

理 科

理 科 部 井上 俊介 関口 雄基
研究協力者 益田 裕充

Ⅰ 理科における「社会に変革を起こす子ども」について

理科の情報を基にした自分の予想や仮説，考察を伝えることで，他者の予想や仮説，考察を，実証性・再現性・客観性に照らし合わせた予想や仮説，考察にできる子ども

この際，他者が，理科の情報と自分の予想や仮説，考察との結び付きに納得する必要がある。

本校では，子どもたちが，将来「社会に変革を起こす」ことで，ともによりよく生きていくことのできる社会を創造できるようになることを目指している。「社会に変革を起こす」とは，自分も他者も納得しながら，現在の社会の中にある課題に対する解決策を見いだして実践していくことである。ともによりよく生きていくことのできる社会を創造するためには，理科を学ぶ本質的な意義である「自然の事物・現象についての素朴な考えを，科学的な考えに変容させること」が欠かせない。なぜなら，自然の事物・現象についての素朴な考えを，科学的な考えに変容させることで，これまでの自然の事物・現象の見え方を変えたり，社会や生活の中に当てはめたりできるようになる。これは，現在の社会や生活の中で，自然の事物・現象の性質や規則性などの有用性に気付くことや，将来の社会や生活の中で，自然の事物・現象の性質や規則性などを役立てた技術開発を振興することにつながり，現在及び将来の社会や生活を向上することを実現させることになるからである。このことから，理科を学ぶことにより，ともによりよく生きていくことのできる社会を創造していくことができる。

理科の問題解決の過程において，子どもたちは，自然の事物・現象に働きかけた体験を基に，自然の事物・現象についての問題を見いだす。次に，既習の内容，自然の事物・現象に触れた生活経験，自然の事物・現象に働きかけた体験を基に，自他の予想や仮説を話し合い，自分の予想や仮説を確かにする。そして，自他の予想や仮説を基に，観察，実験などの計画を立てる。その後，計画を基に，観察，実験を行い，結果を記録する。最後に，学級全体の観察，実験の結果を基に，自他の考察を話し合い，問題に正対する結論を導く。（令和2年度の本校理科の研究より，既習の内容・自然の事物・現象に触れた生活経験・自然の事物・現象に働きかけた体験・学級全体の観察，実験の結果は，理科の情報とする）このような学習の中で，子どもから，理科の情報を基に，主に実証性を伴う自分の予想や仮説を伝える姿が見られた。また，理科の情報を基に，主に再現性・客観性を伴う自分の考察を伝える姿が見られた。その後，理科の情報を基にした予想や仮説，考察を伝えられた友達は，実証性・再現性・客観性に照らして，理科の情報と自分の予想や仮説，考察との結び付きを見直した。そして，実証性・再現性・客観性を伴う自分の予想や仮説，考察をもてたことで，妥当な結論を得ることができた。



<図Ⅰ 理科における「社会に変革を起こす子ども」>

このことから，本校理科では，「社会に変革を起こす子ども」を，「理科の情報を基にした自分の予想や仮説，考察を伝えることで，他者の予想や仮説，考察を，実証性・再現性・客観性に照らし合わせた予想や仮説，考察にできる子ども」とした。

2 研究の方向

Ⅰ年次研究では、理科における「社会に変革を起こす子ども」の姿が現れる要因を情報活用の視点から明らかにし、その要因を基にICT活用による学習指導の工夫を以下のように再考した。

情報活用の視点からの要因

- ・学級全体の観察、実験の結果の共通点や傾向を見付けられた。【情報の収集・吟味】
- ・共通点や傾向から、自分の予想や仮説の正否を含めた考察をもてた。【情報の関係付け】

ICT活用による学習指導の工夫

- ・ICT機器の機能で「理科の見方」に着目する観察、実験の結果の記録
- ・ICT機器を用いた考察のポイントの活用

実践から、ICT活用による学習指導の工夫を行うことで、子どもたちは、学級全体の観察、実験の結果の共通点や傾向を見付け、それらを基に、自分の予想や仮説の正否を記述していた。そして、自他の考察を話し合う中で、学級全体の観察、実験の結果の共通点や傾向を基にした自分の考察を伝えたり、友達が着目した観察、実験の結果の共通点や傾向を問いかけたりした。それらを伝えたり問いかけたりされた友達は、学級全体の観察、実験の結果の共通点や傾向を見直すことにより、自分の考察を確かにし、妥当な結論を導くことができた。

一方で、観察、実験を行う前に、他者の予想や仮説に頼り、主に実証性に照らして既習の内容、自然の事物・現象に触れた生活経験、自然の事物・現象に働きかけた体験と自分の予想や仮説との結び付きを見直さない子どもがいた。このような子どもは、自分の予想や仮説を確かにしていなかった。また、観察、実験を行った後に、自分の予想や仮説に固執し、主に再現性・客観性に照らして学級全体の観察、実験の結果と自分の考察との結び付きを見直さない子どもがいた。このような子どもは、自分の考察を確かにしていなかった。観察、実験の前後に、自分の予想や仮説、考察を確かにしていない子どもは、自他の予想や仮説の正否を判断できず、妥当な結論を導くことができなかった。

これらのことから、「社会に変革を起こす子ども」の姿がさらに現れるように、課題となる姿を分析して、研究を進めていく。

3 研究内容

(Ⅰ) 理科で重視する非認知的能力

Ⅰ年次研究を進めていく中で見られた「社会に変革を起こす子ども」に関わる課題となる姿を分析する。分析を進めるにあたり、全体研究を受け、まず、OECDの示す非認知的能力の3つの分類である「目標の達成」「他者との協働」「情動の抑制」を、理科の教科特性に照らして具体化する。

3つの分類	理科の教科特性に照らした3つの分類の具体
<u>目標の達成</u>	忍耐力 : 観察、実験の結果から分かることを明らかにしようとする思い 自己抑制 : 理科の情報を基に、予想や仮説、考察をもとうとする思い 目標への情熱 : 見いだした自然の事物・現象についての問題解決に向かおうとする思い
<u>他者との協働</u>	社交性 : 他者の予想や仮説、考察を知りたいという思い 敬意 : 他者の予想や仮説、考察を問題解決に迫るものとして受け入れようとする思い 思いやり : 他者の考えに寄り添いつつ、最も確からしい予想や仮説、考察を伝えようとする思い

<u>情動の抑制</u>	自尊心	：自分の予想や仮説，考察は，学級の問題解決に貢献しているという思い
	楽観性	：自然の事物・現象についての問題は，結論を導けるはずだという前向きな思い
	自信	：自分が，自然の事物・現象についての問題に正対する結論を導こうとする思い

次に，課題となる姿の要因を考え，その要因と理科の教科特性やこれまでの実践に照らした3つの分類の具体との関係を考える。

課題となる姿	その姿の要因
自分の予想や仮説，考察を確かにしていない姿	<u>自分の予想や仮説，考察を確かにするために，理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞きたいと思えない</u>

ここで，理科の教科特性に照らしてみると，子どもは，見いだした自然の事物・現象についての問題解決に向かおうとする思い（目標への情熱）と自然の事物・現象についての問題は，結論を導けるはずだという前向きな思い（楽観性）が強く発揮されることにより，早く問題解決をしたいと思ったり，自分の予想や仮説，考察に固執したりすることは想像に難くない。また，自分の予想や仮説が正しいと思うほど，自分が想定してない観察，実験の結果が記録されたときに，自分の予想や仮説の正否を判断できないことも十分考えられる。このように，自分だけで理科の問題解決を行うことは難しい。そこで，子どもの問題解決を支える非認知的能力の分類は，他者との協働である。子どもは，自他の予想や仮説，考察を話し合う際に，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思い（社交性）が発揮されることにより，理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞くという行動を起こす。理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞く中で，理科の情報と自分の予想や仮説，考察との結び付きを見直し，自分の予想や仮説，考察を確かに行える。

さらに，これまでの実践に照らしてみると，子どもは，理科の情報を基に，予想や仮説，考察をもとうとする思い（自己抑制）や観察，実験の結果から分かることを明らかにしようとする思い（忍耐力）が継続的に発揮されたことにより，主体的な問題解決を行えたと考えられる。また，理科の学習を繰り返し，自分が，自然の事物・現象についての問題に正対する結論を導こうとする思い（自信）が発揮されるようになったことは，その後の主体的な問題解決を行うことを促したと考えられる。しかし，課題となる姿として，自分の予想や仮説，考察を確かにしていない姿が見られた。この姿の要因として，自分だけで理科の問題解決を行うことの難しさに直面するものの，自分の予想や仮説，考察を確かにするために，理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞きたいと思えなかったと考えられる。これは，自他の予想や仮説，考察を話し合う際に，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思い（社交性）が不十分であったと考えられる。

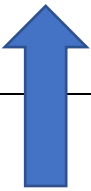
理科の教科特性と実践を踏まえて，自他の予想や仮説，考察を話し合う際に，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思い（社交性）が発揮されることにより，自分の予想や仮説，考察を確かにするために，理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞きたいと思えと考えた。また，これまでの実践から，自他の予想や仮説，考察を話し合う際に，理科の情報と他者の予想や仮説，考察との結び付きを聞くという行動を起こしていた子どもは，自他の予想や仮説，考察の相違点を見つけた際に，驚きや疑問の言葉を発したり，表情を浮かべたりしていた。この姿から，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思い（社交性）は，他者の予想や仮説，考察を見たり聞いたりした際に，言葉や表情に表れると考えられる。

これらの分析から、本校理科では、重視する非認知的能力を社交性とし、本研究を進めていくことにした。この非認知的能力が発揮された子どもの姿は、以下のとおりである。

社交性が発揮された子どもの姿

他者の予想や仮説、考察を見たり聞いたりしながら、驚きや疑問が言葉や表情に表れる。

この姿の具体を、発揮の具合で段階的に捉えると、以下のようになる。

具合	段階的に捉えた姿
	他者の予想や仮説、考察を見たり聞いたりしながら、 「え？」と目を見開いたり、「どういうこと？」と首を傾げたりする。
	他者の予想や仮説、考察を見たり聞いたりしながら、 「なるほど」「そういうことか」と声を発する。

このような、社交性が発揮された子どもの姿が現れることを促し、社交性を高める学びのプロセスを生み出せるように、次のような学びのデザインの工夫を行う。

(2) 学びのデザインの工夫

本校理科では、以下のように問題解決の過程とそれに伴う学びのプロセスを捉えている。

過程	学習活動	学びのプロセス
ふれる・つかむ	自然の事物・現象にふれる 単元のめあてをつかむ	自他の自然の事物・現象についての素朴な考えが異なることの気付き 他者とともに解決したい大まかな内容（単元のめあて）を自覚 他者と協働して問題解決をしていく必要感をもつ
	問題を見いだす	
追究する	根拠のある予想、仮説を発想する	
	観察、実験の計画を立てる	自他の予想や仮説、考察の相違点の自覚 他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いをもつ 他者と協働して問題解決をしていく必要感を高める
	観察、実験を行い、結果を表現する	
	考察をし、妥当な結論を導く	
まとめる・生かす	問題解決の過程を振り返る	
	ものづくりや現場学習などを行う	自然の事物・現象についての素朴な考えが科学的な考えに変容したことの実感 他者とともに大まかな内容（単元のめあて）を解決できたことを実感 他者と協働して問題解決をした学びの効果を実感する 他者とともに大まかな内容（単元のめあて）を解決できた喜びを感じる
	※1つの問題解決を表す  を2つ以上行う単元もある。	

＜図2 本校理科の問題解決の過程と学びのプロセス＞

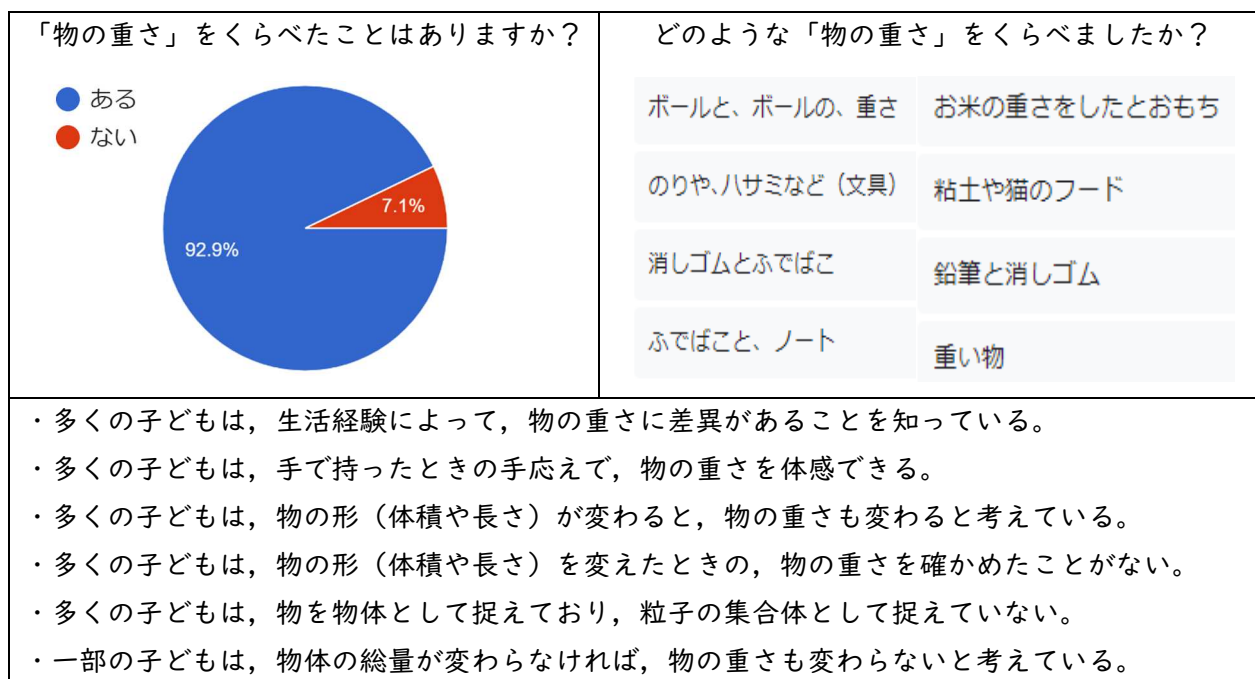
理科の問題解決の過程において、「社会に変革を起こす子ども」の育成を目指し、他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いを高めるためには、自然の事物・現象にふれる共通の体験を重視することが大切である。【ふれる・つかむ】過程において、子どもは、自然の事物・現象にふれる共通の体験を行うことで、自然の事物・現象についての素朴な考えが揺さぶられて、それらを表出する。そして、自他の自然の事物・現象についての素朴な考えが異なることに気付き、自然の事物・現象についての素朴な考えを、確かな考えに変容させたいという思いをもつ。また、単元を通して解決したい大まかな内容（単元のめあて）が、自分にとっても他者にとっても価値のあるものであることに気付き、他者とともに問題解決をしたいという思いをもつ。このような【ふれる・つかむ】過程によって、他者と協働して問題解決していく必要感をもつことになる。また、【追究する】過程において、子どもは、自然の事物・現象についての素朴な考えを、確かな考えに変容させたいという思いを持続し

ていることで、自分だけで考えた予想や仮説、考察は、最も確からしい予想や仮説、考察とは捉えない。このような子どもは、他者の予想や仮説、考察を見たり聞いたりした際に、自他の予想や仮説、考察の相違点を自覚することで、他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いをもつ。このような【追究する】過程によって、他者と協働して問題解決していく必要感を高めることになる。さらに、「問題解決の過程を振り返る」場面では、自然の事物・現象についての素朴な考えが、科学的な考えに変容したことを実感することで、他者と協働して問題解決をした学びの効果を実感する。また、【まとめる・生かす】過程において、「ものづくりや現場学習などを行う」場面では、他者とともに大まかな内容（単元のめあて）を解決できたことを実感し、それを解決できた喜びを感じる。

以上のような、他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いを高める学びのプロセスは、子どもの自然の事物・現象についての素朴な考えを揺さぶり、観察、実験などを通して、自然の事物・現象についての考えを更新していくことになる。これは、理科を学ぶ本質的な意義である「自然の事物・現象について素朴な考えを、科学的な考えに変容させること」を実感できる「真正な学び」の実現である。他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いを高める学びのプロセスを生み出すために、自然の事物・現象にふれる共通の体験を重視する学びのデザインを具体化する。

理科の学習において、子どもは、自然の事物・現象についての素朴な考えを表出する。しかし、教師が想定した問題の文脈に迫る気付きや疑問を取り上げるなど、一部の子どもは自然の事物・現象についての素朴な考えで問題解決の過程を設定してしまうことがあった。これは、【まとめる・生かす】過程において、自然の事物・現象についての素朴な考えを、科学的な考えに変容させることを十分に実感できないことにもつながっていた。そこで、「真正な学び」の視点から、自然の事物・現象にふれる共通の体験を重視する学びのデザインを行う。この学びのデザインでは、学習支援アプリのアンケート機能を用いて、子ども一人一人から、自然の事物・現象についての素朴な考えを引き出す。そして、その結果の分析を基に、学びのプロセスを具体化し、自然の事物・現象についての素朴な考えが揺さぶられる共通の体験の内容を決定する。なお、共通の体験の内容を基に、【まとめる・生かす】過程におけるものづくりや現場学習などの内容も想定する。

【具体例 3年「物と重さ」】



＜図3 3年「物と重さ」についての素朴な考えを引き出すアンケート結果と分析＞

【具体例 3年「物と重さ」】

過程	学びのプロセス	
ふれる・つかむ	「物の重さ」についての素朴な考えが異なることの気づき 他者とともに「物の重さ」の決まりを明らかにすることを自覚 他者と協働して問題解決をしていく必要感をもつ	【体験の内容】身の回りの物（木製の1m定規、段ボール、粘土、食塩、鉄球、プラスチック製の虫かご、ゴム製のボール）を持った際の手応えを比べる「物の重さ比べ」をする。
追究する	「物の形と重さ」「物の体積と重さ」についての予想や仮説の相違点の自覚 「物の形と重さ」「物の体積と重さ」についての考察の相違点の自覚 他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いをもつ 他者と協働して問題解決をしていく必要感を高める	
まとめる・生かす	「物を広げたり、分けたりすると重さが変わる」「同じ体積なら物の重さは同じ」という素朴な考えが、「物は、形が変わっても重さは変わらない」「物は、体積が同じでも重さは違うことがある」という考えに変容したことを実感 他者とともに「物の形と重さ」「物の体積と重さ」を明らかにできたことを実感 他者と協働して問題解決をした学びの効果を実感する 他者とともに大まかな内容（単元のめあて）を解決できた喜びを感じる	【ものづくりや現場学習の内容】物の重さ比べ研究報告書（学んだことを絵や図で示す）を作成する。

＜図4 3年「物と重さ」の問題解決の過程と学びのプロセス、共通の体験やものづくりや現場学習などの内容＞

他者の予想や仮説，考察を見て回るペア活動の設定

本校理科の問題解決の過程において，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思いが発揮された子どもの姿が現れるために，自他の予想や仮説，考察の相違点を自覚することが欠かせない。そこで，「根拠のある予想や仮説を発想する」「考察をし，妥当な結論を導く」場面において，他者の予想や仮説，考察を見て回るペア活動の設定をする。この学習指導の工夫は，理科の情報（自然の事物・現象の写真や観察，実験の結果の表など）と予想や仮説，考察（ノートの記事など）を机上に並列して置いておき，それらをペアで見て回る時間を設定する。この学習指導の工夫により，子どもは，理科の情報や他者の予想や仮説，考察を見たり読んだりして，自他の予想や仮説，考察の相違点を自覚することができる。また，ペア活動において，驚きや疑問をもったら話してよいことを伝えることで，友達が得た予想や仮説，考察の相違点も自覚することができるため，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思いを発揮しやすくなる。ペア活動の手順・時間という留意点は，以下のとおりである。

	留意点	児童と机上の様子
手順	① 子どもは，自分の予想や仮説，考察をもつ。 ② 教員は，驚きや疑問をもったら，ペアに話してよいことを伝える。 ③ 子どもは，ペアで他者の予想や仮説，考察を見たり読んだりしに行く。	
時間	1つの机を30秒として，計5分程度	

4 授業実践 4年「金属、水、空気と温度（水の三態変化）（A（2）ア（ウ）イ）」

（1）単元・題材等の学びのデザイン

子どもたちは、給湯器のスイッチを押すだけでお湯を作ったり、冷凍庫に水を入れるだけで氷を作ったりするなど、身近な水を加熱することでお湯になることや冷却することで氷になることを知っている。また、水を加熱したときの熱の伝わり方に関する問題に対して、水が入った試験管をお湯で温めた共通の体験やお風呂等の生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想できた。しかし、水が沸騰したり、氷になったりしたときの水の様子をじっくり見たり、それらの温度を測ったりした経験は少なく、温度の上昇や下降と水の状態変化とを関係付けて考えてはいない。

このような子どもにとって、水が沸騰するまでの様子をじっくりと見たり、水を氷にしようと保冷剤を用いて冷却したりする体験は、水の中の水蒸気や湯気などの自然の事物・現象に不確かさを感じるとともに、温度と状態変化との関係に問題意識をもつことになる。子どもは、問題解決に向け、水を加熱したときの熱の伝わり方についての既習の内容や、身の回りの水についての生活経験を基にした、自他の予想やその根拠の相違点を見だし、友達の考えを知りたいという思いを発揮し、予想とその根拠を積極的に聞くこととなる。そして、互いに予想や仮説とその根拠を聞くことを繰り返すことで、自他の予想とその根拠がより明確になり、実証性・再現性・客観性に照らして「学級全体の観察、実験の結果」と自分の考察との結び付きを見直すことになる。このことにより、生活の中の水の状態を想起しながら、水の温度とその状態とを関係付け、水を加熱すると沸騰し水蒸気になることや水を冷却すると氷になることを理解できる。以上のことから、次のように単元を構想した。

目標	質的・実体的変化に着目し、既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想しながら、水の状態変化を追究する活動を通して、温度上昇に伴う水の状態変化や、沸騰した水の中の水蒸気、温度下降に伴う水の状態変化と体積変化に関する問題を科学的に解決することができる。	
評価 規準	(①知・技) 水は、温度によって水蒸気や氷に変わることや、水が氷になると体積が増えることを理解している。 水の状態変化について、加熱器具や冷却器具を適切に用いて実験し、その結果を分かりやすく記録している。 (②思・判・表) 水の状態変化について、根拠のある予想をもち、結果の共通点や傾向を見だしながら考察し、表現している。 (③主体的態度) 自然を大切にし、温度上昇に伴う水の状態変化や、沸騰した水の中の水蒸気、温度下降に伴う水の状態変化と体積変化に関する問題に関する問題解決を行う中で根拠を明確にして判断しようとしたり、学んだことを日常生活に生かそうとしたりしている。	
過程	時間	学習活動
ふれる・つかむ	2	○沸騰している水や冷却した水の様子を観察して得た気付きや疑問を話し合い、単元のめあてをつかむ。
追究する	1 1 1 1 1 1	○問題①「温度が上がると、水にはどのような変化があるのだろうか」に対する予想をし、調べる計画を立てる。 ○温度上昇に伴う水の状態変化を調べ、学級全体の結果を基に、考察し、結論を導く。 ○問題②「水がふっとしたときのあわは何だろうか」に対する予想をし、調べる計画を立てる。 ○沸騰した水の中の水蒸気を調べ、学級全体の結果を基に、考察し、結論を導く。 ○問題③「温度が下がっていくと、水にはどのような変化があるのだろうか」に対する予想をし、調べる計画を立てる。 ○温度下降に伴う水の状態変化と体積変化を調べ、学級全体の結果を基に、考察し、結論を導く。
まとめる・生かす	2	○温度上昇や温度下降に伴う水の状態変化と体積変化、温まり方を図や絵にまとめ、取り扱い説明書を作る。

なお、本単元において、子どもが、温度上昇や温度下降に伴う水の状態変化という質的・実体的な見方や、熱の伝わり方についての既習の内容や、身の回りの水の様子といった生活経験と、自分の予想や仮説とを関係付ける考え方を働かせながら、社交性を発揮できるようにする。本単元の問題②における社交性を発揮した姿は次のとおりである。

度合	重視する非認知能力：社交性
高い	沸騰している水の中から出てくる水蒸気に関する問題に対する他者の予想や仮説，考察を見たり聞いたりしながら，「え？」と目を見開いたり，「どういうこと？」と首を傾げたりする。
低い	沸騰している水の中から出てくる水蒸気に関する問題に対する他者の予想や仮説，考察を見たり聞いたりしながら，「なるほど」「そういうことか」などと声を発する。

上記の姿が現れるために，子どもの学びのプロセスを明らかにし，そのプロセスが生み出されるように，学びのデザイン及び学習指導の工夫を次のように具体化して行った。

自然の事物・現象にふれる共通の体験に重視する学びのデザイン

子どもが，他者の予想や仮説，考察を知りたいという思いを高められるように，1つ1つの問題に対する子どもの学びのプロセスを想定し，それらが生み出されるように，学びのデザインの工夫をした。具体的には，子ども一人一人の水の状態変化についての素朴な考えを，事前アンケートを通して捉え，これまでの自然の事物・現象について素朴な考えが揺さぶられる共通の体験の設定を行う。また，単元のめあての達成に向けて，自分の問題解決の過程を振り返る機会の設定を行う。問題②に対する子どもの学びのプロセスと，それを生み出す学びのデザインは次のとおりである。

学びのプロセス	学びのデザイン
「温度上昇や温度下降に伴う水の状態変化」についての素朴な考えが異なることの気付き 他者とともに「温度上昇や温度下降に伴う水の状態変化」を明らかにすることを自覚 他者と協働して問題解決をしていく必要感をもつ	・「水と氷，水蒸気の性質や実体」についての素朴な考えを引き出すアンケートを行う。 ・アンケート結果を基に，子どもの素朴な考えが揺さぶられる共通の体験を設定する。 ・単元のめあての達成に向けて，解決したい問題を問いかける。
「水の中の泡の正体」についての予想や仮説の相違点の自覚 「水の中の泡の正体」についての考察の相違点の自覚 他者の予想や仮説，考察を知りたいという思いをもつ 他者と協働して問題解決をしていく必要感を高める	
水の中の水蒸気についての素朴な考えが，水は，水の温度の上昇に伴って水蒸気に変わるという考えに変容したことを実感 他者とともに水の中の水蒸気について明らかにできたことを実感 他者と協働して問題解決をした学びの効果を実感する 他者とともに大まかな内容（単元のめあて）を解決に迫れた喜びを感じる	・問題解決後に，単元のめあての達成状況を振り返る機会を設定する。

他者の予想や仮説，考察を見て回るペア活動の設定

「根拠のある予想，仮説を発想する」「考察をし，妥当な結論を導く」場面において，2人組で対話しながら，他の班の予想や仮説，考察を見て回れるようにする。これにより，自他の予想や仮説，考察の相違点を自覚し，予想や仮説とその理由を聞きたいという思いを高めることになる。なお，見て回るのは，理科の情報が記録されているタブレットと，予想や仮説，考察が記述されたノートとする。

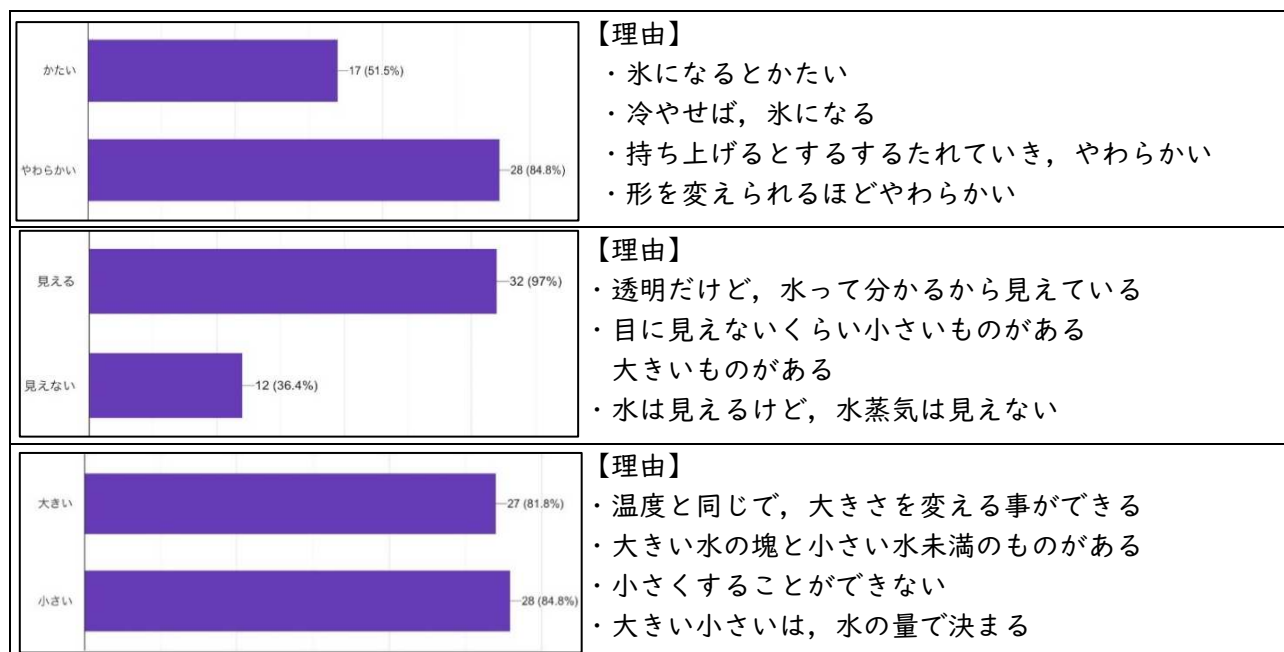
（２）学びの実際 ※M は抽出児，K は抽出児の2人組の子ども，C はその他の子ども， は，非認知的能力が発揮した姿

【本研究以前における，重視する非認知能力の側面から捉えた抽出児 M の実態】

これまでの理科の学習において，M は，問題解決に向けた友達との話し合いの中で，自分の予想や仮説，考察を伝えたり，友達の予想や仮説，考察を聞いたりしていたが，すぐに話し合いを終えてしまうことがあった。その際，理科の情報と自他の予想や仮説，考察との相違点に対し，驚きや疑問が言葉や表情に表れることはなかった。このような M は，本単元において，以下のように学習を進めていった。

①【事前】

教師は、子どもたちの水の状態変化についての素朴な考えを捉えるために、Google フォームを用いてアンケートを行った。複数回答可能の設定にして、「水はかたいか、やわらかいか」「水は見えるか、見えないか」「水は大きい、小さいか」を設定した。アンケート結果は、次のとおりである。



＜図5 子どもたちの水の状態変化に関する素朴な考えを捉えるアンケート結果＞

アンケートでは、約50%の子どもが「水はかたい」と答えた。かたい理由として、「氷になるとかたい」や、やわらかい理由として「水は形を変えられるからやわらかい」と答えた子どもがいた。これは、半数の子どもが、水を液体の状態としてイメージしており、水と氷を同一の物質として捉え切れていないことが伺える。また、約36%の子どものみが「水は見えない」と答えた。その理由として、「目に見えない状態の水（水蒸気）が存在している」と答える子どもが一部いた。これは、一部の子どもをのぞき、ほとんどの子どもが、水蒸気存在を知らない、または、水蒸気という言葉を知っているものの、水と氷を同一の物質として捉えていないことが伺える。さらに、約85%の子どもが「水は小さい」と答えた。その理由として「水未満のものがある」という答える子どもがいる一方で、「容器によって変わり、大きくも小さくもなる」と答える子どもが多かった。これは、多くの子どもが水を粒子の集合体として捉えていないことが伺える。これらのことから、子どもが、物質としての水の捉え方について、友達との違いがあることに気付いたり、水の状態が温度の上昇や下降に伴ってじっくりと変化していくことに気付いたりする必要があると考えた。そこで、「水を加熱し、加熱に伴う水の様子」と「保冷剤で水を冷却し、冷却に伴う水の様子」を変化の仕方が分かるように、透明なビーカーを用いて、一定時間観察する共通の体験を設定することとした。

②【ふれる・つかむ】の過程（第1時～第2時）

教師は、Google フォームのアンケート結果を提示し、「水はかたい」「水はやわらかい」と回答した理由を問いかけた。「閉じ込められた水は、押し縮められないからかたい」という既習の内容を基にした発言をする子どももいれば、「氷になるからかたい」という身の回りの生活経験を基にした発言をする子どももいた。「水は見える」「水は見えない」と回答した理由を問いかけると、「水蒸気ってこのがあるよ」と発言した子どもがいた。そこで、教師は、氷や水蒸気の正体を問いかけると、「氷は水が冷やされるとできるよ」や「水蒸気って何?」、「水蒸気は、水を温めたものだよ」、「水を温めると、お湯になるでしょ?」といった子ども一人一人の素朴な考えが出た。そして、実際に温めたり、冷たくしたりしてみたいという声上がり、体験を行うことにした。加熱される水の様子を見ながら、Mは「じっくり見ると、お湯になるときに、こんなに泡の出方が変わるんだね」と友達に話しかけたり、「この泡って何かな。空気の袋があるわけじゃないのに」とつぶやいたりしていた。その後、学級全

体で感想を話し合い、「最初は湯気が少なかったけど、だんだん増えてきたよ」や「出始めの泡は小さかったけど、どんどん大きくなったよ」「保冷剤くらいじゃぜんぜん氷にならないよ」といった気付きや「もしかして、湯気の量や泡の大きさは温度が関係しているのかな」や「泡の正体って何かな?」「何度になったら水は凍るのかな」といった疑問を共有した。さらに、教師が、本単元における問題解決の取り組み方を問いかけると「アンケートで自分一人だと、正しいと言い切れないと分かったから、友達と協力しながら取り組みたい」や「アンケートで考えが違ったね。友達と一緒に学習すれば、みんなが分からないことが解決できていいな」と話し合っていた。これらを基に学級全体で、単元のめあて「温度による水のすがたの変わり方をくわしく調べよう」を設定した。M は、「水を温めたらお湯になるし、冷やしたら氷になるって知っていたけど、改めて考えると不思議なことがあるね。友達と一緒に単元のめあてを解決したいな」と振り返りを行っていた。

③ 【追究する】の過程（第3時～第8時）

第3～4時は、問題①「温度が上がると、水にはどのような変化があるのだろうか」についての問題解決を行った。M は「40度くらいで湯気が出始めるよ。だって、お風呂は湯気がすごいから」や「泡は40度以上で出始めると思う。」という予想をもち、それらを検証するための計画を立てた。そして、水の温度を測りながら加熱し、その様子を動画で記録した学級全体の結果を基に考察し、「水は、温度が上がっていき、100度近くなると、大きい泡がたくさん出る。その際、湯気が濃くなって、水が一気に減る」という結論を導いた。

第5時は、前時に記述した、自分たちの単元のめあての達成状況についての振り返り（図6）を読み合ったり、気付きや疑問を見直したりして、問題「沸騰している水の中から出てくるのは、泡なのだろうか」を見いだした。これは、電気ケトル等を使用して「水が沸いた」という現象を知っているものの、共通の体験を行うことによって、中身の詳しい様子を知らないという自分自身の経験を揺さぶられたからこそ出てきた疑問であると考えられる。

その後、一人一人が問題に対する予想をもち、ペアや班で予想や仮説とその根拠を話し合った。予想や仮説をもつ際には、アンケートの中で子どもたちが話したことや、共通の体験の様子を画像や動画で用意し、それらを根拠とするようにした。話し合いの様子は、次の通りである。

振り返り 今日問題が一つクリアしたけど、まだ知りたいことがたくさんあるのでたくさん問題をといて学習のめあてに近づきたいです	ふり振り返り 今日は、ペアと話し合ったり他の班の意見を見て自分の意見をよりよく出来た。
水は、40度ぐらいから小さい泡が出てきて78度くらいになると湯気が出てきました。そして最後になると水の量が減ることがわかりました。	振り返り 今回ひとつ問題が解決しました。この問題を解決するためにペアやチームで、話し合ったり友達の見えと自分の意見を比べたりしました。そして、より良い考えになったり分からないことが解決しました。これからもたくさんさんの問題を解決していきたいです。

<図6 児童の振り返りの一部>

【ペアでの話し合い】

M：僕は、正体は泡だと思うよ。水を入れるときに空気が入ったんじゃないかな。コップに水を注ぐと、泡がたくさん入るよね。

K：私も泡だと思う。水は、温めると回るから、空気が入ったと思う。

（Mは、聞きながら、小さく何度か頷いていた）

M：やっぱり空気だよ。でも理由がちよっと違うか。みんなはどうか？

【ペアで、他の班の友達の予想を見に行く】

K：ほら、空気って予想だよ。

M：（首を傾げながら）でも、〇〇くんは、どこから空気が来るのか分からないって。うーん、空気が出続けるのは変だよな？

【班に戻り、班で話し合う】

M：（前のめりになりながら）他の班の予想はどうだった？

C：やっぱり、空気だと思うよ。空気って予想が多かったしね。

M：（Mは、あまり表情を変えず）そっか。僕も空気だと思うんだけど、水の中から空気が出続けるのは変な気がするんだよ。どこから、泡のようなものが出ているのかももう一回、体験の動画を見てみようよ。



<図7 ペアでの話し合いの様子>



<図8 他の班へ見に行く様子>



<図9 班で話し合う様子>

ペア活動で机上を見て回った際、M は、ペアの友達の予想や仮説を聞き、他の班の予想や仮説を見て、「どうのことだろう」と声を発する姿が見られた。この悩んでいる姿は、他者の予想や仮説を見たり聞いたりしながら、驚きや疑問が言葉や表情に十分に表れたとは言えないものの、その後の班での話し合いの際に、予想を自ら聞くという行動につながっていたため、重視する非認知能力である社交性を発揮することができたと考えた。

その後、「泡は空気である」や「泡は水から生まれた空気のようなものである」という予想を確かめるための計画を立てた。

第6時は、沸騰している水の中から出る水蒸気を袋で集め、その様子を動画で記録し、学級全体の結果を基に、考察を話し合った。話し合いの様子は次のとおりである。

【ペアでの話し合い】

M：袋が膨らんで、水滴がついたから、泡は空気と水だと思う。

K：うん。でも、空気だとしたら、膨らみ続けるから・・・

【ペアで、他の班の友達の考察を見に行く】

K：どの班も、はっきり分かんないみたい。

M：（首を傾げながら）袋が膨らんだのは一瞬で、すぐにしぼんだから、空気とは言えない、だって。どうのこと？

K：そこが、変だと思うんだよね。でも、水だけだと、膨らまないでしょ？

【班に戻り、班で話し合う】

M：（班の友達に体を向けて）見てきたけれど、まだ分からないよ。しぼむのが変じゃない？

C：（動画を見せながら）他の班がさあ、水滴がつき始めたら、しぼんだって言ってたんだよね。

M：（驚きの表情で）あ、確かに。もう1回、動画をスローで見てみようよ。



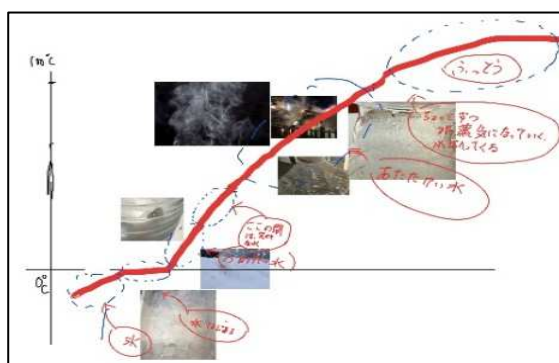
<図10 観察、実験の様子>

ペア活動で机上を見て回った際、M は、他の班の考察を見て、困惑した表情を浮かべ、その後の班での話し合いの際に、自ら友達に考察を聞いていた。このことから、重視する非認知能力である社交性を発揮することができたと考えた。

その後、学級全体で話し合い、「空気のような性質をもった水」や「水みたいな空気」といった考えが出てきた。そのタイミングで、教師が「水蒸気」という言葉を提示すると、子どもたちから、「あ！聞いたことある。水蒸気ってそういうことか」という声が挙がり、最終的に「沸騰している水の中から出てくるのは、空気のような水である。それを水蒸気という」という結論を導いた。

問題②「根拠のある予想、仮説を発想する」「考察をし、妥当な結論を導く」場面において、社交性が発揮された要因は、アンケートを用いて、子どもの素朴な考えが引き出されることで、それらをより確かなものにするために、協働する必要感をもったことが影響していると考えられる。さらに、ペアで他の班の予想や仮説、考察を見て回ったことで、自他の予想や仮説、考察に相違点があることを自覚したことが影響していると考えられる。この他にも、扱った自然の事物・現象における問題の難しさにより、子どもの予想が正しいときの結果と学級全体の実験結果とにずれが生じ、自分の予想や仮説、考察が揺さぶられ、他者の考えを聞きたいという思いをもったことも考えられる。

第7～8時は、問題「温度が下がっていくと、水にはどのような変化があるのだろうか」についての問題解決を行った。M は、「-20度くらいで氷始める」や「上から氷になる」などの予想をもち、それらを検証する計画を立てた。そして、冷却した水の温度を測ったり、水の様子を動画で記録したりした学級全体の結果を基に考察し、「水は、温度が下がっていき、0度になると、冷やされた場所から氷になり始める。氷になると、体積が増え、さらに温度が下がる」という結論を導いた。



<図11 身の周りから見つけた水の様子>

④ 【まとめる・生かす】の過程（第9時～第10時）

第9～10時は、身の回りの中から、様々な水の姿を見つけ、タブレットに保存する活動を行った（図11）。Mは、降雪した日の雪や、沸騰させた水が入った鍋の中の写真を撮り、温度ごとに分けていた。振り返りには、「水の温度による様子の変化がよく分かった。氷の温度が下がることを利用すれば、アイスが作れるかもしれない。そういう身の回りの水の姿をもっと探していきたい。」と記述していた。

単元末の子どもの振り返りには、「水は、100℃で水蒸気になったり、0℃で氷になり始めたりすることが分かった」や「水でいられる限界の温度は100℃である」という記述があった。これらの振り返りから、問題解決の過程を通して、子どもの素朴な考えが、科学的な考えに変容したことが伺える。また、「身の回りの水の状態を知りたい」という振り返りがあった。ここから、子どもが、学んだことを身の回りの生活に生かそうとしていることが伺える。これらのことから、本単元で育成を目指す資質・能力を育むことができたと考える。

5 成果と課題

本校理科における問題解決的な学習の中で、「社会に変革を起こす子ども」の育成に向けて、「非認知的能力を発揮する姿」が現れるための学びのプロセスと、そのプロセスを生み出す学びのデザインについて研究を進めてきた。その結果、次のような成果と課題が明らかになった。

○成果

自然の事物・現象についての素朴な考えが揺さぶられる共通の体験を設定したことにより、自他の自然の事物・現象についての素朴な考えが異なることの気づきや、他者とともに解決したい大まかな内容（単元のめあて）を自覚し、他者と協働して問題解決をしていく必要感をもつことができた。そして、【追究する】過程において、他者とともに解決したい大まかな内容（単元のめあて）につながる問題を見いだしたことで、他者とともに問題解決を行いたいという思いをもち、他者と協働して問題解決をしていく必要感を高めることができた。また、「根拠のある予想や仮説を発想する」「考察をし、妥当な結論を導く」場面において、他者の予想や仮説、考察を見て回るペア活動という学習指導の工夫を行ったことにより、自他の予想や仮説、考察の相違点を自覚し、他者の予想や仮説、考察を知りたいという思いをもつことができた。その後のペアでの会話やグループでの話し合いでは、理科の情報と他者の予想や仮説、考察との結び付きを聞くことを活性化できた。これらのことにより、【追究する】過程において、社交性を発揮させることができた。

○課題

「考察をし、妥当な結論を導く」場面における社交性の発揮には、自分の予想が正しいときの結果と学級全体の観察、実験の結果との相違点を見付けることなど、本年度想定したこと以外にも要因となることがあると考えられる。今後は、子どもが、さらに社交性を高めることができるように、「根拠のある予想や仮説、考察を発想する」「考察をし、妥当な結論を導く」場面以外における社交性の発揮を促す要因を考えていきたい。

【参考文献】

- ・益田裕充【編著】『知性を高め未来を創る理科授業』，上毛新聞社，2019年4月。
- ・田中保樹・益田裕充・小倉恭彦・後藤文博【編著】『資質・能力を育成する科学的な探究と学習評価（中学校理科）指導と評価の一本化を通して』，東洋館出版社，2021年8月。
- ・鳴川哲也【編著】『理科の授業を形づくるもの』，東洋館出版社，2020年4月。
- ・村上陽一郎『新しい科学史の見方』，日本放送出版協会，1997年。