

物質の現象に出合わせ、生徒が考える 場面をつくり、深い理解に導く

北海道札幌北陵高校 佐藤友介

さとう・ゆうすけ ● 同校に赴任して3年目。2学年主任。理科(化学)。



生徒が「分かった」という実感を得られるよう、「マクロの視点」と「ミクロの視点」を重視して授業改善を図ってきた佐藤友介先生。生徒が実験とその考察を通じて、物質の変化を起こしている粒子に目を向けて、物質の現象を捉えられるようにしている。

学校 概要

設立 1972 (昭和 47) 年 形態 全日制/普通科/共学 生徒数 1 学年約 320 人

2024 年度卒業生進路実績 国公立大は、小樽商科大、帯広畜産大、北見工業大、北海道教育大、北海道大、室蘭工業大、弘前大、岩手大、筑波大、千葉大、広島大、公立千歳科学大、札幌市立大などに 92 人が合格。私立大は、北星学園大、北海学園大、北海道科学大などに延べ 473 が合格。短大・専門学校進学 35 人。就職 6 人。

私が考える中核的な概念

物質の現象を化学的に理解するための 「マクロの視点」と「ミクロの視点」

物質の現象を捉える視点と、
現象を説明する粒子の視点

高校の化学は、目に見えない粒子の領域を扱い、その事象・現象を理解するための原理や法則、概念を学びます。

授業はそうした抽象化された内容が中心となるため、ともすれば原理や法則、概念の説明に終始したり、公式を覚えて計算問題を繰り返したりするといったことになりがちです。そうなる生徒は、原理や法則、概念の本質的な理解にまでなかなかなかとり着けません。

そこで私は、生徒に物質の現象に出合わせて、その現象が起きる理由を粒子レベルで捉えるという、「マクロの視点」と「ミクロの視点」を重視しています。例えば、しょうゆを加熱・ろ過をすると、白い粉が得られます。そうした目に見える観察がマクロの視点です。その白い粉は塩だと予想されますが、本当に塩なのかを炎色反応や沈殿生成などで調べ、粒子レベルで見る

ことがミクロの視点になります。

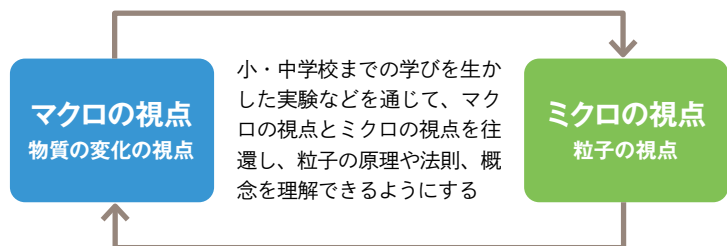
そのように、物質の現象を化学的に理解するための2つの視点である「マクロの視点」と「ミクロの視点」が中核的な概念であると、私は捉えています(図1)。

学習指導要領の解説には、理科の見方・考え方が4つの領域で示されています。化学で扱う「粒子」の領域の見方・考え方は「自然の事象・現象を主として質的・実体的な視点で捉えること」とされています(図2)。「質的・実体的」は、「マクロ・ミクロ」に相当すると考えています。

2つの視点を繰り返して
経験させて、内在化を図る

私がマクロの視点とミクロの視点を重視するに至った背景には、自身の指導の反省があります。以前の勤務校で、同僚の教師と、「授業で学習した内容が出題される定期考査の問題は解けて

図1 佐藤先生が考える化学の中核的な概念



※学校資料を基に編集部で作成。

図2 理科の各領域における特徴的な見方 領域：粒子

領域	粒子
見方・考え方	自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉える * 中学校から実体はあるが見えない（不可視）レベルの原子、分子レベルで事象を捉える。高校では、事象をより包括的・高次的に捉える
学校段階での違い (内容の階層性の広がり)	小学校「物レベル」
	中学校「物～物質レベル」
	高校「物質レベル」（マクロとミクロの視点） 高校段階での見方の整理の例：物質の構成粒子について、原子の構造や電子配列から包括的・高次的に捉える

「理科の各領域における特徴的な見方」は、「エネルギー」「粒子」「生物」「地球」の4領域で示されている。

※中央教育審議会初等中等教育分科会「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめ」（2016年8月）を基に編集部で作成。

も、模擬試験の問題や入試問題は解けない生徒が多いのはなぜか」という話をよくしました。そうした話を重ねていくうちに、生徒は分かったつもりであって、学習したことを本質的には理解していません。当時の私は生徒に分かりやすい授業をしようと、教科書の内容を丁寧に説明し、問題に繰り返し取り組ませていました。しかしそれは、生徒が学習内容を本質的に理解できる

授業にはなっていないからです。それから私の授業改善が始まりました。生徒が教師の話を聞いて分かったつもりになるのであれば、実験などを通じて「分かった」と実感できる瞬間をつくる。教師が理解していることを一方的に話すのではなく、生徒と一緒に物質の現象を見て、粒子レベルで理解できるような対話をしよう。そうしたことを考えて授業づくりを進める中で、マクロの視点とミクロの視点を生

実験を通じて、新たな概念の必要性を感じさせる

「化学基礎」の「物質と化学反応式」の単元を例に、マクロの視点とミクロの視点を取り入れた授業を紹介します。

本単元の目標は、「化学反応を物質で考えられるようになること」です。物質の量は、中学校までは主に「質量」（単位：グラム）で捉えますが、高校では粒子の数に基づく量の表し方である「物質量」（単位：モル）に変わります。化学反応は、原子や分子、イオンなどの粒子の結合の組み合わせが

中核的な概念が身につく授業

学習内容に軽重をつけ、生徒が概念を体感して理解できる活動に時間をかける

徒に持たせることを意識し始めました。マクロの視点とミクロの視点は、説明すればすぐに持てるようになるものではありません。生徒にそれぞれの視点で物質の現象に何度も出合わせて、「この物質の変化（マクロ）は粒子（ミクロ）で捉えるとうどうなるか」などと

問いかけます。そうして、現象についてマクロの視点とミクロの視点で考える経験を積み重ねることで、生徒は「そうか」「分かった」などと現象について理解できるようになっていきます。そうした経験をを通じて、2つの視点が生徒に内在化するようにしています。

かわり、粒子の数で考える必要があるからです。そのため本単元は、「物質量は粒子の数を示す」という新しい概念を獲得し、なぜ質量ではなく、物質量が必要なのかを理解することがポイントになります。そこで次のような授業展開にしました（単元計画はP. 18図3）。

1・2時間目に原子量や分子量など、質量の表し方を学んだ後、3時間目に質量が同じでも粒子の数が違うことを体感できる実験を行いました。物質量の説明自体は5分程度で終わりますが、実験とその結果の考察を通じて、

「質量ではなく、粒子の数でなければ説明できない現象がある」ことを生徒が実感できるように授業を設計しました。行った実験は次の通りです(図3)。

まず、中学校の既習事項である、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和反応について確認しました。生徒に中和の条件を思い起こさせるためです。その上で、本時の課題「1%の酸と1%の塩基を同体積で混合するとどうなるか」を提示し、2つの実験をしました。

実験1は、水酸化ナトリウム水溶液に同濃度・同体積の塩酸を混ぜます。生徒に結果を予想させると、多くの生徒が指示薬は中性を示す緑色になると答えました。しかしながら実際に混ぜると、酸性を示す黄色になりました。

続く実験2は、水酸化ナトリウム水溶液に同濃度・同体積の硝酸を混ぜます。同じく結果を予想させると、実験1の結果が多くの生徒にとって予想外だったからか、実験2の予想は、青色、緑色、黄色とばらけました。結果は塩基性を示す青色になりました。

実験後、実験1・2ともに2つの溶液は同濃度で同体積だったにもかかわらず、混ぜた結果が中性ではなく、しかも異なる液性となった理由を、生徒に考察させました。「2つの溶質が中和する組み合わせではなかった」「分

図3 「化学基礎」単元計画と授業展開(例)

単元：物質の変化とその利用 物質質量と化学反応式

●単元計画

時数	内容	評価の観点
1~2	相対質量、原子量・分子量・式量について	知・技
3	探究活動1 同じ質量パーセント濃度の酸と塩基の反応(単元びらき)	思・判・表
4	物質質量、溶液の濃度について	知・技
5	物質質量のまとめ	知・技
6	同じ質量パーセント濃度の酸と塩基の反応の振り返り	主
7~8	探究活動2 炭酸水素ナトリウムの熱分解(物質質量から量的関係へ) 化学反応の量的関係について	思・判・表
9	探究活動3 過不足のある化学反応の量的関係	主
10	化学反応式と量的関係のまとめ	主

知・技：知識・技能、思・判・表：思考・判断・表現、主：主体的に学習に取り組む態度

●3時間目の授業の流れ(ワークシートは図4を参照)

探究活動1 同じ質量パーセント濃度の酸と塩基の反応

目標 化学反応の量的関係における物質の量について、質量から物質質量(粒子の数)の視点に転換を図る

- 1 中学校の復習 既習事項である物質が中和する条件を確認。
- 2 学習課題 1%の酸と1%の塩基を同体積で混合するとどうなるか。
- 3 実験1 1%水酸化ナトリウム水溶液100mlに、1%塩酸100mlを混合すると、指示薬は何色になるか予想させ、その理由を考えさせる。予想が終わったら溶液を混合。
- 4 実験2 1%水酸化ナトリウム水溶液100mlに、1%硝酸100mlを混合すると、指示薬は何色になるか予想させ、その理由を考えさせる。予想が終わったら溶液を混合。
- 5 結果と考察 実験1の溶液は黄色(酸性)、実験2の溶液は青色(塩基性)と、異なる結果が得られる。なぜその結果になったのかを考察する。

教師からの働きかけ(考察のポイント)

- 1%の水溶液100ml(1ml=1gとする)に含まれる溶質(水酸化ナトリウム、塩酸、硝酸)はすべて1g。*溶液は正確に調整
 - ちょうど中和するための条件、イオンモデル図を想起させる
 - 溶質の分子量・式量
- 6 全体確認 反応するのは溶質であること、反応の量的関係を考える時は、質量ではなく粒子の数で考えること、反応は質量よりも粒子の数で考える方が都合がよいことから、新しい概念(=物質質量)が必要であることを確認。

●生徒の振り返り(抜粋)

- 今までは重さでいろいろなことを考えていたが、高校では粒子の数で考えていかないと駄目だと分かった。2つの実験の結果について、自分の予想は合っていなかったが、間違えた理由が分かった。もし次に同じような問題が出たら解けると思う。
- 中学校までの学習で、同じグラムだったら粒子の数も同じで、混ぜたら中性になると思った。実験の結果は予想と違う色で驚いたけれど、面白かった。

※学校資料を基に編集部で作成。

子量、式量から規則性を考えて、軽い方の色になった」「質量は同じでも、水溶液の種類によって一つひとつの粒子の質量は異なり、数も変わるのかと思ったりといった考察が見られました。

2つの実験を通じて、物質の量を表す概念が質量以外にもあることに気づかせるとともに、中学校で学んだ物質のモデル図を見せて、その一つひとつ

の粒子が同じ質量ではないことを生徒に説明しました。すると生徒は、「質量≠粒子の数」ではないことに納得し、粒子の数を表す物質質量という新しい概念に到達しました。

そうして1時間をかけて新しい概念に触れた上で、4~6時間目は物質質量や溶液の濃度について学び、7時間目は「炭酸水素ナトリウム4.2gを十

分加熱すると、炭酸ナトリウムは何g生成するか」と、物質質量と質量に関する問題に取り組みせました。化学反応の量的関係では質量ではなく、粒子の数、すなわち物質質量で考える必要があることを確認するためです。

生徒はそれまでの授業で物質質量について学んできましたが、中学校までの授業で化学反応を質量で捉える意識が

図4 図3の3時間目の授業のワークシート

2週1章 ワークシート2 物質とは（中学校の復習）

中学校の復習1 ～質量パーセント濃度～
1%の塩化ナトリウム水溶液が100mLある。塩化ナトリウムは何g溶けているか？
ただし、水1mL=1gとする。

真価パーセント濃度
<演習> 1%の酸と1%の塩基（アルカリ）の混合
(以下の水溶液はすべて1mL=1gとして考える)
BTB溶液 酸性【色】 中性【色】 塩基性【色】

中学校の復習2 ～4
次の水溶液は何色になるか？

実験1：1%の水酸化ナトリウム水溶液NaOH100mLにBTB溶液を1滴加え、
1%の塩酸HCl100mLを加える。溶液の色は可色から何色に変化したか。

予想【色】
理由

結果【色】

実験2：1%の水酸化ナトリウム水溶液NaOH100mLに1%の硝酸HNO₃100mLを加える。

予想【色】
理由

結果【色】

問いの答えは、生徒が自分の考えを書く形にしている

中学校までの学習内容を確認

粒子の数の違いがあることを意識させるような実験を実施

考察では、中和するための条件や、分子量や式量を思い出させるようにしている

<考察>なぜ、このような結果になったかを考えよう？
考察の視点1：1%の水溶液100mLに含まれる溶質（HCl、HNO₃、NaOH）は何gか？
考察の視点2：ちょうど中和するための条件は？
考察の視点3：HCl、HNO₃、NaOHの分子量・式量は？
H=1、N=14、O=16、Na=23

[自分の考え]

[グループメンバーの考え]

<まとめ>
説明を考えた時は、質量で考えると不都合がある。したがって、粒子の【 】で考えると、便利である。
粒子を基準とした新しい概念（考え方、単位）が必要ではないか = 物質量

<感想>

※学校資料を基に編集部で作成。

定着してしまっているため、誤答が少なくありませんでした。そこで3時間目に行った実験を思い起こさせたところ、「そうだった」といった表情で物質量の概念を使って考え始めました。そのように、生徒に何度も物質の現象に出合わせることで、物質の変化であるマクロの視点と粒子レベルで見えるミクロの視点を往還し、新たな概念を獲得できるようにしています。

生徒の思考の流れに沿って問いや実験を設計する

以上のような授業づくりにおいて大切にしているのは次の点です。

◎ **学びのストーリーをつくる**

単元の学習内容をどうすれば生徒は理解できるか、その思考の流れを考えます。1時間の授業で理解に至らなくても、単元の最後に生徒に「分かつ

今後の展望

大学入学共通テストは、化学の原理や法則、概念が理解できていなければ解けない問題ばかりです。そのため、中核的な概念を身につけることは、生徒の希望進路の実現においても重要なと考えています。これからも生徒が物質の現象に出会い、それをマクロの視点とミクロの視点で捉えることで、原理や法則、概念を自ら獲得し、「そうか」「分かった」といった声が次々と上がるような授業を目指していきます。



た」と思ってもらえればよいと思っています。単元全体や各授業の展開を練っています。また、化学が苦手な生徒が多ければ、授業の流れは同じでも、学習内容を確認する機会をこまめに設けたら、1問にじっくり取り組んだりするなど、臨機応変に対応しています。

ワークシートは、思考の過程を残せる形にしています（図4）。生徒がどこでつまづいたのかを把握することができ、随時それを授業改善に生かしています。

◎ **単元導入時に探究的な活動を実施**

取り上げる単元で大事な視点や考え方を生徒に意識させるための探究的な活動を、単元の導入時に1時間をかけて丁寧にを行っています。その後も、大事な視点や考え方に生徒が繰り返し出合うようにするとともに、演習問題に取り組み時間も設けています。そのた

め、学習内容に軽重をつけたり、学ぶ順序を変えたりするなど、単元計画を綿密に立てています。

◎ **生徒が考える場面をつくる**

既習事項と本時で学ぶ内容を踏まえた問いを出し、生徒が考える場面をつくっています。例えば電子配置では、電子配置の表を見て、その規則性を考える問いを出しました。既習事項を活用するとともに、生徒が自分で規則性を見いだすことで理解が深まることを期待しました。

先ほど紹介した物質量の単元で、ある生徒が、「モルって結構便利」と振り返りに書いていました。物質量の必要性を実感したからこそその言葉だと思ふと、物質の現象に出合わせ、そこで疑問に思ったことを解消するためにマクロの視点とミクロの視点で考える指導に手応えを感じています。