

随 想

MADYLAM 研究所に留学して

竹内 秀次*

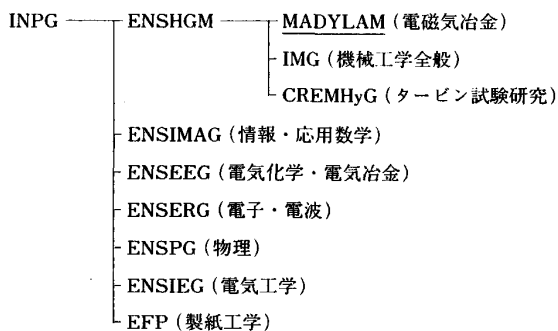
1. はじめに

1986年10月より2年間、冬季スポーツの中心地として、また学術研究都市として著名なフランス・グルノーブル市にある、MADYLAM 研究所に留学する機会を与えられた。

この研究所の活動内容は、研究所長の Dr. GARNIER¹⁾ や訪問をした大橋²⁾ が本誌上で既に報告しているが、ここでは同研究所に日本人として初めて留学した経験を踏まえ、最近の研究を紹介する。また、フランスの工学研究者・技術者育成のための教育制度についても簡単に触れてみたい。なお、フランスの高等教育については、伊藤³⁾ が的確な紹介記事を書いているので、そちらも是非参照いただきたい。

2. 大学と研究所の組織

MADYLAM 研究所は、INPG という国立ポリテクニクに属する七つのグランゼコール (Grandes Écoles) の一つである ENSHMG (グルノーブル国立機械工学・水力学高等専門大学校) に含まれる三つの研究所の一つである。組織図を以下に示す。



INPG は、グルノーブルにある他の三つの一般大学と同一敷地内にあり、各種の有機的な結びつきがあるものの、教育レベルも組織も区別して考える必要がある。

INPG の上記7グランゼコールには現在24の研究所が属しており、大学教授、CNRS(国立科学研究センター)の研究者、大学あるいはCNRSに所属する秘書やテクニシャン、および博士過程の大学院生が構成員である。

私が所属した MADYLAM 研究所は、組織図中の IMG を母体とし、ENSEEG の電気冶金の研究チームを

取り込んで1978年に設立された比較的若い研究所である。1988年9月現在、45名の構成員であり、所長が Dr. GARNIER (CNRS の所長格研究員)、大学教授5名、CNRS の研究員4名、エンジニア2名、テクニシャン4名、秘書2名、残りが博士課程の大学院生という内訳である。大学院生には、フランス企業からの派遣者(例えば、フランス電力公社)も含まれるが、ほとんどは普通の博士課程の学生である。これらの学生は、後述するような企業との契約研究を行い、奨学金の形で企業からの研究費を受けて生活をしている者が多い。

3. MADYLAM 研究所の研究内容

MADYLAM 研究所には七つの研究グループがあり、それぞれ次のようなテーマを担当している。①乱流挙動解析、②攪拌と移動現象解析、③複合現象の数値モデル化、④誘導溶解プロセス、⑤液体金属の自由表面と界面の力学、⑥凝固プロセス、⑦電磁誘導システム。おのこの研究内容は、文献2)に詳しい。最近の同研究所の研究で、企業からの研究費が集まり、研究員(大学院生を含む)の数も多いテーマは④と⑤である。

④では特に、コールドクルーシブル技術とよばれる、誘導コイルと銅製水冷るつぼを組み合わせた高周波誘導溶解法が、盛んに研究されている。るつぼと非接触で溶解・精錬(・凝固)が可能であるこの方法の特徴を活かし、Tiなどの特殊金属(あるいは合金)を対象とした基礎実験が、3台の装置と最大150kWの高周波電源を用いて行われている。この研究は、某フランス企業との契約研究であり、研究費を出資しているこの企業が技術漏洩を恐れ、実験装置や情報の開示に慎重であった。GARNIER 所長によれば、この技術は完成に近く、1年以内には公開できるとのことであった。

一方⑤の研究は、ステンレス鋼メーカーからの依頼研究であり、単ロール法によるストリップキャストリングを最終目標にしたものである。基礎実験として、落下する液体フィルムとロールとの衝突時の現象についての水モデル実験や、横に並んだ複数の落下溶鋼流を高周波磁界による磁気圧力により扁平にして結合させ、溶鋼フィルムを形成する実験などが進められている。

以上のプロセス開発研究と並行し、電磁場内での導電性流体の運動と熱・物質移動を結合して解析できるシミュレーションプログラムの開発ツールを所有し、応用している。ENSHMG から派生した(?) DT2i というソフトウェア会社を通じて MADYLAM 研究所は、このツール全体の販売やこれを用いた計算依頼を受け、研究費収入としているのは興味深い。

この他、最近の研究トピックとして、低周波(1~10Hz)による液体金属の攪拌、Alの凝固組織に及ぼす回転攪拌の影響(現在はインペラー攪拌)、高周波誘導による酸化物や塩の溶解などがある。

* 川崎製鉄(株)鉄鋼研究所製鋼研究室主任研究員

上述した研究テーマの大部分の研究費（人件費をのぞいた全研究費の 91%，約 1.2 億円/1987 年）は、フランス国内の企業からの委託研究費で賄われている。したがって、企業との交流も盛んであり、例えばフランス電力公社（EDF）をスポンサーとし、Dr. GARNIER が主催する「誘導加熱を利用した製造プロセス」についての研究会が定期的にかつて開かれている。またこれとは別に、グルノーブル市が位置するローヌ・アルプ地方の中小企業から研究ニーズを吸い上げ、一件数十万円の単位でスポット的な研究を受け付ける体制も整っている。

国際的な研究発表活動としては、1987 年 4 月にイスラエルで開かれた流体力学の国際会議、同年 12 月のオックスフォード大学での「MHD の応用」に関する非公式セミナー（筆者出席）、1988 年 6 月のソ連・リガにおける電磁流体力学の国際会議、同月フランス・カンヌで開かれた Ti の国際会議、同年 8 月にグルノーブルで開かれた ICTAM シンポジウム（4 月に一度開催され、機械工学の理論・応用研究分野では権威のある国際会議）、などが私の滞在中の主なものであつた。

1988 年 5 月に完成し、移転をした MADYLAM 研究所の新建屋は、ハーフミラーを外壁に使ったモダンなデザインで 2 階建てである。使い勝手は必ずしも良いと言えないが、実験ホールが 2 か所、工作室や電気・電子機器室、計算機室など研究に必要な設備は一応整っている。前述のコールドクルーシブルを始めとする実験用機器は、電源などを除いて内作できる体制ができています。

4. フランスにおける工学研究者・技術者育成

標記について、限られた紙面ですべてを正確に記すのは不可能であるので、ここでは一般的な学生の進路と私の経験を述べる（詳細は文献 3）参照）。

まず、高校卒業試験に合格すれば（バカロレア資格）無条件で入学できる一般大学（Université）と、高度な入学選抜試験に合格する必要があるグランゼコールの差に注意する必要がある。前出の INPG は、後者である。

現在、フランスで工学士号（diplôme d'Ingénieur）を取得するには、バカロレア資格取得後、原則として 2 年間の準備課程と 3 年間の専門課程の履修が必要である。

2 年間の準備課程は、グランゼコールへの入学試験のためのコースか、一般大学の基礎教養課程である。この他、高校卒業後、直接入学試験を受け、5 年間履修して工学士号を取得できる工学系大学校もある。

3 年間の専門課程は、実学に重きを置いた講義と実習の課程であり、学校によつては 3 年間で 4 か月の工場実習が義務付けられている場合もある。日本の大学の卒業論文に相当するものはなく、講義の試験と実習レポートの総合評価によつて成績が決まる。

工学士号を得、大学院に進む学生はまず DEA（研究専門課程修了証）を取得するための 1 年間のコースを履修する。この 1 年間に専門的な講義を受け、研究活動の一部をまとめることによつて、研究者として博士論文研究課程に進む資質があるかを評価される。修士号に当たるものは存在しないが、高校卒業後標準的には 6 年間で取得できるこの DEA が、修士号に相当すると思われる。

博士号は DEA 取得後、標準的には 3 年間の研究と論文審査によつて取得可能である。「標準的」と 2 度注釈を付けたのは、専門課程 + DEA を 3 年で、博士論文を 2 年半で提出することも可能であり、高校卒業後 7 年半で博士号を取得することもできる。優秀な学生には、その人に適したペースで勉強と研究を進めさせ、若くして重要なポストに就ける可能性を与えているのがフランス流といえよう。権威のあるグランゼコールの優秀な卒業生には、企業へ入社後直ちに管理職のポストと高給が保証されている。

私は上記の DEA コースに登録をし、4 科目の専門科目の試験と小論文審査に合格して、DEA の資格を取得した。フランス語での講義と論文作成は、私にはかなりの負担であつた。口頭試問や論文発表会で冷や汗をかいたり、仏和・和仏両辞典を持ち込んで試験を受けたり、今となつては良い思い出である。

5. ま と め

原則さえ踏み外さなければ、細部は臨機応変の判断でかなりの自由度を持たせるのが、フランス人の考え方や行動の基準のように私には思える。当初はこれに馴染めずにいららすが、慣れてしまえばフランスでの生活や研究活動を楽しく、有意義にすることができる。

本小稿が、電磁気冶金とフランスの大学・研究所に興味をお持ちの方に、多少ともお役に立てば幸いである。

文 献

- 1) M. GARNIER: 鉄と鋼, 71 (1985), p. 1946
- 2) 大橋徹朗: 鉄と鋼, 74 (1988), p. 155
- 3) 伊藤陽一: 鉄と鋼, 73 (1987), p. 1428