

論文

教科教育法での学生主導型授業の実践

——第6学年理科「燃焼の仕組み」——

Practices of Peer Instructing Education in Teaching Methodology: The Case of “Mechanism of combustion”

松原 静郎*・岩間 淳子¹

* 桐蔭横浜大学名誉教授

¹ 青山学院大学教育人間科学部

(2020年3月15日 受理)

I. はじめに

平成29年改訂の学習指導要領に示された「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善が教員をはじめ多くの教育関係者により種々試みられている。その一つ、生徒主導型授業は高等学校で実践されている(柳澤、2016)。この学習法は、ランダムに選ばれた生徒が教師役となり、教師役生徒が予備実験やワークシートの作成などの準備もし、授業を進めていくものである。それを大学に合わせた形で学生主導型授業として教科教育法の授業に導入してきた(松原、2018)。

大学の教員養成課程での模擬授業はいろいろな教職科目で実施されている。例えば、個人で模擬授業が実施する場合や、小人数班が持ち回りで行う場合などがある。ただし、この形式では多くの場合、教師役の学生は児童役の学生が知っている内容を教えることになり、模擬授業後の研究協議会で意見を出し合っても、教師役が伝えたいと思ったことが上手く伝わったかは判然としない面がある。内

容がわかっている通常の模擬授業とは異なり、導入した学生主導型授業は多くの学生にとって新しい学習内容を授業に含めることで、教師役の学生が「いかに児童役の学生が理解できるように学習活動を進めるか」工夫し、体験することを目的としている。

本研究では、小学校理科第6学年「燃焼の仕組み」を題材とし、その基礎調査として学習指導要領における扱いの変遷と、平成20年改訂学習指導要領に基づく平成23年度版と27年度版理科教科書及び平成10年改訂の学習指導要領に基づく平成17年度版理科教科書における内容の分析を行うとともに、小学校教員養成課程において取り入れた学生主導型授業の実践について報告する。

II. 方法

1. 学習指導要領の変遷

小学校学習指導要領における「燃焼の仕組み」に関連する領域の内容の変遷を調査した。対象：昭和22年試案、昭和27年試案、昭和

* MATSUBARA Shizuo: Professor Emeritus, Toin University of Yokohama. 1614, Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

¹ IWAMA Junko: Lecturer, College of Education, Psychology and Human Studies, Aoyama Gakuin University

33年改訂、昭和43年改訂、昭和52年改訂、平成元年改訂、平成10年改訂、平成20年改訂及び平成29年改訂の小学校学習指導要領における「燃焼の仕組み」に関連する領域の内容。

2. 教科書の調査

対象：平成20年改訂の学習指導要領に基づく平成23年度版教科書（[H23]）と記す。以下同様）、平成27年度版教科書（[H27]）、及び平成10年改訂の学習指導要領に基づく平成17年度版教科書（[H17]）の全出版社6社、計18冊。教科書の出版社は、DN、TS、KR、KS、GT、SKのように記号で表す。

調査内容：小学校第6学年「燃焼の仕組み」に関する内容。

方法：学習指導要領の「内容」及び「内容の取り扱い」に従い、用語、観察・実験の方法、結果の記述等について調査・分析した。

3. 学生主導型授業の実践

小学校教員養成課程履修の学生を対象に、小学校理科第6学年「燃焼の仕組み」において、学生主導型授業を導入した。

授業では、各班の中で持ち回りの教師役を決め、事前に教師役学生が全員集まる予備授業の時間（空き時間の90分）を取り、筆者が実験を含めた授業を一通り説明した。教師役学生は担当する授業までに指導略案の作成とワークシートなどの教材作成を含む授業構成を各自で考え、授業時にそれぞれの班の児童役学生に指導した。授業後、教師役学生及び児童役学生ともに振り返りを記入したシートを提出させた。なお、数回の学生主導型授業で全員が教師役を経験するように、実施してきた。

対象：A大学 平成29年度第3学年57名（実践a）、平成30年度第3学年56名（実践b）、計113名。

授業内容：実践aは、これまで実施されてきた平成20年改訂学習指導要領での推論を中心に、実践bは、令和2年度より実施さ

れる平成29年改訂学習指導要領での多面的に調べることを中心に、教師役学生に予備授業で提示する内容を決めた。

III. 結果と考察

1. 学習指導要領の変遷

表1に、小学校学習指導要領理科「燃焼の仕組み」に関連する内容を示す。

昭和22年試案及び昭和27年試案は、関係単元の履修学年や内容、記載の仕方などが現在の学習指導要領とは大きく異なっている。昭和33年改訂以降も変更はされているものの徐々に現在の形式に近づいている。昭和33年改訂の第5学年11小項目の履修から、第5・6学年での履修を経て、平成元年改訂の第6学年3小項目の履修となる。さらに、平成10年改訂からは「植物体が燃えるときには、空気の酸素が使われて二酸化炭素ができること」の1小項目のみ示されている。

酸素に関連しては、昭和33年改訂から52年改訂まで「燃焼に空気が必要」「酸素のなかでは、空気中よりも物が激しく燃えること」とする二つの記載が見られ、同年改訂以降は、「植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われ」とする記載が入る。

一方、二酸化炭素に関しては、「植物体が燃えるとき、二酸化炭素ができること」とする内容の記載が昭和33年改訂以降全ての学習指導要領に示されている。昭和33年改訂と43年改訂には「二酸化炭素のなかでは物が燃えないこと」の、昭和44年と53年発行の小学校指導書には「二酸化炭素ができたので火が消えたのではなく、酸素が使われ、少なくなったから火が消えたという考え方に発展」させたい旨の記載があった。また、昭和33年改訂から52年改訂まで「二酸化炭素は、空気よりも重く、石灰水を白く濁らせる」性質が示されているが、その後は、学習指導要領解説理科編の中で石灰水が二酸化炭素の有無を調べる薬品として記載されてきた。

表1 小学校学習指導要領における「燃焼の仕組み」に関連する領域の内容の変遷

改訂年	学年	内容
昭和22年試案	5	<p>単元十二 火と空気</p> <p>(一) 指導目標</p> <p>1. 火の出方や火と空気の関係を理解し、空気の成分を知る。</p> <p>2. 呼吸による空気の変わり方を理解する。3. ものごとをくわしく究める能力を練り、工夫創造の念を養う。</p> <p>(二) 指導方法——児童の活動</p> <p>1. 火きりきね・火きりすずを使って火を作ってみる。その他いろいろの物をこすと熱の出ることを試みる。2. 火打ち石を打って火花を出し、火口に燃え移らせてみる。3. 硫黄をとかして、木の薄板、または紙片ぎれにつけて、つけ木を作ってみる。4. マッチの火のつき方を調べて話しあう。5. マッチの箱の裏に火をつけて、燃え方を観察し、それがおもに何んであるかを、においなどによって調べる。そしてマッチの箱の裏のはたらきについて研究し、話しあいをする。6. 葉を調べ、使いずみのマッチの棒を利用してその先につけ、マッチを再生してみる。7. マッチの棒の葉の調合に使う材料について、そのはたらきを調べ話しあいをする。8. 塩素酸カリと二酸化マンガンを熱して、酸素を作り、酸素の中で物の燃え方について調べてみる。9. 夏から乾かしてあるクワの枝を出して目方を計り、なまのときに計った目方との差から、なまのクワの枝に含まれている水分の量を見出してみる。10. クワの枝の焼ける様子を観察する。11. 炭が燃えて炭酸ガスのできることを調べる。12. 空気の成分について研究し、話しあいをする。13. 呼吸した空気を調べてみる。14. 潜水夫の呼吸について考えてきて話しあいをする。</p>
昭和27年試案	4	<p>5. a. 火や熱の利用のしかたを理解し、日常生活上、火や熱を使う仕事を合理的に処理することができる。</p>
昭和33年改訂	5	<p>(6) 日常生活に関係の深い燃焼、せっけんのはたらき、酸性・アルカリ性の物質などの性質を実験により調べ、それらの性質や変化を理解させる。</p> <p>ア 火の起し方と消し方を調べる。</p> <p>(ア) こらで火を起し、物が燃えるには空気が必要なことに気づき、じょうずな火の起し方をくふうする。</p> <p>(イ) 燃えているまきや木炭を火消しつぼに入れたり、水をかけたりすると火が消えることから、火を消すには空気を断ったり、温度を下げたりすることが必要であることを理解する。</p> <p>イ 酸素と二酸化炭素をつくり、その性質を調べる。</p> <p>(ア) 酸素を発生させ、その中に燃えているものを入ると、空気中よりはげしく燃えることに気づく。(イ) 空気の中には、酸素のほかには酸素が含まれていることを知る。(ウ) 口の広いびんの中でろうそくや炭火を燃やし、消えたあとに石灰水を入れて振ると、白濁する事実から、(エ) 石灰石・炭酸水素ナトリウム(重曹)または貝殻などに塩酸を作用させて、二酸化炭素を捕集し、空気より重い気体であること、その中には酸素が燃えないこと、石灰水を白濁することに気づき、二酸化炭素の検出法がわかる。(オ) 二酸化炭素は水に溶け、その液は青色リトマス紙を赤く変えることに気づく。</p> <p>ウ 燃料の種類と燃え方を調べる。</p> <p>(ア) 燃料にはいろいろな種類があり、燃料によって燃え方に違いのあることに気づく。</p> <p>(イ) 木片を試験管でむし焼きにすると、燃える気体が出て、あとに木炭ができることに気づく。(ウ) 木炭・れん炭などが燃えるとき、一酸化炭素ができること、この気体は有毒であることを知る。(エ) アルコールランプとろうそくなどで、炎の様子を比較観察して、色・温度、すすのつき方は、燃える物や炎の部分によって違うことに気づき、炎は気体が燃えていることを知る。</p>
昭和43年改訂	5	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(2) 酸素、二酸化炭素の性質を理解させる。</p> <p>ア 物が燃えるには、空気が必要なこと。イ 植物体が燃えるとき、二酸化炭素ができること。ウ 過酸化水素水と二酸化マンガンで、酸素ができること。エ 酸素のなかでは、空気中より物が激しく燃えることや、空気中に酸素があること。オ 塩酸と石灰石で二酸化炭素ができること。カ 二酸化炭素は空気より重く、水に溶けて石灰水を白濁させること。キ 二酸化炭素のなかでは物が燃えないことや、空気中に二酸化炭素があること。</p>
	6	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(1) 物が燃えると、その物の質が変わることを理解させる。</p> <p>ア 炎は気体が燃えるときにできること。イ 炎は、部分によって色・明るさ・温度に違いがあること。ウ 植物体を空気の入れ替わらないところで熱すると、水や燃える気体などが出て、あとに木炭が残る、木炭の大部分は炭素であること。エ ろうそくが燃えると、ろうと酸素が使われ、水・二酸化炭素などがでて、熱・光が出る。オ 物が燃えるときの発熱・発光のしかたは、電流による発熱・発光のしかたと違うこと。カ 燃焼・電流・まさつ・打撃などによって、物が熱を生ずること。</p>
昭和52年改訂	5	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(2) 物が燃えるときの空気の変化を調べたり、酸素や二酸化炭素をつくってその性質を調べたりして、物が燃えるときの空気のはたらきを理解させる。</p> <p>ア 物が燃えるには、空気が必要であること。イ 酸素の中では、空気中よりも物が激しく燃えること。ウ 空気中には、酸素が含まれていること。エ 植物体が燃えるときには、酸素が使われ、二酸化炭素ができること。オ 二酸化炭素は、空気よりも重く、石灰水を白く濁らせること。</p>
	6	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(2) 物が炎を上げて燃える様子を調べ、炎は気体が燃えるときにできることなどを理解させる。</p> <p>ア 炎は、部分によって色、明るさ及び温度に違いがあること。イ 炎は、気体が燃えるときにできること。ウ 木片を空気の入れ替わらないところで熱すると、燃える気体などが出て、後に木炭が残ること。</p>
平成元年改訂	6	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(2) 物を燃やしたり熱したりして、物や空気の性質とその変化を調べることができるようにする。</p> <p>ア 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われ二酸化炭素ができること。イ 植物体を空気の入れ替わらないところで熱すると、燃える気体などが出て、後に炭が残ること。ウ 金属を空気中で熱すると、その性質が変わるものがあること。</p>
平成10年改訂	6	<p>B 物質とエネルギー</p> <p>(2) 物を燃やし、物や空気の変化を調べ、燃焼の仕組みについての考えをもつようにする。</p> <p>ア 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができること。</p>
平成20年改訂	6	<p>A 物質・エネルギー</p> <p>(1) 燃焼の仕組み</p> <p>物を燃やし、物や空気の変化を調べ、燃焼の仕組みについての考えをもつことができるようにする。</p> <p>ア 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができること。</p>
平成29年改訂	6	<p>A 物質・エネルギー</p> <p>(1) 燃焼の仕組み</p> <p>燃焼の仕組みについて、空気の変化に着目して、物の燃え方を多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。</p> <p>(ア) 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができること。</p> <p>イ 燃焼の仕組みについて追究する中で、物が燃えたときの空気の変化について、より妥当な考えをつくりだし、表現すること。</p>

空気の入れ替えに関連しては、昭和33年改訂から平成元年改訂まで「植物体を空気の入れ替わらないところで熱すると、燃える気体などが出て、後に炭が残る」など蒸し焼き（乾留）に関する記載がある。一方、昭和44年発行の小学校理科指導書以降、小学校指導書理科編及び学習指導要領解説理科編（以下、いずれも理科編とのみ記す）には「外の空気を送り込むと燃え続ける」や「植物体を空気中で燃やすと、空気の入れ替わるところでは燃えるが、入れ替わらないところでは燃えなくなってしまう」ことが示された。

そのほか、平成20年発行と29年発行の理科編に「空気には、主に、窒素、酸素、二酸化炭素が含まれている」とあり、窒素も記載されるようになったが、表1にあるように昭和33年改訂学習指導要領イ(イ)には、「空気の中には、酸素のほかに窒素が含まれていることを知る」とあり、窒素も物を燃やす働きのない気体として扱われている。また、昭和43年改訂学習指導要領第6学年B(1)エに、ろうそくが燃えると「水・二酸化炭素などができ」とあり、水生成に言及している。

燃焼実験での安全や簡素化の観点から、平成元年発行と11年発行の理科編に「酸素と二酸化炭素は、例えば、ボンベに入れられているものを使用」することが、薬品を使つての気体の発生・捕集とともに示された。また、平成11年発行以降の理科編には「気体検知管」、29年発行の理科編には「気体センサー」の利用が例として挙げられた。これら測定器具の利用である程度定量的な測定が可能となり、平成11年発行の理科編以降「植物体が燃えるときには空気に含まれる酸素の一部が使われ」と記載されるようになった（下線は筆者による）。

2. 第6学年理科教科書「燃焼の仕組み」

表2-1～4は、平成20年改訂小学校学習指導要領に基づく、平成27年度版教科書（以下、[H27]）と平成23年度版教科書（以下、[H23]）の第6学年「燃焼の仕組み」の内容

を比較し、まとめたものである。参考までにH17年度版教科書（以下、[H17]）第6学年の記述内容も並記する。なお、本単元では、いずれの教科書においても内容が大きく3点にまとめられていた。すなわち、「物を燃やすくふう」「酸素のはたらき」「空気の変化」である。表2の項目2及び3では、この3点に分けて内容を分析した。

(1) 単元名・ページ数（表2、項目1）

単元名は、[H17]が6社全て「物（もの）の燃え方と空気」であったが、[H27][H23]では「もの（物）の燃え方と空気」が4社、「ものの燃え方」「ものが燃えるとき」が各1社であった。

単元のページ数は、[H27]は14～20ページ（平均17.0ページ）、[H23]は14～20ページ（平均16.0ページ）で平均1.0ページ増えていた。なお、[H17]は平均13.7ページであった。

(2) 実験器具（項目2）

「物を燃やすくふう」では、空気の入れ替わりについて学んでいくが、平らにした粘土に、ろうそくを立てて火をつけ、底のない集気びんをかぶせて、ろうそくの燃え方を調べる実験が、[H27]は6社、[H23]が5社、[H17]では4社に見られた。集気びんは透明で中が見やすい。ろうそくは学習指導要領やその解説理科編に例示されていないが、理科編に例示のある割りばしなどの木に比べ火が付きやすい。また粘土は加工しやすいので、底のない集気びんの下に置いてすき間をつくり空気の出入りを可能にしやすくなる。

「酸素のはたらき」では、植物体は酸素の中で燃えるが二酸化炭素や窒素の中では燃えないことを学ぶ。以前は、二酸化マンガンと過酸化水素水を使った酸素の発生、石灰石と希塩酸を使った二酸化炭素の発生の実験が扱われていたが、[H27][H23]ではこれらの実験は1社（SK）のみでの扱いとなり、2社（DN、GT）は参考として「酸素の発生」の実験を挙げていた。気体の性質を調べる実験では、SK社を除く5社が気体のボンベ（酸

素ボンベ、二酸化炭素ボンベ、窒素ボンベ)を使っていた。

「空気の変化」では、植物体が燃えるときに空気に含まれる酸素の一部が使われ、二酸化炭素ができることを学んでいく。[H27] [H23] [H17] 共に全社で、気体検知管を用いた「酸素と二酸化炭素の割合の変化」及び「二酸化炭素は石灰水を白く濁らせる性質があること」を、実験を通して学習していた。

(3) 問いかけ (項目3)

平成20年改訂小学校学習指導要領の理科第6学年(1)の内容は「ア 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができること」のみである。

学習指導要領解説理科編に記載のある、空気の入替わりについて学ぶ「物を燃やすくふう」に関する問いかけ¹⁾は、各社で1~2問設定され、「一方のびんにはふたをして、燃え方を比べてみよう」という体験を促す「体験重視的」な問いかけ(表中ではAと記載)は[H27] [H23] 共に1社に見られ、「ろうそくを燃やし続けるには、どうしたらよいのだろうか」という思考を促す「思考重視的」な問いかけ(表中ではBと記載)は6社全てに見られた。[H17]では「体験重視的」な問いかけは3社、「思考重視的」な問いかけは5社に見られた。

学習指導要領解説理科編に記載のある、植物体は酸素の中では燃えるが二酸化炭素や窒素の中では燃えないことを学ぶ「酸素のはたらき」に関する問いかけは、各社で1~2問設定され、「ものが燃えた後の空気の性質を調べよう」という体験重視的な問いかけは[H27] [H23] 共に2社、「物を燃やすはたらきのある気体は、何だろうか」という思考重視的な問いかけは[H27] [H23] 共に5社に見られた。

学習指導要領の記載に解説理科編の内容が加わっている、植物体が燃えるときに空気に含まれる酸素の一部が使われ、二酸化炭素ができることを学んでいく「空気の変化」に関する問いかけは、各社で1~4問設定され、

「ろうそくを燃やす前後で、空気中にふくまれる酸素や二酸化炭素の量を調べよう」という「体験重視的」な問いかけは[H27] [H23] 共に2社、「物が燃える前と物が燃えた後で、空気は、どのように変わるのだろうか」という「思考重視的」な問いかけは、[H27] [H23] 共に5社に見られた。[H27]では、約8割が思考を重視した問いかけであった。

(4) まとめ (項目4)

まとめとして教科書に記載されている内容は、「物を燃やすくふう」「酸素のはたらき」「空気の変化」のいずれも、学習指導要領解説理科編に記載のある「ものが燃え続けるには、空気が入れかわる必要がある」「酸素には、ものを燃やすはたらきがある」「物が燃えると、空気中の酸素の一部が使われて、二酸化炭素ができる」とする内容が、[H27] [H23] [H17] 共に全社で見られた。

(5) 安全性に関する記述 (項目5)

火傷や換気、気体ボンベや気体検知管の扱い、保護眼鏡(安全眼鏡)の着用に関する記載は、[H27]が各社8~10件で平均9.0件、[H23]は4~6件で平均5.3件、[H17]は1~5件で平均3.7件であった。なお、本単元で保護眼鏡に関する記載は、[H23]から見られるようになった。

(6) 環境、防災 (項目6)

環境、防災に関する記載として、「使い終わった気体検知管は、決められた場所に集める」という記載が[H27] [H23] 共に1社、「使い終わった石灰水は、決められた容器に集める」が[H27] 1社に見られた。なお、環境、防災に関する資料として、「私たちのくらしと空気」「二酸化炭素と気温」「ものが燃えるしくみと初期消火」など、読み物的な記載が[H27] [H23] 共に5社、[H17]は3社に見られた。

3. 学生主導型授業の内容

事前に教師役学生に示す予備授業の内容に関係する学習指導要領解説理科編の記載と模擬授業で扱う実験内容を以下の通りとした。

表2-2 第6学年理科教科書「燃烧の仕組み」

項目	KS			GT			SK		
	H21 H20 6	H23 H20 6	H17 H10 6	H27 H20 6	H23 H20 6	H17 H10 6	H27 H20 6	H23 H20 6	H17 H10 6
1	もの燃え方と空気の関係								
1	もの燃え方と空気の関係								
2	もの燃え方と空気の関係								
3	もの燃え方と空気の関係								
4	もの燃え方と空気の関係								
5	もの燃え方と空気の関係								
6	もの燃え方と空気の関係								
7	もの燃え方と空気の関係								
8	もの燃え方と空気の関係								
9	もの燃え方と空気の関係								
10	もの燃え方と空気の関係								
11	もの燃え方と空気の関係								
12	もの燃え方と空気の関係								
13	もの燃え方と空気の関係								
14	もの燃え方と空気の関係								
15	もの燃え方と空気の関係								
16	もの燃え方と空気の関係								
17	もの燃え方と空気の関係								
18	もの燃え方と空気の関係								
19	もの燃え方と空気の関係								
20	もの燃え方と空気の関係								
21	もの燃え方と空気の関係								
22	もの燃え方と空気の関係								
23	もの燃え方と空気の関係								
24	もの燃え方と空気の関係								
25	もの燃え方と空気の関係								
26	もの燃え方と空気の関係								
27	もの燃え方と空気の関係								
28	もの燃え方と空気の関係								
29	もの燃え方と空気の関係								
30	もの燃え方と空気の関係								
31	もの燃え方と空気の関係								
32	もの燃え方と空気の関係								
33	もの燃え方と空気の関係								
34	もの燃え方と空気の関係								
35	もの燃え方と空気の関係								
36	もの燃え方と空気の関係								
37	もの燃え方と空気の関係								
38	もの燃え方と空気の関係								
39	もの燃え方と空気の関係								
40	もの燃え方と空気の関係								
41	もの燃え方と空気の関係								
42	もの燃え方と空気の関係								
43	もの燃え方と空気の関係								
44	もの燃え方と空気の関係								
45	もの燃え方と空気の関係								
46	もの燃え方と空気の関係								
47	もの燃え方と空気の関係								
48	もの燃え方と空気の関係								
49	もの燃え方と空気の関係								
50	もの燃え方と空気の関係								
51	もの燃え方と空気の関係								
52	もの燃え方と空気の関係								
53	もの燃え方と空気の関係								
54	もの燃え方と空気の関係								
55	もの燃え方と空気の関係								
56	もの燃え方と空気の関係								
57	もの燃え方と空気の関係								
58	もの燃え方と空気の関係								
59	もの燃え方と空気の関係								
60	もの燃え方と空気の関係								
61	もの燃え方と空気の関係								
62	もの燃え方と空気の関係								
63	もの燃え方と空気の関係								
64	もの燃え方と空気の関係								
65	もの燃え方と空気の関係								
66	もの燃え方と空気の関係								
67	もの燃え方と空気の関係								
68	もの燃え方と空気の関係								
69	もの燃え方と空気の関係								
70	もの燃え方と空気の関係								
71	もの燃え方と空気の関係								
72	もの燃え方と空気の関係								
73	もの燃え方と空気の関係								
74	もの燃え方と空気の関係								
75	もの燃え方と空気の関係								
76	もの燃え方と空気の関係								
77	もの燃え方と空気の関係								
78	もの燃え方と空気の関係								
79	もの燃え方と空気の関係								
80	もの燃え方と空気の関係								
81	もの燃え方と空気の関係								
82	もの燃え方と空気の関係								
83	もの燃え方と空気の関係								
84	もの燃え方と空気の関係								
85	もの燃え方と空気の関係								
86	もの燃え方と空気の関係								
87	もの燃え方と空気の関係								
88	もの燃え方と空気の関係								
89	もの燃え方と空気の関係								
90	もの燃え方と空気の関係								
91	もの燃え方と空気の関係								
92	もの燃え方と空気の関係								
93	もの燃え方と空気の関係								
94	もの燃え方と空気の関係								
95	もの燃え方と空気の関係								
96	もの燃え方と空気の関係								
97	もの燃え方と空気の関係								
98	もの燃え方と空気の関係								
99	もの燃え方と空気の関係								
100	もの燃え方と空気の関係								

注) H27：平成27年度版、H23：平成23年度版、H17：平成17年度版教科書、DN、TS、KR、KS、GT、SK：出版社、問いかけの方法、A：体験重視的、B：思考重視的、×：別途編入

なお、いずれの実践においても教師役学生には「燃え続けるためには空気が入り替わる必要があること」(実践 α 実験(5)、実践 β 実験(7))を中心に指導するよう促した。

(1) 実践 α の授業内容

この実践では、平成20年改訂小学校学習指導要領の解説理科編第3章第6学年の2内容A(1)「燃焼の仕組み」に準じることとし、解説にしたがい、物の燃焼と空気の変化とを関係付けて推論させるため、次の5実験を用意した。

実験(1)：ろうそくに火をつけ、それにビーカーをかぶせる実験で、しばらくすると火が消えることを確認する。その際、酸素が使われて二酸化炭素が発生することは大学生にとって既知のこととし、水の生成などより深い学びに進めていく。

実験(2)：新たに開発された酸素センサー(高橋、2017)の使い方を学んだ後、センサーを使って、ろうそくに着火しビーカーをかぶせて消炎するまでのビーカー内の酸素濃度が21%から17%程度まで減少していく変化を観察・測定する。

実験(3)：気体検知管測定器の使い方を学習した後、気体検知管を使って大気中の酸素及び二酸化炭素濃度とろうそく消炎後のビーカー内の酸素及び二酸化炭素濃度を測定する。二酸化炭素濃度は0%から4%程度に増加する。

実験(4)：学生の多くは「二酸化炭素が発生すると火が消える」とする誤概念を持っている。その考えが誤っていることを確かめるため、酸素と二酸化炭素を半々に入れた集気ビン中でろうそくが燃焼することを調べる。なお、二酸化炭素中や窒素中に燃焼しているろうそくを入れるとすぐに消える実験を行うことも可とする。

実験(5)：底なし集気ビンの口にフタをすると線香の煙が底から集気ビンに入っていないか、炎は消え、集気ビンの底を閉じて口を開け、口に線香を近づけると煙が吸い込まれ、炎は燃え続けることを観察する。

(2) 実践 β の授業内容

平成29年改訂小学校学習指導要領の解説理科編第3章第6学年の内容A(1)「燃焼の仕組み」に準じることとし、また、多面的に調べるため、次に示す第4学年A(2)の「金属、水、空気と温度」の内容も加えた。

「(ア)…空気は、温めたり冷やしたりすると、それらの体積は変わる…ことを捉えるようにする。」

「(イ)…空気は熱を加えられた部分が上方に移動して…いくことを捉えるようにする。」

これらの解説にしたがい、空気の変化に着目して、物の燃え方を多面的に調べるため、次の8実験を用意した。なお、どの実験も予想をさせることを念頭に置くよう教師役学生に説明した。

実験(1)：ろうそくの燃焼で温められた空気が上昇することを、燃焼しているろうそくの上方に風車を掲げ、それが回ることで確かめる。

実験(2)：ろうそくの炎に金網をかぶせ、炎の断面を観察し、空気と接触する炎の周りのみが燃えて熱くなり輝いていることを観察する。

実験(3)：水を入れたペトリ皿に火のついたろうそくを立て、ビーカーをかぶせると中の空気の一部が泡として外に出て、火が消えるとビーカーの中に水が入ってくるのを観察する。ろうそくの燃焼による熱で空気が膨張し、消えると冷えて空気が収縮する現象であることを理解する。

実験(4)：火のついたろうそくにビーカーをかぶせ、ビーカーの内側に細かい水滴がついて曇ることを観察する。また、石灰水をつけたローートをろうそくの火にかざし石灰水が白濁することで二酸化炭素の発生を観察する。

実験(5)：長短2本のろうそくに火をつけてビーカーをかぶせ、長いろうそくが先に消えるのを観察する。

実験(6)：底なし集気ビンと線香を使い、集気ビンの下から口に向う線香の煙の流れを

観察して空気の動きを理解する。

実験(7)：底なし集気ビンの口にフタをしたときは、線香の煙が底から集気ビンに入っていないと炎が消え、集気ビンの底を閉じて口を開け、口に線香を近づけると煙が吸い込まれ炎は燃え続けることを観察する。

実験(8)：底を閉じた集気ビンで、口の一部分をどのようにふさぐと炎が消えるか観察する。

4. 学生主導型授業の実践

いずれの実践でも、ロウソクの燃焼により、酸素が使われ、二酸化炭素が発生することは学生にとって既知である。

授業後、学生に提出させたシートで、授業で印象に残ったことについての記述を表3の通り分類し、回答を集計した(実践 α 3名、実践 β 11名の複数回答を含む)。

両実践に共通する中心的な実験である「燃焼と空気の入れ替わり」については、それぞれ19名と13名が印象に残ったとしており、「線香のけむりの流れで、空気の流れが実際に目で見えたのはすごいと思った」(実践 α)、「集気ビンに線香を近づけたときに空気が入っていった部分」(実践 β)などの記述があった。

実践 α では、次に実験(4)の「二酸化炭素が増えても火は消えない」ことの検証実験を印象に残ったとして挙げる学生が多く、昭和44年と53年発行の小学校理科指導書にあった指摘が現在でも誤概念として残っており、「二酸化炭素が増えたから火が消えると思っていたけど違ったことや、二酸化炭素に火を消す性質がないことがわかったとき」などの記述があり、予想と異なった現象とそこからの推論も印象に残ったと考えられる。

また、実験(2)の酸素センサーや実験(3)の気体検知管など、測定機器を使用したことについて、「火が燃えていたとこで、酸素濃度がぐんぐん下がったこと」や「使用したことのない気体検知管を使って調べたこと」が印象に残ったと記述されていた。

表3-1 印象に残ったこと(実践 α , N=57)

実験	内容	回答
(5)	燃焼と空気の入れ替わり	19
(1)	燃えるとき酸素が必要	3
(2)	酸素センサーでの測定	4
(3)	気体検知管の操作・測定	8
(4)	水上置換による気体捕集	4
(4)	二酸化炭素に消火性なし	9
-	児童役学生の反応	6
-	その他(窒素での消炎4)	7

注) 複数回答を含む。

表3-2 印象に残ったこと(実践 β , N=56)

実験	内容	回答
(6)-(8)	燃焼と空気の入れ替わり	13
(1)	気流による風車の回転	8
(2)	炎の断面の観察	2
(3)	消炎での気体体積の減少	15
(4)	二酸化炭素での消炎	1
(5)	長短ロウソクの消炎順序	10
-	児童役学生の反応	15
-	その他	3

注) 複数回答を含む。

実践 β では、実験(3)に関する記述が多く、「水の上にロウソクをおいて、ビーカーをかぶせたときに水を吸い込んだこと、温度によって気体の体積が変わったこと」のように現象に驚くとともに、理由にも関心を持ったことがわかる。温度による気体の体積変化が大きいことは小学校第4学年の学習内容の一つであるが、実験することで実感を持った理解につながったと思われる。

また、実験(5)の長短2本のロウソクに火をつけ、ビーカーをかぶせると「ろうそくが短い方から消えると予想していたので、長い方から消えて驚いた」との記述があった。熱を加えられた空気は上方に移動することは小学校第4学年で学習する内容である。(同温では)二酸化炭素が重い(密度が大)とする小学校では扱わなくなった知識が、予想により強く働いたためと思われる、多面的に調べ考

える重要性につながると思われる。

両実践に共通する表中下から2行目の「児童役学生の反応」は、「目的を明確にすると、あなるほどと理解しやすい」（実践 *a*）や「児童役みんなが驚いた顔をしたり、真剣に考えていたところが印象に残りました」（実践 *b*）など、教師役学生の授業に対する感想が主である。両実践で回答数がかなり異なっているが、実践 *a* は学生主導型授業が全4回でこの回の教師役学生が12名、実践 *b* は全3回で21名と違いがあったためである。教師役学生数に対する回答数の割合は実践 *a* が5割、実践 *b* は7割と、実践 *b* で特に多く、記述内容も上記のように良かったとする回答が概して多かった。いずれにしても教師役学生が伝えようと工夫した内容を指導する体験ができたと考えられる。

IV. まとめ

学習指導要領では、昭和52年改訂まで「燃焼には空気が必要」とされていたが、同年改訂以降は「燃えるときは、酸素が使われて二酸化炭素ができる」が入った。「燃焼には空気の入れ替わりが必要」とする内容は昭和44年以降の小学校学習指導要領解説等の理科編に記載されていた。

教科書では、空気の入れ替わりに関する「物を燃やすくふう」、燃焼に酸素が必要とする「酸素のはたらき」、燃焼時酸素の一部が使われ二酸化炭素ができるとする「空気の変化」の3点について記載されていた。

学生主導型授業では中心的な指導内容の「空気の入れ替わり」とともに、実践 *a* では理由を推論する内容が、実践 *b* では既習事項の「体積変化」や「加熱空気の上昇」と組み合わせ多面的に調べ考える内容が好印象で残り、教師役学生の回答も概して良かったとするものが多く、教師役学生が伝えようと工夫した内容を指導する体験ができたと考えられる。

【注】

- 1) 「問いかけ」は、松原・岩間 (2014) に基づき、体験を促す問いかけを「体験重視的」、思考を促す問いかけを「思考重視的」とし分類する。

【文献】

- 松原静郎・岩間淳子 (2014) 理科教育に見る問題解決能力育成の扱い—第3学年「電気の通り道」—, 日本理科教育学会第64回全国大会論文集, 334.
- 松原静郎 (2018) 理科専攻でない学生対象の小学校理科教育の工夫, 化学と教育, 67(3), 102 - 105.
- 文部省 (1947, 1952) 『学習指導要領試案, 理科編』; (1958, 1968, 1977) 『小学校学習指導要領, 第4節理科』.
- 文部省 (1960, 1969, 1978, 1989) 『小学校指導書, 理科編』; (1999) 『小学校学習指導要領解説, 理科編』.
- 文部科学省 (2008, 2018) 『小学校学習指導要領解説, 理科編』.
- 高橋三男 (2017) 『「酸素が見える!」楽しい理科授業 酸素センサ活用教本』B&Tボックス.
- 柳澤秀樹 (2016) 生徒主導型授業の実践と生徒の変化, 化学と教育, 64(7), 324-327.
- [教科書]
- 大日本図書, 東京書籍, 啓林館, 教育出版, 学校図書 (2005, 2011, 2015) 『小学校理科教科書, 第6学年』; 信濃教育会出版部 (2005), 信州教育出版社 (2011, 2015) 『小学校理科教科書, 第6学年』.