

# アメリカの大学,研究所を訪ねて\*

正員 工学博士 石原 藤次郎\*

## VISITING UNIVERSITIES AND RESEARCH BUREAUS IN U.S.A.

(JSCE April 1954)

*Dr. Eng., Tōjirō Ishihara, C.E. Member*

**Synopsis** After having attended the International Hydraulics Convention held in Minneapolis, Minnesota in last summer, I visited many universities and research bureaus in U.S.A. It was the greatest harvest of my visit to the States that I could see many famous hydraulics laboratories and discussed many things with professors and engineers about important topics on modern hydraulics and others. The present paper is a report on civil engineering affairs, especially on hydraulic researches inspected during my trip.

### 1.

本間, 近藤両氏とともに羽田をたつたのが昨年8月20日, ミネアポリスの国際水理学会にはさらに高田, 藤井, 浜田の3氏が参加され, 本間先生の詳しい報告があつたように, 日本の参加者6名は米国, カナダに次ぐ多人数であつて, 大変心強い思いをした。

9月4日に学会が終つてから, ほとんど飛行機で本間先生または高田氏と行動をともにしながら, アメリカ各地の大学や研究所の水理学研究状況その他を視察し, 桑港, ホノルルを経て10月26日羽田に帰つた。本間先生はボルダーダムを見学されたので, 羽田着は11月2日であつた。訪ねた大学は, カリフォルニア, ミネソタ, アイオワ, イリノイ, ハーバード, コロンビア, プリンストン, スタンフォードの各大学と MIT 及び CIT で, 水理学関係で有名なものの大部分が含まれ, 著名な水理学者である J. W. Johnson, L. G. Straub, J. S. McNowen, J. J. Donald, H. A. Thomas, Jr., R. Skalak, W. M. Angas, J. K. Vennard, A. I. Ippen, V. A. Vanoni などの諸氏と, 最近の水理学上の諸問題について話しあうことができた。また政府関係では, デンバーの開拓局 (Denver Federal Centre, Bureau of Reclamation), ワシントンの海岸浸蝕局 (Beach Erosion Board), 国立標準局 (National Bureau of Standards) 及び道路局 (Bureau of Public Roads), ノックスビル及びチャタヌーガの TVA, ビックスバーグ及びジャクソンの水路実験所 (Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army), サクラメントのカリフォルニア州道路局の研究所を訪ね, P. Somers, G.H. Ke-

ulegan, A. S. Fry, J. B. Tiffany, Jr. その他多くの人々の案内を受けて, 活動の有様を知ることができた。外に桑港, ロスアンゼルス, ニューヨークの各港湾の見学や, 工事中の Folsom dam project や最近完成した Big Thompson project の視察その他によつても, 得るところが少なくなかつた。

### 2.

私がアメリカ各地を旅行して, 特に感じたことは, いかにも土地が広く, 現在の1億5000万の人口が何倍かになつても, 立派にやつていけるだろうということである。カリフォルニア州だけでも, 現在の日本より5%も広く, 全国の人口が日本の2倍以下であるから, 1軒の農家の作付面積は400~800acreで, 日本の1ヶ村くらいの耕地に当るわけである。しかも畑は全部作付けすることなく, たいていは交互に遊ばせてある。これは畑作の関係上輪作を必要とし, 1年遊ばせて地力を恢復するのであるが, かりに全部作付けすると, 農産物ができすぎて, 暴落をまぬがれないとも云われている。最近ある種の資源は非常に不足し, 大きい問題となつているようであるが, 食糧などの豊かさは, 私どもの想像以上である。こうして土地が広く資源も豊かであるが, それを役立てるには輸送に困難をとまなうので, どうしても能率的にやらねばならない。自動車がないればやつてゆけないというのが, 最近のアメリカの生活であり, 文明の特徴ともいえるわけである。

こうしたことは, 中谷博士著「民族の自立」にくわしく書かれており, ほとんどの人は自動車, 電気冷蔵庫, テレビをもつていて, 生活程度はいかにも高いが, それは結局は仕事の能率を高めるためであり, 一般より低い生活をする, 必ず能率にひびいてくる。

\* 昭和 29.1.13, 土木学会水理講演会にて講演

\*\* 京都大学教授, 工学部土木工学教室

1週5日制もわれわれからみるとうらやましい限りであるが、そのようにならざるを得ない生活上の必要から来ているようである。出勤と退所の時間が非常にやかましく、約束の時間を厳守し、事務処理がきびきびしていることは、こうした社会生活の能率化の具体的なあらわれであるが、私どもの旅行中痛感したところである。私と高田氏がデンプーの開拓局を見学したとき、その旨をワシントンの本部から連絡してあつたので、デンプーでは係の人が必要な手配をすつかりやつてくれていたし、掲示板にはそのことが書き出され、関係者はよく承知しているようであつた。ホテルへは自動車がちようど7時半に迎えに来て、8時から12時まで研究所内を要領よく案内し、正午には食堂へつれていって、そこでしかるべく食事せよというし、1時から再び案内して4時半に自動車にのせて5時にホテルへ送りどけるといつた具合であつた。まことに無駄のない能率のよい見学、これが私どもの旅行を通じての忘れえない印象であつた。

### 3.

こうしたアメリカの生活のあり方や態度が大学や研究所の運営によくあらわれているし、また熔接や P. S. コンクリートといった土木工学上の新しい問題に対する考え方にもよく認められるようである。生産をあげ、生活水準を高めるための研究に真剣にとりこんでおり、そのために必要な基礎的研究を充分にやつて、それらを総合して実際に役立つ成果を着々とあげている。このうち基礎的な研究は主として大学でやつており、それをさらに基礎的な応用分野まで発展させ、実際上の具体的な問題を解決するための筋道をつけてやる、いわば Pilot plant の実験まで進めて、会社や官庁で行う試験や研究が能率よくできるように、はつきりした指針をうるといつたところまで担当するために、主要な大学には必要な研究所が附置せられ、きわめて活潑な研究を行つている。われわれの水理学、河海工学の分野では、ミネソタ大学の St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory や、MIT 及び CIT の Hydrodynamics Laboratory、カリフォルニア大学の Fluid Mechanics Laboratory 及び Field Laboratory (リッチモンドに建設中)などは、米国における大学の附置水理研究所として代表的なものである。これに対して、TVA、開拓局、海岸浸蝕局の水理研究室や有名な陸軍の水路実験所などでは、それぞれの行政事務に直接した研究に専念し、大学などで行つた基礎的研究の成果を河川、港灣、水力などの諸工事の設計施工に具体的に應用してゆくための研究、したがつて水理模型実験が主として行われている。こうし

て大学や官庁の各研究所は、それぞれの担当分野に応じた研究を能率よく実施し、基礎から応用まで全体として一貫した無駄のない研究が進められて、国の生産をあげ生活水準を高める上に、科学が本当に役立つということが特に注目される点である。

もちろんこうした有効適切な成果をあげるには、とても1人や2人の個別的研究では駄目であつて、どうしても大勢の科学者の協力によらねばならない。今日の科学はそれだけ発展し複雑化しているわけで、総合研究が重要視されるのは当然であるが、会議で民主的に決定された案に従つて関係者が協力して民主的に研究を進め、総合研究の成果をどんどんあげてゆくという、米国の研究所や大学の組織、運営についても、学ぶべき点が少ないようである。このことは学会の運営についても同様であつて、われわれの分野では、ASCE の水理学部門や AGU の水文学部門が毎年各地で会合を開いて活潑な活動をしており、最近の重要課題については委員会が次々と組織され、問題の解明に大きい貢献をしている。ことに戦後急速な発展をみている波浪、潮汐、沿岸流、海岸過程の研究については、J. W. Johnson 教授を中心とする波浪研究会議 (Council on Wave Mechanics) が組織されて1950 年以来毎年学会が開かれ、海岸工学 (Coastal Engineering) が次第に学問的体系を確立しようとしていることが注目される。

以下われわれの訪問した研究所や大学について、若干の紹介をしておきたいと思う。

### 4.

大学における水理学の研究が基礎的な問題を対象としていることは前述のとおりであつて、MIT, CIT 及びカリフォルニア大学やミネソタ大学では、いずれも合成樹脂で造つた多数の実験管路及び開水路が整備され、測定には最近の電子工学を應用した精密な計器が全面的に用いられている。乱流機構と流水による土砂の輸送、流水への空気の混入とキャピテーション、密度流、波浪と海岸浸蝕、水路床の粗度と安定といった問題が大きくとりあげられていることは、わが国と大差がないが、実験の規模は大きく広範囲にわたり、次々と信頼すべき貴重なデータが集積されているようである。大体一講座当り数十万ドルの研究費を使つているといわれるから、大学院をもつわれわれの大学で実際に研究につかえるものが講座当り多くて数十万円に過ぎないのに比べると、日本とは相当ちがつたまかつた仕事ができることはいうまでもない。

こうしたアメリカの大学における豊富な研究費は政府の補助金などによるものが多いようである。アメリ

カ連邦政府の研究開発に対する 1951~52 の年間資金は 22 億 1700 万ドル、このうち非営利機関に対するものは 3 億 3800 万ドルであるが、日本のそれはそれぞれ約 100 億円、18 億円であるから、アメリカの 2% にも及ばないわけである。しかも 3 億 3800 万ドルの 87.4% が 225 ケ所の教育関係機関に与えられ、1 億円以上の大学が 100 ケ所もあるということであるから、一流大学の研究費が豊富であることは想像にかたくない。それだけ大学の関係者が研究においまくられて非常に多忙な毎日を送っており、必要な報告書の作製に忙しく、落ちついた独創的な研究をしておられない点もあるようである。上の研究費の 88.5% が国防省と原子力委員会から支出された委託研究費である事実は、アメリカの今日の国情を物語る注目すべき点であつて、実用を急いで基礎研究を敬遠する風潮もやむを得ないものがありそうである。われわれの分野でも、水理学の理論的解析の研究ではアメリカに比べてそう見劣りするわけでなく、かえつて進歩した点もあるように思われた。

ここで大学の教育について少しふれておきたい。寄宿舎、クラブといった厚生施設や奨学金制度がよく整い、学生はなかなか熱心に勉強している。一般教育から専門教育へと一貫した課程が多年の経験によつて充実し、今日のアメリカの大学制度ができてきているわけであるが、科学を実際に役立てるという立場から、科学教育はほとんど完全な専業教育として行われているようである。授業と宿題に忙殺される教育には問題も少なくないが、機械の使い方、式の取り扱い方などを充分習得した卒業生は、職場で立派につとまるはずである。われわれの水理学、河海工学の分野でも、こうした意味から特に実験実習がよく行われている。例えば、MIT の Hydrodynamics Laboratory は 1951 年にでき上つたのであるが、Ippen 教授の下に、副教授は Daily, Williams の 2 人、助教授は Paynter, Haleman の 2 人、講師は Nece 1 人がおつて、水理学、河海工学の授業、実験を担当している。実験の授業が非常に充実しておることは注目すべき点であり、大学院学生の水理実験の内容は次のようである。すなわち 3 人ずつ 4 組にわけて、毎週 2 回 (午後 1~5 時) 半年間に 7 つの題目について実験するが、その題目はローリングゲートの圧力及び流量、孤立波、超音速流、モデルサージタンク、乱流の境界層、ポンプ及びタービン、密度流であり、各題目ごとに Nece 講師がつききりで充実した指導を行い、1. 予備討議、文献調査及び予備報告書作製、2. 実験、3. 実験資料の検討及び解析、4. 報告書作製という 4 回の授業をやつて

いる。またカリフォルニア大学にはあまり広くないがまとまつた実験室のほか、水理学専門の講義室があつて、その周囲の壁には各種の水理現象を実際に起して学生にみせるためのデモンストレーション装置が並べてある。こうした充実した設備や指導をわが国でやることはむづかしい現状であるが、その実現につとめなければならないと思つている。

なおハーバード大学、カリフォルニア大学及び MIT などでは、衛生工学が化学、生物学及び細菌学といった新分野をとり入れて面目を一新しており、放射性同位元素のトレーサーとしての利用その他において、見るべきものが非常に多かつたようである。

アメリカの大学では、多数の大学院学生がおつて、研究の進展に大きい働きをしていることも、見のがせない点である。先年工業教育使節団長として来朝された MIT の大学院部長 Hazen 博士と懇談の機会を得たが、奨学金制度の充実もさることながら、大学院学生の約半数がある程度大学のスタッフとして働らきながら学生として勉強できるという制度があるので、うまくいつているとのことであつた。Full time, Half time, One-third time の 3 種類の雇員のいずれかになることによつて、授業料免除や若干の給与をうるわけである。日本の新制大学院は昨年発足したばかりであるが、経済的困難のために進学希望者はあまりないようである。独創的な研究者、技術者の養成を目的とした大学院の充実、ひいては日本の科学水準を高めるために、アメリカの大学院のあり方は大きい参考になるようである。

## 5.

官庁関係の研究所として第一にあげねばならないのは陸軍の水路実験所である。この実験所は約 20 年前にミシシッピー河とその支流の洪水調節や航路改良に対する連邦計画をたてるための水理研究所として発足したものであるが、今次大戦に際して工兵隊の土木工事が非常に大きいものとなり、そのための研究及び試験の必要から機構が拡大強化され、土質力学、アスファルト舗装及びコンクリート関係の研究部門が併置されて今日に至つている。ピックスバーグの本部は敷地 500 acre に及ぶ広大なものであつて、ここにある Hydraulics Division には Tiffany 氏を主任とする多数の水理研究者がそろつており、河川港灣、流体力学、水理解析 (Hydraulics Analysis) の 3 部門にわかれて活潑な研究が行われている。野外にはミシシッピー河下流部の模型 (縮尺は鉛直 1/100, 水平 1/2000)、沖積地帯河川の蛇行及び法面安定試験用模型などがあり、巾約 60 m, 長さ 90~150 m といった格納庫式の

大実験室が 10 以上もあつて、その中にはナイアガラの瀑、デラウェア河下流部、レーハイ河下流部、フォルソン堰堤の余水吐といった多種多様の模型や長大な実験水路などがある。いずれも具体的な設計施工の資料を明らかにするための実験を行つているが、全国の大学からも多数の研究生が派遣されてこの実験の手助けをするとともに、応用研究の方法などの習得につとめ、それが大学におけるさらに進んだ基礎研究の計画や方針をきめる上に大いに役立つようである。こうして基礎研究と応用研究とが緊密な連絡を保ちつつ、大きく発展をとげてゆくものと思われる。なお水理解析部というのは、現地や実験室のあらゆる資料を蒐集検討して設計に必要な図表や公式をつくり、工兵隊その他の技術者の使用に便ならしめているのであつて、この実験所の資料のほかには世界のあらゆる学術雑誌の資料をも集めており、水路断面の決定や堰堤の溢流量公式の係数図表など、見るべきものが非常に多かつた。一方ジャックソン支所は敷地 820 acre, ここにミシシッピ河全流域の大模型(縮尺は鉛直 1/100, 水平 1/2 000 で、広さ 220 acre に及ぶ)が完成しようとしていた。降雨の流出機構は問題とせず、各支流の実測水位図に対応するように自動調節装置(Stage Transmitter)から水を流して過去の洪水を再現し、各量水標の水位が洪水時のそれに応ずるように流路の粗度を調節する。そして捷水路、築堤その他の工事の影響や効果を具体的に把握しようというのである。あまりに大きい模型で果して信頼できる成果がえられるかどうかについて考えさせられる点もあるが、こうして何億円もかかる模型を造つて、洪水対策の適確を期するという態度には、敬意を表してよいと思う。

TVA ではノーリスの水理実験所をみたが、堰堤に附設する閘門の位置などについて若干の実験をやつている程度で、すでに研究の最盛期は過ぎているようであつた。現在建設中の堰堤は 2ヶ所で、多くの火力発電所の建設に主力を注いでいるためではあるが、多数の堰堤の操作、水力火力両発電所の総合運転などについては、注目すべき点が少なくないようである。ノックスビルの本部には Fry 氏を中心として多数の水理学者、水文学者がそろつているが、水文関係の主任である Ackermann 氏と懇談した結果は次のようである。すなわち TVA の全流域に設置された多数の雨量計や量水標の読みがラヂオや電報で刻々と本部に報告され、テレタイプにとつた結果を総合して各地点の流量を予測し、堰堤地点の流量と合わせて、流域全体の流況を判定するが、測候局の予報と相まつて大体 1ヶ

月先くらいまでの推定ができる。一方チャタヌーガで電力需給関係を総合しているので、これらをあわせて洪水調節、舟航などとマッチさせながら、全体の堰堤の操作をきめてゆく。この場合単位図の利用はきわめて有効であるが、降雨の継続時間や複断面の場合水位の上下によつて、異なつた単位図が必要である。充分水文資料をととのえて単位図を確立しているので、上記の流況推定がうまくやれている。しかし総合開発といつても治水利水目的のすべてを完全に満足させることはむつかしく、洪水調節と舟航に主眼をおいて操作するので、電力需給のバランスを水力のみによることはむつかしく、多数の火力発電所との総合運転によつて始めて電力に支障を生じないようになつていふことであつた。この点は急流河川で大貯水池を造りにくいのが国の総合開発の将来に対し示唆するところが少なくない。

次にデンバーの開拓局には、水理関係として縦横約 100 m もある大建物の中に約 20 の模型ができており、大部分木造であるが、堰堤の下流側の洗掘、余水吐の性能、沈砂池の機能、法面の安定といった実際工事の設計に必要でしかも適確につかみにくい問題を、実験によつて解決するというやり方であつた。現在開拓局の仕事が少し申だるみになつているためか、実験はそう活発とも思えなかつたが、測定計器などはすべて電子工学を応用した斬新なものであつた。基礎的な研究に重点をおかず、大学の実験室とは見劣りするようであるが、設計上のむつかしい問題を実験的に解決してゆくといふこの研究所の性格からいへば、むしろ当然といふべきであらう。ここにはこのほかに土質試験として多くの装置が整えられ、秩序だつた実験を大段的にやつているし、またコンクリート関係では骨材の製造、コンクリートの練りませ及び養生の設備など驚くべき大仕掛けのものがそろつている。材料試験室の 2 000 t の圧縮試験機、2 500 t の Baldwin の万能試験機などはすばらしく、後者で 10 m × 10 m × 15 cm くらいの実物の鉄筋コンクリート床版の曲げ試験を行つていた。また骨材の岩石学的研究が大規模に行われ、アルカリ作用について慎重な態度をとつていることも注目すべき点である。

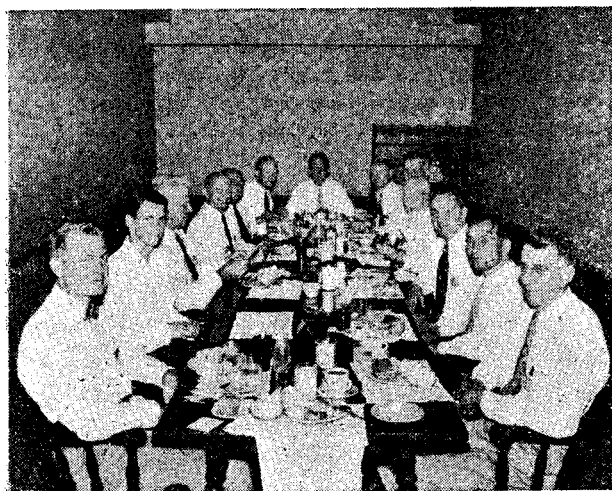
海岸浸蝕局の充実した波浪及び海岸過程の実験装置や国立標準局の小規模ながら長さを特に大きくとつた精密な模型開水路なども、それぞれの実験目的に適合したものとして参考になつた。またサクラメントのカリフォルニア州道路局の実験所で、F. N. Hveem 氏が、独自の構想から考案した Stabilimeter test, Sand equivalent test, Fatigue test of bending, Soil

moisture test といった土質試験の結果が舗装設計の資料としてそのまま生かして用いられていたことも、官庁の研究所のあり方として学ぶべき点であった。

## 6.

上記は本間先生等とともにアメリカの大学、研究所を訪ねて主として水理学関係の見学をした感想を述べたもので、はなはだまとまりがわるく、私の独断とも

いうべき皮相な見解も少なくないと思うが、お許しを願いたい。なお港湾や堰堤の現場をみたり、また P. S. コンクリートや熔接などについても若干の見聞を広めたが、これらは省略させていただくことにする。とりとめの話にもかかわらず、長時間にわたり御静聴をわずらしたことを感謝する。



写真一1 国際水理学会, 1953.9.2. 午後の  
講演者の会食及び打合

左より, J. A. Ross, Fellenius, Jr.,  
H. Flinsch, T. Blench, P. Danel,  
Sir Claude Inglis, Carl E. Kinds-  
vater (座長), Lorenz G. Straub  
(会長), Chesley J. Posey, Wol-  
mar Fellenius, V. Yevdjovich, 石  
原藤次郎, C. E. Bowers

写真二2 国際水理学会 1953 年大会記念撮影  
(1953.9.2, 正午)

前列左より

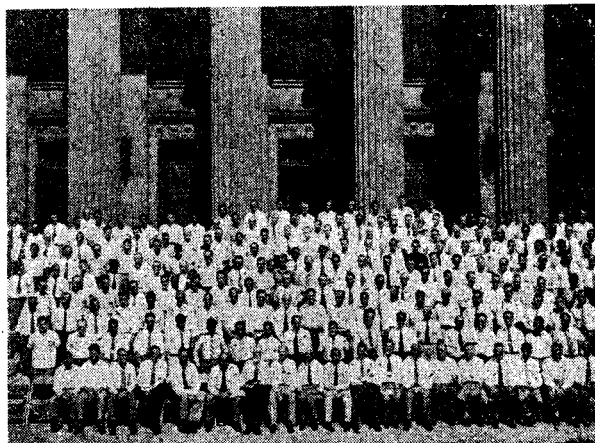
- 5人目 H. J. Shoemaker (和, 書記長代理)
- 6人目 P. Danel (仏, 副会長)
- 7人目 W. Fellenius (瑞典, 前会長)
- 8人目 L. G. Straub (米, 会長)
- 9人目 Sir Claude Inglis (英, 副会長)
- 10人目 N. D. Gulhati (印, 副会長)

第2列左より

- 7人目 石原藤次郎, 8人目 本間 仁

第3列左より

- 5人目 浜田徳一



### 技術ノート欄 新設について

現場でこんな方法をとつたらうまくいったとか、こんな方法で実験したらいい結果がえられたとか、現場の人や研究する人に役に立つと思われる記事を、気楽に紹介する欄をもうけることにしました。

この欄を、会員の実際に役立つ欄とするために、そして会誌に一層したしみのもてるようにするために、会員諸氏が十分活用して下さることをお願いします。

(編集部)