

TODAY

持続可能な社会の創成に向けて



豊橋技術科学大学
工学教育国際協力研究センター
教授 成瀬 一郎

資源の有限性を理解しつつも、その一方で付加価値の高い「もの」をつくり続けなければならないいわが国を含む経済先進国は、地球の持続性を担保するために、これから何をすべきか。原因はさておき、原油がバーレル70ドルを超えている現在、再び、エネルギー危機の到来が囁かれている。同時に、食糧問題や水問題も、特に途上国においては深刻である。表面上、エネルギー問題と食糧・水問題は関係が希薄なように考えられがちであるが、例えば大規模食糧生産に欠かせない肥料や農薬の多くは化石資源由来であり、また、上下水道の普及に伴い必要となる水処理には多かれ少なかれエネルギー消費が伴う。このような観点から鑑みれば、さらなる省資源・省エネルギーとともに、有限な資源を地球環境に調和させながら高効率に有効利用することが必要不可欠であることは論を待たない。

化石資源によるエネルギー変換技術、例えば火力発電を考えた場合、これまでに培われたさまざまな技術開発により、その発電効率は熱力学上の理論効率にほぼ接近するまでに至っている。昨今では、理論的なエネルギー変換効率が高い燃料電池による発電や、バイオマス等の新エネルギー源の利用が試みられている。このような新たな原理に基づく発電や燃料多様化への弛まぬ努力はさら

に推進すべきではあるものの、各々のプロセスのライフサイクルにも配慮する必要がある。例えば、発電プロセスのライフサイクルを評価する一つの指標として電力産出比がある。電力産出比とは、発電プロセスの建設、運用から最終的な廃棄までに必要となるエネルギーをどれくらいの期間で発電できるかを指す。すなわち、エネルギー変換効率が如何に高い発電プロセスであっても、運用期間における発電総量がライフサイクル全体で消費されるエネルギー量未満であったら、その発電プロセスのために使用された資源を浪費したことになる。

希少金属等の物質資源に関しても、その有限性から、リサイクルが推進されている。しかし、本来のリサイクルという用語の意味は、使用済みの物質をより上流側のプロセスの原料として利用し、天然資源の消費を削減することを指す。すなわち、リサイクルとは、質が劣化した物質を精製等を施して、質を向上させることを意味する。よって、物質をリサイクルするためには、熱力学上、質を向上させるためのそれ相応のエネルギーあるいは物質の消費が伴う。従って、すべての製品がリサイクル可能であると考えすることは危険であり、このような観点から、近年、環境適合設計法が提案され、易分解な構造や材料の統一等が図られつつある。

われわれの惑星である地球を守りながらも、人類の「豊かさ」を満足させるため、本質的に遂行せねばならないこととは何か。物質資源の有限性という境界条件のなかで、タブー視されている地球規模の人口問題も含めて熟考し、将来のロードマップを常に描き、見直ししながら、持続可能な社会の創成を地球規模で具現化する必要がある。

「電炉技術を用いた鉄及びプラスチックの複合リサイクル技術開発」成果報告

環境・プロセス研究部 桜木晶夫（現：大同特殊鋼(株)）

1 はじめに

本技術開発は、平成14年度に経済産業省産業技術環境局研究開発課及び製造産業局鉄鋼課において基本計画が策定、事業が実施され、平成15年度以降は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構助成事業として実施された。本事業は3Rプログラム基本計画に基づき実施されるものであり、廃棄物の最終処分場の窮迫や鉱物エネルギー資源の将来的な枯渇の可能性等持続的発展の課題に対応する3R技術の確立・実用化を図るものである。

製鋼用電炉及び電炉ダスト処理設備（ウェルツキルン）を核とした循環型リサイクルシステムを構築することにより、現在埋立処分されているシュレッダーダスト、廃プラスチック及びウェルツキルンクリンカーがリサイクル可能となり、最終処分場の余命延長等に貢献することを目指したものである。その内容と成果について、概要を以下に述べる。

2 事業の背景・目的

本事業は、シュレッダーダスト及び

産業廃棄物系廃プラスチック類を電炉にリサイクルし、鉄スクラップの還元剤及び熱源として利用するとともに、金属を回収する技術を開発し、加えてその処理に伴って発生する電炉ダストの量及び性状に適した効率的な対策技術の開発を実施するものである。そこで、本技術開発の構成メンバーには、廃プラスチック類をリサイクルする電炉製鋼事業者と、電炉で生成されるダストを処理するダスト処理（亜鉛回収）事業者が参加し、一貫した廃プラスチック類のリサイクル技術開発に取り組んだ。

現在、国内では電炉製鋼プロセスにより粗鋼の約30%が生産されており、電炉で廃プラスチック類を再生利用できれば、環境問題、資源リサイクルの有力な選択肢の一つになり得ると考えられる。さらに電炉は高炉とは対照的に全国各地に分散していることから、地域密着型リサイクルネット構築にも貢献できる。この再生利用の目的はエネルギー代替とコークス等化石燃料の代替であり、多大な製鋼コストの削減が期待できる。

また、電炉では約60万t/年のダストが発生し、その約50%は電炉ダスト

処理の主流であるウェルツキルン法によって処理され、亜鉛・鉛等を回収するとともにクリンカーが副生される。このクリンカーは約14万t/年発生し、一部は電炉へリサイクルされるが、電炉操業上及び品質上の問題が多く、大半はリサイクルされずに埋立処分されている。しかしこのクリンカーは鉄分が主体であるため、鉄分の分離回収技術開発及び品質改善を図ることにより、電炉原料としてのリサイクルを可能にし、電炉を核とした循環型リサイクルシステムが構築できる。本研究開発の全体概念を図-1に示す。

3 研究開発成果の概要

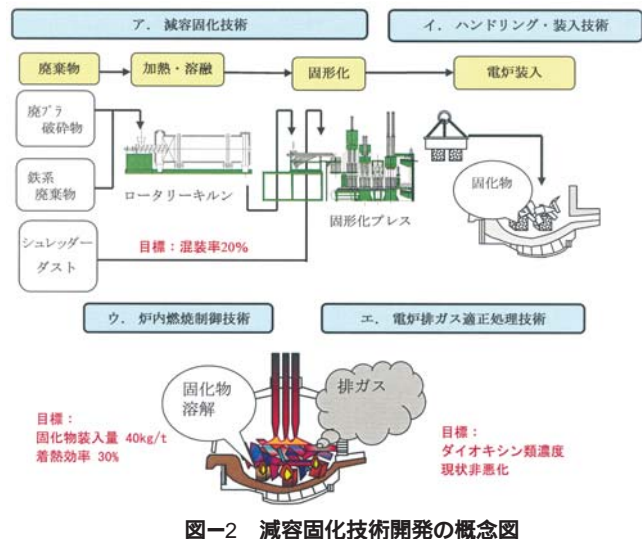
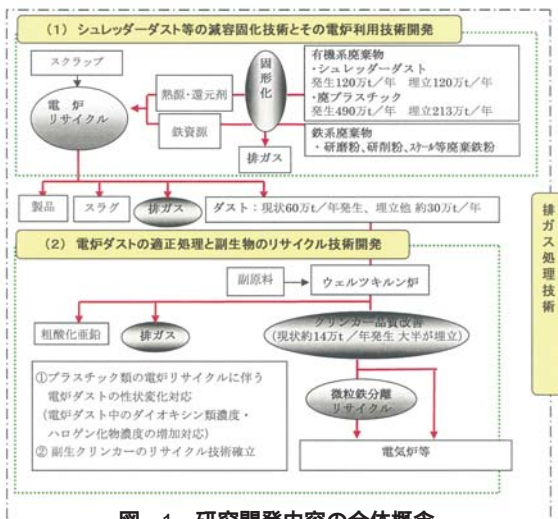
(1)シュレッダーダスト等の減容固化技術とその電炉利用技術開発

(大同特殊鋼(株))

この一連の技術開発について、概念を図-2に示す。

ア．シュレッダーダスト等の減容固化技術

廃プラスチック等の有機系廃棄物と廃棄鉄粉をロータリーキルンにて同時加熱し、有機物と鉄粉が混合した熔融物を製造し、固形化プレスにて固形化物（200mm立方体）を製造する技術を



開発した。また、シュレッダーダストを混装する技術開発については、RDF処理を行い高比重を高めることにより、目標値である「固形化物中のシュレッダーダスト混装率：20%以上」を達成した。

イ．減容固形物の電炉へのハンドリング・装入技術

製造した固形化物は、鉄スクラップを電炉に装入する際に用いるリフティングマグネットで搬送する。そのための最適な配合・混装方法、固形化物サイズ等の固形化条件の検討を行った結果、電炉に常設されているリフティングマグネットでハンドリングが可能であることが実証された。

ウ．炉内燃焼制御技術

電炉内における燃焼の安定・着熱効率の向上等、固形化物の炉内燃焼制御技術の開発を実操業の電炉において実証した。また着熱効率を向上するために、固形化物を電炉内で緩慢燃焼（低負荷燃焼）させる基礎条件調査も併せて実施した。

電炉に装入する固形化物、コークス粉の量をさまざまに変化させ、入出熱等に関する調査を行った結果、廃プラスチック及びその他カーボン酸化熱の着熱効率は、カーボン原単位の増加とともに低下するが、固形化物約45kg/t（廃プラスチック22.5kg/t）でも着熱効率30%以上が得られ、本プロジェクトの目標値である「固形化物装入量：40kg/t（廃プラスチックとしては20kg/t）以上」かつ「固形化物燃焼熱の鉄スクラップへの着熱効率：30%以上」を達成することができた。

エ．電炉排ガス適正処理技術

これまでの電炉の排ガス処理方法は、排ガス中のダイオキシン類がダストへ移行するという欠点があった。そこで、排ガス中に含まれるダイオキシン類の絶対量を低減するため 二次燃焼・急冷法、Ca剤吹込み法、触

媒付きバグフィルタ法、の各技術を試験・評価した。

この排ガス適正処理試験において、ダイオキシン類濃度を現状レベル以上に悪化させないという目標は、二次燃焼・急冷の単独システムで達成することができた。この際の二次燃焼温度は、経済的な700℃での運用で達成可能であることが確認できた。

また、二次燃焼・急冷及び触媒システムを組み合わせた複合システムでは、0.1ng-TEQ/m³N以下が達成可能であることも実証された。この成果により、将来の法規制強化やスクラップ事情が悪化した場合においても、シュレッダーダスト、廃プラスチックの利用に十分対応可能である。

(2)電炉ダストの適正処理と副生物のリサイクル技術開発

ア．クリンカーの品質改善

(住友金属鉱山(株))

電炉でシュレッダーダスト等を利用すると、電炉ダストの性状が変化し、電炉ダストを原料としたウェルツキルン炉で回収する粗酸化亜鉛及び副生クリンカーの品位も変化する可能性がある。また、クリンカーを電炉でリサイクル利用するためには、クリンカー中のCl、Zn等不純物の低減及び金属鉄の再酸化防止が課題であった。

そこで、シミュレーション技法を活用し、ウェルツキルン炉内のFeの還元挙動やCl、Zn等の揮発挙動を推定した。また、試験炉及び実炉で操業条件変更テストを実施し、分析・解析を行った。

一方、現行のクリンカーには鉄分が40～60%含まれ、キルン排出後貯蔵中に再酸化が進行するため金属化率は低下する。そこで、キルン排出後の冷却条件や貯蔵方法等の最適条件を調査し、本プロジェクトの目標値である「クリンカー中の鉄分再酸化率：10%以下」を達成する方案を確立した。

イ．クリンカー中の鉄分分離回収

(曹鉄メタル(株))

クリンカー中微粒鉄等の性状調査と、クリンカーの粉碎・選別（比重及び磁力選別）による微粒鉄濃縮技術の開発を行った。粉碎条件と粗粉中金属鉄濃度との関係調査、及び磁力選別装置の選別条件の最適化を図ることにより、本プロジェクトの目標値である「濃縮クリンカーの金属鉄含有率：70%以上」を確保できることが実証された。

また、比重及び磁力選別金属鉄含有率の高いものについては磁性材料、化学反应用鉄粉等の用途に応じた成分調整を行い、高付加価値鉄源とする方法を開発した。さらに、微粉碎したクリンカーに粉コークス等の還元剤の添加等を行い、改質クリンカーとして電炉副原料とする方法も併せて検討し、実用化のめどを得た。

(3)電炉ダスト処理工程における排ガス中ダイオキシン類の抑制

活性炭吹込み等により排ガス中ダイオキシン類低減技術を研究開発し、その効果を確認した。曹鉄メタル(株)では乾式-湿式方式、住友金属鉱山(株)では乾式-乾式方式にて試験・評価した。

この2方式いずれにおいても、最適な活性炭吹込み条件の実証が得られ、本プロジェクトの目標値である「排ガス中ダイオキシン類濃度：1ng-TEQ/m³N以下」が達成された。またこの方式で対応可能な範囲を想定するためのシミュレートや、長期安定稼働のための設備諸改善も実施された。

4 おわりに

本事業で取り組んだクリンカーの再生利用については、すでに販売実績も伸長してきており、循環型社会形成に貢献しつつある。今後は、さらに研究開発成果全体を事業化に結びつけるべく、設備投資額やランニングコストの削減等に取り組んでいく所存である。

ANNOUNCEMENT

JRCM 専務理事が交代しました

専務理事の小島彰さんが7月18日をもって退任しました。

小島さんは、平成12年7月より6年の長きにわたり、JRCMの発展に大きく貢献されました。

後任として、独立行政法人中小企

業基盤整備機構理事を退任された小紫正樹さんが、7月18日に専務理事に就任しました。

引き続き、新専務理事をよろしくご鞭撻くださいますようお願い申し上げます。

日本金属学会分科会シンポジウム
「シリコンデバイスの最先端技術・材料開発の展望」

主催：(社)日本金属学会

日時：9月28日(木)

場所：科学技術館 6階 第一会議室

千代田区北の丸公園2 - 1

問い合わせ先：(社)日本金属学会

シンポジウム参加係

TEL：022 - 223 - 3685

FAX：022 - 223 - 6312

E-mail：apply@jim.or.jp

<http://www.sendai.kopas.co.jp/MET>

[AL/EVENTS/subcom/index.html](http://www.sendai.kopas.co.jp/MET/AL/EVENTS/subcom/index.html)

参加事前予約：9月11日(月)必着

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第239号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2006年9月1日

発行人 小紫正樹

発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

TEL (03) 3592-1282(代) / FAX (03) 3592-1285

ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp