

中学校理科における科学的思考力を高める指導法 —仮説評価スキーマ学習を用いて、結果と考察を分けて記述することに着目して—

石川直紀¹⁾・山口陽弘²⁾・石川克博²⁾

1) 高崎市立片岡中学校

2) 群馬大学教育学研究科専門職学位課程教職リーダー専攻

Teaching Methods for the Study of Science Which Enhance Junior High School Students' Scientific Thinking : Focusing on Describing Results and Discussion Separately Through Hypothesis Evaluation Schema Learning

Naoki ISHIKAWA¹⁾, Akihiro YAMAGUCHI²⁾, Katsuhiko ISHIKAWA²⁾

1) The Takasaki Kataoka Junior High School

2) Program for Leadership in Education, Professional Degree Course,
Graduate School of Education, Gunma University

キーワード：科学的思考、仮説評価スキーマ、結果と考察

Keywords : Scientific Thinking, Hypothesis Evaluation Schema, Results and Discussion

(2011年10月31日受理)

I 問題

1 科学的思考

平成20年度における学習指導要領改訂の背景として、中学校理科では、「実験の途中過程をもとに考察したり、対象実験を設定する問いなどに課題が見られる。このため、生徒が、観察、実験の具体的操作を通して、科学的な知識や考え方を身につける必要がある。」ことが課題として挙げられた。(国立教育政策研究所, 2005)

従来から、科学的思考力を高めることの取り組みはなされてきている。たとえば、平成10年度版の学習指導要領では、生徒の興味関心を高めることにより、探究心が高まり、目的意識を持って観察・実験をすることで科学的なものを見方ができるようになると考えられてきた。

しかし、実験に対する取り組みや関心は高まったものの科学的思考を高めるためには至らないことが実際には多いようである。たとえば濱保(2010)の一調査の結果であるが、「理科の授業は楽しい」(79%)と答えた生徒のうち「理科の観察や実験は楽しい」(75%)であった。その一方で、同じ「理科の授業は楽しい」(79%)と答えた生徒のうち、「観察や実験の結果から、考えを出し合い、深めていくのが好きである」(45%)と回答する生徒は少ない結果に終わっている。こうしたクロス集計の結果から、生徒の多くは、理科の楽しさを観察、実験に感じてはいるのであるが、そこに留まっており、観察、実験の考察をさらに深めていくことに関心はあまり高くないようである(濱保, 2010)。これは第一著者も各種実習を通じて強く実感する点であり、本稿の強い問題意識である。

2 科学的思考力を高める阻害要因

(1) 学習方法の未習得

現在、中学校理科の授業では、問題解決をもとに観察、実験をして問題を解決する中で思考力を高めていく。いわゆる問題解決型の授業形式である。こうした問題解決型の授業では、自然事象の中で課題を把握し、仮説を生成し、観察、実験を行って結果を出し、結果から考察する。

この一連の学習過程で、科学的思考を身につけることを困難にしている要因があるように思われる。仮説や予想を立てることで、生じた現象において個々の事象の把握、整理を行い、因果関係を想像することが要求される。その一方で、観察、実験を計画する方法を計画するには知識と経験が不可欠である。

さらに、結果の整理やその結果についての考察については、データの整理方法、統計的処理法や経験ばかりではなく、他者とのディスカッション能力や、コミュニケーション能力の必要性があると一般にも言われている（佐藤，2009）。

たとえば、仮説を立てるためには、予備知識が必要であり、観察・実験のためにはそのためのスキルを獲得するための経験が必要である。また、結果や考察をするためには、他との関係から結論に至る過程を見出せるようになるという思考力が必要である。

さらに、理科における科学的概念を獲得するためには、得られた実験結果を自分の持っている仮説と検証する必要があるが、それが生徒には非常に困難であることが多い。

以上の点を概括して何が欠如しているかを述べれば、考察発見に至るプロセスに関する知識構造（スキーマ）の不足からではないだろうか。

(2) 学習者の観察・実験の見通しの忘却

学習者は、観察・実験の目的を忘れていたり、課題に対して自己の考えを持って取り組めなかったりすることが多い。これは、観察・実験の時間が長くなり、観察・実験の目的意識が薄れたからであることが考えられる。

濱保（2010）の指摘にあるように、実験や観察の楽しさに集中をしてしまうことは、生徒の理科への動機づけを高める点でよい点もあるが、その反面、観察・実験への見通しを忘れさせてしまう面もあるだろう。

自分で科学的思考力を身につけるためには、生徒が自分自身で仮説を立て、観察・実験に取り組む必要が

あるのではないだろうか。

このとき、通常の集団型の授業形態では、一部の学習者によって発現されたものを取り上げて授業が展開していくのが普通である。たとえば、教師が、生徒の多様な発言に対して、授業を展開していくことに積極的、またはどちらかといえば行っていると答えた教師は60%半ばに留まっている（国立教育政策所教育課程研究センター，2005）。

実際の授業場面でも、誰かが発言してくれる、誰かがやってくれるのではないかという期待が、生徒にあることが多いようである。観察・実験に対して、生徒自身が自分で頭を使って、多様な見方や考え方を行わずに観察・実験に取り組んでいることが、第一著者の教育実習の経験でも多くあった。

実習中に現場の先生方の意見をお聞きしても、学習時間には限りがあり、時間内に収めること最優先しており、生徒自らが発する多様な意見のもとに観察・実験を行うことができないというのが大半であった。

本研究課題においても、本研究のために別途新しく時間を割いて行うだけの余裕がないことを、強く意識しながら実際の課題研究に取り組んでいった。

(3) 仮説と結果、考察の対応関係

本課題研究に取り組むにあたり、事前に群馬大学の学部生や院生15名を実験協力者として依頼し、第一著者が予備調査として、中学校の理科の授業を行った（なお、第二、第三著者もこれらの予備調査授業に参加受講して、共同で授業構成を考えていった）。

これは中学校第3学年に行われる「細胞の働き」の単元であり、体細胞分裂の授業をした。対象が大学生のため、本来は一度学習した内容である。しかし、中学生の立場に立って（無理に知っていることを、知らないふりなどはしなくてもよい）受講してもらった。

最初に受講者には、細胞内の染色体が分化し、1個の細胞が2個の細胞になることを「細胞分裂」と紹介したり、主として「染色体の様子」を中心として図と、実際の細胞の写真を用いて、知識をパワーポイントなどで教示しながら授業を行った。

その後、課題として、「玉ねぎの根が成長するとき、根のどの部分で細胞分裂が起こっているか」という主発問を提示した。授業の展開は、この主発問から、各自が仮説を生成し、自分の考えをワークシートに記述して発表した。

顕微鏡で玉ねぎの根の先端、真ん中、根元の部分をそれぞれ観察スケッチし、スケッチの後、結果、考察を記述する展開で行った。主発問を提示し、仮説をたてさせたところ、細胞分裂は、「根の先端で起きている」3名、「根全体で起きている」5名、「根元で起きている」7名であった。

本予備実験授業では、全員が仮説を立てる時間を取り、各々の場所で挙手を行い、全員の意見をまとめていった。その後、授業の中で、細胞の染色体を観察し、根の先端部で染色体が多く観察されたと、多くの受講者が記述した。すなわち玉ねぎの根が成長するのは、「根の先端部分」であるという認識には、ほとんどのものが到達した。

その結果、この観察の考察として、根の先端部分で細胞分裂が起きていることになる、という考察ができるようになると期待したが、成長する場所を記述するのみであり、多くの大学生の中でも、観察・実験の結果と考察の意味を考え、記述できる学生は2名のみ留まった。

以上の予備調査の結果から、大学生においても結果と考察の記述が十分できないことが確認された。この理由は、授業の展開にあると考えた。実際の授業展開は、以下の図1のような流れである。



図1 授業の流れ

図1より、予備実験授業を反省すると、仮説と考察の対応関係はあるが、結果に対する考察の関係が不十分であったことが分かった。つまり、結果と考察を区別して記述するためには、結果に対応する再度の問いが必要であると考えた。

3 本研究の目的

以上のように、観察の結果から、自分自身で考察をするという意味での「科学的思考力」を獲得することは大学生（院生）でもなかなか難しいことが明らかになった。本研究では、これを踏まえた上で、中学校学習指導要領に求められる科学的思考力を高める目的のための指導法を模索することにする。

(1) スキーマの構築

本研究では、科学的思考力を身につけさせるために、最初にスキーマをいわば足がかりとして、構築させるということを考えた。そのために、小林（2007）で提唱された、「仮説評価スキーマ」をまず最初に、学習者に教示することを試みた。そのうえで、学習者が、スキーマ構築ができたかどうかを検証した。

実際の授業の中では、「仮説評価スキーマ」にあたる定型文をフラッシュカードや板書で提示し、繰り返し流れをもった定型文を用いて理解できるようにした。小林（2009）では、実践授業が3時間ではスキーマを構築することが出来なかったことが報告されている。

そこで、本研究では第一著者が長期の実習の中で一つの小单元全体である12時間の授業の中で、上記の「仮説評価スキーマ」にあたる定型文を繰り返すことで、スキーマを構築できるのではないかと仮説を立てた。

(2) 単元構成の工夫

学習者が一般に仮説を構築するためには、事前の学習知識や経験が大きいであろう。仮説を生成することは、自分自身の考えを持つことに大きな役割を持っている。

加藤（2009）は、仮説を考える場面では、自分が納得できる仮説を、根拠を明確に持たせ意思表示させることが指導には大切であると述べている。仮説は、いわば自然事象に対して疑問に思ったことへの自分の考えである。つまり、知識や経験を通して考えを表現する場面である。しかし、生徒は、仮説を立てることができない生徒が多いようである。第一著者が行った実習校での生徒のアンケートや、直接話を聞いたところでは、考え方が分からない、何を書いたらいいかわからない、理由が見つからないと答えが返ってくるが多い。

これは、生徒の表現の仕方を身につけさせることや、仮説を考える根拠や知識が十分に与えられないことからくる答えだと考えられる。したがって、生徒が仮説を考えるためには、考え方や考える知識や経験をどのように与えていくかが大事になる。

そこで、通常行われている単元構成の概略を図2に示す。

図2での単元構成では、それぞれで仮説を立てることを行ったとしても、それぞれの授業のつながりを考

<p>授業 F</p> <ul style="list-style-type: none"> ○面を圧す力を圧力と呼ぶ ○圧力は力と体積の関係で求められることを知る。 ○面が大きくなればなるほど圧力は小さくなる。 	<p>授業 G</p> <ul style="list-style-type: none"> ○空気には重さがあること。 ○空気の層が厚くなること、空気圧になる。 ○空気の層が多くなればなるほど、空気の重さが増し、気圧が高くなる。 	<p>授業 H</p> <ul style="list-style-type: none"> ○仮説評価スキーマ学習で、水深が深くなればなるほど水圧が高くなることを見いだす。 ○浮力は、面の上部と下部の圧力差であることを知る。 	<p>授業 I</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ペットボトルを圧すと浮沈子が沈み、離すと浮く仕組みを考える。
--	---	--	--

図2 通常の単元構成

えて作られたものではないため、生徒にとっては知識を活用することがあまりできない。

そこで、本研究では、それぞれの授業のつながり(系統性)を考え、知識や認知構造を活用できるように単元構成をした。そうすることで、学習した内容を活用でき、仮説が立てられると考える。

たとえば、授業F、授業Gで学習したことをもとに

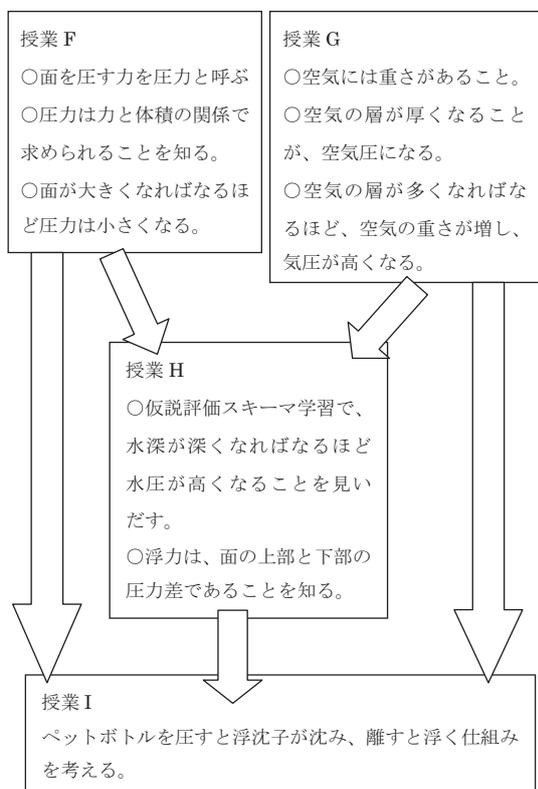


図3 系統を考えた単元構成(力の単元)

して、授業Hでは、仮説を生成することを促す。

また、授業Iでは、授業F、授業G、授業Hで学習したことをもとにして仮説を生成することを促す。

こうした結果、小単元全体を通してみると、仮説の根拠を記述できる生徒が多いと期待する。

仮説を生成するためには、生徒に何を考えさせたいかを事前に明確にする必要がある。生徒が、獲得した知識や認知構造を統一できる場が必要なのである。

本研究の力の単元では、授業Hで、知識や認知構造を統一するようにした。さらに、授業Iでは、授業F、授業G、授業Hを総合し、さらに発展させながら、知識や認知構造を発展させていく。仮説評価スキーマ学習を知識や認知構造を発展させる学習に用いることは有効であると考えられる。

(3) 仮説の整理

小林(2007)においては、問題解決学習を一連の流れとして学習できるようにしている。しかし、仮説の立て方、結果と考察の対応関係についての記述は見られないようである。

生徒にとって、仮説を立てること自体も困難であるが、仮説と考察の対応関係について理解していることがこれまで述べてきたように少ない。そこで、仮説を分類し、仮説と考察、検証と結果の対応関係を明確にすることで、結果と考察の違いを理解して記述できると筆者は考えた。生徒が学習した知識や認知構造を活用した仮説は、実際に検証する場合には、作業することで確認ができ、作業した結果から仮説が確認できる。仮説整理図を以下に示す。

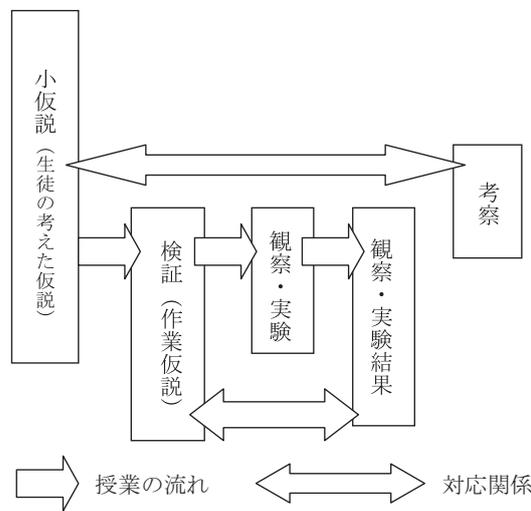


図4 仮説整理図

II 方法

1 実験協力者

群馬県渋川市の中学校第1学年2クラス、合計56名である。実験を含めた教育実習は、平成22年度いっばいを使って第一著者によってなされた。本研究はその中の力の単元を使って行われた。

2 実験計画

小林(2007)の行った仮説評価スキーマ獲得を、実際の授業に適するように①仮説の生成、②検証、③検証の見通し、④観察、実験、⑤結果、⑥考察の6段階に分けるように工夫した。

仮説評価スキーマを学習するために、実際の授業の中で、①～⑥について説明をしながら観察・実験を通して定型文で理解できるようにした。

3 教示内容

本研究で、実際に生徒に教示した方法を以下に示す。仮説の立て方は、自分の考えとして「私は～であると考えている。」、その理由として、「なぜならば、～だからです。」。検証について「仮説を確かめるためには、何を調べればよいのか。」。予測について、「～が分かればよい。」。結果の観察について、検証の予測を確かめると、「～になった。」。結果の解釈について、「～という結果から、仮説の～～がいえる。」以上のような定型文の流れを常に授業の中で繰り返し教示した。

本研究では、仮説は各学習者が考え、授業の中で発表し、一つの仮説について検証することとした。一つの仮説を検証する中で、他の仮説についても触れながら各学習者においても、自分の仮説を同時に検証できるように行った。

III 結果・考察

分析方法：実践授業12時間の前後に、アンケートを実施した。また生徒のノートなどをもとに、授業の前半部と後半部で仮説の記述、観察実験の結果と考察の記述についてできているかどうかの確認を行った。

(1) スキーマ構築について

問題解決の方法が分かった、どちらかといえば分かったと回答する生徒が、授業後では8割を超え、学

習者に一定の獲得がなされたようである。

表1 事前事後での仮説評価スキーマ獲得

	事前(人)	事後(人)
1 分かった	0	10
2 どちらかといえば分かった	10	35
3 どちらかといえば分からない	28	11
4 分からない	18	0

χ^2 検定の結果、 $\chi^2(3) = 49.3$ $p < .01$ で、1%水準で有意であった(なお、この結果および以下のすべての χ^2 検定も、セルの数が不均一で少ないため、フィッシャーの直接確率で確認し、残差分析も行って同様の結果を得ている)。今回の仮説評価スキーマ学習が、一定の成功をしたと考えられる。

(2) 観察・実験を、見通しをもって行えたかについて

「理科の勉強で、観察実験をする前にその結果を予想していますか」の質問で以下の結果が得られた。

表2 見通しをもった観察・実験を行えたか

	事前(人)	事後(人)
1 そうしている	14	23
2 どちらかといえばしている	16	24
3 どちらかといえばしていない	11	9
4 そうしていない	6	0

χ^2 検定の結果 $\chi^2(3) = 9.3$ $p < .05$ で、5%水準で有意であった。知識や認知構造を統合する単元構成の結果が、観察・実験を、見通しを持って行えるようになったと言えるだろう。

(3) 結果と考察を分けて記述することについて

授業の前後のアンケートから、同様に以下の表3に示す。

表3 結果と考察を分けて記述しているか

	事前(人)	事後(人)
1 分かった	2	20
2 どちらかというに分かった	12	25
3 どちらかというに分からない	34	11
4 分からない	8	0

χ^2 検定の結果 $\chi^2(3) = 39.1$ $p < .01$ で、1%水準で有意であった。授業の前後で、観察・実験結果と考察の意味を理解し、それらを分けて記述することについて分かった(どちらかといえば分かったも含む)と答えた生徒は増えている。

また、仮説の生成についての結果も以下の表4に示す。

表4 仮説の生成について分かったどうか

	事前(人)	事後(人)
1 分かった	4	31
2 どちらかといえば分かった	15	23
3 どちらかといえば分からない	34	2
4 分からない	3	0

χ^2 検定の結果 $\chi^2(3) = 54.0$ $p < .01$ で、1%水準で有意であった。仮説の分類を取り入れた本授業を行ったことで、仮説を立てることができるようになったと考えられる。

さらに、生徒のノートの記事から、仮説の生成状況を確認した。仮説と自分の考えの根拠を記述できているノートを仮説が書けていると判断した。

根拠の記事の中で、「なんとなく」や「そんな気がした」などは、根拠とは見なさないことにした。そして、根拠として正解かどうかについては判断せず、自分の根拠を持って書けているものを、記述できたと判断した。その結果を以下の表5に示す。

表5 ノートでの仮説の生成状況

	事前(人)	事後(人)
1 仮説根拠が書ける	11	38
2 仮説は書けるが根拠なし	26	14
3 仮説も根拠もなし	19	4

χ^2 検定の結果 $\chi^2(2) = 28.3$ $p < .01$ で、1%水準で有意であった。仮説とその根拠を記述することができる生徒が多くなったことが分かる。

IV 総括

本実践研究では、仮説評価スキーマを用いて生徒のスキーマを構築し、問題解決ができることを促す授業を行い、それがある程度達成されたと考える。その際に、授業展開の中では、仮説を生成できるような単元構成をし、生徒の仮説の根拠になりうる知識や認知構造を事前に考えることをした。そうすることで、単元の中における系統性が保たれ、生徒の科学的な見方が培われたと考える。

さらに、仮説の分類を教師が意識して行うことで、生徒の中にある観察・実験結果と考察の違いを理解できるようになったと思われる。

本研究では、中学校理科で求められる「科学的思考力」を次のように定義した。すなわち、「自然の事物・

現象から問題を見だし、予想や仮説のもとに観察、実験などを行い、結果を検討し整理して結論として実証的、客観的な過程や概念を持つ力」と定義した。このために、(1)問題解決が行えること、(2)観察・実験が見通しを持って行えること、(3)観察・実験結果から考察が行えるようになることを授業の目標として第一著者が実習の中で行った。

本研究の結果と考察から、学習指導要領で求められる科学的思考力を高める指導法として仮説評価スキーマは一定の有効性があったと言える。

本稿では十分論じられなかったが、上記の仮説評価スキーマを獲得する際に、系統的な学習を教師が意識して、単元構成を行っている。この系統性の意識も、おそらく、生徒のスキーマ構築にとっても有効であったと考える。本研究の提案の一部が、学校現場でも活用されることを望みたい。

V 今後の課題

本実践研究を行うにあたり、以下いくつか問題点もみられたので、反省点としてまとめておく。

本研究における授業の中で、観察・実験を、仮説を確認するための手段として繰り返し多く行ってきた。その観察・実験への意欲や興味・関心が、結果的に阻害されてしまった面があるようである。

具体的には、生徒の観察・実験に対する好き（どちらかといえば好きも含む）という生徒が減ってしまうという問題があった。これは授業前後でアンケート結果に対して検定を行った結果、5%水準で有意であり、観察・実験に対する意欲、動機づけの点として憂慮すべき点であった。

この理由として考えられる点は、今回の受講者が中学校一年であり、それ以前の彼らが経験した小学校においては、実験や観察を定性的に、また強い仮説構築を意識させずに調べることを、多く行っていたようである。

性質を調べ、ただ実験や観察を行うこと自体に主眼が置かれていることが、変化をただ「観察することのみ」につながり、ある意味で遊びの要素に近い。これは一面では否定されるべき事ではないし、小学校理科が遊びをしていると言っているわけではない。児童の素直な好奇心を培い、理科への関心を高める点で意義

があるし、そのような意欲面に対して重点が置かれた授業を彼らが経験してきたということを言いたいのである。

しかし、中学に入ると、定性的な観察から定量的な観察へ、さらに仮説構築や、考察を伴う要素が高まり、様々な意味で難易度が上がっていく。これらが小学校と、大きく中学校理科が異なる点である。こうしたこともあり、観察・実験に対して、小学校と比較して「手強いぞ」「なんだか難しくなった」と学習者が感じて、単純に好きであると答えづらくなかったのではないだろうか。

本研究では、特にこの遊びに近い要素を排除した授業を行っている。すなわち「考えさせる」ことを主眼においた授業を行った点が、全体として観察・実験に対する負担感を生徒に感じさせ、あまり面白くないと感じさせてしまったのではないだろうか。

また、「仮説評価スキーマ」を獲得させ、考えさせる点を重視する授業を行ったため、観察・実験にあてる時間が、通常のものよりも短くなってしまった点も反省点としてある。ほぼ1授業当たり15分程度しか行えなかった。

これらの要素が、学習者に観察・実験があまり好きではないと、単元終了後には感じさせてしまったのではないかと、第一著者は反省している。今後は、楽しい要素がある実験も、うまく単元の中で織り込みたい。もちろん、同時に課題を追求する、考えさせる実験も並行して行うつもりであり、両者をしっかり分けて単元計画を立てて授業を行うことが、必要であると考えている。

さらに、本研究は、中学校第1学年の特定単元(力の単元)にのみ行った点も、仮説評価スキーマの効果を考える際に、検討すべき事項である。他学年にも同様の効果があるのか、未実施の単元で仮説評価スキーマ学習が有効か、有効であったとしても、別単元になったときにも仮説を立てることができかどうかという「転移」の検証を行っていく必要があるだろう。

つまり、理科の授業の中では強力な仮説評価スキーマがなく、もっと自然に観察する方がより習熟に効果的な単元もある可能性がある。

仮説評価スキーマを取り入れた学習については、そ

れが理科教育の中で最善のものであるという視点ではなく、これもまた選択肢の一つであるという立場で、今後も継続して、検討していく必要があるだろう。

参考・引用文献

濱保和治 2010 「考える」学習活動をつくるための工夫 ―授業評価から考察する授業改善の視点 理科の教育59, 239-242

平野公一 2010 実験結果より結論を導き出す手立ての工夫 理科の教育 59, 31-33 東洋館出版社

市川伸一 2008 「教えて考えさせる授業」を創る 図書文化社

板倉聖宣 1977 仮説実験授業のABC 楽しい授業への招待 仮説社

板倉聖宣 1974 仮説実験授業 授業書〈ばねと力〉によるその具体化 仮説社

鍋木良夫 2004 理科を大好きにするラクラク予備知識の与え方 学事出版

加藤尚祐 2009 小学校理科における「思考力・判断力・表現力」の育成とその指導のポイント 理科の教育56, 543-548 東洋館出版社

小林寛子 2007 協同的発見活動における「仮説評価スキーマ」 教示効果 教育心理学研究55, 48-59

小林寛子 2009 「仮説評価スキーマ」教示と協同的活動が科学的な法則や理論の理解と観察・実験スキルの向上に与える影響 教育心理学研究 57, 131-142

小林辰幸 「児童・生徒の疑問を仮説に高めるための新しい指導法」 http://www.juen.ac.jp/scien/kobayashi_base/4QS.htm

国立教育政策所教育課程研究センター 2005 『平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査』 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/0300100000007001.pdf

http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001040020007004.pdf

文部科学省 2008 『中学校学習指導要領解説 理科編』 大日本図書

文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編』 大日本図書

西林克彦 1994 間違いだらけの学習論 新曜社

佐藤勝幸 2009 科学的思考力・判断力・表現力を育てる理科授業 理科の教育58, 539-544 東洋館出版

新版心理学辞典 1980 平凡社

寺崎正人 2010 科学的思考力の効果的な指導の在り方 理科の教育59, 231-238

(本論文は、第一著者の平成23年度群馬大学教職大学院課題研究報告書の主要部分を加筆修正したものである)

