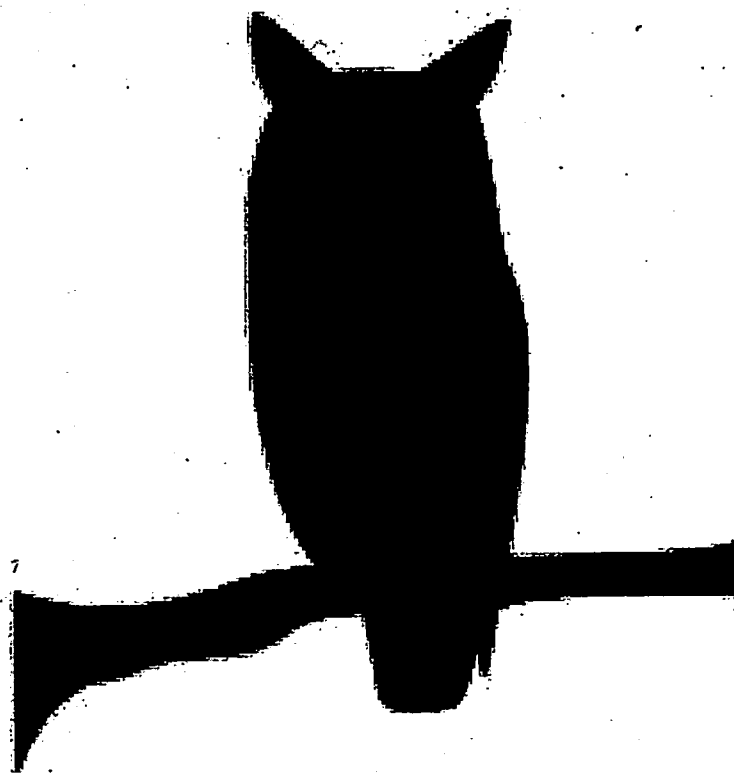


研究主題

生徒一人ひとりが主体的・対話的で深い学びができる授業工夫

～生物の進化を遺伝の観点から考える授業工夫～



○目次

1. 研究主題	P 2
2. 主題設定の理由	P 2
3. 研究仮説	P 3
4. 研究計画	P 3
5. 昨年度の研究	P 3
6. 今年度の研究と実際	P 4
7. 現段階での研究の成果と課題	P 13
(授業で使用了資料)	P 14

1. 研究主題

生徒一人ひとりが主体的・対話的で深い学びができる授業工夫

～生物の進化を遺伝の観点から考える授業工夫～

2. 主題設定の理由

(1) 新学習指導要領解説（平成 29 年告示）から

主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を進めるに当たり、特に「深い学び」の視点に関して、各教科等の学びの深まりの鍵となるのが「見方・考え方」である。（中略）例えば、自然の事物・現象から問題を見だし、見通しをもって課題や仮説の設定をしたり、観察、実験の計画を立案したりする学習となっているか、観察、実験の結果を分析し解釈して仮説の妥当性を検討したり、全体を振り返って改善策を考えたりしているか、得られた知識及び技能を基に、次の課題を発見したり、新たな視点で自然の事物・現象を把握したりしているかなどの視点から、授業改善を図ることが考えられる。

解説によると、理科では生徒に理科の指導を通して「知識及び技能」や「思考力、判断力、表現力等」の育成を目指すような授業実践は多く行われてきており、全く異なる指導方法を導入する必要はないとされている。そのため、今までの指導実践を維持しつつも、適宜「主体的・対話的で深い学び」を組み込むことが求められている。

また、今まで第2学年で学習する内容であった「進化」が第3学年の「遺伝」の学習に組み込まれる形となっている。指導の流れが現指導要領とは変わるため、「進化」と「遺伝」の学習について授業方法を研究・検討していくことは有意義であると考えられる。本研究で、今まで別学年で指導することになっていた「進化」と「遺伝」を結びつけられるような授業工夫に取り組むことで、新指導要領に向けた指導方法の資質向上につなげていきたい。

(2) 四街道市内理科教員アンケートの結果から

市内の中学校理科教員を対象に、教科指導での課題や改善点などを調査したアンケートを行った。そこで、「(生物分野において) 実験がうまくいかないことが多い。」「生物分野では、観察自体に時間がとられることが多いので、学びを深めていくような授業の実践できていない。」などといった声があがった。本部会では、昨年度まで「考察による言語活動の充実」をテーマに実験・観察の考察の時間において、ホワイトボードを活用した話し合い活動やヒントカードによる対話的な活動の支援などの授業工夫を図ることで、どの中学校においても以前より生徒の思考力を高める手立てを行うことができてきた。一方で、生物分野を中心とした単元によっては、そのような活動をなかなか実践ができていない現状もあった。理由としては、物理・化学分野に比べて実験要素が少ない（観察的活動を多い）ことが考えられる。特に3年生の生物分野である遺伝に関する学習では、生徒を惹きつけるような学習課題の設定に教員側が苦慮したり、深い学びに展開しなかったりすることが多いとの声が多数あった。結果、知識を定着させる形の授業が多くなり、遺伝そのものには興味があるものの生徒が受け身で授業に臨むような場面が見られるこ

とがあった。カリキュラムに沿った授業を行う上で、生徒が”主体的に”学ぶ機会がなかなかつくりにくいように思われるので本研究主題を設定した。

3. 研究仮説

生命の連続性（遺伝）の分野において、遺伝と進化を関連づけた対話的な活動を充実させることで、生徒がより主体的で深まりのある学習をしようとするのでないか。

4. 研究計画

平成 30 年度 (1 年目) ※本年度	市内理科教員アンケートの実施 授業実践例の調査・実践へ向けた指導案づくり 生徒の実態調査（事前） 授業実践① 生徒の実態調査（事後）
令和元年度 (2 年目)	授業実践①の見直し 各種（生徒、教員）アンケート（事前） 授業実践② 各種（生徒、教員）アンケート（事後）
令和 2 年度 (3 年目)	授業実践②の見直し、修正など 各種（生徒、教員）アンケート（事前） 授業実践③ 各種（生徒、教員）アンケート（事後） 研究の評価 研究のまとめ

5. 昨年度の研究

昨年度はニホンジカの亜種であるヤクシカをテーマとした授業実践を行った。ニホンジカよりも四肢が短く小型であるという特徴は遺伝的なものであり、屋久島には中型以上の肉食動物が自然分布していないという環境要因によって、小型化したと考えられている。進化のきっかけとしては細胞分裂の複製時に偶発的に新しい形質が生まれるとして考えた。授業展開としては、まず優性の形質の方が繁殖するために有利であることと、対して劣性の性質をもつ生物は繁殖することができるのかを考えさせた。それに対する話し合い活動の中で生徒の環境に適応して少しずつ形質を変えていったという漠然としたイメージを具体的な考え方に変容させることをねらいとした。また、劣性の性質をもつ生物が繁殖していく様子をイメージしやすくするためにランプを使ったシミュレーションも行った。成果と反省は以下の通りであった。

（成果）

- ・対話的な活動が中心だったため、進化に対する様々な考え方が見られ、多くの生徒が高い意欲をもって活動できていたこと。

- ・遺伝子が生物の進化に関わっているという考え方を新たに得た生徒は多く、既習事項と関連づけてとらえることができていたこと。
- ・進化とは長い期間で行われるものだが、シミュレーションによって短い時間で再現することができたこと。

(反省)

- ・生徒の中には授業で扱ったような突然変異が全ての進化で行われているものだと考えた生徒もいた。
- ・シミュレーションの手順自体が複雑で、シミュレーションの意味がよくわからないという感想をもった生徒もいた。
- ・シミュレーションの中での条件として「ヤクシカは死なない」「個体の半数が死んでしまう」と仮定することが具体性に欠けており、イメージしにくいという生徒もいた。

6. 今年度の研究と実際

①昨年度の授業実践を踏まえた授業案づくり

今年度は、「シミュレーションの簡略化」と「対話的な活動の活発化」の改善に焦点を当てて授業の立案を行った。

まずシミュレーションの簡略化については、ニホンジカよりヤクシカの方が小型で「死ににくい」という考え方がイメージしにくい要因であったことが考えられたため、シミュレーションを行う動物として今年度はモリフクロウを選定した。モリフクロウはフィリピンに生息している鳥類で、元来は白色(灰色)の個体が大部分を占めており、茶色(褐色)の個体は少数であった。研究によるとモリフクロウの羽毛色は80%に遺伝性があるとされている。気候の変動による環境の変化で積雪の大きい冬季では白色の個体の生存率が高く、積雪量の少ない冬季には茶色の個体の生存率が高くなっていることが判明している。また、気候変動が遺伝的形質に影響を与えている可能性が高いことが明らかになってきている。よって本展開では、積雪量が少なく変化した環境で、白色のモリフクロウは天敵に発見されやすく捕食されやすい、茶色のモリフクロウは背景に擬態して発見されにくく捕食されにくいとしてシミュレーションを行った。始めは4体の小集団とし、その内の2体の遺伝子型が何らかの原因で変化し、環境に適応したと考え、行うこととした。

次に対話的な活動の活発化についてだが、シミュレーションはヤクシカからモリフクロウに題材を変えたことでどうしたら茶色の個体が増えるのか、また茶色の個体が捕食されないという条件下でも茶色の個体が増えないことはあるのか、話し合いが行われることを期待した。2時間目には様々な生物の進化について少人数班(4~5人班)で発表資料の作成及び発表を行うこととした。調べる生物はヤクシカ・オオフリエダシャク・フィンチ・イネとし、クラス内で1つの生物を2班がそれぞれ調べるようにした。ヤクシカ・オオフリエダシャク・フィンチについては1時間目に行ったシミュレーションと同様に時間をかけて、生物同士の交雑が繰り返される中で形質の異なるものの個体数が逆転することで説明がつく例であるが、イネは人工的に単離させた遺伝子を組み込んだ遺伝子組み換え食品についての例である。イネについては、自然的に突然変異が起こることと加えて、教科書で学んだように人工的に生物の形質を変化させることも進化の一つといえることを生徒の話し合いの中で引き出すことをねらいとして選定した。なお、ヤクシカは昨年度から引き続きであるが、オオフリエダシャクは「おもしろい! 進化のふしぎ さんねんないきもの事典 高橋書店」の蛾の進化を、フィンチについてはダーウィンによる自然淘汰説の代表的な例であるガラパゴスフィンチを参考にした。

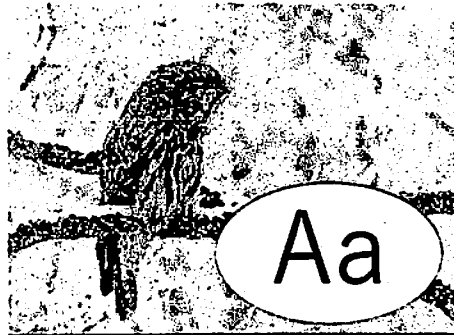
②シミュレーションについて

シミュレーションでは生徒がイメージしやすいように資料1～4のような実際のモリフクロウの画像と遺伝子型が表示されているカードと背景となる森林の写真を用意し、以下のような手順を進めた。

1. 裏面で置いた8枚のカードから、1枚ずつカードを選び「白なら捕食・茶なら見つからず生き残ることができる。」として4枚までカードを絞る。
2. その内の2体ずつが交雑したとして、その代の親から生まれる子の世代の遺伝子型と形質を確認する。
3. 子の世代のフクロウのカードを改めて8枚用意し、1からシミュレーションを繰り返す。※最大で第8世代まで続ける。

※フクロウの遺伝子型が全てAAになる、または全てaaになった時点でシミュレーションは終了とする。

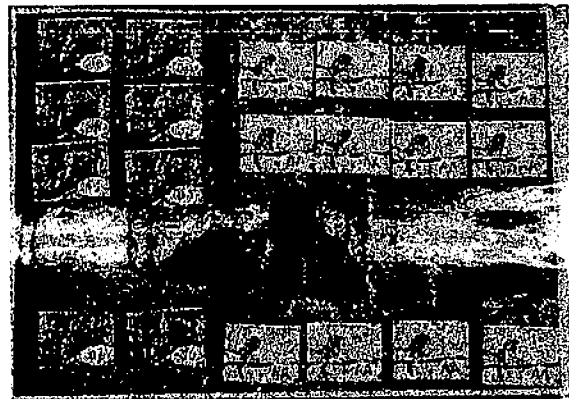
(資料1) 白色・茶色のフクロウのカード



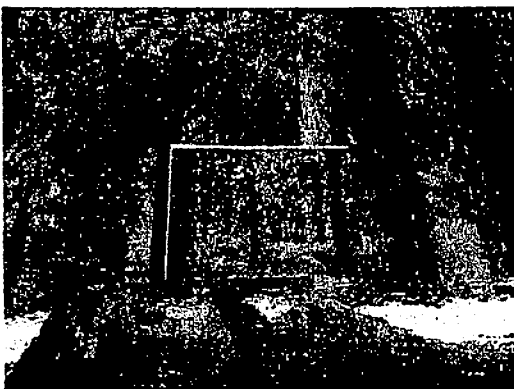
(資料2) 背景



(資料3) 完成図



(資料4) フクロウのカードの裏面



(1時間目)

時配	学習内容と学習活動	・指導・支援
導入 10分	<p>○2年生の学習内容を振り返る 進化とは…長い時間をかけて生物が変化すること。 → 生物の形質が変化することを「進化」という</p> <p>○生物は何をきっかけに進化するか予想する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境の変化に合わせて進化する。 ・そうなりたいと望み、だんだんと変化した。 ・環境の変化によって必要になったから。 ・偶然生まれた。 ・遺伝子の変化によって。 <p>→形質は<u>遺伝子と環境</u>によって変化する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・進化の例をいくつか用意してもよい 馬→森林から草原へ生育環境が変化 (足が長く、走ることに有利に) ハチュウ類→始祖鳥→鳥 (形質が段階的に変化した) ・生徒に自由に予想させる
展開 30分	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>学習課題 生物の進化と遺伝子にはどのような関係があるのだろう</p> </div> <p>○環境の変化によって劣性の形質の個体が増える様子のシミュレーションを行う。(説明5分、実施20分) (生物名：モリフクロウ 環境の変化：雪山→森林)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>シミュレーションの手順</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1枚ずつカードを選び、「白なら捕食・茶なら見つからず生き残ることができる。」として4枚までカードを絞る。 2. 遺伝子型を見て、次の世代の遺伝子型と形質を確認する。 3. 第2世代のフクロウで、1からシミュレーションを繰り返す。※最大で第8世代まで続ける。 <p>※フクロウの遺伝子型が全てAAになる、または全てaaになった時点でシミュレーションは終了とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全てAAになった場合→環境に適応できなかった。 絶滅の危機・移住の必要 ・全てaaになった場合→環境に適応した=<u>進化した</u> <p>○生物が進化する流れを説明する(5分)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・形質はどのように決まるか →親の個体の遺伝子の組み合わせによって決まる しかし、対立形質のどちらかしか現れない。 →親の個体と異なる形質が現れることを「突然変異」という。 	<ul style="list-style-type: none"> ・イメージをしやすいするため、図などを用いて説明する。 ・シミュレーションは4～6人班で行う。 捕食者役：4人 (6人班の場合→カードの入れ替え：2人) ・モリフクロウの遺伝子 優性 → 体色が白色A 劣性 → 体色が茶色a ・モリフクロウはフィンランドの雪山に生息しており、体毛の白色の個体が多かったが、雪が溶けたことにより、茶色の個体が増えていった。 ・机間指導を行いながら、常に声かけと確認をする。 ・班で遺伝子型の組み換えに間違いがないよう確認しながら進めるように伝える。 ・班によって結果が異なるため、全体で班ごとの結果を共有する。 ・遺伝子型のことには触れず、端的に突然変異について説明する。

まとめ 10分	形質の <u>優性・劣性</u> に関わらず、 <u>環境に適応</u> して増えることもある。(=進化) 親に現れない形質は <u>遺伝子が変化(突然変異)</u> することで現れることがある。	・人工的に遺伝子を組み換えた生物も進化の手順は同じであることを伝える。
------------	---	-------------------------------------

(2時間目)

時配	授業内容	指導事項・配慮事項
導入 5分	○前時の内容を振り返る 進化の原因は遺伝子と環境の変化である。 ○4つの生物の具体例を挙げる。 フィンチ・蛾・イネ(遺伝子組み換え)・ヤクシカ →進化について発表資料の作成、発表をする。	・資料は用意しておく。
展開 35分	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 学習課題 どんな進化をした生物がいるのだろう </div> <ul style="list-style-type: none"> ・発表準備(20分) 1. 少人数班(4~5人)をつくり、調べたい生物を選ぶ 2. 資料を受け取り、役割分担をして発表資料を作成する。 ・発表(10分) 同じ生物を調べた2班で同時発表とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・選ばせる前に生物が進化後にどのように変化したのか伝える。 例) モリフクロウ 白色→茶色 ・1つの生物を2つの班が調べる。 ・役割分担 原稿: 2人 ・絵または模式図: 2~3人 ・別々ではなく、原稿と資料作りが平行して行えるとよい。 ・文章のみの発表資料でなく、イメージをしやすいように図を用いた資料を作る。 ・1班の発表時間は1分30秒以内。 ・3班ごとに2つのブースに分かれる。
まとめ 10分	<ul style="list-style-type: none"> ・他の班の発表で印象に残った班の生物について、自分の言葉で簡単にプリントにまとめる。 ☆キーワード 突然変異 遺伝子の変化(遺伝的) 環境の変化に適応 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の班の生物ではまとめられない生徒は、自分の班で調べた生物についてまとめても良いものとする。

④シミュレーション・授業実践の結果から

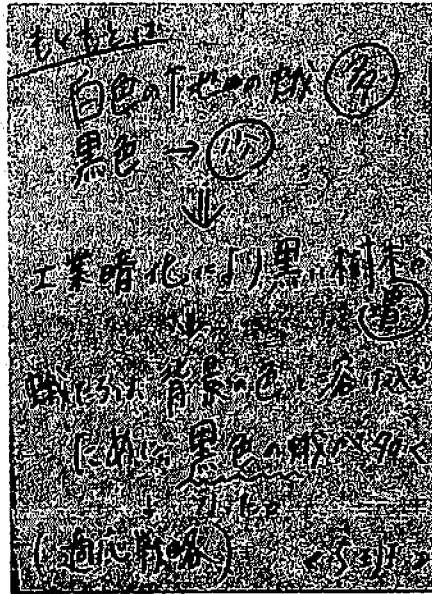
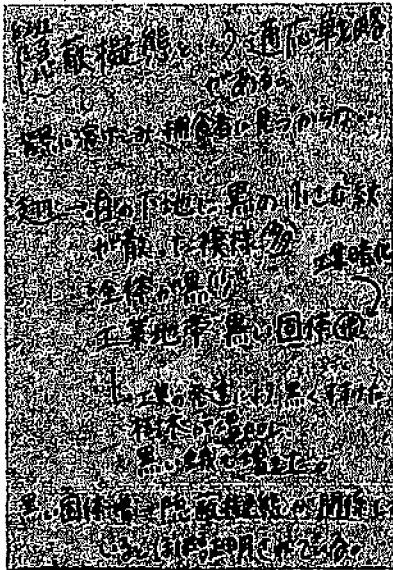
1時間目のシミュレーションでは、生徒が主体的に話し合いをしながら進めることができ、遺伝子の組み換えについても大きな間違いがなく行うことができた。また、班によって親の遺伝子型の組み合わせ次第では、第5世代で白色のフクロウが全て茶色のフクロウに入れ替わった班もあった反面、最後の第8世代まで茶色のフクロウが繁殖しない班もあった。早く終わった班にシミュレーションを繰り返して行かせたところ、遺伝子の組み合わせによって白色のフクロウだけが繁殖する場合もあることに気がつく生徒の様子も見られた。シミュレーション自体は興味をもって生徒が積極的に取り組むことができていた。

2時間目の授業では、各班で多様な資料を作成する様子が見られた。用意したイネの資料の中に“単離した遺伝子”という言葉があったことで、その言葉の意味に興味を持ち、形質の変化と遺伝子とを関連づけて考え、発表することができている班があった。フィンチについては混在する情報の中から、早魃が起きたときと、そうでないときでは生き残るフィンチの形質が異なること、環境の変化が生き残る個体を選択する上で大きな要因であることを読み取ることができていた。まとめでは、シミュレーションで行ったようにオオフリエダシャクやフィンチの発表をうけて、形質の異なる個体同士がいる中で環境に適した個体が生き残ると考えることができる生徒が多く見られた。また、イネについても病気に対する抗体や味などの品種改良が遺伝子を組み込むことによるものであると考えることができる生徒が多くいた。ヤクシカについては遺伝的であることに注目できた生徒は少なかったが、環境の変化によって生存競争に勝ることができた形質をもつ個体が生き残ったとまとめることができた生徒もいた。しかし、遺伝と進化を深く関連付けて説明するような発表は難しく、“環境に適応する”ということの説明が漠然としたものになっている生徒が多かった。

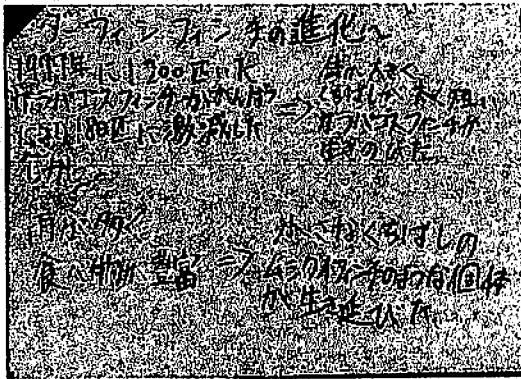
以下、資料5は生徒作成の発表資料、資料6はシミュレーションの結果、資料7は2時間目の発表をうけて生徒が内容をまとめたものである。

(資料5) 生徒が作成した発表資料

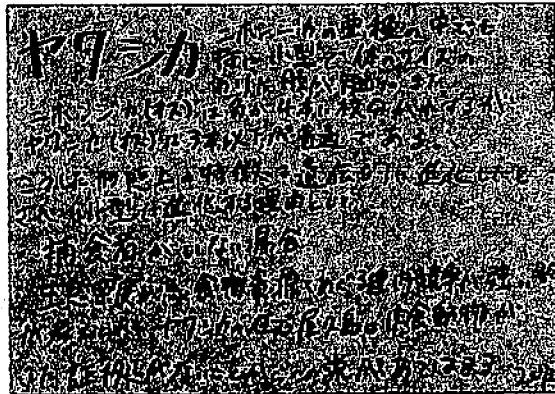
オオフリエダシヤクの発表資料



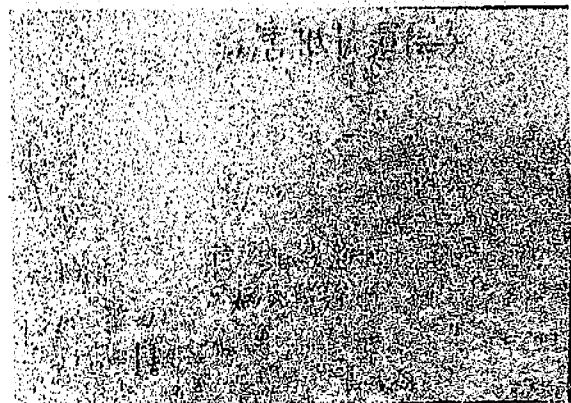
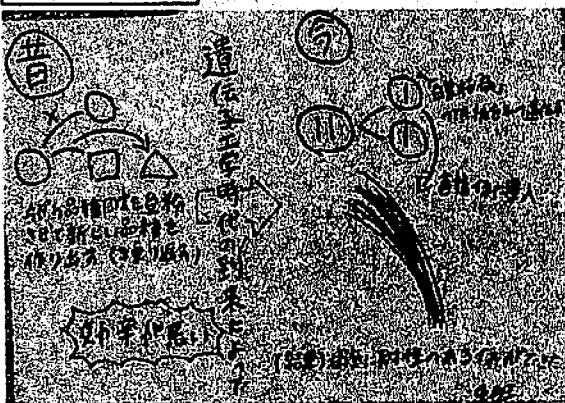
フィンチの発表資料



ヤクシカの発表資料



イネの発表資料



(資料6) 生徒が行ったシミュレーション結果

第1世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第2世代	親	Aa		Aa		AA		AA	
	子	AA	Aa	Aa	aa	AA	AA	AA	AA
第2世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第3世代	親	AA		Aa		Aa		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa	aa	aa
第3世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第4世代	親	AA		AA		Aa		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa	aa	aa
第4世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第5世代	親	aa		Aa		Aa		aa	
	子	aa	Aa	Aa	aa	aa	aa	Aa	Aa

第1世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第2世代	親	Aa		Aa		AA		AA	
	子	AA	Aa	Aa	aa	AA	AA	AA	AA
第2世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第3世代	親	AA		Aa		Aa		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa	aa	aa
第3世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第4世代	親	AA		AA		Aa		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa
第4世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第5世代	親	AA		AA		AA		AA	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
第5世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第6世代	親	aa		AA		Aa		aa	
	子	aa	AA	AA	aa	aa	aa	AA	AA

第1世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第2世代	親	Aa		Aa		AA		AA	
	子	AA	Aa	Aa	aa	AA	AA	AA	AA
第2世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第3世代	親	AA		AA		AA		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa	Aa	Aa
第3世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第4世代	親	AA		AA		Aa		Aa	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	Aa	aa
第4世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第5世代	親	AA		AA		AA		aa	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa
第5世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第6世代	親	AA		AA		AA		Aa	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	Aa	AA
第6世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第7世代	親	AA		AA		AA		Aa	
	子	AA	AA	AA	AA	AA	AA	Aa	Aa

(資料7) 2時間目の発表のまとめ

まとめ

☆他の班の発表から1つ選び、自分の言葉でまとめてみよう。

生物名 (イネ)

より強くよりおいしい品種をつくるために、違う品種同士で交配させていた。→効率が悪い! 減数分裂した遺伝子をイネに直接導入することのできるようになった。この方法でイネ白葉枯病に強い個体が生み出された。

まとめ

☆他の班の発表から1つ選び、自分の言葉でまとめてみよう。

生物名 (蛾 (材シモフリエラシヤ))

白の下地に黒の小さな紋が散った模様が多く、尾端が黒い蛾が少なかった。これは産業革命が始まった後、尾端が黒い蛾が多くなった。

まとめ

☆他の班の発表から1つ選び、自分の言葉でまとめてみよう。

生物名 (ツバキ (鳥))

くちばりの変化 → 食べ物の種類の 変化 →

飛行 → 体長が短く → 飛行能力 (体長) →

(体長が短い) (逆転) (状況の変化によってどうなるかはわからない)

前の方がいい → 今の方がいい → 環境が有利に!

(体長が長い)

まとめ

☆他の班の発表から1つ選び、自分の言葉でまとめてみよう。

生物名 (鹿)

(1) ニホンジカ → 4本 角なし → 3本以下 ニホンジカ → 足が黒い → 角なし → 足が黒い

体が小さい → 進化 → 捕食者がいない、食物の競争が

ニホンジカ (進化前) 角なし (進化後) 足が黒い

環境の変化による進化 (遺伝的)

7. 現段階での研究の成果 (○) と課題 (●)

- トランプのシミュレーションであったルールの複雑さは、生物の画像と遺伝子型を入れたことと捕食されやすいか捕食されにくいかで考えることにより解消できることがわかった。
- シミュレーションの意味を理解できた生徒が多く見られ、意欲的に学習に取り組んでいた。段々と形質が変化していくというだけでなく、突然変異によって形質の異なる生物の個体数が入れ替わることがあり、それも進化の一つとして捉えさせることができた。
- シミュレーションを行う中で、個体数の入れ替わった班とそうでない班が現れたことにより、環境に適応したとしても進化が必ずしも起こるわけではないことを生徒が実感できた。また、遺伝子の組み合わせを作る演習としての効果も見込まれる。
- 対話活動を中心に授業を展開したことにより、1時間目ではどうしたら個体数が入れ替わり、また入れ替わらないときはどのような組み合わせなのか、生徒の活動の中で気付くことができていた。2時間目では、“環境に適応する”ということが漠然なイメージであったことが具体的に考えることができる生徒は多くみられた。
- 2時間展開になったことと、シミュレーションとは異なる進化の資料を2時間目では用意したため、1時間目のシミュレーションの内容を活かした発表にすることはできなかった。突然変異のみが進化の要因とは考えないようにするためにさらなる手立てが必要であると考えられる。
- 2時間目は、生徒に配付した発表のために用意した資料の読み込みとまとめの作業となった班が多かった。“遺伝的”であることと進化がどのように関連するのか説明できた生徒はごく一部であった。

なお、今回は試験的に四街道中学校のみで授業を展開した。今後、今年度に他の四街道市内4校で改善を図った上で授業を展開し、研究の資料を集めていく。

(参考)

- ・中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 理科編
- ・平成23年度 岩手大学教育学部附属中学校 第1回教育研究実践交流会資料
- ・おもしろい!進化のふしぎ さんねんないきもの事典 高橋書店

学習課題

進化とは……

○生物は何をきっかけに進化するだろう？

.....

○劣性の形質をもつ個体が増えていく様子をシミュレーションで考えよう。

(生物名：モリフクロウ) 環境の変化：雪山 → 森林

形質の変化：体色が白色→茶色

1. 1枚ずつカードを選び、「白なら捕食・茶なら見つからず生き残ることができる。」として4枚までカードを絞る。
 2. 遺伝子型を見て、次の世代の遺伝子型と形質を確認する。
 3. 第2世代のフクロウで、1からシミュレーションを繰り返す。
- ※最大で第8世代まで続ける。



第1世代	体色	白	白	白	茶	白	白	白	白
第2世代	親	Aa		Aa		AA		AA	
	子	AA	Aa	Aa	aa	AA	AA	AA	AA

第2世代	体色								
第3世代	親								
	子								

第3世代	体色								
第4世代	親								
	子								

第4世代	体色								
第5世代	親								
	子								

第5世代	体色								
第6世代	親								
	子								

第6世代
第7世代

体色								
親								
子								

第7世代
第8世代

体色								
親								
子								

まとめ

- 形質の（ ）に関わらず、（ ）して個体が増えることがある。
- 親に現れない形質は（ ）することで現れることがある。

学習課題

選んだ生物（ ）

○どのように進化したのかまとめよう

.....
.....
.....
.....
.....

まとめ

☆他の班の発表から1つ選び、自分の言葉でまとめてみよう。

生物名（ ）

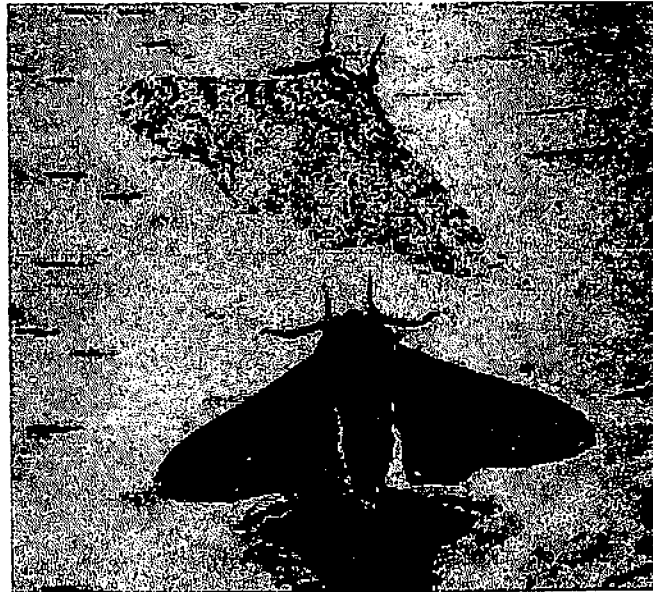
.....
.....
.....
.....

(資料9) 2時間目の生徒配付用の資料

オオシモフリエダシャク (蛾の一種)

形質の変化 (体色が白色 → 体色が黒色)

背景にすっかり溶け込んでしまい、捕食者が見つけられなくなってしまう戦略がある。隠蔽擬態と呼ばれる適応戦略である。シャクガ科の蛾であるオオシモフリエダシャク (大霜降り枝尺; *Biston betularia*) の翅の模様は、隠蔽擬態の代表例として知られているこの蛾の翅は白色の下地に黒色の小さな紋が散った模様をしたものが大部分であり、ごくごく一部に翅全体が黒くなった個体が見られた。ところが、イギリスが産業革命期に入ると、工業地帯では黒色個体が多数出現し年々増加する現象が確認され始めた。この現象は、工業暗化として知られる。同じ個体の色が白色から黒色へと変わったのではなく、世代を経ながら集団内での頻度の変化して黒色個体が多くなったことに起因している。この頻度変化は、工業の発達により黒くすすけた樹木が増加したために黒色個体がより隠れやすくなったからだという研究成果が発表された。しかし、この報告への反駁も発表されるなど、黒色個体の増加が果たして本当に隠蔽擬態によるものか否かについて長い論争が続いた。現在では、隠蔽擬態だけが原因であるとは言い切れないが、隠蔽擬態も関係していることがほぼ証明されている。



ヤクシカ (シカの種類)

形質の変化 (ニホンジカより四肢が短い)

ヤクシカは日本に生息するニホンジカの亜種の中でも特に小型で、屋久島西部の成熟メスの体重は19-25kg前後、成熟オスの体重は24-37kg前後である。ただし、東部にはより大きい個体が生息しているという。ニホンジカのオスは成熟すると角が4本に枝分かれするが、ヤクシカでは3本以下が普通である。また、ヤクシカには体サイズのわりに四肢が短いという形態的特徴がみられる。ヤクシカのこうした形態上の特徴は遺伝的なものであり、つまり進化の結果であることが示唆されている。一般的に動物が小型に進化するのには、捕食者がいない場合や、生息密度が高く食物資源をめぐる種内競争が強い場合などが考えられている。屋久島では中型以上の肉食動物が自然分布していた証拠がないことから、ヤクシカの小型化進化についてもこの説が当てはまると考えられている。

ニホンジカ



ヤクシカ



イネ 形質の変化 (病気に耐性のある品種)

世界では毎年5億6000万トンのコメが収穫されている。しかし、害虫や細菌、ウイルス、カビによる減収が相当量にのぼるため、農家は収穫に必要な量よりもはるかに多くのイネを栽培している。イネの病害のなかで最も被害が大きいものの1つが、アジアやアフリカでよく見られる細菌病「イネ白葉枯病(しらはがれびょう)」である。この細菌はザントモナス(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, 略してXoo)で、イネからイネへ、水田から水田へと水を介してすばやく広がる。白葉枯病に感染した葉には数日で黄色くしおれた病斑が現れ、大発生した水田では収穫量が半減してしまう。さまざまなイネの品種のなかには、味が悪かったり、収穫量が低かったりなどで栽培には適さないが、病気に抵抗性をもつイネがある。育種家はこのような品種と農薬的に価値のある品種との交配を繰り返しながら、病害抵抗性遺伝子を利用してきた。こうした従来の育種は、望む形質をもつ品種を育成するまでに10年以上の歳月を必要とする骨の折れる仕事である。しかし、遺伝子工学時代の到来によって、今では減数分裂したあとの単離の遺伝子を直接イネに導入できるようになり、有用品種の育成にかかる時間を短縮することが可能になった。最近、白葉枯病菌から身を守る遺伝子を初めてイネから単離することに成功した。そしてこの遺伝子を用いて、世界で初めての病害抵抗性遺伝子組み換えイネを作り出した。



ダーウィンフィンチ (フィンチという鳥類の一種)

形質の変化 (くちばしの大きさと形の変化)

ガラパゴスのさまざまなフィンチの種間で最も目立つ違いは、くちばしの大きさとかたちである。オオガラパゴスフィンチのように太く短いくちばしのものから、ムシクイフィンチのように細長いものまでさまざまである。このようなくちばしの違いは、食べているものの違いによる。ピーター・グラント Peter Grant とローズマリー・グラント Rosemary Grant の夫妻は、1973年から長年にわたってガラパゴス諸島の大ダフネ島で種子食のガラパゴスフィンチに関する研究を行った。彼らは、ガラパゴスフィンチのくちばしと体のサイズが、気象条件とともに食べ物が変化することに対応して変っていることに気がついた。1977年に深刻な旱魃(かんばつ)が起り、多くのガラパゴスフィンチが死んだ。個体数が1,200だったものが、旱魃後には180にまで激減した。詳しく調べてみると、生き延びたものは死んだものにくらべて、平均してからだが大きかった。また旱魃の前には、くちばしの長さとおさの平均が明らかに増大していた。つまり、普通の年ならば小さなくちばしでも簡単に割って食べることができるような植物の種子が、旱魃になるとなかなか手に入らなくなり、硬い種子を割って食べることができるくちばしをもった個体しか生き延びることができなかつたのである。ここで重要なことは、くちばしが大きくて太いガラパゴスフィンチがいつも有利だとは限らないということである。旱魃で硬い種子しか手に入らなくなつたときにはそのような個体しか生き残れなかつたが、雨が長く食べ物豊富な年には、逆転が起つたのだ。つまり、小さなくちばしの個体のほうが、生き延びる割合が高かつた。

