

用語解説

# S I 単位

小島勇夫

物質工学工業技術研究所 計測化学部

〒305 つくば市東1-1

(1997年9月2日受理)

## 1. はじめに

1875年(明治8年)にメートル条約が締結されて以来、国際度量衡局(BIPM)が設立され、単位の国際的な統一が積極的に進められてきた。混乱を避けるために、一量一単位の原則に立ち、科学、工業、教育、日常生活を通じて普遍的な単位としてS I 単位が1960年(昭和35年)にBIPM総会において採択されることになった。‘S I ‘はフランス語のSystème International d’Unités の頭文字を取った

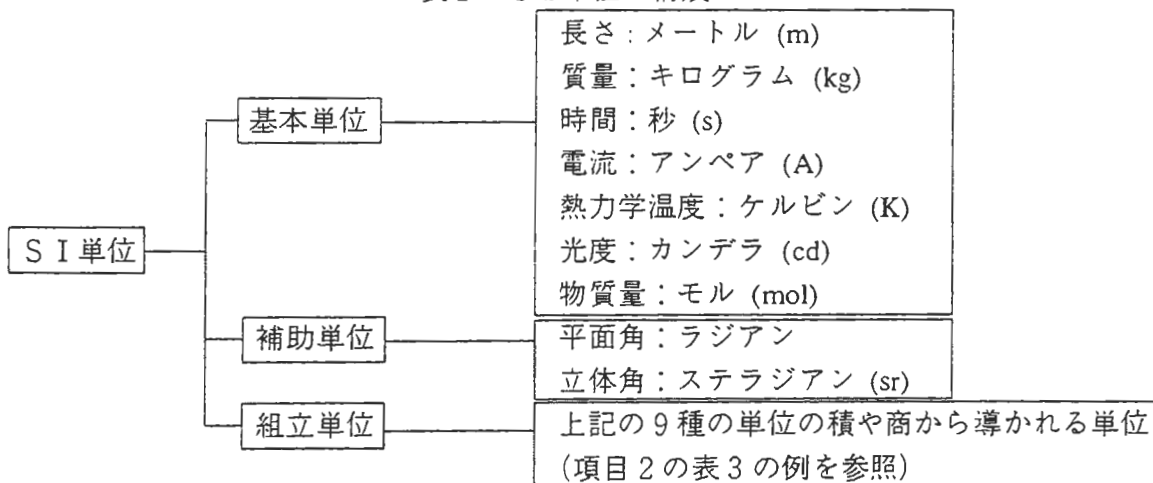
ものである。

ここでは、S I 単位の概略と我々が日常的に目にする表面分析に関する単位などについて簡単に述べる。

## 2. S I 単位の構成

S I 単位には表1に示すように7つの基本単位と2つの補助単位を基本として、これらの積や商から導かれる組立単位から構成される。

表1 S I 単位の構成



さらには、10の整数倍乗を示す記号がS I 接頭語として表2にのように定義されている。

表2 S I 接頭語

| 接頭語の名称  | 単位に乘ぜられる倍数       | 接頭語の名称   | 単位に乘ぜられる倍数        |
|---------|------------------|----------|-------------------|
| ヨタ (Y)  | 10 <sup>24</sup> | デシ (d)   | 10 <sup>-1</sup>  |
| ゼタ (Z)  | 10 <sup>21</sup> | センチ (c)  | 10 <sup>-2</sup>  |
| エクサ (E) | 10 <sup>18</sup> | ミリ (m)   | 10 <sup>-3</sup>  |
| ペタ (P)  | 10 <sup>15</sup> | マイクロ (μ) | 10 <sup>-6</sup>  |
| テラ (T)  | 10 <sup>12</sup> | ナノ (n)   | 10 <sup>-9</sup>  |
| ギガ (G)  | 10 <sup>9</sup>  | ピコ (p)   | 10 <sup>-12</sup> |
| メガ (M)  | 10 <sup>6</sup>  | フェトム (f) | 10 <sup>-15</sup> |
| キロ (k)  | 10 <sup>3</sup>  | アト (a)   | 10 <sup>-18</sup> |
| ヘクト (h) | 10 <sup>2</sup>  | ゼプト (z)  | 10 <sup>-21</sup> |
| デカ (da) | 10               | ヨクト (y)  | 10 <sup>-24</sup> |

## 3. 組立単位の例と使用法について

表3には組立単位の例を示す。表に示す以外にも数多くの物理量が存在する。

表3 組立単位の例

| 量         | SI 単位の名称     | SI 単位の記号 | SI 単位の定義  |
|-----------|--------------|----------|---|
| エネルギー     | ジュール         | J        | $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$   |
| 力         | ニュートン        | N        | $\text{kg m s}^{-2} = \text{J m}^{-1}$                                      |
| 電位差       | ボルト          | V        | $\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1} = \text{J A}^{-1} \text{s}^{-1}$ |
| 圧力        | パスカル         | Pa       | $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{N m}^{-2} = \text{J m}^{-3}$        |
| 濃度        | モル毎立方メートル    |          | $\text{mol m}^{-3}$   |
| 波数        | メートル分の1      |          | $\text{m}^{-1}$   |
| 面積        | 平方メートル       |          | $\text{m}^2$  |
| 体積        | 立方メートル       |          | $\text{m}^3$  |
| 密度 (質量密度) | キログラム毎立方メートル |          | $\text{kg m}^{-3}$  |
| 重度モル濃度    | モル毎キログラム     |          | $\text{mol kg}^{-1}$  |
| 電場強度      | ボルト毎メートル     |          | $\text{V m}^{-1} = \text{N C}^{-1} = \text{kg m s}^{-3} \text{A}^{-1}$      |
| エントロピー    | ジュール毎ケルビン    |          | $\text{J K}^{-1} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$               |

ある種の組立単位は J、N、V、Pa などのように特別の記号を持っている。この他にも特別の記号を持つものには、ヘルツ (Hz)、ワット (W)、クーロン (C) などがある。もちろん、電場強度やエントロピーの例に示されるようにこれらの組立単位の記号を用いて他の組立単位を表すことも許される。

積については以下のいずれかの表記を用いる。

$\text{mN}$ 、 $\text{m} \cdot \text{N}$ 、 $\text{m} \times \text{N}$

すなわち、スペース、 $\cdot$ 、 $\times$  (カケル) のいずれかを用いる。スペースをおかない  $\text{mN}$  はミリニュートンで  $10^{-3}\text{N}$  を意味することになる。

商については、

$\text{ms}^{-1}$ 、 $\text{m/s}$ 、 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  など

による。

より複雑な組み合わせでは、 $\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$  や  $\text{J}/(\text{K mol})$  はよいが、 $\text{J/K/mol}$  は斜線 (/) を複数含むために使わない。

より具体的な例を挙げる前に、S I 接頭語を用いるときの4つの規則にふれておく。

(1) キログラムが S I 基本単位であるが、接頭語をつける場合は g を単位とする。

$10^{-6}\text{kg}$  を表わすときは、 $\mu\text{kg}$  ではなく  $\text{mg}$  を用いる。

(2) S I 接頭語は、基本単位、補助単位、特別

の名称と記号を持つ組立単位に付ける。

この拡張として、時には非 S I 単位にも付けることがある。

ml MeV など

(3) 複合接頭語は用いるべきでない。

(4) 接頭語が付いた単位の記号は一つの記号とみなされるので、かっこを用いずに累乗を表すことができる。

ここまでは、一般論として S I 単位について述べた。しかしながら、我々が通常もちいる単位で先の基本単位だけでは表せないものがある。単位の使用が、厳密に基本単位の積と商だけから導かれる S I 単位に制限されるのでは実用的ではない。従って、種々の分野において個々の物理量を表すのに最も都合の良いものならば、S I 単位系の範囲内でどのような S I 接頭語のついた単位を用いるのは自由であることになっている。すなわち、固体の質量や密度を g および  $\text{g cm}^{-3}$  と表し、分子振動の波数を  $\text{cm}^{-1}$  と表すことには何の問題もない。

さらには、時間には分 (min)、時間 (hour)、日 (day)、角度には度 (degree)、分 (minute)、秒 (second) など用いることが多いが、これらも日常生活ではもちろん、科学においても使用が認められている。ただし、スパッタリング速度な

どの物理量の測定値を報告する場合は毎秒(s<sup>-1</sup>)を用いることが望ましいとされる。

表面分析で利用されるスペクトルでは、エネルギー（横）軸の単位としてeVがよく用いられる。エネルギーとして1eVをS I単位で表した量に変換すると次のようになる。

$$1 \text{ eV} \sim 1.6022 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ここでまず問題となるのは、たとえ1eVをS I単位の量に変換しても厳密な数値を得られないことである。すなわち、電子スペクトルの横軸をジュール(J)で表すことにより、分かりにくくするだけでなく、精度も失うことになる。このような場合は、特例として単位として扱うことになる。この種の単位として他にも、ボーア半径やボーア磁子などがある。

また、強度（縦）軸はcpsで表されることが多い。しかし、このような表記に対しては特別な規定は見あたらない。従って、さし当たり用いるのに差し支えはないと考えられるが、漸次変更されるのが望ましい記述の一つであると考えられる。

その他、日常生活の中で重要な温度としてセ氏温度℃がある。しかし、自然科学における温度の表記の中ではケルビンで十分であることから、自然科学の分野ではKを用いることが推奨される。

#### 4. 基本単位の定義

参考まで基本単位のどのように定義されているか、その概要を示す。

##### 1メートル (METRE) :

真空中で光が1 / 299792458 秒間に到達する距離

##### 1キログラム (KILOGRAME) :

国際キログラム原器(白金-イリジウムで作製)

##### 1秒 (SECOND) :

セシウム-133の基底状態準位間遷移による輻射光の振動周期の1/9192631770

##### 1アンペア (AMPERE) :

1 m隔てた平行の導線間に働く力が1 m当たり  $2 \times 10^{-7}$  Nの電流

##### 1ケルビン (KELVIN) :

水の三重点の熱力学温度の1/273.16

##### 1モル (MOLE) :

0.012kgの炭素-12に含まれる原子数と同数の単位粒子を含む系の物質の量

##### 1カンデラ (CANDERA) :

周波数 $540 \times 10^{12}$ Hzの単色放射光源の放射強度が1/683Wsr<sup>-1</sup>である方向の光度

#### 参考文献

ISO 31, "Quantities and units" (ISO Standards Handbook, 3rd edition), ISO, Genova, 1993