

第 1 章

理科教育の指導方法に関すること

科学的に問題を解決する資質・能力の育成をめざした授業づくり —プログラミング的思考を働かせ、「問題解決の過程」の定着をめざす—

I はじめに

小学校学習指導要領解説理科編においては、理科の目標として、「自然に親しみ、理科の味方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成することを目指す」と示されていることから、小学校理科では、科学的に問題を解決することを重要視していることがわかる。科学的に問題を解決するということは、自然の事物・現象についての問題を、科学の基本的な条件として、実証性・再現性・客観性などといった条件を検討する手続きを重視しながら解決していく必要がある。

また、TIMSS2019 の調査結果を踏まえた文部科学省の施策では、理科教育において、自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈するなどの科学的に探究する学習の充実を図ることが必要であるとしている。ここから、理科においては、科学的に探究する学習を充実させることが必要だということがわかる。

では、実際には科学的に問題を解決することができているのだろうか。

平成 30 年度全国学力・学習状況調査の課題を踏まえた学習指導等の改善・充実のポイント（兵庫県教育委員会）の調査結果では、小学校理科について、他者が予想した実験の見通しについての理由を理解することができず、結果的に自分の予想と他者の予想が同一であると結論付けてしまうという課題を挙げている。

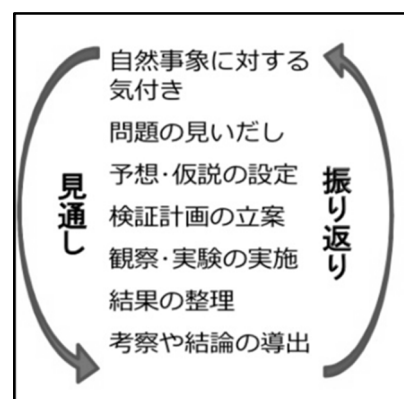
このように、児童は理科の問題を解決する際、科学の基本的な条件である、実証性・再現性・客観性という条件を検討する手続きを重視せず、結果だけを重視、つまり問題を解決するまでの過程を軽視してしまっていることがわかる。

これまで私が指導してきた児童の多くも、問題を解決するまでの過程は結果をとらえるための手段にすぎないという認識であった。その証拠に、学習後の知識を問われる問題で、授業で行った実験と違う方法で実験をした際、結果が違ってくる場合においても、授業で行った結果を記入し、間違えることが何度もあった。

II 研究テーマの設定

児童は理科の問題を解決する際、結果のみを重視するのではなく、「問題解決の過程」を大切にしながら学習をすすめることで科学的に問題を解決する資質・能力を身に付けることができるため、研究テーマを「科学的に問題を解決する資質・能力をめざした授業づくり」とし、「問題解決の過程」の定着をめざすことで、このテーマが達成できるのではないかと考えた。

そこで、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」の別添資料にある「理科において育成を目指す資質・能力の整理」で示された「資質・能力の育成のために重視すべき学習過程等の例」（図 1）を、この研究では、「問題解決の過程」とし、この「問題解決の過程」を意識して見通しをもつことで科学的に問題を解決することができるのではないかと考えた。



【図1】 資質・能力の育成のために
重視すべき学習過程等の例

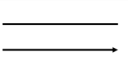
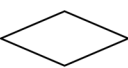
また、小学校学習指導要領解説理科編のコンピュータや情報通信ネットワークなどの活用には、プログラミングの体験を通して、問題の解決には必要な手順があることに気づくことを重視していることやプログラミングを効果的に取り入れることにより問題解決の活動を意識しながら論理的に解決していく学習活動などが充実すると考えられていることが示されている。

そこで、本研究では、「問題解決の過程」を定着させるには、理科の授業においてプログラミング的思考を働かせることが有効なのではないかという仮説を立てた。

Ⅲ 研究についての基本的な考え方

1 プログラミングについての考え方

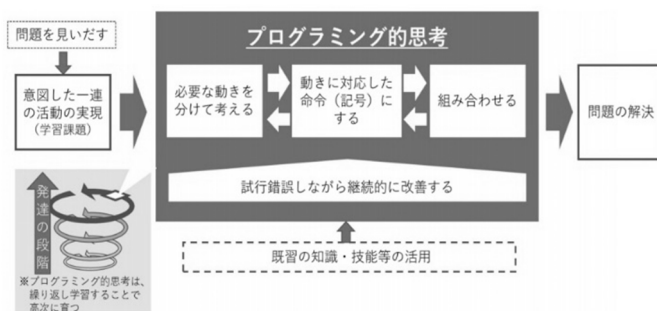
プログラミングとは、プログラムを作る作業のことをいい、プログラムとは、コンピュータにさせる処理を順番に書き出したものである。つまり、プログラミングとは、コンピュータに出す指示のことである。コンピュータに指示を出すには、一つ一つの動きをコンピュータに読み取れる形で命令する必要がある、その順番を可視化したものがフローチャートである。フローチャートは、プロセスの流れを箱や矢印といった記号（図2）を使って表現した図のことで、これを見ることで、プログラムの仕組みを理解することができる。本研究では、このフローチャート記号を使い、児童が実験の流れを理解しやすいように図式化した簡易フローチャートを作成した。

記号	名称	意味
	線・矢印	処理の流れに沿って、線または矢印でボックスをつなぐ
	処理	行う処理や作業の種類を表現している
	判断	複数の選択肢に分かれる判断を表現している ボックスから分かれた線の横に判断基準を併記する

【図2】フローチャート記号（一部抜粋）

2 プログラミング的思考についての考え方

「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」においてプログラミング的思考は、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と説明されている。また、小学校プログラミング教育の手引き（第三版）には、プログラミング的思考について「児童は試行錯誤を繰り返しながら自分が考える動作の実現を目指しますが、思い付きや当てずっぽうで命令の組み合わせを変えるのではなく、うまくいかなかった場合には、どこが間違っていたのかを考え、修正や改善を行い、その結果を確かめるなど、論理的に考えさせることが大切です」としている（図3）。これは、理科の学習における間違いや失敗からその原因を追及するという活動に通じるものであり、問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成する上で重要であると考えられる。



【図3】プログラミング的思考を働かせるイメージ

くのか、といったことを論理的に考えていく力」と説明されている。また、小学校プログラミング教育の手引き（第三版）には、プログラミング的思考について「児童は試行錯誤を繰り返しながら自分が考える動作の実現を目指しますが、思い付きや当てずっぽうで命令の組み合わせを変えるのではなく、うまくいかなかった場合には、どこが間違っていたのかを考え、修正や改善を行い、その結果を確かめるなど、論理的に考えさせることが大切です」としている（図3）。これは、理科の学習における間違いや失敗からその原因を追及するという活動に通じるものであり、問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成する上で重要であると考えられる。

Ⅳ 研究の進め方

本研究では、仮説を立証するため、実践協力校である三木市立上吉川小学校の第6学年の児童を対象に授業実践を行った。

本単元では、コンピュータを使用してプログラミングを行うのではなく、コンピュータを用いないアンプラグドでプログラミング的思考を働かせることにより授業実践を行うこととした。また、ねらいはプログラミング的思考を取り入れてフローチャートを作成し、実験の過程を可視化して整理することで、児童が条件制御と分岐を使って整理して考えることと、問題の解決には必要な手順があることに気づくこととした。

Ⅴ 研究の内容

1 授業実践の概要

- ・実施日：令和2年9月17日～10月9日（9日間）
- ・実施校：三木市立上吉川小学校
- ・単元：「水よう液の性質」（わくわく理科6、啓林館）
- ・対象：第6学年（1クラス、4人）
- ・単元のねらい：

水よう液の性質の違いに着目して、プログラムを作成する手順の一つである「条件分岐」をもとにフローチャートを作成する活動を通して、水溶液の性質についての理解を図り、問題解決の過程に基づいて検証計画を立案し、実験を実施して科学的に問題を解決しようとする態度を育成する。

2 指導計画（全13時間）

次	指導計画
1	① フローチャートを作成する (1時間)
	② 5種類の水溶液の分類方法についてフローチャートを活用して考える (1時間)
	③ リトマス紙を使って5種類の水溶液の分類方法を考える (2時間)
2	ロボットが水溶液を分類するために一番効率のいいプログラムを考える (2時間)
3	① 水溶液の影響を受けない仕分けロボットの素材を考える (2時間)
	② 塩酸にとけた金属の行方を考える (2時間)
	③ 塩酸に金属がとけた液体を蒸発させて出てきた固体はもとの金属と同じものなのか考える (2時間)
まとめ	水溶液の性質が日常生活のどんなところに生かされているか調べる (1時間)

3 プログラミング的思考を働かせる計画

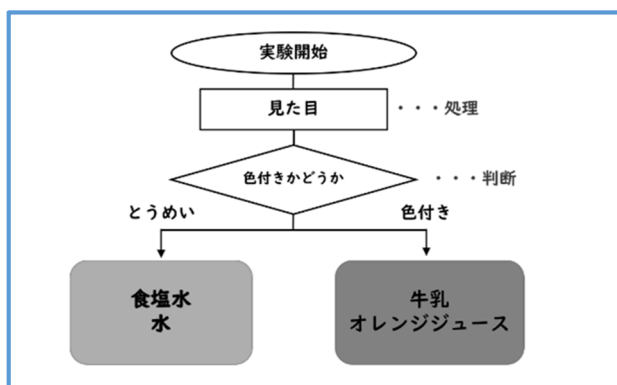
次	プログラミング的思考を働かせる計画	ねらい
1	プログラミングの理解	プログラミング的思考の習得
2	プログラミング的思考の定着	
3	プログラミング的思考を生かして問題を科学的に解決	プログラミング的思考の活用

4 授業実践

(1) 第1次①「フローチャートを作成する」

まず、プログラミングについての説明を、表を使って児童に説明した後、児童と一緒にフローチャートを作成した。

例題として、4種類の液体（A 水、B 食塩水、C 牛乳、D オレンジジュース）をそれぞれ透明の容器に入れ、水だと思いのものを選ばせた。児童は、すぐに見た目で色がついている牛乳とオレンジジュースは水ではないと判断した。その様子をもとに、まずは、教師がフローチャートを児童の前で作成した（図4）。



【図4】「見た目」で分類した時のフローチャート

このフローチャートでは、作業の種類として見た目で処理したので、処理のところに「見た目」と記入し、色がついているかどうかで判断したので、判断のところに「色付きかどうか」と記入した。次に A 水と B 食塩水を見分けようとしたが、見た目で判断できなかった。そこで、一方は水で他方は食塩水であることを伝えると「飲めば分かる」という意見が出てきたので、実際に飲むことで A が水だと結論付けた。そして、この分類の過程について、フローチャートを使って整理した。「味」による分類過程は、練習もかねて各自で作成した。本時を通して、児童は、フローチャートの仕組みを理解し、実験の結果をフローチャートにまとめることができるようになった。

(2) 第1次②「5種類の水溶液の分類方法についてフローチャートを活用して考える」

問題 5種類の水よう液は、どうすれば分類することができるのだろうか

ア 予想・仮説の設定、検証計画の立案

本時は、無色透明の5種類の水溶液（重曹水、食塩水、アンモニア水、塩酸、炭酸水）の分類を前時で学習したフローチャートを活用して考えさせた。問題を「5種類の水よう液は、どうすれば分類することができるのだろうか」として、まず児童に予想を立てさせた。その際、根拠をもとにした予想が言えるように、予想には必ず理由をつけさせた。個人の予想を全体で共有したところ「見た目」「においをかぐ」「蒸発させる」の3つの意見が出た。1つ目の「見た目」については、「炭酸水は、シュワシュワしているから見れば分かる」という生活経験を根拠に予想した意見が出た。2つ目の「においをかぐ」については、「アンモニアは臭そうだから」「違うかもしれないが、アンモニアは臭いと聞いたことがある」など、根拠とまではいかないが、知識をもとに予想した意見が出た。3つ目の「蒸発させる」については、「食塩水は、蒸発させると食塩が取り出

せるから」という既習事項を根拠に予想した意見が出た。予想に理由をつけさせたことで、生活経験や既習事項を根拠に予想した意見が出始めた。

検証計画を立案させる際、同時にその実験をしてどのような結果になるかの予想も書かせた。そうすることで、児童は「見た目」「においをかぐ」「蒸発させる」について、検証計画と結果についての予想を書くことができ、その実験を行う意味を捉えることができた。

イ 実験の実施

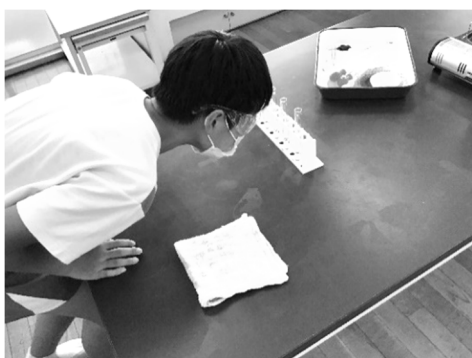
児童が計画した3つの実験をペアで行った。

実験①「見た目」 5つの水溶液が入った試験管を見比べ、違いを観察した。

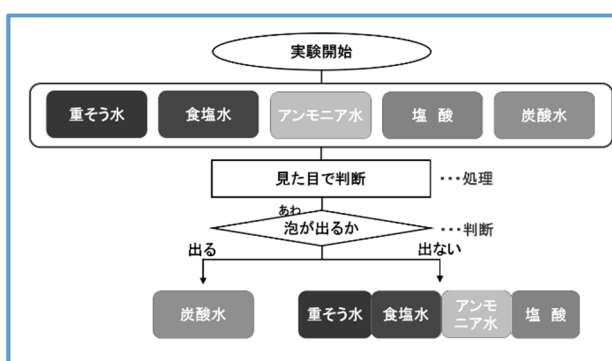
実験②「においをかぐ」 5つの水溶液のにおいをかいだ。

実験③「蒸発させる」 5つの水溶液をそれぞれ加熱し、残ったものの有無を確認した。

以下の結果のフローチャートは、全体で共有したものをもとに教師が作成した。



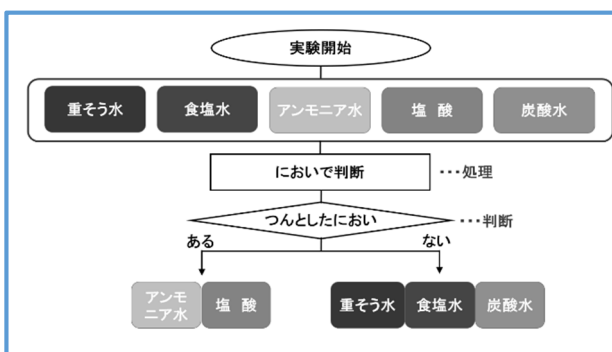
実験①の様子



結果のフローチャート



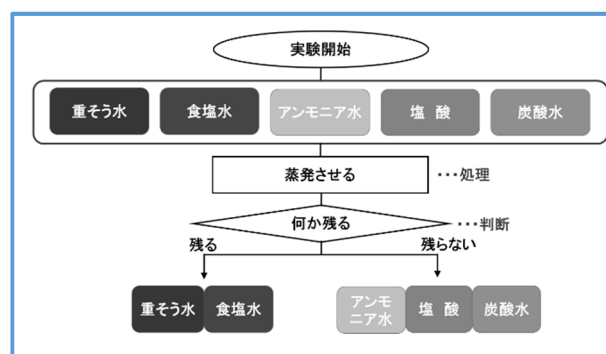
実験②の様子



結果のフローチャート



実験③の様子



結果のフローチャート

ウ 結果の整理

結果については、ワークシートに表を準備して整理させた。その後、導入時に練習したフローチャートを作成し実験の過程を整理した。

エ 考察や結論の導出

最初、「炭酸水は、ぶくぶくしている」「アンモニア水と塩酸は、においがした」など、結果を文章にすることが考察だと考えている児童が多くいた。そのため、結果の後に「だから」をつけて文章を続けることと何のために実験をしたのかをもう一度確認するように声かけをした。そうすることで、「炭酸水は、ぶくぶくしている。だから、見た目で区別することができる。」「アンモニア水と塩酸は、においがした。だから、においで区別することができる。」という考察を書くことができた。結論に関して、本時は「見た目」「においをかぐ」「蒸発させる」の3つの実験だけでは5つ全てを区別することはできないはずだが、蒸発させて残ったものの量の多い少ないで判断したり、においのきつさで判断したりしていて、実証性・再現性・客観性の条件を検討する手続きを重視できておらず、科学的に問題を解決できていないところがあった。

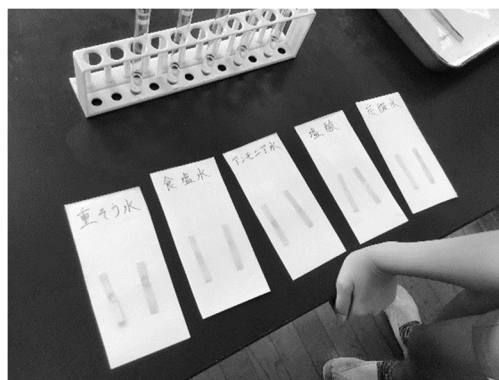
(3) 第1次③「リトマス紙を使って5種類の水溶液の分類方法を考える」

問題 リトマス紙を使うと水よう液はどのように分類することができるのだろうか

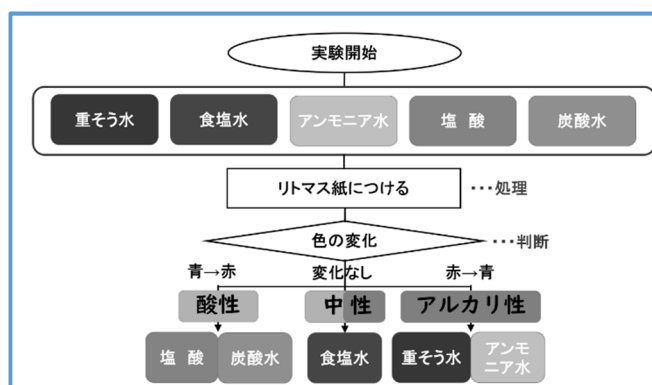
本時は、児童が今回リトマス紙を初めて使用するため、予想・仮説の設定を行わず、検証計画の立案の際も、水溶液の性質によって色が変わる試験紙であることだけを告げ、教師主導で行った。

ア 実験の実施

ペアに分かれて、5種類の水溶液に対するリトマス紙の色の变化を観察する実験を行った。



リトマス紙を使った分類の様子



結果のフローチャート

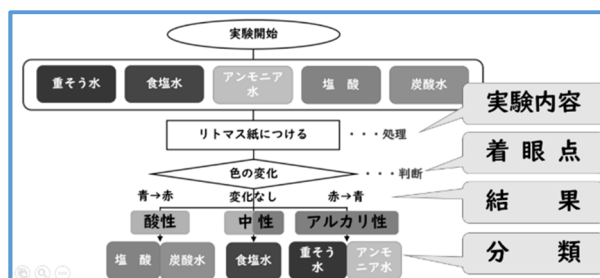
イ 結果の整理

リトマス紙の色の变化に着目し、結果を整理した。色の变化だけに着目したので、自分の考えなどを入れず、色の变化のみを結果として書くことができていた。また、その結果をもとにフローチャートにまとめることができた。

ウ 考察や結論の導出

フローチャートを使うことで、どんな実験を行ったかという実験内容、どこに着目して行ったかという着眼点、どんな結果になったかという結果、そして、どのように分類したかという分類を可視化することができた(図5)。児童にリトマス紙の色の変化に着目してフローチャートを見ながら考察を書かせることで、これまでの実験の過程を一目で理解することができるようになった。今までは、「炭酸水はぶくぶくして」として書いていた児童が、「同じ色に変化した」由を説明する考察が書けるようになった。

結論においても、フローチャートの分類をもとに導き出した。さらに本時は、水溶液の性質として「リトマス紙の色を青から赤に変化させるものを酸性、変化しないものを中性、赤から青に変化させるものをアルカリ性」という新たな知識を教科書で確認し、「リトマス紙を使うと、酸性、中性、アルカリ性の3つに仲間分けすることができる」という一般化した結論を導き出すことができた。



【図5】 実験の過程を可視化

考察

- ・塩酸と炭酸水はどちらも赤だった。だから仲間だということが分かる。
- ・重曹水とアセト酸水はどちらも青だった。だから仲間だということも分かる。
- ・食塩水は青色の昔で赤色の赤だった。だから仲間というわけではない。

結論

リマス紙で言うと酸性・アルカリ性・中性に仲間分けすることが出来る。

児童が考えた考察と結論

(4) 第2次「ロボットが水溶液を分類するために一番効率のいいプログラムを考える」

問題 仕分けロボットが5つの水よう液を分類するときに一番効率のいい指示をあたえるためには、どんな順番でプログラムを入力すればいいか考えよう

第2次においては、これまで行った4回の実験をまとめたフローチャートをもとに、ロボットが水溶液を分類するために、一番効率のいいプログラムを考えた。

ここでは、プログラミング的思考を働かせて児童がより効率のいい順番になるように試行錯誤してプログラムを考えると、自分の考えたプログラムの有用性が相手に伝わるように順序立てて話すことができるようにすることの2点をねらいとした。

ア フローチャートの作成準備

児童がこれまで作ってきたフローチャートを提示し、どんな実験をすることでどんな分類の仕方ができたかを一つずつ全員で振り返った。その後、できるだけ少ない質問で、相手の考えている水溶液が何かを当てるゲームを行った。このゲームは、児童が効率よく水溶液を見つけ出すために順番を入れ替えて考えることをねらいとして行った。

- ルール① 問題を出す人が5つの水溶液から1つを選ぶ。
- ② 答える人は、その水溶液がどんな実験でどんな結果だったのかを聞く。
- ③ 答えが確実に1つになるまで聞く。(予想で答えてはいけない)
- ④ 質問の回数を数え、質問数が少ない方が勝ち。

このゲームを行うことで、どの実験結果を最初に聞けば少ない回数で答えを出すことができるかを児童同士で自発的に話し合う場面がみられた。その話し合いの中で、リトマス紙の結果を最初に聞けば3つに分類されるため、多くても2回目の質問で正解を導き出すことから「リトマス紙の結果を最初に聞けば、すぐに答えが分かる」という結論を児童同士の話し合いで導き出した。

イ フローチャート作成と説明

ロボットに分類方法をプログラムするときが一番効率のよい方法について、これまで行った4回の実験をまとめて、1つのフローチャートを作成することとした。

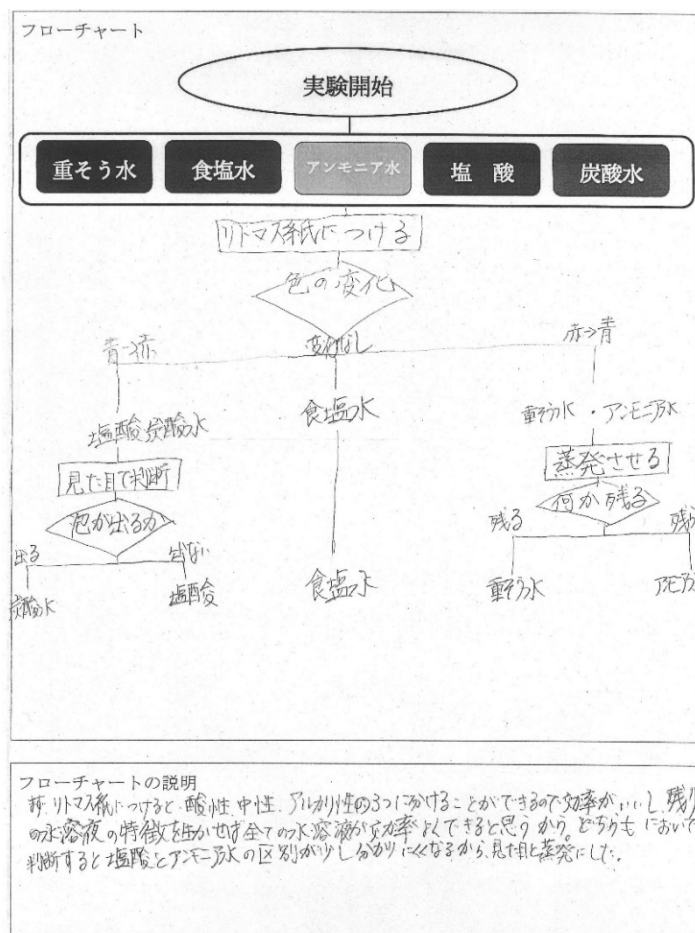
児童が順番を入れ替えて何度も考え直しができるようにするために、これまで作成してきた全てのフローチャートを縮小して配付した。ゲームで「リトマス紙の結果を最初に聞けば、すぐに答えが分かる」という結論を導き出していたことから、全員がまずはリトマス紙に水溶液をつけることからフローチャートを作成していった。この時点で中性の水溶液が食塩水だとわかったので、児童は、残りの塩酸と炭酸水の分類の仕方と重曹水とアンモニア水の分類の仕方を個人で考えた。その結果、児童から3通りの意見が出てきた。

1つ目は、どちらも「におい」で判断するという意見だった。その理由について、「ロボットがする作業は1つの方が効率がいいと思ったから」と説明した。効率の良し悪しを分岐の数だけで判断するのではなく、実際に行う実験の回数まで見通して判断していた。

2つ目は、塩酸と炭酸水を「見た目」で判断し、重曹水とアンモニア水を「蒸発させて残ったもので判断」という意見だった。その理由について、「においで判断するのは難しかったから、におい以外で判断できるものを選んだ」と説明した。実際の実験では塩酸をにおいで判断するのは難しかったことを思い出し、経験したことをもとに判断していた。

3つ目は、塩酸と炭酸水を「見た目」で判断し、重曹水とアンモニア水を「におい」で判断するという意見だった。その理由として、「どちらもすぐに判断できるから」と説明した。3つ目も、効率の良し悪しを分岐の数だけで判断するのではなく、時間的な効率のよさも判断材料にしていた。

このようにどの児童も自分の意図を明確にし、相手にわかりやすい順番と言葉で伝えることができていた。これは、プログラミング的思考を働かせ、効率のよい実験の順番について、根拠をもとに理由を説明していったからだと感じた。また、児童が毎回の実験結果をフローチャートにまとめていたので、実験全体の見通しをもつことができていたためだと感じた。



児童が作成したフローチャートと説明

更に、説明の際、話し手も聞き手も実験全体の見通しがもてていたもので、全く異なる意見が3つも出たのにも関わらず、どの児童の意見も納得しながら聞くことができた。

(5) 第3次①「水溶液の影響を受けない仕分けロボットの素材を考える」

問題 仕分けロボットの素材としてよいものはどの素材だろうか

第3次では、どこまで科学的に問題を解決できるようになったかを確認するために、問題の見いだしを全体で共有したあとのすべての過程で、児童が主体となって、問題を解決していった。

ア 問題の見だし、予想・仮説の設定

第2次でできたプログラムをインプットするためのロボットを作る想定で授業を進めていった。

まず、児童にロボットの素材を考える課題を設定し、水溶液と金属の関係について調べていった。そこで、「仕分けロボットの素材としてよいものはどの素材だろうか」という問題の見いだしを教師が行い、予想を児童に立てさせた。

児童が挙げた素材とその理由は表1の通りであった。この中で、ロボットの素材が、「重いものより軽いものの方が扱いやすいけど本当にアルミニウムの方が軽いのかわからない」という意見と「水溶液に溶けてしまう素材があるのではないか」という意見の真偽がわからなかったため、新たな疑問から出た2つの問題を解決するため、それぞれ実験を行うことにした。

問題1 鉄とアルミニウムは重さが違うのだろうか

問題2 水溶液に溶ける素材があるだろうか

イ 検証計画の立案

上の問題1、2について、それぞれの実験計画1、2を立案した。

実験計画1では、鉄とアルミニウムを体積に関係なく量ろうとしていた児童に他の児童から「大きさを同じにする必要があるのではないか」という言葉かけがあり、誰がやっても同じ結果になるように「同じ体積」という条件制御の考え方を働かせて考えることができた。

実験計画2では、すべての水溶液にすべての素材を入れることから試験管を20本用意するなど、みんなに納得してもらえるような計画を立てることができた。

また、計画を立てた後、もし自分の予想が正しかった場合どんな結果になるかを考えることで結果後の考察まで見通しをもつことができた。

実験計画1「素材の重さ」

- ・電子天秤に同じ体積の鉄とアルミニウムをのせ、重さを量る。

実験計画2「水溶液に溶ける素材」

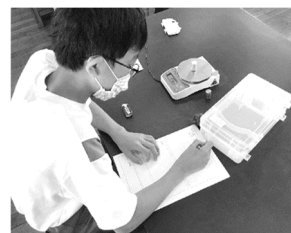
- ・5つの種類の水溶液に鉄、アルミニウム、ガラス、プラスチックを入れて、変化を調べる。

適していると思う素材	理由
鉄	ロボットといえば鉄強そう 頑丈
アルミニウム	やわらかいし使いやすい 軽い
プラスチック	さびない 安い われない
ガラス	試験管がガラスだからとけることはない

【表1】 児童が挙げた素材と理由

ウ 結果の整理

実験 1 では、同じ体積の鉄とアルミニウムを量ると、鉄が 71 g、アルミニウムが 26 g という結果になった。また、実験 2 では、塩酸に鉄を加えると鉄が溶け、塩酸にアルミニウムを加えるとアルミニウムが溶けた。その結果を、各自で表にまとめた。



実験①の様子

エ 考察や結論の導出

児童は、自分の考えが正しかった場合の結果を予想したことや、自分たちで実験計画を立てたことで、しっかりと意味を理解した上で実験を行うことができた。その結果、実験中に結果が分かるとすぐ考察をしている姿をよく見かけた。また、結論を意識して、鉄とアルミニウムが塩酸に溶けたという事実から、より一般化した「金属」という言葉で表現している児童もいた。少し拡大した解釈かもしれないが、視野を広げるという点では成長したところだと感じた。

・塩酸は金属を溶かす力があることが分かる

・塩酸は鉄とアルミニウムが溶けたから塩酸にはものを溶かす性質があることが分かる

児童が考えた考察

結論
はわけロボットの素材は金属じゃない方がいい
理由はとくを実験をしたとき、金属のみが溶けたから。

児童が導き出した結論

結論の導出の際には、先ほどの「金属」という、より一般化した言葉を使い、今まで何のために実験を行ってきたかを振り返りながら、金属はとけ、ガラスは割れやすいので、ロボットの素材としては「プラスチックが一番よい」という結論を出すことができた。

(6) 第3次②「塩酸にとけた金属の行方を考える」

問題 塩酸にとけた金属はどうなったのだろう

ア 問題の見だし、予想・仮説の設定

児童が導き出した結論から新たに問題を見いだせるよう「塩酸にとけた金属はどうなったのだろう」と問うと、児童から「空気中に出て行った」や「アルミは残って、鉄は空気中に出て行った」などの予想が出てきたため、本時はその問題について考えていくことにした。

問題が出た時点から児童は「予想が書けたら、実験計画まで考えてもいいですか」と自発的に学習を進めていくことができた。これは、「問題解決の過程」をもとに授業を進めてきたことで、児童が問題解決までの見通しをもっている証拠だと感じた。

予想もこれまでの既習事項から「ぶくぶくしている」という点に着目して気体であると判断し、空気中に出て行ったと予想した。これまでのように「なんとなくそうなりそう」という予想ではなく、確かな根拠をもって予想を立てることができた。

予想 (そう思う理由)
これは空気中に気体となって出ていったと思います。
理由は炭酸水も二酸化炭素が溶けてぶくぶくしていった。そして塩酸に金属が溶けたときもぶくぶくしていったから。
炭酸水 = 酸 + 炭素 塩酸は金属を溶かす
炭酸水は二酸化炭素が溶けているから、塩酸は金属を溶かすから、炭酸水は二酸化炭素が溶けて出ていったから、塩酸は金属を溶かして出ていったから。

実験計画
・蒸発させる 何が残るか？ 試験管に固体が残ったかな？
・冷やす？ 残った固体が残るか？ (冷やすと固体が残る)
もし予想通りならこんな結果になるはず！
蒸発させるとどうも固体が残らない。
冷やしても？ 固体が残る。

児童の立てた予想と実験計画

イ 結果の整理、考察と結論の導出

検証計画を立案した後に、実験を実施し、結果を整理した後、考察や結論の導出を行った。検証計画をもとに実験を行った結果、児童の予想に反し、水溶液を蒸発させると固体が残った。その結果から、児童は塩酸にとけた金属は水溶液中に残っていると判断した。しかし、児童の1人が「においがしたから空気中に出たと思ったけど、出てないならにおいはなにか別のものなのだろうか」と発表したことをきっかけに「ぶくぶくはなんだったのだろう」という新たな疑問が出てきた。

(7) 第3次③「塩酸に金属がとけた液体を蒸発させて出てきた固体はもとの金属と同じものなのか考える」

前時では、問題に対しての結論は出なかったが、途中で新たな疑問が出てきたため、「問題解決の過程」の最初にある「自然事象に対する気付き」に戻って、問題を解決することにした。

問題 塩酸に金属がとけた液体から出てきた固体は、もとの金属と同じものなのだろうか

ア 問題の見だし、予想・仮説の設定

児童から出た新たな自然事象に対する気付きをもとに、まず教師から「塩酸に金属がとけた液体から出てきた固体は、もとの金属と同じものなのだろうか」と問いかけ、児童が予想・仮説の設定を行った。

この問題に対して、児童全員がもとの金属とは違うものだと予想した。その理由として、塩酸に金属がとけた液体から出てきた固体と、もとの金属は色が全然違うということを挙げた。この予想が正しいかどうかを調べるために、検証計画の立案を行った。

イ 検証計画の立案

実験計画1では、塩酸に鉄がとけた液体から出てきた固体に、磁石を近づけることで鉄か鉄ではないかを判断することにした。

実験計画2では、鉄とアルミニウムの2つがとけた液体から出てきた固体に、塩酸を加え、泡が出るかどうかで元の金属と同じかそうでないかを判断することにした。

実験計画1

- ・塩酸に鉄が溶けた液体から出てきた固体に磁石を近づける。

実験計画2

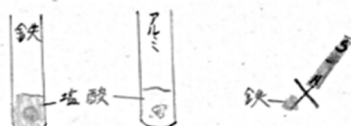
- ・塩酸に鉄が溶けた液体から出てきた固体に塩酸を加える。
- ・塩酸にアルミニウムが溶けた液体から出てきた固体に塩酸を加える。

ウ 結果の整理

実験1では、塩酸に鉄が溶けた液体から出てきた固体に磁石を近づけたが、くっつかなかった。実験2では、塩酸に鉄とアルミニウムをそれぞれ溶かした液体から出てきた固体にそれぞれもう一度塩酸を加えたが、どちらも泡はでなかった。その結果を各自、表や絵でまとめた。

結果 塩酸に金属がとけた液体から出てきた固体

	磁石	塩酸
アルミニウム	くっつかない	変化無
鉄	くっつかない	変化無



児童がまとめた結果

エ 考察と結論の導出

考察では、1つの実験で判断するのではなく、より説得力がますように児童が自主的に「上の2文より」という言葉を使い、2つの実験結果から根拠をもとに理由を説明できるような考察を書くことができた。

結論では、「別のものになった」だけでなく、今までの学習である水溶液の性質ということ意識し、「別のものに変える力がある」と表現することができた。

考察

・鉄を塩酸にかけた液体から出た固体は鉄とくちやふた、たため鉄では別
ことが分かる。
・11Lと鉄を塩酸にかけた液体から出た固体をもう一度塩酸に入ると、変化が
なれにやふた。
・よ2文より塩酸に金属をかけた液体から出た固体は全くの別物だと分かる。

児童が考えた考察

結論

塩酸は金属をとかし別のもにへえる力がある。
たから金属の鉄やアルミはけり別のもにへた。

児童が導き出した結論

(8) まとめ「水溶液の性質が日常生活のどんなところに生かされているか調べる」

学んだことを自然の事物・現象や日常生活に当てはめてみようとする態度を養うために、今まで学習してきたことが日常生活のどんなところに生かされているか調べた。

- ・リトマス紙の代用（ぶどうジュース、ブルーベリー、アサガオの花、ムラサキキャベツの葉の汁）
- ・BTB液（プールの水質調査）
- ・塩酸に溶けにくい金属（金、銀、銅）
- ・酸性雨について
- ・用途に応じた洗剤（酸性洗剤、中性洗剤、アルカリ性洗剤）

水溶液の性質を利用した商品があることや身の回りのものを使って水溶液の性質を調べることができることを知った児童は、「どうして酸性雨が降るのだろう」「いろんな性質の水溶液を混ぜるとどうなるのだろう」など、新たな疑問を見だし、そのことについて調べてみたいという態度が表れてきた。これは今まで児童から出てきた疑問を中心に問題解決をしてきたことで、新たな疑問があれば自分の力で解決できるという経験から表れた態度だと考える。

VI 本研究の成果と課題

1 成果

本研究において、フローチャートで実験の過程を可視化して整理する活動を通して、児童は問題解決までの見通しをもつことができるようになり、問題の解決には必要な手順があることに気付くことができるようになった。このことから、プログラミング的思考を働かせることが「問題解決の過程」の定着につながる、ということが明らかとなった。さらに、児童は実験の結果だけに注目するのではなく、「問題解決の過程」を重視して実験に取り組み、条件制御と分岐を使って整理できるようになった。また、結果から根拠をもとに理由を説明できるような考察が書けたり、一般化した結論を出すことができるようになったりした。これらのことから、プログラミング的思考を働かせることは、科学的に問題を解決する資質・能力を育成するために一定の効果があることが分かった。

2 課題

本来、小学校理科の授業では、科学の基本的な条件である、実証性・再現性・客観性などといった条件を検討する手続きを重視しながら問題解決を行わなければならない。つまり、問題解決の際に「本当にできるのか、いつやってもだれがやってもできるのか、みんなに納得してもらえるのか」と一つ一つ科学的に探究する必要があるが、実証性・再現性・客観性などといった条件を検討する手続きについて十分に意識して問題を解決するには至らず、文部科学省の施策で挙げている、「科学的に探究する学習の充実」を図ることができなかった。

今後は、「科学的に探究する学習の充実」を図ることができるような授業づくりについて考えていきたい。

Ⅶ おわりに

この研究を進める中で、児童が自主的に問題を解決する姿が多く見られるようになってきた。これは、児童が「問題解決の過程」を理解し、見通しをもって問題解決を行うことができるようになった結果だといえる。また、フローチャートを使い効率のよいプログラムを考えることで、友だちに自分の意見を科学的に説明することができるようになった。その結果、友だちが予想したことや実験の見通しを理解し、自分の考えと比べて意見が言えるようになった。

今回、プログラミング的思考を働かせ、「問題解決の過程」の定着をめざした結果、児童は以前に比べて科学的に問題を解決する資質・能力が高まった。児童は、教科書にある疑問だけでなく、特に自分が抱いた疑問を解決しようとする時に、科学的に問題を解決していくことがわかった。これは、自分の考えが正しいことを証明したいという思いや自分の予想が正しいのか知りたいといった気持ちからだと考える。これから、児童が問題に直面した際に見せる「解決したい」という探究心を大切にする理科の授業づくりについて、更に研鑽を積んでいきたい。

〈主な参考文献〉

- ・中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善及び必要な方策等について（答申）」、2016
- ・小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論のとりまとめ）」、2016
- ・文部科学省「小学校プログラミング教育の手引（第三版）」、2020
- ・文部科学省「小学校学習指導要領解説 理科編」、2017
- ・文部科学省「TIMSS 調査結果を踏まえた文部科学省の施策」、2020
- ・兵庫県教育委員会「平成 30 年度全国学力・学習状況調査の課題を踏まえた学習指導等の改善・充実のポイント」、2018
- ・鳴川哲也「理科の授業を形づくるもの」、東洋館出版社、2020

第 2 章

実地研修に関すること

兵庫県立教育研修所が計画・実施した講座における実地研修

I 「みて・学ぼう！ひょうごっ子広場」撮影補助

1 事業の概要

新型コロナウイルス感染症の拡大防止措置としての臨時休業中の子どもたちに対して、学びの機会を提供するため、義務教育課が（株）サンテレビジョンと連携して、広く子どもたちが視聴できるテレビ番組「みて・学ぼう！ひょうごっ子広場」を県立教育研修所で撮影した。番組内の出演者は現役教員が担当し、番組の内容や絵コンテ、実験やスライドについて担当教員と調整した。担当教員とは、事前に研修所でリハーサルを行うとともに、メール等のやりとりで絵コンテやスライドを作成していった。予備実験は、担当教員が立案した実験計画をもとに研修所で実験を動画撮影し、担当教員が動画を確認した。また、番組で使用する動画や実験器具などの使用許可を取ったり、必要な物品等を準備したりした。

実施日時及び内容

○小学校6年生理科「血液（血液の流れとはたらきを理解する）」

日時：令和2年7月3日（金）

内容：この単位では、つまずきポイントとして「個別の知識の獲得に偏ってしまうこと」「自分の体に起こっていることとしてイメージしにくいこと」「つながりを意識することができないこと」の3点を挙げ、「消化器、呼吸、血液のつながり」をコンセプトに構成を行った。また、使用可能な動画コンテンツの検索や著作権者への連絡等を行った。

○小学校6年生理科「養分（葉のでんぷんを調べる）」

日時：令和2年7月17日（金）

内容：この単位では、つまずきポイントとして「実験の意図を十分に理解しないまま、実験をしてしまうこと」「実験に固執し、理由を付けた予想を立てることができていないこと」の2点を挙げ、「実験の意味を考え、失敗を有効に使う」ことをコンセプトに構成を行った。また、葉に含まれるでんぷんを調べる実験を行い、写真や動画を授業者を提供した。

○小学校6年生理科「水よう液のちがい（水よう液を区別する方法を考える）」

日時：令和2年8月18日（火）

内容：この単位では、つまずきポイントとして「見通しをもって問題解決することができていないこと」「実験の結果から次の課題が見つからないこと（実験と実験のつながりに気付かない）」の2点を挙げ、「推察する」ことをコンセプトに構成を行った。また、当日行う実験の予備実験を行い、撮影がスムーズに進行するように撮影する順番を考えた。

2 所感

新型コロナウイルス感染症の拡大防止措置としての臨時休業により、進路に関係する小学校6年生、中学校3年生を対象にした番組を作成するために、県内から多くの先生方が授業者として参加してくださった。そんな先生方と番組の内容を検討することで、子どもたちがどこにつまずき、どのように改善していけばよいのかを考えることができた。また、限られた撮影時間で実験の結果を効率よく出すための実験道具の改良を行ったことで、同じように時間が限られている授業にも使えるものとなった。短い時間で必要なことを伝えるために、授業者の先生方と何度も試行錯誤した。

Ⅱ 令和２年度 初任者研修 研修所で行う研修（第４回）「理科における学習指導の基本」における講義案作成及び運営補助

１ 講座の概要

「理科における学習指導の基本」は、理科における学習指導要領の目標や内容に基づいた授業づくりを理解するとともに、見通しをもって観察、実験を行うなど、問題を科学的に解決する学習過程を重視した授業づくりを理解することを目的としている。

（１）実施日時及び会場

日時：令和２年９月２９日（火）、３０日（水）

会場：県立教育研修所

（２）対象

小学校教員（初任者）

（３）内容

本講座は、「初任者研修 研修所で行う研修 第４回」での研修講座として実施した。講座の前半では、学習指導要領に示されている教科の目標やねらいを達成するための授業の在り方について理解することを目的とする講義の資料作成を担当した。理科の学習過程の例を示し、その中から、「結果・考察・結論」の違いについて確認しながら、理科の見方・考え方をどのように働かせ、問題解決の力をつけていくかということを具体的な単元を用いて解説した。

講座の後半では、４年生の「もののあたままり方」の単元で、受講者が子どもたちの視点で予想し、その予想をタブレット端末の共有機能（AirDrop）で班員と共有したり、予想を基に教師の目線でどのような手立てや発問をしたらいいかを考えたりして、授業プランシートに記入し、１時間の流れが分かるように演習の進め方を計画した。特に、「結果から考察する場面」においては、異なる実験の結果を比較して、４年生で育成すべき「関係付ける」という理科の考え方を働かせて説明させるための具体的な発問について共有した。

２ 所感

１時間の授業を計画するにあたり、めざす子どもの姿を考え、その姿に近づくために学習過程の例に沿って考えていく必要があると感じた。その中で、学習指導要領に示されている「比較する」、「関係付ける」といった、理科の考え方を働かせながら問題解決する力を育んでいくために、それらの場面を授業の中にどのように組み込んでいくかが重要であると感じた。また、「結果・考察・結論」の違いを教師自身がしっかりと理解し、子どもたちをどのように問題解決へと導いていくかを考えておく必要があると感じた。

Ⅲ 令和２年度 初任者研修 研修所で行う研修（第５回）「安全に配慮した観察、実験の指導」での運営補助

１ 講座の概要

「安全に配慮した観察、実験の指導」は、観察、実験などの指導における環境整備や事故防止への配慮、使用薬品についての適切な措置について理解することを目的としている。

（１）実施日時及び会場

日時：令和２年 10 月 13 日（火）、14 日（水）

会場：県立教育研修所

（２）対象

小学校教員（初任者）

（３）内容

本講座は、「初任者研修 研修所で行う研修 第５回」での研修講座として実施した。講座の前半では、理科の授業中に起きる事故やその件数から特に注意すべきことや理科室を使用するに当たって指導すべきことを解説した。講座の後半では、薬品の希釈方法とアルコールランプの使用上の注意点について、実際に器具を使って実習を行った。

２ 所感

子どもたちのケガに直接関わることから、環境整備、整理整頓、安全上の配慮事項の確認、予備実験などの事故防止に努めなければならぬと改めて感じた。特に予備実験に関しては、危険箇所を事前に確認でき、危険への備えを行えることから、必ず行わなければいけないことだと感じた。また、薬品の管理、取り扱い、処理について、直接関わることはなかったとしても知っているだけで未然防止になることから、知ることが大事だと感じた。

Ⅳ 令和２年度 選択研修「（小）理科授業づくり講座」における運営補助

１ 講座の概要

「（小）理科授業づくり講座」は、主体的・対話的で深い学びを実現する授業づくりを理解するとともに、問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成する授業の在り方を理解することを、ねらいとしている。

（１）実施日時及び会場

日時：令和２年 10 月 21 日（水）

会場：県立教育研修所

（２）対象

小学校教員

（３）内容

講義においては、理科で求められる科学的に問題解決する力を育成するための手法や見通しをもって問題解決する授業の進め方について紹介した。その手法としてのアーギュメントの有効性を検証結果とともに示した。

実習においては、『エネルギー』領域の実験を通して「電流がつくる磁力」と題し、第５学年の「電流がつくる磁力」の単元について、受講者に電磁石を作成してもらい実際に触れることで、子どもたちの気付きや調べてみたいことを予想させた。その予想をタブレット端末の共有機能（AirDrop）で班員と共有した。

2 所感

講義の「アーギュメントは、発達段階で獲得できるものではない。」という言葉がとても印象に残った。今まで、こういった考え方はある程度発達段階によるものだと考えていたので、実際に検証を行った結果を見て、改めて指導の大切さに気付くことができた。また、演習では授業計画を立てる際に、子どもたちの気付きや調べたいことをできるだけ多く予想することが大事だと感じた。今回は受講者間で自分には考えつかない多くの予想を共有することで、その大切さに気付くことができた。

謝 辞

この1年間、三木市教育委員会に推薦していただき、兵庫県教育委員会事務局義務教育課の命を受け、兵庫県立教育研修所理科教育推進研修員として、「理科教育の指導方法に関すること」「実地研修に関すること」について有意義な研修を行うことができました。また、これまで自分が行ってきた実践を見つめ直し、指導方法の改善に向けて考える大変貴重な機会にもなりました。授業実践に際し、三木市立上吉川小学校の 藤川 桂 校長をはじめ、先生方には多大なご協力をいただきました。「水よう液の性質」の単元において、児童がプログラミング的思考を働かせ、「問題解決の過程」の定着をめざすことを通して、科学的に問題を解決する資質・能力の育成をめざした授業づくりの研究を進め、このたび、まとめとして本冊子を作成することができました。

最後になりましたが、兵庫県立教育研修所の 小山 智久 所長をはじめ当教育研修所の皆様には、貴重な御意見や御助言をいただきました。この1年間、私の研究活動を御支援いただいた方々に深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

令和3年3月

令和2年度 兵庫県立教育研修所 理科教育推進研修員
(三木市立上吉川小学校 教諭)
前田 隆吾