

中高の接続を円滑に進める中学校の理科指導：
物理・化学基礎での学習を見通した授業づくり

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-02-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤原, 僚, 川口, 貴則, 丹沢, 哲郎 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.14945/00024669 |

中高の接続を円滑に進める中学校の理科指導

～物理・化学基礎での学習を見通した授業づくり～

藤原僚*・川口貴則*・丹沢哲郎**

Evaluation of Junior High School Science Teaching with the Intention of Junior High School/High school Articulation

-Attaining an Unobstructed View of High School "Basic Physics" and "Basic Chemistry"

Ryo FUJIWARA, Takanori KAWAGUCHI, Tetsuro TANZAWA

Abstract

Many problems about continuity between junior high school and high school science learning have often been pointed out. In recent years, as an important research field to solve the problems, the study of articulation was become popular. In this study, it was hypothesized that solving scientific problems using formulas and including contents about the amount of substance in junior high school science teaching contribute to the learning of high school "Basic Physics" and "Basic Chemistry". Curriculum in the junior high school physics and chemistry domains were developed. After completing these practices, students who entered high school were asked several questions about the effectiveness of the junior high school science lessons which they had taken. These answers showed that their experiences were effective in the learning of "Basic Physics", and less effective in "Basic Chemistry" learning. The reasons for the differences between both results were discussed from the point of consistency of junior high school science curriculum. It was also discussed that further curriculum development in the chemistry domain is necessary for articulation.

キーワード：中高接続，物理基礎，運動方程式，化学基礎，物質量

1. はじめに

高等学校教育と大学教育との接続の問題，いわゆる高大接続の問題は，平成26年12月の中教審答申「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革について」の発表以降，国，研究者（学会），学校など様々なレベルで研究や実践，提言取りまとめなどが行われており，その事例には枚挙にいとまがない。

その一方で，中高接続の問題に対しては，中高一貫校に関する研究や取り組み報告も多数見られるものの，受験によって中高間で連続性が切れる場合のカリキュラムの連続性まで踏み込んだものは極めて少ない。たとえば前川（2012）は，中高接続の問題を学校制度・教育史の側面から包括的に検討し，解決のためには，学級のあり方や授業形態（教授方法）に関する中高間ギャップについて教員と生徒双方が理解を深めることが必要であることを説いている。しかしながら，この場合もカリキュラムに踏み込んだ解決方策についてまで言及されていない。やはり，この問題に関しては，各教科教育が具体的かつ実践的に方策を提案していく必要がある。

さて，理科教育においては，これまで物理領域と化学領域との接続を図る中学校理科授業のあり方について

での学会報告が多く見られる（たとえば，宇野 2008，今井 1997 など）。これらの領域に関する生徒の学習上の困難は，これまでの筆者らの研究（西本他 2013，藤原他 2014）においても指摘してきたところである。

そこで，本研究では，物理基礎「運動方程式」における接続を目指し，物理領域では1年生「力」と3年生「力と運動」，化学領域では2年生「化学変化と質量」と3年生「酸，アルカリと中和」の単元において，中高の接続を円滑に進める授業展開を試み，授業評価を行った。

2. 研究の目的

本研究の目的は，高等学校の物理基礎や化学基礎の学習との接続を意識したときに，中学校段階で身につけるべき科学的な見方・考え方を明らかにしながら，カリキュラム開発とその実践をし，評価を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では，以下の手順に従って研究を進める。

- (1) 高等学校に進学した生徒が，高等学校の理科の学習のどこに困難を感じているか，質問紙を使って実態調査を行う。
- (2) 高等学校の学習内容の中でも，特に物理・化学基礎の内容を参考に，カリキュラムを改善する。
- (3) 物理・化学領域に関する中高の接続を意識した単元

*静岡大学教育学部附属島田中学校 **静岡大学

開発を行い、授業実践とその成果の分析を行う。

(4) これらの生徒が高等学校進学後に、中学校での学習が高等学校において役に立ったか、質問紙を用いてアンケート調査を行う。

4. 結果

1) 卒業生へのアンケート結果から

高等学校へ進学した平成 23 年度の附属島田中学校卒業生（5校 67名）を対象に、高校 1 年終了時における履修状況のアンケート調査をおこなった。その結果は以下のようであった（表 1）。

表 1. 高等学校 1 年次における履修状況

| | |
|---------|----|
| 物理基礎 | 47 |
| 化学基礎 | 59 |
| 生物基礎 | 26 |
| 地学基礎 | 2 |
| 科学と人間生活 | 0 |

また、履修者数が多かった物理・化学基礎において、高校生が難しいと感じている学習内容として多かったものを以下に示す（表 2, 3）。

表 2. 物理基礎で難しいと思う内容

| 困難を感じる学習内容 | 人数 |
|------------|----|
| 運動方程式 | 23 |
| 波動 | 8 |
| エネルギー | 7 |
| 浮力・水圧 | 4 |
| 公式の内容理解 | 3 |

表 3. 化学基礎で難しいと思う内容

| 困難を感じる学習内容 | 人数 |
|----------------|----|
| 物質質量・モル計算・モル濃度 | 36 |
| 化学式・化学反応式 | 8 |
| 中和反応・中和滴定 | 7 |
| イオン・イオン式 | 6 |
| 原子の構造・結合 | 5 |
| 酸化・還元 | 3 |

以上のことから、本研究におけるカリキュラム開発の方針を以下のように定めた。

- ・物理領域においては、運動方程式への接続を考える際、力や運動に関する概念獲得だけでなく、公式の意味理解を目指すこと。
- ・化学領域においては、物質質量の学習への接続を考えるだけでなく、中和滴定やモル濃度の学習についての接続も意識すること。
- ・どちらの領域においても、数式や公式、計算など、定量的な考え方を扱うこと。

- ・高等学校の学習内容の単なる前倒しとならないこと。

2) 物理領域との接続を意識した単元開発について

以上を踏まえて、物理領域の単元構想においては、以下の点に留意した。

- ・物体が静止している、または運動している状態においてはたらく力の図示ができること
- ・3 年時の学習において、「慣性」と「加速度」の概念を単元構想の中心に据えること。
- ・各種グラフ（フックの法則、運動における v-t, s-t グラフなど）の意味理解ができること。
- ・比など、定量的な考え方や計算を用いて考える学習活動を盛りこむこと。
- ・学習した公式や規則性を他の事象に適用できること。

(1) 1 年生における実践とその評価

①単元計画について

1 年時の「力とエネルギー」分野（物理領域）の学習においては、力学における基礎的な考え方を身につけることが重要である。この単元では、観察・実験を通して、力の働きに関する基本的な知識や概念を獲得し、3 年次に扱う「運動の規則性」や「エネルギー」へとつなげていく必要がある。しかし、中高の学校現場では、しばしば力学の基礎的な概念の獲得は難しいとされる。

その理由としては、

- ・力やエネルギーそのものは目に見えない。
- ・力が物体と物体の間で働く相互作用で、複数の力が異なる方向に働くため、ある物体に働くすべての力を見いだすことが難しい。
- ・定量的な実験結果やその分析、そして公式や法則とその活用が多い。

といったことが考えられる。そこで、1 年時における物理領域「いろいろな力の世界」の単元を構成するにあたり、以下に留意して単元計画（表 4）を作成した。

- ・「力の大きさ」「力の向き」「作用点」をおさえ、物体に働く力の矢印の表し方を図示できること。
- ・特に、静止している（つりあいの状態にある）物体に働く力の矢印を図示できること。
- ・力は必ず物体と物体の間に働いていることを意識し、「 \circ が Δ を \times する力」と表現できること。
- ・「フックの法則（ばねに加わる力とばねの伸びは比例関係にあること）」を理解できること。
- ・「フックの法則」を示すグラフと、ばねに働く力の様子とを関連づけて考えられること。

②授業実践例

第 6 時：【フックの法則②】

この授業で意識したことは、「フックの法則」を示すグラフと、ばねに働く力の様子とを関連づけて考えられることである。これから力学の学習をしていくにあたり大切な「ある事象において、物体にはたらく力を図示できること」と、「フックの法則を示すグラフ

表 4. 1 年生「いろいろな力の世界」単元計画

| | |
|---|---|
| 1 | 【単元ガイダンス】 両端におもりをつるした時のバネの伸びについて考える |
| 2 | 【いろいろな力とその働き】 身の回りの現象から、そこに働く力を見だし、説明する。 |
| 3 | 【力の表し方①ばねにつるされたおもり】 おもりがばねにつるされているという場面において、おもりとばねのそれぞれに働いている力を作図する。 |
| 4 | 【力の表し方②…抗力】 机などの上で置かれている物体には、物体を支えるための上向きの力(抗力)が働いていることに気づき、それを作図する。 |
| 5 | 【フックの法則①】 ・ばねに加える力とばねの伸びの関係について調べ、グラフ化することを通して比例関係を見いだす。 ・フックの法則が成り立つことによって、ばねばかりで力の大きさが測れることを理解する。 |
| 6 | 【フックの法則②】 ばねにどのような力が働くと提示されたグラフになるのか、働いている力を作図しながら説明する。 |

の意味理解」の2つを踏まえ、そこまでの既習事項を活用しながら考えていく授業である。

学習課題としては、前時に導き出したフックの法則を示す比例のグラフに対し、傾きが半分になっているグラフを見せ、「用いるばねが同じ場合、2つのばねを①並列につなげた場合、②直列につなげた場合、どちらの傾きが半分になるグラフになるか」と提示した。仮説の段階では、並列につなぐとばね1つあたりに加わる力が半分になるという理由から、「①並列につなげた場合」を選択する生徒が多く、「②直列につなげた場合」では、グラフの傾きが2倍になるという予想を立てる生徒もいた。いずれも、ばねに働く力を考えながら仮説を立てることができた。

個人→小集団→全体追究後、検証実験を行いその結果が「①並列につなげた場合」であることを確認した。仮説の段階では、ばねに働く力の作図まで確実におさえることができなかつたため、改めてそれぞれのばねに働く力を作図して確認した(図1)。そして最後に、単元ガイダンス時に扱った学習課題に対して、それまでの学修成果を活用して課題解決を試みた。

(2) 3 年生における実践とその評価

①単元計画

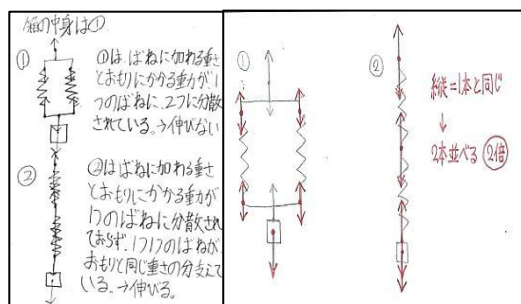


図 1. 第 6 時における生徒の考え

3 年時における学習は、1 年時「いろいろな力の世界」を踏まえ、「運動している物体に働く力とその運動の様子を関連づけて考える」学習となる。同時に、高等学校物理基礎の学習と密接に関連する単元でもある。「運動方程式」の学習において大切なことは、運動とそこにはたらく力を関連づけて考えられることと共に、現象の定量的扱いと公式の意味理解である。

そこで、本単元において特に身に付けたいことを以下のように設定し、表 5 に示す単元計画を作成した。

- ・運動している物体にはたらく力を作図できること。
- ・加速度の概念を用いて、物体の運動の様子について説明できること。
- ・実験結果から、質量と力、加速度の関連性を見だし式化できること。
- ・導き出した公式の意味を理解するとともに、それらを活用しながら物体の運動の様子について定量的に説明できること

表 5. 3 年生「物体のいろいろな運動」単元計画

| | |
|---|---|
| 1 | 【単元ガイダンス】 質量の違う物体を同じ高さから落下させたとき、同時に地面に着く現象を考える。 |
| 2 | 【運動する物体とはたらく力】 運動している物体に働く力を考える活動を通して、速さや向きが変わるときには力が働いていることを理解する。 |
| 3 | 【2つの力のつりあい①】 定滑車に吊るした質量の等しい2つのおもりの動きについて、働く力の作図と2力のつり合いから物体の静止を説明する。 |
| 4 | 【2つの力のつりあい②】 反発している2つの磁石を載せたばかりに働く力について、磁石に働く力を作図しながら説明する。 |
| 5 | 【慣性①】 物体の慣性によって起こる現象を通し、慣性について理解する。 |
| 6 | 【慣性②】 |

| | |
|----|--|
| | 質量の異なる鉄球に磁石を近づけたときの動きについて調べ、物体の質量が大きいほど慣性が大きくなることに気づく。 |
| 7 | 【速さと加速度】 |
| 8 | 記録タイマーを用いて台車の速さと加速度を求める活動を通して、速さと加速度の概念について理解する。 |
| 9 | 【等速直線運動】 |
| 10 | 摩擦の小さい平面における台車の運動について調べ、「物体に力が加わらない、または働く力が釣り合いの状態にあるとき、物体は等速直線運動する」ことを説明する。 |
| 11 | 【等加速度運動】 |
| 12 | 台車に一定の力を加え続ける運動について調べ、「物体に等しい力が加わり続けると等加速度運動する」ことを説明する。 |
| 13 | 【自由落下】 自由落下における重力加速度を求める。 |
| 14 | 【力と加速度】 物体に加える力を変えたときの加速度について調べ、「物体に加わる力と加速度は比例関係にある」ことを説明する。 |
| 15 | 【合力】 2つの力の合力について作図し理解する。 |
| 16 | 【分力】 力の分力について作図し理解する。 |
| 17 | 【斜面を下る運動】 |
| 18 | 物体が斜面を下る運動について調べ、「それが等加速度運動であり、斜面の傾きが大きいほど加速度が大きくなる」ことを、はたらく力と関連づけながら説明する。 |
| 19 | 【質量と加速度①】 質量の異なる物体を自由落下させたとき、重力が異なるにも関わらず加速度が等しくなることの原因について、物体の質量と加速度の関係に着目しながら仮説を立てる。 |
| 20 | 【質量と加速度②】 質量の異なる物体の加速度について調べ、「質量と加速度は反比例の関係にある」ことを説明する。 |
| 21 | 【質量と加速度③】 質量の異なる物体の自由落下において、加速度が等しくなる理由について説明する。 |
| 22 | 【終端速度】 学校の屋上と地上付近に落下する雨粒の速さが等しくなる理由を説明する。 |

②授業実践例

第21時：【質量と加速度③】

本時では、「異なる質量の物体の自由落下において、加わる重力が異なるのに落下の加速度が等しくなる理由」について、「実験の定量的分析結果から、定量的な見方や考え方(数式やグラフ)を用いて説明する力」の育成を目指している。この授業までに生徒たちは「力と加速度が比例の関係にあること」「質量と加速度が反比例の関係であること」を学習している。

授業展開としては、最初に質量の異なる物体に働く重力を作図し、それぞれに働く力の大きさを確認する。重力は質量が大きいほど大きくなるので、「力と加速度が比例の関係にあること」を考えれば、質量が大きい物体ほど自由落下の加速度が大きくなるはずであると生徒は考える。しかし、実際は質量によって加速度は変わらないため、その矛盾について考えていくことを学習課題とし、「質量と加速度が反比例の関係にあること」を踏まえながら説明していく。

個人→小集団→全体追究を経て、下の図2に示すような考え方で説明する生徒を認めることができた。

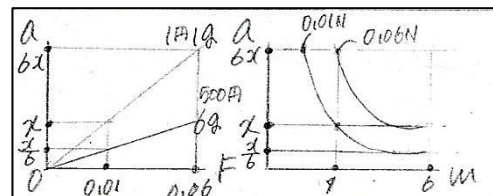


図2-1. 「力と加速度の関係」「質量と加速度の関係」を示したグラフを利用して説明する生徒

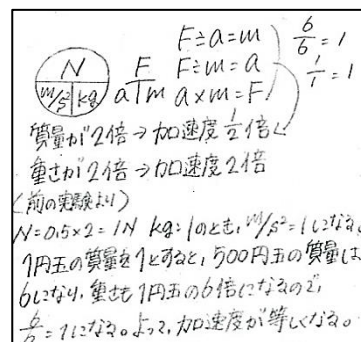


図2-2. 「力」「質量」「加速度」の3つの関係性をまとめることで説明する生徒

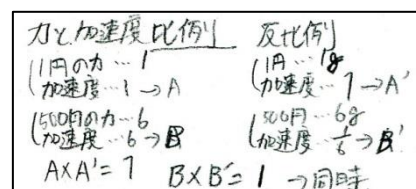


図2-3. 「力と加速度は比例すること」「質量と加速度が反比例すること」の2つを統合して説明する生徒

個人追究 \times a の値 \rightarrow a の値 \rightarrow a の値

$\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$ $\rightarrow a = \frac{A}{b}$ \dots ①
 $\frac{A}{C} = \frac{a}{c}$ $\rightarrow a = \frac{A}{c}$ \dots ②

① $a = \frac{A}{0.01}$
 $a = 0.01B$
 $\rightarrow \frac{A}{0.01} = 0.01B$
 $\frac{A}{0.01} = B$ $\rightarrow B = \frac{A}{0.01}$

$\frac{A}{0.01} = B$
 代入すると
 $a = \frac{0.01A}{0.01} \times 0.01 = a$
 $a = \frac{0.06A}{0.06} \times 0.06 = a$

図 2-4. 比例・反比例の式をもとに具体的な数字を代入しながら考え、計算を用いて説明する生徒

上記の考えはいずれもグラフや数式を用いた定量的な考え方である。学習課題としての難易度は非常に高く、個人追究の段階では自分の考えをうまくもてない生徒も多かったにもかかわらず、小集団→全体追究を経て、多くの生徒が理解に到達できた。

3) 化学領域との接続を意識した単元開発について

物質質量(mol 計算)につまずきを感じている生徒が多い理由として、たとえば田村(1998)は、「お目に掛かったことがない程大きなアボガドロ数」にあることを指摘し「算数に問題がある」と言う。もちろんそれも考えられるだろうが、中学校理科の立場から見るとそれだけの問題ではなく、以下の理由が存在すると筆者らは考えている。

- ・原子量、分子量、式量、物質質量の概念の理解そのものが困難である。
- ・「比」の感覚をつかんでおらず、質量→物質質量の変換やそれに関する計算に躓いてしまう。
- ・質量保存の法則や定比例の法則など、化学変化を定量的に扱った応用的な課題に慣れていない。

以上を踏まえて、化学領域の単元構想においては、以下の点に留意し、単元計画を作成した。

- ・粒子概念の獲得。
- ・化学変化を定量的に扱うこと。(質量保存の法則や定比例の法則など)
- ・化学変化において、変化の様子を粒子(原子・分子)の数や質量などの量的な変化に着目して考えること。
- ・化学変化における量的関係について、「比」を用いて考えること。
- ・中学校段階における物質質量の概念の示唆。(化学反応式の係数の比は、質量の比ではなく物質質量の比であることなど)

(1) 2年生における実践とその評価

①単元計画

中学校の学習において、化学変化における量的関係を扱う内容としては、質量保存の法則や定比例の法則

がある。これらは、ともに化学変化における「質量」の量的関係に着目したものである。一方、中学2年生時において学習する化学反応式では、化学変化の前後で反応に関与する原子の数をそろえる。これは化学変化における「原子の個数」の量的関係に着目したものであり、「原子の個数」に着目した考え方が「物質質量」につながる。一方、高等学校での学習においては、「物質質量」という概念を先に学習してから化学反応式とのつながりを学習する。したがって、高等学校での学習との接続を考えると、化学反応式における左辺と右辺の原子の数合わせができることは重要である。

生徒たちは、2年生化学分野に関して以下の事柄を学習する。

- ・原子の存在やその性質
- ・元素記号や化学式
- ・化学変化とは変化の前後で原子の結合の様子が変化し、別の物質が生成されること
- ・化学反応式のつくり方や書き方

また、化学式を扱う際には、原子カードを活用したカードゲームなどを通して、イオン結合や共有結合といった原子の結合の仕方についてイメージする学習を行っている。そして、化学反応式を扱う前に「質量保存の法則」を学習し、化学変化を考える際には、反応前の物質を構成する原子から反応後の物質を推測してから実験を行っている。

そこで本単元では、分解や化合などといった化学変化を考えていく際は、常に化学変化の前後における質量の変化と、原子の結合の変化の様子とを関連づけながら考えていく。そして、化学変化やその様子を示す化学反応式について、粒子概念を踏まえ、原子の数やその質量との量的関係を意識しながら説明できる力を養いつつ、中学校段階において「原子量・物質質量」の概念を身に付けさせるために、化合を扱った実験を通して、「原子にはその種類によって固有の質量が存在するという性質」に着目しながら、化学変化における量的関係について考えていく。以上を踏まえ作成した単元計画を以下に示す(次ページ表6)。

②授業実践例

第2・3時：【原子量・物質質量Ⅰ・Ⅱ】

本時は、「化学変化について粒子概念を用いながら定量的に考えていく科学的な見方・考え方を養うこと」「原子量という原子固有の質量比の考え方を示されて、2つの物質が化合する質量比について、比を使って考えることができること」を目標としている。学習課題は、「①鉄の質量：硫黄の質量=5g：5g、②鉄の質量：硫黄の質量=5g：3g、③鉄の質量：硫黄の質量=5g：1gで化合させたとき、硫黄と化合せず未反応の鉄粉が生じるのはどれか」とした。

予想を立てさせたところ、①と予想する生徒が最も多く、その理由としては「鉄原子と硫黄原子が1：1

表 6. 2 年生「化学変化と質量」単元計画

| | |
|---|--|
| 1 | <p>【炭酸カルシウムと塩酸の反応】 塩酸に、量を変えながら炭酸カルシウムを加えたときの二酸化炭素の発生量(質量)の違いをグラフにまとめると共に、その結果になった理由を説明する。</p> |
| 2 | <p>【原子量・物質質量 I】 鉄と硫黄を化合させる実験において、質量が鉄：硫黄＝①5g：5g ②5g：3g ③5g：1g のとき、鉄が全て硫黄と化合する場合を予想し、実験を通して追究する。</p> |
| 3 | <p>【原子量・物質質量 II】</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄原子 (Fe) と硫黄原子 (S) は 1 : 1 の割合で化合して硫化鉄 (FeS) になるのに対し、質量の割合が 1 : 1 とはならない理由を、原子には固有の質量があることと関連づけて説明する。 原子量の概念を理解し、銅と酸素が化合する質量の比を求めることができる。 |
| 4 | <p>【定比例の法則】</p> <ul style="list-style-type: none"> 酸化銅における銅と酸素の質量比が 4 : 1 であることを、実験によって確かめる。 |
| 5 | <p>【テルミット反応と収率】</p> <ul style="list-style-type: none"> アルミニウムによって酸化鉄から鉄を取り出す実験(テルミット反応)を行い、実際に得られた質量と理論値を比べ、その収率を求める。 |

で化合するから」というものであった。また、少数ではあったが「鉄と硫黄の原子 1 個の質量は違うから、その質量の大きさによってなんともいえない」という考えもあった。そして、実験によって未反応の鉄粉が生じるのが③のみになったことを確認し、②鉄：硫黄＝5g：3g でも鉄粉が余らない理由を考えた。すると、図 3 に示す考え方を考える生徒が認められた。

- それぞれの密度をもとに、鉄と硫黄が化合する質量比について考える生徒
- 鉄と硫黄の原子 1 つあたりの質量の違いから、同じ質量における原子の数の違いをもとに考える生徒
- 原子の結合比と原子 1 つの質量比を関連づけながら考える生徒
- 数式や計算を用いて、原子 1 個あたりの質量比や、同じ質量における個数の比を考える生徒
- 資料集から「原子量」の考え方をを見つけ出し、比を使った計算をして考える生徒

小集団や全体追究においては、「鉄と硫黄では原子 1 つの質量が異なるため、同じ質量でも原子の数が異なる」ということを確認し、そのために鉄と硫黄の原子の結合比と、化合する質量の比が異なることをおさ

The image shows five panels (a-e) of handwritten student work:

- a:** Discusses density and atomic volume. States Fe:S = 1:4. Shows calculations for 5g of S (20 atoms) and 5g of Fe (12 atoms), concluding Fe is in excess.
- b:** Compares atomic masses. Fe atom is heavier than S atom. Shows 5g Fe has 11 atoms, 5g S has 17 atoms. Concludes Fe is in excess.
- c:** Uses a grid method to compare atoms. 5g Fe is 100 atoms, 5g S is 30 atoms. Shows Fe is in excess.
- d:** Derives the mass ratio of Fe and S. Fe:S = 7:4. Shows that for 5g S, only 2.8g Fe is needed, so the rest of the 5g Fe is unreacted.
- e:** Compares atomic masses (Fe > S). Shows that for 5g S, only 2.8g Fe is needed, so the rest of the 5g Fe is unreacted.

図 3. 生徒が考えた鉄：硫黄＝5g：3g でも鉄粉が余らない理由

えた。そして、鉄と硫黄の原子量を紹介し、それを踏まえて鉄：硫黄＝①5g：3g、②5g：3g、③5g：1g で化合させたときの鉄の過不足について検討し、①と②において鉄が余らないことを確認した。最後に、銅と酸素の原子量から、過不足なく化合するための質量比を計算により求め、第 4 時へとつなげた。

(2) 3 年生における実践とその評価

① 単元計画

本単元の鍵概念は「中和」である。中和を考える際には、水溶液中の水素イオンと水酸化物イオンの量的関係について、粒子モデルを用いて図示しながら考えることが重要である(図3a~c)。このことは、その後の「中和における水素イオン・水酸化物イオンの量的関係」について考える際に有効である。

本単元では、中和における水素イオン・水酸化物イオンの量的関係に着目しながら現象を考えさせ、物質量の学習につなぐために、2年時に扱った「原子の固有の質量比(原子量)」の考え方を導入する。通常中学校では、原子やイオンの個数のみを考えるだけであるが、高校化学基礎でmol数を考える際には、原子量という原子1つあたりの質量(比)が必須となる。原子やイオンの「個数」と「1つあたりの質量」とを

表7. 3年生「酸、アルカリとイオン」単元計画

| | |
|---|---|
| 1 | 【単元ガイダンス】 リンスインシャンプーが酸性・中性・アルカリ性のどの性質を示すか予想し調べる。 |
| 2 | 【酸性, 中性, アルカリ性 I】 酸性, 中性, アルカリ性の水溶液にはどのようなものがあるか調べる。 |
| 3 | 【酸性, 中性, アルカリ性 II】 ・前時の実験結果から, 酸性とアルカリ性の水溶液を決める要因について仮説を立て, 検証実験をもとに説明する。 ・酸性とアルカリ性の違いが, 水素イオンと水酸化物イオンの存在によるものであることを理解する。 |
| 4 | 【中和 I】 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜると水と食塩が生成する中和反応を, 水溶液中のイオンの様子に着目して説明する。 |
| 5 | 【中和 II】 さまざまな中和反応について化学反応式で表し, 生成する塩を実験で取り出す。 |
| 6 | 【中和 III】 うすい硫酸に水酸化バリウム水溶液を加えたときの電流の変化について, 結果を示すグラフを描き, そのようなグラフになった理由を説明する。 |
| 7 | 【中和 IV】 ・pHの差が1未満である2つの水溶液の酸性度の違いを調べる方法を提案する。 ・中和滴定の身近な利用例に関心をもつ。 |
| 8 | 【中和 V・質量パーセント濃度とモル濃度】 同じ質量パーセント濃度の塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を等量混ぜても中性にならない理由を説明する。 |

関連づけて考えられることが、高等学校との接続には重要である。

以上をもとに作成した単元計画を、表7に示す。

②授業実践例

第8時：【中和V・質量パーセント濃度とモル濃度】

本時では、単元計画の考え方にもとづき、学習課題を「5%の塩酸100mlと5%の水酸化ナトリウム水溶液100mlとを混ぜたとき酸性になるのはなぜか」とした。この課題に対し、個人→小集団追究の中で、図4に示す考えをもつ生徒を認めることができた。

a

H⁺, OH⁻の質量に違いがあるから
OH⁻の方が質量が入り(+)の
→質量が大きいも数が多いわけではない
総合数は少ない

b

HCl NaOH
1+35.5=36.5 23+16+1=40
→ 9:10.17220 → 9:10が中性
HClが5.1g NaOHが5.3g
9:10 = 4.77 → 5.3だから
中性にするためにはHClが4.77g
NaOHが5.3gが必要
HClの量が4.77より大きいので
酸性になる。9:10.17220

c

個人追究
H:OH(質量) = 1:17
HCl(質量) = 102g → 102g
NaOH " (100g) → 100g
102と100を9:10
102と100を9:10
9:10 = 0.5666...
9:10 = 0.5666...
HCl = 0.5666...
NaOH = 0.5714...
NaOH < HCl
資料(前回) 参照

小集団一全体

水溶液中の粒子の質量も、(2)の100質量分があるが、粒子(分子)が100質量分がある。性質を決めるのはイオンである。中和するものは2つのH+とOH-が1つずつあがって中性になる。

d

(1) 102g (2) 106g
102/36 = 2.833... 106/40 = 2.65
質量比 36 = 40
9 = 10
100を90にする
90%
HClは 100g → HClは100g
5.1 × 100 = 510 5.3 × 100 = 530
HClの方が99%

図4. 生徒が考えた溶液が酸性になる理由

これらを提案した生徒の考えの特徴は以下のようなものであった。

- a.物質の質量と、粒子の数との違いを図示(モデル化)して考える生徒
 - b.それぞれの原子量をもとに、ちょうど中性になるための水溶液中の粒子の質量を比の計算を用いて求めて説明する生徒
 - c.それぞれの原子の原子量をもとに、質量を原子量の比で割って粒子の個数を求めて説明する生徒
 - d.それぞれの原子量をもとに、いくつかの原子の個数を1つのまとまりとして考えその質量を出し、そこから1gあたりの粒子の個数を求めて説明する生徒
- 特に、dの考え方の生徒は、「原子量」と「いくつかの原子の個数を1つのまとまりとして考える」という2つの考え方を統合した、まさに高等学校で学習する「物質」に直結する考え方を示している。そして、全体追究の場でそれぞれの考え方を確認した。

本時の最後には、「原子の質量÷原子1つの質量=原子の個数」という考え方であることをまとめた。

4) 実践後のアンケート結果

本授業を受けた生徒の、高校理科基礎科目の学習に関する意識調査の結果を下に示す(表8, 9)。

表8. 高校理科で難しさを感じている生徒の割合

| | 物理基礎 | 化学基礎 |
|---------|-------|----------------|
| | 運動方程式 | 物質質量・モル計算・モル濃度 |
| 本授業未履修者 | 49% | 59% |
| 本授業履修者 | 23% | 45% |

表9. 中学校の授業が役に立ったと思う生徒の割合

| | 物理分野 | 化学分野 |
|----------|------|------|
| 役に立った | 91% | 81% |
| 役に立たなかった | 9% | 19% |

アンケート結果より、本実践が高等学校での学習、特に物理基礎での学習に対して効果があったことが分かる。化学基礎についても効果が認められたが、難しいと感じている生徒の割合は高く、本校での実践だけでは足りず、難しい内容であることが明らかとなった。しかしながら、中学校での化学授業が役に立ったとする生徒が8割以上いることから、本授業の効果が一定程度あったことは確認できた。

以上の理由として考えられることは、物理領域は、中高の接続を意識した授業として、加速度などの概念を単元を通して長期的かつ継続的に活用しながら考えていくのに対し、化学分野は、中高接続の仕掛けとしての「原子の固有の質量」「原子の結合比と質量比の違い」「比や割り算を用いた考え方」といった内容が

個別的に扱われ、物理領域のように継続した活用場面を多くとれなかったことである。本実践の有用性は認められたものの、物質質量の学習内容の難しさは、改めて指摘しておく必要がある。

5. おわりに(考察と今後の課題)

物理領域においては、「加速度概念の導入」「グラフ、公式の意味理解」などを、単元を通して活用しながら学習したことの効果が認められた。物理領域における中高接続の問題に関しては、溝上(2017)も加速度・質量と加速度の関係に関する中学校での学習と、高校での運動方程式の学習のつながり、ならびに物体に働く力の同定が、高校での物理の学習にとって重要であることを指摘しており、本研究の結論との整合性が認められる。

一方化学領域では、「原子には種類によって固有の質量があること」「比や割り算を用いた考え方」などを継続的に活用して考える場面を設定することができなかった。モル概念やその計算方法そのものは中学校で扱うことはできないものの、「原子の固有の質量」「比や割り算」といった考え方は中学校の学習範囲内でも十分に扱うことができる。2年生「化学変化と質量」の単元においては、原子の性質を活用しながら学習していく単元であるため、そこにいっそう着目して単元の文脈を設定することは可能であると考えられる。また、3年生「酸、アルカリとイオン」においては、「酸、アルカリの性質や中和」という定性的な内容と、「中和における量的関係」という定量的な学習とを分けて単元の文脈を設定することで、より化学変化における量的関係に着目した授業展開が可能であると考えられる。今後は、化学領域において、より量的関係について考えられる単元開発を試みたい。

引用文献

- 文部科学省(2014)中央教育審議会答申第177号「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について(答申)」平成26年12月22日
- 前川泰信(2012)高校入学者適応援助のために留意すべき中高間ギャップの諸相—公立学校におけるアーティキュレーション改善試案—。岐阜大学教育学部教師教育研究8, pp.183-196
- 宇野秀夫他(2008)理科好きな子どもたちを育てる試み(その2):小中高校の授業実践の紹介と考察。日本理科教育学会第58回全国大会要項, p.306
- 今井泉, 濱中正男(1997)モル概念を定着させる中高一貫カリキュラムとその指導法の開発。日本理科教育学会第47回全国大会要項47, p.69
- 西本保宏他(2013)中高の接続を円滑に進める中学校の理科指導:中学校第3学年「運動の規則性」の授

業を通して. 日本理科教育学会第 63 回全国大会要
項, p.280

藤原僚他 (2014) 中高の接続を円滑に進める中学校の
理科指導: 化学基礎での学習を見通した授業づく
り. 日本理科教育学会第 60 回東海支部大会要旨集
p.44

田村健治 (1998) 魅力的で理解しやすい授業展開の開
発 (I): 担任取り扱いと物質量 (モル) の単元の
指導. 化学と教育 46 (11), p.744

溝上忠彦 (2017) 「力と運動」の効率的な中高の接続.
北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀
要, 29, pp.16-19