

日本製鉄 カーボンニュートラルビジョン 2050 ゼロカーボン・スチールへの挑戦

人類の存続に影響を与える重要課題である気候変動問題に対する当社独自の取り組みとして、「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050～ゼロカーボン・スチールへの挑戦」を掲げ、経営の最重要課題として、2050年カーボンニュートラルの実現にチャレンジしています。



Make Our Earth Green

0

NIPPON STEEL
zero carbon
initiative

鉄をつくる 革新技術の開発

高炉 水素還元製鉄

CO₂排出を極限まで減らす

自動車や鉄道、ビル、家電など、さまざまな用途に使われている鉄鋼製品は、社会に欠かすことができない基礎素材として、強度、加工性、耐食性、溶接性など、優れた機能を発揮することができず。こうした高機能な鉄鋼製品をつくるためには、石灰を蒸し焼きにした炭素の塊であるコークスを高炉に投入し、鉄鉱石に含まれる酸素を取り除き、銑鉄をつくる還元プロセスを経なくてはなりません。鉄をつくるときに発生するCO₂の多くは、この高炉による炭素還元由来します。鉄は他素材に比べ生産単位あたりのCO₂発生は少ないですが、圧倒的に用途が幅広く大量に使用・生産されるため、鉄鋼業は日本の産業部門のなかで最大の約14%のCO₂を排出しています。

極め、長年にわたって地球規模での省エネルギーとCO₂削減に貢献してきました。しかしCO₂排出実質ゼロにするカーボンニュートラルを実現するためには、さらなる革新的な技術の開発が必要となります。

そこで着目したのが水素の利用です。100%水素直接還元プロセスは、コークスの代わりに水素を用いて、鉄鉱石から酸素を取り除く水素還元を行うことで、CO₂ではなく水しか発生しない究極の革新的製鉄法です。CO₂を必然的に発生してきた高炉法とはまったく異なる製鉄技術であるため、前人未到のグリーンイノベーションの開発・実用化に挑戦する必要があります。ゼロカーボン・スチールは、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チャレンジです。日本製鉄は、あらゆる手段を組み合わせた複線的なアプローチでゼロカーボン・スチールを推進し、2050年までにカーボンニュートラルを実現しようと考えています。具体

100%水素 直接還元 プロセス

究極のCO₂排出ゼロを目指す

的には、高炉水素還元製鉄、100%水素直接還元プロセス、大型電炉での高級鋼製造という3つの技術開発を柱とし、CCUSの技術開発も進めています。

2050年カーボンニュートラル実現に向け、これからの30年は、約300年続いてきた炭素還元材とするこれまでの鉄鋼生産方式が大きく変わる革命的な時期となります。こうした抜本的なプロセス変更にもかかわらず、鉄鋼製品の品質・付加価値は従来と変わりません。また大規模な研究開発資源を投入して絶え間ない技術革新を続けるとともに、大量のカーボンフリー水素やカーボンフリー電力の安価・安定供給、経済合理的なCCUSの社会実装など、社会との連携も欠かせません。さまざまな困難や課題が想定されますが、日本製鉄は時代変革の主役として積極果敢にゼロカーボン・スチールに挑戦し、これからも鉄づくりにおいて世界をリードして、日本のカーボンニュートラル実現に貢献していきます。

大型電炉 での高級鋼製造

水素還元鉄を利用した
量産技術の確立

日本製鉄は、高炉において、コークスの一部を水素に置き換えて鉄鉱石を還元する高炉水素還元製鉄の開発に取り組んでいます。2008年から参画している(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業 COURSE50(CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50)プロジェクトでは、東日本製鉄所君津地区に設置した小型試験高炉における実証試験で、高炉からのCO₂排出量10%超の削減を確認する世界初の成果をあげました^{*}。現在は2030年までに高炉水素還元1号機の実機化を目指して、さらなる技術革新に邁進しています。

今後、高炉法が技術的にも経済的にも当面は主流と考えられるため、COURSE50を足掛かりとして、製鉄所外部からの水素も活用しながら極限までのCO₂削減を狙ったSuper COURSE50の開発にもチャレンジしています。

^{*} 本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務「環境調和型プロセス技術の開発／水素還元等プロセス技術の開発(フェーズⅡ-STEP1)」(日本鉄鋼連盟 COURSE50)の結果得られたものである。

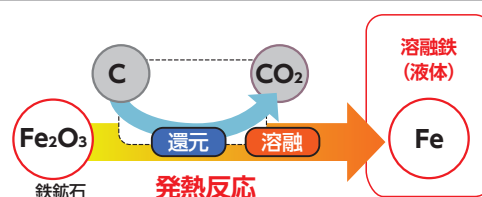


COURSE50 試験高炉 (日本製鉄東日本製鉄所君津地区)

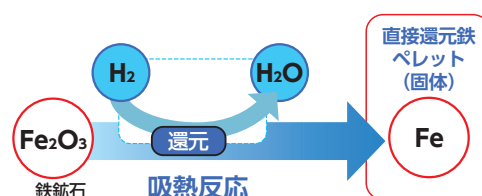
海外では還元材に天然ガスを改質した水素ガスを用いて、シャフト炉で鉄鉱石から固体の還元鉄をつくる直接還元製鉄法が開発されています。現在の高炉法に比べてCO₂排出量を抑えることができますが、天然ガスはメタンに炭素が含まれるため、どうしても一定量のCO₂が発生します。

日本製鉄は100%水素直接還元プロセスの開発に取り組んでいます。シャフト炉において、還元材にコークスや天然ガスではなく、水素だけを使用することで、CO₂は生成されず、副産物として水だけが発生するプロセスになります。これまで実証されたことのない極めてハードルの高い技術開発になります。現在、100%水素利用の技術課題を乗り越えるため、還元反応を進める熱供給技術や原料ソースを拡大する操業技術などの開発に挑戦しています。

炭素還元 現状高炉プロセス

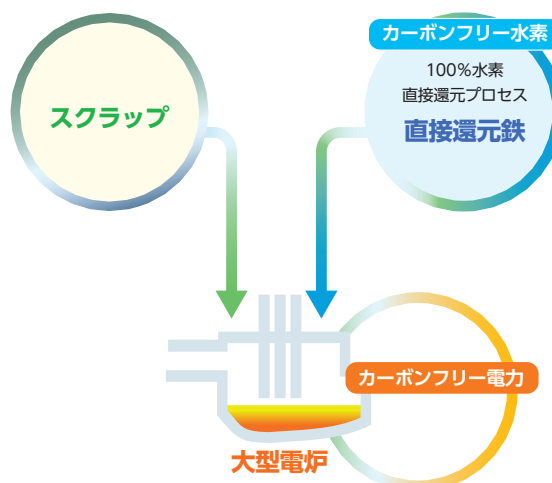


100%水素直接還元プロセス



電炉とは電気アーク熱によって鉄スクラップなどを溶解・精錬することで溶鋼をつくる設備です。すでに鋼になっている鉄スクラップを溶かすため大量の電力を消費しますが、鉄鉱石の還元に伴うCO₂が発生しないため、生産工程では、高炉に比べてCO₂発生量を大きく抑えることが可能です。カーボンフリーの水素や電力が十分供給されるようになれば、電炉で鉄スクラップだけでなく、100%水素直接還元鉄を溶解し溶鋼をつくることによって、CO₂の発生を極小化できます。

日本製鉄は、瀬戸内製鉄所広畑地区や欧州アルセロール・ミタルとの合併先である米国アラバマ州の工場で2022年以降新しい電炉を稼働させるとともに、カーボンニュートラルの実現に向け、鉄スクラップに混入する材質有害元素の無害化技術など、大型電炉での高級鋼の量産製造技術の研究開発を加速させています。



CO₂を集めて役立てる CCUSの社会実装を推進

日本製鉄は高炉水素還元製鉄、100%水素直接還元プロセス、大型電炉での高級鋼製造という複線的なアプローチによってゼロカーボン・スチールを推進することで、CO₂排出を極限まで抑えることを目指していますが、最終的にどうしても一定程度のCO₂発生が想定されます。そのため、鉄鋼製造プロセスから発生するCO₂を分離・回収して、地中に埋めて貯留するCCSや、化学品などの原料としてカーボンリサイクルするCCUといったCCUSの技術が必要になります。

現在、他社や大学などの研究機関との連携や、国家プロジェクトなどへの参画によって、CO₂分離・回収とCCUSの技術開発に取り組んでいます。

一方、CCUSの社会実装は、日本製鉄だけでは前進させることはできません。CCSは、巨大な社会インフラであり、運搬や貯留に至るバリューチェーンの構築が不可欠です。CCUは、化学品や燃料を製造・販売する化学産業やエネルギー産業との連携が欠かせません。CCUSには莫大なコストが必要のため、それを社会全体で負担する政策的な仕組み、例えば補助金制度や税制優遇、コストを価格に転嫁する枠組みなど、幅広い社会インフラ整備が求められます。さまざまな高いハードルはありますが、日本製鉄は絶え間ない技術革新でCCUSの社会実装を推進していきます。

回収 Capture

化学吸収法によるCO₂分離・回収技術 高炉ガスからのCO₂分離・回収を実証



日本製鉄は2008年からNEDO委託事業のCOURSE50プロジェクトに参画し、(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)と化学吸収液を共同開発することで、CO₂分離・回収技術の確立に貢献しています。開発した化学吸収液は両者の頭文字をとって、RN吸収液と命名されました。

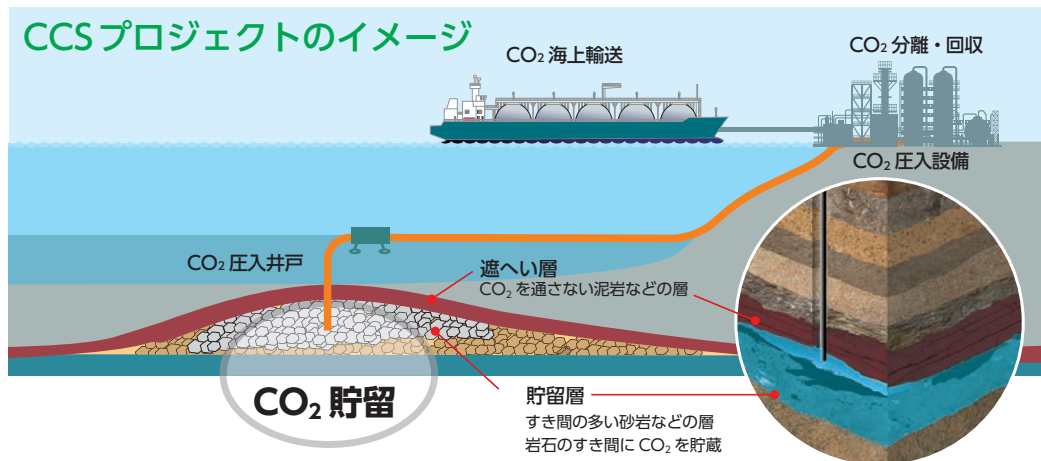
RN吸収液を実高炉の排ガスに適用するパイロット試験は、2012年に日鉄エンジニアリング(株)によって実施されました。日本製鉄東日本製鉄所君津地区に建設した試験設備が使用され、CO₂を長期間安定して分離・回収でき、消費さ

れる熱エネルギーは従来の吸収液よりも大幅に削減されることが実証されました。また、従来120℃であった吸収液の加熱温度を、RN吸収液ではCO₂回収量を下げずに95℃まで低減でき、より効率的にCO₂を分離・回収できることもわかりました。

これら世界初の開発により高炉ガスから20%のCO₂削減目標が得られました^{*}。この技術をもとに、日鉄エンジニアリングは省エネ型CO₂回収設備ESCAP®を開発し、産業利用を推進しています。

^{*} 本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務「環境調和型プロセス技術の開発/水素還元等プロセス技術の開発(フェーズI-STEP1)」(日本鉄鋼連盟 COURSE50)の結果得られたものである。

CCS CO₂を地中に埋めて貯留する

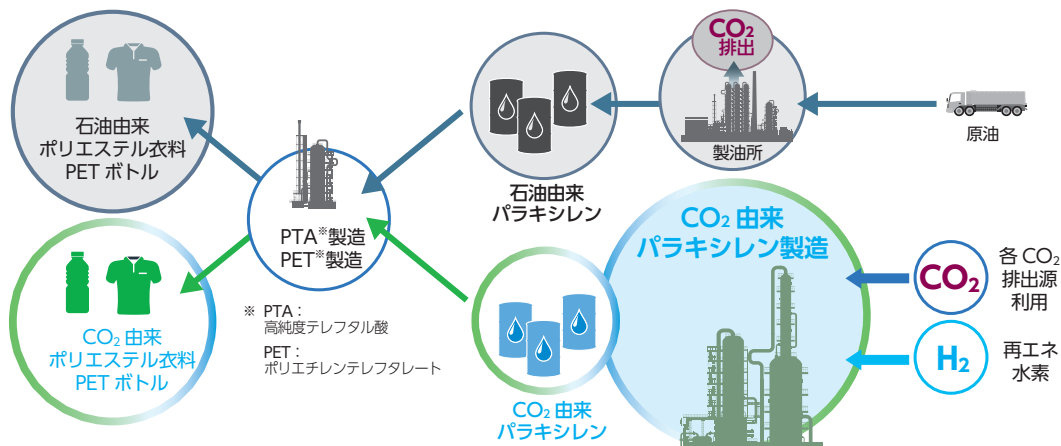


貯留
Storage

国際エネルギー機関の報告書では、2060年までのCO₂削減量の合計のうち14%を、CO₂を地中に貯留するCCSが担うことが期待され、CCSプロジェクトが世界各地で始まっています。例えばエクイノール社が欧州北海で主導するノーザンライツジョイントベンチャーでは、ノルウェーの都市部や周辺国の工場で発生する排ガスから回収したCO₂を液化し、沖合の中間貯蔵基地までパイプラインで運搬したあと、海底下の貯留層に圧入するサービスの事業化を目指しています。2024年稼働に向け、日本製鉄は高合金シームレス油井管を供給しています。

CCSの社会実装にあたっては、欧米では枯渇した油田やガス田にCO₂を埋められるものの、日本には適した大規模な貯留地がありません。CO₂排出源と貯留地が離れていることによるCO₂輸送が課題と指摘されています。そこで2021年6月からNEDO委託事業として、CO₂船舶輸送に関する研究開発および実証事業が始まり、2030年ごろの社会実装に向け技術の確立を目指しています。日本製鉄も参画し、鉄鋼業を含む国内のさまざまな多量排出源からのCO₂輸送にかかるビジネスモデルの検討を実施します。

CCU 化学原料としてカーボンリサイクルする



利用
Utilization

CO₂を原料とする化学品(パラキシレン)製造

日本製鉄はCO₂と水素を反応させ、ポリエステル繊維やペットボトル用樹脂の原料となるパラキシレンをつくる触媒技術を富山大学と共同で開発し、その特許を2020年に出願しました。現状では石油化学メーカーによって、ナフサを改質した油からの抽出などでパラキシレンがつくられ、世界で年間約4,900万トンが使われています。これをすべてCO₂からつくることができれば、年間1.6億トンのCO₂固定につながる可能性を秘めています。

2020年7月にはNEDOプロジェクトに採択され、CO₂

から工業的にパラキシレンを製造する実用的な技術の確立を目指しています。富山大学と日本製鉄が触媒のさらなる性能向上に取り組み、触媒の大量製造をハイケム(株)、設備設計を千代田化工建設(株)と日鉄エンジニアリング(株)、全体の事業性検討を三菱商事(株)が担当しています。2023年度までにベンチスケールでの評価を行い実証段階への道筋をつくり、2030年ごろの実機化を目指しています。アパレルメーカーや飲料メーカーからCO₂を原料としたパラキシレンはグリーン調達につながると期待を寄せられています。