

協働的問題解決を生起させる理科授業の特徴

—「知識構成型ジグソー法」に着目して—

龍岡 寛幸・磯崎 哲夫*

要約:本研究の目的は、協働的問題解決を生起させる中学校理科の授業の特徴を見出すことである。そこで、「知識構成型ジグソー法」に着目して、その手法を用いた先行の授業実践の分析や文献調査によって検討して、「知識構成型ジグソー法」を用いた中学校理科授業の特徴を明らかにした。また、「知識構成型ジグソー法」を用いた授業をデザインして実践することで、その有用性を検証した。

キーワード: 協働的問題解決, 知識構成型ジグソー法, 授業実践

I. はじめに

協働的問題解決 (collaborative problem solving) は、21 世紀型スキルの学びと評価プロジェクト (Assessment and Teaching of Twenty-First Century Skills Project (ATC21S)) で注目された 2 つの大きなスキル領域のうちの 1 つであり、一人ひとりがわかっていることをもち寄り、全員の見方や考え方を積極的に取捨選択することを繰り返して、はじめより納得できる解に到達することを目指すものである。人が複数で話し合うことで、お互いにとって有意義な相互作用を成立させる我が国の理科教育における授業方法には、古くは仮説実験授業がある。近年では、Knowledge Forum Japan Project による Knowledge Forum を用いた協調学習がある。Knowledge Forum は複数の人間が相互作用する複雑な学習活動を実現させるためのコンピュータを用いた学習支援ツールである。最近では、東京大学の大学発教育支援コンソーシアム推進機構 (以後 CoREF とする) が開発した「知識構成型ジグソー法」がある。「知識構成型ジグソー法」は、建設的相互作用を教室で、短時間に教科書にある課題を使って実現する「型」であり、近年、小学校・中学校・高等学校の各教科において実践の蓄積が行われている。

そこで本研究では、協働的問題解決を生起させる理科授業の特徴について、「知識構成型ジグソー法」に着目してその手法を用いた先行の授業実践の分析や文献調査によって検討した。また、「知識構成型ジグソー法」を用いた授業をデザインして実践することで、その有用性を検証した。

II. 研究の目的と方法

本研究は、協働的問題解決を生起する理科授業の特徴を見出すことを目的とした。そのために、「知識構成型ジグソー法」を用いた中学校理科授業の先行授業実践を概観することで、その特徴を分析した。また、中学校第 1 学年において密度について理解を深めさせる過程で、「知識構成型ジグソー法」を用いて協働的問題解決を試みた授業を実践した。

III. 「知識構成型ジグソー法」を用いた先行授業実践

1 「知識構成型ジグソー法」とは

知識構成型ジグソー法は、生徒に課題を提示し、課題解決の手がかりとなる知識を与えて、その部品を組み合わせることによって答えを作りあげるという活動を中心にした授業デザインの手法である。一連の活動は、以下の 5 つのステップで構成される。

(1) 自分のわかっていることを意識化する

資料を受け取り、思いつく答えを個人で考える。

(2) エキスパート活動で専門家になる

同じ資料を読み合うグループを作り、その資料に書かれた内容や意味を話し合い、グループで理解を深める。この活動をエキスパート活動と呼ぶ。

(3) ジグソー活動で交換・統合する

違う資料を読んだ人が 1 人ずついる新しいグループに組み替えて、エキスパート活動でわかってきた内容を説明し合う。課題についての理解を深めた後に、それぞれのパートの知識を組み合わせることで、問いへの答えを作る。この活動が、自分の理解状況を内省して、新たな

* 広島大学大学院教育学研究科

疑問を持つ活動につながる。同時に他のメンバーから他の資料についての説明を聞き、自分が担当した資料との関連を考える中で、さらに理解を深めていく。

(4) クロストークで発表し、表現をみつける

答えが出たら、その根拠も合わせてクラスで発表する。互いの答えと根拠を検討し、その違いを通して、一人ひとりが自分なりのまとめ方を吟味する。

(5) 一人に戻る

課題に再び向き合い、問いに対する答えを個人で記述する。

2 中学校理科における授業実践

2016年1月までに、CoREFによって提案されている中学校理科における授業実践は、物理分野5、化学分野11、生物分野2、地学分野9および環境1の教材である。以下に各分野の教材名を示す。

(1) 物理分野

- ・少量の水を入れて加熱した空き缶にふたをして冷やすと？
- ・光 -全身を映せる鏡の大きさはどれくらいか-
- ・気圧と沸点
- ・電磁調理器の上の豆電球に流れた電流はどうやって発生した？
- ・摩擦力の大きさは何に関係しているのだろうか

(2) 化学分野

- ・気体の発生と性質 -赤い噴水の謎- (原田)
- ・アルキメデスの密度の実験
- ・水溶液の性質 -6つの水溶液の特定-
- ・状態変化の図式化 -こぼした水はなぜなくなるか-
- ・気体の発生と性質 -赤い噴水の謎- (大丸)
- ・物質の状態変化
- ・塩酸の電気分解 (堀)
- ・塩酸の電気分解 (原田)
- ・化学変化とイオン
- ・中和と電流
- ・酸・アルカリとイオン (イオンからなる物質の化学式)

(3) 生物分野

- ・デンプンの消化と吸収のしくみを説明しよう
- ・呼吸の仕組み

(4) 地学分野

- ・日本にはなぜ地震が多いのだろうか
- ・雲ってなんだろう

- ・雲はどのようにしてできるか
- ・霧はどのようにしてできるか
- ・雲ができる仕組みを説明しよう
- ・天気図から天気を予想しよう
- ・太陽の動きはなぜ場所によって違う？
- ・地球と宇宙
- ・地球の運動と天体の動き

(5) 環境

- ・原発は必要か？

以上の実践例を概観すると、各分野での単元に偏りがある。これは、エキスパート資料の作成しやすさに関係があると思われる。特に、この手法は、エキスパート資料の内容を組み合わせ、新たな知識を獲得させたり、その内容について説明させたりすることから、学習内容のキーワードや概念がいくつか存在する単元で授業を設定する必要があると考えられる。

3 授業デザインについて

(1) 授業構成

知識構成型ジグソー法の授業をつくっていく上で、大まかな進め方は次のようになると考えられている。

- ① 何をしたいか考える (目的)
- ② 授業で何を考えさせたいか考える (課題)
- ③ どんな答えを期待するか考える
- ④ そのためには何が必要か考える
- ⑤ それぞれの資料を掘り下げる
- ⑥ ⑤から逆に考えていき、期待する解答が作れるか確認する

これらの過程を同時並行で授業を構成していく。

(2) 「知識構成型ジグソー法」を活用できる場面

「知識構成型ジグソー法」を活用する場面は、ねらいとする学習効果によって以下の3つに分類できる。

- ① 導入で用いる：これから学習することの流れをつかませる。
 - ② 展開で用いる：しっかり考えさせたい内容を身に着けさせる。
 - ③ 終末で用いる：学習してきた知識を再度活用させる。
- また、これらの学習場面において、自然の事物・現象について疑問に思うポイント、「分りたい」や「調べたい」と思う内容、「～について説明しなさい」などの問いに活用できると考えられる。

IV. 授業実践

1 実践概要

平成27年11月に、第1学年1組および2組78名(男子34名、女子44名)に「いろいろな物質とその性質」の単元において、密度についての学習を2時間で実施した。密度に関しては、生徒が初めて2つの物理量を合わせて比較する内容になるため、本質を理解させるには難しい学習内容であるといえる。そこで、協働的問題解決を用いて物質の浮き沈みという現象について考えさせることで、密度についての理解を深めさせることができると考えた。協働的問題解決を生起させる手法として「知識構成型ジグソー法」を用いた。

2 学習の展開

1時間目の目標を「密度の概念からものの浮き沈みを説明できる」として、学習課題を「ものの浮き沈みの原因を探ろう」に設定した。

まず、既習事項である水の中の氷やペットボトルの分別など身近にみられる浮き沈みの現象について演示実験を行って、それらの現象について理由を考えさせた。次に、密度を導くための4つのエキスパート資料(図1~4)を班の各個人に分担して読み解かせて、自分の意見が言えるようにさせた。その後、同じ資料を持っている他の班の人とグループを作り、話し合いによって資料の内容について理解を深めさせた。さらに、各グループで話し合ったことについて、もとの班に戻り班員に説明させた。また、それらの意見を総括して、密度の概念を用いることで、ものの浮き沈みが説明できることに気づかせた。各班の意見を、他の班と交流させることで、密度に対する理解を深めさせた。最後に、ものの浮き沈みについて個人の言葉でまとめさせた。

2時間目の目標を「物質の密度を算出する実験を考案できる」として、学習課題を「1円玉を構成する物質を調べよう」に設定した。

まず、前時の学習から、物質を区別するためには体積と質量に注目すればよいことを見出させた。次に、それらの物理量をどのように扱えばよいと考えさせて、単位体積当たりの質量を比較すればよいことに気づかせた。これをもとに、1円玉を構成する物質を特定する実験を考えさせた。最後に、様々な金属の密度を提示して、実験結果と比較することで、1円玉がアルミニウムでできていることを導かせた。さらに、実験誤差に注目させて、

より文献値に近づけるためにはどのように工夫すれば良いか考えさせた。

3 エキスパート資料作成の視点

資料1では、鉄1kgと綿1kgの重さを比較することを取り上げた。ここでは、異なる物質を同じ質量集めたときの体積の違いに注目させた(図1)。

資料2では、水に溶けやすい気体の捕集方法を取り上げた。ここでは、捕集したい気体が空気より軽いか重いという比較は、同体積の気体の質量の違いに注目していることに気づかせた(図2)。

資料3では、アルキメデスの行った金の見分け方を取り上げた。ここでは、物質の質量と体積をどのように扱うことで物質を見分けているのかに注目させた(図3)。

資料4では、真水と海水での人の浮き方の違いを取り上げた。ここでは、比較の対象となる基準(真水と海水)の何が変化しているのかに注目させた(図4)。

どの資料も4問の構成として、段階的に各資料のテーマを考えていけるように作成した。また、理科を苦手としている生徒でも、各資料の2問目までは到達できるような問いとして、話し合いの場で発言できるよう工夫した。また、各資料は生徒の経験や既習事項を考慮して、興味が持てるテーマを準備した。

エキスパート資料1

鉄1kgと綿1kg

みなさんが使っているgやkgという単位は、「質量」を表します。「質量」とは、物質や物体のそのものの量を表すものです。では、「鉄1kgと綿1kgではどちらが重いですか?」と質問されたら、どのように答えたいのでしょうか。

1. 「鉄アレイ1kgと綿1kg」を比べたとき、みなさんはどんなイメージを持つでしょうか?そのイメージを図や言葉を用いて表してみましょう。

2. どちらも1kgなので質量は同じですが、何の量が違っていそうですか。

3. 鉄アレイ1kgと綿1kgの外形と中身を図で表してみましょう。

4. 物体や物質を区別する場合、物体や物質の何を用いて、どのように比較したらよいのでしょうか。

図1 エキスパート資料1

発生させた気体の集め方

これまでみなさんは酸素、二酸化炭素、水素およびアンモニアを発生させて、発生させた気体を集めてそれぞれの気体の性質を確認する実験を行いました。ここでは、発生させた気体の集め方に注目してみたいと思います。

1. 気体の性質として水に溶けにくい気体を集めるときに使う方法はなんでしょう。
2. 水に溶けやすい気体を集める場合に考えられる集め方を気体の性質と合わせて説明してください。
3. 発生させた気体が空気より「軽い」や「重い」とはどういうことでしょうか。図や言葉を使って説明しましょう。ちなみに、空気を1Lの袋に集めたとき、袋の質量を引くと、空気の質量は1.21gです。
4. 気体の集め方を考える場合、空気よりも「軽い」や「重い」のように空気と比較しますが、気体の何を用いて、どのように比較しているのでしょうか。

図2 エキスパート資料2

プールと海では浮き方が違う!?

海で泳いだことがある人は、プールよりも身体が浮きやすくなる経験をしたことがあると思います。なぜそのようなことが起こるのでしょうか。

1. ビーカーの中の蒸留水に食塩をとかしていくと、全体の質量はどう変化しますか。
2. ビーカーの中の蒸留水と食塩水の様子を図や言葉で表してみましょう。
3. 蒸留水をいれたビーカーの中に卵をいれて、そこに食塩を加えてとかしていくとある量を超えたときに卵が浮くという現象が観られます。卵の質量は変わっていませんがなぜ浮くのでしょうか。
4. ものが浮いたり沈んだりする現象は、「軽いから浮く」や「重いから沈む」のように説明するとき、必ず何かと比較をしています。物体や物質の何を用いて、どのように比較したらよいのでしょうか。

図4 エキスパート資料4

本当に金の王冠!?

昔、シラクサの国王ヒエロンは金細工師に金の固まりを渡すと、それで金の冠をつくるようにと命じました。ところが金細工師が金の混ぜ物をして、王さまから預かった金の一部を盗んだという噂が広まったのです。金の冠は真金色に光り輝いており、とても混ぜ物をしてあるとは思えません。しかも、王さまが渡した金のかたまりの重さと出来上がった冠の重さは同じでした。しかし、うわさは本当だったのです。これを見破ったのが、数学者のアルキメデスでした。さて、アルキメデスはどのように見破ったのでしょうか。

1. 異なる物質を同じ質量はかりとったときの体積は同じですか違いますか。
2. お風呂につかる前とつかっているときのお湯はどうなっていますか。図や言葉を用いて表してみましょう。
3. 2. で見かけのお湯が増えたのはなぜでしょう。
4. 物体や物質を区別する場合、物体や物質の何を用いて、どのように比較したらよいのでしょうか。

図3 エキスパート資料3

V. 結果と考察

2時間の学習活動を通して、生徒は自分の意見を持ち寄り、活発に話し合ってた。図5に、話し合いの中で使用したホワイトボードの記述を示す。密度の概念の鍵となる「体積」と「質量」を導いていることがわかる。

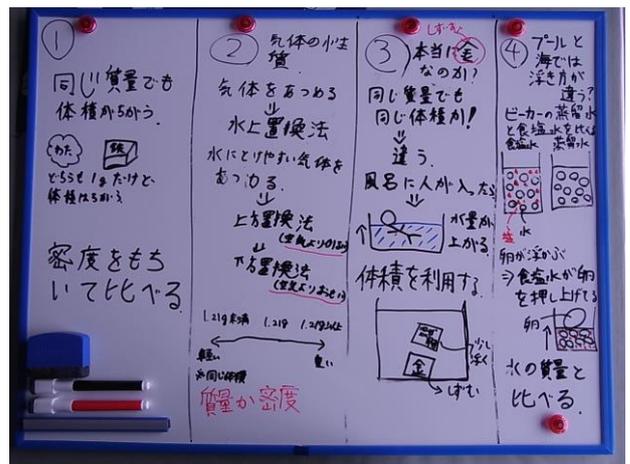


図5 話し合い活動での記録

従来の学習過程では、計算式に実験から得られたデータを挿入することで、物質の密度を算出することを重視していたため、作業としての理解になっていたと

思われる。そのため、協働的問題解決の過程によって、密度は単位体積当たりの質量を表していることを気づかせて、新たな単位を導かせる過程を体感させることで、理解を深めさせることができたと考えられる。また、密度の実験を計画させて取り組ませることで、密度の有用性を体験することができ、より学習内容が定着したと思われる。さらに、平成28年1月の授業において、密度の概念を活かして圧力について学習した。密度と同様に、本質を理解させるには難しい学習内容であるが、これらの経験を活かして圧力の概念を容易に導かせることができた。このように、「知識構成型ジグソー法」のような協働的問題解決は、2つの物理量を合わせて比較するような概念形成の一つの手段として有効であると考えられる。

VI. おわりに

本研究では、協働的問題解決を生起させる中学校理科の授業の特徴を見出して、その手法の例として「知識構成型ジグソー法」を用いた授業実践の有用性を検討した。このことにより、「知識構成型ジグソー法」を用いた協働的問題解決は、2つの物理量を合わせて比較するような概念形成の一つの手段として有効であった。しかし、話し合い活動の初期段階において誤概念で説明していく班もみられた。今後は、簡単な観察・実験をエキスパート資料の中に組み込み、その結果から誤概念を防ぐような工夫やジグソー活動からクロストークに移行する過程で、観察・実験を考案させる学習活動を取り入れるなどの工夫を考えていきたい。

引用・参考文献

- P. グリフィン, B. マクゴー, E. ケア編, 三宅なほみ監訳, 益川弘如, 望月俊男編訳: 21世紀型スキルー学びと評価の新たなかたちー, 北大路書房, 2014.
- 国立教育政策研究所: 平成24年度 プロジェクト研究調査研究報告書 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書5 社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則〔改訂版〕, 2013.
- 三宅なほみ, 齊藤萌木, 飯窪真也, 利根川太郎: 学習者中心型授業へのアプローチー知識構成型ジグソー法を軸にしてー, 東京大学大学院教育学研究科紀要, 第51巻, 441-458, 2012.
- 三宅なほみ, 飯窪真也, 杉山二季, 齊藤萌木, 小出和重: 自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 協調学習 授業デザインハンドブックー知識構成型ジグソー法を用いた授業づくりー, 東京大学大学発教育支援コンソーシアム推進機構, 2015.
- 山下修一: 理科教育における協同学習での討論に期待される効果, 千葉大学教育学部研究紀要, 第48号, 203-219, 2000.
- 龍岡寛幸, 磯崎哲夫, 古賀信吉: 協働的問題解決によって密度の概念を深める授業実践, 第64回日本理科教育学会中国支部大会研究発表要項, 29, 2015.

Using Science Lessons to Promote Collaborative Problem Solving
- Focus on the Knowledge-Constructive Jigsaw Method -

Tomoyuki TATSUOKA and Tetsuo ISOZAKI

Abstract. This study aimed to investigate methods promote collaborative problem solving in junior high school science classes. Our focus was on the knowledge-constructive jigsaw method. We reviewed the literature on teaching methods in science classes. In the process, we noted good examples of such methods and identified key points made by various research groups. We ran pilot classes to test the ideas we had developed as a result. We introduced the knowledge-constructive jigsaw method into teaching practice.

Key words: collaborative problem solving, knowledge-constructive jigsaw method, teaching practice