

内省とメタ認知の関連に基づいた理科学習

教育デザインコース 理科領域

小川 葵巴

東京学芸大学附属小金井中学校

宮村 連理

教育学研究科

和田 一郎

1. 問題の所在と研究の目的

平成 29 年告示の小学校学習指導要領¹⁾において、学びの質の向上に向け、学習の成果として求められる資質・能力が明示された。資質・能力は、生きて働く「知識・技能」、未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」、学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性」を指す。これらを育成するための授業改善の視点として「主体的・対話的で深い学び」を実現する必要性が掲げられている。

子どもが主体的な学習を進行させるとき、自己の学習状況について認知していなければ、これらの資質・能力は効果的に働かない。学習の成果として求められる資質・能力の中で、特に「学びに向かう力」を育成する視点と、授業改善の視点の関連について見ると、自己の学習を俯瞰する力の重要性は明らかである。そこで、自己の思考を客観的に把握し、認識するメタ認知は、今後、育成を目指す資質・能力と関連付けて検討する必要があると考える²⁾。

実際、理科教育において、近年メタ認知に関する研究が数多く展開されており、メタ認知を稼働させながら、問題解決過程に関わり、思考力・判断力・表現力を育成することの重要性が指摘されてきている。例えば、堀は、認知過程の内化と外化の関係性やその関係のスパイラル化について述べており、それによってメタ認知の形成・獲得が高まるものと指摘している³⁾。さらにここで、学習者の認知過程の外化と内化において、教師の確認とフィードバックによる働きかけ、スパイラル的に行うことの重要性を明らかにした。また、鈴木は、潜在的メタ認知の機能で与えるとされる内省や内化の過程に注目し、内省のプロセスを用いて潜在的メタ認知のデータを収集することで、実施できる自己評価欄の可能性について明らかにしている⁴⁾。さらに、今井らは、コミュニケーション

ン活動においてメタ認知を育成するリフレクション活動を授業実践として行っている。ここでは、リフレクション活動を繰り返し実施することにより学習者のメタ認知が育成され、記述量が増加したことや、方略に関するメタ認知が特に育成されたことが示された⁵⁾。

このように、学習におけるメタ認知の機能に加え、その向上を目的とした方策についても検討されている。しかしながら、このような研究が進行している中で、メタ認知の機能向上に内省（リフレクション）が不可欠となることは示唆されているが、メタ認知と内省の相互関係の詳細な検討はなされていない。これに関わり、Tarricone の指摘は有益である。彼女は、内省を起点としてメタ認知の機能が高まる過程を理論的に説明している。そこで本研究では、中学校理科授業の事例的分析を通じて、この指摘を理科学習の立場から捉えなおした。その過程で、メタ認知と内省の関連を明らかにし、子どもの科学概念構築の質的変容を捉えることを研究の目的とした。

2. メタ認知と内省の理論的相互関係

メタ認知 (metacognition) とは、認知についての認知 (三宮)⁶⁾ を意味する。その内実には、自己の内面で行う認知活動に関する知識 (メタ認知的知識)、および認知活動のモニタリングやコントロールのこと (メタ認知的活動) を指す (Flavell)⁷⁾。こうしたメタ認知の稼働の起点として、Tarricone は内省の存在を重視し、メタ認知と内省の両者の関係について図 1 のように整理している⁸⁾。図 1 に示された各要素の定義については、表 1 に整理した。なお、便宜上、各要素について、A~E の記号を振り、過程について a~h の記号で示した。

まず、A (内省) は、自己の理解や考えを省みる過程である。しかし、内省は、無意識的な状態において生じるとき、それは単に振り返りの行動を生じさせるに過ぎな

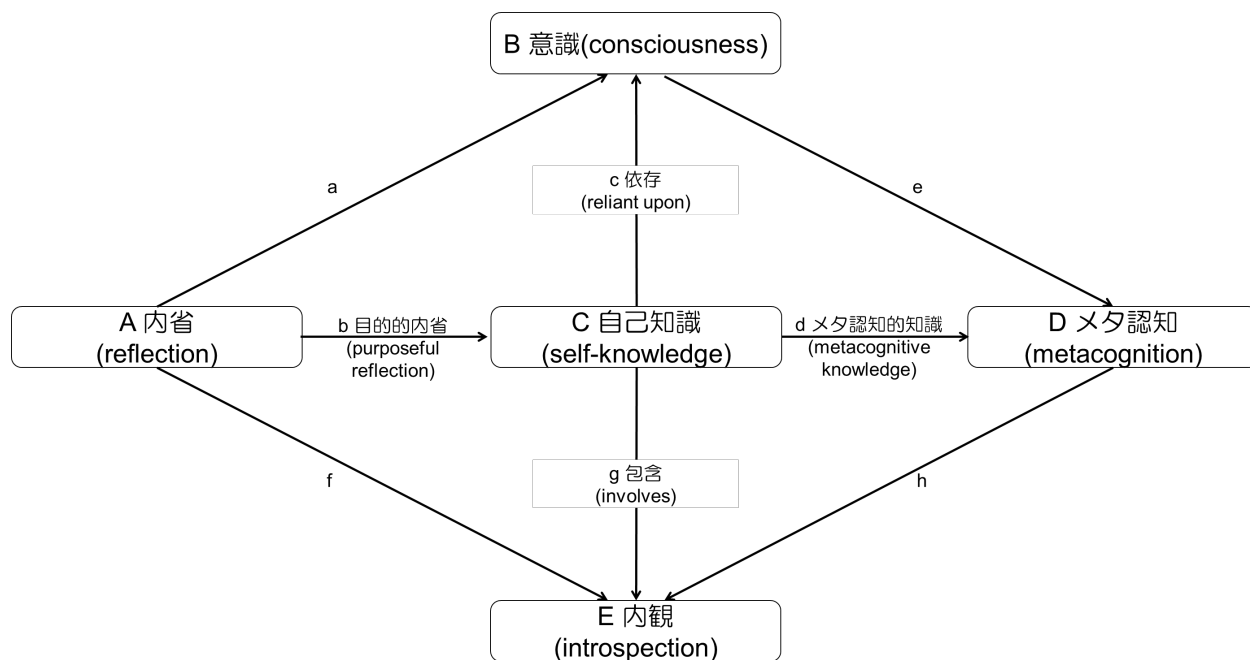


図 1 : メタ認知と内省の関係 (Tarricone, P.⁸⁾ を基に作成)

表 1 : 要素の定義

	要素の定義
A 内省	自己の理解や考えを省みる過程。
B 意識	自己を省みようとする意識。また、自己知識の上に成り立ち、その一部分を焦点化・応用（実用）化する意識。
C 自己知識	問題解決の状況の中で、メタ認知的知識も含有する自己の既有知識。
D メタ認知	モニタリングやコントロールする自己の内面での認知活動。
E 内観	自己の精神状態を集中して、自己を捉える過程。

表 2 : 授業展開の概要

次	時	主な学習内容
1	1	塩化銅水溶液の電気分解の実験を行った。個人で実験結果を考察した。
	2	個人の考察を基に、班ごとに意見交換を行い、班ごとに実験結果を考察した。また、考察の内容をまとめて、次時で使用する資料を作成した。
	3	前時で作成した資料を基に、班ごとに考察した内容について発表し、意見交換を行った。生徒は、原子が電気をもつ状態について捉えた。
2	1	電子配置についての学習を基に、塩化銅水溶液の電気分解の仕組みについて考えた。
	2	個人の考えを基に班で意見交換を行い、班単位で考察した。また、各班で塩化銅水溶液中において生じている電気の流れる仕組みについて考察内容をまとめ、次時で使用する資料を作成した。
	3	前時で作成した資料を基に、班ごとに考察した内容について発表し、意見交換を行った。生徒は、塩素原子が電子を放出し、銅原子が電子を受け取ることで、各原子が電気的に中性となることを捉えた。
3	1	塩化銅水溶液の電気分解において生じている現象について、まとめを行った。

い。そのため、深い段階まで内省することや批判的な内省を生み出すには、内省過程の意識化が不可欠（過程 a）である。また、何のための内省かが明確化され、意識的なものであるとき、過程 b（目的的内省）が生じし、C（自己知識）へのアクセスが促進される。B（意識）は、C（自己知識）に依存して成り立ち、知識の一部分に焦点化・応用（実用）化することで強まる。ここでの C（自己知識）は、問題解決の状況の中で、メタ認知を機能させるために不可欠なメタ認知的知識の構成要素である。

学習過程において、自己の認知の客観視を進めるとき、C（自己知識）から、D（メタ認知）へ向けた過程 d（メタ認知的知識）が稼働することになる。また、過程 d（メタ認知的知識）が達成されるとき、そこに B（意識）が加わることによって D（メタ認知）が稼働する（過程 e）。

なお、上述したメタ認知的知識の要素は、3種類あるとされる⁹⁾。それは、「自己や他者などの特定の人間もし

くは、人間が一般的にもつ認知特性に関する知識」、「課題に対する知識」、「問題や課題解決に向けた方略についての知識」である。これらのうちいずれか、もしくは複数の要素が抽出されることによって、D（メタ認知）が促進される。

最後にE（内観）とは、「自己の精神状態を集中して、自己を捉える過程」⁸⁾である。言い換えれば、A（内省）を起点に自己を振り返ることで、自己理解が進み、自己の考えや行動が深くわかる過程である。E（内観）は、このA（内省）や、C（自己知識）、D（メタ認知）を包含することによって（過程f, g, h）、よりその質が高まる事が指摘されている。自己知識の増加、それに伴うメタ認知の的確な稼働が生じれば、当然ながら内観は充実すると考えられる。

このように、メタ認知は内省との間の諸要素によって効果的に稼働し、自己を深く洞察する内観が成立すると捉えられる。これらの要素およびその関連性を基に、以下の中学校理科授業の分析を通じて、理科学習におけるメタ認知と内省の関係を捉えることとした。

3. 中学校の理科授業における事例的分析

3.1 分析方法

本研究では、図1の視点に基づいて各要素を抽出することで、理科学習において学習者がメタ認知を稼働させていく実態を検討した。

その際、生徒の学習プリントや発話の内容、班ごとにまとめられた資料、および教師の発話内容から、子どもの学習における認知の変容について分析した。

3.2 実施時期

2018年5月

3.3 実施対象

東京都内の中学校第3学年 40名

3.4 単元内容

中学校第3学年「化学変化とイオン」

水溶液とイオンのうち、第1次における塩化銅水溶液の電気分解の実際を捉える授業場面

3.5 授業実践の概要

本授業実践は、単元「化学変化とイオン」のうち、表2に示す「塩化銅水溶液の電気分解」の学習、全7時間で実施した。

生徒は本実践に至るまでに、窒化マグネシウムの生成、水溶液の電気伝導性について考え、物質が反応によって

化学変化することや、水溶液には電気を通しやすいものと通しにくいものがあるとの検討を進めてきた。実験には、食塩水（塩化ナトリウム水溶液）と砂糖水を用いた。生徒はここで、食塩水に電気が流れることを捉えた。

そこで、本授業実践において、第1次では、塩化銅水溶液の電気分解の実験を行い、陽極、陰極でそれぞれ生成する物質を捉え、物質が生成する仕組みについて考察した。第2次では、原子の電子配置について学習し、第1次で検討した資料を再度検討し、電気分解の仕組みをより正確に捉えることを目的とした。さらに第3次において、電気分解の実態を捉え、生徒自身がそれらをまとめることで、電気分解についての理解を図ることとした。

第1次、第2次は、それぞれ3時間構成で行った。第1次第1時では、実験を行い、その結果について個人で考察した。その考察を基に第1次第2時では、4人構成の班単位で意見交換を行い、各班内における考えを構築した。授業では、iPadを各班1台使用した。各班で行う話し合いの場において、iPad内に図や文などを用いて、生徒自らが構築した考えについてまとめ、第1次第3時において使用する発表用資料を作成した。第1次第3時では、発表用資料を基に、各班の代表者が考えを発表し、学級内で意見交換を行った。生徒は、第2次でも同様の過程を経て、化学変化についての理解を深めた。教師は適宜、発表内容を確認したり、生徒が曖昧だとする点について尋ねたりしながら、生徒の論理構築を支援した。全体で意見交換した後は、再度個人で振り返る時間を設け、各自これまでの資料を基に、学習の振り返りを行った。

4. 結果及び考察

本稿では、実施した授業実践のうち、第1次を中心に分析対象として取り上げる。生徒が記入した学習プリントや、授業場面における生徒の発言や教師の発言・発問について図1に示した視点から考察する。なお、本稿やプロトコル中で、教師をT、生徒をCとして表した。C1等の各番号は、同じ生徒による発言であることを示している。分析にあたっては、生徒の思考過程やメタ認知の稼働状況を一貫して捉えるため、同一の生徒（C1）の学習プリントの記述内容に着目し、その質的変容を検討した。

4.1 第1次第1時の学習場面

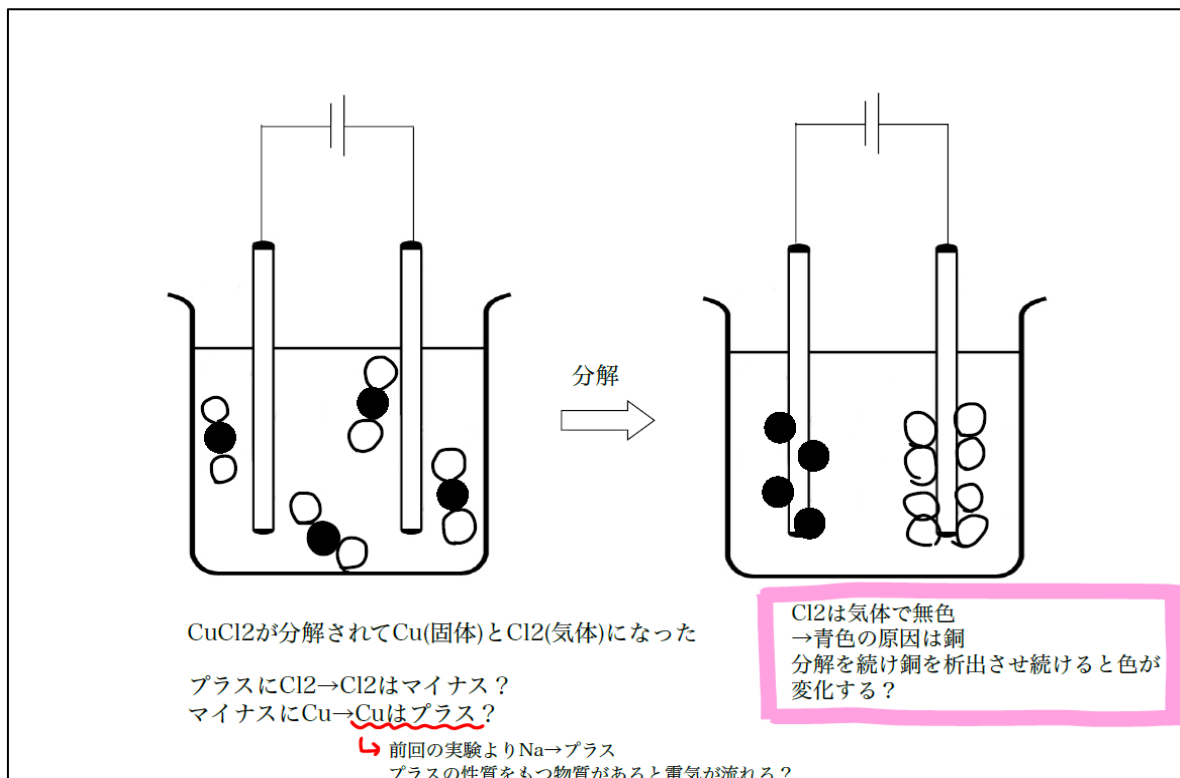


図4：1班で作成された発表資料

の生起である。この中で C1 は、電源を接続した回路を通して、電子がマイナスからプラス方向へ流れることを示した（このとき C1 は、水溶液中でも電子が流れ、電子が循環するような図を示したが、この考えはのちに修正された）。さらに、C1 は塩化銅を粒子で表現しており、原子の構造についても、具体的にモデルで表現していることがわかる。また、原子構造に着目し、「(陽子・電子)の数によって安定・不安定が決まる(図3中「I」)」と記述している。ここでは、原子構造に焦点を当て、既有知識である電子の流れとの関連を図っている。すなわち、ここでは、まず A (内省) から、電流の内実を読み解こうとする目的的内省の過程 b が生じ、C (自己知識) へのアクセスが生じたと考えられる。その上で、「こうした微視的世界を説明するには、原子をモデルで捉え表現するとわかりやすい」という、メタ認知的知識としての「課題に対する知識」が抽出され、D (メタ認知) を機能させながら既有の知識を関連付けた考えの表現に至ったと考えられる (過程 d)。

4. 2 第1次第2時の学習場面

第2時にて、まず生徒らは個人で作成した学習プリントを用いて話し合いを行った。1班の4人は、図4を作

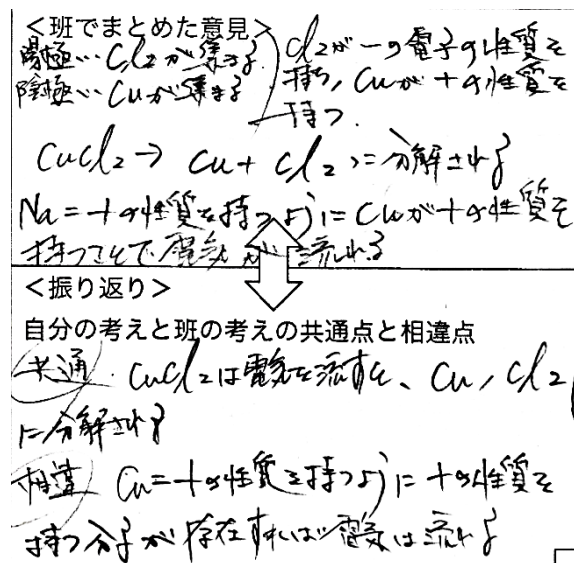


図5：C1が班で話し合いをした後に考えをまとめた学習プリント

成し、C1は個人で図5を作成した。これによって、自己の考えと他者の考えを比較しながら、班の考えを整理する中で、図1におけるA (内省) からC (自己知識) へのアクセス (過程 b) をより強化させたと考えられる。加えて、他者の考えとの比較を通じた自己知識へのアクセスは、次に述べるメタ認知へ向かうメタ認知的知識を抽出するための基盤になったと考えられる。

表3：1班の発表場面

C2	(略) 前回の実験から、Naがプラスなんじゃないかっていう説があって、これでもCuがプラスなので、電気を通すものは全部プラスの性質をもっているんじゃないかっていうことができました。 (略) 液体の色については、析出した銅は赤色だったので、その、分解を続けたら青色が薄くなるとかいうそういう変化が、あるんじゃないかなと思いました。以上です。
T	はい、拍手(拍手) はい、なるほど。特に、いろいろなことが特に面白い班だなと思いますので、え、例えば、じゃ、そうすると、え一つ、この状態でぶかぶか浮かんで、こいつが青い原因になるんじゃないのかと(実験前の塩化銅を示す粒子を囲みながら)。だけど、この辺にくっついちゃったこいつは(実験中の電極に着いた銅原子を囲みながら)これは見るからに赤かったから、赤いんじゃないのかと。同じ銅でも、状況によって色が違うんじゃないかということを1つ立てると。で、もう1個。 (塩素の色について説明：略) 面白いのは、色の違いが、状態の違いなんじゃないのかということですね。銅が怪しいと。例えば、あれ、硫酸銅*って知ってたっけ。硫酸銅なんていう銅の化合物がありますが、あれも青いですね。なので、銅は青いのと関係あるんじゃないかということになります。そういう予想は十分立ちますよね。ただ問題は、いわゆる10円玉の色をしているときと、青い状態のときと何が違うんだらうということですよ。

*硫酸銅水溶液として示しているため、「青い」として説明。

図4のような各班で作成された資料を基に各班の代表者が発表し、これに対して教師が価値付けを行った。その場面の一部を表3および表4にプロトコルで示す。1班は、銅原子がプラスの電気を帯びることや、水溶液の色の変化は、銅に原因があるという点を考えていた。なお教師は、1班が発表する前に、原子が電気を帯びることになるという視点について、表4に示す2班の発表の中で既に価値付けていた。すなわち、2班の発表において、塩化銅(CuCl₂)が銅と塩素に分解する際(この段階では、当然ながら電離の概念は定着していない)、銅がプラスの電気を帯びることで電気が流れるという論理を構築していた。教師はこのような授業展開から、2班の発表内容に加えて、1班の発表内容における「水溶液の色の変化」に着目したことを価値付けたのである。

この場面において、教師は生徒の発言内容について言

表4：2班の発表場面

C3	水に溶けた状態が、CuCl ₂ の状態、電気を流すことによって、CuとClに分かれて。けど、前回の実験で、Cuは電子の流れが関わっていなかったから、Cuが電子を運んでいるわけじゃないって考えて、銅が、銅の原子がプラスの性質をもっているんで、銅の電子が、銅から離れて、プラスになるんじゃないかと思いました。
T	今、へえそうなんだと思ったんですが、塩素原子はあんまり重要じゃないんじゃないかっていうのがひとつですよ。前回ナトリウムだっていう話になって。そうするとまあ、消去法じゃないけど、銅が怪しい。まあ、他の班もね、銅は確かに怪しいと言ってたんだけど、今の班が初めて出した言葉としては、ここですよ。 (ラインを引ながら) 銅の電子が銅から離れる、銅の電子が、離れる。だから、何になるって言った?
C4	プラス。
T	プラスになるんじゃないのっていうところですよ。この電子はどっからくるんだって言われたら、ま、なんとなく、銅がかかっている。ま、今まではあいまいな表現だったんだけど、えー、この班がはっきりと言ったのは、銅から出てくるんだ(囲みながら)。で、それを、しかもその結果、Cuはプラスになる(「→Cuはプラス」を追記)。なるほど。

<クラスでまとめた意見>

- 銅原子...陽極に付いた2e-が+の電気を持つ
- 塩素原子...電気を通す。Cl₂...陽極から-の電気を
- 銅の電子...銅が陽極に付くとCuは+の電気を
- 電気を通す = +の電気を持つ+の塩素は電子を捨て、銅が受け取り...電子の受け渡し・電子と陽子の差 = 不安定に

<振り返り>

自分の考えとクラスの考えの共通点と相違点

← aCl₂ ↔ -のCl₂ (分解) (Cl₂... +の電)

↑ +のCu = 付く ↓

共通点: 銅原子...+の電気を持つ

相違点: 電子、陽子の数の釣り合いにF.7

不安定に変わる

図6：C1が学級内の意見交換をした後の記述

い換え、振り返り、要点をまとめた。さらに、「ただ問題は、いわゆる10円玉の色をしているときと、青い状態のときと何が違うんだらうということですよ」というように、1班が未解決となっている問題を明らかにした。

すべての班の発表を終えた上で、生徒は自己や班でま

とめた意見を比較して振り返り、自分の考えとクラスの考えの共通点と相違点について学習プリントにまとめた。C1が学級において意見交換した後の記述を図6に示す。

において、この実験からわかったことを図7のように記述した。ここでは、C1は既知情報と新情報、また現段階で疑問として残されている課題について整理している。こ

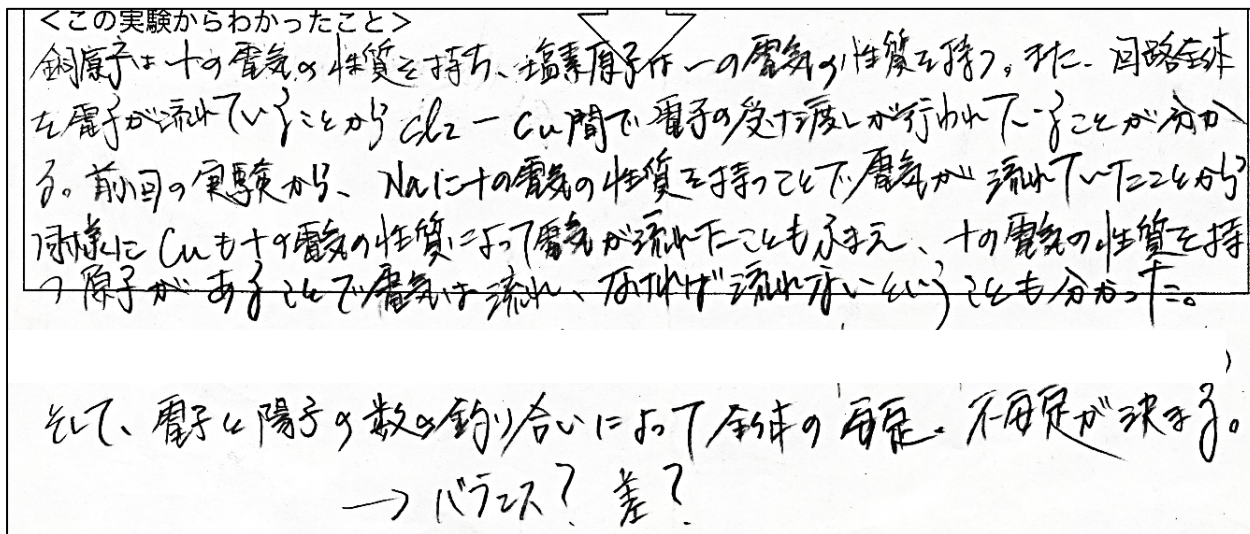


図7：C1がまとめを記述した学習プリント

C1は、自分と学級で話し合われた意見との共通点として、銅原子がプラスの電気を持つこと、塩素原子がマイナスの電気を持つことを挙げている。相違点としては、電子や陽子の数の釣り合いによって、安定、不安定が変わることを挙げているところである。さらに、「マイナス同士だと反発し合う、プラスのCuによってくっつく」という記述が見られる。これは、2班の発表の際に行われた教師の発言による価値付けが、C1の内省過程に影響を与えたことによると考えられる。

ここでC1は、原子内の陽子、電子の数のバランスに注目して記述している。その根拠は、学級内の意見交換において見いだされたものであった。これは、この課題に関して、「陽子と電子の数のバランスで考える必要がある」といった、メタ認知的知識のうち「課題についての知識」が活性化することで、自己の疑問について捉えなおした過程であると解釈できる。

以上から、この学習場面では、図1におけるC（自己知識）からD（メタ認知）へ向かうメタ認知的知識の要素が稼働する過程（過程d）が確認できた。この際、課題に対して適用する必要がある情報にB（意識）が働かなければ、C（自己知識）は抽出されない。すなわち、C（自己知識）がB（意識）の依存する関係性についても捉えることができた（過程c）。

4. 3 第1次第3時の学習場面

第3時において、C1は学習プリントの振り返り場面に

の中で、C1は自己の学習の発展性を捉えており、前回の実験と今回の実験の違いを見いだしていると解釈できる。

このように振り返りの過程において、自己の保持する情報と新情報を関連付けるB（意識）を高めることによって、メタ認知のモニタリングとコントロールの機能が高まっていくと考えられる（過程e）。

4. 4 学習の総括場面（第3次）

図8は、第3次に実施した学習の総括的な振り返りの場面で、C1が総合的に学習のまとめを記述した学習プリントである。この中で、C1は自己が得た情報について順序立てて整理し、その上で現段階における疑問についても記述している。塩化銅（ CuCl_2 ）の電離、および銅イオン、塩化物イオンの電極における電子の授受の様子について粒子モデルを適用しながら具体的に記述している。これまでの図1におけるA（内省）からD（メタ認知）に至る過程を経ることによって、自己の理解を的確に表現することが可能になっていると捉えられる。言い換えれば、E（内観）の成立である。さらに、これは過程f、g、hが成立したことによって表出されたものであると読み取ることができる。なお、過程f、g、hは学習の進行に伴ってその質を高めている。

その際、班やクラスの考えと自己の考えを関連付けながら記述できており、自己の内観を充実させ、より自己の理解を捉えるためには、他者との関わりの重要性が示唆される。C1の学習過程の全体を振り返っても、A（内

表5：理科学習における各要素との関連

	要素の定義	理科学習から捉えた定義
A 内省	自己の理解や考えを省みる過程。	自分なりの考えを、根拠を明確にしながら省みる行為。
B 意識	自己を省みようとする意識。また、自己知識の上に成り立ち、その一部分を焦点化・応用(実用)化する意識。	自然事象について、自己の知識と結びつけて説明しようとする意識。
C 自己知識	問題解決の状況の中で、メタ認知的知識も含有する自己の既有知識。	メタ認知を働かせるために必要なメタ認知的知識も含有する生活経験や学習経験の中で習得した既有知識。
D メタ認知	モニタリングやコントロールする自己の内面での認知活動。	モニタリングやコントロールを行い、それまでに抽出された既有知識と新情報とを関連付ける認知活動。
E 内観	自己の精神状態を集中して、自己を捉える過程。	自己の学習を振り返った結果に基づき、自己の習得した知識や概念について深く捉え、結論などを導く行為。

ように整理できる。

A (内省) は、自己の考えを、根拠を明示しながら記述することなどを要請されることによって生じる、自己の理解を省みる行為である。これによって、学習者は新たな自然事象について捉えようと、既有知識に B (意識) を向ける。ここで、問題を適切に捉えることで、学習者が主体的に問題解決を行おうとする目的的内省が図られる。既有知識に意識が向き、目的的内省が行われることは、C (自己知識) のへのアクセスを強化することと関連付けられる。この過程において、他者と関わりをもつことは、学習者にとって自己知識へのアクセスを促進し、さらにメタ認知へ向かう基盤を整えることにつながる事が示唆された。B (意識) の高まりは、メタ認知の稼働に影響を及ぼす。

学習を総括的に振り返ることによって、学習者がこれまでの過程で習得した知識と、既有知識との関連付けを図りながら、D (メタ認知) の機能が高まる。このような過程を達成することにより、図1におけるメタ認知機能の稼働の過程が成立することが明らかとなった。

本分析においては、授業実践の一部分しか取り扱っておらず、内省とメタ認知に関連する要素の一部の実態しか明らかになっていない。今後、様々な学習場面での分

析を行うことで、より明確な関係性を導出していこうと考えている。

また、内省とメタ認知の関連は、学習過程の中でくり返し起こり得るものであることや、この関係は単純に往還するものではなく、学習の進行の中で他者との関わりによって、その質がより高まりをもつものであることが示唆された。今後は、学習者の内省とメタ認知の関連において、関わりをもつ教師や他者の関係について捉えるとともに、学習の変容に伴うその質の高まりについて検討していきたい。

参考・引用文献

- 1) 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説 理科」1-11.
- 2) 奈須正裕 (2018) 「言語と知識による感情と行動の意識的制御」『理科の教育』通巻 786 号, 日本理科教育学会, 5-8.
- 3) 堀哲夫 (2009) 「認知過程の外化と内化を生かしたメタ認知の育成に関する研究—その1—OPPAによる外化と内化のスパイラル化の理論を中心に—」『山梨大学教育人間科学部紀要』第 11 巻, 12-22.
- 4) 鈴木羽留香 (2015) 「自己評価項目における「内省」プロセスの応用可能性に関する基礎的研究—顕在的メタ認知の誘導と「自己」が未自覚な潜在的メタ認知のデータ収集—」『研究・イノベーション学会第 30 回年次学術大会講演要旨集』研究・イノベーション学会, 992-999.
- 5) 今井靖, 鈴木真理子, 加藤久恵, 永田智子, 箱家勝規, 中原淳 (2003) 「コミュニケーションでのメタ認知を育成するリフレクション活動を取り入れた授業実践と評価—中学校理科授業での事例—」『日本教育工学雑誌』第 27 巻 (Suppl.), 121-124.
- 6) 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, 1-16.
- 7) Flavell J. H. (1981). Cognitive Monitoring, *In Children's Oral Communication Skills*, W. P. Dickson (Ed.), Academic Press, 35-60.
- 8) Tarricone, P. (2011). The Taxonomy of Metacognition, Psychology Press, 43-55.
- 9) Flavell J. H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring, *A New Area of Cognitive Developmental Inquiry*, American Psychologist, 34, 906-911.