

国際会議報告

第6回日独セミナー報告

森 一 美*

1. は し が き

昭和59年5月22日、23日の両日第6回日独セミナーが東京三田にある笹川記念会館で開かれた。前回のセミナーがジュッセルドルフで開かれてからちょうど2年後で、東京開催は3回目になる。

セミナーの主題はドイツ鉄鋼協会(VDEh)との意見交換の後、1) Injection Metallurgy, 2) Phenomena in Solidification of Steel の2つにきまつた。このテーマ決定の背景として、第一はこのテーマが現時点の製鋼におけるもつとも重要な技術的問題であること、第二に日独の製鋼技術のレベルからみて、すでに実現されている技術そのものについての発表よりはむしろ新しい技術発展につながる基礎的現象についての発表討論を行い、そこから新しい知識なりアイデアなり、今後の発展への刺戟を得ようとするものがあつた。

ドイツ代表団は第3回セミナー以来ドイツ側の責任者をつとめてきた Dr. Alfred Randak (Krupp Stahl AG, Bochum) を団長とする一行19名(他に夫人8名)で、5月20日來日からセミナー、見学旅行の日程をこなし6月1日離日された。

ドイツ代表団名簿

- Dr. mont. A. RANDAK (Krupp Stahl AG)
 Dipl. -Phys. M. DUBKE (Technische Universität Clausthal)
 Prof. M. G. FROHBERG (Technische Universität Berlin)
 Dr. -Ing. R. HEINKE (Krupp Stahl AG)
 Dipl. -Phys. R. HENTRICH (Krupp Südwestfalen AG)
 Prof. Dr. -Ing. D. JANKE (Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH)
 Dipl. -Ing. R. JAUCH (ARBED Saarstahl GmbH)
 Prof. Dr. -Ing. R. JESCHAR (Technische Universität Clausthal)
 Dr. rer. nat. R. KECK (VDEh-Institut für angewandte Forschung GmbH)
 Prof. Dr. -Ing. K. W. LANGE (Technische Hochschule Aachen)
 Dr. -Ing. H. LITTERSCHEIDT (Thyssen Stahl AG)
 Prof. Dr. phil. F. OETERS (Technische Universität

Berlin)

Dr. -Ing. W. PLUSCHKELL (Hoesch Hüttenwerke AG)

Dr. -Ing. J. PÖTSCHKE (Krupp Forschungsinstitut)

Dipl. -Ing. R. STEFFEN (Verein Deutscher Eisenhüttenleute)

Prof. Dr. -Ing. E. STEINMETZ (Haus der Technik)

Dr. -Ing. R. THIELMANN (Thyssen-Edelstahlwerke AG)

Prof. Dr. -Ing. H. WILHELMI (Technische Hochschule Aachen)

Dr. -Ing. K. WÜNNENBERG (Mannesmann Forschungsinstitut GmbH)

2. セミナーの概要

セミナーは、5月22日に第1, 2セッションとして Injection Metallurgy について、5月23日に第3, 4セッションで Phenomena in Solidification of Steel について発表討論を行つた。開会の挨拶として、日本側森は今回選定の主題の意義を述べ、また Dr. RANDAK からは、同じように高い学術技術レベルで同じ分野の研究者、技術者が発表討論しあうことによる2国間セミナーからの大きな成果がまさにこの日独セミナーに期待できることが述べられた。

第1セッションでは5篇の論文の発表討論が行われた。

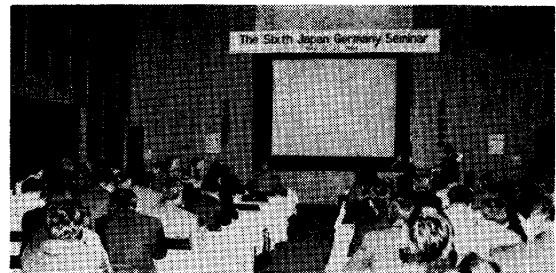


写真1 セミナー会場風景

Chairmen: E. STEINMETZ (Haus der Technik), K. S. GOTO (Tokyo Institute of Technology)

1. Flow velocities and mixing at blowing of gas into liquids by F. OETERS, Technische Universität Berlin
2. Physical interactions between injected gas and liquid in the initial jet formation zone by K. MORI, Nagoya University
3. Dimensional analysis of the heterogeneous buoyancy plume by W. PLUSCHKELL, Hoesch Hüttenwerke AG
4. On the behaviour of penetration and dispersion of particle in powder injection process by K. OGAWA, Kobe Steel, Ltd.

* 第6回日独セミナー実行委員長、名古屋大学工学部教授 工博

5. Water model studies on gas stirring in bottom blown steel ladles by H. WILHELMI, Technische Hochschule Aachen

このセッションは座長の Prof. STEINMETZ による製鋼技術の発展の簡単な歴史の紹介よりはじまった。論文 1 は液体にガスを吹き込んだ場合の液体の速度分布と混合時間に関するモデル実験の結果である。論文 2 は液体にガスを吹き込んだときの気泡の運動を高速カメラでとらえ、どのような条件でバブリングがジェッチングに変化するかを明らかにした独創的な研究発表であった。

論文 3 はガス吹き込みで形成される気泡柱の直径、軸速度、体積流速などを水モデル実験によつて解析したものであった。

論文 4 は水中と 300 kg の溶鋼に粉末を吹き込んだ場合の粉末の分布を調べた貴重な研究であった。

論文 5 はガス吹き込みの場合の混合時間におよぼす諸因子を水モデル実験にもとづいて解析したものである。

セッションの最後に座長の Prof. STEINMETZ と後藤よりそれぞれこのセッションの発表と討論の総括と将来に対する展望が述べられた。(後藤和弘)

第 2 セッションでは常温におけるモデル実験から高温の精錬反応までの広い問題について 6 篇の論文発表が行われ、これについて日独双方から活発な質疑がなされた。

Chairmen: W. PLUSCHKELL (Hoesch Hüttenwerke AG), K. MORI (Nagoya University)

6. Vortex formation during drainage of metallurgical vessels by M. DUBKE, Technische Universität Clausthal
7. Physical behavior of bubbles in molten iron and the nitrogen transfer by M. KAWAKAMI, Toyohashi University of Technology
8. Effect of melting scrap on the mixing-time of bottom gas stirred melts by K. W. LANGE, Technische Hochschule Aachen
9. Comparison of refining characteristics of hot metal between soda ash and CaO-based fluxes in powder injection process by Y. NAKAJIMA, Nisshin Steel Co. Ltd.
10. Development of CaCO₃ base flux to desulfurize hot metal down to 10 ppm by Y. HARA, Kawasaki Steel Corporation
11. Possibilities of low-phosphorus steel production by D. JANKE, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH

ドイツ側の論文 6 は転炉や取鍋底部から溶鋼排出を行う場合の渦流の発生とそれに伴うスラグの流出混入の機構や防止策を水や Hg を用いたモデル実験により明らかにし、さらにその結果を実際に適用した研究で、問題の

とりあげ方に創意のあるユニークな研究である。日本側から寄せられた多くの実際的な質問について発表者が大学に属しているにもかかわらず適切に熱心に答えていたのが印象的であった。論文 8 はガス吹き込みによる溶鋼の攪拌に対するスクラップの存在の影響を水モデル実験により調べたもので、浴攪拌と容器形状の関係を中心に質疑が行われた。論文 11 は、SiO₂ を含まない塩基性の強いスラグと溶鉄との間の脱りん平衡実験を浮遊溶解法により行い、さらにスラグ上置法と粉体吹き込みによる脱りん試験を行つたもので、溶鉄中の O 含有量、CaF₂ の作用などについての質問が出された。

日本側の論文 7 は、溶銑中にガス吹き込みを行い、電気探針法により気泡分布、気泡上昇速度、気液界面積を求めるとともに、吹き込みによる窒素の吸収放出の物質移動係数を求めたもので、ドイツ側より気泡の挙動について詳細な質問が寄せられた。論文 9 は溶銑中粉体吹き込み実験を行い、脱りん・脱硫効果についてソーダ灰と CaO-X (X=CaF₂, NaF, CaCl₂) を比較したもので、溶銑中の Si, Mn の影響、total O₂ やりん分配比の定義、分配比と塩基度の関係など多くの問題について質問が出された。また論文 10 は、トーピードカー中の溶銑に CaCO₃ 主成分のフラックスを吹き込み、低濃度まで脱硫できることを示すとともに反応機構を検討したものである。これについてドイツ側より、粒子表面層における 2CaO·SiO₂ 生成の影響、吹き込み中のスプラッシュの発生とメタルロス、ランス深さ、脱硫度のデータのばらつき、等多くの質問が寄せられ、この問題への関心の深さがうかがわれた。(森 一美)

第 3 セッションでは鋼の凝固現象について、伝熱解析が 2 件、凝固解析 3 件の論文が発表された。

Chairmen: F. OETERS (Technische Universität Berlin), K. KAWAKAMI (Nippon Kokan K. K.)

12. Heat transfer during one- and two phase water-spray cooling of hot metals by R. JESCHAR, Technische Universität Clausthal
13. Application of boundary element method to solidification process by T. UMEDA, The University of Tokyo
14. Investigation of the heat transfer and the temperature distribution in slabs during continuous casting by means of thermoelectrical measurements by H. LITERSCHIEDT, Thyssen Stahl AG
15. Flow phenomena during solidification and casting defects in steel ingots by I. OHNAKA, Osaka University
16. Investigation of internal crack formation in continuous casting using a hot model by K. WÜNNENBERG, Mannesmann Forschungsinstitut GmbH

論文 12 はスプレーとミスト冷却の熱伝達係数を定常・非定常両方の実験により解析した。熱伝達係数は水流密度と表面温度（沸騰域を除く）に強く依存し、流滴の運動量にはほとんど影響されない。ライデンフロスト点は水流密度と被冷却物材質の関数である。これに対し、運動量が熱伝達係数に影響が少ない点、沸騰域では熱伝達係数は一定としている点および熱伝達係数に水流密度が1次に比例する点に関して議論が行われた。論文 13 は、複雑な形状を有する鋳物の凝固現象解析に温度回復法をいれた境界要素法を用いた研究を述べた。従来法たとえば有限要素法、有限差分法と比較した本法の利点、境界条件式の取り扱い方法および収縮孔発生予測と冶金パラメータとの関連などについて論議された。論文 14 は、スラブ連続鋳造において鋳造中のシェル内に凝固・固定された熱電対をシェルとともに引き抜くことにより、2次冷却帯での鋳片内の温度履歴を測定し解析した。熱伝達係数履歴がスプレー直射部と水が無い部分（放射熱量が重要）で解析された。論文 15 は、直接有限差分法を流動を考慮した凝固現象解析に応用し、鋼塊のポロシティ、マクロ偏析生成メカニズムを考察した。さらに今後の凝固問題の検討課題をいくつか提示した。マクロ・モデルとマイクロ・モデルとの関連について議論が行われ、軸心部でV状流動が発生しない点と逆V偏析発生機構について質疑が行われた。論文 16 は、炭素鋼の内部割れ感受性におよぼす C, Mn, S と Mn/S の影響について熱間曲げシミュレーションを用いて調査したもので、クラック・インデックスの物理的意味について質疑が行われた。

(川上公成)

第4セッションではセミナー第2主題の第2部として連続鋳造に関する5論文が発表された。

Chairmen: A. RANDAK (Krupp Stahl AG), H. Steel MATSUNAGA (Nippon Steel Corporation)

17. Mathematical analysis of microsegregation among dendrites by T. MATSUMIYA, Nippon Steel Corporation
18. Influencing the solidification structure in strand cast blooms by reversing rotary electromagnetic stirring in the secondary cooling zone by R. JAUCH, ARBED Saarstahl GmbH
19. Solidification phenomena of continuously cast stainless steel billet by K. NAKAI, Sumitomo Metal Industries, Ltd.
20. Solidification phenomena during horizontal continuous casting with oscillating mould by R. HEINKE, Krupp Stahl AG
21. The characteristics of solidification in horizontal continuous casting process by S. TAKEDA, Nippon Kokan K. K.

論文 17 は連続スラブのデンドライト間マイクロ偏析に

関し簡明ではあるが巧妙な数学モデルを提示しており、実験データとよく一致している。論文 18 は種々の電磁攪拌装置を用いて連鋳ブルームの凝固組織改善を計った報告であり、上下攪拌より回転攪拌の方が等軸晶生成に有利であると結論している。本論文に対し等軸晶生成機構等に関し熱心な討議・コメントが行われた。

論文 19, 20, 21 は水平連続鋳造に関する発表で、論文 19 はオーステナイト系ステンレスの鋳造経験を述べたもので、凝固組織改善のために多段式電磁攪拌の有効性を報告している。論文 20 はモールドオンレーション方式の水平連鋳の開発についての報告であり、ブレーキングリングを使用するにもかかわらず、cold shut crack, hot spot が激減するとの結果は興味深い。論文 21 は水平連鋳の開発における初期凝固現象・凝固組織に関する経験をまとめて報告したものであり、水平連鋳の特質を明らかにしている。

(松永 久)

以上の発表で、セッションごとに座長から展望と総括が述べられた。

第1セッションのはじめに、Prof. STEINMETZ は、製鋼技術の発展の歴史の中で Injection Metallurgy はアルゴンの大量製造が可能になったことから発展したものであること、また他分野の研究が自分の分野の発展に大いに参考となる好例であることを指摘した。また同教授は、まとめとしてこのセッションで取り扱われたモデル研究の実際への適用性、モデル実験の意味、解決すべき問題点をいくつかの項目にわたって述べた。また後藤教授はモデル実験を実際に適用する場合、実際に起こる現象について注意深い検討が必要であり、これについて Sensor Technology の適用の可能性を述べた。第2セッションで Dr. PLUSCHKELL は、モデル実験における Similarity の意味については Prof. STEINMETZ と同意見であるが、実際への適用性についてはモデルの scale の選定についての困難な問題があり、一番よいのは実際の装置そのものについての諸測定を行うことであると述べた。森はモデル実験において気液の物性値を正しく考慮することの重要性を強調し、またこのセッションの後半で扱われた溶鉄、溶鋼を用いた反応の研究はわが国で多くの発表討論が行われているが、今回のドイツ側からの質問に新鮮さを感じたと述べた。

凝固現象についての第3セッションのはじめに、Prof. OETERS は、ドイツ側から発表される2次冷却に関連する研究および日本側からの2件の数式モデルの研究の意味をとりあげ、実際技術開発に対しての基礎研究のあり方についての意見を述べ、またセッションのまとめとして、連鋳鋳片内の温度分布、応力と割れの関係の知見が最適の2次冷却法の開発につながると述べた。第4セッションでは、Dr. RANDAK は凝固過程の鋼材品質に及ぼす影響の重要性にふれ、また個人的見解としながら、水平連鋳は少なくとも高合金鋼の製造に関しては将来標



写真 2 山陽特殊製鋼(株)訪問のドイツ代表団

準的鑄造法になろうとの印象をもっていると述べた。また松永博士は連鑄プロセスのうち、とくに偏析問題の解決の重要性をとりあげ、問題の本質的解明に迫る基礎研究をさらに促進させる必要のあることを強調した。

今回のセミナーでとりあげた2つの主題は実際操業の基礎をなす重要な問題であり、また基礎工学的にも興味ある内容をもっているが、従来わが国の学会等で必ずしも十分なとりあげ方、議論がなされていない。それだけ今回のセミナーはわが国のこの分野の今後の発展にかなりの刺戟を与えたものと思う。

3. 大学会社見学訪問

セミナー終了後のドイツ代表団の見学訪問先は、東北大学工学部および選鉱製錬研究所、名古屋大学工学部の2大学と、住友金属工業(株)鹿島製鉄所、新日本製鉄(株)第一技術研究所、徳山工業(株)、川崎製鉄(株)水島製鉄所、山陽特殊鋼(株)、(株)神戸製鋼所神戸製鉄所の6会社工場で、一行は途中日光観光も行い、非常に密度の濃い熱意に満ちた見学旅行をされた。なお、この見学で種々御配慮いただいた大学、会社の方々に厚く御礼申し上げます。

4. あとがき

今回のセミナーでは、日独とも過去最多数の出席者のもとに充実した討論、親密な学問技術的、人間的交流が行われた。とくに Dr. RANDAK 団長も強調されていたが、今回のセミナーを通じて日独双方が、将来の技術発展の方向をにらみ研究開発で何をすべきか極めて類似した考え方もっていることが改めて確認され、これこそがセミナーを通じての両国の今後の緊密な交流の持続を約束するものと思う。最後に、本セミナーが周到な準備のもとに支障なく運営されたことにつき実行委員各位および日本鉄鋼協会国際課の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 森 一美: 鉄と鋼, 70 (1984), p. 446