

# 小学校の「燃焼の仕組み」単元における科学用語の取り扱いに関する分析

○野口 祐未<sup>A</sup>, 森藤 義孝<sup>B</sup>

○Noguchi Yumi<sup>A</sup>, Morifuji Yoshitaka<sup>B</sup>

福岡教育大学教職大学院<sup>A</sup>, 福岡教育大学教育学部<sup>B</sup>

【キーワード】 小学校理科, 教科書, 科学概念, 科学用語, 燃焼

## 1. はじめに

小学校教師の中には、理科を専門としない者や理科を教えることに対して苦手意識をもつ者がおり、彼らの多くは、教科書に記載されている内容どおりに理科授業を行う傾向にある。この場合、教科書に示されている内容が、子どもの中で構成される科学概念の内容に影響を及ぼすことが考えられる。

全国の小学校で用いられる理科の教科書は6つの出版社から発行されており、それらに示されている内容を比較してみると、個々の科学用語の定義やそれらを示す順序が異なる場合がある。そのような違いによって、子どもの中に構成される科学概念の適切性が異なることも生じうると考える。

そこで、本研究においては、小学校第6学年「燃焼の仕組み」の単元に注目し、平成20年小学校学習指導要領<sup>1)</sup>に依拠して編成された6つの出版社の小学校理科教科書<sup>2)</sup>に記載されている内容の分析を行い、その成果を踏まえながら、当該単元における科学用語の取り扱いがいかにあるべきかについての検討を行いたい。

## 2. 研究の背景理論

中山ら<sup>3)</sup>によると、知識は、言語的に表現される命題や、感覚的印象としてのイメージなどによって構成されるものと捉えることができる。すなわち、知識としての科学概念とその言語的なラベルとしての科学用語は、言葉やイメージを主要な要素とし、その内実が構成されるものと考えられる。たとえば、燃焼概念とその言語的なラベルである「燃焼(燃える)」といった科学用語は、言葉の側面からと、図や映像等のイメージの側面から捉えられると見なすことができる。

そこで、本研究においては、燃焼概念の言語的

なラベルである「燃焼(燃える)」といった科学用語を中心的に取り上げ、言葉とイメージを視点を据えながら、小学校理科教科書におけるその取り扱いの適否に関わる検討を行うこととする。

## 3. 教科書分析の実際

本研究で分析対象とした教科書は6社であり、分析した単元は、第6学年の「燃焼の仕組み」単元である。教科書分析の視点としては、それぞれの教科書において、「燃焼」という科学用語の意味内容がどのように示されているか、その意味内容を示す際にどのような事例が示されているか、といった2点を重視した。

### (1) 「燃焼」についての教科書分析

今回、分析を行った小学校理科教科書は、平成20年に改訂された小学校学習指導要領に示されている内容に依拠して編成されている。そこで、当該単元について、学習指導要領に示されている内容を見てみると、「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。」<sup>4)</sup>ということが目標として掲げられており、この目標を達成させるための具体的な指導内容としては、「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。」<sup>5)</sup>ということが示されていた。本研究においては、学習指導要領に示されているこれらの内容を基礎に据えながら、教科書分析を進めていきたい。

### ①科学用語「燃焼」の意味内容に関する取り扱い

「燃焼」という科学用語の意味内容に関する取り扱いについては、6社全てにおいて、「ものが燃え続けるためには、新しい空気が必要である」及び「ものを燃やすと酸素が使われて減り、二酸化炭素ができる」といった意味内容の記述が見られ、

この点については違いが認められなかった。しかし、「ものを燃やすと酸素が使われて減り、二酸化炭素ができる」ということを説明する際に、D社以外の5社は、「空气中に含まれる酸素の一部が使われる」といった表現を用いているのに対し、D社は、「空气中に含まれる酸素が使われる」といった表現を用いていることが明らかにされた。D社の用いる表現に関しては、学習者が、「空気の入替わりのない閉鎖された空間内では火が消える」といった現象を見たときに、火が消えた理由として、「酸素が全て使われて無くなった」といった誤った考えを構成してしまう危険性がある。しかし、D社以外の5社は、「ものが燃える際は、空气中に含まれる酸素の一部が使われる」といった説明を行っているため、先に述べたような誤った考えの成立を抑制することができる。したがって、D社に関しても、「燃焼」という科学用語についての説明を行う際には、「酸素の一部が使われる」などといった説明を明確に行うべきである。と考える。

## ②科学用語「燃焼」の事例に関する取り扱い

「燃焼」という科学用語の事例に関する取り扱いについては、6社全ての教科書において、「ものが燃え続けるためには新しい空気が必要である」ということを示すために、線香の煙や複数の矢印を用いて、ものが燃え続けているときの空気の対流を表していること、「ものを燃やすと酸素が使われて減り、二酸化炭素ができる」ということを示すために、石灰水を用いた実験及び気体検知管を用いた実験が取り扱われており、教科書間での違いは認められないことが明らかにされた。

ここで、「ものを燃やすと酸素が使われて減り、二酸化炭素ができる」ということを示すために行われる2つの実験についての比較を行った。気体検知管を用いた実験については、ものの燃焼の前後で、空气中に含まれる酸素及び二酸化炭素の割合の変化を数値として捉えることができる。これに対して、石灰水を用いた実験では、色の変化によって二酸化炭素の有無を調べることができるが、ものの燃焼の前後で空气中に含まれる二酸化炭素の割合の変化を数値として捉えたり、ものの燃焼に関わっている酸素の割合の変化について調べたりすることができない。さらに、通常、空气中に含まれる約0.03%の二酸化炭素の量では、石

灰水が反応しない場合がある。そのため、実際には、燃焼前の空气中にわずかな二酸化炭素が含まれているにも関わらず、「ものを燃やす前の空気には二酸化炭素が全く含まれていない」といった誤った考えを導いてしまう可能性があると考えられる。

以上のことを踏まえ、石灰水を用いた実験だけではなく、気体検知管を用いた実験を行うことが、「ものを燃やす前の空気には二酸化炭素が全く含まれていない」といった誤った考えの成立を抑制することに繋がると考える。さらに、気体検知管を用いた実験では、空气中に含まれる酸素の割合の変化についても調べることができるため、「ものを燃やすと酸素の一部が使われて減り、二酸化炭素ができる」ということを示す際には、気体検知管を用いた実験を必ず行うべきである。と考える。

## ③科学用語「燃焼」のモデル図に関する取り扱い

当該単元の学習において、学習者に最も生じやすい誤解は、「閉鎖された空間内でものを燃やすと、中の酸素が全て使われて無くなってしまいうため、火が消える」といったものである。ものの燃焼に伴う空气中に含まれる気体の割合の変化」といった不可視的な現象を指導する際に、言葉を用いた説明に加え、この現象をモデル図を用いて可視化していくことは、「ものを燃やすと酸素の一部が使われて減り、二酸化炭素ができる」といった概念を、実感が伴った形で捉えることを可能にする。そのため、言葉のみを用いた説明よりも、言葉とモデル図を併用した説明の方が、科学的に適切な概念の構成が促されると考える。各教科書のものの燃焼に関わるモデル図を見ていくと、B、C、E及びF社の4社において、「ものを燃やすと酸素が使われて減り、二酸化炭素ができる」ということを説明するために、図1や図2に示すようなモデル図が用いられていた。これらのモデル図を比較すると、図1のモデル図は、酸素及び二酸化炭素を粒で表しているのに対して、図2のモデル図は、酸素、二酸化炭素及び窒素を粒で表していること、図1のモデル図は、燃焼前の空气中に含まれる二酸化炭素についても粒で表しているのに対して、図2のモデル図は、燃焼前の空气中に含まれる二酸化炭素を表していないこと、そして、図1のモデル図は、燃焼前及び燃焼中といった2つ場面における気体の割合の変化を表しているの

に対し、図2のモデル図は、燃焼前、燃焼中及び燃焼後といった3つの場面における気体の割合の変化を表していることが明らかにされた。空気中に存在する窒素を粒で表現しない場合、学習者が「空気中には酸素と二酸化炭素しか存在しない」といった誤った考えを構成してしまったり、「ものの燃焼の前後において空気中に含まれる窒素の割合は変化しない」といったことを捉えられなくなってしまったりする可能性がある。そのため、窒素についても、粒を用いて表現すべきであると考える。また、ものの燃焼後の空気中に含まれる気体の割合をモデル図で表現しない場合、学習者がものの燃焼の前後で空気中に含まれる気体の割合がどのように変化したのかを捉えにくくなる。そのため、燃焼前、燃焼中及び燃焼後といった3つの場面に分けたモデル図を示すべきであると考える。さらに、燃焼前の空気中に含まれる二酸化炭素を表現しない場合、学習者が「ものが燃やす前の空気には二酸化炭素が全く含まれていない」といった誤った考えを構成してしまう可能性がある。そのため、燃焼前の空気中に含まれる二酸化炭素についても粒を用いて表現すべきであると考える。

以上のことを踏まえると、図3に示すモデル図を用いることが、最も適切にものの燃焼に伴う空気中に含まれる気体の割合の変化を捉えることを可能にすると考えられる。

## (2) 当該單元における各気体の取り扱い

### ① 窒素・酸素・二酸化炭素の働き

当該単元の学習では、空気中に含まれる窒素、酸素及び二酸化炭素といった3つの気体について取り扱う。そこで、これらの気体とものの燃焼との関わりについて、各教科書でどのように取り扱われているかについての比較を行った。その結果、「酸素にはものを燃やすはたらきがあるが、窒素及び二酸化炭素にはものを燃やすはたらきがない」ということを説明する際に、窒素、酸素及び二酸化炭素のそれぞれの気体中でのものを燃やす実験を行っている教科書と、酸素中ではものを燃やす実験を行うが、窒素や二酸化炭素中ではそのような実験を行っていない教科書があることが明らかにされた。後者の場合、「酸素中でのものを燃やした場合、ものは激しく燃える」といったことを実験によって確かめ、その結果を踏まえて、「ものを燃や

すはたらきのある気体は酸素である。空気中でものが激しく燃えないのは、空気中に含まれる窒素と二酸化炭素に、ものを燃やすはたらきがないためである。」といった説明を行っていた。しかし、この場合、酸素という純物質と空気という混合物を比較しており、窒素及び二酸化炭素については、それぞれの性質を実験によって確かめていない。そのため、「窒素及び二酸化炭素にはものを燃やすはたらきがない」ということについて、学習者は、実感を伴った理解を得ることができないと考える。したがって、「酸素にはものを燃やすはたらきがあるが、窒素及び二酸化炭素にはものを燃やすはたらきがない」ということを明確にするために、前者のように、それぞれの気体中でのものを燃やしたときの様子を比較させる必要があると考える。

### ② ものの燃焼前後における各気体の変化

燃焼の前後で空気中に含まれる気体の割合の変化を見た際に、学習者の中には、空気中の酸素の割合が減ったために火が消えたのではなく、空気

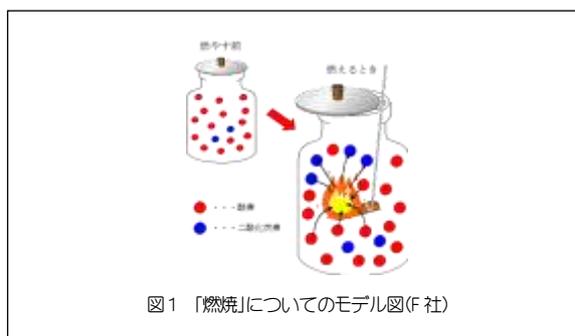


図1 「燃焼」についてのモデル図(F社)

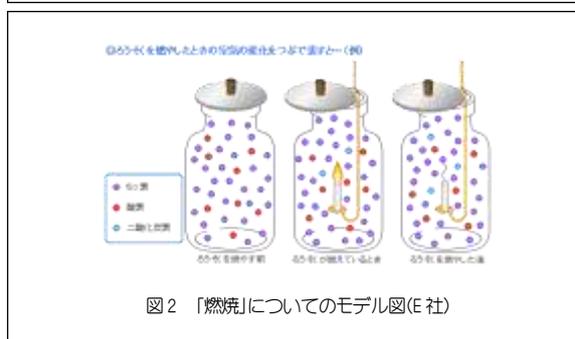


図2 「燃焼」についてのモデル図(E社)

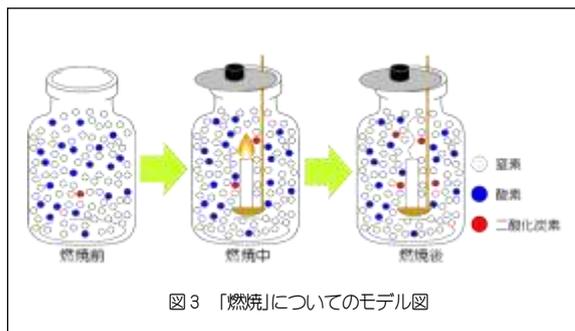


図3 「燃焼」についてのモデル図

中に含まれる二酸化炭素の割合が増えたために火が消えた、つまり、「二酸化炭素には火を消す働きがある」と考える学習者が出てくる可能性が考えられる。このような学習者の誤った考えを払拭するためには、実験用ガスを用いて、人為的に、酸素 30%と二酸化炭素 70%の混合気体を作り、二酸化炭素が 70%も含まれているにも関わらず、ものが燃えるということを見せ、最終的に火が消えるのは、空気中に含まれる酸素の割合が 18%程度以下になったときであることを学習者に示すとよいと考える。このような実験を行うことによって、二酸化炭素には火を消す働きがあるという誤った考えを払拭することができる。また、ものの燃焼の前後における各気体の変化について学習させる場合、酸素及び二酸化炭素については、気体検知管などを用いてその割合の変化を調べることができる。しかし、窒素については、割合の変化を調べる手だてがない。そのため、ものの燃焼前後での気体の変化を捉えさせるために、ものの燃焼の前後で、「ものを燃やす働きがある酸素が、ものを燃やす働きの無い窒素または二酸化炭素に変化した」ということを暫定的に帰結させ、その上で、燃焼後の気体が石灰水を白濁させ、二酸化炭素検知管で調べた割合が高くなっていることを示し、酸素は窒素に変わったのではなく、二酸化炭素に変化したのだという結論を捉えさせることが必要であると考え。

### (3) 平成 27 年度版の小学校理科教科書

平成 27 年度に、全国で用いられる小学校理科の教科書が改訂された。そこで、今回は、E 社から新たに発行された小学校理科教科書を取り上げ、「ものの燃焼に伴う空気中に含まれる気体の割合の変化」を表すモデル図に注目し、昨年度までの E 社の教科書に示されていたモデル図との比較を行うこととした。

図 2 は、昨年度までの E 社の教科書に示されていたモデル図であり、図 4 は、平成 27 年度の教科書に新たに示されたモデル図を示している。

両者ともに、燃焼前の空気中に含まれる二酸化炭素を表現しておらず、この点では違いが認められなかった。しかし、空気を表す粒の数に着目してみると、図 4 のモデル図は、空気を 100 個の粒を用いて表現しているのに対し、図 2 のモデル図は、空気を約 40 個の粒を用いて表現しており、

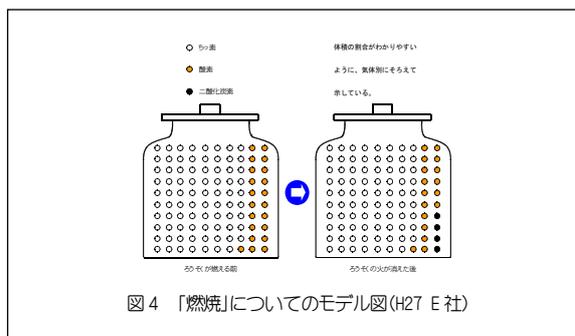


図 4 「燃焼」についてのモデル図(H27 E 社)

この点で違いが認められた。燃焼前の空気中に含まれる二酸化炭素を粒で表現していないことに関しては、先に述べたとおり、科学的に不適切な考えを構成させる恐れがあるため、さらなる改善が求められると考える。また、空気を表す粒の数については、改訂後、空気を 100 個の粒で表したことで、燃焼前後の空気中に含まれる気体の割合(百分率)をモデル図で表現することが容易になり、科学的により適切な考えの構成が容易になったと考える。

### 4. おわりに

本研究をとおして、教科書の記述に、さらなる改善が必要と思われる記述が見られることが明らかにされた。このことによって、教科書に依拠して行われる理科授業が、子どもの理解を不十分な状態に留めている可能性があると考え。このような事態は、他の単元においても、生じている可能性がある。したがって、幅広い単元を視野に入れ、さらに妥当な科学概念の成立に寄与する教科書の記述をめざして改善を続けていく必要があると考える。また、今回は、新たな教科書の中の E 社だけに注目し、新旧の教科書における記述の変更の有無を捉えるように試みた。その結果、新たな教科書の中に、従来の問題点を克服した記述と、従来と同様な問題を抱えたままの記述が見られることが明らかにされた。そこで、今後の課題としては、平成 27 年度に発行された小学校理科の全ての教科書を対象として、今回と同様な方法による検討を継続していくことが必要であると考え。そして、分析結果を基礎に据えながら、実践レベルでこれまでの主張の意義を検討していくことが必要であると考え。

### 5. 引用文献及び註

- 1) 文部科学省(2008)「小学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書
- 2) 大日本図書, 東京書籍, 教育出版, 啓林館, 学校図書, 信濃教育出版部
- 3) 中山忠(1998)「理科授業で使う思考と表現の道具 概念地図法と描画法入門」, 明治図書
- 4) 文部科学省(2008)「小学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書, p.56
- 5) 前掲書 4)
- 6) 前掲書 4)
- 7) 学校図書