

身の回りの現象を科学的概念を使って見つめ直す生徒を育てる理科授業

— 中学校3年理科「生命の連続性」単元を事例として—

杉田 智史

金沢大学大学院教職実践研究科

【概要】本研究では、中学校の理科授業において生徒が科学的概念を形成し、身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程を捉えることを目的とする。そのために、科学的概念と生活的概念の相互作用に着目した。相互作用を促すために、身の回りの現象との関連から生徒が立てた「単元を貫く問い」と、教師の投げかける「身の回りの現象と関連した問い」の2つを軸とした授業をデザインした。これらは、ヴィゴツキー（2001）の「二重刺激の機能的な方法」による実験研究の考察や宮下・加藤（2015）の研究をもとにしている。中学校3年生理科「生命の連続性」単元にて実践し、生徒の記述やインタビュー調査の結果をもとに、科学的概念と生活的概念の発達について分析した。その結果、身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程として、科学的概念と生活的概念の両方が発達し、お互いに相互作用する必要があるということを見出した。「単元を貫く問い」と「身の回りの現象と関連する問い」は科学的概念や生活的概念の発達に効果があると考えられる。生徒が身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程は、抽象的であった理科用語に対する具体性が高まり、自身の経験に自覚性が生まれる過程であることが分かった。

I 問題と目的

1. 問題

文部科学省・国立教育政策研究所（2024）『TIMSS2023 の結果（概要）』によると、TIMSS2023において、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」という項目に対し肯定的回答をした中学生の割合は、国際平均が81%なのに対して日本が72%となっている。（p. 6）また、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編には、「国際調査において、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。」（pp. 7-8）と書かれている。これは、筆者の実感とも一致する。単元末に「理科の授業で学んだことと、身の回りのことのつながり」につい

て問うと、「分からない」という生徒がいる。理科で学ぶ知識や技能は、理科のためのものであって、身の回りのことと結びついていない可能性がある。

2. 目的

（1）本研究の目的

本研究の目的は、中学校の理科授業において生徒が科学的概念を形成し、身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程を捉えることである。

（2）リサーチクエスション

理科の授業において、科学的概念はどのように形成されるか。さらに、身の回りの現象を見つめるときにも科学的概念が活かされるようにするには、どうすればよいか。

Ⅱ 研究方法

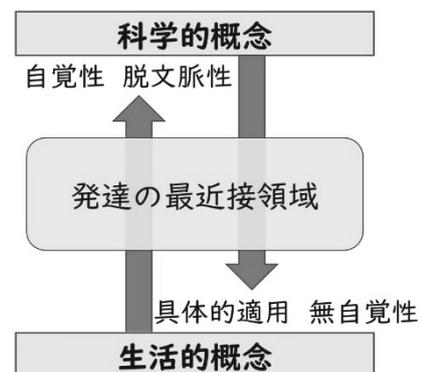
1. 先行研究

ヴィゴツキー（2001）は、「二重刺激の機能的な方法」による実験研究から、概念がいかにか形成されるかを考察している。（pp. 158-224）この実験では、1つ目の刺激は、様々な色や形をしたブロックであり、2つ目の刺激は、ブロックの裏に書かれた言葉である。その研究によると概念は、混同性的な段階、複合的思考の段階、潜勢的概念の段階を経て、12歳の終わりごろになって初めて形成されるようになるという。その上で、「少年によってふつう過渡的年齢の最後になってはじめて克服されるもっとも大きな困難は、形成された概念の意味を、かれらによってやはり抽象的次元で考えられる新しい具体的状況につぎつぎに転移することである。」（p. 216）としている。つまり、発達途上の概念は基本的に複合的な性格を有し、真の概念が形成されたとしても、具体的状況を科学的概念により見つめ直すことは極めて複雑な過程なのである。理科の授業において、1つ目の刺激は、様々な自然事象であり、2つ目の刺激は、その自然事象と関連する理科用語である。理科の授業において、この2つの刺激がどのように相互作用するかは未解明のままである。

また、学校で学ぶ科学的概念に関して、ヴィゴツキー（2001）は、「科学的概念の長所は、概念の高次の特性—自覚性と随意性—によって完全に決定される領域にあらわれる」（pp. 317-318）と述べている。つまり、科学的概念は自覚的に自分の意思で用いることができ、文脈にも左右されないということである。また、「子どもの生活的概念の長所は、自然発生的、状況を理解した具体的適用の領域、経験の領域にあらわれる。」（p. 318）としている。つまり、生活的概念は、具体的適用の領域や経験の領域において、自然発生的に無自覚に用いているということである。これは理科において、身の回りの現象と接するとき

自然に用いている概念とも言える。さらに、「科学的概念の発達は、自覚性と随意性の領域においてはじまり、その後個人的経験や具体性の領域へ、下へ向かって成長する。自然発生的概念の発達は、具体性と経験の領域においてはじまり、概念の高次の特性—自覚性と随意性—へ向かって運動する。」（p. 318）と述べている。科学的概念は、その成長過程において、徐々に個人的経験や具体性を伴っていくということである。このことを遺伝を例にとると、「遺伝は親の遺伝子が子に受け継がれることで起こる。」というものが科学的概念であり、「親と自分が似ている。」というものが生活的概念である。理科の授業で学ぶ概念は科学的概念である。科学的概念を、いかにして個人的経験や具体性につなげていくかが、本研究の目的である。

また、科学的概念と生活的概念の関係について、ヴィゴツキー（2001）は、「科学的概念の発達は自然発生的概念の一定の高さの水準—ここでは発達の最近接領域に自覚性と随意性があらわれる—を前提とするということ、科学的概念は自然発生的概念を改造し、高い水準に引き上げ、それらの発達の最近接領域を実現させること、つまり子どもが今日共同のなかでなし得ることは、明日には自分一人でなし得るようになるということ」を説明する。（p. 318）と述べている。つまり、科学的概念と生活的概念はお互いに相互作用をしながら高まっていくということである。



〈図1 科学的概念と生活的概念の関係〉
波多野・稲垣（1984）は、「教師が言語的に

与えるいわゆる科学的概念は、それだけでは子どもがすぐに使えるものとはならない」(p. 110)としている。科学的概念が発達してこそ、身の回りの現象を見つめ直すことができるようになるといえる。

一方、日本の理科教育に目を向ける。TIMSSやPISAの平均正答率では、日本は世界の中でもトップクラスにあるが、国立教育政策研究所(2005)によると、成人の科学に関する関心や理解度はイギリスなどに比べて低い。そこで、奥田ら(2008)は日本とイギリスの教科書を比較する研究を行っている。それによると日本の教科書は、系統的、分析的であるが、イギリスの教科書は身近な現象から応用に向かっているという違いがあるとしている。

日本の教科書の弱点を克服する研究として、宮下・加藤(2015)は、「学ぶ有用感をもたせるためには、学んだことが生かされる場面が必要である。それには、授業が単発でなく、授業と生活とのつながり、授業とこれまでに学んだ授業のつながりを明確にして単元を構成していくことが必要である。」(p. 1)としている。その上で、「特に重視したいのは、単元の導入で生活とつながりのある体験をさせ、認知的な葛藤を呼び起こし、単元を貫くような『課題』を作ることである。」(p. 4)と述べている。また、現行教科書の問題点として、「①単元の最後に、生活とのつながりのある教材を用いているのでそれ以前の学習に、目的をもたせることが難しい。②学習の系統性はあるが、連続性が薄い。」(p. 5)を挙げている。宮下・加藤は、中学校2年生「電流と磁界」の単元において、現行教科書の単元内の順序を入れ替えて実践している(表1)。

この研究は、第1分野(エネルギー分野)におけるものである。宮下・加藤(2015)は今後の課題として、「第2分野に関しては、観察や資料を用いて学習することも多く、導入で単元を貫く課題の設定をすることが難しいことも感じている。今後、特に第2分野にも

単元を広げ研究を進める必要を感じている。」と述べている。そこで本研究では、第2分野(生命分野)を題材として扱う。

現行教科書の流れ	研究実践プラン
単元名「電流と磁界」	単元名「電流と磁界」
単元の終末に用いられる教材を導入で用いて、課題を作る	項目4「モーターが回るしくみ」 学習課題「なぜモーターが回るのか」
項目1「磁界のようす」	項目1「磁界のようす」
項目2「コイルのまわりの磁界」	項目2「コイルのまわりの磁界」
項目3「電流が磁界の中で受ける力」	項目3「電流が磁界の中で受ける力」
項目4「モーターが回るしくみ」	項目5「モーターが回るしくみを説明する」

〈表1 宮下・加藤(2015)の研究実践プラン〉

以上のことから、本研究では、身の回りの現象との関連から生徒が「単元を貫く問い」を立てる実践を行う。また、単元内の各授業において「身の回りの現象と関連した問い」を教師から投げかける。これによって、生徒の科学的概念が、身の回りの現象に対してより具体的に結びつくことを期待する。

2. 研究の対象

(1) 対象生徒

石川県内公立中学校に在籍する中学校3年生 109名(3クラス)

(2) 抽出生徒

対象生徒の中から4名を抽出した。生徒Aと生徒Bは、授業の理解度が高い生徒である。生徒Cは、授業の理解度が中程度、生徒Dは授業の理解度が低めの生徒である。

(3) 対象単元

中学校3年理科『新しい科学3』「生命の連続性」(東京書籍)

(全15時間)

1章 生物の成長と生殖(6時間)

2章 遺伝の規則性と遺伝子(5時間)

3章 生物の多様性と進化(4時間)

2025年4月14日～5月30日に実施。もう少し綿密に分析するために、7月2日、3日に特別授業(1時間)、生徒Cと生徒Dに対し

て、7月16日、17日にインタビュー調査を実施した。

3. 本研究における主な手立て

(1) 単元を貫く問い

「生命の連続性」単元において、1章、2章は、生殖や遺伝について、3章は、進化についての内容である。1、2章と3章では、内容が大きく変わってしまう。そこで、1、2章を一つのまとまり、3章を一つのまとまりとして考えた。

宮下・加藤（2015）の実践に習い、単元の導入で生活とつながりのある事象を提示し、「単元を貫く問い」を立てさせる。学ぶ有用感を持たせるためである。「単元を貫く問い」の立て方については、ロススタインとサンタナ（2015）の方法を基にした。生徒は4人グループになり、できるだけ多くの問いを出し合う。その問いに優先順位をつけ、最も優先順位の高い問いを各グループから出す。ロススタインとサンタナ（2015）は、「優先順位をつけるというスキルは、学校教育のなかで身につけられるスキルのなかでもっとも重要なものの一つです。（中略）質問づくりにおけるこの段階は、生徒たちが優先順位をつけるという重要なスキルを身につけることを手助けします。」（p.158）と述べている。優先順位をつけさせる理由は、生徒に優先順位をつけるというスキルを身につけさせるためである。また、クラスとしての「単元を貫く問い」は一つにしぼりたいため、優先順位をつけるという方法をとっている。出てきた問いの中から、クラスとしての問いの一つを選ぶ。

生徒は、立てた問いに対する自分の考えを書く。2章の終わりにもう一度、立てた問いに対する自分の考えを書き、初めに書いた考えと比較する。

また、単元内の毎時間の授業で、「単元を貫く問い」との関連を意識させる。

毎時間の授業では、筆者が作成したワークシートを用いる。生徒はそのワークシートに、

毎時間必ず「新たな問い」を記述する。生徒自身が立てる問いには、その時点で生徒が形成している概念の様相が表れると考える。森本(1993)は、「子ども達が理科授業において、（中略）自ら問いを構成し、その活動に取り組むとき、彼ら自らの手になる科学概念構成は始まるのである。それは、このとき彼らの中に情報に意味を与える枠組みが構成され始めるからである。」（p.167）としている。このことから、理科の授業において生徒が問いを立てる場面を設けることは、生徒が科学的概念を形成する上で重要であるといえる。

(2) 身の回りの現象と関連した問い

各授業では、「身の回りの現象と関連した問い」を教師から投げかける。その問いに対して、グループで意見交流し、代表者が全体に発表する。生徒が科学的概念を生かして身の回りの現象を見つめ直すためには、教師の支援が必要であると考え。そこで、教師から意図的に身の回りの現象と関連した問いを投げかける。

(3) 科学的概念と生活的概念の相互作用

生徒は、「単元を貫く問い」「身の回りの現象と関連した問い」について、自分の考えをワークシートに記述する。また、毎時間「新たな問い」を記述する。これらの生徒の記述を分析する。分析の際には、筆者が考案した次の表2の基準を用いる。

生活的概念	
レベル1	自分の経験をもとに説明している。
レベル2	自分の経験だけでなく、一般的な事象についても挙げている。
レベル3	複数の一般的な事象から、規則性に気づいている。
科学的概念	
レベル1	理科学用語を曖昧に使っている。
レベル2	理科学用語を正確に使っている。
レベル3	理科学用語を正確に使い、具体例についても挙げている。

〈表2 概念分析の基準〉

生徒の概念がどのレベルのものか、上の基準をもとに分析する。この概念分析の基準は、

ヴィゴツキー（2001）の主張（図1参照）をもとにしている。つまり、生活的概念の発達、具体性や経験の領域において始まり、自覚性や随意性に向かって進み、科学的概念の発達は、自覚性や随意性の領域において始まり、個人的経験や具体性に向かって進むというものである。生活的概念は、個人的な経験に始まり、一般性、規則性へと発達していくと考える。科学的概念の発達では、自覚性や随意性の象徴として、理科用語の使い方に注目する。科学的概念が発達するという事は、理科用語をより正確に使えるということであり、さらに理科用語を使う際に具体例と結びつけられるということである。

授業の中で、レベルがどのように変容していくかを見る。レベルが高いほど身の回りの現象を見つめ直すことができていると考える。

生活的概念と科学的概念の発達過程をふまえ、高度な概念が形成されるまでの過程を筆者は考えた。理科における、高度な概念形成の仮説を表3に示した。①～④は、主に生活的概念の発達と関連する項目である。⑤～⑨は、主に科学的概念の発達と関連する項目である。⑩～⑬は、高度な概念形成を表している。

- ①自然事象に接する（五感で感じる）
- ②自然事象に対する問いを立てる（動機、目的意識）
- ③実験や観察など自分で調べる
- ④実験・観察からの学びをまとめる
- ⑤理科用語を知る
- ⑥理科用語を使う（曖昧な使い方）
- ⑦理科用語の具象化（絵や映像と結びつける）
- ⑧理科用語から連想されるものの妥当性が高まる
- ⑨理科用語の論理的整合性がとれる
- ⑩具体的場面でも、理科用語を使って解釈できる
- ⑪具体的場面において、理科用語を使って

説明できる
⑫他の理科用語との違いが認識できる
⑬他の理科用語を含めたフレームワークを形成できる

〈表3 概念形成の過程（仮説）〉

本研究では、特に②と⑦に注目し、⑪を目指していきたいと考えている。

科学的概念と生活的概念は相互作用しながら、お互いに高め合っていくと考える。どのような相互作用が起こるのか、分析によって見つけていきたい。

「単元を貫く問い」、「身の回りの現象と関連した問い」、「科学的概念と生活的概念の相互作用」、主にこれら3つのことに着目して本研究を実践し、考察していく。

Ⅲ 実践経過

1. 授業実践（1章、2章）

（1）単元を貫く問い（単元の初め）

1章「生物の成長と生殖」の第1時に、単元を貫く問いを立てさせた。はじめにイチゴの実物を見せた。「さがほのか」と「きらび香」という品種である。



〈図2 イチゴを提示する筆者〉

宮下・加藤（2015）の実践に習い、単元の導入で生活とつながりのある事象を提示した。次に、「イチゴの新しい品種は10年以上かけてつくられる」ということを伝え、これをもとに生徒は問いを立てる。問いの立て方のルールを確認した。ルールは、「できるだけたくさんの問いを出す」「問いについて話し合ったり、答えたりしない」「問いは言ったとおりに書き出す」の3つである。初めに2分間時間

をとり、個人で問いを立てさせた。その後7分間時間を取り、4人グループで問いを出し合った。問いが出終わった後、各グループで問いの優先順位をつけさせた。各グループから出た最優先の問いを集約し、それらをもとにクラスごとに「単元を貫く問い」を決めた。以下は、抽出生徒が立てた問いである。

①イチゴの味(甘さなど)はなぜ品種によっても違うのか
 ②品種改良はどんな風に行われるのか
 ③なぜ10年以上かかるのか
 ④どうやって味を調節するのか

①なぜ10年以上もかかるのか
 ②どのようにつくられるのか
 ③品種によってどんな違いがあるのか(味、見た目)

何故赤色なのか
 何故色が変わるのか
 何故花がさくのか
 何故種が沢山あるのか
 何故小さいのか
 何故甘いのか
 何故汁が沢山あるのか
 何故名前がイチゴなのか
 誰がいつどこで発見したのか
 品種改良をしたらどう変わるのか
 何故イチゴの品種は10年以上かけてつくられるのか

①どうしてこのイチゴは甘いのか
 ②どうして「イチゴ」という名前なのか
 ③どうしてこのイチゴは品種改良されたのか
 ④どうしてこのイチゴは品種改良されたのか
 ⑤どうして白いイチゴと赤いイチゴの品種改良されたのか
 ⑥なぜイチゴは10年以上かかってつくられるのか

〈図3 生徒が立てた問い(上から生徒A、B、C、Dの順)〉

単元を貫く問いは、3クラスとも「新しい品種をつくるのに、なぜ10年以上かかるのか」になった。

次に、単元を貫く問いに対する各自の考えを書かせた。以下は、抽出生徒が書いた考えである。(~~~~~は、生活的概念に関する記述、_____は、科学的概念に関する記述である。□は理科用語である。以下同様。)

(生徒A)
 ・失敗を重ねて試行錯誤を繰り返して品種改良を行うから。

・イチゴを育てる時間、研究をする時間などたくさん時間が必要だから。
 ・様々な種と交配させてつくるので、実験をする必要があるから。
 (生徒B)
 ・複数の品種を組み合わせたり、調節したりし、さらにおいしくなるようにつくっているからだと思います。成分を細かく調整しているからだと思います。
 (生徒C)
 ・イチゴの成長が遅いから
 ・色々な実験をしているから
 ・集穫できる期間が短いから(原文ママ)
 ・失敗することもあるから
 ・品種改良の方法を考えるから
 (生徒D)
 ・土の中にある栄養をうばうのに時間がかかってしまうから

生徒Aは、イチゴを育てるなどの、個人的経験をもとにしている。また、交配させるという科学的概念を少し持っている。

生徒Bは、品種を組み合わせたり調節したりできると考えている。形質について、ものを混ぜ合わせるように操作できると考えている。これは生活的概念の表れだと考えられる。

生徒Cは、成長が遅いことを10年かかる理由にしている。科学的概念はあまり形成されておらず、「成長が遅い」という生活的概念が幅をきかせている。

生徒Dは、土の中の栄養をうばうのに時間がかかると考えている。イチゴが育つには栄養が必要だという科学的概念は持っている。

これらの記述分析をもとにして、第1時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表4のように考えた。数字はレベルを表している。

	A	B	C	D
生活的概念	1	1	1	1
科学的概念	1	1	1	1

〈表4 第1時での概念形成のレベル〉

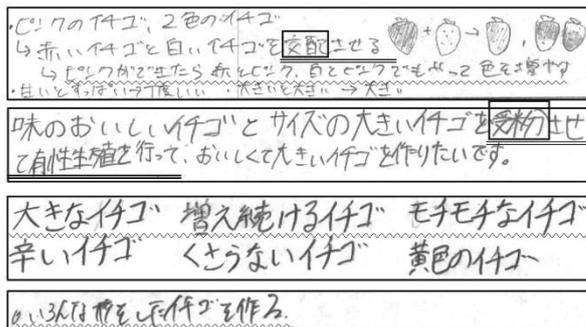
(2) 身の回りの現象と関連した問い

第2時以降は、教科書をもとに授業を進めた。毎時間の授業では、「身の回りの現象と関連する問い」を教師から投げかけた。その際、できるだけ「単元を貫く問い」と関連させるようにした。第2時以降での「身の回りの現象と関連する問い」は以下の表5の通りである。

時	身の回りの現象と関連した問い
2	・ヒトの骨はどのように成長するか。 (どのように背が伸びるか)
3	(顕微鏡で細胞分裂の様子を観察したため、問いは投げかけていない。)
4	・イチゴの実はどのように大きくなるか。
5	・イチゴを栄養生殖でふやすメリットは何か。 ・イチゴ以外で栄養生殖を利用している植物にはどんなものがあるか。 ・地球上で生き残るために、無性生殖にはどんなメリット、デメリットがあるか。
6	・地球上で生き残る上で、種子をつくることにはどんなメリット・デメリットがあるか。
7	・有性生殖を使って、どんなイチゴを作りたいですか。その方法も考えよう。
8	・メンデルの遺伝の実験で、孫の代はなぜ、丸形：しわ形が3：1になるのだろうか。
9	・ABO式血液型では、何型と何型から何型がどんな割合で生まれるか、解説してみよう。
10	・遺伝子組換え技術のメリット、デメリットは何か。 ・イチゴを品種改良するとき、有性生殖(交配)と遺伝子組換えではどう違うか。

〈表5 各授業での身の回りの現象と関連する問い〉

第7時における各生徒の記述は以下である。



〈図4 第7時における生徒の記述(上から生徒A、B、C、D)〉

生徒Aは、赤いイチゴと白いイチゴを交配させるとピンク色のイチゴになると考えているが、これは、絵の具の色を混ぜる経験からくる生活的概念である。ただ、交配させることで遺伝子が合わさるという科学的概念は育っている。

生徒Bは、受粉することで、2種類の形質が合わさると考えている。これは、生活的概念である。ただ、受粉という科学的概念は高まっている。

生徒Cは、方法についての記述がない。いろいろなイチゴの想像はできている。

生徒Dは、イチゴの形について取り上げている。ただ、その方法までは考えられていない。イチゴにはいろいろな形があることを生活経験から知っている。

これらの記述分析をもとにして、第7時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表6のように考えた。

	A	B	C	D
生活的概念	2	2	2	2
科学的概念	2	2	1	1

〈表6 第7時での概念形成のレベル〉

(3) 単元を貫く問い(単元の終わり)

第11時では、単元の初めに立てた「単元を貫く問い」について、もう一度考えを書かせた。単元を貫く問いは、「新しい品種をつくるのに、なぜ10年以上かかるのか」である。第11時における、各生徒の記述は以下である。

(生徒A)

- ・新しい品種をつくる時は、**遺伝子組換え**などを行う (**有性生殖**も)
- ・成功、失敗を繰り返す。時間が必要。
- ・新しい品種が確かめる。
- ・実験や検査を行い、安全性などを確かめる。
(生徒 B)
- ・2つの品種で**有性生殖**を行って、できた個体の中から新しい品種に求められている**形質**を持っているものを選んで、その個体を**無性生殖**させることで、同じ形質を持った個体を増やしてつくっているから。
(生徒 C)
- ・1/4の確率だから
(生徒 D)
- ・イチゴの細胞が**細胞分裂**をするから

生徒 A は、新しい品種が確かめる、安全性などを確かめる、と記述していて、これは科学的概念でもあり、生活的概念でもある。新しい品種に対して、一般化した考えであるため、生活的概念のレベルは高い。

生徒 B は、理科用語を正しく使っている。新しい品種をつくる時の手順が正しく理解されている。新しい品種のつくり方についても一般化している。

生徒 C は、有性生殖における、遺伝子の組み合わせについて、1/4と記述している。生活的概念については、記述から読み取ることができない。

生徒 D は、細胞分裂という理科用語は使っているが、10年以上かかる理由にはなっていない。新しい品種をつくるというところの概念がまだ高まっていない。

これらの記述分析をもとにして、第 11 時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表 7 のように考えた。不は読み取り不能を表している。

	A	B	C	D
生活的概念	3	2	不	不

科学的概念	3	3	1	1
-------	---	---	---	---

〈表 7 第 11 時での概念形成のレベル〉

2. 授業実践 (3章)

(1) 単元を貫く問い (単元の初め)

3章においても、1章、2章と同様に単元を貫く問いを立てさせた。3章の初めに、チンパンジーからヒトに進化していく図を見せ、「ヒトはチンパンジーから進化した」という考えを提示した。「ヒトはチンパンジーから進化した」という表現は科学的に正しくない。「ヒトとチンパンジーは共通の祖先を持つ」とすべきである。ただ、「ヒトはチンパンジーから進化した」という考えをもとに実践を行ったため、そのままの表現で掲載する。この点において、後日生徒にも説明し、訂正した。)その後、1章、2章のときと同じように、個人で問いを立て、グループで問いを出し合い、優先順位を決めた。各グループから出た優先順位 1 位の問いをもとに、クラスでの「単元を貫く問い」を決めた。以下は、抽出生徒が立てた問いである。

・なぜチンパンジーは死んだのか
 ・見た目が変な、左のはなぜか
 ・進化してヒトは？
 ・なぜ今でもチンパンジーが残っているのか
 ・進化して左の力が弱くなったのはなぜか
 ・物を持つ、毛、耳、舌、歯、CTDのはなぜか
 ・なぜ生かされたのか？髪やまつ毛は残っているのか？

・どうやって**進化**したのか
 ・どうやって**言葉**を発達させたのか
 ・なぜ毛がくじゃらじゃらなくなったのか
 ・どうやって二足歩行を習得したのか
 ・なぜチンパンジーが現代でも存在しているのか
 ・ヒトとチンパンジーの**遺伝子**を持っているか

・どのくらいの時間なのか
 ・なぜ毛が少なくなるのか
 ・なぜ身長が高くなるのか
 ・チンパンジーはいくついるのか
 ・チンパンジーの祖先は何なのか
 ・どうして**進化**したのか
 ・どのよう**進化**したのか

◦ ヒトはチンパンジーから進化して来たのか
 ◦ どうやって進化していったのか
 ◦ 進化は何時からいつまで続いたのか(今から、未来)
 ◦ どうして今と昔は違う環境でいるのか
 ◦ ヒトは女性から進化したのか?
 ◦ 男性、女性という性別はいつからあったのか?
 ◦ ヒトは体が大きくなっていったのか?

〈図5 生徒が立てた問い(上から生徒A、B、C、D)〉

単元を貫く問いは、3クラスとも「どのようにヒトに進化したのか」になった。

次に、単元を貫く問いに対する各自の考えを書かせた。以下は、抽出生徒が書いた考えである。

(生徒A)
 ・脳の容量が増え、道具や言語を使うようになった。その際、手を使うために二足歩行になった。
 ・二足歩行になって足腰が発達して、体が大きくなった。→できることが増えた。

(生徒B)
 ・道具を利用したり、言葉を発達させて進化した。チンパンジーの遺伝子に突然変異が起こった。

(生徒C)
 ・脳が大きくなった

(生徒D)
 ・時代が変わるにつれて食べる物やすることが変わってきて、環境も変わってきたからヒトもどんどん変わっていった。

生徒Aについて。手を使うために二足歩行になったわけではない。二足歩行になった結果、手が使えるようになった。進化に思考や考えの影響を入れている。これは生活的概念の表れである。

生徒Bは、遺伝子に突然変異が起こるという科学的概念を持っている。道具や言葉という生活的概念と進化という科学的概念を合わ

せようとしている。

生徒Cは、脳が大きくなると、さまざまなものを発明するという概念を持っている。

生徒Dは、食べる物やすることが変わる、環境が変わることで形質が変化していくと考えている。これは生活的概念である。

これらの記述分析をもとにして、3章第1時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表8のように考えた。

	A	B	C	D
生活的概念	1	1	1	1
科学的概念	1	2	1	1

〈表8 3章第1時での概念形成のレベル〉

(2) 身の回りの現象と関連した問い

3章第2時と第3時では、「身の回りの現象と関連した問い」を教師から投げかけた。第2時と第3時での「身の回りの現象と関連する問い」は以下の表9の通りである。

時	身の回りの現象と関連した問い
2	・ヒトはチンパンジーから進化したが、チンパンジーは今も生きている。なぜチンパンジーは進化しないまま、今も生きているのだろうか。 ・ヒトはこれからどのように進化していくのか。
3	・ヒトも昔は魚類であったと考えられる証拠にはどのようなものがあるか。

〈表9 各授業での身の回りの現象と関連する問い〉

第2時における、各生徒の記述は以下である。

(生徒A)
 ・チンパンジーのままでいることが生き残ることにつながると判断したから、進化せず、高い身体能力を維持することが生き残るために重要だったから。
 ・これ以上進化しないとと思う。科学の力で能力や体が変化したとしても、生物としての進化は必要とされていないので、進化しないと思う。

(生徒 B)

- ・ 一部のチンパンジーだけがヒトへ進化したから。
- ・ 寒さや暑さにもっと対応できるようになる。

(生徒 C)

- ・ 脳を発達させない
- ・ 頭が良くなる。不老不死。毛が少なくなる。背が高くなる。

(生徒 D)

- ・ 祖先でずっと
- ・ 変わらない

4人の抽出生徒のうち、環境の変化について書いたのは、生徒Bのみであった。遺伝子の変化については誰も書いていない。進化の概念は難易度が高いと考えられる。

これらの記述分析をもとにして、3章第2時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表10のように考えた。

	A	B	C	D
生活的概念	1	1	1	1
科学的概念	1	2	1	1

〈表10 3章第2時での概念形成のレベル〉

(3) 単元を貫く問い(単元の終わり)

3章第4時では、単元の初めに立てた「単元を貫く問い」について、もう一度考えを書かせた。単元を貫く問いは、「どのようにヒトに進化したのか」である。3章第4時における、各生徒の記述は以下である。

(生徒 A)

- ・ チンパンジーが、外敵から身を守るため、火を使うようになったことで、ヒトに進化した。
- ・ その後さらに道具や言葉を使うようになり、二足歩行になった。
- ・ 脳の容量が増えて進化した。

(生徒 B)

- ・ 突然変異によって少しずつ DNA が変化して、環境に適応した個体が子孫を残すことでヒトはチンパンジーから進化した。

(生徒 C)

- ・ 火を使うようになった
- ・ 地面で生活するようになった
- ・ 二足歩行ができるようになった

(生徒 D)

- ・ 次の年に行くにつれて放射線の力がどんどん強くなっていくにつれて DNA も少しずつ変わってきたから。

生徒Aについて。火を使うことで、ヒトに進化したわけではない。進化の概要はつかんでいるが、根本原因には触れていない。進化は何万年、何億年という時間単位で起こる。この時間単位に人間の思考を合わせるのは、大人でも容易ではない。

生徒Bは、進化という科学的概念を正確に捉えている。

生徒Cは、ヒトの進化の現象面にふれている。

生徒Dは、DNAが変化することで進化するという概念が育っている。

これらの記述分析をもとにして、3章第4時での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表11のように考えた。

	A	B	C	D
生活的概念	2	2	2	2
科学的概念	2	2	2	2

〈表11 3章第4時での概念形成のレベル〉

進化の概念を正しくつかませることは、簡単ではないことが分かった。進化については、生活的概念がもともと高くないため、科学的概念も高まりにくいのではないかと考える。

3. 授業実践(特別授業)

特別授業では、「生命の連続性」単元で学んだことで、日常生活の見え方が変わった経験について書かせた。特別授業における、各生徒の記述は以下である。

(生徒 A)

昔から、おじいちゃんの家に行くと、外で生き物を見ることが多い。主に、カモ、セ

ミ、桜、名前の分からない鳥が見られる。
セミは、よくおじいちゃんと妹といとこで
つかまえに行った。夏はアブラゼミしか見
 つけられず、ミンミンゼミなどを探しまわ
 っていた。ある時、通りかかった人がミン
 ミンゼミを見つけてくれた。すぐ近くに
いたのに、まったく気付かなかった。ミンミ
 ンゼミは、アブラゼミより、木の色に似て
 いたのだ。アブラゼミは、多いことを生か
してたくさん子孫を残そうと、ミンミンゼ
 ミは、敵から身を守りつつ子孫を残そうと
 していたのかもしれない。また、セミにも
対立形質はあるのか気になる。セミごとに
鳴き声が違うのはなぜだろう。学年が上
 がるにつれ、セミとりに行く時、セミの生態
 について、色々考えるようになった。今年
 は形質にも注目しながら、セミを探した
 い。また、現在はあまり見かけないが、昔
 は川によくカモがいた。模様が異なってい
たので、オスとメスが区別できた。オスの
ほうが目立つのはなぜなのか。また、流れ
 の速い川の中でどうやって止まっている
 のか。また、水辺で生活する鳥と森などで
 暮らす鳥がいるのはなぜか。今度見かけたら、見た目だけでなく、行動も観察してみ
たい。

(生徒 B)

僕の祖父は畑でじゃがいもを育てている。
じゃがいもは無性生殖の栄養生殖で増え
ると習った。おいしいじゃがいもが植える
 だけで育つのがとてもすごいなと思った。
 今まではじゃがいもの増え方について考
 えたことがなかったけれど、無性生殖によ
って増えるということを考えるようにな
 った。

スーパーに行くと、色々な品種のイチゴ
 や米が売られている。今までは品種改良に
 ついて考えることがなかったけれど、品種
 改良は求めている形質をもつ個体をつく
るために有性生殖をし、それがつくれたら

それを無性生殖によってふやすことで行
 っていると考えるようになった。

(生徒 C)

エダマメを育てたことがある。花が咲いた
後にかけて食べられるエダマメができた。
 ほとんどの野菜が花が咲いてかかれて実が
 なる。野菜はなぜ花が咲く必要があるの
 か、食べられる植物と食べられない植物は
どうちがうのか。桜の花の花粉をイチゴに
つけると食べられるようになるのか。

ヒトは進化したらどうなるのか。ヒトは
有性生殖だと習った。もしヒトが進化した
ら無性生殖ができるようになることはあ
 るのか。そうしたら人口が増えて少子高齢
 の問題が解決すると思う。ホモサピエンス
 よりも前の生物は今よりも頭が良かった
 と考えられると聞いたことがある。もしそ
 うなら、なぜ進化しているのに昔の方が頭
 が良いのか。これからも身のまわりのこと
 を「理科の目」で見していきたい。

(生徒 D)

今まではあまり生命のことについて考
 えたことがなかったけど、生命のことにつ
 いて学んで生命のことについて考えるよう
 になった。3年前に、私の家に初めての犬
 が来て、最初は私のところに来るととって
もこわかったし、さわるのがとっても怖か
ったけど、日がたつにつれてどんだんさわ
れていくことができた。私はこのときに、
たった一つしかない生命を大切にしてい
 きたいし、ワンちゃんにとってもこの家族
 で良かったなと思われるようにしてい
 きたいなと思った。また、今の時代はあまり
 いないけど昔は捨て犬がいたりしていて、
 ご飯が食べられなくて亡くなってしまう
 犬もいたりしていたので、とってもかわい
 そうだし、たった一つしかない生命なの
 になんでそんなことをするのかなと思っ
 たし、生命を大切にしてほしいし、たった一
つしかない生命でどれだけその犬が楽し

めるかを考えてほしかったなと思った。私はたった一つしかない生命を大切にしていきたいし、充実した日々を送れるように生活していきたいと思う。

生徒Aは、いかに子孫を残すかについて、数を多くすることや、擬態について思いを巡らせている。豊富な自然体験からくる生活的概念が、理科で学んだ科学的概念と相互作用し、お互いを高め合っている。対立形質や鳴き声の違いについても考えている。科学的概念が高まっていて、生活的概念とも相互作用をしている。

生徒Bは、畑のじゃがいもという生活的概念と理科で習った無性生殖などの科学的概念が相互作用している。スーパーのイチゴや米を見たときに、品種改良について考えるようになったと書いている。生活的概念と科学的概念が相互作用し高め合っている。

生徒Cについて。なぜ花が咲くのか、については中学校1年生で学習している。桜の花の花粉をイチゴにつける、という部分が遺伝に関係する。ヒトが無性生殖になれば、という部分で、無性生殖のメリットに目が向いているが、デメリットにはふれていない。日常生活と理科で学んだことを結び付けようとしている。科学的概念がまだそれほど高まっていないため、深い考察には至っていない。

生徒Dについて。生命は唯一無二のものである。たった1回きりの生命である。生命の有限性についての概念が育っている。これは科学的概念ではあるが、生活的概念ともとれる。ただ、理科の授業でねらった本質からは少しそれている。

これらの記述分析をもとにして、特別授業での各生徒の生活的概念、科学的概念のレベルを以下の表12のように考えた。

	A	B	C	D
生活的概念	3	3	2	2
科学的概念	3	3	2	2

〈表12 特別授業での概念形成のレベル〉

特別授業における記述について、欠席者を除く102名について分析した。その結果は次の表13のようになった。

生活的概念	レベル3	0	4	30
	レベル2	5	36	12
	レベル1	11	4	0
		レベル1	レベル2	レベル3

科学的概念

〈表13 特別授業での概念形成のレベル(102名)〉

表13を見ると、生活的概念と科学的概念は同じレベルになることが多い。どちらかのレベルが3でどちらかのレベルが1になることもない。これらから、生活的概念と科学的概念はお互いに相互作用しながら高め合っていると考えられる。

科学的概念がレベル3、生活的概念がレベル2の生徒の記述には例えば次のようなものがあった。

私のおじいちゃんは、竹の子を育てる山を持っている。前、その山におじいちゃんが行ってきた。そこには、小さい竹の子から高い位置まで伸びた竹があった。私は「どうやって、私の膝にもとどいていない小さな竹の子が、木のように高い竹になるんだろう。」と思った。竹の子も細胞分裂をして大きくなっているののだろうか。どのぐらいの期間で竹になるのだろうか。竹の子と竹では、色も形もまったくちがう。どのようにして色が変わるののだろうか。「もうこの竹の子は来週には竹になるな。」と言っているおじいちゃんの声が聞こえた。竹の子に限らず、植物は1日にどのぐらい細胞分裂をし、成長するのだろうか。私は今までなにげなく聞いていた会話や見ていた光景が理科につながっていると感じた。そして、たくさんの疑問がでてきた。

生活的概念については、複数の一般的な事象にまで思考が至っていなかったため、レベル2とした。

科学的概念がレベル2、生活的概念がレベ

ル3の生徒の記述には例えば次のようなものがあった。

犬を飼っているが、犬種ごとに色や特徴が違う。これはそれぞれの場所、環境に適した形になるように、長い年月をかけて進化してきたのであろう。自分は茶色のトイプードルを飼っているが、他の色、他の犬種の犬で子を作ったら、減数分裂が起こり、茶色又は他色になると思うと面白い。犬の体の全身が、同じDNAだと思うと本当にすごくて、おどろきを隠せない。受精卵の時から胚になり、発生する。成長の過程を見ていくと、興味が出てくる。全世界で見ても、クローンを作らない限り、全く同じDNAを持った犬がいないと考えると、本当に面白い仕組みだなと思った。人間も犬も同じ哺乳類だけど、体温調節のやり方や、歩き方(移動方法)が全然違う。これからも進化を続け、違う特徴を持った犬が出てくると面白い。生物は面白い。

減数分裂という理科用語の使い方に誤りがあるため、科学的概念のレベルは2とした。

4. 授業実践 (インタビュー)

生徒 C、生徒 D について、生活的概念や科学的概念の形成を深く読み取るために、インタビュー調査を行った。インタビュー内容は、生徒の記述に関することである。

生徒 C、生徒 D に対するインタビュー調査の結果は以下である。

(生徒 C)
(前略)
S え、でも、サクラって、種子ってなるんですか？
T なるなるなる。
S なるんですか。え、あの木のほうですよ。
T この木とか？なるはずやよ。花咲くから、花咲いたあと、なんか、なるはず。と思うけど、どうやら、
S 胞子かなって思って、胞子か種子か分

かんなくなつて
T 胞子かなって思ったんや、あー、そうか。サクラは、ほら、被子植物といえるかな
S じゃあ果実ってあるんですか。
T あるはず、あのサクランボほど食べられるようなもんじゃないけど、たぶんね。
(後略)
(生徒 D)
(前略)
T もしその、分かんないけど、Eちゃん(飼っている犬の名前)がもし子ども、子犬を産んだとしたら、どういう特徴の子になるかね。
S 黒色。
T 全部真っ黒になると思う？
S うん。
(中略)
T もし、白のワンちゃんと結婚じゃないけど、子ども産んだら、どうなるかね。黒と白やったら。
S ちよつと白がでると思う。
(後略)

生徒 C は、科学的概念を補うことで、少し考察は深まったが、もともと持っている科学的概念の不正確さが深い考察を妨げている場面がいくつもあった。それまでの科学的概念がうまく形成されていないと、新しく授業で学んだ概念の形成もうまくいかないと考えられる。つまり、身の回りの現象を見つめ直すことも難しくなってくる。

生徒 D は、飼っている犬の色が黒色だから、その子も黒になると思うと言っている。また、もし白い犬と結婚して子どもを産んだら、白がちよつと出ると言っている。これらは、理科で学んだ遺伝の内容と若干矛盾する。黒が潜性形質であれば、黒は現れない。また、白がちよつと出るということも、おそらくない。科学的概念がまだしっかりと形成されていないことが分かる。絵具の色を混ぜるように毛

の色が現れるという生活的概念があり、それが強く出ている。生活的概念と科学的概念が相互作用するということろまでは、まだ至っていない。

IV 考察

1. 単元を貫く問い

単元の初めに、生活と関連する事象を提示し、その事象をもとに生徒は「単元を貫く問い」を立てた。これは、生徒に学ぶ有用感を持たせることをねらった取り組みである。生徒は単元を通して、授業の終わりに新たな疑問を持ち続けた。これは、生徒が意欲的に学習に取り組んでいた証拠ではないかと考えられる。単元の学習前と学習後で、問いに対する考えが変わっていた。そのことは、特別授業での生徒の記述にも表れている。例えば以下である。

今までは品種改良について考えることがなかったけれど、品種改良は求めている形質をもつ個体をつくるために有性生殖をし、それがつくれたらそれを無性生殖によってふやすことで行っていると考えようになった。(生徒 B)

これらの記述から、生徒は学びの有用感を持っていたのではないかと考えられる。

毎時間の授業の終わりに疑問に思うことを「問い」の形で書かせた。生徒はだんだん問いを立てることに慣れていった。特別授業での記述の中にも、「問い」の記述がいくつも見られた。例えば、以下である。

(生徒 A)
 ・セミごとに鳴き声が違うのはなぜだろう。
 ・オスのほうが目立つのはなぜなのか。
 ・流れの速い川の中でどうやって止まっているのか。
 ・水辺で生活する鳥と森などで暮らす鳥がいるのはなぜか。
 (生徒 B)

問いの記述はなかった。
 (生徒 C)
 ・食べられる植物と食べられない植物はどちらがうのか。
 ・桜の花の花粉をイチゴにつけると食べられるようになるのか。
 ・もしヒトが進化したら無性生殖ができるようになることはあるのか。
 (生徒 D)
 ・たった一つしかない生命なのになんでそんなことをするのかなどと思った。

問いを立てることは、生徒の興味・関心の現れであると考えられる。問いを立てることは、学びの始まりである。

本実践においては、問いを立てられるからといって、必ず科学的概念や生活的概念が高まるというわけではなかった。問いを立てられても、科学的概念や生活的概念が高まらない生徒もいた。ただし、科学的概念や生活的概念が高まった生徒は、ほぼ高い質の問いを立てることができていた。

2. 身の回りの現象と関連した問い

毎時間の授業において、教師から「身の回りの現象と関連した問い」を投げかけた。生徒は、授業で学んだことを生かして考えていた。グループで意見交流することで、なかなか考えが浮かばない生徒も、考えを持つことができていた。他の生徒の意見を興味深く聞く姿も見られた。

特別授業での記述では、ほとんどの生徒が日常生活の見え方が変わった経験について書くことができていた。これは、毎時間の授業において、「身の回りの現象と関連した問い」を投げかけた成果なのではないかと考える。ただし、「身の回りの現象と関連した問い」を考えるにあたって、いくつか難点があった。すべての時間において、「身の回りの現象と関連した問い」を考えるのは簡単ではなかった。例えば、遺伝を扱った第8時では、「メンデルの遺伝の実験で、孫の代はな

ぜ、丸形：しわ形が3：1になるのだろうか。」と問うた。メンデルの遺伝の仕組みの学習では、身の回りの現象と関連させるのが難しかった。

3. 科学的概念と生活的概念の相互作用

抽出生徒の概念形成のレベルは以下のようになった。なお、1、2章は第1時、7時、11時のレベル、3章は第1時、2時、4時のレベルを表している。特別は特別授業である。不は読み取り不能を表している。

生徒 A	1、2章	3章	特別
生活的概念	1→2→3	1→1→2	3
科学的概念	1→2→3	1→1→2	3
生徒 B	1、2章	3章	特別
生活的概念	1→2→2	1→1→2	3
科学的概念	1→2→3	2→2→2	3
生徒 C	1、2章	3章	特別
生活的概念	1→2→不	1→1→2	2
科学的概念	1→1→1	1→1→2	2
生徒 D	1、2章	3章	特別
生活的概念	1→2→不	1→1→2	2
科学的概念	1→1→1	1→1→2	2

〈表 14 概念形成のレベルの変容〉

生徒 A は、時数を経るごとに生活的概念、科学的概念のレベルが高まっている。特別授業では、次のような記述が見られる。

ミンミンゼミは、アブラゼミより、木の色に似ていたのだ。アブラゼミは、多いことを生かしてたくさん子孫を残そうと、ミンミンゼミは、敵から身を守りつつ子孫を残そうとしていたのかもしれない。

学校で学んだ擬態などの子孫を残すための戦略である科学的概念と、木の色に似ているという経験からくる生活的概念がお互いに相互作用している。科学的概念がより具体性を持ち、自身の経験に自覚性が生まれている。

生徒 B も、時数を経るごとに生活的概念、科学的概念のレベルが高まっている。特別授

業では次のような記述が見られる。

僕の祖父は畑でじゃがいもを育てている。じゃがいもは無性生殖の栄養生殖で増えると習った。おいしいじゃがいもが植えるだけで育つのがとてもすごいなと思った。

祖父が畑で育てているという生活的概念と、無性生殖や栄養生殖などの科学的概念が相互作用し、「おいしいじゃがいもが植えるだけで育つ」という考えに至っている。

生徒 A も生徒 B も、科学的概念はより具体性が高まり、生活的概念はより自覚性が高まっているといえる。

生徒 C と生徒 D は、生活的概念と科学的概念が多少は相互作用しているが、概念のレベルとしてはそれほど高まっていない。

表 13 から、科学的概念が高まらなければ、生活的概念も高まらないことが分かる。生活的概念は、授業ではなく、これまでの生活で形成されてきた概念である。学校の授業で形成される概念は、科学的概念である。科学的概念が高まらなければ、これまで持っていた生活的概念との相互作用が起きず、どちらの概念も低いものになってしまう。

また、生活的概念が科学的概念の形成を妨げる現象も見られた。例えば、有性生殖を扱った第7時における、生徒 A の記述である。赤色のイチゴと白色のイチゴをかけ合わせるとピンク色のイチゴができると考えてしまう。これは、絵具のように色が混ざるといふ生活的概念が、遺伝の規則性という科学的概念の形成を妨げていると考えられる。科学的概念を形成させるには、これまでの生活的概念から一度切り離して考えさせることも大切である。それによって、より高度な概念が形成される。生徒 A は単元の最後には高度な概念が形成されていた。

ただし、ここで一つの課題が浮かび上がる。科学的概念を高められた生徒と、高められなかった生徒がいるということである。科

学的概念を高められた生徒と、高められなかった生徒の違いは何だろうか。考えられるものとしては、それまでに形成されてきた科学的概念の違い、それまでに形成されてきた生活的概念の違いがある。

4. まとめと今後の課題

本研究の目的は、生徒が科学的概念を形成し、身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程を捉えることであった。

身の回りの現象を見つめ直すことができるようになる過程として、科学的概念と生活的概念の両方が発達し、お互いに相互作用する必要があるということを見出した。それは、抽象的であった理科用語に対する具体性が高まり、自身の経験に自覚性が生まれるということである。このことは、ヴィゴツキー(2001)の考えと一致する。

科学的概念を高められたとき、ほとんどの生徒は身の回りの現象を見つめ直すことができている。つまり、学習前と学習後で身の回りの現象の見え方が変わったということである。このことは、特別授業の生徒の記述から読み取ることができる。

それでは、科学的概念を高めるためにはどうしたらよいか。筆者は、「単元を貫く問い」と「身の回りの現象と関連する問い」を軸とした授業をデザインし、実践した。「単元を貫く問い」と「身の回りの現象と関連する問い」は科学的概念の形成に効果があると考えられる。本研究を通して、生徒が授業の中で生活的概念と科学的概念を相互作用させ、これらの概念を発達させていく様子が明らかになった。

今回は、第2分野である生命分野についての実践であった。第1分野と第2分野では、科学的概念の形成のしやすさが異なるのか、それとも変わらないのかについての検討も必要である。

理科の授業において、科学的概念だけを発達させようとしてもなかなかうまくいかな

い。生活的概念と科学的概念の両方を発達させ、それらの相互作用を促していくことが重要である。このことは、本研究から明らかになったことである。

引用文献・参考文献

- 1) ヴィゴツキー, L. S. (柴田義松訳), (2001) 『思考と言語 新訳版』新読書社.
- 2) 奥田雅史・藤田利光・宮永健史 (2008) 「日・英の中学校理科教材の比較－光の単元－」物理教育, 56 (4), 320-326.
- 3) 国立教育政策研究所 (2005) 「国際学力調査に見る我が国の学力の現状と指導法の改善」
<https://www.nier.go.jp/kyoutsu2/sympo23.pdf> (2025年1月30日閲覧).
- 4) 波多野誼余夫・稲垣佳世子 (1984) 『知力と学力』岩波書店.
- 5) 松田剛 (2021) 「有用性を実感させる理科の授業設計」金沢大学教職大学院実践研究報告書 第4号, 65-77.
- 6) 宮下治・加藤寛之 (2015) 「生活や授業とのつながりを大切にした中学理科授業の実践研究」愛知教育大学教育創造開発機構紀要, vol. 5, 1-10.
- 7) 森本信也 (1993) 『子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件』東洋館出版社.
- 8) 文部科学省 (2017) 『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』学校図書.
- 9) 文部科学省・国立教育政策研究所 (2024) 『TIMSS2023の結果 (概要)』
<https://www.nier.go.jp/timss/2023/gaiyou.pdf> (2025年1月30日閲覧).
- 10) ルリヤ (森岡修一訳) (1976) 『認識の史的発達』明治図書.
- 11) ロススタイン, D., サンタナ, L. (吉田新一郎訳), (2015) 『たった一つを変えるだけクラスも教師も自立する「質問づくり」』新評論.