

事実を基に、対話的な学びを通して、科学的に探究する力を高める 理科授業

— 中学校「化学変化とイオン」の授業研究から —

伏屋 英幸¹⁾・武藤 正典²⁾

Science Teaching to Increase the Ability to Explore Scientifically Through Interactive Learning Based on Facts in Junior High School — Through the Science Lesson Study on “Chemical Change and Ions” of Junior High School —

Hideyuki FUSEYA and Masanori MUTOU

理科の授業において、学習者同士が事実を基に対話的な学びをする活動が科学的に探究する力を高めることに有効に働くことになると考え、単元を通して単位時間における授業の工夫を行い、科学的に探究する力を高める活動の状況を調査した。本研究では、大きく「単元でつきたい力、単元の構造化、単位時間の工夫」の3視点から、中学校の理科の授業を通して研究に取り組んだ。特に、単位時間の工夫については、子どもの実態を調査し、アンケートや子どもの記述から分析を行った。その結果、班での交流や対話的な学びが有効であったこと、また、一人一実験を位置付けたことや、事実(変化の様子)を確実にとらえる実験方法を工夫したことが有効に働いたことなどが分かった。

以上から、事実を基に、対話的な学びを大切にした指導は、科学的に探究する力を高めるために有効に機能することが明らかとなった。

キーワード：科学的に探究する力 対話的な学び 中学校理科 班交流 一人一実験

1 研究目的

中学校理科第1分野では、第3学年の「化学変化とイオン」の単元で、水溶液の電気的な性質や酸とアルカリの性質についての観察、実験を行い、水溶液とイオン、酸・アルカリとイオンについて扱う。この単元では、化学変化の観察、実験を行い、水溶液における電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養うこと(文部科学省平成20年7月)をねらいとしている。また、こ

こで扱う事象は理科室の中だけで起こっているものではなく、日常生活や社会の中で見られることに気付かせ、物質や化学変化に対する興味・関心を高めるようにするとともに、これまで学んだことと関連付けながら身の回りの物質や事象を捉えることが大切である。(文部科学省平成29年7月)

中学校理科においては、様々な見方・考え方を働かせて、科学的に探究する力が求められる。

本稿では、学習者の事実を基にした主体的・対話的な学びを促進し、科学的に探究する力を高める授業について提案し、そのまとめと課題を整理する。

1) 教学部子ども教育学科 2) 岐阜市教育委員会学校指導課

2 科学的に探究する力とは

学習指導要領では、知識の理解の質を高め、資質・能力を育むために、「主体的・対話的で深い学び」の視点に立った授業改善の実現が重視され、理科の特質に応じた見方・考え方を働かせながら、科学的に探究していく能動的な学びの充実を目指すことが示されている。中学校が義務教育最後の3年間であることを考えると、子どもには、未知なる問題に対しても自分なりの見方・考え方でアプローチして解決していく力を確実につけておく必要があり、それが科学的に探究する力であるといえる。科学的に探究する力とは、「自然の事物・現象についての理解や、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能」「観察、実験などを行い、事実を基に思考、判断、表現する力」「自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度」などの資質・能力のことをさす。この力を身に付けているからこそ、今後、生活の中で出会うであろう様々な問題に対して、自分なりに考え、自ら選択した方法で立ち向かい、解決しながら、たくましく生き抜いていけるはずであり、この力を育てることが「生きる力」を育てるために理科が担う重要な役割であると考えた。

そこでまず、子どもが主体的に科学的な追究をつくり出すことができるよう、科学的に探究する力を態度と能力の側面から分析した。また、中学校理科の授業の中で、子どもにも理解できる言葉を用いて、次のように科学的に探究する姿を設定した。(図1)

3 科学的に探究する力をつけるために

科学的に探究する力をつけるためには、事実を基に考えることや、仲間との対話的な学びが何よりも大切になってくる。

まず、子ども一人一人が事実に着目し、既習事項との関連を考え始めたときに理科の探究は始まる。そして、事実を基に自らが抱いた問いを顕在化することで、自分の考えを明確にしたり疑問を解決したりすることが、子どもの思考を促進することにつながり、主体的に学ぶ姿となる。

さらに、対話を通して自らの考えを説明し合う中で、自分の考えが広がったり焦点化されたりするこ

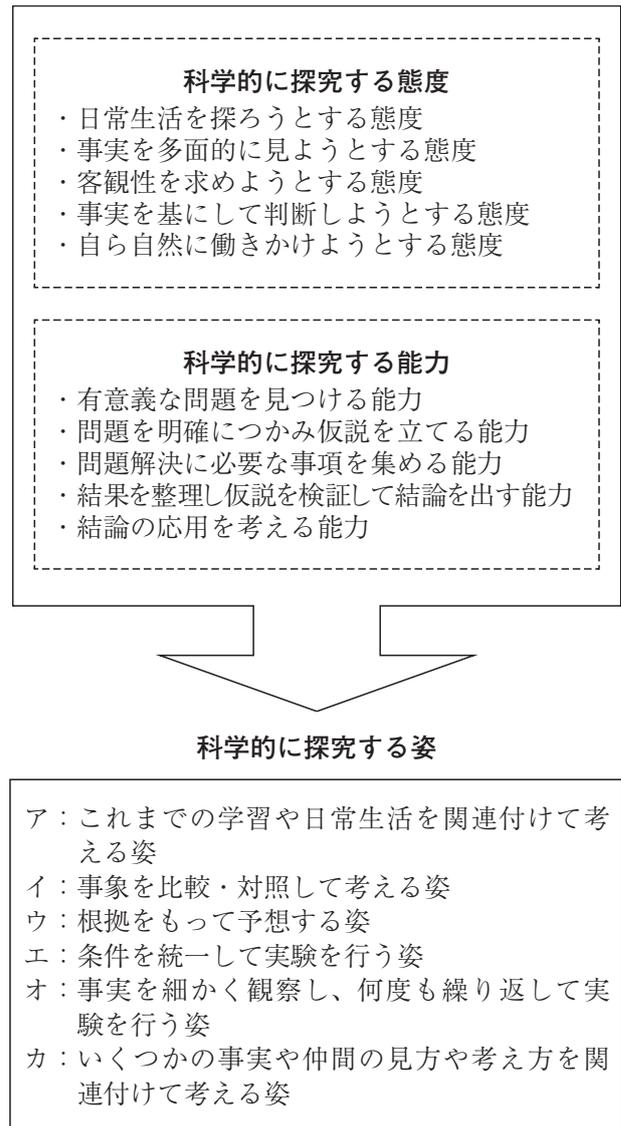


図1 科学的に探究する態度と能力 科学的に探究する姿

とで、抽象的な概念が可視化され、互いの考えの共通点や相違点が比べやすくなり、それぞれの考えが一層深まっていくことになる。

その後、対話により一人一人の考えを説明し合ったことを踏まて、再度、個の考えをまとめる。自分の考えを整理し直すことで、一人一人の考えをより妥当なものにしていくことにつながる。自らの考えを明らかにすることを通して、事象を科学的な視点で捉え、科学的根拠に基づいて考える姿につながると考える。

尚、本稿は、公立の中学校1校、第3学年を対象に実施した。対象学級は、3年生1学級で、生徒数40名である。対象単元は、第3学年の「化学変化とイオン」で行った。

4 授業実践研究

(1) 科学的に探究する力をつけるために本単元で つけたい力の明確化

本単元は、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」など、科学の基本的な見方や概念を柱としたとき、「粒子」にかかわる最後の単元の位置付けとなる。子どもは、小学校では、第6学年で「水溶液の性質」について学習し、さらに中学校において、第1学年の「身の回りの物質」、第2学年の「電流とその利用」「化学変化と原子・分子」について学習してきている。本単元ではこれらの学習を踏まえ、水溶液の電気的な性質や酸とアルカリの性質についての観察、実験を行い、結果を分析して解釈し、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させ、イオンのモデルと関連付けて考えさせることで、微視的な見方・考え方を養っていきたいと考えた。

具体的には、「ア 水溶液とイオン」の内容において、様々な水溶液に適切な電圧をかけ、水溶液の電気伝導性や電極に生成する物質を調べる実験を行い、イオンの存在とその生成が原子の成り立ちに関係すること、電池においては化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを理解できるようにする。

また、「イ 酸・アルカリとイオン」の内容において、酸とアルカリの性質を調べる実験や中和反応の実験を行い、酸とアルカリの特性や中和反応について事実を基に明らかにし、イオンのモデルと関連付けて考えさせていく。

これらを踏まえ、本単元でつけたい力と本単元のねらいを次のように設定した。

…本単元でつけたい力…

物質や化学変化をイオンのモデルと関連付け、微視的な見方・考え方でとらえる力

…本単元のねらい…

化学変化についての観察、実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解し、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる微視的な見方・考え方を養う。

図2 本単元でつけたい力と本単元のねらい

(2) 子どもの実態を踏まえ、本単元でつけたい力 に迫るための単元の構造化

本単元では、イオンのモデルを用いて考え、理解を深めていくことが重要となる。そのためには、第2学年「化学変化と原子・分子」の学習を土台としながらイオンの概念を形成し、実験で得られた事実を基に、化学変化をイオンのモデルと関係付けながら考えることができるようにしていくことが大切であると考える。よって、子どもの実態を把握する際に、これまでの学びを、学習内容の定着と学び方の定着の両側面からとらえる必要があると考えた。

子どもの実態をとらえるために、まず、本単元にかかわる既習事項について調査を行った。その結果を次に示す。(図3)

この結果から、各内容については一定の定着が見られるものの、2割以上の子どもが不十分な項目も多いことが分かった。その中で特に、「原子、分子」にかかわる内容についての定着率は低い結果であった。この子どもの実態を踏まえ、本単元を大きく3

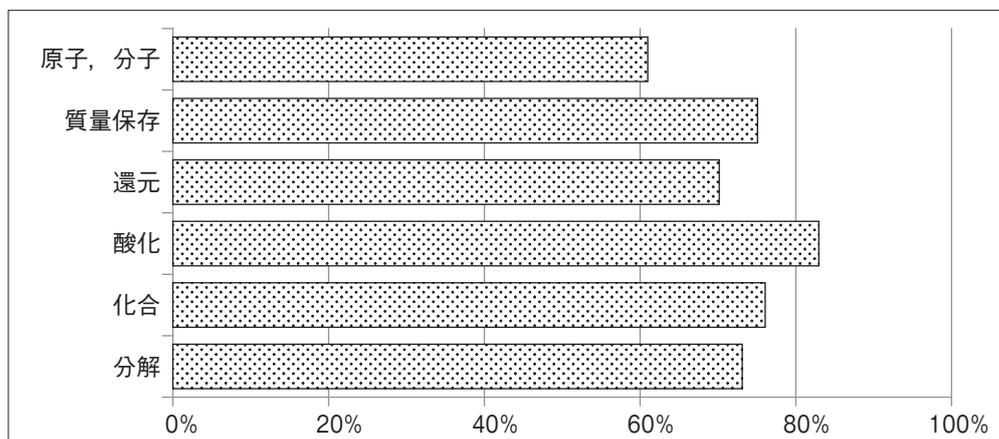


図3 既習事項にかかわる調査結果

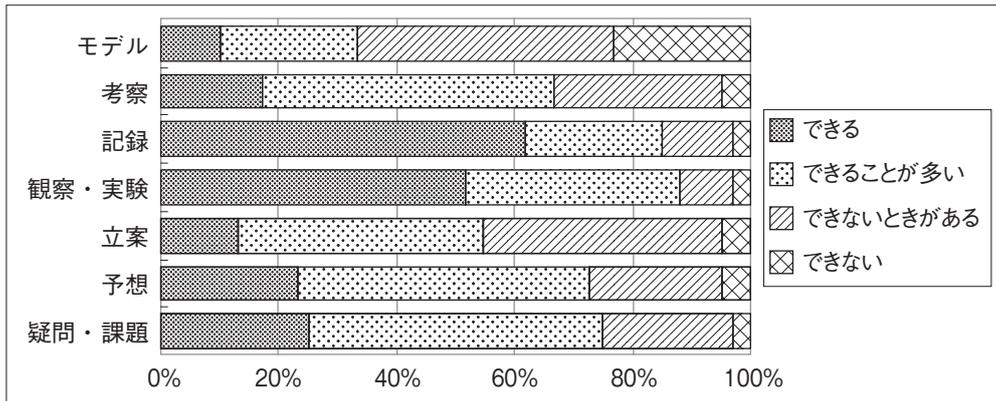


図4 理科の学習の仕方にかかわる調査結果

段階に分け、単元の前半ではイオンのモデルを導入し、原子、分子のモデルについて活用させる中で学習内容の復習と定着を図るよう配慮した。また、単元の後半では、イオンのモデルを積極的に使用し、予想したり考えたりする場を確保する中で、化学変化をイオンのモデルと関連付け、微視的な見方・考え方でとらえる力を段階的に高めることができるよう配慮した。

さらに、理科の学習の仕方にかかわる調査を行った。その結果を次に示す。(図4)

この調査結果から、「観察、実験で事実を得ること」等については力がついてきていることが分かった。しかし一方で、「観察、実験を立案すること」や「モデル等を用いて考える」ことについては弱さがあることが分かった。「モデル等を用いて考える」ことについては、既習事項にかかわる調査結果(特に「原子、分子」との整合性がみられ、構造化において配慮することは先述の通りである。「観察、実験を立案すること」については、予想を検証するためには「何をどのように調べて、どんな結果が得られればよいのか」までを見通した予想を立てることや、目的意識を高める手立てが不十分であることが要因であると考えた。よって、既習事項や生活経験等を基に考えることができる事象提示を工夫したり、既習事項を活用して検証方法を考えることができるよう配慮したりした。さらに、単位時間においては、ねらいや役割を明確にし、子どもの意識レベルでも学びが連続するよう単元を構造化した。

(3) 単位時間の工夫

これについては、本単元の第19、20時の「中和の学習」を取り上げた。ここでは、「塩酸と水酸化ナ

トリウム水溶液を混ぜ合わせる実験を行い、中性に近づくことから、酸とアルカリがお互いの性質を打ち消し合い、中性に近づいていくことを見い出させていくとともに、それらをイオンのモデルで説明したり、塩について理解したりできる。」ことがねらいである。そこで、次に示す6点を大切にして実践を行った。

① 2 単位時間の授業

「中和」と「塩」にかかわる学習では、最終的に、酸とアルカリが互いの性質を打ち消し合うことや、中和反応によって水と塩が生成することをイオンのモデルと関連付けて理解することが大切であると考えた。そのためには、酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる実験を行う中で、液性の変化を確実につかみ、酸とアルカリがお互いの性質を打ち消し合っていくことについて、事実を基に見出し、イオンのモデルを用いて考えていくことが、全員の理解につながりやすいと考えた。そこで、単元の中に2単位時間の授業を構成し、その授業の前半と後半の役割を明確にし、前半の1時間では、実験を中心として一人一人が事実を得て考えを構築する学習を位置付け、後半の1時間では、イオンのモデルを用いて考えを深める学習を位置付けた。

② 事象提示の工夫

「酸とアルカリがお互いの性質を打ち消し合っていくこと」を見い出していくためには、酸とアルカリの両性質の変化に着目できるようにすることが、重要なポイントの一つであると考えた。そのため、塩酸にはマグネシウムを、水酸化ナトリウム水溶液にはフェノールフタレイン溶液をそれぞれ加え、そ

れらを混ぜ合わせることで、酸とアルカリの両性質に着目できるようにした。そして、「マグネシウムから発生する気体が減少すること」「フェノールフタレイン溶液が無色になること」を共通の事実をして位置付け、課題化につなげたり、双方の性質を打ち消し合っていることに気付かせたりしていきたいと考えた。

③ 一人一実験

事実を基に考えるためには、まずは一人一人が確かな事実を得る必要があり、そのためには、一人一人が確かな技能を身に付ける必要がある。これまでの理科の授業における観察、実験は、学級における日常の班（生活班）で一つの実験を行うことが多い。その中でも、一つの班の構成員が6～7名になる学級においては、多くの場合、班内で役割分担をするため、一人一人が直接行う活動が限定されてしまうことになる。観察、実験の技能など、実際に自分で繰り返し取り組む中で確かな技能を定着させるためには、一人一人が観察、実験を行うことが望ましいと考えた。

そこで、第19、20時において、一人一人が自ら実験を全て行うことができるよう、試験管等を必要数準備し、試験管立て（図5）を生徒の人数分作成するなど、一人一実験（図6）を位置付けた。

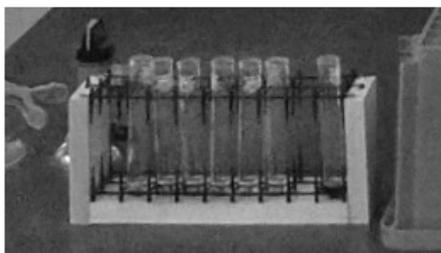


図5 試験管立て



図6 一人一実験

④ 事実（変化の様子）を確実にとらえる実験方法の工夫

駒込ピペットの技能を習得する時間において、生徒一人一人は塩酸を25滴ずつ試験管にとった。この授業での試験管を保管しておき、第19、20時に用いることにした。そして、実験を企画する際に、「既習事項を生かしながらBTB溶液やマグネシウムを用いることで液性の変化を検証する」という考えを位置付けた。そして、最初に塩酸が25滴入った試験管を6本提示し、「何滴ずつ水酸化ナトリウム水溶液を加えていくか」を問うことで、子どもは予想に立ち返ったり、予想につなげたりしたりしながら考える場面生まれ、実験を企画する力を高めるとともに、より目的意識の高い追究につながった。

また、順に加える水酸化ナトリウム水溶液の滴数を変えていくことで、混ぜ合わせた水溶液の液性の変化を確実にとらえることができるようにした。それにより、実験後、6本の試験管を並べることで変化の様子を視覚的にとらえたり、比較したりすることが可能となり、確かな事実を得ることにつながった。

⑤ 班内の交流

「一人一実験」は、一人一人が実験を行うのであるが、全員が同じ実験を行っているため、結果を互いに確認し合いながら、一人一人が確実に自分以外の事実を得ることができるよう、班内の協力や交流を大切にしたい。また、「一人一実験」を行うことは、一人一人の実験技能を高め、事実を確実に得ることにつながるだけでなく、並行して班内で複数の実験事実の記録を得ることにもつながる。同じ実験の結果が複数得られることによって、全体交流を行う前に、班内での交流において複数の事実を客観的にとらえ、分析的に解釈したり、総合的に考察したりすることが可能となった。

また、交流の場面においては、ホワイトボードを活用することで、班内で事実を共有したり、モデルを用いて考えたりしやすくなった。（図7）

さらに、タイムリーで効率的な事実比較が周りの身近な班とできることにもつながり、自らの班の事実を客観的にとらえ、分析的に解釈したり、総合的に考察したりすることにも効果がみられた。



図7 班での交流

⑥対話的な学び

対話的な学びについて、中村ら(2018)は、ペア交流では互いが、相手の思考と自分の思考との相違点、同一点を認識し、相手がなぜそう考えるのかを、対話により共有させるものである。対話の過程で自身の最初の考え方を考える場合もあり得る。その場合に、なぜ考え方を考えたのか、思考の変容を認識させることが、正しい理解につながると考えると述べている。

本研究を通して、予想や仮説を立てる場面や検証方法を考える結果を見通す場面において、子どもに考えさせることが大切であると考える対話的な学びを位置付けた。

第19時のねらいは、「塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせると、互いの性質を打ち消し合い、液性が変化する事実をつかみ記録すること」であり、評価規準は、「観察・実験の技能」である。そのため、実験とその結果の記録に十分時間を確保できるようにした。また、その時間を生かすためにも目的意識をもって実験を行うことが必要不可欠となることを考えて、事象提示の後の予想や仮説を立てる場面において言語活動を位置付けた。

子どもの中からは、マグネシウムから発生する気体が減少する事実やフェノールフタレイン溶液が無色になる事実を、既習事項とつなげ、「酸の性質が弱くなっている」と考えたり、アルカリの性質がなくなっていることから「中性か酸性になっている」と考えたりする姿がみられた。また、イオン泳動の学習を生かし、「液性が変化するということは、酸の性質を示す水素イオンと、アルカリの性質を示す水酸化物イオンも変化しているのではないか」という、イオンに着目した考えも出てきた。事実と既習

事項をつなげて考えさせることで、一人一人が確実に予想をもつことができた。

また、検証方法を考えて結果を見通す場面においても、教師から方法を提示するのではなく、子どもに考えさせることが大切であると考える、言語活動を位置付けた(図8)。

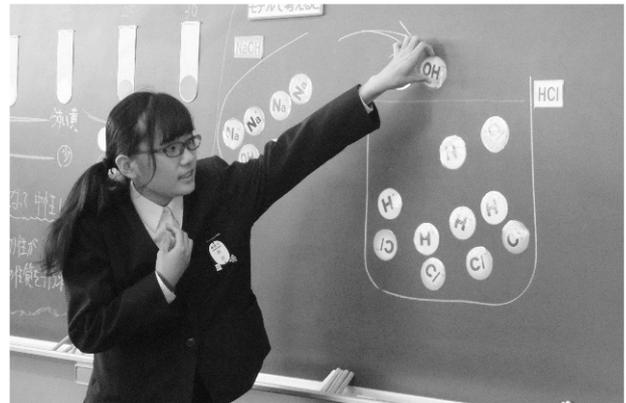


図8 言語活動

「塩酸に少しずつ水酸化ナトリウム水溶液を加えていけば中性に近づいていくのではないか」、「同じ濃度であれば、同じ量となる25滴で中性になるのではないか」など、というように、子ども一人一人に考えさせることで、自らの予想に基づいて実験の見通しをもつことができた。

だからこそ、一人一実験では、加える1滴1滴にこだわり、BTB溶液の色の変化を細かく観察する姿が生まれるなど、一人一人が確実に事実をつかむことにつながった。

次に、第20時のねらいは、「塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせると、水素イオンと水酸化物イオンが結びつき、水を生成することで、互いの性質を打ち消し合うことを見出すこと。」であり、評価規準は、「科学的な思考・表現」である。そのため、第19時に一人一人が得た事実を班ごとでホワイトボードにまとめ、考察する場面と、その後の全体交流において、言語活動を位置付けた。

BTB溶液の色の変化やマグネシウムリボンから発生する気体の様子から、中性に近づいたことを確かにし、その理由についてイオンモデルを用いて考え合った。

その際、実験操作と同じようにモデルを動かしていくことで、液性の変化とイオンの変化を関係付けて考えることができた。また、考察をノートにまと

める段階では、「打ち消し合う」というイメージよりも、「酸とアルカリの性質は残っているが、量が多い方の性質が勝っている」というイメージをもっている子どもが複数いた。だからこそ、一人一人が考察をノートにまとめた後に、全体交流を位置付け、話し合いを組織した。その場では、モデルを用いた考えを交流することで、「水素イオンと水酸化物イオンが結びつき、水を生成することで、互いの性質を打ち消し合うこと」を見い出すことができ、本時のねらいを達成することができた。

次に示したのは、第19、20時を終えたH子のノートである。(図9)

「今日は、BTB溶液が変化したときにいったい何が起こったのかを、班で意見を交わしながらモデルで考えることができました。そして、それをみんなの前でホワイトボードを使いながら発表することができたのでとても嬉しかったです。この単元では、いつも「モデルを使って考えること」を大切にしてきたので、最後に発表できて本当に良かったです。」

この振り返りからは、H子が仲間との学び合いを通して理解を深めたことが分かる。

また、同様に次に示したのは、第19、20時を終えたI子のノートである。(図10)

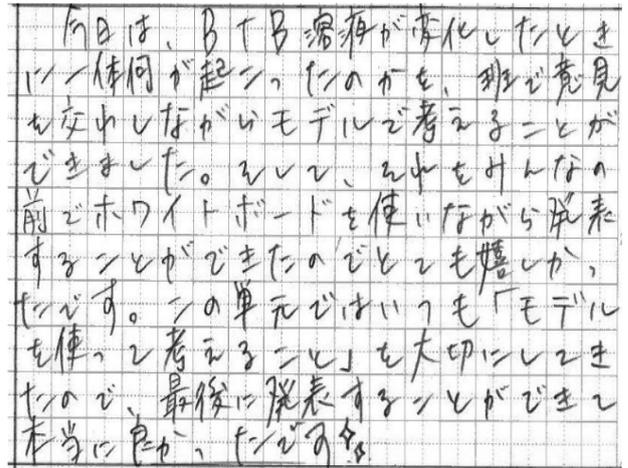


図9 第19,20時を終えたH子のノート

「前回の授業で今回の授業で分かったことは、酸性から中性に少しずつ変化して行ったのは、「NaOH」を5滴ずつたらしていった時で、…中略… 最初はよくわからなかったけど、仲間がモデルを使って説明してくれたおかげで分かりました。また、前々回とかの授業を通して分かったことが、今日の授業につながってくるなあって思いました。だから、これからも以前の授業とか習ったところから考えてみることを大切にしていきたいです。…後略…」

I子の振り返りにもあるように、話し合いを通して理解を深めたことや、考えたことを伝え合う喜びを感じることもできた。

(4) 科学的に探究する力に関わるアンケート結果

今回は、本単元の実践の前後で、科学的に探究する力にかかわるアンケート調査を8つの質問事項を位置付けて行った。

次に示す「アンケート結果」は、その内容と実践の前後の結果である。(表1)

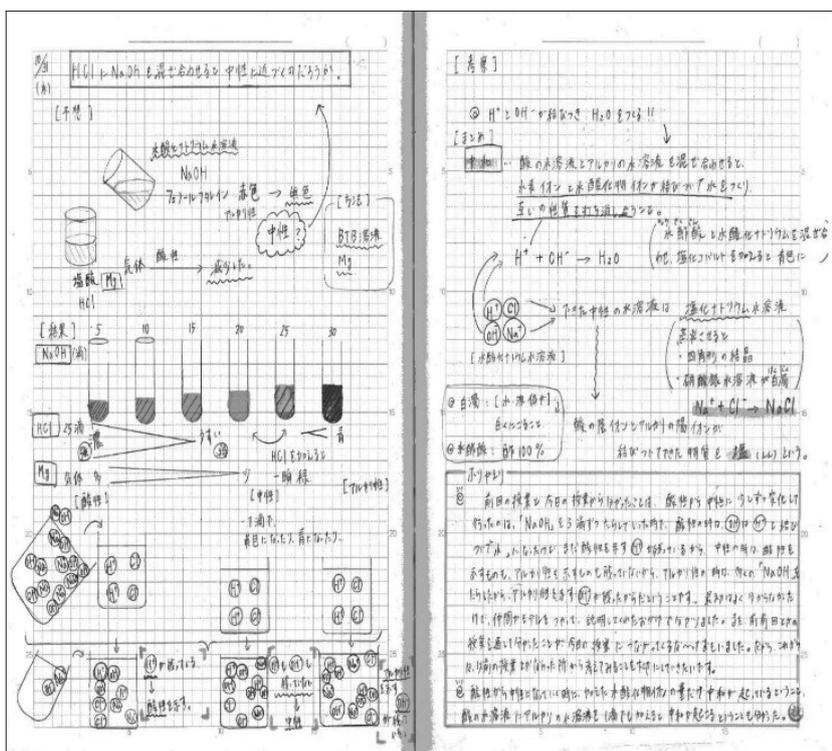


図10 第19,20時を終えたI子のノート

表1 アンケート結果

番号	質問事項	回答	
		事前	事後
		「当てはまる」 「どちらかといえ ば当てはまる」	「当てはまる」 「どちらかといえ ば当てはまる」
1	自ら問題を見出し、課題を設定することができていますか。	77%	82%
2	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することができていますか。	72%	77%
3	自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てていますか。	77%	85%
4	見通しをもって観察や実験を行うことができていますか。	82%	95%
5	観察や実験で得られた事実を基に考察していますか。	82%	97%
6	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。	82%	95%
7	図やモデルを用いて、考えたり、見つけたきを説明したりしていますか。	70%	90%
8	観察や実験の進め方や考え方が間違っていないか振り返って考えていますか。	72%	77%

5 まとめと課題

これまで本稿では、中学校理科第1分野における第3学年の「化学変化とイオン」単元において、子どもが事実を基に、対話的な学びを通して、科学的に探究する力をつけるために、単元を構造化し、単位時間の在り方を工夫し、対話的な学びを位置付けるなど、授業実践研究を行った。

それらにより、次の知見が得られた。

- ・一人一実験を位置付けたことは、見通しをもって観察や実験を行うことに有効である。
- ・事実(変化の様子)を確実にとらえる実験方法を

工夫したことは、得られた事実を基に考察するために有効である。

- ・班での交流は、図やモデルを用いて、考えたり、見つけたきを説明したりするために有効である。
- ・対話的な学びは、自分の考えや考察をまわりの人に説明したり発表したりするために有効である。

本研究からは、子どもが科学的に探究する力をつけるためには、事実を確実にとらえる実験方法、一人一実験、対話的な学びが、有効であることが明らかになった。このことから、子どもの科学的に探究する力を高めるためには、単元を通して、事実を基に、対話的な学びを進めることがとても効果的であるといえる。

しかし、対話的な学びは、学習者の主体的な学びの形態の一つであり、主体的な授業の手法の一つであるとはいえるが、必須の要素であるとは断言できない。したがって、理科の概念獲得や教育効果との関連をさらに調査し、評価すべきであると考えられる。

本研究では、中学校理科「化学変化とイオン」の単元に絞って研究してきたが、他の単元での状況や、他教科の関連などに研究を進めつつ、特に理科特有の対話活動などについて、より有効な指導方法を探求することが大切である。今後さらに、子どもの科学的に探究する力を高めるためのより良い指導法を獲得していくためには、本研究は発展の可能性があると思われる。

引用文献

- 1) 文部科学省 中学校学習指導要領解説 理科編 平成20年7月 ぎょうせい
- 2) 文部科学省 中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 平成29年7月 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387016.htm
- 3) 中村琢・松浦亮太 パフォーマンス課題により探求能力を育成する理科授業の開発 岐阜大学カリキュラム開発研究 Vol.34 No.1 2018

謝意

本研究の調査にご協力をいただいたG市の中学校の校長先生や多くの先生方ならびに生徒の皆様方に、心より感謝いたします。