

脊椎動物化石と地学・生物教育

河村 愛* 河村 善也**

*大阪市立大学大学院理学研究科

**理科教育講座 (地学)

Vertebrate Fossils as Subjects in Earth Science and Biology Education

Ai KAWAMURA* and Yoshinari KAWAMURA**

*Graduate School of Science, Osaka City University, Osaka 558-8585, Osaka

**Department of Science Education (Earth Sciences), Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

Abstract

We have examined recent textbooks of general science, earth science and biology for Japanese primary, junior high, and senior high schools in order to understand the present situation of learning of vertebrate fossils and evolution in school education. The examination has revealed that the descriptions on these subjects are insufficient and far from satisfactory in the textbooks from the viewpoint of vertebrate paleontology. The textbooks lack explanation on basic skeletal structure of vertebrates, and mostly osteological terminology. Thus we propose a better way to learn vertebrate fossils on the basis of the knowledge on the structure and terminology given initially. This way is expected to improve the understanding and interest on the present subjects in pupils of the schools.

はじめに

恐竜やマンモスなど、すでに地球上から消え去ってしまった脊椎動物は多数知られているが、それらがかつて地球上に存在していたことは、それらの化石を研究することによって明らかにされてきた。そのような脊椎動物化石、あるいはそれから復元された太古の脊椎動物については一般の人々、特に子どもたちの関心は非常に高い。そのことは、それらが映画やテレビ番組にしばしば取り上げられてきたことや、わが国で毎年のように開かれる恐竜の展示会に多くの人々が訪れること、またわが国をはじめ世界各国の自然史系博物館の多くで、展示の中心に脊椎動物化石が据えられていることからわかる。現在わが国の学校教育で化石が最初に教科書に登場するのは、小学校6年生のときであるが、その教科書を見ると化石の一例として、恐竜などの脊椎動物の化石の写真や図が載っている。また、現行の中学校理科の教科書や高等学校の地学と生物の教科書にも脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物は数多く登場する。このように、脊椎動物化石は一般の人々が高い関心を示す対象で、しかも教科書にも数多く取り上げられているので、児童・生

徒の興味・関心を引き出す恰好の題材ではあるが、わが国の学校教育ではそれらについて児童・生徒の理解が十分に深まり、興味・関心が十分に引き出せているかと言うと、かならずしもそうはなっていないと思われる。

そこで本稿では、まず脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物が小・中学校や高等学校の教科書でどのように取り扱われているのかを調査し、それに関わる問題点を指摘したい。またそのような問題点をふまえて、学校での地学・生物教育の中で、日常的な興味・関心による不確かで断片的な知識を、科学的で体系的な知識に深化させるにはどのようにすればよいのかを考えてみたい。

教科書の調査

ここでは、第1表にあげた小・中学校の理科の教科書と高等学校の地学と生物の教科書について、脊椎動物化石やそれをもとに復元された太古の脊椎動物がどのように取り扱われているかを調査した。調査した教科書のうち、中学校の理科や高等学校の地学と生物については、平成21年文部科学省告示第34号による改

第1表 調査した小・中学校理科と高等学校の地学・生物の教科書の書名と著者・出版年、出版社の一覧。*は旧学習指導要領によるもの。

教科書名	著者・出版年	出版社
小学校 理科		
「新しい理科 6」	毛利 衛ほか, 2012	東京書籍
「わくわく理科 6」	大隅良典ほか, 2012	啓林館
「たのしい理科 6年-2」	有馬朗人ほか, 2011	大日本図書
「新編 楽しい理科 6年」	癸生川武次, 2012	信州教育出版社
中学校 理科		
* 「新編 新しい科学 2分野上」	三浦 登ほか, 2010	東京書籍
* 「未来へひろがるサイエンス 第2分野(上)」	竹内敬人ほか, 2010	啓林館
* 「中学校 科学 2分野上 生命と地球編」	日高敏隆ほか, 2010	学校図書
* 「新版 中学校理科 2分野上」	戸田盛和ほか, 2011	大日本図書
* 「理科2分野上～観察から自然のしくみを見つける～」	細矢治夫ほか, 2010	教育出版
「未来へひろがるサイエンス1」	塚田 捷ほか, 2012	啓林館
「未来へひろがるサイエンス2」	塚田 捷ほか, 2012	啓林館
「中学校 科学1」	霜田光一ほか, 2012	学校図書
「中学校 科学2」	霜田光一ほか, 2012	学校図書
「自然の探究 中学校理科1」	細矢治夫ほか, 2012	教育出版
「自然の探究 中学校理科2」	細矢治夫ほか, 2012	教育出版
高等学校 地学 I		
* 「地学 I 地球と宇宙」	島崎邦彦ほか, 2009	東京書籍
* 「地学 I 新訂版」	大森昌衛ほか, 2009	実教出版
* 「高等学校 地学 I 改訂版」	松田時彦ほか, 2008	啓林館
* 「改訂版 高等学校 地学 I 地球と宇宙」	小川勇二郎ほか, 2010	数研出版
* 「高等学校 地学 I」	内海和彦ほか, 2009	第一学習社
高等学校 地学基礎		
「地学基礎」	木村龍治ほか, 2012	東京書籍
「地学基礎」	森本雅樹ほか, 2012	実教出版
「地学基礎」	磯崎行雄ほか, 2011	啓林館
「地学基礎」	小川勇二郎ほか, 2012	数研出版
「高等学校 地学基礎」	西村祐二郎ほか, 2012	第一学習社
高等学校 地学 II		
* 「高等学校 地学 II」	松田時彦ほか, 2008	啓林館
* 「高等学校 地学 II 地球と宇宙の探究」	力武常次ほか, 2009	数研出版
高等学校 生物 II		
* 「生物 II」	浅島 誠ほか, 2010	東京書籍
* 「新版生物 II 新訂版」	石原勝敏ほか, 2010	実教出版
* 「高等学校 改訂版 生物 II」	本川達雄ほか, 2009	啓林館
* 「高等学校 改訂 生物 II」	田中隆荘ほか, 2008	第一学習社
高等学校 生物		
「生物」	本川達雄ほか, 2012	啓林館

訂後の新学習指導要領による教科書と、それ以前の旧学習指導要領(平成11年文部科学省告示第58号)による教科書(第1表の*印)の両方について調査を行った。なお旧学習指導要領による教科書の「地学II」と「生物II」は、新学習指導要領ではそれぞれ「地学」と「生物」になっている。現在は新旧の学習指導要領による教科書の過渡期で、新学習指導要領による「地学」は未出版のため、旧学習指導要領による「地学II」のみ調査した。

小学校 理科

6年生用の理科教科書の「地層・化石」に関する単元に、脊椎動物化石とそれに関連する写真・図や記述が数多く見られる。具体的には、魚類の「魚の化石」や「サメの歯の化石」、爬虫類の「恐竜(の化石)」「ティラノサウルス」「かがりゅう」「フクイサウルス」「恐竜の足あとの化石」、哺乳類の「シナノトド」「アケボノゾウ」「ナウマンゾウ」「サッポロカイギュウ」である。これらは目立つものや、見かけのよいものが例示されているのであろうが、単に形がわかる程度で、これだけでは脊椎動物化石についてのより深い理解には

役立たないであろう。

中学校 理科

第1表の旧学習指導要領によるものでは、(第)2分野上の「地層・化石や地球の歴史」に関する単元で、脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物についての記述や図・写真が載せられている。具体的な種類名をあげると、魚類の「カッチュウギョ」、爬虫類の「恐竜」「ティラノサウルス」「アロサウルス」「フクイラプトル・キタダニエンシス」「カガリュウ」「羽毛をもつ恐竜」「セイスモサウルス」「ヒサノハマリュウ」「イグアノドン」「フクイサウルス」「ステゴサウルス」、鳥類の「シソチョウ」、哺乳類の「アケボノゾウ」「古代ゾウ」「マンモス」「ナウマンゾウ」「デスモスチルス」「ヒラコテリウム」「メソヒップス」「メリキップス」「プリオヒップス」である。小学校の教科書のものより種類がかなり多くなっていることがわかる。また、これらのほぼ半数は爬虫類であり、しかもそのすべてが恐竜類に含まれる種類である。しかし、小学校の教科書の場合と同様、化石として目立つものや、見かけのよいものの形の例示にとどまっていた、これだけではそれ以上の理解にはつながらないであろう。

また、これらの教科書には地球の歴史と生物の変遷を表したジオラマのような図がすべてに掲載されていた。その図に表されている動物は大部分が太古の脊椎動物である。しかし、そこにはそれらの説明はおろか、それぞれの種類の名称も一切書かれていなかった。各教科書の指導書には名称くらいは書かれているのであろうが、これも教師の適切な指導がなければ、児童・生徒にとっては単にいろいろな形のものがならんでいるだけで、それほど興味・関心が湧くものではないだろう。

旧学習指導要領によるものでは、やはり(第)2分野上の「動物のからだのしくみ」や「動物の分類」に関する単元に、脊椎動物化石や太古の脊椎動物そのものではないが、脊椎動物の進化を理解する上で重要な脊椎動物の骨格(人体も含む)についての記述がある。しかし、そこには現生脊椎動物の骨格や歯についての図・写真と簡単な説明があるだけで、後述するように脊椎動物の化石やその進化を体系的に理解する上できわめて重要な骨の名称がまったく書かれていない。

第1表の新学習指導要領による教科書の「地層・化石と地球の歴史」に関する単元を、同じ出版社の旧学習指導要領によるものと比べてみると、取り上げられている脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物の種類は基本的には変わらないが、「タンパリュウ」や「タキワカイギウ」など国内で発見されたものが追加されている場合があることがわかる。「動物のからだのしくみ」や「動物の分類(進化)」に関する単元で比較してみると、新学習指導要領によるもの

では、脊椎動物化石に関する説明がこの単元に追加されているが、具体的な種類名として「始祖鳥」「羽毛恐竜」以外は書かれていない。また旧学習指導要領による教科書に載っていた現生脊椎動物の骨格の図は同様に載っており、さらに新たに加わった相同器官の説明に、現生脊椎動物のいろいろな種類の前肢の骨格が図示されている。しかし、それらいずれにも骨の名称はまったく書かれていない。

高等学校 地学

高等学校地学の教科書に取り上げられている脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物は、一般に中学校理科のものよりかなり多い。そのため、ここでは具体的な種類名をあげることはせずに、「地学I」と「地学基礎」のそれぞれの教科書に出てくる太古の脊椎動物をすでに絶滅している脊椎動物の種類として、その数を調べて第2表にまとめた。その際に絶滅した種類であれば人類進化に関するものも含めた。またそのような種類には、分類学的に綱のランクのもの(たとえば板皮類)から種のランクのもの(例えばホモ・エレクトス)までを含んでいる。この表で「地学I」を見ると、教科書によって取り扱われている太古の脊椎動物の種類数が大きく異なっていることがわかる。5社中の2社(D社とE社)のものは、その数が極端に少なく、人類進化に関するものを除くと、中学校理科の各教科書で扱われているものと大差がない。一方、新学習指導要領による「地学基礎」では、これら2社の教科書でその数が大きく増加していることがわかる。それでもやはり、教科書によって数多く取り上げているものとそうでないものとの間にまだかなりの差がある。

脊椎動物化石や太古の脊椎動物は、これらの教科書では「化石と地球の歴史」に関する単元で取り扱われているが、中学校理科の教科書と同様に、それぞれの種類の図や写真が示されたり、種類名が書かれているだけで、ほとんどが単にその形あるいは名称がわかる程度のものである。脊椎動物の体を構成する骨の名称については、「地学基礎」の一部の教科書のごく一部の図に簡単な名称が載せられているのを除くと、まったく書かれていない。

第2表 高等学校の「地学I」と「地学基礎」の各教科書で取り上げられている太古の脊椎動物の種類数。現生のは除き、絶滅したもので種類名があげられているものの数を各教科書で数えた。人類進化に関するものを含む。

教科書名	出版社				
	A社	B社	C社	D社	E社
地学I	47	37	18	9	7
地学基礎	54	29	17	19	32

「地学Ⅱ」については、一つの教科書で「郷土の地形・地質」に関する単元の中に「恐竜の足跡化石」「パレオパラドキシア（デスモスチルスのなかま）」「マチカネワニ」があげられているだけで、それ以外はまったく取り扱われていない。

高等学校 生物

「生物Ⅱ」の教科書を中心に調査したが、「生物Ⅱ」では「生物進化」に関する単元の中の①化石や地球の歴史に関する部分、②人類進化に関する部分、③進化のしくみに関する部分で脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物が取り扱われている。このうち①と②の内容は「地学Ⅰ」や「地学基礎」の「化石と地球の歴史」に関する単元の内容と重複するところがありある。「生物Ⅱ」の①の部分には、魚類の「ボトリオレピス」「ユーステノプテロン」、両生類の「イクチオステガ」「アカンソステガ」「ペデルペス」、爬虫類の「メソサウルス」「ほ乳類型は虫類」「恐竜（類）」「コエルロサウルス類」「タルボサウルス」「ティラノサウルス（類）」「羽毛恐竜」「ディロング」「ドロマエオサウルス類」「マイクロラプトル」「翼竜（類）」「プテラノドン」「魚竜（類）」「イクチオサウルス」「首長竜（長頸竜類）」、鳥類の「始祖鳥」「孔子鳥」「プロトエイビス」、哺乳類の「ウインタテリウム」「マンモス」「ナウマンゾウ」がある。②の部分には「プロコンスル」「ラマピテクス」「サヘラントロプス」「アウストラロピテクス（猿人）」「ホモ・エレクトス（原人）」「ホモ・フローレンシス（フローレス原人）」がある。これらは4社の教科書にあげられている種類名を列挙したものであるが、個々の教科書では、「地学Ⅰ」や「地学基礎」の教科書で太古の脊椎動物の取り扱いの少ないものと同程度の出現頻度であった。③で各教科書に共通して扱われているものには、化石記録にもとづくウマ類の進化がある（1つの教科書では①の中で取り扱われていた）。そこでは「ヒラコテリウム」「メソヒップス」「メリキップス」「プリオヒップス」などの種類があげられている。

これらの種類の記述の中には、骨格の図や写真が載せられているものもあるが、骨の名称は大部分で書かれていない。人類進化に関する図や現生脊椎動物での相同器官の説明に骨の名称が入っているものも一部にはあるが、これだけでは脊椎動物化石やそれにもとづく進化を体系的に理解する材料にはなりにくいと思われる。

教科書の問題点

以上のような調査で、脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物は、小・中学校の理科や高等学校の地学・生物の教科書に数多く取り上げられている

ことが確認できた。児童・生徒は、小学校6年生で早くもそれらを教科書の写真や図で知ることができ、続いて中学校ではさらに多くのものに接することができるようになってきている。しかし、中学校の教科書では写真や図、それに種類名があげられているだけで、それらがどのような動物で、どのように進化し、他のものとのような関係にあるのかは、そこにある記述だけではわからない。また別の単元で、現生脊椎動物の体の構造を学習しても、骨の名称がどちらの単元でも書かれていないので、脊椎動物化石とは結びつかないし、理解も深まらない。高等学校の「地学Ⅰ」や「地学基礎」の教科書では取り扱われている種類が増えても、扱いは基本的に中学校の場合と同じであるので、脊椎動物の化石やその進化についての理解はやはり深まらないであろう。高等学校の「生物Ⅱ」でも地球の歴史に関する部分は、「地学Ⅰ」や「地学基礎」の内容の繰り返しのようにになっているから、それと同じことになるであろう。また進化についての記述では骨の名称の記述が少なく、骨の形態の違いの機能的な意味も十分に説明されていないので、人類進化やウマの進化、あるいは手足の構造の相同性といった個別の事例の説明にとどまり、脊椎動物化石やその進化の体系的な理解には役立っていないように思われる。

脊椎動物の進化を化石の情報にもとづいて理解するには、脊椎動物の骨格の基本構造について、まずは学んでおくことが必要である。脊椎動物化石として地層中に保存されるのは、ほとんどが脊椎動物のつくる硬組織、つまり骨や歯だからである。骨格の基本構造を学ぶ際には、相同性にもとづいて名付けられた骨の名称は必須である。もしそれらについての学習が行われず、骨格についての体系的な知識がなければ、教科書にいくら脊椎動物化石の図・写真や種類名、あるいは太古の脊椎動物の復元図があげられていても、児童・生徒にとってそれは単なる形、あるいはそれに名付けられた名前にすぎないので、それについての理解は深まらず、興味・関心も湧いてこないであろう。

脊椎動物の骨格の基本構造をまずは学び、その知識をもとに地層から産出する脊椎動物化石を正しく理解し、それを地層の情報からわかる時間軸の上にならべて、脊椎動物の進化を解明するというのが脊椎動物化石のオーソドックスな研究方法である。しかし、調査した教科書の記述ではそのようなプロセスがわかるようにはなっていない。むしろ、その記述の多くはあたかも「日本史」や「世界史」といった歴史の教科書の記述のようになっていて、地球の歴史の中で起った種々の事件や現象を時間の経過の中で記述し、太古の脊椎動物はいろいろなところに顔を出す主要な登場者の一つになっているように思える。教科書の限られたスペースで多くのことを説明するには、このような記述もやむを得ないのかもしれないが、地球の歴史やそこに登

場する太古の脊椎動物が興味・関心の湧かない「暗記科目」の一部とならないようにするには、上に述べたようなプロセスがわかるように、その最初の段階を児童・生徒に正しく教えておくことが重要と考える。そのためには、どのようにすればよいのかを次に述べてみたい。

骨格の基本構造と骨の名称

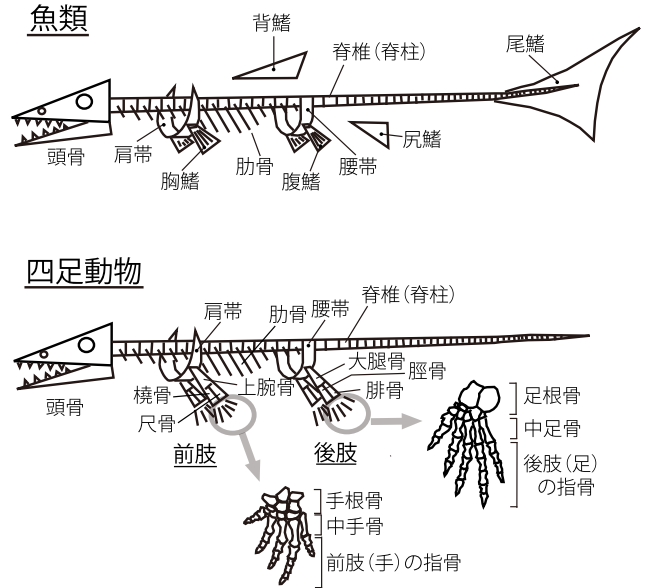
すべての脊椎動物は共通の祖先に由来するため、その骨格の基本構造は、われわれ人類を含めてすべて同じであり、骨格を構成する個々の骨で相同なものには同じ名称がつけられている。このように「同じ」であることを児童・生徒に気付かせることが、まずは重要である。「同じ」であるからこそ、それらは難解なものではなく、児童・生徒にも理解しやすい題材になるのである。次に具体的な骨格の基本構造と個々の骨の名称について述べ、さらにそれらを教えるのに他の教科の教科書が役立つことを述べる。

骨格の基本構造

アメリカの古生物学者E. H. Colbertの“Evolution of the Vertebrates”は版を重ねて長年出版され続けた名著であり、日本語にも翻訳されている。その中に載せられている模式図は、脊椎動物の基本構造を簡潔にわかりやすく説明しているのので、それを用いて説明する(第1図)。

脊椎動物は、脊椎あるいは脊柱(いわゆる背骨)という体の中軸をなす骨を体の内部にもつ動物の一群である。それには、水中で生活し鰭で運動する水棲脊椎動物つまり魚類(Pisces)と、陸上で生活し前後肢(手足)で運動する陸棲脊椎動物つまり四足動物(Tetrapoda)がある。四足動物には、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類が含まれる。魚類と四足動物の構造を第1図で比べてみると、上述のような両者の違いをつくっている鰭と前後肢を取り去れば、両者はまったく同じ構造であることがわかる。このような同じ構造の部分をつくる骨は体の中軸をなすという意味で中軸骨格(axial skeleton)と呼ばれる。それには頭骨、脊椎、肋骨などが含まれる。それに対して、前後肢やそれのもととなった胸鰭や腹鰭をつくる骨は体の中軸に対して付加的に取り付けられたようになっているので、付属骨格(appendicular skeleton)と呼ばれる。図中の肩帯や腰帯は、魚類においては胸鰭と腹鰭を、四足動物においては前後肢を取り付けるための土台となっている骨で、これも付属骨格に含められる。四足動物について述べると、付属骨格に属する骨は肩帯・腰帯と前後肢の多くの骨ということになる。

四足動物は単一の祖先に由来するので、その前後肢は基本的には、どの種類でもすべて同じ構造をもって



第1図 脊椎動物の骨格の基本構造を示す模式図。Colbert and Morales (1991)の図に加筆した。前後肢の先端部にはRomer (1971)の図を使用した。

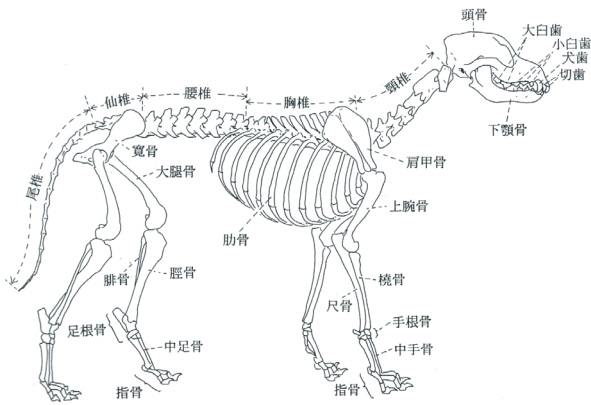
いる。また前肢と後肢も第1図でわかるように同じ構造をもっている。すなわち前後肢で肩帯や腰帯に接続する長い棒状の骨は片側1本であるのに対して、その先にある長い棒状の骨は片側2本になっている。さらにその先には小さく四角い骨が多数集まっている部分があり、その先はやや短い棒状の骨が指の数だけあって、最も先端は指をつくる多数の小さく短い棒状の骨になっている。

骨の名称とそれに関連する事柄

骨格をつくるそれぞれの骨については、上述のように動物の種類が違っていても相同性が認められるものには同じ名称がつけられている。脊椎動物の体をつくる骨の名称とそれに関連する事柄について以下に説明する(第2図、第3図)。

中軸骨格の前端にある頭骨(頭蓋)は、多くの骨が組み合わさってできた骨の構造物で、それら多くの骨の個々のものには前頭骨、頭頂骨、側頭骨、下顎骨など、それぞれに固有の名称がつけられている。これらの名称を使えば、「生物Ⅱ」の教科書の人類進化の部分で取り上げられている「眼窩上隆起」は前頭骨下部にある隆起部、「大後頭孔」は後頭骨にある大きな穴と説明できる。

中軸骨格の中心にあるのが脊椎(脊柱)で、よく似た形の多くの骨が一列にならんでできた骨の構造物である。脊椎をつくる個々の骨は椎骨と呼ばれる。四足動物では、その進化の過程で椎骨の形が場所によって異なるようになり、哺乳類では5種類に区分できるようになっている。それは頸部にある頸椎、胸部で肋骨が関節する胸椎、腹部で肋骨が関節しない腰椎、腰帯



第2図 現生のイヌの骨格とそれぞれの骨の名称。Evans and Christensen (1979) の図に加筆した。下顎骨は頭骨の一部であるが、頭骨を構成する多くの骨と比べて独立性が高いので、この図のように別個に扱われることがある。

に接続する部分にある仙椎、その後方で尾の部分をつくる尾椎である（第2図）。

中軸骨格の中で肋骨は、左右1対ある湾曲した棒状の細長い骨である。哺乳類では胸部に限られるが、両生・爬虫類ではそのほか頸部や腹部にもある（第4図）。胸骨は左右の肋骨を腹側でつないでいる骨で、鳥類では大きな板状の骨になり、翼を動かす筋肉の起始部となっている。多くの教科書で取り上げられている「始祖鳥」では、この骨は鳥類以外の四足動物のものと同様に小さい。

付属骨格で肩帯をつくる骨には、肩甲骨や鎖骨などがある。肩甲骨は一般に板状の骨で、哺乳類ではその外側面に肩甲棘と呼ばれる稜が見られるが（第2図）、他の四足動物の肩甲骨にはそれが見られない。肩甲骨には前肢の基部をつくる上腕骨と呼ばれる骨が関節している。その先にある片側2本の骨は尺骨と橈骨と呼ばれる。これら2本の骨より先には手根骨として一括される小さな骨が集まっている部分があり、その先には最大5本の棒状の骨があって中手骨と呼ばれる。その先は指に分かれている部分で手（前肢）の指骨と呼ばれる短く小さな棒状の骨が指の数に応じて多数ある。「生物Ⅱ」の教科書で取り上げられているウマの進化の図に出てくる前肢の骨は、手根骨または中手骨から指骨までの部分が時代とともに変化する様子を表している。

付属骨格で腰帯を作る骨は、哺乳類では寛骨と呼ばれる大きな板状の骨であるが、両生・爬虫類では、その部分は3つの骨に分かれている（第4図）。その3つは腸骨・恥骨・坐骨である（哺乳類でも若い個体ではこれら3つを区別できる）。調査したすべての教科書で取り上げられていた「恐竜」は、竜盤類と鳥盤類という2つのグループから成り立っているが、それらは上記の3つの骨の配列様式の違いで区別されている。寛骨に

関節する後肢基部の片側1本の骨は大腿骨と呼ばれ、その先にある2本の骨は脛骨と腓骨と呼ばれる。それより先は前肢のものと同様の特徴をもった足根骨、中足骨、それに足（後肢）の指骨となっている。

保健体育の教科書の活用

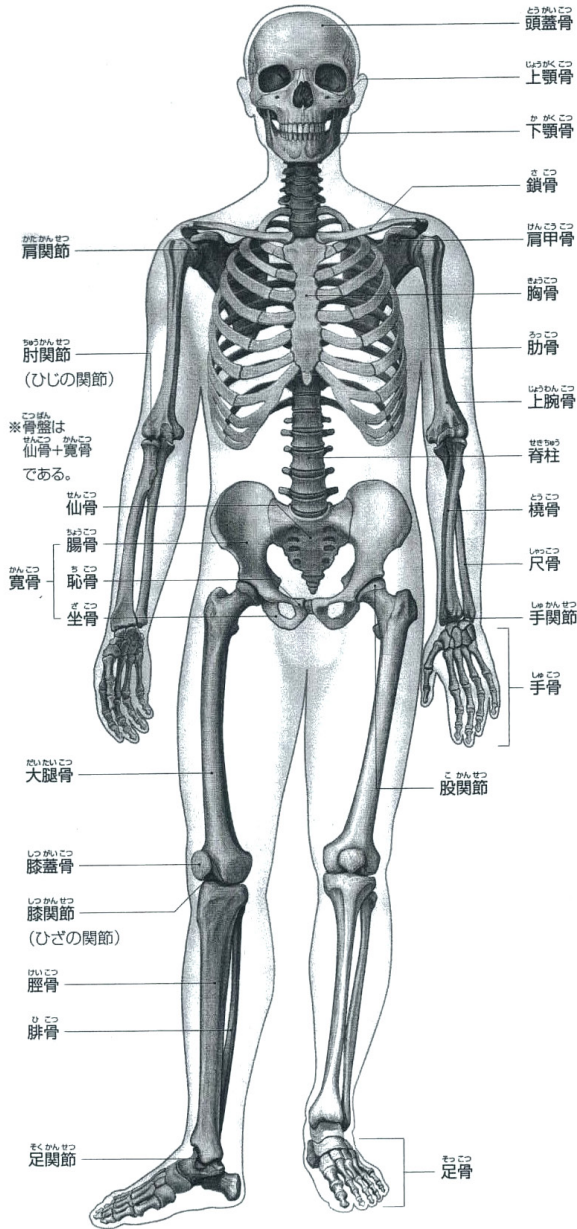
すでに述べたように、小・中学校理科や高等学校の地学・生物の教科書には骨の名称はほとんど書かれていない。しかし、児童・生徒がそれを学んでいないわけではない。あまり気付かれないところに、絶好の題材があることが、第3表にあげた中学校の保健体育の教科書を調査してわかった。この表にあげた教科書のすべてで、人体の骨格を構成する骨の名称がかなり詳しく記入された図が掲載されているのである。それらのうちの一例を第3図に示した。この図に記入されている骨の名称は、脊椎動物の化石やその進化史を理解する上で十分に役立つものであるが、現状ではそれが他の教科の学習に役立っているとは思えない。理科の教師がこれらの図をうまく使って児童・生徒に骨の名称を教え、それが他の脊椎動物でもまったく同じように使えることを理解させれば、脊椎動物の化石やその進化史についての児童・生徒の理解は深まると思われる。次に太古の脊椎動物の骨格にそのような名称を与えることによって、児童・生徒に多くのことを説明でき、それに対する理解を深めることができることを、教科書に最も多く取り上げられている恐竜を例に説明する。

骨の名称などで深まる理解

今回の調査で明らかになったように、恐竜の中でも「ティラノサウルス」は教科書によく登場する種類である。恐竜の多くの種類の中で、一般の人々に最もよく知られ人気の高いものの一つだからであろう。それではまず名称の「ティラノサウルス」とは何かを、高等学校の「生物Ⅱ」の「生物の分類」の単元に書かれている内容に即して説明すると、これは属名であり正式にはティラノサウルス属 (*Tyrannosaurus*) である。この属は竜盤目 (*Saurischia*) の獣脚亜目 (*Theropoda*) のティラノサウルス科 (*Tyrannosauridae*) に属している。一部の教科書で取り上げられている「タルボサウルス」(正式にはタルボサウルス属 *Tarbosaurus*) も同じ科に属する近縁な動物である。「T・レックス」という名称が同様のものを指して使われることがあるが、これは *Tyrannosaurus rex* という種名を指していると思われるので、「ティラノサウルス」とは分類のランクが異なり厳密な意味では「ティラノサウルス」と同じではない。このように化石から知られる太古の生物も、生物の分類体系の中に入っていて、現生の生物と同様に分

第3表 調査した中学校の保健体育の教科書の書名と著書・出版年、出版社の一覧。

教科書名	著者・出版年	出版社
「新しい保健体育」	戸田芳雄ほか, 2012	東京書籍
「中学校保健体育」	高石昌弘ほか, 2012	大日本図書
「中学保健体育」	森 昭三ほか, 2012	学研教育みらい
「保健体育」	高橋健夫ほか, 2012	大修館書店



第3図 中学校の保健体育の教科書に出てくる人体の骨格とそれぞれの骨の名称。第3表の戸田ほか (2012) の図を採録。この図のように手根骨・中手骨・手の指骨はまとめて手骨、足根骨・中足骨・足の指骨はまとめて足骨と呼ばれる。

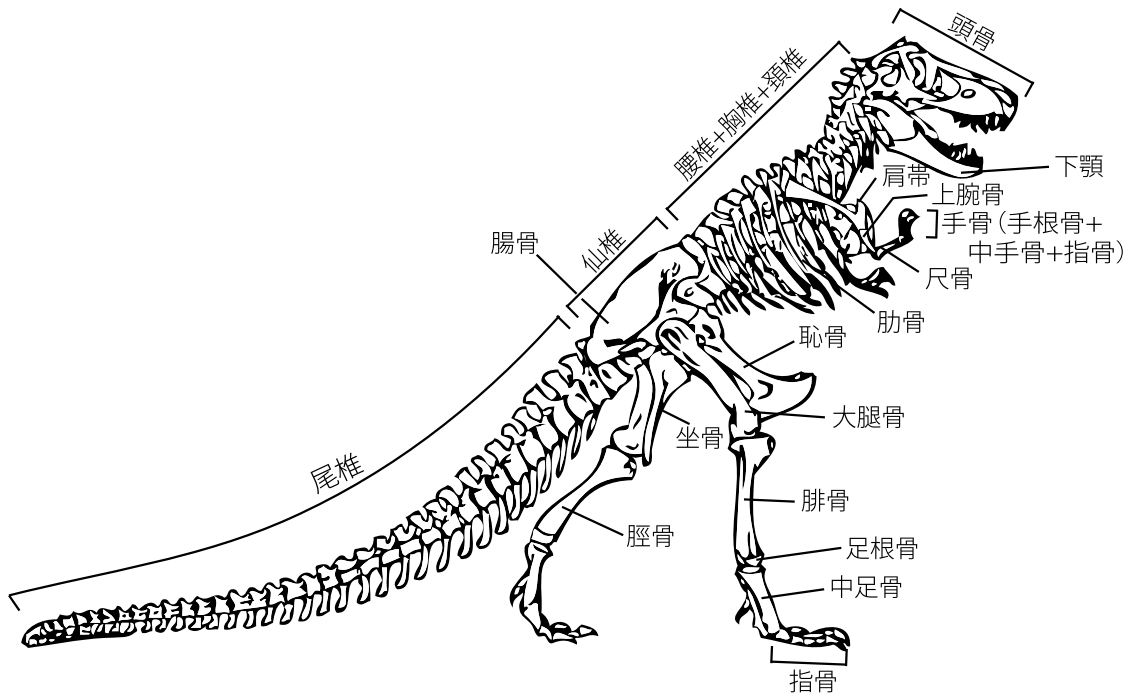
類されていることを児童・生徒に教えておくことも必要であろう。

次に A. S. Romer の脊椎動物の古生物学に関する教

科書 (Romer, 1966) に載っているティラノサウルス属の骨格の図に骨の名称を入れてみると、第4図のようになる。このような化石が地層中から発見され、これが未知の動物だったとして、児童・生徒にこの動物が何であり、いつどのように生活していたかを考えさせたとしてみよう。まず、この動物は脊椎をもち、しかも手足があるから脊椎動物の中でも四足動物に属していることは、児童・生徒にも容易に理解できるはずである。では、四足動物のうち両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類のどれに属しているのであろうか。それに答えるためには、骨の名称とその意味するところを知っていなければならない。両生類でないことは、頭骨の丈が高く、仙椎が2個以上あることでわかる (両生類は扁平な頭骨をもち、その仙椎は1個)。鳥類については、M. J. Benton による脊椎動物の古生物学に関する最近の教科書 (Benton, 2005) の分類表によれば、その祖先がティラノサウルス科の動物に近縁と考えられており、このグループの恐竜と鳥類の祖先の境界がわかりにくくなっている。しかし典型的な鳥類では前肢が翼の支柱となっているため、それを構成する骨 (上腕骨や尺骨、橈骨など) がこれよりはるかに長く、大きな胸骨があり、尾椎は全体として著しく短縮している。したがって、この動物は典型的な鳥類ではないことがわかる。哺乳類でないことは、頭骨にそれには見られない多くの穴があいていること、頸椎が7個より多いこと、下顎の片側をつくる骨に継ぎ目があって下顎の片側が複数の骨でできていること、頸部や腹部に肋骨があることなどで容易に理解できる。第2図のように、哺乳類では下顎は1種類の骨でできており、頸椎は7個で、頸椎や腰椎の部分には肋骨がないからである。このようなことから、この動物は四足動物の中で爬虫類以外のものとは考えられないことになる。このことは、骨に名称を与えてこのように説明することによって、児童・生徒にも理解できるようになる。

この動物が爬虫類の中で恐竜類 (Benton, 2005 の分類表では恐竜上目 Dinosauria) であることがわかったとして、それを構成する2つの目、つまり竜盤目と鳥盤目のいずれに属するのかということもこの図からわかるが、そのことは骨の名称を知っていれば、容易に説明できる。この動物の恥骨と坐骨はほぼ直交する方向についているので、それは竜盤目ということになる。鳥盤目では、これらの骨が互いに平行に配列しているからである。

さらに、この動物がどのような生活をしてきたのかを考えてみよう。頭骨に生えている歯の形からこの動物が肉食性であったことがわかるということは、中学校や高等学校の教科書に書かれていることである。しかし骨に関する知識があれば、それ以外にも多くのことがわかるのである。この動物は大きな頭骨をもちているが、上述のようにそこには多くの穴があいてい



第4図 ティラノサウルス属の骨格とそれぞれの骨の名称。骨格の図はRomer (1966) にあげられているものを用いた。

る。また頸椎の部分は、体全体から見て非常に短い。一方、尾椎は数が多い上にそれがつくる尾は非常に長い。強大な後肢と弱々しい前肢から、この動物は二足歩行をしていたことがわかるが、この動物では大腿骨と腰帯の間の関節（股関節）が体の重心となっているので、その前と後で体の重さのバランスをとって運動していたと考えられる。このような運動様式は、同じ二足歩行でもヒトの直立二足歩行とはまったく違うことが、第3図と第4図を比べれば容易にわかる。また、頭骨に多くの穴があいていることや頸椎の部分が短いことは、「テコの原理」が働いて頭部が下がってしまうことを防ぐための適応として理解できるであろう。

一方、このような動物はRomer (1966) やCarroll (1988)によれば、北アメリカやアジア東部の白亜紀後期の地層から見つかっている。地層はすべての川や湖などで堆積した陸成層である。また、それより古い白亜紀前期やジュラ紀の地層、さらにそれより新しい新生代の地層からは見つからない。したがって、この動物は白亜紀後期に現れ、北アメリカやアジア東部の陸地に生息していたが、あまり長く生きながらえることなく白亜紀末には他の恐竜とともに絶滅してしまったことがわかる。

教科書で多く取り上げられている「ティラノサウルス」を例に、脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物について児童・生徒が理解を深め、それらに興味・関心をもつようにさせる方法を考えてみた。それはけっして難しいことではないのである。中学校の保健体育の教科書など既存の材料を使って、脊椎動物の骨格の基本構造と骨の名称を学ぶところから始め

るといのが重要なポイントである。そうすることによって多くの事柄に理解が広まることは、このような「ティラノサウルス」の例でわかることである。さらに脊椎動物化石が単に「珍しいもの」、「カッコのよいもの」あるいは教科書にでてくる「単なる形や名称」ではなく、科学の対象として科学的手法で研究され、その実体が解明されてきたものであることも理解できるようになり、児童・生徒の興味・関心が広がるのが期待できる。

まとめ

児童・生徒の「理科ばなれ」という現象が指摘され、特に地学分野では地学を教える高等学校が減っているという現象が関連の諸学会で危惧されている。そこで本稿では、児童・生徒が興味・関心を持ちやすい脊椎動物化石という題材を活用し、児童・生徒にそれを体系的に学習させることによって、小・中学校の理科や高等学校の地学・生物に興味・関心をもたせる契機にできないかと考えた。

本稿では、まず小・中学校の理科の教科書や高等学校の地学と生物の教科書で、脊椎動物化石やそれから復元された太古の脊椎動物がどのように取り扱われているのかを調査した。調査の結果、それらが教科書に数多く取り上げられていることが明らかになったが、調査した教科書の記述では、脊椎動物化石や太古の脊椎動物の図や写真と種類名、場合によってはその簡単な説明があるだけで、それらが脊椎動物の化石やその進化を理解する上であまり役に立っておらず、児

童・生徒が興味・関心をもつ題材にもなっていないと考えられた。そのことの原因は、小・中学校や高等学校で脊椎動物の骨格の基本構造や骨の名称が十分に正しく教えられていないことにあると考えられるので、児童・生徒ばかりでなく教員の学習にも役に立つよう、それらを本稿で簡単にまとめておいた。また、そのような学習に中学校の保健体育の教科書に載っている図が役立つことも指摘した。脊椎動物の骨格の基本構造や骨の名称を学習することの有効性は、教科書によく取り上げられている「ティラノサウルス」を例に説明した。脊椎動物化石が科学の対象として、科学的手法で研究されてきたことを児童・生徒に理解させることによって、その興味・関心が広がることが期待できるが、筆者らが提案した方法が、児童・生徒の「理科ばなれ」や「地学未履修」という現象を少しでも食い止めることに役立ってほしいと、筆者らは願っている。

文献

- Benton, M. J. 2005. *Vertebrate Palaeontology* (3rd ed.). 455p. Blackwell Publishing, Malden etc.
- Carroll, R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. 698p. W. H. Freeman and Company, New York.
- Colbert, E. H. and Morales, M. 1991. *Evolution of the Vertebrates: A History of the Backboned Animals Through Time* (4th ed.). 470p. Wiley-Liss, New York etc.
- Evans, H. E. and Christensen, G. C. 1979. *Miller's Anatomy of the Dog* (2nd ed.). 1181p. W. B. Saunders Company, Philadelphia etc.
- Romer, A. S. 1966. *Vertebrate Paleontology* (3rd ed.). 468p. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Romer, A. S. 1971 *The Vertebrate Body* (shorter version, 4th ed.). 452p. W. B. Saunders Company, Philadelphia etc.

(2013年9月27日受理)