資 料

米 国 の 溶 接 研 究 雑 感* [2]

— 何 を 学 ぶ べ き か —

鈴 木 春 義**

Welding Research Laboratories in U.S.A. (Report 2)*

— What should we study from Them? —

By Haruyoshi Suzuki**

受託研究専門の研究所

米国で受託研究を商売にしている工学研究所として有名なバッテル研究所とアーマー研究所は、ともに充実した溶接研究部門を有している。ここでは研究能力の向上のためにわれわれに参考になるいろいろの試みを実行している。

(1) バッテル研究所 (Battelle Memorial Institute Columbus, Ohio)

バッテル研究所は世界的に有名な工学研究所でとくに金属材料に関する研究で広く知られている。鉄鋼等で産をなしたゴードン・バッテル (Gordon Battelle) の遺産で創設されて以来約33年の古い歴史をもち、主として外部からの依頼研究費によって運営されている。コロンバス市にある本部だけでも現在約2200人の職員をようし、さらに同市の近郊に原子炉をもち、北フロリダ海岸の腐食試験場、ドイツおよびスイスにある支所を加えると総数約3500人の大研究所である。

コロンバス市にある本部 (図-13) については、筆者が1953年に訪問した折の詳しい記事が“溶接資料”，

図-13 バッテル研究所 (コロンバス市)

1953年12月号, 834—842頁に載せられているが、今回はかなり面目を一新していた。ことに建物の数の増加と内部の施設や研究装置の充実が目についた。現在員約2200人の内訳は

大学卒の研究員	全体の約 $\frac{1}{3}$
実験助手 (高校卒)	" $\frac{1}{3}$
工員, 事務, 図書等	" $\frac{1}{3}$

という構成で、この比率は米国の多くの研究所に共通なようである。バッテル研究所には運輸技研溶接部の増淵博士が研究員として活躍中で今回の訪問に際しては同氏にいろいろ御援助いただいた。

バッテル研究所は7部門に大別されている。すなわち、化学、化学工業、物理、工業物理、工業経済と情報、機械工学および金属工学である。仕事の内容は工業のすべての分野に及び、このうち溶接に関連の深い金属工学部門は現在約250人で次の10部に細分されている。

- (イ) 鉄鋼部 (Ferrous Research Division)
- (ロ) 非鉄材料部 (Non-ferrous Res. Div.)
- (ハ) 製造冶金部 (Process Metallurgy Res. Div.)
- (ニ) 材料試験部 (Mechanical Res. Div.)
- (ホ) 加工部 (Metal Working Res. Div.)
- (ヘ) 粉末冶金部 (Powder Metallurgy Res. Div.)
- (ト) 金属科学部 (Metal Science Res. Div.)
- (チ) 金属サービス部 (Metallurgical Service Res. Div.)
- (リ) 金属情報部 (Metallurgical Information Res. Div.)
- (ヌ) 溶接部 (Metals Joining Res. Div.)

このうち溶接部は部長 P.J. Rieppel氏 (物理出身) の下に

冶金8人、化学3人、機械、土木、物理、溶接およ

* 原稿受付, 昭和37年3月15日

** 正員, 金属材料技術研究所溶接研究部長 Member, National Research Institute for Metals.

び造船各 1 人（以上合計 17 人の学卒研究員）

がおり、このほか事務 3 人、実験助手および工員併せて 15 人いるから、部長を含めて 31 人の由である。このようにいろいろの専門家を集めていることは溶接研究の特異性に応ずる良策といえよう。

バッテルの年間総予算は約 90 億円でその内約 50% が人件費である。受託研究の約半分は米国政府、米軍部および原子力委員会より、残り半分が民間会社から来る。バッテル自身の金で行なう自発研究は全体の約 5% 程度の件数の由である。金属部門（250 人）の予算は 1 カ年 7.2 億円、このうち 2.2 億円が溶接部（31 人）のものであるから、溶接部がいかに活潑に仕事をしているかが伺われる。

バッテルでは外部から安心して委託研究が頼めるように徹底した秘密保持に努めている。これが保持されない限り、外部から積極的な研究依頼はないであろう。受託研究費としては研究担当者の人件費のほか、間接費も含む全経費なので、わが国のように人件費を除いた純必要経費を少額支払うのとは趣が異なる。バッテルに頼むと大学に頼むより約 2 倍高いが、それでも厳重な秘密保持

を怠らないで巨額金を力重に研究を依頼してくる。なお研究の結果得られた特許の実施権は、バッテルの研究員にあるのでなく研究を委託した会社の所有になる。これは次に述べるアーマー研究所でも同じである。

バッテルは、集中管理方式を採用して研究能率と冗費の節約をはかっている。計器やメーター類は計測器室で保管し、常時修理調整して必要に応じて研究者に貸出す。材料試験機、金属顕微鏡、電子顕微鏡、電磁気測定器等にはそれぞれ専属の操作員がおり、研究員は伝票システムでこれに仕事を依頼する。これは研究者に雑用をさせないための配慮からきたもので、操作員に仕事を依頼すればその経費がテーマの研究者から差引かれる。原価計算が精確に迅速に行なわれるように IBM の電子計算機（デジタルコンピュータ）でこれら进行处理する（20%）ほか、研究に必要な数値計算（80%）もこれに頼っている。これは 1 ケ月 \$3800 で借用している。この操作に 17 人が使われている。

バッテルの誇りの一つはその完備した図書室（250 人）である。7 万冊の単行本（雑誌のバックナンバーの 1 年分合冊を 1 冊として加算）をもち、毎月 1500 の技術雑誌をとっている。論文はすべて約 150×200 mm の大きさの文献カードに抄録され、その中の要所（著者、題名、内容および取扱対象を示す主な術語）に約 8 ケ所ぐらいのアンダラインがつけてあり、その数だけこのカードの複写がつくれ、それぞれアンダラインの項目別に分類されている。したがって研究員があるテーマにつき従来

の文献を一覧したいときは、図書室が 1～2 分間で所望の文献カードを揃えて見せてくれる。バッテルでは一つのテーマについての研究の展望や総合レポートを数多く出しているが、これは軍や政府らの依頼調査に応じたものが多い。文献複写、整理その他すべてに完備したバッテルの図書室は、従前の研究と重複しない新しい研究成果を短期間にあげるために必要欠くべからざる設備となっている。

バッテルの給与は大学と会社の中間にあり、溶接部長は年俸 \$ 18000（その他ボーナスなどなし）、学卒初任給 \$ 450 程度であるが、マスターやドクターの学位をもつと段違いに給与が上がる由である。これはわが国と大いに事情が異なっていて、実力主義をモットーとする米国の考え方がよくうかがわれる。なお有名な大学教授には民間会社の囑託をしている人が多い。

バッテルは研究者の養成には最適の機関であるから、新学卒はここで数年働いて実力をつけ、名前が売れてから民間会社に転出する人もかなりいる由である。しかし部長以上は優遇しており、あまり移動はない由である。

バッテルの金属関係の主要な設備としては、電子顕微鏡、電子および X 線廻折、金相組織、真空技術、溶解（帯域、真空、アーク、誘導、キューポラ）、鍛造、熱延、冷延、線引き、熱処理、機械加工、化学および分光分析、プレス、粉末冶金、放射線透過および非破壊検査、溶接およびアイソトープ利用研究の諸設備が完備している。そのほか原子炉工学、表面処理、精錬、鋳造、材料試験（約 100 台のクリープ試験機を含む）、摩耗、腐食などの研究設備がある。その規模はわが国の大学の研究室にみられる程度の小型のものばかりでなく、製鋼所の研究室や金材研に見られるような実用化試験が可能でいどの大型のものにまで及んでいる。また、工作機械工場には 30×130 m² ぐらいの部屋に約 30 人の工員の働く中央工場があるほか、各部門に数人ずつの小工場がある。また精密工作機の入った恒温室も使用されている。

溶接実験室の設備としては、

制御雰囲気溶接装置（3 台）（2" 厚のチタン板の溶接その他の活性材料の溶接、高純度アルゴン使用）

NRC 電子ビーム溶接機（1 台）（燃料要素の端栓の溶接）

高温延性試験装置（高周波溶解、凝固サイクル、高温破断、（図-14）

をはじめ、各種のアーク溶接、抵抗溶接の研究設備が多数揃っている。

最近行なっている研究テーマとしては、

（イ）高温割れ特性（強靱鋼や HY 80 等）

（ロ）残留応力と脆性破壊

- (ハ) 金属の欠陥と溶接割れおよび破壊様式の関係
- (ニ) 超高張力鋼の溶接
- (ホ) 超厚板のチタン合金の溶接
- (ハ) パイプの現場 CO_2 アーク溶接

等であるが、これらは最近の *Welding Journal* 誌上に公表されているかまたは近く公表の予定のものである。それ以外の秘密研究の内容はもちろん発表しなかった。

バッテル研究所の溶接部のこれまでの著しい業績としては、まず溶接金属の高温および低温割れの原因、機構

図-14 バッテル研究所の凝固サイクル高温破壊試験装置

および防止に関するものがある。とくに高張力鋼や合金鋼のビート下割れと水素に関する研究は古くから有名であり、これが低水素系溶接棒開発の基礎となった。最近では高張力鋼や超高張力鋼の溶接金属の高温割れに関して、凝固の熱サイクル再現試験機を用いる高温延性に関するものが数多く発表されている。これは航空機工業、軍需およびロケット工業に貢献するところが大きい。また原子炉用燃料要素の溶接については、各種の融接、圧接およびろう接を用いて検討しており、最近では高温の真空中の圧着による粉末燃料要素の製造について新分野を開いている。さらに古くはエアコ社に依頼されてMIG溶接の開発に成功し、また最近では CO_2 アーク溶接を用いるパイプラインの現場自動溶接も、ここが開発してエアコ社が製品化したもののようである。このほか、鉄鋼、アルミニウム合金、ステンレス鋼、銅合金、チタン合金、ジルコニウム合金などの融接、抵抗溶接、ろう接および切断についても手広く研究を行ってきた。このほか、溶射、肉盛、炎焼入れ、プラスチックの溶接なども研究してきた。

- (2) アーマー研究所 (Armour Research Foundation, Illinois Institute of Technology, Chicago, Ill.)

アーマー研究所から発表される溶接の研究論文がしばしば *Welding Journal* 誌に載っている。アーマーというから防弾の研究所かと思ったらそうでなく、人名のよ

うである。

アーマー研究所は、バッテルと類似の研究所でやはり広く工学の全分野（物理、化学、金属、非金属、流体力学、電子工学、セラミック、力学、工業経済）にわたって受託研究をうける大学附属の研究所（1936年創設）であるが、バッテルにくらべて規模がやや小さい。

このアーマー研究所は大学付属だけにその研究担当者の1~2割は同時に講義を受持っている。全職員1600人で、そのうち約150人が金属研究所（4階建、延坪約1600坪）に働いている。このうち約60人が学卒で残り40人が事務系および実験助手である。溶接専門の職員は7人なのでバッテルにくらべると陣容がかなり小規模である。アーマー全体では昨年度約58億円（バッテルは90億円）の予算でやり、研究件数785件、うち90%が民間会社および政府（半々）より、また10%が自発研究である。金属研究部は年間約4億円を使い、このうち約10%が溶接関係である。一つの研究契約は\$5,000~\$250,000で平均では金額約3~4万ドル、従事する職員は学卒1人に実験助手2人程度が1チームとなる由である。

金属研究部は物理冶金、合金の開発、鉄鋼、原子炉冶金、溶接、粉末および繊維冶金、電気化学、冶金作業、鍛造および製鋼などの実験室をもち、主要設備としては100 kgの真空アーク（消耗電極）溶解炉、2.5 kgと25 kgの真空溶解炉、TIG真空溶解炉（100 g~10 kg）、精密熱処理炉、高温光学顕微鏡（1,000°Cまで）、燃料要素およびその他の原子炉構成部品の研究設備、加圧オートクレーブ、1000トン押出プレス、各種材料試験機、各種溶接およびろう接設備、X線および電子廻折装置、電子プローブマイクロアナライザー、電子顕微鏡、ガス—金属研究装置、電磁測定器、2,400°Cまでの真空抵抗炉等がある。

溶接実験室も一応揃っており、研究テーマとしては電磁制御アーク（電極方向に磁化）、ろう接材料の開発、チタン合金（Cr-V-Al-Ti）の溶接などであった。これまでアーマー研究所の溶接研究成果は *Welding Journal* 誌に度々載っている。

溶接研究部門のある会社の研究所

- (1) U.S. スチール社の応用研究所 (United States Steel Corp., Applied Research Laboratory, Monroeville, Pa.)

US スチール社は米国第一の製鉄所でその有名な研究所は本社のあるピッツバーグ市の近郊モンローヒルの静かな田舎に美しく横たわっている。ここには基礎研究所（約100人）と応用研究所（約1100人）の二つが、接近して並んでいる。この応用研究所は有名な80キロハイテ

ソの T-1 鋼を開発したところとして溶接技術者には関心の深いところである。

基礎研究所は全職員約 100 名で、その半数以上が大学卒の優秀な研究員である。ここは物理、物理化学、化学冶金および物理冶金の 4 部門に分かれており、US スチールの仕事と直接関係のない研究でも自由にやらせるが、その研究成果が将来 US スチールの製品や製造技術の改良に貢献することを期待している。指導者は研究員が方向を誤まらないようにある程度の軽い統制はとっている由である。なお応用研究所と月 1 度、研究員が集まってセミナーを開き研究成果の発表と意見の交換を行なう由で、その折に応用研究所の所員が基礎研究の成果から何らかのヒントを得るように努めている。具体的な研究内容を参考までに掲げると次のように、US スチール社の仕事からひどく離れた項目は少ない。すなわち物理部は、金属およびその他の結晶固体の電子構造、磁気的性質、結晶構造、および格子欠陥につき研究するほか、所内の測定器の整備をも受持っている。また物理化学部では、金属の熱力学的力学的研究をやるほか、表面化学、格子欠陥と種々の原子間の相互作用、金属とイオン相の高温化学をも含んで研究する。化学冶金部では特に鉄鋼の還元精錬、凝固に関連する化学的物理的因子の研究を行ない、これには反応速度、熱化学的平衡状態の分析、熔融金属よりの核発生と成長などが含まれる。最後に物理冶金部では、金属と合金、特に鉄鋼の組織とそれに付帯する物理的機械的諸性質を支配する基本原則の発見と系統づけを主目的とする。このほかにサービス部門として、図書室、分析化学、写真、デザイン、庶務および計測の諸係がある。

応用研究所（図-15）は約5000坪の延坪をもち職員約1100人でこのうち学卒 $\frac{1}{3}$ 、残り $\frac{2}{3}$ が実験助手と事務員お

図-15 US スチール社の応用研究所（このほかに新しい別館がある）

および工員である。35人の Ph. D.（博士）、150人の M.A（修士）および 155 人の B（学士）がいる由である。このほか US スチールでは他にも特定製品の研究所が数カ所にあり、全会社を通じて研究者は合計1700人で、売上げの 0.8 % の額を研究に使用している由である。

応用研究所では、所長、各部長、主任販売技師らが集まり研究テーマを決定する。半期毎に予算をとり、研究の成果は直ちに採算が検討され、見込みがなければ直ちに中止する由である。

応用研究所の目的は、会社の操業能率の向上、原料節約、製品の品質向上と、新しい製法ならびに製品の開発であるが、このために組織的に次の12部に分れている。すなわち、

- (イ) 高度応用研究部 (Advanced Applied Research)
- (ロ) 原料部 (Raw Materials Engineering)
- (ハ) 石炭、コークス、薬品部 (Coal, Coke and Chemicals)
- (ニ) 製造冶金部 (Process Metallurgy)
- (ホ) 製鋼圧延部 (Steel Processing)
- (ヘ) 耐火物と鉱物工学部 (Refractory and Mineral Technology)
- (ト) 薄板製品部 (Sheets Products)
- (チ) 棒、板および鍛鋼品部 (Bar Plate and Forged Products)
- (リ) 化学冶金部 (Chemical Metallurgy)
- (ヌ) 物理および分析化学部 (Physics and Analytical Chemistry)
- (ル) 電気機械工学部 (Electromechanical Engineering)
- (ヲ) 工場および保守部 (Shops and Maintenance)

このうち、高度応用研究部の目下のテーマは、金属の酸化の研究、合金鋼の顕微鏡組織と強さならびに靱性との関係、高速加工法、鋼の破壊と脆化現象および中性子放射損傷などである。この部の研究は長期計画であるが目標がはっきりして周到な計画に沿って実施される。この部は実質的には基礎研究と応用研究の中間に位している。

原料部は鉄鋼石から鉄を還元する方法の改良と新方法の開発を行なう。これには高炉の熱力学と操業法を含む。製造冶金部はパイロットプラントをもち鋼の溶解と casting 法の改良と開発を取扱い、酸素製鋼法、平炉法、アーキ炉、真空冶金（真空 casting、真空脱ガス、真空脱酸、真空消耗電極溶解）、加圧 casting、連続 casting、その他の現用 casting 法を含んでいる。棒、板および鍛鋼品部は、合金鋼、高張力鋼、鍛鋼品、炭素鋼棒、半製品、構造用鋼板、および鉄道用鋼材を扱っている。ここには実物鉄道車輪の大型試験機が備えられている。化学冶金部は、腐食と防食、表面処理を扱っており、腐食試験では1930年度以来30年以上にわたって 64,000 個の試験片を試験中である。電気機械工学部では計測器、自動制御装置および品質管理用の装置の開発にあたっている。電子計算器デ

ィジタルを備えて研究用の複雑な計算を行なうこともこの部の仕事である。

棒、板および鋼製品部にはかなり整った溶接実験設備がある。鋼材の溶接性の研究に必要なアーク溶接（手および自動）、抵抗溶接、ろう接および変態ならびに高温延性や熱サイクル再現装置などが揃っているが、設備の面では八幡製鉄の溶接研究室はほぼ充実していない。

この研究所の設備は基礎から応用まで、小型のものから数十トンの鋼塊のつくれるパイロットプラントまで完備し、物理冶金の設備と比較すると金材技研の1961年末現在の約1.5倍ぐらいの感じであった。なおクリープ試験機は約80台ある由である。Doty 博士の話によると、T-1 鋼について HY 80 鋼（米海軍用、最近公開された HT 70、高切欠靱性の調質鋼）を一般に広めたいといっていた。また中性子損傷の実験は小型の V シャルピー試験片では標準試験片との関連性に乏しいので、これからは標準試験片を使う由である。新しい高張力鋼の開発についてはもちろん語らなかつたが、航空機やロケット用の超高張力鋼（140 kg/mm² 鋼級およびそれ以上）の開発研究は当然やっていたのであろう。

（2）ウエスチングハウス研究所（Westinghouse Research Laboratory, Churchill Borough, Pittsburgh, Pa.）

ウエスチングハウス社は米国でも有名な電気製品のメーカーであることはいうまでもないが、その研究所はやはりピッツバーグ市の中心より東へ16キロの町はずれにあり、三階建の延約9000坪の美しい建物である。全職員は約800人、うち大学卒約300人、助手約300人、事務および工員が約200人の由である。ここには約3万の蔵書をもち、500以上の学術雑誌を購入している大きい図書館がある。

研究所は化学、電気力学、電子工学および核物理、絶縁、磁性および固体物理、数学、力学、冶金、物理、半導体および固体物理、工学の11個の研究部に分かれている。所長代理は固体物理で有名なジャー博士（C. Zener）で、例の塑性学で有名なナダイ（Nadai）もここに働いていた。昔から有名な金属研究者がいて、金属材料の研究には特に意をそそいでいる。

冶金部には、

- （イ）合金開発研究課（Alloy Development Section）
- （ロ）金属物理課（Metal Physics Section）
- （ハ）凝固課（Solidification Section）
- （ニ）溶接課（Metal Joining Section）

がある。ウエスチングハウスでは溶接機器も製品として売出しているので溶接の研究にもかなりの努力を払っている。

溶接研究課には Welding Journal に昔からよく論文を載せているヒューシケル（Heuschkel）が今は顧問として活躍しており、われわれを案内してくれた。主として溶接研究課の設備をみたが、かなりよく揃っている。たとえば RPI の高温延性試験装置、熱サイクル装置、CCT 装置、制御雰囲気 TIG および MIG 溶接装置、各種アーク溶接、プラズマジェット（電圧と温度分布、70 kW）、切欠脆性試験機、浮遊溶解装置（Levitation melting、円錐形に巻いた高周波コイルの上方空中に金属試料（50～70 g）を浮して溶解する装置、これで溶接金属の切欠靱性を研究中）などがあり、このほか応力解析、固体物理、その他の研究設備がよく揃っている。X線廻折、質量分析、電子顕微鏡、真空炉、その他の必需品が勿論完備している。

この研究所は、可動間仕切により 4×8 m 程度を2区分して小実験室にして使用している。新装置が多く、古いものはほとんど見当たらないが、これは古いものは室内に残さないで常に研究に使用するものを新に組立てまたは購入して設置するためである。現在研究所を2倍に拡張中であつた。特に目立つ特長は、測定装置に自家製が多いことで、既製品のみに頼らないことである。

ウエスチングハウスの研究所の溶接研究課の仕事は、火力発電用高温高圧のステンレス鋼の溶接、とくに溶接部の割れ防止と高温の強さに関する研究をはじめとし、原子炉の溶接に関連したステンレス鋼や活性金属（ジルコニウム、タンタル、モリブデン、タングステン等）の溶接の研究、各種金属のイナートガスアーク溶接と炭酸ガスアーク溶接、プラズマジェットの溶接、切断および溶射への応用、鋼材の切欠靱性に関する冶金的研究などがある。

（3）インタナショナル・ニッケル社（Inco）の研究所（Research Laboratory, International Nickel Co., Bayonne, N.J.）

インコ社はニッケルとその合金の開発ならびに溶接棒で広く世界に知られているが、ニューヨーク市にほど近いベイヨンの研究所では約200人の職員が延約2200坪ぐらいと思われる広さの研究室を使用して落着いた研究をやっていた。このうち学卒研究員が75人（全体の約1/3）で、そのうち1/4は博士号（Ph. D.）をもっている。装置もかなりよく整備され、金属研究所として溶解、鋳造、鍛造、圧延、材料試験、クリープ試験、物理冶金および化学冶金、分析、および腐食試験などの諸設備が揃っていた。溶接についても被覆アーク溶接、TIG、MIG の自動および半自動装置、熱サイクル装置および RPI 高温延性試験機（前出図-2）などが揃っている。なおこ

にはカメカ社の電子顕微分析装置の1号機が設置され、溶接に関係しては AISI 347 型ステンレス鋼(18-12Cr-Ni-Cb)の溶着金属の粒界不純物の分析をやっていた。

また最近同所で開発した延性ある超高張力鋼として

MA-18 Ni-Co-Mo 鋼

(C 0.02%, 18 Ni-9 Co-5 Mo-0.16 Ti)

降伏応力 150 kg/mm² 以上, 引張強さ 154 kg/mm² 以上, 絞り64%以上

をいろいろ試験していた。

(4) その他

今回視察した大きな会社のうち、バブコック社とA.O. スミス社は大きな研究所をもち、そこで溶接の研究を盛んに行なっているが、今回はそれらの研究所を訪問する時間的余裕がなかった。

原子力研究所の溶接部門

今回は三つの国立の原子力研究所、すなわち

オークリッチ原子力研究所

(約4200人, うち金属部は250人)

アルゴンヌ原子力研究所

(不明, うち金属部は208人)

ハンフォード原子力研究所

(約8000人, うち純研究所は600人)

の金属部門とくに溶接関係を詳しく視察したが、いずれも金属研究所として美事な設備と規模を有している。このうち、アルゴンヌとオークリッチは戦時中のバラックを棄てて新装のビルに移転中であつた。アルゴンヌの金属研究室のビルはきわめて好都合にできており、新しく研究所のビルを創設するにはよい参考になると思われた。

溶接に関する研究には、3研究所とも10~20人ぐらいのグループをあてており、しかも行なう研究は各研究所で開発を行なっている原子炉の燃料の溶接(ろう接も含む)が主であつた(詳細は溶接協会の原子力研究委員会で講演したのでここでは省略する)。压力容器の溶接の研究はここではあまりやらないで、原子炉のメーカーがやるようである。したがって各研究所の溶接研究グループはきわめて狭い範囲の研究テーマを深くやっている。したがって新材料や新方法の開発も比較的容易に行なうだけの人手がある。わが国では、運輸技研の溶接部(約13人)、金技研の溶接研究部(約22人)では、小人数で溶接の全分野を担当するわけであるから研究が巾広く浅くなる傾向がさけられない。

米国の研究所から学ぶべきもの

以上の米国の溶接関係の研究所につき主なものを説明

した。これらに共通の特長をあげ、つぎに筆者の感想を述べてみたい。

(1) 環境

米国の研究所をみて感ずることは、先ず美しく清潔なことである。暑いところでは冷房設備があり、暖房はどこでもやっている。工場風の広い実験室でも多くは熱風式暖房があつて、研究者は居心地よく研究実験を行なっている。

米国では街路がどこでも舗装され、靴は一週間磨かないでもピカピカに光っているほどほこりが少ない。実験装置がホコリをかぶって白っぽく見える研究室は全くない。これは日本と大いに違うところで、全く羨しい限りである。

米国の研究室は一般に広々としている。工場風の実験室を除いて、建物の延坪は職員1人当り約11坪になっている。また部課長には個室を与え、落着いて考える余裕を与えるようにしてある。

(2) 事務処理

米国の研究所では研究者になるべく雑務をやらせないように十分留意している。部課長には秘書がつき、タイプを用いて事務処理をテキパキやってくれる。要点を言うだけで、チャンとした文書を書き、手紙、書類、文献の整理、報告書の整理、購入に関する手続事務などをやってくれる。これに関してわれわれが真剣に考えなければならぬのは国字の問題であろう。これは余談になるが、一寸だけ触れてみたい。

米国や欧州のローマ字を使用している国では、小学校の4年生になると新聞が読める。日本では中学を卒業して新聞を十分読みこなせるだろうか。これは漢字とローマ字の違いからくる大きな差である。また手紙を書くのに、欧文タイプなら肉筆よりも数倍速やかに、しかもきれいに仕上げられ、かつコピーが数枚とれる。和文タイプは恐しく非効率で、手で書くよりも数倍ひまがかかる。われわれが論文を書く場合に、ペン書きすればたった一部だけ出来上るのみで同時に控をとることはできない。これを浄書させればやはり唯一部で、しかも丁寧に書くからひまがかかる。最近のコピーマシンで控えや写しをとるには、インクでなく墨書しなければならない。またわが国の高校卒の女子職員で文書や手紙を申分のない文章と筆蹟で書きうることはほとんど期待できないが、外国ではローマ字とタイプのおかげでそれが可能である。とにかく事務処理の方法において、われわれは欧米人にくらべて数倍の重荷を負っている。筆者はこのことを思うにつけ、ローマ字論者に加担したくなる。ローマ字化は日本精神を冒瀆するよういわれるが、もともと漢字は支那から渡来したもので、これは日本精神とは

無縁のものと思われる。研究者として一番大事なことは、既往の考えに縛られないことであるが、この点からみてわれわれは国字の問題とわが国の事務処理方法について根本的に考えを改めるべきではなかろうか。

話が十分脇道にそれたが、米国の研究所では学卒の研究者が材料試験機、顕微鏡試料研磨、試料の工作などに時間を空費しないように、各装置には主として高校卒ぐらいの専門の操作員がついていて、伝票システムで処理している。

また研究機材の購入も手続がわが国よりもはるかに簡単に処理が速い。パッテル研究所では、研究員と部長と会計担当者の 3 人のサインだけで機器の購入ができるようになっている由である。めくら印を減じて、責任の所在を明らかにする点は学ぶべきと思う。

(3) 設 備

米国に限らず最近の欧州の先進国では、研究には徹底的に設備に金をかけ、かつ多くの人員を投入する傾向が強い。溶接の研究にも前述のごとく 200~300 人をかけるのは稀でなく、しかも多額の金をかけて新しい研究設備を整えてやっている。たとえば TIG, MIG, CO₂ アーク、サブマージドアーク溶接等の装置がわが国の研究所に見られるように単に 1 台ずつというのではなく、数台ずつ揃っていて、多くの研究費をかけて同一の溶接方法に対して数台平行に実験できるところが多い。たとえばシアキーの会社では現在まで 10 数台の電子ビーム溶接機を作ったが、そのうち 4 台は研究用の電子ビーム溶接機としてこれをシアキー社の研究室に据え、昼夜 2 交替で外部から持込まれる試料の溶接の研究をやっている。

このほか MIT, US スチール、パッテル、アーマーなどの金属研究所では X 線廻折装置、電子顕微鏡など数台ずつ揃えて多数の試料を速やかに処理している。米国の研究報告が、数十種にわたる多くの試験材を含み内容が豊富でスケールが大きいことは、わが国の多くの研究報告が少数の例外を除いてはかなり内容的に、量的に貧弱なのと明りような対照を示している。これは溶接学会の学術講演会で特に痛感される。

米国の研究所を見てすぐ目につくことは、研究装置に市販品に見られない試作品が多いことである。これはある研究実験用に特に試作されたものか、または市販品に改良を加えたものであるが、これを用いることにより測定精度が向上し、独得のデータが得られる。その効用が判明してから市販品として売出されるから、それをわが国に輸入して使用する場合には、研究は少なくとも 5 年ぐらい遅れることになる。米国では溶接機でも研究装置でも、毎年毎年少しずつ改良を加えるから、数年たつとほとんど面目を一新する。そのよい例は日本に入った

イナートガスアーク溶接装置で、わが国では最初に入ったままの形式で製作販売しているが、あちらでは次々と改良を加えて数々の改良品が毎年売出されている。これらの小さい改良も積れば大きい改良となるもので、画期的な大発明発見のみが溶接の進歩発達をもたらすものではない。

米国の研究所では実験室内の研究装置がどこも新しく見える。これは使い古して不要になった装置や器具は場所ふさぎになるから倉庫に片付けてしまって、目下の実験に必要な装置や器具を搬入する方式をとるからである。

最近わが国の設備投資熱のおかげで、製鉄、造船、機械メーカーなどの大きい研究所は設備的に面目を一新した。数こそ少ないが欧米に比べて遜色のないような装置が並んで、どしどしよい研究ができるような態勢になった。今後はこの設備がわが国でいかに改良され、かつ新しい設備や装置がどう開発されて行くかが重要な問題である。

(4) 研究者と研究に対する考え方

研究所に最も重要なのは研究者の質と数である。数がいくら揃っても優秀な研究者がいなければ独創的な研究は産れない。優秀な研究者は唯 1 人でもいろいろの新しいアイデアを思いつき、あとは多くの研究者の手助けを得れば優秀な研究を速やかに完成できる。また研究テーマの内容と性質によっては普通の研究者が数人協力すれば個人では出せないようなよいアイデアを産みうる場合もある。

よい研究者を得るには本人の素質も必要ではあるが、それ以上に適当な研究指導と教育とこれに加えて本人の努力が必要である。独創的な優秀な研究者のところには多数の後継者が現われやすいのはこの事実を示すものであろう。

米国の研究所ではわが国よりも数倍あるいは十数倍の研究者を使っている。米国の人口は日本の約 2 倍で、溶接学会の会員数は日本の約 13 倍あり、それだけ多数の人が溶接工業に従事しているわけで、したがっていずれの研究者も巾狭く、二の少ないテーマを分担すればよいから、呑気にやる割には深く研究がすすめられる。これに反して、数少ないわが国の技術者は、分担する分野が広すぎ、かつ外国の新技术の吸収に追われて自分のアイデアを伸す余裕がなくなってしまう。もちろんわが国でも独創的な研究があるにはあるが、それはごく限られた分野で、とくに理論的な色彩の濃いものが多い。これに反して米国の溶接研究は、実用化に重点を置くので、新しい溶接方法と機器および施工面の研究が多いのである。溶接技術は一つの生産技術であるから、当然実際面

がより重要と考えられる。

研究者の研究能力で比較する場合に、米国人がわれわれよりも優れているとは考えられない。その違いが見えたとすれば、それは環境と性格の違いによるものであろう。欧米では独創性が賞ばれ、模倣が最も嫌悪される。しかし日本では模倣はさほど悪徳とは考えられていないようで、これは実際に外国に旅行してわが国の模倣品が外国の本物と店頭に並んでいるのを見ない限り痛感され難いことかも知れない。他国の新技術を金を出して導入するのは正当なことであるが、正当の代価を支払わないで真似ることはたとえ商売上手と云われても、それは小ざかしい猿真似であり、将来一流国を目指すわれわれ日本人に許されるべきことではない。

ある会社が安易に儲けるためには、他所で真似できない特殊の技術をもつことで、これには独創的発見や発明を行なって特許を取ることが一番の近道である。そうすれば多額の研究費をかけても十分引合うわけである。研究を重視しない会社は将来ともに二流、三流の中小企業で甘んじなければならない。従来わが国では研究課とか研究部とか名のつくものを持たない会社はほとんどなかったが、それが研究本来の独創的仕事をなし得なかった原因は、

- イ) 研究者の素質の不足
- ロ) 研究者の数の不足
- ハ) 研究費の不足
- ニ) 研究者の過労（余暇の不足）
- ホ) 研究者の不心得
- ヘ) 模倣を平気でやること

のいずれか、もしくは組合せにあると思う。大企業では素質のある研究者をかなり多数揃えて多額の研究費がか

けられるから、イ、ロ、ハの条件は揃うが、米国の研究部にくらべて研究者が多忙すぎて、一般に余暇が少ないから独創性のある研究を案出してかつ伸すことが困難になっていると考えられる。このことは確かに日本の研究所の弊害である。また研究者の心得が悪く、会社にサービスする精神に欠け、積極性に乏しければ到底成功は覚束ないであろう。研究者の研究意欲を損う最大の原因は研究者を尊重しないことである。研究の能力と成果を正しく評価し、それに適した正しい論功行賞を行なう必要があり、しかも現場技術者以上の報酬を与えるのでなければとくに中小企業の会社の研究者は腐ってしまう。この点、米国のやり方は徹底した実力主義で、しかも会社が研究を真に重視しているから、研究者は張切って会社の仕事をやる気になる。また会社が模倣を好まないからどうしても独創的研究を重視するわけである。

研究者を大事にし、過重な仕事を与えず、猿真似に走ることを戒め、かつ独創的アイデアを考える余裕を与えることが最も必要ではなからうか。

中小企業ではどうしても人材が揃え難いから、たとえ多くの研究費を投じてその効率はよくない。こんなときにはバツテルやアーマーのような受託研究専門の研究所があれば好都合である。また大学や官公立の研究所の利用、とくにそこの研究者の指導を仰ぐことも考えるべきであろう。

なお研究者の教育や訓練もきわめて重要である。そして研究のスケールを一桁大きくしなければならないと思う。

以上、思いつくまま雑然と書いたが、わが国の溶接研究を盛んにし真に独創的な技術が産まることを祈って筆をおく。