

論文

単元の理解を促す理科授業の改善に向けた授業案の提案

—高知県中学理科の生徒のつまずきに着目した理科教材・補助実験の開発—

Preparation of the guideline for science class improvement to promote understanding of the units in a science textbook

—Development of teaching materials and supplementary experiments for science lessons in junior high schools in Kochi, which are focusing on stumbling blocks of students—

横田 康長（高知大学大学院教育学専攻）¹**赤松 直**（高知大学教育学部）²**蒲生 啓司**（高知大学教育学部）²YOKOTA Yasunaga¹, AKAMATSU Tadashi² and GAMOH Keiji²*1 Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University**2 Faculty of Education, Kochi University***ABSTRACT**

For the purpose of developing the science lessons in which students understand the contents of textbooks and engage in inquiry activities with interest, we have proposed the guideline for class improvement focusing on the contents of chemistry and earth science fields in junior high schools in Kochi. Where and what are the students in the junior high schools stumbling on in the science classes. In order to know the reason, we summarized the stumbling blocks and their causes according to the grade of students and the units of textbook in the four areas (physics, chemistry, biology, earth science) of learning contents in the textbooks with reference to the analysis of the results of "National Achievement/Learning Situation Survey", "Kochi Prefecture Achievement Situation Survey" and "Public High School Entrance Examination". Based on the analytical results we have organized the questions with a low percentage of correct answers that are required to be improved and the tasks in the same unit that can be cited many times, according to the grade of students and the units of textbook. Based on the organized materials the methods of experimental and lesson development have been examined focusing on the chemistry and earth science field. The contents of class improvement were applied to the classes of junior high schools. Based on the reactions and movements of the students, improvements have been made to the developmental methods of classes. Our class improvement was performed by "Addition of one lesson to the number of lessons of the unit" and "Invention of the experimental contents and developmental methods within ordinary/normal classes". The records of class practices have been summarized with the descriptions of ingenuity/inventions and precautions for classes. The development of teaching materials and supplementary experiments for science lessons focusing on stumbling blocks of students were effective as problem-solving lesson improvement proposals to promote understanding of the units in a science textbook.

Key phrases: Junior high schools in Kochi, Science class improvement, Supplementary experiments

I. はじめに

2017年に改訂された「中学校学習指導要領（理科）」の全面実施が2021年度である。その理科編の改訂にあたっての基本的な考え方について、「理科で育成を目指す資質・能力を育成する観点から、自然の事物・現象に進んで関わり見通しを持って観察実験を行い、その結果を分析して解釈するなど科学的に探究する学習を充実した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感および理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視した。」¹⁾と記されている。更に今回の新学習指導要領の改訂では、「理科の見方・考え方を働かせて見通しをもって観察、実験を行うことを通して、事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次の通り育成することを目指す」となっている。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

授業でも、科学的な思考力、表現力を高めるために探究的な学習を行ってきたが、学習内容が単元によって小学校とのつながりを基に展開されているものや、実験で確かめることなく提示された抽象的なグラフや法則を元に課題を解決する学習がある。生徒の中には、以前に学習した知識と関連付けて学習を展開していくところで、以前の学習が具体的なイメージとして思い出せなかったり、学習内容のどこの場所と関連しているかを見いだせなかったりするものもある。そのため、中学校の授業で展開している学習内容が理解できず興味を持てなくなったため、学ぶことを諦めてしまう場面がみられた。また、生徒の実態として生徒へのアンケート結果からも、理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思う生徒は少なく、学ぶ意欲を持ってない生徒も多い。

II. 研究の目的

前報²⁾において、理科の学習において以下のようなことを生徒のつまずきとして捉えることができると判断した。

- ①学習するところで、以前に学習した内容を具体的なイメージをもって思い出せず、知識が定着していない。
- ②実験を行う上での課題に対して、仮説や予想を具体的に設定できない。
- ③実施する実験の基本的な技能が身につけていないし、目的がわからない。
- ④理科の学習が、社会に出たときに役に立たないと思っているので、学ぶ意欲を持ってない。

本研究では、前報²⁾に引続きこうした生徒の学習に対する実態をふまえ、生徒がどこで何につまずき、それをどのよう

に軽減・解消できるのかについて、これまでの統計的資料に基づいて明らかにすることを目的として、新たな授業案の作成や補助実験の提案による授業改善を行った。また、授業改善を図るために、生徒一人一人が、根拠を基に課題に対する仮説や予想を設定することができ、以前に学習した知識を活用して主体的に学ぶことができる日常生活に根ざした授業案を作成し、理解を促す補助実験を提案することを研究の目的とした。

この授業改善の授業案を基に、教科書の学習内容を授業で展開することで、科学的な事実を確認し、科学的な事象を以前の学習と関連付けて体験させることができ、学習の流れを深く学ぶことができるのではないかと考え、それによって、高知県の中学生のつまずきを問題解決的に解消できるのではないかと考えた。同時に、授業改善の授業案で示す課題は、学習の展開で生徒が興味を持ち、探究活動が楽しいと思え、科学的根拠に基づいて考察できるものを提示したいと考えた。

III. 研究の流れ

授業改善の提案書の作成に当たって、まず学習の内容や実験内容で、生徒がつまずいていると考えられるところを客観的に見るために、全国学力・学習状況調査および高知県学力定着状況調査（高知県版学力テスト）、公立高校入学試験を参考に、前報²⁾では扱わなかった中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編にある内容を構成している科学の基本概念等を柱として構成している4領域「エネルギー・粒子・生命・地球」に基づいて、学年ごとに設問の概要と正答率及び無答率を項目別に分類した。項目別に分類された表を基に、正答率が40%以下か、無答率が10%以上のもので、設問の概要を基につまずきの原因となっていると思われる設問をピックアップした。ピックアップした設問について、学力テストの分析結果を基に具体的な課題の把握に努めた。

次にその課題を解決するための学習内容や補助実験を加えた授業展開について検討し、授業案を作成した。また単元によっては、小学校及び前学年の学習内容で、何を理解して何ができるか、そして何につまずいていたかを把握するために、そして授業後の定着の具合を把握するために、小テストやアンケートを準備した。中学校の現場で授業実践を行い、授業を実践したことでわかる生徒の反応や変容などを調べた。生徒の学習課題に対する反応や補助実験への取り組み状況によっては、更に授業の展開方法などの改善を行った。授業改善に用いた時間は、単元の授業時数に1時間プラスするか通常の授業時間の実験内容や展開方法を工夫したものであり、授業改善の提案書では、実践における工夫や実験を行う際の注意事項を記載してまとめた。また新学習指導要領にある「日常生活や社会と関連付けて、取り組むことが有効である」と考えられる部分も授業展開の対象に加えた。

IV. 研究の内容

1. 学力テストの分析より

全国学力・学習状況調査、高知県学力定着状況調査及び公立高校入試問題の理科の分析結果を基に、生徒につまずきが見られる単元を調べた。各学力テストの結果と分析結果を基に、学習指導要領に示されている4つの領域（生命・地球・エネルギー・粒子）にある項目に従って出題内容を分類していった。問題内容と正答率及び無答率対象にしたテストは以下の通りである。

全国学力・学習状況調査	平成30年度 ³⁾ 、平成27年度 ⁴⁾ 平成24年度 ⁵⁾
高知県学力定着状況調査	令和2年度 ⁶⁾ 、令和元年度 ⁷⁾ 平成30年度 ⁸⁾ 、平成29年度 ⁹⁾
高知県公立高校入試問題	令和3年度 ¹⁰⁾ 、令和2年度 ¹¹⁾ 平成31年度 ¹²⁾ 、平成30年度 ¹³⁾ 平成29年度 ¹⁴⁾ 、平成28年度 ¹⁵⁾ 平成27年度 ¹⁶⁾ 、平成26年度 ¹⁷⁾ 平成25年度 ¹⁸⁾

3種類の学力テストから正答率40%以下が無答率10%以上の問題で、同じ課題を示している内容項目の問題を集めて比較しながら、生徒がつまずいている学習内容をまとめていった。その問題内容を基につまずきの原因となる内容を検討した。つまずき部分を改善するために、学習内容と授業展開の方法を考え指導案を作成した。そのとき、各学力テストの分析結果の報告書を基に内容を絞り、つまずきを改善する展開方法を、「全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた授業アイデア例」¹⁹⁾や全国学力・学習状況調査報告書²⁰⁾などを参考にした。

各領域から報告書を基につまずきと考えられる各領域の内容は以下の通りで、いくつかの学力テストに共通して挙げられている課題の多い内容説明で示した：

《1》粒子領域（化学）において、学力テストの結果から課題としての重複が多かった単元

① 中学校1年 (2)身の周りの物質・(ア)物質のすがた・①気体の発生と性質
② 中学校1年 (2)身の周りの物質・(イ)水溶液・⑦水溶液
③ 中学校1年 (2)身の周りの物質・(ウ)状態変化・(物質の融点と沸点)
④ 中学校2年 (4)化学変化と原子・分子・(イ)化学変化・①化学変化における酸化と還元
⑤ 中学校2年 (4)化学変化と原子・分子・(ウ)化学変化と物質の質量・⑦化学変化と質量の保存
⑥ 中学校3年 (6)化学変化とイオン・(ア)水溶液とイオン・⑦原子の成り立ちとイオン
⑦ 中学校3年 (6)化学変化とイオン・(ア)水溶液とイオン・⑦中和と塩

学力テストの結果分析の報告書によると、1年生の「気体

の発生と性質」の項目では、1年生で学習した気体の性質の知識が、その後の学習で出てくる化学変化で気体を特定する実験で活かされないという課題がみられた。水溶液の項目では、質量パーセント濃度を求める問題では、公式に当てはめて計算ができないことや、溶解度、再結晶では、溶解度曲線の読み取りが不十分であることが要因として挙げられている。物質の沸点と融点のところでは、沸点の違いを利用して物質を分離するという内容の理解が不十分であることが挙げられている。2年生の化学式や化学反応式については、いずれの場合も化学式や化学反応式の両方で原子の数が一致していなかったり、元素記号や化学反応式を書き表す時の基本的ルールが身についていなかったりすることを指摘した説明が多かった。質量保存の法則では、質量保存の法則を確かめる実験での化学変化を理解できていないという課題が指摘されている。3年生では、原子の成り立ちとイオンについて、原子からイオンへの変化の仕方、中和における化学変化が十分理解できていないことを課題として挙げている。中和と塩では、中和とはどのような反応かを説明する時、化学式や物質名を正確に書くことができないという課題が指定されている。

《2》地球領域（地学）において、学力テストの結果から課題としての重複が多かった単元

- | |
|---|
| ① 中学校1年 (2)大地の成り立ちと変化・(イ)地層の重なりと過去の様子・⑦地層の重なりと過去の様子 |
| ② 中学校1年 (2)大地の成り立ちと変化・(ウ)火山と地震・①地震の伝わり方と地球内部の働き |
| ③ 中学校2年 (4)気象とその変化・(イ)天気の変化・⑦霧や雲の発生 |
| ④ 中学校2年 (4)気象とその変化・(ウ)日本の気象・⑦日本の天気の特徴 |
| ⑤ 中学校3年 (6)地球と宇宙・(ア)天体の動きと地球の自転・⑦日周運動と自転 |
| ⑥ 中学校3年 (6)地球と宇宙・(ア)天体の動きと地球の自転・⑦月と金星の運動と見え方 |

学力テストの結果分析より1年生の地層の重なり方と過去の様子では、柱状図を使って地層の重なり方や広がり、火山活動の回数などを、かぎ層を基に考察することに課題が見られた。地震では、P波・S波・初期微動継続時間についての関係性を、グラフから読みとることに課題がみられた。いずれも、正答率が10%以下の問題がみられた。2年生では、天気の変化に関係する雲の成因について、飽和水蒸気量と露点、湿度および温度の関係の理解が不十分であることが指摘されており、横田ら²¹⁾によって理科授業の改善案が報告されている。日本の天気では、季節による天気と気団の関係や台風の進路に関わって、観測地点における風向を予想することなどができていなかった。3年生の日周運動では地球の自転や

公転により星の位置が変わることに理解が不十分であることが示されていた。月や金星については、「金星の満ち欠け」や「月食」について、他の天体との位置関係がつかめていないので、既習内容を基に言葉を用いてわかりやすく表現することができないという課題が指摘された。

《3》エネルギー領域（物理）において、学力テストの結果から課題としての重複が多かった単元

- ① 中学校 1 年 (1)身近な物理現象・(ア)光と音・(イ)光の反射・屈折
- ② 中学校 1 年 (1)身近な物理現象・(ア)光と音・(イ)凸レンズの働き
- ③ 中学校 1 年 (1)身近な物理現象・(ア)光と音・(イ)音の性質
- ④ 中学校 2 年 (3)電流とその利用・(ア)電流・(イ)電流・電圧と抵抗
- ⑤ 中学校 2 年 (3)電流とその利用・(イ)電流と磁界・(イ)電磁誘導と発電
- ⑥ 中学校 3 年 (5)運動とエネルギー・(イ)運動の規則性・(イ)運動の速さと向き
- ⑦ 中学校 3 年 (5)運動とエネルギー・(イ)力学的エネルギー・(イ)仕事とエネルギー

学力テストの結果分析で 1 年生の光の領域では、光の反射、屈折、凸レンズについてその規則性を正しく理解できないので、光の進み方を求める作図で与えられた情報から正しく表現できないつまずきが見られる。音については、音の波形の特徴を理解できていないので、発音体を振動させる条件が求められないつまずきがある。光及び音とも学力テストの結果で正答率が 10 %未満の問題も見られた。2 年生の範囲では、電圧と電流の値を調べ、抵抗の大きさを求める知識を身につけていることに課題があり、直列回路と並列回路について流れる電流や加わる電圧に関する規則性を基に計算やグラフ化することができないつまずきが見られる。電磁誘導ではコイルの磁界の変化を見い出せなかったり、導線の中を磁界が伝わるといった誤った理解がみられたりした。3 年生の内容では、記録テープを使った台車の実験で、記録テープから台車の移動距離が読み取れなかったり、「平均の速さ」「瞬間の速さ」を求められなかったりするつまずきが見られた。仕事とエネルギーでは、仕事を求める式や滑車を使った場合の引く力や引く距離などが理解不十分であるため結果を上手く求められないというつまずきが見られた。

《4》生命領域（生物）において、学力テストの結果から課題としての重複が多かった単元

- ① 中学校 1 年 (1)いろいろな生物とその共通点・(イ)生物の観察と分類の仕方・(イ)生物の観察
- ② 中学校 1 年 (1)いろいろな生物とその共通点・(イ)生

物の体の共通点と相違点・④動物の体の共通点と相違点（爬虫類と両生類）

- ③ 中学校 2 年 (3)生物の体のつくりと働き・(イ)動物の体のつくりと働き・⑦生命を維持する働き(消化酵素)
- ④ 中学校 2 年 (3)生物の体のつくりと働き・(イ)動物の体のつくりと働き・④刺激と反応(神経)
- ⑤ 中学校 3 年 (5)生命の連続性・(イ)生物の成長と増え方・⑦細胞分裂と生物の成長
- ⑥ 中学校 3 年 (5)生命の連続性・(イ)生物の成長と増え方・④生殖のふえ方(体細胞分裂と減数分裂の染色体の数の違い)

学力テストの結果分析によれば、1 年生の範囲では顕微鏡や双眼実体顕微鏡の操作が身につけていないという指摘が多かった。また、脊椎動物の分類と具体的な動物例が十分理解できていないため、脊椎動物の各分類に関する知識を活用して動物を飼育するための環境を整えるなどに生かせない。2 年生の範囲では、動物や植物にある生命を維持するための仕組みや働きについて実験を通して確かめるところに課題があると述べられている。生命を維持するための働きを調べる探究活動の事例において、最初に立てた課題に対して適切な考察になるように修正を加える思考活動に課題があると指摘されている。更に、生命活動を支えている体の器官や組織の名称やつながりも関連付けて考察ができていないことにつまずきの要因が見られる。3 年生では、細胞分裂などの細胞のはらきによる生物の成長の理解不足がにつまずきになっていることを指摘している。生殖のふえ方では、生殖細胞と染色体の数に対して理解が不十分であることが課題としてあげられている。

V. 授業実践への取り組み

学力テストを基に、授業改善の『提案書』として作成した授業展開の具体的な事例を 2 件説明する。

1. 事例 1：中学校 2 年 気象とその変化（霧や雲の発生）

(1) 学力テストの設問概要と正答率・無答率

平成 27 年度全国学力・学習状況調査理科の問題設問 2-(3) ²⁰⁾	
設問の概要	湿った空気が斜面に沿って上昇してできる雲について、その成因を説明した他者の考えを検討して、誤っているところを指摘し、正しく書き直す。
正答率・無答率	高知県：正答率 8.0 % 無答率 6.6 % 全 国：正答率 14.5 % 無答率 6.7 %
出題の趣旨	雲の成因に関する知識を活用して、資料を基に他者の考察を検討して改善し、その水の状態変化と関連付けて雲の成因を正しく説明することができるかどうかをみる。

(2) 分析結果と課題、授業改善の視点について

平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書の分析結果と課題によれば、「雲の成因に関する知識を活用して、資料を基に他者の考察を検討して改善し、水の状態変化と関連づけて雲の成因を正しく説明することに課題がある。」とある。具体的には、以下の 2 点で誤認識や理解不足がある：

1 点目は生徒の 3 割近くが、雲が「水蒸気」であるという誤解がある。2 点目は、山の斜面に沿って湿った空気が上昇している状況を正しく理解できていないと考えられる。

(3) 授業改善の方向性

授業の展開で天気図や地形の断面図、気温、湿度などの複数の資料を使って、島の上空だけに雲ができる理由を総合的に考察させる課題を与える。そして、目には見えない空気の流れや水蒸気の様子を、理科の用語を用いて正確に説明できる力を身につけさせる。

(4) 本時の学習内容

平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書にある「島の上空だけに雲ができる理由を複数の資料から考える学習場面の例」²⁰⁾を参考に、天気図や地形の断面図、気温、湿度などの複数の資料を使って、島の上空だけに雲ができる理由を総合的に考察させる課題を与える。そして、目には見えない空気の流れや水蒸気の様子を、班での探究活動を通してイメージをもち、自然の事象がどのようにおこっているかを理科の用語を用いて正確に説明させる。

(5) 本時の目標

空気が上昇する原因を指摘し、それによって島の上空だけに雲ができる原因を雲の成因と関連付けて説明することができる。

(6) 本時の評価規準

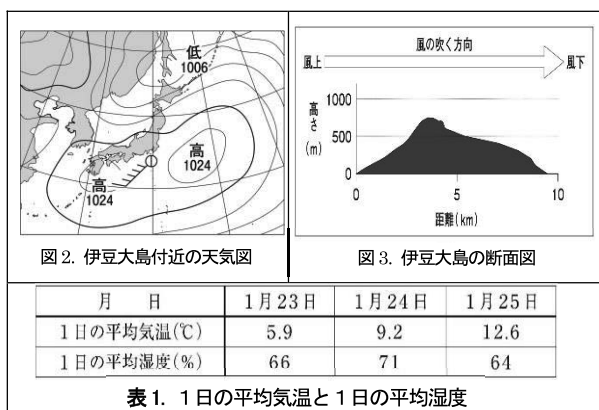
島の上空だけに雲ができる原因を雲の成因と関連付けて考え、説明することができる。(思考・判断・表現)

(7) 授業の流れ

- ① 水の状態変化とどのようなときに上昇気流ができるかの復習と、ペットボトルで雲をつくる演示実験²²⁾を行った。
- ② 伊豆大島の拡大写真(図 1)²⁰⁾を提示し、気が付くことを自由に発表させた。
- ③ 学習課題の「なぜ、島の上空だけに雲ができていのか、その理由を考えましょう。」を提示し、仮説を生徒に考えさせた。
- ④ 生徒に天気図(図 2)²⁰⁾や地形の断面図(図 3)²⁰⁾、気温や湿度の資料(表 1)²⁰⁾を提示し、必要な視点を説明した。
- ⑤ 資料から、雲の発生原因につながる情報を読み取らせ、発表させた後に全体でも確認した。
- ⑥ 個人で島の上空だけに雲ができる理由を考えさせた後、班でホワイトボードにまとめさせ、全体で確認した。
- ⑦ 再度生徒一人ひとりに、島の上空だけに雲ができる理由を自分の言葉でワークシートに書かせた。



図 1. 伊豆大島の拡大写真



(8) 成果および課題

- ① 今回、雲の成因を気象条件や地形などの様々な情報を基に雲のでき方を説明する課題に取り組む探究学習を計画・実施した。
- ② ほとんどの生徒がしっかり仮説を立てることができた。また、課題に対する情報の整理を行う活動では、雲の発生条件に関連する気象条件や地形に関する必要な情報を読み取ることができた。
- ③ 島の上空だけに雲ができる説明の質には生徒により差が見られたが、資料から情報を読み取る活動を通して情報を読み取る自信につながったと思われる。
- ④ 生徒の振り返りの自由記述欄の記録から、仲間とともに情報を共有して説明文を作成するときも、個人で説明文を作るときも、雲の発生を気象条件や地形と結び付けて意欲的に取り組むことができたことが読み取れた。
- ⑤ カリキュラム上、この授業の後で露点と飽和水蒸気量の学習を行うので、雲のでき方を、上昇した湿った空気のかたまりが上昇するにつれて膨張して温度が下がることで露点に達し雲が発生することを生徒達が説明できるようにしていきたい。

2. 事例 2：中学校 2 年 化学変化と原子・分子（化学変化）

(1) 学力テストの設問概要と正答率・無答率

平成 30 年度全国学力・学習状況調査理科の問題 4-(2) ²³⁾	
設問の概要	条件制御の知識・技能を活用して、ガスバーナーの空気の量を変えて炎の色と金網に付くススの量を調べる実験を計画する際に、「変えない条件」を指摘することができるか。
正答率・無答率	高知県: 正答率 44.4% 無答率 15.0 % 全 国: 正答率 44.1% 無答率 15.5%
出題の趣旨	条件制御の知識・技能を活用して、ガスバーナーの空気の量を変えて炎の色と金網に付くススの量を調べる実験を計画する際に、「変えない条件」を指摘することができるか。

平成 30 年度全国学力・学習状況調査理科の問題 4-(3) ²³⁾	
設問の概要	化学変化の前後で「原子の種類と数」は変化しないという知識と、化学変化を原子や分子のモデルで表す知識・技能を活用して、ガスバーナーの炎が赤い時の化学変化を表したモデルを検討して改善し、原子や分子のモデルで説明できるか。
正答率:無答率	高知県:正答率 42.8% 無答率 16.0 % 全 国:正答率 49.4% 無答率 16.2%
出題の趣旨	化学変化の前後で「原子の種類と数」は変化しないという知識と、化学変化を原子や分子のモデルで表す知識・技能を活用して、ガスバーナーの炎が赤い時の化学変化を表したモデルを検討して改善し、原子や分子のモデルで説明できるか。

(2) 分析結果と課題、授業改善の視点について

実験を計画したり、その計画が妥当かどうか検討したりする機会が少ないこと、また、原子の性質を正しく理解したり、生徒自身が化学反応式をつくり上げる経験が少ないことから、化学変化の前後で「原子の種類と数」は変化しないという知識が十分に定着していないと考えられる。

(3) 授業改善の方向性

これまで学んできた化学現象理解させるために、原子や分子性質や表し方を丁寧に指導し、化学変化を化学反応式あらわすときに必要なルールを定着させる。また、実験を計画するときの条件制御などにおいて、変化させる条件、変化させない条件を明らかにしながら進めていく活動を取り入れた授業展開を計画していく。

(4) 本時の学習内容

全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた授業アイディア例¹⁹⁾を参考にして、「化学変化を化学反応式あらわすときに必要なルールを理解させる」ことと「実験を計画するときの条件制御などにおいて、変化させる条件、変化させない条件を明らかにしながら進める」ことの2つの活動を2時間かけて実践する。第1時限目では、ガスバーナーの炎の色と明るさの違いに疑問をもたせ、先哲の考えを手掛かりに、赤い炎の燃焼の様子をモデルで考える。第2時限目では、ガスバーナーの赤い炎の燃焼が炭素に関係していることを確かめる実験方法を生徒自らが計画する。その際に、「変える条件」「変えない条件」を考える学習内容にした。実験計画に従って検証実験を行い、考察をする。

(5) 本時の目標

【1時限目】

- ①化学反応式をきまりに沿って作成し、化学変化の前後の様子を予想することができる。

【2時限目】

- ②実験の方法から「変える条件」と「変えない条件」を整理

して実験の計画をたてることができる。

(6) 本時の評価規準

【1時限目】

- ①青い炎の燃焼をあらわしたモデルを基に酸素が少ないときの赤い炎の燃焼の様子を考えることができる。(思考・判断・表現)

【2時限目】

- ①炭素が関係していることを確かめる方法を考えることができ、考えた実験を計画する場合、変える条件と変えない条件をきちんと設定することができる。(思考・判断・表現)
②計画にそって赤い炎の色は、炭素が関係していることを実験で確かめることができる。(知識・技能)

(7) 授業の流れ

【1時限目】

- ①ガスバーナーの青い炎と赤い炎では、どのような条件が違っていたのかを考えた。
②酸素が少ないとなぜ赤い炎になるのかの学習課題を提示した。
③ファラデーの「ロウソクの科学」を基にして、ロウソクの炎が赤いのは、炭素が生じて、炭素が炎の熱によって輝くからであることを説明した。炭素の発生を生徒実験(図4)で確認した。

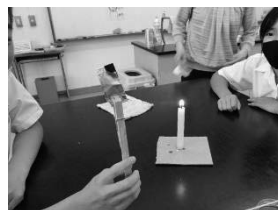


図4. ロウソク炎の炭素の確認

- ④ガスバーナーの青い炎と赤い炎の化学変化を、酸素が多いときと少ないときのプロパンの燃焼式から予想した。

【2時限目】

- ①原子モデルで表された化学変化を基に、ガスバーナーの炎が赤色のときに炭素が関係しているか確かめる実験方法を考える。
②実験方法を全体で発表し、流れについて確認する。
③実験を行う前に「変える条件」と「変えない条件」を整理して実験の計画を立てた。



図5. 検証実験

実験方法

①前回考えた、赤い炎の原因は、(炭素)が関係していることを確かめる方法を書きなさい。

変える条件	炎の色 (青色と赤色)
変えない条件	ガスバーナー、ガスの量、手帳、アルミホイルをかざす時間、アルミの大きさ

②実験をするとき変える条件と変えない条件を書きなさい。

変える条件	炎の色 (青色と赤色)
変えない条件	ガスバーナー、ガスの量、手帳、アルミホイルをかざす時間、アルミの大きさ

図6. 生徒のワークシート

④ワークシート（図 6）に記述された実験の計画を基に実験を行った。

⑤結果を基に考察をした。

(8) 成果および課題

- ①「授業アイデア例」を参考にすることで、生徒につけたい力をつけるための探究的な授業を比較的容易に実施することができた。
- ②教科書に掲載のない実験だが、身のまわりの燃焼について原子・分子モデルを使用し、視覚的にとらえながら理解することができたことである。また、学習指導要領において2年生で重視する「検証計画の立案」の際に重要な「条件制御」の考え方の習得につながることができた。
- ③条件制御を設定する場面で、小学校で学習した発芽実験を思い出させることで、変える条件は「炎の色」で変えない条件は「ガスバーナー、ガスの量、アルミホイルをかざす時間」という発言を引き出すことができた。
- ④ガスバーナーの赤い炎では、炭素が関係しているのであるが、それを知る方法に2パターンある。1つ目は、赤い炎にアルミ箔などをかざすと、黒くススがみられることから炭素が発生していることを調べる方法と、2つ目は、炭素が完全燃焼しているガスバーナーに外から炭素を振りかけて反応させたとき、赤い炎をみることであるが、2つ目の方法が生徒から出なかった場合どのように展開すれば良いかが難しかった。青い炎に炭素をかざし、赤い炎になることを確かめる方法は生徒から出されなかったため、授業の最後に演示で示した。

VI. 成果および残された課題

- (1) 授業実践の内容が、学力テストの結果を基にしたアイデア事例集を参考にすることで、授業全体の流れは把握できていたので生徒の現状にあった授業展開での細かい工夫を考えることができた。
- (2) 学習課題で、原子及び分子のモデルを使ったり、気象条件を予想するための資料を使ったりすることで、課題に深く取り組むことができたし、生徒同士との対話も多くなり探究の活動が活発にできた。
- (3) 学力テストの結果を参考にすることで、授業の流れを焦点かできたし、事前のアンケートでたずねる内容を選択する時や、生徒が何ができ何につまずいているかを把握する時の有効な資料になった。
- (4) 原子・分子の授業は、少人数の学校で行ったこともあり、生徒の人数がもう少し多い学校での実践研究も必要だと思ふ。
- (5) 雲の発生原因を考える時、以前に学習の内容をどこまで理解しているかを、事前に把握することの大切さを学んだ。

本研究の一部は、JSPS 平成 30 年度科学研究費補助金（基盤研究（B）課題番号 18H0106801）の助成を受けて行われたものである。

引用文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編（2019）.
- 2) 横田康長，蒲生啓司：単元の理解を促す理科授業改善に向けた指針書の提案—高知県中学理科の課題に応える化学教材・補助実験の開発—，*高知大学教育学部研究報告*，第 81 号，131-139 (2021).
- 3) 高知県教育委員会：平成 30 年度全国学力・学習状況調査結果の概要（2019）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2014022800560/file_20191233162449_1.pdf
- 4) 高知県教育委員会：平成 27 年度全国学力・学習状況調査結果資料（2015）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2014022800560/file_20151154205351_1.pdf
- 5) 高知県教育委員会：平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果について（2012）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2014022800560/2014022800560_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_attachment_84298.pdf
- 6) 高知県教育委員会：令和 2 年度高知県児童生徒学習状況調査結果の概要（2021）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2016022300088/file_2021316213189_1.pdf
- 7) 高知県教育委員会：令和元年度高知県学力定着状況調査結果の概要（2020）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2016022300088/file_20203124114850_1.pdf
- 8) 高知県教育委員会：平成 30 年度高知県学力定着状況調査結果の概要（2019）.
https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2016022300088/file_20193181104516_1.pdf
- 9) 高知県教育委員会：平成 29 年度学力向上検証改善サイクルの確立に向けて（2018）.
<https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310301/files/2016022300088/h30gakuryokukozyousaikurusassi.pdf>
- 10) 高知県教育委員会：令和 3 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析（2021）.
- 11) 高知県教育委員会：令和 2 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析（2020）.
- 12) 高知県教育委員会：平成 31 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析（2019）.

- 13) 高知県教育委員会：平成 30 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2018).
- 14) 高知県教育委員会：平成 29 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2017).
- 15) 高知県教育委員会：平成 28 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2016).
- 16) 高知県教育委員会：平成 27 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2015).
- 17) 高知県教育委員会：平成 26 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2014).
- 18) 高知県教育委員会：平成 25 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析 (2013).
- 19) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：平成 30 年度全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた授業アイデア例 中学校 (2018).
<https://www.nier.go.jp/jugyourei/h30/data/18m.pdf>
- 20) 国立教育政策研究所：平成 27 年度 全国学力・学習状況調査 報告書 【中学校／理科】 (2015).
<https://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/msci.pdf>.
- 21) 横田康長，赤松直，蒲生啓司：飽和水蒸気量の温度依存性に基づく湿度変化の理解を促す授業改善，*日本科学教育学会研究会研究報告*, 35(6), 51-54, (2021).
- 22) 公益財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構：BY BLUE－琵琶湖・淀川の未来を見つめる情報誌－vol.23 (2008).
http://www.byq.or.jp/shuppan/byblue/byblue23/pdf/bb23_10.pdf
- 23) 国立教育政策研究所：平成 30 年度 全国学力・学習状況調査 報告書 【中学校／理科】 (2018).
<https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18msci.pdf>