

# ミクロな視点を持ち、自らの問いを深める理科授業

理科 金子 真也 村上 潤 栗田 克弘

自然科学の学習において、ミクロな視点を学習することは大きな意味がある。それは、「物質とは何か」「生命とは何か」につながるからである。生徒の内面にこのような問いを喚起し、自主的に課題を解決する過程にミクロな視点が求められる。そこで、中学校三年間の物質学習及び生物の学習において、ミクロな視点を意識したカリキュラムの構造化を、▽モデルを元に作成し実践的に検証した。

〔キーワード〕 ミクロな視点 自らの問い ▽モデル 物質とは何か 生命とは何か

## 1. 研究のねらい

これまで、「学び合い」を通して生徒がお互いに関わりあいながら、理解を深めていくことを授業においても考えてきた。さらに理科においては、実験や観察についても重要な視点としてとらえてきた。課題を設定して、生徒が討論を行い、自ら実験や観察で確かめていく授業や、導入教材を工夫し学習意欲を高める授業などを実践してきた。そのことにより、生徒が科学的概念を主体的に内面に形成したり、科学を学ぶ意義について見識を深めることができるようになってきた。

新しい学習指導要領の実施に伴い、今まで考えてきた理科の教科カリキュラムについて、その背景となる理念的な部分を明らかにする研究活動を行ってきた。▽モデルを使い、「目標智」「教材智」「集団智」の3つの観点で教科カリキュラムを検討した。さらに理科の目標を受け、研究主題を以下のように設定した。

### 〔理科の目標〕

- ・ものごとを科学的にとらえ、論理的に実証的に社会的に理解することができる。
- ・自然に豊かにふれ、意欲を持って自然現象を追求しようとするすることができる。



### 〔理科の協議主題〕

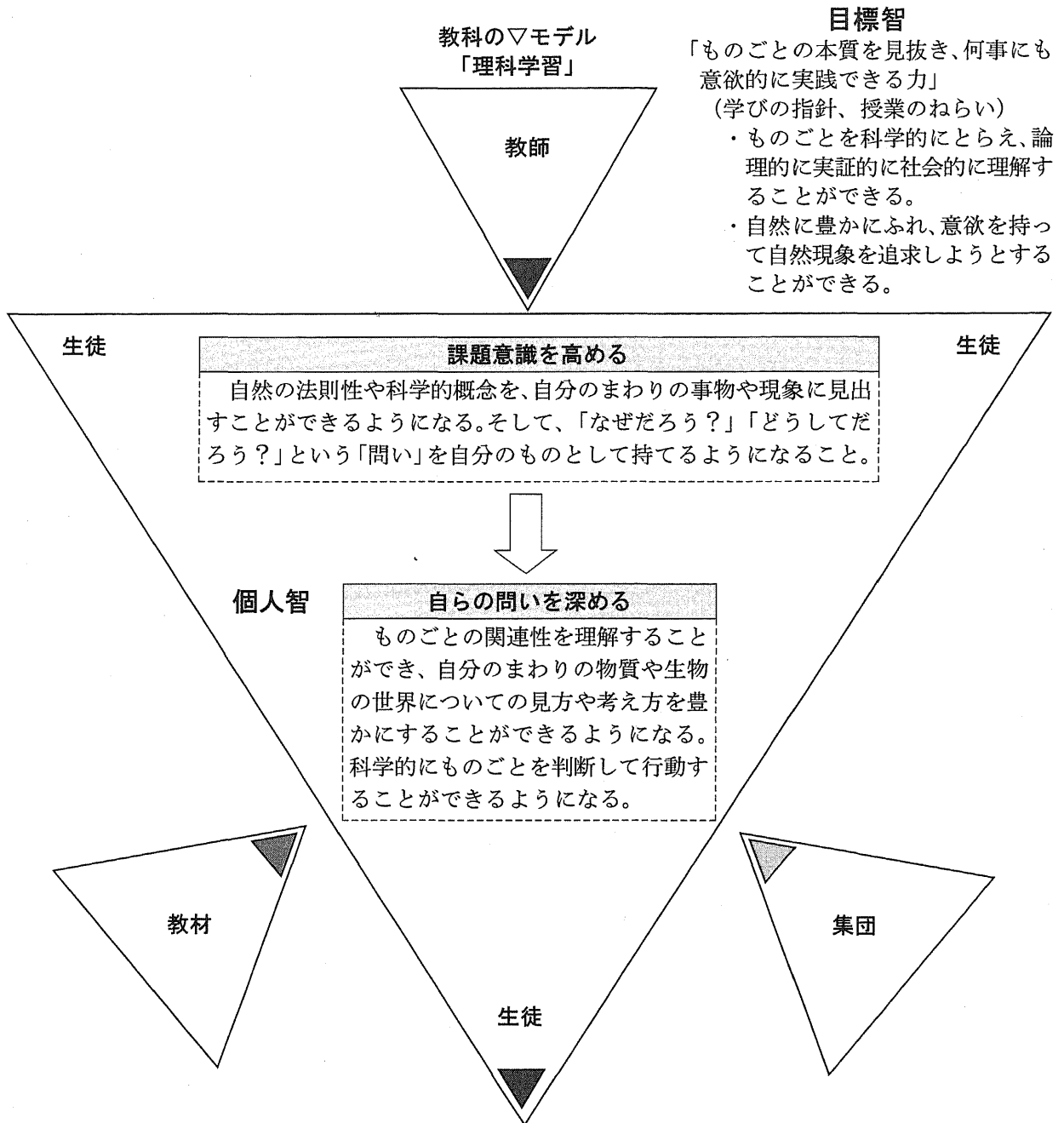
「ミクロな視点を持ち、自らの問いを深める理科授業」

新しい学習指導要領においては、小学校から「粒子」という視点でとらえることが求められている。中学校では、「原子」や「分子」は中学2年生の「化学変化」で初めて登場する。しかも、単元の中盤を過ぎてからである。これでは、せっかく新しく導入した「原子」「分子」というような「ミクロな視点」を使って、ものごとを考えていくことはできなくなってしまう。本校においては今までも、例えば「粒子的な概念」を中学1年生の早い時期に導入し、「ミクロな視点」で物質学習をとらえるというような取り組みを行ってきた。「状態変化」において気体の分子運動から「粒子的な概念」を導入したり、「溶解」で結晶から同様に行なったりすることが可能である。他にも物理分野の「音」、「圧力」、生物分野の「植物での物質の循環」などで、「粒子的な概念」を扱うことも可能である。

中学1年生での「粒子概念」の導入は、中学2年生の物理分野の「電気」や生物分野の「動物」、さらに中学3年生での「イオン」や「遺伝」にもつながっていく。中学校3年間で「ミクロな視点を持つ」ことは、生徒が自然のものごとを一般化してとらえ、内面に「ミクロな視点」でのものごとの見方を定着させるのに有効であると考えている。生徒が三年間をかけて、自然を統一的にとらえていくことは貴重な学習経験である。

(文責 栗田)

## 2. 理科の▽モデル



### 目標智

「ものごとの本質を見抜き、何事にも意欲的に実践できる力」

(学びの指針、授業のねらい)

- ・ものごとを科学的にとらえ、論理的に実証的に社会的に理解することができる。
- ・自然に豊かにふれ、意欲を持って自然現象を追求しようとすることができる。

### 教材智

「学びを促進し、学びの価値を見出せる教材」  
(教材観、授業観)

- ・「物質とは何か」、「生命とは何か」等、自然を構成している事物についての関連性を理解できる教材
- ・物質や生命などについての理解を深め、自己と自然との関わりを深くとらえることができるようになる教材
- ・未来の科学的リテラシーに関わる教材。

### 集団智

「より良い学び合いにつながる集団」  
(学び合いにより深める)

- ・学びあいを通して、科学的な事象を検証し理解していく。
- ・科学的な素地を持つ集団を形成し、一人ひとりの思考や技能を育てる。
- ・集団の中の多様な意見を尊重し、個々の科学的思考力を伸ばすことができるようになる。
- ・科学の持つ社会性を、学習に生かすことができる。

### 3. 理科の▽モデル（【目標智】【教材智】【集団智】）について

#### (1) 【目標智】について

目標智とは、学校の授業を通して生徒個々に身につけさせたい力、あるいは、育てたい生徒像を示したものである。つまりそれは、授業を通したねらいや、学びの指針にあたる。本研究では「ものごとの本質を見抜き、何事にも意欲的に実践できる力」を目標智として具体化している。ここで、理科の授業においては「ものごとの本質を見抜く力」と、「何事にも意欲的に実践できる力」を次のように考えている。

まず、理科における「ものごとの本質を見抜く力」とは、「科学的にものごとを見る目」ではないだろうか。自然科学に対して興味・関心を持つことのできる生徒には、そうでない生徒には見えていない「何か」が見えているのだと考えている。これらの生徒が見ているのは、例えば「物質とはどんなものか」「生物とは何か」といったような自然科学の本質を突く問いである。理科の授業の中では、このような問いが深められながら繰り返されるような着眼点を与え、「科学的にものごとを見る目」を育てていく必要がある。「科学的にものごとを見る目」の中の1つに、目には見えない世界を見る「ミクロな視点」があるのではないかと考えている。理科におけるミクロな視点とは、多様な自然の中にある本質を見抜く上で重要である。例えば、「物質とはどんなものか」という事を理解していくためには、目には見えない物質の構成粒子の性質や挙動を追って考える力が求められるし、「生物とは何か」という事を理解していくためには、生物の構造や生物の多様性、生命の連続性を知るためには、細胞や遺伝子といったミクロな視点が必要である。このような視点を持つためには、それらが見えてくるような適切な教材と吟味された学習過程の中で、次のような力を育てていく事が必要なのではないかと考える。

- ・目に見える様々な事実・現象に反しないミクロな仮説を立てることのできる論理性のある思考力
- ・目に見えないミクロなしくみや成り立ちを目に見える事実をもって実証しようとする態度
- ・過去に実証された事実や、他者からの意見をもとに理論を深めていくことのできる社会性

次に、理科における「何事にも意欲的に実践できる力」とは、「自然に豊かにふれようとする態度」や「自然現象を追究しようとする態度」ではないだろうか。自然に対するこうした意欲的な態度にも、自然を見る「目」が大きく影響する。生徒一人一人が「科学的にものごとを見る目」を育て、個々の「自然観」（例えば、物質観や生物観）を持って自然と向き合うことが、意欲的な態度につながるのではないかと考えている。

（文責 金子）

#### (2) 【教材智】について

今年度の研究において私たちは、第1分野を「物質とは何か」、第2分野を「生命とは何か」という観点から検討することを試みてきた。

「物質とは何か」を理解するためには、自然（科学）現象を分子レベルで捉えることが有効である。分子について学習するのは、2年次の「化学変化と原子・分子」においてである。しかし、1年次から「分子レベルの視点で自然（科学）現象を考察する」力を身につけることも有効であると考えられる。実際に分子という用語を用いるか否かは、意見が分かれるところであろう。しかし、「目では見ることができない大きさの粒」の存在を意識することにより、「身の回りの物質」の学習成果も一層充実させることができるはずである。

「生命とは何か」を理解するときにも、分子レベルでの考察は有効である。「物質の循環」および「血液の循環」という観点から分子の移動のようすを捉えることで、生命現象を「代謝の持続的変化」として明らかにすることができるようになる。一方、生命現象のもう一つの証拠は「自己複製」である。この観点から学習を進める際には「遺伝子」レベルでの考察が必須である。「目では見ることができない大きさの粒」の学習を1年次に行うことが有効であることと同様に、遺伝子のはたらきを1年次に学ぶことにも意味がある。動物と植物の分類は、形態および生殖方法の違いに着目して行われる。このとき、その形態や生殖方法の違いが遺伝子の命令によって生じていることを学ぶことで、生徒たちはいつも「遺伝子という見えないものの存在」を意識するようになる。

「物質とは何か」や「生命とは何か」という問いは、哲学的、文学的、宗教的など様々な立場から答を追究することができる。自然科学の立場からこの問いに取り組むときには、ミクロな視点を持つことが有効である。生徒たちは、分子や遺伝子のはたらきを学びながら、さらに物質や生命について自分の考えを確立できるようになる。この学習過程を通して、生徒たちは目では見ることができない大きさものの存在とはたらきを理解する。「見えないものが見えるようになる」ことは興味深いことであり、生徒たちの学びを促進させることにつながる。このような「学びを促進し、学びの価値を見出せる教材」を教材智とよぶ。私たちが学びに値する教材を開発することで、生徒たちは学習意欲を向上させ、さらには充実した学習成果を収めることが期待できる。生徒の学習成果の充実は、教師の「教材を選ぶ力」によるところが大きいといえる。

(文責 村上)

### (3) 【集団智】について

「集団智」の「より良い学び合いにつながる集団」(学び合いにより深める)の要因は以下の2点である。

- ・ 集団の持つ善さからくる相互作用として
- ・ 育成された学習機能を持つ集団

これを理科の学習指導においては、以下の4つの観点で考える。

「理科における集団智」の観点

- ① 学びあいを通して、科学的な事象を検証し理解していく。
- ② 科学的な素地を持つ集団を形成し、一人ひとりの思考や技能を育てる。
- ③ 集団の中の多様な意見を尊重し、個々の科学的思考力を伸ばすことができるようになる。
- ④ 科学の持つ社会性を、学習に生かすことができる。

理科の授業においても、「学び合い」は重要である。科学の法則や概念は、生徒が自分で仮説をたてそれを実験や観察を通して確かめていくことから身につく。その過程において、個人に関わる集団の存在は非常に重要である。集団の持つ善さからくる相互作用や、育成された学習機能を持つ集団からの影響は大きいと言える。そこで、さらにこのような学習集団がどのような要件を持っているのかまとめてみると以下のようなになる。

[課題意識を高めるためのストラテジーとしての集団]

- ・ 結果だけ求めるような問いかけや質問を集団に向けて行なわない。
- ・ 集団の中で、生徒どうしの意見が対立したり、同調したりできるような課題を設定する。  
(同じ言葉でも発言者が違ったり、多くの人が発言すると個人の活動が刺激される。)
- ・ 生徒が集団で思考することにより、一人では到達できない考えを導きだすことができる場面設定。  
(集団の共通の土台を作り上げ、それが一人ひとりへ還元されていく。ツギハギ思考にならないようにする。)

[育成された学習機能を持つ集団形成]

集団の持つ善さは、集団の持つ次のような性質に起因している。

- ・ 自他の間違いからも多くのことが学べるような意識を持った集団づくり。
- ・ 疑問や質問を自由に検討できる学習集団づくり
- ・ 集団での学習の状況を考えて、何でも自由に言える雰囲気づくり。
- ・ 他の生徒のどんな意見でも尊重しようとする意識づくり。  
(静かに聞く、最後まで聞く、誰のどんな意見でも聞く態度等)
- ・ 自分たちが集団で考えたことを、実験や観察により検証する力のある集団づくり。  
(実験や観察を通して、自然の法則や事実が検証できることの意義を理解できる力)

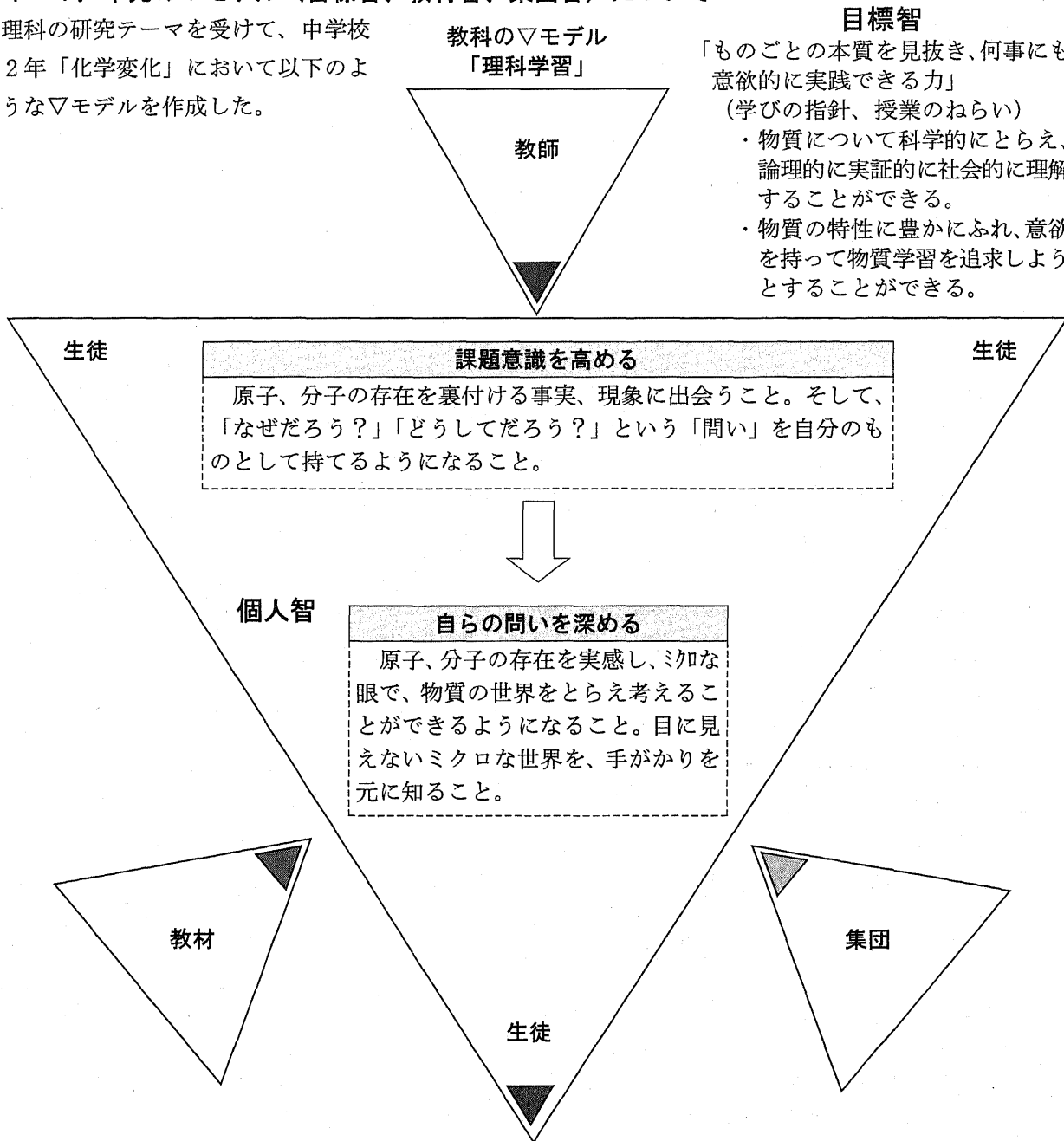
実際の授業の中では上記のことを授業者は常に意識しながら、継続的に長期的に指導している。

(文責 栗田)

#### 4. 理科公開授業（授業者 栗田克弘）での授業実践

##### 4-1. 単元の▽モデル（目標智、教材智、集団智）について

理科の研究テーマを受けて、中学校2年「化学変化」において以下のよ  
うな▽モデルを作成した。



#### 目標智

「ものごとの本質を見抜き、何事にも意欲的に実践できる力」

(学びの指針、授業のねらい)

- ・物質について科学的にとらえ、論理的に実証的に社会的に理解することができる。
- ・物質の特性に豊かにふれ、意欲を持って物質学習を追求しようとする事ができる。

#### 教材智

「学びを促進し、学びの価値を見出せる教材」  
(教材観、授業観)

- ・化学変化とは、物質を構成する原子や分子が分かれたり、結びついたりして新しい物質が生成されることである。そのため、化学変化の前後で、物質の出入りがなければ、全体の質量は変化しないこと。

#### 集団智

「より良い学び合いにつながる集団」  
(学び合いにより深める)

- ・科学的な論拠を元に、自分の考えを発言する。
- ・多様な科学的思考を他の意見に耳を傾けることにより理解する。
- ・一人ひとりの考えを検討することのできる学習集団の育成。

## 4-2. 公開授業での実践

単元「化学変化」の▽モデルを受けて、教育研究協議会（2010年11月20日（土））に公開授業を実施した。実施の概要は以下の通りである。

1. 対象 第2学年C組（男子20名、女子19名、計39名） 10：10～11：00  
第2学年D組（男子20名、女子20名、計40名） 11：15～12：05

### 2. 単元名（題材名） 化学変化

### 3. 単元の目標

「化学変化は、物質を構成する原子や分子が分かれたり、結びついたりすることにより、新しい物質が生成することであることを理解する。」

- ・化学変化では、化学変化前の物質が化学変化後に新しい別の物質に変わる。
- ・化学変化は状態変化と違い、物質を構成しているそれぞれの原子や分子の組み合わせが変わる。
- ・化学変化の前後では、全体の原子の種類や数は変化しない。
- ・化学変化の前後では、原子や分子の出入りがなければ物質の質量は変化しない（「質量保存の法則」）。
- ・化学反応式は、物質の変化と質量の保存を表している。
- ・化学変化で物質を加熱するのは、分子や原子の組み換えが行いやすくするためである。
- ・分解はひとつの物質が、新しい別の2つ（以上）の物質に分かれることである。
- ・化合は、2つ（以上）の物質が結びつき、新しい物質ができることである。
- ・燃焼は、物質が酸素と化合する時に、熱や光を発生する化学変化である。

### 4. 単元の指導計画

#### I. 分解

- ①炭酸水素ナトリウムの熱分解
- ②カルメ焼き
- ③酸化銀の熱分解
- ④水の電気分解

#### II. 化合

- ①水素と酸素の化合
- ②銅と硫黄の化合
- ③鉄と硫黄の化合
- ③鉄と酸素の化合（酸化）
- ④携帯用カイロ作り

#### III. 燃焼

- ①炭の燃焼
- ②アルコールの燃焼
- ③マグネシウムの燃焼
- ④二酸化炭素の中でのマグネシウムの燃焼…………… [本時]
- ⑤水の中でのマグネシウムの燃焼
- ⑥酸化銅と炭の燃焼（酸化銅の還元）

#### IV. 質量保存の法則

- ①気体が発生する化学変化と質量
- ②スチールウールの燃焼と質量

### 5. 「ミクロな視点」を形成する指導の経過について

第一学年において、化学分野は「状態変化」を学習している。その際本音度の生徒たちは、初歩的な粒

子概念で「状態変化」を学んでいる。第二学年では、さらに原子や分子の世界を学習することになる。化学変化の授業は、「熱分解」から始まる。加熱をしても「状態変化」しない別の変化（化学変化）があることを知ることから学習が始まる。炭酸水素ナトリウムの熱分解である。分解することにより、物質を作っていた原子がばらばらになり、新しい物質に組み替えられることを知る。このように原子や分子は、機会があるたびにどんどん登場させるようする。使うことによって慣れてくる言葉、記号として最初は登場するのである。

第一学年で私はこの生徒たちの理科の授業を担当していないため、まずは「状態変化」の授業を振り返ってみた。そして、初歩的な粒子概念を登場させるのである。気体になって体積が莫大に膨張するのは分子運動のためであることから、固体や液体、さらに気体と物質の状態は、それを構成している粒子の状態によっていることを確認した。

熱分解では、炭酸水素ナトリウムの熱分解の後には、酸化銀の熱分解を扱う。酸化銀の化学式と名前からどのような物質に分解するかを予想し、実験により確かめた。化学式が生成する物質や化学変化を考える手がかりになることを生徒は知る。さらに、水の電気分解を扱う。「水を分解するとどのような物質が生成されますか」と聞かれ、今度は物質の名前でなく化学式で予想することが有効な手がかりになることを知るわけである。化学反応式も熱分解の初めから定式化して知らせるが、そこにでてくる係数についてはまだ詳しくは追求しない。塩化銅の電気分解では、固体の金属が液体から析出することに驚く生徒が多い。

水の電気分解の授業において、「燃料電池」のことを知っている生徒が必ず各クラスに数名いる。「燃料電池」では、水素と酸素から水ができる、この時に発生するエネルギーを動力にしているというものである。これを授業でとりあげることににより、分解のことを考えながら同時に化合についての学習が伏線となって進行していく。電気分解装置を使って、水素と酸素の化合による爆発実験を生徒実験で行った。ほんのわずかな体積でも、爆音が響き渡るのに生徒は驚いていた。

また、水の電気分解の授業において、分子と原子の存在について、さらにこの化学変化は分子を構成している原子の組み合わせが変わることによって起こっていることを知らせた。水素、酸素、水の分子模型を使い、さらに物質の出入りのない化学変化では全体の原子の種類と数が変わらないことも確認した。化学反応式における係数の意味についてもここで学習した。質量保存の法則の伏線でもある。

化学分野では事実だけを蓄積して、最後に「種明かし」のように原子、分子の概念を導入する方法がよく行われる。しかし、「種明かし」のように与えられた原子、分子概念は、使って考えることもなく、学習が終わってしまう。これでは、生徒の理解が深まったとは言えない。そこで、私は、まずは言葉や記号として使いながら、その意味を考えさせながら単元を見通して授業を行っている。

化合では、分解で導入した原子、分子概念を活用しながら、化学変化についての理解を深めることが大きなねらいである。本時は、「燃焼」とは何かをより深く考える授業である。「燃える」ことを「燃焼」という概念に導いていくことが、指導の指針となる。

このように原子や分子により物質学習を指導することが、中学校の化学分野においては重要である。そのために、第一学年では不十分でも、原子、分子、イオンという言葉を使いながら、事物現象を追求していく学習を重要視している。小学校でも粒子概念が導入されているが、マクロな事象から一般化してきた過程に、ミクロな視点を取り入れたいと考えている。

第二学年の「化学変化」の単元においては、第一学年での学習を踏まえて、さらに原子や分子はどういうものか、それらがどのように関わっているかを追求させたいと考えている。さらに、第三学年の「イオン」の学習にもつながるように、ミクロな視点をさらに深化させたいと考えている。

マクロな現象が全てミクロな視点で一般化されるということは、生徒には新しいパラダイムである。このような物質学習は中学校三年間の理科学習の大きな柱の一つである。

## 6. 授業記録から

この授業での【課題】（生徒への主発問）は、「二酸化炭素でいっぱいになった集気びんの中に、点火したマグネシウムを入れると、マグネシウムは燃焼するか」というものであった。

多くの生徒は、「酸素がないから物質は燃焼しない。」「二酸化炭素はものが燃えているのを消す働きがある。」というように考える。生徒の予想は次のようになった。

〈予想〉	(2年C組)	(2年D組)
ア. 燃焼しない	36人	29人
イ. 燃焼する	2人	10人
ウ. (迷っている、考え中等)	0人	1人

このように生徒は、二酸化炭素の中では、物質は燃焼しないという考えは根強い。さらに、どのような〈根拠〉を持って生徒がこう考えたのかを、授業中の〈討論〉での発言を記録で見してみる。

(2年C組の討論)	
ST1 木下 (イ)	(化学式は) $\text{CO}_2$ と書く、ここに $\text{O}_2$ とある、マグネシウムと酸素の結びつき ( $\text{MgO}$ で) が強いとできる。
ST2 多田 (イ)	$\text{CO}_2$ で $\text{O}_2$ が含まれているので、マグネシウムが燃焼する酸素がある。
ST3 松下 (ア)	(マグネシウムの燃焼の化学反応式は) $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ で、酸素の $\text{O}_2$ が入る。 $\text{CO}_2$ は $\text{O}_2$ とは違う。
ST4 信岡 (ア)	マグネシウムを燃やすと酸化マグネシウムになった。酸素と結びついて酸化である。
ST5 小川 (ア)	最初に燃焼しているのは、(空気中の) 酸素があるから、二酸化炭素 (の入っている集気びん) に入れると消えるので。
ST6 野崎 (ア)	燃焼は、酸化で光と熱を出す。マッチの火も集気びん (の中で) 消える。
ST7 海老原 (ア)	二酸化炭素だけなので、 $\text{CO}_2$ で C と O は結びついているから、二酸化炭素には助燃作用はない、(マグネシウムが) 酸素と結合することはあり得ない。

ST1にあるように、『マグネシウムと酸素の結びつき ( $\text{MgO}$  で) が強いとできる』というのは、原子どうしのつながりを意識した考えである。それを受けて、ST7の生徒が、『 $\text{CO}_2$  で C と O は結びついているから』と発言している。また、ST2の『 $\text{CO}_2$  で  $\text{O}_2$  が含まれている』のも、分子や原子で考えるミクロの視点である。この視点で考えている生徒は、他の生徒のノートから読み取れる。

さらに、一人の生徒 (〈予想〉で「イ. 燃焼しない」と考えていた) の考えの変化をノートから拾ってみる。

〈予想〉と〈根拠〉

〈討論から考えたこと〉

空気中に点火して  
 マグネシウムと二酸化炭素  
 をいっしょにいれて集気びん  
 に入れたら燃焼する。

化学反応の式から見れば燃焼するかと  
 思いますが、 $\text{CO}_2$  の  $\text{O}_2$  と  $\text{Mg}$  が結びつくと  
 $\text{CO}_2$  は何かが働いて分解されるから燃焼し  
 ない。燃焼するに酸素がないとできないので  
 やはり燃焼はしないと思う。

〈予想〉  
 燃焼しない  
 〈根拠〉  
 マグネシウムと酸素と結びついて燃焼が  
 あるので、酸素のない二酸化炭素の中では  
 燃焼は起こらないと思う。

〈実験をしてわかったこと〉  
 燃焼した。燃焼した後紙の上には白と黒い  
 固体が出てきた。  
 白いは酸化マグネシウムで、黒いものは炭素  
 であらう。二酸化炭素の C と O の結びつきより  
 $\text{Mg}$  と O の結びつきの方が強いとわかった。

この生徒は、初め〈予想〉と〈根拠〉に、『酸素がない二酸化炭素の中では燃焼は起こらない』として  
 いる。〈討論から考えたこと〉にも、『 $\text{CO}_2$  の  $\text{O}_2$  と  $\text{Mg}$  が結びつくとき  $\text{CO}_2$  は何か力が働いて分解されるの  
 かわからない』となった。〈実験をしてわかったこと〉で結論として、『二酸化炭素の C と  $\text{O}_2$  の結びつきよ  
 り、 $\text{Mg}$  と O の結びつきが強いとわかった』を書いた。ミクロな視点を一時間で深化させて理解してい  
 る様子がよく伺われる。



## 5. 生物の授業において

教育研究協議会の当日に行った生物分野の授業について、以下に報告する。  
なお、授業対象の学級は3年D組（男子21名、女子19名、計40名）である。

### (1) 単元名と授業主題

[単元名] 生物の細胞と生殖

[授業主題] 生命とは何か

### (2) 本時の目標

1. 「生きている」ということは、「子孫をふやすことができる」とこと、「体内において新旧の物質を交換する」ことであることを、研究者の研究成果を考察することなどを通して理解することができる。
  - a) 遺伝子の命令は暗号の形で伝わり、複数の遺伝子の命令が組み合わさって形質を現すことがあることを理解することができる。
  - b) 体内の傷んだ部分を修復するために、古いアミノ酸が新しいアミノ酸に置き換えられていることを理解することができる。
2. 食べるとは「命をいただくこと」であることを、地域の食文化を学ぶことを通して理解し、命について考えることに謙虚な態度で臨むことができるようになる。

### (3) 授業主題設定の理由

#### ① 「生命とは何か」を考えることに有効な今年度のできごと

宮崎県での口蹄疫発生の際には、牛・豚などの家畜が29万頭近く殺処分された。また、和歌山県太地町のイルカ漁を批判的に描いた洋画「ザ・コーヴ」は、その上映を巡る反対運動が起きた。食肉用の家畜は、やがては殺される運命ではあるが、その生命が食べられることもなく、「活かされることなく断たれた」ことに私たちは虚無感を抱いた。一方、イルカの生命は、食べられることで活かされている。食べることは「他の生命をいただくことである」ことを理解することを通して、生命活動の意味を学習させたい。

#### ② 「生命とは何か」を考えるための思考過程

私たちが食物を分解することにより体内に取り入れたタンパク質（アミノ酸）は、そのまま全身に広がり、組織や器官を構成するものの一部となる。その代りに、それまで組織や器官を構成していたタンパク質のうち、古くなったり傷んだものが処分される。このように、体内では新旧のタンパク質が絶えず入れ替わっている。そのため、私たちは食べ続けることが必要になる。

私たちの体は、生命活動を続けるうちに次第にあちらこちらに傷みが生じてくる。その傷みが拡大することをタンパク質の入れ換えによって抑えているということが、正に「生きていることの証」と言える。しかし、やがてはタンパク質の入れ換えでは傷みの拡大を抑えることができなくなる。そのときに「個体の死」である。

しかし、生物は皆、遺伝子を介して次の世代に形質を伝えてきた。個体は死んでも、種としての生命活動は引き継がれている。

ところで近年、遺伝子工学的研究が発展したことで、生命活動を機械的に捉える傾向が強くなってきた。今こそ、生命を人工的に操作することの功罪について自分の考えを持つことが極めて重要である。そして、自分たちも「自然環境の一要因」であることを自覚することをめざした指導を行いたい。

#### ③ 「理科の特質に応じた道徳指導」について

新学習指導要領では、「道徳との関連付け」ということが付加されている。「道徳教育の目標に基づき、道徳の時間などとの関連を考慮しながら、理科の特質に応じて適切な指導をすること」とある。

「理科の特質に適応している道徳の指導内容」のうち、本時に適応するものは次の2つである。

3-(2) 生命の尊さを理解し、かけがえのない自他の生命を尊重する。

4-(8) 地域社会の一員としての自覚をもって郷土を愛し、社会に尽くした先人や高齢者に尊敬と感謝の念を深め、郷土の発展に努める。

「郷土」の対象として、本時では「奄美群島」を設定した。

なお本授業は、文部科学省特別教育研究費「地域・学校と連携した『総合的道德教育プログラム』の開発」(代表; 本学 高橋 修准教授)の一貫として位置づけられている。

#### (4) 協議主題との関わり

理科の研究テーマ	「ミクロな視点を持ち、自らの問いを深める授業づくり」
提案事項の柱	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 「科学的思考を伴った自らの問いを深める学習活動」を活性化させる教材を開発する。</li> <li>* 「どのようにしてそのことが分かったのか」について考えさせる指導を行う。</li> </ul>

#### ①「生命とは何か」について、自らの問いを深めることを促す課題・教材

ア) 「体内」とはどこを指すのか

- ・「体内に吸収する」ことの意味が理解できなければいけない。

イ) 「食べること」と「消化」の目的

- ・本単元では「他者のアミノ酸(情報)を分解し、新たに取り入れる」こととして扱う。

ウ) 「口蹄疫」への対応

- ・家畜の殺処分を通して「生命の尊さ」について学習し、自分の生命観を持つ。
- ・「生物の定義」を学習することに対して、ウイルスは有効な教材となる。

エ) 「郷土に伝わる食文化」

- ・第三者から見ると「何でそんな食材(生き物)を食べるの!」もしくは「そんな食べ方をするの!」と思わず言いたくなるが、その土地では大切にされてきた食文化について扱う。
- 「食べることは、他の生命をいただくこと」であることを学習する。

オ) 「動的平衡」

- ・福岡伸一教授(青山学院大学)により一般化された考え方である。
- 「生命は分子を入れ替えながらその同一性を保っているものである。」

#### ②「自分自身に関わること」として学ぶ

授業を行う際の「学習指導の柱」として、私は次のようなことを考えてきた。

自然のしくみについて、教科書上の話(他人事)として捉えるのではなく「自分自身に関わること」として理解させる。

#### ③「学習意欲を高める指導と評価」について

授業者は、これまで継続的に「学習意欲を高める指導法」についての研究を行い、発表してきた。

「教師の独自性(こだわり)を提示する学習」は、それ自体が生徒の学習意欲を高める要因になりうる。「特別なこと」を学ぶことによって得られる「充実感・達成感」は貴重である。基礎的・基本的な学習内容についての理解や習熟の程度が不十分な生徒でも、「特別なこと」を学ぶことから「学習意欲を高めるきっかけ」をつかむことはできる。一方、「教師の独自性」を提示する学習だからこそ、教師は「どのような教材を提示するか」について絶えず吟味することが必要である。授業において教材(課題)を提示したときに、生徒が「おや、不思議だな」「どうしてそうなるのだろう」などの「自らの問い」を見出すことができれば、学習意欲は高まっていると評価できる。換言すれば、生徒の学習意欲の高まりは、教師の「教材を選ぶ力」にかかっているということだ。充実感・達成感は「大きな壁」を乗り越えたときに生ずる。この大きな壁に相当する教材を提示していくことが大切である。生徒の評価は、そのまま自分の評価にもなる。

#### (5) 指導計画

[単元名]	生物の細胞と生殖	14時間		
1.	細胞のつくり	2時間	4. 無性生殖のしくみ	1時間
2.	細胞分裂のしくみ	2時間	5. メンデルの遺伝の法則	5時間
3.	有性生殖のしくみ	3時間	6. 生命とは何か	1時間 <本時>

(6) 実際の授業展開

指導過程	生徒の活動
1. 「なぜ豚肉を食べてもブタにならないのか？」	1. 「ブタの遺伝子を吸収しているわけではない」
2. 「自分がヒトであることは何の本数を調べれば分かるか？」	2. 「染色体数を調べる。」 「ヒトの染色体数46本である。」
3. 「私は『あなたではない』こと」は染色体の違いでは説明できない。」	3. 「遺伝子の違いを調べればよい。」
4. 「遺伝子の命令はどのような方法で出されるのか？」	4. 本時の課題を理解する。
5. 「次の暗号を解釈しなさい。」 <24 43 14 22 21 04 41 61 14 12 21 04 41>	5. 「血液型はA型」だ。 *解けた生徒は、解けない生徒に教える。
6. 「遺伝子の命令は暗号として伝わる。」「暗号の解釈を間違えると別の命令になる。」	6. 「14を「し」と読むと「C型」になる。」
7. 「複数の遺伝子の命令が組み合わさって形質を現す」「命令を解釈する順番が異なることがあり、それにより命令の内容も変わる。」	7. 「受精卵は自分ではない、排除せよ」と 「自分ではない受精卵は排除せよ」では意味が異なることに気づく。
8. 「どちらの命令が正しいか？」 * 「受精卵は自分ではない、排除せよ」 * 「自分ではない受精卵は排除せよ」	8. 「受精卵は自分ではない」が正しい。 →父親の遺伝子も含まれているから。
9. 「受精卵は自分ではないので排除される対象である。母体をだましたものが着床する。」	9. 「受精卵が厳しい環境下にある」ことが分かる。 「胎児はなぜ母体からは排除されないのか？」
10. 「私たちは、なぜ食べ続けるのか？」	10. 本時の課題を理解する。
11. 「私たちは、なぜ食べるのか？」	11. 「生きていくため。」「栄養分を得るため。」 「エネルギーを得る。」「おなか为空くから。」
12. 「特別な窒素を含むえさをネズミに与える実験」について説明する。 *尿に含まれて排出される窒素の割合はどれくらいか(3割、6割、ほぼ全部)。	12. 「ネズミの体重は、なぜ増加しないのだろうか？」 * 「ほぼ全部」「尿に含まれなかった窒素はどこに移動したのか？」
13. 「この実験結果から、どのようなことが考察できるか？」	13. 「尿中に含まれなかった窒素は、体内に吸収されたはずだ。」
14. 「タンパク質でできた器官の細かい部分が傷んだときに、新しいアミノ酸と入れ換わり修復する。」「この修復ができないときが個体の死である。」	14. 「皮膚が古いものから新しいものへと入れ換わっている」ことは実感できる。
15. 「生命とは何か」についてのまとめを行う。	15. 「生きている」ということは ①子孫をふやす(自己複製) ②新旧の物質(分子)の交換である。
16. 私たちは、なぜ「いただきます」と言うのか？	16. 「生物の命をいただく」「食事を作ってくれた人への感謝の気持ちを表している。」
17. 「奄美群島の年末行事『ウァクッシ』を説明する。 *家畜の黒豚を殺し、肉は塩漬けにして1年分の保存食とした。血液や脂も活用した。	17. 「家畜とは言え、殺されるのは可哀そうだ。」「殺し方が残酷だ。」「私たち人間が生きるためにはやむを得ない。」
18. 「ウァクッシの話について、『いただきます』と関連させて、考えたことや感想を書きなさい。」	18. 自分の考えや感想を書く。
19. 「他の地域の郷土食」を挙げる。	20. 「綺麗ごととしてではなく、自分たちと自然環境の問題として『命をいただく』ことについて学ぶことが大切である。」
20. 『命をいただく』ことについての知識や情報をもとにして、謙虚さを身につけことが大切である。」	

## (7) 成果と反省 ①道徳の立場から

「ウァクッシの話について、『いただきます』と関連させて、考えたことや感想を書きなさい。」という課題に対して、生徒たちからは様々な記述が寄せられた。「生き物への感謝の気持ち」を伴った肯定的な記述がある一方で、「生き物を殺す」という行為に対しては「驚いた」や「気持ち悪い」などの感想も挙げられた。しかし、これらの感想を書いた生徒たちも、それに続けて「生き物への感謝の気持ち」を加えていた。

ウァクッシについての具体的な話をする中で、生徒たちが現場のようすを思い浮かべ、「心の底から本当にそう思う」と実感する場面を設定することができた。その結果、「命の大切さについて、実感の伴わない上辺の知識だけによる理解に止まっている状態」から一歩抜け出すことができたと考えられる。

3名の生徒たちの記述内容（抜粋）を以下に示す。

[生徒A] 正直、聞いたとき、すごく辛くなって、いつも食べているものへの自分の粗末な扱いが恥ずかしくなった。単なる物質の循環ではなく「命の循環」であることを「いただきます」から感じ取れると思う。

[生徒B] 私の友達に奄美大島が田舎の子がいる。その子はブタさんの断末魔の叫びを聞いたことがあるらしい。私は「ひどい」と思ったけれど、今考えると、ブタさんの中の遺伝子は「物質の循環ができる」と喜んでいるのかもしれない。

[生徒C] ウァクッシで豚を解体し、子供にその現場を見せるのは、自分たちがどんな物をどんなふうにして食べるのかを見せて、謙虚な姿勢で食に臨ませるためだと思う。自分も参加してみたかった。

一般に、生徒の記述を提示すると、「都合のよい部分だけを選択・抜粋している」と指摘されることがある。もしくは、「教師が期待する内容となるように生徒が意図的に書く」という可能性もある。今回、いわゆる「全面否定」の記述は見られなかった。それが「心の底から出たもの」であるか否かの検証はできていない。ここでは、上記の生徒Cが「卒業後に奄美群島へ家族で旅行する」計画を立て始めていることのみを報告する。

## (8) 成果と反省 ②生物分野の▽モデルの検証

生物分野の▽モデルの3要素のうち、本時では特に教材智に力点を置いた。

生命活動のしくみを理解するためには、「物質の循環」と「血液の循環」という2つの循環に着目することが大切である。物質の循環においては、光合成と呼吸という逆向きの反応を取り上げて「炭素の循環」を理解させる。そしてさらに「窒素の循環」へと歩を進める。生物の体の主成分がタンパク質であることを考えると、学習内容から窒素を外すことは決してできない。これらの元素たちが分子となり、あるときは生物の体を構成し、またあるときには大気中に存在することを理解させることで、私たちも自然界の一員であることを自覚させたい。一方、私たちの体内においても血液を介して物質の循環が行われている。例えば、新旧のタンパク質が血液循環によって入れ換わっていることは、生命活動が行われていることの確固たる証拠となる。さらには、個体が生命活動を停止しても（死んでも）、遺伝子を介して種としての生命活動は引き継がれていることも理解させたい。

この2つの循環を理解する手立てとして、本時では「動的平衡～生命は分子を入れ替えながらその同一性を保っているものである」という考え方と取り入れた。生徒たちには、「消化と吸収」および「食物連鎖」については既習事項であるので、動的平衡の基本的な考え方を理解することは困難なことではなかった。

「動的平衡」を教材として取り入れたことは、本時の2つの目標（①「生きている」ことの意味を理解する。②食べることは「命をいただくこと」であることを理解する。）の達成に有効であると判断できた。

一方、目標智の立場からは、「食べる」ことを思考の柱として学習することを通して、「人体について学ぶこと」の目的を生徒に理解させ、意欲的に学習活動に取り組むような場を設定することができると判断した。

私たちは皆、「生きる」ことを日々実行している。それゆえ、「生きている」とはどういう状態のことかについて考える際には、自分の体を基にすることが最適である。「人体」の学習は、生命活動のしくみを理解することの基本となる。しかし、生徒たちの中には、「自分の体のことを知ることは怖い」と思う者がいることも事実である。「人体について学ぶこと」の目的を理解することで、生命の連続性を維持するために何をすべきかを考え、生命を尊重する態度を身につけることができるようになる。（村上 潤）

## 6. 理科公開授業（授業者 金子真也）での授業実践

### 6-1. 化学領域における「ミクロな視点」とは

化学は自然科学の中で物質の性質や変化・現象を扱う領域である。物質学習の中でのミクロな視点とは、物質を構成している粒子（分子や原子、イオン）になるだろう。物質を構成する目に見えない粒子の存在を見出し、目には見えないその粒子がどのように目に見える物質となっているか、あるいは目に見える変化・現象が起こっているのかを追究する視点を持つことは、個々のものの見方、「物質観」を深めていくための土台となる。

物質の粒子的な構造に、分子、分子を構成する原子、原子を構成する原子核と電子のような段階があることを考えれば、生徒のミクロな視点も扱う事実や現象と共に段階的に形成していく必要があると考えている。

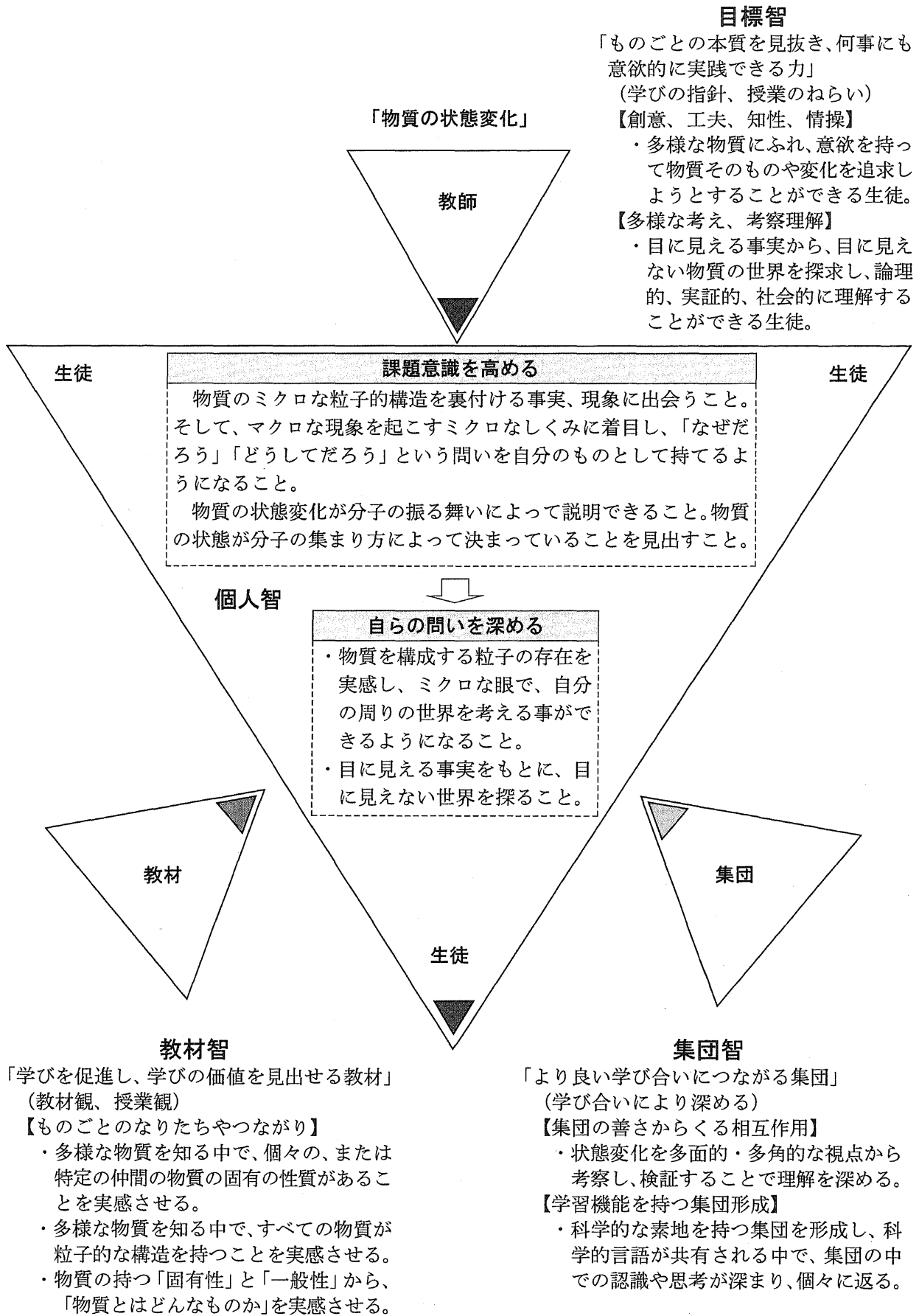
1年生では、様々な物質の性質や調べ方と共に、溶解や状態変化を扱う。これらの事実や現象には物質種の変化は無いいため、初歩的な粒子概念として、物質の性質を決めている単位となる粒子の存在を見出し、その挙動とマクロな事実、現象を結びつけることをねらいとしたい。ここで、この単位粒子は、それまで生徒たちが持っていた小さな塊のような「粒」とは全く異質のものであることに注意する必要がある。そこで、この単位粒子を「分子」と呼び、物質はその性質を決める最小単位「分子」が集まってできていると近似している。原子から成る物質（金属）やイオンから成る物質（イオン性物質）については、学年が上がり、それらの物質の存在が裏付けられる事実を扱う際に、生徒のミクロな視点の発展とともに修正されていく。1年生で扱う範囲内では、物質の性質、つまり物質種が、その構成粒子によって決まっているということは、ミクロな視点とマクロな事実、現象を結びつける上で非常に重要である。

本研究では、物質の状態変化をミクロな視点、つまり分子の振る舞いによって理解させるために、直前の「溶解と結晶」の学習で前述した分子を導入した。また、溶液の拡散を説明するための「分子運動（分子の熱運動）」や再結晶を説明するための「分子間力」を、目には見えない分子の振る舞いを説明する要素として扱ってきた。これらの視点をもとに、様々な物質の状態変化をマクロな事実とともにミクロな分子の挙動で理解できるように授業を計画し、生徒が個々にミクロな視点をどのように形成し、活用するのか検証を行った。

### 6-2. 指導計画「物質の状態変化」（10時間）

1. 固体から液体への状態変化①	0.5	パラジクロロベンゼンの融解
2. 固体から液体への状態変化②	0.5	硫黄の融解、融点
3. 固体から液体への状態変化③	1	塩化ナトリウムの融解
4. 液体から固体への状態変化	1	水銀の凝固
5. 液体から気体への状態変化①	1	メタノールの沸騰
6. 状態変化と分子	1	状態変化を分子のモデルで表す
7. 液体から気体への状態変化②	1	水の沸騰
8. 気体から液体への状態変化	1	ブタンの液化
9. 熱のはたらき（パルミチン酸）	1	パルミチン酸の状態変化と温度変化
10. 混合物の分離	1	赤ワインの蒸留
11. 気体は混ざるか	1	酸素と二酸化炭素の混合気体

6-3. 物質の状態変化における▽モデル



#### 6-4. 「気体は混ざるか」の授業実践

(1) 日時 平成21年11月20日(土)

(2) 対象 東京学芸大学附属小金井中学校1年D組(男子20名 女子19名 計39名)

(3) 目標

<主目標> 気体の分子は激しく飛び回り、よく混ざり合うことを理解する。

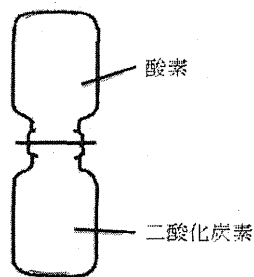
<具体目標>

- ① 気体の状態では、分子は四方八方に激しく飛びまわっていることを理解する。
- ② 物質の性質は、それを構成する分子によって決まることを理解する。
- ③ 混合物の中で、酸素の助燃性はその割合に応じて現れることを理解する。
- ④ 空気の中では、窒素分子や酸素分子、二酸化炭素分子などがそれぞれ飛び回り、混ざっていることを理解する。

(4) 学習課題について

##### 【課題】

図のようにして、静かに仕切りを取り、しばらくの間放置した後、下の集気瓶に火のついた線香を入れる。ろうそくは燃えるか、消えるか。



酸素には助燃性があり、二酸化炭素には助燃性がないことをよく理解していることを前提として提示した学習課題である。この課題には、その他に大きく2つの問題が含まれている。1つ目は、「酸素と二酸化炭素の2つの気体が混ざるかどうか」ということである。ここには、密度の問題が生徒の思考に影響を与えることが予想される。密度の学習の中で、ものの浮き沈みは密度によって決まり、密度の大きい物体(物質)が下に沈むことを学習してきたためである。今回の課題では、2つの物質が共に「気体」という状態であることに着目することが課題解決のカギであり、そこには「気体の分子運動」や「気体の状態では分子がどのように集まっているのか」といったミクロな視点が求められる。もう1つは、酸素と二酸化炭素が混ざった時に、酸素の助燃性がどうなるかという点である。本研究では前者の問題に重点をおいて考えさせ、生徒のミクロな視点を検証した。

(5) 生徒の発言やノートの記述に見られたミクロな視点の一部

① 予想の発表(生徒A)

「僕は燃えると考えました。理由は、この前状態変化でやったように、気体(の分子)は分子間力から完全に自由になっていて、固体と液体は(分子と分子が)ちょっとつながっているじゃないですか。その自由になった存在であるから、隙間とかがたぐさできて、そこにどンドン入り込んで、ぐちゃぐちゃになって混ざるから、二酸化炭素には助燃性はないけれども、酸素は助燃性があるから、酸素の性質で燃えるんじゃないかと思います。」

② 討論中の発言(生徒B)

「W君が分子運動で混ざるって言っていたんですけど、僕はその通りだと思います。混合物というのは、分子と分子が混ざり合っただけのものだと思います。だったら、その分子と分子の隙間に混ざり合っただけのものなんだから、混合物は純物質と純物質を混ぜたものなので、混ざると思う。あの…、空気は混合物なので。」

③ 討論後を終えて図を書いて自分の考えを説明した生徒の発言（生徒C）

「昔、ビニール袋でやったじゃないですか、膨らんだやつ。あれで、これ（2つの集気瓶）をビニール袋で考えて欲しいんです。最初はこころへん（それぞれの集気びん）で分子が暴れていたんです。でも、この止まっていた部分（仕切り）をとったら、分子がぶつかるところがなくなって、分子が向こうに侵入しちゃうんです。こっちも、こっちも。それで混ざり合って、壁（仕切り）がなくなっちゃうから、侵入して、混ざって、こっちに酸素が混ざって、燃えちゃうのかなあと思いました。」

④ 生徒Dのノートの記述から

●自分の考え「消える」

酸素と二酸化炭素の密度を比べると、二酸化炭素の方が大きく、大きいということは重いため、下は二酸化炭素で充満していると思う。二酸化炭素の性質上、二酸化炭素は燃えない不燃性なので、ろうソクは消えてしまうと思う。

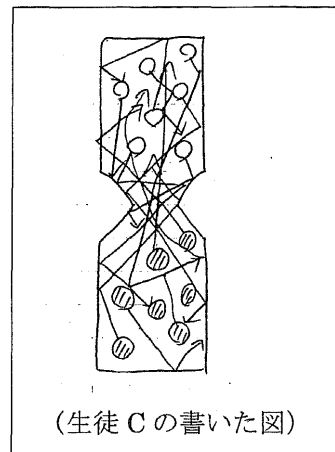
●討論から「消える」

いくら気体に分子運動が働いていたとしても、二酸化炭素の方が密度が大きいため、二酸化炭素の方に酸素が入ろうとしてもはじかれてしまうのではないかと思った。なので、下の集気瓶の中には酸素はなく、二酸化炭素だけなので、ろうソクの火は消えると思います。

●わかったこと

結果は激しく燃えた。激しく燃えたということは、空気中に含まれている酸素の量よりも多くなったという事が見てわかる。これは、結果的に約50%ずつ含まれているということだった。このようになった理由を考えると、気体は分子運動が活発なので、酸素と二酸化炭素の境界を打ち破り、お互いの場所に入り込んでいくためであった。これをわかりやすく図に表わしてくれたC君の絵を下に書いてみた。（図）

このように、酸素と二酸化炭素が混じり合う。このことが空気中でもおこっているので、僕たちは酸素を吸っていられるということもわかった。



### 6-5. 成果と課題

「気体は混ざるか」の授業実践の中で、それまでに学習してきた分子の挙動を使って酸素と二酸化炭素が「混ざる」という予想を立てた生徒が複数いた。単に「分子運動」という言葉だけでなく、気体という状態の分子と分子の隙間に着目して発言した生徒（生徒A、Bら）や、それを過去に学習した実験事実と結び付けて図に表わして考えた生徒（生徒C）らは、本研究で意図したようなミクロな視点を十分にもつことができた生徒であると考えられる。また、2つの気体の密度の違いなどを根拠に、はじめは「混ざらない」あるいは「迷っている・考え中」と予想をたてた生徒も、討論後には「混ざる」という予想に意見を変更した（22人中9人）。最後まで「混ざらない」という予想であった生徒（生徒Dら）も、実験事実を分子の挙動を使って説明していた。これらの生徒は、学び合いの過程の中でミクロな視点を持つことができた生徒であると考えられる。これらの視点を今後の学習の中でどう発展させていくか、また、初歩の粒子概念として近似した「分子」の概念を困難なく修正できるかどうか今後の課題である。

（参考文献）

・玉田泰太郎編著『理科これだけはおさえたい高学年Ⅱ物の世界をさぐる授業』国土者