

## フランスの二つの水理研究所について

井 口 昌 平

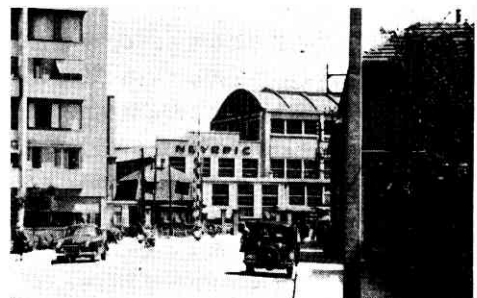
フランス人が水理学の上にこれまでに残してきた業績は小さいものではなく、それは古くからのことであり、また新しくもある。われわれが日常参照する水理学のハンドブックの中には、必ず何人ものフランス人の名前が引合いに出されている。Iowa 大学の H. Rouse の指導で水理学の歴史を研究した S. Ince によっても、水理学の発展に大きな役割を果たした人々の中に次のようにフランス人の名前が多く見出される。Henri de Pitot (1717-1783), Antoine de Chézy (1718-1798), Pierre Louis Georges du Buat (1734-1809), Joseph Louis Lagrange (1736-1813), Jean Louis Poiseuille (1799-1869), Henry Philbert Gaspard Darcy (1803-1858), Arsène Jumes Emile Juvenal Dupuit (1804-1866), Ferdinand Reech (1805-1887), Jacques Antoine Charles Bresse (1822-1883), Henri Emile Bazin (1829-1917), Joseph Boussinesq (1842-1929), Paul-François-Dominique du Boys (1847-1924) などがそれである。この話の主題を重んじて、水理学の実験的な研究の発端を見ても、1929年にドイツの Hubert Engels が言っているように、もちろん水理学の科学的な研究は 16 世紀と 17 世紀のイタリア人 Leonardo da Vinci (1452-1519) と Guglielmini (1655-1710) とによっではじめられたのだが、次の最初の人は Dubuat である。Dubuat の 1816 年に書いた“Principes d'hydraulique et de pyrodynamique”が水理学の基礎的な著述の最初のものである。

水理学の実験的な研究、ことに縮尺模型による研究を初めて行ったのもフランス人 L. Fargue で、それは 1875 年のことであった。その後もフランスでは同様な研究は行われていたが、特に研究機関を設けて模型による水理学の実験的研究を盛んに行うようになったのはむしろドイツ人やオーストリア人であって、その初めは 1890 年の Dresden 工業大学であった。このようにしてこの分野の活動は 20 世紀の始めからドイツに中心が移っていたようである。1921 年に Freemann がフランスの水理学研究施設の状態を見るために Grenoble を訪れたが、その頃も Grenoble は、今と同じようにフランスの水理学および水に関する技術の中心地だったからである。しかし、Freemann によれば、当時の Grenoble 大学の水理実験室はドイツのものに比べれば、はるかに及ばない程度のものであった。

ところが、第二次世界大戦の後には、フランス人が再び水理学の発展に大きな役割を果たすようになって来た。そのような事情になったのは、第一にドイツが戦争に敗

れたことのためもあるが、戦後第一にフランスの、次に低開発国の水力開発が盛んになってきたことによるところが多い。また、それまでの間に、隣接の科学や技術の近年における著しい発展もあつたので、水理学の理論的な研究も、実験的な研究も一段と広い範囲の可能性をもっていた。具体的にいえば、縮尺模型による水力機械や水理施設の水理的特性を明らかにすることが一層有望になってきた。このような事情のもとで、フランスの水理学は戦後著しく発達した。その活動の中心をなす研究機関のうちの主なもの二つについて見聞きしたことを次に述べよう。それら以外のものうちで重要なものとしては、Grenoble 大学付属の Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Hydraulique, de Radioélectricité et de Génie Atomique の水理研究室、Toulouse 大学付属の Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique et d'Hydraulique の Institut de Mécanique des Fluides の水理研究所 (Laboratoire d'Hydraulique)、およびパリ近郊 Maison-Alfort にある半官半民の中央水理研究所 (Laboratoire Central d'Hydraulique) の名前を挙げるべきであろう。

前に述べたように、Grenoble はフランスの水理学の中心といわれている。その町外れの Beauvert という所がフランスの水理学にとって因縁の深いところになっている。というのは、ここに述べるドーフィネ水理研究所 (Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique) は現在ここにあり、また国立水理研究所 (Laboratoire National d'Hydraulique) の発端もそこにあったからである。Grenoble はフランスのアルプス地方の中心地で、甲府盆地と大きさも似たような盆地にあり、観光の中心地、小説家 Stendahl の生地としてもヨーロッパに名高い。この町に 100 年ほど前、1854 年に小さい錠前造りの工場があった。それがとりも直さず、今では世界でも最も重要な



第 1 図 ネールピック社の入口

水理研究所のひとつといわれるドーフィネ水理研究所の生まれるもとであった。その工場は直ちに機械一般の製造を行うようになったが、ちょうど 19 世紀の終り頃から水力発電が実際的な事業になったし、Grenoble はアル



第 2 図 ネールピック社



第 3 図 ドーフィネ水理研究所の  
ロヌ河模型

プスをひかえて適当な水力地点を付近に多く持っている。この工場もたちまち水力タービンの製作者になってゆき、今ではネールピック社 (Etablissements Neyrpic) という、世界有数の水力タービン製作者になっている。この会社は、戦後の活潑な水力開発にもなっており、最近の 10 年間に職員の数が 2 倍になり、現在ではそれは 2,000 人以上になっている。

この会社は 1906 年に水力の性能の模型試験を始め、また 1923 年には水力発電所の導水路のような土木施設の水理的特性を調べるための模型試験を始めた。そして、現在ではこの会社から法人として独立している

グルノーブル水理研究会 (Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques, 略称 Sogréah) のドーフィネ水理研究所の発端がそれらの時にあったわけである。この研究所は初めのうちは水力タービン、および水力発電所の土木施設の水理的な問題だけを取り扱っていたが、その後、前に述べたように水理模型試験のもつ可能性が実際的に広がってきたので、今では河川改修、港の計画、農業水利などの問題はもちろん、溶鉱炉の中の湯やほのおの運動の解析なども取り扱うようになってきている。この研究所の最近の発展のあとを見ると、まず測定装置や観測手段や模型における現象の発生装置に関して技術を発達させたように見える。たとえば、開水路の中の極

めておそい、1 cm/sec というような速度の、水の流れる速さを測定する極めて小さい流速計だの、模型における波の発生装置だの、変化する潮位や潮流を自動的に発生する装置だの、模型の港の中の水位の変化を長周期のものと同短周期のものに分けて記録する装置などが、1950 年前後に完成されている。

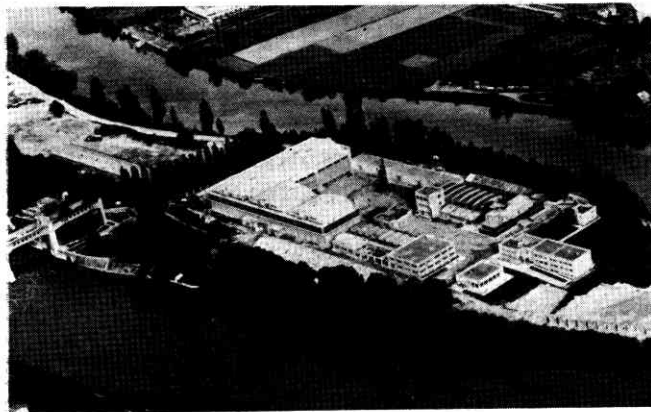
この研究所の職員は 450 人あり、そのうち技師の肩書のある人が 150 人もいる。面積は 60,000 m<sup>2</sup> あり、大部分の実験装置は大きな河や港の模型だが室内に造られている。この研究所と Grenoble 大学付属の前記の工業高級学校との間にも、また後に述べる国立水理研究所の間にもよく連絡がとれているようであり、殊にその学校にはこの研究所の人が多く授業を持っているし、その大学の教授がこの会社の顧問になっている。所長の Pierre Danel 氏は広い識見をもち、問題の所在を早く見抜く人のようである。また、Danel 氏は文献事業に熱意をもって、そのためにこの研究所の図書室が立派であり、またそれがよく機能を發揮しているようである。その図書室に備え付けられているのは、12,000 冊ばかりの書籍と、約 450 種の定期刊行物と、約 4,000 部の研究報告書、カタログ、図面などであるが、その数や質だけがこの図書室の特長ではない。それよりも、これまでに発表されている文献で、この研究所に関係のありそうなものを探し求めるための分類された索引がよく整っていることが大きな特長であろう。その分類された文献の数は 500,000 に達する。また、研究報告書をタイプで打ってトーシヤ版印刷にし、製本するのも図書室の仕事である。なお、それに使うタイプライタは、いろいろ異なった字体のものや、ギリシヤ文字や、多数の数学記号まで簡単に打てるものであった。図書室の職員は 20 人ぐらゐで、その中には技師の肩書のある人もいる。

この研究所の研究業績はたいがい、フランスのほかの水理研究機関の業績と一緒に、雑誌《La Heuille Blanche》に発表されているが、この、年 8 回発行の雑誌がまたこの研究所の手で、Danel 氏の責任において、編集され、発行されている。また、そのうちの 2 回分はフランス水工協会 (Société Hydrotechnique de France) の講演集にあてられているが、いずれにしても、この雑誌は今では水理研究者にとって極めて重要なものになっている。

この研究所で行った研究の中には注目すべきものも多くあるが、その中の一つにセヌ河の河口に関するものがある。それは、その河口のみおすじ (あるいは主な流路) を安定させるための方策を見出すことを目的とするもので、そのためには移動河床の模型を用いなければならない。ところで、これら二つの縮尺の間に取るべき関係は理論的には十分には明らかにされていないので、非常な努力で試し実験が繰り返され、ついにその点に関して解決が得られた。その結果、模型の上に 1869 年以來の水理的状态を連続的

に発生させることによって、それ以来自然がとってきたみおすじの形状の変遷を模型の上に再現することができた。したがって、そのみおすじの将来の変遷も模型によってほぼ予測できるわけである。この研究はそれ自体でももちろん興味深いものだが、歴史的に見ても面白い。というのは、すでに Osborne Reynolds のあとを受けて Mersey 河の河口の模型試験を行った L. F. Vernon-Harcourt がセーヌ河のこの問題を手がけているし、またフランス政府も 1890 年から 1895 年にかけて、模型試験を行っているからであり、しかも当時は目的を満たすような方策が見出されないという結論を得ていたからである。

1929年に Freemann が書いているところによると、その頃 Grenoble には水理研究機関が三つあり、そのうちで最も規模の大きいものはフランス水工協会の Beauvert の研究所であった。この研究所の設備が後に 1947 年にパリの中心から約 13 km 西の郊外の、Chatou という町に属するセーヌ河の川中島に移された。つまり、その時公共事業省とフランス電力公社 (Electricité de France—略称 E. d. F.) との間で協同で、そこに国立水理研究所が設けられたのである(第 4, 5 図)、その前からこれら二つの機関は土木施設の水理模型による研究の必要を感じていて、公共事業省は 1939 年にここに水理研究所の建設を始めていたのである。もちろん Beauvert



第 4 図 国立水理研究所



第 5 図 国立水理研究所の英仏海峡の模型試験

の遺産だけでなく、その後設備は大いに拡張された。この研究所の職員の数には 220 人で、そのうち 30 人が技師であり、すべて E. d. F. に属する。研究所の経営のための委員会には公共事業者の人が出ている。このようにして、研究所の運営は E. d. F. にまかされているが、ここで取り扱われている問題もドーフィネ研究所と同じように、港や河川改修のものなど、発電水力以外のものに広く及んでいる。この研究所とドーフィネの研究所との技術上の相異はほとんどないと見られた。

この研究所は研究部と開発部と実験班と事務室とからできている。研究部は一般的な調査や研究、備付け文献の近代的レベルへの維持、個々の試験や研究についての実験班への技術的な指導、研究者に対する研究報告書作成上の注意を与えること、水理測定装置の研究と製作と整備、外来研究者の取扱い、および技術上のいろいろな会議への参加の準備を行う。開発部の業務は、研究所の建物、設備、備品などの維持管理と拡張に関すること、実験班の要求に応じてする模型の製作と実験の実施、研究部の要求による計器の原型の製作、および写真作業の管理である。実験班は理論的な研究を行い、縮尺模型による試験を行わせ、また備付け図書の整備にたずさわる。

なお、開発部の担当する仕事の中には、研究所の外で行う調査も含まれている。それは、研究を始めるために必要な現地の調査や、研究の結果実施された水理施設の実際における動作の調査である。そしてこの研究所で同時に取り扱っている問題の数は 50 ばかりの多くに達している。

これらの研究機関を見て感ずることは、研究者や技術者が十分に能力を発揮できるような仕組みがよくできているらしいことであった。また自動化された実験装置や精度の高い測定装置が多く使われていること、実験的研究の可能な範囲が広げられていること、知識のしゅう集、整理および利用を良くするための仕事—つまり文献業務—にかなりの力が払われていることも注目された。

本文を書くために参考に使った文献は次のものである。(1958. 6. 3)

- (1) Hunter Rouse & Simon Ince, History of hydraulics, "La Houille Blanche" 1954/1956 の付録。
- (2) Hydraulic laboratory practice, American Society of Mechanical Engineers, 1929.
- (3) Marc Brissaud, Le modèle réduit de l'estuaire de la Seine, Comptes rendus de la Société scientifique du Dauphiné, mars, 1956.
- (4) Le Laboratoire dauphinois d'hydraulique, Neyrpic, 1954.
- (5) R. Ginocchio, Le Laboratoire national d'hydraulique, Electricité de France, 1957.