

特集 ● 知りたい！すぐれた理科の実践 2022 —各支部の推薦から—

〔近畿支部優秀実践①〕

評価を中心としたカリキュラムデザイン

—第3学年「遺伝」単元と「生物と環境」単元をそれぞれ「進化」でつなぐ実践—

名倉 昌巳

1. はじめに

TIMSS2019における「生物と無生物」を区別する出題（小学校第4学年）の正答率の低さから、日本の教育課程や学習指導には、TIMSSが求めている生物概念の育成につながりにくい何らかの要因が潜んでいる可能性を示唆した報告¹⁾がある。無生物と区別できる生物の「共通性」にはいろいろとあり、その一つに遺伝情報の「複製」がある。遺伝子の複製時にエラーが起こると変異し、それが次世代へ積み重なることによって「進化」が生じることになる。まさに、新型コロナウイルスの変異株が次々と出現し、人々を困らせた事実と重なる。この事態をダーウィンの自然選択説に当てはめて説明すると、宿主（ヒトやコウモリなど）細胞内の環境にたまたま適応したものが、集団内に広がるのであり、ウイルスに意思や目的はない。しかし、ウイルスを生物に含めない生物学者も多く、生物概念の理解は単純ではない。

21世紀は生命科学の世紀と言われて久しいが、生物とは何かを考えるために、遺伝や進化の学習は今後、重視されていくと考えられる。

2. カリキュラムデザインと到達目標

(1) 遺伝と進化を統合したカリキュラム

「進化」に関する学習は、平成29年告示の中学校学習指導要領²⁾で第2学年から第3学年に移行し、「生命の連続性」における「遺伝の規則性と遺伝子（以下「遺伝」と略記）」単元と同時期に、生徒が学ぶように改訂された。その「内容の取扱い」の中には「進化の証拠とされる事柄や進

化の具体例について扱うこと（中略）また、遺伝子に変化が起きて形質が変化することがあることにも触れること」と付記されている。つまり、次世代に生じた遺伝的変異が生物の形質や形態の変化・多様性の進化につながることを取り扱えるようになったと言える。言い換えれば、「遺伝の規則性（メンデル遺伝）→遺伝的変異→生物進化」の順に学習するように改訂されたと言える。これを採用して、「遺伝」と「(多様性の)進化」を「遺伝的変異」によって統合した到達目標を設定し、図1のような単元計画³⁾を設計した。

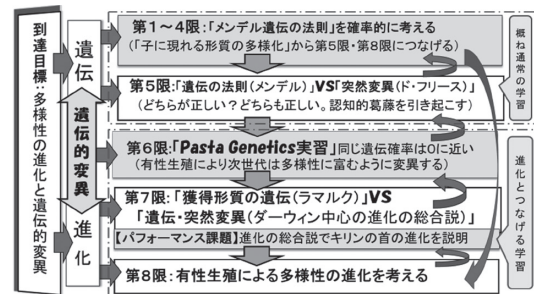


図1 「遺伝」と「進化」を統合した単元計画：全8h
名倉・松本³⁾に基づき筆者再構成

(2) 生態系と進化を統合したカリキュラム

また、「進化」は第3学年の「遺伝」単元ばかりでなく、「生物と環境」単元と同学年で扱われることになった。中学校学習指導要領²⁾には「進化」と「生態系」の関連性は明記されていない。しかしながら、この「生物と環境」単元では、生物多様性の一つである「生態系の多様性」について学習することができる。さらに、「生物と環境」の学習には「空間的視点」が含まれており、この「空間的視点」に「時間的視点」、すなわち「現存の多様な生物は、太古に現れた共通な祖先からの進化の結果である」という視点を織り込むことが

できる。これにより「理科の見方」である空間的視点（生態系）と時間的視点（生物進化）、多様性と共通性を同時に学ぶことが可能となる。「環境（生態系）」に関する到達目標と、「生物（進化）」に関する到達目標を設定し、図2のように単元計画⁴⁾を設計した。

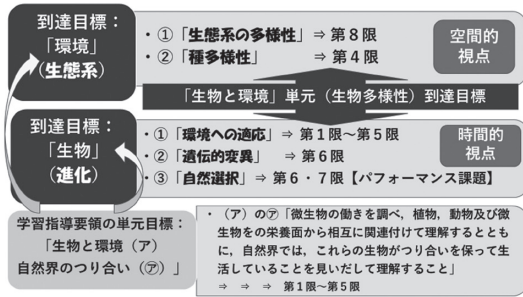


図2 「生物と環境」と「進化」を結ぶ単元計画：全8h 名倉・松本⁴⁾に基づき筆者再構成

3. 評価中心のカリキュラムデザイン

(1) 評価中心かつ逆向き設計のカリキュラム

①学習環境デザインの立場から

学習環境デザインには「学習者中心」「知識中心」「評価中心」「共同体中心」の4つのポイント⁵⁾がある。「遺伝」単元（図1）、「生物と環境」単元（図2）とともに、評価中心にカリキュラムをデザインした。つまり二つの単元計画には、生徒による相互評価、自己評価、生徒発表と課題修正の機会、教師による課題の評価など、形成的評価の要素を各単元の課題解決において加味した。また、課題の解決においては適宜、協働的な学習形態を取り、「学習者中心」や「共同体中心」にも配慮した（図3）。



図3 「生物と環境」単元：第6限「遺伝的変異」

②理解をもたらすカリキュラム設計の立場から

先に到達目標と評価方法を設定してから単元計画を設計する「逆向き設計」⁶⁾に則った。

(2) 「遺伝」単元の到達目標と評価

授業実践した「遺伝」単元における到達目標と

ルーブリックを表1に、パフォーマンス課題（生徒の回答例含む）を表2にそれぞれ示した。なお、事前に到達目標とルーブリックを開示してから、生徒たちはパフォーマンス課題に取り組んだ。

表1 到達目標とルーブリック：「遺伝」単元

【到達目標】	
① 生物は、環境の変化に適応したものが生き残ることにより、進化する（環境への適応）。	
② 生物進化における変異は一世代で起こるのではなく、新しく子孫が生まれ出るときに起こる（遺伝的変異）。	
③ その変異が生存に有利ならば、時間とともに少しずつ積み重なることによって進化していく（自然選択）。	
【ルーブリック（評価指標）】	
S	到達目標の①～③の観点が3つすべて含まれ、それらに関する進化の根拠が説明されている。
A	①～③の観点のうち2つを含み、それらに関する進化の根拠が説明されている。
B	①～③の観点のうち1つを含み、それらに関する進化の根拠が説明されている。
C	①～③の観点は含まれていない。もしくは1つ以上含まれているが、根拠が説明されていない。

表2 パフォーマンス課題：「遺伝」単元

【パフォーマンス課題】
「進化の総合説（自然選択説中心）」を用いて、キリンの長い首がどのようにして現在の姿になったのか？ 地質年代的な時間で、その進化の過程を説明してみよう！
【生徒の回答例】
たまたま首の長いキリンが生まれ（変異）、首の長い方が高い木の葉を食べることができ（適応）、生存に有利なため、首の長いキリンの割合が増え（選択）、首は長くなっていった。長い首は雄同士の雌をめぐる争い（性選択）や、肉食動物などの敵を見つけるときにも有利になる。

(3) 「生物と環境」単元の到達目標と評価

①環境（生態系）における評価

授業実践した「生物と環境」単元における環境（生態系）の到達目標とルーブリックを表3に、パフォーマンス課題（生徒の回答例含む）を表4にそれぞれ示した。先の「遺伝」単元と同様に、事前に到達目標とルーブリックを開示した。

表3 到達目標とルーブリック：環境（生態系）

【到達目標】	
① 「多様な生態系」には「多様な生物種」がすんでいる（生態系の多様性）。	
② 「多様な生物種」は長い年月にわたる「生物進化」の結果である（種多様性）。	
【ルーブリック（評価指標）】	
A	到達目標の①と②の観点を2つ含む。
B	①または②の観点うちどちらか1つを含む。
C	①、②のどちらの観点も含まれていない。

表4 パフォーマンス課題：環境（生態系）

【パフォーマンス課題】
「生命の樹：系統樹」から優れたものが現代まで生き残ったと言えるか？「多様な自然環境の存在」が「進化」にどのように関連しているかについて、具体的に説明してみよう。
【生徒の回答例】
1種類の生物から偶然生まれた生物がどんどん変異することで生物進化が起こり、多様な生物が現れた。その環境の中で適応することのできなかった生物は絶滅し、生き残ることのできた生物がいるからこそ、今の生態系があると思う。能力が優れた生物でなくても、生き残れる環境があれば次の世代に引き継がれ、そのような進化と絶滅をくり返すことで生態系が成り立っている。

②生物（進化）における評価

さらに、「生物と環境」単元における「生物（進化）」の到達目標とルーブリックを表5に、パフォーマンス課題（生徒の回答例含む）を表6にそれぞれ示した（①と同様に、事前に到達目標とルーブリックを開示）。

表5 到達目標とルーブリック：生物（進化）

【到達目標】：表1と同様
①（環境への適応）
②（遺伝的変異）
③（自然選択）
【ルーブリック（評価指標）】：表1と同様
S・A・B・Cの4段階で評価

表6 パフォーマンス課題：「環境と生物」単元生物（進化）領域

【パフォーマンス課題】
「進化の総合説（自然選択説中心）」を用いて、ゾ

ウの鼻はなぜ長いのか？地質年代的な時間で、その進化の過程を説明してみよう！

【生徒の回答例】

ゾウの祖先の中から、たまたま少し鼻の長いゾウが生まれた（変異）。少しでも鼻の長い個体の方が草原に生える草や、沼地の水を飲みやすく（適応）、その遺伝子は生存に有利なため次世代に受け継がれ、少しずつ鼻の長いゾウが生物集団が増えていった（選択）。長い鼻は生存と繁殖に有利なため、長い年月の間にさらに鼻は長くなり現在に至っている。

(4) 「遺伝」単元における授業

①パスタ遺伝実習

4色（赤・緑・黄・青）に塗られた、4種類のパスタ（リボン・車輪・マカロニ・らせん）を遺伝子に見立て、祖父母から両親・子どもへどのように遺伝していくかをグループで考えるパスタ実習⁷⁾を行った（図4）。パスタを並べて子の代の遺伝子の組み合わせが同じになる確率は16分の1だが、ヒトの遺伝子のように約4万種類になると、約840万分の1になることに気付かせる。これが「有性生殖による変異は無性生殖よりも進化的に有利である」という理解につながっていく。

②ラマルク説 VS. ダーウィン中心の進化の総合説

ここでは、「変異はいつ起こるか？図5のAと図6のBのうちどちらが進化として正しいか？」という問い掛けを行った。Aは「一世代で変化し、生まれるときには変化しない」という「ラマルク説」である。Bは「生まれるときに変化し、一世代では変化しない」とする遺伝的変異と自然選択説を含む「進化の総合説」である。協働的な学習によって理由も考えさせながら討論を行ったところ

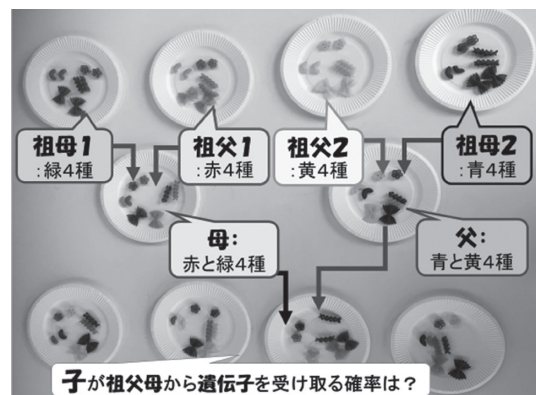


図4 パスタ遺伝実習（名倉・松本³⁾より筆者再構成）

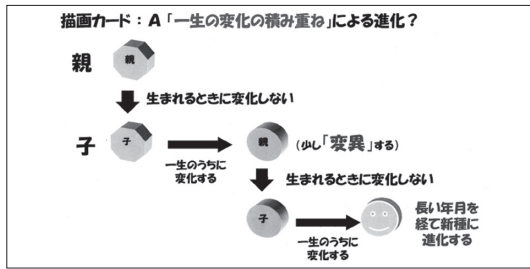


図5 A (ラマルク説)：変異は一代で生じる

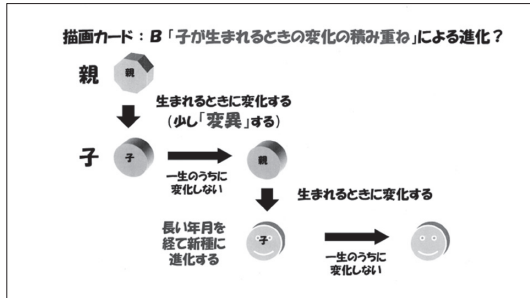


図6 B (進化の総合説)：生まれるときに変異する

ろ、次第にBの科学的概念へ収束していった。

(5) 「生物と環境」単元における授業

①草食・肉食動物の数量関係と頭骨標本

食物連鎖や草食・肉食動物の数量関係などを学習した後、「どちらが生き残るのに有利か？」と問い掛けた。その際は、2年生で学習した草食・肉食動物の頭骨や歯の形の違いを思い出すため、図7の草食動物と図8の肉食動物の「頭骨標本(大阪市立自然史博物館貸出キット)」をそれぞれ提示した上で、グループで考えさせた。

②ゾウの食性と糞標本

表6のパフォーマンス課題「ゾウの鼻はなぜ長いのか？」を解決するにあたり、NHK for Schoolの「スーパー英語リアン：動物の食べ物」を一部視聴した。その上で、特にゾウの食性(下草を食べる)から、「ゾウの鼻が長く進化した」メカニズムを進化の総合説(自然選択説中心)を使って推論する課題に取り組んだ。加えて図9と図10の動物の糞標本(天王寺動物園貸出標本：大阪

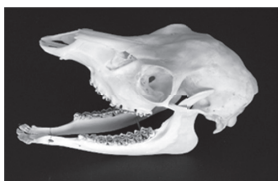


図7 ニホンジカの頭骨：草食動物(メス、幼獣)



図8 アライグマの頭骨：肉食動物(オス、幼獣)

市)を紹介しながら、生徒によるパフォーマンス課題の発表や再考を促し、修正の機会を設けるなど形成的評価の要素を加味した。



図9 キリンの糞標本



図10 ゾウの糞標本

4. おわりに

以上のような授業実践だけで、TIMSSが求めるような生物概念の育成につながるには到底言えない。しかしながら、「生物とは何か」を想起し得る手立てとして、①共通な祖先からの進化の結果としての「生物多様性」、②「生物の共通性」としての進化のメカニズムについて子どもたちが推論することは、生命科学の時代を生き抜くために今後、重要な示唆を与えるに違いない。

引用・参考文献

- 1) 中山迅・松本聖奈・猿田祐嗣「TIMSS理科論述式課題の回答における日本の児童の生物概念の特徴」『日本科学教育学会年会論文集』Vol.45, pp.567-570, 2021.
- 2) 文部科学省『中学校学習指導要領』東山書房, 2017.
- 3) 名倉昌巳・松本伸示「中学校『生命の連続性』における科学的進化概念の理解をめざす単元開発」『理科教育学研究』Vol.60, No.3, pp.603-613, 2020.
- 4) 名倉昌巳・松本伸示「中学校3年『生物と環境』における『生態系の多様性』と『生物進化』を結ぶ単元開発」『理科教育学研究』Vol.60, No.3, pp.589-601, 2020.
- 5) Bransford, J. D., Brown, A.L., & Cocking, R.R.(Eds.) : *How People Learn Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
- 6) Wiggins, G. & McTighe, J. : *Understanding by Design 2nd ed.*, ASCD, 2005.
- 7) Megan, T., Maureen M. & Kristi, M. (2010) . *Pasta Genetics: Univ. of Washington Genome Sciences Education Outreach*. Retrieved from https://gsoutreach.gs.washington.edu/files/pastagenetics_12-10-10.pdf (accessed 2022. 04. 03).

なぐら まさみ (大阪府高槻市立第九中学校講師)