

報 告

北 米 訪 問 記

金 尾 正 雄*

Some Impressions in USA and Canada

Masao KANAO

1. は じ め に

昨年 (1977年) の 2 月から約三か月間、米国とカナダに滞在して、いくつかの研究機関を訪ねるとともに A I M E 及び N A C E の年会に出席した。訪問記を書くようにとの御依頼をいただいたが、十分に事情を御存知の方が多く、すでに詳しい報文も多いので躊躇したが、折角のお誘いなので、個人的な印象の断片を記することにする。

2. アメリカ合衆国の研究機関

最初しばらくの間、Cleveland の Case Western Reserve 大学 (CWRU) の A. R. TROIANO 教授 (Dpt. of Metallurgy and Materials Science, Republic Steel Professor of Metallurgy) のもとに身を寄せて、TROIANO および R. F. HEHEMANN 両教授、およびそのスタッフと討論を行なうかたわら、各所訪問などの準備を行なったので、この大学の話からスタートする。

Metallurgy の学科の規模は、学部学生数約 60 名、大学院学生は登録されているもの 45 名、非登録約 30 名である。教授陣は 10 名で、主任教授は Process metallurgy の J. F. WALLACE、他に L. J. EBERT, R. GIBALA, T. E. MITCHELL らがいる。南アの NABARRO

仏の LACOMB など周期的な訪問教授で強化している。羨しく思ったのは内外の講師による Colloquium で、その一部を表 1 に示した。この中で Republic Steel の Dr. MATAS の話を聞いたが、制御圧延した HSLA 鋼と脱酸快削鋼の話で、そう突っ込んだ内容ではなかった。ほとんどの教授から大学院生まで多数出席し、専門外の人達も活発に発言していた。それに伴う Coffee time も若い人に有益である。

TROIANO, HEHEMANN 両教授が力を入れている研究の一つが、米エネルギー研究開発局 (ERDA) の委託による地熱腐食環境用材料の開発と評価であり、現在硫化水素応力腐食 (SSC) に関する研究を行なっている。問題点の多くは石油工業と同じであるが、広範な材料が必要であり、より広範な環境条件を受ける。そこで、各種構造物用低合金鋼、ステンレス鋼、超合金の SSC 感受性を NACE の sour environment に対する標準溶液中の NaCl の濃度を大幅に変えて評価していた。そのほか、原子炉材料としてのステンレス鋼の応力腐食割れ (SCC) に及ぼす塑性変形の影響、軟鋼、低合金鋼の硝酸塩 SCC の研究など行なわれていたが、この研究室のスタッフは、これら各種 SCC が水素脆化であると強く主張していた。

米国では珍しく、Cleveland には通勤電車が走っている。

表 1 Spring colloquium series 1977 (CWRU)

March 1	Dr. S. MATAS Republic Steel Research Center	Application of Metallurgical Principle to Automotive Steels
March 22	Prof. R. W. STAEBLE Ohio State U.	Correlations of SCC to Stability of Protective Films
March 29	Prof. R. T. WEI Lehigh U.	Fracture Toughness Evaluation
April 12	Prof. L. S. DARKEN Penn. State U.	Ideal Crystalline Solutions and the Non-Ideality due to Volumetric Differences
May 3	Dr. C. C. KOCH Oak Ridge National Lab.	The Metallurgy of Superconductors

* 金属材料技術研究所

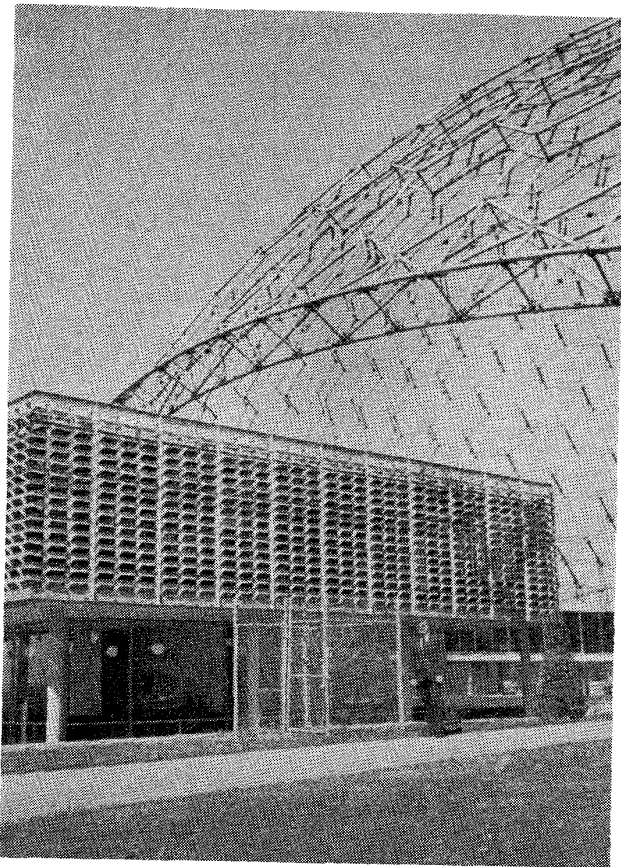


写真 1 ASM 本部の外観と E. B. BOARDMAN 氏

る。NASA の研究所が近くにある Hopkins 空港から市の中心の Public Square を経て、CWRU の直前の駅 University Circle に達する。ここは一大文化センターで、CWRU のほか美術館、自然歴史博物館、音楽堂などが散在している。殊に美術館は充実しており、日本美術の収集や特別展も多く、余暇を過すにはよいところである。

Cleveland でのある日、ASM 本部を訪ね、技術部長の E. B. BOARDMAN 氏と昨秋東京で開かれた鉄鋼協会、ASM 共催の快削鋼に関する国際シンポジウムの打合せを行なった。所在地は Metals Park とあるが、Cleveland の東 23 mile、林や小川の多い住宅地から更に外れた森の一角の眺望のよい丘の上に建っている。写真に見られるように、ステンレス鋼や Al などの金属をふんだんに用いたモダンな半円形の建物と、それに囲まれた 75 の鉱石を配置した Mineral Garden と大きなドームがある。写真中の人物が BOARDMAN 氏である。

ASM は前述の国際シンポジウム級の会合を年間 20 前後開いているほか、出版、教育、情報サービスにも力を入れている。目の前で筆者の論文リストを打ち出して見せてくれたが、この金属文献検索サービスは日本でも利用されている。教育については、ASM'S Metals Engineering Institute による technician を対象とした、そして ASM's Academy for Metals and Materials によ

る engineer, scientist, manager を対象とした数多くのコースがある。日本にも受講の希望が有るだろうかと質問するなどなかなか積極的である。

Michigan 州 Ann Arbor にある Climax Mo. Company of Michigan の研究所は Detroit Metropolitan 空港から西へ車で約 30 分、Michigan 州立大学に隣接している。ここでは以前金材技研に居られた和田次康博士が活躍されており、焼もどし脆性、昇温材料の研究をされている。ここで、P. J. GROBNER 氏とここで開発された 4135 改良鋼について、その耐 SSC に対する効果が Mo と Nb の複合炭化物によること、R. F. STEIGERWALD 氏とフェライトステンレス鋼の将来、電子ビーム溶解の可能性について、W. C. HAGEL 氏と耐 SSC 材、石炭ガス化用材料について、Dr. Y. E. SMITH とは常温クリープの少ないばね鋼について話し合った。

時代のしからしめるところ、エネルギー開発に係わる研究には前出の ERDA や Electric Power Research Inst. などから豊富な委託研究費が支出され、極めて活発であった。筆者の廻った範囲でその最たるものは、Ohio 州立大学(OSU)、UC, Berkeley などであった。

R. W. STAEHLE 教授が主宰する OSU の Corrosion Center には電気化学畑の A. K. AGRAWAL 助教授、物理出身でオージェや ESCA で粒界の性質や偏析（例えば Ni 中の S）を詳細に調べている J. LUMSDEN 助教授のほか、WH から最近着任した力学畑の G. A. BEGLEY 准教授が SCC や腐食疲れに破壊力学的手法を導入しつつある。SCC について定むずみ速度試験を多用しているのが目を引いた。全世界から集まっている 30 名を越すスタッフを率いての STAEHLE 教授の采配は見事である。日本からも川島朝日、中島一両氏が居られ、付きつ切りで世話していただいた。

UC, Berkeley では G. THOMAS 教授(Dept. of Materials Science and Engineering)を訪ねたが、その明確な研究方針のもと、構造用鋼の合金設計、相変態、セラミックと電子材料の研究が行なわれていた。電顕を中心とした研究から指導原理を求め、合金設計を行なっており、4% Cr を含む単純な系の超強力鋼、低炭素低合金のフェライト・マルテンサイト 2 相鋼などの研究がなされている。ここでも岡田益男さんに大変御世話になった。

UC, Berkeley は San Francisco 市御自慢の BART (Bay Area Rapid Transit) の Berkeley 駅直前にあるが、Stanford 大学は San Francisco から Grayhound で南に 1 時間、Palo Alto の近くにある。ここで訪ねた O. D. SHIRBY 教授は超塑性を有する 1~2% 炭素鋼の研究を行なっておられた。教授は大変優れた加工性と性質が得られているので、エキサイトして研究しているのだと目を輝やかしながら説明された。A₁~A₃ 温度域で温間加工することによって ASTM No. 20 前後の超微

細鋼が得られ、そのため優れた強じん性が得られる。800°Cで容易にプレスで圧縮加工でき、超塑性を利用して精密な寸法の種々の形に成形できる。成分として Si は有害で、Mn はよいとの事であるが、溶製に問題があるかどうかは、製鋼メーカーに溶製を委ねられており、返事はなかった。なお、このあと Colorado 鉱山大学、Naval Research Lab., MIT などを訪問したが、紙面の都合で省略させていただく。また、NACE の年会も、別の記事が予定されているとの事なので触れない。

3. 第 106 回 AIME Annual Meeting (Atlanta)

3月6～10日に Georgia 州 Atlanta の Hyatt-Regency, Hilton, Marriott ホテルで表記の年会が開かれた。AIME 自身や AIME を構成する The Metallurgical Society (TMS) などの各 Society の各種 meeting, technical session, lecture などが一斉に開かれる。その中にあつて TMS-AIME の 96 の session が 21 の会場で 4 日間行なわれた。また、本年の Institute of Metals Lecturer and R. F. Mehl Medalist として、UC, Berkeley の E. R. PARKER 教授が選ばれ、Interrelations of Composition, Transformation Kinetics, Morphology and Mechanical Properties of Alloy Steels と題する講演を行なった。

session には全てテーマ名が付されており、Is the Microstructure Really Important to the Understanding of Fracture? というような魅力的な名称があつた。この中には S. KOBAYASHI (UC, Berkeley) による延性破壊の機構、N. S. STOLOFF (Rensselaer Poly. Inst.) による冶金学と低温破壊、D. A. WOODFORD (G.E) による冶金学と高温破壊、A. R. ROSENFELD ら (Battelle, Columbus) による冶金学概念とき裂成長、そして R. P. WEI (Lehigh) による環境が促進するき裂の成長について、などが含まれていた。また、Material Properties Controlling life of Critical Structural Members—Designers Speak to Metallurgists という session にも

興味が引かれた。

会場の雰囲気は舞台の豪華さ? は別として、鉄鋼協会と同様討論が活発で相違は感ぜず、また会場外での接触も同様に盛んのように見受けた。会場で夫婦で記念撮影に収まっている姿も見かけ、夕暮れともなると盛装した夫人連れを街角で見かけ、お陰で何軒かある日本風料理店も超満員になつたようである。他方、会場にも一日中御主人に付き合つて聴講している夫人の姿がちらほら見え、これもまた大変な努力である。大低はお若い方であつた。

4. カナダの研究機関

旅行者が大都会で数日を過し、表面を眺める限りでは米国とカナダは極めてよく似た印象を受ける。治安はよいのでのびのびと出歩くことができた。人種問題がなく、治安がよくてよいですねとある人に話したら、いや Québec 州の問題があるという返事が戻つて来た。複数の言語を公用語とする煩わしさも大変であろう。現実には英語のみで筆者の行動上に不便はなかつた。

カナダではまず Ottawa にあるエネルギー鉱山・資源省 (DEMR) の Physical Metallurgy Research Laboratories (PMRL) を訪ねた。これは DEMR の Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET) に属する。CANMET の構成を表 2 に示した (1975 年 12 月 31 日現在)。

CANMET は表 2 に出ている三つのプログラムを推進している。MRP はカナダの鉱物資源 (化石、核燃料を除く) の効率的な抽出と利用を目的とし、採鉱、処理、利用の分野がある。ERP は化石、核燃料の国内資源開発の質とポテンシャルに関する評価、同上資源の処理と品質の向上、化石燃料の利用と保存を目的とし、供給、処理、利用と保存の分野がある。MEIP はカナダの科学技術情報システムの一貫として、Mining, Mineral Processing, Metallurgy, Energy Technology 分野の情報サービスを行なう。

各プログラムの director は活動の優先度と目標を決

表 2 Canmet staff (December 31, 1975)

Division	Professionals	Non-Professionals	Total
Administration	4	15	19
Minerals Research Program	6	3	9
Energy Research Program	4	1	5
Minerals and Energy Information Program	—	—	—
Energy Research Laboratories	47	43	90
Mining Research Laboratories	33	36	69
Mineral Sciences Laboratories	98	132	230
Physical Metallurgy Research Laboratories	55	83	138
Technology Information Division	11	14	25
Technical Services	2	68	70
Totals	260	405	655

定し、詳細計画を立てて予算を配分する事に責任があり PMRL など六つの機能単位の chief はプログラムの要求に応じて、その研究の実施者を決定し、また、プログラムが必要とする時応じられるように、必要な設備、技能などを準備しておく責任があるという。これは1975年からの新システムのものである。

訪ねた PMRL は Corrosion, Engineering Physics, Ferrous Metals, Foundry, Mechanical Testing, Metal Processing, Metal Physics, Non-destructive Testing, Non-ferrous Metals の 10 の section に分かれている。新材料、新技術の開発と在来材料、技術の適切な使用の両面に努力がなされている。acting chief の R. K. BUHR 氏は行政に必要な情報を提供する任務を強調していたが、民間の技術水準の向上に直接役立つ仕事も行なっている。section によつてその比重は異なっており、非破壊検査の section など研究を全く行なわず、技術指導のみを行っていた。人件費の占める割合は大きい。

カナダの現状と立地条件から、材料関係では北極地帯で使用される金属材料、就中パイプライン用鋼の安全に関係する研究が多かった。例えば、MRP, ERP に基づいて、SSC に及ぼす表面欠陥の影響 (Corrosion S.), 溶接部の組織 (Ferrous Metals S.), 残留応力測定 (Metal Physics S.) および SSC (Corrosion S.) の研究、各種雰囲気中の疲れの研究 (Engineering Physics S.) などである。結果のあるものは National Energy Board などの規制に取り入れられているという。

大学では Queen's 大学 (Ontario 州) と British Columbia 大学 (UBC) を訪ねた。Queen's 大学はかつて

カナダの首府となつたことのある古都 Kingston にあり Ontario 湖に面している。風格のある古い建物はこの地方特有の石灰岩で作られている。筆者は Toronto からカナダ国鉄を利用したが、Kingston まで約 2 時間。駅は原野の中にぽつんと建っており、同一方向に行く客とタクシーの相乗りで目的地に向うことになる。UBC のある Vancouver では丁度遅い春にぶつかり、春の花が一斉に咲き乱れ、周辺の自然との調和も美しく市内凡て公園の趣きであつた。UBC はその中でも恵まれた位置にある。

カナダの大学は元来私立も多かつたが、財政の点で現在は州政府が支えている。州により教育制度は異なる。UBC の主任教授 Dr. TEGHTSOONIAN によると教育に要する費用は授業料の 15% 以外は州政府による。研究費は実質的には大部分連邦政府に負っている。UBC の Metallurgy の学生数は年によつて異なり、20 名前後が多いが、今年は 3 名という。Queen's 大学でも周辺の人口数を考えると Metallurgy の学生を多数供給するのは苦しいと言うことを聞いた。

5. お わ り に

僅かの滞在期間ではあつたが、多くの研究者と話しあう機会を得た上に、現在の米国あるいはカナダの国状や生活の一端に触れることができ貴重な体験となつた。これはひとえに多数の方々の御好意の賜である。一人一人お名前を書いて御礼申し上げることは到底不可能であるが、御世話になつた皆様に厚く御礼申し上げる。