

理科における自己調整学習を促進させる指導と評価の一体化

和田一郎*・齊藤徳明**・柳沼優作**

The Integration of Teaching and Assessment to Promote Self-Regulated Learning in Science

WADA Ichiro* , SAITO Noriaki** , YAGINUMA Yusaku**

1. 問題の所在と研究の目的

平成 29 年 7 月告示の小学校学習指導要領(理科編)では, 育成を目指す資質・能力について, ア)「何を理解しているか, 何ができるか(生きて働く「知識・技能」の習得)」、イ)「理解していること・できることをどう使うか(未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成)」、ウ)「どのように社会・世界と関わり, よりよい人生を送るか(学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性等」の涵養)」の三つの柱から再整理された(文部科学省, 2017)。こうした資質・能力の再整理は, 長年, 学校教育の中で育成が目指されてきた「生きる力」の具体化に他ならない。理科においても, 急激な社会構造の変化の中で, 予期せぬ新たな問題に直面し, それを自らが科学的に解決する態度が不可欠である。言い換えれば, これまで以上に自ら学習しようとする力の育成が大切となっているのである。

教育心理学では, 「自ら学習する」ことに対する考え方として「自己調整学習 (self-regulated learning : SRL)」がある。Zimmerman (1989) によれば, 自己調整学習とは「学習者が, メタ認知, 動機づけ, 行動において自己の学習過程に能動的に関与している学習」と定義される。自己調整学習が問題解決に関わる資質・能力の育成にとって非常に重要であるという多くの経験的証拠が示されている (Zimmerman, 1990)。また, いくつかの研究では, 自己調整がより優れた思考・判断・表現活動につながることを示しており, その達成度の高い子どもは高度に自己調整された学習者であることが示されている (例えば, Purdie and Hattie, 1996; Zimmerman and Martinez-Pons, 1986, 1988)。さらに, 教師等の介入による指導と評価によって, 自己調整学習に関する能力を向上させることが明らかになっている (例えば, Masui and Corte, 2005; Schunk and Ertmer, 2000)。

理科教育においても, 自己調整学習の具体化に向けた研究が活発に展開されている。例えば, 益田・松原 (2012) は, 小学生の電流回路作製時に現れる自己調整する能力と自己調整的な適応に関して, 子どもが電流回路作製の情報をどのように選択しながら課題を解決するのか調査し, Zimmerman らの自己調整学習における「自己調整する能力」の発達レベルの視点から検証を行っている。その結果, 子どもは自ら必要な情報を他者に求めたり発信したりしながら, 新しいコミュニティを結成して問題を解決する中で, 自己調整する能力を向上させていくことを明らかにした。また, 和田・熊谷・森本 (2011) は, Nelson, T.O.らのメタ認知理論および Winne, P.H.の提起する自己調整学習モデルを基調に, 学習の協同行為を加味した教授論的視点を構想し, 自己調整学習が課題の明確化, 学習目標の設定, 方策および方略の設定といった過程をメタ認知的モニタリングとコントロールをハブ機

*理科教育講座

**教育学研究科

能として成立していることを明らかとした。さらに、長沼・森本（2015）は、自己調整的な理科学習に取り組むための教授方略として、形成的アセスメントによるフィードバック機能の効果を検証している。フィードバックによる子どもの自律的な問題解決、メタ認知や自己評価の促しが、自己調整的な理科授業を具現化させることを明らかにしている。

このように、理科における自己調整学習の研究では、自己調整に関する能力の具体化やその育成のための教授方略や評価方法の開発などが推進されている。一方、Zimmerman（1989）が指摘するように、自己調整学習の成立には、認知をはじめ、メタ認知、動機づけなどの諸要素が複雑に関係しているため、これらの関係性を考慮した検討は難しい。そのため理科教育においても、こうした諸要素を整理して分析し、指導と評価の一体化を志向した授業デザインに関する研究は十分とはいえない現状にある。そこで、本研究では、化学教育における自己調整学習の成立に関わる諸要素について、メタ認知を基軸に構造化し、それを評価、促進するための視点を提示している Lavi（2018）らの理論に着目した。これを小学校理科の立場から捉え直し、理科授業実践による事例的分析を通じて、自己調整を促進するための評価と指導の一体化の視点を導出することを研究の目的とした。

2. 自己調整学習の構造とそれを促す指導と評価

Zimmerman and Moylan（2009）は、社会的認知論の観点から、自己調整学習のモデルを複数、提案している。図1は、自己調整の段階とその下位過程を示した最新の研究成果に基づくモデルである。自己調整の段階には、予見、遂行および自己内省の3つの段階が存在する。予見段階では、子どもが課題を分析し、目標を設定し、それらに到達する方法を計画し、多くの動機づけの信念がプロセスを活性化し、学習方略の計画に影響を与える。遂行段階では、子どもは実際に課題を遂行しながら、進捗状況をモニタリングし、いくつかのセルフ・コントロールの方略を駆使して、課題を完了するための認識力と意欲を維持する。最後に、自己内省の段階では、子どもは自分がどのように課題を遂行したかを評価し、自分の成功または失敗についての原因を捉えて説明する。

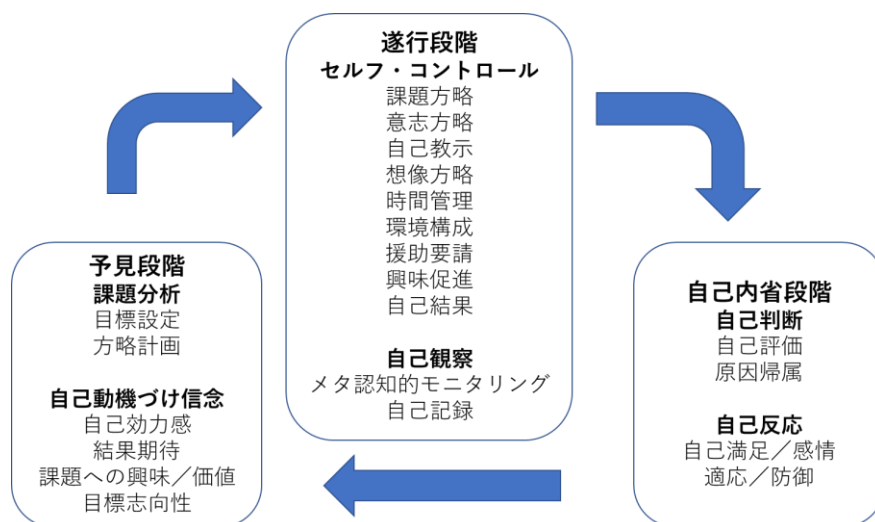


図1 自己調整の段階と下位過程

(Zimmerman and Moylan, 2009 に基づき作成)

このような自己調整学習の過程は、認知、メタ認知、および動機づけの各側面が関連付きながら成立する (Zimmerman, 2011)。Lavi, Shwartz, and Dori (2018) は、こうした指摘を踏まえ、図2に示すようなメタ認知を基軸とした化学教育における、これらの3要素の構造を示した。Ackerman and Goldsmith (2011) は、子ども自身の認知と動機づけを含めたパフォーマンスの認識は、学習過程を的確にモニタリングする能力 (メタ認知) に関連し、最終的に自己の知識構成に影響を与えることを指摘している。したがって、高いレベルのパフォーマンスに対する自己認識は、実際のパフォーマンスに好影響を与えることになる。また、子どものメタ認知が改善されると、学習成果も改善されることが明らかとなっている。このようなことから、教師は子どもがメタ認知を基軸に認知と動機づけを自己認識する様態を評価し、指導方略を構想していくことが、自己調整学習の促進には欠かせない。

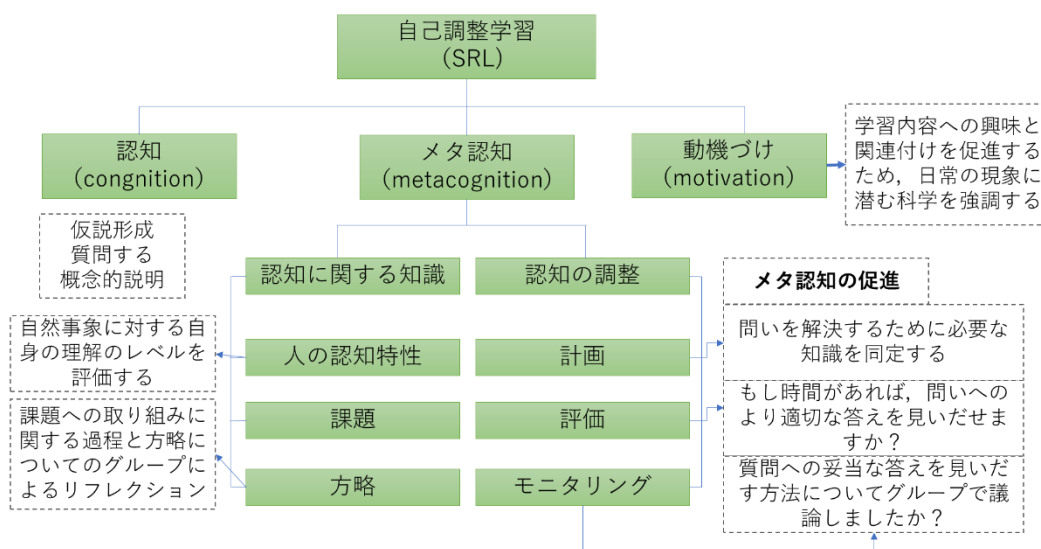


図2 自己調整学習の階層構造
(Lavi, Shwartz, and Dori, 2018 を基に作成)

まず、図2のメタ認知における「認知に関する知識」は、メタ認知の稼働に関わる知識成分としてのメタ認知的知識 (metacognitive knowledge) である。これには、表1に示す3種類の知識が存在する (Flavel, 1979; 和田, 2017)。これらの知識を評価し、必要に応じて教師はこれらの知識が子どもに不足している場合には、それを提示し、活用させることによってメタ認知の稼働を促していく必要がある。

表1 メタ認知的知識の内容

内容	理科における具体例
ア) 人間の認知特性についての知識	「実際に観察、実験した内容は忘れにくい」といった自身の認知特性に関する知識
イ) 課題についての知識	「並列回路の合成抵抗の計算は、直列回路の場合よりも計算を間違いやすい」といった課題の性質が認知に与える影響についての知識
ウ) 課題解決の方略についての知識	「物理の複雑な計算問題では、ディメンジョンのチェックを行うと計算の間違いが減る」といった効果的な方略の使用に関する知識

次に、「認知の調整」はメタ認知の活動成分である。計画では、問題を解決するにあたり子どもが前知識をモニタリングし、問題解決の見通しに関わる思考の計画を意味する。これには、目標の設定、適切な戦略の選択、予測、戦略の順序付け、リソースの割り当てなどが含まれる。これによって、例えば子どもは次のような計画を立てることができる。(a) 活動の目的を明確化する、(b) 観察に関連する化学概念を理解する、(c) 教科書またはオンラインソースを確認して必要な化学概念を検索する、(d) 現象を巨視的なレベルで理解し、(e) 微視的な理解と観察を組み合わせ、(f) 仮説を立てるといったことである。評価は、例えば自己チェック、チェック内容の反映、再評価を通じて、導出した結論の評価の妥当性や代替案の構想などを高めていく。モニタリングには、理解度とパフォーマンスのリアルタイムでの認識が含まれる。子どもは、課題を遂行しながら、時間管理と自分の思考過程の観点から自分の問題解決の進捗をモニタリングする。これによって、自分の計画が実際に機能していることを確認していくことになる。

これら、計画、評価、モニタリングの各要素の機能を促すために、図2では教師の発問例が示されている。さらにLaviらは、こうした認知の調整過程は動的であり、評価が困難であることから、これに関わるメタ認知の活動成分の枠組みの評価を効果的に遂行するため、表2に示すルーブリックの一事例を提案している。ここに示されるような内省を促す発問項目を通じて、子どもが稼働させているメタ認知に関わる認知の調整のレベルを捉えることができる。教師は、このルーブリックに基づきメタ認知を促し、子どもが既習事項や新情報を関連付けながら問題の解決を推進して、科学概念の構成と日常生活との関連付けを深める思考が育成できることを指摘した。

表2 メタ認知における認知の調整レベルを評価するルーブリック例

側面	項目	メタ認知のレベル		
		低	中	高
計画	あなたのグループは、問いに対する結論を見出すための計画がありますか。	私たちは、見通しあるいは仮説を書き出すことを考えました。	私たちの方略は、まず理解した化学概念と、仮説（方略と手順）に基づきます。	私たちは、まずノートとネット、化学と関連する概念を調べ、次に我々一人一人が仮説を形成し、それらを比較して、一つの仮説（方略、手順、リソース）を設定するつもりである。
モニタリング	あなたのグループは、問いに対する結論を見出すために、化学の授業で学習した前知識を活用しましたか。	私たちは、物質の状態の特性に関係すると考えました。	私たちは、主にエネルギー変換に着目しました（科学概念との関連のみならず、前知識を関連付ける）	私たちは、昨年、金属に関する微視的な構造、巨視的な特性を学習し、この現象はエネルギー変換と関連していることを知っている。だから、科学知識と前知識をつなげた仮説を基礎として、2つの概念を適用します。
評価	もし、時間があれば、課題を完遂するための異なった方法がとれましたか。	何らか異なった方法は見出せていない。	私は、もっと金属とそれらの構造に関する前知識を使いたい。そうすることで、仮説の正当性と科学的であることを示したい。	グループワークの形式や段階を変えるつもりである。全員が個別に答えを追究するのではなく、互いの科学的な考えを共有し、グループでの議論を行い、課題遂行、学習過程、学習材などを含む仮説を形成すべきであると考えている。

本研究では、小学校の理科授業について、まずメタ認知を基軸とした自己調整学習の成立過程を図2に基づき分析し、教授的視点の捉え直しを行う。その上で表2を踏まえ、授業の事例的分析を通じて、小学校理科におけるメタ認知に関わる認知の調整過程を評価するルーブリックの導出を試みる。

3. 事例的分析①

3. 1. 調査概要

調査時期：2019年9月～10月

調査対象：横浜市内の公立小学校第5学年（31名）

調査単元：「植物の結実」

分析方法：ワークシート記述、振り返り記述、発話プロトコル

3. 2. 結果および考察

3. 2. 1 第5学年（生命領域）における自己調整学習の構造の実態とその促進

図2に示した自己調整学習の構造の実態に関して、認知やメタ認知、動機づけなどの複数の要素を捉えることになることから、これを明確にするため特定の子ども1名（C2）の変容を事例に分析した。分析対象とした授業は、子どもが「花粉はどのような役割をしているのだろうか」という学習問題に対して予想を行い、クラスで共有した場面である（表3）。

まずC1との対話において、教師は予想の根拠（理由）の重要性を強調した。それを聞いたC2は、花粉が子孫を残す役割があると考えていることに加え、そのように考えた理由は『『人の誕生』の学習経験と同様に、植物に関しても図3のように考えられると思うから』と述べた。この場面においてC2が学習経験と本学習の内容を関連付けて予想しようとする姿は、認知の調整として、モニタリングが機能している場面であったと捉えられる。また、このモニタリングの稼働は、その直前に教師が考えの根拠（理由）の重要性を強調したことが影響していたと考えられる。

さらに、この場面においてC2は植物と動物の関連付けるために、図3に示す描画を用いた説明を試みた（表3）。これは、より分かりやすい説明を志向し、C2がメタ認知的知識として、方略に関する知識を適用した場面であったと捉えられる。このようなC2の方略に関する知識の適用は、教師が「C2の考えは本当にそうなのか？」と復唱したことによって促進されたと考えられる。

その後の予想の振り返り（図4）において、C2は「自分の予想に自信をもっているから」という

表3 予想場面における発話プロトコル

C1	この前、自分、自分の花の子孫を作る役割だと思います。
T	子孫を残す？
C1	うん、だから子ども。
T	子どもね。子孫を残す役割がある。根拠は？
C1	根拠はない。
T	じゃあ、自分の中に根拠となるものを、友達の話聞きながら、はっきりさせていこうか。
C2	えっと、予想はC1さんと同じなんですけど、根拠は、精子と同じ役割をしていると思います。
	中略
C2	花粉の…栄養みたいなの。それで受粉。くっついて、種ができて、それがどんどん人間の赤ちゃんみたいにぼんぼんぼんって大きくなって。
T	花粉の栄養が入って。
C2	お腹。お腹と一緒に。
T	つまり、子房はお腹の役割をしているってこと？
C2	はい。で、(図○)を書いたもん。

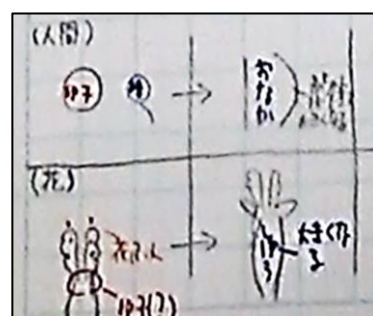


図3 予想場面におけるC2のノート記述

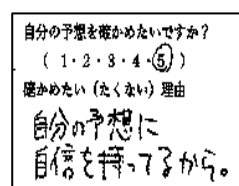


図4 予想場面におけるC2の振り返り

理由で、予想を確かめたいと振り返った。このことから、メタ認知が稼働することによって、自分が予想を有していることを自覚し、それを確かめようとする動機づけも高まったと考えられる。

次に、予想を共有する活動を通して、「花粉には子孫を残す役割がある」ことをクラスで検証していくことになった。検証方法について考えを共有する場面で、教師は C3 の考えの妥当性を吟味させた (表 4)。C2 は、C3 の考えに関して前時のヘチマの花の観察経験に基づき批判し、その改善策を提示した。

この場面は、C2 が C3 の考えに基づきながら、今後の活動がより良くなるように計画をしようとしていると考えられる。このような C2 の計画には、教師が C3 の考えに対して妥当性を吟味させたことが寄与したと考えられる。

その後、おしべを取り除いたアサガオに花粉をつけたものと、つけなかったものを用意し、それらが結実したかを観察する実験を行った。しかしながら、アサガオでの実験はうまく結果を得ることができなかったため、同様の手順でオシロイバナを用いて実験を行った。その結果を基に考察し、共有する活動が行われた (表 5)。C2 は、予想を振り返りながら、「花粉をつけたものは半分以上が結実し、花粉をつけなかったものは半分が枯れてしまった」と結果を分析した。それに対して、教師は半分以上とは結果のどこを見て判断したのかを確認した。C2 はそれを踏まえ、「このことから、花粉の役割は種子を作り、子孫を残すことだと考えられる」と考察した。

この場面において、C2 は、自己の予想を立証するために、実験結果の分析をどのように行ったかを自己評価し、それに基づき考察したと考えられる。こうした自己評価は、教師が C2 の結果の分析過程を振り返らせることによって生じたと考えられる。このような問題解決過程を経て、C2 は自己の予想を立証するために、実験結果を適用して考察を行い、花粉の役割に関する概念的説明を行うことが可能になったと考えられる。

以上の事例的分析から、本授業実践における C2 の自己調整学習の構造、および、その成立に関わる教授行動は図 5 のように整理できる。

表 4 実験計画場面における発話プロトコル

T	各グループで考えてもらったんだけど、全部で 8 つ方法が出てて、本当に (検証) できるかどうか、これで良さそうかっていうのをこれから検討していきたい。
	中略
C3	(アサガオの) つぼみの状態を 2 つ用意して、1 つに袋をかぶせて、1 つは袋をかぶせないようにしてみる。
T	もう 1 つは袋をかぶせない。どうしてそう思ったの?
C3	片方かぶせないのは、自然と花粉がついていくのかなと思って。もう一つは、つぼみの状態からかぶせてるから、花粉がついてることはほぼないんじゃないかな。
T	この方法で大丈夫そう?
C2	100 パーセントつくとは?
T	どういうこと?
C2	普通に袋付けてなくても、花粉がつかなくて落ちちゃう実にならなかったヘチマとかもあったから。
T	何もしないのはまずいんじゃないかと。
C3	すると、より自然にならない。
	中略
C2	両方つぼみの時から袋をかぶせといて、花が咲いたら、両方おしべとる。片方は花粉付けて、片方は、袋。

表 5 考察場面における発話プロトコル

C2	予想は、花粉の役割は種子をつけて子孫を残すだった。結果は、おしべを残したものは、半分以上が実が出ていて、おしべを取ったものは、半分は枯れてしまった。おしべを残したものは、半分以上が実が出ていた。
T	半分以上だよ。5/8 だから。
C2	このことから、花粉の役割は種子を作り、子孫を残すことだと考えられる。
	中略
T	C4 さんはどうなった?
C4	おしべありは、種子になった。おしべなしが種子にならなかった。花粉は種子を残すためにある。

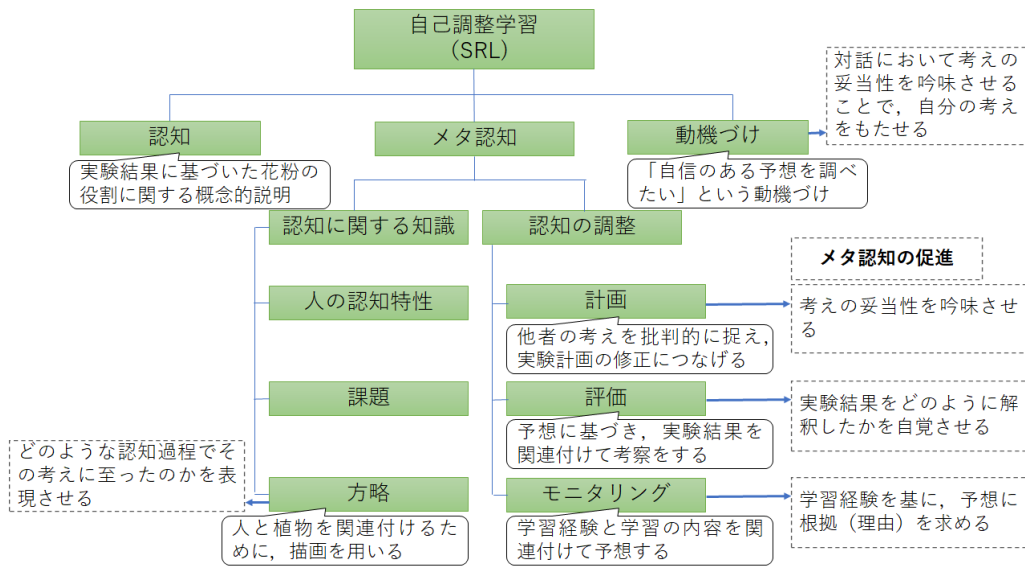


図5 C2の自己調整学習の構造とその成立の促進に関わる教授行動

3. 2. 2 本授業実践における認知の調整レベルを評価するルーブリックの導出

表2に基づき、本授業実践（生命領域）における子どもの表現から、本授業実践における固有の認知の調整レベルを評価するルーブリックの導出を試みる。

まず、モニタリングに関わるメタ認知のレベルについて検討する。予想場面において、C1は花粉が子孫を残す役割があると述べたが、その根拠はないと答えた（表3）。このように考えの根拠や理由をもたないC1のような子どもは、モニタリングの程度が低い状態であると捉えられる。これに対して、C2は『人の誕生』の学習経験を適用しながら、花粉の役割は子孫を残すことであると予想した（表3）。さらに、C2は人の精子と卵子は、植物の花粉とめしべのもとにある卵子のようなもの（胚子）を関連付けて考えることができそうと考えた（図3）。このことから、C2は「生物の子孫の残し方は共通していそうだ」といった理科の見方を働かせ、学習経験と今回の学習内容を体系的に関連付けようとモニタリングが活発に働いている状態であったと考えられる。

以上のC1、C2の事例を踏まえれば、モニタリングが中程度に働く子どもの姿は、予想を有し、それに対して学習経験に基づいた根拠はあるものの、それを適用する理由が十分でない状態であると想定される。例えば、今回の授業では、花粉が子孫を残すことについて生活の中で聞いたことがあるということを根拠に予想する子どもは、どうして花粉が子孫を残すことに関係しているのかについて考えを有していない。換言すると、過去の経験を振り返るモニタリングは働いているものの、それが現在の学習との関連付けが十分ではなかったと考えられる。

次に、計画に関わるメタ認知のレベルについて検討する。実験計画の場面において、C3はアサガオに袋をかぶせたものとかぶせないものを用意し、それを観察することによって花粉の役割を調べようとした（表4）。これに対し、C2はヘチマの観察経験に基づきC3の考えに反論し、改善案を提示した。この場面において、C2は実験の目的である予想の検証のためであることが明確であり、その達成のために他者の考えと自分の考えを関連付けながら、より良い活動を計画しようとしたと考えられる。すなわち、活発な認知の調整が伴った計画が実行された場面であると考えられる。

このようなC3の考えに対するC2の改善案について、C3は「すると、より自然にならない」と答

えた(表4)。このことから、この時にC3は実験の目的である予想の検証が理解できていないと考えられる。言い換えると、認知の調整が伴った計画の程度が低いと考えられる。

以上のC2, C3の事例から、認知の調整としての計画の機能が中程度に働く子どもの姿は、実験の目的が明確であり、自分一人でより良い活動を計画する状態であると想定される。例えば、今回の授業では、予想を検証するための実験を考えようとしているものの、それを自分一人で考えてしまい、考えの妥当性が十分でない子どもがあげられる。そのような子どもは、メタ認知を働かせ、目的を意識しているが、自分の考えを客観視し、計画できている程度が十分でないと考えられる。

最後に、評価に関わるメタ認知のレベルについて検討する。考察場面において、C2は予想を検証するために実験結果に基づき、「花粉をつけたものの半分以上に種子ができ、花粉をつけなかったものの半分は枯れてしまった」と考察した(表5)。このことから、C2は考察の目的を理解し、そのために実験結果を裏付けとして用いながら考察したと捉えられる。これは、認知に対する自己評価が行っている一方で、この考察では言い切れていない点や、どのようにしたらより良い考察になるかを捉えられていないため、中程度のメタ認知レベルであると考えられる。

C4は「おしべありは、種子になった。おしべなしが種子にならなかった。花粉は種子を残すためにある」という考察をした(表5)。このことから、C4は花粉の役割を明らかにするという活動の目的を理解できていると考えられるが、「おしべありは種子になった」というように実験結果のどの部分からそのように考えたのが自覚できておらず、自己評価におけるメタ認知のレベルは低いと考えられる。

これらC2, C4の事例から、認知の調整としての評価のレベルが高い子どもは、何のために、どのように実験結果を解釈したのかを理解した上で、より良い考察にするためにはどのように修正することが適切かを理解できていると想定される。例えば、今回の授業では、「花粉をつけたオシロイバナは5/8が結実し、その割合は6割程度であった。そのため、より正確な結論を得るには今回の実験の〇〇な点を修正して、再検証を行うべきである」というように、自己の認知を俯瞰し、適切な修正案を提示できる子どもは、認知の調整における評価のレベルが高いと考えられる。

以上の分析を踏まえ、本授業実践により導出された認知の調整レベルを評価するルーブリックは表6のように整理できる。

表6 本授業実践により導出された認知の調整レベルを評価するルーブリック

側面	項目	メタ認知のレベル		
		低	中	高
計画	実験計画の妥当性を吟味させる	実験の目的が理解できていない	実験の目的が明確であり、自分一人でより良い活動を計画する	実験の目的が明確であり、そのために他者の考えを捉えた上で取り入れ、より良い活動を計画する
モニタリング	学習経験を基に、予想に根拠(理由)を求める	予想を有しているが、根拠や理由がない	予想を有し、学習経験に基づいた根拠があるが、理由が十分でない	予想を有し、生活経験や学習経験に基づいた明確な根拠がある。また、それらの経験が学習内容と体系的に関連付いている
評価	実験結果をどのように解釈したかを振り返らせる	何のために、どのように実験結果を解釈したかを理解できていない	何のために、どのように実験結果を解釈したかを理解できている	何のために、どのように実験結果を解釈したのかを理解した上で、より良い考察にするためにはどのように修正することが適切かを理解できている

4. 事例的分析②

4. 1 調査概要

調査時期：2020年1月～2月

調査対象：東京都公立小学校第5学年（36名）

調査単元：「電流による磁力」

分析方法：授業記録に基づく発話プロトコル，子どものワークシート記述

4. 2 結果及び考察

4. 2. 1 第5学年（エネルギー領域）における自己調整学習の構造の実態とその促進

本実践では，導入において実験用の電磁石を子ども同士が引っ張り合い，磁力によって実験用の電磁石が外れないことを体験する活動を行った。この体験の後，第3学年で学習した磁石の性質と比較することで，電磁石の性質についての気づきから問題を作り出し，それらを明らかにすることになった。なお，本分析においても特定の子ども1名（C5）の変容を対象とした。

第1次では，電磁石に磁極が存在するのかを問題として扱った。表7は第1次において，電磁石の磁極を確かめる実験方法を立案した場面である。

表7 電磁石の磁極を確かめる実験方法を立案する場面の発話プロトコル

T	班で1つ手元で作業できるようにこちら（実験キット）を作ってもらおうと思うので，これをどうしたらN極S極あるのかなーってのを，まずは班で考えてもらいたいです。いい？N極S極あるのかな，ないのかな。その時に使うものがあれば，これ（実験キット）以外にこういうのを使いますってのがあったり，あとはじゃあどういう状態になったらNなのSなのってかを考えてみてください。
	（中略）
C5	（実際に器具を動かしながら）これが，こうだしたら，回転しても。
C6	回転しても赤で（方位磁針の赤のほう引き寄せられて）。で，こっち（電磁石の逆の端）にすると白がつくから，なんか。
C5	え，でも結局（方位磁針の）赤をNと置いたらこっちがSでこっちがNになる。
T	あー。それなんで？なんでそうなるの？
C5	え，NとSは引き合うから。

この場面では，C5とC6は方位磁針を用いて，電磁石の磁極を確かめることを試みた。この時，教師の「それなんで？なんでそうなるの？」という発問により，C5から「異なった磁極同士が引き合う」という第3学年での既習の科学概念が引き出された。教師が根拠を問うことにより，第3学年の磁石の性質に関する学習内容を対象としたモニタリングが促され，電磁石の磁極を確かめる実験方法に対して，既習の科学概念との関連が形成された場面であったと考えられる。すなわち，根拠を問うことによって，子どもの認知の調整におけるモニタリングの機能が促進されたと考えられる。また，表7で示した場面では，C5が実際に実験器具を操作しながら実験方法を考えている姿が見られた。このことから，C5はメタ認知的知識としての方略についての知識を活用し，具体的な操作を行いながら思考することが可能になっていたと考えられる。

次に表8は，表7にて示した場面の後，最終的に立案した実験方法をクラスで発表した場面である。C5による実験方法の説明から，表7にて示した教師とのやり取りを踏まえ，異なる磁極が引き合うことを考慮して実験方法を立案していることがわかる。また，どのような結果が得られれば電磁石の磁極に関してどのようなことが説明できるのかという，自らが有する予想と結果の見通しを対応付けながら実験を計画していることがわかる。表7で示した実験方法の考案の場面では，予想と結

果の見通しを対応付けて考える必要性を示唆した教師の指示により、C5は自己の予想と既習の科学概念を関連付けた上で、結果の見通しを伴った実験計画の立案が可能になったと考えられる。すなわち、教師の的確な指示が、子どもの認知の調整としての計画の機能を促進させたと考えられる。

また、C5の発表に対する教師の発問により、C5は異なる磁極が引き合う性質を活用して電磁石の磁極を確かめることを考えているものの、方位磁針の磁極については理解が不十分である様子が表出された。教師は発表後、方位磁針の性質について、復習する時間を設けた。これは子どもの理解の実態を評価することで、教師の指導計画の改善へとつながった場面であると言える。

表8 立案した実験方法をクラスに共有する場面の発話プロトコル

C6	これから7班の発表を始めます。7班は、電磁石と方位磁針を使います。
C5	まず方位磁針の、赤と白があるじゃないですか。で、この赤をNとおきましょう。この白をSとおきます。うちの班は（電磁石に）NとSがあるって予想をしているから、この（方位磁針の）赤がもしもここ（電磁石の端）にくっついたとしたら、だとしたらこっちがS極になって、こっち（方位磁針の白い針）がくっついたらSがくっついて（電磁石の端は）N極ということになるから、この実験方法を選びました。
T	NとSを、赤と白におくってどういうこと？
C5	この方位磁針の赤と白をNとSとおくってことです。
T	NとSってどっちでもいいの？
C5	はい。

次に表9で示す場面は、電磁石の磁極を確かめる実験の結果から結論を導出し、クラスで共有した場面である。ここでは、C5はC7の発表した実験結果とそれに基づく結論に関して、結論を導出するには実験結果が不十分である可能性を指摘した。このことから、C5は電磁石の磁極を明らかにするという課題に対して、電磁石の片方の端の磁極のみではなく、両端の磁極を調べることで明らかにすることができるという、メタ認知的知識として「課題についての知識」を有していたと考えられる。

また、この場面では実験結果に基づいて導出した、結論についての評価が行われていた。この時、教師の「分かったことは何だったの？」という問いによって、第1次の問題である電磁石の磁極に対する結論への焦点化が図られた。これにより、導出された結論への評価が促されたと考えられる。すなわち、教師のこうした発問によって、子どもの認知の調整としての評価の機能が促進されたと考えられる。

表9 実験結果から導出された結論を吟味する場面発話プロトコル

C7	スイッチを入れるとN極は電磁石にむいて、だから電磁石がS極ということが分かって、次に電池の向きを逆にしてやったところ、はじめは北を指していたことは変わらずスイッチを入れてもN極の向きは変わらなかったの、電磁石はN極ということが分かったの、だから極がある。
T	ここは電池の向きを変えてやるって方法をやったのね。で、分かったことは何だったの？
C7	わかったことは、電磁石には極がある。
C5	それだけ（の実験結果）だったら、もしかしたら。もしかしたらですよ、最初のやつスイッチを入れて、（電磁石の）どっち側（の端）もNで、NNで、で電池を変えてSSになったっていう。
T	ちょっともう一回言って。
	（中略）
C5	最初にNがくっついたとしても、（電磁石の）どっち側（の端）もSかもしれないじゃないですか。それで電池の向きを変えてNNになったっていうことが考えられる。

最後に、実験結果から結論を導出し、クラスで共有する時間におけるC5の発話が表10である。

方位磁針の磁極についての理解も適切となり、第3学年での学習内容が関連付けられながら、実験を行い、科学的に妥当な結論を導いたことは明らかである。学習の過程において、教師の働きかけによりC5のメタ認知が促されたことと関連して、電磁石の磁極に関する科学的に妥当な概念的説明が果たされたと考えられる。

表 10 電磁石の磁極についてのC5の説明

C5	(方位磁針には) 赤と白の(針) がある。とりあえず、ここ(赤) がN極で、(白) がS極だから、この電磁石に、これ(方位磁針) のN極を近づけるとくっついたので、NはSとくっつくからここがS極と分かり、こっちはSがくっついたので、N極ということが分かりました。なので、電磁石にはN極とS極がある。
----	---

以上を踏まえ、本事例におけるC5のメタ認知を基軸とした自己調整学習の成立過程及び、その過程でメタ認知を促進するための教師の支援を図6にまとめた。

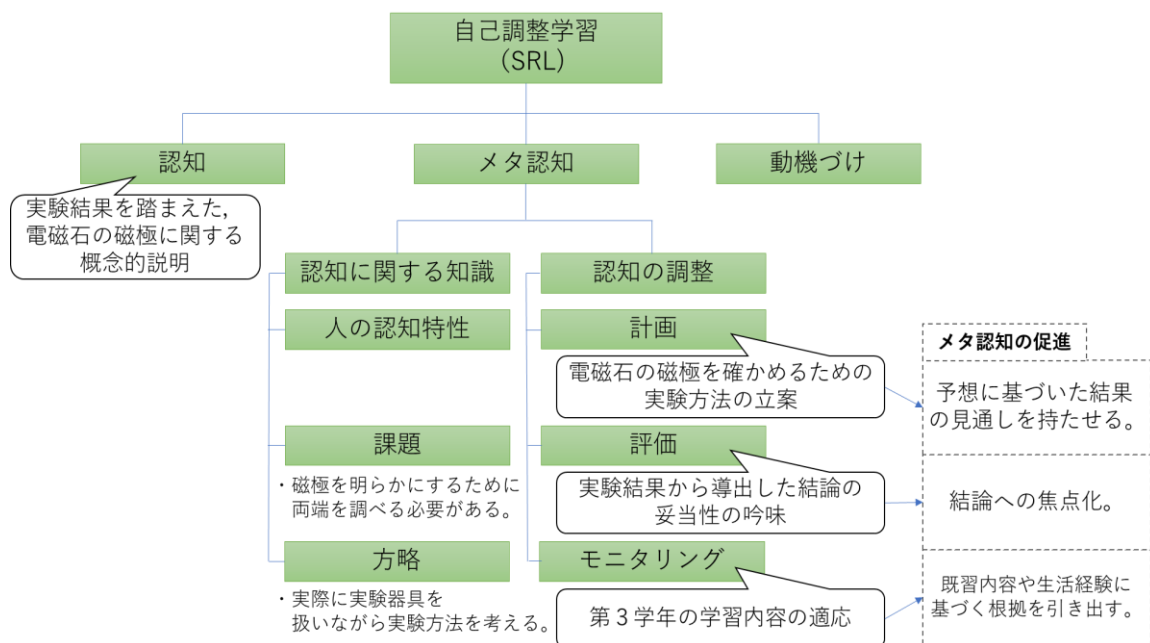


図 6 C5の自己調整学習の構造とその成立の促進に関わる教授行動

4. 2. 2 本授業実践における認知の調整レベルを評価するルーブリックの導出

C5の自己調整学習の成立過程において、教師の支援によってメタ認知における認知の調整の各側面が促進されたことが明らかとなった。ここでは、表2に基づき、本授業実践(エネルギー領域)における固有の認知の調整レベルを評価するルーブリックの導出を試みる。

まず、認知の調整における計画の側面についてである。表7で示した実験方法を考える場面では、教師は予想に対応した結果の見通しを考えさせるための指示を行った。その後、表8の場面では、C5が予想に対応した結果の見通しを伴った実験の計画を立てられている姿が見られたが、方位磁針の磁極については適切に捉えられていない様子であった。これらから、ここでの子どもの認知の調整における計画の側面は、中レベルで機能していたと捉えられる。これが高レベルになると科学概念を適切に関連付け、結果の見通しが伴った実験計画を立案できると考えられる。一方、計画の側面の機能が低レベルの場合には、結果の見通しを伴わない実験計画を構想する姿が想定される。

次に、モニタリングの側面についてである。実験方法を考える際、教師が根拠を問うことによりモニタリングが促進され、第3学年の既習内容が、関連付く姿が見られた。表7におけるC6の発言で

は、磁極を調べるための方法として既習内容である方位磁針による実験を関連付けていた。一方で、その後のC5の発言では異極同士が引き合うという磁石の性質まで捉えた上で、今の学習に対して既習内容を関連付けていた。以上より、この場面での子どものモニタリングの側面は、中レベルで機能していたと考えられる。これが高レベルになると、科学概念を捉えた上での情報の関連付けが可能になると考えられる。また、モニタリング側面が低レベルである場合、既習内容が関連付くものの、その明確な理由を有していない姿が想定される。

最後に評価の側面である。表8において、C7は自らが行った実験の結果を踏まえて電磁石に対する結論を導いていた。また、C7に対するC5の指摘から、C5は実験結果と結論の関連の妥当性を考慮していた。この場面でのC7は、評価の側面が中レベルで機能している状態であったと捉えられる。また、C5のように学習過程を評価した上で、導出された結論の妥当性の吟味を行えている姿は、評価の側面が高レベルで機能している状態であると捉えられる。したがって、この機能が低レベルの場合、これまでの学習過程の評価が不十分となり、結論を見出しはいるものの、それを導出する学習過程の関連付かない姿が想定される。

以上を踏まえ、作成したルーブリックが以下の表11である。

表11 本授業実践により導出された認知の調整レベルを評価するルーブリック

側面	項目	メタ認知のレベル		
		低	中	高
計画	予想に基づいた結果の見通しを持たせる。	実験の計画は立てられているが、予想に対応する結果の見通しは伴っていない。	予想に対応する結果の見通しが伴った実験計画を立てている。	科学概念が関連付いた上で、予想に対応する結果の見通しが伴った実験計画を立てている。
モニタリング	既習内容や生活経験に基づく根拠を引き出す。	既習内容や生活経験を想起し関連付けて考えているが、関連付ける明確な理由を持っていない。	既習内容や生活経験を想起し、明確な理由をもって学習に関連付け、考えている。	既習内容や生活経験を想起し、科学概念を捉えた上で学習に関連付け、考えている。
評価	活動を通じて導出された結論への焦点化する。	結論は導いているものの、学習過程との関連が形成されていない。	これまでの学習過程を踏まえ、結論が導いている。	これまでの学習過程を踏まえ、結論を導いている。また、その妥当性についての吟味を行っている。

5. 研究のまとめ

本研究では、小学校理科における自己調整学習の構造とこれを促す指導と評価の一体化の知見を導出することを目的とした。これに関わり、メタ認知における認知の調整に焦点化した、指導と評価の一体化を促進するためのルーブリックの開発も試みた。結果として、以下の諸点が明らかとなった。

- (1) 認知・メタ認知・動機づけの各要素から、理科における自己調整学習の実態を構造化することが可能となった。
- (2) 見出された自己調整学習の構造と教師の指導事例を対応付けることによって、自己調整学習を促す評価と指導の関連性を具体的に見出すことができた。
- (3) 小学校理科の授業事例の具体的分析を通じて、自己調整学習に関わるメタ認知の活動成分について、指導と評価の一体化を促進するためのルーブリックの事例を考案することができた。

なお、今後は認知・メタ認知・動機づけの関連性をより詳細に捉えるルーブリックの開発によって、自己調整学習の促進に関わる指導と評価の一体化の視点をより具体化する計画である。

参考・引用文献

- Ackerman,R.,& Goldsmith,M. (2011) Metacognitive regulation of text learning: On screen versus on paper, *Journal of Experimental Psychology*, 17(1), 18-32.
- Flavell,J. H. (1979) Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Lavi,R., Shwartz,G., Dori,Y.J. (2019) Metacognition in Chemistry Education: A Literature Review, *Israel Journal of Chemistry*, 59, 583-597
- Masui,C and Corte,E.De. (2005) Learning to reflect and to attribute constructively as basic components of self-regulated learning, *British Journal of Educational Psychology*, 75, 351-372
- 益田裕充, 松原詩歩 (2012) 「小学生の電流回路作製時に現れる自己調整する能力と自己調整的な適応に関する研究」, 『理科教育学研究』, 53(1), 123-132
- 文部科学省 (2017) 『小学校学習指導要領解説 (理科編)』, 東洋館出版社
- 長沼武志, 森本信也 (2015) 「自己調整的な理科学習を進めるためのフィードバック機能に関する研究」, 『理科教育学研究』, 56(1), 33-45
- Purdie,N.,& Hattie, J. (1996) Cultural differences in the use of strategies for self-regulated learning, *American Educational Research Journal*,33(4),845-871
- Schunk,D.H.,& Ertmer,P.A. (2000) Self-Regulation and Academic Learning: Self-Efficacy Enhancing Interventions. In Boekaerts,M.,Pintrich, P. R.& Zeidner, M. (Eds.), *Handbook of Self-Regulation*, 631-649
- 和田一郎, 熊谷あすか, 森本信也 (2011), 「理科における自己調整学習の成立過程の分析とその教授論的展開に関する研究」, 『理科教育学研究』, 52(1), 121-133
- 和田一郎 (2017) 「メタ認知に基づく授業」, 『理科授業をデザインする 理論とその展開 (森本信也編)』, 東洋館出版社, 159-175
- Zimmerman, B. J., and Martinez-Pons, M. (1986) Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning-strategies, *American Educational Research Journal*, 23, 614-628
- Zimmerman, B. J., and Martinez-Pons, M. (1988) Construct validation of a strategy model of student self-regulated learning, *Journal of Educational Psychology*, 80, 284-290
- Zimmerman, B.J. (1989) A social cognitive view of self-regulated academic learning, *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329
- Zimmerman, B. J. (1990) Self-regulated learning and academic achievement: An overview, *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17
- Zimmerman,B.J. and Moylan,A. R. (2009) Self-regulation: where metacognition and motivation intersect, In Hacker,D. J., Dunlosky, J.and Graesser, A. C. (Eds.), *Handbook of Metacognition in Education*, , 299-315
- Zimmerman, B. J. (2011) Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance. In Zimmerman,B. J. & Schunk,D. H. (Eds.), *Educational psychology handbook series. Handbook of self-regulation of learning and performance*, 49-64