

.....
 解 説

UDC 53.081 (100)

国際単位系 (SI) について*

小 泉 袈 裟 勝**

The International System of Units

Kesakatsu KOIZUMI

1. 国際単位系 (SI) とは

このごろ国際単位系, SI あるいは SI 単位という言葉
 を聞く機会が多くなつた. ことに昨春3月6日, 日本規格
 協会標準化原理委員会(委員長: 松浦法政大学教授)が
 日本工業標準調査会会長に対して「日本工業規格に国際
 単位系を優先使用することについて」建議を行なつてか
 ら, 急に各方面の関心をひくようになったものである.

この建議の文章は簡単であるが, 背景となつた事情は
 要約されている. 「鋳工業で用いる物理量を表わす単位
 系の使用を統一することは, 工業標準化のうち最も重要
 なことであると考えられます. 国際単位系 (SI 単位系)
 は, 単位系の使用の国際的統一の要望にこたえて, 1960
 年の国際度量衡総会*で決議され, 1969年に国際標準化
 機構** (ISO) の推せん規格 (ISO/R 1000) に採用された
 もので, 国際的にも国内的にも最適のものと考えられま
 すので, 日本工業規格で物理量を記述する場合は, この
 SI 単位系を第1順位に記述するよう必要な措置をとら
 れることを要請いたしたく, ここに建議いたします.

なお, 国際単位系と他の単位系との換算表を日本工業
 規格として制定することが必要であります, それら原
 案作成につきましては, 当委員会としてもご協力いたし
 たいと思ひますので, 念のため申しそえます.

これに説明がついて, 国際情勢としてイギリスが 1975
 年, ソ連が 78 年, 西ドイツは 80 年を目標に切替える計
 画があり, 国際統一は時間の問題なので, 日本もたとえ
 ば 1973 年 1 月を期して計画的に切換えを進めることが
 望ましい, としている.

国際単位系とは, 数多いメートル法の単位系を単一系
 統に統一し, すべての国がすべての領域で統一的に用い
 ることを期待して, 1960 年の第 11 回国際度量衡総会
 で採択され, さらに 1969 年 ISO によつて採用されたもの
 である.

この単位系は, 単位に関する国際慣習に従つてフラン

ス語で *Système International d'Unite* と呼ばれ, 略称
 として SI が与えられている.

わが国ではこれを国際単位系と呼び, 略称 SI にはと
 きに「単位系」をつけるが, これは便宜的な呼称である.
 またこの系の単位のことを SI 単位と呼ぶ.

2. 単位系のいくつか

メートル法も, もとは度量衡つまり長さ, 面積, 体積
 および質量の単位の国際統一のために 18 世紀末フラン
 スでつくられたものである. ところがその頃から科学技
 術の急速な発達が始まり, 度量衡以外の物理量の単位
 が数多く設けられるようになったが, 学問の技術の分野
 ごとに系統のちがうものがつくられ, メートル法によつ
 たものでもいくつかの単位系ができた.

単位系は基本単位のとりかたできまり, 物理学者はセ
 ンチメートル, グラム, 秒をとつた CGS 単位系を用い,
 工学者はメートル, 重量キログラム, 秒をとつた重力単
 位系を主とするようになった.

単位系はこのほかにも MKS 単位系, MTS 単位系,
 CGS 静電単位系, CGS 電磁単位系, ガウスの絶対単位
 系などがあり, さらに細かく見ればまだいくつかの単位
 系がある.

基本単位を時間, 空間または物質の性質に無関係に選
 んだものを絶対単位系と呼ぶ. しかし重力単位系は地球
 重力加速度が関係し, 物理量としては力である重量キ
 ログラムをとつているので絶対単位系とはいえないが, 地
 表面における現象を扱う場合は実用的である. そのため
 工学分野に圧倒的に普及しているわけであるが, 重力加
 速度は場所によつて異なるので, 測定精度が高まれば統
 一性がなくなる.

そこで 1901 年の第 3 回国際度量衡総会は, 重量キ
 ログラムを定義する標準重力加速度として 9.80665 m/s^2
 を採用したのである. この値は約束されたものであり,
 その意味ではこの単位系も絶対単位系といえる. しかし

* メートル条約機構の最高議決機関

** International Organization for Standardization (ISO)

* 昭和48年1月31日受付 (依頼解説)

** 日本計量器工業連合会

このはんばな数値がつきまとうことが、SI への転換に当たつて大きな問題となつてくる。

なおこの総会の決議には、質量 mass と重量 weight とを区分する意図が含まれていた。しかしここで生じた慣用の用語の意味とのギャップは今日なお完全に埋まらないでいる。キログラムと重量キログラムはしばしば混同される。

本誌の執筆要領にも「単位は原則として CGS または MKS 単位系を用いる」とあるが、すくなくとも力、圧力、応力などについては無理な注文である。

3. 統一につきまとうその他の問題

(1) 非 10 進的単位について

メートル法は制定以来 10 進法であることが大きな特長の一つとされてきた。古くから 10 進法を使つてきた日本人にとつては、さしてありがたい問題ではないが、60 進法、12 進法その他えたいの知れない数取法や単位関係に悩まされてきたヨーロッパ人にとつては画期的な方式である。しかし完全にメートル法になつていゝヨーロッパ大陸諸国でも、時間と角度の単位はいぜん 60 進法である。したがつてワットアワー、rpm など時、分が関係する単位は 10 進法にはならない。これは日本でも同じである。

メートル法創設当時はこれらも 10 進法にすることになつていたが、たちどころに反対されて抹殺され今日にいたつていゝ。SI への統一に関する討議でも、国際電気標準会議 (IEC)* の反対もあり、当分残されることにならう。

(2) 10 進倍量分量単位の名称の問題

メートル法はもう一つの主要な長所として、基本単位や誘導単位**がきまれば、その倍量や分量の単位は、約

* International Electrotechnical Commission.

** 文部省制定の学術用語では組立単位といい、計量法では誘導単位である。ここでは誘導単位としておく。

束されたキロ、センチ、ミリなどの接頭語をそれらの頭につけて構成できることがうたわれている。ところが実際にはこのような単位に特別の名称をつける傾向が続いて、この原則が乱れてきている。ことに後の表に見るように CGS 単位系に著しい。

もつともこの種の問題は SI 自身の中にもある。基本単位のキログラムはグラムのご 1000 倍を意味するが、これはもうやむを得ないと割切られている。

4. SI の誕生

単位系の国際統一の問題をメートル条約機構が取上げたのは案外早いのである。

1948 年の第 9 回国際度量衡総会は 大戦後間もないことであり、日本は全権を送つていないのであるが、次のような決議を行ない、国際度量衡委員会*に指示している。

- (1) 計量単位の完全な規則の確立を検討すること。
- (2) この目的のため各国の学術、工業および教育界の意見について公式のアンケートを開始すること。
- (3) メートル条約の加盟国のすべてが採用しうる実用的計量単位系の確立に関する勧告を行なうこと。

さらに 1954 年の第 10 回総会は、基本量として長さ、質量、時間、電流、熱力学温度、光度の 6 量をとり、これらの単位を統一単位系の基本単位として採用することを決議した。この単位系は MKS 単位系の拡張されたものである。

そして 1960 年の第 11 回総会は、この単位系に「国際単位系」という名称および SI という略称を決定し、かつ接頭語と誘導単位および補助単位とその他の指示事項を採択し、こうして SI の構成がまとめられた。これらはその後ひき続く総会ごとに改訂、追加が行なわれ、1972 年現在の構成はつぎの各表のようになる。備考に改訂、追加の年次を記してある。

* メートル条約機構の理事機関。国籍を異にする 18 名で構成されている。現日本委員は朝永良夫氏。

基本単位

量	単 位	記 号	量	単 位	記 号
長 質 質 量 時 間 電 流	メートル キログラム 秒 アンペア	m kg s A	熱力学的温度 光 度 物 質 の 量	ケルビン カンデラ モ ル	K cd mol

(注) モルは 1971 年追加

補助単位

量	単 位	記 号	量	単 位	記 号
平 面 角	ラジアン	rad	立 体 角	ステラジアン	sr

誘 導 単 位

量	単 位	記 号	基本単位による構成	備 考
面積	平方メートル	m ²		
体積	立方メートル	m ³		
波	ヘルツ	Hz	s ⁻¹	
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹	
密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³		
速度	メートル毎秒	m/s		
角速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²		
角加	ラジアン毎秒	rad/s		
力	ニュートン	rad/s ² N		
圧	パスカル	N	m·kg·s ⁻²	1971, 改訂
粘	パスカル秒	Pa	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²	〃
仕事・エネルギー	平方メートル毎秒	Pa·s	m ⁻¹ ·kg·s ⁻¹	
熱量	ジュール	m ² /s	J	m ² ·kg·s ⁻²
照度	ルクス	lx	m ⁻² ·cd·sr	
波長	メートル	m ⁻¹		1967, 追加
熱容量	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² ·kg·s ⁻² ·K ⁻¹	〃
熱率	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg·K)	m ² ·s ⁻² ·K ⁻¹	〃
電圧	ワット	W	m ² ·kg·s ⁻³	
電流	クーロン	C	s·A	
電界の強さ	ボルト	V	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹	
電気の抵抗	ボルト毎メートル	V/m	m·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹	
コンダクタンス	オーム	Ω	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻²	1971, 追加
静電容量	ジーメンズ	S	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ³ ·A ²	
磁束密度	ファラド	F	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ²	
磁束	ウェーバ	Wb	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻¹	
磁束密度	ヘンリー	H	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻²	
磁界の強さ	テスラ	T	kg·s ⁻² ·A ⁻¹	
光輝度	アンペア毎メートル	A/m		
放射能	アンペア	A		
伝導率	ルーメン	lm	cd·sr	
放射能	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²		1967, 追加
	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m·K)	m·kg·s ⁻³ ·K ⁻¹	〃
	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² ·kg·s ⁻³ ·sr ⁻¹	〃
	毎秒	s		〃

(注) 将来の追加をさまたげない。

接 頭 語

大 き さ	接 頭 語	略 字	備 考
1 000 000 000 000 = 10 ¹²	テ	ラ	T
1 000 000 000 = 10 ⁹	ギ	ガ	G
1 000 000 = 10 ⁶	メ	ガ	M
1 000 = 10 ³	キ	ロ	k
100 = 10 ²	ヘ	ト	h
10 = 10 ¹	デ	カ	da
0.1 = 10 ⁻¹	デ	シ	d
0.01 = 10 ⁻²	セ	チ	c
0.001 = 10 ⁻³	ミ	リ	m
0.000 001 = 10 ⁻⁶	マ	ロ	μ
0.000 000 001 = 10 ⁻⁹	ナ	ノ	n
0.000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	ピ	コ	p
0.000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵	フ	ム	f
0.000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸	ア	ト	a

1964, 追加

5. SI の 性 格

(1) 一貫性のある単位系ということ

見られるとおり SI の単位は基本単位 base units, 補助単位 supplementary units および誘導単位 derived units の 3 階級に分かれる。この分類は科学的な厳密さ

よりも便宜を主にしている。

基本単位は SI の基礎であり、誘導単位は基本単位を代数的関係で組合わせて構成され、このうちのいくつかは固有の名称を与えられ、単位は記号に置きかえられ、これらはまた他の誘導単位の構成にも利用される。

補助単位は基本単位とも誘導単位とも格づけできない

ものを便宜的に区分したものである。この二つの単位はある種の誘導単位たとえば rad/s や cd·sr においては基本単位のように組合わされる。しかし計量法ではこれらを誘導単位として扱っている。

SI の基本的な特長は、これら3階級の単位群が一貫性をもつことであり、その意味でこれは一貫性のある単位系 coherent system と呼ばれる。

接頭語を用いて構成される SI 単位の 10 の整数乗倍の単位は、この一貫性のある単位群の中に含まれるのであるが、特に SI 単位と区分しようとするならば、SI 単位の 10 の整数乗倍 decimal multiples and sub-multiples of the SI units と呼ぶべきであるとされている。

1967 年の第 13 回国際度量衡総会までは、温度の単位はケルビン度 (°K) であり、温度差には (deg) を用いるとされており、誘導単位の構成にやや一貫性を欠くところがあつたが、同総会で温度の単位も温度差の単位ともにケルビン (K) とすることに改められて、たとえばエントロピーの J/deg は J/K となり一貫性が高められた。

(2) 誘導単位の種類について

誘導単位の表は今日の科学技術に実用されている諸量のすべてを尽していない。将来の追加をさまたげないとして国際度量衡総会のつど追加されているが、これは不便なことである。そこで ISO も計量法も、SI の原則に従つて構成される単位はすべて SI 単位として扱い必要な単位を定めている。

国際度量衡機関がこのように小出しにせざるを得ない理由は、単位の理論と実用性との妥協、名称の決定など

で同意を得るまでに時間がかかることにあるらしい。

温度の単位と温度差の単位を一つにするのに 6 年もかかっているし、単位の名称に特定の国の言葉はとらないというメートル法創設当時の趣旨に反して、人名に由来する単位が多くなり、フランス人はこれをきらつている。SI 単位にも基本単位に 2 個、誘導単位に 13 個計 15 個ある。国際度量衡委員会も今後は増やさない方針とかであるが、人名はともかく単位に固有の名称を与えることは、誘導単位の呼称を簡単にする便利さはあろう。

6. SI 以外の単位の扱い

SI は、広い分野への普及を考慮して一貫性のある、わかりやすいものにしようとしているが、結局単位の切替は習慣の変更であり、国により分野によりそれぞれ根強い伝統や習慣があるので、理論だけでは統一はむずかしい。

国際度量衡委員会もこれらの事情を考慮して、SI 以外の単位を (a) SI と併用することが必要と思われるもの、(b) 特別な分野で併用を認めるべきもの、(c) 暫定的に併用を認めるもの、(d) CGS 単位の扱い、および (e) 一般には推奨しがたい単位の 5 階級に分けて記している。

(1) SI と併用される単位

1969 年の国際度量衡委員会は、SI 単位以外にも特定の単位については、併用を認めざるを得ないとして次のものを掲げている。60 進法の時間と角度の単位はこうして当分生き残るのである。

SI と併用される単位

名 称	記 号	SI 単位での値
分	min	1 min = 60 s
時	h	1 h = 60 min = 3 600 s
日	d	1 d = 24 h = 86 400 s
度	°	1° = (π/180) rad
分	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
秒	''	1'' = (1/60)' = (π/648 000) rad
リットル*	l	1 l = 1 dm³ = 10⁻³ m³
トン	t	1 t = 10³ kg

* リットルは 1.000 028 dm³ と定義されていたが 1964 年の国際度量衡総会で 1 dm³ の別名とされた。

(2) 特別な分野で併用を認めるもの

これらは科学的な研究分野で使われるもので、単位の

値は実験的に求められるべきものであり、しかも正確には求められない。

特別な分野で SI と併用される単位

名 称	記 号	大 き さ
電子ボルト	eV	1.602 19 × 10⁻¹⁹ J (近似的に)
(統一)原子質量単位	u	1.660 53 × 10⁻²⁷ kg (")
天文単位	UA	149 600 × 10⁶ m (国際天文連合採用値)
パーセク	pc	30 857 × 10¹² m (近似的に)

(3) 暫定的に併用を認めるもの めようというものである。
 これらは現在広く普及しているため暫定的に併用を認

SI と共に暫定的に維持する単位

名 称	記 号	SI 単 位 で の 値
海 里	.....	1 海里 = 1 852 m
ノ ッ ト	.....	1 ノット = 1 海里毎時 = (1 852/3 600) 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 ⁻²⁶ m ²
バ ー ル	..... bar	1 bar = 0.1 MPa = 10 ⁵ Pa
標 準 大 気 圧	..... atm	1 atm = 101 325 Pa
ガ ル	..... Gal	1 Gal = 1 cm/s ² = 10 ⁻² m/s ²
キ ャ ー リ	..... Ci	1 Ci = 3.7 × 10 ¹⁰ s ⁻¹
レ ン ト ゲ ー ヂ	..... R	1 R = 2.58 × 10 ⁻⁴ C/kg
ラ ッ ド	..... rad	1 rad = 10 ⁻² J/kg

(4) CGS 単位の扱い ことであるが、CGS 単位がこれまで物理学で果たしてきた役割、またそれらが SI 単位と 10 の整数乗倍の関係にあることなどを考慮すれば、このような表現にならざるを得ないであろう。そこでソ連のように、SI と併用するといっている国もある。
 国際度量衡委員会は、固有の名称を与えられている次のような CGS 系の単位を積極的には否定していないが、SI 単位とは併用しないことが“一般に望ましい”と考えている。SI 単位に一貫性をもたせるためには当然の

固有の名称を有する CGS 単位

名 称	記 号	SI 単 位 で の 値
エ ル グ	..... erg	1 erg = 10 ⁻⁷ J
ダ イ ン	..... dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
ポ ア ズ	..... P	1 P = 1 dyn · s/cm ² = 0.1 Pa · s
ス ト ーク ス	..... St	1 St = 1 cm ² /s = 10 ⁻⁴ m ² /s
ガ ウ ス	..... Gs, G	1 Gs は 10 ⁻⁴ T に相当する
エルステッド	..... Oe	1 Oe は $\frac{1000}{4\pi}$ A/m に相当する
マクスウェル	..... Mx	1 Mx は 10 ⁻⁸ Wb に相当する
スチルブ	..... sb	1 stilb = 1 cd/cm ² = 10 ⁴ cd/m ²
フォ ト	..... ph	1 ph = 10 ⁴ lx

(5) 一般に推奨しがたい単位 これらの多くのものは特殊的であり、SI 単位に置きかえてもさして問題はないが、重量キログラムとカロリーが問題である。
 これらはその使用を避けて SI 単位に置きかえるのが“一般に望ましい”とされるものである。

一般的には推奨しがたいその他の単位

名 称	SI 単 位 で の 値
フェルミ	1 fermi = 1 fm = 10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット	1 carat métrique = 200 mg = 2 × 10 ⁻⁴ kg
トル	1 torr = $\frac{101\ 325}{760}$ Pa
重量キログラム (kgf)	1 kgf = 9.806 65 N
カロリー (cal)	1 cal = 4.186 8 J*
ミクロン (μ)	1 μ = 1 μm = 10 ⁻⁶ m
X線単位	
ステール (st)	1 st = 1 m ³
ガンマ (γ)	1 γ = 1 nT = 10 ⁻⁹ T
γ	1 γ = 1 μg = 10 ⁻⁹ kg
λ	1 λ = 1 μl = 10 ⁻⁹ m ³

* この値は [T] と呼ばれるカロリーで、1956 年の国際蒸気会議で採用されたものである。

7. SI 単位と ISO および JIS

国際度量衡委員会は、SI 単位の使用方法の細部はきめていない。接頭語をつけて構成する単位にもなんら制限を設けていないから、無差別に使われては混乱を起こすおそれがある。そこでこれらの問題は ISO が担当している。

ISO はこの問題を ISO/TC 12 (量・単位記号、換算率および換算表) で取扱っていたが、ISO/R 31 を書き換えて SI を主としたものに改めた。R 31 は JIS Z 8202

に相当する。しかし問題は ISO 規格全般にかかわる重要な事項なので、別に ISO/TC 12/SC 2 を設け、「SI 単位およびそれらの倍量、分量の適用に関する通則」をつくることとして、1966年6月案をまとめ、関係方面の意見を求めて、翌67年推薦規格 ISO/R 1000「SI による SI 単位の適用および単位の倍量、分量の選択に関する通則」をつくった。この場合、国際度量衡委員会のつくった誘導単位の表より範囲を広め、SI の原則に従って構成される単位は必要な物理量について網羅し、SI 単位として扱っている。

ANNEX

EXAMPLES OF DECIMAL MULTIPLES AND SUB-MULTIPLES OF SI UNITS AND OF SOME OTHER UNITS WHICH MAY BE USED

For a number of commonly used quantities, examples of decimal multiples and sub-multiples of SI units, as well as of some other units which may be used, are given in this Annex. It is suggested that the selection shown, while not intended to be restrictive, will none the less prove helpful in presenting values of quantities in an identical manner in similar contexts within the various sectors of technology. For some needs (for example, in applications in science and education) it is recognized that greater freedom will be required in the choice of decimal multiples and sub-multiples of SI units than is exemplified in the list which follows.

Note—Factors for conversion to SI units from the other units listed are given in the relevant parts of ISO/R 31.

Item No in ISO/R 31	Quantity	SI unit	Selection of multiples of the SI unit	Units outside the SI which are nevertheless recognized by the CIPM as having to be retained either because of their practical importance or because of their use in specialized fields		Remarks, and information about units used in special fields
				Units	Multiples of units given in column 5	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Part I : space and time

1-1.1	plane angle	rad (radian)	mrad μ rad	° (degree) ' (minute) " (second)		The units degree and grade (or gon), with their decimal subdivisions, are recommended for use when the unit radian is not suitable. grade(g) or gon, $1\text{ g} = 1\text{ gon} = \frac{\pi}{200}\text{ rad}$
1-2.1	solid angle	sr (steradian)				
1-3.1.....7	length	m (metre)	km cm mm μ m nm			1 international nautical mile = 1 852 m
1-4.1	area	m ²	km ² dm ² cm ² mm ²			ha (hectare), 1 ha = 10 ⁴ m ² a (are), 1 a = 10 ² m ²

(1) SI 単位の使用法

ISO/R 31 および R 1000 によれば、次のように勧告されている。

(a) 二つ以上の単位の積は、乗法の記号としての点を用いて記すことが望ましい。この点は他の単位記号と混同するおそれのない場合には省略することができる。

例：N・m または Nm 不適例：mN

(b) ある誘導単位が一つの単位を他の単位で除して構成される場合には、斜線 (/)、水平な線または負の累乗を使用してよい。

例：m/s, $\frac{m}{s}$ または $m \cdot s^{-1}$

(c) あらゆるあいまいさを避けるため、かつこを付加することなしに同一の行に二つ以上の斜線を重ねてはならない。複雑な場合には負の累乗またはかつこを使わなければならない。

例：m/s² または $m \cdot s^{-2}$ 不適例：m/s/s
 $m \cdot kg / (s^3 \cdot A)$ または $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
 不適例：m · kg/s³/A

なおここで単位記号（計量法では単位の略字という。）の国際的な規約についていうと、

(a) 単位記号は立体文字（ローマン）で印刷する。これに対し量記号は斜体（イタリック）を用いる。

例：グラム g, 重力加速度 g

(b) 人名に由来する単位記号は頭字の大文字を用いる。他の記号と混同するおそれのあるものは、さらに 1 ないし数個の小文字を添える。

例：ワット W, ウェーバ Wb 例外：オーム Ω

人名に由来するものでも完全に書く場合はすべて小文字を用いる。この場合複数ならば複数形をとる。

例：ニュートン N, newton

(2) 接頭語の使用法

ISO の次の勧告がある。

(a) 接頭語の記号は立体文字を用い、接頭語の記号と単位の記号の間に空白を置かずに印刷する。

(b) 単位の整数乗の記号に指数が付されているときは、その指数は単位の記号および接頭語の記号の全体に適用される。

例：1 cm³ = 10⁻⁶ m³ 1 cm⁻¹ = 10² m⁻¹

(c) 合成された接頭語は避ける。

例：1 nm 不適例：1 mμm

(3) 接頭語をつけて構成される単位の選択

国際度量衡委員会は、この問題の処理についてはふれていない。しかし無差別に使用することは混乱を招くので、ISO/R 1000（日本規格協会で完訳が終り、近いうちに雑誌「標準化と品質管理」に掲載される）では、これらを選択して表にしている。基本的には実用上扱われる大きさのものを 3 乗とびで選択しているが、国によつては普及しているデシ、ヘクトなども用いなければならないところもあろう。

R 1000 は前頁に掲載した一部に見られるように、併用する他系の単位や特殊分野で用いるものなども載せているので、実用上の便利は大きい。

計量法もその政令（計量単位令）でやはり選択列記しているが、R 1000 と同じではなく、日本的習慣が考慮されている。これは JIS Z 8202 の巻末に 1 表にしてある。

(4) ISO/R 31 について

これは日本の JIS Z 8202 に相当し、量、単位記号、換算率および換算表である。これは現在の工業上必要な物理量について使用されている単位（SI 以外のもののほかヤードポンド系も含む）について規定しているものであるが、SI を主とし換算率も SI 単位に書換えられている。表中最左欄の番号に a のついたものは SI 単位、ゴチックで記されたものはその基本単位である。

なお JIS Z 8202 は、制定後国際度量衡総会や計量法あるいは ISO における諸改訂を受けてかなりの改正すべき点が生じている。この改正作業はおそらく本年度中に行なわれるであろう。

ISO/R31 の一部

1. Space and Time

Units
1-1.a.....1-3.d

Item No	Name of unit and in certain cases abbreviation for this name	International symbol for unit	Definition	Conversion factors	Remarks
1-1. a	radian	rad	1 rad is the angle between two radii of a circle which cut off on the circumference an arc equal in length to the radius.		The radian is used here instead of the pure number 1.

1-1. b	degree	°	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$	$1^\circ = 0.0174533 \text{ rad}$	When using decimal fractions of the degree (or other units of angle), the symbol should be placed after the figures. Example : 15.27°
1-1. c	minute	'	$1' = \frac{1}{60}^\circ$		
1-1. d	second	"	$1'' = \frac{1}{60}'$		
1-1. e	grade, gon	g, gon	$1 \text{ g} = 1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$	$1 \text{ g} = 0.0157080 \text{ rad}$	
1-2. a	steradian	sr	1 sr is the solid angle which, having its vertex in the centre of a sphere, cuts off an area of the surface of the sphere equal to that of a square with sides of length equal to the radius of the sphere.		The steradian is used here instead of the pure number 1.
1-3. a	metre	m	The metre is the length equal to 1 650 763.73 wavelengths in vacuum of the radiation corresponding to the transition between the levels 2p ₁₀ and 5d ₅ of the krypton-86 atom.		
1-3. b	ångström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ (exactly)	The spelling "ångström" is also used. The expression "mil" is sometimes used to denote the "milli-inch". The U.S. Survey foot, used by the U.S. Coast and Geodetic Survey, is defined as $1 \text{ U.S. Survey foot} = \frac{1200}{3937} \text{ m}$
1-3. c	inch	in	$1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$	$1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$ (exactly)	
1-3. d	foot	ft	$1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$	$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$ (exactly)	

8. 計量法と SI 単位

計量法 (昭和 26 年法律第 207 号) は昭和 41 年, 電気測定法を統合した改正を機に全面的に SI 単位を取入れた。これは日本がメートル条約の主要加盟国として, 古くから国際度量衡委員を送り, 諸改訂作業に参加している関係上, 国際度量衡総会が決定したことは, そのつど計量法に盛り込む慣例になつてきているからである*。

しかし計量法は, 慣用単位もメートル系である限り SI 単位に併記して法律的に同等の効力を持たせている。たとえば力の単位はニュートン (N) と重量キログラム (kgf) としている。この制定は実は 1951 年にさかのぼるのであるが, 併用を認めているのでニュートンはほとんど普及しなかつたのである。

計量法はメートル法の強制を含めた取締法であり, しかも公のまたは業務上の取引と証明だけに適用されるも

* 1971 年の改訂は法制手続の時間的關係でまだ改正されていない。

のなので, SI 単位のみを強制するように改正することには問題があろう。このために SI への統一は鉱工業が主要な舞台となり, 主として JIS の問題になつてきたのである。

9. 欧米諸国と SI

SI を推進したのは国際度量衡委員会であり, この中にはヤードポンド系諸国のアメリカやイギリスの代表も入つている。しかし熱心な推進者はヨーロッパ大陸諸国であつた。EC のような経済協力圏で国境を接していれば, 当然こういう願望が生じよう。

しかし国際的に SI への移行の機運が高まつた直接の契機は, 1968 年イギリスが発表した貨幣の 10 進化と, 1975 年を期限とする全産業の SI への全面移行の宣言であらう。

1969 年イギリスの生産技術調査会 The Production Engineering Research Association が主催したブリュッ

セルでの「産業への SI 単位導入に関する国際会議」(日本からは筆者が出席)と ISO の諸規格に SI を導入する決定とは、もはや世界は好むと好まざるとにかかわらず、この道を進まざるを得ないということを感じさせるものがあつた。

カナダ、オーストラリア、ニュージーランドなどもイギリスの後を追っており、かねてからメートル法への移行を公言しながら強行できずにいたアメリカも、遂に昨秋上院の全会一致で SI への移行を決定しており、今年の下院でもおそらく同じ決定を見るであろう。上院での決定は連邦政府が 10 年以内に切替え、民間もこれにならわせるというものであるが、現在民間工業は貿易を有利にするためには、その時期を早めなければならぬと考えている。

こうして欧米では、皮肉なことにヤードポンド法から一挙に SI に移行しようとするイギリスを先頭に、切替えを急いでいる。最近われわれの周辺に届く情報が急速に SI 化しつつあることが、これを物語っている。

10. JIS への導入上の問題点

これは日本の諸工業の SI 化における実際上の問題であり、またとりもなおさず国際化しつつある産業技術の場において、日本が先導的ないしは積極協調的役割を果たすか、あるいは追従的立場をとるかの問題である。

工業国家としてはじめてメートル法による統一をなし遂げた日本は、すくなくともヤードポンド系諸国からは当然積極的役割を果たすものと見られている。法制的に見ても日本は SI の国である。

事実、メートル法諸国家にとつては、SI はけつして新奇なものではなく、その単位の大部分はなじみ深いものである。ただ SI という耳馴れない名称と、一部の目新しいがそれだけに強い印象を与えるものにとまどいを感じるのである。またこの種の新しい単位も、その構成の理論から見れば、初学者にもすなおに理解されるものである。

それにもかかわらず、JIS への導入が原則的には承認されても、それが実際に適用される段階では、相当の議論や抵抗が起こることが予想される。そしてその主要な論点は、かつてのメートル法への移行のときと同じく、知識と経験の蓄積により円滑に処理されていた作業の変更に対する抵抗感と、計器や計算あるいは諸表の変更過程で生ずる手続の繁雑さと、経済的な問題であろう。

11. 鉄鋼産業における問題点

周知のように、今日の鉄鋼産業は関連性のない産業がないほどの総合産業である。巨大装置産業であるとともに、エネルギー産業でもある。したがってここで用いる単位を論ずるとき、とくにこの産業にのみ問題となるものを見出すことは困難である。強いて取上げてみても、

それはいぜん SI そのものの日本全産業に共通する問題となろう。

それにもかかわらず、SI への移行をおもに鉄鋼産業の問題として、問題の所在を例示的に挙げてみることにする。

便宜のため ISO/R 1000 に記載されている物理量の中から順に気づいた点をひろつてみよう。

(1) 「平面角」「立体角」その他

「平面角」は度、分、秒併用なので当面問題はなく、「長さ」では海里(1852m)が航空、航海分野で暫定使用される。ミクロンは材料試験に用いられているが、 μm に読みかえるだけである。分光などに用いるオングストロームも暫定併用である。長さにはほとんど問題はない。

「面積」はアールが暫定併用、その他問題はない。

「体積」、リットル(dm^3 の別名)は併用される。ただし $1\text{l}=1.000028\text{dm}^3$ という、1964 年以前の定義がなお用いられている分野があり、油などを大量に扱うときは注意を要する。

船舶などに用いられているトン(容積トン、 $1000/353\text{m}^3$ 、実は 100ft^3)は SI から除かれ、ISO もふれるところがない。国際的な統一の話合いは進められているが、当面どうするか問題になるところであろう。

「時間」では時、分が併用されるので、関係する量にも問題は起こるまい。

「速さ」、ISO は km/h と knot だけを認めているが m/min をどうするか。

「周波数」、サイクルをヘルツとするのは読みかえだけの問題で、もうかなり普及している。また ISO は min^{-1} を認めているので、 rpm は読みかえだけとなろう。

(2) 「質量」「力」など

「質量」はグラムが併用され、その他の排除されるものは日本では特殊なものなので問題は少ない。

問題は「力」または「重量」である。重量キログラム(kgf または kgw 、ふつう工学で単にキログラムと呼ばれ、ドイツ、北欧ではキロボント kp と呼ばれる。)が最も問題で、これがニュートン(N)に置きかえられる。

$$1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

したがって力(重量、荷重などを含む)のほか、「力のモーメント」、「トルク」、「圧力」、「応力」、各種「弾性係数」、「表面張力」、「粘度」、「仕事」、「エネルギー」、「工率」などの単位で重力単位系で記述されていたものはすべてニュートン(N)またはパスカル(Pa , N/m^2)の関係する SI 単位に切替えられることになる。

重力単位系と SI 単位との間には 9.80665 という数値が介在し、しかも各物理量の単位の実用の大きさがそれぞれ異なる。たとえば圧力は一般に kgf/cm^2 で、応力は kgf/mm^2 と一様でない。SI 単位とこれらの単位の大きさもかなり開きがあり、これらに見合う SI 単位は MPa

のオーダーになる。なお水銀柱メートル (mHg)、水柱メートル (mH₂O) は排除される。

鉄鋼材料の強度はほとんどすべて重力単位系で記述され、機械や構造物の設計者はこれに慣れていて、直観的かつ敏速に作業を進めている。材料の表の書きかえは計算機の発達した今日、さして問題はないが、変更過程あるいは利用技術において負荷されるエネルギーは相当なものになる。かなり綿密な移行計画が必要である。

特殊な名称のついた材料強度たとえばビッカースなどの「かたさ」値の場合、値を出す手順においては重力単位系によっているが、試験は装置により、結果の記述は単に数値で足りるような場合は、試験機の規格は別として当面問題にしなくてよいであろう。

(3) 「温度」、「熱量」など

ケルビン (K) と °C とは目盛間隔も同じであり、国際度量衡委員会も併用を承認しているので、273.15 という数値の差はあるがかなり普及してきたので問題は少ない。

問題は「熱量」である。ジュール (J) は理論的にはよく理解されているが、現実面では圧倒的にカロリー (cal) が使われているし、またそれで能率よく作業が行なわれている。

しかし国際度量衡委員会も、ISO もほとんど討議もなく併用を認めないとしているし、ブリュッセル会議でも誰も異議はとなえなかつた。日本側から見れば奇異の感がする。

実際、カロリーにはいろいろあつて、t 度カロリー、

IT カロリー、熱化学カロリーなどと一定しない。SI 以前の問題であるが B.T.U なども生きている。これらは統一するにこしたことはなく、統一によつて仕事、エネルギーおよび熱量を統一的に扱える便利さもある。

カロリーのジュールへの変更によつて、熱量の関係する諸単位たとえば熱量原単位、発熱量、比熱などの単位も当然変更になる。

仕事、エネルギー、熱量ともにワット秒 (W.s) をとるか併用することも考えられる。ISO は電気エネルギーの分野だけにはワットアワー (W.h) を認めているのであるから、SI 単位と見られる W.s をこの分野にとることを、必要なら日本として ISO に申し入れてよいであろう。

(4) 電磁気量の単位について

電磁気量は MKS 単位系がよく普及しているし、電力量にはワットアワー (W.h) も認められているので、それほど問題はないが、CGS 単位系の「磁界の強さ」にエルステッド (Oe) が使われており、この大きさは

$$1 \text{ Oe} = \frac{10^3}{4\pi} \text{ A/m}$$

である。また「磁束密度」にガウス (Gs, 10⁻⁴T) が使われている。これらを A/m およびテスラに切替えることになる。

そのほかにもいろいろとあろうが、鉄鋼関係で現に使用しているものと、ISO/R 1000 をつき合せていただければ、その所在はあきらかにされるであろう。