

自然の事物・現象を科学的に探究する子どもを育てる中学校理科学習指導 ～視点を提示した対話活動を通して～

要約

2006年に実施された国際調査であるPISA調査の結果によると、「科学的リテラシー」については、「科学への興味・関心」や「科学が楽しい」等の項目において、全般的に子どもの意識が低いなどの課題が明らかになった。また、2007年に実施された国際教育到達度評価会（IEA）「国際数学・理科教育動向調査」（TIMSS2007）においても、我が国の子どもの「理科を学習する重要性の意識」や「理科の勉強に対する自信」の割合が、国際的にも低い水準となっている。また、PISA調査の結果では、「科学的な疑問を認識すること」という科学的能力が他の2つの能力（「現象を科学的に説明すること」、「科学的な証拠を用いること」）に比べて低いことが日本の子どもたちの特徴として示された。このような意味でも、観察・実験前に疑問が生じるような効果的な導入を行ったり、子どもたちが自ら実験を計画させたりすることなどをもっと充実させていく必要がでてきている。

そこで、理科学習指導において、自然の事物・現象を科学的に探究する子どもを育てるためには、3つの学習段階にそれぞれ、自分の考えを表現する対話活動を仕組むことが有効であると考えた。以下の3点の活動に重点をおいて、研究を進めていくことにした。

- ① つかむ段階に、自然の事物・現象から課題を発見し、既習の科学的知識を基に、仮説を設定する対話活動。
- ② さぐる段階に、仮説を基に、提示された実験条件を基に、実験を計画・実施・考察する対話活動。
- ③ 深める段階に、実験を通して獲得した科学的知識を基に、身近に起きる別事象を説明する対話活動。

そこで本研究では、いろいろな果物を提示し、「フルーツゼリーをつくろう」という活動を通して、パイナップルだけがゼリーにならなかったことを確認する。「なぜ、パイナップルだけがゼリーにならなかったのだろうか」という疑問から、その原因を実験を通して探っていった。さらに、実験を通して、獲得した科学的知識を適用して別事象の説明をしていく。

その結果、以下のような成果（○）と課題（●）を得た。

- 仮説の場面で、キーワードを提示して自己内対話を仕組んだことは、自分の考えを科学的なものに高めるために有効であった。
- 実験計画の場面で、実験条件を提示して他者対話を仕組んだことは、子どもたちの主体的な活動につながった。
- 単元を通して、獲得した科学的知識を日常生活と結びつけて説明する活動を、今後も継続していきたい。

キーワード : 視点 対話活動 仮説設定力 検証力 適用力

1 主題設定の理由

(1) 社会的要請・現代教育の動向から

21世紀は新しい知識、情報、技術が政治、経済、文化をはじめ、社会のあらゆる領域での活躍の基盤として飛躍的に重要性を増す、いわゆる「知識基盤社会」の時代であると言われている。このような新しい時代に必要とされている知識を生涯にわたり獲得し、それを仕事や地域社会、個人の生活等で活用していく能力・技術を身に付けるという考えは、国際的にも共有認識されている。2006年に実施された国際調査であるPISA調査の結果によると、「科学的リテラシー」については、「科学への興味・関心」や「科学が楽しい」等の項目において、全般的に子どもの意識が低いなどの課題が明らかになった。また、2007年に実施された国際教育到達度評価会（IEA）「国際数学・理科教育動向調査」（TIMSS 2007）においても、我が国の子どもの「理科を学習する重要性の意識」や「理科の勉強に対する自信」の割合が、国際的にも低い水準となっている。

(2) 生徒の実態から

理科学習に関するアンケートを実施したところ、「理科が好き」と答えた子どもは全体の84%であった。また、「実験や観察が好き」と答えた子どもは全体の78%となった。本校の子どもたちは「科学への興味・関心」は高いといえる。しかし、「自然について不思議に思ったり、疑問に思ったりすることを自分で調べる」と答えた子どもは、全体の47%、「実験結果から自分で考察することが得意」と答えた子どもは全体の34%と低いことが分かった。このように、自然の事物・現象から問題を発見し、自ら考え、解決しようとするのが苦手であることがいえる。

また、4月に実施された標準学力分析検査の結果では、「科学的な思考・表現」が平均正答率51%と低く、「観察・実験の技能」や「自然の事物現象」を論理的に説明する力が十分ではないことが明らかである。

(3) 教科の本質から

平成24年度より、完全実施されている新学習指導要領においては、「～目的意識をもって観察・実験などを行うことについては従前のものを継承し、その上で、観察・実験の結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成に重点を置く」と述べられており、現在の理科教育において「科学的な思考力・表現力」の育成が課題であることは明らかにしている（文部科学省、2008）。また、PISA調査の結果では、「科学的な疑問を認識すること」という科学的能力が他の2つの能力（「現象を科学的に説明すること」、「科学的な証拠を用いること」）に比べて低いことが日本の子どもたちの特徴として示された。このような意味でも、観察・実験前に疑問が生じるような効果的な導入を行ったり、子どもたちが自ら実験を計画させたりすることなどをもっと充実させていく必要がでてきている。

(4) 指導上の反省・問題点から

これまでの授業において、目的意識をもって観察・実験に取り組むことができるように努めてきた。しかし、帰納的な観察・実験にとどまってしまう、自然の事象のしくみを説明するための規則性や法則性の教え込みとなってしまっていた。そこで、子どもたちが主体となって自然事象から問題を発見し、仮説を基に実験を計画・実施・考察を行い、実験・観察を通して獲得した科学的知識を適用して別事象を説明する活動を行えば、自然の事物・現象を科学的に探究する子どもが育つであろうと考え、本研究主題を設定した。

2 主題の意味

(1) 主題について

「自然の事物・現象」とは、日常生活で経験する事象や現象のことである。つまり、自然界にある動物・植物・気体・液体・固体などの事物やそこに発生する現象であり、理科学習の素材となるものことである。

「科学的に探究する」とは、自然の事物・現象において、目的意識をもって実験、観察などを行うことにより、自ら学ぶ意欲を高め、自然を主体的に学習しようとする態度を育てることである。

「自然の事物・現象を科学的に探究する」とは、自然の事物・現象で経験する事物・現象から見出し、課題に対して目的意識をもって観察、実験を計画、実施することで子どもが主体的に学習を進め、学習で獲得した知識を日常生活に結び付けることができることである。

具体的には①自然の事物・現象から課題を見つけ、仮説を設定することができる。②仮説を基に、実験を計画することができる。③実験で得られた知識から日常生活で起こる事物・現象を説明することができる一連の過程である。そこで、本研究で目指す生徒を次の3つの姿と捉える。

仮説設定力	自然の事物・現象から課題を見つけ、仮説を設定したりすることができる。
検証力	仮説を基に、実験を計画・実施・考察することができる。
適用力	仮説・実験計画・実験・考察を通して、得られた科学的知識を新たな場面で適用することができる。

(2) 副主題について

「視点を提示した」とは、子どもたちが考えをつくったり、深めたりすることができるように、キーワードや実験条件、さらに新たな事象を示すことである。

「対話活動」とは、自己内対話と他者対話の2つの活動のことである。自己内対話とは、既習事項や実験で得られた知識を自分の文章で表現する活動である。他者対話とは、自分の考えを他者に伝えたり、他者の考えを聞いたりしながら、小集団で1つの考えをつくり上げることである。

「視点を提示した対話活動」とは、問題解決学習の課題発見・仮説設定の場面を「つかむ」段階、実験計画および実験の場面を「さぐる」段階、考察場面を「深める」段階の3つにわけ、

「つかむ」段階に対話活動1を、「さぐる」段階に対話活動2を、「深める」段階に対話活動3を行う。

(図1)「つかむ」段階における対話活動1では、仮説設定の視点としてキーワードを提示し、自分の言葉で表現する。このような活動を行うことで、課題に対して、既習の科学的知識を表出し、仮説を設定することができる。「さぐる」段階における対話活動2では、提示された実験条件をもとに、小集

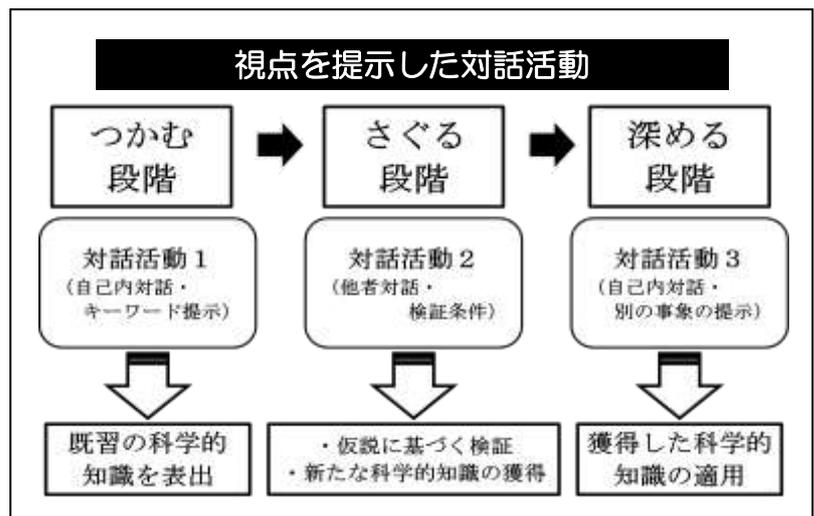


図1 視点を提示した対話活動

団で実験計画を立てる。このような活動を行うことで、自分の考えと他者の考えを比較・検討させ、仮説に基づく実験計画および、実験、考察を行うことができ、新たな科学的知識を獲得することができる。「深める」段階における対話活動3では、実験で得られた科学的知識をより確かなものにするために、別の事象を提示する。このような活動を行うことで獲得した科学的知識を適用して身近に起きる別事象を説明することができる。

このように、課題に対して既習の科学的知識をもとに、仮説を設定した後、仮説に基づく実験を通して新たな科学的知識を獲得し、さらに得られた科学的知識を別事象に適用することで、自然の事物・現象を科学的に探究することができる。と考える。

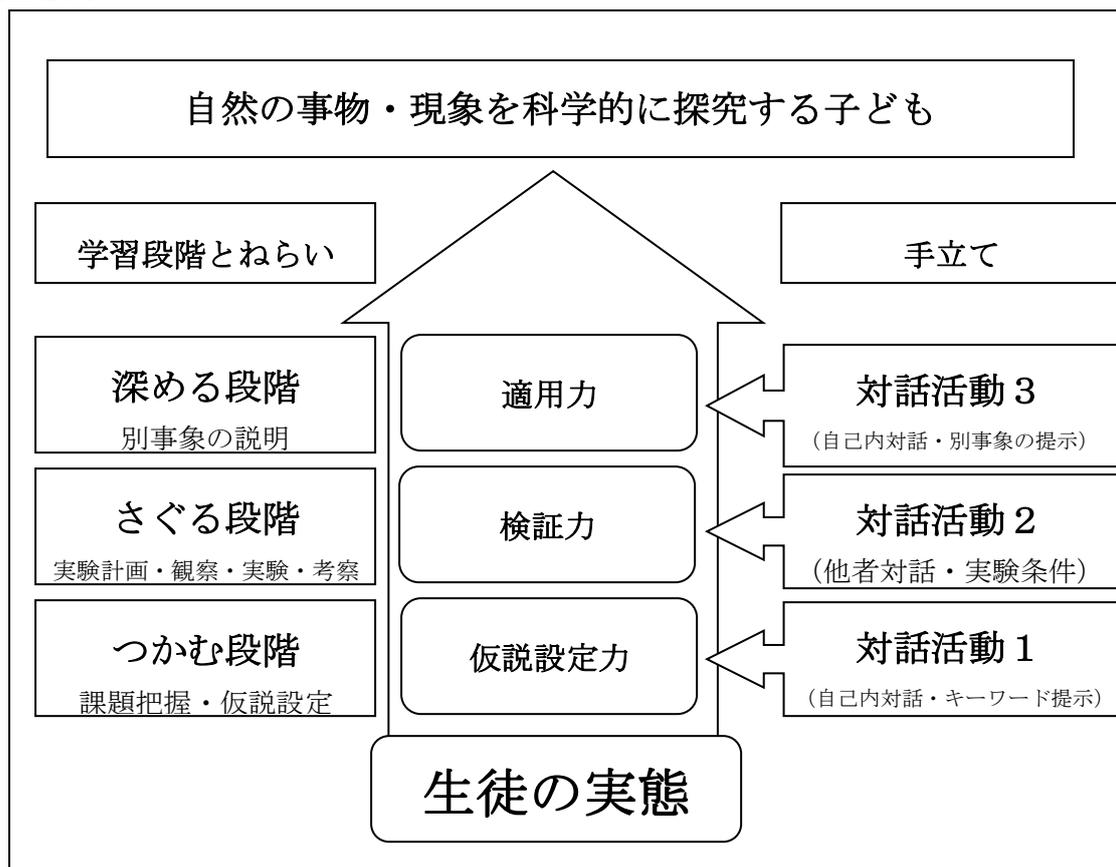
3 研究の目標

視点を提示した対話活動を通して、自然の事物・現象を科学的に探究する子どもを育てる理科学習指導方法を究明する。

4 研究の仮説

理科の学習指導において、視点を提示した対話活動を設定すれば、子どもは自然の事物・現象から課題を発見し、仮説を設定することができ、仮説に基づいた実験を計画・実施することができ、さらに、獲得した科学的知識を適用させ、説明することができるようになるので、自然の事物・現象を科学的に探究する子どもが育つであろう。

5 研究構想図



6 研究計画の概要

(1) 研究の対象

大刀洗町立大刀洗中学校 第2学年4組 (33人構成 男子16名 女子17名)

(2) 単元名

「生命を維持するはたらき」

(3) 単元の目標

- 自然の事物・現象から課題を見出し、意欲的に実験に取り組むことができる。
- 自然の事物・現象から課題を見出し、仮説を立てたり、実験を通して科学的に考察したりすることができる。
- 自然の事物・現象から解決の見通しをもった実験を計画することができる。
- 自然の事物・現象についての基本的な知識やはたらきを理解することができる。

(4) 検証の内容・方法

	検証内容	検証方法
仮説設定力	生のパイナップルゼリーができないという課題を見出し、その課題に対して既習の科学的知識を表出し、仮説を設定することができたか。	学習プリント
検証力	仮説をもとに、実験方法を計画・実施・考察を行うことができるか。	学習プリント
適用力	獲得した科学的知識を適用して、別事象を説明することができるか。	学習プリント

項目	評価	評価の観点
仮説設定力	A	タンパク質であるゼラチンとパイナップル中の消化酵素を関連付け、さらに別の物質に変わったことに着目して仮説を立てることができる。
	B	タンパク質であるゼラチンとパイナップル中の消化酵素を関連付けて仮説を立てることができる。
	C	A、B以外
検証力	A	パイナップルを加熱処理すれば、ゼリーができることを見通しをもちながら実験を計画・実施・考察することができる。
	B	パイナップルを冷凍処理すれば、消化酵素の機能が弱まることを見通しをもちながら実験を計画・実施・考察することができる。
	C	A、B以外
適用力	A	別事象について、獲得した科学的知識を適用して説明することができ、さらに日常生活と結びつけることができる。
	B	別事象について、獲得した科学的知識を適用して説明することができる。
	C	A、B以外

(5) 研究計画

	研究内容	9月	データの分析
4月	研究計画の審議	10月	仮説の見直し
5月	研究主題の設定	11月	検証授業
6月	理論研究	12月	データの収集・分析
7月	教材分析・検証授業	1月	研究のまとめ
8月	データの収集	2月	研究報告会

7 研究の実際

本単元「生命を維持するはたらき」では、植物細胞や動物細胞を観察することで、細胞レベルでみた生物の共通点と相違点に気付かせるとともに、動物の体のつくりとはたらきや、動物の体のつくりの特徴に基づいて分類できることなどを理解させ、動物についての総合的な見方や考え方を養わせることをねらいとしている。その中でも、消化酵素を小単元として扱い、消化酵素のはたらきについて興味・関心をもたせ、観察・実験を行いながら、消化酵素のしくみについて理解させる。

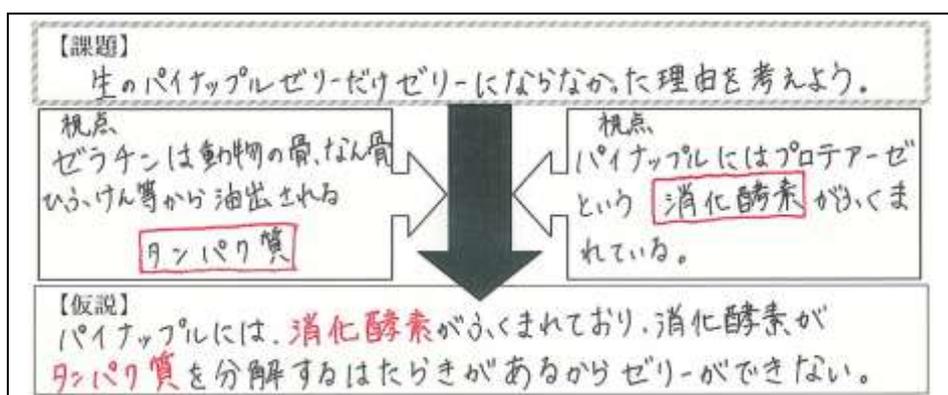
そこで本研究では、いろいろな果物を提示し、「フルーツゼリーをつくろう」という活動を通して、パイナップルだけがゼリーにならなかったことを確認する。「なぜ、パイナップルだけがゼリーにならなかったのだろうか」という疑問から、その原因を実験を通して探っていった。さらに、実験を通して、獲得した科学的知識を適用して別事象の説明をしていく。

(1) 「つかむ」段階

ここでは、パイナップルゼリーができないという課題をつかみ、その理由を既習の「消化のしくみ」についての科学的知識を表出して仮説を設定することをねらいとした。まず、イチゴ・メロン・ミカン・パイナップルを用いて、生のフルーツゼリーを作成した（資料1）。パイナップルだけが液状で、固まらなかったという事象を子どもたちが発見した。このことにより「なぜ、パイナップルだけがゼリーにならなかったのだろうか」という疑問が生じた。次に、事象に対する仮説を



資料1 フルーツゼリーの作成様子



資料2 視点を与えた仮説の子どもの記述

考えるために対話活動を行った。仮説を考えるための視点として、「動物の骨」、「軟骨」、「皮膚」、「けん」、「タンパク質」、「プロテアーゼ」、「消化酵素」をキーワードをして提示し、個人で考えさせた。視点を提示することによって、多くの子どもが「パイナップルに含まれている消化酵素がゼラチンに含まれているタンパク質を分解したため、ゼリーにならなかったのではないか」という仮説を立てることができた（資料2）。

(2) 「さぐる」段階

ここでは、ゼリーができなかった原因が「パイナップルに含まれている消化酵素であること」を検証することをねらいとした。そこで、パイナップルゼリーをつくるための方法を考えていった。まず、

子どもたちは、事前の学習より、消化酵素は40℃付近で最も活発になることを学習しているため、パイナップルを「冷却する」「加熱する」という2つの考えに分かれた。「冷却する」と考えた子どもの根拠として、「パイナップルの表面に氷の膜ができるので消化酵素がでない。」という、中学校1年生で学習した状態変化の観点から考えを導きだしたり、「冷凍させると、消化酵素のはたらきが弱まるから」

（資料3）と低温によって消化酵素のはたらきが弱まることを扱っていたりする子どももいた。また、「加熱する」と考えた子どもの根拠として、「熱分解で消化酵素を取り出せるかもしれないから」と中学校2年生で学習した化学変化と結び付けて考えた子どももいたが、「パイナップルを加熱することにより、パイナップルに含まれている消化酵素のはたらきがなくなるから」（資料4）や「60℃以上の温度で消化酵素が別の物質になる」など、消化酵素がタンパク質であること、タンパク質が変性することなどの考えをもっている子どももいた。次に、自分が考えた方法の妥当性を確認するために対話活動2を行った。対話活動2の視点として実験条件を提示し、実験計画シートを活用した（資料5）。

実験条件は、「商品として出すことができ

【パイナップルの処理方法】
パイナップルを一度冷凍させてから、ゼラチンを加えて、冷やすとパイナップルゼリーができるだろう。

なぜならば…
冷凍させると消化酵素のはたらきが弱まると思うから。

資料3 パイナップルを「冷却」と考えた子どもの記述

【パイナップルの処理方法】
パイナップルを加熱する。

なぜならば…
パイナップルを加熱することにより、パイナップルに含まれている消化酵素のはたらきがなくなるから。

資料4 パイナップルを「加熱」と考えた子どもの記述

る、「理科室にある実験器具を用いる」こと提示して実験計画を行っていった。子どもたちが考えた実験方法は「冷凍パイナップルを用いる」、「パイナップルをお湯で温める」、「パイナップルを直接ガスバーナーであぶる」の3つの方法が考え出された。実験方法については、交流活動が活発に行うことができるように、「実験計画シート」を用意し、実験手順を言葉と図で表現できるように工夫した。小集団によって実験が異なるため、実験計画シートを用いることで、実験に必要な道具の準備や実験の手際が良くなった。実験については「冷却する」、「加熱する」の2種類の方法を考えていたため、「冷却する」と考えていた小集団については事前に用意していた冷凍のパイナップルを実験材料として使用し実験を進めていった。「加熱する」と考えていた小集団については、「お湯で温める」方法を考えていたり、「直接ガスバーナーであぶる」という方法を考えていたため、それぞれ道具を用意し実験を進めていった（資料6）。実験後、それぞれの小集団で考察を行った。「冷却する」と考えた子どもは、「パイナップルを冷やしても消化酵素のはたらきは一時的に弱まるけど、パイナップルが溶けてしまえば、ゼリーが溶けてしまう。」「パイナップルを凍らせると、消化酵素のはたらきが一時的に弱まり固まるが、時間が経ちパイナップル溶けると、消化酵素のはたらきがもとにもどり、ドロドロになってしまう。」（資料7）と考察した。「加熱する」という方法を答えた子どもの中には「パイナップルを加熱することで、パイナップルに含まれている消化酵素をこわすことができるので、ゼリーが固まった。やはり、生のパイナップルゼリーができなかったのは、パイナップルに含まれている消化酵素のはたらきがあったからだといえる。」（資料8）という考

【実験計画シート】	
【仮説】	パイナップルを加熱する。 ↳消化酵素のはたらきをなくす!!
【実験条件】	<u>商品として出すことができれば、</u> <u>理科室にある実験器具を用いること。</u>
【実験計画】	①ガスバーナーをつける。 ②三脚を設置し、パイナップルを加熱する。 ③ガスバーナーはずす ④消す!! 終了!! 😊

準備

- 三脚
- ビーカー
- ガスバーナー
- マッチ
- 燃えかき入れ

※ビーカーに水を入れてこげないようにする。

資料5 対話活動2による実験計画の記述



資料6 実験様子

【考察】	<p>パイナップルを凍らせると、<u>消化酵素のはたらきが一時的に弱まり、固まるが、時間が経ち、パイナップルが溶けると消化酵素のはたらきが元に戻り、ドロドロになってしまう。</u></p>
------	--

資料7 冷却実験を行った子どもの考察

察を行っていた。このことから、ゼリーができなかった原因がパイナップルに含まれている消化酵素であることが確認できた。

(3) 「深める」段階

ここでは、生のパイナップルゼリーの作成という実験を通して、獲得した科学的な知識を適用して、新たな事象を説明することをねらいとした。そこで、「酢豚の写真」を提示した。「なぜ、酢豚にはパイナップルが含まれているのだろうか」という疑問に対して、自分の言葉で表現させる活動を行った。「酢豚の豚肉はタンパク質でできているため、パイナップルにつけこんでおくことパイナップルに含まれている消化酵素によって分解されるため豚肉がやわらかくなる（資料9）」や、「肉はタンパク質を多くふくんでいるからパイナップルを加えて消化を良くするため」などの学習したことを日常生活と結びつけて説明することができた。

【考察】

パイナップルを加熱することで、パイナップルに含まれている消化酵素も壊すことができるので、ゼリーが固まった。やはり、生のパイナップルができなかったのは、パイナップルに含まれる消化酵素のはたらきがあったといえる。

資料8 加熱実験を行った子どもの考察

【日常生活において】

酢豚の豚肉はタンパク質でできているため、パイナップルにつけこんでおくとパイナップルに含まれている消化酵素によって、分解されるため、豚肉がやわらかくなる。

【日常生活において】

肉はタンパク質を多くふくんでいるからパイナップルを加えて消化を良くするため。

資料9 酢豚の写真から考察した子どもの記述

8 全体考察

視点を提示した対話活動の有効性について、ワークシートの記述内容の結果より分析した。

(1) 生のパイナップルゼリーができないという課題を見出し、その課題に対して既習の科学的知識を表出し、仮説を設定することができたか。

生のパイナップルゼリーができないことは、他のフルーツと比較することで全ての子どもが見出すことができた。さらに、その課題に対して既習の科学的知識を表出し、仮説を設定することができた子どもは77%であった。このことは、キーワードを提示した後、自己内対話で自分の考えをつくらせる活動を行ったからである。このような活動を行うことは、既習の科学的知識を表出した仮説を立てることに有効であった。

(2) 仮説をもとに、実験方法を計画・実施・考察を行うことができたか。

パイナップルを加熱・冷却処理すれば、ゼリーができることを見通しをもちながら実験を計画・実施・考察することができた子どもは92%であった。このことは、実験条件を提示し、実験計画シートを用いながら他者対話を行ったからである。このような活動を行うことは、仮説に基づく実験計画および、実験、考察を行うことができ、新たな科学的知識を導き出すことに有効であった。

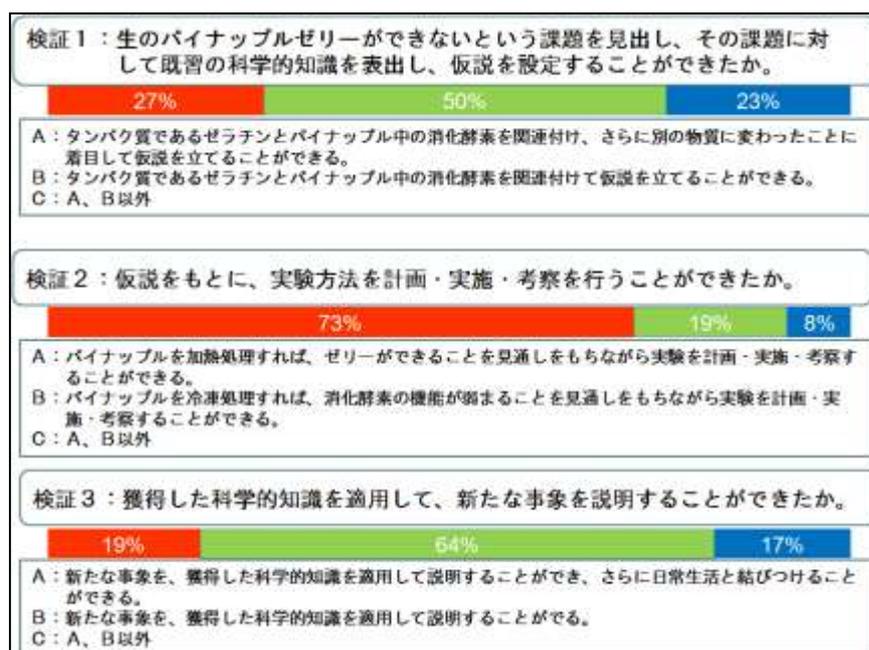


図2 目指す子どもの姿について

(3) 獲得した科学的知識を適用して、別事象を説明することができたか。

新たな事象を、獲得した科学的知識を適用して説明することができた子どもは、83%であった。このことは、子どもたちが仮説・実験計画・実施・考察の一連の流れを行い、獲得した科学的知識を適用できるような別事象を提示したからである。このような活動を行うことは、獲得した科学的知識を適用して身近に起きる別事象を説明することに有効であった。

9 研究の成果と今後の課題

(1) 研究の成果

- 仮説の場面で、キーワードを提示して自己内対話を仕組んだことは、自分の考えを科学的なものに高めるために有効であった。
- 実験計画の場面で、実験条件を提示して他者対話を仕組んだことは、子どもたちの主体的な活動につながった。

(2) 今後の課題

- 単元を通して、獲得した科学的知識を日常生活と結びつけて説明する活動を、今後も継続していきたい。

《参考文献》

- 「中学校学習指導要領解説 理科編」 大日本図書 (2008年)
- 「平成27年度 全国学力・学習状況調査 報告書 中学校 理科」 (2015年)
- 「平成27年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 中学校 理科」 (2015年)