

高等学校の生物教育の現代化の方向

三 橋 一 夫

1. はじめに

最近の科学技術の進歩に対応する教育の改革を「教育の現代化」と呼ぶなら、理科教育がその中心となるのは云うまでもないことであろう。

こうした要請に応じて、物理におけるPSSCやハーバート計画、化学におけるCBAやCHEMS、地学におけるESCPなどと共に、BSCS生物学がアメリカ合衆国で生まれ、中等教育における生物学の新しい方向を大胆に示すものとして大いに注目されている。その後、イギリスにおけるナフィールド計画、20カ国から90人が参加したOECD生物教育セミナーの開催など、理科教育の改革は今や世界的規模で取り組まれている。

ひるがよって我が国の現状を見ると、いろいろな制約がからんで中等教育における生物学の内容は容易に変わず、現代化の流れから次第に取り残されていく危惧を抱かせる。ちなみに現行の教科書を並べてみても、どれも同じような内容を網羅的・平面的に記しており、この問題と意図的に対決したと思われるものは見当らない。しかしこうした現代化の嵐は日本を例外におく筈はなく、BSCSの回数にわたるセミナーや大阪会議等で独自の試案が作成されるに至っている。

このような現代化が推進される為には、①教育内容の現代化と、②獲得した知識の発展と一般化をねらった授業方法が考えられねばならないが、ここでは主として前者について考えてみたい。

理科は過去に生活学習の影響を特に強く受けているので、日常生活と生徒に中心をおく考え方が残り、それが複雑な内容を必然的連絡なしに羅列する傾向となってあらわれている。これは生物学において特に目立つのであるが、もっと学問の系統性・構造的に基いて精選した内容を準備しなければ、加速度的に増加する新知見を吸収し切れないうし、ばらばらで一般化のできない硬直した知識に墮してしまうと考える。

現に、物理では力学と電磁気学を中心とする体系化が試みられ、化学では化学結合に重点をおいた体系化が研究されている。これに対し生物学では、生物界があまりに複雑に過ぎ、また近代科学としての生物学が誕生間もないため、生命現象自体が現在つかみ切れていないので、物理・化学のような支柱がなく、すっきりした体系化がむつかしいものも当然と云わねばならない。生命現象の本質をどうとらえるかによって、生

物学の現代化の考えも随分色合いの異なったものになってくる。

生物教育の現代化には色々の問題点を含んでいる。これを幾人かの生物学関係者の意見から考え、また現場で実施した例の一部をあげてみたい。

2. 高校生物教育に関する調査

高等学校における生物教育の現代化について、どのような意見があるかを、面談によって調査してみた。

1. 高等学校（中学校）における生物学を現代化するにはどうしたらよいとお考えですか。
2. 生物(学)の基本概念——生物学を学ぶ場合の柱として——をどのようにお考えですか。
3. アメリカにおけるBSCS生物学の行き方について御意見を聞かせて下さい。
4. 現行の生物学の教科書について、新に取り入れられたり重視した方がよい内容と、切り捨ててよい内容を指摘して下さい。
5. 生物学に関する中学校・高等学校の関連をどうお考えになりますか。
6. その他生物教育についてお気づきの点を聞かせて下さい。

A (大学・工学部・電子)

1. 系統化、体系化ということは大いに心掛けるべきで、生命現象は非常に複雑であるから、それを総合的に見る立場を忘れないことが大切であろう。しかし系統即ち学問の第1線という考えは誤りだ。
2. 生物はエレクトロニクスで云えば情報が多すぎる。これを大づかみにして全体的な見方から生命を考えたい。
3. 行き方としてはよいが、ある分野にかたよりすぎないよう留意しなくてはならない。
4. 生物は近代科学として分析的に研究されている。これを知らずに総合化はあり得ない。分析と総合を如何に関連させるかが最も重要な問題で、分類学をこうした面からもっと見直してよいのではないか。
5. 中学・高校の時代は最も感受性が強いときなので、各教科・科目でばらばらにその領域内のことを扱うだけでなく、一貫してものを考えるようにしたい。従って生物学も物理・化学と関連させ統一的なものの見方を養うことに努めてほしい。

B (大学・医学部・外科)

1. 生命の根源にせまるという立場をいつも意識していくことが前提である。
2. 物質代謝・エネルギー代謝が中心となるべきと思う。構造については代謝を理解する前提として、代謝の学習と平行して学ばよいのではないか。生物学学習の目的は、生命現象の複雑・精妙さを教えることにあり、それが生命の尊重へつながっていくのである。
3. 生物関係の専門家になるものが、一般教養としての生物学終了後に学習するならよいが、現行の中学の知識の上にたちいきなり普通高校でこれを学ぶには内容がかたよっており高度すぎる。
4. 現行程度の範囲には一応目を通しておくべきで無理に的をしぼるのは賛成できない。生物学研究における重要な歴史的発見をもう少し入れその意義を考えさせること、保健で扱っている疾病(脳・心臓・ガン、感染・炎症・腫瘍・ショックなど)をとり入れ生物学的に見ることを望みたい。
6. 新しい生物学的・医学的知識の上から訂正すべきことは早く改めるべきである。例えば輸血の場合、同型間で行うのが医学の常識であるのに、生物の教科書ではO型を万能給血者とする扱いが残っている。

C (中学校教諭)

1. 生活とか興味に密着することも年齢的に考えて大切ではあるが、もっと理論的裏付けを重視する必要があり、これが科学的態度を養い現代化にも通じることになる。
2. 生命現象を抽出し一般的に理解することと、それが個々の生物でどう具体的にあらわれるかということとをよく関連させるのが中心となるべきであると思う。
3. ねらいが重要であると思う。中学でこれだけ分野をしぼることはできないと思うが、BSCSの基本的考え方は大いに参考にして学習指導が為さるべきである。
4. 生物に関しては中1の内容に最も問題がある。余りに「生物に親しむ」という考えが強過ぎ、学問的内容が少い。中1では生態学的に生物を扱い、分類は中3の進化のところでも総合的に扱うということも考えられる。1分野・2分野のわくをはずして統一科学として編成できないか。
5. もう少しねらい方を変えたらどうか。現状では重複が多すぎる。例えば中学では人体中心、高校では人体を大中に除く。
6. 現代化に最も重要なことは、理科教員の再教育であると考えられる。

D (高等学校教諭)

1. 高校生物の内容が、学問の全分野にわたるのは広すぎる。もう少し重点的に取扱うべきで、その方向としては生化学的なものを中心になると考えられる。
2. 生命現象を物理的・化学的に説明することが、現代生物学の中心課題であるから、高校生物学でもこうした立場で生命を扱うことに重きをおくべきである。
3. BSCSの目指す方向は大いに参考になるが、日本の高校でこれを実行するのは無理が多い。即ち、中学校の生物学学習が低次過ぎること、内容が限定されているにもかかわらず分量が多いことなど。
4. 生理学の分野——特に栄養・光合成・呼吸・神経生理などをもっと深め、形態・分類の細部は省略するという行き方で、学習内容に柱をつくり整理する。
5. 学習にはくり返しも重要であるが、現在の中・高生物に関してはむだなダブリが多すぎる。中学生は分類に興味を持つので、中学で形態・分類、高校で生理という重点のおき方をしたい。
6. 現在の教科書は画一的過ぎる。化学的説明に重点をおいた普通高校用、分類・形態・生態を中心とした農業高校用、栄養学・食物理論などが扱われている女子高校用など、少くとも用意されるべきだ。

E (高等学校教諭)

1. 新しい生物学(分子生物など)と現在の高校生物学の内容との間の溝をどううめるかが現代化であり、何れかに偏することなく両者の調和をはかる努力が現場で為されねばならない。
2. 所謂2大本能——個体維持と種族維持が生命の本質であり、高校生物もそこに的をしぼって学習されるべきであると考えられる。
3. レベルが高く、現在の高校1年生では理解し切れないと思う。考え方はよいし、特に実験には参考になるものが多いが、日本の現状とはかけはなれすぎている感じがする。
4. 現行の高校生物の教科書はまともすぎる位まともまっている。教科書としてはこれでよいとも云える。
5. 現在程度の中・高の重複は必要であろう。
6. 高校生の学力の上下差は極めて大きい。これを画一的に教えるところに問題があり、生物学教育の現代化が高度化だけを考えていては大きな誤りをおかすことになる。

F (科学教育センター・主事)

1. 現代化を考えるには、内容面からの改革だけではどうにもならない。先ず環境面から、①小中高を一

貫するカリキュラムの検討 ②予算的裏付け ③理科教員の時間的余裕, 内容方法面から, ①基本的原理・法則を導く過程の重視 ②教材の精選 ③学習形態の工夫 ④適正な評価の方法, 最後にこの両面にまたがる現職教育の問題が取り上げられねばならない。

2. 生命として生徒が漠然ととらえているものを大切にし, それを前提として生物教育を考えたい。
3. 必ずしも賛成できない。こうまで新しい内容に追従する必要があるか。従来の内容で科学的考え方は十分養える。DNAのくわしい構造や働きなど一般の高校生の手におえまい。
4. 教科書の内容より, 科学的原理・法則の筋道を重視する指導法を考えるべきだ。
5. 小中高の重複を整理したい。分担範囲を明確にし, 例えば外呼吸は中学, 内呼吸は高校でというようにする。教育内容は専門学者が中心となり, その履習順序・小中高の配分・指導法は教育の現場のものが中心となって立案すべきであろう。
6. 生物の世界は複雑多岐で, 一つのバックボーンでとらえることはむづかしい。徒らに高度の問題を取り上げるより, 低次元のところに重要な課題があることに注目し, 素直に自然発生的に生物と取り組むことを忘れてはならない。系統化・構造化と云うことを安易に使用することは危険で, 学問的位置を客観的に十分確かめることが大切だと思う。

G (大学・動物学・実験形態学)

1. 複雑な内容を何らかの筋道を通して学ぶことは必要。生化学は重視されなくてはならぬが, 高度化が分類・形態を無視するようではいけない。高校生の理解の範囲でどこまで現代化するかが問題である。
2. 生命とは何かということ, 形と働きを表裏一体の関係において追求していくこと。そしてその多様性を系統発生の立場で理解させる。例えば無気呼吸を生物進化の最初の段階のものとして理解する。
3. 青版は大変意欲的であるが, これを日本の科学的に立ち遅れた家庭・社会を基盤として使用しては, 生命を全体的に把握することができないのではないか。この点, 全体としてとらえた生命を生化学的に見ようとしている黄版の方が日本の高校には適用しやすい。緑版は実業教育的であるが, この面で日本の生物教育は最も遅れている。野外観察を大切にしたい生態学的見方をもっと取り入れねばならない。
4. 個体発生と系統発生を重視し, 分類・形態・生理もこの面から理解させたい。細部の構造・名称, 例外的事象で本質をはずれたものは大胆に削除してよい。
5. 中学校では体系をくずし, 生物に対する興味関心を大切にして観察実験を多くし, 高校では理論的に

組み立てた系統性を柱にしたい。

6. 理科教育を家庭や社会にどうとり入れるかを考える必要がある。現状ではそうした基盤がないまま, 学校に理科教育が全面的にまかされている。現代化の問題を考えるとき, 高校入試・大学入試が大きな障害となる。入試を除外した純粋な立場と, 現制度を肯定した立場と二本立てで考える必要があり, 入試制度の検討を忘れてはならないと思う。

H (大学・動物学・実験発生学)

1. 現在の総花的取り扱いを重点的取り扱いに変えることを考えなくてはならない。
2. 生命の化学的理解→特にエネルギー代謝に重点を置きたい。しかしこの場合, エネルギーがどうして発生するかということに立ち入って考えることが大切で, 途中を省略し結果だけ覚えるのは無意味であり, この過程のなかで生命の特質を理解させたい。
3. 日本の高1で学ぶには化学式などくわし過ぎる。しかし他方では化学式をあまりむづかしく考える必要もないわけで一種の記号・文字としてなじんでいけばよい。こういう意味から, 複雑な化学式のなかで直接反応にあづからない部分は記号化してしまうなど, 単純化に意をそそいでよいと思う。
4. 生理学を中心として「構造とはたらき」というようにまとめられないが。分類・形態・生態には少くとも現状で丸暗記的内容が多すぎる。こうした部分を省略したい。
5. 中学の1・2分野平行学習はよいが, 高校では化学の学習が終了してから生物に入りたい。
6. 高校における動物初期発生の扱いはすっきりしていてよい。ウニ・カエルという最も典型的なもので発生の経過を学び, そのメカニズムを形成体によるシワヨセとしてとらえさせている。このように個々の多様な具体例にとらわれることなく, それらに共通する基本的原理を十分理解させることが大切である。こうした意味で, 分類・進化で余り多種類のものを扱うのはひかえ, むしろ基本的な一つの例についてより下げた理解を与えたい。

I (大学・生物学・生化学)

1. 現代化といっても第1線の仕事を概観するだけでは意味はないし, 必ずしも分子生物学を知らなくてもよい。本筋をはっきり, 狭くてよいから深く本質へせまる努力が必要。
2. 望ましい方向である。しかし内容的誤り(例D—リボース→L—リボース)もあるから注意したい。
3. とにかく範囲をしぼることが必要。極論すれば細胞だけをあつかっても生命現象の理解へ到達できる筈である。細胞→組織→器官→個体という形態的組

み立てなしでも、単細胞で生きている生物もあるのだから——。重点を置きたいのは、エネルギー・脳・神経の機構面への本質的理解。

4. 中・高の分担範囲をもっとはっきりし、使用する化学式の限度を明示しておくことも必要であろう。
5. 現在の高校生物学の内容には枝葉末節的なことが多すぎる。またかつては中心的研究課題であっても現在の生物学知識からは本筋をはずれているものもある。この整理が現代化であろう。例えば記号遺伝学は遺伝の本質ではない。

J (大学・植物学・生理学)

1. 現代化は大いに必要。今の中高の生物学は、生物学の全領域を遊覧バスで一まわりする感じであるが、時には腰をすえて裏町に入っていくことも必要である。
2. 生物の特質を理解させる。それには生命現象と物理・化学現象との違い(反応がゆるやかであることなど)の理解、形態形成など時間的な理解、複雑な生命現象の総合的理解が大切である。
3. 生命現象を化学的に見るのは賛成である。数年後には日本もこういう傾向になろう。しかし化学反応一本槍で進むのはよくなく、構造があって作用がある事を考えるべきである。またある内容は物理化学へ移し、教師の研修も十分考えねばならない。
4. 生理的面を重視したいが、教科書としては現状の内容で止むを得ないだろう。そのどこに大きい比重をおくかが現場の教師の見識であり、現場が腕を振る余裕を持たせたい。
5. 戦後の教育の最大の失敗は、中・高・教養・学部 of 細分化である。そこでもっと相互の関連を考え、ある程度の分業が必要と思う。例えば、中学では分類・形態を中心とし、高校で新しい面を加味する。
6. 高校3年間における知的・精神的発達が目覚ましい。この意味で(生物の学習に物理・化学が必要という理由からではなく)物・化・生を3年間平行して学習させるのが望ましいと考える。

K (大学・物理学・分子生物学)

1. 生物教育について強く感ずるのは能率が非常に悪いということで、小・中・高・大学教養と量的には拡大していくが、質的にもっと変わってよいのではないか。高校では量は少なくてよいから、エッセンスを新しい見方で扱うようにしたらよい。しかし物・化に比べエッセンスが多く理論的筋が通しにくい。
2. 「生命現象の本質はわからない」ということが大切で、どこがわからないかを教えねばならない。今の学生は話を聞くとすぐわかった気になり、疑問を持ってことを忘れていく。高校生物の筋として、原子→分子→細胞を構成する単位→細胞……という展開

も考えられるが、現状ではかえって負担となる心配もある。疑問を持たせ筋を通すためには、内容の整理とそれを可能にする入試の改革が前提である。

3. 考え方を重視し歴史を入れ内容を整理しているのは望ましい。しかしあまりにうまくまとまり過ぎている感がある。(わかったという感じが強過ぎ、疑問をもつ余地が少い)
4. 多様性は生物の重要な特徴であるから、分類や進化を通じてこれを理解させることは必要と思うが、学習の中心は生物に共通する機能・機構・構造に置かれなければならない。
5. 中学校は現在の内容・やり方でよい。高校は中学とは質的に変え、理論的に生命現象に迫りたい。
6. 高校の生物学を中学と質的に変えるためには、ある程度の物理・化学を学んだあとで生物の学習を始めることが、是非必要と思う。現行のように高1で物・化に先立って学ぶのでは、中学の量的拡大しかできなくなってしまう。高校生には理論的むつかしき(ややこしきではなく)という抵抗感はある程度必要であろう。

以上の調査例でもわかるように、様々な——時には相反する意見も見られる。しかし一方では共通する現代化の方向として、次のようなまとめ方ができるように思われる。

- (1) 現代化が直ちに新知識の取り入れに結びついてはいけぬ。基礎的事項を重視すべきである。
- (2) 内容を精選し、特殊の例外的事項は省略する。
- (3) 内容の相互間の連絡を考え系統的に扱う。

3. 生物の系統を考慮した学習の試み

生物学習において生徒が困難を感ずる一つの大きな理由は生物界の多様性であろう。これをできるだけ系統的に関連づけて理解させることが大切であると思う。

例) 「世代の交代」から——分類と結びつけて

〔内容〕(1時間)

- ①コケの世代の交代の説明——胞子体の発育が悪く、独立せずに配偶体についている。
- ②シダ(目)の世代の交代の説明——胞子体が本体となり、コケと逆になっている。
- ③スギナの世代の交代を説明し、シダ(目)と比較させる——常葉と、胞子葉の密生したツクシとに分化している。
- ④クラマゴゲの世代の交代を説明し、シダ(目)と比較させる。——大孢子と小孢子との分化
- ⑤以上の世代の交代のようすをマツの生活史にあてはめて考えさせる。——③④の傾向がマツの花にあらわれている。

〔調査〕

実験学級→上記により授業をし、中学で学習した進化・分類と関連づけた。

対照学級→クラマゴケとマツははぶき、代りに苔類を入れ、進化・分類との関係は留意しなかった。

授業後の感想	実験学級		対照学級	
	相互の関連がよくわかった。	21	むつかしい。こまかすぎる。	15
興味深い。(系統性に対して)	18	図や幻燈による説明でよかった。	10	
むつかしい。めんどうだ。	9	興味深い。(個々の生活史に対して)	8	
分類の意味が理解できた気がする。	6	ゴケとシダの関連がよくわかった。	8	
図や色分けによって説明をしたのがよい。	6	あまり興味が感じられない。(暗記的)	6	
こういう方向に進んだ理由は何んだろうか。	3	他の植物とのつながりが知りたい。	4	
その他	5	その他	4	

小テストの結果	テ内 スト の容	コケ(蘇類)の生活史を図示し、有性世代の部分に下線を引きなさい。他に共通学習都分から小問。	得点 / 10		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
			実験学級	7	6	11	4	7	3	4	2	3	0	1	
			対照学級	3	8	15	9	4	4	2	3	0	0	0	

調査の結果は教科書の内容より高度なものを含みや難解であった反面、生徒の知的要求にある程度応えられるものも含んでいることを示すように思われる。それはまた小テストの上下巾がひらいたことにもあらわれているようで今後の問題を残している。

4. 新しい生物学の内容をどう取り入れるか

現代化が新知識を盲目的に追うことになってはいけなしいとしても、新見解に目をつわった現代化は全く無意味というべきであろう。我々はいかなる尺度で新し

い内容を取り扱ったらよいだろうか。

例) 遺伝学習の分子生物学的扱い。

〔内容〕(2時間)

遺伝子とその働き方→遺伝子の化学的性質(肺炎菌のDNAによる形質転換、ウイルスの遺伝物質、核酸分子の役割、DNAのワトソン・クリックのモデル、DNAの自己増殖) 遺伝子はどうか(遺伝子の二つの働き: 個体発生と種族維持、アカパンカビにおける遺伝子の働き、遺伝子と酵素、人間における遺伝子の働き)、DNAとRNAの役割、発生における遺伝子

〔調査〕

興味	遺伝子の本体がDNAとわかる過程	18	遺伝子→酵素→形質	5
	ウイルスの本質と働き	9	遺伝子と細胞質(発生における遺伝子)	3
困難点	DNAと酵素との間のしくみ	8	アカパンカビの例	4
	DNAとRNAの関連	6	ウイルスの例	2
質問	DNAと酵素及びRNAのつながり	8	DNAのつくりとふえ方	5
感想	興味がある	19	程度が非常に高い感じ	4
	むつかし(複雑である)	15	科学の追求のしかたがわかった	3

調査からもわかるように、比較的多くの生徒が分子生物学的説明に興味を示す。しかしただ最新の知識だからまた生徒が興味をもつからという理由だけで、高校生物学の内容を増加させていくことは、生徒の負担増をさげ内容の整理を進める意味からも十分に慎重でなければならない。

そこで、高校生物学に現代生物学の新しい知識を取り入れる場合の目安として、次の2点を考慮したい。

①生命現象を説明するうえでの本質的内容であること

② 高校生に充分理解可能な内容であること

このため個々ばらばらな感のある現在の高校生物学の内容に筋を通すような基本的な知識は積極的にとりあげるべきであり、それを生徒に理解させるためには途中の省略・記号化・モデル化など大胆な工夫が為さるべきであると思う。

ここで例にあげたDNAに関する知識などを単に新しいというだけでなく、上に記した観点からももっと掘り下げて高校で扱われてよいのではないだろうか。