

幼稚園専門領域「環境」と科学的認識の獲得

伊 藤 稔 明*

1. はじめに

近年、教育職員免許法施行規則が改定され、教員免許を取得するために必要な科目の枠組みが大きく変わった。従前、教員免許を取得するために必要な科目は、「教科に関する科目」、「教職に関する科目」、そして、「教科又は教職に関する科目」に区分けされていた。新たな施行規則では、教員免許を取得するために必要な科目は、「教科及び教科の指導法に関する科目」、「教育の基礎的理解に関する科目等」、「大学が独自に設定する科目」という科目区分になった。従前のものとの対応関係は、これまで「教職に関する科目」のなかにあった教科指導法が、「教科に関する科目」と合わさって「教科及び教科の指導法に関する科目」となり、「教職に関する科目」から教科指導法を抜いたものが、「教育の基礎的理解に関する科目等」となり、「教科又は教職に関する科目」は「大学が独自に設定する科目」となった。「教科及び教科の指導法に関する科目」はさらに「教科に関する専門的事項」の科目と「各教科の指導法」の科目に区分けされる。

幼稚園教諭免許状の取得に必要な科目の場合、小中高の「教科及び教科の指導法に関する科目」にあたるものが、「領域及び保育内容の指導法に関する科目」となり、さらにそれは、「領域に関する専門的事項」と「保育内容の指導法」とになる。幼稚園の場合、従前の規定では、幼稚園の「教科に関する科目」は小学校の「教科に関する科目」であてることになっていた。しかし、今回の改定で、新たに「領域に関する専門的事項」という科目区分が設定され、保育の5領域の専門的事項の科目を置くことになった。

さて、まず、文部科学省の『幼稚園教育要領』と

『幼稚園教育要領解説』において、“幼児に身近な自然”がどのように記載されているのかを確認しておきたい。ここで取り上げる『幼稚園教育要領』と『幼稚園教育要領解説』は2017年に改訂されたものであり、特に断らない限りこの年のものとする。

周知のとおり、幼稚園教育における専門領域は5つとされ、健康、人間関係、環境、言葉、表現である。このなかで環境は、『幼稚園教育要領』において、

周囲の様々な環境に好奇心や探究心をもって関わり、それらを生活に取り入れていこうとする力を養う。

と規定され¹⁾、さらに、ねらいとして、

- (1) 身近な環境に親しみ、自然と触れ合う中で様々な事象に興味や関心をもつ。
- (2) 身近な環境に自分から関わり、発見を楽しんだり、考えたりし、それを生活に取り入れようとする。
- (3) 身近な事象を見たり、考えたり、扱ったりする中で、物の性質や数量、文字などに対する感覚を豊かにする。

と、定められている²⁾。一見して分かるように、3つのねらいの文章がすべて「身近な」という言葉で始まっている。これに対して『小学校学習指導要領』では、社会科と理科の目標が、それぞれ、

社会的な見方・考え方を働かせ、課題を追究したり解決したりする活動を通して、グローバル化する国際社会に主体的に生きる平和で民主的な国家及び社

会の形成者に必要な公民としての資質・能力の基礎を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 地域や我が国の国土の地理的環境、現代社会の仕組みや働き、地域や我が国の歴史や伝統と文化を通して社会生活について理解するとともに、様々な資料や調査活動を通して情報を適切に調べまとめる技能を身に付けるようにする。
- (2) 社会的事象の特色や相互の関連、意味を多角的に考えたり、社会に見られる課題を把握して、その解決に向けて社会への関わり方を選択・判断したりする力、考えたことや選択・判断したことを適切に表現する力を養う。
- (3) 社会的事象について、よりよい社会を考え主体的に問題解決しようとする態度を養うとともに、多角的な思考や理解を通して、地域社会に対する誇りと愛情、地域社会の一員としての自覚、我が国の国土と歴史に対する愛情、我が国の将来を担う国民としての自覚、世界の国々の人々と共に生きていくことの大切さについての自覚などを養う。

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を図り、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、問題解決の力を養う。
- (3) 自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

と、定められていて³⁾「身近な」という言葉は一度も用いられていない。幼稚園の場合、幼児の認識力のことを考慮すれば、その対象は「身近な環境」や「身近な事象」ということになるのであろう。そして、『幼稚園教育要領』に依れば、専門領域環境の内容は、

- (1) 自然に触れて生活し、その大きさ、美しさ、不思議さなどに気付く。
- (2) 生活の中で、様々な物に触れ、その性質や仕組みに興味や関心をもつ。
- (3) 季節により自然や人間の生活に変化のあることに気付く。

- (4) 自然などの身近な事象に関心を持ち、取り入れて遊ぶ。
- (5) 身近な動植物に親しみをもって接し、生命の尊さに気付き、いたわったり、大切にしたりする。
- (6) 日常生活の中で、我が国や地域社会における様々な文化や伝統に親しむ。
- (7) 身近な物を大切にすること。
- (8) 身近な物や遊具に興味をもって関わり、自分なりに比べたり、関連付けたりしながら考えたり、試したりして工夫して遊ぶ。
- (9) 日常生活の中で数量や図形などに関心をもつ。
- (10) 日常生活の中で簡単な標識や文字などに関心をもつ。
- (11) 生活に関係の深い情報や施設などに興味や関心をもつ。
- (12) 幼稚園内外の行事において国旗に親しむ。

とされている⁴⁾。さらに、取り扱いの留意点として、

- (1) 幼児が、遊びの中で周囲の環境と関わり、次第に周囲の世界に好奇心を抱き、その意味や操作の仕方に関心を持ち、物事の法則性に気付き、自分なりに考えることができるようになる過程を大切にすること。また、他の幼児の考えなどに触れて新しい考えを生み出す喜びや楽しさを味わい、自分の考えをよりよいものにしようとする気持ちが育つようにすること。
- (2) 幼児期において自然のもつ意味は大きく、自然の大きさ、美しさ、不思議さなどに直接触れる体験を通して、幼児の心が安らぎ、豊かな感情、好奇心、思考力、表現力の基礎が培われることを踏まえ、幼児が自然との関わりを深めることができるよう工夫すること。
- (3) 身近な事象や動植物に対する感動を伝え合い、共感し合うことなどを通して自分から関わろうとする意欲を育てるとともに、様々な関わり方を通してそれらに対する親しみや畏敬の念、生命を大切にすること、公共心、探究心などが養われるようにすること。
- (4) 文化や伝統に親しむ際には、正月や節句など我が国の伝統的な行事、国歌、唱歌、わらべうたや我が国の伝統的な遊びに親しんだり、異なる文化に触れる活動に親しんだりすることを通じて、社会とのつながりの意識や国際理解の意識の芽生えなどが養

われるようにすること。

(5) 数量や文字などに関しては、日常生活の中で幼児自身の必要感に基づく体験を大切に、数量や文字などに関する興味や関心、感覚が養われるようにすること。

の5点があげられている⁵⁾。また、『幼稚園教育要領解説』においては、ねらいの解説として、

幼児の周囲には、園内や園外に様々なものがある。人は暮らしを営み、また、動植物が生きていて、遊具などの日々の遊びや生活に必要な物が身近に置かれている。幼児はこれらの環境に好奇心や探究心をもって主体的に関わり、自分の遊びや生活に取り入れていくことを通して発達していく。このため、教師は、幼児がこれらの環境に関わり、豊かな体験ができるよう、意図的、計画的に環境を構成することが大切である。

幼児は身近な環境に興味をもち、それらに親しみをもって自ら関わるようになる。また、園内外の身近な自然に触れて遊ぶ機会が増えてくると、その大きさ、美しさ、不思議さに心を動かされる。幼児はそれらを利用して遊びを楽しむようになる。幼児はこのような遊びを繰り返し、様々な事象に興味や関心をもつようになっていくことが大切である。

幼児は身近な環境に好奇心をもって関わる中で、新たな発見をしたり、どうすればもっと面白くなるかを考えたりする。そして、この中で体験したことを、更に違う形や場面で活用しようとするし、遊びに用いて新たな使い方を見付けようとする。幼児にとっての生活である遊びとのつながりの中で、環境の一つ一つが幼児にとってのもつ意味が広がる。したがって、まず何より環境に対して、親しみ、興味をもって積極的に関わるようになることが大切である。さらに、ただ単に環境の中にあるものを利用するだけではなく、そこで気付いたり、発見したりしようとする環境に関わる態度を育てることが大切である。幼児は、気付いたり、発見したりすることを面白く思い、別なところでも活用しようとするのである。

身近な事象を見たり、考えたり、扱ったりする中で、物の性質や数量、文字などに対する関わりを広げることも大切である。幼児を取り巻く生活には、物については当然だが、数量や文字について

も、幼児がそれらに触れ、理解する手掛かりが豊富に存在する。それについて単に正確な知識を獲得することのみを目的とするのではなく、環境の中でそれぞれがある働きをしていることについて実感できるようにすることが大切である。

と説明されている⁶⁾。そのほかの『幼稚園教育要領解説』の記載については、行論のなかで取り上げていきたい。このように、『幼稚園教育要領』と『幼稚園教育要領解説』では総じて幼児に「身近な」環境を的確に認識させる教育を目指しているといえるであろう。

さて、子どもが科学的認識を獲得していく過程は、人類がそれを獲得してきた歴史と同じであると、しばしば言われる。よく分からないことが分かるようになるという過程は、何か普遍的なものに貫かれているのかもしれない。それは幼児の自然認識でも同じなのかもしれない。

幼稚園教育の専門領域に「環境」が存在する。幼児にとっての環境は、おおまかに自然環境と社会環境に区分けされる。本論では、自然環境にスポットをあてる。その自然環境でも今回は物質観に注目したい。ものが何からどのように構成されているのかといった人類が太古から抱いてきた素朴な疑問に着目するのである。

本論の目的は、人類が物質観を獲得してきた歴史を振り返ることによって、子どもが自然環境を認識する過程について考察することである。次節では、人類が原子論的な物質観を獲得してきた経緯を振り返る。次々節では、その歴史を踏まえて、幼稚園における“環境学習”について考察する。

2. 物質の究極を探る歴史

人類が物質の究極を始めて探ったのは、記録に残っている限り、古代ギリシア・ローマ時代であろう。この当時は、元素論と原子論との争いがあった。現在の知見では、物質はおよそ100個の元素からなっていて、その元素の実体が原子である。しかし、そのような知見をもたない当時においては、元素論と原子論は相対立する考えだと認識されていた。

元素とは物質の構成要素であり、原子とは物質の最小単位である。現在の科学は、元素の実体として原子を認識しているけれども、この当時にはそうした知見は存在しない。そのため、この2つは相対立するものとして考えられていた。

元素論には「一元素論」と「多元素論」が存在していた。一元素論を唱えた代表者はタレスであろう。「万物の根源は水」とした。もちろん、この“見解”は正しくない。いまどき、万物の根源を H_2O と考える人はいない。そもそも、水自体が化合物である。しかし、タレスの考えの重要なところは、自然の統一的理解を目指している点である。言い換えれば、自然を統一的原理によって理解しようという試みである。これこそ、科学そのものの考えであろう。古代ギリシア・ローマ時代は科学的精神が芽生えた時代である。

一元素論を唱えた人は他にもいた。アナクシマンドロスは、それを「ト・アペイロン」(無限なるもの)とした。「ト・アペイロン」は現実世界では見ることのできないものと仮定されている。アナクシメネスは、万物の根源は「空気」とした。弁証法の起源ともされる「万物は流転する」という言葉で有名なヘラクレイトスは、根源物質を「火」とした。

これらの人々は、実験的な根拠をもってこうした主張をした訳ではない。まさに“言っているだけ”に過ぎない。思弁的なだけのものである。上にあげた人々が、科学者と呼ばれることはなく、哲学者と呼ばれているのも、そのためであろう。実験や観測での根拠がなく、いろいろな主張が行われるのは、この時代の特徴かもしれない。

しかし、この時代にも実験や観測での根拠を基に論じられていたこともある。例えば、地球が球形をしていることである。

よく、この話しでは、船が港から遠ざかるときに、最初に船の下の部分が見えなくなり、徐々に見えなくなる部分が上に移動して、最後に帆先が見えなくなる現象で、当時の人々は地球が球形であることを認識したとされている。しかし、この話しは恐らく事実ではないであろう。実際に、当時のような小さな船が港から遠ざかる場合、船の下部から見えなくなるというようなことはなく、船全体が霞んでぼやけて来て、全体的に見えなくなるはずである。そうではなくて、船が陸地に近づく際に、山の上部が最初に見えて、だんだんと中腹や裾野が見えてくるという現象から、地球が球形であろうと連想したに違いない。巨大な山であれば霞むことなく、そのように見える。

あるいは、空気の認識である。アナクシメネスは万物の根源を空気としている。つまり、当時の人々は空気という存在を認識しているのである。目に見えない空気をどのように認識したのであるか。普通言われ

ているのが、水汲み道具を用いたものであろう。これは、当時のどの家庭にもあったような道具である。真鍮でなかが空洞の容器の下部にはたくさんの小さな穴が開いていて、上部にはひとつの穴があり、そこには管が付いている。これで水を汲むには、容器を水の中に入れ、容器のなかに水が十分に入ったときに、管の上の穴を親指でふさぐと、その状態で水から出しても水は容器の外には落ちない。そうして水を落とすところまで運んで、親指を離すと水は下部の穴からシャワーのように落ちる。しかし、親指で管の上を押さえたままの状態の水のなかに入れても、容器に水が入ることはない。何故だろう。容器のなかに何も見えない。このような経験から、人々は目には見えない空気という存在を認識するに至ったと考えられる。

地球が球形であることも、空気という存在が認識されたことも、客観的な“観測事実”に基づくものである。そうした認識に比較して、根源物質に関する言説はかなりお粗末なものと言えるかもしれない。

さて、タレスらの元素論は一元素論と呼ばれるものである。これに対して、多元素論というものがある。元素が複数存在していると考えられるものである。

エンペドクレスという人は、「火」と「空気」と「水」と「土」を元素とし、これらを「リゾーマタ」と呼んだ。すべての物質は、これら4つのリゾーマタでできていて、その混合の割合の違いが物質の多様性を生むとした。また、リゾーマタの結合や離散は、それらの愛や争いによっておこるとした。火と水がどのように愛し合うのか想像できないけれども、彼はそのように主張した。

こうした考えを、言わば「完成系」のようなものに押し上げたのが、古代ギリシア最大の哲学者と言われるアリストテレスである。

アリストテレスは、エンペドクレスと同様に「火」と「空気」と「水」と「土」を元素とし、四元素とした。「原質」という“おおもとの存在”があり、「原質」に、「熱」と「乾」が与えられると「火」となり、「原質」に、「熱」と「湿」が与えられると「空気」となり、「原質」に、「冷」と「湿」が与えられると「水」となり、「原質」に、「冷」と「乾」が与えられると「土」となるとした。この「熱」「冷」「乾」「湿」を四要素と呼んだ。この考えが正しければ、ある物質が四要素を与えることで、別の物質に変化することが期待される。例えば、ある物質に「熱」を与えれば、その物質のなかにある元素としての「空気」は「火」に変

化することになるからである。このことからアリストテレスの四元素論は、錬金術の「基礎理論」となった。錬金術とは、錫や亜鉛といった卑金属から、金や銀やプラチナといった貴金属を生み出す技術である。もちろん、そんなことは不可能である。この不可能への挑戦とその挫折から、近代科学が誕生したと言っても過言ではない。

さて、アリストテレスたち元素論者の多くは、原子論を認めなかった。アリストテレスもその一人であり、彼の考えは絶大な影響を与えていた。このころ、原子論の当否は真空の存在の有無と同一視されていた。原子論は、すべての物質は原子からできていると認識する。すると、この世に存在するのは原子と真空ということになる。真空がなければ、空間のすべてを原子が覆い尽くすことになるから、真空が存在する必要がある。

しかし、アリストテレスは「自然は真空を嫌う」と言い、その存在を否定した。パルメニデスという哲学者は「あるものはあり、ないものはない」と表現した。「ない」つまり真空などというものはない、ということである。このパルメニデスの弟子にゼノンという哲学者がいた。有名なゼノン・パラドックス（ゼノンの背理）を残した人である。

ゼノンは、目の前で物体が動いているように見えるのは人間の感覚が作り出す錯覚であると主張した。この主張を裏付けるためにゼノン・パラドックスは考え出された。いくつかあるゼノン・パラドックスのうち最も有名なのは「アキレスと亀」であろう。

勇者アキレスの前方を亀がアキレスと同じ方向に歩いている。アキレスは亀より歩速が速いので、いずれアキレスは亀に追いつき、追い越していく。我々が常識的に描く風景であろう。しかし、ゼノンは「論理的に考えれば、そんなことは絶対に起きない」と主張した。

アキレスの前方を亀がアキレスと同じ方向に歩いている。その時点を起点としたとき、その時点で亀がいる位置までアキレスが歩いてくるのには一定の時間がかかる。その時間のあいだに亀は前に歩く。では、アキレスが亀のいた位置まで来た時点を起点として同じように考えれば、やはり、亀はアキレスの前に出る。これは無限に繰り返す。したがって、アキレスは決して亀に追いついたり、追い越したりすることはできない。

もちろん、ゼノンのこの考えは間違っている。どこ

に間違いがあるのだろうか。

上記のゼノンの考えの「これは無限に繰り返す」までは正しい。しかし、その結果として「アキレスが亀に追いつけない」が間違っている。この間違いは、無限個の足し算が無限大になるという“思い違い”から生じたものである。無限個の足し算でも、その答えが有限になることはある。無限級数の収束と呼ばれるものである。筆者の年代であれば、高等学校3年生の数学で学ぶ内容である。ゼノンたちの時代、無限級数という概念がない時代、ゼノンの主張の間違いが解明できなかったのは仕方のないことであろう。ゼノン・パラドックスは、その後長いあいだ、人々を悩まし続けたのである。

こうした原子論に反対した人々に対して、デモクリトスやレウキッポスといった人たちは原子論を主張した。彼らは、真空中を原子が運動するという世界描像を展開した。しかしながら、この時点で原子論者も真空の存在を実証することはなかった。古代においては、総じて、思弁的な議論に終始し、実験における実証を求めることは稀であった。

さて、この時代の原子論者として有名なデモクリトスは、原子の大きさについてそれほど小さいとは考えていなかったということが伝えられている。彼が原子の存在を認識したのは、リンゴをナイフで半分に切ったとき、その表面がつぶつぶとして真っ平にならないことだったという。あのつぶつぶが原子であると考えたようだ。原子は物質の最小の単位だからそれ以上分割できないので、リンゴを切ったときにつぶつぶ状態が必ず残されるということだ。この時代、原子論に反対した人も、支持した人もかなり素朴な議論であった。

物質の究極を探る歴史は、いっきに中世に飛ぶ。古代においてその存在について議論が交わされた真空は1600年代になって確認される。1643年に発見されたトリチェリの真空と呼ばれるものがそれである。トリチェリはイタリアの人で、ガリレオ・ガリレイの弟子である。

トリチェリによって見出された真空は以下のようなものである。例えば1mの試験管に水銀(Hg)をいっぱい満たして、やはり、水銀を入れた水槽のなかに試験管の開講口にふたをしてさかさまに入れる。そしてふたを外せば、試験管のなかの水銀は水槽に落ちていくけれども、試験管中の水銀面が水槽の水銀面から約76cmの高さで止まる。このとき、試験管のなかの

水銀柱による圧力と大気圧が釣り合っている。そのために、試験管のなかの水銀の落下が止まる。この現象は、大気圧の説明でよく使用される。しかし、いま注目したいのは、試験管のなかの水銀柱より上の部分である。ここは水銀があってその面が下がったためにできた空間である。ここには何も存在しようがない。つまり、何もない箇所＝真空である。この真空は、「トリチェリの真空」と呼ばれる。人類が初めて手にした真空である。この発見によって、真空の存否を争った議論に終止符が打たれる。アリストテレスは間違っていたのである。

ところで、「ある」という証明は方法としては簡単であるけれども、「ない」ことを証明するのは難しい。「ある」という証明は、たったひとつでも実例を示せばよい。トリチェリの真空はまさにその例である。しかし、「ない」という証明は難しい。例えば、「超能力などというものは存在しない」ということをどのように証明すればよいのだろうか。物理学をはじめとした自然科学の法則をもって「ない」と言えるだろうか？いま、我々が科学の法則としているものは「絶対の真理」とまでは言えるものではない。また、これまで登場してきた総ての「超能力者」のインチキを暴き出したとしても、明日、「本物の超能力者」が現れるかもしれない。多くの科学者は超能力などという存在を認めていない。しかし、その証明は簡単なことではない。

もう少し学問的な事例では、「フェルマーの大定理(最終定理)」があげられる。フェルマーの大定理とは、自然数 n が 3 以上の数であったとき、 $a^n + b^n = c^n$ を満たす自然数の組 (a, b, c) は存在しない、というものである。 $n=2$ であれば、例えば $(a, b, c) = (3, 4, 5)$ という組が存在する。しかし、 $n=3$ 以上では、そうした自然数の組はないというのである。フェルマーは17世紀の人である。彼は、その定理について、ある本の余白に「これを証明したけれども、この余白は狭くて、ここには書けない」とメモ書きしていた。フェルマーの大定理は、その後、数学上の大きな課題となっていく。もちろん、その真偽も議論の対象となる。そして、フェルマーの死後330年たった20世紀の終わりに遂に証明がされることになる。

トリチェリの真空発見の後、気体の体積と圧力との関係の研究がすすむ。こうしたなかで、1662年にボイルの法則が見出される。ボイルは、気体の体積と圧力が反比例することを発見した。いま、高等学校の教

科書では、「温度が一定の時に、気体の体積と圧力の積は一定」と書かれている。しかし、ボイルは「温度が一定の時」とは限っていない。これは、ボイルが行った実験では温度を考慮する必要がなく、温度が一定という条件を考えていなかったようである。

さて、このボイルの法則は、近代科学が誕生して初めて見出された「〇〇の法則」というものである。一般に、最初の「〇〇の法則」というものが何かと問えば、多くの人が「ニュートンの運動の法則」と答えるだろう。しかし、ニュートンが彼の物理法則を体系的にまとめた『自然哲学の数学的諸原理』(いわゆる『プリンキピア』)が出版されるのは1687年である。したがって、ボイルの法則の方が先なのである。

18世紀にはいと気体化学が誕生してくる。この研究のなかで重要な役割を果たしたのがフロギストン説である。これは燃焼理論の解明のなかで行われている。“燃焼とは何か?”は人類にとっての謎であった。その解明のために考え出されたのがフロギストン説である。フロギストン説では、燃焼とは物質からフロギストンが放出される現象であると理解する。たしかに、物が燃える様は物質から何か放出されているようにみえる。

燃焼している物体を密閉空間に入れると、燃焼は終わってしまう。この現象をフロギストン説では、空気に含まれ得るフロギストンには“飽和量”があって、密閉するとフロギストンの飽和となり、それ以上の燃焼が起きないとした。また、真空中でも燃焼が起きないことを、フロギストンが物質から放出されるためには、フロギストンの受け手としても空気が必要であるとして、空気のないところでは燃焼は起きないとした。この辺りで、少し説明に苦しくなっている。

さらに、金属が燃焼した際には、灰は燃焼以前の物質より質量が大きくなっている。これは、フロギストン説にとってはかなり致命的な事実である。しかし、フロギストン説をとるものたちは、フロギストンは負の質量をもつと強弁した。ただ、これは科学的には極めて苦しい説明となっていく。

こうした状況のなかで、気体化学は進展していくことになる。それは、まず、空気から個々の気体が分離されていく研究となった。気体の単離である。歴史上最初に単離に成功した気体は二酸化炭素である。1764年のことである。もちろん、そのころに「二酸化炭素」という呼称があった訳ではない。単離された二酸化炭素に最初に付けられた名前は“森の空気”であ

る。なぜ「森」なのか？ 著者はその詳細を知らないけれども、ラボアジェ以前の化学は総じてこのようなものであったとされている。1766年には水素が単離されている。

その後、1772年には窒素が単離された。窒素に付けられた最初の名前は“有毒空気”である。何故「有毒」なのか？ 単離したこの気体のみのなかに動物を入れると死んでしまうからである。現在の知見からすれば、酸素がないのであるから当然のことながら、当時は、この気体自体が有毒だと考えられたのである。もちろん、その後には無毒であることが確認されている。

そして、1774年ついに酸素が単離される。プリーストリーが発見した。彼は、この気体のなかでは動物は活発に活動し、さらに、この気体のなかで物はよく燃えることを確認している。プリーストリーはフロギストン説を信じていた研究者だったので、この気体のことを「脱フロギストン空気」と名付けた。この気体は、物質からフロギストンを効果的に放出させると考えたのである。フロギストン説からすれば、合理的な命名であろう。そして、空気はこの「脱フロギストン空気」と窒素によって成り立っていることが認識されるに至った。

18世紀も終わりに差し掛かり、いよいよラボアジェが登場する。彼は、金属の燃焼に着目した。金属を燃やすと、

- ・灰分はもとの金属より重い
- ・空気は一部消失
- ・残った空気は燃焼を続ける力がない

といった特徴があった。とくに、ひとつめとふたつめの特徴はフロギストン説では説明が難しいものである。フロギストン説に依れば、燃焼は物質からフロギストンが放出される現象であるから、灰分は当然のこととして元の物質より軽くなるはずである。また、空気の一部が消失する理由がない。このことからラボアジェは、燃焼とは物質と空気の一部が結合する現象であると考えた。彼は当初この空気の一部を二酸化炭素であると推察したけれども、そこに、プリーストリーによる「脱フロギストン空気」発見の報が入り、この「脱フロギストン空気」こそが燃焼のときに物質と結合するものであると考えた。そこでラボアジェは、この「脱フロギストン空気」を、「酸味のある」(oxys) ものを「生じる」(gennao) から、「酸素」(oxygen) と名付けた。しかし、これはラボアジェの

勘違いであった。つまり、彼は「脱フロギストン空気」がすべての酸に含まれると考えてしまったのである。いまでは、すべての酸に含まれるのは水素であることが分かっている。いまでも高校生を悩ませる「酸と酸素は無関係」という事実は、ラボアジェの勘違いのためであった。

そうした勘違いもありながら、ラボアジェによって新しい燃焼理論が確立される。燃焼とは物質と酸素との結合である。そして、こうした燃焼現象の研究から質量保存則が見出されることになった。質量保存則とは、化学反応の前後でその化学反応に関わる物質の総質量が不変であることをいう。

1789年、ラボアジェは『化学原論』を著す。ここで彼は、33の元素を紹介している。しかし、そのなかで本当に元素であったのは23で、残りの8つは化合物、さらに、光や熱素というものも含まれていた。すべて正しいという訳ではなかったのである。とはいえ、ラボアジェの業績は化学の歴史に不朽の足跡を残すものとなった。

19世紀に入った頃、化学の世界で確立していた法則が3つある。ラボアジェによって見出された質量保存則、定比例の法則、そして、倍数比例の法則である。定比例の法則とは、化合物の成分元素の質量比は常に一定というものである。例えば、水の場合であれば、水素と酸素の質量比は常に1:8となる。つまり、自分の家の井戸で汲んだ水でも、隣のお宅の井戸の水であっても、はたまた、川で汲んできた水であっても、それが水である限り、この質量比は常に1:8というものである。いまでは常識であるこの法則も確立するまでには紆余曲折があった。物質の出自によっては質量比が異なるというような“実験結果”が示されることもあった。そうしたことを乗り越えて確立した法則である。また、倍数比例の法則とは、AとBという2つの元素でできた化合物が数種類あるときに、Aの同一質量に対するBの質量比は簡単な整数比になるというものである。こうした化学法則を説明するためにドルトンの原子論が登場する。

ドルトンは1808年に『化学哲学の新体系』を著し、彼の名を冠する原子論を展開した。その主な内容は、

- ・元素を構成する究極の粒子は原子である。ある元素の原子はすべて等しい
- ・同種の原子の質量はすべて等しく、異なる原子の質量は異なる
- ・化学反応に関わるのは原子全体であって、その一

部ではない。化合物をつくるのも原子全体であり、その割合（種類と数）は化合物ごとに決まっている

という3つから成り立っている。当然のことながら、このなかで最も中心的なものはひとつめのものである。これがなければ原子論とは言えない。そして、ここには日常からの飛躍が含まれている。それは、2文目「ある元素の原子はすべて等しい」というものである。当然のように見受けられるかもしれないけれども、ここには日常では絶対といっていいほど見かけないことが含まれている。例えば、いま筆者の手元には同じ規格品の新品ボールペンが2本ある。これらは“同じもの”である。しかし、「完全に同じ」などということがあるだろうか。微細にチェックすれば、僅かながら傷がったり、汚れがあつたり、何らかの相違点を見出すことができるだろう。原子はこうした日常の常識とは異なり、「完全に同じ」なのである。「どこにも違いがない」、そうした日常ではあり得ないことが原子の世界では起きているのである。同一の元素の原子は「完全に同じ」でなければ、原子論にはならない。もし、日常の物体のように違いを認めれば、その違いをつくりだしている構造を認めることとなり、原子が“究極の粒子”にならないからである。

さて、こうした内容の原子論を仮定すれば、質量保存則、定比例の法則、そして、倍数比例の法則はいとも簡単に説明ができる。どの法則も物質が原子から構成されていれば当然の結果である。しかし、このことは、原子論を仮定すればその結果として3つの法則が正しいといえるというものであって、3つの法則から原子論が演繹されたわけではない。つまり、原子論はあくまで仮説なのである。

さらに、ドルトンの原子論には重大な弱点も存在していた。それは、ドルトン自身が「最単純性原理」と名付けたもので、「化合物は最も単純な結合から出現する」というものである。これを水に当てはめると、水は H_2O ではなくて HO ということになる。また、同種の原子からなる分子を想定していない。これは、その後に実験事実と矛盾する結果をもたらしていくことになる。

この矛盾は『化学哲学の新体系』出版の年に明らかとなった。ゲイ＝リュサックによる気体反応の法則である。気体反応の法則とは、反応する気体と生成された気体の体積は簡単な整数比になるというものである。例えば、水素と酸素から水ができる場合、水素の

体積：酸素の体積：水の体積は、2:1:2となる。化学反応式は、 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ となるからである。しかし、ドルトンは水を HO としているのであるから、実験事実とは矛盾をきたしてしまうことになる。気体反応の法則を見出したゲイ＝リュサック自身は、この法則が原子論を支持するものであると考えたようであったものの、ドルトンにしてみれば自説への攻撃と認識したようである。

気体反応の法則は純然たる実験事実である。ドルトンがいかにか抵抗しようが揺らぐものではない。ドルトンの原子論は誕生直後に行き詰まってしまったのである。科学でこういうことが起きた場合、「行き道」は2つである。ひとつは、原子論そのものを捨て去ることである。原子論は、それ以前に見出されていた、つまり既知の法則を説明できるようにつくられていただけのものであり、その後に見出された法則を説明できないのであれば、そのようなものを認める訳にはいかないという考えである。もうひとつの方向性は、原子論の本質を捨てることなくどこかを修正することで、原子論を活かす方向である。原子論は根本的には間違っておらず、幾分の修正で原子論の正しさをより立証するというのが、この立場といえよう。実際の歴史は後者の道を辿った。

1811年にアボガドロは分子仮説を発表した。アボガドロの分子仮説とは、「単一の元素から構成される単体にも分子があり、その分子は二個以上の原子からなっている」、および、「同温、同圧のもとにおけるすべての気体は、同容積中に同数の分子を含む」という内容から成り立っている。後者は、高等学校などで「 0°C 、1気圧の気体は、22.4リットルに 6.02×10^{23} 個の分子を含む」と教えられ、この個数を1モルとするとされている。アボガドロの生きていた時代には、1モルに含まれる分子の個数は、具体的には分かっておらず、これをアボガドロ数と表現した。実際の歴史では、このアボガドロ数を確定することにより、原子や分子の実在性が確認されていくことになる。また、分子仮説の前者の内容については、アボガドロに指摘されるまでもなく、同種の原子で分子を構成できれば、気体反応の法則と原子論を矛盾なく理解することが可能であることは、認識されていた。しかし、当時の人々には「同種に原子で分子を構成する」メカニズムをどうしても想像することが叶わなかった。「異種の原子が分子を構成する」は何となく理解ができた。磁石のNとS、電気の正と負など、異種のもの同士が

引き合うことは、自然界で通常見受けられる現象であったからだ。例えば、Aという原子とBという原子が引き合って分子を構成するときには、Aは正に電化していて、Bは負に電化しているのかもしれない。しかし、Aがふたつ引き合って分子を構成するとしたら、なぜ、正電荷同士が引き合うのか、まったく理解に苦しむわけである。

原子が引き合って分子を構成するメカニズムは、量子力学の発展によって“共有結合”という電子軌道を共有することで結合するメカニズムが解明されることで理解できたことである。したがって、アボガドロのころの人々が理解できなかったのも当然のことといえよう。つまり、彼らは同種の原子での分子のみでなく、異種の原子での分子も理解していた訳ではなかったのである。

アボガドロの分子仮説は、以後、半世紀にわたって無視されることになる。実はここに人間の歴史の面白さがある。20世紀の新しい物理学（現代物理学）の柱として量子力学が形成され、共有結合が解明されるのは1930年代のことである。しかし、アボガドロの分子仮説が無視されたのは、1811年の提唱から半世紀のことであった。つまり、アボガドロの分子仮説は共有結合の解明よりはるか以前に受け入れられていったことになる。“積み上げ”式の科学では起きそうもないことであろうけど、現実の歴史の進展はそういうになった。なぜだろうか？ それは“そう考える以外ない”からである。同種の原子が分子を構成するメカニズムはさっぱり分からないけれども、同種の原子から分子が構成されていると考える以外に化学反応を理解することは不可能である、と多くの科学者が認識するに至ったのである。同種の原子から分子が構成されるメカニズムの解明は、未来に残す“宿題”となった。こうして、アボガドロの分子仮説はようやく“日の目を見る”ことになった。

これと似たようなことは科学の歴史では起こっている。その代表例は地動説であろう。1543年、コペルニクスは『天球の回転について』という著書で地動説を主張した。地球が動いている確かな証拠は、1728年にブラッドリーによって発見される年周光行差である。さらに、地動説登場時にその当否に用いられた年周視差の発見は1838年のことである。しかし、地動説を前提としたニュートンによる『自然哲学の数学的諸原理』の刊行は1687年のことである。有名な地動説も、その証拠が発見される以前から受け入れられて

いったのである。

19世紀にはいると多くの元素が単離されていく。そうしたなか、1826年に臭素が発見されるとデーベライナーというドイツの化学者が興味深いことを見出した。彼の考えは三つ組元素説と呼ばれるもので、元素のなかには3つずつ似た性質を有するものがあるという。すなわち、「リチウム・ナトリウム・カリウム」、「カルシウム・ストロンチウム・バリウム」、「塩素・臭素・ヨウ素」、「硫黄・セレン・テルル」、「マンガン・クロム・鉄」の組である。これは、のちの周期律の発見の端緒となった。そして、1869年にロシアのメンデレーエフは周期表を発表した。当初の周期表には多くの空欄があった。つまり、それは未発見の元素ということになる。周期表の威力は新元素ガリウムの発見のときに発揮される。1875年、フランスの化学者ボアボードランは新元素ガリウムを発見する。彼がその比重を4.7と発表したところ、ロシアのメンデレーエフから手紙が来て、その手紙には「4.7は誤りである。本当の比重は5.9から6.0のあいだにある」との指摘があった。これは、ボアボードランにとって驚きの手紙である。なぜなら、ガリウムを含む鉱石は世界で唯一人自分だけが持っているものだ。その自分が発表した測定値を誤りであると指摘するものであるのだから。しかし、ボアボードランは測定をし直した。すると、5.96という値を得た。まさに、メンデレーエフの指摘通りであった。その後、ゲルマニウムの発見に際してもメンデレーエフの予想通りの性質で発見されることになる。

メンデレーエフによる周期律が正しいとするならば、それは物質の究極を探る研究の新たな扉を開くことにつながる。なぜなら、周期律の原因は原子の構造にあると考えることができるからである。ドルトンの原子論以来、原子は“究極の粒子”であった。原子を表すatomもギリシア語の“分割できない”という言葉に基にしたものである。しかし、元素の周期律が正しいのであれば、それは原子の構造に何らかの周期性があり、それが周期律の原因となっていると考えるのが自然である。

そして、1897年、J. J. トムソンによって電子が発見されることになる。陰極線の研究の成果であった。ちなみに、この電子の発見こそ、素粒子標準模型において素粒子とされている粒子の最初の発見であった。陰極線とは、真空管のマイナス極から放出されるものであり、J. J. トムソンによって原子よりも小さな負電荷

粒子出ることが明らかにされた。この小さな負電荷粒子は電子と名付けられた。

さて、原子論に基づけば、すべての物質は原子から構成されているのであり、陰極線が放出されるマイナス極も原子から構成されていることになる。そのマイナス極から電子は飛び出してくるのであるから、原子のなかに電子が存在していることになる。こうして初めて原子の内部構造が垣間見えることになった。

では、電子は原子のなかでどのように存在しているのだろうか。この疑問は、原子の構造を問う疑問である。電子はマイナスの電荷を帯びている。しかし、原子は正にも負にも帯電していない。ということは、原子のなかには正電荷の部分も存在していなくてはならない。その正電荷と電子の電荷が相殺して電氣的に中性な原子を形作っていることになる。

この当時、原子の構造を予言する模型で有力なものは2つあった。ひとつは“太陽系型模型”、もうひとつは“ブドウパン型模型”である。太陽系型模型は、中心に正電荷が太陽のように存在し、その周りを電子が惑星のように巡るかたちをしたものである。一方のブドウパン型模型は、ブドウパンのブドウの部分が電子でパンの部分が正電荷であるとするものである。現在の知見では、太陽系型がより真実に近いものであるものの、当時においては、ブドウパン型の方が有力視されていた。その理由は電子の運動状態にある。ブドウパン型であれば電子は静止している。しかし、太陽系型ならば電子は円運動をしていることになる。マクスウェル電磁気学によれば、加速度運動する荷電粒子は電磁波を放射してエネルギーを失うことになっている。円運動は速度の方向を絶えず変化させる加速度運動なので、太陽系型であると、電子は電磁波を放ってエネルギーを失い、ついには中心の正電荷に落下することになる。原子の大きさでその時間を計算すると原子は1秒も安定的に存在し得ないことになる。けれども、この世界に存在する原子は安定的に存在しているとしか考えられない。こうしたことからブドウパン型模型がより有力な仮説として考えられてきた。

しかし、物理学が科学である以上、どのような有力な仮説であっても実験によって検証されなくては真実とは認定されない。この実験を行ったのがラザフォードである。その実験は1911年に行われた。

ラザフォードの実験は、金属箔に放射線の一種である α 線を打ち込むというものであった。ラザフォードは原子の構造についてブドウパン型模型を支持してい

た。ブドウパン型と太陽系型の相違には電子の運動状態だけでなく、正電荷の存在のありようもあった。太陽系型では正電荷は局在し、ブドウパン型では空間的に広がりをもっていた。 α 線は強い正電荷の放射線であり、空間的に広がった原子の正電荷に邪魔されることなく、金属箔をなんなく通過するものと想像された。しかし、彼の予想は見事に外れた。ほとんどの α 線は金属箔を素通りしたものの、いくつかは大きな角度で曲げられ、そして、僅かながら跳ね返るものもあった。このときのことをラザフォードは“ちり紙が砲弾を跳ね返したような驚き”と表現している。今どきの言葉で表現すれば、「ティッシュペーパーがミサイルを跳ね返した」といったところか。

この結果は、正電荷が局在しているとする太陽系型模型が正しいことを示唆した。中心に局在している正電荷から離れたところを通過した α 線は何事もないかのように金属箔を通過するものの、正電荷に近い軌道を描いたものは大角度で曲げられるし、たまたま正電荷の正面に向かったものは強烈な電氣的斥力で跳ね返される。こうして原子模型は太陽系型が正しいとされた。そして、中心に存在する正電荷は原子核と名付けられた。ラザフォードはその後も実験を続け、原子核が最小単位の正電荷の集まりであることを発見し、その最小単位は陽子と呼ばれることになった。

このころは中性子の発見前であったので、科学は原子を構成する粒子として、陽子と電子しか知らなかった。陽子の質量は電子のそれに比べて2000倍ほどの違いがあること、陽子の電荷と電子のそれは正負が逆で絶対値は等しいことは分かっていた。

そこで、原子核は陽子と電子から成り立っていると推測された。例えば、炭素の原子核であれば、質量が陽子の12倍あるにもかかわらず、電荷は6倍しかなかった。炭素の原子核が陽子12個と電子6個から構成されていれば、質量と電荷のギャップは問題なく理解できる。しかも、陽子と電子が原子核を構成するのは電氣的な引力に依るものであることも容易に想像ができた。こうして、陽子と電子から原子核が構成され、その原子核の周りを電子が巡るという原子描像がつけられていった。

しかし、その原子描像は量子力学の発展によって疑問が投げかけられる。量子力学は20世紀になってから発展した新しい物理学で、相対性理論と並んで現代物理学の柱とされている理論である。20世紀になって、ミクロの粒子は、粒としての存在と波としての存

在が共存するものであると認識されるようになった。粒でもあり波でもあるという存在は“量子”と呼ばれ、量子のふるまいを数学的に矛盾なく表現できる理論として量子力学は誕生する。アインシュタインというひとりの天才によって構築された相対性理論とは異なり、量子力学は多くの研究者によって作り上げられてきた。秒速30万キロメートルほどの光の速さを無限大とは出来ない領域においては、ニュートン力学では物体の運動を正しく記述できず、相対性理論を必要とする。同じように、プランク定数 ($h=6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J s}$) を0とはできない領域において必要となる。つまり、それは原子サイズといったミクロの領域である。我々が生活している日常の世界においては、光の速さは無限大として問題ないし、プランク定数は0で差し支えない。したがって、日常の世界では、相対性理論も量子力学も必要なく、ニュートン力学で十分なのである。

粒と波の両方の性質を兼ね備える量子は我々の常識とは異なる振る舞いをする。そのひとつが量子は、静止することができないというものである。量子力学ではエネルギーの基底状態であっても、運動エネルギーは0にはならない。ニュートン力学なら0になる。運動エネルギーが0にならないということは、“止まることがない”ということである。これは電子のような小さな存在であれば顕著に現れる。電子の2000倍もの質量をもつ陽子では、それほど顕著に現れない。量子力学で電子が存在し得る領域を計算すると、そのサイズはとて原子核には納まらない。実は、電子が存在し得るサイズが原子のサイズなのである。原子の大きさが、なぜ、この大きさなのかは、量子力学によって解明されたことになる。

話を戻すと、量子力学によって電子は原子核のなかには納まりきらない。したがって、原子核が陽子と電子から構成されているという描像は成り立たないことになる。量子力学の進展によってこうしたことが解明されてきたちょうど同じころ、チャドウィックによって中性子が発見された。中性子は、その質量は陽子とほぼ同じ（少しだけ中性子が重い）、電荷はその名の通り0である。

中性子は陽子とほぼ同じ質量であるから原子核のなかに存在できる。したがって、中性子発見とともに、新たな原子核描像がハイゼンベルグによって提案された。それは、陽子と中性子とで原子核が構成されるというものである。原子核が陽子と中性子で構成されて

いれば、先述した質量と電荷のギャップも自然に理解され得る。炭素の原子核であれば、陽子6個と中性子6個で構成されていれば、質量は陽子の12倍、電荷は陽子の6倍であることは当然のことになる。

つまり、中性子の発見によって、原子の構造が解明されたことになる。陽子と中性子から原子核が構成され、その原子核のまわりに電子が存在することで原子が構成されるというものである。さて、原子論に基づけば、この宇宙のすべての物質は原子から構成されている。その原子が上記の構造をもつのであれば、この宇宙には陽子と中性子と電子のみが存在していることになり、この3種の粒子ですべての物質は構成されていることになる。このことから、この3つ粒子に「素粒子」という素晴らしい名前が与えられた。

しかし、この原子核描像には、小学生でも思い付く疑問が生じる。なぜ原子核は結合しているのか、ということである。原子核が陽子と中性子から構成されているのであれば、そこに存在するのは陽子同士の電氣的斥力のみである。中性子は電荷0なのだから電氣的な力を生じさせない。斥力しか存在しないはずの原子核が一塊になっているのは理解し難い。

この疑問に対する最も自然な回答は、原子核には人類が知らない引力が存在していて、その引力が原子核を結合させている、というものである。この原子核のなかだけに存在している未知の力は“核力”と呼ばれることになった。

核力は電氣的な力よりも強い力である。なぜなら、核力が存在しているとしても、陽子同士の電氣的な斥力がなくなる訳ではないので、電氣的斥力がありながらも核力がそれに打ち勝って原子核をまとめていると考えられるからである。

この未知の核力のメカニズムを解き明かしたのは、日本人で最初のノーベル賞受賞者となる湯川秀樹であった。湯川は、相対性理論と量子力学とを合わせた相対論的量子力学すなわち場の量子論を原子核に適用することにより、核力のメカニズムを解き明かすことに成功した。

場の理論によれば、力はそれを媒介する粒子（もちろん量子としての）の交換によって生じる。例えば、電磁力の場合その粒子は光子である。それでは、核力はどのような粒子の交換なのであろうか。このことを理解するために、不確定性原理を取り上げよう。不確定性原理によれば、エネルギーの不確定さと時間の不確定さの積はプランク定数ほどになる。通常のマクロ

の世界の場合、エネルギーは一定である。エネルギー保存則である。しかし、ミクロの世界のごく僅かな時間ではエネルギーに揺らぎが許される。核力の場合、この時間は 10^{-24} 秒である。人間に感知できる時間ではない。 10^{-24} 秒というのは、光が原子核を横切る時間である。ミクロの粒子はほぼ光の速さで空間を飛ぶ。核力を媒介する粒子はこのわずかな時間に不確定性原理で許されるエネルギーをもって登場する。そのエネルギーとは、電子の約200倍の質量である。この換算は相対性理論による質量とエネルギーの等価 $E=mc^2$ から導かれている。

湯川は、電子の約200倍の質量をもつこの粒子を“中間子”と名付けた。陽子や中性子が電子の約2000倍の質量をもつことから、“その中間”という意味である。湯川理論が発表された時点で、中間子が確認されていた訳ではない。したがって、湯川理論は中間子という未知の粒子が存在することを予言した理論ともいえる。そして、実際に中間子が発見されるに至って、この業績にたいしてノーベル賞が送られることとなり、湯川秀樹は日本最初のノーベル賞受賞者となった。

湯川理論の成功によって、いまの高等学校で学習する原子の構造、すなわち、陽子と中性子で原子核が構成され、その周りを電子が周回するという原子の構造が明らかとなった。

3. 相応しい題材

ここまで、詳しく述べてきた物質の究極を探る研究史から子どもが科学的認識を獲得するために相応しい題材がみえてくるだろうか。そのことを考察するために、近代的な科学が最初に獲得した法則を考えてみたい。物質の究極を探る研究で人類が最初に獲得した法則は質量保存則であると考えてよいであろう。この法則は、燃焼という身近な化学反応を基に、化学反応の前後で反応に関与した物質の総質量に変化は起きないことを主張する。ただ、幼児にとって燃焼を扱うのは危険といえる。では、どのような現象を扱うのが良い

であろうか。本論で取り上げたいのは、溶解現象と融解現象である。

水やお湯に砂糖や塩が溶ける現象は幼児にとっても身近なものであろう。水やお湯に砂糖や塩が溶けたとき、砂糖や塩は見えなくなる。一見なくなってしまうかのようなものである。では、なくなっていないことをどうしたら確かめることができるだろうか。重さ（正確には質量）を測ることである。お湯に砂糖を溶かした場合、溶かす前のお湯と砂糖の重さの合計は、溶かした後のお湯の重さに等しい。このことから、目には見えなくなっているものの、消えてなくなった訳ではないことを理解し得るだろう。ものには、最小の粒があって、それはとても小さいことを想像させることができよう。

もうひとつが融解現象である。氷が融けて水になった場合、氷の状態のときと水になった後で、やはり、重さが変わらない。この現象でも、氷や水を構成する最小の粒が増減しないことを示唆し得る。氷を解かすときに、蒸発してしまっただけでは重さが変わるので、ふたをすることに注意さえすれば、難しいことは何もない。ただ、この実験は冬には時間がかかりすぎるかもしれないので、夏に実施するのがよいかもしれない。

このふたつの「とける」現象は幼児でも分かり易い実験であり、物質観を育むものとなる。人類のもつ世界観のひとつを構成するもので、その獲得に手助けをしていきたいものである。

注

* 愛知県立大学教育福祉学部教授

- 1) 文部科学省『幼稚園教育要領』, 2017年, p. 14.
- 2) 前掲『幼稚園教育要領』, p. 14.
- 3) 文部科学省『小学校学習指導要領』, 2017年, p. 46及び p. 94.
- 4) 前掲『幼稚園教育要領』, pp. 14-15.
- 5) 前掲『幼稚園教育要領』, p. 15.
- 6) 文部科学省『幼稚園教育要領解説』, 2017年, pp. 183-184.