

技術解説

持続可能な発展への取り組み(総括)

Program for Sustainable Developments in Nippon Steel

岡 崎 照 夫*
Teruo OKAZAKI

小 野 透
Toru ONO

1. はじめに

新日本製鐵(以降 当社と略す)では、1970年代の石油危機を契機に積極的な省エネルギーに取組み、世界最高レベルのエネルギー効率を実現してきた。また現在も、2008～2012年のエネルギー消費量を1990年実績に対して10%削減することを目標とした自主行動計画の達成に取組んでおり、我が国の京都議定書目標達成計画の重要な柱のひとつとなっている。

これまで当社が取組んできた省エネルギーの手法は、①プロセス革新、②副生ガスの最大活用、③排熱(エネルギー)回収、および④廃棄物有効利用、に大別される。

更に将来のプロセス革新や新たな社会システムへの貢献に向けた技術開発にも積極的に取組んでいる。

従来技術を凌駕する技術として長期の開発期間を経て実用化された次世代コークス炉(SCOPE-21)は、これから更新時期を迎えるコークス炉への適用が期待されている。また更に抜本的なCO₂削減に向けた環境調和型製鉄プロセス技術開発や、製鉄所を核としたエコタウン、水素タウンの実証試験など、将来の低炭素社会、スマートコミュニティの実現に向けた取組も着々と進めている。

一方、近年の中国を始めとする発展途上国の経済発展は、急速な鉄鋼生産の拡大とこれに伴う資源、エネルギーの消費拡大、並びに大量の温室効果ガス排出をもたらしている。このため、特に発展途上国の鉄鋼プロセスの効率改善は、将来の鉄鋼産業を取り巻くエネルギー、資源への対応のみならず、地球温暖化問題に対しても極めて重要な意味がある。このような課題認識から、“日中鉄鋼業環境保全・省エネ先進技術専門家交流会”あるいは“アジア太平洋環境パートナーシップ(APP)”など、鉄鋼セクターの国際的な連携、技術移転に積極的に取り組んでいる。

本章ではこれら鉄鋼業を取り巻く国内外の状況を踏まえ、当社としての省エネルギー、地球温暖化問題への取り組み、ならびに省資源、リサイクルや副産物(製鉄所の副生成物)を活用した環境再生、といった技術開発成果につ

いて紹介する。

2. 鉄鋼業を取り巻く国内外の概況

2.1 地球温暖化問題など持続可能な発展を巡る国内外の動向

ストックホルムにおいて国連人間環境会議が開催された1972年に、ローマクラブは“成長の限界”¹⁾を公表、地球の物理的な限界を示唆し、人類が環境や生態系に与える影響度“エコロジカルフットプリント”が地球の扶養力を超えて増大しないよう、技術や文化、制度など先手を打つべきと訴えている。“持続可能な発展”は、一般的に“将来の世代が自らのニーズを満たそうとする能力を損なうことなく現代の世代のニーズを満たすような発展”²⁾と言われて

いる。1992年には、リオデジャネイロで“環境と開発に関する国連会議(地球サミット)”が開催され、環境と開発のあり方が議論され、持続可能な発展を実現するための行動計画や資金的協力を規定した“アジェンダ21”が合意され、“生物の多様性に関する条約”“気候変動枠組み条約”なども締結された。この気候変動枠組み条約は、1994年に発効し、第3回締約国会議(COP3)において京都議定書が採択された(1997年採択、2005年に発効)。

気候変動問題に関する科学的側面は、1988年にスタートした“気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)”において科学的な知見の集大成がなされ、適宜報告書として発信され、2007年には第4次報告書に関する活動がノーベル平和賞を受賞した(当社の貢献については図1参照、現在、第5次報告書が作成過程にある)。日本政府は、“地球温暖化対策の推進に関する法律(1998年)”において、温暖化問題は人類共通の課題と位置付け、京都議定書など国際条約の義務履行確保のための国内法措置を定めている。

特に、京都議定書目標達成計画を策定し(2005年、2008年全面改定)、国や地方公共団体、事業者、国民がそれぞれ講じるべき排出抑制のための措置などを規定している。

* 環境部 部長 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

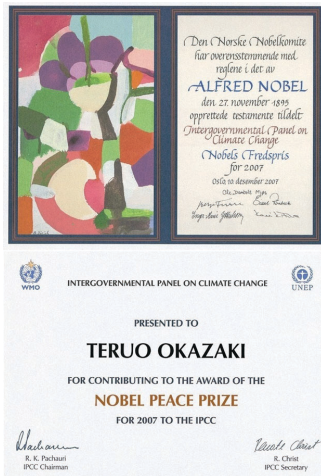


図1 IPCCにおける新日本製鐵の貢献
(ノーベル平和賞受賞への貢献に関する感謝状)

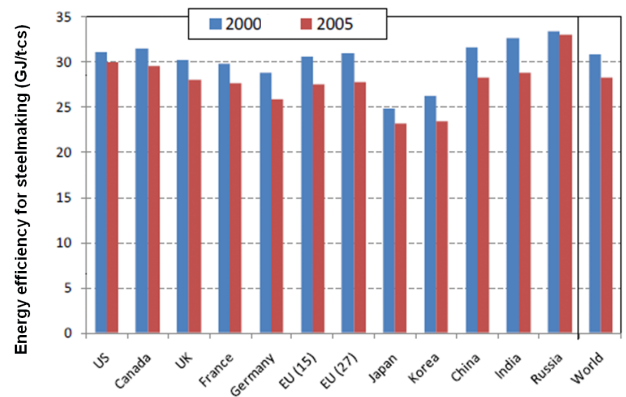


図2 一貫製鉄所エネルギー効率国際比較(RITE, 2008)³⁾

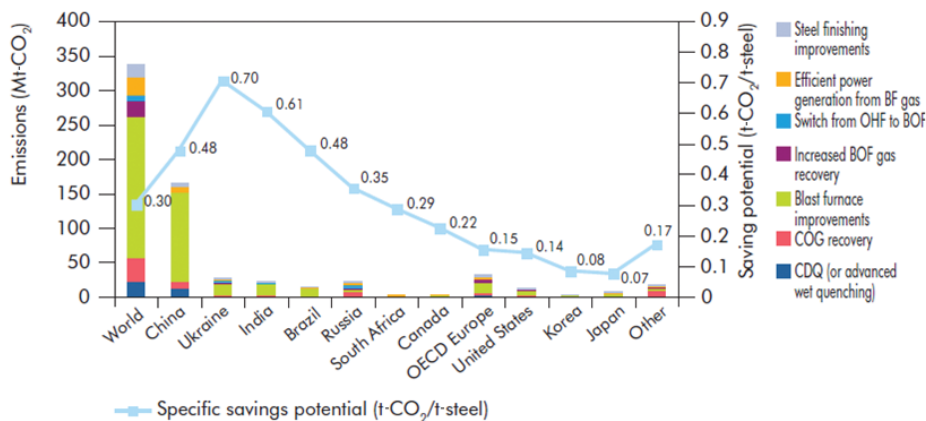


図3 主要国鉄鋼業のCO₂削減ポテンシャル評価(IEA, 2008)⁴⁾

ポスト京都をにらんで、“地球温暖化対策基本法案”などが議論されていくことになるが、国際公平性(国際競争条件を歪めないこと)、実現可能性や実効性、負担に関する国民的合意などきちんとした透明性を担保した国内議論とその結果としてのコンセンサスが必要である。

石油危機等を契機にこれまで培った工場におけるエネルギー効率改善の技術(ソリューション)の開発、実機化を鋭意、実行してきた結果、第3者機関から日本鉄鋼業の省エネルギー・省CO₂技術に関する高い評価と技術移転による鉄鋼業界としてのグローバルなCO₂削減の可能性が示唆されており(図2, 3参照)実効的な温暖化対策が期待される。このようなものづくりの実力は日本の産業界の強みであり、それを活かすような、国内制度の構築こそ、日本の本来の温暖化対策になる。

2.2 鉄鋼業の国際連携、協力的セクトラル・アプローチ

2.2.1 実効的な温暖化対策、環境対策の推進

世界の粗鋼生産は、1990年代概ね8億トン程度で推移したが、2000年代に入り中国等の経済成長に伴って急速

に増加し、図4に示すように2010年には14億トンレベルに到達、今後も鉄鋼需要は図5に示すように2050年に向けて大幅な増加が想定されている。

この生産増加を資源、エネルギーを効率的に行い、CO₂をはじめとした環境負荷を地球規模で抑制することが重要である。一方、世界の鉄鋼業は環境・省エネルギー技術は共通であり、この技術を世界全体に普及することが実効的な対策となる。鉄鋼業として、地球温暖化問題、地域環境問題、循環型社会構築課題に関する共通の行動ガイドラインを構築し、必要に応じて国際連携を通じて改善活動を実行し、エネルギー効率(エネルギー原単位、CO₂排出原単位)やその他の環境負荷の改善を具体的に実現していくことが、協力的セクトラル・アプローチである。

その第1歩は、技術リストを共有(技術リストの事例として、APP鉄鋼タスクフォースのSOACT⁵⁾ハンドブック)し、そのリストに掲載された技術について、専門家交流などを介して普及促進を図ることである。

次のステップとしては、製鉄所の総合エネルギー効率の算出方法を共通化し(鉄鋼業では、世界鉄鋼協会において確立した算定方法論の国際標準化に向けて、現在作業中)

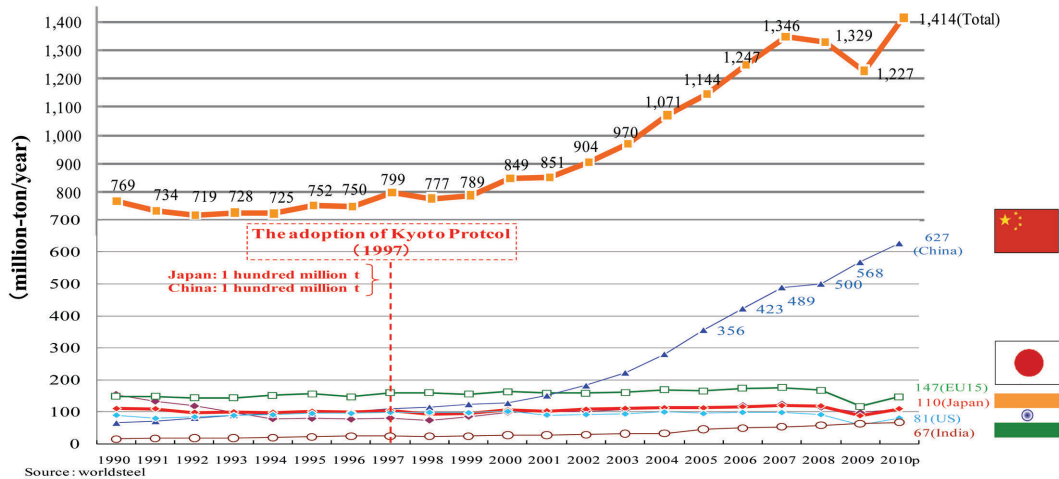


図4 世界の粗鋼生産推移

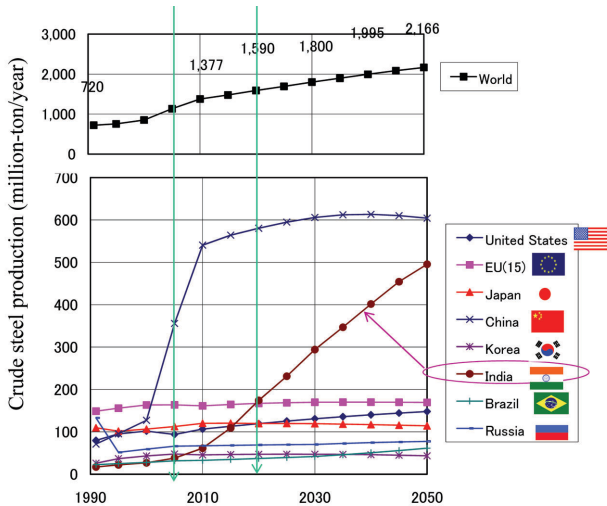


図5 今後の粗鋼生産推移, 推定例 (by RITE)

世界データベースなどを構築している。個別の省エネルギー技術の導入が進むと、総合エネルギー効率は他の要因の影響も受けるが着実に改善すると期待される。

2.2.2 順次拡大した国際連携

日本鉄鋼業は、2005年7月、第1回“日中鉄鋼業環境保全・省エネ先進技術交流会”を開催、日中トップで継続的な交流を行うことに関する覚書締結(北京)以降、毎年、専門家による技術交流会を実施している。

APP⁶⁾は2006年4月に、日本、豪州、中国、インド、韓国、米国の6カ国の官民による取組として開始し(2007年よりカナダが参加し、現在7カ国)、毎年2回の会合を重ね、環境・省エネルギー技術の共有化、効率指標の共通化、専門家による省エネルギー診断などを通じて、着実な成果を上げてきた。

この従来から進めていた協力的セクトラル・アプローチ

の根幹をなす、APPの活動の実効性が世界で広く認識され、従来のアジア太平洋地域7ヶ国の取り組みから、世界全体への取り組みに拡大された(クリーンエネルギー大臣会合の下にスタートしたGSEP: Global Superior Energy Performance)。世界鉄鋼協会において、2007年10月、グローバルなセクトラル・アプローチを採用し、世界共通の評価方法を確立、世界主要製鉄所のCO₂排出量データベースを構築している。

また、2003年には、抜本的CO₂削減技術開発プログラム“CO₂ Breakthrough Program”をスタート、日本も図6に示すCOURSE50(Ultimate Reduction in Steelmaking process by innovative technology for cool Earth 50)として参画している。このように、日中の交流を契機に順次、鉄鋼業の国際連携は拡大してきており、図7に示すような国際連携の重要性とともにその実効性を立証して来ている。

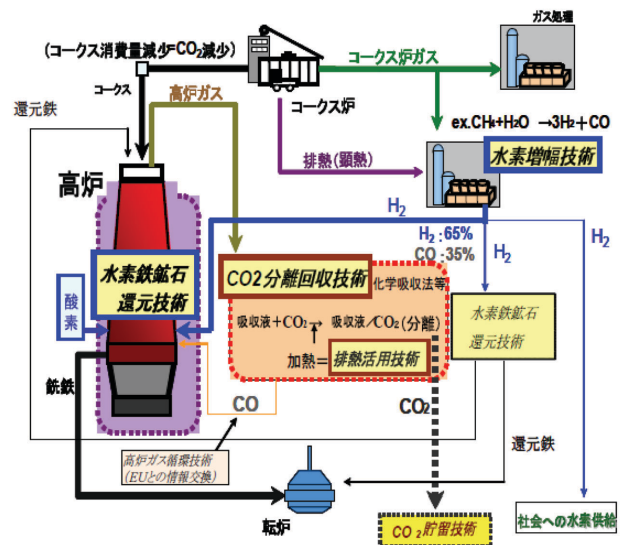


図6 日本鉄鋼業のブレークスルー技術開発



図7 鉄鋼業における協力的セクター・アプローチ

2.2.3 今後の連携の在り方

このような、鉄鋼業の国際連携は、日中や世界鉄鋼協会に見られる民間ベースの取り組みと、APPに見られる官民連携をベースにした取り組みにわかれるが、いずれも法的な強制力はなくいわゆる自主行動計画の発展系として位置づけられ、その実効性は高く評価されている。

一方、国連(国連・気候変動枠組み条約)においても、技術移転・普及の重要性は認識されており、COP16におけるカンクーン合意(2010年12月)においても、“技術メカニズム”として技術移転に関する政策の問題の分析、移転促進行動の検討・推奨、連携の促進・ガイドラインの策定などが挙げられており、APP活動などへの注目も高まっている。

また、日本政府は、国連における交渉と並行して、二国間の実質的な技術普及メカニズム(二国間オフセット・メカニズム)を提唱しており、鉄鋼業としても具体的な事例検討を行っているところである。

2.3 鉄鋼業の低炭素社会実行計画

2.3.1 京都議定書第1約束期間と“日本鉄鋼連盟自主行動計画”

① 鉄鋼生産工程における省エネルギーへの取組

第1約束期間(2008～2012年度)における鉄鋼生産工程のエネルギー消費量を、基準年(1990年度)に対し、10%削減を目標値として、生産工程のエネルギー効率の改善に努めている。目標値は、粗鋼生産量1億トンを前提としているが、生産が上回る状況においても京都メカニズムの活用等も含め目標達成に最大限努力する(CO₂排出量は9%削減に相当)。

② 社会における省エネルギーへの貢献

生産工程の省エネルギーとは別に、集荷システムの確立を前提に廃プラスチック等を100万トン活用、製品・副産物による社会での省エネルギー貢献、国際技術協力による地球規模での省エネルギー貢献、未利用エネルギーの近隣地域での活用、家庭(環境家計簿)やオフィスにおける省エネルギー、間伐材の有効利用、製品、副産物、原燃料輸送効率の改善活動など、広範な改善活動を進めている。

③ 革新的技術開発への取組

長期的な視点で鉄鋼各社が連携し、革新的技術(高炉ガスからのCO₂分離回収技術、コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術など)の開発を進めている。

2.3.2 2020年に向けた“低炭素社会実行計画”

当社における2020年に向けた行動計画の概念を図8に示す。この基本的な考え方は、日本の鉄鋼業としての共通のものになっている。

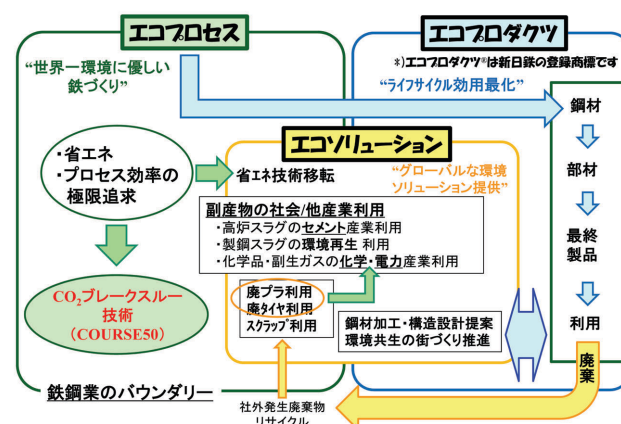


図8 新日本製鐵のエコ活動(エコ³)の基本概念図

① エコプロセス

生産プロセスにおいて、最先端技術を最大限に導入することにより、世界最高水準のエネルギー効率の更なる向上を図る。具体的には、2020年の目標として、総合資源エネルギー調査会から答申された長期エネルギー需給見通しの“2020年の粗鋼生産11966万tを前提として、最先端技術を最大限導入した場合の削減量約500万t-CO₂（2020年BAUからの削減分、電力の排出係数の改善分は除く）”を目指す。

② エコプロダクト

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。2009年度の貢献実績は1881万トンであり、2020年度には、3000万トンの削減貢献と推定（対2005年度）。

③ エコソリューション

日本鉄鋼業の優れた省エネルギー技術・設備の世界の鉄鋼業への移転・普及により、地球規模でCO₂削減に貢献する。

日本で普及している先進省エネルギー技術を国際的に移転・普及した場合のCO₂削減ポテンシャルは、先に図3で示したように全世界で3.4億t-CO₂に達する。（日本のCO₂総排出量の約25%に相当）2009年度で3300万トンの貢献、2020年度には7000万トンの削減貢献と推定。

④ 革新的技術開発

鉄鉱石の還元プロセスでは石炭を使用することから、CO₂の排出が不可避である。2030年～2050年の中期に向けては、図6にも示した革新的製鉄プロセス技術開発COURSE50（水素による鉄鉱石の還元と高炉ガスからのCO₂の分離回収）等の推進により、大幅なCO₂削減を目指す。

3. 省エネルギー、地球温暖化問題への取り組み

3.1 省エネルギーの具体的手法

3.1.1 プロセス革新

1973年11月に発生した第一次石油危機は、当社を含む日本の鉄鋼産業に大きなプロセス革新を促した。まず鉄鋼製造プロセスにおいては、連続鋳造や連続焼鈍などプロセスの連続化により、エネルギー効率を大幅に改善するとともに生産性も格段に向上させた。また熱間圧延工程での熱片装入（HCR：Hot Charge Rolling）やコークス炉などにおける自動燃焼制御（ACC：Automatic Combustion Control）、エネルギーセンターによる電力、ガス、蒸気のリアルタイム需給管理や電力需給予測システムなど、システム制御の面で大きな革新を遂げたのも1970～1980年代である。

1990年代に入ると、従来のレキュペレーターよりも効率の高いリジェネレーターを備えた加熱炉が開発され、順次導入が進んでいる。また石炭調湿（CMC：Coal Moisture

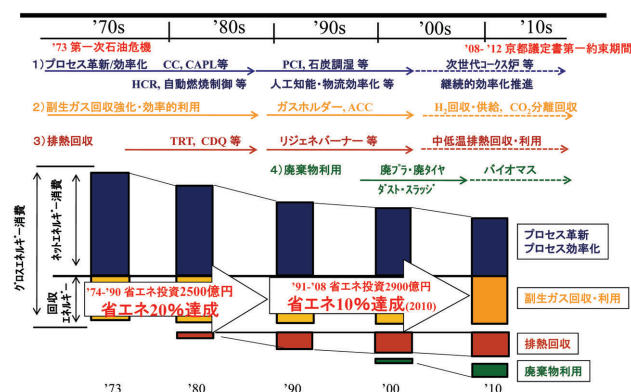


図9 新日本製鐵におけるエネルギー使用効率化の変遷

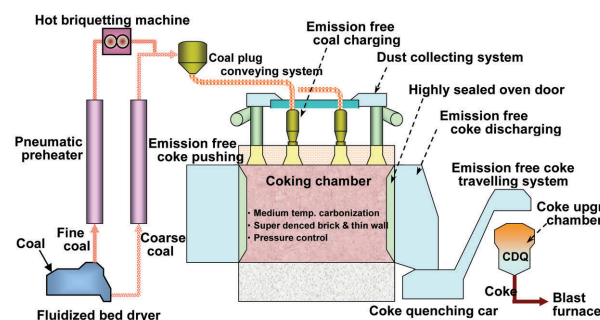


図10 次世代コークス炉SCOPE21の概念図

Control) や次世代コークス炉 (SCOPE21: Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century) など、省エネルギーに加えて原料性状変化(劣質化)や生産性向上などを狙った技術開発が行われ、2008年に当社大分製鉄所に世界初の次世代コークス炉が竣工し、順調に稼働中である。今後寿命を迎えるコークス炉への適用が期待される。これらの技術開発に基づく、当社におけるエネルギー使用効率化の変遷を図9に、また、図10にSCOPE-21の概念図を示す。

3.1.2 副生ガスの最大活用

製鉄・製鋼工程では不可避免的に副生ガスが発生する。副生ガスはまず鉄鋼プロセスの燃料として利用され残りは発電に利用される。省エネルギーが進むと発電に利用される副生ガスは増え、一方必要とする電力は少なくなるため電力に余剰が発生する。この余剰電力は電力会社を通して社会に供給されることになるが、24時間一定の生産活動を行なう製鉄所に対して、一般の電力需要は昼間の時間帯には高く、夜間の時間帯には低くなる。このため、製鉄所から供給する電力も昼間に傾斜することが望ましい。このような状況から、1980年代後半に君津製鉄所と大分製鉄所に、夜間にコークス炉ガス（COG：Coke Oven Gas）を貯蔵し、昼間に発電用燃料として供給することを目的とした巨大なガスホルダー（君津45万m³、大分40万m³）を建

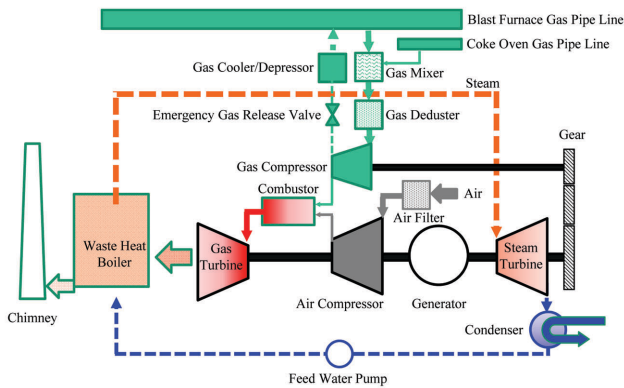


図11 副生ガス専焼GTCCの概念図

設した。

余剰電力の貯蔵の観点からは揚水発電やバッテリーと同じ機能であるが、ロスがなく、また建設コストの観点からも非常にすぐれている。

また、低発熱量、大容量という副生ガスの特性を活かすべく、副生ガス専焼ガスタービンの開発が1970年代後半から当社と三菱重工業の共同で始められ、タービン入口ガス温度1300℃、熱効率48%の副生ガス専焼ガスタービンコンバインド発電設備（GTCC：Gas Turbine Combined Cycle）が実用化されている。2004年に300MW副生ガス専焼GTCCの1号機が、君津製鉄所構内の君津共同火力で稼働した。図11に副生ガス専焼GTCCの概念図を示す。

3.1.3 排熱回収

排熱回収も1970年代後半から当社が積極的に取り組んできた技術である。高炉炉頂圧回収タービン（TRT：Top-pressure Recovery Turbine）は、高炉ガス（BFG：Blast Furnace Gas）の圧力によってBFG配管中に設置したタービンを回転させ電力を回収する設備で、高炉送風動力の4～5割を回収することができる。かつてタービン入口でBFGの一部を燃焼させる“ソ連式”が導入されたが、当社と三井造船によって非燃焼型の“湿式”及び“乾式”TRTが共同開発されるなど効率改善が進み、TRTは現在国内すべての高炉に設置されている。

コークス乾式消火設備（CDQ：Coke Dry Quenching）はコークス炉から排出された赤熱コークスを従来水によって消火（Wet Quench）していたものを、窒素やCO₂など非酸化性のガスによって消火（Dry Quench）するとともにコークス顕熱で熱せられたガスによって蒸気を発生させ、電力や動力として有効利用するものである。またDry Quenchされたコークスは水分を含まないため、高炉の熱効率改善にも寄与する。CDQは現在国内の一貫製鉄所内の全てのコークス炉に設置されている。図12にCDQの概念図を示す。

転炉ガス（LDG：Linz-Donawitz Gas）顕熱回収設備は、

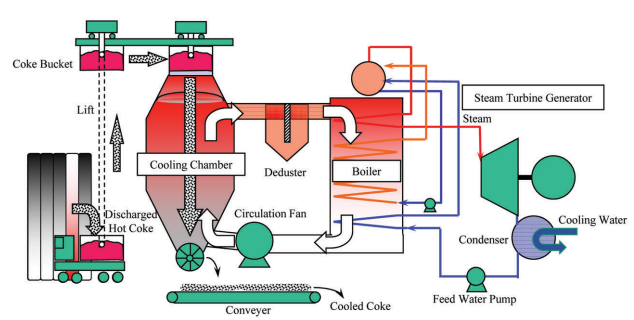


図12 コークス乾式消火設備CDQの概念図

従来LDGの潜熱（化学エネルギー）のみを回収していたOG（Oxygen converter Gas recovery）装置に排熱ボイラーを設置し、LDGの持つ顕熱（約1600℃）を蒸気として回収する設備である。

吹錬によりバッチ発生となることから、アキュムレータを介して一般のプロセス蒸気系統と連絡される場合が多い。

3.1.4 廃棄物有効利用

プラスチックはエネルギーの視点で見ると原料である石油とほぼ同じ熱量を有する燃料である。一般廃棄物や産業廃棄物の中にはプラスチック系の廃棄物（廃プラ）が大量に含まれており、これを適切に分別・収集できれば有望な準国産エネルギーとなる。当社では廃プラを原料炭とともにコークス炉に装入し、化学分解によって炭化水素油、コークス炉ガス、コークスとしてほぼ100%回収する技術を開発した。2000年の容器包装リサイクル法完全施行により、一般廃棄物から廃プラを分別・回収する社会システムが確立されたことから、以後、資源循環、省エネルギー、省CO₂への有効な施策として、社内全てのコークス炉を持つ製鉄所において、廃プラを原料炭代替として積極的に利用している。また広畑製鉄所では、廃タイヤを製鉄原料として利用するとともに、一部をガス化・油化して有効利用を図っている。発生する炭化物残渣やスチールコードも製鉄原料として利用できるため、廃プラのコークス炉利用と同様に、非常に高い回収率を実現している。

3.2 将来に向けた取り組み

3.2.1 環境調和型製鉄プロセス技術開発

地球温暖化が大きな課題として企業行動にも影響を与えつつある中、将来の革新的な省CO₂を図るべく、先に図6にて示した、環境調和型製鉄プロセス技術（COURSE50）の開発が、当社を含む国内一貫製鉄5社と新日鉄エンジニアリングによって、2030年頃の実用化に向けて進められている。

開発目標は大きく二つの技術課題からなっている。

開発目標のひとつは、“高炉からのCO₂排出削減技術開発”である。高炉でのコークス使用量削減を目的とした水素などを用いた鉄鉱石還元反応制御技術の開発、コークス炉の未利用排熱を利用して水素量を増幅するCOG改質技術開発、水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術開発からなっている。

開発目標のふたつめは、“BFGからのCO₂分離・回収技術開発”であり、BFGからのCO₂分離・回収に係る化学吸収法や物理吸着法の開発、製鉄所の未利用排熱活用拡大によるCO₂分離・回収エネルギー削減に寄与する技術開発を推進することとしている⁸⁾。当社では、高炉における水素還元プロセスの開発、触媒を用いたCOG水素増幅技術の開発、並びにアミン法を用いたBFGからのCO₂分離技術の開発を鋭意進めている。

3.2.2 製鉄所を核としたエネルギー供給システム実証試験

一貫製鉄所には副生ガスや電力、蒸気、水素などのエネルギーをふんだんに有しており、近隣地域へのエネルギー供給基地として期待されている。水素はCOGに大量に含まれており、PSA (Pressure Swing Adsorption) 等により簡単に高純度の水素を分離することができること、COGを発生するコークス炉が広く全国に分散していることから、将来の燃料電池自動車の燃料供給減として期待されており、これまでに当社君津製鉄所⁹⁾や名古屋製鉄所¹⁰⁾でCOG起源副生水素を水素ステーションに供給する実証試験も行われた。

また、当社八幡製鉄所からも副生水素を隣接する東田地区の水素ステーション並びに水素タウンに供給することにより、“水素タウン”の実証試験の中核になっている¹¹⁾。

また、同じく東田地区に八幡製鉄所から電力を供給することにより、“北九州スマートコミュニティ¹²⁾”の実証試験を支えている。これらの取り組みは、省エネルギーの取り組みを製鉄所の中だけで行うのではなく、製鉄所のバウンダリーを超えたエネルギーの効率的利用や新たに顕在化する社会ニーズへの対応を図ろうとする試みである。

4. まとめ

鉄鋼製造に当たって、エネルギー、資源の効率的に活用するという普遍的命題に取り組む(エコプロセス、エコソリューション)ことや、製鉄所のバウンダリーの外での貢献(エコプロダクト)を通じて、今後とも継続的にエネルギーの効率利用、資源循環、地球温暖化問題への対応に貢献していきたい。

参考文献

- 1) Nordhaus W.D. (1974 Resources as a Constraint on Growth, American Economic Review 64(May))
- 2) “地球温暖化対策基本法案”
 - -25%目標(2020年対1990年度)
 - 国内排出量取引制度
 - 地球温暖化対策税
 - 再生可能エネルギー全量固定価格買い取り制度
- 3) RITE, 2008. International Comparison of Energy Efficiency
- 4) IEA, 2008. Energy and Technology Perspective 2008
- 5) SOACT: State-of-the-art Clean Technology
- 6) APP: Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate
- 7) 経団連自主行動計画の下での鉄鋼業自主行動計画, Not Legally Binding but Socially/Politically Binding. Pledge and Review Type Bottom-up Approach
- 8) 環境調和型製鉄プロセス技術開発ホームページ
<http://www.jisf.or.jp/course50/index.html>
- 9) JHFCホームページ
<http://www.jhfc.jp/station/kanto/ekitai.html>
- 10) JHFCホームページ
<http://www.jhfc.jp/station/chubu/setokita.html>
- 11) 水素供給・利用技術研究組合ホームページ
<http://www.meti.go.jp/press/20110113002/20110113002-2.pdf>
- 12) 北九州スマートコミュニティホームページ
<http://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000041576.pdf>



岡崎照夫 Teruo OKAZAKI
環境部 部長
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



小野 透 Toru ONO
技術総括部
エネルギー技術グループリーダー [部長]