

## 委託調査報告

### アメリカにおける各大学の金属関係学生教育

松下幸雄\*

#### Educational Systems in the Metallurgical Field at the Universities of the U. S. A.

Yukio MATSUSHITA

(本篇は、八幡製鉄渡辺記念資金による海外鉄鋼事情の調査委託にもとづき、松下教授が昭和 36 年10月より1カ月半にわたる海外出張に際し調査を行なった「アメリカにおける各大学の金属関係学生教育」の報告書である。

#### I. は し が き

昨年 10 月中旬海外出張に当り、目的地はアメリカ合衆国およびカナダであったが、鉄鋼協会の八幡製鉄渡辺記念資金による表題のような調査委託を受けた。出張の前半 3 週間は、イギリス鉄鋼協会の上記の国で開催された Special Meeting に参加し、俵信次当協会副会長、東工大作井誠太教授、日本金属工業松木巖の諸氏と行を共にした。この経路の概要は、New York, Niagara Falls, Tonawanda, Hamilton, Welland, Cleveland, Massillon, Canton, Pittsburgh, Washington, Middletown, Chicago で見学工場 14, 研究所 3 ヶ所で大変な勉強になった。この報告は別の機会とし、後半 3 週間の一人旅で大学廻りをして感じたままを述べたいと思う。その際 U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh Metallurgy Research Laboratory (Pittsburgh の南約 12 マイル Bruceton にある) と Columbus の Battelle Memorial Institute を訪ね、前者では試験溶鉱炉、後者では鉄鉱石直接還元について十分有効な訪問であつたと思つている。これも別の機会に紹介する積りにしている。

以下日程の順に各大学の見たまを伝え、その後で総合的な所感を付け加えることとしたい。

#### II. Massachusetts Institute of Technology

これは M.I.T. と略称され、アメリカの代表的な工科大学でよく知られている。著者の専攻が鉄冶金学、と

くに鉄鋼製錬工学であるため、この方面の教授にできるだけ多く会えるように努めた。この大学では、当協会名誉会員でもある J. CHIPMAN 教授に appointment を取つておいた。今春(本稿投稿時)停年退職されるが、きわめて元気で大いに啓発された。ここは的場、丹羽、不破諸先生はもとより、学界、業界の一線の方々がしばしば訪問され、現に筆者の訪ねた直前に八幡製鉄技研和田所長、日本製鋼研究所中川義隆理博も来られたと聞いた。

昨年 11 月 12 日、Special Meeting 終了地 Chicago から AA 機で Boston に飛び、石田洋一君の迎えて Statler Hilton に到着した。同君は M.I.T. 留学生で N. J. GRANT 教授について Ph. D. を目指している。翌 13 日終日を大学訪問に当てたが、J. CHIPMAN 教授門下の J. F. ELLIOT 教授が一切の面倒をみてくれた。まず、Department of Metallurgy のカリキュラムから始める。

1. Undergraduate および Graduate のカリキュラム

学部の 1 学年、2 学年(それぞれ Freshman Year, Sophomore Year と呼んでいる)は一般教養を授け、総単位 176 (単位については後記する)である。3 学年 4 学年(それぞれ Junior Year, Senior Year と呼ぶ)が専門教育で、Metallurgy と Materials Science の 2 コースに別れている。

第 1 の Metallurgy コースのカリキュラムは第 1 表のごとくである。

\* 東京大学工学部冶金学教室、教授 工博

第 1 表

科 目	単 位 (毎週時間数)		
	講義	実験	予習
Thermodynamics I	4	0	6
Heat and Fluid Flow	4	3	5
Chemical Metallurgy	4	3	5
Metallurgical Plant Visits	0	3	1
Thermodynamics II	4	0	4
Materials Science I	4	3	5
X-ray Metallurgy	2	2	4
Principles of Materials Separation	4	3	5
Mechanics of Solids I	3	0	5
Physical Chemistry I	4	0	4
Physical Chemistry II	4	0	4
Thesis		12	

以上の単位合計は 114, この必修科目他に選択科目が 73 単位(ただし, 卒業論文は 18 単位を超えてはならない)であつて通算は 363 単位となる. 科目は故意にオリジナルのままとしたが, Thermodynamics I (ELLIOT 教授, Associate Prof. C. M. ADAMS) は熱力学第 1 法則, 熱化学, 化学反応(変態, 溶解も含む)のエネルギーとエンタルピー, 化学反応のエネルギーバランス, 熱力学第 2 法則とエントロピー, 化学ポテンシャルなどである. Heat and Fluid Flow (ELLIOT 教授) は輸送現象の基礎で, 流体のエネルギーと運動量, 熱伝達の定常状態と過渡現象などを述べ, 実験の 1 例は, 熱電対の調製と較正, 溶液の混合, 蓄熱, 煙突のドラフト, 燃焼, 測温誤差, 電気炉の設計と製作, 非正常熱伝達, 金属とスラグの混合, 光高温計の較正と放射率などを課している. その授業と実験は 2:1 程度の比率で, 実験が気のきいたものである. 時々 quiz をやらせて理解の程度を確かめている. Chemical Metallurgy (T. B. KING 教授) は冶金反応の化学量論, 熱力学, 化学反応速度論に関するもので, 酸化, 焙焼, シヤフト炉および流動床還元, 製錬, 帯溶融, 真空溶解, 脱ガスなど鉄冶金学, 非鉄冶金学を一括して横からみたような形である. Metallurgical Plant Visits (Associate Prof. ADAMS) は工場見学で, 第 3 学年を終えたものに限っている. Thermodynamics II (ELLIOT 教授, Assistant Prof. V. RAMAKRISHNA) は熱力学の基本法則を復習すること, 相変態, 化学平衡, 金属溶液, 電気化学反応の熱力学などに主眼をおく.

さて, Materials Science I (M. COHEN 教授, Assistant Prof. D. A. THOMAS) は工業材料の性質に関する基礎で, 原子構造, 格子欠陥, 1, 2 および 3 成分系の平衡と非平衡, 弾性, 結晶塑性, 破壊, 回復, 再結晶, 拡散, 変態, 腐食など誠に広範であるが, 工業材

料(非金属材料も含めて)と構造物のつながりを解説するような構想である. X-Ray Metallurgy (J. T. NORTON 教授) は応用 X 線とでもいうもの, Principles of Materials Separation (Associate Prof. P. L. de BRUYN) は化学的および物理的分離(選鉱)の基礎, Mechanics of Solids I (Associate Prof. N. H. COOK, 機械工学科の所属である)は剛体, 弾性体の力学, 塑性変形の基礎である. また, Physical Chemistry I (I. AMDUR 教授, 理学部化学に属する)は気体の性質, 気体運動論, 熱力学の基本法則, 溶液の性質, 平衡など, Physical Chemistry II (R. C. LORD 教授, 同じく理学部化学に属する)は前記 I の続き, イオン平衡, 電池, 分子構造, 統計熱力学, 化学反応速度論などを教えている.

第 2 に Materials Science コースでは第 2 表の仕組になつている.

第 2 表

科 目	単 位 (毎週時間数)		
	講義	実験	予習
Thermodynamics I	4	0	6
Heat and Fluid Flow	4	3	5
Materials Processing	3	3	6
Thermodynamics II	4	0	4
Materials Science I	4	3	5
Materials Science II	4	3	5
Mechanics of Solids I	3	0	5
Physical Chemistry I	4	0	4
Fundamentals of Electrical Engineering	3	2	5
Introduction to Quantum Physics	4	0	5
Thesis		12	

以上の単位合計は 113, これは必修で他に選択が 74 単位(ただし, 卒業論文は 18 単位を超えてはならない)であるから通算は Metallurgy コース同様 363 単位となつて S. B. の資格が与えられる. 科目のうち前記と重複しないものの大要は, まず Materials Processing (Associate Prof. C. M. ADAMS, W. A. BACKOFEN, M. C. FLEMINGS) は工業材料の加工, Materials Science II (J. T. NORTON 教授) は金属電子論, 半導体, 固体の物理的性質などが中心である. Fundamentals of Electrical Engineering (R. H. FRAZIER 教授, Associate Prof. C. KINGSLEY, 電気工学科に属する) は一般電気工学, Introduction to Quantum Physics (Assistant Prof. W. M. WHITNEY, 理学部物理に属する) は量子物理学の概念といったところである.

つぎに大学院は Metallurgy, Mineral Engineering,

Ceramics, Materials Engineering などのコースがあつて所定単位を取得すれば S. M., Metallurgical Engineer, Mineral Engineer, Sc. D., Ph. D. などの称号を得る資格が与えられる。授業は前記学部のカリキュラムに挙げたものの若干が必修で、同時に N. J. GRANT 教授 Experimental Methods in Metallurgy (単位 1-2-0) が課せられる。さらに大学院学生向け講義につきのものが用意されている。(第3表)

第 3 表

科 目	単 位		
Process Metallurgy	3	0	6
Foundry Engineering	2	0	4
Welding Engineering	2	0	4
Powder Metallurgy	2	0	4
Thermodynamics in Metallurgy	4	0	6
Thermodynamics in Process Metallurgy	2	0	6
Kinetic Problems in Metallurgy	2	0	4
Advanced Physical Metallurgy	4	0	8
Nuclear Metallurgy	2	0	4
Electrochemistry	2	0	4
Corrosion	2	0	4
Behavior of Metals at Elevated Temperatures	2	0	4
Advanced Physics of Metals	2	0	4
Advanced X-ray Metallurgy	1	3	2
Electric and Magnetic Materials	2	0	4
Special Problems in Metallurgy	別に定める		
Ceramics Seminar	1	0	2
Fundamentals of Ceramic Processes I	3	0	4
Fundamentals of Ceramic Processes II	3	0	4
Special Problems in Ceramics	別に定める		
Advanced Ceramics Laboratory	1	3	2
Physical Ceramics I	3	0	6
Physical Ceramics II	2	0	4
Quantitative Mineragraphy	別に定める		
Physical Chemistry of Surfaces	4	0	6
Advanced Mineral Dressing Laboratory	別に定める		
Materials Separation Processes	2	0	4

2. 教育と研究

職員は Prof. 15, Associate Prof. 6, Assistant Prof. 12 の計 33 名で非常に充実している。その他, Instructor 10, Technical Instructor 4, また Research Associate 10 で丁度東北大金研小松登先生もおられ会うことができた。学部学生は約 80 名, その半数ほど大学院学生がいる(確かな数字でないこととお断りしておく)。実験室は Physical Metallurgy, Chemical Metallurgy, Materials Processing, Mineral Engineering, Ceramics, High-Temperature Metals, Corrosion などに別れ, ELLIOT 教授の案内で実際見学したのは化学冶金関係だけでとうてい一日では無理だとさつた。ELLIOT など各教授はおなじみの顔ぶれて

いまさら研究の主流を書き立てるまでもないと思う。また, 学部学生の冶金実験はよく見せてもらったが, 以後の各大学にも共通することだが非常にスマートで泥くささがない感じた。

3. 付記

一わたりカリキュラムの説明や見学を終えた後, 午後 4 時から 1 時間, 「スラグの構造と性質」について講演させられ, 上記の三教授や若手の大学院学生に絞り上げられた。討論の仲介をしてくれた石田洋一君にも大変迷惑を掛けたが厚く感謝する。CHIPMAN 教授以下の些少もゆるがせにしない探究精神は貴重なものであると思つてゐる。当協会の Tetsu-to-Hagané Overseas 1 巻 1 号を贈呈し喜んでもらった。これは各大学とも appointment を取つた教授連にすべて贈つた。また, 鉄鋼技術共同研究会新技術開発部会直接還元法分科会の活動状況も英文レポートに編集して配布させてもらった。これは関係者に誌上で謝意を表しご報告させて頂く。おかげでとくに Battelle Memorial Institute で大変関心を寄せてくれ, Iron Ore Reduction by Electric Power という総合報告をもらつてきた。これは追つて紹介したいと思つている。Boston でお世話になつた木村高夫, 山並陸一の両君にも忘れずお礼を述べておきたい。

III. University of Pennsylvania

11月14日早朝 Boston から NE 機で Philadelphia に飛び, 小川恵一君の迎いで一旦 Bellevue Stratford ホテルに到着きすぐ大学に行つた。午前中は J. O'M BOCKRIS 教授に会うことになつていたので, 理学部化学の John Harrison Laboratory of Chemistry を訪ねた。どんな大物のご老人かと思つていたら, 白哲の 40 代で凄く精力的なのにまず驚いた。この人の専攻は電気化学で電解質溶液論などを講義しているが, Research Associate, 大学院学生併せて約 40 名を駆使し, 電極反応, 溶融塩, 半導体と大変な活躍振りだつた。これはまた付記でエピソードを入れよう。昼に School of Metallurgical Engineering に戻り, 主任の R. MADDIN 教授以下ほぼ全スタッフに小川君をまじえて会食した。同教授は来日もしたし, ここは橋口教授, 理研木村宏君を通しなじみが深い。東北大選研大谷正康兄も N. A. GOKCEN 教授(現在は Los Angeles の Aerospace Corp. におり, 帰途会う予定にしていたが日程の都合で遂に断念した)について研究していた。

この学科の歴史は浅く開設以来 13 年に満たない。スタッフも若く教室全体が非常に活気に充ちている。

1. Graduate のカリキュラム

ここではとくに大学院課程について知ることができたが、化学、物理、加工と三分野に分類して専攻させているようである。セミナーも必修であるが、講義としてはつぎのものがある。

**Metallurgical Thermodynamics:** いわゆる化学熱力学である。**Thermodynamics of Alloys:** これは上記を履修してから聞く。**Advanced Physical Metallurgy:** 原子構造の量子論、原子間ポテンシャル、結晶構造、合金理論、拡散、核生成および成長、変態などの動力学で、MADDIN 教授や J. N. HOBSTETTER 教授が担当する。

**X-rays in Theory and Usage:** 結晶化学、応用X線で E. PARTHÉ 教授が担当する。

**Plasticity I, II:** 塑性理論, dislocation など。

**Dislocations:** これは D. WILSDORF 女史お得意のもの。

**Experimental Stress Analysis:** 弾性および塑性理論の応用で実験もやらせる。

**Electron Theory of Metals I, II:** 金属物理の基礎である。

スタッフの顔触れからいっても物理関係が充実している。GOKCEN 教授の後任は BELTON 教授で Process Metallurgy を専攻している。

2. 教育と研究

教授陣は8名、他に Research Associate 3名ほどでささやかなものである。小川君の案内で各研究室をほぼ全部見学したが、筆者の専攻からいっても BELTON 教授の酸化鉄還元、質量分析計 Bendix による酸化物生成エネルギーの測定などを除くと十分評価できない。ただ機械工作場がしつかりしていて随分便利らしい。大谷君はこの工作人員とすつかりなじみになって研究能率を上げていたようだ。

3. 付記

Philadelphia には他に州立大学と Drexel 工科大学がある。これは訪問していないが、後者のカリキュラムは帰国後小川君に調べてもらった。ここは学部が5年制で Freshman, Sophomore, Pre-Junior, Junior, Senior といっている。後半3年の専門課程は固体物理学、物理化学、拡散、異相平衡などの基礎に重点をおいている。その大要を参考までに記す。(第4, 5, 6表)

第4表で3, 0, 3は講義3時間/週、実験なし、単位3を示し、Elective は Advanced Military Training を取らない場合に専攻外の人文科目を選択することで第5, 6表にも共通する。

第4表

Pre-Junior Year		
科 目	学 期	
	6	7
Physical Chemistry Thermodynamics	3 0 3	3 0 3
Calculus IV, Differential Equations	3 0 3	3 0 3
Kinetic Mechanics	4 0 4	—
Mechanics of Materials	—	3 0 3
Physical Metallurgy II	3 3 4 <sup>1/2</sup>	—
Wave Motion, Sound and Light	—	4 2 5
Advanced Military Training	4 1 <sup>1/2</sup> 3	4 1 <sup>1/2</sup> 3
Elective	3	3

第5表

Junior Year		
科 目	学 期	
	8	9
Principles of Economics	3 0 3	3 0 3
Physical Chemistry	3 0 3	—
Mechanics of Materials	2 2 3	—
Physical Metallurgy III	—	3 3 4 <sup>1/2</sup>
Heat Transfer and Laboratory	3 0 3	0 3 1 <sup>1/2</sup>
Introductory Atomic Physics	3 0 3	—
Basic Electric Circuits & Laboratory	2 3 3	—
Basic Electric Machinery & Laboratory	—	3 3 4
Process Metallurgy I	—	5 0 5
Seminar	—	0 1 1 <sup>1/2</sup>
Advanced Military Training	4 1 <sup>1/2</sup> 3	4 1 <sup>1/2</sup> 3
Elective	3	3

Junior の Physical Chemistry はイオン平衡、起電力、速度論まで進み、Mechanics of Materials は Pre-Junior に続き機械工学科で聞く。

第6表

Senior Year		
科 目	学 期	
	10	11
Basic Electronics & Laboratory	2 3 3	—
Theoretical Structural Metallurgy	5 0 5	—
Process Metallurgy II	4 3 5 <sup>1/2</sup>	—
Advanced Stress Analysis	3 0 3	—
Mechanical Metallurgy	—	2 3 3 <sup>1/2</sup>
Corrosion	—	3 0 3
Seminar	—	2 0 1
Thesis	—	4 <sup>1/2</sup>
Advanced Military Training	4 1 <sup>1/2</sup> 3	4 1 <sup>1/2</sup> 3
Elective	3	3

なお、大学院課程については金属部門に関する限り特記するほどのものはない。

さて、BOCKRIS 教授の研究室は国際色もまことに豊かで、日本からは京大渡辺助教授、吉川、佐藤両氏、インド、チェコ、オランダ(これは女性だった)とにぎやかだった。その日の夜は渡辺先生の寄宿先で吉川さんとの手料理で愉快地過ごしてもらった。その節 BOCKRIS 法王の数々の話題は今によく覚えている。また、冶金教室では石川島の瀬崎和郎君にも会え、15日は快晴の市内で小川君の案内のもと芸術的な廻遊を楽しんだ。

#### IV. Carnegie Institute of Technology

15日夕刻小川君がわざわざ空港まで見送つてくれたが TW 機で Pittsburgh に飛んだ。まだ留学して日の浅い茨城大の森一美君が迎えてくれた。宿の Sherwyn がやかましく閉口したので、早曉抜け出し Special Meeting で勝手知っていた Pittsburgh-Hilton に移つて一眠り、小雨の中を大学まで車を走らせた。ここは教室主任の C. L. Mc CABE 教授と森兄のついでに W. O. PHILBROOK 教授に appointment を取つておいたが、前者から教育の問題、後者から実験研究の様相を聞くことができた。

##### 1. Undergraduate および Graduate のカリキュラム

この大学も由緒ある名門で、ことに 1959 年当初のカリキュラムに大改革を加えるなど、10年ほど前から活潑な動きがあつたようである。Freshman Year はそのまま Sophomore から変えているが、ここでは Junior と Senior をよく見てみよう。1年が2学期、各教程ごとに毎週講義時数、毎週実験時数および単位がきまつているが、その組み方と内容は第7、8表のとおりである。

ただし、括弧内は選択であるから単位計は1学期49または54、2学期 46 または 51 である。以前の教程で Physical Metallurgy と称したものを金属組織学とし、合金の性質を講義するに当つて結晶学の基礎、構造と性質の関係を重視している。また、これらの実験を新設して Process Metallurgy の実験はやめている。ただ、G. J. DERGE 教授の Introduction of Process Metallurgy で実験、工場見学を含めて補なつているようだ。Engineering Principles of Process Metallurgy は PHILBROOK 教授の担当で、M.I.T. の Heat and Fluid Flow と思つて差支えない。同教授は Chemical Engineering の教室に出向した形で、その新鮮な意欲は心から敬意を表してやまない。

表のように Senior ではコースに別れるが、単位計は

第 7 表

Junior Year		講義	実験	単位
First	Physical Chemistry I	3	0	9
	Psychology of Human Relations	3	0	9
	Introduction of Process Metallurgy	3	3	12
	Properties of Alloys	2	0	6
	Crystallography Laboratory	0	4	4
	Metallography I	3	0	9
	(Military Science and Tactics)	2	1	5
Second	Physical Chemistry II	3	0	9
	Introduction to Literature	3	0	9
	Engineering Principles of Process Metallurgy	3	3	12
	Metallography II	3	0	9
	Metallography Laboratory	1	3	6
	Seminar	1	0	1
	(Military Science and Tactics)	2	1	5

第 8 表

Senior Year		講義	実験	単位	備考	
First	Social Relations VII	3	0	9		
	Modern Metallurgical Practice	1	0	1		
	Thesis	0	3	3		
	Seminar	1	0	1		
	Process Analysis I	3	3	12		
	Mechanical Metallurgy I (Military Science and Tactics)	3	0	9		
	Introduction to Theoretical Metallurgy	2	1	5		
	Science Elective	2	0	6		特殊コース
	Advanced Physical Metallurgy	3	0	9		
	Electrical Engineering	2	0	6		一般コース
	3	0	9			
Second	Social Relations VIII	3	0	9		
	Thesis	0	3	3		
	Process Analysis II	3	0	9		
	Mechanical Metallurgy II (Military Science and Tactics)	2	3	9		
	Advanced Theoretical Metallurgy	2	1	5		
	Science Elective	3	0	9		特殊コース
	Metallurgical Engineering	3	0	9		
Mechanical Engineering	3	0	9	一般コース		
	3	0	9			

共に第1学期 50 または 55、第2学期 48 または 53 である。この Senior は以前の教程からいちじるしく変革され、見た目にも大変すつきりして苦心した跡が歴然である。以前の Ferrous とか Non-Ferrous とかいう区分は抹殺され、一般教育と特殊教育の線を出して Materials Science に徹するよう要求している。Modern Metallurgical Practice はいうまでもなく、現場技術者の話を聞かせたり工場実習をさせたりしているわけで

ある。

さて、大学院は化学冶金と物理冶金のコースがあつて M. S. を取得するには少なくとも 96 単位が必要で、うち論文は 38 単位を超えてはならない。Ph. D. は論文審査の他に筆記と口述の試験が課せられる。以下 Physical Metallurgy コース・カリキュラムの 1 例を参考までに挙げておく。(第 9 表)

第 9 表

学 年 (学期)	科 目	単 位
First (Fall)	Graduate Physical Chemistry I	9
	Higher Mathematics for Engineering and Science Students I	9
	Classical Physics I	12
	Diffusion in Solids	8
	Crystallography Seminar	8
First (Spring)	Graduate Physical Chemistry II	9
	Higher Mathematics for Engineering and Science Students II	9
	Mechanics of Deformable Solids	8
	Selected Topics in the Thermodynamics of Solids	8
	Introduction to the Kinetics of Phase Transformations	8
	Seminar	0
Second (Fall)	Theory of the Properties of Solids I	8
	Reactions in the Solid State I	8
	Dislocations in Crystals	8
	Mathematical Analysis in Materials Research Seminar	8
Second (Spring)	Theory of the Properties of Solids II	8
	Reactions in the Solid State II	8
	Seminar	0

この他大学院向け講義を列举すると、Metallurgical Problems, Advanced Metallurgical Operations, Heat Flow in Metallurgical Processes, Physical Chemistry of Metallurgical Reactions, Introduction to the Science of Process Metallurgy, Electrochemical Aspects of Metallurgical Systems などで、これらが Chemical Metallurgy コース用に組まれる。

## 2. 教育と研究

スタッフは Professor 4, Associate Prof. 4, Assistant Prof. 6 で決して多くはない。学部学生は 1 学年 35 名前後で、大学院学生の総数も約 35 名とみてよいだろう。ただし、これは Teaching Assistant, Research Assistant, 各社の Fellowships などを含めての数でなかなか盛況である。PHILBROOK 教授と森一美

兄に研究室を案内してもらつたが、主要なテーマは蒸着、異相平衡、拡散、酸化、腐食、加工、金属物理、非水溶液の物理化学、製錬反応速度、鉄鉱石の還元などで一々内容は説明できないほど盛沢山だつた。ここでも学生実験を丁寧にやらせていたし、とくに化学工学の実験室が立派なのに驚いた。製錬冶金の将来の進展は一に掛つてこの分野へ滲透できるかどうかでできるのではないか。

## 3. 付記

昼はクラブに案内され、Mc CABE, DERGE, PHILBROOK の各教授、Associate Prof. R. H. LAMBERT, H. W. PAXTON, それに森君とカフェテリア式の食堂で会食した。丁度東工大から来られこの土木教室で教えておられる吉見吉昭先生にも会うことができた。大学を辞去しようとしたら PHILBROOK 教授が森君と一緒に車で Hilton まで送つてくれた。この Ball Room は素晴らしいが、何かパーティーにでも出席する都合があつたらしい。同教授には 17 日の Bureau of Mines 見学に一役買つてもらつたし随分世話になつた。明けて 18 日は土曜日でもあるし、森君が心配してくれピッツバーク大学の山口俊一助手の案内で Shenley 公園, North Park などをドライブした。19日は Pittsburgh ともお別れ、午後の TW 便でつぎの目的地 Columbus に向つた。

## V. Ohio State University

Columbus への途中、曇空は雪になつてこれはこれと思つた。午後 5 時頃 Deshler Hilton に着いたら、appointment を取つておいた G. R. ST PIERRE 教授について研究中の後藤和弘君(東北大金研後藤教授の長男である)から連絡があつてお世話したいという。思いもかけないことで驚いたがとても嬉しかったし、Columbus 滞在中大変お世話になった。車は運転するしドリンクも豪の者だから頼りになる。大学は 20 日終日、翌 21 日はそばの Battelle Memorial Institute を見学した。

### 1. Undergraduate および Graduate のカリキュラム

この Undergraduate は 5 年制、1 学年 10 名ほどで少ない。Graduate は総勢 55 名ほどでむしろこれが主体、PIERRE 教授が 6 人もつている。1 年を 4 期に別け Summer, Autumn, Winter, Spring Quarter といつている。以下にカリキュラムを第 10 表で示すが、G 印は Graduate 向けである。また \* 印は Graduate にも共通である。

これは時間表の形で並べてあるが、学部ではむしろ程度が低いというか基礎を教え、専門事項は大学院コース

で教育する。我が国との逆のような形に見えるわけである。

2. 教育と研究

教授陣は Prof. 5(ただし Battelle Visiting Profes-

第 10 表

学 期	科 目	毎週時数
Summer	Research in Metallurgy (G)	別に定める
Autumn	Industrial Experience	5 (夏季)
	Introductory Metallography	4
	Physical Metallurgy III*	3
	Casting Manufacturing Procedures *	3
	Fuel Analysis *	2
	Mineral Preparation *	4
	Metallurgical Investigations*	1~6
	Metallurgical Thermodynamics *	3
	Foundry Molding Materials *	3
	Corrosion *	3
	Mechanical Metallurgy *	3
	Advanced Physical Metallurgy I *	3
	Engineering Metallurgy I *	3
	Theory and Properties of Metals *	3
	Graduate Seminar (G)	1
	Quantitative Dislocation Theory (G)	3
	Metallurgical Kinetics (G)	3
Theoretical Metallurgy (G)	3	
Theory and Properties of Metals (G)	3	
Research in Metallurgy (G)	別に定める	
Winter	Foundry Technology	4
	Elements of Materials Science	4
	Physical Metallurgy I*	3
	Principles of Metallurgical Processes I*	4
	Advanced Metallography* Metallurgical Investigations *	4 1~6
	Advanced Ore Dressing *	3
	Foundry Molding Methods, Gating and Riserig *	3
	Advanced Corrosion *	3
	Advanced Physical Metallurgy II*	3
	Shaping and Forming Metals *	3
	Engineering Metallurgy II *	3
	Principles of Extractive Metallurgy I *	3
	Process Metallurgy *	3
	Theory and Properties of Metals *	3
	Graduate Seminar (G)	1
	Advanced Metallurgical Thermodynamics (G)	3
	Theoretical Metallurgy (G)	3
Research in Metallurgy (G)	別に定める	

Spring	Elements of Materials Science	4
	Physical Metallurgy I*	3
	Inspection Trip	2
	Principles of Metallurgical Processes I*	3
	Physical Metallurgy II*	4
	Metallurgical Investigations *	1~6
	Casting Control *	3
	Corrosion *	3
	Advanced Physical Metallurgy III*	3
	Principles of Extractive Metallurgy II*	4
	Theory and Properties of Metals *	3
	Electrical Properties as Related to Materials Science *	3
	Structures of Metals and Alloys *	3
	Graduate Seminar (G)	1
	Physical Chemistry of Process Metallurgy (G)	2
	Advanced Mechanical Metallurgy (G)	3
	Metallurgical Thermodynamics (G)	3
Theoretical Metallurgy (G)	3	
Research in Metallurgy (G)	別に定める	

sor の HOPKINS を含む), Associate Prof. 3, Assistant Prof. 2 で, M. G. FONTANAが主任教授である。ささやかな教室だし, PIERRE さんや後藤君の案内でよく見せてもらった。ここの学部は前記のように5年制, S. M. は1年半ないし2年, Ph. D は2~5年といったところで, 超一流校ではないがスタッフの粒が揃って研究にはうつつつけの雰囲気らしい。PIERRE さんは Associate Prof.(主に年令のランクである)だが, CHIPMAN 教授門下で随一の秀才だそう。彼等は講義, その準備でなかなか忙しそう。PIERRE さんと同室の R. SPEISER 教授ともども居室とクラスを行ったり来たりしていた。PIERRE 研究室では, W, Mo, Nb などの酸化速度, 珪酸塩の表面張力, Fe-FeO 系の酸素ポテンシャル (これは後藤君のテーマである) などに主眼をおいているようで, 他では PETER DALE という若い大学院学生の金属の内部摩擦測定が光っていると思った。FONTANA 教授は冶金の新館に居を構え, 主任で忙しかつたらしく会えなかった。彼は鉄鋼製錬でもペーパーを出しているが, 今は腐食, 防食関係を専攻している。

3. 付記

屋 Ohio Union というカフェテリアで食事したが, 若い男女学生がノート片手に何やら興奮しながら食べたり喋ったりしていた。どこでも人情は同じと見える。その後, 大学の博物館をのぞいたら日本の鉄カブト, 軍刀,

千人針などが仰々しく飾つてあるのには驚いた。ミイラやインディアン風俗はこれまでよく見たが、無神経さにこちらがあきれた。それはさておき、午後の小憩に SPEISER, PIERREさんとクラブにお茶を飲みに行つたが、SPEISERさんは絶えず葉巻をくゆらし大人の相がある。彼は統計熱力学を教えており、実によく勉強している。

この日の夜は後藤君の寄宿先にゆき、可愛い奥さんのもてなしで久し振りに寛いだ。21日は後藤君と Battelle 訪問、夜は Kahiki という南洋張りのバーで楽しんだ。翌 22 日はいよいよ Minneapolis 行き。例の Minnesota 鉱床で著名だが、PIERRE 教授も時々行くらしく殊に Krupp-Renn 法に関心を示していた。さて午後の UA 機で Dayton, Chicago 経由目的地に飛んだ。

## VI. University of Minnesota

中継点の Chicago O'Hare 空港は先の Meeting でも出入りして勝手を知っていたが、雨で Baltimore からのジェットが遅れ随分混雑していた。予定より 1 時間ほどおくれてようやく Minneapolis, Leamington ホテルにたどりついた。23日は Thanksgiving Day, 日本を発つ前知らないで T. L. JOSEPH 教授に面会を申込んでおいたので胸中おだやかでなかった。

果して JOSEPH さんから電話があつたという。こちらからお宅を呼びしどろもどろで詫びたが、心よく了承してくれて明朝迎えに行くとのことで汗だくの甲斐があつた。23日は休日、したがつて人 1 人いない大学を案内してもらつたわけである。ここは学生約 27,000, スタッフは 2,000 人ほどということだつた。JOSEPH 教授は本協会名誉会員、10年前に来日し私が東大で講演を聞いた記憶がある。いうまでもなく溶鉱炉では第 1 人者、ペレタイング法の開発で誰もが知っている。我が国にも知己が多く、非常に懐しそうに誰彼のことを言つていた。ここでは一々挙げないが、筆者も肩身が広がつたのでむしろその方々、今日の素晴らしい溶鉱炉製鉄を築いた技術陣に心からお礼を述べたい。

### 1. Undergraduate および Graduate のカリキュラム

この Metallurgy は化学に属するものと工学系統と二部門あるが、後者について見聞したまを記す。これは School of Mines and Metallurgy の Division of Metallurgical Engineering である。学部は 5 年制で卒業には 250 単位が必要、始め 2 年が Lower Division で一般教養を授け、冶金関係の実験として Physics Laboratory と Metallurgical Engineering Labora-

tory の二つが組まれている。Upper Division は 3 年で大要以下のように教育する。(第 11 表)

第 11 表

学年	科 目	単 位		
		秋	冬	春
Third	Elements of Metallurgical Engineering	3	0	0
	Principles of Process Metallurgy	3	4	4
	Mineralogy	4	4	0
	Physical Chemistry	4	4	4
	Quantitative Analysis	4	0	0
	Carbon Compounds	0	0	4
	Nontechnical Electives	0	3	3
Fourth	Mineral Dressing	4	4	4
	Principles of Chemical Engineering	5	5	0
	Principles of Physical Metallurgy I, II, III	3	3	3
	Elementary Engineering Statistics	0	0	3
	Rigid-Body Mechanics I	3	0	0
	Deformable-Body Mechanics I and Experimental Mechanics	0	3	2
	Technical Elective	3	0	0
	Nontechnical Electives	0	3	3
Metallurgical Engineering- Inspection Trip		2		
Fifth	Ire Ore Beneficiation	3	0	0
	Hydrometallurgy	0	3	3
	Metallurgical Unit Processes	3	3	3
	Elements of Electrical Engineering	3	3	3
	Electrical Engineering Laboratory	0	1	1
	Advanced Technical Communication	0	3	3
	Mineral Economics or Optical Mineralogy	3	0	0
	Technical Elective	0	0	3
	Nontechnical Electives	4	3	0

ただし、単位数は授業で每学期毎週 1 時間、実験で 2 ~ 3 時間を 1 単位としている。この大学は土地柄カリキュラムにはつきり特徴がでている。物理的な Metallurgy は前記 School of Chemistry, Department of Metallurgy で教えているようであつた。また、第 5 学年の Advanced Technical Communication は討論の仕方、論文の書き方などを教える。

また、Graduate School はこの大学から約 130 マイルもの Duluth (北東 Lake Superior に近い) キャンパスで、勿論わざわざ行くこともなかつたので、科目を並べるにとどめる。ただし、スタッフは Undergraduate と同じである。

Principles of Process Metallurgy  
Mineral Dressing  
Metallurgical Engineering Practice



- Advanced Mineral Dressing
- Special Problems in Mineral Dressing
- Metallurgical Unit Processes
- Advanced Process Metallurgy
- Special Problems in Process Metallurgy
- Research in Process Metallurgy
- Research in Mineral Dressing
- Seminar in Metallurgical Engineering
- Flotation Theory

2. 教育と研究

このスタッフは教授3名だから当然広範な教育と研究は望めない。学生も1学年10名ならずで大変さやか。その代り性格が誠にはつきりしている。JOSEPHさんの停年も近いし、ここまで旅程をやり繰りして本当によかつたと思つている。教室では一人が先生、他方が学生とユーモラスなやり取りをしたのが印象に残つている。溶鉱炉内装入物の降下を示す模型など、よく紙上で見掛けた彼のテクニクを目の前にして楽しかつた。また、溶鉱炉の生産性向上、高温送風、天然ガス吹込、ついで溶鉱炉の将来とたて続けに名調子を聞かされた。ただ、残念ながら余りにもキヤッチできない部分が多過ぎて心残りである。研究室も一わたり見せてもらい、ついでに Chemical Engineering ものぞいた。これがご多分にもれず立派だつた。

3. 付記

大学の構内を散歩しながら Coffman Memorial Union という美しい学生クラブをのぞいたり、持参のニコンで記念撮影してから郊外のお宅までドライブした。一族揃つて会食するから君も一緒にということだつた。息子さん夫婦にお孫さん三人、親戚筋の W. M. LAUER 教授夫妻（同教授は大学の化学教室に属し有機化学が専攻である）等がその顔触れである。JOSEPHさんは日本のおみやげを並べてみたり、タタラ吹きの写真を持ち出したりして楽しそうだつた。奥さんは、私の送つた This is Japan (朝日新聞社刊行) に大いに満足してくれたようだ。さて、お孫さんのお祈りでターキーのご馳走が始まつたが、そろそろこちらの話題も乏しくなつておかしくなつてきた。楽しいにはちがいないが、苦楽相半ばし果ては辞去するきつかけを作るのに大変な苦勞をした。

明けて24日は最終目的地 San Francisco に向かうわけである。午後のWA便で Salt Lake City 経由一挙に西海岸まで飛んだ。San Francisco 空港は10月中旬はじめて米本土入りした地で何かほつとした。市内 Plaza に宿を取り、25、26両日は土、日だから Los Angeles に飛んで羽を伸ばした。

VII. University of California

この地には名門 Stanford University と上記の2つがある。先年 S. F. RAVITZ 教授が東大に著者を訪ねてくれたので、今度はこちらから Berkley に訪問した。27日早朝、宿を出て San Francisco Bay をはさむ対岸の美しい Berkley に車をとばした。

この金属は College of Engineering, Mineral Technology に所属し、Mining, Petroleum と一緒になつてゐるが、Materials Science が Metallurgy と Ceramic Engineering の2コースからなるとみてよい。

1. Undergraduate および Graduate のカリキュラム

Lower Division は Freshman, Sophomore の2カ年で一般教養68単位（1年は Fall, Spring の2学期）を要求する。Upper Division 2カ年は Junior, Senior で、コース別になるのは Senior である。以下 Metallurgy コースについてカリキュラムを示す。（第12表）

第12表

学年	科 目	単 位	
		秋	春
Junior	Industrial Ceramics and Metallurgy	1	0
	Phase Changes	0	3
	Structure and Properties of Crystals	0	4
	Material and Energy Balances	0	3
	Quantitative Analysis	3	0
	Physical Chemistry	3	3
	Mechanics of Materials	3	0
	Introduction to Atomic Physics	3	0
	Humanistic-Social Studies	3	3
	Senior	Industrial Ceramics and Metallurgy	1
Metallurgical Thermodynamics		3	0
Advanced Physical Metallurgy		0	3
Physical Ceramics		2	0
Physical Ceramics Laboratory		1	0
Economics of the Mineral Industry		3	0
Electrical Circuits and Applications		0	3
Electrical Engineering Laboratory		0	1
Plasticity and Metal Forming } or Mineral Dressing		3	0
Unit Processes for Mineral Industries		3	0
Restricted Electives		0	6
Humanistic-Social Studies		0	3

以上で単位計64、したがつて4年間に132単位ということになる。また、とくに将来大学院に進学して工業材料を専攻しようとする学生には別のプログラムがある。（第13表）

さて、第5学年と呼んで大学院に進学すると S. M. または Master of Engineering の資格を得ることが

第 13 表

学年	科 目	単 位	
		秋	春
Junior	Analytic Mechanics	3	2
	Introduction to Atomic Physics	3	0
	Introduction to Quantum Mechanics or Advanced Calculus	0	3
	Physical Chemistry	3	3
	Structure and Properties of Crystals	0	4
	Electrical Circuits and Applications	3	0
	Electrical Engineering Laboratory	1	0
	Phase Changes	0	3
	Humanistic-Social Studies	3	0
	Senior	Economics of the Mineral Industry	3
Elementary Hydrodynamics		0	3
Metallurgical Thermodynamics		3	0
Introduction to Solid State Physics or Inorganic Chemistry		0	3
Advanced Physical Metallurgy		0	3
Physical Ceramics		2	0
Physical Ceramics Laboratory		1	0
Mechanics of Materials		3	0
Technical Elective		0	3
Humanistic-Social Studies		3	3

でき、それだけ就職に際し初任給も高いということである。また、このような技術の基礎科学を身につけた卒業生がより歓迎されると聞いた。なお、Doctor の学位は最低3年を要するが、セラミックス、物理冶金、製錬冶金などの分野で研究する。大学院の講義を列挙すると以下のとおりである。

- Metallurgy of the Less Common Metals
- Materials for Nuclear Engineering
- Metallurgical Thermodynamics
- Physics of Metals
- Reaction Kinetics
- Statistical Thermodynamics
- Dislocation Theory
- High Temperature Materials
- Structure and Reactions in Inorganic  
Materials
- High Temperature Thermodynamics
- Advanced Graduate Study
- Microstructure of Ceramic Systems
- Surface Properties of Engineering Materials
- The Electrical and Magnetic Properties of  
Materials
- Electron Microscopy in Metallurgy
- Group Studies, Seminars or Group Research
- Individual Study or Research

## 2. 教育と研究

スタッフは教授7, Associate Prof. 1, Assistant Prof. 1, 講師5ということで、学部学生は1学年20名前後だが、大学院学生は60名近くもいる。セラミックスの大学院も盛況で25名ほどである。昼はクラブに行つて RAVITZ 教授と食事を共にしたが、折よく K. K. KELLEY 博士に会つて紹介された。彼は U. S. Bureau of Mines で製錬冶金関係の熱化学データを集積し、著者も研究者としてかけ出しの時期によく引用した覚えがある。今、この大学で熱力学を教えているが、同時に Bureau of Mines の分室をもつてそのまま当時の伝統(?)を守り続け比熱測定に打ち込んでいるから大したものだ。一つ残念だったのは Materials Science の J. E. DORN 教授が英国出張中で会えなかつたことである。クリープの話でも聞けたらと思つてしたが、各研究室は RAVITZ 教授の案内でほとんど見て廻つた。学生実験が相変わらず実に大事に行なわれているのに感心した。スマートな実験だろうと自慢していたが、大部屋の四隅に装置を組み、まず懇切丁寧に原理を説明し実演してから一斉に取掛らせる。当り前のことだろうが、自身でそこまで常日頃やつてないものだからつまらぬことに感心したのか。

## 3. 付記

さて、25, 26両日は Los Angeles で楽しく遊んだ。25日早朝 UA 機で San Francisco から当地に飛び、ここでは全く珍しい雨をついて八幡製鉄出張所長の降旗宗世氏、ドライバーの宗清さんに案内されマリノランド見物。夜は同出張所の大広侃君のレンタカーでドライブ、Tôhō (東宝である) La Brea, バー山城 (ヤマシロ), ハリウッドと遊び廻つた。26日は宿の Biltmore でばつたり帰途の松木君に会い、降旗、宗清さんと4人でデイズニーランド見物。この日は素晴らしい快晴でカラーも十分働いてくれた。当地は俵さんも一足先に寄られているし、例の Univ. California も作井先生が立ち寄つて行かれたと聞いた。Chicago でばらばらになつてしまつたからとても懐しかつた。遊び疲れて再び UA 機で拠点に逆戻り。休日のこととて空の交通も混雑、危うく空港に残されそうになつた。Los Angeles には Univ. California のキャンパスがあるけれど、これは勿論訪ねていない。27日は既に述べたとおり。

一人身だからゆつくりしろということで、RAVITZ さんが Berkley をぐるぐる廻つてくれ、丘の上の自宅まで運ばれた。亭主は巨大だが奥さんは可愛らしい。娘二人はもう他家で中老夫婦は凄くむつまじい。すつかり当てつけられた。夕日にぼんやり浮き上がる金門橋はいいオブジェだつたが、二人にカメラを向けたらピツタリ寄

り添はれて閉口した。食事後 San Francisco まで送ってくれたが、Pier やチャイナタウンまで案内してもらい10時前やつと愛の雰囲気から解放された。「これで終わった…」全日程を終了し暫くむなしい気持で横になっていた。頭が痛み腹の調子までおかしくなってきた。旅の最後でついに陥落したと思つた。

ことのついでに、28日は日航で Honolulu へ、Halekulani で眠れるだけ眠つた。翌29日はオアフ島一周、日航 813 便で夕暮れの Honolulu を後にし30日夜半羽田に帰着した。

### VIII. 所 感

学生教育を粗末にして民族が栄えることはない。われわれ教職にあるものはこれを最高理念とし、教えるための研究をしつつ教えることを研究している。既に述べたように、筆者は一流国で自身専攻とする金属関係の学生教育をこの目で見ることができた。極めて不十分ながら各大学ごとに教え方の要点は示すことができたと思う。これらを拾い読みして会員諸兄がどのように感じられるか、拙文にして大変恐縮であるが、教え方に随分苦心しているようだし、各大学ごとに何がしか特徴があるのではないか。苦心といえば、大学の教授は講義と実験を実に大切に、年々手を加え一歩でも進めようと大変な苦勞をしていることは確かである。勿論、彼等の給料や身分の保証につながるわけで当然のことかも知れない。ここに彼我の差があるといつたら唇が寒くなるだろうか。

つぎに学科目の選択で気付くことは工学教育に基礎重視の線がはつきり出ている点である。それはスタッフの陣容で各大学ごとにある特徴は当然見られるとしても、底を流れる思想はしばしば引用した Materials Science

である。恐らく数校は専修コースにこれをうたつて広く工業材料を学ばせ十分な基本学問と創造力を身につけた応用のきく技術者をつくることを狙っている。ただ筆者がここでいう技術者は科学的トレーニングを経た高級技術者のことで、職能教育による技術者ではない。大学の使命はここでいう高級技術者の養成であるといつてはばからない。

第三に、教え方、学ばせ方が大変丁寧である点に気付いた。教える側は自分だけ分つていても何もならない。これが教えることの難しさである。これは厳しい躰けなしにはできない相談で、教える側に十分な余裕がなければならぬ。いわゆる雑用で振りまわされるのは愚のいたりわれわれの常に反省せねばならぬ点である。筆者が訪ねた先生方は約束によつて一定時間をさいてくれただけで、半日も人について世話することはまずないとよく聞かされた。

最後に、大学院教育に一言触れる。我が国といちじるしく異なるのは、いわゆる専門教育がここで強調されていることである。したがつて学部教育では現場的なものは殆んどみられず、見学、実習、現場技術者による実地教育で工学的なセンスを養成することと思う。この点は国民経済、社会事情、教育の歴史などから判断すべきで、ただ明瞭なことは今日我が国で大学院制度がなお十分の機能を發揮していないということである。これは学界、業界の関心と評価、正当な批判なくしては育成できないと思う。

終りに、筆者のこの見聞は実に多くの先輩、友人、同僚のご好意に支えられたものであることを感謝する。

(昭和37年3月寄稿)