

鉄鋼業で進行中の環境プロジェクト

長年にわたり、環境問題に取り組んできた日本の鉄鋼業では、いっそうの環境負荷低減をめざして、さまざまな環境プロジェクトが進行している。なかには従来の省エネルギー技術の延長ではない、まったく新しい技術の開発も進められており、注目を集めている。

長年にわたり環境問題に取り組んできた日本の鉄鋼業

他国に比べ、資源に乏しい日本の鉄鋼業は、これまで貴重な資源エネルギーを最大限に活用することを徹底してきた。1970年代、1980年代の二度の石油危機を契機に、地道な努力の積み重ねにより、各工程における省エネルギーを推進し、現在までに大きな改善が達成されている。鉄鋼生産のエネルギー消費原単位は1990年度を100とすると2007年度は89.5と、大幅に低下している。

あらゆる工程で省エネルギーを徹底してきたことで、現在、日本の鉄鋼業のエネルギー効率は世界最高水準を達成している。しかし今後、大幅な環境負荷低減を図るには、新たな技術開発が必要になることから、既にさまざまな研究開発プロジェクトが立ち上がり、進行している(図「鉄鋼の主要な環境関連の国家プロジェクトの推移」参照)。

業界を挙げた革新的な取り組みは多くの成果を挙げており、なかでも最近、開発動向が注目されているのがCOURSE50*1プロジェクトである。

さらなる環境負荷低減を目指す新しいアプローチCOURSE50

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」(COURSE50)は、2008年度より(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)助成により進められているプロジェクトである。

■鉄鋼生産のエネルギー消費原単位の推移



産業構造審議会環境部会地球環境小委員会
鉄鋼ワーキンググループ(2008.10.27開催)資料

*1 COURSE50: CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking Process by Innovative Technology for Cool Earth 50

150年の歳月を経て高められた我が国の近代製鉄法は、非常に効率的なプロセスであるが、鉄鉱石の還元材として石炭を使用するかぎり、CO₂の排出は不可避となっている。省エネルギーを徹底してきた鉄鋼業においては、これ以上の大幅なCO₂削減は難しく、そのため従来の省エネルギー技術の延長ではない、技術革新が必要となっている。

COURSE50の開発項目は、①高炉からのCO₂排出削減技術開発と②高炉ガスからのCO₂分離・回収技術開発の、2つのアプローチで進められている。CO₂削減目標は①で10%、②で20%、総合的に約30%を目指す。

注目があつまる鉄鉱石還元への水素活用

COURSE50プロジェクトのうち、特に注目されているのが高炉からのCO₂排出削減技術開発である。これにはコークス炉ガス(COG)中の水素が還元材として活用される。H₂ガスは分子サイズが極めて小さく、容易に鉄鉱石内部まで浸透し、その浸透速度はCOガスの約5倍とも言われている。このため水素を還元材に用いることで急速な還元が達成できる。実験においても水素を用いると還元効率が向上することが明らかとなっている。

水素還元によって発生するのはH₂Oであり、水素はクリーンな還元材といえる。しかし課題も大きい。還元反応が発熱反応であるコークスに対し、水素還元は吸熱反応であり、熱を供給しなければならない。そのため熱のバランスを考慮しながら、最も大きなCO₂削減効果を発揮する水素量を見極める必要がある。現在のところ、高炉内の水素濃度を10%程度まで高めることが検討されている。

使用される水素は、COG中のタールを改質し水素濃度を高め高炉へ吹き込む。改質はCOGの顕熱を利用するが、その温度は800℃程度である。通常、改質は1000℃以上で行われるため、より

■鉄鋼の主要な環境関連の国家プロジェクトの推移(経済産業省関連)

[年度]

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010~
SCOPE21										
	製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発									
		水素安全利用等基盤技術開発・水素社会構築共通基盤整備事業								
								COURSE50		
									革新製鉄*2	

*2 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発

各種資料より本会で作成

低い温度で改質を行う必要がある。そのため新しい触媒の開発をはじめ、コークス炉ガス改質技術の開発が行われている。

水素の活用でコークス量が低減されるため、コークスは少ない量でも鉄鉱石の還元に必要な通気性を維持でき、十分な強度を有することが必要条件となる。さらに水素還元時の吸熱反応により高炉内温度の低下が予想され、高い反応性が求められる。そのため高性能粘結材を使用した、高強度・高反応性コークス製造の技術開発が進められている。

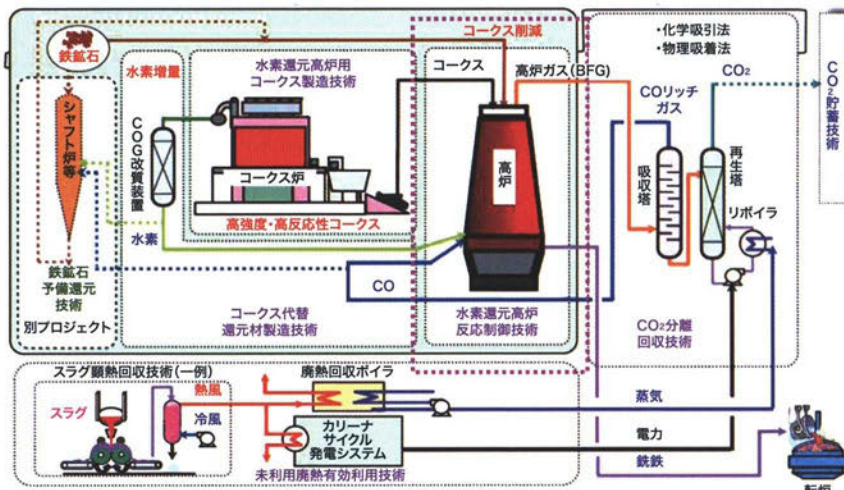
世界において水素還元は、天然ガスを用いたり、またCOGを改質しないで高炉に投入する例もある。ただ天然ガスに乏しい日本で、大きなCO₂削減効果を望むには、理論上、水素濃度の高い改質COGを高炉に投入するのが有効と考えられた。この方法は世界でも例を見ない試みで、技術的なハードルは高い。最終的にどのような方法で投入するかは今後の研究成果次第となっている。現在、水素を高炉に投入した際にどのような熱挙動を呈するか、期待どおり還元効率が上がるか、各社の製鉄技術の粋を集めて研究が進められている。

開発が進むCO₂の分離・回収技術

COURSE50プロジェクトのもう一つのアプローチである高炉ガスからのCO₂分離・回収技術開発は、化学吸収法と物理吸着法によって進められている。

化学吸収法によるCO₂の分離・回収技術は、既に(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)を中心に基礎研究が実施されて

■COURSE50の主な開発概要



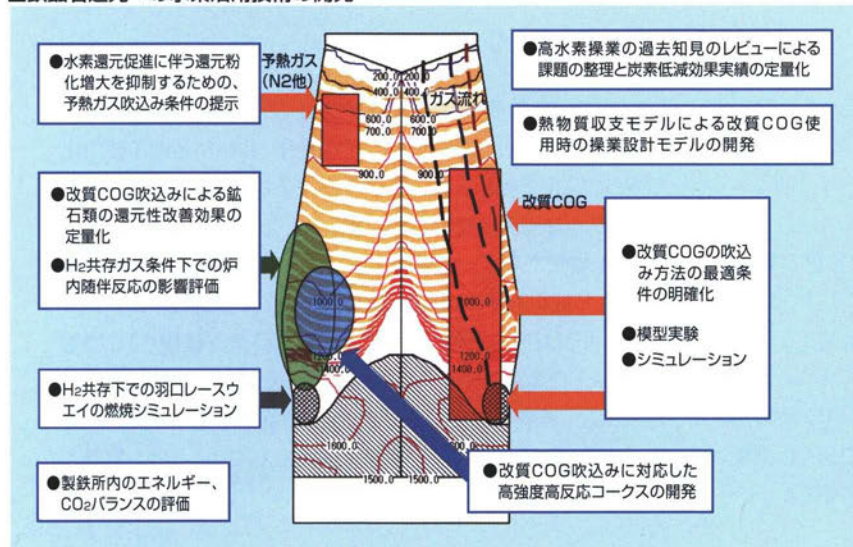
おり、テストプラントによって1t-CO₂/day 規模の試験が実施されている。今後は30t-CO₂/day規模のプロセス評価プラントを建設し、実際の製鉄プロセスに組み込んだうえで、開発が進められる。

また物理吸着法は、簡易なシステムでありながらも低エネルギーでCO₂を分離・回収できる技術であり、この技術を高炉ガスからのCO₂分離・回収や大規模なガス処理へ適用するのは日本初の試みとなる。3t-CO₂/day規模の評価プラントを製鉄プロセスに組み込み、プロセス開発が行われる。なお、CO₂分離・回収後の貯留技術は他分野と連携して開発を進めていく予定だ。

この他、化学吸収法や物理吸着法に必要な蒸気や電力などのエネルギーとして、製鉄所内の未利用顕熱・排熱の利用を拡大する予定で、さまざまな熱回収技術の研究開発が進められている。

COURSE50プロジェクトの技術の確立は2030年頃までで、実用化は高炉設備の更新時期にあわせて、2050年頃までを目標としている。

■鉄鉱石還元への水素活用技術の開発



■CO₂分離回収試験設備(1t-CO₂/day)



2010年には30t-CO₂/day規模のプロセス評価プラントが完成する予定となっている。

業界を挙げた取り組みで課題解決に望む

COURSE50の他にも、さまざまな環境プロジェクトが進められている。例えば2009年度よりNEDO助成により「資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発」が行われている。高品位原料の価格高騰、資源枯渇により、高炉プロセスにおいて低品位原料の使用比率を高めることが必要となっている。また製鉄工程での省エネルギー、CO₂排出抑制のため高炉還元材を低減することも求められている。これまでの研究によって金属鉄の触媒作用を利用して反応性を高めた革新的塊成物の有効性が確認されており、本プロジェクトでは革新的塊成物の製造条件やプロセスの開発、革新的塊成物による高炉操業プロセスの開発が行われている。

また、世界規模でのプロジェクトも進行している。世界鉄鋼協会(World Steel Association)においては抜本的なCO₂排出削減

をもたらす先進技術を中長期的に開発することを目的に、2003年からCO₂-Breakthrough Programを推進している。

欧州では欧州鉄鋼連盟を中心としたULCOS(Ultra Low CO₂ Steelmaking)プロジェクトにより技術開発が進行している。50%のCO₂削減を目指し、主には高炉ガスからのCO₂分離、ガスリサイクルなど低炭素鉄鋼製造、熔融還元等が開発課題となっている。ULCOSはEU15か国48組織が参加する一大プロジェクトであり、日本もCOURSE50とULCOSの間で、高炉ガスからのCO₂分離・回収技術に関して技術交流を行っている。

世界では、ULCOSプロジェクトと日本のCOURSE50プロジェクトが先行して開発が進んでいる。鉄鋼各社、研究組織が結集することで、これまでにない技術革新が起こることが期待されており、なかでも世界トップクラスの省エネルギー技術を持つ日本の取り組みは、大きく注目されている。

●取材協力 (社)日本鉄鋼連盟 ●文 藤井 美穂

実用機が本格稼働 次世代コークス製造技術SCOPE21*

資源・環境ニーズに応える次世代コークス炉

2008年5月、世界で初めて次世代コークス製造技術SCOPE21を導入したコークス炉が竣工し、稼働した。SCOPE21は鉄鋼業を取り巻く資源・エネルギー問題への対応力強化等を目的に、国家プロジェクトとして開発されたコークス製造技術である。

日本におけるコークス炉の多くは1970年代の高度成長期に建設されており、ここ数十年で更新時期を迎える。しかし現行のコークス製造法は、主に資源制約のある粘結炭を使用し、またエネルギー多消費構造で、環境問題も抱えている。そのため1994年度から、経済産業省の支援を受けて(社)日本鉄鋼連盟、(財)石炭利用総合センターが中心となり「石炭高度転換コークス製造技術の開発」(SCOPE21)が行われた。プロジェクトの主な開発課題は以下の通りであった。

①石炭資源の有効利用技術

非微粘結炭の使用比率を20%から50%まで高めることを目標に、石炭の急速加熱技術による粘結性の向上、微粉石炭の成形技術による装入石炭の高密度向上を図る。

②高生産性技術

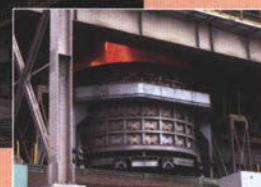
生産性向上を目標に、装入炭の高温予熱化、炭化室壁の高熱伝導化、均一過熱により通常乾留の炭中温度を1000℃より低い温度で窯出しすることを可能とし、乾留時間を大幅に短縮する。

③環境改善技術

ブラグ輸送方式による石炭の密閉搬送、コークス炉の炉内圧調整や窯出し時の密閉集塵等によるガス漏れ防止により、発煙、発塵、臭気を防止する。また燃焼構造改善による低NO_x化を図る。



SCOPE21実機プラント



窯出しされるコークス

④省エネルギー技術

装入石炭の高温予熱による乾留開始温度の引き上げ、中低温乾留による窯出しコークス温度の低下による乾留熱量の低減を図る。また発生ガスや燃焼排ガスからの顕熱回収等により省エネルギーを図る。

世界初の実機化を達成

SCOPE21の研究開発は、パイロットプラントの実証試験を含めて10年にわたって行われた。その結果、非微粘結炭の使用比率を50%まで高められる可能性があることが見出された他、コークス製造時間が短縮でき生産性向上を図ることが可能となった。また省エネルギー効果は、従来に比べ原油換算で年間10万kl削減、年間40万トンのCO₂排出削減に及ぶと試算された。

このような研究成果を受けて、実用機第1号が建設され、稼働に至った。日本のコークス技術者が総力を挙げて取り組んできた成果が、実機化に結びついたのである。本技術は次世代のコークス製造技術として、今後広く適用されていくことが期待されている。

*SCOPE21: Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st Century