

教科書分析と教材研究から見た高等学校生物における進化の単元に関する一考察

佐藤 崇之・大鹿 聖公

(2005年9月30日受理)

Analysis of Textbooks and Teaching Materials about Teaching Unit of Evolution in High School Biology

Takayuki Sato and Kiyoyuki Ohshika

There are few studies to discuss the contents comprehensively and to develop teaching materials for experiments and observations for studying evolution. In this study, we investigated the contents of teaching unit of evolution in Japanese high school biology textbooks and the papers concerned with the development of teaching materials for studying evolution in Japanese, UK and USA biology educational journals. We discussed the features and trends in teaching of evolution by the point at experiments and observations.

The results of this study are as follow:

- 1) In Japanese high school textbooks, there are some activities for observation and comparison among some living things, discussion using models, figures and pictures, and summarization of specific contents as teaching materials.
- 2) In 4 journals published in Japan, UK and USA, there are less than 50 researches for the development of teaching materials for studying evolution in term of these 30-40 years.
- 3) In UK and USA biology educational journals, there is much research for development of the activities with models and simulation softwares for computers. On the other hand, there are many reports for development of the experiments and observations with living things in Japanese biology educational journals.

From these results, we considered that it is necessary for teaching evolution to collect basic data and samples, and to develop new experiments and observations with living things. And it is necessary to develop learning strategies and methods for teaching evolution.

Key words: Evolution, High School Biology, Analysis of Textbooks, Study of Teaching Material, Experiments and Observations

キーワード：進化，高等学校生物，教科書分析，教材研究，実験・観察

I. 目的

生物教育において、「生命のつながり」をテーマとして学習することは、大きな柱の1つとされてきた。また、このテーマは他の科目や教科には見られない、生物教育に特有のものである。学校教育の中で生物を扱うにあたり、このテーマに沿った単元として、ある個体が別の個体を形成する「生殖」、親の形質が細胞内の物質によって子孫に伝えられる「遺伝」、自然界の中で個体どうしの生活が関わり合う「生態」、過去

から現在までの生物の変化を扱う「進化」などがそれにあたる。

しかし、これらの中で進化については、その現象が長期的な変化の結果生ずるものであること、実験的に検証するのが不可能であること、また、進化についての様々な論が乱立しており、それに付随した観念的な部分があることなど、教材として取り扱うにあたって、進化という現象が有する特質に大きな問題がある。このため、学校現場で進化を学習する際に、生徒の活動（実験・観察、課題研究や探究活動など）を通して取

り扱うのは特に困難であると考えられる。

進化を単元レベルで捉えた研究として、最近では次のようなものが挙げられる。福井・鶴岡（2000）は、当時使用されていた高等学校生物教科書を調査し、カテゴリ化した内容をISM法によって分析し、教科書の構成を明らかにした。福井（2000）は、進化を学習した後の高校生に実態調査を行い、その進化概念構造について明らかにした。福井・鶴岡（2001）は、主要な進化学説について、学校段階による反応の違いを明らかにした。福井・鶴岡（2002）は、進化のイメージについて、様々な学年段階による違いを明らかにした。このように、同一の著者（ら）による研究により、進化の概念やイメージ、学習者の認識という面で、成果が上げられている程度である。

しかし、進化を教材として扱うにあたり、内容に関して総合的に論じられる機会が少ない。このため、進化に関する内容的な教材研究が存在していても、活用が可能であるか、あるいは活用が必要であるかについて、あまり検討されてこなかった。そこで本論では実験・観察を中心として、進化の学習及びこれからの教材研究に望まれる方向性について検討した。

II. 方 法

まず、日本における平成11年改訂の高等学校学習指導要領に則って作成された高等学校教科書を材料に、進化の単元について分析を行った。分析の視点として、各教科書に掲載されている実験・観察やまとめなど、生徒の活動を伴う部分について選択した。次に、日本における生物教育関係の雑誌から進化に関する教材研究を抽出し、その傾向を調べた。これに関して、イギリス及びアメリカの生物教育関係雑誌についても同様に分析を行った。以上のことから、日本の中等教育段階に適する進化の取り扱いについて検討した。

III. 現行の高等学校生物教科書における進化の取り扱い

現行の高等学校における理科学目のうち、進化に関する学習内容が教科書に掲載されているのは「理科基礎」、「理科総合B」、「生物II」である。この3科目に関する複数の教科書から、進化の単元における生徒の活動を伴う学習について科目別によりまとめ、考察した。

(1) 「理科基礎」

4教科書（4社）について分析したところ、表1の結果となった。

実験・観察として、ニワトリの手羽先を解剖して観

察させる活動や、様々な植物の相同・相似器官を比較観察させ、系統的に理解させるものがあつた。考察を深める活動やまとめる活動として、ウマやゾウを題材として、その骨格や形態について祖先からの変遷を追うものがあつた。

以上のことから、個体・器官レベルでの観察や考察を通して、進化について学習させていることが分かった。

(2) 「理科総合B」

8教科書（8社）について分析したところ、表2の結果となった。このうち、1教科書については活動を通じた学習についての掲載はなかった。

実験・観察としては、紫外線を照射した生物の変化を見るもの、原始地球の大気の変化に関連づけた光スペクトルの観察、陸上の植物群や真核・原核生物についての比較観察があつた。地球と生物の進化の歴史についての年表の作成は、作業によって長期的な変遷を効率よく理解させるためのものであつた。考察を主な目的とするものでは、植物群や動物群の形態などを中心に、特徴を比較させるものがあつた。調査を行う活動として、「生きている化石」についての文献調査、街中の建築素材などを材料とした化石探し、図版に掲載された動物の祖先の類推、古生物や他の動物群と比較させては哺乳類の歯の特徴を捉えるものがあつた。生命の発生説は、まとめの題材として用いられていた。

表1. 「理科基礎」教科書進化単元の活動項目

活 動	分類	数
ニワトリの翼の骨格	観察	2
植物の相同・相似器官	観察	1
ウマの進化	考察	1
ゾウの鼻の進化	まとめ	1

表2. 「理科総合B」教科書進化単元の活動項目

活 動	分類	数
紫外線の影響	実験	2
光のスペクトル	観察	2
陸上植物の観察	観察	1
真核・原核細胞の比較	観察	1
歴史と変遷の図表化	作業	1
藻類・コケ・シダの比較	考察	2
脊椎動物のあしの比較	考察	1
生きている化石	調査	2
化石探し	調査	1
図版からの祖先の類推	調査	1
ほ哺乳類の歯	調査	1
生命発生説のまとめ	まとめ	1

以上のことから、進化の痕跡を見せるための実験・観察のみでなく、化石（古生物）などの進化の証拠について身近な環境から探る活動、図版によるまとめなど、活動が多岐にわたっていることが分かった。

(3) 「生物Ⅱ」

6教科書（6社）について分析したところ、表3の結果となった。

実験・観察のうち、ダイズの重量の分布についての実験は変異を学習する直前に位置しており、遺伝との関係が深かった。ニワトリの手羽先の解剖及び観察が掲載された教科書は多く、その他、原始地球の生命の誕生に関連づけたコアセルバートのモデル作製と観察、ラン細菌の子孫である現生のネンジュモの細胞と被子植物の細胞との比較観察があった。地球と生物の進化の歴史について年表を作成させる作業も、教科書の掲載数が多かった。考察を主な目的とするものでは、ウマの進化、化石による進化の傾向、フィンチの自然選択が題材となっていた。調査として、街中での化石探

しや、島嶼部固有種の文献調査が題材とされていた。

以上のことから、実験・観察について特徴的なものが見られるが、基本的な内容は前述の2科目と変わらないこと、まとめの活動が多くあることが分かった。

IV. 国内外の生物教育関連雑誌に見られる進化の教材研究

過去30～40年の生物教育に関する学術雑誌から、進化に関連する論文や報告などを抜き出し、進化に関する教材研究が行われている内容を調査し、考察した。

調査対象として、日本の『生物教育』（日本生物教育学会：刊）を1958年から、イギリスの『Journal of Biological Education』（Institute of Biology：刊）を1967年から、アメリカの『The American Biology Teacher』（The National Association of Biology Teacher：刊）を1971年から選定した。また、主として生物教育を扱っているものではないが、研究者や教育関係者が生物教育について執筆することの多い、『遺伝』（遺伝学普及会：刊）についても1967年から選定した。

(1) 『生物教育』（日本）

分析した結果を表4に示した。進化を題材とした研究は、「実験・観察」及び「指導法」に分類した5報であった。このうち、純粋な教材研究としては、武藤・北野（1988）の実践研究報告と、畦（2003）の研究論文の2報がある程度であった。

「実験・観察」の内容を見ていくと、武藤・北野（1988）では、ハチの卵の中における発生過程の形態観察が行われていた。畦（2003）では、藻類やコケ植物などを材料に、薄層クロマトグラフィを用いた授業実践が行われていた。これらは、著者らの専門領域にある研究内容が前提にあり、それを発展的に進化の単

表3. 「生物Ⅱ」教科書進化単元の活動項目

活 動	分類	数
ダイズの重量分布	実験	1
ニワトリの翼の骨格	観察	3
コアセルバートのモデル	観察	2
真核・原核細胞の比較	観察	1
歴史と変遷の図表化	作業	3
ウマの進化	考察	1
化石による進化の傾向	考察	1
フィンチの自然選択	考察	1
化石探し	調査	1
島固有の生物	調査	1

表4. 『生物教育』（日本）に見られる進化の教材研究

分類	著 者	発表年	内 容 の 概 略
実験・観察	武藤・北野	1988	カブラハバチの卵内の胚子の発生過程の観察
	畦	2003	藻類やコケ植物などを材料にした、薄層クロマトグラフィを用いた授業実践
指導法	澤野	1978a	骨格と歯の観察を中心としたカリキュラムの作成と実践 (上 記 の 続 き)
	澤野	1978b	
	牧野	1986	
(学会発表)	金子・長洲	1995	コンピュータによるシミュレーションソフトの開発と実践
	田中・中西	1996	変態期のカエルの解剖と考察に関する教材プラン
	木村	1998	魚類の進化を題材とした授業プランの作成と実践
	北浦	2002	ウマの足の進化をモデルとしたペーパークラフトの作成と授業案
	金澤	2003	植物の進化を題材とした授業プランの作成

元の研究としてつなげたものであり、進化を学習させることを前提に取り組んだ研究とは考えにくかった。また、そのような研究の計画・実施は困難であると感じた。

「指導法」として挙げた3報のうち、2報は澤野の一連の研究(1978a, 1978b)で、骨格・歯や外部形態の観察を行わせるカリキュラムの実践的研究であった。牧野(1986)では、花式図をもとに進化について考察する、作業に基づいて授業を進めるというカリキュラムについての研究であった。このように、論文の内容としては、構築されたカリキュラムや授業の中で、進化をどのように取り扱うかを中心的なテーマとした構成になっていた。

本誌には、日本生物教育学会全国大会の研究発表要旨が掲載されている。その形態での報告が、「(学会発表)」として挙げた5報である。内容としては、高等学校教員によって行われた授業実践的なものが多く、シミュレーション、解剖、ペーパークラフトなど、具体的な手法によって授業が展開されていたが、授業のプランを中心としてまとめた構成になっていた。

以上のように、研究論文として進化が取り扱われているものは少なく、学会発表においても実践的研究が中心として行われていることが分かった。また、その内容については進化の単元の全体を通したものとは考えにくく、あるトピックスを中心として、単元の構成を練り直すというような研究が見られた。

(2) 『Journal of Biological Education』(イギリス)

進化を題材とした研究は、表5に示された5報であった。このうち、Barker(1984)の報告は、様々な種類のクギやヘアピンなど、身近なものの図版を使用した独自のモデルによって、進化の方向性を学習させるものであった。しかし、実際の生物の進化と関連しているのか、どのように関連付ければ良いのか、教材料にあたって慎重に再考する必要性が感じられた。

Hodgson・Murphy(1984)では、遺伝子の進化を題

材として、CAL学習と通常学習の比較が行われていた。Church・Hand(1992)では、ガの工業黒化を題材とした教材開発が、Allen *et al.*(1993)では、鳥類の摂餌行動を題材とした小進化についての教材開発が行われていた。また、Codella(2002)は、昆虫の行動を題材として教材を開発し、教材を使用した生徒の考えだけでなく、学者による進化の仮説の取り扱い方も参考にして、考察を行っていた。この4報で開発された教材は、遺伝や被食・捕食の関係をもとにした進化をテーマとしていたが、実際には、既存の情報をコンピュータ上で操作するための、シミュレーションソフトの開発について記述したものであった。

以上のように、実物や進化の痕跡に着目したものは見あたらず、身近な物品を使用したモデル化やシミュレーションソフトの開発によって、進化を概観するような教材研究が主流であることが分かった。

(3) 『The American Biology Teacher』(アメリカ)

教材研究のスタイルとして、進化の学習の中に活動を盛り込むものが多くあった(表6)。

このうち、実際の生物を用いるのではなく、モデルを用いた活動については8報が挙げられた。これらは、モデルの材料としては図版、数種類に着色したつまようじ、ビーズ、ゼリービーズなどが用いられ、確率的にデータを収集、解析する作業が行われていた。内容としては、数の少ないものが取り除かれることで色や形が似通ってくる、遺伝による変異が学習されており、それを進化の学習に連携させていた。しかし、『Journal of Biological Education』に掲載された報告と同様に、実際の生物の進化との関連性を補助的に示す必要性が感じられた。

コンピュータ上で操作するシミュレーションに関する報告として、5報が挙げられた。これらは、前述のモデルを用いた実際の活動を、実物のイメージを利用したコンピュータ上の操作に移行した発展的手法として捉えることができた。このため、バーチャル化され

表5. 『Journal of Biological Education』(イギリス)に見られる進化の教材研究

分類	著者	発表年	内容の概略
モデル実験	Barker	1984	選択した図を樹状に並べ、進化の方向性を考察させる
シミュレーションソフト	Hodgson・Murphy	1984	CALを使った学習方法(遺伝子の進化シミュレーションソフト“EVOLVE”)と通常の学習方法を比較
	Church・Hand	1992	ガの工業黒化を題材とした進化のシミュレーションソフトの開発
	Allen <i>et al.</i>	1993	数種の鳥類によるエサの競争を題材にした、小進化のシミュレーション
	Codella	2002	進化の種分岐の解析ソフトによる昆虫の行動の進化仮説の調査

てはいるが、題材としては実在の生物を用いており、学習するにあたって実際の進化との関連性は深まっていると考えられる。これらのシミュレーションソフトの開発のほとんどは、1980年代後半から1990年代前半にかけて行われていることが分かった。当時は、学校現場においてコンピュータの利用が行われ始めた状況にあり、シミュレーションが容易に行えるというコンピュータの特性を活かした、進化の教材研究が行われていたことがうかがえる。

「実験・観察」を通じた進化の学習に関する報告として、6報が挙げられた。Dyman (1974) では、薄層クロマトグラフィによって、カタクリやシロツメクサの仲間の色素を抽出し、その違いを比較することによって系統を調査していた。Rosenthal (1979) は、ショウジョウバエの交配実験を行うことによって遺伝について学習し、進化の学習に連携させていた。Hilbish・Goodwin (1994) は、タンポポの外部形態をデータ化し、変異から自然選択へと結びつけた。Bardell (1995) は、

被子植物の葉と地衣類の比較観察を、共生や共進化の教材として開発していた。Schlessman (1997) は、アブラナの仲間など、現存している植物について人工授粉を施し、遺伝による外部形態の変化をデータ化したものを、進化の学習に結びつけていた。Leonard・Edmondson (2003) は、ハーディー・ワインベルグの法則を学習する際に、ヒトの表現型を用いた学習方法を開発していた。

以上のように、モデル実験、コンピュータシミュレーション、実物を用いた実験・観察など、様々な教材研究が行われていることが分かった。しかし、これらは遺伝の領域に属するものが主体となっており、それを進化の学習の導入や理解を深めるために用いていることが多かった。

(4) 『遺伝』(日本)

雑誌としては、進化についての特集や特大号が企画され、多くの進化に関連する報告があった。しかし、ほとんどが専門領域における研究成果を中心的な話題

表6. 『The American Biology Teacher』(アメリカ)に見られる進化の教材研究

分類	著者	発表年	内容の概略
モデル実験	Patterson <i>et al.</i>	1972	芝生の上で緑と赤のつまようじを集めさせ、どちらが容易かを考えさせる
	Stebbins・Allen	1975	色違いの紙チップを選ぶ確率
	Lane	1977	捕食の結果を題材にした
	Journet	1982	ビーズを使用した化学進化のシミュレーション
	Lach・Loverude	1998	捕食の結果を題材にした
	Laurer	2000	ゼリービーンズを表現型として用いた
	Winterer	2001	ハーディー・ワインベルグの法則
	Hcim	2002	自然選択説
	シミュレーションソフト	Mariner	1973
Price		1985	シミュレーションソフト“EVOLVE”の使用法
Thompson		1988	個体数の変化を扱った教材開発
Randak		1990	ヒトの進化に関するデータベースの作成方法
Marco・López		1993	大進化に関するプログラムの開発
実験・観察	Dyman	1974	カタクリやシロツメクサの薄層クロマトグラフィによる色素の比較
	Rosenthal	1979	ショウジョウバエの交配の生徒実験
	Hilbish・Goodwin	1994	タンポポの外部形態のデータ処理
	Bardell	1995	葉と地衣類の比較観察の方法(共生、共進化)
	Schlessman	1997	ブラシカなど現存植物の外部形態の観察によるデータ化
	Leonard・Edmondson	2003	ヒトを扱ったハーディー・ワインベルグの法則

として構築されたものであった。このため、進化に関連した論文の中から、素材研究程度にとどめられていると考えられるものを除くと、表7に示した12報が、進化の教材研究として残った。

「モデル実験」については、塩川 (1978) が「実験・観察のページ」の中で、村杉 (1985) が「理科 I における生物の指導」の中で、オムニバス形式の連載の1つとして報告していた。

「シミュレーションソフト」については、Y. N. (1984) が、質問応答形式の小コラムの中で報告していた。

「実験・観察」の内容について、実際に生徒に実験観察を行わせることによって、進化について理解させる報告が多く見られた。例えば、猪野 (1968) は、植物が進化する過程において、外部形態に違いが表出するが、生殖の方法にはほとんど違いがないことから、進化過程での相違点や類似点を挙げていた。北浦 (1984) は動物の血球による系統の理解、小野 (1985) は相同器官の観察の際にX線写真を用いる方法と利点、北浦・濱脇 (1990) は進化の過程における人類の頭骨のペーパークラフトの作成とその比較観察による理解、平田 (1994) は歯の並び方と頭部の骨格の関係、三澤 (1995) は足跡や手足の観察というテーマに沿って標本の作製と観察を行っていた。大石・田幡 (1998) は、呼吸器の解剖写真を活用した授業展開について報告していた。畦 (1999) は、コケ植物数種を用いた外部形態や生殖器官の観察、薄層クロマトグラフィによる色素の比較を行っていた。

また、中井 (2004) は「指導法」に分類しているが、実験が中心ではないものの、様々なワークシートを使用した授業展開について報告していた。

V. 日本に適する進化教材の方向性

IIIでは、現行の高等学校理科教科書を調査・分析し、進化を扱う科目別に、活動を伴う学習についてまとめた。実験・観察ではニワトリの手羽先の解剖と観察や、植物分類群の比較観察が多く取り上げられていた。調査や考察を行わせる活動としては、ほ乳類の器官の形態の系統的なまとめ、進化の歴史についての年表の作成、街中での化石探しが多く取り上げられていた。

以上のことから、現存の生物を用いて、進化の痕跡の観察や系統学的な考察を行う活動、進化という長期的な変化をまとめ・類推する活動が多いことが分かった。しかし、取り扱われる材料としては、ニワトリ、ウマ、植物群など、同じようなものが多かった。

IVでは、雑誌別に進化の教材研究に関する報告をまとめた。過去30~40年の文献を調査したが、進化に関する教材研究を報告した論文は数的に少ないことが分かった。

内容別にまとめると、モデル実験は英・米に多く、その発展形と言えるシミュレーションソフトの開発は、英・米でも1980年代後半~1990年代前半に、多くの研究が行われていた。逆に、日本では実験・観察を主体とした進化の教材研究が行われていた。このことから、英・米では、実物を扱わずに遺伝などの学習内容と絡めた教材研究が行われ、様々な生物が材料にされてきているが、逆に日本では、実物の直接的な観察を重視した教材研究が行われ、そのために材料に制限があり、自由度が少なくなっていると考えられる。

実験・観察の対象である材料について、どのように扱われているかをまとめると、植物は遺伝と関わらせ

表7. 『遺伝』(日本)に見られる進化の教材研究

分類	著者	発表年	内容の概略
モデル実験	塩川	1978	テントウムシの小進化に関するモデル実験
	村杉	1985	コンニャクを使用したペンギンの寒さへの適応のモデル実験
シミュレーションソフト	Y. N.	1984	コンピュータを用いた頭骨の進化の模式化
実験・観察	猪野	1968	植物の外部形態と生殖方法の進化
	北浦	1984	動物の血球の観察方法と進化の考察
	小野	1985	X線写真による動植物の相同器官の観察
	北浦・濱脇	1990	ヒトの進化を題材とした頭骨のペーパークラフト
	平田	1994	歯列弓とヒトの進化
	三澤	1995	動物(特にヒト)を題材とした足跡・手足の骨格の観察
	大石・田幡	1998	脊椎動物の呼吸器の形態と写真による学習
	畦	1999	コケ植物数種を用いた外部形態・生殖器官の観察と薄層クロマトグラフィによる色素の比較
指導法	中井	2004	進化の教授方法の例示

ることによって、外部形態の系統進化を学習させるのに用いられていた。ヒトを含めた動物は骨格の進化について多く用いられていた。また、昆虫はモデル実験の題材として用いられていた。このように、材料についても進化の学習における特性が見られたが、進化と深く関係する系統・分類について本格的に学習するのは、現行では「生物Ⅱ」における進化の直前・直後となっている。このため、進化の学習までに系統・分類を学習者が十分に理解できているとは考えにくく、その特性が活かされているとは言えない。中学校を中心として、早い段階から系統・分類を理解させることは、進化の学習の充実につながると考えられる。

本研究の結果及び考察から、日本においては実験・観察を通じた進化の学習が多いことが分かった。しかし、進化の学習をさらに深めていくためには、今後の進化の教材研究では、新たな実験・観察の手法の開発が必要であると考えられる。具体的には、専門的領域からの基礎的データ・トピックスの収集、身近な材料を用いた実証的な実験・観察の確立が重要であると考えられる。教材となる前段階としての素材を増加させた上で、学習方法や指導方法について、開発研究を行うことが望ましいと考える。

VI. おわりに

生物教育においては、その内容領域や単元について多くの教材研究が行われてきた。しかし、進化に関連する学習に直結した教材研究は、他の単元と比較すると、あまり活発に行われていない。本論のために4つの雑誌について調査を行った段階でも、遺伝や生態を基点として進化に結びつけた研究は多くあったが、進化を学習させることについて意識されていると考えられる教材研究は少なかった。

今後、進化の教材研究を進めるにあたり、なぜ難しいと思われているのか、どのように難しいのかを検討し、本論で明らかとなった日本における進化教材の方向性をふまえつつ、カリキュラムを含めた進化の学習を改良することが必要であると考えられる。

【文献】

(1) 引用・参考文献

- 福井智紀 (2000) 「高校生の進化概念についての調査研究」, 生物教育40(3・4), pp.122-138
 福井智紀・鶴岡義彦 (2000) 「高校生物Ⅱ教科書における生物の進化の取扱い」, 千葉大学教育学部研究紀要 (I:教育科学編) 48, pp.75-93

福井智紀・鶴岡義彦 (2001) 「主要な進化学説についての生徒の捉え方に関する研究」, 理科教育学研究 42(1), pp.1-12

福井智紀・鶴岡義彦 (2002) 「児童・生徒・学生の進化についてのイメージ」, 千葉大学教育実践研究 9, pp.35-45

文部省 (1999) 「高等学校学習指導要領」, 大蔵省印刷局

(2) 調査に使用した教科書

〔理科基礎〕 以下の4教科書(4社)を用いた。

東京書籍, 大日本図書, 実教出版, 数研出版

〔理科総合B〕 以下の8教科書(8社)を用いた。

東京書籍, 大日本図書, 実教出版, 三省堂, 教育出版, 啓林館, 数研出版, 第一学習社

〔生物Ⅱ〕 以下の6教科書(6社)を用いた。

東京書籍, 大日本図書, 実教出版, 教育出版, 数研出版, 第一学習社

(3) 調査に使用した論文・報告

Allen, J. A. ・ Cooper, J. M. ・ Hall, G. J. ・ McHenry, C. (1993) 「Evolving pastry」, Journal of Biological Education 27(4), pp.274-282

Bardell, David (1995) 「Microscopic Examination of a Leaf & a Lichen To Show Convergent Evolution」, The American Biology Teacher 57(2), pp.99-100

Barker, J. A. (1984) 「Simulating evolution」, Journal of Biological Education 18(1), pp.13-15

Church, Robert ・ Hand, Steve (1992) 「Industrial melanism in moths」, Journal of Biological Education 26(1), pp.34-36

Codella, Sylvio G (2002) 「Testing evolutionary hypotheses in the classroom with MacClade software」, Journal of Biological Education 36(2), pp.94-98

Dyman, Daniel J. (1974) 「Biochemical Lab Activity Supports Evolution Theory」, The American Biology Teacher 36(6), pp.357-359

Heim, Werner G. (2002) 「Natural Selection Among Playing Cards」, The American Biology Teacher 64(4), pp.276-278

Hilbish, Thomas J. ・ Goodwin, Minnie (1994) 「A Simple Demonstration of Natural Selection in the Wild Using the Common Dandelion」, The American Biology Teacher 56(5), pp.286-290

平田泰紀 (1994) 「歯列弓と進化の授業」, 遺伝48(9), pp.58-64

Hodgson, B. K. ・ Murphy P. J. (1984) 「A CAL-based distance education project in evolution」, Journal of Biological Education 18(2), pp.141-146

- 猪野俊平 (1968) 「藻類から苔類へ」, 遺伝22(8), pp.63-65
- Journet, Alan R. P. (1982) 「Why Reproduce? A Demonstration of Evolution and the Origin of Life」, *The American Biology Teacher* 44(9), pp.543-547
- 金澤昭良 (2003) 「生物教育における植物の進化の指導」, *生物教育*43 (4), p.187
- 金子正純・長洲南海男 (1995) 「高校生物における生態・進化に関するコンピュータソフト教材の開発」, *生物教育*35(1), pp.101-102
- 木村孝康 (1998) 「魚類の進化」, *生物教育*38(2), p.98
- 北浦隆生 (1984) 「血球の系統と分化」, 遺伝38(8), pp.63-66
- 北浦隆生 (2002) 「ウマの足の進化 2」, *生物教育*43(2), p.80
- 北浦隆生・濱脇英夫 (1990) 「「人類の進化」指導上の工夫」, 遺伝44(3), pp.35-39
- Lach, Michael・Loverude Michael (1998) 「An Active Introduction to Evolution」, *The American Biology Teacher* 60(2), pp.132-136
- Lane, Patricia A. (1977) 「The Evolutionary Strategy of Mimicry」, *The American Biology Teacher* 39(4), pp.214-216; 223
- Lauer, Thomas E. (2000) 「Jelly Belly® Jelly Beans & Evolutionary Principles in the Classroom」, *The American Biology Teacher* 62(1), pp.42-45
- Leonard, William H.・Edmondson, Elizabeth (2003) 「Teaching Evolution Through the Founder Effect」, *The American Biology Teacher* 65(7), pp.538-541
- 牧野彰吾 (1986) 「花の観察から植物の系統を考える」, *生物教育*26 (4), pp.256-262
- Marco, Óscar Barberá・López, Vicente Sanjosé (1993) 「A Simple Model To Think about the Evolutionary Rate in Macroevolution」, *The American Biology Teacher* 55(7), pp.424-429
- Mariner, James L. (1973) 「Using the Computer In Evolution Studies」, *The American Biology Teacher* 35(6), pp.338-340
- 三澤英一 (1995) 「ヒトへの進化の探究」, 遺伝49(9), pp.60-64
- 村杉幸子 (1985) 「進化と適応の学習」, 遺伝39(2), pp.61-64
- 武藤篤・北野日出男 (1988) 「進化に関する教材開発」, *生物教育*28(3・4), pp.194-201
- 中井咲織 (2004) 「小学生でもすぐわかる進化の教え方」, 遺伝58(4), pp.56-66
- 大石正芳・田幡憲一 (1998) 「脊椎動物の呼吸器のつくりと進化」, 遺伝52(3), pp.14-18
- 小野新平 (1985) 「X線を使った相同器官の観察学習」, 遺伝39(1), pp.89-92
- Patterson, Robert・Custer, T.・Brattstrom, Bayard H. (1972) 「Simulations of Natural Selection」, *The American Biology Teacher* 34(2), pp.95-98
- Price, Frank E. (1985) 「EVOLVE」, *The American Biology Teacher* 47(1), pp.16-24
- Randak, Steve (1990) 「Teaching Hominid Evolution with a Data Base」, *The American Biology Teacher* 52 (4), pp.241-243
- Rosenthal, Dorothy B. (1979) 「Using Species of *Drosophila* to Teach Evolution」, *The American Biology Teacher* 41(9), pp.552-555
- 澤野啓一 (1978a) 「高校生物教育における人間を中心としたカリキュラムの実践 人類の進化 (1)」, *生物教育*18(4), pp.14-17
- 澤野啓一 (1978b) 「高校生物教育における人間を中心としたカリキュラムの実践 人類の進化 (2)」, *生物教育*19 (1), pp.18-21
- Schlessman, Mark A. (1997) 「Investigating Evolution with Living Plants」, *The American Biology Teacher* 59(8), pp.472-479
- 塩川信 (1978) 「テントウムシの小進化のモデル実験」, 遺伝32(11), pp.73-77
- Stebbins, Robert C.・Allen, Brockenbrough (1975) 「Simulating Evolution」, *The American Biology Teacher* 37(4), pp.206-211
- 田中邦明・中西太郎 (1996) 「進化を教えるための実験教材の開発 I」, *生物教育*36(1), p.47
- Thompson, Steven R. (1988) 「An Instructional Approach to Modeling in Microevolution」, *The American Biology Teacher* 50(1), pp.29-32
- 畦浩二 (1999) 「コケ植物の教材化」, 遺伝53(8), pp.52-57
- 畦浩二 (2003) 「光合成色素の定性分析から植物進化を考察する実践的研究」, *生物教育*44(1), pp.10-18
- Winterer, Juliette (2001) 「A Lab Exercise Explaining Hardy-Weinberg equilibrium and Evolution Effectively」, *The American Biology Teacher* 63(9), pp.678-687
- Y. N. (1984) 「生物教室のコンピュータで遊ぼう」, 遺伝38(5), p.80