

5RH等が、また、連铸では、JFE千葉：4CC、住金小倉：3CC、新日鐵君津：BT-CC、JFE福山：BT-CC、住金鹿島2CC、中部鋼板：CC等が挙げられる。

2.1.3 今後の課題

以上、この10年間の製鋼分野の技術動向について概説した。国内および欧米鉄鋼企業の再編、中国鉄鋼業の驚異的な生産能力増大、また鉄鋼品種のグローバル・スタンダード化に伴う、国境を越えたアライアンス等、今後益々激化する環境の中で、製鋼技術はこれまで以上に開発努力を要求されている。好調な鉄鋼需要の追い風はあるもの、原料事情の悪化や更に多様化する市場ニーズに対して、地球環境への更なる優しさを保ちながら、常に高い国際競争力を維持できるための製鋼技術開発が必要となる。このためには、従来の延長線のみならず、革新的なアイデアの創出が不可欠であり、基礎研究をベースとした密なる産学協同での技術開発が益々重要となる。

2.2 国家プロジェクト

2.2.1 新製鋼プロジェクト

将来多量に発生が予想される老廃スクラップの再利用に対応でき、併せて製鋼プロセスにおける二酸化炭素発生量を削減しうる、資源リサイクルと地球環境保全に貢献する「総合的なスクラップ回生利用技術の開発」を目的に、経済産業省の補助金を受けて、1991年から9年間にわたり、①調査研究（総合基礎調査研究）、②要素研究（スクラップの回生プロセス、予熱・溶解技術に関する研究）、③総合システム評価研究を行った。（プロジェクトにはNEDO、JRCM（RITE）及び日鉄鋼12（9）社が参画した。）

図2.5に、新製鋼プロセス研究開発の技術構成を示した。「ブロックA」のスクラップ事前回生処理技術の開発において、「低温破碎処理システム」では銅屑の分離が96%以上の性能、「色相差識別分離システム」では同じく90%以上の性能を持つことを確認できた。

「ブロックB」の総合システム評価研究（SSE）では、要素研究成果を一貫した系として実証評価する為、新日本製鐵（株）君津製鐵所構内にパイロットプラント設備を建設し、1998～99年にかけて、①溶解技術（電炉、転炉、充填層型の3方式。）②予熱技術及び加熱脱錫技術、③排ガス処理技術について実証試験を行い、例えば③の排ガス処理技術では処理条件を適正に制御すればダイオキシンの排出濃度を0.1ng-TEQ/Nm³未満にする事ができる見通しを得た。更に、これらの結果を踏まえ④工業化フィージビリティ・スタディを実施した。その結果、エネルギー面ではスクラップ予

熱の無い従来型電気炉に較べて各炉方式とも溶解用一次エネルギーを25%以上削減できるほか、化石燃料との併用による電力負荷の軽減（従来電気炉の80～30%の範囲で可能。）、適用先立地ケースに応じた最適なスクラップ溶解システムの選択に資する事もでき、初期の目標を達成し、プロジェクトを成功裏に終了する事ができた。尚、プロジェクトの成果等の詳細については、JRCM NEWS No. 168（2000年10月号）を参照されたい。

2.2.2 電磁気カプロジェクト

鋼の連铸鋳片の品質向上による無手入れ化、生産性向上を図るため、経済産業省の補助金を受けて1995年より6年間、電磁気利用に関する国家プロジェクト「エネルギー使用合理化金属製造プロセス」が策定され、JRCMを中心に11社の民間企業が参加してスラブベンチスケール試験（400 mmw×100 mm規格）を含む研究開発を実施した（図2.6）。得られた主な成果は以下の通りである。①初期凝固制御技術：低周波から超高周波にわたる広範囲の領域において各種の電磁界鋳造技術並びに設備開発を実施後、ピレット実機試験、スラブベンチ試験を行い、大幅な鋳片表層品質改善効果が得られ、

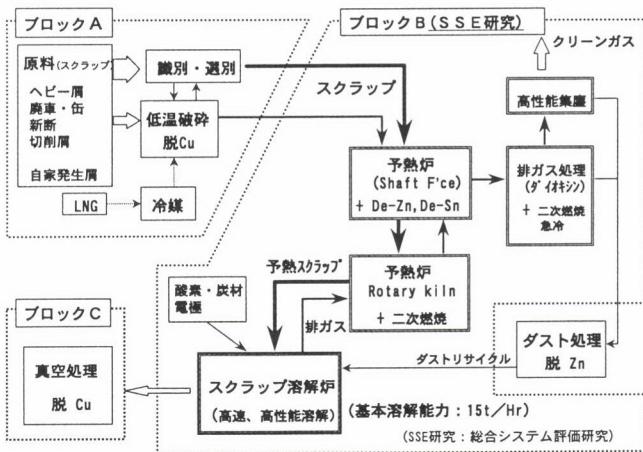


図2.5 新製鋼プロセス研究開発の技術構成

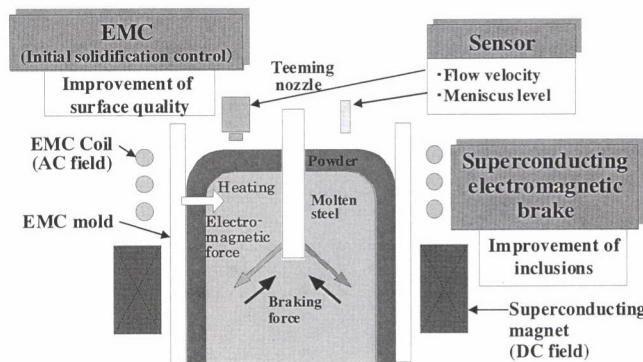


図2.6 プロジェクトの技術構成

さらに、交流・直流磁場重畳印加の湯面振動抑制効果試験により一層の改善効果を得た。②溶融金属の清浄化技術：水銀モデル実験を経て、スラブベンチ実験で超電導磁石によるブレーキ効果により介在物レベルを高速鋳造下でも低速鋳造下並みに抑えられることを確認した。③電磁流速センサーを開発し、電磁力作用下でメニスカス流速を精度良く測定できることが判った。以上のような成果を得て、プロジェクトは2001年3月に当初計画どおり、成功裏に終了した(CAMP-ISIJ, 14 (2001), 889)。

2.3 溶銑予備処理／転炉操業

需要家からの鋼材の要求特性の高度化に対応するための溶銑予備処理—転炉—二次精錬の分割精錬を基軸とした高純度鋼溶製プロセスは、1980年代までに鉄鋼各社でほぼ確立された。しかしながら、その後の厳しい経済環境下におけるコスト競争力の向上と環境規制強化に対応し、さらには最近の鉄鋼需要拡大による高生産の状況下においても高効率精錬を維持するため、この10年は精錬工程の再構築とそのための新たなプロセス、技術の開発がなされてきた。

最近10年間の溶銑予備処理法の開発動向を総括すると、以下の3点の特徴が挙げられる。

- i) 溶銑脱硫工程の分離や脱りん精錬の改善による更なる精錬効率化
- ii) 熱的尤度の拡大によるスクラップ使用量の上方弾力性向上
- iii) 事前脱珪の徹底、反応効率化、スラグリサイクル等による発生スラグ量の低減

溶銑脱硫工程は、従来は適切なフラックスと酸素ポテンシャルの選定により、トピードカー等の同一容器内で脱りんとともに行われるケースが多かった。しかしながら、主要元素の中で唯一の還元精錬であり、より効率的な高温、低酸素ポテンシャル下での精錬が可能な溶銑脱りん前での処理へと再び工程分離が進行した。脱硫法としては、90年代前半までに導入が進んだ高い脱硫能を持つCaO-Mg系フラックスインジェクションによる脱硫法に加えて、この10年では機械攪拌方式であるKR (Kanbara Reactor) 法の精錬効率の高さが見直され、多くの製鉄所で新規導入または増強された。なお、メタルの顕熱を利用してMgOの還元によりMg蒸気をその場で製造し脱硫するような新しい方法なども提案されつつある。

溶銑脱りん工程についても、この10年は精錬効率を高め

たり、設備を増強することで大量処理を可能とし、処理比率が高められていった。1980年代から90年代にかけての予備処理法の普及は、高純化ニーズに応じた低りん低硫溶銑の安定製造を可能にした。その反面、低温精錬を必要とするため転炉脱炭工程における熱的尤度を奪い、スクラップ消費量に著しい制約を受けるようになった。そのため、最近では、フリーボードが大きいために強攪拌下での高速脱りん精錬が可能であるとともに、スクラップ溶解能力も高い、転炉型の脱りん処理法がローカリティに応じた操業形態で採用されてきている。従来から転炉型であったH炉^{*1} (1987年)、SRP^{*2} (1990年)、LD-ORP^{*3} (1991年)に加えて、近年新たに多くの製鉄所で転炉方式の脱りん処理が導入された。溶銑配合率を下げ、スクラップ消費量を拡大して生産性を向上したい場合には有利な方式と言える。一方で、トピードカーでの脱りん処理においても、流滓処理による低塩基度脱りんや酸素分散供給などの改善が施され、充分な溶銑供給下での大量生産下脱りん処理体制が確立された。

また、埋め立て用地の枯渇や有効利用先の限定により、発生スラグ量の低減が近年の重要な課題の一つとなった。脱りん、脱硫を適正条件で処理する溶銑予備処理法は、本来総スラグ発生量が低減するプロセスであり、各社で予備処理設備が稼働し始めて以降、一旦はスラグ原単位は減少した。しかしながら、高級鋼種の増加に伴い精錬負荷が増大するとともに、脱りん反応効率化に有効であったフッ素の規制問題もあり、スラグ発生量は増加する傾向にあった。製鋼スラグの発生量は、脱りんの負荷によるところが大きく、スラグ量低減のためには、フラックスの利用効率も含めた脱りん精錬効率向上や低温での脱りん能を有している脱炭滓のリサイクル利用が有効な手段である。

その中で、鍋脱珪プロセスの導入により脱りん前のSiを徹底除去し、Siフリーでの全量溶銑脱りん処理と転炉の脱炭専用化を可能としたゼロスラグ製鋼法(ZSP: Zero Slag Process)が開発された(1998年)。図2.7にその概要を示す。オープンレードル型鍋での効率的な攪拌により脱珪酸素効率を向上させるとともに、酸素ガスと酸化鉄の併用により脱珪処理後の温度制御を可能とし、熱ロスを抑えつつ0.1%以下の極低Si溶銑を安定的に供給する。極低Si溶銑を用いることで脱りん初期の段階で生成するSiO₂と反応して2CaO・SiO₂を生成するのに消費される生石灰を低減し直接3CaO・P₂O₅を生成させることが可能となるため、脱りん石灰効率の向上が図られ、大幅なスラグ量低減を達成している。また、本プロセスでは、脱珪、脱りんを完全に分離、連

*1 粉体吹き込み用ランスを転炉内溶銑に浸漬させて処理を行うプロセス

*2 2基の転炉を組み合わせ、脱炭用転炉で発生したスラグを溶銑予備処理用の転炉で再利用するプロセス

*3 脱りん剤底吹きによる低塩基度脱りん処理に引き続き脱硫剤底吹きを行う脱Si、P、S同時処理プロセス