

## パフォーマンス課題における問題解決過程の分析 — 小学校理科「水溶液の性質」を事例として —

### Analysis of Problem Solving Process in Performance Task: A Case Study of Elementary School Science “The Nature of Aqueous Solution”.

酒井 美奈子\* 松本 伸示\*\*  
SAKAI Minako MATSUMOTO Shinji

児童に学びの意義を感じさせ、実験方法を考える思考力、考察・結論の妥当性を見出す判断力等の資質・能力を育成するためには、児童が身につけた知識・技能を用い、課題解決への見通しを持ち、科学的に追究できる場を保証することが指導方法の工夫として求められると考える。

本研究では、単元の終末に設定したパフォーマンス課題において、児童はグループのメンバーとどのように課題を解決していくのかについて、問題解決過程のプロトコルに対しTD質的分析を行った。結果、タイプの違う2つのグループの実態が浮き彫りとなった。一つは教師の支援を要する初心者であるノーヴィス (novice) タイプで、もう一方は情報処理の手際が良く適応的である点でエキスパート (expert) タイプであった。

メンバー構成によって問題解決過程に差異は生じるが、メンバーの主體的な対話による相互作用によって全員の理解が深まり、適切な教師の関わり方によって児童らによる結論の導出が促されることが示唆された。

キーワード：問題解決過程、パフォーマンス課題、TD質的分析、相互作用、グループ学習

#### 1. 問題の所在

小学校学習指導要領解説理科編 (文部科学省, 2017) では、資質・能力を育成するための学習過程として「自然の事物・現象に対する気づき、問題の設定、予想や仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験の実施、結果の処理、考察、結論の導出」と問題解決の過程が示されている。ここでいう資質・能力とは、実験方法を考える思考力、結果を表出する表現力、考察・結論の妥当性を見出す判断力 (益田, 2018) 等のことである。

問題解決に必要な資質・能力を育成するにあたっては、以下のような報告が参考になる。

石井 (2015) は、「思考力を育てるには、考えなくなる状況や深く思考する必然性をどう創るかが重要である」と述べている。また、学力の質を「知っている・できる」レベル、「わかる」レベル、「使える」レベルの3つに分け、知識・技能の総合的な活用力を「使える」レベルとよんでいる。そして、「使える」レベルの学力を目指す授業を「教科する」授業、つまり知識・技能が実生活で生かされている場面や、その領域の専門家が知を探究する過程を迫体験し教科の本質をとともに深めあう授業と定義している。石井は、「教科する」授業を創造することは、学習の主導権を児童自身に委ね、活動的で協同的な学びのプロセスを組織することであると述べ、具体的には「〇〇と××などの材料や道具を用いて、目的となる結果を測定せよ」と指示するような未知への挑戦を含んだ科学する実験を挙げている。

大貫 (2016) もまた、理科における資質・能力を高め

る授業として、問題について自らの知識を総動員して科学的に思考し実験結果をもとに省察し理解を深めるパフォーマンス課題を提案している。

さらに、松下 (2015) は、児童に深い関与を促す条件を次のように述べている。「課題は適度にチャレンジングなものであること、チームの一員であるというコミュニティの感覚をもつこと、ホリスティックに学べるよう教えること」の3つである。

一方、森本 (2017) は「子どもは受動的ではなく能動的に学習する資質・能力を潜在的に有しており、子どもの能動的な学習は教師による意図的な支援においてのみ現れ、結実する可能性を持つ」と述べ、児童の主體的な学びには、教師の手立てが欠かせないことを主張している。

以上の知見から、問題解決に必要な資質・能力を育成するには、主體的に身につけた知識・技能を活用して課題解決への見通しを持ち、科学的に追究できる場を保証することが指導の工夫として求められているといえよう。本研究では、学習の主導権を児童に委ね、活動的かつ協同的に学ぶ場として単元にパフォーマンス課題を設定し、グループ学習の問題解決過程に着目する。

萩原・高砂・中山 (1988) は、児童の自ら学ぶ態度および能力の育成等をめざした学習指導法を考案するための予備実験的段階として、グループ学習の実態を研究対象とした。6年生の「電磁石」のグループ学習で、個々の児童の特性および学習能力の形成状況と、グループにおけるコミュニケーション過程との対応関係を分

\*丹波篠山市立城南小学校

令和元年6月25日受理

\*\*兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻学校臨床科学コース 教授

析しようと試みた。分析方法は、発話を「送り手」と「受け手」に分け、それぞれ「根拠を明らかにした（既習事項を比較・関係付ける）想起・推量的なもの」と「単なる推量」でカテゴリ分けをして分析した。しかし、どのような対応関係にあるのか、個々の児童の特性がどのようにグループ学習に影響してくるのか等の解明は十分ではなかったとしている。萩原らは、「特性が異なる児童で構成されたグループにより、各グループのコミュニケーション過程は独自のものとなっている。しかしそこでの指導過程を分析した結果を見る限り思考の質的な深まり・ひろがり十分であったとは言い難い。グループ学習に入らせる前・中・後の指導者の発問・助言・指示が学習を有効に機能させるのに重要な意味を持つことを再認識した」と教師の指導の重要性をまとめた。この研究は、グループ学習における教師の意図的な指導の重要性を示唆しているといえよう。

一方、高垣・田爪・森本・加藤（2008）は、小グループの協同学習における実験場面を観察し、授業過程で具体的にどのようなプロセスを経て自らの思考を変化させていくのかを明らかにすることで、授業前後の概念変化と授業過程における相互作用との関連について検討を行った。そして、児童は、仮説の検証過程で自発的にメンバー間の不完全な発話をオーバーラッピングし、統合しながら繋いでいくプロセスにおいて科学的概念を協同構築していったこと、グループのメンバーから精緻化されたり矛盾を指摘されたりした内容が、主体的に個人内の知識に取り込まれることを見出している。

高垣ら（2008）のように、単元の要となる概念変容の場面を児童の相互作用の視点で考察している研究は散見される。しかし、児童が主導権を持つパフォーマンス課題において、問題解決過程を考察している研究は、管見の限り見当たらない。

そこで、主体的・対話的で深い学びが提唱される今、パフォーマンス課題における問題解決過程の実態を可視化し分析することは、問題解決に必要な資質・能力を育成するための指導について示唆を得る意義深い研究であると考えられる。

## 2. 研究目的

単元の終末に、知識・技能の総合的な活用力育成の視点からグループで取り組むパフォーマンス課題を設定し、その問題解決過程において児童間あるいは児童と教師間の相互作用がどのように問題解決に影響しうるかを、プロトコルを分析し実態を明らかにする。そのうえで、児童の特性の違いによってグループの問題解決の質にどのような違いが生まれるのかを考察する。

## 3. 方法

### 3.1 発話の分析方法

高垣（2005）は、学習者の相互作用のある対話（TD：transactive discussion）について、表1の質的分析カテゴリを作成した。TDは、「自分自身の考えをより

明確にしたり、相手の考え方や推論のしかたに働きかけ相手の思考を深めたりするような相互作用のある対話」と定義され、討論過程における相互作用の変化を引き起こす重要な要因は、他者の考えを引き出したり単に表象したりする「表象的トランザクション」ではなく、互いの考えを変形させたり認知的に操作したりする「操作的トランザクション」の対話の生成であるとされている（Berkowitz & Gibbs, 1983）。高垣（2005）は、TDのコーディングシステムの開発によって、対話内容の方向性や構造が容易にとらえやすくなり、相互作用状況のダイナミズムを浮き彫りにできるとしている。高垣・出原（2005）、高垣・田原（2006）、高垣ら（2008）は、グループ学習における児童の思考過程から相互作用のある対話の生成や効果について様々な知見を報告している。

そこで、本研究では、児童・教師のプロトコルをTDのカテゴリで分析し、グループ討議の過程をチャート図で表し考察した。

表1 TDの質的分析カテゴリ

	カテゴリ	分類基準
表象的トランザクション	課題の提示（課）	話し合いのテーマや論点を提示する。
	フィードバックの要請（フ）	提示された課題や発話内容に対して、コメントを求める。
	正当化の要請（正）	主張内容に対して、正当化する理由を求める。
	主張（主）	自分の意見や解釈を提示する。
	言い換え（換）	自己の主張や他者の主張と、同じ内容をくり返して述べる。
操作的トランザクション	拡張（拡）	自己の主張や他人の主張に、別の内容をつけ加えて述べる。
	矛盾（矛）	他者の主張の矛盾点を、根拠を明らかにしながら指摘する。
	比較的批判（批）	自己の主張が他者の示した主張と相容れない理由を述べながら、反論する。
	精緻化（精）	自己の主張や他者の主張に、新たな根拠をつけ加えて説明し直す。
	統合（統）	自己の主張や他者の主張を理解し、共通基盤の観点から説明し直す。

※ Berkowitz & Gibbs, 1983 を改変：高垣, 2004

### 3.2 実践対象と授業計画

兵庫県内公立小学校6年生（小規模校のため6名）を対象に、単元「水溶液の性質」の授業を行った。単元指導計画を表2に示す。第4次の前半に児童が既習事項を活用して取り組むパフォーマンス課題（以後チャレンジ課題と表記）を設定した。チャレンジ課題は、グループによる問題解決的な学習の時間としTD分析を行った。

表2 単元指導計画（全12時間）

次	時	○学習問題
導入	1	水よう液の性質 ○身の回りの水溶液について知っていることを概念マップにかこう。 ○水溶液について調べたいことを話し合おう。
	2	水よう液の仲間分け
	3	○身の回りの水溶液は、どんな仲間に分けることができるだろうか。

2	4	水よう液にとけているもの
	5	○炭酸水には何が溶けているといえるだろうか。
3	6	水よう液と金属
	7	○薄い塩酸と食塩水、水酸化ナトリウム水よう液に金属を入れたとき、どのように変化するのだろうか。
	8	○見えなくなった金属はどのように変化したのだろうか。
4	9	チャレンジ課題 (グループ学習)
	10	○学んだ知識を使って、6つの水よう液の正体をつきとめよう。【TDの質的分析】
	11	自由実験 (個人学習)
	12	○水溶液についてさらに調べたい実験をしよう。

3.3 チャレンジ課題の設定

「未知の6つの水溶液の正体を、既習事項を使って明らかにする」という課題を設定した。水溶液は、全て無色透明の5種類を用い、酸性の塩酸と炭酸水、中性の食塩水、アルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液、石灰水の5種類とした(表3)。児童には、6つのビーカーに入った水溶液A~Fは、5つの水溶液名のうちのいずれかであること、謎のXという水溶液は、いずれかと同じ水溶液であることをあらかじめ伝えておいた。児童は、この情報をもとに、A~F 6つの水溶液の同定を行った。未知の水溶液の中に、謎の水溶液Xを1つ忍ばせることで、よりチャレンジングに課題を追求できると考えた。この課題であれば、児童が実験方法を考え(思考力)、実際に実験を行い実験の技能を高めると共に、知識を活用して論理的に考察し(判断力)、結果をわかりやすく説明する(表現力)ことが求められる。また、石井(2015)の述べる「学習の主導権を児童自身に委ね、活動的で協同的な学びのプロセス」に合致すると思われる。

表3 チャレンジ課題の水溶液

6つの水溶液 (6つ目は、謎のXとする)		
酸性	中性	アルカリ性
塩酸 炭酸水 なぞのX (塩酸)	食塩水	水酸化ナトリウム水溶液 石灰水

チャレンジ課題の授業では、児童をIグループ、IIグループの2つに分けた。両グループ共、構成員は3人である。グループ分けは、学級で月ごとに席替えをしたものであり、意図したものではない。

4. 結果と考察

4.1 問題解決過程の分析

I, IIグループそれぞれの実験計画と考察場面の全児童のプロトコルについてTDの質的分析を行った。各グループのトランザクションの内訳を図1に示す。操作的トランザクションに着目すると、Iグループは実験計画、考察のどちらの場面も2~3割だが、IIグループはどちらの場面も約半分を占めていた。討論過程において相互作用の変化を引き起こす重要な要因は、「操作的トランザクション」の対話の生成とされることから、IIグループの方が問題解決の力が高い可能性がうかがえる。それを裏付けるように、討議の進み方にもグループ間に特徴的な差異が見られた。Iグループは、慎重に吟味しながら問題を解決しようとして時間がかかるタイプであった。それに対し、IIグループは、知識の豊富な児童がリーダーシップを発揮してメンバー間で推論

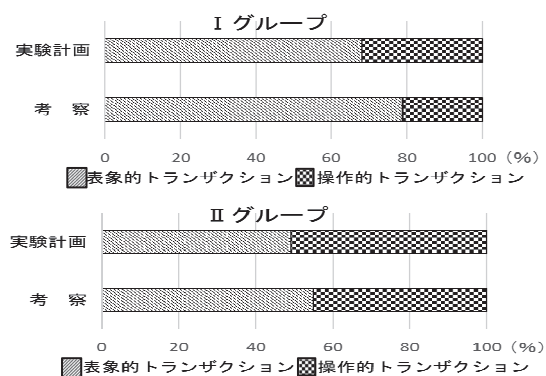
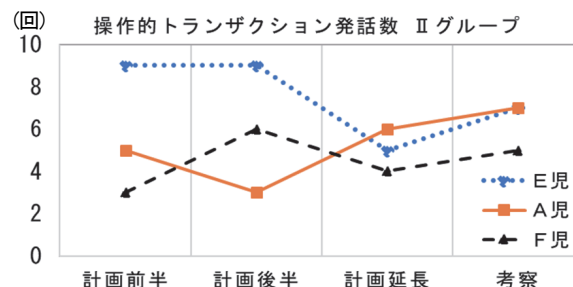
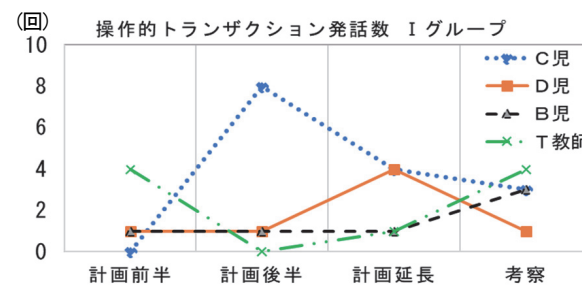
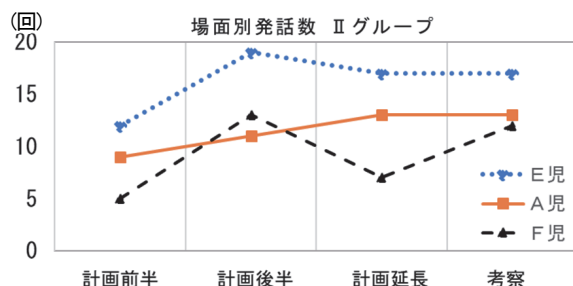
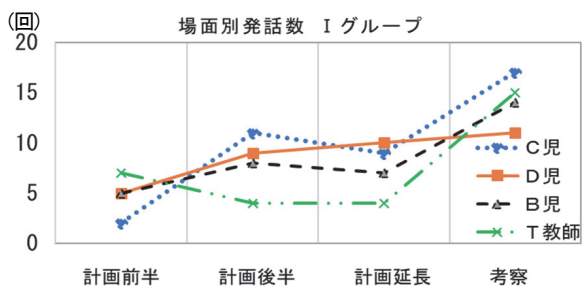


図1 各グループのトランザクションの内訳(割合)



※計画前半, 計画後半, 計画延長というのは、実験計画を立てている時間の前半(5分), 後半(5分), 延長時間(3分)の場面を表している。

図2 個別の場面別発話数



しながら失敗を恐れずに進めていくタイプであった。

図2は、実験計画（前半5分、後半5分、延長時間3分）の場面と考察場面における、I、IIグループそれぞれのメンバー別の発話数（上段）と、その中から抜き出した操作的トランザクションの発話数（下段）のグラフである。

Iグループは、児童3人に加え教師が介入しているため折れ線は4本になっている。Iグループは上段の発話全体のグラフから、3人の児童の発話数に大きな差は見られないものの、下段の操作的トランザクションだけの発話数を見ると、実験計画後半の場面でC児の発話数が抜きこんでいたことが読み取れる。Iグループで討議をリードしていたのはC児であった。

IIグループは、上段の発話全体を見るとどの場面もE児の発話が多かった。下段のグラフから、特に計画前半においてE児の操作的トランザクションの割合が高かったことが明らかになった。このことから明らかだが、E児はIIグループのリーダーとして活躍していた。ところが考察場面になると、あとの2人とE児の操作的トランザクションによる発話数の差が縮まっていたことが読み取れる。これらの発話の特徴との関連も含め、各グループにおける問題解決に向かう討議の流れについて詳述する。

#### 4.1.1 Iグループの問題解決過程

まず、実験方法を計画する場面について述べる。

Iグループでは、次のように対話が始まった。B、C、Dは児童、Tは教師である。

- C 石灰水で二酸化炭素を入れるとにごるから、まず石灰水には二酸化炭素を入れる。食塩水は、前やったようにスライドガラスに1滴入れてドライヤーで熱する。薄い塩酸と薄い水酸化ナトリウムの場合は、あそこにあたりリトマス紙をつかったら赤とか青で色が変わるからそれを使えば・・・
- D 水酸化ナトリウムそれってリトマス紙でやったっけ・・・わからない。〈これまでの授業でやっていないと指摘〉
- B 石灰水だと二酸化炭素を入れると白くにごるからそれでやったら分かる。水酸化ナトリウムやったら、アルミが分解されるからそれで分かる。
- D ああ。言うで。さっき言ったドライヤーで熱する。あと、二酸化炭素を混ぜる。スチールウールを入れて溶かす。リトマス紙に1滴垂らす。
- T どういう順でやるか。(何の水溶液か) 分かっている場合と違うね。6つとも調べないとどれか分からないね。それを考えて、どうやったら時間内で実験ができるかを相談して。
- D どういう順・・・

それぞれの児童は、既習事項から実験方法を述べ合っている。しかし、3人とも未知の水溶液を同定するという課題への理解が十分ではなく、「〇〇水溶液ならば、△△を使うと～になる（下線部）」と、これまで実験した流れの意見ばかりであった。そのため、教師が介入し「どういう順でやるか。(何の水溶液か) 分かっている場合と違うね（波線部）」と課題への理解を促し思考の方向づけを行ったところ、C児が中心となってどん

表4 Iグループの実験計画場面後半のプロトコル

①C <u>リトマス紙で見当がつく。とりあえず、全部リトマス紙でやって分かってから調べる。〈精緻化〉</u>	②④B 2番目なにする？
②D お～（それがいい）	⑤D 今、酸性って何かあるん？炭酸水と塩酸やる
③B これや、用意するもの書こう	⑥C <u>中性って食塩水1こやからわかるやろ、アルカリ性は石灰水と水酸化ナトリウム・・・分かった気がする。〈拡張〉</u>
④T どんな順になった？	⑦BD何？
⑤B まずリトマス紙で	⑧C えっと、白いトレー使うやん。食塩水は1こやん。〈拡張〉
⑥T 順番書いとこう	⑨C え、(何性が)分かるんちゃう
⑦D リトマス紙1番？	⑩C <u>塩酸、酸性やろ、石灰水はアルカリ、水酸化ナトリウムをアルカリ、食塩水は中性。〈拡張〉</u>
⑧C <u>それでも(何の水溶液か) 全部分からんから、そこから・・・〈拡張〉</u>	⑪D アルカリ性って何色やったっけ。
⑨B え、(何性が)分かるんちゃう	⑫B なんか青とか
⑩C <u>塩酸、酸性やろ、石灰水はアルカリ、水酸化ナトリウムをアルカリ、食塩水は中性。〈拡張〉</u>	⑬C 青や
⑪D アルカリ性って何色やったっけ。	⑭D 青？あそうや青やな
⑫B なんか青とか	⑮C <u>炭酸水と塩酸が酸性や〈拡張〉</u>
⑬C 青や	⑯B まあいいや、先、用意するもの書く
⑭D 青？あそうや青やな	⑰D 用意するもの、リトマス紙
⑮C <u>炭酸水と塩酸が酸性や〈拡張〉</u>	⑱T 用意するものはリトマス紙、1番こ調べた後、次どうするの
⑯B まあいいや、先、用意するもの書く	⑲C スライドガラスやった気がする
⑰D 用意するもの、リトマス紙	⑳B リトマス紙で調べて2番目は
⑱T 用意するものはリトマス紙、1番こ調べた後、次どうするの	㉑C <u>まず分類するやろ、酸性と中性とアルカリ性に分けて〈統合〉</u>
⑲C スライドガラスやった気がする	㉒T <u>そしたら1番で分かることは？書いていこう</u>
⑳B リトマス紙で調べて2番目は	㉓D <u>酸性か中性かアルカリ性か(実験から分かることを記入)</u>
㉑C <u>まず分類するやろ、酸性と中性とアルカリ性に分けて〈統合〉</u>	
㉒T <u>そしたら1番で分かることは？書いていこう</u>	
㉓D <u>酸性か中性かアルカリ性か(実験から分かることを記入)</u>	
	⑳C 知らん。
	㉑D <u>じゃ、無理や。〈矛盾〉</u>
	㉒T <u>分からんけど、試してみたら・・・(塩酸の) 溶け方は見たんでしょ、前、そしたら、・・・</u>

〈表象的：正当化の要請〉

— 以下省略 —

※B、C、Dは児童、Tは教師。下線部は実験方法の決定を方向づけるC児の操作的トランザクション、〈〉はトランザクションのカテゴリー、二重下線部はE児の慎重な発言、波線部は対話を促すTの発言。

な順で調べていくとよやかに話し合いの流れが変わっていった。

ここで、D児のプロトコル（二重下線部）に注目したい。C児の考えを聞いてD児は、授業でやっていないことは使えないのではないかと疑問を呈し、未習内容は推論できないようであった。

表4は、Iグループの実験計画後半の発話プロトコルであり、前述した図3のグラフでC児の操作的トランザクションの発話数が抜きでいた場面である。C児の下線部（表4）の発言によって、メンバーの理解を促し実験方法が構築されていったことから、IグループではC児が一番豊富な知識を持ちリーダーとして活躍していた。しかし、ここでも、D児の慎重な「③⑥炭酸水にスチールウール入れても溶けんのかな（正当化の要請）」、「③⑧じゃ無理や（矛盾）」という発言があり、未習内容は結果が分からないため実験方法として受け入れられないようであった。C児は反論できずIグループの計画が頓挫する様子がうかがえたため、教師は時間を考慮し意図的に介入した。教師が「③⑨（炭酸水にスチールが溶けるかどうかは）わからんけど試してみたら」と後押しをしたところ、①リトマス紙で調べる、②中性の食塩水を決定する、③アルカリ性ならアルミホイルを、酸性ならスチールウールを入れる、という順で実験計画を決定できた。

次に、実験場面について述べる。

児童は、実験方法①リトマス紙で調べる、②中性の食塩水を決定する、③でアルカリ性の水溶液を同定するところまで順調に進めた。しかし、酸性の水溶液（塩酸、炭酸水、謎のX）にスチールウールを入れたあと壁にぶつかった。そのときのプロトコル（抜粋）は、次のようであった。

C	うん～？酸性のうちの2つがおんなじ反応せんあ かんのや。これとこれ、おんなじ反応かな？
B	う～ん、なんかそんな感じがする。
C	やんなあ、まとめる？
B	う～ん、これとこれ、
C	<u>おんなじ反応じゃないとおかしい</u> ・・・

酸性の水溶液にスチールウールを入れて反応を観察したところ、反応の仕方から見極めることができなかった。C児の下線部の発言から、仮説どおりにいかないもどかしさが感じられた。その後、塩酸はアルミニウムも変化させるという既習事項に気づいたC児のリードで、アルミ箔の反応を見るという新たな実験が追加された。しかし、実験終了時刻となってしまったため、観察を続けながら考察を行うことになった。

最後に、考察場面（結論の導出）について述べる。

アルミホイルの反応を観察する追加実験からの児童のプロトコルを表5に、討議過程のチャート図を図3に示す。チャート図は、酸性の3つの水溶液がそれぞれ同定されるまでの流れを色分けしラインと呼ぶことにする。ブルーラインは炭酸水、ピンクラインは塩酸、グリーンラインは謎の水溶液Xである。

酸性水溶液の同定では、考察を促すために教師の介入が見られた。チャート図の教師の発言は◇である。チャート図全体を見ると、教師の発言◇の後には児童の観察による主張が引き出され、その主張に対する教師や児童のフィードバックや言い換えによって確認しながら討議が進められた。具体的に述べると、教師は「⑦泡が出てるのは、反応の泡なのかどうかやね」や、「⑨時間がたってこうなってきたという特徴的な反応の仕方は？」と操作的トランザクション（拡張）で観察の視点を示した。すると「⑩（アルミを入れた）Bは泡出て」「⑪（アルミを入れた）Cは変化ない」と主張が生まれ、まずFが塩酸であると決定された。しかし、B児は、C児の「⑫Cは反応ないで」の発言に対して「⑬あ、でも（Cは）泡出てない？ほら」と矛盾を述べ、既習実験での観察不足が露呈した。B児は、金属を入れた時に反応する泡の判断にまだ混乱していたのである。その後、B児はC児の「⑭分解されるの塩酸じゃなかった？」という操作的トランザクションによって実験ノートを確認し（⑮）、泡よりアルミの変化をよく見るべきだと気づき「⑯Bが塩酸」と自ら精緻化して同定に至っていた。このように、教師の意図した介入やメンバーの操作的トランザクションによって、B児の理解が深まっていた。

最後のBとCの反応を見極める段階では、謎の水溶液Xの存在が、児童にとって確信を持って同定に至るまでの大きな壁になっていた。そのため、⑯～⑲、⑲～⑳、㉑～㉒、㉑～㉒、㉓～㉔のようにグリーンラインから何度も外れて、課題を再確認したり知識を共通理解したりする時間が、繰り返し生じていた実態が明らかになった。

Iグループでは、水溶液の反応の違いを納得するまで観察し科学的に解決しようとするメンバーの探究的な姿勢が最後まで続いた結果、時間を要したもののメンバーどうしの対話によって結論の導出に至ったといえる。

以上のことから、一斉授業での実験だけでは、水溶液と金属との反応を見極める技能は十分身につけにくいこと、言い換えれば、本事例のような課題、未知の水溶液を同定する必要のある実験を通して、観察力や判断力が身につくことが示唆された。

ここで、Iグループで、対話が進むように支援をした教師に着目してみる。教師の発話カテゴリーは、図4のとおりであった。

教師は、意図的に課題を確認したり（課題の提示）、現象に対してコメントを求めたり（フィードバックの要請）、児童の主張を分かりやすく言い直したり（言い換え）、主張を広げ方向付けたり（拡張）した。これらのカテゴリーから、児童の思考に沿って討議を促すための支援にとどめ、批判したり（批判的思考、矛盾）、まとめたり（精緻化、統合）することは、児童に任せる姿勢が見られた。そのため、児童は時間を要したけれども自ら観察し決定する体験を通して観察力、判断力を身につけていったといえる。

表5 Iグループの酸性水溶液を同定する場面のプロトコル

教T 実験結果からグループトークで、どれが何の水溶液か決定し理由を説明できるようにしましょう。・・・(中略)・・・

①T<sub>1</sub> じゃあアルミの方だね。しっかり比べてごらん。反応の仕方どう?

②C こっちの(B)のほうが(アルミと反応してる)

③T<sub>2</sub> Bはしっかり反応してる?

④DCB うん(アルミと反応してる)。

⑤T<sub>3</sub> Cは?

⑥DCB 反応してない。

⑦T<sub>4</sub> 泡が出るのは、反応の泡なのかどうかやね。Cは、いつでも泡が出るんやね。

⑧C F(もアルミと反応してる)。

⑨T<sub>5</sub> じゃあCのアルミは?Cはどう、Bはどうというのをよく比べて、時間がたってこうなってきたという特徴的な反応の仕方?

⑩B (アルミを入れた)Bは泡出て、

⑪C (アルミを入れた)Cは変化ない。

⑫B Cは変化ない。

⑬T<sub>6</sub> 最後にBとCとFが酸性の方がどうも分からないと思ってこうやって比べているのはとてもいいと思いますよ。この違いをよく見て判断しよう。

⑭C Fは塩酸。(Fの決定)

⑮B Bは、酸性やから

⑯T<sub>7</sub> この3つでどう判断する?

⑰B あ、そうか、あと3つ(ワークシート欄が)空いてるんかも。

⑱T<sub>8</sub> B、C、Fやね、こっちも(スチールの方も)見てごらん。

⑲D (Fはスチールと)反応してる。

⑳B (Fはスチールと反応)してる、泡が出るから

㉑T<sub>9</sub> (試験管の)順番がちょっとばらばらなのはまずいね。  
D (試験管をアルミとスチールを並べて比べて比べるように置き直す)

㉒T<sub>10</sub> うん、そうするといひね。

㉓B Fはどっちも(アルミもスチールも)反応してる。

㉔D こっち(B)の片方 も反応してる。これ(B)のもう一方は?

㉕C (こっちのBも)反応してるで、Cは反応ないで。

㉖B あ、でも(Cは)泡出てない?ほら。

㉗T<sub>11</sub> あと、何が分からないの?

㉘C 塩酸と炭酸水とX

㉙D どれ(どの水溶液) やったっけ、(アルミが)分解されてるの

㉚C 分解されるの塩酸じゃなかった?

㉛B (実験シートを確認して)あ、ほんまや(分解するのは塩酸や)。

㉜C 塩酸は・・・あ、アルミどっかいった。Bはアルミないで。

㉝T<sub>12</sub> Bは(アルミが)溶けてますか

㉞B (アルミが)溶けてる。分解されてる。Bが塩酸

㉟T<sub>13</sub> これ飲みたいですか?

㊱B 飲みたくない。

㊲T<sub>14</sub> 金属とかすようなもの飲めませんね。もうギブアップ?

㊳C え?金属とかす・・・(これまでに)何が分かってるん。

㊴B Fが塩酸、食塩水、石灰水と、あと謎のやつと炭酸水だけ。

㊵C あ!分かった。これ(B)たぶん、謎のやつやで。

㊶D あ、それそう。

㊷C (F)と同じやから(B)は謎で・・・で、これ(C)が炭酸水。

㊸D 私もそう思った。(Cの決定)

㊹C Bが塩酸。

㊺D 塩酸ちゃうで、謎のXやで。

㊻T<sub>15</sub> 謎のは、謎のままにしないで名前を決定してね。どれかと同じですよと説明したね。

㊼D ああ(そういうことか)。

㊽C 塩酸、塩酸、塩酸!(Fと)おんなじやん。(Bの決定)

㊾B うん、塩酸。

㊿D 塩酸?Bやったっけ。

①C (そう、それ)で、Cが炭酸水。

②D そういうことか(Xは塩酸だったのか)。

※B, C, Dは児童, Tは教師。下線部はB, C, Fの同定に関わる発言、波線部は考察を促すTの発言。二重下線部は、B児の考えの変容を表す発言。

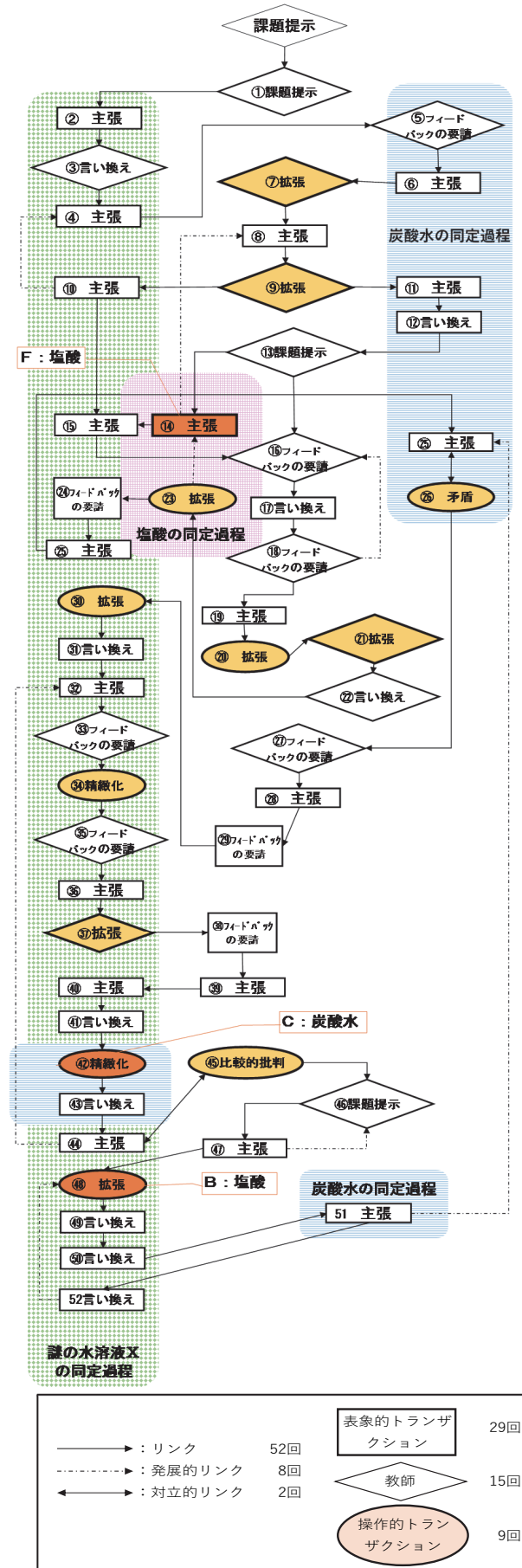


図3 Iグループの酸性水溶液を同定する場面のチャート図



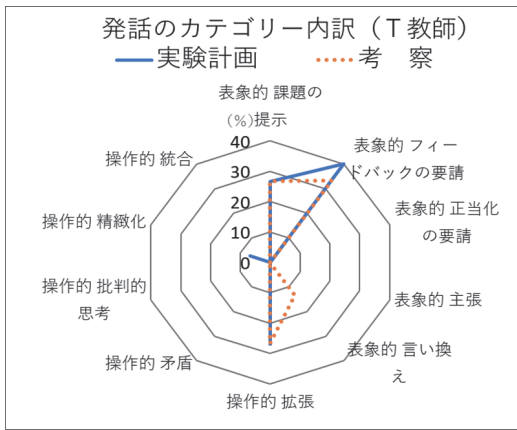


図4 教師の発話の категория

4.1.2 II グループの問題解決過程

まず、実験計画場面について述べる。表6は、IIグループの実験計画場面のプロトコルである。下線部は操作的トランザクションを示している。実験計画はメンバーの「拡張」によって進められ「精緻化」、「統合」されていた。「拡張」による相互作用では、E児「⑦その二酸化炭素入れてふるねん。そしたら」→A児「⑧濁ったら石灰水か」とA児はE児の気持ちになってE児の発言にかぶせるように発言し、2人で1つの考えを成していく様子が見られた。⑩～⑫も同様で、発言をつなげると「⑩とりあえず、酸性と⑪中性とアルカリ性に分けて、次に中性の物は熱して出てくるものを見る。食塩水は⑫塩やなあ」とA児→E児→A児と発話者は代わっても、まるで一人の意見であるかのようになった。このようなプロセスで、A児とE児は協働で実験方法を構築していた。また、E児は「①謎の水溶液がどう転ぶかは・・・中性が食塩水やから、もし、Xが中性にきたら熱して」や「⑨たぶん石灰水はスチールウール溶けへんから」等、未知の内容について推論していた。

以上のことから、IIグループでは、E児のリーダー

シップによって、実験の計画段階では、他のメンバーの思考が促され、対話を通して短時間で実験方法の精緻化、統合化が図られたことが明らかになった。

次に、考察場面（結論の導出）について述べる。

児童のプロトコルを表7に、討議過程のチャート図を図5に示す。図5のピンクラインは酸性、ブルーラインはアルカリ性、グリーンラインは中性の水溶液についての討議過程を示す。チャート図の児童の発話は、3色のラインから逸れることなく、それぞれほぼ直線的にリンクしていることから、メンバーは同じ視点で現象をとらえ討議を進めたことがうかがえる。

プロトコルの下線部は、水溶液の同定に関わった発言である。考察場面では、まずE児の「①石灰水は、二酸化炭素を入れたら反応するから」に続くようにA児が「②うんそう、Aは、白くにごったから石灰水」と同定した。次にE児は「③Eの理由は、水酸化ナトリウムはアルミを入れると、すぐ反応してばらばらになったからE。二酸化炭素入れても反応しなかったから、水酸化ナトリウム」と同定した。それからF児は「⑤Bは塩酸、スチールウールが反応したから。Fも塩酸でちょっと遅めで（スチールウールが）反応したから。で、Cは、酸性の炭酸水で（スチールウールの）反応なかった」と炭酸水と塩酸の違いを説明し塩酸が2つあることを示した。このように、メンバーそれぞれの「統合」によって⑩食塩水の同定まで早い段階で終えていた。ここでも、児童は協働して発言をつなげながら同じ理解に達していた。

その後は、E児の提案「⑫みんな理由が言えるように特訓しよう」により、教師の提示した課題「何の水溶液か決定した理由の説明」に取り組み、対話的に考察の表現力を高めていく過程が見られた。

さらにE児は、F児の「⑫塩が出てきたから食塩水」に対して「⑫塩じゃなくて固体」と言い直したり、A児

表6 IIグループの実験計画場面のプロトコル

①E まず、1番にリトマス紙で酸性、中性、アルカリ性に分ける。6つで、酸性が塩酸と炭酸水、アルカリ性が水酸化ナトリウムと石灰水で、謎の水溶液がどう転ぶかは・・・中性が食塩水やから、もし、Xが中性にきたら熱して (主張)	⑬E うん、塩で、謎の水溶液Xもまず熱してみることが大事だと思う。アルカリ性じゃないとふんで。(主張)
②A 炭酸水はリトマス紙赤くなると書いてある (拡張)	⑭F 謎の水溶液Xはさあ、熱する前にこれで (リトマス紙で) 分かるやろ、酸性か中性かアルカリ性か。(精緻化)
③E 途中から変化しなかったけど、アルカリ性は金属入ると、水酸化ナトリウム、とりあえず同じ液の試験管4本用意して、水酸化ナトリウムと石灰水と思われ液を2本ずつ用意して・・・ (拡張)	⑮E うん、わかった後に調べない (拡張)
④A でも、うすい塩酸溶けるやんなあスチールウール (拡張)	⑯F うん、だからアルカリ性やったら熱しなくていいし、酸性でも別に熱さんでいいから、中性の場合だけに熱する。(統合)
⑤E 酸性はとりあえず置いて、アルカリ性は用意して、図でやると (試験管4本の絵をかく) 片方は、スチールウール入れて、もう片方は (精緻化)	— 中略 —
⑥A アルミ? (フィードバックの要請)	⑰E 酸性がわからんやんな。考えよう。酸性は・・・おそらく炭酸水と塩酸やねん。酸と言えよ。片方はスチールウール入ると、時間がかるよな。(拡張)
⑦E その二酸化炭素入れてふるねん。そしたら (拡張) ... (1)	⑱A だって、時間たって反応・・・ (言い換え)
⑧A 濁ったら石灰水か。(拡張) ... (2)	⑲E あ、塩酸は初めアルミが反応、早くから反応したんアルミやんなあ。だから、アルミを先入れて。(精緻化)
⑨E たぶん石灰水はスチールウール溶けへんから (拡張) ... (3)	⑳F アルミが一番先に反応したん、水酸化ナトリウムや (比較批判)
— 中略 —	⑳E うそ! (ワークシートを確認する) あ、ほんまや、水酸化ナトリウムがアルミやから、じゃあ、塩酸こ、とりあえずスチールウール入れよ (精緻化)
⑩A とりあえず、酸性と (言い換え) ... (4)	㉑F 酸性にスチールウール入れて水酸化ナトリウムに... (言い換え)
⑪E 中性とアルカリ性に分けて、次に中性の物は熱して出てくるものを見る。食塩水は (拡張) ... (5)	㉒E そうやな、アルカリ性撒回で、スチールウールじゃなくてアルミ。(言い換え) — 以下省略 —
⑫A 塩やなあ。(拡張) ... (6)	

※A, E, Fは児童。下線部は操作的トランザクション、( )はトランザクションの categoria、波線部は推論的思考による発言。

表7 IIグループの考察場面のプロトコル

教T	実験結果からグループトークで、どれが何の水溶液が決定し理由を説明できるようにしましょう。
①E	石灰水は、二酸化炭素を入れたら反応するから
②A	うんそう、 <u>A</u> は、白くにごったから石灰水。
③E	<u>E</u> の理由は、水酸化ナトリウムはアルミを入れると、すぐ反応してばらばらになったから <u>E</u> 。二酸化炭素入れても反応しなかったから、水酸化ナトリウム。はじめに、まず酸性、中性、アルカリ性って決まって
④A	次は <u>B</u>
⑤F	<u>B</u> は塩酸、スチールウールが反応したから。Fも塩酸でちょっと遅めで（スチールウールが）反応したから。で、 <u>C</u> は、酸性の炭酸水で（スチールウールの）反応なかった。
⑥E	で、食塩水は、（スライドガラスの結晶を）流しちゃったけどまあ、わかるやろ。証拠残しとけばよかったな。
⑦F	あれ、スライドガラスは？
⑧E	洗った。
⑨F	（食塩が出た）証拠が・・・
⑩E	証拠流してもうた。
⑪A	まあまあまああ、（みんなで結晶を）見たから（大丈夫）。
⑫E	これで決定でいいか。みんな理由が言えるように特訓しようか。
⑬A	<u>B</u> は、（スチールウールの）反応が早くて、
⑭E	初めのリトマス紙で酸性と判断されて、
⑮EA	すぐ（スチールウールが）反応したから塩酸
⑯A	で、 <u>F</u> は（どうだったっけ）？
⑰E	ちょっと（スチールウールの）反応遅めだったけれど酸性は炭酸水と塩酸で、どちらに近いかと例えば、塩酸の方に近いから塩酸にした。一応変化してるから。
⑱A	うん、遅めやけど反応あったもんな。
⑲E	じゃあ、試験な。 <u>D</u> がどうして中性になるか言って。
⑳F	まず、リトマス紙で、変化がなかったから、中性。その中性のやつを（1滴落としたりスライドガラスを）ドライヤーで熱して塩が出てきたから食塩水。
㉑E	塩じゃなくて固体。
㉒F	じゃE君、 <u>A</u> 。
㉓A	<u>A</u> じゃない、 <u>E</u> にしよう。
㉔F	<u>E</u> の水酸化ナトリウム。
㉕E	初めのリトマス紙で <u>E</u> の液体はアルカリ性と分かって、正体を突き止めるために、（試験管に）二酸化炭素を入れてゴム栓をしてふっても、反応が無しで変化がなくて、アルミを入れるとすぐに反応があり、そのあとすぐに分解されたことから、前の実験で水酸化ナトリウムはアルミを速く分解していたから水酸化ナトリウムと見ました。
㉖F	うん、じゃAちゃんは、
㉗E	<u>B</u> 、塩酸。
㉘A	初めにリトマス紙で調べた時に、 <u>塩酸だったし</u>
㉙E	<u>塩酸？</u>
㉚A	あ、酸性だったし、スチールウールを入れたら反応が早かったから。で、こっちも（スチールウールの）反応あったし、でもこっち（始めは）反応なかったから遅かったけど・・・
㉛F	なんでこれ（反応が）早かったり遅かったりしたんやろ？。量かな？
㉜A	こっち、少なくなかった？
㉝F	うん（少なかった）。
㉞A	だから、早かったんかな。量かな。
㉟E	まあ、量やろ。どうしてって聞かれたら、わからんけど、しっかり（スチールウールと）反応したから。
㊱F	炭酸水みたいでつかも泡が出てなかったから。
㊲E	しかも、（スチールウールと）反応した。
㊳F	それで <u>酸</u> 生やったら炭酸水以外塩酸しかないから、塩酸
㊴N	OK!（その説明で）完璧。
㊵A	<u>C</u> は初めから（泡が出ていたから）炭酸ちゃうかと言ってたもんな。

※A, E, Fは児童。下線部は水溶液を同定した発言、波線部は表現を促す課題提示、二重下線は矛盾による修正。

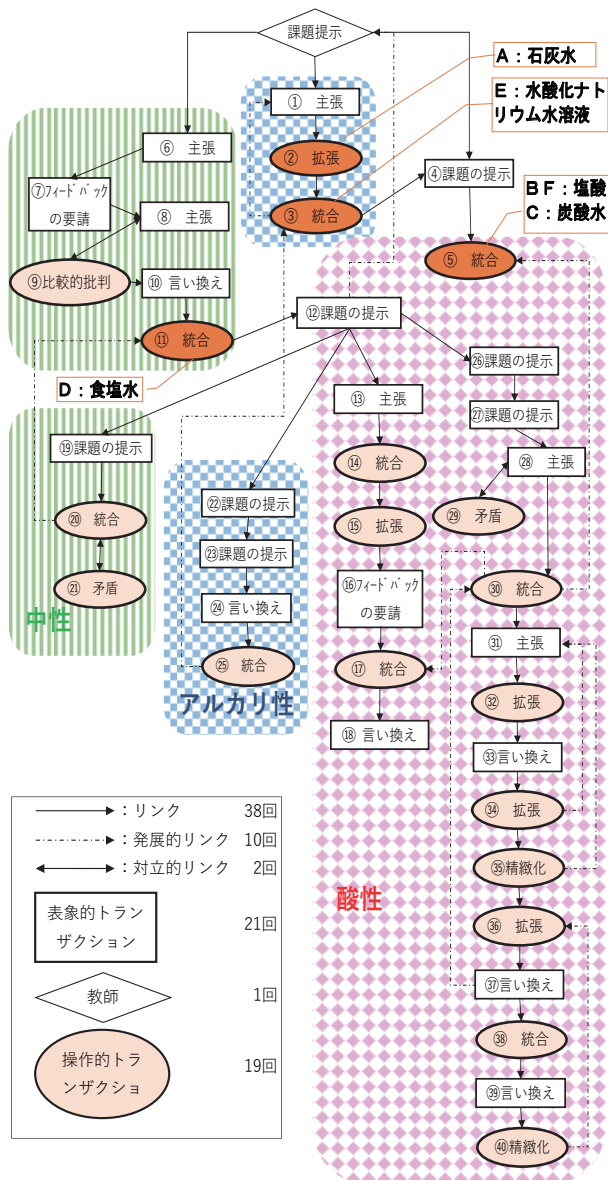


図5 IIグループの考察場面のチャート図

の「㉘初めにリトマス紙で調べた時に、塩酸だったし…」に対して「㉙塩酸？」と問い返したりした。この「矛盾」によってメンバーの表現が正され理解がより深まっていた（プロトコルの二重下線部）。

IIグループの操作的トランザクションの発話数は、実験計画ではリーダー格のE児が多かったが、考察場面になると3人の差は縮まっていることを前述した（図2）。その理由として以下のことが考えられる。実験計画では、既習内容を十分に理解しているE児の発言がメンバーを同じ理解まで導き実験方法が共有されたため、考察段階では、3人とも同じ目線で発言した「統合」によって問題解決に至った。そのため、メンバーの操作的トランザクションの発話数に差が見られなくなったと考える。

4.1.3 チャレンジ課題による児童の変容

表8は、チャレンジ課題の授業後の児童の振り返りの記述である。全ての児童に実験で大切だと思うことにつ



表8「チャレンジ課題」後の振り返りの記述

授業で一番大切だと思ったこと(OPP)	
⑥6つの水溶液の正体をさぐる〈実験シート4〉 【チャレンジ課題】	
児童A	今日は、いつもより仲間と協力して実験をしました！新しいことではなく今までに習ったことを使って答えが出せました。
児童B	なっとくするまで実験をして自分たちでなっとくして、それでみんなに説明してなっとくしてくれたらいいと思いました。
児童C	今まで使ったことを使うこと、とボードに細かい結果をかくこと。そして分かっていても、ちゃんとたしかめをすること。
児童D	前の学習で習ったことを使うと何が分からなくてもできる。 Eくんのなぜ石灰水を求める時二酸化炭素を使わなかったか、という質問がおどろいた。
児童E	今までに習った水溶液のせいしつを使えば、分からない水溶液の正体分かる。実験では、協力することが大切。
児童F	わかっていても、確実にするようにすれば、もっとわかってもらえる。協力すれば、とてもしやすい。 Cくんの説明がていねいでよかった。

※OPPは、堀哲夫(2013)が開発した評価シート。

※下線部は実験に関する記述。

いての記述(下線部)が見られた。このことから、単元に探究的な課題(チャレンジ課題)を設定したことは、タイプの異なるグループ双方において、児童の実験への適切な意識を高めることができたといえる。

また、どの児童も授業中に何度もワークシートやノートの既習事項を確認する姿が見られた。普段なら進んで見直すことはないが、正しい結果を導きたいがため自ら確認する必要があったのであろう。こうして理解がより確かなものになっていくことが期待できるのも、リアルな課題に取り組むパフォーマンス課題ならではの考え。

## 5. まとめと今後の課題

本研究のパフォーマンス課題のプロトコル分析(TD質的分析)から、タイプの違う2つのグループの実態が浮き彫りになった。

Iグループは、慎重に吟味しながら問題に取り組むタイプで、納得するまで観察し科学的に解決しようとしていたものの、限られた時間内で実験の手続きを終えるには教師の介入を必要とした。教師が「課題の再提示」や「フィードバックの要請」、「拡張」等で対話を促すことにより、児童は実験観察の視点が定まり、水溶液の同定を決定する判断力を高め結論の導出に至った。

一方、IIグループは、知識の豊富な児童が操作的トランザクションの発話によってグループをリードし、メンバー全員を同じ理解まで引き上げていき、考察段階では、グループで立てた仮説について同じ視点で検証しながら結論の導出に至った。児童は、お互いの発言をかぶせるように続けて「拡張」したり、共に「精緻化」したり「矛盾」を指摘されたりする対話を通して、

協同して考えを構築し理解を深めていた。この様子は、高垣ら(2008)の見出した「仮説の検証過程では、児童が自発的にメンバー間の不完全な発話をオーバーラッピングし、統合しながら繋いでいくプロセスにおいて科学的概念が共同構築されていった」さらに、「メンバーから精緻化されたり矛盾を指摘されたりした内容が、主体的に個人内の知識に取り込まれる」ことと合致していた。結果の導出後は、メンバーが順番に教師役を代わり、既習内容について復習的に対話しながら理解を深め、表現力も高めていった。

Iグループを教師の支援を要する初心者であるノーヴィス(novice)タイプと例えると、IIグループは情報処理の手際が良く適応的である点でエキスパート(expert)タイプといえるであろう(田中, 2008)。西川・相田(1994)は、「同じ課題を与えられても熟達者と初学者では課題の表象が異なっている。熟達者は、問題の本質を見抜き与えられた問題を自分なりの形式に再構成できる」と述べている。

本研究から、パフォーマンス課題におけるノーヴィスタイプに属する児童は、未習内容を推論したり実験方法として受け入れたりできにくいこと、既習実験での観察不足等の課題を持つことが明らかになった。教師は介入する際、課題の提示、フィードバックの要請、言い換え、拡張等、児童の思考に沿って討議を促すための支援にとどめ、批判的思考、矛盾、精緻化、統合を児童に任せた。その意図によって、児童自身が観察し決定する体験を積むことになり、観察力や判断力を身につけることが見出された。

以上のことから、パフォーマンス課題では、メンバー構成によって問題解決過程に差異は生じるものの、エキスパートタイプの児童を中心とした主体的な対話による相互作用によって理解を深めたり、適切な教師の支援によってノーヴィスタイプのメンバーの結論の導出が促されたりすることが示唆された。さらに、チームの一員であるというコミュニティの感覚を持ち、ホリスティックに学んだ体験は、実験への適切な意識も育むことが示された。ただし、一般的に水溶液の単元構成は、特定の水溶液の性質を順次確認していく授業が主となっている。そのため、児童の実験技能や判断力を十分に伸ばしきっているとは言い難い。そこで、本研究で設定したようなチャレンジングな課題に取り組ませ、児童に実験技能や実験方法を見出させたり、判断力を身につけさせたりする単元・授業を意図的にデザインしていきたい。また、グループの特性を見極める目を養い、対話による相互作用を促す力量を高めるための実践を積み重ねていく必要がある。

## 引用文献

- Berkowitz, M. W., & Gibbs, J. C. (1983) Measuring the developmental features of moral discussion. Merrill-Palmer Quarterly, Vol.29, No.4, 399-410
- 萩原 武士・高砂 和滋・中山 大嘉俊(1988)「理科のグルー

- ブ学習における子どもの思考過程 (I) - 小学校理科  
第6学年「電磁石」の授業実践を通して - 『大阪教  
育大学紀要 第V部門』第37巻, 第1号, 39-58
- 堀 哲夫 (2013) 『一枚ポートフォリオ評価 OPPA 一  
枚の用紙の可能性』東洋館出版社, 95
- 石井 英真 (2015) 『今求められる学力と学びとは—コン  
ピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影』日本標  
準, 38-47
- 益田 裕充 (2018) 「思考・判断・表現等を働かせるため  
に欠かせない学習過程の構造—「振り返って考える」  
ために必要な各過程の関係の構築—」日本理科教育学  
会『理科の教育09』通巻794号, 10-13
- 松下 佳代 (2015) 『ディープ・アクティブラーニング  
大学授業を深化させるために』頸草書房, 83
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領解説理科編
- 森本 信也 (2017) 『アクティブに学ぶ子どもを育む理科  
授業』学校図書, 9
- 西川 純・相田 巧 (1994) 「問題表象の熟達者と初学  
者との比較」『日本科学教育学会研究会報告』第8巻,  
第5号, 27-30
- 大貫 守 (2016) 第2章, 4 「理科アクティブ・ラーニ  
ング—パフォーマンス課題を活用した授業&評価モ  
デル」西岡加名恵編著『「資質・能力」を育てるパフォー  
マンス評価アクティブ・ラーニングをどう充実させる  
か』明治図書, 65
- 高垣 マユミ・中島 朋紀 (2004) 「理科授業の協同学習  
における発話事例の解釈的分析」『教育心理学研究』,  
第52巻, 第4号, 472-484
- 高垣 マユミ (2005) 『授業デザインの最前線 理論と実  
践をつなぐ知のコラボレーション』北大路書房, 2-16
- 高垣 マユミ・出原裕登志 (2005) 「相互教授が小学生の  
電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス」『教育  
心理学研究』, 第53巻, 第4号, 551-564
- 高垣 マユミ・田原裕登志 (2006) 「小学校4年理科「水  
の状態変化」の既有概念の変容過程における発話の解  
釈的分析」『理科教育学研究』第46巻, 第2号, 29-38
- 高垣 マユミ・田爪宏二・森本信也・加藤圭司 (2008) 「「仮  
説検証型の問題志向の討論」を導入したグループの協  
同学習における概念変化過程の事例的検討」『教授学  
習心理学研究』第4巻, 第1号, 17-28
- 田中 俊也 (2008) 「第11章 熟達者と初学者」『学習心  
理学の最先端 学びのしくみを科学する』あいり出  
版, 122-133