

# 論 文 ・ 報 告



## 京都工芸繊維大学におけるスーパーグローバル大学事業の取組

森本一成（京都工芸繊維大学副学長）

### Top Global University Project on Kyoto Institute of Technology

Kazunari MORIMOTO (Vice-President)

**要約：**京都工芸繊維大学では、平成 26 年度スーパーグローバル大学創成支援事業タイプ B（グローバル化牽引型）に、「OPEN-TECH INNOVATION～世界に、社会に、地域に開かれた工科大学構想」を申請し、採択された。地域社会のグローバル化を念頭に置きつつ、国際的にリーダーシップを発揮できる高度技術者養成を行うとともに、強み・特色を有する分野でアジアの拠点的形成すべく、人材・場・カリキュラムの魅力化を進めることを構想内容としている。

**[キーワード：**スーパーグローバル大学事業，グローバル化戦略，オープンイノベーション，人材・場・カリキュラムの魅力化]

#### 1 はじめに

京都工芸繊維大学は平成 26 年度スーパーグローバル大学創成支援事業のタイプ B（グローバル化牽引型）に採択された。構想名は「OPEN-TECH INNOVATION～世界に、社会に、地域に開かれた工科大学構想」である。本事業では申請書に 5 つのキーワードを付すこととされており、本学は「Local=Global」，「工科系単科大学の機動的グローバル改革」，「世界の中での ASIAN HUB の形成」，「閉鎖系から開放系へ」，「人材・場・カリキュラムの魅力化」の 5 つを記載した。本稿では、スーパーグローバル大学事業への申請の背景、理工系大学としての今後 10 年の展望、事業の具体的取組内容について紹介する。

#### 2 大学の理念におけるグローバル化の位置づけ

本学は、京都の伝統文化・産業とのかかわりを持ちながら、科学と芸術の融合を志向し、国際工科大学として豊かな感性を備えた国際的・高度専門技術者を輩出することを理念として掲げている。その際、技術者としての存立基盤である専門的知識・技能を「ものづくり」にかかわる実学を中心として徹底的に身体化すること、そし

て日本文化の源流とも言える京都の伝統文化を礎として世界的課題の解決に挑んでいくことを宣言している。明治時代後半に伝統産業の近代化という重大局面にあたり、京都の産業界の要請を受けて設置された本学は、教育研究成果の社会還元・実装化を常に意識しながら活動を展開してきており、社会や産業界に貢献する開かれた大学として、その活動をグローバル化することをこれからの本学のビジョンの中心に位置づけている。

#### 3 地域企業におけるグローバル化の現状

京都には個性のある機械、電気、精密機械などの企業が集積している。その多くは研究開発型であり、従業員の多くを技術者が占めている。例えば、島津製作所は分析・計測機器や医療機器などを製造するメーカーであるが、社員 3,200 人のうち 3 分の 1 が研究開発に従事し、営業職等も含めると全社員の約半数を技術者が占めている。この他、堀場製作所やオムロン、ロームといったメーカーが京都に本社を置いているが、各社の海外売り上げ比率はグラフの通り約 40%～60%超であり、この 10 年間で大きく伸びている。これらの企業においては、海外事務所等を多数設置しており、グローバルに活躍できる技術者の確保が喫緊の課題となっている。

また、中小企業においてもグローバル化への対応が課題となっており、京都市中小企業グローバル化対応支援施策検討委員会が支援策の検討を行っている。京都市の中小企業においても、海外ビジネスを展開している企業

が25%ある一方、「関心がない」と回答した企業も58.5%あり、企業間で意識の差が見られる。海外ビジネスを展開している企業に対するヒアリングでは、海外との取引が拡大してきたのは「ここ5・6年」という企業が多く、グローバル化の影響が近年になって中小企業の経営にも実体として現れてきている。

#### 4 地域における本学の位置づけ

本学は学部入学者の約8割が京都府及び隣接府県からの入学者であり、地域の高校生を受け入れる工科系大学としての役割を果たしている。また、卒業生の約6割が京都府及び隣接府県の企業等に就職しており、地元企業に技術者を輩出している。就職先としては、京阪神のメーカー等の上場企業が多く、地元の中小企業にも一定数の卒業生が就職する地域型の工科大学である。

地元企業との連携については、本学の産学官連携組織である創造連携センターの事業活動を支援する「事業協力会」に、地元を中心とした60社の企業に参画いただき、支援を受けている。また、京都府北部を含めた府全域の産業振興の拠点として、地元企業・自治体・産業界と密接に連携しながら地域貢献活動を展開している。さらに、地域のものづくり企業と試作を中心としたネットワーク形成を行い、地元企業における人材育成にも取り組んでいる。

#### 5 構想のコンセプト

上述の現状を踏まえ、本学としてグローバル化を実現する際には、地域社会のグローバル化という視点が不可欠であるという結論に至った。その上で、大学の現状と強み・特色を分析し、「大学自体のオープン化」を構想のコンセプトとして掲げた。

すなわち、大学を箱に見立て、学内で閉じていた箱を開き、大学のオープン化を進めることで、国内外の人材の交流が生まれ、一線級の人材の受け入れと輩出を担う国際的工学的拠点へと飛躍する。開放された大学の中で異質な人材が混ざり合い、セレンディピティが喚起され、イノベーションが創出されていく環境を実現する。こうした近未来像を京都工芸繊維大学としての目指すべき姿として描いた。

しかしながら、箱の蓋を開くだけでは人材は入ってこない。箱の中に魅力的なものがあって初めて、様々なステークホルダーを招き入れることが可能となる。このため、本学が掲げた構想の具体的取り組みを貫くキーワードが「魅力化」である。グローバルネットワークの中で世界

一線級の研究者を惹きつけ、留学生を獲得するためには、教育、研究、そして居住環境を含めたあらゆる条件において高い水準の魅力と発信力を有することが必要である。本学で展開されている教育カリキュラムに国際通用性があり、京都の地にあるキャンパスや居室環境が快適であり、さらにはそこで活動している人材が優れており、それらを可能にするガバナンスが整備されている、こうしたコンセプトの下に具体個別の事業を計画している。

#### 6 3つの魅力化

本学のスーパーグローバル大学事業の構想を貫くキーワードは「魅力化」である。構想では「カリキュラム」、「人材」、「場」の3つの魅力化をコンセプトとして掲げている。

##### 6.1 カリキュラムの魅力化

本事業は大学における教育・人材育成面での国際化を推進するものであり、本学において育成すべき人材像として「TECH LEADER」という概念を設定した。TECH LEADERとは、専門分野の確固とした知識・技能を基盤として、語学力に支えられた国際性を備え、グローバルな現場でリーダーシップを発揮してプロジェクトを成功に導くことができる人材である。本構想ではTECH LEADERの要件として「専門分野の知識・技能」、「リーダーシップ」、「日本人アイデンティティ」、「外国語運用能力」の4つを挙げている。

本学の卒業生・修了生は、専門分野の工学的知識・技能の習得については、トップレベルの水準を有していると自負している。工学の好きな学生が集い、課題を多く与えられ、研究室に配属され、しっかりと専門性を身に付けて卒業していく。研究室では教員との距離が近く、卒業後のアンケートでも大学生生活に対する満足度が高いという結果が得られており、特に本学の専門教育に対する評価は高い。

一方、技術者としては高い水準であるものの、今後は、技術者集団を率いてプロジェクトを成し遂げる、技術とマネジメントの両方に長じた人材を輩出すべきと考えている。我が国の労働人口が減少し、多くの企業が生産拠点を海外に移転する中、これからの日本人に求められるのは国際混成のチームを率いて新たな価値を生み出していく資質・能力である。自らの技術を磨くだけではなく、チームの各人が有する技術・特性をどのように組み合わせれば価値を最大化できるのか、新しいものを生み出す

ことができるのか構想できる人材がこれからの日本をリードしていくと考えている。

こうした人材を育成するためには、学生をただ海外に送るのではなく、まずは専門性を確実に身に付けさせるとともに、並行してプロジェクトをベースとしたチームでの課題発見・解決型学習（PBL）を行うことが必要である。世界はそれぞれの地域の集合により構成されており、地域での課題解決ができない人材は世界に出ても通用しない。こうした観点から、本構想では、PBLの範囲として、学内→地域→国際混成という段階的拡大を経ることで、課題発見・解決のプロセスとチーム運営の作業を繰り返し経験させる。このことで、技術を有したリーダーとしての「TECH LEADER」を養成する。

また、本学の構想では、大学院を中心にグローバル化を果たすこととしており、学部では地域の高校生の受け入れを基本とし、学部段階での留学生の増加や英語コースの設置は構想に盛り込んでいない。これは、本学の大学院進学率が80%程度と高く、6年一貫のカリキュラムの中で、前半は英語を徹底的に鍛え上げ、後半は専門性を生かした海外プログラムにより派遣するというプログラム構成を想定していることによるものである。

将来的には大学院の授業は基本的に英語で行うこととしているが、そのためには本学の学生が英語での授業を理解し参加できるだけの英語力を学部段階で身に付ける必要がある。

これを可能にするための取組が「英語鍛え上げプログラム」と「スピーキングテスト」である。

「英語鍛え上げプログラム」は、あらゆる授業において学習量の点で極めて要求度の高い課題やテストを課すほか、長期休業中にも大量の課題を課し定期的に進捗状況を確認するプログラムである。平成25年度に試行的に実施したところ、受講生全員の平均TOEICスコアが1年間で107.7点上昇した。この成果は他大学の実績と比較しても画期的なものであり、有効な指導方法であると考えている。プログラムを今後さらにブラッシュアップし、全学生を対象として実施する予定である。

一方、TOEICの点数がかなり高くてもスピーキングができないという学生が存在している。このため、学生の情報発信力を高めるべく、CBT(Computer-Based Test)による英語スピーキングテストを開発しており、今年度すべての1回生を対象に試行テストを実施する予定である。このスピーキングテストは今後検証を重ね、入学者選抜に活用したいと考えている。

これらの取組を通じて、TOEICスコア730という基準を、学部生の5割、大学院生の8割がクリアすることを本構想における外国語力基準として設定している。多分に意欲的な目標であるが、本学の学生であれば達成できると信じている。大学院ではこうして積み重ねた英語力を生かし、学生の約8割を海外インターンシップに派遣することを予定している。本学では今年度100名程度の学生が海外インターンシップに参加する予定であるが、10年後には毎年度400人規模で学生を海外に派遣したいと考えている。

日本人アイデンティティの涵養については、幸い本学は京都という日本文化の源流とも言える地に立地しており、学びの資源が豊富にある。授業において茶道の家元や伝統工芸の職人から伝統文化・工芸を学ぶプログラムも用意しており、多くの学生にこれまで日本が積み重ねてきた文化的重層性に触れ、日本人アイデンティティを身に付けてもらいたいと考えている。

こうしたカリキュラムの構造化に対応するため、本学は3×3構造改革と称する教育組織の全学的改革を実行している。学士4—修士2—博士3の学年構造を、学士3—修士3—博士3に実質的に変更し、6年一貫教育による工学系人材養成を行うものである。平成26・27年度に組織改組を実施し、学部定員を減じ大学院定員を増加させることで、学部定員に対する大学院定員数の割合を87.5%に引き上げた。あわせてクォーター制による海外インターンシップの拡充やナンバリングやシラバスの英語化などによりグローバルアクセスを向上することとしている。

## 6.2 人材の魅力化

「人材の魅力化」の人材とは、本学の教員及び職員を指す。今後10年をかけて教職員組織を国際的集団として生まれ変わらせるための計画である。その主たるプロジェクトは「海外教育連携教員派遣」、「海外一線級研究者ユニット招致」、「事務職員国際高度化プロジェクト」の3つである。

「海外教育連携教員派遣」プロジェクトでは、平成27年度から海外経験が一年未満の若手教員（50歳未満の准教授・講師・助教）を年間10名規模で海外大学との教育連携のために派遣することとしている。派遣された教員に課せられるミッションは、海外大学で授業に参画し、英語によるカリキュラム構築や教育手法を学び、日本に帰国した後に英語で授業を行うための訓練を積むことで

ある。あわせて、本学から海外インターンシップとして学生を外国に派遣する際のコーディネートや本学への留学生のリクルーティングなど、派遣先の大学と本学との国際交流を深めるための様々な取組を推進する役割を担う。

教員規模約 300 名の本学にとって、毎年度 10 名を派遣するというこのプロジェクトは相当程度大がかりな計画である。具体的な人選に当たっては調整が難航することも予想されたが、学内の各部門から今後 10 年間の派遣計画を提出してもらったところ、即座に今後 10 年間の派遣計画が出来上がった。学内の若手教員からの評判も良く、今回の採択によりトップダウンで押し進めることによって始めて実現するプロジェクトであると考えている。

計画通りに進めば、事業終了までに 90 名が海外に派遣されることとなり、現在 34%である外国人教員等割合が 66%まで上昇する。本学の将来を担う若手教員を中心として教員集団の飛躍的な国際化が進むと期待している。

「海外一線級研究者ユニット招致」は、今年度からデザイン・建築分野において進めている取組であり、世界の第一線で活躍する教授を中心に研究室単位で本学に招いて本学学生や卒業生とのワークショップを行うことでグローバル化を推進するものである。平成 27 年度以降は「高分子・繊維材料」や「グリーンイノベーション」の分野にも展開し、強みを更に伸長するための全学展開を図りたいと考えている。

本学の教員組織の国際化の戦略としては、外国籍の教員はユニット招致等のプロジェクトにより短期間で様々な研究者を招き入れ、外国大学と本学との接点を継続的に生み出していき、そこから生じた連携を通じて長期的関係へと発展させていくことを考えている。一方、常勤教員については、日本人の若手研究者の雇用枠の確保の観点も重要であり、外国で一定期間の教育研究歴のある日本人を含めて、国際的な教員組織を構成していくことを目指す。

また、今回の構想では事務組織の国際化を図る観点から、「事務職員国際高度化プロジェクト」を実施する予定である。キャンパス全体が国際化した場合、国際担当の窓口に限らず、教務や人事、総務、財務など事務局の各部署において英語による対応が求められることが想定される。このため、事務職員についても、毎年 1 名を海外の大学に事務スタッフとして派遣し、国際的な業務スキル、英語による対応能力を身につけさせることとしている。

あわせて、事務職員全員を対象とした TOEIC 一斉受験を実施し、全体の英語力底上げを図ることで、3 割の職員が TOEIC730、8 割の職員が TOEIC600 を達成することを目指す。このことにより、事務局各課の全係において英語による業務対応が行うことができる体制を構築する予定である。さらには、国際アドミニストレータを配置し、大学全体の国際戦略を企画・立案・実行できる専門職を養成したいと考えている。

教職員及び学生の英語力強化・国際化を推進することで、10 年後には本学のキャンパスがあたかも外国の大学であるかような風景を実現することを目指したい。

### 6.3 場の魅力化

「場の魅力化」については、「TECH SALON」、「グローバルコモンズ」、「松ヶ崎学生館」3つの施設・拠点を整備することとしている。

「TECH SALON」は、世界一線級の研究者と本学の教員・学生、さらには地元企業も含めた交流スペースとして、本学の社会連携施設内に開設する予定である。ワークプレイスデザインを専門とする本学の教員が設計し、多様な人材が混ざり合い様々なアイデアが生まれるような空間として整備を進めている。

「グローバルコモンズ」は図書館において日本人学生と外国人留学生が交流するためのスペースである。今後、留学生が増加することに伴い、学習のみならず日常的なコミュニケーションにおいて英語を用いた交流の機会が広がることが想定される。通常の学生生活では外国人と接点が少ない学生にもそうした場を提供するため、図書館の一部に英語専用スペースを設けるなど、グローバルな視点からの学生の共同学習の拠点として整備を行うものである。

「松ヶ崎学生館」が日本人学生と留学生が混住する学生宿舎として、民間資本を活用して本学敷地横に建設し、平成 25 年 7 月に竣工、現在運用を開始した施設である。299 戸を用意し、本学学生のみならず提携する他大学の留学生も入居している。研究者の滞在用のための家族用の住戸も設けており、居住環境の整備を図っている。

こうした学内のあらゆる資源を活用するとともに、個別の研究室単位での国際化を推進する取組として、「国際化モデル研究室事業」を実施している。学生の海外学会での発表や国際的コンテスト等への応募奨励、海外研究者を招いての英語発表の機会の充実など、国際化を推進する取組を行う研究室を学内で複数指定する事業であり、

学内公募・選定を経て1年単位で活動を支援する。当該研究室には所属する部門の国際化を牽引する役割を課し、毎年度新たに研究室を指定することで、10年後には全学的に研究室の国際化が常態化した状況を創出していく。

## 7 キャンパス全体のグローバル化に向けて

大学としての魅力化を果たすことにより、世界中から優れた工学系の研究者・学生・技術者を引き寄せるとともに、招き入れた訪問者にとって刺激的かつ居心地の良い場を提供することが、世界的研究者ネットワークの中で本学が立つステージを高みに飛躍させる道である。本学を舞台として、世界一線級の研究者同士が会える機会を創出するとともに、欧米とアジア新興国の橋渡しとなる拠点を形成し、アジアにおける理工系人材育成機関としてのフラッグシップを獲得したい。

グローバル化とは、研究者にとっては、世界最先端との交流・協働による未知なる真理の探究や新たな価値の創造であり、学生にとっては、世界との出会いにより自らの可能性を知り、挑戦への意欲を最大化することである。

スーパーグローバル大学事業の個別の計画は、本学の教職員及び学生がこうしたステージに全学的に飛躍するための設計図である。自由度と柔軟性に留意しつつ、一つ一つの計画を着実に実施していくことで、目指すべき近未来像に一歩一歩近づくことができると考えている。

## 科学英語の学習法の提案

原 宏（東京農工大学名誉教授）

### A Method for Learning Science English

Hiroshi HARA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Professor Emeritus, Tokyo University of Agriculture and Technology)

要約：

本稿の目的は日常的に読んでいる英文論文をパソコンに入力して教材とし、その英文を大きな声で音読する学習法を提案することである。その理由は、研究に関する論文なら口頭発表や論文執筆に直結するので取りつきやすいからである。英文は、内容と音読の息継ぎの点から、一息に読むべき単位を決める。そして大きな声で、その単位を意識しながら一定時間音読する。英文の入力は論文を書く疑似体験であり、入力した英文は自分専用の「科学英語を書くための辞書」としても活用できる。

[キーワード：英語，音読，科学論文，発表，]

#### 1. はじめに

科学者が研究を発表するにあたって、ある種の英語の技術—「科学」を「英語」で発表する技術—が必要である。研究成果を国際会議において口頭で発表，あるいは国際雑誌に文章として発表するとき用いる英語，特に外国語としての英語，の技術である。この英語は英語教育において English for Specific Purposes (ESP) として認識され，研究や教育が盛んに行われている。関連する書籍や教材もたくさん世に出ており，科学に関わる英語教育の一つの領域として確立されている。

しかし，科学者にとっては，科学の研究そのものが本質であり，研究と英語の学習とはスムーズにはつながりにくい。「専門の勉強や実験・観測で忙しいのに英語まで手が回らない」という雰囲気もある。この中で，科学者自身が必要に迫られながら，試行錯誤しそれぞれの技術を身に着け，国際学会や国際雑誌で研究発表

を展開している。このような試行錯誤的な英語の技術，現実の研究現場で習得され，使われる英語の技術，を科学者の側から整理し，英語教育，特に ESP の専門家の指導を仰ぐことは，科学英語のステップアップのために重要なポイントであろう。

この試行錯誤的学習法は個人個人で異なるが，日常的な研究活動で接し，使っている英語を，科学英語の学習として利用するのが最も入りやすい方法ではないだろうか。実際，国際雑誌の論文の英語による科学英語の学習も提唱されている（鈴木，2008）。科学の研究で文献調査するときの論文は原則として国際雑誌に掲載されている英文の論文であり，それらを読むのに使う時間はかなりの量になる。この事実をうまく使えば，きちんとした科学英語の学習が可能になる。

著者は在職中，研究室の希望する学生に対し「エイゴ教室」と称して，論文を教材にした科学英語のセミナーを実施してきた。大学教育センター主催の英語に関する講演会も聴講し，推



薦される教材をセミナーの教材に用いたこともある。また、2009年から本学で展開された「現場立脚型環境リーダー育成拠点形成事業

(FOLENS)」において、英語による地球環境化学の講義(2単位)を単独で担当し、5年間継続した。その機会に大学教育センターの教員に指導を仰ぎ、当該授業をビデオ撮影してもらい多くの教示を得た。これらの縁で2012年および2013年には岐阜大学大学院連合獣医学研究科の特別セミナーで特別講義、アカデミックプレゼンテーションについての講演を依頼され、論文を教材にする科学英語の学習方法を提案した。本稿はこの2回の講義を改めて整理した報告である。

## 2. 論文を教材とする科学英語学習法の概要と意義

### 2.1 学習方法の概要

この学習方法では、教材とする論文を選び、タイトルから謝辞までのすべてを順にパソコンに手で入力する。一回に入力するのはパラグラフ単位であり、長いパラグラフは2、3回に分けて入力する。その入力した英文を多角的に吟味し、一部あるいは全部を大きな声で音読する。音読する部分を別にプリントして毎日とにかく音読する。文型を自分の研究に即した英文に書き直して、学会発表のように話してみるのもおもしろい。このようにして論文を一報入力すれば、論文書きの疑似体験ともなる。また、自分の研究に密接に関連する英文のデータベースができるので、パソコンの検索機能をうまく使って自分に合った英語の辞書としても活用することができる。論文をまるまる暗誦する意気込みでとにかく大きな声で、繰り返し、繰り返し音読し、頭ではなく口と耳に刷りこむのである。

### 2.2 論文を教材とする意義

科学英語を学習するための成書はたくさん出版されており、科学者一般を念頭に置いたものや物理、化学、生物などそれぞれの専門分

野を考慮したものなど多彩にわたる。しかし、英語の勉強を特別に行うという違和感が、実際に取り掛かれない遠因のひとつであろう。

そこへ行くと研究の現場で日常的に読んでいる論文を科学英語の教材としても学習することは、以下のような多くの利点がある。

#### (1) 内容の理解

英語の表現や論理展開の技法を別にすると論文の内容や周辺状況について、他の教材に比べるとはるかによく理解している。研究の流れや方法や、その論文自体の科学的な価値もわかっているため、英文の表現する内容はもちろん細かいニュアンスについても理解することができる。

#### (2) 自分の分野の英語

言語はそれを使用する集団による特徴や慣習があるが科学英語も例外ではない。物理、化学、生物の間でも使われる英語が微妙に異なる。そういう意味でも専門論文の英語は安心できる。さらに投稿を予定している雑誌であれば形式などの約束ごとまで自然にわかる。

## 3. 学習の実際

### 3.1 論文を選ぶ

学習は教材とする論文を選ぶことから始まる。研究と関連し、よく読み込んでいる論文の中から学習教材としても適当なものを決めてもよく、この機会に改めて文献調査して選んでもよい。以下のような点に注意が必要であるが、この論文なら全文入力して、暗誦してやろうとまで、気に入ってしまえることが最も大切である。

#### (1) 著者が母語話者であること

英語の教材であるので、英文そのものがお手本として信頼できるものでなくてはならない。もちろん母語話者(ネイティブ)でない研究者でもいい英文を書く人もいるであろうが、名前、所属などを手掛かりに選ぶ。教員等の研究者に相談するのもいいだろう。

#### (2) 対象となる論文が載っている雑誌

その論文が載っている雑誌は自分の分野

で基本的な雑誌とされていることが必要である。自分が投稿する雑誌にある論文で、最近5年程度の間に掲載されたものから候補を絞ることができるだろう。

### (3) 序論を読んでみる

論文はもちろん、文章というものの書き出しには非常に注意を払うものである。序論の最初の5, 6行ぐらいを大きな声で読んでみる。その英文の流れがはっきりとして、音読もスムーズにできそうなものにする。やたら長い単語や、聞きなれない単語、一般的でない略語・字頭語(アクロニム)があるものは避けた方がいい。内容もいきなり細かい専門的などところに入っていると感じられるものも外す。

### (4) 論文の長さ

論文を最後まで入力するのであるから論文の長さも重要である。長大論文や総説は避けNatureやScienceなどから選ぶのも手である。これくらいであれば全文暗誦も難しくはないだろう。

### (5) 論理の展開

論文であるから内容も大切である。論の根拠となる図表を的確に繰り出し、論理が小気味よく展開されていると感じられることが望ましい。このように感じさせる論文は文型や単語の選択なども適格であることが多い。

なお特別講義で選んだ論文は、2012年は Yamamoto et al. (2011), 2013年は Cavalleri et al. (2013)である。これらはセミナーの運営を担当される教員に候補となる論文をいくつかあげてもらい、著者が決定した。また、エイゴ教室では受講者自身が決定したが、Jose and Gillespie (1998) や Jose (2009)は論理展開もエレガントで、単語の選択も適格で、読むのが楽しくなるような論文であった。

## 3.2 ワープロへの入力

### 3.2.1 パラグラフ単位での入力

いよいよ英文をパソコンに入力する。ミスが無いように注意し、スペルチェックする。

タイトル、著者名、所属名、そしてアブス

トラクト、キーワード。アブストラクトは序論以下の本文とは独立のものであるので、簡潔かつ要点を押さえたものである。本文と違って、このアブストラクトで論文全体を簡潔に表しているのであるから一つ一つの文の重みは非常に大きい。そしていよいよ本文に入り、序論からパラグラフ単位で入力する。パラグラフを一気に入力するとパラグラフの展開が見えてくる。

### 3.2.2 各文とその展開の吟味

#### (1) 単語の意味など

パラグラフを入力したら、自分のペースでいいから、最初から最後まで大きな声で読んでみる。単語の意味、発音、アクセントなどが曖昧であればすぐ辞書で調べきちんと確認し、まず、自分なりにスムーズに読めるようにする。

#### (2) 各文の幹を押さえる

文単位で、主語、動詞、目的語、補語などを単語レベルで確認する。単語レベルというのは、文から冠詞、前置詞はもちろん、形容詞、副詞などの修飾語を取り払って残る、本当に骨格の部分である。著者は単語レベルでの骨格を幹と呼んでいるが、その幹がパラグラフという森の中でどういう順に並んでいるのかを考えてほしい。「木を見て森を見ず」でなく、木と森の両方の関係が次第に見えてくるようになる。また、要素となる単語と、それを他の語句がどう支えるかがわかる。

2012年に扱った実際の例を以下に示す(Cavalleri et al., 2013)。太字で示した単語がそれぞれの文の幹である。

Cerebellar **abiotrophy** (CA) is a rare but significant **disease** in Arabian horses caused by progressive death of the Purkinje cells resulting in cerebellar ataxia characterized by a typical head tremor, jerky head movements and lack of menace response. The specific **role** of magnetic resonance imaging (MRI) to support clinical diagnosis **has been discussed**. However, as yet MR **imaging has**

only **been described** in one equine CA case. The **role** of MR morphometry in this regard **is** currently **unknown**. Due to the hereditary nature of the disease, genetic **testing can support** the **diagnosis** of CA.

### (3) 文の中の息継ぎ

一つのセンテンスの意味の切れ目と、音読するときの息継ぎの観点から、各文の中に息継ぎ個所に斜線を入れる。自分の解釈と読みやすさから位置と数を決めればよい。この斜線と斜線の間が息継ぎなしに読む単位になる。Cerebellar abiotrophy (CA) is a rare but significant disease in Arabian horses/ caused by progressive death of the Purkinje cells / resulting in cerebellar ataxia / characterized by a typical head tremor, / jerky head movements / and lack of menace response. The specific role of magnetic resonance imaging (MRI) to support clinical diagnosis / has been discussed. However, as yet / MR imaging has only been described in one equine CA case. The role of MR morphometry in this regard / is currently unknown. Due to the hereditary nature of the disease, / genetic testing can support the diagnosis of CA.

音読してみて、その読む単位の中で短い間を置くなど、さらに単位を分けた方がいいと思われたときは、もう一段下の息継ぎ単位としての斜線を入れる。上に入れた斜線と区別するため、上の斜線を二重斜線に変え、新しく一重斜線を加えると以下のようなになる。

Cerebellar abiotrophy (CA) is a rare but significant disease in Arabian horses// caused by progressive death of the Purkinje cells / resulting in cerebellar ataxia // characterized by a typical head tremor, / jerky head movements / and lack of menace response. The specific role of magnetic resonance imaging (MRI) to support clinical diagnosis // has been discussed. However, as yet // MR imaging has only been described in one equine

CA case. The role of MR morphometry in this regard //is currently unknown. Due to the hereditary nature of the disease, // genetic testing can support the diagnosis of CA.

### (4) 強調したい語句

文の意味と自分の解釈から、強調すべき語句を決める。同じ文でも話す相手、その人数、背景知識などが違えば、強調すべきことは当然異なる。著者の解釈を太線にして以下に表す。

**Cerebellar abiotrophy (CA) is a rare but significant disease in Arabian horses// caused by progressive death of the Purkinje cells / resulting in cerebellar ataxia // characterized by a typical head tremor, / jerky head movements / and lack of menace response. The specific role of magnetic resonance imaging (MRI) to support clinical diagnosis // has been discussed. However, as yet // MR imaging has only been described in one equine CA case. The role of MR morphometry in this regard //is currently unknown. Due to the hereditary nature of the disease, // genetic testing can support the diagnosis of CA.**

強調すべきところがあれば、残りは当然弱くなる。一般に前置詞、冠詞などは弱くなる。

### (5) 入力するときの注意点

話は前後するが、考えながら入力していくといろいろ気が付くことが多い。こんなときはこの動詞を使うのか、こういう言い方は英語らしい、これはすぐ使える、等々。それは自分にとって貴重な知見であるので、その文のすぐ後かパラグラフの前などに日本語で注としてのキーワードを入れておく。後で説明するが、この注は入力した英文を活用するときに検索キーワードとなる。

次に、測定値の年内変動を様々な文型で変化を持たせて表現している文に注を入れ、例として示す。

なお、英文の文頭では記号や数字は使わない

といわれるが、その例としても重要である。例の部分では雨の中の硫酸イオン、硝酸イオンおよび水素イオンのことを論じている。硫酸イオンと水素イオンは文頭にはこないで、化学記号  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{H}^+$  が使われている。しかし、硝酸イオンは文頭に来ているので  $\text{NO}_3^-$  ではなく Nitrate と完全に綴った単語になっている。

◇季節変動 最大 最小 化学記号

The  $\text{SO}_4^{2-}$  concentration peaks in the early summer (June) with a maximum concentration of 0071 mequiv  $\text{L}^{-1}$  and has a minimum value of 0.030 mequiv  $\text{L}^{-1}$  in the winter (January). The  $\text{H}^+$  distribution also has a maximum in June (0.060 mequiv  $\text{L}^{-1}$ ), but the minimum concentration occurs in October (0.040 mequiv  $\text{L}^{-1}$ ). Nitrate peaks in March (0.046 mequiv  $\text{L}^{-1}$ ) and has a minimum in October (0.022 mequiv  $\text{L}^{-1}$ ), a pattern quite different from that of  $\text{SO}_4^{2-}$ . (Chang et al., 1987)

冠詞や単数・複数も日本語にない表現であるので、冠詞の有無、複数形の「s(es)」、動詞の活用形などは確認する。「冠詞が無い」、「複数形の s(es)が無く、単数形だ」など「無い」ことに気が付くことも多い。貴重な用例、特に科学英語として重要な用例であり、また入力ミスではないことを明確にするためにギリシャ文字、 $\phi$  を「ゼロ」を表すものとして導入し「effort $\phi$ 」、「 $\phi$  use」などとすると便利である。

For this reason, considerable effort $\phi$  has been taken to suppress both random and systematic errors arising from $\phi$  use of these gases. (Keeling et al., 1976)

### 3.3 入力英文の活用

#### 3.3.1 パラグラフプリントの音読

入力した文章のファイルはいろいろな形で活用することができる。入力している論文をファイルとしてまず保存する（ファイル1：科学英語本文ファイル）。そして、入力した文章で最も気に入った、あるいは重要な英文が含まれているパラグラフを一つ選び、そのパラグラフ全

体を別のファイルにコピー・貼り付けする。自分が見やすい字体や大きさに A4 の紙一枚に打ち出されるようにする（パラグラフプリント）。それが音読を練習する対象となる。気をつけるべき発音やアクセント、意味など必要な事項を書き入れておく。特に重要な表現などはさらにコピーし、パラグラフ本体の下に貼り付けておく学習に便利である。これはファイル1とは別にファイルを作っておく（ファイル2：パラグラフプリントファイル）。

次にタイマーを用意する。100円ショップで売っているようなものでよいから、5分程度にセットし、とにかく大きな声で最後まで読む。その間は何も考えないで、ひたすら声に出して読む。斜線と斜線の間は休まないで一息で読み、斜線の個所で息を継ぎ、次へ進む。タイマーは決めた時間の間は読み続けるための目安であるので、自分が読みやすい速さで読めばよい。5分程度というのは目安であり、パラグラフの長さにもよるが、3、4回は繰り返して読める時間にタイマーをセットする。口が疲れ、多少頑張りが必要な程度の時間がよい。この間、ひたすら声に出す。このパラグラフプリントは身近に置いて、毎日、大きな声でひたすら音読する。上達していく様子を見るために音読し始めのときの音声を録音しておくといよい。

毎日音読していれば徐々に読みやすくなっていくことが自分に感じられるようになる。一概には言えないが1か月もすると、かなりスムーズに読めるようになるので、声を出し続けることが肝要である。頭で覚えるのではなく、目で見て、口を使い、耳に入れる。感覚に刷り込むのである。

パラグラフの入力は音読の進み具合とは関係なくどんどん進め、科学英語を体で感じていく。進めているパラグラフプリントの音読に慣れるまでは、パラグラフプリントを改訂する必要はない。改訂するのはパラグラフプリントの読みに自分で70-80点を付けられるようになった頃で、新しく入力したパラグラフの中からおもしろそうなものを選んで置き換える。

とにかく毎日、大きな声で、声に出すことである。続けることを心がけねばならないが、何かの加減でできない日があっても、また始めるだけである。「続ける」より「止めない」のが何よりも大切である。

### 3.3.2 表現帳の作成

パラグラフ単位での入力が進めていくが、重要なポイントは別にコピーして、単語帳ならぬ表現帳のファイルを作り、貼り付ける（ファイル3：表現帳ファイル）。もちろんパラグラフプリントのパラグラフそのものや、その中の文も当然含まれるであろう。ファイル2は音読のためのファイルであり、ファイル3は話したり、書いたりするためのファイルである。

このファイルを適宜プリントして手元に置いて日常的に目を通す。特に英語でゼミが行われていれば、話すときの英文、質問するときの英文をその中から選んで、とにかく使ってみる。論文を書くときは手元に置き、使える表現を探すとよい。気に入った文、英語らしい文は暗誦したい。それらの文をコピーして、練習中のパラグラフプリントに貼り付け、思いを入れて音読して暗誦してしまいたい。暗誦は若いときほどやり易く、先々の実力の根幹となるので強く推奨する。その効果たるや想像を絶するものがある。

また、注として入れておいたキーワードを見て、当該英文が言えるよう、書けるように練習すると大きな力がつく。

### 3.3.3 自分専用の辞書

こうして論文を入力すると論文書きの疑似体験をしていることにもなる。また、入力された英文（ファイル1：科学英語本文ファイル）は自分の研究にピッタリの英文用例集になる。

英文を書くときは自分で勝手に作らないで、使用例があるか、辞書の用例に載っているかがポイントで、英作文ならぬ英借文といわれるぐらいである。そういう意味ではファイル1はしっかりした用例集・辞書であり、学習を続けて

英文を蓄積していくと強力な武器になる。

3.2.2(5)で述べたように英文についてのキーワードを入れておくと重宝する。たとえば、「増加・減少」、「列挙」、「季節変動」など和英辞典的、「無冠詞」、「複数」などの文法的、「in the case of」、「occur」など英英辞典的など系統的にキーワードを用意し、ファイル1の始めに並べておくとわかりやすい。

## 4. この方法の問題点

特別講義で紹介した学習方法は取りつきやすさを重視したものである。特に、大きな声を出して、斜線で示されるところまでは間をあげずに声に出していくという、単純な方法であるがその効果は絶大であることを強調した。その分、さしあたりの問題点は無視したので、主な課題を挙げておく。これはパラグラフプリントの音読が軌道に乗り、3枚目あたりに入ったところに検討すればよいだろう。

### 4.1 音声教材の活用

紹介した方法は独学でもできることを前提としているので音声の問題は無視してある。英語の教師による個人あるいは少人数授業など、専門家による直接の指導が望ましい。次善の方法としてNHK ラジオ講座を挙げたい。テレビもあるが映像が無い分、集中でき、場面を音声だけで想像することができる。講座の種類もたくさんあるのでいくつか聴いてみて、好みのものを選べばよい。ここでも継続することを目指すより、間が空いても、またやる、とにかく絶対をやめないことの方が大切である。

### 4.2 書いてみること

ことばの要素である、聞く、話す、読む、書く、の4つのうち、書く、しかも手で書くことが入ってない。今はパソコンがあるといわれそうだが、国際会議などで質問したり、話すことをメモしたりするとき、手元の紙にメモすることが多い。3.3.2で触れたように、キーワードなどをみて英文が書けるかどうか、練習するとよ

い。

### 4.3 書きことばと話しことば

英語に限らず書きことばと話しことばは同じではない。もちろん科学の研究発表の英語も例外ではない。

ここではこの違いを全く無視している。無視することの短所は、取りつきやすさという大きな長所が十分補ってくれる。話しことばとしての英語を意識した学習は次のステップの課題にすればよい。

## 5. まとめ

科学英語の学習法は研究者の数だけあり、一人の研究者であっても複数の方法を並行して試行錯誤しているだろう。ここで紹介した方法は著者が実際にやっている方法であり、有効だと思われる方法である。特に音読を続けていても発表や質疑がうまくいくかどうかはよくわからない。しかし、音読をやらなくなるとその効果は残酷なまでに現れる。

また、ことばの学習は目的をはっきりさせることが大切である。だからと言って目的から外れるような学習を排除しないほうがいい。頂上は裾野の上に乗る。科学研究でも発表と質疑だけでなく、懇親会でのおしゃべりはもちろん、親しくなるにつれて、話題は日本の政治、経済、文化さらに個人的なことまでに広がってくる。そういう意味で、論文を教材とする音読法は科学英語の学習への最もとっつきやすい入口であろう。そして、入ってあちこち歩くうちに、それから先の道は自然に見つかるものである。

## 6. 謝辞

これまで専門的観点から指導いただいた加藤由香里准教授（大学教育センター）と特別講義の機会を与えていただいた渡辺元教授（農学研究院 動物生命科学部門）に感謝する。

## 7. 参考文献

鈴木英次 (2008) 『科学英語のセンスを磨く：

オリジナルペーパーに見られる表現』(第2版), 化学同人。

- J. MV Cavalleri, J. Metzger, M. Hellige, V. Lampe, K. Stuckenschneider, A. Tipold, A. Beineke, K. Becker, O. Distl, and K. Feige (2013) Morphometric magnetic resonance imaging and genetic testing in cerebellar abiotrophy in Arabian horses. *BMC Veterinary Research* **9**, 105.
- W. H. Chan, A. J. S. Tang, D. H. S. Chung, and N. W. Reid (1987) An analysis of precipitation chemistry measurements in Ontario. *Environmental Science and Technology* **21**, 1219-1224.
- S. Jose and A. R. Gillespie (1998) Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. II. Effects of juglone on hydroponically growth corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology. *Plant and Soil* **203**, 199-205.
- S. Jose (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Syst.* **76**, 1-10.
- C. D. Keeling, R. B. Bacastow, A. E. Bainbridge, C. A. Ekdahl, Jr., P. R. Guenther, L. S. Waterman (1976) Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus* **28**, 538-551.
- Y. Yamamoto, T. Yamamoto, K. Taya, G. Watanabe, F. J. Stansfield, and W. R. Allen (2011) Placentation in the African elephant (*Loxodonta Africana*). V. The trophoblast secretes placental lactogen. *Placenta* **32**, 506-510.

## 技術経営教育における実践的演習の取り組み

板谷和彦（工学府産業技術専攻）

### A Review of Practical Exercises in Education of Technology Management

Kazuhiko ITAYA (Department of Industrial Technology and Innovation, Graduate School of Engineering)

**要約：**工学府産業技術専攻は、産業界のニーズを理解し、産業技術シーズを戦略的に提供できる人材の育成を目的としている。この目的を達成するための具体的な施策として、基礎科目の一つであるマーケティング概論において、技術系企業の協力を得て実践的演習を行った。今回行った実践的演習とは、技術系企業にマーケティング視点での経営改善提案をするものである。この実践的演習の課題設定、技術系企業との交渉、参加した学生の関心や議論を深める過程について詳細に報告する。

[キーワード：技術経営, MOT, 経営学, マーケティング, 専門職大学院, 技術系企業]

#### 1 はじめに

工学府産業技術専攻では、「経営のわかる技術者・研究者」、「技術のわかる経営者」をキーワードとして、産業界のニーズを理解し、技術経営の知識に基づいて産業技術シーズを戦略的に提供できるような、産業技術開発における即戦力となる技術者・研究者・経営者の育成を目的としている。専門職大学院として、4つの専門コース「生命産業技術コース」、「環境・材料産業技術コース」、「先端機械産業技術コース」、「情報処理産業技術コース」を設けるとともに、主として学部新卒者向けの「技術開発実践型プログラム」と社会人学生向け「研究マネジメント人材養成プログラム」の2つの履修プログラムを用意している。

講義科目としては、技術経営における「基盤科目」、「マネジメント科目」および「イノベーション科目」を設定し、産業技術イノベーションと技術経営の両軸の教育を特徴とした教育課程を運営している。今回実践的演習を行った「マーケティング概論」は、基盤科目の一つとして位置付けられている。一般に学問体系では、分析的側面と実践的側面がある。理工学の領域では、前者は理学における自然法則や工学におけるモデルや設計則であり、

後者は、種々の実験を通じた検証や有益なものを創発することである。理工学の領域では、分析的側面と実践的側面の両者がお互いに刺激し合い、成果を交換しながら車の両輪のように発展している[1, 2]。

経営学の領域でも、優良な企業を調査対象とし、その実態を明らかにしようとしたり、組織における人間の行動を体系化しようとしたりする分析的側面がある。しかしながら、企業や組織行動は、自然現象ではなく意志をもった人間の主体的行為であるため、実践的な側面から体系化するのは簡単ではない。企業が現実には抱える複雑な課題に対して実際に解決法を提案しようとしたときに、経営学の理論やモデルをベースとするアプローチを適用することは困難であることが多い[1, 2]。

マーケティングもその例外ではなく、先行研究に基づいた理論や体系化されたモデルの習得を講義中心に進めるにしても、学生が企業や産業界が抱える実践的な課題に対してそれらを直ちに適用することは容易ではない。第一義的には、マーケティングの理論やモデルを実践的な課題に適用することの困難さを体得すること、さらにその困難を克服して改善・解決案を提案するということがどのようなことなのかを理解することを目的として、地域の技術系企業の協力を得て実践的演習を行った。その詳細を報告するとともに、有効性を考察する。

## 2. マーケティング概論の講義の概要

### 2.1 マーケティング概論のシラバスの概要

表1にマーケティング概論のシラバスの概要を示す。米国および日本のマーケティングの主要著書を参考にし[3, 4], 産業技術専攻の基礎科目として相応しいフレームと内容とし, 3つの「モジュール」から構成されている。

モジュールIでは, 座学を中心にマネジメントの視点でのマーケティングを理解するために, マーケティングの範囲・定義・役割を俯瞰するとともに, 4P (プロダクト・プライス・プレイス・プロモーション, セグメンテーション)などの手法や, SWOT (Strength:強み, Weakness:弱み, Opportunity:機会, Treat:脅威)分析の演習を取り込んでいる。

モジュールIIでは, 「購買者(顧客)を知る」を括りとして, 社会動勢・人口動態の分析, 購買者のトレンドとニーズの理解, 購買の意思決定をする消費者行動を様々な視点から分析するとともに, 顧客である企業に対するマーケティング活動, 顧客関係性の維持, ブランドのマネジメントについて, 事例の提示も交えながら講義を進めた。

表1: マーケティング概論のシラバスの概要

回	モジュール	講義で扱う主要テーマ
1	I	ガイダンス
2	I	マーケティングの歴史と基本フレーム
3	I	マーケティングの分析手法
4	I	競争環境と戦略
5	I	マーケティングチャネルを考察する
6	II	マクロ環境としてのトレンドとニーズの理解
7	II	消費者行動を理解する
8	II	ビジネス市場と企業の購買
9	II	顧客関係のマネジメント
10	II	ブランドのマネジメント
11	III	製品の誕生とライフサイクル
12	III	新製品開発(I)とグループ演習
13	III	新製品開発(II)とグループ演習
14	III	技術マーケティング(I)とグループ演習発表
15	III	技術マーケティング(II)とグループ演習発表

さらにモジュールIIIでは, 技術とマーケティングの相互の関係性に論点を進めた。新製品開発のプロセスや

製品ライフサイクル, 技術を視点にした先進的な技術マーケティングのあり方などを概観するとともに[5], 本稿で紹介する実践的演習に十分な時間を費やすこととし, 第12回目で課題の提示を行った後, 事前演習を経て, 本格的な演習に移行した。

### 2.2 マーケティング概論の受講生の概要

マーケティング概論は基盤科目に位置づけられるため, 受講生は比較的多く25名の学生が履修している。内5名が社会人学生であり, 20名が学部から進学した学生であった。M1年次の学生が約8割であり一部に他専攻の学生が含まれている, 約2割のM2以上の履修生中には, 博士課程学生も1名含まれている。

## 3. 実践的演習の概要

### 3.1 実践的演習の課題設定

実践的演習の課題は, 「選択した技術系企業の課題をマーケティングの視点で分析し, 事業存続もしくは成長のための提案・提言をせよ」というものである。ただし, 技術系企業に関する情報は, ホームページなどで公開されている範囲から調査することとし, 分析の際の条件として, 「モジュールI, もしくはモジュールIIで講義したマーケティング分析ツール・モデルを最低1つ以上使用すること, また, 技術系企業に提案する資料にそのツール・モデルの使い方や目的に関する説明も加えること」を加えた。

### 3.2 協力を得た技術系企業の概要

対象とする技術系企業に関しては, 本学が所在する東京都の中小の技術系企業を対象とすることとした。大学の使命として地域の企業へ貢献することが望ましいとの視点と, 中小企業であれば, 企業の経営者に直接協力を打診したり, 演習結果に対して経営者からフィードバックをいただいたりする可能性が高いと考えたからである。実際には2014年6月に開催された大田区主催の「大田区加工技術展示商談会」で各ブースを回り, 演習の趣旨に賛同いただいた表2に示す2社から演習に対する協力をいただくこととなった。

### 3.3 実践的演習の進め方

実践的演習のグループ編成に関して, 社会人学生が各グループに1名ずつ含まれるように考慮し, 5名で構成された5グループがそれぞれI社, T社のどちらかを選



択して分析を進めることとした。

基本、課題設定で述べた通り、両社から公開されている情報を対象に調査と分析を進めることとしたが、1回に限り、両社に質問したい項目をまとめ、教員を通してメールで「お答え可能な範囲で」として質問を行う機会を設けることとした。

クライアントの都合から、直接学生からプレゼンをする機会を得ることはできなかったが、教員がまとめて両社を訪問し、本演習の提案結果を報告するとともに、両社の社長より提案結果に対する講評とコメントをいただき、各グループにフィードバックを行うこととした。

表 2: 演習の協力を得た技術系企業の概要

技術系企業	扱う製品・技術	従業員規模	担当演習グループ
I社	木型・加工	3人	A, B, C
T社	電子ビーム溶接	8人	D, E

## 4. 実践的演習の過程と結果

### 4.1 実践的演習の議論の過程

両者の有するホームページを中心とした公開情報の範囲にも関わらず、議論や分析に事欠くことは少なく、メンバーで役割を分担するなどして各グループは分析を深めていった。図1にグループ演習の議論の様子を示す。

途中で教員がまとめて質問した項目は、I社に対しては、事業の存続の方針、主な取引先の業種と規模、3Dプリンターの登場により影響を受けたか、などである。一方、T社に対しては、事業存続の方針、自社の強み、新規顧客の割合などであった。これらの質問に対して、両社から丁寧な回答をいただくことができた。

総じて、就業経験のない学部出身の学生は実践的な課題の理解や分析手法の適用が不得手ではあるが、斬新な視点や飛躍のあるアイデアを提案するのに長けている傾向があった。一方で、社会人学生は実践課題を深く理解してメンバーにわかり易く説明するなど分析を導くとともに、実現可能な具体的な提案へとグループをまとめる役目を果たす傾向にあった。

### 4.2 演習の結果

木型や樹脂材料を加工するI社に対して、Aグループは到来しつつある「3Dデジタル」技術との比較を冷静にかつ俯瞰的に分析し、「I社が蓄積したアナログの技をデジタルではできない部分を補うことに活用するだけでなく、お客様の競争力向上に積極的に役立ててはどうか

という提案に結びつけた。

Bグループからは、「一般の顧客（コンシューマー）」を対象に、ブランド力強化や独自の自社製品企画をしたらどうかとの提案もあがった。さらにCグループからは、「機能」から「デザイン」へと付加価値の軸を転換し、デザイン面を補佐するパートナーと組んで認知度を上げる工夫の提案もあった。

真空装置関連の部品を加工するT社に対して、Dグループは、「T社をめぐる価値連鎖の見直し」を行い、業界全体を俯瞰しても独占企業は見当たらず、得意な技術領域で付加価値を高めてパートナーと一体となって技術の広がりや事業拡大を目指すという結論を報告した。Dグループはパートナー企業についても詳細に調査を行っていた。

またEグループからは「常連顧客の商圈をきちんと切り切れているか」という指摘があった。手堅い顧客関係を維持している一方で、T社の取り組みが十分アピールできていないのではないかと分析に基づき、「プロモーション＝営業」とは単純に捉えずに、顧客の背後に抱える真の課題を掘り起こせば、総合力としての技術をもっと幅広い商圈に活用していただけるのではないかと提案につなげた。



図1. グループ演習の様子

## 5. 演習の有効性に関する評価

### 5.1 技術系企業の評価

I社の社長からは、「周りから『こう見える』という視点は大変貴重だ。得難いものがある。本日の提案は大変ありがたい。もう一度じっくり見直してみたいと思う。実は『木型』という社業には複雑な思いがあった。まさか木型に『ブランド』があるとは感じたことはなく、意外な視点に戸惑いと興奮を感じている。」との講評をいた

だいた。

T社の社長からは、「パートナー企業との関係は合っている。まさにこの通りだ。先方の機能（設計・エンジニアリング）は当社では抱えることはできない。ここまで関係性を言い当てられたのに驚きを感じる。その視点から言うとパートナー企業さんにおける事業継承（後継者問題）というところにコミットもしていかないと、という重要課題に気づけたのは大きい。」、「確かにうちは外部から『あてになる』存在とは見えないだろう。研究機関からの問い合わせでは仕様が決まらない前段階での問い合わせも多い。確かに実際に話し出すと議論が盛り上がり受注につながることもある。この機会を多くすべきとの提案はウエルカムだ。ホームページの改修などできるところから取りかかりたいと思う。」との講評をいただいた。

## 5.2 学生の評価

「講義アンケート」としてアンケート集計した結果の一部を表3に示す。今回実践的演習を実施したマーケティング概論と、産業技術専攻および、工学府の教育センターによる集計値と比較した。授業への興味・関心、積極的な取り組みに関してだけでなく、コミュニケーションの機会や教材の適切さに関しても高いスコアを得ており、今回意図した「実践的演習」の効果が確認できたものとする。

表3: 学生によるアンケート評価結果（抜粋）

質問項目	マーケティング概論	産業技術専攻平均	工学府平均
授業内容に興味・関心を持てた	4.74	4.45	4.06
私はこの授業に積極的に取り組んだ	4.35	4.05	3.72
質問や意見を述べる機会が与えられ、教員もそれに対応していた	4.74	4.39	3.97
教材は適切であった	4.57	4.41	3.95

また、授業の一環として提出を課したレポートより、本グループ演習に対する教育効果として以下の定性的評価を得ることができた。

### 課題解決の視点から：

「今回のグループワークが初対面の人と与えられた課題を解決することの一助になるのではないかと思った。」  
「実際にコンサルティングを行うことの難しさを痛感した。最良だろうと考え提案したものが、実際にはいろいろな事情（時間・人の制約など）を十分に考慮できておらず、現実的ではないことがあり得ることを体得した。」

「実例課題に対して、講義で学んだ手法による解決策を探る演習は大変有効であった。」「思い込みをなくし、得られた情報を純粋に見つめなおしたがゆえに相手の発言の裏に隠された現状を見出すことができた。思い込みの怖さと冷静な分析の必要性を実感することができた。」などがあった。

### 戦略やマーケティングの視点から：

「色々な知識や考えを持った人が集まって戦略を立てることが非常に有意義であることを学んだ。」「事業を少人数で行っている会社にはリソース（人、資金、時間）が限られており、最適なマネジメントを探すことは難しいと感じた。」「マーケティング戦略を実際の企業に当てはめて考えることが如何に難しいかについて身を持って体験できた。」「世の中で新しく出た商品がどのような市場をねらって売り出されているのか、セグメンテーションはどうなのか、考えるようになった。」「マーケティングというのは、一企業の成長戦略や経営戦略にのみ繋がるものではなく、人間の生き方に繋がっているのではないかと感じた。」などがあげられた。

## 6 考察

協力を得た技術系企業からの評価、学生からの応答を概観して、今回のねらいである、実務的な課題への理論・モデル適用の難しさの体得や、それを克服して分析や提案を進める実践力を育成することはできたのではないかと考える。就業経験のない学部出身学生にとっても貴重な体験ができたとともに、社会人学生にとっても新鮮な視点で企業を見つめ直すという機会を得たのではないかと考える。

技術系企業に対しても、今回の演習を通じた提案は概ね両社から理解と共感を得たものと考えている。普段は得難い中立な立場の学生からの視点であり、マーケティングの体系に基づいた改善提案は、少なからず望ましい刺激となったのではないだろうか。今後、今回の提案を何らかの形で実際の経営アクションに取り入れていただく余地も十分と考えており、継続して効果の確認を進めていきたい。

今回の大きな収穫として、これらの演習を通し、学生・教員と地域の技術系企業の経営者と膝を突き合わせて、マーケティングあるいは技術経営課題に関して議論を深められたことは大きいものとする。また、ホームページなどで公開された企業情報の範囲にも関わらず、経営に関する十分な議論と分析ができることも演習を通した

発見の一つである。公開の範囲、授業の演習の一環ということで、双方に契約などの手続きも不要となり、効果的かつ効率的な演習が可能となったものと考えられる。

## 7 まとめ

産業界のニーズを理解し、産業技術シーズを戦略的に提供できる人材の育成を目ざす産業技術専攻の基礎科目の一つであるマーケティング概論において、技術系企業の協力を得て技術系企業に対する実践的演習を行った。事業存続もしくは成長のための提案・提言をせよとの課題設定を行い、議論と分析を進めた過程と提案結果、実践演習としての有効性を報告した。

## 参考文献

1. 丹羽清編, 石黒周, 板谷和彦, 白肌邦生, 清野武寿, 手塚貞治(2013)『技術経営の実践的研究』東京大学出版会
2. 丹羽清(2010)『イノベーション実践論』東京大学出版会
3. フィリップ・コトラー, ケビン・レーン・ケラー(2014)『マーケティング・マネジメント (第12版)』丸善出版(株)
4. 石井淳蔵, 栗木契, 嶋口充輝, 余田拓郎(2013)『ゼミナール マーケティング入門』日本経済新聞出版社.  
丹羽清(2006)『技術経営論』, 東京大学出版会

## 社会人向け研究マネジメント人材養成プログラムについて

伊藤伸（工学府産業技術専攻）

### A Professional Program for Research Managers

Shin ITO

(Department of Industrial Technology and Innovation, Graduate School of Engineering)

**要約：**東京農工大学大学院工学府産業技術専攻は、2014年度（平成26年度）に社会人学生向けの教育プログラムを「研究マネジメント人材養成プログラム」と改めた。企業の技術開発における研究マネージャーや大学・公的研究機関におけるリサーチ・アドミニストレーターなど研究マネジメント人材に対する社会的な要請を受けて講義科目を追加し、演習科目も拡充することで、全国に先駆けた教育プログラムを実現した。企画検討から実現に至るまで先端産学連携研究推進センターの協力を得た。

**[キーワード:]** 研究マネジメント人材, 社会人向けプログラム, イノベーション, リサーチ・アドミニストレーター (URA), 研究大学, 人材育成

ストレーターの育成を盛り込んで社会人学生向けの教育プログラムを改正した「研究マネジメント人材養成プログラム」について報告する。

#### 1 はじめに

企業における研究開発マネージャーや大学・公的研究機関（以下、「大学等」という。）におけるリサーチ・アドミニストレーターを始めとする研究マネジメント人材や研究開発プロジェクト推進者に対する社会的な要請が高まっている。グローバル化の一段の進展により、企業は研究開発と事業戦略との連携強化や研究開発のスピードアップが強く求められている。その分、技術をマネジメントする人材や戦略を立案する人材、技術を俯瞰できる目利き人材等の不足が指摘されている（研究産業・産業技術振興協会、2014）。国際的な競争が激化し、技術をイノベーションに結びつける専門的な人材が求められている点では、大学等の事情もまったく同様である。

こうした研究マネジメント人材の育成強化は急務であるが、特にリサーチ・アドミニストレーターについては大学院レベルで実施される恒常的な教育プログラムは国内に存在しなかった。

本稿では、東京農工大学大学院工学府産業技術専攻が先端産学連携研究推進センターの協力を得て、2014年度（平成26年度）に、全国に先駆けてリサーチ・アドミニ

#### 2 プログラム改正までの経緯

工学府産業技術専攻は産業技術イノベーションを推進できる人材の養成を主眼とした専門職大学院である。修業年限は2年で、技術経営修士（専門職）の学位が取得できる。2011年（平成23年）4月に独立研究科であった技術経営研究科技術リスクマネジメント専攻を工学府内の一専攻に改組して発足した。工学府の教育研究環境や運営基盤を活用し、4つの産業技術分野（生命、化学、機械、情報工学）に特化した教育体制を拡充することで、産業技術をイノベーションに結びつけられる、国際競争力を持った技術系人材の育成を目指したものであった。また、育成する人材の目標として「経営のわかる技術者・研究者」、「技術のわかる経営者」を掲げた。

2011年の改組において、それまで学部新卒学生と社会人学生で同一であった教育プログラムを二つに分けた。主に新卒学生を対象に新たに「技術開発実践型プログラム」を作成し、社会人を対象とした「技術開発プランニング型プログラム」は従前の内容を踏襲した。それぞれの対象学生への教育効果を考慮し、プロジェクト研究を始めとする充実した教育を実現する狙いであった。

その後、東京農工大学は、2011年度（平成23年度）に当時の産官学連携・知的財産センター（2013年度より先端産学連携研究推進センター）を中心として文部科学省の「URAを育成・確保するシステムの整備事業」に申請・採択され、リサーチ・アドミニストレーター、いわゆるURA（University Research Administrator）の制度が導入された。この整備事業において東京農工大学は、全学の方針として産業技術専攻がURAを養成するコースの設置を提案することとなり、実現に向けて検討してきた。

URAとは、大学等において、研究者とともに研究活動の企画やマネジメント、研究成果活用促進を行う専門職である。業務は、研究力の分析から、競争的研究資金の申請支援、学内外の調整や交渉、研究プロジェクトの進捗管理、研究成果の特許出願やライセンスまで非常に広範にわたる。業務に必要とされる実務能力を定めた「URASキル標準」も文部科学省事業により東京大学が策定している。

近年、国内の大学等において外部研究資金の獲得や産学連携の重要性は強まる一方である。さらにグローバル化の進展による大学等の競争激化に伴い戦略的な研究推進の必要性も高まっている。こうした専門性の高い業務の担い手としてURAへ期待が集まり、国内の主立った研究大学や公的研究機関は軒並み、URAシステムの導入を進めている。

文部科学省「大学等における産学連携等実施状況について」の関連調査によると、国内で専従又はエフォートの半分以上をURA業務に従事しているURAは、2011年度の323人（50機関）から2012年度には477人（58機関）と急増した。エフォートの一部をURA業務に当てている研究マネジメント人材を含めると数千人の規模に達するとみられる。

産業技術専攻では、URA養成コースの設置に向け、まず、先行する米国を含め国内外の動向調査を実施し、米国の事例等と従来の産業技術専攻の設置科目を比較検討した。さらに2013年（平成25年）7月から8月にかけて産業技術専攻で「産業応用特論」として夏季集中講義の「リサーチ・アドミニストレーター概論」を実施した。学内の学生ばかりでなく、URAシステムを導入している他大学等に対しても、単位取得なしで受講を認めたところ好評を得た（伊藤，2014）。

一方、企業においても技術開発をイノベーションに結びつけるための研究開発マネージャーの養成は一段と重きを増している。経済のグローバル化と競争の激化が一段と進む中で、技術開発を効果的に収益に結びつけることがより強く求められているからである。

こうした潮流にいち早く対応することを狙いに、専攻内の調査検討及び先端産学連携研究推進センターの協力等を踏まえ、今回の社会人向けプログラム改正に至った。なお、今回は、文部科学省への届け出が不要な範囲内でURA育成を取り込む形でプログラムを改正した（図1）。

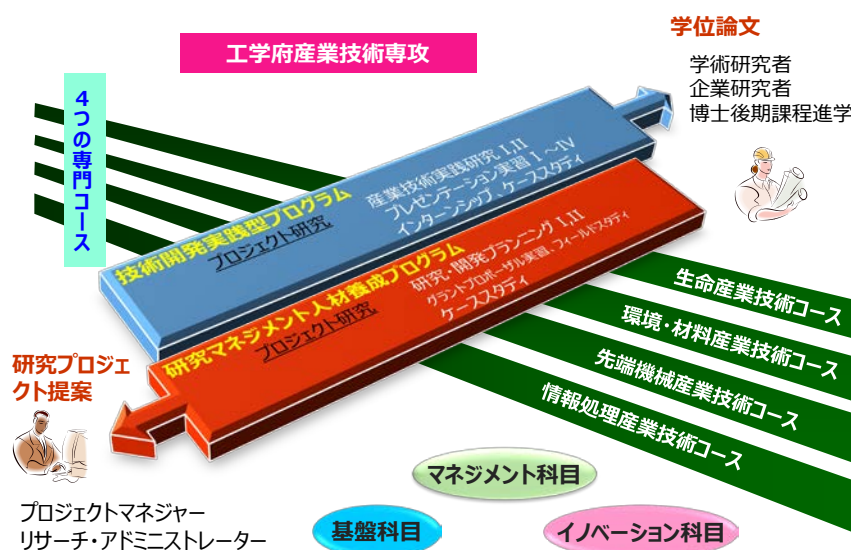


図1：産業技術専攻の教育プログラムの概念図

表1:産業技術専攻 教育課程表 (共通科目=講義科目)

新規	科目	科目名	単位数	修了要件
	基礎科目	技術経営概論	2	2科目4単位以上
		技術リスク概論	2	
		会計学概論	2	
		原価計算入門	2	
		企業倫理	2	
		技術企業経営概論	2	
		マーケティング概論	2	
		工業技術標準概論	2	
		産業技術安全学	2	
		技術者倫理(専門職)	2	
○		リサーチ・アドミニストレーション概論	2	
		マネジメント科目	知的財産マネジメント	
	知的財産概論		2	
	工業標準化戦略論		2	
	生命産業知財戦略論		2	
	環境・材料産業知財戦略論		2	
	先端機械産業知財戦略論		2	
	情報処理産業知財戦略論		2	
	技術企業経営戦略論		2	
	戦略的ビジネスプラン		2	
○	研究プロジェクトマネジメント		2	
○	研究組織マネジメント		2	
○	研究・開発力調査分析		2	
	イノベーション科目	機械産業技術論	2	3科目6単位以上
		先端機械技術開発論	2	
		先端情報システム構築論	2	
		高度情報・通信技術開発論	2	
		生命分子産業技術論	2	
		生命システム産業論	2	
		先端材料開発論	2	
		環境技術プロジェクトマネジメント	2	
○		グラントプロポーザル概論	2	
		産業応用特論	2	

表 2: 産業技術専攻 教育課程表 (プロジェクト研究科目)

新規・変更	プログラム	必修	科目名	単位数	修了要件
○	研究 マネジメント 人材養成 プログラム	◎	研究・開発プランニング I	4	16 単位
○		◎	研究・開発プランニング II	4	
○			グラントプロポーザル実習	4	
			フィールドスタディ	4	
		◎	ケーススタディ	4	
	技術 開発 実践型 プログラム	◎	産業技術実践研究 I	4	12 単位
		◎	産業技術実践研究 II	4	
		◎	ケーススタディ	4	
			プレゼンテーション実習 I	2	4 単位以上
			プレゼンテーション実習 II	2	
			プレゼンテーション実習 III	2	
			プレゼンテーション実習 IV	2	
			インターンシップ	4	

注：◎印は必修科目，◎印以外は選択必修科目

URA を専門に養成する大学院修士課程を持つ大学は、URA システムの導入から半世紀超を数える米国でも数校に過ぎない。国内では東京農工大学が先駆となった。このような活動は「平成 26 年度版科学技術白書」(文部科学省, 2014) にも取り上げられている。

これから URA を目指す人材はもちろん、現在、大学等で研究マネジメントに従事し、俯瞰的なマネジメント等、より高度な能力を身につけたい人材の受入を想定している。

### 3. カリキュラムの改正内容

#### 3.1 プログラムの全体構成

社会人学生向けの「研究マネジメント人材養成プログラム」、学部新卒学生向けの「技術開発実践型プログラム」のカリキュラムはともに講義科目と、実技・演習科目であるプロジェクト研究科目から構成される(表 1, 表 2)。

プロジェクト研究科目には、講義科目で習得した知識を応用し、実践する能力を涵養する狙いがある。学生は、主旨指導教員を中心とした定期的なゼミで指導を受けながら修士論文研究に相当するプロジェクト研究を進捗させていく。

講義科目で 20 単位、プロジェクト研究科目で 16 単位の取得が修了要件である。講義科目は、技術経営の基礎

として習熟すべきコア知識を学ぶ「基盤科目」、戦略的技術開発を進めるうえでのコア知識や産業技術分野に応じた展開を学ぶ「マネジメント科目」、4 つの産業技術分野に特化した、技術開発動向・製品開発動向、市場動向、新規研究開発テーマへの展開について学ぶ「イノベーション科目」の 3 つに分類される。これらとは別に「研究マネジメント人材養成プログラム」においては、学位論文に相当する「研究プロジェクト提案」を提出・報告し、最終試験に合格することにより専門職学位課程を修了することになる。

#### 3.2 講義科目の拡充

講義科目では、研究マネジメントやリサーチ・アドミニストレーション業務に関連する科目として、5 科目を追加した(表 3)。「基盤科目」には、「リサーチ・アドミニストレーション概論」を、「マネジメント科目」には、「研究プロジェクトマネジメント」、「研究組織マネジメント」、「研究・開発力調査分析」の 3 科目を、「イノベーション科目」には「グラントプロポーザル概論」を追加した。

講義科目は、学部新卒学生向けの「技術開発実践型プログラム」と社会人学生向けの「研究マネジメント人材養成プログラム」で共通である。平成26年度の講義開講数は「基盤科目」が11、「マネジメント科目」が12、「イノベーション科目」が10となり（図2）、学生が多様な分野を学べることを可能にした。

	<p>究の優れた点や問題点を把握し、研究資金の制度趣旨を踏まえた提案書にまとめあげるトレーニングを実施する。プレゼンテーション能力も身につける。 Grantプロポーザル作成を支援する手法にも触れる。</p>
--	---

追加科目の実施に際しては、追加科目の内容を踏まえて実務家教員を採用したほか、一部の科目は新規に外部から非常勤講師を迎えた。

表3: 追加した講義科目の概要

リサーチ・アドミニストレーション概論	<p>大学等の研究機関において企画、マネジメント、成果活用等の研究推進支援を担うリサーチ・アドミニストレーターを取り上げる。基礎知識ばかりでなく、対話的な講義やグループ演習等により、解決シナリオを描くことのできるスキルの修得を目指す。科学技術政策動向にも触れる。</p>
研究プロジェクトマネジメント	<p>研究プロジェクトマネジメントとは何かを体系的に学び、そのうえで、ものづくりにおける研究開発過程をプロジェクト化し最終的な目標を達成、完結させるマネジメントスキルを習得する。</p>
研究組織マネジメント	<p>大学や企業の研究所、公的研究所等においてリサーチ・アドミニストレーションを実行する上での基礎的な研究組織マネジメントについての知識を得ることを目的とする。組織とマネジメントに関する基礎知識の提示を行うとともに、学内のみならず学外の様々な研究機関のマネージャーや企業経営者を招聘して、実践的な組織・マネジメントも学ぶ。</p>
研究・開発力調査分析	<p>組織の研究・開発力を分析し、戦略を構築する際の基礎的な理論を修得する。計量書誌学 (bibliometrics) 的方法、各種データを活用し、研究・開発のトレンドを分析し、各組織の研究・開発力における地位を把握する。多様な分析ツールを活用した演習を実施する。</p>
Grantプロポーザル概論	<p>研究者にとって不可欠な公的研究資金の獲得手法について学ぶ。自分の研</p>

### 3.3 プロジェクト研究科目の拡充

プロジェクト研究科目には、選択必修科目として「Grantプロポーザル実習」を追加した。この科目は、研究プロジェクト提案に向けて競争的研究資金の獲得手法を実践的に修得することを目的にしている。競争的研究資金の制度趣旨や産業・科学技術政策を踏まえた提案書作成ができるよう、トレーニングを実施する。

具体的には以下の手順である。

- ・ 主査となる実務家教員に加え、技術開発に関与する専任教員を副査として指導を受ける。
- ・ 具体的な申請書・提案書を仕上げる。
- ・ 報告書は、申請の動機ならびに申請先機関および当該募集課題のポリシーについて記載する序論と実際の申請書により構成される。
- ・ 報告書の提出・審査と専攻内での発表に基づいて単位が認定される。

さらに従来、単位外修了要件として、学位論文に相当する「ビジネスプラン」の策定を課していたが、これを「研究プロジェクト提案」に変更した。学生は、研究プロジェクト提案について以下のいずれかを選択する。

1. 組織構築・改革、統計解析に基づく戦略企画、製品開発、起業・ビジネス化計画、組織連携、知的財産マネジメントなど、研究プロジェクトにかかわる提案
  2. 具体的な技術課題を対象とした、Grantプロポーザルを含む研究開発計画に関する提案
- もともと産業技術専攻は、東京農工大学の強みである「先鋭的な工学研究」や「産学連携」を基盤にグローバルイノベーションを推進できる人材の育成を目指してきた。こうしたプロジェクト研究科目の拡充、「ビジネスプラン」の「研究プロジェクト提案」への変更により、一段と技術と経営を俯瞰できる研究マネジメント人材の養成が実現できると考えている。



#### 4 今後の展開

2014年度に入学した社会人学生については、入学試験時には「研究マネジメント人材養成プログラム」の詳細が固まっていなかったが、積極的に講義受講やプロジェクト研究を進めている。

また、「研究マネジメント人材養成プログラム」は社会的な注目を集めており、入学希望者や他大学等からの問い合わせは数多い。追加した講義科目へは科目等履修生の受講も複数件ある。

先駆的な試みだけに試行的な部分も多く、今後数年かけて、講義アンケート結果や教育的な効果の検証、社会人入学者の動向等を反映した発展や改善を進める予定である。今後の社会人応募者の増加を期待している。

さらに2014年度には、産業技術専攻の協力の下、先端産学連携研究推進センターでは、「中・上級研究マネジメント人材養成プログラムの開発」を進めている。これは、文科省URA整備事業の一環であり、URAシステムの進展に伴い重要性を増している中・上級のURAを育成するプ

ログラムを開発するものである。このようなプログラム開発により得られた知見も今後の「研究マネジメント人材養成プログラム」の改善につなげていきたい。

#### 謝辞

本プログラム改訂の実現にご協力いただいた先端産学連携研究推進センターの皆様、工学府産業技術専攻の皆様、非常勤講師の皆様はこの場を借りて心よりお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 伊藤伸 (2014) 「リサーチ・アドミニストレータ育成の集中講義」『大学教育ジャーナル』第10号, pp.49-52.  
 文部科学省 (2014) 「平成26年度版科学技術白書」第1部第2章第2節4 研究支援人材の充実, pp.152-153.  
 研究産業・産業技術振興協会 (2014) 「平成25年度民間企業の研究開発動向に関する実態調査」, pp.13-18.

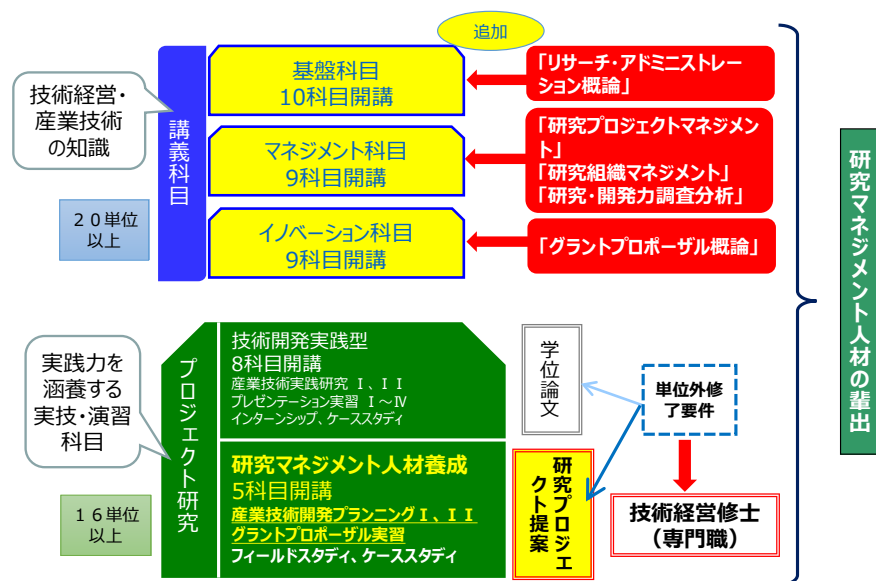


図2：研究マネジメント人材養成プログラムの概要

## ベンチャービジネスラボラトリー電子顕微鏡室の利用状況報告

牧 禎 (学術研究支援総合センター/日本電子株式会社)

### Utilization Report of the TEM Facility of the Venture Business Laboratory

Tei MAKI (The Research Center for Science and Technology / JEOL Ltd.)

**要約** : VBL 電顕室は透過電子顕微鏡に特化した分析施設である。今回、装置が納入されてからこれまでの約5年間の利用状況について、学科別、装置機種別、徴収金額別に分類して特徴を調べた。その結果、学科により活用のされ方に差があることが判明した。また、利用頻度は季節によって大きく変化し、込み合う時期と比較的空いている時期が明確に分かれた。これは学内におけるイベント(休暇期間、発表会等)が影響していると分かった。

[キーワード : 透過電子顕微鏡, TEM 用試料作製装置, 利用調査, 装置管理, 技術支援]

#### 1 緒言

VBL 電顕室(The TEM Facility of the Venture Business Laboratory)は、2010年4月に東京農工大学小金井キャンパス先端産学連携研究推進センター内に設置された TEM (Transmission Electron Microscope) に特化した分析施設である。学術研究支援総合センターに所属し、機器分析施設と同じく最先端の装置を駆使してナノ領域の研究推進を進めることを目的としている。

本学工学府には以前、加速電圧 300kV の大型電子顕微鏡が一台あった。しかし、試料作製に必要な装置は殆ど準備されておらず、学内における様々な試料観察に対応することは難しかった。操作方法を指導する専任技官もいなかったため、限られた研究室でしか扱えない装置となってしまう、当初期待されたほど利用されることはなかった。

しかし、最近の TEM は EELS (Electron Energy Loss Spectroscopy) や EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) のような分析装置が搭載されたものが主流となっている。これまでの構造観察だけではなく、より高度な分析が可能になってきてことで、研究者達の TEM に期待する要求も更に専門

化されている。このような様々な要求に速やかに対応するため、TEM の専門職員が常駐した分析施設が望まれた。

筆者は 2010 年 4 月から 2013 年 3 月末までの 3 年間、日本電子株式会社 EM アプリケーション部から週二回程本学を訪問し、本 VBL 電顕室の装置管理、技術指導やトラブル対応など多くの研究支援を行ってきた。契約終了後も大学側からこれまで通りに技術指導を継続して欲しいという要望が出されたため、2013 年 7 月から当面の期間、当室の常勤スタッフとしてさらなる充実を図っている。今回、過去 5 年間に亘る装置利用状況について精査した結果、いくつかの傾向が見出された。当室の紹介と共に、TEM のことをあまり詳しく知らない利用者や初めて TEM を必要とした研究室に対して今後どういう技術指導を行うべきかについて報告する。そして、当室の抱えた今後の課題についても報告する。

#### 2 VBL 電顕室の特徴書式について

本 VBL 電顕室は、先端産学連携研究推進センター内の 115 室と 116 室をつなげた広いスペースを確保している。装置設置場所は、重量のある TEM が安定して動作が出来るように基礎工事の段階から防振性を考慮した施工がなされた。また、

JR 中央本線の電車が通過する際に電車等が発する外乱磁場の影響を遮蔽するために、TEM 本体周囲に磁場キャンセラーを外装し、ビーム揺らぎ対策を施した。また、鏡筒の揺れや金属膨張による物理的な試料ドリフト現象を最小限に抑えるため、空調用換気口からの気流や室温変化なども考慮した設計がなされており、年間を通して25度の室温が保たれた TEM 測定に最適な実験環境が実現している。作業台や冷蔵庫、洗いもの用の流し台も完備され、当室内で研究を進めていくのに必要な機材や小物類に至る備品が殆ど揃えられている。



図 1. 当室の入っている産学連携研究推進センター（左）と当室の室内写真（右）

### 3 装置の紹介

本 VBL 電顕室には高分解能観察用の TEM と生物・化学系試料観察用の TEM の 2 台がある。前者は主に金属・材料系の研究に活用され分析装置として使用される。後者は主に生物・化学系の研究に活用され構造観察に使用される。その他に、試料作製に必要な主要機器が 8 台準備されている。一か所で試料作製から TEM 観察までの一連の作業を行うことができる上、複数の装置を同時に使用しながらの実験も可能である。

#### 3.1 高分解能観察用 TEM 装置の紹介

【機種】JEM-2200FS（日本電子）

【特徴】高分解能構造観察に適した対物レンズを搭載している。制限視野回折、ナノビーム回折、収束電子回折、高角度暗視野観察法、Cryo 観察のほか、エネルギー分散型 X 線分光法(EDS)による元素分布分析、電子エネルギー損失分光法(EELS)、電子線トモグラフィーが可能である。

【仕様】加速電圧 200kV、電界放出型電子銃、高分解能(HR)用ポールピース、オメガ型エネルギー

フィルタ搭載、EDS 装置搭載、TEMography システム装備(傾斜角度は約±65度)、Gatan 製 CCD カメラを 2 台搭載(UltraScan 1000\_1, Orius SC200\_2)、STEM 検出器を 2 台搭載(DigiScan, Simple Image Viewer)、Mag.モード倍率×2,000~1,200,000、LowMag.モード倍率×50~1,500



#### 3.2 生物・化学系試料観察用 TEM

【機種】JEM-2100HC（日本電子）

【特徴】コントラストを重視した設計の対物レンズを搭載している。散乱コントラストが顕著な生物・化学系の試料観察に適している。制限視野回折、明視野像・暗視野像の観察、Cryo 観察、電子線トモグラフィーが可能である。

【仕様】加速電圧 200kV、熱電子放出型電子銃(LaB6 フィラメント)、高コントラスト(HC)用ポールピース、TEMography システム装備(傾斜角度は約±75度)、Gatan 製 CCD カメラを 2 台搭載(UltraScan 1000\_1, Erlangshen ES500)、Mag.モード倍率×1,000 ~ 800,000、LowMag.モード倍率×50~2,000



#### 3.3 集束イオン/電子複合ビーム加工観察装置

【機種】JIB-4500（日本電子）

【特徴】一般的には FIB (Focused Ion Beam) と呼ばれる TEM 用の薄膜作製装置である。SEM 画像を観察しながらガリウムイオンビームで加工出来るため、表面のダメージを最小限に抑えた薄膜化が可能である。また、薄



膜以外にも表面の穴あけ加工，断面出し加工も可能である。

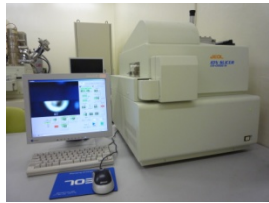
【仕様】表面の蒸着保護剤はカーボンのみ。薄膜回収に必要なピックアップシステム完備。

### 3.4 イオンミリング装置

【機種】イオンスライサー（日本電子）

【特徴】従来のイオンミリング装置を発展・改良させた TEM 用薄膜作製装置である。Ar イオンビームによる切削加工で，ビームダメージが少なく高分解能観察に適している。ただし，生物系や樹脂のような柔組織試料の薄膜加工は出来ない。また加工中には有機溶媒（アセトン）の暴露が不可避なので，硬質材料であっても加工が限定される。

【仕様】基板切断装置  
アイソメット，研磨装置  
ハンディラップなど，  
ミリング関連に必要な  
備品を完備。



### 3.5 凍結切断レプリカ膜作製装置

【機種】JFD II（日本電子）

【特徴】急速凍結させた試料を切断し，その表面を金属蒸着（Pt）してレプリカ膜を作製する装置。表面に写し取られた対象物の構造や分散状態を調べるフリーズフラクチャー，フリーズエッチング観察の試料が簡単に作れる。

【仕様】スラッシュ室  
素作製装置を装備。カ  
ーボン蒸着棒，カーボ  
ン/白金蒸着棒は当室  
で完備。



### 3.6 クライオ試料用超薄膜作製装置（クライオミクロトーム）

【機種】EM-FC7（Leica）

【特徴】厚さ数十 nm  
の切片を作製できる。  
最薄保障切片厚 40nm。  
柔らかい試料を冷却す  
ることで硬化させ，ナ



イフで切削した後，その切片をプローブで回収し，グリッド上に貼りつけてから観察する。金属が混錬した試料の場合はダイヤモンドナイフを使用して薄片を回収する。

【仕様】Cryo 用ダイヤモンドナイフ，グリッド固定治具を装備。液体窒素は当室で完備。

### 3.7 超薄膜作製装置（ウルトラミクロトーム）

【機種】EM-UC7（Leica）

【特徴】厚さ数十 nm の切片を作製できる。最薄保障切片厚 30nm。リボン状に切れていく切片をすくい上げることで連続切片観察が可能。

【仕様】ダイヤモンドナイフ，ガラスナイフ用棒材は当室で完備。

### 3.8 クライオ薄膜作製用急速凍結装置

【機種】EM-CPC（Leica）

【特徴】液体エタン中へ試料を一気に落とし込み，急速凍結させ氷包埋することで，生の状態に近い構造観察が可能である。大気圧下で行うため，霜付着の可能性あり。

【仕様】スプレー式液体エタン，液体窒素は当室で完備。スプレー式以外のエタンガスは使用禁止。



### 3.9 TEM 画像三次元構築システム

【装置名】TEMography（システムインフロンティア）

【特徴】TEM 試料を傾斜させながら画像を撮影していき，取得した全画像データを解析することで，元の試料の三次元情報を構築するソフトウェア。一般的に電子線トモグラフィーと呼ばれる。JEM-2200FS，JEM-2100HC の両方に専用ソフトがインストールされている。

【仕様】三つのソフトウェアから構成されている。

- ・Recorder（画像の自動取得）
- ・Composer（取得連続画像の再構成処理）
- ・Visualizer-Kai（三次元モデルの構築）

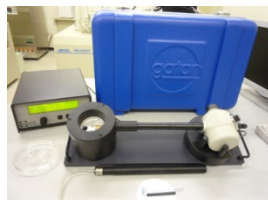


### 3.10 クライオ専用ホルダー

【装置名】 Gatan 914 (Gatan)

【特徴】. 試料を載せたグリッド先端を液体窒素温度まで冷却しながら試料観察できるホルダーである. 氷包埋した試料, 電子線による熱ダメージを回避したい試料の観察が可能である.

【仕様】 三つの装置で構成されており, JEOL 製全ての TEM に装填可能. 液体窒素は当室で完備.



- ・ Cryo ホルダー
- ・ コントローラー
- ・ Cryo ホルダー専用ステージ

表 1. 各学科が当室の装置を利用した研究室数と利用件数の年度ごとの推移.

学科(研究室数)	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	合計(5年間)
生命工学科(6)	33	11	19	0	0	63
応用分子化学科(4)	3	2	2	0	4	11
有機材料化学科(6)	15	55	47	38	58	213
化学システム工学科(2)	0	0	0	7	8	15
機械システム工学科(3)	2	0	0	0	14	16
物理システム工学科(3)	3	53	16	43	30	145
電気電子工学科(2)	0	0	25	7	0	32
情報工学科(0)	0	0	0	0	0	0
合計(26室)	56	121	109	95	114	495

### 4 VBL 電顕室の学科別利用状況

表 1 は過去 5 年間(2010.4 ~ 2014.12)に本 VBL 電顕室を利用した研究室の学科別利用状況である. 図 2 は, 表 1 を参考にした学科別の研究室利用割合(図 2A)と, 件数別利用割合(図 2B)である. このデータは 2013 年 4 月から同年 6 月末までの 3 カ月間は筆者不在のため技術指導は行ってないこともあり利用件数が少なくなっている. また 2014 年度の第 4 四半期(2015 年 1 月から同年 3 月末)の利用状況も表 1 には集計されていない.

表 1 で示したように, 2010 年度から 2011 年度にかけて有機材料化学科と物理システム工学科の利用が大きく増加した. 特に利用希望者の多い有機材料化学科では 2011 年度以降多くの利用が継続的に行われている. 一方, 生命工学科では利用件数が減少し, 2013 年度以降は利用されていない. その理由は頻繁に利用頂いた教員の異動によるものと考えられる. 応用分子化学科はもともと少な

かったが, 2013 年度以外は毎年数回の利用が行われている. 化学システム工学科は 2013 年度から利用が始まり, 2014 年度も前年度並みの利用が予想される. 機械システム工学科や電気電子工学科は利用回数が多い年とそうでない年の差が顕著で, 利用した年は集中的に回数が増えていた. 情報工学科はこれまでに一度も利用件数はなく, 研究に関する打ち合わせ相談もなかった.

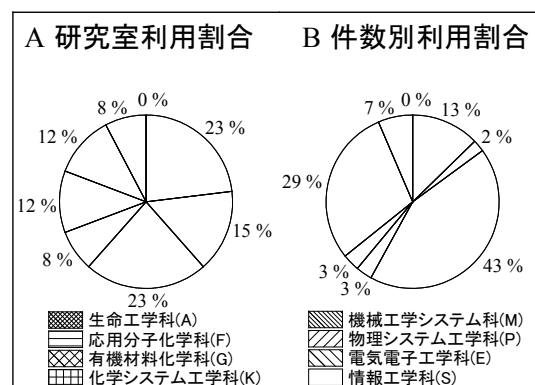


図 2. VBL 電顕室過去 5 年間の利用状況. A) 全研究室 26 室. 各比率 A:23%, F:15%, G:23%, K:8%, M:12%, P:12%, E:8%, S:0%. B) 全利用件数 495 件. 各比率 A:13%, F:2%, G:43%, K:3%, M:3%, P:29%, E:7%, S:0%.

図 2A は研究室別の利用割合である. 過去 5 年間に本 VBL 電顕室を利用した研究室は全 26 研究室であった. 年度によるばらつきは見られるものの, 生命工学科 23%, 応用分子化学科 15%, 有機材料化学科 23%, 化学システム工学科 8% となり, 生物系・化学系研究室が全体の 69% (18 研究室) を占めた.

図 2B は件数別の利用割合である. 有機材料化学科の 6 研究室で 213 件 (43%), 物理システム工学科は 145 件 (29%) で, 合わせると全体の 7 割以上がこの 2 学科だけで占められていた. 図 2A ではこの 2 学科の占める割合が 35%なので, 共に頻繁に利用していたことが判る. 一方, それ以外の学科の利用頻度は限定的であった. 電気電子工学科や機械システムのように利用頻度が年によってばらつく学科では, 当室の広報活動を積極的に行うなどの対策が必要であると思われる.

## 5 TEM と試料作製装置の月次利用件数変動

図3は2010年4月から2014年12月末までのTEMと試料作製装置の利用件数を積算し、月次推移で示した図である。8月と年度末に利用件数が大きく落ち込んでいるのが判る。前者は夏季休暇と全棟一斉停電の影響、後者は学生の卒論および修論の提出時期と重なることなどが要因として考えられる。更に詳しく見ると、6月はTEMよりも試料作製装置の利用回数が高くなっており、反対に12月と1月はTEMの利用が試料作製装置の回数を上回った。これは概して年度初めは試料作製が中心で、年度後半からTEMによる観察実験が主流になる実態を示唆している。

これまでに本VBL電顕室では、利用時間を調整しなければならない程に忙しい時期を何度も経験した。今後さらに利用が進めば、こうした混雑が今以上に頻発する事態が容易に予想される。試料作製の時期をずらしたり、利用が集中する時期を避けたりすることで効率的な運用を検討すべき時期に来ていると考えている。

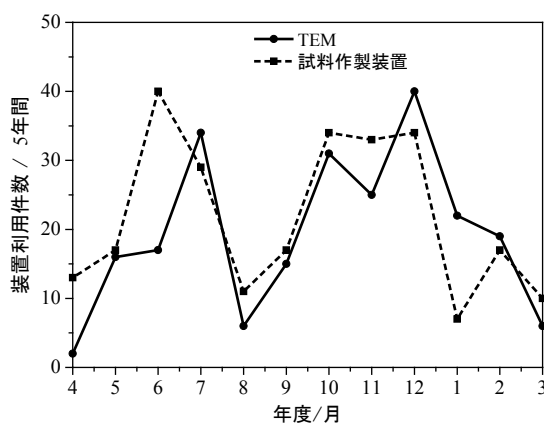


図3. 過去5年間のTEM利用件数(実線)および試料作製装置利用件数(破線)の月次変動

## 6 TEM と試料作製装置の年次利用件数変動

図4は、2010年4月から2014年12月末までの高分解能観察用TEM(JEM-2200FS)、生物・化学系試料観察用TEM(JEM-2100HC)、試料作製装置の年間利用件数のほかに、筆者のTEMの予備実験日数を加えた年次推移である。なお、VBL電顕室を利用した研究室数の年次推移も示す。

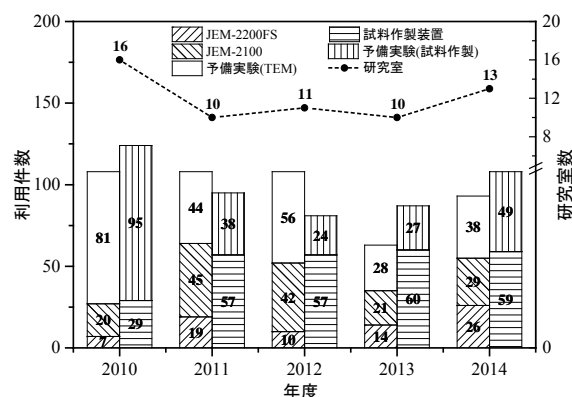


図4. TEMと試料作製装置の年度ごとの利用状況と研究室数の推移。

2010年度はTEM、試料作製装置共に利用件数は少なかったが、TEMの稼働日数はほぼ一定で、年間100件前後で推移している。2011年度のTEMと試料作製装置の利用件数は2010年度のほぼ2倍に増加し、2012年度以降はほぼ横ばいで推移していた。TEMの利用件数と試料作製装置の利用件数は2013年を除くとほぼ等しく、年間50-60件の利用が続いている。2013年に限りTEMの利用件数が少ないのは、4月から6月末まで技術指導者がいなかったことに加え、主要装置を「大学連携研究設備ネットワーク<sup>\*1</sup>」へ登録する作業に忙殺されたためである。

機種別でTEMの利用状況を見ると、JEM-2100HCがJEM-2200FSより多く利用されてきた。これはJEM-2100HCはJEM-2200FSより操作が容易で、初心者にとっても扱いやすい機種であるためと考えられる。図1に示したように、生物・化学系の研究室の利用が多いことも原因と考えられる。しかし2013年度以降はその差が小さくなってきており、高度な分析を使う希望者が増えてきたことを示している。

実験予備日は、筆者も初めて扱うような試料作製や観察を予め試した練習日である。TEM初心者の学生達には極めて難しい実験に限り、最初だけ協力した。練習日数は初年度以外特に大きな変化は無い。これからも同様の数値で推移するものと思われる。

## 7 VBL 電顕室の装置使用収入の推移

2010年4月以降、TEMや試料作製装置の使用料金を3回変更した。表2は使用料金改定の変遷を示す。2013年9月までの料金は分析施設で使われている他装置の金額を参考に決定した。TEMの一日使用料金を8000円で統一したのは、操作が難しいJEM-2200FSを多くの研究室で使って頂くためであった。しかし、保障契約終了の2013年4月以降は、メンテナンス費用確保を優先するため、同年10月よりJEM-2200FS、JIB-4500、CPC、TEMographyは値上げを実施した。2014年4月の二回目の料金改定は、消費税率の5%から8%への変更に伴うもので、当室だけでなく学内一斉改定に伴う処置だった。

図5は2010年4月から2014年12月末までの装置利用徴収金額を四半期ごとに得た装置利用徴収額と依頼分析収入を示す。例年の傾向として、第1四半期(4-6月)は徴収額が少なく、第3四半期にかけて増加し、第4四半期は下がる傾向が見ら

表2. 各装置の一日利用料金の変遷.

	2010.4-2013.9	2013.10-2014.3	2014.4-
JEM-2200FS	TEM	15,000円	15,500円
JEM-2100	共に8,000円	8,000円	8,300円
JIB-4500		8,000円	8,300円
Ion Slicer		4,000円	4,200円
JFD II		4,000円	4,200円
FC7	試料作製装置	4,000円	4,200円
UC7	全て4,000円	4,000円	4,200円
CPC		8,000円	8,300円
TEMography		8,000円	8,300円

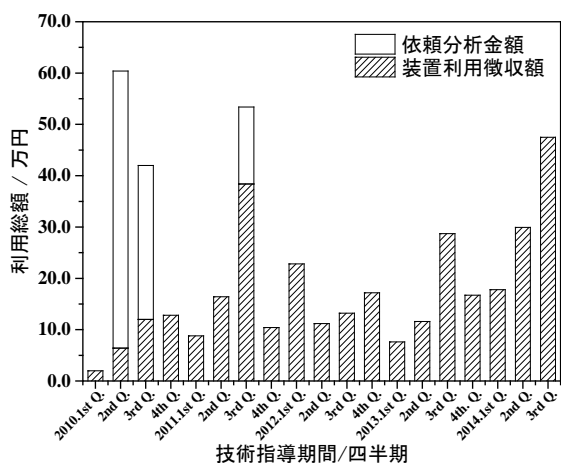


図5. 四半期ごとの装置使用料収入の推移.

れた。これは図3で示した学生達の実験が忙しくなる時期と対応している。また、筆者が2013年7月に専任となって以降、徴収額は増加傾向である。この収入予測が今後の当室における物品購入の際の判断材料として役立つと期待される。

表3は依頼分析を引き受けた試料件数と収入総額である。括弧の数字は依頼を受けた研究室数を示す。これまでに受け付けた依頼分析件数は5件、試料数で8個だった。依頼分析とは試料作製から観察・分析、その後のデータ解析までを筆者が請け負うもので、料金はJEM-2200FSの使用で15万円、JEM-2100HCの使用で8万円とした。この違いは装置の維持管理にかかる経費の差で決定した。依頼分析で得られる金額は大きいので、当室を運営していくことを考えれば魅力的である。しかし、分析結果だけを渡す研究支援は、時間的にも世話できる研究室数が限られてしまう上に、大学への技術支援に直結せず、教員・学生達への教育指導とはいえないために現在は行っていない。比較的閑散期であった設立当初に当室の広報活動の一環として行えたことである。

表3. 依頼分析件数とその収入総額.

	2010 2nd Q.	2010 3rd Q.	2011 3rd Q.
JEM-2200FS (150,000円/件)	2(1)	2(2)	1(1)
JEM-2100HC (80,000円/件)	3(1)	-	-
依頼分析総額	540,000円	300,000円	150,000円

## 8 VBL 電顕室で発生した年次トラブル件数推移

表4に当室で行った装置メンテナンス件数、修理回数とその修理にかかった費用の年次変化を示す。納入当初は49件/年と少ないが、小さな点検回数まで含めると、100件/年程のメンテナンスを行っている。また、経年劣化に伴う原因不明の故障や学生らによる破損事故、修理依頼数も年に10件前後発生している。幸いにも、人命に関わるような大事故は現在まで一件も発生していない。

費用は2010年度と2011年度はメンテナンス期間内のため代金はかからなかったが、2012年度からは修理一回につき平均7万円程の費用がかかっ

ている。なお 2013 年度の 4-6 月は本 VBL 電顕室の担当者不在で、2014 年度の 1-3 月は件数が反映していないことから、通年よりも 25%程少ない。2014 年度分は確定していないので割愛した。

表 4. 発生したトラブル件数と修理費用.

年度	2010	2011	2012	2013	2014
メンテナンス件数	49	98	93	69	81
装置修理件数	9	13	12	6	7
修理代金(円)	0	0	725,865	442,155	-

## 9 産学連携研究への課題

本 VBL 電顕室の装置は学内優先機器で、他大学や民間企業による利用が制限されている。これまで数回、学外者が本学の研究室と共同で研究を行う際に当室の装置を利用することはあったが、極めて限定的だった。しかし、本学と多摩地域の中小企業が連携して産学連携研究を推進するには、学内装置を積極的に外部へ開放する必要がある。使用料金や講習費用等をどのように負担していくのかについて具体的な話し合いを進めていくことが本室の進展にも繋がると思われる。今後運営が軌道に乗ってきた適当な時期に学内関係者の意見をまとめて方針を立てる必要があると考えている。

## 10 研究業績

本 VBL 電顕室の装置を使い、2010 年 4 月から 2015 年 1 月までに筆者が連名者として報告した研究業績を表 5 に示す。これらは筆者が把握した報告数だけであり、実際の研究成果はこの数倍あるものと思われる。今後、当室の装置を利用した方々の研究成果も可能な限りご報告頂くようお願いし、本 VBL 電顕室が広く活用されている現状を

表 5. 当室で確認できている研究業績.

研究業績	本数
学術論文	5
総説・解説	2
国際学会発表	3
国内学会発表(口頭)	17
国内学会発表(ポスター)	8

強調しつつ広報活動に繋がるように努めたい。

## 11 結言

如何なる試料観察にも対処できる最新の TEM 関連装置がこれだけ一か所にまとまって使える電顕室は国内でも珍しく、直接指導できる人的体制まで整っていることは大変恵まれている。TEM も試料作製装置も共に利用件数は増加傾向にあり、技術支援が順調に進んでいることが判る。ただ、年間を通して込み合う時期と閑散期がはっきりしており、各研究室の実験時期を当室の側から積極的に振り分け、年間を通して高い利用頻度を維持する平準化作業を行えば、より丁寧かつ効率的な指導が可能になる。また、トラブル件数は納入当初より頻発しており、装置を常に最高状態で維持管理することの難しさを示している。装置の耐用年数から計算しても、今後経年劣化は一層早く進んでいくために、装置メンテナンスの重要性は高まることが予想される。

## 12 注

\*1. 各大学が所有する研究設備の相互利用・共同利用を推進する目的で構築された自然科学研究機構分子科学研究所が運営するネットワークシステム。学内で登録された分析装置の予約・使用料金の支払いを一元的に管理できる。

## 13 謝辞

本 VBL 電顕室の運営には物理システム工学科教授箕田弘喜先生のサポートを頂いている。また、機器分析施設室長で化学システム工学科教授の亀山秀雄先生(2015 年 3 月末退官)、機器分析施設准教授の野口恵一先生、学術研究支援総合センターコーディネーターマネージャー原島朝雄様のご協力も頂いている。ここに厚く御礼を申し上げる。

また、装置本体、設置環境整備に装置の技術指導まで含めたパッケージングで更新機種への納入交渉を進め、これが結果的に東京農工大学の研究を長期間に亘って総合的にバックアップする体制へと繋がった。日本電子株式会社の関係者皆様にも御礼を申し上げる。