

卓越性を志向した論理性に基づく高校生物の実践に向けて

On the approach toward the development of “logical thinking training” in biology education of high school.

○羽曾部 正豪*,
HASOBE Masahide*,
*東京海洋大学,

中川 優子**
NAKAGAWA Yuuko**
**聖ドミニコ学園中学高等学校,

*Tokyo University of Marine Science and Technology, ** St. Dominic's Junior & Senior High School

[要約] 本研究は、H24 年度科研基盤 A(一般) イノベティブ人材を醸成する「卓越性の科学」の教育課程の開発に関する実証的研究(代表 銀島文)、の生物系分担課題(コンテンツ開発)に対する予備調査として計画・実施した概要と考察である。高校生物の実践教育の場に「卓越性」たるものは構築できるのかという視点から現状分析をおこなった。その結果、古典的なロジック(例えば、器官系区分の取り扱い)の重要性を再確認した。また、その方法として用いた「仮称:アンケート式演習講義」は同時に実践学習の場に対する有効な学習手段であることが示唆された。つまり、これまで顧みられなかった古典的ロジック「2系6要素-器官系 11 区分」などにより生物系学習フィールドの「大きな窪み」に対する穴埋め作業やその方策の一部が準備できたと考えられた。学習者が卓越した「プレー」を成すことを期待して。

[キーワード] 生物教育, 論理性、アンケート式演習講義、器官系区分、2 系 6 要素

1. はじめに

生物学は事実・実体を対象とするため経験科学の側面に強く拘束される。つまり、一義一元的な取り扱いにはなじまないを特徴とする。よって、高等学校における現行の実践学習においては領域単元に基づく「知識伝達式」のような学習形態が主流を成している。更に「生物」が文系科目としての風潮は今だ継続中であり、科学教育の対象として消極的な一面が付随することも事実である。

しかし、近年の「重点的な理数教育開発事業」、例えば、スーパーサイエンス ハイスクール(SSH)事業における全国大会「生徒発表会」の発表の半数を生物系が占める。先進先端的な要素が加えられた生物系(課題研究)は、よって、少なからず主要な位置付けとして顕在化している。

本研究は、上記「科研費研究」の分担課題(コンテンツ開発)に基づくものであるが、はたして生物教育実践の場に「卓越性」たるものは構築できるのかという観点を重視し、以下のような作業仮説(卓越性を志向した生物教育の視点)を設定した。それらに基づき命題設定と現状分析(アンケート調査)を行なった。なお、調査テーマ(命題)としては「古典的なロジックの必要性:2系6要素-器官系 11 区分」であり、新たに設計した実践学習法は仮称「アンケート式演習講義」とした。

2. 研究方法

本研究を進めるため、その枠組みとして、筆者の経験的な観測から以下に示す7項目の作業仮説を設定した。また、それらの検証を試みた。

<卓越性を志向した生物教育の視点>

前提:生徒は「考えるを欲する学齢期」であり「達成感」を求める。学習目標は「上達した、意欲がある、夢がある」。卓越性は「肯定のための否定作業」とその経験値。実効性は「J」方式。

1) 卓越性と考察作業:生物学の基盤は経験科学であるが、他の科学領域と同様、その「卓越性」には「肯定のための否定作業」、つまり「考察課題(作業)」を通じた経験値(の積み重ね)を必要とする。

2) 生物学の現状:しかし、生物学は事実・実体を対象とするため一義一元的な取り扱いには馴染まない(予定調和的ではない)。よって、現行学習においては「単元項目/用語確認」に収斂する傾向にある(考察作業が希薄である)。

3) 古典的ロジックの消失:更に、生物学に付帯する古典的なロジックの一部は、近年ほぼ顧みられることなく、学習手段の対象外とされている。(その結果、学習項目の一部はその前提が不明瞭となることもある。)

4) 古典的ロジックの必要性:しかし、広域/連続性を俯瞰する「古典的なロジック」は現在も有効であり、「考える」を志向する場合には不可欠な基軸としての役割を果たす。

5) 実体-概念の連立(共有命題の必要性):よって、現状・現行に配慮しつつも、分担課題とする新たなコンテンツ開発(編成)においては「実体と概念の連立」を目的とする特定の「共有命題/演習課題」を必要とする。

6) 生物教育の意義:高校生は「考えるを欲

する学齢期」であり、生物学の「非予定調和的」に対する古典的な枠組み（ロジック）は、よって、反証的に科学論に基づく「考察作業」の1モデルとして有効と考えられる。

7) 波及効果:生物学領域において実践される(期待される)「卓越性教育」とその効果は、当該領域のみならず、付随的に、他の教科領域へも「考える」の経験値からその波及効果を及ぼすと考えられる。

なお、卓越性は「For Excellence」とされるが、本研究においては【卓越性の志向】とし、便宜的に学習課題とする「収束した原型(開発コンテンツ)」に基づく効果が、学習者の素養を刺激し、優れた「自主性や発展性(の誘起)」に繋がる「手段/方法」とする。よって「For All」の学習指導に対する示唆も包含すると考える。

2-1. アンケート式演習講義の概要

上記の「作業仮説」に基づき、その概要の有効性を確認するため、下記のようなアンケート項目を含む演習講義(アンケート式演習講義)を計画し、大学新生に対して実施した。その概要は以下の通りである。なお、回答には氏名を求めた。

対象者と属性

都内の大学新生 123 名(男 55%、女 45%、生物系 61%、文系 39%)、実施時期と方法:H24 年4月上旬、実施は通常の授業形態とした。

Q1. 生物系教科は「好き」ですか？

: 1)Yes 50%、2)No 25%、3)他 25%

Q2. 生物系教科は「得意」ですか？

: 1)Yes 85%、2)No 4%、3)他 11%

Q3. 「生物」を受験対象科目として勉強しましたか？

: 1)Yes 76%、2)No 20%、3)他 4%

Q4. 高校「生物」の履修状況？

: 3科目 7%、2科目 68%、1科目 6%、0科目 18%

Q5. 入学試験で「生物系科目」を選択しましたか？

: 1)Yes 62%、2)No 36%、3)他 1%

2-2. 古典的なロジックの必要性

質問 A. 高校「生物」で「論理的」と思った学習項目や領域/単元は何ですか？ 優先順位で。

回答(優先記述1位で多数の項目): 遺伝/遺伝子 (50名/41%)、非回答 (20名/16%)、進化 (8名/6%)、細胞 (7名/6%)、など

質問 B. 生物学の「必須学習項目」は何だとおもいますか？

回答(優先記述1位で多数の項目): 細胞 (37名/30%)、生物用語 (20名/16%)、生物の定義(14名 11%)、体構造 (7名/6%)、など、

質問 C(器官系の名称): 身体を構成する器官系(系統)は、例えば11区分とされる。次のスライドを参照しながら、その11個の名称を横並びで書きなさい: 試験ではありません。「順不同/ひらがな」でも良い。但し、3分程度で。

表 1. 質問 C に対する回答 (n=123)

名称	記入者数	名称	記入者数
消化系	118名	感覚系	6名
呼吸系	102名	神経系	89名
循環系	79名	筋系	51名
排出系(泌尿系)	69名(3名)	骨格系	61名
生殖系	12名	内分泌系	15名
外皮系/皮膚		7名	

質問 C の集計結果

(正解記入数とその割合: n=123)

0-1 個: 6名 (5%) 2-3 個: 20名 (16%)、

4-5 個: 46名 (37%) 6-7 個: 39名 (32%)、

8-9 個: 12名 (10%) 10- 個: 0名 (0%)

補足: 上記 C の結果に対するコメント

理由 1. 高校では「器官系区分」を厳密に習わない/教えないから。

理由 2. 暗記もの/用語項目/箇条書きになりがちな学習項目は学習指導上「不適切」とされるから。
コメント: 「生殖系」や「感覚系」が思い出せないは意外であった。それでいいの？

質問 D: 器官系の名称は下記(順不同)であり、それぞれには合目的な役割と繋がりがあがる。この観点から下記を「合理的な連続性」として示したい。その順列を用紙に記せ。回答は「番号と矢印」で記す。最初は外皮系。例えば「(11)→6→3→・・・」。

1.消化系、2.泌尿系、3.呼吸系、4.循環系、
5.神経系、6.骨格系、7.筋肉系、8.感覚系
9.生殖器系 10.内分泌系、11.外皮系

* 質問 D の回答評価法: 器官系 11 区分の順列。下記「採点基準」に記す順列で「3連」以上の正解には各1ポイント(1P)を与える。但し、循環→泌尿の2連回答には各1ポイントを与えた。内分泌は全体の位置関係から評価し正解の時は1P。全正解はよって「10P」。

•採点基準 1(体性系): 満点 4P

感覚系→神経系→筋肉系→骨格系

•採点基準 2(臓性系): 満点 5P

消化系/呼吸系→循環系→泌尿系→生殖系

•採点基準 3(臓性系)

循環系→泌尿系

表 2. 質問 D の結果 (正解率) : 器官系の順列

得点	正解率		得点	正解率	
0 p	77 名	62%	6 p	2 名	2%
1 p	-	-	7 p	2 名	2%
2 p	3 名	2%	8 p	1 名	1%
3 p	20 名	16%	9 p	0 名	0%
4 p	15 名	12%	10p	0 名	0%
5 p	3 名	2%	-	-	-

* 調査結果 (D) に対するコメント

- 1) 補足: 正解 4P 以上 22 名の属性は、生物が得意: 11 名、生物が不得意: 9 名、その他: 2 名。
- 2) 「感覚→神経→筋」などは学習内容でもあるので 3P 以上が多数を期待した(したい)。
- 3) 古典的なロジック、例えば「器官系の考え方(下記5を参照)」などは本邦の生物教育に不必要なのであろうか?

以上の経緯から、事後、上記「質問 D」に対する考え方(正解例)を、演習講義として実施した。つまり、質問 C. D. 「器官系」とは、古典的には「2 系 6 要素 11 器官系」として下記のような総括的な取り扱いが可能な概念である、とした。

< 2系6要素-器官系 11 区分 >
 * 2 系区分: 体性系(背側)と臓性系(腹側)、
 * 6 要素区分
 体性系の区分順列は「受容→伝達→実施」
 臓性系の区分順列は「吸収→運搬→排出」
 * 外皮系は全体を包含し、内分泌系は2系を
 仲介/調整する。
 よって、11 器官系の順列は質問 D の「回答評価法」のような記述・順列することが可能である。

2-3. 細胞生物学への展開

上記の「器官系 11 区分とその古典的なロジック」の必要性と有効性を更に確認するため、「細胞生物学」の観点から、継続してアンケート式演習講義を進めた。対象は生物系学生 75 名である。そのはじめに、下記の質問 E を行った。表題(命題)は「細胞そのものは何をしているか(細胞の生理機能)」とした。

質問 E. 細胞自身(そのもの)は何をしている/するか?(細胞生理/機能): 思いつくまま箇条書きにせよ。

回答例: 紙面の都合上から省略するが、生物系新入生のため「蛋白質を分泌している」など平易な回答となる(のが一般的である)。

その後、それら自由記述について、細胞機能の観点から、その整理法を解説した。つまり、専門的とされる細胞の生理機能も、質問 D で扱った「2 系 6 要素-器官系 11 区分」を思い出すことにより、また対応させながら考察することで、効率的な取り扱いが可能であることを講義した。その概要(事例)は表3の「細胞様態」であるが、受講者に対しては演習課題として表3に基づき自由記述の「整理作業」を課した。

以上の経緯から、古典的なロジック「2系6要素-器官系 11 区分」を基盤とすると、専門的な「細胞生理機能」に対しても臆することなく対応が可能であることを実証した。

しかし、それらが印象直感的な対応ではなく、科学専門として成り立つ経緯は不可欠である。つまり、細胞生物学に基づく「細胞生理機能」の取り扱いが必要である。そこで、世界的な教科書「細胞の分子生物学 Molecular biology of the cell」の目次構成を参照し、その順列について具体的に解説した。つまり、器官系 11 区分の順列は上記教科書の目次構成にかなり一致することを解説した。その概要は表 3 の(細胞生理機能)であり、教科書におけるその順列は「目次」である。

表 3 : 器官系区分に対応させた細胞の生理機能

区分	細胞様態(細胞生理機能)	目次
外皮系	姿/形を現している/作っている(境界膜系)	10 章
消化系	物質を細胞内に取り入れている(膜輸送系)	11.12 章
呼吸系	内呼吸: エネルギーを作り出している(内呼吸系)	14 章
循環系	細胞に必要な化学成分を運用している(物質代謝系)	2 章
泌尿系	合成された蛋白質などを輸送している(分泌分解系)	13 章
生殖系	自己複製(分裂増殖)している(分裂増殖系)	17.18 章
感覚系	細胞外からの情報を受けている(膜受容体系)	15 章
神経系	その情報を内部に伝えている(情報伝達系)	15 章
筋肉系	動いている/運動している(細胞運動系)	19 章
骨格系	細胞構造を支えている(細胞骨格系)	16 章
内分泌系	情報の具体化を図っている(統合指令系: 遺伝の基本)	4-7 章

以上のような経緯や演習講義を踏まえ、本「アンケート式演習講義」の実践では、最後に下記の質問 F, G を行い、その回答を求めた。

質問 F. 今回実施した下記(*)のような生物個体の見方、つまり、「古典的なロジック: 基本的な考え方」は、役に立つと思いますか/経験値として必要と思いますか?

*2系6要素-器官系11区分とその順列、

*細胞形態や細胞生理/機能の考え方

回答: 1. 大変役に立つ (36%)、2. 少し役に立つ (33%)、3. 普通 (19%)、4. あまり役に立たない (5%)、5. 全く役に立たない (0%)、6. その他 (3%)

質問 G. 実施した下記(*)のような生物個体の見方/考え方、つまり、「古典的なロジック: 最小必須要素」は、「高校」または「大学」のどちらで学びたい学習対象ですか? (コメントも)。

*2系6要素-器官系11区分とその順列、

*細胞形態や細胞生理/機能の考え方

回答: 1) 高校で学習 (64%)、2) 大学で学習 (25%)、3) どちらとも言えない (6%)

*補足: 「大学で学習」の回答理由: 高校は受験準備であり用語確認に収支する必要がある、が多数を占めた。

3. 考察と今後の課題

今回実施した調査内容は基本的に高校生物の枠外の内容である(と位置付けすることもできる)。また、高校生物教諭らであっても一部対応(回答)が困難な項目であることも事実である。よって、調査対象者の回答成績が不振であることに不自然さはない。しかし、現行の学習状況に対して「卓越性」たるものを与えるには、また、高校生物が「科学」としての素地にあるなら、やはり「ロジック」が必要であると考え。また、質問 G をそのまま受け取れば、高校生は「考えるを欲する」である。

理数系教科にはその成り立ちに不可欠なロジック(基本となる取り決め)があるが、生物系では質問 A, B のように的確な回答を期待することはできない。しかし、個体生物学にも確かに基本的な概念はある。その基本は「階層性」(個体-器官系-器官-組織-細胞-細胞小器官-分子)であるが、その成り立ちに対する理解は、先進先端的な観点を強く受ける現状においては、「当たり前」の位置付けであり、その取り扱いに特段の配慮はない。いわゆるピラミッド型を成す階層性は、よって階層下位に視点が注がれる。階層を縦断した効果的・効率的な学習方法・手段やロジックを現状に探し求めることはできない。

本研究が実施した内容は、階層上位「器官系」に起点を置いた。古典的なロジックの導入であり、その理解は、学習演習経過とともに階層下位の「細胞、細胞小器官」へと無理なく転換することが可能であった。本研究では「細胞生物学への展開(2-3)」として取り扱ったが、その演習効果は、繰り返しとなるが、質問 F, G の回答として現れた。

なぜ、「細胞の分子生物学」の目次構成が器官系区分の順列と類似するか(また、どのように異なるか)は、更なる考察が必要と考えられるが、受講者においては、その類似性が「心の支え/視座」となることも事実である(と考える)。筆者は学内外における講義のはじめに「生物学とは何か」を問いかけることを常とする。その事例として用いるのが下記の解説である。

生物学は一面「図説解説/用語項目/箇条書き」式でもあり暗記ものと思っている人も多い。では、生物学とは何なのか。取りあえずの説明であるが、生物学とは、物言わぬ生物進化(地球進化)の成果物に代わり「その成り立ちを翻訳/通訳/代弁すること:カバーリング」と考えても差し支えはない。解り易く説明する事である。論理性や合理性に乏しく思えるのは経験科学の側面に強く拘束されるため。つまり、自分自身で確かめたことのない事でも「そう決まっている」と信じて進める方が無難であるという経緯にあるため(無視して進むのは苦労が多過ぎる)。まるで探検隊のような学問である。よって、重要な事項はできるだけ「論理的な枠組み」に支持されていると都合が良い。ロジックが必要である。生物学のロジック/科学論とは?

上記の解説が「卓越性」に繋がるかどうかは不問としたいが、しかし、学習者には共有可能な「支え/共有命題」が必要であり、古典的なロジックは今現在もその任を十分に果たすと考える。

なお、今後の課題として以下の項目を予定する。つまり学習指導要領を支援すべく、対応可能な領域について「学習コンテンツ」を制作する。

1) 生物系学習を俯瞰する古典的なロジックを再確認し、現行・現状・将来に対する展望から当該領域における「最小必須要素/概念(MEF)」を作成する。

2) 更に、卓越性を志向した学習コンテンツ「最小必須作業課題(MET)」の開発を予定する。

3) その特徴は「実体と概念の連立と共有」であり、設定命題に基づく「実験学習と考察作業の連立」に重点を置く。

筆者が開発した「細胞実験キット」などの実験演習素材に基づき「MEF&MET」の充実を図りたいと考える。

[文献] 特になし。