

[理 科]

新しい時代に必要となる資質・能力の育成に向けた授業づくり ー協働的な学習により生徒が自分の考えを深める活動を通してー

小山 明伯*

1 はじめに

2017年に公示された学習指導要領においては、前文及び総則に「持続可能な社会の作り手」の育成が掲げられており、各教科等にも関連する内容が盛り込まれることとなった。現在、地球規模で起きている環境の変化はわれわれの生命をはじめ、地球上のあらゆる生物の生存を脅かすまでとなっている。次期学習指導要領では、これまで通り教科で教える知識の量や質を重要であるとしている。一方で、学習を通して何ができるようになるかということを意識した指導を求めている。子どもたちに必要な資質・能力は①生きて働く知識・技能の習得、②未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力、③学びを人生や社会に生かそうとする学びに向かう力・人間性等の三本柱に再整理された。ESD推進の手引き¹⁾でも知識を一方的に教え込むだけの教育では、課題解決に必要な資質・能力を十分に育成できないことを指摘しており、これからの学び方については、子どもの主体的な学びが重要視されている。

山口 (2017)²⁾は従来型の知識伝達・注入の学習ではなく、21世紀の汎用的な資質・能力を身に付けるためには資質・能力を伸ばすように生徒の活動を構成する必要があることを指摘している。中央教育審議会答申³⁾でも「身に付けた知識や技能を定着させるとともに、物事の多面的で深い理解に至るためには、多様な表現を通じて、教職員と子供や、子供同士が対話し、それによって思考を広げ深めていく」と明記されている。対話などの協働的な学習を充実させることは知識・技能の定着に加え資質・能力の育成にも効果的であることがこれまでの実践の成果から明らかとなっている。

当校の研究主題は『「対話的な学び」を実現する生徒の育成～互いに協働できる関係づくりを通して～』である。互いに協働して学習することに主眼をおき、先に示した3つの資質・能力を育むことを目指している。しかし、グループでの話し合い活動では、発言する生徒とそうでない生徒に分かれてしまい、グループごとに取組状況に差が出てしまうため、すべての生徒が協働的な学習をできているわけではない。また、実験後の考察記述においても生徒によって取組状況に差がある。目的意識をもって実験に臨んでいる生徒は実験結果を解釈し、自分の考えをまとめることができている。一方で、実験の目的意識がはっきりしないため、実験を通して何が分かったのかまとめることができない生徒も一定数いる。対話的な学びを充実させることで、分析・解釈する力を一層伸ばす必要があると考えている。

一人ひとりの考えの多様性を生かすための授業デザインについて、白水ら (2018)⁴⁾は知識構成型ジグソー法を考案した。このような型があることによって生徒がもっている問題解決能力を発揮させ、その価値を実感させることができると報告している。しかし、友野 (2016)⁵⁾は知識構成型ジグソー法の難点として自分が担当しない部分の理解が十分でないこと、各自で資料を読むだけでは理解が深まらず、ジグソーグループで十分な説明ができないことを指摘しており、課題が残っている。

そこで、本研究では知識構成型ジグソー法を用いて仮説実験型授業を工夫して実践し、協働的な学習が生徒の資質・能力に与える効果について検証を進めていくこととした。

2 研究の目的

「化学変化とイオン」の仮説実験型授業において、知識構成型ジグソー法のエキスパート活動における資料を「資料の理解が確実なものになるように既習事項を利用したものにする」「各資料において共通事項を記載する」ことにより、以下の力が育成できることを、実践を通して明らかにする。

- ・自分と他者の情報をもとに、対話することにより思考を広げ深めていく力
- ・知識や技能を活用して得られた結果を分析して解釈する力

* 柏崎市立東中学校

3 研究の方法

(1) 対話を促し、知識や技能を活用してお互いに思考を広げていくための手立て

知識構成型ジグソー法はCoREFの開発した方法をもとに下記の①～⑤のステップで進めていく。

- ① 答えを出したい問いを共有する。
- ② 答えに必要な3つの「部品」を受け取る。
- ③ 小グループに分かれてそれぞれの部品の内容を理解する。(エキスパート活動)
- ④ その上で、部品を担当したものが一人ずつ集まってその内容を統合する。統合して問いの答えを出す。(ジグソー活動)
- ⑤ 答えが出たら、それを公表しあって、互いに検討し、一人ひとり自分にとっての納得のいく解を構成する。(クロストーク活動)

資料を作成する教員は課題を解決するためにエキスパートA～Cの3つの資料を用意する。教員の思惑としては3つの資料を組み合わせることで課題を解決する姿を期待するが、全ての生徒の理解度は異なっており、資料の解釈も個人の主観が入る。ジグソー活動の成否を決めるのは事前のエキスパート活動にかかっているため、3つの資料の内容を組み合わせることができるよう以下の工夫を行った(図1)。

各資料で共通している内容	
資料B 酸性について	<p>【これまでの学習より…陰イオンと陽イオン、電離の関係】</p> <p>電子を受け渡しプラスに帯電したものを陽イオンと呼び、電子を受けとりマイナスに帯電したものを陰イオンと呼びます。</p> <p>水にとかすと水溶液中で電離する物質を電解質と言いました。物質は水にとけるとお互いに電子のやり取りを行い、陽イオンと陰イオンに分かれます。</p> <p>電解質 電解質 (食塩) ナトリウムイオン 塩化ナトリウムイオン</p> <p>非電解質 砂糖 砂糖の分子</p> <p>塩化ナトリウムは、水にとけて電離しているため、電流が流れる。砂糖は、水にとけても電離しないので、電流が流れない。</p> <p>陽イオンのでき方 e^- は、電子1個を表す。</p> <p><ナトリウム原子の場合> $Na \rightarrow Na^+ + e^-$</p> <p><塩素原子の場合> $Cl + e^- \rightarrow Cl^-$</p> <p>電気を帯びていない。電子 電子を1個受けとる。 全体として-の電気を帯びる。</p> <p>塩化ナトリウムの電離のイオン式</p> $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ <p>塩化ナトリウム ナトリウムイオン 塩化陰イオン</p>
既習事項に関する内容	<p>【前回の学習より】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸性の水溶液がBTB溶液に反応すると青色になります。 ・酸性の水溶液はすべて電気を通しました。つまり、アルカリ性の物質はすべて電解質ということが分かります。
新しく学習する内容	<p>【新しい内容】</p> <p>これらの物質を水にとかすと酸性を示します。どのように電離するのでしょうか。</p> <p>塩酸 $HCl \rightarrow$</p> <p>硫酸 $H_2SO_4 \rightarrow$</p> <p>硝酸 $HNO_3 \rightarrow$</p>

図1 エキスパート活動Bで扱った資料

- ・課題解決に必要な共通した内容を、それぞれのエキスパート活動で使用する資料に記載する。
- ・エキスパート活動における資料を、既習事項を利用したものにする。

(2) 調査対象・結果の分析方法

知識構成型ジグソー法を実践した学級を実験群、実践しなかった群を統制群として令和2年6月に授業実践を行った。この2学級について前年度の定期テストの結果をもとにt検定を行い、両群の平均に有意な差が見られなかったことから両群は等質であると判断した。

本研究では、知識構成型ジグソー法による仮説実験型授業が、対話による考えの深まり、学習内容の理解、実験結果の解釈に与える効果について明らかにすることを目的とし、次の4点について分析を行った。

- ① 調査問題の結果と学習内容の理解との関係について
- ② 知識構成型ジグソー法における生徒の対話の内容
- ③ 実験における考察記述の特徴についての形態素解析⁶⁾
- ④ 理解・思考・表現・協働の各領域に関する実践前後のアンケートの実施⁷⁾

4 授業実践

(1) 学習内容

本研究における学習内容は「化学変化とイオン」の酸性・アルカリ性のイオンの移動について扱うこととした。学習指導要領解説⁸⁾では、この内容について「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みる微視的な見方や考え方を養う。」ことを主なねらいとし、「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させるとともに、これらの事象・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。」としている。結果を分析して解釈する教材として適しているために、本研究においてこの単元を取り扱った。

(2) 授業の概要

実験群，統制群における1時間目の授業の概要について表1に示した。実験群は1時間目に既習事項を利用した知識構成型ジグソー法により仮説を立て，実験結果を予想させた。統制群は1時間目に複数種類のアルカリ性の水溶液，酸性の水溶液から，酸性のイオン，アルカリ性の性質をもつイオンの仮説を立て，実験結果を予想させた。2時間目は両群共にイオンの移動を確かめる実験を行い，実験結果をもとに考察をさせた。

表1 授業の概要

実験群	統制群
課題：酸性・アルカリ性を示すイオンを予想しよう	課題：酸性・アルカリ性を示すイオンを予想しよう
エキスパート資料A＜アルカリ性について＞ ・陰イオンと陽イオンのでき方，水溶液中のイオン ・アルカリ性の水溶液がBTB溶液に反応すると青色を示す ・数種類のアルカリの電離の状態	・酸性とアルカリ性の水溶液が電解質であることの復習 ・授業者がKOH, NaOH, Ba(OH) ₂ の電離を示し，アルカリ性の物質にはOH ⁻ が存在することを見出す ・授業者がHCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ の電離を示し，酸性の物質にはH ⁺ が存在することを見出す
エキスパート資料B＜酸性について＞ ・陰イオンと陽イオンのでき方，水溶液中のイオン ・酸性の水溶液がBTB溶液に反応すると黄色を示す ・数種類の酸の電離の状態	・酸，アルカリに共通するイオンをもとに，グループで実験結果を予想する
エキスパート資料C＜電気分解と電気的性質について＞ ・陰イオンと陽イオンのでき方，水溶液中のイオン ・電離したイオンと電気分解の仕組み ・静電気による力のはたらき方	

(3) 実験

教科書には「イオンの移動」としてBTB溶液を入れて固めた寒天に塩酸，水酸化ナトリウム水溶液を入れて電流を流す実験が扱われている（図2）。塩酸の場合，陰極に向かって黄色が移動していくようすが観察でき，移動したものは，塩酸に含まれている陽イオンと考えられる。塩酸の中では塩化水素は $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ と電離しているため，酸性の水溶液に含まれるイオンは水素イオン（H⁺）であることが推測できる。また，水酸化ナトリウム水溶液は陽極に向かって青色が移動していくようすが観察でき，このとき移動したものは水酸化ナトリウム水溶液に含まれている陰イオンだと考えられる。水酸化ナトリウム水溶液は $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ と電離しているため，アルカリ性の水溶液に含まれるイオンは水酸化物イオン（OH⁻）であることが推測できる。

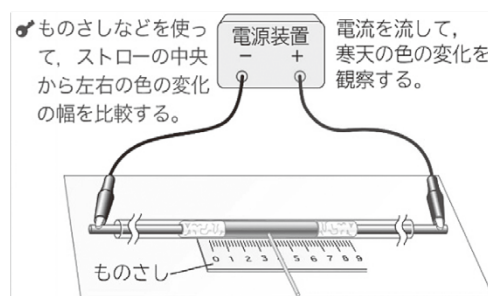


図2 イオンの移動を調べる実験

5 結果とその分析

(1) 調査問題の結果と学習内容の理解との関係

実験結果に関する学習内容の理解を確かめるために実施した調査問題を図3に，調査問題の結果を表2に示した。

右の図のような装置を組み立て，電圧をかけ変化を観察した。次の問いに答えなさい。

- ① スライドガラスにのせたろ紙を，食塩水でしめらせる理由を答えなさい。
- ② 硫酸が電離するようすを化学式とイオン式を用いて表しなさい。
- ③ リトマス紙の色が変化したのは，A～Dのどれか。
- ④ ③の結果から，リトマス紙の色を変化させたのは，何イオンか。
- ⑤ 糸にしみこませる水溶液を水酸化ナトリウム水溶液に変えた時，リトマス紙の色が変化したのは，A～Dのどれか。

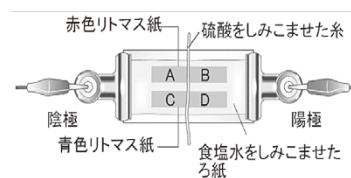


図3 調査問題

調査問題ごとに実験群と統制群の正答率を比較した結果、設問②、③、⑤については実験群の方が有意に得点が高かった。設問②は統制群でも実験群でも扱われている電離式である。統制群では教員が化学式を示していたが、実験群では、エキスパート資料Bの担当者が資料を読み込み、硫酸(H_2SO_4)の電離式を自分で考えなければならない。担当者が電離式を書けなかった場合は班員同士で協働して電離式を考えることになり、担当者が電離式を書けた場合でも、話し合い活動において話題に上がる内容である。いずれの場合においても硫酸の電離式への関わりが統制群よりも深くなるため、実験群の正答率が統制群を上回ったと考えられる。設問③、設問⑤を正答するには水溶液中に電離しているイオン、それぞれのイオンが引きつけられる電極を分かっている必要がある。硫酸の電離式の正答率が高かったことも実験群の正答率が高かった理由の一因であると言えるが、知識構成型ジグソー法における話し合いの中でイオンの移動の仕組みについては、各班で最も話し合われてきた内容であるため、実験群の正答率が統制群を上回ったと推察される。

(2) 知識構成型ジグソー法における生徒の対話の分析

表2 調査問題の結果

設問	実験群 ($n=31$)		統制群 ($n=31$)		t 値
	正答率	標準偏差	正答率	標準偏差	
①	71%	0.92	81%	0.80	-0.88
②	61%	0.99	29%	0.92	2.65*
③	81%	0.80	48%	1.02	2.77**
④	34%	0.48	26%	0.51	1.29
⑤	77%	0.85	52%	1.02	2.17*

* $p<.05$ ** $p<.01$

それぞれの資料から一つの結論を導き出そうとする場面
S1: アルカリ性がBTB溶液に反応すると青色になります。アルカリ性の水溶液は全て電気を通したから電解質。 S2: 電気は通すんだよね。 S1: 電解質だから。 S2: 酸性は黄色になるよ。これは資料Bのやつ。 S3: 資料Cは電気分解について。静電気と同じって事は…電気分解と同じで陰イオンは陽極に引き付けられるから。 S1: わかったかもしれない。だから陽極に陰イオンが集まって、陰極に陽イオンが集まるってことは水の中でやった通り、陰極の方に陽イオンが集まって陽極の方に陰イオンが集まる。 HCl が H^+ と Cl^- に分かれて…陽極の方に。 S4: あっ、 Cl^- が来るんでしょ？ S1: ただ、この Cl^- が何性かはわからない。酸性の方に色がぱっと分かれてくる。

S1のエキスパート資料Aの説明はアルカリ性の水溶液に関するものであった。S2はエキスパート資料Bを担当していたが、電解質については既習事項かつ自身の資料にも記載されていたことだったため、別の資料であっても内容を理解していることを確認できた。その後S3から電気分解の電極に発生する物質と、静電気の関係の説明があった。S1はS3の電離と電気分解の仕組みの説明を契機に、プラスの電気を持つイオンは陰極に引き付けられることと、塩酸の電離式 $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ と次回に行う実験と結びつけ、移動するイオンを予想することができていた。また、その後にS4が発言をしている。それまでに発言がなかったS4であったが、班内で話し合われている内容を理解して聞いていることが確認できた。しかし、 Cl^- が酸性、アルカリ性のどちらかに関係しているイオンであると考えているようであり、話し合いを進めることができなかった。そのため教員側から酸性の水溶液に共通するイオンを見つけるよう助言した。以下はその時の発話記録である。

根拠をもって一つの結論にたどり着いた場面
T1: 酸性は黄色なんだよね、 Cl^- ってすべての酸に入っている？ S1: 両極に色が行くんじゃなくて片方にだけ行くんだ。それだと理屈が通る。 S2: じゃあ OH^- は関係ないってこと？ S1: OH^- はアルカリ性の水溶液で出てくるんだよ。 S2: OH^- は酸性の水溶液では関係ないってことでしょ。わかった。 S1: ここが（酸性の陰極が）黄色。こっち（アルカリ性の陽極）が青色。 S2: 片方しか色がつかないってことでしょ。それで終わりなのか。 OH^- はアルカリ性にしか関係ないってことね。 S1: 説明するよ。最初塩酸は酸性でしょ。酸性のつまようじを刺すと寒天は黄色になる。電気分解すると H^+ と Cl^- に分かれるでしょ。水の電気分解でやった時に陰極の方に陽イオンが集まって陽極のほうに陰イオンが集まったじゃない。こっちの Cl^- は関係ないんだけど、中性なのかな。

話し合いを牽引しているS1が全ての酸性の水溶液に Cl^- は含まれているわけではないことに気づき、プラスの電気を持つ H^+ が陰極に引き付けられることにより、陰極側へ色が変化することを見いだした。それに伴い、S2もアルカリ性水溶液に共通する OH^- について考え始め、二人の生徒が理解を始めたところで酸性のイオンは H^+ 、アルカリ性のイオンは OH^- であるという考えとその仕組みが共有された。陽イオンが陰極に引き付けられ、陰イオンが陽極に引き付けられる考えはモデルでは省略されているが、このグループはこれまで話し合ってきた内容をもとにして移動するイオンとその色の変化の予想を立てた(図4)。

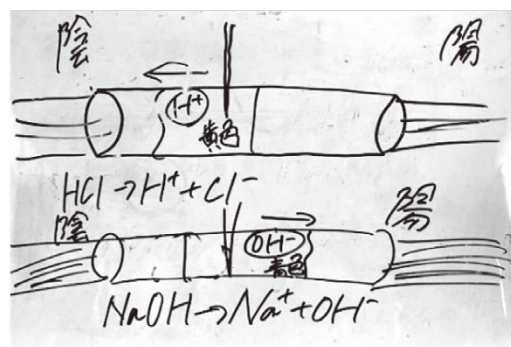


図4 ジグソー活動で生徒が考えた移動するイオンの予想

(3) 実験における考察記述の特徴についての形態素解析

酸性の水溶液とアルカリ性水溶液のイオンの移動を調べる実験を行った後、実験群と統制群の考察記述の特徴を比較した。考察記述の特徴を確かめるために、形態素解析を行った。なお、考察記述中の H^+ は水素イオンとし、 OH^- は水酸化物イオンとして集計をした。実験群の考察記述からは1320語、133種類の語が抽出され、その内の助詞などを除いた総数642語、92種類の語を分析対象とした。分析対象とした92語のうち出現回数が5回以上のものを表3に示した。

統制群の考察記述からは944語、113種類の語が抽出され、そのうちの助詞などを除いた総数455語、78種類の語を分析対象とした。分析対象とした78語のうち出現回数が5回以上のものを表4に示した。

表3 実験群の考察記述における頻出語

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
水酸化物イオン	36	青色	20
水素イオン	35	電離	16
酸性	27	陰イオン	14
アルカリ性	26	陽イオン	14
示す	26	陰極側	12
陰極	24	行く	12
陽極	24	陽極側	12
塩酸	23	マイナス	6
水酸化ナトリウム	23	移動	6
イオン	22	塩化物イオン	5
黄色	21	プラス	5
引き付ける	20	持つ	5

表4 統制群の考察記述における頻出語

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
塩酸	20	引き寄せる	9
陽極	19	陽極側	9
酸性	17	イオン	8
アルカリ性	16	近づく	8
陰極	15	動く	8
分かる	15	黄色	7
水酸化ナトリウム	12	行く	7
移動	11	青色	7
陰イオン	10	アルカリ	6
水酸化物イオン	10	行う	6
水素イオン	10	酸	6
陽イオン	10	陽極側	6

また、考察記述中の特徴を分析するために、今回の実験において結論に深くかかわる「酸性」「アルカリ性」の共起関係を表すJaccard係数を求めた。相対的にとても強い関連性がある語としてJaccard係数が0.3以上の共起関係にある語を分析したところ、実験群では「酸性」と「水素イオン」は0.37、「アルカリ性」と「水酸化物イオン」で0.45を示した。一方で、統制群においては0.3以上を示す語の共起関係は見られなかった。統制群と実験群で差が見られたことは、調査問題の設問③、⑤において両群の間で差が認められた要因の一つであると考えられる。

(4) 理解・思考・表現・協働の各領域に関する実践前後のアンケート

実験群で授業前後のアンケートを取り、理解、思考、表現、協働の各領域に関する11の設問を点数化した。「そう思う」を4点、「どちらかといえばそう思う」を3点、「どちらかといえばそう思わない」を2点、「そう思わない」を1点として、点数化した回答を領域ごとに合計し、表5に実験群の平均値(44点満点)を示した。実践前後で理解の領域では有意差が確認されたが、思考、表現、協働の領域では有意差は見られなかった。また、それぞれの領域ごとに差はあるものの平均値の増加が確認された。各アン

表5 実践前後のアンケート結果の集計

領域	平均値		t 値
	授業前	授業後	
理解	32.2	33.9	3.95**
思考	30.5	30.9	1.48
表現	29.7	30.2	1.23
協働	33.0	33.6	1.90

* $p < .05$ ** $p < .01$

ケートの内容を分析すると「物事の仕組みやメカニズムを理解しようとしている」「友達の考えの良いところを自分の考えに生かそうとしている」では、実践前後において有意差があることがわかった ($p<.05$)。図5は実験群のそれぞれの設問に対する回答の詳細であり、実践後、「そう思う」の割合が高くなっていた。

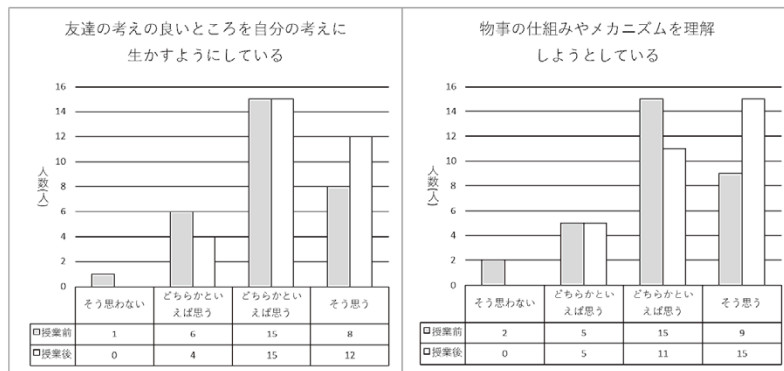


図5 アンケート結果の詳細

6 成果と課題

(1) 自分と他者の情報をもとに、対話することにより思考を広げ深めていく力

アンケート結果「友達の考えの良いところを自分の考えに生かそうとしている」と考える生徒が増加し、アンケートの表現、協働の領域で平均値が微増したことは、話し合いの必要性を感じた生徒が増えてきた可能性を示唆するものである。知識構成型ジグソー法を実践することで「私には人に伝えたいことがある状況」、「私の考えが相手に歓迎される状況」、「他の人と一緒に考えて私の考えがよくなる状況」が担保されることが確認できた。また、生徒の対話の分析から話し合い活動において発言が少なくても、内容の理解を促し、間接的に参加できていることも明らかになった。既習事項や班内で共通の事柄を資料に記載することは、課題解決に必要な内容の理解を確実なものにし、お互いの考えを共有しやすい場面や、発言しやすい環境を作る一因となったと考えられる。

(2) 知識や技能を活用して得られた結果を分析して解釈する力

実験群と統制群において、調査問題の結果に有意差がみられたこと、考察の記述で多様な言語による説明がなされていたことが確認できた。エキスパート活動の資料に既習事項を利用し、集団で課題解決のために話し合うことは、学習内容の理解や思考力・判断力・表現力の育成に一定の効果をあげることができたと言える。また、アンケート結果「物事の仕組みやメカニズムを理解しようとしている」と考える生徒が増加していることから、単に知識を習得するだけでなく、その原理を理解し、深く学ぼうとしている態度を育むことができたと考えられる。

7 課題

調査問題の結果からイオンの移動に関する設問の正答率は、ジグソー活動に参加できず、話し合いの内容を理解できていない生徒がいることを表している。また、ジグソー活動で話し合いの中心となる生徒が詰まってしまうと、そこで課題の解決が難しくなってしまう。そのためグループ内の全員が理解できるような資料の選定にさらなる工夫が必要である。

今回の実践で、事前事後のアンケート分析では表現領域の「相手が分かっているかどうかを確かめながら話している」の項目の平均値が2.8から2.7となり、最も大きな減少を示していた。資料の内容をグループ内の生徒が大まかな理解を示しているとはいえ、相手が理解できているかどうかなど話し合いについての技術的な指導もすることで、多くの生徒が今後求められる資質・能力を育むことができると考えた。

8 引用参考文献・資料

- 1) 文部科学省『ESD推進の手引(改訂版)』, 2018年
- 2) 山口晃弘・江崎士郎,『中学校「理科の見方・考え方」をはたらかせる授業』, 東洋館出版社, 2017年
- 3) 中央教育審議会答申https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/index.htm
- 4) 白水始・飯窪真也・齊藤萌木・三宅ほなみ, 協調学習 授業デザインハンドブック 東京大学 CoREF, 2018年
- 5) 友野清文『教職科目におけるジグソー法の実践と課題』学苑, 2016年
- 6) 飯田寛志・山内慎也・後藤顕一,『理科実験における相互評価表を用いる授業実践に関する一考察—中学校第2学年「酸化銀の熱分解」の学習を事例として—』 理科教育学研究会, 2020年
- 7) 三浦益子・川村教一,『生徒アンケート調査に見る中学校理科の学習観：特に「話し合い活動と資質・能力の関係について」』 秋田大学教育文化学部研究紀要, 2018年
- 8) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科』学校図書, 2008年