

中学校理科授業における進化の証拠としての始祖鳥化石

服部 将也

岐阜市立東長良中学校

川上 紳一

岐阜大学教育学部

Introducing the fossil *Archaeopteryx* as an evidence for biological evolution in the science classes of junior high school

Masaya Hattori

Higashinagara Junior High School, Gifu, 502-0056, Japan

Shin-ichi Kawakami

Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要旨

中学2年「動物の生活と生物の変遷」の単元において、進化の証拠として始祖鳥化石を提示した。授業の導入時には、セキツイ動物の祖先として、カンブリア紀のバージェス頁岩から発見されたピカイアという動物化石の復元図と、現生のセキツイ動物の写真を提示し、セキツイ動物が長い年月をかけて進化してきたという見通しをもたせ、進化の要因などを考察していった。生徒からさまざまな考えがでた段階で、「証拠はあるの?」という生徒の発言をもとに、始祖鳥化石（複製）を提示して、形態を観察していった。進化に関する推論とその検証のための証拠の提示による探究活動は、生徒にとっては興味・関心が高まり、進化の授業が面白かったという感想が多く寄せられた。

【キーワード】：進化，中学校，理科，始祖鳥，セキツイ動物

1. はじめに

2008年に発行された学習指導要領では、小中学校の理科の内容の系統性が重視されており、中学校第2学年「動物の生活と生物の変遷」の単元で、「生物の変遷と進化」が追加され、「現存の生物及び化石の比較などを基に、現存の生物は過去の生物が変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連付けてとらえること」と述べられている（文部科学省，2008）。内容の取り扱いについては、「進化の証拠とされる事柄や進化の具体例について取り上げること、および生物にはその生息環境での生活に都合のよい特徴が見られることにもふれること」とされている。そして、進化の証拠とされる事柄の例として、は虫類と鳥類の両方の特徴をもつ始祖鳥が挙げられている。

しかしながら、本単元で扱う進化という現象

は、実際に実験を行うことや、実物観察することが難しく、単なる知識の習得になりがちである。こうしたなかで、村瀬・川上（2013）は、実際に始祖鳥化石の複製（レプリカ）の観察や、メディアを利用するなどして、諸感覚を活用して問題を解決する探究的な授業を試みている。本実践においても、始祖鳥化石の複製を進化の証拠として探究する授業を行った。この授業の展開と生徒の学習の状況を報告する。

本授業実践の構想するにあたり、現在生存している生物の特徴や相同器官などが、生物は長い年月をかけて進化してきたということを、既習事項の示準化石や動物の分類と関連付けて考えることで、生物間のつながりを、時間軸を中心にとらえることを通して進化の概念を身に付け、神秘を感じる事ができるのではないかと考えた。

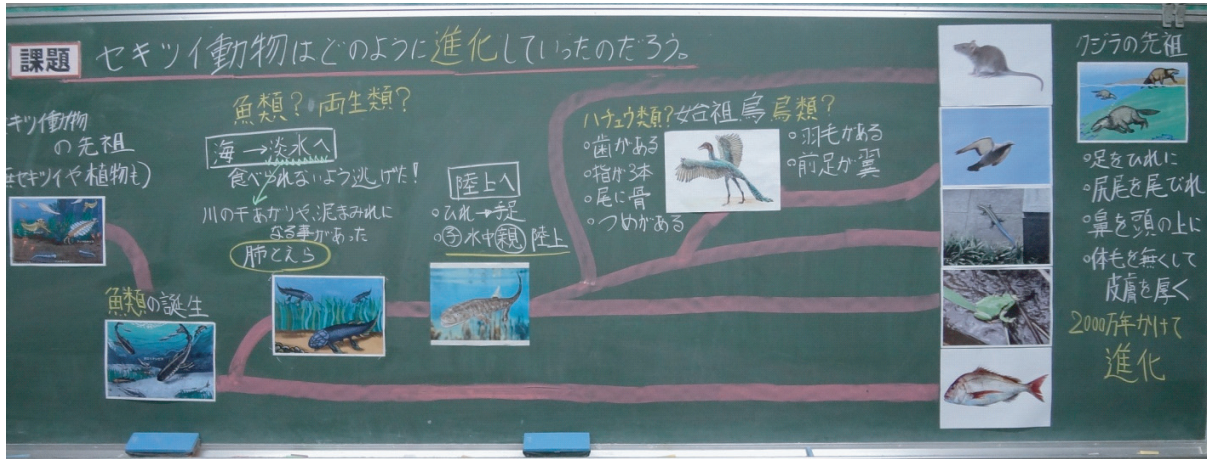


図1. 本時の展開を示す板書.

2. 単元指導計画における本時の位置づけ

本時は、単元「動物の生活と生物の変遷」における第4章「生物の変遷と進化」に位置づけた。生徒は、すでに第3章「動物の分類」で、セキツイ動物の体のつくりや分類について学習している。生物の進化の学習においては、次のような内容の生徒の主体的な学びの中から習得することを期待した。

- (1) 生物が進化するためには長い年月がかかっていること。
- (2) 生物のからだのつくりは、生活環境に適応するように進化してきたこと。
- (3) 水中の生物から進化して、現在の陸上の生物が存在していること。

そして、なぜ、どのような順に進化したかを関連付けて思考できる力の育成を目指した。

授業では、まずセキツイ動物の祖先として、カンブリア紀のセキツイ動物の化石の復元図を提示し、現在地球上に生息している多様なセキツイ動物との関連性を追究することを課題として掲げた(図1)。

今回の授業では、生物のからだのつくりがなぜ進化していったのかといった深い部分まで追究させることで、科学的な思考力をより育むことを意図した。60分の授業の中では盛りだくさんの内容だったが、始祖鳥化石の複製や、メディア機器を使った動画、パネルなどを黒板に貼ること、などの教材を使用することで、体験に近い印象を与えようと試みた。実際に、以下に示すように、それらを有効に活用することで、生

命の多様性や不思議さ、面白さなどを生徒は感じ、生命の神秘に感動していた。また指導した教師にとっては、進化の学習は、学習した知識をもとに生徒の多用な考えを引き出し、思考力・表現力を養うことができる題材であった。

3. 授業実践

(1) セキツイ動物の出現から、現在の多種に進化した不思議を感じる

カナダのカンブリア紀の地層であるバージェス頁岩から発見されているセキツイ動物の祖先と言われているピカイアのイメージ動画を観て、この不思議な生き物であるピカイアがセキツイ動物の祖先であり、現存するセキツイ動物へと進化したことを話した。生徒達の驚きの声でいっぱいになった。その時の「どんなふうに進化していったの?」という生徒のつぶやきから、本時の課題を具体化させた(図1)。ピカイアのパネルを黒板の左端に貼り、現在生存している哺乳類・鳥類・は虫類・両生類・魚類のパネルを右端に貼り本時で追究する進化の流れを黒板の中央部に位置づけることで、生徒に見通しを持たせた。

(2) なぜ魚類からは虫類に進化したのか

ディプロリンクスやイクチオステガの復元図が示されたパネルを用いて、魚類から両生類、は虫類へ進化したことを伝えた。ここでは「なぜ進化する必要があったのか」という生徒の発言があり、この疑問を追究することにした。他

の生徒と意見を交換したり、自分の意見と比較、検討したりする場面で、「環境」、「進化」、「適応」、「多様性」などの科学的用語を生徒に使用するようアドバイスすることで、言語活動の充実を図った。その言語活動の中で、どの仮説が一番論理的で自分が納得できるものなのか、意見交流をしていった。さまざまな考えのなかから、適切な情報を選び取る生徒の姿がみられた。

生徒の考えには、次のようなものがあった。「当時セキツイ動物（魚類）よりも発達していた無セキツイ動物がいて、その捕食から逃れるために、セキツイ動物はだんだん生活場所を海から川や湖などの淡水へ移していったのではないか」、「川や湖は干あがったり、泥地になる時が多かったため、肺が必要になったのではないか」、「浮力のない陸で体を支えるためにセキツイが発達し、ひれを足に進化させたのではないか」。生徒の意見には、教師も驚かされるほど筋が通っていたものが多くあった。

(3)「証拠はあるの?」という生徒の発言

さまざまな発言のなかで、ある生徒が「証拠はあるの?」という疑問を発した。この発言を受けて、始祖鳥化石の複製を見せると、我先にと生徒は複製に群がった。「本物ですか?」と聞かれ、複製だと伝えるとがっかりされたが、型にプラスチックを流しただけのレプリカではなく、精巧に作られた複製だという話をすると、再び感動を取り戻してくれた。

「鳥類のような形をしているけど何か違う気が



図2. 始祖鳥化石を観察する生徒の姿。

するな」などつぶやきがあった。複製や復元図を見ながら、ノートや資料集を片手にこれまでに学習したことを思い出しながら、始祖鳥は虫類なのか鳥類なのか考察をしたり相談したりする生徒達の様子が見られた。着目すべき視点は、魚類からは虫類への進化の追究の場面でおさえであったため、「羽毛があるよ」、「翼に指が3本ある」、「くちばしに歯がある」、「尾に骨があるよ」など、進化の証拠となるポイントを生徒は押えながら観察できていた。

(4) 次時（相同器官について）につながる終末事象

一通りの進化の流れが終わった後、次時に行う相同器官につながるように、クジラの祖先についての話しをした。哺乳類として陸に出た後、2000万年もの時をかけて、再び海で生活できるように進化したことを伝えた（図1右端参照）。

生徒は「だからクジラは哺乳類なんだ」、「海で生活しているのに哺乳類って納得した」などつぶやいてくれたため、次時の相同器官の内容はとてもスムーズに進めることができた。

4. 議論

(1) 授業に対する生徒の評価

本授業は、1時間のなかで進化に対する事象提示を踏まえ、生徒が考察を加えながら、できた考えを検証するという主体的な問題解決を重視した展開とした。本授業は生徒に強い印象に残ったようで、授業後の振り返り用紙には、多くの記述がみられた。以下に、いくつかの例を示す。

* 生物はその環境で生き残るために、はてしない長い年月をかけて進化していて、生物の生命力を感じ感動しました。たくさんの進化があって現在の私たちがいるから、これからの未来で人間の体が進化していくのかもしれないと思うと興味深い。夏休みに調べてみよう（H・Rさん）

* 始祖鳥の化石複製を観て、触れた事は貴重な経験だった。進化の証拠は、教科書や資料集の写真を見るだけでは分からなかったことも、実際に触って間近で見ることで発見できたところが多々あった。始祖鳥やディプロリンク

スのように進化途中の生物がいたなんてびっくりしました。K・Sさん

* 私は5つの分類のセキツイ動物がもとは魚類一つだったことに驚きました。私たちや他の動物もはるか昔は魚類だったと思うと、不思議な感覚です。始祖鳥化石のように、進化の証拠をもった動物は他にもたくさんいると思います。どんな動物がいたのか詳しく知りたいです。I・Kさん

* 以前授業で分類した現在のセキツイ動物の特徴と比較しながら、始祖鳥化石の複製の実物を見ることによって進化の証拠を発見することができた。K・Sさん

これらの記述から、本授業で目指した知識の習得が、生徒の探究的な思考のなかから培われたことが読み取れた。生徒の中には、今日の授業は面白かったという感想も多くあり、問題解決を伴う思考や、観察によって疑問を解決する学びが生徒の主体的な学びにつながることを示された。

さらに、上に示した生徒の記述には、始祖鳥化石（複製）という実物標本に触れた体験や、始祖鳥化石を進化の証拠として印象に残っていることが書かれている。これは、写真やイラストなどの資料とは違う、実物標本がもたらす学びの質的な高まりを示すものと考えられる。

(2) 中学校理科授業における進化の内容的取扱いについて

始祖鳥化石の複製を授業で活用した実践には、村瀬・川上（2013）がある。この実践では、始祖鳥化石を事象として提示し、形態の観察を通じて、は虫類と鳥類の両方の形質を備えていることを見出していくような展開として活用した。すなわち、セキツイ動物の多様性と、始祖鳥化石の形態から進化という概念を獲得するという流れで指導案が検討されている。本実践では、セキツイ動物の祖先と現生のセキツイ動物を提示し、それらの関連性を進化という概念でとらえたあと、その証拠として始祖鳥化石を位置づけるような流れとした。実際の授業の流れは、単元指導計画や教師の意図によって、いくつかの組み立てが考えられるが、いずれにしても始

祖鳥化石の提示の仕方が鍵となる。本実践では、生徒が「証拠はあるの？」という発言を受けて始祖鳥化石を提示しているが、その成否は学習者の学習状況に左右されるので、授業を構想する段階では教師が見通しを立てにくいかもしれない。

西野・佐竹（2013）は、中学校の理科授業で、生物の進化と変遷が導入されたことを受け、生物学の立場から、実践的な授業を行うことを想定して7つの指導案を提案している。それらは進化に関する思考過程を育むことを目的としており、マウラという動物、脳の大きさ、有性生殖と無性生殖、ゲノムの大きさと進化、進化時計といったものが含まれている。中学校の理科における進化の授業は、導入されて日が浅いため、実用的な教材開発や授業実践による検証を行って、生徒の興味・関心を高め、思考力を育むような実践例を蓄積していくことが必要であろう。

また、佐伯ほか（2012）は、生物の進化と環境への適応の事例として、セトウチフキバツタに関する教材研究を行っている。セトウチフキバツタのような学習者にとって身近な生物が環境への適応や進化をしていることは、生徒の興味・関心を高める教材としての魅力がある。こうした生物教材と始祖鳥化石の違いは、化石は地質時代に生息していた動物であり、生物の進化が長い年月をかけて進化してきたことを印象づける点ですぐれている。

5. おわりに

中学校理科「生物の進化と変遷」の授業における始祖鳥化石（複製）を活用した授業実践例を報告した。用いた始祖鳥化石（複製）は、岐阜県のコア・サイエンス・ティーチャー（CST）養成プログラムで、2012年度に確保したものであり、岐阜大学で保管し、岐阜県内の小中学校に貸し出して授業で活用を始めている。本実践を参考にさせていただき、授業で広く活用していただき、生徒の興味・関心を高める手立てや、思考力や判断力を育成する問題解決学習の場面で活用していただければと考えている。

謝辞. 本実践を行うにあたり、岐阜市立東長良中学校理科部のメンバーには、指導案について、議論していただいた。ここに記して深謝する。

文 献

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 - 理科編，大日本図書。
村瀬安和・川上紳一（2013）中学校理科「生物の変遷」における始祖鳥化石の観察をテーマにした授

業実践研究，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），37，53-58.

西野秀昭・佐竹晃一（2013）中学校理科生物領域における進化概念を取り入れた実践的授業の構築，福岡教育大学紀要，第62号，第3分冊，27-48.

佐伯英人・谷脇ゆう子・川上靖（2012）中学校理科および高等学校生物の「進化」に関する教材化のための基礎研究：セトウチフキバツタの地理的分化と寒冷地適応について，理科教育学研究，52，67-75.

