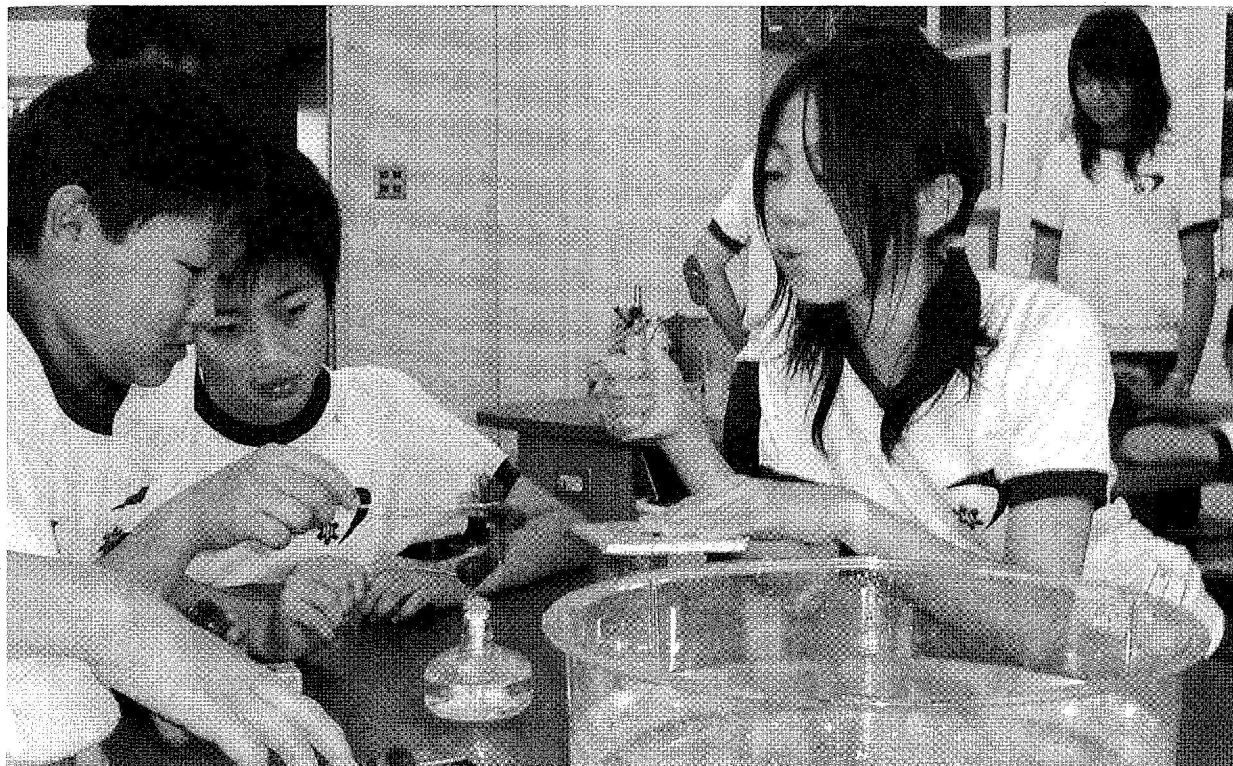


# 自然科学科の研究

鈴木 昭人



## キーワード

科学の有用性 生活との関わり 12年間の学び

## 主張

「自然科学科」では、「科学の有用性への新たな認識を創りあげる子ども」を求めていく。科学の有用性を子どもが認識するには、自然の事物・現象の性質や規則性が自分の生活のどこにどのように利用されているのかを捉え、「だから、こうなっていたんだ。」と納得することが必要である。

そのために、「感性、科学的な感性、科学的なものの見方・考え方」の働きを位置つけた学習過程を3つの過程としてえがき、事象の性質・規則性を多面的に考察し、それらに関係づけながら、科学の有用性を実証していく姿を期待した。

この学びを具現するために幼稚園・小学校・中学校の内容関連を図ったカリキュラムを編成し、段階的に概念形成を図ることを目指した。

# I 科学の有用性への新たな認識を創りあげる自然科学科

## 1. 自然科学科で求める子ども

「創造的な知性を培う」のもとでの自然科学科では、「科学の有用性への新たな認識」、すなわち科学的な概念や手続きは自ら利用可能なものであるという認識を形成することを目指してきた。

「科学の有用性への新たな認識」の形成を求めていくことは、TIMSS調査等の国際比較調査、中教審教育課程部会の審議経過報告（H18.2.13）をふまえた、これからの理科教育の方向とも一致しているものとする。

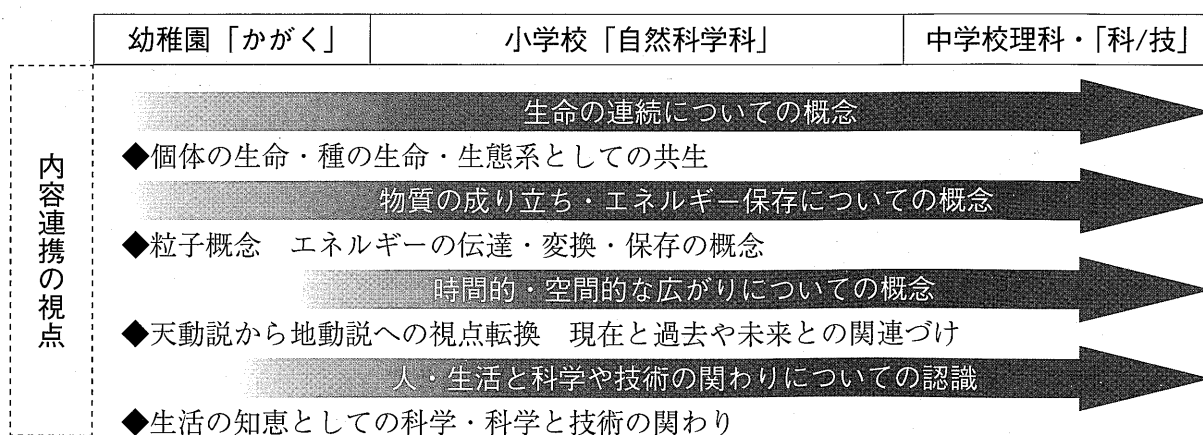
2年次までは、「科学の有用性への新たな認識」を形成するためには、学習対象として生活場面にある具体的な事物・現象を取り上げることが大切であると考え、実践を行ってきた。そのため、生活の中の具体的な事象にある性質や規則性を複合的に扱ってきた。例えば、回路の学習では導体と絶縁体を併せて展開してきた。そのような取組の中で、子どもが有用性を感じるためには、事象をより本質的に理解することが要件として見えてきた。例えば、空気を粒として見ていくことで、空気の弾性の違いがより説明しやすくなるといったことである。

そこで、3年次においては、事象をより本質的に理解することで生活の中で「科学の有用性」を実感することを大切にしていける。本質的な理解に迫るためには、基礎的な学習内容の上に立ち、上述の複合的な事象を扱うと共に、性質・規則性相互の関係を学習していくことを大切にしていける。そのことにより、子どもが生活場面に学習したことを適用して、理解をしたり説明したりできるという「科学の有用性への新たな認識」を創りあげることを目指す。

## 2. 「科学の有用性への新たな認識」を創りあげるカリキュラム改善の視点

### (1) 幼・小・中の理科学習内容を鍵概念で整理する

カリキュラムを4本の柱で整理し、それぞれの概念・認識の形成を目指した単元の配列を整理した。

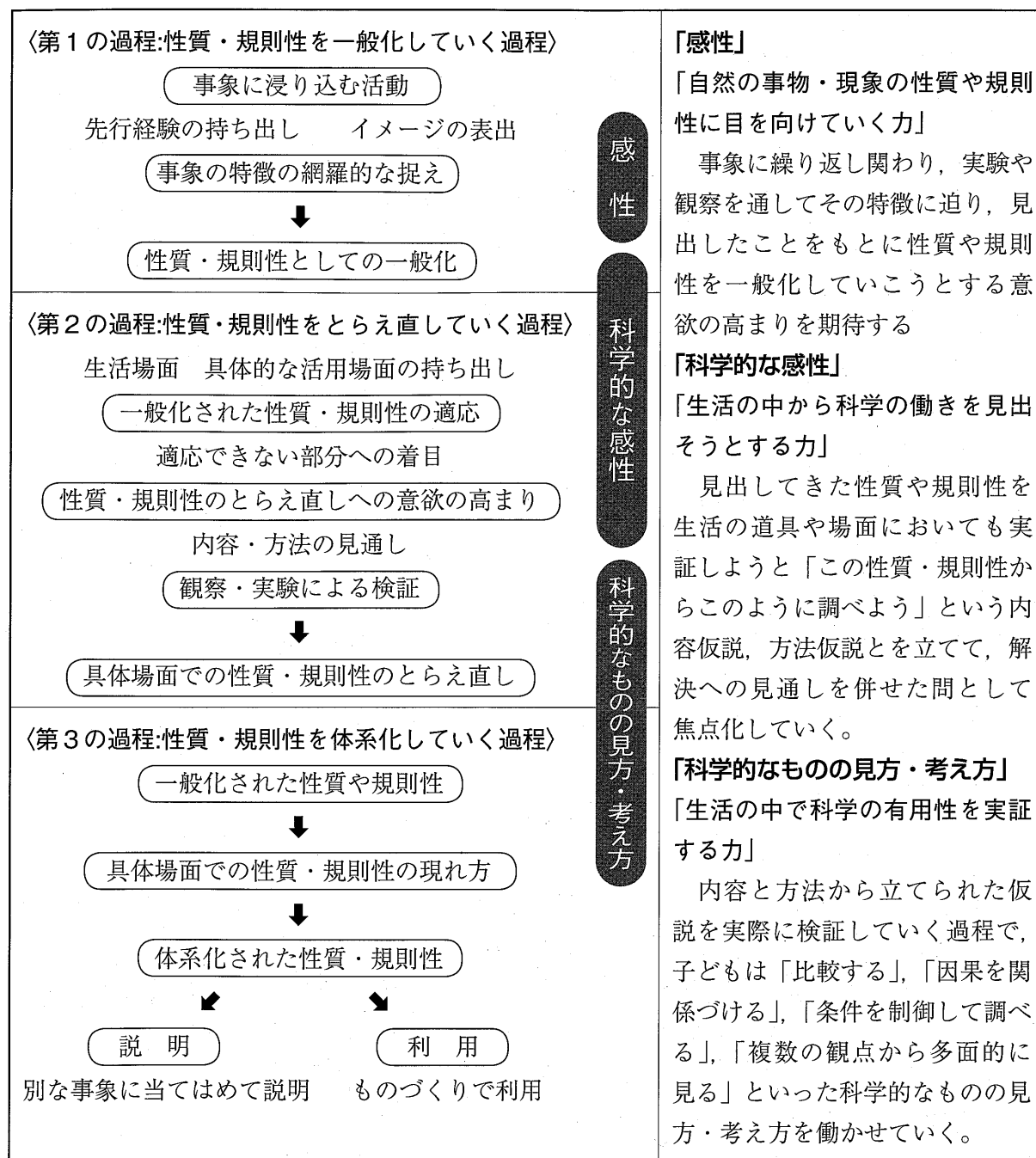


### (2) 生活との関わりからD区分「人々の生活と知恵」の内容を付加していく

科学の有用性を子どもが実感的に捉えていくために、性質・規則性を生活と関連づけて扱うことにとどめず、具体的な生活の事象を学習対象として取り上げていく。そのために、D区分「人々の暮らしと知恵」を設定し、生活との関わりという視点から単元への付加内容を設定していく。

### 3. 科学の有用性の認識をはぐくむ授業改善の方策

自然科学科における学習過程を以下のように整理し、「感性、科学的な感性、科学的なものの見方・考え方」を以下のように位置づけた。



### 4. 新たな評価方法の開発

2年次では、生活の中で科学の有用性を実証していくための科学的なものの見方・考え方がどのようにはぐくまれてきているかを評価していくために、単元終末に行うパフォーマンス課題の提示により評価を行ってきた。このパフォーマンス課題は主として単元で学習した内容が活用できるものになっているかを評価したものである。

3年次においては、上記のパフォーマンス課題（ものづくり・説明活動）に加えて、「新たな概念・認識・価値観」を導き出すための思考方法の定着を測定するテストの開発にも取り組む。具体的には、単元の内容によらない内容で、パフォーマンス課題を開発していく。

## Ⅱ 実践の概要

第6学年

「燃焼・発熱」～すべては酸化で説明できる～

### 1. 燃焼に必要な条件を金属の発熱からとらえ直し、

「酸化」の見方を創りあげていく子どもを目指して

本単元では、植物体の燃焼と共に金属の酸化による発熱を取り上げる。そのことにより次のように燃焼をとらえ直していくことをねらった。植物体の燃焼は空気中の酸素が使われ二酸化炭素が出されている。どの燃焼も発熱を伴って空気の成分が変化するものととらえてきた子どもが、金属の燃焼では酸素は使われるが、二酸化炭素は発生しない事実を解釈しようとするとき、植物体の燃焼とは異なり、鉄と酸素が結びついたために酸素だけが消費されていると考えていく。その見方に基づいて、両者の現象としての重なりから、「酸化」としてとらえ直していくことを期待した。

酸素の消費を酸化として見ることは、動植物の呼吸といった別の現象を見ていく際にも有効となる。鍵となる概念を確かに理解し、それを用いて多様な現象を説明できることで、科学の有用性への新たな認識を創りあげる姿へとつながると考える。

### 2. 単元の構想

#### (1) 単元の目標

植物体の燃焼や金属の発熱と空気の成分変化とを関係づけながらどのような現象が起きているのかを検討していく中で、燃焼や発熱は酸素の結びつきによって起きることを理解し、酸化の程度で得られる熱量が異なることに気づく。

#### (2) 追求の構想 (11時間)

##### 【1次】燃焼に伴って起きる変化を調べよう (5時間)

燃焼とはどのような現象なのか。 → 酸素の減少・二酸化炭素の増加・発熱

◎どの燃焼にも3つの条件はあてはまるのだろうか。

布・木・アルコール・プラスチック → 全ての燃焼に当てはまる。

酸素中では金属も激しく火花を立てて燃焼していた。

##### 【2次】カイロの発熱に伴って起きる変化を調べよう (4時間)

スチールウールでは反応が一瞬で確かめられない → カイロで確かめていこう。

◎使い捨てカイロの発熱も燃焼の3つの条件は当てはまるのだろうか。

カイロは酸素中で激しく発熱するが二酸化炭素は出していない。

→ 酸素と結びついている「酸化」である。

##### 【3次】酸化の考え方で説明してみよう (パフォーマンス課題) (2時間)

酸素が使われ二酸化炭素が出される呼吸を「酸化」の考えで説明してみよう。

### 3. 授業の実際

(1) どの燃焼も酸素が使われ、二酸化炭素が出ているんだな(性質・規則性を一般化していく第1の過程)

生活の中には、ガスを燃焼させて料理をしたり、石油を燃焼させてストーブで暖をとったり、ゴミを燃やして処理するといった燃焼を利用している事柄がたくさんあることをとらえている子どもたち。「燃焼を言葉ではどんな説明ができるの」と問うと、次々に発言してきた。

燃焼は、物が燃えること  
としか言いようがないよ。  
熱い炎を出しながら燃えることだ。

燃焼は、酸素が使われて、  
二酸化炭素が出ながら燃えることだ。

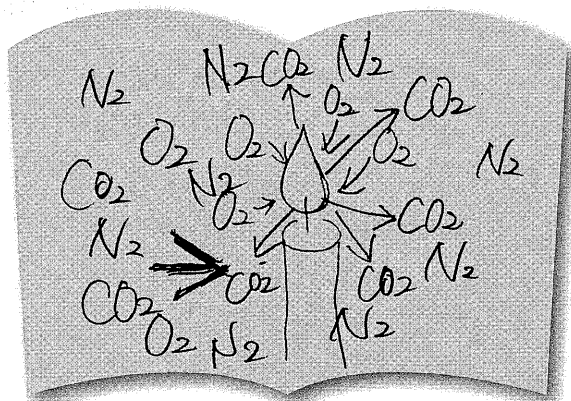
炎が出ない現象でも燃焼  
と言うことがある。

「燃焼に酸素や二酸化炭素が関係していることを聞いたことがある人」と聞くと、学級の大半が挙手をした。「燃える物は紙等だけでなく、金属も燃焼する」という発言などが続いた。そこで、次のような学習計画を立て、学習を始めることにした。

- 【学習計画】
- ① 燃焼したときの空気の変化について調べる。
  - ② 金属は燃えるのか調べる。
  - ③ 燃焼とはすべて火が燃える現象なのか。

燃焼は酸素が使われ、二酸化炭素が出されることを知識としてもっていた夏子さんは、ろうそくを燃焼させ、空気の成分の変化を石灰水で調べ、二酸化炭素の増加を確認した。「でも酸素のことは分からない。酸素も二酸化炭素も同時に分かる方法はないのかな」と教師に問いかけてきた。

そこで、気体検知管を用いて、酸素と二酸化炭素の量の変化を調べていく方法を提示した。集気瓶に検知管を入れ、測定を行う。そして酸素の減少と二酸化炭素の増加を確認した夏子さん。教科書の空気の成分表から、空気の中で一番割合が多いのは窒素であることを読み取り、「窒素は関係ないの?」とグループの仲間問いかける。そこで、実験用気体の窒素を用いて調べることにした。窒素の中に入れたろうそくの炎がすぐに消えてしまうことを繰り返し確認して次のようにノートにまとめた。



空気の成分の変化を表した夏子さんのイメージ図

ろうそくだけで実験を行ってきた子どもたちに、他の物の燃焼にも「酸素の減少・二酸化炭素の増加・発熱」の3つの条件が当てはまるのかと問うと、「燃焼なんだから当然あてはまるでしょう」とつぶやく夏子さん。そこで、子どもの持ち出した「紙」「布」「木」「アルコール」について調べることにした。仲間と順に調べていく夏子さん。全ての物の燃焼に3つの条件が

当てはまることを実験で確かめていった。これ

は、感性「自然の事物・現象の性質や規則性に目を向けていく力」を働かせて、見出した性質を、複数の物質に当てはめて検証し一般化を図ろうとする姿である。



## (2) 鉄の燃焼にもあてはまるのかな（性質・規則性をとらえなおしていく第2の過程）

何種類かの物質を燃焼させ、どの燃焼にも3つの条件が当てはまることをとらえてきた子どもたち。学習計画に沿って金属についても調べていくことにした。しかし、「金属は溶けるかも知れないけれど、燃えるとは言えないのではないの」という仲間の発言に、首をかしげている。そこで、まず燃えると言えるのかを確かめていくことにした。スチールウールを提示すると「それでも金属なの？」という声上がる。スチールウールは鉄からできていることを説明すると、「だったら磁石につく？」という発言をうけ、磁石に近づけてみる。「おー」と笑顔で反応する夏子さん。乾電池で豆電球もつき、鉄であることを確かめた。

スチールウールをアルコールランプにかざし、赤くなった物に息を吹きかける。小さな炎が上がる。「鉄も燃えるんだ。」と小さくつぶやく。「息を吹きかけると火が大きくなるんだから、空気が関係している。」と仲間と話し、ノートに「いや、燃えているから絶対だと思うけれど、二酸化炭素・酸素も当てはまるか実験したい」と記述する夏子さん。科学的な感性「生活の中から科学の働きを見出そうとする力」を働かせて、植物体の燃焼の条件を金属の燃焼にも当てはめて考え、同じ現象であることを実証しようと問いを焦点化してきた姿である。学級全体でも、「◎鉄の燃焼にも3つの条件は当てはまるのだろうか」を追求問題として設定し、調べていくことにした。



スチールウールに息をかける

## (3) 酸素だけが無くなることはどう説明したらいいのかな

すぐに消えてしまうスチールウール。「ろうそくの時にたいに酸素の中で燃やしてみたら？」という発言から、集気瓶に酸素を入れ、その中で燃やしてみることにした。集気瓶の中で強い光を出して燃えるスチールウール。しかし、石灰水が濁る反応がない。ノートに「今のところはっきりしたのは、発熱と酸素のことだけだ」と記述する。二酸化炭素の増加も当てはまれば同じ現象といえると考えているものの、ここまででは確かめられていない。「反応が速すぎて分からないんだ。」という声上がる。そこでゆっくり



スチールウールを酸素の中で燃焼させる



袋に酸素を入れる

り反応する物として、使い捨てカイロを提示した。「袋を開けて空気に触れると熱くなるから、同じ現象だ」「袋に成分が鉄であると表示されているし、磁石もくっついた。」と発言しあう仲間にうなづく夏子さん。使い捨てカイロも鉄の燃焼であると見なせることを確認して、実験を行うことにした。

使い捨てカイロをチャック付きの袋に入れ、実験用の酸素を注入して大きく膨らませて袋を閉じる。すると、しばらくすると激しく発熱する。「うわー熱くなってきている」と袋を手のひらにのせて発熱を確かめる。「酸素の中だと凄く熱くなるんだね」とグループの仲間の言葉に大きくうなづく。しばらく時間が経ってからまた、観察することにした。

(4) 結びつくと考えれば説明できるぞ (性質・規則性を体系化していく第3の過程)

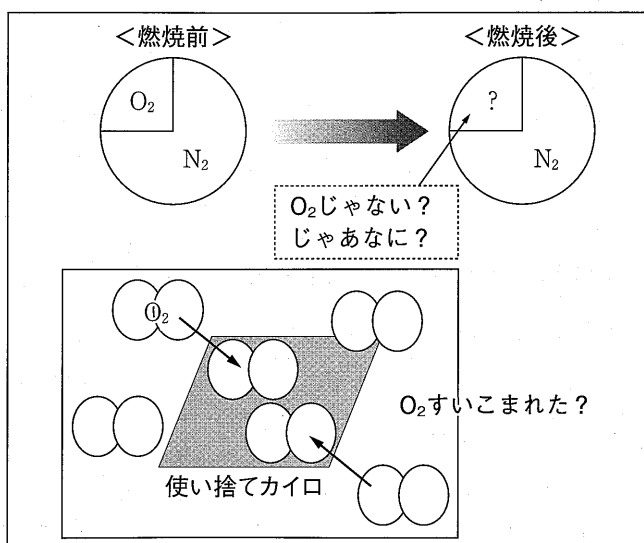
1時間経過して、理科室にもどり袋を手にする。「うわあーぺちゃんこ」「冷たくなってる」とグループの仲間と交互に袋を手に取り確かめる。酸素を注入して大きくふくらんでいた袋が真空パックのようにつぶれ、発熱も消えている。そしてノートに次のように記述した。

二酸化炭素が出てこない? でも、酸素が減って二酸化炭素が増えないなんて、空気中の変化はどうなる?

記述の下に空気の成分を円グラフで示し、酸素がなくなった文に「酸素じゃない, じゃあなに?」「酸素 すいこまれた!」と図示した。吸い込まれたと解釈したもの、自信が持てない夏子さん。



ぺちゃんこになった袋の温度をさわって確かめる



そこで、現象をどのように解釈したらよいかについて、「酸素が熱になったと考えればいい」「酸素が別な物になって、鉄にくっついたと考えればいい」と考えを出し合う子どもたち。「くつつくとも言えるかも知れないけれど」と言葉をにごし、納得し切れていない様子の夏子さん。前に発言した子どもに「くつつくということはどういうこと?」と問い返すと、「鉄に結びついて、コーティングしているみたいな」と答える。「じゃあ、コーティングしていれば初めに通った電気はどうなりそう?」と更に問うと、「たぶん、つかない」と自信なさそうに答えてきた。仲間の理解を求めて、スチール缶の通電の邪魔をする塗料をイメージしてコーティングと説明した。そこで、実際どうなるか確かめてみることにした。

燃焼後の鉄に乾電池をつけても通電はしないが磁石はつくことが確認された。その様子をじっと観察した夏さんはノートに「スチールウールに酸素コーティング」と記述した。そして、学習の振り返りではつぎのようにまとめた。

燃焼とは、空気中の酸素と物質とが結びつき発熱する現象である。燃焼すると燃焼前とは違う物質になる。この学習で、今まで、燃焼は酸素を使い二酸化炭素を出す現象だと思っていたけれど、それは、燃焼される物によって違うんだということを知った。

この夏子さんの姿は、科学的なものの見方・考え方「生活の中で科学の有用性を実証する力」を働かせて、植物体の燃焼で見出した3つの条件を金属の燃焼に当てはめて検討し、酸素だけ

がなくなるという事実や燃焼後の金属が通電しなくなるという事実を関係づけ、「酸素が結びついた」と解釈を創りあげていった姿であると評価する。

#### (5) パフォーマンス課題による評価

単元の導入で、燃焼について話し合った際に、「CMで人間の体も燃焼していると言ってる」という発言があったことを取り上げ、学習のまとめとして、パフォーマンス課題「人間の呼吸を燃焼の考え方を使って説明できるか」を出した。

人間は $O_2$ を吸い、 $CO_2$ を吐く。  
その $O_2$ を使い、人間は体温を保つ。

まず吸った $O_2$ は肺に入り、肺から $O_2$ が多くふくまれている血管は全身にいきわたる、身体に酸素を届ける。  
新鮮な酸素が届いた所から体温をたえず発散できるように熱をつくる。

↓  
熱はどこか一所でつくられ全身に運ばれるのではなく酸素がいった所から全身でつくられる。

この表記から、この時点では未習である「人間の呼吸」について、燃焼の3つの条件を全て用いて説明してきている。他の子どもたちも、記述内容はほぼ同様であったが、人間の運動による発熱と呼吸がたくさん必要なこととを関係づける記述も見られた。

### Ⅲ 成果と課題

#### 【成果】第1の過程～第3の過程としての学習過程と学力保証・成長保障

第1の過程で植物体の燃焼を広く扱い共通項として燃焼の3条件を整理し、第2の過程で見た目で「燃える（発熱）」は同じなのに、「酸素が二酸化炭素に変化する」ことが説明できない「金属の燃焼」を取り上げることにより、燃焼を酸化としてみていくことにつながる「燃焼の仕組みについての考え」につなげていける子どもの考えの変遷が見られた。多くのこともが燃焼と酸素や二酸化炭素が関係していることを知っている実態がある。そのような子どもたちに植物体の燃焼だけを取り上げても、知識の裏付けを実験で得られた情報で取るだけで、本当の意味での問題解決とはならない。第2の過程で金属の燃焼を取り上げることで思考力のはぐくみ（成長保証）を期待できるとともに、植物体の燃焼に立ち返って、「学び直し」がはかられ、燃焼の本質的な理解（学力保証）へとつながると考える。

#### 【課題】科学カリキュラム上での段階的なはぐくみの整理

本単元では物質の結びつきを取り上げ、分子としての見方の素地となる見方の構築をねらった。12年間での粒子概念の構築では、中学校3年での「イオン」に至るまでにどのような内容の設定が有効であるのか整理していく必要がある。説明概念としての「粒の見方」や「分子としての見方」がどの段階で物質を「原子・分子」と捉えていくことへ転換されていくのかを検討していく必要がある。

#### <主な参考文献>

理科教育研究会 2006 「未来を展望する理科教育」 東洋館出版  
日置 光久 2005 「展望 日本型理科教育」 東洋館出版