

究がある。第一は、日本鉄鋼協会の特定基礎研究部会の研究であり、大学を中心に非鉄の精錬技術をも活用しながらスクラップ回生時の不純物除去の問題が追求されている。第二は、日本機械工業連合会・JRCMの研究であり、スクラップリサイクル時、不純物元素が鋼の製造品の欠陥（割れなど）発生および製品特性（表面形状、加工性など）に及ぼす影響について調査がなされている。

スクラップのリサイクルと並んで製鋼ダストおよびスラグの再資源化も重要な課題である。

ダストにおいてはZn問題がクローズアップされている。これは、近年の自動車生産の伸び、すなわちZnメッキ鋼板の伸びによるものであり、ダストへのZnの濃縮、系外への分離、ダスト自体の系内処理などさまざまな角度からの研究が進められている。（新製鋼プロセス開発のプロジェクトにもこれらの研究のいくつかが含まれている。）

一方、スラグは基本的に土壌成分で構成されるため、埋立て・建築基礎資材として活用されてきているが、その発生量が多いことと一部資材としての特性（資材の安定性・イオンの流出）に問題を残している。

なかでも年間1000万tも排出される転炉スラグは、埋立てなどの活用策に一部で限界が見えてきたため、この排出量低減をも狙って溶銑予備処理が近年著しく発達した。この技術開発によって転炉スラグ自体の低減は実現したが、反面、予備処理スラグが新たな課題を生んでいる。これらの問題に対して、1991年より鉄鋼環境基金の研究助成により、日本鉄鋼協会において調査および研究が新たに推進されている。

3.5.2 新スクラップ溶解技術開発動向

国内のスクラップの供給量は、1982年度の約4,000万tに対し、1990年度には5,000万tを超えている。品種別では、鉄鋼蓄積量の増加に伴う、老廃屑の発生量の増大に困っている。この傾向は、今後も続き、2000年度の老廃屑の発生量は、さらに1,000万tも増加し3,500万tになるとの予測もされている。今後も鉄源として、安定して大量に消費していくには、トランプエレメントへの対策と地域環境に影響する前述の各種規制をクリアし、さらに世界的な視野に立ち、エネルギー（二酸化炭素発生）問題へも対応した、環境調和型のスクラップ回生法と新溶解法が鉄鋼業全体に対し求められている。

回生技術に関しては、製品特性上のトランプエレメント濃度制約に加えて、熱間延性などの製造特性の劣化防止面や回生、溶解過程での環境対策面で、プラスチックなどの非金属や非鉄金属の分離・回収や再利用の徹底が必要とされている。電炉大手のトピー工業(株)では、大型のシュレッダープラントを1991年に導入し、アーク炉での溶解性や品質を考慮した鋼スクラップ原料の供給を可能とし、製造の安定化を図っている。しかし、銅、錫などの難分離性（循環性）のトランプエレメントは、今後も増加すると予測されている。

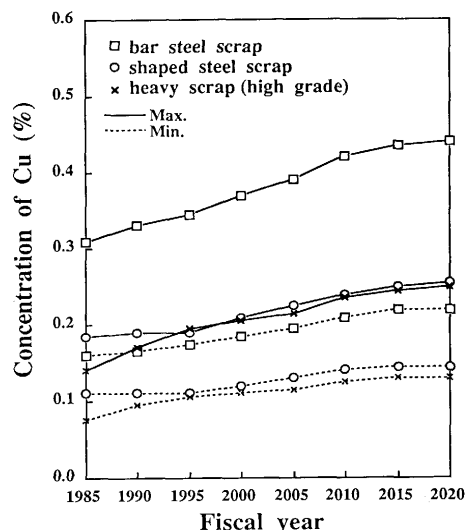


Fig. 3.38. Simulation of copper concentration for obsolete scrap in future.

Fig. 3.38には、銅濃度の増加の予測例を示す。図に示される平均的な濃度の増加とともに、合金での混入の増加によって、回生の困難さが増し、新技術の必要性がさらに高まると予測されている。不純物低減によるスクラップの回生に関しては、種々の回生法が提案されている。通常精錬処理では、高い除去効率が期待できない銅、錫を除去する方策として、不純物が純金属に近い形態で混入している鋼スクラップが固体（低温）のままの処理や、除去能力の高い液相（溶液、スラグ、メタル）や気相（ガス）による方法が検討されている。1990年には、日本鉄鋼協会・特定基礎研究部会として、「循環性元素分離部会」が設置され、共同研究が開始された。アンミン錯体を利用した湿式処理、ナトリウム系の硫化スラグ精錬、アルミニウムなどの金属浴での選択溶解、真空処理による蒸発精錬などの脱銅や脱錫法を主体に、基礎実験による新しい原理の実証や、プロセスの最適化のための技術検討がなされている。

一方、新溶解技術の動向としては、転炉、電気炉の既存プロセスで大量に利用する方法や、鉄浴型、シャフト型の新プロセスの研究開発が進められている。電気炉法では、直流アーク炉、偏芯炉底出鋼、底吹きガス攪拌などの操業技術や設備の改善に加え、近年は、電力原単位の低減のため、新しい予熱法の開発が行われている。2基の炉体を交互に予熱炉、溶解炉として使用するツイン炉方式や炉蓋に堅型の予熱槽を取り付けるシャフト炉方式などの新設が進められている。転炉法では、溶銑を含めた全装入量に対するスクラップ比率を50%以上に高めても、炭材を添加し燃焼することで、操業可能であると確認されている。溶銑の使用を前提としない場合にも、熱効率を高め、石炭、酸素を効率的に添加する各種の方法が、基礎的あるいは実用炉を用い、検討されている。大型転炉では、溶解炉での残湯方式により溶銑を製造し溶解炉とは別炉の脱炭炉に供給するプロセスが開発されている。溶解炉では、底吹き三重管ノズルから、石炭と酸素と

を同時に添加し、さらに炉内での2次燃焼方式を採用する方法が、1993年に、新日本製鉄(株)の広畑製鉄所で、実機化され稼働している。シャフト型溶解炉は、排ガスエネルギーを効率的に回収する方式として検討されている。1982年に、ブラジルで実機化された EOF (Energy Optimizing Furnace) 法は、一部溶銑を用いているが、多段のシャフト型予熱槽の下部に位置する溶解炉での石炭、酸素の添加とその排ガスの二次燃焼が行われ、エネルギーの効率的な回収を目的としたプロセスである。ほかに、溶解炉上部での羽口からの高酸素濃度の空気と多量の微粉炭吹き込みを特徴とするコークス充填炉など、燃料、酸化性ガスの種類、添加法やスクラップの融着に対する対策などが種々提案され、検討されている。これらの動きを受けて効率的なスクラップ溶解法の開発を目指す「新製鋼フォーラム」が1991年に発足しているが(3.6節に詳細を示す)前述の日本鉄鋼協会での基礎研究活動と合わせ、効率的な研究運営が遂行されるようになっている。

今後、合金化した不純物への対策として、効率的な除去技術に関する研究の推進と予熱-溶解技術では、多面的かつ効率的なエネルギー利用を目指すとともに、環境面にも配慮したダストリサイクル、系外処理などの新しい回生利用技術が課題として挙げられる。

3.5.3 製鋼ダストの再資源化

鉄鋼業でのダスト発生量は年間450~500万tと推定され、製鋼部門からはその約38%が発生する。

(1) 転炉ダスト

転炉ダストの発生量と組成は操業条件、排ガスの処理および集塵方法により異なるが、排ガス回収で湿式集塵を行っている場合の例では、乾ダスト: 2.5~3.5 kg, 湿ダスト: 7~8 kgが粗鋼トン当たりそれぞれ発生し、その組成と性状はTable 3.3のとおりである。鉄分が高く、その大部分がFeOまたは金属Feの形態であり、後者は発火しやすく、微粒の多いのが特徴である。したがって、多くの製鉄所では前章2.9のFig. 2.35に示したようにスラリー状のまま高炉ダストと混合して脱水機にかけ、焼結原料に供給している。また、微粉対策としては前章2.9で記述したプレ簡易造粒法、ワールドペレット法などを適用しているところもある。

転炉ダストのZn含有率は他の鉄鋼ダスト、スラッジ類と前章2.9のFig. 2.36に示す関係にある。Znの含有率はスクラップの配合が自所内発生スクラップを主体とする7~8%以下なら0.1~0.2%の範囲にあり、高炉ダストの湿式分級処理と組み合わせることにより全量がリサイクルされている。しかし、スクラップ高配合率時には2~3%になり、分別してセメント原料としての外販や、一時貯蔵して少量ずつリサイクルしている。この対策として、転炉の吹錬初期にZnが急激に揮発・ダスト化することに着目した吹錬初期と後期の分別回収を行うことによる許容範囲の拡大が日新製鋼(株)において実施されている。また、欧州などでは、スクラップ配合が高く製鉄原料へのリサイクルができず、しかも埋立て規則を受けているところもある。その対応策として、(オーストリア) Voest Alpine Steel, Linz 工場ではダストの一部をブリケット化して転炉自身に循環装入してZnを15~

Table 3.3. An example of composition of oxygen converter dust.

Type of dust	Composition (%)					Size -100 mesh
	T. FeO	FeO	SiO ₂	CaO	Zn	
Dry dust	66.0	5.6	1.4	1.8	0.3	5.4%
Wet dust	68.3	62.4	0.4	3.1	0.54	97.0

Table 3.4. An example of composition and size distribution of EAF-dust. ("Recent Progress of of EAF-Steelmaking" (3rd Edition), Oct. 1993, ISIJ)

(a) Composition:

Composition	Content (%)	Composition	Content (%)
Total Fe	30.2	MnO	2.8
FeO	2.8	P ₂ O ₅	0.5
Fe ₂ O ₃	40.0	Na+K	0.4
ZnO	24.2	Cu+Ni	0.9
PbO	4.1	C	1.7
CaO	5.1	S	0.6
SiO ₂	4.8	Cl	3.3
MgO	1.3	Loss of lg.	5.3
Al ₂ O ₃	2.4		

(b) Size distribution:

Size of dust (μm)	+30	~15	~8	~4	~2	~1	-1
Weight fraction (%)	2.5	2.7	1.9	4.6	10.5	22.6	45.4