

深い学びを実現する理科学習

—知識を関連付けて、様々な場面や文脈で考える単元構成を通して—

小出 竜也* ** 赤澤 豊***

*愛知教育大学大学院 **名古屋市立堀田小学校 ***愛知教育大学・理科教育講座

Science Learning That Realizes Authentic Learning

—Through A Unit Structure That Links Knowledge And Considers It In Various Situations And Contexts—

Tatsuya KOIDE* ** Yutaka AKAZAWA***

*Graduate Student, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

**Horita Elementary School, Nagoya 467-0856, Japan

***Department of Science Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

要 約

これからの時代を担う子どもたちには、学んだことをただ再生するだけの知識ではなく、学んだときとは違った場面や文脈にも対応できる知識（生きて働く知識）を身に付けさせることが求められている。そのためには、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したりする深い学びを実現することが必要不可欠であると考えます。

本研究では、深い学びを実現するために、概念地図を使って単元の学習内容を整理し、一覧で捉えられるようにすることで、子どもがもっている知識や学習して得られる知識を関連付けられるようにした。その際、教師が単元で捉えさせたい概念を概念地図にまとめておき、その一部を空所にして、未完成の概念地図を作る。そして、子どもが学習を進める度に適切な言葉や関係を表す言葉を記述して概念地図を完成させていった。

（概念地図完成法）また、「5E指導モデル」の考え方を基にした単元構成を考えた。「5E指導モデル」とは、子どもの深い理解をもたらし、科学的な概念を構成する指導方略である。学習指導要領で示されている問題解決の過程と概ね同じ流れであるが、特に「精緻化」の局面において、「探索」の局面とは違った様々な場面や文脈で考えさせることで、知識がそれぞれの場面や文脈とつながり、より理解を深められるようにした。

本研究によって、概念地図によって子どもの知識を関連付けたり、様々な場面や文脈で考える単元構成によって子どもの理解を深めたりすることは、深い学びの実現に有効であることが分かった。一方で、十分に理解できない子どももいたため、方法のさらなる改善を図ることが課題となった。

Keywords：生きて働く知識 概念地図完成法 5E指導モデル

I 主題設定の理由

1 今日の課題

現代社会は、まさに予測困難なことが次々と起こっている。これまでに経験したことや答えがない課題に対応しなければならない日々が続いている。そうした中で、もっている知識を最大限に活用して課題に向き合うことの大切さを実感させられている。これからの時代を担う子どもたちには、学んだことをただ再生するだけの知識ではなく、学んだときとは違った場面や文脈にも対応できる知識を身に付けさせることが求められていると考える。

小学校学習指導要領解説総則編（文部科学省、2017）では、子ども一人一人が、社会の変化に受け身で対応するのではなく、よりよい社会と幸福な人生を切り拓き、未来の創り手となるために必要な力を育むことに効果

的につながっていくようにすることを目指している。そのために、『何を学ぶか』という教育の内容を重視しつつ、児童がその内容を既得の知識及び技能と関連付けながら深く理解し、他の学習や生活の場面でも活用できる、生きて働く知識となることを含め、その内容を学ぶことで児童が『何ができるようになるか』を併せて重視する」と述べられている。

つまり、日常生活で活用できる、生きて働く知識として習得させるためには、子どもたちがもっている知識や学習して得られる知識を関連付けることが求められている。

2 小学校理科における課題

全国学力・学習状況調査（2022）の結果において、知識を日常生活に関連付けて理解することに引き続き課題があることが明らかになっている。同調査報告書（国

立教育政策研究所、2022) では、指導改善のポイントとして「知識をより深く理解すること」が示されており、「主体的な問題解決を通して知識を習得し、学習の成果を日常生活との関わりの中で捉え直すことができるようにすること」や「習得した知識を実際の自然の事物・現象と関連付けて説明できるようにすること」が重要であると述べられている。

石井 (2020) は、「学校の学習は子どもたちの日常生活とかけ離れているために、生活場面では発揮できている子どもたちの実力が生かされない状況が生まれがちであり、さらに、成功裡に学習を進めても、学校でしか通用しない『生きて働かない学力』(学校知学力) になる危険性がある」と指摘している。

これらのことから、小学校理科における課題を解決するためには、習得した知識を日常生活との関わりの中で捉え直したり、実際の自然の事物・現象と関連付けて説明したりするなど、学んだときとは違った様々な場面や文脈で考えることによって、知識をより深く理解できるようにすることが必要である。

3 子どもの実態

調査校の子ども (名古屋市立A小学校の第4～6学年) に、全国学力・学習状況調査 (2022) 小学校理科3(1)の「知識」に関する設問を出題した (2022年10月実施)。設問は、小学校第3学年に学習する「太陽と地面の様子」の内容で、調査対象の子どもにとって既習済みのものを選択した。鏡を操作して反射させた日光を対象として、光の性質を基に、反射させた日光の進み方について問うものである。

調査校の第6学年の子どもの正答率は、全国平均よりもやや低く、約20%の子どもしか正答できておらず、知識 (日光は直進すること) を十分に理解できていないことが分かった。また、学年が上がるごとに正答率が下がっており、知識として定着していない傾向が見られた (表1)。

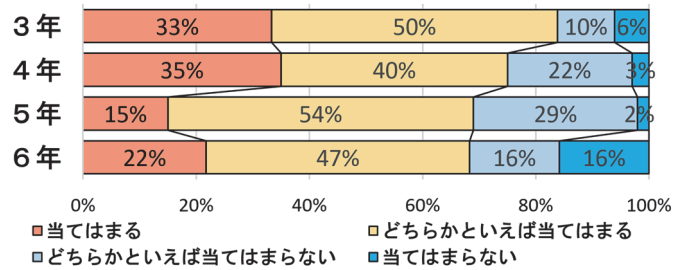
[表1 調査校と全国の子どもの正答率]

学 年	4 年	5 年	6 年	全国
正答率	36.6%	34.1%	22.6%	27.9%

このように、習得した知識が断片的になっていたり、その場限りのものになってしまったりしていて、学習したときとは別の問われ方をすると正しく答えることができない実態が明らかとなった。調査校の子どもは、知識の定着に課題があったり、知識を問題の状況と関連付けて考えることができていなかったりする子どもが多い。

また、調査校の子ども (同小学校第3～6学年) に、「理科の授業で学習したことを、普段の生活で活用できないか考える」という質問を行った。

理科の学習が進んだ学年ほど、理科で学習したことを様々な場面や文脈で考える子どもの割合が少なくなっていることが分かった (図1)。



[図1 調査校の子どもの質問に対する回答]

1～3の課題や実態から、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したりする「深い学び」を実現することが必要不可欠であると考え、本研究の主題とした。

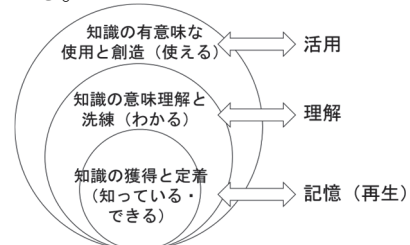
本研究では「知識の関連付けによって、知識を定着させること」「習得した知識を学んだときとは違った様々な場面や文脈で考えることによって、知識をより深く理解すること」を重視して進めていくこととする。

II 先行研究

1 深い学びの実現に関する先行研究

田村 (2018) は、深い学びを実現させるためには、「学習活動を振り返り、体験したことと収集した情報や既存の知識とを関連させ、自分の考えとして整理し意味付けたり、それを自覚したり、共有したりすることが大切である」と述べている。

石井 (2015) は、学習の質を三重円モデルで表し、およそ三層で捉えている (図2)。「知っている・できる」レベル、「わかる」レベル、「使える」レベルの3つに分け、知識・技能を総合的に活用して問題を解決したり知を創造したりするレベルを「使える」レベルとよんでいる。三重円モデルは、「使える」レベルの円の中に「知っている・できる」レベルや「わかる」レベルの円も包摂されているという位置関係によって、知識を使う活動を通して、知識の意味の学び直し (分かり直し) や定着も促されることを示唆している。石井は、「知識を使ったり表現したりすることは、知識の習得と定着の有効な点であるという点は認識しておく必要があります」と指摘している。



[図2 学習の質]

※国立教育政策研究所 (2015) より引用、修正
森田ら (2016) は、「理科における深い学びとは、違った場面や文脈において、『わかった』レベルの知識からさらに、『使える』レベルの知識として学習した原理・原則の意味や根拠、理由が説明できる学びであると考えられる」と述べている。

2 知識の関連付けに関する先行研究

Wiggins・McTighe (2012) は、『理解するとは、物事の意味をとらえられるように、私たちの知識を関連づけ、ひとまとまりにつなぎ合わせること』である。逆に『理解がなければ、私たちは、複数の事実を不明瞭で分離されたもの、役に立たないものとしてしか見ることができないだろう』『学んだことを現実世界の様々な場面で活かせるようになるためにこそ、本当にわかること（理解）が不可欠である』と述べている。

岡・今永（2012）は、「知識を獲得していく学習過程は、新たな情報を組み込んでいく過程と考えられる。新しい情報を既存知識に組み込んでいくためには、新しい知識が入力された段階、つまり、学習時に、適切な既存知識を参照して、新しい情報と既存知識の関連付けができること、理解できることが必要である」と述べている。

鈴木・森本（2013）は、「概念地図法」として概念地図を記述することによって、子どもが学習後の言葉のつながりを自覚することができ、学習後の科学概念の構造を明らかにできることを指摘している。

3 様々な場面や文脈で考えることに関する先行研究

奈須（2015）は、「現実の世界に存在する『本物の実践』に可能な限り文脈や状況を近づけて学びをデザインしてやれば、習得された知識や技能も本物となり、現実の問題解決に生きて働くのではないか。これがオーセンティックな学習の基本的な考え方である」と述べている。また、「オーセンティックな学習が効果的なのは、後に出合う問題場面と類似した文脈で学ぶからである。それにより、新たな知識はそれが利用可能な条件とセットで獲得される」と述べている。

小川・松本(2012)は、「学習の際に複数の文脈を用いたり、他の類似文脈での適用例を示したりすることが獲得した知識を新しい文脈へ活用させるのに効果的である」と報告している。

田村（2018）は、「知識は限定的な一場面ですでに使われるだけでなく、様々な場面や状況で活用され発揮されることによって、それぞれの場面や状況とつながり、いつでもどこでも自由自在に使える、汎用的な状態の知識になっていくのである」と述べている。

Ⅲ 目指す子ども像と研究の目的

私の考える「深い学び」を「問題解決の過程で様々な知識を関連付けて、より科学的な概念を形成し、知識を日常生活の場面で活用することができる学び」と定義し、研究を進めていく。

「深い学び」を実現した子どもの姿を「単元で習得した知識を使って、日常生活で見られる事象の原理・原則の意味や根拠、理由について説明することができる子ども」とし、目指す子ども像とする。

本研究では、深い学びを実現する理科学習を行うた

めに、以下の2点を明らかにすることを目的とする。

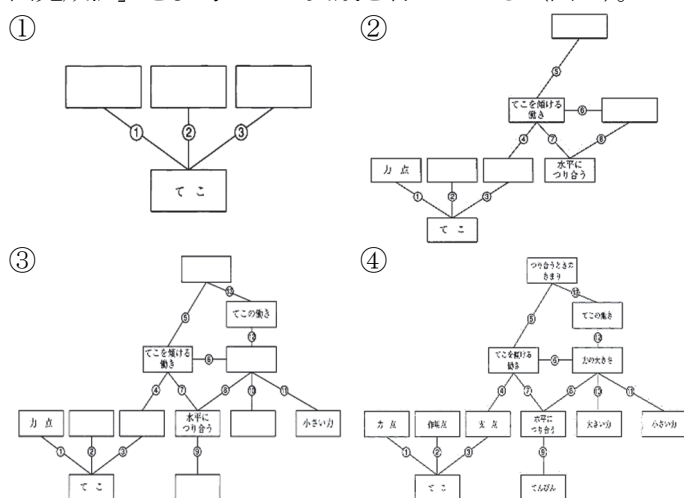
- (1) 子どもがもっている知識や単元で学習して得られる知識を関連付ける支援が、知識の定着に有効かを明らかにする。
- (2) 学んだときとは違った様々な場面や文脈で考える単元構成が、子どものより深い理解につながるかを明らかにする。

IV 研究の手だて

1 【手だて①】 知識を関連付ける支援

単元の学習を進めていくと、様々な観察や実験を行い、事象を説明するために必要な言葉がいくつも出てくる。このことから、子どもが言葉を整理することができず、上手にまとめられないことがある。その結果、身に付けた知識が断片的になっていたり、その場限りのものになってしまったりしていることが考えられる。そこで、概念地図を使って単元の学習内容を整理し、一覽で捉えられるようにすることで、子どもたちがもっている知識や学習して得られる知識を関連付けさせたいと考えた。

一般的な概念地図作成は、学習者自身が、教科書から概念に関係する言葉をいくつか選び出し、相互の関係を考えながら、配置した言葉同士を線（リンク）で結び、リンクの横にその関係を表す言葉（リンクラベル）を記述するという手順で行われる。加藤・岩崎（2007）は、「実践的な研究で扱われている概念地図の利用の方法では、知識の構造化の過程が子ども一人一人に任されている。そのため、理科の授業でねらいとしている科学的な概念の構造化は、子どもによって大きな差が生じているのが現状である」と指摘しており、こうした問題点を克服するために、皆川（2001）の開発した「概念地図完成法」を参考にした実践を行っている（図3）。



※加藤・岩崎（2007）より引用、修正

[図3 概念地図を作成する過程]

概念地図完成法とは、教師が学習する単元で捉えさせたい概念を概念地図にまとめておき、その一部を空所にして、未完成の概念地図（以下、未完成概念地図）

を作り、子どもが単元の学習を進める度に適切な言葉や関係を表す言葉を記述して概念地図を完成させる方法である。加藤・岩崎は「子どもたちに概念間の関係を意図的に捉えさせ、どの子どもにもある程度のレベルで概念を構築させられる」と述べている。

本研究では、概念地図完成法の考え方を参考にする。その手順としては、考察を書かせる場面で、事象を説明するために必要な言葉を「キーワード」として提示し、言葉を必ず入れて記述させる。その際、理科の見方・考え方が働かせられるようにする。そして、記述した考察を基にキーワードやキーワード同士の関係を表す言葉（リンクラベル）を未完成概念地図に記述させる。考察を記述する度に少しずつ概念地図が作成される。このように、キーワードを用いて考察を記述したり、キーワードを使って概念地図にまとめたりすることで知識が整理される。子どもが自分の考えを見つめ直し、知識を関連付け、定着させることができると考える。

2 【手だて②】学んだときとは違った様々な場面や文脈で考える単元構成

これまで単元の終末で、習得した知識を学んだときとは違った様々な場面や文脈で考える活動を取り入れてきた。教科書で示されているような一般的な単元構成においても、単元の終末に知識が活用されている場面を提示して、説明させる活動が多い。しかし、様々な場面や文脈で考える学習場面が限定されており、習得した知識がその場限りのものになっていた。そこで、単元の導入や小単元ごとにも、日常生活で見られる事象を基にした問題解決の過程を入れていき、子どもが単元の学習で習得する知識を様々な場面や文脈で考えることができる単元構成にしたいと考えた。

単元構成を考える上で、「5E指導モデル」(Bybee, 2015)の考え方を参考にする。「5E指導モデル」とは、現在の米国の科学教育の中核に位置しており、「関与 (Engage)、探索 (Exploration)、説明 (Explanation)、精緻化 (Elaboration)、評価 (Evaluation)」のEから始まる単語五つで特徴付けられた局面から構成されている。子どもの深い理解をもたらし、科学的な概念を構成する指導方略である(表2)。

学習指導要領で示されている問題解決の過程と概ね同じ流れであるが、特に「精緻化」の局面において、「探索」の局面とは違った様々な場面や文脈で考えさせることで、知識がそれぞれの場面や文脈とつながり、より理解を深めることができるようになると考える。

平野・高橋(2018)は、「理科の学習活動を5E教授モデルに基づいてデザインすることは、課題文脈を少しずつ換えて習得知識の活用域を広げさせつつ、解決に必要なプロセスやスキルを反復的に用いさせることになり、生徒の理解や資質・能力の到達度を形成的に評価することを可能にするとともに、学習定着を推し進める効果がある」と述べている。

本研究において、「関与」の局面では、日常生活で見られ、単元で習得する知識が考える上で必要となる課題(以下、日常課題)を提示する。子どもが問いをもち、単元の学習に取り組みたいと思うことができるようにする。「探索」の局面では、子どもが問いを解決するために観察・実験を行い、データを収集・分析して探究する。「説明」の局面では、探究した概念を科学的に定義し、説明する。「精緻化」の局面では、「関与」から「説明」の局面で習得した知識を、学習したときとは違った様々な場面や文脈で考えることができる課題(以下、活用課題)を提示する。「評価」の局面では、子どもの記述を基にループリック評価を行い、理解が図れているかを確認する。

[表2 5E指導モデルの各局面で行われる活動]

局面	活動
関与 (Engage)	教師は子どもがこれから学ぶ概念への興味や好奇心を喚起し、既有知識を表出させる。
探索 (Exploration)	教師は「関与」で導入した概念に関する探究活動を子どもに行わせる。
説明 (Explanation)	教師は「関与」と「探索」で子どもが探究した概念を科学的に定義し、説明する。
精緻化 (Elaboration)	教師は説明で子どもが獲得した概念や知識を別の文脈で応用・深化させる。
評価 (Evaluation)	教師は子どものこれまでに学習した概念の理解を評価し、子どもは相互または自己評価を行う。

※荒谷(2022)より引用、修正

3 検証方法

【手だて①】知識を関連付ける支援

単元の学習後に、再度、単元概念地図を子どもに作成させて、どの程度知識が定着しているか評価する。その際、子どもに学習で出てきたキーワードのみを提示して、リンクラベルを記述させながら、概念地図を作成させるようにする。そして、問題解決の過程で作成した概念地図と比較し、知識が関連付けられ、定着できているか評価する。評価は、リンクラベルを記述しながら、適切に関連付けられたキーワードの数を基に、全体のキーワードのうちどの程度定着したか計算する。(例: 5つのキーワードのうち、4つが適切に関連付けられていた場合⇒80%の定着)

【手だて②】学んだときとは違った様々な場面や文脈で考える単元構成

日常生活で見られる事象の原理・原則の意味や根拠、理由について、子どもが単元で習得した知識を適切に使って、見方・考え方を働かせながら説明できているか評価する。評価は、子どもの記述を基にループリック評

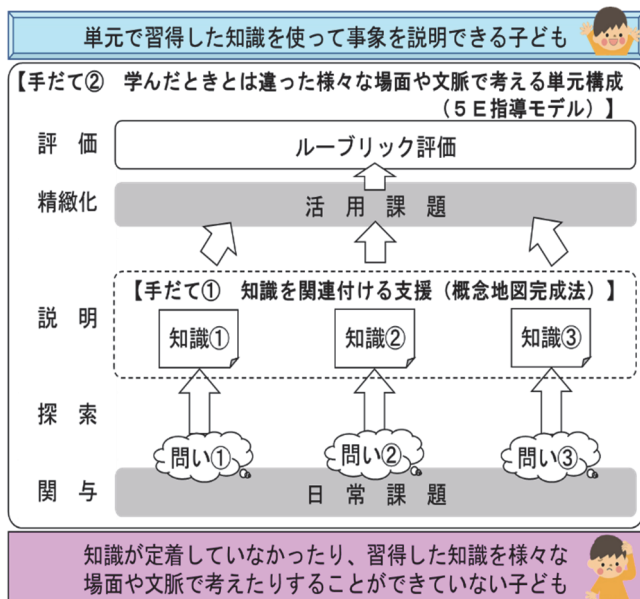
価を行う（表3）。また、子どもの発話記録や事後の振り返りを基に行う。

〔表3 ルーブリック評価の例〕

評価	評価規準
A	事象を説明するために必要な知識を適切に使って、見方・考え方を働かせながら記述している。
B	Aの内容の一部を記述している。
C	Aの内容を記述していない。
D	無回答

V 研究の構想

本研究の研究構想図を図4に示す。



〔図4 研究構想図〕

VI 研究の実際

1 調査対象 名古屋市立A小学校第5学年
19人（男子13人 女子6人）

2 調査時期 2023年5月～7月

3 単元名 植物の発芽と成長

4 調査対象の子どもの実態

調査対象の子どもの、事前調査（設問・アンケート）を実施した（2023年5月）。

設問に対する解答は、以下のように評価した。

〔表4 事前調査（設問）に対する解答類型〕

<p>【設問】</p> <p>びんを開けようとしたら、金属でできたふたがたくて、開かなくなっていました。そこで、ふたを温めたら、開けることができました。その理由を答えましょう。</p>	<p>【正答の条件】</p> <p>○「体積」「大きくなる」という言葉をキーワードとして使って記述している。</p>
--	--

○「金属を温めると、体積が大きくなる」のように、見方（質的・実体的）を働かせて記述している。

評価	解答例	人数
A	金属でできたふたを温めると、体積が大きくなるから。	5
B	ふたが膨らむ（大きくなる）から。	3
C	上記以外の解答	9
D	無回答	2

習得した知識を適切に使って、事象の説明ができている子どもは約26%だった。半数以上の子どもが、事象を説明することができていなかった（表4）。

事前調査（アンケート）においても、「自分の考えを整理して説明することができる」という項目に、約70%の子どもが「あまり当てはまらない・当てはまらない」と答えており、事象を説明することに苦手意識をもつ子どもが多くいることが分かった。

5 手だての実際

(1) 概念地図完成法

ワークシートとロイロノートを併用して使って、2種類の概念地図を用いることにした。

ワークシートでは、初めて概念地図を作成する子どもが、どのように知識を関連付けていけばよいのか分かりやすくなることを目的として作成させた。小单元ごとに「説明」の段階で、考察をリンクラベルとして抜き出し、その中のキーワードを図にまとめる（図5）。

1 ()に入る言葉を書こう

① 種子が発芽するには、()が必要である。
 ② 種子が発芽するには、()が必要である。
 ③ 種子が発芽するには、()が必要である。
 ④ 種子には発芽に必要な()とよばれる()がふくまれている。
 ⑤⑥ 植物に日光を当て、肥料を与えるとじょうぶに大きく育つ。
 植物の成長には、()と()が関係している。

2 図にまとめよう

発芽

① ② ③

成長

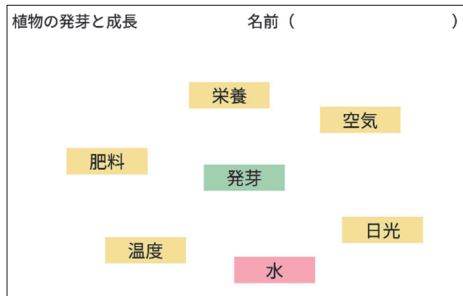
⑤ ⑥

〔図5 ワークシートの概念地図〕

ロイロノートでは、子どもたちがもっている、植物の発芽と成長に関する条件についての知識を表出させることを目的として作成させた。カードにキーワード

を書かせて、発芽と成長に分けて作らせていく。

学習前に子どもがもっていた知識は、カードの色を黄色にする。問題解決を通して、観察や実験後に科学的になったり、関連付けられたりした知識は、カードの色を赤色に変えさせるようにして、加除修正できるようにする（図6）。



〔図6 ロイロノートの概念地図〕

(2) 5E指導モデル

関与～説明

子どもがこれまでの植物を育てた経験から問いを見いだすことができるような日常課題を提示する。日常課題を考える中で、子どもたちがこれまでの生活の中でも持っている知識を表出させ、それらを基に問いをつくる。その後、問題解決の過程を通して、見方・考え方を働かせながら、植物の発芽と成長についての知識を習得させる。

精緻化

習得した知識の理解をさらに深められるような活用課題を提示する。発芽の条件の「発芽に適した温度」「空気」と、成長の条件の「日光」について観察や実験を行う。

評価

植物の発芽や成長に関する場面や文脈を提示して、習得した知識を使って説明させ、評価する。

単元計画は以下ようになる（表5）。

〔表5 単元計画〕

時	学習活動
1 関与	植物の種子が発芽するためには、どのような条件が必要なのかを考え、実験計画を立てる。 日常課題 1年生の子がアサガオの種を植えたら、ある子のアサガオだけ芽が出てきませんでした。芽が出るためには何が必要でしょうか。
2～4 探索・説明	植物の発芽には、「水」「空気」「発芽に適した温度」がそろう必要があることを理解する。
5・6 探索・説明	植物の種子には発芽に必要な養分であるデンプンが含まれていることを理解する。

植物が成長するためには、どのような条件が必要なのかを考え、実験計画を立てる。

7

関与

日常課題

1年生の子がアサガオを育てていたら、ある子のアサガオだけあまり葉がつかず、大きく成長しませんでした。成長させるためには何が必要でしょうか。

8・9

探索・説明

植物の成長には、「日光」「肥料」が関係していることを理解する。

発芽の条件の「発芽に適した温度」「空気」と、成長の条件の「日光」について、理解を深める。

10～12

精緻化

活用課題（発芽に適した温度）

教室（室温約20℃）でトウモロコシの種をぬらした脱脂綿の上に置いていましたが、発芽しませんでした。発芽させるためにはどうすればよいでしょうか。

活用課題（空気）

水中にインゲンマメの種子があります。エアーポンプを使って空気を当て続けるとどうなるでしょうか。

活用課題（日光）

ダイズの種子からもやしを作ってみましょう。

13

評価

植物の発芽や成長に関する場面や文脈を、習得した知識を使って説明する。

6 授業の実際

(1) 第1時

第1時では、日常課題を提示した。子どもは自分たちが1年生のときにアサガオの種子を植えた経験から、種子を植えたときに行ったことや世話の仕方を思い出しながら、発芽に必要なだと思う条件を考えていた。子どもから出てきた条件として、水や日光、肥料（栄養）、温度、空気、土があった。水が必要だと考える子どもが最も多かったものの、子どもによって発芽に必要なと思う条件が様々出てきた。これまでに発芽という事象を当たり前のように見たことがある子どもにとって、発芽に必要な条件をはっきりと答えられず、「何が本当に関係しているのか知りたい」という好奇心を抱いている姿が見られた。子どもから出た条件を基に、問題解決を行うことにした。

(2) 第2～6時

第2～6時では、最初に、発芽に必要なと思う条件の中で多かった「水」が必要かどうかをインゲンマメの種子を使って調べることにした。学級で実験方法を考える中で、子どもから「去年、4年生のときに育てたツルレイシは、種を植える前に水に浸して芽を出したけど、土がなくても発芽したよ」「肥料もあげなかったよね」

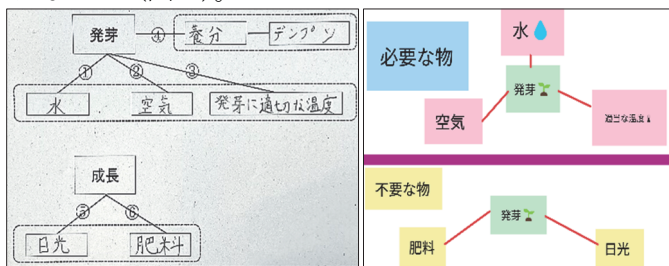
という発言があったため、土と肥料（栄養）は「なし」にした。子どもの考えを集約して、以下のような実験をグループごとに行った（表6）。

〔表6 実験方法（水が必要かどうかを調べる実験）〕

条件	A	B
水	あり	なし
空気	あり	
温度	25℃（室温）	
日光	あり	
土	なし	
肥料（栄養）	なし	

実験結果は、どのグループもAのみが発芽し、植物の発芽には「水」が必要であるということを確認した。

同様に、「温度」「空気」も実験を行い、発芽には「水」「発芽に適した温度」「空気」が必要であるという考察になった（図7）。



〔図7 小単元後の子どもが作成した概念地図
（左）ワークシート、（右）ロイロノート〕

(3) 第7～9時

第7～9時では、植物の成長について、発芽の実験と同じ流れで実験方法を考え、実験を行った。成長には「日光」「肥料」が必要であるという考察になった。

(4) 第10時

発芽の条件の一つである「発芽に適した温度」について、子どもに理解を深めさせるために、活用課題を提示し、トウモロコシの種子を使って実験することにした。トウモロコシは、発芽に適した温度が30～35℃であり、6月の室温では発芽しづらい。

子どもはインゲンマメの実験と同じように「水」と「空気」があることから、「温度」に着目する子どもがいた。「もっと温度が高い部屋に置いてみたい」という実験方法を考える子どもがいた。また、「もしかしたらインゲンマメと違って、他の条件が関係しているのではないかな」と肥料を与えたり、土に埋めたりする子どももいた。

実験結果は、室温が約35℃の部屋に置いたトウモロコシのみが発芽した。実験を通して、植物の発芽には「水」「空気」「適切な温度」の条件がそろわなければならないこと（共通性）や、植物の種類によって発芽に適した温度が異なること（多様性）を理解していた。他にも、イネやダイズ（発芽に適した温度：30℃以上）も教材として使用した。

(5) 第11時

発芽の条件の一つである「空気」について、子どもに理解を深めさせるために、活用課題を提示し、水中に沈めたインゲンマメの種子にエアポンプを使って空気を当て続ける実験を行った。第3時での実験では、インゲンマメの種子が水中に沈んでいると発芽しなかったため、発芽しないと考える子どもや、空気が送られるため、発芽すると考える子どもがいた。

実験結果は、空気を当て続けた2日後に発芽し始めた。子どもからは、「空気があると発芽するんだね」「やっぱり、空気って大事なんだね」といった発言があり、「空気」の必要性を実感して、理解を深めていた。

(6) 第12時

成長の条件の一つである「日光」について、子どもに理解を深めさせるために、活用課題を提示し、ダイズの種子を使った。

日光に当てるものと当てないものを用意して、水と土だけ与えて育てた。日光に当てたものは、緑色の茎になり、当たらないものは普段の生活で目にする白色の茎のもやしになって、日光の有無による成長の違いに気付いていた。

(7) 第13時

植物の発芽に関する場面や文脈を、習得した知識を使って説明できるか、子どもの記述から評価した（2023年7月実施）（表7）。

〔表7 事後調査（設問）に対する解答類型〕

【設問】		
2年生が花だんにトウモロコシの種を植える前、先生が注意することを3つ言いました。 「①土をよくたがやします ②土がかわかないように水をあげます ③温かくなったら植えます」 これを聞いた2年生のAさんが、「どうして先生は3つも注意したの？アサガオはもっと早くに植えてもよかったのに、トウモロコシは温かくなってからなの？」と質問してきました。質問に対して、分かりやすく説明しましょう。		
【正答の条件】		
○「空気」「水」「適した温度」という言葉をキーワードとして使って記述している。 ○「アサガオよりも発芽に適した温度が高いから」のように、見方（共通性・多様性）を働かせて記述している。		
評価	解答例	人数
A	空気が土の中に入ることや水があること、適した温度が必要だから。トウモロコシは、アサガオよりも発芽に適した温度が高いから。	8
B	水や温度が必要だから。	7
C	上記以外の解答	4
D	無回答	0

Ⅶ 手だての検証と考察

1 概念地図完成法

概念地図を作成したことで、子どもが言葉同士のつながりを考え、知識を関連付けることができた。また、知識の定着にも有効だった（表 8）。初めて概念地図を作成する子どもにとって、ワークシートの未完成の概念地図があったことで、作成することに戸惑う姿は見られず、作成する上で役立っていたと考えられる。ロイロノートで作成した概念地図では、子どもがもっている知識が観察や実験を通して科学的に変容していき、子どもが学びを確かめていた。約 70%の子どもが、リンクラベルを記述しながら、すべてのキーワードを適切に関連付けることができた。

[表 8 キーワードを関連付けられた人数 n=19]

関連付けた キーワードの数	5つ	4つ	3つ	2つ	1つ
人数	13人	3人	3人	0人	0人

2 5E指導モデル

設問に対する回答の推移（事前調査と事後調査）は以下ようになった（表 9）。

[表 9 人数の推移 n=19]

評価	A	B	C	D
人数（事前）	5人	3人	9人	2人
人数（事後）	8人	7人	4人	0人

事前調査よりも、A・B評価の子どもの数が増えており、習得した知識を適切に使って、事象の説明ができていた子どもが増えた。D評価の子どもの数がなくなり、ほとんどの子どもが習得した知識を使って説明することができていた。

また、精緻化の局面で、以下のような子どもの発言があった（表 10・表 11）。

[表 10 精緻化の局面での子どもの発言（第 10 時）]

- C1:「室温に置いたぼくのトウモロコシは、全然芽が出なかったよ」
 C2:「温かいところに置いておいたトウモロコシは発芽しているね」
 C3:「その植物にあった温度が大切なんだね」

[表 11 精緻化の局面での子どもの発言（第 11 時）]

- C4:「種を水没させてるのに、芽が出てきているよ」
 C5:「前に実験したとき、水没させてるだけの種は腐っちゃたのにね」
 C6:「発芽したのは、ポンプで空気を当て続けたからだね」
 C5:「やっぱり空気って、発芽に必要なんだよ」

C3 や C5 の発言のように、習得した知識をもう一度確認したり、さらに深められたりしたことで、子どもの理解を深めることができた。

Ⅷ まとめと課題

本研究では、概念地図によって子どもの知識を関連付けたり、様々な場面や文脈で考える単元構成を行ったりすることは、深い学びの実現に有効であることが分かった。

一方で、十分に理解できない子どももいたため、方法のさらなる改善を図りたい。今後は、精緻化の局面において、子ども同士の対話がより活発になるような課題を設定し、対話によって理解が深まるようにしていきたい。

<参考・引用文献>

- ・Grant Wiggins・Jay McTighe（2012）「理解をもたらすカリキュラム設計—『逆向き設計』の理論と方法」（西岡加名恵訳）日本標準，8
- ・荒谷航平・國府島将平・橘優汰・永山昌史・高橋一将（2022）「日本の中学校理科における BSCS 5E 教授モデルの活用—水圧と浮力に着目して—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集第 20 号』，178
- ・石井英真（2015）「今求められる学力と学びとは—コンピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影」日本標準
- ・石井英真（2020）「授業づくりの深め方『よい授業』をデザインするための 5 つのツボ」ミネルヴァ書房
- ・大貫守（2018）「R.W.バイビーの 5E 指導モデルに関する検討—R.カープラスの学習サイクルとの比較を通して—」『京都大学大学院教育学研究科紀要』64，373-385
- ・岡直樹・今永久美子（2012）「小学生の理科学習に及ぼす概念地図作成の効果」『学校教育実践学研究』第 18 巻，11
- ・小川博士・松本伸示（2012）「オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が科学的知識の理解に与える効果:小学校第 6 学年理科「ものの燃え方」を事例として」『理科教育学研究』52(3) 2012-03，43-53
- ・加藤尚裕・岩崎隆（2007）「知識の構造化を促す未完成概念図の利用について:小学校第 5 学年『てこのはたらき』の学習を通して」『国際経営・文化研究』12(1)，49-61
- ・国立教育政策研究所（2015）「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 1」，51
- ・国立教育政策研究所（2022）「令和 4 年度全国学力・学習状況調査報告書 小学校理科」，49・73
- ・鈴木一成・森本信也(2013)「科学的な思考力・表現力を育成する理科授業を支援するための評価の研究—理科授業デザインを支援するためのパフォーマンス評価—」『理科教育学研究』54(2)，201-214
- ・田村学（2018）「深い学び」東洋館出版社，24・52
- ・奈須正裕（2015）「教科の本質から迫る コンピテンシー・ベースの授業づくり」図書文化，28-29
- ・平野俊英・高橋一将（2017）「アメリカの教育課程と理科の学習活動の特色」『理科の教育』65(771)，5
- ・皆川順（2001）「概念地図法による知識獲得支援の研究」風間書房
- ・森田和良ら（2016）「アクティブ・ラーニングの授業展開 小学校理科」東洋館出版，11
- ・文部科学省（平成 29 年）「小学校学習指導要領解説総則編」，