

児童生徒・学生の「理科離れ」「算数嫌い」から見えてくる課題（2）

－新しいカリキュラムの提言に向けて－

Some of the Problems that Appear from the “Away from Science” and “Hate Math” of Students II

井上正人*・髯本 格**

大学生に「量の知識」に関する実態調査をおこなったところ、正しく答えられないだけでなく、無答率が多く、理数離れを顕著に表していた。中学・高校で学習経験、習熟学習が十分に行われていない中で、理数の世界から離れていったのだろう。この要因の一つとして、理科と算数のカリキュラム間での行き来があまり行われていないことが各教科書の単元配列からも明らかになった。算数で学習した内容を理科の学習で応用し、あるいは理科で学習した内容を算数の学習で活用する場面を増やし、相互に行き来するカリキュラムをつくることで、身につけた知識・概念を「使いこなす」学力として高めることができると考える。

キーワード：理科離れ 算数嫌い カリキュラム

1. 研究の目的

「理科離れ」「算数嫌い」に関する研究は2年目に入る。昨年度は、私たちのこれまで勤務していた小・中学校での児童・生徒の理科・算数の指導経験から、どのような問題点があるのかを振り返るとともに、TIMMSやPISAの国際調査や全国学力学習状況調査から、実際に見えてくる課題を明らかにした（2016、井上・髯本）。

また、理科と算数に共通する単元「重さ」を取り上げ、同じ単元をどのように取り扱っているかを調べることで、児童の理解がスムーズに図られているのかどうかを検証した。その中で明らかになったことと今後の課題について、以下のようにまとめた。

- 1、「理科離れ」「算数嫌い」現象は日本の社会にとって深刻な課題である。
- 2、算数と理科各々の問題、小中連携の課題、理数教育としての課題、教科書に関わる課題、カリキュラムレベルの課題がある。

* 神戸親和女子大学 発達教育学部 児童教育学科 准教授

** 神戸親和女子大学 発達教育学部 児童教育学科 教授

3、児童、生徒、学生が「理科離れ」「算数嫌い」になっていく過程を分析する。

4、算数と理科のカリキュラムの改善を提言していく。

そこで、2年目の研究では、今の大学生が小・中学校で学んだ量に関する知識を、どれだけ身につけているのか、その実態を明らかにするとともに、理科と算数の教科書における単元配列を比較する中で、両教科の相互の関連がうまくいっているのかどうか、カリキュラム上の問題点はないのかを検討していくことにした。

2. 問題の所在…理科の授業の一場面から

2年次生を対象とした科目「理科」では、小学校の教員を目指す学生を想定し、物理学・化学・生物学・地学のすべての分野をふくむ自然科学の基礎を学ぶ。宇宙の始まりから地球の誕生、生命の進化、日本列島の生い立ち、人類の進化、地球温暖化、地震の発生と防災など多彩な内容を学ぶ中で、関連する実験を取り入れたり、可能な限り化学反応式を使ったり（復習・活用）、算数の計算をしたり（復習・活用）するなどの工夫をしている。

その5回目の授業のテーマは「地球・月・太陽の大きさと距離」で、初めの課題は「地球の大きさ」である。

問い 4 km/時の速さで歩いて、地球を1周すると、どれだけの時間がかかる
でしょうか。

*自分の予想 A、1か月 B、6か月 C、1年 D、5年 E、10年

多くの学生はDとEと予想する。

「地球の1周はちょうど40000kmです。計算してみましょう。」

ところが、なかなかこの計算ができない。やってみようとする学生もいるが、多くは手をつけようとしない。何をどうすればいいかわからないらしい。距離を速さで割れば、かかった時間が出てくるということが理解できない。『み・は・じ』を使えばいいの?』と聞いてくる学生がいる。どうやら公式は覚えているらしい。でも使えない、使って計算する自信がない。

「では、一緒にやってみましょう。速さ＝距離÷時間だったね。時間＝距離／速さになることはわかるかな。40000km／4kmだから、時間は10000時間だね。」

「10000時間は何日かな? 1日は24時間だけど25時間で計算してみるよ。10000時間÷25時間＝400日だから、約1年だ。」

「地球の1周が40000kmであるのには、理由があります。知っている人はいますか?」

知っている学生はいない。1mという単位の基準が「地球」である（極から赤道までの距離の1/10000を1kmとした）ことを説明。

次は「地球の直径は何kmでしょうか」という課題である。

ところが、ほとんどの学生が計算をしようとしな

「グループで相談して、地球の直径がいくらかを考えてみよう」と投げかけた。

しばらくして、各班（4人）をめぐってみた。10班のうち、40000km \div 3.14の計算ができていたのは、3班だけであった。実際、どれだけの学生がこの計算ができるのか、わかっているのかを知りたかったので、次の日にあった後半クラスでは、同じ問いを出して、一人ひとりに「できる？ わかる？ わからない？」を聞いて回ることにした。

その結果、「わかる・できるは15人 できない30人」であった。円周率を学ぶのは小学校5年生である。円周率=円周 \div 直径という公式、円周率=3.14であることは、おそらく全員がマスターしたことであろう。しかし、それから中学校3年間、高校3年間、大学に入ってから2年間の8年の歳月の中で、忘れてしまったのだと思われる。高校入試に向かう中学校時代ならできていたのだろうし、その当時は円周=2 πr の文字式の公式も覚えたかもしれない。考えてみれば、その後の生活の中で円周率（ $\pi=3.14$ ）を使う場面はどれほどあっただろう。おそらくほとんどなかったのだろう。

同じ事情で、「40000kmの距離を時速4kmで歩くと何時間かかるか」という問題もそんなに簡単には自信をもって答えられない実態は何を提起しているのだろうか。

中学校の理科の学習では、「密度」「溶液の濃度」「速さ」「電流と電圧」「バネの伸びと力」など算数・数学で学んだ掛け算や割り算、割合や百分率を使う場面が少なくない。算数の計算の基礎的な理解ができ、正確に計算する技能が身につけていないと、理科で学ぶ内容が理解できないことになる。計算だけではない。図形や空間認識、二つの量の関係を表すグラフなど算数・数学の理解が直接理科（自然科学）の理解につながっていく。算数・数学の理解・技能は自然を理解するためのとても重要なツールであり、歴史的に見ても切っても切れない関係で発展してきた表裏の関係にある科目である。

学校における算数・数学と理科の学習に大きな壁や高い階段があり、学ぶ者にとって両者が分断されてしまっていないだろうか。関連性や相互乗り入れが意識されないカリキュラム上の問題、又は学んだことが確かな学力として定着することをはばむ制度上の問題があるのではないか。この研究をスタートした時の問題意識であった。

3. 大学生の実態調査からみる量のつまずき

先に述べた理科の授業で見られた学生の実態に関わって、今回の調査では、理科・算数で用いられる量の単位に関してどれくらいの知識・技能を身につけているのか、調査をおこなった。内容としては、小学校で学習した単位換算が正しくできるか、日常生活で用いられている単位についての理解ができていないか、といった問題を中心とした。以下にその調査結果を述べることにする。

◇対象：S女子大学教育学部1年生82名

◇実施時期：2016年12月

調査にあたっては、質問等には一切答えず20分程度の時間をとって実施した。

(1) 理科に関する調査

①重さの単位に関する問題

■問題1 重さの単位を知っているだけ書いてください。

調査結果

重さ（質量）の単位（g、kg、mg、t）のすべて又はいずれかをかけている学生は100%であった。中学校以降の理科では、「重さ＝重力」と定義するので、力の単位はN（ニュートン）であらわすが、Nを挙げている学生が2人いた。

注目すべきことは、体積の単位であるL（リットル）やdL、mLのいずれかを書いているものが20%もいることである。重さも体積も、日常的には物の量を表す単位として使われるが、重さと体積の区別が判然としならしい。少数ではあるがmやm²、m³、ccをあげたり、圧力の単位であるhPaを書いたりする学生もいた。

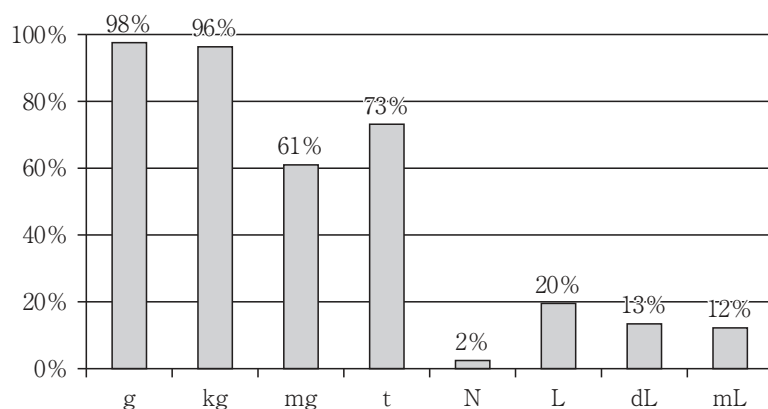


図1 「知っている重さの単位」として回答した割合

②密度に関する問題

■問題5 10cm³の物体のかたまりがあります。重さを測ると5gでした。密度を求めましょう。

・正解 $5 \div 10 = 0.5$ 答え0.5g/cm³

(立式)

正答率…20% (16人)

無答率…55% (45人)

主な誤答

・ $10 \div 5 = 2$

(単位を付けた答え)

正答率…12% (10人)

無答率…45% (37人)

主な誤答

・ cm³/g、%

密度は単位体積当たりの質量（重さ）であるから、重さ（g）を体積（ cm^3 ）で割ることで求められる。中学1年生の理科で学ぶ内容である。

計算式が書けていても、解答欄に $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ と単位まで付けて答えられたのは、12%（10人）と正答率が下がってしまう。日常の生活場面では用いることも少ないので、覚えていないのだと思われる。

（2）算数に関する調査

①単位換算に関する問題

■問題1 $1\text{m}^3 = \square\text{cm}^3$ （正解…1000000）

② $0.5\text{m}^2 = \square\text{cm}^2$ （正解…5000）

正答率…20.7%（17人）

無答率…8.5%（7人）

主な誤答と人数

・100…36人

・1000…10人

・10000…7人

正答率…14.6%（12人）

無答率…11.0%（9人）

主な誤答と人数

・50…41人

・500…3人

この調査において主な誤答を見ると、 $1\text{m}^3 = 100\text{cm}^3$ 、 $0.5\text{m}^2 = 50\text{cm}^2$ としているものが多い。回答の中で、2問の誤答を100と50にしている学生が28人いた。これは、長さの単位である $1\text{m} = 100\text{cm}$ 、したがって $0.5\text{m} = 50\text{cm}$ の関係をそのまま適用していると思われる。つまり、長さでのmとcmの関係が、面積や体積でも同じような関係として成り立つと間違った理解をしている。

②Lと cm^3 の関係を問う問題

■問題 Lと cm^3 の関係を説明してください（図・表などを使ってもOKです）

正解 $1\text{L} = 1000\text{cm}^3$

正答率…11.0%（9人）

無答率…63.4%（52人）

主な誤答と人数

・Lは量の単位で cm^3 は体積の単位…7人

正答は $1\text{L} = 1000\text{cm}^3$ であるが、その説明としては、例えば $1\text{mL} = 1\text{cm}^3$ からその1000倍として述べたり、1辺が10cmの立方体の1Lマスの容積が $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ となることから述べたりできる。しかし、回答の中で、今述べたような筋道立てた説明をした学生は5人のみで、他の4人は $1\text{L} = 1000\text{cm}^3$ のみの記述で終わっていた。

主な誤答としては、「Lは量の単位で cm^3 は体積の単位」といったそれぞれの用いられ方の違いを述べている学生が7人いた。確かに日常生活では、飲料水などの液量の単位としてL・

mLが用いられていて、 cm^3 を用いるものは算数・数学で学習した立体物の体積を求めることでしか記憶がないのだと思われる。これは、2年で学習するかさの単位としてのL、dL、mLと5年で学習する体積の単位としての cm^3 、 m^3 の相互関係が思い出せないからだろう。

次に、この問題と関連して、日常生活を想起させる問題を問うことにした。

③ペットボトルの量に関する問題。

■問題 500mLのペットボトルに入っている水の量は何 cm^3 になりますか。

正解 500cm^3

正答率…17.1% (14人)

無答率…47.6% (39人)

主な誤答と人数

・50…7人

・0.5…4人

正答は $1\text{mL} = 1\text{cm}^3$ を知っていればさほど難しくないとと思われるが、低い正答率となった。しかも半数近くが無答であり、ここでもL系と m^3 の相互関係について忘れていることが多いのだと思われる。解答用紙を見ると余白のところに $1\text{L} = 1000\text{mL}$ までは書かれているが、そのあとが続かないといった記述も数名見られた。この問題が「500mLは何Lか」、という問題であれば、正答率は上がったかもしれない。

④人口密度の意味について

■問題 人口密度について説明してください。また人口密度の単位も書きましょう。

正解 1km^2 あたりの人数 (人/ km^2)

説明について

正答率…6.1% (5人)

無答率…35.4% (28人)

主な誤答と人数

・ 1m^2 あたりの人数…16人

単位について

正答率…8.5% (7人)

無答率…61.0% (50人)

主な誤答と人数

・人/ m^2 …9人

・ m^2 /人…3人

・ m^3 …3人

5年の算数で学習する人口密度については、理科の内容とは関係はないが、密度は中学校理科で学習する。どちらも2つの量で表わす単位あたりの量として、密度の単位が g/cm^3 (1cm^3 あたりの重さ) だったように、人口密度の単位が人/ km^2 であることを思い出せば「 1km^2 あたりの人数」と類推できる。しかし、回答をみると単位を覚えていない無答数も多く、「 1m^2 あたりの人数」としている誤答も多かった。ある程度の量感を身につけていれば、 1m^2 あ

たりの人数をイメージしたとき「これはおかしいのではないか」といったことに気づくのではないかとされる。量の単位が実感を伴って理解されていないことの表れではないだろうか。

⑤速さの単位換算について

■問題 秒速3mの速さで走る乗り物があります。この乗り物の時速を求めましょう。

正解 $3 \times 60 \times 60 = 10800$ 時速10.8km (時速10800m)

正答率…41.5% (34人)
無答率…26.8% (22人)
主な誤答と人数
・180m…6人
・108km…4人

この問題は、全問題を通じて最も正答率が高かった。180mとしているのは 3×60 と分速に直ただけで終わっているといった誤答である。

108kmとしているのは、10800mまでは求められているが、その後kmに変換する際に間違っただけであった。

4. 実態調査を通して理数離れをどうみるか

前節では、各設問ごとに調査結果と考察を行ってきた。髯本・井上はこの調査結果をもとに理数離れに関する議論を数回にわたっておこなった。以下、論議になったことを整理して述べることにする。

●なぜ、正答率が低く、無答率も高いのか

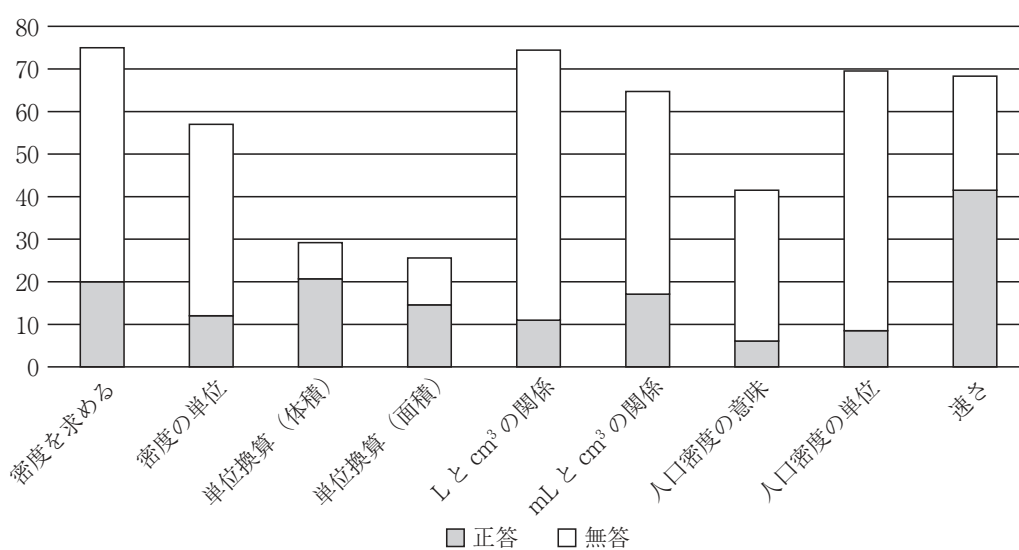


図2 各問題の正答率と無答率

I：今回、実態調査を振り返ってみて痛感したことは、無答の数が多かったことだ。実施した際の監督教員の話によると、いきなり「この問題はわからない」とあきらめてしまう学生も少なくなかったという。

H：なぜ、このような結果になったのか。このことについては、小学校で、調査問題にあるような量の関係を学んだときは内容を理解し、テストにおいてもクリアしたであろうと思われる。しかしそれ以降、中学3年間、高校3年間、そして大学に入ってから2年間、それらを使う場面がほとんどなかったことが大きな要因ではないか。特に高校段階で「文系」を選択し、数学や理科を重視しないコースを選んだ生徒にとって、学んだことを使う場面がほとんどないままに記憶から消え、このような結果になってしまったのだろう。だから、アンケート後に基本事項について簡単な説明をしたときに、内容を思い出した学生も多かった。

I：確かに、例えば1 Lは何 cm^3 かという問題に対して、「1 L マスを思い出してごらん。この容器は1辺が10cmの立方体だから、 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ で求められるでしょう。」と説明することで「ああ、そうだった。」と小学校の学習を思い出す学生もいた。しかし、一方では、「その説明を初めて聞いた」「1 L = 1000cm^3 だけを覚えていたので知らなかった」という学生もいた。つまり、小学校でそのような教え方をされてなかったのだろう。この理解の差は思い出せるか否かの大きい差になると思う。

●量感は育っているのか

H：今回は単位の問題を取り上げたが、単位の関係がわかるということはものの量という概念が正しく把握できているということになる。調査をした82人のうち、3人がほぼすべての項目で正解を導いていた。高校で「理系」だったし、理科や数学が得意だと言っている。単位が正しく理解できることは、2つの異なる量の関係を扱うことが多い理科（特に物理分野）の理解につながっていく。

I：反対に問題1でmgを書いている学生が少なかった。算数では3年の重さの学習時には指導しないが、6年のメートル法（量のまとめ）のところで、mm、mLと同じようにmgがあることを学習する。しかし、実際はあまり日常生活では必要ないのかもしれない。しいていえば薬の量で用いられるくらいだろう。

H：M（メガ）gと書いている学生がいた。実際には使われない単位だが、コンピュータ関係で用いられる、K（キロ）、M（メガ）、T（テラ）の関係からつくったのかもしれない。

I：でも誤答を見ると量感が育っていないと感じるものもある。例えば、秒速3mを時速に換算する問題で、時速108mと答えている。また、500mLのジュースを 5cm^3 と答え、何も疑問を持たずにいる。また人口密度を 1m^2 あたりの人数と書いている回答も多かった。このような回答をみると、量のイメージや量感を持っていないのではないかと思う。

H：例えば20人でパーティをするから、1人150mLとして2Lのペットボトルをどれだけ買おうか、500mLのジュースならどれだけあればいいか、といったことは考えることはできるはずだ。

I：ということは、日常生活に必要な量については量感が身についているとってよいのかもしれない。

H：学生たちが料理をするときには、驚くくらいレシピどおりにきちんと量を測って調理をする。逆に「これくらいで5gだよ」とだいたい量を示すと不安になってしまうようだ。

I：このことは、レシピの数値どおりの量でないためという認識が強く、量を測ってイメージをもつのではないように思う。量感を生かして量を測っているものではないのではないのか。

●単位の関係は生活に必要なものなのか

H：では、このような量の関係が分かっていることで開ける世界ってどういうものなのだろう。回答した数人がほぼ正答をしていたが、その学生はどんなところで便利だと思っているのだろうか。

I：例えばLとmLの関係のように、L系の中で関係を理解していることはプラスになるのではないか。先ほどの2Lのペットボトルは500mLの4本分だというように、500mLを基準にして相対的に量の比較ができるだけでもいいのではないか。難しい単位換算はできなくても日常的には困らないのかもしれない。

H：調査問題に出したような基本的な量の相互関係の知識や理解が十分でないことから、物理や数学の世界に対して、「自分にはわからない」と強く思い込み、その世界にはもう入ってこなくなってしまった。それで自分の進路が決まってしまったこともあるのではないか。自然を理解するのに数学的に理解できることが多い。それができずに、その世界に入ることをあきらめてしまったのではないか。小学校で学んだことの理解が不十分なままで、中学・高校と進むにつれて数学が難解になり、理科でも数学的な扱いが飛躍的に増えてくるために、ますます分からなくなってくる。その積み重ねが「もう私は理系がだめなんだ」といった観念を作ってしまったのではないか。

I：実際に進路を選択するとき、「計算は苦手かもしれない。でも物理には関心がある。」という学生がいたとするなら「そんなに物理が好きだったら、量の計算は入ってから頑張ればいいから理系に進みなさい」とすすめる先生はいるのだろうか。

H：そのような先生はいないだろう。物理の計算が苦手、量の単位換算でつまづいている、といった評価をもとに、そういった道をとぎしてしまっているのかもしれない。

人間が生きていく上でのリテラシーとして「読み・書き・計算」と言われているが、近年、その中に「科学」も入れようということが理科教育の立場からアピールされている。

しかし、実際は日常生活では不可欠な「読み・書き」に比べ「計算・科学」は重要視されていない。

I：実際、L系と m^3 系の相互関係がほとんど使われないのであれば、そういった関係の知識は無理に教えなくてもいいのではないか。

H： cm^3 を以前はccを使っていた。特に料理の世界では。しかし、いまはmLの記述がほとんどだ。 cm^3 はほとんど使っていない。気体の量もL系だが、販売されるガスの量はgで表わす場面も多い。圧力で体積が変わってしまうから重さで表わしている。質量と体積どちらで測るかは混乱を招くことになるが、その中でも cm^3 は使われる場面がほとんどない。

I：水道やガスの料金は m^3 を使っている。それぐらいだろう。しかし、ガスの中で m^3 が用いられているということは、やはり数値を見て、今月は多く使っているとか、この数値はおかしいのではないかとといったことに気づかないといけないのではないだろうか。

H：でもそれは、先月との比較とか、1年前の同じ時期の比較とか相対的に分かればいいことだろう。単位よりも数値を見ての比較が多い。日常生活では相互の換算は必ずしも不可欠ではないのかもしれない。しかし、換算ができることでわかる大切なこともあるはずだ。

I：生活で必要ないものは指導しなくてもいいのであれば、理科で学習する密度もいらなくということになってしまう。

H：密度については、レタスのような野菜を見て、ぎっしり詰まっていて重いとか、これは大ききのわりに軽いとか、これは密度を感じているのだろう。

I：密度という概念は知っておくことが大切だが、質量と体積を測ってみようとは思わない。感覚で理解してしまう。つまり、単位の指導は単に換算する技能や基本的な単位の関係を丸暗記させるのではなく、実感から理解へとすすむことが大切なのだろう。

H：一方で、「量がわかる」→「量の単位が理解できる」→「量の関係が分かる」ということは、日常生活における利用や利便性だけではなく、この世界で起こっているさまざまな課題を理解し、判断するうえで不可欠なことである。彼らがかかわる「世界が広がる」「世界が深まる」という問題ではないか。

論議を終えて、共通理解したことは、量についてはいろいろな場面で使うこと、活用することが大切であり、そのような経験を6年以上もわたって行っていないことが先の調査結果につながったと考えられる。

学習指導要領算数科の目標には「進んで生活や学習に生かす」と書かれている。しかし、「生活に生かす」ことは重要なことではあるが、実際一人一人がどれだけ生活場面で活用しているのか、どれだけ活用する力がついたかを、教師が長期にわたって追跡することは不可能に近い。おそらく学校で学習したことを、生活の中で活用することもなかったのだろう。

大切なことは「学習に生かす」という経験を授業の中でもっと多く、確実に、意識的に行う

ことである。このように理数離れがある現実を見たとき、算数から理科へ、あるいは理科から算数への活用を図る、というように学習したことを他教科に活用することを日々の学習の中で多く取り入れておくことが、実感を伴った理解にもつながり、その体験を生活にも生かすことができるのではないかと考える。文科系大学生の理数離れの事実は事実として受け止め、少しでも、数学嫌い・理科離れから脱却させるためにどうすればよいかを検討し、実践しなければならない。

そこで、昨年度の研究の課題に挙がっていた、教科書における算数と理科の量に関する関連がうまく行われているのかについて調べていくことにした。

5. 理科と算数のカリキュラムの相互関連

この章では、理科と算数の単元間の関連を調べることにする。算数で学習した内容が理科で活用できたり、反対に理科で学んだことが算数に生かされたりするということがあれば、理解もより深まると考える。

今回調べた方法は、理科と算数両方の教科書を出版しているT社の3年～6年の教科書の単元配列を洗い出し、その関連のある学習内容を調べてみた。

(1) 各学年理科と算数の単元配列からみる相互の関連

【3年】

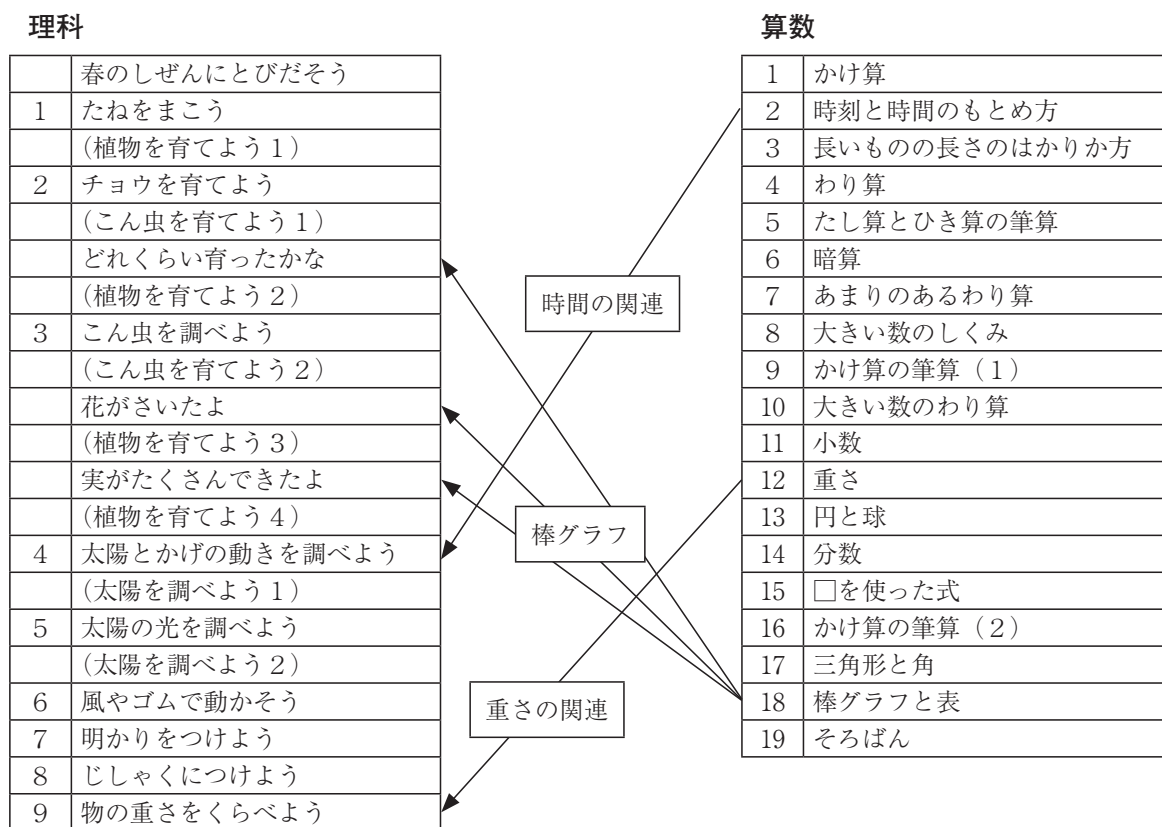


図3 3年の理科と算数の単元配列

理科では、「植物を育てよう」の単元を4回に分け植物の成長を観察させている。その際、成長の記録を棒グラフで表わしている。うまくリンクされているように思われるが、算数の単元配列を見ると棒グラフは3年生の終わりの単元18で取り扱っている。ということは、同じ学年で学習しているが、算数で学習した棒グラフを理科で活用するといった流れにはなっていないことがわかる。算数での取り扱う場面を調べると、「けが調べ」「毎日の読書時間」などを扱い、理科的な内容での場面は見られない。これは、本来は変化の様子を表すので、折れ線グラフで表わす方が適切であるが、折れ線グラフは4年で学習するために棒グラフで表わしているということから、あえて算数では取り上げていないかもしれない。また、算数のグラフの指導では、必ず表を作成して、さらに特徴を目で見分けるためにグラフを紹介している。つまり、表から棒グラフにという流れで指導する。しかし、理科では、測定したことをすぐに棒グラフに表わしている。このあたりの指導の流れの整合性を明確にしておくことが必要ではないかと思われる。

もう一つは重さの単元である。この単元については前回の論文の中で詳しく述べているが、算数では5年で学習する「体積」という用語を3年で取り上げていることは問題である。しかも、理科の教科書には、同じ体積でも物質によって重さが異なることを実験で取り扱っている。これは密度の学習内容であるが、 1cm^3 あたりの重さという単位量あたりの大きさについては、算数の5年で学習するため深入りはできないことになる。

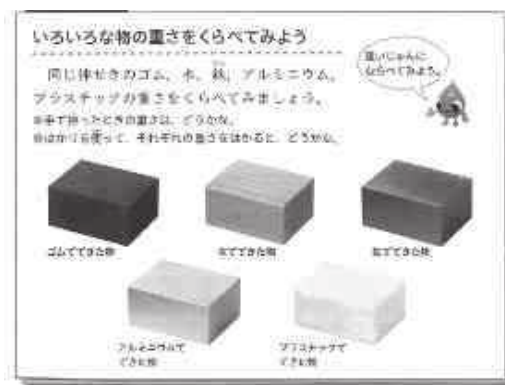


図4 密度に関する記述（3年）

【4年】

理科		算数	
1	あたたかくなると	1	折れ線グラフと表
2	天気の様子と気温	2	角の大きさ
3	電気のはたらき	3	わり算の筆算（1）
4	動物のからだのつくりと運動	4	垂直・平行と四角形
5	暑くなると	5	1億より大きい数
6	月や星の動き	6	わり算の筆算（2）
7	すずしくなると	7	がい数の表し方
8	物の体積と力	8	計算のきまり
9	物の体積と温度	9	面積のはかり方と表し方
10	水のすがたとゆくえ	10	小数のしくみ
11	寒くなると	11	変わり方調べ
12	物のあたたまり方	12	小数のかけ算とわり算
13	生き物の1年をふりかえって	13	分数
		14	直方体と立方体

折れ線グラフを扱っている単元

図5 4年生の理科と算数の単元配列

4年では、算数で最初の単元で折れ線グラフを学習するので、理科で学習する内容に活用しやすくなっていると思われる。しかし、算数で扱っている場面は東京とシドニーの1年間の気温の変化であり、どちらかという和社会科と関連がありそうな内容になっている。また、3年のときと同様に、表を作成してからグラフに表わすという流れはなく、いきなりグラフに表わすことをしている。ただ巻末の「折れ線グラフのかき方」では、表を載せて、グラフのかき方を示している。これは、算数で学習したこととうまくリンクさせているともとらえられる。

また、算数ではあまり扱わない棒グラフの活用のされ方がある。それは、へちまの1週間ごとの

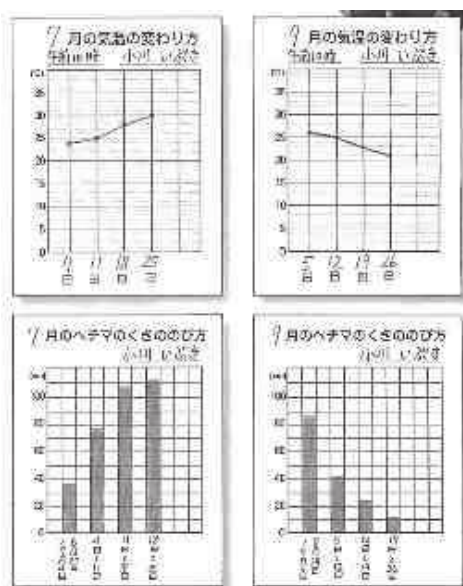


図6 伸びの様子を表した棒グラフ（4年）

伸び方を棒グラフにしたものである（図6）。算数では数量の大きさを表すのは棒グラフ、変化の様子を表すのは折れ線グラフ、と目的に応じたグラフの選択の重要性を謳っている。このように1週間の伸び方については、子どもによっては変化の様子と受け取ってしまうかもしれない。「伸びた大きさを表すから算数で学習した棒グラフにするとわかりやすいね」といった吹き出しでも書いてあれば、算数での活用を意識しやすくなるのではないかと考える。

また、理科の「8. 物の体積と力」「9. 物の体積と温度」の単元名から算数では未習の「体積」の用語が使われている。しかも実験道具はメスシリンダーやビーカーであり、そこには25mLというメモリや500mLのフラスコと記載されている写真を掲載されているのみで詳しい単位の説明はしていない。算数では2年生で水のかさをmLという単位で表わすことを学習しているが、空気の体積もそのように表すことはしていない。児童にとっては、混乱を起さかねないようにも思える。

また、「10. 水のすがたとゆくえ」の単元のコラム欄で、水が空気中にどれくらい蒸発していくかについて説明されている（図7）。この中で水570g（およそ570mL）と水の重さと体積の関係に触れているが深入りはしていない。算数では6年の量のまとめ（メートル法）のところで水1gが1mLであることを説明している。



図7 重さと体積の関連の説明（4年）

【5年】

理科

1	天気の変化
2	植物の発芽と成長
3	魚のたんじょう
4	花から実へ
5	台風の天気の変化
6	流れる水のはたらき
7	ふりこのきまり
8	人のたんじょう
9	物のとけ方
10	電流がうみ出す力

算数

1	整数と小数
2	直方体や立方体の体積
3	比例
4	小数のかけ算
5	小数のわり算
6	合同な図形
7	偶数と奇数、倍数と約数
8	分数と小数、整数の関係
9	分数のたし算とひき算
10	単位量あたりの大きさ
11	図形の角
12	四角形と三角形の面積
13	百分率とグラフ
14	正多角形と円周の長さ
15	分数のかけ算とわり算
16	角柱と円柱

割合は6年の気体検知管
の中で用いられる

図8 5年生の理科と算数の単元配列

5年の理科の教科書を見ると、グラフの扱いも極端に少なくなり、算数との関連も薄いような印象をもつ。「7. ふりこのきまり」の学習では、ふりこの重さと時間の関係を表とグラフに表わす活動を取り入れている。ただ、このグラフは点を結ぶ折れ線グラフではなく、算数では扱わない点のみのグラフになっている（図9）。また、ここでは測定値の平均を求めることになるが、算数でも「10. 単位量あたりの大きさ」で平均の学習が入るので、うまく関連ができれば活用も図れると思われる。

「9. 物のとけ方」では、食塩が水やお湯にどれだけ溶けるか、といった実験をしているが、溶かす食塩の量は重さではなく、計量スプーンを用いて「すり切り〇はい」といった量で実験を行っている（図10）。はっきりと何g溶けるかといったことを調べる方が、重さの学習の活用につながると思われるだけに疑問が残る。

「10. 電流がうみ出す力」では、電流計の使い方を紹介している。ここでは、mA（ミリアンペア）

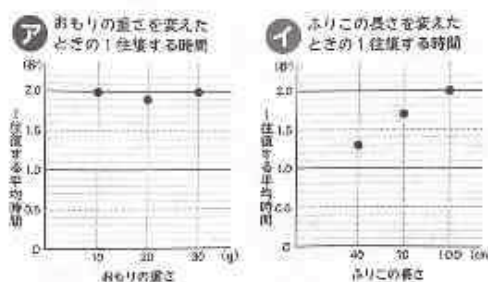


図9 点だけで表すグラフ（5年）



図10 物のとけ方の実験（5年）

とAの関係を説明している（図11）。理科で初めて出てくる単位換算の説明である。ただ、この目盛りの読み方は、5 Aの端子に接続したときには上の目盛りを、50mAの端子に接続したときには下の目盛りを、さらに、500mAの端子では、上を100倍、もしくは下を10倍する必要があるなど、きちんと説明しないとわかりにくい。気になったのは、算数では「3. 比例」の学習をしているので、比例関係にある事象として紹介することができれば、うまく活用が図ることができるようにも思えた。

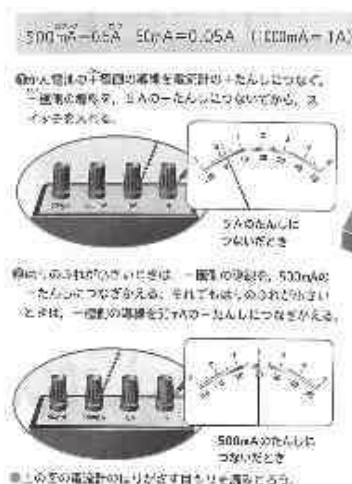


図11 電流計の使い方の表示（5年）

【6年】

理科

	地球と生き物の暮らし	
1	物の燃え方と空気	★
2	動物のからだのはたらき	
3	植物のからだのはたらき	
4	生き物の暮らしと環境	★
5	太陽と月の形	
6	大地のつくりと変化	
7	てこのはたらき	
8	水溶液の性質とはたらき	★
9	電気とわたしたちの暮らし	
10	人と環境	

★は気体検知管を扱っている単元（5年の割合）

てこの学習で活用できないか

算数

1	対称な図形
2	円の面積
3	文字と式
4	分数のかけ算
5	分数のわり算
6	角柱と円柱の体積
7	およその面積や体積
8	比と比の値
9	拡大図と縮図
10	速さ
11	比例と反比例
12	並べ方と組み合わせ方
13	資料の調べ方
14	量の単位のしくみ

図12 6年生の理科と算数の単元配列

6年の理科では、気体検知管がよく用いられている。例えば、二酸化炭素用検知管は0.5～8%用と0.03～1%用の両方を使うとなっている（図13）。算数では5年の割合の学習で、%（百分率）の学習をするが、もとにする量と比べられる量という2つの量があつての割合であるため、この気体検知管がどのようなものであるのか、この%は何を意味しているのか（何の何に対する割合なのか）といったことを説明しないと、算数で学習した百分率と結びつかず混乱を起こしかねないように思われる。



図13 気体検知管の表示（6年）

また、てこのはたらきでは、左右がつりあうときのおもりの重さと支点からの距離を調べな

がら、「力の大きさ（おもりの重さ）×支点のきより（おもりの位置）」が等しければ左右はとりあうということを学習させている。算数では、積が一定になる反比例の学習をしているので、2量の関係が反比例の関係にあることに触れると活用が図れるのではないかと思われる。

（２）中学校理科での数学的理解が必要な場面

先の節では小学校の理科と算数の関連を調べてきたが、自然現象を数学的に扱う場面は小学校理科ではごく限られていて、中学校理科の内容で計算式を用いて解決していく場面が格段に増えてくる。次のような内容がある。

〈中学1年生〉

入射角、反射角、屈折角の作図	凸レンズがつくる像の作図	音の速さ = 伝わる距離 / 時間 (m / 秒)
ばねの伸びと力の関係のグラフ	圧力 (P) = 力 / 面積 (N / m ²)	震源距離 = k × 初期微動継続時間
密度 = 質量 (g) / 体積 (cm ³)	質量%濃度 (%) = 溶質の質量 / 溶液の質量 × 100	溶解度曲線の読み取り

〈中学2年生〉

湿度 (%) = 空気中の水蒸気量 (g / m ³)	飽和水蒸気量 (g / m ³)	飽和水蒸気量と気温との関係のグラフ
化学反応式の係数を考える際の公倍数	化学変化の前後の物質の質量変化 (定比例の法則)	オームの法則 I (A) = V (V) / R (Ω)
電力 (W) = 電圧 (V) × 電流 (A)	電力量 (Wh) = 電力 (W) × 時間 (h)	電流による発熱 (J) = 電力 (W) × 時間 (s)

〈中学3年生〉

力の合成と分解：三平方の定理、三角形の相似	速さ (m/s) = 移動距離 (m) / 時間 (s)	仕事 (J) = 力 (N) × 動いた距離 (m)
仕事率 (W) = 仕事 (J) / 時間 (s)		

この表からも分かるように、異なる2つの量から新しい量を定義する場面が多くある。密度 = 質量 (g) / 体積 (m³) とか、力 (N) ÷ 面積 (m²) = 圧力 (N / m²)、電力 (W) = 電圧 (V) × 電流 (A)、仕事 (J) = 力 (N) × 動いた距離 (m) などである。

中学理科では新しい物理量が実感を伴わない形で次々に登場し、少しばかりの計算練習はすることがあっても、十分に使いこなしたり習熟したりすることなく未消化なまま過ぎていく傾向がある。

また中学校ではそれぞれの教科の教師がいて、ほとんど連絡を取り合わないでそれぞれの学習が進んでいく。カリキュラム上の関連や連携は意識されないことが多い。分数や比の値などは、小学校の算数での学習内容であるが、中学校の理科で「応用」「活用」される場面が多い。そのことを意識した学習が計画的に行われることが重要だと考えられる。

【全体を通して】

特に感じたことは、2つの教科の行き来が非常に乏しいということだ。算数科では、生活や学習への活用を重視することを目標に掲げている。学習への活用というのは他教科の学習への活用ももちろん含まれる。例えば、理科で扱うグラフで算数ではあまり取り上げないグラフがあれば、算数科の教科書の中で「理科で学習したこんなグラフも棒グラフの仲間です」とか、水の体積を取り扱うのであれば、理科の中で再度、1Lマスに入れた水の量を、計算で何 cm^3 になるかを求める場面を少し入れるなどしてみてもどうか。つまりもっと意識をして、理科の学習の中で算数で学習した単位の計算や体積を求める場面を入れる、また、気体検知管を扱うときに%が出てきたときに、これは何の割合なのか、算数で学習した「もとにする量」「比べられる量」は何にあたるのかを紹介するといったことも必要ではないだろうか。

今回、量に関する実態調査を行い、かなりの問題で無答が多かった理由として、単位換算は丸暗記しているから忘れてしまったのだろうと分析していた。しかし、それだけでなく、理科と算数の教科書の内容の関連を見たときに、活用させる場面や関連させる場面があまりにも少なすぎる。このことも理由の一つになるのではないだろうか。

6. おわりに

今回の研究で明らかになったことをまとめると、以下のようになる。

1. 学生の「量の単位」に関する理解度は深刻で、無答率の多さからも「計算は嫌だ」「単位換算は無理」などといった、まさに理数を敬遠しようとする様子が見られた。
2. 中学・高校の6年間でこのような単位換算の学習せずに過ごし、進路決定において「文系」を選択した学生にとっては、量に関する相互関係や量感についてのつまずきが見られる。
3. この要因の一つに、カリキュラム上で理科と算数の相互の行き来が乏しく、学習したことを他教科に活用するといった場面が教科書からもほとんど見られない。したがって、習ったことを活用することで得られる、実感を伴った理解が身につけていないために、ますます理数離れを加速させている。

結論としては、この実態調査の現実を知ったうえで、これまでに数的な処理を苦手とし、「量の計算はいやだ」と思っている学生に、どこかの段階で「数的処理の美しさ」や「数字で考えることの合理性・説得力」が感じられる世界にもどすことが必要であり、その手立てを講じる必要がある。

例えば、気象関係などをつくづく知っておいた方がよかったと思うことがある。津波が襲ってくる速さ、台風の速さ、海面上昇の問題など、自分の生き方に関わる問題も多くある。

また、地震が起こる確率といった問題も、これは大変だという実感がわからないこともある。地球上の二酸化炭素の増加とそれに伴う温暖化などもどれくらい理解できているのかも心配

だ。今の子どもたちが大人になって社会で活躍していくときには、世界と日本で起こっているさまざまな社会的問題を正しく「理解」し、的確に「判断」できる学力が求められていることは間違いない。

特に文系に進んだ学生には、理数学習のよさを実感できる世界を切り開く使命が我々にはあるのだと思う。理数離れをした学生が、将来教員になって拡大再生産いかにないように、かなり手厚い指導が必要だろう。

理科や算数・数学を身近に親しみをもっと感じ、活用できる人間に育つような学びへの支援が求められている。

参考文献

学習指導要領解説 算数・理科編（文部科学省）

教科書 楽しい理科（東京書籍）

井上正人・髯本格 2016 「児童生徒・学生の「理科離れ」「算数嫌い」から見えてくる課題」『国際教育研究センター紀要』 2