

環境計測学 1 1 計量管理 計測における量と単位

S I 単位系 Le Systeme International d'Unites (フランス語)

International System of Units (英語)

様々な単位系が使用されて混乱していたものを国際的に統一したのが国際単位である。世界共通の単位として使用されている合理的な単位系である。

ある量を測るということは、人の数のように単純に何人と数えるものと、長さや重さのように、決まった量との比を数えるものとの二種類がある。この決まった量を単位と呼ぶ。複数単位の組み合わせを単位系といい、メートル法単位系を拡張した国際単位系 SI が 1960 年の国際度量衡総会で採用され、日本の計量法もこれを基礎としている。

いろいろな物理量の大きさを、全世界に共通な単位系で表すことは、国際交流、学術交流、教育などの分野はもとより、産業あるいは社会生活上大きな利便がある。一般に単位は、数個の基本単位とそれから導き出される組立単位に分類されるが、基本単位は目的や利用上の便利さを考慮して選ばれている。

国際単位系(SI)では、次元的に独立であると見なされる七つの量、すなわち、長さ、質量、時間、電流、熱力学温度、物質質量及び光度について明確に定義した単位、メートル[m]、キログラム[kg]、秒[s]、アンペア[A]、ケルビン[K]、モル[mol]、及びカンデラ[cd]を基本単位として選定した。その他の単位(組立単位)は、七つの基本単位から数値係数を含まない乗除算により導き出すことができる。一組の基本単位とその物理学の法則、定義に基づく乗除のみで導かれる組立単位を、一貫した単位系と言う。

これらの 7 つの基本単位の大きさは、例えば「1kg=国際キログラム原器の質量」「1m=光が真空中で 1/299792458 秒の間に進む距離」というように、それぞれ定義されている。

(1 mは最初地球の子午線の北極から赤道までの長さの 1000 万分の 1 と定義された。) また、明るさを表すカンデラ (cd) が基本単位として扱われる理由は不明である。 SI 単位系はこれらの基本単位と、基本単位の乗除で表される組単位によって構成される。 SI は補助単位として平面角のラジアン (rad)、立体角のステラジアン (sr) を加えている。

SI 以外で現用されている単位

このほか、現用されているの単位としては、リットル(liter : 1L=1dm³=10⁻³m³)、海里(nautical mile(international) : 1 海里=1852m)、ノット(knot(international) : 1knt=1 海里/時=1.852km/h=0.5144m/s)、標準大気圧(standard atmosphere, atm : 1atm=760mmHg=101325Pa)などがある。

SI 単位系とその導入までの歴史

1948 年に国際度量衡総会(メートル条約の加盟国代表会議)が開かれ、1960 年の総会で

国際単位系の内容や名称が承認された。世界各国において単位の統一化が進む中、我が国でも法定計量単位を国際単位系に統一するため、1992年（平成4年）に計量法（昭和26年法律第207号）の全面改正が行われ、1993年（平成5年）に施行された。単位変更による経済社会への影響を考慮して3年から7年の猶予期間が設けられていたが、1999年9月30日をもって期限が切れ、翌日の10月1日からは経済活動及び日常生活においてSI単位を主体とした計量単位を使用することになり、旧計量法を使用した取引や証明、機器の販売は禁止され、違反すれば罰金が科せられる。計量法は、計量の規準を定め、適正な計量の実施を確保し、もって経済の発展及び文化の向上に寄与することを目的とするものである。

計量法抜粋

（非法定計量単位の使用の禁止） 第8条 第3条から第5条までに規定する計量単位（以下「法定計量単位」という。）以外の計量単位（以下「非法定計量単位」という。）は、**第2条**第1項第1号に掲げる物象の状態の量について、取引又は証明に用いてはならない。
2 第5条第2項の政令で定める計量単位は、同項の政令で定める特殊の計量に係る取引又は証明に用いる場合でなければ、取引又は証明に用いてはならない。

（非法定計量単位による目盛等を付した計量器） 第9条 第2条第1項第1号に掲げる物象の状態の量の計量に使用する計量器であって非法定計量単位による目盛又は表記を付したものは、販売し、又は販売の目的で陳列してはならない。

別表第1（第3条関係） 計量法で使用を認められた単位

物象の状態の量	計量単位
長さ	メートル (m)
質量	キログラム グラム トン (kg, g, t)
時間	秒 分 時 (sec, min, h)
電流	アンペア (A)
温度	ケルビン セルシウス度又は度 (K, °C)
物質質量	モル (mol)
光度	カンデラ (cd)
角度	ラジアン 度 分 秒 (rad, degree, min, sec)
立体角	ステラジアン (sr)
面積	平方メートル (m ²)

体積	立方メートル リットル (m^3, L)
角速度	ラジアン毎秒 ($rad\ sec^{-1}$)
角加速度	ラジアン毎秒毎秒 ($rad\ sec^{-2}$)
速さ	メートル毎秒 メートル毎時 ($m\ sec^{-1}, m\ h^{-1}$)
加速度	メートル毎秒毎秒 ($m\ sec^{-2}$)
周波数	ヘルツ (Hz)、 サイクル毎秒(cps, $c\ sec^{-1}$) と同じ
回転速度	毎秒 毎分 毎時 ($sec^{-1}, min^{-1}, h^{-1}$)
波数	毎メートル (m^{-1})
密度	キログラム毎立方メートル グラム毎立方メートル グラム毎リットル ($kg\ m^{-3}, g\ m^{-3}, g\ L^{-1}$)
力	ニュートン ($N, = kg\ m\ sec^{-2}$) $1\ N = 10^5\ dyn$ (ダイン= $g\ cm\ sec^{-2}$)
力のモーメント	ニュートンメートル ($N\ m$)
圧力	パスカル又はニュートン毎平方メートル バー ($Pa, N\ m^{-2}, bar$)
応力	パスカル又はニュートン毎平方メートル ($Pa, N\ m^{-2}$) $1Pa=10^{-5}\ bar$
粘度	パスカル秒又はニュートン秒毎平方メートル ($Pa\ s, N\ sec\ m^{-2}$)
動粘度	平方メートル毎秒($m^2\ s^{-1}$) 粘度を密度で割ったもの。SI 単位のほかにストークスという単位を用いる。
仕事	ジュール又はワット秒 ワット時 ($J, W\ sec, W\ h$) ($J=N\cdot m=W\cdot sec$)
工率	ワット (W) ($W = J\ sec^{-1} = N\ m\ s^{-1} = kg\ m^2\ sec^{-3}$)
質量流量	キログラム毎秒 キログラム毎分 キログラム毎時 グラム毎秒 グラム毎分 グラム毎時 トン毎秒 トン毎分 トン毎時
流量	立方メートル毎秒 立方メートル毎分 立方メートル毎時 リットル毎秒 リットル毎分 リットル毎時 ($m^3\ sec^{-1}$ 他)
熱量	ジュール又はワット秒 ワット時 ($J, W\ sec, W\ h$)
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン ($W\ m^{-1}\ K^{-1}$)
比熱容量	ジュール毎キログラム毎ケルビン($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
エントロピー	ジュール毎ケルビン($J\ K^{-1}$)
電気量	クーロン (C)
電界の強さ	ボルト毎メートル ($V\ m^{-1}$)

電圧	ボルト (V)
起電力	ボルト (V)
静電容量	ファラド (F)
磁界の強さ	アンペア毎メートル (A m ⁻¹)
起磁力	アンペア (A)
磁束密度	テスラ (T) 又はウェーバ毎平方メートル (Wb m ⁻²)
磁束	ウェーバ (Wb)
インダクタンス	ヘンリー (H)
電気抵抗	オーム (Ω)
電気のコンダクタンス	ジーメンズ (S)
インピーダンス	オーム (Ω)
電力	ワット (W)
電力量	ジュール又はワット秒 ワット時 (J, W sec, W h)
電磁波の電力密度	ワット毎平方メートル (W m ⁻²)
放射強度	ワット毎ステラジアン (W sr ⁻¹)
光束	ルーメン (lm)
輝度	カンデラ毎平方メートル (cd m ⁻²)
照度	ルクス (Lx)
音響パワー	ワット (W)
濃度	モル毎立方メートル(mol m ⁻³) モル毎リットル(mol L ⁻¹) キログラム毎立方メートル(kg m ⁻³) グラム毎立方メートル(g m ⁻³) グラム毎リットル(g L ⁻¹)
中性子放出率	毎秒 毎分
放射能	ベクレル (Bq)
吸収線量	グレイ (Gy)
吸収線量率	グレイ毎秒(Gy sec ⁻¹) グレイ毎分 グレイ毎時
カーマ	グレイ (Gy)
カーマ率	グレイ毎秒 (Gy sec ⁻¹) グレイ毎分 グレイ毎時

照射線量	クーロン毎キログラム (C kg ⁻¹)
照射線量率	クーロン毎キログラム毎秒 (C kg ⁻¹ sec ⁻¹) クーロン毎キログラム毎分　クーロン毎キログラム毎時
線量当量	シーベルト (Sv)
線量当量率	シーベルト毎秒 (Sv sec ⁻¹)シーベルト毎分　シーベルト毎時

別表第 2 (第 4 条関係) 計量法で使用を認められた単位

物象の状態の量	計量単位
無効電力	パール(var)で量記号は Q
皮相電力	ボルトアンペア (V A)
無効電力量	パール秒　パール時 var・sec　var・h
皮相電力量	ボルトアンペア秒　ボルトアンペア時
電磁波の減衰量	デシベル (dB)
音圧レベル	デシベル (dB)
振動加速度レベル	デシベル (dB)

別表第 3 (第 4 条関係) 計量法で使用を認められた単位

物象の状態の量	計量単位
回転速度	回毎分　回毎時
圧力	気圧 (atm)　1 atm = 1.01325 bar = 101325 Pa
粘度	ポアズ (P)　(1 Pa・s は 10 ポアズ)
動粘度	ストークス
濃度	質量百分率(%)　質量千分率(‰)　質量百万分率(ppm) 質量 10 億分率(ppb)　質量 1 兆分率(ppt)　質量 1000 兆分率(ppq) 体積百分率　体積千分率　体積百万分率　体積 10 億分率　体積 1 兆分率 体積 1000 兆分率　ピーエッチ (pH)

[《改正》平 13 法 053](#)

廃止された単位	新単位名・新単位換算	説明／解説	
英 gal (ガロン)	4.546 L (リットル)	英国は既にヤード・ポンド法からメートル法に移行している為廃止された。米ガロン、米トンも健在。	
英 t (トン)	1016.0 kg		
μ (マイクロン)	μm (マイクロメートル)	長さの単位。1 ミリメートルの千分の一。現在は、 μm マイクロメートルを用いる。	
C i (キュリー)	37 B q (ギガベクレル)	放射性物質の原子核が壊変 (崩壊) する割合。 壊変とは、不安定な原子核が放射線を放出して、安定な原子核に変わること。 1 秒間に 1 個の原子核が壊変するとき 1 B q 。つまり、1 B q = 1 壊変/秒。 ベクレルはフランスの科学者	
r a d (ラド)	0.01 G y (グレイ)	放射線が照射された物質に吸収されるエネルギーの量。 物質 1 k g に 1 J (ジュール) のエネルギーが吸収されるとき 1 G y 。つまり、1 G y = 1 J / k g 。 1 J = 0.239 c a l (カロリー)。 グレイはイギリスの科学者	
r e m (レム)	0.01 S v (シーベルト)	等価線量 S v (シーベルト) 同じ吸収線量でも、放射線の種類とエネルギーによって人体への影響が異なるので、同じ尺度で比較できるようにしたもの。 吸収線量に放射線荷重係数 ($\beta \cdot \gamma \cdot X$ 線は 1、中性子線は 5 ~ 20、 α 線は 20) を掛けて求める。 シーベルトはスウェーデンの科学者	
R (レントゲン)	C / kg (クーロン/キログラム)	照射線量 X線またはガンマ線で適用される単位で、空気の電離に基づいて表された放射線の量。電離能力を空気 1 kg 当たりのクーロン数で表す。	
kgf/cm ²	MPa (メガパスカル) 1 MPa ≐ 10 kgf/cm ²	圧力	重量キログラム毎平方センチメートル 当然 kgw/cm ² 、kg/cm ² も同様 kgw/m ² 、kgf/m ² 、kg/m ² 重量キログラム毎平方メートルも同様に Pa へ移行

bar (バー)	Pa (パスカル)	1 Pa = 1 N m ⁻² = 1 m ⁻¹ ·kg·sec ⁻² 1 bar = 10 ⁶ dyn cm ⁻²
mbar (ミリバー)	1bar=10 ⁵ P、1mbar=hPa	
Torr (トル)	Pa (パスカル)	
mHg (水銀柱 m)		
mH ₂ O (水柱 m)		9806.65 (パスカル)
cP (センチポアズ)	mPa·s (ミリパスカル・秒) 1mPa·s = 1cP	粘度
ppm (ピーピーエム)	mg/L (ミリグラム・リットル) 1mg/L = 1ppm	濃度 質量百万分率 (旧、重量対重量百万分率) の ppm は残っている。
c (サイクル)	Hz (ヘルツ)	周波数 c.p.s.、c/s(cycles per second)も同様
A (ホン)	dB (デシベル)	音圧レベルいわゆる“騒音レベル”も含み ホン(A),dB,dB(A),dBA 等の表示は dB に統一された。 Lp (音圧レベル), LA (騒音レベル) などの量記号で表す事は禁止されていない。
Cal (カロリー)	J (ジュール) 1kcal=4.184kJ	頭文字が大文字の C であることに注意。 1Cal=1kcal=1,000cal。
cal (カロリー) kcal (キロカロリー)		栄養士必携の書、「四訂食品成分表」の解説によると、1969 年の会議で、国際的にはカロリー単位の代わりにジュール(J)単位を用いることが勧告されているが、1kcal=4.184kJ の変換率のややこしさが日本において一向に J を使う気運が生まれられない理由と考えられる。
その他にも l (リットル)、 ml (ミリリットル) μl (マイクロリットル) の l (リットル) を全て大文字 L にするよう記載方法が変更された。		

温度 摂氏(°C)と華氏(F)

摂氏	100	80	70	60	50	40	38	30	20	10	0	-10	-18	-20	-30	-40
華氏	194	176	158	140	122	104	100	86	68	50	32	14	0	-4	-22	-40

$$\text{摂氏(C)} = [\text{華氏(F)} - 32] * 5 / 9 \quad \text{華氏(F)} = \text{摂氏(C)} * 9 / 5 + 32$$

計量法では 摂氏(C)あるいはケルビン(K)のみの使用が認められている。

尺貫法一覽

単位	呼び名		補助計量単位	
長さ	尺 (しゃく)	—	毛 (もう)	
		—	厘 (りん)	
		—	分 (ぶ)	
		—	寸 (すん) 3.03 cm	
	曲尺 (かねじゃく) 10/33メートル 30.3cm 大工さんが使う	*	尺 (しゃく) 30.3 cm	
		—	丈 (じょう) = 10 尺	
		—	間 (けん) = 6 尺 約 1.818m	
		—	町 (ちょう) = 60 間 約 109 m	
	鯨尺 (くじらじゃく) 呉服屋さんが使う 25/66メートル 37.88cm	—	鯨尺分 (くじらじゃくぶ)	
		—	鯨尺寸 (くじらじゃくすん)	
		*	鯨尺 (くじらじゃく)	
		—	鯨尺丈 (くじらじゃくじょう)	
	質量	貫 (かん) 3.75 kg	—	毛 (もう) = 0.00375 g = 3.75 mg
			—	厘 (りん) = 0.0375 g = 37.5 mg 1 厘 = 10 毛
—			分 (ぶ) = 0.375 g 1 分 = 10 厘 (りん)	
—			匁 (もんめ) = 3.75 g 1 匁 = 10 分 (ぶ)	
*		貫 (かん) 略字 1 貫 (かん) = 1000 匁 (もんめ) = 3.75kg		
—		斤 (きん) 1 kg = 1.6667 斤 1 斤 = 0.600 kg		
面積	平方尺 (へいほうしゃく)	—	平方寸 (へいほうすん)	
		—	平方尺 (へいほうしゃく)	
		—	平方分 (へいほうぶ)	
	歩 (ぶ)	—	勺 (しゃく) = 0.1 合	
		—	合 (ごう) = 0.1 坪	
		*	歩 (ぶ) = 1 坪	
		—	畝 (せ) 1 畝 = 30 歩 = 30 坪	
		—	1 畝 = 0.99173 a (アール)	
—	反 (たん) (段) 1 反 = 10 畝 (せ) = 9.91 アール			

体積	坪 (つぼ)	町 (ちょう) 一町は約 0.991 ヘクタール= 99.1 アール 1 町 (ちょう) =10 反 (たん) (段)	
		勺 (しゃく) = 1/10 合	
		合 (ごう) = 1/10 坪	
	*	坪 (つぼ) 3.3058m ² 坪= 間 ² = 36×尺 ²	
	立方尺 (りっぽうしゃく)	—	立方分 (りっぽうぶ)
		—	立方寸 (りっぽうすん)
		*	立方尺 (りっぽうしゃく)
		—	立坪 (りゅうつぼ)
	升 (しょう) 寛文 9 年 (1669) 以降 1.8039 リットル	—	弗 (ふつ)
		—	才 (さい) 1 才=10 弗 (ふつ)
—		勺 (しゃく) 1 勺=10 才 (さい) 「夕」は「勺」と同じで、「しゃく」あるいは「せき」と読みます。	
—		合 (ごう) 1 合=10 勺 (しゃく)	
*		升 (しょう) 1 升=10 合 (ごう)	
—		斗 (と) 1 斗=10 升 (しょう)	
—		石 (こく) 1 石 (こく) =10 斗 (と)	

長さ (十進法です。)		里程 (十進法ではありません。)		
1 厘 (りん)	10 毛 (もう)	1 間 (けん)	曲尺 6 尺	1.818m
1 分 (ぶ)	10 厘 (りん)	1 町 (ちょう)	60 間 (けん)	109.0908m
1 寸 (すん)	10 分 (ぶ)	1 里 (り)	36 町 (ちょう)	3927.2688m
1 尺 (しゃく)	10 寸 (すん)	鯨尺 (くじらじゃく) 1 尺=37.8cm		
1 丈 (じょう)	10 尺 (しゃく)	曲尺 (かねじゃく) 1 尺=30.303cm		

外国の旧単位

度量衡	単位	定義
長さ	ミル(mil)	25.4 μm
	インチ(in)	1/36yd
	フート又はフィート(ft)	1/3yd
	ヤード(yd)	0.9144m
	チェーン (chain)	22yd
	マイル(ml)	1760yd
質量	ポンド(lb)	0.45359237Kg
	グレーン (gr)	1/7000 ポンド
	オンス(oz)	1/16 ポンド
	トン (t) 米	2000 ポンド
	トン (t) 英	2240 ポンド
温度	華氏度($^{\circ}\text{F}$)	ケルビンの 1/1.8 (カ氏度で表される温度はカ氏温度 (ケルビンで表した熱力学温度の値の 1.8 倍から 459.67 を減じたもの) とする)
面積	平方ヤード(yd^2)	m^2 の 0.9144 の 2 乗倍
	平方インチ(in^2)	1/1296 y d^2
	平方フート又は平方フィート(ft^2)	1/9 y d^2
	平方マイル(ml^2)	3097600 y d^2
	エーカー (a c)	4046. 856422 m^2
体積	立方ヤード(yd^3)	m^3 の 0.9144 の 3 乗倍
	立方インチ(in^3)	1/46656 y d^3
	立方フィート(ft^3)	1/27 y d^3
	液用オンス 米	0.0000295735 m^3
	液用オンス 英	0.0000284134 m^3
	ガロン (gal) 米	3. 785412 リッタ (1)
	ガロン (gal) 英	4. 546 リッタ (1)
	クオート (quarto) 米	0. 946 リッタ (1) 1/4gal
	クオート (quarto) 英	1. 137 リッタ (1) 1/4gal

	パイント (p t (液用)) 米	0. 473176473 リッタ (1)
	パイント (p t (穀用)) 米	0. 5506104714 リッタ (1)
	パイント (p t (UK)) 英	0. 568261 リッタ (1)
速さ	ヤード毎秒(yd/s)	m毎秒の 0.9144 倍
加速度	ヤード毎秒毎秒(yd/s ²)	m毎秒毎秒の 0.9144 倍
密度	ポンド毎立方フット (lb/ft ³)	Kg 毎m ³ の 16.0185 倍
力	重量ポンド(lbf)	ニュートンの 4.44822 倍
力のモーメント	フット重量ポンド又はフィート 重量ポンド(ft.lbf)	ニュートンメートルの 1.35582 倍
圧力	重量ポンド毎平方インチ(lbf/in ²)	パスカル又はニュートン毎 m ² の 6894.76 倍
	水銀柱インチ(inHg)	パスカル又はニュートン毎 m ² の 3386.39 倍
	水柱インチ(inH ₂ O inAq)	パスカル又はニュートン毎 m ² の 249.0899 倍
	水柱フット又は水柱フィート (ftH ₂ O ftAq 12inH ₂ O)	水柱インチの 12 倍
応力	重量ポンド毎平方インチ(lbf/in ²)	パスカル又はニュートン毎平方メー トルの 6894.76 倍
仕事	フット重量ポンド又はフィート 重量ポンド(ft.lbf)	ジュール又はワット秒の 1.35582 倍
熱量	英熱量(BTU B.T.U.)	ジュール又はワット秒の 1055.06 倍

カンデラ

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

カンデラは、光度の単位の1つ。

国際単位系での定義は「周波数 540×10^{12} Hz の単色放射を放出し、所定方向の放射強度が $1/683$ W/sr である光源のその方向における光度」である。

古い定義では $101,325$ Pa のもとで、白金の融点 (2042 K) に加熱した完全黒体の 1cm^2 の平らな表面から放射される光の中の垂直方向の明るさの $1/60$ である。

かつてロウソク 1 本の明るさが 1cd で、単位名はロウソク (キャンドル) からきている。

例として自動車のヘッドライトなどの光度の規制は以下である。

2 灯式: 主走行ビーム 15000 カンデラ以上

4 灯式: 主走行ビーム 12000 カンデラ以上

最高光度合計: 225000 カンデラ以内

車幅灯: 300 カンデラ以下

灯台の明るさの単位としても用いられる。

SI の光の単位			
物理量	SI 単位	記号	備考
光度エネルギー	ジュール	J	
光束	ルーメン (又はカンデラ・ステラジアン)	lm	放射量 における 放射束
光度	カンデラ	cd	放射量 における 放射強度
輝度	カンデラ 毎平方メートル	cd/m²	放射量 における 放射輝度
照度/ 光束発散度	ルクス (又は ルーメン 毎平方メートル)	lx	放射量 における 放射照度/ 放射発散度
視感度	ルーメン 毎ワット	lm/W	分光視感効果度 とも呼ぶ