

問いを見出す授業過程

— 中学校理科「生物の多様性と進化」を通して —

神谷昭吾¹ 大久保正樹¹ 郡司賀透² 延原尊美² 雪田聡²

(¹ 静岡大学教育学部附属島田中学校 ² 静岡大学大学院教育学領域)

Question Finding in the Inquiry-Based Learning Process:

A Case Study in Middle School Science Classes Unit on 'Biological Diversity and Evolution'

Shogo KAMIYA Masaki OHKUBO Yoshiyuki GUNJI Takami NOBUHARA Akira YUKITA

要旨

「問いの見出し」は、科学的な探究の入口にあたり、科学を学ぶ上で重要な要素の一つである。本研究では、生命領域の問いの見出しに関する知見を得ることを目的として、中学校3年生の進化の単元でヒトの進化を題材に実践を行った。生徒は、単元開始時には「なぜ+事象」という「疑問」を見出したが、単元の中で概念を習得する学習活動、単元の終末で概念や仮説を活用する学習活動を行うことで、より具体的で検証につながる問いが見出されることが明らかとなった。

キーワード： 中学校理科 問い 問いの見出し 進化 遺伝 生命領域 多様性 共通性

1. はじめに

1.1 問いを見出す意義

「問いの見出し」は、科学的な探究の過程の入口にあたり、科学を学ぶ上で重要な要素の一つである。理科学習における「問い」については、これまで様々な研究が行われてきた（例えば、中山・猿田ら、2014）。近年改めてその重要性が注目され、問いの見出しに関する研究が進展している（例えば、吉田・川崎、2019）。

理科学習において「問いの見出し」は、どのように行われているのだろうか。中学校理科では、問いを立てる主体は教師側にある場合が多く、その多くは「課題」として生徒に与えられる。もちろん、授業者にねらいがある以上、授業者が課題を設定し、それを生徒に与えるのは自然なことである。しかし、授業者が課題を設定した後、生徒にそれについて十分検討させないまま授業が展開される場合が多く見られる。そのため、生徒は問いを見出さず学習を進めることになる。

しかし、学習の主体が学習者であることを考えると「問いの見出し」に生徒が積極的に関与することが大切である。生徒が事象との出会いを経て「問いの見出し」に積極的に関与することで、問題解決の動機が高まったり、主体的に学習に取り組む態度が向上したりすると考えられる。それらが、より深い学びへと繋がっていくのではないだろうか。

また、問いを見出すことは、今後の理科学習において重要な要素を占めるだろう。それは、問いの見出しは人間固有の資質・能力の一つであるからである。人間は、未知の自然事象に出会った時、既存の知識や経

験と照らし合わせて、驚いたり、不思議に感じたりと様々な感情を抱く。これは近年台頭している人工知能（AI）にはできないことであろう。探究の過程の入口である問いの見出しが、今後ますます重要になるであろう。

1.2 問いの見出しの流れ

では、生徒が主体となって問いを見出すには、どのようにすればよいのだろうか。生徒が自然事象と出会ったとき、最初に抱く問いは「なぜ+事象」の形で表現される場合が多い。吉田・川崎（2019）は、この「なぜ+事象」を「疑問」と呼んでいる。また、理科学習の文脈における「疑問」とは、学習場面において新奇の事象や理解しがたい事象に遭遇した際に生じる知的な葛藤のことを指し、問題解決が開始される初期の心理状態になることで生成するものであるとも述べている。しかし、この疑問をもつだけでは、検証に至るのは難しい。疑問を検証可能な形に分解する必要がある。そこで、筆者は「問いを見出し」の一連の流れを下記のように捉えた。

- i. 自然事象との出会いから生徒が疑問を抱く。
- ii. 抱いた疑問を見つめ、検証可能かどうか、因果関係を見出せるものかどうかを検討する。
- iii. 疑問を検証可能な問いに分解し、仮説を立てる。（原因と結果、独立変数と従属変数の見出し）

i は、図1の探究の過程における「自然事象の気付き」に該当する。ii は「課題の設定」に該当する。iii は「課題の設定」から「仮説の設定」に該当する。

本研究における「課題」とは、授業者から生徒に投げかけるものであり、「問い」とは、生徒自らが疑問に感じたり、不思議に感じたりした「疑問」を検証可能な形に分解したものを指す。

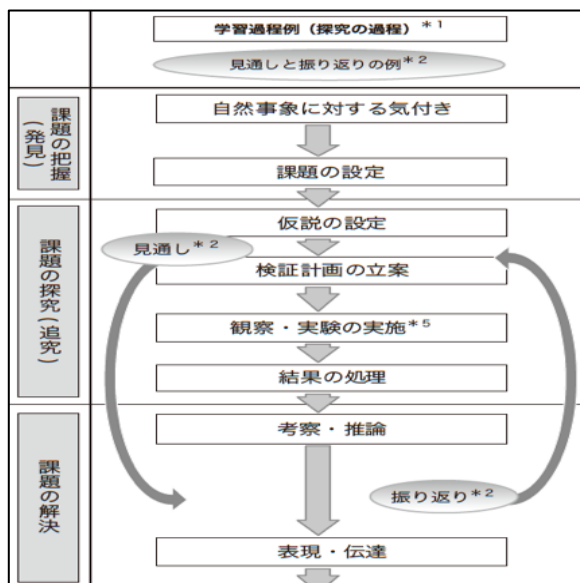


図1 資質・能力を育むための探究の過程のイメージ
(中学校学習指導要領解説理科編、文部科学省(2018)より一部改編)

1.3 領域による問いの見出しと学習の特性

「問いの見出し」は、領域によって特性が異なる。例えば、エネルギー領域（物理分野）や粒子領域（化学分野）では比較的問いを見出しやすい傾向がある。それは、検証する際に、因果関係（原因と結果）や独立変数と従属変数を設定しやすいからだと考えられる（例：バネに吊るすおもりの数を増やすと、バネの伸びは大きくなる）。さらに、事象を目の前で確認することができたり、繰り返し行うことができたりするなど、再現性が高く、授業時間内で検証を行いやすい点も挙げられる。

しかし、生命領域（生物分野）や地球領域（地学分野）は、この通りではない場合が多い。それは、進化や大地の変化など、事象のタイムスケールがあまりにも長かったり、事象そのものの規模が大きかったりするため、再現性が低い場合が多いからである。結果として、授業者による知識の教授が中心の学習になる場合が多く見られる。しかし、これらの領域においても「問いの見出し」を行うことは重要であることに変わりはない。深い学びを生み出すために、これらの領域の特性を踏まえた「問いの見出し」に関する授業過程を研究する必要がある。

そこで本研究では、生命領域における「問いの見出し」に関する知見を得ることを目的として、中学校3年生の生物の多様性と進化の単元を計画、実践した。

2. 単元構想

生命領域における問いと検証のプロセスは、事象の時間的・空間的スケールと再現性に依存するため、授業内で検証に至らない場合が多い。しかし、問いを見出し、検証可能なものへと分解するための材料は存在する。その材料とは、これまで科学者が明らかにしてきた概念や仮説である。それらを単元内に配置することで、生徒が単元の最初に考えた疑問「なぜ+事象」を、検証可能な問いに変換させることができると考えた。

進化は、前学習指導要領（平成20年公示）では第2学年の学習内容に位置付けられていたが、現行学習指導要領（平成29年公示）では、第3学年の遺伝の学習の後に位置付けられた。ではなぜ、遺伝の後で進化を扱うのだろうか。山野井（2023）は、理科で進化を学ぶ理由について、進化によって、生物の「共通性・多様性」を説明することができる点を挙げている。これまで中学校第1学年や第2学年で学んだ生物学では、「共通性・多様性」という見方をはたらかせて生物について学んできた。その根幹となっているのが、進化であるという考え方である。すなわち、遺伝によって生物の共通性が子孫へと伝えられ、その遺伝の際に生じた遺伝子の変化によって形質が変化し、多様性が生じる。本研究では、遺伝から生物の共通性や多様性に気付かせるような単元を構想した。

そこで本単元を表1のように構想した。

まず、単元の最初と最後でヒトの進化について取り上げた（図2）。人類の進化は、多くの生徒にとって興味関心を抱きやすい内容であると考えられる。進化の図からは、様々なことを読み取ることができる。例えば、ヒトの祖先は“サル”であるという点である。しかし、これは厳密には誤りである。図2の下には、系統樹が存在し、その系統樹を遡れば、一つの共通祖先にたどり着くだろう。つまり「この図2の“サル”にもヒトにも共通の祖先が存在する」が正しい解釈であろう。すると、進化の図2で表現されている“サル”～ホモ・サピエンスは、横一直線で表現されることが必ずしも正しくないことに気付くことが予想される。

第1時では、ヒトの進化の図2から共通性や多様性を見出し、さらにそこからヒトの進化に関する疑問が出る展開を設定する。

第2・3時では、進化の証拠とされる相同器官を取り上げる。身近な生物であるタヌキの骨格をヒトの骨格標本と比較する活動を通して、共通性と多様性を見出させ、相同器官について学習する。タヌキとヒトの形態学的な共通点は多く、そこで生徒に「ヒトはタヌキから進化したのか？」と問う。その根拠についても考えさせることを通して、生物の進化を系統樹で表現させる。

第4時では、脊椎動物について、現在最も環境に適

応している動物について考えさせる。系統樹の先端にいる生物は全て現在の環境に適応した生物になることに気付かせることを目標とする。始祖鳥についてもこの時間内に取り扱う。

第5時では、進化の原理とその例について、具体的な研究事例とそれに関するデータを交えて議論する。自然淘汰と突然変異の例として、ガラパゴス島のフィンチの嘴の大きさの変化やフロリダ州のハイイロシロアシマウスの毛色の変化と遺伝子の関係を取り扱う。

第6時では、遺伝と進化が同時に起こる理由について仮説を立てる。相反する現象が同時に起こることを議論させることで、現生の生物が共通性と多様性を持っているのは、遺伝と進化が関係していることに気付かせることを目標とする。

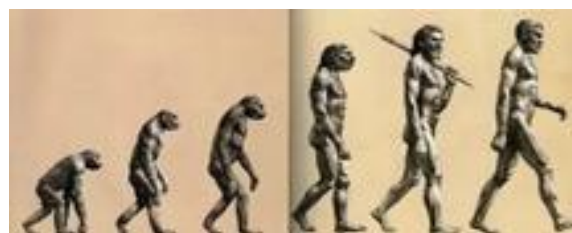
第7・8時は「なぜ、ホモ・サピエンスだけが生き残っているのか」という課題で、ヒトの進化を考えさせる。この問いは、第1時で生徒が見出すと予想される問いである。資料としてヒトの系統樹と分岐した年代の情報を与え、課題について考えさせる。さらに、これまでわかってきたヒト属の形態学的な特徴や遺伝学的な特徴等に関する6つの仮説を提示する(表2)。

それらから、課題を解決するために情報を選択したり、統合したりしながら、課題に対する解を作らせる。第9時は、人類はこれからどうなっていくのかについて考えさせる。生徒が考えた仮説と最新の研究資料を提示しながら、ヒトはどのように進化していくのかを予想させる。

表1 単元構想

【単元を貫く問い】	
ヒトはどのように進化してきたのだろうか。	
時数	本時の課題
1	ヒトの進化の図からはどのようなこと言えるだろう。(図2)
2・3	ヒトはタヌキから進化したと言えるだろうか。
4	現在の地球環境に適応している生物はどれだろう。
5	進化はどのようにして起こるだろう。
6	なぜ、遺伝と進化は同時に起こるのだろうか。
7・8	なぜ、現在ホモ・サピエンスだけが生き残っているのだろうか。(表2、図3)
9	私たち人類はどこへ向かって進化していくのだろうか。

図2 ヒトの進化の図



(Rudolph Zallinger(1965)より一部改編)

表2 生徒に提示する仮説の一覧(第7・8時)

<ul style="list-style-type: none"> ・脳の容積の増加した仮説 ・抽象的な思考ができるようになった仮説 ・火山噴火によって3万年前の欧州の環境が変動した仮説 ・子育てを終えた世代の個体が子育てを手伝う仮説(おばあさん仮説) ・ホモ・サピエンス、ネアンデルタール人、デニソワ人の交雑仮説 ・ヒトだけが持つ特有のDNA(FOXP2、LCT、HAR等)の存在とその働きに関する仮説



図3 ホモ・サピエンスだけが生き残っている仮説を説明する生徒(第8時)

3. 研究方法

3.1 研究対象

単元実施期間: 2023年11月10日~11月20日

公開授業日: 2023年11月17日

対象校: 静岡大学教育学部附属島田中学校

対象生徒: 3年A組(男子17名 女子19名)

3.2 生徒の表れの記録

生徒の表れや思考の傾向は、単元の中で3つのポイントでレポートや追完用紙から見取る。一つ目は、生徒が最初に見出した問いについて、第1時の追完用紙から見取る。二つ目は、第7・8時の「なぜ、現在ホモ・サピエンスだけが生き残っているのか」に対して生徒の思考結果を追完用紙から見取る。三つ目は、「ヒトはどのように進化してきたのだろうか」という単元を貫く問いに対する記述内容を単元の前後の考えの変化を4人のレポートから見取る。

4. 結果

4.1 ヒトの進化の図から見出した問い（第1時）

単元開始時にヒトの進化の図2を提示した際に、生徒が見出した問いの例を表3に示した。このうち、疑問（なぜ+事象）で表現されるものが目立った。また、「どのように」や「どれくらい」といったより具体的な問いも出ていた。このうち「なぜ、今はホモ・サピエンスしかいないのか」という問いは、単元の終末の第7・8時の問いとして採用した。

表3 ヒトの進化の図から見出した問い（第1時）

- ・なぜ、直立二足歩行できるようになったの？
- ・なぜ、毛を失ったの？
- ・なぜ、今はホモ・サピエンスしかいないの？
- ・なぜ、身長が高くなったのか？
- ・俺たちってサルなの？
- ・脳の体積はどのように増えたの？
- ・ヒトとサルの中間の種は存在するの？
- ・進化ってどのようにして起こるの？
- ・進化にはどれくらいの時間がかかったの？

4.2 ヒトの進化に関する仮説（第7・8時）

第7・8時の「なぜ、ホモ・サピエンスだけが生き残っているのか」に対して、生徒が導いた解を表4に示した。この授業では、ヒトの系統樹とその年代に関する情報に加え、授業者が提示した6つの仮説（表2）をもとに小グループで議論が行われた。

生徒が導いた解は、第7時まで学んできた自然淘汰などの進化の原理に加えて、第7時に教師が与えた6つの仮説が織り交ぜられたものであった。

また、第8時終了時に生徒が見出した新たな問いを表5に示した。どの問いも、「なぜ+事象」といった疑問ではなく、教師が提示した仮説をより具体的に深めたものであった。特に、共存していたネアンデルタール人とホモ・サピエンスとの違いについて問いを見出す傾向が見られた。

表4 ホモ・サピエンスだけが生き残った理由（第8時終了時）

- ・ネアンデルタール人との交雑によって、ホモ・サピエンスは生き残りやすい遺伝子を得たのかもしれない。
- ・子育てを終えた世代の個体が子育てを手伝う仮説（おばあさん仮説）のように祖父母層が育児に関わるようになったため、ホモ・サピエンスの生存率が高くなったのではないかと。逆にネアンデルタール人は自然淘汰されていったのではないかと。
- ・ホモ・サピエンスに比べて、ネアンデルタール人は、集団行動が苦手だったのかもしれない。その

結果、ネアンデルタール人の集団内での近親交配が進み、寿命が短くなり個体数を減らしていったのではないかと。

- ・ヒト特有のDNAであるFOXP2¹によってコミュニケーションを円滑に行えるようになり、HAR²によって道具をより細かく作成することができるようになった。それらがヒトの社会性を高めたが、デニソワ人やネアンデルタール人はヒトほどではなかったのかもしれない。

表5 生徒が新たに見出した問い（第8時終了時）

- ・ネアンデルタール人やデニソワ人特有の形質やDNAにはどのようなものがあるのか？ホモ・サピエンスの集団の規模はどれくらいだったのか？
- ・ホモ・サピエンスとデニソワ人の中には交雑はあったのか？
- ・ネアンデルタール人の分布はどの程度広がっていたのか？洞窟の中の骨やDNAを調べれば検証可能ではないか。
- ・チンパンジーの出産間隔が5年であるなら、ネアンデルタール人の出産間隔はどれくらいか？

4.3 単元開始時と終了時の思考の変化

単元を貫く問い「ヒトはどのように進化してきたのだろうか」について、4名の生徒の思考の変化を単元開始時と単元終了時で追跡した（表6～表9）。

生徒Aは、単元開始時に「なぜ二足歩行ができるようになったのか」という問いを立てた。それに関して、「暮らしやすさを求めた結果」という仮説を立てており、目的があって進化したと考えた。単元終了時には、進化には目的がなく、偶然が重なって二足歩行ができるようになったと考えるようになった（表6）。

生徒Bは、単元開始時にヒトは周囲の環境に合わせて暮らしやすい方向に進化していったと考え、同じ時代に人類が共存することはないと考えていた。しかし、かつての人類が絶滅して、「なぜホモ・サピエンスだけが生き残っているか」という問いを見出した。単元終了時には、進化は、遺伝子の変化や突然変異を繰り返して、環境にたまたま適応したものが生き残った結果であることに気付いた。また、ヒトの進化は、類人猿から新人までが一直線につながっているのではないことについても触れていた（表7）。

生徒Cは、単元開始時に身長が伸びた理由として、二足歩行や脳の発達、食べられるものが増えるようになったことを挙げ、「進化はどのようにして起こるのか」という原理に関する問いを見出した。単元終了時には、進化の過程では、複数の変異種が現れ、自然淘汰や他種との交雑によって生き残ったものとそうでないものが存在していたことを見出した（表8）。

生徒 D は、単元開始時に生徒 A と同様に進化には目的があったことに触れていた。また、ヒトは進化の図のように左から右へ一直線で進化したと考えた。そして、「進化の図の中間のような種が存在するのか」という問いを見出した。単元終了時には、進化は一直線ではなく、系統樹が存在していることに触れ、進化には目的がなく、突然変異や自然淘汰により偶然環境にあった形質を持ったものが生き残ったことに気付いた(表 9)。

表 6 生徒 A の思考の変化

<p>【単元開始時】</p> <p>ヒトはサルから進化して、暮らしやすさを求めた結果、骨格が変化して二足歩行ができるようになった。</p> <p>問い：なぜ、二足歩行ができるようになったのか。</p>
<p>【単元終了時】</p> <p>進化には目的がなく、二足歩行をしたかったから二足歩行ができてわけではない。偶然が重なり、二足歩行ができるようになっただけで、進化の図のように左から右へと 5 回の進化が起きたわけではなく、その間にももっと複雑な過程があることがわかった。</p>

表 7 生徒 B の思考の変化

<p>【単元開始時】</p> <p>1 人のヒトが成長するように、より暮らしやすい方向に進化していった。人類は進化の図のように順番に進化していき、同じ時代に重複して生きていることはなかった。</p> <p>問い：なぜ、ホモ・サピエンスだけが生き残っているのか。</p>
<p>【単元終了時】</p> <p>フィンチの嘴のサイズやハイロシロアシマウスの毛色の変化のように、生物は進化の過程で、遺伝子の変化や自然淘汰を繰り返して姿を変えていくことがわかった。その過程で環境にたまたま適応した個体が子孫を残しただけであり、ヒトの進化は一直線ではないことがわかった。</p>

表 8 生徒 C の思考の変化

<p>【単元開始時】</p> <p>四足歩行から二足歩行に変化したり、脳が発達したり、食べられるものが増えるようになって身長が大きくなった。一番右の図はヒトだとわかるが、それ以外の人類はよくわからない。</p> <p>問い：進化はどのようにして起こるのか。</p>

【単元終了時】

進化の過程である種から進化した変異種は一つだけではなく、数多く存在していた。それらが環境による自然淘汰だけでなく、他の種との交雑による自然淘汰も起きていて、生き残ったものとそうでないものがいた。

表 9 生徒 D の思考の変化

【単元開始時】

人類の進化には狙いがある、その機能を望み続けた結果、その機能を手に入れた。進化の図の左にいるサルが順番にヒトになっていった。

問い：ヒトとサルの中間の種は存在するのか？

【単元終了時】

単元の最初に考えていたこととは真逆のことが起きているとわかった。実際には、系統樹があって、分岐した結果が進化の図であるということです。進化には目的がなく、突然変異や自然淘汰により偶然環境にあった形質を持ったものが生き残ったことがわかった。

5. 考察

生徒が最初に見出した問いは、「なぜ+事象」の形が多く見られたが、「どのように」といった方法や手法について、また「どれくらい」といった頻度や程度に関するものも含まれており、より具体的な検証に至る足がかりとなる問いも見出していた(表 3)。これは、生徒によって学習の初期段階において「なぜ+事象」という疑問の形だけでなく、検証に向けてより具体的な要素を含んだ問いを見出すことを示唆していた。

第 8 時終了後、突然変異や自然淘汰などの進化の原理を用いた説明が見られるようになった(表 4)。これは、第 7 時の課題「なぜ、ホモ・サピエンスだけが生き残っているのか」について、複数の仮説をもとに思考させた直後の表れであった。この課題は、生徒が第 1 時に見出した問いであったため、問いそのものが生徒にとって考えたいものであったことが考えられる。また、その課題を解決するための手立てとして、複数の仮説(表 2)を与えた学習活動が有効であったと考えられる。

さらに、第 8 時終了時には、生徒は新たな問いを見出した。新たな問いは「なぜ+事象」といった疑問の形ではなく、検証するためのより具体的な要素を含んでいた(表 5)。第 7・8 時のような知識や仮説を活用して思考させる学習活動が、検証につながるより具体的な問いを生み出すことにつながることを示唆された。

単元を貫く課題「ヒトはどのように進化してきたのだろうか」については、単元開始時には、ヒトの進化の図のように、進化は類人猿から新人に向かって一本

の線上で表すことができる、といった誤った概念が含まれていた(表6~表9)。しかし、単元終了時にはそれらの概念が誤りであることに気付くことができた。気付くことができた生徒の多くは、系統樹について触れていた。これは第2・3時や第7・8時に活用した系統樹が有効であったと考えられる。

今回の実践から、生命領域(特に進化)における問いを見出す要素がいくつか示唆された。それらは、①問いを見出す時間の設定(単元開始時)、②知識や概念を与える時間の設定、③見出した問いについて、知識や概念、仮説を活用して解を作る時間の設定である。特に生命領域では検証が難しい事象が多いため、③の時間の設定が重要であると考えられる。③の時間を設定することで、「なぜ+事象」という疑問がより具体的に検証できる「問い」に変化する。このような要素を盛り込んだ単元構想が深い学びにつながる新たな問いを生み出すだろう。また、③の時間で作られた解は一つに収束する「絶対解」ではなく、現在わかっていることをつなぎ合わせた「納得解」である。問いを見出し、検証可能な形に変換して解を作ることができたとしても、それは新たな仮説に過ぎない。これらを繰り返すことが生命領域の特性であることを生徒に伝えることが重要であろう。

6. 今後の課題

本実践では、生命領域のうち、進化を題材にして問いの見出しに関する実践を行った。生命領域の問いの見出しについて知見を深めるためには、今後、別の単元についても実践を行う必要がある。

また、吉田・川崎(2019)が明らかにした疑問が仮説、問いに変換される際の順序性を踏まえた指導方法を立案することも必要である。

付記

本論文の全体執筆・授業実践は神谷が担当した。単元構想については、大久保から助言を受け、授業を設計した。また、授業と論文の助言については、郡司、延原、雪田が担当した。

-
1. FOXP2 言語発達との関連が示唆されている遺伝子
 2. HAR ヒト系統で最も急速に発達している遺伝領域の一つ

引用参考文献

- カール・ジンマー, ダグラス・J・エムレン(2017): ブルーバックス『カラー図解 進化の教科書』講談社.
- 川崎弘作, 吉田美穂(2021): 「科学的探究における疑問から問いへの変換過程に関する思考力育成のための学習指導」, 理科教育学研究, Vol. 62, No. 1,

83-94. <https://doi.org/10.11639/sjst.sp20009>
文部科学省(2018): 「中学校学習指導要領(平成29年告知)解説理科編」学校図書

中山 迅, 猿田 祐嗣, 森 智裕, 渡邊 俊和(2014): 「科学的探究の教育における望ましい「問い」のあり方—日本の中学校理科教科書における「問い」の出現場面と種類—」, 理科教育学研究, Vol. 55, No. 1, 47-57.

<https://doi.org/10.11639/sjst.sp14007>
Rudolph Zallinger(1965): 「The Road to Homo Sapiens」, Early Man.

篠田謙一(2023): 『人類の起源』中公新書.
篠田謙一編(2013): 「化石とゲノムで探る人類の起源と拡散」『別冊日経サイエンス』, 日経サイエンス社.

山野井貴浩(2023) “なぜ進化を教えるのか”, note. <https://note.com/evoedu/n/ndf40cd91c7ad>(最終閲覧2023.11.11)

吉田美穂, 川崎弘作(2019): 「科学的探究における疑問から問いへ変換する際の思考の順序性の解明に関する研究」, 理科教育学研究, Vol. 60, No. 1, 185-194. <https://doi.org/10.11639/sjst.18024>

吉田美穂, 川崎弘作(2020): 「科学的探究における問いから問いへの変換過程に関する小学生の実態」, 理科教育学研究, Vol. 60, No. 3, 675-685. <https://doi.org/10.11639/sjst.19058>