



JAEA-Technology

2008-085

## Evaluation of Inductive Heating Energy of a PF Insert Coil Conductor by the Calorimetric Method (Contract Research)

---

Kunihiro MATSUI, Yoshihiro NABARA, Yoshihiko NUNOYA, Norikiyo KOIZUMI  
and Kiyoshi OKUNO

Fusion Research and Development Directorate  
ITER Superconducting Magnet Technology Group

February 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

Evaluation of Inductive Heating Energy of a PF Insert Coil Conductor by the Calorimetric Method  
(Contract Research)

Kunihiro MATSUI, Yoshihiro NABARA, Yoshihiko NUNOYA,  
Norikiyo KOIZUMI and Kiyoshi OKUNO

Division of ITER Project  
Fusion Research and Development Directorate  
Japan Atomic Energy Agency  
Naka-shi, Ibaraki-ken

(Received December 10, 2008)

The PF Insert Coil is a single layer solenoid coil using a superconducting conductor designed for ITER, housed in a Poloidal field coil and installed in the bore of the CS Model Coil. A stability test of the conductor will be performed in a magnetic field generated by the CS Model Coil. In this test, the inductive heat of an inductive heater attached to the conductor will be applied to initiate a normal zone in the conductor. Since the conductor for the PF Insert Coil is a cable-in-conduit conductor, it is quite difficult to estimate inductive heating energy theoretically. Thus, the inductive heating energy is measured experimentally by the calorimetric method. The heating energy is in proportion to a constant multiplied by the integrated square of an applied sinusoidal current wave over the heating period. Experimental results show that the proportional constants of the conductor, cable, conduit and dummy conductor are  $0.138 \text{ [J/A}^2\text{s]}$ ,  $0.028 \text{ [J/A}^2\text{s]}$ ,  $0.118 \text{ [J/A}^2\text{s]}$  and  $0.009 \text{ [J/A}^2\text{s]}$ , respectively. The first three denote not only the inductive heating but also the joule heating of the inductive heater. The final value denotes joule heating only. Therefore, subtracting the first three constants by the last one, the proportional constants of inductive heating generated in the conductor, cable and conduit are estimated to be  $0.129 \text{ [J/A}^2\text{s]}$ ,  $0.019 \text{ [J/A}^2\text{s]}$  and  $0.109 \text{ [J/A}^2\text{s]}$ , respectively.

Keywords: PF Insert Coil, Inductive Heater, Stability, Calorimetric Method

---

This work was performed at the Japan Atomic Energy Agency on a research contract with the ITER International Fusion Organization and the European Atomic Energy Agency.

PF インサート用超伝導導体の誘導加熱量の評価  
(受託研究)

日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門  
ITER プロジェクトユニット

松井 邦浩、名原 啓博、布谷 嘉彦、小泉 徳潔、奥野 清

(2008 年 12 月 10 日受理)

PF インサートは、ITER の PF コイル用の超伝導導体を用いた単層ソレノイド・コイルである。PF インサートは CS モデル・コイルのボア内に挿入され、CS モデル・コイルが発生する磁場中において導体の安定性試験が実施される。安定性試験では、導体に取り付けた誘導加熱ヒータから導体に熱を投入することで導体に擾乱を発生させる。しかし、PF インサートの導体は超伝導撲線とコンジットから構成されるケーブル・イン・コンジット導体であるため、導体に投入する誘導加熱量を計算で求めることは困難である。そこで、誘導加熱量の評価を熱量法により行った。誘導加熱ヒータには正弦波電流を流したため、誘導加熱量はヒータ電流の平方の時間積分に比例する。導体、撲線、コンジット及びダミー導体の誘導加熱に対する比例定数は、それぞれ、 $0.138 [J/A^2s]$ 、 $0.028 [J/A^2s]$ 、 $0.118 [J/A^2s]$  及び  $0.009 [J/A^2s]$  となった。ダミー導体の加熱量は誘導加熱ヒータのジュール発熱によるものであるため、導体、撲線及びコンジットの誘導加熱に対する比例定数は、それぞれ、 $0.129 [J/A^2s]$ 、 $0.019 [J/A^2s]$  及び  $0.109 [J/A^2s]$  と評価できた。

---

本報告書は、ITER 機構及び欧州原子力共同体の受託研究「PF インサート・コイル試験 (TA11-106)」に基づいて実施した成果の一部である。

那珂核融合研究所（駐在）：〒311-0193 茨城県那珂市向山 801-1

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Parameters of the sample conductor.....	2
3. Experimental facility and methods.....	3
4. Experimental results.....	4
5. Conclusions .....	6
Acknowledgments.....	7
References.....	7

## 目次

1. はじめに .....	1
2. サンプル導体の諸元 .....	2
3. 実験装置と実験方法 .....	3
4. 実験結果 .....	4
5. 結論 .....	6
謝辞 .....	7
参考文献 .....	7

This is a blank page.

## 1. Introduction

The PF Insert Coil is a solenoid coil using a Poloidal Field (PF) coil conductor for use in the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) [1]. The PF Insert Coil was fabricated by the European Atomic Energy Community, shipped to Japan and installed in the inner bore of the Center Solenoid (CS) Model Coil at the Naka Fusion Institute of the Japan Atomic Energy Agency [2]. The objective of the test is to validate the design and evaluate the performance of the ITER PF Coil conductor. The test of the PF Insert Coil is an activity that stems from the preceding ITER cooperative phases (EDA, CTA and ITA). The PF Insert Coil conductor is a cable-in-conduit (CIC) conductor having 1440 nickel-coated NbTi strands. The conduit is made of stainless steel.

The inductive heating method is the most suitable for simulating a real perturbation in a stability experiment because the conductor can be heated directly without any time delay. However, the heat energy deposited in the conductor through inductive heating can not be estimated theoretically because of the complicated geometry of the CIC conductor. Thus, the heat energy conveyed via inductive heating is estimated experimentally.

Four samples were prepared to estimate inductive heating energy through the calorimetric method under a magnetic field of 6T, a level at which the stability experiment of the PF Insert Coil will be performed.

This report describes the estimated level of inductive heating energy of the PF Insert Coil conductor.

## 2. Parameters of the sample conductor

The PF Insert Coil conductor is a CIC conductor having 1440 NbTi strands and designed for use in an ITER PF coil. The strands are cabled in 5 stages. Stainless steel tape is wound around the 4<sup>th</sup> stage cable to reduce the inter-strand coupling loss and around the 5<sup>th</sup> stage cable to prevent any damage to the cable during the insertion of the cable into the conduit. There is a spiral tube in the center of the cable in order to reduce any drop in pressure of the coolant. The conduit is made of SS316LN. Major parameters of the sample conductor are shown in Table 1. Figure 1 shows a cross-sectional view of the strand.

The following samples were prepared for estimating the heating energy.

Sample #1: Conductor and inductive heater

Sample #2: Cable and inductive heater

Sample #3: Conduit and inductive heater

Sample #4: Inductive heater alone

Figure 2 shows the sample conductors, each of whose length is 175 mm.

Table 1 Major parameters of PF Insert Coil conductor

NbTi strand	
Outer diameter	0.73 [mm]
Cu/non-Cu	1.41
Jc at 5T, 4.2K	2816 [A/mm <sup>2</sup> ]
Ic at 5T, 4.2K	488.6 [A]
RRR	199
Cable	
Cabling pattern	3x4x4x5x6
Number of strands	1440
Final cabling pitch	486 [mm]
Central spiral od x id	12 x 10 [mm]
Conductor	
Jacket material	SS316LN
Outer diameter	50.3 [mm]
Inner diameter	38.3 [mm]

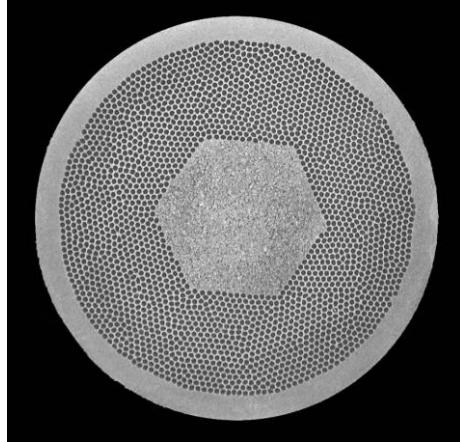


Fig. 1 Cross-sectional view of the strand for the PF Insert Coil conductor

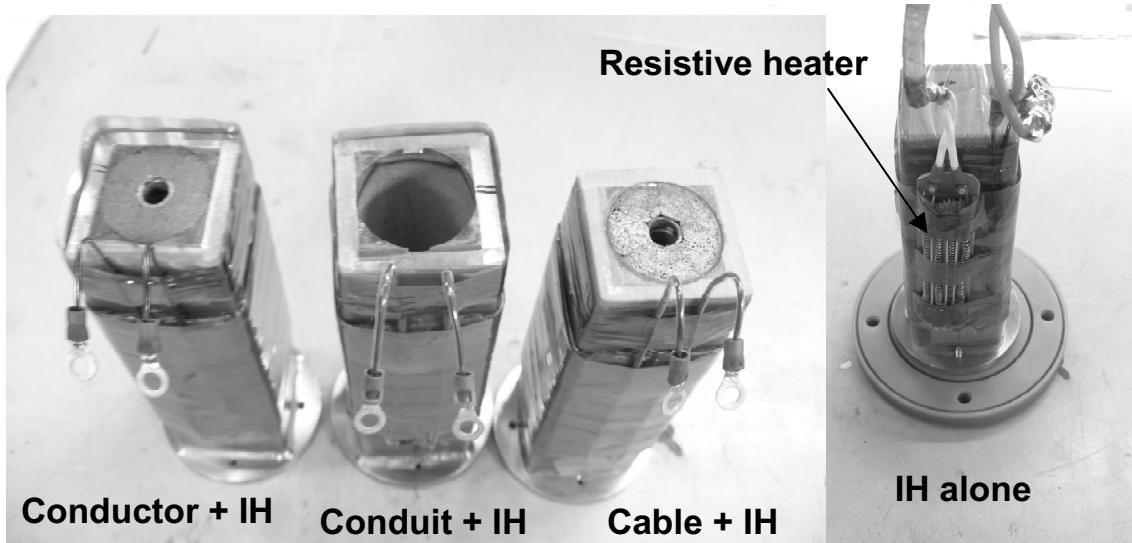


Fig. 2 Sample conductors for calibrating inductive heating energy

### 3. Experimental facility and methods

Figure 3 shows a schematic illustration of the experimental facility. The sample conductor is installed in an inner cylinder within the bore of a back-up field coil. The inner cylinder is installed in an outer cylinder because the gas Helium (GHe) vaporized during the operation of the back-up field coil and/or the heat penetration is prevented from reaching the inner cylinder. The GHe vaporized by inductive heating is collected in a chamber located above the sample conductor. Since the volume of the vaporized GHe is proportional to a decrease in the surface level of liquid Helium (LHe) in the chamber, the heat energy deposited in the sample conductor can be estimated by measuring the reduction of the LHe level in the chamber. The reduction of the LHe level is measured by a LHe level indicator in the chamber. A resistive heater is also installed in the inner cylinder to calibrate the relationship between the reduction in the LHe level in the chamber and the input energy.

Current to the inductive heater,  $I_h$  [A], the inductive heating energy,  $E_h$  [J] and the heat energy

from the resistive heater,  $E_{hr}$  [J], are represented by,

$$I_h = I_{hp} \sin(2\pi f t) \quad (1)$$

$$E_h = C \int_0^{t_h} I_h^2 dt = \frac{C I_{hp}^2 t_h}{2} \quad (2)$$

$$E_{hr} = \int_0^{t_h} I_{hr} V_{hr} dt \quad (3)$$

Where  $I_{hp}$  [A] and  $f$  [Hz] are the amplitude and frequency of the inductive heater's current,  $t_h$  [s] is the heating period, and  $I_{hr}$  [A] and  $V_{hr}$  [V] are the measured current and voltage of the resistive heater, respectively. The purpose of this experiment is to estimate the proportional constant,  $C$  [J/A<sup>2</sup>s], in eq. (2).

The sample conductor is subjected to a magnetic field of 6 T generated by a back-up field coil. The heating period and frequency of the inductive heater's current were 40 ms and 1 kHz, respectively.

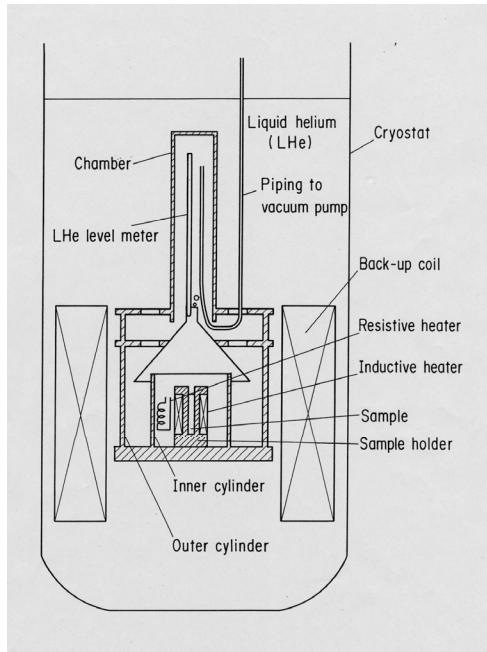


Fig. 3 Schematic illustration of the experimental facility

#### 4. Experimental results

Figure 4 indicates the calibration results of the relationship between the heat energy from the resistive heater and the reduction in the LHe level. Using these calibrations and the measured relationship between the LHe level reduction and the heating factor, the relationship between the inductive heating energy and the heating factor may be obtained.

Figure 5 shows the findings. Inductive heating energy proportionally increases as a function of the heating factor for each sample conductor. From these results, the following equations are

obtained.

(1) For the conductor and inductive heater,

$$E_h = 0.138 \int_0^t I_h^2 dt \quad (4)$$

(2) For the cable and inductive heater,

$$E_h = 0.028 \int_0^t I_h^2 dt \quad (5)$$

(3) For the conduit and inductive heater,

$$E_h = 0.118 \int_0^t I_h^2 dt \quad (6)$$

(4) For the inductive heater alone,

$$E_h = 0.009 \int_0^t I_h^2 dt \quad (7)$$

These inductive heating energies include not only inductive heat but also joule heat from the inductive heater. Therefore, the inductive heat energy deposited in the conductor, cable and conduit are calculated by subtracting the joule heat of the inductive heater, with the following results:

(1) For the conductor,

$$E_h = 0.129 \int_0^t I_h^2 dt \quad (8)$$

(2) For the cable,

$$E_h = 0.019 \int_0^t I_h^2 dt \quad (9)$$

(3) For the conduit,

$$E_h = 0.109 \int_0^t I_h^2 dt \quad (10)$$

From these results, the proportional constants for the conductor, cable and conduit were calculated to be 0.129 [J/A<sup>2</sup>s], 0.019 [J/A<sup>2</sup>s] and 0.109 [J/A<sup>2</sup>s], respectively.

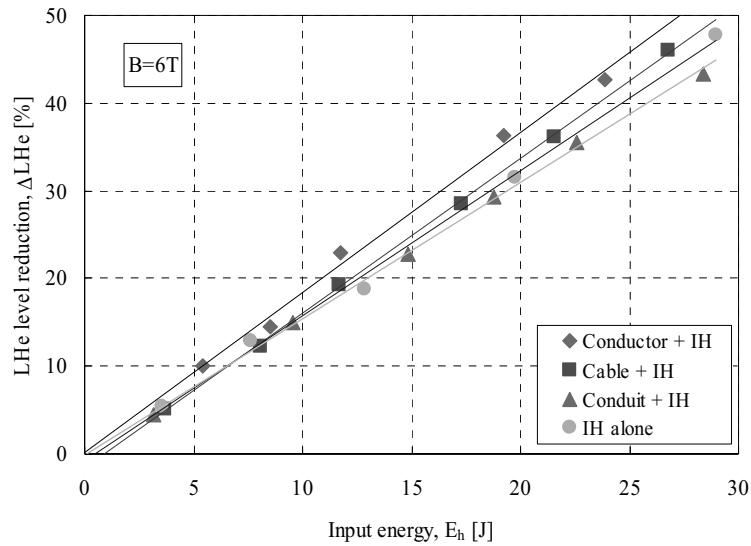


Fig. 4 Relationship between the heat energy from the resistive heater and the reduction in the LHe level

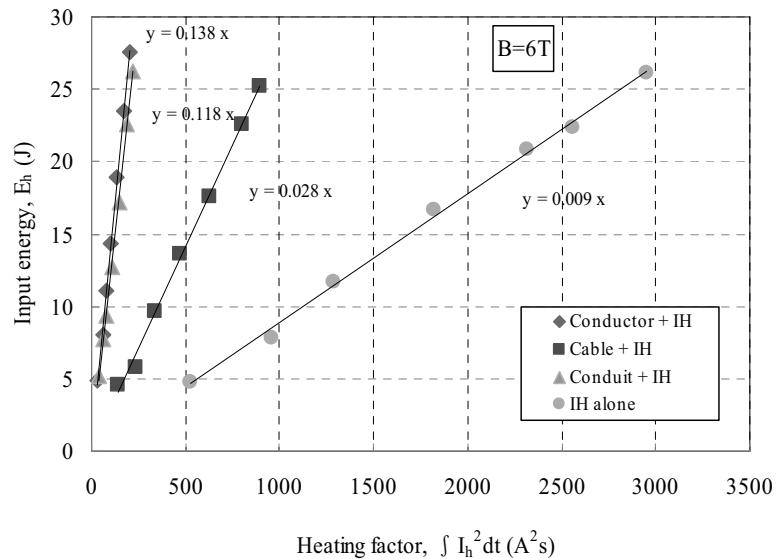


Fig. 5 Inductive heating energy as a function of the heating factor

## 5. Conclusions

The inductive heating energy of the PF Insert Coil was estimated in a magnetic field of 6 T through the calorimetric method. The heating energy deposited in the conductor, cable and conduit was individually calculated. The proportional constants for the conductor, cable and conduit are 0.129 [ $J/A^2 s$ ], 0.019 [ $J/A^2 s$ ] and 0.109 [ $J/A^2 s$ ], respectively.

### Acknowledgments

The authors would like to thank Drs. T. Tsunematsu and R. Yoshino for their encouragement and support during this work. Thanks also should be given to all staff members of the ITER Superconducting Technology Group in the Japan Atomic Energy Agency.

### References

- [1] C. Sborchia, D. Duglue, F. Hurd, R. Maix, E. Salpietro, P. Testoni, D. Bessette, N. Mitchell, K. Okuno, M. Sugimoto, A. Alekseev, V. Sytnikov: “Design and manufacture of the Poloidal Field Conductor Insert Coil”, Fusion Engineering and Design, 66-68 (2003) pp.1081-1086
- [2] T. Ando, T. Hiyama, Y. Takahashi, H. Nakajima, T. Kato, T. Isono, M. Sugimoto, K. Kawano, N. Koizumi, Y. Nunoya, K. Matsui, G. Nishijima, Y. Tsuchiya, T. Shinba, K. Sawada and H. Tsuji: “Completion of the ITER CS Model Coil – Outer Module Fabrication”, IEEE Transactions Applied Superconductivity, vol.10 No.1 (2000) pp.568-571

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位		
基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例		
組立量	SI基本単位	記号
面積	平方メートル	$m^2$
体積	立方メートル	$m^3$
速度	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、質量密度	キログラム毎立方メートル	$kg/m^3$
面積密度	キログラム毎平方メートル	$kg/m^2$
比體積	立方メートル毎キログラム	$m^3/kg$
電流密度	アンペア毎平方メートル	$A/m^2$
磁界の強さ	アンペア毎メートル	$A/m$
質量濃度 <sup>(a)</sup>	モル毎立方メートル	$mol/m^3$
質量濃度	キログラム毎立方メートル	$kg/m^3$
輝度	カンデラ毎平方メートル	$cd/m^2$
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の) 1	1
透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の) 1	1

(a) 量濃度(amount concentration)は臨床化学の分野では物質濃度(substance concentration)ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	$1^{(b)}$
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	$1^{(b)}$
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	$m^{2}/m^2$
力	ニュートン	N	$s^{-1}$
圧力、応力	パスカル	Pa	$N/m^2$
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	$N\cdot m$
仕事を、工率、放射束	ワット	W	$J/s$
電荷、電気量	クーロン	C	$m^2 kg s^{-3}$
電位差(電圧)、起電力	ボルト	V	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
静電容量	ファラード	F	$m^2 kg^{-1} s^4 A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	$m^2 kg^{-1} s^3 A^2$
磁束密度	ウェーバ	Wb	$m^2 kg s^{-2} A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	$Wb/m^2$
インダクタンス	ヘンリー	H	$kg s^{-2} A^{-1}$
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C	K
光束密度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(e)</sup>
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq	$lm/m^2$
吸収線量、比エネルギー分与、カーマ	グレイ	Gy	$m^2 s^{-2}$
線量当量、周辺線量当量、方向性線量当量、個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	$J/kg$
酸素活性	カタール	kat	$m^2 s^{-2}$

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもやはコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。

(c) 調光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能(activity referred to a radionuclide)は、しばしば誤った用語で“radioactivity”と記される。

(g) 単位シーベルト(PV,2002,70,205)についてはCIPM勧告2(CI-2002)を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1} kg s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2 kg s^2$
表面張力	ニュートン每メートル	N/m	$kg s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m^{-1} s^{-1} = s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	$m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度、放射照度	ワット每平方米メートル	W/m <sup>2</sup>	$W/m^2$
熱容量、エンントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
比熱容量、比エンントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^3 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 s^{-2}$
熱伝導率	ワット每メートル每ケルビン	W/(m K)	$m kg s^{-3} K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール每立方米メートル	J/m <sup>3</sup>	$m^{-1} kg s^2$
電界の強さ	ボルト每メートル	V/m	$m kg s^{-3} A^{-1}$
電荷密度	クーロン每立方メートル	C/m <sup>3</sup>	$m^3 sA$
表面電荷密度	クーロン每平方メートル	C/m <sup>2</sup>	$m^2 sA$
電束密度、電気変位	クーロン每平方メートル	C/m <sup>2</sup>	$m^2 sA$
誘電率	ファラード每メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透磁率	ヘンリー每メートル	H/m	$m kg s^{-2} A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール每モル	J/mol	$m^3 kg s^{-2} mol^{-1}$
モルエンントロピー、モル熱容量	ジュール每モル每ケルビン	J/(mol K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン每キログラム	C/kg	$kg^{-1} sA$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^3 s^{-3}$
放射強度	ワット每ステラジアン	W/sr	$m^4 m^2 kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
放射輝度	ワット每平方メートル每ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	$m^2 m^2 kg s^{-3} = kg s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール每立方米メートル	kat/m <sup>3</sup>	$m^{-3} s^{-1} mol$

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
$10^{24}$	ヨタ	Y	$10^{-1}$	デシ	d
$10^{21}$	ゼタ	Z	$10^{-2}$	センチ	c
$10^{18}$	エクサ	E	$10^{-3}$	ミリ	m
$10^{15}$	ペタ	P	$10^{-6}$	マイクロ	μ
$10^{12}$	テラ	T	$10^{-9}$	ナノ	n
$10^9$	ギガ	G	$10^{-12}$	ピコ	p
$10^6$	メガ	M	$10^{-15}$	フェムト	f
$10^3$	キロ	k	$10^{-18}$	アト	a
$10^2$	ヘクト	h	$10^{-21}$	ゼット	z
$10^1$	デカ	da	$10^{-24}$	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	$1^\circ=(\pi/180) \text{ rad}$
分	'	$1'=(1/60)^\circ=(\pi/10800) \text{ rad}$
秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648000) \text{ rad}$
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4 m^2$
リットル	L	$1L=1dm^3=10^3 cm^3=10^{-3} m^3$
トン	t	$1t=10^3 kg$

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602 176 53(14) \times 10^{-19} J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660 538 86(28) \times 10^{-27} kg$
統一原子質量単位	u	$1u=1 Da$
天文単位	ua	$1ua=1.495 978 706 91(6) \times 10^{11} m$

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	$1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10^5 Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	$1 mmHg=133.322 Pa$
オングストローム	Å	$1 \text{ \AA}=0.1 nm=100 pm=10^{-10} m$
海里	M	$1 M=1852 m$
バーン	b	$1 b=100 fm^2=(10^{-12} cm)^2=10^{-28} m^2$
ノット	kn	$1 kn=(1852/3600) m/s$
ネーベル	Np	$SI \text{ 単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。}$
ベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	$1 erg=10^{-7} J$
ダイニン	dyn	$1 dyn=10^{-5} N$
ボアズ	P	$1 P=1 dyn s cm^{-2}=0.1 Pa s$
ストークス	St	$1 St=1 cm^2 s^{-1}=10^{-4} m^2 s^{-1}$
スチルブル	sb	$1 sb=1 cd cm^{-2}=10^4 cd m^{-2}$
フォント	ph	$1 ph=1 cd sr cm^{-2} 10^4 lx$
ガル	Gal	$1 Gal=1 cm s^{-2}=10^{-2} ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1 Mx=1 G cm^2=10^8 Wh$
ガウス	G	$1 G=1 Mx cm^{-2}=10^4 T$
エルステッド	Oe	$1 Oe \triangleq (10^3/4\pi)nA m^{-1}$

(e) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリ	Ci	$1 Ci=3.7 \times 10^{10} Bq$
レントゲン	R	$1 R=2.58 \times 10^4 C/kg$
ラド	rad	$1 rad=1 cGy=10^{-2} Gy$
レム	rem	$1 rem=1 cSv=10^{-2} Sv$
ガンマ	γ	$1 \gamma=1 nT=10^{-9} T$
フェルミ	fm	$1 \text{ フェルミ}=1 fm=10^{-15} m$
メートル系カラット		$1 \text{ メートル系カラット}=200 mg=2 \times 10^{-4} kg$
トル	Torr	$1 Torr=(101 325/760) Pa$
標準大気圧	atm	$1 atm=101 325 Pa$
カロリ	cal	$1 cal=4.1868 J ([15^\circ C] \text{ カロリー}), 4.1868 J ([IT] \text{ カロリー})$
ミクロ	μ	$1 \mu=1 \mu m=10^{-6} m$

