

初等中等教育における量と単位について  
初等中等教育における量と単位についてⅡ

中 川 邦 明

# 初等中等教育における量と単位について

中 川 邦 明

Quantities and Units in Elementary and  
Secondary Education

Kuniaki NAKAGAWA

2001 年 12 月 3 日受理

## 要旨

2000年3月にISOの訳として制定された量と単位に関するJIS規格に基づいて、量と単位に関する一般原則について初めに述べる。次いで、小学校算数と小学校理科、中学校理科、高等学校化学、高等学校物理のそれぞれ最新版を中心とした各社の教科書において、量と単位がどのように表示されているかを調べる。その結果を検討し、今後これらの教科書における量と単位の表示をJISの一般原則に沿ったものとするための具体的な提言をまとめる。

## Abstract

General principles for quantities and units are described first, based on JIS established in March 2000, a Japanese version of the ISO standard. In order to list up the notations of quantities and units in textbooks for elementary and secondary schools in Japan, recent editions of textbooks by several publishers on five subjects are examined, i.e. arithmetic and science for elementary schools, science for lower secondary schools, and chemistry and physics for upper secondary schools. On the basis of the results of the examination, guidelines are proposed to change the notations of quantities and units in the textbooks to those in accordance with the general principles in JIS.

## 1. はじめに

「2秒間に6m進むミニカーの速さを求めなさい。」という問に対する答え

3 m/s を導く過程として、次のどの書き方を適切と考えるだろうか。

- ① 速さ = 道のり ÷ 時間 =  $6 \div 2 = 3$  答え 3 m/s
- ② 速さ = 道のり ÷ 時間 =  $6 \div 2 = 3$  [m/s] 答え 3 m/s
- ③ 速さ = 道のり ÷ 時間 =  $6$  [m] ÷  $2$  [s] =  $3$  [m/s] 答え 3 m/s
- ④ 速さ = 道のり ÷ 時間 =  $6^m \div 2^s = 3^{m/s}$  答え 3 m/s
- ⑤ 速さ = 道のり ÷ 時間 =  $6 \text{ m} \div 2 \text{ s} = 3 \text{ m/s}$  答え 3 m/s

答えに単位 m/s をつけなかったものは、小学校から大学に至るまでどの教師も誤りとするだろうが、途中の式に単位をつけるよう指導するかどうかについては意見が分かれる。小学校算数ではたいてい①の書き方であろう。現行の高等学校の物理あるいは化学の教科書の多くは②の方式である。③は、筆者自身が高校生の頃に適切だと思って使っていたように記憶している。④は古い時代に多く行なわれた方式のようで、最近はあまり見かけない。⑤は大学4年から大学院にかけて朽津耕三先生の研究室に入って物理化学の研究を始めてからの書き方で、現在も大学生に⑤の方式で指導している。しかしながら学生は高校までの習慣が簡単には抜けず、なかなか徹底しない。これが本稿のテーマを取り上げる端緒となった。

上記の①～⑤の違いは、単なる書き方だけの違いのように見えるが、そうではない。⑤の書き方は、以下に述べるように、量と単位と数値の関係についての基本的な考え方に立っている。それ以外の書き方、特に①と②においては、量と単位と数値の三者の区別について、曖昧さが潜んでいる。そしてこの曖昧さが、最近の生徒・学生についてしばしば指摘されている次のような問題点、

計算はできても文章題が解けない。

理科の計算問題で、数値だけ計算しても単位が分らない。

理科の計算問題で、最終的な答えがとんでもない値になっても何も気づかない。

計算している内容を「実感」していない。

などともつながっているように思われるのも、筆者がこの問題に関心を持つひとつの理由である。

⑤の方式は、現在では JIS の定めた、量と単位と数値に関する基本的な考え方とそれによる表記方法の規格<sup>1)</sup>に基づいたものであり、この JIS 規格は国際規格である ISO 規格<sup>2,3)</sup>に基づいている。従って教育においてもこの方式に準拠するのが妥当であるが、実際の日本の教育、特に初等中等教育ではそうっていない。このことは既に多くの人々によって指摘<sup>4-7)</sup>されてきた。

本稿ではまず、広く初等中等教育の教科書において量・単位・数値が具体的にどのように表記されているかを調査し、関連する諸資料と併せて問題点を分析し考察する。その上に立って、JIS/ISO 方式への移行ができるだけ無理なく混乱なく行なわれるための具体案を提言したい。

## 2. 量・単位・数値

まず最初に、上記⑤の書き方の背景をなす量と単位と数値の関係に関する基本的な考え方を、昨年3月に制定された規格 JIS Z 8202-0<sup>1)</sup> に従って整理しておこう。この規格は基本的に国際標準化機構の ISO 31-0 1992 年第3版<sup>2)</sup> とその 1998年の Amendment 1<sup>3)</sup> の翻訳である。

### 2.1 物理量 = 数値 × 単位

JIS Z 8202-0 の 2.1 節は「物理量、単位及び数値」と題され、まず相互に比較できる量として“同一種類の量”を規定した上で、

そのような種類からの一つの量の具体的な例を、単位と呼ばれる基準量として選べば、この種類からの他のいかなる量もこの単位によって、この単位と一つの数の積として表わすことができる。(下線中川)

としている。下線部の内容は、しばしば、物理量 = 数値 × 単位 という形で象徴的に表現される。そして

数値と単位の積である物理量は、このように単位の選択には無関係である。とし、さらに「数値の表記方法についての注意事項」として、量自体と、特定の単位で表した量の数値との間の区別をすることが重要である。特定の単位で表した量の数値は、量記号を波括弧“{ }”で囲み、単位を下付添字として示すことによっても表すことができる。しかし、数値は単位に対する量の比として明確に表現するのがよい。(下線中川)

と述べている。

以上の内容を冒頭に述べた例と関連させて説明すると、「道のり」という「長さ」の種類に属する物理量は、6 m と表現されるが、これは m という長さを単位として表した数値 6 と、単位 m との積である。従って、

$$\text{道のり} = 6 \times \text{m} = 6 \text{ m} \quad (1)$$

と表現される。道のり = 6 という書き方は、道のり (= 量自体) と 6 (= 特定の単位で表した量の数値) という区別すべきものを等号で結んだものであるから不適切であることが理解される。m という単位で表した道のりの数値を  $\{\text{道のり}\}_m$  と表現して、

$$\{\text{道のり}\}_m = 6 \quad (2)$$

のように書くこともできるが、m という単位で表した道のりの数値を、単位 (= m) に対する物理量 (= 道のり) の比として、道のり / m のように表現して、

$$\text{道のり} / \text{m} = 6 \quad (3)$$

という風に表現する方がより適切であることは上に引用した規格に述べられた通りである。なぜならば、(1)式の両辺をmで割って(3)式を得たと考えて、(3)式を一般的な代数的演算で(1)式から導くことができるのに対し、(2)式を(1)式と関連づけ

るのはそうは行かないからである。

同様に、時間についても

$$\text{時間} = 2 \times \text{s} = 2 \text{ s} \quad (4)$$

と書き、速さの定義式

$$\text{速さ} = \text{道のり} \div \text{時間} \quad (5)$$

に(1)式と(4)式を代入して計算したと考えると、上記の⑤の方式の書き方となる。さらに、⑤の書き方で単位について数値と同様に代数的に計算して行くと、速さ = 3 m/s のように、物理量 = 数値 × 単位 の形式で正しい単位も自動的につくことにも注目すべきである。

このように、物理量 = 数値 × 単位 の考え方に基づいて、数値の計算と併せて単位も一緒に式に含めて計算して行く方式は quantity calculus (物理量の四則計算<sup>8)</sup>、量の計算法<sup>6)</sup>などと訳されている) と呼ばれる<sup>9)</sup>。

さて JIS 規格には上に引用した部分に続いて、備考として次のことが述べられている。

この表記方法は、グラフ及び表の欄の見出しにおいて、特に有用である。同一の物理量を多数まとめて一つの表にする場合、一つ一つに単位をつけるのでは冗長なので、表には数値だけを記載し、その数値がどのような物理量をどのような単位で表したかを 物理量/単位 の形で表の見出しに書く。同様に、グラフの軸にプロットできるのは物理量そのものでなく数値であるという考え方から、軸の説明も 物理量/単位 の形で書くのが有用であるということである。これは、例えば圧力として  $0 \sim 6 \times 10^5 \text{ Pa}$  の範囲をプロットする軸とする場合、目盛には 0, 1, 2, …, 6 の数値をふり、軸の説明として 圧力/ $10^5 \text{ Pa}$  と書くこともできる。従来は軸の単位だけを示し、どういう量を目盛ったかをはっきり示さない図もまま見られたが、このような表記法では、軸に目盛った物理量が常に明示されるという利点もある。

## 2.2 量方程式と数値方程式

前節で、(5)式に(1)式と(4)式を代入した。この代入ができると考える裏には、(5)式が量そのものの関係式であり、特定の単位で量を表した数値の関係式ではないという考え方がある。上記JISの2.2.2節では次のように述べられている。

科学及び技術においては、2種類の式が用いられる。文字記号が物理量(すなわち、数値 × 単位)を表す量方程式と数値方程式とである。数値方程式は、単位の選択に依存するのに反して、量方程式はこの選択に無関係であるという利点をもつ。したがって、通常は量方程式を用いることが望ましい。一般的な法則や公式などは、単位の選択に関係しない量方程式で表現することが望ましいが、数値方程式の形で表現する必要が生ずることもある。一つは実験

によって得られた量の関係を、とりあえず個別的な実験式に表現しようとする場合である。これについては JIS の 2.2.3 節で言及されているのでここではこれ以上言及しない。

JIS では言及されていないが、数値方程式が必要となるもう一つの場合は、計算プログラムあるいは表計算シートの利用において、代入文の右辺の変数を用いた式、あるいはセルを参照した式などを書く場合である。プログラムにおける変数、表計算におけるセルに入るのは、物理量をそのものではなく、ある単位で物理量を表した数値である。従って、代入文の右辺やセルの式は本質的に数値方程式の形を取ることに注意しておく必要がある。

JIS の 2.2.2 節では、量方程式の例として、速度  $v$ 、長さ  $l$ 、時間  $t$  の関係式

$$v = l / t \quad (6)$$

を、数値方程式の例として、

$$\{v\}_{\text{km/h}} = 3.6 \{l\}_m / \{t\}_s \quad (7)$$

をあげている。しかしここで(7)に代えて

$$v / (\text{km/h}) = 3.6 (l/m) / (t/s) \quad (8)$$

の形の式とするのが適当である。というのも、(6)式から(8)式は下記のような単なる代数的演算で導くことができるのに対し、(7)式を(6)式と結び付けるのはそう簡単ではないからである。即ち、(6)式の両辺を km/h で割って

$$v / (\text{km/h}) = (l/\text{km}) / (t/h) \quad (9)$$

とし、右辺に単位に関する等式

$$\text{km} = 1000 \text{ m} \quad (10)$$

$$\text{h} = 3600 \text{ s} \quad (11)$$

を代入して整理すると、

$$\begin{aligned} v / (\text{km/h}) &= (l/1000\text{m}) / (t/3600\text{s}) \\ &= (3600/1000) \times (l/m) / (t/s) \\ &= 3.6(l/m) / (t/s) \end{aligned}$$

のように単なる代数的計算で(8)式が導かれる。このように、単位の換算を代数的に処理できるのも quantity calculus の利点の一つである。

### 3. 初等中等教育の教科書における量・単位・数値の表記の状況

前節で JIS/ISO の量・単位・数値に対する考え方と、それに基づいた表記とを明らかにした。本節では、初等中等教育の教科書において量・単位・数値が具体的にどのように表記されているか、を多くの具体例にあたりながら説明してゆく。

### 3.1 調査の観点

初等中等教育の、特に小中学校の教科書では、当然ながら量・単位・数値についての基本的考えが一般化された形で書かれることはないであろう。従ってこれらに対する表記を調べることを通して、その背後にどのような考え方があるのかを探る必要がある。以下では、次の諸観点から調査を進めることとする。

#### 【観点 A】 計算式中の単位

計算の過程を示す式の中で単位の表記がどうなっているかを、下記のように分類して整理する。第1節に述べた①、②、③、④、⑤の表記方式をそれぞれ、無単位方式、末尾〔単位〕方式、全部〔単位〕方式、単位上付方式、JIS/ISO方式、と呼ぶことにする。また、②、③において、単位が〔 〕ではなく、( )で囲まれている場合には、それぞれ末尾(単位)方式、全部(単位)方式とする。末尾だけに〔 〕や( )で囲まれていない単位がついているものを末尾裸単位方式と呼ぶ。

#### 【観点 B】 表およびグラフ

グラフの軸の目盛あるいは表の欄の見出しでの単位がどのように表記されているかを次のように分類して整理する。JIS/ISOの推奨に従って 物理量/単位の形になっている場合は JIS/ISO方式と呼ぶことにする。単位記号そのまま、( )で囲まれている、〔 〕で囲まれている、をそれぞれ、裸単位方式、(単位)方式、〔単位〕方式、と呼ぶ。これに加えて、表に掲げられた量すべてにひとつひとつ単位を付したものを各個単位方式と命名しておく。グラフについても目盛ごとに0 cm、10 cm、20 cm、……のように数値と単位をつけたものがあり、これも各個単位方式と呼ぶことにする。さらに表の場合、第1行目のデータにだけ単位をつけ、2行目以下の単位を省略するものがあり、これを第1行方式と名付けておく。

#### 【観点 C】 単位間の関係式

特に小学校算数の教科書において、例えば  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$  のような単位間の換算関係を表わす等式において、単位をどう表記しているかを検討する。上記のように、単位を( )などをつけずにそのまま表記した JIS/ISO方式が採られているかを調べる。

#### 【観点 D】 文字式での単位

文字を含んだ式において、単位をどのように扱っているかについて、下記のようなタイプに分類して考える。D1)、D2)については2.2節で説明した通りである。D3)～D5)については本文での文字の説明と式中とのそれぞれの単位の扱いによって命名した。

D1) JIS/ISO 量方程式方式

$$\text{電圧 } V、\text{電流 } I、\text{抵抗 } R \text{ の関係は、} R = \frac{V}{I}$$

D2) JIS/ISO 数値方程式方式

電圧  $V$ 、電流  $I$ 、抵抗  $R$  をそれぞれ  $V$ 、 $A$ 、 $\Omega$  の単位で表わした数値、

$$\text{電圧 } V/V、\text{電流 } I/A、\text{抵抗 } R/\Omega \text{ の関係は、} R/\Omega = \frac{V/V}{I/A}$$

D3) 両〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V[V]、\text{電流 } I[A]、\text{抵抗 } R[\Omega] \text{ の関係は、} R[\Omega] = \frac{V[V]}{I[A]}$$

D4) 本文〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V[V]、\text{電流 } I[A]、\text{抵抗 } R[\Omega] \text{ の関係は、} R = \frac{V}{I}$$

D5) 式〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V、\text{電流 } I、\text{抵抗 } R \text{ の関係は、} R[\Omega] = \frac{V[V]}{I[A]}$$

また、中学校の教科書では、文字の代りに量の名称を用いて公式を記す場合もある。その場合には、

D6) 名称無単位方式                      抵抗 =  $\frac{\text{電圧}}{\text{電流}}$

D7) 名称〔単位〕方式                      抵抗〔 $\Omega$ 〕 =  $\frac{\text{電圧}[V]}{\text{電流}[A]}$

のように整理することにする。なお、D3)～D5)、D7) において、〔〕でなく( )を用いた方式は、番号に'をつけ、対応する方式の〔単位〕の部分(単位)に代えた名前で表わすことにする。

**【観点 E】物理量と単位に関する記述**

高等学校の物理、化学の教科書については、量と単位の関係についての記述があるか、ある場合はどのように述べられているか、また JIS/ISO の考え方との関係はどうかなどを調査対象とした。

**3.2 小学校算数の教科書**

来年度から使われる新指導要領版平成 13 年 1 月検定済の見本本 2 種類について、上記の観点 A～C の 3 項目を調べたところ、下記の通りであった。

平成 13 年検定本 東京書籍「新しい算数」<sup>10)</sup>

**【A】** 計算式中の単位：基本は、例えば 5 上 p. 70、p. 84 等に見られるように、無単位方式であるが、一部に末尾(単位)方式も使われている(5 上 p. 20 下右、p. 65 中程)。

**【B】** 表およびグラフ：表(例えば 6 下 p. 5 等)、グラフ(例えば 6 下 p. 10 等)、数直線(例えば 5 上 p. 20 等)いずれも(単位)方式である。



【C】単位間の関係式：3下p. 33に見られるように、JIS/ISO方式である。

平成13年検定本 学校図書「みんなと学ぶ 小学校 算数」<sup>11)</sup>

【A】計算式中の単位：5年上p. 20のような無単位方式と、5年上p. 70、p. 72のような末尾（単位）方式が共存している。加算の場合には3年下p. 56のようにJIS/ISO方式も見られる。

【B】表およびグラフ：表（例えば6年下p. 32等）、グラフ（例えば6年下p. 40等）、数直線（例えば5年上p. 19等）すべて（単位）方式である。

【C】単位間の関係式：3年下p. 54に見られるように、JIS/ISO方式である。

現行の平成11年検定本についても、基本的に同様で、東京書籍「新訂新しい算数」<sup>12)</sup>、大阪書籍「小学算数」<sup>13)</sup>、大日本図書「新訂たのしい算数」<sup>14)</sup>、学校図書「小学校算数」<sup>15)</sup>、教育出版「算数」<sup>16)</sup>、啓林館「新版算数」<sup>17)</sup>の6種いずれについても、

【A】計算式中の単位：基本は無単位方式で、一部に末尾（単位）方式も使われている。無単位方式が使われている場合は最後に「答え」として単位をつけた解答が改めて書かれる場合に多く、末尾（単位）方式が使われている場合にはそのような「答え」が改めて書かれない、あるいは省略した場合に、単位がないと不都合なので便宜的につけたという印象が強い。

【B】表およびグラフ：表、グラフ、数直線いずれも例外なく（単位）方式である。

【C】単位間の関係式：いずれも例外なくJIS/ISO方式である。

となっている。これは上記の平成11年検定本、平成13年検定本にとどまらず、近年の小学校算数の教科書に共通しており、表記の形式としてはかなりの統一性と一貫性が見られる。

検定年次を昭和33年告示小学校学習指導要領の時代まで溯って行くと、上記の表記の様式とは異なるものが目につくようになる。

昭和42年改訂検定本 日本書籍「小学算数」<sup>18)</sup>

【A】計算式中の単位：5下p. 45では単位上付方式が用いられている。これは戦前～戦中の教科書等でしばしば用いられていた形式<sup>19)</sup>を受け継いだものと思われる。この方式は、他に例えば、5下p. 32、67、103、6上p. 104、3下p. 41などに見られる一方、末尾（単位）方式も6上p. 54の  $5 \times 5 \times 3.14 \times 10 = 785(\text{cm}^3)$  のように見受けられる。6上p. 26-29を見る限りでは、円は単位上付きで表示されているのに対し、l、g、 $\text{m}^2$  等については単位が表示されていない。

【B】表およびグラフ：表については例えば6下p. 101のように（単位）方式である。グラフについては6下p. 83、100等のように裸単位方式である。

また、同一出版社の教科書について、【A】計算式中の単位：を経年的に見ると、

昭和 45 年検定本 啓林館「算数 6 年上」<sup>20)</sup>、昭和 48 年改訂検定本 啓林館「改訂 算数 6 年上」<sup>21)</sup>、ではいずれも

$$60 \text{ g} \times \frac{2}{3} = 60 \text{ g} \div 3 \times 2 = 40 \text{ g}$$

のような JIS/ISO 方式となっているのに対し、同じ問題の解が、昭和 51 年検定本 啓林館「新訂 算数 6 年上」<sup>22)</sup>では、

$$60 \times \frac{2}{3} = 60 \div 3 \times 2 = 40$$

のような無単位方式に「後退」している。

### 3.3 小学校理科の教科書

小学校理科については、定量的扱いは表、グラフにとどまっており、式を立てて計算を行なうことはほとんどない。従って上記の【B】表およびグラフ：の項目のみが調査対象となる。来年度から使われる新指導要領版平成 13 年 1 月検定済の見本本 3 種類についての結果は下記の通りであった。

平成 13 年検定本 東京書籍「新しい理科」<sup>23)</sup>

グラフは（単位）方式である（4 上 p. 23、4 下 p. 2、35、5 上 p. 10-11、5 下 p. 30）。但し、3 p. 36 のグラフには裸単位方式、6 上 p. 43、6 下 p. 39 の表では各個単位方式が見られた。

平成 13 年検定本 大日本図書「たのしい理科」<sup>24)</sup>

表については多くが各個単位方式である（4 上 p. 33、4 下 p. 8、32、5 下 p. 38、41、50-51、6 下 p. 33）。（単位）方式の表は 4 下 p. 43 のものしか見当たらなかった。グラフについても各個単位方式が圧倒的で（3 p. 5、32、4 上 p. 25、4 下 p. 44、5 上 p. 18-19、5 下 p. 41）、（単位）方式の図は 5 上 p. 14 と 15 の間の折り込み頁の降水量の図だけであった。

平成 13 年検定本 学校図書「みんなと学ぶ 小学校 理科」<sup>25)</sup>

表の多く（4 年上 p. 32、5 年下 p. 7、6 年上 p. 13 等）とグラフの全部（3 年 p. 17、4 年上 p. 33、39、4 年下 p. 30、5 年下 p. 8-9 等）が（単位）方式である。表の一部に各個単位方式が見られた（3 年 p. 15、5 年下 p. 51）。

現行の平成 11 年検定本についても全 6 社分、東京書籍「新訂新しい理科」<sup>26)</sup>、大日本図書「新訂たのしい理科」<sup>27)</sup>、学校図書「みんなと学ぶ：小学校理科」<sup>28)</sup>、教育出版「理科」<sup>29)</sup>、信濃教育会出版部「新しい理科」<sup>30)</sup>、啓林館「新版理科」<sup>31)</sup>について調査したところ、表は各個単位方式と（単位）方式の両方があり、その比率は出版社によって異なる。グラフは（単位）方式が主流ではあるが、特に 3 年用では各個単位方式もかなり見られた。

### 3.4 中学校理科の教科書

来年度から使われる新指導要領版平成13年2月検定済の見本本3種類について、上記の観点A、B、Dの3項目を調べたところ、下記の通りであった。

平成13年検定本 東京書籍「新しい科学」<sup>32)</sup>

【A】計算式中の単位：1分野上 p.104、107、1分野下 p.39 など、見出された式はすべて全部〔単位〕方式であり、それ以外の方式は見つからなかった。

【B】表およびグラフ：表、グラフとも、各分野を通して〔単位〕方式が圧倒的（例えば表では1分野上 p.129、1分野下 p.28、2分野下 p.10 など、グラフでは1分野上 p.78、1分野下 p.29、2分野下 p.6 など）である。例外的なものとして、（単位）方式（表では1分野下 p.32、2分野下 p.3、5、グラフでは1分野下 p.97）あるいは、各個単位方式（表では2分野上 p.52、2分野下 p.23、グラフでは2分野上 p.66の図の横軸）、第1行方式の表（2分野上 p.59、108）などがある。

【D】文字式での単位：D7) 名称〔単位〕方式（1分野上 p.32 圧力の式、p.122 オームの法則の電圧の式、1分野下 p.37 速さの式、2分野下 p.10、25 湿度の式）が主流で、D4) 本文〔単位〕方式（1分野上 p.105 オームの法則）もあった。他の形式は見つからなかった。

平成13年検定本 大日本図書「中学校 理科」<sup>33)</sup>

【A】計算式中の単位：式の計算は少ないが、見出された1分野上 p.103、1分野下 p.40、41、2分野下 p.3 ではいずれも JIS/ISO 方式となっていた。2分野下 p.10の図5中の式は、 $17.3 - 9.4 = 7.9 \text{ g}$ の形で、末尾裸単位方式となっている。全部〔単位〕方式は見られなかった。

【B】表およびグラフ：表、グラフとも、各分野を通して〔単位〕方式が圧倒的（例えば表では1分野上 p.82、1分野下 p.35、2分野下 p.23 など、グラフでは1分野上 p.52、1分野下 p.32、2分野上 p.52、2分野下 p.10 など）である。例外的なものとして、（単位）方式（表では1分野上 p.6、12、グラフでは1分野上 p.118）および表の各個単位方式（1分野上 p.101、102）があった。

【D】文字式での単位：各方式が混在している。D7) 名称〔単位〕方式、（1分野上 p.30 圧力の式、1分野下 p.47 距離の式、2分野下 p.10 湿度の式）または D7') 名称（単位）方式（1分野上 p.103 オームの法則）が多いが、JIS/ISO 方式に近い D6) 名称無単位方式、（1分野下 p.40 速さの式、2分野上 p.67 欄外地震波の伝わる速さの式）もある。文字を用いた式は D4) 本文〔単位〕方式、（1分野上 p.103 オームの法則）があった。

平成13年検定本 学校図書「中学校 理科」<sup>34)</sup>

【A】計算式中の単位：全部〔単位〕方式（1分野上 p.101、1分野下 p.37）、全部（単位）方式（1分野上 p.100、1分野下 p.37）、末尾〔単位〕方式（1分野

下 p. 37)、末尾(単位)方式(2分野下 p. 6)、末尾裸単位方式(2分野下 p. 6)など、多方式が混用されており、統一は見られない。

【B】表およびグラフ：表、グラフとも〔単位〕方式が優勢(例えば表では1分野上 p. 52、1分野下 p. 28、2分野下 p. 32、80 など、グラフでは1分野上 p. 55、1分野下 p. 28、2分野上 p. 49、2分野下 p. 6 など)であるが、第2分野では(単位)方式もかなり見られ(例えば表では2分野下 p. 6、22、24 上、78 など、グラフでは2分野下 p. 67)、各個単位方式(2分野上 p. 77)、第1行方式(2分野上 p. 68)もある。

【D】文字式での単位：基本的に D7) 名称〔単位〕方式(1分野上 p. 23 音の速さの式(但し左辺は無単位)、p. 32 圧力の式、1分野下 p. 36 速さの式、2分野下 p. 7 湿度の式)によっている。文字を使った場合は、D1) JIS/ISO 量方程式方式(1分野上 p. 101 オームの法則)が見られるが、そのすぐ前では D3) 両〔単位〕方式(1分野上 p. 100 オームの法則)によっており、JIS/ISO 方式に従おうとはっきり意図していたかは疑問である。

現行の平成 11 年検定本についても全 5 社分、東京書籍「新編新しい科学」<sup>35)</sup>、大日本図書「新版中学校理科」<sup>36)</sup>、学校図書「中学校理科」<sup>37)</sup>、教育出版「中学理科」<sup>38)</sup>、啓林館「新訂理科」<sup>39)</sup>について調査した。

【A】計算式中の単位：東書本、啓林館本では全部〔単位〕方式が主流で、大日本本では JIS/ISO 方式であった。教出本は両者の混用、学図本は全部(単位)方式、末尾(単位)方式、JIS/ISO 方式が混じっていた。末尾〔単位〕方式は啓林館本に 1 個所だけ見られたが、いずれにしても末尾にだけ単位をつけるのは多くはなかった。

【B】表およびグラフ：学図本のみ、表、グラフとも(単位)方式にほぼ統一されており、それ以外の 4 社本では〔単位〕方式が圧倒的であった。表の各個単位方式もわずかではあるが見られた。上に見たように平成 13 年検定学図本では〔単位〕方式が優勢な状況へと変化しており、他社にならっての方針転換を推測させる。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式では、学図本は基本的に D7) 名称(単位)方式であるのに対し、教出本、東書本、啓林館本では基本的に D7) 名称〔単位〕方式であった。大日本本では JIS/ISO 方式に近い D6) 名称無単位方式、D7) 名称〔単位〕方式、D7) 名称(単位)方式が混在していた。文字を使った式は第一分野下の電気と電流の部分に限られているが、東書本と大日本本では D4) 本文〔単位〕方式、教出本では D3) 両〔単位〕方式、啓林館本では両者が混在していた。また学図本では本文中では(単位)、式中では〔単位〕の変則的な形式であった。

### 3.5 高等学校化学の教科書

現行の平成9年1月検定の高等学校化学の教科書のうち、定量的な記述にも重きを置いていると判断される下記の9種類<sup>40-48)</sup>について、上記の観点A、B、D、Eの4項目を調べた。

平成9年検定本 東京書籍「化学IB」<sup>40)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 29 例題2の解をはじめ、多数は末尾〔単位〕方式である。しかし p. 138 の例題1の解のように全部〔単位〕方式も散見される。あとはごく例外的に p. 111 図6中のような無単位方式があった。これら以外の形式は見つからなかった。ところで、p. 70 例題1の解答は末尾〔単位〕方式であるが、同じ問題である旧版、平成5年検定本<sup>49)</sup> p. 67の例題1の解答では末尾裸単位方式であった。単位を〔 〕で囲むという方式で統一しようという意図が伺える。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 63 表1、グラフは例えば p. 63 図6のように、いずれも〔単位〕方式に統一されており、他の形式は見つからなかった。

【D】文字式での単位：p. 85のようなD7) 名称〔単位〕方式がかなり多い。p. 67(1)式(ボイルの法則)のようなD1) JIS/ISO量方程式方式、p. 71(11)式のようなD4) 本文〔単位〕方式も少しあった。

【E】物理量と単位に関する記述：見出せなかった。

平成9年検定本 実教出版「化学IB 新訂版」<sup>41)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 58 例題2のようなJIS/ISO方式が主流であった。p. 97の例題4の解のような未知数を含む式に一部無単位方式が見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 58 表16、グラフは例えば p. 11 図5のように、いずれも〔単位〕方式が主流であるが、p. 46 表13などの一部の表に(単位)方式が見られた。

【D】文字式での単位：p. 83のようなD4) 本文〔単位〕方式、p. 60のようなD3) 両〔単位〕方式、p. 82(2・3)式(ボイルの法則)のようなD1) JIS/ISO量方程式方式、が混用されている。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 314 付録8の国際単位系についての説明の表3の脚注として、

SIの記法では、物理量=数値×単位であるから、 $t/^\circ\text{C}$ 、 $T/\text{K}$ の $t$ 、 $T$ はたんに数値を表す。

と出ている。しかしながらこの記述は前段については不正確、後段については誤りである。確かにSIは物理量=数値×単位を基盤にしているが、SIの文書<sup>50)</sup>にはこれは含まれていない。また、 $t$ や $T$ は物理量で、 $t/^\circ\text{C}$ や $T/\text{K}$ が数値(=物理量÷単位)であることは改めて言及するまでもない。

平成9年検定本 三省堂「詳説化学IB 改訂版」<sup>42)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 74 例題の解のような末尾（単位）方式が主流であるが、p. 44 例題の解のような全部（単位）方式、p. 68 のような JIS/ISO 方式、さらには p. 124 例題の解のような未知数を含む式において無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 63、グラフは例えば p. 55 図 6 のように、いずれも（単位）方式が主流であるが、p. 61 図 B のような裸単位方式、p. 178 図 13 のような〔単位〕方式、などが一部混用され、p. 91 図 C では横軸が（単位）方式、縦軸が JIS/ISO 方式という混乱ぶりであった。ちなみにこの縦軸が今回の調査の中で見かけたグラフにおける唯一の JIS/ISO 方式であった。

【D】文字式での単位：p. 73 (16)、(17)式のような D4) 本文〔単位〕方式、p. 66 (4) 式のような D5) 式〔単位〕方式、p. 64 (1)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 85 のような D7) 名称（単位）方式、が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 啓林館「高等学校 化学IB 改訂版」<sup>43)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 50 例題 3 の解のような全部〔単位〕方式が主流であるが、p. 235 例題 1 の解のような末尾〔単位〕方式も若干見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 121 表 7、グラフは例えば p. 68 図 7 のように、いずれも〔単位〕方式にほぼ統一されていた。一部 p. 58 のような各個単位方式もあった。

【D】文字式での単位：p. 80 (16)式のような D4) 本文〔単位〕方式、p. 74 (2)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 49 (7)式のような D7) 名称〔単位〕方式、が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 啓林館「高等学校 標準 化学IB 改訂版」<sup>44)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 62 例題 5 の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 95 例題 4 の解のような全部〔単位〕方式もかなり見られた。また、p. 86 例題 2 の解のような未知数を含む式において無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 88 表 2、グラフは例えば p. 76 図 3 のように、いずれも〔単位〕方式に統一されていた。

【D】文字式での単位：p. 87⑫式のような D4) 本文〔単位〕方式、p. 82③式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 83⑤、⑥式のような変則的な本文裸単位方式の混用などが見られた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 数研出版「改訂版 高等学校 化学IB」<sup>45)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 74 例題 1 の解のような JIS/ISO 方式に統一されている。

【B】表およびグラフ：表は例えばp. 65 表 2-1、グラフは例えば p. 67 図 2-11 のように、いずれも（単位）方式にほぼ統一されていた。一部に p. 77 図 2-15 のような〔単位〕方式もあった。

【D】文字式での単位：p. 123 (40式のようなD4) 本文〔単位〕方式、p. 73 (8式のようなD3) 両〔単位〕方式、p. 70 (1)式（ボイルの法則）のようなD1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 87 1. 6、9、12 のようなD7) 名称（単位）方式、が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 297 本文の資料 3. 物理量の単位の示し方と計算例 として、

単位のついた量を物理量という。すなわち、物理量は数値と単位の積である。たとえば、モル濃度 1.0 mol/l という物理量は、数値 1.0 と単位 mol/l との積である。したがって、同じひとつの物理量でも、単位を変えると数値も変化する。

物理量どうしを計算するときには、数値の計算と同時に、単位の計算も行う。

とある。この記述は妥当である。また JIS/ISO 方式の計算例が示されており、これも、一部の文字に〔単位〕をつけた点を除けば適切である。しかしながら、〔単位〕に関連して p. 70 の脚注に

体積、温度などのような物理量を記号  $v$ 、 $t$  などで表すとき、これらの物理量に含まれる単位を必要があれば角かっこに入れて表す。

と書かれている。このような説明では  $v$ 、 $t$  等を物理量と解釈していることは分るが、 $v$  [l]、 $t$  [°C] 等が〔 〕内の単位で表したときの数値の意味なのか、物理量そのものかはっきりしない。もし後者の解釈であれば、そもそも単位に無関係な物理量になぜ特定の単位をつけるのかという理由が不明である。

ちなみに、この本の旧版である平成 5 年検定本<sup>51)</sup>の p. 300 には、上に引用した p. 297 の記述の 2 つの段落の間に、もう一つ次のような段落が入っていた。

物理量を一般に記号で表すとき、たとえばモル濃度  $M$  の溶液、体積  $v$  の気体などという場合は、 $M$  や  $v$  の中にそれぞれ単位も含まれている。その物理量に含まれている単位を  $M$  [mol/l] や  $v$  [l] などのように、〔 〕の中に入れて示すことがある。

これが新版で削除されたのは当然と言えよう。ついでに p. 70 の脚注も削除すべきであった。JIS/ISO 方式に立つ場合、因習的な〔単位〕方式と妥協する余地はない。妥協的な解釈すると、JIS/ISO 方式から見ても因習派から見ても受け入れがたい記述となり、かえって混乱する。このような因習とはっきり決別しない限り、JIS/ISO 方式が正当に評価されることはない。

平成 9 年検定本 数研出版「高等学校 精解 化学IB」<sup>46)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 87 例題 2 の解のような JIS/ISO 方式にほぼ統一されている。例外的に p. 53、1. 8 のような末尾（単位）方式が見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 78 表 2-1、グラフは例えば p. 76 図 2-7 のように、いずれも（単位）方式で統一されていた。

【D】文字式での単位：p. 82 (2)式のような D4) 本文〔単位〕方式、p. 85 (9)式のような D3) 両〔単位〕方式、p. 55 1.7 のような D3') 両（単位）方式、p. 82 (1)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 57 1.7 のような D6) 名称無単位方式、p. 93 (19)式のような D7') 名称（単位）方式などが多種が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 数研出版「改訂版 新編 化学IB」<sup>47)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 89 例題 2 の解のような JIS/ISO 方式に統一されている。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 79 表 2-1、グラフは例えば p. 77 図 2-8 のように、いずれも（単位）方式でほぼ統一されているが、p. 137 のような各個単位方式の表もあった。

【D】文字式での単位：p. 84 (3)式のような D4) 本文〔単位〕方式がかなり多く、p. 168 (7)式のような D3) 両〔単位〕方式、p. 59 (4)式のような D3') 両（単位）方式、p. 83 (1)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 96 (15)式のような D7') 名称（単位）方式など多種が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 第一学習社「高等学校 改訂 化学IB」<sup>48)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 51 例題 1 の解のような末尾（単位）方式が主流であるが、p. 52、1. 17 のように本文の説明に組み込まれた式の中には全部（単位）方式も若干見られた。p. 137 例題 3 の解のような未知数を含む式において無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 11 表 1、グラフは例えば p. 76 図 9 のように、いずれも（単位）方式に統一されていた。

【D】文字式での単位：p. 81 (2)式のような D4') 本文（単位）方式に加えて、p. 81 (1)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 95 のような D7') 名称（単位）方式、が混用されていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

### 3.6 高等学校物理の教科書

現行の平成 9 年 1 月検定（一部は平成 5 年 2 月検定）の高等学校物理の教科書のうち、定量的な記述にも重きを置いていると判断される下記の 8 種類<sup>52-59)</sup>につ



いて、上記の観点 A、B、D、E の 4 項目を調べた。

平成 9 年検定本 東京書籍「物理IB」<sup>52)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 31 例題 3 の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 43 例題 1 の解のような末尾裸単位方式、p. 25 例題 1 のような無単位方式、さらには p. 287 (17)式のような全部〔単位〕方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 29 表 1、グラフは例えば p. 19 図 2 のように、いずれも〔単位〕方式でほぼ統一されているが、p. 88 のような各個単位方式の表も例外的に見られた。

【D】文字式での単位：p. 20 (1)、(2)式のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、本文の〔単位〕は同じ文字が再度出た場合に省略されていることが多いので、p. 21 (4)、(5)のように D1) JIS/ISO 量方程式方式と見える場合もある。また、p. 131 (13)式のような D5) 式〔単位〕方式も例外的に見出された。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 実教出版「物理IB 新訂版」<sup>53)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 176 例題 3 の解のような JIS/ISO 方式にほぼ統一されているが、一部に p. 86 例題 11 の解のような未知数を含む式における無単位方式、p. 218 例題 1 の解のような末尾裸単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 255 表 2、グラフは例えば p. 52 図 45 のように、いずれも〔単位〕方式にほぼ統一されているが、p. 123 表 1 のような（単位）方式の表も若干見られた。

【D】文字式での単位：基本的には p. 194(3・26) 式のような D4) 本文〔単位〕方式であった。章の初めにおける単位未定義段階での p. 14 (1・1) 式のような、あるいは再出文字の〔単位〕の省略によると思われる p. 228 (4・9) 式のような、D1) JIS/ISO 量方程式方式もあった。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 三省堂「詳説 物理IB 改訂版」<sup>54)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 14 例題 1 の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 201 例題 8 の解のような全部〔単位〕方式、p. 112 1. 27-28 のような JIS/ISO 方式、p. 217 例題 1 の解のような未知数を含む式における無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：グラフは例えば p. 43 図 42 のような〔単位〕方式に統一されていた。表は例えば p. 250 表 2 のような〔単位〕方式主流ではあるが、p. 111 表 5 のような裸単位方式、p. 193 表 3 のような（単位）方式もあった。

【D】文字式での単位：基本的には p. 7(1)式のような D4) 本文〔単位〕方式であった。章の初めにおける単位未定義段階での p. 78 (4)式のような、あるいは生徒に単位の混乱がないと判断したための省略と推測される p. 190 (35a,b) のレ

ンズの公式、さらに再出文字の〔単位〕の省略など、各種の経緯によると思われる D1) JIS/ISO 量方程式方式もあった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 47 の本文中に、JIS/ISO の考えとは異なる下記の記述が見られた。(下線中川)

物理では、さまざまな量を取り扱う。これらの量は、数値にその量に固有な単位をつけて表す。

またこの注として、

これらの量を特に「物理量」という。ex. 「5 m」という物理量の場合には、「5」という数値に「m」という長さの単位が付いて、そのものの長さを表している。(下線中川)

とある。これが高校物理の教科書の著者の多くが考えているところなのかも知れない。ちなみに、この部分の記述は、改訂前の平成5年検定本<sup>60)</sup>では見当たらなかった。

平成9年検定本 啓林館「高等学校 物理IB 改訂版」<sup>55)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 85 例題1の解のような末尾〔単位〕方式が大部分を占めるが、p. 99 1.23のような全部〔単位〕方式、p. 92 例題3の解のような未知数を含む式における無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 118 表2、グラフは例えば p. 40 図4のように、いずれも〔単位〕方式に統一されていた。

【D】文字式での単位：基本的には p. 14 (2)式のような D4) 本文〔単位〕方式であった。章の初めにおける単位未定義段階での p. 48 (9)式のような、あるいは気圧の単位を特定するのに抵抗があるためかと窺わせる p. 120 (10)式のボイルの法則の式のような、D1) JIS/ISO 量方程式方式もあった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 50 1.13-15に、JIS/ISOの考えとは微妙に異なる下記の記述が見られた。

物理量は、基準となる量、すなわち単位量の何倍であることを示す数値に単位記号をつけて表される。同じ量でも、単位のとおり方によって数値が異なる。(下線中川)

とある。せっかく物理量が単位量の数値倍ということを述べながら、後半で尻すぼみの感をうける。ちなみに、改訂前の平成5年検定本<sup>61)</sup>でも全く同じ記述が見られる。

平成9年検定本 啓林館「高等学校 標準 物理IB 改訂版」<sup>56)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 19 例題1の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 254 例題1の解のような全部〔単位〕方式も特に電磁気分野でかなり見られた。p. 18 1.5のような末尾裸単位方式、さらには p. 257 例題2の解のような未知数を含む式における無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 27 表 3、グラフは例えば p. 14 図 4 のように、いずれも〔単位〕方式に統一されていた。

【D】文字式での単位：p. 19⑦式のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、p. 213①式のクーロンの法則などのように章の最初の単位未定義段階での一般法則は D1) JIS/ISO 量方程式方式で表現されている場合もある。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 数研出版「改訂版 高等学校 物理IB」<sup>57)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 54 例題 7 の解のような無単位方式が主流であるが、p. 18 例題 1 の解のような末尾（単位）方式、p. 10 1. 15-16 のような末尾裸単位方式、p. 10 図 3 中のような JIS/ISO 方式も見られた。ここで指摘しておきたいのは、p. 61 1. 8 の本文中に組み込まれた

地上に達したときの速さを  $v$  [m/s] とすると、p. 25、(1)式より

$$v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 100} \approx 44(\text{m/s}) \text{ となる。}$$

のような末尾（単位）方式の式は、平成 5 年検定の旧版<sup>62)</sup> p. 56 1. 17では、

地上に達したときの速さは約 44m/s になるが（以下略）

となっていて、単に結果の数値のみの場合には単位に（ ）をつけないが、式としてつながっている場合にはつけているということである。これは教科書執筆者の習慣あるいは心理を示している点で興味深い。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 235 表 2、グラフは例えば p. 232 図 27 のように、いずれも（単位）方式が主流であるが、p. 24 練習 4 中の図のような〔単位〕方式も一部に見られる。

【D】文字式での単位：p. 9 (1)、(2)式のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、p. 109 (1)式（ボイルの法則）のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 65 1. 9 のような D3) 両〔単位〕方式、も見られた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成 9 年検定本 第一学習社「高等学校 改訂 物理IB」<sup>58)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 20 例題 2 の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 56 例題 3 の解のような未知数を含む式における無単位方式、p. 122 図 21 下のような末尾（単位）方式、なども一部見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 117 表 1、グラフは例えば p. 25 図 17 のように、いずれも〔単位〕方式が主流であるが、p. 190 図 41 ような（単位）方式、p. 283 表 6 のような各個単位方式などが一部見られた。

【D】文字式での単位：p. 10 (1)、p. 11 (2)式のような D1) JIS/ISO 量方程式方式に統一されていた。このような方式は高校物理の教科書としては例外的であったので改訂前の平成 5 年検定本<sup>63)</sup>も調べたところ、全く同じ方式であった。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

平成5年検定本 学校図書「高等学校 物理 IB」<sup>59)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 63 例題の解のような末尾裸単位方式が主流であるが、p. 131 例題の解のような未知数を含む式において無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 127 表 2、グラフは例えば p. 62 図 4 のように、いずれも〔単位〕方式が主流であるが、p. 57 表のような(単位)方式、p. 147 図のような裸単位方式などが一部見られた。

【D】文字式での単位：p. 8 (2)式のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、章の初めにおける単位未定義段階での p. 6 (1)式のような D1) JIS/ISO 量方程式方式もいくつかあった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 306 l. 3 に、

物理量を数値で表すために、比較の基準として用いる量を単位という。

と記されている。これは、物理量＝数値×単位の考えに至る第一段階ではあるが、さらに進めて物理量＝数値×単位までの記述が望まれる。

#### 4. 初等中等教育における量・単位の取り扱いの問題点とそれへの対応

##### 4.1 問題点の分析と整理

以上の調査結果から分るように、初等中等教育における検定教科書において、JIS/ISO 方式による一貫した考え方に基づく表記は見られない。様々な表記方法が並立しており、一冊の教科書においてさえ表記法に不統一があるものが多かった。もし JIS/ISO 方式ではないにしても、一貫性と統一性のある量と単位についての考え方に基づくものがあるか高校化学と物理の教科書について入念に調査したが、そのような考え方は全く見出されなかった。量と単位についての説明は 2、3 あったが、それぞれの項で指摘したようにいずれも矛盾点を含んでいたり、その教科書における単位の表記方法と一貫性がなかったりした。森川ら<sup>7)</sup>は「日本算数方式」を「国際方式」(本稿では、制度上は日本の標準ともなったという気持ちも込めて JIS/ISO 方式と呼んだ)と対置しているが、上述のように、JIS/ISO 方式に対置できるような基盤となる考え方を持たない雑多な集合体を(下記のように問題の重要な背景として「算数」を命名に含めた点は評価したいが)「方式」と呼ぶことには賛成しがたい。

それらの表記方法の雑多な集合体の底流に小学校の算数に始まる「計算とは数値に対してするものだ」というイメージが刷込まれているのは確かである。数学では具体物の個数や量から数の概念を抽象する。そのとき具体物に密着した単位は捨象される。小学校算数において、主たる関心は数自体であり、具体物はそのための手段である。最近の小学校算数の教科書を見ると明らかなように、6l の油や 1 m 80 円のリボン、小数や分数の乗除法を導くための道具になっている。従って立式の際に単位は切り捨てられる。単位を式に書き加えることは伝統的な

算数教育では禁じられていたと遠山<sup>64)</sup>は言う。それでも以前には「参考程度」に上付添字で書かれたり括弧書きされたりすることもあった（森川ら<sup>7)</sup>は付箋方式と呼んだ）が、3.2節で実例を見た通り、今では消滅してしまった。

理科での関心事は抽象的な数そのものではなく、具体的な物理量である。しかし上記の刷込みが強いと、JIS/ISO方式のように単位を式の中に直接入れることには抵抗がある。中学校や高等学校の理科教科書で主流となっている計算式あるいは末尾だけに〔単位〕や（単位）をつける方式が現われる原因である。表の欄の説明やグラフの軸と目盛の説明にも〔単位〕や（単位）の形で現われるようになる。一方、単位を軽視して数値ばかりに注意を注ぐような刷込みをうけてきた生徒達は、同じ次元の異なる単位(例えば m と cm など)を混用しても単位は入れずに数値だけ計算するので、誤りをおかす。そこで教える側の対策として、それぞれの物理量の単位を特定の単位に換算してから計算するようにさせようと、本来単位に関係ない物理量そのものの名称や記号に〔単位〕や（単位）をつけるようになったと推測される。

具体例として、「72 km/h の速さで進む車が 2 秒で進む距離を求めよ。」という問題に対し、

ア) 公式 距離〔m〕＝速さ〔m/s〕×時間〔s〕 が与えられた中学生は、

速さは 72 km/h だけれども、この公式の単位は m/s になっているから直さないといけないな。えーと 1 時間は 60 分で……中略……で速さが 20 m/s だ。時間は 2 秒だからそのままよし。で、公式に入れると、 $20 \times 2 = 40$  だ。おっと、答えに単位を忘れちゃ零点なんてあいついつも言ってるよな。で答えの単位はえーと公式を見ると、あ、〔m〕だ。 $20 \times 2 = 40$ 〔m〕と、答え 40 m これでよし。

イ) 同じ中学生が 距離＝速さ×時間 の形で公式を与えられると、

単位が書いてないからそのままやっちゃえ。 $72 \times 2 = 144$  で、単位はなんだか分らんや。零点にされちゃかなわんな。問題の中の km は距離の単位だから、それにしとこ。答え 144 km

ウ) 距離＝速さ×時間 の形で公式を与えられた、JIS/ISO によって期待される人間は、

速さ＝72 km/h、時間＝2 s を代入して、距離＝72 km/h × 2 s と。ここで、h＝60 min に min＝60 s を代入して h＝60 × 60 s＝3600 s、また km＝1000 m、この 2 つの式を最初の式に代入して、

$$\begin{aligned} \text{距離} &= 72 \times 1000 \text{m} \div (3600 \text{s}) \times 2 \text{s} \\ &= (72 \times 1000 \times 2 \div 3600) \times (\text{m} \times \text{s} \div \text{s}) = 40 \text{m} \text{ と。 } \quad \underline{\text{答え } 40 \text{ m}} \end{aligned}$$

のように計算するのではないか。

距離＝速さ×時間 の形の公式で、本来はウ) のように使うべきなのに、無単

位を刷込まれた中学生は恐らくイ)のように間違えてしまう。そこで対症療法的に公式に〔単位〕をくっつけて、ア)のように解かせて、めでたしめでたしのだろう。本来は単位軽視を 物理量=数値×単位 の考えに基づいて修正しなければいけないのに、大本を正さずに公式に安易に〔単位〕をくっつけてその場をしのいでいると思える。中学校理科に広く見られる D7) 名称〔単位〕方式あるいは D7') 名称(単位)方式はこのような起源を推測させる。

あるいは、単位をつけない式を書く生徒に対し、「単位をつけなさい。」と言っている教師が、「じゃあ何でこの  $v$  とか  $l$  とか  $t$  とかには単位がついていないの?」と生徒から反問されて分らなくなり、ついつい単位をつけてしまったということも考えられる。高校化学、物理に広く見られる D4) 本文〔単位〕方式や D4') 本文(単位)方式はこのあたりに起源があるのかも知れない。

以上に考察したように、初等中等教育における量・単位の取り扱いの問題点は、小学校算数からの面と中学高校の理科の面との両面から分析していくのが適切と思われる。

## 4.2 小学校算数における問題点とそれへの対応

既に 4.1 節で述べたように、小学校算数に「計算とは数値に対してするものだ」あるいは「等式は数について成立しているのもので、量についてではない。」があり、式には単位を入れないのが普通となっている。それはそれで閉じた辻褄の合ったシステムとなっているように見えるが、実はそうではない。それは 3.2 節で調査したように、単位の換算関係を示す式を見れば分る。どの小学校算数の教科書を見ても単位の換算関係は  $1\text{ m} = 100\text{ cm}$  のように単位も付箋的書き方ではなく堂々と等式の両辺に入って JIS/ISO 方式で表わされている。このことから見ても、小学校算数において「量についての等式は書けない」という考えで一貫しているのでないことは明らかである。

そもそも、学校教育法第 18 条に述べられた小学校教育の目標の 5 番目、

日常生活に必要な数量的な関係を、正しく理解し、処理する能力を養うこと。

あるいは小学校学習指導要領<sup>65)</sup>の算数の目標、

数量や図形についての算数的活動を通して、基礎的な知識と技能を身に付け、日常の事象について見通しをもち筋道を立てて考える能力を育てるとともに、活動の楽しさや数理的な処理のよさに気付き、進んで生活に生かそうとする態度を育てる。

からも明らかなように、小学校算数が扱う対象を抽象的な数だけに限定することはできないことは明らかである。

量は算数の中では、直接比較、間接比較、任意単位(個別単位)の導入、普遍

単位の導入という4段階を経て単位を用いた数として表現される<sup>66)</sup>。

量の測定について、1951年の試案時代の小学校学習指導要領<sup>67)</sup>には、

測定は、量の大きさを、数で表わすための操作であるといえる。

と表現されている。また同時期の中学校高等学校学習指導要領の第IV章中学校数学科の指導内容の説明<sup>68)</sup>には、

測定とは、基準にとる量(単位)を決めておいて、ある量を基準の量と比較して、その何倍あるかという数値と基準の量とで、量を表わす手続である。

とある。この表現に異議を唱える人は恐らくいないであろう。そしてこの内容を式にすると、 $\text{量} = \text{数値} \times \text{基準の量(単位)}$ ということになる。小学校の算数でこれをそのまま説明することはできないが、教師としては、このJIS/ISOの出発点となる内容と、それに基づく表記方法が合理的で一貫した体系を成していることを、よく理解している必要がある。さもないと以下の表記法が何の意味もない単なる習慣という理解に終わってしまう。

小学生の段階でもきちんと教えておくべきことは、JIS/ISOに基づく単位の表記方法である。具体的な量を対象とする文章題の解答過程では、式は量の関係式、即ち数値だけでなく単位も併せた表記をする。また、表の標題、グラフの目盛の説明では、 $\text{量}/\text{単位}$ の形式にする。このような習慣を小学生の時代からしっかりつけておくことが、まず形から入るという視点から重要であると思う。但し、この表記法の背景に興味を持ち、理解できる子どもには基本となる量と単位と数値の関係を必要に応じて教えることも差し支えないであろう。

関連して述べておくべきことは、日本語の助数詞(個、人、本、枚など)の扱いについてである。これらはみな無次元の離散量につけられるもので普通には単位とは区別される<sup>69)</sup>。小学校算数ではこれらの助数詞のつく量を扱うことが多く、これらも単位に準じて扱い、例えば式において、 $12 \text{ 個} \div 3 \text{ 人} = 4 \text{ 個}/\text{人}$ とか、表の欄の見出しやグラフの軸の目盛の説明として、 $\text{人口}/\text{人}$ とか表現するのを小学校(場合によっては中学校)程度まで認めるのが混乱がないと思う。このような扱いは無論、厳密にはSIの考え方から外れるが、SIにおいて一部rad等のように無次元でも単位の使用が認められている場合があるので、限定的に使えばひどい矛盾や問題点を引き起こすことはないと考えたい。

#### 4.3 中学・高校理科における問題点とそれへの対応

3.5節、3.6節でも一部指摘したように、中高理科の教科書における量と単位の取り扱いには、いくつか混乱や矛盾などの問題点がある。これらの問題点は、JIS/ISOによる量と単位の取り扱いの基本である  $\text{物理量} = \text{数値} \times \text{単位}$  の表現方法から出発すればすべて論理的に解決できるし、逆にそれ以外には論理的で

合理的な解決はなさそうである。JIS/ISO 方式に従って、これまで物理量に付記してきた〔単位〕をなくすと、生徒は単位がますます分らなくなるという教師側からの批判も出そうであるが、逆に式の計算においては JIS/ISO 方式によればいつも単位をつけることになり、そちらの方からの効果を期待したい。

#### 物理量〔単位〕は何を表わしているのか

最大の混乱点は、物理量〔単位〕や数値〔単位〕の形で書かれたものが何を意味しているかということである。大部分の教科書では量と単位について全く言及していない。言及のあった4つの教科書、3.5節の実教出版「化学IB 新訂版」と数研出版「改訂版 高等学校 化学IB」、3.6節の三省堂「詳説 物理IB 改訂版」と啓林館「高等学校 物理IB 改訂版」、のいずれにおいても物理量〔単位〕や数値〔単位〕について筋の通った明解な説明はなかった。

まず公式中の物理量〔単位〕について考える。4.1節においてア)として述べた方式を  $\text{物理量} = \text{数値} \times \text{単位}$  の考えに立って見直すと、〔 〕内の単位で各物理量を表わした数値の計算をしていることになる。JIS/ISO 式に言えば、公式が実質的には数値方程式として扱われていることと同じである。即ち、公式中の  $\text{物理量}〔単位〕$  は、JIS/ISO での  $\text{物理量} / \text{単位}$  即ち指定の単位で表わしたときのその物理量の数値を意味していると解釈できる。また、表やグラフの見出しにおける物理量〔単位〕も同様に JIS/ISO での  $\text{物理量} / \text{単位}$  に対応すると考えればよさそうである。

一方、本文中の物理量〔単位〕を上記と同様に  $\text{物理量} / \text{単位}$  の数値として解釈すると不都合が起こる。例えば、「抵抗に流れる電流  $I〔A〕$ 」という表現は、電流と  $I〔A〕$  を等置していると解釈される。しかし上記のように  $I〔A〕$  を「物理量  $I$  を単位  $A$  で表わした時の数値」という解釈に立てば、電流という物理量を数値と等置していることになり不合理な表現となる。もし敢えて  $I〔A〕$  が「物理量  $I$  を単位  $A$  で表わした時の数値」という立場に立って表現するとすれば、「抵抗に流れる電流  $I$  を単位  $A$  で測った時の数値  $I〔A〕$ 」とでも表現しないとけないことになる。

#### 数値〔単位〕は何を表わしているのか

類似の書き方ながら、式中における数値〔単位〕は JIS/ISO に従って考えると、 $\text{数値} \times \text{単位}$  の意味に相当し、上記の公式中の物理量〔単位〕から類推される  $\text{数値} / \text{単位}$  ではない。

#### 文字で表現された未知数を含む式での単位の扱い

上記のような矛盾点が露呈するのが、文字で表現された未知数（未知量？）を含む式での単位の扱いである。3.5、3.6節においていくつもの教科書の【D】の項目で通常の計算では全部〔単位〕方式であるのに、文字を含む場合のみ無単位方式となるようなケースが見られた。文字は通常は物理量を表わす記号として



用いられるが、数値を表わすとしても JIS/ISO 方式ではそれぞれ矛盾なく処理できる。例えば、

「273K、 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  $1 \text{ dm}^3$  を占める理想気体が 373K、 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$  で占める体積は？」という問題に対して、

- ・体積を  $V$  とおく（文字を物理量として扱う）と、

$$\frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1 \text{ dm}^3}{273 \text{ K}} = \frac{2 \times 10^5 \text{ Pa} \times V}{373 \text{ K}}$$

よって

$$V = \frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 373 \text{ K} \times 1 \text{ dm}^3}{2 \times 10^5 \text{ Pa} \times 273 \text{ K}} = 0.683 \text{ dm}^3$$

- ・体積を  $V \text{ dm}^3$  とおく（文字を数値として扱う）と、

$$\frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1 \text{ dm}^3}{273 \text{ K}} = \frac{2 \times 10^5 \text{ Pa} \times V \text{ dm}^3}{373 \text{ K}}$$

よって

$$V = \frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times 373 \text{ K} \times 1 \text{ dm}^3}{2 \times 10^5 \text{ Pa} \times 273 \text{ K} \times \text{dm}^3} = 0.683$$

で、いずれも答えは  $0.683 \text{ dm}^3$  である。後者の場合には、両辺の単位がすべて消えるので、無単位の式とすることもできる。

公式を使って単位が定義される場合の最初の公式の表現

3.5 節の各教科書の【D】項目において、D4) 本文〔単位〕方式をとっている場合でも章の初めの部分では D1) JIS/ISO 量方程式方式となっている場合が多々あった。例えば仕事の SI 単位  $J$  は、仕事 = 力 × 移動距離 の式をもとに定義される。従って単位の説明に至る最初の段階では単位に関係ない式を出さざるを得ない。最初に単位の入らない式を出しておいて、その後改めて〔単位〕のついた式を出しているケースもあった。既にくり返し述べたように公式と言うものは本来、どのような単位をとるかに関わらず一般的に成立するものと考えられており、教科書の著者達もそう考えている筈である。しかし、目の生徒の計算法に辻褃を合わせるために公式を〔単位〕をくっつけて表現することによって、そのような公式の一般性を失わせることになっているだけでなく、このような無駄も生んでいる。

種々の単位が併用され得る場合の公式の表現

3.4、3.5 節を通じて、ボイルの法則は他の式の表現と異なり D1) JIS/ISO 量方程式方式となっている場合が散見された。これは圧力、体積ともに本来の SI 単位である  $\text{Pa}$ 、 $\text{m}^3$  を用いることよりも他の単位を用いることが多いというのが一つの原因かと思われる。ここでも、本来は特定の単位でなくても成り立つ公式を常に特定の単位と結び付けて表現する悪しき慣行から、本来の姿が例外的

になってしまっている。

#### 4.4 高等教育・専門の研究者の状況との関連

以上は初等中等教育における量と単位の扱いについて考察して来たが、最後にもう少し広い視点から、大学教育あるいは研究の現場等でどのように JIS/ISO 方式が受け入れられているかと関連させて考えてみたい。

化学と物理の研究分野を通観して、JIS/ISO 方式が最も普及しているのは、化学の中の物理化学系の分野であろう。物理化学では様々な視点から物理量を測定し、また量間の関係式を使って相互に結び付ける計算も多い。測定においては古くから様々な単位が用いられ、それらの換算にいつも煩わされてきた。そして量と単位で混乱を避けるための標準化には熱心であった<sup>8,9)</sup>。しかし化学全体として見るとそのような標準化の必要をさほど感じない分野も多いので、化学全体を平均すると余り進んでいないように思われる。一方、物理の研究者たちは単位というような物理の本質に関係しない部分に力を注ぐことには必ずしも熱心ではないというのが全体的な傾向のように思われる。そして JIS/ISO 方式を化学分野独特の方式であるような受け止められ方が強かったように思われる。

ここで再び高校教育に目を転ずると、単位の問題にいつも直面するのは物理の分野である。しかし専門の物理学者は上記のように単位の問題に必ずしも熱心とは言い難いので、高校教育のレベルで独自に当面の問題を解決する努力がされてきた結果が現状なのではないかと推測している。また高校化学においては、単位の問題は物理ほど切実ではなく、また化学者全体としても単位に関心が高いわけではないので、物理化学分野の研究者を中心に進んでいた動向とは無関係で進んできたのではなかろうか。

最後に、日本の物理学者もこのような問題に無関心ではなかったことをいくつかの実例で紹介して敬意を表するとともに、JIS/ISO 方式が化学分野独特の方式ではないということも併せて強調しておきたい。

(1) 筆者が高校時代に使った物理の演習書<sup>70)</sup>においては、計算の相当部分が現在の JIS/ISO 方式で示されていた。

(2) 筆者の学生時代の標準的だった理系 1 年生の物理学の教科書<sup>71)</sup>において、一つの物理量を表すのには、まずその基準となる大きさの量すなわち**単位**を適当に選び、その物理量がこの単位の何倍 (**数値**) にあたるかを示せばよい。すなわち、

$$\text{物理量} = \text{数値} \times \text{単位}$$

の関係で表わすことができる。

とはっきりと書かれていた。

(3) ベストセラー「理科系の作文技術」<sup>72)</sup>において木下は図の軸の説明、表の標題

の単位の記法に 量／数値 という方式を紹介している。

(4) 1993 年版以降の理科年表<sup>73)</sup>においては、物理／化学部の扉裏に、単位の表記法について言及があり、

単位の記法については国際的に推奨されている方式にしたがい、量そのものと、特定の単位で表した量の数値とを区別するようにした。例えば、密度を表す記号  $\rho$  は次元をもった量なので、単位との比  $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  が無次元の数値となり、その値が表中に書かれていることになる。

と記載されている。

## 5. 提言

以上の調査と考察に基き、次のような提言をして本稿のまとめに代える。

### (A) 小学校（算数・理科）段階

A 1) 教える側が、物理量＝数値×単位 の考え方と単位の積または商で新たな単位が組み立てられるということを十分に理解する。

A 2) 算数の文章題の立式とその計算過程ではいちいち JIS/ISO 方式に従った単位をつけて計算を行なう。無次元の日本語の助数詞（個、人、本、枚など）も単位と同様に扱う。

A 3) 算数・理科の表の欄の見出し、グラフの軸と目盛の説明においては、JIS/ISO の推奨する方式に従って物理量／単位の形式とする。その表記法の意味については説明しなくて良い。

### (B) 中学校（理科）段階

B 1) 小学校算数から引き続き、立式とその計算過程では JIS/ISO 方式に従った単位をつける。無次元の日本語の助数詞（個、人、本、枚など）は単位と同様に扱っても良いし、扱わないで無次元無単位としても良い。但し、一連の計算過程の途中でこれらの扱いが変わることのないようにする。

B 2) 小学校算数・理科から引き続き、表の欄の見出し、グラフの軸と目盛の説明において、JIS/ISO の推奨する方式に従い、必要に応じてその表記法の意味についても説明する。

B 3) 物理量の名称あるいは記号は物理量そのものを表わすという立場に立ち、理科における公式は量方程式で表現することを基本とする。特に必要があって数値方程式とする場合は、特定の単位で表した数値間の関係であることが明瞭になるように 物理量／単位、（即ち数値）を用いた式の形で表記する。

### (C) 高等学校段階

C 1) 物理量＝数値×単位 の考え方と単位の積または商で新たな単位が組み立てられるということを説明し、これまで小学校、中学校で従ってきた表記法が、そのような考え方に立脚していることを理解させる。

- C 2) 物理量の次元の考え方を説明し、日本語の助数詞は厳密には単位でないことを理解させる。
- C 3) 量方程式と数値方程式の区別を理解し、代数的な計算によるその相互変換などができるようにする。

## 謝辞

本稿で述べた JIS/ISO 方式の量と単位の扱いについて、著者は東京大学名誉教授・城西大学理学部教授の朽津耕三先生から長い年月にわたって多大のご教示を頂いてきた。ここに記してお礼を申し上げたい。また、平成 14 年度用教科書の見本本をご提供頂いた東京書籍、大日本図書、学校図書の各社に感謝する。

## 文献と註

- 1) (財) 日本規格協会編、「JIS Z 8202-0:2000 量及び単位 — 第 0 部 一般原則」日本規格協会 (2000).
- 2) ISO 31-0:1992 (E) Quantities and units—Part 0:General principles.
- 3) ISO 31-0:1992/Amd. 1:1998 (E) Quantities and units—Part 0:General principles AMENDMENT 1.
- 4) 佐藤直樹, 化学と教育, **46**, 569–573 (1998).
- 5) 青野修, 大学の物理教育, **2000-3**, 64 (2000).
- 6) 森川鐵朗・伊藤真人, 化学と教育, **49**, 523–524 (2001).
- 7) 森川鐵朗・西山保子, 上越教育大学研究紀要, **16**, 279–288 (1996), **17**, 365–375 (1997), 森川鐵朗・室谷利夫, 上越教育大学研究紀要, **19**, 67–81 (1999).
- 8) 日本化学会標準化専門委員会監修, 朽津耕三訳, 「物理化学で用いられる量・単位・記号」講談社サイエンティフィック (1991), p. 3–4.
- 9) I. Mills, T. Cvitas, K. Homann, N. Kallay, K. Kuchitsu, “Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry”, Blackwell Scientific Publications (1988), p. 3.
- 10) 杉山吉成・飯高茂・伊藤説朗ほか 32 名, 新しい算数 東京書籍 2001 検定 [3 下: 算数 302, 5 上: 算数 501, 6 下: 算数 602].
- 11) 一松信ほか 43 名, みんなと学ぶ 小学校 算数 学校図書 2001 検定 [3 年下: 算数 308, 5 年上: 算数 507, 6 年下: 算数 608].
- 12) 広中平祐・杉山吉茂ほか 36 名, 新訂新しい算数 東京書籍 (2000) [6 下: 算数 626 ほか].
- 13) 中原忠男ほか 24 名, 小学算数 大阪書籍 (2000) [6 年下: 算数 628 ほか].
- 14) 赤攝也・平岡忠ほか 16 名, 新訂たのしい算数 大日本図書 (2000) [6 下: 算数 630 ほか].

- 15) 一松信ほか 38 名, 小学校算数 学校図書 (2000) [6 年下: 算数 632 ほか].
- 16) 澤田利夫ほか 22 名, 算数 教育出版 (2000) [6 下: 算数 634 ほか].
- 17) 細川藤次・能田伸彦・清水静海ほか 29 名, 新版算数 啓林館 (2000) [6 年下: 算数 636 ほか].
- 18) 矢野健太郎ほか 24 名, 小学算数 日本書籍 1967 改訂検定 [3 下: 算数 3048, 5 下: 算数 5048, 6 上: 算数 6047, 6 下: 算数 6048].
- 19) 例えば, 海後宗臣 編, 日本教科書大系 近代編 第十四巻 算数 (五) 講談社 (1964) p. 192-193 に所収の第五期国定算数教科書 (太平洋戦争中の国民学校で使用された, いわゆる水色表紙本) の「初等科算数 七」p. 66, 67 は, 「単位上付方式」で問題が出題されている。ちなみに同覆刻本 p. 384 所収の第六期国定算数教科書 (戦後) の「算数 第五学年用下」p. 137, 138 では, JIS/ISO 方式となっている。
- 20) 塩野直道・橋本純次ほか 9 名, 算数 6 年上 新興出版社啓林館 1970 検定 [算数 6051] p. 26.
- 21) 塩野直道・橋本純次ほか 12 名, 改訂 算数 6 年上 新興出版社啓林館 1973 改訂検定 [算数 6111] p. 26.
- 22) 橋本純次・杉岡司馬・菊池兵一ほか 11 名, 新訂 算数 6 上 新興出版社啓林館 1976 検定 [算数 6161] p. 21.
- 23) 三浦登・奥井智久ほか 29 名, 新しい理科 東京書籍 2001 検定 [3: 理科301, 4 上: 理科 401, 4 下: 理科 402, 5 上: 理科 501, 5 下: 理科 502, 6 上: 理科 601, 6 下: 理科 602].
- 24) 戸田盛和・有馬朗人ほか 49 名, たのしい理科 大日本図書 2001 検定 [3: 理科 303, 4 上: 理科 403, 4 下: 理科 404, 5 上: 理科 503, 5 下: 理科 504, 6 上: 理科 603, 6 下: 理科 604].
- 25) 日高敏隆ほか 71 名, みんなと学ぶ 小学校 理科 学校図書 2001 検定 [3 年: 理科 305, 4 年上: 理科 405, 4 年下: 理科 406, 5 年下: 理科 506, 6 年上: 理科 605].
- 26) 三浦登・奥井智久ほか 28 名, 新訂新しい理科 東京書籍 (2000) [5 上: 理科 527 ほか].
- 27) 戸田盛和ほか 48 名, 新訂たのしい理科 大日本図書 (2000) [5 年上: 理科 529 ほか].
- 28) 日高敏隆ほか 71 名, みんなと学ぶ: 小学校理科 学校図書 (2000) [5 上: 理科 531 ほか].
- 29) 永野重史・養老孟司ほか 21 名, 理科 教育出版 (2000) [5 上: 理科 533 ほか].
- 30) 掛川一夫, 新しい理科 信濃教育会出版部 (2000) [5 年上: 理科 535 ほか].
- 31) 竹内敬人・武村重和・森一夫ほか 30 名, 新版理科 新興出版社啓林館 (2000) [5 年上: 理科 537 ほか].
- 32) 三浦登ほか 44 名, 新しい科学 東京書籍 2001 検定 [1 分野上: 理一 701, 1 分野下: 理一 702, 2 分野上: 理二 751, 2 分野下: 理二 752].

- 33) 戸田盛和ほか 47 名, 中学校理科 大日本図書 2001 検定 [1 分野上: 理一 703, 1 分野下: 理一 704, 2 分野上: 理二 753, 2 分野下: 理二 754].
- 34) 霜田光一・日高敏隆ほか 25 名, 中学校 理科 学校図書 2001 検定 [1 分野上: 理一 705, 1 分野下: 理一 706, 2 分野上: 理二 755, 2 分野下: 理二 756].
- 35) 上田誠也・三浦登・水野丈夫・綿拔邦彦ほか 48 名, 新編新しい科学 東京書籍 (1997) [1 分野下: 理一 712 ほか].
- 36) 戸田盛和ほか 36 名, 新版中学校理科 大日本図書 (1997) [1 分野下: 理一 714 ほか].
- 37) 霜田光一・沼田眞ほか 30 名, 中学校理科 学校図書 (1997) [1 分野下: 理一 716 ほか].
- 38) 細矢治夫・宮脇昭・藍尚禮・下野洋ほか 24 名, 中学理科 教育出版 (1997) [1 分野下: 理一 718 ほか].
- 39) 竹内敬人ほか 41 名, 新訂理科 啓林館 (1997) [1 分野下: 理一 720 ほか].
- 40) 長倉三郎・渡邊啓・竹内敬人ほか 18 名, 化学 I B 東京書籍 (1998) [化B 612].
- 41) 井口洋夫・木下實ほか 10 名, 化学 I B 新訂版 実教出版 (1998) [化B 615].
- 42) 藤原鎮男・富永健ほか 8 名, 詳説化学 I B 改訂版 三省堂 (1998) [化B 617].
- 43) 坪村宏・菅隆幸ほか 9 名, 高等学校 化学 I B 改訂版 啓林館 (1998) [化B 619].
- 44) 坪村宏・菅隆幸ほか 9 名, 高等学校 標準 化学 I B 改訂版 啓林館 (1998) [化B 620].
- 45) 小林正光・野村祐次郎ほか 6 名, 改訂版 高等学校 化学 I B 数研出版 (1998) [化B 621].
- 46) 黒田晴雄ほか 10 名, 高等学校 精解 化学 I B 数研出版 (1998) [化B 622].
- 47) 黒田晴雄ほか 12 名, 改訂版 新編 化学 I B 数研出版 (1998) [化B 623].
- 48) 佐野博敏ほか 24 名, 高等学校 改訂 化学 I B 第一学習社 (1998) [化B 625].
- 49) 長倉三郎・渡邊啓・竹内敬人ほか 9 名, 化学 I B 東京書籍 (1994) [化B 523].
- 50) 工業技術院計量研究所訳・監修, 国際単位系 (SI) 国際文書第 7 版 (1998) 日本語版 日本規格協会 (1999).
- 51) 小林正光・野村祐次郎ほか 6 名, 高等学校 化学 I B 数研出版 (1994) [化B 530].
- 52) 近角聡信・三浦登・小間篤・永嶺謙忠・川村清ほか 5 名, 物理 I B 東京書籍 (1998) [物B 593].
- 53) 大槻義彦・小牧研一郎・長岡洋介・原康夫ほか 8 名, 物理 I B 新訂版 実教出版 (1998) [物B 596].
- 54) 小出昭一郎・阿部龍蔵ほか 14 名, 詳説 物理 I B 改訂版 三省堂 (1998) [物B 598].
- 55) 斉藤晴男・兵藤申一ほか 12 名, 高等学校 物理 I B 改訂版 啓林館 (1998) [物B 600].
- 56) 斉藤晴男・兵藤申一ほか 12 名, 高等学校 標準 物理 I B 改訂版 啓林館 (1998) [物B 601].

- 57) 宮本重徳ほか 6 名, 改訂版 高等学校 物理 I B 数研出版 (1998) [物B 602].
- 58) 中村英二ほか 20 名, 高等学校 改訂 物理 I B 第一学習社 (1998) [物B 605].
- 59) 霜田光一ほか 9 名, 高等学校 物理 I B 学校図書 (1994) [物B 509].
- 60) 小出昭一郎・阿部龍蔵ほか 12 名, 詳説 物理 I B 三省堂 (1994) [物B 510].
- 61) 斉藤晴男・兵藤申一ほか 12 名, 高等学校 物理 I B 啓林館 (1994) [物B 512] p.54 l. 15-17.
- 62) 宮本重徳ほか 7 名, 高等学校 物理 I B 数研出版 (1994) [物B 514].
- 63) 藤本文範ほか 20 名, 高等学校 物理 I B 第一学習社 (1994) [物B 517].
- 64) 遠山啓, 「数学の学び方・教え方」岩波新書青版 822 岩波書店 (1972) p. 39-40.
- 65) 文部省 小学校学習指導要領 平成 10 年 12 月 大蔵省印刷局 (1998) p. 32.
- 66) 文部省, 小学校学習指導要領解説 算数編 平成 11 年 5 月 東洋館出版社 (1999) p. 45-46, また, 上記 64) p. 24-28.
- 67) 文部省, 小学校学習指導要領 算数科編 (試案) 昭和 26 年 (1951) 改訂版 大日本図書 (1951) p. 37, 国立教育研究所内・戦後教育改革資料研究会編, 文部省学習指導要領 7 算数科, 数学科編(1) 日本図書センター (1980) 所収.
- 68) 文部省, 中学校高等学校学習指導要領 数学科編 (試案) 昭和 26 年 (1951) 改訂版 中部図書 (1951) p. 83, 国立教育研究所内・戦後教育改革資料研究会編, 文部省学習指導要領 8 算数科, 数学科編(2) 日本図書センター (1980) 所収.
- 69) 64) p. 19-20. 但し, 遠山の立場は, 助数詞は基本的に式の中に書かないという立場で, 本稿の立場とは若干異なる。
- 70) 原島鮮, 高校課程 物理演習 (改訂版) 裳華房 (1964).
- 71) 金原寿郎編, 基礎物理学 上巻 裳華房 (1963) p. 3.
- 72) 木下是雄, 理科系の作文技術 中公新書 624 中央公論社 (1981) p. 176~8.
- 73) 国立天文台編, 理科年表 2001 第 74 冊 丸善 (2000) p. 424.

## 初等中等教育における量と単位について II

中 川 邦 明

Quantities and Units in Elementary and  
Secondary Education II

Kuniaki NAKAGAWA

2002 年 10 月 28 日受理

### 要旨

新学習指導要領の下で来年度から使用される高等学校の物理 I と化学 I の教科書の見本本において、量と単位の表記の状況を調査した。全体として見ると従来と本質的には変化なく、ISO、JIS により定められた表記法に依然として従っていない。この表記法は、量の測定における単位と数値の関係に基づいた quantity calculus に沿ったもので、国際的にも国内的にも推奨されている。この表記法に対する正しい認識と普及のための諸活動について経過と今後の方向について併せて述べた。

### Abstract

The notations of quantities and units are examined in the sample textbooks for Physics I and Chemistry I for the new course of study. In general, no essential change in the notations was found. Most of the authors of the textbooks still do not follow the notation based on quantity calculus described in ISO and JIS standard documents. The notation is derived from the consideration of procedures of measurements, and is recommended both internationally and domestically. The present stage and the prospects are described to make the notation properly and widely accepted.



## 1. はじめに

昨年度の本紀要では、初等中等教科書における量と単位の表記法について調査し、議論を展開した<sup>1)</sup>（以下では「前報」として引用する）。しかしながらこの問題に関して、学問的な議論と並行して、学界・教育界への働きかけを伴うことが重要である。このような立場から本稿では、一方では本年3月に検定に合格した高等学校の物理と化学の教科書の見本本を同様の視点から調査し、他方ではこれまでの各方面への働きかけと今後の展望について述べる。

## 2. 高等学校理科の新教科書における量・単位・数値の表記の状況

平成15年度から施行される改訂・高等学校学習指導要領に向けて、本年3月検定合格の教科書の見本本が出揃った。これらについて、前報と同様の調査を行なった。但し、調査の対象が見本本であるため、来年度に実際に学校で使用される供給本では変更される可能性もあることに留意する必要はある。改訂指導要領では「物理Ⅰ」、「化学Ⅰ」に加えて、中学校理科第1分野の旧内容を含む科目として「理科総合A」も多く生徒に履修される可能性があるが、前回の調査との継続性を考えて今回は「物理Ⅰ」、「化学Ⅰ」の2科目の教科書だけを調査の対象とした。なお本稿の考え方の基盤となる量と単位の表記法ならびに quantity calculus については、前報とその引用文献に加えて、朽津による解説<sup>2,3)</sup>を参照されたい。

### 2.1 調査の観点

調査の観点は前報の高等学校理科教科書の場合と同じく下記のA、B、D、Eの4点である。また表記方式の分類と命名も基本的に同じである。ここでは次節以下の記述と関連して必要最小限の内容のみを再録しておく。詳細については前報を参照されたい。

【観点A】計算式中の単位の表記 速さ＝道のり÷時間 の計算を例にとって示す。

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| JIS/ISO方式 | 速さ＝道のり÷時間＝6 m ÷ 2 s = 3 m/s    |
| 全部〔単位〕方式  | 速さ＝道のり÷時間＝6〔m〕 ÷ 2〔s〕 = 3〔m/s〕 |
| 末尾〔単位〕方式  | 速さ＝道のり÷時間＝6 ÷ 2 = 3〔m/s〕       |
| 全部（単位）方式  | 速さ＝道のり÷時間＝6（m） ÷ 2（s） = 3（m/s） |
| 末尾（単位）方式  | 速さ＝道のり÷時間＝6 ÷ 2 = 3（m/s）       |
| 末尾裸単位方式   | 速さ＝道のり÷時間＝6 ÷ 2 = 3 m/s        |
| 無単位方式     | 速さ＝道のり÷時間＝6 ÷ 2 = 3            |

【観点B】表およびグラフにおける単位の表記 時間を秒単位で表現した場合の例として示す。

JIS/ISO 方式 時間/s

裸単位方式、時間 s 注：グラフの場合、軸の右端の数値だけに単位を添えて表記される場合もこれに含める。

(単位) 方式 時間 (s)

[単位] 方式 時間 [s]

各個単位方式 表に掲げられた量すべて、あるいはグラフについても目盛ごとに 0 s, 10 s, 20 s, …のように数値と単位をつけて表記したもの。

第 1 行方式 表の場合、第 1 行目のデータにだけ単位をつけ、2 行目以下の単位を省略して数値のみを示すもの。

**【観点 D】** 公式などでの単位の表記

まず量（または数値）を文字記号で表わした公式が、どのように表記されているかの観点から、

D1) JIS/ISO 量方程式方式

$$\text{電圧 } V、\text{電流 } I、\text{抵抗 } R \text{ の関係は、} R = \frac{V}{I}$$

D2) JIS/ISO 数値方程式方式

電圧  $V$ 、電流  $I$ 、抵抗  $R$  をそれぞれ  $V$ ,  $A$ ,  $\Omega$  の単位で表わした数値、電圧  $V/V$ 、電流  $I/A$ 、抵抗  $R/\Omega$  の関係は、 $R/\Omega = \frac{V/V}{I/A}$

D3) 両〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V [V]、\text{電流 } I [A]、\text{抵抗 } R [\Omega] \text{ の関係は、} R [\Omega] = \frac{V [V]}{I [A]}$$

D4) 本文〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V [V]、\text{電流 } I [A]、\text{抵抗 } R [\Omega] \text{ の関係は、} R = \frac{V}{I}$$

D5) 式〔単位〕方式

$$\text{電圧 } V、\text{電流 } I、\text{抵抗 } R \text{ の関係は、} R [\Omega] = \frac{V [V]}{I [A]}$$

今回の改訂で、文字記号を使った公式の表記よりも、量の名称をそのまま公式中にとり入れた表記が増えた。これは従来は中学校の教科書に多くみられた表記である。これについても次のように分類できる。JIS/ISO ではこのような量の名称をそのまま用いた表記方式について単位の書き方を例示していないが、D6) の方式が JIS/ISO の立場に基本的に沿った書き方であろう。

D6) 名称無単位方式 抵抗 =  $\frac{\text{電圧}}{\text{電流}}$

D7) 名称〔単位〕方式 抵抗  $[\Omega] = \frac{\text{電圧} [V]}{\text{電流} [A]}$

なお、D3)～D5)、D7)において、単位を囲む括弧として〔 〕でなく( )を用いた方式は、方式番号に'を付し、〔単位〕の部分をも(単位)に代えた名称とし、例えば D7') 名称(単位)方式 のように表した。

また、公式の表記とは異なるが、化学の教科書では、熱化学方程式で反応熱を数値で表現した場合と文字で表現した場合のそれぞれについて、単位がどのように表記されているかも調べた。

#### 【観点 E】物理量と単位に関する記述

物理量と単位の関係、即ち JIS/ISO の考え方に従えば 物理量＝数値×単位によって表わされる関係、についての記述があるかどうか。ある場合はどのように述べられているかを調査対象とした。

## 2.2 化学 I の教科書

化学 I の新教科書として平成14年3月の検定に合格した12種のうち、定量的な記述にも重きを置いていると判断される次の6種<sup>4-9)</sup>について、上記の観点 A、B、D、E の4項目について調べた。今回の化学 I の教科書は前回の化学 I B の教科書<sup>10-15)</sup>に比べ、「公式」として出ているものが減っている。また、前節の観点 D で言及したように、文字記号を使った公式の表記よりも、量の名称をそのまま公式中にとり入れた表記が増えたという傾向も特に化学 I の教科書について著しかった。そのため観点 D1～D5の対象となる例数は減少している。

#### 東京書籍「化学 I」<sup>4)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 54 例題 5 の解をはじめ、同社の現行本<sup>10)</sup>と同様に末尾〔単位〕方式が主流である。しかし、p. 123 例題 2 の解のような全部〔単位〕方式も散見され、さらには p. 53 例題 4 の解のような末尾裸単位方式、p. 52 例題 3 の解の一部 (1. 20) のような左辺は JIS/ISO 方式、右辺は〔単位〕方式という異例の表記、p. 57 図 2 中では JIS/ISO 方式なども見られた。現行本で感じられた末尾〔単位〕方式に向けて統一を進める意図がやや薄れて来ているような印象を持った。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 51 表 2、グラフは例えば p. 61 右上の図のように、いずれも〔単位〕方式に統一されていた。他の形式は見つからなかったが、p. 69 表 1、2 等のように、表中の列の見出しではなく表の標題に〔単位〕をつけた形態がいくつか見られた。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合には p. 54 1.5 のような D7) 名称〔単位〕方式が多いが、p. 92 1. 10 のような D6) 名称無単位方式、p. 82 1. 10 のような D7') 名称 (単位) 方式も見られた。量を表わす文字記号を用いた式は p. 92 (5) 式だけであったが D4) 本文〔単位〕方式が用いられていた。また熱化学方程式の反応熱は数値の場合は裸単位、文字の場合 (p. 73 1. 6) は〔単位〕が用いられていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見出せなかった。

#### 実教出版「化学 I」<sup>5)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 56 例題 4 の解のような JIS/ISO 方式が同社の現行本<sup>11)</sup>から引き続いて主流であるが、例外的に p. 212 例題 1 の解に末尾裸単位方式があった。また p. 107 の例題 2 の解のような未知数を文字として含む式の場合、文字で表わした量に関する単位だけを〔 〕で囲む方式が採用されていた。

【B】表およびグラフ：表は p. 160 表 4 のような（単位）方式と p. 157 表 2 のような〔単位〕方式が共存し、p. 123 中央の実験結果記入用の表のような裸単位方式が例外的に見られた。グラフでは p. 63 中程のような〔単位〕方式が主流であったが、p. 11 図12 のような（単位）方式も少数見られた。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合、p. 56 l. 19~21 のような D7) 名称〔単位〕方式が多いが、p. 56 l. 5~6 のような D6) 名称無単位方式、p. 55 l. 12, 16 のような左辺は（単位）、右辺は〔単位〕のような変則的な表記などもある。量を表わす文字記号を用いた式は p. 88 l. 15~16 だけであったが D4) 本文〔単位〕方式が用いられていた。また熱化学方程式の反応熱については数値の場合に裸単位で表記されていたが、文字の場合は対象となる例がなかった。

【E】物理量と単位に関する記述：現行本では、付録の国際単位系についての説明のページで表の脚注に不正確、不適切な形で物理量と単位に関する記述がされていたが削除され、これに代わる新しい記述は見出せなかった。

三省堂「高等学校 化学Ⅰ」<sup>6)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 56 例題の解のような全部〔単位〕方式でほぼ統一されており、同社の現行本<sup>12)</sup>とは大きく様変わりしている。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 141 表 1、グラフは例えば p. 77 右上の図のように、いずれも〔単位〕方式でほぼ統一されているが、例外的に p. 93 図14 のような裸単位方式も見られた。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合、p. 55 ①、②式のような D7) 名称〔単位〕方式が主流であるが、p. 91 l. 4 のような D6') (名称) 無単位方式もある。量を表わす文字記号を用いた式は p. 91 l. 17 だけであったが D3) 両〔単位〕方式が用いられていた。また熱化学方程式の反応熱は数値の場合は裸単位、文字の場合 (p. 75 l. 2) は〔単位〕が用いられていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

啓林館「高等学校 化学Ⅰ」<sup>7)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 44 例題 2 の解のような全部〔単位〕方式が主流であるが、p. 188 例題 1 の解のような末尾〔単位〕方式も若干見られた。同社の現行本<sup>13)</sup>と基本的に変わっていない。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 13 表 1、グラフは例えば p. 75 図のように、いずれも〔単位〕方式に統一されていた。これらについても現行本と基本的に変わっていない。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合、p. 43 ⑤式のような D7) 名称〔単位〕方式が主流であるが、p. 87 l. 11 のような D6') (名称) 無単位方式もある。量を表わす文字記号を用いた式は p. 87 l. 18 などのような D3) 両〔単位〕方式が用いられていた。また熱化学方程式の反応熱は数値の場合も文字の場合 (p. 71 l. 15) も裸単位が用いられていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

数研出版「高等学校 化学 I」<sup>8)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 40 例題 2 の解のような JIS/ISO 方式に統一されている。これは同社の 3 種の現行本のうち、この教科書が継承していると見なされるもの<sup>14)</sup>と同じである。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 118 表 4、グラフは例えば p. 100 右上の図のように、いずれも (単位) 方式にほぼ統一されていた。これも基本的に現行本と同じである。一部に p. 111 下の表のような各個単位方式があった。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合、p. 98 l. 23~24 のような D7) 名称〔単位〕方式、p. 106 l. 10 のような D7') 名称 (単位) 方式、p. 66 l. 20 のような D6) 名称無単位方式などのほか、次に示す p. 42 l. 22 に現れた D8) 名称裸単位方式 とでも名づけるべき新奇な (JIS/ISO の視点からも解釈不可能な) 表記方法もいくつか見られた。

$$\text{モル濃度} = \frac{\text{溶質の物質質量}}{\text{溶液の体積}} \text{ mol/l} \quad (1)$$

これは、「物理量 = 数値 × 単位」の考え方に従えば、

$$\text{モル濃度} = \frac{\text{溶質の物質質量}}{\text{溶液の体積}} \quad (2)$$

と書くか、溶質の物質質量を単位 mol で表わした時の数値「溶質の物質質量/mol」と、溶液の体積を単位 l で表わした時の数値「溶液の体積/l」の関係として

$$\text{モル濃度} = \frac{\text{溶質の物質質量/mol}}{\text{溶液の体積/l}} \text{ mol/l} \quad (3)$$

とするのが正しい。また (2) 式と (3) 式は代数的な変形で相互に変換できることは改めて言うまでもない。

量を表わす文字記号を用いた式は p. 73 (34) 式のような D4) 本文〔単位〕方式が用いられていた。関連して、p. 50 l. 16~22 の式は、文字が (物理量でなく) 数値を表わすと考えると JIS/ISO の立場から解釈可能な式である。しかしながら本文中の説明にある  $S [\text{cm}^2]$  のような表記は  $S \text{cm}^2$  のようにすべきである。

また熱化学方程式の反応熱については数値の場合に裸単位で表記されていたが、文字の場合には対象となる例がなかった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 244 下に、現行本<sup>14)</sup> p. 297 に記されたもの

と同一の内容の説明があり、物理量＝数値×単位 が述べられている。現行本ではこの説明の一部で単位を〔 〕で囲んで表記したことなどの問題があったが、これも解消した。また、現行本 p. 70 の脚注で〔 〕で囲んだ単位について折衷的で不適切な説明があったのも削除されたのは適切である。

第一学習社「高等学校 化学Ⅰ」<sup>9)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 46 例題 2 の解のような末尾〔単位〕方式が主流であるが、p. 44, 1. 4 のように本文の説明に組み込まれた式の中には全部〔単位〕方式も見られた。同社現行本<sup>15)</sup>では末尾(単位)方式あるいは全部(単位)方式であったので、表記法の転換が見られる。また p. 80 例題 5 の解のような未知数を含む式において無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 29 表 6 のような〔単位〕方式にほぼ統一され、一部に p. 131 表 14 のような各個単位方式の他、p. 53 中程の表のように、見出しに〔単位〕をつけながら表中にも単位をつけた変則的な例も見られる。グラフも例えば p. 103 の図のように、〔単位〕方式に統一されているようである。ここでも現行本と比べて(単位)から〔単位〕への表記の移行の傾向が見える。

【D】文字式での単位：量の名称を用いた式の場合、p. 45 1. 12 のような D7) 名称〔単位〕方式によっている。量を表わす文字記号を用いた式は p. 78 (1) 式のような D4) 本文〔単位〕方式と、p. 64 1. 24 のような D5) 式〔単位〕方式の両方があった。また熱化学方程式の反応熱は数値の場合も文字の場合(p. 102 1. 10～12)も裸単位が用いられていた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

### 2.3 物理Ⅰの教科書

物理Ⅰの新教科書として平成14年3月の検定に合格した9種のうち、定量的な記述にも重きを置いていると判断される次の6種<sup>16-21)</sup>について、上記の観点A、B、D、Eの4項目について調べた。

東京書籍「物理Ⅰ」<sup>16)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 71 例題 1 の解をはじめ、末尾〔単位〕方式が主流である。p. 78 例の説明のような末尾裸単位方式、p. 203 上の例の説明のような全部〔単位〕方式、p. 172 1. 13 の例の説明のような JIS/ISO 方式も見られた。本文中でも何を計算式とみなして単位を〔 〕で囲むかについては、p. 52 1. 6～11 に見られるように微妙に使分けられているが、その真意は必ずしも明解ではない。さらに、p. 118 には、意図不明の( )と〔 〕の使い分けも見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 236 表 1、グラフは例えば p. 125 図 1 のように、いずれも〔単位〕方式でほぼ統一されているが、p. 14 のような各個単位方式の表も例外的に見られた。

【D】文字式での単位：p. 13 l. 17 のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、p. 57 (4), (5) のように D1) JIS/ISO 量方程式方式もある。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

実教出版「物理Ⅰ」<sup>17)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 42 例題 1 の解のような JIS/ISO 方式にほぼ統一されているが、一部に p. 129 例題 3 の解のような未知数の文字を含む場合の無単位方式、p. 155 例題 8 の解の一部のような末尾〔単位〕方式の混用も見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 128 表 1、グラフは例えば p. 45 の図 6 のように、いずれも〔単位〕方式にほぼ統一されているが、p. 113 表 1、2 のような裸単位方式の表、口絵 11 のような裸単位方式の図も若干見られた。

【D】文字式での単位：p. 16 (1) 式のような D4) 本文〔単位〕方式が主流であるが、p. 42 (1) 式のような D1) JIS/ISO 量方程式方式もあった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 43 に「参考」としてコラムがあり、物理量＝数値×単位 の内容の説明がある。そして JIS/ISO 方式による速さの計算例が示されている。また p. 94 には「単位と次元」の記述があり、(物理量)＝(数値)×(単位) という式を挙げて説明している。

三省堂「高等学校物理Ⅰ」<sup>18)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 102 例題 2 の解のような末尾裸単位方式が多いが、p. 7 例題 1 の解のような JIS/ISO 方式、p. 186 例題 4 の解のような未知数の文字を含む場合の無単位方式も見られた。

【B】表およびグラフ：表は p. 7 表 2 のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 104 表 1 のような(単位)方式、p. 84 表 2 のような各個単位方式があった。グラフも例えば p. 5 図 4 のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 104 図 1 のような各個単位方式、p. 7 例題 1 中の図のような裸単位方式もあった。

【D】文字式での単位：p. 3 ①式のような D4) 本文〔単位〕方式の形式に統一されている。例外的には p. 222 l. 6 のような、D3) 両〔単位〕方式があった。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

啓林館「高等学校物理Ⅰ」<sup>19)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 145 例題 1 の解のような JIS/ISO 方式によっており、例えば p. 67 例題 1 (1) の解のように未知数の文字を含む場合も、文字が物理量(即ち、数値×単位)を表わすという考えで一貫し、単位を合理的に表記している点が高く評価される。但し、p. 130 の例題 1 (4) の解では未知数の文字を含む場合の無単位方式となっている。

【B】表およびグラフ：表は p. 40 表 2 のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 56 表 1 のように表の標題に( )や[ ]のつかない裸の単位を付したのもあった。グラフは例えば p. 53 図 2 のような〔単位〕方式が採られていた。

【D】文字式での単位：p. 22 (1) 式のような D4) 本文〔単位〕方式の形式が主流ではあるが、p. 92～107 の間の各式のように、D1) JIS/ISO 量方程式方式もかなりの数見られた。また p. 56 (1) 式のような D6) 名称無単位方式もあった。

【E】物理量と単位に関する記述：p. 89～90 に単位と次元の記述があり、物理量＝数値×単位 の関係を明記して説明されている。

数研出版「高等学校物理Ⅰ」<sup>20)</sup>

【A】計算式中の単位：p. 221 例題10の解のような末尾（単位）方式が多く、文字の計算となる場合は p. 190 例題 7 の解のような末尾〔単位〕方式、p. 109 例題 3 の解のような未知数の文字を含む場合の無単位方式、p. 19 1.22 のような JIS/ISO 方式などが見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 50 下の表のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 210 表 2 のような標題に（単位）方式でつけたものが一部見られた。グラフも例えば p. 17 図11のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 169 図45 のような（単位）方式、p. 35 図29のような各個単位方式などが一部見られた。

【D】文字式での単位：p. 15 (1) 式のような D4) 本文〔単位〕方式が多いが、p. 99 (17) 式のような D1) JIS/ISO 量方程式方式、p. 99 (18) 式のような D6) 名称無単位方式も見られた。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

第一学習社「高等学校物理Ⅰ」<sup>21)</sup>

【A】計算式中の単位：基本的に p. 56 例題 2 の解のような末尾〔単位〕方式に依っているが、p. 149 図28の下の説明文中の末尾裸単位方式、p. 54 例題 1 の解のような未知数の文字を含む場合の無単位方式なども一部に見られた。

【B】表およびグラフ：表は例えば p. 35 上の表のような〔単位〕方式が主流であるが、p. 227 表3のような（単位）方式も見られる。グラフも例えば p. 47 図18 のような〔単位〕方式が主流であるが、口絵⑧下の図のような（単位）方式が一部見られた。

【D】文字式での単位：p. 16 (1) 式のような D4) 本文〔単位〕方式が多いが、p. 46 (1) 式のような D1) JIS/ISO 量方程式方式もかなりある。しかしながら同社の現行本<sup>22)</sup>、改訂前の平成 5 年検定本<sup>23)</sup>とも比べると JIS/ISO 方式が後退している印象がある。

【E】物理量と単位に関する記述：見られなかった。

## 2.4 新教科書における動向のまとめ

見本本をみる限りでは、量と単位の表記に著しい変化はないように思われる。教科書によっては旧版と大きく変わったところもあるが、JIS/ISO 方式が普及してきているという印象はない。むしろ「単位は〔 〕で囲むものだ」という風



潮が依然としてじわじわと広がり続けているようにも思われる。その一方で、特に物理 I の教科書において、物理量＝数値×単位 を適切に解説している教科書が増えており、その点に関してだけは一定の進展があると見ることもできよう。

### 3. 各方面への働きかけと反応

冒頭にも述べた通り、初等中等教育における量と単位の表記の問題は、単に学問的な議論を進めているだけでは不十分で、具体的な行動を伴う必要がある。このような立場から前報脱稿以降、関係の各方面に働きかけ等を行なってきた。それらの活動と、それに対する反応を以下に述べたい。

#### 3.1 教科書検定に関して

物理量＝数値×単位 に基づく quantity calculus の考え方を正しく認識し、教科書検定にもかかわりの深い方と個人的にメールを交わす機会があった。筆者からの、

文部科学省の「教科用図書検定基準」<sup>24)</sup>では、第2章の3、正確性及び表記・表現の(3)に記号、計量単位が別表の表記の基準によつてされ、その別表の用語・記号等の(3)には、依拠すべきものの一つとして日本工業規格(JIS)が挙げられている。これに沿って、今後の教科書検定に際して quantity calculus の考え方に基づく、JISに従った表記方法にするよう教科書の著者と出版社に指導することはできないのか。という趣旨の質問に対し、個人的な見解として次のような趣旨の回答を受けた。

量と単位の表記法は、原則的には quantity calculus によるべきと考えるが、現行の教科書ではそれによつていないことも承知しており、以前から課題となっている。検定基準で原則を示しているのに、このような現状であることを不思議に思うかもしれないが、この経緯はおおむね次のようである。

1. 現状では quantity calculus の考え方の合理性が化学関係の大学・高校の教員の間十分に浸透しておらず、多くの人が旧来の方法を踏襲することに何の疑問も感じていない。
2. quantity calculus の原則通りの表記を採用して式の中に数値と単位を書き込むのは、煩雑で分かりにくいという意見も根強い。
3. 検定を通して quantity calculus の原則通りの記述に揃えることは、制度としては可能であるが、上に述べたような現実を考慮して、敢えてその権限を行使していない。と言うのも、現行の検定制度では、ある記述について修正を求める「検定意見」をつけることは、(1ヶ所でも)これに従わなければ、その教科書は不合格になることを意味する

から、表記の細部にわたって、行政機構の強制力を通して統一を求めることには慎重にならざるを得ない。

4. 問題の点を改善する最良の方法は、学会レベルで quantity calculus の方法の合理性を更に訴え、教科書の著者達のコンセンサスを得ることであろう。理科にとどまらず教育界全体もこの問題について余り深い認識はなく、学習指導要領の作成の際などでも、単位系が体系的に作られていることの教育が必要であることが強調されることはほとんどない。このことも改善が必要だと強く感じている。

### 3.2 日本化学会の会誌への寄稿

日本化学会には、教科書執筆、教科書の検定、大学入試問題の作成、等にかかわる会員も多い。前節に述べた助言を踏まえて、会誌である「化学と工業」の「会員から」欄に寄稿し、5月号に掲載<sup>25)</sup>された。その全文を以下に再録しておく。(下記の引用文中の文献番号は引用文末尾のリストに対応する。)

---

#### たかが単位、されど単位

今年のセンター試験、化学I B第1問の問3に、捕集した気体の温度、圧力、体積を測定したところ、それぞれ  $T$  [K],  $P$  [atm],  $V$  [l] であった。

という一節がある。学生に「物理量=数値×単位<sup>1)</sup>」と教えている立場上、この  $T$ ,  $P$ ,  $V$  は、物理量なのか数値なのか、つい考えてしまう。問題文を読み進めると、解答欄が□gのように示されており、□内は数値と分かる。さらに□への選択肢として、例えば  $PV/RT$  のような単位のつかない式が挙げられているので、 $T$ ,  $P$ ,  $V$  は数値を表すと考えられる。そして単位との積  $T$  [K],  $P$  [atm],  $V$  [l] がそれぞれ物理量を表すと推察される。

そう思って第2問に進むと、問2の表の欄の見出しに「一酸化炭素の物質量 [mol]」とあり、下に数値が並んでいる。従って「一酸化炭素の物質量 [mol]」は、「一酸化炭素の物質量を mol という単位で表した数値」と解釈される。続く問3の図1の軸の説明も同様である。とすると、さきに第1問の問3で同じ「○○ [単位]」の表記に下した解釈と矛盾する。

改めて紹介するまでもなく、量と単位に関して矛盾のない表記法<sup>1-3)</sup>が、ISO、JIS で定められ、化学会もそれを推奨している。大学入試センターと出題の先生方は「その理想的な書き方は十分承知しているが、現実の高等学校の教科書が…」とおっしゃるかも知れない。しかし上記

のような一貫性なく矛盾を含んだ表記法を（推奨された合理的な表記法を排除して）敢えて採用する根拠とはなるまい。さらに、高等学校化学 I B 教科書を調べると、各社ごとに表記法がまちまちな上、一冊の教科書においてもゆれが見られ、どの表記法に従うべきか自明ではない<sup>4)</sup>。

このようなまちまちな表記法に気付いた各社が、センター試験での表記法に合わせて統一に向かい、「互いに時計を合わせあう時計屋と報時係」の笑い話を地で行くことを危惧している。センター試験に対する「教育研究団体の意見・評価」の場で、現行の単位表記法の問題点と推奨する表記法を化学会として指摘すること、また教科書の著作・検定にかかわる会員諸氏が、次回の改訂に向けて表記法の適正化に取り組まれることを切に望みたい。

中川邦明（常葉学園大学） kuninaka@tokoha-u.ac.jp

- 1) I. Mills, T. Cvitas, K. Homann, N. Kallay, K. Kuchitsu, 日本化学会標準化専門委員会監修、朽津耕三訳、「物理化学で用いられる量・単位・記号」講談社サイエンティフィック（1991），p. 3.
- 2) 森川鐵朗、伊藤真人、化学と教育、**49**, 523-524（2001）.
- 3) 財団法人規格協会編、「JIS Z 8202-0:2000 量および単位——第 0 部 一般原則」日本規格協会（2000）.
- 4) 中川邦明、常葉学園大学研究紀要 教育学部、**22**,（2001）.

---

前報でも主張したように、ここで問題にしている単位の表記法は、科学教育の本質に関係ない単なる表記上の些細な問題と思われがちであるが、実はそうではない。自然科学の基本となる測定と「物理量＝数値×単位」の関係を通じて密接に結びつく重要で根本的な問題である。標題の「たかが単位、されど単位」には、このような気持ちを込めた。字数が限られているので、十分に意を尽くせなかったが、この文の論点は下記の通りである。

1. センター試験における単位の表記を 物理量＝数値×単位 の基本に立ち返って考えてみると、合理的には理解できない表記である。
2. 高等学校の教科書における表記方法は、上記のセンター試験における単位の表記と同じものもあれば異なるものもあり、現状では、様々で統一されていない。
3. 高等学校の教科書における表記方法が、センター試験の単位の表記方法を規範とし、ISO, JIS, 日本化学会の推奨している方式とは異なる方式で統一に向かう危惧がある。
4. 以上のような現状を踏まえ、会員ひとりひとりが単位の表記に関心を持ち、ISO, JIS, 日本化学会の推奨している 物理量＝数値×単位 の基本に沿った

quantity calculus に基づく表記方法に向かうように努めてほしい。

### 3.3 文部科学省の「教科書に関する意見提出窓口」へのメールによる意見提出

文部科学省の web ページの中に、「教科書に対する意見提出窓口」の設置について というページ ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kyoukasho/kentei/020103.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/kentei/020103.htm)) がある。文部科学省のホームページから、初等中等教育→教科書と進み、さらに「検定」の中の「教科書に対する意見提出窓口」へと進めば表示される。このページに書かれた注意に従って、「初等中等教育の教科書の量と単位の表記に関する意見」と題したメールを2002年5月7日付で [textbook@mext.go.jp](mailto:textbook@mext.go.jp)宛に送った。

同ページに記載されている留意事項に、

教科書が特定できるように、教科書表紙に記載されている教科書の書名、記号・番号、及び頁数等を記載してください。(例：私たちの小学国語 1 日書 国語 1 0 1 ○○頁)

と、あることから、教科書の具体的な記述についての意見という形で提出することが求められているようであるが、いきなり具体的な記述を扱うと当方の趣旨全体が不明になるという考えから、下記のような段階を追って述べた。

1. 初等中等教育の教科書、特に中学校理科、高等学校物理、化学の教科書で見られる単位記号を [ ] で囲んだ表記は次の3つのタイプに分類される。

- (a) 量の名称 [単位] のタイプ 例 圧力 [Pa]
- (b) 数値 [単位] のタイプ 例 8.0 [V]
- (c) 文字記号 [単位] のタイプ 例  $E$  [V]

これらの表記は、いずれも形式としては ○○ [単位] であるが、その意味は各タイプ・使用場面ごとに不統一である。即ち、○○×単位 の意味になったり、○○÷単位 の意味になったりしている。このような意味の曖昧な表記をやめ、これに代わる表記として、量=数値×単位、即ち quantity calculus に基づいた日本工業規格 (JIS Z 8202-0:2000 量および単位——第0部 一般原則) に定められた表記法を採用すべきである。

2. 上記(a)~(c)のような教科書の表記を、現われる状況によって (1) ~ (4) に分類し直すと、それぞれの分類ごとに、JIS Z 8202-0 に従ってどのように表記を訂正すべきか、「現行教科書の表記→JIS に従った表記」の形で以下のようにまとめることができる。

(1) 表の欄の見出し、グラフの軸の目盛の説明に現われる、量の名称 [単位]

量の名称 [単位] → 量の名称/単位

例) 電圧 [V] → 電圧/V

(2) 計算式中に現われる、数値 [単位]

数値 [単位] → 数値 単位 (または数値×単位)

例) 8.0 [V] → 8.0 V

(3) 公式中に現われる、量の名称 [単位]

a) 公式が JIS で言う量方程式であると考えられる場合 (こちらが一般的)

量の名称 [単位] → 量の名称

例) 電圧 [V] → 電圧

b) 公式が JIS で言う数値方程式であると考えられる場合

量の名称 [単位] → 量の名称/単位

例) 電圧 [V] → 電圧/V

(4) 本文中、公式中に現われる、文字記号 [単位]

a) 文字記号が物理量を表していると考えられる場合 (こちらが一般的)

文字記号 [単位] → 文字記号

例)  $E$  [V] →  $E$

b) 文字記号が特定の単位で表した物理量の数値を表していると考えられる場合

文字記号 [単位] → 文字記号 単位 (または文字記号×単位)

例)  $E$  [V] →  $EV$

3. これを 5 社の教科書の具体的な箇所で見ると次のようになる。但し、同種の問題となる表記が複数ある場合は、ここでは代表的な 1 箇所だけの指摘に留めた。

●三浦 登ほか44名、新しい科学 1 分野上、東京書籍 平成13年 2 月28日検  
定済 2 東書 理一701

(1) p. 129 (2) p. 104, l. 14 (3) p. 32, l. 12 (4) p. 105, l. 1

●戸田盛和ほか47名、中学校理科 1 分野上、大日本図書 平成13年 2 月28日  
検定済 4 大日本 理一703

(1) p. 82 (2) 該当なし (3) p. 30, l. 6 (4) p. 103, l. 5

●霜田光一・日高敏隆ほか25名、中学校理科 1 分野上、学校図書 平成13年  
2 月28日検定済 11学図 理一705

(1) p. 99 (2) p. 101 図 8 (3) p. 32, l. 10 (4) p. 100, l. 15

●細矢治夫・養老孟司・下野洋・福岡敏行ほか24名、中学理科 1 分野上、教  
育出版 平成13年 2 月28日検定済 17教出 理一707

(1) p. 96~97 下 (2) 該当なし (3) p. 29, l. 13 (4) 該当なし

●竹内敬人・山極隆・森一夫ほか37名、理科 1 分野上、新興出版社啓林館  
平成13年 2 月28日検定済 61啓林館 理一709

(1) p. 95 (2) 該当なし (3) p. 36, 右 l. 24 (4) p. 97, l. 7

4. 以上では ○○ [単位] の形の表記のみを取り上げたが、教科書の中にはこの形の表記だけでなく、JIS の表記法に従ったものをはじめとして、様々な

量と単位の表記が現われている。要するに、現行の教科書では、1冊の教科書の中でも一貫した表記法に従っていない。

5. 理科の他の領域や算数、数学にまで広げて見ると、その不統一はさらにはっきりする。そのような不統一を解消するためには、「量」と「単位」と「特定の単位で表した量の数値」の関係についての考え方に立脚した合理的な表記方法である JIS の表記法によって統一するのが適切と思う。
6. 文部科学省の「教科用図書検定基準」では、第2章の3、正確性及び表記・表現の(3)に記号、計量単位が別表の表記の基準によるとされ、その別表の用語・記号等の(3)には、依拠すべきものの一つとして日本工業規格(JIS)が挙げられている。これを根拠として、今後の教科書検定に際して上記の JIS に従った表記方法に統一するよう教科書の著者と出版社にご指導頂きたい。
7. 現状を放置する問題点を、仮名遣いという国語表記の問題と対比して考えてみる。現代仮名遣いも歴史的仮名遣いも、それぞれ独自の考え方をもとに(かなりの程度)一貫性を持って矛盾なく組み立てられた体系である。しかしながら現行の初等中等教育の教科書の中に(古典や引用文などを除いて)歴史的仮名遣いが現われていたとしたらそれは即座に訂正の対象となろう。また仮に確固たる信念の著者が全編一貫して歴史的仮名遣いで教科書を書いたとしても、検定に合格するとは思えない。科学・技術における量と単位の表記は、国語における仮名遣いの問題と同じであろう。現代仮名遣いも、歴史的仮名遣いも、そして量と単位の JIS に従った表記方法にも、単なる表記法の問題の背後にそれぞれの考え方がある。しかし現行の教科書の量と単位の表記には一貫性もなく、まして背景となる考え方もない。ちょうど明治以後の学校教育によって歴史的仮名遣いが普及する以前の、混乱した仮名遣いの状態に対応する。このような混乱状態を収束の方向に向けることは、教科書検定のひとつの重要な責務であると考えている。

以上のような趣旨のメールを送ったのであるが、その後、全く音沙汰がないまま現在に至っている。

#### 3.4 大学入試センターへの意見提出

3.2節で指摘した4つのうちの1~3、特に3について、およびそれらに加えて、逆にセンター試験の単位表記を JIS/ISO 方式とすることを通して教科書の単位表記を変えるきっかけとするというやや急進的な提案までを含め、下記のような趣旨の手紙を、独立行政法人大学入試センター宛に2002年5月11日付けで郵送した。

表 1 平成14年度大学入試センター試験理科①の問題における量と単位の表記方法について

| 頁   | 科目   | 問   | 箇所       | 種別 <sup>a)</sup> | 問題での表記             | JISに従った表記         | 備考                                   |
|-----|------|-----|----------|------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 11  | 総合理科 | 第3問 | 図2縦軸     | グラフの軸の説明         | 頭花の高さ(cm)          | 頭花の高さ/cm          |                                      |
| 15  | 総合理科 | 第4問 | 表1       | 表の欄の説明           | 全養素量(mg/l)         | 全養素量/(mg/l)       |                                      |
| 15  | 総合理科 | 第4問 | 表1       | 表の欄の説明           | 全リン量(mg/l)         | 全リン量/(mg/l)       |                                      |
| 15  | 総合理科 | 第4問 | 表1       | 表の欄の説明           | BOD(mg/l)          | BOD/(mg/l)        |                                      |
| 26  | 物理IA | 第1問 | 図2縦軸     | グラフの軸の説明         | 温度(°C)             | 温度/°C             |                                      |
| 30  | 物理IA | 第2問 | A表1      | 表の欄の説明           | 電圧(V)              | 電圧/V              |                                      |
| 42  | 物理IA | 第4問 | A図1縦軸    | グラフの軸の説明         | v[km/h]            | v/(km/h)          |                                      |
| 43  | 物理IA | 第4問 | A図1横軸    | グラフの軸の説明         | t[s]               | t/s               |                                      |
| 43  | 物理IA | 第4問 | 図3選択肢    | グラフの軸の説明         | v[km/h]            | v/(km/h)          |                                      |
| 43  | 物理IA | 第4問 | 図3選択肢    | グラフの軸の説明         | t[s]               | t/s               |                                      |
| 44  | 物理IA | 第4問 | B表1      | 表の欄の説明           | 経過時間[s]            | 経過時間/s            |                                      |
| 44  | 物理IA | 第4問 | B表1      | 表の欄の説明           | 落下距離[cm]           | 落下距離/cm           |                                      |
| 44  | 物理IA | 第4問 | B表1      | 表の欄の説明           | 差[cm]              | 差/cm              |                                      |
| 53  | 物理IB | 第1問 | 問3 1行目   | 文字記号と単位          | l[m]               | l                 | 左は文字記号が数値を表すとした場合、右は文字記号が物理量を表すとした場合 |
| 53  | 物理IB | 第1問 | 問3 3行目   | 文字記号と単位          | v[m/s]             | v                 |                                      |
| 53  | 物理IB | 第1問 | 問3 3行目   | 文字記号と単位          | v'[m/s]            | v'                |                                      |
| 53  | 物理IB | 第1問 | 問3 図2    | 文字記号と単位          | l                  | l                 |                                      |
| 70  | 生物IA | 第1問 | A図1縦軸    | グラフの軸の説明         | 人口(億人)             | 人口/億人             |                                      |
| 70  | 生物IA | 第1問 | A図1横軸    | グラフの軸の説明         | 年(西暦)              | 西暦年               |                                      |
| 81  | 生物IA | 第3問 | 問6選択肢図縦軸 | グラフの軸の説明         | グルコースの移動量(mg/分)    | グルコースの移動量/(mg/分)  |                                      |
| 81  | 生物IA | 第3問 | 問6選択肢図横軸 | グラフの軸の説明         | 血糖量(mg/100ml)      | 血糖量/(mg/100ml)    |                                      |
| 84  | 生物IA | 第4問 | A図1縦軸    | グラフの軸の説明         | 20歳を100としたときの重さ(%) | 20歳の質量に対する質量の割合/% |                                      |
| 84  | 生物IA | 第4問 | A図1横軸    | グラフの軸の説明         | 年齢(歳)              | 年齢/年              |                                      |
| 84  | 生物IA | 第4問 | A図2縦軸    | グラフの軸の説明         | 最長寿命(年)            | 最長寿命/年            |                                      |
| 84  | 生物IA | 第4問 | A図2横軸    | グラフの軸の説明         | 体重(kg)             | 体重/kg             |                                      |
| 97  | 生物IB | 第1問 | B図5横軸    | グラフの軸の説明         | 受精後の時間(時間)         | 受精後の時間/時間         |                                      |
| 100 | 生物IB | 第2問 | 問3 図1横軸  | グラフの軸の説明         | 反応時間(分)            | 反応時間/分            |                                      |
| 109 | 生物IB | 第5問 | 図1横軸     | グラフの軸の説明         | 時間(分)              | 時間/分              |                                      |
| 110 | 生物IB | 第5問 | 図2縦軸     | グラフの軸の説明         | T <sub>2</sub> (分) | T <sub>2</sub> /分 |                                      |
| 110 | 生物IB | 第5問 | 図2横軸     | グラフの軸の説明         | 雌がいなかった時間(分)       | 雌がいなかった時間/分       |                                      |
| 113 | 生物IB | 第6問 | 図2横軸     | グラフの軸の説明         | 日数                 | 培養時間/日            |                                      |

a) JIS Z 8202-0:2000 量および単位の一般原則の該当箇所を次に示す。

特定の単位で表した量の数値

JIS Z 8202-0 2.1物理量、単位及び数値

表の欄の説明、グラフの軸の説明

JIS Z 8202-0 2.1物理量、単位及び数値

文字記号と単位

JIS Z 8202-0 2.2.2量方程式及び数値方程式

一般原則の該当箇所を次に示す。

数値の表記方法についての注意事項 (規格票2ページ5行目～8行目)

数値の表記方法についての注意事項の備考 (規格票2ページ9行目)

(規格票2ページ3行目)

表2 平成14年度大学入試センター試験理科②の問題における量と単位の表記方法について

| 頁  | 科目   | 問       | 箇所     | 種別 <sup>a)</sup> | 問題での表記                 | JISに従った表記                        | 備考             |
|----|------|---------|--------|------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|
| 10 | 化学IA | 第1問 問10 | 1行目    | 特定の単位で表した量の数値    | …の最大質量[g]              | …の最大質量/g または、…の最大質量をg単位で表した数値    |                |
| 10 | 化学IA | 第1問 問10 | 図1横軸   | グラフの軸の説明         | 温度 [°C]                | 温度/°C                            |                |
| 29 | 化学IB | 第1問 問3  | 2行目    | 文字記号と単位          | T [K], P [atm], V [l]  | T K, P atm, V l                  |                |
| 29 | 化学IB | 第1問 問3  | 3行目    | 特定の単位で表した量の数値    | 発生した水素の質量 [g]          | 発生した水素の質量/g または発生した水素の質量をgで表した数値 | 発文字記号が数値を表すとした |
| 29 | 化学IB | 第1問 問3  | 4行目    | 文字記号と単位          | T [K]における水蒸気圧は P[atm]  | T Kにおける水蒸気圧は P[atm]              |                |
| 29 | 化学IB | 第1問 問3  | 5行目    | 文字記号と単位          | R [l·atm/(K·mol)]      | R l·atm/(K·mol)                  |                |
| 31 | 化学IB | 第2問 問2  | 表      | 表の欄の説明           | 一酸化炭素の物質量 [mol]        | 一酸化炭素の物質量/mol                    |                |
| 31 | 化学IB | 第2問 問2  | 表      | 表の欄の説明           | エタンの物質量 [mol]          | エタンの物質量/mol                      |                |
| 32 | 化学IB | 第2問 問3  | 図1縦軸   | グラフの軸の説明         | 温度 [°C]                | 温度/°C                            |                |
| 32 | 化学IB | 第2問 問3  | 図1横軸   | グラフの軸の説明         | 加熱時間 [時間]              | 加熱時間/時間                          |                |
| 47 | 地学IA | 第1問 問2  | 選択肢図縦軸 | グラフの軸の説明         | (°C)                   | 年平均気温/°C                         |                |
| 76 | 地学IA | 第5問 問C  | 図2縦軸   | グラフの軸の説明         | 累積沈下量(cm)              | 累積沈下量/cm                         |                |
| 86 | 地学IB | 第2問 問B  | 図2縦軸   | グラフの軸の説明         | 密度 g/cm <sup>3</sup>   | 密度/(g/cm <sup>3</sup> )          |                |
| 86 | 地学IB | 第2問 問B  | 図2横軸   | グラフの軸の説明         | 水温 °C                  | 水温/°C                            |                |
| 90 | 地学IB | 第3問 問B  | 図1横軸   | グラフの軸の説明         | 震央距離 km                | 震央距離/km                          |                |
| 97 | 地学IB | 第5問 問3  | 選択肢図縦軸 | グラフの軸の説明         | 主な元素の酸化物量 (重量%)        | 主な元素の酸化物の質量分率/%                  |                |
| 97 | 地学IB | 第5問 問3  | 選択肢図横軸 | グラフの軸の説明         | SiO <sub>2</sub> (重量%) | SiO <sub>2</sub> の質量分率/%         |                |

a) JIS Z 8202-0:2000 量および単位—第0部 一般原則 の該当箇所を次に示す。

特定の単位で表した量の数値

JIS Z 8202-0 2.1物理量、単位及び数値

表の欄の説明、グラフの軸の説明

JIS Z 8202-0 2.1物理量、単位及び数値

文字記号と単位

数値の表記方法についての注意事項 (規格票2ページ5行目～8行目)

数値の表記方法についての注意事項 の 備考 (規格票2ページ9行目)

数値の表記方法についての注意事項 (規格票2ページ3行目～3ページ3行目)



1. 量と単位の表記法は、国際標準化機構 ISO の国際標準 ISO31-0に基づいて、日本工業規格（JIS Z 8202-0:2000 量および単位——第 0 部 一般原則）で定められたものによるのが妥当である。
2. 本年度の大学入試センター試験の理科の問題における量と単位の表記方法（表 1、2）を見ると、上記表記法からはずれるものが見受けられ、しかもその表記法が科目ごとに統一されていない。
3. これは、高等学校理科の各分野（物理、化学、生物、地学）の教科書でそれぞれ多く使われている方式に準拠したために、JIS/ISO 方式に基づかず、しかも分野ごとにばらばらな表記方法となったと推察する。
4. 現行の高等学校物理と化学の各社教科書の量と単位の表記方法でも、統一性、一貫性のある表記方法は存在していない。即ち、教科書により、あるいは一冊の教科書でも部分によって、量と単位の表記方法がまちまちである。
5. 従って大学入試センター試験の表記方法の典拠を高等学校の教科書に見出すことは厳密にはできない。現状では、それぞれの科目の教科書の表記の多数のもの、平均的なものを採っていると推察する。
6. このような状況が続くと、現在の大学入試センター試験のもつ性格から考えて、高等学校教科書の著者・出版社の側で、逆に大学入試センター試験における表記方法を規範として採用しようとする傾向が生れる可能性が高い。そして、科目ごとに微妙に異なる「センター試験方式」とでも言うべき不思議な表記方法に科目ごとに収束してしまい、JIS に反した（従って国際的な ISO に反した）方式で日本の学校教育が進められるという事態に至ることが危惧される。
7. このような危惧を払拭するために、大学入試センターが JIS に準拠した表記方法の例を作成し、「〇〇年度のセンター試験から JIS に準拠した表記方法を採用する」と予告した上で表記方法を改めれば、受験生に混乱もなく JIS/ISO 方式に移行できると考える。

上記の手紙に対し、6月18日付で、大学入試センターから回答があった。担当部課、担当者名等はなく、回答内容は下記の通りであった。

大学入試センター試験は、大学に入学を志願する者の高等学校の段階における基礎的な学習の達成の程度を判定することを主たる目的としています。このため、試験問題は、「高等学校学習指導要領」に準拠するとともに、「高等学校学習指導要領解説」及び高等学校で使用されている教科書を基礎とし、高等学校における教育の実態に配慮して作成しています。

ご質問の「量と単位の表記」につきましても、受験者に混乱を与えないよう高等学校で使用されている教科書を基礎として表記することになっています。

以上、大学入試センター試験の目的を御理解いただければ幸いです。

回答中に「高等学校で使用されている教科書を基礎として表記」と記されているが、上記4、5で述べた「各社の教科書で統一した表記方法が実際には存在していない」ということ、また6.の「そのような状況においては、根拠不明のセンター試験の表記法が逆に教科書を統一してしまう」という危惧、がいずれも正しく受け止められなかったようで残念である。

### 3.5 教科書編集部等への手紙

各社教科書編集部、教科書協会に前報の別刷りと上記の経緯を記した手紙を郵送した。啓林館第4編集部第2課の岡村俊紀氏からの返信<sup>26)</sup>には、教科書編集者としての立場から下記のような情報が寄せられた。

1. 教科書の表現については、教育現場の教師の意見を広く聞き、各教科書の編集委員会ごとに判断している。
2. 単位の表記の問題は教科書改訂のたびに必ず議論している。
3. 現状は指摘の通りであり、そうなった経緯は、例えば次のような実際の教育現場での指導上の意見に強く影響を受けている。
  - ・文字を使った計算は、生徒の負担が大きいのでできるだけ避けたい。
  - ・板書、ノートなどの手書きの計算で、立体と斜体の区別が難しい。
  - ・量記号だけでなく、単位を付記した方が、量記号の内容をイメージしやすい。
4. 今回の見本本についても時間をかけて議論して来たが、計算の途中の式にも括弧をつけずに単位を表記する（JIS/ISO方式）一方、量記号のあとに括弧でSIでの単位を表記するなど、不統一との指摘をうけるかも知れない。

また教科書協会の菱村幸彦理事（文部省で教科書検定課長、初等中等教育局長などを歴任）からは、「基本的には教科書検定の問題であると考えているが、現状では、学会として教科書出版社に組織的なはたらきかけを行なうというのもひとつの方向である。」という内容の教示を電話で受けた。

### 3.6 関集三教授からの私信

関集三大阪大学名誉教授からは、3.2の化学と工業の寄稿文に対して以下の趣旨のメッセージが郵送<sup>27)</sup>されて来た。関教授は1963年にIUPACの物理化学部会「記号・単位・術語」委員会準委員として日本化学会から最初に就任し、8年間その任にあった。

1. 物理量 = 数値 × 単位 または 数値 = 物理量 ÷ 単位 は実験測定（定量科学の根幹）にかかわるものである。特に測定の意味を若い学生にしっかり

り教育してほしい。

2. グラフ目盛や表のヘッディングでは数値表示の割算形式（物理量÷単位）で表わすべきことを、化学はもとより物理でも正しく認識されておらず困ったことである。
3. 「物理量はイタリック、それ以外は単位を含めてすべてローマン」の約束がほとんどの学会ででたらめで、特に単位接頭語マイクロ、微分のd、積分記号、変化量の $\Delta$ などをイタリックにする誤用が多い。
4. このような問題は、とかく研究者にないがしろにされる。
5. 物理学会、会長や編集委員長にもしばしば伝えたが余り有効でなく、出版社も世代交代で反応がない場合が多かった。
6. 日本化学会の化学教育協議会等に働きかけをしてほしい。若い学生の教育が第一である。

#### 4. 今後に向けて（まとめに代えて）

以上の経緯を踏まえて、筆者としては、今後に向けて二つのことに関心がある。まず何よりも、関教授が強く訴えられたように、先達が切り開かれた quantity calculus の明快な考え方を、若い人達へ正しく伝えて行かねばならないという責務である。現状を座視しては決して改善されることはなく、むしろ悪い方向へ向かい、それだけ後生の人達の負担を増やすことになる。それではどうするか戦略を立てねばならない。他のあらゆる種類の運動と同様、上から進めることと、下から盛り上げることとの、ふたつの対極の戦略がある。しかし両者を使い分け、組み合わせながら模索して進めるより他に成功の道はない。上からとは今の場合、学習指導要領、教科書検定、センター試験などからのアプローチに相当し、下からとは教育現場や学会で quantity calculus の合理性に対する理解を広めてゆくことに相当する。最近の例としては、中学校教科書において力の単位として「kg 重」に「N」がとって代わったこと<sup>28)</sup>も、SI化の流れの中にあるとはいえ、学習指導要領<sup>29)</sup>に基づく上からの変革の色彩が濃い。日本の近現代文化史をふり返って見ると、正書法としての歴史的かなづかいの確立と普及、現代かなづかいへの転換、あるいは尺貫法からメートル法への転換など、いずれも上からの変革によって達成されている。その意味から、3.1節で紹介した助言とも関連して、まず量と測定に関する基本的な考え方と 物理量=数値×単位 の考えを何らかの形で学習指導要領に入れることが大きな前進につながるのではないかという印象を持っている。

具体的な戦略を立てる上からは、敵を知り己を知らねばならない。現在の様々な単位の表記法は、どのような背景で生まれ、また用いられ続けているのか。たとえば、単位を〔 〕で囲む日本で広く行なわれている表記法の起源はどこにあ

るのか？（3.5節に一つの見解が述べられている。関連して小林による指摘<sup>30</sup>もある。）他の諸国の現状はどうなのか。また、これも3.5節の他の指摘に関連して、一般の人々には、抽象的な量そのものよりも具体性のある単位の方がなじみ深いものと受け止められる傾向があるように思われる。例えば「モル数」とか「ワット数」というような「量の名称の代りに特定の単位が使われる不適切な例」が根強く残っているのもこのことと関連があるのではないかと筆者は推測している。このような視点からの研究は、上記の戦略を考える基礎資料としての意義に加えて、科学史、文化史的な面からの興味にも発展してゆく。この問題をもうひとつの今後の課題として挙げて本稿を閉じることとしたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くのご教示と激励を頂いた、朽津耕三教授、福土顕士博士、関集三教授、菱村幸彦氏、岡村俊紀氏に厚くお礼申し上げます。また、平成15年度用教科書の見本本をご提供頂いた東京書籍、大日本図書、実教出版、三省堂、新興出版社啓林館、数研出版、第一学習社、の各社に感謝する。

## 文献

- 1) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部, 22, 85-114 (2001).
- 2) 日本化学会編, 朽津耕三著, 「化学で使う量の単位と記号」丸善 (2002).
- 3) 朽津耕三, 別冊化学「化学の基礎の基礎」p. 2-5, 15-19 化学同人 (1994).
- 4) 長倉三郎・竹内敬人ほか22名, 化学 I 東京書籍 2002-03-10検定済 [2東書 化 I 001].
- 5) 井口洋夫・木下實ほか11名, 化学 I 実教出版 2002-03-10検定済 [7実教 化 I 004]
- 6) 細矢治夫ほか12名, 高等学校化学 I 三省堂 2002-03-10検定済 [15三省堂 化 I 006]
- 7) 坪村 宏・斎藤 烈・山本隆一ほか10名, 高等学校 化学 I 新興出版社啓林館 2002-03-10検定済 [61啓林館 化 I 007].
- 8) 野村祐次郎ほか 8 名, 高等学校化学 I 数研出版 2002-03-10検定済 [104数研 化 I 010].
- 9) 佐野博敏ほか22名, 高等学校化学 I 第一学習社 2002-03-10検定済 [183第一 化 I 011].
- 10) 長倉三郎・渡邊 啓・竹内敬人ほか18名, 化学 I B 東京書籍 (1998) [化 B 612].
- 11) 井口洋夫・木下 實ほか10名, 化学 I B 新訂版 実教出版 (1998) [化 B 615].
- 12) 藤原鎮男・富永 健ほか 8 名, 詳説化学 I B 改訂版 三省堂 (1998) [化 B 617].
- 13) 坪村 宏・菅 隆幸ほか 9 名, 高等学校 化学 I B 改訂版 新興出版社啓林館

- (1998) [化 B 619].
- 14) 小林正光・野村祐次郎ほか6名, 改訂版 高等学校 化学 I B 数研出版 (1998) [化 B 621].
  - 15) 佐野博敏ほか24名, 高等学校 改訂 化学 I B 第一学習社 (1998) [化 B 625].
  - 16) 三浦登ほか24名, 物理 I 東京書籍 2002-03-10検定済 [2 東書 物 I 001].
  - 17) 大槻義彦・小牧研一郎・長岡洋介・原康夫ほか8名, 物理 I 実教出版 2002-03-10 検定済 [7 実教 物 I 004].
  - 18) 兵頭俊夫ほか19名, 高等学校物理 I 三省堂 2002-03-10検定済 [15三省堂 物 I 005].
  - 19) 兵藤申一・福岡 登ほか15名, 高等学校物理 I 新興出版社啓林館 2002-03-10検定済 [61啓林館 物 I 006].
  - 20) 國友正和ほか9名, 高等学校物理 I 数研出版 2002-03-10検定済 [104数研 物 I 007].
  - 21) 中村英二ほか21名, 高等学校物理 I 第一学習社 2002-03-10検定済 [183第一 物 I 008].
  - 22) 中村英二ほか20名, 高等学校 改訂 物理 I B 第一学習社 (1998) [物 B 605].
  - 23) 藤本文範ほか20名, 高等学校 物理 I B 第一学習社 (1994) [物 B 517].
  - 24) 検定規則、検定基準は、文部科学省の web 上で公開され、教科用図書検定規則（平成元年4月4日文部省令第20号）は [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kyoukasho/kentei/890401.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/kentei/890401.htm) で、高等学校教科用図書検定基準（平成11年4月16日文部省告示第96号）は [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kyoukasho/kentei/990402.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/kentei/990402.htm) でそれぞれ閲覧できる。
  - 25) 中川邦明, 化学と工業, **55**, 587 (2002).
  - 26) 岡村俊紀, 2002年9月13日付 私信.
  - 27) 関 集三, 2002年9月23日付 私信.
  - 28) 兵頭俊夫・岩崎敬道, パリティ, **16**, 67-70 (2001).
  - 29) 文部省, 中学校学習指導要領（平成10年12月）解説一理科編一 平成11年9月 大日本図書 (1999) p. 23.
  - 30) 小林幸夫, 物理教育, **47**, 338-340 (1999).