

報 告 記 事

UDC 669.1 : 541.1 : 061.053

金属化学に関する国際シンポジウム

(I 基礎と応用, II 鉄冶金学への応用) に渡英して*

不 破 祐**

Impressions of the International Symposium on Metallurgical Chemistry (I Fundamentals and Applications, II Applications in Ferrous Metallurgy)

Tasuku FUWA

1. は し が き

1958年にLondon近傍のTeddingtonにあるNational Physical Laboratory(通称N.P.L.)でKUBASCHEWSKI博士らの提唱で、金属化学に関する国際会議が開催された。“Symposium on Physical Chemistry of Metallic Solution and Intermetallic Compounds”という二冊の本に全論文がまとめてある。日本からは丹羽教授と三本木教授が出席された。

13年ぶりにKUBASCHEWSKI博士を中心に、もう一度この種の会を持ちたいというのが発端のようで、新しく大学として発足したBrunel大学のBODSWORTH教授が実質的に推進されたのがIのシンポジウムである。このシンポジウムの基礎の部はBrunel大学で二日間、そして応用の部はN.P.L.で一日行なわれた。

次の週にSheffield大学のARGENT教授とBritish Steel CorporationのCorporate Laboratories(従来のB.I.S.R.A.)のM. W. DAVIES博士が組織委員となつて、鉄鋼の製錬と材料に限定してSheffield大学で行なわれたのがIIのシンポジウムである。

このIとIIのシンポジウムはおおの独立した組織体で企画された二つのシンポジウムであつたが、両シンポジウムの組織者の間には連絡があり、ともにMetallurgical Chemistry, すなわち金属化学を主題とし、副題として前者が金属学一般の“基礎と応用”に、後者が鉄鋼に関する研究に範囲をしぼつたところに差がある。Metallurgyを日本ではよく製錬の意味に限定するが、これは誤りで、金属学とも訳すべき内容と思う。またferrous metallurgyも鉄鋼製錬と狭義にとられがちであるが元来はこの副題のように、鉄鋼の製錬のみならず、鉄鋼に関する材料も含む広義に使われる。

さいわいにこの二つのシンポジウムに出席する機会に

恵まれ、あわせてSheffield大学とImperial Collegeの冶金学教室、さらにBritish Steel CorporationのSheffieldとLondonの研究所をたずねる機会があつたので、そのとき受けた印象をまとめて見たいと思う。

2. シンポジウム

2.1 プログラム

つぎに二つのシンポジウムのプログラムを示すが、もし日本で同じ主題でシンポジウムが行なわれたとしたら、論文の内容による分類も論文数も相当異なることが予測され興味深い。

金属化学に関する国際シンポジウム I基礎と応用

主催 National Physical Laboratory および
Brunel 大学

日時 昭和46年7月14日(水)~16日(金)

場所 Brunel 大学 Lecture Theatre Center
(14日~15日)

N.P.L., Glazebrook Hall (16日)

7月14日(水) 第1部 測定方法

10:00~13:00 座長 P. GROSS 教授

1. M. LAFFITTE (Marseille)
熱量測定 (review)
2. F. R. SALE and A. S. NORMANTON (Sheffield)
球形断熱熱量計
3. A. W. BRYANT and J. N. PRATT (Birmingham)
Precipitation calorimetry による合金相の生成
熱測定
4. J. B. DARBY and K. M. MYLES (Argonne Natl. Lab.)
固体 Pd-Pt 合金に関する熱力学的研究
5. H. SCHMALZRIED (Claustahl-Zellerfeld)
化学冶金研究と起電力測定 (review)
6. S. C. SINGHAL and W. L. WORRELL

* 昭和46年12月15日受付

** 東北大学工学部金属工学科 工博

- (Philadelphia)
起電力測定による固体 Ta-Mo 合金の熱力学的諸性質の研究
7. D. HENRIET, C. GATELIER and M. OLETTE (Maisières-lès-Metz)
Fe-Ni 系における成分合金の熱力学的活量の電気化学的測定
8. K. KOMAREK (Wien)
蒸気圧測定 (review)
9. R. H. MOORE, D. ROBINSON and B. B. ARGENT (Sheffield)
高分解能質量分光計使用による熱力学諸量の測定
10. J. PHILIBERT (Orsay)
拡散定数の測定 (review)
11. B. C. H. STEELE (London)
固体非化学量論的酸化物中の化学拡散定数の電気化学的測定と解釈
12. E. FITZER, K. H. KÖCHLING and J. SCHLICHTING (Karlsruhe)
MoSi₂ と Cr または Ta から Me₅Si₃ と Me₃Si 化合物の生成反応速度
- 第2部A 構造と安定性 (物理学的立場より)
14:30~15:45 座長 H. NOWOTRY 教授
13. J. E. INGLESFIELD (Cambridge)
Metallic cohesion の金属結合の物理 (review)
14. D. G. PETTIFOR (London)
絶対零度における遷移金属の結晶構造について
15. K. SCHUBERT (Stuttgart)
β-真鍮構造をもつ合金についての 2-electron correlation model による解析
16. H. JACOBI (Stuttgart)
β Hume-Rothery 相における構造欠陥
17. N. A. GOKCEN and E. T. CHANG (Los Angeles)
正則溶体の統計力学と order-disorder 変態
18. A. P. Miodownik (Guildford)
Structural entropy に関する二, 三の考察
19. R. C. BROWN and N. H. MARCH (Sheffield)
液体金属と液体合金
- 16:15~18:00 討論 (第1部と第2部Aの論文について)
- 7月15日(木) 第2部B 構造と安定性 (化学的立場より)
- 9:30~11:00 座長 E. BONNIER 教授
20. H. NOWOTRY (Wien)
金属性化合物 (review)
21. W. SLOUGH (Teddington)
高温系の熱力学への化学結合モデルの応用
22. B. PREDEL and U. SCHALLNER (Münster)
Cu, Ag, Au の固溶体における結合への電子的因子の寄与決定についての熱力学的研究
23. M. HOCH, C. K. JUN and S. YAMAUCHI (Cincinnati)
三元系耐火性炭化物の非化学量論と結合論
24. A. D. McQUILLAN (Birmingham)
遷移金属と侵入型元素の稀薄固溶液の異常挙動
25. J. RENNER and H. J. GRABKE (Stuttgart)
合金中の internal hydrides 生成の反応速度と平衡
26. S. WILD, P. GRIEVESON and K. H. JACK (Newcastle)
Si-N-O 系の熱力学とと相平衡
27. H. RAU (Aachen)
パラジウム膜を用いた極微小鉄酸化物の水素還元平衡
11:20~13:00 一討 論一
- 第3部 相平衡と状態図の評価
14:30~16:00 座長 H. SCHMALZRIED 教授
28. L. KAUFMAN (Cambridge, Mass.)
二元平衡状態図についての計算 (review)
29. I. ANSARA (Grenoble)
多成分系状態図から混合の熱力学的性質の予測
30. H. HARVIG, T. NISHIZAWA and B. UHRENIUS (Stockholm)
三元系 Fe-C-X 合金における相平衡の熱力学的解析に対する計算機の応用
31. H. SCHENCK, E. STEINMETZ and M. GLOZ (Bochum and Aachen)
高炭素鉄合金の熱力学的諸性質
32. J. F. COUNSELL, E. B. LEES and P. J. SPENCER (Teddington)
Fe-Cu-Ni 系および Fe-Cr-Ni 系の状態図についての計算
33. D. S. EVANS, J. I. McLEOD and A. PRINCE (Wembley)
相平衡決定に計算機の助けをかりた熱分析
16:20~17:30 一討 論一
- 17:30~18:30 O. KUBASCHEWSKI
“基礎の部” 総括
- 7月16日(金) 第4部A 工業への応用 (1)
10:00~11:00 座長 J. F. ELLIOTT
34. O. KUBASCHEWSKI (Teddington)
冶金熱力学の実際的応用
35. P. GROSS and M. C. STUART (Stoke Poges)
Segregation process における塩化第一銅の蒸気圧について
36. J. H. E. JEFFES and K. T. JACOB (London)
乾式銅精練の物理化学
37. O. KNACKE and H. PROBST (Aachen)
凝固過程における金属内のガス発生
38. J. LUMSDEN (Avornmouth)
亜鉛溶鋳炉内反応の物理化学
39. J. MACKOWIAK (Guildford)
化学熱力学の工業的問題への応用
11:00~12:50 一討 論一
- 第5部 資料の編纂と蓄積
12:50~13:15 座長 J. F. ELLIOTT
40. M. H. RAND and O. KUBASCHEWSKI (Harwell and Teddington)
金属学に重要な熱力学的資料の批判的評価
41. J. F. COUNSELL and O. KUBASCHEWSKI (Teddington)
National Physical Laboratory における熱力学的資料の Computer storage について
- 第4部B 工業への応用 (2)
14:30~15:30 座長 F. D. RICHARDSON 教授

第 2 部 界面反応

42. O. KNACKE (Aachen)
金属酸化物の塩素化反応について
43. R. A. J. SHELTON (Manchester)
モード法における Ti-Zr 合金の分解
44. T. G. CHART and O. KUBASCHEWSKI (Teddington)
固体鉄合金添加に伴う溶鉄の温度変化に関する計算
45. R. WILLIAMS (London)
CO-CO₂ 混合ガスの酸化性または滲炭性に及ぼす圧力の影響
46. F. H. HAYES (Manchester)
Float glass 法に関する熱力学的考察
47. G. R. FITTERER (Pittsburgh)
冶金の問題解決への固体電池の応用
- 15:50~17:30
— 討 論 —
- 17:30~17:45
F. D. RICHARDSON
“応用の部” 総括
金属化学に関する国際シンポジウム
- II 鉄冶金学への応用
主催 Sheffield 大学冶金学教室および British Steel Corporation, Corporate Laboratories
日時 昭和46年7月19日(月)~21日(水)
場所 Sheffield 大学 Arts Tower
- 7月19日(月) 第1部 スラッグの化学
- 9:00~10:30 座長 F. D. RICHARDSON 教授
- C. R. MASSON (Halifax, N.S.)
珪酸塩スラッグの熱力学と構造 (review)
 - D. R. GASKELL (Philadelphia)
溶融珪酸塩についての Masson による Polymerisation Model の熱力学的性質
 - M. L. KAPOOR and M. G. FROHBERG (Berlin)
珪酸塩の活量に関する理論的処理
 - I. D. SOMMERVILLE, I. IVANCHEV and H. B. BELL (Glasgow)
FeO, MnO, Al₂O₃, SiO₂ を含む溶融体の活量
 - 加藤栄一, 大内義昭 (東京)
質量分析による溶融 PbO-SiO₂ 系における活量の決定
 - 井口泰孝, 萬谷志郎, 不破祐 (仙台)
溶融 CaO-SiO₂ 中の水蒸気溶解度に及ぼす酸化物添加の影響
 - J. TAYLOR (Glasgow)
溶融酸化物中の拡散
- 討 論 —
- 11:00~12:30
- M. W. DAVIES (London)
CaF₂ 基スラッグの化学 (review)
 - E. R. BUCKLE (Sheffield)
イオン性溶融体の構造に関する理論
 - J. B. CARTWRIGHT (Sheffield)
Electroslag remelting 法
 - D. J. SWINDEN (Sheffield)
Electroslag remelting における硫黄の挙動に影響する諸要因
 - J. F. LIDDLE (NEWPORT)
Electroslag refining 過程の介在物の除去
- 討 論 —
- 14:00~16:00 座長 不破 祐
- 丹羽貴知蔵, 横川敏雄 (札幌)
製鋼過程における液液反応 (review)
 - F. D. RICHARDSON (London)
溶融金属とガスとの反応速度 (review)
 - V. I. YAVOISKIY (Moscow) (欠席)
酸素上吹転炉の反応層の温度 (2 100~2 500°C) における鉄合金の窒素溶解度と反応速度
 - 樋谷暢男, 徳田昌則, 大谷正康 (仙台)
気相から溶鉄への炭素の移行
 - P. PATEL (Berlin)
溶鉄中を上昇するアルゴン気泡の形と大きさ
 - J. ALEXANDER, G. S. F. HAZELDEAN and M. W. DAVIES (London)
溶鉄の真空脱ガス過程の耐火物表面上における CO 気泡の成長
 - W. K. LU and A. E. HAMIELEC (Hamilton)
スラッグと金属の反応における界面張力の役割
 - D. J. PRICE (Scunthorpe)
LD製鋼の化学と反応速度
 - 徳田昌則, 大谷正康 (仙台)
スラッグと金属の反応についての電気化学的研究
- 討 論 —
- 第 3 部 溶融合金と脱硫反応
- 16:30~17:30 座長 M. W. DAVIES 博士
- J. F. ELLIOTT (Cambridge, Mass.)
溶融合金 (review)
 - 戸崎泰之, 井口泰孝, 萬谷志郎, 不破祐 (仙台)
鉄合金の混合熱
 - K. W. LANGE and H. LINDSCHEID (Aachen)
二成分とも揮発し易い二元系合金の活量測定
 - M. FROHBERG, M. L. KAPOOR and A. NILAS (Berlin)
脱硫反応 (review)
 - T. El GAMMAL and A. PAKZAD (Aachen)
固体電解質による脱硫反応の研究
- 討 論 —
- 7月20日(火) 第4部 脱酸反応
- 9:00~10:30 座長 J. F. ELLIOTT 教授
- E. T. TURKDOGAN (Pittsburgh)
溶鋼の脱酸反応 (review)
 - I. S. KULIKOV, A. A. TELEGIN and W. M. SHCHEDRIN (Moscow)
酸化鉄の熱力学的安定性
 - Z. BUZEK (Ostrava)
1 600°C における溶鉄中の酸素と硫黄の溶解度とその活量に及ぼす合金元素の影響
 - A. KONTOPOULOS and D.A.R. KAY (Hamilton)
固体電解質による Fe-V-O 系脱酸平衡の測定
 - G. R. FITTERER (Pittsburgh)
溶鋼精錬過程の酸化と脱酸反応
 - M. OLETTE (Maizières-lès-Metz)
溶鋼の脱酸反応の速度論的研究
 - P. E. WAUDBY and F. G. WILSON (Rotherham)
Al-Si 合金による溶鉄の脱酸に関する研究
 - H. JÄGER and W. HOLZGRUBER (Kapfenberg)
Ba と Ca を含む合金による脱酸反応
- 討 論 —

第5部 凝 固

- 11:00~12:30 座長 N. V. AGEEV 教授
35. G. A. CHADWICK (Cambridge)
凝固について (review)
36. K. W. ANDREWS (Rotherham)
鋼の凝固, 変態範囲, および平衡に関する計算
37. J. SZEKELY (Buffalo)
凝固過程の自然対流の役割
38. A. W. D. HILLS and M. P. MOORE (Sheffield)
冷却条件を急変した場合の凝固速度について
39. S. W. GRAHAM (Teesside)
真空アーク溶解した鋼塊中の合金元素のマクロ偏析についての数学モデル
40. J. BEECH and D. BURNS (Sheffield)
鉄基合金の凝固過程の気泡の成長
41. R. W. WELBURN and A. NICHOLSON (Rotherham)
溶融相を含む合金鋼の均質化 (homogenization)

— 討 論 —

第6部 変 態

- 14:00~16:00 座長 G. W. GREENWOOD 教授
42. M. HILLERT (Stockholm)
共析変態 (review)
43. G. W. PARKER and D. H. KIRKWOOD (Sheffield)
Fe-Ni 合金の α - γ 変態
44. D. J. SWINDEN and J. H. WOODHEAD (Sheffield)
Fe-C-Cr 合金の α - γ 変態
45. G. A. CHADWICK and D. V. EDMUNDS (Cambridge)
鋼中パーライトの一方成長
46. N. RIDLEY, D. BROWN and H. I. MALIK (Manchester)
パーライト成長速度に及ぼす 2, 3 の合金元素添加の影響
47. I. D. McIVOR (Rotherham)
等温変態をしたパーライトの inter lamellar spacing に及ぼす高マンガン添加の影響
48. T. BELL and B. C. FARNELL (Liverpool)
Fe-N オーステナイトからパーライトへの変態

— 討 論 —

16:30~17:30

49. L. KAUFFMAN (Cambridge, Mass.)
鉄マルテンサイトの熱力学, 構造, 核生成についての最近の評価 (review)
50. H. WARLIMONT (Stuttgart)
Fe-Ni 合金のマルテンサイトの核生成温度に及ぼす試料厚さの影響
51. A. P. MIODOWNIK (Guildford)
鉄合金の構造に及ぼす磁気変態の役割

— 討 論 —

7月21日(水) 第7部 置換型合金

- 9:00~10:30 座長 M. OLETTE 博士
52. B. B. ARGENT (Sheffield)
置換型鉄合金 (review)
53. R. J. HAWKINS (London)
固体 Fe-Mn 合金および γ -鉄中の Ta と Nb の熱力学
54. J. INDEN and W. PITSCH (Düsseldorf)
Fe-Co 固溶体中の interchange energy および

その order-disorder 変化と偏析過程に及ぼす影響

55. J. INDEN and W. PITSCH (Düsseldorf)
Fe-Si 固溶体中の order-disorder 変化とその interchange energy による影響
56. P. J. SPENCER, F. H. HAYES and Miss L. ELFORD (Teddington)
二元系合金と三元系合金の諸性質の関係: Fe-Co-Ni 系の熱測定による研究
57. 中西恭二, 坂本昇, 鶴岡一夫, 今井光雄 (千葉)
一次再結晶 0.8%Si 鉄の粒界における S, Se, Te の偏析

— 討 論 —

第8部 侵入型合金

- 11:00~12:30 座長 M. HILLERT 教授
58. R. B. McLELLAN (Houston)
鉄の侵入型固溶体 (review)
a. 熱力学的立場より
59. J. C. MATHIEU (Grenoble)
侵入型溶体の quasi-chemical model に基づく原子の配列: オーステナイトへの熱力学の応用
60. J. F. ELLIOTT and J. CHIPMAN (Cambridge, Mass.)
オーステナイト系侵入型合金の 2, 3 の熱力学的性質
61. N. J. PIPKIN, W. ROBERTS, D. L. SPEIRS, P. GRIEVESON and K. H. JACK (Newcastle)
鉄の侵入型溶質の活量定数とその挙動に及ぼす置換型合金元素の影響
62. R. WILLIAMS and C. BODSWORTH (Uxbridge)
オーステナイト系鉄合金中の炭素の活量
63. R. H. MOORE and B. B. ARGENT (Sheffield)
オーステナイト系クロム鋼の相互作用係数 ϵ_{Cr}^C について

— 討 論 —

- 14:00~15:30 b. 構造および機構
64. M. J. GRABKE (Stuttgart)
CH₄-H₂ 中の鉄の滲炭機構と NH₃-H₂ 中の窒化機構
65. K. W. LANGE and H. SCHENCK (Aachen)
気相と固体 Fe-C-X 合金間の炭素交換反応
66. D. L. SPEIRS, W. ROBERTS, P. GRIEVESON and K. H. JACK (Newcastle)
金属中における侵入型原子と置換型原子との複合クラスターの形成: 鋼の新しい強化機構
67. D. H. JACK, P. C. LIDSTER, P. GRIEVESON and K. H. JACK (Newcastle)
鉄合金の窒化機構
68. O. E. ATASOY and D. H. KIRKWOOD (Sheffield)
Fe-Ti 合金の窒化機構
69. W. ROBERTS, P. GRIEVESON and K. H. JACK (NEWCASTLE)
鋼中の Si-窒化物析出の大きさと分布に及ぼす酸素の影響

— 討 論 —

第9部 高温腐食

- 16:00~17:30 座長 H. SCHMALZRIED 教授
70. A. RAHMEL (Frankfurt)
高温における金属の酸化過程と鉄, 鉄合金, 鋼の酸化における意味 (review)
71. N. BIRKS (Sheffield)

Complex atmospheres 中の高温腐食 (review)

72. H. J. GRABKE and K. J. GEST (Stuttgart)
鉄の表面構造および表面反応速度に及ぼす吸着酸素の影響
73. P. HANCOCK, P. C. HURST and A. R. SOLLARS (Cranfield)
鉄の酸化に及ぼす雰囲気中の Chloride contamination の影響
74. J. R. WILSON and R. C. KERBY (Kingston and Florham Park)
溶融した合成燃料灰分中の鉄合金の腐食機構
一 討 論 一

2.2 出席者

I のシンポジウムには 11 カ国から 108 人が登録し、英国 57 人、ドイツ 16 人、フランス 11 人、米国 10 人、日本 4 人、スウェーデン 3 人、ソ連邦 2 人、オーストリア 2 人、そしてイタリー、ノルウェー、一、スペインから各一人ずつ。II のシンポジウムには 15 カ国から 136 人が登録し、英国 75 人、ドイツ 18 人、米国 11 人、フランス 6 人、日本 5 人、イタリー 5 人、カナダ 4 人、スウェーデン 3 人、ソ連邦 2 人、オーストリア 2 人、オーストラリア、ポーランド、チェコスロバキア、トルコ、ギリシア各一人であつた。

今回日本からは材料関係の出席者がなかつたことは残念であつたが、I と II に北大丹羽学長、東大の佐野信雄助教授、東北大選研の徳田昌則助教授に筆者、さらに II には早大加藤栄一教授も出席された。

シンポジウムの内容が I では基礎から工学的なことに、II では製錬から材料にまたがっていたので、登録者全員が出席することは少なく、常時 70 人から 90 人、少ないときは 50 人位の出席者のこともあり、手ごろな大きさのシンポジウムであつた。登録者の 3 分の 1 以上は友人や顔見知りであつたので、再会を喜び、久闊を叙し、気安い楽しい会であつた。その上シンポジウムの全期間中 Brunel 大学の University Hall と Sheffield 大学の Sorbey Hall という学生の寄宿舎が参加者に開放され、そこに宿泊したので新しい知人もできやすく、非常に親しみある会であつた。

2.3 論文発表と討論

I のシンポジウムでは review をされる人が 20 分、個々の研究発表が 10 分、II では review する人が 10 分、研究発表は 5 分に厳重に制限され、質疑応答にも一回に 5 分以上を許さず、あらかじめ赤ランプを点滅して警告し、ブザーで中止させる方式がとられた。より多くの人々が討論に参加できるように最初から意図されていた。

このようにプログラムにはいずれも日本でのやり方よりはるかに討論に主体をおいたものであつたが、発言希望者が多くて、いつも討論時間の不足を感じた。

討論は各論文が発表されるごとに個々の論文について質疑しないで、その Session の論文をすべて発表させた後、その Session に割り当てられた時間の許す限り討論

にあてられたので、時間に無駄が少なく、討論の内容に重複も避けられてこの方が合理的に思えた。

会議場で公開で行なわれる討論時間の不足は、休憩時間や食事の前後など、空いた時間に私的に行なつて補われたが、同一場所に宿泊している利点から食堂、宿泊所また校内を散歩しながら行なわれる私的討論がまことに盛んであつた。

シンポジウムの会場と宿泊所を同一場所にするのは外国ではよくあることであるが、シンポジウムの意味を倍加するように思う。

2.3.1 熱力学と平衡状態図

二つのシンポジウムを通して同じ主題でもし日本で開いた場合を想像して比べると、非常に異なる点は熱力学の占める役割に大きな差があることと思う。これは熱力学の理解の深さの相違に起因するためと考える。日本ではかつて平衡状態図が熱力学とはかかわりなく受けとめられた時代もあつたし、世界的に有名な金属の平衡状態図集に収録された状態図の中に、熱力学的には描きえない曲線を含む状態図がいくつかあるが、その大半は日本で研究されたものである。日本の金属学には熱力学が十分根をおろす前に、多くの研究者の関心が他に移つた感じがする。

一つの立場をまもつて独自に学問的究明をする人はあるが、新しい課題に多くの人々の関心が強くて、その結果として学問的流行が時とともに移つて行くような傾向がないだろうか。ミクロの立場で理論的解明が重要なことと同程度に、現象をマクロの立場で的確に理解することは重要である。あるいは抽象論的解釈を現象論的解釈より好むわれわれの通性のためであろうか。

状態図集にのっている大多数の状態図が研究された時代に比し、高純度の金属を精製しうるようになってから、外国では状態図の再測定という地味な仕事はほうぼうで行なわれて来た。これらの状態図も含めて従来の状態図について相平衡、熱力学的諸性質、新しい測定機器などによる研究結果を配慮して、二元系状態図のみならず三元系多元系についても、計算機を駆使して、状態図の正しい評価をする研究論文が相当数あつた。

東北大学の西沢泰二教授がスウェーデンでやられた研究の手法をそのまま継承した研究論文も発表された。発表者らは西沢教授に会つたこともない人々であるが、同教授の独創性を尊重して西沢教授を共著者にして誇りにしていた。謙虚な美しい話である。

討論の中で L. KAUFMAN が「X線や電子顕微鏡などによつて材料の組織や構造は結晶学的には非常に明らかになつたが、材料の研究に重要な熱力学的基礎資料、とくに比熱の測定値が非常に欠けている」ことを強く訴えていたのが印象的だつた。液体のことをやっている筆者には固体のことは大体測定されつくしていると思つたので、この発言から外国でもこんな地味な研究は等閑

にされているのかと考えさせられた。

2.3.2 MASSON の鎖状構造モデル

シンポジウムの予稿を入手してまず驚きと不安を感じたのは C. R. MASSON の review paper であつた。MASSON が review する Session に筆者らのスラグに関する研究論文を發表することになつているのに、MASSON が引用している 70 を越える文献の中で重要な論文を見逃しており、その上それらの論文が仙台では入手し難い雑誌に掲載されていたからである。

MASSON はおもに熔融正珪酸塩を鎖状構造 (chain structure) をもつものと想定して、高分子化学の概念を適用し、linear chains の重合と branch をもつ chains の重合を考え、種々な二元系珪酸塩融体中のイオン分布を比較している。そして多価陰イオンの分布と平均分子量は SiO_2 濃度の関数として推定できること、さらにこれらの概念は定量的に三元系に拡張できて、広汎な文献に發表された多くの現象を説明している。

シンポジウムの席上で彼の想定した重合の実体を高分解能質量分析計で、平炉スラグ中に発見できたとスライドを示された。仮定が実証されたその喜びを壇上でおだやかな微笑に包んでおられたのが印象深かつた。

MASSON の研究に限らず相互の連絡がよいため欧米の人々が印刷になつてない研究までお互いによく知っていることはいつも感じることであるが、日本は本当に彼らから遠く孤立した国であることを改めて感じた。

2.3.3 E.S.R.

シンポジウムで electroslag remelting (または refining; E.S.R.) のスラグに関する Session があつたが、論文はすべて英国からの発表であつた。後で見学して知つたが、E.S.R. に関する研究が重点的に大学でも研究所でも相当の費用を使つて行なわれていたことは想像以上であつた。

E.S.R. において電源に交流を使うか、直流を使うか直流の場合は正極、逆極、多電極などの方式があるが、その操業や設備上のこと、その方式の差違に伴う温度分布、スラグやメタル中の硫黄、酸素、水素の挙動が異なるので、目的により得失があることを論じたものもあつた。しかし大半はスラグの熱力学とその脱硫力、脱酸力について論じたものであつた。

E.S.R. としては密度、蒸気圧、熱容量などの物理的性質、とくに電気伝導度と粘性の点から CaF_2 に注目して、 CaF_2 を主成分とする系について研究しているのはいずれも同じである。これらの物理的条件を満たしている最も普通な系は CaF_2 - CaO 系と CaF_2 - CaO - Al_2O_3 系であるが、化学冶金学的立場から CaF_2 基の種々な酸化物の相平衡をとり上げている。この系の相平衡は比較的単純なものと考えられるにもかかわらず、信頼に足る平衡状態図が全くないので状態図の研究から始めている。

CaF_2 を溶媒とし、 CaO 、 MgO 、また Al_2O_3 を溶質とする二元系は単純共晶型状態図を示すが、これに反し SiO_2 や遷移金属の酸化物を含むものは二液相共存の状態図を示す。

また遷移金属の酸化物を含むものは精錬過程で外気の酸素の影響を受けやすい。

工業的には CaF_2 - CaO - Ca 系と CaF_2 - CaC_2 系も重要で、後者はメタルの加炭に影響し、前者は Ca が熔融 CaF_2 に溶解度をもつので、メタル中に CaO を還元する元素 Me を含むと、 CaO がその元素で還元され、 Ca はメタル中に溶けるが、直ちにスラグに移行する。その結果この Me をメタル中に残したい場合、合金元素の損失に関係する。

つぎに CaF_2 基の二元系、三元系融体について、TEMKIN の random mixing model, FLOOD らの ion pairs model, BLANDER らの quasi-chemical model から溶質の活量を求めているが、個々の系の実験結果をよく説明するものもあるが、温度依存性を含むすべてを満足するモデルはまだ得られていない。

CaF_2 - CaO - SiO_2 系、 CaF_2 - CaO - FeO 系で CaO の濃度が高いほど SiO_2 、 FeO の活量はそれぞれ小さくなる。 MgO は FeO の活量を低減する影響力は CaO より弱い、 SrO と CaO は同一の影響力をもつ面白い結果が報告された。

CaF_2 - CaO 系スラグが大きな脱硫力をもつことは知られているが、スラグ中に水素が共存しない場合は CaF_2 は脱硫に関与しないが、水素が存在すると脱硫に影響をもつという。

2.3.4 脱酸反応

溶鋼の脱酸に関する研究は日本でよく発表されているが、ここで初めて知つたことは Ca-Si が 18-8 ステンレス鋼の脱酸清浄化には有効であるが、低合金鋼や炭素鋼には効果がなく、そのため Ca-Si-Ba 、 Ca-Si-Ba-Al を脱酸剤に使うと脱酸生成物の形も変えることができるということである。

18-8 ステンレス鋼と炭素鋼の溶製に Ca-Si による脱酸効果に差違があるとしたら、溶鋼中の Ni が溶鋼中の Ca の活量を減少するため、 Ni を含む溶鋼には Ca の溶解度が増加し、一方 Ni を含まない鋼の場合には Ca の酸化や蒸発損失が著しいためと考えられる。 Ba を加えるのは溶鋼中の Ca の活量を低下させ、 Ca を溶鋼中に長く保持するのが目的のようである。 Ba を含む Ca-Si 系脱酸剤を有効に使うには Al で予備脱酸することが必要で、發表された研究では 0.35% Al で脱酸後、 Ca と Ba が計 0.2% になるように脱酸剤を添加し、20 秒 1, 3, 5 分後にメタルの全酸素量と Al 、 Ca 、 Ba を定量し、非金属介在物の形と分布を調査して上述の結論を得ている。実験室で 25 kg、電気炉で 10~30 t の溶鋼につき同じ結果を報告している。

2.4 その他の感想

2.4.1 Carl WAGNER 先生

以上個人的に興味をもつた論文に少しふれたが、一番嬉しかったことは都合で今回どうしてもお訪ねすることができなかつた Carl WAGNER 先生にお会いできたことである。Göttingen の Max Planck 物理化学研究所長を退官された WAGNER 教授は今も同研究所で研究生活を送つておられるが、思いがけなくこの先生が Brunel 大学に来て下さつたからである。

学問へのひたむきな心をもつて全生活を学究に献身された先生、底知れぬ学問の深さを持ちながら、謙遜で純粹で温和人柄、筆者はこの先生を“incarnation of academicism”と称しているが、筆者が一番日本にお招きしたい学者である。かつてのこの種の会議において、WAGNER 先生は討論に積極的に参加し、学問的には厳しく問題点を指摘し、適正な建設的意見を述べて、会議の内容をいつも高め推進しておられた。しかしこの先生がこのたびは座長も辞退され、静かに自席で傾聴しておられたのは寂しかった。しかし会議の前や休憩時間、また早朝と夕方に日課の散歩をされる先生を探しては、討論をしてもらいたい多くの人々がいつも先生の周りを取り囲んで、なかなかお話をすることができなかつたほどだった。先生に討論してもらつた人の数人から、このシンポジウムで一番実質的な討論をし、有益な示唆をいただいたのは先生だつたと聞いた。正しく筆者も同感である。その先生がある夕方先生のほうから宿舎の部屋を訪ねて来て下さつて嬉しかった。その折「どうして以前のように討論をリードして下さらないのですか」とお尋ねしたら、「老人は老人らしく謙虚に振舞うべきだ」とおっしゃつた。WAGNER 先生らしい言葉ではあるが、それにしても先生の討論を公開の席で聞けなかつたことは一番惜しまれてならない。

先生は日本への招きを感謝しながら、その国の言葉を話せるまではその国を訪ねないという主義を持つておられるためか、日本には非常に魅力を感じるが、年をとつたので、次に生まれかわるまでは行けないと鄭重に辞退された。「私らの願いは断念しませんが、日本へのメッセージを吹込んで下さい」とお願いしたら、テープにごく最近の論文の紹介を吹込んで下さつた。

2.4.2 Proceedings

このシンポジウムで感心したことはいろいろあるが、Sheffield の会の第一日目の夜に、親睦晩餐会の代りに論文発表者に Proceedings の編集者や各論文の校閲者に面接を要求したプログラムを組んだことである。これは Proceedings を責任をもつて迅速に発行するため、著者に質疑したり、長さの制限を超過した論文の短縮を相談したり、逆に筆者の場合は割愛した図面の増加を依頼された。Proceedings には会場での討論だけでなく、文書による討論も含まれる予定で、8月10日を期限に、そ

して8月末日にはすべて印刷屋に廻すということであつたので、近日発刊されると思う。

2.4.3 シンポジウムの持ち方

シンポジウムの特徴は前述の実質的討論に主体をおいたこと他に、人数を制限したこと、すなわち二つとも出席者が招待者に制限されたこと、さらにシンポジウムが非常に少人数の人によつて用意され、少数の人によつて運営されたこと、主催者側も外国からの参加者もすべてシンポジウムの費用を等分に負担したこと、その上外国からの招待者にも旅費や滞在費の援助を一切しないので、主催者側では特別に基金を集める必要もなく、必要な労力は主催者側の奉仕ですべて行なわれた点をあげることができよう。たとえばⅡのシンポジウムの登録日は18日の日曜日の午後になつていたが、ARGENT 教授が奥さんと中学上学年位のお嬢さん一人を伴れて、家族三人で登録から会計のことまでされたのには驚いた。これは一例にすぎない。

論文の予稿が大部分三週間前にはわれわれの手許にも航空便で送られてきた。非常に手まわしのよい用意をこの少人数でされたことには敬服した。

とかく大がかりになる日本での国際会議主催と比較して学ぶべき点だと考える。

2.4.4 若い参加者

羨しく思つたことは大学院を出た直後位の若い人達が多く参加し、筆者の友人らも若い人を同伴して来ていたことである。学術会議からは丹羽学長と筆者だけにしか費用が出ていないのに、加藤、佐野、徳田、三先生が出席して下さつて非常に意味があり、出席者を喜ばせた。

日本の金属学の分野も研究者の層が厚くなつたことは先輩方に感謝すべきことであり、この層の厚さを大事に学問の発展に生かさねばならない。その中で若い伸び盛りの芽を大きく伸ばすようほうぼうで配慮されていることは大事なことである。その具体化の一つとして若い人々がもつこの種の会議に外国にも出られるように有効適切な方法を講じてほしいものである。

筆者としてはこの種の国際会議に数年ぶりに出席した。Ⅰの会議もⅡの会議でも半分は材料関係の論文であつたとはいえ、二つのシンポジウムを通じて討論に参加できる自分の専門分野がいかに狭いかを改めていやというほど感じさせられた。年輩の外国の学者達のいろいろな問題に対する深い、しかも広い理解力と関心の多角性を認識させられ、17年前すでにMIT留学当初同種の印象をうけたにもかかわらず今再び同じ思いを繰返して自らの不勉強を恥ずかしく思つた。

20代の者を比較すると日本の学者は確かに外国の学者より物識りが多い。その同じ日本人が一般的傾向として年とともにどうして外国人に比し、専門の分野が狭くなるのだろうか。

この問題の具体的解決の私案は主題をはずれるので詳

述しないが, sabbatical leave の採用と, 戦前文部省が二年間外国留学に派遣したような若い時期に, 長期の留学ができるような方策の確立が望ましい。学ぶべきものを批判して取捨できる年令になったら, 学問的吸収力旺盛な人を外国に送ってほしい。

3. 二三の大学と研究所

この数年間英国の諸大学における教育研究施設の拡充には驚いた。この原動力には先年日本を訪れた英国鉄鋼視察団の提言がある由, すなわち英国と日本の製鉄所を比較して, 作業員の教育程度の差と現場に配属された学卒技術者数の大きな差を指摘して, 教育の振興と普遍化を警鐘しているという。

Imperial College を訪ねるたびに研究設備の充実に驚くが, Sheffield 大学を見学していつそうその感を深めた。新しい大学も設立され, 建設中のものもあり, Brunel 大学もその一つで古くは徒弟学校から専門学校に昇格, さらに新しく大学として発足, なお建設中である。建物, 教育研究設備に使った予算は文部省の金属系教室の設立基準予算の比ではない。

研究費が足りなくとも創意工夫で目的を変えてする研究の仕方はある。しかし工学の基礎研究にはどうしても必要な機器を手に入れないとできない研究が多い。

英国の大学での話によると, 必要なときにその研究設備を相当高価なものでも比較的早く購入されている。この研究助成の体制というか制度というか, 学ぶべきことである。

もうずいぶん以前に BISRA を訪ねたことがあるが, このシンポジウムに同じ British Steel Corporation の Corporate Laboratories の人々がよく活躍するので, Sheffield と London の研究所を見学する気になった。見学後以前大した印象をうけなかつた London の研究所が全く面目を一新しているのに驚いた。前回の訪問は M. W. DAVIES 博士が BISRA に転属される以前であったが, このグループの研究内容と陣容の拡大と発展を見て, 英国でも長になる人によりこれほど改善されるの

か, 伝統と保守性の中にこの柔軟性を発見したことは以外だつた。

Sheffield の研究所で一番印象に残つたのは London の研究所と連繋がよくとれていることで, その成果の一つは ESR であろう。研究後の鋼塊 (径 30.6 cm, 長さ 230 cm) を購入希望者が多く需要に応じきれないでいた。鋼線に Zn や Al を vacuum coating しているのと, 前後二組のローラーの中, 後のローラーを45度傾けた zwin roller が筆者には珍しかつた。

Vacuum coating は減圧した容器中で Zn (200°C 以下) や Al を加熱し, その中を 10m/min の速さで鋼線を通してもので, 六ステップで二種類の金属を coat させたり, サーメット (cermet) を coat させることも研究していた。

London の研究所では溶鉄中の炭素-酸素反応, 脱酸反応, E.S.R. の基礎研究, 高炉黒鉛レンガのカリウムによる侵蝕, 耐火物と溶銑との反応, スラッグの結晶化, 固体酸化鉄および熔融酸化鉄の還元, 鋼粉末の製造など多くの問題と取り組んでいるが, 溶鋼と酸化性スラッグとの反応による CO 発生状況およびそれに及ぼす溶鋼中の硫黄や珪素の影響を透過 X 線で 16 mm の高速度カメラで撮つたフィルムを興味深く見せてもらった。

減圧容器中に溶銑をガスとともに噴入する stream refining を開発し, 100 μ 程度の粒鉄になるため, spray refining の欠点を補っているのが, 最も興味深かつた。

4. あとがき

シンポジウムに出席して欧米の学界から遠く孤立しているわれわれを意識した。離れていても独自の研究は推進できる。しかし文献の必要性も軽視できない。この点で国際会議の資料リストだけでもお互いに共有したいと願っている。この意味でプログラムを全部載せていただいた。

このシンポジウムに出席するため, 学術会議に推薦して下さつた鉄鋼協会に心から感謝いたします。

(46. 12. 10記)