

## 知識構成型ジグソー法を用いた化学領域の授業実践

○木山 淳一<sup>A</sup>, 吉田 安規良<sup>B</sup>

OKIYAMA Junichi<sup>A</sup>, YOSHIDA Akira<sup>B</sup>

琉球大学教育学部附属中学校・琉球大学大学院教育学研究科<sup>A</sup>, 琉球大学教育学部<sup>B</sup>

【キーワード】知識構成型ジグソー法, 協調学習, 化学領域, 水, エタノール

### 1. はじめに

琉球大学教育学部附属中学校では平成 25 年度から「未来を切り拓く対話からの学び」をテーマに、生徒自身の理解の深化を目指した授業づくりの研究を行っている。具体的には、生徒の主体的な対話を通して、自分なりの理解が可能になるような学習形態を取り入れ、生徒自身の理解の深化に焦点を当てた授業づくりに取り組んでいる<sup>(1)</sup>。

三宅(2011)は協調的な過程を通して各個人の理解の深化を目指す授業形態の一つとして、知識構成型ジグソー法を報告している<sup>(2)</sup>。この方法を用いる授業では、授業で答えを出したい問いを立て、その問いに答えを出すために必要ないくつかの「部品」と呼ばれる課題や資料を授業者が準備する。授業では各部品の内容を理解する「エキスパート活動」、互いの部品を統合し合い、問いに対しての答えを出す「ジグソー活動」、互いのジグソー活動の結果を発表し合い、自分なりの納得を導き出す「クロストーク活動」の3つの活動を段階的に進めていく。

本稿では中学校 2 学年の化学領域で行った知識構成型ジグソー法を用いた授業実践を報告する。

### 2 研究の目的

知識構成型ジグソー法を用いた授業実践を通して、作成した教材の妥当性と生徒が知識を獲得するための過程を明らかにすることを目的とする。

### 3 授業実践

#### (1) 調査対象・時期

本実践は琉球大学教育学部附属中学校第 2 学年 1 クラス 40 名を対象として平成 25(2013)年 11 月に実施した。「化学変化と原子分子」の単元(全 31 時間)の中の 2 時間(11/31~12/31 時間)を使用した。

#### (2) 単元名 化学変化と原子分子

① 主題 水 50 mL とエタノール 50 mL を混ぜたときに 100 mL にならなかったのはなぜだろうか

② 目標 水とエタノールを混ぜたときの体積減少を微視的な視点で考え、説明することができる。

#### (3) 授業構想

小中学校の理科(化学)の学習では、児童・生徒の発達の段階に応じた学習活動を通して、粒子概念を構成していく。小学校高学年から中学校第 1 学年にかけては、物質が粒でできている事を用いると観察対象の変化が何となく(科学的な真偽の判断は別にして、一見筋が通る形で)説明がつく内容を学習する。本単元の「化学変化と原子・分子」で、はじめて「原子」という粒の概念を用いて物質を学習していく。しかしながら原子や分子を観察するには特別な機器や技術を必要としており、通常観察することが困難なため直接目にすることができず、実感を伴えないのが事実である。

本単元では原子・分子の視点で捉えていくと説明できるような現象を学習課題とし、知識構成型ジグソー学習法を通して、エキスパート活動でそれぞれが学んだ知識の組み合わせによりその学習課題を説明できるようになり、より確かな概念の構築をはかることをめざした。

#### (4) 課題に対して出して欲しい解

水分子、エタノール分子とも分子同士が水素結合を行っており、分子同士の間に若干の隙間がある。水にエタノールが溶けるとエタノール分子同士の水素結合が弱くなり、エタノール分子一つで存在するものができる。そのエタノール分子が水分子同士によってできる空間に入り、体積が減少する。

#### (5) 実践内容

##### ① 導入・課題提示

授業の導入段階として、教師は「水 50 mL とエタノール 50 mL を混ぜると体積はどうなるか」と質問した。多くの生徒は「100 mL になる」と答え、その理由は「 $50+50=100$  だから」という理由がほとんどだった。実際に水とエタノールを混ぜて、体積が減少することを確認した。生徒は、「体積の総和が保存される」という素朴概念とは異なる結果に驚いた。

##### ② エキスパート活動

エキスパート活動では3種類の資料「分子のどうしの関係」「水に溶ける」「分子構造」(表1)を用意し、3～4人の班で10分間活動させた。

表1 各エキスパート資料の内容

エキスパートA	<p><b>分子どうしの関係</b></p> <p>水分子は水素結合と呼ばれる弱い力で結びついているため、単独で存在せず、2～5個がくっついて存在している。そのときに、水分子の間に空間ができエタノール分子の大きさより大きい。エタノール分子も水素結合を行っているが、水とエタノールを混ぜるとエタノール分子の水素結合が弱くなる。</p>
エキスパートB	<p><b>ものが水にとけるとは</b></p> <p>ものが水に溶けるとは溶けた液体が透明であることと濃度が均一であることである。透明であるとは溶質の粒が細かくなって最終的には分子単位でバラバラになる。</p>
エキスパートC	<p><b>水とエタノールの分子構造</b></p> <p>エタノールも水も原子が組み合わさってできており、その化学式は<math>H_2O</math>、<math>C_2H_5OH</math>である。原子には重さがあるため、水の重さとエタノールの重さは異なる。また、水とエタノールの大きさも異なる。</p>

時間内に各資料の内容を理解し、余裕があれば自分たちの資料の視点から課題を考えるように指示した。教師は生徒の話し合いに介入することを避け、質問があっても解に結びつくような内容の場合には答えなかった。話し合いが進ま

ない場合には、その方向性を提案した。

##### ③ ジグソー活動

ジグソー活動は各エキスパートグループで学習した生徒で新規に3人1組のグループを編成して行った。20分の時間を設定し、各班で学習した資料の説明を行った後に、課題に向けての話し合いを行った。ジグソー活動後の班の考えは、「水にエタノールが溶けると、エタノール分子の水素結合がとれ、単独で存在するエタノール分子が、水分子の隙間に入り込み、体積が減少する」と「エタノールが水に溶けて気体として出ていき、体積が減少する」という2つの考え方に整理できた。

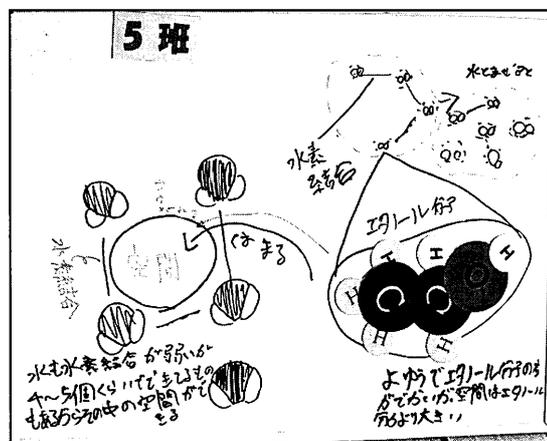


図2 ジグソー学習後の班の考え  
(ホワイトボードの記入内容)

##### ④ クロストーク活動

クロストーク活動では本時の課題に対しての班の考えを発表させた。その中で出た疑問や曖昧な点に対しては他の班で答えるように促した。その際、班での話し合い、全体でのやりとりを繰り返して、自分たちの考えを表出させるように支援した。どうしても自分たちだけでは解決できないような疑問に対しては授業者が介入し、補助説明、演示実験を行いながら、生徒の疑問の解決へ導いた。解は途中、拡散の方向を示しながらも、最終的には授業者の意図する解の方向へと収束した。

## 5 実践内容の分析と考察

### (1) 生徒同士の対話から見てきたもの

生徒が各活動において対話を通して、どのよ

うな学びを行っているのか、対話の中から生徒同士の相互作用が見られるのかをみとった。10台のICレコーダーを設置し、生徒の発話内容を録音した。次の発話は資料Aを用いてエキスパート活動をした、ある班の内容である。

S	これでしょ。水と混ぜることによりエタノールのくっつく力が弱くなって <u>ごつごつのやつが離れてからそれがこちちに入ってくるの？</u> <sup>①</sup> くっつくんじゃない。
M	こちちの水素結合で？
S	水素結合の間にじゃん。
M	間に入ることによってこれがきて、なるほどね。
S	わかった。
M	こうやってからもし、5人くらいで手をつないでいるとするさあ。部屋はこんだけだわけ。だけどあと二人はிரいたって言って入ったわけさ。だから真ん中に入ったんじゃない。
M	あー、そしたら、他の空間が埋まるみたいな
S	あーはー <sup>②</sup>

これは資料Aを見ながらエタノール分子が水分子の中に入っていくしくみを話し合っている場面である。話し合いの途中で、生徒Sは水素結合が弱くなり、体積が減少することについて疑問を持っている(下線部①)。生徒Mが水素結合の話をして一見分かっているかのようにであるが、それでもいまひとつ腑におちない様子である。生徒Kが“分子を人”に、“一定の空間を部屋”に例えて説明し、それにMが「他の空間が埋まるみたいな」の補足説明をすることにより、Sは「あーはー」と納得をしている(下線部②)。このように、お互いが納得するために、分子というモデルを人と空間に例えるなど、自分の身の回りのものに再モデル化することにより、理解を促す様子が見られた。Sはジグソー場面において、ここで納得した説明を他のメンバーにも細かく説明する姿が見られた。

分析を行っていくなかで、疑問点やわからない点が生徒個人で異なることも見えてきた。また、その疑問点やわからない点を解決する手段や説明も人によって異なることがわかった。生徒は対話を通して次のようなすがたを見せた。

- ・身の回りの事象に例えたり、モデル化したりしながら納得していく。
- ・自分の中では納得しているつもりでも他の生徒に説明すると自分の考えが曖昧であることに気づく。

・互いに同じ考え方なのに説明の仕方が異なるため、違う意見だと思っているが、対話を進める中で同じ事を言っていることに気づく。

このような過程を経て、知識構成型ジグソー法では理解をしていくことがわかってきた。

(2) ワークシートの記述内容からみえたこと  
授業後にワークシートに「水とエタノールを混ぜたときに体積が減少する理由」を書かせ、次の要素が記述されているか確認した。

- 1 エタノールが水に溶ける
- 2 エタノールの水素結合が弱くなる
- 3 水素結合による空間とエタノール分子の大きさの比較
- 4 水分子の隙間にエタノール分子が入り込む
- 5 モデル等の図を用いている

図3の生徒は、「図」で示しながら「溶ける」「水素結合」「隙間」に関して記述しており、期待する解に対して十分ではないがある程度は記述していると判断した。

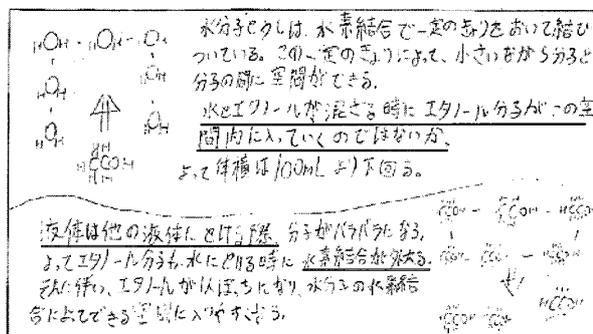


図3 生徒のワークシートのみとりの例(下線部は要素)

エキスパート活動の内容の違いが生徒の理解に影響するかをみるために、各エキスパート後の要素ごとの記述内容の有無を調べ、2×3フィッシャーの直接確率計算法(両側検定)を用いて、有意差を調べた(表2)。すべての要素において、各エキスパート担当において記述内容の有無に有意差は見られなかった。生徒は一つの資料(自分がエキスパート活動で担当した資料)から解を導こうとしているのではなく、複数の資料から解を導いていることも確認できた。

表2 エキスパート資料の違いによる  
ワークシートの出現する解の要素の有無

要素	資料A		資料B		資料C		p値
	有	無	有	無	有	無	
溶ける	7	4	9	4	3	7	$p=0.1932$
水素結合	10	1	11	2	9	1	$p=1.0000$
大きさ	3	8	3	10	1	9	$p=0.6651$
隙間	10	1	12	1	10	0	$p=1.0000$
図・モデル	10	1	11	2	10	0	$p=0.7610$

生徒の発話記録の分析、ワークシートの記述の有無の点からみると、エキスパート活動、ジグソー活動の両方で、協調的な学習を通して建設的な意見を交わすような相互作用が見られ、それにより生徒は新たな知識を獲得できたことが推察される。

### (3) エキスパート活動資料の改善性

知識構成型ジグソー法では知識伝達の一斉授業とは異なり、生徒が対話を通して主体的に学習を行っていく。そのため、各エキスパート活動の資料の内容によっては授業者の期待していた解を生徒が獲得できない場合もある。今回の作成したエキスパート資料の妥当性を検討するために授業者が意図した記述内容が生徒のワークシートに記載されていたかを調べ、各要素の記述の有無について二項検定（両側検定）を用いて有意差を調べた（表3）。「水素結合」「隙間」「図・モデル」の要素については記述した人数が有意に多く、「大きさ」の要素に対しては記述した人数が有意に少なかった。また、「溶ける」の要素については有意差が見られなかった。

表3 ワークシートの出現する解の要素の有無

要素	有	無	p値
溶ける	19	15	$p=0.6076$
水素結合	30	4	$p=0.0000$
大きさ	7	27	$p=0.0008$
隙間	32	2	$p=0.0000$
図・モデル	31	3	$p=0.0000$

また、発話記録からエキスパート資料Bに対して誤解を招くような表現があったことを確認した。図4の下線部の表現を「砂糖の分子がバラバラになって最後には分子1つになっていく」と解釈した班と「砂糖の分子がバラバラに

このとき、食塩や砂糖などは水に溶けるときに目に見えないくらい小さな粒に分かれていきます。そのため、透明に見えるのです。たとえば砂糖を水に入れてすぐには砂糖の粒は人の目に見えます。これは砂糖の分子がたくさん集まって、砂糖の粒をつくっているからです。これが水に溶けると砂糖の分子が分かれていき、最後には砂糖分子1個がバラバラになっていきます。これらが水の中に均一に広がって水と混ざった状態を砂糖が水に溶けたといいます。

図4 間違った解釈がされたエキスパート資料の一部

なって最後には原子になっていく」と解釈した班があった。教師主導の授業の場合では教材や資料の補足説明を行うため、このような誤った解釈がそのまま進むことは少ないが、生徒主導のジグソー法の場合このようなケースが見られる場合がある。そのため、授業者以外の第三者にも積極的に資料の推敲を依頼し、資料の改善を行っていく必要があることも見えてきた。

## 4 今後の課題

今回の生徒の発話分析やワークシートの分析から、生徒が知識を獲得する過程でどのような姿を見せるかをみとる事ができた。さらに今回作成した教材の不備についても確認することができた。今後の課題としては以下の通りである。

- 生徒がより効果的に学習できるようなエキスパート資料の改善
- 教科書で扱われているアプローチの違いをふまえた知識構成型ジグソー法を取り入れた教材研究・授業実践とその効果
- 学習効果の観点から生徒の成績や特性（発言・記述の得手不得手等）と知識構成型ジグソー法との関連性

## 附記

本実践の詳細は琉球大学教育学部附属中学校『研究紀要第26集』で報告している。

## 引用・参考文献

- (1) 琉球大学教育学部附属中学校『研究紀要第26集』, 2013年
- (2) 三宅なほみ、斉藤萌木、飯窪真也、利根川太郎(2011):『学習者中心型授業へのアプローチ—知識構成型ジグソー法を軸に—』, 東京大学大学院教育学研究科紀要 第51巻, p441-458