

サイエンスネット

物(化)生(地)...

数研出版株式会社

SCIENCE NET

Contents

▶ 特集1 / 田中秀二 …1

▶ 特集3 / 卜部吉庸 …10

▶ 特集2 / 小田朋宏 …6

特集

1

新学習指導要領によってもっとおもしろくなる「生物」の授業

京都府立洛北高等学校附属中学校 首席副校長 田中 秀二

1. 生物の学びをアップデートする進化の視点

新しい学習指導要領では、探究の過程を通して、生物や生物現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成することを目指す旨が示されています。私たち生物教員のミッションとして、生徒「に」知識や内容を理解「させる」ことだけでなく、生徒「が」資料に基づいて「見いだして理解」したり「関連付けて理解」したりすることを授業によってファシリテートすることが同じくらい重視されているのです。そのためにも学習指導要領解説では、生徒に「気付けさせる(ことが考えられる)」という表現が多用されています。つまり、生徒が自ら考えたり、生徒どうしで話し合ったりするということが、新しい「生物」という科目では以前よりもっと容易にならなくてはなりません。

そのために解決すべき課題のひとつが「生物」という4単位科目のとりとめのなさではなかったでしょうか。実際、「生物」で生徒が学ぶ内容は広く浅く、学習指導要領も一つの事柄を深掘りするというよりは隅から隅まで一通りという仕掛けです。以前の学習指導要領の並びをおさらいすると、細胞生物学、分子生物学、生化学、発生学、遺伝学、生理学、生態学、古生物学、進化生物学、系統分類学、ざっくりですがこんなふうです。それぞれで区切り、段落をつける都合上、どうしても細切れの感は否めま

せん。前の章で学んだことと後の章で学んだことを結びつける工夫は曖昧です。細切れになるのは、幅広い知識や概念を身につけさせたい中等教育の宿命としてある程度しかたないにしても、始めから終わりまで、通奏低音(主旋律を支える伴奏)のように流れるテーマがもし明示されていれば、それぞれの章の内容を有機的に結び付けたり、フィードバックの過程によって理解を深めたり、あるいはその通奏低音そのものを見いだしたりすることが可能になるでしょう。このような学び方は、以前の学習指導要領に基づいた教科書がほとんど提示できなかったものです。通奏低音としてふさわしいものは何かと考えると、それは、理科のなかでも生物や生物現象にしかない特徴であること、しかもすべての学習内容に関わる視点を与えてくれること、である必要があります。

それなら「進化」しかありません。

検索エンジンにあたってみるまでもなく、「進化細胞生物学」「進化生態学」「進化発生学」「進化遺伝学」「進化医学」など、細分化した分野をまたいだ進化の視点が、サイズで見たマイクロレベルからマクロレベルの生物学で共有されていることは、私たちが既に知っていたことです。20世紀の進化生物学の輝かしいアイコン、テオドシウス・ドブジャンスキーが有名なエッセイ“Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”を発表し

たのは、他ならない生物教育の専門誌 *The American Biology Teacher* の 1973 年号でした。 「生物学はどんなことでも進化に照らして考えなくちゃ意味がない」という挑戦的なタイトルは、つまり「生物学を生徒がどう学ぶか」についての理科教師に向けた提言で、答えはとっくに用意されていたのです。

新しい学習指導要領解説では、冒頭の「1 性格」で、

今回の改訂では進化の視点を重視している。この視点を意識しながら、観察、実験を行うことなどを通して、生物学の基本的な概念や原理・法則の理解を深めさせ

特に、進化の視点を重視する観点から、進化に関する学習内容を導入として位置付けている

と、「進化」が「最初」に移動したことが述べられています。が、それにとどまらず「3 内容とその範囲、程度」では、その目的が次のように、かなりはっきり述べられていることは見逃せません。

なお、学習指導要領の「3 内容の取扱い(1ウ)」には、「(1)生物の進化」に関して下記の取扱いが示されており、これに配慮するものとする。

(内容の取扱い)
内容の(1)については、この科目の導入として位置付け、以後の学習においても、進化の視点を意識させるよう展開すること。

内容の「(1)生物の進化」が、この科目の導入として位置付けられているのは、生物の進化がこの科目を学習する上で重要な視点であり、この視点を意識して以後の学習を展開していくことを示している。

まさしくドブジャンスキー流ですが、上述のとおり私の解釈では、この学習指導要領の改訂は「進化生物学の地位をひき上げる」とか「生物進化の基本を若者の頭脳に叩き込む」ためではなく、高校生が主体的に「生物」を学びやすいしかけとして、おおいに機能を発揮してくれるはずのものです。

ところで、今回の改訂に際して、「学習指導要領等の改善に係る検討に必要な専門的作業等協力者」の一人として私が名前を連ねるきっかけは、京都府を中心として集まった若手の生物教員の勉強会でした。勉強会といっても、その会の主催者だった先生の目的は、「次の改訂では私たちの意見を文部科学省にばっちり反映させてやるのよ!」という具体的な行動でした。昨年、本誌に「生物基礎」の改訂について書かせていただいた折にも触れましたが、平成 21 年の改訂で近年の生命科学の急速な進歩を反映した内容を取り入れ、「生物基礎」と併せて学習内容

の再構築を行なったことにかなり満足していた私は、彼女の熱量について行ける自信がなく、なんとなく会に参加していたことを思い出します。そもそも私はそういう勉強会に参加したことも初めてだったので、どうやったら文部科学省に自分たちの「意見」が届けられるかなんて考えたこともありませんでした。ですが「青天井」と皮肉られて、持つだけで分厚さに気圧されるような「生物」の教科書が「もうちょっと学習しやすく、テーマがはっきりした読み物」に変わってくればいいのにな、とは思っていました。そんな頼りない私と、パワフルな彼女がほとんど議論もなく始めから意気投合したのが、「生物」で進化を冒頭にもってくる、ということだったのです。多くの若手と(そんなに若手ではなかった)私たちは勉強会を重ねた末、2015 年 11 月に立命館大学大阪いばらきキャンパスで開催された「次期学習指導要領への提言に向けたシンポジウム」で、当時の文部科学省教科調査官にアピールすることにみごと(たぶん)成功したのです。本当のところ、今回平成 30 年の改訂で「生物の進化」が「生物」のオープニングを飾る章に移動した正確な経緯は、協力者の一メンバーにすぎなかった私には十分に分かっていません。文部科学省の担当者に最初からあった腹案に過ぎなかったのかもしれない、他のもっと重要なメンバーから同様の提案があったのが効いたのかもしれない。ですが、この誌面を借りて読者の皆さんに、本稿のメインテーマとは別にお伝えしたいのは、今回の改訂に私たち現場の高校教員の声(たぶん)反映されたということです。次回の改訂でもそのチャンスがあるはず。特に「若手の」皆さん、次回はきっとあなたの順です。次の改訂では、学習指導要領があなたの貢献によってさらに改善されることを期待しています。

2. 「生物」教科書における進化の視点

新課程の学習指導要領が公開された後、私は数研出版の「生物」の教科書の編集に関わることになりました。ここでは、進化の視点を意識して以後の学習を展開するために、教科書では具体的にどのような工夫が仕掛けられているか紹介しましょう。「生物」に掲載されている「コラム」は合計 20 本あり、身近な内容や日常生活に関わりの深い内容を紹介して生徒の興味を喚起していますが、このうち 6 本のコラ

ムが「進化の視点」と題された分野横断的な読み物となっています。たとえば、第2章「細胞と分子」の第3節「化学反応にかかわるタンパク質」には「酵素と生物の進化」というコラムが掲載されています。ここでは、きわめてユニークな進化の産物であるリグニン分解酵素の遺伝子について、石炭の蓄積から草食動物の消化管まで進化をキーワードに縦横に記述されて、ある特定の化学反応を触媒できるタンパク質の進化が生命の歴史に大きな変革をもたらしたことが感得できるようになっています。このようなコラムは、そのエッセンスを紹介するだけでも、進化の視点を意識して以後の学習を展開することに大きく寄与するでしょう。

また「チャレンジ」と題した、各章で学習した内容をもとにした、科学的に探究する力を身につけるための題材が、すべての章末に掲載されています。このなかにも進化の視点に重きを置いたものがあるので紹介します。「第3章 代謝」の章末のチャレンジは次のようなものです。「ATP合成酵素は、原核生物の細胞膜や、真核生物のミトコンドリアの内膜、葉緑体のチラコイド膜に存在しており、これらの基本構造は共通していることがわかっている。なぜ共通性が見られるのか、「進化の視点」から、自分の仮説を立ててみよう。」。このような、前章で扱われた内容(生物の進化)の視点に立ち戻って、学習内容を深化するような「問い」は、今回の教科書における新しい工夫です。

3. 進化の歴史、系統と進化、生態学の取り扱い

進化の視点によって生物の学びを一冊の読み物のように編みだしたなら、「進化の歴史」や「系統と進化」の内容はなぜ削られたのだ、と疑問をもたれる方は多いかもしれません。これらの項目についての(内容の取扱い)は以下の通りです。

化学進化及び細胞内共生を扱うこと。

3ドメインを扱うこと。また、高次の分類群として界や門にも触れること。

つまり、取り扱いは内容がかなり限定されるというように解釈されます。新しい学習指導要領が公表されてからというもの、この軽い扱いについては辛辣な批判を私自身が聞く機会が何度かありました。た

いての批判はまったく正当で、この分野について少し工夫すれば「進化のしくみ」や「生物進化のエッセンス」について、夜道が突然明るくなるように理解できる、その考え方に私も賛同します。ではどうしてこのような「取扱い」になっているのでしょうか。私の解釈では、その理由はシンプルで、全体のボリュームをコンパクトにするためです。理解すべきことに比べて暗記すべきことが多すぎるせいで、「生物」を学ぶ入り口にも立ってくれない生徒がいます。このような事態を改善するために、いくつかの魅力的な内容に「生物」から退いていただいた、そういうことです。その結果、知識の量を競うよりも、理解をベースにして生徒どうしが話し合ったり相手に説明したりして学べるような学習指導要領ができたと思っています。おっといけません、さっきから私の個人的な願望と、今回の学習指導要領が私たちに示していることが、都合よくごっちゃになっています。客観的な解説の方へ舵を(できるだけ)切るとしましょう。

学習指導要領では、「(ウ)生物の系統と進化」について

生物の遺伝情報に関する資料に基づいて、生物の系統と塩基配列やアミノ酸配列との関係を見いだして理解すること

とあります。これに対応して、教科書では、「分子情報に基づいた系統」の項目の書き出しが次のようになっています。「系統と、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列との間には、どのような関係があるのだろうか。」。さらに続いて、その解説にダイレクトに進まず、「Quest」があります。この「Quest」は、本文を読み進める前に、読者(生徒)にまず考えてほしい部分を強調して示す部分です。この「Quest」の配置は、適切なタイミングで「関連付け」たり「見いだして」理解したりする授業の手助けとなります。ここでの「Quest」は、数種の脊椎動物の系統樹とヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較して考える、というもので、内容じたいは以前から問題集でもよく取り上げられてきた「定番」です。ここでは、生徒が思考してから理解につなげる、という「Quest」が導く流れに注目してください。教科書を使いながら、無理なく学習指導要領に沿った授業が実現できるというわけです。

また、生態学の範疇である「(5)生態と環境」は、今回の学習指導要領では「(1)生物の進化」とかなり

配置が離れてしまいました。どの分野でも「進化の視点」を意識しながら、と学習指導要領は言うものの、生態学ほど進化生物学と親和性が高い領域は(たぶん)ありませんから、この泣き別れはちょっと残念です。個人的な希望ですが、次回の改訂で移動してくれるといいですね。教科書では、コラム「進化の視点」を「(5)生態と環境」に多めに設けることや、参考として「血縁度と包括適応度」を紹介することで、この分離が引き起こしかねないマズさを解消しようとしています。

4. 取り上げる植物ホルモンの数はなぜ指定されたのか

あらためて強調すると、今回の学習指導要領の改訂の目標の中心は取り扱う内容のアップデートではありません。生徒がどのように学ぶか、つまり「生物や生物現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する」ために効果的であることを重視して、生徒の学びかたを示したものです。そこで、進化に関する項目だけでなく、他にもいくつか「指定」があります。

たとえば、学習指導要領の「(4)生物の環境応答」、「(イ)植物の環境応答」をご参照ください。(内容の取扱い)には次のような記述があります。

また、植物ホルモンは3、4種類について取り上げること

同じような記述は他にもあり、「(2)生命現象と物質」でも

タンパク質が生命現象を支えていることを2、3の例を挙げて扱うこと

という断り書きがあります。このような内容の制限ともとれる記述は、先にも述べたように「生物」の教科書(学習内容)が「青天井」に膨張していくことに歯止めをかけたのだ、と解釈していただいよと思ひます。学習指導要領解説では、「(4)生物の環境応答」の解説において、エチレン、オーキシシン、ジベレリンが挙げられていて(これだけでもう3つだからほぼ打ち止めです)、エチレンを利用した実験あるいは探究活動が授業の展開として例示されています。内容を絞るのは、生物学を通して生徒の「科学的に探究する力」を涵養することが、この科目の目的であるからに他なりません。言い方を変えれば、「暗記か理解か」どちらを生徒に身に付けさせるか、

ということです。植物ホルモンの名称にいたずらに詳しくなるのではなく、ホルモンのはたらきの概念的な理解がより重要です。実際、新課程版の教科書では、現行課程の教科書と比べて、植物の環境応答についての章で記述が本質的にシンプルになったり易しくなったりはしていません。たとえば植物の「食害に対する防御」「病原体に対する防御」「低温に対する防御」などについても、丁寧な記述があります。しかし、そこではシグナル物質や数多のホルモンのカスケードを挙げはしない、ということになります。生徒はこのような題材をもとにして、植物には「環境の変化に対する応答」能があり、そこでは「植物ホルモン」のような化学シグナルが関わっていることを見いだして理解することが目標だと考えてよいでしょう。

5. 生物や生物現象に関わって学ぶ授業

学習指導要領に示された科目の目標には「生物や生物現象に関わり」という言葉が掲げられています。これは生物や生物現象への関心を高め、自ら課題を設定しようとする動機付けとすることを示しているのですが、「自ら課題を設定できる」は言うは易く行うは難し、の好例かも知れません。そもそも、他の科目と同様に「生物」でも「生物学の基本的な概念や原理・法則の理解を深め」る必要があり、それにとまって獲得すべき知識は概ね定められているのですから、完全に自由な思いつきで授業が進行するわけではありません。日々の授業の展開では、与えられた資料などに基づいて、生徒が疑問をもったり気づいたりする、ということからスタートすれば良いのではないかと私は考えています。ここでも、教科書を例にとると、第7章冒頭では章の目標として「生態系における生物どうしの関係や、人間生活による生態系への影響を理解し、自分の言葉で説明できるようになること」と記されています。そして、ここまでの学習内容でこの節に関わることが簡潔に整理して紹介された後、各節のタイトルに続いて「問い」がなされています。「「個体群」って何?」、「同種の個体どうしはどんな関係をもつ?」といった調子です。このように、教科書の各項目の記述スタイルの構造は、基本的に同じ入れ子構造になっていて、「目標」の次にならず「問い」が配置されています。

授業内容全てがすべて一足飛びに探究的な学びにならずとも、この「問い」や「Quest」を利用して授業を展開していけば、生徒が自ら「疑問をもったり」「気づいたり」することを重視した授業へと自然にシフトしていけることでしょう。たとえば、この「問い」に沿った、簡単な多肢選択問題を作成して、生徒に投票させたり、その投票の結果をフィードバックして皆で話し合ったりする、というピア・ラーニング的な展開などが効果的です。このような展開を継続していくことによって、教科書や授業の教材を与えられた際に、まず何が「おもしろそうか」「疑問はどこにあるか」考えを巡らせ、生徒どうしのディスカッションに進む、という学習が習慣づけられていくことでしょう。

6. 思考力, 判断力, 表現力を育成する「生物」の学び

最後になりましたが、「思考力, 判断力, 表現力等を育成するに当たって」「…について, 観察, 実験などを通して探究し, …についての特徴を見いだして表現させること」という探究的な学びについて触れたいと思います。探究的に学ぶことについては、既に前回の学習指導要領で指示がありました。例として、前回の学習指導要領「(3)生物の環境応答」を引用すると、

環境の変化に生物が反応していることについて観察, 実験などを通して探究し, 生物個体が外界の変化を感知し, それに反応する仕組みを理解させる

とあります。今回の学習指導要領では、相同な「(4)生物の環境応答」では探究について次のように記されています。

生物の環境応答について, 観察, 実験などを通して探究し, 環境変化に対する生物の応答の特徴を見いだして表現すること

つまり、探究的な学びはもう 10 年前から当然で、「見いだして表現する」ことができるように指導しましょう、というのが改訂だということです。

探究的な実験については、学習指導要領解説にもいくつも例が挙げられているので、是非ご覧ください。また、教科書では「巻末資料」に「探究のプロセス」と題して、「生物との直接体験(疑問の発生)」に始まって「レポートの作成・発表」に至るまでの探究の過程が、具体的に解説されています。探究的な学び

については、新課程「理数探究基礎」科目の教科書でも詳しく扱われているため、そちらも参照できます。すべての項目や授業で、この過程のフルバージョンを行うのは時間的に不可能です。が、ある課題を解決するための実験計画を立案するとか、実験結果を材料にして結果の処理や考察を行うなどは、実験をとまわずとも、教科書にある「思考学習」や「チャレンジ」などで実施できます。このような探究的な実験のステップを想定した問題が、昨年度から実施された、大学入試センターの「大学入学共通テスト」で頻出していることは、ご存知の通りです。今回の学習指導要領の改訂の内容は、学びかた(教科書)と評価(共通テスト)と連動している、というわけです。

新しく加わった「見いだして表現する」部分については、先に述べたように、教科書ではできる限りの配慮を心がけました。各節の最後には「節末チェック」という、「この節の目標」が達成できたかどうかを確認するための問いかけが配置されています。一箇所引用すると「第 4 節 発生と遺伝子発現」の節末チェックはこうです。「1 動物の発生において、誘導によって細胞が分化する現象を、例をあげて説明してみよう。」「2 ショウジョウバエのからだの前後にそった構造がどのようにつくられるかを、遺伝子の発現をふまえて説明してみよう。」つまり、生徒どうしの話し合いや何がしかのプレゼンテーションの機会がふんだんに用意されています。教科書を効果的に利用して、普段の授業の一部を少し探究的に変える方法は、以上で提案したように、これほどたくさんあります。

今回の学習指導要領の改訂によって、生物がこれまでよりもっと魅力的な科目になったことが呼び水となり、教室が生徒のディスカッションであふれ、科学的に探究する力を身に付けたい生徒が、もっとたくさん「生物」を履修してくれることを期待して止みません。学習指導要領も、教科書も、共通テストも変わりました。さあ、私たちの新しい授業が始まります！

参考文献

- 1) T. Dobzhansky, *The American Biology Teacher*, 35(3): 125-129(1973)