

S I (国際単位系)

はじめに

“重量” 私たちが日頃何げなく使っている言葉ですが、どういう意味で使っているのでしょうか。質量の意味で使っているのであれば表現は“質量”でなくてはなりません。このことは従来単位では曖昧に表現されていたものが、S Iでは明確に区別されています。すなわち、質量の単位はkg、重量の単位はN(ニュートン)で表されます。

重量は物体に働く重力の大きさであり 重量 = 質量 × 重力加速度です。

ここ数年産業界では急速にS I化への動きがあります。通産省も計量法などS I化への方向を打ち出しています。当社も1990年11月よりS Iへの移行を実施してきました。しかし、慣れないなど難しい面もあり完全には浸透していないのが実状です。

読者のなかにはS Iを完全に使いこなしている方もいらっしゃると思いますが、今回当社の商品に関係するものを中心にS Iの概要についてまとめました。

目 次

はじめに	1
1. S Iとは	
1-1 S Iとは	2
1-2 なぜS Iが必要か	2
2. S I移行状況	
2-1 海外の状況(アメリカ、フランス、ドイツ)	3
2-2 国内の状況(鉄鋼業界、自動車業界、試験機業界、学校教育)	3
3. S Iの構成	4
4. S Iの使い方	
4-1 単位記号の使い方	5
4-2 接頭語の使い方	6
4-3 換算方法	6
5. 主要単位の従来単位からS I単位への換算率、S I単位の名称	8
6. S I単位への切換えで問題になる単位の換算率表	9
おわりに	10

1. S I とは

1-1. S I とは

従来世界各国では、メートル系、ヤード・ポンド系などの独自の単位が使われてきました。また、メートル系にしても M K S 系、C G S 系、重力系などが混用されていました。これらを統一したものが S I (国際単位系) です。S I 単位といっても従来から使っている単位と全く異なるものではなく、メートル系の絶対単位であって、従来の M K S 単位の発展したものにすぎません。ただし、新たな単位名称として、ニュートン (N 1) やパスカル (Pa 2) が使われるようになり

りました。
なお、S I とはフランス語“Système International d’Unités”の頭文字をとったもので、和訳すれば“国際単位系”といった意味になります。

- 1 : 1 N とは質量 1 kg に $1 \text{ m} / \text{s}^2$ の加速度を与える力という。
- 2 : 1 Pa とは 1 m^2 に 1 N の力が加わった場合の単位で圧力や応力の場合に使う。

1-2. なぜ S I が必要か

なぜ S I が必要か……その理由は次の通りです。

世界中の国々が S I 単位を採用するから。

貿易に際し単位に関して問題が無くなる。

従来の単位より合理的で便利である。

S I は一量一単位であるから、以下のような“kg”で質量か力か、といった混乱がなくなる。

などですが、ヤード・ポンド系はもちろん、世界各国がすべてメートル系になれば、S I などとさわぐ必要がないように思われますが、メートル系にも問題がない訳ではないのです。

例えば“kg”という単位です。“kg”は M K S 単位では“質量”の単位です。ところが同じメートル系でも産業界では質量 1kg に地球の重力が作用した重量キログラムを基本単位とする、重量単位系が使われていました。したがって、“kg”は次元の異なる二つの単位に使われていたことになります。

MKS 系………kg

重力単位系……kg・m / s²

そこで重量単位系の“kg”は質量の“kg”と区別するため“kgf”、“kgw”、“kg 重”などと表記するようになりました。(実際には依然として“kg”と表記している場合の方が多いように思われます。)

ところが地球の重力の加速度 g は場所によって異なります。

その原因は

地球の自転による遠心力が緯度によって異なる

標高が違えば引力が変わる

地表と地球の中心の間の地質の違い

などですが地球が真球でないため の影響を更に大きくしています。一般に赤道に近い程、また標高が高い程、重力の加速度 g は小さくなります。

ちなみに理科年表では次のようになっています。

地名	緯度	標高	g
稚内	北緯 45°	96m	9.806 22 m / s ²
東京	北緯 35°	28m	9.797 63 m / s ²
宮古島	北緯 24°	30m	9.789 97 m / s ²
キトー	南緯 0°	2 815m	9.772 63 m / s ²
昭和基地	南緯 69°	14m	9.825 25 m / s ²

S I 秘 情報

エクアドルの首都キトーで金塊を 1kg 買い、南極の昭和基地に持って行くと約 5.4 g 増え、1 g 1500 円として約 8000 円高く売れることになります。100kg なら 80 万円です。なぜこのような現象が起きるのか、その理由は先ほどの g の違いによるものです。キトーに比べ昭和基地の方が約 0.54% 大きいからです。もっともこれは同じばねばかりを使った場合の話で、実際にはこのようなことのないよう、精度のよければねばかりやロードセルは計量法で地域に応じて補正をおこなうことになっています。

体重を減らしたい女性は月か火星へ
今や民間人が宇宙へ行く時代です。どうしても体重を減らしたいのなら、月か火星へ行ってみませんか。体重 50kg の人は月に行けば約 8.5kg、火星なら約 19kg です。外観はそのまま、体重だけ減らせる夢のようなお話です。希望者は NASA まで
月・火星の重力は、地球を 1 とした場合、
月は 0.17、金星は 0.38 です。
(ただし、ヘルスメーターで体重を計った場合で、実際には質量は変わりません。)

2. S I 移行状況

S I 移行は、普通、次の三つの段階を踏んで行なわれます。

第 1 段階 従来単位による数値のあとに、S I による数値と単位をカッコ書きする。

例：10 kgf { 98 N }

第 2 段階 S I 単位のあとに従来単位をカッコ書きする。

例：100 N {10.2 kgf}

第 3 段階 S I による数値と単位のみで表示する。

例：100 N

2 - 1 . 海外の状況

(1) アメリカ

アメリカは、1975 年にメートル転換法を制定しましたが、市民団体の反対などがあり、生活単位までは S I 化されていないのが現状のようです。ヨーロッパ諸国と比べると随分遅れをとっていますが、1988 年の包括通商貿易法において、1993 年会計年度末までに財政上実現できる範囲で、メートル単位系を使用することを義務付けた条項を盛り込んでいます。

また、各州法においては、ヤード・ポンド系とメートル系の双方とも取引に用いる単位として許されています。

そして、多くの場合、包装商品のラベル表示などにおいて、

2 - 2 . 国内の状況

(1) 鉄鋼業界

鉄鋼業界においては、1982 年に S I 対応の基本方針の検討が開始され、1985 年に“5 年後の 1991 年に S I 移行を行なうこと”を予告し、1991 年 1 月から一斉に第 3 段階へ移行しています。

(2) 自動車業界

自動車技術会は、1975 年に至り JASO (自動車規格の略号) に S I を採用するに際しての基本方針を立て、1975 年から JASO の規格の新規作成時及び改正時に S I 第 1 段階への移行の作業を開始しました。そして、S I 第 2 段階については、1985 年度以降に制定・改正する JASO から移行を開始し、第 3 段階については 1990 年度から移行を開始しました。

(3) 試験機業界

試験機業界も鉄鋼業界・自動車業界に引きずられる恰好で S I 化の指針が定められました。S I 移行状況は各分野毎に大きく異なり、図 1 のような状況になっています。

メートル系による表示の場合はヤードポンド系での表示の併記が義務付けられています。

しかし、商業分野、労働組合、建築業界などでは、S I に対する根強い反対があり、きびしい状況にあります。

(2) フランス

メートル系単位の提唱国であったフランスはいちはやく 1961 年には非 S I の使用禁止を開始しました。そして、1989 年末をもって非 S I が排除され、すでに完全 S I 化がなされています。

また学校教育にも S I を義務付けるなど最も進んでいると言えます。

(3) ドイツ

当時の西ドイツでは EC 指令に基づくとともに、1978 年に非 S I の使用禁止を開始しました。そして、商取引、行政、公共安全、公衆衛生などで使用する計量単位及び計量及び計量器の表示全般について法定計量単位を適用しています。

非法定計量単位の使用は、法定計量単位との併記によって許容されていますが、これも EC 指令によれば 1999 年末がリミットとされています。

(4) 学校教育

S I 移行が急速に進み、小学校の検定教科書が 1992 年から、中学校では 1993 年から、そして高等学校では 1994 年から導入されることになりました。

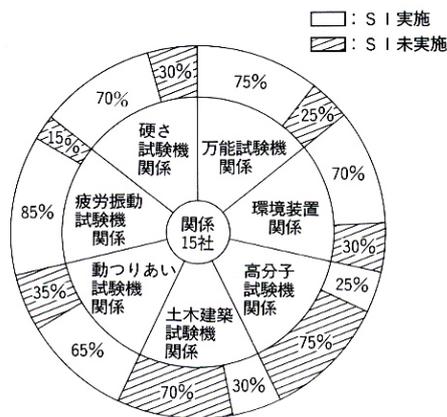


図 1 試験機工業会所属の試験機メーカーにおける S I 化試験機の出荷状況 (平成 3 年 5 月) (“S I 移行の進め方”より抜粋)

3. S I の構成

S I は次のように構成されている。

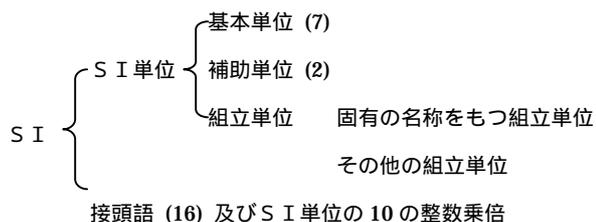


表 1 基本単位

量	単位の名称	単位記号	定 義
長 さ	メートル	m	メートルは、 $\frac{1}{299792458}$ 秒の時間に光が真空中を伝わる行程の長さ。
質 量	キログラム	kg	キログラムは、(重量でも力でもない)質量の単位であって、それは国際キログラム原器の質量に等しい。
時 間	秒	s	秒は、セシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の 9 192 631 770 周期の継続時間。
電 流	アンペア	A	アンペアは、真空中に 1 メートルの間隔で平行に置いた、無限に小さい円形断面積を有する無限に長い 2 本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ 1 メートルごとに 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼし合う不変の電流。
熱力学温度	ケルビン	K	ケルビンは、水の三重重点の熱力学温度の $\frac{1}{273.16}$ 。
物 質 量	モ ル	mol	モルは、0.012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子 ⁽²⁾ 又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質量とし、要素粒子又は要素粒子の集合体を特定して使用する。
光 度	カンデラ	cd	カンデラは、周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射を放出し、所定の方向におけるその放射強度が $\frac{1}{683}$ ワット毎ステラジアンである光源の、その方向における光度。

表 2 補助単位

量	単位の名称	単位記号	定 義
平 面 角	ラ ジ ア ン	rad	ラジアンは、円の周上でその半径の長さに等しい長さの弧を切り取る 2 本の半径の間に含まれる平面角。
立 体 角	ステラジアン	sr	ステラジアンは、球の中心を頂点とし、その球の半径を一辺とする正方形の面積と等しい面積をその球の表面上で切り取る立体角。

表 3 接 頭 語

単位に乗じる倍数	接 頭 語		単位に乗じる倍数	接 頭 語	
	名 称	記 号		名 称	記 号
10 ¹⁸	エ ク 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	デ カ	da	10 ⁻¹⁸	ア ト	a

4. S I の使い方

S I 単位の使い方は J I S Z 8 2 0 2、8 2 0 3 に記載されていますが、スリーポンドでは次のような基準で実施しています。

4 - 1 . 単位記号の使い方

1) 書体と記法

書体は直立体（ローマン体）とし、数値と単位記号の間に 1 / 2 ~ 1 字の間をあける。なお、大文字は固有名詞に由来する単位の第一次文字のみに使い、他はすべて小文字とする。

・書体については J I S Z 8 2 0 2 で区別するよう決められている。

直立体（ローマン体）

単位記号 例：m, s, Pa, N

斜体（イタリック体）

量記号 例：a, b, c, d

・表す数値については 3 けた毎に区切って活字の幅の 1 / 4 だけ間をあけて記載することを基準とするが、ワープロ等でその機能のないものについては間をあけないか、1 / 2 の間をとってよい。ただし、コンマなどで区切ってはならない。

例：1 kgf / m³ = 9.806 65 Pa

2) 終止記号

単位記号にはいかなる場合もつけてはならない。

(正) (誤)

例：回転数 rpm r.p.m.
粘度 Pa·s Pa.s

3) 複数形

量を表す数字が複数でも記号は変化しない。

(正) (誤)

例：時間 h hrs

4) 単位の積

2 つ以上の単位の積の形で新しい単位を構成するときは以下の記法による。

例：N·m あるいは Nm

(どちらでもよいが前者の方がわかりやすい)

[注意] m の場合、単位としてのメートルと接頭語としてのミリの二つの意味で使われるので混同されないようにすること。

5) 単位の商

2 つ以上の単位の商の形で新しい単位を構成するときは以下の記法による。

例： $\frac{m}{s}$ m/s m·s⁻¹

但し、斜線による記法では同一行に 2 つ以上の斜線を入れてはならない。複雑な構成の単位の場合には正または負の指数または括弧を用いる。

(正) (誤)

例：m / s² または m·s⁻² m / s / s

cal / (cm·s·) cal / cm / s /

6) 添字

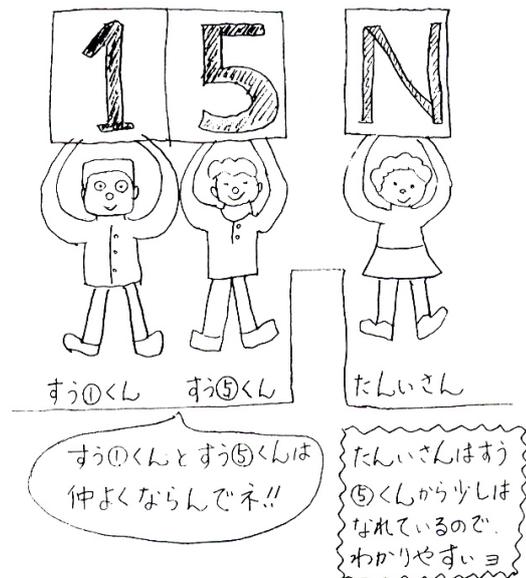
単位記号に添字はつけない。単位の意味を区別したい場合には、量記号の法が添字をつけるか、または単位記号と区別してかっこ書きで必要な文字を記載する。

例：P abs = 3 MPa 3 MPa [abs]

…絶対圧

P gage = 5 MPa 5 MPa [gage]

…ゲージ圧



4) 剥離強さ

$$12 \text{ kgf} / 25\text{mm} = 12 \times 9.81 \times 40 \text{ N} / \text{m}$$

$$= 4707 \text{ N} / \text{m}$$

$$= 4.7 \text{ kN} / \text{m}$$

(剥離強さは分母が 25mm から m になります)

5) 戻しトルク

$$320 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 320 \times 9.81 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$= 31 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(有効けた数 2 けたの場合)

6) 熱伝導率

$$2.5 \times 10^{-3} \text{ cal} / (\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$$

これはスリーボンド 1225 の場合であるが、
cal / (cm・s・°C) が換算表に記載されていないので、まず換算表にある kcal / (m・h・°C) に換算してから S I に換算する。

$$2.5 \times 10^{-3} \text{ cal} / (\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$= 2.5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 10^2 \times 3600 \text{ kcal} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$= 2.5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 10^2 \times 3600 \times 1.16 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$$

$$= 1.0 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K}) \quad \text{K は } ^\circ\text{C} \text{ でもよい}$$

7) 硬 度

硬さは物理量ではなく、便宜的な工業量で指数のようなものである。従って、単位のつかない無名数である。

(日本規格協会発行“これからの単位 - SI とは - ”より抜粋)

8) 衝撃強さ

衝撃強さは、測定方法により単位が異なるので注意を要する。

(1) シャルピー衝撃強さ

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{cm} / \text{cm}^2 = 0.98 \text{ kJ} / \text{m}^2$$

(2) アイゾット衝撃強さ

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{cm} / \text{cm} = 9.8 \text{ J} / \text{m}$$

なお、塗料では落球式、デュボン式とがあるがいずれも単位はない。

9) 線膨張率

熱膨張率には体膨張率と線膨張率がある。熱膨張係数と言う場合、一般には線膨張率をさすが、誤解を避けるため、“線膨張率”を使うのが好ましい。線膨張率は従来単位も S I 単位も同じ / °C であるが、数値が小さく 10⁻⁵ 等の累乗で表示する。

例 $5.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

SI 情報

SI 単位は産業界だけでなく、市民生活にも関係してきます。2月1日の毎日新聞に次のような記事が載っていました。

気象庁は31日、気圧の単位表記を従来の「ミリバール」(mb)から「ヘクトパスカル」(hPa)に移すと発表した。国際的に統一された単位に合わせる措置で正式な移行は今年12月1日。

気圧の単位を「キロパスカル」(kPa)でなく、「ヘクトパスカル」としたのは、

従来の「ミリバール」の数値がそのまま使えること

$$1013 \text{ mb} = 1013 \text{ hPa}$$

ドイツ、フランスなどの12カ国で使用されているなどによるものと思われます。



気圧の単位は
hPa

5. 主要単位の従来単位からS I単位への換算率、S I単位の名称

量	従来単位	従来単位をS I単位 に換算する時の掛率	S I単位記号	S I単位の名称
長さ	μ (ミクロン)	10^{-6}	m	メートル
		1	μ m	マイクロメートル
	(オングストローム)	10^{-10}	m	メートル
体積	c c	10^{-6}	m ³	立方メートル
		1	m L	ミリリットル
加速度	G	9.806 65	m/s ²	メートル毎秒毎秒
周波数	c / s , c	1	H z	ヘルツ
力	k g f , k g	9.806 65	N	ニュートン
力のモーメント (トルク)	k g f · c m	$9.806 65 \times 10^{-2}$	N · m	ニュートンメートル
圧力	k g f / c m ²	$9.806 65 \times 10^4$	P a	パスカル
	mmH ₂ O	9.806 65	P a	パスカル
	a t m	$1.013 25 \times 10^5$	P a	パスカル
	mmH g	$1.333 22 \times 10^2$	P a	パスカル
	T o r r	$1.333 22 \times 10^2$	P a	パスカル
応力	k g f / c m ²	$9.806 65 \times 10^4$	P a	パスカル
エネルギー 仕事	k g f · m	9.806 65	J	ジュール
	e r g	1×10^{-7}	J	ジュール
仕事率、工率	k g f · m / s	9.806 65	W	ワット
	P S	735.499	W	ワット
熱量	c a l	4.186 05 (計量法)	J	ジュール
粘度	c P	1×10^{-3}	P a · s	パスカル秒
		1	m P a · s	ミリパスカル秒
	P	1×10^{-1}	P a · s	パスカル秒
		1×10^2	m P a · s	ミリパスカル秒
動粘度	c S t	1×10^{-6}	m ² /s	平方メートル毎秒
	S t	1×10^{-4}	m ² /s	

6. S I 単位への切換えで問題になる単位の換算率表

(太線で囲んである単位が S I による単位である。)

力	N	dyn	Kgf
	1	1×10^5	1.01972×10^{-1}
	1×10^{-5}	1	1.01972×10^{-6}
	9.80665	9.80665×10^5	1

粘度	Pa·s	cP	P
	1	1×10^3	1×10
	1×10^{-3}	1	1×10^{-2}
	1×10^{-1}	1×10^2	1

注 1 P=1 dyn·s/cm²=1 g/cm·s,
1 Pa·s=1 N·s/m², 1 cP=1 mPa·s

応力	Pa 又は N/m ²	MPa 又は N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²
	1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}	1.01972×10^{-5}
	1×10^6	1	1.01972×10^{-1}	1.01972×10
	9.80665×10^6	9.80665	1	1×10^2
	9.80665×10^4	9.80665×10^{-2}	1×10^{-2}	1

動粘度	m ² /s	cSt	St
	1	1×10^6	1×10^4
	1×10^{-6}	1	1×10^{-2}
	1×10^{-4}	1×10^2	1

注 1 St=1 cm²/s, 1 cSt=1 mm²/s

圧力	Pa	kPa	MPa	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O	mmHg 又は Torr
	1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
	1×10^3	1	1×10^{-3}	1×10^{-2}	1.01972×10^{-2}	9.86923×10^{-3}	1.01972×10^2	750062
	1×10^6	1×10^3	1	1×10	1.01972×10	986923	1.01972×10^5	7.50062×10^3
	1×10^5	1×10^2	1×10^{-1}	1	1.01972	9.86923×10^{-1}	1.01972×10^4	7.50062×10^2
	9.80665×10^4	9.80665×10	9.80665×10^{-2}	9.80665×10^{-1}	1	9.67841×10^{-1}	1×10^4	7.35559×10^2
	1.01325×10^5	1.01325×10^2	1.01325×10^{-1}	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^4	7.60000×10^2
	9.80665	9.80665×10^{-3}	9.80665×10^{-6}	9.80665×10^{-5}	1×10^{-4}	9.67841×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
	1.33322×10^2	1.22222×10^{-1}	1.33322×10^{-4}	1.33322×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1.35951×10	1

注 1 Pa=1 N/m²

仕事・エネルギー・熱量	J	kW·h	kgf·m	kcal
	1	2.77778×10^{-7}	1.01972×10^{-1}	2.38889×10^{-4}
	3.600×10^6	1	3.67098×10^5	8.6000×10^2
	9.80665	2.72407×10^{-6}	1	2.34270×10^{-3}
	4.18605×10^3	1.16279×10^{-3}	4.26858×10^2	1

注 1 J=1 W·s, 1 J=1 N·m
1 cal=4.18605 J(計量法による)

熱伝導率	W/(m·K)	kcal/(h·m·)
	1	8.6000×10^{-1}
	1.16279	1

注 1 cal=4.18605 J(計量法による)

熱伝達係数	W/(m ² ·K)	kcal/(h·m ² ·)
	1	8.6000×10^{-1}
	1.16279	1

注 1 cal=4.18605 J(計量法による)

仕事率(工率)動力熱流	W	kgf·m/s	PS	kcal/h
	1	1.01972×10^{-1}	1.35962×10^{-3}	8.6000×10^{-1}
	9.80665	1	1.33333×10^{-2}	8.43371
	7.355×10^2	7.5×10	1	6.32529×10^2
	1.16279	1.18572×10^{-1}	1.58095×10^{-3}	1

注 1 W=1 J/s, PS: 仏馬力
1 PS=0.7355 kW(計量法施行法による)
1 cal=4.18605 J(計量法による)

比熱	J/(kg·K)	kcal/(kg·) cal/(g·)
	1	2.38889×10^{-4}
	4.18605×10^3	1

注 1 cal=4.18605 J(計量法による)

本誌でS Iの概要をご案内しましたが、ご理解いただけましたでしょうか。

S Iは力、エネルギーなど私たちの日常生活にも大いに関係のあることではないでしょうか。今まで使い慣れてきた単位からS Iへの切り換えはある程度時間を要することではありますが、第2段階の表示に慣れてしまえば第3段階すなわちS Iのみでの表示には抵抗なく入って行けるのではないかと思います。

まずはS Iを使ってみること、そこからS Iへの親しみも生まれ自分のものとなることでしょう。本誌が皆様の一助になれば幸いです。

参考文献・規格

〔参考文献〕

- S I移行の進め方、(1991)、(財)日本規格協会
- S I単位活用辞典、(1979)、(財)日本規格協会
- これからの単位 - S Iとは -、(1979)、(財)日本規格協会
- 鉄鋼J I SのS I単位化対応指針、(1990)、(社)日本鉄鋼協会
- S I単位導入指針、(1991)、日本接着剤工業会
- 単位のおはなし、(1979)、(財)日本規格協会
- 続単位のおはなし、(1985)、(財)日本規格協会
- これからの単位S I早わかり改訂版、(1991)、(財)日本規格協会
- くるまと国際単位系 - S I活用の手引、(1991)、(社)自動車技術会
- 国際単位系(S I)講習会のテキスト、(1991)、(社)自動車技術会

〔関連規格〕

- J I S Z 8202 量記号、単位記号及び化学記号
- J I S Z 8203 国際単位系(S I)及びその使い方

編集：S Iプロジェクト

