

2024 年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：科学的思考力を育てる自作教材を使用した授業の展開

－ 口頭・資料中心の授業から実験・観察中心の授業へ －

学校名：奈良教育大学附属中学校

代表者：八重幸史

報告者：山本浩大

全教員数： 29 名

全学級数・児童生徒数： 13 学級・ 405 名

実践研究を行う教員数： 4 名

実践研究を受ける学級数・児童生徒数： 12 学級・ 390 名

1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

中学校学習指導要領解説理科編では、「生徒が常に好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に関わるようになることや、その中で得た気づきから疑問を形成し、課題として設定することができるようになることを重視すべきである」と記されている。また、「日本の生徒の、理科が『役に立つ』、『楽しい』との回答が国際平均より低く、理科の好きな子供が少ない状況を改善する必要がある。このため、生徒自身が観察、実験を中心とした探究の過程を通じて課題を解決したり、新たな課題を発見したりする経験を可能な限り増加させていくことが重要であり、このことが理科の面白さを感じたり、理科の有用性を認識したりすることにつながっていくと考えられる」と記されている。これらのように、実験や観察を通じた授業を行うことで、生徒の理科に対する見方や考え方、さらには好奇心を育てようとしている。

理科の授業では、生徒が主体的に行う活動が必要であり、教員は様々な授業で実験や観察を取り入れていくことが望まれる。しかし、実験や観察を取り入れられない授業も多くある。口頭での説明や資料を用いた説明が主とした授業には、博物館見学や校外での調査など、理科の授業で取り扱うことが困難な場合がある。そこで、本研究では口頭や資料における説明が中心となっている授業において、身近なものを用いた観察や実験を行えるような教具を開発・使用し、それによって生徒がどのような疑問や発見に至るかを明らかにすることを目的とした。

2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

本校理科担当の教員と、教材の充実や周知の方法などの話し合いを行い、教育研究会、理科教育学会、生物教育学会で興味関心のある教員へ周知していくことを決めた。奈良教育大学の教員と連携し指導案の作成や教材の改良など、奈良県理科教育研究会と連携し教員向けガイドツアーや頭骨標本作成ワークショップについて県の公立中学校教員へ周知していただいた。また、協力校と打ち合わせを行い、授業実践の方法や教材の準備等、公立中学校などでも実施が可能なよう、そして教材を使用する教員が授業を進められるように詳細な打ち合わせを行った。教材や機器の購入、ワークシートの準備、指導案の作成などすべて本校で行い、協力校が実践できる環境を設定した。

3. 研究の内容

<研究 1> 3 年生「生物の種類の多様性と進化」

本授業では、進化についての教材を改良し、授業に取り入れその効果を測定した。進化学習の最後に、トピックス的に「ダーウィン」「自然選択説」を学ぶ。中学生に行ったアンケートでは、上記の言葉は知っているものの、どのような説かは理解していない。進化の理論は、生物現象全体を包括的に理解するために必須の概念である。進化の学習は科学的思考が難しいことから、自然選択説の学習教材はほとんどなかった。山本（2020）は、環境適応する個体が集団内で世代を経るにつれ割合が増すことを理解する教材を開発した。本教材では生徒の適応進化の理解が深まったことは明らかになったが、教材の導入前後で生徒の本質的な理解がどの程度であったかは明らかになっていない。そこで、生物の進化における課題（チーターの進化課題、杉本 2014）を生徒に提示し、授業前後で記述がどのように変化するかを分析した。また、進化の理解・教材理解（シミュレーション教材実習の考察をルーブリックで評価する）などどのような要因が影響するかを、一般化線形モデル（GLM）を用いて明らかにした。

<研究 2> 1 年生「動物の体の共通点と相違点」

本研究では、草食動物と肉食動物の頭骨標本を使用する授業を目指した。本単元では、教員や学校が頭骨標本を所持しているかによって観察の実施が決まる。動物園で頭骨標本の貸し出しがある一方で、学習時期により借用できないこともある。頭骨標本の観察は、他の頭骨標本との共通性や相違性に気付く、科学的思考力の育成につながると考える。そこで、地域の教員が抱える教材の未所持問題を解決すること、頭骨標本の使用有無による生徒の視点の獲得の変化を捉えることを本研究の目的とした。本研究の一環で、ユネスコエコパークである大台ヶ原でシカによる森林生態系の学習を教員に受講してもらい、活用方法を共に考える機会を持った。その後、駆除された個体の頭骨標本作製し、授業で使用してもらった。教員が自然散策や標本作成などを経験しているため、学習で頭骨標本を使用する際は様々な話をする事ができ、生徒の興味や関心の向上につなが

ると考える。また、地域の自然への関心も高まると考える。頭骨標本が完成した教員と連携し、頭骨標本を用いたグループと用いなかったグループの視点獲得や未知の頭骨の分類にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的に授業を行った。

4. 研究の成果と成果の測定方法

<研究1> 3年生(1学期)「生物の種類の多様性と進化」

奈良教育大学附属中学校、伊丹市立西中学校、伊丹市立東中学校、関西大学第一高等学校で実施した。奈良教育大学附属中学校、伊丹市立西中学校は、実施前後で進化に関するアンケートを実施し、前後の変化を捉えた。アンケート内容は表1のとおりである。奈良教育大学附属中学校では設問No.1,4,5,6,7、伊丹市立西中学校では設問No.1,2,3,5,6,7で事前・事後アンケートに有意な差がみられた(表2,3)。ただし、奈良教育大学附属中学校では設問No.1で、伊丹市立西中学校では設問No.2で誤った認識をしていた。本教材は、1時間の授業時間の中で、集団内で環境に適応した個体が広がっていくことを学習する。その短時間で言うことが、生徒にとっては長い時間かけて生物が進化するという認識に至らなかったのかもしれない。また、進化の学習では生物が優れた性質をもつようになることが進化であるという認識が維持されやすいと考えられており、本教材を用いてもその考えを払拭することができなかった。上記の2点では、進化の学習をする際に、時間のスケールを意識させることや退化を学ばせる機会を持つなど、進化のミスコンセプションを軽減することを考えていく必要があると考える。

チーターの進化課題(杉本 2014)を事前・事後で行い生徒に記述させた。記述内容は、表4に示す枠組みで分けた。その結果を表5に示す。授業前は表4の①～④のブラック・ボックス、ラマルキズム、目的論的説明が約90%で、自然選択説を取り入れた考え方の⑤～⑦が約5%であった(表5)。授業後は①～④の考えが約20%に減少し、⑤～⑦の考えが約40%に増加した。多くの生徒は、生物が年月をかけて変化することを進化と学びが、進化がどうして起こるのかそのメカニズムを学習しない。本研究では、ポリマーを用いた実習が、生徒の自然選択説の生徒理解を促し、かつ概念の変化を促すことが認められたことから、一定の成果が得られたと考えられる。

一方で、全体の40%程度しか進化の正しい理解に導けていなかったため、さらに理解を深める工夫が必要である。表4の⑤～⑦の考えを授業後に持つ生徒は、表1の設問No.1～7のどれを理解していることが望ましいのかを、一般化線形モデル(GLM)を用いて検討した。説明変数を表1の設問No.1～7、応答変数を表4の⑤～⑦の考えを授業後に持った生徒とそうでない生徒とした。その結果、表1の設問4がモデル選択され、設問No.4が正答、不正答でもどちらも正の影響を及ぼすことが示された(表6)。設問No.4は、変異が生きている間に起こり、その積み重ねが進化となるという内容であり、変異と変態を混同しているのかもしれない。授業の中では、その違いを取り扱ったが、中学生にはその違いの理解は難し

表1 進化に関するアンケートの設問Noと設問

設問No.	設問
1	「進化」とは一代で起きる変化ではなく、長い世代をへて起きる変化である。
2	どんな生物でも、長い年月のあいだに優れた性質をもつものに「進化」していく。
3	まわりの環境(気温や食物など)が変化すると、それにあった性質をもつ生物が生き残っていく。
4	生物の「変化(変異)」は生きている間に起こり、その「変化」が次世代に受け継がれていくことにより「進化」が起こる。
5	生物の「変異(変化)」は新しく生まれ出るときに起こり、その「変化(変異)」した生物がその時代の環境に「適応」し、数多く生き残ることにより「進化」していく。
6	進化とは、生物の集団中で、ある遺伝子をもつ個体の割合(遺伝子頻度)が世代を通じて変化することである。
7	「進化」とは、生物の集団の形質が、目的に応じて変化することである。

表2 奈良教育大学附属中学校の進化に関する事前・事後アンケート結果

設問No.	事前(n=104)			事後(n=104)			significance
	正答	誤答	分からない	正答	誤答	分からない	
1	103	0	1	95	8	1	**
2	29	63	12	37	63	4	ns
3	97	5	2	102	2	0	ns
4	50	41	13	43	59	2	**
5	76	11	17	91	10	3	**
6	61	16	27	67	20	17	**
7	54	35	15	32	64	8	**

*p<0.05, **p<0.01, ns: not significant

表3 伊丹市立西中学校の進化に関する事前・事後アンケート結果

設問No.	事前(n=157)			事後(n=157)			significance
	正答	誤答	分からない	正答	誤答	分からない	
1	116	23	18	145	9	3	**
2	72	57	28	94	46	17	*
3	130	20	7	155	0	2	**
4	65	68	24	63	75	19	ns
5	84	39	34	124	14	19	**
6	77	41	39	116	18	23	**
7	119	19	19	80	56	21	**

*p<0.05, **p<0.01, ns: not significant

表4 各進化理論枠組と記述内容例 *進化理論枠組とその概要は、杉本(2014)と名倉・梶原(2022)から引用

進化理論の枠組とその概要	記載内容例
①進化とは関係のない記述	
①ブラック・ボックス	・速く走れるように足の形が変化した
進化の事実だけでメカニズムの記述のない説明	・獲物を追う能力のみ残され、それ以外は最低限になった
②ラマルキズム(獲得形質の遺伝)	・意図的に体の特徴を変化させたり、必要な筋肉を鍛えた
ラマルクの進化説の1つ「獲得形質の遺伝」による説明	・獲物が逃げて、追いかけているうちに筋肉が発達
③目的論的説明	・努力した結果、無駄のない走り方が身についた
「～のために」「～しなければならぬ」などの目的や必要性を含んだ説明	・獲物を捕らえるために、走る能力が発達した
④有利な形質発展説	・環境に適応しなければならぬため、能力が発達した
自然選択説を考慮せず、有利な形質の出現・蓄積による進化の説明	・突然変異による有利な形質が出現し、生き残った
⑤組み合わせ説	・速いチーター同士のかけ合わせにより速いチーターが産まれた
ラマルキズムとダーウィニズム(自然選択説)が混在している説明	
⑥遺伝的変異や生存確率を考慮しない自然選択説	・獲得形質の遺伝と自然選択の両方が記載
有利なものはすべて生き残り、他はすべて死滅するような表現	・突然変異個体が現れ、生き残った
⑦ネオ・ダーウィニズム	・速いチーターは自然淘汰された
科学的進化理論としての説明	・チーターの祖先の中で、たまたま速く走る能力を持った個体が産まれた。
	・他の個体よりも獲物を捕まえる確率が高くより多くの遺伝子を残すことができた。

表5 授業前後における進化理論の枠組の生徒数(人) 括弧内の数値は割合(%)

授業前	進化に関係のない記述	ブラック・ボックス	ラマルキズム	目的論的説明	有利な形質発展説	組み合わせ説	自然選択説	ネオ・ダーウィニズム	授業後合計
授業後	進化に関係のない記述	ブラック・ボックス	ラマルキズム	目的論的説明	有利な形質発展説	組み合わせ説	自然選択説	ネオ・ダーウィニズム	授業後合計
1	1								1 (0.4)
9	4	4	5						22 (8.4)
5	4	1							10 (3.8)
1	4	6							15 (5.7)
11	21	28	30	10	2	3			105 (40.2)
1			1						2 (0.8)
4	23	21	24	5			5	2	84 (32.2)
8	5	3	4				1	1	22 (8.4)
(人)	26	66	66	70	19	2	9	3	261
(%)	(10.0)	(25.3)	(25.3)	(26.8)	(7.3)	(0.8)	(3.5)	(1.2)	

いようである。

<研究 2> 1 年生「動物の体の共通点と相違点」

中学校第 1 学年第 2 分野「いろいろな生物とその共通点」で動物の体の共通点と相違点を学習する(文部科学省 2017)。その際、骨格標本などを活用することが進められているが、骨格標本などを所蔵している中学校はわずかで、教育者自身が標本や模型を作成しなければならないのが現状である(鎌田 2009)。骨格標本が無いと、資料を用いた授業になってしまい、生徒の機会損失になってしまっているかもしれないが、現状は分かっていない。そこで、地域の教員や教育大生に向けた頭骨標本作成ワークショップを行うことで、地域教育の支援と現状を把握した。

ワークショップに参加した教員 12 名に、ワークショップや本校教育研究会に参加した学生 25 名にアンケートを行った。草食動物と肉食動物の共通点や相違点を授業する際に困っていることはないかと答えた教員が約 70%、その多くの教員が資料や動画を用いた授業を行っていた。また、現在約 70%の教員は所属する学校に頭骨標本がないと回答した。学生のうち 90%が中学校で受けた本単元で資料や動画を用いていたと回答していた。学生らの約 90%は、将来教員になった後頭骨標本を用いて授業を行いたいと考えていた。これらをまとめると、頭骨標本を用いた授業を望むが、勤務校に標本が無く実施が困難で、標本の使用をあきらめて、そのまま授業が定着・安定し困っていることが無くなるようになるのではないかと。

こういった現状では、頭骨標本を用いないことが生徒の機会損失になっていないかと考え、教員向けに頭骨標本作成ワークショップを行った。その際、駆除されたシカの頭骨を用いたため、森林生態系への影響や本学習を進めていくための教材(山本 2021)を紹介するなど、教員が授業で使いやすい工夫を行った。また、頭骨標本を用いた授業での生徒の視点獲得の差異を比較した。対象は、資料を用いた授業を行った奈良教育大学附属中学校 120 名、頭骨標本を用いた授業を行った伊丹市立西中学校 141 名とした。表 7 のように、資料を用いた授業では図を用いて草食動物と肉食動物の頭骨を比較、頭骨標本を用いた授業ではニホンジカ、イエネコなど頭骨標本を比較させた。その後は、どちらの授業も同様に、草食動物と肉食動物の特徴を弁図にまとめ、教師がそれらをまとめた。2 時間目には、未知の頭骨標本(イタチ(肉食動物の特徴)、ニホンザル(雑食動物の特徴)、ツキノワグマ(雑食動物の特徴)、ニホンカモシカ(草食動物の特徴))を観察し、草食動物・肉食動物・雑食動物のどのグループに分類されるかを検討した。その際、ワークシートに、観察できたことやどのグループに分類されたかの理由を記述させた。

生徒の記述を A 分類:歯、目、口・顎、鼻、頭骨、その他、B 分類:歯の有無、歯の大小、歯の位置、歯の形状、歯のその他に分けて、B 分類の個数を生徒ごとに記録した。

①グループ別の分類で用いた視点の差について

・資料を用いた授業のグループの総得点

・頭骨標本を用いた授業のグループの総得点

上記 2 グループの総得点で差があるかを t 検定で調べた。

②未知の頭骨標本の正答数について

・草食動物、肉食動物、雑食動物のいずれに分類したかを集計

・資料を用いた授業のグループと頭骨標本を用いた授業のグループ

正答数に差があるかを Fisher の正確確立検定で調べた。

歯の有無については、頭骨標本グループが有意に高い傾向を示した(表 8)。歯の発達、鼻の大小、口・顎の形状については、資料グループが有意に高い傾向を示した。1 時間目にシカは上の門歯が無いことを観察し、その視点を用いて他の標本を観察したのではないかと(頭骨標本を用いた授業のグループ)。また、頭骨の図を側面から見たもので門歯の有無は分かりづらいため、歯の有無の視点を得ておらず、標本を観察したのではないかと(資料を用いた授業のグループ)。歯の発達については、資料グループが有意に高い傾向を示した。言葉や図のみでの理解であり、歯についてのイメージ性がなかったのか、歯の特徴を発達という言葉で表したのではないかと(資料を用いた授業のグループ)。また、歯の形状については、有意差はないものの、頭骨標本

表6 チーターの進化課題で自然選択説を含む記述をするための要因のGLM結果

説明変数	チーターの進化課題で 自然選択説を含む記述	p値
N	261	
AIC full	412.86	
AIC min	400.33	
設問No.4 正答	2.366 *	
誤答	2.045 *	
わからない	-12.258	

*p<0.05, **p<0.01, ns: not significant



図1 頭骨標本作成ワークショップ



図2 教員向け大台ヶ原ガイドワークショップ

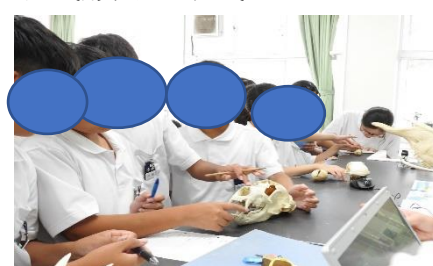


図3 頭骨標本を用いた授業

表 7 頭骨標本や資料を用いた授

時間	【頭骨標本を用いた授業】	【資料を用いた授業】
1	・ニホンジカ、イエネコなどの標本を用いて頭骨標本の比較 ・草食動物と肉食動物の体のつくりを弁図にまとめる ・資料を用いて、草食動物と肉食動物の特徴をまとめる	・資料を用いて草食動物と肉食動物の頭骨の比較 ・草食動物と肉食動物の体のつくりを弁図にまとめる ・資料を用いて、草食動物と肉食動物の特徴をまとめる
2	・未知の頭骨標本4種類を観察し、草食動物・肉食動物・雑食動物のどのグループに分類されるかを検討する。	・未知の頭骨標本4種類を観察し、草食動物・肉食動物・雑食動物のどのグループに分類されるかを検討する。

を用いた授業のグループの方が具体的な記述をしている数が多かったことから、頭骨表本を用いた授業のグループの方が詳細に頭骨標本を観察し記述している可能性があると考えます。

未知の頭骨標本の観察の結果は表 9 のとおりである。ツキノワグマの分類では、頭骨標本グループの方が、正答数が有意に高かった。ツキノワグマの頭骨標本は、犬歯は鋭く臼歯が平という特徴があり、他の頭骨標本よりも分類することの難易度が高い。草食動物や肉食動物の臼歯と異なり、標本で観察した

視点を基に判断したのではないかと。ニホンカモシカの分類では、差がみられたものの標本数の数が影響している可能性がある。

以上のことから、多くの項目で生徒の視点の数に差はなかった。歯に関する内容は、頭骨標本を用いた授業のグループが多い傾向を示した。分類が困難な雑食動物では、頭骨標本を用いた授業のグループの方が、正答数が高かった。これらのことから、生徒たちは頭骨を分類する際には、歯に着目しており、歯の違いを観察させることが重要ではないかと。彼らが、どのように判断し頭骨標本を観察しているのかを把握すると、頭骨標本を用いた授業の方が、有意性があることを示すことができると考える。

表 8 グループ別の B 分類総得点(歯、目、鼻以外は紙面報告割愛)

	資料グループ 総得点	資料グループ 平均点	頭骨標本グループ 総得点	頭骨標本グループ 平均点	t検定	有意性
歯の有無	26	0.22	93	0.66	0.000	**
歯の発達	75	0.63	71	0.50	0.049	*
歯の形状	83	0.69	108	0.77	0.428	ns
歯の大小	16	0.13	21	0.15	0.720	ns
歯の位置	5	0.04	5	0.04	0.796	ns
歯(その他)	3	0.03	2	0.01	0.527	ns
*p<.05 **p<.01						
	資料グループ 総得点	資料グループ 平均点	頭骨標本グループ 総得点	頭骨標本グループ 平均点	t検定	有意性
目の有無	1	0.01	0	0.00	0.279	ns
目の形状	0	0.00	1	0.01	0.357	ns
目の大小	6	0.05	3	0.02	0.221	ns
目の位置	113	0.94	138	0.98	0.135	ns
目(その他)	1	0.01	0	0.00	0.279	ns
*p<.05 **p<.01						
	資料グループ 総得点	資料グループ 平均点	頭骨標本グループ 総得点	頭骨標本グループ 平均点	t検定	有意性
鼻の有無	0	0.00	0	0.00		ns
鼻の形状	6	0.05	2	0.01	0.111	ns
鼻の大小	11	0.09	2	0.01	0.007	*
鼻の位置	1	0.01	0	0.00	0.279	ns
鼻(その他)	7	0.06	0	0.00	0.004	ns
*p<.05 **p<.01						

表 9 グループ別の 4 種の頭骨を分類した結果

頭骨	【資料グループ】			【頭骨標本グループ】			有意性
	草食動物	肉食動物	雑食動物	草食動物	肉食動物	雑食動物	
テン (肉食動物)	2	88	30	3	110	28	ns
ニホンザル (雑食動物)	3	6	111	5	2	134	ns
ツキノワグマ (雑食動物)	4	97	19	0	81	60	**
ニホンカモシカ (草食動物)	117	3	0	139	0	2	*
*p<.05 **p<.01							

5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

研究 1 の進化に関する教材は、公立中学校でも実施され、生徒の理解を促進する傾向があることが分かった。さらに多くの学校でも実践していただき、学習の中に取り入れてもらいたいと考える。生徒の誤概念の変化は、口頭で変化させることが困難であるため、教材を用いてより効果的に変化させられるようにしたい。

研究 2 の頭骨標本の作製は、参加して下さった教員からは非常に好評であった。また、将来教員になる学生も教材を 1 つ得られたことで、今後も教材を用いた授業に取り組むことをコメントしていた。準備が困難な教材を提供したことで、地域の教員がもつ問題を解決できる兆しが見えた。今後は、ワークショップをより積極的に行い、地域の学校や教員を支援できるよう、国立中学校としての責務を果たしたい。

6. 成果の公表や発信に関する取組

※ 研究会等での発表や、メディアなどに掲載・放送された場合もご記載ください

- ・奈良教育大学附属中学校教育研究会、公開授業、ダーウィンの自然選択説（2024 年 6 月）
- ・日本理科教育学会全国大会、口頭発表、中学校理科「生物の種類の多様性と 進化」の自然選択説学習教材～ジェルポリマーを用いた実践とその効果～（2024 年 9 月）
- ・日本生物教育学会全国大会、口頭発表、中学校第 1 学年「動物の特徴と分類」における頭骨標本活用の実態把握と標本を活用した授業の効果（2025 年 3 月）

7. 所感

地域の多くの教員と連携し、実践を行うことができた。それぞれが持つ情報や教材を共有し、連携を深めることで、今後協力して研究を進める基盤を築くことができた。地域の学校と連携して研究を進めるのは初めての経験であり、調査協力依頼やデータ使用の調整は非常に困難であった。しかし、実施可能となった学校には教材や物品の提供など、教育的支援を行うことができた。今後は、収集したデータを詳細に分析し、どのような方法や教材が効果的であるかを検討したいと考えている。また、報告者だけでなく、関わった教員が自らまとめて発表する機会を設けるなど、教員支援にも力を入れていきたいと思っている。