

中学校理科における植物を中心とした生物進化授業の展開 ～生命尊重の意識を育む理科教育をめざして～

Proposal of Biological Evolution Class on Plant Origin
in Lower Secondary School
Better Science Education for Respectful Consciousness for Life

正 本 安 心*

西 野 秀 昭**

Yasumi MASAMOTO

Hideaki NISHINO

福岡教育大学大学院 (現 中村学園大学)*

福岡教育大学・理科教育講座**

(平成22年9月30日受理)

Abstract

The science class on biological evolution is recommended to make lower secondary school students recognize the respect for life according to the new Course of Study provided by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, JAPAN. In this study, one example of science class was proposed to achieve the purpose by chiefly employing plants and the some protists, which are regarded as the possible ancestor type of plants, as the teaching materials because plants are popular life to the students. The aims of the class are as follows and almost achieved according to the post-questionnaire:

1. Scientific definition of biological evolution
2. Common ancestor to every life by referring to phylogenetics.
3. Survival of the fittest through selection by circumstances
4. Recognition of time length from origin of life to the diversity of now living lives in the Earth.

Although the biological class in this study is thought to be effective, some problems are left for the future improvement.

要 約

平成21年度から移行処置により実施されている中学校学習指導要領では、「現存している生物は、進化によって生じたものであることを理解させ、生命の歴史の長さを認識させることにより、生命を尊重する態度を育てることが大切である。」と記載されている。そこで本研究では、日常的に生命の尊さについて考える機会が減少しつつある生徒たちに、現存の生物は、すべて共通の祖先を持ち、膨大な時間をかけて現在のすがたへと進化してきたことを考えさせ、生命の大切さの理解へと導くための授業を実践し、その効果を分析することを目的とし、中学校1年生120名を対象に、生徒達に最も身近な生物である「植物」の進化を教材とした授業を展開し、生命尊重の概念形成につながる生物進化の理解への効果を検証した。授業は、次の4項目について生徒に理解を促す内容であった。

①生物の「進化」の科学的な意味に関する理解

- ②すべての生物が系統樹の根本でつながることに関する理解
- ③生物の進化は自然界で偶然起こることに関する理解
- ④生物の進化には膨大な歴史を要していることに関する理解

また、授業効果の分析には、授業前・授業後の3度のアンケート調査結果と、学習プリントへの生徒の記述内容を活用した。その結果、以下の4つの結果が得られた。

- ①生物の「進化」という用語の理解が全体的に進んだ。
- ②生物の起源が水中にあることや、動物と植物が共通の祖先を持つことの理解が進んだ一方、共生説の理解は不十分であった。
- ③生物の進化が自然界で偶然起こるという方向へ生徒の思考が変化しつつあることが考えられた。
- ④生物進化は、個体レベルの短い時間で起こるのではなく「長い年月」が必要だという理解が進んだ。

これらの結果は、本研究で提示した授業の有効性を示している一方、生命尊重の意識をより育むための改善点も明らかとなった。

1. はじめに

近年、情報機器の普及とともに、人と人との直接的なコミュニケーション機会が減少している。他者とのコミュニケーションは、自分の存在を確認し、存在意義を確立する上で重要であると考えられる。しかし、生まれたときからメディアからの一方向的情報の流れの中にどっぷり浸かっている子どもたちの中には、自分を自分として捉えられないことがあるという者もあり、その割合は、メディアとの接触時間が長いほど増加する傾向にある¹⁾。服部は、情動体験、学びの経験、遊びの経験の不足は、子どもたちの未熟性に結びつくことを指摘している²⁾。また、川村は、個性をつくるためには、本物の自然に触れることが必要であると述べている³⁾。

メディアから子どもたちが受ける影響は絶大で、木谷は、TVによってお茶の間に無遠慮に押し入ってくるさまざまなニュースの中には、子どもたち心の中に無意識のうちにも生命を軽んじる風潮を作り出しているものが少なからずあるといえるのではあるまいかと述べている⁴⁾。

文部科学省の調査によると、メディア接触時間の長い子どもは、他人に対する痛みの共有が少ないことがわかっている¹⁾。このことは、子どもたちの健全な生命観が育成されにくくなっていることを示唆していると考えられる。

子どもたちの生命観の健全な育成の重要性が認識されている昨今、子どもたちに自然体験活動の機会を提供することが重要な教育課題の1つであるという認識が高まっている⁵⁾。山本らは、幼児期に豊富な自然体験活動を経験してきた子どもたちは、一般的な子どもたちに比べて、自ら自然体験活動を実施する頻度が高いと述べている⁶⁾。

本来、子どもたちは、日常生活の中で、さまざ

まな自然や生物、人と人との関わり合いによって、健全な生命観を確立してゆくはずである。しかし、その機会が減少している今日、学校教育における生命観の育成が不可欠であると考ええる。その中でも、直接的に自然と関わるができるのが理科学習であり、中学校学習指導要領解説理科編の単元目標にも、生命を尊重する態度を育むことが掲げられている⁷⁾。しかし、その目的を達成するための教材としては、一般的に生物の解剖や、食育に通じるアプローチの方法など数少ない教材に依存しているのが現状である。そこで、これら以外の教材でアプローチするために、生物進化を教材として取り上げることとした。この教材を使用することで、生命誕生から現在の生命に至るまでに要した膨大な時間と、すべての生物が根本でつながっていることを理解することが、植物も「命」を持ち、身の回りのあらゆる生物が「生きている」という認識を持つことにつながり、ひいては、自然の偉大さ、生命の尊さの理解を促すことにつながるものと考えた。

子どもたちが「生きている物」と捉える段階は、動物では早く、植物では遅くなる傾向がある⁸⁾。つまり、動く物を生きていると認識する傾向が高く、植物のように静止しているものには、自ら生命を見出すことが難しいのである。しかし、私たちが最も身近に、無意識に目にする生きものは植物という、静止したものである。彼らは動かないけれど、静かに、けれども確実に私たちの生活を支えている。

本研究では、生命を尊重する理科学習の教材として、生物進化の中でも、植物進化を特に取り上げた。中でも、科学的に使用される進化用語の理解を中心に、葉緑体の細胞内共生説、植物のからだのつくりの多様な形態などを踏まえた授業を行い、すべての生命が共通の祖先を持つことの理解

をはかった。このことから、生命尊重の概念に通じると考えられる、現在の生物多様性に至る進化の概念が生徒の中でどのように形成されていくのか、授業の効果を通じて分析を行った。

2. 研究の目的

平成21年度の移行処置から順次実施されている中学校新学習指導要領には、「現存している生物は、進化によって生じたものであることを理解させ、生命の歴史の長さを認識させることにより、生命を尊重する態度を育てることが大切である。」とある⁷⁾。

本研究では、次に挙げる4項目に関する理解を生徒に促し、ヒトが自然をつくるという自己中心的な考え方ではなく、ヒトも地球上に存在する多様な生物の一部であるという認識への移行を図り、その学習効果が生命尊重の概念形成に通じる、現在の生物多様性に至る進化の考え方として、生徒の中でどのように構築されるかについて、本実践の効果を分析することで検討することを目的とした。

- ①生物の「進化」とは科学的にどういうことか。
- ②すべての生物が系統樹の根本でつながること。
- ③生物の進化は自然界で偶然に起こること。
- ④生物の進化には膨大な歴史を要していること。

3. 研究の方法

3. 1 教材生物

【ハテナ (*Hatena arenicola*)】葉緑体を保持しているが、細胞分裂後、葉緑体を持つ個体と持たない個体に分かれる。葉緑体をもたない個体はその後、植物プランクトンを捕食することによって体内に葉緑体を取り入れると考えられている⁹⁾。

【灰色藻 (かいしょくそう)

(*Cyanophora paradoxa*)】

原始的な葉緑体を保持しており、葉緑体表面には藍藻を囲むペプチドグリカン層に非常によく似たものを持ち、その形は藍藻と類似している。そのDNAの大きさは、現在の植物が持つ葉緑体DNAの方に類似しているため、共生体としての藍藻というよりはむしろ、藍藻に類似した葉緑体様の構造である(「シアネレ」と呼ばれる)と理解されている^{10) 11) 12)}。

3. 2 授業実施時期と対象

時期：平成20年6月

対象：福岡教育大学教育学部附属福岡中学校

平成20年度1年生120名

(男子：60名 女子：60名)

本研究では、この120名を「生徒」と呼ぶ。

生徒は、中学校1年生が学習する植物のからだのつくりとはたらきや植物の分類に関してすでに学習を行っている。光合成の単元では、植物と葉緑体の密接な関係を捉えさせるために、ベニタデの葉を使用して、紅葉以外の葉は、黄色でも赤色でも紫色でも、葉緑体をもっているという、植物と葉緑体の密接な関係を学習している。さらに、植物の分類に関しては、花の咲かない植物の学習を発展的に行った。このとき、「花の咲かない植物にはどんなものがあるかな？」という問いに対し、「コケ」「コンブ」などの回答が得られた。中には「キノコ」を挙げた生徒も確認できたため、キノコは葉緑体を持たない生物であり、「菌類」に分類される生物であることを挙げた。ただし、生物の「五界説」という言葉の直接的な使用は避け、生物は「植物にも動物にも分類されないものがある」という程度の表現にとどめた。その後、藻類・コケ植物・シダ植物のそれぞれについて観察を行い、特徴をおさえ、主な生育環境や子孫の残し方などを学習している。本実践以前に行った授業の中では、双子葉類と単子葉類の学習を行った際、「進化」「突然変異」という言葉を談話的に使っているが、生物「進化」の用語に関する定義づけや、「進化」に関して個人的に考えを深める時間は設けていない。

3. 3 事前アンケート

花の咲かない植物の学習を行った生徒に対し、生物進化に関する事前アンケート調査を実施した。

表1 事前アンケートの内容

問	質問内容
1	今までに「進化」という言葉を見たり聞いたことがありますか？
2	次の文章のうち、生物の「進化」であると思うものの番号を書いてください。 ① コウモリは暗い所で生活するので、目が退化している。 ② ピカチュウはレベルアップし、ライチュウへ進化した。 ③ イチローは驚異的な進化を遂げ、メジャーリーグで活躍している。

	④ チョウの幼虫はサナギを経て成虫になる。
	⑤ 平泳ぎの北島選手の掌は、より多くの水がかき分けられるように、水かきが大きくなっている。
	⑥ サボテンは乾燥した地域に生息するので、茎に水が蓄えられるシステムが発達した。
3	植物と動物は最初同じ生物だったと思う。
4	植物と動物は最初からまったく異なった生物であったと思う。
5	最初の植物は水中にいたと思う。
6	最初の植物は陸上にいたと思う。
7	植物の進化を考える上で、「葉緑体」の存在は切っても切り離せないと思う。
8	「葉緑体」の正体は、元をたどれば突然ある生物の中でつくられた器官であり、それが受け継がれて現在に至ると思う。
9	「葉緑体」の正体は、元をたどればある1つの独立した生物であると思う。
10	生物の進化はどのようなときに起こると思いますか？
※ 問3～9は“思う 少し思う あまり思わない 思わない”から選択する。	

事前アンケート問2に関しては、「進化」という用語の、日常の非科学的な意味と、科学的な意味の区別ができているかを生徒に問うために、あえて質問の文章中に「進化」という用語を用いた問を設けた。

表2 事前アンケートの質問の内容の大分類

分 類	問No.
(1) 「進化」用語の見聞、意味の理解に関すること	1, 2
(2) すべての生物が共通の祖先を持つという概念の有無（葉緑体と植物の密接な関係の理解を含む）	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
(3) 生物の進化が自然界で偶然起こるという概念の有無	10

事前アンケートの質問内容は、表2に示す(1)～(3)のように、研究の目的と照らし合わせて3つの大項目に分類できる。(3)には、植物と動物が共通の祖先を持つことの理解に繋がる葉緑体の起源についての質問も含んでいる。

3. 4 植物の進化を教材とした授業（3時間） 〈1時間目〉

①系統樹の提示

系統樹を提示することで、共通の祖先からの生物の進化を視覚的に捉えさせる。灰色藻とハテナに相当する位置は、③で明示した。

②「進化」という用語の定義

チャールズ・ダーウィンの進化論を元に、次のように「進化」用語の定義づけを行う。

『突然変異によって生じた多様性の中で、環境に適応したものが生き残り（自然淘汰）、子孫を残していくこと』^{13) 14) 15) 16) 17) 18)}

③植物における葉緑体が「共生説」で説明できることの提示

原始生物が藍藻（シアノバクテリア）を捕食によって体内に取り入れたことをあげ、このことを「ばくっ」と表現する。具体例として、「ハテナ」と「灰色藻」の2種類の生物を挙げ、原始的な葉緑体の形態や、葉緑体の捕食に関して説明を行う^{19) 20)}。このとき、藍藻の生物学的な位置づけとして、植物には分類されず、別名シアノバクテリアとして細菌の仲間とされていることを説明する²¹⁾。

〈2時間目〉

①オゾン層の形成

水中のストロマトライトのもとになった藍藻や、原始植物によって、上空にオゾン層が形成されたことで、植物の上陸が可能になったことを提示する。

②植物進化に関する映像資料の視聴

原始地球のようす、植物の上陸、藻類とシダ植物のからだのつくりの違いなどの内容を含む、植物進化に関する映像資料を見せ、生命誕生から裸子植物の出現までを大まかに捉えさせる（20分程度）²²⁾。

〈3時間目〉

①植物の生育環境と子孫の残し方

生育環境、子孫の残し方、受粉の方法などを復習する。

例) 藻類：水中生活、胞子で子孫を残す

裸子植物：陸上生活、種子で子孫を残す、風媒による受粉が多い

②植物の進化ストーリー

生徒の知識や想像力に働きかけ、藻類から被子植物までの進化の流れを考えさせる。このことによって、生物の「進化」とはどのようなことかを考察させ、現在の生命が原始生命から連続していることを捉えさせる。

3. 5 事後アンケートⅠ

3時間の授業がすべて終了した当日、各クラスで事後アンケートⅠ（表3）を実施する。授業の前後における、生徒の科学的な「進化」概念の変化を考察するため、内容のほとんどが事前アンケートと同じであるが、問1は、生物の「進化」という用語の理解を問う項目を設ける。

表3 事後アンケートⅠの内容

問	質問内容
1	科学でいう「進化」とはどのような意味だと思いますか？
2～10	事前アンケート2～10と同じ内容のため省略

3. 6 事後アンケートⅡ

授業で使用了学習プリントの生徒の記述や事後アンケートⅠの結果を参考に、生徒の理解・認識などの程度を確認するために、事後アンケートⅡを行った（表4）。授業終了から約1週間後、記述式で実施した。

表4 事後アンケートⅡの内容

問	質問内容*
1	進化の授業内容をふまえると、昆虫やミミズなどの動物は、植物や他の動物を同じ祖先から進化したと考えられるだろうか？
2	ダーウィンの進化論によると、生物の進化は1日や1週間、1年というような短い時間で起こると考えられるだろうか？
3	①平泳ぎの北島選手の掌にある水かき ②ピカチュウがライチュウへ進化する ③ミミズの目は退化している。 以上の3つは生物の進化であると考えられるだろうか？

※ どの問にも“考えられる・考えられない”の選択肢を設け、その理由を記述させた。

本研究で理解させたい事として、「2. 研究の目的」で挙げた4つの項目のうち、事後アンケートⅡでは問1は②、問2は④問3は①の理解を確認する項目である。

4. 結果と考察

(1) 生物の「進化」とは何か 「進化」用語を正しく使えているか？

事前アンケートと事後アンケートⅠの間2にあげている、生物の成長や適応に関する6つの例についての回答結果を図1に示す。

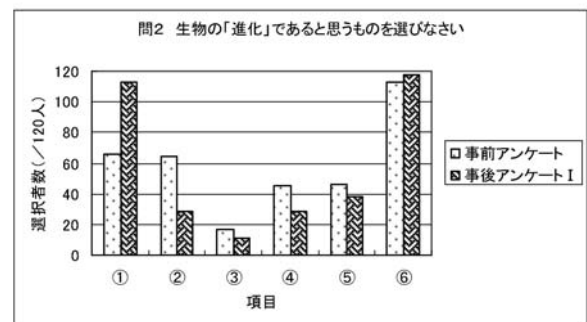


図1 事前・事後アンケートⅠ問2の結果

①コウモリの目、②ピカチュウの進化
③イチローの能力、④チョウの変態
⑤北島選手の水かき、⑥サボテンのからだのつくり
(詳細は、表1に示す)

①「コウモリは暗い所で生活するので目が退化している」

①は、一般的に「退化」とよばれる進化の一形態についての認識を調べるためのものである。事前アンケートにおいて、「退化」という現象を、「進化」と認識している生徒は、全体の約半分に留まった。しかし、事後アンケートⅠでは120人中、113人が退化を進化の1つであるとみなしている。また、退化を進化と認識していない生徒の、事後アンケートⅡの回答には、「退化は後退するものであるが、進化は前進するものだから」という記述が見られた。これは、「進化」という用語から受ける印象をそのまま生物学的な意味として理解してしまっているものと考えられる。

②「ピカチュウはレベルアップしライチュウへ進化した」

②は、アニメーション内で「進化」と表現されるキャラクターの変化に関して、生物学的な「進化」と区別できているかを問うたものである。事前アンケートでは120人中64人が「進化」とであると回答していたが、事後アンケートⅠでは29人まで減少していた。「進化ではない」と回答した

生徒の中には、「変身または変態である」「突然変異をしていない」「世代が代わっていない」などの理由が5割程含まれていた。しかし中には、「ゲームの世界だから」「進化しなくても生きていけるから」と、生物進化という現象に対し、積極的に考えを深めようとしないう態度で進化ではないと選択している生徒も見られた。一方、「進化である」と回答した生徒の中には、「進化した」という語句が使用されていること自体が「生物の進化」を表現するものであるという回答も見られた。これらの結果から、メディアで、変態あるいは変身といった意味の進化という語句がもつ意味と、生物学的な「進化」の意味の区別を更に明確にさせる必要性が考えられた。

③「イチローは驚異的な進化を遂げ、メジャーリーグで活躍している」

③は、一世代で獲得した能力に関する認識を調べるものであり、大リーガーのイチロー選手の能力は「進化」によるものかと問うた。この項目では、いずれのアンケートでも、生物の「進化」とみなす生徒が比較的少なく、「本人の努力である」という意見が多く見られた。能力の変化よりも、形態的な変化を優先的に進化と考える生徒の理解の表れであると考えられる。

④「チョウの幼虫はさなぎを経て成虫になる」

小学校理科で学習した昆虫の「変態」と「進化」を区別できているか調べるための質問である。「変態」というチョウの成長は「進化」であるという回答が、事前アンケートでは45人であったのに対し、事後アンケートでは29人に減少した。すなわち、形態的な変化が進化につながるという、「成長＝進化」の考え方は依然として存在するが、進化と成長を異なる現象として捉えることができるようになった生徒が増えていると考えられる。

⑤「平泳ぎの北島選手の掌は、より多くの水がかき分けられるように、水かきが大きくなっている」

⑤は、水泳選手の指の間の水かきが比較的大きいという身体的特徴に関する質問である。「進化である」という回答は、事前アンケートでは46人、事後アンケートIでも38人であった。しかし、「進化ではない」と回答した生徒の中には、「実際に見ていないから」「もともと大きかった」「単なる突然変異」といった理由が見られる他、理由を記入できていない生徒が1割程含まれている。ここから、身体的特徴が生物進化の1つの要因とな

りうるということが捉えられつつも、長い時間の経過に基づいて「進化」を考えるとところには至っていない生徒もいることが考えられる。

⑥「サボテンは乾燥した地域に棲息するので、茎に水が蓄えられるシステムを発達させた」

⑥は、サボテンの水分保持のため、他の植物とは異なるからだのつくりに関する項目である。「進化である」と回答した生徒は、事前アンケートで113人(94.2%)、事後アンケートIで118人(98.3%)であり、全体の9割を超えていた。これは、植物のからだのつくりの授業の中で、サボテンも被子植物に含まれること、乾燥した地域でも生息できるよう環境に適応したからだのつくりであるということを挙げたことによって、生徒が進化と結び付けて理解できたのではないかと考えられる。このことから、ある生活環境で生きるための機能の「発達」＝「進化」であるという概念が形成されていると考えられる。

事後アンケートIの問1では、「科学で言う進化とはどのような意味だと思いますか」という問いに対して記述回答させた。この回答を、進化用語の定義と関連付けて分類した(表5)。その結果、生徒の82%が「突然変異」「子孫を残すこと」「環境に適応すること」であると回答していることがわかった。また、「その他」に分類される生徒の回答の中にも、「自然界で起こった偶然の出来事」という、生物「進化」の科学的な理解へ結びつく記述が見られた。

以上のことから、生物の「進化」という用語の理解が、本研究の授業によって全体的に進んだものと考えられた。しかしその一方で、生物が一世代で進化を行うといった考えを持つ生徒もおり、人間の日常の時間感覚と、進化学や地質学における時間感覚の間には、大きなギャップがあることへの理解が十分できていないことがうかがえる。このことから、生徒が「進化」を通して生命を尊重する態度を育むためには、現在の生物の多様性がいかに長い時間をかけて形成されてきたのかを理解する上で、今後、改善する必要がある。事後アンケートIの問1では、「科学で言う進化とはどのような意味だと思いますか」という問いに対して記述回答させた。この回答を、進化用語の定義と関連付けて分類した(表5)。その結果、生徒の82%が「突然変異」「子孫を残すこと」「環境に適応すること」であると回答していることがわかった。また、「その他」に分類される生徒の回答の中にも、「自然界で起こった偶然の出来事」とい

う、生物「進化」の科学的な理解へ結びつく記述が見られた。

表5 事後アンケートⅠ
「科学でいう進化とはどのような意味だと思いますか」の主な記述内容と割合

分類	人数(人)	記述内容	割合(%)※
突然変異	36	環境に適応しようとして、突然変異をおこなうこと。(一代で)	14.2
		突然変異によってDNAの情報に変化が起こり、姿形が変化すること	4.2
		突然変異のこと	3.3
		突然変異と自然淘汰＝進化	3.3
子孫を残すこと	19	世代の交代を繰り返しながら、徐々に環境に適応し変化すること	8.3
		世代の交代を繰り返す中で、環境に適応したもの(強いもの)だけが生き残り子孫を残すこと	7.5
環境に適応すること	44	環境に合わせて、突然からだの仕組みが変化すること(短い時間)	28.3
		環境に適応すること(長い年月をかけて)	6.7
その他	19	できなかったことができるようになること。また、その逆。	4.2
		自然界で起こった偶然の出来事のこと	1.7

※ 回答者全員120人中の割合を示す。表は、未回答2人を除く。

(2) すべての生物が系統樹の根本でつながること 生物が共通の祖先をもつという概念

本研究では、前述のように「共生説」をもとに授業を展開した。これを提示するために使用した教材生物が、「ハテナ」と「灰色藻」である。授業では、運動性の原始的な生物が体内に葉緑体を取り入れることを「ばくっ」という1つのキーワードで表現した(図2)。ハテナと灰色藻の、2種類の生物を共生説の例として提示したのは、原始

的な運動性の生物が、藍藻を「ばくっ」とし、葉緑体を獲得することで光合成生物が誕生するとともに、その生物が現在の植物につながっているという考え方を導き出すための、生物の例を情報として与えるためである。

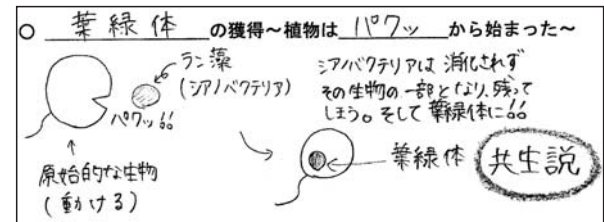


図2 共生説の板書と説明
(生徒の学習プリントより)

葉緑体の共生説が植物の誕生と密接な関係を持つことを生徒に捉えさせるためには、植物と葉緑体の関係が理解されている必要がある。事前アンケートと、事後アンケートⅠ問7には、「植物の進化を考える上で、葉緑体の存在は切っても切り離せないか?」という項目を設け、「そう思う 少しそう思う あまりそう思わない そう思わない」の4つの選択肢から1つを生徒に選ばせた。結果、事前アンケートでは18% (120名中22名)の生徒が「思わない・あまり思わない」と回答した。しかし事後アンケートⅠでは、ネガティブな回答は1.6% (120名中2名)に減少した。このことは、授業1時間目の③葉緑体の共生説の提示と2時間目①オゾン層の形成、②植物進化に関する映像資料などを通じて、葉緑体の獲得が植物にとって進化史上重要な出来事であったことを生徒が理解したことを示すものと考えられる。

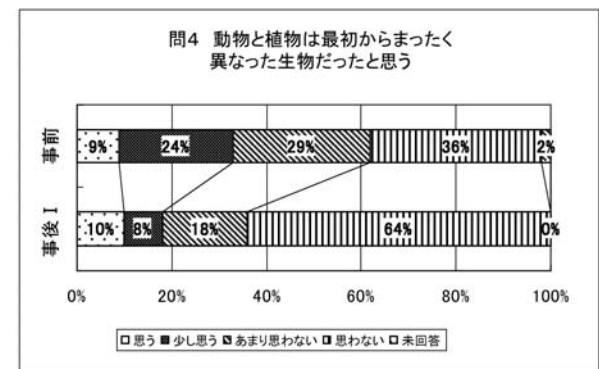


図3 事前アンケート・事後アンケートⅠ問4の結果

次に、「植物と動物が最初からまったく異なった生物であったと思うか」という質問に対して、運動性の細胞と葉緑体の共生説によって植物が誕生したことが捉えられているかを問う項目が、事前アンケート及び事後アンケートⅠの各問4である。図3に、事前アンケート・事後アンケート問4の結果を示す。この結果、「思わない」「あまり思わない」の割合が、事前アンケートは65%（120名中78名）であったものが、事後アンケートⅠでは82%（120名中99名）へ増加していた。ここから、動物と植物が共通の祖先を持つという概念は形成されつつあると考えられる。しかしその一方で、共通祖先の概念を解せない生徒も見受けられた。定期考査で、共生説の説明を求める問への解答の中には、「シアノバクテリアが藍藻という植物を捕食した」という混乱した記述も見られたことから、その原因の1つとして考えられることは、シアノバクテリア（藍藻）を植物として捉えているということである。

藍藻も、酸素発生型の光合成を行なうことから、かつて植物として分類されていた。しかし、原核生物であることから、五界説では細菌類に分類されている²³⁾。もともと植物に分類されていたためか、日本名では「藍藻」あるいは「藍色植物」となっている。「藻」という言葉の付くものは植物の中の「藻類」や「コケ類」に分類されると考える生徒が多いようである。図3にあるように、「動物と植物はもともと異なった生物であると思う」という回答率に若干の増加が起こったのは、葉緑体の共生説でとり上げた「ぱくっ」という現象の理解が短絡的になることで、「原始的な動ける生物＝動物」「藍藻＝植物」と誤解してしまったからではないかと考えられる。このことに関連して、事後アンケートⅡの問1では、「昆虫やミミズ」などの生物の起源が「他の植物や動物」と同じであると考えられるかどうかを問うている（表4）。この段階では、「考えられない」と回答した生徒は、全体のわずか7%（120名中8名）であった。生徒の記述を見ると、「人間と類似した点が見つからない」、「同じであれば生活する上で不都合がある」というように、「ヒト」との共通点から判断しようとしていた。このようなヒトを中心に据えた思考は、大学生や進化学者の間にも存在することがある²⁴⁾が、共通の祖先から進化してきた生物の多様性を捉える上で、弊害となると考えられる。その結果、ヒトとサルは祖先は共通だという理解はあっても、節足動物や環形動物という生物、ましてや植物は、ヒトと「同じ生物」

であるという認識が低くなってしまうことが考えられる。

植物の進化を通じて現在の多様な生物が共通の祖先に由来するという概念を生徒の中で形成させるには、植物の誕生の基盤となる葉緑体の共生説の取り扱い方、すなわち、藍藻の生物学的な位置づけを、誤解が生じないように提示しなければならない。植物が動物よりも先に、爆発的な進化をとげたという内容は、視聴覚教材の利用によって提示した。この中では、水中で植物が誕生し、大気上層にオゾン層が形成されたことによって陸上進出を果たしたことが説明されている。図4は、事前アンケート・事後アンケートⅠの問5「最初の生物は陸上にいたと思うか」の結果である。なお、事前アンケート、事後アンケートⅠの問6「最初の生物は水中にいたと思うか」は問5と同じ傾向を示した（図は示さず）。事前アンケートでは陸上だと「思う」「少し思う」は17%（120名中20名）だったものが、事後アンケートⅠでは0%へ転じる結果となった。つまり、生物の誕生が水中で起こったという概念が生徒の中に確実に形成されたと考えられる。

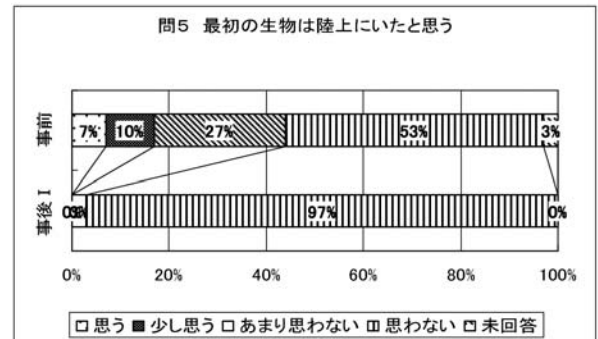


図4 事前アンケート・事後アンケートⅠ問5の結果

事前アンケートⅠで「陸上だと思う」と回答した生徒の記述の中には、「水中だと呼吸困難になるから」「陸上ならあまり進化しなくても生きていける」「水中に植物は必要ない」などがあり、陸上生活をしている動物を基準に考える傾向が見られた。これは、「昆虫やミミズ」に対する思考と同様、とりわけヒトを中心に据える発想が存在していることに由来すると考えられる。しかし事後アンケートⅠでは「水中に生物の起源がある」という回答を生徒全員が示した。これは、生物がヒトとは異なる力や機能を持っていることを認識し、生物の生き方の多様性に気づき始めたことの

表れであると考えられた。

(3) 生物の進化は自然界で偶然に起こること 生物の進化はどのようなときにおこるのか

生物の進化は、「自然淘汰」による。すなわち、「突然変異」によるDNAの変異から、自然に適応したもののみ繁栄することで起こるという定義を行った。しかし、生徒の中で形成された概念にはばらつきがあり、大きく2つに分類することができた。本研究においてこの2つの概念を、「生物進化は、生物の意思によって起こることとする（擬人主義的進化）」と、「生物進化は、生物の意思によらず、外部要因によって突然起こることとする（非擬人主義的進化）」²⁵⁾とした。図5は事前アンケート、事後アンケートI問10の回答を、「擬人主義的進化の思考」と「非擬人主義的進化の思考」の2つに分類して、その結果を示したものである。

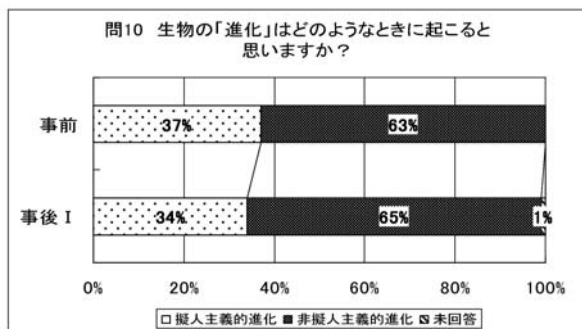


図5 事前アンケート・事後アンケートI問10の結果

事前アンケートと事後アンケートIの結果を比較すると、擬人主義的進化の回答率は37%から34%へと、わずかな減少であった。表6に生徒によるこの回答の主なものを示す。事前アンケート、事後アンケートIの両方に、「～しなければならない」、「～したいとき」といった記述がみられる。

授業の最終段階では、植物の進化ストーリーを生徒自身に考えさせ、記述させている。これは、生物の進化を非擬人主義的進化に基づいて考察できているか、確認することが目的である。このとき、生徒の会話の中にも、「～だから陸上へ行こう!」「陸にも住めると思ったのではないか」などの発言が聞かれ、ここでも、擬人主義的進化の概念を持つ傾向が強いことが明らかとなった。図6は、生徒の学習プリントの引用である。実際の

記述の中にも、擬人主義的進化と読み取れる「気づいた」「作った」などの記述が存在した。

表6 事前アンケート・事後アンケートI問10
「擬人主義的進化」の記述内容例

	記述内容
事前アンケート	<ul style="list-style-type: none"> 生活しやすいようにからだのつくりを変化させなければならないとき ピンチになり変化しなければならないとき 子孫をより多く残したいとき 他の生物との競争に負けそうになったとき
事後アンケート	<ul style="list-style-type: none"> まわりの環境に適応しなければならないとき ピンチになり変化しなければならないとき 生き残るため競争に勝つため 何かしらの必要に応じて進化

1 海藻類 →コケ植物	<ul style="list-style-type: none"> ・オゾン層が出来て、地上でもくらせることに、気付いた。 ・これ以上二酸化炭素がなかった。 ・光合成の効率をUP! ・たまたま陸地へ、突然変異でゆけなな陸地の乾燥に適。
2 コケ植物 →シダ植物	<ul style="list-style-type: none"> ・日光をより多く受けるために、首を高くした。 ・(維管束をつくら) かりたを丈夫に ・地中の、仮根→根 ・地下茎をつくって、水が吸いやすくなった。 胞子が飛ぶ時!

図6 生徒が考えた植物の進化ストーリー
(生徒の学習プリントより)

しかしその後、全体で内容の確認をした後の生徒の記述の分析では、「偶然～になった」「たまたま～に適応できた」「ゆっくり～していった」など、非擬人主義的思考の表れである表現や、生物の進化に必要な長い時間の経過を表すような表現が見られるようになっていく。このことから、生物の進化が偶然起こるものであるという方向、すなわち、非擬人主義的進化の方向へ、生徒の思考が変化していると考えられる。

(4) 現在の多様な生物の進化には膨大な時間を要していること

生物の進化に要する進化学的時間の捉え

生命が誕生して以来約38億年という生物の進化に要した膨大な時間は、人の時間感覚では捉えられないほど長い。事後アンケートⅡ（表4）では、生物進化の時間的な理解を問う質問「問2 ダーウィンの進化論によると、生物の進化は1日や1週間あるいは1年といった短い時間におこり得ると考えられるだろうか」を設けた。図7にその結果を示す。

まず、短期間で進化が起こり得ると回答した生徒の割合は28%（120名中32名）であった。表7に生徒による主な理由を示す。

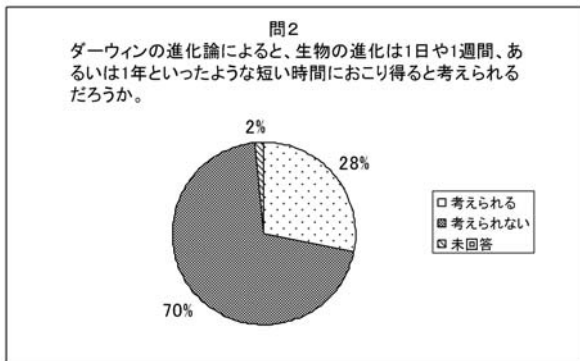


図7 事後アンケートⅡ問2の結果

表7 事後アンケートⅡ問2の回答
「生物の進化は短時間で起こりえる」理由と割合

記述内容	割合 (%)*
突然変異が起こるかもしれないから	56.3
生長することが進化だから	9.4
環境がまったく異なれば、早く適応する必要があるから	9.4
進化とは偶然なので、短期間に何度も起こっても不思議ではない	6.3
細菌なら1日で進化できると思う	3.1
DNAが変化すればそれが進化だから	3.1
進化はその世代ごとに行われるものだから	3.1
ある日「ぱくっ」と葉緑体を取りこめば、それが進化だから	3.1
未記入	2.0

※ 「考えられる」と回答した生徒32名中での割合を示す。

表7より、全体の5割以上を突然変異という理由が占めていることがわかる。このことは、「突然変異」という言葉が、「突然変化すること」あるいは、「突然変異＝進化」と捉えられていることを示している。中には、「細菌なら1日で進化すると思う」とした生徒も見られ、ヒトとは明らかに異なる生物の進化時間を考慮しての回答も見られた。

次に、短時間での進化は考えられないとした、ダーウィンの進化論に基づいた回答は、全体の70%（120名中84名）を占めている（図7）。生徒による理由の記述を表8に示す。

表8 事後アンケートⅡ問2の回答
「生物の進化は短時間で起こりえない」理由と割合

記述内容	割合 (%)*
長い年月をかけて進化するから	28.8
子孫を残してゆくことで進化が成立すると思うから	21.3
環境に適応するには長い年月が必要だから	20.0
偶然には簡単には起こらないと思うから	5.0
DNAが変化することで進化すると思うから	5.0
人間が、1日や1年で形が変わることは不可能だから	2.5
長い年月の中で自然選択によって成立するものだから	1.3
種の起源でダーウィンは短期間とは言っていないから	1.3
短い期間で、これだけの外見の多様性はないから	1.3
「今進化した」という身近な例を聞いたことがないから	1.3
現状を考えても、進化がそんなに短期間で起こっていたら大変なことになると思うから	1.3
人間の進化にも長い年月がかかっているから	1.3
サルが人間へ進化するには、長い年月が必要だったから	1.3

※ 「考えられない」と回答した生徒84名中での割合を示す。

3つの主な理由「長い年月をかけて進化するから」「子孫を残すことで進化が成立すると思うから」「環境に適応するには長い時間が必要だから」で、全体の7割を占めている。「長い年月をかけて進化する」という理由、「子孫を残していくこ

とで進化が成立すると思うから」や「環境に適応するには長い年月が必要だから」の記述から、生徒は現在の多様な生物の存在が、膨大な時間の経過によって成立したことへの理解につながる捉えができていていると考えられる。

5. 研究のまとめ

本研究では、生物の進化過程で生じた生物多様性を生徒が理解することが、生命尊重の意識を育むことにつながるのではないかと考え、授業実践を行った。その効果を分析するためにアンケート調査を行った結果、この授業が有効であることが確認された。しかし、一方で、進化の概念形成における情報の提示の方法には、今後さらに改善の余地があることも明らかとなった。

生命誕生から現在に至るまでに、地球上の生命が共通の祖先から進化し、さまざまな生物が繁栄と滅亡を繰り返し、膨大な時間を要して多様な形態を生み出してきた過程を知ることは、自然への畏敬の念を持つことや、生命を尊重する態度へとつながると考えた。しかし、事前アンケートから明らかになったことの1つは、科学的な概念の形成過程で、人為的な力やアニメの世界で起こることをそのまま知識として受け入れている傾向があるということであった。

生命の誕生に関しては、身の回りの生物が、共通の祖先から進化してきたという考え方を受け入れながら、ミミズや昆虫のように、ヒトと明らかに形が違う生物は、別の起源をもつ生物であるという生徒も見られた。また、葉緑体の起源を知る上で重要な共生説の理解が曖昧であることも確認できた。これは、藍藻が植物であるか否かで混乱が生じたためである。このことにより、動物と植物の祖先を同一のものとみなすことが一部の生徒で不完全となった。しかし、授業の最終段階に行った生徒自身による植物の進化ストーリーの考察では、自然淘汰や突然変異という概念を持ち、個人の思考の中で擬人主義的進化の方向から、非擬人主義的進化の方向へ、思考が変化しつつあることが観察された（図6参照）。一方で、生徒が生物の進化を考える上で生じた概念の曖昧さは、擬人主義的な考え方で、植物と動物の共通点を結びつけようとする、一種の自己中心的思考（いわゆるアニミズム）が存在していたためと考えられる。そのようなアニミズム的思考はヒトの発達段階において必ず現れるものである²⁶⁾。これと同様に、科学的な概念を形成する過程において表れる思考

の段階的な変化の中では、アニミズム的思考は重要であると考えられる。しかし、漫画やアニメ、ゲームなどのメディアから子どもたちが受けている影響が、科学的な思考へ直接反映されることは、誤った生命観の構築にもつながることになるため、注意しなければならない。ゆえに、生物の進化を通して生命尊重の意識を育む過程で、アニミズム的思考を含む、擬人主義的進化の思考を、非擬人主義的進化の方向へ向けることが重要であると考えられる。

メディア社会に生まれた子どもたちは、自然体験を実施する機会が減少傾向にある。このような時代に生きる子どもたちが、生命を尊重する態度を育てるためには、さまざまなメディアによって構築された、誤った生命観を正す必要がある。その手立てとして有効な理科の学びでは、子どもたちが科学的な概念を形成してゆく過程で、生物進化の概念が、アニメなどの空想とは異なり、過去積み上げられてきた科学的な証拠や裏付けに基づいた概念であることを、子どもたちに理解できるよう授業を作り上げてゆく必要性がある。さまざまな情報が氾濫する結果、子どもたちの概念として構築されつつあるものの中には、死んだら消える、死んでも生き返るような生命理解までもある²⁷⁾。このような中から、生物の多様性や自然の偉大さを理解することは困難であろう。

生物が進化に要した途方もなく長い時間と、すべての生物が共通の祖先を持つという概念から、生命を尊重する態度へと導くためには、幼少期からの自然体験や理科の学習における本物との出会いがいっそう重要になるのではないかと考える。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、植物を中心とした進化の研究授業を行うことを許可して下さった附属福岡中学校教頭の大洲隆一郎先生、アンケート調査の実施にご協力いただいた1年生担任の先生方に感謝致します。

7. 参考文献・資料

- 1) 文部科学省：2000～2004年度調査結果
- 2) 服部祥子：「子どもが育つみちすじ」 1984 朱鷺書房
- 3) 川村協平：幼児の自然体験の考え方・意義 2001.3. 春風社
- 4) 木谷要治：理科における生命観の教育の重要

- 性 1987.4 理科の教育pp 9-14
- 5) 中央教育審議会第一次答申：21世紀を展望したわが国の教育の在り方について
 - 6) 山本裕之・平野吉直・内田幸一：幼児期に豊富な自然体験活動をした児童に関する研究 国立オリンピック記念青少年総合センター紀要, 2005, 第5号 pp69-80
 - 7) 文部科学省：中学校学習指導要領 解説理科編 2008.9 大日本図書
 - 8) 多田納郁子, 瀬戸武司：児童の生命観の発達に関する研究 日本科学教育学会研究会 研究報告 1992. Vol.7 No.6 pp 7-10
 - 9) 「動物型から植物型へ1世代で変身—植物進化の謎に迫る不思議な生物「ハテナ」—」：
<http://www.biol.tsukuba.ac.jp/tjb/Vo15No3/TJB200603SE1.html>
 - 10) 「灰色植物のシアネレは葉緑体か」：
http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~inoue/ino/etc/d_chloroplast.html
 - 11) NIES-763 *Cyanophora paradoxa* :
<http://shigen.lab.nig.ac.jp/algae/images/strainsimage/nies-0763-2.jpg>
 - 12) S.C. Burey, S. Fathi-Nejad, V. Poroyko, J.M. Steiner, W. Löffelhardt, and H.J. Bohnet: Canadian Journal of Botany, 83: 758-764(2005) The central body of the cyanelles of *Cyanophora paradoxa* : a eukaryotic carboxysome?
 - 13) 瀬戸口烈司：「生物進化101の謎」 2007, 11 河出書房新社
 - 14) 山村紳一郎, 中川悠紀子「進化論の不思議と謎—進化する「進化論」ダーウィンから分子生物学まで (学校で教えない教科書)」1998. 7 日本文芸社
 - 15) 古世界の住人「ゾウの進化」：
<http://ameblo.jp/oldworld/entry-10006055992.html>
 - 16) チャールズ・ダーウィン著 リチャード・リーキー編：「新版 図説 種の起源」1997, 東京書籍
 - 17) 八杉龍一他編集：「岩波 生物学辞典 第4版」 1996 岩波書店
 - 18) 今堀和友, 山川民夫監修：「生化学辞典 第3版」 1998 東京科学同人
 - 19) 日経サイエンス：「葉緑体進化のダイナミズム」2008 1月号 pp88-98
 - 20) 朝日新聞：「ミドリムシ、君は何？」 2007 10月22日朝刊
 - 21) 岩槻邦男, 馬渡峻輔監修：「バイオディバーシティー・シリーズ3 藻類の多様性と系統 第6版」 2006, 裳華房
 - 22) 映像資料：NHK「地球大紀行 第6集 巨木の森大地を覆う ボルネオ・米大森林地帯」
 - 23) 東京大学光合成教育研究会編：「光合成の科学」 2007 東京大学出版会
 - 24) 福井智紀, 鶴岡善彦：進化の理解と自然観・生命観・進化観との関係—進化学者と大学生との比較を通して— 2001 日本科学教育学会研究会「研究報告」 Vol.16 No.3 pp 7-12
 - 25) 村上陽一郎：「新しい科学論 「事実」は理論をたおせるか」 1979 講談社
 - 26) 山下富美代編著 図解雑学 発達心理学 pp 68-69 2008 ナツメ社
 - 27) 水谷潔： 小さいいのちを守る会 「聖書が語るいのちの大切さ」