

表現することを通して、考える力をはぐくむ理科授業

—自分の考えを明らかにする活動を大切に—

理科研究会議

吉田 俊一¹

須藤 和照²

大谷 健一郎³

松井 佐千子⁴

要 約

本研究は、子どもの視点から科学概念を構築する理科授業を通して、子どもの「考える力」(科学概念を構築する力)の育成をねらったものである。その際、表現することを通して自分の考えを明らかにする過程に注目し、そのような表現活動を授業の中でどのように位置づけていくか、また、その活動を支える教師の指導・支援がどうあるべきか、授業実践を通して探った。具体的には、子どもが考えを明らかにできる表現活動とそれを支える教師の指導・支援を検討しながら「考える力」の育成を図る授業を構想し、小・中学校3校の児童生徒を対象として実践を行った。そこで子どもが表現した物から実証的・論理的な記述を「考察得点」として得点化し、同時に森藤(1994)の「確信度」の測定法を参考に、自分の考えに対する自信の度合いを得点化した。そして、2つの得点の比較分析を通して子どもの「考える力」の高まりを見取り、表現活動の位置づけや教師の指導・支援の効果について考察した。

分析・考察の結果、表現することで子どもがまず自分の「曖昧な考え」を明らかにし、その曖昧な部分を「確かな考え」として表現し直す活動によって、子どもは自分の考えの変容を自覚し、実感を伴った科学概念の構築に向かうことがわかった。そして、教師の指導・支援の在り方として、子どもの考えと自然事象をつなぐために子どもの思考を活性化させる問いを設定すること、また子ども同士の考えをつなぐために表現し合いながら議論させて考える過程を視覚化すること、さらに子どもの考えと科学の世界をつなぐために「考えるポイント」を明確にすることが、有効であるとわかった。

キーワード： 科学概念の構築 表現活動 考察得点 確信度

目 次

I 主題設定の理由……………66	4 研究の実際Ⅲ……………76
1 はじめに……………66	(中学校2年「大気中の水」から) ……76
2 考えを「表現すること」の意義……………66	III 研究のまとめ……………79
II 研究の内容……………66	1 研究から見えてきたこと……………79
1 研究の方法……………66	2 今後に向けて……………80
2 研究の実際Ⅰ……………69	参考文献……………80
(中学校3年「力と運動」から) ……69	指導助言者……………80
3 研究の実際Ⅱ……………73	研究協力者……………80
(小学校6年「生物と環境」から) ……73	

¹ 川崎市立高津小学校教諭(長期研修員)

² 川崎市立橘小学校教諭(研修員)

³ 川崎市立西高津中学校教諭(研修員)

⁴ 川崎市立井田中学校教諭(研修員)

I 主題設定の理由

1 はじめに

PISA2003 や TIMSS2003¹⁾、平成 15 年度教育課程実施状況調査²⁾ 等の分析結果から、論理的に考える力や表現する力の育成をめざした指導の充実が求められている。また、同じく平成 15 年度教育課程実施状況調査からは、観察・実験に意欲的な子どもが多い反面、「考えること」に対してはあまり意欲的でない子どもの姿が浮かび上がっている。³⁾

このことから、「観察・実験」だけでなく「考えること」に子どもが意欲的に取り組み、その力を伸ばしていける授業をデザインすることは、今日的に意義があると考えた。

2 考えを「表現すること」の意義

森本⁴⁾ (2002)は、「子どもの視点から科学概念を構築する理科授業が行われれば、子どもの学びの意欲が継続するとともに、子ども自らが論理を構築する意味や意義を体得し、論理を構築する力を身につけていく」と主張し、子どもの表現の中にあらわれたその子なりの論理を価値づけ、科学概念へと導く指導の大切さを訴えた。理科授業で子どもに育成すべき「考える力」を「科学概念を構築する力」ととらえたとき、森本のこの主張は、理科授業の中で子どもが自分の考えを「表現すること」が、子どもの「考える力」を育成する上で重視すべき活動であることを意味する。

そこで、自然の事物・事象に対する自分なりの考えを、多様な方法（言葉や絵、図など）を用いて子どもが表現する活動を授業の中で位置づけることができれば、子どもは自分がその時点で何を考えているのかを自覚でき、問題解決の見通しをもちながら、「考える力」を身につけることができるのではないかと考えた。

これらのことを踏まえ、本研究では、子どもが表現することを通して自分の考えを明らかにする活動を、理科授業の中にどのように位置づけていくかを探った。そして、そのような活動における教師の指導・支援がどうあるべきかを検討し、子どもの「考える力」の育成をめざした。このような目的のもと、次のように研究主題及び副主題を設定した。

研究主題

表現することを通して、考える力をはぐくむ理科授業
～自分の考えを明らかにする活動を大切に～

II 研究の内容

1 研究の方法

(1) 研究構想

①文献や先行研究の調査（4～6月）

研究主題に基づき、〈図 1〉の研究構想図に沿って先行研究の調査を行い、研究の方向性を確認した。

¹⁾ 文部科学省『PISA2003(科学的リテラシー)及びTIMSS2003(理科)結果の分析と改善の方向』2005年

²⁾ 国立教育政策研究所『平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要』2005年 pp.66-67

³⁾ 国立教育政策研究所『平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査 質問紙集計結果—理科—』2005年 p.19・p.22

⁴⁾ 森本信也『論理を構築する子どもと理科授業』東洋館出版 2002年 pp.12-17

②研究授業の実施（5～12月）

○授業構想立案（5～11月）

- ・つきたい「考える力」の分析・整理
- ・考えを明らかにできる表現活動の検討
- ・教師の指導・支援の検討

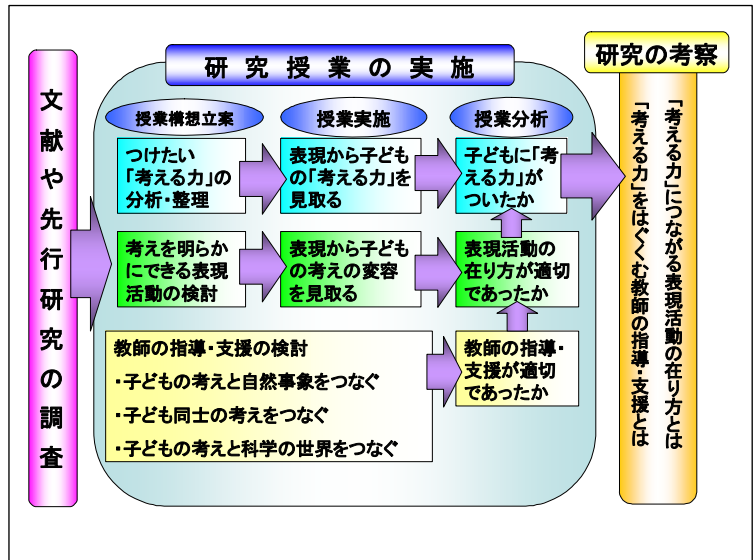
○授業実施（6～11月）

- ・子どもの考えの変容の見取り
- ・子どもの「考える力」の見取り

○授業分析（7月～12月）

授業ごとに次の視点で協議した。

- ・教師の指導・支援の在り方の検討
- ・表現活動の在り方の検討
- ・子どもについて「考える力」の検討



<図1>研究構想図

③研究の考察（12月～1月）

研究授業全体を通して見えてきたことを次の視点で考察した。

- ・「考える力」につながる表現活動の在り方
- ・「考える力」をはぐくむ教師の指導・支援の在り方

(2) 研究対象

川崎市内の公立小・中学校の児童生徒（小学6年生、中学2年生、中学3年生）を対象とした。

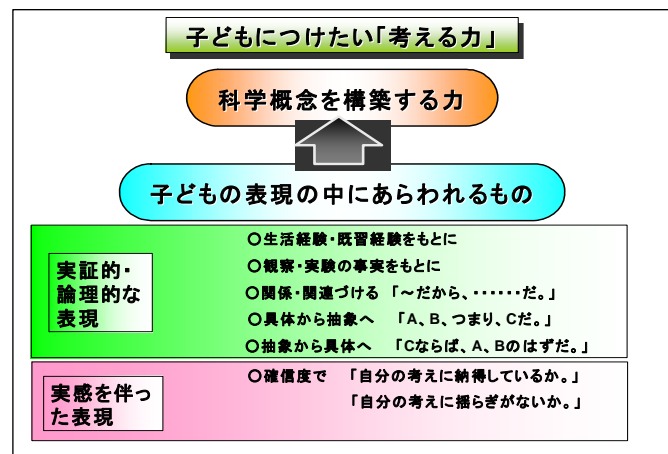
(3) 単元選定と実施時期

中学校3年「力と運動」（6月）、小学校6年「生物と環境」（7月）、中学校2年「大気中の水」（10月）で研究授業を行った。単元の選定に当たっては、それぞれの学校の学習進度に合わせてあるため、単元内容に関して小・中の関連性等はない。

(4) 授業構想立案の方法

①子どもにつきたい「考える力」の分析・整理

本研究における「考える力」とは、「科学概念を構築する力」を指す。子どもはある自然事象と出会ったとき、その現象を読み取って解釈し、様々な方法で表現しながらその意味を説明しようとする（あるいは説明できないことに気づき疑問をもつ）。本研究では「考える力」がその表現の中にあられると考えた。具体的には、〈図2〉のように「実証的・論理的な表現」と「実感を伴った表現」の2つの側面から子どもの表現を分析し、「考える力」を見取った。



<図2>子どもにつきたい「考える力」

○子どもの「実証的・論理的な表現」の分析

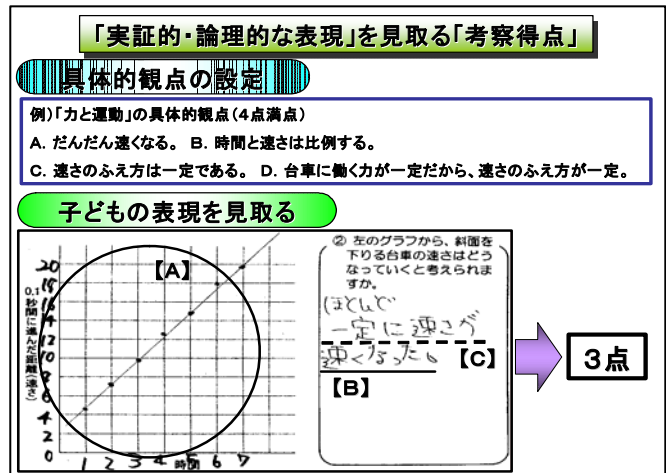
まず、単元全体を通してつきたい「考える力」を設定し、それに基づいた具体的観点を整理した。そして、子どもの表現物とその具体的観点と照らし合わせながら分析し、表現の中に見られた実証的・論理的な記述を得点化した（〈図3〉以後考察得点と呼ぶ）。これを子どもの「考える力」のあらわれ

ととらえた。単元ごとの具体的観点の設定と分析は、客観性と妥当性をもたせるため、研修員4名で検討しながら行った。

○子どもの「実感を伴った表現」の分析

子どもの考えがどの程度実感を伴っているかを判断するために、自分の考えに対する自信の度合いを「絶対自信あり」「かなり自信あり」「自信あり」「あまり自信なし」「全く自信なし」

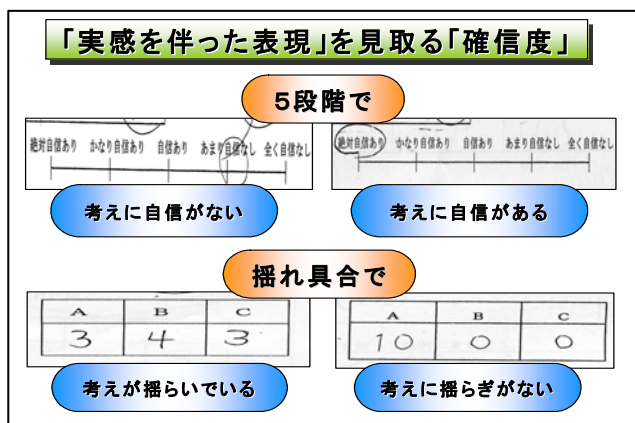
の5段階で自己評価させ、それぞれ5～1点と得点化した(〈図4〉上の部分)。これは、森藤(1994)⁵⁾の「確信度」の測定法を参考にしたも



〈図3〉「考察得点」の見取り例

のである。「確信度」とは、獲得した知識の生態学的地位を、適用したアイデアに対する学習者のコミットメントの度合い(自信の度合い)としてとらえ、測定する方法のことである。これは、学習者の

認知構造の中には自然界の生態系種と同じように「繁栄している考え」から「絶滅寸前の考え」までがあり、学習者がその考えにどの程度納得しているかが、その生態学的地位を決定する基準であるという「概念生態系」の考え方に基づいている。また、単元によっては複数の考えに対して、どの考えをどの程度支持しているか、10点の持ち点を振り分けて自己評価する方法で、自分の考えの「揺れ具合」を表現させた(〈図4〉下の部分)。

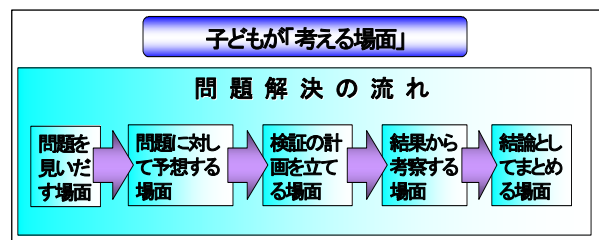


〈図4〉確信度の表現例

「考える力」の確かさは、自分が構築した考えにどの程度納得しているかにあられるといえる。したがって、自分の考えに対する自信の度合いや揺れ具合を表現することは、子どもにとっては自分の考えの確かさを自覚する方法となり、教師にとっては「考える力」のあらわれを見取る手段になると考えた。

②考えを明らかにできる表現活動の検討

理科授業において科学概念を構築するためには、「問題を見いだす場面」「問題に対して予想する場面」「検証の計画を立てる場面」「結果から考察する場面」「結論としてまとめる場面」というように、問題解決の様々なステップにおける「考える場面」



〈図5〉子どもが「考える場面」

〈図5〉が必要である。そこで、単元ごとに複数回

の「考える場面」を設定し、その場面ごとに表現活動を位置づけて子どもの考えを明らかにさせた。表現方法は、学習内容や子どもの実態を考慮しながら教師が設定した。そして、授業の中で子どもが表現した物を手掛かりにして、まず教師の設定した表現方法が学習内容や子どもの実態に適していたか分析した。そして、設定した表現活動が子どもの「考える力」の育成にどのような効果を及ぼした

⁵⁾ 森藤義孝『力と運動に関する学習者の理解の実態—概念生態系を基礎として—』

のかを、「考える場面」ごとに検証した。

③考える活動を支える教師の指導・支援の検討

子どもの表現活動が、自分の考えを明らかにし、「考える力」を身につけていく手段となるためには、教師の指導・支援が不可欠である。そこで、授業ごとに次の3つの視点で教師の指導・支援の在り方を検討し、それが「考える力」の育成にどのように寄与していたかを、子どもの表現した物を手掛かりにして考察した。

○子どもの考えと自然事象をつなぐ

子どもが自然の事物・現象と出会ったとき、何がわかっていて何がわからないのか、問題点を明らかにするための指導・支援である。これによって、子どもは追究の必然性、すなわち「考える意欲」をもち、意欲的に追究活動に臨むことができると考えた。

○子ども同士の考えをつなぐ

子ども一人一人の学びを、他者と関わり、関係づけることによって共有できるものとし、確かなものにするための指導・支援である。これによって、「子どもは個人的に構築した考えを、他者から新たな視点をもらうことで、拡大・修正する」⁶⁾ ことができると考えた。

○子どもの考えと科学の世界をつなぐ

子どもの学びの成果を、子ども自身が表現したものを通して科学の世界へと導くための指導・支援である。これは、子どもの「表現にあるものをいかに教師が科学の世界へ翻訳することができるか」⁷⁾ ということであり、これにより、子どもが改めて自らの学びを自覚し、達成感を味わえると考えた。

(5) 授業実施の方法

学級担任、教科担当である研修員が日常の時間割の中で授業を行った。各時間に観察者（長期研修員）を置き、ビデオカメラで授業記録を撮りながら授業を実施した。授業後は授業者と観察者とで振り返りを行い、子どもの表現した物やビデオ記録を視聴しながら授業を分析し、次の指導に役立てた。

(6) 授業分析の方法

①子どもに「考える力」がついたかを分析する

単元ごとに設定した複数回の表現活動の中で、子どもが表現した物を分析した。具体的には、子どもの表現を「考察得点」「確信度」として得点化・数量化し、「考える場面」ごとに両得点がどのように推移したかを分析した。分析は、個人の変容とともに学習集団全体の変容も追った。

②表現活動の在り方が適切であったかを分析する

子どもが表現した物を手掛かりにして、まず、教師の設定した表現方法が学習内容や子どもの実態に適したものであったか考察した。そして、「予想する場面」「考察する場面」などの「考える場面」ごとに設定した表現活動が子どもの「考える力」の育成にどのような効果を及ぼしたかを分析した。

③教師の指導・支援が適切であったか分析する

「考える場面」ごとに設定した表現活動における教師の具体的な指導・支援が、「考える力」の育成にどのように寄与していたか、子どもの表現した物を手掛かりにして分析した。

2 研究の実際 I (中学校 3 年「力と運動」から)

(1) 授業構想

中学校 3 年生 (5 学級のうち 2 学級 65 名) を対象に授業を実施した。授業の概要と時間配当は、

⁶⁾ 前掲書⁴⁾ 2005 年 p.68

⁷⁾ 森本信也『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』東洋館出版社 1999 年 pp.23-24

①作用・反作用（1時間）②斜面を下りる物体の運動（3時間）③等速直線運動（1時間）とした。今回は、その中の「斜面を下りる物体の運動」を中心に検証を行い、〈表1〉のような展開で子どもの考えの変容を追った。

〈表1〉「斜面を下りる物体の運動」授業展開と教師の指導・支援

場面	ねらい	活動内容	表現方法	教師の指導・支援
予想	・自分の考えの曖昧な部分を明らかにし、追究の必然性をもつ。	・自転車が坂道を下りときの速さの変化を予想する。	・文章化・グラフ化 ・確信度	【子どもの考えと自然事象をつなぐ】 ・身近な現象から規則性を予想させ、グラフに表現させる。
実験	・予想の検証に必要なデータを集める。	・力学台車と記録タイマーを使って検証実験を行う。	・紙テープを貼りつけてグラフ化	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・4人程度のグループで実験させる。
考察	・実験結果と実際の現象を結びつけ、運動の規則性を考察する。	・結果をもとに、実験グループで議論しながら考察する。	・文章化・グラフ化 ・確信度	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・グループで議論しながら、考察させる。 ・グラフと実際の現象を結びつけさせる。
まとめ	・他者の考えを参考に自分の考えを修正・強化し、確かなものにする。	・斜面を下りる物体の運動の規則性をまとめる。 ・加速度を2倍にする方法を考える	・文章化 ・確信度	【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・他者の考えと自分の考えを比較させ、運動の規則性を解釈し直させる。

①子どもにつけたい「考える力」の分析・整理

「斜面を下りる物体にはたらく力の大きさと速さのふえ方とを関連づけて考える力」を育成することとし、具体的観点を設定した。それをもとに子どもの記述を得点化し、「考える力」のあらわれとした。

◇子どもの「考える力」を見取る具体的観点（4点満点）

- A) だんだん速くなる。 B) 速さと時間は比例する。
C) 速さのふえ方は一定である。 D) 台車にはたらく力が一定だから、速さのふえ方も一定である。

②考えを明らかにできる表現活動の検討

○文章化とグラフ化で、運動の規則性を実証的・論理的にとらえさせる

ある現象を数値化してグラフ化し、そのグラフの意味を解釈して言葉で説明することは、現象を科学の世界に翻訳する行為であり、子どもの「考える力」そのものであるといえる。そこで、この実践では実験データのグラフ化とその解釈を重視すべき表現活動としてとらえた。まず、予想の場面から子どもが考えをグラフに表現する活動を取り入れ、自分の考えの曖昧さを明らかにできるようにした。そして、検証実験を行った後、考察の段階でもう一度グラフ化と文章化をすることによって、子どもが自分の考えを表現し直し、運動の規則性を見いだせるようにした。

③考える活動を支える教師の指導・支援

○子どもの考えと自然事象をつなぐ

斜面を下りる物体の運動が具体的にイメージできるよう、自転車で坂道を下りたときの運動を想起させた。さらに、グラフ化して予想する活動で考えの曖昧さを自覚させ、追究の必然性をもたせた。

○子ども同士の考えをつなぐ

実験の考察を4人程度のグループで行わせた。その際、グループで1枚記録テープを貼ってグラフを作成し、それをもとに議論をすることで、グラフの意味を解釈させた。

○子どもの考えと科学の世界をつなぐ

各実験グループの考察をプリントにして、子ども同士で読み合わせた。そして、それを参考に考え

を表現し直させた。これにより、子どもが考えを修正・強化し、より確かな考えにできるようにした。

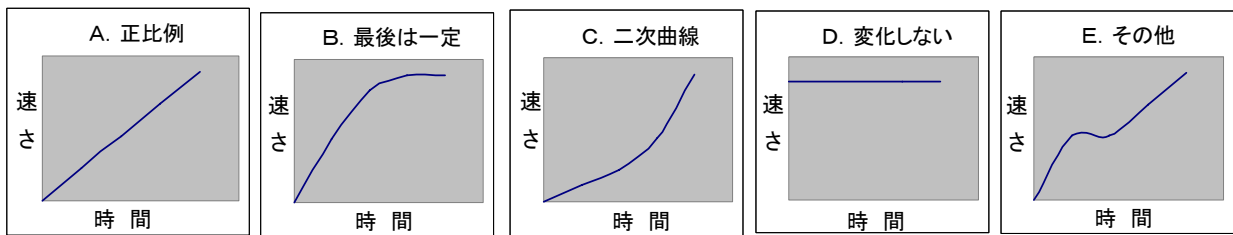
(2) 授業の実際

①子どもの表現から「考える力」を見取る

○グラフによる表現から、子どもの考えの曖昧さを見取る

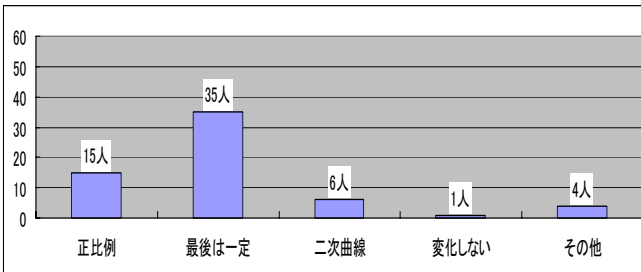
「自転車で坂道を下りたとき、速度はどのように変化するか？」という問いに対しては、ほとんどの子どもが「だんだん速くなる」と予想した。しかし同じ「速くなる」でも、速さの変化の仕方をグラフで表現させると、一人一人の子どものイメージが違ってくる(図6)。この点が、考えの曖昧な部分であり、追究のポイントであると子どもは明らかにすることができた。

自転車で坂道を下りた経験はほとんどの子どもがもっており、問いに対するイメージはしやすかったようである。AやCの予想は、自転車の速度が次第にふえていくイメージを表現できている。

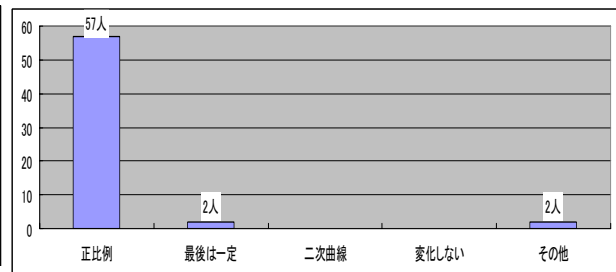


<図6>「自転車で坂道を下りた時の速度の変化」子どもから出た予想パターン

しかし、D、Eについては、自分もったイメージをグラフに表現しきれなかったと考えられる。(図7)にもあるように、一番多かった予想はBであった。「速さにはいつか限界がくるはずだ」という漠然としたイメージが、多くの子どもの中にあつたと推察される。



<図7>予想場面での子どもの考えと支持者数 (n=61)



<図8>考察場面での子どもの考えと支持者数 (n=61)

グラフによる予想のパターンが数多く出たために、追究の必然性が生まれ、子どもの「考える意欲」は増したようであった。実験は力学台車と記録タイマーを使って行い、記録テープを貼って作成したグラフをもとにグループごとに議論をさせ、グラフの意味を解釈させた。これによりほとんどの子どもが、斜面を下りる物体の速度のふえ方は、正比例のグラフに表されるという考えをもつに至った(図8)。

○表現し直したのから、子どもの実証的・論理的な記述を見取る

まとめの場面では、各グループの考えを印刷したプリントを配付し、これを参考に子どもにもう一度自分の考えを表現し直させた。

② 左のグラフから、斜面を下りる台車の速さはどうなっていくと考えられますか。
時間が経つにつれて、だんだんと速くなっていく。

この考察に
【絶対自信あり・かなり自信あり・自信あり・あまり自信なし・全く自信なし】
なぜこのような自信になったのですか？
実際の時間では、やっぱり違うから、これは風になる分だからじゃない。

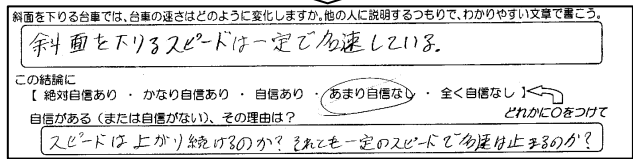
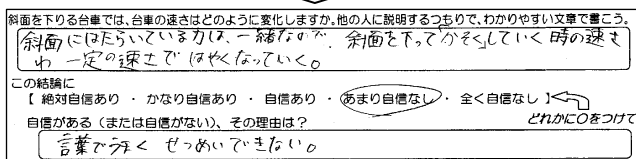
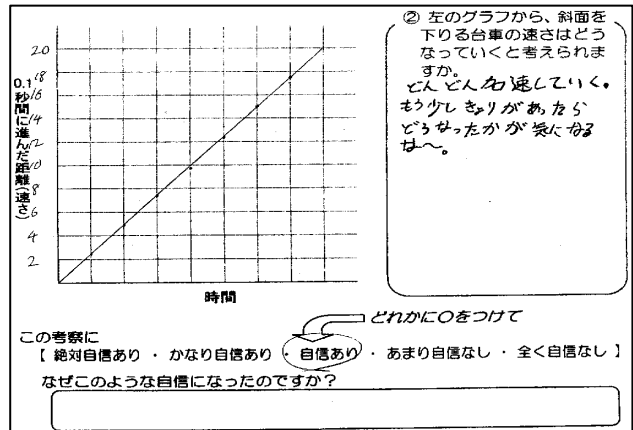
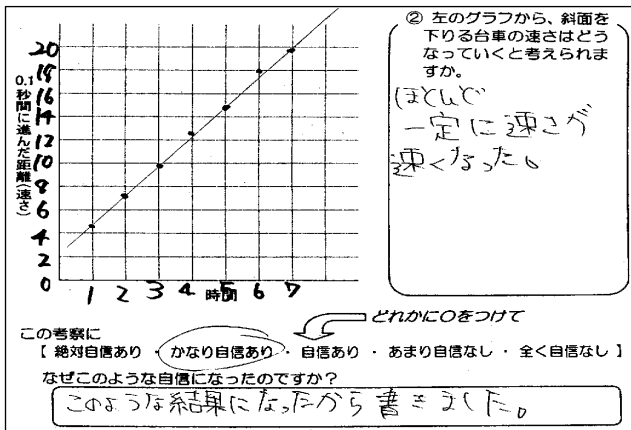
斜面を下りる台車では、台車の速さはどうにも変化しますが、他の人に説明するつもりで、わかりやすい文章で書こう。
台車に慣れか力は一緒だから、一定のスピードで加速している

この結論に
【絶対自信あり・かなり自信あり・自信あり・あまり自信なし・全く自信なし】
自信がある(または自信がない)、その理由は？
【他の人(3番の人)のやつも見て、間違いにそうだなあ〜と気づいたから。】

<図9>自分の考えを修正できた子ども(生徒A)

実験後の考察の場面でグラフ化につまずいた生徒Aは、まとめの場面でプリントにあった友達の考えを参考に、自分の考えを修正することができた（図9）。グループ内だけでなく、より多くの人の考えを知ることによって、自分の考えを修正・強化するプロセスの大切さが確認されたといえよう。

一方で、より多くの考えを知ることができたにも関わらず、その考えに納得しきれない子どももいた。生徒Bは、プリントを参考にして、自分の考えをさらに精緻化できているにもかかわらず、説明の仕方に自信をもてなかったことがわかる（図10）。また生徒Cは、坂道の距離をさらに長くするとどうなるか疑問に思い、より一般化された結論を望んでいたことがわかる（図11）。



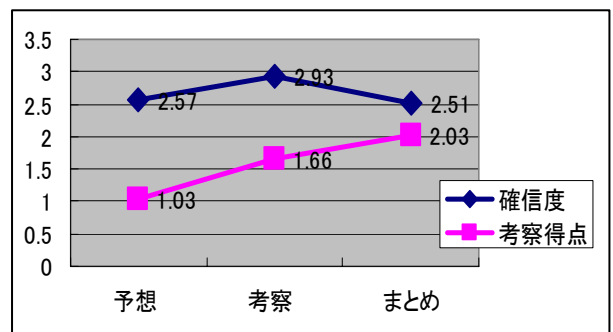
<図10>説明の仕方に自信をもてなかった子ども（生徒B）

<図11>より一般化された結論を望んだ子ども（生徒C）

② 確信度から子どもの考えの確かさを見取る

予想、考察、まとめの各場面で、自分の考えに対する確信度を記入させた。各場面での確信度は、得点化して学習者全体の平均を求め、場面ごとの平均得点の差を、対応のある t 検定により比較検討した。

すると、考察の場面では予想の場面よりも、確信度が上がっていた ($t(60)=3.15, p<.01$) のに対して、まとめの場面になると、確信度が下がっていた ($t(60)=-2.73, p<.01$) ことがわかった（図12）。各場面における子どもの考察得点の平均を同様に比較すると、考察の場面よりまとめの場面の方が、得点が高かったという結果が出た ($t(60)=2.61, p<.05$)。このことから、まとめの場面でいろいろなグループの考えを参考に表現を精緻化できた



<図12>確信度と考察得点（全体の平均）の変化 (n=61)

子どもが多かったが、それは必ずしも実感を伴ったものではなかったことが考察された。

③ 「考える力」の育成につながる指導・支援

○表現することで、考えの曖昧さが自覚される

表現方法を工夫（今回はグラフ化）し、予想の場面から自分の考えを明らかにさせる活動は、子どもに考えの曖昧さを自覚させ、追究の必然性をもたせる上で効果があったことが明らかになった。

○表現した物の意味を明らかにさせる

しかし、予想をグラフで表現した際、グラフの意味を問わなかったため、自分の表現したグラフと

実際の自転車の運動とが結びつかないまま、実験に臨んだ子どもが多かった。そのため、考察の場面でグラフ化することはできたが、その解釈が十分できなかつたと考えられる。それが、まとめの場面で表現を精緻化できても実感が伴わない子どもが多かった原因であるといえよう。予想の場面からグラフの意味を解釈させ、考察の場面でもグラフの解釈の仕方にねらいを絞って指導・支援ができれば、考えを表現し直す活動が充実し、実感を伴った考えの構築につながつたと考えられる。

また、坂道を究極まで延ばすとどうなるかという疑問に対しては、教師から適切なタイミングで発展的な知識を提供する必要があった。教師自身が追究の見通しを明確にし、子どもの表現を科学の世界につなげていくことが、課題として残った。

3 研究の実際Ⅱ（小学校6年「生物と環境」から）

（1）授業構想

小学校6年生（1学級32名）を対象に授業を実施した。単元の概要と時間配当は、①生物が生きる条件（1時間）②生物と栄養（7時間）③生物と空気（4時間）④生物と水（3時間）⑤生物と環境（1時間）とした。今回は、②生物と栄養のうち、植物の光合成の仕組みを学習する前半部分（4時間）を中心に検証を行い、〈表2〉の展開で子どもの考えの変容を追った。

〈表2〉「生物と栄養」授業展開と教師の指導・支援

場面	ねらい	活動内容	表現方法	教師の指導・支援
予想	・自分の考えの曖昧な部分を明らかにし、追究の必然性をもつ。	・植物が、日光をどこから取り入れるのか予想する。	・関連図 ・確信度	【子どもの考えと自然事象をつなぐ】 ・日光を取り入れる場所に着目させ予想させる。
計画 実験	・予想を検証する方法を考え、必要なデータを収集する。	・検証方法を考え、グループで検証実験を行う。	・計画書 ・確信度	【子どもの考えと自然事象をつなぐ】 ・予想の検証するための条件に着目させる。
考察	・実験結果と実際の現象を結びつけ、植物と日光の関係を考察する。	・結果をもとに、実験グループで考察する。	・関連図 ・確信度	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・グループで議論しながら、考察させる。
まとめ	・他者の考えを参考に自分の考えを修正・強化し、確かなものにする。	・学級全体で話し合い、植物と日光のかかわりについてまとめる。	・関連図 ・確信度	【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・関連図の矢印の意味に注目させながら、考えを表現し直させる。

①子どもにつけたい「考える力」

「植物と日光と栄養とを関係づけて考える力」を育成することとし、具体的観点を次のように設定した。それをもとに子どもの記述を得点化し、「考える力」のあらわれとした。

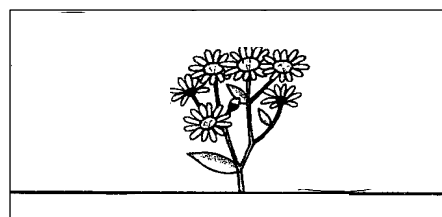
◇子どもの「考える力」を見取る具体的観点（3点満点）

- A) ヨウ素液の色が変わったので、葉に栄養がある。 B) 植物は、日光を葉で取り入れる。
C) 日光そのものに栄養はなく、葉で栄養がつけられる。

②考えを明らかにできる表現活動の検討

○関連図に表現させる

予想、考察、まとめの各場面で、自分の考えを関連図に表現させた。ここでいう関連図とは、あることに関係していると思った事柄を、もとの図〈図13〉に絵や言葉でかき足し、それらを矢印で結んでいく表現方法のことである（〈図14〉を参照）。これにより、生物と環生物が環境とどのように関わり合っているのかを、



〈図13〉関連図（もとの図）

子どもが視覚的にイメージできると考えた。

○考えの揺れ具合で確信度を表現させる

植物の体の仕組みについて改めて問うと、子どもは様々な予想を出してくる。それらの予想を目の当たりにして、「Aの予想も正しそうだけど、Bの予想も正しそうだ」と自分の考えが揺らぐ子どもは多い。そこで今回は自分の予想を一つに限定させず、いくつかの予想に対して正しいと思う度合いで10点の持ち点を配分させ、考えの揺れ具合で確信度を表現させた。複数の予想に対する配点の仕方での自分の考えの揺れ具合を明らかにさせ、追究の必然性をもたせたいと考えたからである。さらに、問題解決を通じて自分の考えに揺らぎがないと自覚できれば、子どもがより納得のいく考えを構築できると考えた。

③考える活動を支える教師の指導・支援

○子どもの考えと自然事象をつなぐ

5年生の「日光が当たると植物はよく成長する」「植物は土の中の養分を根から吸収する」という学習内容を想起させ、両者を区別させた上で「植物は日光をどこで取り入れるのか」という問いを設定して問題を焦点化させた。それを踏まえて、子どもに関連図と確信度で考えを表現させ、自分の考えの曖昧な部分を明らかにできるようにした。

○子ども同士の考えをつなぐ

実験結果の考察を4人程度の実験グループで行わせ、結果の解釈をさせると同時に考えの共有化を図った。考察を行った後には、学級全体でわかったことを集約し、クラスの考えとしてまとめる活動を行った。そして改めて子どもに自分の考えを表現し直させた。このようにすることで、子どもが自分の考えを修正・強化し、より確かな考えを構築できるようにした。

○子どもの考えと科学の世界をつなぐ

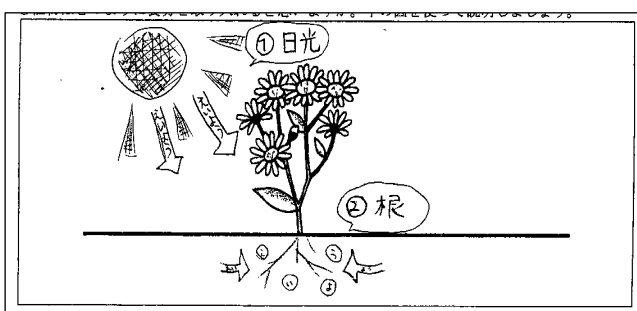
自分が表現した関連図の意味を考えさせた。関連図は関係のある事柄同士を矢印で結ぶ表現方法である。その矢印がどのような意味をもつかを子どもに考えさせながら記述させることで、植物と日光との関係がより明確に意識されるようにした。

(2) 授業の実際

①子どもの表現から「考える力」を見取る

○関連図と確信度で、子どもの考えの曖昧さを見取る

「植物は日光を体のどの部分で取り入れるのか」「日光そのものに栄養があるのか、植物が栄養に作り変えているのか」という2つの点に問題を焦点化し、関連図を使って予想させた(図14)。児童Dは、根から栄養が吸収されている図をかいたが、日光が植物のどの部分に当たっているのか漠然としている。関連図に予想させたとき、多くの子どもが、日光が植物のどの部分に当たっているのかははっきりしなかった。そこで、植物はどのように日光を取り入れているかを予想して発表させ、ABCの3つの予想に集約した(図15)上の部分)。次に、持ち点10点を3つの予想に配分する形で確信度を



<図14>関連図による予想(児童D)

A	葉で養分をつくる。	
B	日光が土に当たり、養分になって根で取り入れる。	
C	日光そのものに養分があり、取り入れる。	

自分の持ち点を10点として予想をA～Dに振り分けてください。

A	B	C
3	4	3

なぜ左のように予想しましたか。

どれもありそうだけど、Bの予想が1番当たっている。根は、土から吸収するたみにあると思うから、根から土へ土へ養分を吸収しているのではないだろうか。

<図15>確信度(揺れ具合)による予想(児童D)

記入させた。前述の児童Dは予想Bを支持しているが、根拠が曖昧である。また、他の予想にも同じ位の点数を配分しており、3つの予想の間で考えが揺らいでいることがわかる（〈図15〉下の部分）。

○表現し直したのから、子どもの考えの変容を見取る

次に、3つの予想を検証するための検証方法を全体場で話し合った。予想Aは「葉に日光を当てた場合と当てない場合」、予想Bは「花壇の土（花が丈夫に育っているの、小さな虫が土の中にいるはずだという前提で）に日光を当てた場合と当てない場合」、予想Cは「パーミキュライト（肥料なしの土）に日光を当てた場合と当てない場合」にそれぞれ場合分けをした。条件コントロールを行い、ヨウ素反応によって調べる方法が学級全体場で確認された。

○実験を終えて

A (日光によって) 葉で養分をつくる。	A	B	C
B 日光が土に当たり、虫によって養分になって根で取り入れる。	10	0	0
C 日光そのものに養分があり、取り入れる。			

最後にA～Cに自分の持ち点を10点としてA～Cに振り分けてください。

○実験の結果から分かったこと、考えられることを書きましょう。

実験の結果は、Aのイに強い反応が出た。Aのイは、朝にアミノ酸を外して、しばらく日光に当てておく葉なので、そこから「葉で養分をつくる」という予想に結びつける事が出来る。Aのウに出た反応は、日光と日光が間違えたか、Aのウにも少し日光が当たってしまったなど、実験中のミスと考えらると思う。なので私は、Aの予想が正しいという意見に変えた。

○上に書いた自分の考えは自信があります。

絶対自信あり かなり自信あり 自信あり あまり自信なし 全く自信なし

〈図16〉実験後の考察と確信度（児童D）

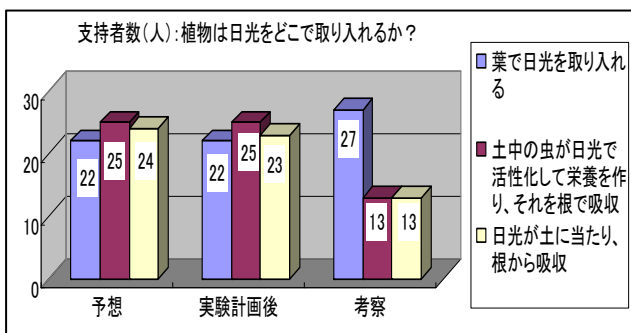
実験後、結果をもとにグループで議論させ、植物と日光の関係について考察させるとともに、考えの揺れ具合で確信度を再び表現させた。先程の児童Dは、この時点で予想Aを支持し、持ち点10点を全て予想Aに配点することで、自分の考えに揺らぎがないと自覚できている（図16）。下欄の考察も、意見を変えた根拠を明らかにしながら記述されていることがわかる。

まとめの場面では、全体でわかったことを集約し、学級の考えとしてまとめた後、改めて関連図と確信度で子どもに考えを表現させた（図17）。すると、日光が葉に当たっている様子を、矢印を使って明確に指し示せた子どもがほとんどであった。児童Dも矢印の意味を説明する記述を加えながら、日光が植物の「栄養の元」となり、「葉で栄養をつくり出す」と、植物と日光との関係を適切に表現できていることがわかる。

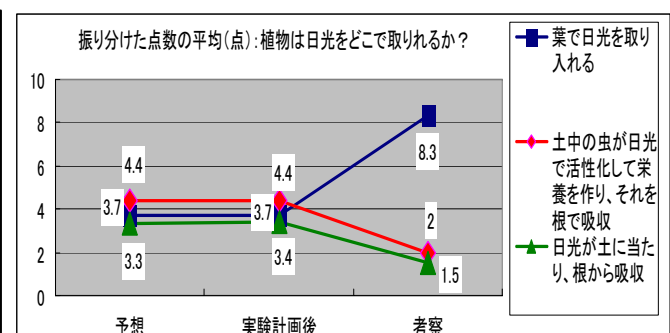
〈図17〉まとめの場面での関連図と確信度（児童D）

②確信度から子どもの考えの確かさを見取る

この実践では、揺れ具合による確信度と5段階の確信度という2通りの方法で子どもの考えの移り変わりを追った。検討には、対応のあるt検定を用いた。まず、考えの「揺れ具合」の移り変わり（図18）を見てみると、正解である「葉で日光を取り入れる」という考えは、予想の場面から考察の場面に至るまで支持者数がほとんど変化していない。しかし、確信度で振り分けた点数の推移（図19）を見て



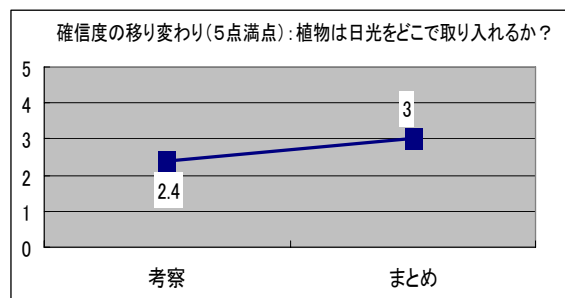
〈図18〉支持者数（1点以上配点した延べ人数）の推移(n=27)



〈図19〉振り分けた点数の平均(合計点数÷支持者数)の推移

みると、予想の場面に比べ、考察の場面における点数がはるかに高い($t(26)=8.09, p<.01$)。このことから、予想の場面では複数の説の間で揺らいでいた子どもの考えが、検証実験とグループでの議論による考察の活動を経て、確かな考えに変容したと推察できる。

次に、5段階の確信度を得点化し、学習者全体の平均を考察の場面とまとめの場面で比較すると(図20)、考察の場面よりもまとめの場面のほうが、得点が上昇していることがわかった($t(26)=3.19, p<.01$)。学級全体の中で話し合う活動によって考えが修正・強化され、それを関連図にもう一度表現し直すことで、子どもが実感を持った考えを構築できたと考察できる。



＜図20＞確信度（5段階）の移り変わり (n=27)

③「考える力」の育成につながる指導・支援

○関連図と確信度で、考えの曖昧さや揺れ具合が自覚される

植物と日光の関係を関連図で表現させることで、子どもに考えの曖昧さに気づかせ、考えの揺れ具合を確信度で表現させることにより、考えの不確かさを自覚させることができた。そして、曖昧な点や揺らいでいる部分を確かなものにしたという追究の必然性へとつなげることができた。

○表現した物の意味づけをさせ、「考える力」につなげる

関連図を使って自分の考えを繰り返し表現し、表現した物の意味づけ（今回は、関連図にかいた矢印の意味づけ）を行わせることで、子どもが植物と日光の関係をより綿密にとらえ、両者を適切に関係づけることができた」と考察できる。

○実験結果を解釈し、実際の現象を想起させる

しかし、今回の実践では、実験後の考察場面における子どもの確信度が低い（平均2.4/5点）ことがわかった。これは、子どもが実験結果と実際の植物と日光の関係とをうまく結びつけられず、グループでの議論の活動が十分に機能しなかった可能性があることを示唆している。まとめの場面で関連図に表現し直すことで、最終的に子どもは自分の考えに納得することができた。しかし、実験結果と実際の現象を結びつけ、自分の考えを構築する過程は、「考える力」の育成にとって大切である。これを活性化させるための教師の指導・支援が、新たな課題として挙げられた。

4 研究の実際Ⅲ（中学校2年「大気中の水」から）

（1）授業構想

中学校2年生（2学級156名）を対象に授業を実施した。単元の概要と時間配当は、①雲や霧のでき方（2時間）②雲と雨（1時間）③露点と湿度（2時間）とした。今回は、その中の①雲や霧のでき方と②雲と雨（計3時間）を中心に検証を行い、〈表3〉の展開で子どもの考えの変容を追った。

①子どもにつけたい「考える力」

「雲発生や降水の仕組みを、温度や気圧と関連づけながら考える力」を育成することとし、具体的観点を次のように設定した。それをもとに子どもの記述を得点化し、「考える力」のあらわれとした。

◇子どもの「考える力」を見取る具体的観点（5点満点）

- A) 太陽の熱で地上の水が温められる。B) 水分が蒸発し（気体となって）上昇する。
- C) 上空で気圧が下がり、水蒸気が冷やされる。
- D) 水蒸気が冷やされて、水や氷の粒（液体）となって目に見えるようになる。
- E) 水や氷の粒が集まって重くなり、雨や雪として落下する。

＜表 3＞「大気中の水」授業展開と教師の指導・支援

場面	ねらい	活動内容	表現方法	教師の指導・支援
予想	・考えの曖昧な部分を明らかにし、 追究の必然性をもつ。	・雲がどのようにできるのか予 想する。	・関連図 ・確信度	【子どもの考えと自然事象をつなぐ】 ・雲と水蒸気の関係について想起させる。
実験 考察 1	・実験結果と実際の現象を結びつ け、雲の発生を温度変化と関連づ けながら考察する。	【実験1】 ・試験管中の空気を冷やし、 空気中の水蒸気がどう変化 するか実験し、雲のでき方を 考察する。	・関連図 ・確信度	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・ホワイトボードで表現させながら、グループで 議論させる。 【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・関連図の矢印の意味を考えさせる。
実験 考察 2	・実験結果と実際の現象を結びつ け、雲の発生を気圧の変化と関連 づけながら考察する。	【実験2】 ・フィズキーパーで気圧を下 げ、空気中の水蒸気がどう 変化するか実験し、雲のでき 方を考察する。	・関連図 ・確信度	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・ホワイトボードで表現させながら、グループで 議論させる。 【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・関連図の矢印の意味を考えさせる。
実験 考察 3	・実験結果と実際の現象を結びつ け、雲発生と降水の仕組みを関連 づけながら考察する。	【実験3】 ・ペットボトルと氷・ドライアイス を使って、空気中の水蒸気 の変化を実験し、降水の仕 組みを考察する。	・関連図 ・確信度	【子ども同士の考えをつなぐ】 ・ホワイトボードで表現させながら、グループで 議論させる。 【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・関連図の矢印の意味を考えさせる。
まとめ	・関連図に表現したことをもとに、考 えを文章化する。	・雲発生から降水までの仕組 みをまとめる。	・文章化 ・確信度	【子どもの考えと科学の世界をつなぐ】 ・関連図の矢印の意味を想起させる。

②子どもが考えを明らかにできる表現活動の検討

○関連図に表現させる

予想と考察の場面で、小学校6年の実践と同様、考えを関連図に表現させた（図 21,22 を参照）。これにより、地上の水がどのような過程を経て雲となり雨や雪として再び地上に降るのか、その関連が視覚的にイメージでき、水が状態変化をするときの要因がより明確に意識されると考えた。

③考える活動を支える教師の指導・支援

○子どもの考えと自然事象をつなぐ

水の状態変化について子どもは既に学習している。しかし、水蒸気は白い湯気と同じと考えている子どもが多く、理解が不十分であった。そこで、水蒸気は目に見えない気体であることを確認する実験を導入で取り入れた。水が沸騰したときに出る泡の正体が何であるか予想させ、それを袋に詰めてから室温で放置するとどうなるか考えさせ、実験した。こうすることにより、子どもが雲発生の仕組みを水の状態変化と関連づけて、問題を焦点化できるようにした。

○子ども同士の考えをつなぐ

実験結果の考察を4人程度のグループで行わせた。その際、グループごとに1つのホワイトボードを用意し、そこに互いの考えを関連図に表現し合いながら雲発生や降水の仕組みを考察できるようにした。こうすることでグループ内の議論を活性化させ、一人一人がより主体的に実験結果と実際の現象を結びつけながら、自分なりの考えを構築できるようにした。

グループとしての関連図がまとめられた後は、全グループのホワイトボードを黒板の前に並べ、全体で考察を行った。そして、それを参考にしながら、最終的な自分の考えを関連図に表現させた。こう

することで、子どもが考えをさらに修正・強化し、より確かなものにできるようにした。

○子どもの考えと科学の世界をつなぐ

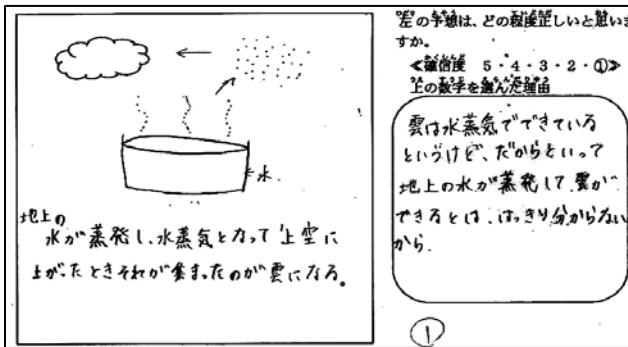
予想や考察の場面で表現した関連図の意味を明らかにさせた。関連図にかいた矢印のもつ意味を子どもに考えさせ、それを記述させることで、水の状態変化の要因がより明確に意識できるようにした。

(2) 授業の実践

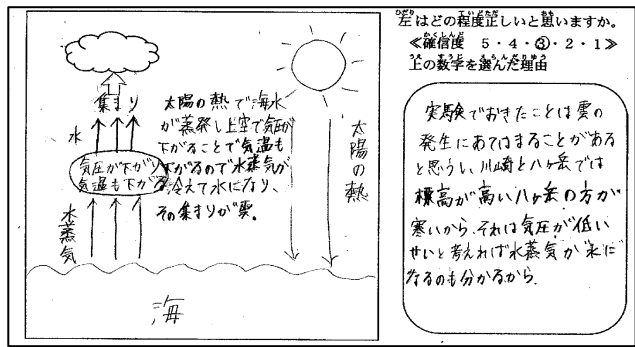
①子どもの表現から「考える力」を見取る

○関連図に表現したものから、子どもの考えの変容を見取る

雲発生の仕組みを既知っていると考えていた子どもが多く、自分の考えの曖昧な部分にさえ気づかない子どもも見られた。そこで、今回は実験を教師から提示し、実験結果と実際の現象とを結びつけ、「実際の空の上ではどんなことが起きているのか」という視点で解釈することを重視した。これにより子どもは、実験前には気づかなかった自分の考えの曖昧さを明らかにできた。生徒E (図21)は予想の場面で、蒸発した水が集まったものが雲であると考えを表現しているが、関連図にかいた矢印の意味が明らかにされていない。しかし、実験1, 2 (表3)の結果から「地上の水が太陽の熱で温められて水蒸気となり、上空で気圧が下がることで冷やされて水に戻り、集まったものが雲である」と考察し、矢印の意味を明らかにしながら表現し直すことができた(図22)。実験結果と実際の現象とを結びつけて考察することで、考えを精緻化できたことがうかがえる。



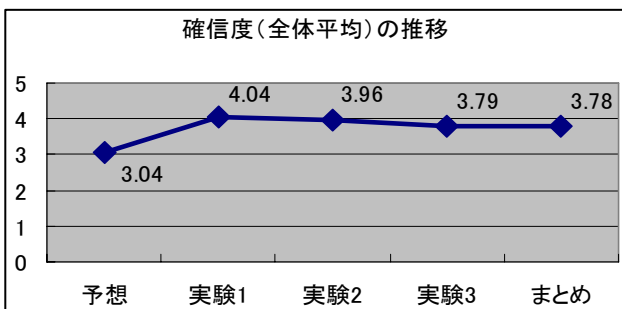
<図21> 予想の場面での表現 (生徒E)



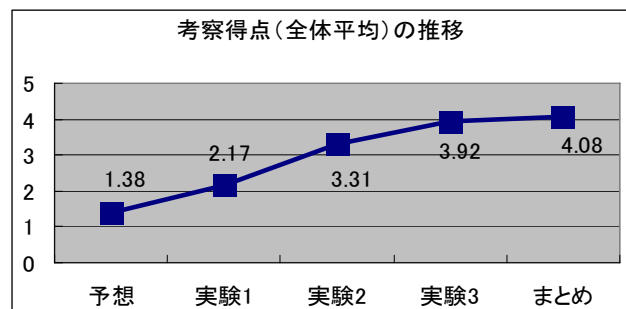
<図22> 実験後の考察の場面での表現 (生徒E)

②確信度から、子どもの考えの確かさを見取る。

この実践では、まず予想の場面で考えを表現させ、次に3種類の実験(表3)を行って、それぞれの考察の場面で考えを表現し直させた。さらに、まとめの場面でもう一度考えを表現し直させた。それぞれの場面では、確信度を5段階で表現させた。各場面での確信度の全体平均(図23)をt検定で比較すると、予想の場面に比べ、まとめの場面は確信度が高いことがわかった($t(155)=7.08, p<.01$)。また、実験3の考察場面からまとめの場面にかけては、確信度が下がることはなかった($t(155)=-0.2$)。考察得点の全体平均(図24)を比較しても、予想の場面よりまとめの場面の方が得点は上がっており($t(155)=20.0, p<.01$)、実験3の考察場面からまとめの場面にかけては、得点が下がらなかった($t(155)=1.90$)。



<図23> 確信度(全体平均)の推移 (n=156)



<図24> 考察得点(全体平均)の推移 (n=156)

これらのことから、曖昧だった子どもの考えが3回の考察を経て確かな考えとなり、その後も実感を伴って定着したことがうかがえる。実験結果と実際の現象を結びつけて解釈する活動の積み重ねが、子どもの「考える力」の育成につながったと考察できる。

③「考える力」の育成につながる指導・支援

○議論を活性化させ、「考える力」につなげる

今回の実践では、実験結果と実際の現象とを結びつけて解釈し、自分の考えをもつ過程を重視した。ホワイトボードに矢印や絵、言葉など使って考えを表現し合いながら議論する活動は、考えた結果だけでなく考える過程そのものを視覚化することができた。このことは、「考える力」の育成を促したといえる。

○表現した物の意味づけをさせ、「考える力」につなげる

今回は、関連図にかいた矢印の意味を子どもに解釈させることを、教師の指導・支援のポイントにした。この指導・支援は、子ども独自の表現を科学の世界に近づける（科学の言葉に翻訳する）ための手立てとして有効であったといえる。このため、多くの子どもが自分の考えを精緻化でき、かつ実感を伴った考えを構築できたと推察できる。すなわち、子どもの「考える力」が育成されたことを意味するといえる。

Ⅲ 研究のまとめ

1 研究から見えてきたこと

(1)「考える力」につながる表現活動の在り方

表現することを通して、子どもがまず自分の「曖昧な考え」を明らかにし、その曖昧な部分を「確かな考え」として改めて表現し直す活動が、「考える力」の育成につながるということが明らかになった。また、子どもに自分の考えの精緻さや確かさを自覚させるために、学習内容や子どもの実態に応じて関連図や確信度などの多様な表現方法を適切に設定することも大切であることがわかった。

(2)「考える力」をはぐくむ教師の指導・支援

①子どもの思考を活性化させる（子どもの考えと自然事象をつなぐ）

「考える力」の育成には、まず子どもの思考を活性化させることが必要であるとわかった。そのために、子どもに自分の考えの曖昧な部分を自覚させることが、追究意欲すなわち「考える意欲」の活性化につながるとわかった。単元に応じて実験や表現方法を工夫し、追究の必然性につながる問いを子どもにもたせることが、「考える力」の育成にとって不可欠であるとわかった。

②表現し合いながら議論する場を設定する（子ども同士の考えをつなぐ）

曖昧であると子どもが自覚した考えを確かな考えにするために、互いに考えを表現し合いながら議論する場を設定することが、子どもの思考を活性化させ、実感を伴った考えの構築に寄与するとわかった。その際、ホワイトボード等を活用して、考えた結果だけでなく考える過程そのものを子ども自身が視覚的に確認できるようにすれば、より実感を伴った科学概念の構築につながるとわかった。

③「考えるポイント」を示し、表現の意味を明らかにさせる（子どもの考えと科学の世界をつなぐ）

「考える力」の育成には、自分の表現の意味を子ども自身が明らかにする必要があることがわかった。そのために、「この矢印の意味は?」「実際にはどんなことが起きている?」というように、教師が「考えるポイント」を絞って表現の意味を問うことが、子どもに考えの曖昧さや確かさを自覚させ、多くの人と共有できる考えに変容させるために必要であるとわかった。そして、考察の場面だけでなく予想の場面から表現の意味を問うことが、より実感を伴った考えの構築に寄与することもわかった。

2 今後に向けて

(1) 表現のもつ可能性

確信度を使って自分の考えの確かさを表現させることは、子どもに自分の考えの状態を明らかにさせるための有効な手段となりうることがわかった。しかし、自分の考えの確かさを客観的に認識できたのは小学校高学年以上の子どもであったからともいえる。小学校中学年の子どもにとってどのような表現方法が有効なのか、確信度のもつ可能性を含めて今後検討を重ねていく必要がある。

また今後、確信度以外でも学習内容や子どもの実態に応じた、より多様な表現方法が求められると考える。子どもが考えを明らかにしやすい表現方法のさらなる検討と開発が必要である。

(2) 「考える力」の系統性

「考える力」を一つの単元だけでなく、複数の単元で系統的に育成することができれば、その力をより強固なものにできると考える。

例えば、内容的に同じ系統上にある学習を、同じ表現方法を使って考えるように単元をデザインできれば、子どもは既習を十分に生かしながら、より確かな「考える力」を身につけられると考える。

また、表現方法そのものを軸に、複数の単元を系統的にデザインすることもできると考える。例えば、結果のグラフ化やグラフの解釈は、子どもにとって苦手意識の高い課題であることがわかっている。この課題を含む複数の単元を系統的にデザインできれば、自然事象を解釈する力を向上させることができるであろう。子どもの「考える力」を育成するための新たな視点が生まれると考える。

最後に、研究を進めるに当たり、ご支援、ご助言をくださいました講師の先生方、また校長先生を始め学校教職員の皆様に、心より感謝し厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

森藤義孝『力と運動に関する学習者の理解の実態—概念生態系を基礎として—』

日本理科教育学会研究紀要第 35 巻 1 号. pp.77-88 1994 年

森本信也『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』東洋館出版社 1999 年

森本信也『論理を構築する子どもと理科授業』東洋館出版社 2002 年

文部科学省『PISA2003(科学的リテラシー)及び TIMSS2003(理科)結果の分析と改善の方向』2005 年

国立教育政策研究所『平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査の概要』 2005 年

【指導助言者】

横浜国立大学教授（川崎市総合教育センター専門員） 森本 信也

福岡教育大学助教授 森藤 義孝

川崎市立小学校理科教育研究会長（川崎市立下小田中学校長） 東 頼孝

川崎市立中学校教育研究会理科部会長（川崎市立渡田中学校長） 松野 保

青少年科学館指導主事 成川 秀幸

川崎市総合教育センター指導主事 上杉 岳啓

【研究協力者】

川崎市立高津小学校教諭 増田 敬子

川崎市立高津小学校教諭 佐藤 洋一