

科学的に探究する子供を育成する理科学習指導

素朴概念を活かした教材の開発と構成を通して

筑紫野市立原田小学校
教諭 橘 穂 乃 果

こんな手立てによって…

子供の素朴概念を活かした教材開発と構成を次のように工夫した。

- ① 子供の科学的事象に対する素朴概念の把握
- ② 素朴概念を揺さぶり知的葛藤を生み出す教材の開発
- ③ 素朴概念から科学概念への変容・更新を促進する教材の配列

こんな成果があった！

科学的に探究する子供として、次の姿を実現することができた。

- ① 自分独自の問いや予想にこだわりをもって観察・実験を行う姿
- ② 納得解を得るまで友達と協働して繰り返し観察・実験を行う姿
- ③ 素朴概念を価値ある科学的な概念へと自ら変容・更新させる姿

1 考えた

これからの時代は ICT や AI が人間に代わり多くの労働を担う社会になることが予想される。このような時代において、初等理科教育で育成すべき資質・能力は、自分の予想に基づいて探究方法を計画したり、自分の納得がいくまで、他者と協働しながら探求し続けたりする「科学的に探究すること」であると考えている。また、平成 30 年度全国学力・学習状況調査の児童質問紙調査結果から自らの従来の理科授業実践を省察すると、子供の探究心を喚起することよりも、形式的な問題解決の授業に陥っていたのではないかと考えた。そこで、子供が科学的に探究する理科学習指導を目指し、子供の素朴概念を探究の出発点とし、探究する子供の 3 つの特性が発揮できるような教材開発と構成の在り方を究明することを目標に研究に取り組むことにした。

2 やってみた

第 3 学年の理科における「音のふしぎ」、「電気の通り道」の 2 つの単元で実践を行った。実践授業 1 「音の不思議」では、声の伝わりについての子供の素朴概念を把握し、糸電話の糸をストロー・木・針金に変えた「◇◇電話」の教材の開発と構成を工夫した。実践 2 「電気の通り道」では、電気の通り道についての子供の素朴概念を把握し、導線の長さ・形・高さを変えた事象の教材の開発と構成を工夫した。これらのような子供の素朴概念を基に開発、構成した教材によって、子供が自分の問いや予想にこだわりをもって観察や実験を主体的に繰り返し行うことができた。

3 成果があった！

子供の素朴概念を基にして、素朴概念とずれのある教材開発とその効果的な構成を工夫し、単元の学習を構成することは、子供が主体的に事物と関わり、多面的な視点で科学的な概念を構成することに有効であった。

科学的に探究する子供を育成する理科学習指導

素朴概念を活かした教材の開発と構成を通して

1	主題設定の理由	3
	(1) 現代社会が要請する次世代を担う人材育成の観点から	3
	(2) 科学的に探究することに係る子供の実態から	3
2	主題の意味	4
	(1) 「科学的に探究する」とは	4
3	副主題の意味	6
	(1) 「素朴概念」とは	6
	(2) 「素朴概念を活かした教材の開発と構成を通して」とは	6
4	研究の目標	6
5	研究の構想	7
	(1) 研究の仮説	7
	(2) 研究解明のための具体的構想	7
	(3) 研究の全体構想	8
	(4) 研究の評価方法	9
5	研究の実際	10
	(1) 実践1 第3学年 単元「音のふしぎ」	10
	(2) 実践1についての考察	15
	(3) 実践2 第3学年 単元「電気の通り道」	16
	(4) 実践2についての考察	21
	(5) 全体考察	24
6	成果と課題	25
	<参考文献>	25

科学的に探究する子供を育成する理科学習指導

素朴概念を活かした教材の開発と構成を通して

筑紫野市立原田小学校
教諭 橘 穂 乃 果

1 主題設定の理由

(1) 現代社会が要請する次世代を担う人材育成の観点から

首相官邸に設置された教育再生実行会議は、Society5.0時代の到来が、社会の在り方を劇的に変えると提言し、ICTやAIが人間に代わり多くの労働を担う社会になると想定している。本提言を受け、これからの学校教育は、Society5.0時代に主体的に対応する人材の育成が強く求められているといえる。また、これと期を一にしてSTEAM教育の重要性が国内で強く主張され、幅広い分野で新しい価値を提供できる人材の育成は喫緊の課題である。このことに呼応するように、辻合・長谷川(2020)は、「変化に立ち向かいその変化をよりよい方向に向かわせることのできる人物像が求められていることが分かる。」と社会の急激な変化に対応する教育の重要性を示唆している。また、松尾(2016, 国立教育政策研究所)は、「『社会を生き抜く力』には問題解決能力、コミュニケーション力、創造力が必要である」と、学校教育で特に重点を置く必要がある資質・能力について言及している。

このようなVUCAな時代において、初等理科教育で育成すべき資質・能力は何であろうか。私は、自分の予想に基づいて学習を計画したり、自分の納得がいくまで、他者と協働しながら学び続けたりする「科学的に探究すること」であると考え。この資質・能力は、中央教育審議会答申(2021)「令和の日本型学校教育」において提言された、今後の義務教育段階で育成が強く求められている情報活用能力や問題発見・解決能力を理科の視点から見た資質・能力そのものであり、本研究は、現代的な理科教育への要請を実現する上で意義深いと考える。

(2) 科学的に探究することに係る子供の実態から

① 平成30年度全国学力・学習状況調査の結果から

私は平成30年度全国学力・学習状況調査の児童質問紙調査において、「理科の授業で、自分の考え(や考察)を周りの人に説明したり発表したりしていますか。」という質問に対し、全国的な状況として45.3%の子供が「できない」「ほとんどできていない」と回答していることに、注目した。本校においても、本調査項目に対する児童の回答は44.7%と、全国的な傾向と同様な傾向であり、理科学習の改善が強く求められているといえる。また、この結果から自らの従来の理科授業実践を省察すると、子供にとって真に探究したくなる問題が提示されていたのか、自分なりの考えを粘り強く深めることができる探

究の場となっていたのか、といった課題が浮かび上がる。つまり、子供の探究心を喚起することよりも、形式的な問題解決の授業に陥っていたのではないかと考えるのである。このことに関連して、藤井(1996)は、「学習活動の展開の形式的なまとまりが重視され、子供たちそれぞれの内面での追究の連続性に考慮が向けられていない。」と従来の問題解決学習を厳しく批判している。ここから、子供の科学的な探求を重視した理科授業を実現することは私の喫緊の課題であると考えられ、本研究主題を設定するものである。

② 本校第3学年の実態から

本校3年1組児童に理科学習について調査したところ、資料1の結果を得た。

【資料1】 理科学習についてのアンケート（令和2年6月1日実施）、3年1組児童39名

調査1 理科の学習は好きですか。

- 結果：好き：11名（28.2%）
 - どちらかといえば好き：18名（46.2%）
 - どちらでもない：4名（10.3%）
 - どちらかといえば好きでない：5名（12.8%）
 - 好きでない：1名（2.6%）

調査2 調査1で「好き、どちらかといえば好き」と答えた人に聞きます。調査1で「好き、どちらかといえば好き」と答えた理由は何ですか。自分の考えを自由に書いてください。

- 主な回答（29名中）
 - ・実験が楽しいから：12名（41.4%）
 - ・結果が出るのが楽しいから：6名（20.7%）

この調査結果から、私の令和2年5月時点までにおける実践においては、子供は理科学習の価値（自分の予想を基に探究方法を計画したり、自分の納得のいくまで探究を継続したりすること）を十分に感得できていないことが明らかになった。その原因として、これまでの私の実践では、子供に予想、実験、考察をさせる場はあったものの、前述したような形式を優先した指導に陥っており、子供が理科の見方・考え方を働かせる探究的な学習が実現できていなかったと考える。また、その原因として、探究的な学習の基盤となる子供の素朴概念を的確に把握せずに学習指導を進めていたことが考えられる。その結果、子供が学習を自分事として捉え、科学的に探究することを実現することができていなかったと考えられる。

そこで、子供の素朴概念を基に、価値ある「子供の科学の場」を開発することで、科学的に探究する子供を育成したいと考え、本研究主題及び副主題を構想するに至った。

2 主題の意味

（1）「科学的に探究する」とは

主題に掲げた「科学的に探究する」ことを定義するにあたり、前述した藤井(1996)の問題解決学習の捉え方及び石井(2014)の科学的探究の意味についての論文を参考にした。藤井は、問題解決学習における探究活動を「友だちなどの他者とよりよく『かかわり合い』ながら、『自分なりの考え』を粘り強く深めるという学習活動である」と、主に活動に係る態度的な側面から定義している。また、石井は D,Hawkins の科学教育論を参考に、科学的

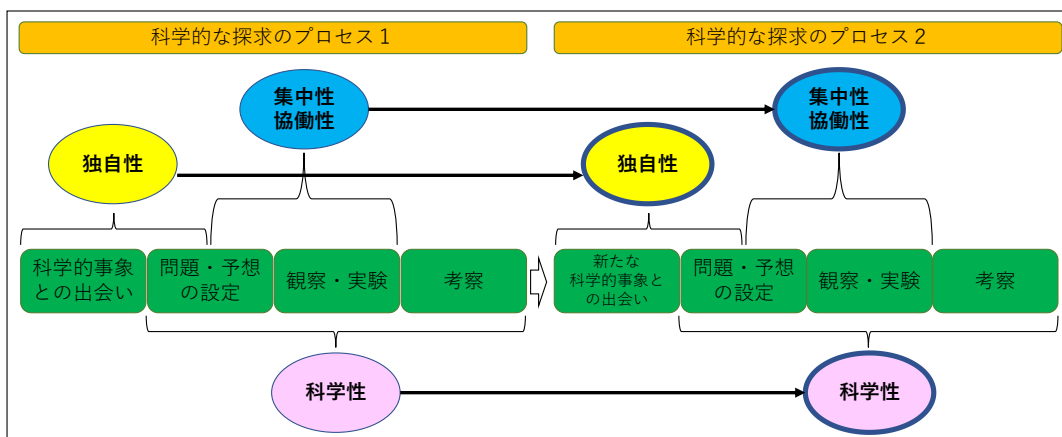
に探究することを「子供自身が、自然の中に存在する主題を探り、構造化するプロセスである」と、主に活動の所産に係る価値的な側面から定義している。そこで、本研究においては、科学的に探究することを、藤井の定義による態度的側面と石井の定義による価値的側面の両面から、次のように定義する。

科学的に探究するとは、子供が自分独自の問いや予想にこだわりをもって観察や実験を主体的に繰り返し行い、多面的に考察することから、科学的な概念を構成することである。

また、この定義を基に、目指す子供像とその特性を次のように規定する。

- 科学的な事象について、既存の知識・技能を基に、強い問題意識をもち、独自の予想を設定することができる子供 【独自性（態度的側面）】
- 自らの問題意識や予想を解決するために、友達と協働して繰り返し観察や実験を遂行することで、納得解を見出すことができる子供【協働性・集中性（態度的側面）】
- 予想及び観察・実験の結果から自らの問題意識について多面的に考察することで、既存の知識・技能を価値ある科学的な概念へと変容・更新させることができる子供【科学性（価値的側面）】

理科学習のプロセスと対応させた、3つの特性の関係を図1に示す。



【図1】 科学的な探究のプロセスと子供像の特性との関係

前述の3つの特性は、図1に示すように、理科学習の一連のプロセスにおいて発揮される特性として捉える。具体的には、図1左側部分（科学的な探求のプロセス1）に示すように、独自性は、科学的な事象との出会いから問題を設定し、予想を設定する場面で強く発揮される特性である。次に、集中性・協働性は、問題・予想を設定し、観察・実験を遂行する場面で発揮される特性である。最後に、科学性は予想、観察・実験を統合した考察の場面で発揮される特性である。このように、科学的な探求のプロセスの中で、目指す子供像の3つの特性は発揮されることになる。また、上図に示すように、独自性、集中性・協働性、科学性が発揮できる科学的な探究プロセスを連続的・発展的に位置付けることで、プロセス1の体験において発揮した3つの特性を、プロセス2においても活用することが可能になると考える。このことから、より本質的な科学概念へと自らの概念を変容・更新させることができると考えるのである。

この科学概念を変容・更新させるための具体的方途について、次から具体的に論述する。

3 副主題の意味

(1) 「素朴概念」とは

科学的に探究する子供を具現化するためには、探究の出発点として、子供の既存の知識・技能が表出され、それをもとに問いや予想を構成することが大切になると考える。そこで、本研究においては、子供の既存の知識・技能としての素朴概念に着目した。堀（1998）は、素朴概念について「子供の学習前や学習後にもっている科学的に精緻化されていない概念」と定義しているが、本研究においては、学習前の素朴概念に着目して次のように定義する。

素朴概念とは、子供が生活や既習の学習から、自らの経験知に組み込んだ、自然事象に関する知識のことである。

子供の素朴概念は、堀の指摘するように、科学的でない知識も含まれているが、子供なりの自然事象や科学事象への見方・考え方や物事の分かり方・納得の仕方といった認知的に重要な側面があると考えられ、子供独自の自然事象への関わりと密接な結びつきがあると考えられる。つまり、素朴概念は、子供の学習へのこだわりの原点であり、素朴概念を活かすことで、子供は主体的に探究することが可能になると考える。

(2) 「素朴概念を活かした教材の開発と構成を通して」とは

素朴概念を活かした教材の開発と構成とは、①子供の科学的事象や現象に対する素朴概念の把握、②素朴概念を揺さぶり知的葛藤を生み出す素材の教材化、③素朴概念から科学概念への変容を促進する教材の配列、の3つのプロセスで科学的探究を設計することである。

前述した通り、本研究の目指す子供像は、独自性、集中・協働性、科学性の3つの特性もっている。まず、子供の独自性、集中・協働性を発揮させるためには、子供が科学事象について、どのような捉えをしているのか、また、これまでにどのような関わりを経験知として有しているのかについての的確に把握することが必要である。その上で、子供が自分のこだわりをもって科学概念を構成するために有効な素材を開発し、教材化する必要がある。さらには、子供の科学性を発揮させるために、初めは子供の素朴概念から容易に解決可能な教材を提示し基本的な科学概念を形成させた上で、次に子供がずれを感じるような教材を提示し科学概念の変容を促すといったように、教材の効果的な配列が必要になると考える。このような教材の開発と構成を通して、子供は自分のこだわりを発揮して繰り返し探究をしていくことが可能になり、素朴概念からより本質的な科学概念への概念変容・更新を促進することができると考える。つまり、科学的に探究する子供の学びが素朴概念を活かした教材により実現することができると考えるのである。

4 研究の目標

科学的に探究する子供を育成するために、子供が自分独自の問いや予想にこだわりをもって観察や実験を主体的に繰り返し行い、多面的に考察することを実現するための、素朴概念に基づく教材の在り方とその構成について究明する。

5 研究の構想

(1) 研究の仮説

子供の素朴概念を活かした教材の開発と構成について、次の3点を工夫すれば、子供は理科の見方・考え方を働かせた理科学習の取り組みが可能となり、科学的に探究する子供を育成することができるであろう。

(仮説1) 子供の科学的事象に対する素朴概念の把握

子供の素朴概念を想定したレディネステストを開発し、実施することで、子供は事象をどの程度、科学的に捉えているのか、また、事象に対してどのような経験知をもっているのかを同定する。ここから、子供が興味・関心や不思議さを喚起することのできる教材を開発することができるであろう。

(仮説2) 素朴概念を揺さぶり知的葛藤を生み出す教材の開発

レディネステストで想定した教材を基に、子供の素朴概念と比べて「素朴概念とのズレがほとんどない教材」「少しズレがあり、素朴概念の変容を促す教材」「ズレが大きく、素朴概念の更新を促す教材」の3つの視点から選定・開発する。このことから、効果的に子供の素朴概念を揺さぶり、知的葛藤を生み出すことのできる教材を開発することができるであろう。

(仮説3) 素朴概念から科学概念への変容・更新を促進する教材の配列

子供の素朴概念を活かした教材を、「素朴概念をそのまま『使う』」「素朴概念を『検討する』」「素朴概念を『更新する』」という単元の学習の3つの段階に位置づけ、繰り返し探究することのできる配列を行う。このことから、子供は自らの素朴概念を科学概念へと段階的に変容・更新させることができるであろう。





(2) 仮説解明のための具体的構想

① 子供の科学的事象に対する素朴概念の把握のための具体的構想

素朴概念の把握に関しては、次の3つのステップで構想を行う。

- | | |
|---|-------------------------------|
| ア | 子供の興味・関心や考えのずれ、不思議さを喚起する教材の想定 |
| イ | 想定した教材を用いたレディネステストの実施 |
| ウ | レディネステストの分析に基づく、子供の素朴概念の同定 |

子供の素朴概念を把握するために、本研究では、まず教科書や問題集等を参考に、子供の興味関心や考えのずれ、不思議さを喚起することのできる教材を想定する。次に、その教材を用いたレディネステストを実施する。さらには、レディネステストの結果を集計し、働かせた素朴概念について把握する。例えば実践1の第3学年単元「音のふしぎ」の学習では、糸電話の糸をストローやモール、割りばし、針金、ゴム、スズランテープ、ひもに変えた教材を想定した。それらの教材に対して写真1のようなレディネステストを開発・実施した。

① ストローを使った糸電話		伝わる ・ 伝わらない
		わけ
② モールを使った糸電話		伝わる ・ 伝わらない
		わけ
③ 割りばしを使った糸電話		伝わる ・ 伝わらない
		わけ
④ はり金をを使った糸電話		伝わる ・ 伝わらない
		わけ

【写真1】子供に提示したレディネステスト

レディネステストでは、それぞれの教材に対して声が「伝わる」か「伝わらないか」を判断させるとともに、そのように判断した理由を子供に記述させた。この記述内容を教材ごとに分析したり、複数の教材を関連づけて分析したりして、子供がどのような教材で科学概念を適用することができるのか、また、どのような素朴概念を有しているのかを同定した。

② 素朴概念を揺さぶり知的葛藤を生み出す教材の設計のための具体的構想

教材の設計に関しては目指す子供像の3つの特性に基づき次の3点に着目して行った。

- ア ①で想定した教材の中から、子供の誤りが多く、疑問を喚起する教材(科学性・独自性)
- イ 何度でも繰り返し実験が可能であり、様々な視点をもつことができる教材(集中性)
- ウ 子供が1人では活動が困難である教材(協働性)

また、効果的な教材を設計するために、まずはレディネステストで把握した素朴概念と、単元で育成したい科学概念を明らかにした。その上で、子供の素朴概念とねらいとする科学概念とのズレを確認し、教材を選定した。次に、観察・実験を行う際には、他者との交流が生まれる活動ができる教材、子供が自分のこだわりに基づいて繰り返し探究することが可能な実証性・再現性のある教材の観点から再設計した。例えば、「音のふしぎ」の学習では、糸電話を使うことで必ず2人で実験を行わなければならないこと、何度でも同じ結果になるように針金や木、ストローのような安定した素材を選定したのである。また選定する際には、実験によっては、結果にばらつきがあり、誤概念の形成を誘発する可能性のある教材は避けることとした。

③ 素朴概念から科学概念への変容を促進する教材の配列のための具体的構想

まず、本研究では単元を素朴概念から科学概念へと概念変容を促す学習のプロセスと捉え、単元を次の3つの段階で構成した。

- ア 素朴概念を使う段階
- イ 素朴概念を検討する段階
- ウ 素朴概念を更新する段階

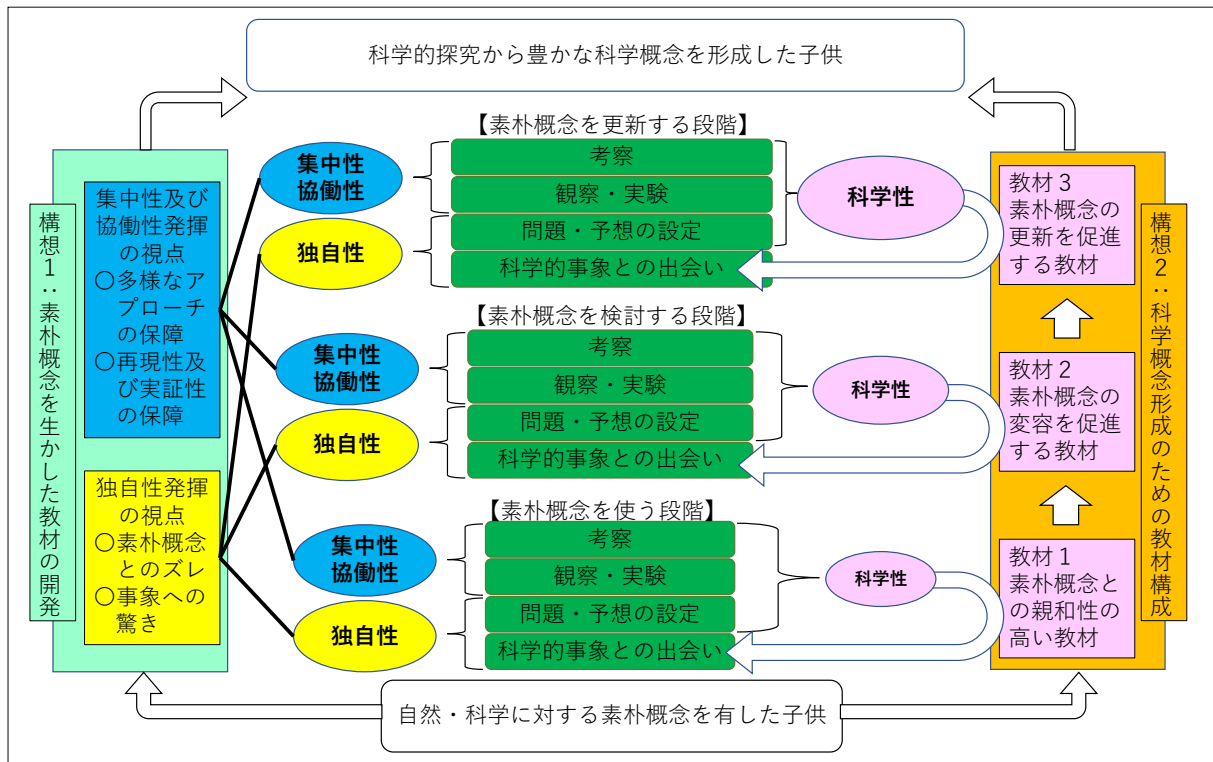
そして、②で再設計した教材を使って、子供の素朴概念を獲得させたい科学概念に近づけていくための教材の構成として、段階ごとの視点を決定し、視点に応じた教材を配列した。例えば「音のふしぎ」では以下のような教材の配列を行った。

段階	教材選定の視点	教材の具体 (音の不思議の場合)
素朴概念を使う段階	素朴概念との親和性の高い教材	ストロー電話
素朴概念を検討する段階	素朴概念の変容を促進する教材	針金電話, 木電話
素朴概念を更新する段階	素朴概念の更新を促進する教材	バネ電話

上記の3つのプロセスで教材開発と構成を工夫した学習活動を展開することで、科学的に探究する子供を育成することができると思われる。

(3) 研究の全体構想

前述の研究の具体的構想を、単元の3つの段階および探究のプロセスから整理すると次ページ図2の研究の全体構想図のようにまとめることができる。



【図2】 研究の全体構想図

(3) 研究の評価方法

研究の評価方法としては、開発した教材の有効性及びその配列の効果を検証するために、表1に示すとおり、学習前の素朴概念の状況（評価①）、子供の学習中における省察の状況（評価②）、単元の終末段階における子供の科学的概念の形成状況及び変容（評価③）の3点から評価することとする。また、評価方法としては、子供の選択・判断及びノート記述内容を質的観点と量的観点の2つの観点から分析することとする。

【表1】 研究の評価方法と内容

評価	評価方法	評価内容	判断基準
評価①	子供の学習前の素朴概念を整理し、予想の記述にある見方・考え方につながるキーワードを記述している子供の数を集計し、評価する。(質的調査)	提示する事象を工夫することで、見方・考え方を働かせた予想をすることができること。	予想の根拠に日常生活場面や既習事項を想起した記述がある。
評価②	子供の予想の集計と考察内容を整理した集計とを比較して評価する。(量的調査)	提示する事象の順序を工夫することで、子供が省察をしながら探求できること。	予想での子供の考えの傾向が、考察場面で科学概念へと変容させている子供が7割に達している。
評価③	単元終末段階に子供に見出した規則性を検証する場を考えさせたり活用問題に取り組みせたりして、その記述内容のキーワードの数を集計して評価する。(量的調査)	検証する方法を考えさせる活動を設定することで、素朴概念を科学概念へと変容させることができること。	検証方法の内容が的確なものである子供の割合が4割に達している。

5 研究の実際

(1) 実践1 第3学年 単元「音のふしぎ」

① 単元目標

- 音が出るときには物が震えること、音の大きさによって震え方が異なること、声が伝わるためには間にあるものが震えていることを理解している。 【知識・技能】
- 音の性質について観察・実験を行い、自分の素朴概念との差異点や共通点を基に問題を見出すとともに、理科の見方・考え方を働かせて、問題を解決している。 【思考・判断・表現等】
- 音の性質についての事物・現象に進んで関わり、他者と関わりながら粘り強く問題解決しようとしている。 【主体的に取り組む態度】

② 子供の音に対する素朴概念と研究構想の具体化

子供に糸電話で遊ばせた後に、「音がどうして聞こえたのか？」というアンケート調査を実施した結果、糸の太さが関係あり、声が糸の隙間を通して伝わっているという考えや、紙コップの中で声が響いているからという考えが見られた。中には「震え」という音の特性に気付いた子供もいたが、そのことを的確に説明することはできていなかった。そこで、子供たちの音の伝わり方に対する素朴概念をより詳しく調査するために、糸電話の糸の部分をストック、モール、割りばし、針金 等に変えたものを提示したレディネステストを実施した。その結果をクロス集計したものを次に示す。

○ 空洞の有無に対する音の伝わり方の認識（素朴概念）について

素材の材質		割りばし		合計
		伝わる	伝わらない	
ストロー	伝わる	0	25	25
	伝わらない	0	12	12
合計		0	37	37

素材の材質		針金		合計
		伝わる	伝わらない	
ストロー	伝わる	20	5	25
	伝わらない	11	1	12
合計		31	6	37

【表2】空洞における素朴概念に関するクロス集計

この結果から分かることは、割りばしは伝わらないけれど、ストローは伝わるとした児童が25人、割りばしでもストローでも伝わらないとした児童が12人いることである。ストローでは伝わり、割りばしでは伝わらないとした子供が25人いたことから、「声が空洞のようなところを通して伝わる」という素朴概念を多くの子供が形成していると考えた。また、ストローも針金も伝わるとした子供が20人いることから子供が◇◇電話の間の素材の太さに着目しているのではないかと考えた。

○ 素材の固さ・太さの違いに対する音の伝わり方の認識（素朴概念）について

素材の材質		針金		合計
		伝わる	伝わらない	
割りばし	伝わる	0	0	0
	伝わらない	31	6	37
合計		31	6	37

素材の材質		針金		合計
		伝わる	伝わらない	
モール	伝わる	11	1	12
	伝わらない	20	5	25
合計		31	6	37

【表3】 固さ・太さにおける素朴概念に関するクロス集計

前述した通り、子供が太さに着目していると考えたため、どちらも固い素材で太さの異なる割りばしと針金を素材とした音の伝わり方について調査した。すると、割りばしは伝わらないが針金は伝わると思う子供が31人いることが分かった。子供の記述内容を見ても、「針金は糸のように細いから」という内容が多く見られた。このことから、子供は「固くても、糸と同じように細い針金では声が伝わる」という素朴概念を形成していると考えた。子供は固さに着目するのではないかと考えていたが、固さに着目しているのではなく太さに着目しているということが推測できた。

また、同じ針金であるモールと針金との調査をしたところ、モールは伝わらないと考えている子供が多くいた。またその理由をみると、モールの周りの毛の部分が悪魔になると考える子供が多かった。このことから、子供は、振動を阻害するものがあるときには声が伝わらないという素朴概念を形成しているということが推測できた。

○ 本時における素朴概念及び科学概念

本時学習では、次のように子供の素朴概念を科学概念に変容させることをねらいとした。

<p>〈素朴概念〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 糸電話で声が伝わるのは、糸の中に穴が開いていて、その間を声が粒のように通っている。 ○ 糸よりも太いものは、声を伝えることはできない。 <p>声は、糸のような細いものの中を水のように通って、相手に伝わる。</p>	➔	<p>〈科学概念〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 声が伝わるときには、紙コップや間にあるものが震えていること。 ○ 声は物の固さや太さ、空洞の有無に関わらず、物が震えることで相手に伝わっていること。 <p>声は、物の固さや太さなどに関わらず、震えることで相手に伝えることができる。</p>
---	---	--

○ 教材の開発の実際

先に示した素朴概念を基に、実践1では①「声が空洞を通過している」という素朴概念からストロー電話を、②「糸と似ていて細長いから声が伝わる」という素朴概念から針金電話を、③「固くて太いと伝わらない」という素朴概念から木電話といった教材を開発した。



【写真2】ストロー電話



【写真3】針金電話



【写真4】木電話

これらの教材は「糸電話がなぜ声を伝えることができるのか」という問題に取り組むより前に提示し、子供が「震えることで声が伝わる」という概念に自ら近づくことができることをねらいとした。

特性	特性の内容
独自性	子供が「固くて曲がらないので伝わらない」という誤った概念をもっている木電話を教材とすることで、子供の疑問を喚起し声が伝わる共通性に着目させることができる。
集中性	何度でも繰り返して実験をすることが可能であり、素材の形や特徴がそれぞれ異なるので、「空洞」「太さ」「固さ」「震え」と様々な視点をもって実験を行うことができる。
協働性	◇◇電話は2人1組でなければ実験をすることが不可能であるため、実験を行う際に他者と対話をしたり、他者の視点と自分の視点とを比較したりしながら実験をすることができる。

○ 開発した教材の構成の実際

本単元では、3つの教材をストロー電話、針金・木電話という順序で提示することとした。まず、素朴概念を使う段階では、子供の素朴概念がストロー電話によって「声が紙コップの間の物を通して相手に伝わっている」という概念と「空洞によって声が伝わる」という概念に焦点化することをねらいとした。次に、素朴概念を検討する段階では、空洞のない針金電話・木電話を提示することで、「空洞がなくても声が伝わる」という概念への変容を促し、子供が新たな視点に着目し、探究することをねらいとした。さらに、素朴概念を更新する段階では、子供が3つの教材によって得た「震えによって声が伝わるのか」ということを調べる学習を位置づけ、最後にバネ電話を用いて、子供の素朴概念を「間の物の固さや太さに関係なく、震えることで声が伝わる」という概念に更新することをねらいとする。

【資料2】教材配列でねらう子供の科学概念の変容について

段階	素朴概念を使う段階	素朴概念を検討する段階	素朴概念を更新する段階
子供のもっている素朴概念	空洞の中を声が伝わって声が伝わる	空洞があると声は伝わる。	穴がなくても、硬くても声は伝わる。
ねらいとする科学概念	◇◇電話は紙コップの間を通して声が伝わっている。空洞があると声が伝わる。	穴がなくても、硬くても声は伝わる。	声が伝わるのに硬さや太さは関係がなく、物が震えると声は伝わる。

③ 単元構成

既存の単元計画（全6時間）	本研究での単元計画（全8時間）
1 楽器や身の回りの物を使って音を出し、気づいたことを出し合う。①	1 身の回りの物を使って音を出し、気づいたことから、学習問題をつくる。①
2 音の大きさを変えた時の物の震え方の違いを比べながら調べる。 (1) 音が出ているときの物の様子について調べる。① (2) 音を大きくした時と小さくした時の物の震え方の違いについて調べる。①	2 音が出ているときの物の様子調べたり、音を大きくした時と小さくした時の物の震え方の違いについて調べたりする。 (1) 音が出ているときの物の様子について調べる。① (2) 音を大きくした時と小さくした時の物の震え方の違いについて調べる。①
3 音が伝わる時の物の震え方を比べながら調べる。 (1) 音が伝わる時の物の震え方を調べる。① (2) 4人で話ができる糸電話を作る。①	3 ○○電話を使って、音の伝わりと震えの関係について調べる。 (1) ○ストロー電話で声が伝わるかを調べる。① ○木や針金電話でも声が伝わるかを調べる。① (2) 音が伝わるのはどうしてかを調べる。①
4 練習問題を行う。①	4 学習内容を生かして、楽器作りをする。②

④ 指導の実際

○ 素朴概念をそのまま活用する段階の実際（4/8時間）

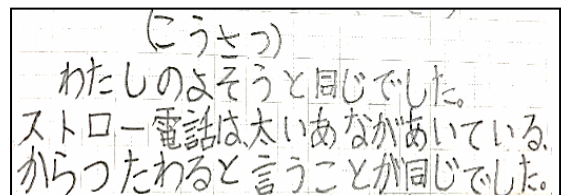
この段階ではストロー電話を提示し、◇◇電話で声が伝わるのは穴があることに関係がありそうだという誤概念を誘発させ、「穴がなければ声は伝わらないのか」という新たな疑問をもたせることをねらいとした。教材を見た子供たちは「穴がある」「糸よりも固い」「太い」などと教材の特徴を捉えていた。子供たちが見つけた特徴から「ストロー電話でも声は伝わるのだろうか」という問題を見出した。ストロー電話を見た24人が「伝わる」、13人が「伝わらない」と予想をした。予想に対する根拠は表4の通りである。子供は自分がストローを使った経験から、「穴が開いている」という特徴に着目して根拠を述べていた。また、伝わらない根拠としてはストローの「太さ」「固さ」に着目していた。その後、子供たちは自分の予想を基にして実験・考察をした。実験中、子供たちは声が伝わることを楽しみながら何度も繰り返し実験を行っていた。繰り返し実験を行ううちに、紙コップだけでなくストローを触りながら実験をする子供の姿も見られた。(写真5) 実験後の考察では、「穴が開いていれば声が伝わる」と記述した子供が18人(写真6)、「太くても声が伝わる」とした子供が1人、「震えていたから」とした子供が8人という結果となった。

【表4】子供の予想の根拠

伝わる 24人	伝わらない 13人
<ul style="list-style-type: none"> ・穴が開いている。 ・太くてかたい。 ・穴で声が跳ね返る。 ・ジュースを飲むときに震えた。 ・まっすぐ ・ジュースと同じように声も通る。 ・声が響く 	<ul style="list-style-type: none"> ・糸よりも太い。 ・穴が開いている。 ・ストローが丈夫でゆれにくい。 ・ゆれない。 ・糸よりも固い。 ・曲がらない



【写真5】ストローを触りながら実験をする子供



【写真6】子供の記述した考察の内容

○ 素朴概念を検討する段階の実際（5/8時間）

この段階では前時のストロー電話によって誘発された「穴があれば声が伝わる」という概念を検討するために、空洞がない木や針金を使った事象を提示し、子供の「◇◇電話で声が伝わることに穴は関係がない」という概念に変容させることをねらいとした。事象を見た子供たちは、すぐさまストロー電話との比較を始め



【写真7】針金と木を触って特徴を見出す子供

「穴がない」「固い」「曲げられる」「細長い」などと空洞だけでなく、固さや太さに着目して教材の特徴を捉えていた。針金や木はストローに比べ触った経験が少ない児童がいるため、実際に針金・木をそれぞれ触りながら予想ができるようにした。(写真7) 子供たちは針金

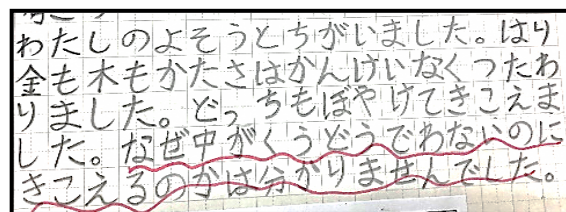
や木を折り曲げてみたり、指ではじいたり、机を叩いたりしながら素材の特徴を確かめていた。木電話を見た 36 人中 9 人が「伝わる」、27 人が「伝わらない」と予想をした。また、針金電話では 18 人が「伝わる」、18 人が「伝わらない」と予想をした。子供たちの予想の根拠は表 5 のとおりである。伝わらない予想では「穴が開いていない」と前の段階での素朴概念を基にして記述した子供が多かった。その後、子供たちは自分の予想を基にして実験・考察をした。実験中、子供たちは空洞がなくても声が伝わることに驚き、何度も繰り返し実験を行っていた。今回の実験では、前時のストロー電話の時よりも針金や木に触りながら実験をする子供が増えていた。(写真 8) 実験の後の考察では、「穴が開いていなくても伝わる」と記述した子供が 7 人、「固くても声が伝わる」と記述した子供が 1 人、「震えているから声は伝わる」とした子供が 12 人という結果となった。「固さに関係なく声は伝わる」と考察した子供は写真 9 のような記述をした。

【表 5】子供の予想の根拠

	伝わる 18人	伝わらない 18人
針金	<ul style="list-style-type: none"> ・糸電話にも穴がない。 ・細長い。 ・震える。 ・声はみ出す。 ・叩くと響く。 ・固い。 ・曲げられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・まっすぐじゃない。 ・穴が開いていない。 ・固い。
	伝わる 9人	伝わらない 27人
木	<ul style="list-style-type: none"> ・まっすぐ。 ・声を通る。 ・糸に似ている。 ・ストローと同じように固い。 ・目には見えない穴がある。 ・太い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・公園の木は声は伝わらない。 ・固くて曲がらない。 ・震えない。 ・穴が開いていない。 ・硬い。



【写真8】針金に触りながら繰り返し実験する子供



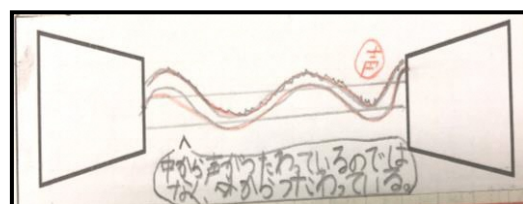
【写真9】針金と木に触って特徴を見出す子供

○ 素朴概念を更新する段階の実際 (6/8時間)

この段階ではここまで調べてきた事象を基に「声が伝わるのはどうしてか」を追究し、◇◇電話は空洞や太さ、固さなどに関わらず「震え」によって声が伝わるという科学概念への更新を行うことをねらいとした。これまでの学習を振り返り、「どの電話でも声が伝わったのはなぜか」と子供に問い「◇◇電話で声が伝わるのはどうしてか」という問題をつかませた。問題に対して 36 人中 24 人の子供が「震えているから声が伝わる」という予想をした。残りの子供の中には、初めの素朴概念と変わらず「穴の中を声通っている」という予想をする子供も見られた。実験では子供が自分たちの予想を基に、2/8時間目に使用した「ぶるぶる発見器」を使



【写真10】ぶるぶる発見器を使って調べる子供



【写真11】子供が描いたイメージ図

うという実験方法や、糸電話にスパンコールをつける実験方法で実験を行った。子供たちは

何度も様々な場所にぶるぶる発見器を当てて実験をしていた。(写真 10) 子供たちはこれまでの◇◇電話の経験から「震え」という視点に目を向けていったため、ここでは自分のこれまでの考えをたしかめるといった活動になった。実験後の考察では、33 人の子供が「震えているから声は伝わる」と記述した。また、予想から考察にかけて「穴があれば声が伝わる」とした子供が1人いた。

(2) 考察

① 独自性、集中性・協働性について

ストローや木、針金を使った◇◇電話を提示したことで、表4、5の示す通り子供が生活経験を想起したり、前時と比較して物の特徴を捉えたりして自分なりの事象に対する視点をもって予想することができた。また、子供の素朴概念に基づいて教材を設計し、子供が「声が伝わらない」と考えていることに反して声が伝わる教材である針金電話、木電話を提示したことで、「どうして声が伝わるのだろう」という新たな疑問をもったり、空洞がないことから「どこを見たらいいのだろう」という新たな視点を探したりさせることができた。これは子供が独自性を発揮している姿であると考えられる。また、指導の実際の中で示した波線部では、子供が何度も繰り返し実験を行う姿が見られたことを表記している。また、その中で子供たちは自分の問題を解決するために、紙コップを触りながら実験をしたり、間のストローや針金、木を触りながら実験をしたりするなど、様々な視点をもって実験を行っていた。また次の資料3はペアで実験を行っている子供の発言内容である。

【資料3】子供が対話していた内容

A : 木と針金だったら針金のほうが声がよく聞こえたよ。	C : 針金って折り曲げても声が聞こえるのかな。
B : 本当だ。少し響いている気がするね。	D : 折り曲げたらさすがに聞こえないんじゃない。
A : なんでこっちのほうが声が大きく聞こえるのかな。	C : やってみようよ。
B : 木と針金を触ってみようか。	

このように、実験をしながら自分が気づいたことを相手と交流することで新たな視点を共有したり、新たな疑問をもったりする子供が多く見られた。これは繰り返し可能であり、1人で実験することができない教材を設計したために子供が集中性・協働性を発揮することができた姿であると考えられる。これらのことから、子供の素朴概念を基にした教材の設計の有効性が明らかになった。

② 科学性について

表6は、子供の予想の内容について、段階ごとにどのように変化したのか整理した表である。使う段階においては、事象の特徴（空洞がある、固い、曲がる）に着目した子供が多く、科学概念について記述している子供は2名であった。しかし、科学的な探究を繰り返すことで、

【表6】子供が予想で着目した視点

児童が予想で捉えた内容 (ストロー、針金・木、伝わる理由)			
予想の記述内容	段階		
	使う段階	検討する段階	更新する段階
教材の特徴についての記述	24	9	0
音の素朴概念についての記述	7	12	1
音の科学概念についての記述	2	10	24
その他	2	2	9

科学概念に基づく記述をする子供が検討する段階では10名、更新する段階では24名と増加した。これは子供の素朴概念に基づいた教材を複数提示したことで、子供がそれぞれの事象の特徴や共通性を見出し、「震え」という共通性を見出すことができたと考える。さらに、複数を同時に提示するのではなくストローを調べた後に子供が「伝わらない」と感じていた針金・木電話という順序で提示したことで、子供が「声がなぜ伝わるのだろう」という疑問を持ち続けることにつながり、段階的に素朴概念を科学概念へと変容させることができたと考える。これは本研究の目指す科学性を発揮する子供の姿であり、この科学性を発揮することができたことで次の問題解決に進み、自分の疑問に対して繰り返し探究することができたのだと考える。これらのことより、子供の素朴概念に基づいた教材を開発し、素朴概念を「使う」、「検討する」、「更新する」の3つの段階に位置付けることの有効性が明らかになった。

③ 実践から明らかになった課題

実践1では、単元終末段階に子供が見出した共通性を検証する実験の場として、どのような素材を使用するのかを考えさせたところ、的確でない素材を想定している子供が多く見られた。しかしながら、バネを使った「バネ電話」を提示し、なぜ伝わるのかを考えさせると、学級の1人を除く全員が「震えているから」と理由を説明することができた。このことから、単元の終末段階において子供の科学概念を評価するための検証する場や活用問題を提示する場を開発する必要があると感じた。

(3) 実践2 第3学年 単元 「電気の通り道」

① 単元目標

- 電気の回路には電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があること、電気を通す物と通さない物があることを理解している。 【知識・技能】
- 電気の性質について観察・実験を行い、自分の素朴概念との差異点や共通点を基に問題を見出すとともに、理科の見方・考え方を働かせて問題を解決している。 【思考・判断・表現等】
- 電気の性質についての事物・現象に進んで関わり、他者と関わりながら粘り強く問題解決しようとしている。 【主体的に取り組む態度】

② 子供の電気の通り道に対する素朴概念と研究構想の具体化

「電気の通り道」を学習をする半年前に、子供に「電気はどのようにして明かりをつけているのか」というアンケート調査を実施した結果、電池と電球をひものような物でつなぐと明かりがつくという考えや、水がホースの間を通るように電気が通って電球まで届いているという考えが見られた。また、電池と電球を輪のようにつなぐとよいこと理解している子供が多くいたが、そのことを的確に説明することはできていなかった。そこで、子供たちの電気の通り道に対する素朴概念をより詳しく調査するために、電気の通り道である回路の形や導線の長さなどを変えたものを提示したレディネステストを実施した。その結果をクロス集計したものを次に示す。

○ 電気の通り道の形状についての認識について（素朴概念）

導線の特徴		折れ曲がり		合計
		つく	つかない	
長い	つく	13	20	33
	つかない	0	3	3
合計		13	23	36

表7【電気の通り方に対する素朴概念】

この結果から、導線が長い時にはつくけれど、折れ曲がるとつかないとしている子供が20人、折れ曲がっていてもつくけれど、長いとつかないとして

いる子供はいないことが分かった。この集計から、子供が導線の形状に着目していることが推測できた。長い時にはついて折れ曲がっているときにはつかないとしている子供が20人いることから、「電気は水やゴムのよう導線の間を通っているので、導線が折れると通り道が遮断され、明かりがつかない」という素朴概念をもつ子供がいると考えた。

○ 電気の通り道の位置、形状についての認識（素朴概念）

導線の特徴		坂道		合計
		つく	つかない	
長い	つく	26	7	33
	つかない	3	2	5
合計		29	9	38


表8【電気の通り道の形に対する素朴概念】

先ほどの結果を基に、子供が本当に電気の通り道の形状に着目しているのかを調べるため、導線の形状は変えずに位置を変えた事象（電池に対し

て電球が高い位置にある事象）について電気が流れると思うかを調べた。すると、導線が長い事象でも坂道になっている事象でも明かりがつくと考える子供が26人いることが分かった。このことから、やはり子供たちは導線の形に着目しているのだと分かった。しかしながら、どちらも明かりがつかないとしている子供が2人、どちらか一方がつかないとしている子供が10人いることや、子供の記述の中に「導線が長いと明かりがつくのにか時間がかかりそう」、「少し暗くなりそう」という内容が記述されていたことから、位置や長さを変化させた教材を開発することで子供たちの素朴概念を揺さぶることは可能であるということが推測することができた。

○ 本時における素朴概念と科学概念

本時学習では、次のように子供の素朴概念を科学概念に変容させることをねらいとした。

<p>（素朴概念）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 電気は導線の中を通過して、豆電球に届いている。 ○ 導線付きソケットよりも導線が長くなったり、折れ曲がったり、高さが高くなると届かなくなる。 <p>電気は、導線の中を水やゴムのよう通過して、豆電球に届いて明かりを付けている。</p>		<p>（科学概念）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 電気は回路になっている導線を通して、豆電球に届いている。 ○ 導線の長さや形、高さに関わらず豆電球に明かりをつけることができる。 <p>電気は、水やゴムのようなものとは違うので、導線の長さや形、高さに関わらず、回路になっていれば明かりをつけることができる。</p>
---	---	---

○ 教材の開発の実際

先に示した素朴概念を基に、実践2では①「導線が長くても電気は通るけれど、明るさや明かりのつく速さが変わる」という素朴概念をもっていることに対応した導線が長い教材、②長い教材と同じように「豆電球が高いところにあっても電気は通るけれど、明るさや速さが変わりそうだ」という素朴概念をもっていることに対応した豆電球の位置が高い教材、③「導線が折れ曲がったりねじれたりするとホースを流れる水のように電気が通らない」という素朴概念をもっていることに対応した、導線の折れ曲がっている教材の3つの教材を提示した。これらの教材は「豆電球と乾電池を回路にすると明かりがつく」という問題に取り組んだ後に設定し、子供たちが「電気は水やゴムとは異なるものであり、高さや長さ、形は関係がなく、回路になっていればよい」という科学概念に自ら近づけることをねらいとした。

特性	特性の内容
独自性	子供が「電気は折れ曲がったり結んだりすると豆電球に届かない」という誤った概念をもっている折れ曲がりの事象を教材とすることで、子供の疑問を喚起し、電気の通り道の共通性に着目させることができる。
集中性	何度でも繰り返して実験をすることが可能であり、回路の形や長さなどの特徴がそれぞれ異なるので、「長さ」「形」「高さ」「回路」と様々な視点をもって実験を行うことができる。
協働性	元の導線との速さや明るさを比較するためには、1人で実験することが困難であるため、2人1組でなければ実験ができない状況になる。そのため、実験を行う際に他者と対話をしたり、他者の視点と自分の視点を比較したりしながら実験をすることができる。

○ 開発した教材構成の実際

本単元では、3つの教材を、導線が長い教材、坂道になっている教材、折れ曲がっている教材という順序で提示することとした。まず、素朴概念を使う段階では、子供の素朴概念を導線が長い教材によって「導線が長くても明かりがつく」という概念になることをねらいとした。次に素朴概念を検討する段階では、坂道になっている教材を提示することで、素朴概念を検討させ、「高さも関係がなく、導線がまっすぐだと明かりがつく」という概念の変容を促すことをねらいとした。最後に素朴概念を更新する段階では、折れ曲がっている教材を提示することで、「電気の通り道には導線の長さや形、高さは関係がなく、回路になっていればよい」という科学概念へと更新することをねらいとした。

【資料4】教材配列でねらう子供の科学概念の変容について

段階	素朴概念を使う段階	素朴概念を検討する段階	素朴概念を更新する段階
子供のもっている素朴概念	導線が長くなると、電気は通るが明るさやつく速さが変わる。	導線が長くても電機は通る。	長さも高さも関係がなく電気が通るが、折れ曲がったり結んだりされているところは通ることができない。
ねらいとする科学概念	導線が長くても電機は通る(速さ、明るさも同じ)	長さも高さも関係がなく電気は通る。(速さ、明るさも同じ)	長さや高さ、形に関わらず、回路が成立していれば電気は通る。

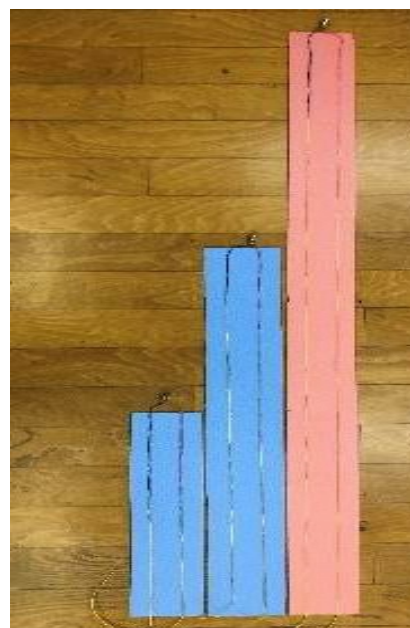
③ 単元構成

既存の単元計画（全6時間）	本研究での単元計画（全8時間）
1 明かりがついている様子を見て，気づいたことを話し合う。①	1 生活経験を振り返り，電気やあかりについて知っていることを話し合い，電気のおもちゃを見て気づいたことを話し合う。①
2 豆電球に明かりがつくときとつかないときのつなぎ方を比べながら調べる。 (1) 豆電球に明かりがつくときとつかないときのつなぎ方を比べながら調べる。② (2) ソケット無しで明かりをつけるつなぎ方を調べる。①	2 乾電池と豆電球をどのようにつないだら明かりがつくのかを調べる。 (1) 豆電球に明かりがつくときとつかないときのつなぎ方を比べながら調べる。① (2) ソケット無しの豆電球に明かりをつけるつなぎ方を調べる。① (3) 導線が長さや，形，高さが変わっても明かりがつくかを調べる。②
3 電気を通す物と通さない物を，比べながら調べる。 (1) テスターを使って，明かりがつく物とつかない物を比べながら調べる。①	3 電気を通す物と通さない物を比べながら調べる。 (1) テスターを使って，明かりがつく物とつかない物を比べながら調べる。①
4 豆電球を使ったおもちゃ作りをする。	4 豆電球を使ったおもちゃ作りをする。②

④ 指導の実際

○ 素朴概念をそのまま活用する段階の実際（4/8時間）

この段階では，子供の素朴概念に基いて開発した，導線が長い教材を提示することで，子供の素朴概念にある導線の長さが電気の通り道に関係するかどうかを探究することをねらいとした。そのために，写真12に示すような，導線の長さが45cm，85cm，1m45cmの異なる3種類の教材を用意した。教材を見た子供たちは「長い」「回路になっている」など，教材の特徴を捉えていた。教材を見て「つく速さが変わる」と予想したのは21人，「明るさが変わる」と予想したのは8人，「つかない」と予想したのは6人となり，「明かりのつく速さ」に着目している子供が多かった。また，表9は子供たちが予想で捉えた教材の特徴である。この段階では，やはり特徴である「長さ」に着目する子供が多かった。さらに，写真13は「つく速さが変わり，一番長い時にはつかない」と予想をしたA児のイメージ図である。A児は，予想の根拠を「長いと届く電気が少なくなる」としていた。子供達は「つく速さ」「明るさ」に視点を置いて実験方法を考えた。子供たちは自分の実験の視点を基に実験を行い，電気が通ることが分かった後からは，明るさや速さを調べるため何度も実験を行っていた。A児も自分が考えた実験方法とその視点を基にして実験を行い，「長さは関係がない」と考察

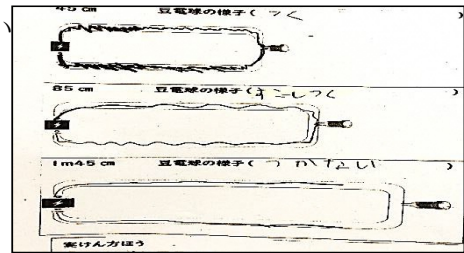


【写真12】導線が長い教材

【表9】子供が予想で捉えた教材の特徴

児童が予想で捉えた内容(長い)	
長さが長いこと	30
高さ	0
見方(水, ホース, ゴムなど)	4
導線の形のこと	8
回路になっていること	1
長さが関係ないこと	0
その他	0

をした。考察ではA児と同じように「長さの関係がない人、「回路になっていれば明かりがつく」ということを捉えた子供が6人という結果となった。



【写真13】子供が予想で描いたイメージ図

○ 素朴概念を検討する段階の実際（5/8時間）

この段階では、子供の素朴概念を揺さぶり、高さが電気の通り道に関係しないことを捉えさせることをねらいとした。そのために、写真14に示すような、豆電球の高さが乾電池よりも高い位置にある教材を用意した。教材を見た子供たちは「高くなっている」「回路になっている」「回路だからつきそう」などつぶやき、教材の特徴を捉えるとともに、自分なりの予想をしていた。事象を見て「つかない」と予想した子供は7人、「つく」とした子供は22人、「明るさが変わる」としたのは4人、「速さが変わる」としたのは4人であった。子供の「つく」という予想の根拠の中に「長くても明かりがついたから」と記述した子供は10人、「回路になっているから」と記述した子供は5人いた。また、表10は子供たちが予想で捉えた教材の特徴である。この段階では、特徴である「高さ」以外のところに着目する子供が増えてきたことが分かった。子供たちは自分の考えた実験方法や視点を基に実験を繰り返して行った。「明るさが変わる」と予想をしたA児のイメージ図は写真15に示すとおりである。A児は予想の根拠を「電気がホースの中を通る水みたいに少し戻ってくる」としていた。そのため、自分が考えた実験方法とその視点を基にして実験を行い、「高さも長さも関係がないことと電気の勢いは小さくならないことが分かった」と考察をした。ここでの考察で「高さは関係がない」ことを捉えた子供が16人、「回路になっていれば明かりがつく」ことを捉えた子供が7人という結果となった。

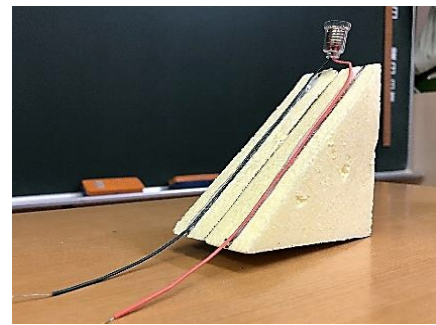


写真14【豆電球が高い教材】

【表10】子供が予想で捉えた教材の特徴

児童が予想で捉えた内容(高い)	
長さが関係ないこと	7
高さが高いこと	12
見方(水、ホース、ゴムなど)	10
導線の形のこと	1
回路になっていること	9
高さに関係ないこと	5
その他	5



写真15【B児のイメージ図】

○ 素朴概念を更新する段階の実際（6/8時間）

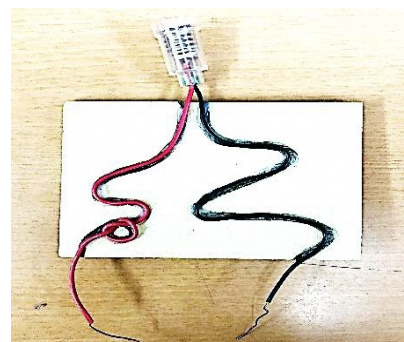
この段階では導線の折れ曲がりや電気の通り道に関係するという素朴概念を更新することをねらいとした。そのために写真16のような、導線が折れ曲がったり結んであったりする事象を用意した。事象を見た子供たちは「結んである」「さすがに通らなそう」などと特

徴を捉えて予想をしていた。事象を見て「つく」とした子供が22人、「つかない」と予想した子供は10人、「速さが変わる」としたのは5人、「明るさが変わる」としたのは1人だった。また、表11は子供たちが予想で捉えた内容である。これを見ると、本教材の特徴である「導線の形」と「回路」に子供たちの考えが集中した。その中でも「つく」という予想の根拠の中に「長さや高さは関係がないから」と記述した子供は7人、「回路になっていれば明かりはつくから」と記述した子供は14人いた。回路になっていることに着目した18人のうちの4人は、「回路になってはいるけれども、導線が結んであるためつかない」という予想をした。「つく」と予想したA児のイメージ図は写真17に示すとおりである。A児は予想の根拠を「回路になっているから」として、A児は自分が考えた実験方法とその視点を基にして実験を行い、「長さも高さも形も関係なく、回路になっていれば明かりがつく」と考察をした。ここでの考察で「形も関係がない」ことを捉えた子供が10人、「回路になっていれば明かりがつくことを捉えた子供が18人という結果となった。

(4) 考察

① 独自性、集中性・協働性について

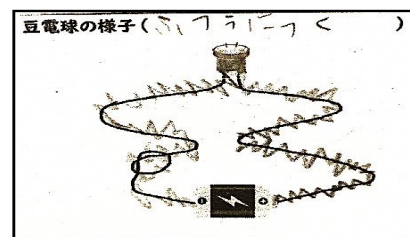
導線の長さを長くしたり、豆電球の位置を高くしたり、導線が折れ曲がっている教材を提示したことで、子供たちが日頃から目にしている「電柱」「ホース」「扇風機」などの日常の事物と本単元学習とを関連付けて予想をしたり、それぞれを比較することによってその特徴を捉えたりして、自分のもっている素朴概念を整理しながら探究することができた。また、子供の生活経験や予想とのずれがある教材を段階的に提示したことで、それぞれの特徴を比較し、「なぜ明かりがつくのだろう」という疑問をもち、主体的に共通点を見出そうとする姿が子供の予想や考察の内容から見出された。これは子供が独自性を発揮している姿であると考えられる。このことから、子どもの素朴概念を基にした教材開発の有効性が明らかとなった。また、子供が「明るさ」や「速さ」を調べるために何度も繰り返し実験を行う姿が見られた。さらに、その中で子供たちは自分の問題を解決するために、次ページ資料5のようにペアの友達と相談しながら写真18のように周りを暗くして実験をしたり、元の長さの導線と比較して実験を行ったり



【写真16】導線が折れ曲がった教材

【表11】子供が予想で捉えた教材の特徴

児童が予想で捉えた内容(折れ曲がり)	
長さが高さが関係ないこと	7
高さが高いこと	0
見方(水、ホース、ゴムなど)	5
導線の形のこと	11
回路になっていること	18
形が関係ないこと	0
その他	1



【写真17】A児のイメージ図



【写真18】実験方法を工夫する子供

するなど、様々な方法で自分の考えを試しながら実験を行っていた。このように、実験をしながら自分が気づいたことを相手と交流することで新たな視点を共有したり、新たな疑問をもったりする子供の姿が多く見られた。これは繰り返し実験することが可能であり、1人で実験することができない教材を設計したために子供が集中性・協働性を発揮することができた姿であると考えられる。これらのことから、子供の素朴概念を基にした教材の設計の有効性が明らかになった。

【資料5】子供の対話の内容

A：坂道になったら暗くなると思うんだ。でも、このままだと明るくてよく分からないね。
 B：じゃあ、ノートを立てて周りを暗くしてみようよ！
 A：確かに明かりがよく見えるね！
 B：どっちの方が明るいかな……

② 科学性について

表 12 は、子供の予想の内容について、段階ごとにどのように変化したのか整理した表である。使う段階においては、事象の特徴（導線が長い、坂道になっている、折れ曲がっている）に着目した子供が多く、科学概念について記述している子どもは1名であった。しかし、科学的な探究を繰り返すことで、科学概念に基づく記述をする子供が、検討する段階では21名、更新する段階では25名と増加した。これは、子供の素朴概念に基づいた教材を複数提示したことで、子供がそれぞれの事象の特徴や共通性を見出し、「回路」という共通性を見出すことに近づいたからだと考える。また表 13 はそれぞれの事象に対する子どもの考察の内容をまとめたものである。表 13 に示す通り、始めは「明かりのつき方」のみに着目していた子供が、複数の実験を行っていくことで、新たに「長さや高さ、形が関係ないこと」、「回路になっていること」へと着目する視点を変容していることが分かる。これは子供の素朴概念に基づいた教材を複数提示したことで、子供が帰納的に考察をし、それぞれの事象の共通性である「回路」を見出しているということである。これは本研究の目指す子供像の特性の「科学性」を発揮する子供の姿であり、この科学性を発揮することができたことで次の問題解決に進み、自分の疑問に対して繰り返し探究することができるのだと考える。これらのことより、子供の素朴概念に基づいた教材を開発し、素朴概念を「使う」、「検討する」、「更新する」の3つの段階に位置付けることの有効性が明らかになった。

【表 12】子供が予想で捉えた内容

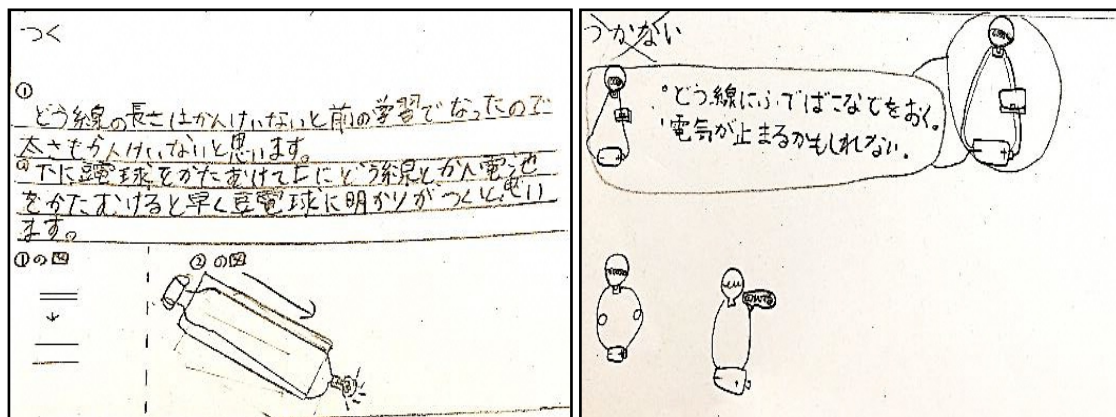
児童が予想で捉えた内容 (長い・坂道・折れ曲がり)			
段階	使う段階	検討する段階	更新する段階
予想の記述内容			
教材の特徴についての記述	38	13	11
電気の素朴概念についての記述	4	10	5
電気の科学概念についての記述	1	21	25
その他	16	0	0

【表 13】子供が考察で捉えた科学概念の内容

児童が考察で捉えた科学概念の内容 (長い・坂道・折れ曲がり)			
段階	使う段階	検討する段階	更新する段階
考察の記述内容			
速さが変わらないこと	34	20	10
明るさが変わらないこと	14	23	13
時間が変わらないこと	1	0	3
長さ、高さ、形が関係ないこと	12	21	20
回路になっていること	6	9	18
その他	16	0	0

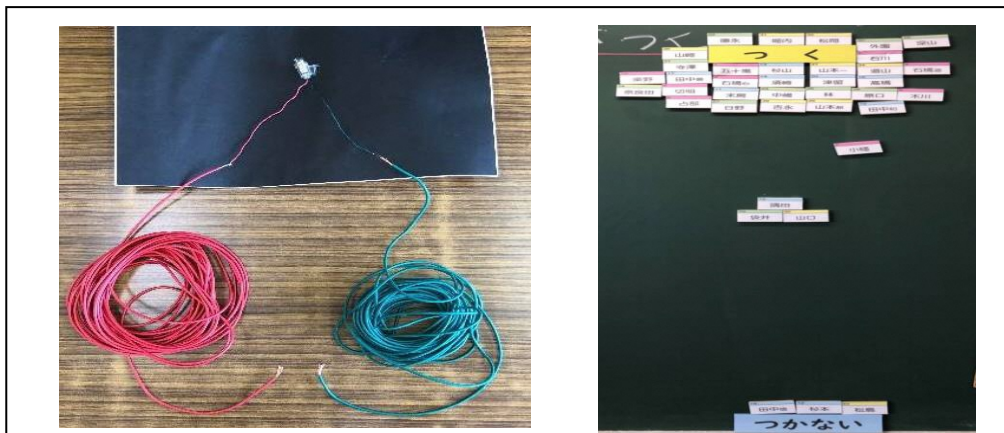
③ 終末段階の検証及び活用の場について

写真 19 は 3 つの段階終了後に子供に次に調べてみたい教材を考えさせた記述である。資料 13 に示す 2 人の子供は新たな教材を自分で考え、自分の変容させた概念をより強固なものにしようとしていると考える。このことから、複数の連続・発展的な実験の場を位置づけた学習過程の工夫を行ったことは、子供の帰納的な考察を促したことに加えて、演繹的な思考も働かせることができたと考える。これらのことから、複数の連続・発展的な実験の場を位置づけた学習過程の工夫の有効性が明らかとなった。



【写真 19】 子供が調べたい事象

単元の終末段階には、写真 20 のように導線が教室 1 周分の長さがある導線（赤、緑の導線がそれぞれ 15m、回路全体の長さは 30m）をつないだ教材を提示し、予想をさせた。（写真 20）子供達の多くは「回路になっているから明かりはつく」と予想をした。しかしながら、長さがこれまでよりも大幅に長くなっているため、「さすがにつかないだろう」「明るさや速さが変わるのではないかと考える子供もいた。実際に実験をすることで、「さすがにつかない」という概念をもった子供達も長さや高さ、形に関係なく「回路になっていれば明かりはつく」ことが分かり、自分の概念を変容させることができたと考える。また、つくと予想していた子供達も自分の科学概念をより強固なものにできた。これらのことから、子供の主体的な問題解決を促進し、子供が自分のこだわりをもって学習に臨む姿が見られるようになったといえ、子供の素朴概念を基に教材開発を行うことの有効性が明らかになった。

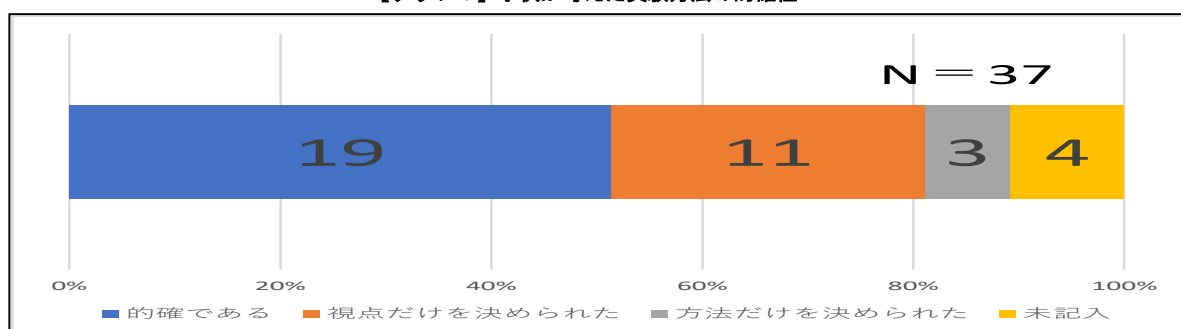


【写真 20】 子供に提示した事象とそれに対する子供の予想

(5) 全体考察

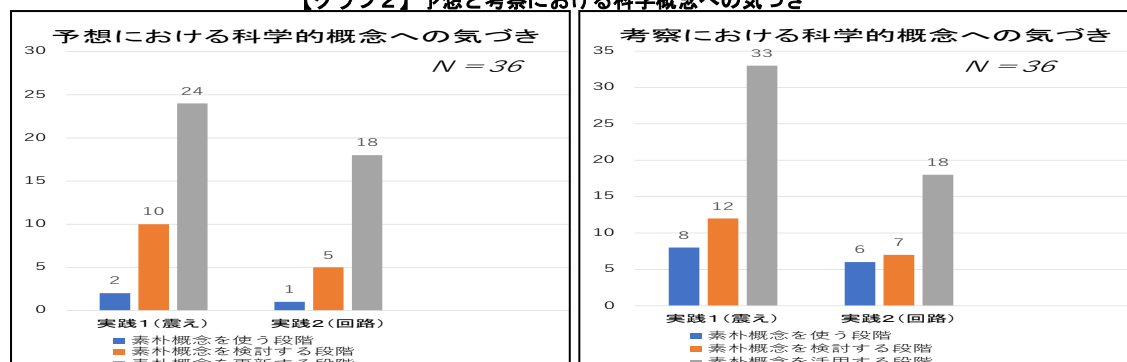
実践1「音のふしぎ」、実践2「電気の通り道」の2つの実践から、子供の素朴概念を活かした教材の開発と構成の有効性を検証する。グラフ1は、本研究の最終段階である実践2「電気の通り道」の素朴概念を更新する段階における、子供の実験方法の的確性について調査した結果である。グラフの「的確である」とは、実験において検証する視点と検証のための実験方法に整合性が見られる子供である。また、「視点だけを決められた」とは、検証する視点は決めることができた子供である。さらに、「方法だけを決められた」とは、検証のための実験方法は決めることができた子供である。この調査から実践の最終段階において、科学的な探求を遂行するための視点を明確にできた子供は81%であることが示された。このことから、子供の素朴概念に基づいて教材の開発を行ったことは、目指す子供の像の独自性（自分なりに問いをもつこと）を発揮することに有効であると考えられる。しかしながら、方法だけを決めた子供や未記入の子供が併せて19%いることから、第3学年の学齢期に応じた検証方法を見出すことができるような手立てを工夫する必要があるといえる。

【グラフ1】子供が考えた実験方法の的確性



また、グラフ2は実践1、2の各段階における予想と考察の場面において、科学概念への気づきの変化を表したグラフである。実践1及び2ともに、学習の初めの段階では本質的な科学概念への気づきとなるキーワードを記述できていた子供はごく少数であったが、段階を経るごとに、科学概念に気づく子供が増えていることが分かる。これは、開発した教材を概念変容のプロセスに沿って位置付けたことで、子供が自らの素朴概念を科学概念へと段階的に変容させることができているからであると考えられる。このことから、子供の素朴概念を出発点として、素朴概念の変容を促す教材を複数開発し、それらを効果的に構成することで、子供は科学的な探求を繰り返すこととなり、独自性、集中性・協働性、科学性を発揮し、科学概念へと自らの概念を変容させることができたと考えられる。

【グラフ2】予想と考察における科学概念への気づき



6 成果と課題

- 子供の素朴概念に基づいて教材を開発することは、子供が自らの経験知を背景として教材とかかわることを誘発するとともに、自分なりの教材に対する視点をもつことができるため、独自性を発揮させる上で有効であった。
- 「素朴概念を使う、検討する、更新する」の3つの段階に応じて教材の構成を工夫することは、子供の概念変容の過程に寄り添うとともに、新たな要素に気付く機会を提供することにつながり、科学概念の変容・更新に効果があることが明らかになった。
- 複数の連続・発展的な実験の場を位置づけた学習過程の工夫をすることは、子供が帰納的に考察を行い、素朴概念を科学概念へと変容させることに加え、演繹的な思考も同時に始まり、子供の中で新たな素朴概念が生まれ、主体的に学習することに効果があることが分かった。
- 子供が調べる教材について多くの視点があるときには、子供が帰納的に考察をすることを妨げてしまうこともあるため、学習の中で視点を定めることを検討する必要がある。
- 子供の思い込みは、簡単には変容させられないこともあるため、学習前の段階における事象との出会いや経験知を増大させる工夫が必要である。

<参考文献>

- ・ 小学校指導要領解説 理科編 文部科学省 大日本図書 2018年2月
- ・ 問題解決学習のストラテジー 藤井千春 明治図書 1996年3月
- ・ 学校と社会 デューイ 岩波文庫 1957年7月
- ・ 民主主義と教育 デューイ 岩波文庫 1975年6月
- ・ 辻合華子 長谷川春生 STEAM教育とデューイ—STEAM教育と経験主義の親和性—
日本科学教育学会研究会研究報告 2020年
- ・ 松尾知明 諸外国の教育改革に見る21世紀型の資質・能力と学びのイノベーション
第21回海外日本語教育研究会 2016年1月
- ・ PISA2015 評価の枠組み 経済協力開発
- ・ 石井恭子 科学教育における科学的探究の意味—D,HawkinsによるMessing About論
を手がかりに— 日本教育方法学会紀要『教育方法学研究』 2014年3月
- ・ 令和の日本型学校教育 中央教育審議会答申 2021年
- ・ 原科 勇希 子供が「科学する」理科学習—科学は誰のものか—
信州大学教職大学院研究額研究科高度教職実践先行2020年実践研究報告書 2020年
- ・ 理科授業をデザインする 理論とその展開 自律的に学ぶ子供を育てる 森本信也
東洋館出版社 2017年3月