

【総合領域】

〈研究論文〉

## 大学における「環境」の教育課程を通じた 中等教育理科の総合的な理解

大場 和彦\*1・蒲原 新一\*2・繁宮 悠介\*2・市瀬 実里\*3・中道 隆弘\*4

Comprehensive Understanding of Secondary Education Science  
through “Environment” Curriculum in a University  
OHBA kazuhiko, KAMOHARA Shinichi, SHIGEMIYA Yusuke,  
ICHISE Misato, NAKAMICHI Takahiro

### Summary

Methodologies of science education have changed with the changing times. Although information-oriented society tends to make students away from science, the scientific knowledge and thinking method equipped in secondary education are useful in following daily life and career. We examined whether the curriculum of the Life Environment Engineering Course in Nagasaki Institute of Applied Science can cover many contents of science in secondary education and whether the curriculum is beneficial for teacher training. Our curriculum consists of five disciplines: agricultural meteorology, environmental analytical chemistry, energy conservation technology, biotechnology, and ecology. Their integrated education enables students to learn many contents of high-school science and also interaction among four subjects: physics, chemistry, biology, and geology. Science teachers trained in this curriculum however would have difficulty when teaching existing disciplinary science, but they would exert their conception of nature in the secondary educational subject “the period of integrated study” where interdisciplinary and inquiry learning are encouraged.

**Keywords:** teacher training course, discipline, the period of integrated study, regional collaborative activities

### 1. 理科教育の変遷

日本の中等教育（中学校および高等学校）における理科教育の手法は、時代に合わせ常に見直しが行われている。文部科学省発行の学習指導要領の変遷を見ると<sup>1)</sup>、身近な現象をテーマごとに分けて学習していく「生活単

元学習」（昭和 22 年～）から始まり、科学の順次性・関連性を重視した「系統学習」に移り（昭和 33 年～）、高度経済成長期の増大する科学の情報量に対応して内容を精選し質的向上を図るとともに科学的な視点を育てようと導入された「探求学習」（昭和 43 年～）、理科嫌い・

---

\*1 総合情報学部 総合情報学科 生命環境工学コース 教授  
\*2 総合情報学部 総合情報学科 生命環境工学コース 准教授  
\*3 総合情報学部 総合情報学科 生命環境工学コース 助教  
\*4 総合情報学部 総合情報学科 生命環境工学コース 講師

2017 年 10 月 2 日受付

2017 年 12 月 22 日受理

理科離れや子どもたちの問題行動への対応として理科の授業時間も削減された「ゆとり教育」（昭和 52 年～）、知識や技能よりも自ら学ぶ意欲と社会の変化に対応できる能力の育成を重視した「個性を活かす教育」（平成元年～）、そして確かな学力とともに豊かな人間性や健康・体力など「生きる力」の育成を目指し、理科の授業時間が削減された代わりに「総合的な学習の時間」が導入された（平成 10 年ごろ）。どの時代においても、いかに生徒の関心を引き自発的に学ぶ意欲を持たせることができるか、いかに少ない時間で効率的に自然科学の全体的な学習ができるか、いかにその時代の新発見や新技術を伝えるかが苦心され、変化し発展し続ける世界の中で次世代の社会人として身につけるべき科学的な知識と思考法の育成が試みられてきた。

## 2. 情報化社会における理科教育の重要性

教育手法の変化は社会の変化に対応したものであったが、児童・生徒の置かれた環境の変化とはどのようなものであったのだろうか。高度経済成長期までは便利な機械や宇宙開発技術に科学の万能性を感じ、あるいは公害の発生機序が科学的に解明されていくなど、生活における自然科学の有用性を把握しやすいつ時代でもあった。その後、情報技術が発展するとともに、身の回りの電子機器はブラックボックス化した。機器の仕組みだけで無く、科学的なニュースも高度で細分化されたものが多くなり、2017 年に起こった「ヒアリの日本侵入」<sup>2)</sup>や「対馬におけるカワウソの発見」<sup>3)</sup>のような分かりやすいニュースは稀となった（しかしこれらのニュースについても、問題の重大性がどれほどの人に伝わっているかは不明である）。大人でも理解が難しい高度で細分化された情報にあふれる中で、子どもも様々な情報に晒され、それが表層的な知識所有感を生み<sup>4)</sup>、自然現象への驚きが広く共有されない雰囲気を作っているように思われる。感情表出に対する周囲の目を気にする傾向<sup>4)</sup>も、その雰囲気を促進しているようだ。さらに、子どもたちを取り囲む室内および仮想的な環境の充実により野外での実体験が減り、自然遊びを通じた素朴な物理現象や多様な生物への興味を身につけることも無く、野外での岩石や気象の観察、料理などで物を溶かしたり凍らせたりする体験も少ない幼年時代を過ごす場合もあるようだ。

実体験に基づく知識の獲得が減り、流入する情報や仮想的な体験を通じた知識の比率が高まる現代において、中等教育理科の知識は実生活にどのように活かされるであろうか。例えば、高校理科の科目で選択者数が少ないとされる地学であるが、近年は異常気象など自然災害の増加で生活に身近になってきている。遺伝情報を用いた医療についても、高校生物の知識を持っていれば理解は難しくない。また、放射線の人体への影響や地震の発生確率のような統計的手法に基づく評価は、科学的な判断基準であり、影響の有無や発生の有無は明確に予測できるものでは無く、確率論的に判断せざるを得ないことを理解することは、個人のリスクマネジメントにおいて重要な視点である。高校理科までの知識を活用することで、日常生活の疑問や不安や非効率さ、間違った使用方法などが解消されることも多々ある。それはどのような職業についても活用できる知識であるし、また物事の因果関係を探求する態度も生活の質を向上させるであろう。よって、中等教育理科の知識は、現代においても密接に生活と関係していると言える。

## 3. 環境系カリキュラムによる教職教育

長崎総合科学大学総合情報学部生命環境工学コースでは、生命現象の深い理解に基づき、環境問題の解決を考える能力を育成することをコースの教育目標としている。コース名にある「生命環境」とは「人間とそれを取り巻く自然、自然を構成する様々な生物、それらの間を流れ活動の源となるエネルギーを含めた機能的空間」であり、環境という言葉に生命を冠することで、無機質な物質としての環境では無く、有機的な繋がりや、自律的で持続可能なシステムとしての環境という点を明確にした。また「工学」という言葉で、あくまで応用科学として社会と関係していく教育・研究を行うことを示している。生命環境工学コースでは、中学校教諭一種免許状理科および高等学校教諭一種免許状理科の教育職員免許状が取得できる。コースの専門科目 48 科目中の約 4 割の科目が理科の「教科に関する科目」として指定されており（表 1）、コースの教員 5 名とコース外の教員 2 名の計 7 名で担当している。表 1 の科目以外に、コースの全学生が対象の必修科目があり（「生物資源工学」、「省エネルギー工学実習基礎」、「生態系の保全とバイオトープ」

の他、ゼミ活動や卒業研究など)、教職課程の学生もそれらを修得して卒業する。

大学教員は、例えば化学の教員でも中学や高校の化学の内容全体を研究テーマにしているわけではなく、その中の一分野を専門的に探究する研究者である。各地の教育大学や教育学部にある理科の教員養成課程でも研究者が教育を行うが、それらでは「教員養成」という目標のもとに教員が集まるので、お互いの専門分野に共通性は特に求められない。一方、開放制教員養成制度に基づく本学の教職課程においては、理科を担当する教員間に、学部やコースという「教員養成」以外の共通目標があるので、研究テーマに繋がりが生じやすい。本学の場合は「環境」というテーマを共通に持っており、そのテーマのもと、高校理科の4科目(物理・化学・生物・地学)を発展させた研究と教育を行っていると言える。

環境というテーマは、言うまでも無く現代社会の重要な課題の1つである。世界的な問題でもあり、身近な問題でもある。長期的で社会的合意に基づいた行動が求められる課題であり、自然科学的であると同時に社会科学の課題でもある。まさに学際的な課題である「環境」

表1. 長崎総合科学大学教職課程における2014年度から2017年度までの理科の教科に関する科目と、その中学校および高等学校の教員免許取得のための科目の位置づけ。◎は必修科目、○は選択科目を示す。●はその印のある4科目から1科目を選択必修することを

|     | 本学の授業科目    | 中学校 | 高等学校 | 担当 |
|-----|------------|-----|------|----|
| 物理学 | 物理学概論      | ◎   | ◎    | 蒲原 |
|     | 熱力学        | ○   | ○    |    |
|     | 電磁気学       | ○   | ○    |    |
|     | 電気工学基礎 I   | ○   | ○    |    |
|     | 物理学実験      | ◎   | ●    |    |
|     | 環境シミュレーション | ○   |      | 蒲原 |
| 化学  | 化学概論       | ◎   | ◎    |    |
|     | 有機化学       | ○   | ○    |    |
|     | 環境分析学      | ○   | ○    | 中道 |
|     | 環境化学実験     | ◎   | ●    | 中道 |
|     | 生化学分子計算    | ○   |      |    |
| 生物学 | 生物学概論      | ◎   | ◎    | 繁宮 |
|     | 生態の科学      | ○   | ○    | 繁宮 |
|     | 生物化学       | ○   | ○    | 市瀬 |
|     | 人間工学       | ○   | ○    | 市瀬 |
|     | 生態環境工学実験   | ◎   | ●    | 繁宮 |
|     | 生態系調査法     | ○   |      | 繁宮 |
| 地学  | 地学概論       | ◎   | ◎    | 大場 |
|     | 土壌学        | ○   | ○    | 大場 |
|     | 環境調節工学実験   | ◎   | ●    | 大場 |
|     | 地域環境モニタリング | ○   |      | 蒲原 |

は、理科4科目も内包し、それらの境界を無効化し、それらの連携を促す視点である。よって中等教育理科の4科目を総合し関連づける視点として「環境」は非常に有力なものと考えられる。

#### 4. 大学における研究分野と「理科」との関連性

以下では、生命環境工学コースにおいて理科の教科に関する科目を担当する専任教員が、各自の研究分野と高校理科とのつながりを検証していく。まず研究分野の概要を紹介し、生命環境工学コースが設置された2014年度からの3年間を含む期間において、コースに設置された理科の教科に関する科目の授業において、どのように専門性を活かした教育を行っているかを示し、その高校理科との関わりを調べる。また教育を通して科学と社会とのつながりを構築するための取り組みも紹介する。

##### 4.1 農業気象学と「地学」・「生物」

農業気象学は一つの応用科学であるから、必然的に明確な実践目標を持たなければならない学問である。農業気象学の定義は、戦後出された主要なものでも「農業と気象との関連性を研究し、最も合理的な農業を行うための学問である」、「耕地での作物生産を包む環境を研究する農環境学の一分野である」、「耕地という一つの生態系における作用と反作用を研究する学問である」、「農業生産すなわち太陽エネルギーの固定・伝達の観点から、気象条件並びに水文条件の成立と改良を研究する科学である」などがある。一方、外国においては「生物の物理環境への反応を調べる応用気象学の一分野で、その最終目的はより正確な予測と物理的環境の制御によって農業生産を向上させることにある」、「農業生産に関連して気象条件と気候条件の成立法則を研究し、農作物の成長・発育・収量への気候と天気の影響を評価する」等が述べられている<sup>5)</sup>。

以上のように、定義は時代によって変遷しているが、農業気象学は農業と気象との両分野にわたる学際的な境界領域の科学であり、研究分野が極めて広範であり、研究手法なども多岐にわたっている。農業気象学の最終目的は「農業生産の効率化と自然生態系の保全」であり、実践目標は、①農業生産の計画、②農業生産の予測、③

環境の制御・改良および④気象災害の防止であり、研究目標が「個体・群落レベルでの農業生物の気象と人為的管理への反応機構の解明」、「エネルギー・物質の交換・輸送機構の解明」および「災害気象発生機構の解明」である。これらの基礎的研究手法として、生物気象学・接地気層物理学・群落生物物理学および農業気候学の4点があげられる<sup>5)</sup>。これらの手法は生物学系(作物学・植物生態学・動物生態学・生物物理学・畜産学等)と非生物学系(土壌物理学・空調工学・伝熱工学・地理学・大気物理学・気候学・農業土壌学等)の分野にまたがっている。著者が現時点で行っている研究では、低分子化処理された下水汚泥残渣を利用して農水産業の有効利用技術の開発を実施している。現状、メタン発酵処理後の下水汚泥残渣は堆肥処理または産業廃棄物処理を行っており、さらに返流水は浄化後に河川に流出させている。これらの有効成分を利用して農業や水産業に役立てる技術開発を実施している。

このような背景の中で、現在、理科の教職科目は表1に示されるように、地学分野についての講義は基礎として「地学概論」を実施している。そのシラバスの内容は、指導要領に従って地球の姿、地表の変化、地層の観察と地殻の変化、地殻と生物界の変遷、地球の熱収支と大気中の水、大気と海洋の運動および宇宙の構成<sup>6)7)8)</sup>で15コマを実施している。講義の中身は、高校で地学を履修する機会が少ないので、基本的な内容を中学校で履修した項目の延長線上に則したものとなっている。また、学習内容の理解度を把握するため、章ごとに小テストを実施している。

専門科目の中では、地学に関連する応用分野として「土壌学」が位置付けられており、農業分野で欠かせない「土」に関して、土壌の成り立ちと土壌の分類、農業における土壌の役割および土壌の理化学性等について解説を行っている。本学が位置する長崎県は、普賢岳・平成新山の火山を始め、海岸線距離が北海道に次ぐ2番目で、地形が複雑で、平坦地が少なく傾斜地等の中山間地が多く占めている。このような地形を日頃から見ている中で、地学として何を学ぶものであるかを教え、長崎県内と九州管内の事例を含めて学習をするようにしている。九州管内の土壌については「写真で見える九州の土壌と農業」<sup>9)</sup>、「あるいて見る九州の土壌」<sup>10)</sup>を参考にして、実際

のサンプルを見せながら学習している。さらに、3年次の「環境調節工学実験」においては地学に関連する項目(土壌・プラネタリウム見学等)と農業気象に関連する実験(土壌の理化学性分析・気象測定法と解析・空調制御法など)を野外と室内において実施している。

#### 4.2 環境分析学と「化学」

様々な環境問題が顕著化し解決策が求められる現在では、化学知識の重要性が高まっている。しかし、生活の中で実際に化学を学べる場所が少なくなった現在で、大学教育の中で化学技術の修得は重要性が高まっていると考えられる。本コースでの「化学」の科目は環境分野で応用されている分析学が中心となる。分析に必要とされる化学知識の基礎となる物質の「状態」や「変化」の観察は必要不可欠で、単体・化合物・混合物といった物質を測定するため、分離や結合などの前処理技術が求められる。また取り扱う対象も有機物と無機物のほかに、個体、液体、気体など様々で、人間生活に深く関連している化学の基礎を学ぶには最適な教育環境と思えるのではないだろうか。

現在の化学分析はガラス器具を使って分析するだけではなく、微量成分の分析が求められることが一般化してきた。生活の中で使われる単位としての濃度は百分率(%)、量ではmgやmlが使われる。普段の生活ではこれくらいの単位を理解していれば問題ないが、国が定める有害物質の基準では $\mu\text{g}$ のごく少量の単位が普遍的に使われている。さらに濃度についても100万分の1(ppm)や10億分の1(ppb)などの微小単位を扱うため、大学における環境分析学や化学実験では普段の生活では取り扱わない物質を実際に扱うことで体験的学習を行うことができる。

また、講義の中で取り扱う化学実験では、人間生活の中で役立つ無機物質である磁石を水溶液の中で作成するフェライト磁石の作成を行っている。この実験では鉄と銅などの異なる2種類の金属が解けた溶液に、アルカリ成分を加え酸化反応を促進することで、それぞれイオン化していた物質が固形物として析出する手法であり、化学知識に必要な物質の変化、個体構造の理解、溶液の平衡、無機物質の状態を理解することができる。この技術はもともと、水中で磁石を作る方法として開発されたフ

フェライト法だが、現在では工場排水に含まれる重金属の処理法として活用され、化学反応が身近な環境分野でも利用されていることを教えることができ、環境と化学は密接に関連していることを学ぶ機会になっている。実験では必ず実験前後の物質の変化について、定量分析を行っている。上記のフェライト実験では水溶液中の鉄と銅イオンの量がどれだけ変化したか、原子吸光光度計を用いて定量分析を行っている。原子吸光光度計は分光光度計と同様に光源からの光束が被測定物質を通過するときの光の吸収のされ方を測定することで、金属物質の量を特定することができる装置である。この装置を取り扱うにはパソコンでの制御が必要で、コンピューターを用いて必要とされる実験データの分析と解析を学ばせることができるため、情報を処理する能力を身につけさせることができる。

次に、バイオマスエネルギーは化石燃料の代替エネルギーとして注目されている。バイオマスの活用方法はバイオマスの性状によって多岐にわたり、含水率が少ない木質バイオマス資源は熱分解処理を行うことでガス状燃料に変換することができ、含水率が高いバイオマス資源は微生物によるコンポスト化、堆肥化もしくはメタン発酵処理することができる。

嫌気性微生物の代謝作用で、有機物をメタンガスへ変換するプロセスは、さまざまな微生物の働きにより複雑な反応で進行する特徴があり、①可溶化（加水分解）、②酸生成、③メタンガス発生の3プロセスに区分する事が出来る。このように、バイオマス資源は動植物由来の物質が多く使われているため、化学と同時に生物を学ぶのにもとても良い教材となっている。

このように環境問題は化学の知識に関連していることを考えさせるとも良い教材となっており、環境と言う幅広い分野に対応できる知識と問題解決能力を修得してもらいたいと考えている。

#### 4.3 省エネルギー工学と「物理」

人間活動においてエネルギーは必要不可欠なものであるが、従来の化石燃料を基にしたエネルギーの利用により「環境」の観点から見ると地球温暖化問題への対応が世界各国の共通の課題として認識されるようになった。我が国としても地球温暖化対策の推進に関する法律（温

対法）並びにエネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）によって温室効果ガスの排出抑制を進めている。近年のエネルギー管理はエネルギーを合理的に利用する、すなわち省エネルギーを考慮した管理であるが、本コースでは敢えて「省エネルギー」と明示して工学的なアプローチを行っている。ここでは、(1)社会における省エネルギー工学の位置づけ、(2)コースカリキュラムの構成、(3)省エネルギー工学と高校理科の各科目、特に物理との関係性について示す。

(1)に関しては、持続可能な社会となるべく地球温暖化防止への全世界的な取り組みが求められている中で、2015年のCOP21（国連気候変動枠組条約締約国会議）においてパリ協定が合意され、翌年に発効した。地球温暖化に関しては、人間活動による二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出と森林や海洋などの働きによる吸収による炭素の循環のバランスがとれておらず、特にCO<sub>2</sub>の排出に関しては化石燃料の燃焼によるエネルギーの利用によるところが大きい。

我が国においてもパリ協定への批准から、エネルギー政策として再生可能エネルギーの導入による電源構成の見直しと徹底した省エネルギー活動により2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度比26%の削減の中期目標を定めている。省エネルギーに関しては、1970年代の2度のオイルショックを経験し、産業・民生部門において設備の省エネルギー性能の向上並びに省エネルギー行動が高まってはいるが、改善可能なポイントはまだまだ多い。

(2)については、本コースでは工場やビルにおける設備のエネルギーの合理的な利用、すなわち省エネルギーについて工学的な知識を基に環境マネジメントできる人材の育成に取り組んでいる。1年次の理科に関する科目、物理学概論、熱力学、電磁気学、電気工学基礎Ⅰを基礎として、2年次以降の本コースで開講する省エネルギー工学実習基礎、省エネルギー工学実習Ⅰ、省エネルギー工学実習Ⅱ、省エネルギー工学実践へと展開していく。省エネルギー工学では、エネルギーの合理的な利用へとつながるエネルギー管理知識の修得により国家資格であるエネルギー管理士免許の取得を目指せる能力と省エネルギー診断を実施できる実務能力を身につける。しかし、本コースが用意する科目だけではエネルギー管理

に必要な工学的知識としては不十分であるため、表2に示すような工学部工学科の各コースで開講されている科目を関連科目として指定している。機械コースからは「熱」に関する科目を、電気電子工学コースからは「電気」に関する科目を、建築学コースからは「建築環境」と「設備」に関する科目を学んでいく。

(3)においては、エネルギーの合理的な利用をその管理構造から考えていく場合、エネルギーに対する①供給、②変換、③搬送、④需要の4つの過程に分けることができる<sup>11)</sup>。商業ビルやホテルなどの大規模な建築物(ビル)の事業実施時におけるエネルギーの利用について見てみる。ビルにおいては主に人的空調を行う必要があるため空気調和(空調)システムが導入・運用されており、エネルギーの利用割合も高く省エネルギー工学の教材として学習している。この空調システムを運用するためには、そのエネルギーとして電力や燃料の供給が必要となる。そして、これらの燃料を熱源設備によって冷温水変換や蒸気変換が行われ、ポンプ動力によって配管使って空調機に搬送される。空調機では熱交換が行われ、冷温風がつけられ、これらはファン動力によってダクトを通じて居室へ送られる。居室内の汚れた空気は再びダクトを通して空調機へ戻っていく。この空調システムの過程を見ると、供給においては電気の利用について、変換においては熱の移動や変換、気体の内部エネルギーや状態変化、搬送においては物体の運動についての知識を必要とし、個々の知識を空調システム運用および省エネルギーマネジメント能力の育成につながる事がわかる。また、ビル内では動力や電気機器設備を利用するために受電、変電、配電の設備も運用しなければならず、このための電磁気学の知識も学習することとなる。他にも、発電所などの設備、あるいは蓄電池等についても学習していくため、発電所においては化石燃料の燃焼による物質のもつ化学エネルギーを扱い、蓄電池では酸化還元反応による電気エネルギーを取り出す仕組みを学習したりするため、「化学」の知識もエネルギーの観点から学んでいく。そして、前述した空調においては、空気を扱うため、温度、湿度、さらにはエネルギー使用量と温度・湿度の高い相関をもとに気象予測に基づいた省エネルギー管理を行うなど、「地学」における大気構造と運動にも学習の幅は広がっている。

表2. 工学部工学科開講のコース関連科目

| 機械工学コース | 電気電子工学コース | 建築学コース   |
|---------|-----------|----------|
| 熱力学 I   | 電気回路 I    | 環境工学 I   |
| 熱力学 II  | 電気回路 II   | 環境工学 II  |
| 蒸気工学    | 電気回路 III  | 環境工学 III |
| 伝熱工学    | 送配電工学 I   | 建築設備基礎   |
|         | 送配電工学 II  | 建築設備計画   |

以上述べたように、環境的課題である地球温暖化対策の1つの実践的取り組みとして省エネルギー工学を知識と実践において学び、物理を中心として化学や地学といった分野の内容をエネルギーという視点からつなぎ、それらを体系的に身に付けてもらいたい。

#### 4.4 生命工学と「生物」

生命工学という学問は、遺伝子工学や分子生物学、細胞生物学などの分野を含む自然科学領域の一つとして存在しているが、生命工学という言葉自体に具体的な定義は付議されていない。しかし、一般的な高等教育における生命工学は「Biotechnology」としてDNA・RNA・タンパク質といった生命情報学を重点とした学問として扱われており、本学でも遺伝情報の発現や遺伝子の発現調節を中心とした教育を行っている。ここでは、生命工学と高校理科目との関連性や重要性を考察するために、(1)高校理科教育における生命工学の位置付けと、(2)環境における生命工学の具体的な役割について示す。

まず1つ目の点について、近年の高校理科「生物」では生命工学、つまりバイオテクノロジーに関連する項目が非常に濃密な内容になっている。もちろん十数年前にもバイオテクノロジーという言葉は使用され、各出版社の教科書にもその記載がなされていたが、内容としては極端に薄いものであった。しかし、現行の教科書では、高校生物教育における一つの確立した項目事項として、生命情報を学習する章にバイオテクノロジーがピックアップされている(「バイオ技術」や「遺伝子技術の応用」などを含む)。このように生命工学が高校生物教育における重要性を担うことになった理由としては、近年の生命情報学の重大な発見や、それに伴うバイオテクノロジーの急激な発展などが挙げられる。2003年にヒト

ゲノム計画が終了するまでは、高校生物教育における生命情報学はメンデル遺伝や古典的セントラルドグマを中心とした内容が大きなウェイトを占めていた。しかしその後、逆転写酵素の発見やDNA増幅技術（PCR）の開発など、生命情報の命題を左右する発見や発明が注目を集めるようになった。実際にはそれらの発見・発明は近年よりさらに遡った時代の産物であったが、一般社会において世間的に認知され恩恵を受けるようになったのが十数年前であり、現在中学・高校生物教育に波及するに至った。そして、それまで限局的に使用されていたバイオテクノロジーが幅広い分野へ応用されるようになり、バイオテクノロジーの利便性が一般社会でも普及するようになったことも高校生物教育の内容改変の一因となっている。近年の生命工学では常にブレイクスルーが起こっており、特にヒトの生活を豊かにする可能性を持つ発見や発明は一般社会で注目を集めるため、高校生物でも可及的速やかに教育に反映する傾向がある。事実、生命工学の分野では5年を経るとその当時の知識や技術は古いとみなされ、また、高校生物の教科書も短いスパンで改訂を繰り返している。

次に2つ目の点であるが、生命工学がDNAやタンパク質といった生命情報を主に扱う学問であるため、「環境」と生命工学の関連性が低いと感じるのは一般的に当然の反応といえる。しかし前述のように、生命工学の新たな発見に伴うバイオテクノロジーの進歩のため、これまで生物学や医学などの生命医科学分野のみに限定されていた技術が、農学や水産学、環境科学などの領域にも応用されることとなった。農学や水産学において最もメジャーで盛んに使用されているのが、遺伝子組換え技術を用いた食品の産生である。生命情報を扱うということは、研究対象の生物種を問わないということと同義であるため、動物でも植物でも生命体であれば共通の情報を有している。このような観点から、環境科学に対しても同様に生命工学が応用されている。具体的な例を挙げると、外来種の生物増殖が国内で問題となっている中、外来種と固有種の遺伝情報を解析することにより、遺伝子汚染の有無が環境保全の視点から調査されている。また、最近では環境DNAと呼ばれる生物の痕跡（細胞片や排泄物など）を用いて、調査領域の海や川の生物種やその生息範囲などが特定されている。

以上の2点を総合すると、大学において生命工学を学習することは、日進月歩である生物学を理解することが可能であるだけでなく、その知識と技術を次世代に速やかに還元できるという点で有益と考える。本学では環境科学を含めた幅広い分野で生命工学が応用されている事実を把握することができるため、中学・高校生物の教育の場でそれらの知識がさらに発展し、広がりを見せることが期待される。

#### 4.5 生態学と「生物」

生態学は、生物と環境の関わりを調べる学問とされる。資源が限られた環境の中で、生物がどのようにそれらを利用し持続可能な生活を送っているか、また多様な種がそれぞれの生き方をいかに進化させてきたかを究明する。人間も他の生物の持続可能な生き方から学ぶ点が多い。一方で、生態系の破壊は大きな環境問題となっている。基礎研究としての生態学は、環境問題を考える上での基盤となる学問分野であると考えられる。「エコ」という言葉が生態学（Ecology）を元に行っていることから、環境を考えることと生態学は極めて深い関係にあると言える。ここでは、生態学と高校理科の各科目との関係を考えるために、(1)教職課程の科目を通した生態学の学びがどのような環境への視点を身につけさせるか、(2)生態学と生物以外の高校理科学科科目との関わり、(3)生態学と社会との関わりについて示す。

(1)の点について、本学の教職課程では教科「生物」の一般的包括的内容を含む科目である「生物学概論」を、生態学を専門とする教員が担当している。そこでは、最初に生命の歴史を学ぶ。生命の歴史を学ぶことで、物質と生命の違い、DNAの変化による多様性の創出、恐竜を始めとする過去に繁栄した生物とその絶滅、ヒトの誕生、ヒトと他の生物との共通点と相違点など、指導要領において学ぶべきとされる「生物に見られる共通性と多様性」について物語として知ることができる。その後、細胞のはたらき、遺伝、代謝、恒常性、種の多様性、植生の種類、動物の社会など、個々の話題へと入るが、そこでも「なぜそのように進化したのか、そのような変化にどんな意味があるのか」という生態学的な視点が持ち込まれる。進化の考え方は、高校生物では科目の中の一分野としての扱いであるが、生物は「進化」の

視点を持つことであらゆる現象が統一的に理解できる。動物の社会も植物の運動も、ホルモンも細胞小器官も、効率を求めた進化（適応）の結果として捉えれば、同じように興味深い現象と思えるのでは無いだろうか。その進化は、遺伝子と環境の相互作用である。ある突然変異を持った個体がいれば、その突然変異が有利に働く環境であれば生き残り子供を残すし、不利に働く環境であればその突然変異は消滅する。生物が環境の中で生き、長い時間をかけてそれぞれの特徴を進化させてきたことを学ぶことは、人間と環境の関係を考える上で重要な基礎となる。その視点は、他の教職課程の科目を通じて身につけられていく。

(2)の点について、生態学と物理、化学、地学との関わりを示す。生態学では環境を「個体に対するその外圍」と定義し、大きく生物的環境と非生物的環境に分ける。非生物的環境は、風や温度などの物理的環境、水質や無機・有機物量などの化学的環境、気象や地質、地形などの地学的環境などに分けられ、生態学が生物以外の科目と密接に関わることが分かる。化学は、生物体を構成する物質や、細胞内での化学反応など、分子レベルで生物を理解することも必要となっているので特に関係が深い。気候や温暖化と植生分布の関係、富栄養化のプロセス、物質循環、形態の物理的特性など様々な知識を活用することで生物の生態の理解は進む。

(3)の点について、生態学の社会への応用として保全生態学という分野がある。本学では、教職課程の教科に関する科目ではないが、コースの必修科目として「生態系の保全とビオトープ」を設置している。人間社会が自然への負荷を最小限にし、また生態系からの様々なサービスを認識してそれを損なわないようにする方法を学ぶ。里山の雑木林のように、持続可能なだけでなく、生産性も自然林より高く、固有の生き物もいる空間があったことは、現代においてもこのような相乗効果のある自然の利用を考えるヒントとなる。現代は20世紀ほどの勢いは無いとは言え、開発や汚染は止まらず、生態系サービスの質と量は悪化しているとされる<sup>12)</sup>。そのような時事問題についても認識を深めてもらうために、この科目では毎回各自が環境に関する新聞記事を持ち寄り、その内容と授業の内容の関連付けを各自で行う。その記事の内容は生物に限らず、原子力問題や、火山など、広い

分野のものが持ち寄られる。全ての記事が生態学と結びつけられるわけではないが（宇宙の記事など）、広い視野を身につける機会としている。

以上のように、生態学を通して自律的かつ持続可能な環境について教えることは難しい事では無い。また様々な課外活動を通して（棚田でのコメ作りや植林地の間伐ボランティア、剪定枝を使った工作教室など<sup>13)</sup>）、自然の事物に触れる楽しさを学生に体験してもらい、それを次代につなぐ気持ちを身につけてもらいたいと考えている。

## 5. 「環境」を通して理科を統一的に学べるか

上記のように各研究分野から中等教育理科の各科目との関わりが示された。検証された5つの研究分野は、農業気象学、環境分析学、省エネルギー工学、生命工学、生態学であったが、それぞれは理科4科目のどれか1つを発展させたものではなく、それぞれが複数あるいは全ての科目の知識を活用して成立している学問であることが明らかになった。このように複数の科目に関係する研究分野がさらに集まることによって、理科学科の多くの内容をカバーできるようになるとともに、重層的・多面的な見方を提供することができるだろう。また、授業の中で教員の研究分野と社会との関わりを教えることで、理科の個々の知識が発展し、また他の知識と補完し合って社会において活かされているかを知ることによって、それぞれの科目を関連づけた一体の自然科学としての理解が進むものと期待される。教員養成課程において、学問と社会とのつながりと、学問分野間のつながりを学ぶ機会があることは、その後の実際の教育活動において大いに役立つものと思われる。

環境という視点で中等教育理科の多くの内容が学べることが分かったが、実際に理科の授業において環境はどう教えることができるだろうか。中学校理科の学習指導要領<sup>14)</sup>では、第一分野（物理と化学）の学習の最後で「科学技術と人間」という項目があり、そこで「自然環境の保全と科学技術の利用」について学ぶ。また第二分野（生物と地学）でも「自然と人間」の項目におなじ学習内容がある。つまり学習のまとめとして、様々な項目を総合的に見詰め直し、現状と課題を考えるために環境問題が出てくる。これは系統的な学びを終えた後に、生

活との関係を考えるという順序である。一方、高等学校理科の学習指導要領<sup>15)</sup>においては、環境問題は人間社会の発展における負の側面であることや、現在も解決の途上であることから、体系化された知識として学習内容の項目としては挙げられていない。つまり高等学校理科での環境問題は、各教科書の補足や付随的話題として取り上げられる程度であるが、系統的な学びが重視される現代の理科教育においてはやむを得ないことである。

一方で、環境の視点が学習に大きな効果を生むと考えられる科目が「総合的な学習の時間」である。高等学校の学習指導要領<sup>16)</sup>においても、取り組むべき横断的・総合的課題として、国際理解、情報、福祉・健康などと並び、環境が例として挙げられている。よって、環境を通して理科を学んだ教員が、中学および高等学校でその成果を発揮する方法としては、理科教育においては、現行の系統的な学習の中で身近な話題として各内容に関連した環境問題を述べるに止まるであろうが、総合的な学習の時間において環境をテーマとした探究的な学習を指導することが適切であると思われる。取り組むテーマとしては「気象と農業」、「家庭の省エネルギー化」、「バイオマスエネルギーを作る」など理科の学習内容には含まれないものを、大学での学習内容から派生させたり発展させたりして用意できる。作業としては1つの問題について理科4科目の視点でどうアプローチできるか議論させたり、4科目に関連した実験や調査を行わせたりできるであろう。その過程で、生徒にとってそれまで別個の科目であった理科4科目に関連を見いださせることができるし、4科目の特性をさらに理解することにもつながるだろう。それこそが、対象を細かく分解して理解を深めるとともに、得られた知識を統合して新たなパラダイムを生み出す科学的な営み<sup>17)</sup>の縮図であると言える。

しかしながら、大学で環境の専門知識を身につけた高校理科教員が増える速度はきわめて遅いと考えられる。中等教育において環境を通した総合的な学習を促進できるのは、今のところは大学の研究者が最も適していると思われる。高校と大学の教育連携は、スーパーサイエンスハイスクールを初めとして、高校への出張講義や大学への訪問など、様々な形で各学校が実施している。そこでは先端技術や難解な知識に触れる機会も多くあるが、高校生に求められるのは、身近な現象に深く関連し、教科

書にとらわれない生徒の興味を引く授業を行うことであり、必ずしも先端ばかりを追い求めたり、高度な内容を教えたりすることでは無いようだ<sup>18)</sup>。「環境の視点で理科を見直す」というテーマは、科学研究の最先端では無いし、高度な知識に触れるわけでは無いが、理科4科目やその周辺、もしくは全ての学問の関係性を考える機会を持ち、自分たちが学んでいることは何なのか、世界がどう成り立っているのかを見直す機会とすることは、その後の生涯に渡る学習を有意義に進めていく上で、必要なことと思われる。

また、中学校や高等学校の教員に大学の専門知識に触れる機会を持つってもらうことも重要かつ教育上有効であることは言うまでも無い。平成21年度から始まった教員免許更新制により、各教員は10年ごとに大学等の講座を受けて、最先端の知識や技術に触れる機会が持てるようになり、大学と中等教育の教員が知識の交流を持てるようになったのは、お互いに、またその学生および生徒にとって多くの利益があると思われる。

このように、本コースの教育課程を通して理科の総合的な理解が進むことが期待されるが、さらに教員が単独あるいは共同で行う地域連携活動を通して、専門知識を社会で活かす取り組みに学生が参加する機会や、学生が指導者として活躍する機会も用意されており、それは理科の知識だけでは解決できない、社会的な問題としての環境問題の理解につながる。上述の棚田での活動や工作教室をはじめ<sup>13)</sup>、小学生が地域の川で行う水質調査とアユ漁の指導<sup>19)</sup>や、自治体と協働した環境保全のための社会づくり<sup>20)</sup>、飼料や肥料の開発<sup>21,22)</sup>など、活動内容は多岐にわたる。実際に社会の中で理科の知識を生かす取り組みに参加した学生は、活動を行う上で必要とされる理科以外の知識や知恵、労力が必要であることに気づき、また活動の成果や社会的意義について様々なことを感じる機会となる。それは教育課程を通して得られる知識とともに、学生のその後の日常生活や社会的活動、あるいは教員として様々な活動をする上で役立つものと期待される。

## 引用文献

- 1) 日野純一 (2016) 「日本の理科教育の変遷と展望」 京都産業大学教職研究紀要, 11(2): 19-49

- 2) 環境省報道発表資料 (2017)「ヒアリ (*Solenopsis invicta*) の国内初確認について」
- 3) 琉球大学動物生態学研究室記者発表資料 (2017)「対馬におけるカワウソの発見」
- 4) 速水敏彦, 丹羽智美 (2002)「子どもたちの感情はどのように変化したか：教師の目からみた特徴」名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要, 心理発達科学, 49: 197-206
- 5) 新編農業気象ハンドブック編集委員会 (1974)「新編・農業気象ハンドブック」養賢堂, 東京
- 6) 鎌田浩毅 (2016)「地球の歴史(上)水惑星の誕生」中央公論新社, 東京
- 7) 鎌田浩毅 (2016)「地球の歴史(中)生命の登場」中央公論新社, 東京
- 8) 鎌田浩毅 (2016)「地球の歴史(下) 人類の台頭」中央公論新社, 東京
- 9) 九州農業試験場編集委員会著 (1980)「写真でみる九州の土壌と農業」九州農試研究資料 59 号
- 10) 九州農業試験場編集委員会著 (1982)「あるいて見る九州の土壌—土壌調査の方法と利活用—」九州農試研究資料 62 号
- 11) 山本亨, 加藤友美 (2013)「エネルギー管理入門」オーム社, 東京
- 12) Millenium Ecosystem Assessment 編, 横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会責任翻訳 (2007)「国連ミレニアムエコシステム評価 生態系サービスと人類の将来」オーム社, 東京
- 13) 繁宮悠介 (2015)「生態学的視点の基づく実践的環境教育」創見創新 長崎総合科学大学大学院新技術創成研究所所報, 10: 77-82
- 14) 文部科学省 (2008)「中学校学習指導要領解説 理科編」
- 15) 文部科学省 (2009)「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」
- 16) 文部科学省 (2009)「高等学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編」
- 17) 加藤貴 (2008)「理科教育の現状と課題：独創的な仕事のできる人材育成に向けて」長崎総合科学大学紀要, 49(1): 119-125
- 18) 堤宏守, 徳田尚三 (2004)「高大連携: 出前講義・実験の実施で大学教官が気をつけるべきこと」化学と教育, 52(2): 118-119
- 19) 大場和彦, 下高敏彰, 中道隆弘, 繁宮悠介, 蒲原新一 (2014)「大村湾の環境保全に関わる彼杵小学校の環境教育活動の現状」長崎総合科学大学地域科学研究所紀要 地域論叢, 29: 11-16
- 20) 蒲原新一, 石橋康弘, ブライアン・バークガフニ, 横山正人, 李桓, 早瀬隆司 (2009)「自治会地域における持続可能な社会のための教育による環境マネジメントシステムの構築」長崎総合科学大学紀要, 49(2): 157-165
- 21) 大場和彦, 山中孝友, 泉川澄博 (2012)「アナアオサを用いた鶏卵飼料添加物への商品化」長崎総合科学大学地域科学研究所紀要 地域論叢, 27: 43-49
- 22) 山崎祐史, 下高敏彰, 薄田篤生, 中道隆弘, 大場和彦 (2016)「下水処理技術『メタサウルス』から排出される脱水汚泥残渣の肥料効果に関する研究(1) ホウレンソウの栽培試験について」長崎総合科学大学地域科学研究所紀要 地域論叢, 31: 9-14