

新日鐵（製鉄プロセス）共同研究講座

大阪大学大学院工学研究科
 マテリアル生産科学専攻 反応プロセス工学領域
 新日鐵共同研究講座

内 藤 誠 章
 西 村 恒 久

1. はじめに

ここ10年の鉄鋼環境は大きく様変わりし、過剰設備の集約／合理化、資源会社の統合、需要家の再編、鉄鋼メーカーの統合・提携など世界規模で再編が進んだ。記憶に新しいところではMittalによるArcelor統合は大きな話題となった。

日本の鉄鋼業は、1970年代のオイルショック以降、業界全体で1973～1989年に約3兆円、1990～2006年に約1.5兆円の省エネ・環境投資を行い、現在自主行動計画で定めた「2010年度に90年度比10%（+廃プラ1.5%）の省エネ達成」を目指している。

製鉄分野では、1990年代のバブル崩壊以降の低迷期に徹底した合理化、コスト削減を進め、安価原燃料の使用技術（伯から豪州へのシフトに加え、豪州劣質原料の多量使用、微粉炭多量吹込みなど）、資源リサイクル技術（廃プラスチック、廃タイヤ、ダスト処理など）、省エネルギー技術（自動化、排熱回収）を推進した。また2000年以降も高炉の大型化など常に技術革新を進めコスト競争力を高めてきたことも、ここ数年の中国景気や鉄鋼需要の要請に応え、鉄鋼復活をアピールできた一因でもある。

とは言え、昨年開催された北京オリンピック、来年開催される上海万博を契機とした中国の成長は予想を遥かに超えたものであり（図1）、比較的安定的に移してきた石炭と鉄鉱石の鉄鋼原材料の価格は、2004年以降に急激な上昇に転じ、2008年には高品位炭が約3倍、鉄鉱石が約1.7倍とそれぞれ急騰した（図2）。

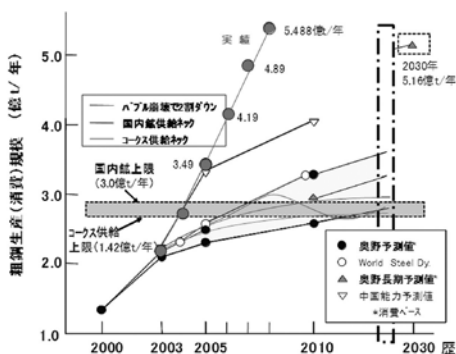


図1 中国粗鋼生産の予測（2003年時点）と実績

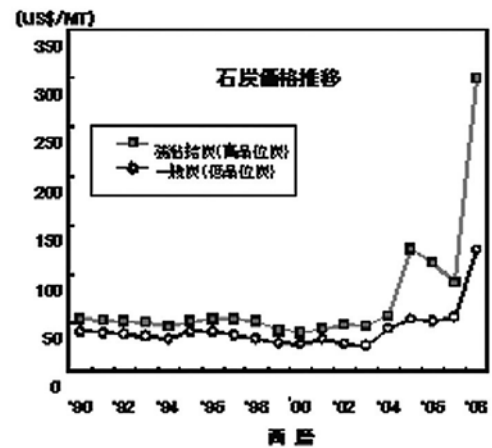
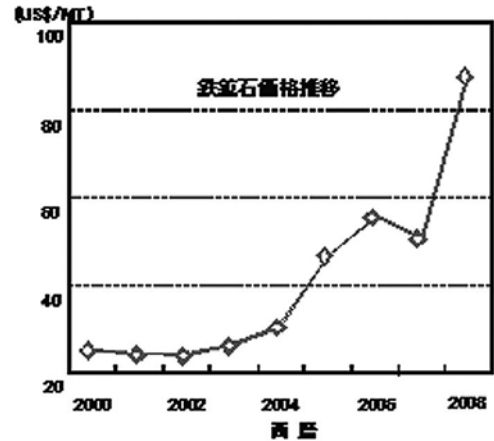


図2 鉄鋼原材料の価格推移

昨年暮れからの世界経済急減速により、2009年度の資源価格は是正されると考えるが、資源の劣質化は今後も進むことから、その対策が必要になる。

また最近では、抜本的なCO₂削減技術の開発が国家的課題として急浮上しており、日本発信型の製鉄技術をアピールすべく取り組みを開始している。このような情勢の下、大阪大学と新日鐵との共同研究講座が発足し、資源問題やCO₂削減問題に関する課題解決に向け、取り組みを開始した。

ここでは、製鉄プロセスを簡単にご紹介すると共に、共同研究講座で課題としたテーマ（資源対応技術、CO₂削減技術）の背景や共同研究講座で取り組む研究内容についてご紹介したい。

2. 製鉄プロセスの概要

製鉄プロセスの概要を図3に示す。原料となる鉄鉱石は豪州・ブラジル・インド等から、石炭は豪州・カナダ・中国等から輸入している。これら粉状の原料を焼結（焼結鉱）もしくは乾留（コークス）して塊成化し、高炉に装入する。高炉は鉄鉱石に含まれる酸素分を効率良く除去する還元装置で、一挙に“溶解”まで行う反応プロセスである。

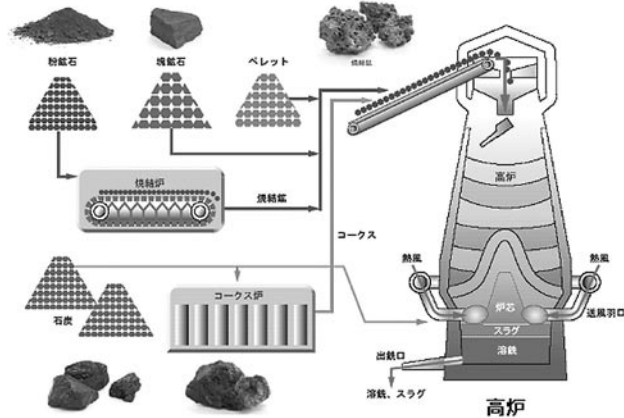


図3 製鉄プロセスの概要

図4に国内高炉の稼働基数および炉内容積を示すが、ここ数年は国内各社とも高炉の大型化を進め、国内稼働高炉28基中、4000m³以上の大型高炉は19基となった。特に超大型高炉である5000m³級の大型高炉は10基を数え、世界の中でトップの設備力を有している。世界最大炉容の新日鉄・大分2高炉（5775m³）では昨年13500t/d～14000t/dレベルの溶鉄を生産した。

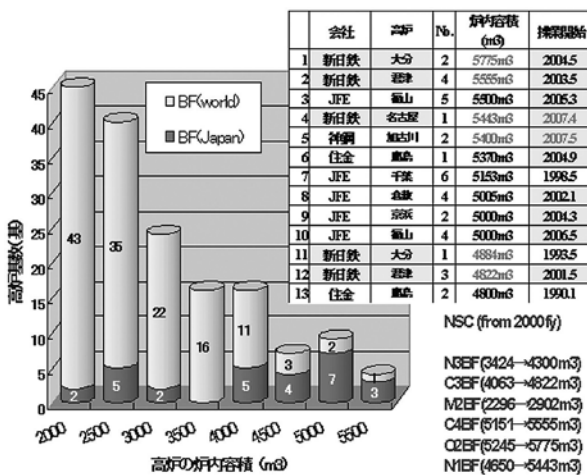


図4 国内高炉の稼働基数および炉内容積¹⁾

3. 資源の劣質化対応、CO₂削減への取り組み

3.1 資源の劣質化対応

原燃料の製鉄コストに占める割合は70%前後と高く、低品位・安価原料の利用推進は資源を海外に依存する日本鉄鋼業にとって重要な課題である。

(1) 焼結プロセスにおける低廉鉄鉱石使用技術

鉄鉱石の購入に関しては、輸送コスト削減の観点からブラジルから豪州へシフトし、かつ豪州産の鉄鉱石でも低廉鉄鉱石に属するゲーサイト鉱（ローブリバー鉱）を主体に、1992年からヤンディー鉱入荷、2002年からマラマンバ鉱入荷）比率を増加させてきた（図5）。ゲーサイト鉱は結晶水を多く包含している。その中でもローブリバー鉱は脈石量が多く、脈石中のAl₂O₃割合と結晶水が高いこと、マラマンバ鉱は微粉部分が多いことから、それぞれ焼結性が悪くなり、焼結鉱強度が低下した。ローブリバー鉱の多量使用技術として、脈石中Al₂O₃の無害化技術を推進し、新日鉄では選択造粒によるAl₂O₃封じ込め（無害化）技術を開発した。また、焼結機供給ドラム下フィーダの高機能化（ISF、風力分級等）、スタンド焼結などによる焼結機の生産能力向上、副原料削減による低SiO₂焼結鉱の製造、造粒強化による疑似粒子構造の改質なども併行して進め、焼結鉱の冷間回転強度（TI）、落下強度（SI）を改善しつつ、ゲーサイト鉱の使用比率を増加させてきた。しかし2000年以降、高炉の大型化や溶鉄生産増の要請から、焼結生産能力上限での焼結鉱生産が必要となったこと、かつ焼結鉱品質への要求も高まったことから、これまでの開発技術だけでは高Al₂O₃のゲーサイト鉱を多量使用する焼結鉱生産には限界が生じた。そのためコスト増にはなるが脈石中Al₂O₃割合を低下させて焼結鉱品質を担保し生産増を図っている。

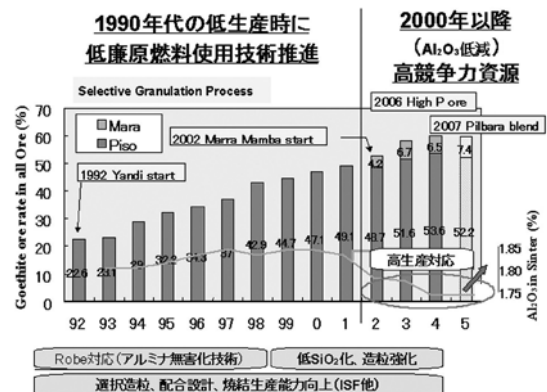


図5 低廉鉄鉱石使用技術の開発と使用比率の推移¹⁾

鉄鉱石生産側は新規鉱山の開発等も計画推進しているが Al₂O₃ 濃度は高くなる。世界の鉄鋼業が低 Al₂O₃ 鉱石を要求している環境下では、将来低 Al₂O₃ 鉱石が調達できなくなることも考えられ、限られた資源を有効に利用するという観点からも高 Al₂O₃ 原料の使用技術の開発は今後益々その重要性を増す。

共同研究講座では、鉱石中 Al₂O₃ 成分が焼結鉄製造過程でどのような挙動を示すのか、高 Al₂O₃ 焼結鉄の高炉使用過程での悪影響はどのような原因で生じるのか等の課題を基礎面から検討したい。

(2) コークス製造における低廉石炭使用技術

コークス製造工程では粘結性のある高価な石炭が必要とされてきたが、新日鉄では湿炭の調湿技術(CMC)、乾燥および微粉部分の選択造粒技術(DAPS)、配合技術などにより、安価な非微粘結炭の使用比率を年々増大させ、コークス強度維持条件下で、非微粘結炭使用比率は50%を超えた(図6)。

2000年以降の高炉の増産要請では、コークス強度(DI)の向上が優先課題となり、非微粘結炭の使用比率は50%弱で推移しているが、昨年の石炭価格急騰もあり、資源を海外に依存している日本の鉄鋼業は今後も安価な石炭の使用技術を進めていく必要がある。

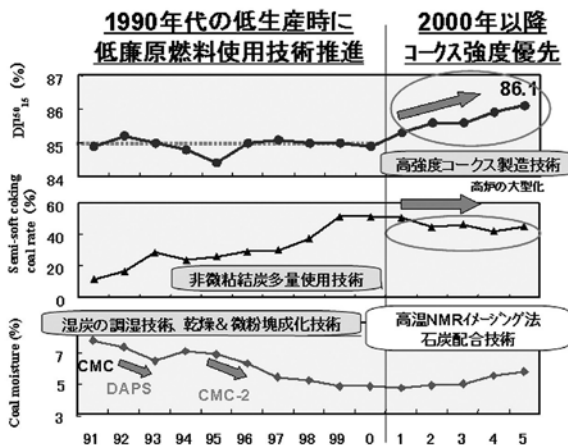


図6 低廉石炭使用技術の開発と使用比率の推移¹⁾

3.2 CO₂ 削減技術

鉄鋼業は、我が国産業部門全体における CO₂ 排出量の4割を占め、その大部分を高炉を含む製鉄部門が排出している。CO₂ 削減は国家的課題であることから、現在産学共同プロジェクトとして、資源対応力強化を目指す「革新製鉄(固体側からの改善)」、抜本的な CO₂ 削減を目指す「COURSE50(ガス側からの改

善)」の2つの国家プロジェクトを推進中で、2030年に約30%のCO₂削減を目標としている。以下、国家プロジェクトの概要を簡単にご紹介する。

(1) 革新製鉄(還元平衡点制御技術)

2006年12月より、高炉内での不活性ゾーンとされる高温熱保存帯温度を低下させ(1000℃→800℃)、かつ反応効率向上効果のある革新的新塊成物の開発に取り組んでいる(図7)。新塊成物はMFeを触媒としたC-Fe塊成鉄で、MFe>30%含有コークスの開発を目指している。

～革新的塊成物による資源対応力強化(低品位製鉄原料の利用拡大)+省エネ～

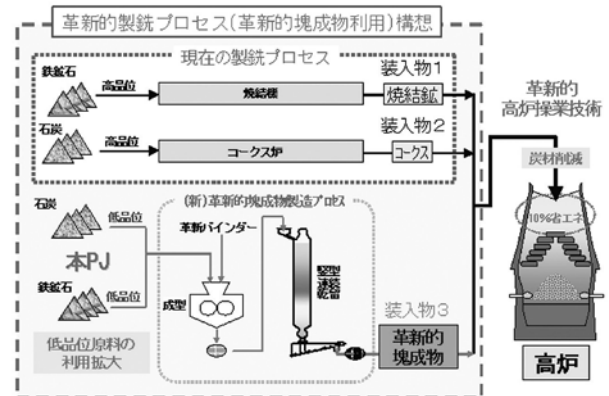


図7 革新製鉄(還元平衡点制御技術)の概要²⁾

(2) COURSE50 (CO₂ Ultimate Reduction in Steel-making process by Innovative technology for cool Earth 50)

欧州では、高炉ガスからのCO₂分離・貯留(CCS)および脱CO₂ガスの高炉利用技術の開発が進められている(ULCOSプロジェクト、第1step:2004~2009年、第2,3step:2009~2020年)。一方、日本では、2008年7月よりCOURSE50プロジェクトを立ち上げ、製鉄所の廃熱を利用した高炉ガスからのCO₂分離と改質COG(H₂リッチガス)の高炉吹込み技術の開発を進めている(図8)。どちらも高炉内反応では直接還元率を低下させるが、ULCOSはCO還元率の向上を、COURSE50は水素還元率の向上を狙う。

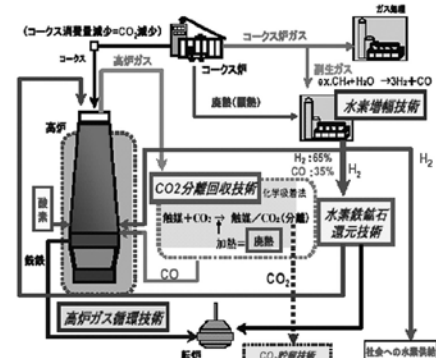


図8 COURSE50の概要³⁾

4. 新日鐵（製鉄プロセス）共同研究講座の概要

本共同研究講座は、鉄鋼業の環境対応力、資源対応力、国際競争力を維持するための製鉄プロセスの構築を目的として設立された。

阪大側からマテリアル生産科学専攻反応プロセス工学領域の碓井教授・中里准教授・小西助教・川端技官、新日鐵側から内藤招聘教授・西村特任講師の陣容で、2007年10月～2010年9月を研究期間とした。

研究課題は、第3章でご紹介した資源の劣質化対策やCO₂削減技術の開発に関係するもので、資源劣質化対応では低廉鉄鉱石である高Al₂O₃原料の使用拡大技術、CO₂削減対応では「革新製鉄（還元平衡点制御）」における鉄鉱石の高温性状改善技術として貫通気孔を含めた気孔構造の影響の定量化に取り組んでいる。この中で高炉高温帯における融液生成挙動や高温還元メ

カニズムの検討、理論解析モデルの構築も並行して進め、実用化に向けた基盤技術の構築を図りたい。また2009年度はH₂をキーワードにした還元研究も進めたい。国家プロジェクト「COURSE50」にも参画するが、製鉄プロセスでのH₂利用技術を推進するための基礎データを蓄積する。これらの活動を通して、解析技術・素養を身につけた人材の育成を図りたい。

<参考文献>

- 1) 内藤誠章：新日鉄技報 第384号、(2006), p2-13
- 2) 内藤誠章：「革新的製鉄プロセスの先導的研究」
概要報告書、(2008)
- 3) Cool-Earth エネルギー革新技術計画：(財)エネルギー総合工学研究所公開版 (2008年6月)

(内藤誠章：冶金 昭和52年卒 54年修士 57年博士)

母校教員異動

(平成21年3月1日付迄)

専攻名	職名	氏名	卒業学科年度	異動月日	異動内容
生命先端	准教授	藤内謙光	応化 H6, 9, 11	20. 11. 16	昇任
生命先端	准教授	小島隆彦	—	20. 11. 30	退職 (筑波大学教授へ)
原子分子イオン	准教授	北野勝久	応物 H8, 10, 13	20. 12. 1	昇任
応化	助教	齋藤隆博	応化 H16修, 19博	20. 12. 31	退職 (企業へ)
応化	助教	井上匡子	—	21. 1. 1	採用
応化	助教	SRINI VASARAO ARVLANANDA BABU		21. 1. 15	退職 (インド科学教育協会・助教へ)
電気電子情報	准教授	松田崇弘	通信 H8, 9, 11	21. 1. 16	昇任
環境・エネルギー	講師	近藤浩夫	原子力 H13, 15	21. 1. 31	退職 (日本原子力研究開発機構へ)
環境・エネルギー	助教	石井克典	環境・エネ H20博	21. 2. 16	採用
知能・機能創成	准教授	辻伸泰	—	21. 2. 28	退職 (京都大学教授へ)