

## 本学学生の小学校理科の各単元の内容および 指導法の習得に関しての問題点についての考察

西田 慎

大阪信愛女学院短期大学

---

*Human and Environment* Vol. 10 (2017)

Analysis of College Students' Understanding of Textbook Study Units and  
Mastery of Teaching Methods for Science in Primary School

Makoto Nishida

Osaka Shin-Ai College, Japan

短期大学で小学校教諭免許の取得を目指す学生に対し、理科やその指導法の授業を行う際に困難を感じるのは、基礎知識の不足だけでなく、各単元に関する知識のつながりや、発達段階に応じた内容の深め方を理解しておくことの重要性を実感していないことに対してである。本著では、高等学校の課程において、理科について最低限度の必修単位のみを修得した学生の、「科学的」なものの見方、考え方に対する理解を促すに当たっての問題点について考察した。

水溶液の実験は小学校理科の中でも将来の化学分野に触れる基本となるものであるが、学生にこの実験の指導法を考えさせてみる中で、全体の流れをきちんと把握しないで立案しようとする傾向や、うまく実験を行うためには数値データに基づく条件整備が必要なところまで気づかない問題点が浮かび上がってきた。さらに、「科学的」なものの見方、考え方というものについても、科学的という言葉が狭義に解釈して、理科の授業を行えば自然に児童に身に付けさせることができると考えてしまうという問題点が明らかになった。

キーワード：理科・理科指導法・実験の計画・科学的

---

### 1. はじめに

本学で小学校教諭免許の取得を目指す学生の多くが、高等学校において、数学、理科に関しては最小限度の

単位しか取得していない。学生たちは2年間という短い時間で、すべての教科について、児童に教えることができるだけの知識と技術を身に付けなければならないということは意識しており、かなりの勉強をしなければならないとは思っている。

本著では理科という教科についての知識の習得に関する学生たちの意識の問題点を中心に扱うが、学生たちはこの面では、多くの知識を身に付けることばかりを考えてしまっている傾向が見られる。各単元に関する知識のつながりや、発達段階に応じた内容の深め方を理解しておくことの重要性までなかなか考えが及ば

---

\*大阪信愛女学院短期大学子ども教育学科  
〒536-8585 大阪市城東区古市 2-7-30  
E-mail: mnishida@osaka-shinai.ac.jp

受付：2017年12月1日 受理：2017年12月30日

©2017 大阪信愛女学院短期大学

ないというのが現状である。前半では、小学校理科の単元のうち、水溶液に関するものを取り上げ、その知識の習得において、学生たちがなかなか気付いてくれない問題点を論じ、後半では、「科学的な見方や考え方」あるいは「科学的な体験」といった文言で使われる「科学的」という言葉の理解についての問題点を論じる。

なお、文中の「学生たち」という言葉は、最近3年間に著者が担当した理科あるいは理科指導法を履修した学生たちの意味で用いる。また、小学校学習指導要領についての記述は平成20年3月告示のものによる。

## 2. 実験の実施手順についての理解に関する問題点

体験的な学習を重視する学校教育においては、可能な限り実験を行うのが望ましいが、学生にとって、到達目標を理解した上で、効率よく進めて行くことの重要性が実感できていないという問題がある。

この項では、第5学年の単元である「物の溶け方」における実験の手順への理解に関する問題点を論じる。

この単元の実験で行われる内容をまとめてみると、次のようになる。

### ①食塩水の観察（動機づけ）

…例：料理における食塩（他にも砂糖など）の様子を観察する。

### ②重さの保存

…水（溶質）と食塩（溶媒）の重さの和が食塩水（水溶液）の重さと一致することを確かめさせる。

### ③物が水に溶ける量の限度

…水に少しずつ食塩を溶かしていくと、いずれいくらかき混ぜても溶け残るようになることを確かめさせる。

### ④物が水に溶ける量の変化－I

…水の量を変えることにより、溶ける食塩の量が増えることを確かめさせる。

### ⑤物が水に溶ける量の変化－II

…水の温度を上げることにより、溶ける食塩の量が増えることを確かめさせる。

学生にこの実験について指導案を考えさせると、単純な操作の実験であるため、簡単に考えてしまう傾向があった。準備するものや、理科および理科指導法の授業全体を通じて、記録の重要性は説明してあるので、適切な記録をとることなどについて忘れることもあまりない。しかし、③から④、⑤にかけての手順で多くの学生が肝心なことを見落としてしまった。④、⑤の操作はいずれも③の操作で使った試料を用いて行わなければならないので、③の実験では、同じ試料を2つ用意しなければならないが、このことに気付かない学

生が少なくなかった。学生たちに参考として呈示した、実際に小学生が使う教科書にも、一つのピーカーで③の実験を行っているところが記載されているが、もう一つ用意しておかなければならないことまでは触れられていなかった。ごく少数の学生は、③の資料を半分ずつに分けて④および⑤を行うことを考えたようだったが、そうすると、後で、③と④および③と⑤の結果を数値を使って比較するときに、倍にする（あるいは半分にする）という手間をかけなければならないことになるが、そこまでは考えが及んでいなかった。

学生がこのような細かい配慮に欠ける指導案を考えてしまう原因としては、先にも述べたように、実験自体が単純なものであるため、分かりきったことをまとめればよいというような態度をとってしまうことにもあるが、後で述べるように比較をするということの重要性を理解しておらず、操作さえきちんとできれば問題がないように思ってしまうところにあると考えられる。

このような誤りに陥らないためには、指導案を作成する上で教科書の記載内容を、その記載順にただ羅列するようなことにならないよう、「①→②→③」の後に2つに枝分かれした矢印で④と⑤を並列するような流れ図を作成して手順を確認するというような作業に慣れるようにさせなければならない。

## 3. 実験の立案時に必要な基礎知識の理解に関する問題点

この項では、前項の「物の溶け方」の続きを取り上げ、実験の立案時において、基礎知識が重要であることに関する問題点を論じる。

内容は前項の③、④、⑤と同じ実験をミョウバンやホウ酸を用いて行い、食塩の場合と比較するというものである。

最初に、学生には食塩を用いて行った実験と同じものをミョウバンやホウ酸でも同じことをする意義について考えさせたが、同じような結果が得られそうであると思うが、どんな違いが生じるのかまではわからなかった。教科書を見せて、溶解度の違いや、溶媒の増量あるいは過熱による溶解度の変化の違いについて記載されていることを確認させると、納得するのであるが、教える側の立場で考えたときに重要な視点が欠けていることが明らかであった。

小学校で実験をするときには、できる限り結果が明確に認識できるような条件を考え出すことが重要である。実験結果があいまいなものに終わっているのに、そこから何かを考察させることはできないし、学習指導要領の理科の目標の一つである、「見通しをもって観察、実験などを行うこと」で求められている、観察、実験が児童自らの主体的な問題解決の活動となること

にはつながらない。教える側としては、この実験では、食塩、ミョウバン、ホウ酸の溶解についての性質の違いから、結果に明らかな差が見られるようにするにはどのような条件で行うべきなのかを考えて立案しなければならない。ということは当然、食塩とミョウバンまたはホウ酸の溶解度に関する性質の違いを数値で理解していなければならないが、多くの学生はそこまで気付くことができない。

例えば、20℃の水 100g に溶ける量は食塩 36g、ホウ酸 5g であるから、20℃の水 100g を入れたビーカーに食塩 40g、ホウ酸 9g のそれぞれを加えて飽和水溶液を作ると、いずれの試料も 4g の個体が残る。これに、50g の水を加えると、食塩はすべて溶けてしまうが、ホウ酸は 1.5g が残ったままとなる。

一方、50℃の水 100g に溶ける量は食塩 37g、ホウ酸 12g であるから、上記と同じ、飽和水溶液中に 4g の個体が残った試料を 50℃まで加熱すると、食塩は 3g が溶け残るのに対し、ホウ酸は完全に溶けてしまう。

このように、できるだけ簡単な実験で効果的な学習ができるようにするためには、この例での溶解度のような基礎知識が必要になることを学生に徹底しなければならない。

学生に基礎知識を学んでおくことの重要性を意識させるためのもう一つの事例をこの単元の続きを使って示しておく。

ミョウバンは水 100g に溶ける量が、20℃の場合に 11g、0℃の場合に 6g であるから、20℃の水 100g を用いて作った飽和水溶液を氷水で冷却することにより、5g の結晶が析出するはずである。この場合のミョウバンというのは、理科室にあるような、 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  すなわち 12 水和物のことである。しかし、児童の身近にあるミョウバンはいわゆる焼ミョウバンで、無水物であるから、当然、数値が異なってしまう。無水物では水 100g に溶ける量が 20℃で 6g、0℃で 3g であり、最初に 20℃の水 100g を用いて飽和水溶液を作る段階で数値が異なることはもちろんであるが、冷却により析出する結晶は 12 水和物になってしまうので、溶解度の差である 3g が析出するのではなくってしまう。高等学校まであまり詳しく理科を勉強してこなかった学生にとっては、こういう知識が欠けているので、数値を並べて説明してもなかなか理解しづらいようであった。

学生にとってはこれまでこういう数値を扱って考えるということの重要性を経験してきたことがないので、資料を使って調べるとのことまで気をつけることができないのが現状である。そのため、理科および理科指導法の授業の中で理科年表等の資料を活用する方法についても理解を促す必要がある。

#### 4. 実験における比較の重要性の理解に関する問題点

前述のように、実験においては比較することに重点が置かれることが多い。この項では、比較によって何が理解できるのかを考えることの重要性について論じる。

まず、高等学校における数学の一単元である集合について触れておきたい。

集合は必修科目の数学 I でも選択科目の数学 A でも取り上げられている。数学 A に比べ数学 I での集合の扱いは軽く、数学 I のみを履修した学生にとっては馴染みの薄い単元であるが、基本的な事項は学習しているはずである。

理科の実験における比較について考えるには、特に補集合の概念が不可欠であるが、学習した内容をよく覚えている学生でも、「～でない」という否定的な意味でしか捉えていないことが多かった。実際には、全体集合を自然数全体の集合としたときに、偶数全体の集合の補集合は奇数全体の集合となるというようなことはわかっているのに、必ずしも否定的なものと考えているわけではないことは知っているはずであるが、こちらが指摘しないと思いつけないような状況であった。したがって、一つの集合を定義すると、必ずもう一つの集合（補集合）も定義されること、言い換えれば、一つの集合にある特定の条件を満たす要素を集めるということは、その条件を満たすものと満たさないものとを区別しているのであることを意識していないというのが現実である。

このことが、理科の教科の内容を理解する上でどのような支障を来すのかを見る上で、一番簡単な例となるのがリトマス紙の色の変化の知識である。水溶液の酸性、中性、アルカリ性の区別については第 6 学年の単元「水溶液の性質」の内容であり、リトマス紙の反応についてもこの単元の実験として扱われている。

質問の目的を説明せずに、リトマス紙の色の変化を説明せよという問題を出すと、ほとんどの学生は酸性の水溶液では赤色に変化し、アルカリ性の水溶液では青色に変化するとだけ答えてしまう。もちろん、小学生であったときに習ったことが記憶に残っているからこう答えるわけである。しかし、この典型的な答の中に比較およびそこから導き出される区別の概念の認識が欠けていることがはっきりと見出される。

まず一つは中性の水溶液について言及しないことである。つまり、変化しないことが重要な結果であるということ認識していないことである。変化したことだけに注目し、変化しないことには注意を払わないという傾向は低年齢の児童ではよくありがちなことであるが、高等学校までの教育の中でもなかなかその態度が改められないという問題点が明らかとなった。

もう一つも同じく変化しないことについての認識の不足であるが、酸性の水溶液についての結果も青色リトマス紙の変色の結果のみ答え、赤色リトマス紙の結果については何も答えていないということである。もちろん、アルカリ性の水溶液についても一方のみしか答えていない。この答え方からは、変化しなかったものに対する無関心だけに留まらず、何のために2種類のリトマス紙の色の变化を調べるのかということを考えていないという問題点もわかった。

後者の問題点については、前述の集合についての理解の不足が影響している。すなわち、青色のリトマス紙の色を変化させる水溶液の集合を A、赤色のリトマス紙の色を変化させる水溶液の集合を B としたとき、この2つの集合を定義することによって、水溶液を4種類に分類したことになるということに考えが及ばないことになってしまっている。もちろん、この場合は両方のリトマス紙の色を変化させることを意味する、 $A \cap B$  に属する要素はないので3種類ということになることも指摘してようやく理解するというのが現実であった。

このような、いくつかの実験を組み合わせる結果を比較することにより分類を行うという学習は理科という教科の中では重要で、他にも例えば、物質の三態の性質の違いを理解するところでも、同じような作業をすることになっている。小学校の単位では第4学年の「金属、水、空気と温度」で扱われるので、それに従って述べておくと、①圧力を加えたとき、金属（固体）と水（液体）は体積は変わらないが、空気（気体）では体積は小さくなり、②熱を加えたとき、金属は加熱点に近いところから遠いところへと順に熱が伝わるが、水や空気では対流した後全体が温まるという2つの実験結果によって、3つの物体（状態）が区別できるということになる。

学生たちがこれらのことを理解するためには、集合で用いられるベン図を使えばよいはずであるが、高等学校であまり熱心に勉強していなかった学生にはベン図を用いた説明がよくわからないという問題が生じた。このような学生には表による説明の方がまだ理解できるという傾向があった。

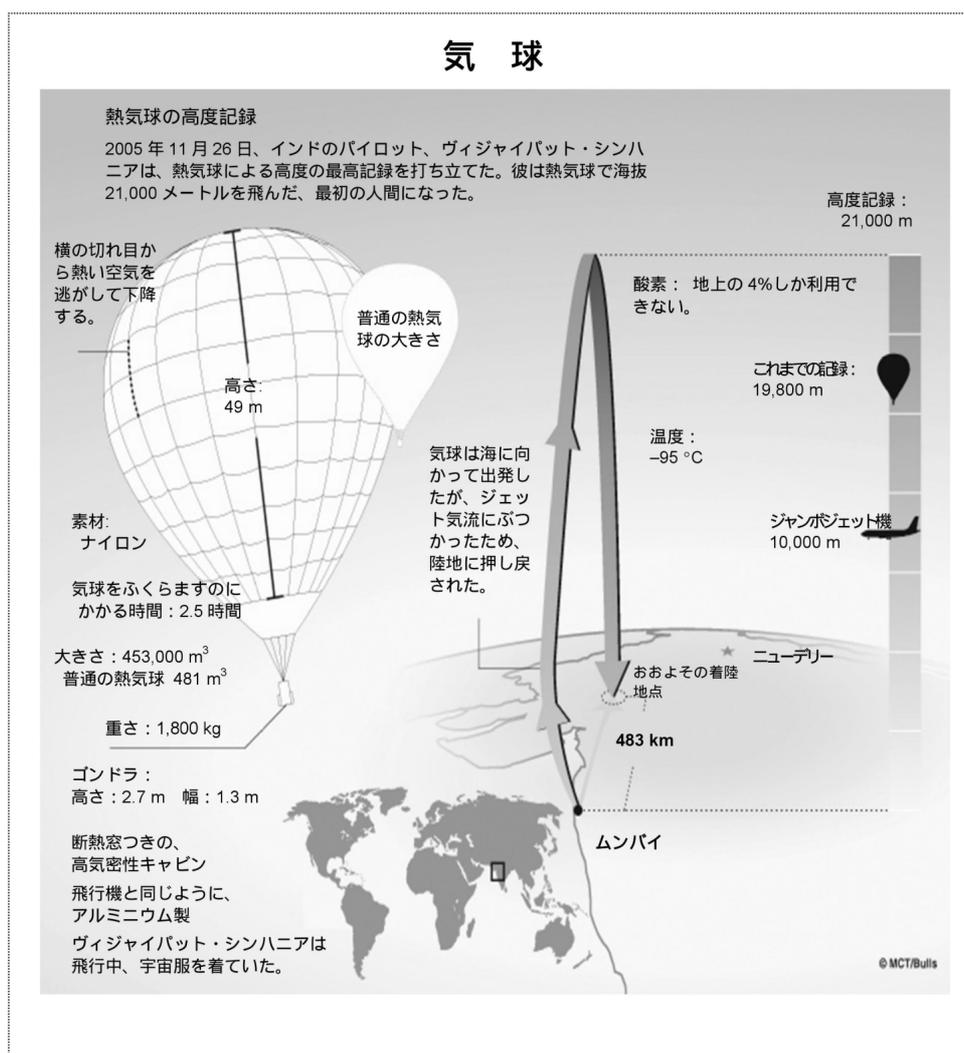


図1. 気球に関する問題，国立教育政策研究所：OECD生徒の学習到達度調査－PISA調査問題例－

## 5. PISA問題を利用した読解力に関する問題点

小学校学習指導要領解説理科編の最初に記載されている改訂の経緯には、PISA調査からわかってきた我が国の児童生徒の資質に関しての課題が述べられている。PISAでは読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの三分野についての調査が行われる。理科・理科指導法の授業では、科学的リテラシーに関する児童生徒の課題である、科学への興味・関心や楽しさを感じる生徒の割合が全般的に低いという結果に対する解決法を考えていかねばならないのは当然であるが、学生たちにはその基礎となる読解力の重要性をも認識させなければならない。この項では、学生たちにPISA2009年予備調査問題の「気球に関する問題」[1]を読ませてみた結果について述べる。

問題は課題文を読んで答えることになっているが、絵が重要な要素となっている。4問ある設問のうち、最初の1問が、課題文が伝えようとしているものが何かを答えさせるもので、次の4つの選択肢が与えられている。「A. シンハニアは気球旅行で危機におちいった」、「B. シンハニアは世界記録を達成した」、「C. シンハニアは海と陸地の上空を飛行した」、「D. シンハニアの気球は巨大である」。学生たちは全員一致して迷いなくBと答えた。しかし、実際にはB以外の内容も同じ課題文および絵の中に書かれている。したがってどれを答えても正解になると言えるのであるが、学生たちにとってはこれが意外なことであるようであった。自らが小学生であった頃に、いろいろな物事にどんな見方や考え方をしていたかを忘れてしまって、中学校から高等学校に至る、試験で点を取ることを考えた勉強に慣れてしまっているところという感覚になってしまう傾向があるのも当然であろう。ここに、学生たちに自覚させなければならない問題点が2つ見出される。

一つは、中等教育の間に知らず知らずのうちに、正解を一つに決めてしまうのが当たり前のような感覚が身に付いてしまっているということである。児童に「生きる力」を身に付けるようにするため、自ら問題解決に至るものの見方、考え方を習得させるには、物事を多面的に見ることが重要である。Gopnik[2]は大人の注意がスポットライトなら、赤ちゃんの注意はランタンのように周囲をまんべんなく照らすものかも知れないと述べているが、低年齢の子どもは一点に注意を集中させるよりも、同時にいろいろなものに興味をもつことが多いので、最も重要な答に注意を向けていけるように仕向けるとともにいろいろな視点から物事を見ることを忘れさせないような配慮が必要となる。また、学習障がいのある子どもは多くの子どもと異なることに強く興味をもつこともあるので、その対応という面からも、学生たちには最初から正解を1つに絞らず、

かつ、発達の段階に合わせて、より合理的な答が理解できるような導き方の必要性を意識させなければならない。

## 6. 正しい答というものについての理解に関する問題点

前項のPISA課題への回答から見えてきたもう一つの問題点は、答が正しいということの意味の捉え方である。理科という科目に限らない問題であるが、学生たちは問題には正しい答があって当然という考え方をしている。さらには、与えられた正解には疑問の余地がないものと考えてしまう。もちろん、理科という教科の中で教える内容を常に疑う必要があるというわけではないが、常に絶対に正しいことを教えているのだという感覚をもってしまふ危険性が含まれているのが問題である。

理科教育で教えることは正しいことではあるが、それを正しいとすることが最も合理的であるという意味で正しいということである。さらに言えば、教科書に掲載される内容は、児童に教える時点からかなり前の時点で一般に正しいと認められたことであって、その後新発見がなされたり、定義や考え方が変わり、正しいということ自体が変化している。

学生たちにとってわかりやすかった例をあげると、地球の惑星はいくつあるかという問題がその一つである。すなわち、2006年の国際天文学連合(IAU)総会以前なら9個が正解であるが、それ以後は8個が正解になっているということである。

学生たちは科学という学問は進化し続けているものであるということにはわかっている。しかし、それが教科書等書かれていればすべて解明されて分かりきった、不動のものと思込んでしまっている。教科書に書かれていて、したがって、児童、生徒たちに教えていることが、将来、誤りとまでは言わなくても、不十分な知見に基づいていたということになるかも知れないということには思いが及ばない。児童にこのことを理解させようとするのは混乱を招くだけであるかも知れないが、少なくとも教える側の立場の人間になろうという者が理科教育の中の「正しい」という言葉の意味をきちんと理解しておくことの重要性に気付く必要がある。

## 7. まとめ

小学校学習指導要領理科の「第1節 理科の目標」には、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」と述べら

れている。ここに「科学的」という言葉が出てくる。その解説においても、「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ること」の項目中に「児童は、自ら自然の事物・現象に働き掛け、問題を解決していくことにより、自然の事物・現象の性質や規則性などを把握する。その際、あらかじめ児童がもっている自然の事物・現象についてのイメージや素朴な概念などは、問題解決の過程を経ることにより、意味付け・関係付けが行われる。そして、学習後、児童は自然の事物・現象についての新しいイメージや概念などを、より妥当性の高いものに更新していく。」ことが「自然の事物・現象についての科学的な一つの理解と考えることができる」としており、本題となる「科学的な見方や考え方を養うこと」の項目中には、「一つの文化として考えることができ」、「それ以外の文化と区別される基本的な条件としては、実証性、再現性、客観性などが考えられ」、「『科学的』ということは、これらの条件を検討する手続きを重視するという側面からとらえることができる」とある。もちろん、学習指導要領および解説全文中にはこの「科学的な見方や考え方」および「科学的な体験」という言葉が幾度となく登場する。しかし、「科学的」とはどういうことかということが書かれているわけではない。そのため、理科および理科指導法の授業では学生にまず「科学的」ということがどういうことを意味しているのかを説明することから始めなければならない。

学生が「科学的」という言葉の意味を理解していないのは、高等学校までの授業でこの言葉について深く考える機会が無いので当然であるとしても、実証性、再現性、客観性などという言葉が何を意味するのかもよくわかっていないという問題がある。もっと言えば、きちんと意味を理解していない言葉が出てきても気にせず「スルーしてしまう」傾向があること自体も問題である。

国語辞典、例えば大辞林[3]には「科学」とは「①学問。学。世界・事象に関する知的・合理的な探究の営み。②特定の対象領域に関する経験的実証的学問。自然科学・精神科学・社会科学・文化科学など。狭義には、自然科学のこと」であるとしており、「科学的」については「物事の処理の仕方にきちんとした筋道が立っており、かつ実証的なさま。正確で緻密なさま」であるとしている。ほとんどの学生は「科学」という言葉を上記の②の狭義の意味で捉えており、理科と科学を同義のものとして考えている。そのため、理科の授業を行えば自然に児童に身に付けさせることができると考えてしまっていた。

矢野[4]は有用であると思われるものを集めておいて将来の役に立てようとし、集められたバラバラの知識に対し整然とした、しかも統一のあるものにまとめ、生活に巧みに応用していく方法を考えるという3段階

の作業を科学的なもの見方、考え方と述べている。本著では、このうち最初の2段階に関する問題点について述べた。

高等学校の進路指導上、理系・文系の区別をつけるのは致し方無いのかもしれないが、自分はどちらかという文系の勉強をしてきたのだから科学とは縁が薄いと思込んでいる学生が多いが、その割には人文科学という言葉も知らないというものが少なくない。先入観を捨てさせた上で、もともと「科」という文字が窪みという意味をもち、孟子に「科に盈ちて後進む」とあるように、特に理科教育においては順序だてた、他の項目（単元や教科）とのつながりを意識した物事の捉え方を重視しなければならないことを理解させる必要があるということを結論とする。

## 引用文献

- [1] 国立教育政策研究所：OECD 生徒の学習到達度調査－PISA 調査問題例－，pp.14－16 (2013)，[https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012\\_examples.pdf](https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_examples.pdf)
- [2] Gopnik, Alison (青木 玲 訳)：哲学する赤ちゃん。亜紀書房，pp.177－178 (2010)
- [3] 大辞林，三省堂，p.416 (1988)
- [4] 矢野健太郎：数学ノートブック，新潮社，pp.119－132 (1966)

---

論文集「人と環境」Vol. 10 (2017)  
大阪信愛生命環境総合研究所編

---