

中学校理科授業における「深い学び」を促す要素を探る —ダニエル電池を教材として

Identifying the Elements that Promote Students' Deep Approach to Learning in Middle-School Science Lessons: Through the Use of the Daniel Cell

土佐 幸子, 山本 伸寿*, 上原 真衣**, 粉川依莉沙***

Sachiko TOSA, Nobuhisa YAMAMOTO*, Mai UEHARA**, Erisa KONAKAWA***

Promoting students' deep approach to learning is one of the pillars in the new Course of Study in Japan. However, the meaning of deep approach to learning is not well understood by many teachers. In this study, the meaning of deep approach to learning in middle-school science lessons is explored both theoretically and practically. Through literature review, this study identifies two components in the meaning of deep approach to learning in middle school science. One is thinking operations, and the other is conceptual understanding. This study argues that these two components are necessary in order to realize students' deep approach to learning in science. This theoretical scheme was applied to a classroom practice. In the target science lesson, students were asked to hypothesize on the question of what would be the best materials to increase the voltage of the Daniel cell. Students' discussion data were analyzed through the use of quantitative content analysis software and other qualitative research method. The results indicate the importance of teacher's guide. Further discussions on the limitations and perspectives of this study are included.

Key words: middle school science, deep approach to learning, Daniel cell

1. 問題の所在

変化の激しい現代社会において、科学技術の急速な発展に伴い、近い将来、人口知能に仕事を奪われる職業も多いといわれている (Frey and Osborn, 2013)。その中で、人間にしかできない新たな発想をもたらす思考力がますます求められている。現代社会ではまた、未来を予測することが難しく、科学的知識を用いて、結論を導く論理的思考力や科学的

探究力を身に付けることの重要性が増している。そのためには、学校教育において、理科の見方・考え方を働かせながら科学的に探究する過程を通して、自然現象の規則性や関係性を積極的に見出すことができるような資質・能力を育み、これからの時代を生き抜くことができる子供たちを育成することが重要だと考えられる (文科省, 2017)。

時代の要請を受け、文部科学省は平成29年告示の中学校学習指導要領において、「『主体的・対話的で深い学び』の実現に向けた授業改善 (アクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善) を推進すること」を指導の柱として掲げた (中学校学習指導要領, 2017)。文科省は「主体的・対話的で深い学び」の意味について、解説する文書を発行しているが (文科

2019.6.24 受理

*新潟大学教育学部附属長岡中学校,

**新潟県長岡市立堤岡中学校,

***新潟県長岡市立宮内中学校

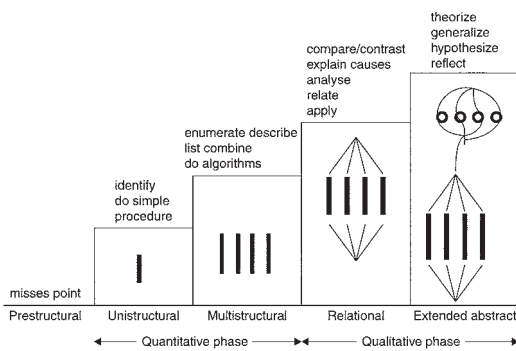


図2 「動詞」の例で表す概念理解の階層的認知構造 (Biggs and Tang, 2011より)

図1には、図2に表された概念理解の認知構造を表す言葉も付記した。

図2のモデル図が示すように、単一的な認知構造において扱われる情報は1つだけであり、どこともつながりはない。多重構造的になると、複数の情報が関与するが、それらの間につながりはない。次の関係的な構造になって初めて、情報同士の関係が取り上げられる。さらに高次の「抽象度の拡大」レベルになると、複数の情報が関係付けられるだけでなく、他の情報群とも関係付けられる。図1によれ

ば、「記憶する」や「簡単な手順をとる」活動は、単一的あるいは多重的な認知構造をもつ浅い学習である。反対に「仮説を立てる」や「離れた問題に適用する」などは情報を関係付けた上で、抽象化・一般化を図って、より広範囲の事象に結び付ける学習である。このように、学習活動の動詞は、学習者が、思考する過程で用いている認知構造の複雑さを示していると考えられる。今後、学習者が認知構造を使って概念構築する過程を「思考操作」と呼ぶことにする。図1は、学習者の思考操作を動詞で表していると言える。

2.3 本研究における「深い学び」の枠組み

「深い学び」の「深さ」という尺度は、学習者がどれだけ多様な情報を複雑に関連付けて考えるかという「思考操作」のレベルを表すことがわかった。しかし、当然ながら、学習には思考操作だけではなく、思考操作によって獲得される成果も含まれる。どんなに関係付けて考えても、概念獲得、すなわち「分かった」に至らなければ学習が成立したとは言えない。そこで「学びの深さ」を表す尺度に、思考操作による成果、すなわち「どれだけ分かったか」を示す「概念理解」の軸を導入し、そのレベルを考慮する (上原, 2018)。図3に本研究における深い

思考操作	認知構造	概念理解の例
意思決定する	5. 実行に移す	ベストな電極と電解質の組合せを決める
振り返る 離れた問題に適用する 一般化する/理論化する 3ステップ以上の論理思考をする 仮説を立てる	4. 抽象度の拡大	高い電圧にする条件について根拠をもって仮説を立てる ダニエル電池の仕組みを説明する
身近な問題に適用する 2ステップの論理思考をする 比較する/関係付ける 議論する	3. 関係的	ボルタ電池の仕組みを説明する +極・-極の化学変化を説明する 複数の物質のイオン化傾向を比較する
アルゴリズムに従う 中心となる考えを理解する 記述する/列挙する	2. 多重構造的	イオンとは何かを説明する
簡単な手順をとる 言い換える 文章を理解する 確認する/思い出す	1. 単一構造的	イオン化傾向を暗記する イオンの表し方を知る
ポイントを外す	0. 構造化以前	

図3 本研究における深い学びの枠組

学びの枠組みを示す。図3の右側には概念理解のレベルを示す軸を入れ、中学校3年の電池の単元における内容について、概念理解のレベルを例として示した。また、図3の左側には思考操作のレベルを示す軸を入れ、それぞれのレベルの思考操作を表す動詞及び認知構造を含めた。

本研究において、理科学習における深い学びとは、複数の情報を関連付け、論理ステップを踏んで考えることにより、抽象的・一般的な法則を見出して理解し、その法則を説明したり、離れた事象に応用したりすることができるようになることである。そこで、思考操作を表す「3. 関係的」なレベルに「2ステップの論理思考をする」という操作を加え、「4. 抽象度の拡大」レベルに「3ステップ以上の論理思考をする」を含めた。ボルタ電池の仕組みを説明することは、イオン化傾向に基づいて2種類の金属の溶けやすさを比較した上で、電子の授受と移動を理解するという2ステップの思考操作の成果と捉えられる(図4生徒のホワイトボード参照)。また、ダニエル電池の仕組みを説明するには、イオン化傾向と電子の授受・移動に加えて、溶液中のイオンの移動について理解するという3ステップの論理思考が求められる。本研究ではある中学校における授業実践を分析し、生徒の深い学びを実現するためには、どのような要素が助けになるかを探る。

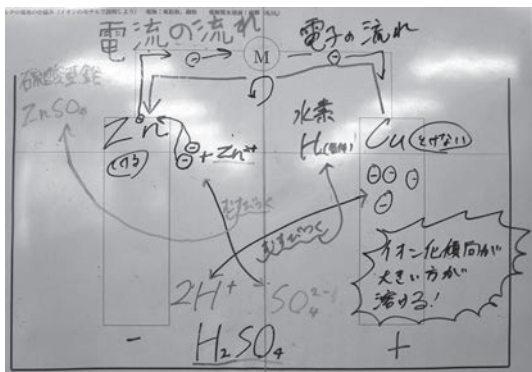


図4 ボルタの電池の考察においてイオン化傾向と電子の授受という2ステップの論理思考を表した生徒のホワイトボード

3. 研究方法

3.1 対象と期間

本研究は、ある中学校で行われた1コマの理科授業において、10班に分かれた生徒の内、3班を対象とした(粉川, 2019)。データ収集は、班ごとにボイスレコーダーを設置することにより、2018年5月に行われた。生徒数は40名であり、授業は研究者の1名によって実践された。

3.2 単元の構想

本研究で取り上げる授業は、理科の見方・考え方を働かせながら科学的に探究する過程を通して生徒の学びを深め、論理的思考力と粘り強く探究する能力を育てることをねらいとして構想された単元の1コマである。実践したのは中学校3年「電池とイオン」の単元から「電池のしくみ」に関する内容である。深い学びを促すために「関係的」な思考操作が起こりやすくなると考えられる2つの要素を取り入れた。1つは現実社会とのつながりであり、もう1つは実験教材の工夫である。それぞれの要素が、どのようなもので、どのように深い学びとつながることが期待されるかについて以下に述べる。

3.2.1 現実社会とのつながり

日常生活において、電池は携帯電話などに使われている小型のものから、電気自動車で使われている大型のものまで様々な機器に含まれており、私たちの生活に不可欠なものである。しかし、生徒は「なくなると困るもの」程度の認識しかしておらず、電池の仕組みを、理科授業で学習している化学変化と関連付けて理解することは少ないと推測される。中学校理科の新学習指導要領(文科省, 2017)でもこの単元において、「日常生活や社会で利用されている代表的な電池にも触れること」とあり、授業実践の中に現実社会とのつながりを含めることが期待されている。

そこで、本研究では単元構成に、ある自動車会社開発部の技術者から、電気自動車の電池(バッテリー)の開発に関わる話を聞く授業を1コマ含めた。電気自動車の普及はエネルギー問題や環境問題を改善する策の1つとして、有望視されている。電気自動車の製造にあたり、効率の高いバッテリーの開発は最重要課題である。高性能のバッテリー開発に関わる話を専門家から聞くことは、現実社会における有用性と学習内容を関連付けてその意味を深く捉え、興味を高める働きをすることを考えた。

表1 本研究で開発した「電池とイオン」単元構想

次	学習課題・内容
1	乾電池を分解する…①
2	①の分解した乾電池から取り出した炭素棒で電池を作る…②
3	②で取り出した炭素棒を基準に5種類の金属(Mg, Zn, Fe, Al, Cu)で電池を作成し, 電圧を測定して比較する…③
4	③の結果をもとに金属板同士で大きな電圧を得られる電池を予想し, 電池を作る…④
5	④で作った電池をイオンのモデルで説明する…⑤
6	電気自動車の電池(バッテリー)の秘密をある自動車会社の開発技術者から聞く
7	CuSO ₄ aqとCu, ZnSO ₄ aqとZnでダニエル電池を作り, 基本的な仕組みについてイオンのモデルで表す…⑥
8	⑥を基に更にダニエル電池の電圧を大きくするにはどうしたらよいか, 仮説を立てる
9	ダニエル電池の電圧を大きくするにはどうしたらよいか実験で確かめ, イオンのモデルで説明する

3.2.2 実験教材の工夫

現行の教科書では, 電極に亜鉛版と銅版を用いるボルタの電池が取り上げられている。ボルタの電池の仕組みは, 電極における電子のやり取りがイオンモデルで説明しやすく, 初学者には適した教材である。しかし, 実際には+極(銅板)だけでなく, -極(亜鉛板)の表面にも水素が付着する。亜鉛と酸の反応によるものであり, 混乱を招く。また, 極板表面の水素によって起電力が急激に低下し, 継続的な観察が難しいという問題点がある。新学習指導要領には電池の基本的な仕組みについて, 「ダニエル電池を取り上げること」とある(文科省, 2017)。

ダニエル電池は電解質を素焼き板で2槽に分けることにより, 2種類の電解質を用いながら, イオンの行き来を可能にする。両電極における反応は気体発生



図5 本研究で用いた接続前のダニエル電池

を伴わないので, 起電力の低下を防ぐことができる電池である。本研究では単元前半でボルタの電池を取り上げ, イオンモデルを用いて電池の基本的な仕組みを理解した上で, 後半ではダニエル電池を取り上げ, 電池の電圧を大きくするにはどうしたらよいか, という発展的な問題に取り組ませることにした。

また, 電池の基本的な仕組みを理解する上で, イオン化傾向という概念を理解していることが重要であるが, 情報の一方的伝達になりやすい。そこで, マンガン電池を分解して取り出した炭素棒を片方の電極として固定し, もう片方を種類の異なる金属(Mg, Zn, Fe, Al, Cu)を電極として電池を作った。それぞれの電池の電圧を計測し, 金属のイオン化傾向を生徒に見出させる活動を取り入れた。このように根拠とする情報を自らの手で獲得することにより, 論理のステップを踏んで深く考える力を育み, 科学者のように粘り強く探究する姿勢を促すことができると考えた。

本研究で開発した単元構想を表1に示す。全9時間構成の中で, 太線で囲んだ8時間目の授業においてデータ収集を行った。8時間目の授業では, 前時に作成し, イオンのモデルで仕組みを考えたダニエル電池について, 教師から復習の説明が行われた後, 「ダニエル電池の電圧を大きくするにはどうしたらよいか」という課題について, 班ごとにホワイトボードを用いて話し合いを行った。

3.3 分析方法

分析にあたっては, 10班の中から任意に3つの班を選び, 1コマ分の録音データを文字起こして詳細に取り扱った。まず, 計量テキスト分析のソフトウェアKHCoder(樋口, 2014)を用いて, それぞれの班の話し合いの頻出語を調べた。また, ソフトウェアの機能を用いて「共起ネットワーク」という図を描かせ, 抽出語同士の関連を調べた。さらに, それぞれの班の話し合いの展開を追い, 概念変化や気付きのあった場面を同定し, 変化を起こした要因が何であったかを調べた。

4. 結果

4.1 計量テキスト分析の結果

計量テキスト分析によって, それぞれの班の話し合いで多く用いられた単語(名詞, 動詞, 形容詞)の中から上位5つを挙げたのが表2である。

表2 班ごとの話し合いで用いられた頻出語上位5つ (カッコ内は頻度)

	①班	②班	③班
1	変える (30)	高い (13)	溶ける (22)
2	移動 (24)	濃い (12)	亜鉛 (21)
3	マイナス (23)	マイナス (11)	濃度 (20)
4	濃い (16)	薄い (9)	変える (19)
5	増える (15) 違う (15) 大きい (15)	銅 (8)	電子 (16) 濃い (16)

本時の課題が提示される際に、教師は「電極は変えません。電解質の水溶液の種類もこのままです。素焼きのポットとビーカーもそのままです。とした時にどうしたら電圧が高くてできると思いますか。」と問いかけている。表2において、①班と③班の頻出語に「変える」という語があるのは、何を変えて、何を変えないか、という点を議論したことを示している。

また、教師は授業開始から22分の時点で、「いろんな班で話を聞いていると、濃度が関係しているっていう班と、それから板の大きさがっていう2通りあった」ので、濃度の違う溶液2種類と、大きさの違う極板2種類を用意すると生徒に告げている。

図6は①班の話し合いの抽出語について作成された共起ネットワークである。抽出語同士のつながりはあまりなく、いろいろな点についてバラバラに話し合いが行われたことがわかる。

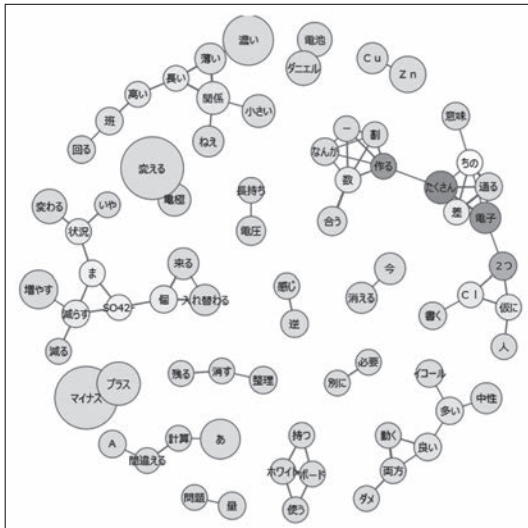


図6 ①班の話し合いにおける抽出語共起ネットワーク (異なる総抽出語数269語)

図7は②班の話し合いの抽出語について作成された共起ネットワークである。異なる総抽出語数は116語と少ないが、すべての抽出語が線で結ばれており、①班の話し合いよりもつながりが強いことがわかる。

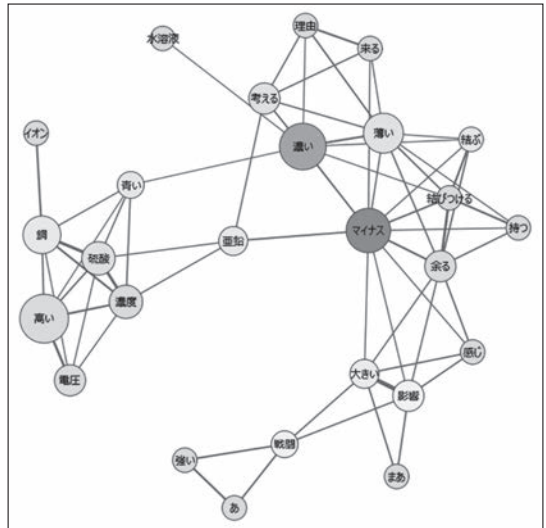


図7 ②班の話し合いにおける抽出語共起ネットワーク (異なる総抽出語数116語)

図8は③班の話し合いの抽出語について作成された共起ネットワークである。つながりの強さは①班と②班の中間程度である。特に電子の流れと極板における需要と供給の関係について議論されたこと

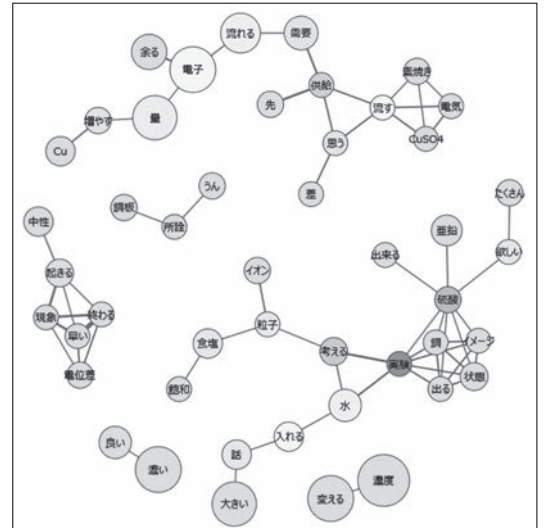


図8 ③班の話し合いにおける抽出語共起ネットワーク (異なる総抽出語数211語)

が、図8の上部に見られる。後半の話し合いは、電気分解を装置の一部に取り入れるアイデアについて議論が集中し、話がずれてしまったので、分析から除外した。

これらの計量テキスト分析の結果から、同じ学習課題について話し合っていないながら、その様子は班ごとに大きく異なっていたことがわかる。

4.2 概念変化を捉える分析の結果

文字起こしした録音データを、論理の展開ごとに分け、その解釈を裏付ける発話を記載したものを以下に示す。

まず、①班の時系列に沿った展開は次のようであった。

1. 変えるもの・変えないものの意味に関する混乱

生徒B:濃さって変えたところで何かなの?

生徒A:イオン、違う、わかんない。

生徒B:反応するイオン・ . . .

生徒A:結局はこの銅が変わらないから同じこと?

電極変えないって言われては?って思った。

生徒B:電極変えないってどういう意味?

2. 教師から濃度と板の大きさが関係することを告げられる

3. 濃度と極板の大きさの意味の混同

生徒B:じゃあ濃ければ濃いほどいいってことだ。

じゃあこれは関係ないんだ。これは長さだから。電圧が高くなればいいんだよね。じゃあ濃いか薄いかの違いってことだ。じゃあ要するに、SOが増えればいいんだ。

4. 導線を通した電子の移動と素焼きの板を通したイオンの移動の混同

生徒A:Cuはたぶん移動しないよ。

生徒B:だってこっちが移動したらさ、 $ZnSO_4$ になっちゃうよ。

生徒A:そうでしょ。あ、違う違う違う違う。

生徒B:これとこれと逆になるような感じでしょ?

生徒A:ごめん、よく分かんない。

結局、①班の話し合いでは、概念変化を表す発話は観察されず、生徒は「わかった」ということがないまま、終了時間を迎えた。しかし、いろいろなことを結び付けて考えている様子は見られた。

生徒A:電子がたくさんここを通ればいいんでしょ?つまり…めっちゃ考えてるよ、うち。電子がたくさんここを通れば、差が大きくなったとして、これがこっちにあってこの鉢の間でたくさんイオンが流れるじゃん。そうすると、そう

すると、電子ってたくさんここを通る、そこが結び付かないんだけど。

という発話が1例として挙げられる。教師とやり取りする機会はなかった。

次に、②班の時系列に沿った展開を示す。

1. 硫酸銅を濃くして、硫酸亜鉛を薄くすることを思いつく

2. 教師からなぜそうすると電圧が高くなるのか理由を考えるように促される

3. 教師に導かれ硫酸銅を濃くする理由がわかる

教師:何でこっちが薄い方がいいの。何でこっちが、こっちが濃い理由は何となく分かる気がする。何で?

生徒B:うーん。結ぶから。

教師:三人で話し合って。

生徒B:いっぱい結べるから。

教師:そうそうそうそうそそうだよ。これ、銅イオンがいっぱいあるってことはいっぱいくっつけられる。

4. 硫酸亜鉛を薄くする理由についてマイナスが余らないようにするという誤った考えを保持

生徒A:結びつけなくなる、結びつける量じゃなくなってマイナスが余る。こっちを濃くしたときね、マイナスがいっぱい出てきちゃう。こっちが余るじゃん、こっち薄かったら、

生徒B:余ないように。

生徒A:だからこっちを薄くして余ないようにしてマイナスを出して、こう持ってきた時に結びつけるようにする。

このように②班では、偶然にも水溶液の濃さについて正しい予想を立てた。そこに教師が介入し、硫酸銅は濃い方がいいことの理由が導かれた。しかし、硫酸亜鉛が薄い方がいいことの理由については、「硫酸亜鉛が濃い方が亜鉛はたくさん溶ける」と考え、「亜鉛が溶ける速度を緩め、マイナスが余らないようにするために、硫酸亜鉛を薄くする」という誤った考えをもち続けた。

③班の時系列に沿った展開を以下に示す。

1. 電子の量と流れについて、需要が先か、供給が先か混乱し、教師とのやり取りで納得

生徒B:どっちが先かだよ。需要が先なのか、供給が先なのか。

生徒A:たくさん溶けようとするのかな。

生徒B:先生。

教師:はい。

生徒A:安定になろうとするんだから。

生徒B:こっちで電子に需要があるから流れてるのか、要望があって流してるのか、流れてるからまあいいなと思ってくつつくのか、供給があるから需要。

教師:きてくれるからくつつくって感じ。

生徒B:じゃあ需要は別れない。

教師:だからこっちが溶ければ溶けるほど電子の数が増えるから余った電子がこっち。

生徒B:こっちのCuの量を増やそうが何しようがかわらない?

教師:流れてくる電子の量が多ければ、Cuがあればあるほどくつつきやすくなる。イオンがあればあるほど。

2. 溶液が薄いと金属は溶けないという誤った考えを教師とのやり取りで修正

生徒B:関係なくはない。だってさこっちさすごい薄かったらさこいつ溶けなくね?

生徒A:そういう話でしょ。

教師:イメージ的には食塩の溶解度的な感じ。

生徒B:あっためる。

教師:ミョウバンじゃなくて食塩。

生徒B:だめか。

生徒A:量多くする水溶液の。水の量ばんばん増やして。

教師:例えば飽和している中に飽和している食塩水に食塩水の板を入れるとしたら溶けるかって話。

生徒A:溶けない。

生徒B:あー。

3. 銅板の大きさは関係ないという誤った考えを保持

生徒A:同じ濃度にして濃くすればっていう話でしょ。銅板の大きさでしょ次は。

生徒B:それはZn板大きくすればいい話だから。こっち小さくする必要なくない?

生徒A:うん。まあ銅板は所詮くつつくための。

生徒B:陽極側の銅板は完全に意味がない。別にどっちも大きくてもいい。なんだっていいよ。

このように③班は教師とのやり取りの中で、疑問点や誤った考えの一部を修正していった。特に2番に示したように、教師から提示された飽和食塩水に食塩は溶けないという話との類推から「溶液が薄いと金属は溶けない」という考えが誤りであることを生徒が自ら認識した。

5. 考察

5.1. 思考操作レベルと概念理解レベルの同定

分析結果から、それぞれの班の話し合いについて、本研究における「深い学びの枠組み」に則り、思考操作レベルと概念理解レベルを同定することができる。表3には、思考操作と概念理解のレベル、及びレベルを決める要因を記載した。

表3 各班の話し合いにおける学びの深さと要因

班	思考操作レベル	概念理解レベル	要因状況
①	3	3	教師の介入なし 混乱続く
②	4	4-	教師の助けあり 一部不正確な理解
③	3	3+	教師の助けあり 一部不正確な理解

①班の話し合いにおいて、生徒は活発に議論し、関係付けて考えている(思考操作レベル3)。生徒Aが「めっちゃ考えてるよ、」と言っているように、複数の要素を理由づけてつなぎ、考えている意識は強い。しかし、教師の介入がない状態で、濃度と極板の大きさを変える意味や、電子とイオンの移動について混乱が続いており、個々の要素がばらばらで理論化するまでに至っていない。図4の共起ネットワークがばらばらだったことも、この考察を裏付けている。生徒Aが「そもそもダニエル電池がよく分かってない。」と言っているように、概念理解レベル4の「ダニエル電池の仕組みを説明する」ことができずにいる。仕組みを考えることに集中し、仮説を立てておらず、レベル3にとどまっていると考える。

②班は仮説を立てることができたので、思考操作レベル4であり、概念理解もレベル4であると考えられる。仮説において、+極側の電解質を濃くする理由を考えることができたのは教師の助けによるところが大きい。しかし、電解質が濃い方が金属は溶けやすいという誤った考えをもっており、-極側の電解質を薄くする理由が正確に理解できていない。よって、概念理解のレベルは4-とした。

③班の話し合いにおいて、前述のように教師とのやり取りを通して、生徒が納得したり、誤った考えを修正したりする様子が見られた。しかし、話し合いは「濃度を変えるとどうなるか」という状況判断を順次行っているだけであり、仮説を立てるという明確な操作ではない。思考操作はレベル3であると

考える。概念理解は、教師の助けにより「溶液が薄いと金属は溶けない」という誤った考えが修正され、濃度に関する理解が深められたが、ダニエル電池の仕組みを説明するところは見られなかったので、レベル3+とする。

5.2 思考操作と概念理解を深める要素

前述の考察から、思考操作と概念理解を深める要素として、1) ちょうどよい距離にある学習課題の設定と、2) 不十分な理解に対する教師の助け、を挙げる。それぞれについて以下に説明する。

1) ちょうどよい距離にある学習課題の設定

表3からわかるように、どの班の話し合いも思考操作のレベルは3以上であり、比較したり、関係付けたりする活発な議論が行われた。この要因として、まず「ダニエル電池の電圧を大きくするにはどうしたらよいか」という学習課題が効果的だったことが挙げられる。前時の授業でダニエル電池を作成し、基本的な仕組みを考えている。班の話し合いを分析すると、その基本的な仕組みの理解は不十分であったことがわかるが、少しでも理解できている事柄に、さらに濃度や極板の大きさを変えて電圧を大きくすることを考えるのは、生徒にとって射程距離内だったと思われる。さらに、班ごとの話し合いによって、競争心を掻き立てられたことも想像に難くない。また、自動車会社の技術者の苦労話も、「自分たちも頑張ってみよう」という気持ちにつながったかもしれない。

2) 不十分な理解に対する教師の助け

前述のように、前時に行ったダニエル電池の仕組みについての学習に関して、理解が不十分な生徒が多くいた。本時において、さらに挑戦的な課題が与えられ、生徒は基本に戻ってダニエル電池の仕組みを理解しようとする姿が見られた。ここで教師とのやり取りが、生徒の曖昧な理解を明確にしたり、誤った考えを修正したりすることにつながった例を、2つの班の話し合いの中に多く見出した(②班1例、③班2例)。生徒同士の話だけの場合は、誤った考えを保持したり、混乱が続いたりした。深い学びを実現するためには、教師とのやり取りが不可欠であることがわかる。特に、探究的な課題において、生徒の考えが多面に広がりやすい状況の中で、教師とのやり取りを通して、考えを意味のある方向にガイドすることの重要性が明らかになった。

単元の構想で含めた現実社会とのつながりと実験教材の工夫という要素について、生徒から触れら



図9 ダニエル電池の仕組みを考える生徒の様子



図10 ダニエル電池の仕組みについて発表する生徒の様子

れることはなかった。しかし、本時の議論が活発に行われたこと背景には、自動車会社の技術者の姿が生徒の頭にあったかもしれない。また、ダニエル電池という持続性の高い電池は、生徒の意欲を刺激しただろう。どちらもプラスに作用しただろうことが想像される。

6. 今後の展望

6.1 本研究の限界

本研究において、深い学びを促す手立てについて、課題の設定と教師の助けが重要であるという有効な示唆が得られた。しかし、本研究における授業実践の分析は、3つの班による話し合いを対象に行ったものであり、他の班、あるいは他の学級の授業での分析は含まれていない。本研究の分析において、ソフトウェアを用いた計量テキスト分析、及び時系列に沿って話し合いの展開を追う質的分析方法を併用し、複数の分析結果から生徒の深い学びを捉えようとした。複数の分析結果の間に矛盾は見られなかったが、それぞれの分析結果同士の関連性までは明ら

かにできていない。このように分析対象、及び分析方法に関して、限界があるが、実現可能な範囲で、生徒の「深い学び」という定義が曖昧なことに关する理論的枠組みを設定し、それに則って生徒の話し合いを分析し、有効な手立てを見出した意味は大きいと言える。

6.2 今後の課題と展望

本研究を通して、深い学びを実現するためには教師が生徒の思考を助けることが重要となることが明らかになった。特に、探究的な課題において、教師が小まめに机間巡視を行い、生徒の考えを臨機応変に助けてあげる必要があると考える。

また、思考操作と概念理解という2つの軸を枠組とすることにより、深い学びの構造がより明らかに捉えられることが示唆されたのは興味深い。従来、思考操作に重点が置かれ、内容に関する概念理解は一般化が難しいため、取り上げられない方向にあったが、一生懸命考えていても、概念理解に到達しなければ、次の学習に使える材料とはならない。今後、深い学びの構造について、更なる研究が期待される。

深い学びの重要性が取り上げられている昨今の教育界において、自然現象の理解を自分の言葉で語れる子どもの育成を目指し、研究を積み重ねていきたい。

引用文献

- Frey, C.B., Osborn, M.A.: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, 2013年. Retrieved from https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- 文部科学省:新しい学習指導要領の考え方 - 中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ -, 2017年.
- 文部科学省:中学校学習指導要領, 2017年.
- 文部科学省:教育課程部会 総則・評価特別部会 (第9回) 議事録, 2016年.
- Fosnot, C. T. (Ed.): Constructivism-Theory, perspectives, and practice, Teachers College Press, 2005年.
- Vygotsky, L. S.: Mind in society: The development of higher psychological processes, Harvard University Press, 1978年.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P.: Constructing scientific knowledge in the classroom, *Educational Researcher*, 23(7), 5-12,

1994年.

Entwistle, N.: *Student Learning and Academic Understanding*, Elsevier, 2018年.

Biggs, J., and Tang, C.: *Teaching for Quality Learning at University*, Open University Press, 2011年.

上原真衣:理科授業における深い学びとは?, 平成29年度卒業論文集, 新潟大学教育学部理科教育学研究室, 2018年.

粉川依莉沙:深い学びを促す手立てを明らかにする中学校理科授業における質的分析研究, 平成30年度卒業論文集, 新潟大学教育学部理科教育学研究室, 2019年.

樋口耕一:社会調査のための計量テキスト分析, ナカニシヤ出版, 2014年.