

水族館における動物系統分類学の教育プログラムについて

—実物を見ながら動物の進化を学ぶ—

Educational program of animal phylogenetic taxonomy in the aquarium
~Learning the evolution of animals while observing the living specimens~

亀崎直樹・中村清美*

岡山理科大学生物地球学部

*神戸市立須磨海浜水族園

1. 背景

1-1 動物系統分類学教育の現在

動物系統分類学とはすべての動物、すなわち摂食によって栄養を取り入れて増殖する生物の進化の過程を追いながら分類する学問である。かつては、その形態・体制や発生を重視して、進化の過程を推測・整理する学問であったが、分子生物学の進歩に伴って、遺伝子の塩基配列を比較し、進化の系統を論じることが主流になった。現在では動物門の関係を論じた大分類から、同種あるいは近縁種の系統関係を論じる小分類まで、様々な階層の分類群において分子系統分類学の研究が流行し、世界各国で活発に行われている。

これに対し、中学校や高等学校における理科教育の中での動物系統分類学を含む進化の授業は相対的に重要視されてはならず、中学校においては全く扱われない¹⁾。それに関係するのか、大学入試におけるこの分野の問題の扱いも極めて少ない状況にある。また、高等学校において生物を学ぶ生徒が少ない現況において²⁾、日本人全体の教養の中での動物系統分類学の位置づけは極めて低いと言わざるを得ない。しかも、DNAを中心とした分子生物学が生物の分野で世間の注目を浴びるようになると、さらに動物系統分類学の位置づけは低下することが心配される。

しかし、地球レベルで生物多様性の重要性が指摘される中、我々人類はできるだけ幅広い生物との間に共通性を見出すことも重要であるし、さらにこのように多様な生物がいかに進化してき生じてきたかという概要を理解することは、地球上で最も影響力をもつ人間としては重要であろう。ところが、人間が動物として認識しているのは、我々が属している脊椎動物門哺乳綱くらいで、脊椎動物門でも爬虫綱や両生綱、さらには魚類綱になると、全く共通性を感じていないような印象を受ける。さらには昆虫や甲殻類を含む節足動物門などに対しては極めて遠い存在と認識し、ましてや人類とそれらの関係などを論じようとしてもしない。生物多様性を重視する流れのある中で、その方向性にズレがあるのである。

1-2 水族館の社会的役割

公益社団法人日本動物園水族館協会によると、それに加盟する水族館は日本に60か所存在し³⁾、日本は世界でも水族館密度が高い国である。多くの水族館は博物館法によって博物館相当施設と定義される。博物館法第二条によると、博物館とは自然科学等に関する資料を収集し、保管(育成を含む)し、展示して教育的配慮の下に一般公衆の利用に供し、その教養、調査研究、レクリエーション等に資するために必要な事業を行い、あわせてこ

これらの資料に関する調査研究をすることを目的とする機関とされている⁴⁾。近年、そのアミューズメント性の強化が行われ、収益性に重点が置かれる中、それでも水族館はこの60年間、日本人の水生動物に対する関心を高めてきた。

日本だけでなく世界中で、生物を生きたまま展示する博物館は、水族館、動物園、植物園がある。この中でよく対比されるのが、水族館と動物園である。一般的に水族館は水生の生物を、動物園は陸生の動物を展示しているところを両者の違いと指摘することが多いが、実は展示している動物門の幅は比較にならないくらい水族館の方が多い。例えば、日本のすべての水族館で飼育されている動物は、2009年の段階で海綿動物から脊索動物まで16動物門が展示されているとしている⁵⁾。しかし、これに対して脊椎動物門以外の動物を展示している動物園は少ない。このように水族館で飼育する動物の種類数が多いのは、動物の初期の分化、すなわち進化が海の中で起こったことに起因する。この頃、海で多様に分化した動物群の子孫がまだ海で生活しているゆえに、多くの動物門を含む海産の無脊椎動物の展示ができる水族館はより多様な動物を展示でき、それは動物系統分類学の教育の場としては好都合だと考えられる。しかしながら、水族館での教育は環境教育に重点がおかれ、系統分類学に関するプログラムは皆無に近い状態である。

1-3 神戸市立須磨海浜水族園での展示

神戸市立須磨海浜水族園は前身の須磨水族館が1957年に設立されたことを考えると既に60年以上、神戸市の博物館施設として機能してきた。開館当初より神戸市および近郊の小学生の入場は無料に設定されており、市民から長く親しまれてきた施設である。現在、飼育されている生物は脊椎動物門を中心におおよそ600種10000個体である。筆者の一人である亀崎は2010年4月より2014年3月まで園長を務めていた。その間に水族館は生態学よりも動物系統分類学の講義、実習の場として最適の場だと認識し、より多様な動物門の飼育・展示を目指した。



図1 神戸市立須磨海浜水族園

具体的には、古生代のカンブリア紀に起こった無脊椎動物の進化を展示するカンブリア大進化のコーナーを作り(図1)、そこに30基の水槽をおき主要な動物門に属する動物を飼育した。さらに最も広い展示スペースに、ヒトと他の動物との系統関係を壁画で表現し、地球上に生息するすべての生物は単系統であることを示した(図2)。この一連のカンブリア水槽で2017年12月現在、これまでに飼育展示されてきた動物門は表1に示した通りである。



図2 神戸市立須磨海浜水族園本館3階にある生物の系統関係を表した壁画

表1 神戸市立須磨海浜水族園で飼育展示経験のある脊椎動物門を除く動物門と主な展示種 (2017年12月現在)

動物門	展示生物の種名
原生動物門:	ホシズナ <i>Baculogypsina sphaerulata</i> , タイヨウノスナ <i>Calcarina spengleri</i> , ゼニイシ <i>Marginopora vertebralis</i>
海綿動物門:	ムラサキカイメン <i>Haliclona permollis</i> , ウチワカイメン <i>Phakellia foliacea</i> , オオパンカイメン <i>Spirastrella insignis</i> など 22 種
刺胞動物門:	アカクラゲ <i>Chrysaora melanaster</i> , ウミキノコ <i>Sarcophyton</i> <i>acutangulum</i> , オオトゲトサカ <i>Dendronephthya gigantea</i> , ウミサボテン <i>Cavernularia obesa</i> , ムラサキハナギンチャク <i>Cerianthus filiformis</i> フトエ ダミドリイシ <i>Acropora brueggemanni</i> など 532 種
扁形動物門:	ツノヒラムシ <i>Planocera reticulata</i> など 2 種
環形動物門:	ウミケムシ <i>Chloeia flava</i> , オニイソメ <i>Eunice aphroditois</i> , ケヤリムシ <i>Sabellastarte japonica</i> など 26 種
軟体動物門:	クロアワビ <i>Nordotis discus</i> , アメフラシ <i>Aplysia kurodai</i> , コウイカ <i>Sepia</i> <i>esculenta</i> , ミズダコ <i>Octopus dofleini</i> など 505 種
節足動物門:	カブトガニ <i>Tachypleus tridentatus</i> , アカエビ <i>Metapenaeopsis barbata</i> , ホンヤドカリ <i>Pagurus filholi</i> , イシガニ <i>Charybdis japonica</i> など 592 種
棘皮動物門:	オオウミシダ <i>Tropiometra afra</i> , アカヒトデ <i>Certonardoa</i> <i>semiregularis</i> , ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i> , マナマコ <i>Apostichopus japonicus</i> など 301 種
原索動物門:	ユウレイボヤ <i>Ciona savignyi</i> , ヒガシナメクジウオ <i>Branchiostoma belcheri</i> など 22 種

飼育している無脊椎動物がカンブリア紀に生息していた種とは異なるが、これらの多くの動物の先祖がこの時代に爆発的に種分化を起こしたことを表現したつもりである。

2. 教育プログラムの形態

今回開発した教育プログラムは大学に入学したばかりの学生を対象に開発したものであり、実際には岡山理科大学生物地球学部1年生向けの野外調査法実習の中で実施したものである。目的は日頃目にするものない動物を幅広く観察し、生命としての共通性を理解したうえで、その系統進化のおおよそを学ぶこととした。この分野の教育を座学で行うと、学生の関心を引くことは難しいが、水槽内で生きている標本が観察でき、場合によっては生体を手に取って観察できる水族館は、この分野の教育に適しているといえる。

プログラムは講義、実習、レポートの作成の3つからなる。講義は水族館の教室を借りて実施したが、教室がない場合は別の日に大学の教室などで行うことも可能である。ここで、主要な動物門について概説を行う。紐形動物門、有櫛動物門、ユムシ動物門、腕足動物門等については、分類群としては種数が多くはなく、日頃、目にするものも少ないので扱っていない。

講義で強調する動物門としては、単細胞の原生動物門、多細胞化に成功した海綿動物門、そして原腸を陥入させ始めて外肺葉と内胚葉という2つの肺葉の分化を成し遂げ、さらに神経系を獲得した刺胞動物、その後、網状からカゴ状に神経系を発達させた扁形動物、原

口を口に変化させ進化した旧口動物の扁形動物、環形動物、軟体動物、節足動物、それに対して原口側を肛門に変化させた棘皮動物、原索動物、そして脊椎動物について、講義を展開した。動物分類学はその時代とともにその分類体系が変化し、動物門でさえも例外ではないが、その時々的高校生物の教科書に準ずるべきだと考えている。この分野の講義は通常学生の興味を引かないものであるが、学生は次に行われる実習が念頭にあるため、興味深く聴く傾向にある。講義の最後に本プログラムのレポートについて説明する。レポートは自分で作成した系統樹である。扱った動物門を系統樹に表現し、さらに水族館で各動物の個体をデジタルカメラやスマートフォンで撮影させ、その画像を貼り付けさせ、系統樹を作らせる。この内容を説明して、プログラムのゴールを明示する。

実習は講義のあと、水族館で飼育されている動物を自由に観察させる形で行わせる。学生たちは水族館の展示生物の中から、それぞれの動物門に属する動物種を探し出し、写真を撮って回る。こうして、一般的な来園者が気に留めないゼニイシやカイメンなどの動物にも、気を留めざるを得ない状況を作り上げることができる。学生たちは講義のノートに基づいて、学んだすべての動物門の動物を確認し、画像として記録する。

レポートの作成は各自自由に行わせている。撮影した画像を並べて系統樹を描かせる。系統樹には様々なものが提唱されているが、基本的には最も原始的な原生動物門を下に描き、海綿動物、刺胞動物と上方に描いていき、そこから2つ、すなわち旧口動物と新口動物に分岐をさせる。そして、それぞれの動物門に該当する動物種の画像を配置していく。もちろん、ネットから得た画像は禁止している。学生はパワーポイントなどの使い方を学びながら、この系統樹を仕上げ、印刷して提出する。図3には今回のプログラムのレポートの一例を示した。

3. 教育のねらいと効果

3-1 教育のねらい

本教育のねらいは、幅広い動物の進化および系統に関して、基礎的な知識を身に着けることにある。細かい内容にはこだわらないようにしているが、学生の中に動物全体の系統分類やこれまで関心のなかった動物の生態などにも興味が広がることを期待している。我々はヒトという動物でありながら、関心の及ぶ生物の範囲はあまりに狭く、多くの場合ヒトを中心に考えることしかしない。ただし、最近ではややその範囲もヒトと同じ哺乳類ならば拡大され、その生存権や福祉といった概念も受け入れられるようになってきた。イヌやネコといった愛玩動物が人間の社会の中に入り込み、イルカやウミガメといった様々な野生動物についての保護に関する議論が行われるようになったのもその表れであろう。

このように、これからの人間は、哺乳類から脊椎動物門全体に、そしてそれ以外の動物門にも生命としての認識を広げていくと予想される。将来は、単に食料としての認識しかないカニ、エビ、イカ、タコといった動物にも、生存権や福祉の感覚を持たざるを得ない未来がくるのであろう。このような生命の概念の変化に対応するためには、多様な動物との進化学的な関係を理解する動物系統分類学の知識は必要だと考えられる。

また、動物系統分類学はその背景に発生学、解剖学が存在しており、それらの理解にも役立つ。つまり、原生動物から海綿動物をへて刺胞動物にいたる過程は、高校で学ぶウニの発生における受精卵から原腸胚にいたる過程を彷彿とさせ、ヘッケルの「個体発生は系

統発生を繰り返す」とする反復説の理解にも役立つ。また、刺胞動物に始まる神経系の進化、循環器系の進化、さらに胚葉の概念は、動物の体制の理解には重要である。このように、最近生物教育の場では軽視されつつある動物系統分類学は、様々な生物学の根幹を教えるためには都合のよい分野だと言える。

さらに、本プログラムはその画像が写真のデジタルデータの加工やその表現技術の向上にも役立つことから、大学に入学したばかりの学生にとっては、パソコンの操作技術の向上も期待できる。

3-2 教育の効果

本プログラムを経験した学生の感想で最も多かった感想は、①日頃、気に留めることのなかった動物を知ることができてよかった、というものであった。次に、②動物の多様性を知ることができてよかった、③下等な動物に生命を感じることができた、④動物は進化するというを理解することができた、等があった。昨今の教育において進化の教育量が低下する中²⁾、本プログラムは学生に大きな負担を与えることなく、動物の多様性や共通性についての教育方法として有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 矢島道子: "進化"の授業がない. 科学, 67 巻, 1 号, pp37-38. (1997)
- 2) 福井智紀・鶴岡義彦: 高校生物Ⅱ教科書における生物の進化の取り扱い. 千葉大学教育学部研究紀要, 48 巻 1 号, pp75-93. (2000)
- 3) http://www.jaza.jp/z_map/z_seek00.html
- 4) http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=326AC1000000285&



図3 本プログラムにおいて提出された学生のレポートの1例。この回では脊椎動物門内の系統関係も講義したので、レポートでは脊椎動物門の各綱の系統関係も示してある。

[openerCode=1#5](#)

5) 内田詮三・荒井一利・西田清徳：日本の水族館.東京大学出版会(2014)

表1 神戸市立須磨海浜水族園で飼育展示経験のある脊椎動物門を除く動物門と主な展示種 (2017年12月現在)

動物門	展示生物の種名
原生動物門:	ホシズナ <i>Baculogypsina sphaerulata</i> 、タイヨウノスナ <i>Calcarina spengleri</i> 、ゼニイシ <i>Marginopora vertebralis</i>
海綿動物門:	ムラサキカイメン <i>Haliclona permollis</i> 、ウチワカイメン <i>Phakellia foliacea</i> 、オオバンカイメン <i>Spirastrella insignis</i> など 22 種
刺胞動物門:	アカクラゲ <i>Chrysaora melanaster</i> 、ウミキノコ <i>Sarcophyton acutangulum</i> 、オオトゲトサカ <i>Dendronephthya gigantea</i> 、ウミサボテン <i>Cavernularia obesa</i> 、ムラサキハナギンチャク <i>Cerianthus filiformis</i> フトエダミドリイシ <i>Acropora brueggemanni</i> など 532 種
扁形動物門:	ツノヒラムシ <i>Planocera reticulata</i> など 2 種
環形動物門:	ウミケムシ <i>Chloeia flava</i> 、オニイソメ <i>Eunice aphroditois</i> 、ケヤリムシ <i>Sabellastarte japonica</i> など 26 種
軟体動物門:	クロアワビ <i>Nordotis discus</i> 、アメフラシ <i>Aplysia kurodai</i> 、コウイカ <i>Sepia esculenta</i> 、ミズダコ <i>Octopus dofleini</i> など 505 種
節足動物門:	カブトガニ <i>Tachypleus tridentatus</i> 、アカエビ <i>Metapenaeopsis barbata</i> 、ホンヤドカリ <i>Pagurus filholi</i> 、イシガニ <i>Charybdis japonica</i> など 592 種
棘皮動物門:	オオウミシダ <i>Tropiometra afra</i> 、アカヒトデ <i>Certanardoa semiregularis</i> 、ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i> 、マナマコ <i>Apostichopus japonicus</i> など 301 種
原索動物門:	ユウレイボヤ <i>Ciona savignyi</i> 、ヒガシナメクジウオ <i>Branchiostoma belcheri</i> など 22 種

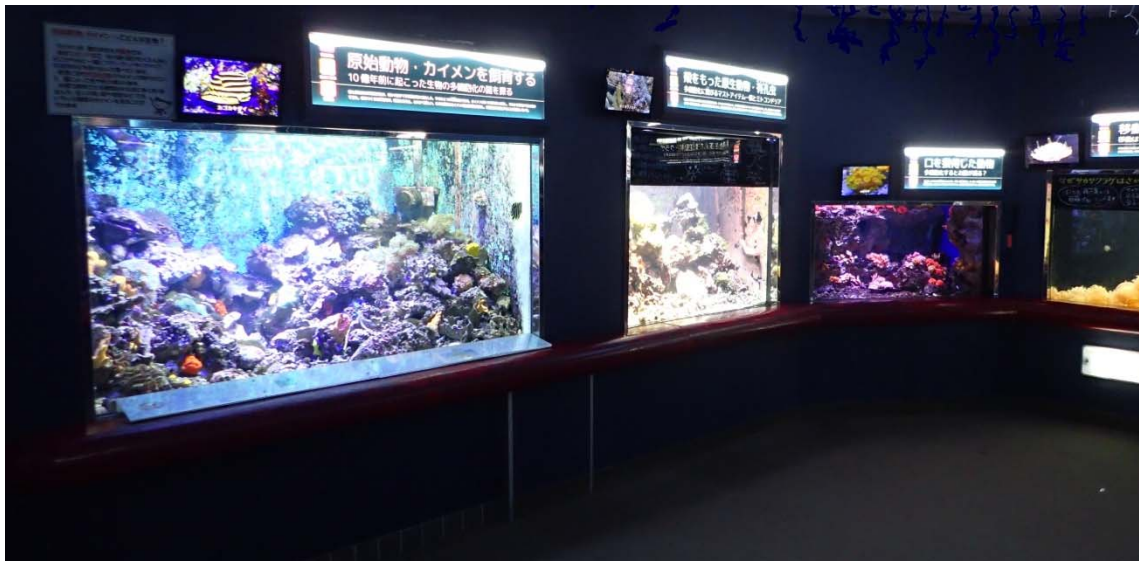


図1 神戸市立須磨海浜水族園のカンブリアコーナー

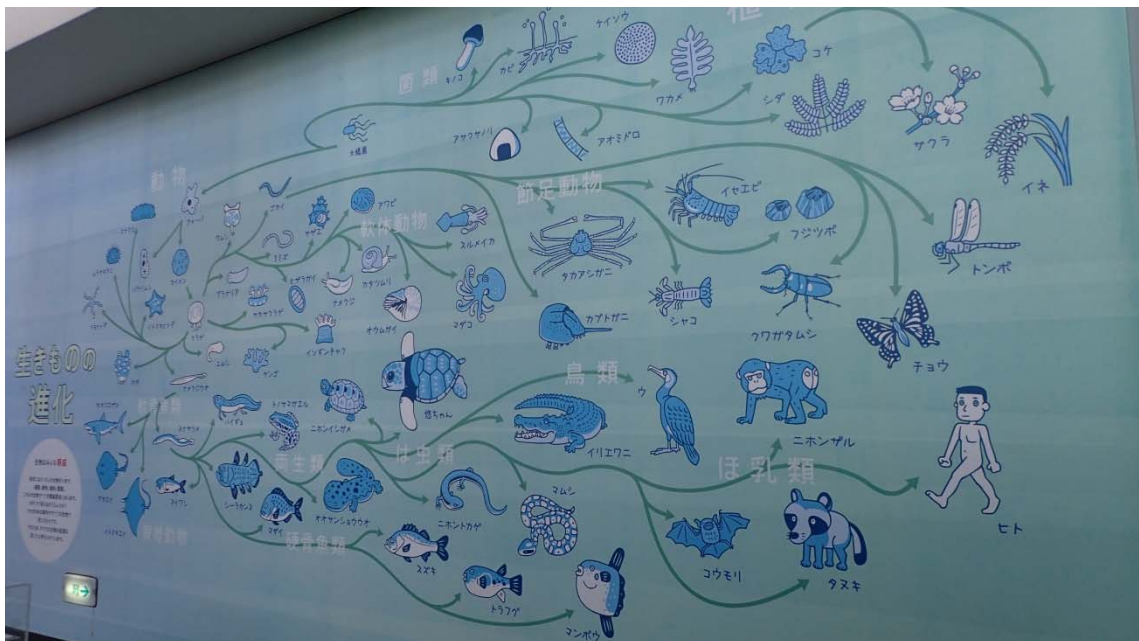


図2 神戸市立須磨海浜水族園本館3階にある生物の系統関係を表した壁画

図3 本プログラムにおいて提出された学生のレポートの1例。この回では脊椎動物門内の系統関係も講義したので、レポートでは脊椎動物門の各綱の系統関係も示してある。