高炉操業の高効率化・省エネを進めると同時に、低品位原料が活用可能な流動層型の直接還元技術を開発中。
- ・ 高炉から直接還元へ段階的に移行を進めることで、2030年までにCO2排出量を20%削減、2040年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。

※削減幅は、基準年度や現状の効率度合いで異なるため、単純に数値のみで比較できない点は留意。

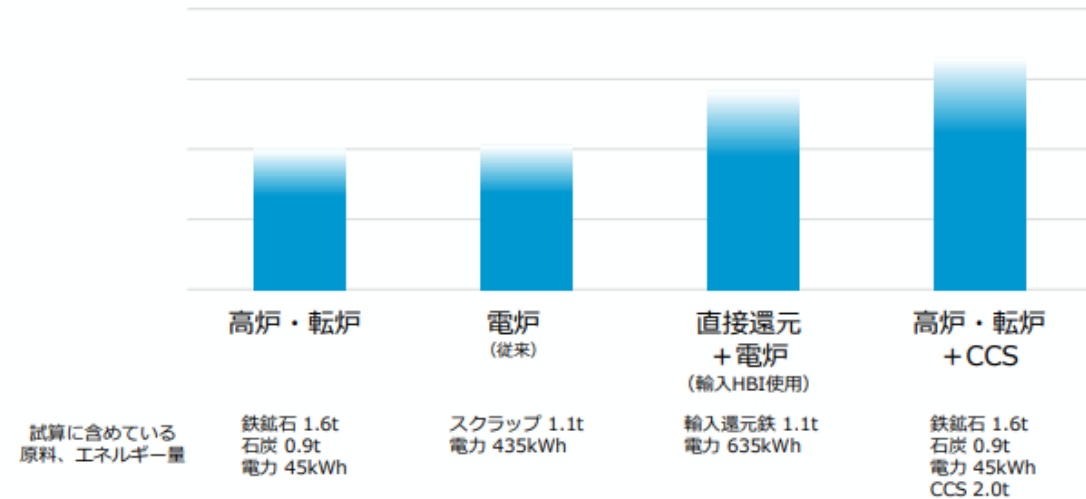
2. 鉄鋼業について | GX価値の見える化の必要性

GX投資を行って生産される鉄は、少なくとも初期段階においては、**大幅にコストが上昇することが見込まれる一方で、機能面の違いはない。**

GX投資について**需要家に対する環境価値の訴求**ができなければ、市場で購入されず、GX投資が促進されない。

➡ **需要家のニーズを踏まえたGX価値の見える化と、購入への支援・インセンティブ付けが重要。**

鉄 1 トンに係る原料・エネルギーコストの試算



財務省貿易統計、電力取引報、CCS長期ロードマップ検討会資料、日本鉄リサイクル工業会HP等の原料・エネルギー価格を参照し、原料・エネルギー量の設定にあたっては、日本鉄鋼連盟HP、MFG ROBOTS HP、Worldsteel HP等を参照した。

脱炭素を図った鉄鉱石由来の鋼材はコスト高の可能性

2. 鉄鋼業について | GX推進のためのグリーン鉄研究会とりまとめ（2025年1月） ～官民をあげての対策

①GX価値の訴求、国際標準への反映

GX価値の意義についての国内外の理解促進。
worldsteelや国際イニシアティブとの連携。

GX推進のためのグリーン鉄が国際的に製品の
CFPが低いものと評価される手法についての
国内外の議論促進。

鉄鋼製品に係るCFPの製品別算定ルール策定。
国のCFPガイドラインへの反映。建築物LCA
等の国の施策への採用検討。

②鋼材のCFP活用拡大

- 需要家におけるCFPの活用促進。低環境負荷鋼材の利用拡大。
- 鋼材のCFPデータの整備・開示の推進
- 非化石証書利用の考え方整理

③需要側への支援

- 「GX推進のためのグリーン鉄」の生産初期段階における政府による優先的調達・購入などを通じた重点的支援。
- CEV補助金における自動車製造業者へのインセンティブ付与。

④供給側への支援等

- 複線的な技術開発や設備投資支援・税制措置など供給側に対する支援。
- 関係事業者間の連携を通じた、鉄スクラップの有効活用を促進。

2. 鉄鋼業について | 2050年カーボンニュートラルに向けたまとめ

- 鉄鋼は、これまでと引き続き電力・土木・建築等のインフラ分野や、更なる需要の伸びが見込まれる自動車向けの電磁鋼板、洋上風力のモノパイルなどカーボンニュートラル社会においても、鉄鋼は引き続き必要不可欠な素材。
- 我が国鉄鋼業においては、大型革新電炉の導入等により着実な低炭素化を進めると共に、世界に先駆けた水素還元製鉄などの革新技術の確立を目指す。他方で、将来的な水素還元製鉄等の脱炭素技術の着実な社会実装に向けては、水素や電力等が低廉かつ安定的に供給が行われることが必要不可欠。
- カーボンニュートラルへの円滑な移行を促進するためには、引き続き①前人未到の技術開発を複線的アプローチによって実現し、カーボンニュートラルを目指すとともに、②直接的な研究開発・実証・設備投資等に加えて、間接的にカーボンニュートラルに貢献する活動・取組に対しても、トランジション・ファイナンスによる資金供給が重要となる。
- また、G X 投資を一層進めていくためには、投資によって生み出されるグリーン鉄が選択されるような市場創造を進めていくことが重要。このため、グリーン鉄のG X 価値の見える化、大口需要家に対する需要喚起策や制度の導入、公共部門での積極調達等の取組を進めていく。

2. 鉄鋼業について | 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。鉄鋼分野に関連する内容としては以下のような方向性が示されている。

鉄鋼の分野別投資戦略①

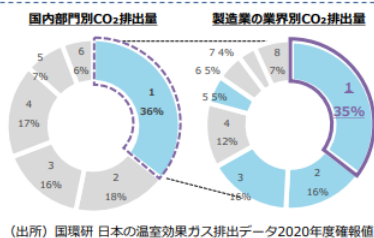
1

分析

- ◆ 産業部門の中で最も排出量の多い産業。高炉では、コークスを用いた還元反応による排出が不可避（我が国の粗鋼生産における高炉と電炉の比率は、約3:1）。
- ◆ 高炉一貫生産による、高張力鋼や電磁鋼板など国際競争力のある高品質製品技術が、競争力の源泉。自動車等、高付加価値産業へ部品供給する基幹産業。輸出比率（※）が約6割と高く、産業連関表上でも他の産業への経済波及効果が高い。（※間接輸出含む）
- ◆ 欧米は高品質鋼の製造のため、高炉も残すが、還元鉄×電炉×再エネで「グリーン・スチール」の供給を拡大する方向。過剰供給能力を保持し価格競争力を有する中国や、内需拡大が続くインドでは、高炉における水素還元製鉄の早期実現に向けた研究開発投資が進む。

<方向性>

- ① 一部の高炉を大型電炉に転換するなど、脱炭素化に向けたプロセス転換を実施。削減価値をGX価値として訴求することで、我が国でもグリーン・スチールを市場投入・拡大。
- ② 大型電炉・直接還元等による高付加価値鋼板製造の生産を拡大。持ち前の高品質かつGX価値で、グリーン・スチールを2030年をめどに1000万t供給。国際的な価格競争力も確保。
- ③ 同時に、高炉での水素還元製鉄の研究開発・実装を加速し、世界に先んじて大規模生産を実現。



2023年から10年程度の目標
国内排出削減：約3,000万トン
官民投資額：約3兆円～

GX先行投資

- ① 大型電炉転換や還元鉄の確保・活用等のプロセス転換投資
- ② 水素還元高炉・水素直接還元の本格的な社会実装に向けた取組着手
- ③ 水素還元高炉の2040年代頃の実装等に向けたR&D
- ④ 確立された脱炭素化技術の実装投資

<投資促進策> ※GXリーグと連動

- ◆ 製造プロセス転換投資支援（①、②に係る設備投資の補助）
- ◆ 国内での水素還元に必要な水素への価格差に着目した支援等について検討（※水素等の分野別投資戦略と連動）
- ◆ グリーン・スチールの国内生産・販売量に応じた税制措置
- ◆ GI基金によるR&D・社会実装加速 ※措置済み
- ◆ 省エネ補助金等による投資促進
 - 省エネ法の「非化石エネルギー転換目標」等による原燃料転換促進
 - GX-ETSの更なる発展（26年度から第2フェーズ開始）※GXリーグと連動

GX市場創造

<Step:1 GX価値の見える化>

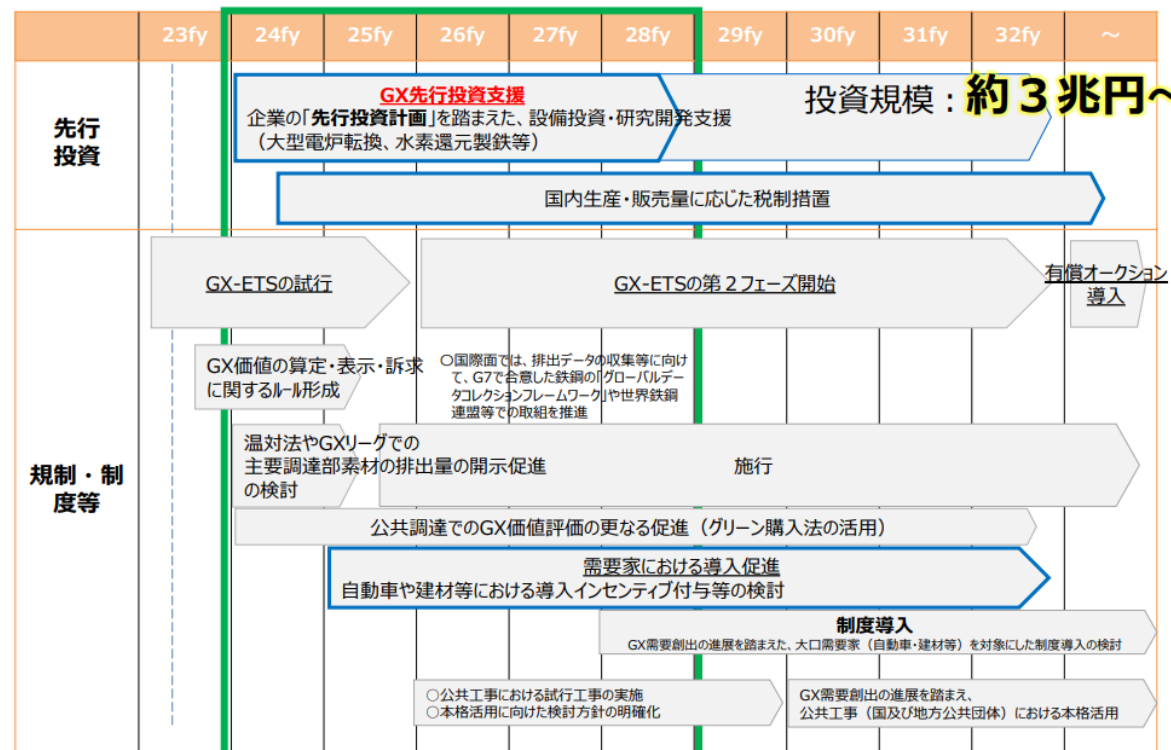
- ◆ GX価値（カーボンフットプリント：CFP、マテリアリティ、ライフサイクル等）についての算定・表示ルール（対最終消費者を含む）形成（GXリーグと連携・欧州など、国際的に調和されたルール形成を追求）
- ◆ 大口需要家、主要部材の製造に伴う排出量の削減目標の開示促進（温対法・GXリーグと連携）

<Step:2 GX製品の積極調達>

- ◆ 公共調達におけるGX価値評価の更なる促進（グリーン購入法の活用）
- ◆ 大口需要家（自動車・建材等）に対する需要喚起策や制度の導入（例：導入補助時のGX価値評価、GX価値の表示スキーム）
- ◆ 公共工事における試行工事の実施・順次対象の拡大及び検討方針の明確化、国及び地方公共団体における本格活用

18

鉄鋼の分野別投資戦略②



「先行5か年アクション・プラン」

20

鉄鋼の分野別投資戦略：進展・現状評価と今後の方針

2025年10月16日
第11回GX専門家
WG資料

GX先行投資				GX市場創造		
	関連企業	投資分野	金額(億円)			
進展状況	設備投資	JFEスチール株式会社	革新的な電炉への転換	3,294億円	<Step:1> GX価値の見える化	<input type="checkbox"/> 未着手 <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中 <input type="checkbox"/> 進展あり
	設備投資	日本製鉄株式会社	革新的な電炉への転換	8,687億円	<Step:2> インセンティブ設計	<input type="checkbox"/> 未着手 <input type="checkbox"/> 検討・作業中 <input checked="" type="checkbox"/> 進展あり
	技術開発	日本製鉄株式会社 JFEスチール株式会社 株式会社神戸製鋼所	製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト	4,499億円 (国庫補助額)	<Step:3> 規制/制度導入	<input type="checkbox"/> 未着手 <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中 <input type="checkbox"/> 進展あり
現状評価	・革新的な電炉用の高品位な鉄スクラップの確保及び流通に向け、関係事業者間の更なる連携推進が必要 ・水素還元高炉、直接水素還元に係る複線的な技術開発は、我が国のみならず世界各国で早期実現に向け着実に進行中			・CFPガイドライン策定に向けた検討、GHGプロトコル等の国際標準への反映に向けた働きかけ等国内外においてグリーン鉄のGX価値の見える化に向けた取組が進捗 ・グリーン購入法、CEV補助金やGX率先宣言による需要喚起策を実施		
今後の方針	・高炉の革新的な電炉への転換等による高付加価値鋼板製造の生産を拡大。削減価値をGX価値として訴求することで、我が国でもグリーン鉄を市場投入・拡大するとともに、国際的な競争力も確保 ・同時に水素還元製鉄の研究開発・実装を加速し、世界に先んじ、大規模生産を実現					
	① 革新的な電炉への転換や高品位な鉄スクラップ確保及び流通等のプロセス転換投資 ② 水素還元高炉・水素直接還元の本格的な社会実装に向けた取組着手 ③ 水素還元高炉の2040年代頃の実装等に向けたR&D ④ 確立された脱炭素化技術の実装投資			・GX価値（カーボンフットプリント：CFP、マテリアリティ、リサイクル等）についての算定・表示ルール（対最終消費者を含む）形成 ・サプライチェーン間でのグリーン鉄のGHG排出情報の伝達方法や内容の整理 ・政府による優先的調達のより一層の推進 ・グリーン鉄の市場投入・拡大に向けた多様な選択肢を追究するとともに、国際的な競争力も確保		

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

高炉関係
低炭素技術
連鑄・圧延関係
電炉関係等

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	【上工程】 ✓ 次世代コークスの活用 ✓ 排熱・副生ガス回収 ✓ 高効率発電設備導入 ✓ コークス炉におけるプラスチックリサイクル等 ✓ スクラップ活用 ✓ AI・ICTなどの導入による生産高効率化 ✓ 熱伝導効率の改善 ✓ 効率性向上のためのコークス炉改修 【下工程】 ✓ プロセスの集約・改善 ✓ 排熱回収 ✓ バーナー改善、高効率設備導入 以上のような取組によるCO ₂ 排出削減	—	既に導入	✓ 鉄鋼業界のCN行動計画
熱伝導効率の改善 省電力化	✓ 溶解、圧延工程における熱伝導効率の改善などを通じた省エネ化を進めることで、製造時のコストを低減	—	2020年代後半	✓ <u>グリーン成長戦略</u>
加熱の電化	✓ 加熱の電化により圧延時の再加熱プロセスのCO ₂ 削減	—	2020年代後半	✓ <u>グリーン成長戦略</u> ✓ <u>GI基金—社会実装計画</u> ※4
加熱におけるアンモニア・水素の利用	✓ 加熱の熱源を非化石アンモニア・水素に転換することでCO ₂ を削減	—	2030年代	✓ <u>工場等における非化石エネルギーへの転換に関する事業者の判断の基準</u> ✓ <u>GI基金—社会実装計画</u>
電炉における省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	✓ 高効率アーク炉の導入 ✓ 排熱回収 以上のような取組によるCO ₂ 排出削減	—	既に導入	✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ ASEAN版技術カスタマイズドリスト（電炉） 2023Version
高級鋼製造可能な大型電炉 (革新炉)	✓ 高品位スクラップ活用による製造時CO ₂ 排出削減	—	2020年代後半	✓ 鉄鋼業界のCN行動計画
電炉・電気溶融炉における 不純物除去、大型化・ 高効率溶解技術	✓ 低品位な直接還元鉄等を鉄源とする高級鋼生産に必要な不純物除去及び銑鉄の大量生産に向けた大型化 ✓ 高炉法プロセスを代替し得る生産効率を実現すると共に、生成する鉄中の不純物の濃度を高炉法並みに抑制	0.0～※5	2030年代	✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ <u>GI基金-社会実装計画</u>

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：グリーンイノベーション基金事業の研究開発・社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金事業における研究開発・社会実装計画。

※5：排出係数0.0は、下工程の脱炭素化も達成された場合。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

低炭素技術

脱炭素技術

高炉関係

直接還元関係

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
CO ₂ 分離回収	✓ 製鉄所内の未利用排熱を活用した CO ₂ 分離回収技術の活用	1.58~2.0 (20%削減)	2030年代	✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ GI基金-社会実装計画※4 ✓ IEA Clean Energy Technology Guide(CETG)
所内水素の活用	✓ 所内水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）	1.74~2.18 (10%削減)	2020年代後半	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG
還元鉄の活用	✓ コークスを削減するために還元鉄活用		2020年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画
バイオマスの活用	✓ コークス代替としてのバイオマス活用			✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG
回収したCO ₂ の利用 (カーボンリサイクル技術)	✓ 還元剤（合成メタン）への利活技術、CO ₂ 循環型製鉄システム、CO ₂ 還元技術 等※5	0.0~1.51 ※5 (50%以上削減)	2040年代※5	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG
外部水素の活用※6	✓ 外部水素も活用した高炉における水素還元技術			✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG
直接還元法(天然ガス又は水素と天然ガスの併用)	✓ 直接還元炉を用いた還元技術※7 (天然ガスによる還元又は水素と天然ガスを併用した還元を行う技術)	0.0~1.4 ※8, 9	—※10	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG ✓ 世界経済フォーラムレポート 等
水素直接還元※5	✓ 直接還元炉を用いた水素還元技術 (還元材の100%を水素とした技術)	0.0~ ※7, 8	2040年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 鉄鋼業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：グリーンイノベーション基金事業の研究開発・社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金事業における研究開発・社会実装計画。

※5：カーボンリサイクル技術の一部は2020年代後半から実装。また、GI基金-社会実装計画で排出係数50%以上削減として考慮されているものは、還元剤（合成メタン）への利活技術。

※6：国内の水素供給インフラの構築を考慮した社会実装年（IEAは部分水素、100%水素直接還元ともに2030年に導入想定）。

※7：国内では諸条件（品質や生産規模、コスト等）が満たされておらず導入されていないが、高炉プロセスから電炉プロセスへの転換に伴い、輸入還元鉄使用の可能性。

※8：100%水素直接還元と通常の直接還元の中間として排出係数を記載しており、排出係数は水素の割合に依存。

※9：CCUS等により、全工程の脱炭素化が達成された場合。

※10：天然ガスによる還元については、海外では既に導入。

水素と天然ガスを併用した還元については、IEAのClean Energy Technology Guideでは、TRL 7とされている。

主な更新内容（鉄鋼分野）

項目	各分野共通の更新事項
業界概要	<ul style="list-style-type: none">データ・リンク等を最新版に更新（産業規模、CO2排出量 等）GI基金のプロジェクト進捗状況を追加2025年1月に実施したグリーン鉄研究会について情報を追加
技術リスト 線表	<ul style="list-style-type: none">各種参照先の更新（カーボンニュートラル行動計画等）GI基金などに基づき「加熱におけるアンモニア・水素の利用」、カーボンニュートラル行動計画に基づき「高級鋼製造可能な大型電炉（革新炉）」等を追加「フェロコークス」を削除
CO2排出の 削減イメージ	<ul style="list-style-type: none">実績値や「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」を反映して経路を更新「経路に大きな影響を与える主要素」を追加

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 我が国鉄鋼業の競争力を維持・強化しつつ、着実な低炭素化と革新技術の実現・導入により、2050年のカーボンニュートラルを実現する。

CO₂削減イメージの参照先・策定根拠等

概要・策定根拠

- 右図は、p28～29に記載の技術による、日本の鉄鋼産業全体での排出削減経路のイメージを示したもの。
- 削減イメージの作成にあたっての各種想定は、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を見据えた我が国の各種政府施策や、パリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

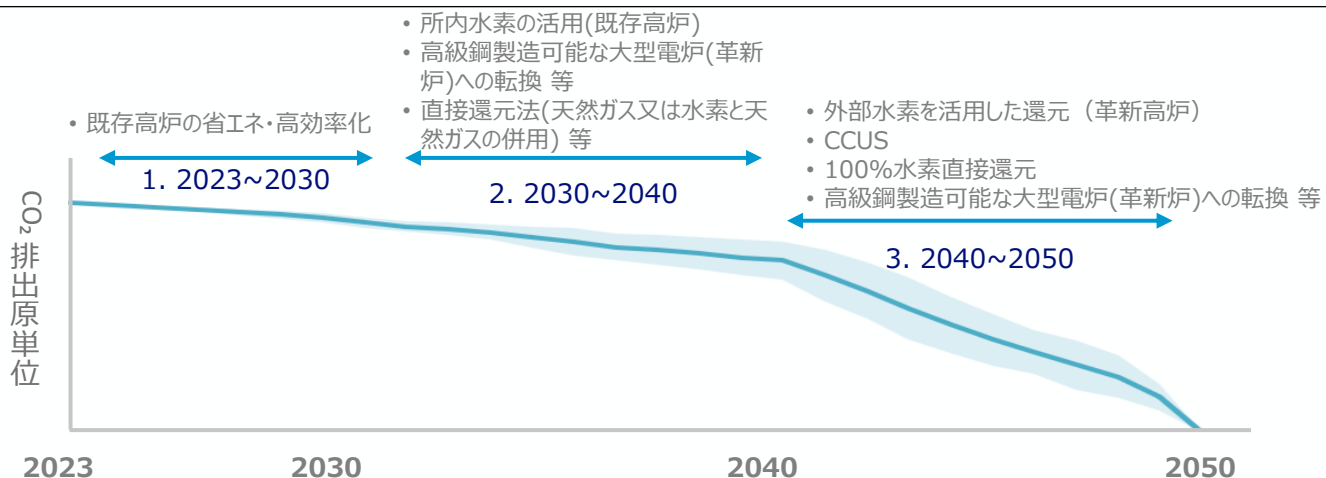
経路に大きな影響を与える主要要素

- 電炉比率、電力排出係数
- 高炉の低・脱炭素化技術の導入
- 水素直接還元製鉄技術等の導入

パリ協定整合性の確認

- 削減イメージの試算結果は、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCや国際的に認知されたシナリオとの整合を検証し、パリ協定整合であることを確認している。

CO₂排出の削減イメージ※



主要な削減方法

1. 2023～2030

2. 2030～2040

3. 2040～2050

概要

- 既に我が国鉄鋼業は世界最高水準のエネルギー効率を達成しているが、引き続き、高炉法の省エネ等による着実な低炭素化を図る。また、需要が見込まれるエコプロダクツ等、競争力の源泉である高級鋼を生産。その収益をもとに、将来的な脱炭素技術の研究開発・実証に取り組む。
- 更なる省エネ・高効率化に加え、所内水素の活用(既存高炉)等の新技術を導入。
- また、十分なGX製品市場の成熟を前提に研究開発・実証を継続し、脱炭素に向けた革新技術の確立を目指す。
- 水素供給インフラやCCUS等が整備されることを前提に、水素還元製鉄等の革新技術の導入により、2050年に向けたCO₂の大幅な削減により、カーボンニュートラルを実現。

※ 我が国における鉄鋼業全体としての削減イメージであり、実際には鉄鋼各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

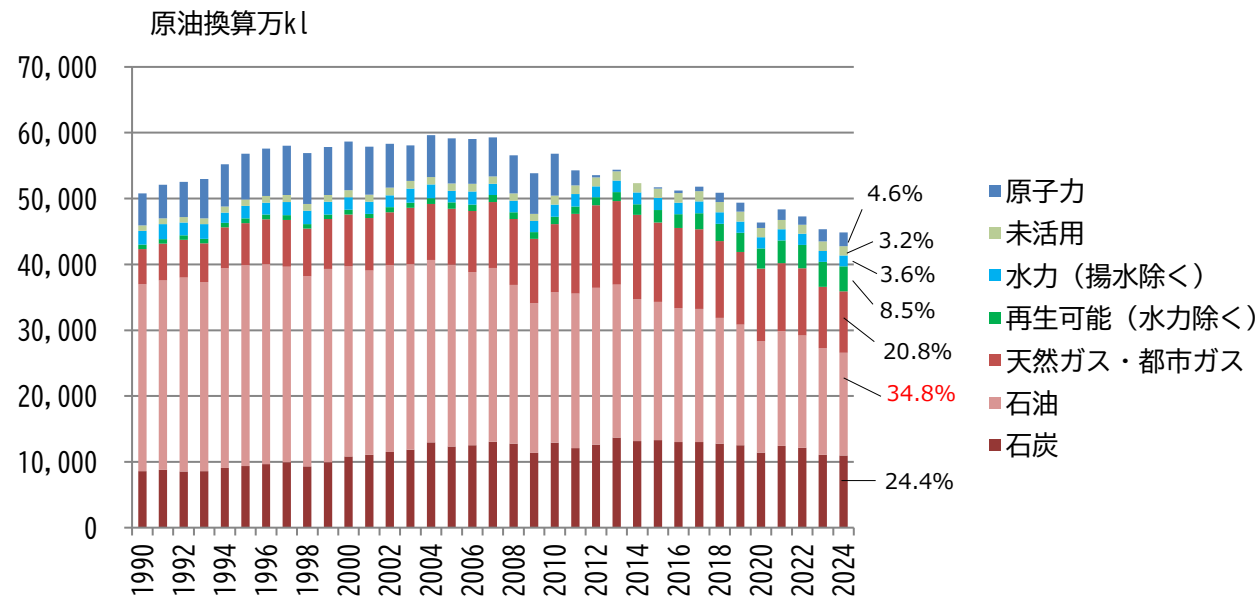
※ 再エネ・水素等の安定・安価な供給、CCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。

- 
1. 鉄鋼分野の動向
 2. 石油分野の動向

2. 石油産業について | 石油の位置づけと重要性

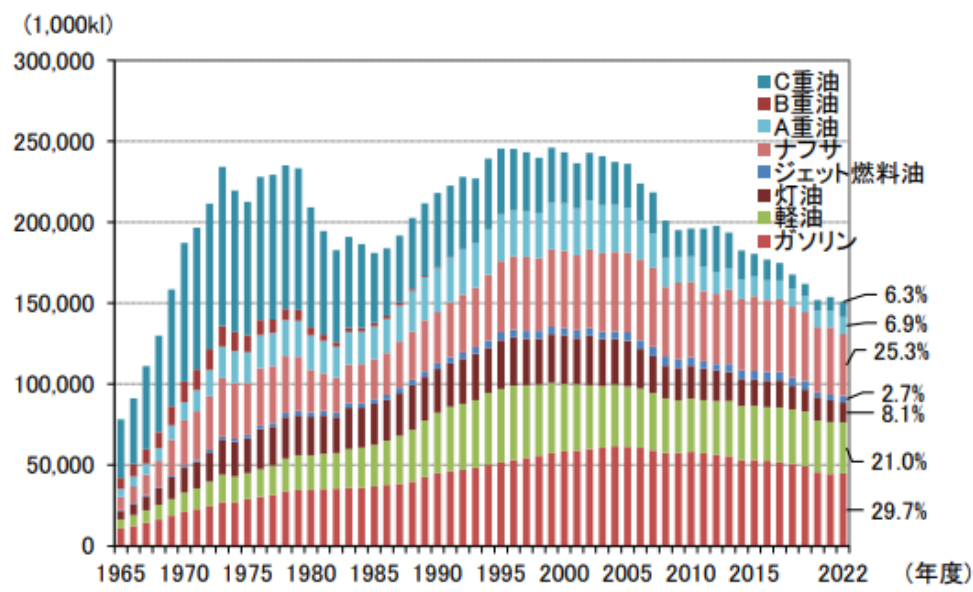
- 石油は一次エネルギーの約4割を占め、幅広い燃料用途や化学製品等素材用途を持つ。
- 石油製品の種別別消費量としては、ガソリン（約30%）、ナフサ（約25%）、軽油（約21%）が多い。
- 石油の国内需要は減少傾向にあるが、エネルギー密度が高く、備蓄体制が整備され、可搬かつ貯蔵が容易であり、災害時にはエネルギー供給の最後の砦となる、国民生活・経済活動に不可欠なエネルギー源。

一次エネルギー国内供給の推移



（出所）総合エネルギー統計より作成

石油製品の種別別消費量の推移



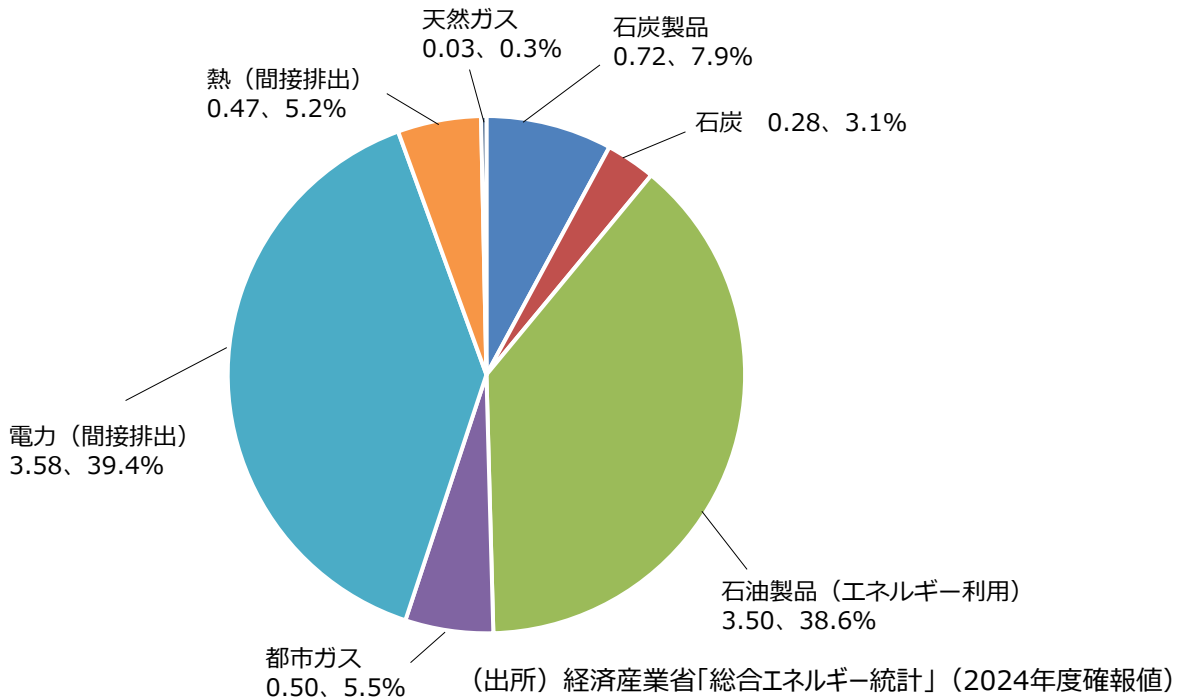
（注）2002年1月よりB重油はC重油に含まれている。
資料：経済産業省「資源・エネルギー統計」を基に作成

（出所）エネルギー白書2024より抜粋

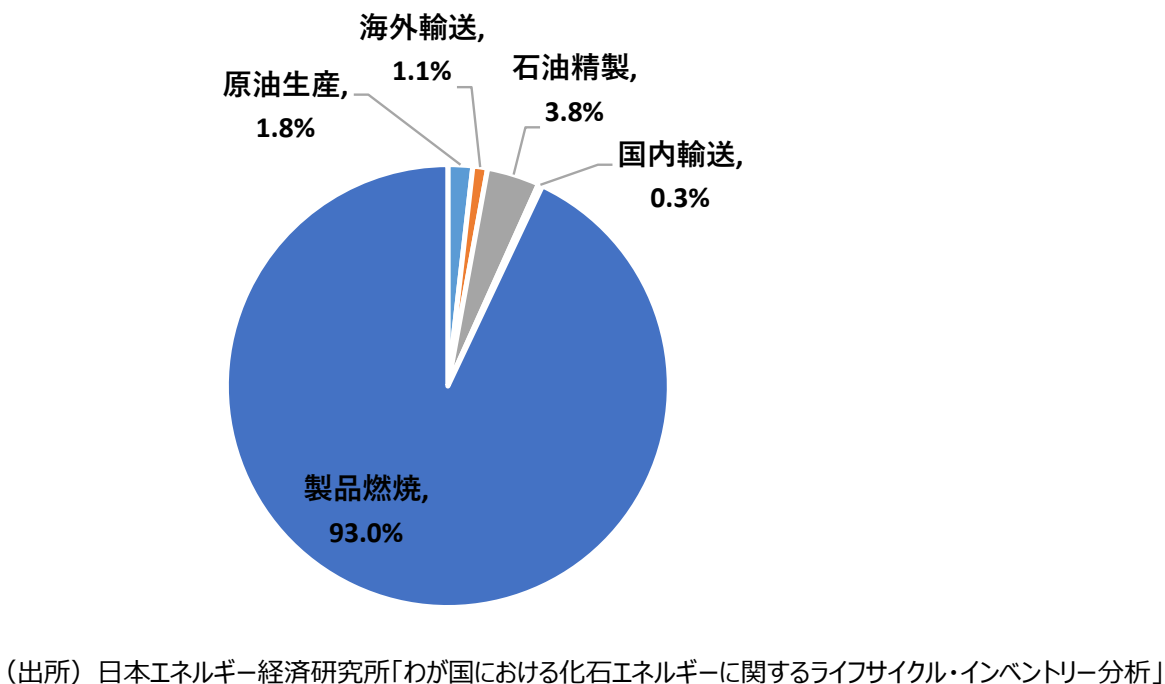
2. 石油産業について | CO2排出量

- 2024年度の我が国の最終エネルギー消費あたりCO2排出量（約9.08億トン）のうち、石油の消費量による排出量は約 4 割（約3.50億トン）。
- 石油のライフサイクルCO2排出量のうち、原油生産・輸送・石油精製に起因する排出量は1割弱。石油分野におけるカーボンニュートラルの実現に向けては石油精製プロセスの低・脱炭素化に加え、石油製品自体を脱炭素燃料に転換していくことが重要。

エネルギー起源のCO2排出量の割合
(2024年度実績、9.08億トン)



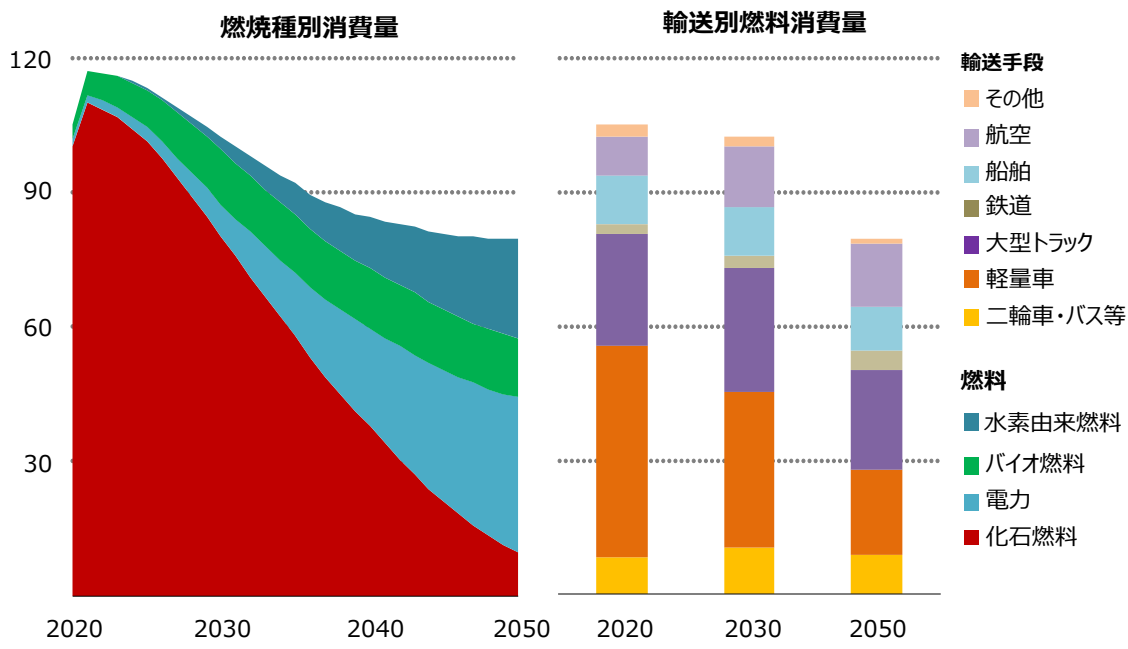
石油のライフサイクルインベントリ分析結果の一例



2. 石油産業について | 将来の石油需要見通し、CNに向けた動き

- 今後、世界全体がカーボンニュートラルに向かう中で一部部門では石油需要が残るものの、**大部分はバイオ燃料や合成燃料等に転換されていく**ことが想定されている。
- 海外石油会社も、**バイオ燃料や水素、アンモニア、CCUS等の技術開発に積極的に取り組んでいる**。

運輸部門における種別別、利用形態別の燃料需要見通し



(出所) IEA “Net Zero by 2050”

主な海外石油会社等の動向

<SAF>

(Neste : フィンランド)

- フィンランドPorvoo (生産能力25万kL/年、うちSAF12.5万kL/年)、ロッテルダム (170万kL/年、うちSAF62.5万kL)、シンガポール (325万kL/年、うちSAF125万kL/年) でSAFを製造。
- ロッテルダムでは2026年までに生産能力を約340万kL/年 (うちSAF150万kL/年) に拡張予定。

(Eni : イタリア)

- 傘下のEnilive社がシチリア自治州のGelaバイオリファイナリーの稼働開始を発表 (SAF生産能力50万kL/年)。2026年までに125万kL/年までの拡張を計画。
- 2022年7月18日にケニアのマケニで「アグリハブ」として知られる油糧種子の収集および圧搾プラントの建設を完了。

<合成燃料>

(European Energy : デンマーク)

- 2025年5月、デンマークのKassøにおいて、4.2万トン/年のe-メタノールの製造を開始。
- 運営主体のSolar Park Kassø ApSはEuropean Energyが51%、三井物産が49%の出資をしている。

(HIF Chile Haru Oni PJ : チリ)

- 風力発電由来の再エネ水素とDACによるCO2から生産されたeメタノールをMTGプロセスによりeガソリンに転換するデモプラントを建設し、2022年12月に実証開始。
- 生産されたeガソリンは、自動車メーカーのポルシェがオフテイク。2023年11月、ポルシェが使用する約2.5万リットルのeガソリンをチリから英国に初めて商業出荷したと発表。

2. 石油産業について | 石油等のC Nに向けた方向性

- 石油分野のカーボンニュートラル実現に向けては、①原油処理の低炭素・脱炭素化、②脱炭素燃料への転換による製品燃焼の脱炭素化が必要になる。特に、大部分の排出を占める製品燃焼の削減を行うことが重要だが、原油処理プロセス（精製等）についても、着実に低炭素・脱炭素化を進める必要がある。

主な排出源	概要	低炭素・脱炭素に向けた方向性	% 排出に占める割合※
約4% ①原油処理	石油精製時の熱利用や、自家用電力等による排出	<ul style="list-style-type: none">省エネ・高効率化低・脱炭素燃料への転換CO2回収の導入 など	
約93% ②製品燃焼	石油産業が生産した石油等製品を燃焼した際の排出	低・脱炭素燃料への転換 <ul style="list-style-type: none">水素・アンモニアバイオ燃料合成燃料低炭素燃料 など	
約3% その他	輸送・採掘等に係る排出	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップの対象外※1	

※P11右図、「石油のライフサイクルインベントリ分析結果の一例」を参照して記載。原油処理は精製部分が該当すると想定。

2. 石油産業について | 第7次エネルギー基本計画における石油関連の記載

- 石油については、災害時にはエネルギー供給の最後の砦となる不可欠なエネルギー源であり、燃料供給体制の強靱化を図ると共に、製油所の生産性向上に加え、脱炭素化等に取り組む。
- 水素等は、幅広い分野での活用が期待されており、社会実装に向けた、水素社会推進法等に基づく、規制・支援一体的な政策を講じ、コストの低減と利用拡大を両輪で進めていく。また、バイオ燃料についても導入を促進していく。
- CCUSはコスト低減に向けた技術開発に取り組むところ、特にCCSについては支援制度の検討や貯留地開発等に取り組んでいく。

第7次エネルギー基本計画概要（抜粋）

7. 次世代エネルギーの確保/供給体制

- 水素等（アンモニア、合成メタン、合成燃料を含む）は、幅広い分野での活用が期待される、カーボンニュートラル実現に向けた鍵となるエネルギーであり、各国でも技術開発支援にとどまらず、資源や適地の獲得に向けて水素等の製造や設備投資への支援が起り始めている。こうした中で我が国においても、技術開発により競争力を磨くとともに、世界の市場拡大を見据えて先行的な企業の設備投資を促していく。また、バイオ燃料についても導入を推進していく。
- また、社会実装に向けては、2024年5月に成立した水素社会推進法等に基づき、「価格差に着目した支援」等によりサプライチェーンの構築を強力に支援し、更なる国内外を含めた低炭素水素等の大規模な供給と利用に向けては、規制・支援一体的な政策を講じ、コストの低減と利用の拡大を両輪で進めていく。

8. 化石資源の確保/供給体制

- 化石燃料は、足下、我が国のエネルギー供給の大宗を担っている。安定供給を確保しつつ現実的なトランジションを進めるべく、資源外交、国内外の資源開発、供給源の多角化、危機管理、サプライチェーンの維持・強靱化等に取り組む。
- 特に、現実的なトランジションの手段としてLNG火力を活用するため、官民一体で必要なLNGの長期契約を確保する必要。技術革新が進まず、NDC実現が困難なケースも想定して、LNG必要量を想定。
- また、災害の多い我が国では、可搬かつ貯蔵可能な石油製品やLPガスの安定調達と供給体制確保も「最後の砦」として重要であり、SSによる供給ネットワークの維持・強化に取り組む。

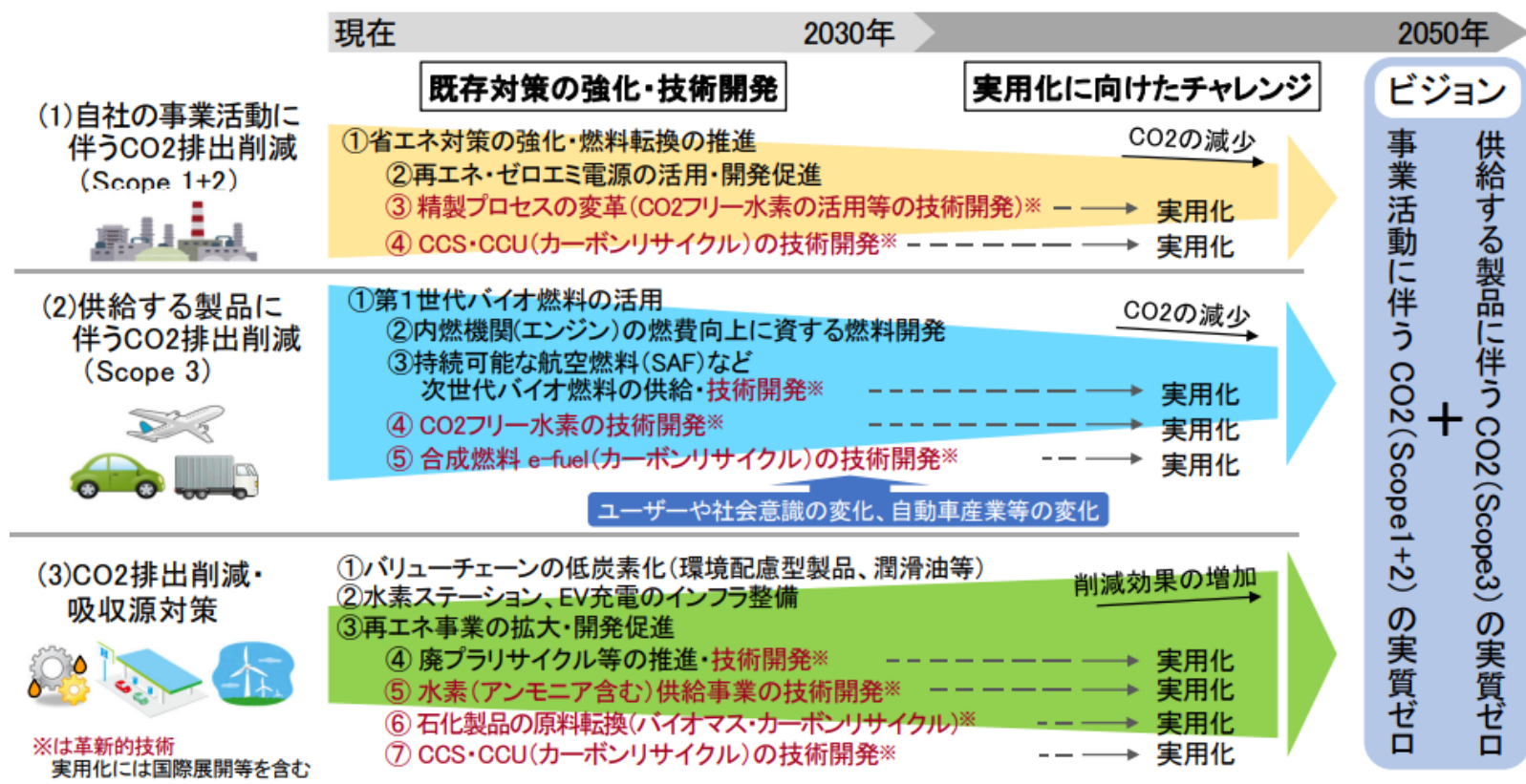
9. CCUS・CDR

- CCUSは、電化や水素等を活用した非化石転換では脱炭素化が困難な分野においても脱炭素を実現できるため、エネルギー安定供給、経済成長、脱炭素の同時実現に不可欠であり、CCS事業への投資を促す支援制度の検討、コスト低減に向けた技術開発、貯留地開発等に取り組む。
- CDRは、残余排出を相殺する手段として必要であり、環境整備、市場の創出、技術開発の加速に向けて取り組んでいく。

* CDR : Carbon Dioxide Removal (二酸化炭素除去)

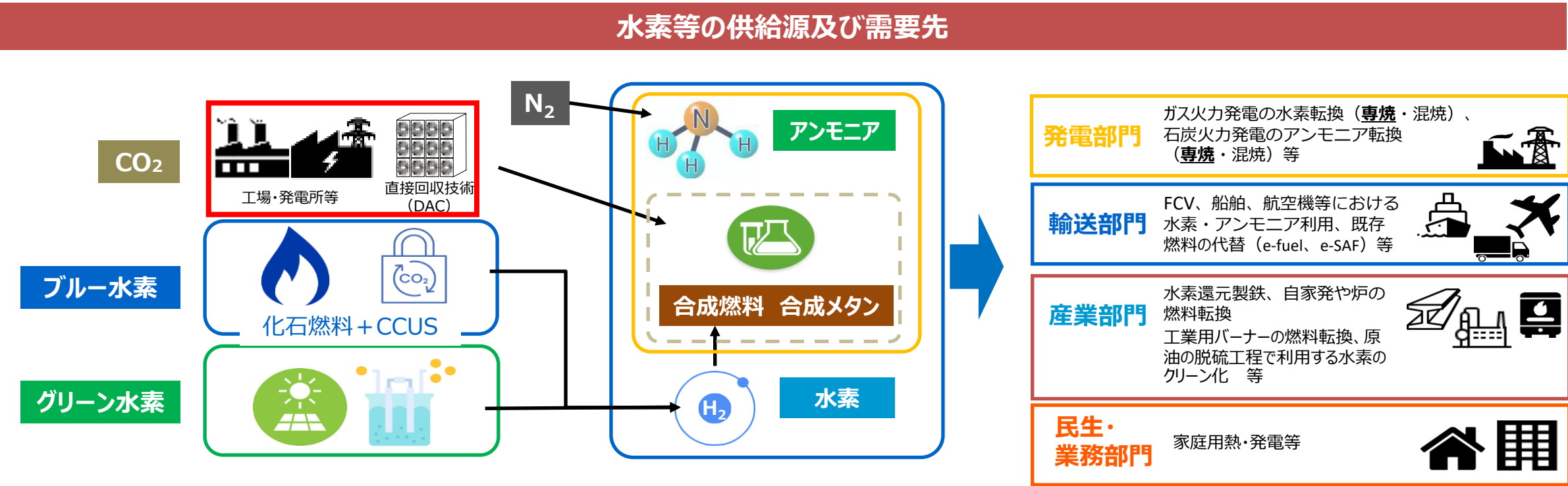
2. 石油産業について | 石油業界における取組

- 石油連盟は、「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」を改定（2022年12月）。
- (1)自社の事業活動に伴う排出削減、(2)供給する製品に伴う排出削減、(3)CO2排出削減・吸収源対策の3本柱でカーボンニュートラルへの取組を進めて行くことが示されている。



2. 石油産業について | 水素供給及び水素需要の見通し

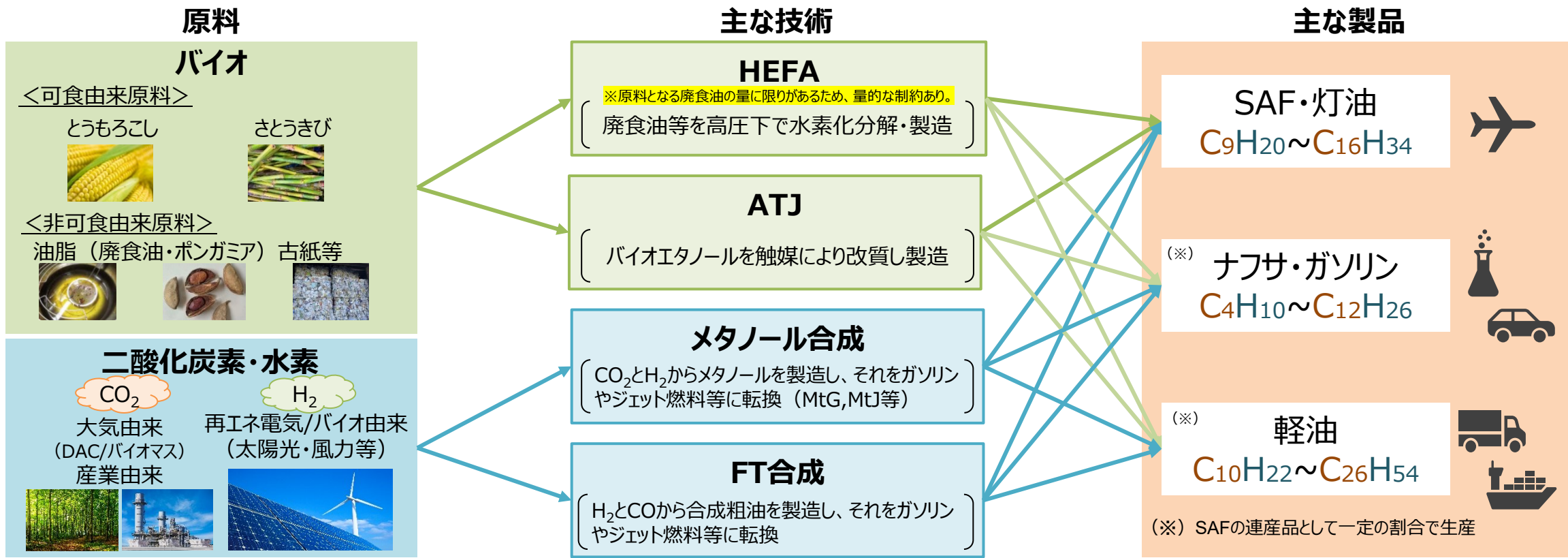
- 水素の供給について、中長期的には、ブルー水素やグリーン水素の活用が想定されている。
- 需要面は輸送、発電、産業など様々な部門にわたるが、石油産業においては精製プロセスで利用する水素のクリーン化等が期待されている。



2. 石油産業について | 次世代燃料（バイオ燃料、合成燃料）について

- **バイオ燃料**は、従来、ガソリン代替としてとうもろこし、さとうきび等から製造された**バイオエタノール**や、**廃食油から製造されたバイオディーゼル**などを利用。近年、性状が軽油とほぼ同等の次世代バイオディーゼルの普及が進んでいる中、航空分野の国際的なCO₂排出削減に向けた規制等を背景に、ジェット燃料の代替となる**持続可能な航空燃料（SAF, Sustainable Aviation Fuel）**の需要、**非可食原料の重要性も高まる**。
- **合成燃料**は、発電所・工場やDAC等から回収された**二酸化炭素（CO₂）**と、太陽光・風力等の再生エネルギーやバイオマスから製造された**水素（H₂）**を**合成して製造**される人工的な燃料。

＜バイオ燃料、合成燃料の製造プロセス＞



2. 石油産業について | 更なるSAF導入促進に向けた基本方針（概要）

【基本的な考え方】

- 脱炭素、産業競争力やエネルギー安全保障等の観点からSAF（特に国産SAF）の導入が重要
- SAF導入に伴う追加的な費用の負担のあり方やSAF需要・供給の創出が世界共通の課題
- 更なるSAF導入に向けては、民間事業者の国際競争力向上に資する規制・支援一体的な政策を講じることが重要
- その際、社会全体及び特定の主体に過大な負担を生じさせないことが重要

【検討施策】

① 社会的受容性を考慮した規制的措施



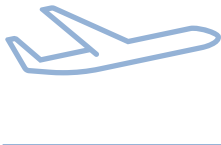
- 初期需要の創出を通じた、更なるSAF導入に向け、SAF供給義務などの規制的措施導入を検討
- その際、社会的受容性を考慮し、導入数量を小規模な水準から始め、段階的に拡大していくことを検討

② 競争力のある価格で安定的な供給体制



- 政府：設備投資支援策に係る柔軟な対応、原料の安価かつ安定的な供給（国産原料の回収拡大や海外産原料の確保など）の支援
- 事業者：設計・調達機器の最適化や多様な原料の採用などを通じたコスト低減、原料の安定確保

③ 需要創出及び利用者負担に係る仕組み



- 政府：航空会社へのインセンティブ（値差支援）（利用者の理解が得られる範囲で、広く一定の負担を求める持続可能な仕組み）、政府調達やGX需要創出に貢献する企業の評価等によるSAF需要の創出
- 事業者：選択式運賃の設定、サーチャージ、環境価値証書（Scope 3）の更なる販売などにより、ジェット燃料との一部値差を環境コストとして初期的に実質負担

④ 機運醸成



- 国による広報、民間事業者によるCM放映、各種イベント等を通じて、官民が一丸となって情報発信を行い、SAFに関する社会的な理解を促進

【今後の進め方】

- 関係者それぞれが、本基本方針に基づき、更なるSAF導入促進に向け最大限取り組む
- 民間事業者間でSAFプラント建設に係る最終投資決定に向け、SAF売買に関する個別交渉を行う

2. 石油産業について | (参考) 持続可能な航空燃料 (SAF) 製造に係る技術開発

最先端のATJ(アルコールtoジェット)プロセス技術を用いた世界初のATJ商業機の開発と展開

事業の目的・概要

- 研究開発期間では、エタノール脱水によるエチレン生産とエチレンの重合によりSAFを製造するATJ (Alcohol to Jet) 技術の開発と大量生産を可能とする製造プロセスを確立し、エタノールからの**ニートSAF*収率50%以上**かつ**製造コスト100円台/L** (当初計画の為替レート換算) を実現する。
*ニートSAF: 化石由来燃料 (ケロシン) 混合前の純度100%SAF
- 建設期間では、**最先端のATJ実証設備**を設計し建設する。
- 実証運用期間では、ATJ実証設備の安定安全稼働によりSAFを生産し、**2029年度を目標**にサプライチェーンを構築する。

実施体制

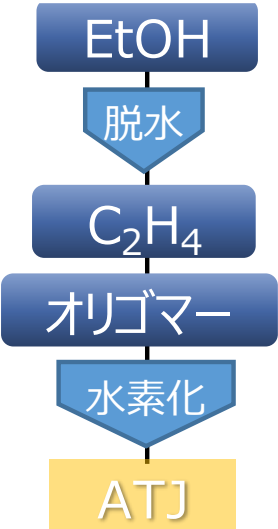
出光興産株式会社

事業規模など

- 支援規模*: **約511億円**
*インセンティブ額を含む。採択テーマの提案総額であり、今後の手続きにより変更の可能性あり。
- 補助率など: 9 / 10 → 2 / 3 → 1 / 2 (インセンティブ10%)

事業イメージ

【ATJ製造プロセス】



出典: 出光興産株式会社

事業期間

2022年度～**2029年度 (8年間)**
*12/20 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ (第27回) にて**最大3年間の延長**について承認済み

【ATJ事業化スケジュール】

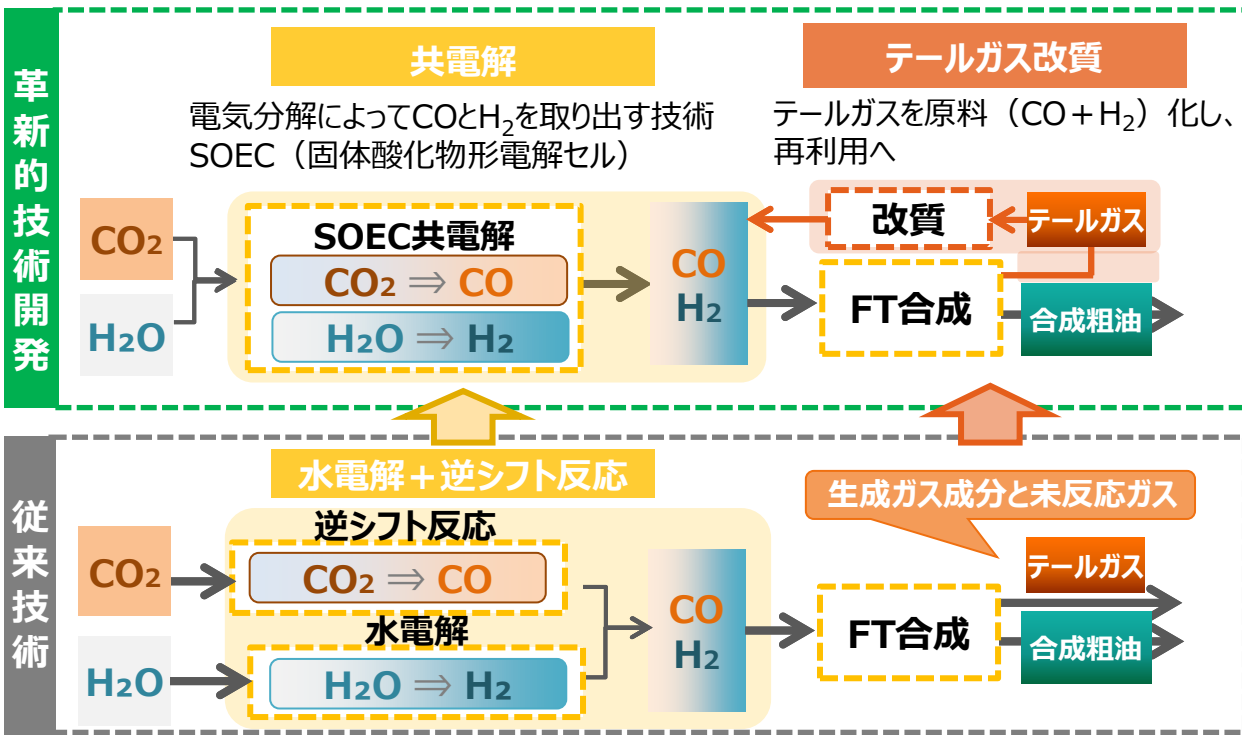
	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
SAF製造技術開発	SAF製造技術開発								
基本設計		FFED・設備仕様最適化/プロセス改良・再FEED							国内での大規模生産に向けた商用規模プラントの建設
SAF社会実装					建設			実証運用	

2. 石油産業について | (参考) 合成燃料製造に係る研究開発 (次世代FT合成プロセス〔NEDO交付金による研究開発〕)

- FT合成による従来技術での製法に対し高効率化（低コスト化）を目指した研究開発を実施中。
- 要素技術の開発および、要素技術を踏まえた一貫製造プロセスのベンチプラント実証を実施。2025年度からは次のフェーズとして、要素技術のスケールアップ、更なるプロセスの高効率化を反映した、ベンチプラントでの実証を進める。

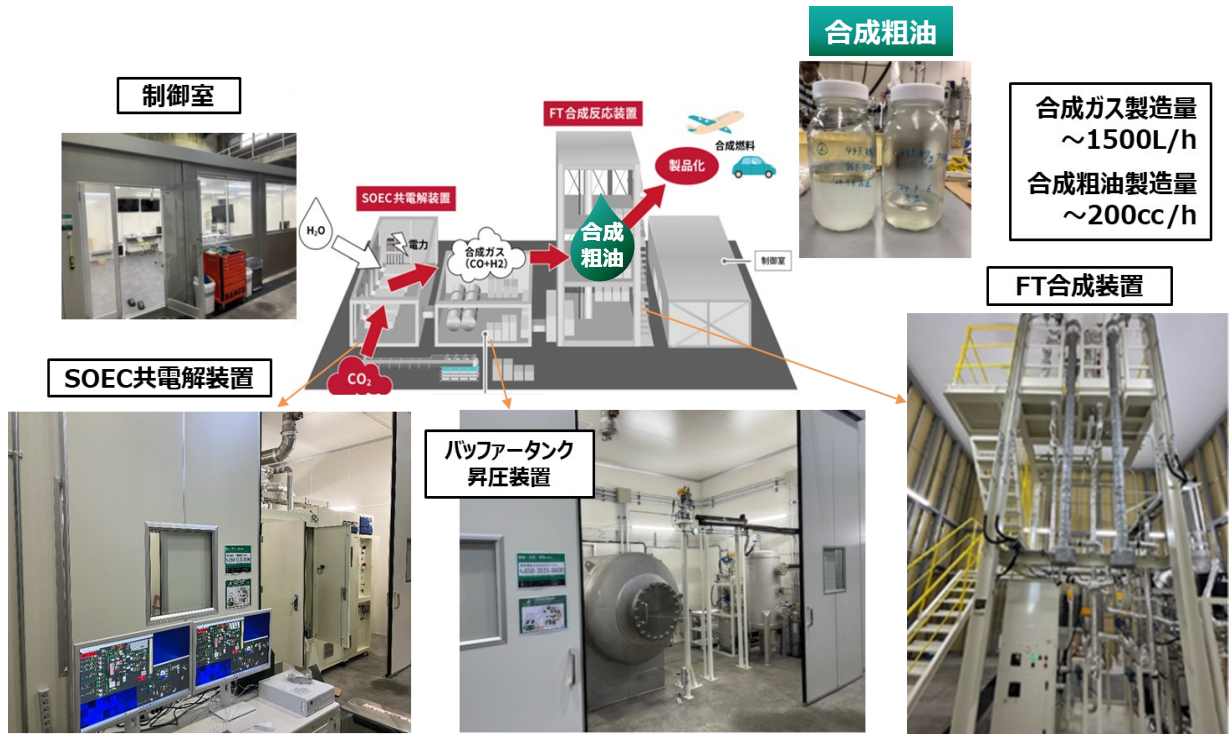
共電解を用いた合成燃料製造プロセス

- SOEC共電解とFT合成を組み合わせた製造プロセスにより、電気分解時の大幅な消費電力抑制や、FT合成後の非目的物である生成ガスや未反応ガス（テールガス）を改質により原料化し、再利用することで、更なる高効率化を目指す。



液体合成燃料を一貫製造する実験プラント


- 2024年度までのベンチプラント実証設備をベースに、共電解に用いるセル・スタックの大容量化や、それに伴う電解モジュールのスケールアップを行う。




2. 石油産業について | CCSバリューチェーン

- 我が国は、CCSバリューチェーンについて、CO2の分離・回収、輸送、貯留の各分野において技術的な優位性を有するとともに、分離・回収から貯留まで一貫したCCSシステムを構築可能。
- 世界のCCS市場は、2030年以降に飛躍的な拡大が見込まれることを踏まえ、2023年度の調査では、特に設備技術を中心に、CCSバリューチェーンを要素技術に分解した上で、我が国企業が有する有望技術や市場獲得の可能性について調査・分析を実施。


分離・回収



輸送 (船舶・導管)



貯留・モニタリング



➢ すでに技術が確立されている化学吸収法による分離・回収プラントは、三菱重工が世界シェアの7割以上の商用実績を有する。また、国内では省エネルギー型CO2回収装置がすでに商用稼働している。

➢ 固体吸収法や膜分離法は、各国で技術開発が進められているが、固体吸収法のエネルギー消費量、膜分離法の選択性などの観点で、我が国の技術は優位性を有する。

➢ CO2コンプレッサー（圧縮機）は、成熟技術であり国内外に多くのプレイヤーが存在するが、国内企業も世界各地で多数の導入実績を有する。

➢ NEDO事業で研究開発・実証中の低温・低圧による液化CO2輸送船は、実用化されれば世界初の技術であり、更なる大型船の実現に向けて大きな前進となり、国内外からの需要が見込まれる。

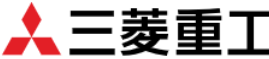
➢ 世界の造船における我が国のシェアは近年20%程度で推移しており、液化CO2輸送船のカーゴタンクの安全弁などの船用機器の製造について、従来より国内企業に優位性がある。

➢ CO2パイプラインについては、国内企業においてこれまで高強度の鋼管を製造・輸出してきた実績を有している。

➢ CO2貯留に用いる耐CO2鋼管（ケーシングパイプ・チュービングパイプ）について、国外プロジェクトでの採用実績があるなど、国内企業が製造・供給実績があり、優位性を有する。


➢ モニタリング技術について、光ファイバー計測の技術開発、地震計の製造技術や計測技術などの面で国内企業が優位性を有する。

＜主な国内企業と優位性＞



三菱重工

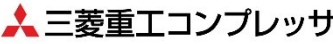
世界シェアの7割以上のCO2回収実績



Kawasaki

RITE


固体吸収法の研究開発



三菱重工コンプレッサ


IHI KOBELCO

世界各地のプラントでコンプレッサの導入実績



三菱造船


低温・低圧による液化CO2輸送船の開発



K LINE

KAWASAKI KISEN KAISHA, LTD.


Northern Lightsでの液化CO2輸送船運航



FUKUI

株式会社 福井製作所


液化CO2輸送船で世界シェア10割の安全弁供給実績



NIPPON STEEL

JFE スチール 株式会社

耐CO2鋼管の製造・供給実績

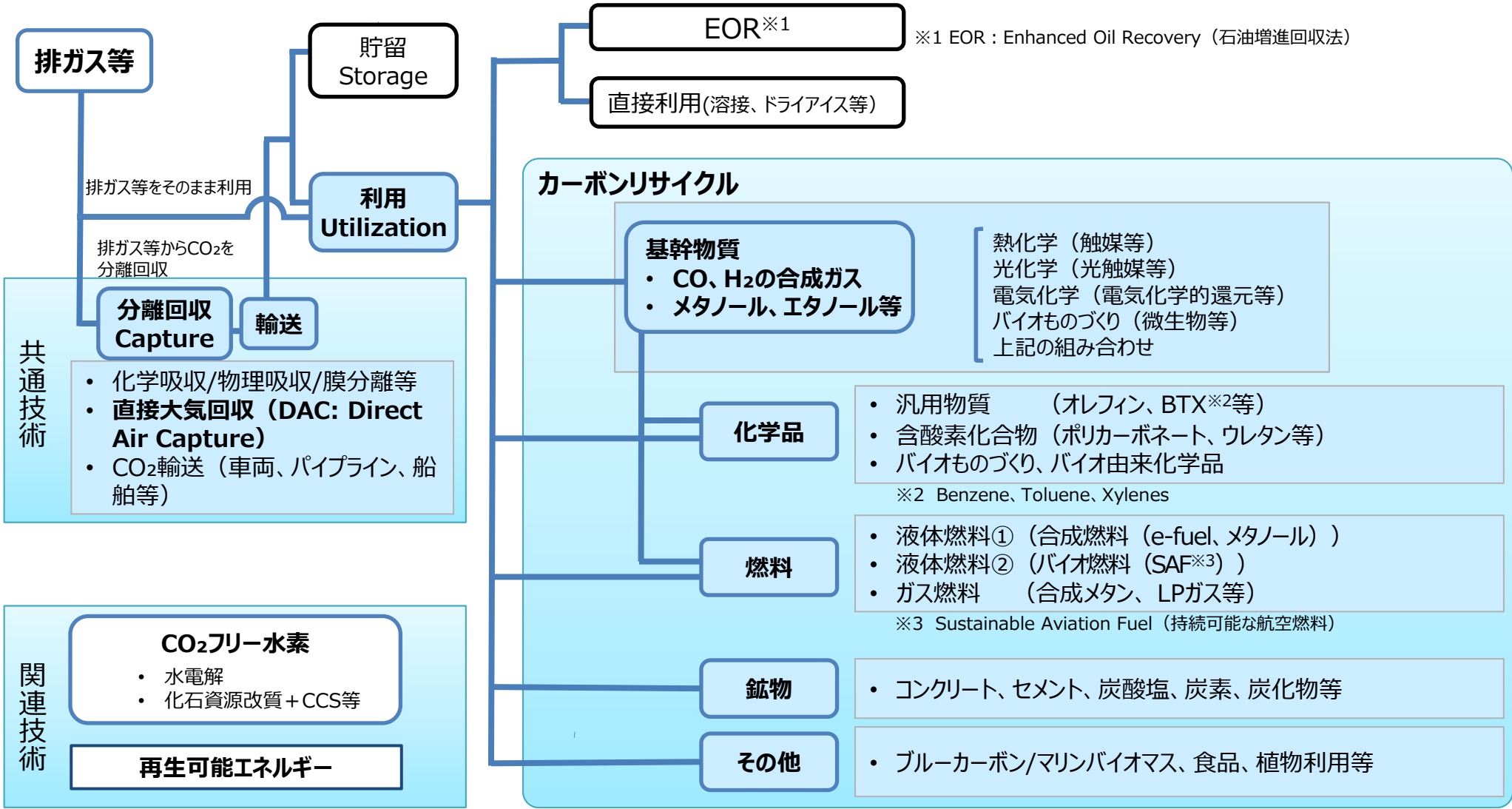


RITE

省エネルギー型吸収液の実用化
膜分離法の研究開発
光ファイバー計測の技術開発

37

- CO₂を有価物（資源）として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用することで、従来どおり化石燃料を利用した場合と比較して大気中へのCO₂排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する。



2. 石油産業について | カーボンリサイクル

- カーボンリサイクルは、CO₂を資源として捉え、鉱物化や人工光合成等により素材や燃料等へ再利用することでCO₂排出抑制が可能な取組であるが、既存製品に比べ、総じてコストが高い。コスト低減に向けて、技術開発を加速するとともに、今年度は大阪・関西万博を活用した現場実証、情報発信を実施。
- 今後、CCSの導入によるCO₂分離・回収設備などのインフラ整備の進展、新たなCO₂分離回収方法の確立をすることで、CO₂の調達コストが低減していくことを目指す。（分離回収コスト2,000円台/t-CO₂を目指す）また、社会実装に向けて、CO₂排出事業者と利用者を連携させ、CO₂等のサプライチェーン構築の検討を図っていく。
- 環境価値の創出にむけて、J-クレジットの方法論策定やSHK制度なども活用した取組を進める。

CO₂分離回収技術の大型化・低コスト化



- 舞鶴火力発電所において、固体吸収法の実証試験中であり、今年度までに小規模設備での技術確立の見通しを得る。
- 商業化されている化学吸収法による分離回収コストに比較し、固体吸収法により、商用機レベルでの分離回収コストの大幅削減を目指す。（2000円台/t-CO₂を目指す）
- さらに、膜分離技術など技術開発を進め、低コスト化を図る。

カーボンリサイクル技術の実用化に向けた取組



- 実証研究拠点を整備し、10プロジェクトを実施し、産学連携した技術開発を加速。令和6年度からは、拠点と連携した人材育成も開始。
- また、グリーンイノベーション基金などを活用し、技術開発を集中的に支援。社会実装を見据え、大阪・関西万博を活用した現場実証を実施。データ取得や情報発信を加速させる。

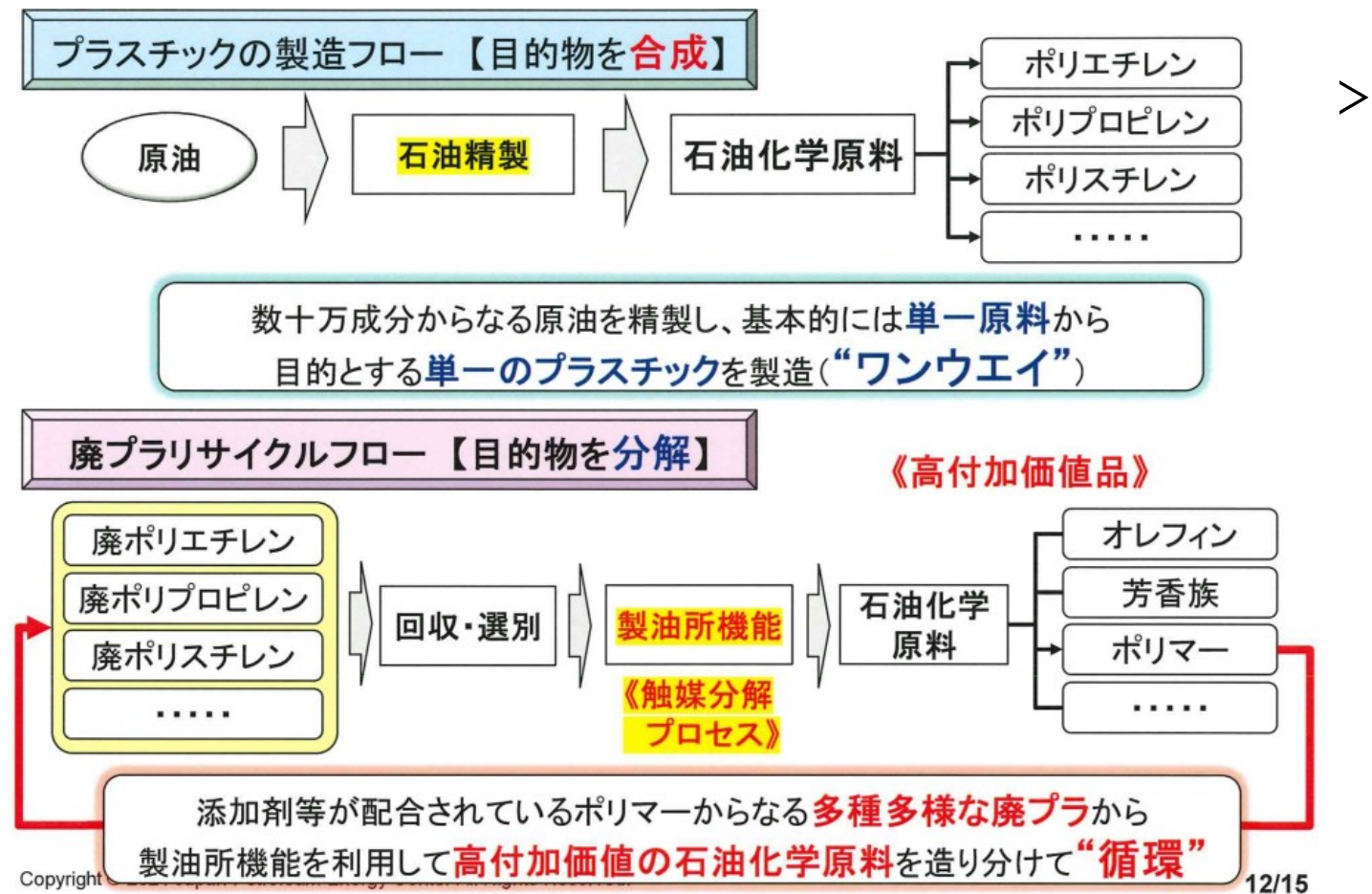
産業間連携、環境価値の創出



- 個別技術の開発と併せて、回収～利用までのシステム全体での最適化がリスクやコストの低減にも貢献するため、CO₂サプライチェーンの構築に向けて検討していく。
- 併せて、J-クレジットやSHK制度などを活用し、カーボンリサイクルの環境価値の創出にも取り組む。

2. 石油産業について | 石油精製プロセスにおける廃プラリサイクル

- 石油事業者は、廃プラを油化し石油精製装置によって化学原料へと再生する、ケミカルリサイクルに取り組んでいる。



（出所）2021年度JPECフォーラム 「プラスチック資源循環プロセス技術開発 ～石油化学原料化プロセス開発～」 （2021年5月12日）

2. 石油産業について | 脱炭素に貢献する製品の例

- 石油事業から生み出される製品は、自動車等の輸送分野などで利用され、省エネ化等の高効率化により、他分野における経済活動の低炭素化に貢献している。

＜脱炭素に貢献する製品の例＞

＜省燃費型自動車用エンジンオイル＞

- ・ エンジンオイルは、自動車や船舶等の輸送機械のエンジン内部に封入され、その動作等に際して潤滑性等の作用がなされ、エンジン性能を確保する。
- ・ 自動車の燃費向上の要求が高まる中、国内外では、粘性負荷の少ない低粘度の省燃費型自動車用エンジンオイルの開発・市場への導入が進められている。



＜電池材料＞

① リチウムイオン電池

- ・ リチウムイオン電池の材料の1つである負極材を製造する際に、石油精製の副産物である石油コークスが用いられる。

② 全固体電池

- ・ 全固体電池の材料の1つである固体電解質を製造する際に、石油精製の副産物である硫黄が用いられる。



2. 石油産業について | (参考) 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。持続可能な航空燃料（SAF）について以下のような方向性が示されているほか、水素等・CCSについても策定されている。

1

分析

持続可能な航空燃料（SAF）の分野別投資戦略①

- ◆ 国際民間航空機関（ICAO）において国際線におけるCO2削減目標（※）を設定。日本の航空会社も合意。こうした目標を達成するため、SAFの活用や新技術の導入等が進められている。
※2024年～2035年：2019排出量×85%、2050年：カーボンニュートラル
- ◆ 2030年における国内のSAFの需要量は、ジェット燃料使用量の10%（約171万KL）。足下では、廃食油等を原料にSAFを製造するHEFA技術が確立。今後は、次世代バイオエタノール、ポンガミア等の非可食原料の開拓など、原料の多角化も必要となる。
- ◆ 海外産SAFに過度に依存すると、国富流出や現在我が国で具備している航空機燃料の製造能力の喪失、輸入依存度の更なる上昇など、将来的な安全保障上の懸念も存在。
- ◆ SAFの製造・供給に向けた取組により、他業種との連携を通じた新たなサプライチェーンが構築されるなど、国内産業への波及効果が期待される。アジア圏のSAF市場は約22兆円と見込まれ、製造設備・ノウハウ等を波及させていくことが出来れば、巨大なSAF市場の獲得が可能。

＜方向性＞

- ① 必要十分なSAFの製造能力や原料のサプライチェーン（開発輸入を含む）を確保し、国際競争力のある価格で安定的にSAFを供給できる体制の構築。
- ② 原料制約等の観点から、原料・技術を限定することなく、国内外の資源を最大限活用し、SAFを供給することが出来るような技術の確立。

国内部門別CO2排出量

運輸の業界別CO2排出量

(出所) 国環研 日本の温室効果ガス排出データ2020年度確報値

2023年から10年程度の目標

国内排出削減：約200万トン

官民投資額：約1兆円～

2

GX先行投資

- ① 大規模なSAF製造設備の構築、安定的な原料確保に向けたサプライチェーン整備
- ② 非可食原料由来SAFに係る製造技術の開発・実装

＜投資促進策＞ ※GXリーグと連動

- ◆ ①に係る設備投資支援、国内生産・販売量に応じた税制措置
- ◆ GI基金を用いたSAFの製造技術開発
- ◆ 次世代エタノールや藻類、ごみ等の非可食由来SAFに係る技術開発・実証支援及び認証取得支援

- エネルギー供給構造高度化法において、2030年のSAFの供給目標量を設定
- 利用側（本邦エアライン）に対して、航空法における航空脱炭素化推進基本方針に基づき申請する脱炭素化推進計画への2030年のSAFの利用目標量の設定を求める
- SAF用原料の国内調達比率の向上に向けた検討
- GX-ETSの更なる発展（26年度から第2フェーズ開始）

※GXリーグと連動

3

GX市場創造

＜Step1: GX価値の見える化＞

- ◆ 国産SAFの国際認証取得に向けた取組（環境持続可能性・GHG排出量の評価等）及び支援体制の構築、ASTMで規定されるSAFの混合率の上限の引き上げに向けた取組
- ◆ 航空を利用する旅客及び貨物利用者（荷主）等に対して、Scope3を“見える化”できる環境を整備

＜Step2: インセンティブ設計＞

- ◆ Step1までの進展を踏まえた、SAFの炭素削減価値を適切に流通できる環境の整備

＜Step3: 規制/制度導入＞

- ◆ Step2までの進展を踏まえた、SAFの積極利用を推進するための規制・制度案の検討
- ◆ 国際動向等を踏まえ、製造側、利用側への規制・制度案の見直し

持続可能な航空燃料（SAF）の分野別投資戦略②

	23fy	24fy	25fy	26fy	27fy	28fy	29fy	30fy	31fy	32fy	～
先行投資	<div>グリーンイノベーション基金（2021年度～）</div> <div>①エタノールから大量のSAFを製造するATJ技術（Alcohol to Jet）の開発</div> <div>②FT合成等を用いた合成燃料の大規模かつ高効率な製造技術の開発</div> <div>GX先行投資支援</div> <div>企業の「先行投資計画」を踏まえた、設備投資支援等（大規模なSAF製造設備の構築、安定的な原料確保に向けたサプライチェーン整備）</div> <div>投資規模：約1兆円～</div> <div>国内生産・販売量に応じた税制措置</div>										
	<div>エネルギー供給構造高度化法において、2030年のSAF供給目標を設定</div> <div>※ 2030年のSAF供給目標は、国内プロジェクトの進捗状況やSAF取り巻く世界情勢の変化等を踏まえ、必要に応じて柔軟に見直すこととする</div> <div>「2030年時点の本邦航空運送事業者による燃料使用量の10%をSAFに置き換える」との目標を設定</div> <div>2030年時点の本邦航空運送事業者による燃料使用量の10%をSAFに置き換え</div>										
	<div>本邦エアラインに対して、航空法における航空脱炭素化推進基本方針に基づき申請する脱炭素化推進計画へのSAFの利用目標量の設定を求める（及びフォローアップ）</div> <div>国産SAFの国際認証取得支援</div> <div>航空を利用する旅客及び貨物利用者（荷主）等に対して、 ①Scope3を“見える化”できる環境を整備 ②SAFの炭素削減価値を適切に流通できる環境の整備</div> <div>国際動向等を踏まえ、更なる規制・制度案の導入</div>										
規制・制度等	<div>「先行5か年アクション・プラン」</div>										

(出典) 分野別投資戦略 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html

41
42

SAFの分野別投資戦略: 進展・現状評価と今後の方針

GX先行投資				GX市場創造	
進展状況	技術開発	出光興産（株）	GI基金を用いたSAFの製造技術開発	510.7 ※国費負担上限額総額	<div><Step:1> GX価値の見える化</div> <div><input type="checkbox"/> 未着手 <input type="checkbox"/> 検討・作業中 <input checked="" type="checkbox"/> 進展あり</div>
	設備投資	出光興産（株） ENEOS（株） 太陽石油（株） コスモ石油（株）	GX経済移行債を活用した、大規模なSAF製造設備の構築に係る設備投資支援	39.2 ※2025年7月時点の交付決定額	<div><Step:2> インセンティブ設計</div> <div><input type="checkbox"/> 未着手 <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中 <input type="checkbox"/> 進展あり</div>
					<div><Step:3> 規制/制度導入</div> <div><input type="checkbox"/> 未着手 <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中 <input type="checkbox"/> 進展あり</div>
現状評価	<div>・昨年度に、コスモ石油（株）が国内初となる国産SAF大規模製造設備を完工し、今年度からSAFの供給を開始。</div> <div>・建設業界の人手不足等の影響から、SAF大規模製造設備に係る建設計画は後ろ倒し傾向。</div>				<div>・Step 1 について、昨年度に航空輸送利用者の間接排出(Scope3)削減の考え方を示す「SAF利用可視化ガイドライン」を策定。</div> <div>・Step2,3も含めて、更なるSAF導入促進に関し、どのような対応がありえるか検討していく必要があり、現在議論中。</div>
今後の方針	<div>・SAFは石油製品の中で、市場がいち早く立ち上がることが見込まれており、石油製品の脱炭素化の試金石と言えるため、国内SAFプロジェクトを成功させ、その他石油製品の脱炭素化に波及させていく。</div> <div>・SAFの連産品として生産されるHVOやグリーンナフサの使用を促進し、素材分野や運輸部門全体の脱炭素化に波及させる。</div>				
	<div>・実施中のGX施策に関し、市場環境の変化等を見極めながら柔軟な措置等の検討を行うとともに、継続的な伴走支援やフォローアップを行う。</div> <div>・また、SAF大規模製造設備に係る建設計画の後ろ倒し傾向を受け、柔軟な予算運営に向けた検討を進めていく。</div>				<div>・SAF官民協議会の場で、海外における需要創出に向けた取り組み（例えば、SAF利用のインセンティブやSAFの混合義務制度など）も踏まえつつ、SAFの更なる導入に向け、官民で取り得る導入促進策の検討を進めていく。</div>

技術リストの更新案 | ①-1 原油処理

原油処理

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネ対策強化	✓ 熱の有効利用、高度制御・高効率機器の導入、動力系の効率改善、プロセスの大規模な改良・高度化等	—	既に導入	✓ エネルギー基本計画
燃料転換の推進	✓ 石油系燃料から天然ガス等への転換等	—	既に導入	✓ エネルギー基本計画
脱炭素燃料への転換	✓ 化石燃料から水素等の脱炭素燃料への転換	最大100%削減	2030年代	✓ エネルギー基本計画 ✓ GI基金・社会実装計画
再エネ・ゼロエミ電源の活用、開発促進	✓ 石油精製プロセスにおける電力のグリーン化	最大100%削減	既に導入	✓ エネルギー基本計画 ✓ グリーン成長戦略
精製プロセスの変革	✓ 水素の活用による精製プロセスの脱炭素化	最大100%削減	2030年代	✓ エネルギー基本計画 ✓ グリーン成長戦略
CCS・CCU	✓ 精製プロセス等からのCO2回収 ✓ 回収したCO2から燃料等を生産 ✓ CCS導入	最大100%削減	2030年代	✓ エネルギー基本計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ 石油業界のCN行動計画 ✓ CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ ✓ カーボンリサイクルロードマップ

※ 1 : 既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
※ 2 : グリーンイノベーション基金事業の研究開発・社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
※ 3 : 実装年の参照先には下線を付加。
※ 4 : グリーンイノベーション基金事業における研究開発・社会実装計画

技術リストの更新案 | ①-2 低・脱炭素燃料・製品

低・脱炭素燃料・製品

既存燃料の改善・
利用効率化

水素・アンモニア

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
廃プラの ケミカルリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃プラを油化し石油精製装置を用いてケミカルリサイクルを行い、燃料や化学原料を製造 	—	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GI基金・社会実装計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ 石油業界のCN行動計画
バリューチェーンの 低炭素化 (環境配慮型製品等)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 石油製品の消費段階における低炭素化 	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 石油業界のCN行動計画
水素・アンモニア サプライチェーンの構築	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製造・輸送技術の高効率化 ✓ 製油所設備を活用した脱水素・貯蔵 ✓ 国内供給・自社利用（発電用・自動車燃料用・原料用等） 	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GI基金・社会実装計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ エネルギー基本計画 ✓ 水素基本戦略 ✓ 石油業界のCN行動計画
水素ステーション等の整備	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 燃料電池自動車等向けに水素を供給 	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー基本計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ 水素基本戦略

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金事業における研究開発・社会実装計画

技術リストの更新案 | ①-3 低・脱炭素燃料・製品

低・脱炭素燃料・製品	バイオ燃料等 （バイオエタノール、バイオディーゼル、SAF、化学原料等）	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
バイオ燃料等	バイオ燃料等 （バイオエタノール、バイオディーゼル、SAF、化学原料等）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 植物や廃棄物等から液体燃料や化学原料を製造 ✓ 2028年度を目途とした一部地域の先行導入を通じて、2030年度までにバイオエタノールの最大濃度10%の低炭素ガソリンの供給開始を目指し、2040年度から最大濃度20%の低炭素ガソリンの供給開始を追求 ✓ 2030年のSAFの供給目標量を2019年度に日本国内で生産・供給されたジェット燃料のGHG排出量の5%相当量以上と設定 	最大100%削減	一部導入済み	<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー基本計画 ✓ GI基金-社会実装計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ 石油業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG ✓ ガソリンへのバイオエタノール導入拡大に向けたアクションプラン
合成燃料等	合成燃料等	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水素とCO2から液体燃料や化学原料を製造 	最大100%削減	2030年代前半までの商用化実現	<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー基本計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 合成燃料の商用化に向けたロードマップ ✓ 石油業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：グリーンイノベーション基金事業の研究開発・社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金事業における研究開発・社会実装計画

主な更新内容（石油分野）

項目	各分野共通の更新事項
業界概要・参考資料	<ul style="list-style-type: none">データ・リンク等を最新版に更新（石油製品消費量、CO2排出量等）石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）の更新、SAF官民協議会による更なるSAF導入促進に向けた基本方針等の紹介等CCSバリューチェーン、カーボンリサイクルに関する動向を追加
技術リスト 線表	<ul style="list-style-type: none">各種参照先の追加（カーボンニュートラル行動計画等）実証事業の状況等に鑑み、「内燃機関の燃費向上に資する新燃料」を削除カーボンニュートラル行動計画に基づき「バリューチェーンの低炭素化（環境配慮型製品、潤滑油等）」を追加合成燃料の商用化に向けたロードマップ等に基づき、合成燃料の導入時期を「2030年代」から「2030年代前半までの商用化実現」に変更
CO2排出の 削減イメージ	<ul style="list-style-type: none">実績値や「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」を反映して経路を更新「経路に大きな影響を与える主要素」を追加

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 原油処理に関しては、各種省エネや燃料転換推進等による着実な低炭素化に加え、精製プロセスの変革やCCUSなどの革新的技術の導入による脱炭素化を図る。さらに、合成燃料をはじめとする脱炭素燃料の供給体制へのシフトなどにより、2050年カーボンニュートラルを実現していく。

CO₂削減イメージの参照先・策定根拠等

概要・策定根拠

- ・ 右図は、p27～29に記載の技術による、日本の石油産業全体での排出削減経路のイメージを示したものの。
- ・ 削減イメージの作成にあたっての各種想定は、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を見据えた我が国の各種政府施策や、パリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

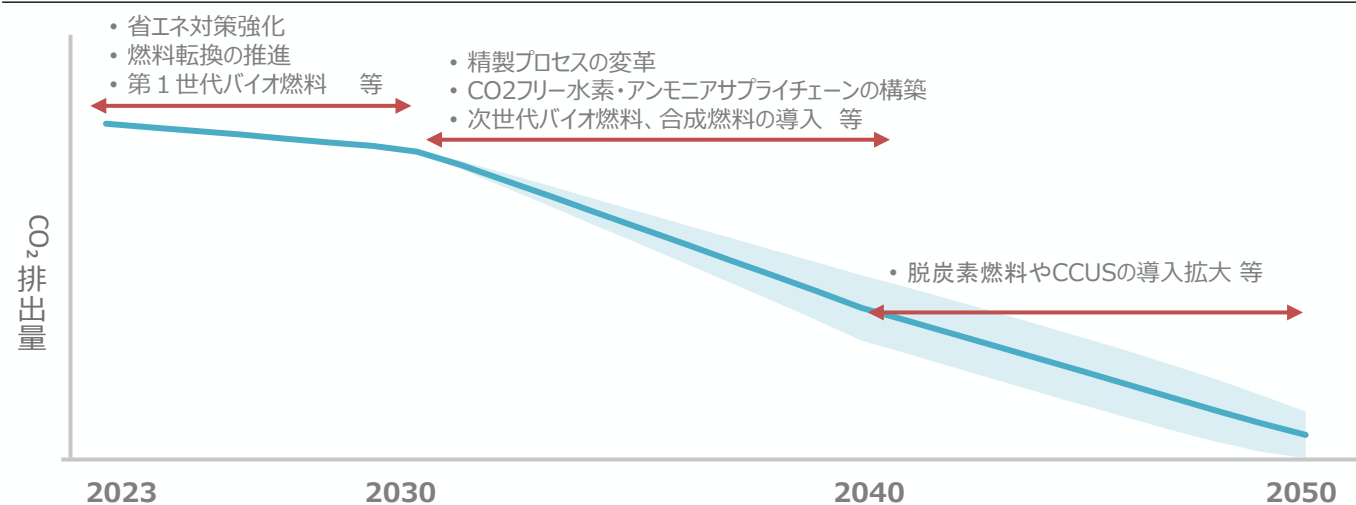
経路に大きな影響を与える主な要素（仮）

- 石油製品需要
- 脱炭素燃料の導入
- 製油所の脱炭素化

パリ協定整合性の確認

- ・ 削減イメージの試算結果は、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCや国際的に認知されたシナリオとの整合を検証し、パリ協定整合であることを確認している。

CO2排出の削減イメージ※



- 2020～2030**
石油精製における省エネ対策の強化や燃料転換の推進により、着実な低炭素化を図っていく。また、既に実用段階にある第1世代バイオ燃料等の脱炭素燃料の活用拡大に取り組む。
- 2030～2040**
石油精製プロセスの変革やCO2フリー水素、アンモニア、次世代バイオ燃料、合成燃料等の脱炭素燃料関連技術を確認し、カーボンニュートラルに向けた取組を加速する。
- 2040～2050**
脱炭素燃料やCCUSの導入拡大により大幅な排出削減を行い、カーボンニュートラルを実現。

※1 我が国における石油産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、2050年に石油需要がゼロになることを示すものではない。
また、実際には石油各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※2 2050年カーボンニュートラルの達成は他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ等が整備されていることを前提としている。