

報 告

大学教育の分野別質保証のための
教育課程編成上の参照基準
生物学分野



平成25年（2013年）10月9日

日 本 学 術 会 議

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同

生物学分野の参照基準検討分科会

この報告は、日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同
生物学分野の参照基準検討分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同
生物学分野の参照基準検討分科会

委員長	鷲谷 いづみ	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	福田 裕穂	(第二部会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
幹事	加藤 真	(連携会員)	京都大学大学院人間・環境学研究科教授
幹事	桂 勲	(連携会員)	情報・システム研究機構国立遺伝学研究所長
	長谷川 壽一	(第一部会員)	東京大学大学理事・副学長
	室伏 きみ子	(第二部会員)	お茶の水女子大学ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育寄附研究部門教授
	有賀 早苗	(連携会員)	北海道大学大学院農学研究院教授
	小林 傳司	(連携会員)	大阪大学コミュニケーションデザイン・センター教授
	西田 治文	(連携会員)	中央大学工学部教授
	野口 哲子	(連携会員)	奈良女子大学理学部教授
	松本 忠夫	(連携会員)	放送大学教養学部教授

報告書および参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

上田 恵介	(特任連携会員)	立教大学理学部教授
塩満 典子		宇宙航空研究開発機構参事
深井 文雄		東京理科大学薬学部教授

この報告書の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

事務	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)
	伊澤 誠資	参事官(審議第一担当)付参事官補佐
	藤本紀代美	参事官(審議第一担当)付審議専門職
調査	崎山 直樹	上席学術調査員

要 旨

1 作成の背景

2008年5月、日本学術会議は、文部科学省高等教育局長から学術会議会長宛に、「大学教育の分野別質保証の在り方に関する審議について」と題する依頼を受けた。これを受けて日本学術会議は、同年6月に、課題別委員会「大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会」を設置して審議を重ね、2010年7月に回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」を取りまとめ、同年8月に文部科学省に手交した。

同回答においては、分野別質保証のための方法として、分野別の教育課程編成上の参照基準を策定することを提案している。日本学術会議では、回答の手交後、いくつかの分野に関して参照基準の策定のための審議を進めてきた。

本報告は、そのうちの生物学分野における参照基準について、基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同「生物学分野の参照基準検討分科会」の審議結果をまとめたものである。

現代は、日常生活においても、産業活動においても、また、環境や健康に関する政策立案においても、さまざまな場面で、生物学の素養なしに適切な判断や選択を行うのが難しい時代になっている。遺伝子組換え技術やiPS細胞、ゲノムによる個人識別、生殖補助技術など、生物学を基礎とする先端的技術は、その利用による画期的な効用が期待される一方で、予期せぬ問題を含め、解決の難しい社会的な問題を惹起する可能性も危惧される。新しい技術に関して、個人および社会が適切な判断や選択をするにあたっては、生物学に対する深い理解と最新の知識が欠かせない。また、「持続可能な社会の構築」に向けて「自然との共生」や「生物多様性の保全と持続可能な利用」が重要な社会的目標となった今日、環境保全などにかかわる理念、指針、方策などに関する政策立案にとっても、生物学の知見が基礎となる。

本報告で提案する「参照基準」は、そのような社会的状況のみならず、昨今の生物学分野の研究の著しい発展を鑑みてまとめたものである。生物学に関連する教育課程を開設している大学の関係者をはじめ、大学における生物学教育に関心をもつ方々や生物学と社会との関係を学びたいと考える方々など、社会の広範な人々に利用していただけることを願い、ここに公表する。

2 報告の概要

(1) 生物学の定義

生物学は、あらゆる生物体と生命現象、および多くの生物がかかわりあう自然に関する科学である。さらに詳述すれば、個体・器官・組織・細胞・細胞小器官・生体高分子などの構造と機能、生物の遺伝・生理・形態・発生・分類・系統・生活史・環境応答・行動・生態・進化、生命の起源と歴史、および生物がつくるさまざまな集団（個体群や群集、社会）の動態の理解と解明をめざす広範な学問領域であり、分子から地球生態系までの多階層における、いずれも複雑で膨大な数の要素からな

るシステムを対象とする。

端的に言えば、生物学は、生命のしくみと生物の歴史と暮らしを、分子レベルから地球の生物群集のレベルまでの多様な階層と視点で明らかにする学問である。

(2) 生物学の固有の特性

生物は無生物と共通の物理学・化学の法則に支配されるが、無生物とは一線を画するいくつかの特徴を合せもつ。全生物に共通する基盤的特徴は、細胞によって構成され、遺伝子をもって自己複製を行い、物質・エネルギー代謝を行い、環境からの刺激に対して適応的な応答をすることである。また、現在の地球上にみられるあらゆる生物が共通の祖先細胞から、偶然・必然が輻輳する複雑な進化の過程を経て、きわめて多様な形態、生活、構造、機能などをもつに至った歴史を共有することも、無生物とは一線を画する特徴である。

生物学が対象とする実体およびシステムは、分子レベルから生態系・地球レベルに至る階層性によって特徴づけられる。上下の階層の間には、複雑な相互作用が重層的に作用するので、還元的な手法では解明や予測の難しい創発的な現象が多く観察される。生命現象のこのような創発性ゆえに、生命現象の解明をめざす生物学は、物理学・化学と共通の還元的な手法のみならず統合手法を含む多様なアプローチをその特徴とする。この統合的アプローチゆえに、生物学は、生命現象の総体として成立する地域の自然の理解にも大きく寄与する。

(3) 生物学を学ぶ学生が身に付けるべき素養

生物学に固有の特性を踏まえ、生物学を学ぶすべての学生が身に付けるべき基本的な素養は、短期的・直接的な利用可能性や応用的価値のみに限られず、世代を超えた時間のスケールでの生命の歴史の意義や、生命の存在価値、生物多様性の価値、生命倫理、環境倫理などをも包含する。

生物学は多重入れ子構造で特徴づけられる生物学的階層の諸要素やシステムと膨大な多様性を含む生物世界にまなざしを向ける科学領域であるゆえに、生物学の教育課程を通じて獲得されるべき具体的な能力は多岐にわたる。

理系文系を問わず、基礎教養としての生物学の幅広い分野に対する理解は、生命や環境に関する倫理観の醸成に不可欠である。生物学の視野の広さは、それを学ぶことにより、専門的見地にのみにとらわれることのない人材の養成に寄与する。

(4) 学修方法および学修成果の評価方法に関する考え方

生物学を学ぶ上では、観察、実験、実習がきわめて重要な意味をもつ。単に知識や理解を付与するだけでなく、それを実際に活用できる力を培うためには実体験を伴う学びの意義が大きい。したがって、生物学の学修には、講義や演習・セミナーに加え、実験や野外実習を教育課程に取り入れることがのぞましい。生命現象の普

遍的な真理の追求の過程において生物を注意深く観察し、仮説をたて、実験し、その結果の統計分析を経て、仮説を検証するという、科学共通の手法を、実際に実験を行うことを通して学ぶことが重要である。多様な生物がかかわりあう複雑なシステムである生態系の理解のためには、フィールドで行う野外実習が欠かせない。

(5) 生涯を通じた学修に向けた基盤の形成

急速に発展しつつある生物学においては、最新の知見も少し時間がたてば陳腐化を免れない。生涯にわたって、自ら新しい知識や理解の仕方を学び、自らの知識総体を更新していけるような生物学に対する積極的な意欲と姿勢を、大学における生物学教育の中で身につけていることが必要である。そのためには、教員自身が、生物学における幅広い最新の知見を摂取するための不断の努力を続けることが必要である。

目 次

1	はじめに	1
(1)	検討の背景	1
①	生物学をめぐる社会状況と生物学教育の課題	1
②	大学の生物学をめぐる現状と課題	1
(2)	本参照基準の扱いについて	2
2	生物学の定義と対象	4
(1)	生物学の定義	4
(2)	生物学の対象と特徴：無生物と生物の区別	4
①	自己複製と遺伝子	5
②	構成単位としての細胞	5
③	物質・エネルギー代謝と環境応答	6
3	生物学固有の特性	7
(1)	生物学分野に固有な特性	7
①	生物の歴史性	7
②	システムと階層的統合性	8
(2)	生物学のアプローチの多様性と特徴	8
(3)	諸科学と倫理の基盤としての生物学	9
①	諸科学の基盤、日常判断に寄与する科学としての生物学	9
②	生命・環境倫理の基礎としての生物学	9
③	人間理解の基礎としての生物学	9
4	生物学を学ぶすべての学生が身に付けることをめざすべき基本的な素養	11
(1)	生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解	11
①	生物の基本的特性を知るために	12
②	生物の歴史、階層性、生物学の歴史を知るために	12
③	ヒト自らを深く知るために	13
④	自然環境の現状と保全の必要性を知るために	13
(2)	生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本的な能力	13
①	生物学に固有な能力	13
②	生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本能力	14
5	学修方法および学修成果の評価方法に関する基本的な考え方	16
(1)	学修方法	16
①	講義	16
②	演習・セミナー	16
③	実習・実験	16
④	野外実習	17
(2)	評価方法	17
①	評価の観点	17

② 評価の在り方	18
6 生涯にわたる生物学の学修と大学の生物学教育	19
<参考文献>	20
<参考資料1>生物学分野の参照基準検討分科会審議経過	21
<参考資料2>公開シンポジウム「大学で学ぶ生物学とは：生物学分野の参照基準案 について」	22

1 はじめに

(1) 検討の背景

① 生物学をめぐる社会状況と生物学教育の課題

生物学は、食料・燃料などの生物資源の獲得、健康維持など、豊かで健やかな暮らしに欠かせない知識の源泉として、古来、社会の知的基盤であり続けた。生物学とそれが生み出す知識や技術が人類社会において果たす役割は、時代とともに重みを増してきたが、20世紀半ば以降は、その傾向がいつそう飛躍的に拡大しつつある。

現代は、日常生活においても、産業活動においても、さまざまな場面で、生物学の素養なしに適切な判断や選択を行うのが難しい時代になっている。そうした中で、生物学の役割は、その効用や恩恵で肯定されるばかりのものではなくなってきた。たとえば、遺伝子組換え技術や iPS 細胞、ゲノムによる個人識別、生殖補助技術など、生物学を基礎とする先端的技術は、その利用による画期的な効用が期待される一方で、予期せぬ問題を含め、解決の難しい社会的な問題を惹起する可能性も危惧される。新しい技術に関して、個人および社会が適切な判断や選択をするにあたって、生物学に対する深い理解と最新の知識が欠かせない時代になっている。

「基礎科学」としての生物学は、研究者の飽くなき探究心にもとづく研究によって発展するものであるが、そこで見いだされる新たな現象や原理などに関する知見を社会に提供することを通じて、人々の自然観・生命観・人間観を豊かにしていくことに寄与する。また、新たに見いだされた現象や原理は、応用科学的な営為を介して、革新的な産業技術や医療技術の開発につながる可能性をもつ。さらに、「持続可能な社会の構築」に向けて「自然との共生」や「生物多様性の保全と持続可能な利用」が重要な社会的目標となった今日、生物学には、環境保全などにかかわる理念、指針、方策などを提案する「政策科学」としての役割も期待されている。

② 大学の生物学をめぐる現状と課題

現在の大学における生物学教育は、将来生物学そのものを専門とすることを志向する学生に対する教育に加え、医学、歯学、薬学、農学、林学、水産学、獣医学、健康科学など、生物学を基盤とする多くの専門分野を学ぶ学生を対象とするもの、さらには、文科系を含む幅広い学生が生活に欠かせない基礎知識として身に付けるべき一般教養としての生物学の教育課程を含む。

これまで、大学の生物学教育は、個々の大学が、その理念や条件に応じて独自性の高い教育内容を提供するものであった。上に述べたような生物学をめぐる社会的状況に照らせば、生物学が社会から期待される役割を十分に果たしていくためには、多くの大学において、生物学教育の内容の現代化と改革が求められるであろう。

大学における生物学教育の改革は、初等・中等教育を担う教員の大学教育を通

じた能力開発、および生涯教育プログラムの充実を介して、社会全体の生物学的理解能力を高めることにつながる。そのことを十分に考慮して改革を進める必要があるだろう。現状では、生物学にかかわる初等・中等教育の指導要領の改訂が先行している。したがって、新たな初等・中等教育における生物教育を担いうる人材を養成する役割を十分に認識して、大学における生物学教育の内容を改善することが喫緊の課題となっている。

大学での改革に先立つ高等学校での新カリキュラムの導入においては、複数の理科科目を学ぶことができるようになり、生物学の内容も充実をみた。しかし、求められる履修単位数は、これまでの必修3単位、選択3単位から、必修2単位、選択2単位となり、依然として選択科目を受講する生徒と選択しない生徒の間での生物学を学ぶ時間の格差が存在する。大学における生物学教育の改革を考えるにあたって、大学教育のスタート時点での学生間の大きな差異に留意することが必要である。

先述した生物学の社会的役割の拡大と社会的要請の多様化、研究の進展に伴う爆発的な情報の増加に照らせば、大学における生物学の教育内容の大幅な拡充と再編が求められているといわなければならない。そのためには、知見・知識の最新化および整理・統合、教育内容の厳選と体系化が必要であるが、その際、多様な対象とアプローチを包含する生物学分野全体を見渡し、その幅広さと多様性が捨象されたり、扱う生物学的階層に偏りが生じたりすることのないよう配慮すべきであろう。

(2) 本参照基準の扱いについて

生物学の教育課程の面から「大学教育の質保証」への寄与をめざす本参照基準は、大学における生物学をめぐる現状と社会的な要請に関する先述の問題意識にもとづき、「生物学を学ぶ学生」を、専門課程で生物学を学ぶ学生には限定しない。むしろ、「教養」から「専門基礎」レベルの生物学教育を主な対象と考える。

より上級の専門教育は、それぞれの大学での生物学教育にたずさわる人員や実験設備などの制約に応じて、個別の専門領域に限定された教育にならざるを得ないこともあるだろう。それに対して、教養、専門基礎の生物学教育は、施設や専門教員への過度の依存なしに教育課程を編成することが可能である。ここでの「教養」は、文科系も含めた大学生全体、すなわち将来の社会を担う広範な人材に対して提供されるべき教育を意味する。環境の変動性が高まり、不確実性を増しつつある現代から近未来を生き抜くための世界観・人間観の醸成には、生物学の素養が欠かせず、将来、社会のどのような分野・領域で活躍する人材にとっても、大学での生物学教育は欠くべからざるものと考えらるからである。

高等教育を受ける誰もが身に付けるべき素養としての生物学に焦点をあてた本参照基準は、あらゆる大学における教養および専門基礎の生物学教育の課程編成時に考慮すべき事項を、昨今の生物学のめざましい発展、および現在ならびに近未来の社会からの多様な要請を想定して提案するものである。

大学によっては、教員の専門と設備などの状況により、現状では提供しうる生物学教育の水準と内容に制約があるかもしれない。大学に求められるのは、本報告に示す現代の生物学および社会的要請にもとづいて求められる生物学教育の諸要件を理解し、それぞれの事情に応じて、できる限り理想に近い生物学教育をめざして不断の努力をすることであろう。この参照基準は、そのような努力を厭うことのない大学が、教育課程編成時に参照することを想定したものである。

本基準は、教育課程編成の際に「厳格に準拠すべき基準」でも、「そのままの形でとりいれるべき類例」でもない。むしろ、生物学の教育課程の改革をめざすべき方向を指し示すものといえるであろう。

2 生物学の定義と対象

(1) 生物学の定義

生物学は、あらゆる生物体および生命現象に関する科学である。生物個体およびその構成要素である器官・組織・細胞・細胞小器官・生体高分子などの構造と機能、生物の遺伝・生理・形態・発生・分類・系統・生活史・環境応答・行動・生態・進化、生命の起源と歴史、および生物がつくるさまざまな集団（個体群・群集・社会）の動態の解明と理解をめざす広範な学問領域であり、分子から地球生態系までの生物学的階層における、いずれも複雑で膨大な数の要素からなるシステムを対象とする。

生物学においては、共通の物質基盤の上に立つ遺伝情報系や代謝系などに注目して普遍的真理を追求する研究に加え、数百万種に及ぶ生物の多様性とそれらが形作る複雑な生態系をさまざまなアプローチを駆使して解明する研究があり、両者はともに、現在、めざましい発展を遂げつつある。

現代の生物学は顕著な多様化を特徴とするが、その源流は、古代の医学や博物学に遡る。19世紀初頭には、生物学という語が用いられるようになり、その概念や扱う範囲が明確になった。現在は、生物科学や生命科学という言葉も生物学と類似の意味で使われる。一方、他の領域との境界領域の重要性の高まりも顕著であり、生物学が扱う対象の範囲とアプローチの多様さは拡大の一途を辿っている。

哲学・文学・法学など他の学問も「生命」を論じるが、生物学は自然科学として、多様な実証的方法を用いて生命の解明をめざす点が、これらの学問とは異なるところである。

(2) 生物学の対象と特徴：無生物と生物の区別

生物学の固有性は、生物学が扱う対象である生物の無生物とは異なる特性によるところが大きい。生物の営みは無生物と同様に物理学・化学の法則に支配されているが、無生物とは一線を画するいくつかの特徴を合せもつ。全生物に共通する基盤的特徴は、細胞によって構成され、遺伝子をもって自己複製を行い、物質・エネルギー代謝を行い、環境からの刺激に対して適応的な応答をすることである。また、現在地球上にみられる生物は、40億年ほど前に誕生した単純な1つの祖先細胞に由来し、偶然・必然が輻輳する複雑な進化の過程を経て、きわめて多様な形態、生活、構造、機能などをもつに至ったものである。突然変異と自然選択によって常に変化し続けている姿は、生物を無生物から区別するもっとも顕著な特徴といえるだろう。

生物以外の物質やシステムも、上で述べた特徴の一部、もしくは類似の特徴をもつことがある。しかし、これらの特徴を合せもつのは生物にほかならない。以下にこれらの特徴についてやや詳しく述べるが、核酸、タンパク質、糖タンパク質、脂質二重層膜など生体高分子の複合体形成や、正や負のフィードバックといった分子相互作用のネットワークは、物理・化学的なプロセスとして生命のしくみの根幹にかかわっている。

① 自己複製と遺伝子

自己複製は、親が自らとよく似た子をつくり増殖することであり、生命の基本単位である細胞と全遺伝情報（ゲノム）を複製することが基盤となっている。細胞は既存の細胞から分裂によって生じる。細胞は、遺伝情報を保持する DNA の複製と、DNA の遺伝情報にもとづく他の細胞成分の合成などを経て、2つの娘細胞に分裂して複製する。DNA の複製は、その二重らせん構造の各鎖に対する相補鎖を合成して、分子コピーをつくることをさす。これらを基盤として、多細胞生物では、空間的・時間的に高度に制御された細胞の分裂・分化などからなる発生過程により、親とよく似た子がつくられる。生物の個体は必ず死を迎えるが、このような過程により遺伝子は連綿として伝えられていく。

遺伝子は、生物の全遺伝情報（ゲノム）の単位であり、生物種と生物個体の性質を決める。遺伝情報は DNA 上の4種類の塩基（アデニン、シトシン、グアニン、チミン）の配列情報が担う。遺伝子発現は、DNA の遺伝情報を RNA に転写し、リボソームで翻訳して、機能物質であるタンパク質を合成する過程である。通常、1個の遺伝子は1個のタンパク質に対応し、DNA 鎖上の3つの塩基からなる配列（トリプレット）が、タンパク質を構成する1つのアミノ酸を指定する。タンパク質は、単独で、あるいは糖や脂質などと複合体をつくって、細胞内外の諸構造を作ったり、代謝反応の触媒（酵素）、遺伝子発現の調節（転写調節因子）、細胞運動、細胞間の情報伝達（ホルモン）を行うなど、多様な細胞の生命活動過程を担う。

遺伝子には、DNA 塩基配列の置換・欠失・重複・再編などの突然変異が起きる。生物進化の初期に存在した少数の祖先遺伝子は突然変異と自然選択の過程を経て、現生の複雑で多様な生物の遺伝情報になった。遺伝子の中には多数の遺伝子の発現を調節するものもあり、単独もしくは少数の突然変異によって、生物の形態や性質が大きく変化することもありうる。

② 構成単位としての細胞

細胞は、生物体の構成単位であり、生命活動に必要な物質やエネルギーをつくりだす代謝機能の基本単位である。細胞は、脂質二重層にタンパク質が埋め込まれた細胞膜によって外界から隔てられている。細胞には、真核細胞と原核細胞がある。真核細胞は核膜で囲まれた細胞核とそれを取りまく細胞質からなり、細胞質にはミトコンドリア、葉緑体（植物細胞のみ）などの細胞小器官や、細胞運動に関与する細胞骨格が存在する。

細胞骨格の成分であるタンパク質アクチンはその重合・脱重合およびミオシンタンパク質との滑りにより、細胞の分裂・運動・形態の調節などを担っている。細胞の中には繊毛や鞭毛をもち、運動するものがあるが、その運動は、微小管上を移動するタンパク質分子モーターによって駆動される。

細胞小器官も脂質二重膜で形成され、そこに埋め込まれた輸送タンパク質により秩序あるイオンや有機物の輸送がなされることで細胞の機能が保たれている。

原核細胞は核膜をもたず、細胞小器官が無いか発達していないものが多い。原核細胞をもつ生物には真正細菌と古細菌があり、真正細菌・古細菌・真核生物の3つが、分類学上で最上位の階層の類別である。真核細胞からなる多細胞生物では、同じDNAをもつ細胞が発生の過程で遺伝子発現の違いによりさまざまな細胞に分化し、それぞれ特化した機能を果たしている。また、動物ではホルモン（内分泌系）や神経伝達物質（神経系）、植物では植物ホルモンなどの生理活性物質を介した細胞間情報伝達系を発達させることで、多数の細胞を1個体として機能的に統合している。

発生は、分化した細胞が組織や器官をなして個体を形成する過程であるが、時空間的な特異性をもつ分泌性シグナル分子を介した相互作用が細胞間のコミュニケーションを担い、秩序ある形態が誘導される。

③ 物質・エネルギー代謝と環境応答

物質・エネルギー代謝は、細胞のあらゆる活動の基礎となる基盤的機能である。細胞は、外界から摂取した無機物や有機物から、タンパク質や核酸、脂質、糖質などの化合物を合成して秩序ある内部構造を構築するとともに、エネルギー代謝を行い、その副産物は循環的に再利用されることが多い。細胞の活動の基本であるこの代謝は、代謝経路によって体系づけられた化学反応の総体である。各化学反応は、酵素による触媒作用によって効率よく進む。細胞はその重量の大部分を占める水を溶媒とする溶液中で、無数の化学反応を同時進行させながら、全体としてはさまざまな調節機構によってそれらの反応を調和させつつ、秩序ある生命活動を営んでいる。

生物個体は、環境から必要な物質を取り入れ、またさまざまなエネルギーを利用する一方で、太陽光の照射、塩分濃度、温度、湿度、酸素濃度、二酸化炭素濃度、磁場、放射線照射などの環境要因から影響を受けている。環境が変化すれば、生物はそれに応じて能動的に種々の順応的な反応を行う。それを環境応答という。多くの動物は神経系をもち、感覚器官で餌・外敵・交配相手などを認識し、複雑な行動を行うが、これも発達した環境応答と考えられる。神経系における情報の伝達は、神経細胞の細胞膜を隔てたイオン濃度の違いと電位差の移動という分子機構によって担われている。

生物では多くの生理現象や行動に概日リズム（約24時間の周期性）が認められる。それにかかわる時計遺伝子群はさまざまな組織で発現・発振し、光刺激によって発現が誘導されるものもある。概日リズムは、数種類の時計遺伝子の発現とその産物が織りなすフィードバック機構によってもたらされる。

生物は侵入した病原体に対する防御機構を進化させている。防御機構としては、生物に生まれつき備わっている自然免疫に加え、脊椎動物では高度な特異性と免疫記憶を特徴とする獲得免疫をもつ。

3 生物学固有の特性

(1) 生物学分野に固有な特性

前項で述べたように、生物は、自己複製能力と変異可能性をもち、物質・エネルギー代謝をする存在である。言い換えれば、生物は、祖先細胞から連綿と続く「歴史性」と生命プロセスを担う階層的なシステムを内包した存在であるといえよう。生物のこのような特性は、生物学を強く特徴づけている。

① 生物の歴史性

生物と無生物との区別について先述したように、生物のもっとも重要な特性の一つが、変化し続ける存在としての歴史性である。太陽系の1惑星である地球は、今から約46億年前に無数の微惑星が衝突合体し、灼熱の星として誕生した。ある程度の冷却を経て早くも約40億年前には原始地球の海で生物が出現したと考えられている。以後、生物は長い時間を経てさまざまな環境に適応し、多様化するとともに、生物の活動そのものが地球の環境を変化させてゆくことになる。

このような生物界の変遷は、生物の進化と多様化によって特徴づけられる。突然変異（塩基配列の変化など）と自然選択（環境によくあった形質をもつ個体により多くの子孫を残すこと）あるいは自然選択には中立的な（自然選択を受けない）確率的プロセスがはたらき、生物体の表現型はダイナミックに変化する。集団（個体群）の中で偶然に（中立的に）あるいは自然選択によって対立遺伝子の頻度が変化することを進化と呼び、隔離などの分岐プロセスにより集団内に生殖的隔離が成立することを種分化という。一方、古生代末や中生代末のように地球環境が激変した時代には、生物種の大量絶滅が起こり、それを契機にして、生き残った生物の急速な進化や、急速な多様化が起こった。

生物が辿ったこのような歴史は、そのゲノムのみならず、形態や行動など、多様な表現形質に反映している。

生命の出現以来、地球では、非生物的な環境も生物とのダイナミックな関係にもとづいて変化してきた。たとえば、気体としての酸素を欠く天体として誕生した地球は、光合成生物の活動によって酸素に富む大気をもつ天体へと変化していったが、その変化が生物界に新たな可能性と制約を生み出してきた。

生物間の相互作用は、その特異性と複雑さゆえに、生物の膨大な多様性を生み出す要因となった。生物の歴史は、次に示すように、連綿とつながる連続性と、何度かの大きな転換点を伴うダイナミックな変化をその特徴としている。

- (a) 生命の誕生
- (b) 生物の体制の進化（原核細胞から真核細胞へ、そして多細胞化）
- (c) 酸素発生型光合成の起源と大気組成の変化
- (d) カンブリア大爆発による、動物門の多様化
- (e) 生物の上陸と地球環の変化（森林の成立と二酸化炭素の減少）
- (f) 植物と動物の共進化（被子植物の適応放散とさまざまな動物との共進化）
- (g) 白亜紀末の大量絶滅と現代型の生態系の成立、およびほ乳類の放散
- (h) 人類の出現と進化

② システムと階層的統合性

生物学が対象とする実体とシステムは、分子レベルから生態系レベルに至る、生物学的階層性によって特徴づけられる。それら多様なシステムは、生体高分子や、それがつくる生体膜が構成する細胞内の構造や小器官、生体膜と小器官のシステムとしての細胞、細胞が構成する組織と器官、それらが構成し生物の生活の単位でもある個体、個体が相互関係で結ばれた個体群と生物種、生物種が相互関係で結ばれた生物群集、生物群集と非生物学的環境からなる生態系というように、それぞれの階層の要素は、さらに下位の階層要素から構成され、全体として、多重入れ子構造をなす。これを生物学的階層とよぶが、いずれの階層を特徴づけるシステムも、膨大な数の要素と関係を含む複雑なシステムであり、より上位の階層ほど、その複雑性および要素の異質性が増大する。

上位階層のシステムは、その直下の階層の実体を要素とするが、その単なる集合ではなく、要素間の関係がもたらす相互作用で特徴づけられる。そのため、要素還元的な手法では解明や予測の難しい創発的な現象が多く観察される。その創発性こそが生物学を特徴づけ、実証手法としての統合的なアプローチを要求する特性であるといえる。

(2) 生物学のアプローチの多様性と特徴

生物学は、観察、比較、実験、理論、統計解析など、きわめて多様な手法を用いる。それらの中には、物理学・化学と共通のものがある一方で、多変量統計解析手法など心理学などの人文学や社会科学と共通のものもある。

生命現象が物理学・化学の法則と矛盾することはない。生物学が解明をめざす原理や現象の中には物理・化学的手法によって解明できるものが多く存在する。したがって、物理学・化学の科学的な概念と手法は生物学にとっても重要である。特に、エネルギー代謝や情報伝達などに関する科学は、生物の現代的な理解の鍵となる概念を提供する。

しかし、生物は、進化というプロセスに由来しており、物理や化学の原理だけからは予測できない歴史性と独自性をもつ。それは、単に対象が生物であるということにとどまらず、生物学が自然科学における独立した学問領域として因ってたつ所以でもある。

多くの偶然もかかわる歴史的な事象に関しては、過去から現在にかけての事象について明確な因果関係の証明が本来的に難しい一方で、将来の予測にも多くの不確実性が伴う。そしてこのような予測困難な事象に取り組むのも生物学の特徴である。

多くの生物的階層において、形態や構造は機能と密接な関係を持っている。たとえば細胞と細胞小器官の階層においては、アクチン繊維や微小管の重合・脱重合、あるいは脂質二重層からなる生体膜におけるタンパク質の複合体の挙動やそれを埋め込んだ膜の分子反応や分子運動が、細胞の構造と機能を担うきわめて精巧な機械として振る舞うことが明らかにされている。

地球上に生息する生物の種数は、あまりに多く、それらの中には科学的に認識されていないものも少なくない。したがって、数千万種、あるいは一億種ともいわれる総種数も推測の域を出ない。それら未知の種を科学的に記載することも生物学の重要な使命である。生物の個体群・種の階層では、同じ種の一見同質に見える集団の内部にも、遺伝的な基礎をもつものともたないものを含め、多くの変異が存在することが重要な特性である。し、それらの変異のうち、環境に適応しうる遺伝的変異こそが自然選択に応答し、適応進化の原動力となる。

生物が歴史性を内包する存在であることに加え、階層ごとに異なった作用を見せる現象も少なくないことから、生物学における「何故」という問いに対しては、妥当性を認めうる何通りもの答え方が存在する。

(3) 諸科学と倫理の基盤としての生物学

① 諸科学の基盤、日常判断に寄与する科学としての生物学

生物学は、生物を主な研究対象とする応用科学（医学、薬学、農学、林学、水産学、海洋学、畜産学、獣医学など）のみならず、環境科学、情報科学、食品科学、生命工学、バイオメテックス、ロボット工学、都市工学、古生物学、心理学など、対象の少なくとも一部に生物やそのシステムを含む学問分野の基礎として重要である。さらに、日常における医薬品や食品の選択のみならず、地球環境問題や食料配分問題などの地球規模での社会問題に関する政策の選択などに、合理的な判断と適切な倫理観をもって臨むための基盤として、生物学の理解や知識は、現代の生活において欠くべからざるものといえるだろう。

② 生命・環境倫理の基盤としての生物学

生物学は生命や環境に関する倫理の基盤としても重要である。現代社会においては、生殖補助医療や臓器移植など、生命や環境に関する倫理的な判断が求められる場面が多くなっており、今後それはますます増えていくと思われる。そこでの倫理的な判断の基盤となるのは、生物学（医学を含む）の研究で得られた確かな「事実」である。生物学の素養なしには、生命倫理、環境倫理における適切な判断はなしえないであろう。

③ 人間理解の基盤としての生物学

人間は文化をもつ生物であり、生物学は人文・社会科学とも深く関連している。人類進化から文明発祥そして産業革命を経て現代に至る全過程を、人類史として包括的に理解し、人類の未来を展望することや、人類が環境とどのようにかかわってきたかを、時間経過の視点と広い視野によって認識することが重要であり、またそのような認識のための基盤は、生物学なしには確立しえない。生物史・人類史的視点からの考察は、資源枯渇、環境変動、人口爆発と高齢社会化、食料不足、地域紛争と民族対立など、人類が今後直面する諸課題を、統合科学的見地から理解し、適切な判断をする上で不可欠である。

一方で、生物種の1種としてのヒトの行動・心理特性を科学的に理解することは、ヒトのつくる人間社会を深く理解するための鍵となる。高度な精神活動を、進化の連続性の上に獲得するに至ったという意味で、ヒトは生物界における特殊な存在である。誰もが直感的に感じ取る道徳的な感情である倫理・公正感は、科学的な理解や合理的な判断に支えられる倫理観の基礎となるが、それには、ヒトが地球上に進化してから長期にわたり、その生活が社会の中での協力を前提として成り立ってきたことによる適応が色濃く反映しているといえるだろう。

「ヒトの尊厳」についての意識の醸成にとっては、生物と人類の歴史を知り、ヒトの行動・心理の進化を生物学的に理解することも重要であろう。

4 生物学を学ぶすべての学生が身に付けることをめざすべき基本的な素養

(1) 生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解

3-(1)で論じた生物学に固有の特性を踏まえ、生物学を学ぶすべての学生が身に付けるべき基本的な知識・理解と能力について、できるだけ広い観点から検討してみたい。ここで述べる多岐にわたる「知識と理解」は、生活者や職業人、あるいは市民としての意志決定が求められる折に、適切な判断や選択の根拠を与えるものであり、生きていく上での「総合的な能力」の基盤ともいうべきものである。

生物学を学ぶことで身につくことが期待される基本的な知識と理解力は、現実の世界でヒトが生きていく上での有用性は、単に短期的・直接的な利用可能性・利便性や使用価値のみに限らないことを十分に認識しておく必要がある。すなわち、世代を超えた時間のスケール、ヒトという種が地球上で活動してから今日まで、さらにはヒトという種が今後この地球で過ごすであろう時間も含めた、「悠久の時」ともいえる時間スケールで意義を認めることのできる存在価値や倫理などをも含む、広い意味での有用性の観点こそが重要である。

たとえば、大学において生命の歴史を学ぶことは、現在の人類とそれを支える環境と生態系が成立するまでに膨大な時間が流れたことや、絶滅した種の復元は基本的には不可能なこと、転換点を超えた生態系の復元には多くの時間と費用を要することなど、今後他の生物との共存をはかる上での基本的思想基盤を与える。なお、地質年代と人類の歴史、さらに個体としてのヒトの寿命との間には大きな時間尺度の違いがあることに対する十分な認識ができるようにする必要がある。

生物である私たちが生物学を学ぶことは、先述したように、自分自身の客観的・科学的な理解に欠かせない。また、生物種の1種として他の生物種とともにこの地球で生きる私たちが、生物の特徴・特性の普遍性(共通性)・多様性・独自性を学び、生物多様性の保全と持続可能な利用、すなわち、「自然との共生」の重要性を認識することは、自らを取り巻く環境の良好な維持に努めるための思考と行動の基盤となる。

生物の生存環境・生態系に対してヒトがもたらす影響や、果たしうる役割を認識することは、日常生活のさまざまな場面においても、また地域・国・国際社会の動向を判断する上でも不可欠な基盤的素養であり、理系・文系を問わず高等教育機関が輩出するすべての人材に求められることである。

物理と化学の法則は、自然界のすべての自然現象の科学的理解に必須である。生体高分子などの化学物質に大きく依存している生命活動の基礎も、物理学・化学の法則によって説明されうる。しかし、生物学的な階層の細胞・組織・器官・個体以上のレベルでは、物理学・化学の法則のみを原理とした説明には限界がある。ましてや、多くの種の生物がかかわりあう自然を包括的に理解するためには、生物学固有の原理と視点がきわめて重要な役割を果たす。

これらを踏まえ、また2で述べた生物学を特徴づける生物のきわだった特性、すなわち「生物と無生物を区別する」諸点に鑑み、生物のもつ特徴を理解するために求められる生物学に固有の知識と理解に関する要点を下にまとめた。なお、ここに

あげるものは、一般の学修者を想定したごく基本的な内容であり、生物学を専門的に学ぶ学生については、より高度な最新の知見の知識や理解が必要になるだろう。

① 生物の基本的特性を知るために

- (a) あらゆる生物は遺伝情報の複製と発現が行われる細胞を構成単位とすることを理解し、細胞にかかわる諸形質をもとにして原核生物／真核生物、植物／動物／菌類、単細胞生物／多細胞生物を区別できることを理解する。ウイルスは単独では増殖できないために独立した生物とは考えられていないが、遺伝子を持ち宿主細胞に感染して増殖する非細胞性の微小構造体であることを理解する。
- (b) 生物固有の特性である、自己複製と物質・エネルギー代謝はともに、物理学・化学の法則に則った反応であることを理解する。
- (c) 生物に特有な生体物質の機能・反応・相互作用と、細胞・組織・器官・個体の形態・生理・行動（機能）についての基本原理を知る。特に、細胞単独の諸機能と細胞間を協調させる諸機能およびそれらの分子メカニズムを理解することは重要である。
- (d) 生殖細胞形成から受精、および個体発生の基本的なしくみを理解する。特に、発生過程では、遺伝情報を受けて、体内に化学シグナルの空間的なパターンが形成され、その化学シグナルがそれぞれの細胞ごとの反応を誘導することを理解する。

② 生物の歴史、階層性、生物学の歴史を知るために

- (a) 生命の誕生から現在に至る 40 億年に及ぶ生物の歴史を遺伝情報にもとづく連続性として理解する。さらに、化石に刻まれた形態や行動などの表現形質の変遷を含め、これらの知見がどのようにして解明されるに至ったか、その解明の歴史に関して基本的知識をもつ。
- (b) 生物の進化は、突然変異と自然選択によって、適応度のより高い個体が集団内に増えることであり、また、有性生殖は対立遺伝子の組み合わせを変え、遺伝的多様性を増大させることにより進化を促進することを理解する。
- (c) 集団間に生殖的隔離が成立することが種分化であり、種分化の繰り返しが生物多様性を形作ったことと、複雑な生物間相互作用がその種分化の原動力であると同時に多様性の維持に大きく貢献していることを理解する。
- (d) 光エネルギーを化学エネルギーに変換する光合成反応の起源、効率化への選択圧にもとづく進化と多様化について知り、酸素の供給と二酸化炭素の固定を通して、地球環境の安定と維持にいかに関与してきたかを理解する。(e) 広い宇宙の中の地球以外の惑星にも生物が存在する可能性について考察する。
- (e) 分子→細胞小器官→細胞→組織→器官→個体→個体群→群集→生態系という生物学の視点の階層性と、種→属→科→目→綱→門→界という生物の系統上の階層性を理解する。
- (f) 生物学の発展に寄与した生物学者と手法・理論・背景について知る。特に、

近年大きく進展したゲノム解読技術の基礎を理解し、生物のゲノム情報から、遺伝子進化の歴史の推定や、品種改良への応用、遺伝子治療への応用などが可能になりつつあることを理解する。

③ ヒト自らを深く知るために

- (a) 神経系、内分泌系、免疫系の相互作用による生物個体としての恒常性維持機能が、生物としてのヒトの活動や健康の基礎となり、その不調・破綻が疾患につながることを理解する。また、これらの機能を担う基本的な分子的しくみを理解する。
- (b) ヒトの最大の特殊性をなす精神がどのような進化的基盤の上に形成されたのかを理解し、精神の形成に果たす遺伝・環境・教育の役割を認識する。

④ 自然環境の現状と保全の必要性を知るために

生物多様性は現在、急速に減少しつつある。地域環境および地球規模の環境・生態系に対してヒトがもたらす影響と、環境の良好な維持に向けてヒトが果たすべき役割について、生命の歴史および生物多様性がさまざまな生態学的サービスを担い、人間にとって潜在的に高い利用可能性をもっていることを踏まえて理解する。特に、日本列島の生物的自然の独自の特性を理解して、その保全に努める責務に思いを至らせることは重要である

(2) 生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本的能力

① 生物学に固有な能力

ここで記述するのは生物学分野を学ぶことなしには身に付けるのが難しいと考えられる「固有の能力」である。

生物学は2. および3. で述べたように重層的な階層と膨大な多様性を含む生物世界にまなざしを向ける科学領域である。生物学の教育を受けた者が獲得することを期待される具体的能力には、以下のようなものがある。

- (a) 生物と無生物の違いに関する包括的な理解にもとづき、未知の対象を生物・無生物に分類することができる。
- (b) 遺伝子、細胞、個体、個体群、生態系、自己複製など、生物学における基本的な実体や概念、生物学的階層についての基本的特徴を説明できる。
- (c) 地球における生物の歴史についてその大筋をイメージすることができ、自然選択による進化と中立進化、隔離など、進化や種分化のメカニズムにもとづく変遷が現在の膨大な生物の多様性を生み出したことを説明できる。同時に生物界の歴史的変遷が大気組成の変化など、地球環境の変化をもたらしたことについても説明できる。
- (d) 生物としてのヒトの体と心について、生物学の多様な分野の知識をもとに、統合的なイメージをもつことができる。
- (e) 日本列島（国土）の特徴ある自然における生物の多様性を実体験にもとづい

てイメージすることができ、その保全と持続可能な利用の重要性を理解できる。

- (f) 図鑑などを援用しつつ、生物を観察して分類群や種名を同定し、系統的位置や保全生物学上の地位（在来種・固有種・絶滅危惧種・外来種など）を理解できる。

② 生物学分野の学びを通じて獲得すべき基本能力

理系・文系を問わず、基礎教養としての生物学の幅広い分野に対する理解・知識は、生命や環境に関する倫理観の醸成にも不可欠であることはすでに述べた。生物学の扱う内容の幅広さは、それを学ぶことを通じて、個別の専門的な見地のみにとらわれすぎることのない人材の養成に寄与することが期待される。

生物にみられる共通性と多様性を理解することにより、国・地域・民族など、ヒトについても共通性と多様性という見方で捉えることができるようになり、地球環境を共有し、持続的に共存していくためのよりよい方策を模索するための基盤を得ることができる。

生物学は複雑な現象やシステムを対象とすることから、それを学ぶ過程で、対照実験の必要性を理解し、フィードバックを含む複雑なシステムのダイナミックな性格、相関関係と因果関係の違いなどを認識できるようにする教育に力点が置かれなければならない。それにより、生物学が扱う対象以外のあらゆる複雑な対象の理解や課題解決に向けた、高度な認識力、分析力、判断力などを身に付けることができる。

特に、階層性と時間軸をもつ生物・生物界がつくる複雑なシステムを理解する努力をすることは、経済社会的なシステムや現象を含む、複雑な対象に関する複眼的な認識方法を体得する上で有効である。

生物学がさまざまな対象の理解・認識のために用いてきた還元的な手法（上位階層から下位階層へ）や、総合的な手法（下位階層から上位階層へ）、さらに両者を有機的に結びつけて統合的な理解を得るための統合的アプローチは、自然科学・社会科学全般において複雑系に挑む際にも有効である。

- (a) 生物やそのシステムに限らず複雑でダイナミックな対象について、特定の視点や専門的な見地からだけでなく、多面的かつ統合的に理解できる柔軟で幅広いジェネラリストの視点をもつことができる。
- (b) 実験的手法における対照実験の意義や仮説検証に求められる要件、測定には誤差が伴うことなどを理解しており、因果関係についての情報の真偽や信頼性を科学的に判断できる。それにより、巷に流布する似非科学的な言説の非科学性を見破り、それを退けることができる。
- (c) システムが一般に単なる部分の集合ではなく、要素間の関係に応じてダイナミックな特性をもつこと、複雑なシステムに関する予測には不確実性が伴うことを理解できる。
- (d) 空間的・時間的に変動のある事象に対して、特定の時間断面と局所事象だけ

から導かれた予測や結論は、科学的妥当性を欠く場合があることを心得ており、変動をできるだけ幅広く捉える必要性を理解できる。

- (e) 多くの要素と関係からなるシステム一般に対して、その特性を理解して予測するためには、還元的な分析（上位階層から下位階層へ）と総合的な考察（下位階層から上位階層へ）の両方が必要であり、それらを有機的に結びつけて統合的な理解を得ることが重要なことを理解している。
- (f) 生命についての多面的な理解にもとづき、健全な生命倫理観と環境倫理観を身につけている。

5 学修方法および学修成果の評価方法に関する基本的な考え方

(1) 学修方法

生物学を学ぶ上では、観察、実験・実習がきわめて重要な意味をもつ。単に知識や理解を付与するだけでなく、それを実際に活用できる力を培うためには実体験を伴う学びの意義が大きい。したがって、生物学の学修には、講義や演習・セミナーに加え、実際に生物を観察する機会ともなる実験や野外実習を教育課程に十分に取り入れることがのぞましい。

生命現象の普遍的な真理の追求のためには、仮説をたて、実験し、その結果を適切な統計分析を経て仮説を検証するという、科学共通の手法が必須であるが、そのような手法を、実際に実験を行うことを通して学ぶ。実験の構成と実験法の理論を理解し、予想外の結果が出たときに何故そうなったかを追求することの重要性も学ぶことが必要である。また、測定には必ず誤差が伴うこと、生物学の対象においては、誤差にいくつかの要因がありうることを理解させることが重要である。

多様な生物がかかわりあう複雑なシステムである生態系を理解するためには、フィールドに出て自然の中で行う野外実習が有効な教育形態である。野外実習では、実験室とは異なり複雑なものが複雑なままに存在する自然を対象として理解するための観察・調査・実験の手法を学ぶ。野外での学修の機会を経験することは、初等・中等教育の教員養成の観点からも重要である。

① 講義

細胞の構造と機能、遺伝のしくみ、代謝・情報伝達・恒常性維持・生殖・発生などのさまざまな生命現象、生物の系統と進化、生物多様性とその保全、生物の行動や種間関係、生態系のなりたちと生態系サービス、人と自然とのかかわりなどについて、実際の生物や自然の姿を参照しつつ教授する。その際、知識の単なる伝授にとどまらず、生命活動を論理的に理解させることが重要である。

生物学では、形や構造がもつ意味の大きいことから、ビジュアルな教材を工夫することが重要である。

② 演習・セミナー

生物学に関するさまざまなテーマについて自分で調べ、場合によっては実験や観察などを行い、それを報告し議論しあうことを通して、生物学に関するいっそう深い理解を体得する。生物や自然と実際に対峙しつつ、生物学の知識を深めることによって、生命現象や進化、生物多様性、生態系といった大きなテーマについて思索をめぐらす機会となる。

③ 実習・実験

生物の外部形態や内部構造、細胞構造などの観察、生体高分子、代謝・光合成・恒常性・環境応答・情報伝達・発生・生殖・遺伝・行動などのさまざまな生命現象に関する機能分析、生物の系統関係の推定などを目的として、実際の生物や生物試料を使った観察や実験を行う。仮説検証型の実験に加え、さまざまな生物間

で形態や機能などを比較してそれらの進化の歴史を推察する比較生物学の手法を学ぶことも重要である。実習・実験は、講義ではなかなか教授できない、生物や生物試料の取り扱い方や、顕微鏡や各種分析機器の使い方を学ぶという点で、生物学教育には欠かすことができない学修法である。

実験においては、生物を扱うにあたっての生命に対する謙虚な態度や生物試料の廃棄や廃液の収集・保管・処理などに関する知識の涵養も必要である。iPS細胞の作製のような新しい技法の発見が、確かでしかも大胆な発想と、地道な実験の積み重ねによって生まれたことは強調されてよい。

④ 野外実習

野外実習では、実験室とは異なり、多様な生物が複雑にかかわりあう自然を対象として理解するための観察・調査・実験の手法を学ぶ。生物多様性の理解のためには、生物の採取や標本作製、同定などの作業が欠かせない。生物の同定は、生物学教育の中ではこれまで軽視されてきたが、自然の理解にとって本質的に重要なスキルである。

大学や研究所などが所有・管理している演習林や実験林、植物園、臨海実験所などは野外実習のための優れたフィールドを提供する。野外実習を行うにあたって、その積極的な利用が推奨される。

日本は海の自然と生物多様性に著しく恵まれた国であり、海の生物や生態系を対象とする野外実習は、今後、特に積極的に取り組むべきものといえる。

野外実習において野外における活動一般を体験的に学ぶことは、将来、教員として初等・中等教育にたずさわることを希望している学生にとっては、特に重要性が高い。フィールドにおける主要な動植物を見分けることができる能力を身につけさせることは、そのような進路の希望をもっている学生にとって特に重要なことといえるだろう。

(2) 評価方法

① 評価の観点

生物学における教育結果の評価は、生物学に固有の学問の特性がそうであるように、物理学分野や化学分野における評価と共通性を保ちつつも、特徴的な評価方法が適用される。前述のように、生物学は、重層的な階層と膨大な多様性を包含する生物世界にまなざしを向け、生命や環境に関する倫理観をも醸成をめざす学問領域であることから、生物学の教育課程を通じて獲得される能力は、きわめて多岐にわたるものである。特に生物学を学ぶ者にとっては、講義や演習・セミナーに加え、実験や野外実習などの実体験を通じた学修がきわめて重要である。その上で、体得された知識・技術による評価だけでなく、それらの知識や技術を通して獲得された洞察力や問題解決能力についての評価がなされることがのぞましい。つまり、生命現象の普遍的な真理の追究のために、仮説をたて、実験し、そこから得られるさまざまな科学的証拠にもとづいて理論を組み立て、仮説を検証

するという能力が評価されることになる。

したがって、学修の評価にあたっては、編成された教育課程における具体的な教育目標、教育方法、学修が実施される課程（一般教育、専門基礎、高度な専門教育など）によって、異なる見解や手法が執られるべきであろう。そのためには、固有の能力がどれだけ向上したかを測るための「指標」を設定することが重要である。

さらに、学生の評価においては、生物学分野における学修の達成度や成果を測って学力を明示するとともに、学修のプロセスに関与することも重要である。すなわち、学びの過程にある学生の理解度や習熟度を測定し、その学修の進展を支援することで、学生の成長が促されることが期待される。その際に、学生に評価への問い直しの機会を与えることで、さらなる自立性、創造性を養う可能性が考えられる。

② 評価の在り方

教育方法別に、のぞましい評価の在り方を以下に述べる。

- (a) 比較的大人数での講義では、生物学における個別的な知識や基本的な考え方について、修得の程度を確認するとともに、それらの知識を用いて、特定の事象や課題を適切に分析し、説明することができるか否かを評価する。
- (b) 少人数で行うセミナー・演習では、取りあげられた課題に関して、個別的な知識や基本的な考え方を修得したか否か、また、課題論文を読み、その内容を十分に理解して議論する能力、および、自ら論文を構成・作成する能力を評価する。それとともに、自らの考えを適切にまとめ、明確に伝達する力も併せて評価し、コミュニケーション能力の育成に配慮することも、重要な視点である。
- (c) 実習・実験では、与えられた課題にもとづいて、その問題点や重要な点を考察しつつ観察・実験を行い、そこから論理的に結論を導き出す力を測る。次の段階では、自ら仮説をたてて実験をデザインし、適切な方法を選択して実験を行うこと、そこで得られた結果にもとづいて、自らの仮説を検証するプロセスが妥当であるか否かを評価する。
- (d) 野外実習では、フィールドノート、スケッチ、写真などを駆使して、フィールドにおける生物の観察や実験に取り組む姿勢と、取り組みの妥当性、さらに、実習したことをまとめあげて考察する能力を評価する。それとともに、生命や環境への倫理観を醸成することにも配慮する。学生自身の事後の振り返りや省察も、フィールドワークの評価において重要な視点である。
- (e) 卒業研究の内容に関しては、課題やアプローチの方法によって評価尺度は異なって然るべきであり、一律の到達指標は存在しない。しかし、研究の背景を為す先行研究や内外の関連論文が適切に参照されているか、研究の目的が妥当であるか、適切な方法が選ばれているか、得られた結果にもとづいて論理的で一貫性をもった議論が展開されているか、検証法が適切であるか、学術論文としての形式やルールが守られているか、など、卒業研究として適切であるか否

かを評価することは可能である。しかし、研究への意欲や創意・工夫など、それらの項目を凌駕する評価項目も存在するため、必ずしも枠にはまった評価方法に縛られる必要はないと判断される。

生物学教育においては、上記のような多様な項目を組み合わせで評価されることが必要である。卒業時に実施される総合評価においては、それぞれの大学における目標の設定や、それぞれの授業のねらいによって、さまざまな方法が採用されることがのぞましい。その上で、多様な能力をもち、生命と環境への倫理観を培った人材を社会に送り出すことが重要である。

6 生涯にわたる生物学の学修と大学の生物学教育

近年の生物学の進歩がきわめて急なことから、短期間のうちに次々と新しい知見が加わり、生物学にとって特に重要な現象の理解の仕方も時として劇的に変化する。したがって、学生時代に最先端の知識を学んでも、時間が経ると知識全体としては陳腐なものになってしまうことは否めない。

社会人が新しい知識に触れる生涯教育の場はさまざまな形で提供されるが、そのような機会を活用して、自らの生物学にかかわる知識の総体を更新しようとする意欲と姿勢を大学における生物学教育の中で身につけていることが必要である。

そのためのさきにあげた「固有の能力」をしっかりと身につけさせることができるよう、内容的に偏りがなく体系的でありながら、学生を不思議に満ちた生物の世界に誘い、その探究心を刺激できるカリキュラムを提供することがのぞましい。

大学とその教員は、社会人に対して常に新しい生物学の知見や理解について情報を伝達していく役割を担うことも必要である。大学生、社会人を問わず、生物学の教育は、断片的な専門知識の伝達であってはならず、学生の生命観・自然観の涵養に寄与しうよう、教員の不断の自己研鑽がのぞまれる。一方で、大学の演習林、植物園、臨海実験所など、野外実習の拠点となりうる施設を生涯にわたる生物学の学修の場として提供することは意義が大きい。

<参考文献>

[1] 日本学術会議、回答『大学教育の分野別質保証の在り方について』、平成 22 年 7 月 22 日.

[2] 日本学術会議統合生物学委員会、提言『生物多様性の保全と持続可能な利用～学術分野からの提言～』、平成 22 年 7 月 25 日.

[3] 日本学術会議日本の展望委員会生命科学作業分科会、提言『日本の展望-生命科学からの提言』、平成 22 年 4 月 5 日.

<参考資料 1>生物学分野の参照基準検討分科会審議経過

平成 24 年(2012 年)

2 月 20 日 日本学術会議幹事会 (第 146 回)

大学教育の分野別質保証推進委員会生物学分野の参照基準検討分科会設置、委員の決定

4 月 13 日 大学教育の分野別質保証推進委員会生物学分野の参照基準検討分科会 (第 1 回)

役員を選出、参照基準案の策定、今後の進め方について

6 月 25 日 分科会 (第 2 回)

参照基準案の策定

10 月 15 日 分科会 (第 3 回)

参照基準案の策定

11 月 30 日 日本学術会議幹事会 (第 166 回)

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生物学分野の参照基準検討分科会設置、委員の決定 (12 月 21 日施行)

平成 25 年(2013 年)

1 月 23 日 基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生物学分野の参照基準検討分科会 (第 1 回)

役員を選出、参照基準案の策定、シンポジウムについて

2 月 22 日 日本学術会議幹事会 (第 169 回)

設置期間延長の決定

4 月 11 日 分科会 (第 2 回)

参照基準の策定、シンポジウムについて

5 月 23 日 分科会 (第 3 回)

シンポジウム、今後のスケジュールについて

公開シンポジウム

「大学で学ぶ生物学とはー生物学分野の参照基準案について」開催

6 月 13 日 分科会 (第 4 回)

参照基準の策定、公表後の普及活動について

9 月 24 日 大学教育の分野別質保証委員会 (第 6 回)

基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生物学分野の参照基準検討分科会 報告 「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 生物学分野」について承認

＜参考資料2＞公開シンポジウム「大学で学ぶ生物学とは：生物学分野の参照基準案について」

日 時：平成25年5月23日（木）13：30～17：00

場 所：日本学術会議講堂

プログラム：

13:30 開会にあたって 鷲谷いづみ（日本学術会議第二部会員、生物学分野の参照基準検討分科会委員長、東京大学大学院農学生命科学研究科教授）

13:40 大学教育の分野別質保証について 北原和夫（日本学術会議特任連携会員、大学教育の分野別質保証委員会企画連絡分科会委員長）

14:10 生物学の参照基準検討分科会からの報告 鷲谷いづみ

14:40～15:00 休憩

15:00～17:00 パネルディスカッション・総合討論

（パネラー）

上田恵介（日本学術会議特任連携会員、立教大学理学部教授）

深井文雄（東京理科大学薬学部教授）

塩満典子（宇宙航空研究開発機構参事）

加藤真（日本学術会議連携会員、京都大学大学院人間・環境学研究科教授）

桂勲（日本学術会議連携会員、情報・システム研究機構国立遺伝学研究所長）

室伏きみ子（日本学術会議第二部会員、お茶の水女子大学ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育寄附研究部門教授）

有賀早苗（日本学術会議連携会員、北海道大学大学院農学研究院教授）

小林傳司（日本学術会議連携会員、大阪大学コミュニケーションデザイン・センター教授）

西田治文（日本学術会議連携会員、中央大学理工学部教授）

野口哲子（日本学術会議連携会員、奈良女子大学理学部教授）

松本忠夫（日本学術会議連携会員、放送大学教養学部教授）

（司会）

福田裕穂（日本学術会議第二部会員、生物学分野の参照基準検討分科会副委員長、東京大学大学院理学系研究科教授）

主 催：日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会生物学の参照基準検討分科会、大学教育の分野別質保証委員会企画連絡分科会