

小学校理科における学び文化の創造 (6)

—学力向上を目指した理科カリキュラムの構築—

柴 一実 山崎 敬人 秋山 哲 西井 章司
土井 徹

はじめに

1998 (平成10) 年12月に改訂され、2004 (平成14) 年4月から全面実施されている新学習指導要領では、小学校理科の内容が三割削減される一方で、学び方の習得が強く謳われていた。しかし今回の小学校理科学習指導要領の改訂に当たっては、告示直後から理科教育関係者らを中心として、教育内容の厳選によって学力低下が生ずるのではないかという懸念が指摘されていた。

こうした事態に 대응して、2003 (平成15) 年12月に、文部科学省は小学校理科学習指導要領の一部改正を実施し、「生きる力」の育成を目指して、内容の範囲や程度等を示す制限事項の削除や、新たに発展的な学習や補充的な学習の導入を提唱している。ここで後者の発展的な学習について考えると、各学年段階の各学習領域において、どのような教材内容が、どのように学習されることが子どもにとって望ましいのか。

筆者らは数年来、小学校理科授業において、「もの」や「ひと」との関わりを通して、子どもがいかに関心を持って科学に関する学び文化を創造するのか、という課題を掲げて、研究を行って来ている。そこで本年度は発展的な学習に焦点を当てて、そのあり方について検討することを目的とした。

1. アメリカ・カリフォルニア州科学カリキュラムにおける学力向上の試み

刈谷剛彦氏は、過去の失敗を克服して学力向上を第一義とした教育改革に取り組んでいるケーススタディーとして、アメリカ・カリフォルニア州を取り上げている。1980年代末から90年代初頭にかけて、カリフォルニア州教育省は数学 (算数) と英語に関する抜本的改革を行った。ここにおいて、教える内容ではなく、教えるべき方法を重視した、カリキュラムの根本

的な変更が実施された。しかしこの改革の結果、カリフォルニア州は公立小学校第4学年の児童を対象とした算数の学力調査 (1996) において、全米で底辺に位置するような惨憺たる結果になった。このようなショッキングな結果を踏まえて、州教育省はカリキュラムを改訂し、1997年版新カリキュラムでは、「よりバランスの取れた」教授法が「子ども中心主義」の教授法に取って替えられた、というのである。それでは科学教育の場合はどうであったのか。

先ほどの子どもの学力低下を招いた数学 (算数) と英語のカリキュラムが作成され実施に移されていた頃、1990年版科学カリキュラムが登場した。このカリキュラムにおいて、教師は次の役割を果たすことが要求されていた。

- (1) 授業を始める前にトピックスについて、子どもがどのような考えを持っているか、確かめる問いを提示する。
- (2) 科学に関する子どもの概念に対して敏感になり、これを利用する。
- (3) 子どもが概念理解に達するのを支援するために、さまざまな教授技術を用いる。
- (4) すべての子どもを討論や協同学習の場に立ち合わせる。

こうした教師の役割と関連して、実際の小学校科学授業では、子どもに科学を学ぶ楽しさを実感させ、動機づけを行うために、科学の学習時間の40%を活動に割り当てることが奨励されていた。

この1990年版科学カリキュラムは、「フォードハム・レポート」(1998) のような一部の評価機関から高い評価を受けていたが、1996年に「全米科学教育スタンダード」(1996) が公表されたため、改訂を余儀なくされた。それでは、最新版カリフォルニア州科学カリキュラムはどのような内容構成になっているのか。2003年改訂、

現行の同州科学カリキュラムの内容は次の通りである。

第1学年

物質は固体、液体、気体のような異なる形態（状態）に変わる。この概念を理解する基礎として、児童は、a. 固体、液体、気体は異なる特性を持つことを知る（know）、b. 物質は混ぜたり、冷やしたり、加熱すると、その特性が変化することを知る。

第2学年

物体の運動は観察され、測定され得る。この概念を理解する基礎として、児童は、a. 物体の位置が他の物体や背景との位置関係によって記述されることを知る、b. 物体の運動は時間ごとの物体の位置変化の記録によって記述されることを知る、c. 物の運動を変化させる方法が押し、引くことであることを知る、変化の規模は押し、引く際の強さ、力の総和に関係している、d. 道具や機械は物を動かすために押し、引くことを応用して利用されていることを知る、e. 物体は支えられないと、地面に落下することを知る、f. 磁石は接触することなしに、物を動かすために用いられることを知る、g. 音は物体を振動させることによって発生し、高さや大きさによって記述されることを知る。

第3学年

エネルギーと物質は多様な形態を有しており、ある形態から別の形態へと変化し得る。この概念を理解する基礎として、児童は、a. エネルギーが光の形態で太陽から地球へ達することを知る、b. 蓄積されたエネルギー源は食物や燃料、電池のような多くの形態を取ることを知る、c. 機械や生物は蓄積されたエネルギーを運動や熱に変えることを知る、d. エネルギーは水波や音波のような波、電流、運動体によって、ある場所から別の場所へ運ばれることを知る、e. 物質が固体、液体、気体の三態を取ることを知る、f. 蒸発と融解は物が加熱されるときに生ずる変化であることを知る、g. 二種類以上の物質が化合すると、元の物質とは異なる性質を持つ新しい物質が生成されることを知る、h. すべての物質はあまりにも小さいので肉眼では見ることができない原子と呼ばれる小さな粒子から構成されていることを知る、i. かつて人々は土、風、火、水が物質を構成する基本要素であるを考えていた。科学実験は100以上の異なる原子が存在することを示し、それらは元素の周期表に示されていることを知る。

光には光源があり、ある方向に進む。この概念を理解する基礎として、児童は、a. 日光が遮られると影ができることを知る、b. 光は鏡や他の表面で反射される

ことを知る、c. 物体に広がる光の色が物の見え方に作用することを知る、d. 物体から進んできた光が目に入るとき、物体が見えることを知る。

第4学年

電気と磁気は相互に関係しており、日常生活で多く有効利用されている。この概念を理解する基礎として、児童は、a. 導線や電池、電球のような部品を用いて、どのようにして直列及び並列回路を計画し、組み立てるのか知る、b. 簡単なコンパスの作り方や、地磁気も含めて磁気の効果を検出するためのコンパスの使い方を知る、c. 電流が磁場を作ることを知り、簡単な電磁石の作り方を知る、d. 電気モーター、発電機、ドアベルやイヤホーンのような簡単な装置に使われている電磁石の役割を知る、e. 帯電した物体は互いに引き合ったり、反発することを知る、f. 磁石には二つの極（NとS）があり、同極同士は反発し、異極同士は引き合うことを知る、g. 電氣的エネルギーは熱や光、運動に変化することを知る。

第5学年

元素とそれらの化合物が、世界中の多様な種類の物質すべての原因である。この概念を理解する基礎として、児童は、a. 化学反応が起こると、反応物中の原子は異なる特性を持つ生成物を作るために転位することを知る、b. すべての物質は原子から構成され、それらは結合して分子を構成することを知る、c. 金属は高い電気伝導度及び熱伝導度のような共通の特性を持つことを知る。アルミニウム（Al）、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）のような金属は純粋な元素である。鋼や真鍮のような金属は金属元素が組み合わせられたものから構成されている。d. 一種類の元素は一種類の原子から構成されており、元素はその特性によって周期表に配列されていることを知る、e. 科学者が原子及び分子に関する別々のイメージを生む器具を開発したことを知る。そのイメージは原子及び分子がきちんと配列して生ずることを示す、f. 物質の化学的及び物理的特性の違いが、混合物を分離したり、化合物を同定するのに利用されることを知る、g. 砂糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）、水（ H_2O ）、ヘリウム（He）、酸素（ O_2 ）、窒素（ N_2 ）、二酸化炭素（ CO_2 ）のような固体、液体、気体の物質の特性を知る、h. 生物やほとんどの物質が2、3の元素から構成されていることを知る、i. 塩化ナトリウム（NaCl）のような塩の共通の特性を知る。

第6学年

熱はすべての物体が同温になるまで、高い方から低い方へ予想的流れとして移動する。この概念を理解する基礎として、児童は、a. エネルギーは熱の移動、水波、光波、音波のような波、物体の移動によって、

ある場所から別の場所へ運ばれることを知る, b. 燃料が消費されるとき, ほとんどの放出されるエネルギーは熱エネルギーに変わることを知る, c. 熱は固体中(物質の移動がない)を伝導によって, 液体中(物質の移動がある)を伝導や対流によって移動することを知る, d. エネルギーは放射(放射は空間を伝わる)によって物体間を移動することを知る。

2003年版科学カリキュラムは1998年版カリフォルニア州科学内容スタンダードを受けて作成されたものであり, 90年版科学カリキュラムと比べて教育内容がより高度になっている。さらに, この2003年版カリキュラムでは, 実験を中心とした児童の活動を授業時間の20~30%に収めるように改められている。すなわち単純に見て, 2003年版カリキュラムは1990年版に比べると, 探究活動の時間がおよそ半分になったのである。こうして最新版のカリフォルニア州科学カリキュラムはそれ以前のものに比べて, 知を重視して学び方の比重を軽くした, という大きな特徴を持っている。

ところで2003年版カリフォルニア州科学カリキュラムでは, 第3学年で原子及び元素の周期表, 第5学年で原子, 分子及び元素の周期表を学習することになっているが, 果たして子どもはこれらの内容を理解することが可能か。そこで, 本論文では発展的な学習の可能性を探るという視点から, 日本の第5学年の児童を対象として, 元素の周期表に関する理科授業を実施し, 子どもの理解度を評価することにより, 同教材のカリキュラム内容としての適否について検証することを目的とした。

なお, 本研究の実践を行った授業者は, 広島大学附属東雲小学校の西井章司教諭であった。実施日は2005(平成17)年12月13日であり, 実施学年は5年1組(男子19名, 女子19名)であった。

2 授業の実際

(1) 研究授業の構想

広島大学附属東雲小学校理科部では, この3年間理科教育に求められる基礎・基本についての研究を重ねてきた。その中で理科教育に求められる基礎・基本とは「知識・技能を確実に身につけ, それらを駆使して思考・判断することである。教室の中での問題解決学習を通して日常生活で目にし, 経験する事象や現象を科学的に考えることのできる人間を育てること, さらに, 自然や周りの環境に対して積極的に働きかけたり, 思いやりをもって接することができたりすることである。」と考えた。しかし, 子どもたちがもっている既存の知識や考え方(素朴概念)がどのようにして科学概

念に再構成されるか明らかにして問題解決を行わなければ, 教室の理科学習は子どもたちの日常とかけ離れたものになってしまうのではないだろうか。そこで, 子どもたちが現象や事象をどのようにとらえ, それを分かるために何に置き換え考えているかを明らかにすることが理科学習の基礎・基本を考える上で欠かすことができないと考えた。特に, 気体や熱, 電気, 光等, 目に見えないものや手に取ってみることのできないものを考える時には, 子どもたちは目に見える何かに置き換えて思考している。そこでこの3年間, 目に見えない現象をモデルやイメージ図に表わすことを学習に取り入れてきた。

5年生の学習の「もののとけ方」, 6年生の「水よう液の学習」の中でもモデルやイメージ図に表わすことを取り入れて実践を行っている。その中で原子や分子といった考えを取り入れる方が学習が容易になるのではないかと思われることがある。例えば塩酸にアルミニウムを溶かした際, アルミニウムが塩酸の中でどのような状態になっているのかモデル図に表わしたときには, 原子によるモデル図を使う以外には説明ができない。このことは板倉聖宣氏も「水にとけてみえなくなってしまった砂糖や食塩のことを話すには, どうしても分子とか原子とかいう言葉が必要になってくるのです。目にみえないものについて語るには, 原子とか分子とかいうものの姿を頭のなかにえがきだしていくよりほかないのです。」(板倉1975)と述べている。そこで, 5年生を対象に元素にどれだけ興味をもって学習をすることができるのか。どんな内容であれば理解が可能なのか探りたいと考え授業を行うことにした。

(2) 学習指導案

単元について

日常生活の中で, 子どもたちは「酸素」「金」「鉄」など多くの元素に囲まれ, また名前を知っていたり, 実際に手に触れたりしているものもある。しかし, 「元素」であるということ意識しているわけではない。

「元素」は中学生になって学習する内容であるが, 言葉に触れたり, 周期表に触れることは意義のあることであると考えられる。

本学級の子どもたちは「もののとけ方」の学習の中で, 食塩は水の中に溶けていること, 溶けていて見えなくなってもなくなっていないことなどを学習してきている。目には見えなくらい小さい物質があるということを実感してきている, また学校内に掲示している周期表を目にしている子どももいる。道徳の学習においては「マリーキュリー物語」というビデオを視聴している。その中で「ラジウム」を取り出すキュリー夫妻の様子を見たり, 「元素」という言葉に触れた

りしている。

授業設計の焦点

元素という目に見えないものを扱うので、まず子どもたちの身の回りにはっきりわかるものを取り上げたい。また興味をもつことができるようにアリストテレスの考えた4元素などのエピソードを取り上げるとともに、周期表をパズル形式にして提示したい。パズルで取り扱う元素は子どもが名前を知っているもの、族を見つけやすいものなどの観点から「水素、酸素、ネオン、ナトリウム、鉄、銅、銀、白金、金、水銀、ラジウム」の11とする。周期表は文部科学省発行(2005)を使用した。パズルを右に示す。(図1)

学習目標

- 1 元素周期表に興味をもつことができる。
- 2 周期表の中のきまりに気づくことができる。(原子番号、族など)

3 物質は元素から構成されていることを知る。



図1 周期表のパズル

評価の観点

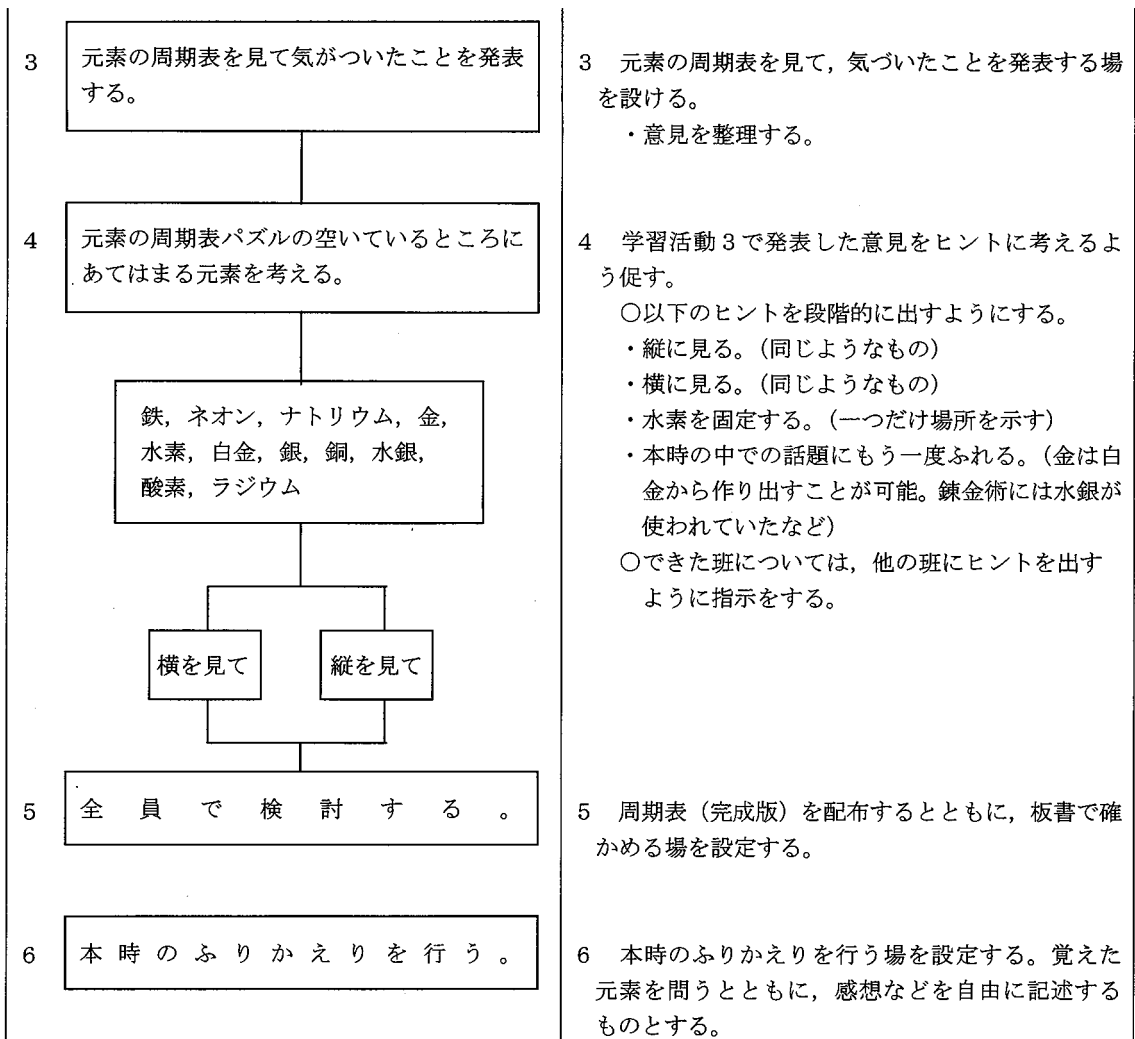
関心・意欲・態度	周期表に興味をもち、意欲的に学習に参加することができる。
科学的思考	周期表の中のきまりに気づくことができる。
知識・理解	物質が元素から構成されていることや元素の名前を知ることができる。

準備

周期表、パズル、学習カード、ふりかえりカード、実物投影機、掲示カード

学習の展開(次ページ)

学習活動と内容	教師の働きかけ
<p>1</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>昔、物質は4元素からできていると考えられていたことを知る。</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <p>2</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>物質は元素からできていること、元素は周期表に表わされていることを知る。</p> </div>	<p>1 興味・関心を示すことができるように、錬金術の話題や、かつてのアリストテレスの考えを紹介する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4元素の内、一つを例示し、他のものについては発表するよう促す。 <p>2 アリストテレスの考えた4元素の内、空気を取り上げる。空気を構成する酸素や二酸化炭素などの名称について知っている子は多い。そこで酸素を使って元素の説明を行う。</p> <p>また、元素は周期表に表わされていること。現在113個発見されており、113番元素は日本で発見されたことなどについて触れる。</p>



授業記録

T (アニメの「鋼の錬金術師」をスクリーンに映して) いろいろなものを作り変えて、すきなものを作る賢者の石。賢者の石を使うと何でも金にすることが出来る。

引力を発見したニュートンも錬金術に興味があって、死んだときに頭の中に水銀が一杯ついていた。そんな科学的な人でも信じていたのです。

アリストテレスの話

世界の物質はこの4つの物質からできていると言いました。何から出来ていると思いますか？

1つは空気

C 炭素

C 火

C 水

C 土

T 寒, 暖, 湿, 乾の組み合わせで物質は出来ているとアリストテレスは言っていた。1,600年も長い間ずっと信じられてきた。しかし、空気は分けられるよね?空気をさらに分けると、

C 酸素, 二酸化炭素, 窒素,

T (アリストテレスの理論を指しながら) そういう風に分けることが出来るから, この理論は違うって事が分かったんだよ。でも, 酸素は分けられません。酸素のようなものを元素といいます。

元素はこれ以上分けられない物質の事という。

元素の中には, 錬金術の金もあります。

金を作る方法が現在1種類ある。プラチナを使えば, 金を作れるが, プラチナ使うと損をするから作らない。

元素をみんながどれくらい知っているか調査します。

(元素が載っている表を配布し, 知っている元素に丸をつけるよう指示する)

鉄も元素です。温めても, 冷ましても鉄は鉄です。

C (プリントに取り組む)

T (プリントを集める)

(元素周期表をスクリーンに映す)

周期表に載っている歴代ノーベル賞を受賞した, 5人の説明をする。

5分後にみんなが周期表を見て気づいた事を発表してもらいます。

C ~ウムが多い。

C 名前と元素記号のローマ字が一致している。

T Mn (マンガン) の周期表の写真をスクリーンに映し, 子供の気付きを全体で共有する。

C Sn (スズ) と鉛など同じ名前がある。

C ほとんどの物が生活や仕事に関係しているもの。

C 半減期の長い物と短い物がある。

C (周期表の右上に掲載している円グラフを見て) 人体, 地球, 宇宙を構成している元素が違う。

C カドミウムなど人間の害になるものがある。

C 周期表の元素の下に元素の番号があり, 番号順に並んでいる。

T 番号と半減期の他にもう1つ数字が書いてあるけど何て書いてある?

C 原子量が書いてある。

C コバルトとニッケルのところの原子量のところが変になっている。

T 今渡している表の中に赤鉛筆で丸をしている部分を抜いてあります。そこにパズルを作っているのので, 埋めてみてください。

鉄, ネオン, ナトリウム, 金, 水素, 白金, 銀, 銅, 水銀, 酸素, ラジウム の 11種類が抜けているところに入ります。

C 二酸化炭素?

T 二酸化炭素は, 元素ではありません。

パズルは, 白黒, 原子番号, 原子量を隠しています。

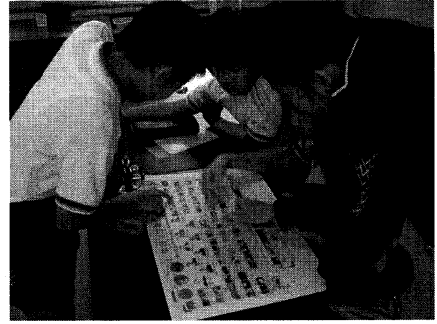
(パズルを班に配布する)

C 金属などに着目して自分なりにパズルを埋めていく。
(声はよくビデオでは拾えず)

T ヒント①たてもみることを与える。
ヒントとして②金、銀、銅が並ぶこと。
11個は多いようなので、1つ決めます。水素が一番左上です。

T (最後に班を周り班ごとにヒントを与える)
金、銀、銅が並びます。そして、水銀、白金が並びます。
初めにヒントとして、ニュートンの頭に水銀がついていると伝えたのは実はこういうことだったので
す。

T 振り返りカードを書いて授業を終わります。



3 指導教師の所感

(1) 授業後の子どものふりかえりから

- ・覚えていないけど覚えてみたい。周期表がほしい。
- ・全部覚えてみたいと思った。
- ・またパズルをやってみたいと思った。
- ・頭を使って考えて並べるのが楽しかった。
- ・ゲーム形式で楽しかった。
- ・名前などがわかってよかった。
- ・考えたりゲームをしたりしながら元素が覚えられてよかった。
- ・元素の名前を結構覚えることができた。
- ・知らないことを覚えることができてよかった。パズルはとても楽しかった。
- ・最後にパズルが全部正解になってよかった。縦で同じようなものを並べていくのがおもしろかった。
- ・パズルに少し苦労した。
- ・覚えるのがいやなので普通の理科の方がおもしろいと思った。

楽しんで学習した、覚えてみたいというふりかえりが多く見られた。また、事後のアンケートによると、37人中26人が楽しかったと答えている。70%の子どもが楽しいと答えており、興味を引き出すのに有効な学習内容となる可能性を秘めていると思われる。しかし、ふりかえりの中にも普段の理科の方がよいという子どもの記述が見られ、また30%の子どもたちは楽しさについて「普通である」と答えている。今後授業の構成や内容など改善していかなければならない。

(2) 周期表についての気づきから

子どもたちは授業後の記述の中で次のような気づきをあげていた。

- ・英語は元素の頭文字をとるなどしていることがわかった。
- ・半減期は全てが順番になっているわけではないことがわかった。
- ・たくさんの種類の元素があることがわかった。
- ・最初は意味がわからなかったけど、並べているうちに、並び方の意味がわかった。
- ・世の中にはまだ知らない物質がたくさんあるのだと思った。
- ・元素の中にはふだん聞いたことがあったり、使用しているものがあって、少しわかりやすく感じた。
- ・金、銀、銅も元素だと知って驚きました。
- ・日常生活の中でもいろいろな元素が使われていることがわかった。
- ・いろいろな共通点がある物質があるのだなあと思った。
- ・表の縦にも横にも意味があるのだということがわかりました。
- ・昔は4つのものから物質ができていたと信じられていたということを知りました。
- ・～ウムとつく名前のもが多いと思った。

37人全員が何らかの気づきをあげており、小学校5年生の子どもたちにとって、周期表を学習内容として取り上げることは、決して難解ではないということがわかった。また、授業の中で覚えた元素の名前の数は平均で17.6にも上っており、子どもたちが興味を持ちながら学習し自然に覚えていったことが伺える。

以上の(1)(2)から小学校5年生で元素を学習内容として取り上げることは有効な内容となり得ると考えられる。

4. 考 察

(1) 子どもは学習前、どのような元素について知っていたのか

授業記録に記述されているように、授業が始まって間もなく、西井先生はアリストテレスの四元素説（空気・火・水・土）について説明した。その後、「それでは、空気はもう分けられませんか」と尋ねた。児童が、「空気は酸素、二酸化炭素、窒素」に分けることができると答えると、西井先生は、「酸素はもう分けることができません。このようなものを元素と言います。元素とはこれ以上分けることができない物質のことを言います。」と説明した。この説明のあとで、西井先生は原子番号30の亜鉛（Zn）を除いて、原子番号1の水素（H）から、原子番号111のレントゲニウム（Rg）まで、110種類の元素名が書かれたアンケート用紙を配布した。質問内容は、「次の元素のうち、聞いたことがあるものに○をつけましょう。」というものであった。表1は、37名の児童が10以上を挙げた元素名を列挙している。アンケート調査の結果より、次のことが分かった。

第一に、37名の児童は、原子番号52のテルル（Te）と原子番号107のシーボーギウム（Sg）を除いた108種類の元素名を聞いたことがあると回答していた。第5学年までの小学校理科教科書『わくわく理科（3・4上下・5上下）』（啓林館）に登場する元素名は、第3学年の単元『電気であかりをつけよう』『電気を通すも

の・通さないもの』及び単元『じしゃくのふしぎをさぐる』『じしゃくにつくもの』で、鉄、アルミニウム、銅である。児童が元素について、どの程度理解しているか不明ではあるが、108種類の元素名を挙げているのは驚異的である。

第二に、児童一人当たりで平均すると、約33.4の元素名を挙げている。表1が示すように、児童が10以上答えている元素名は36種類であり、水素（H）、炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）、鉄（Fe）、銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）、水銀（Hg）の9種類の元素については、全員の児童が聞いたことがあると答えていた。第三に、表1以外にも、日常生活では聞き慣れない元素、例えばベリリウム（Be）、ガリウム（Ga）、ロジウム（Rh）、セシウム（Cs）、バリウム（Ba）、セリウム（Ce）、ガドリニウム（Gd）、トリウム（Th）、プルトニウム（Pu）、アメリシウム（Am）、キュリウム（Cm）、ノーベリウム（No）、レントゲニウム（Rg）を、児童は取り上げている。これらの元素のいくつかは、ギリシャ神話の神の名前や地名、科学者の名前に由来するので、児童は聞いたことがある、と答えているのかもしれない。

(2) 子どもは周期表のどのような特徴に気づいたのか

授業が始まって、子どもたちに周期表が手渡された。この周期表を見て、児童は気づきを10点挙げていた。

- ①～ウム（という名称の元素）が多いこと。
- ②名前と元素記号のローマ字が一致していること。
- ③スズ（Sn）と鉛（ずず）が同じ名前であること。
- ④半減期の長い元素と短い元素があること。
- ⑤（授業中に配布された元素周期表には「宇宙」、「地殻」、「人体」における元素の存在比（重量%）が記載されているが、それを見ながら）人体、地球（筆者注：地殻の間違い）、宇宙を構成している元素が異なること。
- ⑥カドミウム（Cd）のように、人間の害になる元素があること。
- ⑦周期表の元素の下に元素の番号があり、番号順に並んでいること。
- ⑧原子量を書いているが、コバルト（Co）とニッケル（Ni）の所では原子量が逆になっていること。

このように児童は、元素の名称の特徴や元素記号、放射性元素の半減期、原子番号による元素の配列順序、原子量の逆転箇所など、周期表の細かな点について指摘していた。その一方で、例えば、周期表の17族の「ハロゲン」のように、似たような性質の元素が縦に揃うことや、周期表で右から左へ進むほど、また上から下へ進むほど、金属性が強くなることなどを見出すことは、

表1. 学習前、児童が聞いたことがある主な元素名

元素名	回答数	元素名	回答数
水素	37	フッ素	28
炭素	37	カドミウム	26
窒素	37	ウラン	25
酸素	37	マンガン	23
鉄	37	スズ	23
銅	37	イオウ	22
銀	37	ヘリウム	21
金	37	タリウム	21
水銀	37	ニッケル	19
カルシウム	36	リチウム	16
ヨウ素	36	ホウ素	16
アルミニウム	35	リン	14
塩素	33	ネオン	12
ナトリウム	32	ケイ素	12
カリウム	31	チタン	12
白金	31	コバルト	12
鉛	31	ヒ素	12
マグネシウム	29	ラジウム	12

当然ではあるが、第5学年の児童にとっては困難であることが分かる。

(3) 子どもは周期表の空欄をどのように埋めたのか

時間経過に基づき、授業展開を見て行くと、次に西井先生は、11カ所の空欄を設けた周期表を10班の児童に与え、次のように指示した。「この周期表の空欄には11の元素が入ります。それらの元素は、水素(H)、酸素(O)、ネオン(Ne)、ナトリウム(Na)、鉄(Fe)、銅(Cu)、銀(Ag)、白金(Pt)、金(Au)、水銀(Hg)、ラジウム(Ra)の11種類です。これは周期表のゲームです。さあ、やってみましょう。」この発言を受けて、児童は試行錯誤しながら、周期表の空欄に11枚の元素カードを当てはめて行く。しかし児童は、ハロゲン族のように、似たような性質の元素が縦に揃うことに気づかないまま、元素カードを当てはめて行くという活動を進める。児童が指摘していたように、周期表には元素名、元素記号、原子量、原子番号以外にも、各元素の性質や用途などが記載されていた。児童はこれらの内容を読みながら、元素の特徴を捉えようとしていた。

子どもがトライアル・アンド・エラーを繰り返していたため、西井先生は4つのヒントを与えた。①水素は左上隅に位置すること、②(ハロゲン族のように、似た性質の元素は縦に並ぶので)縦(の元素)に注目すること、③(11族の)金、銀、銅は(縦に)並ぶこと、④(第6周期の)水銀、(金、)白金は(横に)並ぶこと、であった。

それでは西井先生のヒントを受けて、児童はどのように空欄を埋めたのか。原子番号の小さい順に空欄に番号を付けると、正解は空欄1から空欄11までには、それぞれ水素(H)、酸素(O)、ネオン(Ne)、ナトリウム(Na)、鉄(Fe)、銅(Cu)、銀(Ag)、白金(Pt)、金(Au)、水銀(Hg)、ラジウム(Ra)の順番で、元素カードが入ることになる。各班の児童がまとめた順番は、次の通りであった。

- 1) 第1班—H, O, Hg, Ne, Na, Pt, Fe, Au, Ag, Cu, Ra
(正解した元素数, 3)
- 2) 第2班—H, Ra, Ne, Hg, O, Au, Ag, Pt, Cu, Fe, Na
(正解した元素数, 4)
- 3) 第3班—H, Hg, Ra, O, Fe, Au, Ag, Ne, Pt, Cu, Na
(正解した元素数, 3)
- 4) 第4班—H, Na, Hg, Fe, O, Ra, Ne, Au, Cu, Ag, Pt
(正解した元素数, 1)
- 5) 第5班—H, O, Ne, Hg, Na, Au, Ag, Pt, Cu, Fe, Ra
(正解した元素数, 6)
- 6) 第6班—H, O, Ne, Na, Cu, Fe, Ra, Pt, Au, Hg, Ag

(正解した元素数, 7)

- 7) 第7班—H, O, Ne, Ra, Fe, Cu, Au, Hg, Pt, Ag, Na
(正解した元素数, 5)
- 8) 第8班—H, Na, Ne, O, Hg, Cu, Ag, Pt, Au, Fe, Ra
(正解した元素数, 7)
- 9) 第9班—H, O, Ne, Hg, Pt, Cu, Na, Au, Fe, Ag, Ra
(正解した元素数, 5)
- 10) 第10班—H, O, Ne, Na, Pt, Au, Ag, Fe, Cu, Hg, Ra
(正解した元素数, 7)

(4) 子どもは学習後、どのような元素を覚えたのか

学習後のアンケート調査によれば、表2が示すように、児童は44種類の元素名を挙げており、児童一人当たり、約17.6の元素を覚えたことになる。

周期表ゲームで用いた11種類の元素はすべて、回答数の多い上位20までに入っていた。なかでもラジウムは学習前、12名の児童が聞いたことがあると回答していたのに対して、学習後は、26名の児童が覚えていると答えている。11種類以外の元素では、カルシウムやフッ素、炭素、スズ、窒素、カドミウム、マンガン、ウラン、ヨウ素などが多く回答されているが、これら

表2. 学習後、児童が覚えていた元素名

元素名	回答数	元素名	回答数
金	34	カリウム	11
ナトリウム	32	マグネシウム	10
水素	32	鉛	9
銅	32	リン	9
カルシウム	32	ヘリウム	9
フッ素	30	プルトニウム	9
鉄	29	イオウ	8
銀	29	ゲルマニウム	6
白金	28	タリウム	5
酸素	28	ニッケル	4
炭素	26	フランシウム	4
水銀	26	塩素	4
ラジウム	26	レントゲニウム	4
ネオン	25	亜鉛	4
スズ	23	ランタン	3
窒素	22	イットリウム	3
カドミウム	18	リチウム	3
マンガン	16	コバルト	2
ウラン	16	ケイ素	2
ヨウ素	14	アルゴン	1
ラドン	12	チタン	1
アルミニウム	11	タンタル	1

の元素は学習前も、多くの児童によって取り上げられていた。しかし、ラドンは学習前4名だったのが学習後は12名に、フッ素は学習前28名だったのが、学習後は30名に、プルトニウムは学習前7名だったのが学習後は9名に児童による回答数が増加している。児童による回答数の増加を学習の効果と見なしたい。

ところで、アンケート調査の結果には、明らかに間違いと思われるものが含まれていた。27名の児童(クラス全体の約73.0%)が55の間違いをしており、児童一人当たり約2.0の誤答をしていた。それらの内訳は、次の取りである。

- ①化合物の名前を取り上げている(15名) — フロン(7名)、塩酸(3名)、タウリン(2名)、鋼(2名)、オゾン(1名)
- ②名称を間違えている(28名) — 白銀(6名)、カドニウム(4名)、テレビウム(2名)、ウルトニウム(2名)、等々
- ③同じ名前を繰り返し記入している(5名)
- ④その他(7名) — 元素(3名)、酸(1名)、等々

このように児童にとって、フロンはオゾン層破壊で馴染みのある物質であるように思われるが、化合物と元素との区別がはっきりしていない。塩酸やタウリンなどについても同様で、小学校5年生の段階では、当然であるかも知れない。白金は周期表ゲームの中で登場しているにも拘わらず、「白銀」と間違えて回答している児童がいた。カドミウムとカドニウムは、児童にとって間違い易い名称であることが分かった。

おわりに

本研究を通して、第5学年の児童でも教科書に取り上げられている以上に、多くの元素に関する知識を持っていることが分かった。ただし、知識内容の詳細までは、今回の研究では判明しなかった。学習後、児童が覚えている元素名の多さや児童による感想文などを分析すると、第5学年から周期表を導入する可能性はあるように思われる。ゲームを通して、児童がいろいろな元素に親しんだのは事実である。しかし児童がゲームを介して、周期表の規則性、例えば、「周期表では、似たような性質の元素が縦列に揃う」、「周期表の右から左へ進むほど、また上から下へ進むほど、金属性が強くなる」等を見出すことは困難であったと思われる。これらは教師が例示しながら、説明することが適当である。学力向上の名の下に、教え込みにならずに、子どもの物質に関する認知構造を拡大・深化・変容させるために、周期表において児童に何を、どのように学習させるべきであるのか、今後、さらに詳細且つ厳密な検討が必要であると思われる。

引用・参考文献

- 1) 板倉聖宣『科学の学び方・教え方』東京：太郎次郎社、1975、p.82.
- 2) 文部科学省『元素周期表』東京：化学同人、2005.
- 3) 刈谷剛彦『教育改革の幻想』東京：筑摩書房、2002.
- 4) CDE, Science Framework for California Public Schools, CDE Press, 2003.