

# (連載講座) 子供では分からない優しい科学

## 第5回 開話休題・単位の話し

ここまで話して、既に幾つかの量を表す単位が出てきました。量そのものの意味は、大きさを表示するものとしてその都度理解し、覚えていくしかありません。たとえば、「面積」は「広さ」を表すもので、「縦」「横」の「長さ」を掛け合わせることで表示できる、という具合です。「長さ」の単位は「メートル (m)」で、それを2つ掛け合せたものは「平方メートル ( $m^2$ )」といい、これが面積を表す単位である、ということはどなたもご存じでしょう。しかし、現代の科学社会には、「長さ」「面積」以外にも様々な単位があります。既に出てきた「応力」や「歪み」などもその中に入ります。どういう意味であるかは、その都度できるだけ丁寧に解説していきます。

ここでは、単位そのものに注目してみましょう。「メートル」とは一体どういう大きさなのでしょう。「キロメートル」と「メートル」はどういう関係にあるのでしょうか。私たちは「長さ」を表す尺度として「メートル」以外にも、「里」、「尺」、「フィート」、「マイル」、「ヤード」などなど、意識せずに色々使っています。これらはどのような関係にあるのでしょうか。なぜ、こんなにも色々あるのでしょうか。長さにも色々あります。巨大な「長さ」としては光の進む距離を尺度にした「光年」というような表現もあります。これを「メートル」で表すととても巨大な数字になります。分かりやすい標記としてどう表せばよいのでしょうか。

こうしたことが、今回の休憩時間の話題です。

### (1) 國際単位系

現在の世界で最も普遍的な単位系は国際単位系 (SI 単位系) です。国際単位系 (The International System of Units ; ただし、SI 単位系の「SI」はフランス語 Le Système International d'Unités 由来です) とは、それまで広く使用されていた MKS 単位系 (長さの単位にメートル (m)、質量の単位にキログラム (kg)、時間の単位に秒 (s) を用い、この 3 つの単位の組み合わせでいろいろな量の単位を表現していたもの) を拡張したもので、1875 年に締結されたメートル条約に基づいて (現在の加盟国 51ヶ国)、1960 年に国際度量衡総会 (単位系を維持するための最高機関 ; 現在 68 加盟・准加盟国) で使用が採択されたものです。

10 進法を基本とするこの SI 単位系は現在、ほとんどの国で合法的に使用でき、多くの国で使用することが義務づけられています。日本は、1875 年の尺貫法採用後、1885 年に条約に加盟、1891 年に尺や貫をメートル原器とキログラム原器で定義し直しての間接的

採用が始まりました。その後長く併用されていましたが、1991 年に至って日本工業規格 (JIS) が完全に国際単位系準拠となり、JIS Z 8203 (国際単位系(SI)及びその使い方) に規定されています。アメリカなど一部の国ではそれまで使用していた単位系の単位を使用することも認められていますが、我が国では原則的に SI 単位系一本に統一されています。

なお、歴史的にはそれぞれの地域や文化圏で様々な単位が工夫され、歴史の中で淘汰されつつ客觀性を持つ基本単位に整備され、使用されてきました。しかし、現代のように科学が発達し、グローバル化してくると、世界標準が必要になると共に、科学的な厳密さが要求されるようになりました。かといって、全く新しい単位系を定めるても、混乱するだけで実用的でない。そこで、従来から広く使われてきた単位を参考に、汎用性があつて厳密な定義のできる単位が工夫されたのです。これに科学的精密さを付加したのが国際単位系です。

## (2) 基本単位

国際単位系は 7 つの基本単位を組み合わせて、各種の量を表す組立単位の定義を行います。7 つの基本単位とは、時間 (s)、長さ (m)、質量 (kg)、電流 (A)、熱力学温度 (K)、物質量 (mol)、光度 (cd) です。

(1) 時間 : 単位は「秒」で、英語読み second の略として「s」(または sec) が記号として使われます。

元々は、地球の 1 日 = 24 時間、1 時間 = 60 分、1 分 = 60 秒として、平均的な 1 日の太陽日の 86,400 分の 1 として定義されたものです (この単位系は 10 進法ではありません。1 日の 24 分割、1 時間の 60 分割などは、エジプトやバビロニア文化の影響といわれています)。その後、より正確な値にするために何度も定義が改められ、現在は、セシウム 133 (133Cs) という原子の基底状態 (最も安定な状態) の 2 つの超微細準位 (原子核の周りを回る電子の存在しうるエネルギーレベル) の間の遷移 (電子が行ったり来たりすること) に対応する放射 (行ったり来たりすることで放出されるエネルギー) の周期の 9,192,631,770 倍に等しい時間として定義されています。こんなややこしい定義になっているのは、元の太陽日から来る本来の定義に合わせるためです。

(2) 長さ : 基本単位は「メートル」で、「m」と書きます。メートル (metre) とは物差しを意味するギリシャ語に由来しています。

1 秒の 299,792,458 分の 1 の時間に光が真空中を進む距離として定義されます。このややこしさも歴史的なものです。1791 年、長さの単位として、北極から赤道までの子午線の長さの 10,000,000 分の 1 としてメートルが定義されました。この元は、当時ヨーロッパで多く用いられていた「ダブルキュビット (肘から中指までの長さの 2 倍)」という長さの

単位に近接しているという理由によります。この長さにほぼ近い単位としてメートルが生まれたのです。

(3)質量： 単位は「キログラム」で、「kg」と書きます。

注意すべきは、「質量」と「重量」は違うと云うことです。質量とは、その物質の重さや動かし難さを表すその物体固有の物理量の1つで、同じ物質であれば何処で測ろうとも同じです。一方、重さ「重量」は、その物体に掛かっている重力が表す量です。重力は万有引力ともいい、二つの物体間に働く引力で、二つの間の距離とそれぞれの物体の性質とに応じて働く力です。この重力を決定する性質を「質量」と呼ぶのです。つまり、重力を生み出す基が質量なのです。たとえば、月の引力は地球の約 $1/6$ です。ゆえに、地球上にある場合に比べて月面上で生み出される重力は $1/6$ 、すなわち、 $1/6$ の重さしか計測されないことになります。

普段、私たちはあまり質量と重量を区別することなく使っています。その理由は、地球上ではほぼ同じ値となるからです。物体に働く力はその物体の質量と引力に関係し、質量×引力（重力の加速度）となります。この加速度は地球の場所場所によって微妙に異なるのですが、地球上であれば何処でもほぼ1なのです。したがって、地球上ならば何処で測ってもほぼ同じ値になり、質量と重力もほぼ同じになります。もっとも、微妙な違いはあります。極めて測るより赤道で測る方が重量は少し軽くなります。なぜなら、地球の自転による遠心力の影響で、重力の加速度が赤道では少しありからです。月における加速度は地球の約 $1/6$ 、だから、計測される重量も $1/6$ なのです。

(4)電流： 単位は「アンペア」です。「A」と表記されますが、これは電流と磁界との関係を示したアンペールの法則に名を残す科学者の名に因んでいます。

無限に長く、無限に小さい円形断面積を持つ2本の直線状導体（電気をよく流す性質を持つもの）を、真空中に1メートルの間隔で平行に置いたとき、導体の長さ1メートルにつき $2 \times 10^{-7}$ ニュートンの力を及ぼしあう導体のそれぞれに流れる電流の大きさ、として定義されています。なじみ深い単位ですが、その基本を理解するのは中々大変です。必要になるときまでお預けです。

なお、ここで出てくる「ニュートン」というのは「力」の単位（組み立て単位で、基本単位ではありません）で、1kgの質量を持つ物質に毎1s当たり1mの加速度( $m/s^2$ )を生じさせる力です。

(5)熱力学温度： 「ケルビン」といいます。「K」で表しますが、これも人名に由来します。

全ての分子の運動が停止する温度（極めて低い）を絶対零度（0K）とし、水の三重点

( $\text{H}_2\text{O}$  という物質が水、氷、水蒸気のいずれの状態でもいられる条件) の熱力学温度 (0.01 °C) までの 1/273.16 を温度間隔とした単位です。

現在も広く使われているセルシウス温度 (セ氏または摂氏ともいい、「°C」で表します。セルシウスは人名です) は、1 気圧の下での純水の凝固点を 0 °C、沸点を 100 °C としてその間を 100 等分したものですが、温度間隔はケルビンと同じです (だから 1/273.16 なのです)。°C と K の関係は、K = °C + 273.15 となります。

なお、セルシウス温度では「度」といったり、「°」と表記したりします。しかし、ケルビンでは単に「K」と書くだけで、「度」といったり、「°」を付けたりすることはありません。

#### (6) 物質量 : 「モル」を単位とし、「mol」と書きます。

0.012 キログラム (12g) の炭素 12 の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子または要素粒子の集合体 (組成が明確にされたものに限る) で構成された系の物質の量、と定義されています。モルを使うときは、構成要素が指定されなければなりませんが、それは原子、分子、イオン、電子、その他の粒子またはこの種の粒子の特定の集合体を意味します。

ややこしい定義ですが、こういうことです。たとえば、Na (ナトリウム) という原子 1 個と、Cl (塩素) という原子 1 個を反応させると、NaCl (塩) という分子 1 個ができます。ところが、Na、Cl、NaCl などはそれぞれ固有の重さを持っているので、1g の Na と 1g の Cl を反応させても 2g の NaCl が出来るわけではありません。そこで、同じ数の原子や分子を含む物質の量を定義しておけば、化学的な扱いが非常に楽になります。そこで定義されたのが「モル」なのです。原子や分子は固有の質量 (原子量や分子量と呼ばれます) を持っているので、その量に「グラム」を付けた「グラム原子」や「グラム分子」という単位が従来から使られてきましたが、モルはその発展型です。

「モル」を使えば、1mol の Na と 1mol の Cl との反応で、1mol の NaCl が生成される、と表記できるようになります。原子や分子の 1mol とは、対象原子や分子の質量 (グラム原子、グラム分子) になります。Na の原子量は 22.99 であり、Cl は 35.45 です。よって、Na を 22.99g 計り取り、35.45g の Cl と反応させると 58.44g の NaCl (塩) が生成されるというわけです。

モルはその定義から分かるように、同じ数の要素粒子を含みます。その数は  $6.0221415 \times 10^{23}$  個です (2003 年現在)。これをアボガドロ数といいます (イタリアの化学者の名に由来しています)。また、1mol の物質が理想気体 (要素の大きさや相互作用を無視した理想的な仮想気体のこと) になったとすれば、標準状態 (25 °C、1 気圧) で 22.41383 リットルの同じ体積を占めることになります。

この「モル」という単位は他の単位とやや趣を異にしていますが、化学の分野では極め

て基礎的で重要な単位です。

(7) 光度 : 「カンデラ」を単位とし、「cd」と表記されます。カンデラとは蠟燭を意味するラテン語に由来しています。

周波数  $540 \times 10^{12}$  ヘルツの単色の放射を放出し、所定方向の放射の強度が  $1/683\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}$  である光源の、その方向における光度(光の強さ)と定義されています。明るさや光の強さを表現するのに欠かせない単位ですが、主に物理学の分野で必要になるもので、ここでは省略です。

### (3) 組立単位

国際単位系では、上記 7 つの基本単位が定義されています。これらを基本とし、その組み合わせで種々の量が表されるのです。これを組立単位といいます。

たとえば、長さの基本単位はメートル (m) です。面積は縦横の長さを掛け合わせたものですから、その単位は「メートル×メートル」 = 「 $\text{m} \times \text{m}$ 」 = 「 $\text{m}^2$ 」となり、この「 $\text{m}^2$ 」「平方メートル」と呼んで、面積の単位としているのです。体積ならもう一つ長さを掛け合わせて「 $\text{m}^3$ 」(立方メートル) です。物質の緻密さを表す「密度」は、その質量を体積で割ればよいのですから、「 $\text{g} \div \text{m}^3$ 」 = 「 $\text{g}/\text{m}^3 = \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 」です。国際単位系では、全ての物理量の単位は 1 つか複数の基本単位の累乗の積で表現できますので、そのうち、よく使われるものについては SI 組立単位として固有の名称とその記号が与えられているものも多くあります。たとえば、先に出てきた「ニュートン (N)」です。これは、1kg の質量を持つ物体に、 $1\text{m}/\text{s}^2$  の加速度(単位時間当たりの速度の変化率)を生じさせる「力」という定義です。したがって、基本単位の組み合わせだと「 $\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ 」となります。この組立単位に「ニュートン」という固有名称が与えられているのです。 $1\text{N} = 1\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$  です。

このようにして、多くの物質量の単位が決められています。ゆえに、単位は基本単位の整数累乗積で表され、中途半端な単位というのは出てきません。ところが、世の中には「 $\text{Nm}^{-3/2}$ 」といった単位が存在します。N は「力」の単位で、既に上記しました。m は長さですが、これに付いている「-3/2」という指数は、通常はあり得ないです。逆にいえば、このような単位は科学的な意味を持たず、それによって表される数値の科学的な根拠はないといえます。しかし、この単位は「応力拡大係数」といって、物質の脆さや粘っこさ、壊れやすさを測るよい指標となることが分かっており、単位の矛盾を抱えたまま重要な指標として広く実用されています。科学的な厳密さとは別に、実用性が高いと云うことも、劣らず重要であることも覚えておく必要があります。

同様に、過去の慣習から、あるいは、実用の便から、SI 単位系以外の単位でも、使用の認められているものも多くあります。たとえば次のようなものです。

(1) 海里(海面または空中における長さで 1852m です。M、NM または nmi と書きます)

- (2) オングストローム（電磁波、膜圧、表面の粗さ、結晶格子などに使い、Åと書き、 $10^{-8}\text{cm}$  です）
- (3) カラット（宝石の質量に使い、0.2g に相当し、ct または car と記します）
- (4) もんめ（真珠の質量に使い、日本の尺貫法に基づいています。3.75g に相当し、mom と書きます）
- (5) トロイオンス（金貨の質量や宝石の原石重量などに使い、ヤード・ポンド法に起源があります。oz、tr、toz と書き、31.1034768 g に当たります）
- (6) アール、ヘクタール（土地面積の表記で、a を単位記号とし、 $100\text{m}^2$  に当たります。ヘクタール (ha) はその 100 倍です。）
- (7) トン（船舶の体積などに使い、ton と書いて、1000kg のことです）
- (8) ノット（航海、航空などで使われる速度単位で、kt または kn と書き、1852km/h のことです）
- (9) トル（圧力の単位です。気圧などを測るのに昔は水銀柱を使っていました。標準大気圧では 760mmHg です。この別称がトル (Torr) です。SI 単位系では圧力はパスカル (Pa) を使うことに改められ、換算すると 133.322Pa となります。標準大気の 1 気圧 (atom) は  $760\text{mmKg} = 101325\text{Pa} = 1013\text{hPa} = 1013\text{mbarr}$  です。1atom = 760mmHg は昔に学校などで習いました。1atom = 1013hPa は昨今の天気予報などで馴染みです。昔はこれをミリバールと呼んでいました。水銀柱 mmHg は今でも血圧測定などで使われています）
- (10) カロリー（熱量（エネルギー）の単位です。1g の水の温度を  $1\text{ }^\circ\text{C}$  上げるのに必要なエネルギーとして定義され、cal と表記します。現在の国際単位系では、エネルギー量はジュール (J) を使うことになっており、1cal ≈ 4.2J です）
- これら以外にも、慣習や実用の便から、用途を限定しつつもその使用が求められている単位もあります。

#### （4）メートル原器とキログラム原器

1875 年にメートル条約が締結されると、国際基準とするためのメートル原器とキログラム原器が作られ、加盟各国に配布されました。図 1 はそのメートル原器で、白金 90%、イリジウム 10% の合金製です。この合金は温度や環境による変化が極めて小さく、伸び縮みせず、ほとんど鋸びないので、長期間原器として使うのに適していましたからです。1890 年に日本にも到着し、以来、中央度量衡器検



図 1 メートル原器

定所（現・産業技術総合研究所）で大切に保管されています。その後、定義が改正されたことは前述の通りで、現在はその役割を終え、「標準尺」として使われています。

キログラム原器も存在します。図2に示すのがそれです。同じく白金90%、イリジウム10%の合金製で、直径・高さともに39mmの円柱です。保管場所も現・産業技術総合研究所です。

こちらの方は質量の原器として今も生きています。国際単位系でもいまだに、質量の基準は国際キログラム原器（パリの国際度量衡局にあります）を基準にすると定めているからです。日本の原器も30年毎に国際原器と比較し、その精度を保つことになっています。周到な制作時からの配慮と、厳密な保管により、現在、 $10^{-9}$ オーダーの精度が確保されています。なお、日本のキログラム原器



図2 キログラム原器

国際キログラム原器の質量のほうは、表面吸着などの影響により年々増加しており、その量は年に $0.1\mu\text{g}$ 程度と見られています。1980年代に42年ぶりに国際キログラム原器の洗浄が行われましたが、これにより国際キログラム原器の質量は約 $60\mu\text{g}$ 減少しました。これは1kgの $6 \times 10^{-8}$ 倍に当たるので、現行の国際キログラム原器による定義の精度は8桁程度ということになります。

質量以外の定義は、現在では物理法則を用いて定義され直しているために、定義が変わらない限り常に一定です。ただし、実際に物理現象を計測しなければ得られないため、測定技術の向上による若干の変化があり、時々数値の改変が行われています。それでも定義されている基準が変化しているわけではありません。質量に関しては今も原器が基準です。原器を基準としている限り、未来永劫に不变というわけにはいきません。そこで、他の基本単位同様物理法則による定義に切り替えようという動きはあります。まだ実現していませんが。

## （5）接頭語

ある物理量について1種類の単位（たとえば長さについてのメートル）しかなかつたら、非常に大きな数字や小さな数字を扱わなければならなくなります。尺貫法やヤード・ポンド法などの伝統的な単位系では、異なる値の複数の単位（たとえば里、尺、寸）を用意し、それらを組み合わせて値を表現してきました。扱う数字を小さくするという目的は達せられますが、色々な単位を覚えなければならず、また、計算をする際には単位を相互に換算

する必要が出てきます。これでは不便です。

表 1 接頭語

ゼタの 1000 倍	ヨタ (yotta)	Y	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
エクサの 1000 倍	ゼタ (zetta)	Z	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
ペタの 1000 倍	エクサ (exa)	E	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
テラの 1000 倍	ペタ (peta)	P	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
ギガの 1000 倍	テラ (tera)	T	1,000,000,000,000,000
メガの 1000 倍	ギガ (giga)	G	1,000,000,000
キロの 1000 倍	メガ (mega)	M	1,000,000
基本の 1000 倍	キロ (kilo)	k	1,000
基本の 100 倍	ヘクト (hecto)	h	100
基本の 10 倍	デカ (deca、 deka)	da	10
基本	接頭語無し		1
基本の 10 分の 1	デシ (deci)	d	0.1
基本の 100 分の 1	センチ (centi)	c	0.01
基本の 1000 分の 1	ミリ (milli)	m	0.001
ミリの 1000 分の 1	マイクロ (micro)	$\mu$	0.000 001
マイクロの 1000 分の 1	ナノ (nano)	n	0.000 000 001
ナノの 1000 分の 1	ピコ (pico)	p	0.000 000 000 001
ピコの 1000 分の 1	フェムト (femto)	f	0.000 000 000 000 001
フェトムの 1000 分の 1	アト (atto)	a	0.000 000 000 000 000 001
アトの 1000 分の 1	ゼプト (zepto)	z	0.000 000 000 000 000 000 001
ゼプトの 1000 分の 1	ヨクト (yocto)	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001

そこでメートル法では、それぞれの物理量に対しては 1 つの単位だけを定義し、それに、10 の累乗倍の数を示す「接頭辞（接頭語）」を添えることにしました。表 1 に示すとおりです。たとえば、接頭語「キロ」は 1000 倍を表します。つまり、「キロ」メートルは 1000 メートルということになります。逆に、接頭語「ミリ」は 1000 分の 1 を表します。「ミリ」メートルは 1000 分の 1 メートルなのです。こうすることによって、同じ接頭語を様々な単位に付け加えるだけで単位を様々な大きさにすることができ、伝統的な単位系のような大きさによって全く別の単位を覚える必要がなく、十進法なので計算のための換算も簡単にできるようになりました。これがメートル法の大きな利点の一つです。

表 1 より分かるように、10 倍、100 倍を除いて接頭語は 1000 倍または 1000 分の 1 毎の区切りになっています。それぞれの記号を単位の前に付けて表記します。1000m = 1km、

$1/1000m = 1mm$  のようです。ただし、接頭語は 1 つの単位に 1 つだけ許されることに決まっています。たとえば、密度は前述のように質量を体積で割ったものです。したがって、「 $g \cdot m^{-3}$ 」です。数値を小さくするために「 $kg \cdot m^{-3}$ 」あるいは「 $g \cdot cm^{-3}$ 」と表記することは許されますが、「 $kg \cdot cm^{-3}$ 」と書いてはいけないです。 $[kg]$  は基本単位ですが、この「 $k$ 」は接頭語です（基本単位に接頭語の付いているのはキログラムだけです）。「 $cm$ 」の「 $c$ 」も接頭語です。したがって、「 $kg \cdot cm^{-3}$ 」は 2 つの接頭語を持つことになるからです。

## （6）数字

ところで、私たちは日頃何気なく 0、1、2、3 といった数字を使い、10、100、1000 と書いています（アラビア数字といいます）。10 進法の利用と相まって計算には非常に便利な表記法です。ですが、過去においてはこう簡単ではありませんでした。日本語では壱（一）、弐（二）、参（三）のように書き、拾（十）、百、千、万、億、兆といった位取りを表す記号（文字）が別にあります。これらを組み合わせて数を表現します。全てを覚えていなければあらゆる数値を表現することは出来ません。時計の文字盤などで比較的身近なローマ数字（ギリシャ数字）でも、I、II、III という文字と、V (5)、X (10)、L (50)、C (100)、D (500)、M (1000) といった区切りの単位を組み合わせて表現します。2968 年ならば、弐千九百六十八年と書き、MMCMLXVIII と表します。また、これらの数字表現には何もないことを表す「ゼロ」がありません。「零」は何もないことを意味する表意文字で、数字でも記号でもないのです。こうした状況下では、任意の数値を表すことは容易ではありません。

何もないことを表す「0」を数字として使い（正確には数字ではなく記号）、同時に位取りにも利用することを発明したのはインドだと云われますが（ゆえに、これをインドアラビア数字ともいいます。古くは「0」は使用されていませんでした）、この「0」の発見は現代に続くあらゆる科学の発達のまさに根幹をなす人類史上の大発見であり、大天才のなせる業績といえます。「0」が無く、位取りを異なる文字（数字または記号）で行う算数の世界を想像してみれば、その便利さに改めて気付くでしょう。

なお、ついでです。大きな数を表すとき、よく 3 桁毎に「,」で区切られます。その起源は数値の英語読みから来る慣習によっています。1000 は「thousand」、1000 の 1000 倍が「million」、その 1000 倍が「billion」、さらにその 1000 倍を「trillion」と呼ぶからです。は 123,456.- のようにです。「,」は桁区切り、「.-」は数値の終端を表しています。しかし、欧米等ではこれが逆になっている場合も多くあります。文化による習慣の違いですので、注意しておく必要があります。日本では慣習的に万、億、兆のように 4 桁区切りで数値を読みます。しかし、数値を書くときに 4 桁で区切り記号を入れることはありません。

小さな数字にも慣習的な呼び方があります。100 分の 1 をパーセント（% という記号でおなじみです）。1000 分の 1 はパーミル（記号では‰と書きます）、その後は 1000 分の 1

区切りで、1000 分の 1 の 1000 分の 1（100 万分の 1）をパー・パー・ミリオン（ピーピー エムともいい、「ppm」と略記します。「parts per million」の略です）、その 1000 分の 1 はパー・パー・ビリオン（ppb）、さらにその 1000 分の 1 がパー・パー・トリリオン（ppt）です。日本語では、10 分の 1 区切りで、割、分、厘、毛、糸と続きます。

我々に馴染み深いのは漢字表記、アラビア数字（算用数字）、ローマ数字です。数値表記の比較を表 2 に示しておきます。雑学としてみていくと、結構面白いものです。

表 2 数値表記比較(1)

数値 (アラビア文字)	接頭語 (SI 単位系)	漢数字	ローマ数字
0		なし（零）（漢字圏では「0」	なし
1 ( $10^0$ )		一（壱） の記号として使う	I
2		二（弐） こともある。日本	II
3		三（參） では書かず、「飛	III
4		四（肆） んで」という表現	IV
5		五（伍） になる)	V
6		六（陸）	VI
7		七（柒）	VII
8		八（捌）	VIII
9		九（玖）	IX
10 ( $10^1$ )	da	十（拾）	X
50			L
100 ( $10^2$ )	h	百（佰）	C
500			D
1000 ( $10^3$ )	k	千（阡）	M
5000			CCI
10000 ( $10^4$ )		万（萬）	CCCO
$10^6$	M		(5000、10000 の記号
$10^8$		億	は普通使わない。ロ
$10^9$	G		ーマ数字の限界は
$10^{12}$	T	兆	3999)
$10^{15}$	P		
$10^{16}$		京（けい）	

$10^{18}$	E	垓 (がい)	
$10^{20}$	Z		
$10^{21}$	Y	秭 (し)、	
$10^{24}$	X (ゼナ)		
$10^{27}$		穰 (じょう)	
$10^{28}$			
$10^{30}$	W (ウェカ)	溝 (こう)	
$10^{32}$			
$10^{33}$	V (ベンデカ)		
$10^{36}$	(SI 系では Y	澗 (かん)	
$10^{40}$	まで)	正 (せい)	
$10^{44}$		載 (さい)	
$10^{48}$		極 (ごく)	
$10^{52}$		恒河沙 (ごうがしゃ)	←(これ以降は異説がある)
$10^{56}$		阿僧祇 (あそうぎ)	
$10^{60}$		那由他 (なゆた)	
$10^{64}$		不可思議 (ふかしき)	
$10^{68}$		無量大数 (むりょうたいすう)	←(普通はここまで)
$10^{112}$		矜羯羅 (こんがら)	
$10^{224}$		阿伽羅 (あから)	
$10^{448}$		最勝 (さいしょう)	
$10^{896}$		摩婆羅 (まばら)	
$10^{1792}$		阿婆羅 (あばら)	
$10^{3584}$		多婆羅 (たばら)	
$10^{7168}$		界分 (かいぶん)	
$10^{14336}$		普摩 (ふま)	
$10^{28672}$		彌摩 (ねま)	
$10^{57344}$		阿婆鈴 (あばけん)	
$10^{114688}$		弥伽婆 (みかば)	
$10^{229376}$		毘盧伽 (びらか)	

表 2 数値表記比較(2)

数値 (アラビア文字)	接頭語 (SI 単位系)	漢数字	ローマ数字

1 ( $10^0$ )	なし	一 (壱)	I
$10^{-1}$	d	割 (わり)	(ローマ数字に「1」
$10^{-2}$	c	分 (ぶ) (「分」を「 $10^{-1}$ 」	以下はない)
$10^{-3}$	m	厘 (りん) とする場合もあ	
$10^{-4}$		毛 (もう) る。この場合は	
$10^{-5}$		糸 (し) 以降 1 桁繰り上	
$10^{-6}$	$\mu$	忽 (こつ) がる)	
$10^{-7}$		微 (び)	
$10^{-8}$		纖 (せん)	
$10^{-9}$	n	沙 (しゃ)	
$10^{-10}$		塵 (じん)	
$10^{-11}$		埃 (あい)	
$10^{-12}$	p	渺 (びよう)	
$10^{-13}$		漠 (ばく)	
$10^{-14}$		模糊 (もこ)	
$10^{-15}$	f	逡巡 (しゅんじゅん)	
$10^{-16}$		須臾 (しゅゆ)	
$10^{-17}$		瞬息 (しゅんそく)	
$10^{-18}$	a	弹指 (だんし)	
$10^{-19}$		刹那 (せつな)	
$10^{-20}$		六德 (りっとく)	
$10^{-21}$	z	虚空 (こくう)	← (これ以降は異説
$10^{-22}$		清淨 (せいじょう)	がある)
$10^{-23}$		阿頼耶 (あらや)	
$10^{-24}$	y	阿摩羅 (あまら)	
$10^{-25}$		涅槃寂靜 (ねはんじやくじょう)	
$10^{-27}$	x (ゼノ)		
$10^{-30}$	w (ウェコ)		
$10^{-33}$	v (ベンデコ)	← (SI 系では y まで)	

## (7) 他の単位系

最も広く使われているのは、現在では国際単位系であるといってよいでしょう。しかし、異なる単位系が用いられている地域や国もまだ多くあり、慣習的に異なる単位が通用して

いる場合も多くあります。現在では、これらも国際単位系で定義し直され、正確に換算できるようになっていますが、今でもしばしば出会う代表的な例としてヤード・ポンド法と、我が國古来の尺貫法を簡単に記しておきます。

### (1) ヤード・ポンド法

ヤード (yard, yd) : 欧米で使われる長さの単位です。ヤード・ポンド法と呼ばれる度量衡法の根幹をなすものです。イギリスとアメリカで最初は若干の違いがありました。1958 年にメートル法を基準にした同じ長さに統一されました。 $1\text{yd} = 0.9144\text{m}$  です。現在では多くの国で使用が禁止されていますが、抵抗勢力もまだ多く、我々にとってはゴルフコースの距離表示などでおなじみです。なお、 $1/3\text{yd}$  が 1 フィート (foot, ft = 30.48cm)、 $1/12\text{ft}$  が 1 インチ (inch, in = 2.54cm) です。

ポンド (pound, lb) : ヤード・ポンド法における重さの単位です。現在では  $1\text{lb} = 0.45359237\text{kg}$  と再定義されています。この下はオンス (ounce, oz) で、 $1\text{lb} = 16\text{oz}$  です。

エーカー (acre) : 土地面積の表示などで時々出てきます。4840 平方ヤードのことで、 $4046.8564224\text{m}^2$  に当たります。

ガロン (gallon, gal) : 石油やガソリンの容量表示として今も使われています。米英で定義が異なる。英では、 $1\text{gal} = 4.54609\text{L}$  で、石油産出量の表現などで出てくるバレル (barrel) は  $1\text{barrel} = 36\text{gal}$  であり、 $= 163.65924\text{L}$  です。米では、 $1\text{gal} = 3.785411784\text{L}$  で、 $1\text{barrel} = 31.5\text{gal}$  です。なお、石油取引で国際的に使われる単位は、 $1\text{barrel} = 42$  米ガロン =  $158.987294928\text{L}$  です。

### (2) 尺貫法

尺 (しゃく) : 尺貫法は中国に起源を持つ東アジア地域で広く使われてきた単位系です。「尺」はその中の長さの単位で、メートル法の導入時に 1 尺 ≈ 0.303m と再定義されました。他に、1 尺 = 10 寸 (すん)、10 尺 = 1 丈 (じょう)、6 尺 = 1 間 (けん)、60 間 = 1 町 (ちょう)、36 町 = 1 里 (り) という単位も使われます。これらは元々は独立に発達してきた単位ですが、後に「尺」の整数倍として統一されました。なお、1 里 = 3927m ですが、中国では約 500m、朝鮮では約 400m として使われてきました。

面積は、平方尺や平方寸となります。1 町 = 10 反 (たん)、1 反 = 10 敵 (せ)、1 敵 = 30 坪 (つぼ)、1 坪 = 10 合 (ごう) ( $3.3058\text{m}^2$ )、1 合 = 10 勺 (しゃく) という呼び方もあります。

容積は 1 石 (こく) = 10 斗 (と)、1 斗 = 10 升 (しょう)、1 升 = 10 合、1 合 = 10 勺です。升が基本単位で、 $1.8039\text{L}$  になります。

貫 : 重さの基本単位で、日本独自のものです。メートル法の導入時にキログラム原器の  $15/4$  と定められました。すなわち、1 貫 =  $3.75\text{kg}$  です。これ以前には「匁 (もんめ)」を単位としていましたが、1 貫 = 1000 匁です。