

化し、経験と勘に頼っている作業を解消しようとする取り組みもなされている。

溶射補修は湿式の吹き付けに比較して、信頼性の高い熱間補修法であり、脱ガス炉の補修などに利用されてきている。最近では2~3 t/hの大容量の設備が実用化され、転炉、取鍋などの補修にも適用されている。

不定形耐火物による施工の機械化は現在は溶銑鍋、取鍋、タンディッシュなどに留まっているが、今後、混銑車、脱ガス炉などにも適用できる材料の開発が進めば、さらに機械化が進むものと考えられる。また、機械化をさらに進めて自動化に近づけていくためには、フリーフロータイプのキャストブルなどの新しい機能を持った材料と施工機器の組み合わせた技術の開発が望まれる。

(2) 耐火物の診断、計測技術

稼働中の耐火物の診断・計測の方法として、温度測定から推定する方法、レーザー光、電磁波などを利用したプロフィール計測、ITVカメラで炉内観察する方法などが利用されている。Table 3.1 に各設備ごとにどのような手段によって耐火物の診断が行われているかを示す。

混銑車については、赤外線カメラによって鉄皮温度を監視し、ホットスポットの発見と終点判定に利用されている。また、ITVカメラで混銑車内部を観察する方法も利用されている。混銑車用のレーザープロフィールメーターを開発する試みがなされているが、実用化にはまだいくつかの問題が残されているようである。ITVカメラは混銑車、RHなど目視観察の困難な設備に利用されており、定量的な診断はむずかし

いが、簡便で異常の有無の監視に有効な手段である。

転炉には、レーザー光を用いたプロフィールメーターが広く利用されている。最近では測定操作の自動化、解析ソフトウェアの充実などによって、使いやすい設備になってきている。取鍋の診断に適用できるソフトウェアも開発されている。

取鍋耐火物の診断方法として、高周波を用いた残存厚み診断技術が実用化されている。この装置の原理は、耐火物表面に高周波の送波コイルと受波コイルを配置し、高周波電流を送波コイルにかけると鉄皮からの距離に応じて渦電流が誘起される。それを受波コイルで検出し、その出力値から耐火物の厚みを求める、というものである。この方法の特徴は、耐火物の厚みと同時に耐火物背面に侵入している地金についても、その面積、深さなどが検出可能な点である。

温度測定による診断は簡便な方法としていろいろなところに利用されているが、耐火物中に埋め込んだ光ファイバーのラマン散乱現象を利用して耐火物の診断を行う試みもなされている。

これまでに種々の耐火物診断技術の適用、開発が進められてきているが本当に満足できるものはまだ少ない。多くの場合は、機器による診断と目視観察あるいは経験との組み合わせに頼っているのが現状である。また、診断、補修にかなりの時間と人手を要している。連続的かつ自動的に耐火物の診断を行い、その結果に基づいて自動的に補修が行える技術に向けて取り組んでいく必要がある。

3.5 環境問題に応える製鋼技術

3.5.1 序—リサイクルの促進とスクラップ

人間活動の増大と開発途上国の成長により、全世界のエネルギー総使用量が増大し、大気中へ放出される、NO_x、SO_x、CO₂の総量が地球規模で問題になっている。国内においては廃車の放置およびシュレッターダスト・スラグによる土壌汚染などが問題になっており、政府はこれら国内外の問題に適切に応えるべく、Table 3.2 に示すようにリサイクルおよび環境に関する法律を整備してきている。

特に1991年10月に施行されたいわゆるリサイクル法(再資源化促進法)においては、自動車・家電製品・缶などは製品として、あるいは鉄鋼スラグはその副産物としてリサイクルされるべきものであることが明記された。

これらの法を踏まえて、通産省・新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)・地球環境産業技術研究機構(RITE)・金属系材料研究開発センター(JRCM)の連携下で、仏のUsinor-Sacilor (US) および国内製鉄メーカー12社が共同して、「環境調和型金属系材料回生利用基盤技術」(新製鋼プロセスフォーラム)を平成3年から8カ年計画(予算総額100億円)で進めている。鉄源としてスクラップを回生するには、Cuなどによる不純物汚染の防止が今後は大切な技術となるため、効率的予熱・溶解技術にとどまらない新プロセスの構築が意図されている。このプロジェクトは、鉄スクラップの国内蓄積が10億tに達し、年間排出量も4,000万tにもなる現在の日本において、鉄造りと環境対策の両面において極めて重要である。この新製鋼法の開発に関連して、二つの研

Table 3.2. Enactment of laws for materials recycling.

1991 October	Law for promotion of utilization of recyclable resources
1992 July	Wastes disposal and public cleansing law (Amendment)
1993 June	Law concerning rational use of energy and recyclable resources
1993 November	Basic law for environments

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。

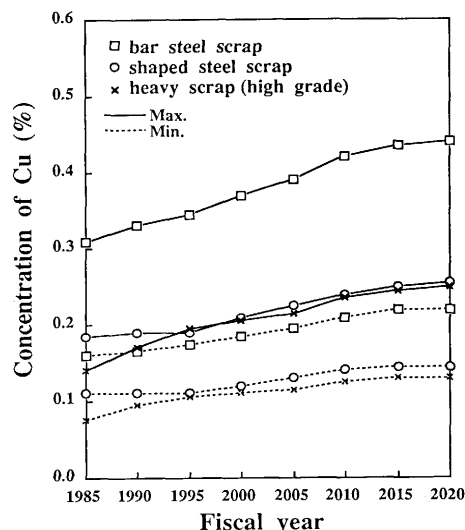


Fig. 3.38. Simulation of copper concentration for obsolete scrap in future.

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