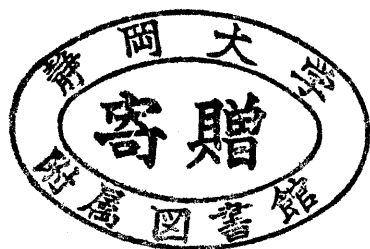

多分野の人的資源を活用した高等学校生物カリキュラムの
新しいフレームワークの開発

課題番号 13680198

平成13年度～平成15年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））
研究成果報告書



静岡大学附属図書館



000652362 5

平成16年3月

研究代表者 丹沢 哲郎（静岡大学教育学部助教授）

は し が き

本文中で詳細に述べているように、戦後の高等学校「生物」に関しては、昭和45年告示の学習指導要領より、ほとんどの学習内容とその配列が基本的に変化しないまま現在に至っている。確かに、一部内容が削除されたり、上級学年に移されたり、あるいは新しいトピックが加えられたりはしているが、カリキュラムの基本骨格を変えずにこのような改訂を行っているために、小・中・高校を問わず、また科目を問わず、一部に学習内容の関連性の点で問題が生じてきていることは事実である。

また一方で、現代生物学が急速に発展を遂げている中、またその成果が我々の社会生活に絶大な影響を持ちつつある中、これまでの学習内容と配列でよいのかという批判も出されている。たとえば、遺伝子診断や遺伝子組み換え植物といった分子遺伝学の取り扱いや、地球規模での環境問題の取り扱いなど、導入の検討が考えられる事柄が多くある。

そこで、本研究においては、このような問題点を解決するために高校「生物」のカリキュラム構造全体を見直すことが急務であるという認識に立ち、インタビューという質的データをベースにその方向性を探ろうとした。これまでアンケート結果などをもとにミニマムエッセンシャルズが検討されることもあったが、意見が収束せず、実り多い成果を生み出せなかった。その一つの理由は、なぜある特定の学習内容が必要かという、背景にある理論や考え方が検討対象となっていなかったからである。このような問題認識の上に、インタビューという質的なアプローチを採用した。

さらに、日本の理科教育のあり方や方向性を議論するとき、これまでは現場の教師と理科教育研究者が中心となってそれを行うことが多かった。そこに、新進気鋭の科学者や、ある分野で顕著な成果を上げた科学者などが積極的に関わる機会はほとんどなかった。そこで本研究では、インタビューの対象範囲をできるだけ広く取ることを心がけつつも、特に上記のような科学者を中心にインタビューすることとした。事前の予想では、研究分野の違いや年齢層の違いによって、相当多様な意見が提出されると思われたが、本文中に述べるように、高校「生物」の内容と配列についてかなり一致した方向性が見いだせたことは、本研究の大きな成果の一つである。

以上のように、質的データをもとにしたアプローチが本研究の基本的なスタンスであるが、同時に西欧諸国、特にアメリカにおける高等学校「生物」カリキュラムが現在どのような構成を取っているかも、今後のあり方を考える上で参考にした。

最後に、次の学習指導要領改訂に向かって動きが始まるであろうこの時期に、本研究が少しでも貢献できることを願ってやまない。関係の方々の忌憚のないご意見、ご叱責、ご批判がいただければ幸いである。

研究組織

研究代表者：丹沢 哲郎（静岡大学教育学部助教授）

研究分担者：鶴岡 義彦（千葉大学教育学部教授）

交付決定額（配分額）

平成 13 年度 800 千円

平成 14 年度 1,000 千円

平成 15 年度 900 千円

総計 2,700 千円

研究発表

(1) 学会誌等

福井智紀・鶴岡義彦 生物進化の教授価値の検討—我が国と米国における諸議論を手掛かりに—. 千葉大学教育学部研究紀要 50, pp.69-82, 平成 14 年

(2) 口頭発表

丹沢哲郎 新しい高等学校生物カリキュラムのフレームワークの提言：多分野の人的資源を活用して. 日本生物教育学会第 76 回全国大会（鳴門教育大学）

平成 16 年 1 月 25 日

（なお、本研究の直接的な成果は、現在生物教育学会誌に投稿準備中である）

目次

はしがき

1. 日本の高等学校「生物」の学習内容配列の変遷	p.1
2. アメリカにおける高等学校「生物」の学習内容の配列	
1) 各教科書の内容配列の特徴	p.3
2) 各教科書における学習内容取り扱いの特徴	p.4
3) アメリカの高等学校「生物」教科書から学びとれること	p.5
3. インタビュー結果から得られる高等学校「生物」カリキュラムへの提言	
1) インタビューの対象	p.7
2) インタビューの方法と結果の整理方法	p.7
3) これからの「生物」において教えることの重要性が高いと考えられる学習内容	p.8
4) 大胆な削除が考えられる学習内容	p.13
5) 生物教育に関わるその他の事項	p.15
4. 高等学校「生物」カリキュラムのフレームワーク（案）	
1) カリキュラム構想の前提	p.21
2) カリキュラムの提案	p.21
3) 各単元の内容と構成の特徴	p.22
資料 1. 学習指導要領における「生物」関連の学習内容の配列	p.25
資料 2. アメリカの高等学校生物教科書における学習内容の配列	p.27
資料 3. インタビュー結果	p.29

1. 日本の高等学校「生物」の学習内容配列の変遷

近年の高等学校「生物」の学習内容配列の変遷を見ると、昭和45年告示の学習指導要領を取り上げることには理由がある。それは、分子レベルから集団レベルへと階層性をもって構成された現在の「生物」カリキュラムの基本的骨格が、この時代に形作られたからである。

そこで、改訂が行われた各時代(昭和45年から平成11年まで)の指導要領の内容配列が、その後いかに変化してきたかを資料1に示す。これらをさらに、細胞や生態といった生物学の諸概念(単元)ごとにまとめて、その流れを示したものが表1である。

これを見てまず気づくのは、学習内容の配列(流れ)が全体として非常に類似しているという点である。特に昭和53年告示のものを除いた3つは、驚くほど似ている。これは、昭和53年告示の指導要領だけ、「生物」の学習内容を扱う科目が、ⅠとⅡに分かれていない点にその原因があると思われる。以下においては、この時代のものも含めたその類似点や特徴を箇条書きで示す。

- ・「細胞」については、各年代のすべてにおいて「生物」の最初の学習内容となっている

表1. 理科学習指導要領における生物の学習内容の配列

昭和45年告示	昭和53年告示	平成元年告示	平成11年告示
「生物Ⅰ」 細胞と組織 代謝 恒常性の維持 生殖と発生 遺伝	「理科Ⅰ」 細胞 生殖と発生 遺伝 進化 生態	「生物ⅠB」 細胞 代謝 生殖と発生 遺伝 恒常性の維持 生態	「生物Ⅰ」 細胞 生殖と発生 遺伝 恒常性の維持
「生物Ⅱ」 代謝 (タンパクと核酸) 分子遺伝 生態 進化と系統分類	「生物」 細胞と組織 発生と形態形成 代謝 分子遺伝 恒常性の維持 生態	「生物Ⅱ」 代謝 (タンパクと核酸) 分子遺伝 進化 系統分類	「生物Ⅱ」 代謝 分子遺伝 分類と進化 生態

- ・それに続いて学ばれる傾向が強いのは、「生殖と発生」、および「遺伝」（メンデルの遺伝）である。これらは必ず対になって取り扱われている。
- ・昭和 53 年告示の指導要領を除いて、生物の最後の学習内容は「分子遺伝」「生態」「進化」となっている。ただし、「生態」と「進化」は改訂により順序は一定していない。特に昭和 53 年と平成元年告示のものでは、I を付した科目においてもその基本的事項が学習されることとなっている。
- ・光合成や呼吸を初めとする「代謝」に関する学習は、その配列が最も安定していない領域である。ただし、II を付した科目においては、必ず「分子遺伝」の学習がそれに続いている。
- ・環境に対する動植物の行動や反応も含む「恒常性の維持」については、昭和 53 年告示のものを除いて、I を付した科目において学習するが、やはりこの領域も学習の位置が安定していない。

以上のように、理科学習指導要領における「代謝」と「恒常性の維持」の位置については安定していないところが見られるものの、それ以外の学習内容については、4 回の改訂が行われたにもかかわらず、その配列がほとんど変化していないことが理解される。ただし、各学習内容に含まれる小さなトピックについては、指導要領における「精選」や「厳選」の影響を受け、その取り扱いの有無が変化していることは言うまでもない。

2. アメリカにおける高等学校「生物」の学習内容の配列

本章では、アメリカの高等学校「生物」教科書において、生物の学習内容がどのように配列されているかを検討する。その際検討対象とした教科書は以下の通りである。

- 1) BSCS (1996) Biological Science: A Molecular Approach (Blue Version) 7th ed. D.C. Heath and Company, MA
- 2) BSCS (2002) BSCS Biology: An Ecological Approach (Green Version) 9th ed. Kendall/Hunt Publishing Company, IA
- 3) BSCS (1997) BSCS Biology: A Human Approach 1st ed. Kendall/Hunt Publishing Company, IA
- 4) Leonard, W.H. and Penick, J.E. (1998) Biology: A Community Context. South-Western Educational Publishing, OH (以下 BioCom と略して示す)

ここで上記 4 冊を選択した基準は以下による。

- ・昭和 45 年告示の理科学習指導要領に対して最も大きな影響を与えたと言われる BSCS の教科書との比較が可能なもの。
- ・BSCS 教科書は、Yellow Version が絶版となったためそれ以外の「伝統的」教科書
- ・「伝統的」な教科書と対比可能な、いわゆる「革新的」な教科書

上記 4 冊の教科書のうち、3) と 4) がここで言うところの「革新的」教科書に該当する。3) は、人間という視点を通して生物を学ぶ教科書であり、4) は生態学を初めとする生物の集団(人間も含む)という視点を中心に生物学の学習内容を再構成した教科書である。1) と 2) も、それぞれ分子的・生態学的アプローチを採用しているという点では、日本の教科書と比較して確かに「革新的」であると言えるかもしれないが、1960 年代の出版以降一貫してそのスタイルを変更せず出版を続けてきているという点で、ここでは「伝統的」教科書と位置づけた。

なお、各教科書における学習内容の配列を一覧表にまとめたものは、巻末の資料 2 に示す。また、前章同様、各教科書における学習内容の配列を整理したものを、次ページの表 2 に示す。

1) 各教科書の内容配列の特徴

まず、各教科書の全体配列を比較して気づくことは、BSCS の Blue Version と Green Version の配列の類似性である。基本的な流れは、「細胞」の学習から始まり、「生殖・発生・遺伝」、「進化」、「恒常性の維持」、そして最後に「生態」へと続いている。この配列は、前章で述べた日本の学習指導要領における「生物」の配列ときわめてよく似ている。これはつまり、

BSCS の伝統的な教科書の内容配列と、日本の高等学校生物がその強い影響を受けた教科書の配列とが、時代を経ても基本的には変化していないことを示している。つまりそれは、分子から細胞、組織・器官、個体、そして集団へとつながる生物界の階層性に沿った内容配列である。

一方 Human Approach と BioCom は、それぞれ人間ならびに、人間も含む生物の集団を統一テーマに開発された教科書ということもあり、独自の内容配列となっている。その特徴の一つは、いずれの教科書も細胞から学習が始まっていないことである。Human Approach は、一般に教科書の中頃から終わりにかけて取り扱われる進化から入り、人間の恒常性の維持や代謝をおさえた上で細胞の学習に入っている。また BioCom も、同様に代謝を最初に扱っているが、特徴的なのは、生態学が教科書の前半に登場していることである。そして、どちらの教科書でも、細胞は教科書中頃で登場している。

ただ、いずれにおいても「生殖・発生・遺伝」は 1 つのまとまりとして取り扱われており、知識体系としてのまとまりがここに反映されている。そしてやはり最後は生態で終わりになっている。

2) 各教科書における学習内容取り扱いの特徴

ここで指摘しておきたいことの第一は、Blue Version を除くすべての教科書において、日本の高校「生物」が一般に強調している「光合成」「呼吸」「細胞」「生殖と発生」「進化」などが、独立した単元として扱われていないことである。これらの内容は、生物学の重要な諸概念として日本では重視されてきたものであるが、ここでは、学習のための文脈が先にあって、そのために必要な知識としてこれらの内容が始めて登場する。たとえば Green

表 2. アメリカの高等学校「生物」教科書における学習内容の配列

Blue Version	Green Version	Human Approach	BioCom
一様性と多様性	生態	進化	代謝
細胞	細胞	恒常性の維持	生態
光合成・呼吸	生殖・発生	代謝	生態
分子遺伝	遺伝	細胞 (光合成・呼吸・生態)	恒常性の維持 (細胞)
生殖	進化	生殖	遺伝 (生殖・発生・分子遺伝も含む)
遺伝	生物の分類と特徴 (光合成・呼吸)	遺伝	行動
発生	恒常性の維持	発生	系統分類
進化	生態	生態	生態
恒常性の維持			
生態			

Version においては、生物界の多様な生物の特徴を学ぶ上で、生物に共通する特徴として呼吸が扱われ、緑色植物の特徴として光合成が扱われている。また BioCom では、生命の連続性を学ぶ遺伝の学習のために、その連続性を保障する場として生殖や発生が登場することになる。また同書には「進化」に関する単元もなく、系統分類を扱った生物の多様性の学習のために、進化のプロセスと進化論について説明が簡略にされている。

このように、子どもの問題意識とは関係なく、記述的に教える傾向の強いこれらの内容に、学習のための文脈、つまり状況やストーリーを作り出そうという意欲的な試みを読みとることができる。この点は、今後の日本の高等学校「生物」カリキュラムを考える上で有益な示唆を我々に与えてくれる。

さらにもう 1 点ここで付け加えておきたいのは、今述べた呼吸や細胞といった内容の取り扱われる量の問題である。日本では、これらは独立した単元として取り扱われる以上、かなり詳細にその内容が説明されている。しかしながら、別の単元の中に組み込まれたこれらの内容は、教科書中では驚くほど簡潔にしか説明されていない。たとえば BioCom における「発生」においては、カエルの卵の発生プロセスが簡略に示されており、図と本文をあわせても教科書の半ページほどしか説明に割かれていない。したがって、当然卵黄の分布と卵割の様式の関連性とか、動物の種類による卵割の仕方の違いなどはまったく扱われていない。そもそも「発生」(development) という用語すら、索引中に掲載されていないほど簡略な扱いなのである。

3) アメリカの高等学校「生物」教科書から学びとれること

以上見てきたように、アメリカの高校「生物」教科書、特に「革新的」な教科書は、従来日本の教科書(指導要領)が踏まえてきた伝統的な内容配列(すなわち単元構成)を必ずしも採用せず、教科書の単元を統合するテーマ(生態・人間・生物集団など)に沿って、独自の構成を試みている。ただし、そこには従来の配列に従った構成も部分的には見られる。たとえば「生殖・発生・遺伝」のまとまりや、生態学が学習の最後にくることなどはそれに該当する。

そして、主要な単元「構成」のみならず、生物学的に重要と考えられている諸概念そのものが、単元として取り扱われていない事例も多く見られた。その結果、内容の取扱量や説明の詳しさなども、相当程度簡略化されている部分がいくつか見られた。

以上のような結果には、現在の高校「生物」の単元構成と学習内容を当然のこととして受け止めている我々日本人にとっては驚くべきものがある。ここから示唆される事柄を、箇条書きにして示すと以下のようなだろう。

- ・分子から集団へと続く生物の階層別単元構成にとらわれず、新しい大胆な単元構成を考え得る余地が残されていること。
- ・上に関連して、特に、これまでなかば常識として組み入れられてきた単元の削除その

ものも視野に入れること。

- ・些末な生物学的な知識を「精選」や「厳選」するのではなく、削除すべき内容は大胆に削除すること。
- ・とにかく記述的、説明的になりやすい内容に関しては、学習の文脈を与えること。
- ・単元構成においては、その構成を正当化し得る統一（統合）テーマやカリキュラム構成の理念を定めること。

上記の事柄のうち、特に最後の統一テーマに関しては、現在さまざまなのが考え得るであろう。たとえば、「現代生物学の知識体系」、「環境と生物」、「生物学と現代社会」、「生物学と健康・医療・食品」などなどである。そこで次に問題になるのが、どのようなテーマをもとにこれからの「生物」カリキュラムの構成を考えたらよいか、また、あるテーマを選択したときに、どのような学習内容をそこに盛り込んだらよいのかである。ただし、学校で学習する科目としての「生物」が、その基本に現代生物学を置く以上、今の生物学で何が新しく理解されるようになり、何が問題となっているのかを押さえる必要はある。そこで、次章においては、科学者を中心とした研究者や教員へのインタビューによって、これらの課題について検討することとする。

3. インタビュー結果から得られる高等学校「生物」カリキュラムへの提言

本章では、現代生物学の現状から見て、これからの高等学校「生物」に、いかなる目標のもと、いかなる知識内容を含め、それをどう配列し、いかに教えるかについて、主に科学者を中心にインタビューした結果を述べる。

1) インタビューの対象

今回インタビューを実施したのは、科学者 6 名、理科教育研究者 1 名、高等学校教師 2 名の、合計 9 名である。

科学者は、年齢的な幅をとるため、現在の生物学研究の最先端で活躍する若手研究者 4 名と、特定の領域で著しい業績をあげた大学の名誉教授 2 名とした。また研究領域もできるだけ幅広く取るために、動物学と植物学、さらには医薬系の領域を含めた。特に、動物系統分類学など、伝統的な学問領域も含めることとした。

理科教育研究者も、過去のしがらみにとらわれることのないよう、40 才代の若手研究者を選んだ。また、生物を教える側からの忌憚ない意見を引き出すため、以前より筆者がよく知る高校の生物教師 2 名に、インタビューというよりは対談を、筆者を含めて行った。これらの対象者の属性は以下の通りである。

- ・国立大学名誉教授 O 氏：専門は動物発生学、60 才代
- ・国立大学名誉教授 T 氏：専門は微生物学、70 才代
- ・国立研究機関教授 K 氏：専門は発生遺伝学、40 才代
- ・医生物学系研究機関チームリーダー S 氏：専門は脳神経科学、40 才代
- ・国立大学理学部助教授 H 氏：専門は動物生理学、40 才代
- ・国立大学医学部講師 U 氏：専門は動物系統分類学、40 才代
- ・国立大学教育学部助教授 M 氏：専門は理科教育学、40 才代
- ・公立高等学校教諭 M 氏、40 才代
- ・公立高等学校教頭 Y 氏、50 才代

2) インタビューの方法と結果の整理方法

インタビューはすべて筆者が直接会って行い、所要時間は対象者によって若干異なるが、およそ 2 時間から 3 時間行った。その様子は IC レコーダに記録し、それをすべてコンピュータに取り込んだ。その後インタビューを聴きながら、必要箇所をコンピュータ上で切り取り、これを検討対象の素データとした。これら素データの記録時間は、およそ 15 分から 20 分であった。これらをコンピュータ上で再生しながら、すべての会話を文字におこし、文章化した。その結果が、巻末にある資料 3 である。

本章では、この文章化した資料 3 をもとに、高等学校「生物」への示唆として検討した

結果を以下に述べる。

3) これからの「生物」において教えることの重要性が高いと考えられる学習内容

ここでは、高等学校で「生物」を学ぶ際、重要と考えられる内容について、インタビュー対象者の大多数が合意したものについて取り上げる。

(1) 「細胞」について

生命現象について学ぶときに、細胞という概念、あるいは細胞についての学習は是非必要であるとの認識は、K氏、U氏をはじめ多くの人の間で一致していた。ただ彼らが共通して指摘していた問題点は、現在「細胞」の学習が一番最初に位置づけられていることであった。この点についてY氏は以下のように述べている。

「今の生物IBをやっていて、やりにくい点っていうの、いくつかあって、1つは細胞が一番最初に出てきますよねえ、そこが非常に教えにくい。例えば、葉緑体・光合成といっても、内容まで突っ込めないとある。で、細かくは光合成のところ、葉緑体も取り扱うってことになるものだから。最初の細胞のところの授業は、ちょっとやりにくいっていうのは毎年思っています。本当の概論で終わって、もうすぐその次の内容に入ってからっていうパターンが多いですね。

ただ細胞のなかで、まず葉緑体にしろミトコンドリアにしろ、そういうものがあって、細胞が一種の化学工場みたいな形で、色々なものを作っているんだよっていうイメージだけは、かなり強力でインプットしておかないと。その次に実際に光合成や呼吸をやったりした時には、何がどうなっているのか分からないんじゃないかなってところありますよね。だから細胞の扱いが、上手くやらないと面白くない。」

つまり、細胞について学習することの意味や重要性が生徒に理解されていない状態で、授業を進めなければならないことの指摘である。アメリカの教科書分析を行った前章でも述べたとおり、学習の文脈の必要性がここでも指摘された。このことについてU氏は、発生現象は細胞の増殖と分化に関係するため、「細胞なんかは発生と一括りにしてしまっていると思います」と述べている。このように、細胞の学習は「生殖・発生・遺伝」の中に取り込んでよい学習内容であるかもしれない。

(2) 「系統分類」について

これについてもT氏、K氏など多くの人が、学習の重要性を指摘していた。特にK氏は、高校「生物」で教えるべき内容の基本的柱として、「細胞」「分子遺伝（セントラルドグマ）」「生態」と並んで、「系統分類」をあげていた。しかしながら彼らは、下に引用するように、その取り扱い方、つまり教え方について大きな疑問を投げかけた。

「分類を教える必要はありますよ。あるけども今の分類、ああいう教え方はしょうがねえからしゃべっているけども、矛盾を感じるね。ここからここまでのうち、今日はバクテリアの分類っていうふうに、しゃべっていておもしろくないね。でもやっぱり分類ってのは大事だからね。これどうやって教えたらいいいんだろうね。」(T氏)

「系統分類にも限界あるよねえ。教えようと思ったらすごい時間かかっちゃうしねえ。教えても興味持つ子しか絶対に持たないし。それを生物学として教えるっていうのは、かなり難しいんじゃないかな。もちろんあるものを、ある現象を追っかけていったときに、例えばその追っかけてるある現象のある生物が、系統の中でどの位置にあるかっていうのは、知った方がいいんだけど。ただ全般的に植物の分類はこうですよっていうこととか、花卉とガクの違いがどうのこうのとかさ、ジャガイモは茎だけどサツマイモは根だとかさ、それは生物学ではないというか、生物学に無理やり押し込まなくてもいいような内容の気がする。」(H氏)

「細胞」の取り扱い同様、このように「系統分類」をそれ単独で事実として伝えることに、彼らは意味を見いだしていない。やはりここでの学習も、「進化」などの学習の流れの中で取り扱う必要があるが、U氏が「細かい節足動物がどうのとかはやらなくてもいいとは思うんだけど、どんなものがあるんだってことくらいは絶対にやりたい」と述べているように、どのレベルまで扱うのか、つまりその詳細さのレベルの決定は非常に難しい議論となる。

(3)「遺伝」について

遺伝の学習については、今回のインタビューで最も議論が集中した。その中身はメンデルの遺伝を中心とする古典的遺伝学と、分子生物学という言葉とほとんど同義にも使われる分子遺伝学である。インタビューを行ったほとんどすべての人が、遺伝学を学ぶ必要性について語った。しかしその力点は明らかに後者の分子遺伝学にあり、古典的な遺伝学については扱う内容や教授の順序について意見に一部食い違いが見られた。

たとえばH氏は以下のように述べ、遺伝学がかかわる現在の社会生活の中で、分子遺伝学を学習する必要性について述べつつも、科学としての知的訓練の場所として古典的遺伝学を指摘している。

「生物らしいね、知的訓練を必要とするサイエンスらしい部分というのは、多分遺伝学くらいだと思う。それ以外の部分というのは多分、歴史とかと同様のレベルで、知識があればあるに越したことはないけれども、なくてもまあ困らない。…今時代が時代だから、例えば遺伝子の概念は必要だし、それを導入したり取ったりできるっていう概念は必要だし、それは必要だよ。DNAからRNA、RNAからタンパク質っていう流れがあることも必要だよ。…知的訓練が必要な科学的な部分っていうのは、たとえば三点交雑とかさ、減数分裂と相同組換え、相同組換えと遺伝子だっていう概念か、出来ればそこから三点交雑の問題とかができれば、文句ないよね。」

「分子生物学の基礎は是非教えて欲しいね、高校生全般に、特定の高校生じゃなくて、高校生全部に教える基礎知識として、分子生物学の基礎は教えないきゃいけないと思う、これからの時代ね。例えば遺伝子組換えの食べ物とか、あとクローン牛の肉とかさ、それがどういうものなのかが分からない…。主婦に「あなたは一度も遺伝子食べたことないですか？」って聞いたら「あるわけないでしょ」って答えたっていう。」

一方でK氏は以下のように述べ、古典的遺伝学の必要性に疑問を投げかけている。

「遺伝子っていうと伝わりですよ。だから、遺伝子の本体というものから入ったほうが考えやすい。ものがあって、どういう風に次に伝わっていくのか、それと機能はどうなるのかで、全部分かってしまうような気がします。そうすれば考えやすい。」

「何か分からない遺伝子があって、それは仮想のものではなく、物質に裏付けられたもので、機能がこうだからこれが赤目になると。こちらの方が絶対分かりやすい。」

「どうも遺伝というのはひっかかりがあって、何で何対1というのを計算させなければいけないのか。今は僕ら（遺伝の研究を）やっているけれど、ああいうのは別に必要ではない。（でも教えなくてはいけないのは）ただ単に受験があるからでしょう？」

K氏に近い意見は、教える立場からの意見として学校現場にも見られた。Y氏は、

「遺伝っていうと、やれ9:3だ、9:7だ、9:3:3:1だって急に確率っていうか算数の勉強が始まっちゃうんですね、あれが面白くないと思うんですね。」「複雑な枝葉のところはやめて、根本のところだけで、そして分子遺伝にぱっと入ったほうがいいような気がしますね。」「オーソドックスな遺伝を簡単にやるだけでいいと思うんですね。で、そこから遺伝子っていうのが染色体の上に乗っかっているんだっていうことがどうやって分かってきたかっていうことです。それからさらに、遺伝子の本体がDNAだってことがわかってきた歴史をたどっていけばいいと思うんだけど。あそここのところでやれ何々性遺伝だとか何とかかんとか。」

と述べ、それを受けてM氏は、

「遺伝子の相互作用ってねえ、あれはいらんと思うよ。で、僕も逆に遺伝病の話しをちょっとしてあげたいなって。だからメンデルの法則をきちっとやって、遺伝病に移って、で今先生がおっしゃった、やっぱり遺伝子の方へ移っていくっていうパターンにしないと時間の無駄じゃないですかねえ。」

と同様の意見を述べている。つまりH氏と異なり、彼らは古典的な遺伝学はごく簡略に教えればよいという立場である。

では分子遺伝学的内容をいかにして教えるか。この点についても何名かの人が提案を行っている。そこで、遺伝病という具体的な題材をもとに教えたらよいという意見を寄せたのがS氏とU氏である。

「一番遺伝のことが分かりやすいのは病気だよ。メンデルから入っていかずに、実際に本当にメンデルアンにあっているものがいっぱいあるから。その辺の概念全部の根本になるのは、遺伝子の複製だから。入り方としてはそういう病気から入るっていうのは、ある意味生徒にとってはショッキングだと思うけど、要するに、遺伝病になるかどうかで確率論的な現象でしょ。だからある人の運命っていうのは、確率論的に決まっているところがあって、じゃあもっと具体的に言うとかかっていうと、DNAを知らないと分からない。」(S氏)

「遺伝なんかも、遺伝の知識の基本的なものは知っていないとやっていけないじゃないですか。生物学者になるのではないにしても、普通にこれくらいの社会生活営んでいくなれば、病気だってするだろうしね。もっと生物学的な問題も政治のうえで出てくることだって、最近はあるんだから、

そのために基本的な判断能力の基礎くらいはあった方がいいと思う。」(U氏)

アメリカのBSCSには“Basic Genetics: A Human Approach”という遺伝学に焦点化した教科書があるが、ここで提案された遺伝病を学習文脈とした遺伝学の学習は、まさにそれに他ならない。ほとんどすべての人がその重要性を指摘した分子遺伝学の内容であるが、教授のあり方については検討の余地がある。

(4)「生殖・発生」について

これについても、直接的な表現ではないにしても、ほとんどすべての人がその重要性を指摘した。発生学は現代生物学で最も理解が進んでいる領域であり、特に遺伝子発現との関わりは重要であるとの認識が多く見られた。いわば、現代生物学の学問的基礎として位置づけてもよいかもしれない。ただし、発生のプロセスを単に追うだけの学習には疑問が投げかけられた。特に興味深かったのは、以下に示すように、動物発生学を専門とする研究者自身から、「発生」の学習について冷静な言葉が発せられたことである。

「個体ってことを中心にして考えれば、発生ってとっても重要な内容。だけどこれ(BioCom)みたいに、地球規模の全体のポピュレーションから始めると、発生っていうのはとても大事なんだけど、最初は発生とは関わりない。…だからそういう意味で僕は、発生だけが重要だとは思わない。でも個体を中心にして考えるときは、やっぱり発生というのはかなり重要なものだと思いますよね。」

「まあねー、自分でつまらないと思ったことはあまりないんだけど、たとえばさー、卵割だー受精だーなんて、要するにそんな細かいこと、卵の割れ方にしてもウニみたいに割れるのもカエルみたいに割れるのもあるし、そういうのが端黄卵だとか中黄卵だとか表割だとか、卵黄が下の方に多いとか、そんな話をやっぱりするじゃない。それで、聞いててもつまんねーんじゃねえかなーって思うわけ。子どものことを考えるとやっぱり、なぜ自分がこんなことを勉強しているのかっていうことを、子どもなりにちゃんと自分で納得して勉強するようにするにはどうしたらいいかってことをね。」(以上O氏)

このように、ここでも「発生」の学習の文脈作りが指摘され、と同時に、どのような統一テーマのもとにカリキュラムを作るかによって、その取り扱い方が大きく異なることが指摘された。さらにH氏は、下に引用するように、発生学が現代生物学の主流になっているが、それと学校での学習内容とは必ずしも一致しないことを警告している。彼は、今の高等学校「生物」に、非常に細かな「生理」関係の知識内容が多く含まれているが、その原因の一つが学会の勢力関係を反映しているかもしれないことに懸念を表明している。確かに、学問の現状に基礎をおいたカリキュラム構成を行うときに、教育の論理、子どもの論理を忘れてはならないであろう。

「今生物学で発生学はすごいよね。もう主流は発生学みたいな、生物学の。だけどそれが、一般的な高校生に対して発生学をどの程度教えなきゃいけないかっていうのは、さっき話したのとも

関係するんだけど、今実際の生物学の勢力、勢力図と、高校の生物の教える内容とは切り離すべきだと思うんだよ。」

(5) 「生態」について

生態学の研究アプローチは、生物学の他の領域と異なり固有のものがある。また、概念としても共通性のないものが互いに多く含まれている。たとえば、この点について以下のような意見が述べられた。

「そうなるとその枠組みには生態の方は全然入ってないんでしょうね。やっぱり科学的な手法が全然違いますよねえ。だから分子生物学やっている人から見ると、かかってなかったっていうか、そういう目で見ちゃうみたいですね。そういう目で見るとやっぱり入ってこないですね。でも、確におっしゃるようにオールラウンドで考えると、やっぱり欠かせないですね。」(M氏)

「今の教科書見ているとね、例えば内分泌学みたいのがあるさー、そのなんだ、生物の集団とか、生態系の話もあるでしょ。全然その思想とかさ、概念としては全く異質のものが、一つの教科書に詰め込まれている訳だよ。確かに、それを整理した方がきっといいんだと思う。」(H氏)

したがって、これを学習内容として他と統合するのは難しいという認識で一致した。しかし、現在の地球規模での環境問題等の視点からも、高等学校での学習内容からはずせないだろうという意見が多数を占めた。

「高等学校で教えないとなると、高等学校卒業して生物学とは全く縁のない道に入る子にとっては、生態学っていうものを勉強するのってそれで終わりになっちゃいますよねえ。そうするとこれから自然保護だ、エコだなんだかんだ言った時に、それがなんだか分からないと思うんですよ。そういう意味では、もちろん生態学っていうのは勉強させる。ただ、非常に大事なことだと思うんだけど、それをなんとかもう少し面白くできないのかなあ。」(Y氏)

「環境問題に絞っちゃってもいいと思うんですけどね。環境問題を理解するための生態学という知識。(生態の勉強って)暗記ものになっちゃうじゃない、気温と降水量の関係で何とか林になるとかね、二次遷移がどうたらこうたらとかやったって、木の名前言えたってしょうがないじゃない。」

(U氏)

「エコロジーはもう完全に地球システムの問題なわけでしょう？地球システムにおける生命の相互作用の問題だよ。それと環境の問題が絡んでくる。」(S氏)

このように、回答者の多くが、生態について扱うときの文脈として強く環境問題を提案している。ただしこのとき気をつけなければいけないのは、「生態」の学習において、自然環境を一つの「システム」として捉える視点を育成することである。地球規模での環境問題は、システム概念なしには正しい理解は不可能である。そしてその下位概念として、エネルギーの収支バランス、循環、動的平衡などを取り扱う必要があろう。このような視点から「生態」を考えたときに、以下に示すK氏の指摘は、少々過激な物言いではあるが、我々に一考を促すものである。

「今ちょっと過剰に反応はしてますよね。環境を教える意味について、システムとしての捉え方

というものがとても重要だと思いますね。今の環境ホルモン関連の科学調査だとかの反応の仕方は嫌いですけどね。でも高校生はそうですね、聞いてみると3分の1くらいの生徒は環境ホルモンの興味がある。そうするとまたなんか言いたくなる。環境ホルモンの何を知っているんだって。踊らされているだけだろうって。」

4) 大胆な削除が考えられる学習内容

(1) 「進化」について

「進化」についての取り扱いについては、一般に否定的な論調が多く、日本進化学会等における進化教育推進の主張とはズレを感じる結果となった。インタビューを行った多くの人が、学問としての進化学が他の研究領域とアプローチが異なることを指摘し、「科学」として見たときの違和感を有していた。たとえば彼らは以下のように述べている。

「アイデアや理論はあるけれども、我々（科学者）が実証できるものではないです。だから進化はサイエンスではない。T先生は昔それをアートの世界だと言ったが、それに近いものであると思う。だからいかにきれいな分類を立てられるかといえば、どんな風にも立てられるし、論争もできる。しかし、とどのつまりはそこ（論争）で切れてしまう。（中略）だから解くことができる命題で、いろいろな実験、どのようにしたら良いか考えるときに知識が必要ですよ、それが大切なのではないかと思います。だから最初の出発点はそれ（進化）でも良くて、実証できなくてダメだと気づかせるためには良いかもしれない。」（K氏）

「進化学が勝負しているのは、例えば今、ミトコンドリアの配列が、いろんな生物について分かりつつあるわけ。ゲノム全体の配列も構造も分かりつつあるわけ。で、その一方で蓄積しつつある膨大な情報を、どれだけ上手く説明できるかってことだけで勝負しているんだよ。でも本当のサイエンスって言うのは、もちろんそういう…、上手く言えないけど、静的なデータを説明できるっていうだけじゃなくて、やっぱり、その生理的な実験を組んで、実験によって証明するっていう部分が、たぶん科学全体の歴史の中ではそちらの方がより大きいはず。非常に進化っていうのは、そういう意味では非常に偏っていて、ただ配列されたデータをどう説明できるのかってことだけなんだよね。実証できない学問。」（H氏）

このように、科学としての実証性が欠けている点に彼らは不満を感じ、それを「生物」の中に積極的に取り入れることには抵抗を感じていた。しかしながら、M氏は以下のように述べ、取り扱い方の工夫によって教えることの重要性を指摘している。

「最初の方に持ってくるっていうのはいいかもしれませんね。後のいろいろな説明が非常にしやすくなりますよね。今日本だと進化は（生物）Ⅱだったり最後の方になっていたりするから。そういった意味ではいいかもしれないと思います。それから進化っていうのはちょっと生態学に似ているところがあると思うんですけど、結構オールラウンドかもしれないと思うんです。進化っていう言葉自体に、いわゆるなんていうかミスコンセプションっていうか、ものすごくあると思う

から、それを払拭するには、やっぱりほんとはオールラウンドでポイントだけ扱うのはいいのかもしれないですね。」

さらにU氏は、次の発言の中で、科学の本質を教えるために進化の学習が重要であることを指摘している。

「生物学に限らず、自然科学のものの考え方自体を学ぶ機会があってもいいと思うね。科学を信じているとか、信じていないとかというものの言い方があるじゃない。進化論を信じてますか、なんて聞かれると困るんだけど、自然科学というものは、とりあえず最もらしい説明の体系でしかないなんてことを、逆にね、教えていってもいいような気もしているんだけどね。直接見たものしか信じないなんて、ようするに進化は実証できないなんていう論理がいかにも馬鹿げているか、ということをちゃんと教えてやった方がいいんだと思うね。科学的に真実であるってことぐらいまで調べればいいということだと。そんなこといったら原子の存在だって誰も見たことないんだから、原子というものを想定すると、周りの現象が上手く説明できるというだけだからね。」

また、教授場面を考えたときも、進化論は「お話」で終わる傾向が強いとし、「進化」は「系統分類」や「生殖・発生」「遺伝」と統合して扱い、進化の道筋や証拠などは視聴覚教材の多用がおそらく最も効果的であろうという指導法上の指摘もあった。

以上のように、人によって「進化」の扱いに対する意見は大きく分かれていたが、高校「生物」においては、他の学習内容を分かりやすくする程度の扱いにとどめ、ことさら強調する必要性はないという点で意見の一致を見た。

(2)「恒常性の維持」について

この学習内容については、考え方として重要である点は皆認識していたが、その量や扱いについて多くの不満が述べられた。

「ここ詳しすぎだな。それとこれも詳しすぎだな。環境と動植物とかの、ホルモンとか構造とか。基本的なところはあったほうが良いと思うんだけどね。ここが暗記の一番多い部分でしょ？ここら辺だとまだ、さっきの考え方（社会生活に必要な知識という考え方）があって、それにプラス暗記がはいるから。（中略）これ生物の仕組みかもしれないけれど、物理みたいに流れてものがないね。作れば、むりやりにね、多様性のあるものって出来るんだけどね。」(U氏)

「凄いですねえ、これもねえ、めっちゃくちゃでてるんですね、このホルモンの仕組みがねえ。（この辺を大胆に切るっていうアイデアに対して）はい、特に異論はないですねえ。」(M氏)

「先ほど丹沢先生がおっしゃった、覚えることが非常に多いところですけど、自分の体の中のことだから、授業としては生徒は結構興味深く聞いていると思いますよ。ただ、先ほど言ったようにいざ、っていうと覚えることが非常にたくさんできて、なおかつ実感がないじゃないですか？痛いとか痒いとか、そういうのがないもんですからね、どれくらい分かってくれているかは分かりませんが、興味はもって聞いてくれているとは思いますが。だから、例えば血糖値の調節はフィードバックの仕組みと性周期のことだけとかね。決定して、まとめてしまうとかな。」(M教諭)

「僕もねそれでいいと思うんですが、逆にね、ものすごい数あるじゃないですかホルモンの種類っ

て、だから実は、内容としてやるのはこれとこれだけど、ものすごい数の化学物質が体内で働いているんだよってということだけは、紹介だけはしてやりたい気がする。覚えるとかテストに出すとかそうじゃなくて。(Y 教諭)

ここで述べられている事柄は、恒常性の維持という概念は重要であるが、それを教えるために今のように多くの事例を取り扱う必要があるのかという疑問である。大幅な内容削減の余地がこの分野にはある。では、どのような内容を中心に残すべきか。この点について S 氏はその方向性を以下のように示唆した。

「予防医学をどこかで教えるべき。そうするとたぶん、ちょっと日本の医療費は減る。無駄な病気が減るし。しかも本人の苦痛を事前に取り除くという最大のメリットがあるわけでしょう？だから、どうしても医学との結びつきを考えなきゃいけないと思う、社会的なアカウンタビリティを考えても。高校のバイオロジーも、ある意味では予防医学との接点を事前に想定して考えるといいんじゃないかな」(S 氏)

確かに生理関係の学習は、直接自分の体に関わる学習内容が多く、それは裏返して考えると病気と健康の学習でもある。同じ視点からなされた指摘としては、M 氏の「免疫」を中心とした構成もあげられる。また、上に引用した M 教諭の発言にあるように、フィードバックの考えを教えるためには血糖値の調節と性周期の調節だけに絞るなど、具体的な削除方針も示された。

(3) 動物と植物を分けた取り扱いについて

系統分類を扱うのでない場合、動物と植物を分けて取り扱うことにどれほどの意味があるか、疑問を呈する人が 2 名いた。そのうち S 氏は「植物とか動物とか分ける意味はかなり薄い。(中略)むしろ単細胞、多細胞の違いの方がでっかいし、やっぱり多細胞ってというのは、ある意味で細胞が集団をつくってシステムを作っている。そこに大きな飛躍があるわけね。それに比べれば、動物と植物の違いなんていうのはね、ある意味大したことない」と述べている。

つまり、多細胞生物がシステムティックにその機能をコントロールしている仕組みを学ぶのであれば(たとえば情報伝達の仕組みとか、遺伝子による形態形成のコントロールなど)、特に「動物では...」「植物では...」と分けることに意味はなく、単なる事例の違いとして位置づけられるというのである。このような意見はこれまでに耳にしたことがなく、検討の余地ある課題であると考えられる。

5) 生物教育に関わるその他の事項

本インタビューにおいては、質問項目から派生して、現代生物学の現状や指導法の問題、あるいは日本の教育の問題まで、幅広く意見を聞くことができた。これらの中には、今後の生物教育を考えていく上で貴重な意見が含まれているため、特に解説は加えないが、以下にその内容を示すこととする。

(1) 現代生物学の現状と、高等学校「生物」を学ぶ生徒

現代生物学の特色について：

「大きな時代の流れとしては、モノからファンクションに動いているわけね。もちろんバイオリジカルに大事なのはファンクション。やっぱり何といても人の病気の、遺伝性の病気の遺伝子がどんどん分かりだしたっていうのは大きいんで。そういう意味でバイオリジカル・サイエンス自体も大きなパラダイムシフトがある。」(S氏)

「数学を中心としたきわめて論理的な学問の世界と、文学とか音楽みたいな世界の両方に（生物学は）つながっている。つまり知るべき項目って無限にあるわけよね。数学なんかある公理から始めてそこから発展させていくわけだから、閉じた世界なわけね。しかも基本的に知っているべきことは限られていて、それをいかに論理的に展開するかでしょう。だけどバイオリジロジーの場合はね、項目が無限にあってそれをどうカテゴライズするかが大事。」(S氏)

「生物学っていうものが、実は社会とか歴史とかに近い教科であっても、いろんな生命や生物の現象に触れるっていうことは、いいことだと思うんだよね。要するに物理学みたいに、これじゃなきゃいけないというようなことではない学問が実はあるんだっていうことを知ることはいいことだと思う。」(H氏)

生物学の鍵概念について：

「だから僕がたとえば、歩きながら、こんなキノコがあるとかね、こういうキノコがあるとか言う人がいるわけだ、仲間には。それはいいことはいいことなんだけど、あまりね、あるっていうことはいいけど、このキノコはなんてキノコだっていうことに僕はあまり興味がないんで。そうじゃなしに、それがあかないかの方が大事だよ。だから、そういうものが生えているとしたら、なぜ生えているのかとか、お互いの関連性がすごく大事だね。どうしても頭がそっちに行っちゃうな。」(T氏)

「それ（生物という学問のおもしろさ）は連続にある。生命現象ってずうっと動きつつある、必ずね。しかも変化しながらね。大きな変化もあるし、小さな変化もある。そういうことをしながら進んでいくのが生物。」(T氏)

「やっぱり実験によって何かを明らかにするっていうことが一番おもしろい部分なんでね。生物のおもしろさは仕組みにあると思う。そしてその仕組みは、生物に広く共通している仕組みであればあるほど、発見するっていうか知る喜びも大きいはずで。」(H氏)

生物教育の対象者について：

「生物教育って言ってもね、いわゆる研究者になる人はどうでもいいんだよ。それはどうせ大学で勉強するし、本当は高校の時に生物を受けてこないとまずいんだけど、仮に受けてこなかったとしても、本人が一生懸命勉強してくれれば何とか追いつくわけね。（中略）だから僕は生物の教育ってのは、特に生物の専門家にならない人たち、たとえば文系の人たちに、最低限絶対必要な知識っていうのがあるはずなんで、大学を出ない人だって高校だけで最低限医者の話は分かる程度にはなっていないといけない。それでないとその人、実生活できないよね。今我々がさ、「俺たちは理系

だから分かりません、税金って何ですか」って聞くって、分からないけど、税金って何ですかって聞けば「あいつは馬鹿じゃないか」って思うでしょうけど、「ゲノムなんて私は知りません」なんて、僕たちに言わせりゃ、「税金って何ですか」ってきくのとまったく同じだと思うんですね。ひどい話で、クローン動物の話とかなんかして、遺伝子入れて遺伝子組換えの話すると、「えっ！遺伝子って毒じゃないんですか」って。」(O氏)

(2) カリキュラム構成（単元構成）について

「今、個々の知識に偏りすぎているんじゃない？まあ、変な話、本当に遺伝病と生殖だけにするとかね。それでたぶんほとんどのバイオリジカルな場面は追えるよね。遺伝病と生殖、特に生殖と発生。そして予防医学と予防医学にかかわるバイオロジーは、もう大学に任せる。だから免疫学とか個体のホメオスタシスとかも、基本的には予防医学にかかわる問題じゃない？ストレスに対する応答とか。だからそれは大学に任せて、それを理解するために必要な基礎的な事項とか（を学校でやればいい）。しかも中・高生が興味を持ちそうな問題を。遺伝・発生っていうのはある意味生殖の問題。生殖と、どうなんだろうな、極端な話生殖とエコロジー。エコロジーはもう完全に地球システムの問題なわけでしょう？地球システムにおける生命の相互作用の問題だよ。それと環境の問題が絡んでくる。生殖の問題はまさに1個の細胞が個体になっていくっていうこと。それに遺伝子の問題を加える。まあ、極端にいうともう生殖とエコ。あとは大学の教養課程に。（中略）生殖と、生殖・発生まで入れるのかな、それとエコ。たとえば、エコを4いららないと思うんだけど、遺伝子に関係あるような、あるいは生殖といった問題を4にして、エコを2にして、その他を残りの4に分けるっていう逃げ道はあると思うよね。完全に無視するっていうわけにはいかないんで。」(S氏)

「発生と生態と遺伝くらいでしょうね、必要なのは。社会人としては。」(U氏)

「確かに、これが生物の中心にきてもいいんだよね、DNA・RNA・タンパク質っていうのがね。セントラルドグマだから。個別にやっていけばいらないところはないんだけどね。交感神経とか副交感神経くらいは知っておいた方がいいんじゃないかとか、だんだんそういうレベルになってきてしまうからね。だからまずは、組み立ての問題なんだけど。どういう流れで組み立てるかってことを最初に考えてから、個々のジャンルをつけていけばいいと思うんだよね。それで多様性を中心にやって言うのなら、それなりに出来るだろうし、発生を中心にするとあと色々つけていくんなら、発生学なんて受精卵から一個体出来るまでやるんだから一応全部入っちゃうからねえ。だから生態を中心にするなら、またそれなりの個々の生物より上のレベルでまた一つの組み立て方ができると思うから。」(U氏)

「一般的に生命概念というと、代謝と生殖という大きな柱がありますよね。だからやっぱりそれをメインにして組み立てるのが「筋」じゃないかな、とは思うんですね。その、アカデミックな考え方と言うと。そうすると生殖の方はどうしても遺伝と発生というのはセットになっていて離せないと思うんですね。代謝の方はいまいち、自分そっちの方の教材を扱ったことがないから、ピンとこないですけど。そうなるとその枠組みには生態の方は全然入ってないんじゃないかな。」

やっぱり科学的な手法が全然違いますよねえ。だから分子生物学やっている人から見ると、かかってなかったっていうか、そういう目で見ちゃうみたいですね。そういう目で見るとやっぱり入ってこないですね。でも、確かにおっしゃるようにオールラウンドで考えると、やっぱり欠かせないですね。」(M氏)

「細胞と分類とあとは遺伝子のセントラルドグマ。それに尽きるのではないかと。あとは生態ですよね。だからこの前、岡田節人先生がここにきて言っていたのは、エポデボと言われていたけど、進化と発生がいま結びついたと。そしてその次は環境だと。その三つが今後数年間の課題になるだろう。現に今それが広がってきている。要は、系統を中心に色々な学問をインキベートして、どんどん大きくして、統一的になってきているのです。だから、こういう分かれ方とかはなかなか理解できないですね。」(K氏)

「将来生物学者になりたいってやつに教えるのは簡単なんだ。まあこれは知らなきゃだめなんだって。それはいいんだけど、本当に子どもの場合とか文系の人とかに、そういうことを教えるときは、なぜ今自分がこういうことをやっているかって、その一つの理由が、まあインフォームドコンセントのとき少しは知らないと分かんねえぞって、その理由なわけね。だから、病気になってからじゃ遅いんだから、「今のうちに少しは遺伝子のことを知らなきゃいけないんだ」っていう一つの理屈。勉強させるモチベーションを作るためには、ちょっと役に立つかなって思う。」(O氏)

(3) 科学の捉え方について

「疑問については追究して理解していく探究って何も理系だけのものじゃなくて、文系だって必要になっていくわけでしょ。だからそんなものは、理科教育でそうだっていうものをわざわざ言うことはない。そんなものは何も理科教育に限ったことではないわけ。文系、文学だって、社会だって同じこと。ただでも、それを考えるために、必要最低限の知識っていうのは絶対必要。知識がなくて考えろって言ったってそれは無理ですから、やっぱり自分で考えて、自分で疑問を解決していくための最低限の知識っていうのを、それをどこまでするかって、たぶん人によって考え方が違うんだろうね。なんかそれは感じるよね。で、「色々考えてこう思うんですけど」って言って、それで「これでいいんですか？」って聞くんだよね。「これでいいですか？」っていうのはないだろうって。やっぱり（彼らには）正解っていうのがある。」(O氏)

「高校生というのはとても知識偏向型ですよね。だからある命題がでたら、まず調べる訳ですよ。しかしそれは間違っていると思うのですよ。ある知識（持っている知識？）のなかで、それが偏っていようとおかしかりょうと、組み立ててディスカスできるはずですよ。しかしそれをしない。それをやらせることは、簡単なようで大きなハードルがある。だからどうしても知識が大切であると。そのためには難しい本を読もうと。しかしそれは間違っている。いくら読んでも書いてないからサイエンスというのはおもしろいわけです。もう一つ言えることは、（高校生は）サイエンスというものをわかっていない様な気がします。サイエンスというのには本に書いてあることだと思っている、しかし（サイエンスは）もっとダイナミックで、ドロドロしていて、非常に枠の定まらない

い(ものである)。ただ唯一言えることは、プロセスというものはきちんと決まっている。変なこと言ったら叩かれるし、変なまとめかたしたらダメだということを全然わかっていないのです。

だからそれをわかってもらいたい。」(K氏)

「正しいことは一つではないことを知り、高校生くらいからもう少しロジカルな思考ができるようになる。それが(サイエンスの)出発点であるような気がします。大学生になってから難しいのは、高校でもそうかもしれないが、いかにしてそれを崩すかということでしょう。頭の中で問いと答えは一対一であると。しかしそれは間違っているということと言わなくてはならない。」(K氏)

(5) 現在の教育、ならびに生物教育の問題点

「これ以上教えたならばばらばらにならないかな。ていうのは、分からないのは来なくていいんであって、たぶんね。分かる者だけ引っぱろうっていう方向かな?」(T氏)

「生物だけを切り取ったときにも同じことが言えて、こういったところからこういったものが出て。それも年代を追うか、概念でこういうところから出たという風(に理解させる)。それがとても大切だと思います。そうじゃないと全部ばらばらで、「僕は遺伝は好きだけど、発生は嫌いだ」なんて(言い出す生徒もいたりして)、「お前、遺伝の何を知っているのか」って言いたくなる。やっぱり高校生とかは「遺伝だけは好きなんですけど」とか「遺伝はだけはダメなんですけど」とか。やっぱりすごい不思議ですよ。それは単元が全部バラバラになってしまっているからなのではないでしょうかね。」(K氏)

「今の教科書見ているとね、例えば内分泌学みたいのがありさー、そのなんだ、生物の集団とか、生態系の話もあるでしょ。全然その思想とかさ、概念としては全く異質のものが、一つの教科書に詰め込まれている訳だよ。確かに、それを整理した方がきっといいんだと思う。」(H氏)

「やっぱり高校の生物、生物に限らず、すべてそうだと思うんですけど、人間は何のために勉強するのかっていうことを中心にして、全体としてもう一回全部のシステムを考え直さないとだめだと思うんですよ。何しに大学に行くのか。高校だってそうだと思うんですよ。「高校くらい出なきゃ」って、「何のために出るの?」ってよくよく聞いてみりゃ、世間体だったりする。もちろん高校、あるいは大学くらい出ないと就職がないっていうのはあると思うんですけどね。日本人ってそんなにレベル低いとは思わないんだけどね。そんなにレベルの低い民族だとは全然思わないんですけど、今のところはすごい低いですよ。まあ、生活がよすぎるんだよ。(中略)今のところはそういうお金、お金って言う人は、社会の中心にずっとなっていて、あのバブル以来、バブルまで。とにかくお金はいくらあっても無駄ではないとかさ、お金さえあれば何とかなるっていうことが、あまりに中心になりすぎちゃって、人間の頭の中のことってのをあんまり重視しないようなことになっているでしょ?それを何とか変えなきゃいけない。それを変えることが絶対重要で、結局は教育なんだよね。」(O氏)

本インタビューにおいて、カリキュラム構成のための、多くの貴重な示唆を得ることがで

きた。これらをもとに、次章において高等学校生物カリキュラムのフレームワークを提案するが、以下に示す高等学校教員のような発言を、決してさせないような努力が我々に求められている。

「僕最近ねえ、ほんと痛感するんですよ、面白くない、高校の生物は。まあ3年生相手ですからね、言いやすいんですけど、大学にいったらそんなことないから、すごく面白いから。生命科学を希望している子は頑張りなさいっていう言い方を、どうしてもしちゃううんですよ。覚えることばかり、覚えるだけで、これが楽しいっていったらそのほうが逆におかしいって。」(M 教諭)

4. 高等学校「生物」カリキュラムのフレームワーク（案）

本章では、これまで述べてきた事柄を総合する形で、従来の高等学校「生物」カリキュラムにとらわれない形のもを、批判をおそれず提案する。その際の基本的な方針は、

- ①インタビューの結果からも明らかなように、学習内容にストーリー性を持たせて、バラバラな知識の集合体という批判に答えること
- ②そのストーリーとしては、現代生物学の知識体系に則ったものや、特定の生物学概念を中心に据えたもの、あるいは生物学に関わる社会的なテーマを取り入れたものを構想すること
- ③その際、外国の教科書やインタビュー結果を可能な限り反映したものとする

の3点である。

1) カリキュラム構想の前提

本カリキュラムを構想するにあたって、以下のような前提を設けた。どのような前提を設けるべきかという点についても検討をする必要があるが、具体的な案を提起する必要上、本研究によって得られた視点を最大限生かす形で、このような提案を行う。

- ①教授対象者は、将来理科系あるいは生物系に進学を希望する特定の生徒ではなく、あくまですべての生徒を対象としたカリキュラムとする。
- ②したがって、生物系進学希望者が高等学校3年間で学ぶすべての生物学的内容を網羅するのではなく、あくまで全ての生徒全員が学ぶ共通事項とする。
- ③教育課程上は、この内容を全員が学習したあと、生物系進学希望者が別の生物科目を履修することを前提とする。内容的には、本科目の学習内容をより一層深める科目として別科目を設定する。したがって、項目立てとしては重複が予想されるが、スパイラルなカリキュラム構成となる。
- ④授業配当時間は、現行の3単位時間とする。

2) カリキュラムの提案 「生物学の現在と未来」

単元1 生物学の特色：多様性と一様性の生物学（配当時間 1/10）

第1章 進化の道筋と仕組み

- ・進化の証拠と道筋：進化とは何か
- ・進化論：科学における理論の役割

第2章 系統分類

単元2 生命の連続性：変化と連続性の生物学（配当時間 4/10）

第1章 遺伝子とは何か

- ・遺伝子組換え植物と遺伝子診断：遺伝子工学と私たちの生活

- ・ 遺伝子の本体としての DNA
- ・ DNA の構造と働き
- ・ DNA の複製とタンパク質合成

第 2 章 遺伝子の伝わり方

- ・ 細胞の構造と機能
- ・ 体細胞分裂と減数分裂
- ・ 伴性遺伝
- ・ メンデルの遺伝の法則
- ・ 連鎖と組換え

第 4 章 発生

- ・ 動物と植物の発生過程（記述発生学）
- ・ 発生の仕組み（実験発生学）
- ・ 遺伝子による発生のコントロール

単元 3 生命の相互関連性：エネルギー獲得とシステムとしての生物学（配当時間 3/10）

第 1 章 地球環境問題

- ・ 地球温暖化と CO₂ 濃度の変化・オゾン層の破壊
- ・ 種の絶滅

第 2 章 エネルギー獲得の仕組み

- ・ 光合成
- ・ 呼吸

第 3 章 生態系

- ・ 生物のつながりと動的平衡
- ・ 生態系とエネルギーの流れ

単元 4 環境と生命の相互作用：ホメオスタシス（配当時間 2/10）

第 1 章 環境に対する動物の反応

- ・ 内分泌系と自律神経
- ・ 神経系と行動
- ・ 免疫

第 2 章 環境に対する植物の反応

- ・ 発芽と成長
- ・ ホルモンによる調節
- ・ 光合成と環境要因

3) 各単元の内容と構成の特徴

全体の単元構成に関しては、現在高等学校で教えている「生物」の柱をほぼすべて網羅

した。しかしそれはあくまでも「柱」であって、内容的には大幅な削減と組み替えを行った。特に、時間配分を見ると分かるように、そこに費やす授業時間にもメリハリを持たせ、強調すべき内容が分かりやすいように工夫した。そこで、以下にその主要なポイントを述べる。

(1) 単元1：進化と系統分類の扱い

現行の生物では、IIを付した科目でこれらは扱われており、歴史的に見てもこれらは「生物」の学習の最後で取り扱われてきた。しかしながら、インタビューによっても指摘されたように、これらの内容は、その後の学習を円滑に進めるために不可欠なものであり、進化的な視点、系統分類的な視点で、のちの学習を行うことが可能となる。そこで本案では、最初の単元にこれらを配置した。

それと同時に、ここでは科学の認識論的な側面についても言及することとした。これもインタビューから得られた知見であるが、科学の本質として理論の役割に注目し、それに基づく観察や実験と予測、データの収集などを、進化や系統分類を素材に扱う。

ただし、ここでの配当時間が1/10であることに留意し、詳細な取り扱いは避けたい。つまり、基本的な概念と科学の捉え方について学習することに主眼を置く。そして、学習の進め方としては、とにかく「お話的」に陥りやすい授業の進め方を避け、視聴覚教材やインターネットの積極的な活用などを心がけたい。アメリカで今なお一定の勢力を有している「創造科学」(creation science)を主張する人々に議論などを調べてみるのもよいかもしれない。

(2) 単元2：生命の連続性の扱い

この単元の大きな特徴は、社会生活との関わりが最も深い内容として、また現代生物学の現状も踏まえ、最も多くの時間を配分したことが一つ。二つ目は、インタビュー結果を踏まえ、遺伝子の本体としてのDNAの構造や働きを最初にもってきて、遺伝子を実体として捉えるようにしたこと。三つ目は、細胞の構造と機能を独立した単元として扱わず、遺伝現象の基本的な場として学び、そこから細胞分裂につなげていること。そしてこの学習がもとになり、メンデルの基本的な遺伝法則が学習可能となる。四つ目は、形態形成における遺伝子の関わりを、それまでの学習をもとにここに取り入れていること。

このような特徴を持つ本単元であるが、いくつか注意すべきことがある。まず分子遺伝学的内容の取り扱いであるが、これは可能な限りモデルを使用し、その基本的な考え方の獲得に努めたい。詳細は、生物の別科目に任せることが前提となっている。次に、メンデルの遺伝や連鎖と組換えはきわめて簡略に扱い、伴性遺伝や人の遺伝病などを題材に、遺伝子の存在がイメージしやすいよう工夫しつつ、基本的なしくみの理解にとどめたい。最後に発生については、記述発生学的内容についてもきわめて簡略に扱い、むしろ生徒の思考力育成に貢献する内容である実験発生学的内容を重視したい。遺伝子による発生のコントロールは、その延長線上に位置づけられる。

(3) 単元3：生態系とエネルギーについて

生態学は、生物学の学問体系から言っても独自のアプローチと内容を有するものであるため、独立した単元として設定した。ただし、ここに光合成と呼吸を統合することによって、エネルギー的側面から生態系を見る目を育てることを意識した。そして、学習の文脈を作るために、第1章に地球環境問題を配置し、そこで学習したことや理解できなかったことをもとにして、第2章以降を学ぶよう構成した。最後の第3章では、現行の指導要領がここで扱っている個体群や生物群集については一切扱わず、生物の別科目で詳細に学ぶこととした。つまり、あくまでも生態系をエネルギー的側面からも見て、一つのシステムとして捉えることを主要な目標とした。

(4) 単元4：ホメオスタシスについて

ここでの学習が、本稿における分析の中で最も評判の悪かったところであり、それは、一つには事実的な事項（単に記憶するだけの事項）の多さによるものであり、学習の文脈が作りにくいという事実によるものであった。そこで本案では、あくまでの環境の変化に対して生物がいかに内部環境を一定に保とうとしているかというホメオスタシスの概念で括れるものだけに学習内容を限定した。しかも、たとえば動物の内分泌系の学習では、従来の「生物」におけるような事例の多さは避け、血糖量調節と性周期だけに限定し、その他のホルモンについては存在を示唆するだけにとどめる等の工夫が必要である。インタビューにあったように、動物と植物の区別が必要ないという意見に対しては、実現の方策を考案できず、それぞれを分けた取り扱いのままとした。

いずれにせよ、とかく羅列的になりがちな学習内容を、あくまでもホメオスタシスの概念と常に関連づけて教えることが重要であり、また、健康問題など日常生活と関連づけることも有効であると考えられる。

以上見てきたように、提案したカリキュラム・フレームワークは、従来の高等学校「生物」と大きく異なるものとなったが、提案可能なモデルはおそらくおびただしい数、考えることができる。それは、カリキュラム全体を統一する共通テーマ、あるいは理念の数だけある。本案は、現代生物学の現状に可能な限り沿いつつ、社会生活との関連を意識したフレームワークを目指した。いわば両者の折衷型のモデルと言ってもよい。したがって、今後我々が新しいカリキュラム・フレームワークを考案する場合、この部分での十分な議論がまず必要となってくるであろう。

資料1 学習指導要領

昭和45年・53年告示の学習指導要領における「生物」関連の学習内容の配列

昭和45年	昭和53年
<p>「生物Ⅰ」</p> <p>(1) 物質交代とエネルギー交代 ア 細胞の構成 イ 生物体内の化学反応と酵素 ウ 同化と異化</p> <p>(2) 恒常性と調節 ア 個体の恒常性と調節 イ 動物の行動</p> <p>(3) 生命の連続性 ア 生殖 イ 発生と分化 ウ 遺伝と変異</p> <p>「生物Ⅱ」</p> <p>(1) 生命現象と分子 ア 物質交代とエネルギー交代 イ 生物体を構成する高分子 ウ 遺伝子と形質の発現</p> <p>(2) 生態 ア 生物の集団 イ 生態系の構造と変化 ウ 生態系におけるエネルギーの流れ</p> <p>(3) 生物の進化 ア 生命の起源 イ 進化のしくみ</p>	<p>「理科Ⅰ」</p> <p>(3) 進化 細胞とその分裂、生殖と発生、遺伝と変異、生物の進化</p> <p>(4) 自然界の平衡 生態系と物質循環</p> <p>(5) 人間と自然 自然環境の保全</p> <p>「生物」</p> <p>(1) 生物体の形成 ア 細胞と組織の形成 イ 発生と形態形成</p> <p>(2) 生体とエネルギー ア 物質交代とエネルギー交代 イ 遺伝子と形質の発現</p> <p>(3) 恒常性と調節 ア 動物の行動 イ 個体の恒常性と調節</p> <p>(4) 生物の集団 ア 生物の集団の成り立ち イ 生物の集団の変動</p>

資料1 学習指導要領

平成元年・11年告示の学習指導要領における「生物」関連の学習内容の配列

平成元年	平成11年
<p>「生物ⅠB」(それぞれの探究活動は除く)</p> <p>(1) 生物体の構造と機能 ア 細胞 イ 代謝</p> <p>(2) 生命の連続性 ア 生殖と発生 イ 遺伝と変異</p> <p>(3) 生物と環境 ア 生物の反応と調節 イ 生物の集団</p> <p>「生物Ⅱ」</p> <p>(1) 生物現象と分子 ア 生物体の機能とタンパク質 イ 形質発現と核酸</p> <p>(2) 生物の進化と系統 ア 生物の進化 イ 生物の系統と分類</p> <p>(3) 課題研究 ア 特定の生物や生物現象に関する探究活動 イ 自然環境についての調査</p>	<p>「生物Ⅰ」(それぞれの探究活動は除く)</p> <p>(1) 生命の連続性 ア 細胞 イ 生殖と発生 ウ 遺伝</p> <p>(2) 環境と生物の反応 ア 環境と動物の反応 イ 環境と植物の反応</p> <p>「生物Ⅱ」</p> <p>(1) 生物現象と物質 ア タンパク質と生物体の機能 イ 遺伝情報とその発現</p> <p>(2) 生物の分類と進化 ア 生物の分類と系統 イ 生物の進化</p> <p>(3) 生物の集団 ア 個体群の構造と維持 イ 生物群集と生態系</p> <p>(4) 課題研究 ア 特定の生物や生物現象に関する研究 イ 自然環境についての調査</p>

BSCS: Blue Version (1996) と Green Version (2002) の内容配列

Blue Version	Green Version
<p>単元1 一様性と多様性</p>	<p>単元1 生命の世界</p>
<p>第1章 生物学とあなた</p>	<p>第1章 生物のつながり</p>
<p>第2章 生活の中の化学</p>	<p>第2章 集団</p>
<p>第3章 エネルギー・生活と生活圏</p>	<p>第3章 生物群集と生態系</p>
<p>第4章 生命の起源</p>	<p>第4章 物質とエネルギーの循環</p>
<p>第5章 多様性と変化</p>	<p>単元2 生命の連続性</p>
<p>単元2 細胞の構造と機能</p>	<p>第5章 細胞</p>
<p>第6章 細胞の構成</p>	<p>第6章 生殖を通じた連続性</p>
<p>第7章 光合成</p>	<p>第7章 発生を通じた連続性</p>
<p>第8章 呼吸</p>	<p>第8章 遺伝と変異</p>
<p>第9章 細胞の分裂サイクル</p>	<p>第9章 進化：パターンと多様性</p>
<p>第10章 情報伝達とタンパク質合成</p>	<p>単元3 生物圏における多様性と適応</p>
<p>単元3 遺伝子の連続性</p>	<p>第10章 秩序だった生活</p>
<p>第11章 細胞分裂と生殖</p>	<p>第11章 前核生物とウイルス</p>
<p>第12章 遺伝のパターン</p>	<p>第12章 真核生物：原核生物と菌類</p>
<p>第13章 遺伝学の進歩</p>	<p>第13章 真核生物：植物</p>
<p>第14章 動物の発生</p>	<p>第14章 真核生物：動物</p>
<p>第15章 植物の成長と発生</p>	<p>単元4 機能する生物</p>
<p>単元4 進化</p>	<p>第15章 人間という動物：食物とエネルギー</p>
<p>第16章 新しい種の起源</p>	<p>第16章 人間という動物：体内環境の維持</p>
<p>第17章 人類の進化</p>	<p>第17章 人間という動物：調節</p>
<p>単元5 調節と恒常性</p>	<p>第18章 花をつける植物：形と働き</p>
<p>第18章 消化器系</p>	<p>第19章 花をつける植物：維持と調節</p>
<p>第19章 体内の輸送システム</p>	<p>単元5 生物圏に見られるパターン</p>
<p>第20章 免疫系</p>	<p>第20章 行動・選択・生存</p>
<p>第21章 ガス交換と排泄のシステム</p>	<p>第21章 過去の生態系</p>
<p>第23章 内分泌系</p>	<p>第22章 世界の生物群系</p>
<p>第24章 運動のシステム</p>	<p>第23章 水圏の生態系</p>
<p>単元6 生物と環境</p>	<p>第24章 人間の影響を受けた生態系の管理</p>
<p>第25章 動物の相互作用</p>	
<p>第26章 生態系</p>	

資料2 アメリカの高等学校生物教科書

BSCS: Human Approach (1997) と BioCom (1998) の内容配列

Human Approach	BioCom
単元1 進化：変化のパターンと結果	単元1 生物のための物質とエネルギー
第1章 人間という動物	
第2章 進化	単元2 生態系
第3章 進化の結果：一様性と多様性	
単元2 恒常性の維持：動的平衡の維持	単元3 個体群
第4章 生物の体内環境	
第5章 生物におけるバランスの維持	単元4 恒常性の維持：バランスとれた体
第6章 人間の恒常性：健康と病気	
単元3 エネルギー・物質・組織化：相互作用	単元5 遺伝
第7章 運動と健康維持	
第8章 生命活動の細胞学的基礎	単元6 行動と神経系
第9章 生物群集の中の物質循環とエネルギーの流れ	
単元4 連続性：生殖と遺伝	単元7 生物的多様性
第10章 人間と他の生物の生殖	
第11章 遺伝を通しての情報の連続性	単元8 生物圏
第12章 遺伝子の働き	(本書の各章は、生物学の学習内容を示す表現となっていないため省略した)
単元5 発生：成長と分化	
第13章 発生の過程とパターン	
第14章 人間の寿命	
単元6 生態学：相互作用と相互依存	
第15章 生物圏における生物間の相互依存	
第16章 複雑な世界における意思決定	

国立大学名誉教授（動物発生学）O 氏

實際上、現役、たとえば大学の助教授とか教授とかやっている人が、皆「理科教育ってすごく大事ですよ」って、学力の低下だとか何とか言うわけ。だけど彼らの話をよく聞いてみると、自分たちの後継者をつくるために、きちんと勉強してきた人が大学に入ってきてもらわないと困ると。それはもちろん大事、絶対大事なんですけど、だけど僕はね、丹沢君あたりが中心になって、生物教育って言ってもね、いわゆる研究者になる人はどうでもいいんだよ。それはどうせ大学で勉強するし、本当は高校の時に生物を受けてこないとまずいんだけど、仮に受けてこなかったとしても、本人が一生懸命勉強してくれれば何とか追いつくわけね。だけど特に文系、理系でも生物以外の人っていうのは、生物のことを全然、要するに高校でも生物を取らない、大学でもこのごろ一般教養ってないから、生物の話ってまったく聞かない。それで「大学出でござい」ってどこか就職して、社会に出るでしょ？で、たとえばさ、病気になってインフォームド・コンセントで医者が説明するのも分からない。たとえば遺伝子治療までいかななくても、遺伝子診断ってこれからどんどんやるようになると思うんですけど、そういうのを医者がそもそも「遺伝子とは」ってところから始めなきゃいけないのは大変じゃない。

だから僕は生物の教育ってのは、特に生物の専門家にならない人たち、たとえば文系の人たちに、最低限絶対必要な知識っていうのがあるはずなんで、大学を出ない人だって高校だけで最低限医者の話は分かる程度にはなってないといけない。それでないとその人、実生活できないよね。今我々がさ、「俺たちは理系だから分かりません、税金って何ですか」って聞くって、分からないけど、税金って何ですかって聞けば「あいつは馬鹿じゃないか」って思うでしょうけど、「ゲノムなんて私は知りません」なんて、僕たちに言わせりゃ、「税金って何ですか」ってきくのとまったく同じだと思うんですね。ひどい話で、クローン動物の話とかなんかして、遺伝子入れて遺伝子組換えの話すると、「えっ！遺伝子って毒じゃないんですか」って。

組換え植物っていっても色々あって、たとえば、昆虫が食べると死んでしまうようなものっていうのは、でももちろん人間には危険がありませんっていうのは検査をしているだろうけど、そういうのに関してはね、検査してるっていったって、要するに 20 年も 30 年も食べ続けて子どもがどうなるかまで調べているわけじゃないからね。それは 100%安全だとはちょっと言い難いと思うけど。だけどそうじゃなくて、たとえば色んなアリとかさ、このリンゴだって近頃掛け合わせでもって味も糖分もよくなった。あれは結局交配でやっているんだけど、あれを遺伝子組換えでやったって同じこと。だから、そういうのまで危険だ危険だって言うことはないわけね。消費者が、「これは遺伝子組換え植物を使っています」とか「いません」じゃなくて、遺伝子組換え植物なんだけど、「どういう遺伝子が入っています」っていう表示をして、その表示を見て分からないといけないと思う。その程度

資料3. インタビュー

の生物の知識って僕は絶対、衆議院と参議院の投票とか何とかっていうことと全く同じくらい必要な知識だと僕は思う。だから僕は高校を出たときには、最低限遺伝子組換えと臓器移植と、遺伝子治療・遺伝子診断それくらいの知識は当然あっていいと思うけどね。

だからそういうことを教えなきゃいけない。だけどそれは相当難しいと思う。難しく教えればいくらでも難しく教えられる。だけどそんな難しい知識は必要ない。だから、難しくないように、本人（教師）は難しい知識を持っているんだけど、高校生か中学生に分かりやすく説明できて、皆がつまらないとか、分からないって言わないように、ちゃんと教えられる先生の養成ってというのが僕は絶対必要だと思うんだよね。

（理科において科学的探究が必要である点を指摘したことに答えて）でもそれはね、何も理科系の教科だけに必要なことではなくて、文系だってさ、やっぱり自分で考えるってことは必要なことだし、まあ、どんな考えでもいいけども、理科系の場合と文科系の場合と、そのへん自分で考えて、色々自分自身の頭を整理するっていう、疑問については追究して理解していく探究って何も理系だけのものじゃなくて、文系だって必要になっていくわけでしょ。だからそんなものは、理科教育でそうだっていうものをわざわざ言うことはない。そんなものは何も理科教育に限ったことではないわけ。文系、文学だって、社会だって同じこと。ただでも、それを考えるために、必要最低限の知識っていうのは絶対必要。知識がなくて考えろって言ったってそれは無理ですから、やっぱり自分で考えて、自分で疑問を解決していくための最低限の知識っていうのを、それをどこまでするかって、たぶん人によって考え方が違うんだろうね。なんかそれは感じるよね。で、「色々考えてこう思うんですけど」って言って、それで「これでいいんですか？」って聞くんだよね。「これでいいんですか？」っていうのはないだろうって。やっぱり（彼らには）正解っていうのがある。

（BSCSのHuman Approachのあり方に答えて）さっき僕が言ったことっていうのは、むしろそれなんだよね。このエコシステムとかは、要するに生物っていうのを個々のことから始めないで、地球にすんでる全体の生物から始めて、だんだんじゃあっていって細かく、全体から細かい方にするっていう配列ですよ。だからそういうのも大事だけど、これに関するこれくらいの知識と見識を持ってること、やっぱりいわば教養人として当然だと思うんだけど、これは日本人にとってはどうして今のところだめだろうね。だけど、ここまで行ければもうすばらしいんだけど、僕はさっき何でインフォームドコンセントのことを言ったかっていうと、そうすればみんな身につまされるといふか、なるほどそれはそういうことで関係するんだから、生物の勉強ってのは、中学・高校でね、やっぱりやんなきゃいけないんだって思うんじゃないだろうかって思って、しきりにそういうこと言っている。確かにこっち（人間）から入るっていうのは、本当は大事だよ。

（発生の取り扱いに関して）個体ってことを中心にして考えれば、発生ってとっても重要な内容。だけどこれ（BioCom）みたいに、地球規模の全体のポピュレーションから始め

資料3. インタビュー

ると、発生っていうのはとても大事なんだけど、最初は発生とは関わりない。生物同士、自然とのコミュニケーションっていうことが重要であって、するとそれはさらに発生よりも個体よりも、集団の方が上位にくるから、どっちが重要かってとき、どっちも重要だけど。だからそういう意味で僕は、発生だけが重要だとは思わない。でも個体を中心にして考えるときは、やっぱり発生というのはかなり重要なものだと思いますよね。

サイエンスっていうのは、実際に自分たちが住んでいるこの地球とか宇宙とかっていうことを自分で理解したい、知りたいっていう欲求が、相当サイエンスを支えていると思うんだよね。で、知りたいものの中には、生物について知りたいし、自分自身について知りたい。自分自身について知りたいっていうものの中には、いわゆる生物学的な人間ではなくて、やっぱり他の動物とはちょっと違う、脳が発達して色んなことが考えることができる自分っていうのを知りたい。そうすると、サイエンスじゃなくて、宗教とか哲学とかになるでしょう？だから、そういう意味ではサイエンスと哲学っていうのは、まあ昔は一緒だったわけだけど、今でも別々に考える必要はない。だから発生とか何とかって哲学的だっておっしゃったけど、発生に限らず生態学でもかなり哲学的だと思うんですよね。要するに考えの基準においては。なぜ地球というものの中に、全体でこういうシステムができてただけなのかとかいうことは、まあ、いくらでも考えられるわけだけど。

(発生学の魅力について) まあねー、自分でつまらないと思ったことはあまりないんだけど、たとえばさー、卵割だー受精だーなんて、要するにそんな細かいこと、卵の割れ方にしてもウニみたいに割れるのもカエルみたいに割れるのもあるし、そういうのが端黄卵だとか中黄卵だとか表割だとか、卵黄が下の方に多いとか、そんな話をやっぱりするじゃない。それで、聞いててもつまんねーんじゃないかねーって思うわけ。子どものことを考えるとやっぱり、なぜ自分がこんなことを勉強しているのかっていうことを、子どもなりにちゃんと自分で納得して勉強するようにするにはどうしたらいいかってことをね。だから将来生物学者になりたいってやつに教えるのは簡単なんだ。まあこれは知らなきゃだめなんだって。それはいいんだけど、本当に子どもの場合とか文系の人とかに、そういうことを教えるときは、なぜ今自分がこういうことをやっているかって、その一つの理由が、まあインフォームドコンセントのとき少しは知らないとか分かんねえぞって、その理由なわけね。だから、病気になってからじゃ遅いんだから、「今のうちに少しは遺伝子のことを知らなきゃいけないんだ」っていう一つの理屈。勉強させるモチベーションを作るためには、ちょっと役に立つかなって思う。

自分なりに生物学を理解して、自分だったらどういうふうにして知りたいって思うかっていうことから出発するのも一つ。それからもう一つはやっぱり、社会生活を送っていく上で、さっきのインフォームドコンセントっていうのは一つの例だけど、それ以外にたとえば NASA のあれで月にロケットが行った、月の上でびよんびよん跳ねたところで、あんなものが何でおもしろいんだって、でも皆熱狂して見るじゃない。あれはどうか。と

資料3. インタビュー

いうことは社会生活の上でなぜそれを皆があれほどね、テレビに釘付けにして熱狂しているのかってというのは、一つの解決の方法になると思うんだよね。それから、アメリカでクリントン大統領が、ゲノムプロジェクトで全部ほとんど成功したってものを発表して、アメリカ人はそれをすごく喜んでいる。日本でも喜んでいるんだけど、だいたい日本のテレビのキャスターなんていうのは、「ゲノムったって分かりっこないですけどね」っていうのを、まず前置きで言うておいて、クリントンはこう言うて、将来何かで必要なんだそうですねくらいのことを言う。あれは、一つはメディアの連中のレベルが低いってこと。だけど、結構新聞なんかの科学欄では、ものすごく難しいことをちゃんと書いているでしょう？新聞って、なにも生物学者に読ませるために書いてあるわけじゃなくて、記者があれを新聞の中に入れようと思うということは、で、だいたい新聞社って文系じゃない？科学欄担当の理系のやつはいるけども、それを没にするか採用するかってのは、デスクってのが文系じゃない。そういう連中が、生物なり物理なりそういう割にトピックスになるようなことを、なぜ新聞に載せる意味があると思うかっていうと、やっぱり、月にロケットを打ち込んで感激するのと同じように、僕はあればかばかしいと思っているんだけど、ポマトなんて科学万博でやってたよね、上がトマトで下がポテト、「あんなもの作ったってしょうがねーじゃん」って思うんだけど、皆ばかに感激していたでしょう？ああいうことに皆が興味を持つってことは、生物学を教えるときに、その興味を持つことってのは利用しない手はない。

(生物へのアプローチ方法を問われて) やっぱり社会生活の中で、人々がなぜ、どういうものに興味を持つかっていうのを、少し調べてみるといい。そのためには、一つ簡便なのは、新聞の科学欄を集めてみる。新聞社には読者調査もあると思うから、「どういうことに一番興味がありますか？」っていうアンケート資料があるかもしれないから、そういうものを調べてみて、皆がどういうことに興味を持っているかつかむ。そうすると、社会生活を行っていく上で、生物学っていうのは一般社会人にとって何なんだろうってところから出発するっていう方法が一つあるよね。それともう一つは、地球っていう一つの惑星の中に生物がいるんだから、地球の中の生き物っていう捉え方をしていかなければいけない。最初は全体を捉えて、その生き物の中にだんだん細かく入っていく。それはその人の考え方で、でもそれを押しつけて、果たして皆興味を持つか分からない。

せっかく科研費でやられるんだから、どっちかに覚悟を決めて、丹沢さん自身が「俺の生物学観で作る」っていうふうに決めるか、あるいは皆のね、社会の人たちの興味を抽出して、そのためにはどうするかっていう相手があつてのカリキュラムをつくるか。道は二つ、あるいは両方の中間っていうのもあるかもしれない。どっちかに覚悟を決めて、で、本当にこういう本(教科書のこと)を作るんだったら、どっちかに決めて一つやんなきゃいけないけど、単に内容のコンテンツを作るんだったら、「こういうときはこういうコンテンツ」っていうふうにして、何通りも作ることができる。

資料3. インタビュー

やっぱり高校の生物、生物に限らず、すべてそうだと思うんですけど、人間は何のために勉強するのかっていうことを中心にして、全体としてもう一回全部のシステムを考え直さないとだめだと思うんですよね。何しに大学に行くのか。高校だってそうだと思うんですよね。「高校くらい出なきゃ」って、「何のために出るの？」ってよくよく聞いてみりゃ、世間体だったりする。もちろん高校、あるいは大学くらい出ないと就職がないっていうのはあると思うんですけどね。日本人ってそんなにレベル低いとは思わないんだけどね。そんなにレベルの低い民族だとは全然思わないんですけど、今のところはすごい低いですよ。まあ、生活がよすぎるんだよ。

でも余裕ができたなら「じゃあ、更に」って好奇心が働いて、学問が進展する。昔の貴族は学問を保護してたわけでしょ？まあ、あれは動機が不純だってことはあるけど、それにしても、自分が十分生活に困らなくなったら、他の人の手助けをすとか、全体の知的レベルを上げるために何かをすとか、芸術家を飼っておいて好きなことをやらせるとか。そういうことにお金を使うんだけど、日本人は、40億円も出してゴッホの絵を買って、「俺が死んだら棺桶の中に入れて焼いてくれ」っていう、そういうのは論外だと思う。だけどあの程度のレベルかなと思うと残念だけど、僕は必ずしもそうではないと思うんですよね。今のところはそういうお金、お金って言う人は、社会の中心にずっとなっていて、あのバブル以来、バブルまで。とにかくお金はいくらあっても無駄ではないとかさ、お金さえあれば何とかなるっていうことが、あまりに中心になりすぎちゃって、人間の頭の中のことってのをあんまり重視しないようなことになっているでしょ？それを何とか変えなきゃいけない。それを変えることが絶対重要で、結局は教育なんだよね。

国立大学名誉教授（微生物学）T氏

僕はやっぱり微生物っていうのは、ここからここまではカビで、ここからここまではバクテリアで、そういうのはいらなと思う。絶対的な区別みたいなものはないんだから。そうではなしに、微生物っていう小さな存在はどうしても頭に入れておいた方がいいと思う。

（森の中でまず何を見るか聞かれて）たとえばどこか林に入って行って、まず日照を見るでしょ。それから木だね。木が元気かどうか。それは微生物の影響が大きいから。たとえばこれは土がおかしいとか。土がおかしいっていうのは、その土の中にいる微生物の生活がおかしいんだから。そういうふうに考えちゃう。たいてい見れば分かるわね、元気がいいか悪いか。その中で元気がないのが目につく。だから僕がたとえば、歩きながら、こんなキノコがあるとかね、こういうキノコがあるとか言う人がいるわけだ、仲間には。それはいいことはいいことなんだけど、あまりね、あるっていうことはいいけど、このキノコはなんてキノコだっていうことに僕はあまり興味がないんで。そうじゃなしに、それがあるかないかの方が大事だよ。だから、そういうものが生えているとしたら、なぜ生えているのかとか、お互いの関連性がすごく大事だね。どうしても頭がそっちに行っちゃうな。

どっちかっていうと、今頃になってこんなこと言うのはおかしいんだけど、本当の僕の興味っていうのは、生態にあったんだよ。生態は好きだったんだろうなって気がするね。（分類も）あるとこまで行くと、これはこままでいいんだと、これ以上分けてもしょうがねえんじゃねえかってことあるよね。生態はもっともっとお互いが入ってくるでしょ？生態はおもしろいよね。でも大変だね。

（分類について教えることの意義を問われて）分類を教える必要はありますよ。あるけども今の分類、ああいう教え方はしょうがねえからしゃべっているけども、矛盾を感じるね。ここからここまでのうち、今日はバクテリアの分類っていうふうに、しゃべっておもしろくないね。でもやっぱり分類ってのは大事だからね。これどうやって教えたらいいんだろうね。まあ、学ぶ価値を見いだしてくれればな。でもね、一生懸命になってくれる人がいるんだよね。それはそれでいいんだろうけどね。

（生物という学問のおもしろさとは？）それは連続にある。生命現象ってずうっと動きつつある、必ずね。しかも変化しながらね。大きな変化もあるし、小さな変化もある。そういうことをしながら進んでいくのが生物。だから、生きているってことは非常に大事だよ。死んでるものを持ってきて観察して、それを切ってみるとかね。それも生物だけど、しょうがないからやっているんだけど、僕はそういうことをやるのは、なるべくそれを生きているやつでやる。できないなら死んだやつで仕方ないけど。どうしてもしょうがないならやるけども、そうでなければ生きているやつを見て理解したい。だからどうしてもよく見たいね。常に変わって変化しながら生きているってのが一番興味あるね。

資料3. インタビュー

(現在の高校生物の学習内容について) これ以上教えたらばらばらにならないかな。ていうのは、分からないのは来なくていいんであって、たぶんね。分かる者だけ引っぱり出していう方向かな？

国立研究機関教授（動物発生学）K氏

知識というのは、知識そのものが大切なのではなく、知識を元に考えることが大切であるということ、どのようにして教えたらよいかということを考えて、一番大変で、インパクトの大きそうな事をやってみたんですよ。

「知識を元に考える授業」を考えることはとても時間がかかり、それを全体で行うとなると、それを教えることのできる資質は限られてきてしまう訳ですね。そのときに必要となる知識というのは、いったいどういったものなのかという事を考えているのですが。

自分も知識があるというわけではないのですが、考えることはできる訳です。しかし高校生というのはとても知識偏向型ですよ。だからある命題がでたら、まず調べる訳ですよ。しかしそれは間違っていると思うのですよ。ある知識（持っている知識？）のなかで、それが偏っていようとおかしかろうと、組み立ててディスカスできるはずですよ。しかしそれをしない。それをやらせることは、簡単なようで大きなハードルがある。だからどうしても知識が大切であると。そのためには難しい本を読もうと。しかしそれは間違っている。いくら読んでも書いてないからサイエンスというのはおもしろいわけです。もう一つ言えることは、（高校生は）サイエンスというものをわかっていない様な気がします。サイエンスというのは本に書いてあることだと思っている、しかし（サイエンスは）もっとダイナミックで、ドロドロしていて、非常に枠の定まらない（ものである）。ただ唯一言えることは、プロセスというものはきちんと決まっている。変なこと言ったら叩かれるし、変なまとめかたしたらダメだということを全然わかっていないのです。だからそれをわかってもらいたい。彼らの半分くらいは、研究者になりたいという。ならば頑張ってみようかと（思ってもらいたい）。とても特殊な例かもしれないけれど、答えが一つではないということはとても大切なこと。ただ、最初からやろうとすると戸惑いもでるけれど、ある程度わかってきた頃、中学生くらいからならばおもしろいかもしれない。正しいことは一つではないことを知り、高校生くらいからもう少しロジカルな思考ができるようになる。それが（サイエンスの）出発点であるような気がします。大学生になってから難しいのは、高校でもそうかもしれないが、いかにしてそれを崩すかということでしょう。頭の中で問いと答えは一對一であると。しかしそれは間違っているということと言わなくてはならない。

進化というのは最近ようやく学問になってきて、今まで言われてきた「あばかれ方」やプロセスというのが全然違うということがどんどん分かってきた。大切なのは生き物というものは、似たものを並べてそれらが連続的に変化してくる、しかし不連続な面もある、それは何でだろう、と。そこから遺伝子の言葉で語れる。今だったら、形を作る遺伝子がどう変わってきたのか、ということを理解できると思います。だからこの「生物」を見ると人間が主となっていて全体像が見えにくい様な気がします。系統分類みたいなことが、

資料3. インタビュー

まあ、あれが最初だと思うんですね、細胞と分類とあとは遺伝子のセントラルドグマ。それに尽きるのではないかと。あとは生態ですね。だからこの前、岡田節人先生がここにきて言っていたのは、エポデボと言われているけど、進化と発生がいま結びついたと。そしてその次は環境だと。その三つが今後数年間の課題になるだろう。現に今それが広がってきている。要は、系統を中心に色々な学問をインキイペイトして、どんどん大きくして、統一的になってきているのです。だから、こういう分かれ方とかはなかなか理解できないですね。だから系統の分類があって、まずは細胞というものを知らなければいけないし、あと遺伝子の変化というものがあるから遺伝子について知らなければならない。それで色々な生き物を見てみよう、系統分類であるとか。その中に色々な動物の生理であるとか発生であるとかが絡んでくる訳ですね。ここで動物と書かれているんだけど、動物と植物を厳密に分ける必要は無いと思います。遺伝ということがポンと出てきますけど、今でしたら遺伝子のことから教えた方が楽ですね。やはり、非常にわかりにくい概念であるわけですね、遺伝というのは。連鎖とか何とか、今では絶対使わない単語ですね。これも都立大の福山さんのホームページにのっていたことなんですけど、絶対使わないような概念なり、それもとても変わった例というのがたくさん出てくる。だからそういうものをどんどん切り捨てていったら、遺伝子の働きで性なんて単純にわかるはずですね。この遺伝子をもっていたらこっちになるとか。

ところで遺伝子っていうと伝わりですね。だから、遺伝子の本体というものから入ったほうが考えやすい。ものがあって、どういう風に次に伝わっていくのか、それと機能はどうなるのかで、全部分かってしまうような気がします。そうすれば考えやすい。だからわざわざ昔の歩みでわからないように教えているような気がします。

確かに、動物と植物というのが、いつもいろいろなものと絡んで別物として出てくるのは、日本の教育の歴史があって、ずっと分けて教えてきたというのがありますね。アメリカなんかでも1950年代の教科書では（動物と植物を）分けて教えていて、1960年代からそれではいけないという動きが出てきて…、そういう規制もあったからからでしょうか。

でもその年代というのは、遺伝子のごとがちょうど分かり始めた時代で、その頃から次第に普遍的な概念というのが出来上がってきたんですね。だから動物に普遍的な概念、系統分類でも系統発生でもそうですけど、あとは進化、細胞というのもそうですし、セントラルドグマというのもそうですね。そこからまた分ける必要はなくて、分類がわかっているのだったら、今実験に使えるのはこれとこれとこれだけなんで、そのポイントだけとったら、発生はこうなるし、こっちは植物はこうなる、生殖でもこう。これがちょっと昔の分かれ方なので、かえって分かりにくいような気がします。だから系統立ってないですね、これは。順番に見ていっても。

たぶんこれは同じ量でも組み替えればかなり分かりやすくなるし、組み替えたらこういう説明の仕方ではなく、もう少し素直に（説明が）できる。さっきの遺伝の所でも、何か

資料3. インタビュー

分からない遺伝子があって、それは仮想のものではなく、物質に裏付けられたもので、機能がこうだからこれが赤目になると。こちらの方が絶対分かりやすい。ただ全部がいえないのは、今ショウジョウバエのそり羽とかそういったものの全部が説明できているわけではないから、それは提示する例を変えればいいわけで。伴性遺伝や性にしても、一つの決まった形で、特殊ではないのだけれど、高校生に言わせると（伴性遺伝などは）特別な感じを受けるようです。ただ、今の色々な遺伝子レベルの知見とか、それがあれば別だと思うんですが、やはり進化というのはサイエンスではないですね。

アイデアや理論はあるけれども、我々（科学者）が実証できるものではないです。だから進化はサイエンスではない。椿先生は昔それをアートの世界だと言ったが、それに近いものであると思う。だからいかにきれいな分類を立てられるかといえば、どんな風にも立てられるし、論争もできる。しかし、とどのつまりはそこ（論争）で切れてしまう。（論争したことを）じゃあどうやって確かめるのか。ラマルクの説でも、あれは実証しようとして立てたのだろうが、結局は何万年かかったって分からないわけですよ。だからそこで終わってしまうことがまた違う。だから進化というのはそういう風に論じるのはあまりよくないのではないのかと思います。それよりももう少し単純な、いや単純というか解くことができる命題で、いろいろな実験、どのようにしたら良いか考えるときに知識が必要ですよ、それが大切なのではないかと思います。だから最初の出発点はそれでも良くて、実証できなくてダメだと気づかせるためには良いかもしれない。その後は、実証科学なので、理論を立ててどうやってそれに立ち向かうのか、いろいろな方法がある。そこから出た結果に対してどう立ち向かうのか、そのプロセスは必要なのではないだろうか。そうでないとただ単に「お話」になってしまう。だから1回でもそのプロセスを踏ませてみたいですよ。

だからもっと単純に分けることができ、だからこれで一番いけないと思うのは、学問の体系としてどこから何がでてきたのかわからない。それがわかるだけでも、「ああこんなところからこれが出てきたのか」ということは分かる。だから遺伝のところだったら（順番が）ひっくり返ってもいい。最初は分からなくても「遺伝子がわかったらこうだったんだ」というだけですむわけですよ。どうも遺伝というのはひっかかりがあって、何で何対1というのを計算させなければいけないのか。

今は僕ら（遺伝の研究を）やっているけれど、ああいうのは別に必要ではない。（でも教えなくてはいけないのは）ただ単に受験があるからでしょう？

（組換え）についてみんな記号と事象だけで覚えていたでしょう。これが出たら何対1だっていうように。たぶん本当に数人でもいいから、実際にやっている人がつくったら、あれが少ない、これが多いではなくて、もう少しわかりやすい説明が出来るのではないのかと思う。だから、なんていえば良いのかなー、難しいな。

（学習内容は、関係性という概念を使って）全部これ、はまると思うんですよ。だから

資料3. インタビュー

枝葉かどうかなんだけど。だからここで今誰も考えていないのは、科学史ってさっき出てきたんですけど、まさに科学史って関連づけなんですけど、やっぱり経験からするとあれを単独で聞いているとおもしろくないんですよ。だからそれぞれの単元で全体の歴史なりを念頭におくという大変ですけど、いったいどこからどこまでの事象なのか、それともどうして分かってきたことなのか、それが各学習箇所ですらどうやって分かってきたのかということが出てくればやりやすい。細胞というのはこういうところからわかってきた、顕微鏡というのはこうだという風に。まさにそれは物理、物理学の進展とカップルしているわけですよ、光学というのは。進化にしても地学なり、全部リンクしているわけですよ。だからどれをとってもサイエンスというのは切り離せない。化学っていうのもそうだし。ま、そこまで一緒にすると分からなくなるかも知れないけれど、やっぱり科学史というのは、その化学・物理・生物・地学、その根本をなすもので、みんな同じところから来ているんだよということを植え付けたい。生物だけを切り取ったときにも同じことが言えて、こういったところからこういったものが出て。それも年代を追うか、概念でこういうところから出たという風（に理解させる）。それがとても大切だと思います。そうじゃないと全部ばらばらで、「僕は遺伝は好きだけど、発生は嫌い」なんて（言い出す生徒もいたりして）、「お前、遺伝の何を知っているのか」って言いたくなる。

やっぱり高校生とかは「遺伝だけは好きなんですけど」とか「遺伝はだけはダメなんですけど」とか。やっぱりすごい不思議ですよ。それは単元が全部バラバラになってしまっているからなのではないでしょうかね。

（生態の学習について）今ちょっと過剰に反応はしてますよね。環境を教える意味について、システムとしての捉え方というものがとても重要だと思いますね。今の環境ホルモン関連の科学調査だとかの反応の仕方は嫌いですけどね。

でも高校生はそうですね。聞いてみると3分の1くらいの生徒は環境ホルモンの興味がある。そうするとまたなんか言いたくなる。環境ホルモンの何を知っているんだって。踊らされているだけだろうって。

医生物学系研究機関チームリーダー（脳神経科学）S氏

一番遺伝のことが分かりやすいのは病気だよ。メンデルから入っていかずに、実際に本当にメンデルアンにあるものがいっぱいあるから。その辺の概念全部の根本になるのは、遺伝子の複製だから。入り方としてはそういう病気から入ってというのは、ある意味生徒にとってはショッキングだと思うけど、要するに、遺伝病になるかどうかで確率論的な現象でしょ。だからある人の運命ってというのは、確率論的に決まっているところがあって、じゃあもっと具体的に言うと何かっていうと、DNAを知らないと分からない。

たとえば遺伝子診断ってあるよね。今はまだごく一部の場合だけど、これからどんどん事実が集まって行って、おそらく、個々の遺伝子のいくつかの遺伝子量が分かることで、あなたは何歳くらいで、何とか病になる確率が何パーセントですよっていう、それがこれから10年くらいで始まってくる。そのときこの概念はさらに一つ踏み込んでいるじゃない。遺伝子の概念から。優性遺伝とか劣性遺伝とも違う。要するに、リスクファクターであり、アンチリスクファクターであったりするのが入り交じっているから、そこまでおそらく理解していないと、ある意味で、言い方は悪いけど医者にだまされるっていうか。またある意味では保険会社が検査して、あなたはこれだけのリスクがあるから保険金はいくらですよって言われたときに、はいそうですかって言わざるを得ない。だからそれをちゃんと理解した上で反論できる社会とそうでない社会はだいぶ違うと思う。

僕はどうしても立場上病気っていう見方で見てしまうんだけど、進化と遺伝子をからめるのは別のストーリーになる。進化の場合は、二段階あるわけでしょう。とりあえず生存にかかわる進化と、人間の場合は文明が社会を作る過程でどうだろうってプロセスがある。サルと人間で遺伝子が99点何パーセント同じであることを考えると、今度は発現制御の問題になる。特に神経回路がどうやってできるかっていう、今の脳科学でまだ解明されていない分野がある。でも発現制御まで言われたら難しいと思うけど、人間とサルがどこが違うかっていうと、おそらく、個々の遺伝子、いわゆるタンパクのコーディングするところはほとんど同じ。そこの発現を時空間的にどうやって制御しているかの違いなんだよね。それが進化の過程で変わってきたってことだから、進化と遺伝子を結びつけようとしたら、かなり難しい話だよ。もちろんある機能を持った遺伝子が発現していると、環境になじみやすいからセレクションがかかるってというのは簡単に説明できる。だけどサルと人間の共通の祖先から、なぜ人間がでてきたかっていう話になるとね。

生命科学の歴史にこだわって、それに沿って教えるとかえって話がややこしくなる。まあ（生物の）学問自体が物理学とか数学みたいに完成していないから。

1980年くらいまではいわゆる物質科学の時代だったよね。糖は糖の構造に関する、タンパクはタンパクの構造、DNAはDNAの構造と。そして80年代に（遺伝子の）クローニングが始まって、何でもいからクローニングすればネイチャーに載った時代があって、時

資料3. インタビュー

代のトレンドがあるわけね。そしてそのあと、モノからファンクションに時代が変わってきた。そしてモノからファンクションに迫る時代から、だんだんファンクションからモノに迫る時代が変わってきた。だからたとえば、ある遺伝病があって、でも遺伝子は分からなかった。で遺伝子を特定した。そうするとその遺伝子にミューテーションが起こるとどういふフェノタイプが現れるかっていうことで、初めて遺伝子の機能が分かったり、あるいはミューテーションの効果が分かる。だから大きな時代の流れとしては、モノからファンクションに動いているわけね。もちろんバイオロジカルに大事なのはファンクション。やっぱり何といても人の病気の、遺伝性の病気の遺伝子がどんどん分かりだしたっていうのは大きいんで。そういう意味でバイオロジカルサイエンス自体も大きなパラダイムシフトがある。だからそういう風に考えると、たとえば物理学の場合は、古典力学と電磁気学、統計力学と量子力学、それをきちんとやれば、一通りやったことになるわけね。でも生物学の場合、まだきちんと体系化されていないし、何といても個々の知識の集積が必要だから、たとえば免疫の勉強をしようと思ったら、免疫学の言葉を知らないと何をしゃべっているか分からないし、それである言葉が全体的な論理のどの辺に位置していて、論理の階層性のどこにあるかを分からないといけない。それを考えるとなかなか難しいよね。どうしても僕ら記憶科目っていうイメージがあるよね、生物は。それをうち破るような構成が可能なのかな？

数学を中心としたきわめて論理的な学問の世界と、文学とか音楽みたいな世界の両方に（生物学は）つながっている。つまり知るべき項目って無限にあるわけよね。数学なんかある公理から始めてそこから発展させていくわけだから、閉じた世界なわけね。しかも基本的に知っているべきことは限られていて、それをいかに論理的に展開するかでしょう。だけどバイオロジーの場合はね、項目が無限にあってそれをどうカテゴライズするかが大事。ある意味文学なんかカテゴライズされているわけ。それが歴史的なものであったり、あるいは地域的なものを考えて（されている）。結構言語学っていうのはサイエンスに近いんだよね。ソーシャルサイエンスに近いっていうか。

たとえば植物学はやらなくていいなんて言ったら、きっと反発されるよね。僕はあとからやればいって思っているわけ。バイオロジカル・サイエンスは、圧倒的に動物の方が進んでいるから、結局植物の人は後追いをやっているんだよね、基本的には。少なくとも今の最先端のサイエンスではね。

ベーコン的なんじゃない、これ（生物教科書）どっちかって言うと。デカルト的なのとベーコン的なのをいかに融合させるかっていうのが問題で、しかもそれが融合することが科学の本質だから、論理の階層性として、たとえば、アミノ酸の全構造は頭に入っていないと生化学はできないわけだよ。これはアスパラギン酸でこれはグルタミン酸で、だからこうなってこうなるっていうときに、いちいち辞書を見てしゃべっていたら話が進まないわけじゃない。だからある程度のデータベースを頭に持っていないと、話が理解でき

資料 3. インタビュー

ないよね。たとえば、実際に構造式はかけなくても、(DNA)の構造はATGCっていうもので決まってくると。でもあれはある意味でコンピュータの2ビットが初めから4ビットになっていると思えばいいだけのことで。アデニン、シトシンなんて言葉を覚える必要はないわけじゃない。

今、個々の知識に偏りすぎているんじゃない？まあ、変な話、本当に遺伝病と生殖だけにするとかね。それでたぶんほとんどのバイオリジカルな場面は追えるよね。遺伝病と生殖、特に生殖と発生。そして予防医学と予防医学にかかわるバイオロジーは、もう大学に任せる。だから免疫学とか個体のホメオスタシスとかも、基本的には予防医学にかかわる問題じゃない？ストレスに対する応答とか。だからそれは大学に任せて、それを理解するために必要な基礎的な事項とか（を学校でやればいい）。しかも中・高生が興味を持ちそうな問題を。遺伝・発生っていうのはある意味生殖の問題。生殖と、どうなんだろうな、極端な話生殖とエコロジー。エコロジーはもう完全に地球システムの問題なわけでしょう？地球システムにおける生命の相互作用の問題だよ。それと環境の問題が絡んでくる。生殖の問題はまさに1個の細胞が個体になっていくっていうこと。それに遺伝子の問題を加える。まあ、極端にいうともう生殖とエコ。あとは大学の教養課程に。

高校っていうのは義務教育じゃないわけでしょう？（でも実質的に義務教育と言ってよい現状を考えると）たぶん大学の教養課程も義務教育といえなくもない。そういう意味ではもう分担してもいいと思うんだよね。予防医学っていうのは、絶対どこかでやるべきだと思う。だって、NIHでこれを食べたらガンになりにくい、これを食べたらガンになりやすいっていうのが出ているわけだし、WHOで、紫外線を過度に浴びると皮膚ガンになりますってもう出ているわけなのに、ほとんどの日本人はそれを知らないわけよね。それはなぜかっていうと、それをきちんと教えてくれるところがないからで、だからそれはたぶん予防医学をどこかで教えるべき。そうするとたぶん、ちょっと日本の医療費は減る。無駄な病気が減るし。しかも本人の苦痛を事前に取り除くという最大のメリットがあるわけでしょう？だから、どうしても医学との結びつきを考えなきゃいけないと思う、社会的なアカウントビリティーを考えると。高校のバイオロジーも、ある意味では予防医学との接点を事前に想定して考えるといいんじゃないかなっていうのが一つ。もう一つはやっぱり、ベーコン的じゃなくて、デカルトとベーコン両方があいまみれた学問として生物を教えるとしたら、もう本当に生殖と、生殖・発生まで入れるのかな、それとエコ。たとえば、エコを4いらなと思うんだけど、遺伝子に関係あるような、あるいは生殖といった問題を4にして、エコを2にして、その他を残りの4に分けるっていう逃げ道はあると思うよね。完全に無視するっていうわけにはいかないんで、そうするともう、植物とか動物とか分ける意味はかなり薄い。光合成の問題は難しい問題でね。だって光合成の問題はむしろ化学の人に任せた方がいいくらいだよ。光が入っているから物理学も入っているから、いわゆる物理・化学・生物っていう、ある意味一番難しい問題だよ。光合成って。ある意味

資料3. インタビュー

サイエンティフィックなものかもしれないけど。むしろ単細胞、多細胞の違いの方がでっかいし、やっぱり多細胞っていうのは、ある意味で細胞が集団をつくってシステムを作っている。そこに大きな飛躍があるわけね。それに比べれば、動物と植物の違いなんていうのはね、ある意味大したことない。

国立大学助教授（動物生理学）H氏

内分泌とかなあ…、生物学会でも内分泌学とかって結構大きい勢力なの。だけど今の生物学において、内分泌学がそんなに重要だって認識の人は、世界を見渡すとそんなに多くはない。だけど歴史的にそれなりの経緯があって、内分泌学について。

教科書とか見るとなんだか知らないんだけど、唐突にホルモンとか出て来るんだよねえ。恒常性的一种とか。恒常性的一种って言う概念は大事なんだろうけど、その中で、そのホルモンとかねえ、それほど大事なことはないよねえ。

むしろその、生体内での情報伝達っていう意味では、今は細胞の中での情報伝達とかねえ、すごく発達してきて、学問としては細胞外での情報伝達っていうのは、それほど盛んではないはずなんです。今の教科書見ているとね、例えば内分泌学みたいのがありさー、そのなんだ、生物の集団とか、生態系の話もあるでしょ。全然その思想とかさ、概念としては全く異質のものが、一つの教科書に詰め込まれている訳だよね。確かに、それを整理した方がきっといいんだと思う。

まず生物らしいね、知的訓練を必要とするサイエンスらしい部分というのは、多分遺伝学くらいだと思う。それ以外の部分というのは多分、歴史とかと同様のレベルで、知識があればあるに越したことはないけれども、なくてもまあ困らない。だからその、本当の物理学みたいなサイエンスとは異質な部分が大部分なんだと。

分子遺伝…、そうね、今時代が時代だから、例えば遺伝子の概念は必要だし、それを導入したり取ったりできるっていう概念は必要だし、それは必要だよ。DNA から RNA、RNA からタンパク質っていう流れがあることも必要だよ。いや、知的訓練が必要な科学的な部分っていうのは、たとえば三点交雑とかさ、減数分裂と相同組換え、相同組換えと遺伝子だっていう概念か、出来ればそこから三点交雑の問題とかが出来れば、文句ないよね。

研究者になって生物を学んできたものとして、これは自分が学んだんだって言えるのは、そういう部分だけでしょう。あと、生理学とか、他のいろんな生命現象に対するアプローチっていうのは、物理化学とか、物理学をやった人のほうが、アプローチ法としては多様なものがあるよね。生物学を学んだってだけでは、なかなか難しい面が多いよね。そういう意味では遺伝学っていうのたくさんやった方がいいと思う。でもそれは研究者になる人においての話で、一般的にそれがどこまで必要かっていうと、また別だと思う。

生物が進化してきたっていうことをね、ところどころでそういう思想を教えるってことは、それはそれでいいと思うんだけど、今以上にことさら強調することはないかなって。こういうところにいると、生物学的な発想っていうと、遺伝学と進化しかないんです。研究者の世界では、で、遺伝学っていうと今はもう時代が進みすぎちゃって、本当の古典的な遺伝学でもって何か新しい発見ができるっていうのじゃなくなってる。残るのは進化。進化やってる人たちってのは、非常に鼻息が荒くて、何でも進化を中心に据える

資料3. インタビュー

べきだって主張をするんだけど、確かに進化が大事だってことは理解しているんだけども…。なんていうのかな、本当の進化学の研究っていうのは、それはちょっと高校で教えるべき内容じゃないよね。だって、ミトコンドリアの遺伝子を何万個と集めて系統を書くわけでしょ？系統を書くって言ったって、コンピューターが書くわけであ、解析して、そんなことを高校生に教える必要は全然ない。進化学が勝負しているのは、例えば今、ミトコンドリアの配列が、いろんな生物について分かりつつあるわけ。ゲノム全体の配列も構造も分かりつつあるわけ。で、その一方で蓄積しつつある膨大な情報を、どれだけ上手く説明できるかってことだけで勝負しているんだよ。

でも本当のサイエンスっていうのは、もちろんそういう…、上手く言えないけど、静的なデータを説明できるっていうだけじゃなくて、やっぱり、その生理的な実験を組んで、実験によって証明するっていう部分が、たぶん科学全体の歴史の中ではそちらの方がより大きいはず。非常に進化っていうのは、そういう意味では非常に偏っていて、ただ配列されたデータをどう説明できるのかってことだけなんだよね。実証できない学問。そこがやっぱり問題があって、そういう類の研究をしてる進化学者の仕事の内容に対してね、本当に生物学者として…、いや、あんまりやりたくないなー（笑）。やっぱり実験によって何かを明らかにするっていうことが一番おもしろい部分なんでね。生物のおもしろさは仕組みにあると思う。そしてその仕組みは、生物に広く共通している仕組みであればあるほど、発見するっていうか知る喜びも大きいはずで。

進化っていうのは、なんて言ったらいいかな…、進化の謎っていうのは、ある一点に集約するものじゃない。で進化じゃなくてもね、例えば今流行の細胞内情報伝達だって、ある一点で絞れるものじゃなくて、結局分かれば分かるほど、複雑なネットワークがそこにあることが分かって、ある一点に集約するわけじゃない。だからそれは進化以外でもそういうことはあるんだけど、たとえばホジキン・ハックスレイがさ、神経の興奮伝道の仕組みを説明できる理論を出して、実際に生理学的な実験をして、それを証明したわけだよ。で、結局分かったことは、膜のイオンの透過性が順次変わっていくことによって、膜の興奮が伝導していくという、ただある一つの仕組みが明らかになった。

生物全般の基礎知識を教える以上の何かを高校生に与える時に、それが進化じゃ嫌だなんて気はしますけどね。まあ、分子生物学の基礎は是非教えて欲しいね、高校生全般に、特定の高校生じゃなくて、高校生全部に教える基礎知識として、分子生物学の基礎は教えなきゃいけないと思う、これからの時代ね。例えば遺伝子組換えの食べ物とか、あとクローン牛の肉とかさ、それがどういうものなのかが分からない…。主婦に「あなたは一度も遺伝子食べたことないですか？」って聞いたら「あるわけないでしょ」って答えたっていう（笑）。組換え食物のことから派生して、遺伝子そのものも毒であるっていうことになってしまうと、そういう誤解を防ぐのが教育の役目な訳でしょ？そういう意味でやっぱり分子生物学を教えなきゃいけないよね、これからはね。それに関わるいろんなことがこれからいっば

資料3. インタビュー

い出てくるから。

理系にいつてさあ、サイエンス的なものに触れるわけじゃない、高校で。その中で生物学っていうものが、実は社会とか歴史とかに近い教科であっても、いろんな生命や生物の現象に触れるっていうことは、いいことだと思うんだよね。要するに物理学みたいに、これじゃなきゃいけないというようなことではない学問が実はあるんだっていうことを知ることはいいことだと思う。でもそうやって行くと、最低限どこまで教えなくちゃいけないかっていうことに、全然結論が出なくなっちゃうけど。

系統分類にも限界あるよねえ。教えようと思ったらすごい時間かかっちゃうしねえ。教えても興味持つ子しか絶対に持たないし。それを生物学として教えるっていうのは、かなり難しいんじゃないかな。もちろんあるものを、ある現象を追っかけていったときに、例えばその追っかけてある現象のある生物が、系統の中でどの位置にあるかっていうのは、知った方がいいんだけど。ただ全般的に植物の分類はこうですよっていうこととか、花卉とガクの違いがどうのこうのとかさ、ジャガイモは茎だけどサツマイモは根だとかさ、それは生物学ではないというか、生物学に無理やり押し込まなくてもいいような内容の気がする。

発生で思い出したけど、今生物学で発生学はすごいよね。もう主流は発生学みたいな、生物学の。だけどそれが、一般的な高校生に対して発生学をどの程度教えなきゃいけないかっていうのは、さっき話したのとも関係するんだけど、今実際の生物学の勢力、勢力図と、高校の生物の教える内容とは切り離すべきだと思うんだよ。そうすると、発生学というのが、教えないほうがいいとは思わないけど、それほど重きを置かなくてもいいと思う。ただやっぱり、発生に興味を持つ子はいるんだろうから、そういう子のために教えなきゃいけないんだろうけど。結局高校で教える発生学っていうのはさあ、尾芽胚がどういう形になっているとかさあ、そういうことでしょ…、あまりおもしろくないよね。

「普通の高校生にぜひ学んでおいて欲しいものを、何点でも」

分子生物学の基礎ね。それから、できれば遺伝学、古典的な遺伝学。それぐらいでいいんじゃないかな。

「生態はテレビで？」

生態学はNHK特集。

「系統分類は別の授業とかで？」

系統分類もNHK特集。

「人間の体の組織・器官なんてところは、必要ない？」

人体の神秘。NHK特集で。

「発生は？発生、進化は？」

発生、進化…。やっぱり発生は教えてもいいのかな。進化もNHK特集の方がいいでしょう、きっと。

国立大学講師（動物系統分類学）U氏

（高校の生物で教える必要があるとしたら）発生をやるのならば発生をやってもらいたいけれど、発生と生態と遺伝くらいでしょうね、必要なのは。社会人としては。

細胞なんかは発生とひとくくりにしてしまっていていいと思います。遺伝なんかも、遺伝の知識の基本的なものは知っていないとやっていけないじゃないですか。生物学者になるのではないにしても、普通にこれくらいの社会生活営んでいくならば、病気だってするだろうしね。もっと生物学的な問題も政治のうえで出てくることだって、最近はあるんだから、そのために基本的な判断能力の基礎くらいはあった方がいいと思う。まあ、細かい節足動物がどうの、とかはやらなくてもいいとは思うんだけど、どんなもの（生き物）がいるんだってことくらいは絶対にやりたいけど、出来ますかねえ、いまどきの生物の先生に。

（生物の多様性ということに関して）現場の先生自体がわかってないですから。多分大学（の生物の先生）も含めて。ただ環境問題に絞っちゃってもいいと思うんですけどね。環境問題を理解するための生態学という知識。（生態の勉強って）暗記ものになっちゃうじゃない、気温と降水量の関係で何とか林になるとかね、二次遷移がどうたらこうたらとかやって、木の名前言えたってしょうがないじゃない。

（進化って）あれちょっと生物学のなかでも異色の分野って感じがするからさ。分類学自体はとても古いんだけど、進化ってなるとこれは結構新しいんだよね。最初に学問として取り上げられるようになったのはダーウィンで、それ以前に進化っていう考え方はあったけど、なんていうか、哲学みたいに語っていただけだから。系統分類という考え方で一緒にいれてもいいし、あと地球の歴史を認識するという意味で入れてもいいかもしれない。

ああ、それで思い出したんだけどね、生物学に限らず、自然科学のものの考え方自体を学ぶ機会があってもいいなと思うね。科学を信じているとか、信じていないとかというものの言い方があるじゃない。進化論を信じてますか、なんて聞かれると困るんだけど、自然科学というものは、とりあえず最もらしい説明の体系でしかないなんてことを、逆にね、教えていってもいいような気もしているんだけどね。直接見たものしか信じないなんて、ようするに進化は実証できないなんていう論理がいかにも馬鹿げているか、ということをちゃんと教えてやった方がいいんだと思うね。科学的に真実であるってことくらいまで調べればいいということだと。そんなこといったら原子の存在だって誰も見たことないんだから、原子というものを想定すると、周りの現象が上手く説明できるというだけだからね。じゃあ織田信長の存在をどうやって証明するのって聞くんだけど、見た？君？会ったことある？って。だからまあ、文献にちゃんと記述があるわけだし、その人の存在を仮定すれば、日本史の説明がうまくいくと、それだけの話なんだよね。

（高校生物のここが不要だろうという点を問われて）ここ詳しすぎだな。それとこれも詳しすぎだな。環境と動植物とかの、ホルモンとか構造とか。基本的なところはあったほう

資料3. インタビュー

がいいと思うんだけどね。ここが暗記の一番多い部分でしょ？ここら辺だとまだ、さっきの考え方（社会生活に必要な知識という考え方）があって、それにプラス暗記がはいるから。これはこういう流れがあって、こっちは完全に理解していないと。逆にこれくらい知っておかないと、これから世の中やっていけないでしょう。これ生物の仕組みかもしれないけれど、物理みたいに流れってものがないね。作れば、むりやりにね、多様性のあるものって出来るんだけどね。

流れがないのに、生物の教科書にも流れがないから、で、生物の先生にも流れがないから。工夫はしているとは思うけど。確かに、これが生物の中心にきてもいいんだよね、DNA・RNA・タンパク質っていうのがね。セントラルドグマだから。個別にやっていけばいらないところはないんだけどね。交感神経とか副交感神経くらいは知っておいた方がいいんじゃないかとか、だんだんそういうレベルになってきてしまうからね。だからまずは、組み立ての問題なんだけどね。どういう流れで組み立てるかってことを最初に考えてから、個々のジャンルをつけていけばいいと思うんだよね。それで多様性を中心にしてやるって言うのなら、それなりに出来るだろうし、発生を中心にしてあとは色々つけていくんなら、発生学なんて受精卵から一個体出来るまでやるんだから一応全部入ってきちゃうからねえ。だから生態を中心にするなら、またそれなりの個々の生物より上のレベルでまた一つの組み立て方ができると思うから。

俺らが教わった時から、結局高校の生物は進歩してないもんね。

国立大学助教授（理科教育学）M氏

そうですねえ、一般的に生命概念概念というと、代謝と生殖という大きな柱がありますよね。だからやっぱりそれをメインにして組み立てるのが「筋」じゃないかな、とは思ってますよね。その、アカデミックな考え方で言うと。そうすると生殖の方はどうしても遺伝と発生というのはセットになっていて離せないと思うんですよね。代謝の方はいまいち、自分そっちの方の教材を扱ったことがないから、ピンとこないですけど。そうなるとその枠組みには生態の方は全然入ってないんでしょうね。やっぱり科学的な手法が全然違いますよねえ。だから分子生物学やっている人から見ると、かかってなかったっていうか、そういう目で見ちゃうみたいですね。そういう目で見るとやっぱり入ってこないですね。でも、確におっしゃるようにオールラウンドで考えると、やっぱり欠かせないですね。

進化ねえ…、考え方としては非常にわかりやすくなると思うんです。生物の構造を見るにしても、この前お話ししたように、比較することによって共通性が見えてくるのならいいのだけれど、進化の、なんていうんですかねえ、証拠と言ったらおかしいんですけど、学説って言ったらかわいんですけど、それが非常にバツとしたものだから、それをあんまりしつこくやるのはどうかとは思ってますよね。これはやっぱり、今やっている、確かに分子生物学で進化の後付みたいなことやってますが、でもちょっと学問としては進化は、ちょっと違うんじゃないかっていう感じがしてるんですよね。だからそんなに詳しくやる必要はないんじゃないかと思っている。むしろ発生が中に入っているとおっしゃったんですけど、生殖・遺伝の中で1つのパートとして入れるくらいの感じで、そんなに大々的に扱うのはどうかと思うんです。ただ、さっきおっしゃったみたいに、最初の方に持ってくるっていうのはいいかもしれませんね。後のいろいろな説明が非常にしやすくなりますよね。今日本だと進化は（生物）Ⅱだったり最後の方になっていたりするから。そういう意味ではいいかもしれないと思います。それから進化っていうのはちょっと生態学に似ているところがあると思うんですけど、結構オールラウンドかもしれないと思うんです。進化っていう言葉自体に、いわゆるなんていうかミスコンセプションっていうか、ものすごくあると思うから、それを払拭するには、やっぱりほんとはオールラウンドでポイントだけ扱うのはいいのかもしれないですね。

それでこれはまあ、サイエンシフィックリテラシーで、一応いろんな科学技術用語を調べたんですけど、メインがインターネット・DNA・放射線・科学的な研究・分子、これがまあ五つくらいの選択肢で聞いて、[よく分かる・大体分かる・ほとんど分からない・分からない]の中から一つ選ばせるわけですね。そうするとDNAに関しては[よく分かる]と[大体分かる]が74%あるという話を、ただこれを年度比較してみると、1987年の時に15%しかなかったんですよね、で18(%)、18(%)でここら辺でばーんと増えて、今ものすごい伸びだしているんです。だから非常にDNAの認知度、ただこれは本人が[分か

資料3. インタビュー

る・大体分かる] といっているだけで本当に理解しているかどうか分からないんですけどね。それだけやっぱり認知度は高まっているのに、生物Ⅱでしか扱わないっていうのはどう考えてもおかしいですよ。むしろもう中学校くらいでも、テーマとしては出してもいいぐらいじゃないですかね。まあ、実際分かっているかどうかという、やっぱり分かってないということが分かるんですけどね、どこで見つかるかとかすると、こんだけバラバラになっちゃうから。

確かに生理関係のところはそうかも（些末な知識がたくさん詰め込まれているかも）しれませんね。まあ自分がいつも扱わないから。これ前に言ったかもしれないですけど、毎年医大の入試問題作っているんですよ。うちはほとんど小論になっちゃって、ほとんど内容やることなく、医大はただ、二次試験ですから生物Ⅰ・Ⅱ両方含んだ試験なんですけどね、毎年作っているんですけども。生理関係ってのは…、まあ落とすためにある試験ですから、医大の場合は。細かいところ聞きますけどね、確かにこんなことやっていてどうなるのかと。まあ医学部だからね、結局は全部覚えなければならぬですからね、彼らは。むしろさっきのDNAの話じゃないですけど、免疫の話なんかはやっぱり、もうちょっと生物Ⅰで扱えるといいんじゃないかと思うんですけどね。あれもⅡのほうですよ。いや、Ⅰのほうに少し）入ってますかね。ただ、あんまり詳しいシステムだとかメカニズムになっちゃうと、Ⅰでは苦しいかもしれませんけど。さわりくらいはねえ。免疫…これだけ病気の話とかよく新聞を賑わしますからねえ。そのなんていうかな、誤解を招かないようにするためにも、いるかなあって思うんですけどね。どうしても、増やす方しか考えがいかないんですけど。

（細胞はどこか前の方でというのは）いいと思いますね。そのアイデアはいい。凄いですねえ、これもねえ、めっちゃくちゃでてるんですよ、このホルモンの仕組みがねえ。

（この辺を大胆に切るっていうアイデアに対して）はい、特に異論はないですねえ。

資料3. インタビュー

県立高等学校生物（教諭・教頭）Y 教諭・M 教諭

今の生物IBをやっている、やりにくい点っていうの、いくつかあって、1つは細胞が一番最初に出てきますよね、そこが非常に教えにくい。例えば、葉緑体・光合成といっても、内容まで突っ込めないところがある。で、細かくは光合成のところで、葉緑体も取り扱ってことになるものだから。最初の細胞のところの授業は、ちょっとやりにくいっていうのは毎年思っています。本当の概論で終わって、もうすぐその次の内容に入ってからっていうパターンが多いですね。

ただ細胞のなかで、まず葉緑体にしろミトコンドリアにしろ、そういうものがあって、細胞が一種の化学工場みたいな形で、色々なものを作っているんだよっていうイメージだけは、かなり強かにインプットしておかないと。その次に実際に光合成や呼吸をやったりした時には、何がどうなっているのか分からないんじゃないかなってところありますよね。だから細胞の扱いが、上手くやらないと面白くない。だから生徒達の頭の中には、「細胞って、なんか非常に複雑で難しいことをやっているのがあって、それがいっぱいからだの中にあって、それがどうも集まっているらしい」と、それだけはイメージとして捉えてもらいたい。で、その次はね、今教科書見るとあんまり載ってないんだけど、組織のことがありますでしょ？それがやりにくかった。今はあんまりやらないんですね？

やっていますよ、生物IBで。

器官も含めてね。組織は特に動物なんかはもう、これはこうです、これはこうですって一方的に説明するだけで、実際には、だって神経っていったって、神経のところでやるんだから。骨格って言ったって、分からないですよ。実際には消化と吸収のところでやるんですよ。ただそういう細胞が、同じような大きさと同じような形のものが集まっているんだよっていうようなことを、あんまり説明を私はしないで、自分が作ったプレパラートがあるものだから、それを生徒に渡してくれぐれも割るなって。ここんところで、何とか組織だ、何とか細胞だってあるでしょ？あれはねえ、面白くないと思うよ。

生物学全体がわかっている人にとっては、面白いし、大事なことだっていうのが分かるんですけどね。そういう発想でいうとね、同じくね、分類のところはやりにくいですね。そういえばあそこも、血管系が何とかかんとか、消化器系が何とかかんとかって分類していくでしょう？あれもよく時々テストに出てくるけど、確かにあれも大事なことだけど、生徒にとっては面白くないし、あそこの授業が面白っていう先生は聞いたことがない。

重要なところですよ。ねえ。

重要なところですよ。重要だってことは分かるけど…。

やっぱり進化とかと結びつけて考えないと。

だから、そういう全部が見えて初めて面白いと

生理のところですね、ホルモンのところは、まあ血糖量もそうですし、性ホルモンのとこ

資料3. インタビュー

ろもそうなんだけども、かなり将来の病気とも関係が深いので、そこは丁寧に教えるようにする。で、特にフィードバックってことを常に頭に入れながら。そして、そういう極微量な物質によって体がコントロールされている不思議さ、神秘さ、そういうことを裏にもちながら、授業をやることは大事じゃないかと。

先ほど丹沢先生がおっしゃった、覚えることが非常に多いところですけど、自分の体の中のことだから、授業としては生徒は結構興味深く聞いていると思いますよ。ただ、先ほど言ったようにいざ、っていうと覚えることが非常にたくさんできて、なおかつ実感がないじゃないですか？痛いとか痒いとか、そういうのがないもんですからね、どれくらい分かってきているかは分からないですけど、興味はもって聞いてくれるとは思いますが。だから、例えば血糖値の調節はフィードバックの仕組みと性周期のことだけとかね。決定して、まとめてしまうとかね。

僕もねそれでいいと思うんですが、逆にね、ものすごい数あるじゃないですかホルモンの種類って、だから実は、内容としてやるのはこれとこれだけど、ものすごい数の化学物質が体内で働いているんだよっていうことだけは、紹介だけはしてやりたい気がする。覚えるとかテストに出すとかそうじゃなくて。

今、ほとんど解剖とかの経験ってしてないですよ。心臓が実際に動いているの見たことある子って高校生に何割いるのかな？調べてみると面白いかもしれない。

カエルの解剖やったことのある子が、クラスで2・3人ですね。

その子は心臓動いているの見てるんですよ。

それはやっぱり附属の…、そういう関係の。一般の中学校ではやってないですね。この間たまたま聞いたんですけど。それからカエルの卵を見たことがある、あるいはイメージを浮かべることができるっていう子が、クラスで、40人のクラスとして、14、5名。で、少ないクラスになると10名くらいしかカエルの卵自体をイメージできない。この間扱ったホタルの発光はもっと割合が少ない。ホタルが光っているのを見たことのない子が多い。

生物の場合ね、発光のところは安易にホタルの発光ってやるんだけど、ホタルって見たことある子がね、先生おっしゃるようにはないんですよ。それから発生ところでイモリが出てくるでしょ？イモリなんて見たことないんだもん、まして卵なんて。だからこう、違う世界の話を聞いているっていうか、こう現実の世界じゃないんですよ。

それであとね、やりにくいって事で、物質の説明が一切ないですよ。だからブドウ糖・グルコースは何かとか、タンパク質・アミノ酸って何かっていうのが、消えちゃったんですよ生物の教科書から、IBに変わったときに。それでですね、ちょっと正直困って。化学的な扱いが一切なくなってしまったので、ちょっと生徒が分かってないんじゃないかと思うんですよ。ただ名前だけで理解している。

(生態学の学習に関して) 高等学校で教えないとなると、高等学校卒業して生物学とは全く縁のない道に入る子にとっては、生態学っていうものを勉強するのってそれで終わり

資料3. インタビュー

になっちゃいますよねえ。そうするとこれから自然保護だ、エコだなんだかんだ言った時に、それがなんだか分からないと思うんですよね。そういう意味では、もちろん生態学っていうのは勉強させる。ただ、非常に大事なことだと思うんだけど、それをなんとかもう少し面白くできないのかなあ。

どうしても日本の教科書っていうのは、言葉の説明とかそういうもの、新しい言葉が出てきてどうのこうのといった事で。だからまた面白くなくしちゃってるね。

発生から遺伝にかけてはすごく大事だと思うんですけどね、ただね、遺伝っていうと、やれ9:3だ、9:7だ、9:3:3:1だって急に確率っていうか算数の勉強が始まっちゃうんですよね、あれが面白くないと思うんですよね。

遺伝子のところを上手く扱えないかなって。

それはもう外せないでしょうね。分子遺伝学。あんまりねえ小難しいことじゃなくて、それこそねえあの辺の遺伝のところは、なぜDNAが遺伝子そのものだってことがわかってきたかっていうことを、歴史的にたどっていくと面白いと思うんですけどね。こういう観点で、こういう実験をして、こういうことがわかってどうのこうのっていう。

(世代交代のところは) いらない。いらないって言ったらあれですけど、世代交代のところはあんまりこう、生徒はのってこないんですよね。

あれもですね、調べたんですこの間。スギゴケっていうて分かるかって。もうほとんどの子が分からないですね、ゼロに等しいです、クラスの中で。で、シダっていうても、本人は分かっていると思うんです。見たことがあると思うんだけど、じゃあどうだっていうと、ちょっと自信ありませんっていうことなんですよね。生活環のところに関連して、そのシダとかコケとか、それが他の種子植物とどこがどう対応するかとか、あの辺はいやなとこですよ。

入試のためだけにやってるっていうか。

そうですね。

ただあそこも植物の進化っていう観点から捉えると、重要で面白いんですよね。

オーソドックスな遺伝を簡単にやるだけでいいと思うんですよね。で、そこから遺伝子っていうのが染色体の上に乗っかっているんだっていうことがどうやって分かってきたかっていうことですよ。それからさらに、遺伝子の本体がDNAだってことがわかってきた歴史をたどっていけばいいと思うんだけど。あそこのところでやれ何々性遺伝だとか何とかかんとか。

遺伝子の相互作用ってねえ、あれはいらないと思うよ。で、僕も逆に遺伝病の話をちょっとしてあげたいなって。だからメンデルの法則をきちっとやって、遺伝病に移って、で今先生がおっしゃった、やっぱり遺伝子の方へ移っていくっていうパターンにしないと時間の無駄じゃないですかねえ。

遺伝のところへもとへ戻るけれど、複雑な枝葉のところはやめて、根本のところだけで、

資料3. インタビュー

そして分子遺伝にぱっと入ったほうがいいような気がしますね。そうすると生命は不思議だなあっていうことと、その不思議なものの一つが自分だなあっていうところまでね、わかってくれれば。まあ、遺伝がどうのこうのはどうだっていいっていったら悪いけど。

けど僕最近ねえ、ほんと痛感するんですよ、面白くない、高校の生物は。まあ3年生相手ですからね、言いやすいんですけど、大学にいったらそんなことないから、すごく面白いから。生命科学を希望している子は頑張りなさいって言い方を、どうしてもしちゃうんですよ。覚えることばかり、覚えるだけで、これが楽しいっていったらそのほうが逆におかしいって。

光合成の回路なんか、それから呼吸の回路。あれもどの程度やればいいのか…。それこそ化学なんかやってないのに、あんなところで糖の構造まで書いてどうのこうのってやる必要があるのかって思いますねえ。

あとねえ、エネルギーが困るんですよ、ATPを含めて。

あれは、生徒は分からないね。

あの、エネルギーの概念がやっぱり、我々もそうなんですよね、なんか今ひとつつかめてないんですよ。だからいきなり生物でエネルギー、じゃあ光エネルギーもうそうですけど、光合成もそうなんですけど、ATPが出てきてその結合の中に含まれていてどうのこうの。でそれを使ってって言われてもね、僕自身も分かんないですし。

要するに化学エネルギーですよ。

安易にエネルギーっていう言葉を使いすぎているっていうか、それで分かったような気になってるっていう疑いがね。

だからなんかあそこを上手く処理できないかって思うんですけど。チトクローム系なんかのね、出てくる場所だってね、あれ分からないですよ。であと光合成の光化学系の1だとか2だとかあるじゃないですか。ああいうところだって、僕自身も勉強不足でよく分かんないけど。あとアセチルコリンの神経伝達物質のところも、どうしてって。でもそこを勉強すると面白いと思うんですよ。それが残念ながら高校ではできないもんだから。

さっきも言ったように、事実だけを書くのも大事なんだけど、そこのところからなんかこう、背後のね、バックボーンがにじみ出るような教科書っていうか、構成っていうかね、それが欲しいと思うね。

平成 13 年度～15 年度 文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究(C)(2))
研究成果報告書 (課題番号 13680198)

多分野の人的資源を活用した高等学校生物カリキュラムの
新しいフレームワークの開発

平成 16 年 3 月

発行者 静岡大学教育学部 丹沢哲郎

印刷 トップラン・フォームズ (株)

静岡市日出町 7-7 054 (254) 0257
