

話題の
PROJECT
プロジェクト

**環境調和型
新製鋼技術研究**



よみがえる鉄鋼スクラップ 社会に注目される省資源、省エネルギー型技術

地球環境問題、その中でも資源の有効利用、CO₂による地球温暖化はその対応が迫られている重要な問題である。

地球から生まれ、社会に役立つ鉄鋼は、この問題に対して一つの回答を見出しつつある。

今回は、環境調和型の技術として、着々とその成果を挙げつつある新製鋼技術にスポットをあててみた。



鉄鋼需要の増加とともに増えるスクラップ

70年代以降の飛躍的な経済成長から、安定成長期に移行し、一方で地球環境問題が深刻化し、限りある資源を大切にリサイクルしようという考え方が広まってきた。そういえば昔は、どこの町にも廃品回収業者がいて、使い古したもの、壊れたものは、捨てる前に必ず引き取ってもらったものである。「捨てるのはもったいない」という、昔から日本人が持っていた美德が、いまリサイクルということばで息を吹き返そうとしているのか、とも思える。

長年にわたって世界のトップを走ってきた日本の鉄鋼業は、70年代以降に問題となった大気汚染、水質汚染などの環境保全技術に積極的に取り組み、高い技術水準を維持している。そして、最近新たにクローズアップされているのが、製品が廃棄されて発生するくず、いわゆる老廃くずの処理である。

世界の粗鋼生産量は、年間ほぼ7.5億トン（1995年度）。言い換えればこの量は、鉄スクラップが大量に発生する可能性を表す指標でもある。

鉄鋼の需要は、建築、自動車、船舶、電機など多岐にわたっている。それぞれが製品寿命を終えた後には、必ずスクラップが発生する。たとえば1990年度には、国内の鉄鋼需要約9,900万トンに対し、6,600万トンが鉄鋼蓄積量に追加された。この6,600万トンに対し廃棄鋼材は2,600万トンであり、この差である4,000万トンがこの年の鉄鋼蓄積量の純粋な増加分である。このままでは20年後の2015年には、鉄鋼蓄積量が約18億トンにまで達する見込みだ。一方、鋼材廃棄量は、鉄鋼蓄積量に対しおおむね毎年2.7%の割合で発生しており、予測では2015年に年間約4,500万トンに達することになる。4,500万トンといえば、現在の鉄鋼年間需要の約45%にあたるほどの量だ。

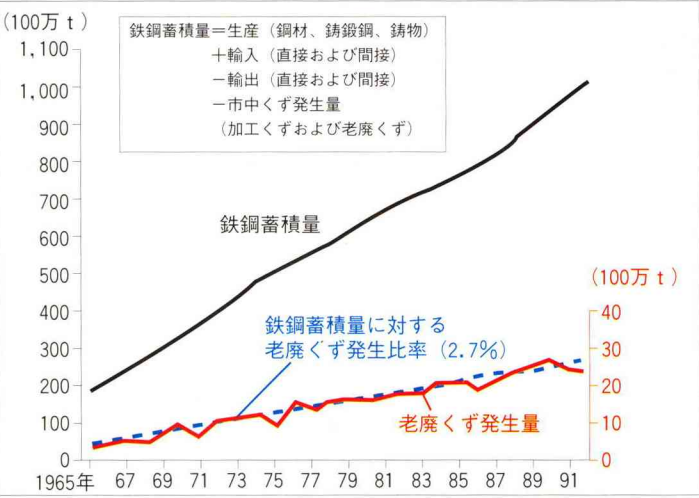
もともと鉄は、使用後に溶解して、再利用しやすい特長を持つ素材として知られている。また、基礎資材としての鉄鋼の果たす役割は大きく、今後も増加する需要にこたえるために、スクラップの再利用はきわめて重要だといえるだろう。

不純物の除去により品質を確保

郊外に行けば、必ずといっていいほど廃車スクラップの山が目に入る。この山の中にある材料の多くは鋼材だが、自動車に使われる鋼材には多くの種類があり、もちろん鉄以外の材料も多く混じっている。

これには、組み立て段階などで他材料が単体で混入しているもの、表面処理により付着しているもの、合金成分として含まれているものなどの種類がある。いずれにせよ、このような成分はスクラップを再生する側から見れば不純物となり、スクラップの品質確保を阻害する要因となる。

鉄鋼蓄積量と老廃くず発生量の関係



■環境調和型新製鋼技術開発のスケジュール

	1991年度	92	93	94	95	96	97	98
(1) 総合基礎調査研究	スクラップ将来動向調査 スクラップ回生・ 溶解技術の評価と探索 総合プロセス評価および課題抽出							
(2) スクラップの 回生プロセスに 関する研究	固相処理によるトランプ・ エレメント除去技術に関する研究							
(3) 予熱・溶解技術に 関する研究	溶解処理によるトランプ・ エレメント除去技術に関する研究							
(4) 総合システム 評価研究								

■新製鋼技術への転換によるCO₂低減効果

電力代替効果 (902Mcal/t→450)	▲ 23.1kg-C/粗鋼t
炭材使用料の増加 (244Mcal/t→375)	▲ 16.7kg-C/粗鋼t
燃焼用酸素の増加	▲ 1.4kg-C/粗鋼t
電気炉から新製鋼技術プロセスへの転換による炭酸ガス削減効果	▲ 5.0kg-C/粗鋼t ▲ 18.3kg-CO ₂ /粗鋼t

このような不純物を除去する技術が、スクラップのリサイクルを進めるうえできわめて重要な役割を果たす。これが環境調和型新製鋼技術（以下、新製鋼技術）の大きな目的である。

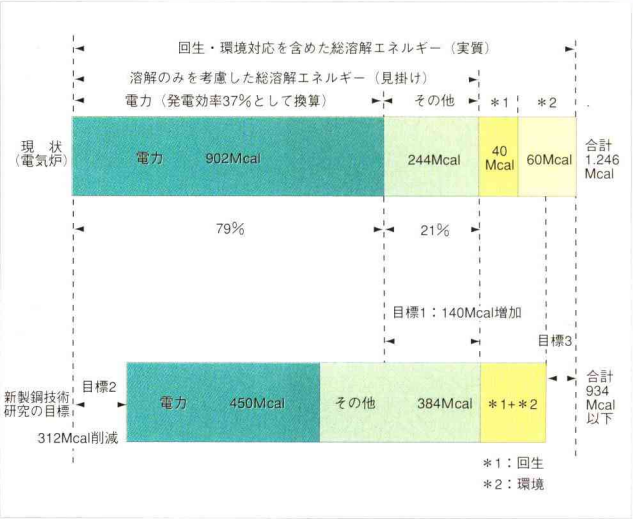
また、環境調和型の技術を目指すことから、電力代替による省エネルギー、CO₂の抑制を果たすことも重要なテーマである。具体的には、従来の電気炉法に比べて、約25%の省エネルギー、粗鋼 1トンあたり18.3kgのCO₂削減を目標とした。

今回のプロジェクトでは、全体を4つのテーマに分けてそれぞれ研究開発が進められている。まず開始当初に、スクラップの将来動向調査などの「総合基礎調査研究」を進めた。さらに「スクラップの回生プロセスに関する研究」「予熱・溶解技術に関する研究」の研究開発が進められ、94年度に中間報告をまとめた。プロジェクトの後半にあたる95年度以降は、それまでの成果を受け、実用段階を見据えた「総合システム評価研究」を進め、98年度末をもって終了する予定としている。

■スクラップ中の不純物混入形態と分離除去技術の展望

不純物の混入形態		分離除去技術	
具体例（構成金属種）		現状工業化技術	
スクラップ	単体混入物	● 低温破砕技術（脱銅等）	● 低溫破砕技術（脱銅等）
	付着系不純物	● 色相差識別分離技術（脱銅等）	● 色相差識別分離技術（脱銅等）
	合金系不純物	○ 融体分離法（脱銅） ① 融点差分離法 ② アルミ浸漬法	○ 融体分離法（脱銅） ① 融点差分離法 ② アルミ浸漬法
		● 湿式処理法 ① 電気分解法 ② 酸、アルカリ処理法	● 湿式処理法 ① 電気分解法 ② 酸、アルカリ処理法
		● 加熱真空処理法 ① 亜鉛蒸発分離法	● 加熱真空処理法 ① 亜鉛蒸発分離法
		● 火点蒸発分離法（脱銅）	● 火点蒸発分離法（脱銅）
		● 減圧蒸発法（脱銅、銅）	● 減圧蒸発法（脱銅、銅）
		○ 特殊フラックス処理法	○ 特殊フラックス処理法
		○ 減圧下アンモニア精錬法	○ 減圧下アンモニア精錬法

■新製鋼技術への転換による省エネルギー効果（粗鋼1tあたりの数値）



成果を挙げつつある要素技術研究

技術的な課題の1つは、スクラップの品質確保を阻害する成分、いわゆる「トランプ・エレメント」の除去であった。

トランプ・エレメントには銅、スズ、亜鉛などがある。これ以外にも鉄鋼スクラップに含まれる成分は多いが、その多くは製鋼工程でスラグとともに除去できるので、品質には影響が小さい。トランプ・エレメントは鋼材中に残るので、現在では良質のくず（工場発生くず、加工くずなど）を混ぜ、その成分を薄めて再生することが多い。しかし、老廃くず中のトランプ・エレメントの含有量は鉄に比べ10倍程度多いことがわかっており、鋼材の高度化、複合化にともないこの量は今後も増加することが見込まれる。

それでは、これらの成分をどのような技術によって除去するのか。これは工程的には、不純物を除去する「スクラップ回生」とスクラップから鋼材を製造する「予熱・溶解」の2つのプロセスに大きく分けられる。いずれも96年度はシステム化研究の段階を迎えている。この中で注目される技術には次のようなものがある。

■シュレッダー処理したスクラップの低温破碎結果



モーターコアの破砕前

低温破碎後（鉄と銅線が分離、 -105°C ）



プラスチック付帯鉄の破砕前

低温破碎後（鉄とプラスチックが分離、
-175℃）

■低温破碎・分離技術

スクラップ回生プロセスで注目される技術に、低温破碎・分離技術がある。これは、スクラップを -100°C 以下の低温に冷却、破碎し、小粒化し、成分ごとに分離する技術であり、内部に銅線が混じった自動車用モーターコアなどのリサイクルに有効な技術として期待される。現在までに鉄鋼と銅、鉄鋼とプラスチックがほぼ完全に除去できることが確認されている。今後、実廃車を用いた実験を実施し、これを生かしトータルなプロセスイメージを構築する予定である。

■ 予熱炉

予熱炉には豎型予熱炉と移動層型予熱炉があり、どちらの予熱炉でもスズが除去されることが判明している。豎型予熱炉にすると熱効率はいいが、スクラップ同士が融着し生産性を阻害する恐れがあるので、これを防止しなおかつ熱効率のよいプロセスの開発が進められている。これまでに融着は、溶融開始温度や比表面積だけでなく、アルミニウムなどの助燃物質や生石灰などの混合物質の影響もあることがわかっている。

また、移動層型とすることによりスクラップを予熱し、搬送するという、2つの役割を持つことができる。これらを
実現するために、最適な予熱方法の研究が進められている。

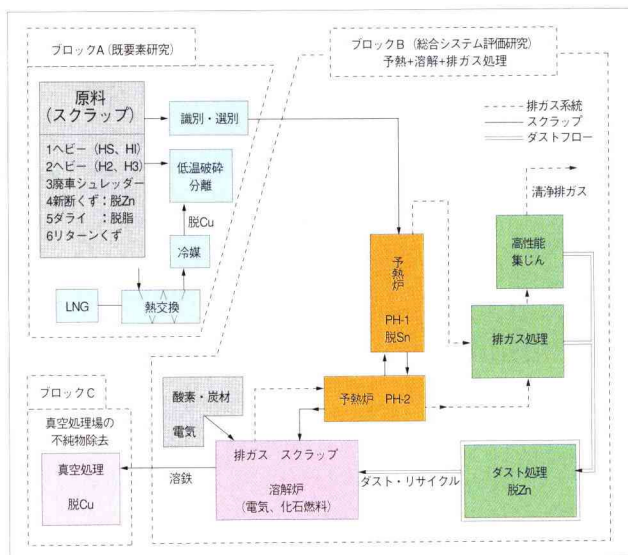
■低エネルギー型縦型溶解炉

この溶解炉では、スクラップとコークスの炉内での分布を制御することが可能で、これにより、コークス原単位は通常炉に比べ大幅に低減できることが明らかになった。

■ダスト処理

予熱炉からの排出ガス中のダストは、溶解炉へリサイ

■総合システム評価の位置付け



クルできる。ペレット添加、溶銅中への吹き込みなど、最適な方法の検討が進められ、今後はさらに実際の操業条件の影響などを考慮した総合評価を行う予定である。

ここに挙げたものは、プロセスの一部分にすぎないが、このような研究により、当初の目標（トランプ・エレメントの除去率、各成分の回生目標、エネルギー消費・環境負荷の到達目標を含む）は、96年度末の段階では、ほぼ達成できる見込みとされている。

環境調和型技術の普及に向けて

回生プロセス、予熱・溶解プロセス全体としての評価をするために、96年度から開始されたのが「総合システム評価研究」である。ここでは、トランプ・エレメント除去の効率化、消費エネルギーとCO₂排出量の最少化、排ガス抑制化など、さまざまなテーマが同時に目標を達成できるようなシステムを構成する必要がある。現在では、10～15トン／時の生産能力を持つ試験設備の建設が進められている。

大きな成果が期待できる新製鋼技術研究だが、この研究で得られた成果が、総合システムとして実現できるか、または既存プロセスの中に部分的に活用できるかは、これからの問題だといえるだろう。本来、リサイクルは社会全体のシステムによってとらえられるべき大きなテーマであり、そのシステムの一翼を担うのが新製鋼技術である。言い換えれば、従来になかったこの環境調和型の技術を実用化、普及に結び付けていくことが、今後大いに期待されるところである。

[取材協力：新エネルギー・産業技術総合開発機構、
(財) 金属系材料研究開発センター]