

生命工学科のカリキュラムの概要

齊藤美佳子（工学部生命工学科）

A Review of Curriculum at the Department of Biotechnology and Life Science

Mikako SAITO (Department of Biotechnology and Life Science, Faculty of Technology)

要約：生命工学科のカリキュラムは、生命科学、化学、工学の3つを基幹としている。これらをライフサイエンス基礎科目から専門科目によって学んでいく。専門科目では、各教員が行っている最先端の研究内容の事例を紹介する生命工学の最先端を始め、バイオサイエンスおよびバイオテクノロジーに関する特徴ある講義が多数開講されている。これらを修得することにより、生命工学に要求される社会的ニーズへの理解力や、生命工学の専門知識および先端領域への対応力を身に付けることができる。

[キーワード：生命科学、化学、工学、ライフサイエンス基礎科目、専門科目]

1 はじめに

生命の神秘を解き明かす研究が、日進月歩で進んでいる。これらによって得られる様々な知見は、化学、医薬品製造、臨床診断、食品産業など生命産業において膨大な数の新産業を生み出している。この新産業創出の機動力となっているのが生命工学である。

本学科は、複雑かつ高度な生命現象を分子レベルから細胞、個体へと理解することを通して多方面の情報と関連させ、新たな産業分野を開拓する魅力ある人材を養成することを目的としている。そこで、生命科学、化学、工学を基幹とした、全学共通基礎科目および専門基礎科目である「ライフサイエンス基礎」からから専門科目までの一貫した独自のカリキュラムを作成し、これに基づく教育を実施することにより、学生に学問の確かな方向性を与え、向学心が向上し基礎的素養が身に着いた人材を輩出している。

本稿では、現在のカリキュラムの概要を解説するとともに、それに託された本学科の教育理念についても私見を述べてみたい。

2 カリキュラムの構成

生命工学科のカリキュラムは、生命科学、化学、工学を基幹としている（図1）。これによって、複雑かつ高度な生命現象を理解するために、分子から細胞、個体までの全ての生物材料、生物体、そしてそれらのモデル系について学ぶように構成されている（図2）。化学が基幹の一つであるということは、たとえ細胞や個体の現象であっても、分子レベルでの理解を目指すことを意味している。また、工学が基幹の一つであるということは、単に現象の理解に留まらず、実用的見地からの見識も十分に備えておくべし、ということである。この3つの基幹は、ライフサイエンス基礎科目、バイオサイエンス専門科目、バイオテクノロジー専門科目によって学んでいく（表1、表2）。

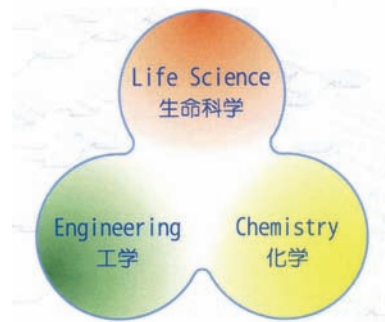


図1 生命工学の3基幹

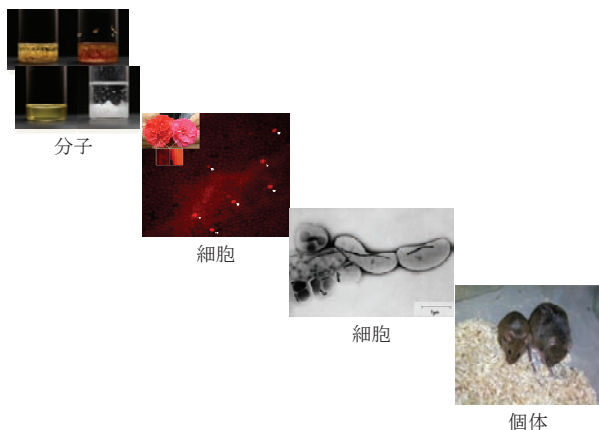


図2 分子から個体までの全てが対象

この3基幹を補足するものとして、数学、物理、情報系の科目がある。さらに、英語、人文社会、スポーツなどに加えて、数学、物理、化学、生物の基礎的内容を講義する科目がある(表1)。

講義と並行して実験・実習が課せられており、それらの集大成として卒業論文がある(表2)。言うまでもなく実験・実習、卒業論文は必修となっている。

3 講義の特徴と教育理念

1年から始まるライフサイエンス基礎は、生命工学科に入学したのだという実感をもち、高いモチベーションを誘導するよう構成されている。例えば「物理化学」ではなく「生命物理化学」となっている意味は、たとえ熱力学を講義する場合でも、その理論を適用する対象として生命現象を意識させることにある。「生化学」ではなく「生命化学」となっている意味は、アミノ酸や核酸などの個々の分子について、生体外に取り出した状態での性質を学ぶことで終わるのではなく、生命体のどの部位で、他の分子群とどのような相互作用をしながら機能しているのか、という動的な姿を常に意識させることにある。このような講義は、自ら生命現象の研究に取り組んでいる教員であるからこそできるものである。研究に支えられた教育の意味がここにある。

ライフサイエンス基礎によって、学生は、単に化学を学んでいるのではなく、同時に生命科学も学んでいることに気が付くころ、その内容にさら

表1 自然科学系基礎科目・専門基礎科目

区分		授業科目		履修年次	
全学共通教育科目	自然科学系基礎科目	T A T I 科目	数学	線形代数学 I	1 年前期
				微分積分学 I および演習	1 年前期
			物理学	物理学基礎	1 年前期
			化学	化学基礎	1 年前期
		生物学	生物学基礎	1 年前期	
	T A T II 科目	数学		線形代数学 II	1 年後期
				微分積分学 II および演習	1 年後期
				数理統計学	2 年後期
		物理学		量子力学概論	2 年前期
				熱力学	1 年後期
			電磁気学	1 年後期	
地学		地学	前期		
		地学実験	前期		
専門基礎科目	数学・情報		微分方程式 I	2 年前期	
			関数論	2 年後期	
			バイオインフォマティクス基礎	2 年前期	
	物理学		光・波動	1 年後期	
	生物学		基礎生物化学	1 年前期	
			基礎分子生物学	1 年前期	
			基礎生態学	1 年前期	
			基礎生物学実験	1 年後期	
	ライフサイエンス基礎		生命物理化学 I	2 年前期	
			生命物理化学 II	2 年後期	
			生命有機化学 I	1 年後期	
			生命有機化学 II	2 年前期	
			生命分析化学	2 年後期	
			生命無機化学	2 年後期	
			機器分析学	2 年前期	
			生命化学 I	1 年後期	
			生命化学 II	2 年前期	
			分子生物学 I	1 年後期	
			分子生物学 II	2 年前期	
			細胞生物学 I	2 年前期	
		細胞生物学 II	2 年後期		
	ライフサイエンス基礎演習 I	2 年後期			
	ライフサイエンス基礎演習 II	3 年前期			

に工学が加味されていく。2年後期から始まる「バイオサイエンス専門科目」、「バイオテクノロジー専門科目」がそれである。単に生命現象を意識しての講義ではなく、直接、生命現象に取り組んでいる内容の講義となり、学生は、生命現象の奥深さを実感することになり、その結果、生命現象を学ぶことの面白さに引き込まれ、やがては自らも深く研究してみたいとの思いに駆られることであろう。実際、この段階では、講義内容のレベルは高くなるが、各教員自身の研究内容が強く反映された講義となるので迫力がちがう。学生は、単に研究内容だけでなく、研究者としての教員の姿に、感得することも多々あると思う。逆に言えば、

表2 専門科目

区分	授業科目	履修年次
バイオサイエンス専門科目	生命工学の最先端Ⅰ	3年前期
	生命工学の最先端Ⅱ	3年前期
	生命科学英語	2年後期
	蛋白質科学	2年後期
	免疫工学	3年後期
	植物工学	3年前期
	先端機器分析学	3年前期
	地球環境工学	3年前期
	生理学Ⅰ	3年前期
	生理学Ⅱ	3年後期
	細胞再生工学	3年後期
バイオテクノロジー専門科目	生命工学の最先端Ⅲ	3年前期
	生命工学の最先端Ⅳ	3年前期
	生命技術英語	3年前期
	メディシナルケミストリー	2年後期
	バイオプロセスエンジニアリング	3年前期
	食品・医薬品開発工学	3年後期
	医療・組織工学	3年後期
	レギュラトリーサイエンス	3年後期
	生体電子工学	3年前期
	マリンバイオテクノロジー	3年後期
	応用ゲノミクス	2年後期
実験・演習	身体運動科学概論	3年後期
	生命技術特別講義（基礎ゼミ）	1年前期
	生命工学実験Ⅰ	2年前期
	生命工学実験Ⅱ	2年後期
	生命工学実験Ⅲ	3年前期
	生命工学実験Ⅳ	3年後期
	生体機能工学演習Ⅰ	4年前期
	生体機能工学演習Ⅱ	4年後期
	応用生物学演習Ⅰ	4年前期
	応用生物学演習Ⅱ	4年後期
	生体機能工学実験Ⅰ	4年前期
生体機能工学実験Ⅱ	4年後期	
応用生物学実験Ⅰ	4年前期	
応用生物学実験Ⅱ	4年後期	
卒業論文		4年

意義は、研究者としての姿あつての教員が講義して、初めて大きな効果を持つのではなからうか。それが本学科の教育理念といえる。

「生命工学の最先端Ⅰ～Ⅳ」を必修としているのは、そうした理念に沿っていることもあるが、より現実的に、学生が卒論研究室を選択するためのアップデートな情報を提供する意味もある。本学科の教員が自らの研究内容を中心に、関連分野の動向を解説する。通して聴くことによって、本学科の教員が活躍している領域の特異性、多様性、そして全体の広さ、を実感するであろう（表3）。酵素、タンパク質、遺伝子、細菌、植物、動物から合成機能分子や合成高分子、さらに無機化合物までを対象とする多様性は、本学科が、元々は応用化学系の学科を出発点として構築されてきたことと無縁ではない。

表3 本学科教員の研究内容

コース	教育研究
生体機能工学	動・植物細胞の生体機能の解析、遺伝子情報の解析、生体情報データベースの解析、ナノバイオ的分子設計、X線結晶解析やNMR法を用いる生体高分子構造・物性の分子・原子レベル解析、構造生物学を支援するバイオインフォマティクスなど、分子及び細胞レベルでの生体機能の解明に基づいた工学的応用を展開するための基礎研究を行っている。
応用生物学	バイオテクノロジー、マリンバイオテクノロジー、生物磁石等の生物機能の解析、有機化学的合成法及び遺伝子組み換え法、生物物理化学の方法論を駆使した生体高分子物性の高精度な解析、生体内で反応が進行する生体内反応の解析、生物材料の育成・調製をもとに生物機能の特性を分子レベルから解析し、これを応用するための基礎研究を行っている。
バイオソサエティール工学	生体機能工学及び応用生物学の教員と協力して行っている。

大多数の教員の研究対象が基礎から応用にまで及んでいることは、本学科の特徴の一つではあるが、実用段階から産業化に至る領域は、さすがに民間あるいは国立研究機関などの専門家の支援に頼らざるを得ない。そこで「バイオサイエンス専門科目」、「バイオテクノロジー専門科目」の約3

分の一の講義では、外部機関からの素晴らしい講師陣を交えた構成の講義を企画している。

例えば、再生医療に関わる研究動向は国内外で大きな関心を呼んでいる。実用的見地から「細胞工学」と「バイオマテリアル」の観点からアップデートな解説が必要と考えられる。そうして企画された講義が「細胞再生工学」と「医療・組織工学」である。前者では、総論と基礎的な事項についての講義に続き、膵島移植、皮膚移植、造血幹細胞移植、毛髪再生、などの講義が行われる。後者では、高分子材料の生体内安定性、生分解性、材料評価技術、などの講義が行われる。再生医療や関連分野で将来活躍を希望する人が研究を開始するための有用な情報になるはずである。

「レギュラトリーサイエンス」は、従来、学部教育のカリキュラムになかったものであるが、食品や医薬の世界を理解するうえで、不可欠である。そこで、他大学に先駆けて、医薬品の毒性試験、医薬品の国際治験、漢方薬の国際標準化、薬剤認可プロセス、食品のリスクアセスメント、食品中アレルギー、遺伝子組み換え食品、などの講義を企画した。食品や医薬の関連分野を目指す人にとって、必ず学んでほしい内容である。

「地球環境工学」では、エネルギー問題を考える際に必ず直面する問題を解説する。地球温暖化、再生エネルギー、バイオ燃料、風力発電、ヒートポンプ、LED、環境汚染、汚水処理、ごみ処理、そしてハイブリッド自動車、などの講義から構成されている。エネルギー分野での活躍を目指す人にとっては、何が問題の本質かを考える絶好の機会である。

「先端機器分析」では、生命工学の研究を遂行する上で、不可欠な機器分析装置について、基礎から研究の実例までを紹介する。質量分析、X線結晶構造解析、NMR法、顕微蛍光イメージング、走査型プローブ顕微鏡等、次世代DNAシーケンサ等、の講義から構成されている。「どう使うか」に留まらず、原理や構造の理解を深め、自ら新しい機器を開発しよう、という動機付けまでできたらと願っている。

その他の講義も含め、学生は、卒業論文に入る

前に、生命工学についての理解を深め、研究することの魅力だけでなく、社会的責任についても深く学ぶことになる。

4 学生実験

工学系カリキュラムにおいては、一般に学生実験の重要性は大きいですが、本学科では特に大きな比重をかけている。すなわち、専任の教員を配し、実験テーマごとに、そのテーマを習熟した大学院生数名をTAとして参加させ、木目の細かい実験指導体制を敷いている。すべて必修であり、基礎的な器具やソフトウェアから最先端の分析機器の取り扱い方までを学ぶ。実験テーマは、ライフサイエンス基礎科目の学習の流れに沿って構成されており、講義で学んだ内容を、具体的な関連テーマの実験を通して、再学習することになる。以上によって、卒業研究へのスムーズな導入を図る。

生命工学分野の研究の進展は速いが、それを支えている実験科学技術の進展に負うところも大きい。したがって、実験テーマも絶えずアップデートする必要がある。そして、実験技術の習得目標が高くなるに伴い、その評価基準もより緻密にする必要があろう。さらに、学生実験は、社会における工業技術のあり方を専門的見地から考える絶好機である、と考えられるので、その場にグリーンコンセプト、クローズドサイクル、などのコンセプトの導入も望まれる。本学科では、学生実験のさらなる充実をめざし、こうしたことについての議論を重ねている。

5 おわりに

本学科の先達からの受け売りに、自らの体験を重ねながら、カリキュラムの内容について概説してみた。しかし、果たして、「生命工学とは？」という問いに答えられたのであろうか、大変心許ない。ただ、それでも生命工学は医学、薬学はもとより、農学、生物学、環境工学などとも一線を画するという気がするのである。それを的確な言葉にできないのはひとえに筆者の表現力の貧弱さによるものである。読者のご寛容をお願いする次第である。

有機材料化学科の戦略と戦術

「女子学生の特定分野の研究者・技術者への支援」から 「技術・科学の本質を変えうる女性材料化学専門家の育成」へ

岡本昭子, 清水美穂, 跡見順子, 米澤宣行 (工学部有機材料化学科)

From Induction of Science & Technology Girls to Discipline Experts To Creation of Novel Feature of Material Technology by Female Professionals ~Strategies of Department of Organic and Polymer Materials Chemistry~

Akiko OKAMOTO, Miho SHIMIZU, Yoriko ATOMI, Noriyuki YONEZAWA
(Department of Organic and Polymer Materials Chemistry, Faculty of Technology)

要約：女性教育ファカルティが男性教員 14 名に対して 5 名となった，有機材料化学科における，女子学生に対する課外学習機会提供試行を通じた教育内容変更への調査・準備・見えてきた方向について，具体的材料を示しながら述べる。

[キーワード：有機材料化学教育，女子が変える技術と科学，双方向のコミュニケーション，細胞学-運動機能-有機材料化学との融合，学習-実践型ゼミ]

1 はじめに

2014 年の最初の有機材料化学科教室会議には 19 人の教授・准教授・講師全員が出席して始まった。この会議は，有機材料化学科の学部教育に主に兼任という形で携わる教員会議である。筆者(岡本)は最年少の参加者として，初の出席であった。この会議には筆者(岡本)を含め，5 人の女性教員が出席していた。恐らく本学でも女性教員比率の高い学科ということになっているのだろうと思われる。しかし，昨年度末まで，本教室会議に出席していた女性教員は畠中講師 1 名のみであった。ここ約 1 年の人事的な流れを掻い摘んで述べる。

2013 年の 2 月，有機材料化学教室は株式会社アルマードと東レ株式会社からの寄附講座・材料

健康科学講座の特任教授・特任准教授として跡見順子・清水美穂を招くことを決め，また，工学府応用化学専攻有機材料化学専修(工学部有機材料化学科)の講師(女性限定)と女性未来育成機構所属で本専修・学科を兼務する講師または助教の同時公募を決めた。その結果，本年 1 月に筆者(岡本)が着任(昇任)して，現在の構成になったのである。

ここまでを眺めると，最近声高に叫ばれている女性教員増加に乗った変化と受け止められるであろうと想像できる。しかしながら，教室会議等で聞いた学科の意図することはそれとは異なるものであった。ここで行われた教員の採用と有機材料化学教室に関わる教育内容・研究内容の現在社会での役割とその将来的な責務の両立を考えた学科専修像，との関連，関係教員たちの判断，そしてその結果としての意図した変化・想定外の変化，そしてそれらの対応を整理し，それを教室外の方々に見ていただくことは大いに有意義と考える。教室が対応する専門分野の将来的方向性の確定，

特に学部教育での教育的な問題への対応と研究開発業務との両立、在学生の向上意欲盛り上げと進路問題への対応、に関わる女性教員の立場・役割として、教室がどのように考え、具体的にどのようなことを、どのように行ったかを報告することは、恐らく、教育的、あるいはそれを越えて広い範囲の対象者にとって有益なことと思われる。

このような背景の下、本稿では、岡本、米澤、跡見・清水が分担し、「女性」と「有機材料化学」というキーワードを軸にした有機材料化学科の教育を整理してみたいと考えている。まず、米澤が、有機材料化学科の教育の考え方と歴史的な経緯、学内外の立ち位置について概説する。次いで、本学女子学生と本学教員の両方の立場を分ける人間として、岡本が本学の女子学生の特徴を整理する。また、材料健康科学の紹介とその立ち位置を述べる。それらを受けて、今年度始まった試みを、跡見・清水、岡本の順に紹介する。個々の試みの教育内容についてはできるだけ詳細に述べるようにしたいと思っている。最後に、これらの試行の結果も加えて、見えてきた方向について整理する。

2 有機材料化学科の教育の概要と女子学生への期待と試行(米澤)

工学部発足時の2学科の繊維学科の後継学科で、大学になる以前からの長い歴史を持つ学科である。ちなみに、もう一つの製糸学科は現在の生命工学科の一部となっている。昔の学科名からはっきり分かるように、製糸学科は生糸を扱い、繊維学科は天然繊維から始まって、半合成繊維・合成繊維、を扱うこととなった。さらに、時代の流れに応じてプラスチックやゴム(エラストマー)、等を扱った教育と研究を展開し、現在は機能性材料、高性能材料(エンジニアリングポリマー)、光電子材料、医用材料を研究テーマとする集団となっている。この教育・研究内容の変遷は、東レ、帝人等の繊維会社の業態変遷とほぼ歩を同一とするものと言える。このように、非繊維系の起源を有する我が国の有機材料産業界に対して、長い間、日本社会の繊維業界→有機材料、特に機能性有機材料

の研究と、それらの業界で活躍する人材を輩出し続けてきており、それは時代の人材要求を先取り、少なくとも大きくは遅れないタイミングで対応してきた結果でもある。

当然のことながら、現時点でも「これからどのように展開するのか」を考え続けながら教育研究活動が行われている。当然、社会に対してどのようなメリットを提供できるか、貢献できるかという視点での検討である。そこで、ここでは教育内容、特に、学部教育について振り返ってみることから始めてみる。筆者はこのような時代要求に対応した人材育成を支えたのは、本学科の骨太の教育であると思っている。本学科では、長く化学系学科としての「化学全般の学習」と(有機系)材料の物性を理解するのに必要な「基礎的な物理」の学習を軸とするカリキュラムを維持してきた。また、途中途絶えたこともあるが、現在は1年生週1回、2・3年生週2回の実験授業を課している。次ページに、本学科のコースツリーを示す。

この実験重視の教育、画面を手で触って知識を身につめるのではなく、知恵を身体で体得することを目指す教育である。実験で教えることのできる、というこの学科の基本の一つは、恐らく極めて重要なことであり、一朝一夕にできるものではなく、進化させて維持していきたいものである。特に、材料化学・材料科学・材料技術という、人工物科学において必須である「物質・材料の要素抽出と再統合の考え方」と「物質・材料を、化学的視点を以って扱う具体的な方法」という二通りの智慧をつけていく教育としては、必要分野を網羅する基盤領域の授業と実験による検証学習が重要、おそらく不可欠であろうと考えたカリキュラムを展開することになると思われる。

本学工学部には、有機材料化学科の他に、生命工学科、応用分子化学科、化学システム工学科、と化学系企業への就職の多い、大きく分けて4つの学科がある。本学科と応用分子化学科はいわゆる化学系で、「有機機能材料と高分子の化学」の有機材料化学科に対して、応用分子化学科では「無機材料と小さな分子の合成反応」の違いがある。化学システム工学科は「化学工学」で、大雑把に

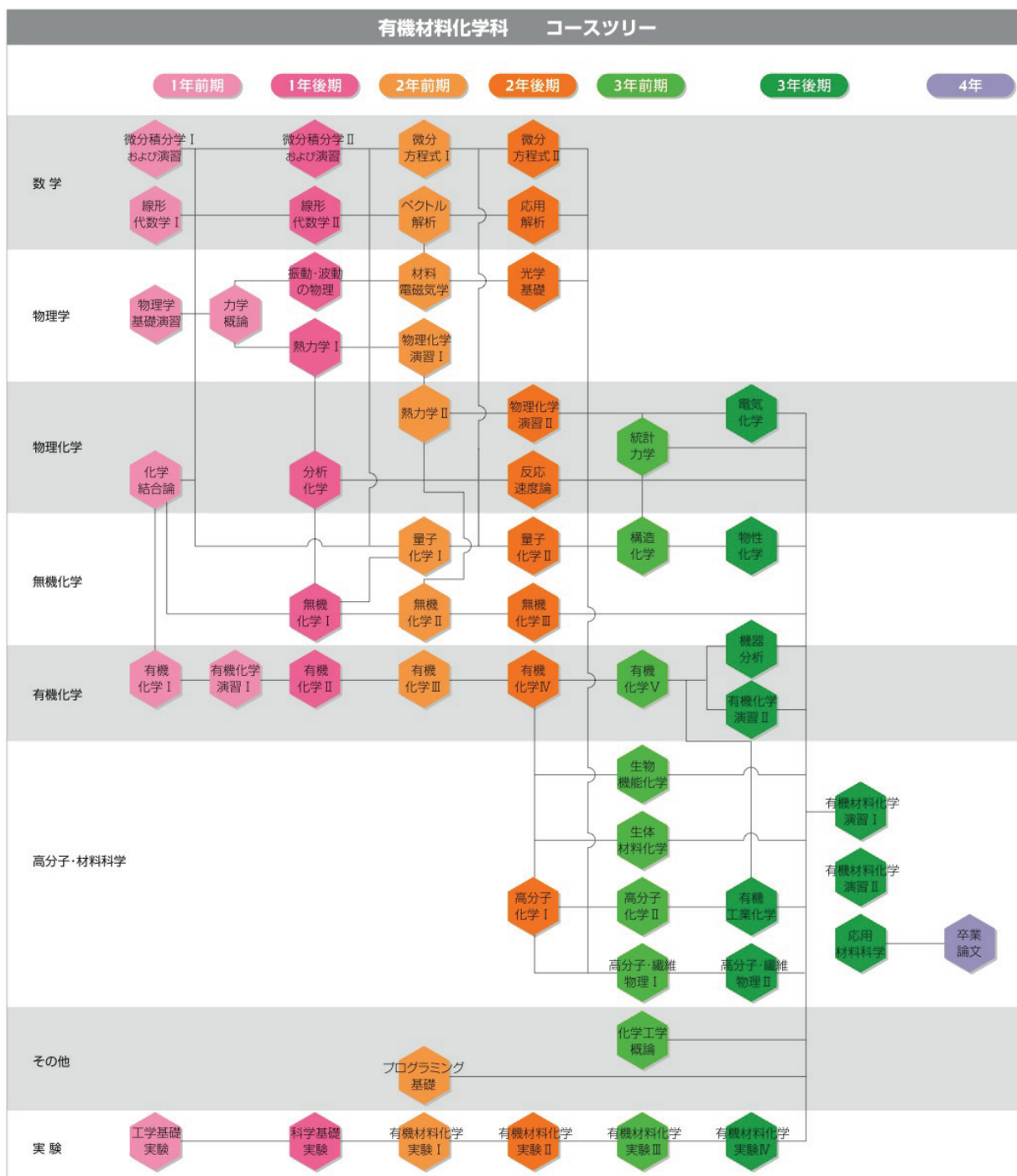


図1 有機材料化学科のコースツリー

言うとは化学プラントの建設と運転、とイメージすればよいであろう。

このような違いの結果とも言えようが、有機材料化学科に直結した大学院：有機材料化学専修の博士後期課程修了者は、企業で活躍できる博士になってもらいたい、という想いがあり、現にアカデミックは少なく、大部分が民間企業で働いている。今後、有機材料化学科が扱う分野では、特に東南アジアで、化学界が工場の大量建設から次のステップに移ることを踏まえて、材料化学面での教育的・人材育成的国際貢献が求められるようになると思われる。

一方、化学系学科では女子学生が多く学んでいる。その中でも、有機材料化学科は生命工学科の次に女子学生が多い学科である。それは、三大材料(金属材料、無機材料、有機材料)の中でも、日常生活で、また人間に接して使われることが多い有機材料が対象であることから整合性はあろう。

このような、諸状況の下、私たち有機材料化学科は、この「女子学生が多い」という特徴を特長にするという面でも、教育を深化させるように考えている。そこでは、男勝りの女になって貰おうと考えているわけではない。女性の観点で有機材料化学のより世界に貢献出来る形作りに参加してもらいたい。そういうことをリードできる人材になってほしいのである。新しい、より合理性の高い、「有機材料化学」の創成である。

そのために必要なもの、その一つは、どこどの境界分野を模索するかということである。これまで、有機材料化学は構造材料分野で大いに貢献し、自動車や家庭電気器具の普及に有利な部品・部材を提供し、さらに、光・電子分野と共同し、液晶や発光素子等の分子材料で大きな成果を上げている。当面の間、これらの課題は重要であり、化学全般と物性基礎となる基盤物理の教育・研究のポテンシャルは維持していく責務がある。一方、本学科のカリキュラムでは生物系の割合が小さい。有機材料化学の起源を考えたとき、生物界の有機材料の要素の化学的抽出と人工的再構築設計・実践・応用ということになる。当然、今までの医用

材料の教育研究分野に加えて、何らかの措置が必要となった。

もう一つの重要な要素は女子学生にとってのロールモデルであろう。先程も述べたように、男勝りの女性ではなく、恐らく男性目線が重かったこれまでの有機材料化学とは違う、女性目線での有機材料化学を考えるためのロールモデルである。女子学生から見れば、原寸大の人物と、海外状況がそのモデルであろう。

これらの要素を教育に正規の課程として取り込むのは時間がかかるのは明白である。現行の科目とのトレードオフが発生し、仮に強引な科目削減を試みれば従来の水準の人材育成という、社会的責任が果たせないからである。そこで、本学科が試みたものは、課外活動としての、学部1年生向けの「女子ゼミ」と同じく「寄附講座ゼミ」である。

前者では、女子学生の先輩である本学科講師の筆者(岡本昭子)が、自分自身の歩んできた道を話題提供として伝え、女子学生の考えを聞くというものである。後者は、寄附講座教員(跡見順子、清水美穂)が、人間の運動と細胞の変化の関係を、自己の運動の窓口と、生物学的な切り口で考えることを展開するものである。次節以降、この二つの試みについて、ある程度詳しく、具体的に述べる。それにより、他の学科等の参考にしていただきたいと考えている。

3 元 ”農工女子”の念いと 今”農工女子”の想い(岡本)

筆者(岡本)は、高校生の頃、進路を文系から理系に変更した。高校二年生の夏のことだ。化学の先生から「大学で実験をして、レポートにまとめる」という宿題が出された。筆者は、当時始まったばかりの「夢化学 21」プログラムに応募して、夏休み中に五つの大学で体験実験をさせていただくことができた。研究内容は難しく、あまりよく分からなかったが、大学院生のお兄さん、お姉さん達が真っ黒な白衣を着て、昼夜もなく夢中になって実験している姿は最高にかっこよかった。ず

っと考えていられる「わからないこと」がなんであるのか知りたい!そして、私も一緒にやってみたい!と強く感じた。数学は大の苦手、物理も勉強したことがなかったが、化学を勉強したい、という一心だった。筆者が東京農工大学工学部応用化学科に入学したのは1999年4月のことである。それまで入学後の一年間を農学部府中キャンパスで過ごしてきた工学部の一年生を、入学1年目から小金井キャンパスで受け入れる最初の年であった。週2回は農学部に通うものの、生協にはまだ第二食堂がなく、連日大混雑という状態であったものの、できたばかりのBASE棟、キャンパスの中央を貫く欒並木、開花時期のいろいろな種類の桜...小金井キャンパスが我らのホーム!と思っていた。こうして、筆者にとっては、念願の化学科での大学生活がスタートしたのであるが、待っていたのはいばらの道であった。化学が好きだったはずなのに、全然化学が分からないのである。大学一年生の夏に行われたコース決めの実力テストでは、当然ながら点数はとれず、三つのコースの中で「最も厳しい」ことで「人気の」機能材料化学コース(現 有機材料化学科)に進むことが決まった。「私は道を誤ったのだろうか」と不安に駆られたのを覚えている。しかし、今思えば、このコースに進んだことはとても幸運なことだった。クラスは、キャラクターもバラバラであったが、まるで共和国の住人同士のように仲が良かった。共通していたのは、要領が悪く、ちょっぴり硬派、そして、「我らに失うものは何もない。とにかくやるしかない!」という覚悟のような気持ちだった。レポートやテスト勉強は、図書館に集まり、クラスみんなで力を併せて乗り切った。余裕がなかったといえばそれまでなのだが、助け合っても何でもやらなくちゃならない状況だったのだ。その後、筆者は、米澤宣行助教授(現教授)の主宰する有機化学を基盤とする研究室に配属され、卒論研究に取り組んだ。最初に大まかな指針は示されるものの、テーマは基本的にはなく、自分で開拓、脱線は大いに結構、というスタイル。先輩方がスイスイと反応を進めていく中、筆者は大いに苦戦した。しかし、仮説を立てて、丹念にしつこく検

証していくと、ある時、その現象の原理やコンセプトを垣間みれることがあった。これはこの反応が私だけに教えてくれた秘密に違いない。どんな小さなことでもこの上なく嬉しい経験だった。修士、博士の頃には、考えが凝り固まることが何度もあった。「こうなるに違いない」と思ってやる時には大抵結果がでないのだが、視点を変えて見つめ直すと意外な事実が現れていることに気づくことがあった。「やりながら考えること」、「一つのことに執着するのではなく、物事を俯瞰的に捉えながら柔軟に対応すること」――筆者は研究室で教わったことは、化学者にとって最も重要な姿勢だと感じている。筆者は、博士取得後、京都大学でのポスドクを経て、2008年10月助教として、再び母校に戻る機会を頂いた。母校でもスタッフとして働いてみると感じ方はまた違うものである。沢山の博士学生が指示を出し、修士学生や学部生がデータを出す、というスタイルとは異なり、有機材料化学科において、修士学生は研究室活動の主要戦力である。従って、修士学生は自ずと一つ上の立場で、自分で考え、判断し、周りと相談しながら仕事を進める力を身につける。筆者はそんな後輩たちの姿を頼もしく思う。その一方で、歯がゆく感じることもある。それは、自分たちはこのくらいで十分、と小さくまとまってしまうがちなどころだ。十分高いポテンシャルがあるのに、もう一步踏み出す、欲を出して徹底的にやるべきところで尻込みしてしまっているように感じる。失敗するのが怖いと思っているのか、こうあるべきだという自分の中の「普通」像にとらわれすぎているのではないか。筆者は、うまくいかなくてもいつか何とかなると考えて、今は「わからないこと」を楽しんで、色々やってみれば良いんだよと励まし続けたい。

4 材料健康科学寄付講座の設置

<取り組みのきっかけ> (跡見・清水;岡本)

昨年4月、有機材料化学科に跡見順子教授と清水美穂准教授が着任され、材料健康科学寄付講座が設置された。恐らく、今後必要とされる材料と

しては、超高齢化社会を見据え、ウェラブルで、生きていく上で必要な運動を補助できる材料が求められるはずである。そこで、本学科ではあまり重点を置いてこなかった生化学、それを純粋な学問としてのみではなく、実際の運動と関連づけて学ぶというのがこの寄付講座の目的だ。お二人の先生方はとてもエネルギーで、細胞の話となると瞳がキラキラして、熱っぽくお話して下さる。学生が配属されるまでの間を利用して、跡見順子教授が統括、清水美穂准教授がオーガナイザーという体制で(筆者はアドバイザーとして協力)、学科の1年生を対象にマテリアルヘルスサイエンスゼミ(マテゼミ)を開講して下さることになった。細胞学に関する輪講のほか、ベンチでの細胞観察、太極拳やストレッチ体験、学外の専門家の話を聴く等、実験や実習を取り入れた学習-実践型ゼミだ。一年生の登録者は男子7名、女子2名で、ここに学部4年生や博士学生が数人加わった。全員有志である。



図2：マテゼミ発足時のメンバー
(左側：清水美穂准教授)

マテゼミの開講にあたり、筆者(岡本)は、学術的な興味・探究心の喚起に加え、学生生活やメンタル面でのサポートを通し、化学の専門家として、内面を鍛えて磨くことも必要だと考えていた。そこで、学科の1年生を対象に女子ゼミ開講することにした。「女子限定」としたのは、化学には女性が長く活躍できる場がたくさんあり、そのことに気づいて、女子学生が覚醒すればきっと学科

全体が活性化すると考えたためだ。

5 具体的活動(跡見・清水, 岡本)

これまでにマテゼミと女子ゼミで取り組んできた内容を紹介する。

5.1 マテリアルヘルスサイエンスゼミ(マテゼミ)

跡見順子先生によると世界一の日本人女性の長寿は、問題が多いという(75歳で50%, 85歳で75%が要介護)。跡見先生は, "Stretching is good for a cell" (細胞外マトリクス/ECMの研究者 Ruoslahti の論文タイトル, Science, 1997)で示されている身体内の組織を構成する細胞が、自身の内外に自ら合成し、(ECMの場合は)分泌し、重力下で生きている限り絶え間なく授受し続けるメカノケミカルシグナルに応答適応するタンパク質を主とするバイオフィバーと関連づけ、長年ストレッチを指導してきた。女性たちにも運動の重要性を理解してもらいたいと跡見先生は願っているのだ。身体内のマテゼミも跡見先生指導の下、15~20分程度のストレッチから始まる。その後、講義や実験、さらに、二名の学生が「Molecular Biology of the Cell」の細胞外マトリクスの章を音読し、その概要をプレゼンする、というのが通常のメニューだ。



図3：“Stretching is good for a cell”という講義とともにストレッチを指導してきた跡見順子教授(手前)のストレッチ体操：運動不足の4年生や大学院生の参加もあった

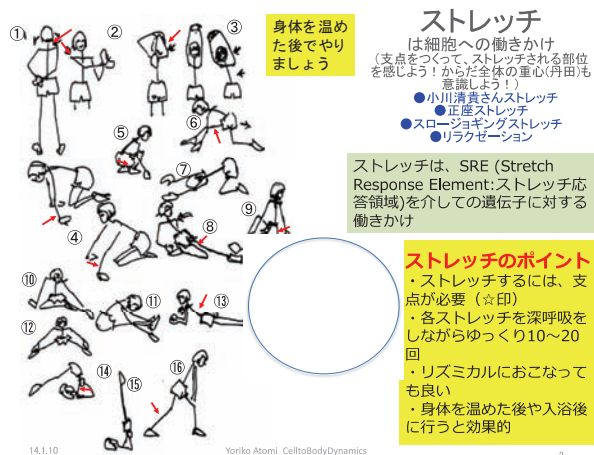


図5：実習に用いているクリーンベンチ

股関節と体幹のストレッチ

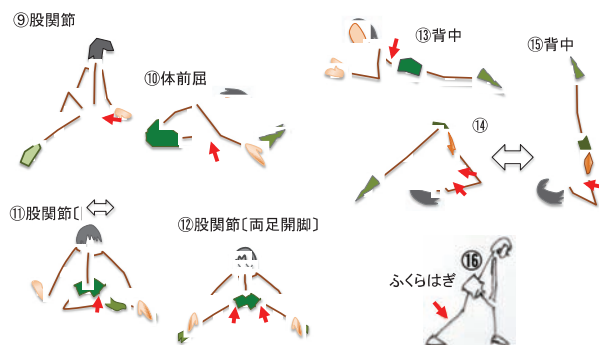


図4：跡見先生によるストレッチの指導メモ (一部抜粋)

実験は、清水美穂先生指導の下、細胞培養の培地交換時に必要な無菌ピペット操作から始め、培養細胞の固定や染色にも取り組んだ。実験実習の内容を以下に示す。

- 第1回 6月4日：クリーンベンチでのピペット操作
- 第2回 6月11日：培養細胞を播いてみよう
- 第3回 6月18日：細胞についての講義
- 第4回 6月25日：卵殻膜についての講義、培養細胞の固定と染色
- 第5回 7月2日：帝京科学大学の廣瀬 昇先生 + 田中和哉先生(理学療法士)による心拍測定の実際、大動脈流、心音を聞く。

前学期の最終日には、「細胞・脳・身体・マテリアルから自分を知る (I)」をテーマに、サマースクールが開かれた(7月29日(月)終日、於4号館1階交流スペース、先端科学実験棟205)。

マテゼミ サマースクールプログラム
「細胞・脳・身体・マテリアルから自分を知る (I)」

<午前中>テーマ：細胞骨格～生物が、形・力・リズムを生み出すしくみの理解

9:00-10:00

・細胞観察：6月25日に各人で作成してもらった線維芽細胞の蛍光ファロイジン染色の観察、膝関節切片のコラーゲン線維配向観察(顕微鏡・ニコインスティック株式会社提供)

10:00-12:30

(1) 跡見先生の放送大学特別講義「自分がわかる細胞健康科学～細胞・身体連携力学応答機構とスローエクササイズ効果～」ビデオ鑑賞

(2) 細胞骨格、シャペロン等に関する講義(跡見先生)

12:30-13:15 ランチ(意見交換会)

<午後>テーマ：身心一体科学（帝京科学大学医療科学部理学療法学科の共同研究者による協力）

- ・ストレッチ～6月から毎週皆でストレッチを続けることで、対前屈の柔軟性が10センチアップしたことが体育の授業の測定で判明して嬉しかったという報告を受けた。

- ・7月2日の廣瀬 昇先生+田中和哉先生による心電図測定→心電図からのR-R, T-T, P-P間隔の測定（ひとりひとり、きちんと正確に測定し、グラフを描く）

- ・帝京科学大学の跡見友章先生（理学療法士で脳科学専攻）による「自己をつくる脳」の講義

- ・身体バランスと脳における自己形成について交流会 19時～

跡見先生の放送大学特別講義では、参加者から、「自分の上手な努力（マイルドストレス、マイルドな身体活動）で誘導することができるストレスタンパク質について知った」、「身体は使わないとダメになる」、「微小管のCGが良かった.」、「宇宙飛行士の筋萎縮にストレスタンパク質が関わっていることは知らなかった.」、「線虫の寿命がストレスタンパク質の変異で延びたことは驚き.」、「細胞は使わないと衰える.」、「身体バランスの訓練になる太極拳に関心をもった」などの感想が寄せられた。

5.2 G科1年女子ゼミ

高校生の理解で選んだ大学進学先が思い描いていたものと異なることは容易に想像できることだ。それをきっかけに、あるいは別のきっかけで学習がおろそかになり、卒論が始まる頃にはかなり自信を失ったり、頑なに現状否定をするような学生を少なからず見てきた。そういう学生に、有機材料化学にはいろいろ活躍できる面があることを思い直させ、指針をもたせる試みを積み重ねたいと思っている。筆者(岡本)は、本学科の卒業生として後輩たちのポテンシャルに強い信頼を持っているし、また女性として、特に女子学生に専門家として大いに活躍して貰いたいと強く願っている。筆者は女子ゼミを運営するにあたり、筆者の試

行錯誤した経験も伝え、社会の期待への正確な認識を促し、使命感を持たせるように、まず、学生の気持ちを聴き、胸襟を開いてもらって「大人の考え方」を聴かせるといった、双方向的な働きかけを地道に続けていきたいと思っている。

これまでの女子ゼミの活動内容を示す。

第1回 6月18日(金)：

顔合わせ

筆者の自己紹介

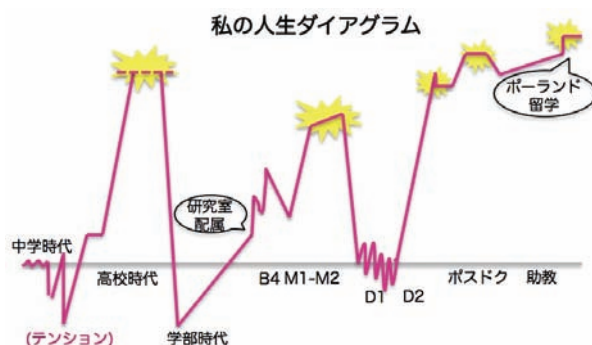


図6：女子ゼミ資料① 私の人生ダイアグラム（横軸は時間、縦軸はテンション）：女子ゼミメンバーの興味はやはり“谷”の部分とそこからの”立ち上がり”のきっかけ

第2回 7月5日(金)：

筆者の留学体験記～国際学会参加後の報告会
ウィーン、ワルシャワのおみやげ試食

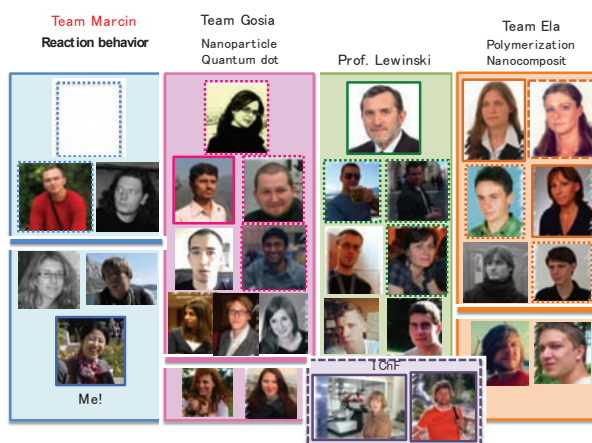


図7：女子ゼミ資料② 筆者のワルシャワでの留学体験記(2012. 8-11)：女子ゼミメンバーは、ワルシャワ工科大では博士課程に進学する女性が多いことに驚いた(実線および破線がPh. Dもしくは博士学生)

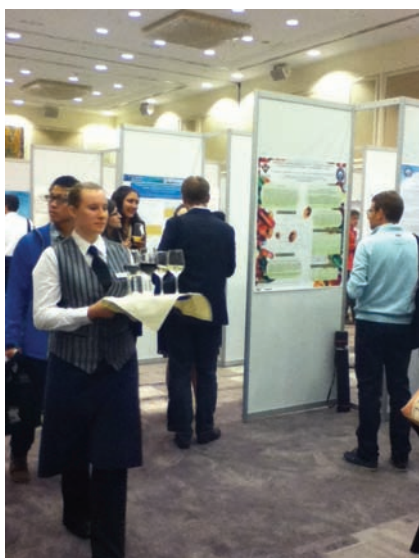


図8：女子ゼミ資料③14th Tetrahedron symposium (2013. 6, Vienna, Austria)：ワインを楽しみながらディスカッションするポスター会場

(補講期間～前期試験)

メールでのやり取り

「試験の出来が最悪でした(泣).」「お勧めの英語の勉強法はありますか?」など

第3回 12月18日(水)：

ランチ会～近況報告

いずれの回も13名の女子学生全員が参加した。最初の二回のゼミでは、まず、筆者が興味を持ってもらえそうなテーマを選んで話をし、その後、いろいろのおしゃべりの中で、学生たちの近況や考えを探るということを試みた。夏期休業後の1回目にあたる第3回ゼミは、筆者は話題提供をせず、みんなでオープンサンドを作りながら、近況を報告し合うランチ会を行った。

<第1回ゼミでのトピックス>

- ・学科を選んだ理由、期待すること
- ・英語学習への不安
- ・男子学生との距離感～異性と何を話すのか

<第2回ゼミでのトピックス>

- ・初めての定期試験への不安
- 数学

化学～高校との違いへの驚き

- ・海外旅行、留学へのあこがれ、興味
- ・教職の苦勞
- ・大学院の進学
- ・その他の活動 (バイト、サークルなど)

<第3回ゼミ(ランチ会)でのトピックス>

- ・学生実験
- ・夏期休業中のできごと
- ・趣味
- ・その他の活動 (バイト、サークルなど)

第1回ゼミでまず驚いたのが、「本学科に何を期待して入学したか」ということだ。当時は高校生であったにも関わらず、「自分はバイオが好きで、ここなら医療材料の勉強ができるのでは」など具体的なイメージを持って学科を志望してきた学生が多かったことだ。また、留学や海外旅行に興味をもつ学生も多かった。従って、大学の講義に+αの英語学習が必要だと分かっているにもかかわらず、どのようにすれば良いのか分からない、といった質問も受けた。筆者はNHKラジオ講座がネットでも聴講できること、TED(テレビ版/ネット版)の紹介、文化の違いを知るという観点からグルメや芸術、生活を取り上げる語学番組が活用できること、TOEICを継続的に受験する意義等話をした。

第2回ゼミでは、学生生活が本格的に始まり、学習への不安を言う学生が多かった。全員が大学院への進学は当然と考えていることも分かった。

第3回ゼミでは、授業への希望も少し見え始めた。学生実験は、基礎がしっかり学べてよいという学生がいる一方、物足りない、もっとガンガン、深くやりたいという学生もあり、意見が分かれた。高校ごとに実験経験が異なるので、どこに照準を合わせるかが課題となるが、プラスαの実験学習を用意するのも手かもしれない。クラスの仲間同士で旅行に出かけた話や趣味の話から各学生のペースとキャラクターが見えてきた。

5.3 活動のまとめ

マテゼミ、女子ゼミは今年度教員が自主的に開講してきたものである。試行錯誤の運営ではあるが、少しずつ手応えを感じ始めている。見えてきたのは、農工生の「素直さ」、そして「危うさ」だ。入学したての頃は、色々やってみたいという意欲があるものの、今何をすべきか、どんな可能性があるのか分からない。研究室配属までの3年間、教員側が一方向的に押し付けるように指導するのではなく、学生の求めていることを探り、必要な情報や学習機会の提供、相談がインタラクティブに行える関係を築きながら、継続的に農工生の成長を支援することが必要だ(岡本)。

6 おわりに

有機材料化学科では、これらの二つの試みを通して、将来への道候補が示されたように思われる。一つは、具体的材料用途として、人間の身体的能力を向上させるような材料の開発という目標の重要性がはっきりしてきたこと。もう一つは、物質の各々の分子・原子は入れ替わりながらも形態は保つ生物の物質循環を抽出要素として取り込んだ有機材料の創成である。これらの実現に対してのルート作りはまだ白紙同様である。これからもマーケット志向の試行を行い、社会の期待に応える学科として持続的に深化させていく所存である(米澤)。

7 参考文献

跡見順子(2012)「科学の成果を人間科学リテラシー構築に生かす “いのちのシステムを理解する科学と教育 -Equalityの科学の視座-」 [月刊『学術の動向』6月号, 82-89頁。(日本学術会議, 公益財団法人 日本学術協力財団) “特集2 今, 社会が科学者に求めること ソーシャル・ウィッシュ - 「いのちと健康」からの提案- “より]

デザイン能力豊かな Chemical Engineer の育成 (その 2)

滝山博志, Wuled LENGGORO, 徳山英昭, 亀山秀雄 (工学部化学システム工学科)

The Training of Chemical Engineers with the Focus on Design Aptitude: Part2

Hiroshi TAKIYAMA, Wuled LENGGORO, Hideaki TOKUYAMA, and Hideo KAMEYAMA
(Department of Chemical Engineering, Faculty of Technology)

要約: 工学部化学システム工学科では, 化学工学分野でのデザイン能力, すなわち, 必ずしも解が一つでない課題に対して種々の学問・技術を統合して実現可能な解を見つけ出していく能力の向上に繋がるデザイン教育の取組・改善を 10 年以上前から継続して行っている. 以前に紹介した, 東京農工大学大学教育ジャーナル第 7 号「デザイン能力豊かな Chemical Engineer の育成」の続編として, 本稿では本学科の近年のデザイン教育の取組を紹介する.

[キーワード: デザイン教育, ケミカルエンジニア, プロジェクト学習, 社会人基礎力]

1 はじめに

化学システム工学科はその名の示すとおり, 化学工学を学問体系としている. 化学工学は合理的な化学プロセスの開発・設計・操作を目的とした学問として, 20 世紀になって急速に発展してきた分野である. 従来は, 化学プラントを構築するために必要な共通の単位操作に関する学問が主流であった. しかし, 近年は化学を主とする総合化学と言われるように, 化学原料や製品はもちろん, エネルギー, 環境, 安全, 資源, さらには経済, 社会までを総合的に考え, それらの問題解決のための手法を考える総合学問と進展してきている. したがって, 化学工学分野の研究者および技術者 (ケミカルエンジニア) には, 複数の分野にまたがって思考するデザイン能力がますます必要とされている.

化学工学分野でのデザイン能力は, 必ずしも解が一つでない課題に対して, 種々の学問・技術を統合して実現可能な解を見つけ出していく能力を指す. そして, その能力は, Creative Thinking (アイデア発想力) として分類できる「問題設定能

力」, 「構想力」, 「計画・実施能力」と Critical Thinking (評価・判断思考力) として分類可能な「統合化能力」, 「表現能力」, 「コミュニケーション能力」といった要素能力で構成される. 化学システム工学科では, これらの要素能力を座学のみで取得するのは難しいと判断し, 10 年以上前から体験型の教育方法を実施している.

化学システム工学科のデザイン教育の取組は, 平成 20 年度の東京農工大学学内 GP に採用された実績がある. また, その取組内容および効果は, 東京農工大学大学教育ジャーナル第 7 号において「デザイン能力豊かな Chemical Engineer の育成」の記事で紹介した. 本学科では常にデザイン教育の充実を図っており, 本稿では本学科の近年のデザイン教育の取組を紹介する.

平成 25 年度の入学生からカリキュラムを改正し, 新たに「基礎プロジェクト演習 (1 年次生後学期, 必修科目, 2 単位) (H24 年度まで「化学工学基礎ゼミおよび実験 (1 年次生後学期, 必修科目, 1 単位) 」として開講), および「先端プロジェクト演習 (3 年次生前学期, 選択必修科目, 2 単位) (H26 年度まで「共生科学技術論 (3 年次生前学期, 選択科目, 1 単位) 」として開講) を設置した. この設置の狙いは, 1 年次生でデザイン

能力の重要性を認識させ、2年次生での専門基礎学力の蓄えを経て、3年次生でデザイン能力を習得させることにある。言い換えると、1年次生で定性的であったデザイン能力を、3年次生で定量的に進化させる。そして、4年次生で卒業論文研究を行うことで、デザイン能力を発展させるスキームである。一方、このような取組によって学生のデザイン能力が向上しているのかを評価することは非常に重要である。このことについて、本学科では社会人基礎力測定を行い、極めて緻密に学生の要素能力を評価し、今後の改善点などをフィードバックしている。

2 基礎プロジェクト演習

2.1 授業の目的

2012年度までは「化学工学基礎ゼミおよび実験」という授業名であったが、2013年度からは基礎プロジェクト演習（1年次生後学期、必修科目、2単位）」と改名された。この授業では、化学工学を学んでいくことを考えるきっかけとなる講義等を行う。グループ単位でプロジェクト研究を実施し、担当教員が与えた課題について調査・検討を行い、その結果をまとめて発表を実施する。基礎的な実験を通じて、レポートの書き方に関する基本マナーを修得すると共に、実験への臨み方、安全の心得も学習する。学科の研究分野、研究室の訪問・紹介を行なう。問題対象の本質を理解し、工学的な問題を自覚し、創造的に解決できる能力を育成する。

2.2 実験テーマの紹介

基礎的な実験では、まず実験ガイダンスを行ったのち、グループに分かれて、次のテーマについて学ぶ。

- (1) 実験器具の取り扱い（実験基礎）、(2) 身近な製品の化学：化学カイロ（移動現象・熱収支）、(3) 二酸化炭素の状態変化（物性・計測）、(4) ネットワークリテラシ（情報通信技術）。

次に受講生が希望するグループ（6名程度）に分かれて、数週間にわたってプロジェクト研究および最終発表会を行うが、本学の科学博物館の見学のほかに二回にわたって、化学システム工学科

の全ての研究室・研究グループを見学する機会を設け、研究室に配属された先輩たちから直接説明を受けた。社会性と夢のある研究テーマに触れることが勉学の動機づけになる可能性も高いと考えられた。各研究室では1年生のために様々な工夫がなされ、例えば、亀山・桜井研究室では「太陽と空気と水と土からエネルギーと環境と食糧対策の社会的課題を解決する化学工学の革新技術」という研究紹介を行った。

2.3 プロジェクト研究テーマ

ここで2012年度のプロジェクトのテーマとその教育的な効果・観点について紹介する。

・「将来のエネルギーの使用」

原子力、石炭火力、水力、太陽光、バイオマス等を原料としたエネルギーについて文献等から整理した。各々の特徴の比較をしながら、それぞれの利点と欠点（リスク、課題）について調べ、発電効率のみならず燃料の運搬費用・コスト計算まで行った。その結果、将来のエネルギー問題には国の政策が重要であることを見出した。

・「家庭での省エネ」

学生らが各自の家庭での省エネルギーの重要性に実際に取り組んだ。具体的な動作として、担当者がエアコンの設定温度と使用頻度、風呂の給湯器の運転、炊飯器の保温機能などの省エネルギー化を実施した。数週間にわたって、ガス消費量（ m^3 ）と電気消費量（kWh）の数値に変化が見られ、日常生活で、継続ができる取り組みと困難な取り組みを確認できた。

・「PCB（ポリ塩化ビフェニル）処理について」

材料として多くの利便性（絶縁性、熱・化学的安定性等）をもつPCBは世界的な使用が広まっていく中で、日本では中毒事件が起こり、使用禁止となった材料の一つである。その負の遺産の処分方法は国によって異なり、学生らは東京にあるPCB処理プラントを見学に行き、実際の化学工学的なプロセスを目にした。有用な物質にはリスクと安全性をしっかりと考慮する必要があることを学んだ。

・「福島原発事故から学ぶ」

事故による被害状況、除染の方法、作物への影響

について文献等から調べ、原子力発電のリスクを確認したと同時に、人々の放射線に対する知識の向上も必要であり、学生たちが未来の科学技術者として広い視野をもつことの重要性を確認した。

・「物質の流れ：レアメタル・資源問題」

特定の元素（化学成分）に注目し、その鉱物等の採掘現場から製品の組立工程までにおけるそれらの元素「固／液／気相」の変換に着目し、グローバルに展開する「物質の流れ」を理解し、20代ならではのことができること（対策）を考えた。電子機器の中にある液晶パネルのインジウムとリチウムイオン電池に着目して機器の製造工程について調べ、国内の供給量から廃パネルの回収技術までのコスト計算を行った。文献等からはリチウムは全くリサイクルされていないことから将来における物質循環の重要性が確認された。

・「動植物から学ぶ省エネ関連技術」

動植物には少ないエネルギーで効率的に機能する構造や複雑な微細構造を形成する仕組みが詰まっていることから、これらを利用した「省エネ化」の提案を試みた。学生らは、蜂の巣のハニカム構造の強度について紙製のモデル構造物を使って実際に検証した。また、イルカの皮膚の構造を再現し、水中の摩擦抵抗を減らすため新型塗料の存在を見出し、燃費の向上の計算を試みた。塗料の高い価格では割高になるため、新型塗料とハニカム構造をもつ「軽い」船舶のシステムを提案したが、この試みでも赤字の計算となった。学生らは、新「エコ」システムは割高になるが、将来の技術革新があればコスト削減の可能性について学んだ。

3 共生科学技術論（先端プロジェクト演習）

3.1 マイクロプロジェクト学習

共生科学技術論（3年次生前学期、選択科目、1単位）は、1年次から2年次後期までに培ってきた専門知識を基にした、目的指向型のマイクロプロジェクト学習である。学生にはシラバスを通じて次の内容を示してある。

①目的・概要：将来技術研究者として自立するためには、与えられた課題を分析細分化し、自分で問題解決に必要な知識を探し出し、創造的に活用

しながら問題解決にあたることが大切である。単に与えられた課題を解くのではなく、自ら課題を見だし、その課題を解決する能力はデザイン能力と呼ばれ、現代社会で最も必要な能力の一つとなっている。本講義は、デザイン能力を養うことを主とし、創造的に問題解決する能力を育成することを目的とする。1年次の基礎ゼミの形式ではあるが、3年間培ってきた化学工学の知識を存分に発揮してもらいたい。プロジェクト課題の概要は教員によって示すが、履修者がチームで課題解決することが必須であり、能動的学習となる。

②内容：プロジェクトに分かれ、それぞれのプロジェクトについてチームで課題の設定から問題の解決までを行う。得られた結果については最終発表会にてプレゼンテーションする。各週の内容は次の通り。

- ・第1週 ガイダンス+イントロダクション
- ・第2～3週 各プロジェクトテーマの講義
- ・第4週 プロジェクト割り当て
- ・第5～8週 プロジェクト毎のワーキング
- ・第9週 中間発表（プロジェクト毎）
- ・第10～14週 プロジェクト毎のワーキング
- ・第15週 最終発表会

③評価：各プロジェクトのワーキングにおける活動状況や中間発表会、最終発表会での発表と質疑を総合的に評価する。

例年、各プロジェクト10名前後の学生のチームが結成されマイクロプロジェクト学習が実施されている。

3.2 具体的取り組み例

H25年度までに次のようなプロジェクトが実施されてきた。「酵素の工業用触媒としての利用」、「私流にバイオプラスチックを作る」、「安心・安全なシステムをデザインする」、「水素社会と燃料電池」、「太陽電池の拡大利用を図るためのデザイン工学」、「難溶性医薬品の Bioavailability 向上手法を考える」、「電子機器の素材から省エネと省資源化を考える」。

デザイン能力を養うことが目的となっているので、①解が一つでなく複数の考えを提示できること、②大学で学ぶ複数の科目および横断的知識を

活用できること、③コミュニケーション力ならびにチームワーク力を発揮できること、④創造性が発揮できること、⑤コスト面等の制約条件についても考察が行えること、⑥自然や社会への影響についての考察を行えることなどを、学生に充分議論させるようなテーマとなるよう課題選定を行った。

中間および最終発表会では履修学生全員がプレゼンするとともに、議論に自らが参加しているということが実感できるように工夫した。具体的には自分が所属しているチーム以外の発表には、必ず1回質問するように義務づけた。中間発表時には質疑がかみ合わないような場面にも遭遇することがあったが、最終発表時には、想定質問をチーム内で打ち合わせしておくなど、質疑に積極的に参加する様子がうかがえた。

3.3 今後の充実方法案

卒論配属前に、解が一つでなく複数存在するような課題に触れ、その課題に自らの解を提示し、さらに発表そして質疑に参加することは、学生自身の中に、今後直面する問題についてどんな方法論が必要になるかを考えさせる良い機会となっている。履修した学生は、自分が成長したと自覚するようで、また、履修していない学生からは発表会でも参加してみたいという申し出があるなど、マイクロプロジェクト学習の当初の目標は達成できている。H25年度入学生（H27年）から、共生科学技術論は先端プロジェクト演習（選択必修科目、2単位）としてリニューアルさせる計画である。

4 社会人基礎力測定

4.1 研究室での能力育成測定

経済産業省が打ち出す「社会人基礎力」や中央教育審議会答申が定義する「学士力」、あるいは文部科学省が主導する「就業力育成事業」にみられるように、大学教育を通じたジェネリックスキル育成への期待が高まっている。「社会人基礎力」とは、「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力」をあらわす概念である。社会人基礎力を構成する主要能力として

「前に踏み出す力（アクション）」、「考え抜く力（シンキング）」、「チームで働く力（チームワーク）」の3つの要素がある。とにかく自分で動き、情報を集めてみるといったように行動を起こせば（「前に踏み出す力」）「なぜ」、「もっとこうしたら」という問題意識が生まれる。そうすると、そのような疑問や問いかけに対し「どうしたらいいのだろう」とできるだけ深く広く考えるようになる（「考え抜く力」）。確かに、知識社会では個人の力が重要になる。とはいえ、大きな仕事をするにはやはりチームで組織的に動く必要がある（「チームで働く力」）。このような力を大学時代に養成することが、産業界から大学に強く求められている。

化学システム工学科では、平成24年から㈱スキルメイトの宇野和彦先生（CSAJ 人材育成委員会の委員長、ka-uno@skillmate.co.jp）の協力のもとに国の委託研究で開発した社会人基礎力測定試験を4年生を対象に、4月と10月に実施している。表1に設問項目を示す。狙いは、研究室所属開始時と半年後の時点で社会人基礎力がどのように養成されているかを評価し、卒論指導におけるデザイン能力の育成度を調べ、残りの半年での指導に役立つデータを得るためである。測定の初めに社会人基礎力についての説明を行い、社会人基礎力をSBL（Story Based Learning）方式で実施する。これは、数々の問題に直面するようなストーリーが展開していくなかで学習者はそのストーリーの中で主人公となり、重要な役割を演じながらそれらを解決していく過程で学習対象となるスキルを自然と学び、身につくように設計されている新しい学習方法である。

その後、第一回目の測定結果を個人および指導教員に配布する。そして、10月に再度社会人基礎力の測定を行い、社会人基礎力がどの様に伸びているかの測定結果を学生個人と指導教員に配布している。

4.2 4月と10月の測定比較

表2に、平成24年度に行った測定学生全体の測定値の変化を示す。実際には、全体平均値でなく、個別の測定値が配布される。4月の全体の測定値

と10月の全体の測定値を比較する。4月の測定と比して、総ポイント数は71.98から75.29に大幅にレベルアップしている。特に、**働きかけ力**、**課題発見力**、**創造力**、**規律性**のポイントアップは大きく、全体的に考え抜く力の3つの能力要素はレベルアップしている。レベルアップの原因は、その設問に対する測定者の状況への対応性が高いため起こっていると考えることもできる。一方、同じく他の能力要素で**ストレス**と**主体性**が4月より下がっているのは、研究室生活で何らかのストレスがかかり、それに対応する力がまだ育成されていないと思われる。また、卒論テーマの問題把握に精いっぱいでもまだ主体的に取り組めていない状況と見ることができる。その点は、今後は、卒論指導でどのようにこの2つが克服され、社会人基礎力が研究室の教育で養成されていくかが卒論後半の課題となる。

4.3 平成24年度と平成25年度の比較

表3に、平成24年度と平成25年度の全体集計の比較を示す。研究室での学生生活で、「考え抜く力」が平成24・25年度ともに顕著な向上がみられる。「前に踏み出す力」も「チームで働く力」は半年ではそれほど向上していないが、個別データでは、顕著な向上が得られている学生もいる。

今回のデータは、個人情報保護のために平均値で示したものであり、学生の個別の能力向上は様々である。各学生の能力にあつたきめの細かい研究室での指導が行われている。表3の最後の行に、平成25年度に入学した1年生の10月の測定データを参考に載せた。母集団が異なるので、学年間の絶対値の比較はできない。この1年生が4年生になった時に同じような測定を行う予定である。それにより、3つの力がどのように学部生活で向上できたかを評価する予定である。

表1 測定に使用した設問項目

社会人基礎力(フレッシュマン編)	
設問番号	設問内容
1	ワークグループのリーダーになるか
2	テーマに沿った情報収集をしよう
3	忙しい先輩社員との面談は
4	先輩の理想像は素晴らしい
5	チームで働くときの自分の役割
6	スケジュールは間に合いますか
7	結論のまとめ方に異見がでる
8	プレゼンテーションツールを利用して
9	効果的なプレゼンテーションを目指して
10	プレゼンテーションでは誰に対して
11	グループ発表の結果は第二位
12	話している相手への態度は
13	先輩の話を思い出す
14	同じ間違いを繰り返さない
15	このときのビジネスマナーは
16	仕事とプライベートとの切り替え
17	飲み会はみんなで参加しよう
18	タイプの違う相手との話し方
19	相手の話に反応して聞いている
20	キャリアについて考える
21	知識・技術を意欲的に身につけよう
22	自分で決めたことは妥協なく最後まで
23	時間配分は大丈夫

表2 2回の測定結果の数値比較

	10月	4月
主体性	6.00	6.88
働きかけ力	6.96	5.98
実行力	5.46	5.88
課題発見力	7.21	5.45
計画力	6.18	5.67
創造力	6.61	5.76
発信力	6.07	5.86
傾聴力	6.82	7.00
柔軟性	6.54	6.50
状況把握力	5.75	5.88
規律性	6.68	5.43
ストレス	5.00	5.69
合計点	75.29	71.98

表 3 2年間の測定結果の数値比較

項目 配点	前に踏み出す力 24	考え抜く力 24	チームで働く力 48	合計点 96
平成 24 年 4 年生 4 月	18.7	16.9	36.4	71.9
平成 24 年 4 年生 10 月	18.4	20.0	36.9	75.3
平成 25 年 4 年生 4 月	17.8	15.6	38.1	71.5
平成 25 年 4 年生 10 月	17.2	20.6	36.7	74.4
平成 25 年 1 年生 10 月	18.0	18.0	37.0	73.0

5 今後の展開

今後も本稿で紹介したデザイン教育を持続発展させていく計画である。

SAIL プログラムによる先進情報工学教育への取り組み

堀田政二, 近藤敏之, 清水郁子, 宮代隆平,

金子敬一, 小谷善行, 斎藤隆文, 中森眞理雄, 藤田欣也

(工学部情報工学科)

Approaches on Advanced Information Engineering through the SAIL Program

Seiji HOTTA, Toshiyuki KONDO, Ikuko SHIMIZU, Ryuhei MIYASHIRO,
Yoshiyuki KOTANI, Keiichi KANEKO, Takafumi SAITO, Mario NAKAMORI, Kinya FUJITA
(Department of Computer and Information Sciences, Faculty of Engineering)

要約: 本稿では, 既存の情報サービスを使う立場のユーザではなく, 新しい情報技術やシステムを創造することによって未来の情報社会を築く人材の育成を目標として, 平成 23 年度より本学科で実施している SAIL プログラムの概要と, 国際化を視野に入れた短期留学生の受け入れ, および本学科学生の海外インターンシップについて報告し, 本学科の将来の教育・研究に関する展望について述べる.

[キーワード: SAIL プログラム, 先進教育, 国際化, 海外インターンシップ]

る海外インターンシップの活動内容について報告し, 今後の本学科の教育・研究に関する展望を述べる.

1 はじめに

東京農工大学工学部情報工学科(以下,「本学科」)では, 平成 23 年度から, 情報工学・情報科学における優れた研究者・職業人となる潜在能力のある学生を対象に, 通常のカリキュラムとは別に, より高度で先進的な実験・演習を行うための SAIL プログラムを実施している. SAIL プログラムとは「理数学生応援プロジェクト」として物理システム工学科と本学科が連携して進めている文部科学省より認可された教育プログラムであり, 学習力 (Study), 分析力 (Analysis), 企画設計力 (Innovative design), 論理的発信力 (Logical presentation) のいわゆる SAIL 能力を伸ばすことを目標としているものである (図 1). 本稿では, 本学科の SAIL プログラムの具体的な実施方法や, 国際化を視野に入れた SAIL 学生と留学生との協働課題への取り組み, さらに本学科の学生によ

2 SAIL プログラムと SAIL 入試

2.1 SAIL カリキュラム

本学科の SAIL プログラムでは, 通常のカリキュラムと併行して, 先進情報工学演習 I, II, 先進情報工学実験 I, II, III, IV という科目を各学期に用意し, 原則として少数の当該学生ごとに 1 名の指導教員を割り当てて, 演習・実験を個別指導で実施している (図 2). これらの科目のうち, 先進情報工学演習 II と先進情報工学実験 I~IV をすべて履修し, 既定の単位数と GPA 基準を満たせば, 3 年で卒業・大学院入学の資格が得られる, いわゆる早期卒業が可能となるカリキュラムとなっている. これにより, 大学院博士後期課程へ進学するような研究能力の高い学生を育成できると期待できる. 具体的な各科目の内容や目的は, 下記の通りである.

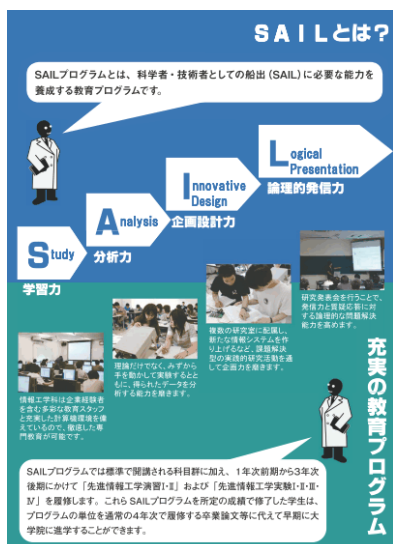


図1 SAILプログラムの概要. 本学科 SAIL 入試案内より抜粋.

- 先進情報工学演習 I (1 年前学期, 選択必修, 早期卒業の要件でない) : 本学科の専門基礎科目である, プログラミング序論演習より進んだ内容であり, 機械翻訳, 文字認識, パズル, 暗号など, 腕力的な方法では解けない問題を解くプログラムを作成させ, 良い方法論, アルゴリズム, データ構造が重要であることを認識させることを目的とする
- 先進情報工学実験 I (1 年後学期, 選択必修, 早期卒業の要件) : SAIL プログラムの学生以外にも, 希望者であり, かつプログラミング序論演習の成績が良好である学生にも履修を認める. ソフトウェア開発のきちんとした方法を体得させることを目的とし, 仕様作成, 設計, ドキュメント作成などを学ぶ
- 先進情報工学実験 II (2 年前学期, 選択必修, 早期卒業の要件) : 先進情報工学実験 I の成績が良好である学生にのみ履修を認める. 主に, 文献調査と製作実験を行って情報工学に関する知見を深めることを目的とする
- 先進情報工学実験 III (2 年後学期, 選択必修, 早期卒業の要件) : 先進情報工学実験 II の成績が良好である学生にのみ履修を認める. 主に研究企画と製作実験を行う
- 先進情報工学演習 II (3 年前学期, 選択必修,



図2 先進情報工学実験 II の個別指導の様子.

早期卒業の要件) : 先進情報工学実験 III の成績が良好である学生にのみ履修を認める. 早期卒業に向けて論文等を読ませ, 研究調査能力を身に付けることを目的とする

- 先進情報工学実験 IV (3 年後学期, 選択必修, 早期卒業の要件) : 先進情報工学演習 II の成績が良好, かつ先進情報工学実験 III を受講した学生にのみ履修を認める. 卒業論文に代わる研究活動を行い, 学期末にプレゼンテーションにて成果を発表する

なお上記の科目は, 受講内容が特定の分野に偏るのを避けるため, 当該学生を学期ごとに異なる分野の担当教員に割り当てるといった工夫を行っている. さらに, 図3のように学期末にプレゼンテーションやレポート, 製作したシステムのデモンストレーション等による成果発表に基づいて評価を行っており, SAIL 能力の向上に繋がるようにしている.

2.2 SAIL 入試

本学科では SAIL プログラムに相応しい学生を SAIL 入試と呼ばれる方法により選抜している.

具体的には, 情報工学に関する特別活動レポート (例えば, ゲームプログラムを独自に作成し文化祭で実演した, プログラムコンテストで好成績を収めた, 基本情報技術者試験に合格したなど) を提出し, その内容に関するプレゼンテーションと質疑応答を面接形式で実施している. これは, 情報工学に対する熱意を持った学生を優先的に選抜することを狙ったものである. なお, 募集人員 5



図3 (左) SAIL 科目において、学生のアイディアに基づき製作された Arduino を用いたコインカウント機。(右) 学期末に行われた成果発表プレゼンテーションの様子。

名に対し、平成 23 年、24 年では受験者数が 5 名であったが、図 1 に示したようなパンフレットの配布、高校での説明会の実施、大学説明会での告知などの献身的な広報活動により、平成 25 年度の受験者数は 15 名と大幅に増加し、それに伴って SAIL プログラムの趣旨に合致した多くの受験生を獲得することが可能となっている。また、他の入試区分により入学した学生でも、プログラミング能力が高く、成績が一定以上のもので希望があれば SAIL プログラムに参加することができる。

2.3 SAIL プログラムに対する学生の感想

SAIL プログラムを受講している学生にとって、このような指導方法に対して、どのような感想を抱いているのかを聴取したところ

- 同級生の誰よりも高度なことをやらせてもらっているという実感がある
- 一部、授業と関連しているところもあるので理解が深まる
- プログラミングに接している時間が必然的に多くなるので、前よりもプログラムを書くことが楽になった
- 分からないことはすぐに聞けるし、研究室に所属されている先輩方との交流もあって楽しい
- 「プログラミングをやっている」という気持ちを強く持て、本プログラムで学んだことが社会に出ても役に立つと思う
- 学部 1 年のうちから情報工学について高度な学習ができるのが良い
- 各学期で担当教員が変わるので、いろいろな分野を知ることができる



図4 (左) 短期留学生と本学科 SAIL 学生の協働作業の様子。(右) 短期留学生と本学科 SAIL 学生の集合写真。

- 挑戦するものはどれも難しいものでつらいと感じることもあるが、プログラムの出力結果が自分の意図するものであったときの達成感は何事にも代えがたい

- 通常のカリキュラムとの両立も可能で楽しく学習できている

といったポジティブな意見を聞くことができた。これらのことから、本プログラムを受講している学生達も、プログラムの目的をよく理解して、積極的に課題に取り組んでいるといえる。そのため、他の学生へも良い影響を与えており、自主的に SAIL プログラムに参加したいという一般入試で入学した学生も現れたほどである。

3 留学生との協働課題への取り組み

平成 24 年度には、国際的な人材を育成することを目的として、6 月初旬に短期留学生としてハノイ工科大学情報コミュニケーション工学科在籍の 3 名の学生と、本学科 SAIL プログラム I 期生のペアによる先進情報工学実験 II を実施した(図 4)。各ペアは、それぞれの担当教員の下、ことばの壁を超えてコミュニケーションを取りつつ、数ヶ月の期間を通して協働して実験課題に取り組んだ。さらに、平成 25 年度には、タイのマヒドン大学、キングモンクット工科大学トンブリ校、ベトナムのハノイ科学技術大学、ホーチミン市工科大学から 12 名の短期留学生(日・泰・越先進情報工学国際人材育成協働プログラム学生)を受け入れ、本学科 SAIL 学生との協働課題を実施した。

上記で述べた短期留学生達は、各国のトップクラスの大学に在籍し、かつ成績が優秀な学生達ばかりである。そのため、本学科の日本人学生にと



図5 (左) ハノイ工科大学での授業の様子. (右) 本学科学生によるインターンシップ報告会.

っては、強力なライバルとして、互いに切磋琢磨する日々を送っていたようである。また、日本は多くの東南アジア諸国にとって留学先として人気が高く、この協働プログラムを通して日本語を学べることで、情報工学に関する実践的な教育を受けられることもあって、留学生にも非常に好評であり、本学の大学院への進学を希望する留学生も現れるほどであった。このことは、本学科の国際化において非常に良い影響を与えると期待できる。

4 本学学生の海外インターンシップ

最後に平成25年度に実施した工学系グローバル・イノベーション人材育成プログラムの一環であるハノイ工科大学へのインターンシップについて報告する。このプログラムは日本学生支援機構(JASSO)の留学生交流支援制度を利用したものであり、本学科からSAIL学生を含む4名の学生を2013年9月2日から2013年9月30日までの約一ヶ月間に渡って派遣したものである。

派遣先であるハノイ工科大学では、Higher Education Development Support Project on ICT (HEDSPI) と呼ばれる日本のODAによる高度IT人材育成プログラムが進行中であり、派遣された学生の業務の中心はHEDSPIの日本語科目のTAである(図5左)。具体的には、ハノイ工科大学の学生の手本として日本語を発音、日常会話の実演、漢字の書き方の指導を行ったり、授業で使用する資料に登場する日本語の単語について、その単語の読み・意味・英語訳・ベトナム語訳・出現度・日本語能力試験を基準とした単語の難易度をまとめた語彙リストの作成を行ったりして、日本語教育の質の

向上に貢献するというものである。

本インターンシップ終了後、派遣された学生による報告会を行った(図5右)。この報告会では派遣学生の滞在先での生活や感じたことなどを自由にプレゼンテーションと報告書によって発表した。各学生の意見をまとめると、おおよそ以下のようになった。

- 英語の通用度が低く、事前に学習していたベトナム語の語彙では不十分であり、ボディランゲージや筆談、単語の羅列等の低次元なコミュニケーション手段も重要であることがわかった
- ベトナムで知り合った友人と日本で会う機会があったことや、帰国後もインターネットを利用してベトナム在住の方々と連絡を取っているという事実を通して、「ボーダレス化」「グローバル化」がどのようなものであるかという感覚を養うことができた
- SAILプログラムにより、事前に交流関係を持っていたため、受け入れ先での業務上のコミュニケーションを円滑に進めることができた
- 日本語スピーチ大会の様子や、ベトナムの友人達との交流を通して、勤勉さと日本に対する関心の高さを肌で感じる事ができた

5 まとめ

本稿では、本学科のSAILプログラムの具体的な実施方法と、国際化を視野に入れたSAIL学生と留学生との協働課題への取り組み、海外インターンシップの活動内容について報告した。SAILプログラムと国際交流を組み合わせた特色ある教育は、本学科の発展に大いに寄与するものであるといえる。課題として、学期の始業時期の相違や単位の互換性、より充実したプログラムとなるような実施体制の整備、留学に関わる金銭的な問題などがあげられる。今後はこのプログラムを継続しつつ、これらの課題を克服していく予定である。