

特集「各学科の特色ある教育Ⅱ」

農学部生物生産学科の特色ある教育：農業実習の紹介

佐藤幹，田中治夫，千年篤，本林隆（農学部生物生産学科）

A Report on Characteristic Educational Activity of Department of Biological Production: Farming-related Activities

Kan SATO, Haruo TANAKA, Atsushi CHITOSE, and Takashi MOTOBAYASHI
(Department of Biological Production, Faculty of Agriculture)

要約：

農業を総合的に、かつ実践的に学ぶことを教育の目的に据えている生物生産学科では、専門教育において座学（講義科目）の充実とともに、実学、その中でもとりわけ農場実習等の農業実践教育を重視している。これが本学科の教育の主な特色であり、ひいては農学部他学科の教育との違いといえる。本報告では、生物生産学科が実施している一連の実践的農業教育の内容を紹介する。

[キーワード：総合農学，座学と実学，農場実習，非正規農業教育]

1 学科の教育理念，座学と実学のバランスに配慮した学科カリキュラム

生物生産学科は、人類の生命基盤を守る農業を総合的に学ぶことを教育の目的に据えている。具体的には、日本および世界の農業を広く深く理解するとともに、農業に関わる最先端の科学と技術に関する知識を身につけて、その知識を農業の持続的発展や農産物の流通・加工と融合し、さらには農業の多面的機能の積極的利用に活かすことのできる人材の養成を目指している。この目的のために、「生産技術環境」，「植物生産」，「動物生産(家畜・昆虫)」および「農業経営経済」の4分野の基礎的事項を学ぶとともに、これらの分野における農業生産現場における関連性をすべての学生が理解し、そのうえで、学生個人の興味・関心に基づき、個別分野に重点を置いた履修や、全分野型の履修を選択して進めることができるカリキュラムを用意している。換言すれば、農産物の生産から消費までの人と自然にかかわる総合科学に関する

理論と実際を効果的に学ぶために設計されたカリキュラムとなっている。

カリキュラムの中で重視されている点は、①4分野科目のバランスよい配置、②座学(講義科目)と実学(実験・実習・演習科目)のバランスよい配置である。本学科では、農業生産を総合的に学べることを志望動機に入学してくる学生が多く、中には将来、就農を希望する者も存在する。とはいえ、分子生物学や遺伝子工学等のバイオ科学関連分野を志向する学生が増加しているのも事実である。しかし、本学科は、バイオテクノロジー分野を志望する学生に対しても、先端科学技術の出口、すなわち将来の社会実装を意識すること、そのためには農業全般及び農業関連産業の現状や生産現場を理解することが重要であると考えている。これが先述の①と②の重視につながっている。とりわけ、②実学の中での農場実習の強いこだわりは、現在の生物生産学科の前身の農学科と蚕糸生物(養蚕)学科、さらに遡れば東京高等農林学校、東京帝国大学農学部実科等以来の伝統を継承しているといつてよい。こうした特徴こそ、本学科教育の主な特色、ひいては農学部他学科の教育との

違いであると強く認識している。

そこで、本報告では、生物生産学科が実施している一連の実践的農業教育の内容を紹介する。

2 農場実習科目と非正規農業実践教育

学科専門カリキュラムの農場実習科目は以下のとおりである。

- ・1年次前期「フィールド実験実習Ⅰ」（1単位必修）
- ・1年次後期「フィールド実験実習Ⅱ」（同上）
- ・2年次通年「農業分野専攻実習」（2単位選択）
- ・3年次前期「学外実習（農家）」（1単位選択）

以上の実習科目の実施・運営はFSセンター教員（学科協力教員）が中心となって担当している。特に、1年次の必修科目である「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」は、フィールドを使った実習の他に、学科教員がフィールドを使用した実験的な要素を取り入れ、実際の農業生産と学問の結びつきを体験することにより理解する導入教育も兼ねており、本学科の教育の特徴をよく示している科目といえる。

「学外実習（農家）」以外の3科目は、原則的に学内FSセンターの圃場（ほじょう）・施設で実習が行われている。このため、学生が実際の農業現場を体験する機会は「学外実習（農家）」に限られる。この実習は夏季休業期間に実施されているが、履修希望者と受入れ農家とのマッチング（場所等）もあるので、例年、10数名～20数名程度の履修となっている。

こうした正規の授業以外に、学生が農家で実習する機会や農業者から話を直接聴く機会も定期的に設定している。具体的には、福島県南会津町との交流と学内での農業実践セミナーの実施である。

従来、農家や農業生産法人での農業実習を希望する学科学生は、学内サークル（たとえば、耕地の会）や個人のつてを頼りに自主的に実施してきた。しかし、近年、こうした活動に取り組む学科学生の数が減少しつつある。こうした状況の中、学科学生の農業生産現場からの疎遠化を懸念する声が学科教員間で少なからず聞かれるようになった。カリキュラム外で農業現場に触れる機会を設

定するに至った背景にはこうした事情がある。

以下、正規の農場実習科目および非正規の農業実践教育の取り組みの概要を報告する。

3 カリキュラムの中の農場（FS）実習

3.1 「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」

【目的】学部初年度であり、なおかつ、履修する学生のほとんどが農業経験を持たない状況の中で、まず、農業生産がどういった場所で行われているのか、どのような作業があるのか、また、それらの作業の意義やその理論的裏付けはどのようなものかなどを、学生自身が実際に体験する中で学んでもらうことにより、農業そのものに対する興味を持ってもらうことが本科目の主要な目的である。また、実習で、本物の作物や牛に触れる中で、それらに興味を持ってもらうことにより、講義科目に対するモチベーションを高めてもらうことも目的となっている。

【実施概要】本科目は毎週金曜日の3～5時限に開講されている。FSセンター内の圃場（畑、水田、果樹園、温室施設）、牛舎、加工施設などを利用して、毎回、異なるメニューで実習が行われている。具体的には、畑では野菜・畑作物の定植、栽培管理、収穫、水田では、種もみの播種、田植え、管理作業、収穫、果樹園では、梨の摘果、ブルーベリーの収穫、梨、ブルーベリーの剪定、温室施設では、シクラメンや鉢花の管理、牛舎では、ブラッシングや牛床の清掃など、加工施設では、乳酸菌飲料や味噌の製造などの実習が行われている（表1参照）。

実習の内容やそれぞれのメニューが実施される

表1：「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」の内容と実施回数

分野	実習回数	実習内容
水稲	4	田植え、栽培管理、収穫など
畑作	5	果菜定植、野菜収穫、農業機械など
果樹	4	摘果、収穫、剪定など
花卉	4	シクラメン、鉢花などの栽培管理
畜産	2	ブラッシング、牛床清掃など
加工	2	乳製品、味噌加工

時期は、それぞれの作物の栽培時期や管理作業のスケジュールからほぼ決まっており、原則的には、毎年大きな変更はない。また、実習で使用できる施設や圃場の規模が限られていることから、履修学生全員（約60名程度）が揃ってできない実習もある。その場合は、実習の効果が十分得られるように全体を2あるいは3グループに分け、それぞれ別々の分野で実習を行い、2週あるいは3週にわたってローテーションを組んで、実施している。

【実績と課題】 本科目は学科の必修科目であるため、1年生は全員履修しており、過去3年間の履修者数の実績は、H23年度：64名、H24年度：66名、H25：59名である。例年、学生から、全実習終了後に実習についての感想文を提出してもらっているが、その中で、多くの学生が、初めて触れる作物や家畜に感動をおぼえた、また、それらがどのように栽培され、飼育されているのか、実際に体験し、知ることができてよかった、あるいは、これまで農業に対して持っていたイメージが大きく変わったといった感想を持っている。また、講義で聞いたことと実際の現場で行われていることの関係がよくわかったという感想もある。このように、学生自身が実際に体験しながら学ぶことにより、農業あるいは農作業に対する理解がより深まることを実感しており、当科目の目的が十分果たされているものと考えられる。さらに、これは副次的な効果であるが、講義ではなかなか話さることのない同級生とコミュニケーションをとりながら協働して作業を行うことによって、クラスの一体感が生まれたと感じている学生も多い。

一方、実際の農家で行われている作業と実習で行われていることのギャップを十分に理解できていない学生も見受けられる。すなわち、実際の農家では機械を使用して作業を行っている、あるいは、1、2名で行われている作業を、実習では、学生全員に作業を体験してもらうために、数十人による手作業で行う場合もあるが、その違いが理解できていない学生もみられる。こうした、農家現場と実習の違いは事前に説明しているが、不十分であり、さらに工夫を加え、十分に説明していくことはもちろんであるが、実際の農家を見学する、

あるいは、実際に体験させて頂くといった機会を持つことも検討する必要がある。また、毎週、違った分野で実習があるため、それぞれが断片的で、実習で行った作業の結果が分からないといった指摘もある。このような要望については、2年次に配置されている、「農業分野専攻実習」である程度の解決が図られている。

3.2 「農業分野専攻実習」

【目的】 学部初年度に行われている「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」では、学生に、水稻、畑作物、果樹、花卉（かき）、畜産、農産物加工といった様々な分野における作業を広く、浅く体験してもらうことを目的としていたが、本科目では、学生に特定の分野を専攻してもらい（畑作・野菜、水稻作、果樹、花卉、畜産の5分野の中から1分野）、その分野について年間を通した様々な作業の体系を体験しながら学習すること、また、作物の生育過程を経時的に観察することにより、専攻分野に関する理解を深めることを主な目的としている。

【実施概要】 本科目は、毎週火曜日 3～5 時限に通年開講されている。FSセンターの農場所属専任教員5名が「畑作・野菜」、「水稻作」、「果樹」、「花卉」、「畜産」の5分野をそれぞれ担当し、履修学生はそれぞれの希望により、実習を受けたい分野を選び、1年間、その分野で実習を行う。作物の栽培に関する分野では、年間のスケジュールに従って各種作物の播種、定植、栽培管理、収穫などの作業を体験しながら、個別の管理技術、技術体系、栽培体系などについて広範に学ぶ。また、学生自身がテーマを決め、教員や技術職員の指導を受けながら作物を栽培するといった取組みも行われている。畜産分野では乳牛の飼養管理に関わる作業全般を体験する。また、養蚕の時期には、FM津久井に出向き、蚕の飼養に関する実習も行っている。

【実績と課題】 各分野における実習の概要および今年度も含めた過去3年間の各分野の履修学生数の実績をまとめて次ページの表2に示した。

作物関係の分野における実習内容は、それぞれの分野ごとに年間のスケジュールに従って組み立

表 2 : 「農業分野専攻実習」における各分野の
実習概要および履修学生数

専攻分野	実習概要	履修学生数		
		H23	H24	H25
畑作・野菜	各種野菜の栽培管理、緑肥作物・堆肥の効果の調査など	10	14	17
水稲作	水稲の栽培管理、転作作物の栽培、圃場調査など	12	14	10
果樹	ブルーベリー、梨などの栽培管理、ジャム加工など	8	15	8
花卉	シクラメン、各種鉢花の栽培管理、土づくりなど	7	11	6
畜産	乳牛の飼養管理、蚕の飼育など	13	8	10

てられており、各分野で栽培されている作物の一連の作業体系について実習を行っている。すなわち、畑作・野菜分野では、果菜類、葉菜類の定植、管理（誘引、肥培管理、除草など）、収穫などの作業、定植前の土づくり（堆肥施用、緑肥作物施用など）、水稲作分野では、水稲の播種、育苗、移植、管理（除草、肥培管理、防鳥対策など）、収穫などの作業、水田転作作物のマコモの移植、収穫作業、果樹分野では、ブルーベリー、梨、柿、キウイなどの受粉、摘果、収穫、剪定、肥培管理、病虫害防除などの作業、花卉分野では、シクラメンを中心に、その他の鉢花も加えて、播種、鉢替え、整枝、灌水、床土づくり、肥培管理などの作業など、各分野で実習を行っている。このように、それぞれの作目について体系的に実習が組み立てられていることにより、実習で行ったそれぞれの作業の結果をみることができ、作業の意義を十分理解することに役立っている。

一方、畜産分野では、毎日の乳牛の飼養管理作業（搾乳、牛床の清掃、ブラッシングなど）に加えて、餌となるサイレージの製造などの作業に関して実習を行っている。また、FM 津久井で養蚕が行われている時期には、現地に出向いて桑取り、

桑やり、上蔭、除渣などの実習も行っている。

さらに、畑作・野菜分野、果樹分野、畜産分野では、それぞれの分野の生産物を使った加工実習（漬物、ジャム、干し柿、ソーセージなど）も行われているほか、それぞれの分野で収穫物を試食するなど、生産の喜びを味わう場面も組み入れられており、学生には大変好評である。

また、通常の管理作業実習に加えて、学生が主体的に圃場を使って作物を栽培する、あるいは、テーマを決めて圃場実験を行うなどの取組みも行われている。例えば、畑作・野菜分野では、堆肥施用や緑肥作物の効用について調査、水稲作分野では、様々な品種の特性について比較するための栽培実験などを行っており、卒業論文研究の際の圃場実験や圃場調査のトレーニングとなっている。

各分野を専攻する学生数には年次変動はあるものの、毎年5分野全体では概ね50名以上が履修しており、これは生物生産学科2年生の90%以上にのぼる。多くの学生は、1年時のフィールド実験実習で体験した様々な分野の中で興味を持った分野を専攻しており、その分野についてより深く学びたいという意識が専攻動機となっている。本実習の内容は、こうした学生のニーズに対しては十分応えられるものとなっていると考えられる。

以上のように、各分野の実習内容は充実したものであり、学生もそれぞれの分野における実習には満足している。しかし、農場内の分野間の関連性、特に、乳牛の粗飼料を畑や水田で生産し、一方、乳牛の糞尿から堆肥を製造し、各圃場に戻すといった耕種分野と畜産分野の間での物質循環システムや、生産物を加工して付加価値を高めるシステムに関しては残念ながら、本実習の中で学生に対して十分に紹介あるいは体験する機会がない。このような農場内での物質循環や経営体としての各分野間の関連性などを理解できるようなメニューを盛り込む必要があるのではないかと思う。また、もう一点、課題として、今年度で2名のFSセンター専任教員が定年退職を迎えることがある。前述の通り、本実習は、専攻分野ごとに専任教員と技術職員による1年間にわたる指導とサポートによって成り立っている。従って、専任教員の欠

員は、その教員が担当する専攻分野の実習ができないことを意味する。今年度で退職する2名の専任教員の後任の目途はまだ立っておらず、当面、非常勤講師での対応が迫られている。

3.3 「学外実習（農家）」

【目的】1年時の「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」、2年時の「農業分野専攻実習」では、様々な農作業を体験する中で、作物の栽培、あるいは家畜の飼養に関する作業体系や各々の作業の意義を理解してもらうことが主な目的である。そのため、作業によっては、農家であれば機械を使って行っている作業を手作業で行う、あるいは、農家なら1,2名でやっている作業を数十名で行うなど、農家の実態とはかけ離れた状況で作業を行っている。何より農家は生業として農業を営んでおり、1年時、2年時での実習の中でそうしたことを意識する機会は少ない。

そこで、本実習では、農家に宿泊・滞在させてもらい、農家の方に実習を指導して頂く中で、実際の農業や農家の生活を理解することを目的としている。

【実施概要】本実習はすでに20年以上にわたって実施されており、この間、実習学生の受入れをお願いした農家は全国に40軒以上にのぼる。これら受入れ農家の方々はすべて専業農家で、いずれもそれぞれの作目（水稻、畑作、野菜、果樹、花卉、畜産）について高い技術を持ち、安定した経営を実現している。

毎年、4月～6月の間にガイダンスを行い、農家の情報を履修希望学生に伝え、学生の希望を集約後、受入れの可否、日程等を調整し、学生はそれぞれ調整のできた農家で実習を行う。実習は夏季休業期間（8月～9月）に原則6日間、泊まり込みで行う。交通費は学生が負担し、宿泊・食事等の費用は受入れ農家に負担をお願いしている。

【実績と課題】今年度も含めて、過去3年間の履修学生数および受入れ農家数を表3に示した。

科目名の変更は何度かあったが、この実習は今年度で21年間続いている。この間、表3のとおり、毎年、10数名～20数名の学生が全国の農家に滞在

表3：学外実習（農家）の履修学生数および受入れ農家数

	H23	H24	H25
履修学生数	13	14	21
受入れ農家数	12	12	15

表4：H25年度実習受入れ農家の概要

農家	地域	作目
1	北海道	レタスなど
2	北海道	ジャガイモ、大根、ユリ
3	北海道	酪農、ジャガイモ、大根
4	北海道	ジャガイモ、大根、水稻
5	福島	桃、ハーブ
6	福島	蚕、野菜
7	福島	トマト
8	群馬	ショウガ、野菜
9	山梨	ネクタリンなど
10	長野	レタスなど
11	新潟	鉢花
12	徳島	サツマイモ、大根
13	徳島	トマト、イチゴ
14	徳島	ナス、ピーマン、水稻
15	熊本	水稻、栗、イチゴ

して実習を行ってきた。21年間の延べ学生数は405名にのぼる。この間、大きな事故やトラブルは全く起こっていない。

表4に今年度（H25）、実習で世話になった農家の概要を示した。実習の時期が8～9月のため、受入れ農家は野菜農家を中心となっているが、北海道のジャガイモ、長野のレタス、徳島のサツマイモなど、それぞれの地域独特の野菜農家であり、バリエーションは豊富である。また、北海道の酪農家、福島の養蚕農家、山梨、福島の果樹農家など、野菜以外の作目も各地方特有の農産物を生産している農家で構成されている。

学生には、実習期間中、作業日誌をつけること、および、実習終了後にまとめのレポート提出を課している。作業日誌は必ず受入れ農家にチェックしてもらっている。学生のレポート、作業日誌をみると、ほとんどの学生が農家と同じリズムで生活しており、多くは、朝6時前から、夜8時過ぎまで作業を行っている。このためか、農業の厳し

さが身を以てわかったという感想が多い。しかし、一方で、多くの学生が、生業として農業に取り組むことがどういうことなのか実感できたという感想を持っており、学内の実習では体験することができない実際の農業の現場や農家の生活を理解するための良い機会となっていると考えられる。また、農家が困っている課題について考えたい、あるいは、農業関係の職に就いて農家を支援したいと思ったなど、将来の農業との関わり方を展望する感想を持った学生も数多くみられる。

このように、本実習の目的は十分達成されているものと考えられるが、以下のような課題もある。

一つは、せっかく、全国の様々な地域で、それぞれ特色ある農業に触れながら、その経験は学生個人個人のレベルにとどまっている点である。今後、実習に参加した学生による報告会などを開催し、彼らが経験し、考えたことを他の実習を行った学生も含めて、より多くの学生に伝えていくことを検討する必要があると思われる。

もう一点は、新たな実習受入れ農家の確保の問題である。これまで、学生の受入れをお願いしてきた農家の方々の多くは、教員との個人的なつながりがある農家であり、学生の宿泊・食事にかかる費用を厚意によって負担して頂いている（自治体の学生インターン受入れ事業に便乗している場合は、自治体が農家に対して謝礼を支払っている）。しかし、これまで受入れをお願いしてきた方々の多くは高齢化してきており、新たに受入れ先の農家を開拓する必要がある。しかし、無報酬で学生を受入れてくれる農家を探すのは容易ではなく、今後、一定の予算的な措置を検討する必要があると考えられる。

4 カリキュラム外（非正規）の農業実践教育

4.1 南会津町との体験交流

【目的】この体験交流は、福島県南会津町が「地域ブランド『南郷トマト』の栽培の手伝いから選果出荷までの体験をし、新規就農の施策に早くから取り組む、JA・生産組合等・県・町の充実した支援内容について幅広い見識により評価してPRを行う」ことを目的として企画したものである。ま

た、国土交通省が地域の活性化やUJI ターンの促進を図るために、地方振興—活力と魅力のある地域づくり—として情報を取りまとめて発信している「若者の地方体験交流」に呼応している。

【実施概要】この体験交流に本学科の学生が参加するようになったきっかけは、南会津町の職員が福島県職員である本学農学科（現、生物生産学科）・卒業生に相談をしたことであり、このような交流に興味のある学生が本学にいないかと照会してきたことにある。1, 2年生の学生に問い合わせたところ、数多くの学生が興味を持っており、参加希望者も多くいることがわかった。日程の関係もあり、すべての希望者が参加することはできなかったが、平成24年、25年と数名の学生がこの体験交流に参加した。

体験交流は、夏期休業期間に3泊4日で行われ、平成25年度は9月17日～9月20日の日程で行われた。トマト農家でもある民宿に宿泊しながら、その農家でのトマトの芽欠きや収穫などの農作業、JAでの選果作業などを体験、また地域農家の農園見学、直売場での販売体験などを行った。さらに近隣の篤農家や大宅宗吉町長、町役場職員を交えての意見交換会なども行った。

また、南会津町では原発事故による汚染事故は軽微なものであったにもかかわらず、『『福島の米』と言うだけで今なお風評被害を受けている』ため、米袋の全袋放射性物質検査を行っている。学生たちはその検査の様子も見学をした。

【実績と課題】平成24年度は1年生の学生4名が、平成25年度は1年生1名、2年生4名、3年生1名の計6名の学生が参加した。平成24年度の参加者に対する受入れ農家や町職員の評判が良かったため、平成25年度からは、前述の「学外実習（農家）」の学生も受け入れてもらえるようになり、平成25年度は「学外実習（農家）」を受講した3年生2名も、ほぼ同時期に同じ民宿に宿泊し、一緒に農作業などの体験を行った。

体験内容は前述のように、農作業や見学、意見交換会などである。3泊4日の間に多くの行事が行われていたため、すべてが導入的であり、深い体験にはならなかった感は否めないが、実際の農業



図1：平成24年度南会津町体験交流に参加した学生と農家民宿のご夫婦

経験が少ない学生には、現場を知る良い機会になったようである。体験交流を経た後に「学外実習（農家）」を組むなどすれば、より深い農業体験も可能であったろうと考えられる。体験交流中の学生の感想であるが、「大学の講義で習ったことが体験中の様々な場面で出てきたが、どれもろ覚えで、実際には役には立てることができなかった」という。学生の勉強不足の面もあるが、教える側は、ただの知識としてではなく、現場で役に立つ知識として、そのような教え方をしていたか反省する必要がある。

体験交流の成果を発表し、PRを行う場として、平成25年11月8～10日の農工祭で、「南会津町復興プロジェクト」と題して、学生が模擬店の出店を行った。

南会津町からは「風評被害の払拭を促進するため、南会津町・南郷産農産物等の需要消費者を対象として、販売・PR活動を行う」として、福島県から交通費等の助成を得て10名を超す南会津



図2：平成25年度農工祭での集合写真

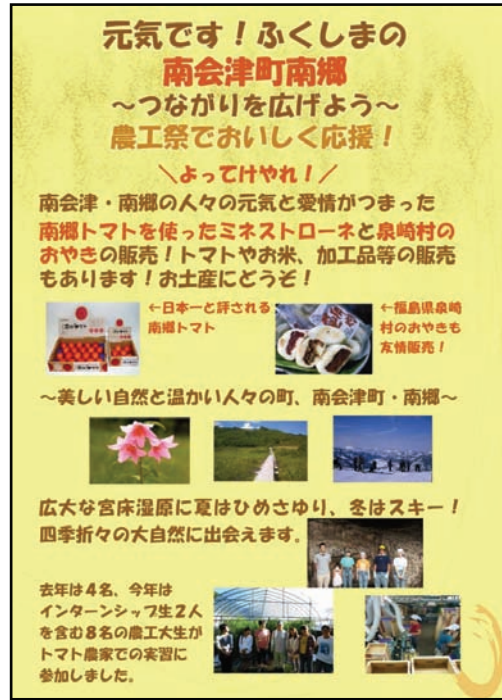


図3：平成25年農工祭での学生が作成した宣伝用ポスター

町の農家や町職員が参加し、農工大からは交流体験や学外実習に参加した学生たちが参加し、一緒に南郷トマトを使って調理したミネストローネや、南郷トマトや無農薬の農産物加工品などの販売を行った。学生は、農産物の販売体験を重ねるとともに、購入者からの「どのような無農薬か」などの質問に、南会津の農家の方々と回答することにより、体験したことをさらに深く学んでいた。

4.2 農業実践セミナー

【目的】本セミナーの目的は、農業の最前線で活躍している農家・農業関係者から自身の経験や現在の心境を、学生たちが直接聴く機会を設けることにある。生物生産学科の教育目的は、農業に関わる最先端の科学と技術に関する知識を身につけ、日本および世界の農業を広く深く理解することにある。しかし、カリキュラムは農場実習科目が配置されているものの、主体は関連科学の基礎・応用知識の教授にあり、実際、農業の現場がどのようになっているのか、農業者がどのような思いを抱いているのか、等の現状を一連の講義を通じて学生に十分伝えられていない状況にある。学生の農業現場に対する関心の希薄化は農学部全体に共通する現状でもある。

本セミナーは、農学を志し入学してきた本学の学生たちに日本の農業の現状の理解を深める機会を提供するとともに、現在、学生たちが各自取り組んでいる、または興味・関心を持っている研究に対する動機付けを促す機会にもなり、その教育効果は大きいと期待される。

【実施概要】 農家・農業関係者を本校に招き、生物生産学科をはじめ、農業に関心のある農学部全学科・農学府全専攻/連合農学研究科の学部生・大学院生を対象にして、6～12月の期間（夏季休業期間を除く）に月1回の割合で計5回のセミナーを企画・開催した。

セミナーの開催にあたっては、一般財団法人東京農工大学教育研究振興財団の教育研究援助事業により助成を受けた。農業実践セミナーの開催は、2年前から検討してきたが、教育研究振興財団の支援を受けることで、今年度、実施に至った。予算は講演者の旅費・謝金に充て、一部不足分は学科共通経費から補填された。

計5回の講演は表5に要約される。講演者は全国各地の稲作・園芸・畜産農家および元地方行政担当者等である。また卒業後のキャリアパスを学生が考える良い機会になるかもしれないという点を鑑み、農業を営んでいる本学OB2名を招いた。

各講演者には、自身の農業経営・技術に関する経験やTPP参加の是非などの現在の農政に対する意見等を率直に講演して頂いた。講演後、学生たちとの間の質疑応答により、農業者と学生たちの対話の機会を可能な限り設けた。率直な意見交換のため、各回、講演後、学生・教員を交えた懇親会を開催した。

表5：農業実践セミナー講演者一覧

氏名	住所	所属	経営/略歴等
浦部 真弓氏	群馬県藤岡市	(有) 古代米浦部農園	有機栽培一筋に米・麦・大豆を生産(約27ha)。全ほ場で有機JASの認証を取得
堀 与志美氏	神奈川県大和市	(株) H&A環境コンサルタント	普及員として長年畜産現場を見てきて、現在、畜産糞尿のバイオガス等のコンサルタント。
堀内 典明氏	愛媛県松山市	堀内みかん園	瀬戸内海の怒和島でみかん農園(約2ha)経営。(本学S57年卒)
長部 茂幸氏	新潟県長岡市	長部農場	稲作農家稲作専業経営(約23ha)。若手農業者として農業団体に活躍中。(本学H20年卒)
宮坂 隆男氏	北海道野付郡別海町	(株) デーリーファーム宮坂	飼養頭数450頭、搾乳牛215頭の大規模酪農経営。

表6：農業実践セミナー参加人数

実施日	講演者	参加者
6月19日(水) 17:30~19:00	浦部 真弓氏	教員7名、学生16名
7月17日(水) 17:30~19:00	堀 与志美氏	教員4名、学生17名
10月23日(水) 17:00~18:30	堀内 典明氏	教員4名、学生12名
11月20日(水) 17:00~18:30	長部 茂幸氏	教員6名、学生9名
12月19日(木) 17:00~18:30	宮坂 隆男氏	教員6名、学生7名

【実績と課題】 各講演の参加人数は表6のとおりである。残念ながら、当初期待していた程、学生が参加しなかったというのが今年度の実績である。開催時刻が若干遅く、また開催日時が数度、学内の就職説明会等と重なってしまったことという日程的な問題に加え、開催に先駆けキャンパスの掲示板にポスターを貼ったものの、学生に十分に周知されていなかったという広報の問題が、参加者が少数にとどまった主な原因であると思われる。しかしながら、参加者からは面白かった、ためになったという感想が大半であった。

初年度の開催という点も考慮し、今年度、得た経験を踏まえ、問題点を改善しつつ、少なくとも今後、1、2年は、本セミナーを実施していく予定である。

5 今後の課題—岐路に立つ農場実習科目

農業を総合的に学ぶことを教育の目的に据え、座学と実学のバランス良いカリキュラムの維持が可能なか、現在、FSセンター教員を含め、生物生産学科将来構想ワーキンググループ(将来構想WG)にて検討が行われている。実学重視の伝統を色濃く残し、また学生からの評価も高い農場実習を、今後とも可能な限り継続していきたいという意見が学科教員間では多勢を占めている。しかし、農場実習の運営は、現在、岐路に立っている。

最大の理由は、学内人的資源の縮減である。これはFSセンターの農場体制に係る。学科教育で重

要視している農場実習であるが、これまで長年にわたり、実際の科目の計画・運営はFSセンター教員（生物生産学科協力教員）が主体となって担ってきた。生物生産学科とFSセンターの農場には強い連携関係がある。しかし、今年度3月をもってFSセンター農場所属の2名の教員が定年退職を迎える。農学研究院人件費の制約もあり、2名の補充の目処は現時点でたっていない。来年度はシニアプロフェッサーとしての任用により、ある程度は対応可能であるが、将来的持続性はなく、かつ、その体制の中でさえも、一部の实習は縮減せざるを得ない状況にある。さらに、今後、国立大学改革が推進されていく中、本学においても組織再編が行われる可能性もある。

これまでの農場実習教育を継続させていくことが、学科の教育目標である「総合的視野に立った農業人の育成」のために極めて重要であることに疑う余地はない。しかし、こうした状況の中、本学科の将来構想WGでは、従来の実験・実習科目を再度見直し、カリキュラムの改正によって、教員の負担を増やさず、さらに教育効果を上げていく構想を検討している。事実、現行（2010年度）カリキュラム改正時においても、FSセンター農場の人員体制等を考慮するとともに、これまで農業経験が全くない学生がほとんどである新入生に対して学問と実践を結びつけるために、従来の実験・実習科目を見直し、学科実験1科目を縮減し、圃場を活用する実験の一部や農業経済学系の実践的な内容を実習に組み入れた「フィールド実験実習Ⅰ・Ⅱ」に再編・統合した経験がある。これを、専門実習、基礎実験、学外実習および農業経営経済学総合演習などの実学科目群にも応用し、総合学問である農学をより理解できるプログラム案の作成を検討している。しかし、来年度後期から開始される世界展開力強化事業による英語での講義の分担や学内業務の増大等、学科各教員の負担が増えている中、現状より充実した実習プログラムを作成するのは厳しい状況にある。

また、現行の農場実習が担当教員の負担になっているだけでなく、少なからず受講生の負担になっている点にも注意を払う必要があるかもしれ

ない。もちろん、農場実習の教育効果はそうした負担を十分に上回ることに疑う余地はないが、教育目的に即して、非正規農業実践教育活動との一部連携も視野に入れながら、農場実習をもう少し効率的、効果的に実施できないか、さらなる工夫が求められよう。

農場実習のない生物生産学科の教育はあり得ない。たとえば、教育効果、教員負担の観点からみて、1年次必修2科目（計2単位）は学科教育において単なる2/124ではなく、実質的にその数倍にも値するものである。1年次の農場実習を通じて、水田・畑・牛舎・ほか施設で汗をかき作業を共同して行うことで、農業生産現場を体験することができ、さらに連携・協力の重要性を学ぶとともに、学科学生間の連帯感を強めることができるという副次的効果もある。学科独自の初年度教育の中核を担っているといつてよい。

農業実習を取り巻く状況が益々厳しくなることは承知の上、今後とも、実学を重んじた本学農学部伝統を継承していくという気概を持って、生物生産学科において農場実習を堅持していきたいと筆者らは考えている。

農学系ゲノム科学における情報科学・統計科学教育のとりくみ

石井一夫 (農学系ゲノム科学人材育成プログラム)

Education for Information Science and Statistical Science in Agricultural Genome Sciences

Kazuo ISHII (Human Resource Development Program in Agricultural Genome Sciences)

要約:「農学系ゲノム科学領域における実践的先端研究人材育成プログラム」¹⁾では、ゲノム科学に関する研究を行いたい大学院生を対象に、研究テーマを公募しその内容を審査して一定の評価を得て採択された学生に研究の実施に必要な技術などを教授する教育プログラムを2011年4月より実施している。ゲノム科学においては、次世代シーケンサーより大量に産生される塩基配列データを取り扱い、データ解析を行う。このようなビッグデータのデータ解析は、プログラミング、データベース、ネットワークを基盤とする情報処理技術やパラメトリック・ノンパラメトリック検定、多変量解析、機械学習などの統計科学が必須である。本稿では、この農学領域のゲノム科学ビッグデータのデータ解析に関する情報科学・統計科学教育に関する取り組みに関して報告する。

[**キーワード:**ゲノム科学, 情報科学, プログラミング, 統計科学, 次世代シーケンサー]

1 はじめに

ゲノム科学は、次世代シーケンサーや質量分析装置などの高性能機器の実用化にとともにながら、急速に発展している分野である。特に、ゲノム科学の進歩により、農学などの生命科学分野においては、大量のデータ（ビッグデータ）のデータ解析を行う必要に迫られる機会が多い。

ゲノム科学は、ここ数年で急速に発展してきた新しい技術であるため、従来の教育体制でカバーしきれていないのが現状である。

これらの大規模データ解析においては、プログラミング、データベース、ネットワークなどの情報処理技術やパラメトリック・ノンパラメトリック検定、多変量解析、機械学習などの統計科学が必須である。

これらのデータ解析は、昨今のメディアで話題となっているビッグデータ分析で使われている技

術と共通するものであり、情報科学や統計科学の知識と技術を併せた境界領域の分野であるため、現在の生命科学系学部において、これらの教育に十分に対応できているとはいえない。

「農学系ゲノム科学人材育成プログラム」では、2011年4月より、ゲノム科学を行いたい大学院生を対象に、ゲノム科学に関する研究テーマを募集し、解析に必要な技術を教授する教育プログラム（農学系ゲノム科学人材育成プログラム）を開始した。本稿では、これらの教育プログラムにおけるゲノム科学ビッグデータのデータ解析に関する情報科学教育・統計科学教育に関する取り組みに関して報告する。

2 農学系ゲノム科学領域におけるビッグデータ解析の必要性

2.1 次世代シーケンサーの登場と普及

ゲノム科学の進歩により、医学や農学などの生命科学分野において、数百ギガバイトの塩基配列

データを取り扱うことは日常的となっている。これは、2005年以降に、急速に普及してきている次世代シーケンサーと呼ばれる高性能自動塩基配列決定装置の普及によるところが大きい。

東京農工大学においては、遺伝子実験施設などにおいてイルミナ社 GAIIX, MiSeq, ライフテクノロジー社 Ion Proton が設置され稼働している(写真1)。



写真1：東京農工大学に導入されている次世代シーケンサーの例：イルミナ社 GAIIX(上)，MiSeq(中)，Ion Proton(下)

2.2 次世代シーケンサーの概要

次世代シーケンサーは、固相上に無数の DNA 断片を結合させ、酵素を用いて伸張反応や連結反応を起こさせ、その配列を蛍光や電圧によって並列的に検出する。ロシュ社の 454、イルミナ社の GAIIX, HiSeq, MiSeq, ライフテクノロジー社 SOLiD などが主流であった。

しかし、第3世代シーケンサーと呼ばれる1分子リアルタイムシーケンサーである Pacific Biosciences 社の PacBio RS や、半導体シーケンサーと呼ばれるライフテクノロジー社の IonPGM や IonProton など、新たな原理に基づいたものや、安価なものも登場しており、その普及はさらに加速化している。

従来のキャピラリー型シーケンサーと異なり、応用範囲が非常に広く、(1) DNA の塩基配列解析だけでなく、(2) RNA の発現定量解析や、(3) DNA のメチル化やタンパク結合領域などのエピゲノムの解析も行えるのが特徴である。

従来のマイクロアレイのようにゲノム配列が既知の生物の解析だけでなく、ゲノム配列が未知の生物の解析の発現定量解析も可能であり、多種類の検体を同時に分析することができるメタゲノム解析など、多様な解析が可能である。

2.3 次世代シーケンサーのデータ解析

次世代シーケンサーのデータ解析は、おおまかに以下の3段階に分けられる。

- (1) 一次解析：次世代シーケンサーより産生された画像データを統合して塩基配列データを得る。
- (2) 二次解析：得られた配列データを、配列が既知の参照配列に整列させたり(マッピング)、新たに連結する配列を重ね合わせたり(アセンブリ)して、塩基配列データを編集したり、編集された塩基配列断片の数を集計する。

これにより、数千万から数億個のテキストデータ(塩基配列)や数値データ(解読された断片(リード)の数)を得られる。

- (3) 三次解析：得られたデータを用いて、既知のデータベースとの相同性を調べたり、検体ごとの数値データを用いて統計解析を行ったりして有用

な情報を引き出し、実験結果としてまとめる。

これらの解析は、従来のパソコンやデータ解析用サーバを用いても行なわれるが、最近ではデータの大規模化、多数のデータ解析を同時に行なうデータ解析の並列化にも対応するためクラウド環境を利用することも増えてきている。

2.4 次世代シーケンサーのデータ解析に用いられる情報科学技術および統計科学技術

次世代シーケンサーのデータ解析に用いているソフトウェア群を表1に示す。およそ100種類のデータ解析ソフトを日常的に使用している。

(1) プラットフォーム

データ解析に用いるプラットフォームはもっぱらUNIX/Linuxである。MS Windows やMacOSX などを用いている場合もあるが、これらはセキュリティが脆弱であったり、安定性・堅牢性の面でLinux よりに劣っていたりする。また、大規模化や自動化にも向いていないためデータ解析には、お奨めしていない。

(2) 汎用のフリーソフト群

使用するデータ解析ソフトは、フリーソフトが多い。シェルスクリプトやPerl, Python, Ruby など汎用スクリプト言語を日常的に活用して、テキスト処理や各プロセスの接続（グルー言語）を行う。必要に応じて、C, C++, Java などのプログラミングも行う。

データ解析においては、これらの言語を用いたカスタムプログラミングは必須である。既存の商用ソフトやフリーソフトでは対応出来ない新たな解析技術を実装するためには、自らプログラミングを行なう以外に方法はない。また、ビッグデータ処理には、データベースも欠かせない。MySQL や PostgreSQL などのデータベース管理システム (DBMS) も日常的に使用している。

(3) データ解析専用のフリーソフト群

ゲノム科学専用の解析ソフトウェアは、例えばゲノム配列データのアセンブリやマッピングなど多数のオープンソースのソフトウェアがリリースされている。

現在は、Velvet, Oases, Trinity, Bowtie, BWA, Tophat, Cufflinks, MACS などを用いることが多いが、ソフトウェアの移り変わりは非常に激しく、毎月のようにバージョンアップや、新規ソフトの導入を図っている。カスタムプログラミングにより、これらのソフトに改良を加えることもある。BioPerl や BioPython, BioRuby, BioJava など各種のプログラミング言語で使用できる生物学データ解析用のライブラリ（関数群）もプログラミングの効率化に有用である。

統計解析にはRとOctaveと呼ばれる統計解析様フリーソフトを用いる。特にRはBioconductorというゲノム解析に特化した専用パッケージを含むために非常に便利である。

表1：東京農工大学でゲノム科学のデータ解析に用いられるソフトウェア群

分類	ソフトウェア名
OS	Linux/UNIX (CentOS 6.3, Scientific Linux 6.3 and FreeBSD 9.1)
プログラミング言語	Perl, Python, Ruby, Java, C, C++
データベース	MySQL, PostgreSQL
ゲノム配列データのアセンブリ	Velvet, ABySS, SOAPdenovo, WGS Assembler, MIRA3, Phrap
ゲノム配列データのマッピング	Bowtie, Bowtie2, BWA, Maq, SOAP
RNA 発現解析用ソフト	Tophat, Cufflinks, Trinity, Oases, SOAPdenovo-Trans
ChIP-Seq 解析用ソフト	MACS, Quest, SISRrs, SPP
統計解析ソフト	R/Bioconductor, Octave, Mailab
相同性解析, 注釈付けソフト	BLAST, BLAT
生物学データ解析用ライブラリ	BioPerl, BioRuby, BioPython, BioJava

(4) データ解析で使われる統計科学

データ解析で使われる統計科学技術では、従来のステューデント t 検定などのパラメトリックな有意差検定や、正規分布を前提とせず平均値や分散を用いないノンパラメトリック検定のほか、ベイズ統計、多変量解析（因子分析、主成分分析、クラスター解析）、機械学習、自然言語処理などの手法を用いる。

これらは確率・統計の知識は必須であるが、線形代数や微分積分、常微分方程式、偏微分方程式などの知識も必要であり、特に多変量解析や、統計モデリング（モデル式を求める）を行なう場合には、これらの知識がないとデータの解析や解釈に困る場合がある。

3 農学系ゲノム科学でのデータ解析に関する情報科学・統計科学教育の実践

3.1 農学系ゲノム科学人材育成プログラムの目的と実施と情報科学・統計科学教育

このように、生命科学分野において、ビッグデータ解析の必要性にともない情報科学・統計科学教育に対するニーズは非常に高くなってきている。

しかし、農学系領域において、これらゲノム科学のデータ解析を十分に行えるような、プログラミング、データベースの構築、データベースの取り扱いを含む情報科学教育や、統計学的検定、ベイズ統計、多変量解析、機械学習、自然言語処理統計解析などの統計科学教育およびその基礎となる線形代数や微分積分、常微分方程式、偏微分方程式などの数学的な基礎知識に関する教育が充分に行われている教育機関は多くない。

「農学系ゲノム科学領域における実践的先端研究人材育成プログラム」では、このような環境のなか、文部科学省の特別経費により、ゲノム科学の研究を実施する必要に迫られた学生、研究者に、ニーズにあった教育を実践し、ゲノム科学研究を実施できる学生、研究者を育成することを目標として、2011年4月より、文部科学省の特別経費により、教育プログラム（農学系ゲノム科学人材育成プログラム）を開始した。

これらの取り組みの中で数学的基礎知識を基盤とした情報科学・統計科学技術に基づくデータ解析を実施できる学生、研究者を育成する研究教育活動を実施している。

3.2 農学系ゲノム科学人材育成プログラムの目的と実施の概要と情報科学・統計科学教育¹⁾

(1) 教育の対象者

この教育プログラムは、農学系学部（工学部、獣医学部の関連学科を含む）のゲノム科学を専門とする大学院を対象としている。すなわち、学部、研究科、専攻、講座、研究教育分野の枠を越え、東京農工大学および、東京農工大学と連携する関連の学部を対象としている。

(2) 教育の実施概要（図1）

本教育プログラムは、東京農工大学大学院の学生（修士課程、博士後期課程）からゲノム科学を必要とする研究課題の募集を行う。本学の大学院学生であれば、農学府・工学府・Base・連合農学研究科（茨城大学・宇都宮大学を含む）に所属する全ての学生が応募できる。

採択された場合、研究室の個々の研究テーマを実施しながらゲノム科学（ゲノミクス・プロテオミクス・メタボロミクスおよびこれらの応用分野）に関する知識と技術を、主指導教員に加え、ゲノム科学分野を専門とする特任教員及びリサーチメディエーターとの連携による個別指導を受け習得することができるしくみになっている。

また、初心者レベルから専門家レベルまでの情報処理技術の習得も含めたゲノム科学全般について、知識・実験技術などに関する講習会・セミナー・シンポジウム等を適宜実施することとした。

セミナーや公開講座の実施の際には、適宜状況に応じてゲノム科学のデータ解析を行うことを希望する学内外の教員ならびに一般企業の研究者をも対象に含めた。

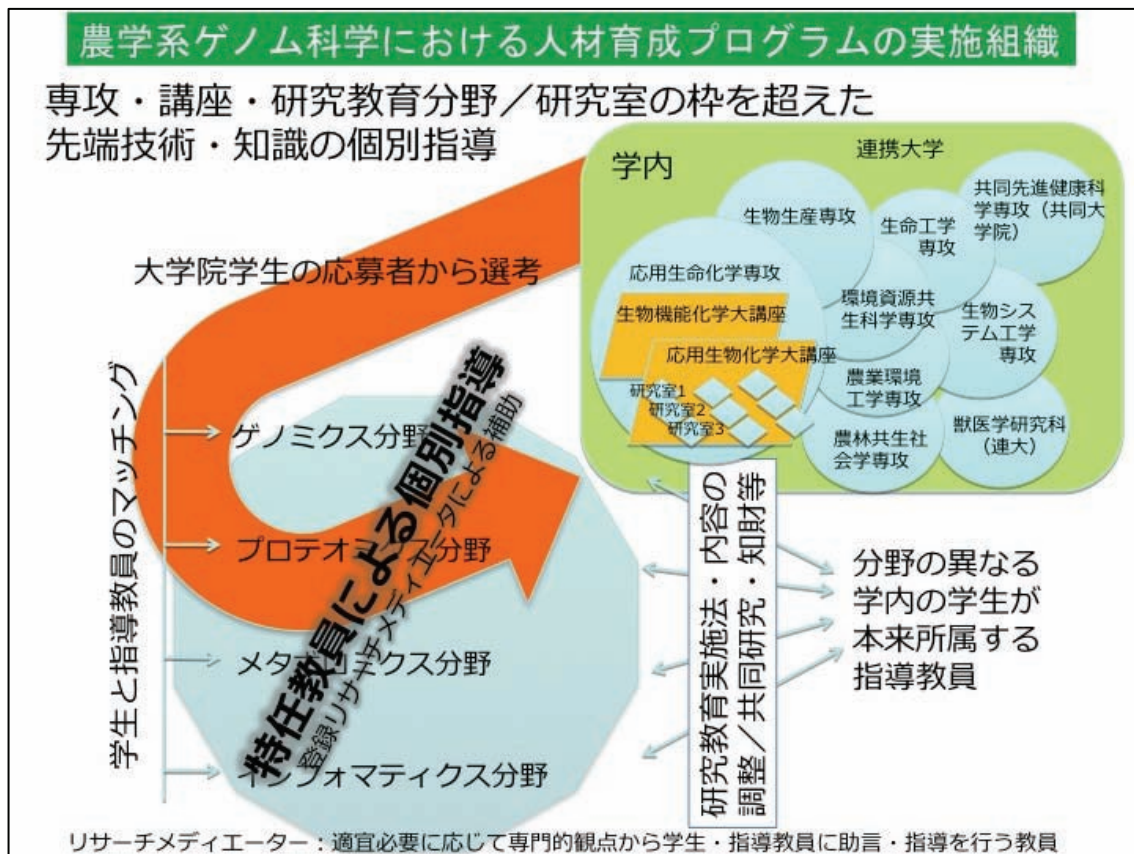


図 1：農学系ゲノム科学人材育成プログラムの実施体制

(3) 教育の実施過程

以下、本教育プログラムの実施過程をまとめる。

1) 研究テーマの公募と評価、採択

教育内容は、次世代シーケンサー（ゲノム自動解析装置）を用いてゲノム科学研究を行いたい大学院生から研究テーマを公募し、その内容の教育上の妥当性、効果、社会的重要性を評価した上で、有望な研究テーマを採択する。

2) データの取得

採択された研究テーマにつき、その指導教官と学生の打ち合わせを行った後に、次世代シーケンサーなどのゲノム解析装置をもちいて、ゲノム解析配列データを取得する。

3) データ解析

得られた配列解析データを、UNIX/Linux をプラットフォームとしたデータ解析環境を用いて、解析を実施し、プログラミング、データベース、ネットワークワーキング、統計解析などのデータ解析方法を、

マンツーマンでトレーニングを実施する。

4) 講習会、セミナーの実施

同様のゲノム科学研究を行いたい学生や、学内外の教員、一般社会人を対象とした講習会、セミナー、シンポジウムを実施する。

5) 研究報告会の実施

研究を実施した学生の研究成果を発表する研究成果報告会を実施する。

3.3 農学系ゲノム科学人材育成プログラムにおける情報科学・統計科学教育の実施内容

図 2 に本教育プログラムで実施したゲノム科学領域における情報科学・統計科学教育の実施内容を示した²⁾。

教育プログラムは3ヶ月ごとの区切りになっており、基礎技術レベル、応用技術レベル、アドバンスレベル、専門家レベル、プロレベルと段階を追ってステップアップしていく。

農学系ゲノム科学における情報科学・統計科学教育の実施内容

提供する支援レベル（習得技術・内容）

基礎技術レベル (3ヶ月)	E1:UNIXの操作・データ解析環境の立ち上げ・スクリプト作成 (Perl/Ruby/Python) FreeBSD, Linux の操作、インストール、Perlなどをもちいたテキスト処理
応用技術レベル (3ヶ月)	E2:DNA配列アセンブリ・メタゲノム解析・データベース構築 (SQL) Velvet, Oases, Trinity などの操作とデータアセンブリー方法、原理 MySQL, PostgreSQL を用いたデータベースの構築と、クエリ、集計
アドバンスレベル (3ヶ月)	E3:RNA-Seq解析・ChIP-Seq解析・統計解析 (R/MatLab) 発現定量データの取得と統計解析、パラメトリック検定、ノンパラメトリック検定、多変量解析、機械学習、クラスター解析、グラフィックスによる視覚化。
専門家レベル (3ヶ月)	E4:上記以外のデータ解析法 (QTL・カスタムライブラリの解析) 遺伝統計解析、統計モデリング（一般化線形モデル、一般化加法モデルなど）、モンテカルロシミュレーション、マルコフ連鎖モンテカルロ法、遺伝学的系統樹解析
プロレベル (3ヶ月)	E5:新規データ解析法の開発実装 (C/C++/Java) Perl, Python, Ruby, C, C++, Javaを用いた新規アルゴリズムの実装。

図 2：農学系ゲノム科学における情報科学・統計科学教育の実施内容

(1) 最初の「基礎技術レベル」では、UNIX の簡単な操作にはじまり、データ解析環境の立ち上げと、シェルや Perl などの簡単なスクリプトの書き方やプログラミングの入門的な内容を学ぶ。

(2) 「応用技術レベル」では、実際の次世代シーケンサーのデータ解析を行うレベルである。

FastQC を用いたデータのクオリティチェックを行い、シェルや Perl などのスクリプトや、FastX-Toolkit や Cutadapt などの簡易ソフトでクオリティの悪いデータを除く。

その後、Velvet, Oases, Trinity などの配列解析アセンブラで塩基配列のアセンブリを行ったり、BWA, Bowtie などを用いて参照配列へマッピングを行ったりする。

コマンドによる BLAST を用いた検索や、次世代データを用いた MySQL や PostgreSQL によるデータベースの構築とクエリの方法について学ぶ。R を用いた簡単な集計方法についてもここで学ぶ。

(3) 「アドバンスレベル」では、次世代シーケンサーのデータ解析のうち、より難易度の高いデー

タ解析を行う。すなわち、RNA-Seq, ChIP-Seq, リシーケンシング（多型解析）および R を用いた統計解析について学ぶ。いわゆる 2 次解析に相当する解析技術全般を学ぶ。

発現定量解析（RNA-Seq）では Tophat を用いたマッピングと Cufflinks によるデータの集計法について学ぶ。

ChIP-Seq では、BWA により参照配列にマッピングしたあと MACS によるピーク検出を行う。その後、MEME や WebLOBO によるコンセンサス配列の検出なども行う。

リシーケンシング（多型解析）では、BWA により参照配列にマッピングしたあと、SAMtools などによるデータ解析を行う。

発現定量解析について R による統計検定（パラメトリック検定、ノンパラメトリック検定、分散分析、多重比較の多重補正）などを行う。

(4) 「専門家レベル」では、次世代シーケンサーのデータ解析のうち、非定型のデータ解析を行う。基本的には、3 次解析に相当する部分の解析である。

主に、シェルや Perl などのスクリプト言語を用

いて、自動化パイプラインを構築したり、通常の定型の解析ソフトで行えないようなカスタムメイドのデータ解析を行ったりする。データのフォーマット変換や、Samtools でのデータの集計などは自在にできるようになることを期待している。

遺伝統計解析なども必要に応じて、ここで行う。

R や Matlab については、統計モデリング（一般化線形モデル，一般化加法モデル）の使い方。モンテカルロシミュレーションやマルコフ連鎖モンテカルロ法などによる解析法（ブートストラップ法，ジャックナイフ法，並べ替え検定）を学ぶ³⁾。

機械学習，k-means 法，主成分分析，クラスタ解析など。データマイニング手法を学ぶ⁴⁾。

(5) 「プロレベル」では、プログラミング言語を用いた新しいデータ解析法の実装について学ぶ。R による関数の作成とパッケージング。新たな解析方法について、Perl, Python, Ruby などを用いたやや高度なプログラミングを行う。ソフトウェアをインストールする際の、Makefile の読みかたやその修正方法，ビルドの際にエラーが出たときの対応方法など C, C++, Java のコンパイル方法について学ぶ。

農学系なので、時間的制約もあることから C, C++, Java を用いた新規ソフトウェアの開発まで行うレベルは想定していないが、そのような研究に挑戦する学生が出てくることを期待する。

3.4 農学領域における情報科学・統計科学教育の実施状況

表 2 に今回の教育プログラムに参加しデータ解析技術を習得した大学院生の人数をまとめた。

平成 23 年度に全体で合計 37 名の採択者を受け入れ，そのうち 22 名に対して，ゲノミクス・インフォマティクス分野の教育指導を行った。残りの 15 名はプロテオミクス分野の教育指導を受けた。

平成 24 年度には，のべ 85 名の採択者を受け入れ，のべ 63 名に対してゲノミクス・インフォマティクス分野の教育指導を行った。

平成 24 年度には，のべ 54 名の採択者を受け入

れ，のべ 36 名に対してゲノミクス・インフォマティクス分野の教育指導を行った。

年度ごとに採択方法が異なっているので，単純に比較はできないが，順調に教育実践を行った実績を上げたと考える。

表 2：東京農工大学ゲノム科学人材育成プログラムの学生採択状況（平成 23 年度～平成 25 年度）

期間	全採択数（担当数）
平成 23 年度	
第 1 期(7～9 月)	12 名(内 7 名)
第 2 期(10～12 月)	14 名(内 8 名)
第 3 期(1～3 月)	11 名(内 7 名)
平成 24 年度	
第 1 期(6～8 月)	27 名 (20 名)
第 2 期(9～11 月)	27 名 (20 名)
第 3 期(12～2 月)	31 名 (23 名)
平成 25 年度	
第 1 期(6～9 月)	25 名 (16 名)
第 2 期(11～2 月)	29 名 (20 名)

謝辞

農学系ゲノム科学人材育成プログラムの実践活動に賛同し，ご協力いただいた教員の先生方，ならびに参加された大学院生の皆様に，謹んで感謝の意を表する。

参考文献（参考サイト）

1) 文部科学省 連携事業「農学系ゲノム科学領域における実践的先端研究人材育成プログラム」プログラムの概要

<http://genome.lab.tuat.ac.jp/~genome/overview.html>

2) 文部科学省 連携事業「農学系ゲノム科学領域における実践的先端研究人材育成プログラム」プログラムの内容

<http://genome.lab.tuat.ac.jp/~genome/program.html>

- 3) Maria L. Rizzo(著), 石井一夫、村田真樹(共訳)、「Rによる計算機統計学」オーム社(2011)
- 4) 石井一夫, 「図解よくわかるデータマイニング」日刊工業新聞社(2004)

基礎自然科学を基盤とした「環境と資源」の教育

高柳正夫, 大地まどか, 吉田 誠 (農学部環境資源科学科)

Education of Environmental and Natural Resource Sciences Based on Fundamental Natural Sciences

Masao TAKAYANAGI, Madoka OHJI, and Makoto YOSHIDA
(Department of Environmental and Natural Resource Sciences, Faculty of Agriculture)

要約: 環境資源科学科では, 基礎的な自然科学である生物学, 物理学, 化学, 地学を基盤として環境と資源に関する教育を行い, 地球環境に関する種々の問題の解決に貢献できる人材の育成を目指している. この目的を達成するための工夫, 実施の状況などを報告する. 本学科で力を入れている学生実験 (専門科目学生実験) について特に詳しく述べる.

[キーワード: 環境資源科学科, 基礎自然科学, TAT 科目, TAT II 学生実験, 専門科目学生実験]

1 はじめに

環境資源科学科では, 「環境と資源」をキーワードとして, 地球環境に関する種々の問題の解決に貢献できる人材の育成を目指している. 具体的には, 以下のような課題に関する教育と研究を行っている.

- (1) 地球環境を汚染する化学物質の動態解析や生態影響の評価と予測
- (2) 悪化した地球環境の生物を用いた修復
- (3) 植物バイオマスの有効利用
- (4) 資源のリサイクル・再生・分解・廃棄に関する科学技術を基盤とした循環型社会の構築
- (5) 以上の基礎として, 種々の物質の基本的性質や反応・挙動の解明

環境に関する問題に立ち向かうためには, 広範な知識が必要となる. 環境を汚染する物質に関する化学の知識や, 実際に被害を受ける生物に関する知識が必要であることはすぐに理解できるであろう. しかしそれだけではなく, 物質が環境中をどのように移動してどのように分布するのかを知るためには, 物理学や地学の知識がどうしても必

要である. 例えば, 大気中の物質の移動を知るためには大気物理学や気象学の知識が必要となる. これらはそれぞれ, 物理学や地学の一分野である.

一方, 植物バイオマスの利用やバイオマス資源の循環利用 (リサイクル等) の問題を扱うときにも, 広範な知識が必要となる. バイオマス資源としての植物を理解するために生物学が必要となることは当然として, その植物が育つ環境 (土壌や気候等) を考えるときには地学の知識が必要となる. 物質としてバイオマスを扱うときには化学が, そしてその物質を材料として用いるときには物性を理解するために物理学の知識が必要となる.

環境資源科学科では, 環境やバイオマス資源の問題を扱うときに生物学, 物理学, 化学, 地学すべての知識が必要となることを学生に認識させることが重要であると考え, 明示的にこれらすべての科目の学習を学生に求めている. 具体的には, 共通教育科目の自然科学系基礎科目について生物学, 物理学, 化学, 地学の科目をまんべんなく履修するような制限を付けていること, 専門科目の学生実験について生物学, 物理学, 化学, 地学の実験科目をすべて開講し, それらの半分以上 (2 科目以上) を履修することを求めている.

本稿では, これらの状況を紹介すると同時に,

その有効性を検討する。

2 教員の構成

2014年1月現在、環境資源科学科を担当（兼担）している教員は30名である。この30名には、全学共通科目の数学を除く自然科学4科目、すなわち生物学、物理学、化学、地学すべての分野の教員が含まれている。本学の農学部5学科、工学部8学科に、理科4科目の教員すべてが一つの学科に所属している例は、環境資源科学科以外には無い。

農学部では、生物学、物理学、化学をTAT I科目（本学出身者として必ず身に付けておくべき大学レベルの自然科学系科目）として必修科目に指定し、全学生に履修を求めている。現実にはどの科目も他学科の教員と協力して開講しているが、これら3科目を自学科の教員のみで実施することができるのは、環境資源科学科だけである。TAT II科目（幅広い自然科学基礎学力を育成するための科目）では、特に生物学で対象とする分野が広いためにそのすべてを学科の教員のみで実施することは困難ではあるが、それでも、生物学、物理学、化学、地学のすべてに担当者を出している。これは講義科目に限ったことではなく、すべての実験科目にも担当者を出し、学部全体の基礎教育に貢献している。

このように、環境資源科学科には各科目を担当できる教員がそろっているため、専門科目の4つの学生実験（生物学、物理学、化学、地学）についても、他学科の教員や非常勤講師の助けを借りることなく自力で開講を続けている。

3 カリキュラム

3.1 TAT 科目

TAT I科目では、数学2科目と理科3科目を必修とすることが学部で定められている（共同獣医学科を除く）。

一方、TAT II科目では学科間で卒業要件となる科目に差異があり、環境資源科学科では、数学、生物学、物理学、化学、地学の区分のすべての講義科目をそれぞれ必ず1つは履修しなくてははいけ

ないという制限を設けている。また、生物学実験、物理学実験、化学実験を必修としている。地域生態システム学科では講義科目について同様の制限を設けているが、実験科目については生物学実験、物理学実験、化学実験、地学実験から二科目以上を選択するという形態をとっており、環境資源科学科と比較して少し緩やかな制限となっている。生物生産学科と応用生物科学科では、生物学実験と化学実験を必修としている以外には講義科目を含めて選択の仕方に制限はない。

環境資源科学科でも現行の2010年カリキュラムより前のカリキュラムでは、現行のTAT II科目に対応する自然系基礎科目の選択の仕方に細かい制限を付けていなかった。しかし制限を設定しない場合、数学や物理学の講義科目を履修する学生が極端に少なくなり、学科の目指す自然科学全体を基盤にした教育と研究指導の達成が困難になる。そこで現行の2010年カリキュラムでは、各区分から1つ以上の講義科目を選択することを求めているのである。

3.2 専門科目の実験科目

環境資源科学科の専門科目では実験科目が4つ開講されていて、このうちの2科目以上を履修することが求められている。科目数の観点では8つの実験科目を開講している応用生物科学科にはるかにおよびない。しかし応用生物科学科のすべての実験科目が生物学、化学および生物化学（バイオ）の分野を対象にしているのに対して、環境資源科学科で開講している4つの実験科目はそれぞれが生物学、物理学、化学、地学を対象としている点に特徴がある。以下にそれぞれの実験課題と内容を簡単に紹介する。

生物学実験（環境資源科学実験Ⅲ，3年前期）

1. 植物に対する酸性雨による土壌酸性化の影響：人為的に酸性化した土壌の化学性とそれらの土壌で育成した植物の成長との関係の調査考察。
2. 脊椎動物の形態学的特徴：魚類の解剖。各組織・器官の形態学的特徴およびその機能の詳細の把握。
3. 植物(バイオマス資源)の形成と生物評価・分類

(1): 樹木の成長のしくみ: 肥大成長のための側生分裂組織 (形成層帯・形成層始原細胞), および分化過程にある木部と成熟した細胞, 外樹皮や内樹皮 (師部組織) の構成細胞の顕微鏡観察と, それらの組織的特徴と肥大成長の仕組みの理解.

4. 植物(バイオマス資源)の形成と生物評価・分類

(2): 資源の生物評価・分類法: 木本資源の物理的指標としてもっとも重要な比重の変動が木部を構成している細胞種の構成比率や形態と関係していることの理解.

5. 環境試水中の微生物の分布: 府中キャンパス周辺の河川・湧水・池から採水した試水中の一般細菌・大腸菌群・汚染物質分解菌の密度測定. 石面付着微生物群集の顕微鏡観察.

6. 細菌の形質転換: 大腸菌細胞に, 薬剤耐性遺伝子をコードしたプラスミドを導入.

7. 人工化学物質の微生物分解: 細菌が *p*-ニトロフェノールを分解するときの分解速度定数の測定.

8. 植物 (バイオマス資源) の微生物分解(1): セルロースを炭素源とした培地における真菌類の培養: 真菌類が形成する胞子の回収と, セルロース培地中での真菌類の培養.

9. 植物 (バイオマス資源) の微生物分解(2): 培養液中のセルロース分解酵素活性の測定.

物理学実験 (環境資源科学実験 I, 2 年後期)

1. 接着剤の合成: 木質複合材料の製作に用いるユリア樹脂接着剤の合成.

2. 木質複合材料の製造と性能評価: ユリア樹脂接着剤を用いたパーティクルボードの製作とその物理的性質の測定.

3. 試験用手すき紙の調製: パルプ試料からの手漉き紙の作製およびその手漉き紙を離解して得たリサイクルパルプからの手漉き紙作製.

4. 紙の物理的性質: リサイクルパルプ手漉き紙の物理的性質 (坪量, バルク厚さ, バルク密度, 引っ張り強さ, 白色度) の測定.

5. 木工機械の操作と安全指導: 木材加工機械を使い指定の大きさの木片を作製.

6. 騒音と粉塵の計測: 木工機械周辺の騒音測定 (騒音源からの距離依存と音色の測定) および粉

塵測定.

7. 木材の乾燥速度: 定温乾燥器による生材の乾燥速度の測定と, 乾燥速度に影響する要因の考察.

化学実験 (環境資源科学実験 II, 2 年後期)

1. 環境分析: ウィンクラー法による試水中の溶存酸素定量.

2. クロマトグラフィー法: 高速液体クロマトグラフィー(HPLC)による試水中の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩の定量.

3. 環境中の養分濃度の測定: モリブデンブルー法によるリン酸濃度の測定.

4. 有機化合物の光化学反応: アゾベンゼンの光 *cis-trans* 異性化反応と薄層クロマトグラフィーによる異性体の分離.

5. 高分子化合物の挙動: ナイロンの合成と高分子の固有粘度の測定.

6. 固体表面における吸着: 活性炭表面における酢酸水溶液の吸着平衡.

7. 植物の成分分離と定量: 構造多糖類 (ホロセルロース) の薄層クロマトグラフィーによる分析とリグニンの定量.

8. 植物資源の化学修飾と物性変換: 脱脂綿を出発物質とした酢酸セルロースの半合成とその溶解性測定.

地学実験 (環境資源科学実験 IV, 3 年前期)

1. 森林土壌炭素・窒素蓄積量の測定: FM 多摩丘陵の土壌に蓄積されている炭素, 窒素の測定と蓄積様式の検討.

2. 大気汚染ガス・エアロゾルの観測: 大気中の様々な構成成分の測定と, 大気環境の把握. (1) ガス成分とエアロゾル成分の濃度測定, (2) エアロゾルの捕集と陽イオンの分析, (3) 硝酸ガス濃度の測定, (4) そらまめ君 (環境省大気汚染物質広域監視システム) のデータを用いた大気汚染データの解析.

3. 地下水, 渓流水の水質形成: FM 多摩丘陵での現地調査とイオン成分分析.

4. 人為活動と水質: 水質測定による多摩川への人間活動の影響の定量評価と, 環境の保全と修復の

手法の検討.

これらの実験課題は、環境資源科学科の各研究室で行われている研究に基づき、その基本的な部分を体験する形で設定されているものが主となっている。実際の研究に関連した課題とはいっても応用的な内容を学ぶだけではなく、例えば生物学では顕微鏡観察や微生物の取り扱い、基本的な遺伝子組換え操作法を、化学では滴定（容量分析）、高速液体クロマトグラフィーによる分析や分光分析を経験するなど、基礎的な実験操作をさまざまに体験できるように工夫がされている。一方、物理学実験は、材料の製作と物性測定（あるいは製作環境の測定）をセットで進める形になっている点特徴的である。また地学実験では、多摩川の水、FM 多摩丘陵の土壌と水、府中キャンパスの大气などの現地調査やサンプリング、化学分析などを行い、身近な環境の実態把握とその評価、および保全・修復の方法について考察をする。まさに現場を体験するという意味で、地学実験は応用的な色彩が非常に強い。

3.3 他大のカリキュラムとの比較

環境資源科学科は、日本で初めて名称に“環境”を用いた学科の流れを汲んでいる。かつては学科名としては珍しかった“環境”も、最近 10 年程度では多くの学科で名前の一部として採用されるようになってきた。それらのいくつかのカリキュラムと、環境資源科学科のカリキュラムを比較してみよう。

まず、鳥取大学農学部生物資源環境学科環境共生科学コースは、学科名は環境資源科学科に類似しているが、学科全体としては本学の応用生物科学科と地域生態システム学科の一部を合体したような学科である。環境共生科学コースは地域生態システム学科に近く、そのカリキュラムには生物学と物理学およびその関連科目が多数含まれているが、化学に関連する科目は非常に少ない。

次に、東京農業大学の地域環境科学部森林総合学科のカリキュラムを見てみると、森林、林産、木材に関する専門科目が非常に多く開講されてい

るのに対して、基礎科学の科目はリメディアルの生物、物理学、化学、数学が各 1 科目ずつ開講されているにすぎない。この学科では、各専門科目の中で必要な基礎科学を教授しているのであろう。しかし、この学科でどのような基礎科学が必要とされているのか、また学生がどのような基礎科学の教育を受けているのかなどが見えにくいように感じられる。

最後に山梨大学生命環境学部環境学科のカリキュラムを見てみよう。この学科は、「環境に関する自然科学の知識を基礎とし、自然環境と人間社会の共生を目指し、主として自然科学的な方法によって食料問題や環境問題をとらえ、環境調和型の人間活動を基盤とする地域社会の持続的な繁栄に貢献できる人材を養成する」ことを目標に掲げており、カリキュラムも生物学、物理学、化学、地学（地球科学）の各分野をバランスよく組み合わせて作られている。学科の目的やカリキュラムの面では環境資源科学科の良きライバルになりそうに見える。しかし、この学科では環境資源科学科で行われているような生物資源の物性に関する研究を担当する教員がおらず、研究を背景にした物理学教育という面がやや弱いように見える。

この他に、学科名に“環境”が入っていても人文社会系の環境学（環境社会学や環境教育学）を主に扱っていて、自然科学系の科目は概論程度しか開講していない学科（例えば、武蔵野大学環境学部環境学科）などもある。

以上のように、“環境”あるいは“資源”を名前に含む学科であってもそのカリキュラムは千差万別で、環境資源科学科のように生物学、物理学、化学、地学をバランスよく組み合わせて、全自然科学を武器に環境や資源の問題に取り組む人材を育てるカリキュラムを提供している学科は決して多くはない。

4. 現状解析

4.1 実験科目の履修状況

上記のように環境資源科学科では、専門科目の 4 つの実験科目（生物学、物理学、化学、地学）のなかから 2 科目以上を履修することを求めている

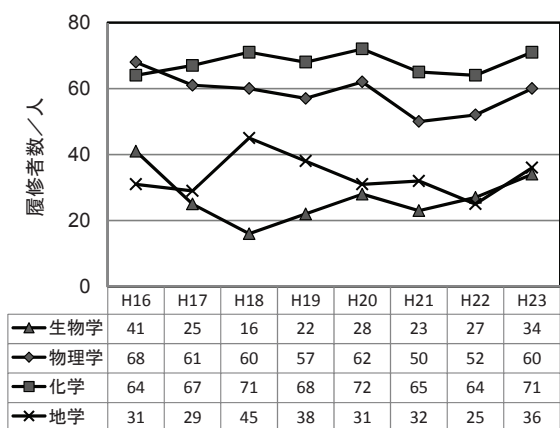


図1：専門科目の実験科目の履修者数の推移。入学年度ごとに表示。

る。これらの中に同時に開講される科目はないので、各学生はこれら全科目履修することが可能である。筆者を含めて多くの教員が学生に対して、できるだけ多くの実験科目を履修するようにとアドバイスをしているが、例年履修者がそれほど多くない科目もある。そこで実際にどの科目がどの程度履修されているのかを調べてみた。

図1は平成16年度から23年度までの8年間の入学生の実験科目の履修状況を、府中地区教務係の協力を得てまとめたものである。環境資源科学科の定員は61名であり、学生の実数は各年度64～68名程度である。履修者数には再履修の学生も含まれている。

物理学は毎年60名程度、化学は毎年70名程度履修している。すなわち各学年、物理学は9割程度、化学はほぼ全員が履修していることになる。一方、生物学と地学は履修者数が物理学や化学と比べて著しく少なく、30名プラスマイナス10名程度で推移している。この理由は次のように考えられる。物理学と化学は2年生後期に、生物学と地学は3年生前期に開講されている。2年生で物理学実験と化学実験の単位を共に取得すると、取得が必要な実験の単位が満たされてしまう。一部の学生にとっては3年生になってから履修する生物学と地学はオプションのように感じられている可能性が高い。

各実験科目の合格率（単位取得者数を履修登録者数で割った値）にも科目の特徴が表れている。

生物学、物理学、化学、地学について、図1に示した8年間の累計でそれぞれ、85.2%、93.8%、90.8%、90.3%となっている。物理学がやや高く、生物学がやや低い。生物学の合格率が低い理由は、上記と同様に、すでに物理学と化学の単位を取得した学生が生物学の単位取得の努力を十分にしないためだと考えることもできる。しかし一方で、同時期に開講される地学の合格率が生物学ほど低くないこと、履修者数が生物学より地学のほうが多いこと、生物学と地学の履修者数の変動が逆（図1参照、生物学の履修者が減ると地学の履修者が増え、生物学の履修者が増えると地学の履修者が減る傾向がみられること）になっていることなどから総合的に考えて、①3年前期に学生は生物学と地学のいずれか一方のみを履修する傾向がある、②合格率の低い生物学の履修を避ける学生が少なからずいる可能性がある、と考えることもできる。

履修者数の合計から見積もると、学生が履修する専門科目の実験科目の平均数は、履修が少ない学年では2.5科目、多い学年では3科目程度であることがわかる。卒業に必要な単位数は満たしているが、決して十分に履修されているとは言えないように思える。できるだけ多くの実験科目を履修してもらうため、すなわち生物学や地学の履修者を増やすためには、卒業に必要な実験科目の取得単位数を増やす方法が効果的であると考えられる。しかし、必修の科目を増やすことに対しては、過年度生や卒業できない学生を増やす原因になりかねないという理由での反対も予想される。より多くの実験科目を履修してもらうために、実施時期、実施内容、指導方針などについての効果的な工夫が必要なのかもしれない。

4.2 学生アンケートの結果

環境資源科学科のカリキュラムや実験科目について学生がどのように感じているのかを、アンケートにより調べた。調査は平成25年12月後半から平成26年1月上旬にかけて、環境資源科学科の各研究室に配属されている学部3年生、4年生、修士1年生、2年生を対象に行った。修士課程については、環境資源科学科を卒業して農学府に進

学した環境資源物質科学専攻 (MR 専攻), 物質循環環境科学専攻 (MK 専攻) および生物システム応用科学府 (BASE) に在籍する学生を対象とした。各研究室の教員がアンケート用紙の配布と回収を行った。質問は, 以下の 5 つである。

(Q1) 農学系の学生にとって, 生物学, 物理学, 化学, 地学のすべてをバランスよく学ぶことが必要 (重要) だと思いますか?

(Q2) 環境資源科学科の学生にとって, 生物学, 物理学, 化学, 地学のすべてをバランスよく学ぶことが必要 (重要) だと思いますか?

(Q3) 環境資源科学科のカリキュラムは, 農学部の他の学科のカリキュラムと比べて生物学, 物理学, 化学, 地学のすべてをバランスよく学べるように作られていると思いますか?

(Q4) あなたにとって, 環境資源科学科で学んだ生物学, 物理学, 化学, 地学は現在役に立っていますか?

(Q5) 生物学実験, 物理学実験, 化学実験 (TAT II 科目, 旧カリキュラムの環境資源科学実験 I, III, V) が必修であることは有意義だと思いますか?

それぞれに対して, 「とてもそう思う」, 「そう思う」, 「どちらともいえない」, 「あまりそう思えない」, 「全くそう思えない」の 5 段階で評価してもらった。また, これらの質問に対する自由な記述回答もしてもらった。

図 2 に集計の結果をまとめて示した。有効な回答は 127 (学部 3 年生, 4 年生, 修士 1 年生, 2 年生の回答数はそれぞれ 37, 46, 22, 22) だった。いずれの学年についても在籍する学生の半数以上からの回答を得ており, この結果は十分に実態を反映していると考えられる。図 2 には, 各質問に対するそれぞれの回答の数を表に, 割合 (回答率の積み上げ値) をグラフに示した。

まず, 生物学, 物理学, 化学, 地学のすべてをバランスよく学ぶことの必要性については, 農学系全体を対象としても, 環境資源科学科のみを対象としてもおよそ 8 割以上の学生が必要だと考えている。教員は, 特に環境資源科学科の学生にとってバランスの良い学習が必要であるとの認識を

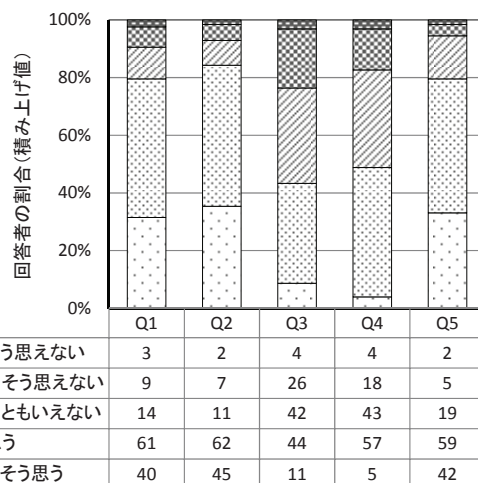


図 2 : アンケートの集計結果. 表には回答数を, グラフには回答率 (積み上げ値) を示した。

持っているが, 学生は必ずしもそのような意識ではないようである。教員が, 環境資源科学科の扱っている科学分野に立ち向かう武器として 4 科目が重要であると考えているのに対して, 学生は理系学生の一般教養としての重要性を考えているのかもしれない。他の学科の学生がどのように考えているのか興味を持たれる。

Q3 と Q4 の質問に対する回答の状況は, やや残念なものである。環境資源科学科のカリキュラムが生物学, 物理学, 化学, 地学のすべてをバランスよく学べるように作られているとは感じる事ができない学生, あるいは学んだものが役に立っていないと思っている学生がいずれも 2 割程度もいる。平均的にも「どちらともいえない」あたりに落ち着き, 積極的に評価している学生が大多数という訳ではない。

環境資源科学科の専門科目の多くはそれぞれ, 生物学, 物理学, 化学, 地学の内容を同時に含んでいる。「はじめに」にも述べたように, 例えば「大気化学」は化学ばかりではなく, 講義には物理学的な要素も地学的な要素も含まれている。「森林資源科学」は, 木材組織学, 木材物理学, 木材化学の 3 つのセクションからできており, 生物学, 物理学, 化学の要素を含んでいる。しかし, 学生は講義のタイトルのみから, 「大気化学」は化学のみに関連した科目, 「森林資源科学」は生物学, 物理学, 化学, 地学のいずれにも関係ない科目と感じ

ている節がある。それぞれの科目がどのような要素を含んでいるのかを学生に丁寧に説明する必要があるのかもしれない。

授業で学んだ生物学，物理学，化学，地学が役立っているかどうかについては、「役に立っているとは思えない」と回答した学生が合計 2 割程度であるのに対して、「役に立っていると思える」と回答している学生の合計が 5 割程度もいることを考えると、それなりの成果が上がっていると見ることができると。否定的な回答をした学生が 2 割程度いることの理由としては、研究室に配属されたばかりの 3 年生が講義や学生実験で学んだことのご利益をまだ十分に実感していない可能性も考えられる。また、学んだことが役に立っているかどうかは、それぞれの科目が含まれている生物学，物理学，化学，地学の要素を十分に理解してもらったうえでないと正しく判断できない可能性もある。どのような学生が否定的な回答をしているのかを詳しく検討することも必要だと考えられる。

大多数の学生が、基礎的な実験科目を必修とすることを必要だと感じている。この点については、教員と学生の考えが一致している。今後もこの方針を続けるべきである。

最後に、自由記述の中からいくつかを紹介しよう。まず、「カリキュラムが広すぎて且つ浅すぎるので身になる部分が少ない」というコメントや類似のコメントがいくつかあった。対象が広いために個々については深める程度に限度が生じることは事実かもしれない。しかしそれは「環境や資源の問題への対応には広範な知識が必要である」という必要に迫られた結果であって、そのために身になる部分が少ないとか役に立たないということにはならない。学生にはこの点を説明すると同時に、必要な知識は各人で深める努力をするように指導することも必要だと考えられる。

「化学と生物学に関する講義が多いのに対して物理学の講義が少ない」や「物理学がもっと必要」というコメントが見られた。物理学の要素を含む講義は決して少なくない。しかし講義名に「物理」が入っていないために、物理学に関係した科目と認識されていない可能性が高い。環境資源科学科

には、十分ではないかもしれないが物理学の要素を含んだ講義が多数開講されているので、その点を学生に説明して認識してもらう必要がある。

「TAT II 科目の履修の制限（各分野から最低 1 科目履修）は有効だが十分ではない、各分野から複数科目履修するようにした方が良いのではないか」という意見があった。同様に「現在の制限では苦手な科目から逃げるのが可能」というコメントもあった。現在の学生は、自分で考えて選択するよりも指針を示してもらうことを望んでいるようである。しかし、すべての学生に対してあまりに画一的な制限を加えることは好ましいことではない。必修の制限はあくまでも呼び水的な最低限のものなので、各学生には自ら良く考えてバランスの良い履修計画を立てて欲しい。

TAT I，TAT II 科目について、「内容を詰め込みすぎ」、「高校で学んだ内容の繰り返しは不要で、各科目について既修・未履修のクラスに分けるべきである」、「講義の趣旨を理解しておらず自分の研究の話をする教員がいる」、「研究や社会に出るから役に立つ内容を教授するべきだ」など、さまざまな意見が出されている、それぞれを謙虚に受け止め、場合によっては学生に丁寧に説明することや、あるいはできるだけ改善をすることが必要であろう。