

「第3回 日本・スウェーデンプロセス 冶金学シンポジウム」及び「第2回クリ ーンスティール国際会議」報告

報 告
~~~~~

## 第3回日本・スウェーデンプロセス 冶金学シンポジウム

昭和53年12月の第2回シンポジウムに引き続き、第3回の会議が56年5月21,22の両日、Jernkontoret および日本鉄鋼協会主催の下に、ストックホルムの Jernkontoret 会議室で日本側代表16人を含む合計66名の参加者を得て開催されたので、その概要を報告する。後に詳述するように、双方から各10件の論文発表とそれぞれ各3件のトピックスの紹介が行われた。また会議の途中では夕食を兼ねて郊外の要塞まで全員が船旅を楽しみまた湯川大使をお招きして田畑副会長夫人のピアノリサイタルも開かれて両国の製鉄技術者が親しく交歓できたのは何よりの収穫であった。特に今回は日本側が初めて訪問したために、従来の王立工科大学の方ばかりでなく、スウェーデン全土の企業技術者が出席しており、参加者全員の関心が一致したために、スムーズな討論が進められた点が印象深かった。

会議後の日程はかなり強行ではあったが、4日間に1大学、1研究所、4工場を見学したので、以下に論文お



写真1. Eketorp 教授, Bergh Jernkontoret 専務理事  
と代表団 (Jernkontoret 玄関)



写真2. 田畑副会長から Bergh 氏への記念品贈呈

よび、見学の概要を紹介する。なお第1回以降、特に今回のシンポジウムについては、御退官前のお忙しい時期に約1年の準備期間を含めて献身的な御努力をいただいた王立工科大学 Eketorp 教授 および 本会の開催に全面的に協力された Jernkontoret 専務理事 Bergh 氏に厚くお礼申し上げる。(佐野)

### 論文紹介

#### 1. Mixing Time of Refining Vessels Stirred by Gas Injection (S. Asai, T. Okamoto, and I. Muchi)

ガス攪拌における均一混合時間 ( $\tau$ ) と攪拌エネルギー密度 ( $\epsilon$ ) の関係を移動速度論の観点から理論的に展開し水モデル実験によって、理論結果の立証を試みた。その結果、次のことが明らかになった。ガス吹き込みによって攪拌される槽内の流体運動は二つの主要な流れに分類でき、その一つは粘性力によって支配される流れで、そこでは  $\tau$  は  $\epsilon^{-0.5}$  に比例し、槽の大きさにはよらない。他の一つは慣性力あるいは乱流粘性力によって支配される流れで、そこでは  $\tau$  は  $\epsilon^{-1/3}$  に比例し、槽の大きさに依存する。ここで得られた知見に基づいて、水モデル実験によって得られるデータを用いて、スケール・アップを行う際の手順が示された。質問は次のとおり。

1) 水モデル実験における均一混合時間と攪拌エネルギー密度の関係が示されたが、それらが、 $\epsilon$  の増加に伴って不連続に遷移する理由について

2) MEFOS で行われた均一混合時間の測定結果によれば、 $\epsilon$  の増加に伴って  $\tau$  がもはや減少しなくなる領域が見られたが、この理由を理論的にどのように理解すべきか。(浅井)

#### 2. Behaviour of Submerged Gas Jets in Liquids in the Vicinity of the Nozzle (T.-C. Hsiao, G. Ternner, and P.-O. Mellberg)

(T.-C. Hsiao, G. Ternner, and P.-O. Mellberg)

液中のノズルからのガスの噴射メカニズムを、水、アルミ浴、炭素飽和溶鉄を用いて検討している。すなわち気泡径、気泡発生頻度を測定し、ガス流速が音速に達する点で、気泡発生頻度と大きさが最大になり、音速に臨界的意味があることを示している。さらにアルミ、鉄浴について、同様の測定をし、気泡の平均体積 ( $V_b$ ) がガス流速 ( $V_g$ ) により、 $V_b = K V_g^{6/5}$  で決まること、水中でジェットの軸上で全圧を測定することにより、大気中より減衰が早い、ほぼ類似の挙動を示すことを明らかにしている。

最後にホウ酸のブリケットを擬似羽口れんがとして、水中で、気泡のバックアタックによる羽口れんがの溶損挙動に対するガス流速の影響を検討し、ここでも音速に臨界的意味があることを示している。(大河平)

#### 3. On the Mixing and the Behaviours of Powder Dispersion in Injection Process (K. Narita, T. Makino, H. Matsumoto, and K. Ogawa)

粉末インジェクション法およびガスバブリング法における混合挙動について、KCl 水溶液をトレーサーとした水モデル実験により、その均一混合時間を電気伝導計により測定し攪拌動力との対応で求めた。その結果混合時間は攪拌動力に容器容積を含めたパラメータ  $\epsilon(M_L/\rho_L)^{-2/3}$  ( $\epsilon$ : 攪拌動力,  $M_L$ : 液重量,  $\rho_L$ : 液密度) により整理でき、さらに粉末インジェクション法の混合時間は、バブリング法の値より若干小さい結果が得られた。次に密度が大きく、難溶性の金属を粉末インジェクション法により溶鋼中に添加する場合の粉末挙動を調べる目的で、水モデル実験により重密度粉末を含めた一般的な粉末を用い、液中へ侵入する距離、粉末が浮上するかあるいは沈降するかを示す臨界条件さらには粉末が溶器全体に分散する時間について、おのおの攪拌動力を基本にそのパラメータを導出し、水モデル実験結果との対応を調べた。本発表に対し(1)粉末インジェクション法あるいはバブリング法での均一混合時間を溶鋼を対象に測定したことがあるか?(2)粉末分散挙動の実験で、粉末形状および粉末径の影響について調べたことがあるか? などについての質疑があった。(小川)

#### 4. Hydrodynamic Studies of Injection Treatment of Steel (G. Carlsson)

粉末インジェクション法は非常に速い反応速度が得られるため、今日有効な精錬プロセスの一つになっている。その目的は介在物の形態制御・脱酸・脱硫及び合金添加である。本法の速度論的な挙動は流体力学によつて支配され、ガスジェットのエネルギが溶鋼に加わり、その結果循環運動が生ずる。そこで本報ではこの循環速度及び混合時間を水モデル実験により測定し、さらに単孔及び4孔ランスを用い、混合時間に与えるノズル孔数の影響も確認した。また6, 40及び50t溶鋼取鍋を用い、パイロットプラント規模ではCu-Snを、又生産規模の実験ではAuをそれぞれトレーサーとし、Arバブリング及び粉末インジェクション法における混合時間も測定した。その結果、混合時間は次式を用いることにより整理できた。

$$\tau_b = k \left( \frac{d}{h} \right)^b \left( \frac{h\sigma\rho}{\mu} \right)^c h\nu^{-0.25} \bar{\epsilon}^{-0.25} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ただし } \bar{\epsilon} = 0.014 \dot{V}_g T / m_L \cdot \log(1 + h_0/1.48)$$

$d$ : 取鍋直径,  $k$ : 定数,  $h$ : 浴深さ,  $\sigma$ : 表面張力,

$\rho$ : 密度,  $\mu$ : 粘度,  $\nu$ : 動粘度,  $\dot{V}_g$ : ガス流量,

$m_L$ : 溶鋼重量,  $T$ : 溶鋼温度,  $h_0$ : 浸漬深さ

またガスバブリングにおける液の表面速度は、60t溶鋼取鍋を用い直接測定を行った。その結果60t取鍋に対し、表面速度は次式で表せた。

$$\bar{U}_z = 0.97 (\dot{V}_g)^{0.239} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2)$$

本講演に対し①(2)式において表面速度は容器の大きさに影響しないか? ②混合時間におよぼすノズル孔数の影響を調べる実験において、ランス位置によつて混合時間は変化するものと思われるが、本実験のランス位置の条件? などについての質疑があった。(小川)

#### 5. Smelting Reduction of Chromium and Iron Ores by Plasma Jet (K. Kaneko, S. Nishioka, and N. Sano)

Cr 18% のステンレス鋼 (4 kg) を鉱石から直接製造する目的で 40 kVA の小型プラズマ炉を用い、コークスを内装した鉱石ペレットとあらかじめ溶製したスクラップを原料として溶融還元を行った。その結果半還元ペレットおよび未還元ペレットともコークスの装入割合をふやすほどクロム歩留りは上がり、最高 98% に達した。原料中りんはほとんど金属に還元吸収されたのに反し、硫黄はかなり気化しており、その程度は生鉱石の方が大きかった。これは同時に発生する一酸化炭素の運搬作用によるものと考えている。石灰を同時に添加した場合は、硫黄の気化率が下がり、スラグの脱硫作用が働いていることがわかった。

このようにして得られた金属の成分例は Cr 18%, C 1.1%, Si 0.6%, S 0.06%, P 0.015% であり、更に精錬する必要が認められる。

同様に鉄鉱石についても実験を行った。この場合の顕著な特徴は硫黄同様最大 70% にも及ぶ気化脱りんが認められた点にあり、このため C 0.3%, S 0.13%, P 0.007% の溶鉄が得られ、なお脱硫について検討の必要を残している。

この論文に対し、Eketorp 教授より、粉鉱石のままの使用の是非について質問がなされたが、この場合のプラズマーク中の滞留時間にくふうが必要ではないかとの返答があった。(佐野)

#### 6. Reduction Tests at High Temperature Levels (S. Forsberg)

溶鉱炉のポッシュ部分をモデル化するために MEFOS に設置した試験設備を紹介し、これが種々の原料の炉内挙動の推定に適していることを示した。その一例として装入物の軟化および溶落挙動に及ぼす硫黄の挙動について報告している。

試験炉は重さ約 600 g, 高さ 70 mm の試料を誘導加熱された黒鉛のつぼ (底に穴がある) に入れ、荷重をかけながら下から種々の組成のガスが流れるように設計されている。溶け落ちた試料はガス管中を逆に落下して鋼型に流入する。

30% 予備還元した 2 種の試料 (酸性ペレット, 焼結鉄) を 950°C から 180°C/h の速さで 5% H<sub>2</sub>, 25% CO, 0.05~0.16% H<sub>2</sub>S 残り N<sub>2</sub>, 300 l/min 気流中で加熱し、荷重は 0.5 kg/cm<sup>2</sup> とした。その結果還元ガスが硫黄を含む場合、含まないガスの場合よりも圧力損失が低温で起こり、また酸性ペレットは 1000°C で自溶性焼結鉄は 1200°C で変形した。これは前者では後者の CaS に比べて融点の低い FeS が生成したためと考えられる。

溶落試験では新たに塩基性ペレットを加え 30% CO, 70% N<sub>2</sub> ガス下で同様の実験を行い、圧力損失とベッド高さの変化を連続的に測定した。圧力損失にピークが見られた温度は焼結鉄で 1350°C と 1420°C, 酸性ペレットで 1400°C, 塩基性ペレットで 1350°C と 1450°C であつた。酸性ペレットの特徴は 1100°C 付近で他の二つの試料に比べ還元が遅いが 1300°C で周囲の鉄殻が割れると中の未還元溶融物が流れて急激に還元が進む点にあつた。最後にこの試験が、融着帯に関する情報取得や、種々の新しい装入物の挙動を予測するのに有用であ

ると結論している。

参加者の大半が製鋼関係者であつたために本論文の討論は不活発であつた。圧力損失のピーク温度については、低温ピークがスラグの、高温ピークがメタルの溶融に対応すると考えている旨返事があつた。(佐野)

### 7. New Applications of Degassing Technology in Ladle Metallurgy (T. Komai and Y. Mizukami)

脱ガス装置を取鍋精錬に利用し、低P, 低S, 低O, および低Hの溶鋼を製造する技術を開発した。この方法をVOF (Vacuum-Oxygen-Flux) プロセスと略称する。製造工程は転炉から出鋼する際、ポニーレドルを用いることによつて、転炉スラグを完全に除去し、脱ガスを行いながら、槽内にCaOとCaF<sub>2</sub>の比を1:1に調整したフラックスを添加し、脱水素と同時に脱硫と脱酸素を行う方法である。この方法において、転炉スラグの混入を極力少くすること、取鍋耐火物にハイアルミナなどの中性ないし塩基性耐火物を使用することが重要である。この方法によつてS ≤ 20 ppm, P ≤ 50 ppm, O ≤ 20 ppm および H ≤ 1.5 ppm の溶鋼を製造することが可能である。

本法によつて生産している品種およびその量、また、耐火物の寿命、処理時間などの現場操業諸元に関する質問が続出し、簡易な取鍋処理の一方法として注目された。(小舞)

### 8. Recent Development of the ASES/SKF Ladle Furnace Metallurgy (B. Tivelius, T. Sohlgren, E. Sjöman, and R. Kallstrom)

耐ラメラティア鋼(Z-plate)製造のための取鍋精錬技術としてASEA/SKFの性能向上を試みた一連の研究報告。

(その1) 処理中にREMを加えることにより脱硫効率を上げることができた。

(その2) 処理中に鍋底からアルゴンガスを吹き込むことによつて溶鋼の攪拌を強化するとともにスラグの組成をコントロールすることによつて、従来の220 min 処理工程を90 min に短縮することができ、同時に脱硫・脱水素の効率も向上した。また、取鍋耐火物としてはドロマイトが最も優れ、次にハイアルミナ質がよい。また、処理中の再酸化の問題が論じられている。

我が国におけるASEA/SKFの操業データなどが紹介され(NKK)これとの比較において活発な討論がなされた。(小舞)

### 9. Development of Pulsating Mixing Process for Ladle Refining of Molten Steel (T. Fujii, Y. Oguchi, N. Sumida, T. Emi, and M. Saigusa)

取鍋内の溶鋼の脱酸と合金添加、成分調整処理を目的とし、噴流式攪拌による取鍋精錬法を開発した。本法は、取鍋内溶鋼中に浸漬した耐火物製円筒内のガス圧力を周期的に増減することにより、円筒内、外に溶鋼を流入、流出させ、流出時の溶鋼の運動エネルギーを取鍋内溶鋼の攪拌力として利用する。合金は不活性雰囲気下の円筒内に添加されるために、スラグや大気中の酸素による酸化損失も少なく高歩留りで添加可能である。ホモデル実験、攪拌力に関する数式モデル計算結果に基づき、100

t規模の実機実験設備を建設し、脱酸力、合金添加能力などの点で本法は優れた取鍋精錬法であることを確認した。討論内容は以下のとおりであつた。

Q: DHとの相違点は?

A: DHでは溶鋼の給、排出の駆動力が取鍋あるいは真空槽の機械的な上、下移動に基づく。本法では圧力の増減が溶鋼流動の駆動力であるために、攪拌力のコントロールが容易であり、設備と操業法が簡単である。

Q: スラグコントロールがない場合の処理中の復燐量は?

A: 10~15 min の処理後の復燐量は0.001%である。

Q: RHと比較して設備費用ほどの程度か?

A: 設備条件で異なるため直接の比較は困難であるが、ほぼ1/5~1/10程度である。

Q: 脱水素が生じない理由は?

A: 気液界面積が非常に小さいこと、および、真空度が十分でないことによる。(藤井)

### 10. Shape Control Mechanism of Nonmetallic Inclusions by Calcium Treatment (T. Ikeda, N. Fujino, and H. Ichihashi)

Ca処理による介在物の形態調整機構を解明するためにCa処理したS 0.001%の湾曲型連铸スラブを調査し、次の点が判明した。

(1) 20 μ 径以上の介在物が生成する場合には、スラブの上表面側にCaとOが富化する。これは酸化物が凝固前に溶鋼中に浮遊している場合の介在物の浮上・捕捉の計算結果からも裏付けられる。

(2) 溶存Caを全CaからCaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaSとして結合しているCaを差し引いた値(α-値)と仮定すると、介在物が富化する場合にもα-値の分布は一定で、このことも酸化物の溶鋼中の浮遊を裏付けている。

(3) α-値が増加するにつれて介在物はCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaSの一相球状、CaSを異相として析出したCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaSの多相球状、(CaO-)CaSクラスターへと変化する。

(4) スラブ内でSの濃化が起こらないのはCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のS溶解度が低いことと、Caの脱硫力が脱酸力よりも弱いという熱化学的な試算の結果から説明できる。

以上の結果をもとに、溶存Ca量レベルに応じた介在物の生成機構を考察した。

この報告に対して、介在物にP, Mnは認められないかとの質問が出されたが、Pは認められなかつたこと、Mnは溶存Caが本報よりさらに低く1 ppm以下の場合にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>リッチの角ばつたCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の表皮にMnS-CaSが生成すると回答した。(池田)

### 11. Inclusion Picture and Inclusion Origin in a Calcium Treated Steel (S. Gustafsson and P.-O. Mellberg)

脱硫および非金属介在物の形態制御を目的として、50 t電気炉により溶製した溶鋼を取鍋で真空処理してAl脱酸したのち、Ca-Siを吹き込んで上注ぎした。そして、各時期に試料を採取してPASEMおよびEPMAにより介在物を調査した。

PASEM分析によると累積介在物数の対数と介在物の

大きさとの間に直線関係が成立し、Ca-Si 添加前の Al 量が多いほど、介在物量は少なくなる。また、介在物はシリカ、硫黄などを若干含有した CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系に変化し、加工により粘性変形せず、周囲にポイドが生成した。Ca-Si 吹き込みによる脱硫率は 50~80% と良好であつた。

真空処理中の Ar 攪拌が強すぎると、分散したスラグ粒子が溶鋼中に巻き込まれて酸化物が増加し、Ca-Si の吹き込み中にもスラグ系の大型酸化物が巻き込まれて酸素が増加した。鋼塊中の大型介在物は巻き込まれたスラグ粒子に、また小型介在物は銑込み中の再酸化に起因すると考えられる。

本発表に対して以下の質疑応答があつた。

Q: 真空処理中において、スラグが分散し始める臨界攪拌エネルギー密度について検討したか

A: 粒子サイズとエネルギー密度との関係は検討したが臨界攪拌エネルギーについては検討していない。

Q: Ca-Si 吹き込みによる脱硫機構をどう考えるか

A: 硫黄を含有した CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 介在物の浮上と考えている。(竹之内)

## 12. Development of Dolomitic Refractories

(B. Dahlberg)

スウェーデン産のドロマイトはかなりの量であるが、浮選で除去されない鉄分 (1~1.2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) が多いために利用されていない。西独、フランスから主にドロマイト耐火物を輸入している。MEFOS では 1974 年以来、Luleå 大学と共同でスウェーデン産ドロマイトからの耐火物製造研究を行つてきた。その結果について報告している。

シャフトキルン、ロータリーキルンで焼成したドロマイトについて不純物 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) と気孔率、密度との関係を求めている。その結果、ロータリーキルンの方が良い結果を得ている。ノルウェー産のドロマイトは鉄分が少ないのでこのドロマイトとスウェーデン産とを混合することにより実験を行つた。焼成には一段および二段焼成プロセスを用いている。SiO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 比、密度、荷重下での耐火度について種々のドロマイト原料で比較検討している。(水渡)

## 13. Phase Relations in the System Fe-Mn-S

(-O) at Steelmaking Temperatures (P.-A. Lindqvist)

1750 K における Fe-Mn-S 系の二相領域 (MnS+L) の共軛関係を二つの実験方法を用いて測定した。すなわち一方はモリブデンるつぼの中に二相混合物を入れた、大きなアルミナるつぼとこれと距離を置いて組成の異なつた同様の試料を入れた複数個の小アルミナるつぼを置き、Mn と S の蒸気を界する両元素の移動により平衡を達成するもので、2~3 日を要する。他方はアルミナるつぼ中に二相混合物を入れ、MnS とメタルを直接接触させ、3~5 h で平衡を達成させる。

このようにして MnS+L の溶体側組成を完全に測定したが、従来測定されている Mn-S 系のこの温度における S の溶解度 0.3% に比べ、0.8% とかなり大きな値が得られており、その相違の理由について議論されている。なお MnS 中の Fe の溶解度は非常に低いことがわ

かつた。

また低 Mn 濃度測で MnS+δ+L の三相共存組成についても測定しているが、まだ実験の進行中で、従来の測定値と比較するほど正確なものは得られていない。

発表の後、次の質疑が行われた。モリブデンによる汚染がないこと、二つの測定法の本質的な違いについては Mn の蒸気圧が高い時に直接接触法を用いたが一つの組成につき前述の両方の方法で同一の結果が得られるかどうか今後検討するとのことであつた。また第一の方法の場合、Mn と S の蒸気圧の値が問題になるが、これについては計算していないとの返答があつた。(佐野)

## 14. Phosphorus Distribution between Liquid Iron and MgO Saturated Slags of the System

CaO-MgO-FeO<sub>x</sub>-SiO<sub>2</sub> (H. Suito, R. Inoue, and M. Takada)

溶鉄-CaO-MgO-FeO<sub>x</sub>-SiO<sub>2x</sub> 系スラグ間のりん分配比を MgO るつぼを用いて温度 1550~1650°C で求めた。従来の脱りん関係式 (Balajira ら, Turkdogan ら) を用いて求めたメタル中のりん濃度は実測値よりもかなり高い値を示し、Healy の式から求めたりん濃度は実測値よりも低い値となつた。MgO のりん分配比に及ぼす CaO 当量を求めた結果、0.3 である。りん分配比に及ぼす CaF<sub>2</sub> 添加の効果は CaO とほぼ等しく、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の活量を下げるよりも FeO の活量を上げることを明らかにした。倒炉後サンプリングした LD スラグ、メタルを MgO るつぼを用いて再溶解した実験結果から、りん分配比はほぼ平衡値に近いが、スラグ中の Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 比は平衡値より高い。これらの結果より転炉での脱りん平衡および転炉スラグの酸素ポテンシャルについて論じた。討論は以下のとおりであつた。

Q: FeO 濃度が低い 10% 以下のりん分配比の実験は行っていないのか?

A: FeO 濃度の低いスラグ組成では MgO るつぼがふくれて実験ができなかつた。理由は明らかではないが、MgO 溶解度が高いことも原因と考えられる。

Q: スラグ中には P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> として存在しないので、スラグ-メタル間の脱りん関係式は  $2P+5O+3O^{2-}=2PO_4^{3-}$  イオン式で考えるべきではないか?

A: 御指摘通りであるがイオン式の適用ではイオン種の活量の測定に問題が残る。またスラグ中のりん酸塩イオンの形態を PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> と考えてよいのか今後実験的に確かめるべきである。本研究の目的は従来の分子論、イオン論から導出されているスラグ-メタル間のりんの実験式のパラメータに問題があることを指摘したことに意義がある。

Q: コメントであるがこの点について日本でも議論がなされたがスラグ中では P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は存在しないので  $2P+5O=P_2O_5$  の脱りん式には問題がある。  $P+5/2O=PO_{2.5}$  で整理するのも一つの方法と思われる。(水渡)

## 15. Development on Ladle Desulphurization

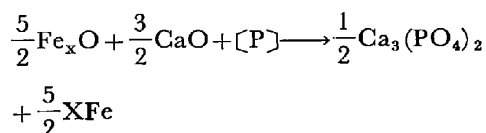
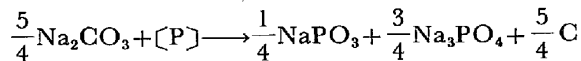
Process in NKK (K. Kawakami, Y. Kikuchi, Y. Kawai, and M. Tate)

VAD 法を用いて溶鋼 [S] が 10 ppm 以下となる超低硫鋼の溶製方法を研究した。300 g 容量の MgO るつぼを用いたラボ実験によつて CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三元

系で硫黄分配比 (S)/[S] におよぼすスラグ組成の影響を調査し、1550°C における液相線近傍で  $C_3S$  の析出領域に相当する範囲がもつとも分配比が高く、ライム析出領域では分配比が低くなることを見出した。50 tVAD によつて現場実験を行い、分配比で 600 以上の値を得ることができた。スラグの脱硫能を用いてスラグ・パラメータを定義し解析を進めた結果、 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  の三元系について  $CaO'=60\%$ 、 $Al_2O_3'=30\%$ 、 $SiO_2'=10\%$  において最も分配比が高くなることが求められた。これは今回のラボ、現場の実験結果に一致し、またスラグ・インデックスとも一致するものである。鋼浴の攪拌については VAD での実験と解析により、高真空下での Ar 攪拌時に脱硫が著しく進行することが示された。超低硫鋼の品質におよぼす影響の一例として、鋼中 [S] レベルによるライン・パイプ用鋼板についての HIC 試験の結果を示した。(川上)

### 16. On the Dephosphorization of High Carbon Molten Iron with Sodium Carbonate and Lime Based fluxes (A. Werme)

スウェーデンの鉄鉱石は燐が高いという現状に立つて、低温の溶銑段階での脱燐処理を検討した。高周波炉で 1 kg の Fe-C をとかし、1350°C、Ar 雰囲気中でソーダ灰または  $CaO-Fe_2O_3-CaF_2$  系フラックスを添加した。ソーダ灰処理 (100 g/kg-鉄) の場合、高燐銑では P 1.5% から 0.3% へ、低燐銑では P 0.16% から 0.02% へそれぞれ低下するが、その後復燐反応が起こる。石灰系フラックスの場合 (150 g/kg-鉄) も低燐銑で 0.15% から 0.015% への脱燐の後、復燐が起こる。実験結果を最もよく説明する反応式は、



である。復燐は  $Na_3PO_4$  または  $Ca_3(P_2O_7)_2$  の C による還元のためである。温度の影響は、ソーダ灰で 1370°C 以上、石灰系フラックスで 1450°C 以上になると脱燐よりも脱炭が活発になる。

溶銑脱燐の実用化時のプロセスとして、ソーダ灰処理では住友金属の方法、石灰系フラックスでは川崎製鉄の方法を紹介している。討論は次のとおりであった。

Q: 溶銑脱りんには  $CaO$  系フラックスか、ソーダ系フラックスかどちらがよいと考えるか?

A: 現在では  $CaO$  系フラックスを選ぶが耐火物等の問題がなければソーダ系フラックスの方がよいと思う。

Q: ソーダ系フラックスで復りんが高りん銑の場合あまりしていない理由は?

A: スラグが固化しているので復りんが少ないと考える。(池田, 水渡)

### 17. Dephosphorization of High Chromium Steels (K. Kitamura, T. Takenouchi, and K. Suzuki)

ステンレス鋼の燐を低減することを目的として、その原料である高クロム鋼の  $CaC_2$  および金属 Ca による

脱燐について実験した。その結果、 $CaC_2$  による脱燐では  $CaC_2$  の適切な分解速度を得ることが必要であり、初期炭素量は約 1% が望ましく、また高温ほど、Cr 含有量が高いほど有利であることがわかった。また、Ca による脱燐では Ca の蒸発を防止するためにその融点よりも低い温度で添加すること、および  $CaC_2$  の生成を防止するために初期炭素量を  $CaC_2$  生成の臨界炭素活量より低い炭素量にすることが望ましいことがわかった。

また、 $CaC_2$  および Ca により燐、硫黄だけでなく、ヒ素、錫およびアンチモンなどの不純物の除去が可能であった。これらの還元精錬では反応終了後に酸素を供給すると逆反応が進行するので、反応生成物は極力すみやかに分離する必要のあることも実験から明らかになった。

本発表に対して、以下の質疑応答があった。

Q: 脱燐に対して  $CaC_2$  と  $CaC_2-CaF_2$  のどちらが有利か

A: 耐火物による汚染の少ない  $CaC_2$  の方が有利である

Q: Ca の代わりに Ca 合金でも脱燐できるか

A: 反応速度は小さいが、脱燐可能である

Q: 反応生成物はどのような組成か

A: P と Sb は  $Ca_3P_2$  と  $Ca_3Sb_2$  であるが、Sn と As は不明である。

Q: 工業的な規模で実験したことがあるか

A:  $CaC_2$ 、Ca 脱燐とも実験して、良好な結果であった。

Q: 工業化するときの最も重要な点は何か

A: 還元雰囲気の保持と反応後スラグの早期除去である。

Q: 脱燐のためには酸素分圧をどこまで下げるべきか

A:  $PO_2 < 10^{-4}$  atm とすべきである。(竹之内)

### 18. The Behaviour of Nitrogen in the AOD Process (H. Arai, M. Fujisaki, and Y. Deguchi)

AOD 操業の最適化および経済性の検討の一環として、Ar ガスに代えて窒素ガスを使用した場合の操業面からみた吸窒素および脱窒素の挙動の定量化を図つた。

また窒素ガスの吹精方法を基準化すると共に、吹精方法を変更することにより影響を受ける要因も明らかにした。

① 窒素ガス吹精中の鋼中の窒素レベルは、ほぼ平衡値にある。

② 窒素ガス吹き止め後の脱窒素効率は、脱炭期で 10~15%、還元期で 50~70%、仕上げ期で 20~30% である。

③ 窒素ガス吹き止め時点は、鋼中の炭素濃度をパラメータとして、鋼種および製品の窒素濃度規格によつて決められる。例ば、鋼種 304 の窒素規格を 0.055% 以下とした場合、脱炭期での最適な窒素ガス吹き止め時点は、 $[C]=0.15\%$  である。

④ 最終製品での窒素許容濃度を 100 ppm 変えると、Ar 原単位で 0.83 Nm<sup>3</sup>/T 増減する。(出口)

### 19. Nitrogen Removal from Stainless Steel (E. Wallén)

ステンレス鋼の脱窒について、Ti、Al 等の添加により窒化物を生成させる方法と、AOD の脱炭期での Ar

+CO ガスおよび還元期での Ar ガスによる方法について考察した。

窒化物の生成による方法では

① 高濃度の Al ( $\geq 2.5\%$ ) を添加することにより、窒素濃度 100 ppm 以下のステンレス鋼が得られた。この値は平衡窒素濃度によく一致する。

② Ti を添加した場合は、得られる窒素濃度は平衡値より高いレベルにある。

また AOD でのガスによる脱窒反応の律速段階は、窒素原子が結合して窒素分子となる反応過程と生成した窒素分子が脱離する過程であるとし、特に酸素および硫黄濃度が低い ( $\leq 30$  ppm) 場合は脱離過程律速としている。この仮定に基づいた AOD 脱炭期でのコンピュータ・モデル計算の結果は、実際操業での窒素分析結果とよく一致しており、あるチャージでは脱炭終了時では窒素濃度 20 ppm が得られている。

しかし AOD 操業では、出鋼時での空気からの窒素吸収が極低窒素濃度のステンレス鋼を溶製する場合の 1 つの問題点である。

(出口)

## 20. Fume Formation during Injection of Oxidizing Gases in Iron (C.-L. Axelsson)

石炭と酸素を鉄浴に吹き込むいわゆる石炭のガス化に伴うヒュームの発生について、大気および加圧下で行った実験結果を報告したものである。すなわちアルミナるつぼ中の 20 kg の溶鉄に内径 6 mm のアルミナ管を浴面下 10 cm の所に浸漬し、浴面上 5 cm においた採取管にヒュームを吸引採取した。加圧下 (最大 4 気圧) の実験では溶鉄重量が 5 kg に変更した以外は前者と同じ方法を採用した。酸素流量は、30 Nl/min 石炭のキャリアとしてのアルゴン流量は 20 Nl/min ランス中の全ガス流速は 30 m/s 石炭と酸素比は化学量論比にした。また石炭はすべて無煙炭である。

実験結果として  $C=0.6\%$   $S=0.5\%$  程度では 30 g/Nm<sup>3</sup> のヒュームが発生し、硫黄量を 1.0% 以上に上げると大幅にヒュームの発生が減少するが、 $C>3\%$  では硫黄の影響がないこと、酸素流量を増加するとヒューム生成は飛躍的に増大するが、酸素源を鉄鉱石に置きかえると逆の傾向があること、加圧すればヒュームの発生を抑えられること、ヒューム中の S% は溶鉄中の S% の約 3 倍であること等がわかった。

この論文について、質疑があり、発生するアルゴンを含んだガス組成として 17%CO, 5%N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub><1%, S は溶鉄中 S=0.8% の場合 0.05%, その中 30% が H<sub>2</sub>S で残りが COS であること、浴温は 1550°C であるとのことであつた。また本実験を 6 t の規模で工場テスト中とのことある。また佐野が東大で行っている石炭を吹きつける以外はほとんど同様の実験結果についてスライドで紹介した。

(佐野)

### トピックス紹介

#### 1. Development of New LD with Oxygen-bottom-blowing (LD-OB) (K. Okohira)

LD-OB の開発経過を水モデルによる混合特性の評価と 75 t 転炉における、底吹きガス流量と上吹き条件 ( $L/L_0$ ) の冶金特性に与える影響の検討を通し説明した。すなわち、LD 転炉に底吹を併用することにより、スラグ

の過酸化状態が解消され、鋼浴とスラグ内の成分や温度の偏りを解消する効果も加わり、脱 P 反応が平衡に、より近づき、鉄ロスの底減、残留 Mn の向上、鋼浴中溶解酸素や窒素の低減効果があることを示した。さらにこれらの効果は底吹きガス流量と上吹き条件とで決まる浴の混合強さにより変化すること、低炭素鋼 ( $C \approx 0.05\%$ ) の溶製時には、底吹きガスとして、アルゴンの如き不活性ガスを使用しようとも、また酸素を使用しようとも ( $Q_{Ar} + Q_{O_2} = 0.2 \sim 0.4 \text{ Nm}^3/\text{min} \cdot \text{t}$  程の底吹きガスを使用することにより、上吹き条件として、スピitting を抑制するべく、ランス高さを極端に高くして操業しても、最有利な吹錬ができることを明らかにした。これらもとづき、吹錬用酸素の数 % を、二重管ノズルにより底吹きする上底同時吹錬法 (LD-OB) を確立し、実用化した。

さらに上底吹転炉での上吹きと底吹きの攪拌エネルギーの重剰作用について、水モデル結果と、上吹転炉と上底吹き転炉の冶金特性を比較検討して、ある考えを提案した。

最後に日本を中心に実用化または実用化が予定されている、上底吹き転炉の方式をまとめて紹介した。

(大河平)

#### 2. 連铸向けアルミニウムキルド鋼の介在物の低減対策 (K. Kawakami)

DI 缶向け連铸機アルミニウムキルド鋼の品質向上のため、介在物の分類と種々な低減対策を研究し良好な結果を得た。DI 缶製造時のフランジ・プレスをシミュレートする実験室フランジ・プレス・テストを行なった結果、フランジ割れを起こす介在物について、組成としては 30% 以下の CaO と少量の MgO を含有する CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> あるいは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> であること、そのサイズ限界はスラブ換算で 60 μm 以上であることが求められた。CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の起源については転炉スラグが脱酸用 Al により還元・合成されたか、パウダーよりの由来などが推定された。これらの微小介在物の低減対策としては、出鋼後連铸用モールドへ鑄込む間の再酸化防止を徹底することのほか、タンディッシュのせきによるスラグの浮上除去、ストッパーよりノズル孔内への Ar 吹き込みによるノズル内壁へのアルミナ堆積の防止、あるいはモールド内の介在物浮上促進が重要で、この結果 100 万回の実操業プレスで 30 回以下のプレス割れに抑制することが可能となつた。

(川上)

#### 3. ソーダフラックスによる溶鉄予備処理 (T. Ikeda)

住友金属鹿島で検討しているソーダ灰による溶鉄の同時脱磷脱硫処理技術について紹介した (丸川他; 鉄と鋼, 67 (1981), p. 323)。

まずるつぼ規模の実験で溶鉄へソーダ灰を添加して脱磷、脱硫反応を調べた。脱磷、脱硫は低温ほど良好に進行する。また酸素ガスの上吹きまたは鉄鉱石の併用は脱磷を促進する。スラグ-メタル間の磷分配比はスラグの塩基度 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{SiO}_2$ ) できまり、上述の諸因子はいずれも塩基度の上昇を通じて脱磷に寄与していることが、ソーダ灰による脱磷反応の平衡論的検討からも裏付けられた。

次に 250 t 規模の取鍋でソーダ灰をランスを用いてイ

ンジェクションした。脱磷を促進するためには、初期 Si 量を低くする必要があるが、Si 0.2% 以下では 20 kg/t のソーダ灰で十分な脱磷が可能である。

本技術の実用化には、処理後のスラグからのソーダ灰の回収技術が重要な位置を占める。脱珪スラグの焼結へのリサイクル、ソーダ処理スラグからのソーダの回収および脱磷脱硫溶銑の転炉スラッグレス吹錬の組み合わせによつて製鋼工程のスラッグシステムが著しく改善されることを示した。(池田)

#### 4. Avesta's Ladle Metallurgy System—An Integrated Part of Stainless Steel Making (T. Lehner and T. Thorén)

取鍋精錬の意義、Avesta 工場のレイアウト、取鍋精錬の実験結果について報告があつた。

AOD の操業が低硫の清浄鋼をもたらすことが知られているにもかかわらず、さらに取鍋精錬を行う意義について、能率向上、経済性、清浄度の向上の3点を掲げている。

取鍋精錬実験の仕様は以下のようである。

|                         |            |                          |
|-------------------------|------------|--------------------------|
| CaO : CaF <sub>2</sub>  | (80 : 20)  | 4~6 kg/t                 |
| メタル                     |            | 55 t                     |
| 供給速度                    |            | 30 kg/min                |
| ガス流量                    |            | <1.7 m <sup>3</sup> /min |
| 実験結果                    |            |                          |
| 温度                      | 操業前 1560°C | 操業後 1512°C               |
| a <sub>0</sub> /O (ppm) | 7/50       | 2.5/20                   |
| O <sub>tot</sub> (ppm)  | 70         | 40                       |
| S (ppm)                 | 70         | 30                       |

(浅井)

#### 5. 誘導溶解炉による溶銑を用いる転炉操業 (S. O. Ericson)

ファーガスタはスウェーデン有数の特殊鋼メーカーであるが、アーク式電気炉に低窒素含有の溶銑を供給するため誘導溶解炉を使用している。この誘導溶解炉は容量ため誘導溶解炉を使用している。この誘導溶解炉は容量 69 t であり冷屑鉄で 25 t/h の能力、屑鉄を 300°C に予熱すれば 35 t/h の能力を有している。装入バケットにより選別した屑鉄を装入し、コークス・ブリーズを添加し酸性耐火物内張りの誘導炉にて溶解する。周波数は 50 Hz で電力消費量は 500 kWh/t である。溶銑成分の一例は、[C] : 3.2%, [Si] : 0.1~1.1%, [Mn] : 0.3~0.8%, [P] : 0.025~0.050%, [S] : 0.005~0.020%, [Cr] : 0.1~0.2%, [Cu] : 0.01~0.025% となつており、ミュージック・ワイヤー用鋼などに用いられている。(川上)

#### 6. Current Topics (J. Åkesson)

SKF Steel 社、Research & Develop 部門の Manager である J. Åkesson が Hofors 工場のベアリング用鋼の溶製プロセスを概説し、また、ASEA 社と共同開発した ASEA-SKF 炉での溶鋼処理法と処理後の溶鋼酸素濃度や清浄度との関係を報告した。

Hofors 工場の製鋼工程は、2 炉体、1 電源方式の Twin Shell Furnace 電気炉によるスクラップの溶解工程と、ASEA-SKF 炉による合金材添加、精錬工程からなる SKF-MR プロセスに代表される。SAE 52100 鋼

(1% C, 0.3% Si, 0.3% Mn, 1.5% Cr) の ASEA-SKF 炉での脱ガス、脱酸処理方式について、真空カーボン脱酸後に Al を添加する VCD 法と Al 添加後に真空処理を行う NVD 法間で処理後の酸素濃度、ピレットの清浄度を比較した。その結果、Al 濃度が 0.016~0.029% の範囲では両方法間の差は認められず、8.4~14.6 ppm の酸素濃度であつた。今後は、処理方法を VCD 法から NVD 法に変更する予定である。(藤井)

#### 見学記

##### 1. ストックホルム王立工科大学

冶金学科 (School of Metallurgy)

冶金学科は、鉄鋼製錬に関連する鉄冶金学 (Ferrous Metallurgy)、理論冶金学 (Theoretical Metallurgy)、生産工学 (Production Metallurgy) の3部門と金属組織学、金属機械加工、金属鑄造、加熱・炉工学の合計7部門で構成され、8名の教授と5名の講師および大学院生の一部が教育に携わっている。入学定員は80名で、大学院には75名が在籍し、予算規模としては、教育に1.2百万 Swcr (1 Swcr=45円)、研究に1.5百万 Swcr (内、政府から75%、会社から25%) 出費されている。

S. Eketorp 教授の Ferrous Metallurgy (近く Applied Process Metallurgy と改名される) の研究室では鉄鉱石、石炭のインジェクションによる熔融還元、溶融鉄浴石炭ガス化法のフォーム発生の問題、クロム鉱石のインジェクションによる熔融還元といった興味ある研究が行われていた。ステンレス鋼の脱りんの影響から、 $\delta'$  の測定がなされていた。

L.-I. Staffansson 教授の Theoretical Metallurgy では冶金学に必要な熱力学データの集録がテーマの一つとして行われていたことに深い感銘をうけた。その他、高炉の熱保存帯での硫黄の挙動を MnO との関係について調べており、またアルカリの問題についての基礎的研究もなされていた。Cu 中の酸素活量が Mn, Zn 濃度に対して固体電解質を用いて測定されていた。

J. O. Edström 教授の Production Metallurgy ではスウェーデン鉄の脱りんがテーマとなつており、日本でも最近注目されている溶銑脱りんの研究も行われていた。

なお、われわれに大変なじみ深い Eketorp 教授は 1981 年 6 月をもつて退官され、後任には、脱酸の研究で著名な Dr. Krister Torssell が当たられる旨、Eketorp 教授より紹介があつた。そして、数教授ご自身は今後2年間、引き続き、“Future Steel Works”のプロジェクトを担当される由である。(浅井、水渡)

##### 2. MEFOS

Metallurgical Research Plant

Metal Working Research Plant

所在地: S-951 28 Luleå, Sweden

訪問日時: 1981 年 5 月 25 日(月) AM. 9:00~13:00

応待者: Mikael Brunner, Arne Johansson, B. Berg

沿革: Jernkontoret さらにフィンランド、ノルウェーの主要鉄鋼会社などの財政援助を受け、パイロットプラント規模で行う研究機関であり、Metallurgical Research Plant と Metal Working Plant より成つている。

人員構成及び予算：所員 65 名の内訳は研究員 32 名、職長 3 名、オペレータ 21 名、スタッフ 9 名である。

予算の内訳は 3.5 million SwCr (Corporate Research), 2.0 million SwCr (Special Corporate Research), 8.5 million SwCr (Contract Research)

研究分野：Metallurgical Research—還元及び Primary Steelmaking, 溶解精錬, 注入技術, 耐火物, インジェクション, プロセスコントロールなど. Metal Working Research—金属の加工性, 加工理論, プロセスコントロール, 欠陥及び非破壊試験, 表面性状など.

Metallurgical Research における主要研究テーマ：① Primary Steelmaking-BF モデル, 石炭のインジェクション (還元), フューム・廃ガス処理, 複合吹錬 (転炉) ② Secondary Steelmaking—インジェクション技術 ③ 注入-連続铸造 ④ 電弧炉—電弧炉のプロセスコントロール  
主要設備：Metallurgical Research Plant ① 電弧炉 8~12 t, 5 MVA, スターラ (180 kVA), 電極径 250 mm ② 汎用転炉 4~6 t, 回転速度 max. 110 rpm, Shaking speed max. 65 rpm, 炉容 2.1~3.9 m<sup>3</sup> ③ 真空誘導炉 4~6 t, 875 kVA, スターラ (500 kVA)  
Metal Working Research Plant ① 800 mm 重量形鋼圧延機 5000 kN, 2.4 段ロール ② 160 mm 軽量形鋼圧延機 500 kN, 2.4 段ロール ③ 高速水圧鍛造プレス 5000 kN, 最大スピード 120 ストローク 1 min ④ 可動梁式炉 3 t/h (加藤, 小川)

### 3. SVENSKT STÅL-SSAB (Swedish Steel Ltd.)

SSAB は 1978 年に国策として既存の Gränges, Norrbottens Järnverk および Kopperbergs Berslags 社の製鉄, 鉱山部門が合併し, 50% 政府出資のもとで設立されたスウェーデン最大の一貫製鉄所となつたものである。我々の訪問した Luleå 工場は, 午前中の訪問先の MEFOS から徒歩で数分のところにあつた。ここで, Dr. Torssel らの出迎えを受け, 工場の概要を聞いたあと製鉄工場, 製鋼工場および連铸設備を見学した。

Luleå 工場は SSAB への素材供給工場の性格が強く, 出銑量 140 万 t/年, 粗鋼 170 万 t/年で製品は 50 万 t/年の生産能力を有し, 従業員は約 4700 人の規模の一貫製鉄所である。

製鉄部門は 1300 m<sup>3</sup> 級の高炉が 2 基, Lapland 鉱石から製造されたペレット 100% の操業でオイル吹き込みを行つており, 燃料比 520 kg/t とのこと。ソーダ灰吹き込みによるトーピードカー脱硫を行なつている。

製鋼部門では, 105 t 転炉が 2 基あり, 昔の電気炉 4 基にとつて代わつた。サブランスは現在テスト中。取鍋精錬として RH 1 基およびインジェクション 1 基を有する。連铸機はスラブ用 1 基, ブルーム, ビレット用 3 基を有し, 100% 連铸化を完成させたことを自慢していた。

高炉, 転炉および連铸の技術は, それぞれ日本の製鉄会社からの技術が導入されており, 我国の製鉄技術のバイタリティーを感じさせられた反面, スウェーデンにおける他の特殊鋼会社が独自のユニークな技術の開発に取り組んでいる姿とはやや対照的な印象を受けた。

(小舞, 藤井)

### 4. Sandvik 工場

各種パイプ, ナイフ, 鋸の刃, 線材, 溶接棒, カミソリの刃, バイメタルなどの特殊な高級鋼を製造する鉄部門を中心とし, そのほか最近とくに力を入れている粉末冶金部門, 食品部門などを有する会社である。研究所は研究者 80 名, 総員 467 名を有し, 鉄に関してはスウェーデンでも最大の研究所である。研究の目的は基礎研究ではなく, 新製品の開発, プロセスの改善であり, そのほか新製造法の紹介, 長期計画, 品質保証にも取り組んでいる。とくに, 将来の新製品開発に積極的なのが印象的であつた。

製鋼に関しては出鋼能力は 2 万 t/月であるが, 現在は 1 万 2 千 t/月と減産しており, そのうち約 50% がステンレスである。溶解炉は 75 t, 54 t, 42 t の電気炉と 7 t, 10 t, の誘導炉であり, 65 t の AOD 炉, 415 φ, 625 φ の VAR および ESR 炉を 2 次精錬炉として有している。造塊は通常の下注ぎにより 2~5 t の鋼塊を製造しているが, 現在連続铸造設備を建設中である。そのほか, 遠心铸造が 4 機あるが, 稼働率は低いようである。

加工設備としてはコンピュータ付きの 5800 HP Blowing Mill, 1800 t の鍛錬プレス, パイプ用の熱間押し出し機などがある。また, 加熱炉として電気式と重油式があり, 前者は硫黄の侵入の防止を必要とする Ni 基合金などの加熱に使用されている。

Sandvik 社は上述のような特殊な小型高級鋼を製造する世界でも有数の会社であり, 常に将来に目を向けて新しいニーズを求め, それに挑戦している印象をうけた。

(竹之内)

### 5. SKF Steel, Hofors 工場

訪問日時：5 月 26 日午後。

ベアリングのトップメーカー SKF の本社工場, 1916 年本工場ではベアリングの製鋼を開始。

P. Hamilton 氏より会社概況と新技術開発, S. Santén 氏よりプラズマ利用の新技術 (Plasmared 法, Plasmasmelt 法) について説明を受けた後, Åkesson 氏らの案内で現場を見学した。

新鋭の第 4 製鋼工場を見学。80 t ASEA-MR 式 Twin 電気炉-ASEA/SKF 取鍋精錬炉-3.5 t 逆錐鋼塊の下注造塊のシンプルな工程で高炭 Cr 軸受鋼のみを製造しており活気に溢れていた。

つづいて Plasmasmelt 法の実験装置を見学。本法開発の背景は, (1) 高炉法は投資が大きすぎ, 生産量も特殊鋼メーカーには多すぎる, (2) スクラックは価格変動大, とのこと。小規模溶銑製造を目的としている。コークスを充鎮したシャフト炉の下部に, 予備還元した鉱石をプラズマで吹き込み, 溶銑を製造する。1.5 MW のプラズマ 1 本での実験を終り, 2.5 MW, プラズマ 3 本での実験を準備中で, 実用化は 8 MW で 1.5 年後を考えている。また本法はダストからの金属の回収, Cr 鉱石を用いた Fe-Cr または含 Cr 銑の製造にも適用できるとのこと。

Plasmared は Wiberg 法のガス変成炉の電極加熱をプラズマに代えることによつて, コークスから石炭への転換等をねらつたもので, 3 万 t/年の炉を本法に改造し



て4ヶ月間LPGで操業し、これから石炭へ切り換え予定とのことであつたが、見学できなかつた。

自社開発技術の説明に熱心だつたのと時間が足りなかつたため、Hofors工場の全体像がつかめずじまいになつたのは残念であつた。(佐野, 池田)

## 6. AVESTA JERNVERKS AB

AvestaはAxel Johnsonグループに属するステンレス専門メーカーで、Avesta市に所在している。工場は河に面した旧工場と森林に囲まれた新工場の2ヶ所に分かれており、我々の見学した製鋼工場は新工場に建設されている。

製鋼設備は、電気炉(50t×2)-AOD(55t×1)-連铸(スラブ, 湾曲型)と、ステンレス製鋼としては現在最もポピュラーな工程を採っている。AODでは希釈ガスとしてかなりの部分をArに代えて圧縮空気を使用しているが、これは窒素ガスが輸送コストのため圧縮空気よりも割高になる為で、このへんにも電力が豊富なスウェーデンのエネルギー事情が窺われ興味深かつた。特にAvestaでは設立当時から旧工場に面した河の水利権を得ており、電力は渇水期を除いて水力による自家発電ですべてを賄っているとのことであつた。

連铸機は昨年(1980年)秋から稼働しているが、3分割ロールをASEAタイプの電磁攪拌を採用し铸込み速度も1.4~1.6m/minとステンレス鋼としては高速铸込みを可能としていた。

会社全体としてはJohnsonグループに属して経営基盤がしつかりしていると共に、経営方針が、オーステナイト系(高合金系)指向、厚板、大板指向と明確である上、設備投資への意欲もあり、従業員の態度も積極的で、ヨーロッパのステンレスメーカーとして高レベルにあるものと感じられた。連铸の前に、溶鋼清浄化による铸片手入れ率の低減と、成分温度調整による、AODの負荷軽減を目的に、S.L社のインジェクション設備を採用しているのが特徴的だつた。(出口, 大河平)

## 第2回クリーンスティール国際会議

第2回国際クリーン・スティール会議はハンガリーの主都ブタペストの南方約120kmにあるバラトン湖のほとりのバラトンフィレドにて行われた(56年6月1日~4日)。参加者は27ヶ国より約350名(夫人を含めると500名以上)が集まり、論文件数は30編であつた。その内訳は、ハンガリー約130名(論文2件)、西ドイツ30名(3件)、フランス22名(5件)、スウェーデン18名(4件)、日本17名(3件)、オーストリア14名(2件)、ユーゴスラビア12名、チェコ10名(1件)、英国8名、ソ連4名(3件)、米国4名(2件)、ほか東欧圏5ヶ国より25名(3件)、その他自由諸国12ヶ国より約40名(3件)などとなつている。

セッションは4つに区分され、清浄鋼についての最近の進歩(3件)、脱酸に関する基礎(6件)、溶鋼処理の発展と動向(10件)および凝固過程制御における発展と動向(9件)で、このほか会場におけるコントリビューションが日本2件(溶銹の同時脱磷脱硫, VAD脱硫処理; 主催側よりの依頼)を含めて約10件あつた。

発表はそれぞれ母国語で行われ、同時通訳によつてフ

ランス語, ドイツ語, 英語, ハンガリー語に訳されたが日本語は含まれていながつた。論文発表は3~4件の論文ごとに2人の議長によつて進行され、米国Dr. TurkdoganとフランスDr. Olette, また西ドイツDr. NürnbergとハンガリーDr. Sekelyなど国際色豊かで議長コメント, 質疑ともそれぞれ議長の母国語で行われた。あらかじめ前刷りが準備されている論文については通訳がほぼ理解できるようであつたが、質疑討論になると通訳が困難で当事者のみ理解できるケースもときには生じた。

ハンガリーの製鋼界としては西側の新しい情報をじかに若い技術者に触れさせることのできる絶好の機会であり、前記多数の技術者が熱心に会場につめかけた。

この会議の冒頭論文は、この会議の設立発起人の一人でもあるスウェーデンのDr. Kieslingによつて行われた。“クリーン・スティールの概念については年とともに逐次変化してゆく相対的概念である。すなわち昨日までのクリーン・スティールは今日ではすでにクリーン・スティールではなく、また一つの用途に対してはクリーン・スティールであつても他の用途に対してはクリーン・スティールではあり得ない。”(R. Kiesling, Metals Science 1980, May)

U. S. SteelのDr. Turkdoganの論文は、取鍋内容鋼の脱硫・脱酸に関する基礎研究と実際の観察について述べたもので、CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系在物の合成過程の推定を含めて最新の情報が含まれていた。脱硫に関しては10ppm以下の超低硫鋼が容易に得られるであろうことを推論しており、日本のVAD脱硫(10ppm以下)についてのコントリビューションはこの推論をすでに現実化している我が国の現状を述べて、博士の論文に呼応するものとして行われた。

Max-Plancke研究所のDr. Yankeの起電力法による溶解酸素の測定、Krupp研究所のDr. Lindenbergによる溶鋼の空気再酸化、ロトレック社のモールド電磁攪拌マグネトジュール法など興味深い論文も多数含まれていた。日本からの提出論文は次の3件である。

Development of Pulsating Mixing Process for Ladle Refining of Molten Steel (川鉄)

Contribution to production of clean steel in continuous casting (新日鉄)

Control of Internal Quality in Bloom Continuous Casting (住金)

日本の発表3件はいずれも新プロセス開発に基いた精度の高い実験事実が現場規模の設備について求められており、解析手法・論文構成とも水準は極めて高いものであつた。英文発表も堂々としており聴衆に十分理解させるとともに感銘を与えた。

第1回が1970年、今回が1981年、次回は1990年前後となるであろうか、次回の再会を約して盛会のうちに閉会となつた。(川上)

### 見学記

1. Central Research Institute for Physics  
(Hungarian Academy of Science)

所在地: 1525 Budapest, Hungary

訪問日時: 1981年5月29日(金) A.M.9:30~