

初等中等教育における量と単位についてⅢ

中 川 邦 明

Quantities and Units in Elementary and Secondary Education III

Kuniaki NAKAGAWA

2007 年 11 月 16 日受理

要 旨

測定の基本となる 量＝数値×単位 の考え方およびそれに基づく量と単位の表記法がどの程度浸透しているかを、現学習指導要領の2巡目の検定を受けた中学校理科第一分野、高等学校化学Ⅱの全教科書について調査し、これまでの調査結果と比較検討した。

Abstract

All the textbooks of “junior high school science field one” and “high school chemistry II”, which received the official approval in the second screening under the present course of study, have been investigated. The standpoint of the investigation is as follows: how extensively the recommended notations of quantities and units are observed, and how intensively the basic principle of scientific measurement expressed in the formula,

$$\text{Quantity} = \text{numerical value} \times \text{unit}$$

from which the recommended notations are derived, is described. The result is discussed in comparison with the same type of investigation on the former textbooks.

1. はじめに

現学習指導要領¹⁻³⁾に基づく教科書も、順次2巡目の検定を経、昨2006年度で高等学校中学年用まで終了した。既に次期学習指導要領の2011（平成23）年度からの実施（2009（平成21）年度から移行措置）が見込まれており⁴⁾、特に高等学校の教科書については、現指導要領の最後の改訂検定となる。著者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、議論を展開してきた⁵⁻⁷⁾が、今回、2巡目検定版が一通り出揃った段階で、再び現状の調査を行なったので報告する。

2. 量と単位の表記法に関するまとめ

具体的な教科書の表記法の検討に入る前に、これまでに展開した量と単位の適切な表記法に関する議論⁵⁻⁷⁾を簡単にまとめておく。なお、この節は、2007年8月に筆者が分担した日本化学会東北支部の化学教育講座での講演テキスト⁸⁾の一部に加筆したものである。

2.1 量の測定と単位

自然を定量的に探求する出発点は測定である。そして、測定について簡にして要を得た記述が、半世紀以上前の学習指導要領⁹⁾に既に明示されている。

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。

このことが $\text{量} = \text{数値} \times \text{単位}$ という形に表現できるということも、半世紀近く前の大学教養課程の代表的教科書¹⁰⁾に明解に示されていた。

一つの物理量を表わすのには、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。

そして、このことは自然に、下記の JIS（日本工業規格）の規格票¹¹⁾における記述につながる。

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。

このような視点から量自体の記号はイタリック体（斜体）で、単位の記号はロー

マン体（立体）で印刷されてきたのは周知の通りである。

測定・量・単位の基本は上記に尽きている。この基本を踏まえると、量と単位に関する合理的な表記方法がおのずから明らかになる。ISO（国際標準化機構）¹²⁾の国際規格はこうにして定められ、わが国の JIS¹¹⁾は、基本的にその翻訳である。化学の分野においても IUPAC（国際純正・応用化学連合）の委員会が化学で使う単位と用語の適切な使い方の普及を目指して刊行した通称 Green Book^{13, 14)}があり、日本化学会の監修による訳¹⁵⁾、さらに、その考え方を踏まえた一般向きの解説書¹⁶⁾も刊行されている。これらにおいて推奨された、量と単位の合理的な表記方法をまず再確認したい。科学教育において、このような「自然科学における文法と綴り¹⁷⁾」の問題は、国語における正書法、仮名遣いに相当するもので、決してなおざりにしてはならないものである。教科書の検定においても、このような国際的、学問的な推奨に沿った表記方法になっているかどうか、当然対象とされるべきものとする。

2.2 Quantity Calculus

ある長方形のたての長さが 2 cm であった時、縦の長さ = 2 cm という記法は、「縦の長さ」という量が、「cm」という単位の長さの 2 倍である、という意味で、基本的な 量 = 数値 × 単位 に則った記法である。さてこの長方形の横の長さが 3 cm の時、横の長さ = 3 cm と書かれ、

$$\text{長方形の面積} = \text{縦の長さ} \times \text{横の長さ}$$

の公式にそれぞれの等式を代入して、

$$\text{長方形の面積} = \text{縦の長さ} \times \text{横の長さ} = 2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$$

のように書かれる。そして数値の積だけでなく、単位の積からも自然に面積の単位としての cm^2 が導かれる記法となっている。このように、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¹⁵⁾、量の計算法¹⁸⁾などと訳されている）と呼ばれる。

2.3 単位の換算

quantity calculus の考え方に基づけば、単位の換算も単なる式の計算でできてしまう。たとえば、km/h から m/s への換算も、単位の関係をあらわす等式

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}, 1 \text{ h} = 60 \text{ min}, 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

を代入していくことによって

$$90 \text{ km/h} = 90 \times \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \times \frac{1000 \text{ m}}{60 \text{ min}} = 90 \times \frac{1000 \text{ m}}{60 \times (60\text{s})} = 90 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

$$= 25 \text{ m/s}$$

のような代数計算として処理できる。下記の気体定数の単位換算などのような、より複雑なものも同様である。

$$8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.3145 \times \frac{\text{N m}}{\text{K mol}} = 8.3145 \times \frac{\text{Pa m}^3}{\text{K mol}}$$

$$= 8.3145 \times \frac{101325 \text{ Pa} \times (10 \text{ dm})^3}{101325 \text{ K mol}} = 8.3145 \times \frac{\text{atm} \times 10^3 \text{ dm}^3}{101325 \text{ K mol}}$$

$$= 8.3145 \times \frac{\text{atm dm}^3}{101.325 \text{ K mol}} = 0.082058 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

2.4 表の欄の見出し、グラフの軸の説明

JIS 規格¹¹⁾には前頁に引用した「量自体」と、「特定の単位で表した量の数値」の区別の重要性の指摘に続けて、次のことが述べられている

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。

備考 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。

これは 量＝数値×単位 という式が次のように変形できることに対応している。

$$\text{数値} = \frac{\text{量}}{\text{単位}}$$

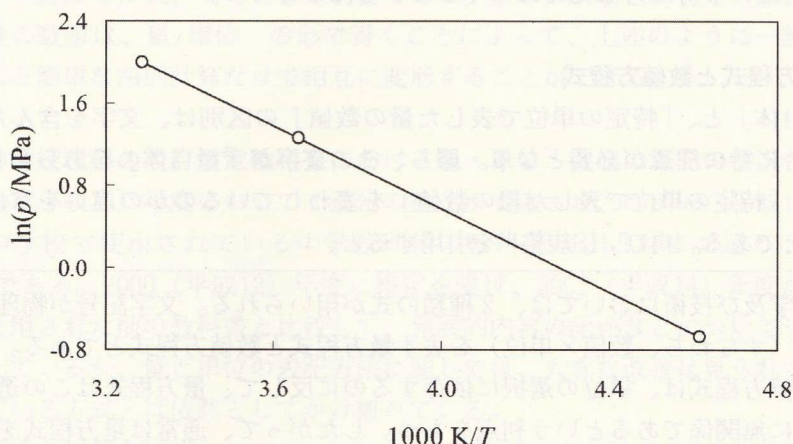
従って、前述の例で言えば、縦の長さという量をmという単位で測ったときの数値2は、

$$\text{縦の長さ}/\text{m} = 2$$

のように表わされる。

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場合の数値であるかを 物理量/単位 の形で表の欄の見出しに書く。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。これらについては Green Book¹³⁾さらには SI 単位系の国際文書第8版¹⁹⁾での温度 T における蒸気圧 p の表とグラフの例示を以下に転載しておく。

T/K	$10^3 K/T$	p/MPa	$\ln(p/\text{MPa})$
216.55	4.6179	0.5180	-0.6578
273.15	3.6610	3.4853	1.2486
304.19	3.2874	7.3815	1.9990



このような quantity calculus に基づく表記が優れているのは、下に示した二つの可視領域近傍のスペクトル²⁰⁾の横軸（いずれも波数として数万 cm^{-1} の程度の範囲をプロットしたものである）の表記の混乱を見れば明らかである。

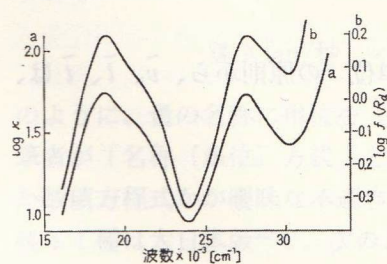


図 2・109 $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ の吸収スペクトル²⁾
a: 水溶液 b: 固体

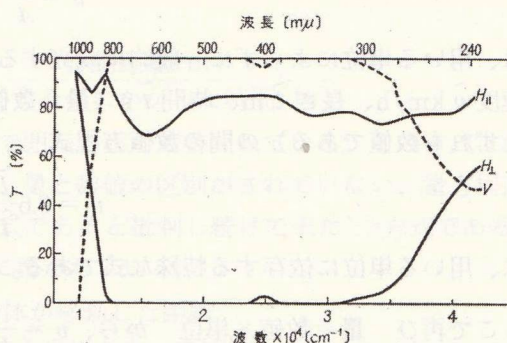


図 2・173 PVA・ヨウ素系偏光膜の偏光特性（一例）

これまでに述べた 量=数値×単位 の考え方に基づいた推奨される書き方では、左図の横軸については、

$$\frac{\text{波数} \times 10^{-3}}{\text{cm}^{-1}}$$

右図の横軸については、

$$\frac{\text{波数}}{10^4 \text{cm}^{-1}}$$

と書くべきものであり、このように書けば、いずれの書き方でも混乱がない。上の図に見える混乱の根本原因は、単位を〔 〕で囲む日本独特の表記法が 量＝数値×単位 の考え方を見えにくくしているためである。

2.5 量方程式と数値方程式

「量自体」と、「特定の単位で表した量の数値」の区別は、文字を含んだ式を書く場合に特に注意が必要となる。即ち、その文字が「量自体」をあらわしているのか、「特定の単位で表した量の数値」を表わしているのかの違いを常に意識することである。再び JIS規格¹¹⁾を引用すると、

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。

たとえば等速直線運動の場合、速度 v 、長さ l 、時間 t 、の間の量方程式

$$v = \frac{l}{t}$$

は、用いる単位によらずに一般的に成立するが、速度 $\tilde{v}$ km/h、長さ $\tilde{l}$ m、時間 $\tilde{t}$ s（量＝数値×単位 の原則から、 $\tilde{v}$ 、 $\tilde{l}$ 、 $\tilde{t}$ は、いずれも数値である）の間の数値方程式

$$\tilde{v} = 3.6 \frac{\tilde{l}}{\tilde{t}}$$

は、用いる単位に依存する特殊な式である。

ここで再び 量＝数値×単位 から、 $\tilde{v} = \frac{v}{\text{km/h}}$ 、 $\tilde{l} = \frac{l}{\text{m}}$ 、 $\tilde{t} = \frac{t}{\text{s}}$ のように書けることを思い出せば、上記の数値方程式は

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

の形に書けること、そして最初の一般的な量方程式を用いて次のような式の変形で誘導されることがわかる。

$$\frac{v}{\text{km/h}} = v \times \frac{\text{h}}{\text{km}} = \frac{l}{t} \times \frac{\text{h}}{\text{km}} = \frac{l}{t} \times \frac{3600 \text{ s}}{1000 \text{ m}} = 3.6 \frac{l/\text{m}}{t/\text{s}}$$

上記のように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。しかし「特定の単位で測った量の数値」の間の関係式で表現したいこともある。その一つは実験によって得られた量の間の関係を、とりあえず個別的な実験式に表現しようとする場合、もう一つは、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。これらの場合、特定の単位で表わした量の数値は、量/単位 の形で書くことによって、上述のように一般的な量方程式と簡単な四則計算だけで相互に変形することができる。

3. 中学校理科の改訂検定教科書における量・単位・数値の表記の状況

2004（平成16）年度において2巡目の検定が実施され、昨2006（平成18）年度から中学校で使用されている中学校理科の教科書は、これまで通り5社5種類²¹⁻²⁵⁾である。2000（平成12）年度に検定を受け、2002（平成14）年度から中学校で使用された前の教科書と比較して、発展的内容の記述などについては変化が見られているが、量と単位の表記方法に関しては、大きな改善は見られず、推奨されている方式とは依然としてかけ離れている。

量方程式と数値方程式

まず、2.5節で触れた量方程式と数値方程式の区別という視点で見よう。中学校理科第一分野の教科書に現われる「公式」としては、速さの式、オームの法則の式、等が代表的であり、前者の速さの公式に着目すると、5種中4種^{21, 23-25)}はいずれも、

$$\text{速さ〔m/秒〕} = \frac{\text{移動距離〔m〕}}{\text{移動するのにかった時間〔秒〕}}$$

のように、量の名称に単位を〔 〕で囲んで添えて書かれている。この方式は、筆者が「名称〔単位〕方式」と呼び、量と数値の区別がされていない、量方程式か数値方程式かが曖昧な不適当な方式であると批判し続けて来た⁵⁻⁷⁾方式である。残る1種は大日本版²²⁾で、次のように書かれている。

$$\text{速さ} = \frac{\text{物体が移動した距離}}{\text{移動するのにかった時間}}$$

この方式は筆者が「名称無単位方式」と呼んだもので、通常の「量の記号」の代りに「量の名称」が使われていると考えると量方程式に相当した形になる。しかしながら、他の部分で量と数値の峻別がされていない記法が多数見られるため、必ずしも大日本版が 量＝数値×単位 を意識してこのように書いているとは評価できない。なお蛇足であるが、数値方程式であるとはっきり意識して書くならば、

$$\text{速さ/(m/秒)} = \frac{\text{移動距離/m}}{\text{移動するのにかった時間/秒}}$$

のように書くのが妥当である。ここで左辺の m/秒 が () で囲まれているのは、A/(B/C) のタイプの分数になることを明示する純粋に数式上の括弧で、単位を囲むという意図ではない。

表の欄の見出し、グラフの軸の説明

中学校理科で 量＝数値×単位 が意識されていないというもう一つの例証は、2.4節で論じた、表の欄の見出し、グラフの軸の説明 である。これらについては、5種の教科書すべて第一分野上で具体例を示して触れられている。大日本版²²⁾はフックの法則のところで、他の4社版^{21, 23-25)}はオームの法則のところで最初に指導することになる。すべての例が、グラフの軸の説明を 量〔単位〕 の方式に入れるように書かれており、推奨される 量/単位 の方式が採用されていない。また、測定、量、単位の問題を扱うために最も適切な機会であるにもかかわらず、きちんと触れられていない。基本概念をきちんと押さえていないために、表記法が不適切になるという具体例である。

4. 高等学校化学Ⅱの改訂検定教科書における量・単位・数値の表記の状況

昨年度の検定に合格し、来年度から使用される高等学校の「化学Ⅱ」の教科書7種²⁶⁻³²⁾を通覧した。量と単位の取り扱いに関係して言及しておくべき点は下記の通りである。

東京書籍「化学Ⅱ」²⁶⁾

- 例題の解などの計算を見ると、p.27に見られるように途中の計算には単位を入れずに数値だけを計算し、最後で〔 〕で囲んだ単位をつけている。但し、「答え」としては〔 〕で囲まずに単位をつけている。いずれにしても、quantity calculus の考え方は全く見られない。
- 表の欄の見出し、グラフの軸の説明、いずれも大部分が 量〔単位〕の形式で、ごく一部に p.61 の章末問題5の図の横軸の $P(\times 10^6 \text{Pa})$ のような記法も見られる。いずれにしても推奨される方式になっていない。
- 公式における単位の書き方は、p.60に掲げた気体の状態方程式で、量を表す記号の下に〔 〕で囲ったSI単位が書いてあり、
単位には〔 〕内に指定されたものを必ず用いる。
という注釈がついている。これも「公式は量の間の関係を表すもので、用いる単位にはよらない」という基本の考え方から隔たったものである。
- 以上に見たように、量＝数値×単位 の考え方とはかけ離れた書き方がされているが、巻末の p.315に「物理量の取り扱い」という項目があり、その中に下記のような記述が見える。

単位のついた量を物理量といい、数値と単位の積で表す。また、物理量どうしを計算するときは、数値の計算と同時に、単位の計算も行う。例えば、
 ……(下線中川)

のように、quantity calculus の考えに基づいた濃度の計算が書かれている。なぜこの方式で本文中の例題等の解法を示さないのか、不思議である。また、下線部の表現に筆者は大いに違和感がある。「量の測定には必ず単位が必要になる」という理解からは、単位が量に「つく」という表現も、「表す」という恣意的な印象を与える表現も出てこないだろう。

巻末の文字通り「とってつけたような」説明は、教科書本文中の quantity calculus の考えに基づかない計算とともに、量と測定についての基本事項が、個々の執筆者に十分浸透していないことを推察させる。

大日本図書「新版 化学Ⅱ」²⁷⁾

- ・途中の計算にも単位を〔 〕や()で囲まずに入れる書き方が主流で、quantity calculus の考え方に沿っている。しかし他の場面では量をあらわす記号には〔 〕で囲んだ単位が添えられており、量、数値、単位の関係を曖昧にしている。
- ・表の欄の見出し、グラフの軸の説明、いずれも基本的に 量〔単位〕の形式となっている。
- ・巻末資料3 数値の取り扱い のp.300に、

単位をも含めた測定値を物理量という(下線中川)

単位はアルファベットのローマン体文字で表す。そのため、本書で使うリットルも、大文字Lで表す

また、同じくp.302に

測定値(物理量)は「数値×単位」の「×」を略したものとみる
 に続けて quantity calculus が実例を挙げて説明されている。

下線部に筆者としては、上述東書版と同様にやや違和感があるが、東書版と比べるとかなり妥当な記述と言え、量と単位の表記方法に関して、かなり「進んだ」内容になっていると判定できる。

実教出版「化学Ⅱ 新訂版」²⁸⁾

- ・基本的に途中の計算にも単位を〔 〕や()で囲まずに入れてあり、quantity calculus の考え方に沿って計算がされていること、量をあらわす記号には〔 〕で囲んだ単位が書かれていること、など、前記の大日本版と類似の表記となっている。
- ・表の欄の見出し、グラフの軸の説明、いずれも基本的に 量〔単位〕の形式となっている。
- ・巻末 p.338 の付録6に「物理量と単位」があり、

物理量は数値と単位の積で表される

数値と単位を含んだ物理量を表す記号

量記号は単位を含み、かつ、特定の単位にしばられない（下線中川）

などの記述がある。下線部に筆者としては、東書版、大日本版と同様にやや違和感があるが、東書版と比べると違和感は少ない。

- ・同じく付録6の中に、

単位記号は、ローマン体（立体）で印刷する。

人名に由来する場合には頭文字を大文字とし、それ以外のときにはすべて小文字

体積を表すリットルの単位記号は、人名に由来しないので、l（小文字のエル）のローマン体）を使うことになる。しかし、数字の1（イチ）と区別しにくいので、例外的にL（大文字のエルのローマン体）を使ってよいことになっている。ただし、Lは非SI単位であり、・・・

のように、懇切丁寧な説明がある。これは生徒のみならず、これまでの表記から突然変更されたことに戸惑いを持つ高校教員にも親切である。

以上のように、基本的にこの教科書は、まだ「妥協の産物」の側面は否めないが、量と単位の扱いに関して、かなり「進んだ」教科書であると評価できる。

新興出版社啓林館「高等学校 化学Ⅱ 改訂版」²⁹⁾

- ・途中の計算には、単位を〔 〕で囲んで入れてある。東書版よりは quantity calculus の考え方に近いと評価できるが、単位を〔 〕で囲むのは量、数値、単位の関係を曖昧にするため、〔 〕をつけないで単位を表記すべきである。
- ・表の欄の見出しはいずれも基本的に 量〔単位〕の形式となっている。グラフの軸の説明は、量の名称のすぐ右に書くのではなく、少し離して軸の目盛りの数値の右端に近いところに書かれている。しかし単位を〔 〕で囲む点では問題点は変わらない。
- ・巻末 p.298 の資料8 国際単位系 の中に、

物理量は、数値と単位の積で表される。例えば、長さ 1.8 m という物理量は、数値 1.8 と単位 m の積である。

リットルの正式な表記は L または l だが、l は数字の 1 と間違えやすいので l が使われてきた。

などの記述はあるが、これもその考え方が本文中の表記に反映していないという意味で「とってつけたような記述」である。

この教科書は、途中の計算に単位を入れて書いている点では東書版より評価できるが、測定、量、単位の基本に関する理解がまだ十分に浸透していないという印象である。

数研出版「改訂版 高等学校 化学Ⅱ」³⁰⁾

- 基本的に途中の計算にも単位を〔 〕や（ ）で囲まずに入れてあり、quantity calculus の考え方に沿って計算がされている。一方で、量をあらわす記号に〔 〕で囲んだ単位が書かれているという問題点も、実教版と共通である。
- 表の欄の見出し、グラフの軸の説明、いずれも基本的に 量（単位）の形式となっている。様々な「手垢」のついた〔 〕を敢えて使っていないという点では評価できるが、さらに進んで推奨される 量／単位 という記法を採用するように期待したい。
- 裏見返しの資料編に④物理量の単位の示し方と計算例 があり、
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。（下線中川）
同じ一つの物理量でも、単位を替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。
などの記述が具体例とともに掲載されている。気になる下線部もこれまでの各社版より少なく、1箇所のみである。
- リットルの記号については、p.55の「参考」のコラムの脚注の中に
体積の単位「リットル」は、立体のLまたはlを使うよう決められているが、これまで高校の化学では、斜体のlを用いることが多かった。
という記載がある。

この教科書は、実教版と同様に、量と単位の扱いに関してかなり「進んだ」教科書と評価できる。

数研出版「精解 化学Ⅱ」³¹⁾

数研出版からは2種が検定合格した。この教科書（以下「精解」と略記する）は上記（以下「高等学校」と略記する）に比べ、より基礎的な内容に重点を置くという意図の下に作られた³³⁾とのことである。基本的には上記の教科書と同じ書き方がされている。

- 「高等学校」と同様、quantity calculus の考え方に沿っており、計算がされている。ただし、一部 p.48に見られるように数値と共に現われる単位で〔 〕で囲まれているものもある。
- 表の欄の見出し、グラフの軸の説明、いずれも「高等学校」と同様、量（単位）の形式が基本となっている。但し、p.89の例題1の図のように、〔 〕も一部に現われている。
- p.280の巻末資料に2. 物理量の単位の示し方と計算例 があり、「高等学校」と同じ内容の記載がある。
- リットルの記号については、同じく p.280の巻末資料1. 国際単位系（SI）の

中に、

体積の単位「リットル」はSIと併用される単位で、記号「l」または「L」を用いるよう求められているが、小文字の「l」が数字の「1」と区別しにくいいため、斜体の「l」を用いることもある。

という、「高等学校」と少し異なった記載がある。

この「精解」は、「高等学校」に比べて、やや不徹底な印象もあるが、基本的には同程度に「進んだ」教科書と評価できるであろう。

第一学習社「高等学校 改訂 化学Ⅱ」³²⁾

- ・東書版と同様、途中の計算には、単位を入れず、最後に〔〕で囲んだ単位をつけているものが多数であるが、中にはp.42のように途中の計算にも〔〕で囲んだ単位がついているものや、p.94のように〔〕で囲まない単位がついているものがある。
- ・表の欄の見出しはいずれも基本的に 量〔単位〕の形式となっている。グラフの軸の説明は、量と少し離して、軸の目盛りの数値に近づけて書かれている点で、啓林館版の表記と類似している。
- ・巻末 p.266 の付録2 国際単位系(SI)の中に、
物理量は、測定された数値と単位の積で表される。

の記述があるが、ここでもその考え方が本文中の量と単位の表記法に反映されておらず不十分と言えよう。

この教科書は、東書版と同様、量と単位の取り扱いに関する限り、推奨される方式から最も遠い段階に留まっていると言えよう。

7冊の化学Ⅱ教科書を通観して

途中の計算に単位を示すかどうか、各教科書の中でも完全に統一されている訳ではないが、主流の方式に従って分類すると、quantity calculusに則って途中の計算に単位を示したものが実教版、大日本版、数研版2種の計4種、単位を〔〕で囲んで 数値〔単位〕のように表記したものが啓林館版、途中には全く単位をつけず、最後に単位を〔〕で囲んで示すという、推奨される方式から最も遠いものが東書版と第一学習社版であった。啓林館版方式は途中の計算に単位をつけるというところだけ quantity calculus風になっているが問題の多い表記方法である。なぜなら、この表記をもし、数値×単位 の意味として解釈すると、下記の 量〔単位〕の表記の解釈と矛盾が起きるためである。

問題点が現われるのは、表の欄の見出し、グラフの軸の説明である。既に述べたように、量＝数値×単位 の考えに従えば、表に掲載した数値、グラフの軸の目盛りの数値、の説明は、 $\frac{\text{量}}{\text{単位}}$ あるいは 量/単位 の形に書かれるべきである。しかしながら上記7種の教科書においてこの記法に従ったものは皆無で、

5種の教科書が 量〔単位〕、数研の2種の教科書が 量(単位)の記法によっている。7種の教科書すべてに 量=数値×単位 の記述はあるが、その根本となる考え方が十分に咀嚼されていないということである。

この表記法を 量/単位 の意味で 量〔単位〕と表わしていると解釈しようとする、先に述べた 数値×単位 の意味で 数値〔単位〕と表記していることと矛盾する。さらに中学校理科の教科書の

$$\text{速さ〔m/秒〕} = \frac{\text{移動距離〔m〕}}{\text{移動するのにかった時間〔秒〕}}$$

のような「公式」、あるいは高校物理の教科書の

距離 x 〔m〕 移動するのにかった時間が t 〔s〕 であるとする、平均の速

さ v 〔m/s〕 は、 $v = \frac{x}{t}$ である。

のような表記はどのように理解すべきか、これらは量方程式なのか数値方程式なのか分らなくなってしまう。

以上のことすべては、「量自体」と、「特定の単位で表した量の数値」の区別をはっきり意識しないための混乱である。そして単位を〔 〕で囲むことが、両者の区別を曖昧にし、混乱を招くことに繋がっている。

最後に、リットルの単位記号が大文字の L になったことに言及しておきたい。特に実教版に詳しく説明されていた通り、単位記号はローマン体(立体)で表記するという原則に則ると、小文字のエルと数字のイチとの区別が難しくなる。従って単位記号に大文字を用いるのは、人名に由来するものに限するという原則の例外として、大文字のエルの立体で表わす。

筆者は大学教育で 量=数値×単位 の考え方、それに基づいた quantity calculus に則った計算、表の欄の見出し、グラフの軸の説明の記法、などを学生に徹底しようとしてきた。このような内容は、高校で物理や化学を余り学んで来なかった学生には素直に受け入れられるが、しっかり学んで来た学生が、かえって戸惑っているという傾向があり、高校教育の問題点を感じさせられている。

おわりに

最後に、量と単位の表記方法は単なる約束事の問題でないことを述べてまとめとしたい。

最初に述べたように、戦後間もなくの指導要領⁹⁾では、量が単位の何倍になっているかを求めることが測定であるという、量=数値×単位 に直結する考えが明示されていた。現行の小学校算数でも、「量と測定」区分において、量の直接比較、間接比較、任意単位による測定、普遍単位による測定、と学習が進むように教育課程が組まれており¹⁰⁾、基本的な考え方は変わっていない。しかしなが

ら小学校算数における量と測定の内容が、中学校、高等学校理科で具体的に量と測定が扱われる場面へとつながっていないことが問題である。

単位の表記法なんて、科学の本質に関係ない些末なことで、気にする必要はないと考える研究者は多いかも知れない。また、教師にとって他にもっと教えるべきことがあると考える教員も多いかも知れない。個人としてはどのように考えようと自由であるが、科学者集団の中の一員、社会の中の一員という面からは、科学者も教育者もそのように考えることは許されない。

科学における量と単位の表記法は、国語における正書法、仮名遣いに相当するものである。正書法の定まらないところに国語教育が成り立たないのと同様に、量と単位の表記法が定まらないことに理科教育は成り立たない。しかし実はそれ以上の意味がある。仮名遣いは自然の原理に基づくものというよりは人間の定めた約束事の要素が強い。それに対し量と単位の適切な表記法は、繰り返し述べてきたように、量と測定（そしてその結果必然的に単位）の本質の正しい理解から自然に定まるものである。単なる約束事ではなく、科学の根本にかかわってくるものである。

謝辞

来年度使用の教科書の見本本のご提供を頂いた、東京書籍（株）、大日本図書（株）、実教出版（株）、（株）新興出版社啓林館、数研出版（株）、（株）第一学習社の各社に感謝する。

注および参考文献

- 1) 文部科学省 小学校学習指導要領（平成10年12月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122601.htm
- 2) 文部科学省 中学校学習指導要領（平成10年12月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602.htm
- 3) 文部科学省 高等学校学習指導要領（平成11年3月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122603.htm
- 4) 文部科学省教育課程課（教育課程部会事務局）からのお知らせ（平成19年11月9日）.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/information/071109.htm
- 5) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部 22, 85-114 (2001).
- 6) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部 23, 191-212 (2002).

ら小学校算数における量と測定の内容が、中学校、高等学校理科で具体的に量と測定が扱われる場面へとつながっていないことが問題である。

単位の表記法なんて、科学の本質に関係ない些末なことで、気にする必要はないと考える研究者は多いかも知れない。また、教師にとって他にもっと教えるべきことがあると考える教員も多いかも知れない。個人としてはどのように考えようと自由であるが、科学者集団の中の一員、社会の中の一員という面からは、科学者も教育者もそのように考えることは許されない。

科学における量と単位の表記法は、国語における正書法、仮名遣いに相当するものである。正書法の定まらないところに国語教育が成り立たないのと同様に、量と単位の表記法が定まらないことに理科教育は成り立たない。しかし実はそれ以上の意味がある。仮名遣いは自然の原理に基づくものというよりは人間の定めた約束事の要素が強い。それに対し量と単位の適切な表記法は、繰り返し述べてきたように、量と測定（そしてその結果必然的に単位）の本質の正しい理解から自然に定まるものである。単なる約束事ではなく、科学の根本にかかわってくるものである。

謝辞

来年度使用の教科書の見本本のご提供を頂いた、東京書籍（株）、大日本図書（株）、実教出版（株）、（株）新興出版社啓林館、数研出版（株）、（株）第一学習社の各社に感謝する。

注および参考文献

- 1) 文部科学省 小学校学習指導要領（平成10年12月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122601.htm
- 2) 文部科学省 中学校学習指導要領（平成10年12月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602.htm
- 3) 文部科学省 高等学校学習指導要領（平成11年3月）改訂版 国立印刷局（2004）.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122603.htm
- 4) 文部科学省教育課程課（教育課程部会事務局）からのお知らせ（平成19年11月9日）.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/information/071109.htm
- 5) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部 22, 85-114 (2001).
- 6) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部 23, 191-212 (2002).

- 7) 中川邦明, 石川正勝, 海野くに子, 小田切真, 村瀬信之, 出口憲, 鈴木薫, 常葉学園大学研究紀要 教育学部 25, 375-420 (2004).
- 8) 中川邦明, 量=数値×単位, 「第30回教師のための化学教育講座テキスト」日本化学会東北支部 (2007), p.72-77.
- 9) 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.
- 10) 金原寿郎編, 「基礎物理学 上巻」 裳華房 (1963), p.3.
- 11) (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).
- 12) ISO 31-0:1992 (E) Quantities and units — Part 0: General principles, および ISO 31-0:1992/Amd.1:1998 (E) Quantities and units — Part 0: General principles AMENDMENT 1.
- 13) I. Mills, T. Cvitas, K. Homann, N. Kallay, K. Kuchitsu, “Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry”, Blackwell Scientific Publications (1988), p.3.
- 14) E. R. Cohen, T. Cvitas, J. G. Frey, B. Holmstrom, K. Kuchitsu, R. Marquardt, I. Mills, F. Pavese, M. Quack, J. Stohner, H. L. Strauss, M. Takami, and A. J. Thor, “Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry- the IUPAC Green Book - 3rd edition”, RSC Publishing (2007), p.3, 上記13) の改訂版.
- 15) 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ク (1991), p.3-4., 上記13) の日本語公式訳
- 16) 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).
- 17) M. L. McGlashan 著, 関集三, 徂徠道夫 訳, 「SI 単位と物理・化学量」 化学同人 (1974), 序文.
- 18) 森川鐵朗, 伊藤真人, 化学と教育 49, 523-524 (2001).
- 19) (独) 産業技術総合研究所・計量標準総合センター訳・監修, 「国際文書第8版 (2006) 国際単位系 (SI) 日本語版」 (2006).
<http://www.nmij.jp/chishiki/SI8J.pdf>
- 20) 日本化学会編, 「実験化学講座 続11 電子スペクトル」 丸善 (1965), p.153, 206.
- 21) 三浦登・岡村定矩ほか44名, 新編 新しい科学 1 分野下 東京書籍 (2006) [理一 712], p.47.
- 22) 戸田盛和・有馬朗人ほか46名, 新版 中学校理科 1 分野下 大日本図書 (2006) [理一 714], p.50.

- 23) 日高敏隆ほか28名, 中学校科学 1分野下 物質とエネルギー編 学校図書 (2006) [理一 716], p.40.
- 24) 細矢治夫・養老孟司・下野洋・福岡敏行ほか24名, 理科 1分野下 実験から自然のしくみを見つける 教育出版 (2006) [理一 718], p.42.
- 25) 竹内敬人・山極隆・森一夫ほか45名, 未来へひろがるサイエンス 第1分野 (下) 新興出版社啓林館 (2006) [理一 720], p.49.
- 26) 竹内敬人ほか21名, 化学Ⅱ 東京書籍 [化Ⅱ008]
- 27) 渡辺正ほか9名, 新版 化学Ⅱ 大日本図書 [化Ⅱ009]
- 28) 井口洋夫・木下實ほか11名, 化学Ⅱ 新訂版 実教出版 [化Ⅱ010]
- 29) 斎藤烈・山本隆一ほか18名, 高等学校 化学Ⅱ 改訂版 新興出版社啓林館 [化Ⅱ011]
- 30) 野村祐次郎・辰巳敬ほか8名, 改訂版 高等学校 化学Ⅱ 数研出版 [化Ⅱ012]
- 31) 梅澤喜夫ほか6名, 精解 化学Ⅱ 数研出版 [化Ⅱ013]
- 32) 佐野博敏ほか21名, 高等学校 改訂 化学Ⅱ 第一学習社 [化Ⅱ014]
- 33) <http://www.chart.co.jp/goods/kyokasho/20kyokasho/rika/kagaku/index.htm>
- 34) 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.