

カナダの大学

University of Canada

— 金属と材料学科からみた一側面 —

—A view from Dep't. of Metallurgy & Materials Science—

大 蔵 明 光*

Akimitsu OKURA

筆者は昭和 42 年 4 月より約 1 年カナダ、オンタリオ州ハミルトン市 McMaster Univ. の Dep't. of Metallurgy and Materials Science に出張する機会を得、この一年間の研究生活を通しその間見聞したものについてまとめた。

1. ま え が き

カナダの大学の数は 365 校 (カナダの教育制度は各州政府の責任によってなされている) で最も多くは、5 大湖でよく知られているオンタリオ州で約 30 位の総合単科大学が存在し、中でも比較的良好に知られている大学は、Toronto Univ. (1827 年創立), Ottawa Univ., B.C. Univ., それに金属、物理関係では筆者がいた McMaster Univ. である。オンタリオ州に比較的多くの大学が存立する理由については、カナダの歴史にふれる必要があるが、これについては別の機会にゆずることとして、最も多くを耳にした話から総合して、現在の首都オタワ制定前、19 世紀半ばの一時期は、トロント市が首都であった。その影響だとのことである。歴史的にはカナダはアメリカと同様にニューイングランドとして発展した過程で、もっとも早く開発されたのが 5 大湖を中心とした州であることから無関係でないようである。いずれにせよ、カナダ自体の歴史はそう古くなく、したがって大学の特長も非常に流動的にみうけられた。たとえば、ある一定期間有名教授陣をそろえて教育、研究に力を注ぐと飛躍的に有名になる。やはり研究報告の質と量が規定している感が大である。非常に流動的である理由は講座制でなく、コース制のため、必要に応じ教授、準教授、助教授をおくことができ、教授 (Prof.), 準教授 (Associate prof.) は自身の意志で一カ所の大学に勤務することができるが、助教授 (Assistant prof.) は 2 年間の業績によって左右される。いわば Permanent ではないといえる。

2. 大学院の教育

特に大学院の研究、教育についてみると、筆者の属していた学科の Graduate work として、Master of Science in Metallurgy, Materials Science, Master of Engineering in Metallurgical Engineering, Doctor of philosophy in Metallurgy. でほとんど日本と同様であるが、内容としては若干異っている。たとえば Master の場

合、講義のみの修得単位に重点をおいて修了するのと、講義修得単位+実験研究で、研究に重点をおいて修了するのとの 2 種があり、これらの選択は自由で、したがって前者を選ぶ場合は 1 年 6 カ月位で修了することも可能なのである。しかし実際には講義のみを修得する前者は毎日の講義以外に演習と宿題が非常にぼう大であるため学生の多くは、後者の方を選んでいる様子でした。

Doctor の場合はやはり、Doctor work としての研究が主体のため少なくとも 2~3 年の研究が要求され、それ以外に最低修得 (講義) が必要である。

カナダの場合 M. C., D. C. を問わず大学院生はすべて奨学金が給付され、その替り、1) Teaching assistantships といって、学部学生の演習を週 1~2 時間担当しなければならない、また教授の出した宿題の採点をしなければならない。したがって大学院生は常に学部の勉強が要求されている。2) Research assistantships としては、学生実験のための講義と実験の指導を行なう、したがって自分の研究のための勉強以外に幅の広い知識と養育が要求されてくる。

M. C., D. C., 共に修得単位が非常に厳しく、たとえば、M. C. の場合では、2 年間を通して規定単位の中で 1 単位でも落とすと注意が警告され、もし 2 単位を落とすと奨学金を打切られる。したがってふだんでも良く勉強するが期末試験、中間試験になるといたるところで group を作り勉強する光景がみうけられた。

D. C. の場合は 4 月に Ph. D., の資格試験が教養専門の全科目について筆記・面接がおこなわれ、約 1 週間この試験がもたれる。これに合格すると D. C. に入学が許可されることになる。なお 4 月におこなわれたこの試験に合格しない者は再度 6 月に受験することができる。定員を規定してから募集するのでなく、所定点数以上と決めて募集するため、総合点数が規定以上に達しない場合は、定員があっても入学することが許されない。この制度は日本と顕著に異っている点である。

修士論文、博士論文については、主査を始めとする審査委員の列席のもとで発表し、質疑応答のうえ決定する

* 東京大学生産技術研究所 第 4 部

制度であるが、筆者の属した金属関係の博士論文については、金属学科以外に、物理、化学、鉱物、電気の教授が出席している席で発表し、各分野から検討され、後に審査委員会で決定されるシステムがしかれていた。

他学科の場合も同様で、関連学科の教授、準教授、助教授列席の場において発表し、審査、決定される。

なお、Scholarships と Assistantships としては次のような奨学金があるようでした。

- 1) The Charles G. Williams Fellowship in Uranium Metallurgy Commonwealth Scholarships.
- 2) The Consolidated Mining and Smelting Company Graduate Research Fellowships.
- 3) International Nickel Fellowships.
- 4) National Research Council of Canada Bursaries and Scholarships Ontario Graduate Fellowships.
- 5) Imperial Oil Graduate Research Fellowships.
- 6) Ontario Research Foundation Scholarships and Fellowships.
- 7) The Steel Company of Canada Limited Fellowships in Metallurgy.
- 8) Woodrow Wilson National Fellowships.
- 9) McMaster University Scholarships.

これらの奨学金は純然たる奨学のためのものであり、返済、あるいは企業への就職の拘束はまったくない。以上が、大学院の一面ですが、日本と異っている個所は、助手という制度のないことである。すなわち学生実験等は、大学院生自身と、日本で技官に相当する数名の Technician に相談し進めていく。実験の進め方についての大筋は教授から示唆され、以後は独自で進めていくことになるので学部での基礎が非常に意味をもってくる。例を挙げると、インドの某大学を卒業した T 君は M. C. に入学し、研究を進めていた過程で、インドでの学部時における基礎知識不足のため、実際に独自で研究を進めることが困難になり、途中で進学を見合せていたのを見て、研究のきびしさと、基礎学門の重要さを筆者自身再認識した次第である。

3. 研究室と設備

1) Metallurgy の講成としては、Prof. として J. S. Kirkaldy, W. W. Smeltzer, M. B. Ives, の 3 人で、Associate prof. は G. R. Purdy, J. D. Embury, Assistant prof. として W-K. Lu, A. W. Key, Teaching Fellow は E. A. Almond, 以上の members が Metallurgy の専任で、日本の制度と異り講座制でないため、金属と化学工学、金属と物理、金属と化学、金属と鉱物、金属と電気、等の境界の学門研究が非常に重要視され、Associate Member として関連学科の教授が在任する。その members として、prof. R. B. Anderson (Ch. Eng.)

prof. I. D. Brown (Physics), prof. B. J. Burley (Geology), prof. R. C. Harriss (Geology), prof. Kelly (Material Science), prof. C. J. L. Lock (Ch.), prof. J. Shewchun (En. physics), prof. C. V. Stager (Physics), prof. T. Timusk (Physics), 以上ですがその外に visiting prof. R. Herchl, Research Associate として P. Tyroler, post-doctoral Fellows として筆者を含め 11 名 (日本人 3 名、イギリス人 2 名、フランス人 1 名、インド人 2 名、ロシア人 1 名、イタリヤ人 1 名、オーストラリヤ人 1 名) これが、主な人員構成でこのなかで種々の research group が作られている。筆者の属した material research group は、prof. Kirkaldy (Met.) Associate prof. A. E. Hamielec (Ch. Eng.) assistant prof. W-K. LU (Met.) 同じく A. W. Key (Met.) それに M. C. の学生 8 名、D. C. の学生 4 名 (もちろんこの学生は Metallurgy と Ch. Eng. の学生を含んでいる) によって構成し、1 月に 1~2 度の Seminar がもたれ、それぞれの研究を主体とした研究報告がおこなわれ討論される。いわば自分の研究の点検がここでおこなわれる制度です。何回かもたれた group での討論の中で特に印象に残っているのは、prof. A. E. Hamielec で、彼は流体力学が専門だそうであるが、現在では高分子化学の反応速度論を担当し、冶金反応工学に関してもきわめて広い知識をもち、適切な解析方法、および指導がおこなわれていた。以上は筆者の属した group であるが、他にもそれぞれ Associate member を含めた研究があつて多角的に (物理、化学、地質、化学工学、電気、材料) 討論され研究計画が立てられ遂行されていた。

主なテーマとしては、6 部門に分れそれぞれの group、または個々の研究は、これらの中に含まれ研究テーマは約 70 位である。主なテーマを列記してみると、

- ① Structure and Properties of Materials.
 - ② Mechanical Properties.
 - ③ Phase Transformations.
 - ④ Mass Transport Kinetics.
 - ⑤ Surfaces.
 - ⑥ Physical Chemistry of Iron and Steelmaking.
- 2) 研究設備

普通の研究室にある諸設備以外に、共通 (金属関係) 設備としては、

- ① 10kW, 450 kc/s generators for induction heating and levitation melting.
- ② 30kW, 3kc/s generator, 10Lb. vacuum melting unit 10~30Lb. air melting unit.
- ③ Collins Helium Liquefier and storage dewars together with 3,000litter/min rotary vapour pumps for experiments in the range 1~4.2°K.
- ④ Edwards 19inch microcircuit vacuum-coating

unit.

- ⑤ γ -ray spectrometer for activation analysis.
- ⑥ Three philips 1010 X-ray generators equipped with Weissenberg and precession diffraction Cameras.
- ⑦ Fluorescent X-ray spectrometer.
- ⑧ 6" Rolling mill.
- ⑨ 600 amp. Vacuum melting furnace, for consumable or non-consumable electrode operation.
- ⑩ Hot stage microscope.
- ⑪ Fenn rotary swaging machine for 3/4" to 1/16" diameter.
- ⑫ Zeiss interference microscope.
- ⑬ Nuclear reactor with a peak neutron flux of $3 \times 10^{13}/\text{cm}^2 \text{ sec.}$, and associated irradiation facilities.
- ⑭ Siemens Elmiskop I electron microscope 100kV resolution 6Å, with valdré stage.
- ⑮ Two-channel electron probe microanalyzer with vacuum path spectrometer.
- ⑯ Electron beam zone melting unit.
- ⑰ Servomet spark-cutter.
- ⑱ I. B. M. 7040 digital computer.
- ⑲ Ainsworth continuous recording vacuum semi-microbalance.
- ⑳ Veeco GA-4 mass spectrometer partial pressure analyzer.
- ㉑ 10,000 Lb. Instron TTC-L Precision tensile tester adapted for reverse strssing.
- ㉒ Acton (camera) microprobe, three-channel scanning. equipped with light element detection and microdiffraction facilities.
- ㉓ Veeco MS-9B vacuum leak detector.
- ㉔ A. D. Little model MP crystal growing furnace.
- ㉕ M. T. S. 'Servac' closed loop testing machine, 50,000 Lb capacity with reverse stressing capability.
- ㉖ G. E. Automatic four circle X-ray diffractometer.
- ㉗ Philips horizontal X-ray diffractometer with high and low temperature stages.
- ㉘ High temperature and pressure reactors, capable of 1,400°C and 200,000 p. s. i.
- ㉙ Gel permeation chromatograph.
- ㉚ Philips E. M. 300 electron microscope with heating and cooling stages.
- ㉛ 50 keV ion accelerator capable of yielding currents up to 200 A.
- ㉜ Varian 20-inch ultra-high vacuum system (10^{-11}

mm) with electron beam evaporator and residual gas. analyser.

- ㉝ 1~60 Mc/sec ultrasonic spectrometer.
- ㉞ Cahn microbalance for studying adsorption of gases.
- ㉟ Autoclave Engineres Maynedrive autoclave.
- ㊱ Zeiss ultraphat metallograph.

以上の装置をもって自由で使用できるわけですが中でも levitation melting 装置などは非常に利用度が高く1~2週間前に使用ノートに記入し予約しておかなければならなかった。

なお Dep't. ごとに1~2つの自由で使用できる工作室があり、旋盤2台、フライス盤1台、ボール盤1台、放電化工機、溶接装置、石英硝子化工機等が完備し、たいがいものは工作できるようになっているが、中でも装置の大型部品等については工学部の工作所に依頼し製作することができる。また Chemicals store, Electricity store. Machine shop という部屋が建物ごとにあって硝子製コックからピーカー、電気抵抗器、各種ネジ類等実験研究に必要なほとんどの部品は学内でまにあうようになっている点、極めて能率のおよび合理的であった。

4. 研究費について

大学予算の総額については、知ることができなかったが、大休州 (Government) から 1/2, 民間から 1/2 で特に学科増設などの場合は州が建設設備費を出すそうでちょうど筆者が滞在中に薬学部、医学部、付属病院の増設中でこのためにカナダの大学の中で最も多くの予算を獲得したと聞いたが、総額については正確でない。滞在中に読んだ大学ニュースの範囲では 1969~1970 年の間に「Institute of Materials Science」の増設が決定し、国から 5,000,000 ドル出るという記事を読んだ点から推定しても大体のところは推測できる。研究室の予算は大学院生の数によって決ってくる。というのは大学院生 1 人当たりの奨学金が 4,000 ドルであるので、仮に 6 人の大学院生を受持っている場合、1 年に最低 24,000 ドルが必要になり、それ以外に研究費 5,000 ドル位が必要であるから一研究室当たり、多いところで大体 30,000 ドルと推測できる。筆者の場合は N. R. C. (National Reserch Council) の研究費であったので、一つの研究のために 8,000~8,500 ドル支出されていた。帰国直前に The Consolidated Mining and Smlting Company から約 6,000 ドルの予算を受け、研究計画を立てて帰国したが、このように企業からの研究費が大学に納められる例が多いのである。

具体的におこなわれている基礎、応用研究の主題からみてわかるので、その 1 例を示してみると、

Structure and Properties of Materials として、

- 1) Phase transitions in crystals with the $K_2 PtCl_6$ structure.
- 2) Crystal structure of the dichrometer.
- 3) Problems in structural chemistry.
- 4) Polymerisation Kinetics.
- 5) The Crystal structure of the divalent pyrophosphates, Pyroarsenates and Pyrovanadates.
- 6) The crystal structures of $Mg_3(VO_4)_2$, $Ca_3(VO_4)_2$ and $Mg_3(AsO_4)_2$.
- 7) Electron spin resonance studies of the phase transformations of $AlPO_4$.
- 8) Thin-film evaporation rate controller.

等々 National Research Council of Canada からのものが上記以外に 11 件も挙げられる。

Mechanical Properties としては、National Research Council of Canada 3 件以外に、

- 1) Additive strengthening mechanisms—Noranda research Center から、
- 2) Fracture in laminate Materials—Defence Research Board of Canada から、

Phase Transformations としては、

- 1) Solidification of Fe-Mn-S alloys 他 3 件—American Iron and Steel Institute から、
- 2) Constitution of the system Ni-CrS-Falconbridge Nickel Mines Limited から。その他 6 件は、National Research Council of Canada からである。

Mass Transport Kinetics としては National Research Council of Canada から 5 件、American Iron and Steel Institute から 1 件である。

Surfaces に関しては、ほとんどが National Research Council of Canada からで 13 件、American Iron and Steel Institute から 1 件。

Physical Chemistry of Iron and Steelmaking については National Research Council of Canada から 4 件、Dominion Foundries and Steel Limited から 5 件、American Iron and Steel Institute から 2 件、以上のように

多くは国立の研究所、N. R. C. からであるが、内には企業からのものも含まれている。しかし、この場合には発表の自由、研究企画の自由が確立し、研究結果の報告の際は研究を担当した研究者のみであり、企業の名は明記されない。

National Research Council of Canada からの場合は、1 年に 1 回、N. R. C. の member を含めて研究状況につき討議がもたれ、ネットワークが組まれていた。

5. む す び

以上簡単であるが、筆者がカナダの大学に滞在中の生活を通じてとくに印象深かったことなどをまとめた。特に大学院制度などは非常に参考になったと考えている。

たとえば、学部において電子計算機の講義が自然科学、社会科学の全部門でおこなわれ、プログラミングの技術を完全に身につけることができる。そして大学院生になると自由に計算機を使って結果を出すことができる制度になっていたことである。しかも計算機室にプログラミングカードを入れておけば 100 枚位のは約 20 分位後には、すでに計算され結果をみることができる。これは非常に能率的であり、合理的である、一面問題の基本的な誤りに気づかず結果のみを追求する態度が養成されて、創造的能力の開発の不足を感じ得なかった。しかし非常に短く感じた一年間の中で、大学内の制度等以外に種々の事を学ぶことができた。

賃金制度、保健制度、税制度等、多くの長所を見ると共に日本の良さをあらためて認識したことも多い。きわめて表面的表現であったとおもうが、なにかの参考になれば幸いである。

終りにこの機会を快よく与えて下さった菊地前所長、4 部教官各位、研究室の諸氏、また、McMaster Univ. の金属学科 Chairman G. R. Purdy 教授、J. S. Kirkaldy 教授、W-K Lu 助教授ならびに研究室の諸氏に心から謝意を表すものである。

(1969 年 7 月 18 日 受理)

