

# 琉球大学学術リポジトリ

粒子概念の形成を促す授業実践：  
「物質量」の単元の学習を通して

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学大学院教育学研究科 公開日: 2021-04-19 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平, 葵恵 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/48236">http://hdl.handle.net/20.500.12000/48236</a>

# 粒子概念の形成を促す授業実践 —「物質量」の単元の学習を通して—

平 葵恵

琉球大学院教育学研究科高度教職実践専攻

## 1. テーマ設定理由

高等学校理科「化学基礎」について、高等学校学習指導要領解説理科編によると、観察や実験を通して「物質とその変化に関する基本的な概念や原理・法則の理解を図る」ことが重要であり、その化学の基本となる概念や原理・法則は単に覚えるのではなく「幾つかの事象が同一の概念によって説明したり、概念や原理・法則を新しい事象の解釈に応用したりする活動」を行い、物質概念を生徒が自ら活用する力を身につけることが求められている（文部科学省，2019）。

物質概念について、森下（1982）は「多種の物体の類似性や異差性を統一的に認識できるようにするためには、分子や原子の立場から、物体を微視的に見ていかせる態度を養うことが大切である」と述べて粒子観を形成させる過程の重要性を指摘している。しかし、菊池ら（2008）が行った中学生・高校生を対象とする調査では、小学校で学習する物質の基本的な現象について粒子概念を用いて科学的に説明する問題の正答率は中学校・高校生共に低く、粒子概念が説明に使えるものとしては定着していないとの結果が得られた。以上のことから、粒子概念の形成および活用できるものとして定着する授業方略が重要である。

これまでに、物質の状態変化の実験を通して粒子と結びつけて概念形成を図る実践（武藤ら，2017）や、粒子が観察しにくいことに配慮した粒子モデルのアニメーション教材（漆畑・吉田，2015）、物質量は数を定義した単位であるとのイメージを掴むためのビー玉教材（小畑ら，2018）の開発および実践が報告されている。しかし、具体物や図を用いて粒子を説明することは、モデルと粒子との形状や性質の違いにより、かえって誤ったイメージを抱かせるといった課題もある。そこで、本研究では物質量の単元において、粒子に着目した問いかけを繰り返し行うことによって粒子概念の形成を図り、その効果と有効性を検証する。

## 2. 物質量と粒子概念について

物質量とは粒子数に基づいた量の表し方であり、「学校の導入段階における最も重要な概念の一つ」（杉本，2017）とされている。しかし、化学が苦手だと答える生徒の多くが、化学に抵抗感を抱ききっかけとなった単元でもある。その理由としては、物質に関わる原子の粒構造の認識不足や物質量のイメージの掴みにくさが挙げられる。前述したように物質量の指導法について様々な実践がなされており、今井ら（2005）は、高等学校の教師と生徒への調査から、「これまでに多くの教師が実践してきた身のまわりの物を利用した物質量導入の授業展開では生徒の実態には合わないので、それに変わる授業（たとえば生徒が主体的に物質量概念を獲得していく探究的な授業）が必要」であると指摘している。そのため本研究では、生徒の粒子概念の形成を促す授業実践を試みた。

## 3. 研究の目的と方法

生徒の粒子概念の形成を図るために、物質を構成する粒子と物質および質量、体積の関係に関する問いを取り入れた単元計画を立て、授業を行った。その効果と有効性を堀（2004）の OPP シート、確認

テスト（表1）によって検証した。

表1 確認テストの内容

<p>原子量：H 1.0 C 12 N 14 O 16 アボガドロ定数：<math>6.0 \times 10^{23} / \text{mol}</math></p> <p><b>【1】</b> 次の問いに答えなさい。</p> <p>(1) 二酸化炭素分子 <math>3.0 \times 10^{23}</math> 個の占める体積は、標準状態で何 L か。</p> <p>(2) 水 36 g 中に含まれる水分子の数は何個か。</p> <p>(3) 標準状態において、5.6 L の窒素 <math>\text{N}_2</math> の質量は何 g か。</p> <p><b>【2】</b> 密閉容器にアンモニア <math>\text{NH}_3</math> 0.40 mol を封入し、標準状態に保った。次の各問いに答えよ。</p> <p>(1) アンモニアの質量は何 g か。</p> <p>(2) アンモニアの体積は標準状態で何 L か。</p> <p>(3) 容器中のアンモニア分子の数はいくらか。</p> <p><b>【3】</b> 次の文章を読み、物質の量に関する記述として誤りがあればどこがどのように誤っているかを説明しなさい。正しい記述の場合は○を書きなさい。</p> <p>(1) 窒素 28 g と酸素 28 g の物質量は、等しい。</p> <p>(2) 水素 1.0 g の体積は、<math>0^\circ\text{C}</math>、<math>1.013 \times 10^5 \text{ Pa}</math> において 22.4 L である。</p> <p>(3) <math>\text{H}_2\text{O}</math> 18 g と <math>\text{CH}_3\text{OH}</math> 16 g に含まれる水素原子の数は等しい。</p>
---

※正答: **【1】** (1)11.2 L, (2)  $1.2 \times 10^{24}$  個, (3)7 g, **【2】** (1)6.8 g, (2)8.96 L, (3) $2.4 \times 10^{23}$  個, **【3】** (1)窒素(モル質量 28 g/mol)28 g は 1 mol, 酸素(モル質量 32 g)28 g は 0.88 mol である。よって誤りである。(2)水素のモル質量は 2.0 g/mol であるから、水素 1.0 g は 0.50 mol であり、標準状態で体積は 11 L となる。よって誤りである。(3)○

#### 4. 実習校での実践内容

##### (1) 実習校および単元計画

実習校：沖縄県立 A 高等学校 1 学年（40 人学級）

単元名：高等学校 化学基礎 / 物質量（配当時間：2 時間）

時間	本研究での単元計画
1	<p>目的：対話を通して物質量が粒子の数に基づく量の表し方であることを理解し、物質量と粒子数、質量、気体の体積との関係について説明出来る。</p> <p>①物質量とは何かを考える。(物質の質量、体積、個数…)</p> <p>②物質量と粒子数、質量、気体の体積との関係を「3つのルール」として教師が説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物質が粒の集まりであることを印象付けるためにビーズクッションを用いて説明</li> <li>・説明の簡潔化（10分以内）、暗記事項の差別化</li> </ul> <p>③モルから粒子数、グラム、リットルへの変換を繰り返し行わせる。</p> <p>④グループで粒子概念の形成を確認する正誤問題に取り組み、一問ごとに教師が解説する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・粒子について考える活動（40分）</li> <li>・生徒の疑問や気づきが全体で共有されるように工夫</li> </ul>
2	<p>⑤アボガドロ定数やモル質量、モル体積といった用語について教師が説明する。</p> <p>⑥二時間の授業を振り返った上で、物質量とは何か改めて考える。</p> <p>⑦確認テストを行う。</p>

##### (2) 粒子概念の形成を図るための問い

物質量の定義を確認すること、粒子の性質を理解すること、物質の種類による粒子の違いに気付くこと、物質を構成する粒子の種類について意識すること等を目的として正誤問題を作成し、授業で使用した（表2）。

表2 粒子概念形成のための正誤問

物質質量	標準状態で 22.4 L の窒素の質量は 28.0 g である。	【正】
	酸素 16.0 g の体積は、標準状態で 22.4 L である。	【誤】
粒子の性質	鉄 1 mol は標準状態で 22.4 L である。	【誤】
	二酸化炭素 88 g 中に含まれる二酸化炭素分子は 2 個である。	【誤】
物質の差異	水素 12 g と炭素 12 g の物質質量は、等しくない。	【正】
粒子の種類	水素分子 1 mol の中には、水素原子が $6.0 \times 10^{23}$ 個含まれる。	【誤】

(3) 結果と考察

①授業による粒子概念形成の効果

物質質量とは粒子数に基づいた量の表し方である。単元学習前に物質質量の定義について記述させたところ、「物質の質量」という回答が最も多く7割以上であり、次いで「物質の個数」という回答が多かった(図1)。この結果から、ほとんどの生徒において物質の微視的概念(粒子概念)が形成されていないことが伺える。そのため、一時間目の授業後では、物質質量と粒子数・質量・体積の関係について説明を行い、粒子について考える活動を10分程度行った。

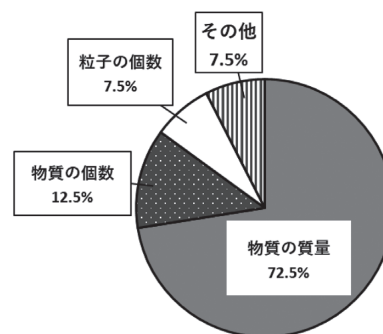


図1 物質質量の定義への回答

OPP シートの記述内容を確認すると、40 人中 14 人の生徒が物質を構成する粒子の種類(原子・分子・その他の粒子)と物質質量の関係について触れており、物質が粒子の集合体であるという意識を持ち始めていることが示唆される。二時間目の授業後では、粒子について考える活動を30分程度行った。OPP シートの記述内容を確認すると、「粒子の大きさはとても小さいということを頭に入れて考える」「(粒子の)形をイメージする必要がある」といった記述もあり、授業を通して生徒が粒子概念を理解する必要性を実感していることが伺える。

②粒子概念形成のための問題の効果

概念形成のための問題に関しては、「二酸化炭素 88 g 中に含まれる二酸化炭素分子は 2 個である。」という問題について記述している生徒が数名見られた。この問いは「88 g の気体にはたくさんの分子が含まれるはずだ」という予想と「88 を二酸化炭素の分子量(44)で割ると 2 である」という数との間に矛盾が生まれるため、mol 概念を見直すために有効な問いであったのではないかと考える。一方「鉄 1 mol は標準状態で 22.4 L である。」という問題では、生徒が 1 mol の体積と鉄(固体)と気体における粒子の状態に着目することを期待して設定したが、「気体ではないから間違い」というような考えで回答しており、粒子を捉え直すことは出来ていなかった。以上の結果から、問題の内容によって粒子概念形成を促す効果には差があることが示唆される。

③単元の理解度

単元学習後、学習前と同様に物質質量の定義を記述させた。特徴的な生徒の記述を表3に示す。

表3 物質質量の定義に関する記述の変化

	授業前(物質質量の定義)	授業後(物質質量の定義)
生徒A	体積を基準として質量を表したもの	多くの粒をまとめて量ることで他の物質と比べやすくしたもの
生徒B	物質の個数を測定したもの	mol を使っているいろんなものを分かりやすくしたもの
生徒C	物の質量のこと	物質の色々な重さや大きさ

生徒Aについて、授業前の記述では物質の体積・質量に着目しており、物質を巨視的にしか捉えられ



## 課題研究中間報告

ていないが、授業後は物質が多数の粒子の集まりであることを踏まえた上で、自分なりの表現で正しく物質量を定義出来ている。このことから、授業を通して粒子概念が形成されていること、そして物質量について理解していることが示唆される。また、「比べやすくしたもの」という記述から、物質量の有用性についても理解していることがわかる。生徒 B では、「分かりやすくしたもの」という記述から授業を通して物質量の有用性は感じているものの、mol が単位であるという認識が薄く、単元の理解は不十分であると考えられる。生徒 C では物質の質量および体積にしか着目しておらず、授業前・授業後共に物質を巨視的にしか捉えられていない。

確認テストの結果、計算問題である「【1】(1)」では 78%、「【1】(2)～【2】(2)」では 50%程度の生徒が正答していた。記述問題である「【3】」の正答率は低かったが、これは表現力の不十分さに起因するものであると思われる。全体的に物質を構成する粒子の種類(原子・分子・その他の粒子)に関わる問題の正答率が低かった。

以上の結果から、一部の生徒では概ね内容を理解しており、概念を活用しようとする姿勢が出来ていると思われる。しかし、理解度にはかなり差があるため授業改善が必要である。また、確認テストでは見取りたい能力と設問が合っておらず基本的な知識の理解度を十分に見取ることが出来なかったため、テストの再検討が必要である。

## 5. まとめ

粒子に着目した問いかけを行い、生徒に物質と物質を構成する粒子について考えさせることによって、粒子概念の形成が促進されるとともに物質量への理解が得られることが示唆された。しかし、問題の内容によってその効果が異なる可能性があるため、粒子の形や性質を想起させることを意識した設問の工夫が必要である。今後は、理解が深まるような授業改善を図るとともに、有効性を正しく検証するために OPP シートや確認テストについても再検討を行う。

## 文献

- 堀哲夫, 2004, 『子供の学びを育む 一枚ポートフォリオ評価 理科』日本標準.
- 今井泉・濱中正男・下條隆嗣, 2005, 「高等学校化学における物質量(モル)指導の実際」『科学教育研究』29(2): 173-182.
- 菊池洋一・西井栄幸・武井隆明・村上祐, 2010, 「中学校の早い段階に『原子, 分子, イオン』の概念を導入するための実践的研究」『岩手大学教育学研究年報』69: 45-58.
- 文部科学省, 2019, 『高等学校学習指導要領(平成 30 年告示) 解説 理科編 理数編 平成 30 年 7 月』実教出版.
- 森下浩史, 1982, 「理科教育における物質概念の形成について」『長崎大学教育学部教科教育学研究報告』5: 65-74.
- 武藤正典・勝田長貴・川上紳一, 2017, 「物質の状態変化における密度の変化に注目させ粒子概念へと導く指導の工夫」『岐阜大学教育学部研究報告』41: 93-100.
- 小畑直輝・江原弘・永富敬之・大島崇行・小池守, 2018, 「物質量の理解を促進する教材開発と授業実践」『上越教育大学教職大学院研究紀要』6: 71-80.
- 杉本剛, 2017, 「物質量 amount of substance を対象とした理科教育学の研究」『理科教育学研究』58(1): 1-11.
- 漆畑文哉・吉田淳, 2015, 「アニメーション教材を導入した授業における粒子概念の変容的評価—高等学校化学基礎「中和」の実践を例に—」『科学教育研究』39(3): 243-251.