

国際フォーラム

国際フォーラム

第 6 回鉄鋼科学技術国際会議報告

第 6 回鉄鋼科学技術国際会議組織委員会

1. はじめに

第 6 回鉄鋼科学技術国際会議 (6th IISC) が、平成 2 年 10 月 21~26 日の 6 日間、名古屋国際会議場で開かれた。会議は日本鉄鋼協会が主催したが、国内からは日本金属学会、国外からは米国、フランス、イタリア、カナダ、ベネルックス、中国、英国、スウェーデン、韓国、ドイツ、オーストリア、南米、東南アジア、IISI の 19 団体の協賛を得た。IISC は、1970 年に東京で第 1 回会議が開かれて以来、デュッセルドルフ、シカゴ、ロンドン、ワシントンと回を重ねてきたが、今回は“21 世紀の鉄鋼技術の中心となる革新的製鉄・製鋼技術”、特に、製品については“Advanced steel”，プロセスについては“Flexible Manufacturing Technology(FMT)”を主題として行われた。

会議には 33 か国、895 人が参加し、361 件、開会講演 (Opening lecture) 5 件、基調講演 (Keynote lecture) 24 件、一般講演 332 件の発表が行われた (表 1)。

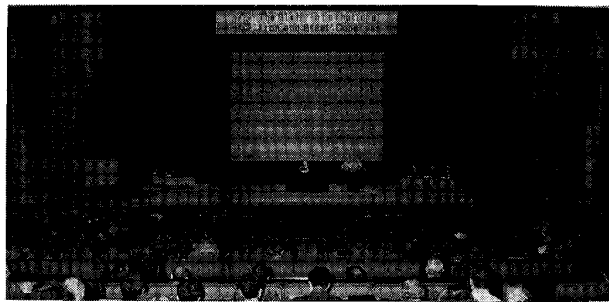


写真 1 開会式・開会講演の行われた名古屋国際会議場センチュリーホール

オープニングセッションにおいては、まず、久野 (三宝伸銅) が『東大寺大仏に用いられた銅の起源』について講演した。これは、遺跡の銅スラグと銅塊を調査した結果にもとづいて大仏の鑄造方法を推定したもので、8 世紀における日本の精錬・鑄造技術の高さを示して、日本の精錬、鑄造技術の歴史的背景を聴衆に印象づけた。

次に、八木に代わり大橋 (川鉄) が『製鉄・製鋼における最近の傾向と今後の方向』の講演において、製鉄・製鋼分野におけるこの 40 年間の日本の技術開発の考え方とその成果を紹介し、次世代の製鋼技術への展望を示した。

表 1 国別の参加者および発表件数

国 名	参加者数	発表件数
Australia	15	4
Austria	7	2
Belgium	11	4
Brazil	2	1
Bulgaria	4	2
Canada	14	8
China	17	16
F. R. Germany	36	19
Finland	11	6
France	31	21
Hongkong	1	0
Hungary	2	1
India	17	8
Iran	4	1
Italy	8	5
Japan	563	204
Kenya	1	1
Korea	29	8
Luxembourg	3	0
Malaysia	2	0
Mexico	3	3
New Zealand	1	1
Philippines	1	0
South Africa	3	1
Spain	3	0
Sweden	16	3
Switzerland	3	1
Thailand	1	0
The Netherlands	3	1
UK	6	2
USA	48	20
USSR	26	17
Yugoslavia	3	1
合 計	895	361

表 2 トピックス別の発表件数

トピックス	基調講演 (件)	一般講演 (件)
1. Fundamentals for Refining and Solidification Processing	2	80
2. Future of Blast Furnace Process	3	29
3. Advanced Iron Ore Preparation	1	22
4. Development of Cokemaking	2	18
5. Development of BOF Steelmaking	2	16
6. Development of Electric Furnace Steelmaking	2	15
7. Scrap Melting with Cost Effective Energies	1	8
8. Development of Continuous Casting and Ingot Casting Technologies	2	41
9. Electromagnetic Processing of Liquid Materials	3	29
10. Ultra Low Impurity Steel and Super Clean Steel	3	27
11. Process Control and Instrumentation of Ironmaking and Steelmaking Processes	1	19
12. Maintenance and Diagnosis Technologies	1	14
13. Optimization of Steelworks, in terms of Economy, Energy, Environment, Resources, Delivery, etc. for Versatile Market Needs	1	14
合 計	24	332

注：開会講演 5 件を除く

H. W. PAXTON (Carnegie Mellon 大学、米国) は『21 世紀の北米の鉄鋼業』の講演で、技術革新を引き起こす共通要因について考察を行い、現在求められている革新技術にいかに取り組むかの指針を与えるものとして示唆するものは大きかった。また、F. FITZGERALD (BS plc, 英国) と H. S. CHOI (韓国科学アカデミー、韓国) は、それぞれ先進国、開発途上国の立場から製鉄・製鋼技術開発の方向について述べた。

基調および一般講演の主な内容と議論は、表 2 に示す 13 トピックスに分けて報告する。(佐野、片山)

2. 会議の概要

Topic 1 Fundamentals for Refining and Solidification Processing

製鉄・製鋼・凝固の基礎が約 80 件あった（欠講 7 件）。注目されることは、開催国であるから当然のこととはいえ、日本からの寄与が圧倒的に大きかったことである。

還元基礎では、15 件の報告があった。海外からの研究で注目される報告は、I. BARIN (KHD, ドイツ) と J. F. ELLIOTT (MIT, 米国) の報告である。BARIN は金属相の存在の有無でウスタイトの還元速度が異なるという良く知られた現象に説明を与え、これを実験的に証明した。ELLIOTT はウスタイトまで還元されたペレットがスラグ浴内で溶解する過程を解析して数学モデルをたて、ペレットの予熱は溶解時間の短縮にあまり寄与しないことを示した。

熔融金属およびスラグの物理化学関係では、47 件の報告があった。多方面にわたる研究報告があったが、マクロ的な取扱いが多い気泡の挙動に関する研究の中で、植村（阪大）がミクロ的取扱いを試みていることが注目された。また、幾つかの化学センサーの報告も新しい傾向を表していた。Process Control and Instrumentation の部門でも幾つかのセンサーの実用化例が報告されていたこととあわせ、今回の会議の特徴の一つであったように思う。また、スラグの光学的塩基度の応用の限界について討論があった。

凝固基礎では、18 件の報告があったが、介在物と凝固の関係に関する論文の多いことが今回の特徴であった。このうち、Oxide metallurgy に関する日本の発表が注目された。この他、連続铸造における中心偏析の生成機構やその定量的推定方法の提案、デンドライトの傾きは流速だけではなく温度勾配も影響するという新しい知見、なども注目される。凝固基礎全体を通じ、今後ますますコンピューター・シミュレーションが利用されることがうかがえた。（雀部）

Topic 2 Future of Blast Furnace Process

初日より 3 日間にわたり、合計 32 篇の報告があった。国別の内訳は、日本 19、中国 4、オーストラリア 2、韓国・ベルギー・フランス・ドイツ・イタリア・カナダ・ソ連各 1 である。その全期間を通じ、講演会場はほぼ満員に近い盛況であった。

初日は渋谷（NKK）の基調講演に続き、高炉の制御に関する研究報告が行われた。中で、J. M. BURGESS (BHP, オーストラリア) は詳細な融着帯構造と位置の制御に基づいたモデルを紹介し極めて水準の高い操業技術をうかがわせた。

二日目は A. Poos (CRM, ベルギー) の基調講演で始まった。高炉は永続するとしながらも、未来高炉の内容はかなり変わり得るとして、CRM での取組を紹介しな

がら、設備、操業、システムにおけるさまざまな可能性を示し、深い関心と呼んだ。

引き続き、レースウェー構造に関する報告がなされ、再び、J. M. BURGESS (BHP, オーストラリア) が、レーザー光によるレースウェー深さの計測と炉況との関係について報告し注目された。羽口より強力なレーザー光をレースウェー内に照射し、内部からの反射光を計測し、同時に赤外光によるイメージも計測して、その輝度分布からレーザー光を反射している物質判定を行い、他の炉況因子と結び付けて、炉況解析のためのデータを蓄積中ということであった。R. NICOLLE (IRSID, フランス) の報告も日本と同様の高い水準の解析をうかがわせた。清水（神鋼）によるコークス中心装入技術の報告とその実炉への適用結果に対する報告には、活発な質問が出され、極めて高い関心が寄せられた。装入物分布制御には 4 件の発表があったが、いずれも周辺部ガス流をいかに制御するかが問題のポイントであった。その中で、H. Du (中国東北工学院, 中国) のコークスと鉬石の混合装入は小型高炉の結果ではあるが、微粉炭多量吹込みでコークス比が低下した場合の装入物分布を考える上での参考となるものである。

後半は、PCI (Pulverized Coal Injection) に関する各国からの報告がなされ、国による取組の違いが浮き彫りにされ興味深かった。中国も含め、ドイツ、フランス共に、大量吹込みの実績を競っていたが、燃焼炉実験による燃焼機構を踏まえながら、燃焼限界を求めるという日本からの報告はやはり、本技術への日本の貢献度を明確に印象づけるものであった。

三日目の W.-K. Lu (McMaster 大学, カナダ) の基調講演は主に高炉の生産性の拡大に焦点を置き、装入物特性としては、Chemically small で、Mechanically large なものが必要で、最終的には、炉床における溶銑やスラグの流れをどう確保するかが問題になると締めくくった。

ここでは、高炉羽口への鉄鉬石やフラックスの吹込みや酸素高炉等高炉機能の拡大や新しい製鉄プロセスを目指した日本からの発表があった。

続いて、高炉炉体の長寿命化、高生産性、低 Si 操業、高炉プラントの機械化等、技術的向上による操業限界への挑戦が報告され、製鉄の夢を大きく膨らませてくれた。

総括的な印象としては、①基調講演は、いずれも超満員の盛況であった。多数の知見が蓄積される一方で、技術の曲がり角が見える中で、製鉄技術の展望が求められていることを示すものであろう。②炉内でのコークスの挙動や PCI に対する高い関心、③日本の操業、解析、技術の水準の高さと共にフランスやオーストラリアなどの独自の高い解析水準が目立った。なお、AI など高炉操業の制御、自動化などは、他のトピックス (11, 13) でも報告された。（徳田）

Topic 3 Advanced Iron Ore Preparation

本トピックは基調講演 1 件と一般講演 22 件の発表が行われた。地域別の内訳は、日本 14 件、ヨーロッパ 6 件、その他 3 件であった。大森（東北大）は基調講演の中で、1980 年代とくにその後半における焼結鉱、ペレットなど塊成鉱の製造技術と基礎研究および技術開発の進歩を鉱石ヤード設備の近代化から高炉原料の品質評価まで系統的に整理して述べ、さらにトピック 3 における発表の位置づけについても概括した。

鉱石ヤードの合理化、省力化について池田（新日鉄）は既存製鉄所の近代化に必要な設備集約と自動化のためのソフト技術を紹介して注目された。塊成化の事前処理については、基礎研究と実機適用を含めて 4 件の発表があり、いずれも微粉鉱石の多配合、高アルミナ鉱石の積極的使用、含結晶水鉱石の利用など、将来の世界鉄鉱石資源の拡大かつ弾力の利用について示唆に富む講演が大学および企業研究者からなされた。焼結技術では、焼結原料の焼結機パレット層内の鉱石、コークスブリーズの粒度および成分偏析技術が不可欠であり、H. BEER (Thyssen Stahl, ドイツ) および稲角（新日鉄）と笠間（新日鉄）の連報が発表された。とくに後者の連報は Intensified sift feeder という新装入装置を用いた偏析技術による焼結ケーキの構造解析を X 線 CT スキャンを用いて詳細に検討し、焼結歩留り向上の効果が著しいことを示したもので高く評価された。焼結の新プロセスについては、Hybrid pelletized sinter プロセスの開発研究が熊坂 (NKK) より、またその実機成果が長野 (NKK) より発表され、いずれも将来の微粉鉱石多量使用技術の方向を示すものとして注目された。また J. O. EDSTRÖM (RIT, スウェーデン) は High iron optisinter の特徴について発表した。スウェーデン鉱石の使用という制限はあるが、鉄品位の高い焼結鉱の製造についての実験室的規模の開発研究では良好な結果を得ており、1991 年の実機操業成果が期待される。焼結プロセスの解析、計測ならびに制御については 5 件の発表があり、焼結プロセスの数学的モデル、焼結操業の自動制御、焼結層パレット幅方向の分布制御、ストランドクーリング操業結果などいずれも焼結鉱歩留り向上、省力化、省エネルギーを目指す示唆に富む発表がなされた。成品焼結鉱の品質評価および品質の改善について 5 件の発表があり、とくに F. CAPPEL (Lurgi GmbH, ドイツ) は ECSC (European Coal and Steel Community) の支援による原料鉱石、媒溶剤を広範囲に変化させた焼結ポット試験による焼結鉱の各種物理試験結果、それを基礎とした生産性予測を発表し注目された。

本トピックは Future of Blast Furnace Process (トピック 2) に引き続いて行われたので、会場は常に 100 名を超える盛況で質疑も活発に行われた。日本の大学、企業の研究者、技術者は相互に活発な討論を行うとともに

に、外国からの参加者では、C. E. Loo (BHP, オーストラリア)、R. M. NICOLLE (IRSID, フランス)、M. G. RANADE (Inland Steel, 米国) が質疑を通じて、会場の雰囲気盛り上げたことが印象に残った。日本における塊成化技術は、焼結鉱製造が主流を占めているので、ペレット関係の発表が少なかったのはやむをえなかったが、開発途上国や東欧諸国からの発表にも質問、コメント等が寄せられ、国際学術技術交流の重要性を再認識し、有意義なトピックであった。(大森)

Topic 4 Development of Cokemaking

ここではコークス製造にかかわる基調講演 2 件、一般講演 18 件、合計 20 件の発表と質疑が一日半の日程で行われた。これらの発表の国別構成は、ドイツ 2 件、フランス、ベルギー、インド各 1 件と日本 15 件である。

基調講演は、まず日本鉄鋼協会コークス部会長の楢岡（新日鉄）より、日本の鉄鋼業がこれまで取り組んできたコークス製造技術の成果と課題が整理して紹介され、来たるべきコークス炉リプレース時の方向が浮き彫りにされた。また欧州コークス工業委員会長の G. NASHAN (Ruhrkohle AG, ドイツ) からは、現状のコークス炉操業が抱えている問題を抜本的に解決しようとする革新的なコークス製造技術の取組が紹介され、21 世紀への明るい展望が描かれた。

両基調講演は、いずれも 21 世紀のコークス工場が環境問題を克服し、快適な職場として登場するイメージを描いたもので、美しいカラースライドとともに参加者を魅了し、勇気づけるものであった。

一般講演は、コークス炉内における乾留反応とコークス品質、副生品への影響等に関する基礎研究 3 件、コークスの機械的粒度劣化、高温劣化等に関する品質評価の発表 4 件がなされたが、コークス炉の炉幅と品質との関係については、会場が沸き立つ討議場面も見られた。

また石炭の事前処理技術に関しては、調湿炭法 2 件、予熱炭法 1 件、スタンプチャージ法 2 件が発表された。とくにインドのタタ製鉄所で導入されたスタンプチャージ法は、灰分が 17~18% もある低品位の国内炭を何とか活用しようとする熱意が直に感じられ、A. CHATTERJEE (Tata, インド) の熱弁とあいまって印象的であった。

さらにコークス炉操業技術に関しては、燃焼管理技術 3 件、コークス炉の熱間補修技術 1 件、コークス乾式消火設備 (CDQ) 技術 2 件が発表され、地味な取組ながらコークス炉操業がハイテク技術を取り込んで着実に進歩していることが実感されるものであった。

トピック全般を通じて活発な討論がなされたが、参加者の国情を越えて、それぞれが 21 世紀のコークス技術に夢を膨らませることのできた会議であった。(西岡)

Topic 5 Development of BOF Steelmaking

溶銑予備処理を主体に日本から 12 件、転炉と 2 次精錬を主体に海外から 6 件 (カナダ 2, 米国 1, ドイツ 1,



写真 2 熱心に聞き入る講演会場

イタリア 1, 中国 1) の発表があった。これらのうち 2 件が基調講演であり、一つは R. J. FRUEHAN (Carnegie Mellon 大学, 米国) が「最近の酸素製鋼法」について講演した。溶銑予備処理, 自動吹錬, 複合吹錬, スクラップ多量使用などが概説されたが, 引用されたデータの多くが日本からのものであった。この発表に対して 2 次燃焼率上昇とスラグ層の関係が討論された。もう一つの基調講演は, 島 (新日鉄) による「日本における製鋼技術の進歩」である。そこでは, 炉別粗鋼生産量, エネルギー消費, 連铸比率などのトレンドに始まり, 溶銑予備処理, 吹錬的中率, 複合吹錬, 炉寿命, 高純化・高清浄化などの品質に至る最新データが紹介された。この講演に対し精錬機能の分化と省力効果が討論された。

一般講演 16 件の中 8 件が予備処理に関するもので, その中の 7 件が日本からの発表であった。スクラップ使用比率の高い海外で予備処理は普及していないが, 熱力学的な観点から海外の参加者からの質問も多かった。特に, 反応モデルと炉側での迅速分析により予備処理における成分的中率の向上とコスト低減が図れたとする相田 (新日鉄) の発表が注目された。

予備還元クロム鉱石によるステンレス鋼の K-BOP による溶製法が田岡 (川鉄) より発表され冶金と操業に関する多数の議論があった。CaC₂ 吹込みによる溶銑脱硫の小型実験結果が G. A. IRONS (McMaster 大学, カナダ) によって発表され, 脱硫剤と溶銑の接触率が約 40% であることを温度変化から推定しており注目された。含 Nb 酸化物を取鍋中に吹き込み Nb 添加鋼を製造する方法が R. ZHOU (北京科学技術大学, 中国) より発表されたが, Nb 鉱石資源を豊富に有する中国らしい研究であった。

以上, 全体的に最新技術の発表があり, 活発な討論があった。 (中西)

Topic 6 Development of Electric Furnace Steelmaking

本トピックは 10 月 24 日と 25 日午前中の一泊半の日程で行われ, 聴講者は連日 100 名内外に達し強い関心

を集めた。石原 (トピー工業) と A. J. BERTHET (IRSID, フランス) の 2 件の基調講演と 15 件の一般講演が行われた。17 件を国別に分類すると日本 8 件, ソ連 2 件, 中国, フランス, 米国, メキシコ, インド, ブルガリア, イタリア各 1 件という構成になっている (欠講 2 件)。以下に講演内容を簡単に紹介する。

基調講演の中で石原は, 過去 10 数年の電気炉製鋼技術の進歩と現在話題になっている技術 (直流電気炉等) を概説し, さらに 21 世紀にかけて電気炉製鋼を取り巻く社会的, 経済的变化を予測し, それに対応していくための技術開発課題について述べた。また A. J. BERTHET は原料, コスト, 生産性, 品質, 環境問題等について最近の技術, 設備を概説し, これら新技術による電気炉の多様な発展の可能性を期待している。

一般講演を内容別に分類すると, 電気炉操業改善 6 件, 複合精錬プロセスの生産性向上 3 件 (内 2 件はステンレスに関するもの), 電気炉の操業解析 2 件, 直流電気炉に関するものが 4 件で合計 15 件の報告が行われ活発な討論がなされた。Consteel process の研究報告に対しては各社が興味を示し, スクラップの種類, サイズ, 500°C 以上に予熱した場合のスクラップの溶着問題に議論が集中した。最大の関心は実用化の進みつつある直流電気炉であった。中国は炉底電極がなく上部 2 本電極 (Anode, Cathode) の直流電気炉を開発し操業しているデータを紹介した。1 本電極と対比してのメリット, デメリット, 電極の消耗に関心が多く集まりこれらについて討論がなされた。同テーマでソ連からは試験炉の操業結果が報告された。直流電気炉と EBT (Eccentric Bottom Tapping) の組合せや上部電極の本数 (1 本と 3 本のどちらがよい) について活発な質疑応答が交されたが, 今後 EBT を組み合わせた直流電気炉の採用が進むという見解が主流を占めたと思われる。

直流電気炉, スクラップ予熱連続装入, EBT, 底吹き等電気炉製鋼にも新しい概念に立つ技術が育ちつつあり, これらが今後どう発展しより合理的な製鋼法として完成していくか興味が持たれるところであり, 期待したい。 (椎名)

Topic 7 Scrap Melting with Cost Effective Energies

本トピックでは 9 件の報告が行われ, 日本から 5 件, 外国からはドイツ, フランス, オーストリア, ソ連各 1 件であった。

最近の地球環境問題の高まりを反映して, 資源の効率的なリサイクリングの観点から, 安価で効率的なスクラップ溶解プロセスが注目を集めており, このような状況を反映してか, 会場はほぼ満席になり予想以上に盛況であった。セッションの性格上電気を使わない溶解プロセスの報告が主であり, 近年開発実用化された, あるいは実験された大半のプロセスが紹介された。

基調講演は F. HÖFER (Klöckner Stahl, ドイツ) より

あり、現在稼働中の KMS プロセスにスクラップの予熱機能を付与することにより、エネルギー原単位を大幅に節減できることが報告された。これ以外にも予熱機能を持ったプロセスが多く、住友金属のコークスベッドによる方法、川崎製鉄の石炭-酸素上吹きランスを用いる方法の初期は、スクラップ予熱工程に相当する。また炉の上部に予熱帯を設ける方法として、大同方式あるいは Voest-Alpine 社の KVA 法が報告された。

これらプロセスの中で実用に供されているのは、高炉鉄を併用したものが多いが、新日鉄より高炉鉄を使わない種湯方式の溶解法が紹介された。

スクラップ溶解の基礎現象に関しては、H. GAYE (IRSID, フランス) と S. V. KOMAROV (Moscow Steel and Alloys Institute, ソ連) から報告された。特に前者は Xe ガスを使うなど実験手法としてもユニークであり、貴重なレポートであった。また J. F. ELLIOTT (MIT, 米国) から今後の研究にあたって着熱効率の解明が重要であるとのコメントが印象的であった。

以上述べたように、今回のトピックは初めての試みであったが、報告数、参加者数など成功であったと思う。

(大橋)

Topic 8 Development of Continuous Casting and Ingot Casting Technologies

会議の後半の 3 日間連続して行われた。会場には連日 100 名を超す出席者があり、半数以上が外国人であった。海外 11 か国から 17 件の報告を含めて 43 件の発表があり (欠講 1 件)、鋼の品質を決める鑄造技術への関心の大きさが窺われた。

2 件の基調講演があり、J. K. BRIMACOMBE (British Columbia 大学, カナダ) は鑄片品質の向上と安定操業に密接に関係する鑄型内現象について最近の研究成果を集大成して紹介した。また K. WÜNNENBERG (Mannesmannröhren-Werke, ドイツ) は連鑄機の生産性、操業技術および鑄片品質の改善向上に関する最近の動向と将来の予測について述べ、彼らが新たに開発した鑄片清浄度の迅速評価法等を紹介し注目された。

一般講演では連鑄品質に関するもの 14 件、連鑄操業に関するもの 14 件、タンディッシュメタラジーとモデリングに関するもの 11 件と多く、一方造塊法については 2 件と少なく鑄造方式の移り変わりを如実に示していた。

連鑄片品質に関してクラウンロールまたはアンビルを用いた軽圧下あるいは強圧下による偏析低減技術、圧下条件と鑄片の変形挙動、V 状偏析と内部割れ等について討論された。電磁攪拌の適用に際しては未凝固鑄片付与よりも鑄型内付与の方が等軸晶生成に効果が大きいことで意見が一致した。介在物を減少させるための溶鋼流動制御に関する基礎研究が各国で行われており、タンディッシュ内溶鋼の三次元流動解析が標準化され実用例



写真 3 講演後の討論

が発表された。その際モデル計算にはタンディッシュパウダーあるいは温度場熱対流の存在等の影響を考慮すること、計算に用いる数値 (例えば壁立の熱伝達係数) の精度を上げること、などが今後の課題として提起された。国内からは鑄型内流動解析に着目した電磁攪拌、電磁ブレーキ、浸漬ノズル形状、湯面レベル制御等について発表され、パウダー巻込みにおよぼす湯面波動の起源とその周波数について、あるいは介在物と気泡の取扱いについて議論された。

操業技術については国内からの報告が大部分を占め、大型タンディッシュ、タンディッシュヒーター、連続測温、ミスト冷却、HDR、HCR、自動操業等の成果について報告されたが海外の多くの人から、プラズマ加熱や大容量タンディッシュの良さはよくわかるが、それに要する費用と対象鋼種、生産量を勘案するとやりたくてもできないという意見があり立場の違いが現れていた。

数少ない造塊技術の中では、大きさの異なる鋼塊を注ぎ分け、システム化した小ロット生産技術が注目された。

(尾関)

Topic 9 Electromagnetic Processing of Liquid Materials

鉄鋼の上工程に焦点を当てた本会議にあって、Electromagnetic Processing of Liquid Materials は外国からの参加者には異色の存在と映ったようである。すなわち、本トピックは日本鉄鋼協会の春秋の大会ではすでに馴染み深くなった電磁気冶金のセッションに該当するもので、これまでの IISC 会議においては見られなかったものである。3 日間の平均聴講者数は当初の予想を下まわり 80 名程度に止まった。外国人聴講者はこれまで鉄鋼とはあまり縁のない電磁流体分野で活躍される研究者、技術者で占められ、製鉄・製鋼のセッションに出席された外国人にはあまり関心と呼ばなかったようである。しかしながら、製鋼分野の欧米の著名な教授数名の顔が常に会場に見られたことは我々を勇気づけた。本トピックに見る限り、明日の技術の認識にあたっては世界と日本の鉄鋼関係者の間に少し違いがあるように感じられた。

日本、ソ連、フランスからそれぞれ 13 件、9 件、6 件、その他米国から 2 件、カナダと韓国から 1 件ずつ計 32 件の発表が行われ、当初心配した欠講は 1 件も見られなかった。材料電磁プロセシングの分野では先進国と目されるフランス、ソ連、日本が一堂に会する初の好機となった。

発表内容を見ると、M. GARNIER (MADYLAM, フランス) による基調講演はその内容において極めて濃縮された格調の高いものであり、本分野を常にリードしてきた MADYLAM の自負がうかがわれた。

近年注目を集めている Cold crucible に関する論文がフランス、ソ連、日本から計 6 件発表されたが、その中にあって、A. P. GUBCHENKO (VNIIEITO, ソ連) が提出したものは、その内容において我々といわずフランスの研究者までもその度肝を抜くものであった。すなわち、経済機構を異にするソ連にあっては過去 20 年間にわたって Cold crucible の研究と操業が活性金属に限らず通常の金属である鋼をも対象にして継続されていた事実、および直径 1~2 m に及ぶ Cold crucible の操業が行われていた事実が今回はじめて公となった。その他、Cold crucible の発表で注目されるものに、金子 (大阪チタニウム) による太陽電池用シリコンの溶解・ casting があった。これは、フランスで成功を見ているチタンの無接触 casting に匹敵する数少ない工業的規模での成功例の一つである。

その他、ソ連からの発表で注目されるものに、A. F. KOLESNICHENKO (Institute of Electrodynamics, ソ連) による双ロールプロセスの電磁堰、V. P. POLISCHUK (Institute of Foundry Problems, ソ連) による電磁ポンプがあった。これらの技術は今日にも我が国において活用できる可能性を有するものと考えられる。また、O. LIELAUSIS (Institute of Physics, ソ連) による基調講演は直流磁界が材料プロセシングに及ぼす新しい機能を模索するもので、工学的というより、科学的興味が持たれる内容であった。

一方、Y. FAUTRELLE (MADYLAM, フランス) による低周波磁界利用による熔融金属表面の攪乱の研究は溶湯の共振現象を利用するもので、その奇抜な発想が注目を集めた。

最近我が国で関心が持たれている電磁気力利用による連铸オシレーションマークの軽減もしくは消滅の研究に関しては、中田 (NKK)、竹内 (新日鉄) からそれぞれ個別に行った試行実験結果の発表があった。日本において電磁 casting を鋼の casting に適用せんとする強い気運に外国の参加者からは驚きが示されると共に、次の日本の新しい連铸技術として実を結ぶ可能性ありと見てか大きな関心を持った。

これまで電磁流体関連の国際会議は世界各国でたびたび開催されてはきたが、今回のように材料プロセシング

に焦点を当てた会議は初めての試みであり、参加者からは高い評価の声が聞かれた。

材料電磁プロセシングは高付加価値を有する非鉄金属分野での応用が先行しており、大量生産の鉄鋼への応用に関しては電磁攪拌以外、その困難さばかりが指摘されてきた。そのような状況のもと、今回の会議での最大の収穫は近い将来、鉄への応用の可能性が高まってきたとの実感が得られたことであった。(浅井)

Topic 10 Ultra Low Impurity Steel and Super Clean Steel

各国における最近の高純度鋼、清浄鋼に対するニーズを反映して、製造プロセスから鋼材の性質にわたって合計 30 件の報告がなされた。国別構成は米国 3 件、ドイツ 2 件、ソ連 2 件、カナダ、メキシコ、フィンランド、ハンガリー、ユーゴスラビア、ニュージーランド、中国、韓国各 1 件、日本 15 件である。

まず低炭素低窒素鋼の製造については、RH, VOD による超低炭素鋼製造に関するものが日本、米国で 4 件あり、特に脱炭促進に日本で行われている酸素源を利用した真空精錬に関して、熱補償、耐火物寿命、品質への影響について活発な討議がなされた。

次に脱硫と介在物形態調整については、まず L. E. K. HOLAPPA (Helsinki 工科大学, フィンランド) が基調講演「清浄鋼の理論的考察と実際へのアプローチ」でフラックス精錬および Ca 添加時の脱酸脱硫能に関する平衡論的考察を示した。つづいて Ca 処理、フラックス処理による脱硫・介在物形態調整について 3 件の報告があり、両処理法の効果の違いがまだ不明確であることが示された。

介在物の除去については、まず J. SZEKELY (MIT, 米国) が基調講演「超高純度鋼製造における電磁気現象」で特にタンディッシュに電磁ブレーキを適用して流れを制御し、介在物分離を促進することを強調し、感銘を与えた。また機械攪拌、電磁攪拌の介在物分離効果についての実験的研究のほか、加減圧による気泡発生、フィルター利用・回転電磁場による強力取鍋攪拌など新しい手段による介在物除去について日本から報告され、活発な質疑がなされた。このほか出鋼から連铸にわたる清浄化のための管理・制御について日本、米国から報告があった。

清浄鋼製造プロセスについては、A. McLEAN (Toronto 大学, カナダ) が「高品質鋼の Flexible manufacturing への革新プロセス」と題する格調高い基調講演でプラズマ利用、センサー技術などを強調し、聴衆を魅了した。また取鍋精錬による高純度鋼 (低硫、低酸素、低窒素など) の量産プロセスについて日本、ドイツから 3 件の報告があり、ランス寿命、フラックスと使用量、処理時間など多くの討議がなされた。

鋼材の性質については、軸受鋼、肌焼鋼の溶製方法と

疲労寿命におよぼす介在物、不純元素の影響について、日本、ハンガリーから 3 件の報告がなされた。特に硫黄の影響について討議され、酸化物が多時は適量の硫化物との複合が有効だが、酸化物が減少すれば硫黄は低い方がよいとの意見が出された。

再溶解プロセスと品質については、ESR プロセスに関連して、フレッケル防止のための成分・溶解条件、消耗式ホロー電極を併用した溶解法、ESR の連続鋳造化が日本、ソ連から報告され、操業方法などに関連して多くの質問があった。また ESR の溶解条件とプール形状、EBM の成分蒸発・介在物除去についての基礎研究が中国、日本から報告された。

以上のように本トピック全体を通じて高純度鋼・清浄鋼に関する各種技術が各国で広く根付いて来ているとの印象を強く受けた。(池田)

Topic 11 Process Control and Instrumentation of Iron-making and Steelmaking Processes

本トピックではドイツ、ベルギー、スウェーデン、インド、中国からそれぞれ 1 件、日本からは基調講演 1 件を含み 15 件の発表があった。

基調講演では、遠山(新日鉄)が日本鉄鋼業における計測制御技術の最近の動向に関する概説および今後の研究開発の方向性について言及した。一般講演では表 3 に示すような内容の発表があり、活発な質疑応答がおこなわれた。

計測分野では光応用、画像処理、間接計測(プロセス

表 3 トピック 11 の一般講演の技術分類

分野	シーズ技術	対 象	件数
計測	①温度	溶鋼温度(連続計測)	2
	②発光分析	溶鋼成分(マンガン計測)	2
	③プロセス・モデル	溶鉄成分(シリコン計測)	1
	④レーザ	トービードカー内壁のプロファイル	1
	⑤画像処理	転炉スロッシング、サルファーブリント	2
	⑥電磁気	スラグ・レベル検出	1
制御	①知識工学	高炉操業診断と作業指示	3
	②システム技術	連铸モールド・レベル制御	1
	③ロボット	高炉、電炉、転炉、連铸	4
	④音声認識	連铸鑄込み作業自動化 高炉鑄床作業自動化	1

モデリングと同定)技術は、今後の重要な技術と考えられ関心が強かった。また計測ニーズの高度化とシーズ技術の多様性から鉄鋼会社独自の技術開発が積極的におこなわれており今後、この傾向はさらに強くなろう。

制御分野では、新しい技術である知識工学(エキスパートシステム・ファジィ)に関するシステム開発方法、効果、制御理論との差異などに質疑が集中した。モデリングが困難な高炉のようなプロセスには有効な技術として、国内外で認識は一致した。

今回は日本からの発表が多かったが、エレクトロニクス技術の進歩は速く、今後は国際的な技術交流を推進することが重要であることが感じられた。(大島)

Topic 12 Maintenance and Diagnosis Technologies

会議 3 日目の本トピックでは、豊田(九工大)の基調講演と 14 件の一般講演が行われた。

15 件の講演の国別構成は、日本 11 件、英国、ドイツ、フランス、フィンランド各 1 件であった。

豊田は状態診断による予知保全システム(CBM)が最も経済的な保全方法であることを示した。

一般講演は設備診断に関するものが 10 件と多数を占め、その他は保全技術一般に関するものであった。保全、設備診断は共通技術の性格を持つものであり、対象を鉄鋼設備に限定しない一般的な診断技術も発表された。

全体的には保全システムの構築に関するものが多くあることが目についた。

個々の発表の主な技術を列挙すると、以下のように多種多様なものになる。

回転機診断においては、簡易診断システム、信号処理方式、人間の五感情報の定量化、電話回線の利用。

構造物診断では、音響放射(AE)、衝撃弾性波の利用、横波超音波の利用。

潤滑油管理では、酸化度および水分自動判定、磁気浄油装置、新タイプ潤滑油の開発。

エキスパートシステムでは、電気設備の故障探究および復旧の効率化、回転機診断。

その他として、プロセス診断(CC用多目的ダミーバー)、プロセス状態監視システム(CC、大型回転機)、高炉補修技術、製鋼における生産保全活動などであった。

会場では活発な質疑応答がかわされ盛況であったが、今回は海外からの発表は数も少なく、診断技術の応用レベルでは日本が世界のトップクラスであるとの印象を受けた。

今後は品質および歩留り向上への適用を狙った、保全技術の展開がはかられることが期待される。(朝比奈)

Topic 13 Optimization of Steelworks, in Terms of Economy, Energy, Environment, Resources, Delivery, etc. for Versatile Market Needs

本トピックは本会議のメインテーマの一つである FMT を真正面から捉えており、多様化する市場ニーズに応えるべく、経済性、エネルギーなどの観点から各国鉄鋼業、あるいは大形製鉄所からミニミル、など、それぞれの立場で現状ならびに将来について発表および活発な討論が行われた。内容は“鉄鋼業の最適化”に関し基調講演 1 件を含めて 4 件、“生産管理システム”3 件、“エネルギーの最適化”4 件、“プロセスの最適化”4 件、計 15 件である(欠講 1 件)。

“鉄鋼業の最適化”では、まず、足立(長岡技科大)の基調講演「次世代の日本の鉄鋼業」があり、日本の鉄鋼業が 21 世紀へ向けて経済情勢の変化に対応し、国際協調をはかりつつ発展を続けるためには、生産プロセスの FMS 化、製品のファインスティール化、ハイテク鋼材

による新市場の開拓などの変革が必要であることを提言した。ついで、UNIDO から 2 件 (K. FUJITA, オーストリア, B. R. NIJHAWAN, 米国) の発表があり、開発途上国の鉄鋼業に対する国連の技術援助の実態、プロジェクトの紹介があった。近代化、合理化による労働生産性の向上など地道な活動が主体であるが、今後は環境保護がもっとも重要であり、先進国に対する期待は大きい。V. BIHARI (Emko Steel Works, ケニア) はミニミルの経済性について発表し、最適化は各ミルの事情によって異なるので単にコピーでは済まず、また最近ではコスト低減のみならず操業改善や新技術の導入による品質向上が重要であり、さらに要員管理も必要であることを示した。

“生産管理システム”に関しては、Rautaruukki (フィンランド) の製鋼工場における生産能力およびコストモデルに基づいて最大利益を得るような意志決定支援システムと新日鉄名古屋の大幅な省力、品質改善につながったファジー推論を用いた鉚石輸送の高度制御システムについて発表があった。

“エネルギーの最適化”について、H.-B. LÜNGEN (VDEh, ドイツ) はドイツにおける粗鋼生産、エネルギー・燃料消費および製鉄製鋼技術の発展の経緯を踏まえて将来を展望し、エネルギー、環境問題を考慮しても大形製鉄所では高炉法が溶鉄製造プロセスとして残るであろうと述べた。エネルギーに関しては、川鉄千葉のガスタービン複合発電プラントは大きな省エネルギーを可能にし、また NKK 京浜の大規模なエネルギー集中管理システムでは大幅な省力化とコスト低減を達成し、注目を浴びた。また、E. SHELKOV (Institute of High Temperatures, ソ連) は個々の工場のみならず 2 次エネルギーの利用 (地域への熱供給)、環境対策を含めた総合的な最適化がはかれるようなエネルギー消費最適化モデルを提案した。

“プロセスの最適化”では、S. EKETORP (RIT, スウェーデン) の還元-酸化-脱酸サイクルによる現行鉄鋼製造プロセスに対し、より直接的な新プロセス (水素還元-拡散脱酸) を提案し、夢を与えた。さらに将来の製鉄プロセスでは排ガスやエネルギーなどを今まで以上に活用していく必要がある。山中 (神鋼) は連続式攪拌タンクリアクターの反応速度、効率をシミュレートし、向流式チューブリアクターと同等の性能が得られ、溶鉄処理への適用に可能性のあることを示した。R. U. SWANEY (Inductosteel, 米国) はコアレス炉と取鋼精錬炉からなる製鋼プロセスを開発し、小ロット特殊用途対応のミニミル (マイクロミル) には十分成立することを示した。最後に、R. BOOM (Hoogovens IJmuiden, オランダ) は自社における溶鉄処理、転炉、2 次精錬、タンディッシュ精錬、スラブ連続鑄造の各工程について開発経緯とともに将来の研究開発に対する方向を示し、その達成には現場と研究開発部門との密接な連携が不可欠であると締め

くくった。

以上のように本トピックは広範な内容に及んだが、21 世紀へ向けての鉄鋼業ならびに鉄鋼技術に対し、確かな手ごたえと夢が感じられた。最後は会場が溢れるほどの盛況となり本会議を締めくくるにふさわしいものとなった。(尾上)

3. ま と め

会議全体の成果としては次のようなことがあげられる。

(1) 各技術分野での最新の技術情報の交換と議論が行われたこと

それぞれの技術分野で先進的な位置にある各国が一堂に会し議論したことは、種々の新技術の中から、会議が目的とする『21 世紀の鉄鋼技術の中心となる革新的製鉄・製鋼技術』を今後育ててゆく上で重要な役割を果たしたと思われる。

(2) 鉄鋼に要求されている社会的要請にどう対応するかについて真剣な議論が行われたこと

CO₂ 問題への対応など、製鉄・製鋼の技術に対する社会の要請は大きく、重い。会議参加者の多くがそれぞれの立場で『この課題にどう対応してゆくか』の問題意識を持って聴講し、議論に参加したことが、会場内での人の動きからもうかがうことができた。もちろん、容易に解が得られる課題ではないが、この会議が各国での課題解決の大きな契機になったであろうことは、数年後には実証されるであろう。

(3) 製鉄・製鋼関係者の国際的一体感が醸成されたこと

会議参加者は各国でそれぞれの条件で品質、コスト、社会的要求に応えるために努力している。国によっては研究、技術開発を進めてゆく上で必ずしも恵まれた環境下にない人達にとって、世界中で同一分野でこのように多くの人が研究、開発に取り組んでいることを実感した



写真 4 Welcoming Party での交歓 (10 月 22 日名古屋観光ホテル)

ことは、大きな励ましになったと思われる。

IISC は 20 年前の発足当時の目標を達成し、今後は各技術分野ごとに多くの国際会議を開く方が適当な時期になっているとの判断から、今回で終わりにするが、それを惜しむ声が特に外国人から強かった。それは、現在の鉄鋼技術、とくに製鉄・製鋼の研究・技術分野での日本の指導的な位置に対する認識と、日本のリーダーシップについての期待感を反映するものと思われる。今後、それに応えるにはどうすればよいかの議論が行われることに期待したい。

なお、会議と並行して、会議参加者が同伴された夫人を主対象に、鳴海製陶、鳴海有松紋子会館、名古屋城、徳川美術館などの見学会が 2 日間にわたって行われ、約 30 名が参加した。日本文化の一端を味わって貰うことができ、好評であった。

会議終了後、希望者に対して次のような工場見学会が行われ、延べ 199 名が参加した。

27 日名古屋地区；

新日鉄名古屋製鉄所、大同特殊鋼および愛知製鋼、名古屋大学およびトヨタ自動車博物館

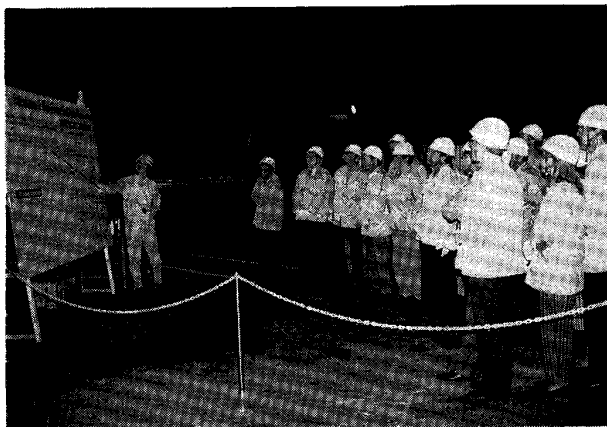


写真 5 新日鉄・名古屋製鋼を試問した見学会参加者

29 日東日本地区；新日鉄君津製鉄所、NKK 京浜製鉄所、川崎製鉄千葉製鉄所および鉄鋼研究所、住友金属鹿島製鉄所、金属材料技術研究所（筑波）および無機材質研究所、東北大学工学部および選鉱製錬研究所

西日本地区；NKK 福山製鉄所、川崎製鉄水島製鉄所、神戸製鋼所加古川製鉄所、日新製鋼周南製鋼所、山陽特殊製鋼

会議の成功は、名古屋地区の大学、企業（名古屋大学、新日本製鉄（株）名古屋製鉄所、大同特殊鋼（株）、愛知製鋼（株）、トピー工業（株））の会議運営に対する全面的な協力に負うところが大きかった。また、NKK、川崎製鉄（株）、（株）神戸製鋼所、住友金属工業（株）、日新製鋼（株）の若手技術者、研究者、名古屋大学および名古屋地区各大学の学生諸君が会議運営に協力した。

名古屋市および愛知県には、種々の配慮と便宜をいた

だいた。あわせて厚く感謝する。

なお、会議の運営にあたり、組織委員会を以下のように組織した。

委員長：八木靖浩（川鉄）

副委員長：佐野信雄（東大）、島 孝次（新日鉄）

顧問：天野益夫（愛知製鋼）、大橋延夫（川鉄）、岸田壽夫（大同）、河野拓夫（黒崎窯業）、安江 幹（新日鉄）

Secretariat：木下 亨（協会）

委員：浅井滋生（名大）、朝比奈秀行（NKK）、池田隆果（住金）、石川 隆（新日鉄）、石原弘二（トピー）、稲葉晋一（神鋼）、大島有三（新日鉄）、大中逸雄（阪大）、大橋徹郎（新日鉄）、大森康男（東北大）、尾関昭矢（NKK）、尾上俊雄（神鋼）、古賀丈幹（NKK）、坂尾 弘（名大名誉教授）、雀部 実（千工大）、椎名堅太郎（大同）、塩原勝明（NKK）、渋谷悌二（NKK）、島田仁（協会）、徳田昌則（東北大）、中西恭二（川鉄）、西岡邦彦（住金）、長谷川守弘（日新）、宮田 満（新日鉄）、望月志郎（新日鉄）、矢島忠正（大同）、安野元造（川鉄）、山田忠政（愛知製鋼）、

スタッフ：片山裕之（新日鉄）、加藤雅典（川鉄）、芳賀行雄（NKK）

本報告は組織委員が分担・執筆した原稿を、幹事と事務局がまとめたものである。最後に、本会議の準備、運営に献身的に協力された本会国際室の方々、及びその他の関係者にお礼申し上げる。（佐野、片山）

「Future Ironmaking Symposium」に参加して

徳 田 昌 則

東北大学選鉱製錬研究所 工博

1. 会議の性格

新製鉄法に関する国際会議が、近年頻繁に行われているが、今回、1990 年 6 月 14、15 日にカナダの Hamilton で行われた「Future Ironmaking Processes」に関する Symposium/Workshop は、従来の会議とはひと味違っていた。既存の製鉄法と将来可能性のある製鉄法を同列に並べ、論点を技術的に絞っていくというよりは、将来の製鉄法における問題の所在をはっきりさせ、その対策を取る際の共通認識を深めることに会議の大きな目的があったといえる。このため、参加者は高炉およびコークス炉技術者はもちろん、鉄鉱石、石灰石や石炭の鉱山業関係、ペレット製造、酸素製造、電力事業および