

# 観察・実験を通し、科学的思考を育む理科の指導と評価の在り方についての研究

～ジグソー法によるメタ認知活動の促進を通して～

土佐市立高岡中学校 教諭 山中 孝一  
高知大学教育学部 講師 草場 実  
高知県教育センター 指導主事 足達 伸司

本研究の目的は、中学校理科において、ジグソー法の手法を取り入れた観察・実験活動が、生徒のメタ認知の活性化及び科学的思考の育成に及ぼす効果について検証することであった。この目的を実現するために、中学校理科第1学年の「身の回りの物質とその性質」と「状態変化」の単元において、ジグソー法の手法を取り入れた理科授業の事例を開発した。そして開発した事例を用いて、公立中学校1年生を対象に検証授業を行い、生徒のメタ認知の活性化及び科学的思考の育成に及ぼす効果について検証した。生徒の発話記録などを用いて分析した結果、ジグソー法の手法を取り入れた理科授業は、生徒のメタ認知を活性化させ、科学的思考を育むことが示唆された。

<キーワード> 中学校理科、観察・実験、ジグソー法、メタ認知、科学的思考、学習評価

## 1 研究目的

### (1) 今、求められている理科教育

現行学習指導要領の成果と課題を踏まえた理科の目標の在り方について、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」の答申（文部科学省中央教育審議会、2016）では、「理科の学習を通じて身に付ける資質・能力の全体像を明確化するとともに、資質・能力を育むために必要な学びの過程についての考え方を示すこと等を通じて、理科教育の改善・充実を図っていくことが必要」としている。資質・能力については、三つの柱として整理を行っており、その内訳は「知識・技能」の習得、「思考力・判断力・表現力等」の育成、「学びに向かう力・人間性等」の涵養である。中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2017）においては、三つの柱の一つである「思考力・判断力・表現力等」とは、「観察、実験などを行い、科学的に探究する力」とあり、自然の事物・現象に関わり、それらの中に問題を見だし見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し表現するなど、科学的に探究する活動を通して、科学的な思考力、判断力、表現力等を育成することが求められている。平成27年度に実施された全国学力・学習状況調査の結果（国立教育政策研究所、2015）から、中学校理科での指導改善のポイントとして「知識・技能」の活用や、「思考力・判断力・表現力等」の育成が挙げられていることから、科学的思考を育成するための学習指導や評価の在り方がますます注目されている。

### (2) 研究の背景（A中学校の現状と課題より）

平成28年度高知県学力定着状況調査の概要（高知県教育委員会、2017）の中学校理科の分析結果を見ると、実験結果や観察記録を基に説明することや、性質を基に目的を説明することなど、「科学的な思考・表現を評価の観点とする問題」に課題があると考えられる。このような課題の解決のためには、小学校での学習を生かし、条件を意識させて実験方法を検討させるなどの指導を充実させることで、科学的に探究する能力の基礎となる力を育成することが重要である。

そして、A中学校での平成28年度高知県学力定着状況調査の結果においても、「科学的な思考・表現を評価の観点」とする記述式問題の正答率が低く、無解答の生徒も見られた。不正解の解答を分析してみると、誤答の多くは内容が不足していることによるもので、論理的な考え方やそれを表現する力に課題があると考えられる。これらの現状を踏まえ、A中学校ではワークシート等を活用

して考察を表現させたり、考察したことを発表し合うことでより考えを深めさせたりするなど様々な取組を行っている。取組を進める中で、A中学校の生徒には、自分の考えを深めたり、分かりやすく伝えたりする意欲が低い傾向があることが分かってきた。

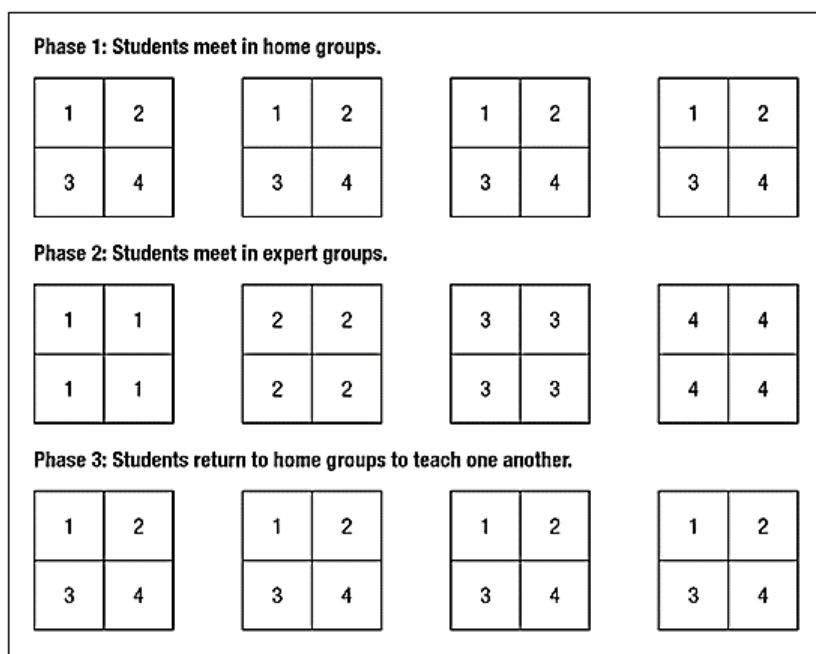
### (3) 科学的思考の育成するために

では、中学校理科において科学的思考を育成するためには、どのような能力が必要であろうか。平成27年度全国学力・学習状況調査の結果によると中学校理科での指導改善のポイントとして、「予想や仮説を設定し、検証する実験を計画できるようにする」、「自らの考えや他者の考えを、検討して改善できるようにする」とある。これは、理科の観察・実験において、生徒が結果を予想したり、見通しをもって課題を設定したり、また情報や結果などを整理し総合的にまとめたりしていく中で、課題に正対した客観性のある内容に考察を修正していく能力と捉えることができる。このような能力は「メタ認知能力」と呼ばれるものである。

以上のことから、科学的思考に影響を与えるものとして、メタ認知に注目した。メタ認知とは認知心理学の用語で、「認知についての認知（木下・松浦・角屋、2005）」と定義付けされる、人が自分の行動や考え方、性格などを客観的に把握し、認識をすることである。三宮（2008）は、メタ認知の定義や分類には不統一的な部分があるとしながらも、メタ認知の概念定義は「メタ認知的知識」と呼ばれる人の認知過程についての知識と、「メタ認知的活動」と呼ばれる認知活動を統制する過程とに区別・整理されると述べている。具体的なものとして、「メタ認知的知識」には、人間の認知特性、課題、方略についての知識、また「メタ認知的活動」には、認知についての気付き、感覚、予想、点検、評価、認知についての目標設定、計画、修正などがある。福島・蒲生・玉野井（2014）は、課題解決のために科学的知識を活用する学習指導によれば、中学生のメタ認知が活性化されること、そしてその産物である科学的思考力が育成されることが示唆されたと報告している。このようにメタ認知の活性化が学習に与える影響が徐々に解明され、メタ認知を活性化するために様々な実践が行われており、理科授業においても生徒のメタ認知を効果的に育成するための実践的研究が進み、着実に蓄積されてきている。

### (4) メタ認知の活性化を目指して

次に、生徒のメタ認知活性化を図るための手段の一つとして、本研究では「ジグソー法」に着目した。ジグソー法とは、協同学習を促すために編み出された学習法（Aronson, E. ら、1978）である。ジグソー法は、「ホームグループ（ジグソーグループ）」と「エキスパートグループ」という2種類のグループを作り、皆が同じ資料を読むのではなく、各メンバーが異なる部分を読み、それをグループで総合することで各自の学習を進めていくグループ学習である。活動の流れの基本は、まず、



(出典 [http://www.ascd.org/ASCD/images/publications/books/frey2009\\_fig2.1.gif](http://www.ascd.org/ASCD/images/publications/books/frey2009_fig2.1.gif))

- 第一段階 生徒たちがホームグループで集まる。
- 第二段階 生徒たちがエキスパートグループで集まる。
- 第三段階 生徒たちがホームグループに戻り（ジグソーグループ）、互いに教え合う。

図1 ジグソー法の基本形

共通課題が提示され、それについての資料が複数用意される。それをホームグループのメンバーで分担して読んだり理解したりするためにエキスパートグループを形成し、そこで理解を深めておく。それをホームグループで他のメンバーに伝える仕組みである（図1）。

ジグソー法による理科の授業研究はいくつかあり、例えば山下・川野（2003）では、中学生のジグソー法の話合いの場面で現れる会話の質的な相違点を調査している。ジグソー法を行ったクラスでは、通常のグループ活動を行ったクラスより他の意見を修正したり、理由を追及したりする会話が多く現れ、その会話によって他のメンバーに気付きをもたらしたり、自らの誤りに気付いたりする機会を生み出していたとしている。この「意見の修正」や「気付き」を生む過程でメタ認知が働いているものと考えられる。このことからジグソー法の、自分の言葉で説明したり、他者との相互作用の中で自分の考えを変えたりするといった一連の活動が、三宮が示す「意見の異なる他者との討論」となり、生徒のメタ認知の活性化が期待される。またそのことにより、自己や他者からの評価を踏まえて実験結果を科学的に探究する力が高まり、科学的思考が育成されると考えた。

そこで本研究の目的は、ジグソー法により課題を解決する学習指導の事例を開発し、それをA中学校で実践することで、メタ認知の活性化と科学的思考に及ぼす影響を検証することとした。

## 2 研究仮説

理科の観察・実験活動においてジグソー法を用いることにより、生徒同士の議論が促され、他者との相互作用の中で自分の考えを変えたり、自分の考えを振り返ったりするなどの活動が活発になり、メタ認知が活性化していくであろう。また、メタ認知が活性化することによって、自己や他者からの評価をより客観的に分析できるようになり、そのことによって実験結果を踏まえて事象を科学的に探究する力が高まり、科学的思考が育まれるであろう。

## 3 研究方法

### (1) 本研究におけるジグソー法のデザイン

本研究では、理科の学習でのジグソー法の基本形は、次のようなものとした。

ア クラスで共通課題を確認し、それを解決する手がかりとなる三つほどの小課題に対して、学習班（理科室の一つの机に座る通常の班などの学習の基本となる班）の中で、それぞれ担当者を決める。

イ それぞれの小課題ごとの担当者が集まってグループ（エキスパートグループ）を構成し、小課題の解決に向けて取り組む。

ウ それぞれの小課題の担当者は、元の学習班（ジグソー班）に戻って、各小課題で学んだ内容を報告し合い、それをもとに共通課題について班内で議論し、考えた内容をクラス全体で発表し合って共有する。

エ 共有した内容を踏まえて、もう一度個人で考察し、共通課題に対する結論を出す。

この学習をすることで、以下のようなことが期待できる。

(ア) イで分担した小課題を通して学んだことをウで報告しなければならないことから、生徒の主体性や責任感が高まる。

(イ) ジグソー班で、それぞれの小課題について学んだ者同士が集まり、それぞれがもつ知識や技能を出し合い議論するために、自分だけがもつ知識を他者に分かりやすく説明しようとすることで、他者意識や客観性が高まり、メタ認知が活性化される。

(ウ) もたらされる内容について理解しようと意識したり、集まった情報や内容をもとに要点を整理したり総合的な判断をしようとするすることで、メタ認知が高まり、科学的思考が深まる。

### (2) メタ認知の分析方法

中学校理科の観察・実験場面において、生徒のメタ認知が活性化される学習指導を検討するため

に、主に生徒の発話記録や振り返りシートなどに記述された内容を質的なデータとして分析し、メタ認知の高まりを捉えるようにした。特に、生徒の行動や考え方、性格などを客観的に把握し、認識するような発話や、認知についての気付きや修正を意図するような発話に注目した。分析は山下・川野が行った方法を参考に、三

表1 発話内容のカテゴリー

「予想」	科学的根拠や経験等をもとに予想や仮説を立てているもの
「修正」	考えを修正しているもの
「気付き」	気付きがあったと思われるもの
「評価」	評価しているもの
「振り返り」	考察を総合的に振り返っているもの
「妥当性」	探究の過程における妥当性を検討しているもの
「説明」	課題に対して論理立てて説明しているもの

宮のメタ認知の定義や本研究で設定した科学的思考の定義（3(3)を参照）から、発話内容を表1のようにカテゴリーに分類して、カテゴリーに当てはまる発話を集計した。ただし、一つの発話が複数のカテゴリーに当てはまる場合は、重複してカウントした。なお、この七つのカテゴリーの中で、メタ認知についての三宮の定義から「予想」「修正」「気付き」「評価」「振り返り」の五つのカテゴリーに注目して集計することとした。

表2 理科の観察・実験場面におけるメタ認知の自己評価項目（山中・鈴木・草場、2017）

また、山中・鈴木・草場（2017）が作成した自己評価項目（表2）によって、各検証授業の前後に質問紙調査を実施し、中学生のメタ認知の変容を捉えるようにした。回答方法は自己評価によって行い、6件法（「6. 非常によくあてはまる」、「5. あてはまる」、「4. 少しあてはまる」、「3. あまりあてはまらない」、「2. あてはまらない」、「1. 全くあてはまらない」）で回答を求め、評定値をそのまま得点とした。これを量的なデータとして分析した。質問紙調査は、検証授業を行うクラス（処遇群）と、行わないクラス（対照群）の両クラスに、単元①検証授業前（6月）と単元②検証授業後（12月）に実施した。なお、統計解析には、IBM SPSS Statistics 23を用いた。

メ タ 認 知 的 知 識	1	私は、理科の実験は、自分なりに課題意識をもって取り組むことで、より多くの知識や技能が身に付くことを知っている。
	2	私は、理科の実験の結果を図や表に示すと、自分の考えがより整理できることを知っている。
	3	私は、理科の実験結果について、班（グループ）でしっかり話し合うことで、自分の理解がより深まることを知っている。
	4	私は、理科の実験では、予想を立てて取り組むことで、より深い考察ができることを知っている。
メ タ 認 知 的 活 動	5	私は、理科の実験では、今まで習ったことを振り返り、予想を立てるようにしている。
	6	私は、実験活動中に、大事なところはどこかを確認するようにしている。
	7	私は、理科の実験で得られた結果は、図や表で整理して、考察するようにしている。
	8	私は、実験が終わった後、自分には何が理解できたのかを整理し、新たな課題を設定するようにしている。

### (3) 科学的思考の分析方法

本研究においては、科学的思考を「生徒一人一人が経験等や科学的根拠をもとに予想や仮説を立てたり、関連に気付いたり、探究の過程における妥当性を検討しながら、与えられた課題に対して論理立てて説明できること。また、他者からの意見や評価、新しい情報等を踏まえて考察を総合的に振り返り、修正すること」とした。つまり、本研究で扱うジグソー法により、生徒が対話を通して得た多様な情報を取捨選択したり精錬をしたりしていきながら、科学的な根拠を明確にしたうえで、課題について説明できるようになることを検証する。そして有効であったかどうかを詳細に検討するために、ジグソー活動における生徒の発話記録を分析データとした。分析はメタ認知の分析と同様、発話内容を表1のようにカテゴリーに分類して、カテゴリーに当てはまる発話を集計した。ただし、一つの発話が複数のカテゴリーに当てはまる場合は、重複してカウントした。また、生徒が記述したワークシートや振り返りシートの内容も集計し、内容の分析を行った。なお、この七つのカテゴリーの中で、科学的思考についての本研究における定義から「予想」「修正」「気付き」「評

価」「振り返り」「妥当性」「説明」の七つのカテゴリーに注目して集計することとした。

#### (4) 検証授業

##### ア 調査協力者

高知県内のA中学校第1学年5組28名（男子15名、女子13名）

##### イ 実施单元及び実施日時

单元①「身の回りの物質とその性質」 平成29年7月6日（木）5、6時限目

单元②「状態変化」 平成29年10月25日（水）3時限目

##### ウ 学習指導計画

###### (ア) 单元①

本検証授業は、中学校理科第1学年の「物質を性質の違いによって区別する方法」の授業として、名前を伏せた5種類の白い粉末（砂糖、食塩、小麦粉、クエン酸、重曹）を区別するための実験を計画し、立てた計画をもとに実験を行い、それぞれの物質を特定する活動を行った。この授業の目標は、「身近な物質の性質に関心をもち、物質の分類について計画を立て、実験を行い、物質がそれぞれ何かを調べる。」とした。単元の指導計画等、詳細は別添の資料1に示す。

この授業の内容について、教科書では、砂糖、食塩、小麦粉の3種類の白い粉末を区別する方法を予想し、それぞれ実験で確認していくことで性質を学習するようになっている。しかし本検証授業では、生徒が協力して共通課題に向かい、議論をすることを通して他者の意見と自分の考えとの関連に気付くといったメタ認知が働くことを期待し、次のように授業を構成した。

生徒が共通課題を解決するために、まず5種類の白い粉末それぞれの性質を調べる実験を行った。各班で一つの粉末につき、その性質を調べる担当者を一人割り当て、担当者ごとに集まって実験を行い、性質を確認していった（エキスパート活動）。その後、元の班に戻りエキスパート活動での実験結果をもとに、5種類の白い粉末を区別するための実験計画を立てた（ジグソー活動）。各班の実験計画をクラスで発表して共有しつつ、他の班の計画を参考にし、計画の修正を行った。作成した計画をもとに実験を行う予定であったが、検証授業内では時間が足りず、別の日に行った。

この授業で、メタ認知が働く場面を展開することでメタ認知活性化を図り、より効率的で妥当な実験方法や手順を考えたり、その方法や手順について根拠をもって説明したりするという科学的思考が働くようになって考えた。

###### (イ) 单元②

本検証授業は、中学校理科第1学年の「状態変化によって起こる現象」の授業として、丸底フラスコの内側に膨らむ風船をどのようにして作るかを話し合いながら、その原理の説明をする活動を行った。本時の目標は「フラスコの内側で風船が膨らむ仕組みを、状態変化の原理をもとに説明することができる。」とした。単元の指導計画等、詳細は別添の資料2に示す。

この授業の内容は教科書で直接取り扱っておらず、次の单元「身近な物理現象」の気圧についての内容を含んでいる。この未習事項（気圧の概念や水蒸気によって空気が容器内から追い出されること）と状態変化とを合わせて現象を説明するという共通課題を設定した。ジグソー班での話し合いにおいて、未習事項の内容があることでより意見交換が活性化し、その議論の中で他者の考えに触れたり、他者に自分の考え方について指摘されたりすることが増えることで、生徒のメタ認知がこれまで以上に働く状況になり、活性化するのではないかと考えた。また、ジグソー活動において、他者からもたらされる情報や知識をもとに予想を立てたり、他者の考えと自分の考えとの関連に気付いたり、自らの考えを修正したりする機会をもつことで、生徒のメタ認知が働くことをねらって授業を構成した。

本検証授業では、個人思考をさせた後、エキスパート活動では状態変化の既習内容に加えて、新しい概念を獲得させた。次にジグソー活動として元の班に戻り、各自がエキスパート活動で

得た個別の情報をもとに共通課題について話し合わせた。

このような活動を通してメタ認知を活性化させ、論理的な説明ができるようになったり、その説明について妥当性を検討したりすることで、科学的思考が働くようになって考えた。

#### 4 結果と考察

##### (1) ジグソー法がメタ認知に及ぼす影響

###### ア 発話記録より

###### (ア) 単元①について

発話記録を表3に示す。まずA2やC2の発話は、BTB液とリトマス紙の両方の特性を理解したうえで、リトマス紙の方が自分自身も含めてより多くの方が分かりやすくイメージしやすいのではないかと評価したことで、最初の手順としてリトマス紙によって、物質を見分けることを提案している。D3もC2の発話を受けて、周りの人により分かりやすいと考えられるリトマス紙の方に同意しているように、理解している内容について評価する発話が見られることから、Dもメタ認知が働いていると考えられる。

表3 単元①のジグソー活動における生徒の発話事例

(エキスパート活動で学んだことを伝え合った後から)	D4「クエン酸と重曹って、これだけ実験したらえいが?」【妥当性】
A1「まず何からいく?」	B5「どれかがはっきり分かったんやったらえいがやき、リトマス紙で分かるきもうえいろう。」【妥当性・説明】
B1「BTB液かリトマス紙やない?」	C3「それで言うたら、ヨウ素液も小麦粉しか反応せんがやき、分かるろう。」【予想・気付き・妥当性】
C1「BTBでやったらどうなる?」	A3「じゃあこれで三つが分かるってことね。あとは砂糖と食塩か。」
B2「黄色になるのがクエン酸で、青になるのが重曹で、残り三つは変わらん。」【説明】	D5「なめたら分かる。」
D1「黄色って何性やったけ?」	B6「それはせられんって言われたろう。」
B3「酸性やね。青がアルカリ性。」【説明】	A4「何したら砂糖と食塩がうまいこと分かる?」
D2「へー。」	C4「水に溶かしたら?」【予想】
A2「リトマス紙の方が分かりやすくない?」【妥当性】	B7「どっちも溶ける」【説明】
C2「小学校でもやっちゃうき、そっちの方がみんなが分かるかもね。」【評価・妥当性】	C5「それに電気が流れるかどうかをやってみるとか。」【予想】
D3「僕はそっちの方がいい。」【評価】	B8「食塩が流れて砂糖は流れんね。」【説明・妥当性】
B4「じゃあリトマス紙で。青が赤になるのがクエン酸で、赤が青になるのが重曹で、残り三つは変わらんき中性ってことね。」【説明】	A5「じゃあそれでいこうか。」
	(合計発話数=23)

A～Dは生徒の発話を示す。なお、【 】は分析者による分類を示す。

さらにC3の発話は、直前のB5の発話を踏まえ、これまでの議論をもとに、ある操作で物質を特定できると、他の操作は必要ないこと（今回でいえばヨウ素液は小麦粉にしか反応しないためこの手順で小麦粉が特定できること）に気付いたことでなされたと思われる。このように、議論を振り返ることでより効率的な手順に気付いていることから、メタ認知が働いていると考えられる。

これらのことから、ジグソー法で協力して共通課題に向かい、議論をすることを通して他者の意見と自分の考えとの関連に気付き、メタ認知が活性化したと考えられる。

###### (イ) 単元②について

エキスパート活動でそれぞれ学んできたことを出し合って共有し、それぞれが予想を立てながら共通課題に対する答えを模索していく様子が見られた。このジグソー活動の議論の中から、丸底フラスコ内が真空に近い状態になることが今回の現象を引き起こすことに、多くの班が気

付くようになった。また、この検証授業の前に学習したアンモニアの噴水実験を思い出して、噴水が起こる原理が今回の検証授業での風船が丸底フラスコの内側に膨らむ原理と同じであることに気付き、さらに思考を深めていこうとする生徒が見られた。このように、他者からもたらされる情報や知識をもとに予想を立てたり、他者の考えと自分の考えとの関連に気付いたりしている様子が見られ、メタ認知が働き、科学的思考が深まっていることが考えられる。

また、表4は見本用に渡してあった装置の風船が外れてしまったときに「ポン」と鳴った音から、丸底フラスコ内が真空状態に近い状態であったことや、風船が外れることで空気がフラスコ内に入っていったことに気付いていく様子(F13)が見て取れる。ただ、Fはここまでに丸底フラスコの中にある水蒸気が風船を引っ張りこむと予想しており、F14でもそのように発話しているが、G10の説明を受けて周りの空気が風船をフラスコの内側に押すことに気付き、考えを修正している様子(F15)が見て取れる。このように、他者の考えと自分の考えとを比較し、自らの考えを修正したりする様子も見られることから、メタ認知が働いていると考えられる。

表4 単元②のジグソー活動における生徒の発話事例(抜粋) No. 1

(丸底フラスコに装着してあった風船が外れた後から)	H10「ごめん僕はついていけないなった。」【評価】
F13「でもめっちゃポンって言ったってことは、空気が一気に入ったってことやろ。」【予想・気付き】	G10「なんでついていけないが?だから水がフラスコにはいっちゃうやん。加熱するやん。沸騰するやん。水が水蒸気になるやん。体積が1700倍になるやん。その水蒸気でフラスコ内にあった空気を出すやん。で今水蒸気しかフラスコ内にはないやん。そこにゴムを置いたらそれから水蒸気が1700分の1になるがよ。やき、中に押す。」【説明】
G9「だから空気は逃げようとして逃げれなかったき、上の方にきて、で、下の方に何もなくなって、下の方の風船が膨らんだってことやろ。」【説明】	F15「あー、中に押すがか。」【修正・気付き】
F14「簡単にいったら水蒸気が風船を引っ張ったがやないが?」【予想】	

F~Hは生徒の発話を示す。

(ウ) カテゴリー分類した発話から

各検証授業におけるカテゴリーごとの発話数と割合を表5に示す。ジグソー活動での話合いの時間は、いずれの授業も12分程度であったが、合計発話数を見ると単元①が23であるのに対し、単元②は54に増えたことから、単元①に比べ単元②の方がより議論が活発であったことが分かる。

表5 カテゴリーごとの発話数

	単元①	単元②
「予想」	3	9
「修正」	0	2
「気付き」	1	8
「評価」	2	5
「振り返り」	0	3
「妥当性」	6	4
「説明」	6	18
合計発話数	23	54

この中で、メタ認知が働いていると考えられるカテゴリー(「予想」「修正」「気付き」「評価」「振り返り」)ごとの発話数と割合(表6)を見ると、単元①ではメタ認知が働いているとみられる発話は、合計発話数の26.1%であったが、単元②では50.0%であった。単元①より単元②の方が、メタ認知が働いたとみられる発話が多くなったことが分かる。これは、単元①では共通課題に対する答えの選択肢が幅広く、どのような手順で始めても良かったことから、議論になりにくかったことに加え、共通課題がそれほど難しくなく、すぐに結論が出やすかったためと考えられる。その点について単元②では、未習事項をエキスパート課題に入れることで難易度が高くなったことに加えて、共通課題に対する答えの選択肢が狭く、共有した情報から適切な答えを導き出すために、様々な意見を出し合いながら内容を精緻化していく必要があったことで議論が活性化し、そのことでメタ認知が働きやすくなるのではないかと考えられる。

イ 質問紙(自己評価)調査より

質問紙(自己評価)調査の結果を表7、および図2に示す。単元①検証授業の前(6月)と、

単元②検証授業後（12月）に実施したもので、処遇群のメタ認知的知識に注目すると有意に高くなっていることが分かった。対照群では、有意な変化は見られなかったことから、検証授業によってメタ認知の特にメタ認知的知識に影響を与えた可能性が示唆された。このことから、ジグソー法がメタ認知の活性化やメタ認知能力を高めるのに有効であると考えられる。

## (2) メタ認知が科学的思考に及ぼす影響

### ア 発話記録より

#### (ア) 単元①について

表3にあるとおり、班員がそれぞれのエキスパート活動で学んだことを伝え合った後、得られた情報をまとめて整理したものを説明して共有していくという発話が見られた。その後もBは内容を整理して説明していく発話が続き、このジグソー活動においてすべての説明を担っていた。これは、Bが他者からもたらされる内容をしっかりと理解し、それをもとに要点を整理するなどして、科学的思考を働かせているものと考えられる。Bの一連の発話に注目すると、活動の目的を理解したうえで、五つの白い粉末のそれぞれの性質を、固有の性質に注目して説明したり、実験手順を適切に組み立てたりしている様子が見られ、科学的思考や判断力が深まっているものと考えられる。

また、Cは、4(1)ア(ア)でも述べたようにメタ認知が働いていると考えられるが、表3のC4以降の発話で、「水に溶かしたら？」や「それに電気が流れるかどうかをやってみるとか」と、本人が手順や結果を予想し、それを班の話合いの中で発話したことをきっかけに、共通課題に対するこの班の答えが導かれていく様子が見られる。班の話合いの中で提案するような動きで、

表6 カテゴリーごとの発話数と割合  
(メタ認知に関するものの抽出)

		単元①		単元②	
		発話数	発話の割合 (%)	発話数	発話の割合 (%)
メ タ 認 知	「予想」	3	13.0	9	16.7
	「修正」	0	0.0	2	3.7
	「気づき」	1	4.4	8	14.8
	「評価」	2	8.7	5	9.3
	「振り返り」	0	0.0	3	5.5
	計	6	26.1	27	50.0
合計発話数		23		54	

発話の割合 (%) = (発話数 ÷ 合計発話数 × 100)

表7 メタ認知の自己評価得点の平均値（標準偏差）及び t 検定結果

構成要素	処遇群					対照群				
	単元①検証授業前		単元②検証授業後		t 値 (23)	単元①検証授業前		単元②検証授業後		t 値 (23)
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
メタ認知 (知識+活動)	4.40	0.73	4.65	0.81	1.73	4.48	0.75	4.49	0.71	-0.04
メタ認知的知識	4.46	0.90	4.77	0.79	2.10*	4.58	0.82	4.71	0.79	-0.99
メタ認知的活動	4.33	0.64	4.52	0.88	1.12	4.39	0.79	4.26	0.85	-0.71

(\* $p < .05$ )

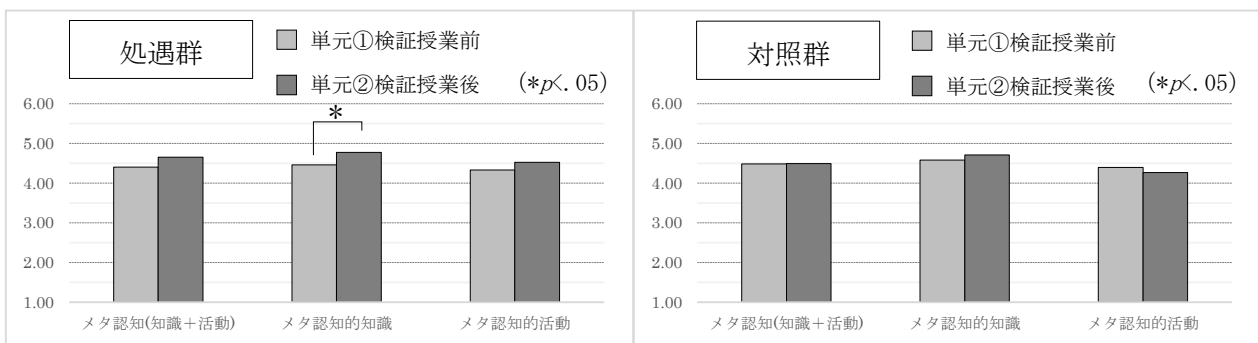


図2 メタ認知の自己評価得点の平均値の比較



このことによってC本人はもちろんのこと、班員も思考が促されている。このように、ジグソー活動を行うことで生徒の発話数が増え、それぞれの発話が相互に影響を及ぼし合い、科学的思考が深まるよい状況が生み出されていると考えられる。

(イ) 単元②について

表8からは、ジグソー班の話合いで内容がまとまりかけていたところに、Hが疑問をぶつけていく様子が見取れる。Hは水が少量入った丸底フラスコの口に、予め風船を付けておいてフラスコを熱していくと考えていたようで、その考えを説明しているが、Gから誤りを指摘されていく(G11~G14)。このGのように、誤りに気づき指摘していくことは、科学的思考が働かないとできないことである。またGは、Hの説明をよく聞いたうえでHが伝えたいことを理解し、Hの考え方の誤りに気づき、Hがその誤りに気付けるような言葉を考えて指摘している。これは、メタ認知が働くことでできることでもある。このような議論を通してメタ認知が活性化され、科学的思考も深まっていると思われる。このような議論は、内容が核心に迫る際の内容の精緻化であり、ジグソー法によってこの精緻化が励起されたのではないかと考えられる。

表8 単元②のジグソー活動における生徒の発話事例(抜粋) No. 2

H12「ゴムがふたの役割をして、で水蒸気が空気を押し出す働きがあるから、で、その空気を押し出したのが出ていけなくて上に集まるやん。で上に集まって下の方の風船が水蒸気で空気があったところを埋めようとして風船が膨らむのかなと思ったんですよ。」【予想・説明】	G13「最初から風船つけちよつたらいかんやん。もとの空気が抜けるわけでもないし。」【妥当性】
G11「中に膨らむのが？」	H15「やけどさ。空気って上に行くやん。」【説明】
H13「そう、やから、空気が上の方に行くやん。下の方は何もいやん。で、水蒸気で、元々空気があったところやん。その空気があったところを埋めようとして風船が膨らんだのかなと。」【予想・説明】	G14「そこで風船にたまるやん。」
G12「説明に全然ついていけない。言ったことを聞きよつたら、内側に膨らまさないやいけないのに俺の中ではこう膨らみちゃうね。」【妥当性・評価】	H16「そう。だから水が底にあるやん。水蒸気になったってことは、空気が上に押し出されて、上に集まるわけやん。で下の方にこうあった風船がここだけが埋めようとして…パーンと。」【予想・説明】
H14「マジで？逆…」【気付き】	F17「爆発したやん。(笑)分からん。」
	H17「ごめん。僕じゃ説明不足やね。良く分からんがって。何か聞きよつたらお前の方が合っちゃうと思うがよね。」【気付き・評価・振り返り】
	F18「そうやね。」【評価・振り返り】

(ウ) カテゴリー分類した発話から

各検証授業における科学的思考についてのカテゴリーごとの発話数と割合(表9)を見ると、ほぼすべてのカテゴリーで発話の割合が上昇し、七つのカテゴリーの合計で見ても、単元①は78.2%であったのに対し、二回目は90.8%で増えていた。このことから、単元①に比べ単元②の方がより科学的思考が促されていたことが見て取れる。これは前述のとおり、単元②の方が難易度が高く、議論が活発に行われやすい教材であったことで、メタ認知を働かせないと課題解決に至りにくい状況であったことに加え、他者に伝えて理解してもらうように考えながら、根拠に基づいた論理的な説明をすることで、科学的思考を働かせる場面が多かったためではないかと考えられる。

表9 カテゴリーごとの発話数と割合(科学的思考に関するものの抽出)

		単元①		単元②	
		発話数	発話の割合(%)	発話数	発話の割合(%)
科学的思考	「予想」	3	13.0	9	16.7
	「修正」	0	0.0	2	3.7
	「気付き」	1	4.4	8	14.8
	「評価」	2	8.7	5	9.3
	「振り返り」	0	0.0	3	5.5
	「妥当性」	6	26.1	4	7.4
	「説明」	6	26.1	18	33.3
	計	18	78.2	49	90.8

## イ ワークシートより

単元②のワークシートの記録に注目した。この授業では、最初にゴム風船が丸底フラスコの内側に大きく膨らんだ装置を見せて、どのようにすればこのような状態になるのかをエキスパート活動に入る前に予想（個人思考）させた。ジグソー活動で各班からの発表を聞いた後、改めて各自で内容をまとめて整理するために考察（個人思考）させた。

ワークシートの記述内容について、エキスパート活動前での記述とジグソー活動後の記述を比較する（表 10）と、エキスパート活動前の記述は 26 人中 10 人しか予想を記入できておらず、方法の記述はあっても原理についての記述がない、もしくは記述できていても内容が薄弱な生徒が多かった。しかし、ジグソー活動後では予想を記入している生徒が 15 人に増え、そのほとんどにジグソー活動で得た知識や他の班の発表を参考にした記述が見られた。また記述内容についても、得た知識を活用して、順を追ってより具体的に書かれているものが増えた。このように他の人の発表内容を聞いて参考にし、客観性や論理性が向上した考察を記述できるようになっていることから、科学的思考が働いていると考えられる。

表 10 単元②における生徒のワークシートへの記述事例

	エキスパート活動前の記述		ジグソー活動後の記述	
	方法	原理	方法	原理
J	水を入れた丸底フラスコを熱する。	水蒸気で膨らむ。	水を入れたフラスコを熱する。湯気が出ているときに風船をはめる。そうしたら余熱で膨らんでいく。	水を液体から気体に変えると体積が大きくなる。気体から液体に変えると体積が小さくなる。
K	フラスコに水を入れて風船を入れる。フラスコを熱する。	(未記入)	フラスコに水を入れて熱する。風船をはめる。	熱することで水が水蒸気になる。その水蒸気がフラスコの中の空気を追い出していく。そのため風船に圧力をかけるものがなくなるので、風船が膨らむ。
L	風船の中に水を入れて、それを加熱によって風船の中の液体を蒸発させる。	ガスパーナーを使って風船の中の液体を蒸発させる。	水を加熱して水蒸気にして、中の空気を減らして、そこに風船をはめると出続けている水蒸気が風船を上を持ち上げようとするので、フラスコの上へと風船が 1 回上がった。その後中の空気が冷えると中の空気が下へと下がっていくために、風船もそれと一緒に下へ引っ張られた。	

## ウ 振り返りシートより

振り返りシートには、授業を通して生徒自身が何を学んだのかが具体的に記述されていた。まず単元①では、「（実験結果等の）根拠をもって説明すること」、「見分けがつきにくいものも、見分けるための方法があること」についての記述が多く、これらのことから、理科の学習において実際に確かめることができる実証性、条件を同じにすると同じ現象を起こすことができる再現性、また誰もが納得し理解できる客観性のある方法によって得た結果を他者に説明することの大切さを学んだ生徒が多いことが読み取れる。また、感想欄には「協力するとうまくまとめることができた」という記述もあった。これらのことから、ジグソー法による授業によってメタ認知が働いたことがうかがえる。

そして単元②では、「水蒸気は空気を追い出す」、「状態変化を利用してこの現象を起こしている」のような内容の記述が多いことから、授業での重要なポイントを捉えようとしている様子が見られる。また、これまでの学習の中からアンモニアの性質を振り返り、気体として存在していたものがなくなることで、そこに埋め合わせるように別のものが入ろうとすることを利用して風船を膨らませているというような内容を記述している生徒も見られた。これはアンモニア噴水実験を参考に行っているものと思われる。このようにこれまでに学んだことを取り上げ、関連性を検討したり、共通点等に気付いたり、その共通点を参考にしながら目の前の現象を説明しようと

する生徒も見られた。このことから科学的思考が働いていると考えられる。

## 5 成果と課題

### (1) 成果

発話記録より、ジグソー法の特にジグソー活動中において、もたらされる情報について理解しようとして意識している様子や、伝えたい相手分かるように意識した発話や判断などから、メタ認知が働いていることがうかがえた。また、集まった情報や内容をもとに要点を整理して総合的な判断をしようとする発話も見受けられることから、メタ認知が活性化されていることが分かった。そして、その発話を軸に周りの生徒も影響を受けて、自らの考えを見直して修正したり、まとめたりするなど、科学的思考につながったと見られる。これらのことから、ジグソー法による授業によって生徒のメタ認知が活性化され、それにより生徒の科学的思考につながったと考えられる。

また質問紙調査から、ジグソー法による授業を実施することで、メタ認知の、特にメタ認知的知識が活性化される可能性があることが分かった。このことや発話記録の分析から、ジグソー法で扱う題材について、メタ認知を働かせないと課題解決に至らないものを設定することで、メタ認知の活性化につながるのではないかと考えられる。

### (2) 課題と今後の取組

課題は主に三つと考える。

一つ目は、ジグソー法がメタ認知の活性化につながる原因をより詳細に検討することである。このことを解決するための方法として、例えば発話の分析について、ジグソー法を実施した処遇群の発話を分析するだけでなく、ジグソー法を実施せずと同じ課題で授業を展開した対照群の発話も分析し比較することによって、ジグソー法によって起こり得る生徒の発話の特徴や傾向を明らかにすることができるのではないかと考えられる。

二つ目は、メタ認知の評価について妥当性を検討することである。本研究で採用した質問項目は、生徒が日頃意識したり取り組んだりしていることを問う内容になっていた。本研究では半年間でのメタ認知の変容について検証をしたが、その半年間で行われる様々な授業などもメタ認知に影響を与え得ることも考えられる。ジグソー法による理科授業がメタ認知の活性化にどのような効果があるのかを検証するには、検証授業ごとにメタ認知の変容を捉えることができるような質問項目の開発が必要ではないかと考えられる。そして、発話の比較による質的な分析と、質問紙調査による量的な分析を、検証授業ごとに織り交ぜて多角的に分析していくことで、ジグソー法がメタ認知に影響を与えることをさらに詳しく分析できたり、質的な分析結果の妥当性をより担保できたりするのではないだろうか。そのためにも、検証授業ごとにメタ認知の変容を見取ることができるよう、質問項目の内容の開発に取り組みたい。

三つ目は、ジグソー法の授業デザインの精緻化である。本研究で、ジグソー法の手法を取り入れた理科授業は、生徒のメタ認知を活性化させ、科学的思考を育むことが示唆されたが、研究の対象とした単元は中学校1年の化学領域で、この領域における事例である。他の領域や単元における事例にもジグソー法の授業デザインが適合するかどうか、検証する余地があると考えられる。すべての領域や単元でジグソー法を採用できるわけではないが、ジグソー法を採用しようとする際に、メタ認知の活性化及び科学的思考の育成に好影響が期待できる教材や単元等の選択肢があれば、ジグソー法による授業を実施しようとする教員が増えるのではないだろうか。そのためにも今後も研究に取り組み、実践事例を増やしていくことで、授業デザインの精緻化を目指していきたい。

## 6 参考・引用文献

Aronson, E., Blaney, N., Stephin, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company.

- 福島啓介・蒲生啓司・玉野井英二 (2014) : 観察・実験を通し、科学的思考を育む理科の指導と評価の在り方についての研究～メタ認知活性化を意図した学習指導の事例開発と学習効果～、平成 26 年度高知県教育センター研究紀要、pp. 74-85
- 飯窪真也 (2012) : 協調学習を柱とした授業の継続的改善ネットワークにおける教員の協調と理解深化、東京大学大学院教育学研究科紀要 Vol. 51 pp. 467-484
- 木下博義・松浦拓也・角屋重樹 (2005) : メタ認知に対する教師の意識と実態に関する基礎的研究－理科学習指導についての質問紙調査を通して－、日本教科教育学会誌 Vol. 28 No. 3 号 pp. 83-89
- 高知県教育委員会 (2017) : 学力向上検証改善サイクルの確立に向けて－平成 28 年度高知県学力定着状況調査結果の概要－、pp. 59-60
- 国立教育政策研究所 (2015) : 平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書 (中学校理科)、p. 9
- 文部科学省 (2008) : 中学校学習指導要領、p. 4
- 文部科学省 (2016) : 理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて (報告)、p. 4
- 文部科学省 (2017) : 中学校学習指導要領、p. 8
- 文部科学省 (2017) : 中学校学習指導要領解説理科編、pp. 23-24
- 文部科学省中央教育審議会 (2016) : 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)、pp. 145-146
- Nancy Frey, Douglas Fisher and Sandi Everlove: Productive Group Work,  
<http://www.ascd.org/publications/books/109018/chapters/Using-Positive-Interdependence.aspx>
- 三宮真智子 (2008) : メタ認知－学習力を支える高次認知機能－、北大路書房、pp. 1-16
- Social Psychology Network and Elliot Aronson : THE JIGSAW CLASSROOM,  
<https://www.jigsaw.org/>
- 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 CoREF (2015) : 協調学習授業デザインハンドブック－知識構成型ジグソー法を用いた授業づくり－、pp. 14-16
- 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 CoREF (2017) : 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 平成 28 年度活動報告書 協調が生む学びの多様性 第 7 集－学びを見とり、学びを描く－、pp. 12-30
- 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 CoREF : 知識構成型ジグソー法について  
<http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/5515>
- 友野清文 (2015) : ジグソー法の背景と思想－学校文化の変容のために－、昭和女子大学 学苑 総合教育センター・国際学科特集 No. 895、pp. 1-14
- 山中孝一・鈴木達也・草場実 (2017) : 理科の観察・実験場面におけるメタ認知を測定する項目の作成、一般社団法人日本理科教育学会全国大会発表論文集 Vol. 15 第 67 回全国大会 (福岡大会) 2017、p. 331
- 山下修一・川野治一 (2003) : エキスパートの経験がその後のコミュニケーションに及ぼす影響、科学教育研究 Vol. 27 No. 2 pp. 101-110