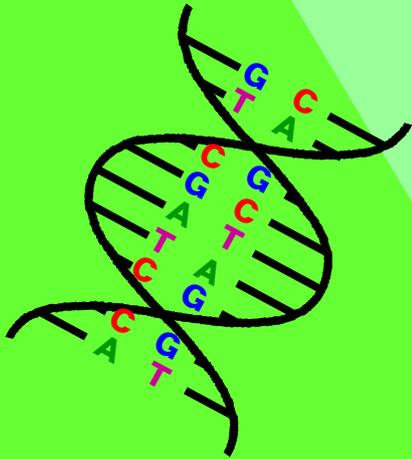
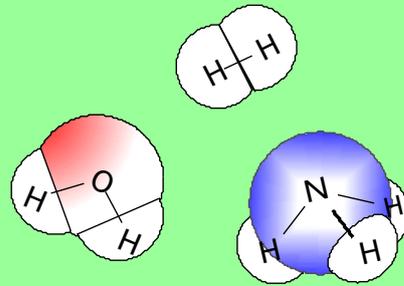
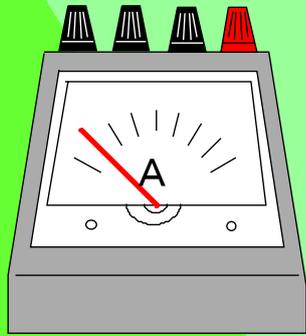


# 系統性を踏まえた理科の授業づくり

—科学的な見方や概念を柱とした観察，実験の実践例—





## 目次

0 実践の概要	p 1 ~ 9
I はじめに	p 10 ~ 19
1 研究の目的	
2 研究の背景	
3 理科の学習指導に関するアンケート	
4 本研究の方向性について	
II 物理領域	p 20 ~ 31
1 物理領域における系統性	
2 「グラフを分析し解釈しよう！」	
3 「直列・並列から学ぶ電流・電圧概念」	
4 実践から見えてきた物理領域における系統性	
III 化学領域	p 32 ~ 39
1 化学領域における系統性	
2 「分子モデルをつくろう！」	
3 「化学変化の規則性を見い出そう！」	
4 実践から見えてきた化学領域における系統性	
IV 生物領域	p 40 ~ 47
1 生物領域における系統性	
2 「DNAを実感しよう！」	
3 「メダカから生命を学ぶ」	
4 実践から見えてきた生物領域における系統性	
V 地学領域	p 48 ~ 51
1 地学領域における系統性	
2 「モデルで液状化を理解しよう！」	
3 実践から見えてきた地学領域における系統性	
VI おわりに	p 52
<参考資料>資料1, 資料2	p 54 ~ 57

# 系統性を踏まえた理科の授業づくりに関する研究

## 研究の背景

学習指導要領の改訂に当たっての基本的な考え方

科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から探究的な学習活動をより一層充実する。

- 「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について」（国立教育政策研究所）から見えた課題  
【物理領域】グラフの作成等を通して、量的な関係の意味を理解する  
【化学領域】化学的な事物・事象を粒子のモデルと関連付けて理解する  
【生物領域】実物と模式図・模型と対応させながら、多様性の中に共通点を見いだす  
【地学領域】地学的な事物・事象について、時間概念と空間概念の形成を図る

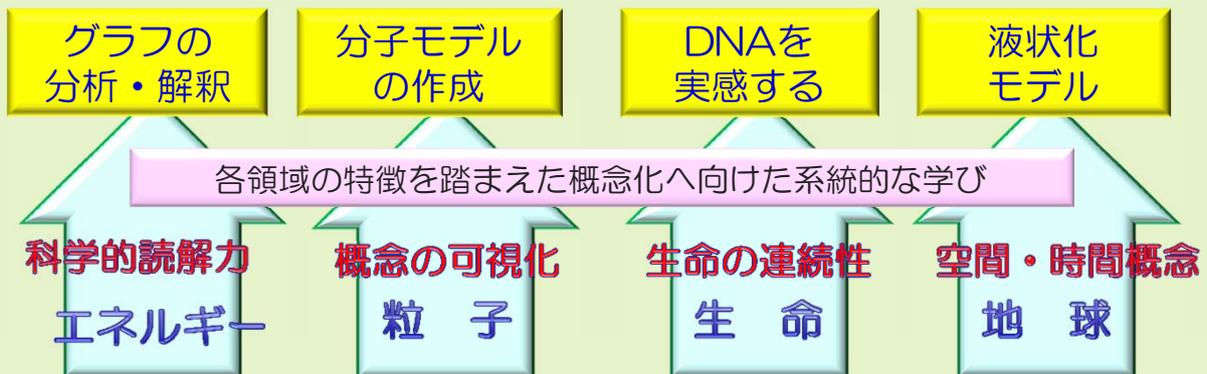
- 「理科学習指導アンケート」等（岡山県総合教育センター）から見えた課題  
【物理領域】グラフのかき方、グラフの理解について課題がある  
【化学領域】目に見えないものを考えること、定量的に捉えることに課題がある  
【生物領域】DNAなど、目に見えないものについて実感させにくい  
【地学領域】スケールが大きく空間的なイメージをもたせにくい

## 研究の目的

各領域における「科学的な思考力・表現力の育成」に欠かせない学びを分析するとともに、観察、実験を中心とした、科学的な見方や概念の柱を意識した授業実践を行うことで、中・高等学校の接続を中心とした、系統性を踏まえた理科の授業づくりについて提案する。

## 研究の内容

科学的な見方や概念の柱を意識した観察、実験事例



- 中・高等学校の接続を中心に、理科の内容の系統性に配慮した授業実践

- ・問題を見だし観察、実験を計画する学習活動
- ・観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動
- ・科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動

- 系統性を考えた授業づくりの視点

- 【物理領域】グラフを分析し解釈する力を身に付けさせる
- 【化学領域】化学的な事物・現象について、「粒子」をイメージしながら考えさせる
- 【生物領域】本物に触れさせ、生物の「共通性」を見いだす
- 【地学領域】学習した「地学的な事物・現象」を「身近な事物・現象」へとつなぐ

# 物理領域「エネルギーの見方」 グラフを分析し解釈しよう！

## 中学校理科

第1分野 (5) 運動とエネルギー  
ア 運動の規則性 (ウ) 力と運動

時間と速さのグラフから移動距離を求める方法を考えよう。

**導入** 斜面を下る運動の実験結果をワークシートにまとめる。

- ・ 斜面を下る台車に働く力の大きさを考える。
- ・ 横軸と縦軸の変数(時間と速さ)を確認する。
- ・ 時間と速さのグラフが一次関数であることを確認する。



実験結果を記録する

## 展開

①時間と移動距離のグラフを作図する。

- ・ 時間と移動距離の関係のグラフを作図する
- ・ 横軸と縦軸の変数(時間と移動距離)を確認する。
- ・ 二次関数のグラフであることを確認する。



班で話し合う様子

②時間と速さのグラフから移動距離を求める

- ・ 十分な時間の中で、4人班で話し合う。
- ・ 考えた内容を板書する。



自分たちの考えを板書する様子

**まとめ** グラフには変数の他にも重要な意味をもつことを確認する。



グラフの意味を説明する

<グラフを分析・解釈するポイント①>

- ・ グラフ作成の目的を明確化する。
- ・ グラフの縦軸と横軸の変数を確認し、その関係性を既存の知識を活用して考察する。
- ・ 今までに習得してきた知識や技能を活用し、科学的な根拠をもって推論する。

## 関連する単元

中学校理科 第1分野

(5) 運動とエネルギー

イ 力学的エネルギー

(ア) 仕事とエネルギー

実験を行い、分析して解釈させその規則性を見いださせる。

高等学校理科 『物理基礎』

(1) 物体の運動とエネルギー

ア 運動の表し方

(ア) 物理量の測定と扱い方

物理量の測定の表し方、分析の手法を、身近な物理現象の解析を通して理解させる。

## 課題

- ◆「平成24年度全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた詳細分析」から
  - 量的な関係の意味を理解することに課題がある。
  - 観察、実験の結果を表にまとめたり、数値を処理したり、グラフ化したりする学習活動を充実させる。
- ◆「理科学習指導アンケート」から
  - グラフの書き方・グラフの理解などが定着していない。

## 高等学校理科

『物理基礎』(1) 物体の運動とエネルギー  
ウ 力学的エネルギー (イ) 力学的エネルギーの保存

横軸と縦軸に注目しグラフから分かる物理量を見付けよう。

**導入** 浮力の大きさとエネルギーの関係を考える。

- ・ グラフの縦軸と横軸に着目することで、実験の目的(仕事の大きさを求めること)を確認する。



実験方法を映像で確認する

**展開** 「浮力と仕事の実験」  
物体を沈めたときに手が行う仕事を求める実験を行う。

- ・ グラフの縦軸と横軸以外でグラフから読み取ることができる物理量を考える。

**まとめ** グラフの面積が示す物理量を意識することで、見方や考え方が広がる。



班で協力し実験する様子

## 生徒の記述例

- ・ 浮力の大きさを実感できた。少しグラフが身近なものに思えた。
- ・ グラフに表すことで、いろいろな事が読み取れるようになることが分かった。
- ・ 数学と物理の強いつながりを感じた。

<グラフを分析・解釈するポイント②>

- ・ 従属変数(変化させる要因に伴って変わる事象)を確認し、独立変数(変化させる要因)を考える。
- ・ グラフ化により抽象化することで、関係性や規則性を発見し、「非連続型テキスト」として読解力を身に付けさせる。



グラフの見方を広げるための視点を与える

## 物理領域における系統性

- ・ 物理学の特徴は、できるだけ単純化した条件下で、自然の事物・現象について観察、実験を行い、観測・測定された量の間からより普遍的な法則を見いだし、さらに、その法則から新しい事物・現象を予測したり、説明したりすることができることである。
- ・ グラフを分析し解釈する力は「選択物理」や「数学の微分積分」の学びにも繋がる、大切な科学的思考力といえる。

# 化学領域「粒子の存在」「粒子の結合」

## 分子モデルをつくらう!



### 中学校理科

第1分野 (4) 化学変化と原子・分子  
ア 物質の成り立ち (イ) 原子・分子

モデル作成を通して、分子という粒子の存在について理解する。

**導入** 原子から分子ができるときの決まりを説明する。(板書等)

- ・原子によって結合する「手」の数が決まっている。
- ・「手」と「手」をつないで結合ができる。
- ・「手」が余らないように分子が形成される。



結合についての説明(導入)

**展開** グループでモデルを作成する。

- ①水素 $H_2$ 、水 $H_2O$ 、アンモニア $NH_3$ 、メタン $CH_4$ は全員作成
- ②酸素 $O_2$ 、二酸化炭素 $CO_2$ 、窒素 $N_2$ は分担して作成
- ③塩化水素は発展



原子どうしの結合



分子モデル作成の様子



グループによるモデル作成

### まとめ

モデル作成を通して、分かったこと、気付いたこと、疑問に思ったことなどを書く。

### 生徒の記述例

分子は、手があつたところが手をつないで分子のモデルを作るとよくわかりました。  
一つの分子は、配数があつた。その配数をどうしようかということになり、配数の意味がよくわかりました。しかし、分子の目的には見えませんが、これを承知のために人を見つけたらいいなと思いました。という、この見つけたのがいいです。と、とても楽しい授業でした。

### 関連する単元

中学校理科 第1分野  
(6) 酸・アルカリイオン  
イ 原子の成り立ちとイオン  
溶液の電気伝導性などの現象をイオンという「粒子」でとらえる。

高等学校理科『化学基礎』  
(3) 物質の変化  
ア 物質と化学反応式  
化学反応式の係数や結合の生成など、分子モデルを通して考える。

### 課題

- ◆「理科の学習指導の改善・充実にに向けた調査分析について」から  
○事物・現象について粒子のモデルと関連付けて理解することに課題がある。
- ◆「理科学習指導アンケート」から  
○(中学校) 目に見えない原子・分子を想像しながら思考することが苦手である。  
○(高等学校) 原子・分子・イオンを混同している生徒がいる。

### 高等学校理科

『化学基礎』 (2) 物質の構成  
ア 物質の構成粒子 (イ) 電子配置と周期表  
イ 物質と化学結合 (ウ) 分子と共有結合

モデル作成を通して、共有結合による分子の形成について理解する。

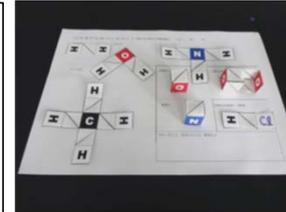
**本時** 中学校理科で学習した分子についてモデルを作成する。  
※原子の「手」(価標)の数や共有結合の生成をイメージさせる。

**次時** 電子配置, 価電子, 不対電子, 共有結合, 分子の生成を学ぶ。

- ・前時に作成した分子モデルを見ながら、原子モデルの△の部分について説明し、共有結合のでき方を確認する。



分子モデル用紙



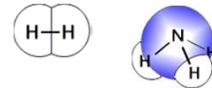
完成した分子モデル



分子モデル作成の様子

### まとめ

水素が $H_2$ 、水が $H_2O$ 、アンモニアが $NH_3$ という分子を形成する理由を考え説明する。

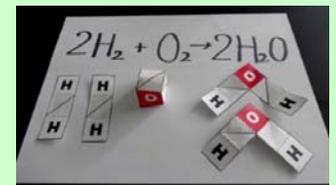


### 生徒の記述例

- ・モデルの△の数には深い意味があるんだと思った。
- ・分子について理解できたときに達成感と面白さがこみ上げてきた。
- ・周期表やイオン式だけでは分子の構造を理解しにくかったけど、今回の授業のように分子のモデルをつくると、どんな原子が何個あるのか、など分かりやすくてとても良いと思いました。

### 化学領域における系統性

- ・モデルや図などを利用して、化学的な事物・現象について、「粒子」をイメージしながら考える。
- ・「粒子」をイメージしながら、化学変化は新しい結合の生成を伴う変化であることを理解する。



分子モデルで表した化学反応

# 生物領域「生物の多様性と共通性」「生命の連続性」 DNAを実感しよう！

## 中学校理科

第2分野 (5) 生命の連続性  
ア 生物の成長と殖え方 イ 遺伝の規則性と遺伝子

身近な素材に、DNAは含まれているのか調べてみよう。

**導入** 染色体にはDNAが含まれていることを確認する。(板書等)

- ・生物はそれぞれ遺伝子をもっている。
- ・遺伝子の本体がDNAという物質である。
- ・私たちヒトは、他の生物を食べて生きている。

定性的な観察, 実験



実験結果の予想

**展開** 身近な素材からDNAを抽出する。

- ①DNA抽出方法を説明する。
- ②身近な素材からDNAが取り出せるか、予想させる。
- ③実験し、結果をプリントにまとめさせる。



DNA抽出の様子

DNAを抽出する材料として、生徒に身近な食材を利用する。また、考察の時間を十分に設定するために、抽出が比較的簡単な液体を材料に用いる。

(実験材料例) オレンジジュース, 乳酸菌飲料,  
バナナジュース, 青汁, スポーツ飲料など

## まとめ

- ①グループで、実験結果と考察を協議させる。
- ②クラス内で発表を行い、結果と考察を共有させる。

## 生徒のまとめ

「DNAは、すべての生物が共通してもっている」

実験結果	オレンジジュース	乳酸菌飲料	バナナジュース
抽出液の色	×	○	○
抽出液の臭気	○	○	○
抽出液の粘性	○	○	○

他の素材の結果	青汁	乳酸菌飲料	スポーツ飲料
抽出液の色	○	○	○
抽出液の臭気	○	○	○
抽出液の粘性	○	○	○

◎考察  
・DNAが抽出されたものには、どのような特徴や共通性があるだろうか？  
5/20/2018  
細胞の抽出液は、DNAの抽出液である。

## 課題

- ◆「理科学習指導アンケート」から
- (中学校) 遺伝子の単元は、イメージを膨らませるのが難しい。遺伝子の単元は、理論中心で「分かった」という実感をもたせにくい。
- (高等学校) 生物と遺伝子の単元では、効果的な観察、実験が少ない。DNAは具体的なイメージを構築し、前後の単元とのつながりをつくるのが難しい。

## 高等学校理科

『生物基礎』(1) 生物と遺伝子  
イ 遺伝子とその働き (7) 遺伝情報とDNA  
(イ) 遺伝情報の分配

DNA量と細胞の大きさの関係を調べてみよう。

**導入** 中学校理科で学習した概念や知識を確認した上で、細胞の大きさや個体の成長と細胞の関係について想起させる。

定量的な観察, 実験

- ・生物はそれぞれ遺伝子をもっている。
- ・遺伝子の本体がDNAという物質である。
- ・染色体にはタンパク質とDNAできている。

**展開** タマネギの鱗葉からDNAを抽出する。

- ①DNA抽出方法を説明する。
- ②タマネギの鱗葉の内側、外側を量り取る。
- ③これらを材料にして抽出実験を行わせる。
- ④個人で結果をプリントにまとめさせる。

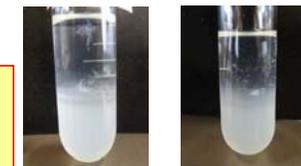


タマネギからDNAを抽出

## まとめ

- ①個人で結果から考察する。
- ②グループ内で結果、考察を協議する。
- ③DNAをより多く抽出したい場合、どのような材料を用いればよいか、実験を計画する。
- ④グループ内で実験の計画を協議する。

実験を  
デザイン  
する



鱗葉内側

鱗葉外側

## 生徒のまとめ

「細胞1個あたりのDNA量は一定なので、未分化な細胞など小さな細胞が集まった組織を材料にすれば、多くのDNAが回収できる」

## 関連する単元

中学校理科 第2分野  
(7) 自然と人間 ア 生物と環境  
生命の多様性と共通性、連続性を感じさせ、自然界における生物相互のつながりについて学びを深める。

高等学校理科 『生物基礎』  
(1) 生物と遺伝子 ア 生物の特徴  
生物領域全体を通して、生物は多様でありながら共通性をもっていることについて学びを深める。

## 生物領域における系統性

- ・「共通性」に着目して、授業実践を行うことで、共通性とともにも多様性という概念にも気付くことができる。
- ・抽象度が高くなる高等学校において、具体的な生物現象を示しながら観察、実験を行うと生徒の興味、関心、意欲を高めることができる。
- ・生物現象を自分の目で確認することが、抽象的な概念の形成にも大きな役目を果たす。

## 地学領域「地球の内部」

# モデルで液状化を理解しよう！

### 中学校理科

第2分野

- (2) 大地の成り立ちと変化
- (1) 地層の重なりと過去の様子
- (7) 人間と自然
- イ 自然の恵みと災害 (ア) 自然の恵みと災害

液状化がどのような現象かを理解する。

#### 導入

(事象の提示)

- T：今日は、地震が起こったときの様子について、考えていきたいと思います。こういった現象を知っていますか。(スクリーンに液状化の写真を提示、各班にカラーで同様のものを配布する。)
- S：液状化です。
- T：その通りです。皆さんが生まれる前の「阪神淡路大震災」の時に、海岸の埋立て地で起こった様子です。また、「東日本大震災」でも、このような現象がいたるところで起こりました。ところで液状化とはどんな現象か説明できますか。
- S：地震の時に、地面から水を含んだ泥が出てきたり、建物が傾いたりなどすることです。
- T：それではこれから行う実験(実習)が見えてきましたね。今日の実験は「実験室で液状化を再現してみよう。」です。(Tは先生、Sは生徒。生徒と会話しながら進行する。)



図1  
えきじょっかー

#### 展開・ まとめ

簡易液状化装置(「えきじょっかー」など)で液状化のメカニズムを確認する。

※高等学校で扱っている事例は中学校でも十分実施可能なものである。

高等学校においては、探究的な実験モデルとして、演示実験等で液状化の現象を説明した後に、土壌の割合を変えた地盤モデルをつくり、土壌の違いによって液状化現象の発生の違いを、予想を立てて実験を行い確認することなどが考えられる。

#### 関連する単元

中学校理科 第2分野  
(2) 大地の成り立ちと変化  
イ 地層の重なりと過去の様子

高等学校理科『科学と人間生活』  
(2) 人間生活の中の科学  
エ 宇宙や地球の科学  
(イ) 身近な自然景観と自然災害

#### 課題

- ◆「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について」から  
○科学的な概念と観察・実験の結果を関連付けた考察を苦手としている。
- ◆「理科学習指導アンケート」から  
○(中学校)教室内での観察・実験が行いにくく、抽象的概念が多いので苦手意識をもちやすい。

### 高等学校理科

『地学基礎』(2) 変動する地球  
エ 地球の環境 (イ) 日本の自然環境

実習2：身近な地域でも液状化が起こることを理解する。

#### 導入

(身近な事象の提示)

- T：これは何でしょうか。(スクリーンに液状化の写真を提示、各班にカラーで同様のものを配布)
- S：地図です。(〇市の地図です。)
- T：そうですね。〇市の地図です。色が付いているけれど、色の意味は何でしょうか。また、何の地図ですか。
- S：液状化のハザードマップです。
- T：その通りです。ところで液状化とはどんな現象か知っていますか。
- S：地震の時に、地面から水を含んだ泥が出てきたり、建物が傾くなどすることです。
- T：そうですね。では、このマップで色の違いがありますが、何が違うから、危険度が違うのでしょうか。
- S：地面の地下の様子かな。
- T：本当ですか？今日の目標が見えてきましたね。  
「地面の地下の様子の違いで、液状化がどのように起こるかについて調べる。」  
(Tは先生、Sは生徒。生徒の発言を適切に板書をしながら誘導していく。)

#### 展開

礫、砂、泥の入った容器に水を加え、振動させ、どれで液状化が起こっているかを調べる。(時間短縮のために、事前に容器に、礫、砂、泥に水をいくらか加えておく)

#### まとめ

知識と実習結果から身近な地盤について思考を深めさせる。



① 準備 ② 押し固める ③ 水を加える ④ 振動させる ⑤ 液状化が起こる  
図2 液状化実験の様子

#### 地学領域における系統性

- ・現象を教科書ベースだけにせず、身近な題材にもどし考えることを行う。
- ・写真や映像を見せるだけではなく、モデルの利用であっても、実際の現象を確認しながら探究的な思考を深めていくことにより、「空間的な広がり」の認識につなげていく。
- ・「なぜそのような地盤ができたのか」を考えることにより、「時間的な広がり」についても理解を深めさせたい。

## —理科指導資料—

# 系統性を踏まえた理科の授業づくりに関する研究

## I はじめに

### 1 研究の目的

平成20年3月に告示された小・中学校の学習指導要領及び平成21年3月に告示された高等学校学習指導要領（以下「学習指導要領」という。）においては、理数教育を充実する観点から、理科及び算数・数学の授業時数の増加、観察、実験などの活動の充実をはじめとする指導内容の充実が図られた。さらに、小・中学校理科及び高等学校理科の基礎を付した科目については、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの、科学の基本的な見方や概念を柱として、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化が図られるとともに、国際的な通用性、内容の系統性の確保などの観点から一貫性に十分配慮するように改善が示された。

この理科指導資料は、観察、実験を中心に、科学的な見方や概念の柱を意識した授業づくりについて、中・高等学校の接続を中心に、理科の系統性に配慮した授業実践例を提示しており、系統性を踏まえた理科の授業計画の立案や授業実施の参考としていただけることを目的に作成した。

### 2 研究の背景

#### (1) 理科の目標の系統性

次に示す、小・中・高等学校学習指導要領「理科」の目標は、小学校から高等学校までの理科の学びの一貫性を考慮して示されている。中学校では、「自然の事物・現象に進んでかかわる」とあるように、生徒が主体的に疑問を見付け、自らの課題意識をもって観察、実験を行うなど、自ら学ぶ意欲を重視した表現となっている。また「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」とし、科学的に探究する活動を一層重視し、高等学校との接続を明確にしている。

高等学校では、「科学と人間生活」や基礎を付した科目において、中学校理科との関連を考慮しながら科学的な思考力、判断力及び表現力を育成することを配慮して指導することが示されている。以下、各学校段階での理科の目標を示す。

#### ○小学校学習指導要領「理科」の目標

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

#### ○中学校学習指導要領「理科」の目標

自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

#### ○高等学校学習指導要領「理科」の目標

自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。

(2) 中学校学習指導要領「理科」改訂の要点（抜粋）

(1) 改訂に当たっての基本的な考え方

- ① 科学に関する基本的概念の一層の定着を図り、科学的な見方や考え方、総合的なものの見方を育成すること

「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として理科の内容を構成し、科学に関する基本的概念の一層の定着を図れるよう改善する。さらに、科学的な見方や考え方を育成し、科学技術と人間、エネルギーと環境など総合的な見方を育てる構成とする。その際、小学校との接続にも十分に配慮するとともに、国際的な通用性、内容の系統性の確保などの観点から改善を図る。

- ② 科学的な思考力、表現力の育成を図ること  
③ 科学を学ぶ意義や有用性を実感させ、科学への関心を高めること  
④ 科学的な体験、自然体験の充実を図ること  
…（略）…

(3) 内容の改善の要点

今回の改訂では、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として構成し、科学に関する基本的概念の一層の定着を図り、さらに、科学技術と人間、エネルギーと環境、生命、自然災害など総合的な見方を育てる学習へと発展させる構成とした。その際、小学校・中学校の一貫性に十分配慮するとともに、国際的な通用性、内容の系統性の確保などの観点から改善を図った。

(3) 中学校理科において追加及び移行した学習内容

今回の改訂で、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図っている。小学校、中学校及び基礎を付した科目について、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」を柱とした内容の構成を、資料1、資料2に示す。

また、高等学校から中学校に移行した主な内容を以下に示す。

[中学校理科・第1分野]

力とばねの伸び、重さと質量の違い、水圧、プラスチック、電力量、熱量、電子、直流と交流の違い、力の合成と分解、仕事、仕事率、水溶液の電気伝導性、原子の成り立ちとイオン、化学変化と電池、熱の伝わり方、エネルギー変換の効率、放射線、自然環境の保全と科学技術の利用

[中学校理科・第2分野]

種子をつくらない植物の仲間、無脊椎動物の仲間、生物の変遷と進化、日本の天気の特徴、大気の動きと海洋の影響、遺伝の規則性と遺伝子、DNA、月の運動と見え方、日食、月食、銀河系の存在、地球温暖化、外来種、自然環境の保全と科学技術の利用

(4) 高等学校学習指導要領「理科」改訂の要点（抜粋）

改訂に当たっての基本的な考え方

- (1) 科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から探究的な学習活動をより一層充実する。中学校との接続に配慮し、高等学校理科の各科目の構成及び内容の改善・充実を図るとともに、科学的に探究する能力と態度の伸長を図ることができるよう改善する。

## (5) 科学的な探究の過程を重視した指導の充実

理科の学習指導においては、科学的な見方や考え方、科学的な自然観を育成することを目標にしている。学習意欲を喚起させるとともに、学習内容や観察、実験の技能の確実な定着を図り、科学的な思考力や表現力等をバランス良く育てていくことが重要である。

具体的には、小学校理科では、問題解決の能力を学年ごとに重点的に育成するものとして示し、下の学年の問題解決の能力は上の学年の問題解決の能力の基盤となるよう構成し、中学校における学習につなげていくよう配慮している。

中学校理科では、小学校での学習を基礎としながら発展させ、科学的に探究する能力を育てるように配慮している。また、小学校で培った、比較したり、関係付けたり、条件に目を向けたり、推論したりするなどの能力を高めながら、中学校理科の第1分野と第2分野の目標に示した「観察、実験の結果を分析して解釈」するなどの能力の育成を図り、科学的な思考力や表現力を育成していくことが示されている。この「分析して解釈」は、科学的に探究するような学習の過程を重視する中で特に重要な位置付けであることを示している。また、指導計画の作成と内容の取扱いにおいて、「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動、観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動が充実するよう配慮すること」が示されている。

高等学校理科においても、「第3章 各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い」に、各科目の指導に当たっての配慮事項として、「観察、実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を充実すること」が示されており、さらに基礎を付した科目の大項目ごとに「探究活動」が位置付けられている。このように、高等学校においても、科学的な探究の過程を重視した指導の充実が求められており、系統性を踏まえた授業づくりを考える上で、この視点は欠かすことができないといえる。

## (6) 全国学力・学習状況調査結果等から見てきた課題

平成24年4月に全国学力・学習状況調査で初めて理科が実施された。『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について』から理科の結果においては、「観察、実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」などが課題とされたほか、「小学校と中学校との比較で理解や意欲の落ち込みが他教科に比べて大きいこと」「理科が実社会で役に立つという意識が他教科に比べて低いこと」などが明らかとなった。

また、JST（科学技術振興機構）理数学習支援センターが、中学校段階での理科教育の改善や充実を促すとともに、将来の科学技術を牽引する人材の育成を支援する施策の立案に資するため、平成25年3月に、全国の公立中学校及び中等教育学校417校、1,229名の理科教員と13,430名の第2学年の生徒を対象に全国調査を実施した。そして、その結果が、平成25年9月に「平成24年度中学校理科教育実態調査集計結果（速報）」として発表された。

各分野の指導について回答した割合を示したものが表1である。

表1 中学校理科教員が各分野の指導をどうとらえているか

	物理 (%)	化学 (%)	生物 (%)	地学 (%)
得意	22.54	35.31	24.41	17.09
やや得意	45.16	50.61	47.19	40.11
やや苦手	28.23	12.86	25.87	35.31
苦手	3.82	0.81	2.28	7.00
無回答	0.24	0.41	0.24	0.49

(N=1229)

中学校や高等学校の理科教員は、教科専門として採用されていることもあり、領域、分野の専門性の向上よりは、多感な時期を迎えている生徒への対応や、学習者の立場に立った発問の仕方や授業の組み立て方など、授業実践に必要な指導力に課題があるとされてきた。高等学校では多くの学校で、物理、化学、生物、地学をそれぞれ別の教員が指導しているが、中学校では、生徒数の関係などから、四つの領域それぞれの専門の教員が、一つの学校に在籍することはほとんどない。そのため、教員自身が専攻したり深く研究したりしていない分野や領域の授業も担当しているのが現状である。したがって、かなりの割合の中学校理科教員が、分野によっては苦手意識を抱えながら指導に当たっていることがこの回答からも明らかとなった。

また、「校内で、普段の話し合いを含め、理科やその他の教科の教員と、理科の授業改善につながる協議を行うことはどの程度ありますか」の問いに対して、ほぼ毎日協議していると回答した理科教員の割合は約5%、週に数回あると回答した教員は約25%、月に数回と回答した教員は約32%、年に数回と回答した教員が約31%であった。小学校と異なり教科担任制である中学校において、教科に関わる校内研修を行うことはなかなか困難な状況があり、他教科の教員も含めた教科の話し合いをすることが非常に少ない傾向であることが分かる。

今回の改訂では、特に中学校理科の授業時数が大きく増えた。この指導内容の中には、指導する教員にとって、これまで指導したことのない内容ばかりでなく、その教員自身が中学時代に学んでこなかった内容も含まれることになる。このことに加え、児童生徒の科学的な思考力・表現力や関心・意欲・態度など、到達状況を把握・分析し、課題の改善に向けた取り組みにつなげていくことが求められている。

児童生徒が抱えている課題は、ある日突然出てくるのではなく、小・中・高等学校という発達の段階、あるいは教育の系統的な指導の中で、どこかにつまずきの要素があり、それが積み重なることによって顕在化してくる。このことは、児童生徒の学習に対する受け止め方が年齢とともに消極的になっていく傾向にも当てはまっている。

このような状況の中で、約90%の教員が「理科の授業」や「理科の教材研究」に「力を入れて取り組みたいと思っている（理想）」と回答しているのに対し、現実的には「日頃から力を入れて取り組んでいる（実態）」と答えている教員が少ないことも見えてきた。

これらを踏まえ、本研究では理科の柱である観察、実験を柱に科学的な思考力、表現力を育む授業づくりについて、理科の内容の系統性に配慮することの重要性を明らかにするとともに、授業実践を提示したいと考えている。

## (7) 理科の学習内容の系統性

理科の学習内容は図1に示すように、スパイラルを描きながら学習を深めていく構成となっている。そのためにも、小学校段階でどのような「エネルギー」や「粒子」、「生命」や「地球」の見方や概念が培われれば、中学校段階での学習に役立つのか、あるいは、中学校段階でどのような指導が行われると高等学校段階での学習に役立つのかといった、校種間の理科の内容の系統性に配慮した指導を行うことが大切である。その中で、科学的な思考力や表現力を育成する視点を踏まえ、次に示す三つの学習活動を積極的に取り組んだ授業実践を提示したい。

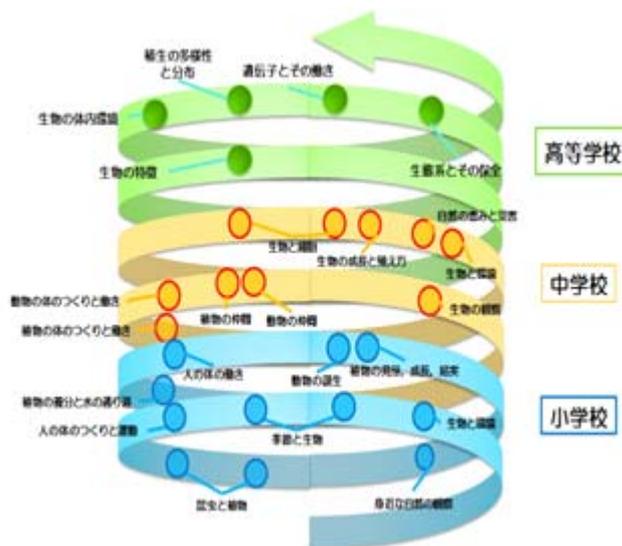


図1 各学校段階での「生命」領域の学習内容

## (8) 科学的な思考力や表現力を育成するための学習活動

### 問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動

- ・実験を行う際には、教師が実験の要因や条件を全て示すのではなく、生徒の状況を踏まえて段階的に、実験を計画させる学習活動を取り入れた授業を展開することが大切です。
- ・生徒自らが、話し合いなどの言語活動を通して、問題を見だして予想や仮説を立てたり、従属変数（変化させる要因に伴って変わる事象）を確認し独立変数（変化させる要因）を考えたり、観察・実験の条件の制御について考えたりする学習活動を取り入れた授業を計画する必要があります。

### 観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動

- ・生徒自らが、話し合いなどの言語活動を通して、観察・実験の結果を分析し解釈してまとめる学習活動を取り入れた授業を展開することが大切です。その際、どの結果を関連させて分析し、どのように解釈したのかを明確にするように指導します。
- ・中学校で観察・実験を行う際には、「比較したり、条件に目を向けたりする」などの小学校での学習の成果を生かし、観察・実験の結果を分析し解釈するなどの能力を育成することに留意します。
- ・観察・実験の結果を分析し解釈する場面では、科学的な知識や概念と根拠に基づき、筋道を立てて考えをまとめ説明できるように指導します。また、発表の際には、結論と根拠を整理して述べるように指導します。
- ・観察・実験の結果から量的な関係を考察させる場面では、測定結果を表にまとめることで規則性（変数の関係）を見付けさせます。また、数的処理をさせたのちに、グラフを作成させることで関係性を見付けさせたり、式で表させたりします。

### 科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動

- ・観察・実験における予想や考察など自分の考えを、周りの人に説明したり発表したりする学習活動を取り入れた授業を展開することが大切です。  
その際、基礎的・基本的な知識や技能を活用し、科学的な根拠に基づいて、自らの考えや他者の考えに対して、多面的、総合的に思考して検討し、改善できるような学習場面を設けます。
- ・理科と日常生活や社会との関連を図った学習活動においては、生徒自らが学習したことを普段の生活の中で活用できないかを考えたり、説明したりする学習活動を取り入れます。
- ・科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていること、理科で学習することが様々な職業と関係していることなど、日常生活や社会との関連を重視した学習を通して、科学を学ぶ意義や有用性を実感させ、科学への関心を高めるような学習活動を取り入れます。

『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について』（国立教育政策研究所）より

### 3 理科の学習指導に関するアンケート

本研究では、平成25年度に、岡山県の公立中学校、高等学校の理科教師を対象として理科の学習指導についてのアンケート調査（以下「理科学習指導アンケート」という。）を実施し、各学習項目における指導上の課題などについて集計を行った。なお、高等学校理科は、「科学と人間生活」「基礎を付した科目」について調査した。中学校から40名、高等学校から134名の回答を得た。アンケート内容と調査結果について、中学校は表 I - 1 に、高等学校は表 I - 2 に示した。また、課題があると感じる学習項目について、主な理由を合わせて示した。

表 I - 1 中学校理科学習指導アンケートの結果

質問1:担当している理科の授業において、指導しにくい学習項目を物理、化学、生物、地学領域にて、それぞれ三つ選んでください。  
 質問2:担当している理科の授業において、生徒が理解しにくいと思われる学習項目を物理、化学、生物、地学領域について、それぞれ三つ選んでください。また、その理由も書いてください。

	学年	物理	質問1	質問2		学年	化学	質問1	質問2
理 現 象	1	(ア)光と音の性質	2	2	身 の 回 り の 物 質	1	(ア)身の回りの物質とその性質	0	0
		(イ)凸レンズの働き	8	7			(イ)気体の発生と性質	2	1
		(ア)力の働き	2	4			(ア)物質の溶解	0	0
		(イ)圧力	17	9			(イ)溶解度と再結晶	8	8
電 流 と そ の 利 用	2	(ア)回路と電流・電圧	2	2	化 学 変 化 と 原 子 ・ 分 子	2	(ア)状態変化と熱	1	0
		(イ)電流・電圧と抵抗	10	8			(イ)物質の融点と沸点	1	1
		(ウ)電気とそのエネルギー	2	2			(ア)物質の分解	1	1
		(エ)静電気と電流	4	1			(イ)原子・分子	5	1
		(ア)電流がつくる磁界	10	2			(ア)化合	2	2
運 動 と エ ネ ル ギ ー	3	(イ)磁界中の電流が受ける力	7	5	化 学 変 化 と イ オン	3	(イ)酸化と還元	3	1
		(ウ)電磁誘導と発電	2	2			(ウ)化学変化と熱	2	1
		(ア)力のつり合い	6	2			(ア)化学変化と質量の保存	3	4
		(イ)運動の速さと向き	1	3			(イ)質量変化の規則性	11	11
		(ウ)力と運動	6	2			(ア)水溶液の電気伝導性	2	1
人 間	3	(イ)仕事とエネルギー	9	4	化 学 変 化 と イ オン	3	(イ)原子の成り立ちとイオン	9	9
		(イ)力学的エネルギーの保存	3	2			(ウ)化学変化と電池	7	3
							(ア)酸・アルカリ	3	1
							(イ)中和と塩	4	3
							(ア)様々なエネルギーとその変換	2	0
人 間	3				科 学 技 術 と 人 間	3	(イ)エネルギー資源	4	0
							(ア)科学技術の発展	8	1
							(ア)自然環境の保全と科学技術の利用	5	1

	学年	生物	質問1	質問2		学年	地学	質問1	質問2
植 物 の 生 活 と 種 類	1	(ア)生物の観察	1	2	大 地 の 成 立 と 変 化	1	(ア)火山活動と火成岩	2	1
		(ア)花のつくりと働き	2	0			(イ)地震の伝わり方と地球内部の働き	7	7
		(イ)葉・茎・根のつくりと働き	3	1			(ア)地層の重なりと過去の様子	8	3
		(ア)種子植物の仲間	0	0			(ア)気象観測	1	1
		(イ)種子をつくらない植物の仲間	7	2			(ア)霧や雲の発生	3	6
動 物 の 生 活 と 変 遷	2	(ア)生物と細胞	1	2	気 象 と そ の 変 化	2	(イ)前線の通過と天気の変化	4	4
		(ア)生命を維持する働き	6	2			(ア)日本の天気の特徴	0	1
		(イ)刺激と反応	4	1			(イ)大気の動きと海洋の影響	5	1
		(ア)脊椎動物の仲間	1	1			(ア)日周運動と自転	9	6
		(イ)無脊椎動物の仲間	3	2			(イ)年周運動と公転	12	10
連 綿 性 の 生 命	3	(ア)生物の変遷と進化	12	4	地 球 と 宇 宙	3	(ア)太陽の様子	3	0
		(ア)細胞分裂と生物の成長	6	1			(イ)月の運動と見え方	12	6
		(イ)生物の殖え方	4	3			(ウ)惑星と恒星	3	1
		(ア)遺伝の規則性と遺伝子	17	9			(ア)自然界のつり合い	1	0
							(イ)自然環境の調査と環境保全	5	1
人 間	3				自 然 と 人 間	3	(ア)自然の恵みと災害	4	0
							(ア)自然環境の保全と科学技術の利用	6	1

【物理領域】

[単元]第1学年 (イ)圧力 [理由]計算を苦手とする生徒が多く、1年生にとって特に単位の換算は難しい。N,Paなどの単位や、計算式などを理解させにくい。単位などが実生活とかけ離れている。

[単元]第2学年 (イ)電流・電圧と抵抗 [理由]目に見えないから、関係を教えにくい。計算問題があり、割り算が苦手である。

[単元]第2学年 (ア)電流がつくる磁界 [理由]「電気が苦手」というイメージが定着している可能性が高い。目に見えないものを理解できない生徒が多く、イメージが伝わりにくい。実験結果から考察させることが難しい。

[単元]第2学年 (イ)磁界中の電流が受ける力 [理由]理由を視覚的に指導しにくく、イメージを生徒にうまく伝えられない。

【化学領域】

[単元]第1学年 (イ)溶解度と再結晶 [理由]グラフの読み取りと計算を苦手とする。

[単元]第2学年 (イ)質量変化の規則性 [理由]実験値と理想値が一致しない。

[単元]第3学年 (イ)原子の成り立ちとイオン [理由]「イオン」を説明するのが難しく、原子がイオンになる過程が理解しにくい。教科書用語をそのまま使うと生徒の反応が非常に悪く、電解質、価数などイメージしにくいものが多い。電気を苦手とする生徒が多く、現象からイオンの存在を想像しなければならない。

[単元]第3学年 (ウ)化学変化と電池 [理由]イオンのやりとりについてうまく伝えられない。イオンのが分かりにくく、移動するとさらに難しく感じるようだ。イオンの移動が目に見えず、理論も難しい。

【生物領域】

[単元]第2学年 (ア)生物の変遷と進化 [理由]観察、実験が少なく座学ばかりになりがちであり、進化の過程を教えにくい。

[単元]第3学年 (ア)細胞分裂と生物の成長 [理由]観察材料の準備が課題である。

[単元]第3学年 (ア)遺伝の規則性と遺伝子 [理由]イメージを膨らませるのが難しく、一方的な説明に終始する。なかなか実験ができず実感しにくい。理論中心で「分かった」という実感を持ちにくいのでは。生徒の実体験が乏しい。どこまで指導すべきか分からない。

【地学領域】

[単元]第3学年 (イ)年周運動と公転 [理由]イメージをもたせにくく、動画を使った説明しかできない。スケールが大きく、想像でしか理解することができないため、空間的に物事を考えにくい。星の動きで、年周運動と日周運動の区別ができない。生徒の天体を見た経験が不足している。

[単元]第3学年 (イ)月の運動と見え方 [理由]小学校から苦手意識をもつ生徒がいる。地球と月の空間イメージをもたせにくい。

表 I - 2 高等学校理科学習指導アンケートの結果

質問1:担当している理科の授業において、あなたが指導しにくい学習項目を物理, 化学, 生物, 地学領域について、それぞれ三つ選んでください。

質問2:担当している理科の授業において、生徒が理解しにくいと思われる学習項目を物理, 化学, 生物, 地学領域について、それぞれ三つ選んでください。

質問3:担当している理科の授業において、振り返りが必要と思われる学習事項について、それぞれ三つ選んでください。

科学と人間生活	質問1	質問2	質問3	化学基礎	質問1	質問2	質問3	地学基礎	質問1	質問2	質問3
(1) 科学技術の発展	6	3	2	(1) 化学と人間生活				(1) 宇宙における地球			
(2) 人間生活の中の科学				ア 化学と人間生活とのかわり				ア 宇宙の構成			
ア 光や熱の科学				(ア) 人間生活の中の化学	16	5	6	(ア) 宇宙のすがた	4	2	1
(ア) 光の性質とその利用	6	11	6	(イ) 化学とその役割	14	4	4	(イ) 太陽と恒星	2	1	0
(イ) 熱の性質とその利用	5	9	6	イ 物質の探究				イ 惑星としての地球			
イ 物質の科学				(ア) 単体・化合物・混合物	2	2	2	(ア) 太陽系の中の地球	1	1	3
(ア) 材料とその再利用	2	4	4	(イ) 熱運動と物質の三態	2	1	2	(イ) 地球の形と大きさ	1	1	1
(イ) 衣料と食品	6	1	4	ウ 化学と人間生活に関する探究活動	12	2	2	(ウ) 地球内部の層構造	1	2	1
ウ 生命の科学				(2) 物質の構成				ウ 宇宙における地球に関する探究活動	2	0	0
(ア) 生物と光	4	1	4	ア 物質の構成粒子				(2) 変動する地球			
(イ) 微生物とその利用	7	1	1	(ア) 原子の構造	0	0	0	ア 活動する地球			
エ 宇宙や地球の科学				(イ) 電子配置と周期表	6	2	9	(ア) プレートの運動	1	1	1
(ア) 身近な天体と太陽系における地球	3	4	4	イ 物質と化学結合				(イ) 火山活動と地震	1	4	4
(イ) 身近な自然景観と自然災害	1	0	0	(ア) イオンとイオン結合	4	5	9	イ 移り変わる地球			
(3) これからの科学と人間生活	4	1	1	(イ) 金属と金属結合	1	0	1	(ア) 地層の形成と地質構造	3	1	1
物理基礎	質問1	質問2	質問3	(ウ) 分子と共有結合	8	12	6	(イ) 古生物の変遷と地球環境	1	1	0
(1) 物体の運動とエネルギー				ウ 物質の構成に関する探究活動	6	1	0	ウ 大気と海洋			
ア 運動の表し方				(3) 物質の変化				(ア) 地球の熱収支	3	3	1
(ア) 物理量の測定と扱い方	10	17	8	ア 物質と化学反応式				(イ) 大気と海水の運動	1	1	0
(イ) 運動の表し方	3	3	5	(ア) 物質質量	19	32	28	エ 地球の環境			
(ウ) 直線運動の加速度	10	10	11	(イ) 化学反応式	6	9	15	(ア) 地球環境の科学	0	0	2
イ 様々な力とその働き				イ 化学反応				(イ) 日本の自然環境	0	0	0
(ア) 様々な力	0	0	3	(ア) 酸・塩基と中和	3	13	10	オ 変動する地球に関する探究活動	2	0	0
(イ) 力のつり合い	5	10	11	(イ) 酸化と還元	10	16	14				
(ウ) 運動の法則	8	19	20	ウ 物質の変化に関する探究活動	3	2	0				
(1) 物体の落下運動	5	6	5	生物基礎	質問1	質問2	質問3				
ウ 力学的エネルギー				(1) 生物と遺伝子							
(ア) 運動エネルギーと位置エネルギー	4	4	5	ア 生物の特徴							
(イ) 力学的エネルギーの保存	4	11	14	(ア) 生物の共通性と多様性	1	3	2				
エ 物体の運動とエネルギーに関する探究活動	2	0	0	(イ) 細胞とエネルギー	11	11	12				
(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用				イ 遺伝子とその働き							
ア 熱				(ア) 遺伝情報とDNA	8	14	14				
(ア) 熱と温度	3	3	4	(イ) 遺伝情報の分配	10	15	12				
(イ) 熱の利用	2	2	1	(ウ) 遺伝情報とタンパク質の合成	8	24	21				
イ 波				ウ 生物と遺伝子に関する探究活動	10	5	2				
(ア) 波の性質	15	17	9	(2) 生物の体内環境の維持							
(イ) 音と振動	6	5	3	ア 生物の体内環境							
ウ 電気				(ア) 体内環境	0	0	7				
(ア) 物質と電気抵抗	2	2	2	(イ) 体内環境の維持の仕組み	5	12	18				
(イ) 電気の利用	6	3	2	(ウ) 免疫	5	6	12				
エ エネルギーとその利用				イ 生物の体内環境の維持に関する探究活動	8	4	1				
(ア) エネルギーとその利用	8	0	0	(3) 生物の多様性と生態系							
オ 物理学が拓く世界				ア 植生の多様性と分布							
(ア) 物理学が拓く世界	7	1	0	(ア) 植生と遷移	15	8	6				
カ 様々な物理現象とエネルギーの利用に関する探究活動	3	0	0	(イ) 気候とバイオーム	15	9	4				
				イ 生態系とその保全							
				(ア) 生態系と物質循環	9	10	3				
				(イ) 生態系のバランスと保全	6	2	2				
				ウ 生物の多様性と生態系に関する探究活動	11	3	0				

【科学と人間生活】

[単元](2)人間生活の中の科学 ア光や熱の科学 (ア) 光の性質とその利用 [理由]限られた時間で詳しく説明できない。スペクトルと波長の関係などの用語が身に付かない。

【物理基礎】

[単元](1) 物体の運動とエネルギー ア運動の表し方 (ア) 物理量の測定と扱い方 [理由]指数をまだ学習しておらず、「有効数字」を理解しにくい。数を扱うことに苦手意識をもっている生徒が多い。数値の量と意味、四則計算、割合、グラフの書き方・グラフの理解などが定着していない。定量的な扱いに慣れていない。

[単元](1) 物体の運動とエネルギー イ様々な力とその働き (ウ) 運動の法則 [理由]計算が苦手である。ベクトル、三角関数を学習していないため、変化の向きという概念が捉えにくい。速度、加速度、エネルギーなどを混同している。計算力と現象を想像する力の不足が物体の運動の理解を妨げている。数学的な

力に課題がある生徒は日常的な経験と物理的法則との関連性に気付きにくいようだ。演習時間を十分確保できない。

[単元](2) 様々な物理現象とエネルギーの利用 イ波 (ア) 波の性質 [理由]分かりやすい教材がなく、イメージしにくい。観察、実験からの理解が難しいようである。2変数(時間,位置)で表現されているため現象を具現化しづらい。

#### 【化学基礎】

[単元](2) 物質の構成 イ 物質と化学結合 (ウ) 分子と共有結合 [理由]分子・原子・イオンを混同している。化学結合は目に見えず想像できにくい。また、物質を知らない場合が多く関心をもてないことがある。

[単元](3) 物質の変化 ア 物質と化学反応式 (ア) 物質 [理由]数的概念が抽象的であり実生活とかけ離れている。大きな数値、小さな数値を用いた計算が苦手な生徒が多く、単位の換算や数値の扱い方を指導しなければいけない。理解できる、できない生徒間の差が非常に大きく、授業進度に悩む。

[単元](3) 物質の変化 ア 物質と化学反応式 (イ) 化学反応式 (イ) 酸化と還元 [理由]酸・塩基と酸化・還元の区別、「酸化する」「酸化される」という記述が難しい。イオン化傾向、電池・電気分解について、教科書の記載が少なく羅列的な扱いであり、どこまで指導すればよいか分かりにくい。

#### 【生物基礎】

[単元](1) 生物と遺伝子 イ 遺伝子とその働き (ア) 遺伝情報とDNA [理由]DNAがいきなり出てくる感じがあり、つながりが難しい。目に見えないため、何の話をしているのか想像しにくいようである。DNA抽出実験を行っても、すんなり生徒の心に入らない。

[単元](1) 生物と遺伝子 イ 遺伝子とその働き (イ) 遺伝情報の分配 [理由]遺伝の概念があまり定着していない。細胞分裂の扱いが大まかなため、減数分裂でのDNA量の変化が理解しにくい。メンデルからの系統的な教材が欲しい。選択生物でも教える内容であり、生物基礎でどこまで説明すればよいか分からない。

[単元](1) 生物と遺伝子 イ 遺伝子とその働き (ウ) 遺伝情報とタンパク質の合成 [理由]たんぱく質＝筋肉のイメージが強く、遺伝子の発現＝たんぱく質の合成を理解しにくい。化学の知識が乏しいため、アミノ酸・タンパク質、立体構造のメカニズムを理解できない。学んだ内容をすぐにイメージすることが難しく、映像や図を示しても、身近に感じられず頭に入らない。転写、翻訳の行程が複雑に生徒は感じるようである。

#### 【地学基礎】

[単元](2) 変動する地球 ア 活動する地球 (イ) 火山活動と地震 [理由]数値処理に苦手意識をもつ生徒が多い。公式の理解と応用ができない。

理科学習指導アンケートを通して、中学校と高等学校において共通する課題や、領域をまたぐ横断的な課題などが見えてきた。このアンケート結果を参考にしながら、物理、化学、生物、地学の四領域において、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」という概念の柱を踏まえ、「理科の系統性とは何か」を考えながら授業実践を計画した。

## 4 本研究の方向性について

### (1) 系統性を踏まえた指導の必要性

平成24年度全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた詳細分析や、理科学習指導アンケートの結果から、実際の授業で中・高等学校を通じた理科の系統性を踏まえ具体的にどのように指導していくか、早急に研究を進める必要がある。そして、系統性を考慮した授業を行う必要性や、問題点、系統性を踏まえた理科授業のポイントや実践事例を紹介することにより、教師が小・中・高等学校全体の指導内容を念頭に置くことで、学習内容の系統性を感じながら、児童生徒の発達段階に応じた指導が可能になると考えられる。また、指導が無理なく進むことで、発達段階に即して、意欲をもって段階的に力を付けていける可能性がある。

さらに、今回の学習指導要領改訂にあたっては、内容の構造化だけでなく、問題解決の能力や科学的に探究する能力についても、校種を超えた接続が意識されている。小学校では重点を置いて育成すべき問題解決の能力として、第3学年で「比較」、第4学年で「関連づけ」、第5学年で「条件制御」、第6学年で「推論」が位置付けられており、中学校では、これらの能力をさらに高めるとともに、観察、実験の結果を「分析し、解釈する能力」の育成が目指されている。

単元の学習内容の系統性からのアプローチにとどまらず、問題解決能力の系統性からのアプローチを行うことも、「系統性を踏まえる」ということの一つと言えよう。本研究では、学習指導要領の系統表に示されている学習内容の構造化による系統性だけでなく、それぞれの領域のもつ系統性の特徴を踏まえ、科学的な思考力や表現力の育成につながる理科の授業実践を計画した。

### (2) 系統性を踏まえた授業づくりとは

系統性を踏まえた授業を行うためには、各領域に示された科学的な見方や概念の柱を系統的に学習するために、指導者自身がそれぞれの領域を貫く、科学的な学びに欠かせない「コア概念」や「育成すべき能力」をつかんでおく必要がある。さらに、それらを系統的な学習内容の中に、意図的、計画的に位置付け、発達段階に応じた手立てで学びを深める作業が必要となってくる。

本研究では、各領域における「科学的な思考力・表現力の育成」に欠かせない学びを分析するとともに、それぞれの校種のどのような学習活動で行うことが効果的であるかを実践を通して考察したいと考える。物理領域では、「科学的読解力」をテーマに「グラフの分析・解釈」、化学領域では「概念の可視化」をテーマに「分子モデルの作成」、生物領域では「生命の連続性」をテーマに「DNAを実感する」、地学領域では、「空間・時間概念」をテーマに「液状化モデル」と題し、授業実践例を、協力委員の実践事例を中心に紹介する。その上で、系統性を踏まえた理科の授業づくりの中で、主に中・高等学校の連続性や各領域の特徴について考えたい。

## Ⅱ 物理領域

### 1 物理領域における系統性

#### (1) 学習指導要領に示された概念の柱

現行の理科学習指導要領では、物理領域について、小学校から高等学校『物理基礎』まで、「エネルギー」を概念の柱とした構造化が図られており、さらに「エネルギーの見方」「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源の有効利用」の三つで構成されている。小学校では、第3学年「風やゴムの働き」「光の性質」「磁石の性質」「電気の通り道」、第4学年「電気の働き」、第5学年「振り子の運動」「電流の働き」、第6学年「てこの規則性」「電気の利用」が学習内容である。中学校では、第1学年「力と圧力」「光と音」、第2学年「電流」「電流と磁界」、第3学年「運動の規則性」「力学的エネルギー」「エネルギー」「科学技術の発展」「自然環境の保全と科学技術の利用」が学習内容である。さらに高等学校『物理基礎』においては、「運動の表し方」「様々な力とその働き」「力学的エネルギー」「熱」「波」「電気」「エネルギーとその利用」「物理学が拓く世界」が学習内容となっている。

#### (2) 物理領域における系統的な学びについて

物理領域を系統的に学ぶ上で欠かせない、鍵となる概念が「エネルギー」という物理量の理解にあることは言うまでもない。しかしながら、「エネルギー」の学習内容は、その見方に始まり、変換と保存といった量的な関係、更には現代社会の問題としてとらえる資源の有効利用に至るまで、関係する学習内容は多岐にわたる。

そこで、物理領域の系統性を考えるとき、学習内容の連続性という視点から少し離れ、科学的な見方や考え方の柱となり、物理領域の学びにおいては欠かすことのできない「結果を表やグラフを用いて分析し解釈させる」学習活動に視点を当て、実践を探った。さらに、『物理基礎』の「内容の構成とその取扱い」に示される「中学校理科との関連を考慮しながら、物理学の基本的な概念の形成を図るとともに、物理学的に探究する方法の習得を通して、科学的な思考力、判断力及び表現力を育成すること。」とあるように、探究の方法に関する系統的な学びも、物理領域における系統性を踏まえた学びの一つと考え、「グラフの読み方」について中・高等学校での系統性を意識した授業実践を行った。

さらに、物理領域における「基本的な概念」の一つとして、「電流と電圧」をテーマに、「オームの法則」に関する探究的な学びを、中・高等学校の系統性を意識して実践した。

#### (3) 物理領域における系統性を意識した授業実践を計画する視点

国立教育政策研究所「理科学習指導の改善・充実に向けた調査分析について」では、「量的な関係の意味を理解することに課題がある」「観察、実験の結果を表にまとめたり、数値を処理したり、グラフ化したりする学習活動を充実させる」ことが示された。また、理科学習指導アンケートからもグラフのかき方、グラフの理解などが定着していない」といった回答も見られ、次の視点で授業実践を考えた。

- ・「エネルギー」を科学的な見方や概念の柱とし、中・高等学校での学習内容を意識した授業を行う。
- ・物理領域の学習においては、多くの概念を積み上げていくことが必要となる。とりわけ系統性を意識した学習活動を構成するに当たっては「鍵概念」を考え授業を構成する。
- ・「力と運動」においては、「グラフの分析・解釈する力」が自然現象を科学的に見るためには欠かせない。そこで、グラフの読み方を身に付けさせための指導方法を実践する。
- ・生徒自らが課題を見付け、考え、見通しをもって主体的に観察、実験などに取り組み、目的意識をもって意欲的に取り組めるよう、魅力的な題材を探る。
- ・中・高等学校のみならず、将来の学びにつながる科学的な思考力や表現力の育成を考える。

## 2 「グラフを分析し解釈しよう！」物理領域の系統性を踏まえた授業例（1）

### (1) ねらい

中学校と高等学校の学習指導要領に示されている「力と運動」に関する内容は以下の通りである。

中学校理科 第1分野	高等学校 「物理基礎」
<p>(5) 運動とエネルギー</p> <p>物体の運動やエネルギーに関する観察，実験を通して，物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに，日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。</p>	<p>(1) 物体の運動とエネルギー</p> <p>日常に起こる物体の運動を観察，実験などを通して探究し，その基本的な概念や法則を理解させ，運動とエネルギーについての基本的な見方や考え方を身に付けさせる。</p>
<p>ア 運動の規則性</p> <p>(ウ) 力と運動</p> <p>物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察，実験を行い，力が働く運動では運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動することを見いだすこと。</p>	<p>ア 運動の表し方</p> <p>(ア) 運動量の測定と扱い方</p> <p>身近な物理現象について，物理量の測定と表し方，分析の手法を理解すること。</p> <p>(イ) 運動の表し方</p> <p>物体の運動の基本的な表し方について，直線運動を中心に理解すること。</p> <p>(ウ) 直線運動の加速度</p> <p>物体が直線上を運動する場合の加速度を理解すること。</p>

中学校学習指導要領解説理科編では，(ウ)力と運動について，「記録タイマーで記録したテープから単位時間当たりの移動距離を読み取らせ，結果を表やグラフを用いて分析して解釈させることを通して，「時間と速さ」の関係や「時間と移動距離」の関係の規則性を見いださせる」ことが示されている。

また，高等学校学習指導要領理科編理数編の内容の取扱いにおいて，アの(ア)については，「物理基礎」の学習全体に通じる手法などを扱うことと示されている。

以上のように，この分野の中・高等学校における学習内容は非常に共通点が多く，「加速度」という物理量を用いての数式化を除けば，ほぼ内容は重複しているともいえる。そのため，指導者が学習内容の何を教えるかを考えるのみとなり，どのような物理的な見方や考え方を教えたいのかが曖昧のまま授業に臨むと，生徒は同じ実験の繰り返しであると思ってしまう，新たな学びの機会を無駄にしてしまう恐れも十分考えられる。

また，実験からデータを集め，グラフを作り上げる技能は，自然科学を学ぶ上では欠かせない。グラフのタイトルをはじめ，グラフの軸の目盛りの取り方や，プロットの仕方，また線の引き方に至るまで，指導すべき内容は多岐にわたる。さらに，作成したグラフからその傾きや面積が新たな物理量を示すといったところまで思考を広げられることは，小学校から中学校そして，高等学校までの学び，さらには将来の学びへとつながるため，ぜひ身に付けさせておきたい科学的な見方・考え方の一つである。

(2) 中学校における授業展開例

① 指導計画

斜面を下る台車の運動について、前時で記録タイマーを用いた実験を行っている。本時までで、記録テープをワークシートに添付している。

第1時	斜面を下る台車の運動(実験)
第2時(本時)	グラフを分析し解釈しよう
第3時	落下運動, 斜面を登る運動

② 本時案

図Ⅱ-1 指導計画例(中学校)

<p>【単元名】『第1分野』(5) 運動とエネルギー ア 運動の規則性 (ウ) 力と運動</p> <p>【目標】・実験結果をもとにグラフを正しく作成できる。 [観察・実験の技能] ・グラフの縦軸・横軸の変数を確認し、一次関数と二次関数のグラフそれぞれの関係性を見付けるとともに、グラフにはさまざまな要素が含まれていることに気付く。 [科学的な思考・表現]</p>			
	学習活動	教師の指導・支援	学習評価
導入	1 前時の実験のワークシートを確認する。	○グラフの見方を説明をする。 ・テープを6打点で切り、ワークシートに貼っているので、グラフを確認する。	
展開	2 ワークシート「斜面を下る運動のまとめ(時間と速さ)」を実施する。	○ワークシートに時間と速さのグラフを作図させる。 ・0.1秒間の平均の速さをプロットするため、0.1秒間の中間に点をとるように指示する。 ・実験結果全体の傾向を分析し、時間と速さのグラフが直線で表せることに気付かせる。 ・スクリーンに時間と速さのグラフを示し、自分の作成したグラフを確認させる。	・グラフを正しくまとめることができている。(ワークシート) [観察・実験の技能]
	3 ワークシート「斜面を下る運動のまとめ(時間と距離)」を実施する。	○ワークシートに時間と移動距離のグラフを作図させる。 ・0.1秒後の移動距離をプロットするため、0.1秒後の位置に点をとるように指示する。 ・実験結果全体の傾向を分析し、時間と距離のグラフは放物線になることに気付かせる。	
時間と速さのグラフから移動距離を求める方法を考えよう			
	4 話し合い活動を行う。	○時間と速さのグラフから移動距離を求める方法を考える。 ・「斜面を下る運動」の結果を参考に、時間と速さのグラフの面積が移動距離になることに気付かせる。	
まとめ	5 まとめを聞き、振り返りする。	○グラフには変数以外にも意味があることを確認する。 ・面積が移動距離を表し、傾きにも意味があることにも触れる。	・実験結果をもとに正しく考察している。(ワークシート) [科学的な思考・表現]

図Ⅱ-2 「グラフを分析し解釈しよう！」授業展開例(中学校)

③ワークシート

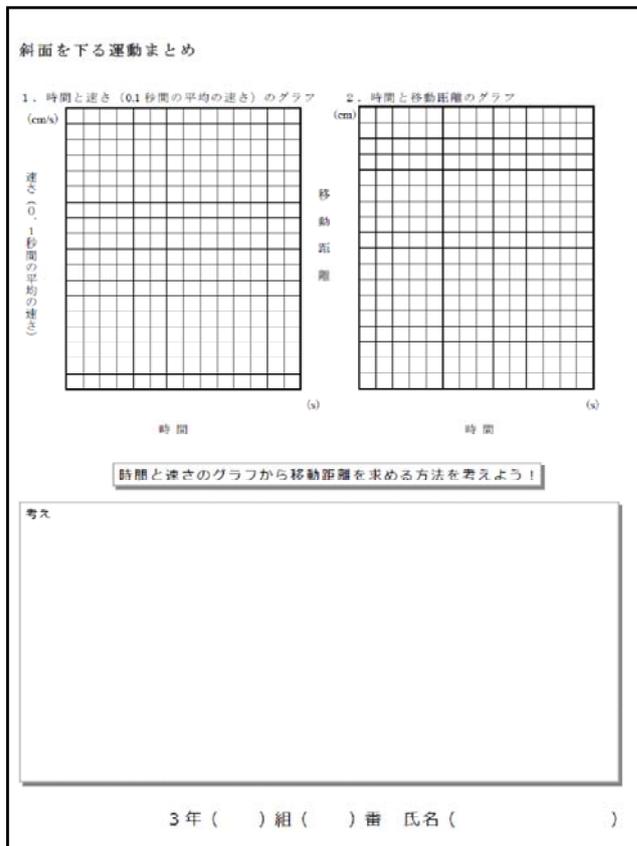


図 II-3 ワークシート(中学校)

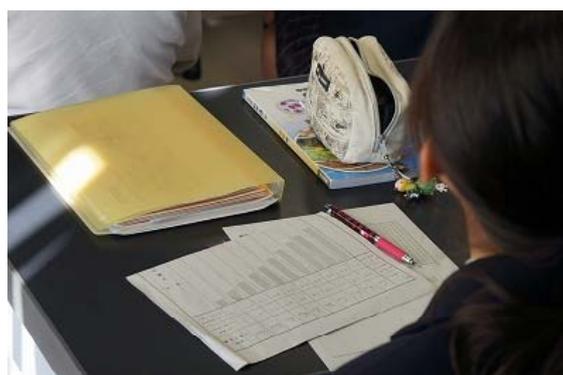


図 II-4 実験結果の記録

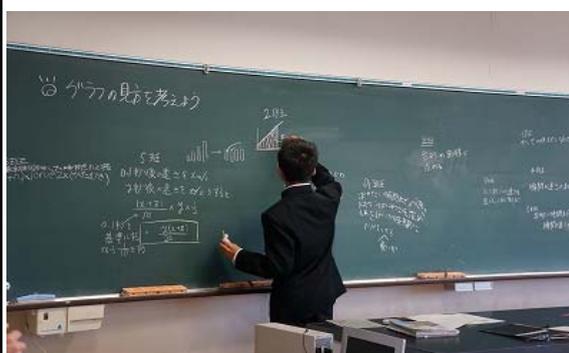


図 II-5 授業の様子(中学校)

(3) 高等学校における授業実践例

① 指導計画

高等学校学習指導要領理科編理数編には、「力学的エネルギーの保存の法則を仕事と関連付けて理解すること。」と示されている。今回の実践は、力の大きさが一定でない場合の仕事の一つとして、浮力に逆らった力のする仕事について実験を行い、力と変位のグラフを作成することで、縦軸と横軸以外の物理量をグラフから考える授業展開を計画した。



図 II-6 授業の様子(高等学校)

② 本時案

【单元名】『物理基礎』(1) 物体の運動とエネルギー ウ 力学的エネルギー (イ) 力学的エネルギーの保存			
【目 標】・グラフの縦軸と横軸に注目し、そのグラフから分かる物理量を見付け出すことができる。〔思考・判断・表現〕 ・浮力がはたらく運動に関心を持ち、意欲的に観察、実験を行うことができる。〔関心・意欲・態度〕			
	学習活動	指導・支援上の配慮事項	評価規準・方法
導入	1 浮力の復習をする。	○既習事項を復習させる。 ・浮力の大きさ、仕事 ※加えた力が一定でないときの仕事の求め方は公式に代入するだけでは解けないことを説明する。	留意事項 ・仕事は「力×距離」で求めることができることを確認する。
展開	2 実験の内容と目的を知る。	○浮力の実験の内容と目的を説明する。 ・今回の実験では物体を沈めた時の手のする仕事を求めることを確認させる。	
	横軸と縦軸に注目しグラフから分かる物理量を見付けよう		
	3 実験方法を知る。	○実験の方法について説明する。 ・物体が水の中に沈んでいるときの物体にはたらく力を図示し、浮力の求め方を説明する。	・観察・実験に意欲的に取り組んでいる態度が見られる。(行動観察)
	4 実験を行う。実験結果についてデータを処理する。	○実験結果をもとにグラフ1とグラフ2を完成させるように指示する。 ・発泡スチロールの目盛りと水面が垂直になっている状態ではねばかりの値を記録することを指示する。	[関心・意欲・態度]
	5 質問を考える。	○質問を考えるように指示する。 ・机間指導を行い、データの処理でつまづいている生徒にはアドバイスを与える。	・グラフの縦軸と横軸以外でグラフから読み取ることのできる量を探してプリントに記入することができる。(実験プリント)
	6 考察を考え、発表する。	○考察について発問する。 ・ $v-t$ グラフが出てくることが予想されるので、 $v-t$ グラフの面積や傾きが微分や積分といった数学の内容にも関わることを説明する。	[思考・判断・表現]
まとめ	7 本時の内容を理解する。	○グラフの縦軸と横軸の数値以外にグラフから求めることができる量があることを確認する。	
	8 まとめを記入する。	○まとめを書くよう指示する。 ・次時の予告をする。	

図Ⅱ-7 「グラフを分析し解釈しよう！」授業展開例(高等学校)

③ワークシート

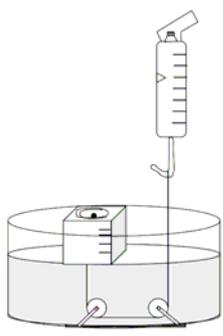
### 実験 浮力と仕事

**目的**  
グラフの縦軸と横軸に注目し、グラフから分かる物理量を調べる。

**準備**  
水槽、発泡スチロール、クリップ、ばねばかり、滑車、糸、定規、液体

**方法**

- 水槽の底に滑車を固定し、滑車に糸を通しておく。
- 水槽に液体を入れ、発泡スチロールをのせる。水面を基準とし、発泡スチロールに基準から適当な間隔で印をつけておく。
- 発泡スチロールについていない糸をばねばかりに固定する。
- ばねばかりをゆっくり引いていき、(2)で付けた印ごとにばねばかりが示す値を読み、表に記入する。最後に水面ぎりぎりまで完全に沈んだ状態の値を記入する。
- 立方体の底面からの距離 $x$ と手に加えた力(ばねばかりの値) $f$ のグラフを書く。
- 立方体の底面からの距離 $x$ と浮力の大きさ $F$ のグラフを書く。



発泡スチロールの質量 ( ) kg, 立方体の一辺 ( ) m, 立方体の体積 ( )  $m^3$

印の位置	底面からの距離 $x$ (m)	ばねばかりの値 $f$ (N)	浮力の大きさ $F$ (N)
$x_1$			
$x_2$			
$x_3$			
$x_4$			
$x_5$ (完全に沈んだ状態)			

グラフ1  
手に加えた力(ばねばかりの値)  
 $f$  (N)

底面からの距離  $x$  (m)

グラフ2  
浮力  $F$  (N)

底面からの距離  $x$  (m)

質問1 一般に液体の密度 $\rho$ 、物体の体積(液面下の体積) $V$ 、重力加速度 $g$ とすると、浮力 $F$ はどのように表せるか。

質問2 浮力 $F$ と底面からの距離 $x$ のグラフの傾きをグラフから求め、液体の密度 $\rho$ を求めなさい。

質問3 グラフ1から物体が水面に沈みきるまでに手をした仕事 $W$ を求めなさい。

考察1 教科書の中からグラフをさがしてきて、縦軸と横軸に注目し、グラフと囲まれる部分の面積が何を表すのか考えて記入しなさい。

まとめ・この実験から分かったこと

---

実験日	科	年	組	氏名
年	月	グループ番号 ( )		

図Ⅱ-8 ワークシートの例(高等学校)

(4) 実践から見えたもの

「グラフを分析し解釈しよう」をテーマに、系統性を踏まえた授業実践を平成26年10月28日に協力委員の勤務校の中学校と高等学校において実践し、その様子を研修講座として公開した。以下、系統性を踏まえた授業の参観・協議の後の受講者アンケートの結果と、この実践から見えてきた物理領域における系統性を踏まえた授業づくりについてまとめた。

① 参加者の感想

- ・教科書を準備して見せるだけで、内容の系統性への意識は大きく変わる。
- ・単位量当たりの考え方は、割り算ができなくても、グラフや比例式を利用すれば理解できる。
- ・小・中・高等学校で教育目的が違う。それぞれの目標、やり方で系統性の柱へアプローチが必要である。
- ・自らの担当教科に関して教材研究を行う際には、前後の校種の指導者がどういう点にこだわって指導されているかをよく理解することが重要だと感じた。
- ・小学校の学習を意識することは多かったが、高校の内容まで意識することはなかった。目の前の子どもの将来をしっかりとイメージした授業づくりを心がけていきたい。

② 授業実践者の感想

- ・各單元ごとの具体的な系統性をはっきり示すことも大切である。しかし、今回の授業のように隠れた系統性「グラフ」「モデル」「本物」「概念から計算」など岡山オリジナルの系統性を出すと意味がある。
- ・科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図るためには、実験や体験から導き出した結論が大切であると思う。

③ まとめ

本実践は学習内容の系統性から視点を少し変え、探究方法に関する系統的な学びの一つである「グラフの読み方」に焦点を当てた実践を試みた。グラフを様々な角度から分析し解釈する力は、理科での学習のみならず、他の多くの学習場面で必要なスキルでもある。本実践は物理領域の「力と運動」の学習場面での実践を試みたが、より将来の学びにつながる、物理学的に探究する方法を習得させるために、高等学校では同じスキルを別の単元で活用する場面を意図的に取り入れた。さらに、具体的な課題の解決の場面でこれらの方法を用いることができるよう、授業の展開を工夫した。

### 3 「直列・並列から学ぶ電流・電圧概念」物理領域の系統性を踏まえた授業例（2）

(1) ねらい

中学校と高等学校の学習指導要領に示されている内容は以下の通りである。

中学校理科 第1分野	高等学校 「物理基礎」
<p>(3) 電流とその利用 電流回路についての観察、実験を通して、電流と電圧との関係及び電流の働きについて理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。</p>	<p>(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用 様々な物理現象を観察、実験などを通して探究し、それらの基本的な概念や法則を理解させ、物理現象とエネルギーについての基本的な見方や考え方を身に付けさせる。</p>
<p>ア 電流 (イ) 電流・電圧と抵抗 金属線に加わる電圧と電流を測定する実験を行い、電圧と電流の関係を見いだすとともに金属線には抵抗があることを見いだすこと。</p>	<p>ウ 電気 (ア) 物質と電気抵抗 物質によって電気抵抗が異なることを理解すること。</p>

さらに、中学校学習指導要領解説理科編の内容の取扱いでは、「アの(イ)の『電気抵抗』については、物質の種類によって抵抗の値が異なることを扱うこと。また、二つの抵抗をつなぐ場合の合成抵抗にも触れること。」が示されている。

以上のように、「電気」分野の学習においても、中・高等学校における学習内容には共通する部分は多く、指導者が物理的な見方や考え方の何をこの単元で押さえておくべきかを明確にし、単元計画を作成することが必要である。アンケートの結果から見ても、小学校から中学校そして、高等学校『物理基

礎』までの理科の学びの中で特に苦手意識の強いこの単元では、鍵となる電流・電圧といった概念を発達段階に応じながら、計画的に指導する技術が必要となってくる。そこで、直列つなぎと並列つなぎから電圧・電流の概念形成へ、系統性を踏まえた電気分野の授業づくりを計画した。小学校での乾電池の直列つなぎ、並列つなぎが、中学校での電気抵抗の直列接続・並列接続につながり、更には高等学校での直流回路（キルヒホッフの法則）へとつながる中で、電流・電圧概念を系統的に学びを深める実践を行った。

## (2) 中学校における授業実践例

本単元は、「エネルギー」の柱に含まれる「電気と磁気」における中学校での指導内容の一部である。今回の授業についていえば、小学校では「乾電池の数やつなぎ方を変えると、豆電球の明るさやモーターのまわり方が変わる」ことを学習しており、これを導入とし、直列回路での合成抵抗や並列回路での合成抵抗の関係を見いだすことで高等学校で学習する「ニクロム線の電気抵抗は長さに比例し、太さに反比例する」ことにつなげていきたい。生徒たちが実験結果をもとに、根拠を示しながら実験の考察を行うことも意識している。

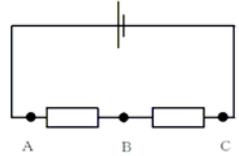
実験・観察シート

題 名

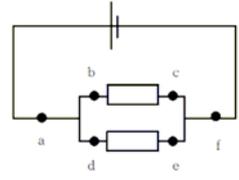
---

方 法

①直列つなぎ



②並列つなぎ



予 想

---

( ) 組 ( ) 番 氏 名 ( )

結 果

①直列回路

電 流		電 圧		抵 抗 値	
A 点		AB間		$R_1$	
		BC間		$R_2$	
		AC間		$R$	

$R \cdot R_1 \cdot R_2$ の関係

②並列回路

電 流		電 圧		抵 抗 値	
a 点		a f 間		$R$	
b 点				$R_1$	
d 点				$R_2$	

$R \cdot R_1 \cdot R_2$ の関係

考 察

図Ⅱ-9 ワークシートの例 (中学校)

① 本時案

【単元名】『第1分野』(3) 電流とその利用 ア 電流 (イ) 電流・電圧と抵抗		
【目標】2つの抵抗を直列や並列につないだとき、全体の抵抗の大きさがどうなるか見いだす。 〔科学的な思考・表現〕		
学習活動	教師の指導・支援	学習評価
導入	1 小学校で学習した乾電池の直列つなぎと並列つなぎの違いを電圧に注目して復習する。	○乾電池2個を直列・並列につなぎ、豆電球の明るさが違うことから、つなぎ方により電圧・流れる電流が違うことに気付くように支援する。
展開	2つの抵抗器をつないだときの全体の抵抗はどうか考えよう	
	2 実験「2つの抵抗器をつないだときの全体の抵抗はどうか考えよう」を実施する。 3 実験結果をまとめる。 4 説明を聞く。 5 直列回路では合成抵抗が大きくなり、並列回路では合成抵抗が小さくなる理由を考察する。	○使用する抵抗器は直列回路、並列回路それぞれ の関係を見だしやすくするために20Ωと30Ωの抵抗器を準備する。 ○合成抵抗だけではなく、R1・R2の抵抗値も電流・電圧から求めるよう指導する（オームの法則）。 その際実験のまとめの時間を短縮するため、実験シートにあらかじめ表を作成しておく。 ○実験器具を片付けながら、実験結果をホワイトボードに記入するよう指示する。 ○実験結果から直列・並列それぞれの回路における全体抵抗RとR1・R2の関係を考えさせる。 ○話し合いが進まないようであれば、電池の場合はどうだったか確認する。 ○直列・並列それぞれの回路における全体抵抗RとR1・R2の関係を説明する。 ○直列回路では合成抵抗が大きくなり、並列回路では合成抵抗が小さくなっていることを確認する。 ○時間を設定して話し合い活動を行わせる。
まとめ	6 まとめを聞く。	○話し合い後、ワークシートを提出させる。 ○直列回路の場合は、電熱線と電熱線の中の導線を取り除いて、直接2つの電熱線をつなげて長くしたものと考えることができ、並列回路の場合は、並列に離れて別々になっている電熱線は、1つに束ねて太くした電熱線と同じと考えることができることを説明する。 ○高等学校で学習する「ニクロム線の電気抵抗が長さに比例し、太さに反比例する」ことにつながっていくことを説明する。

図Ⅱ-10 「直列・並列から学ぶ電流・電圧概念」授業展開例（中学校）

②実践の様子



図Ⅱ－１１ 授業実践例（中学校）

(3) 高等学校における授業実践例

①本時案

<p>【単元名】『物理基礎』(2)様々な物理現象とエネルギーの利用 ウ 電気 (ア) 物質と電気抵抗</p> <p>【目 標】・合成抵抗の式から，電気抵抗と抵抗の長さの関係及び，電気抵抗と抵抗の断面積の関係について説明できる。〔思考・判断・表現〕 ・観察，実験を通して，抵抗と抵抗の長さまたは抵抗の断面積の関係について調べることができる。〔観察・実験の技能〕</p>			
	学習活動	指導・支援上の配慮事項	評価規準・方法
導入	1 直列接続及び並列接続された抵抗の合成抵抗の式から，電気抵抗と抵抗の長さおよび，断面積の関係について推測する。	○合成抵抗の式を確認させ，直列接続と抵抗の長さ，並列接続と抵抗の断面積の關係に注目させ，考えさせる。	
展開	2 ワークシートに従い，実験を行う。 3 縦軸に電気抵抗，横軸に抵抗の長さをとったグラフを書き，これらの関係について考察する。 4 縦軸に電気抵抗，横軸に抵抗の断面積をとったグラフを書き，これらの関係について考察する。	○各班にそれぞれ異なる抵抗線の電気抵抗，長さ，断面積を測定させ，結果をグラフに表現させる。 ○電気抵抗と抵抗の長さの關係に気付かせる。 ○電気抵抗と抵抗の断面積のグラフを予測させ，電気抵抗が抵抗の断面積の逆数に比例することに気付かせる。	・正しく実験を行い，抵抗の測定結果から，適切なグラフを書くことができる。〔観察・実験の技能〕（行動観察・ワークシート） ・電気抵抗と抵抗の長さ，及び抵抗の断面積との關係について説明できる。〔思考・判断・表現〕（行動観察）

<p>5 実験結果より、電気抵抗 <math>R</math> は、抵抗の長さ <math>L</math> と抵抗の断面積 <math>S</math> を用いてどのように表されるか考える。</p>	<p>○ <math>R</math> が <math>L</math> と <math>1/S</math> のどちらにも比例することから、<math>R = \rho \cdot L/S</math> を導かせる。抵抗率 <math>\rho</math> の温度係数について説明する。</p>	
<p>○ 電気抵抗がなぜ抵抗の長さに比例するか考える。</p> <p>○ 電気抵抗がなぜ抵抗の断面積に反比例するか考える。</p>	<p>○ 直列接続では、電流から、抵抗全体の電圧が抵抗の長さに比例することに気付かせる。</p> <p>○ 並列接続では、電圧から、抵抗全体に流れる電流が抵抗の断面積に比例することに気付かせる。</p>	<p>・ 直列接続した合成抵抗の式から予想した結果をもとに考えさせる。</p> <p>・ 並列接続した合成抵抗の式から予想した結果をもとに考えさせる。</p>
<p>まとめ</p> <p>○ 電気抵抗がどのように表されるかを確認する。</p> <p>○ 抵抗率 <math>\rho</math> の性質について確認する。</p>	<p>○ <math>R = \rho \cdot L/S</math> を確認させる。</p> <p>○ <math>\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)</math> を確認させる。</p>	

図Ⅱ-12 「直列・並列から学ぶ電流・電圧概念」授業展開例（高等学校）

② ワークシート

**物理基礎 ワークシート 導体の電気抵抗**  
 平成 年 月 日 ( ) 気温: 湿度:

年 組 番 氏名

**目的** 抵抗線の電気抵抗  $R$  が、抵抗線の長さ  $L$  および断面積  $S$  とどのような関係にあるかを調べる。

**準備** 抵抗線（径の異なるニクロム線数種類）、抵抗線取り付け台、マイクロメーター、ものさし、テスター

**予想** ① 抵抗線を長くする ⇒ 抵抗線を  接続する ⇒ 合成抵抗  $R = \text{} + \text{}$   
 電気抵抗  $R$  と抵抗線の長さ  $L$  は、 関係であると推測できる。

② 抵抗線の断面積を大きくする ⇒ 抵抗線を  接続する ⇒ 合成抵抗  $R = \text{} + \text{}$   
 電気抵抗  $R$  と抵抗線の断面積  $S$  は、 関係であると推測できる。

**実験**

① 抵抗線 1 の直径をマイクロメーターで測定する。（場所を変えて数回測定し、平均をとる。）直径から抵抗線 1 の断面積を計算する。

② 図 1 のように、測定する抵抗線の長さ  $L$  を変えながら、その間の電気抵抗  $R$  をテスターで測定し記録する。

③ 抵抗線 2 に変え、実験①と②を繰り返す。以後、抵抗線 3・4・5 と変えて同様に測定を繰り返す。

④ 抵抗線 1 の測定結果から、電気抵抗  $R$  - 抵抗線の長さ  $L$  のグラフを書く。

⑤ 測定結果から、同じ抵抗線の長さ  $L$  について、電気抵抗  $R$  - 抵抗線の断面積  $S$  のグラフを書く。

⑥ ⑤と同じ抵抗線の長さ  $L$  について、電気抵抗  $R$  - 抵抗線の断面積の逆数  $1/S$  のグラフを書く。

**結果（測定値）**

	抵抗線の直径 $D$ [mm]					平均値	抵抗線の断面積 $S$ [mm <sup>2</sup> ]
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
抵抗線 1							$S = \pi(D/2)^2$
抵抗線 2							
抵抗線 3							
抵抗線 4							
抵抗線 5							

↓

電気抵抗 $R$ [Ω]	抵抗線の長さ $L$ [m]					抵抗線の断面積 $S$ [mm <sup>2</sup> ]
	抵抗線 1	抵抗線 2	抵抗線 3	抵抗線 4	抵抗線 5	

**結果（グラフ）**

④ R-L グラフ  
電気抵抗  $R$  [Ω]

抵抗線の長さ  $L$  [m]

⑤ R-S グラフ  
電気抵抗  $R$  [Ω]

抵抗線の断面積  $S$  [mm<sup>2</sup>]

⑥ R-1/S グラフ  
電気抵抗  $R$  [Ω]

1/抵抗線の断面積  $1/S$  [1/mm<sup>2</sup>]

**考察**

④ R-L グラフはどのような形になっていると考えられますか。また、その結果より、電気抵抗  $R$  と抵抗線の長さ  $L$  の関係を答えなさい。

R-L グラフの形: \_\_\_\_\_ R と L の関係: \_\_\_\_\_

⑤ R-1/S グラフはどのような形になっていると考えられますか。また、その結果より、電気抵抗  $R$  と抵抗線の断面積  $S$  の関係を答えなさい。

R-1/S グラフの形: \_\_\_\_\_ R と S の関係: \_\_\_\_\_

⑥ 電気抵抗  $R$  を、長さ  $L$  と断面積  $S$  と比例定数  $\rho$  を用いて表しなさい。また、 $\rho$  の名前と性質を答えなさい。

$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$

$\rho$  の名前: \_\_\_\_\_  $\rho$  の性質: \_\_\_\_\_

④ なぜ④のようになると考えられますか。次の空欄に適する語句・数式を考えて答えなさい。

抵抗の長さを 2・3・4…倍にすることは、同じ抵抗を 2・3・4…個  接続することと同じなので、抵抗を長くしたときの電気抵抗は、抵抗を  接続して合成抵抗を求めることと同じである。一方、 接続では、すべての抵抗に流れる  は等しく、抵抗全体の  は、各抵抗の  の和になる。よって、抵抗の長さが 2・3・4…倍になると、抵抗全体の  も 2・3・4…倍になるので、抵抗の  は抵抗の長さに  する。さらに、オームの法則から、電気抵抗は電圧に比例するので、電気抵抗は、抵抗の長さに  することになる。

⑤ なぜ⑤のようになると考えられますか。次の空欄に適する語句・数式を考えて答えなさい。

抵抗の断面積を 2・3・4…倍にすることは、同じ抵抗を 2・3・4…個  接続することと同じなので、抵抗を太くしたときの電気抵抗は、抵抗を  接続して合成抵抗を求めることと同じである。一方、 接続では、すべての抵抗の  は等しく、抵抗全体に流れる  は、各抵抗に流れる  の和になる。よって、抵抗の断面積が 2・3・4…倍になると、抵抗全体の  も 2・3・4…倍になるので、抵抗の  は抵抗の断面積に  する。さらに、オームの法則から、電気抵抗は電圧に反比例するので、電気抵抗は、抵抗の断面積に  することになる。

図Ⅱ-13 ワークシートの例（高等学校）

#### (4) 実践から見えたもの

##### ① 生徒の感想

- ・直列・並列接続の性質と、実験結果の予測を立てた方が実験しやすく、理解の助けになった。
- ・結果を予測するときに、直列・並列における長さや断面積の変化の本質を知ったこと自体が、理解の助けになった。
- ・実験結果のグラフから直列・並列の性質を考えた方が理解できた。
- ・接続の違いや実験の目的が分からなかった。

##### ② 実践者の感想

今回の場合は、抵抗の直列接続が抵抗の長さを増加させることに相当し、並列接続が断面積を増加させることに相当するという考え方を知ったこと自体が、理解を助けたという意見があり、このことから、導入部分で求められる適切な説明は、この部分をヒントとして与えるだけでよいことが分かった。

また、通常の指導と同じように、単純に実験結果を科学的に考察することから結果を導くことは重要であり、生徒の理解を促している。さらに、最初に立てた予測で用いた原理・原則を使って得られた結果を、最後にもう一度考え直すことで、違った視点から新しい発見や理解につながるということが分かった。

以上より、系統性を意識した授業づくりとは、既習の原理・原則を用いた適切なヒントをもとに、結果の予測を促して学習内容の目的を明確にさせ、既存の学習方法の理解を促進させるとともに、新しい学習事項との比較・考察により、新しい視点からの発見・理解を促す授業を目指すものだと考えられる。

#### 4 実践から見えてきた物理領域における系統性

「物理基礎」の目標にある「観察、実験などを行い、物理学的に探究する能力と態度を育てるとともに、物理学の基本的な概念を理解させ、科学的な見方や考え方を養う」ことが、物理領域における系統性を踏まえた授業展開を考えるときの重要な視点といえる。さらに「物理基礎」の探究活動において、探究の方法の一つとして示されている「法則性の導出」は、物理という科目にのみ示されており、この領域の特徴を強く表している。本研究では、探究方法に関する系統的な学びを考えることが、物理領域における系統性の一つの視点と考え、実践1では、法則性の導出につながる「グラフの読み方」について中・高等学校での系統性を意識した授業実践を行った。また、実践2では、鍵となる電流・電圧といった概念を発達段階に応じながら、計画的に指導するために、直列つなぎと並列つなぎから電圧・電流の概念形成へつなげる電気分野の授業づくりを計画した。

物理学の特徴は、できるだけ単純化した条件下で、自然の事物・現象について観察、実験を行い、観測・測定された量の間の関係からより普遍的な法則を見だし、さらに、その法則から新しい事物・現象を予測したり、説明したりできることにある。グラフを分析し解釈する力や鍵となる概念を確実に理解することは、中・高等学校での学びを将来の次なる学びへとつなげるためにとっても重要である。

本実践事例の他にも様々な系統性へのアプローチは考えられる。生徒や学校の実状に合わせ、工夫改善を図りながらこの指導資料を活用いただければ幸いである。

### Ⅲ 化学領域

#### 1 化学領域における系統性

##### (1) 学習指導要領に示された概念の柱

現行の理科の学習指導要領では、化学領域について、小学校から高等学校『化学基礎』まで、「粒子」を概念の柱とした構造化が図られており、さらに「粒子の存在」「粒子の結合」「粒子の保存性」「粒子のもつエネルギー」の四つで構成されている。小学校では、第3学年「物と重さ」、第4学年「空気と水の性質」「金属、水、空気と温度」、第5学年「物の溶け方」、第6学年「燃焼の仕組み」「水溶液の性質」が学習内容となっている。中学校では、第1学年「物質のすがた」「水溶液」「状態変化」、第2学年「物質の成り立ち」「化学変化」「化学変化と物質の質量」、第3学年「水溶液とイオン」「酸・アルカリとイオン」が学習内容である。さらに高等学校『化学基礎』においては、「科学と人間生活のかかわり」「物質の構成粒子」「物質と化学結合」「物質の探究」「物質と化学反応式」「化学反応」を学習する。

##### (2) 化学領域における系統的な学びについて

中学校学習指導要領には、化学領域の目標として「化学的な事物・現象についての観察、実験を行い、観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てるとともに、身の回りの物質、化学変化と原子・分子、化学変化とイオンなどについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う」としている。これに対して、高等学校学習指導要領には、『化学基礎』の内容の構成とその取扱いにおいて、「中学校理科との関連を考慮しながら、化学の基本的な概念の形成を図るとともに、化学的に探究する方法の習得を通して、科学的な思考力、判断力及び表現力を育成すること」としている。

化学領域では学習段階が進むにつれて、見えない事物・現象を「粒子」という視点から思考することが求められる。理科学習指導アンケートにおいて、目に見えないものをイメージしながら考えること、定量的に考えることに課題があるという回答があった。事物・現象を「粒子」としてとらえる学習活動を通して「粒子の存在」について学び、さらに「粒子の保存性」の学習へとつなげたい。今回は、化学領域における系統性を考えるポイントとして、原子・分子などの「粒子概念の可視化」を念頭に置き、中学校と高等学校をつなげる授業展開を考えた。分子モデル作成を通して「粒子の存在」「粒子の結合」について考える授業実践を紹介するとともに、気体発生による質量変化を伴う実験を通して、「粒子の保存性」と化学変化の規則について考える授業づくりを提案する。

##### (3) 化学領域における系統性を意識した授業実践を計画する視点

国立教育政策研究所「理科学習指導の改善・充実に向けた調査分析について」において、「化学的な事物・事象について、粒子のモデルと関連付けて理解し、説明できることが大切であること」「各学校等において、観察・実験器具を繰り返し操作する機会を設けたり、観察、実験を個別に行うような場面を設定したりするなど、指導改善を図ることが大切である」と示されている。また、前述の理科学習指導アンケートの回答を踏まえて、次の視点をもとに授業実践を考えた。

- ・事物・現象を「粒子」という視点から考え、化学変化を定量的にとらえさせるために、「粒子」のイメージを大切にして授業を展開する。
- ・中学校において、目に見えない粒子を想像しながら思考することに課題があることから、分子モデル作成を通して、原子同士の結合や分子という粒子の存在を考えさせたい。
- ・高等学校において、原子・分子・イオンを混同している生徒がいるため、分子の形成について電子配置、化学結合を関連させながら理解させ、更に化学反応式へとつなげたい。

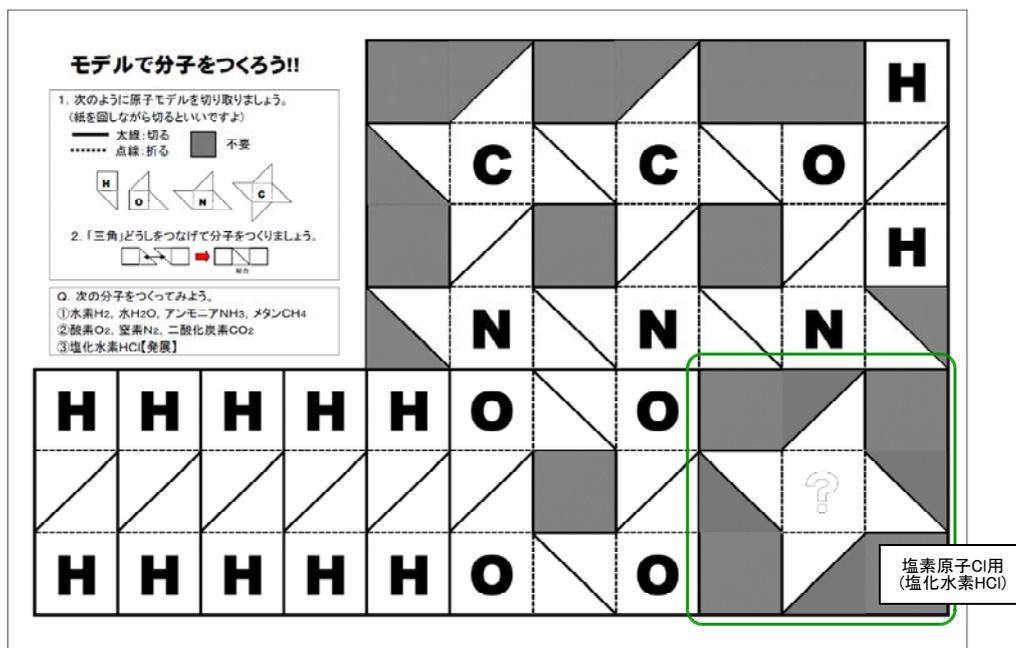
## 2 「分子をつくろう!」化学領域の系統性を踏まえた授業例(1)

理科学習指導アンケートの結果、高等学校『化学基礎』について「分子の形成」に関する指導や生徒の理解について課題を感じるという回答が多かった。また、中学校第1分野「(6) 化学変化とイオン」の単元において、イオンの生成、存在についての指導や生徒の理解が困難であるとする回答が多かった。中学校第1分野「(4) 化学変化と原子・分子」の単元において、原子・分子の概念を習得させておくことが大切である。

中学校と高等学校の学習指導要領に示されている内容は以下のとおりである。

中学校理科 第1分野	高等学校 「化学基礎」
<p>(4) 化学変化と原子・分子</p> <p>化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事物・現象を原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。</p>	<p>(2) 物質の構成</p> <p>原子の構造及び電子配置と周期律との関係を理解させる。また、物質の性質について観察、実験などを通して探究し、化学結合と物質の性質との関係を理解させ、物質について微視的な見方ができるようにする。</p>
<p>ア 物質の成り立ち (イ) 原子・分子</p> <p>物質は原子や分子からできていることを理解し、原子は記号で表されることを知る。</p>	<p>イ 物質と化学結合 (ウ) 分子と共有結合</p> <p>共有結合を電子配置と関連付けて理解すること。また、分子からなる物質の性質を理解すること。</p>

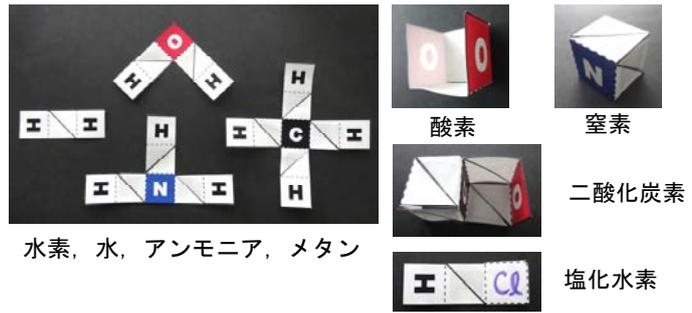
原子・分子は直接観察することができないため、モデルを利用した授業展開が考えられる。中学校学習指導要領解説理科編には、「分子については、幾つかの原子が結び付いて一つのまとまりになったものであることを扱う。」とあるが、原子から出る結合の「手」(価標)の数については言及されていない。そのため、多くの教科書には、水分子は $H_2O$ 、アンモニア分子は $NH_3$ と示されているだけで、原子同士のつながりや結合について学習しない。分子の成り立ちについては高等学校『化学基礎』で詳しく学習するが、分子モデルの作成を通して、中学校段階においても「分子」という概念を身に付けさせたい。



図Ⅲ-1 分子モデル用紙(B5, A4用紙サイズ)



図Ⅲ-2 モデル貼り付け用紙  
(A4, B4, A3用紙サイズ)



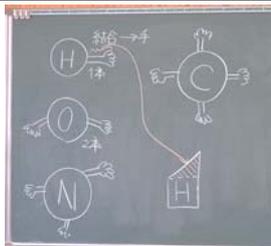
図Ⅲ-3 作成する分子モデル

(1) 中学校における授業展開例

中学校理科の教科書には、原子から出る「手」(価標)に関する記載がない場合があるため、導入時に簡単に説明しておく必要がある。また、作成時間の短縮のため、グループで話し合いながら作成したり、グループ内で分担させながら作成する場合も考えられる。

第1時	原子の性質
第2時	分子の性質
第3時	分子モデルの作成(本時)

図Ⅲ-4 指導計画例(中学校)

【準備物】分子モデル用紙(図Ⅲ-1), モデル貼り付け用紙(図Ⅲ-2), はさみ, セロハンテープ		
【単元名】『第1分野』(4) 化学変化と原子・分子 ア 物質の成り立ち (イ) 原子・分子		
【目標】・分子に関心をもち、意欲的に分子モデルを作成しようとする。 [関心・意欲・態度] ・分子モデルの作成を通して、分子の形成について理解を深めることができる。 [知識・理解]		
	学習活動	教師の指導・支援
導入	1 分子の性質について、前時の学習内容を復習する。	○分子という言葉の意味、分子を作る物質の例を教科書、ノートで確認させる。  原子同士のつながりを考えながら、分子モデルを作成する。
	2 分子モデルの作り方について説明を聞く。  3 グループで協力してモデルを作成する。完成した分子モデルを貼り付け用紙に貼り付ける。 	○分子のでき方について、次の3点を示す。 ・原子の種類によって結合する「手」の数が決まっている。 ・「手」と「手」をつないで結合ができる。 ・「手」が余らないように分子が形成される。 ○4人グループで協力して作成させる。 ①全員作成：水素H <sub>2</sub> , 水H <sub>2</sub> O, メタンCH <sub>4</sub> , アンモニアNH <sub>3</sub> ②グループ内で分担して作成：酸素O <sub>2</sub> , 窒素N <sub>2</sub> , 二酸化炭素CO <sub>2</sub> ③【発展】①, ②を作成できた場合に作成塩化水素HCl ※机間指導を行い、作り方が分からない生徒に対しては、黒板に掲示した完成モデルを見に行かせる。
展開		 ・分子に関心をもち、意欲的に分子モデルを作成している。 [関心・意欲・態度] (行動の様子)
	まとめ	4 モデル作成を通して、分かったこと、気付いたこと、疑問に思ったこと、感想などを書く。

図Ⅲ-5 「分子モデルを作ろう！」授業展開例(中学校)

(2) 高等学校における授業展開例

高等学校理科『化学基礎』では、電子配置、価電子、不対電子、共有結合の順に学習することで、分子の形成について、分子の形成を理解するように展開されている。前述したように、中学校理科においては原子から出る「手」（価標）について学習していない。粒子、分子に対する生徒の興味関心を高めることと今後の学習の見通しを示すため、導入段階での分子モデル作成を行った。モデル作成の手順や授業展開は中学校理科と同様である。

第1時	分子モデルの作成（中学校理科の復習）
第2時	分子の形成（不対電子、共有結合）（本時）
第3時	分子の性質

図Ⅲ－6 指導計画例(高等学校)

【単元名】『化学基礎』(2) 物質の構成 イ 物質と化学結合 (ウ) 分子と共有結合		
【目 標】・作成した分子モデルを通して、分子の形成について理解を深めることができる。[知識・理解] ・価電子、不対電子を踏まえて、分子の形成について説明することができる。 [思考・判断・表現]		
	学習活動	指導・支援上の配慮事項
導 入	1 前時に作成した分子モデルを見て、学習内容を復習する。	○作成したモデルを見ながら、分子の形成について問題提起する。
	なぜ、水分子は $H_2O$ 、アンモニア分子は $NH_3$ になるのだろうか？	
展 開	2 原子の電子配置を書き、価電子の数を考える。	○水素、酸素、炭素、窒素原子の電子配置と価電子の数を考えさせる。
	3 電子式について学習する。	○価電子に注目させ、電子式、不対電子について説明する。
	4 不対電子同士をペアにして分子を電子式で表す。	○水素分子、水分子を例示し、アンモニアやメタンについて考えさせる。
ま と め	5 酸素、二酸化炭素の電子式について考える。	○共有電子対、非共有電子対、共有結合について言及する。 ※必要に応じて机間指導を行う。
	6 電子式とモデルとの関係を考え、グループ内で話し合う。	○発問「アンモニアはなぜ $NH_3$ になるのか、説明しなさい。」 発問「モデルの三角の部分△は何を意味しているだろうか。」
	7 本時の授業で分かったことを書く。	

図Ⅲ－7 「分子モデルをつくろう！」授業展開例(高等学校)

(3) 実践の結果

① 生徒の様子と感想

[中学校] 多くの生徒が興味をもって作業に取り組んでいた。3～4人のグループ学習が適切であったと思う。また、モデル貼り付け用紙や見本のモデルを用意してよかった。生徒が見通しを立てやすく、言葉で説明するよりも分かりやすい。

(生徒の感想)

- ・原子の種類によって結びつく数が違うことがよく分かった。
- ・教科書では平面だったけど、立体で作ったら実際にどんなふうに分岐ができていたのか分かった。

原子のモデルを使って、いろいろ組み合わせること  
でさまざまな分子のモデルを作れることが分岐が  
どのようにできているのかわかった。原子は1つの結合  
の数が決まっていることがわかった。なぜ原子と原子は  
決まったものと数でしか結合しないのか疑問に思った。

- ・言葉ではなかなか覚えられないけど、このようにモデルとして作ると分かりやすくで見やすかった。
- ・CO<sub>2</sub>が一番難しかった。でも、できた時の達成感はすごく大きかった。すごく勉強になった。

[高等学校] グループ内で分担してモデルを作成させた。グループ間の競争という展開で行ったところ、飛躍的に作成の効率が上がり、ほぼ全てのグループが分子の作成と比較、授業プリントへ記入ができた。また、グループ活動により、協力や会話が生まれ、原子の最外殻電子、価電子の数から、価標の数を導き出すグループもあった。

#### (生徒の感想)

- ・水は原子ではなく、「分子」であることが分かった。
- ・すでに専門の授業で学習していたけど、実際に紙を使ってモデルを作ってみたら、より理解が深まった。
- ・実際に自分がモデルを作った後に、そのモデルについて勉強したのでとても分かりやすかった。

## ② 実践者の感想

[中学校] 原子同士の結合は発展的内容にあたるが、中学校第3学年のイオン、高等学校の化学結合の単位につなげることができ、生徒の理解を助けることができたのではないかと感じた。また、立体的なモデルができるので、視覚的にとらえやすく、二酸化炭素や酸素分子など、ある程度苦労しないとできないので、印象に残りやすい。モデルの保管方法が課題であるが、分子に親しみを感じている様子を見ることができた。

「なぜ手の数が違うのかなと思いました。」「他の分子へも挑戦したい。」など意欲的な感想もあった。また、「早くできた人は友達の手伝いをする」ことを指示すると時間のゆとりが生まれ、「みんなで協力してできたのでよかった。」という生徒の声もあり、互い相談しながらモデルを作成する姿が多く見られた(図Ⅲ-8)。



図Ⅲ-8 モデルの見本

[高等学校] 高等学校では、電子配置を踏まえて化学結合や物質の種類・性質を考えるなど、既習事項を関連させながら学習することが大切である。単元の導入として用いるには少々難度が高いかもしれないが、教科書等の文章などから立体的にイメージすることを苦手とする生徒にとっては、モデル作成を通して化学結合や分子の形成を確かめる手法は生徒の理解を促すものと考えている。

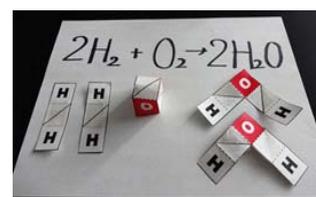
モデル作成、比較、プリントの記入、グループ内協議、集約など作業量が多く、状況によっては、時間的なロスが大きくなり、モデル作成が目的となって共有結合の理解まで至らないことも考えられる。しかし、本実践で使用したモデルは中・高等学校共通して活用が可能であり、また、化学への興味関心を高める観点からも活用できる教材である。



図Ⅲ-9 モデル作成の様子

## (4) 実践のまとめ

分子の形成についてノートや黒板上で考える場合、二次元で思考するため立体的な「粒子」のイメージに至らないことがあるが、この分子モデルの場合、多重結合を形成する分子では立体的なモデルが完成する。また、材料はコピー用紙であり、準備が簡単で、生徒一人一人に配付し作成することができる。グループ活動を取り入れながら実施すると、生徒相互の協働や様々な反応が得られることが期待できる。



図Ⅲ-10 水素の燃焼

さらに、図Ⅲ-10に示すように、分子モデルを通して、化学変化とは新しい結合の生成であることも考えさせたい。分子モデルの作成を通して、このような化学変化の醍醐味を少しでも感じてほしいと考えている。

### 3 「化学変化の規則性を見いだそう！」化学領域の系統性を踏まえた授業例（2）

理科学習指導アンケートにおいて、中学校では定量的な観察、実験における数値・結果の取扱いや考察について課題があるとの回答があった。定性的な観察、実験に対して、自然現象を質量や時間などの物理量に置き換えて考察することに大きなギャップがあるものと思われる。定量的な観察、実験を行う際は、実験の目的を明確にするとともに、実験操作の意味を理解させることが大切である。そこで、中・高等学校共通の素材として、炭酸水素ナトリウムとうすい塩酸の反応を取り上げ、中学校では質量保存の法則を、高等学校では化学反応の量的関係に関する授業展開を紹介する。

中学校と高等学校の学習指導要領に示されている内容は以下のとおりである。

中学校理科 第1分野	高等学校 「化学基礎」
<p>(4) 化学変化と原子・分子 化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事物・現象を原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。</p>	<p>(3) 物質の変化 化学反応の量的関係、酸と塩基の反応及び酸化還元反応について観察、実験などを通して探究し、化学反応に関する基本的な概念や法則を理解させるとともに、それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにする。</p>
<p>ウ 化学変化と物質の質量 (7) 化学変化と質量の保存 化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいことを見いだすこと。 (イ) 質量変化の規則性 化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだすこと。</p>	<p>ア 物質と化学反応式 (イ) 化学反応式 化学反応式は化学反応に関与する物質とその量的関係を表すことを理解すること。</p>

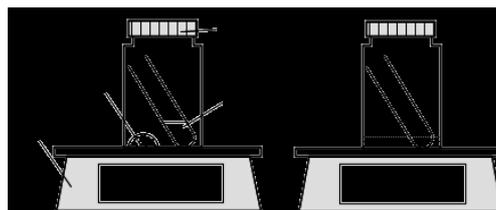
#### (1) 中学校における授業展開例

【ねらい】炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応を通して、塩酸の量を一定として加える炭酸水素ナトリウムの質量を変化させても、反応の前後で質量が変化しないことを見いだす。

【準備物】炭酸水素ナトリウム ( $\text{NaHCO}_3$ )、5%塩酸、密閉できる容器、電子天秤

#### 【実験操作】

- 密閉できる容器に炭酸水素ナトリウム0.50g、1.00g、1.50g、2.00gと5%塩酸10 $\text{cm}^3$ の入った試験管を入れて密栓する。容器全体の質量 $M_1$ を測定する(図Ⅲ-11)。
- 容器を傾け、塩酸と炭酸水素ナトリウムを反応させる十分反応させたあと、容器全体の質量 $M_2$ を測定する(図Ⅲ-12)。
- 他のグループの実験結果を踏まえながら、炭酸水素ナトリウムの質量と反応前後の質量変化について考える。



図Ⅲ-11

図Ⅲ-12

【実験結果】

表Ⅲ－１ 反応前後の質量変化

比較	NaHCO <sub>3</sub> の質量		0.50g		1.00g		1.50g		2.00g	
	グループ	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	
	混合前の質量M <sub>1</sub>	59.04g	63.86g	59.46g	58.95g	63.90g	61.98g	62.00g	64.07g	
	混合後の質量M <sub>2</sub>	59.02g	63.86g	59.45g	58.95g	63.82g	61.98g*	62.00g	64.07g*	

\*炭酸水素ナトリウムが少し残っていた。

【考察】教科書等では、一定量の炭酸水素ナトリウムと一定量の塩酸を反応させて考察する機会が多い。今回は、一定量の塩酸に対して、炭酸水素ナトリウムの質量を変えて実験を行い、炭酸水素ナトリウムの質量に関係なく、反応の前後で密閉系全体の質量が不変であることを確かめる。実験結果を踏まえて、「質量の保存」＝「粒子の保存性」であることを理解させたい。また、複数のグループが同じ条件で実験を行うことにより、再現性について考えることもできる。さらに、容器のふたを開けたときの質量変化を測定し、気体にも質量があることを理解させたい。

5%塩酸10cm<sup>3</sup>には、換算では1.33×10<sup>-2</sup>molの塩化水素が含まれており、これと完全に反応する炭酸水素ナトリウムは理論的に1.12gである。つまり、炭酸水素ナトリウム1.50g、2.00gを用いた場合、一部が反応せず残ることになる。完全に反応させたい場合は、表Ⅲ－２の組み合わせが考えられる。この実験では容器内の圧力が高くなるため、使用する試薬の量については適切に実験を行ってほしい。

表Ⅲ－２ 組み合わせる試薬の量

5%塩酸	炭酸水素ナトリウム
10cm <sup>3</sup>	0.30g, 0.60g, 0.90g
10cm <sup>3</sup>	0.25g, 0.50g, 0.75g, 1.00g
15cm <sup>3</sup>	0.50g, 1.00g, 1.50g, 2.00g

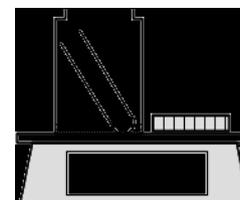
(2) 高等学校における授業展開例

【ねらい】炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応を通して、反応の前後で質量が変化しないことを確認した上で、炭酸水素ナトリウムと質量変化（発生した気体の質量）の関係についてグラフを作成し、化学反応の量的関係について法則性を見いだす。

【準備物】炭酸水素ナトリウム、2mol/L塩酸、密閉できる容器、電子天秤

【実験操作】

- [1] 密閉できる容器に炭酸水素ナトリウム0.50g、1.00g、1.50g、2.00gと2mol/L塩酸10cm<sup>3</sup>の入った試験管をを入れて密栓する。容器全体の質量M<sub>1</sub>を測定する（図Ⅲ－11）。
- [2] 容器を傾け、塩酸と炭酸水素ナトリウムを反応させる。十分反応させたあと、容器全体の質量M<sub>2</sub>を測定する（図Ⅲ－12）。
- [3] ゆっくりと容器のふたを開け、容器内の気体を空気と置換した後、容器全体の質量M<sub>3</sub>を測定する（図Ⅲ－13）。
- [4] 他のグループの実験結果を踏まえながら、炭酸水素ナトリウムと質量変化（発生した気体の質量）の関係についてグラフを作成する。



図Ⅲ－13

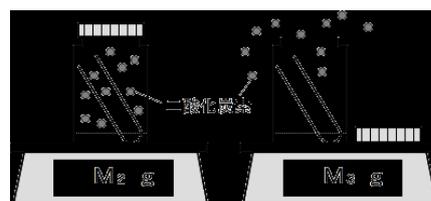
【実験結果】

表Ⅲ－3 反応前後の質量変化

比較	NaHCO <sub>3</sub> の質量		0.50g		1.00g		1.50g		2.00g	
	グループ	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	
	混合前の質量M <sub>1</sub>	62.50g	56.64g	61.11g	63.35g	63.58g	63.70g	59.58g	62.42g	
	混合後の質量M <sub>2</sub>	62.49g	56.64g	61.10g	63.35g	63.55g	63.68g	59.58g*	62.39g*	
	気体置換後の質量M <sub>3</sub>	62.28g	56.41g	60.63g	62.86g	58.88g	62.96g	62.82g	61.70g	
	質量変化 (M <sub>1</sub> －M <sub>3</sub> )	0.22g	0.23g	0.48g	0.49g	0.70g	0.74g	0.76g	0.72g	

\*炭酸水素ナトリウムが少し残っていた。

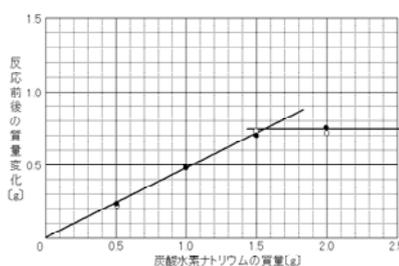
【考察】 実験結果から混合前後の質量M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>について全体の質量が変わらないことを確認する。ふたを開けた後の質量変化が気体の発生によるものであることを生徒に理解させた上で(図Ⅲ－14)、質量変化(M<sub>1</sub>－M<sub>3</sub>)を化学反応式の係数や物質質量との関連を考えさせたい。次式のように、炭酸水素ナトリウム1mol(NaHCO<sub>3</sub>=84)が反応すると、二酸化炭素1mol



図Ⅲ－14

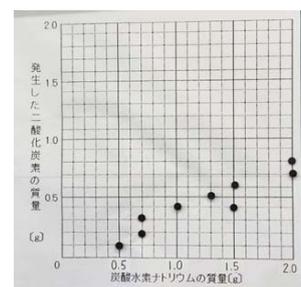
(CO<sub>2</sub>=44)が発生する。  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2mol/L塩酸10cm<sup>3</sup>には、 $2.0 \times 10^{-2}$ molの塩化水素が含まれ、これと完全に反応する炭酸水素ナトリウムは1.68gであり、炭酸水素ナトリウム2.00gを用いた場合、一部が反応せず残る。実験結果をグラフで表すと図Ⅲ－15のようになり、反応物の過不足を考えることが必要である。



図Ⅲ－15

生徒にとって実験結果をグラフで表すことが難しい場合の手だてとして、図Ⅲ－16に示すように、黒板にグラフ用紙を貼り、実験結果を磁石でプロットすることで、グループ間のデータを共有し、法則性について話し合うこともできる。



図Ⅲ－16

#### 4 実践から見てきた化学領域における系統性

物質の性質は、その物質を構成する原子の種類と数で決まり、化学的な事物・現象を説明する上で原子・分子の概念は大切である。小学校理科では「ものの温まり方」「ものの燃え方」などの単元で、粒子モデルを使った授業展開がなされるが、中・高等学校では更に粒子を構成する原子、分子に注目し、定性的、定量的な扱いが求められる。

今回の実践では中・高等学校で関連する単元・題材について、中学校側と高等学校側の双方向からの授業展開について考えた。特に分子モデルの作成を通して、原子・分子という粒子概念について、生徒の興味、関心、意欲を高められたと考えている。

授業実践を通して、事物・現象を「粒子」という観点からとらえること、化学変化とは新しい結合の生成を伴う変化であることを再確認するとともに、これらが化学領域における系統性の視点をもつことではないかと考えている。本実践事例を参考にして、生徒や学校の実状に合わせて活用し、化学の醍醐味を伝えて欲しい。

## IV 生物領域

### 1 生物領域における系統性

#### (1) 学習指導要領に示された概念の柱

現行の理科学習指導要領では、生物領域について、小学校理科から高等学校『生物基礎』まで、「生命」を概念の柱とした構造化が図られており、さらに「生命の構造と機能」「生物の多様性と共通性」「生命の連続性」「生物と環境のかかわり」の四つで構成されている。小学校では、第3学年「昆虫と植物」「身近な自然の観察」、第4学年「ヒトの体のつくりと運動」「季節と生物」、第5学年「植物の発芽、成長、結実」「動物の誕生」、第6学年「人の体のつくりと働き」「植物の養分と水の通り道」「生物と環境」が学習内容である。中学校では、第1学年「植物の体のつくりと働き」「植物の仲間」「生物の観察」、第2学年「動物の体のつくりと働き」「生物と細胞」「動物の仲間」「生物の変遷と進化」、第3学年「生物の成長を殖え方」「遺伝の規則性と遺伝子」「生物と環境」「自然の恵みと災害」が学習内容である。さらに中学校理科全体を総合した単元「自然環境の保全と科学技術の利用」が設けられている。さらに高等学校『生物基礎』においては、「生物の特徴」「生物の体内環境」「遺伝子とその働き」「植生の多様性と分布」「生態系とその保全」が学習内容となっている。

#### (2) 生物領域における系統的な学びについて

生物領域を系統的に学ばせる上で「生命」という概念をいかに理解させるか、また、言い換えれば「いのちとは何か」という問いに対して科学的に正しく捉えて表現させることができるかが、重要だと考える。しかし、「生命」という概念の捉え方は、科学の研究成果によって大きく変化する。特に、生命科学に関する研究は近年目ましく進展しており、現学習指導要領改訂に当たって、全ての教科科目の中で生物領域は学習内容が最も大きく改善させた科目の一つである。

一方、子どもたちの本物の生物に触れる機会が不足していること、学習内容の連続性の中で小学校理科の具体的な自然物や事象を対象とした学びから高等学校での抽象的な概念を多く扱う学びへの円滑な移行が難しいこと、科学と日常生活や社会との関連の意識が弱いことなどの課題がある。

そこで、生物領域の系統性を考えるとき、学習内容の現代化はもちろん、学習内容の連続性という視点、更に、子どもたちに「いのちとは何か」について問いかける機会となる授業づくりの視点が必要だと考える。そこで、本研究では、現行学習指導要領で新たに導入された視点である「共通性」に着目して、授業実践を通して生物領域の系統性の在り方を探った。更に、学習内容は小学校から高等学校へと学びを重ねながら深まっていくが、生物領域では同じ生物を素材にして校種をこえて扱うことができるという利点もある。そこで、校種をこえて同じ生物素材を扱った生物領域の授業づくりについて、実践を通して、生物領域の系統性の在り方について探った。

#### (3) 「生物領域」における系統性を意識した授業実践を計画する視点

生物領域における系統性を踏まえた授業実践を行う上での視点は以下のとおりである。

- ・「生命」を科学的な見方や概念の柱とし、中学校と高等学校での学習内容の連続性を意識する。
- ・生物領域の系統性を意識した学習活動を構成するに当たっては、抽象性が学年が上がるにしたがって高まるので、既習の概念を活用する場面を効果的に位置付ける。
- ・生徒自らが課題を見付け、考え、見通しをもって主体的に観察、実験などを行い、目的意識をもって意欲的に取り組めるよう、魅力的な題材を扱う。
- ・中・高等学校のみならず、将来の学びにつながる科学的な思考力や表現力の育成を考える。

## 2 「DNAを実感しよう！」生物領域の系統性を踏まえた授業例（1）

### (1) ねらい

DNAは、現行の学習指導要領から新たに中学校での学習内容に加えられた。DNAは、近年最も研究が進展している分野の根本であり、かつ、生物の共通性の土台となる概念である。よって、DNAに関する学習内容は、中学校で基礎的・基本的概念を学び、高等学校の『生物基礎』『生物』では最新の研究まで深めていくように構成されている。

このように、DNAは生命を語る上で重要な概念であるが、この概念の指導の困難さについて理科教員から度々聞くことがある。これは、以下に示す中学校と高等学校の県下の教員に対する理科の指導に関するアンケート結果からも見えてくる。

#### アンケート結果（抜粋）

- ・ 遺伝の規則性と遺伝子については、生徒のイメージを膨らませるのが難しく、一方的な説明に終始してしまう。（中学校，高等学校教員）
- ・ なかなか実験ができず、実感させにくい。（中学校，高等学校教員）
- ・ DNAは目に見えないため、生徒は理解しにくい。（中学校，高等学校教員）

中・高等学校の教員が共通の課題を挙げていることが分かる。そこで、本研究では、DNAの概念形成に関して、遺伝物質としてのDNAだけを扱うのではなく、生物の共通性の概念を生徒が意識できるよう配慮して、授業実践を行った。

本実践に関わる単元として、中学校の学習指導要領に示されている「生命の連続性」と高等学校の学習指導要領に示されている「生物と遺伝子」に関係する内容は以下のとおりである。

中学校理科 第2分野	高等学校 「生物基礎」
<p>(5) 生命の連続性 身近な生物についての観察，実験を通して，生物の成長と殖え方，遺伝現象について理解させるとともに，生命の連続性について認識を深める。</p>	<p>(1) 生物と遺伝子 生物と遺伝子について観察，実験などを通して探究し，細胞の働き及びDNAの構造と機能の概要を理解させ，生物についての共通性と多様性の視点を身に付けさせる。</p>
<p>イ 遺伝の規則性と遺伝子 (7) 遺伝の規則性と遺伝子 交配実験の結果などに基づいて，親の形質が子に伝わる時の規則性を見いだすこと。 (内容の取扱い) ウ イ(7)については，分離の法則を扱うこと。また，遺伝子に変化が起きて形質が変化することがあることや遺伝子の本体がDNAであることにも触れること。</p>	<p>イ 遺伝子とその働き (7) 遺伝情報とDNA 遺伝情報を担う物質としてのDNAの特徴について理解すること。 (4) 遺伝情報の分配 DNAが複製され分配されることにより，遺伝情報が伝えられることを理解すること。</p>

(2) 中学校における授業実践例

イメージがつくりにくいDNAを体感しながら学び、生物の共通性について気付かせることをねらって授業を構成した。この本時案を図IV-1、ワークシートを図IV-2に示す。

① 本時のねらい

身近な素材からDNAを抽出する実験を通して、DNAは全ての生物が共通してもっていることを説明することができる。

② 本時案

<p>【単元名】『第2分野』(5) 生命の連続性 イ 遺伝の規則性と遺伝子 (7) 遺伝の規則性と遺伝子</p> <p>【目標】・手順に沿って、正しく実験操作を行うことができる。 [観察・実験の技能] ・実験結果からDNAは全ての生物が共通してもっていると考察できる。 [思考・表現]</p>			
	学習活動	教師の指導・支援	学習評価
導入	1 前時の学習内容を復習するとともに、本時の目標を知る。	○染色体にはDNAが含まれていることを確認する。 ○DNAが遺伝子の本体であることを確認する。	
	身近な素材からDNAを取り出してみよう。		
展開	2 身近な素材からDNAが取り出せるか予想する。	○身近な素材からDNAが取り出せるか、予想させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・身近な素材（オレンジジュース、乳酸菌飲料、バナナジュース、青汁、スポーツ飲料、タマネギジュースなど）を準備しておく。</li> <li>・二人組で実験を進める。</li> </ul>
	3 実験方法や注意事項について聞く。	○実験の手順を説明する。	
	<p>〈実験方法〉</p> <p>(1) DNA採取用の素材にDNA抽出液を20mLほど加え、穏やかに攪拌し、10分間待つ。</p> <p>(2) 茶こしでろ過する。</p> <p>(3) ろ液と同量の冷やしたエタノールをビーカーの壁づたいに静かに注ぐ。</p> <p>(4) エタノール層に白くふわふわしたものが現れたら、観察を行う。</p>		
まとめ	4 実験を行う。	○以下の点に留意して、机間指導を行う。 ・全員が意欲的に実験に取り組んでいるか。 ・実験操作や観察のポイントを意識しながら実験しているか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手順に沿って、正しく実験操作を行うことができる。 [観察・実験の技能] (行動観察)</li> </ul>
	5 結果をまとめ、考察し、黒板に掲示する。	○実験結果や気付いたことをワークシートにまとめさせる。 ○実験結果・考察を模造紙にまとめ黒板に掲示させる。	
	6 考察結果の発表からワークシートに本時のまとめをして、本時の学習内容を振り返る。	○実験結果を発表させることで、理解を深めさせる。 ○クラス内のまとめをする。 ○生物の細胞には共通してDNAが含まれていること、また、DNAの情報の違いから様々な生物が生まれたことを知らせる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験結果からDNAは全ての生物が共通してもっていると考察できる。 [科学的な思考・表現] (ワークシート)</li> </ul>

図IV-1 「DNAを実感しよう！」授業展開例(中学校)

<実験：身近な素材から DNA を取り出そう>  
( 7 ) 班 ( )

◎目的  
身近な素材から DNA を取り出すことができるかどうかを調べる。  
 ・ DNA は 葉を様 に含まれている。  
 ・ 取り出した DNA は、白 っぽい色をしている。

◎予想  
DNA が取り出せるもの…○、DNA が取り出せないもの…×

青汁	オレンジジュース	飲むヨーグルト	スポーツ飲料	バナナジュース	タマネギジュース
○	×	○	×	○	○

◎実験器具  
 身近な素材 (青汁、オレンジジュース、飲むヨーグルト、スポーツ飲料、バナナジュース、タマネギジュース) から  
 各班で 3 種類を選ぶ。  
 DNA 抽出液     50ml ビーカー (3)     ガラス棒 (2)  
 エタノール     茶こし (2)      
       

◎実験方法  
 1. 身近な素材に、DNA 抽出液を 20ml ずつ加えて、ゆっくりとかき混ぜ、10 分間待つ。時々軽くかき混ぜること。(3 種類ともやること)  
 2. 茶こしで身近な素材をろ過する (ろ液の量は 15 ml)。(ろ紙を変えて 3 種類ともやること。茶こしは毎回洗うこと。)  
 3. たまったろ液と同量の冷エタノールを、ガラス棒を使ってビーカーの壁づたいにゆっくりと静かに注ぐ。(3 種類ともやること。)  
 4. エタノールの層にあらわれたものがあれば、側面や上から観察を行い、様子や量の比較をする。

◎実験結果

素材名	青汁	オレンジジュース	飲むヨーグルト
あらわれたか(○, X) 量(出願して)	◎	○	◎
あらわれたものの様子	糸みたい!!	じゅじゅ出てきた。	青汁の多い!

(他の班の結果)

素材名	スポーツドリンク	バナナジュース	タマネギジュース
あらわれたか(○, X)	X	◎	○

◎考察  
 ・ DNA があらわれたものには、どのような特徴や共通性があるだろうか?  
 植物や動物から出た。  
 細胞には様々あり、その中に DNA は存在する。  
 ・ あらわれたものが DNA であることを確かめるには、どのようにすればいいのだろうか?  
 酢酸カーミン液を滴すと赤色に染まる。

◎実験の振り返り

	ダメだった…	すばらしい
1. 実験に積極的に参加できましたか?	1	2 3 ④
2. 実験の手順の説明を、集中して聞けたか?	1	2 3 ④
3. 実験装置を安全に、正しい操作方法で扱えたか?	1	2 3 ④
4. 何を調べているのか、どんな操作をすればいいのかを理解しながら実験を行いましたか?	1	2 ③ 4

◎実験を終えての感想など、何でも。  
 身近なもので、DNA を抽出できるのは面白かった。

図 IV-2 ワークシート (実験後)

(3) 高等学校における授業実践例

実験方法は中学校の実践と同じであるが、DNA の複製や植物の成長などの既習の知識を利用して、DNA について定量的に考えることができるように授業を構成した。この本時案を図 IV-3、ワークシートを図 IV-4 に示す。

① 本時のねらい

DNA を抽出する実験を通して、DNA が正確に複製され、各細胞に一定量が含まれていることを説明できる。

② 本時案

【単元名】『生物基礎』 (5) 生命の連続性 イ 遺伝子とその働き (7) 遺伝情報と DNA		
【目標】・手順に沿って、正しく実験操作を行うことができる。 [観察・実験の技能]		
・実験結果から DNA は各細胞に一定量含まれていると考察できる。 [思考・判断・表現]		
	学習活動	指導・支援上の配慮事項
導入	1 前時の学習内容を復習するとともに、本時の目標を知る。	○中学校で学習した遺伝子に関わる内容を確認する。
	植物の部位による DNA 量の違いを調べよう。	
展開	2 材料の部位の違いによる取り出せる DNA 量の違いを予想する。 3 実験方法や注意事項について聞く。 4 実験を行う。	○材料の部位の違いによる取り出せる DNA 量の違いを予想する。 ○実験の手順を説明する。 ○机間指導を行い、適宜助言を行う。
		・タマネギを材料とする。 ・二人組で実験を進める。  ・手順に沿って、正しく実験操作を行うことができる。 [観察・実験の技能] (行動観察)

まとめ	<p>5 結果を個人で考察し、ワークシートに記入する。</p> <p>6 ワークシートを持ち寄り、グループで考察を整理し、本時のまとめをする。</p>	<p>○実験結果や気付いたことを個人でワークシートにまとめさせる。</p> <p>○ワークシートを持ち寄り、グループで考察を整理し、本時のまとめをする。</p>	<p>・実験結果についてDNAと細胞の大きさの関係を説明できる。</p> <p>[思考・判断・表現] (ワークシート)</p>
-----	---	--	---

図IV-3 「DNAを実感しよう！」授業展開例(高等学校)

(4) 実践から見たもの

多くの教科書に記載されているDNAの抽出実験は、一つの方法を用いて、方法の紹介が中心となっている。今回の中学校の実践では、複数の身近な素材を使うことで、生物の共通性に迫り、高等学校では、一つの材料であるが、部位を変えることで、探究的な取り組みとなるように観察、実験を工夫した。生徒の事後のアンケート結果と授業実践者の感想を以下に紹介する。

**DNA抽出量の比較**

1. 目的  
多細胞動物の体細胞において、1個の細胞に含まれるDNA量は一定である。多細胞動物の異なる部位からDNAを抽出してその量に違いがあるかを確認し、結果について考察する。

2. 準備  
【材料】 タマネギの鱗茎  
【器具】 乳鉢・乳棒、キッチンペーパー、五こし、ビーガー50mL、目盛り付き試験管、滴瓶、カッターナイフ、電子天秤  
【薬品】 DNA抽出液(NaCl 12gと中性洗剤20mLに水を加え、200mLにする。) エタノール(95%) 10mLずつ入れ、冷蔵庫で冷やしておく。

3. 方法  
① タマネギの鱗茎を内側と外側に分け、それぞれから10g取り取って、キッチンナイフで細かく切り、乳鉢に入れて粉がなくなるまでしっかりとつぶす。  
② 乳鉢の中にDNA抽出液10mLを加え、乳鉢を両手で持って、すりつぶしたタマネギ全体がDNA抽出液と懸濁するように、ゆっくりと大きく回す。  
③ 10分間放置する。(内側と外側の試料で作業時間に差がないように注意する。)  
④ 50mLビーガーの上に五こしをセットし、五こしにキッチンペーパーを広げて、そこへ②を注いで、ろ過する。(乳鉢の中の試料はすべて移し、キッチンペーパーを軽く絞るようにして。)  
⑤ 目盛り付き試験管に④の抽出液を5mLずつ入れ、冷えたエタノール10mLをゆっくりに入れる。  
⑥ 試験管をゆっくりと振りながら回し、上層に浮いてきたDNAの量を比較する。

4. 結果  
抽出できたDNAの量に違いがあったか。(++++, ++, +で表す。)

DNA量	抽出部位	
	内側	外側

5. 考察  
① 結果のようになった理由を考え、説明せよ。

個人	
グループ	

② DNAをより多く抽出したい場合は、どのような部位を使うが良いか。

個人	
グループ	

6. 感想・反省

年 組 番 氏名 \_\_\_\_\_

図IV-4 ワークシート(高等学校)

① 生徒の感想の一部

中学校：こんなに簡単にDNAが取り出せるんだなあと思いました。  
DNAは身近に存在するんだということが分かった。

高等学校：予想通り、タマネギの外側よりも内側から多くのDNAを抽出できた。  
グループで相談して、実験の方法を考えるのははじめてだった。

② 授業実践者の感想

中学校：DNAが抽出できる試料と抽出できない試料(スポーツ飲料)から任意に3種類を選ばせ、両者の比較から、DNAが抽出できる試料は生物の細胞由来で、DNAが含まれていること(共通性)に気付かせ、高校生物での探究活動につなげることを目標とした。実際にDNAが抽出される場面では、生徒たちは非常に興味深く観察していた。アンケート結果からも、大変熱心に実験に取り組むことができ、視覚や嗅覚で生物やDNAの存在を身近に感じることができ、DNAの共通性について見いだすことができた。

高等学校：中学校での学習内容を確認して授業づくりをしたことで、観察、実験中に生徒の考えをより明確に予想しながら観察、実験を進めることができた。グループワークは中学校で積極的に行っているようで、まとめの場面では、生徒は積極的に発言できていた。

③ まとめ

中学校、高等学校の理科の教員が課題に挙げたDNAの観察、実験について、一定の成果があったと考える。抽象性の高いDNAという概念を、既習概念や具体的な知識と結び付けることで、共通性に基づいて実感させることができたのではないかと考える。

### 3 「メダカから生命を学ぶ」生物領域の系統性を踏まえた授業例（2）

#### (1) ねらい

1 種類の生物材料を用いて、全ての校種の学習内容を扱うことができることは、生物領域の特性であり、これを系統性の利点として扱う観察、実験を計画した。本研究では、小学校理科でも扱われる身近なメダカを材料にした観察、実験の授業実践について、高等学校での実践を中心に紹介する。

中学校と高等学校の学習指導要領に示されている内容は以下のとおりである。

中学校理科 第2分野	高等学校 「生物基礎」
<p>(3) 動物の生活と生物の変遷</p> <p>生物の体は細胞からできていることを観察を通して理解させる。また、動物などについての観察、実験を通して、動物の体のつくりと働きを理解させ、動物の生活と種類についての認識を深めるとともに、生物の変遷について理解させる。</p>	<p>(2) 生物の体内環境の維持</p> <p>生物の体内環境の維持について観察、実験などを通して探究し、生物には体内環境を維持する仕組みがあることを理解させ、体内環境の維持と健康との関係について認識させる。</p>
<p>イ 動物の体のつくりと働き</p> <p>(7) 生命を維持する働き</p> <p>消化や呼吸、血液の循環についての観察、実験を行い、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察、実験の結果と関連付けてとらえること。</p>	<p>ア 生物の体内環境</p> <p>(1) 体内環境の維持の仕組み</p> <p>体内環境の維持に自律神経とホルモンがかかわっていることを理解すること。</p>

#### (2) 中学校における授業実践例

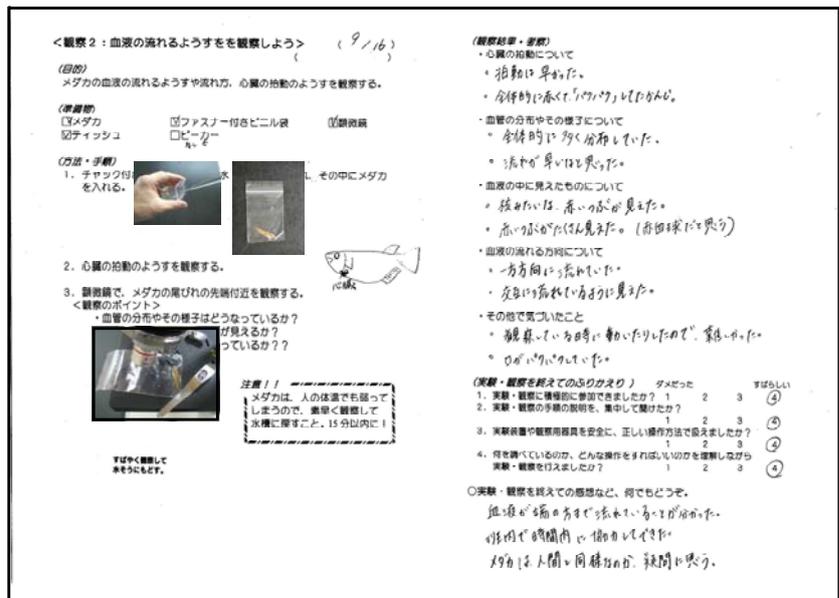
本時のワークシート（生徒が事後に提出）を図IV-5に示す。

##### ① 本時の目標

メダカの心拍と血流を観察することで、生命について実感を伴って理解する。

##### ② 授業展開の工夫

45分の授業内に観察、考察を終えるために、顕微鏡観察を円滑に操作させる必要があった。そこで、顕微鏡の操作シートを配布し、各自で確認しながら操作できるようにした。



図IV-5 ワークシート（実験後）

### (3) 高等学校における授業実践例

実験をデザインする能力は探究活動において必要な力である。そこで、中学校での学習内容を想起させた上で取り組むことができるように授業を構成した。この本時案を図IV-6、ワークシート（生徒が事後に提出したもの）を図IV-7に示す。

#### ① 本時のめあて

メダカの心拍数を観察して、この変化の要因を探究する実験方法について、自分自身の体験などを踏まえて考える。

#### ② 本時案

<b>【単元名】『生物基礎』 (2)生物の体内環境の維持</b> ア 生物の体内環境 (7) 体内環境 <b>【目標】</b> ・拍動数に影響を与える要因を考え、確認する実験方法を考えることができる。 [思考・判断・表現]			
	学習活動	指導・支援上の配慮事項	評価規準・方法
導入	1 中学校の学習内容を復習するとともに、本時の目標を知る。	○中学校の学習内容を想起させ、本時の目標を伝える。	
展開	2 観察手順を知る。 3 メダカの拍動を顕微鏡で観察する。	○メダカを配布し、観察手順を伝える。 ○顕微鏡で拍動を観察させる。	・3人組で実験を進める。 (拍動数測定、計時、記録各1名) 
	どのような要因によって拍動数は変化するか。		
	4 グループで拍動数の変化に関する要因について話し合う。	○各グループへ机間指導しながら適宜助言を行う。	
まとめ	5 グループで各要因を明らかにする実験方法を協議させ、ワークシートにまとめる。	○話し合った結果や気付いたことをワークシートにまとめさせる。 ○クラス内のまとめをする。 ○次時に提案された実験の一つを行うことを伝える。	・拍動数に影響を与える要因を考え、確認する実験方法を考えることができる。 [思考・判断・表現] (ワークシート)

図IV-6 「メダカから生命を学ぶ」授業展開例(高等学校)

### (4) 実践から見えたもの

この分野は、ビデオなど授業で活用できる映像メディアもあるが、敢えて生徒が体験する観察、実験を行った。その結果、次の感想からも分かるように成果があったと考える。また、高等学校の実践において、中学校の学習内容を再び行うことで想起させ、新たな実験を考えるという取り組みについても一定の成果があったと考える。中学校でメダカの観察を行った生徒が、高等学校で再びメダカの実験を行うと、一層効果的な取り組みになると考える。

考察をもとに、心臓拍動数の変化を観察するための実験を組み立ててみよう。

- 仮説(どのような要因で拍動数がどのように変化するか。)  
 生物がどのような状態か(興奮時やリラックス)により、2つの自律神経のどちらかが、ノルアドレナリン、アセチルコリンを出すかによって拍動数が変化する。
- 実験方法  
 (今回の実験と同じでなくてよい。もっと良い方法があれば、考えてみよう。)  
 ×メダカでなくても生物が何か運動を行った場合、交感神経のノルアドレナリンが影響し、心臓の拍動数が増加する。  
 (人だと変化がわかりやすい)

図IV-7 ワークシート(実験後)

## ① 生徒の感想の一部

中学校：魚と人間の体のつくりで同じところと違うところを知りたいと思った。  
メダカがデリケートな生きものだということが分かった。  
血液の流れている方向がすごく分かりやすかった。

高等学校：自分で実験を組み立てるのがおもしろかった。まだまだ、基礎的なことを勉強しないといけないと思った。  
拍動数が途中で変化するので観察が難しかった。  
自分で考えた実験を実際に行って確認してみたい。

## ② 授業実践者の感想

中学校：本物のメダカを用いた観察にはほとんどの生徒が大変興味をもって熱心に取り組んだ。実際の拍動の様子を観察して、予想以上の拍動の速さに驚いた生徒もかなりいた。尾びれの血流観察については、生きた教材を使用したこと、短時間の観察というハードルの高さから、赤血球の移動を観察できない生徒も多少いたが、実際の血流を観察して感動や驚嘆の声をあげる生徒もいた。やはり「実物」を用いることによって、生徒に感動や強烈な印象をもたせることは、以後の学習の意欲や高等学校での更なる専門分野の探究への興味につながるという面で、非常に大切だと考える。

高等学校：今回の目的はどのような要因が心臓の拍動数に影響をあたえるかを考察し、どのような実験を組み立てればよいかを探究していくことであった。心臓の拍動数に影響を与える要因について今後の学習内容に関連する疑問や実験計画が提案され、生徒の理解度を測ることができた。また、この単元に関する意欲も高められたと感じた。

## 4 実践から見てきた生物領域における系統性

生物領域における系統性について、いくつかの視点に着目して授業実践を行ったが、一定の成果があったと考える。特に、現行学習指導要領で新たに導入された視点の一つである「共通性」に着目して、授業実践を行ったことで、共通性とともにも多様性という概念にも生徒は気付くことができた。

また、生物分野において抽象度が高くなる高等学校においても、具体的な生物現象を示しながら行う観察、実験は生徒の関心も高く、意欲を高めることにつながったようである。自然体験が乏しい生徒にとって、具体的な生物現象を自分の眼で確認することが、抽象的な概念の形成にも大きな役目を果たしていると感じた。

現行の生物領域の教育課程に対応した授業づくりに、系統性を意識した授業づくりは大きな意味があると改めて痛感した。系統性を踏まえ、本物の生物を観察、実験などで繰り返し体感させることによって、生徒に「いのちとは何か」を考えさせることにつながり、生徒の生物学的な見方や考え方を伸ばす機会になると確信している。

## VI おわりに

理科の授業づくりでは、同一の学校種内の教育課程編成における系統性のみならず、学校種を超えての系統性や関連性を踏まえ、見通しをもって単元を構成し、計画的に指導していくことが大切である。生徒がどのような学習をしてきたのか、どのような観察や実験を経験してきたのか、また、学習がどの程度身に付いているのかなどを把握し、生徒の疑問に基づいた指導を展開していくことが、学習を一層深めていくことになる。

さらに、今後はある事柄を知っているのみならず、実社会や実生活の中で知識・技能を活用しながら、自ら課題を発見し、主体的、協働的に探究し、成果を表現していけるよう、学びの質や深まりを重視した学習活動が一層求められてくる。新しい時代に必要となる資質・能力の育成は、理科の授業づくりに求められる、「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」「観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動」「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」に期するところが大きい。本指導資料が今後の理科の授業づくりを考える上での一助となれば幸いである。

---

### ○引用文献

- 1) 文部科学省(2008)『小学校学習指導要領解説 理科編』
- 2) 文部科学省(2008)『中学校学習指導要領解説 理科編』
- 3) 文部科学省(2009)『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』

### ○参考文献

- 1) 中等教育資料(平成25年4月号, 5月号)
- 2) 国立教育政策研究所(2013)『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について』
- 3) 国立教育政策研究所(2014)『全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた理科の観察・実験に関する指導事例集』【中学校】
- 4) J S T理数学習支援センター(2013)『平成24年度中学校理科教育実態調査集計結果(速報)』

平成25・26年度岡山県総合教育センター所員研究（共同研究；教科教育）  
「系統性を踏まえた理科の授業づくりに関する研究」研究委員会

指導助言者

稲田 佳彦 岡山大学大学院教授

協力委員

高見 直樹 高梁市立高梁中学校教諭  
杉井 勝 奈義町立奈義中学校教諭  
太田 圭一 岡山県立岡山操山中学校主幹教諭  
廣田 裕一 岡山県立岡山大安寺中等教育学校教諭  
中村 崇 岡山県立岡山朝日高等学校教諭  
吉藤 敬宏 岡山県立西大寺高等学校教諭  
福井 貴博 岡山県立瀬戸高等学校教諭  
歳森 郁夫 岡山県立倉敷天城高等学校教諭  
馬場 伸之 岡山県立水島工業高等学校教諭

研究委員

佐藤 裕之 岡山県総合教育センター教科教育部長(平成26年度)  
前田 敦子 岡山県総合教育センター教科教育部長(平成25年度)  
(現 岡山市立竜操中学校教頭)  
滝澤 浩三 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事  
山田 稔 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事(主幹)(平成26年度)  
苅田 直樹 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事(平成25年度)  
(現 岡山県教育庁義務教育課指導主事(主幹))  
山田 裕史 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事  
守屋 昌樹 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事

平成27年2月発行

系統性を踏まえた理科の授業づくりに関する研究  
—科学的な見方や概念を柱とした観察，実験の実践例—

編集兼発行所 岡山県総合教育センター  
〒716-1241 岡山県加賀郡吉備中央町吉川7545-11  
TEL (0866)56-9101 FAX (0866)56-9121  
URL <http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/>  
E-MAIL [kyoikuse@pref.okayama.lg.jp](mailto:kyoikuse@pref.okayama.lg.jp)

お問い合わせ 教科教育部 TEL (0866) 56-9103  
Copyright © 2015 Okayama Prefectural Education Center

図1 小学校・中学校理科と「物理基礎」「化学基礎」の「エネルギー」「粒子」を柱とした内容の構成

実線は、新規項目。破線は、移行項目。☆印は、選択から必修とする項目。

校種	学年	エネルギー			粒子				
		エネルギーの見方	エネルギーの変換と保存	エネルギー資源の有効利用	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー	
小学校	第3学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>風やゴムの働き</li> <li>風の働き</li> <li>ゴムの働き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光の性質</li> <li>光の反射・集光</li> <li>光の当て方と明るさや暖かさ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>磁石の性質</li> <li>磁石に引きつけられる物</li> <li>異極と同極</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気の通り道</li> <li>電気を通すつなぎ方</li> <li>電気を通す物</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>物と重さ</li> <li>形と重さ</li> <li>体積と重さ</li> </ul>	
	第4学年		<ul style="list-style-type: none"> <li>電気の働き</li> <li>乾電池の数とつなぎ方</li> <li>光電池の働き</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>空気と水の性質</li> <li>空気の圧縮</li> <li>水の圧縮</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>金属、水、空気と温度</li> <li>温度と体積の変化</li> <li>温まり方の違い</li> <li>水の三態変化</li> </ul>	
	第5学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>振り子の運動</li> <li>振り子の運動☆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電流の働き</li> <li>鉄心の磁化、極の変化(小6から移行)</li> <li>電磁石の強さ(小6から移行)</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>物の溶け方</li> <li>物が水に溶ける量の限度</li> <li>物が水に溶ける量の変化</li> <li>重さの保存</li> </ul>		
	第6学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>てこの規則性</li> <li>てこのつり合いと重さ(小5から移行)</li> <li>てこのつり合いの規則性(小5から移行)</li> <li>てこの利用(身の回りにおいてこれを利用した道具)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気の利用</li> <li>発電・蓄電</li> <li>電気の変換(光、音、熱などへの変換)</li> <li>電気による発熱</li> <li>電気の利用(身の回りにおいてこれを利用した道具)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼の仕組み</li> <li>燃焼の仕組み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液の性質</li> <li>酸性、アルカリ性、中性</li> <li>気体が溶けている水溶液</li> <li>金属を変化させる水溶液</li> </ul>			
中学校	第1学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>力と圧力</li> <li>力の働き(力とばねの伸び、重さと質量の違いを含む)</li> <li>圧力(水圧を含む)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光と音</li> <li>光の反射・屈折</li> <li>凸レンズの働き</li> <li>音の性質</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>物質のすがた</li> <li>身の回りの物質とその性質(プラスチックを含む)</li> <li>気体の発生と性質</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液</li> <li>物質の溶解</li> <li>溶解度と再結晶</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>状態変化</li> <li>状態変化と熱</li> <li>物質の融点と沸点</li> </ul>	
	第2学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>電流</li> <li>回路と電流・電圧</li> <li>電流・電圧と抵抗</li> <li>電気とそのエネルギー(電力量、熱量を含む)</li> <li>静電気と電流(電子を含む)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電流と磁界</li> <li>電流がつくる磁界</li> <li>磁界中の電流が受ける力</li> <li>電磁誘導と発電(交流を含む)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>物質の成り立ち</li> <li>物質の分解</li> <li>原子・分子</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学変化</li> <li>化合</li> <li>酸化と還元(中3から移行)</li> <li>化学変化と熱(中3から移行)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学変化と物質の質量</li> <li>化学変化と質量の保存</li> <li>質量変化の規則性</li> </ul>		
	第3学年	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動の規則性</li> <li>力のつり合い(中1から移行)</li> <li>(力の合成・分解を含む)</li> <li>運動の速さと向き</li> <li>力と運動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>力学的エネルギー</li> <li>仕事とエネルギー(衝突(小5から移行)、仕事率を含む)</li> <li>力学的エネルギーの保存</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー</li> <li>様々なエネルギーとその変換(熱の伝わり方、エネルギー変換の効率を含む)</li> <li>エネルギー資源(放射線を含む)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液とイオン</li> <li>水溶液の電気伝導性</li> <li>原子の成り立ちとイオン</li> <li>化学変化と電池</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸・アルカリとイオン</li> <li>酸・アルカリ(中1から移行)</li> <li>中和と塩(中1から移行)</li> </ul>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>科学技術の発展</li> <li>科学技術の発展☆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全と科学技術の利用&lt;第2分野と共通&gt;</li> </ul>					
高等学校		物理基礎			化学基礎				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>運動の表し方</li> <li>物理量の測定と扱い方</li> <li>運動の表し方</li> <li>直線運動の加速度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱</li> <li>熱と温度</li> <li>熱の利用</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>化学と人間生活とのかかわり</li> <li>人間生活の中の化学</li> <li>化学とその役割</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>物質の探究</li> <li>単体・化合物・混合物</li> <li>熱運動と物質の三態</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>様々な力とその働き</li> <li>様々な力</li> <li>力のつり合い</li> <li>運動の法則</li> <li>物体の落下運動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波</li> <li>波の性質</li> <li>音と振動</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>物質の構成粒子</li> <li>原子の構造</li> <li>電子配置と周期表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質と化学結合</li> <li>イオンとイオン結合(Ⅱから移行)</li> <li>金属と金属結合(Ⅱから移行)</li> <li>分子と共有結合(Ⅱから移行)</li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>力学的エネルギー</li> <li>運動エネルギーと位置エネルギー</li> <li>力学的エネルギーの保存</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気</li> <li>物質と電気抵抗</li> <li>電気の利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギーとその利用</li> <li>エネルギーとその利用(放射線及び原子力の利用とその安全性)(Ⅱから移行)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質量と化学反応式</li> <li>物質量</li> <li>化学反応式</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>化学反応</li> <li>酸・塩基と中和</li> <li>酸化と還元</li> </ul>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>物理学が拓く世界</li> <li>物理学が拓く世界</li> </ul>							

図2 小学校・中学校理科と「生物基礎」「地学基礎」の「生命」「地球」を柱とした内容の構成

実線は、新規項目。破線は、移行項目。☆印は、選択から必修とする項目。

校種	学年	生 命				地 球		
		生命の構造と機能	生物の多様性と共通性	生命の連続性	生物と環境のかかわり	地球の内部	地球の表面	地球の周辺
小学校	第3学年	昆虫と植物 ・昆虫の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり			身近な自然の観察 ・身の回りの生物の様子 ・身の回りの生物と環境とのかかわり		太陽と地面の様子 ・日陰の位置と太陽の動き ・地面の暖かさや湿り気の違い	
	第4学年	人の体のつくりと運動 ・骨と筋肉 ・骨と筋肉の働き（関節の働きを含む）	季節と生物 ・動物の活動と季節 ・植物の成長と季節				天気の様子 ・天気による1日の気温の変化（小5から移行） ・水の自然蒸発と結露	月と星 ・月の形と動き ・星の明るさ、色 ・星の動き
	第5学年			植物の発芽、成長、結実 ・種子の中の養分 ・発芽の条件 ・成長の条件 ・植物の受粉、結実	動物の誕生 ・卵の中の成長☆ ・水中の小さな生物 ・母体内の成長☆	流水の働き ・流れる水の働き（侵食、運搬、堆積） ・川の上流・下流と川原の石 ・雨の降り方と増水	天気の変化 ・曇と天気の変化 ・天気の変化の予想	
	第6学年	人の体のつくりと働き ・呼吸 ・消化・吸収 ・血液循環 ・主な臓器の存在（肺、胃、小腸、大腸、肝臓、腎臓、心臓）	植物の養分と水の通り道 ・でんぷんのでき方 ・水の通り道		生物と環境 ・生物と水、空気とのかかわり ・食べ物による生物の関係	土地のつくりと変化 ・土地の構成物と地層の広がり ・地層のでき方と化石 ・火山の噴火や地震による土地の変化☆		月と太陽 ・月の位置や形と太陽の位置 ・月の表面の様子
中学校	第1学年	植物の体のつくりと働き ・花のつくりと働き ・葉・茎・根のつくりと働き	植物の仲間 ・種子植物の仲間 ・種子をつくらない植物の仲間		生物の観察 ・生物の観察	火山と地震 ・火山活動と火成岩 ・地震の伝わり方と地球内部の働き 地層の重なりと過去の様子 ・地層の重なりと過去の様子		
	第2学年	動物の体のつくりと働き ・生命を維持する働き ・刺激と反応	生物と細胞 ・生物と細胞（中3から移行） 動物の仲間 ・脊椎動物の仲間 ・無脊椎動物の仲間 生物の変遷と進化 ・生物の変遷と進化				気象観測 ・気象観測 天気の変化 ・霧や雲の発生 ・前線の通過と天気の変化 日本の気象 ・日本の天気の特徴 ・大気の動きと海洋の影響	
	第3学年			生物の成長と殖え方 ・細胞分裂と生物の成長 ・生物の殖え方 遺伝の規則性と遺伝子 ・遺伝の規則性と遺伝子（DNAを含む）	生物と環境 ・自然界のつり合い ・自然環境の調査と環境保全（地球温暖化、外来種を含む） 自然の恵みと災害 ・自然の恵みと災害☆ 自然環境の保全と科学技術の利用 ・自然環境の保全と科学技術の利用 〈第1分野と共通〉		天体の動きと地球の自転・公転 ・日周運動と自転 ・年周運動と公転 太陽系と恒星 ・太陽の様子 ・月の運動と見え方（日食、月食を含む） ・惑星と恒星（銀河系の存在を含む）	
高等学校	生物基礎				地学基礎			
	生物の体内環境 ・体内環境 ・体内環境の維持の仕組み ・免疫	生物の特徴 ・生物の共通性と多様性 ・細胞とエネルギー 植生の多様性と分布 ・植生と遷移（Ⅱから移行） ・気候とバイオーム（Ⅱから移行）	遺伝子とその働き ・遺伝情報とDNA ・遺伝情報の分配（Ⅱから移行） ・遺伝情報とタンパク質の合成（Ⅱから移行）	生態系とその保全 ・生態系と物質循環（Ⅱから移行） ・生態系のバランスと保全（Ⅱから移行）	惑星としての地球 ・太陽系の中の地球 ・地球の形と大きさ ・地球内部の層構造 活動する地球 ・プレートの運動 ・火山活動と地震 移り変わる地球 ・地層の形成と地質構造 ・古生物の変遷と地球環境	大気と海洋 ・地球の熱収支 ・大気と海水の運動 地球の環境 ・地球環境の科学 ・日本の自然環境	宇宙の構成 ・宇宙のすがた ・太陽と恒星	