

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

Study of "the evolution of life" by means of observation of *Archaeopteryx*
in science classes of the junior high school

村瀬安和¹・川上紳一²

1: 本巣市立真正中学校

2: 岐阜大学教育学部

Anna Murase¹ and Shin-ichi Kawakami²

1: *Shinsei Junior High School, Motosu-si, Gifu, 501-0466, Japan*

2: *Faculty of Education, Gifu Univerisyt, Gifu, 501-1193, Japan*

要 旨

現行の新学習指導要領では、中学2年「動物の生活と生物の変遷」において、生物の変遷と進化の内容が導入された。この单元では、ユーステノプテロンや始祖鳥化石が動物の進化における魚類と両生類、恐竜と鳥類をつなぐ化石としていくつかの教科書に取り上げられている。この単元の学習では、写真などの資料に基づく学習になりがちで、実験・観察を中心とした授業は難しいと考えられている。本研究では、始祖鳥化石のベルリン標本のレプリカ1体を確保すると同時に、福井県立恐竜博物館でのデジタルコンテンツの開発を行い、標本観察を中心とした探究型の授業実践を試みた。

【キーワード】：始祖鳥，化石，進化，中学校，理科，デジタルコンテンツ

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」の单元で、「生物の変遷と進化」が新たに追加され、「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、爬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。

一方、現行の学習指導要領では、観察・実験を重視し、実感を伴った理解を促す指導が求め

られている。しかし、この章の学習内容では、なかなか観察や実験を行うことができず、生徒に進化に関する知識や思考力が定着しにくいと考えられる。

そこで、本研究では、進化の証拠とされる事柄として、始祖鳥化石を取り上げ、この化石に爬虫類と鳥類の両方の特徴が見られることを観察に基づいて追究する授業を構想し、必要な始祖鳥化石レプリカを確保すると同時に、福井県立恐竜博物館において、授業で使用するデジタルコンテンツ開発を行った。

化石の形態観察を重視した授業実践には、三葉虫（大野ほか，2003；船戸，2009；船戸・川上，2009）、アンモナイト（青井ほか，2009；川上ほか，2010；真鍋・川上，2012）などがある。本研究は、恐竜骨格化石や始祖鳥化石を対象にした観察を重視した探究型の授業のあり方の確立を目指した授業実践の第1歩と位置づけられる。

2. 始祖鳥化石の教材化

(1) 始祖鳥化石レプリカ標本

始祖鳥化石は、1860年にドイツのバイエルン州ゾルンホーヘン (Solnhofen) 地域のジュラ紀の石灰岩層から発見された。T. H. ハックスリーは、この化石を鳥類と爬虫類の両方の特徴をもつとし、ダーウィンの進化論を裏づける化石であると主張した。その後、鳥類は恐竜の仲間に属する獣脚類から進化したと考えられるようになっていくが、中国の中生代の地層から羽毛をもつ恐竜化石が多く発見されるようになり、羽毛を供えていることが必ずしも鳥類に限った特徴であるとはいえなくなっている。始祖鳥化石については、20世紀末までに7個発見されており、21世紀になってもいくつか発見されているが、これには個人標本も含まれていて、実物標本を目にする機会は多くない。こうした貴重な化石標本についてはレプリカ（複製）が作られており、世界各地の博物館などで見学できるようになっている。

本研究では、授業で使うための始祖鳥化石レプリカとして、石膏製のベルリン標本レプリカを東京サイエンス（株）から入手した（図1）。同様のレプリカについては、千葉県立中央博物館の化石キットにも含まれており、小中学校の理科の学習や、高校地学基礎の授業用に貸し出しを行っている。また、教材会社ナリカからはプラスチック製のものが販売されている。



図1. 始祖鳥化石（ベルリン標本）のレプリカ。

(2) デジタルコンテンツ開発

始祖鳥化石は、本研究で用いたベルリン標本のほか、ロンドン標本などが知られている。福井県立恐竜博物館の常設展示コーナーには、7つのレプリカ標本がそろって展示されている。そこで、福井県立恐竜博物館にお願いし、オンラインサイトでロケをさせていただいた。撮影は、2012年8月26日の閉館後に行い、博物館入口、始祖鳥化石展示前、ティラノサウルスの全身骨格レプリカの前において、撮影を行った（図2）。ナレーターは村瀬、カメラワークは川上が行っている。始祖鳥化石展示の前では、始祖鳥化石が鳥類と爬虫類の特徴を併せもっていることを説明し、ティラノサウルスの展示前では、恐竜の骨格と始祖鳥の骨格の共通性について解説した。授業に用いたVTRの長さは約4分である。



図2. 制作したデジタルコンテンツの画面の例。

3. 授業実践

(1) 始祖鳥化石の観察までの指導の流れ

生徒は、「動物の生活と生物の変遷」の単元で、植物細胞と動物細胞の共通点や相違点、だ液によってデンプンが糖に分解されること、メダカの尾びれの観察による血液の流れや、ひとみや

皮膚におけるメダカの刺激に対する反応など、観察や実験を通して、動物の体のしくみについて学習してきた。

特に、アジとイカの解剖による脊椎動物と無脊椎動物の体のつくりの観察では、全員が体の内部のつくりをじっくりと観察したり、背骨や内臓を触ったりして、興味と意欲をもって学習に取り組むことができた。そのため、脊椎動物と無脊椎動物の体のつくりの共通点や相違点への理解を深めることができた。生徒は「イカに背骨があるかないかなんて考えたこともなかったから、すごく興味がありました」、「イカには関節やせきずいのある背骨がないので無脊椎動物であることが分かったのでよかったです」、「肝臓がものすごく大きかったのでびっくりしました」、「これだけ小さい体にも大きな肝臓があるのは、本当にすごいことなのだなあと思いました」などと、動物に関する興味と知識を高めることができた。

しかし、生物の変遷と進化の学習では、通常、化石や進化の証拠となる特徴をもっている動物に触れる機会があまりなく、進化に関する学習でも教科書の写真を用いて学ぶことが多い。そのため、進化に関する知識の定着を図ることができなかったり、動物が長い年月をかけて進化してきたという生命の神秘を感じることはできなかったりする。

そこで、導入時に始祖鳥の化石のレプリカを見せ、これから学習する始祖鳥に対する興味と学習への意欲を高める工夫をした。しかし、始祖鳥化石のレプリカを見ても、どこに着目して観察すればよいか分からなければ、始祖鳥化石にみられる爬虫類から鳥類への進化の証拠を読み取ることはできない。そこで、脊椎動物の進化の学習の初めに、ユーステノプテロンの復元図を提示して魚類の特徴と両生類の特徴を見つけ、そこから魚類から両生類へ進化したと推測する授業を行った。このとき、5つの脊椎動物それぞれの特徴や、それぞれの脊椎動物の化石が発見される地質年代の学習に振り返って考察する姿が見られ、学習が積み重なっていることを実感し、この学習も次につながることを予感させることができた。

(2) 始祖鳥化石の観察

授業の導入時に、始祖鳥化石レプリカに布をかぶせておき、生徒を集めて布を取り外すと、生徒は歓声を上げるとともに、「何ていう動物?」「鳥みたい」などとつぶやきを発し、どんな動物なのか調べてみたいという意欲を高めることができた。



図3. 始祖鳥化石（レプリカ）を観察する生徒。

ユーステノプテロンの学習の次に行った始祖鳥化石の観察では、班ごとに始祖鳥化石のレプリカをじっくり見て爬虫類や鳥類の特徴を示す部分を指さしたり、手で触って確かめたりする姿や、「復元図もありますか?」と化石のレプリカや写真とともに復元図も参考にしたいといった前回の学習の流れを生かした姿、そして爬虫類の特徴と鳥類の特徴を分け、爬虫類から鳥類へと進化したと考察していることを分かりやすく記録している姿が見られた(図3)。

(3) 互いに理解しあえる交流の工夫

始祖鳥化石のレプリカ、写真、始祖鳥の復元図を班で観察し考察したことを全体交流で発表するとき、発表者に注目して「聴く」姿や、図を指し示しながら「話す」姿を身に付けられるようにするために、始祖鳥化石の写真を貼ったホワイトボードを用意して、観察した結果や考察したことを自由に書き込めるようにした(図4)。すると生徒は聴き手を意識して分かりやすくホワイトボードに書き込み、発表時には聴き手は発表者と話し手に自然と注目できるようになり、話し手はどこの内容のことを話しているのか聴き手が分かりやすいよう、ボードの

- (4) 5つの脊椎動物を現れた
時代の古い順に並びかえる ……………90%

このように、始祖鳥化石のレプリカを実際に観察し、さらに爬虫類と鳥類の特徴、始祖鳥化石の特徴を撮影したデジタルコンテンツを視聴させたことで、始祖鳥の名前や始祖鳥のもつ爬虫類の特徴や鳥類の特徴を答える問題では、特に正答率が高くなっている。このことから、始祖鳥化石のレプリカを観察することで、印象に強く残り、仲間と交流することを通して理解が深まったことが分かる。

(3) 化石標本とレプリカについて

本研究では、授業の導入時に、始祖鳥化石レプリカを提示して、生徒の興味関心を高めようと意図した。始祖鳥化石レプリカを最初に見たときの生徒の反応は、教師が丁寧に化石を取り出して見せたこと、板状の標本に、完全体の鳥類様化石が見られたことに驚きを見せたが、生徒の中には、「これは本物？」とつぶやきがあった。岩石や化石標本を目にしたときの反応として、本物か模型かで学習者の受け止め方は大きく変化する。その疑問に対し、教師は「これはレプリカです」と答えた。これに対し、一部の生徒からも「なんだレプリカかぁ」といった反応があった。

生徒の多くは、小学校のときに、科学の祭典などで化石のレプリカ作りを体験している（例えば、利光・伊川，2008）。こうした活動では、三葉虫、アンモナイト、サメの歯の化石を用いて型を作っておき、型に石膏を流し込んで、レプリカを作る。こうした活動はもの作り教室のようであり、レプリカを作ることが目的化し、化石をじっくり観察するようなものになっていないことが多い。こうした活動によって、本物とレプリカの価値観に大きなギャップができてしまっているのではないかと、始祖鳥化石のレプリカの提示においては、「レプリカ」という言葉を避け、「複製」という言葉を使ったほうがよいと考えられる。

今後、化石の観察を取り入れた授業では、本物の化石をできるだけ確保すること、本物の化

石にしてもレプリカにしても、化石の形態をじっくり観察するような学習過程の構築が望まれる。

5. おわりに

本研究は、現行の学習指導要領で導入された「生物の変遷」の小単元で、始祖鳥化石のレプリカの観察と、福井県立恐竜博物館で撮影したVTRを視聴させる授業実践を行った。始祖鳥化石のレプリカを見せることで、始祖鳥に対する興味を抱かせ、意欲的に学習することができた。また、長い年月をかけて進化している過程を読み取り、命の大切さを再認識することができた。また、ホワイトボードを使うことによって、生徒がホワイトボードの図を指し示しながら発表をし、聴き手を意識した話し方ができた。また、聴き手も発表者に注目して話を聴くことができた。始祖鳥化石のレプリカは、岐阜大学教育学部地学研究室に保管しており、岐阜県中学校理科教育研究部会と共有して、広く授業で活用できるような体制をとっている。

謝辞。 本授業実践研究の構想は、岐阜県総合教育センターの実施する「理科教育講座」における議論から生まれたものである。福井県立恐竜博物館には、展示の前でロケを行わせていただいた。また、岐阜県中学校理科教育研究部会研究員の方々には、議論の場で貴重なご意見・コメントをいただいた。ここに記して深謝する。

引用文献

- 青井映里・船戸智・川上紳一・東條文治（2009）中学校「大地のつくりと変化」と「動物の生活と生物の変遷」におけるアンモナイト化石とオウムガイ標本の教材としての活用の試み。1. アンモナイト化石を用いた示準化石の授業実践，教師教育研究，5，81-88。
- 船戸智（2009）中学校理科「大地のつくりと変化」における化石の観察を取り入れた授業実践例，理科の教育，58，644-646。
- 船戸智・川上紳一（2009）中学校理科「大地のつくりと変化」における三葉虫化石の観察を取り入れた授業実践と効果的なICT機器の活用，教師教育研究，5，75-80。
- 川上紳一・東條文治・吉田裕之・小野輝雄（2010）

- アンモナイトとオウムガイ標本を用いた課題解決型特別授業の実践：示準化石と動物の仲間わけ，
教師教育研究，**6**，165-170.
- 真鍋陽子・川上紳一（2012）自然の事物に進んでかわり，目的意識をもった観察を促す理科授業：中学校第2学年「生物の変遷と進化」におけるアンモナイト，オウムガイ標本の活用，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），**36**，67-71.
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領-理科編，149p，大日本図書.
- 大野照文・川上紳一・染川香澄・磯野なつ子・たけうちかおる（2003）小学生を対象とした化石教室「三葉虫を調べよう」のねらいと実践，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），**27**，131-137.
- 利光誠一・井川敏恵（2008）化石のレプリカ作り，地質ニュース，No.643，20-23.