

米 国 雑 記

高 橋 武 雄

1. 序

昨年8月モントリオールの純正応用化学国際連合の第21回総会と第18回国際会議に出席のため渡米した際、その前後において米国内で見聞した事柄についてここに記述する。(カナダに関してはすでに「カナダ雑記」、本誌14, 一昭和37年1月号に述べた)。広はう約800万km², 豊富な天然資源と巨大な工業生産力とをもつ米国の現状について紹介するためではなくた筆者の狭い専門分野(分析化学)での視察記にすぎないことを前もってお断わりする。

2. Gordon Research Conference (分析化学)

8月12日モントリオールの国際会議が終わったので、同日モントリオールを立ちボストンに着き、翌日午後12時半ボストン北駅を汽車で出発。たまたま Laebanon での固体状態に関する Gordon Research Conference に出席の牧島象二教授(東大物性研)と同車した。午後3時 Franklin 駅着、牧島氏と別れ、それよりタクシーで約30分、New Hampton に着く。

Gordon Research Conference は American Association for the Advancement of Science (AAAS) の主催で1931年以来化学の36の諸分野について研究討論と親睦とレジャーとを兼ねた化学者の集まりとして毎年盛夏の候、涼気あふれる米国東北部の高地ニューハンプ・シャー州で催されてきたものである。分析化学は New Hampton School で8月14日~18日にわたり開催されることになり、会長の Dr. Sidney Siggia (Olin Research Center, New Haven, Conn.) より招待をうけたので出席することとなった。参加者は総数110名、そのうち



写真1 New Hampton School にて(左, Dr. Sidney Siggia, Chairman)

100名は米国各地の有数な化学工業会社より派遣された著名な分析化学者であって、残りの10名は米国内外の大学から招待された大学教授である。大多数は家族同伴で学内の寄宿舎にその期間宿泊し(個室または2人室)、毎日午前7時半起床、8時本館(Meservey Hall)の地下大食堂に集まって朝食、9時より正午まで講演・討論、12時半昼食、それから自由時間となり各自家族づれでテニス、水泳、ゴルフ、ドライブ、午睡などを楽しむ。午後6時夕食、7時より10時まで講演・討論をする。



写真2 昼食のひととき (Gordon Research Conference)

毎回の食事には家族も一緒になので家庭的親睦が深められるとともに国内の各会社の人達がテーブルを囲んで懇談ができるのは、まことに意義深いものがある。各講演者はスライドを用いてその専門とする研究分野についてウンチクを傾けて講演を行なうのであるが、講演時間が十分にあるので(約3時間)、ユーモアな脱線と随時におこる質問討論とは3時間の長きを忘れさせる。次に講演のリストを掲げる。

月(8.14)朝 C. B. Murphy (G. E.)- "Differential Thermal Analysis"

夕 D. J. Fraade (Consol. Electrodyn.)- "Continuous Analysis"

火(8.15)朝 Alexander Tulinsky (Yale Univ.)- "The Application of X-rays to Structure Determination of Organic Materials"

夕 L. S. Birks (Naval Res. Lab.)- "The Electron Probe"

水(8.16)朝 H. Fischbach, et al. (Food & Drug

Administ.)- "Analysis and Food and Drug Regulations"

タ W. W. Bates (Liggett & Myers Tobacco Co.)- "Analysis and Composition of Tobacco Smoke"

木 (8.17) 朝 J. E. Lovelock (Medical Res. Council, U. K.)- "Electron Affinity Spectroscopy"

タ Open Session.

金 (8.18) 朝 G. A. Harlow (Shell Developm.)- "New Developments in the Determination of Acids and Bases"

日本人二世の T. Higuchi (Wisconsin Univ.), T. Kuwana (Calif. Univ.) の両教授, Analytik organischer Verbindungen の著者 Stig Veibel (Techn. Univ. Copenhagen), J. H. Yoe (Virginia Univ.), W. D. Cooke (Cornell Univ.), D. D. Deford (Northwest Univ.) などの諸教授が招待されて出席された。この5日間の会議で M. Katz (U. S. Steel) 夫人のうまい日本語 (ロンドン外国語学校卒業), W. K. Hausmann (Am. cyanamid) の車で Laconia へのドライブ, そこの Lake Region 劇場で見た Faye Emerson, R. Gardiner 共演



写真3 野外会食 (Gordon Research Conference)

の "Pleasure of His Company" (2幕4場), 17日午後緑樹下の芝生で催された野外会食会など楽しい印象として残っている。なお17日夕の Open Session はまたこの会議の圧巻であって、各自、日ごろの研究について不審な事項を説明して自由に出席者の意見を求めるもので、まことに有益なものがあつた。

3. 米国の分析機器

分析化学の最近の画期的発展は分析機器においていちじるしい。私はその製作会社である Beckman Co. (Fullerton, Calif.), Consolidated Electrodynamics Corp. (Pasadena, Calif.), Baird Atomic Inc. (Cambridge, Mass.), Leeds & Northrup Co. (Northwales, Penn.) の4会社を訪ね、または大学、会社研究所などを参観したときに印象の強かった分析機器について若干述べる。

7月20日ロサンゼルス市郊外 Fullerton にある

Beckman Co. を訪ね研究部長の Dr. Wilbur Kaye および渡辺秀男氏の案内で工場を参観した。社長の Dr. Arnold Beckman は昭和34年4月来日の折コロンビア貿易会社の厚意で会ったことがあるが当日は所用のため不在で副社長の W. W. Wright と会見した。社長室

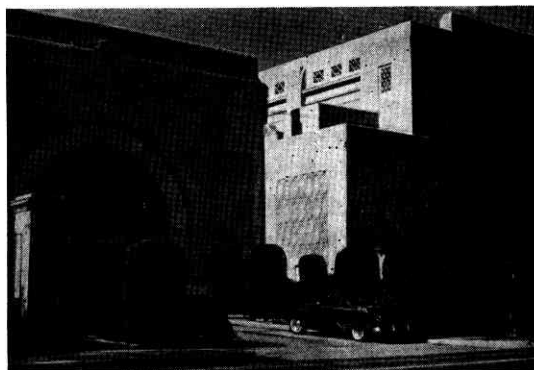


写真4 カリホルニア工科大学 (Pasadena, Calif.)

にはカリホルニア工科大学の物理学教授を辞して Beckman Co. を創設した折のガラス電極 pH 計の第1号製品が戸棚に飾られていた。この広い工場内にはこんにちでは分光光度計 (紫外, 赤外), ガスクロマトグラフ, 自動滴定装置, 湿度計などの分析機器の製作が盛んに行なわれていた。紫外分光光度計としては従来の DU, DK (自記式) のほかに新たに DB (複光束型) が製作開始され、赤外分光光度計としては安価な IR-5A が最新型として作られている。ガスクロでは従来の熱伝導検出型の GC-1 のほかに水素焰検出器を備えた高感度ガスクロマトグラフ (GC-2), pH 計ではナトリウム電極をもつ Far scale pH meter がそれぞれ製作されていた。またその前日にロサンゼルス郊外 Pasadena にある Consolidated Electrodynamics Corp. を訪ね J. Mc Cleary 技師の案内で工場を巡覧した。この会社の主要製品は質量分析計 (Mass Spectrometer) で 21-103C (一般用), 21-130 (実験室用), 21-110 (高分散性), 21-620A (ガス分析用) などが製作され、また工程管理用ガスクロマトグラフ (Process Chromatograph) として 26-202, 26-212 が製作されている。そのほか固体または液体の水分析 (Moisture monitor), 航宙, 航空エンジンなどの機能試験用の陰極線自記オシログラフ, ガス中の硫黄化合物の連続分析用 Titrilog 26-102, 26-103 などがある。要するに連続分析装置の製作においてこの会社の強い意欲を十分知ることができた。

Leed & Northrup Co. はフィラデルフィアに本社工場を、その郊外 Northwales に研究所と自動制御器工場とをもっている。電気計器の製作会社として古い歴史と高い名声とをもちその製品は多種多様であるが、われわれ化学者に親しいものとしては、pH 計, 自記ポーラログラフ, ポテンシオメーターなどがある。

8月28日 Northwales にある Research & Development Centre を訪ね化学部主任の Dr. E. L. Eckfeldt の案内で研究室を視察した。新築の清潔な室内は完全にエアーコンディショニングされて、まことに快適である。ポリエチレンでできたクーロメトリー用滴定器は特に同じ方面の研究をしている私には印象深く、またパイロメーター用合金の試験装置、真空金属溶融炉など金属研究室の立派な装置も記憶に残っている。創立者 M. Leeds は実業家であるが、今世紀の初めヨーロッパの電気計器製品と対抗する志をもって、プリンストン大学の物理学教授 Northrup とともにこの会社をつくったという。

Baird-Atomic, Inc. はボストン郊外 Cambridge にあって 1936 年 Walter S. Baird により創立され、発光分光計、赤外分光計 (1946 年複光束型自記赤外分光計を最初に発売した)、放射能測定器などの製作を専門としている。8月21日午後この工場を Monty Dawkins 技師の案内で見学した。主製品は格子型分光計 (Grating Spectrograph) で、平常分析用の精巧な直読型 Direct Reader、簡易型 Spectromat さらに試作中の Spectropok などの製作、格子プリズム製作機 (Ruling machine) の作業などを見学した。この工場では従業員 760 人のうち 383 人までが研究室にあるとのことは日進月歩のこの方面の実相を示すものといえよう。

次に米国内の大学、会社研究所で用いられている目新しい分析機器の若干について述べよう。

まず新しい質量分析計として Time of Flight Mass Spectrometer (Benedix) は従来の磁石を用いたのとちがって、 m/e のちがいがによって対極に達する時間がちがうことを利用し時間的掃引によってマススペクトラムを得る装置である。次に新しいガスクロとしてカラム温度を直線的に上昇させるところの Programmed Temperature Gas Chromatograph (だいたい 500°C まで) は広く用いられ (高沸点物質のピークも鮮鋭なので)、その応用範囲がいちじるしく拡大されるにいたった。その主要な製作会社は

F & M Scientific Corp. (Model 500) 500°C まで
Burrell Corp. (K-7), 400°C まで
Perkin-Elmer Corp. (Model 222), 400°C まで
Wilkins Instrument & Research, Inc. (A-350, 600 など) 400°C まで

カラムについては Dual column, Capillary column, 検知器には熱伝導式 (フィラメント式、サーミスター式) のほかに水素焰式、 β 線によるイオン化電流式などがある。高分散性となり、高感度分析法として発展している。工程管理用ガスクロマトグラフについては前述の Consolidated Electrodynamics Corp. によって開発されている。

次に自記滴定装置として広く用いられているものに、

1. Precision-Dow Recording Titrator
2. Spectro-Electro-Titrator
3. Polarad-Automatic Recording Titrator

などがある。1は Dow Chemical Co. の指導により Precision Scientific Corp. (Chicago) から販売され、2は滴定終点を光学的にもまた電氣的にも検出できるように作られたもので E. H. Sargent & Co. (Chicago) から販売されている。3は Polarad Electronics Corp. より発売されている。Sargent & Co. は米国におけるポーラログラフの製作会社として古い歴史をもち、その自記式装置として最新型の Sargent Polarograph Modell XV は従来の Modell XXI を日常分析用に簡易化したものである。また Sargent Recorder は広く電流、電圧の自記装置として化学分析に応用されている。

分析操作の自動化は米国において着々進展をみている。自動元素分析装置の出現は注目すべきもので Coleman Instruments, Inc., から発売されている炭素・水素分析器、窒素分析計はいずれも一定量の試料を装入する操作のみで、分析結果は約 10 分後に % として直読できるものである。また Technicon Instruments Corp.

(Chauncey, N. Y.) からはケールダール法窒素自動分析計、アミノ酸自動分析計、水中塩素イオン自動分析計などの自動分析機器が発売され、いずれも原理とするところは連続的に試料を比例ポンプを通して試薬と連続的に混合して加熱コイルを通し、その呈色を自記光度計で連続記録する方法である。

なお水中の塩素イオンの自動分析のために、電量分析法を応用し電解発生銀イオンで自動滴定しその電量を測定する分析装置としては次のようなものがある。

Coltove Chloridometer (Laboratory Glass & Instruments Corp. N. Y.)

Coulometric Titrator for Chloride (Am. Instruments Co. Silver Spring, Md.)

水中の溶存酸素分析計として、隔膜透過酸素をポーラログラフ法で分析する Jarrell-Ash Co. (Newtonville, Mass.) がある。

元素分析装置として炭素、硫黄に関してその燃焼ガス中の CO_2 , SO_2 を赤外分析計で測定する装置も試作研究中とのことである (Baird Atomic, Inc.)。

4. 大学の化学教室を訪ねて

7月19日ロサンゼルス郊外 Pasadena にある California Institute of Technology (C. I. T.) の化学教室に E. H. Swift 教授を訪ねた。教授は定電流クーロメトリーの研究で著名であり、また若き Fred Anson 教授は白金電極の複雑なる挙動に対する熱心な研究者である。スペインふうの白い壁の建物と柱状に切り込まれた緑樹、また豪華な教官クラブ (Swift 教授の招宴) の壁を飾る創立時の3長老教授 (A. A. Noyes 教授はその一



写真 5 左より Niemann, Anson, Swift の各教授 (C. I. T.)

人)のみごとな記念画(油絵)は印象的であった。分析化学研究室は Anson 教授に、有機化学教室は Care Niemann 教授に案内されて見学したが、実験室は清潔でエアーコンディショニングされまことに快適で、実験施設は完備され、有機化学教室では、ガスクロマトグラフ、核磁気共鳴装置が大いに駆使されて研究が進められていた。この C. I. T. は次の M. I. T. と並んで代表的な工科大学で学部学生 700 名大学院 600 名。

8月21日ボストン郊外 Cambridge にある Massachusetts Institute of Technology (M. I. T.) の分析化学教室を訪ね、D. N. Hume 教授はいにく不在であったが、研究室を J. Mc Closkey の案内で一巡した。ポーラ



写真 6 マサチューセッツ工科大学 (Cambridge, Mass.)

ログラフィー、質量分析、分光光度分析に関しては研究は特に活発であって、J. W. Ross 教授は交流ポーラロ、懸垂水銀滴電極ポーラロなど、K. Biemann 教授は質量分析をそれぞれ研究し、L. B. Rogers (Purdue 大学)、W. H. Reinmuth (Columbia 大学) など現在米国における電気分析の現役一流学者もここから巣立った。

約 100 年前 William Rogers によって設立され、こんにちでは米国最高の工科大学として Charles 河畔に偉容を誇るこの大学では学部学生は約 3,500 名、大学院学生(博士、修士課程)約 2,500 名、そのうち電気工学関係が約 50%、物理関係が約 25%、他が 25%。化学教室は現在アメリカ化学会長の A. C. Cope 教授を

主任として約 30 名の教授を擁し大学院学生約 160 名の陣容である。

Cambridge には米国最古の Harvard 大学 (1636 年創立) がある。うっそうたる緑樹と平坦な芝生との

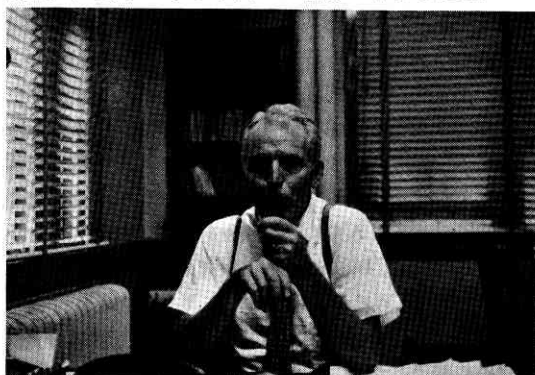


写真 7 J. Lingane 教授 (Harvard 大学)

Campus の中に赤レンガの建物が立ち並んでいる。学部学生約 4,000 名大学院学生 6,000 名。その分析化学教室 (Coolidge house) に米国電気分析の第一人者 J. Lingane 教授を訪ねた。Dr. E. D. Moorhead の交流ポーラログラフィーの研究、Dr. B. Miller のクーロメトリーの研究などいずれも興味深く、KCl 支持塩中の Cd の交流ポーラログラムに現われる極小波が重畳する交流の周波数に重要な関係があることを Dr. Moorhead は多数の実験データを示して説明した。

8月23日ニューヨーク郊外 Brooklyn にある Polytechnic Institute of Brooklyn に Louis Meites 教授を訪ねた。数年前 Yale 大学からここに転じた同教授はまだ 40 年代の新進化学者でポーラログラフィー、クーロ

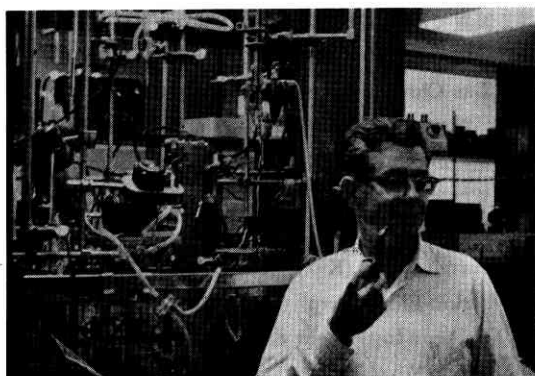


写真 8 L. Meites 教授 (Brooklyn 工科大学)

メトリーにおいて活発な研究を続けている。教授の案内で分析化学、物理化学などの研究室を参観した。最後に著名な H. Mark 教授に会見した後、E. Branks 教授(無機化学)の車で、ロングアイランドの Plainview にある Meites 教授宅に招かれ、Branks 夫妻、F. M. Beringer 教授(有機化学)夫妻および、Dr. J. B. Headridge 夫妻(英国 Sheffield 大学)と会食した。この工科大学は二



写真 9 H. Mark 教授
(Brooklyn 工科大学)

ニューヨーク場末の地下鉄駅 (Jay street-Borough Hall) を出たすぐのところにある古びた赤レンガの約10階建の校舎で外観はまったく貧相なものであるが、高分子化学の世界的権威の H. Mark 教授を初めとして米国一流の学者 (主としてユダヤ系とのこと) を集めて米国工業教育

に重きをなしている点は敬服の外ない。

ニューヨーク市の西北部にあるコロンビア大学 (1754 年創立) は米国最大学府 (学生総数約 25,000 名) としてあまりにも著名であるが、8月24日、その広大な Alma Mater 広場に立って巨大な Butler Library, Law 記念講堂を眺めたとき、この巨大な大学はそのまま米国の姿であると感じた。化学教室は赤レンガの古風な地上



写真 10 コロンビア大学 Alma Mater 広場

4階の建物であって、やや能率的でないように見受けられたが (エレベーターは設備)、その中にある化学標本室に揃えられた数百に上る化学史上あるいは化学工業史上を飾る重要物質に関する解説と発明者の略歴との展示には敬服のほかない。ポーラログラフイーの研究を活発に続けている W. H. Reimuth 教授にはあいにく不在のため会見できなかった。

米国重工業の中心ピッツバーグにある University of Pittsburg は市内山手の中心地を占めその 24 階の高層な殿堂は特に Cathedral of Learning と称せられ、巨大な産業資本を背景として産業教育界の雄である。9月5日その化学教室を訪ね、短時間ではあったが、I. F. Coetzee 教授と会見し研究室を参観した。同教授は米国

分析化学の大家 I. M. Kolthoff 教授の門下でポーラログラフ分析法の研究を続けている。研究室はいささか古風で特別印象に残るものはなかった。しかし原子力関係の物理・化学・工学の教室は近代的で新しい時代への大学の強い意欲がうかがわれた。

なおピッツバーグには Carnegie Institute of Technology があって工業技術者の養成を続けている。都塵をたった Shenley 公園の一隅を占め緑樹おいしげる学園内も近代的な建物が続々と建てられつつあった。

米国の最大産業都市シカゴの南部にある University of Chicago は世界最初の原子力の火が E. Fermi 教授によってつくられた地として広く知られている。運動場の隅に立てられている記念額の前にはこんにち堂々たる Enrico Fermi Institute の新しい建物が立てられ、原子核研究のセンターとなっている。シカゴ郊外の国立 Argonne 原子力研究所もシカゴ大学に管理を委嘱している。学内の Oriental Institute にある数千年前の古代遺蹟の蒐集品と対照の妙を感じざるを得ない。シカゴ市内にあるイリノイ工科大学 (Illinois Institute of Technology) は有数のすぐれた米国工科大学として学生約 7,500 名 (そのうち 5,000 名は夜学生) を収容している。古い赤レンガの建物は取り除かれて近代的な明るい建物が建てられている。9月8日その新しい化学教室を訪ね、キレート錯化合物の著書で知られる A. E. Martell 教授 (1年前 Clark 大学より来任された) に会見し、W. Brandt 助教授の案内で教室を参観した。化学教室内にガラス細工室、機械工作室まで完備していて研究器具の試作に力を入れている。同じ構内にある Armour Research Foundation と同一管理の下に運営されている点でまた興味ある大学である。

シカゴの北、ミシガン湖畔 Evanston にある Northwestern Institute of Technology には9月9日、三角省三教授 (九大) とともに訪ねて旧知の Donard D. Deford 教授に面会し、化学教室を参観した。この教室でも立派な機械工作室をもち、化学実験機器の試作研究は少なくとも大学院学生の研究の中に採り入れられて、



写真 11 A. E. Martell 教授
(左) と筆者 (I. I. T. にて)

研究の独創性の拡大を重要視していた。特に印象深かったのは大講義室の教壇の背後にある黒板を上げると、実験台が現われて講義中のデモンストレーションにすこぶる便利にできていることで、全く劇場の舞台を思わせる。

5. 研究所を訪ねて

産業の基礎が研究機関の充実にあることは、最近の各種工業の驚異的發展を見れば一目瞭然である。米国においては国立、会社、財団のいかに問はずいづれも明日の發展をこんにちの研究にかけている。無数の研究所の実態はそれぞれ異なるものがある。したがってここにその全体を論ずることは不可能であり、ただ筆者が訪問した若干の研究所について不完全ながら記する。



写真 12 Nat. Bureau of Standards (Dep. of Engineering)

まず国立研究所として首都ワシントンにある National Bureau of Standards (N. B. S.) は商務省に属し物理、化学の基本的研究を行なって産業の基本である標準をつくることを職務としている。その研究部門は電気学およびエレクトロニクス、光学および度量衡、熱学、原子核物理および放射能、化学、力学、有機高分子、冶金、鉱産物、建築、応用数学、データ処理などに分かれ、

(電波関係は Boulder, Colo. にある) 広汎なる研究を行なっている。8月31日ワシントン市の北西部の Rock Creek 公園に続く緑樹の多い住宅地域に散在する赤レンガ造の古風な多数の建物から成るこの研究所の Solution Chemistry Division に Dr. R. G. Bates を訪ねた。溶液の物性として電導度、単極電位、蒸気圧などの測定法の研究や、分光光度計による化学反応速度の研究などの実験室を見てから電気化学研究室の Dr. J. K. Taylor と面会しクーロメトリーの研究室を参観した。さらに電解・鍍金関係の研究室を Dr. A. Brenner の案内で、またプラスチック関係の研究室を Dr. M. Kline の案内で参観した。メッキの厚さを電磁力で測定する装置からゴム、紙、繊維、プラスチックなどの試験機にいたるまで無数の試験装置が設備されていた。

9月1日ワシントンの Naval Research Laboratory を訪ね Dr. E. J. Kohn の案内で化学部の研究室を参観

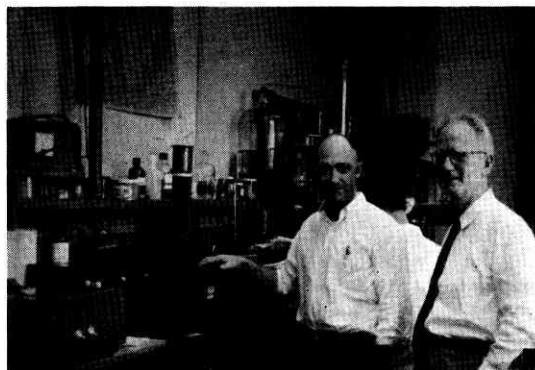


写真 13 Dr. M. Kline (N. B. S.) (右), Plastic Division

した。ほとんど平屋の質素な小建物が多数散在していて、物理化学、有機・生物化学、無機・核化学、防護化学、電気化学、表面化学、燃料の各研究分野にわたっている。そのうち弾性物質、潤滑剤、電極反応、有機性被覆剤などの研究室を選んで見学した。

なお、さらに冶金部の分析化学研究室にある化学分析室、真空熔融ガス分析室などを見た。

以上二つの国立研究所については研究のテーマに自由選択性が乏しいことから強い研究意欲がなかなかあがらないし、また民間の研究所に比して研究設備が旧式で研究室のエアーコンディショニングもほとんどない。

(N. B. S. は2、3年後にはワシントン郊外の近代的建物に移る由)。

次に財団の研究所については、そのうちピッツバーグの Mellon Institute は米国の最大最高のもので、1913年 A. W. Mellon, R. B. Mellon 両氏によって「自然科学の基礎的研究によって産業発展に寄与する意願」をもって創立されたものである。初代所長の R. K. Duncan (1868-1914) はこの構想の実現を1910年ピッツバーグで着手したといわれている。白い大理石の大円柱で囲まれたギリシャふうの方形殿堂の建物の玄関入口には、“The Creation of Scientific Knowledge”の文字が刻まれ独創研究一途に進む力強い大精神が表現されている。



写真 14 Mellon Institute (ピッツバーグ)

9月5日午前総務部長の Dr. G. A. Webb と面会してから Dr. E. S. Hodge の案内で多数の研究室を参観した。物理、化学、冶金にわたって各実験室は極めて清潔で、最新の実験装置はほとんど完備され、特に質量分析計、赤外分析計、核磁気共鳴装置などいずれも最高級のもが備えられていた。研究所の運営資金は工業会社からの寄付金と委託研究費とによってまかなわれ、前者は研究所本来の研究にあてられ委託研究は Research Services Investigation. と Fellowship Research とに分かれている。Fellowship は各会社から派遣された研究員がここにある完備した実験装置とすぐれた研究技能とを利用して研究する。まさに産業に緊密に結合したはつらつたる研究が生み出される点で日本の産業界も学界も学ぶべきものがある。

メロン研究所の構想を理工学全般に拡大した財団研究所に Armour Research Foundation がある。シカゴのイリノイ工科大学 (I. I. T.) 構内にあって産業都市シカゴの研究センターとしてすでに 1936 年創立の歴史をもっている。9月8日この研究所を訪ね、新築のエアーコンディショニングを施した快適な各研究室を Dr. E. L. Grove の案内で参観した。化学部主任の Dr. M. E. Nelson, 副主任の Dr. F. V. Schossberger とも会うことができた。この財団は会長 (J. T. Rettaliata) の下に 2名の副会長があつてそのうち 1名は I. I. T. の学長、他 (H. A. Leedy) は研究所長となり車の両輪のような関係にある。総員約 650 名、物理、冶金、化学、流体力学、エレクトロニクス、窯業、力学、工業経済、海外指導の 9 部門にわたっている。実験助手には I. I. T. の夜間学生が働いている。まさしく産・学・研三者一体の姿であつてみごとなチーム・ワークをつくっていると思う。この財団発行の機関雑誌 (季刊) Frontier の名は新しい工業の開拓を精神とするところから出ていて、原子力、ロケット、ミサイル、半導体などこんにち先端をゆく研究に邁進している。

米国の会社研究所は躍進を続ける工業の基盤をなしている。完備した研究装置と卓越した研究者とをもつ研究所は米国内において無数にある。その代表的なものはデュポン社の Du Pont Experimental Station (Wilmington, Del.) であろう。この研究所は 1802 年 Eleuthère Irénée du Pont de Nemours が初めて火薬工場を設けた地から数百ヤードにあり、1903 年この種の研究所として米国最初のものとして創立され、以来こんにちまで Du Pont の新しい製品 (たとえば合成繊維ナイロン、合成ゴムネオプレン) はすべてここで生まれたものである。基礎的研究が最初は主であったが、こんにちでは多くの部門は中間製造試験工場を操業している。現在次の部門に分かれ、いずれの部門もみな 1 個の立派な研究所を構成している。



写真 15 Du Pont Experimental Station
(Wilmington Del.)

1. Central Research Department.
2. Elastomer Chemicals Department.
3. Electrochemicals Dep.
4. Engineering Dep.
5. Explosive Dep.
6. Fabrics & Finishes Dep.
7. Film Dep.
8. Industrial & Biochemicals Dep.
9. Organic Chemicals Dep.
10. Pigments Dep.
11. Polychemicals Dep.
12. Textile Fibers Dep.

8月29日、この巨大な研究所を訪ね Organic Analysis, Aquametry などの著者である J. Mitchell, Jr. の案内で参観した。まず彼の Polychemicals Dep. の分析化学研究室を見る。ここには X 線、核磁気共鳴、発光、赤外、質量などの分析計、電子顕微鏡などすべて最高の機器が設備され、昇温ガスクロマトグラフィーの研究において有名な Dr. S. Dal Nogare, Dr. Leo. W. Safranski と会見した。さらに Central Research Dep., Textile-Fibres Dep., Elastomer Dep. などを参観し、そのあと Mitchell 宅に招待されて快い夕食をとにした。

American Cyanamid Co. の Organic Chemicals Division (Bound Brook, N. J.) は 1917 年創立され、

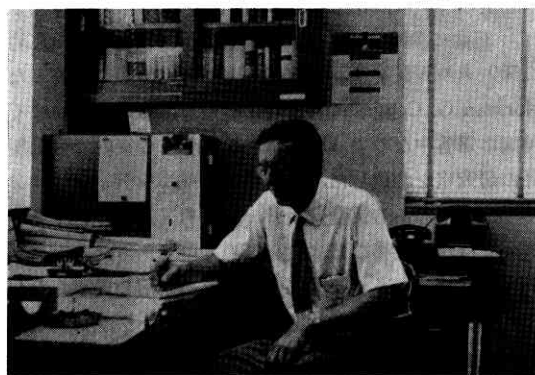


写真 16 Dr J. Mitchell, Jr. (Du Pont E. S.)



写真 17 Am. Cyanamid 研究所 (Bound Brook)

1937 年創立の同社の Central Research Division (Stamford, Conn.) よりも歴史は古く、巨大な化学工場に隣接し近代的な赤レンガ造の建物の中によく整備された多数の研究室をもっている。8 月 22 日ニューヨークの Pennsylvania 駅から汽車で約 40 分 New Brunswick 駅につき Dr. A. P. Paul の車にて緑樹おいしげるカナルに沿ったたんたんたる道を 30 分で研究所につき各研究室を参観した。非水溶液中の電流規制ボルタンメトリー、クーロメトリーの研究者 Dr. E. J. Schurdak に会った。合成樹脂塗料の耐候増進剤 (Benzoquinone 系化合物) の研究室、合成ゴム、紙加工などの研究室を回り、終わって研究所長の Dr. J. H. Paden と会見した。この研究所は規模はさほど大きいものではないが、快適なエアーコンディショニング設備と最新の研究設備とをもっていることはうらやましいと思った。帰りの車で美しい緑のゴルフ場につづく Rutgers 大学、その構内の Weizman 微生物研究所 (Weizman はここでストレプトマイシンを発見)、戦時中の多数の兵舎 (現在廃屋) を眺め、小町 Highland Park の Sally レストランで Dr. Paul から心からの夕食の歓待を快く受けた。

米国の巨大な石油工業会社はいずれも立派な研究所をもっているが、ここにピッツバーグの Gulf Research & Development Co. の研究所を 9 月 5 日午後訪問した。ピッツバーグ市内の Gulf 本社から車で約 45 分広い緑の芝生のなかに散在するこの研究所は、1935 年設立され、石油に関するすべての研究を行なっていて現在約 1,500 名の人員をもっている。赤外吸光分析で著名な Norman G. Coggeshall は研究所長であるが、あにく英国に帰省中なので Dr. G. L. Kearns の案内で分析関係の研究室を参観した。完全にエアーコンディショニングした室々にある質量分析計、赤外分光計、カントメーター、核磁気共鳴などは最高級のものであった。ガスクロマトグラフィーの石油工業における応用の先陣をなしたというこの研究所には連続ガスクロマトグラフ、毛細管式、水素検出器型などのガスクロマトグラフの試作品がなお研究に用いられていた。ガラス細工場、工作場な

どもこの研究所の活動のうえに重要な役をなしていた。

最後にシカゴ郊外にある Argonne National Laboratory について記したい。国立とはいえ、シカゴ大学 (私営) の管理下にあるこの研究所はシカゴ Union 駅より汽車 (エアーコンディショニングされた二階造りの快適客車) にて約 45 分、Westmount 駅下車、広大な起伏した丘を車を走らせて約 20 分のところにある。9 月 11 日化学研究部にクロマトグラフィーの泰斗 Dr. H. H. Strain を訪ね、化学部長の W. M. Manning, たまたま来所の Dr. F. Umland (ドイツ Hannover 工科大学), B. Yezouske-Trzebisztow (ポーランド Wrocteur 大学教授、女性) と也会見した。生物化学部の佐藤卓也氏の案内で原子炉 CP-5, EBWR, γ -線照射設備 (Miss H. G. Swope) などを参観した。都塵をたった緑の丘陵地帯に赤レンガの物理、化学、化学工学、生物化学の各



写真 18 Argonne 原子力研究所 (背景は物理部の建物) (左より, Dr. M. Manning, 一人おいて Dr. H. Strain, 右筆者)

研究所が散在し、それに続いて原子力試験施設が設けられ、研究者は心ゆくまで研究を楽しんでいる。そのあと Strain 夫妻の招待で Dr. Umland とともに近くの中世紀ふうなレストラン The Old Spinning Wheel で、夕食の歓待を受けシカゴ最後の夕を楽しむことができた。

6. 結 言

この雑記は米国の化学および化学工業の研究について氷山の一角を紹介したにすぎない。1776 年、13 州独立からわずかに 200 年に満たない間に、広大未踏の大陸に縦横に、たんたんたるハイウエーが走り、近代的大工場が群立し、工業生産高が世界の首位を占めるにいたったことはまことに驚異といわねばならない。米国の偉大な政治家ワシントン、リンカーンとともに建国において活躍した政治家・科学者であったベンジャミン・フランクリン (ペンシルバニア大学創立者) の存在は、この米国発展史上注目すべきである。米国の科学研究がその産業発展の基をなしてきたことは縷説をまたないからである。フランクリンの避雷針、グットイヤーのゴム加硫、フルトンの汽船、モールスの有線電信、エジソンの蓄音

(27 ページへつづく)

(200) 回折線は写真 3 と 4 のように連続した環状を示し結晶粒は微細であった。高温では結晶粒がかなり粗大で写真 5 のように方位配列をとり針状晶は認められなかった。 Cu_2O の (111) と (200) 面は試料面にはほぼ平行に成長し、単結晶の場合のエピタキシー関係⁽⁴⁾と一致した。

(3) 電子顕微鏡および電子線回折 すでに指摘されているように多くの場合、1 本の針状晶は単結晶ではなく一定の方位配列をとった多結晶であることが電子線回折写真 6 および 7 から認められた。矢印は針状軸方向を示す。針状晶は CuO であることが写真 8 に示した回折

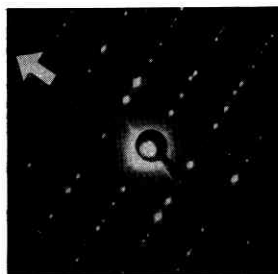


写真 6

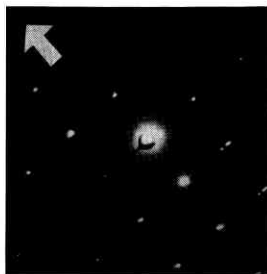


写真 7

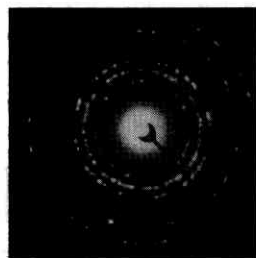


写真 8

環から同定された。層線状パターンの間隔から CuO 結晶の [110] および [100] 方向が針状軸と平行であることが確認できた。ほかに [010] [001] 方向が平行であると推定されるパターンも得られ、これらはいずれも [110] 方向の全等周期 2.90 \AA より短い方向のみである。

4. 考 察

高温 X 線回折によって得られた結果のうち、試料面とはほぼ平行に成長した Cu_2O の (111) と (200) 面が熱膨脹効果から期待される位置より低角度側に出現したことは Cu の (200) と (400) ピークの酸化進行に伴う高角度側移動と関連させて以下のように説明できる。

(20 ページからつづく)

器、電灯、映画、イーストマンの写真フィルム、カロザースの合成繊維（ナイロン）、合成ゴム（ネオプレン）、そのほかベークライト、タイプライター、ミシン、ラジオ、テレビジョン、サイクロトロン、ミサイル、原子核分裂など近代文明に貢献した発明は、まことに数知れないものがある。米国のこんにちの地位は国内の莫大なる天然資源に基づくものと考える前に、われわれはその産業と密接に結びついた科学・技術の偉大なる成果を考えねばならない。

米国におけるこの巨大な産業力は、大学と産業界との共存共栄関係の上に立っている。その具体的組織であるところの米国独特の Research Foundationこそ米国産業発展の原動力となっていることは周知のところである。

形成した酸化層内には試料面と平行方向に圧縮力が発生することはすでに指摘した理由から期待できる。したがって Cu 結晶内には同方向に張力が発生する。試料面と垂直方向には Cu 内ではポアソン比で規定される収縮を、 Cu_2O 内には膨脹を生ずる。針状晶が観察されなくなる高温では再結晶現象を随伴し応力緩和が起こるので熱膨脹効果から期待される位置にピークが出現すると考えられる。

ところで Stokes らの考えるように酸化被膜自体の弾性→塑性遷移による応力緩和のみで針状晶成長停止を説明できないことは William ら⁽⁵⁾が純酸素中で 800°C において針状晶を観察した報告および針状軸方向と結晶のかなり任意な方向とが平行になりうる事実から指摘できる。針状晶発生機構がらせん転位を媒介とする酸化層内圧縮力による Squeeze 型のものであるかは検討を要する。

Stokes らの指摘する針状晶が発生する温度領域における酸化の低い活性化エネルギー $0.8\sim 0.9 \text{ eV}$ の解釈は針状晶発生とは別に考えるのがより無理がないと思われる。たとえば高村ら⁽⁶⁾が示したように粒界拡散効果を考慮すれば、針状晶が発生する温度領域では再結晶が進行しないので微細結晶による粒界拡散が支配的でありみかけの活性化エネルギーの低下と酸化指数 $n=2\sim 3$ が説明できる。

この問題は現在未解決であるが、本実験法を用いてさらに研究を続ける計画である。また本方法の応用として Zr と Ta の酸化過程における内部応力変化を測定している。終わりに電子顕微鏡写真撮影に終始協力下さった松永研究室の小島氏に謝意を表す。(1962 年 5 月 23 日受理)

文 献

- (1) 三島：金属物理 3 ('57) 207
- (2) R. J. Stokes et al.: Trans. AIME, 215 ('59) 420
- (3) ASTM X-Ray Powder Data.
- (4) K. R. Lawless et al.: Acta Metall. 4 ('56) 153
- (5) R. L. William et al.: J. Electrochem. Soc., 109 ('62) 211
- (6) 高村、阿部：日本金属学会 37 年度春期大会講演概要, p. 27

このことは、米国の一流大学はすべて大学院に重点をおきそれに学部教育が従属して、大学はまさに産業の基礎たる学術のうんおうを極めることを最大の使命とし、したがって研究所的性格が極めて濃厚である。それゆえに大学は産業界の要請に応じて解決困難な問題に対しよく指導的立場を保つことができるのである。

ひるがえって戦後のわが国を見ると、大学において産業開発の基盤たるべき大学院の重要性はほとんど認められず、学部学生の収容数のみが、あたかも科学技術振興であるかのような観を呈している。このような現状はまさに米国においては前世紀の状況であって、真にわが国が科学技術の振興を図らんとすれば、大学における大学院教育の拡充強化をまず考えねばならないと思う。

(1962 年 3 月 20 日受理)