

国際単位系 (SI) について

1. 総 論

佐藤 晃 一*

(1) はじめに

1875年、花の都巴里で締結されたメートル条約にわが国が加盟 (1885年) して 100 年になる。単位系というものは、数量情報に関するコミュニケーションの最も重要な手段であるから、その変更は学術的にも社会的にもさまざまな混乱の原因となりやすい。すでにわが国では、旧来の尺貫法からメートル法に切り換えるという大事業を成功させた経験があるが (昭41. 3. 31), そのためには数十年にわたる準備と経過措置の時期を必要とした。

このメートル単位系もその普及とともにさまざまな分化し、主として物理学や電・磁気学の分野で採る絶対単位系 (長さ、質量、時間を基本量とする CGS 系、電流を加えた MKSA 系など) 工学者の用いる重力系などなど10以上もの派生を見るに至った。しかもそれらはしばしば混用され、混乱をもたらした。(代表的なものに後述する質量と重量ないし力があり、いずれもグラムを用い、g, gr, G などと表わされている。)

単位系は利便性と合理性が要求され、通用範囲の広いことが必須条件となる。ここに登場した SI (エス・アイ、国際単位系 Le Système International d' Unités の略称) は「1量1単位」の原則に立ち、きわめて「一貫性のある」単位系として、いま世界各国で切り換えが進行しつつある。

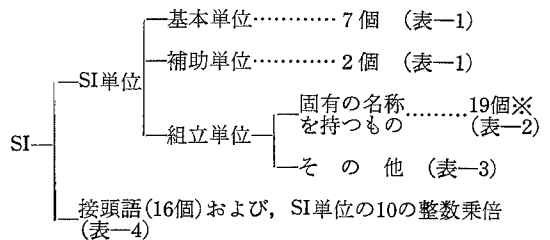
SI は MKSA 系を基礎としているので、すでにメートル系を使用しているわが国では比較的抵抗も少ないが、ますます学際化、国際化して行く土壤物理性の分野としても、その採用は重要なことと考えられる。

(2) SI の構成

単位の切り換えはさまざまなリスクとデメリットを伴うものであるから、新しく採用される単位系にはよほどのメリットが要求される。勿論、各国各分野で統一された単位系を用いることのメリットは言うまでもないが、その主旨で出発したメートル系も、実用のために多くの

分岐を見たことは先述のとおりである。

単位系は、まず基礎となる幾つかの量の単位と、これらの組合せによって他の量の単位を表現することにより構成される。前者を基本単位、後者を組立単位と呼ぶが、SI には 7 個の基本単位のほか、2 個の補助単位がある。平面角及び立体角は他の組立単位を作る上で重要な働きをする単位であるが、基本単位のひとつとみなすべきという考えと、組立単位とする考えが対立して結論が出ないまま、無次元量のための第三の部類を設け補助単位としたものである。ここにも、通用性という立場から現実的な判断を重視する新単位系の面目が感じられる。組立単位には、固有の名称をもつものが 19 個あり、結局、SI は次のような構成となっている。



※ 1973 年当初は 16 個であったが、1975 年に 2 個、1979 年 1 個の計 3 個 (いずれも放射線関係) が追加された。

SI は従来の単位系に比較して、合理的な、一貫性のある単位系であるが、その特徴は次のように集約される。

①基本単位が物理法則に基づいて明確に定義されており、現実の高い精度で再現され得る。

②ひとつの量に対してひとつの単位を定め、原則としてその単純な倍数 (10 の整数乗倍) の単位だけを用いる。

③基本単位、補助単位および組立単位は、全体としての一貫性に基づいている。したがって組立単位には 1 以外の数値の係数が含まれない。

④従来の MKSA 単位系の拡張であるから、メートル法絶対単位系の合理性と一貫性を併せて保有している。

表—1~4 に、SI 基本単位、補助単位、固有の名称をもつ組立単位、基本単位から誘導される組立単位の例、並びに SI の単位の 10 の整数乗倍を表わす接頭語を示す。

* 愛媛大学農学部

表-1 基本単位および補助単位

量	基本単位							補助単位	
	長さ	質量	時間	電流	熱力学温度*	物質質量	光度	平面角	立体角
名称	メートル	キログラム	秒	アンペア	ケルビン	モル	カンデラ	ラジアン	ステラジアン
記号	m	kg	s	A	K	mol	cd	rad	sr

* 表-2 の“セルシウス温度”参照。

表-2 固有の名称をもつ SI 組立単位

量	SI 単位			
	名称	記号	他の SI 単位による表現	SI 基本単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
工率, 電力	ワット	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
電気量, 電荷	クーロン	C		$s \cdot A$
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束	ウェーバ	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度 又は度	$^{\circ}C$		K
光束度	ルーメン	lm		$cd \cdot sr$
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
(放射性核種の)放射能	ベクレル	Bq		s^{-1}
吸収線量, 質量エネルギー当量, カーマ, 吸収線量指標	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
線量当量, 線量当量指標	シーベルト	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(3) SI による表現法

SI は非常に合理的な構成をもち、造語力が容易かつ豊富である。すなわち自由に新しい組立単位の展開が可能ない点があるが、無原則に勝手な表示が行なわれるのは実用上かえって混乱をもたらす。そこで表現には、文法ともいべきルールがいくつか定められている。それらは JIS Z 8203 等の文献に詳しく述べられているが、特に身近なものをいくつかあげる。

• SI 単位の 10 の整数乗倍は、通常その数値が 0.1~1000 の範囲に入るように選ぶ。

• 合成された単位の接頭語は 1 つだけとし、先頭の単位 (分子) に付ける。

例 $klm \cdot s (Mlm \cdot ms$ とはしない)

$kN/m^2 (dN/cm^2$ とはしない)

$Mg/m^3 (kg/dm^3$ とはしない)

特例として、kg の k は接頭語の数から除かれる。

例 MJ/kg (kJ/g とはしない)

ただし、質量の単位は g に接頭語を付けて造る。

• 組立単位の表わし方の例

$\frac{m}{s}$, m/s, 又は $m \cdot s^{-1}$

• 同じ行の中で斜線は 1 回だけしか用いてはならない。(複雑な場合は、負の指数がカッコを用いる。)

• 混同しやすい例

N, m, Nm, N, m (ニュートンメートル)
と mN (ミリニュートン)

勿論例外も多くあるが、要は使いやすく、混乱の少な

表-3 基本単位から出発して表わされる組立単位の例

量	組 立 単 位	
	名 称	記 号
面 積	平方メートル	m ²
体 積	立方メートル	m ³
速 さ	メートル毎秒	m/s
加 速 度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波 数	毎メートル	m ⁻¹
密 度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
電 流 密 度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ (物質量の)濃度	アンペア毎メートル モル毎立方メートル	A/m mol/m ³
比 体 積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
輝 度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²

表-4 SI 接頭語

倍数	接頭語	記 号	倍数	接頭語	記 号
10 ¹⁸	エタサ	E	10 ⁻¹	デシ	d
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ¹	デカ	da	10 ⁻¹⁸	アト	a

い表記が望まれるのである。

(4) SI 以外の単位の取扱い

単位の切り換えは、慣用してきた者にとっては苦痛を与える。CIPM では、SI ではないが SI と併用してよい単位、或いは暫定的に使用を認める単位を表-5, 6 のように定めて、混乱と抵抗の緩和をはかった。それとともに、固有の名称をもつ CGS 単位 (エルグ, ダイン, ポアズ, ストックス, その他) の併用は一般に好ましくないとし、また標準大気圧 (atm), 重量キログラム (kgf), カロリー (cal), ミクロン (μ), その他の一般的には推奨しがたい単位などが指摘されている。しかしながらこれらも、分野によっては (当分の間) 使用されることもあるであろう。単位系の切り換えは、なかなか一朝一夕には行かないものだからである。

表-5 SI 単位と併用してよい単位

量	単位の名称	単位記号	定 義
時 間	分	min	1 min = 60 s
	時	h	1 h = 60 min
	日	d	1 d = 24 h
平 面 角	度	°	1° = (π/180) rad
	分	'	1' = (1/60)°
	秒	"	1" = (1/60)'
体 積	リットル	l (注)	1 l = 1 dm ³
質 量	トン	t	1 t = 10 ³ kg

(注) リットルの記号は、立体の l (エル) であるが、紛らわしい時には、ltr または litre と書いてもよい。

表-6 SI と共に暫定的に維持される単位

名 称	記 号	SI 単位による値
海 里		1 海里 = 1 852m
ノ ッ ト		1 ノット = 1 海里毎時 = (1 852/3600)m/s
オングストローム	Å	1 Å = 0.1 nm = 10 ⁻¹⁰ m
ア ー ル	a	1 a = 1 dam ² = 10 ² m ²
ヘ ク タ ー ル	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
バ ー ン	b	1 b = 100 fm ² = 10 ⁻²⁸ m ²
バ ー ル	bar	1 bar = 0.1 MPa = 10 ⁵ Pa
ガ ル	Gal	1 Gal = 1 cm/s ² = 10 ⁻² m/s ²
キ ュ リ ー	Ci	1 Ci = 3.7 × 10 ¹⁰ Bq
レ ン ト ゲ ン	R	1 R = 2.58 × 10 ⁻⁴ C/kg
ラ ド	rad	1 rad = 1 cGy = 10 ⁻² Gy
レ ム	rem	1 rem = 1 cSv = 10 ⁻² Sv

SI に関する参考資料

- 1) JIS, 国際単位系 (SI) 及びその使い方, JIS Z8203-1978, 日本規格協会
- 2) 国際単位系 (SI) の手引, 1978, 日本規格協会
- 3) JIS, 計量単位換算表, (増補版) SI 単位への換算, 1979, 日本規格協会
- 4) 国際単位系 (SI) 情報—Vol. 1 [その 1~24]—, 1979, 日本規格協会, (月刊誌「標準化と品質管理」及び「標準ジャーナル」より集録)
- 5) 機械工学 SI マニュアル, 1979, 日本機械学会
- 6) 土質工学における SI の使い方, 1981, 土質工学会九州支部
- 7) わかりやすい SI の使い方, 1983, 農業土木学会 (学会誌連載講座の合本)
- 8) その他
「標準化ジャーナル」, 「計測と情報」には SI に関し多くのニュース, 解説が掲載されている。