

# 環境調和型新製鉄プロセスに関する研究

## Studies on the Innovative Iron and Steelmaking Processes Harmonized with Environment

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96R01901)

### プロジェクトリーダー

森田 一樹 東京大学大学院工学系研究科・助教授

### コアメンバー

伊藤 公久 早稲田大学理工学部・教授

岩瀬 正則 京都大学大学院エネルギー科学研究科・教授

片山 裕之 島根大学総合理工学部・教授

北村 寿宏 島根大学地域共同研究センター・助教授

佐野 信雄 新日本製鐵(株)・顧問、東京大学名誉教授

(平成8年4月～平成9年3月 プロジェクトリーダー)

水渡 英昭 東北大学多元物質科学研究所・教授

丸川 雄浄 大阪大学先端科学技術総合研究センター・客員教授



## 1. 研究目的

21世紀の地球環境対策において、製造業による環境汚染、資源有効利用の問題解決における鉄鋼業の持つ役割は大きい。本研究では「製鉄プロセスに起因する問題を解決して環境調和型にする」という従来のアプローチを一步進めて、「鉄鋼業が有する技術およびポテンシャルを、社会が直面している環境問題の解決に活かし環境調和型にする」という視点から、新しい製鉄プロセスの提案を行うことを目標とした。

## 2. 研究成果概要

(1) 環境調和に関する具体的ニーズの調査検討を、製鉄所内および社会を対象に行い、本研究プロジェクト技術課題として以下の項目に絞り込んだ。

### 製鉄プロセスに対して

- 発生スラグ、スラッジ、ダストの減量と安定化処理方法(特に脱リンスラグの減量、フッ素、クロムの溶出抑制)
- 製鉄過程での炭酸ガス発生量削減方法
- 低品位化石燃料、低品位鉱石資源の活用方法

### 社会の環境問題に対して

- 難処理廃棄物の処理方法(防腐処理した廃木材、PCB含有トランスなど)
  - 銅含有スクラップからの銅回収方法
  - 廃棄物焼却時の燃焼、熱回収、廃ガスの有害物除去の方法
  - 重金属含有廃棄物の適正最終処分方法
- これらの技術課題について、以下の着眼点で解となるプロセスを考え、ブレークスルーしなければならない技術課題に焦点を絞った要素実験を行うことを中心に行った。
- 対象範囲を小分けして考えるのではなく、ホーリスティック(全体的)に捉える
  - 現時点での経済性の有無で仕分けるのではなく、技術としてより完成度の高いものを目指す(例えば原料に随伴する不純物の

有効利用技術の確立など)

・都市型製鉄所の役割として環境面での地域への貢献を考える

(2) 本プロジェクトでは、製鉄所自身と社会環境の側面から上述のように絞り込まれた課題に対し、テーマを3つのカテゴリーに分類して、以下に示す要素研究・検討を行った。

- A 製鉄プロセスにおける廃棄物の無害化および資源化(製鉄所から外に出すものを高付加価値化する)
- A-1 製鋼スラグの資源回生・自己完結プロセスの熱力学的検討
  - A-2 不均一スラグの活用による製鋼スラグ量とCaF<sub>2</sub>原単位の低減
  - A-3 スラグ再生炉と脱りんのシミュレーション
  - A-4 溶鉄脱りんにおける固体CaOとスラグとの反応
  - A-5 固体CaOによる脱りん反応の基礎的検討
  - A-6 製鋼スラグの資源化 - マイクロ波炭素熱還元による鉄、りん、クロムの回収 -
  - A-7 鉄鋼スラグからのフッ素溶出機構
  - A-8 鉄鋼スラグからのフッ素溶出抑制
  - A-9 ステンレススラグおよびスラッジからの六価クロムの溶出抑制
  - A-10 溶融スラグ中クロム酸化物の熱力学
  - A-11 熱間圧延用冷却廃水起源の含油スラッジからの金属鉄の回収
  - A-12 溶融Fe-C-Si合金のCO<sub>2</sub>による脱珪
- B 製鉄プロセスを利用した一般廃棄物の無害化、環境負荷低減(製鉄所のポテンシャルを活かして、地域社会が直面する環境問題を解決する)
- B-1 鉄鋼スラグを利用した溶融飛灰中重金属の固定化
  - B-2 排水中有害元素の鉄鋼スラグによる固定化
  - B-3 高温腐食の熱力学
    - 焼却炉発電に向けて -
  - B-4 溶融ガラス・スラグ中の酸化還元平衡
    - 焼却炉アッシュの減容化にむけて -

- B-5 製鉄工程と結び付けた廃木材の炭化と生成物の利用
  - 木炭の性状に及ぼす炭化条件の影響 -
- B-6 ダイオキシン類の発生機構に関する研究
- B-7 溶融還元炉における都市ゴミ処理の最適条件の検討
- B-8 鉄鋼スラグの塩素吸収能の評価
- B-9 溶融スラグ中 PbO の熱力学
  - $PbCl_2$  蒸気圧の検討 -
- B-10 溶融スラグ中 ZnO の熱力学
- B-11 ポリ塩化ビニル樹脂の高温熱分解による塩化水素の除去
- B-12 社会全体としての重金属安定化処理対策と環境調和型製鉄法
- B-13 21世紀における製鉄業の新しい発展

C 来るべき資源状況の変化への対応

- C-1 鉄 - 銅混合スクラップの最適リサイクル方法の検討
- C-2 PCB 含有使用済みトランスからの環境配慮型銅鋳物製造プロセス
- C-3 高硫黄化石燃料の製鉄プロセスによるクリーンエネルギー化
- C-4 高硫黄化石燃料を用いた製鉄プロセスの検討
  - 溶融スラグ中の FeO の活量測定 -
- C-5 未利用資源の有効利用

(3) 各々の環境関連項目ごとに、理想的達成目標、中間の達成目標、ニーズ面から必要とされる時期と必要条件の予測を整理し、本研究で得られた結果の関連付けを行った結果、本プロジェクトで得られた結果は実用性という点からは以下のようにまとめられる。

- (a) 現行の製鉄プロセスの中で実用化可能なもの
  - ・不均一系スラグの使用、操業最適化のためのプロセスシミュレータの使用による脱リンのための必要スラグ量の低減<sup>1)</sup>
  - ・製鋼スラグのフッ素溶出抑制方法<sup>2)</sup>
  - ・ステンレススラグのクロム、フッ素溶出抑制方法 など
- (b) 炭酸ガス発生量低減が特に強く要求された場合に新プロセスとして実用化の対象になるもの
  - ・炭酸ガス利用による溶銑脱珪法<sup>3)</sup>
  - ・炭酸ガス閉鎖システム製鉄法（酸素製鉄プロセス、密閉転炉）
- (c) 資源状況の変化によって実用化が考えられるもの
  - ・高硫黄石炭のガス化方法
  - ・低品位鉄鉱石の使用時の操業方法
  - ・スラグからのリン濃縮濃縮によるリン酸資源化（図1）<sup>4)</sup>

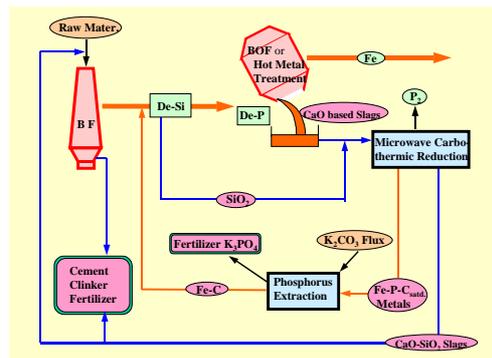


図1 製鋼スラグ資源化のマテリアルフロー

- (d) 社会の中の現行の関連設備、操業の改善に役立つもの
  - ・ダイオキシン発生を抑制できる廃棄物燃焼条件<sup>5,6)</sup>
  - ・廃ガス配管の高温腐蝕抑制条件
  - ・銅含有粗金属からの銅濃縮による銅資源化
- (e) 社会の環境対応に関して製鉄所の位置づけが高まった時に実用化が考えられるもの
  - ・防腐処理した廃木材の処理方法<sup>7)</sup>
  - ・PCB 含有トランスの処理方法
  - ・一般ゴミの溶融還元炉での使用条件
  - ・重金属の資源化も配慮した廃棄物最終処分方法

3. 結論

本プロジェクトでは製鉄プロセスの環境問題と社会の環境問題に対して技術課題を絞り込み、得られた研究成果を段階的に評価し、環境調和型新製鉄プロセス構築達成の可能性とそのための条件を明確化した。

主な発表論文

- 1) Y. Uchida, A. Mclean, M. Iwase and K. Katogi, "Measurements of Ferrous Oxide Activities to Reduce Steelmaking Slag Volume", *High Temperature Materials and Processes*, vol.20, 2001, pp.269/277
- 2) H.He and H. Suito, Leaching Behavior of Fluorine-Containing Minerals in Seawater, *ISIJ International*, vol.42, 2002, no.2, pp.127/131
- 3) H.Ono-Nakazato, Y.Morita, K.Tamura, T.Usui, and K.Marukawa, Oxidation Behavior of Silicon and Carbon in Molten Iron-Carbon-Silicon Alloys with Carbon Dioxide, *ISIJ International*, Supplement, vol.41, 2000, pp.61/65
- 4) K.Morita, M.Guo, N.Oka and N.Sano, Resurrection of Iron and Phosphorus Resource in Steelmaking Slags, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol.4, 2002, no.2, (in print)
- 5) K. Matsuzaki, T. Ishikawa, T. Tsukada, and K. Ito, Distribution Equilibria of Pb and Cu between  $CaO-SiO_2-Al_2O_3$  Melts and Liquid Copper, *Metallurgical and Materials Transactions B*, vol.31B, no.6, 2000, pp.1261/1266
- 6) T.Hirosumi and K.Morita, Solubility of Chlorine into Aluminosilicate Slag Systems, *ISIJ International*, vol.40, 2000, no.10, pp.943/948
- 7) T.Kitamura and H.Katayama, Utilization of Waste Wood as Charcoal Absorbent of Exhausted Gas in Iron and Steelmaking Process, *Transactions MRS-J*, vol.24, 1999, no.3, pp.329/332