

## 国際会議報告

第2回日本・オーストラリア  
シンポジウム報告

不 破 祐\*

## 1. は し が き

日本の鉄鋼業の生産量が急速に拡大し始めた昭和37年頃、初めてオーストラリア政府が鉄鉱石の輸出禁止を解除したことは日本にとって幸なことであつた。昭和44年に日本の鉄鋼業が外国から輸入した原料中、鉄鉱石は31%、製鉄用石炭は36%以上をオーストラリアに依存している。

そのころオーストラリアでは日本との貿易関係だけではなく、工学関係の大学との交流も深めたいという意図から、著者がNew South Wales大学のLeverhulme Fellowとして招かれたのが昭和44年であつた。当時オーストラリアを訪ねて驚いたことは日本との貿易高が急激に増加したので、オーストラリアの経済構造が大きく変わり始める様相を呈し、日本とのより強い親交を非常に強く望んでいたことである。例えばシドニー市付近だけでも70近い日本語学校があつたし、日本に関心が深く、国営テレビ局はNHKとの協定で、毎日日本のニュースを送り、日本の企業についての記事が毎日新聞をにぎわせていた。にもかかわらず帰国直後もその後も相当の間日本のテレビや新聞にオーストラリアについての報告が出るのは稀な時代であつた。

昭和41年Broken Hill Proprietary会社(BHP)の研究開発強化に招かれ、研究陣の強化に奔走中のWARD博士と、私の滞豪中日豪両国間の文化交流を通しての連携を深めようと話合つた一つが、このシンポジウムの発端である。以来長い間双方で種々努力したが、幸に日本鉄鋼協会が採択され、その実現に進捗中、WARD博士から、その当時シンポジウムを鉄鋼だけに限ると、オーストラリア側はBHPが大部分の代表を出すことになるので、非鉄金属を加えたらとの申し出があつた。

日本鉱業会でも同様な企画がAustralasian Institute of Mining and Metallurgy (Aus. I.M.M.)との間にあるというので、鉄鋼協会と合同でやることになり、Aus. I.M.M.は非鉄部門、石炭部門も大きいので、日本側の窓口を日本鉱業会とした。

昭和55年7月16~18日、Australia/Japan Extractive Metallurgy Symposiumの名のもとに、シドニーで開催された。

シンポジウムは一会場で開かれ、オーストラリア側の組織委員長J. FUNNELL氏の開会の辞、オーストラリ

ア工学アカデミーの院長Ian McLENNAN 卿の歓迎の辞について不破、森山徐一郎京大教授によるkeynote speechesによりはじまり、鉱業会関係と鉄鋼協会関係のセッションが交互に、45題の論文発表、鉄鋼関係は日本側10題、オーストラリア側7題であつた。

鉄鋼関係の発表論文は以下のとおりで(発表者\*)、その他松下幸雄(東大)相馬胤和(東大)堀川一男(銅管)佐藤公昭(協会)諸氏らが出席された。

Fundamental study on granulation of sinter raw material mixture

吉永真弓, 佐藤駿\*, 川口尊三(住友金属)

Production of self-fluxed pellets and improvement of quality

田口和正, 花岡敬志郎, 池田耕一\*(神戸製鋼)

On the high temperature properties of blast furnace burdens

山岡洋次郎\*, 堀田裕久, 高崎靖人, 大関彰一郎(日本鋼管)

The kinetics of potassium vaporization from the slag in the blast furnace

福武剛\*, 高田至康, 槌谷暢男, 岡部俠児(川崎製鉄)

Refining of hot metal with  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

山本里見\*, 梶岡博幸, 中村泰(新日鉄)

Thermodynamic studies of liquid iron alloys by a mass spectrometer equipped with a newly developed ion current measuring system

加藤栄一\*, 山田啓作, 阿部宏(早大)

Thermodynamics of  $\text{Fe}_t\text{O}-\text{M}_x\text{O}_y$  ( $\text{M}_x\text{O}_y = \text{CaO}, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) binary melts saturated with solid iron

萬谷志郎\*, 千葉明, 彦坂明秀(東北大)

Gaseous desulfurization from hot metallurgical slags

盛利貞\*, 諸岡明, 国分春生(京大)

Dephosphorization of BOF slag using tin

塩見純雄, 佐野信雄\*, 前田正史, 松下幸雄(東大)

The high productive operation of a small blast furnace

本郷英夫\*, 福井雅之(中山製鋼)

オーストラリア側ではAus. I.M.M.と工学アカデミーが共催し、歓迎晩餐会にはNew South Wales州のGOVERNOR 夫妻が出席され、日本側からは黒田大使、溝口公使も出席されるという公的な盛大なものであつた。

シンポジウムの後見学は非鉄側が2班、鉄側1班にわかれ、シドニーから北上、ワイン地方を通り、B.H.P.のNew Castle製鉄所、同Shortlandの中央研究所、New Castle大学を訪ね、シドニーにもどつてCommonwealth Science and Industrial Research Organization (C.S.I.R.O.)のDivision of Process Metallurgy, New South Wales大学School of Metallurgy,そして

\* 第2回日本・オーストラリアシンポジウム実行委員長, 東北大学名誉教授 工博

シドニーを南下して BHP の Port Kembla Works (Australian Steel Company), および Wollongong 大学の金属工学科を見学した. 昭和 44 年時代のオーストラリアと比較してオーストラリアの研究人口も遙かに増加し, 研究内容も向上し, 特にオーストラリア産の石炭, 鉄鉱石について相当特徴ある研究業績をあげているのには驚きさえ感じた.

これに対し最初の試みではあつたが非鉄製錬を含む鉄業会との同一会場におけるシンポジウムについては再考を要し, シンポジウムの全期日を鉄鋼だけで有効に使用したいというのが鉄鋼協会側出席者に共通の印象であつた.

## 2. 日本・オーストラリアシンポジウム

前記のいきさつから, 鉄鋼協会としては従来方式で鉄鋼協会単独で Aus. I.M.M. とシンポジウムを開催することに決定, 木下専務理事と Aus. I.M.M. の VANCE 氏との間で周到な交渉が続けられ, 昭和 58 年 10 月 13・14 日東京において開催, 主題は 1. 高炉用原料炭およびコークス, 2. 鉱石予備処理, 3. 高炉法という結論に基づき, 実行委員会が構成され, 両国双方から各 8 題の発表論文が後記のように決定した.

シンポジウムに先立ち 10 月 11・12 日各 2 班に分かれて工場見学, シンポジウムはオーストラリア側から WARD 博士を団長に, 前述の鉄鉱石対日輸出の道を開いた 3 人の功労者の 1 人 Ben DICKINSON 卿をはじめ 21 名, 日本側から 68 名の出席者で行われた. 松下会長の歓迎の辞, 双方団長の挨拶につづいて第 1 日目の keynote speech は WARD 博士がオーストラリアにおける本シンポジウムの 3 主題にわたる研究の現況と将来, 第 2 日目の keynote speech は製鉄部会長伊澤哲夫氏が燃料の変化, 減産に伴う数々の問題を解決し, 炉寿命の延長に成功した日本の大型高炉製鉄技術を紹介した.

セッションは 6 つに分けて行われた.

第 1 セッション Chairmen: R. W. STENLAKE,



写真 1 開会式にて WARD 団長から日本鉄鋼協会への記念品をうける不破実行委員長

Y. OMORI

1-1 A Mineralogical Study on the Formation Process of Lime-fluxed Iron Ore Sinter by K. INOUE, T. IKEDA and H. HAYASHI

1-2 Quasi-particle Formation and the Granulation of Iron Ore Sinter Feeds by W. J. RANKIN, P. W. ROLLER and R. J. BATTERHAM

井上勝彦は石灰焼結鉱の主要結合鉱物相である多元系カルシウムフェライト (以下 F 相) の結晶化学的性質を解明するため, 合成  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$  4 元系を用いて, 平衡相関係, F 相の固溶状態, 晶出過程および結晶構造の検討結果を報告し, 実際の焼結過程における液相焼結の進行と焼結鉱組織の形成との関連性を論述した. 討論では, Dr. J. B. LEAN が BHP 中研の研究結果を引用して, F 相は井上らの報告による  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\text{-CaO}\cdot 3(\text{Al}\cdot\text{Fe})_2\text{O}_3$  間の固溶体より  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3)_2$  に近い固溶体であることが述べられた. 実際の焼結過程は非平衡状態で進行することから平衡相に基づく焼結進行過程の理論づけの意義, 晶出する F 相の結晶形態と焼結原料の化学組成, 焼結条件の影響につき興味深い討論が行われた.

W. J. RANKIN は焼結操業における事前処理工程として重要な擬似粒子の形成と擬似粒子を構成する核粒子と付着粒子の量的関係の定量化を指向する実験的・理論的検討結果を報告した. 物理的・化学的性質を異にする 3 種の鉄鉱石を用いて, 擬似粒子を形成させたのち, 液体窒素によりその粒度を固定する方法を用いて, 原鉱粒度, 添加水分, 擬似粒子中の付着粉量を実測し, 一方付着粉は核粒子の表面積に比例して均一分布による粒成長が起こると仮定する造粒理論モデルとの比較検討を行つて, よく一致を示すことを示した. 討論では, 擬似粒子の形成は造粒工程のみでなく, 以後の焼結進行過程で重要な意味をもつため, 焼結層の通気度, 焼結原料フィードの適正水分量, 著者らが与えられた水分量では核粒子と付着粒子の粒度に明確に区別できる特定粒度が存在するという主張などにつき討論がなされた. RANKIN は, 現在この造粒モデルに基づく焼結原料フィードによる鍋試験を実施中と述べ, その成果が期待される.

(大森康男)

第 2 セッション Chairmen: J. B. LEAN, T. MIYAZU

2-1 Measurement of Thermal Property of Packed Coals during Carbonization by S. OHTANI and T. MIURA

2-2 Microtextural Analysis in Metallurgical Coke Studies by C.D.A. COIN and W. W. GILL

### 2-3 Development of the Carbonization Model with Consideration of Coking Mechanism

by K. NISHIOKA, S. YOSHIDA and M. HARIKI

三浦隆利は、日本鉄鋼協会：特定基礎研究会、「原料炭基礎物性部会」の委託により、著者らが研究した原料炭の各種熱物性の測定方法について報告した。原料炭はコークス化の過程において吸・発熱、軟化・熔融、熱分解などが生ずるため、その伝熱機構は極めて複雑であり、諸外国の文献にも信頼すべき熱物性値の報告はほとんどないといつてよい。著者らは、装入炭層の有効熱伝度の測定には線熱源法を適用し、有効熱拡散率の測定には定速昇温法を採用し、かつ連続昇温法を開発して、実際の操業に近い加熱条件下で再現性のすぐれた、信頼性の高い熱物性値を得ることに成功した。ただし、これらのデータは5種類の単味炭について求められたもので、今後配合炭について加成性が成立するか否かの検討が望まれる。

W. W. GILL はコークスの微細組織の測定ならびに同定に関する研究につき報告した。高炉内における、コークスの  $\text{CO}_2$  との反応による劣化は、コークスの微細組織成分の質・量に大きく依存するため、本報告ではとくにオーストラリアコークスに多いモザイク組織に着目し、「モザイク指数」を提案してこれが熱間反応後強度と硬度の相関を有することを示している。このような考えかたは、配合目標の設定に有用であり、日本鉄鋼業においても応用可能と考えられ、今後の発展が期待される。

西岡邦彦はコークス炉の乾留モデルの開発について報告したもので、コークス炉内の強度分布に着目して、詳細なシミュレーションを行うとともに理論的な考察を行っている。

著者らのモデルは、コークス化のプロセスを石炭粒子の熔融結合機構と、その後のコークス強度決定機構に分けて考察した点に特色があり、今後コークス炉操業の改善に寄与する所が大きいものと期待される。

これらの発表に際し、活発な討論が行われたが、その1例をあげると、ニコルス教授 (Wollongong 大学) のユニークなアイデア“コークス炉内の温度分布がさげられないものであるならば、それに対応して装入炭の品質をかえてはどうか？”などがあつた。このような発想は、鉄鋼技術者の側からは出にくい性質のものであり、実現の可能性はともかくとして興味深く、このようなシンポジウムの意義をあらためて考えさせられた次第である。(宮津 隆)

### 第3セッション Chairmen : N. STANDISH, Y. SHIMOMURA

#### 3-1 Ash-Carbon Reactions in Coke

by N. A. BROWN, C. D. A. COIN, J. V. DUBRAWSKI, W. W. GILL, A. T. HART and H.

#### ROGERS

#### 3-2 Effect of Coke Quality and Blast Conditions on Raceways and Coke Breakdown in a Hot Model

by M. J. MCCARTHY, H. ROGERS, J. G. MATHIESON, P. C. GOLDSWORTHY and J. M. BURGESS

#### 3-3 Corporative Research on Blast Furnace Phenomena and Its Analysis

by Y. OMORI

本セッションの主題は、高炉内でのコークスの性状変化で、オーストラリア側から2件の報告がなされた。W. W. GILL らはアルゴン中でコークスを  $1400\sim 1600^\circ\text{C}$ 、 $1\sim 1.5\text{h}$  加熱した時の変化を調べ、灰分中のほぼ全酸素がコークス中炭素と反応することを明らかにした。加熱中のコークス組織及び灰分中鉱物の変化も調べられ、 $1600^\circ\text{C}$  では Si は  $\text{SiC}$  になつていことが報告された。高炉内と雰囲気は異なるが、このような研究はあまり行われておらず興味ある知見が提供された。加熱によるコークスの強度や気孔の変化について質問されたが、これから研究してゆくとの返答だつた。

J. MCCARTHY は燃焼実験によるレースウェーとコークス粉化におよぼすコークス性状と衝風条件の影響について報告し、大規模な高炉燃焼帯モデルによる実験結果とコークスの性状の変化について説明した。この様なモデル実験は、わが国でもいくらか実施されてきたが、この研究も同様のものでその点では新鮮味はないが、実験規模が  $1200\times 1200\times 2000\text{mm}$  の炉で2tのコークスを使用して行われた点と、コークス組織変化が詳しく調べられた点に関心を引くものであつた。

レースウェーの物理現象については、これまでの研究結果とはほぼ同じ傾向の結果が得られており、またレースウェー周辺への発生粉の分布を調べコークス品質との関係を明らかにした。興味ある点は、石炭組織のどの部分から生成したコークス組織がガス化されやすいか調べたことである。わが国ではこの面からの調査はあまり行わ



写真2 会場風景

れていない。質問はコークスの性状とレースウェーで損耗されるコークスの組織及び粉の発生との関係について多く行われたが、これらの詳しい解析は今後の研究によるとの事であった。

大森康男は鉄鋼協会高炉内反応部会の活動結果についての概要を報告した。内容はここでは省略するが、活発な共同研究とその成果についてオーストラリア側より賞賛の意見が出された。(下村泰人)

第4セッション Chairmen: B. C. CUNNINGHAM,  
T. FUKUTAKE

4-1 Blast Furnace Hearth Drainage

by W. V. PINCZEWSKI, W. B. U. TANZIL,  
P. ZULLI and J. M. BURGESS

4-2 Studies on In-furnace Phenomena in Blast  
Furnace by Newly Developed Sensors

by S. WAKURI, K. KANAMORI, Y. OKUNO  
and K. YAMAGUCHI

W. V. PINCZEWSKI は高炉炉床における溶銑溶滓の流動について報告した。出銑時における炉床内の銑、滓の流動が、従来溶銑あるいは溶滓の一方のみについて解析されていたのに対し、著者らは両者が同時に流動した場合について二次元の冷間モデルでシミュレートし、溶銑と溶滓の界面が出銑により下に来ることを示した。これに対し、大野二郎は、本論文の結果から、出銑開始時には、必ず溶滓が先行するはずであるが、実際には溶銑が先行する場合もあることを指摘し、発表者の見解を求めるとともに自らの仮説を紹介したが、明確な結論に至らなかった。また、炉床内の溶銑の流動解析を行った経験から吉沢昭宣が、炉床における流れに及ぼす溶銑の温度分布の影響についてコメントした。

次に和栗真次郎は新しく開発されたセンサーによる高炉内諸現象に関する研究につき報告した。すなわち最近高炉に設置したレーザープロファイル計、ファイバースコープ装備の垂直ゾンデ、炉腹ゾンデによる融着帯観察、高速カメラによる羽口観察について、総括的に報告した。新しいセンサーについては、特に高炉操業上の管理用計器としての必要性、設置位置決定の基準などについて、オーストラリア側 (HUTCHENS, TAYLOR, WARD, BHP) からの質問があり、さらに岩村忠昭は自社におけるプロファイル計の測定例をあげながら測定データの再現性がよくないこととこれを克服する方法について討論した。最後に報告にも示された炉腹ゾンデによる融着帯とその近傍の観察結果が VTR により映写された。本映写は、参加者に強力な印象を与え、終了時には期せずして大きな拍手があがった。

本セッション全体として活発な質疑が行われ、一部の質問は、時間の都合で割愛せざるを得なかつたほどであった。(福武 剛)

第5セッション Chairmen: J. G. MATHIESON,  
N. SANO

5-1 Pulverised Coal Ignition and Combustion in  
the Blast Furnace Tuyere Zone

by J. M. BURGESS, A. S. JAMALUDDIN, M.  
J. MCCARTHY, J. G. MATHIESON, S. NOMU-  
RA, J. S. TRUELOVE and T. F. WALL

5-2 Dynamic Simulation of the Effect of Furnace  
Operation Factors on Si Content in Pig Iron

by S. TAGUCHI, M. NOMURA, S. MURAKAWA,  
N. TSUCHIYA, K. OKUMURA, K. ICHIFUJI and  
H. KUBO

5-3 Improved Hot Metal Chemistry through Slag  
Control and an Approach to Hot Metal  
Chemistry Prediction

by M. HUTCHENS and D. CRAWFORD

J. M. BURGESS は、高炉羽口帯での微粉炭燃焼に関する研究につき報告した。

高炉羽口へ微粉炭を吹き込んだ時のレースウェー内の温度分布を、熱風温度、送風速度、粒径、石炭中揮発分、吹き込み速度、熱風圧、酸素および湿分の関数として計算し、さらに 5 cm 径のパイプ内での吹き込み燃焼試験を行って前述の計算値と比較したものである。この論文に対し、試験条件が例えば、窒素をキャリアガスに使ったこと等、実際をよくシミュレートしているかどうかについての討論、粒径の分布の影響、初期の熱風と微粉炭の混合の重要性についての指摘等があつた。

田口整司は溶銑中珪素含有量に及ぼす高炉操業要因の影響の動的シミュレーションについて報告した。溶銑中珪素量に及ぼす種々の操業条件と非定常物流の影響を、SiO<sub>2</sub> 経由の反応機構を念頭において、熱および物質収支式に組み込み、溶銑中珪素および温度を計算している。これを基に、炉況の変化による珪素量の変化が的確に予測できる。事実千葉 2 高炉の吹き止め前に人為的に条件を変化させて計算と実際がよく一致することを示している。

この論文に対し、SiO<sub>2</sub> の生成速度と発生機構およびセンサー等装置に関する質疑、実際には珪素と温度の変化が全く同じには応答しないという指摘およびスタティックモデルとの対応について討論が行われた。

M. HUTCHENS はスラグ制御による溶銑成分の改善とその予測について報告した。In  $a_{Si}/a_{SiO_2}$  と  $1/T$  との関係に及ぼす過熱、スラグ中アルミナ含有量、塩基度の影響を New Castle 2, 4 高炉のデータを用いて解析し、低 Si 操業の指針とした。この結果、焼結、ペレット銹の増加、高 MgO、過熱度の上昇、送風及びフレーム温度の上昇、燃料比の低下、コークス中灰分の低下が低珪素につながるのと結論に達した。これに対し、フレーム温度の低下による溶銑珪素量の低下を図つた日本側の経

験が披露された。その他論文の中の式の誤りが指摘される等活発な討論が行われた。(佐野 信雄)

第6セッション Chairmen: J. M. BURGESS,  
Y. KAJIWARA

6-1 Simulation Models of Burden Distribution  
Based on Full Scale Model Experiments  
by H. NISHIO, T. ARIYAMA and M. SATO

6-2 Application of a Scale Model to the Under-  
standing of Pellet Burdening  
by M. TAYLOR

6-3 A Mathematical Representation of Physical  
and Chemical Phenomena in the Lower Part  
of Blast Furnace  
by M. KUWABARA, K. ISOBE, K. MIO,  
K. NAKANISHI and I. MUCHI

高炉炉頂の装入物分布に関する報告が2件、冷間実験に基づく数式モデルの報告が1件紹介された。

西尾浩明は「実機大試験に基づく装入物分布シミュレーションモデル」と題して、ベル・アーマ装法に関しては、大ベルからの装入物の排出挙動、装入物の落下軌跡、送風・荷下がりの装入物分布に及ぼす影響、実機大試験結果、装入物分布モデルによるシミュレーション結果等について報告し、ベルレス装法に関しては、実機大試験による装入物落下軌跡・装入物プロフィール(表面形状)測定結果、装入物分布モデルによるシミュレーション結果等について報告した。この報告に対し、前回装入物プロフィールの次回装入物プロフィールに及ぼす影響の定量化、装入シーケンス変更(OC↓)時の装入物分布変化、鉱石装入時の混合層形成の装入物分布に及ぼす影響、高さ方向の粒径偏析などの質疑応答が行われた。

M. TAYLOR は「縮小模型の適用によるペレット装法の検討」と題して、Whyalla 2高炉の炉頂部の1/10

縮尺平板模型(風無し)を製作し、装入物落下軌跡、装入シーケンスの装入物分布に及ぼす影響を調査するとともに、模型実験結果と実炉での装入シーケンス変更テスト結果との対応がとれたことを報告した。この報告に対し、2次元模型実験結果と3次元模型実験結果との顕著な相異や装入物分布に及ぼす送風・混合層形成の影響などに関するコメントがあつた。

桑原守は「高炉下部の物理・化学現象の数学的記述」と題して、ドライアイス・ガラス球を用いた荷下がり冷間実験によつて、炉芯形状は受働状態を仮定した応力解析で、荷下がりにはポテンシャルフローで記述できることを示し、この結果に基づいて構築した2次元数式モデルをオールコックス操業に適用して妥当な融着帯形状が得られたことを報告した。この報告に対し、SiO<sub>2</sub>ガス生成熱の炉内ガス温度分布に及ぼす影響、計算されたガス温度の妥当性、冷間実験における粒径変更テスト、計算手法の詳細などに関する質疑応答が行われた。

(梶原義雅)

大きな国際会議とことなり、二国間シンポジウムは英語のハンディキャップが些少され、日本人の気おくれも克服されやすく、今回のシンポジウムでは交流の実は十分あげられた。

最後の閉会式に WARD 団長が外交辞令でなしに具体的に今回のシンポジウムの成果を高く評価し、特に各種測定機器や観測機器による高炉炉内状況に関する知見が新しいより合理的な製鉄法をうむことを示唆したことが印象的であつた。

また日本側もオーストラリア側の石炭、鉄鉱石が豊かに賦存するために生ずる独特の問題をはじめ、前述のような地道な研究に親しく接し、大きな刺戟を得たという出席者の印象を聞き本シンポジウムの開催を改めて感謝した。