

## 報 告

## 第5回 ICVM ならびに ESR 国際シンポジウム会議報告

## Report of 5th International Conference on Vacuum Metallurgy and Electroslag Remelting Processes

佐 藤 宣 雄\*



第5回 ICVM のシンボルマーク

1976年10月11日～15日の5日間西独ミュンヘンで、第5回真空冶金国際会議(ICVM)とESR国際会議が合同で開催された。第4回まで両会議は別々に運営されていたが、研究者、技術者ならびに技術的背景が共通していることから、今回からひとつの会議に集約された。主催は、Österreichische Gesellschaft für Vakuumtechnik (OEGV), Eisenhütte Österreich, Schweizerische Gesellschaft für Vakuum-Physik und-Technik (SGV), Deutsche Arbeitsgemeinschaft Vakuum (DAGV), Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), でオーストリア、スイス、西独の3カ国5団体、後援は American Vacuum Society, International Union for Vacuum Science, Techniques and Application, の2団体である。

実行委員長は西独 Leybold-Heraeus 社 WAHLSTER 博士であつた。この会議期間中、博士夫人、娘さん2人、息子さん1人の家族総出で世話をしてくれたのには感激した。

参加国 26 カ国、参加者約 150 名、発表論文数は特別講演も含めて約 56 編あつた。日本からの報告は新日鉄・八幡(筆者)、住金・和歌山からの2編と非常に少なかったことは、前回(第4回)が日本で開催されてい

ることを思うと残念なことだつた。井上道雄・名大教授が、日本鉄鋼協会田畑専務理事からのメッセージを冒頭の挨拶で述べた。

開会特別講演で WAHLSTER 博士は、真空技術が人間生活に密接に結びついていることを、我々の身のまわりにある数多くの実例を示して講演された。本論文は次のように 10 Section に分類、1 会場で順次発表討論され、各 Section の冒頭には必ず特別講演があつた。鉄鋼分野のみならず、アルミ、銅、チタンなどの非鉄真空冶金分野の論文も多く 1 Section 設けられた。

- Section 1. The physical chemistry of vacuum metallurgy
- 〃 2. The vacuum treatment of molten steel
  - 〃 3. The vacuum treatment of molten non-ferrous metals, including vacuum distillation
  - 〃 4. Melting and remelting processes under vacuum (vacuum induction furnace, VAR, EB, etc.)
  - 〃 5. Jointing processes and heat treatment under vacuum
  - 〃 6. The physico-chemical problems of the ESR process
  - 〃 7. The characteristics of ESR plants and operating experience
  - 〃 8. ESR for the production of heavy forgings
  - 〃 9. Economical aspects and automating of ESR process
  - 〃 10. Process models and methods of automating vacuum-metallurgical processes

ESR プロセスに関する報告が最も多く 23 編あり大別すると、① 新設大型 ESR 炉の操業経験とその品質(4 編) ② ESR 材の品質・経済上の有利性(6 編) ③ 中空インゴット製造技術(3 編) ④ ESR 技術を応用した新しいプロセス(4 編) ⑤ ESR 時の基礎物理化学問題の実験室的・数学モデルによる解析(6 編)となる。

\* 新日本製鉄(株)八幡製鉄所

Röchling-Burbach (西独) の CHOUDHURY 博士らは 2 300 mm 径-80 t ESRインゴット製造時のプール深さは 1 000 mm が最適であり、内部健全性は十分に確保できる、と論じた。また 1 000 mm-30 t, 1 300 mm-50 t, 1 300 mm-80 t クラスは 12%Cr 鋼ロータ製造でここ 2 年間満足する実績を得ている、とも述べた。

Thyssen Henrichshütte(西独) の ROHDE 博士は 1975 年 1 月初稼動した 1 340 mm 径-60 t インゴットの製造経験を述べ、2 年間で 3 200 t の生産実績を得た (600 mm, 950 mm 径の小サイズを含む)。1976 年夏から本炉で 1 320×650 mm-30 t スラブ製造試験を開始 40 ヒート溶解した。小電極迅速交換方式のため(欧州の大型 ESR 炉はほとんどこの方式)交換部のインゴット表面性状は若干悪くなるが品質上問題となるほどではないとのこと。

新日鉄-八幡の筆者はバイフィラー ESR 炉における 40 t スラブ製造経験を報告、スラブ厚み 500 mm・炭素鋼でのストリング・ゴースト発生防止法としてスラブの気水強制冷却が効果的であること、また低水素鋼を得るためにはスラグ・リサイクル法とシールド・ESR 法の併用が望ましいと指摘した。

VEW-Böhler, Kapfenberg (オーストリア) の JÄGER 博士らは Böhler 製-ESR 炉の約 40% は冷延ロール製造用として稼動しており、歩留向上・廃却ロールの再溶解・鍛造比の減少・マイクロ硬度のパラッキ減少・などの長所があり、ロール寿命 20~40% 向上すると解説した。

中空インゴット製造に関する報告はソ連 1 編、米国 2 編で外径 500~700 mm・肉厚 25~65 mm の中空インゴット製造に成功している。MEDOVAR 博士はスウェーデンの SKF-Hofors に新設した 6 本電極バイフィラー型の中空インゴット製造経験について報告し、成品はシームレス・パイプ用になると述べた。

ESR 技術を応用した新しいプロセスとして、Böhler の KÜHNELT 博士らは、通常造塊時の Hot-Topping に水冷押湯砕-溶融スラグ-消耗電極を使用し (Böhler-Electroslag-Topping と称していた)、大型鋼塊凝固時の凝固欠陥を防止する技術を実用化し 50 t クラスの丸型・スラブ型のいずれにも適用可能であることを報告した。

Klückner-Werke (西独) の MAIDORN 博士は通常造塊法製インゴットの core 部を機械加工で除去、この中空部を ESR 法で中実化し内部健全性のすぐれた大型鋼塊を得る新しい方法を 3 000 mm 径・300 t クラスまで実用化したと述べた。このプロセスは Core-Remelting または MHKW 法と呼ぶ。

Paton 研究所 (ソ連) の MEDOVAR 博士は、ESR 時の合金添加が 5% まで可能なので、ESR 法の経済性を向上させるために LD 転炉製普通鋼電極使用・ESR 時合金添加法で低合金鋼が製造可能であると述べた。

アーヘン大学・EL GAMMAL 教授は、CaF<sub>2</sub> フリー・スラグの ESR への適用可能性について、実験的研究を CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系で行い、電導度の小さい CaF<sub>2</sub> フリー・スラグはスラグ温度を高温化しやすいことから、所要電力の低減に有利であると論じた。

次に論文数が多いのが、溶鋼の真空精錬に関する報告で 12 編あつた。① DH-RH 操業技術 (2 編) ② VOD によるステンレス精錬・低合金鋼の脱ガス (2 編) ③ VOD-VAD 法の操業経験 (1 編) ④ 真空造塊・真空処理時の脱介在物機構 (2 編) ⑤ 硬鋼線材・軸受鋼の材質向上 (2 編) ⑥ 取鍋 2 次精錬各種プロセスの考察 (1 編) ⑦ 真空下 Ar 吹込みによる脱炭・脱窒基礎実験 (1 編) ⑧ 真空下水素・窒素の物質移動の実験室的究明 (1 編) などなどである。

RH の発祥地 Thyssen Henrichshütte(西独) の MAAS 博士は、新設 150 t RH について次のように述べた。40 t, 100 t 電炉・150 転炉溶鋼の真空処理 7 万 t/M の能力を持つ。現在全生産量の 35% は RH 処理。処理サイクル 30~40 min. 電極加熱・垂直水冷 O<sub>2</sub> ランスを装備。1 man で運転できる。水冷 O<sub>2</sub> ランスでステンレス鋼脱炭可能である。

住金・和歌山の永畑氏は最近の DH 技術進歩について述べ、オプティカル・ファイバー・スコープによる炉内観察・炉内自動吹つけ・炉内コーティング技術によつて真空槽 2 000 回以上、浸漬管 1 200 回以上の耐火物寿命を得ている。DH 処理を合金コントロールだけに利用して処理費用を従来の 1/2 とした。

VOD によるステンレス鋼精錬技術進歩に関して、Thyssen Edelstahlwerke, Witten (西独) の PATEISKY 博士は真空脱炭時の排ガス中酸素ポテンシャル (CO/CO<sub>2</sub>) を CaO 安定 ZrO<sub>2</sub> 電池を使用して連続測定し、キャッチ・カーボン、アルゴン供給量調整、ランス高さ調整などの操業安定化技術を開発したと述べた。

軸受鋼の疲労寿命に与える真空処理の影響についてハンガリー Research Institute for Ferrous Metallurgy の TARDY 博士は次のように論じた。真空処理材は電気炉炉内 Al 脱酸法、取鍋内合成スラグ処理法に比較して、[O] 含有量は低いが、[S] 含有量が高い。各種プロセスで精錬した軸受鋼寿命を比較すると、O/S 比が小さいほど長寿命であるという結果を得た。[S] が高いと酸化物系介在物の周囲に薄い硫化物フィルムが形成され、酸化物の悪影響が緩和されるために疲労寿命が向上する。

ESR 法以外の再溶解法に関する報告も 7 編あり、① VAR 材の品質・経済上の有利性 (2 編) ② エレクトロン・ビーム (EB) 溶解法 (2 編) ③ プラズマ・アーク溶解法 (3 編) などである。

高純度フェライト系ステンレス鋼の溶製には浸入型固溶元素 C および N を著しく低減する必要があるが、



写真 PLATZL で楽しい Bavarian Evening を過ごす全参加者。煙草をくわえているのが筆者、左が BHAT 博士，林主税氏，船崎光則氏，筆者の右が MEDOVAR 博士。

Strocchi 博士(Laboratorio Tecnologia Materiali, 伊)らは 10 kg AOD 炉と drip-melting EB 法を併用して 18Cr, 21Cr, 30Cr での極低(C+N)鋼を試作，靱性等の調査結果を報告した。

Paton 研究所(ソ連)MEDOVAR 博士らも EB 法による極低(C+N)鋼溶製法について述べ，370 PPM C, 383 PPM N フェライトステンレス鋼は EB 法で 60 PPM C, 64 PPM N になると報告した。

INTECO(オーストリア)の HOLZGRUBER 博士は Ti 溶解に使用されてきた回転水冷銅電極(Rotorode)の新しい利用法について述べ，ルツボ内張に Dolomite を使用し脱硫反応を進行させる。また多数電極使用するなどで将来 10 t/バッチー 5 t/h が可能となり耐熱鋼分野への適用が可能となると述べた。

以上，会議の概況と筆者なりに興味を持った報告の内容を略述したが，筆者の語学力の乏しさから討論内容について報告できないのが残念だ。なお論文集が 11 月末に発刊される予定とのこと。

会議会場がホテルで，5 日間と長かつたこともあつて参加者間で個人的接触をする機会に恵まれ，種々の情報交換ができたこと，著名な研究者・技術者の人格・見識に直接接触することができたこと，また知己を得たことは国際会議初体験の筆者にとつて大きな収穫だつた。ICVM は 3 年ごとに開催されている。今回は日本からの報告がやや少ないと思われたので次回からは積極的参加をすることが必要と思う。

おわりに，本会議で知己となることで，筆者の発表を激励して下さつた名古屋大学井上道雄教授，日本製鋼所船崎光則氏，また質疑応答時，筆者の語学力不足を堪能な英語で助けて下さつた日本真空技術(株)林主税社長に厚くお礼申し上げます。

## 特殊精錬法文献集の有償頒布について

鉄鋼基礎共同研究会，特殊精錬部会の一つである第 6 分科会では ESR にとどまらず，ひろく特殊精錬すなわち取鍋精錬や特殊溶解に関する情報の収集を担当しております。このような情報活動の成果をひろく関係者の参考にしていただくため，ESR 法に関しては，すでに ESR 文献集第 1 集，第 2 集としてその成果を刊行して参りましたが，特殊精錬法に関しても ESR の場合に準じて調査をおこない，その成果をここに特殊精錬法文献集第 1 集として刊行することにいたしました。

対象とした特殊精錬法は，たんなる脱ガス法，スラグ処理法などを除いた溶鋼の取鍋精錬法(VOD, AOD, ASEA-SKF 法など)および特殊溶解法(VIM, VAR, EBM, EBR, PAM, PAR 法など)であり，各プロセスの設備，操業技術，応用技術ならびに基礎研究結果などを網羅しております。本文集第 1 集は主として 1960 年以降の国際会議，シンポジウム，学協会誌および専門誌に発表された論文ならびに資料について，図，表，写真などにより内容を分類し，雑誌別，プロセス別に整理編集してあります。なお本文集に集録しました件数は欧文 579 件，和文 195 件の合計 774 件であります。本文集を広く皆様方に御利用いただくため下記要領で頒布することになりましたので，ここに会員の皆様にお知らせ致します。

### 記

1. 頒布価格 2,000 円
2. 申込方法 書名，部数，送付先を明記のうえ代金を添えて現金書留にてお申込み下さい。
3. 申込先 〒100 東京都千代田区大手町 1-9-4 経団連会館 3 階  
日本鉄鋼協会技術部 山本由己 Tel. 03-279-6021