

生徒の物質概念形成を支援する中学校理科の指導の工夫

- 化学的領域の学習を通して -

周防大島町立大島中学校 教諭 白石 和美

1 研究の意図

今日の社会では情報化への対応、環境問題への取組みなどにおいて、科学的な思考力の育成が必要不可欠となっている。その反面、その基礎を学ぶ教科である理科については、児童・生徒の理科離れが言われている。

生徒の理科の学習に対する考えを知るため、平成13年度に国立教育政策研究所教育課程研究センターが実施した小中学校教育課程実施状況調査報告書から考察を行った。「当該教科の勉強は好きだ」、「当該教科の勉強は大切だ」という質問に回答した中学校第3学年の結果がそれぞれ図1、図2である。この結果から「理科は他教科に比べると好きな教科の一つではあるが、大切な教科ではない」ととらえることができる。「当該教科の勉強は好きだ」の結果を小学校第5学年から中学校第3学年までの推移で見ると、図3のように理科が好きな生徒の減少の幅は、他教科の減少に比べ大きい。また、中学校全学年を対象に単元ごとに行った「理科は普段の生活や社会に出て役に立つと思いますか」の質問では、化学的領域が他の領域に比べ「役に立つと思わない」の割合が大きく、「役に立つと思う」の割合が少なくなっている(図4)。これらの調査結果から、学年が進むにつれて、理科離れが増加し、化学的領域において特に顕著に見られることが分かる。

中学校理科の化学的領域では、「物質」、「エネルギー」の基本的な学習を行う。特に物質の学習は、エネルギーの学習とともに、理科の他領域を学習する上で基礎となる大切な事項である。そこで、本研究では、題材を化学的領域の「物質」に絞り、物質概念の形成が

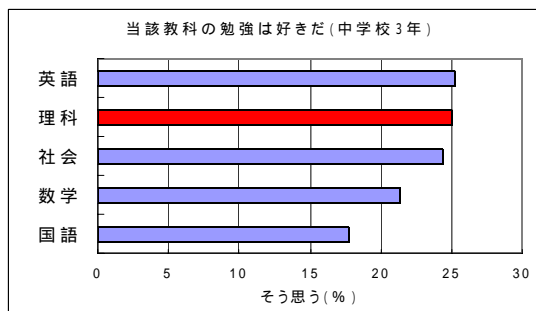


図1 当該教科の勉強は好きだ

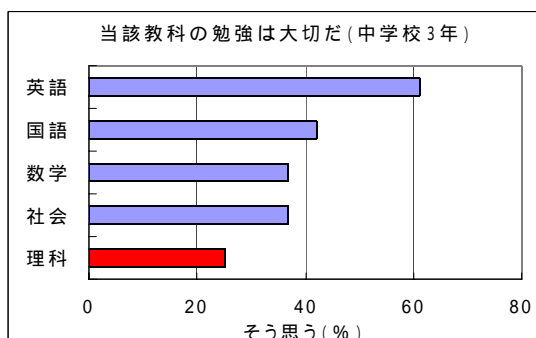


図2 当該教科の勉強は大切だ

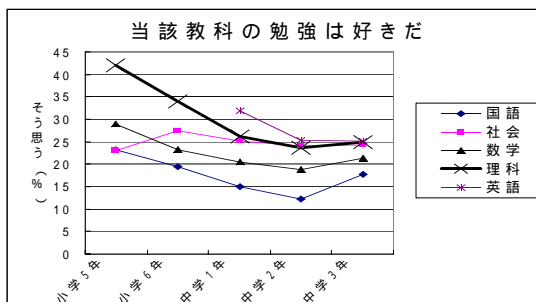


図3 「勉強は好きだ」の推移

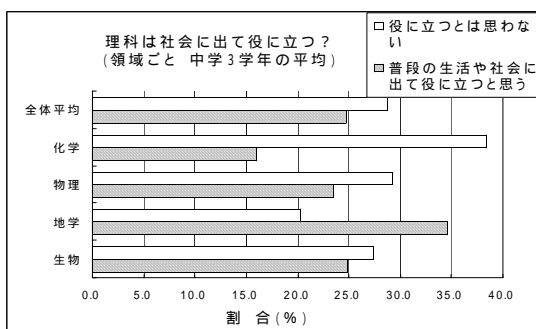


図4 理科は普段の生活や社会に出て役立つ

段階的に無理なく行えるよう、指導の工夫を行うこととした。

2 研究の内容

(1) 物質概念について

物質概念については、専門分野によって様々なとらえ方があるが、小学校、中学校、高等学校（基礎理科・理科総合）における物質概念についての学習目標は表1のようになっている。このように各発達段階に応じて身に付けるべき物質概念が存在する。

表1 物質概念についての学習目標

学 習 目 標	
小学校	物の性質や働き、変化の規則性について見方や考え方を養う。 ^{*1}
中学校	物質の性質や変化の調べ方の基礎を身に付けさせる。その事象を原子、分子のモデルや日常生活と関連付けてみる見方や考え方を養う。 ^{*2}
高等学校	元素の概念や原子、分子の存在を確かめていく過程で決め手となった諸法則に関係する観察や実験を通して、物質を構成する粒子の概念が形成された過程を平易に扱う。 ^{*3} (基礎理科)
高等学校	身の回りの物質は原子、分子、イオンから成り立ち、それらの粒子の結び付きの変化で物質の性質が変わることやエネルギーの出入りがあることを理解させる。 ^{*4} (理科総合A)

ア 小学校・中学校で学ぶ物質概念

中学校3年間で学ぶ、物質に関する学習の大半は、小学校で既に基礎的な学習として学んでいるものを深めた内容となっている。そのため中学校の指導者は、物質についての学習を小学校で、どの程度学び理解ができているのかを認知しておく必要がある。そこで、物質に関わる理科の学習を小学校から中学校までの時系列に表したのが次ページの表2である。このような表を作成することで、生徒が小学校でどのような学習を行ってきたのか、履修してきた事例や知識を把握する手がかりにすることができる。また、小学校で行った実験や観察の内容が、指導者によって異なることがある。そこで、実際に生徒が履修してきた具体的な実験や観察の内容について、事前に調査したものをこの表に書き加えることで、さらに生徒の現状が把握でき、指導計画を作る際の参考資料にできると考える。

イ アンケート調査の実施と結果

中学生がもっている物質概念について、調べるため、周防大島町立大島中学校生徒76名の協力を得て概念地図法と質問紙法という2つの方法でアンケートを実施した。

実施時の各学年、化学的領域の履修状況は、第1学年が化学的領域を学ぶ前、第2学年は化学的領域を学んでいる途中（原子については未履修）、第3学年は化学的領域の学習修了後である。

(ア) 概念地図法の活用

概念地図法は、生徒がもっている物質に対してのイメージや既知の語句同士の関連を可視的に表現できるように、中心に物質という語句を印刷した用紙と物質に関わりのある8つの語句を記入したカード、自分で語句を付け足すための空欄のカードとを用意し、72ページの表3の要領で実施した。

概念地図法では、地図全体の形、語句をつないだ理由、付加した語句と枚数から生徒の

表2 小学校・中学校物質概念の学習一覧表

注 この場所には、別シート「概念形成図小中」のエクセルデータを貼り付ける

物質概念について知ることができた。地図の形はその特徴から直線型（図5）放射状型（図6）網目型（図7）に大きく分類できる。

直線型は1個の語句から少数の語句しか連想せず、1本の鎖のように伸びていくもの、放射型はそれぞれの語句から複数の語句を連想するが、連想した語句と語句の関係については表現していないもの、網目型は放射型の状態から、さらに付加した語句と語句の関わりについても考え、つなぎ合わせて構造化されたものである。

学年ごとに見ると1年生では直線型が多く、3年生では網目型が多い。付

表3 概念地図法によるアンケートの要領

アンケート

これはテストではありません。あなたが考えたおりに自由に書いてください。

「物質」を中心とした図を、次の方法にしたがって、別紙「物質について」につくってください。

方法

- 1 次の の中の語句が書かれたカードが、8種類配布されていることを確認する。カードの裏にはってある両面テープは、そのままにして、以下の2～4の作業を行う。

固体	磁石	鉄	アルミニウム	温度	一円硬貨	体積	粒
----	----	---	--------	----	------	----	---

- 2 別紙に、「物質」に関係があると思うカードの位置を決め、線でつなく。次に、置いたカードに関係があると思うカードも置き、線でつなく。線は1枚のカードから何本出てもよい。
- 3 置いたカードに関係がある語句を思い付いたら、その語句を空欄のカードに記入し、関係があるカードの近くに置き、線でつなく。
- 4 つないだ線の近くに、線でつないだ理由を書く。

別紙
「物質について」

年 番 氏 名 _____

物質

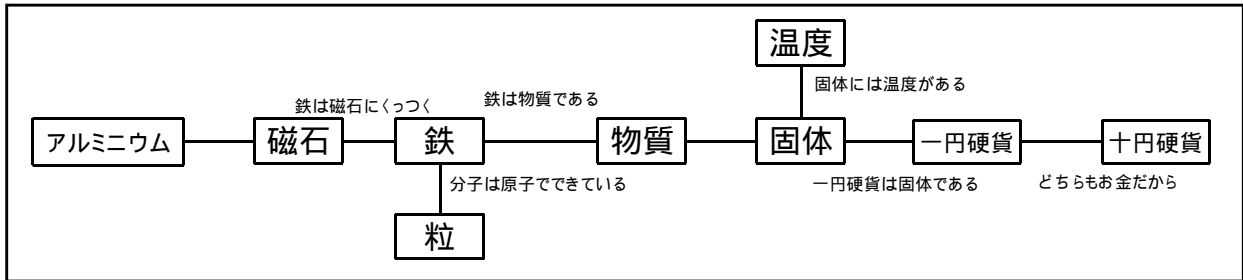


図5 直線型の例

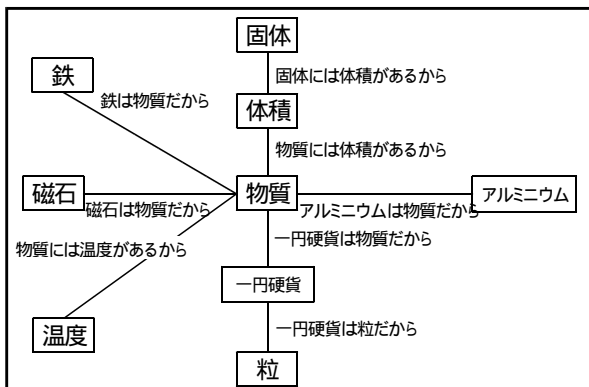


図6 放射状型の例

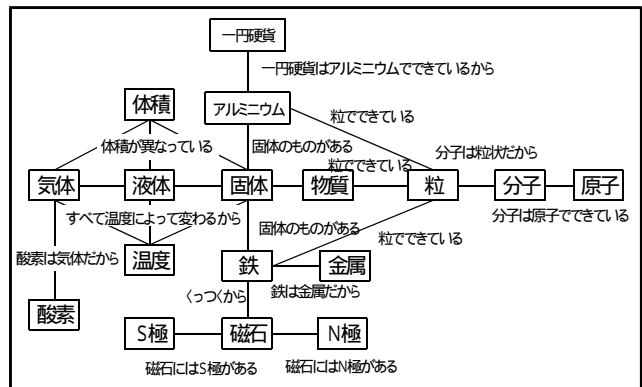


図7 網目型の例

加したカードの枚数は、どの学年もほぼ同じであるが、網目型と見られる生徒の割合は、第1学年が35%、第2学年が44%、第3学年が69%と増加していく。このことから学習が進むにつれて、既知の内容を関連付けながら物質についての理解を深めていることが分かる。

語句と語句をつないだ理由で注目すべき表現として、「金属は磁石にくっつく」、「アルミは鉄だから」、「鉄がアルミになる」等が挙げられた。これは、金属の種類として、鉄とアルミニウムの区別が、まだはっきりついてないと考えられる。

(1) 質問紙法の活用

質問紙法では、中学校第3学年までに学ぶ物質概念を身に付けるための学習のうち、状態変化・金属・粒子・化学変化などの質問を無作為に14問出題し、回答は3つ若しくは4つの選択肢の中から選ぶこととした(表4)。

表4 質問紙法
アンケート

年 番 氏名

これはテストではありません。思ったこと、考えたことをそのまま記入してください。

1 次の ~ について、あなたの考えに一番近いものを1つずつ選んで で囲んでください。

理科の勉強は好きだ。
 そう思う どちらかといえばそう思う どちらかといえばそう思わない そう思わない わからない

理科の勉強は大切だ。
 そう思う どちらかといえばそう思う どちらかといえばそう思わない そう思わない わからない

理科を勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役に立つ。
 そう思う どちらかといえばそう思う どちらかといえばそう思わない そう思わない わからない

2 次の1から14までのそれぞれの質問について、あなたの考えに一番近いものを1つずつ選んで で囲んでください。質問の中でわからない言葉には赤で線を引いてください。

番号	質 問	回 答			
1	金属はすべて磁石に引きよせられるか。	引きよせられる	引きよせられない	わからない	
2	水が氷になる温度は決まっているか。	決まっている	決まっていない	わからない	
3	金属は原子という小さな粒でできているか。	できている	できていない	わからない	
4	食塩水から食塩だけを取り出すことはできるか。	できる	できない	わからない	
5	ものが燃えるときはかならず二酸化炭素が発生するか。	かならず発生する	発生しないものもある	わからない	
6	アンモニアの気体は何色か。	うすい黄色	無色	白色	わからない
7	ろう(ろうそく)の液体に、ろうの固体を入れるとどうなるか。	浮く	沈むが途中で止まる	沈む	わからない
8	水を沸とうさせると湯気が出る。この湯気は水のどの状態か。	気体	液体	固体	わからない
9	水と氷、同じ体積(かさ)ではどちらが重いか。	水が重い	氷が重い	水と氷の重さは同じ	わからない
10	十円硬貨の体積(かさ)は温度が上がるとどうなるか。	大きくなる	変わらない	小さくなる	わからない
11	水と食塩を混ぜる前の重さは、混ぜてつくった食塩水の重さと比べるとどうなるか。	重くなる	変わらない	軽くなる	わからない
12	固体の物質が水溶液にとける量は、水溶液の温度が上がるとどうなるか。	多くなる	変わらない	少なくなる	わからない
13	くぎをハンマーで何度もたたくと、くぎはどうなるか。	薄くなる	割れる	変化しない	わからない
14	水に気体がとけるとき、水の温度が高くなると気体が水にとける量はどうか。	多くなる	変わらない	少なくなる	わからない

ご協力ありがとうございました。

質問紙法の各問いに対する正答率は、表5のとおりである。この表5をグラフに表したものが図8である。

質問を小学校でのみ学んだ問題、中学校でのみ学んだ問題、小中の両方で学んだ問題、身の回りで起こる現象の問題、身の回りであまり起こらない現象の問題で分類し、各視点ごとに各学年の平均を比較した。

表5 各問いの正答率 (%)

問題番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
履修学年	小3・中1	小2・中1	中2	小5・中1	中1	小6・中1	中1	小4	小4	小4	小5・中1	小5・中1	中1	小6
1年	61	91	26	91	35	45	13	0	35	35	30	29	43	17
2年	30	89	33	85	59	81	15	0	19	38	26	42	56	19
3年	54	92	88	96	54	77	27	8	31	36	58	81	73	4

小・・・小学校 中・・・中学校 身の回りで起こる現象の問題

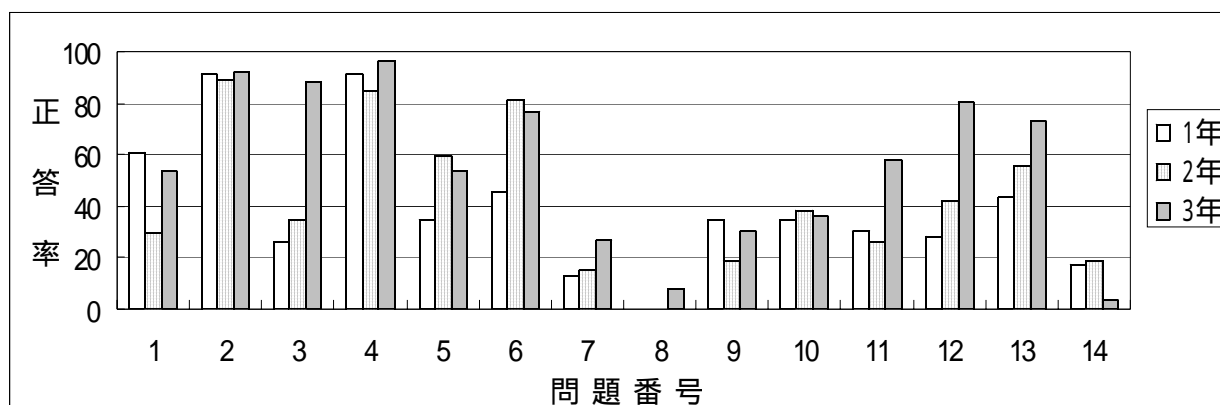


図8 各問いの学年別正答率

履修状況による正答率のグラフ(図9)から小学校でのみ学んだ学習については知識の定着が悪く、中学校で初めて学んだ学習よりも、小学校で学び、さらに中学校で深めた学習の方が知識の定着がよいことが分かる。

この結果は、小学校でのみ学んだ学習の問題の内容が身の回りで普通に起こる現象が多く、その現象を見る場面で、回答につながることを思考する必要がないためであると考えられる。よく見る現象でも思考する過程がない場合、授業での学習がないと知識としての定着が難しいと考える。

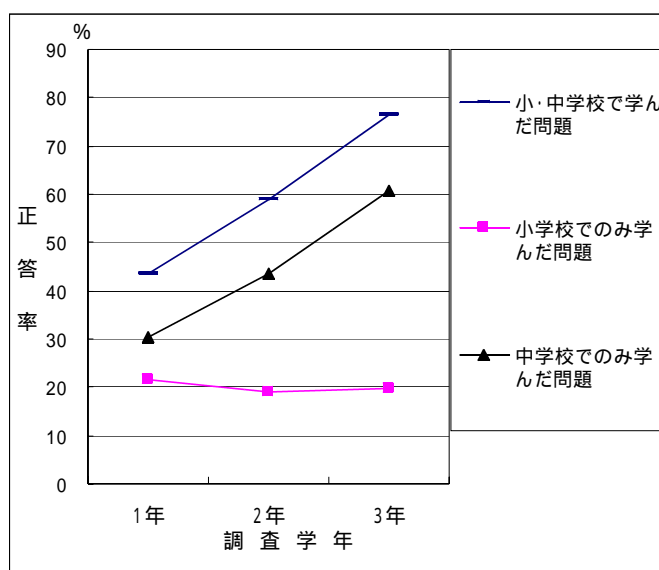


図9 履修状況による正答率

身の回りであまり起こらない現象の正答率のグラフ（図10）を見ると、上級学年になるほど高くなるが、身の回りで起こりやすい現象の問題の正答率は、学年による顕著な差が表れない。

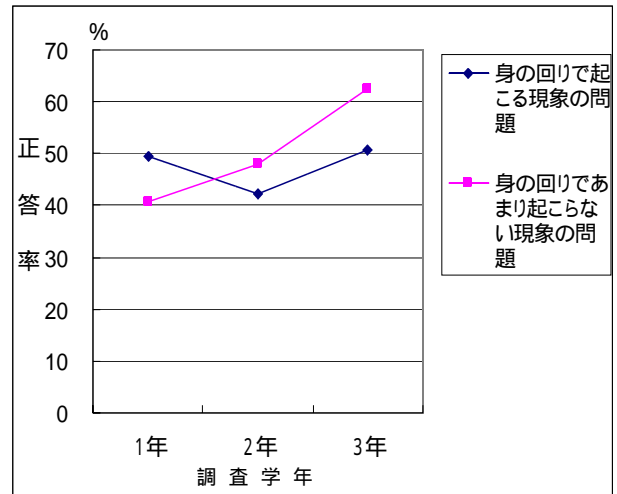


図10 身の回りで起こる現象の正答率

身の回りで起こる現象の問題では、学年が上がっても正答率が上昇しないのは、その現象について学習した後で学んだことが顕著に確認できない形で現象を目にすることがあり、学習内容が打ち消されているのではないかと考える。具体的には小学校第4学年の「ものの温度とかさ」の単元で「金属はあたためるとかさが大きくなる」と学んでいる。しかし金属のかさの変化は微小であるため、日常生活の中ではやかんを熱してもかさが大きくなっているようには感じない。そのために「金属はあたためるとかさが大きくなる」と学んだ知識が薄れていくと考える。

特に問い8の「水を沸とうさせると湯気がでる。この湯気は水のどの状態か。」に対する正答率は中学校第1、第2学年は0%、中学校第3学年は8%、全学年の平均はわずか3%しかなかった。全学年の92%の生徒は「湯気は気体である」と答えている（分からないと答えた生徒1名）。

水が温度によって固体、液体、気体に変化することは、小学校第4学年で学び、湯気が液体（水）であることについても教科書で取り扱っている内容である。中学校でも「天気の変化」や「身の回りの物質」の学習で気体について学習する機会があるが、湯気の状態が何であることを学習することはほとんどない。この問に対してどの学年も正答率が低いのは、生徒が空気を漂う湯気を気体であると思い込んでいるためだと考える。

これらの考察は、対象生徒の数が少ないが、一般的な傾向として言えると考えられる。

ウ 物質概念の形成

物質概念の形成過程は3つに分類できると考える。また現状を調べるために実施した概念地図法と質問紙法を活用したアンケート結果から、中学生の物質概念形成には、次のような形成過程とつまずきの傾向があると考えた。

(ア) 日常生活体験の中で自然に概念を身に付ける場合

この概念形成は、日常生活の中で経験する自然現象を無意識に感じ取り、共通する事象を1つの物質概念として身に付けていくものである（図11）。

例えば、密度につながる考え方については、普段の生活で物を持ったり、投げることで、重い物と軽い物を自然に感じ取っている。「質量」としての重い、軽いだけではなく、「鉄は重く、綿は軽い」など、日常生活の中で数値として、考えている

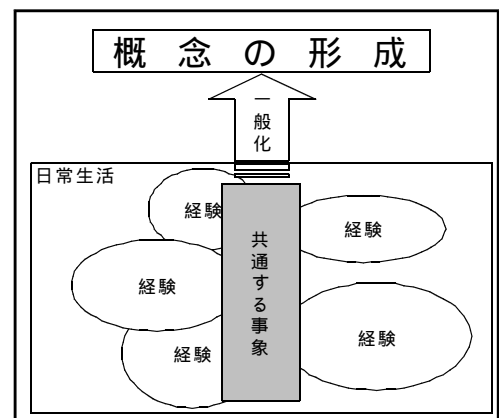


図11 日常生活体験の中で自然に概念を身に付ける場合

わけではないが、同じくらいの体積での重さの比較として密度的な考え方をやっている。

これは授業で学ぶことがなくとも自然と身に付く考え方である。

(イ) 日常経験を基に学校の授業によって概念を身に付ける場合

学校の授業による概念形成は、日常生活である程度身に付いている物質概念と、学校で学んだ既習の事項を基にして、新しく行う授業において整理、一般化され、物質概念として身に付けていくものである(図12)。

例えば、日常生活での経験から上述したように「同じ体積でも物質によって重い物と軽い物がある。」という考えをもつ場合もあるが、さらに、学校の授業によって同体積の物質の質量の比較や、その物質が液体に浮くか沈むかなどの実験を行って、密度の考え方を身に付ける。

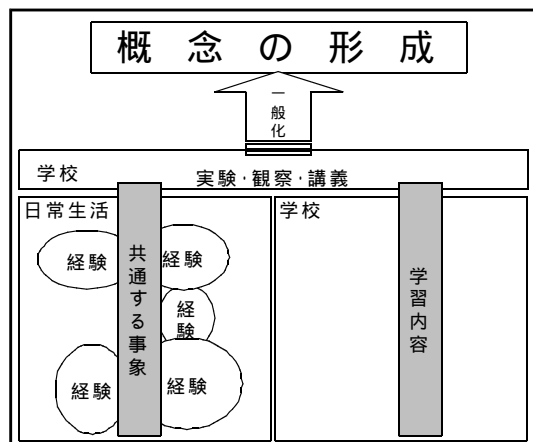


図12 既有概念を基に学校の授業によって概念を身に付ける場合

小学校と中学校での学習内容によって次のようなつまずきが考えられる。

密度の学習には「質量」と「体積」の理解が必要不可欠である。それぞれの内容について小学校では、第4学年で「体積」を「かさ」という表現で、「質量」については重さや質量の区別をすることなくばねばかりを使って重さとして学ぶ。また、小学校第6学年では算数の時間に体積という表現を使い立方センチメートルという単位も習うが、理科での活用はない。つまり、小学校の理科では、「体積」や「質量」という表現を使わない。しかし中学校では、その「体積」と「質量」という言葉を使い密度の学習を進める。「かさ」を「体積」に「重さ」を「質量」に置き換えて理解できると密度の理解が早い、そのことが理解ができていない生徒にとっては密度の考え方は身に付きにくくなる。

(ウ) 学校の授業を基に概念を身に付ける場合

学校の授業を基に身に付ける概念形成の方法は、学校における講義や実験から知識を身に付け、概念として身に付けていくものである(図13)。

原子や分子の考え方を学ぶ場合を例に挙げると、生徒は中学校第2学年の「化学変化と原子、分子」を学ぶまでは、物質の構成について学ぶ機会はない。この単元の化学反応で分解についての学習を行い、それ以上分けることのできない物質があることを知り、物質はすべて粒からできていることを学ぶ。さらに酸化などの化合物を学んで粒子の物質概念を身に付けていく。

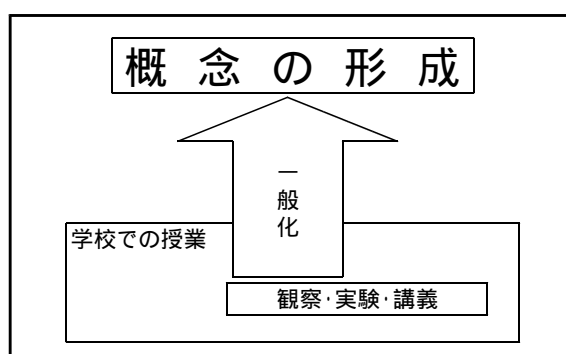
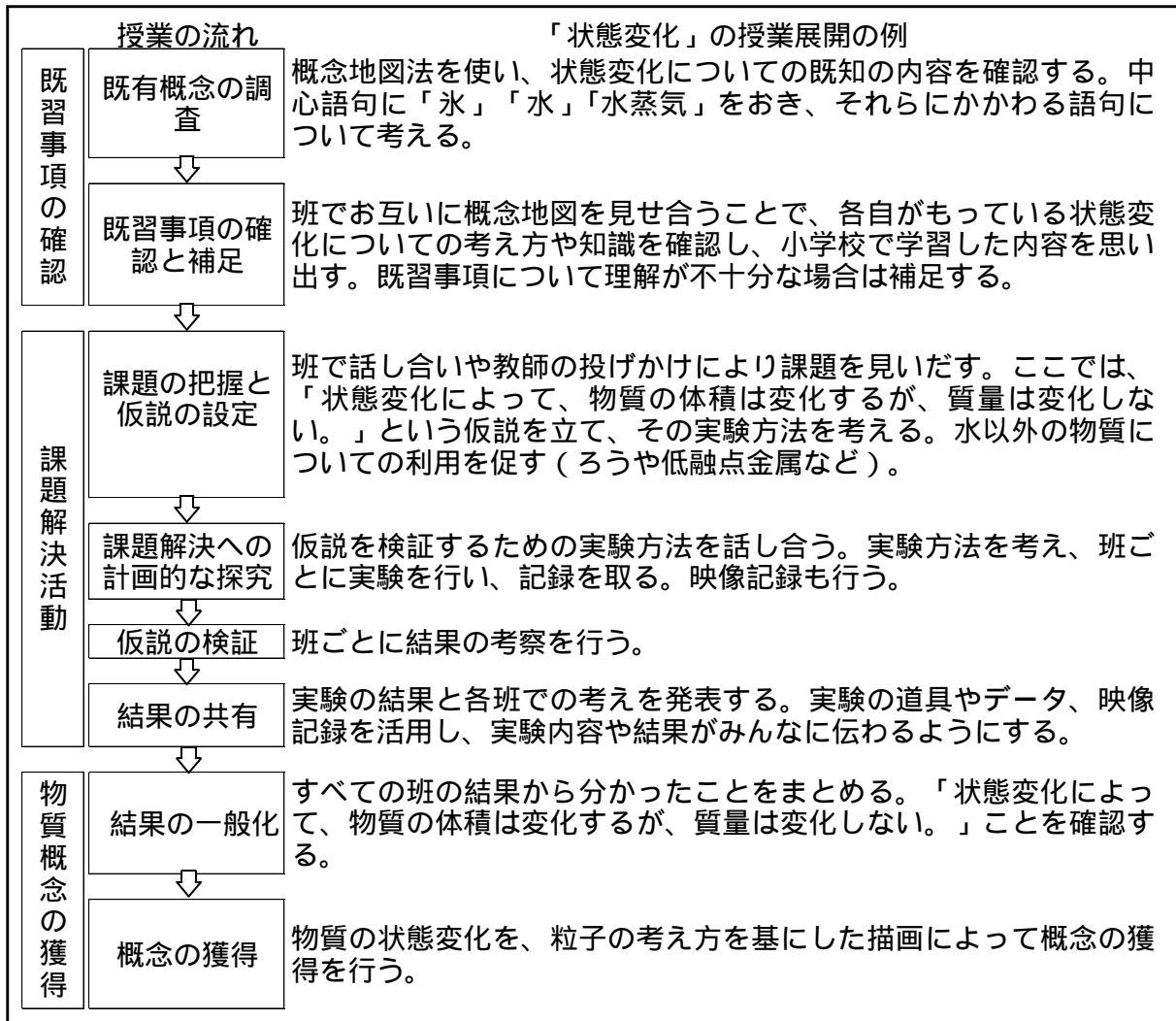


図13 学校の授業を基に概念を身に付ける場合

(2) 授業展開の工夫

物質概念形成をする上でのつまずきをなくしていくために、次ページの図14の「状態変化」の授業展開例を示した。

図14 授業の流れと授業展開例



ア 既習事項の確認

単元の初めに、概念地図法や質問紙法、文書分析法（キーワードを与えて、それに関する文章を自由記述させ、その内容から生徒の既知を知る調査法）を利用して概念調査を行う。生徒の既知の知識や興味を引き出し、指導者・生徒の両者が既習事項の確認をする。

イ 課題解決の方法

生徒各自がもっている知識を基に、班ごとに仮説を立て検証を行う。複数の実験を通して検証を行うことが望ましいが、時間的に難しい。そこで、班ごとで実験を行い、その実験過程や結果を発表し合うことで、結果の共有化を図る。実験の過程や結果は、実験結果の考察や発表のために、ビデオ等の映像記録に撮っておく。

概念を身に付けるためには、多くの事例の把握と知識の吸収が必要であると考えられる。そこで、なるべく多くの課題解決の方法を体験又は疑似体験することが望まれる。実験では発表で活用するため生徒がデジタルビデオ、デジタルカメラ等の映像記録を行う。ビデオによる記録は、複数の事例を知るだけでなく、考察でもう一度、実験結果を見直すことで、リアルタイムで気付かなかった瞬間の現象を確認し、変化を確実にとらえることができるからである。

ウ 物質概念の獲得

物質概念の獲得段階では、それぞれで行った実験の結果から物質についての一般的な性質を

とらえるような活動を仕組む。具体的には、「物質の状態が固体から液体に変わるとき、体積の変化は起こり質量の変化は起こらない。」という状態変化の様子を、粒子の考えを基に描画することで、物質概念の獲得につなげていく。

3 まとめと今後の課題

本研究では、物質概念を形成する指導の工夫について探ってみた。物質概念の形成を効果的に行うには、なるべく多くの共通する事象を生徒に体験させ、学んだ知識を繰り返し授業の中で活用することが必要である。

目で見えない理解しにくい物質概念は、それと関連する学習の中で事前に取り上げることで、生徒に予備知識を身に付けさせ、主目標として学ぶ際にスムーズにその考え方が身に付くようにしておくことが大切である。

指導計画の中に、その単元の主目標とともに、既習事項の確認や応用、事前学習などを意図的に入れておくことが必要である。このような学習を中学校の3年間に、繰り返し行うことで物質概念の形成が確実に図られると考える(図15)。

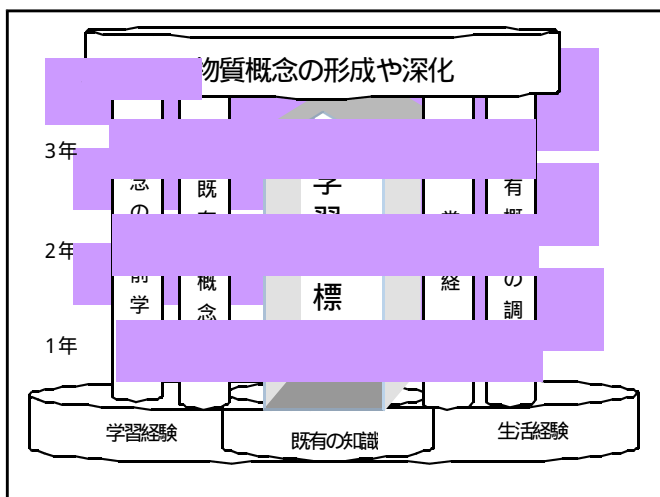


図15 中学校3年間の物質概念の獲得図

今後は、「中学校3年間の物質概念の獲得図」(図15)に示したように、中学校3年間の学習の中で、物質概念の形成が深められるように実践し、さらに中学校理科の他領域での概念の形成について研究を進めていきたい。

【引用文献】

- *1 : 文部省 『小学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1998 p50 ~ p60
- *2 : 文部省 『中学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1998 p44
- *3 : 文部省 『高等学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1999 p68
- *4 : 文部省 『高等学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1999 p71

【参考文献】

- 国立教育政策研究所教育課程研究センター 『平成13年度教育過程実施状況調査(小学校・中学校)質問紙調査集計結果(その5)理科』 2003
- 堀 哲夫 『学びの意味を育てる理科の教育評価』 東洋館出版社 2003
- 中山 迅・稲垣成哲 『理科授業で使う思考と表現の道具』 明治図書 1998
- 板倉聖宣 『仮説実験授業のABC』 仮説社 1977
- 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
- 文部省 『小学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1998
- 文部省 『中学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1998
- 文部省 『高等学校学習指導要領』 大蔵省印刷局 1999