

水素時代の鉄づくり ゼロカーボン・スチールへの挑戦

水素時代の到来で鉄づくりも進化を遂げようとしています。水素を活用して製鉄プロセスのCO₂排出量を約30%削減する技術「COURSE50(コース50)」の実証実験が、新日鉄住金君津製鉄所(千葉県君津市)構内の試験高炉を中心に行われています。地球規模でさらなるCO₂削減が望まれているなか、新日鉄住金はCOURSE50プロジェクトの推進役として、革新的な技術開発にチャレンジしています。



左から COURSE50 の試験高炉と CO₂ 分離・回収装置 (新日鉄住金君津製鉄所構内)

© 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)

COURSE50

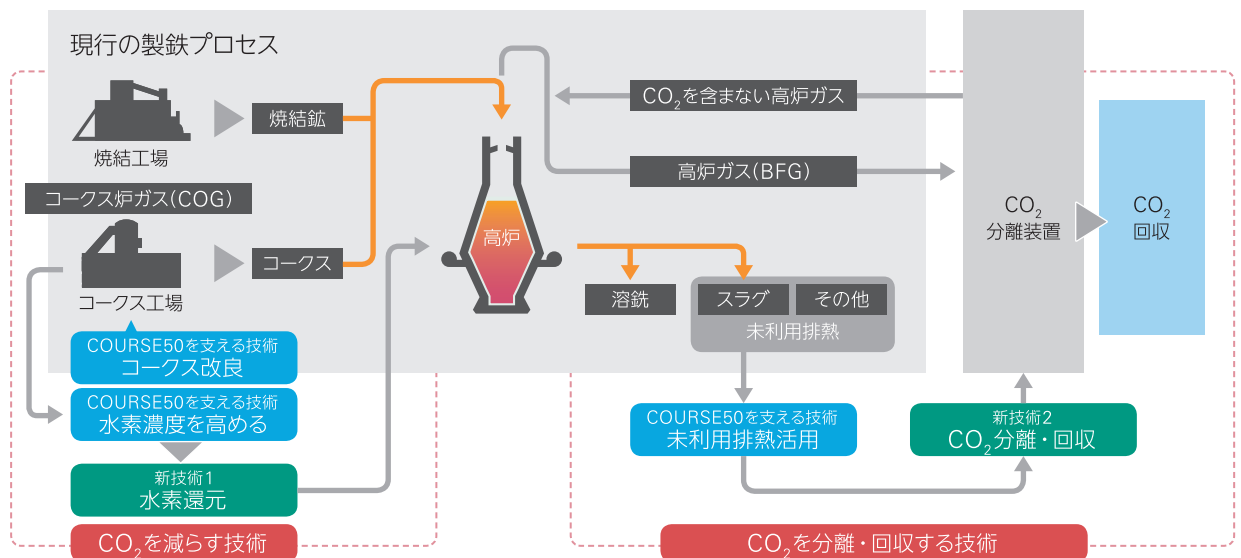
製鉄プロセスのCO₂排出量約30%削減を目指す

地球温暖化を防ぐための
イノベーション

地球温暖化対策の一つに、CO₂排出量の削減があります。新日鉄住金は、生産活動・製造工程での環境負荷を低減するため、限りあるエネルギーを、すべてのプロセスで無駄なく利用する努力を続けています。1970年代以降、世界に先駆けて省エネルギー化技術やエネルギー回収技術の向上に取り組んできました。その結果、現在では世界最高水準のエネルギー効率を誇る「エコプロセス」を実現しています。さらに鉄鋼製品をつくるだけでなく、使うときのCO₂排出量削減に貢献する「エコプロダクツ」や、世界最高水準の環境・省エネ技術を国内外に普及させることで地球規模でのCO₂排出量削減に貢献する「エコソリューション」の3つのエコを推進することで、低炭素社会の実現に取り組んでいます。こうしたなか、さらなるCO₂排出量削減のためには、中長期的な観点から革新的な技術開発が求められました。そこで取り組んでいるのがCOURSE50プロジェクトです。

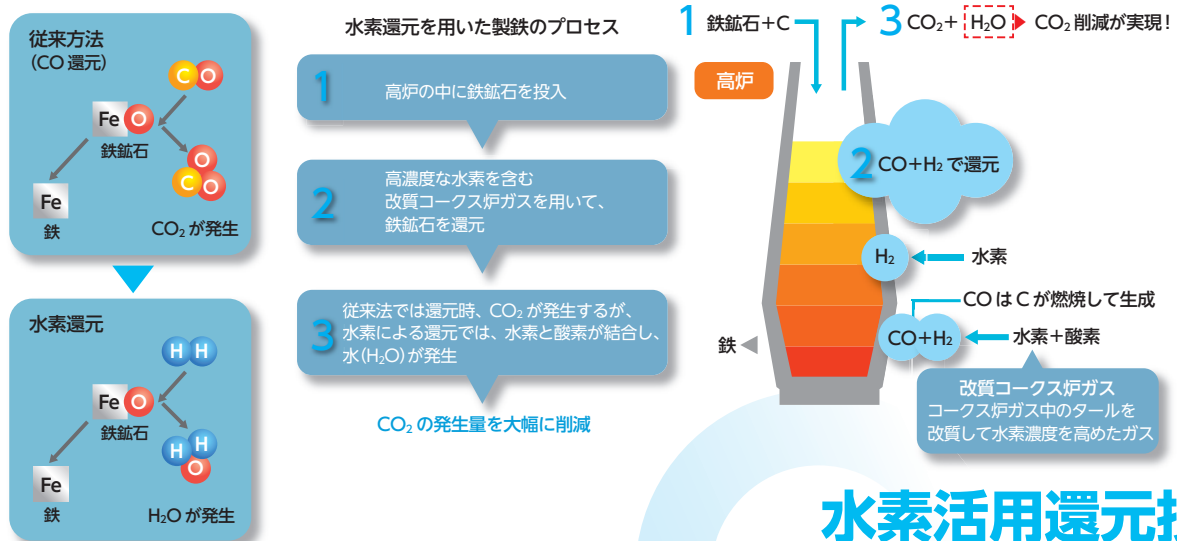
COURSE50は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究開発プロジェクト「環境調和型プロセス技術の開発」として、新日鉄住金をはじめJFEスチール(株)、(株)神戸製鉄所、日新製鋼(株)、新日鉄住金エンジニアリング(株)の5社で取り組んでいます。現在稼働している製鉄所の既存インフラを最大限活用することを前提に、高炉からのCO₂排出量を抑制する技術と、高炉ガスからCO₂を分離・回収する技術を開発することによって、CO₂排出量約30%削減を目標に掲げています。2030年ごろまでにこれらの技術を確立し、2050年までの実用化・普及を目指しています。そのなかで高炉からのCO₂排出抑制の鍵を握っているのが水素なのです。

環境調和型プロセス技術開発：COURSE50のしくみと特徴



COURSE50 「CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50」の英文名称の略称

COURSE50は高炉からのCO₂排出量を抑制する技術(水素活用還元技術)と、CO₂分離・回収技術で構成されています。この2つの技術開発によって、製鉄プロセスのCO₂排出量を従来よりも約30%削減することを目指しています。



水素活用還元技術 高炉からのCO₂排出を減らす

還元ガスに水素を使う

そもそも鉄をつくるとき、なぜCO₂が発生するのでしょうか。そして水素がなぜCO₂排出抑制の鍵となり得るのでしょうか。それは鉄の原料である鉄鉱石が、酸素と結びついた酸化鉄として存在するため、鉄鉱石から鉄(銑鉄)を生み出すために、鉄鉱石中の酸素を除去(還元)する必要があるからです。

高炉を持つ一貫製鉄所では、現在、還元材に石灰を蒸し焼きにして炭素濃度を高めたコークスが使われています。そのコークスと焼結鉱(粉状の鉄鉱石に石灰石を混ぜて一定の大きさに焼き固めた原料)を、高炉上部から入れ、下部にある羽口から約1000～1200℃の熱風を吹き込みます。熱風でコークスを燃焼させると還元ガスが発生し、高炉下部は2000℃を超えます。高温の還元ガスが激しい上昇気流となって炉内を吹き昇り、焼結鉱を溶かしながら鉄鉱石中の酸素を奪い取ること、鉄(銑鉄)が生まれます。このダイナミックな還元反応中に、還元ガスに含まれる一酸化炭素(CO)と、鉄鉱石に含まれていた酸素(O)が結びつき、CO₂が発生します。

COURSE50ではコークスの還元材としての役割の一部を水素に代替させ、高炉からのCO₂排出量を減らすとしています。コークスをつくる時、そこから排出されるコークス炉ガスの中にメタン(CH₄)と多くの水素が含まれています。このコークス炉ガス中の水素源を高炉に吹き込みます。炉内の還元反応では水素(H₂)と鉄鉱石中の酸素(O)が結びつくため、CO₂ではなく水素気(H₂O)が発生します。還元材にコークスだけでなく水素も使うことで、従来よりCO₂を減らすことが可能になるのです。

原理原則を極めて精度を高める

COURSE50プロジェクトは2008～12年度のフェーズI STEP1で、水素による鉄鉱石還元と高炉ガスからのCO₂分離・回収の要素技術を開発しました。そしてSTEP1の要素技術の開発成果と課題を踏まえ、2013～17年度のフェーズI STEP2で水素還元とCO₂分離・回収を統合した総合技術の開発に取り組みました。その舞台となったのが、新日鉄住金の君津製鉄所構内に建設された試験高炉とCO₂分離・回収装置です。

「試験高炉の炉容積は12m³と、実際に操業している高炉の500分の1の規模に過ぎませんが、実炉と同じ操業体制で試験操業を実施しました。製鉄所の現場経験を積んだ熟練技術者が、センサーなどを駆使して試験高炉を管理しました。還元反応は刻々と変化します。その小さな変化も見逃さず、CO₂削減を実現するためには、どのように運転すれば最適なのかを追究するため、技術開発本部の研究者と連携して現象の本質に迫る解析を行いました。こうして水素による還元メカニズムと反応制御の原理原則を明らかにすることで、高炉の操業・設計技術の精度を高めていきました。その結果、2018年には試験高炉からのCO₂排出削減10%目標を達成できました」(新日鉄住金・宇治澤優 席主幹)



新日鉄住金(株) 技術開発本部
技術開発企画部

宇治澤 優 席主幹

ESCAP®

(ESCAPは新日鉄住金エンジニアリング株式会社の登録商標です)

「Energy Saving CO₂ Absorption Process」の英文名称の略称

COURSE50のCO₂分離・回収技術を基に、新日鉄住金エンジニアリング(株)の独自技術を加えて産業用途に商品化したESCAP®が、エア・ウォーター炭酸(株)室蘭工場や住友共同電力(株)新居浜西火力発電所で実用化されています。



CO₂分離・回収技術 産業用途への活用が始まる

2030年1号機完成、
2050年実用化に向けて

一方、高炉ガスから発生したCO₂を分離・回収する技術開発にも取り組みました。そのうちの一つである、化学吸収法はアルカリ性の反応液(化学吸収液)にCO₂を吸収させ、吸収液を加熱することでCO₂を分離・回収する仕組みです。従来法では加熱に多大なエネルギーを使用することから、回収コストが高くなることなどが課題でした。しかし消費エネルギーを最小化する新しい吸収液・プロセスの開発と、装置を最小化する技術の開発によって、回収コストを下げることが成功しました。



新日鉄住金(株)
製鉄技術部
荒木 恭一 部長

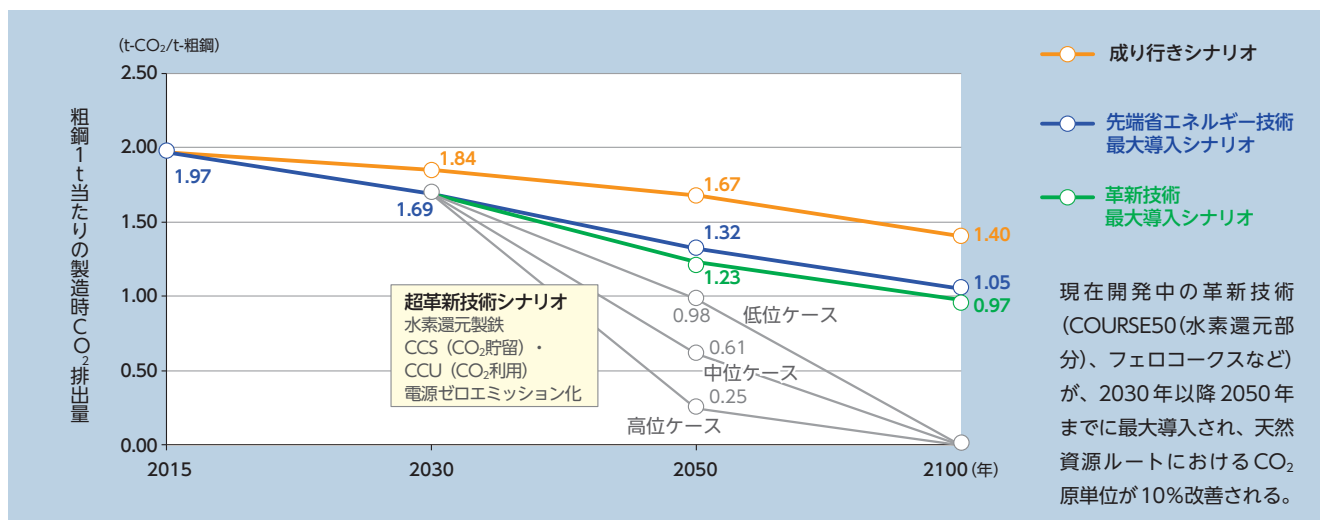
そしてCOURSE50で開発したCO₂分離・回収技術の産業用途への活用が始まっています。新日鉄住金エンジニアリング(株)が、プロセス技術を加えることによって、省エネ型CO₂回収設備「ESCAP®」を商品化しました。商業1号機は新日鉄住金室蘭製鉄所(北海道室蘭市)構内に建設されたエア・ウォーター炭酸(株)室蘭工場で、炭酸ガスとドライアイスを生産しています。さらに商業2号機は住友共同電力(株)新居浜西火力発電所(愛媛県新居浜市)構内に建設され、石炭火力発電の燃焼排ガスに含まれるCO₂を分離・回収して炭酸ガスを生産し、住友化学(株)愛媛工場(同)へ供給されています。

「過去10年の取り組みで計画どおり水素還元とCO₂の分離・回収を組み合わせ、CO₂排出量を30%減らす技術の成果が確認できました。2018年6月からはフェーズⅡに入り、いよいよ実炉へのスケールアップに挑戦していきます。COURSE50プロジェクトは、CO₂貯留に関するインフラ整備と実機化に経済合理性が確保されることを前提に、2030年ごろまでに1号機の導入、2050年までの実用化・普及に向けて、これからも全力を尽くしていきます」

(新日鉄住金・荒木恭一 部長)

2100年CO₂ゼロを目指して COURSE50は夢の実現に向けた第一歩

日本鉄鋼連盟の長期温暖化対策シナリオにおける CO₂ 排出量の推定



日本鉄鋼連盟は2018年秋、「長期温暖化対策ビジョン ゼロカーボン・スチールへの挑戦」を策定しました。2100年までに鉄鋼業のCO₂排出量をゼロにするための方向性を示したものです。その壮大な目標実現のために欠かせない革新技術の1つとして、COURSE50が位置付けられています。

21世紀末に、国連提唱のSDGs(持続可能な開発目標)が達成され、経済成長とともに貧困や格差が解消され、世界全体が現在の先進国並みの豊かさを享受できるようになると仮定すると、社会で使われ、蓄積される鉄鋼の量は増えていきます。例えば日本も1958年の1人当たりの鉄鋼蓄積は1tに過ぎませんでしたが、2003年に10tを超えました(15年10.7t)。このように経済成長と鉄鋼蓄積は一定の相関があるため、2100年に世界全体の1人当たりの鉄鋼蓄積が10t(2015年4.0t)に達すると仮定すると、世界で年間37.9億tの粗鋼生産が必要と予測されます。

鉄鋼材料はその優れた特性のため、最終製品の寿命が終わったあとも、ほとんどがスクラップとして回収され、再びさまざまな新しい鉄鋼製品に生まれ変わって社会にどんどん蓄積され、スクラップ供給もそれに応じて将来にわたり増えていきます。しかし2100年でも鋼材需要をスクラップだけで満たすことはできず、鉄鋼の社会蓄積を拡大していくためには、ほぼ現在並みの量の鉄を天然資源から引き続き生産していく必要があります。

こうしたなか、COURSE50の水素還元や電力のゼロ炭素化などが最大導入されると、2060年には日本の鉄鋼業全体でCO₂排出量を30%削減できる見込みです。しかし2100年までにCO₂排出量ゼロを実現するためには、高炉を用いない水素還元製鉄法という超革新技術の開発が求められます。COURSE50は、ゼロカーボン・スチールという壮大な夢の実現に向けた第一歩なのです。