

海外だより

カーネギーメロン大学における
相変態の研究

榎本 正人*

一昔前、アメリカでは Pittsburgh (ピッツバーグ) から来たと言うと、ワイシャツの襟が汚れているからすぐにわかると言われたものだが、市のクリーン作戦が効果をあげ、以前からは想像できないほどきれいになったそうである。都市の規模、環境、犯罪の発生率などさまざまな要因を考慮に入れた最近のある調査によれば、住みよさの点でピッツバーグは全米で第2位にランクされている。

ピッツバーグの位置するペンシルベニア州は自然にも恵まれ、石炭はもとより、酪農生産は全米で1~2位、アメリカ大陸の横断鉄道の枕木をほとんど生産したと言われるペンシルベニアの森 (Pennsylvania とはイギリス国王からこの地方の領有を許された William Penn の森という意味)、また、ピッツバーグから北に150 km ほど行つたところにある Titusville (タイタスビル) は知る人ぞ知る石油の町。石油の存在は古くから人類に知られ、川などにしみ出ている油が医療用などに使われてはいたが、1859年、ミシシッピー川の支流の1つ、Allegheny (アリゲニー) 川の上流のこの町で世界で最初に石油が掘りあてられ、大量の石油生産が始まった (写真1)。さしづめ、この町は石油に浮かぶ現代文明発祥の地というわけである。

さて、カーネギーメロン大学はピッツバーグの downtown (市街地) から東へ約10 km, Squirrel Hill (スクワイラルヒル) と呼ばれる丘陵地帯に美しいキャンパスを擁している (写真2)。学生数は6~7千人であり大きくはないが、演劇, business, computer science, engineering など、いずれもアメリカで上位にランクされており、私立大学らしく少数精鋭主義で特色を出そうとしているようである。自然科学, 工学は Carnegie Institute of Technology, Mellon College of Science の2つのカレッジに集められている。

筆者の滞在した学科 Metallurgical Engineering and Materials Science では、R. F. Mehl に由来する物理冶金学、特に金属内でおこる相変態の kinetics (カインेटクス) の総本山として、数多くのすぐれた人材を生み出している。現在の教授陣では水素脆性の Bernstein と Thompson, Ti 合金の Williams が大きなグループを抱え、伝統的に力を入れている拡散型相変態、およびそれに関連する分野では、Aaronson, Laughlin, Massalski, Mullins, および Sekerka らが活動している。物理

学科にも Langer, Griffith ら、この関係の人は多く、研究資金を効率よく獲得するために、これらの人達が共同でテーマを話し合う組織を作っている。理論, 実験両分野の傑出した研究のプロの集団指導という形になっている。

これらの人達が組織の大方針の企画に携わる一方、研究の第1線として、多くのテーマをかかえて活動を続けているのは全く尊敬に値する。余談であるが、そんな多忙さにもかかわらず、自分のグループの学生には空港まで迎えに来たり、アパート探しを手伝つたり、パーティをひんぱんに催して、自らワインをついで歩き、同伴の奥様方の名前をきちんと覚え、冗談も忘れず言つて歩くさまには本当に驚かされる。それと同時に、筆者のように異国で生活を始める者にとってはこの上なく有難く安堵感を覚えたものである。

ピッツバーグ界隈には製鉄会社では U. S. Steel や Jones & Laughlin (通常 J & L と略す)、大学ではすぐ隣にあるピッツバーグ大学など、関連する研究者の数が多く、ヨーロッパからもひんぱんに人がおとずれ、人的な環境にはとても恵まれている。

現在行われている相変態に関する研究では、金属の凝固、固体内の相変態、析出反応における nucleation (核生成) と growth (成長)、組織や生成物の morphology (形態) の安定性の問題、アモルファス合金のスピンodal分解、Ni 合金の規則不規則変態、双晶薄膜の界面構造、界面現象の関与する kinetics の研究など。

筆者の指導教授である Aaronson 教授は、若い頃 Mehl の薫陶を受け、およそ3年前、Mehl Professor という称号付きの教授として当大学に就任した。教授指揮下のグループは research associate と大学院生10人程からなっており、教授が以前から続けてきた析出物の成長の kinetics、位相界面の研究の他に、ペイナイト変

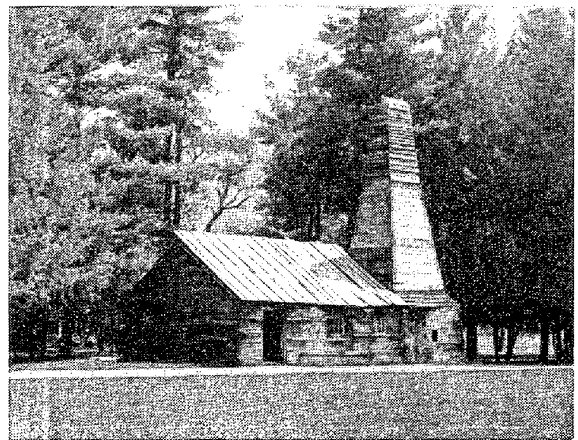


写真1 Titusville (ペンシルベニア州) にある世界最初の石油井戸。今でもミシン油用などの良質の石油が採取されている。

* 金属材料技術研究所 筑波支所 Ph. D.

態, nucleation など, その活動は鉄鋼, 非鉄金属の相変態の全分野に及んでいる. 基礎研究の盛んなアメリカでもレーガン大統領の大幅な予算削減によりこの分野への予算が減少し, 現在 nucleation に取りくんでいるのはアメリカでも教授唯1人ということである.

この研究では, いわゆる古典核生成理論は一般に役に立たないか, 間違つた理論のように受けとられているが, それは相変化に伴う自由エネルギー, 界面エネルギーがよく知られておらず, 間違つた値を用いていることに起因するものであり, それらに正しい値を用いて, 古典核生成理論の有用性を証明しようとするのが1つの主眼となつている. もう1つの主眼として, 古典論よりさらに進んだ Cahn-Hilliard の核生成理論を実験と比較する研究を行つているが, これにより核生成が固体内で純粋に濃度ゆらぎで起こりうるかどうか確かめられる.

金属の相変態の研究は, 我が国では直接に材料開発の指針と結びつかないなどの理由により, 軽視されがちな地味な分野であるが, アメリカをはじめイギリス, フランス, スウェーデンなどで非常に盛んに研究されており, 我が国とのへだたりが大きい.

最後にこの学科で学位 (ph. D) を取るしくみについて述べておく. すでに多くの人によつて語り尽くされた話題ではあるが, いろいろな滞在記を散見すると, この制度が大学ごとではもちろん, 学科ごとにもかなり様子が異なつていると思われるからである. まず, この大学は夏休みに講義があるものの, 日本と同じような2学期制で他大学に比べゆつたりとした雰囲気である.

アメリカの大学院では講義の占める比重が大きいと一般に信じられているが, 筆者のいた学科では講義の単位は必ずしも必要ではなく, Qualifying Exam と呼ばれる試験に通さえすれば, Doctor の Candidate になることができる. この試験は4時間ずつ2日間の筆記試験と, 1~2時間の口頭試験から成つているが, 単位は必要なしといつても, 個性を重んずるアメリカのこと, 問題が非常に個性的なのでやはり, あらかじめ, 出題する先生の講義をとつて, クセを把握しておかなければならない.

口頭試問もそれぞれ大学独自のやり方があるようである. ここでは筆記試験の終了と同時にある課題が出され, 学生は一定期間 (約10日) のうちに文献を調べ, 人にも相談したりして研究計画をまとめレポートとして提出する. 試験はその内容に関する質疑応答である. 計画の中には必要な人員の数, 研究資金の額まで含むのである. 与えられる課題も現に, 学会や産業界で焦眉の問題となつているもので, 将来研究者としてやつていくために一番必要な proposal を書く練習という趣旨だそうである.

Qualifying Exam をパスすると, その後6ヵ月を目

安として, 学位研究のテーマの内容を5人の教授からなる委員会の前で説明し承認をうける (thesis overview と呼ぶ). 最後に公聴会 (final oral public exam) で, 委員会のメンバー及び一般からの質問に defense をして修了というシステムである. いずれも単なる型式ではなく, 研究内容に関連した基礎知識の把握度, 応用能力が調べられ, やり直しを命ぜられる場合が少なくない. 日本やドイツに比べ短期間で修了できることも多いが, これは肩書きを先に与え, Post doctoral (これも人によつては Student と呼ぶ) という見習期間を経たあとで1人前と認めるシステムのように見受けられる.

その他大学院教育を通じて Oral presentation (口頭発表) の重要性が強調される. 学生は上記の試験の他, 定期的に順番のくるセミナーで自分の研究について, 学科の教授, 学生全員の前で話をさせられる. 情報過多の時代, コミュニケーションを効果的に行う必要から, いかにして強いセミナーを行うか, まさしく "Giving a seminar is an art" である. 主要ポイントとして, 原稿の棒読みは厳禁, スライドはアイデアを伝達するものであり, データを示すものではないことなど. 語学力の貧弱な日本人にとつて, 第1のポイントは誠に厳しく, 2~3日前からスライドを何度も回しては練習していかなくてはならない.

アメリカは能力主義とよく言われている. 我が国では, この言葉は学歴偏重とか肩書き重視と反対語のように受け取られているが, アメリカでは実はもつと厳しく, 能力と肩書きは同じものとして扱われる. また, 一たんエリートの地位を確保しても, 資金獲得の制度, 大学の教育制度に見られるように, これは新たな競争社会への突入を意味し, 競争に勝ち残るために, 人一倍の努力と不断の緊張が要請される. アメリカの都市の黒く煤けた市街地, 蔦のはう無気味なほどの大邸宅の立ち並ぶ住宅街の静けさとは裏腹の熾烈な競争の世界がそこにある. 以上, 羊頭狗肉になつてしまいましたが, これで筆を置きます.



写真2 35階建て“学びの塔”(Cathedral of Learning, ピッツバーグ大学) から見たカーネギーメロン大学の冬景色. 手前, 屋根だけ見えるのは Carnegie Museum of Art, 右上の雪原は Schenley Park のゴルフコース.