

京都教育大学
平成 25 年度 修士論文

形式的モデルの使用による
科学的思考を深める授業の開発

教育学研究科
教科教育専攻 理科教育専修
平島 和雄

指導教員：沖花 彰
指導教員：谷口 和成

目次

緒言

第1章 本研究の問題意識及び動機

- 1.1 小学校における教育実践から
- 1.2 理科教育の現状から
- 1.3 理科の学びの現状から

第2章 CASE について

- 2.1 CASE 開発の背景
- 2.2 ピアジェの認知発達段階説
- 2.3 ヴィゴツキーの理論
- 2.4 CASE プログラムの構成論
- 2.5 認知の測定法

第3章 粒子概念

- 3.1 学習指導要領における粒子概念
 - 3.1.1 系統性重視の学習指導要領
 - 3.1.2 学習指導要領の問題点
- 3.2 「粒子概念」の先行研究

第4章 「もののとけ方」の単元の構想

- 4.1 教科書会社別単元計画の比較

第5章 1年目の実践

- 5.1 授業の実践の記録
- 5.2 実践結果及び考察
- 5.3 1年目の研究の成果と課題
 - 5.3.1 実践の成果
 - 5.3.2 実践の課題
 - 5.3.3 2年目の実践への提案

第6章 2年目の実践

- 6.1 認知段階調査をもとにしたクラス編制及び班構成

- 6.2 事前調査による児童の実態の把握
- 6.3 論拠における形式的モデルの構築と使用による討論
- 6.4 振り返り活動によるメタ認知
- 6.5 本実践の計画と記録
 - 6.5.1 2年目の授業実践
 - 6.5.2 授業実践記録
- 6.6 2年目の実践の結果と考察
 - 6.6.1 食塩の溶解現象の学習終了時のモデルの使用
 - 6.6.2 単元を通した振り返りの有無による粒子概念の定着
 - 6.6.3 事後アンケートに見られる子どもの実態と変容
- 6.7 2年目の研究の成果と課題

第7章 授業への提案

結言

参考文献

謝辞

序章 緒言

「教育に再現性はなし」というパラダイムがありつつも、現代の教育では平等という言葉をもとにクラスが違って同じ授業を求められている。授業はまさに「生き物」である。瞬時に変わる環境の中、さらに児童という常に変わるものを相手に授業が進行しているのである。同じ授業などあるはずがないと考える。また、それぞれの児童の持つ既存の知識のもととなる先行の経験や育ってきた環境の異なるのは当然ことである。また、実施する時間やその学びの進度(深度)も授業に大きな影響を与える。指導者側においても、それぞれの経験が違う。それなのに同じ授業を求められる現状がある。言葉を変えれば一般化が求められているのである。全ての条件が違う中、一般化しようとする試みはずっと続けられてきている。しかしながら、一般化を求めるがゆえに、目の前の児童のもっているもの(経験や既存の知識)を置き去りにされていることも少なくない現状がある。一般化を求めるがゆえに教師主導型の授業が展開されていないだろうか。教え込みの教育になっていないだろうか。逆に、児童主体という言葉に流されて、授業すら成立しない問題が起こっているのも現実なのである。

筆者は1992(平成4)年4月より京都市立小学校において、そして2008(平成20)年4月より現勤務校である京都教育大学附属桃山小学校において、教育実践をおこなってきた。小学校では全教科を担当するが、特に自分の主要研究教科を理科と定め、児童にとって「どのような授業がよいものであるか」を模索してきた。その中で、「児童自身が、本当の意味でのわかること」をめざし、「そのわかる過程とは何か」を追い求めてきた。これまでの十人十色の児童を相手にした試行錯誤の取り組みでは、児童の変容は見られ、それなりの成果を実感することができた。

しかしながらこれらは、自分なりの分析であり、それが理論と言えるものでもなかった。特に、授業を実践して児童の変容が見られたら満足してしまっていたからだと考える。つまり、本来は両軸であるはずの「なぜ変容したのか」ということと「どうやって変容できるようにするのか」ということのうち、後者である方法論に偏っていたのである。

理科教育の現場でも「理科離れ」という言葉をよく耳にするようになった。本来、児童は自然が大好きなはずである。好奇心の塊のような存在なのである。小さい子どもの時に、ものごとと接するたびに「なぜ?」「どうして?」を繰り返す時期を誰もが経験しているはずである。それなのにどうして「理科離れ」が起こるのだろうか。また、理科ばかりでな

く学習意欲の低下の事実もある。そのような現状の中、学級経営が授業の根本であり、授業の善し悪しのほとんどがここにかかっていると思い、児童が学びたくなる「楽しい」授業をしようと取り組んできた。その実践の中、同じ楽しい授業でも、「Exciting な学び」（一時の興奮する楽しさ）から「Interesting な学び」（長く継続する知的な楽しさ）へと考えが変わっていった。

そして、現勤務校への赴任がきっかけで、創造性教育と出会った。この創造性教育とは、京都教育大学附属桃山小学校における 40 数年間に渡る継続した研究である。児童側から教育を発想するという「子どもありき」を理念にした研究は、これまで筆者が求めてきたものと共通するもの、そして共感するところが多くあり、今の筆者の考えを強化するものであった。また、近年の本校の研究は、幼小中の連携研究であり、その接続のあり方を模索している。小学校と中学校の学びの文化が違うので、それをいかにしてスムーズにできるかということがひとつの研究課題となっている。この文化の違いにより、学びの主体である児童に「中 1 ギャップ」といわれる小学校の学びが中学校に繋がらないという現象が起きているのは危惧すべき状況であり、改善すべき問題である。

さらに、この間に京都教育大学で実施された教員研修プログラム「小中学校における理数教育充実のための認知促進プログラム研修」に参加し、筆者の考えを今後、強化・深化統合させる「CASE」¹⁾ と出会うこととなる。この CASE プログラムとは、イギリスでは「認知促進 (CA)」と呼ばれる教育的アプローチのひとつである。その中で、科学教育に関する内容は、CASE (Cognitive Acceleration through Science Education: 科学教育による認知促進) と呼ばれる。この CASE は、1980 年代にイギリスの教育学者 P. Adey らによって開発された。このプログラムは、主に具体的操作期から形式的操作期の間の児童を対象とし、認知的発達を促すことにより学習内容の理解促進や、論理的な思考力の育成を図ることが可能となることが報告されている。また、高橋伸幸²⁾によると日本においても谷口和成・笠順平らの研究グループが CASE の実践を行い、教育効果が見られたことが報告されている。

この CASE の考え方や教育手法は、「論理的思考を構成するシエマ」と呼ばれる認知構造の変容を図ることが目的である。シエマとは、認識や思考の枠組みのことである。心理学者のピアジェは、論理的思考をおこなうためには「変数の制御」「分類」など 5 つのシエマが必要であり、これらのシエマが変容すること自体が発達だと主張している。

しかしながら、CASE は発達段階の移行に伴う認知発達を促すことと目的としているため、通常の理科教育の目的とは全く異なっている。それゆえ、教育現場において時間数が確保

しにくい現状の中、このプログラムをそのまま導入することは難しい。そこで、いかにして CASE の成果を生かし、この考え方を理科の授業の中に取り入れていくのかということが課題となっている。

そんな中、筆者は 2012（平成 24）年から京都教育大学大学院で学ぶ機会を得た。CASE についてさらに学ぶとともに、これまでの実践をふりかえり、教育に関して学び直すきっかけとなった。教育全般のことを学ぶと同時に、理科教育について学んだ。この間に、とくに自分の中で問題意識が大きくなってきたのは、理科教育における「中 1 ギャップ」である。指導要領³⁾の改訂により、系統性や一貫性が重視されるカリキュラムとなってきた。今回の指導要領の改訂で、小学校の理科の内容は、「粒子・エネルギー」と「生命・地球」に再編され、中学校における「第 1 分野」と「第 2 分野」への系統が重視された。しかしながら、その接続に問題があるものも見えてきた。そのひとつが「粒子モデル」の学習の形成過程である。小学校では科学用語を用いた説明が重視され、中学校でいきなり粒子モデルを与えられその説明を強いられるのである。つまり、モデルの有用性を感じるという経験がないまま、与えられた粒子モデルに直面するのである。これは、「粒子モデル獲得における中 1 ギャップ」ともいえるものであると考えられる。

これらの問題意識をもとに本研究では、科学的思考力を育成することをめざし、粒子の概念の円滑な接続についての学習内容や指導方法の開発をおこなうこととした。「児童の思考を大切にしたい授業」を作成するために、児童の科学的思考の可視化を試み、「児童の思考が進化統合されていけるように、指導者に何ができるか」を考える。つまり、指導者が「何を考え、どのように単元や授業を構成していけばよいのか」という視点で、科学的な思考力・表現力の育成を図ることを目的とし、児童の思考の見取りから単元や授業を構成する手法を提案することを本研究にて進めていく。また指導要領における系統の連続性に課題が見られる「粒子・エネルギー」のうち「粒子」について、小学校 5 年「もののとけ方」の単元において学びを再考するために児童の思考を出来るだけ可視化し、授業の実践をおこなうものとする。

まず 1 年目の研究では、「子どもの科学的思考の可視化に関する研究」をテーマとした。具体的には、「児童の思考に沿った単元を構想することを基本とし、そこに CASE の授業構成法を加えることで、粒子モデルが児童の中から自発的出現するのではないか。」という考えのもと、小学校第 5 学年の『ものとけ方』の単元においてその検証をおこなった。

1 年目の研究の結果として、モデルを提示しなくともイメージ図と言葉との問答を繰り返

返すとモデルの出現の割合は、高まることがわかった。また、イメージ図と言葉との問答は、科学的思考力を深めることもわかった。しかし、1年目の実践では「児童が、モデルが自発的に構築すること」「モデルの使用は、科学的思考が深まること」に問題意識をおいていたため、「問題意識を高めるための現象やそれを促す発問とは何か」「溶解の様々な現象に対するモデルの汎用性は、どうなのか」「葛藤を引き起こし、モデルの変容につながるキーワードは何か」「認知段階とモデルの発生の関係はあるのか」「モデルの発生はクラス集団による差異によるものではないか」という課題が明らかになった。

これらを踏まえ、2年目の研究では、「形式的モデルの使用による科学的思考を深める授業の開発」をテーマに、1年目の課題を解決すべく実践をおこなうこととした。本研究で取り上げる「粒子概念」は、目に見える巨視的な物質（具体物）から物質の状態変化や溶解などの微視的（形式的・抽象的）なものまで非常に幅広く、科学的な思考をおこなう時の基盤となる概念のひとつである。そして、モデルは、自然現象を理解する上で必要不可欠な概念である。その中でも「粒子モデル」は物質に関する汎用性の高いモデルである。よって、粒子モデルを用いた思考を習得することは教育的な意義も大きいと考えられる。

しかし、国立教育政策研究所の「特定の課題に関する調査」⁴⁾によると、粒子概念の定着不足や指導上の困難性が示唆されている。それを克服するためには、児童の認知構造や発達段階、さらには学習内容の系統性・接続などを踏まえた効果的な指導法の検討が必要だと考えられている。そのため本研究では、1年目の成果と課題及びこの調査結果を踏まえて、2年目も小学校第5学年の『もののとけ方』の単元においてその実践をおこなうこととした。

以下、第1章では、これまでの教職の現場で感じていたことや理科教育の現状から本研究の問題意識及び動機を述べる。続く第2章では、本研究の考えの基礎となるイギリスで開発されたCASEについて、第3章では粒子概念の学習について、第4章では教科書会社別単元計画の比較をおこない単元の構想について記す。さらに第5章に1年目の実践、第6章に2年目の実践を述べる。そして、第7章では授業実践の結果などを踏まえ、形式的モデルの使用によって科学的思考が促進できると考える授業の提案をおこなう。

第1章 本研究の問題意識及び動機

1.1 小学校における教育実践から

筆者は1992(平成4)年4月から2008(平成20)年3月まで、京都市立小学校において、教育実践をおこなってきた。小学校では全教科を担当するが、特に自分の主要研究教科を理科と定め、理科学習を通して「どのような授業が児童にとってよいものであるか」を研究してきた。そして、自然科学分野における事物・事象を対象として、その対象を「児童がどのように感じるのか」「児童がどのように考えるのか」を指導者として考え、本当の意味で「その対象のことがわかる」ことをめざしていた。同時に「児童のわかる過程」を大切に、その実践を積み重ねてきた。児童のもっている概念だけでなく、その足場となる先行の体験や知識も様々であるという実態を捉え、自分なりに分析してきたつもりであったが、その理論の元となるものがあつたのではなかった。そして、試行錯誤しながらの取り組みは、児童の変容が見られ成果はあつたのだがその変容の分析を十分におこなってきたわけではなかった。

また、「理科離れ」という言葉をよく耳にするようになり、教育の現場だけでなく社会の問題としてクローズアップされてきた。また、理科ばかりでなく学習意欲の低下も感じていた。児童は本来自然大好きなはずである。それなのにどうして「理科離れ」が起こるのだろう。そこで、児童の興味を引きつけられる「楽しい授業」をどれだけできるかということのを重要視して授業をおこなってきた。それは、学級経営が授業の根本であり、授業の善し悪しのほとんどがここにかかっているといっても過言ではない。それゆえ、その考えは変わらなかったが、年月を経るにつれて楽しい授業の定義が自分の中で変わってきた。同じ楽しい授業でも「Excitingな学び」から「Interestingな学び」へと楽しさの質が変わってきたのだ。つまり、「ただ現象がおもしろいから楽しい」や「実験できるから楽しい」ではなく、「現象と向き合い考えることによって自分の考えが深まることが楽しい」が本当の学びだと考えるようになってきたのである。それは、「学ぶこと」と「勉強すること」の違いや「わかること」と「おぼえること」の違いをなんとなくわかりはじめたからだと今では考えることができる。このように考えると「理科離れ」は児童だけの原因ではなく、それを取り巻く社会の責任でもあると考えるようになった。

このような問題意識の中、2008(平成20)年4月より現在の勤務校である京都教育大学附属桃山小学校に勤務することとなった。そこで「創造性教育」に出会った。1990年に本

校より発刊された著書「自己の実現をめざす授業の構想」⁵⁾の中に上でも述べた「楽しむ」ことについて次のように書かれている。

「楽しむ」は「工夫・努力のあとの充実感を味わう」ということで、工夫・努力のない、楽しませてもらっているような状況を言っているのではない。わたしたちは、学習とは、「工夫・努力し、自分を新たにすること」と捉え、子どもたちに学習することを楽しんでほしいと願って、日々実践を積み重ねている。充実感や喜びが、次のめあてを引き出し、エネルギーとなって、さらに学習を深めていく。

この文章は、とても共感できるものであり、自分の求めてきたものと同質のものであった。また、本校でのこの創造性教育の学びを支える教師としての取り組みを本校での百周年記念誌⁶⁾の中で「想像力を鍛える教育」と題し、元副校長でもある川端建治は次のように述べている。

…（前略）…私達は、子どもの想像力をかき立てる方法を懸命に模索してきた気がします。それは、かれらを「助ける」ことではなく、「困らせる」ことでした。「分からせる」より「分からなくさせる」ことが大事でした。

私たちのたくらみが功を奏した時、子どもたちは、必ず必死になって考え初め、一所懸命に行動を起こしていきました。自己責任と目的意識をもって動き始めた子どもたちの力は、いつも私たちの予想を超えて、私たちを圧倒するものでした。解決すべき問題を自分の問題、と感じた時の子どもたちは、驚くほど豊かな創造力をはたらかせて、問題の解決に向かっていきました。

桃小の創造性教育の根本は、子どもたちを一人一人の自立した学習者と見て、かれらと向かい合うことであつたと思います。そして、それは、いつの時代においても教育の根本になければならないものであることを確信しています。…（後略）…

（下線は、筆者が加筆）

「助ける」より「困らせる」とは知識を与えるより知りたいと思わせることであると考ええる。与えられた知識は自分のものになりにくい。しかし、自分の問題として自己解決し得た知識は、本当の意味での使える知識となると考えられる。そのように自分が問題として認識するためには、その問題が問題であると感じることが大切である。その問題をどうしても解決したいという必要感や必然性を抱くことが問題解決へ向かう原動力となるので

ある。

また、「分からせる」より「分からなくさせる」とは、「当たり前と問答すること」と同じ意味であると考え。これは、今の言葉でいうと「クリティカルシンキング」にあたる。自分にとって明らかなことは、他人にとっても明らかなことなのだろうか。思い込みである場合はないだろうか。また、ここでいう「問答」とは、そのものごとに対して自分で問いを発し、自分で答えることである。つまり、「当たり前と問答する」とは、自分の考えが本当にそうなのかを客観的に考えることをいう。児童は知識を詰め込まれた結果、「わかったつもり」で学んできている児童も少なくない。そこで、児童の理解に揺さぶりをかけ、その知識や概念に葛藤を引き起こすのである。このことにより、児童は「困り」、学びの必要感や必然性を感じ、学びを深めていくのである。この揺さぶりは、未知なる知識への揺さぶりではなく、既習の知識への揺さぶりである。全ての知識は、これまでの経験により獲得した知識をもとにして築かれていくのである。これらのことを意識した上で、児童の今の実態を把握し、児童の思考に沿った授業を構成していくことが大切であると考えている。

さらに幸運なことに、2012（平成 24）年に筆者は、京都教育大学大学院で学ぶ機会を得た。これまでの自分の実践をふりかえり、教育に関して学び直せる好機となった。この大学院の授業で、理科教育だけでなく、認知心理学及び教育史や教育評価を学び、新たな視点を得ることができた。この中で一番大きく影響を受けたのが、イギリスにおける理科教育のカリキュラムである CASE であった。CASE プログラムとは、イギリスにおける「認知促進（CA）」と呼ばれる教育的アプローチのひとつである。このプログラムは、児童の認知段階を測定し、それを学びにいかしている。これまでは、児童がどの認知段階にいるかは、自分の直観によるものであった。しかしながら CASE は、認知段階を測定することができるのである。しかもそれを学びに生かしているのである。

創造性教育と CASE というこの 2 つの考え方をベースにし、これまで自己流で試行錯誤的に実施してきた授業実践を見つめ直し、児童の思考をできるだけ把握し、児童の思考過程を意識した授業をめざし、研究を行おうと考えた。

1.2 理科教育の現状から

「知識基盤社会」という言葉が使われ始め、久しい。そして、現代社会はグローバル化や高度情報化に伴う多様性と急激な変化が特徴であり、様々な変化や課題への対応が求め

られる。このような「知識基盤社会」に柔軟に対応していくためには、知識や技能重視の旧来の学力観ではなく、思考力・判断力・表現力などを中心とする新しい学力観が、現在提唱されるようになった。この背景には OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development : 経済協力開発機構) が実施している PISA (Programme for International Student Assessment : 国際学習到達度調査)⁷⁾ がある。また、平成 19 年に実施された国立教育政策研究所の特定の課題に関する調査 (理科)⁸⁾ においても次のような課題が明らかにされている。「問題を解決するための観察、実験の方法を考えること」「観察、実験の結果やデータを基に考察を深めたり、結論を導いたりすること」「観察、実験に関する用語の理解や技能の習得」である。そして、その改善策として「自然の事物・現象について観察の視点や実験における条件について考える機会の確保」「観察、実験の結果を予想や仮説と照らし合わせ、考察、結論を考えさせる指導」「児童一人一人が観察、実験の手続きや操作の意味を理解し、用語や技能の習得を図る指導の工夫」があげられている。

また、「平成24年度全国学力・学習状況調査」⁹⁾ において図1.1のような結果が報告されている。この調査では、国語・算数・理科の3教科で比較すると、理科の勉強が好きだが、大切と感じたり、役立つと考えたりする児童の割合は少ない。この状況から実験自体は楽しいのだが、理科を学ぶ意義については実感できていないと考えることができる。さらに分析を見ると、理科における課題として「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することなどに課題が見られる。」とある。また、国語、算数・数学における共通の課題として、「記述式問題を中心に課題が見られる。」とある。つまり、「情報の読み取り」「情報をもとにした交流」「事柄を言葉にすること」に課題があるということがわかる。しかし、これらは、単一の教科で取り組んでいくのではなく、教育活動全般として意識していく必要がある

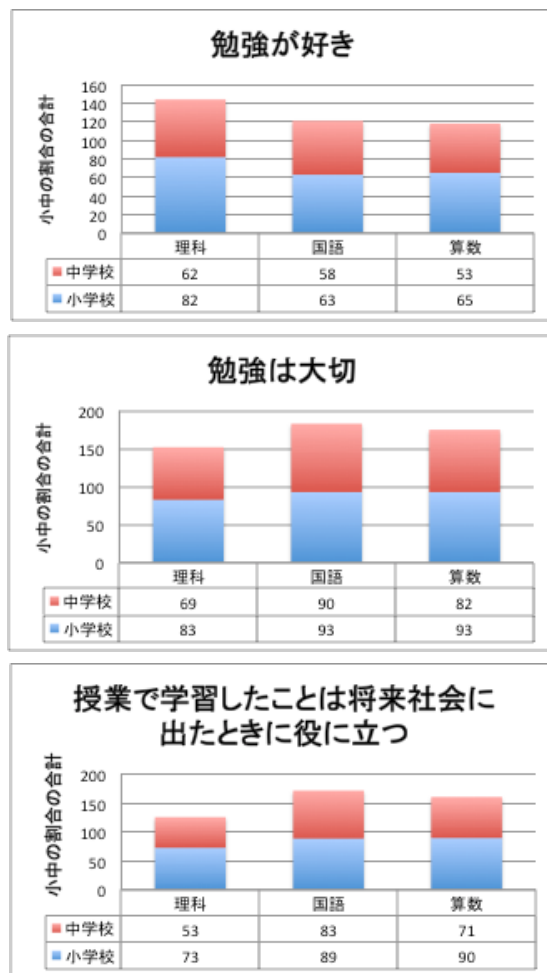


図 1.1 平成 24 年度全国学力実態調査

と考える。特に小学校段階においては、担任が複数の教科を担当するので、このことはより重要になってくると考える。そして、これらの社会情勢やこの報告、そして平成20年1月の中央教育審議会の答申を受け、新しい学習指導要領が、小学校・中学校学習指導要領も全面改訂された。小学校は平成23年度、中学校は平成24年度から完全実施され、表1. 1に示す通り30年ぶりに理科の授業数が増加した。この学習指導要領の改訂における改善の基本方針反映した授業展開が求められている。その理科における改善の基本方針については次のように示され、小学校学習指導要領解説理科編¹⁰⁾にもこの内容は次のように記載されている。

表 1.1 理科の時間数の変遷

告示年	第1学年	第2学年	第3学年	第4学年	第5学年	第6学年	合計時数
昭和33	68	70	105	105	140	140	628
昭和43	68	68	70	105	105	140	556
昭和52	68	70	105	105	105	105	558
平成元			70	105	105	105	420
平成10			70	90	90	105	360
平成20			90	105	105	105	405

(i) 改善の基本方針（下線は筆者）

(ア) 理科については、その課題を踏まえ、小・中・高等学校を通じ、発達の段階に応じて、児童が知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験をおこなうことにより、科学的に調べる能力や態度を育てるとともに、科学的な認識の定着を図り、科学的な見方や考え方を養うことができるよう改善を図る。

(イ) 理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要な意味をもっている。また、科学技術の進展などの中で、理数教育の国際的な通用性が一層問われている。このため、科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、児童たちの発達の段階を踏まえ、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善する。

(ウ) 科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達の段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。

(エ) 科学的な知識や概念の定着を図り、科学的な見方や考え方を育成するため、

察・実験や自然体験，科学的な体験を一層充実する方向で改善する。

(4) 理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ，科学への関心を高める観点から，実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。また，持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み，理科についても，環境教育の充実を図る方向で改善する。

さらに，指導計画の作成と内容の取扱いの中に，科学的な思考力と表現力の育成を図る観点から，「観察・実験の結果を整理し考察する学習活動や，科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動が充実するよう配慮すること」と明示されている。

つまり，内容の構造化（系統性と連続性）を重視し，『科学的な思考力・表現力の育成を図る』観点から，『発達段階』に応じて『観察・実験の結果を整理し考察する学習活動，科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動，探究的な学習活動を充実する。』ことが大切であると読み取ることができる。また，理科学習では自然の事物・現象を科学的に考える力を育成するために論理的な観点をもって考える場を設定し，思考力と表現力を一体化したものとして総合的に高めていくことが求められていると考えられる。しかしながら，新学習指導要領では，科学的な思考力・表現力の育成が一層重視され，児童の発達段階に応じて学習を実施することが明記されているのだが，「授業構成の視点や発達段階をどのように見取り，どう生かしていくのかということ」は，明記されていないのが現状であり，そこに課題があると考ええる。

また，実際の教育現場では，小学校の教師は「児童が中学校で何を学ぶか」を，中学校の教師は「児童が小学校でどこまで学んできたか」をお互いに意識したり，把握したりすることができていない現状も少なくないと考えられる。さらに，『発達段階』をテストで評価できる「学力」と同じものと捉えていることがあると考えられる。

そして，『科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動，探究的な学習活動を充実する』とあり，『小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る』とされていることからこれまでの学習活動に大きな課題があったのは明白である。

ここで言われているように系統性や連続性を重視する観点は重要なことだが，現指導要領において小学校から中学校において円滑な接続がされているとはいいがたい現実がある。このことについては後で詳しく述べる。

1.3 理科の学びの現状から

上に記述した新指導要領では、学習者の発達段階をふまえた科学的な思考の育成や言語活動の充実が重点化されている。理科学習における言語活動とは、科学的な思考力・表現力を育成する手段としての学習活動であり、言語活動の活性化自体が目的となるものではない。「活動あって学びなし」という言葉をよく耳にするが、目的を誤るとそうになってしまう恐れがある。

また、科学的な思考力・表現力を育成するとあるが、ここで「科学的な思考」とは、何かを考えておく必要がある。「科学的思考」とは、指導要領における「科学的な見方や考え方」と同義のことである。「科学的」とは、実証性、再現性、客観性という条件を検討する手続きをおこなうこと。つまり、実証性、再現性、客観性が保障されるということである。ここでいう実証性、再現性、客観性とは、指導要領解説では、次のように述べられている。実証性とは「考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件」であり、再現性とは「仮説を観察、実験などを通して実証するとき、時間や場所を変えて複数回行っても同一の実験条件下では同一の結果が得られるという条件」である。そして客観性とは「実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件」である。

また、「思考」とは、指導要領でいう「見方や考え方」である。同じく指導要領解説には、「問題解決の活動によって児童が身に付ける方法や手続きと、その方法や手続きによって得られた結果及び概念を包含する。」とある。そして、「理科の学習は、児童の既にもっている自然についての素朴な見方や考え方を、観察、実験などの問題解決の活動を通して、少しずつ科学的なものに変容させていく営みである。」と記載されている。この学びの過程を図 1.2 に表す。これらの記述から考えると、「素朴な見方や考え方」を「科学的な見方や考え方」に変容するために、実証性・再現性・客観性の手続きを踏む経験（学び）をおこなうことであるが必要であると言い換えることができる。

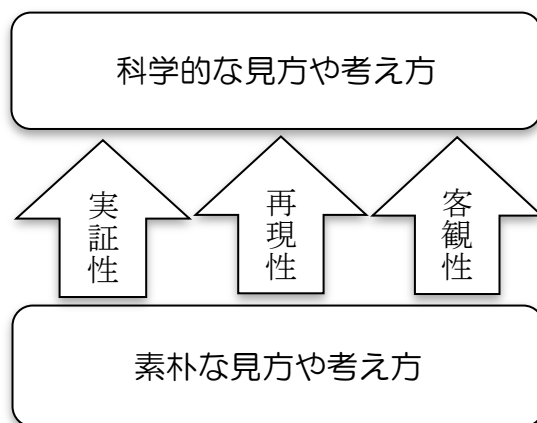


図 1.2 科学的思考の過程

また、「科学的思考力の育成とは」において、次に示すように、小学校段階では、問題解決の学習を通して、次のような能力を育てるようにすることである。

第3学年…自然事象を差異点や共通点などの視点で比較しながら調べる能力

第4学年…自然事象の変化に着目し、変化とそれにかかわる要因を関係付ける能力

第5学年…自然事象にかかわる量的変化や時間的变化に着目して条件を制御する能力

第6学年…自然事象の変化や働きに着目し、要因や規則性、関係を推論しながら調べる能力

そして、中学校では探究学習を通して、小学校で培ってきた問題解決の能力をさらに高めていくのである。さらに、小学校から中学校において、定性的な実験から定量的な実験へ、そして帰納的思考から演繹的思考へと推移し、手続きから探究へと移行していくのである。これらのことをまとめると図1.3のようになる。

このように科学的思考力とは、科学的にものごとと問答しそのものごとを捉える力であると考えられる。自分の（知識・知恵）を更新していくこと

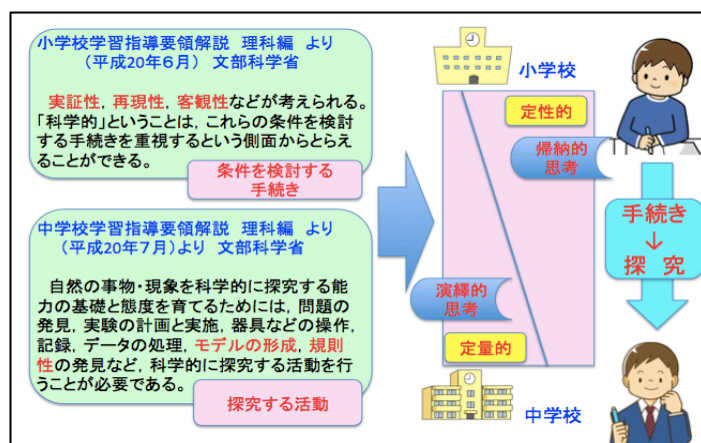


図1.3 小・中学校における科学的思考の定義

が本当の意味での学びであり、学びの過程こそが大切なのである。このことは、光文書院発行の情報誌Vプレスvol.12¹¹⁾の中で、文部科学省教科調査官の村山哲哉は、「科学的な思考・表現」について次のように語っている。

…（前略）…「科学的な思考・表現」については、実際に観察・実験に入る前の段階、つまり、予想や仮説をもつ場面が児童たちの学習状況を評価する一つのポイントとなる。見出した問題に対して自分の考えをもっているのか、もった考えをどのように表現しているのかを見取ることになる。ここでは、児童がもった予想や仮説が科学的な知識や事実、概念として合っているか、合っていないかということは問題とならない。どんな予想や仮説をもっているのか、根拠があるのか、ないのか、ということが重要になる。…（後略）…

これらの学びの過程を大切にする本研究で取り上げる「粒子概念」は、科学的な思考をおこなう基盤となる概念のひとつであり、手に取って扱えたり目で確認したりすることのできる巨視的な物質（具体物）の保存から、手に取ったり目で確認したりすることのできない物質の状態変化や溶解など粒子概念をはじめとする微視的（形式的・抽象的）な保存まで非常に幅広い。この概念は大切である。それゆえ指導要領においても「粒子・エネルギー

ギー」として柱のひとつとされている。そこで、児童がどのような思考過程を経てモデルを獲得していくかを可視化し、把握することは、重要な課題であると考えられる。つまり、「単元の開始前に児童の実態を把握し単元の構想を練ること」、「授業において児童の発達段階や思考の過程を把握しながら対応すること」が必要である。

また、知（知識・知恵）は、与えられるものではなく、獲得するからこそ自分のものとなるのである。そのためにも児童自らが知を獲得できるような手だてを開発したいと考えた。児童が、自分のものとなった知を活用して新たな知を獲得できる力を持ってほしいと考える。

第2章 CASE について

CASE プログラムとは、イギリスでは「認知促進（CA）」と呼ばれる教育的アプローチのひとつであり、その中で科学教育に関する内容がCASE（Cognitive Acceleration through Science Education：科学教育による認知促進）と呼ばれる。このCASEは、イギリスの教育学者P.Adeyらによって1980年代に開発され、主に具体的操作期から形式的操作期の間の児童を対象に、認知的発達を促すことにより学習内容の理解促進や、論理的な思考力の育成を図ることが可能となることが報告されている。

このCASEの授業は、討論（自分以外の人意見と問答すること）を中心に構成されており、これは新指導要領の言語活動の充実とも考え方が合致する。平成22年12月に出された「言語活動の充実に関する指導事例集」¹²⁾には、「言語活動が単に活動することに終始することのないよう、各教科等のねらいを実現するために、言語活動を充実させ意図的、計画的に指導することが重要である。」としている。また、この事例集の中には、言語の役割を踏まえた言語活動の指導の在り方と留意点について「知的活動（論理や思考）に関すること」と「コミュニケーションや感性・情緒に関すること」として次のように整理されている。

（1）知的活動（論理や思考）に関すること

- 事実等を正確に理解し、他者に的確に分かりやすく伝えること
- 事実等を解釈するとともに、考えを伝え合うことで、自分の考えや集団の考えを発展させること

（2）コミュニケーションや感性・情緒に関すること

- コミュニケーションは、人々の共同生活を豊かなものにするため、個々人が他者との対話を通して考えを明確にし、自己を表現し、他者を理解するなど互いの存在についての理解を深め、尊重していくようにすること
- 感性や情緒を育み、人間関係が豊かなものとなるよう、体験したことや事象との関わり、人間関係、所属する文化の中で感じたことを言葉にしたり、それらの言葉を交流したりすること

このように新指導要領もCASEも言語活動を重視していることがわかる。

2.1 CASE 開発の背景

CASE は英国の Philip Adey, Michael Shayer, 及び Carolyn Yates らによって 1980 年代に開発された教育プログラムである。その開発の背景は、1970 年代の CSMS (Concepts in Secondary Mathematics and Science) ¹³⁾ と呼ばれる理数教育のカリキュラム評価の研究がある。この研究では、カリキュラムの難易度と学習者の認知的な発達段階との比較を通して、カリキュラムの妥当性が検証された。当時、カリキュラムの難易度には「Taxonomy」(教育目標の一覧表)、学習者の発達段階には「SRTs (Science Reasoning Tasks : 科学推論課題)」と呼ばれる調査法がそれぞれ用いられた。これらは、いずれも心理学者ピアジェの発達理論を基にして開発されたものである。CSMS の調査の結果、中等教育の理数教科が要求する思考操作 (の難易度) は、学習者の発達段階を上回っていることが判明した。また、学習者の発達段階は、当初の想定よりも広く分布しており、特に発達の遅延が多数確認された。当時、学習内容の多くが形式的思考操作を必要としていたのに対し、学習者の発達段階は具体的操作期もしくはそれ以下であった。このような実態を踏まえ、英国では「学習者の発達段階に合わせて学習内容を簡単なものにする」のではなく「学習内容を理解できる程度まで学習者の認知能力 (発達段階) を向上させる」というアプローチを採用し、CASE の開発に至ったのである。

この CASE の理論の元となったのがピアジェとヴィゴツキーの 2 つの理論である。まずは、この 2 つの理論について述べる。

2.2 ピアジェの認知発達段階説

ピアジェ ¹⁴⁾¹⁵⁾ は、「人間の認識はスキーマを用いて行われるとし、環境との相互作用を経て発達する」と述べている。「スキーマ」とは、一般的に「認知の枠組み」という意味で用いられる。ピアジェの理論では、「同化」「調整」そして「均衡化」という基本概念をもとに構成されている。この 3 つは、次のように定義されている。「同化」とは、あるスキーマに基づいて外界からの情報を取り入れ、スキーマを拡張して理解することである。また「調整」とは、自分の既存のスキーマでは対応しきれないことが起こった時に、そのスキーマ自体を変えていくことである。そして、「均衡化」とは、ある認識に対して「同化」と「調節」を繰り返しながら、次の高次の認識に発達させることである。

つまり、あるものごとの認識は、その対象に対して漠然と接するのではなく、対象に能動的にはたらきかけることによって、既存のスキーマ (思考の枠組み) の拡張と修正を繰り返

返すことだといえる。認識は高次の段階に移行すると安定し、それ以前の段階の認識に戻ることはない。

また、外界からの情報に対するはたらきかけは発達段階によって異なることに着目した。そして、乳児期の感覚的運動期を終えた児童の段階を図 2.1 に示すような 4 つの段階分けられるとし、「発達段階説」を提唱した。

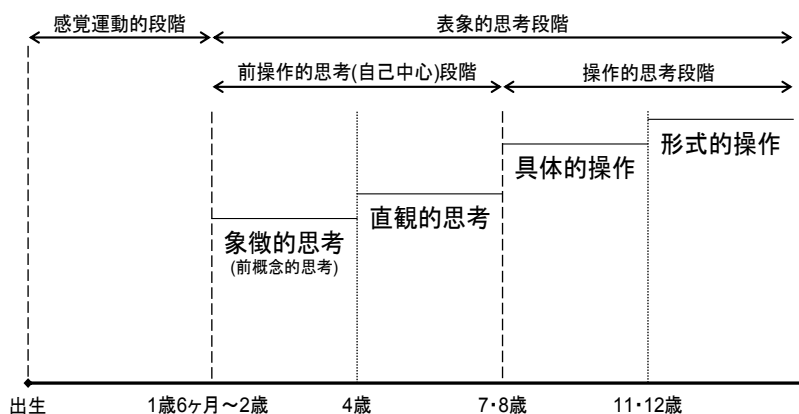


図 2.1 ピアジェの発達段階説

この説の中で「操作」は重要な概念であるとした。操作とは、「行為が内化されたもの」のことである。例をあげると、児童の足し算の理解は、物を指して個数を数えることから始まり、やがて物そのものではなく指を折って数えるようになる。そして最後には、頭の中だけで足し算ができるようになる。暗算はこのような動作的な足し算の行為が表象として内化された「操作」であるといえる。

この表象的思考段階は、さらに、7-8 歳前後を境に「前操作的思考段階」と「操作的思考段階」に分かれる。「操作的思考段階」とは、頭の中で行われる論理的操作を用いた思考ができる段階のことであり、「前操作的思考段階」は、まだ論理的操作ができない段階である。「前操作的思考段階」はさらに、「象徴的思考段階」と、「直観的思考段階」に分かれる。また、「操作的思考段階」は、「具体的操作段階」と「形式的操作段階」に分かれる。

① 象徴的思考段階

概念化はできないが、ものごとを言葉やイメージを用いて頭の中で想起したり、関連付けたりすることができる段階。

② 直観的思考段階

ものごとを自分の中で概念化し、理解しはじめる段階。だが、自己中心的な考えであり、目の前の特徴あることに左右されてしまうことも多い。

③ 具体的操作段階

具体的なものや自分の身近な事柄にのみ論理的に考え結論付けることはできる段階。

④ 形式的操作段階

推論や、抽象的な推論をおこなうことができる段階。記号などの抽象的な操作も可能となる。

以上のように、児童のシェマ（思考の枠組み）は、各発達段階に応じて特有の傾向を示す。そして、その思考は児童の成長とともに、具体的なものから形式的（抽象的）なものへと段階的に発達するのである。

以上のように、児童のシェマ（思考の枠組み）は、各発達段階に応じて特有の傾向を示す。そして、その思考は児童の成長とともに、具体的なものから形式的（抽象的）なものへと段階的に発達していくのである。この考え方は、「文脈依存性（もしくは領域固有性）」の考え方の視点から批判されている現状もあるが、現在でも発達に関する基本的な考え方（発達モデル）は十分に通用し、妥当性があると考えられている。

2.3 ヴィゴツキーの理論

ヴィゴツキー¹⁶⁾は、ピアジェとは異なる視点で発達を捉え、「最近接発達領域（ZPD : Zone of Proximal Development）」という概念を提唱した。図 2.2 に示す。ヴィゴツキーは、児童の認識の発達を「自力で問題を解決できる」水準と「他者からの援助や共同があれば解決できる」水準の二つに分け、両者の間の範囲を「発達の最近接領域」である。また、ヴィゴツキーは、思考の道具でもある言語活動の重要性を説いた。児童の認

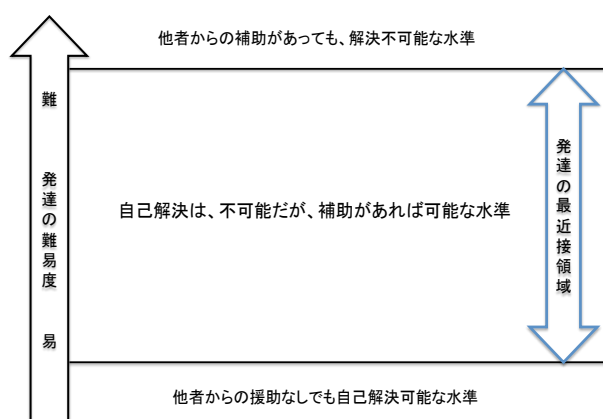


図 2.2 ヴィゴツキーの最近接発達領域

知の発達は、他者や社会（環境）との相互交渉（コミュニケーション）を通じてもたらされることを主張した。最近接発達領域に対応する課題が解決できれば、それはもはや解決できない課題ではなくなる。すなわち、課題の相対的な難易度は低下することになり、同時に個人の認知能力が向上したと捉えることができる。ヴィゴツキーは、このような過程によって発達が生じると主張した。最近接発達領域は、教育において発達段階を考慮する上でも発達を考える上でも、とても重要である。

課題の設定にあたって、この考え方を利用すれば、児童に適した学習課題を提示することができる。児童ができないことを提示しても学びにはならない。また、児童が既にできる

ことを提示してもこれも学びにはならない。これでは、児童は、学びの必然性や必要感を感じることができない。児童が学びたくなるような、ほどよい難易度の課題が必要であるとする。また、最近接発達領域の概念によれば、人間は他者からの援助や共同によって課題が解決できるようになり、学びが生じると言われている。児童のもつ認識は、指導者や友だちとの相互作用（コミュニケーション）の中で構成されていく。この考え方を「社会的構成」という。この点が「人間が生まれつきに持つ認知構造」に着目したピアジェとは異なる点である。

2.4 CASE プログラムの構成論

CASE は、ピアジェの理論が基本概念として用いられている。そして、授業構成は、ヴィゴツキーの理論が採用されている。その中心となるのが「社会的構成論」である。

ピアジェの発達観は、人間の認知発達の構造に目を向け、それを重要視したものである。しかしながら、ヴィゴツキーは、他者との相互関係による作用を重要視している。すなわち、討論（自分以外の人の意見と問答すること）により認識の変容が起こり、知を再構築するというものである。この問答は、直接的対話（他者と対話すること）だけでなく間接的な会話（他者同士の対話を傾聴すること）も含まれる。また、この討論を活性化させる上でのポイントは、図 2.3 のように 6 つの柱の要素が示されている。

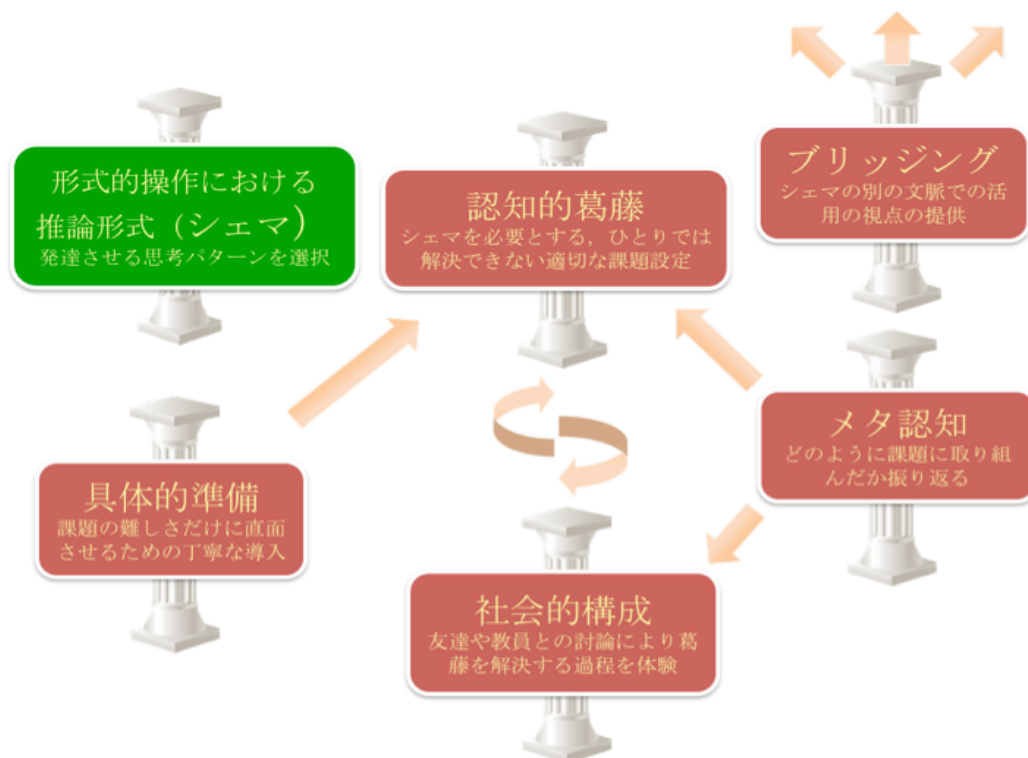


図 2.3 認知促進 (CA)における 6 本の柱

①認知的葛藤

児童が、これまでの経験や知識、技能、感性など自分の持っているもの全てを活用しても、自分一人では解決することのできない問題に出会った時に右往左往しながらあれやこれやと考える葛藤のこと。CASEの場合、対立的な葛藤や知識や概念に対する葛藤ではなく、論理的思考を構成するシェマに対する葛藤である。

②社会的構築

児童どうしが、認知的葛藤が生じたものごとに対して、自分の考えをもって交流しあい、自分の考えを再構成していくこと。結論を導きだすことを目的とせず、討論の過程を重視する。討論では、いかにして自分の考えを構築したかという自分の考えの背景、つまり論拠を持った説明が求められる。

③具体的準備

児童が学びを進める上で遭遇する困難さ以外の要因（用語やこれまでの既習の知識、実験操作の技能など）で児童がつまずかないように認知的葛藤を引き起こすための必要な足場を設定すること。このことにより、児童は安心した状態で学びをおこなうことができる。全ての児童が課題に取り組むことができるような準備をおこなうことが大切である。認知的葛藤以前の問題で児童がつまずくことを排除できるように、具体物や児童が学びを進めていく上で、認知的葛藤をスムーズに行えるように支援すること。また、討論の軸をしつかりとさせるために他の要因を排除すること。

④メタ認知

自らの思考について、思考すること。その思考の変容の過程を意識することが大切である。何が問題を難しくしているのか、何が考える助けとなるのかを明らかにしたり、今の自分は、何が明らかで、何が明らかでないかを意識したりするからこそ、次の学習へとつながる。しかしながら、このメタ認知は形式的操作期にはいる頃から可能になる。それゆえ、それ以前の児童がメタ認知しようとする活動を含めてメタ認知とする。また、形式的操作期以前の段階の児童が振り返りをおこなうときには、指導者がメタ認知的になるように促すことが必要となってくる。

⑤ブリッジング

授業で用いた思考様式を日常生活における様々な経験に結びつけたり、他の場面や文脈で用いたりすること。つまり、獲得した思考様式を自らのものとし、様々な場面において関連づけたり、結びつけたりすること。それゆえ、発展的な文脈よりも応用的な文脈での

活用が好ましいとされている。

⑥シエマ

ピアジェの提唱した論理的思考を構成する思考様式の枠組みのこと。また、その要素や構造を含む。CASE における授業の学習課題を追究していく上での中核となるものである。例を挙げれば「分類」「変数の制御」「複合変数」「比と比例性」「反比例性と平衡」「蓋然性と相関性」「形式的モデルの構築と使用」の7つが示されており、形式的な思考操作が伴ってくる。

この6本の柱のうち、CAの授業の核となるのが認知的葛藤であり、対象に適切なピアジェの形式的思考操作のシエマを選ぶ必要がある。選択したシエマが単元の学習課題と一致しない場合もあるが、一致させる必要はない。それはCAの授業ではシエマに対する葛藤が起こることが重要としているからである。図2.4は、Shayer, Adey らの著書“Really Raising Standards”¹⁷⁾から引用した、6つの柱を組み込んだ授業構成の概念図である。認知的葛藤の解決手段は児童同士の討論である。それゆえ、指導者は児童と積極的に対話し、討論を促すことに専念する。ここで大切なことは、CAの授業の目的が知識の習得ではなく、認知能力の発達を促進させることにあるので、正しい答えに導いたり、特定の結論を与えたり、結論を知識として覚えさせたりすることはない。ときには未解決のままでもよいのである。

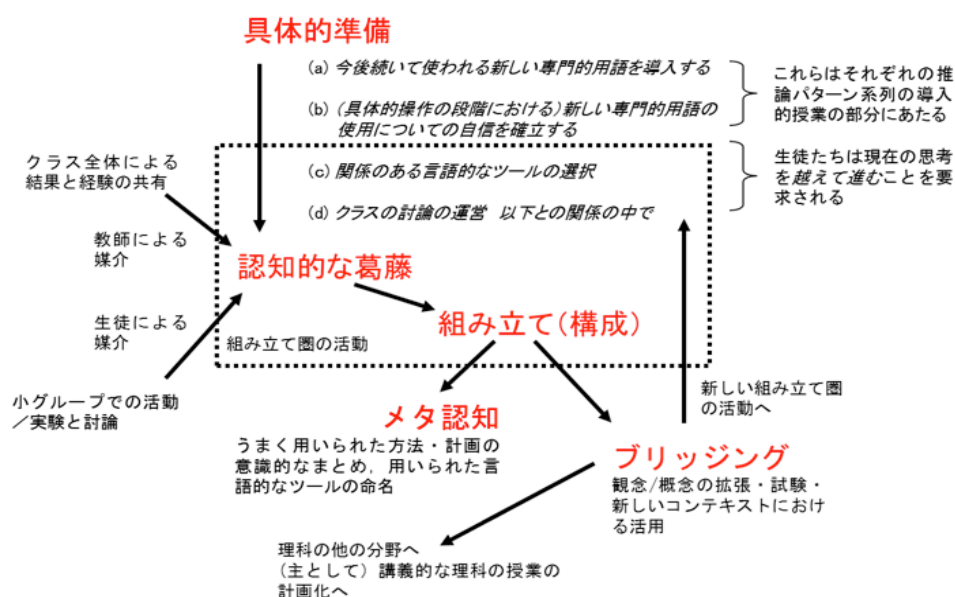


図 2.4 CA の概念に基づく授業の展開

また、CASEの授業では、次のような段階で基本的に授業は構成される。活動の前に「具

体的準備」がなされる。これは、シエマに対する葛藤以前に児童がつまづかないようにすることと同時に、用語の導入や実験器具などの使用法を丁寧に伝え、授業において活用できるようにすることがねらいである。次に、指導者により丁寧に用意された困難な課題による「認知的葛藤」を経験する。この認知的葛藤は、「シエマ」に対するもので、発達段階に応じてその反応は異なる。そして、友だちや指導者との討論により「メタ認知」を経験する。なお、討論において意見対立が生じた場合も認知的葛藤が生じる可能性がある。そして、討論によって認識が変容していく過程が「社会的構成」である。さらに、授業の終盤ではメタ認知と「ブリッジング」（思考を他の経験と関連付けること）をおこなう。以上述べた6本の柱は、特定の思考操作を必要とする現実的な文脈の中に効果的に配置されている。

CASEの授業構成は、まず社会的構成という大枠がある。社会的構成には他者とのコミュニケーションが不可欠であるため、それを実現する具体的な視点として6本の柱がある。CASEの特徴は、この授業構成の視点や授業の基本概念が全て認知論を背景としている点である。また、それが断片的に用いられているわけではなく、導入から終末までの全ての過程において社会的構成を図る視点があり、それらは有機的に結びついているのである。

2.5 認知の測定法

CASEには、CSMSで用いられた7つのSRTsのうちTaskⅡ（物質の体積と重さの保存に関するもの）とTaskⅦ（補償の考え方に関連するもの）があり、学習者の発達段階を測定することができる。ピアジェの発達段階をもとに、さらに表2.1のように細分化されている。CASEでは、より詳細に発達を捉えようとしている。特に、2B*は発達段階の過渡期に相当し、具体的操作期と形式的操作期の中間的な反応が見られる。

本実践での児童の認知段階の測定は、このTaskⅡ（物質の体積と重さの保存に関するもの）を用いた。

表 2.1 CASEにおける認知段階

表 記	発 達 段 階
1	前操作期
2A	早期具体的操作期
2A/2B	中期具体的操作期
2B	後期具体的操作期
2B*	具体的操作期-形式的操作期 移行期
3A	前期形式的操作期
3A/3B	中期形式的操作期
3B	後期形式的操作期

第3章 粒子概念

本研究で取り上げる「粒子（概念）」は、義務教育における理科教育の基本となる柱のひとつである。しかしながら、目に見えない現象を理解するために、物質を粒子として捉える「モデル」を用いた科学的思考の経験がとなる。身のまわりのものは、全て「物質」から出来ており、物質を学ぶ上で最も重要な事柄は「粒子概念」である。ここでいう「粒子概念」とは、次のことである。

「物質は、それ以上分割できない最小の粒からできており、その粒は固有の性質をもっている。」

この概念は、主に高等学校の化学の分野への系統として扱われるが、化学だけでなく、物理学、生物学、地学においても重要な概念である。つまり科学的な思考をおこなう上で、必要不可欠な概念のひとつであると考えられている。小学校の段階では、「空気」「水」「金属」等の身近な物質を取り扱い、実験を通じて定性的なアプローチから「なぜそのような現象がおこるのか」ということを思考する。しかしながら児童の発達段階から考えると目に見えるものは捉えられるが、目に見えないものを捉えることが難しい段階にある。具体的な事象がまだまだ必要な段階である。これらの段階を経て、定量的なアプローチに視点を広げた中学校理科1分野の「原子」へとつながっていくのである。そしてさらに、高等学校の化学では、逆に「原子」から学び「分子」そして物質を構造や性質などを原子・分子を基に学んでいくことになるのである。

3.1 学習指導要領における粒子概念

3.1.1 系統性重視の学習指導要領

新学習指導要領では、小中連携の強化がはかられ、系統が重視された。具体的には、図3.1のように、小学校の理科の内容は「粒子・エネルギー」と「生命・地球」に再編され、中学校における「第1分野」と「第2分野」へ、さらに高等学校における「物理」「化学」と「生物」「地学」へとつながることが意識されている。

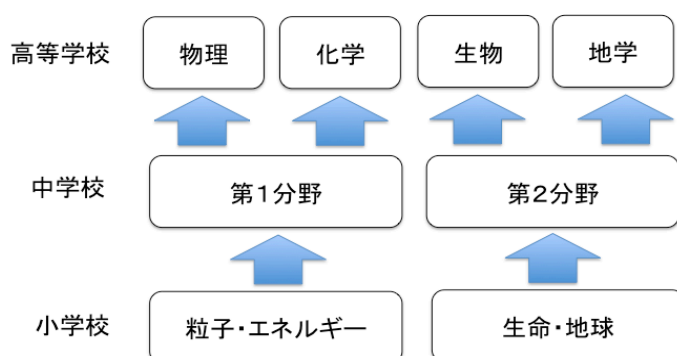


図 3.1：小学校から高校における単元の系統性

さらに、この指導要領では、科学の基本的な見方や概念を柱として、「粒子」「エネルギー」「生命」「地球」とし、小・中学校を通じて内容の系統性が図られている。そのうち「粒子」については、表 3.1 の通りである。

また、指導要領には、図 3.2

のような図が掲載されている。

表 3.1 粒子の系統性

		粒子			
		粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
小学校	3 年			ものの重さ ・形と重さ ・体積と重さ	
	4 年	空気と水の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮			金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化
	5 年			物の溶け方 ・物が水に溶ける量の限度 ・物が水に溶ける量の変化 ・重さの保存	
	6 年	燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み	水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液		
中学校	1 年	物質のすがた ・物まわりの物質とその性質 (プラスチックを含む) ・気体の発生と性質		水溶液 ・物質の溶解 ・溶解度と再結晶	状態変化 ・状態変化と熱 ・物質の融点と沸点
	2 年	物質の成り立ち ・物質の分解 ・原子・分子	化学変化 ・化合 ・酸化と還元(中3から移行) ・化学変化と熱(中3から移行)	化学変化と物質の質量 ・化学変化と質量の保存 ・質量変化の規則性	
	3 年	水溶液とイオン ・水溶液の熱伝導性 ・原子の成り立ちとイオン ・化学変化と電池	酸・アルカリとイオン ・酸・アルカリ(中1から移行) ・中和と塩(中1から移行)		

(色は筆者による)

今回の実践する小学校 5 年「もののとけ方」は、小学校では、「粒子の保存性」として系統性がはかられている。3 年「ものの重さ」、5 年「物の溶け方」、6 年「水溶液の性質」が学習内容である。中学校では、1 年「水溶液」、2 年「化学変化」、「化学変化と物質の質量」、

3 年「酸・アルカリとイオン」が学習内容である。

3. 1. 2 学習指導要領の問題点

上述のように、系統性を踏まえつつ改訂された指導要領ではあるが、次の 2 点が今回の指導要領における問題点であると考える。「連続性」、「一貫性」である。「連続性」においてはモデルによる思考の過程が欠如しており、「一貫性」においては学習する内容が重複している。

①連続性の問題点

小学校から中学校における「粒子」の学習は、図 3.2 に示す通りである。小学校の段階で溶解の現象を定性的に捉え、科学用語を用いて現象を記述し説明することを学ぶ。しかしながら、中学校の段階では、唐突に「粒子モデル」が提示され、それを用いて現象を解釈し、説明することが求められる。

この展開では、児童の粒子概念獲得の過程において、モデルによる説明の段階が欠如している。そのため、「モデルを用いることの有

用性」を実感する過程を経ずに、「粒子モデル」を提示される。児童は、物質を「粒子」の集まりとして捉えること（＝モデル）の意味やその必要性を理解することが難しく、その後の学習に支障をきたす児童もいる。これは「粒子モデル獲得における中 1 ギャップ」といえ、解決すべき課題であると考えられる。

②一貫性の問題点

系統性や一貫性を重視した今回の新指導要領において、図 3.3 の赤色の単元において、

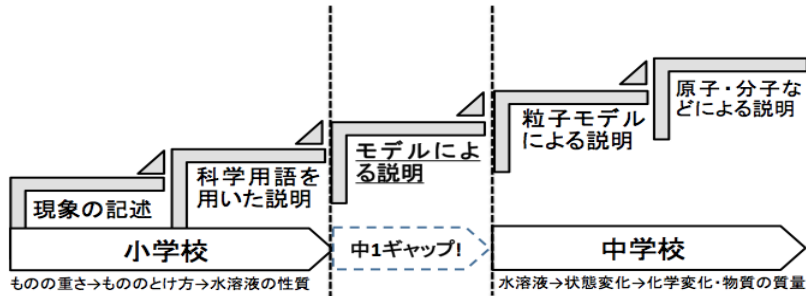


図 3.2 粒子概念獲得の過程とその問題点

表 3.2 学習内容の重複

小学校 6 年「水よう液の性質」	中学校 1 年「気体の発生」
① 鉄やアルミニウムと塩酸を反応させると、金属が溶けて水素が発生する。	① 気体の種類による特性に気づかせ、基本的な操作方を習得する。
② 水溶液には、酸性・中性・アルカリ性がある。	② 二酸化炭素が水に溶けると酸性を示すこと、アンモニアが水に溶けるとアルカリ性を示すことを見いだす。
③ 二酸化炭素を水に溶かし、その性質を調べる。	

学習内容の重複が見られる。その内容は、表 3.2 に示す。小学校 6 年「水よう液の性質」と中学校 1 年「気体の発生」において、同じ内容を学習するのである。

3.2 「粒子概念」の先行研究

粒子概念の先行研究の多くは、粒子モデルが導入される中学校にて実施されている。これらの研究の多くは、粒子モデルをどのようにして与えるかの研究である。

福島ら¹⁸⁾は、インクの拡散実験やブラウン運動の観察をおこなうことによる小学校における粒子概念の導入の試み、粒子概念の導入を行っている。これにより、少しでも水の存在に目を向け、粒子への視覚からのアプローチを試みている。

渡辺健幸ら¹⁹⁾は、粒子的視点をもった溶解に関する概念を形成することを目指し、発泡スチロール製の「粒子モデルの使用」と「水溶液の蒸発乾固の実験」を考えることから粒子概念の形成を試みている。これは、具体物を提示した実験群と提示しない統制群との結果を比較しているが、この研究では、事後の調査問題において、実験群での正答率が高く、粒子の描画も 100%見られることが報告されている。

同じく、村上祐²⁰⁾は、小・中学校における望ましい粒子概念教育の提言の中で、小学校の段階で粒子モデルを与え、溶解の現象を考えさせる学習を取り入れるべきだと提言している。この考え方を受けて研究をしてきた増田伸江²⁾らも、小学校から初歩的な粒子概念を導入する試みを行っている。この中で、共同研究者である菊池らは、次の粒子概念に関わる要素として次の 7 点を挙げている。①物質は全て小さな粒でできている。②粒と粒の間は隙間である。③粒は消滅しない。④粒の質量は変わらない。⑤粒の体積は変わらない。⑥粒は熱運動している。⑦粒は互いに引き合う性質がある。このうち、増田は①から⑤は、習得が可能ではないかと考えている。しかしながら、増田は、共同研究者の菊池らの「粒子の基本概念は、教師側から教える必要があるのではないかと考えられる。」という見解に対して、「教師側から、結論を教え込むことにはやや抵抗がある。」としている。そして、教師側から、物質は小さな粒からできていることを示唆するクラスと示唆しないクラスの対照研究を実施している。この研究により、児童の側から粒子の発想が自発的に出てきたクラスの方が、文章による表現の変容が見られることが報告されている。

葉山優ら²²⁾は、食塩の溶解に関する問題において、粒子像と教師の「介入」との関係についての調査を行っている。この実践の場合、介入とは「塩が粒子でできていること」を教示することを言う。質問は「水にしおをとかすとしおがとけて見えなくなりました。

塩は水と、どのようにまざっているとおもいますか。あなたの考えをできるだけ詳しく説明してください。絵に書いて説明してもかまいません。」である。この問題に対して関する水溶液について粒子的表現を用いたかどうかの判断基準にして分析を行っている。介入の有無による粒子の発生の結果は、図 3.3 の通りである。

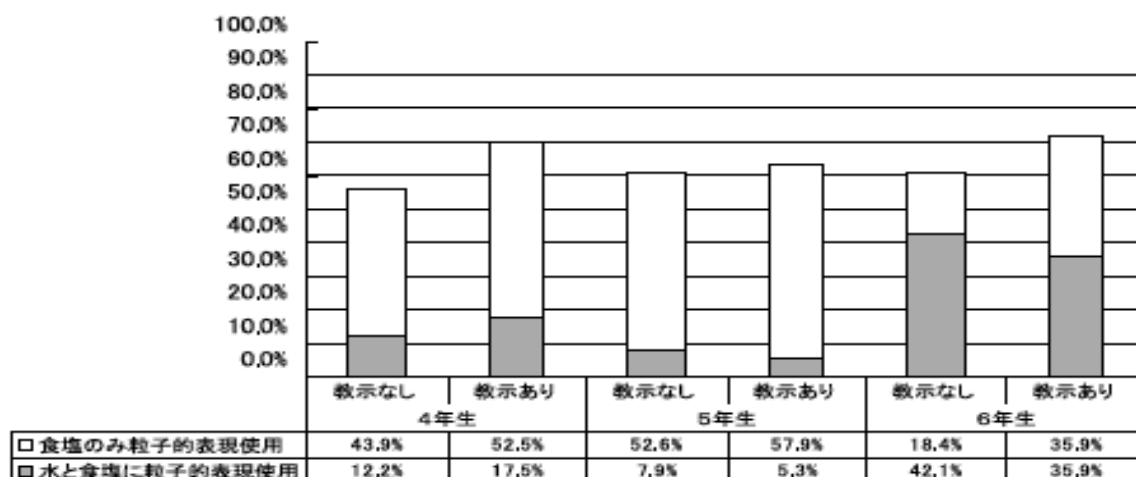


図 3.3 教示の有無による粒子モデルの発生率

しかし、モデルを与えるのではなく、児童自らがその現象を説明するために自らモデルを創造し、それをを用いて問答することにより科学的思考を向上させることよりもモデルを与えそれを活用することの効果を示す研究であった。児童が、学習に対する有用観を持てるようにするためには、その学びの価値の前に自分の思考することの価値や自分の発想に有用観を持てることが大切だと考える。そうなるためには、自分の考えとしっかりと向き合い、その思考の成長の過程を実感できることが大切である。まず単元を始める前に指導者は、目の前の児童の実態を把握し、児童がどう考えるかを予測し、児童の思考の流れを大切に、必然性や必要感を感じられる単元の構想が必要だと考える。

さらに、児童のもつ粒子に関する素朴概念の調査もおこなわれている。

杉本良一ら²³⁾は、児童のもつ「ものの溶け方」に関する素朴概念を調査し、その実態を明らかにした。その結果、「こどもは多様な水溶液の概念を有し、それを学習に適用しようと努力していることが分かる。」とある。「重さの捉え方が濃度の概念形成に影響を及ぼしている。」「水に溶けた食塩はろ過によってこし取られるという素朴概念がある。」「飽和の概念は形成されにくく、学習後でも6割以上の児童が溶液中に溶け残りがあってもかき混ぜれば溶けると考えている。」ことを調査している。

また、素朴概念については、武村重和編「図解理科 児童の思考つまずき辞典 小学3・

4 年」²⁴⁾ においてホウ酸の溶解, 「同
小学 5・6 年」²⁵⁾ において食塩の溶
解についての素朴概念が示されてい
る。

杉本, 武村の誤概念を参考に, 図
にまとめたものが図 3.4 である。こ
の誤概念も実際に, 目の前の児童が
どう考えているかを調査し考える必
要があると考え。

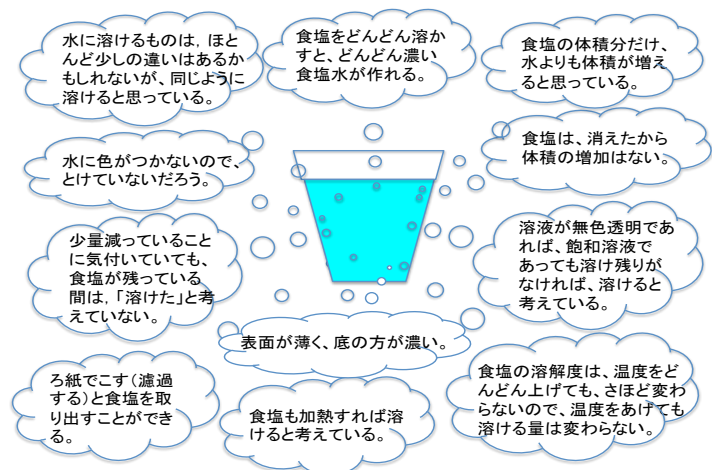


図 3.4 子どもが一般的にもつ素朴概念

そして, 池口真一²⁶⁾ は, CA 授業を単元中に組み込むことを試みた。CASE のシエマである「形式的モデルの構築と使用」を意識した本実践は, 小学校第 6 学年「水溶液の性質」の単元で実施された。粒子モデルが導入される前段階において, 「形式的モデルの構築と使用」のシエマを意識した CA の授業の実践をおこなうことで, 粒子概念の獲得に効果的であるとしている。課題として, 現象を説明するためには不完全なモデルが含まれている。そのため, 次の段階では, より科学的なモデルへと変容させていく授業の設定が必要とあるが, そもそも, モデルで考えることこそが目的であってよいと筆者は考える。指導要領のギャップを埋める意味から考えて妥当であると思う。また, 完璧なモデルとはどういうものだろうか。目の前の現象を全て説明できるモデルが完璧なモデルとするならば, 児童自らが見た現象を説明できるモデルこそが, 現段階では, その児童にとっては, 現段階で一番完璧なモデルであると考えられないだろうか。大切なことは, 児童がどう考えているかを指導者が把握して学びにいかすことであると考え。また, 児童は, 様々な角度から違う現象を見ている可能性がある。それゆえ, 同じ現象を見て討論することが大切であると考え。また, 児童の持っている既存の考え方を把握することやその時その時に児童の思考を見取る手段の工夫は必要であると考え。また, CA の授業を 2 時間入れたが, 本来ある授業に組み込めたらもっと CA の考え方が広まると考える。

同じく CASE の考え方を理科の授業の中に取り入れようという中学校における実践は, 池田敏浩²⁷⁾ もおこなっている。

これらの先行研究と問答したが, 児童の変容を見取り, どんな支援が必要かを考えながら授業を構成し, 児童の思考に寄り添っていくことが, 児童が自分の思考の成長の過程を実感できることに繋がると考える。また, 開発した授業を提案し, 受け入れられるために

は、その教育的効果があることはもちろんだが、次のような課題も克服する必要があると考える。開発しても使われなくては意味がない。小学校の教師は、理科が得意なものばかりではない。それゆえ教師の多くが教科書の流れに沿って授業を行っている。そこを変えるためには、教科書の内容に沿った実験、もしくは簡単に準備できる実験であり教師自身にその有用観を感じられるものにする必要があると考える。また、配当の時間数が増えずに、授業の中に組み込まれること望ましいと考える。

以上のことを踏まえ、本研究を進めていこうと考える。次章では、この実践をおこなう上での単元の構想について、述べたいと思う。

第4章 「もののとけ方」の単元の構想

4.1 教科書会社別単元計画の比較

「もののとけ方」を実践するにあたって、どんなことが学校現場で行われているかを知るために、小学校で使われている教科書会社の単元計画の比較をおこなった。小学校の理科の教科書会社は5社あるが、次の表4.1のような単元計画になっている。ここでは、「ものが溶ける」という現象についての比較をおこなうため、実験器具の操作技能で扱われている時間を除いて図にした。

表 4.1 教科書会社別の単元構成の比較

	A社	B社	C社	D社	E社
導入	砂糖の拡散 シュリーレン現象	食塩とミョウバンの結晶	シュリーレン 溶かしている様子	シュリーレン 溶液の提示	海水 水の蒸発 一粒とかす
1	水溶液の重さの保存 食塩は、水にとけると見えなくなった。食塩はなくなってしまったのだろうか。	溶質の溶ける限度① 食塩が水にとける量は、限度があるのだろうか。	水溶液の重さの保存 水にとけたものの重さはどうなるのだろうか。[粒子]	溶質の溶ける限度① 食塩やミョウバンが水に限りなくとけるでしょうか。	課題の設定 食塩は、水にとけると重さはどうなるのだろうか。 食塩は、水にどれくらいとけるのだろうか
2	溶質の溶ける限度① 食塩は、水に限りなく溶けるだろうか。	溶質の溶ける限度② ミョウバンも水に限りなくとけるだろうか。	溶質の溶ける限度 ものが水にとける量には限度があるのだろうか。	溶媒の温度や量との関係②-1 水の量を増やして、食塩やミョウバンが水にどれくらい溶けるかを調べよう。 水の温度を上げて、食塩やミョウバンが水にどれくらい溶けるかを調べよう。	水溶液の重さの保存 食塩は、水にとけると重さはどうなるのだろうか。 溶質の溶ける限度 食塩は、水にどれくらいとけるのだろうか。
3	溶質の溶ける限度② 食塩以外にも、水に溶ける量は限りがあるのだろうか。	溶媒の温度や量との関係 水の量や温度が、ミョウバンや食塩の水にとける量に関係しているかを調べてみよう。	溶け残りを溶かす方法 とけ残った食塩やホウ酸をとかすにはどうしたらよいだろうか。	溶媒の温度や量との関係②-2 水の温度を上げて、食塩やミョウバンが水にどれくらいとけるかを調べよう。 水の量を増やして、食塩やミョウバンが水にどれくらいとけるかを調べよう。	溶質の溶ける限度 食塩は、水にどれくらいとけるのだろうか。 水溶液の重さの保存 食塩は、水にとけると重さはどうなるのだろうか。
4	溶け残りを溶かす方法 とけ残った食塩やホウ酸をとかすにはどうしたらよいだろうか。	溶けたものを取り出す方法 出てきたホウ酸を取り除いたら、もうホウ酸は含まれていないのだろうか。	溶けたものを取り出す方法① 水の量を变えずにとけ残ったものを取り出すにはどうしたらよいだろうか。	溶けたものを取り出す方法 水溶液に溶けている食塩やミョウバンを取り出そう。	溶けたものを取り出す方法① 食塩水を蒸発させて食塩を取り出せるかを調べてみよう。
5	溶けたものを取り出す方法 出てきたホウ酸を取り除いたら、もうホウ酸は含まれていないのだろうか。	水溶液の重さの保存 食塩を水にとかすと全体の重さはどうなるのだろうか。	溶けたものを取り出す方法② とかしたものは水よう液からとりだせるだろうか。	水溶液の重さの保存 とかす前ととかした後の水溶液の重さを調べる。	溶質よる溶け方の違い ホウ酸は、水にとかすととけ方は違うのだろうか。
6	振り返り ふりかえろう		発展的なものづくり ミョウバンのリースづくり	振り返り ものが水に溶けるということはどういうことだろう。[粒子]	溶けたものを取り出す方法② ホウ酸を取り出そう。
7					発展的なものづくり 結晶をつくらう
時間数	全13時間	全14時間	全13h	全12時間	全13～15時間

ここで5社を比較してみると、「水溶液の重さの保存」「溶質の溶ける限度」「溶け残りを溶かす方法」「溶けたものを取り出す方法」を水の温度と水の量という変わるもの（変数）によってどうなるかを学習する単元であることがわかる。また、これらの内容の下に表している文章（色がついていない部分）は、教科書に書かれてある課題の文を抜き出したものである。どの教科書会社も時間数にして12時間～13時間の配当で実施され、同じような時間配当である。ものづくりや発展的な内容は、配当時間数に含まれていない場合もあり、それを含めるとするとどこ教科書会社もほぼ15時間の配当としている場合が多い。さらに、「実験の時間を確保するのか」「ものづくりをいれるのか」「思考の時間を確保するのか」「発展的な課題を実施するのか」によりその軽重がつけられている特徴がある。また、ここでは、実験器具の操作技能として「電子天秤の使い方」「上皿天秤の使い方」「メスシリンダーの使い方」「蒸発皿の扱い方」「ろ過の方法」などがある。A社を見てみると、「電子天秤の使い方」と「上皿天秤の使い方」で1時間、「メスシリンダーの使い方」で1時間、実験操作技能で計2時間の時間が設定されている。また、「蒸発皿の扱い方」と「ろ過の方法」は、時間の設定はせずに実験の中での指導となっている。

粒子の概念を発展的であるが扱っているのはC社とD社の2社のみである。（表中の[粒子]の記述の時間）いずれも思考の時間を設けて、実施している。また、重さの保存は「食塩」・「ホウ酸」・「ミョウバン」、温度による溶解度の変化は「ミョウバン」・蒸発乾固による結晶の析出は「ホウ酸」か「食塩」を溶質として用いている。これは、全ての実験をひとつの溶質でおこなうことは可能であるが、変化が分かりにくいので工夫されている。それゆえ、B社のように途中で調べる溶質を変更する必然性を持たせているものもある。

さらに、A社は溶解度曲線からグラフから読み解く時間を確保している。D社とE社は、児童の思考の流れに沿うために順序選択型の構成を取り入れている。一番児童が必然性を感じられるような単元の構成になっているのはE社だが、時間数は一番多くかかっている。

しかしながら全体的に、時間の関係もあるが、児童の思考の流れを考慮されていないと感じるところが多く、思考の流れが途切れてしまう傾向にあると考える。特に、水溶液の重さの保存のところは、必然性がなくあてはめられている場合が多い。

次章の1年目の実践では、この比較からの改善点を組み入れた単元計画を提示し、その実践について述べる。

第5章 1年目の実践

先行研究から見えている課題を明確にすることと CASE でいう「粒子モデルの構築と使用」と認知段階の関係を実感するため」に1年目の研究は、モデルの自発的出現を促す指導者のアプローチについての研究を主なテーマとし、次のような実践をおこなった。

5.1 授業の実践の記録

期日	平成24年1月～2月
対象	京都教育大学附属桃山小学校5年 2クラス（72名）
指導形式	単独授業
授業者	平島和雄
単元の目標	物の溶け方について興味・関心をもって追究する活動を通して、物が水に溶ける規則性について条件を制御して調べる能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、物の溶け方の規則性についての見方や考え方をもつことができるようにする。

○物が水に溶ける量には限度があること。

○物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと。

この性質を利用し、溶けている物を取り出すことができること。

○物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。

単元計画 図5.1の通り（全13時間）

この単元計画を構想するにあたって、児童の事前アンケートを実施した。ものが水に溶ける（溶解する）現象と氷などが融けるという現象や小麦粉などを「溶く」ということばかり、「溶ける」ということがまちまちである実態が浮かび上がった。そこで、単元の導入で「ものが水に溶けること」を定義すべきであると考えた。また、水に物を溶かした経験も様々であるために、足場を揃えるために身の回りのものを溶かすことをおこなう。そして CASE でもの行われている分類のシェマを用いて、「溶ける」と「溶けない」の違いを明らかにする。このとき、「混ざる」と「溶ける」の違いもペットボトルに砂を入れた物を振って混ざった状態にして分離する現象をみることによって溶けるとの違いを捉えられるようにした。ここまでは、単元における具体的準備となる。そして、自分たちが実際に溶かしたものを分類し、そこから考えたことを元にして単元を見通した追究のめあてを児童と

表 5.1 1 年目指導計画（教科書会社との比較）

A社		1年目の実践
1	○水溶液(ものが水に溶けることを定義する) ・物が「溶ける」ことについて話し合う。	○ものが水に溶けることを定義し、単元を通した追究課題を設定する。 ・身の回りのいろいろな物を溶かし、その現象について話し合う。 ・水に溶かしたものを分類し、追究課題を考える。
2	○電子てんびん、上皿てんびんの使い方を知る。 ・電子てんびんや上皿てんびんの使い方を知る。	○水溶液の重さと問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。 ・重さの変化を調べられるように、電子てんびんや上皿てんびんの使い方を知る。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さを調べて記録する。
3	○水溶液の重さについて調べる。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さを調べて記録する。	
4		○食塩が水に溶ける量と問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。 ・一定量の水をはかれるように、メスリンダーを使った水の体積(量)のはかり方を知る。 ・一定量の水に溶ける食塩の限度があるかを調べて記録する。
5	○メスリンダーの使い方を知る。 ・メスリンダーを使った水の体積(量)のはかり方を知る。	
6	○食塩が水に溶ける量 ・一定量の水に溶ける食塩の量に限度があるかどうか調べて記録する。	○溶け残りを溶かす方法と問答する。 ・溶け残った食塩を溶かす方法を考える。 ・食塩が溶け残ったビーカーに水を加えたり、水溶液を温めたりして、溶ける様子を調べて記録する。
7		
8	○ホウ酸が水に溶ける量を調べる。 ・食塩以外の物(ホウ酸)も、一定量の水に溶ける量に限度があるかを調べて記録する。	○溶けた食塩の取り出す方法と問答する。 ・溶けた食塩を取り出す方法を考える。 ・溶け残りを取り除くために、ろ過の方法を知る。 ・ろ過をした食塩の水溶液を蒸発させたり冷やしたりして食塩が出てくるかどうか調べて記録する。
9	○溶け残りを溶かす方法を調べる。 ・溶け残った食塩やホウ酸を溶かす方法について話し合う。	
10	・食塩やホウ酸が溶け残ったビーカーに水を加えたり、水溶液を温めたりして、溶けるようすを調べて記録する。	○振り返り(メタ認知)を行い、自分やひとの考えと問答する。 ・食塩のとける現象ををどう考えたのかという自分の思考をふりかえる。 ○食塩以外のものの溶け方をしらべ、ものが水に溶けることについて問答する。 ・ホウ酸やミョウバンと食塩の溶け方を比較し、ものが水に溶けるということを拡張する。(ブリッジング)
11	○ホウ酸の取り出し方を調べる。 ・ろ過のしかたを知る。	
12	・ろ過をしたホウ酸の水溶液を蒸発させたり冷やしたりしてホウ酸が出てくるかどうか調べて記録する。	
13	○ふりかえろうをする。 ・ふりかえろう ・学んだことを生かそう	

一緒に作る。ここで大切なのは、単元を見通しためあてであることである。これは、1 時間ごとのめあてでなく単元を見通しためあてにするのは、1 時間 1 時間が途切れて学びが構成されるのではなく、単元を通して学びの必然性や必要感を持ち、追究していく意欲をもてるようにするためである。今回は、「ものが水にとけるとはどういうことだろうか。」ということをめあてとした。そしてものが水に溶けるということを単元を通して学習していった。同時にこのめあてを達成するために、「とけたものはどこにいったのか」「ものは水にいくらでもとけるのか」などという 1 時間ごとのめあてをつくった。これも児童の気づきの中から一緒に考え、「重さの保存」や「溶ける限度」などを扱うこととした。

そして、ここから出てきためあてを順序選択的にひとつひとつ追究した。(今回は、比較

のため図 5.1 に示した流れに A 組・B 組とも統一した) 今回の学習内容は、「物が水に溶ける量には限度があること」「物が水に溶ける量は水の温度や量, 溶ける物によって違うこと」「この性質を利用し, 溶けている物を取り出すことができること」「物が水に溶けても, 水と物とを合わせた重さは変わらないこと」である。これまでの学習全体から言えることを 11 時間目に振り返りの活動を設定し, 児童自らの思考をメタ認知できるようにした。この時間で考えた「食塩が水に溶けるという現象」は, 食塩に限ったことなのか, それとも他のものにもいえるのか, ということを確認めるために, ホウ酸やミョウバンを用いて同じ実験をおこなった。(CASE でいうブリッジングである)

単元における各実験では, 「予想や仮説を立てる」→「実験する」→「結果から考察する」活動を大切に, 言語と体験からものと問答できるようにした。また, 「自分一人で考える」→「班で考える」→「全体で考える」という流れを大切に, 自分の思考と他者の思考を比較できるようにした。また, 班構成も認知による班構成とし, 認知による違いが見られるかを調査できるようにした。

本実践の研究目的は, 次の 2 つである。

- ① 指導者のアプローチの違いにより, 児童がどう変容するのか
- ② 粒子モデルは, 自然発生するのか

である。

そのために, 先行体験もばらつきがあるために, 導入段階でいろいろなものを溶かす活動を取り入れ, 先行体験を揃えるようにした。思考の変容見るために, とける現象を科学的に説明する活動を取り入れた。

また, 指導者によるアプローチの違いは, 図 5.1 に示す。溶けている様子を説明する段階で,

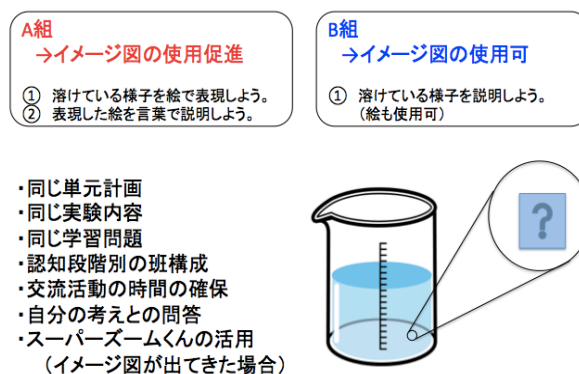


図 5.1 アプローチの違い

階で, A 組は必ず絵で表現してから言葉で説明するように言葉かけをおこなうが, B 組は必ずしも絵で表現することを強要せずにおこなう。これは, 毎時間の振り返りの段階でおこなう。その活動の繰り返しにより, 自分の思考をメタ認知することにより粒子モデルが発生するのではないかと考えたからである。また, この段階でモデルという言葉に引きずられないようにあえてモデル図という言葉を与えずにイメージを絵で表すということを意図

し、イメージ図という言葉を用いた。それ以外の授業は全て同じ授業を実施した。また、図 5.2 にある「スーパズームくん」とは、拡大するとどう見えるかを書くために名付けたものであり、現象を拡大して見ているのである。

なお、研究による学びの差をなくすために 12・13 時間目の活動では、両クラスともイメージ図で表す活動を取り入れながらおこなった。

5.2 実践結果及び考察

アプローチの有無による説明による粒子モデルの出現の割合は、図 5.2 に示す通り、A 組（イメージ図を積極的に用いたクラス）が 82.4%、B 組（イメージ図を用いてもよいしたクラス）が 17.1%であった。A 組の発生率は、B 組の 4 倍である。この結果から、先行研究と同じように粒子発生は、何らかのアプローチなしでは発生しにくいことが言える。しかしながら、粒子モデルを与える必要はなく、イメージ図を描く活動を取り入れるだけで、児童はモデルを用いるようになることが分かる。

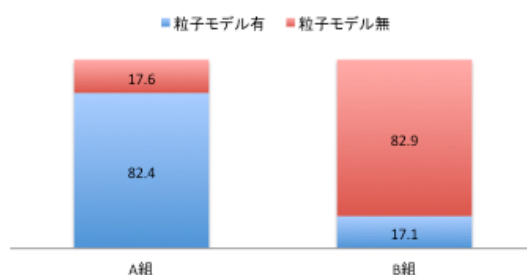


図 5.2 粒子モデルの発生率

さらに、その分類別に出現モデル数をグラフに表すと図 5.3 のようになる。

このグラフからも分かるように A 組と B 組では、明らかな違いが見られた。イメージ図を積極的に用いたクラスで、言葉とモデルの問答をおこなった方が、はるかに出現率がよいことがわかる。また、水と塩の両方を粒子モデル表現できるようになることもわかった。この結果より

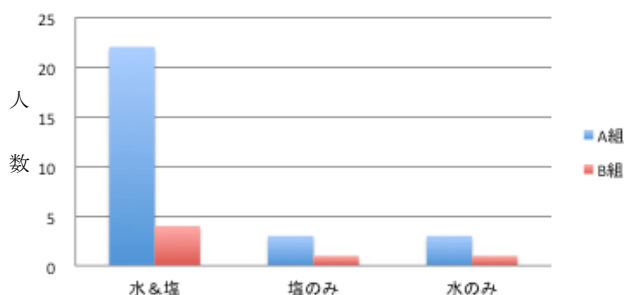


図 5.3 出現モデルの分類別発生人数

言葉とモデルの問答は、粒子概念の発生に大きく関わることが分かった。また、現象の説明をイメージで表現することを繰り返すことにより、モデルを与えなくとも発生することが言えるのではないかと考えられる。

そして、この活動で出現モデル別の分類をおこなった。児童の描いたモデルを分類すると、塩・水の粒子モデルの有無でみると次の 4 つに分類される。（児童が描いた粒子のモデルの例を図 5.4 に表す）

- ① 水と塩両方がモデルで示されているもの
- ② 塩のみがモデルで示されているもの
- ③ 水のみがモデルで示されているもの
- ④ モデルの出現がないもの

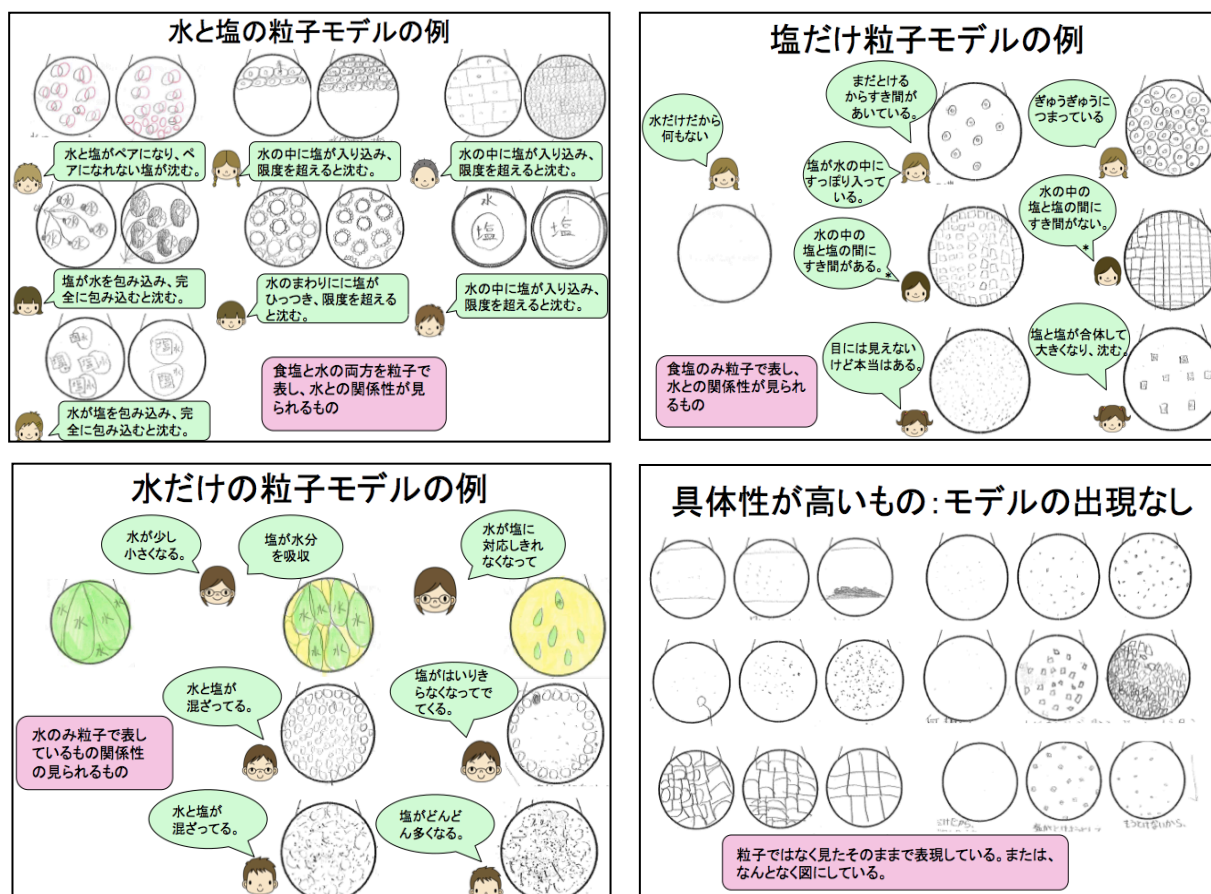


図 5.4 子ども達のモデルの分類

その中で、水と塩を粒子モデルで表したものをさらに分類すると、次のようになった。

- | | | | | |
|------------------------|-----|------|-----|-----|
| ・ 物質間の隙間に注目したモデル | A 組 | 5 名 | B 組 | 3 名 |
| ・ 物質の結合に注目したモデル①（粒子結合） | A 組 | 7 名 | B 組 | 1 名 |
| ・ 物質の結合に注目したモデル②（包含関係） | A 組 | 10 名 | B 組 | 0 名 |

これは、池口らのおこなった分類と同じモデルが出現しており、この3つが大きな分類となることが言えると考えられる。(以後、この3つの分類をしようすることとし、「物質間の隙間に注目したモデル」を「隙間モデル」、「物質の結合に注目したモデル①（粒子結合）」を「結合モデル」、「物質の結合に注目したモデル②（包含関係）」を「包含モデル」と呼ぶこととする。)

これら結果から、ものが溶けるという現象をモデル化する活動は、指導者が提示しなくとも、絵で表す活動を入れることで児童は自然発生的におこなうことが可能であると考えられる。つまり、モデルを言葉で説明したり、言葉をモデルで表現したりする活動を繰り返すことによってモデルもより高次のものへと変容することができると考えられる。自分のものとして粒子モデルを使おうとする活動を繰り返すことが、モデルの発生や定着に繋がったのではないかと考える。

さらに、アプローチの違いによる粒子モデルの発生率は高まったが、科学的思考がどのように深まったかということを見るために、市販テストの科学的思考の得点を調査した。その結果は、図 5.5 に示す。このことより、A 組の方が、モデルの発生有無に関わらずよいことがわかった。自分のモデルとなりがきれていなくとも、友だちとの討論の中でモデルの構築の過程を経験することが科学的に思考することにおいて有効であると考えられる。また、粒子モデルの使用の有無で比較すると粒子モデルを使用した方が使用しないよりも得点が高い。このことから、モデルを使用し討論することは、科学的に思考を深めるには有効であったと考えられる。

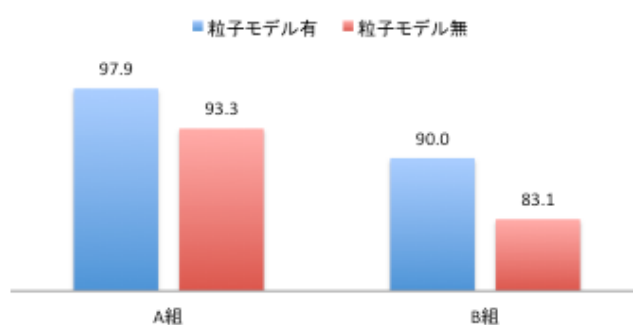


図 5.5 市販テストによる科学的思考の得点

5.3 1年目の研究の成果と課題

1年目の研究を終え、次のような成果と課題が明らかとなった。

5.3.1 実践の成果

まず、「粒子モデルは、自然発生する事は可能である」ということである。可能であると記述したのは、何もアプローチしないと発生はしにくいのである。モデル与える必要はないが、モデルの発生を促すアプローチが必要だということである。今回の場合は、指導者のアプローチの違い、つまりイメージ図の活用にポイントがあったと考える。A 組と B 組の違いは、構成している児童以外は、この点しか違いがないからである。つまり、「モデルを提示しなくても、イメージ図と言葉との問答を繰り返すとモデルの出現の割合は高まる。」ことが言える。

また、思考力が高まった理由として「モデルと言葉を置き換える時に生じる葛藤」「自分

と他者の考えを比較する時の葛藤」があることが考えられる。これは、まさに CASE シェマのひとつである「形式的モデルの構築と使用」にあたるものである。

そして、児童らのモデルを分類すると池口らの研究と同じ結果が出たことは、児童が考えるモデルは、この「隙間モデル」「結合モデル」「包含モデル」に大きく分類されることが言えると考えられる。

5.3.2 実践の課題

実践を通してイメージ図を使うとモデルは発生したが、指導者としてその場におけるやり取りまで制御することは不可能である。ならば、指導者や児童の個性（学級経営やクラス集団における違い）により、結果が変わることも考えられる。また、指導者のその場の臨機応変な発問によるのではなく、「問題意識を高めるための現象やそれを促す発問は、どんな発問であるのか」を明らかにすると必要である。また、モデルが発生するかを問題意識としていたため、溶解の様々な現象に対するモデルの一貫性やその変容は明らかになっていない。児童自らの中に、葛藤を引き起こし、モデルの変容につながるキーワードとなる言葉があると考えられる。

さらに、認知を調査して授業を実践したが、「認知段階とモデルの発生の関係」についても明らかになっていない。

この1年目課題を克服するために次のような提案を考えた。

5.3.3 2年目の実践への提案

1年目間での研究の成果と課題を踏まえ、つぎの3点を掲げ、課題の克服をめざす。

① 認知段階をもとに同質のクラスを形成し、同じ授業を実施する。

モデルの発生は、指導者や児童の個性（学級経営やクラス集団における違い）によるものであるという因子を取り除くためである。具体的には、学力ではなく、認知段階を調査し、同質の集団において授業を展開するものとする。同質の授業を展開するために、プレゼンテーションソフトによりその展開の広がりや深さを制御し、授業を実施する。

② 考えの根拠を同じにするために、演示実験による授業構成をおこなう。

グループ実験では、同じ現象を再現していても同じ現象が再現されているかわからない上に、指導者もすべての現象を見ることは難しい。違う現象を見て、それを根拠にしてい

くら問答しても、根拠が違うのだから考えも違うことは当たり前である。同じ現象を根拠にしているのに考え方が違うからこそ、ひととの問答（社会的構成）が成立するのである。また、葛藤を引き起こし、モデルの変容につながるキーワードも根拠が同じでないと明確にならないからである。技能習得の面は考えなければならないが、思考の時間を確保するために演示実験を取り入れることは有効であると考ええる。

③ 論拠の考えを用いて、モデルと言葉の葛藤を引き起こす。

これは自分との問答、他者との問答の各過程で用いる。児童自らが「何が根拠」となり、自分の考え方がどうして出てきたかを児童自身が可視化できるようにするためである。また、全授業においてこれを用いることにより、ものが水に溶ける様々な現象に対して、モデルの汎用性を指導者だけでなく児童自身も自分の思考を可視化する手段のひとつとなる。

さらに、これらのことに加え、児童のモデルの発生と変容を時間毎に追うことにより、これらのことをより明らかにしようと考ええる。

次章では、これらの成果と課題をもとに2年目におこなった実践について述べたいと思う。

第6章 2年目の実践

1年目の課題を踏まえ、実施した2年目の実践について述べる。

6.1 認知段階調査をもとにしたクラス編制及び班構成

児童の認知段階を測定するために、学年の始まりである4月にCASEで実施されているSRTsのTaskⅡで調査をおこなった。C組、D組は、本来のクラスである。その結果を表6.1、図6.1に示す。この調査において有効調査人数は71名であった。これを操作期別にとすると下のようになる。なお、CASEでは、「具体的操作期-形式的操作期 移行期」を重視しているため、この移行期は独立させている。

前操作期	C組	1名	D組	3名
具体的操作期	C組	27名	D組	23名
具体的操作期-形式的操作期 移行期				
	C組	4名	D組	7名
形式的操作期	C組	1名	D組	1名
不明	C組	2名	D組	2名

表 6.1 認知段階別構成

認知段階	C組	D組
1	1	3
2A	3	4
2A/2B	9	5
2B	15	14
2B*	4	7
3A	1	0
3A/3B	0	1
?	2	2
合計	35	36

形式的操作期の児童は2名であり、移行期の児童を含めても14名であった。つまり、まだまだ具体物が必要な児童が多く、形式的（抽象的）な思考をおこなうことがまだ難しい段階である。

この認知段階の調査をもとに、授業を実施する集団を同質なものにするために、学年を解体し、認知段階をもとに均等に分けた。（同質のクラスをA組とB組と呼ぶ）これにより認知による差がなくなり同質のクラスが作られる。これにより各担任や児童の個性（学級経営やクラス集団における違い）という因子も取り除くことができると思う。

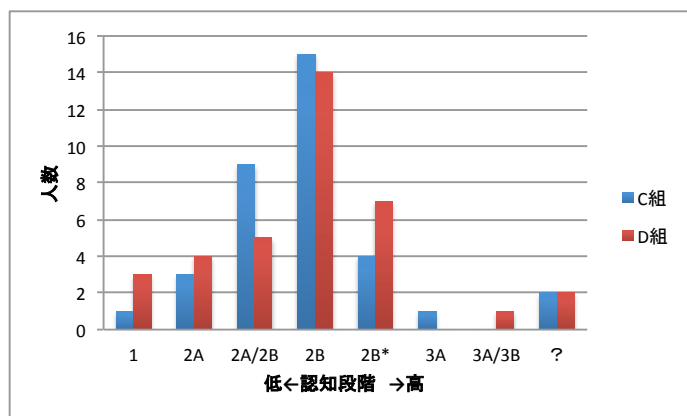


図 6.2 認知段階別構成人数
横軸は、表 6.1 の認知段階に対応している。

さらに、図 6.2 に示すように班構成も意図を持って行っている。同程度の認知段階の児

童をベースにし、元のクラスの男女1名ずつ計4名が基本的な班となるように構成した。認知段階が同じ児童の気づきは同じような傾向があるので、自分たちの考えを強化しやすい。(同質による強化)それゆえ、自分の考えをもつてものごとと問答することができる。また、他の意見と交流する時も自分の意見が強化され明確になっているので、その違いに気づきやすくなる。(異質の導入)その違いに妥当性を感じればそれを受容し、取り入れることも可能となる。

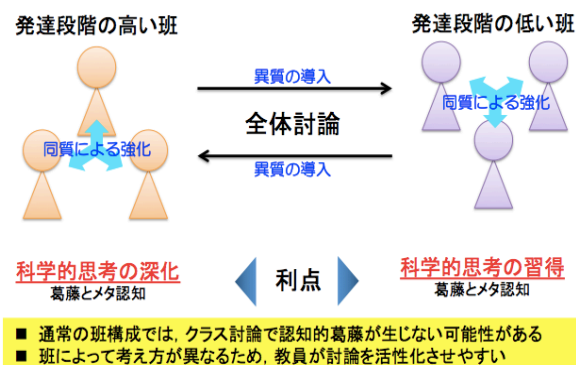


図 6.2 班構成におけるねらい

6.2 事前調査による児童の実態の把握

単元に入る前に児童の実態を把握するために、7月の段階で事前の調査を実施した。授業実践は、10月からであるが、このアンケートにより以後の学習が左右されないように考慮して、単元の実施時期とはなれた時期に調査をおこなった。

① 保存概念

「ものを水に入れるとどうなるかということ」を体積・重さの両面から質問し、保存の概念を調査した。溶質は、水に溶けない粘土と水に溶ける物質Aの両方について質問した。また、粘土は、大きさを小さくしていくとどうなるのかということをもた物質Aは、溶け残りのある場合とない場合を質問した。調査にあたり次の2つの点を考慮した。1点目は、異なる集団への発問による差をなくすために、プレゼンテーションソフトで提示した。2点目は、質問の意図を理解しやすくするために、具体物を準備し演示しながら実施した。このアンケートの結果は、図 6.3 に示す。実施人数 66 名である。その思考の推移を図 7.4 はしている。なお、矢印の中や矢印付近に書いてある数字は、推移した人数である。

まずは、体積についてである。水に溶けない粘土では、粘土を入れた分増えると答えている児童が 62 名（約 94%）であった。しかしながら、その1つの粘土を10等分していれるとどうなるかを質問すると 46 名（約 70%）、さらにそれを細かくして100等分していれるとどうなるのかを質問すると 35 人（約 53%）の児童が粘土を入れた分増えると答えている。これは、ものを小さくしていくと体積がなくなるのではないかと考えている子が

多いのではないかと考える。

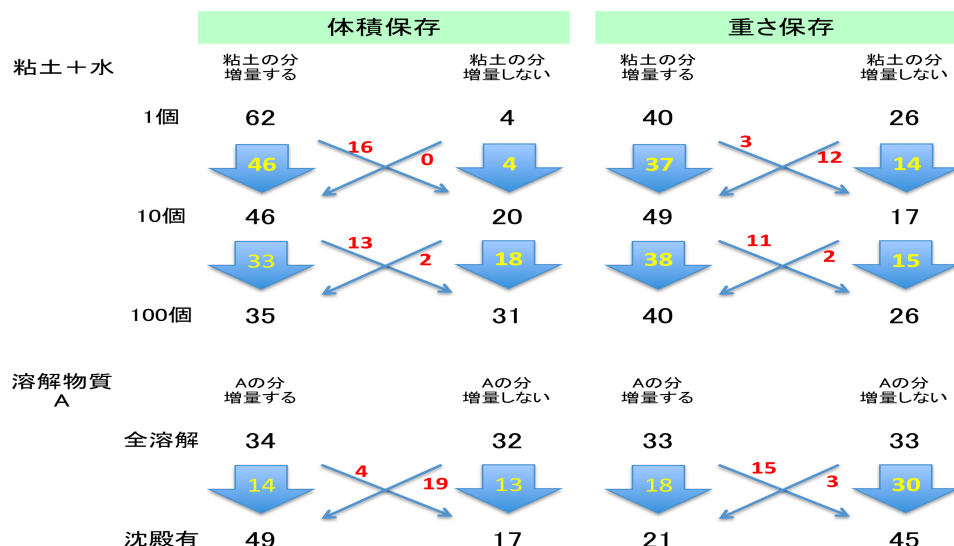


図 6.3 保存概念に対する事前アンケート

また、溶解物質 A においても溶け残りがある（目で見える）場合は、49 名（約 4%）であるのに対して全溶解（沈殿がない、つまり目で見えない）場合は、35 名（約 54%）の児童が回答していることからこのことは言えると考えられる。

また重さについては、40 人（約 61%）の児童が重さは増えると答えている。これは、10 個の時だけ 49 人（約 74%）になり、100 個になるとまた 40 人（約 61%）となった。この推移は予想がつかなかったので児童に聞き取り調査をおこなった。その結果は、「10 個にするとたくさんになるから重さは増えると思った。」「100 個になると小さくなるから、粘土は水に浮き、重さは軽くなると思った。」の回答が大半であった。この 2 つは矛盾しているが、ひとつひとつの質問から考えて児童は回答したのである。物質 A に関して「お風呂に入ると重さが軽くなるから、物質 A の重さよりも少し軽い分だけしか増えないから」との返答が大半であった。ここで、大半と書いたのは、それ以外の意見があったわけではなく、「なんとなく」という直観的な

回答もあったからである。

また、同時に水溶液の均一性についても、溶かした直後と、その後静かに 1 週間置いた時とで質問した。実施人数は 66 名であるが、無答の児童を除き 64 名の思考の推移を図 6.4 はしている。

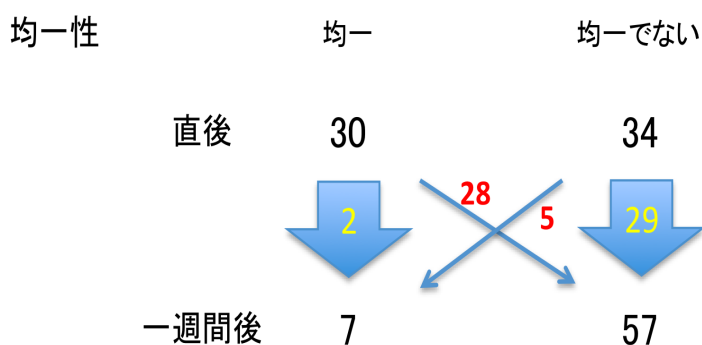


図 6.4 水溶液の均一性に関する事前アンケート

溶解する物質 A を水に溶かした直後は 30 名（約 47%）の児童が均一であると答えている。そして、1 週間語は、7 名（約 11%）の児童であった。この 7 名の大半は、認知段階の高い児童であった。考えが移動した 28 名にその理由を聞いてみると、溶けた直後は、「水溶液が振られているから均一であるが、時間が経つと重いから沈んでいく。」と回答した。

6.3 論拠における形式的モデルの構築と使用による討論

児童は、目の前の事実と自分の考えを混同していることが多い。ある事実から考えた自分の考えを事実であると考えているのである。そこで、国語の学習において、文中に書いてあること（根拠）と自分が文中から考えたこと（主張）を整理し、この根拠と主張を繋ぐものとしての論拠を考える学習をおこなってきた。国語教育者の森山卓郎²³⁾は、その著書の中で「論拠」について次のように述べている。『論説文を書くには、自分なりのオリジナリティ（独自性）が必要であり、その上で読んだ人が「なるほど」と思ってくれる説得力が必要であると述べている。また、そうあるためには、「なぜそういえるのか」「そう考えなければならない理由は何なのか」という根拠が必要である。しかし、この根拠は客観的な事実なので、それだけでは不十分だと加えている。その事実が根拠としてその主張につながるということの保証である論拠が必要である。』

この論拠の整理方法を 4 月当初から理科の学習においても実践した。そして、見たままの現象や実験の結果などを（事実）を「1 次情報」，「1 次情報」から考えたことや実験の考察（自分の考え）を「2 次情報」，そして論拠を「1.5 次情報」と呼ぶこととした。これらはあくまで情報であり、その情報をどう判断するかは自分次第であるということも意識できるようにしたかったからである。この方法を図 6.5 に示す。

この論拠を考える思考の活動は、自分の思考と根拠を繋ぐものであるため、自分の思考を深めるためには有効であると考えた。また、児童は何を言えばよいのかの視点が焦点化される。そして、この 1.5 次情報を考える時に本実践では、言葉とイメージ図で表すことにより、児童は自分の考えをモデルと言葉の置

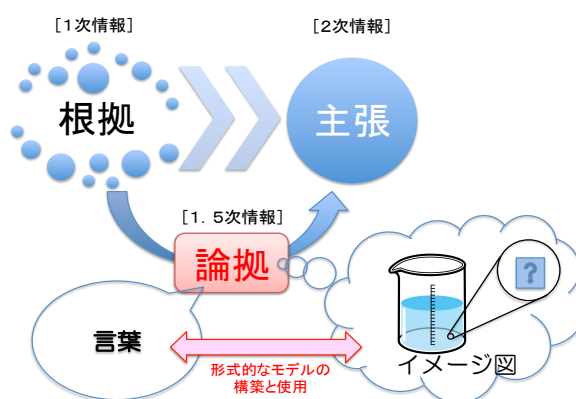


図 6.5 論拠を用いた思考の焦点化

き換えることをおこなう。この置き換えにより葛藤が生じる。これは「形式的モデルの構築と使用」のシエマであり、認知を促進させることにも繋がると考える。

6.4 振り返り活動によるメタ認知

振り返りは、教育の現場ではよく使われているが、感想に終始してしまっていることが多い。自己評価として「今日の活動はおもしろかったですか?」「がんばれましたか?」などを数値化してしたり、「今日の学習で思ったことや不思議に思ったことをかきましょう。」と記録しておいたりする活動であることが多い。この活動は、児童の実態を把握する上では有効なことである。しかし、児童の思考の手助けになり得ているのだろうかという疑問がある。そこで、CASE というメタ認知をおこなう必要があると考えた。今日の学習で「何が明らかになって、何がまだあきらかでないのか。」「どこまでわかって、どこからわからないのか。」「自分の考えの変化の要因は何なのか」ということ、つまり自分の思考の過程を振り返ることこそが本当の意味の振り返りであると考えた。振り返りの活動では、このようなことを意識できるよう働きかけを行っていく必要があると考える。

また、本単元の最終時間に、C 組のみ単元を通した自分の思考を振り返る時間を設定する。これは、自分の思考をメタ認知し、自分の思考に対して質問したり、補足したりして自分の思考の改善点を見出すことができるのではないかと考えたからである。またメタ認知活動の有無によるモデル定着率も検証することとする。

6.5 本実践の計画と記録

1 年目までの研究であきらかになった成果を生かし、課題を改善することをめざし、2 年目の研究は、「児童の思考に沿った粒子モデルの自発的出現を促す授業の開発」とし、実践をおこなった。

6.5.1 2 年目の授業実践

本研究の授業実践は、次のように実施した。

期日 平成 24 年 10 月～11 月

対象 京都教育大学附属桃山小学校 5 年 2 クラス (72 名)

A 組 B 組 (1～10 時間目) …学年を解体して学習グループを作成

C 組 D 組 (11 時間～) ………元のクラスに戻して実施

指導形式 単独授業

授業者 平島和雄

単元の展開 表 6.2 の通り (C 組 全 13 時間 ・ D 組 全 12 時間)

表 6.2 単元計画の比較 (1 年目と 2 年目の実践)

図中の 2 年目の実践の右欄に記載している丸数字は、1.2 授業実践記録における図 6.6～図 6.16 の中の丸数字に対応し、何時間目なのかを表している。

1 年目の実践		2 年目の実践	
1	○ものが水に溶けることを定義し、単元を通した追究課題を設定する。 ・身の回りのいろいろな物を溶かし、その現象について話し合う。	○ものが水に溶けることについて1次情報を収集する。 ・身の回りのいろいろな物を溶かし、1次情報を集め、分類しその視点を探す。 ・A液(水道水)とB液(飽和食塩水)の水溶液に食塩を溶かし、その違いについて考える。	① ②
2	・水に溶かしたものを分類し、追究課題を考える。		
3	○水溶液の重さと問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。	○ものが水に溶けることを定義し、単元を通した追究課題を設定する。 ・A液とB液の違い(1次情報)から、溶けると溶けないという自分の主張(2次情報)について論拠(1.5次情報)に基づいて考え、交流する。 ・A液とB液と身の回りのいろいろなものを水に溶かしたものの分類し、追究課題を考える。	③ ④
4	・重さの変化を調べられるように、電子てんびんや上皿てんびんの使い方を知る。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さを調べて記録する。		
5	○食塩が水に溶ける量と問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。	○水溶液の重さと問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。 ・重さの変化を調べられるように、電子てんびんや上皿てんびんの使い方を知る。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さを調べて記録する。	⑤
6	・一定量の水をはかれるように、メスシリンダーを使った水の体積(量)のはかり方を知る。 ・一定量の水に食塩はどれくらい水にとけるのかを調べて記録する。	○食塩が水に溶ける量と問答する。 ・食塩を水に溶かす前後の全体の重さがどうなるかを予想する。 ・一定量の水をはかれるように、メスシリンダーを使った水の体積(量)のはかり方を知る。 ・一定量の水に食塩はどれくらい水にとけるのかを調べる。	⑥
7	○溶け残りを溶かす方法と問答する。 ・溶け残った食塩を溶かす方法を考える。 ・食塩が溶け残ったビーカーに水を加えたり、水溶液を温めたりして、溶ける様子を調べて記録する。	○食塩が水に溶けるという現象を論拠を持って説明する。 ・食塩が水にとける現象をどう考えたのかを論拠を持って考え、交流する。	⑦
8		○溶け残りを溶かす方法と問答する。 ・溶け残った食塩を溶かす方法を考える。 ・食塩が溶け残ったビーカーに水を加えたり、水溶液を温めたりして、溶けるようす調べる。	⑧
9	○溶けた食塩の取り出す方法と問答する。 ・溶けた食塩を取り出す方法を考える。 ・溶け残りを取り除くために、ろ過の方法を知る。	溶けた食塩の取り出す方法と問答する。 ・溶けた食塩を取り出す方法を考える。 ・溶け残りを取り除くために、ろ過の方法を知る。 ・ろ過をした食塩の水溶液を蒸発させたり冷やしたりして食塩が出てくるかどうか調べて記録する。	⑨
10	・ろ過をした食塩の水溶液を蒸発させたり冷やしたりして食塩が出てくるかどうか調べて記録する。	○振り返り(メタ認知)を行い、自分やひとの考えと問答する。 ・食塩のとける方について、その現象をどう考えたのかという自分の思考をふりかえる。	⑩
11	○振り返り(メタ認知)を行い、自分やひとの考えと問答する。 ・食塩のとける現象をどう考えたのかという自分の思考をふりかえる。	○食塩・ホウ酸・ミョウバンの溶け方の違いについて問答する。(ブリッジング) ・ホウ酸、ミョウバン、食塩の溶け方から、ものが水に溶けるということの一般性を論拠に基づいて考え、交流する。	⑪ ⑫
12	○食塩以外のものの溶け方をしらべ、ものが水に溶けることについて問答する。 ・ホウ酸やミョウバンと食塩の溶け方を比較し、ものが水に溶けるということを拡張する。(ブリッジング)	・重さの変化を調べられるように、電子てんびんや上皿てんびんの使い方を習得する。 ・一定量の水をはかれるように、メスシリンダーを使った水の体積(量)のはかり方を習得する。 ・溶け残りを取り除くために、ろ過の方法を習得する。	
13		○振り返り(メタ認知)を行い、もののとけ方に対して自分の思考の変容を振り返る。【C組のみ】 ・自分の変容をふりかえり、過去の自分の思考に対して意見したり、補足したりする。	⑬

が違うはずだと児童は思考を始めた。「何かが違うはずだ。」と交流し始めた。「砂糖水かも？」
「なめてみたらわかる？」「理科でなめるのはあかんよ。」…といろいろな意見が飛び交った。この交流は、「2つの溶液の違いを証明する方法」と「2つの溶液が違う理由」についての意見であった。

児童の振り返りの記録には、次のような実験方法や仮説が書かれていた。

- ・フライパンで熱すると何かが出てくるはずだ。 ・なめる ・におう
- ・温めると何かが起こるかも ・顕微鏡で見ると何かが見えるかも
- ・何かを入れる ・粉の方が早く溶けるかも ・成分を調べる
- ・重さをはかると溶けているものの重さが分かる。
- ・違うものが溶けていて、溶ける限度があるのではないか。

この導入を行ったことで、「重さをはかる。」「温度を上げる。」「水溶液の水を蒸発させる。」「顕微鏡で見る。」という本単元で学ぶべき課題が児童の中から出てきた。「質量の保存」「溶け残りを溶かす」「溶けたものを取り出す」という課題である。4章で述べたように各教科書会社が単元の計画の構成で苦慮している「水溶液の重さの保存」の実験も児童から自然と出てきた。

授業③④の展開と児童の反応

3時間目と4時間目に2時間続きでおこなった。A液とB液の違い（1次情報）から、溶けると溶けないという自分の考え（2次情報）を、論拠（1.5次情報）に基づいて考え、交流した。その後に、さらにA液とB液加えて、身の回りのいろいろなものを水に溶かした水を「溶ける」「溶けない」「わからない」に分類し、「溶ける」という現象について

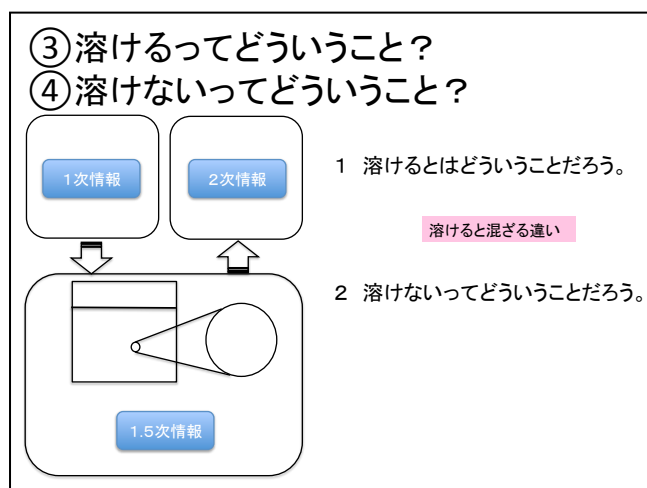


図 6.8 授業③④の展開

考えた。その流れを図 6.8 に示す。

前時の振り返りの中で「ものが水に溶ける」ということが明確でない児童もいた。そこで、「溶ける」「溶けない」の情報を整理し、「溶ける」「溶けない」の違いが明確になるようにした。そしてさらに、溶ける現象と溶けない現象のそれぞれについて、1次情報（見たままの事実）と2次情報（自分の考え）を分類し、それらをつなぐ思考の

活動を行った。その繋ぐものが 1.5 次情報（論拠）であり、イメージ図と言葉による説明とした。児童は、目に見える現象そのままの現象をイメージ図に表している児童が大半であった。

この時間に出た 1 次情報と 2 次情報は次の通りである。

< 1 次情報 >

溶ける現象…… 見えない 消える バラバラ 液体になる やわらかくなる
存在しない 小さくなる

溶けない現象… 溶け残りがある 大きさが変わらない 見える 存在する
おいておくと分離する

< 2 次情報 >

- ・ 塩がなくなった（存在しない） ○水と一体化した（塩は存在する）
 - ・ ものには溶ける限度がある ・ 一人と一人が合わさって一人になった。
 - ・ 水との相性がある ・ くみ合わさって違うものになった
 - ・ 水を含んで重い ○ペアがいるかどうか ○水の中に塩が入った
 - ・ 塩は、ただよっている ・ 塩が入れる場所があるかないか
 - ・ 水との相性がある、仲良し ○水が包み込んだ、取り巻いた
- 印の言葉を用いた児童の中からモデルが発生した。

授業⑤の流れと児童の反応

この時間は、水溶液の重さと問答する活動をおこなった。その流れを図 6.9 に示す。

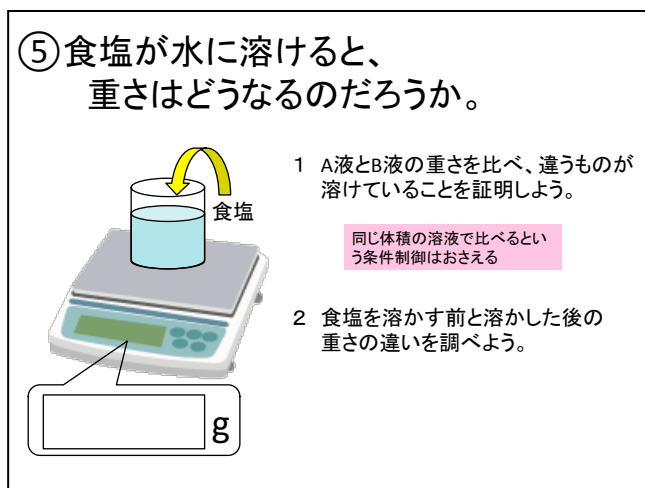


図 6.9 授業⑤の展開

「A液とB液は、溶けているものが違うので重さが変わる」という意見から、この2つの水溶液の重さを調べる実験をおこなった。児童は、目で見える状態にある時は重さも存在するが、目で見えない状態になると重さが消失すると考える児童が多い。それゆえ重さでは比べられないという意見もあった。そこで、実験をしてみなければわからないという必要

感が児童の中に生じたので、実際に実験をおこなうこととした。実験の結果は、B 液の方が重たかった。この実験の結果を見ても、重さが増えるのは分かったが、目で見えないのだから食塩はないという考えが変容しない児童もいた。その討論の中「味はなくなる。」というつぶやきが出てきた。その意見からか食塩は存在しているという意見に落ち着いた。このようにして、重さは保存されることを確認した。また、一つのことから考えるだけではなく、得られる複数の情報を根拠として合わせて考えることも大切であるという児童のつぶやきを聞くことができた。また、児童自らが必要感を感じる実験は、やはりその集中度も違うように改めて感じた。このことも指導者の意識として大切にしていかなければならないことのひとつである。

授業⑥の流れと児童の反応

この時間は、食塩が水に溶ける量の限界を調べる活動をおこなった。その流れを図 6.10

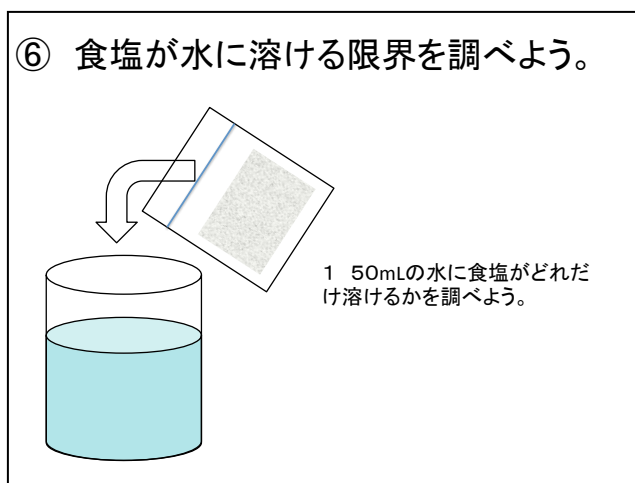


図 6.10 授業⑥の展開

に示す。

児童の中から「A 液と B 液の重さが違う」ということは、食塩が溶けない B 液は、塩が限界まで溶けているからだ」という意見がでてきた。そこで、食塩が水にどれだけ溶けるのかということを調べるための実験をおこなった。小学校の段階でも、定量的な実験を本来はしたいところである。しかし、時間短縮と次時のめあてにつながる考

えを出しやすくするために演示実験により塩を少しずついれて、どんどん溶ける現象を見られるようにした。この本時の実験と前時の実験とから、「重さは保存されること」と「溶ける量には限度があること」がわかった。しかし、「どうして見えなくなったのか」や「溶け残ったものを溶かしたい」という意見がでてきた。

6 時間目終了時点でのモデルの使用は、65 名中 14 名（約 22%）であった。この段階において、児童は見たままの情報をイメージ図に表している児童が大半である。だが、「ひとつになる」「一体化」「限界になると分離する」「スペースがなくなる」「取りかこまれる」「すき間」「合体」「パズル」「ペア」「包み込む」「密度が高くなる」「なじむ」などというモデル発生に関係しそうな言葉の出現は確実に増えている。

授業⑦の流れと児童の反応

この時間は、食塩が水に溶けるという現象について、論拠を持って説明する活動をおこな

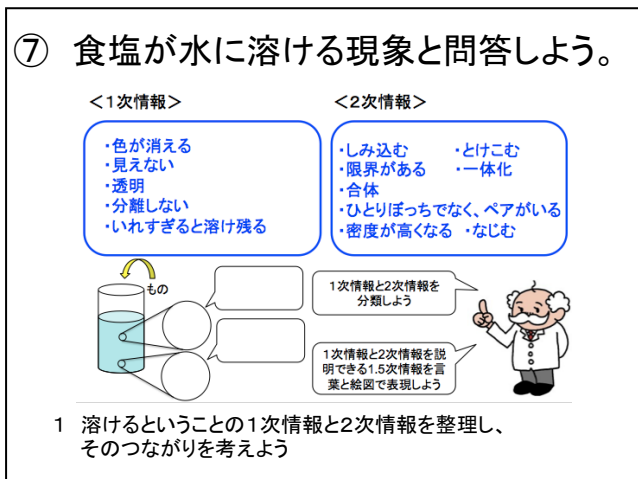


図 6.11 授業⑦の展開

なった。その流れを図 6.11 に示す。

前時の「どうして、塩が見えなくなったのか」という現象を受け、自分の思考を整理し、その現象を説明するために、もう一度「食塩が水に溶ける現象」について問答をおこなった。これまでと同じように1次情報と2次情報をあげた。今回は、1次情報と2次情報が繋がっていることに気づき、2次情報の根拠が1次情報のどれにあたる

かが分かるようになる児童が増えていた。また、「なぜ、塩が見えなくなったのか」ということに視点が定められたため、そのことについての説明や説明のためのイメージ図を描く児童が増えた。また、友だちに説明するためには、イメージ図がある方が説明しやすいとのつぶやきも聞くことができた。イメージ図の有用性を感じてきたからだと考えられる。

下は、この時間に出てきたモデル発生の要因に関係すると思われるキーワードである。これらの言葉が出てきた後に、これらのワードを使用した児童の多くが、モデルを使うようになっている。

- | | | | | |
|----------|------------------|-----|--------|------|
| ・しみ込む | ・とけこむ | ・限界 | ・一体 | ・合体 |
| ・色が消える | ・見えない | ・透明 | ・分離しない | ・なじむ |
| ・密度が高くなる | ・ひとりぼっちでなく、ペアがいる | | | |

授業⑧の流れと児童の反応

この時間は、前時からの続きとなる2時間目である。本時間は、溶け残りを溶かす方法問答する活動をおこなった。その流れを図 6.12 に示す。

前時でイメージした「溶ける」という現象について、実際に食塩の溶け残りを溶かす実験をおこなった。実施した実験は、溶媒である水の量を増やす実験と溶液の温度を上げる実験である。ここでは、自分が考えた仮説(2次情報)の元になった事実や根拠(1次情報)を繋ぐ1.5次情報を考える活動をおこなった。

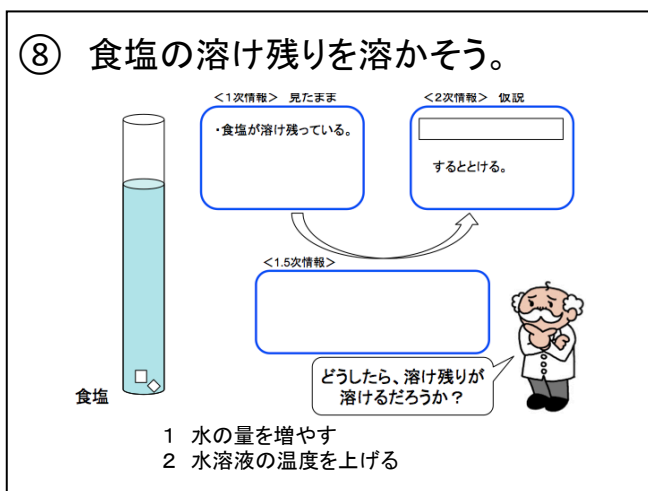


図 6.12 授業⑧の展開

見つけめ討論する様子が見ることができた。

授業⑨の流れと児童の反応

この時間は、ろ過した食塩の水溶液から食塩を取り出す方法と問答する活動をおこなった。その流れを図 6.13 に示す。

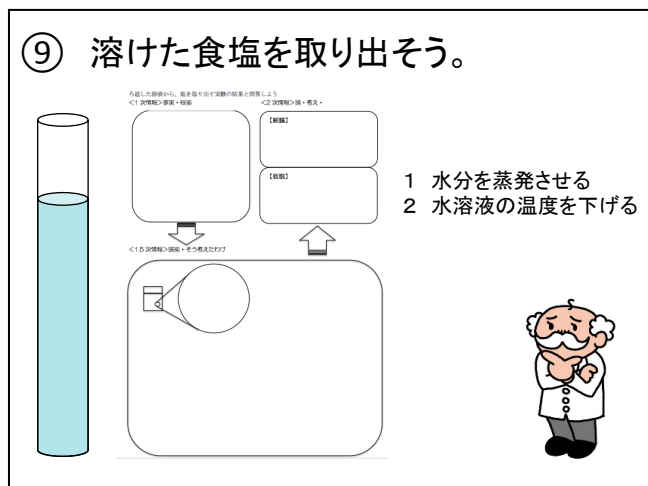


図 6.13 授業⑨の展開

という意見が出てきた。また、ある児童の「水とくっついたのだから、ペアである水をなくせばよい」という意見から水の蒸発の実験も考えた。この時間は、前時の逆の考えなので児童は、納得しながら現象と問答していた。

9 時間目終了時点でのモデルの使用を調べようとしたが、振り返りを塩がろ紙を通ることについて書いている子も多くいたので、溶けるという現象についてのモデルの使用は調査することができなかった。

児童は、「食塩の粒が残っている」(1 次情報)ということは、「水溶液に塩がこれ以上溶けない状態」(1.5 次情報)である。ということは、「一定量の水に塩がとける限度があるのではないか」(2 次情報)というような言動が見られた。

この時間を観察していて、児童に 7 時間目の活動による効果が見られ、モデルを使ったイメージ図を用いてその現象を

児童は、ろ過でどうして食塩が通り抜けるのかということに疑問をもった。しかし、これは現段階では説明は難しいので、ろ紙を通り抜けるという事実だけを確認して実験を続けた。実施した実験は、溶媒である水を蒸発させる実験と溶液の温度を下げる実験である。ある児童からは、「食塩の温度を上げたら溶けたのだから、逆にさげたらでてくるのではないか。」

授業⑩の流れと児童の反応

この時間は、これまでおこなってきた実験の結果から、児童は自分なりに「食塩が水に溶けるということ」を振り返り、自分なりの結論を出そうとしていた。その流れを図 6.14

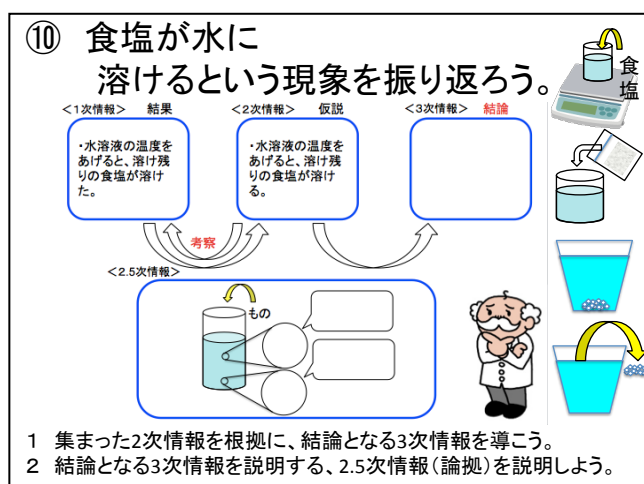


図 6.14 授業⑩の展開

に示す。

まずは、1次情報を収集するために、これまでの実験の結果を確かめた。そして、2次情報である各実験の結論を確かめた。児童の中には「水温を上げることと水の量をふやすことによる溶ける量の増加は、どちらも水の体積が増えていること」、「水温を下げることで水を蒸発させることによる食塩の析出は、どちらも

水の体積が減っていること」と考える子もいた。また、「水の温度を上げる」と「水は対流すること」につなげて考えようとする児童もいた。このような意見が出て討論が進んでいったが、どの理由であっても「食塩が水に溶けること」や「食塩が水から分かれること」の現象には、同じ水溶液におこっている事実として考えると、水が増えたり減ったりしている事実と考えることができるので同じモデルで表わせるのではないかと考える児童が増えてきた。そこで、2つの現象に焦点を絞り、水の存在に焦点を当てることとした。そして、考えた2次情報と2次情報を会わせた考えを3次情報と呼ぶこととした。2つの考えが合わさるのでよりレベルの高い、高次の考えである。この3次情報を導きだすために、食塩が水に溶けるという現象を水の存在に焦点を当て、再問答する活動を取り入れた。

児童は、「塩が水のペアを見つけやすいから、溶けやすくなる。」「塩が入るすき間が多くなるから、溶けやすくなる」また、逆に「塩が水のペアを見つけにくいから、溶けにくくなる」「塩が入るすき間が少なくなるから、溶けにくくなる。」と説明するような姿が見られた。

この時間A組において粒子が発生していないK児らと粒子は発生したがまだ自分のものとなっていないI児との中に討論が起こった。K児らは、「水は液体だからすき間なんかできない。」「水は液体だから粒じゃない」「見たらそうだと主張した。I児は、途中までその意見に対しての自分の考えを言うだけだったが、「見えないけど、仮に（現実じゃないけど）見えるとしたら…」とモデルの話をしはじめた。この討論の中でI児は、あやふやだ

この時点で粒子発生に関する調査は終了し、粒子モデル発生後の定着率を調査することと違う集団の中でも自分の考えを持って活動できるかを調べるために、クラスをもとに戻した。戻したクラスをC組、D組とする。

⑪ ⑫

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮
⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳
㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕
㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚
㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟
㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵
㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺
㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮
⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳
㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕
㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚
㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟
㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵
㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺
㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

1 ホウ酸やミョウバンについて食塩と同じ実験し、その溶け方を調べる。

ホウ酸かミョウバンのどちらかについてだけ実験する。

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮
⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳
㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕
㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚
㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟
㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵
㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺
㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮
⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳
㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕
㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚
㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟
㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵
㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺
㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

2 食塩とホウ酸・ミョウバンの溶け方の違いを交流し、ものが水に溶けることの共通性を考える。

また、食塩でも経験があるのでどうなる

後半の交流では、ミョウバンの温度によると溶解方が大きいことや同じ温度でも溶解量が違うことについての考えを交流した。最初はミョウバンの溶解方はおかしいという見

童もいたが、子どもたちの自然発生的な討論の結果、これはものによりとけ方が違うという結論に至った。このことはこれまでの児童の体験を根拠としていた。「食塩と砂糖はどちらも水に溶けるが、ものには甘いとか辛いとか味による違いがある。つまりそれぞれ性質が違う。」と考えたのである。こう考えた児童が複数名おり、その児童の発言やつぶやきがこの結論に結びつけることとなった。また、溶解度曲線を提示したが、溶ける限度や溶け方が違うということは意識していたので、グラフの読み取りもスムーズであった。ただ、水にとけたミョウバンを蒸発乾固させる実験では、結晶が出てこなかった。実験がうまくいかないと何度も実験をおこなっていたが、同じ結果が出てくる。他の班も同様の結果が出てくる。このことと水温の下降による析出では結晶化した事実を結びつけて、ものには性質があり、蒸発乾固の方法では取り出せないという結論を導きだしていた。ここでは、実験の設定時間が短かったので改善が必要であると感じた。

授業⑪⑫の流れと児童の反応【C組のみ】

この時間は、単元全体に自分が考えた「ものが水に溶けるという現象」について、自分の思考の変容を振りかえることをおこなった。その流れを図 6.16 に示す。

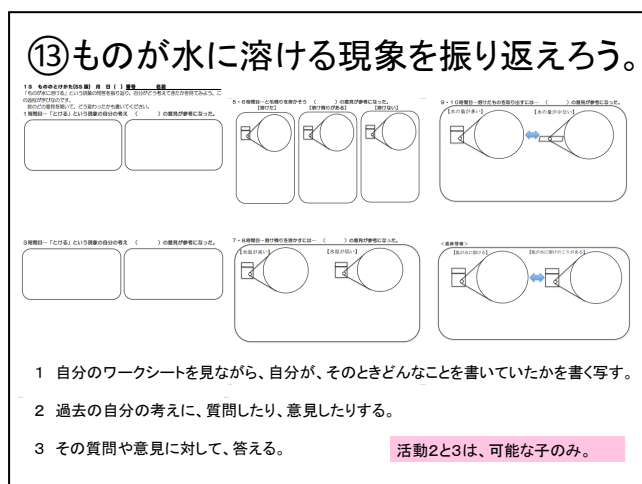


図 6.16 13 時間目の授業の流れ

この時間は、自分の思考を振り返る活動である。この時間の設定の目的は、これまで単元を通した活動をメタ認知することを取り入れることによって概念の定着が変わるかどうかを見るためである。児童は、自分のこれまでのワークシートを見ながら、自分がその時に何を考えていたかを書き写した。その際、自分の思考と問答できるように、自分の過去の思考に対して質問したり、意見したりするように促した。さらに、自分が書いた質問や意見にさらに自分で答えられる場合は、答えてみるという活動をおこなった。

この粒子モデルの定着率については、第3節 1.2 単元を通した振り返りの有無による粒子概念の定着において、後ほど述べる。

6.6 2年目の実践の結果と考察

6.6.1 食塩の溶解現象の学習終了時のモデルの使用

10 時間目学習終了時に、「ものが水に溶ける」という説明（3 次情報）において、粒子モデルを使用しイメージ図を書いていた児童は、表 6.3 と図 6.17 の通りであった。

表 6.3 粒子モデルの使用人数

	A 組	B 組	学年
有	23	30	53
無	7	5	12
実施人数	30	35	65

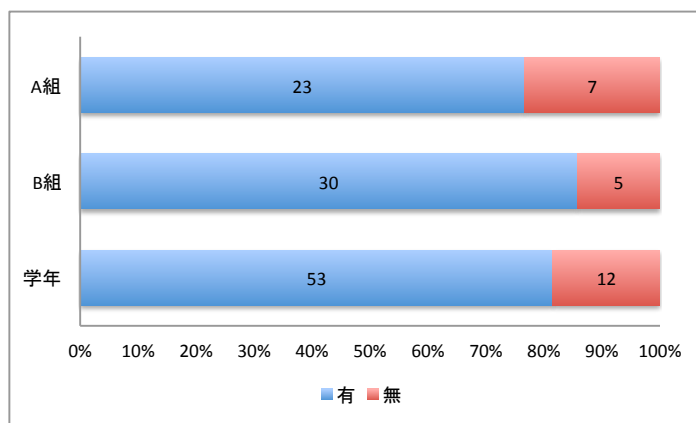


図 6.17 粒子モデルの使用人数

学年全体の粒子モデルの使用は実施人数 65 名中 53 名（約 82%）であった。

葉山優らの研究では「モデルの教示ありが 63.1%，教示なしが 60.3%」の結果と比較すると今回の単元における形式的モデルの構築と使用のシエマに対する論拠を用いたアプローチは有効であったと考えられる。また，このモデルの使用を後押ししたのは討論ではないかということが，児童の振り返りの中から推測することができた。その振り返りの内容は次の通りである。

「最初は，ペアしか考えていなかったけれど，〇〇さんの意見を聞いて，包み込むのと包み込まないので変わると思った。…」

「…〇〇君の考えで，私の意見が変わって，一体化するからすき間がなくなると思います。…」

「意見が変わったわけではないけれどとても共感したことがあって，〇〇さんの説です。すき間論は，ぼくはいいアイデアで，これを使えば高温にした時の理由が全て説明できます。やはり水にはすき間があいていて，そこにはいると分かりました。…」

このように，友だちの意見を聞いて自分の考えがどう変わったかが，振り返りの中にみてとれたので，友だちの意見を参考にして，自分の意見と問答した結果であると言える。言い換えれば，友だちとの討論，CASE という社会的構成が有効であったとも言

える。本実践のモデルの使用の推移を表したのが図 6.18 である。

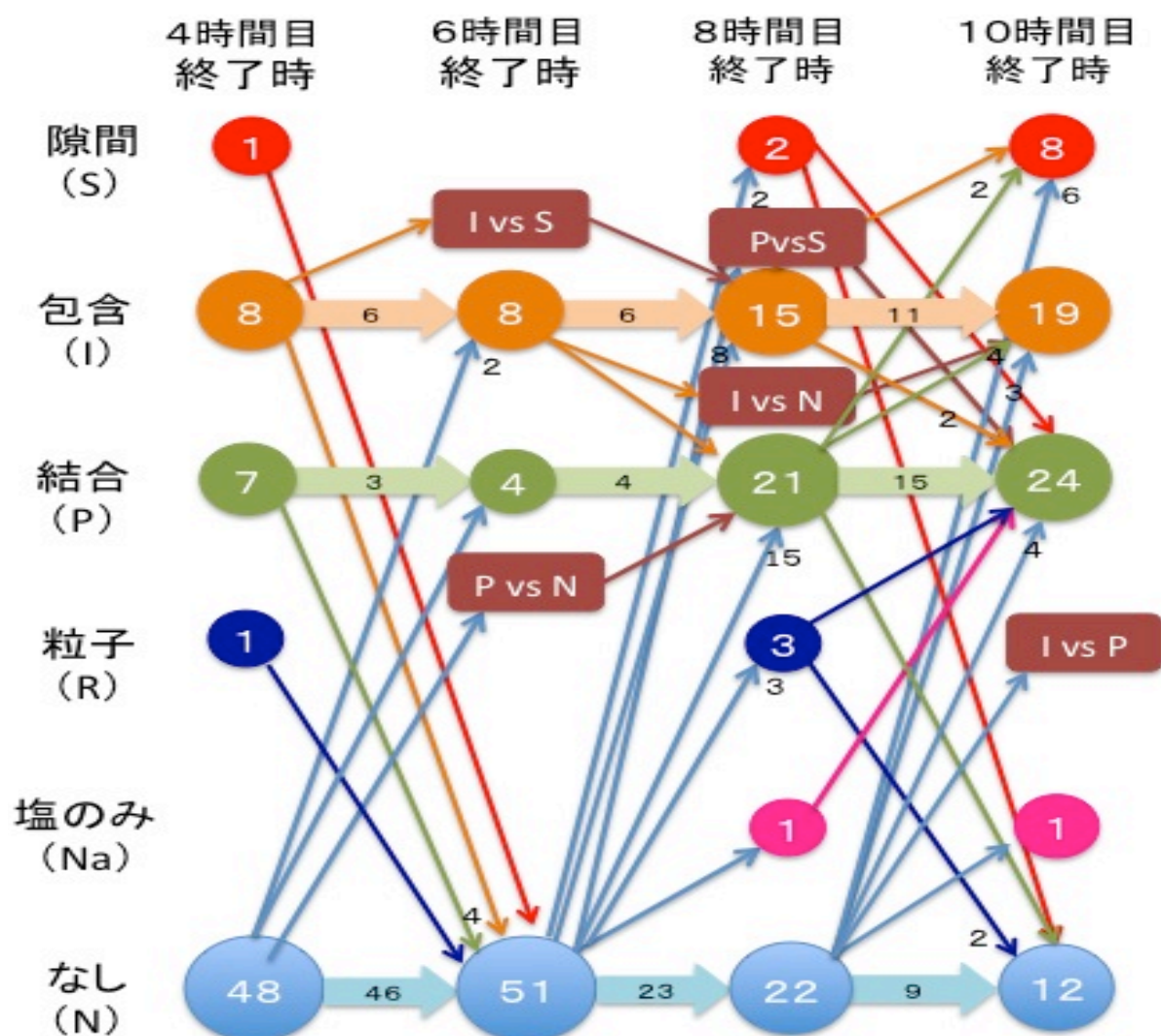


図 6.18 粒子モデル使用に関する 65 名の推移 この図における○の中数字は、児童の人数を表す。また、→に書かれている数字は児童の移動を示す。図中の次の言葉や記号の補足を以下に示す。
隙間(S)…物質間の隙間に注目したモデル、結合(P)…物質の結合に注目したモデル①（粒子結合）、
包含(I)…物質の結合に注目したモデル②（包含関係）、粒子(R)…食塩・水とも粒子で表現している
のもの、塩(Na)… 塩のみ粒子で表しているもの、なし(N)… 粒子の使用が認められないもの
I vs S は、I(包含)と S(隙間) の使用の併用を示す。

この図から分かることは、モデルの発生と消失を繰り返している児童が多いということである。見たままの現象（具体的思考）とモデルの使用（形式的思考）を行き来し、葛藤していることが考えることができる。

さらに、この推移を分析するために、子どもたちの様子から次のような仮説を立て、この視点でこの推移を見ていく。

- 1 時間の経過とともにモデルの使用が増えているのは、モデルを使用しているうちに、モデルと問答し、モデルで考えることの有用性を感じてきたからではないか。
- 2 7・8時間目にモデルの使用が急激に増えたのは、論拠の使用により自分の考えの中で言葉とイメージ図がつながったからではないか。

まず、粒子モデルが発生する前に、児童がどんな言葉を使っているかを拾い上げてみた。粒子モデルに繋がりそうな言葉を子どもの記録から全時間を通して探るためである。すると、モデルが発生する直前の時間もしくは発生した時間と同じ時間の子どもの記録の中には、次のような言葉が多いことがわかった。「スペース」「すき間」「部屋のようなもの」「一体化」「合体」「パズル」「組み合わせさって違うものになった」「相手がいる」「ペア」「仲良し」「包み込む」「取り巻く」「水の中に入る」「取り囲こむ」などである。

また、単元が進むにつれて「ペア」や「パズル」を使うようになった児童たちは、さらに1：1の結合ではなく、物質によって結合の割合が異なるのではないかと考える児童が8名（A組7人B組1人）出てきた。これは、食塩だけでなく、ホウ酸やミョウバンの溶け方を実験し、その違いについて問答したからだと考えられる。

ここで、子どもたちがどんな交流をし、自分の思考を広げ手言ったのかを例をあげて説明する。認知段階の高い班の一人が溶ける量の違いから割合に気付いた様子を解説する。最初に気付いた児童をA児とし、その広がりを図6.22に示す。A児は、同じ班のB児と気付いたことを問答した。A児の言葉に対しB児はそれを表すモデルを提示した。（図中の赤の矢印は言葉の伝達を表し、緑の矢印はモデルの伝達を表す）さらに、班での交流でそのことが討論の中心となり、同じ班のC児とD児に広がった。B児が他の班の友だちと討論する段階で、E児がその有用性に気づき、自分の班に持ち帰った。そして班交流の中で、F児に広まった。しかし、もう一人の児童G児には広まらなかった。このG児に話を聞くとE児の言っていることがイメージできないということであった。

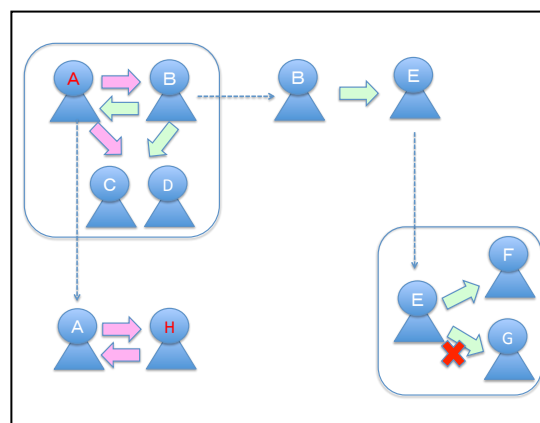


図 6.19 割合の考えの社会的構築

この図 6.28 の A～H の児童の認知段階を () の中に示す。A(3A/3B) B(3A) C(2B*) D(2B*) E(2A/2B) F(2A/2B) G(2A/2B) H(2B)

また、A児は、この割合の考え方を言葉のみでずっと考えてきたH児と交流し、共感し

強化し合った。これらのことは、CASE という社会的構成が行われたことを示している。この社会的構成により、自分の持つ言葉とモデルがつながり強化されていったと考えられる。

これらのことから、モデルの有用性を感じた児童は、自分もそのモデルと取り入れるが、言葉で説明できてしまったり、今の自分のモデルで説明できたりするならば、新しいモデルを取り入れようとはしない。これは、モデルが発生しない児童に対しても同じことがいえると考えられる。

そこで、10 時間目終了時にモデルを使用していない 12 人について、個人のワークシートの分析及び聞き取り調査を実施した。

○説明の中や欄外に図のモデルが見られるもの（2名）

イメージ図の欄にはモデルの記述はないが、ワークシートの中には書かれている。

この2人に1人ずつ聞き取りを行ったが、ひとりは、「ただ真似してかいただけ」とその真意はなかった。もうひとりは「いわれたことを考えるためにかいたけど、これは見た状態と違うから、かかなかった。」という返答であった。

○モデルの使用は認められないが、モデルにつながる言葉の記述が見られるもの（3名）

この3名についても聞き取りをおこなったが、

すき間→「水のすき間に、溶けて小さくなった塩が入っていく」

包み込む→「塩が小さくなったので水が包み込んで見えなくした。」

ペア→「ペアになるのはわかったが、どうイメージ図でかいていいかがわからない。」

○自分の言葉の説明だけで説明できているもの（5名）

「塩の大きさの変化で捉えている」「水には部屋みたいになっていて、（塩が）入れる量が決まっている。」というモデルが発生しなかった2人もふくまれる。この「塩の大きさの変化で捉えている」にもう一人加わり2名となる。あとの二人は次のようであった。「塩が液状化する。塩が溶ける量は割合があるから溶けている」この児童は、図 6.23 のH児である。もう一人は、「塩が水にしみ込むから、見えなくなる」であった。

○イメージ図の活用が困難なもの（2名）

この2名は、イメージ図を見よう見まねでかいてただけで、自分のものとしてかいているわけではなかった。

以上のことを考慮するとモデルの使用による説明をしていないのは7名である。この7名のうち3名はこれまでの学習の中でモデルが発生しているが消失してしまった児童であ

る。自分の考えモデルを使ってもうまく説明できないとやはり消失してしまうのである。また、H児のように「自分の問題が言葉のみで説明できる」と使用しない傾向があるもわかった。また10時間目の討論では、児童同士で激論が繰り広げられた。「水は粒にはなっていないけど、粒だと考える方が説明がつく」と主張するI児と「見た目は粒には見えない」と主張するK児ら3人の激論である。実は、I児の主張は討論が始まったあたりでは明確ではなかった。しかしながら、現象を説明するためにはどうしたらよいかということを考えるうちに粒だと考える方が説明しやすいと思うように変容していったのである。3人対1人であっても主張が固まっていくので流されることはなかった。しかしながら、この3人も見たままの現象を逆に強化されたので、今まで持っていたモデルが消失してしまった。それゆえ、図6.19、図6.20の結果ではA組の使用の人数が少ないのは、この4名がA組であったからである。このように自分のモデルとなっていない場合は、見たままの現象に再度引っ張られ消失してしまうことも考えられる。

ここで、発生したモデルについて分類する。この10時間目終了後の食塩の溶解現象説明におけるモデルの使用率の図6.18を分類すると図6.20のようになる。

今回、ペアつまり物質の結合に注目したモデル①（粒子結合）のモデルが多かったのは、前述の「割合」の例からもわかるように、A組においてこのモデルを使った討論が多く行われたからである。さらに、モデルの使用がどの場面で行われているのか。また、そのモデル汎用性について、図6.21にまとめてみた。

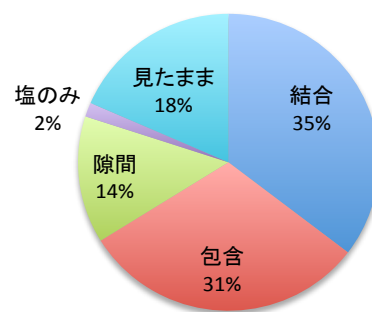


図 6.20 モデル別使用

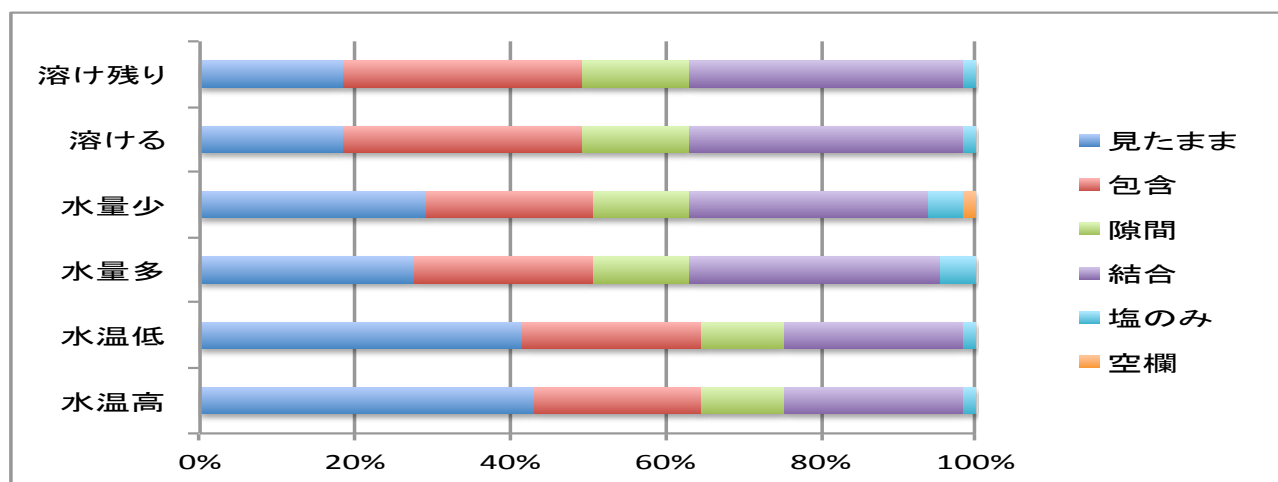


図 6.21 使用場面によるモデル別使用率

ここから考えられることは、水の存在を意識したかどうかでモデルの発生が変わること

である。児童の振り返りの中にも「水の存在はないと考えていた。」（これだけ書かれていてもわからないので、児童に聞いてみると「水の存在は意識していなかった」という意味であった。）また、他の児童は次のようにつぶやいていた。「塩の現象は見たままなので説明できるが、水の現象は説明でない。だから水も粒で表現した。」これらのことから「水の存在が意識できるようにすること」は、粒子発生の手だてになると考えられる。そこで、7時間目にキーワードと考えられるものを「水の存在」という視点から見てみた。

- ・ しみ込む → (塩が水に) しみ込む
- ・ とけこむ → (塩が水に) とけ込む
- ・ 限界 → (塩が水に溶ける量は,) 限界 (がある)
- ・ 一体 → (塩が水と) 一体 (になる)
- ・ 合体 → (塩が水と) 合体 (する)
- ・ 色が消える → (塩が水に溶けて水の) 色が消える。
- ・ 見えない → (塩が水の中で) 見えない
- ・ 透明 → (塩が水の中にあるのに) 透明
- ・ 分離しない → (塩と水が) 分離しない。
- ・ なじむ → (塩と水が) なじむ

上のように（ ）の表現を指導者が意識し、言葉を補う支援をおこなうこと必要な支援であると考えられる。この支援により水の存在が意識され、モデルが発生しやすくなると考えられる。さらに、水の存在について分析してみた。「水の温度」「水の量」など「水」に着目できるようにすることは大切であると考えたからである。

そこで、7・8時間目にモデルの使用が急激に増えたことについて、子どものワークシートから考察すると言葉とイメージ図の関係は、次のようになっている。

- ◆物質間の隙間に注目したモデルにつながるもの
…「スペース」「すき間」「部屋のようなもの」
- ◆物質の結合に注目したモデル①（粒子結合）につながるもの
…「一体化」「一人と一人が合わさって一人になった」「合体」「パズル」
「くみ合わさって違うものになった」「相手がいる」「ペア」「仲良し」
- ◆物質の結合に注目したモデル②（包含関係）につながるもの
…「包み込む」「取り巻く」「水の中に入る」「取り囲こむ」

さらに、7 時間目におこなった 1 次情報（事実・根拠）と 2 次情報（自分の思考）を子どもがつながられるようにするための活動の記録を図 6.22 に示す。

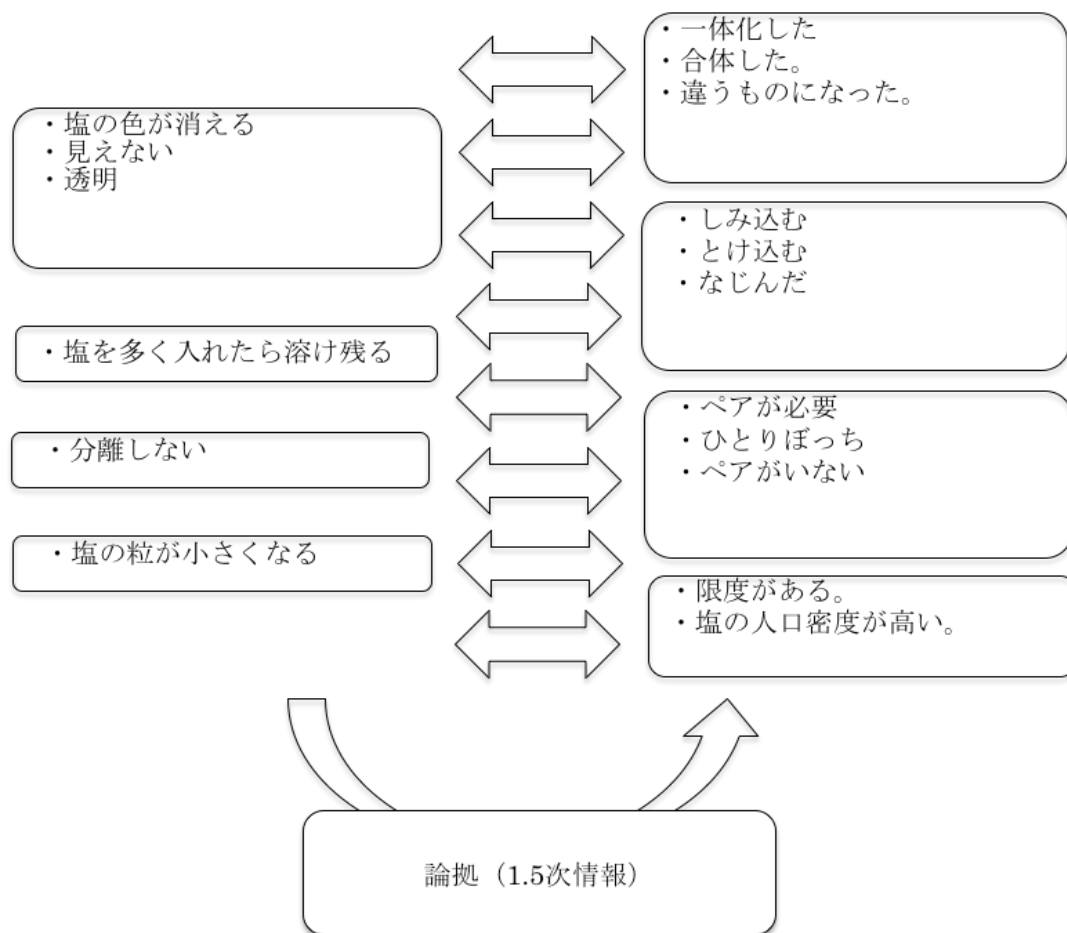


図 6.22 7 時間目における論拠による思考

論拠としての言葉による説明とイメージ図の活用は、1 次情報の言葉と 2 次情報の言葉を繋ぐことに有効であったと考える。この論拠を考える活動が、モデルの構築を促した。自分が考える段階では言葉で考えるが、言葉だけで他者を納得できない時にそれを補うものとしてイメージ図を使おうとするのであり、他者のいうことがわかるから深まっていくのである。これは授業での児童の活動の様子を観察していたことから考えた。しかしながらその裏付けが、児童の振り返りの中にある。そのいくつかを紹介する。（児童の振り返りは、名前のみ変更以外原文まま）

言葉や図だけで説明ができないものを実際に自分の目で見えて書いて自分なりにまとめた。時折交流として他の人の意見を見て意見がまちまちわかる。自分の意が分らないときに〇〇君のをみて意見がふぁーと軽くなったように思えた。

いつもは、どうしても、文で表そうとして頭がこんがらがってむずかしいことになっていたけど、図とかを使って表すと頭が整理できて分かりやすくなった。

図や絵(モデル)をつかってみて、自分の考えがとても深まりました。例えば、2つを対比することで、〇〇が違うから、とけるという減少もかわってくる、みたいな考えなどが深まりました。文だけで書くと、考えが深まらなくて、言葉だけじゃ通じないことがあるから、文・絵と、どちらもあった方が大切だと思いました。

図や絵を使ったことによって言葉では、表せないことまで分かりやすく表せるからいいなとおもった。それに他の人にも分かりやすいからいいなとおもいました。

5, 6時間目まではとけているじょうたいじょうたいも水のそん在も全く書いていなかったけど7, 8時間からはとけているじょうたいもくわしく説明することができた。またはじめは分からない所はそのままにできていたが予想をした方が自分の考えも深まるし実験したときにふりかえりやすいから書くようにした。みんなの意見を知ると自分の意見も深まってきたからその分モデルも段々くわしく書けるようになってきた。さらにモデルを使うと自分の意見を説明しやすくなったから。

1 次情報（見た現象）と 2 次情報（自分の思考）がつながることが必要である。しこのモデル（＝イメージ図）の構築過程の分析からにより，1 次情報と 2 次情報を行き来し，そのつながりを考えることを児童は行っていたことがわかる。この行き来こそが問答であり，そして他者との問答（社会的構成）には，相手を納得させる論拠が必要となったのである。その論拠には言葉では説明できないので，必然的にイメージ図で説明しようとしたのである。つまり，モデル（＝イメージ図）を構築するために言葉による思考を行い，他者との問答にはイメージ図を使用するようになる。この 7 時間目に実施した活動により，モデルの発生を促進したと同時に言葉による説明も明確になったのである。それゆえ，児童の思考は深まっているといえると考えられる。

6.6.2 単元を通した振り返りの有無による粒子概念の定着

自己の思考を振り返るというメタ認知の活動が，粒子概念の定着にどのような違いがあるかを調査するために次のような試みを行ってみた。単元全体の自分の思考を振り返る時間を設定したクラスと設定していないクラスでの全体の振り返りをおこなったクラス（C 組とする）と全体の振り返りをおこなっていないクラス（D 組とする）の粒子概念の定着

を調査した。

実施内容は、「水」・「溶解物質 A を溶かしたが溶け残りが無い水溶液」・「溶解物質 A を溶かしたが溶け残りがある水溶液」の 3 種類をイメージ図で表現し説明する設定とした。実施の段階ですでに D 組の方が粒子の定着が悪く、消失しているというイメージがあった。そこでデータを集計してグラフ化してみた。その集計結果が図 6.23 に示す。ここで、10 時間目よりも実施人数が変わっているのは、10 時間目の段階でモデルを使用していた児童のみを対象に定着率を求めたからである。

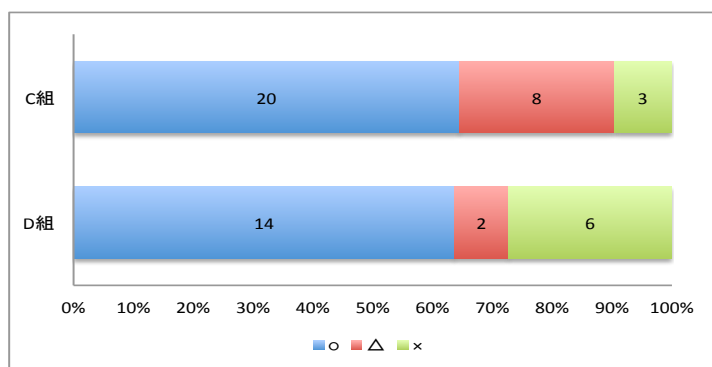


図 6.23 振り返りの有無による粒子モデルの定着率
図中の「○＝溶解物質 A も水も両方とも粒子で表現した場合」「△＝溶解物質 A もしくは水を粒子で表現した場合」「×＝両方とも粒子概念で表していない」とした。グラフ中の数字は実際の人数である。

この結果から、定着した割合が変わらないのは、モデルの使用の有効性を感じているからであると考えられるのではないだろうか。このメタ認知の活動を入れた方が「△」（モデルの使用が一部でもみられる）の割合が C 組の方が高い事実から考えると、メタ認知の活動は、モデルの使用を促すことにつながるといえるのではないか。つまり、振り返りの活動は粒子概念の定着に有

効であったということができると考える。自分の思考を振り返るというメタ認知の活動は、より深い思考を促すのである。

また、これを裏付けるために、C 組（全体の振り返り有）と D 組（全体の振り返り無）の認知段階別の粒子モデルの使用率をグラフにした。図 6.24、図 6.25 に示す。

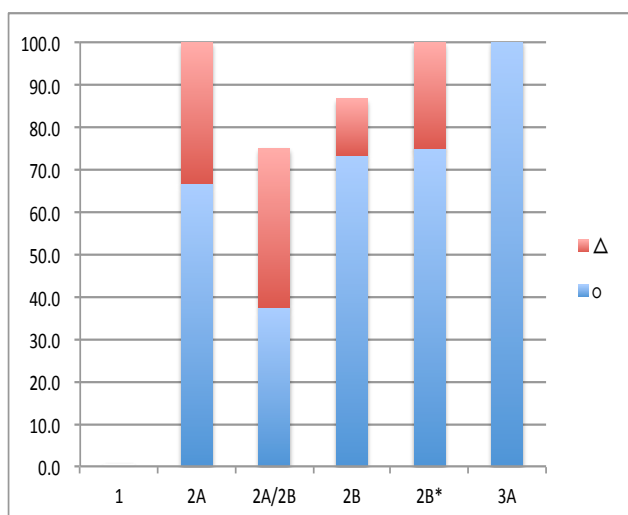


図 6.24 認知段階別粒子モデル使用率（C組）

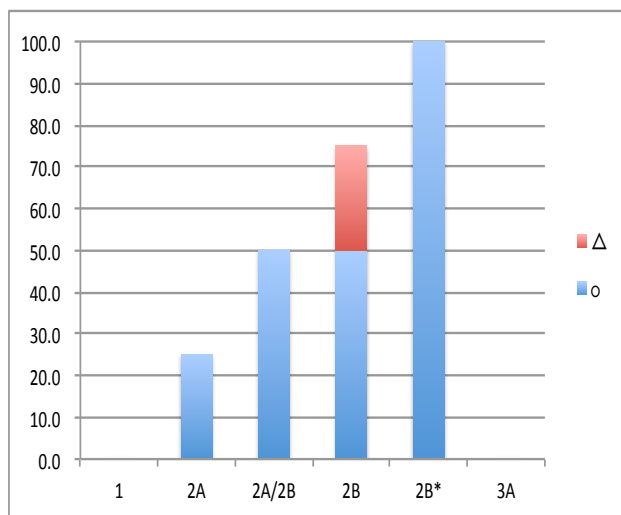


図 6.25 認知段階別粒子モデル使用率（D組）

認知別の人数が違うため、何人中何人が発生しているかという発生率で比較した。D組（全体の振り返り無）の粒子モデルの使用率は、認知段階が上がるごとにきれいに割合が増えている。同様に、C組（全体の振り返り有）も2Aをのぞき、同じように割合が増えている。これから認知段階が高い方が、モデルの使用が増えるということがわかる。つまり粒子概念の定着がよいことがわかる。3A/3B段階の児童の使用が見られないということがわかる。その段階の該当児童が欠席したためである。また、各段階の使用率も「○」（全てにモデルを使用）と「△」（一部にモデルを使用）を含めるとC組（全体の振り返り有）の方がD組（全体の振り返り無）よりも各段階とも使用率がよいということがわかる。このことから、形式的操作であるモデルの構築と使用は、どの認知段階においても有効であったと考えられる。ただ、前操作期の児童には難しい課題であったと考える。

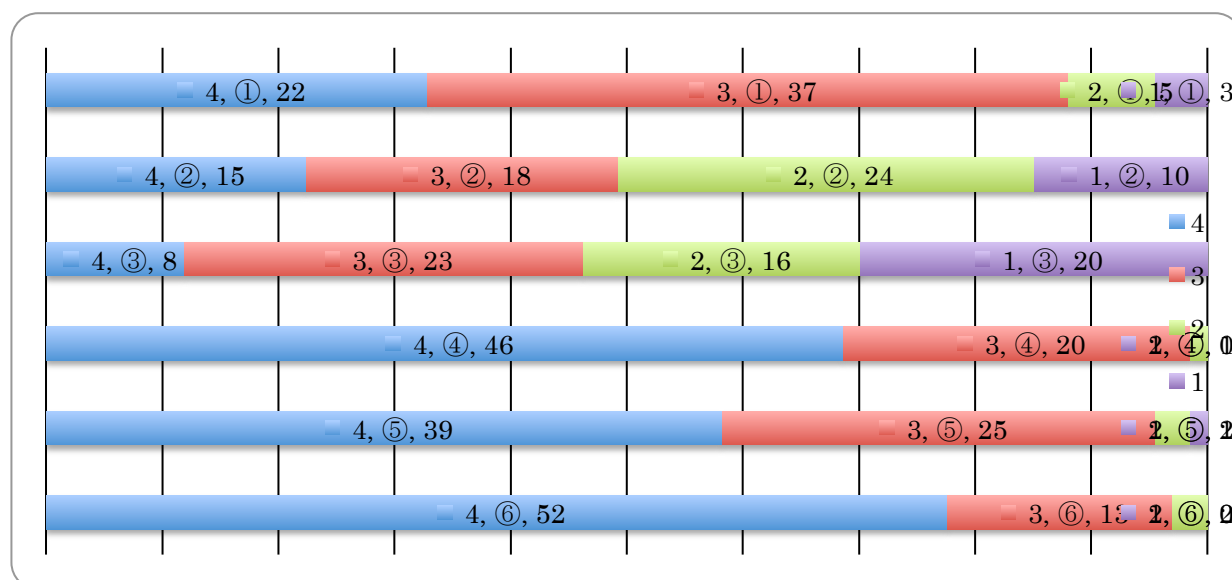
また、C組の2Aの段階の使用率が高いことは、次のようなことが要因であると考えられる。2Aの段階はC組8名、D組5名いる。その中で溶解物質Aも水も両方とも粒子で表現した児童は、3名であった。1組のM児・N児・O児である。この3名は、話を聞くことができる児童である。そして、学習において常にモデルを使いながら問答していた。また、3名とも自分の思考を授業以外にもがんばり勉強（自分で課題を設定し行う家庭学習）などにおいて、再度振り返ることをおこなっていた。同じく2A/2Bの段階のC組3名、D組4名いる。その中で、溶解物質Aも水も両方とも粒子で表現した児童は、4名である。C組のP児・Q児、D組のR児・S児です。この4人の学習も2A段階のM児・N児・O児の3人同様に、がんばり勉強（自分で課題を設定し、児童自らが行う家庭学習のこと）などにおいて、学習したことを自分で整理し直したり、学び直したりしていた。このように自らの思考を何度も振り返ることがモデルの定着につながったと考えられる。

これらのことから本来メタ認知は形式的操作期において可能なものとされているが、そのメタ認知の活動をおこなうことは、どの認知段階においても有効であることがわかる。さらに、認知段階の低い児童には、何度も同じ思考を使用する機会を設定することや他者からの援助があるとより有効になることを示唆していると考ええる。

6.6.3 事後アンケートに見られる児童の実態と変容

単元終了時に、事後アンケートを実施した。内容は次に示すように、今回の学びについての自由記述と以下の設問である。

- ① 言葉で説明することは、どうでしたか？（ 4 難しい 3 少し難しい 2 やや易しい 1 易しい）。
- ② モデル（絵や図）を使うことは、（ 4 面倒 3 少し面倒 2 やや簡単 1 簡単 ）である。
- ③ モデル（絵や図）を使うことは、（ 4 難しい 3 少し難しい 2 やや易しい 1 易しい ）。
- ④ モデル（絵や図）を使うと、話し合いが（ 4 活発になる 3 やや活発になる 2 あまり活発にならない 1 活発にならない）。
- ⑤ モデル（絵や図）を使うと、考え（ 4 深まる 3 少し深まる 2 あまり深まらない 1 深まらない ）。
- ⑥ モデル（絵や図）を使うことは、自分の学びに（ 4 役立つ 3 少し役立つ 2 あまり役立たない 1 役立たない）。



この項目の事後アンケートを集計すると図 6. 26 のようになった。

図 6. 26 事後アンケートの結果

言葉で説明することが難しいと感じている児童は、「少し難しい」を含めると 88%である。モデルを使うことの面倒さは、「少し面倒である」を含めると、約 49%の児童が面倒だと感じている。モデルを使うことの難しさは、「少し難しい」を含めると約 46%の児童が難しいと感じている。モデルを使うことによる話し合いの活性化は、「やや活発になる」を含めると約 99%の児童が活発になると感じている。モデルを使うことによる思考の深化は、「少し深まる」をあわせて約 96%の児童が、思考が深まると感じている。モデルを使うことの有用性は、「少し役立つ」を含めると約 99%の児童が有用性を感じている。

これらの設問から総合的に考えると、今回の実践による取り組みは学びの主役である児童の意識においては、成果があったといえることができる。

具体的操作期の児童にとって言葉で書くことは、話すことはできても難しいと感じている実態が明らかになった。また、認知段階に関係なくこれまで書くことの有効性を実感する経験がない児童は、言葉だけでなく絵や図も描くのは面倒なのである。難しいから面倒であるということも考えられるが、書くことそのものが面倒だと感じる児童も多いのが実態である。そのような児童も有効性を感じられると書くようになり、思考が促進されることが明らかとなった。

また、児童は自分の思考と事実を混同していることが多い。それが事実なのか、自分の考えたことなのかを分類することが大切である。それが1次情報（事実・根拠）と2次情報（思考）の分類である。そしてそれを繋ぐものが1.5次情報の論拠である。これらのことが整理され、つながり再構成されることにより思考が深化していくのである。また、自分の考えは今の自分が考えられる最高のものであればそれでよいと考える。自分の考えにこだわりをもちものごとと問答していくからこそ、自分の考えでは乗り越えられないものに出会う。その時にどうするかを考えることが大切なのである。それゆえ、他者の思考の中に自分の思考と同質の思考を見つけ自分の考えを強化していくことや他者の思考の中に自分の思考と異質な思考を見つけ、その違いから矛盾を解決して自分の思考に取り入れたり、変容したりしながら深化統合し、再構成していくことが大切である。前者は、「同質による強化」であり、後者は、「異質の導入」による「見方の変換」である。その問答の中で再構成をするのである。この再構成を繰り返すことこそが学びであると考ええる。

これらのことは、以下に示す児童の振り返りからも言える。児童の文中の下線部は、上に述べたことを裏付ける言葉である。各児童の文中には、「説明できないから」「説明できるかを考えていたら」「班の友達と話していたら」「説明しやすかった」「他の人の意見も聞けてよかった」「交流して他の人の意見を取りいれました」という表現があるように交流することにより「意見が深まった」と考える児童は、36名見られた。また、「イメージ図（モデル）は便利であるは、22名見られた。これはアンケートの集計を裏付けるものであると考える。また、便利だけど「めんどうだった」という意見も13名いるが、有用性を感じることが大切であると言える。面倒だけど有効だから使うのである。

また、I児の文中には、「もし見えたとしたらと考えたら」というような、形式的な思考表現をみることができた。

以下の文章は、下線は筆者が加えたが、その他は原文のままである。

最初は説明は文だけで大丈夫だと思って説明してみると相手には伝わらなくて絵や図(モデル)かいてみると少しは分かりやすくなった。それに私は初め〇〇君と同じような意見で自分の目には見えないんだから書きようがないから書けないと思っていたけど今は本当には見えないけど、もし見えたとしたらと考えたら自分の想像でも書けるようになった。あと、他の人の意見をきいた時に初めは反対の意見の人の意見は分からなかったけどこういう考えもあるなあと思ってかけばかけるようになりました。(I児)

モデルを書く所がたくさんあって書くのはめんどくさかった。でもそれを書いたからこそ自分の考えが整理できたり人に説明する時説明しやすかったから書きたいみもあったと思います。組をバラバラにしてじゅ業をしてみるといつもならきけない他の人の考えも聞けてよかったと思います。最初の考えは塩と水が一体化がとけるんだと思っていたけど交流して他の人の意見をとりいれました。(S児)

最初は「物が溶ける」という事は水にぬれてだんだん小さくなってなくなる事だと思っていたけどみんなの意見や実験をしていって例えば塩が水に溶ける前と溶けた後では重さが変わらなかったとかいろいろな実験やいろいろな交流をして考えが深まって物が溶けるという現象などを文と図や絵などを使ったら説明ができるようになったからとてもいい学習ができたと思います。

最初は正直に言ったら図や絵などを書くのはめんどくさいな—と思っていたけどずっと使っているうちに図や絵をつかうと便利だ—(U児)

最初モデルを使っているような説明をかくのはめんどくさかったけれど、考えが変わっていくにつれてモデルも変わるから最後はおもしろく感じた。見たまんまに図をかいていたらそのときの自分の考えが分かりにくいけど、水と塩などいろんなことを想像するとモデルが作りやすかった。(V児)

6.7 2年目の研究の成果と課題

2年目の研究を終え、次のような成果と課題が明らかとなった。1年目からの提案項目ごとにまとめる。また、本来のねらい以外に見られた成果と課題についても記載する。

① 認知段階をもとに同質のクラスを形成し、同じ授業を実施する。

この目的は、指導者や児童の個性（学級経営やクラス集団における違い）によるものであるという因子を取り除くためであった。このことをおこなうことにより、次のことが明らかになった。

まずは成果について述べる。認知段階による班構成は、構成児童が同じような思考をする傾向があるので、自分の思考と他者の思考が同じである場合が増える。それゆえ他者の思考に共感する部分が多い。つまり、他者の思考の中に自分の思考を見ることができるので、客観的に自分の思考を見ることと同じこととなる。これは、自分の思考をメタ認知することと同じ効果がある。また、このことにより、自分の思考が強化され、思考が明確になる。

また、ここで大切なのは、強化された自分の思考を違う児童の思考と討論することである。今回の実践において、この段階の前に誰とでも話せる自由な時間を設定し、多くの考えにふれる時間を設定した。このことにより、「X君の意見はわかるが、Yさんの意見のこの部分がわかりにくい。」ということが明確になり、全体での交流の時に自分が明らかにしたいことが意識できるようになった。

課題としては、児童の自由な活動から学びを促進させるためには、何を交流するかという視点を各児童が明確に持てるようにしなければならない。これがないと「活動あって学びなし」の状況になってしまうだけでなく、児童の思考がどんどん拡散するだけでなく、その方向も違う方向を向いてしまうことが考えられる。

② 考えの根拠を同じにするために、演示実験による授業構成をおこなう。

同じ根拠から討論を成立させるために演示実験をおこなった。このことをおこなうことにより、次のことが明らかになった。

この活動の成果としては、児童の思考が共有されやすく、根拠を意識した発言が見られた。また、演示実験を行うことにより、実験時間の短縮が図れ、思考する時間を確保することにつながった。そして、児童は観察することに集中できるので、思いをめぐらせやすくなり、いろいろなつぶやき増えた。さらに、指導者側にとっては、ひとつの場所に児童が集まるので、児童のつぶやきなどから思考を把握しやすいことがわかった。

課題としては、指導者による演示実験のため、児童は実験技能習得の機会が減ることとなる。また、ひとつの場所に集まり、ひとつの現象を見るので、人が多すぎて見にくい場

合がある。そして、単一的な授業の展開になるため、児童の思考に沿った活動ではなく、児童の思考の流れを修正した活動になる。さらに、実験が好きな児童にとっては、見るだけになるので、学習の意欲が低下する場合があると考えられる。

③ 論拠の考えを用いて、モデルと言葉の葛藤を引き起こす。

児童自らが「何が根拠」となり、自分の考え方がどうして出てきたかを児童自身が可視化できるようにするためである。

成果としては、根拠と思考がつながり、自分の思考が明確になることである。それゆえに、言葉とイメージ図がつながり、モデルが構築されやすくなる。またモデルの使用により言葉がより具体化されることがわかった。また、「一体化」「ペア」などのモデル出現のキーワードを絞ることができた。また、モデルの使用段階とともに構築段階が大切であり、何をもってそう考えたかを振り返ることは大切であることがわかった。

課題としては、児童のモチベーションの維持が大きな問題である。児童の中には書くことが面倒と感じている子が多いからだ。時間がかかることも関係がある。2つの課題については、有用性を感じられるようにする必要がある。今回の実践では、成果にもあるように自分の思考が明確になることのより有用性を感じていた児童が多かったが、それでも面倒だと感じているのは確かである。また、時間もかかるのでどうやって時間を確保するかが問題となってくる。

また、成果でもあり課題でもあると考えられることは、言葉とイメージ図は表裏一体ということである。それは、思考の上でイメージ図と言葉は相互作用を及ぼすことはあきらかであるが、何を考えているかをしっかりと学習者が意識できるようにしなければ、思考が拡散してしまう危険性を意識しておく必要があると考える。

第7章 授業への提案

本実践の2年間の成果と課題を踏まえ、次の①～⑦のような手だてを提案する。

① 単元全体を通した学びを児童が意識できるように導入の工夫を行う。

2年目に実施した食塩の飽和水溶液と水道水に同じように食塩をいれる。その溶け方の違いから「ものが水にとける」「ものが水にとけない」ということに着目し、児童の気づきや疑問から学習のめあてを作成することは大切である。

② 「水の存在」が意識することにより、モデルは構築されやすくなる。

モデルを提示しなくても、イメージ図と言葉との問答を繰り返すとモデルの出現の割合は高まる。ことがわかった。「水の存在が意識できるか」ということが発生のポイントである。そのために下に示す言葉に指導者が着目し、そこから葛藤を引き起こす言葉かけなどの支援を行う必要がある。

◆物質間の隙間に注目したモデルにつながるもの

…「スペース」「すき間」「部屋のようなもの」など

◆物質の結合に注目したモデル①（粒子結合）につながるもの

…「一体化」「一人と一人が合わさって一人になった」「合体」「パズル」

「くみ合わさって違うものになった」「相手がいる」「ペア」「仲良し」など

◆物質の結合に注目したモデル②（包含関係）につながるもの

…「包み込む」「取り巻く」「水の中に入る」「取り囲こむ」など

③ 認知段階をもとに同質の班構成を行う。

これは、同質の気づきに出会うことで自分の思考が強化されるからである。また、異質であっても気づきの質が同じなので、相互理解しやすい利点もある。

④ 自分の考えを持って異質な考えと対峙する。

他者と交流し、自分の考えとどこが同じでどこが違うかを意識できるからである。納得できれば受け入れるだろうし、納得できなければ相手を納得させようとする。この他者との問答は思考の矛盾を解決することとなり思考を深化させるには必要な活動である。また、

交流の方法も一人で考える→同質の班で考える→クラス全体で考えるステップは重要だが、クラス全体にこだわることなく、自分の意見をもって、違う意見の児童と一対一で討論することも有効である。

⑤ 食塩の実験においては演示実験を行い、他のものへの適応は児童実験をおこなう。

考えの根拠を同じにするためにと思考の時間を確保するために演示実験で時間の短縮を図る。しかしながら、それでは、実験の技能は習得しにくいので、他のものへの適応の時間を多めに設定することにより対応するとよいと考える。

⑥ モデルと言葉の葛藤を引き起こし、自分の考えを明確にする。

1次情報（事実・根拠）と2次情報（思考）を分類し明らかにする。そしてそのつながりを考え、1．5次情報（論拠）の際に言葉とイメージ図の両方を用いて説明する活動を取り入れる。ここ大切なのは、1次情報と2次を明確にすることである。児童は事実と考えたことを一緒にしてしまうことが多い。思い込みである。そうならないように、児童自らが「何が根拠」となり、自分の考え方がどうして出てきたかを児童自身が可視化できるようにすることで、意見を明確にすることができる。

⑦ メタ認知を意識した各時間の振り返りと単元全体の振り返りを行う。

単なる自己評価ではなく、自分の思考の過程を振り返るために、今回の学習で「何が明らかになって、何がまだあきらかでないのか。」「どこまでわかって、どこからわからないのか。」「自分の考えの変化の要因は何なのか」ということを振り返る時間を設定することは必要である。またC組のみ単元を通した自分の思考を振り返る時間も自分の思考をメタ認知し、自分の思考に対して質問したり、補足したりして自分の思考の改善点を見出すことができるので時間設定するとよいと考える。

結言

大人も児童の本来面倒なことは嫌である。しかし、そのことに価値を見出すことができれば、それをおこなう原動力となる。価値を意識できるかが重要なポイントである。今回の場合は、自分の思考が深まるかということである。思考が深まることが実感できるということは、ものごとの本質がみえてくる。完璧はあり得ないが、それに近づいていることが実感できることが大切である。自分の作った仮説が検証され、試行錯誤の中改善され、より確かな仮説へとつながっていく。この実感があるからこそまたやろうとする。この繰り返しが学びなのだと思う。「ものごとと問答しながらその本質にせまっていく」これは、勤務校での研究において、子どもの人間力を定義したときに作った言葉である。まさにものごととの再構成が本実践において児童は見せてくれたのだ。

また、これまで自分なりの考えで実践を繰り返してきたが、これは経験則に基づくものであった。本実践を行ったことで、CASE の考え方と共感するところが多いことを再認識することができた。今では、CASE の考え方が自分の考え方のベースのひとつとなっているといっても過言ではない。この中でいわれている授業構成やシエマは、成果の見えるプログラムであるのは間違いない。しかし、これで満足するのではなく、これをもとにさらによいものにするために実践をおこなっていきたいと思う。

本実践は、これまでの教育の現場での問題意識から始まった。考え抜かれたカリキュラムであっても完璧なものはない。確かな成果はあったのだが、1年目の実践でも課題が見つかり、2年目の実践でも課題が見つかった。この課題が見つかることこそがさらによい実践へとつながると考えている。今回の粒子概念の獲得における「モデルを使うことの有用性」の課題を追究したが、この意義はこれも目の前の児童の姿が教えてくれた。それ以上に使用の段階に至る構築の段階がさらに重要なことに気付かせてくれた。その課題を克服すべく取り組んだ本実践において、1次情報と2次情報である言葉とイメージ図（モデル）を繋ぐ1.5次情報の論拠の思考法は、まだまだ改良の余地はあると考える。

また、認知段階を考慮した班構成や授業の構成は、指導要領にも「発達段階を…」という文言があることから今の教育に必要なことだと再認識できた。つまり、できないのは理由があり、その子がいけないのではない。その理由を考え、躓きを一緒に取り除くことが必要である。発達段階の違いは、よさと考えて取り組む姿勢が指導者には必要であると考える。それゆえ、発達段階に応じた支援も必要となってくる。

これらのことから考えると形式的モデル使用は、児童の科学的思考を深めることにつながったのではないかと考える。実態を分析していても、結局は、ひとりひとりを追いかけていた。今回の提案はあくまで提案である。次回実践する時には、もう一度、その時の児童の実態を把握し、再構成してから始めることが必要である。

結びに、目の前の児童を大切にするという「子どもありき」、つまり子どもの側から教育を発想するという創造性教育の理念は素晴らしいと感じた。そして国が違っても子どもは同じである。この子どもの実態から開発された CASE の考え方も素晴らしい。それらの先人の業績を自分の中に取り入れながら、これらかも研鑽し実践を行っていきたいと考える。

引用・参考文献・

- 1) **AdeyPhilip, ShayerMichael** (2002) *Learning Intelligence: Cognitive Acceleration Across the Curriculum from 5 to 15 Years. s.l., Open University Press*
- 2) 高橋信幸 (2010), 英国 CASE カリキュラムの日本への適用可能性に関する研究, 京都教育大学教職大学院修士論文
- 3) 文部科学省(2008), 小学校学習指導要領, 東京書籍
- 4) 国立教育政策研究所(2006). 特定の課題に関する調査 理科.
- 5) 京都教育大学附属桃山小学校(1990), 自己の実現をめざす授業の構想, 明治図書
- 6) 京都教育大学附属桃山小学校(2012), 創立百周年記念誌
- 7) 文部科学省(2010), OECD 生徒の学習到達度調査 Programme for International Student Assessment～2009年調査国際結果の要約, ～ http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/data/pisa/
- 8) 国立教育政策研究所, (2007)平成 19 年度教育課程実施状況調査報告
- 9) 国立教育政策研究所, (2012)平成 24 年度全国学力・学習状況調査
- 10) 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.
- 11) 村山哲哉(2012), 理科における「思考力・表現力」, V プレス Vol.12 , 公文書院
- 12) 文部科学省(2011), 言語活動の充実に関する指導事例集, 教育出版
- 13) **ShayerMichael, AdeyPhilip** (1981), *Towards a Science of Science Teaching. s.l., Heinemann Educational Books*
- 14) *Piaget, J.* (2007), ピアジェに学ぶ認知発達の科学, (中垣啓, 訳), 北大路書房.
- 15) *PiagetJean, InhelderBarbel.* (1965), 量の発達心理学, (滝沢武久, 銀林浩, 訳), 国土社.
- 16) *VygotskyL. S.* (1962). 思考と言語. (柴田義松, 訳) 明治図書出版.
- 17) *Adey, P., & Shayer, M. (1994). Really Raising Standards: Cognitive intervention and academic achievement. Routledge.*
- 18) 福島いずみ・芝原寛泰・西村彰高・山田鈴子(2001)「小学校理科授業における粒子概念の導入の新しい試み, 一教育実践特別演習の新設に向けてのパイロット授業の実施一」京都教育大学教育実践研究紀要 第 1 号 2001 p. 67-81
- 19) 渡辺健幸ら(2008), 溶解概念の形成を目指した小学校理科学習プログラムの開発, 日本科学教育学会, 研究会研究報告 vol.22 No.4 p. 5-10
- 20) 村上祐(2010), 小・中理科における望ましい粒子概念教育の提言 ―国の調査結果の背景および独自調査の分析から―, 岩手大学教育学部研究年報第 69 巻, p.73-87

- 21) 増田伸江(2011), 小学校における初歩的粒子概念導入の試み お茶の水大学研究紀要 18, p. 63-77
- 22) 葉山優・小嶋美也子・勝呂創太・圓谷秀雄・金田知之・下條隆嗣(2006) 小学校理科への物質の粒子像導入の可能性—児童のもつ粒子像についての調査—, 東京学芸大学研究紀要自然科学系第 58 集, p. 15-39
- 23) 杉本良一・神林久美子 (2006) 理科学習における児童の水溶液概念獲得に関する研究 —小学校理科「もののとけ方」における学習の検討— 鳥取大学 地域学論集第 3 巻第 2 号 p 203-p237
- 24) 武村重和編 (1984)「図解理科 児童の思考つまずき辞典 小学 3・4 年」, 明治図書
- 25) 武村重和編 (1984)「図解理科 児童の思考つまずき辞典 小学 5・6 年」, 明治図書
- 26) 池口真一 (2011) 自然現象のモデル化の過程を重視した子どもの認知発達を促す理科授業, 京都教育大学大学院修士論文
- 27) 池田敏浩(2011) 中学校理科における複合変数の概念獲得を促す授業の開発, 京都教育大学教育学部卒業論文
- 28) 森山卓郎 (2013) 日本語の<書き>方 岩波ジュニア新書 岩波書店

筆者は、現職の教師としての大学院生活でしたが、とても有意義な時間が過ごせたことを一緒に時間をともにした皆様に感謝しております。

とくに、谷口和成先生には、本研究の遂行ならびに本論文作成にあたりまして、終始懇切丁寧な指導と御教示・御鞭撻を賜り、謹んで感謝の意を表します。

また、京都教育大学の樋口とみ子先生並びに諸先生方、1年目の実践の場を提供してくださった京都教育大学附属桃山小学校の平岡信之先生、高橋正英先生、本実践をともに考え、支えてくれた研究室で同時期を過ごした池田敏浩くん、谷口健太くんをはじめ仲間の助力があつて、ここまでの研究ができたと考えます。実に多方面の方々から貴重な助言をいただきましたことを心より感謝申し上げます。

学びには年齢は関係がないことや学ぶ環境が大切なことを実感しました。今度は、この学ぶ環境を作る立場としてもこの経験を生かしていきたいと考えています。

近年、「理科離れ」だけでなく学びから離れてしまう児童が増えている現状があります。この現状は、その児童のみの問題ではないと考えます。学びは楽しくなくて、継続して学びたくありません。これからも本当の意味での楽しい学びを追究できるよう取り組んでいきたいと思います。

最後になりましたが、この研究に対していろいろ教えてくれたのは子ども達でした。子ども達にも感謝の意を表します。「すべての答えは子どももが教えてくれる」このことを再認識することができました。

2年間ありがとうございました。これからもよろしくお願いします。

研究活動の一覧

学術論文，研究報告等の題名	発行または 発表年	発行所，発行雑誌等 または発表学会名	共著者または 共同発表者
ICT 機器による人間力の向上	2012	第 19 回日本教育メ ディア学会年次大会	平島和雄 谷口和成 浅井和行
本学の「学校教育の情報化」対 応について—電子黒板を焦点 に当てて—	2013	京都教育大学附属教 育実践センター機構 教育支援センター， 教育実践研究紀要， 第 13 号，p. 213-2 2 2	浅井和行 富永直也 平島和雄 小長谷直樹 多田知正 沖花彰 寺岡裕城 村林由香里
子どもの思考に粒子モデルの 自発的出現を促す授業実践— 小学校 5 年「ものの溶け方」 を通して—	2013	第 63 回日本理科教 育学会全国大会	平島和雄 谷口和成
MC（メディア・コミュニケーシ ョン）科の授業実践	2013	第 19 回日本教育メ ディア学会年次大会	平島和雄 谷口和成 浅井和行
子どもの思考の可視化のため の共有ボードの活用 —授業実践におけるホワイト ボードをはじめとする共有機 器の有効性—（掲載予定）	2014	京都教育大学附属教 育実践センター機構 教育支援センター， 教育実践研究紀要， 第 14 号	井上美鈴 平島和雄 平岡信之 若松俊介 樋口とみ子