

中学校理科・数学科におけるアクティブ・ラーニングの開発と評価（理科編） －考察場面におけるメタ認知的支援を組み込んだ授業実践－

久坂哲也*，平澤傑**，名越利幸・菊地洋一*，小室孝典・佐々木聡也**

*岩手大学教育学部，**岩手大学教育学部附属中学校

（平成30年3月2日受理）

1. はじめに

平成27年8月に中央教育審議会が新学習指導要領改訂の方向性として公表した「論点整理」（文部科学省，2015）において、これからの時代に求められる資質・能力を育成するためには、課題の発見・解決に向けた主体的・協働的な学び（いわゆるアクティブ・ラーニング）が重要であることが指摘された。また、平成28年8月には「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ

（文部科学省，2016）が公表され、アクティブ・ラーニングの視点で「主体的・対話的で深い学び」を実現する必要性が述べられた。その後、平成29年3月に公示された「学習指導要領」（文部科学省，2017）において、アクティブ・ラーニングという用語は全面的に使用されなくなったものの、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を推進することが求められることとなった。

これを受け、各教科等の学習においては「深い学び」の鍵として「見方・考え方」を働かせることが挙げられた。学習指導要領の総則において、「見方・考え方」は、「どのような視点で物事を捉え、どのような考え方で思考していくのか」という教科等ならではの物事を捉える視点や考え方であり、各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなすもの、教科等の学習と社会をつなぐものであるとしている（文部科学省，2017）。

また、理科の学びにおいては自然の事物・現象について、「理科の見方・考え方」を働かせて探究の過程を通して学ぶこと、つまりは従前から重視している科学的探究活動を一層充実させることが大切であると指摘されている（清原，2016）。

そこで、筆者らは科学的探究活動を充実させる

ための手立てとしてメタ認知的支援に着目した。教育や学習におけるメタ認知（metacognition）の重要性は誰もが認めるところであり、もはや自明の理である。理科の学習においても学習者のメタ認知に介入することで学業成績の向上を図った研究が様々行われているが（e.g., Zepeda, Rickey, Ronevich, & Nokes-Malach, 2015），国内外の理科教育におけるメタ認知研究のレビューによると、指導方法などの工夫によってメタ認知的活動を促す研究が多く、メタ認知的知識の側面に焦点を当てた研究事例が少ないことが指摘されている（e.g., Zohar & Barzilai, 2013; 久坂, 2016）。また、メタ認知的なモニタリングやコントロールといったメタ認知的活動の多くは、何らかのメタ認知的知識に基づいて行われていると考えられるが、個人が所有するメタ認知的知識の形成は個人の経験や信念体系を根源とするため、必ずしも正しいとは限らないと言われている（Veenman, 2011）。

したがって、事前に適切なメタ認知的知識を教示することは適切なメタ認知的活動を促し、科学的探究能力を向上させると考えた。久坂ほか（2017）では理科の予想場面に着目し、予想に対するメタ認知的知識を教示することで予想の質が向上したと報告している。そこで、本研究では考察場面に着目することにした。また、アクティブ・ラーニングの視点である「主体的・対話的で深い学び」の実現には、個人が有している科学的知識とメタ認知的知識を活用して他者と協働しながら問題解決することが求められる。そこで、メタ認知的知識を教示する授業に加え、他者との協働を支援するための授業も開発し、その効果について授業実践を通して評価することにした。

2. 方 法

2. 1. 対象者と手続き

対象は国立大学附属中学校第 2 学年の生徒（4 学級計 146 名）であった。各学級に各学習条件を無作為に割り当てた。各群の活動の流れを Table 1 に示す。各群においてははじめに質問紙調査を行った。質問紙調査の所要時間は 10 分程度であった。その後、それぞれの活動を実施した。各活動の詳細を次節以降に記す。なお、活動 1～3 の所要時間はすべて 50 分間であった。

Table 1 各群の活動の流れ

	教示支援群	教示群	支援群	統制群
活動 1	教示授業	教示授業	支援授業	評価問題
活動 2	支援授業	評価問題	評価問題	—
活動 3	評価問題	—	—	—

2. 2. 授業構成と内容

(1) 教示授業

教示授業は、学習者に考察に対するメタ認知的知識を獲得させることを目的として実施した。授業は二部構成とし、前半部は 2017 年 5 月に同対象者に実施した調査結果（平澤・久坂, 2017）をもとに行われた。この調査は、学習者の考察に対するメタ認知的知識の状況を把握するために行われ、学習者に「考察のときに大事なこと」を自由記述で求めて得られた 764 件の記述について計量テキスト分析を用いてコーディングスキーマを生成し、分析を行ったものである。分析の結果、その他を含む 22 種類のメタ認知的知識が得られたが（Figure 1）、メタ認知を促進させるためには先ず個人内の知識のレパートリーを増やすことが必要であるため（Veenman, 2012）、具体事例を示しながら 1 つずつ紹介や解説を行った。

後半部は、考察場面において科学的思考の障害要因と成りうる「確証バイアス」や「社会的証明の原理」などの概念についてクイズやストーリーを交えながら解説を行った。

以上のように、前半部はより良い考察を促すポジティブな要因であり、後半部はより良い考察を

阻害するネガティブな要因である。授業の最後は、この両者を意識しながら思考することの重要性を説き、まとめとした。

順位	カテゴリー	個数	割合
1	実験の結果や内容をもとに考える	97	12.7
2	既習事項や既有知識との関連性	96	12.6
2	新たな発見や疑問を考える	96	12.6
4	理由や根拠を考える	63	8.2
5	自分と他者の意見や考えを比較する	61	8.0
6	課題や予想との関連性	47	6.2
7	日常生活との関連性	43	5.6
8	他の考え方や視点はないか考える	35	4.6
9	他者にもわかりやすいように書く	26	3.4
9	自分が考えたことをすべて書く	26	3.4
11	実験の方法や結果が適切であったか考える	22	2.9
12	実験が成功や失敗した原因や理由を考える	21	2.7
13	図や式で考える	20	2.6
14	物質の性質や他の物質との関連性	18	2.4
15	自分の考えの変化に目を向ける	16	2.1
16	すべての結果や情報に目を向ける	13	1.7
16	現象の変化のようすに目を向ける	13	1.7
16	自分の考えが正しいかも一度考える	13	1.7
19	事実と推測を区別する	11	1.4
20	抽象的に考える	6	0.8
21	具体的に考える	4	0.5
22	その他	17	2.2
		合計	764 100

Figure 1 考察場面のメタ認知的知識の分類
（平澤・久坂, 2017）

(2) 支援授業

支援授業は、協働的な問題解決を促すことを目的として、以下 2 つの観点から授業を構成し、学習プリントを作成して授業を行った。

1 つ目は他者との関係性の観点から伊藤・中谷（2013）を援用し、協働して学び合うためには「互惠性」「対等性」「自発性」の 3 つの関係性が必要であることを解説した。2 つ目は「社会的に共有された学習の調整」(socially shared regulation of learning: SSRL) の観点から、伊藤（2017）を参考に、「I 視点」「We 視点」「You 視点（支援提供と支援要請）」の 3 視点から学びを捉え、協働して問題解決を行うときには、(1) 自分なりの考えをもつこと、(2) 自分と他者の考えを比較したり、関連づけたりすること、(3) 困っている他者がいたら支援すること、(4) 自分が困ったら他者に支援を求めること、の 4 点が大切であることについて具体例を交えながら説明した。

2. 3. 尺度

協働的な学習場面において、問題がわからず困ったり躓いたりしている他者(ピア)を助けたり、あるいは自分で問題解決できずに困窮しているときに先生や友だちに助けを求めたりといった行動が必要とされる。特に後者は「学業的援助要請」と呼ばれている。自分の思考過程や理解状況をメタ認知的にモニタリングしたり、目標の達成可能性を推測したりして自己解決が難しいと判断した際に、他者に援助を要請することは教育的にも意味のある行動である。

学業的援助要請について、瀬尾(2007)は援助要請の質を意図レベルの「問題解決の主体」、行動レベルの「必要性の吟味」と「要請内容」の3観点から規定し、「自律的援助要請」と「依存的援助要請」とに分類している。自律的援助要請とは問題解決に対して主体的な態度であり、解き方のヒントや説明を求める援助要請であるのに対し、依存的援助要請とは問題解決に対して他者依存的な態度であり、すぐに答えを求めようとする援助要請である。また、瀬尾(2007)は中学生と高校生を対象に質問紙調査を行い、中学生では丸暗記・結果重視志向と依存的援助要請には正の関連があること、高校生では丸暗記・結果重視志向と自律

的援助要請には負の関連があること、援助要請の質の発達は中学から高校にかけて依存的援助要請が減少することなどを明らかにしている。

また、藤田(2010)は大学生を対象に質問紙調査を行い、自己調整学習において適応的な学業的援助要請のスタイルが自律的援助要請であることや、自己調整学習方略と学業的援助要請との間には因果関係があることなどを見出している。

このように、学習場面の援助要請は依存的援助要請よりも自律的援助要請の方が教育的に価値があり、望ましい姿であると捉えることができる。

そこで、本研究においても学習者の援助要請の質を捉えることにした。具体的には、瀬尾(2007)の自律的・依存的援助要請尺度を使用して本授業実践における学業的援助要請と評価問題の得点との関連を調査し、本授業実践がそれぞれの援助要請型の学習者に与える影響を分析する。

なお、瀬尾(2007)では要請対象者がすべて「先生」となっているが、本研究では中学生の実際の学習場面を想定し、要請対象者を「先生や友だち」に修正した。項目数は自律的援助要請が7項目、依存的援助要請が4項目であった。回答は「全くあてはまらない」～「とてもあてはまる」の5点法であった。

Table 2 自律的・依存的援助要請尺度の因子分析結果(最尤法・バリマックス回転)

項目内容	F1	F2
F1. 自律的援助要請($\alpha=.83$)		
3. 先生や友だちに質問するとき、しっかりとわかるまで説明してもらおう。	.89	-.01
1. 先生や友だちに説明してもらうときには、答えだけでなく考え方についても教えてもらおう。	.78	.14
6. 先生や友だちに質問するとき、答えよりも、できるだけ自分で解くためのヒントを教えてもらおう。	.67	-.13
4. 先生や友だちに質問するとき、どこがわからないか考えてから質問する。	.64	-.13
2. 自分で考えて、どうしてもわからない場合、先生や友だちに質問する。	.53	.03
7. わからないことがあったとき、自分でいろいろ調べてから先生に質問する。	.49	-.41
5. 質問するときは、自分の考えを先生や友だちに説明する。	.41	-.19
F2. 依存的援助要請($\alpha=.67$)		
1. わからないことがあったとき、自分で調べるよりも、先生や友だちに質問する	-.03	.90
3. わからない問題があったとき、自分で考えるよりも先生や友だちに解いてもらうよう頼む。	-.09	.48
2. もう少し考えたらわかる問題でも、先生や友だちに質問する。	-.23	.46
4. なんとなくわからないときには、すぐに先生や友だちに質問する。	.16	.38
寄与率(%)	27.68	15.16

2. 4. 評価問題

評価問題は、OECD の学習到達度調査 (PISA) の 2006 年の科学的リテラシーに関する問題から「温室効果に関する問題」と「遺伝子組換え作物に関する問題」を改変して使用した。両問題とも小問 2 問で構成し、計 4 問とした。各解答欄には、協働（話し合い活動）前に個人の考えを記述する欄と、協働後に話し合いの内容を踏まえて個人の考えを記述する欄を設けた。なお、採点基準は 4 問とも完全正答を 2 点、部分正答を 1 点、誤答または無回答を 0 点とした。

3. 結 果

3. 1. 自律的・依存的援助要請尺度の分析

はじめに自律的・依存的援助要請尺度について、瀬尾（2007）では下位尺度の因子間相関が $r = -.02$ であったことから無相関であると仮定し、バリマックス回転（最尤法）、抽出因子数を 2 因子として因子分析を行なった。

その結果、第 1 因子が自律的援助要請（因子負荷は.41～.89）、第 2 因子が依存的援助要請（因子負荷は.38～.90）となり、瀬尾（2007）と同じ因子構造となった（Table 2）。

Table 3 各変数の平均値と標準偏差および相関係数

	<i>M</i>	<i>SD</i>	1	2	3
1. 自律的援助要請	4.11	0.70	—	—	—
2. 依存的援助要請	2.57	0.78	-.14	—	—
3. 協働前	59.80	10.15	.12	-.02	—
4. 協働後	61.19	11.40	.11	-.01	.47***

注) 得点平均は角変換後の値、相関係数はピアソンの積率相関を示す。

*** $p < .001$

Table 4 各群の協働前・協働後の得点平均と差の検討

	協働前	協働後	<i>t</i> 値	<i>d</i>
教示支援群	60.06 (8.13)	63.30 (12.30)	1.84 [†]	.31
教 示 群	62.89 (11.00)	63.03 (12.16)	0.07	.01
支 援 群	57.48 (9.90)	57.26 (11.02)	-0.12	.02
統 制 群	58.79 (10.88)	61.24 (9.33)	1.39	.24

注) 得点平均は角変換後の値、() 内の数字は標準偏差を示す。

[†] $p < .10$

Table 5 自律的援助要請型と依存的援助要請型の協働後の得点平均と差の検討

	自律的援助要請型		依存的援助要請型		<i>t</i> 値	<i>d</i>
	<i>N</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>N</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)		
教示支援群	7	68.27 (10.65)	7	63.30 (14.68)	0.73	.39
教 示 群	9	63.21 (13.96)	8	58.05 (12.85)	0.79	.38
支 援 群	11	63.71 (7.70)	9	59.94 (10.34)	0.94	.42
統 制 群	10	62.24 (11.81)	9	53.24 (9.56)	1.81 [†]	.83

注) *N* は抽出されたサンプルサイズを示す。

[†] $p < .10$

次に自律的援助要請と依存的援助要請について、それぞれ平均値と標準偏差、相関係数を算出した (Table 3)。その結果、自律的援助要請の平均値は 4.11、依存的援助要請は 2.57 と全体的に自律的援助要請の傾向が高い集団であることが確認された。また両者の相関係数は $r = -.14$ であった。その後、自律的援助要請と依存的援助要請をそれぞれ従属変数、学習条件を独立変数として一要因分散分析を行なった。その結果、自律的援助要請は $F(3,145)=0.03, n.s., \eta^2=.00$ 、依存的援助要請は $F(3,145)=1.64, n.s., \eta^2=.03$ となり、各学級は学業的援助要請において等質であることが確認された。

3. 2. 評価問題の分析

はじめに評価問題の採点を行ったところ、話し合い活動実施後の個人の考えを記述する欄において、個人の考えではなく話し合いの感想等を記述している生徒が散見された。このように問いの意味を誤解している回答は分析の対象外とした。

次に協働前と協働後の得点について加算平均を算出した。その値について正規性の検定を行ったところ正規性が認められなかったため、正答率について逆正弦変換を行い、変換後の値を分析に使用することにした。全体の記述統計量と相関係数を Table 3 に示す。また、各群の協働前と協働後の平均値の差の検討を行なった結果、効果量は $d=.31$ と小さいが教示支援群のみ協働前から協働後にかけて上昇を示した (Table 4)。

3. 3. 自律的・依存的援助要請尺度と評価問題の得点との関連

本研究における教示や支援といった授業実践が、自律的援助要請型と依存的援助要請型の学習者に与える影響を調べるため、それぞれの学習者を抽出し、評価問題の協働後の値を比較することにした。まず、自律的援助要請と依存的援助要請の尺度得点において、どちらか一方のみが $M+0.5SD$ 以上の値 (全体の上位 25%) を示した学習者を抽出し、それぞれを自律的援助要請型、依存的援助要請型と操作的に定義した。

次に、各群において抽出されたそれぞれの援助要請型の学習者における評価問題の協働後の平均値を算出して差の検討を行った結果、統制群においてのみ自律的援助要請型と依存的援助要請型とで差が確認された (Table 5)。

4. 考 察

本研究では、理科の考察場面において事前にメタ認知的知識の教示を行うことと、他者との協働的な問題解決の支援を行うことの効果について学業的援助要請の質に注目して検討してきた。

まず、評価問題の協働前と協働後の得点を学習条件別に見ると、教示支援群は僅かではあるが上昇していることが確認されたが、教示群、支援群、統制群においては確認されなかった。この結果から、考察場面においてメタ認知的知識の教示のみや協働的な学びの支援のみでは十分な成果が得られないが、適切なメタ認知的知識を教示した上で、その知識を活用して他者と協働するための支援までを組み込んだ授業は、学習者の考察のパフォーマンスを促進させる可能性が示唆された。

また、学業的援助要請の質について自律的援助要請型と依存的援助要請型に分類して比較すると、統制群のみ差が見られ、依存的援助要請型は自律的援助要請型よりも得点が低かったが、その他の学習条件群ではその差が小さかった。つまり、メタ認知的知識の教示や協働支援といった教育介入は、依存的援助要請型の学習者に対してある一定の学習効果をもたらす可能性が示唆された。

ただし、本研究では科学的探究プロセスの考察場面に限定されており、使用課題も 2 種類のみであったため結果の一般化には限界がある。科学的探究活動は、問題の把握、仮説の形成、実験計画の立案、結果の整理や解釈、仮説の評価など複雑な認知活動で構成されているため、それぞれのフェーズにおいて学習者はメタレベルの知識を保有しなければならない (e.g., White, Frederiksen, & Collins, 2009)。したがって今後は、各フェーズをメタレベルで捉えた授業デザインやフェーズ間を関連づけた研究および実践の発展が望まれる。

謝 辞

本研究にご協力いただいた生徒のみなさんに御礼申し上げます。また、データの取得と分析のお手伝いをしてくれた清野樹恵さんと中嶋彩華さん（ともに岩手大学教育学部3年生）に記して感謝いたします。

引用文献

平澤傑・久坂哲也（2017）中学校理科の考察場面におけるメタ認知的知識に関する調査：計量テキスト分析を用いた分類と評価 日本理科教育学会第67回全国大会発表論文集，140.

久坂哲也（2016）我が国の理科教育におけるメタ認知の研究動向 理科教育学研究, 56, 397-408.

久坂哲也・平澤傑（2017）メタ認知的知識を教示した協働的な学びの有用性：予想場面の正答率および確信度判断とその正確性 日本理科教育学会第67回全国大会発表論文集，139.

久坂哲也・中村好則・名越利幸・平澤傑・小室孝典・佐々木聡也・佐々木亘・藤井雅文（2017）中学校理科・数学科におけるアクティブ・ラーニングの開発と評価：メタ認知的支援とCUN課題の活用 岩手大学教育学部プロジェクト推進支援事業教育実践研究論文集，4，22-27.

藤田正（2010）大学生の自己調整学習方略と学業的援助要請との関係 奈良教育大学紀要，59，47-54.

伊藤崇達（2017）学習の自己調整，共調整，社会的に共有された調整と自律的動機づけの連続体との関係 京都教育大学教育実践研究紀要，17，169-177.

伊藤崇達・中谷素之（2013）ピア・ラーニングとは 中谷素之・伊藤崇達（編著）ピア・ラーニング：学びあいの心理学 金子書房，1-10.

清原洋一（2016）理科とアクティブ・ラーニング教育課程研究会（編著）「アクティブ・ラーニング」を考える 東洋館出版社，172-175.

文部科学省（2015）教育課程企画特別部会における論点整理について（報告） Retrieved from http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/

[chukyo3/053/sonota/1361117.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/053/sonota/1361117.htm)

（2018年1月31日）

文部科学省（2016）次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて（報告）

Retrieved from http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm

（2018年1月31日）

文部科学省（2017）中学校学習指導要領 Retrieved from http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/06/21/1384661_5.pdf

（2018年1月31日）

瀬尾美紀子（2007）自律的・依存的援助要請における学習観とつまづき明確化方略の役割：多母集団同時分析による中学・高校生の発達差の検討 教育心理学研究，55，170-183.

Veenman, M. V. J (2011) Learning to self-monitor and self-regulate. In R. E. Mayer, & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction*. New York: Routledge. 197-218.

Veenman, M. V. J (2012) Metacognition in science education: definitions, constituents, and their intricate relation with cognition. In A. Zohar, & Y. J. Dori (Eds.), *Metacognition in Science Education: Trends in Current Research*. New York: Springer. 21-36.

White, B., Frederiksen, J., & Collins, A (2009) The interplay of scientific inquiry and metacognition: More than Marriage of Convenience. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education*. New York: Routledge. 175-205.

Zepeda, C. D., Rickey, J. E., Ronevich, P., & Nokes-Malach (2015) Direct instruction of metacognition benefits adolescent science learning, transfer, and motivation: an in vivo study. *Journal of Educational Psychology*, 107, 954-970.

Zohar, A., & Barzilai, S. (2013) A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49, 121-169.