

幌延深地層研究計画（第 2 段階）における 地震観測データ集

Earthquake Observation Data Collection
in the Horonobe Underground Research Laboratory Project (Phase II)

宮良 信勝 松岡 稔幸

Nobukatsu MIYARA and Toshiyuki MATSUOKA

核燃料・バックエンド研究開発部門
幌延深地層研究センター
深地層研究部

Horonobe Underground Research Department
Horonobe Underground Research Center
Sector of Nuclear Fuel, Decommissioning and Waste Management Technology Development

January 2020

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは国立研究開発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 (<https://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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

幌延深地層研究計画（第 2 段階）における地震観測データ集

日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門 幌延深地層研究センター 深地層研究部

宮良 信勝※，松岡 稔幸

（2019 年 11 月 11 日 受理）

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構では、堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画を北海道幌延町において進めている。

本データ集は、幌延深地層研究計画（第 2 段階）において取得した地震観測データを取りまとめたものである。

Earthquake Observation Data Collection in the Horonobe Underground Research
Laboratory Project (Phase II)

Nobukatsu MIYARA[※] and Toshiyuki MATSUOKA

Horonobe Underground Research Department
Horonobe Underground Research Center
Sector of Nuclear Fuel, Decommissioning and Waste Management Technology Development
Japan Atomic Energy Agency
Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received November 11, 2019)

As part of the research and development program on the geological disposal of high-level radioactive waste (HLW), the Horonobe Underground Research Center, a division of the Japan Atomic Energy Agency (JAEA), is implementing the Horonobe Underground Research Laboratory Project (Horonobe URL Project) with the aim at investigating sedimentary rock formations.

This data collection is a compilation of Earthquake observation data acquired in the Horonobe Underground Research Project (Phase II).

Keywords : Earthquake Observation , Sedimentary Rock, Horonobe Underground
Research Laboratory Project

※ Collaborating Engineer

目 次

1. はじめに	1
2. 地震観測の概要	2
2.1 地震観測位置	2
2.2 地震観測機器の仕様	3
3. 収録データ	5
3.1 データ期間	5
3.2 データ形式	6
4. おわりに	7
参考文献	7
付録：地震観測データ集（DVD-ROM）	8

Contents

1. Introduction	1
2. Overview of Earthquake observation	2
2.1 Location of Earthquake observation	2
2.2 Specification of equipments	3
3. Recording data	5
3.1 Data acquisition period	5
3.2 Data form	6
4. Conclusion	7
References	7
Appendix : Earthquake observation data (DVD-ROM)	8

This is a blank page.

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、北海道幌延町で実施している幌延深地層研究計画¹⁾は、平成 17 年 10 月の「原子力政策大綱」²⁾に示された「深地層の研究施設」を活用した計画のひとつであり、堆積岩を対象に「深地層の科学的研究」と「地層処分研究開発」を行うものである。

幌延深地層研究計画における調査研究は、地下施設の建設工程や研究開発課題の内容、実施時期の違いから「第 1 段階：地上からの調査研究段階」、「第 2 段階：坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階」、「第 3 段階：地下施設での調査研究段階」の 3 段階に分けて実施している。

本データ集は、第 2 段階に実施した地下施設の耐震設計技術を評価するための調査³⁾のとして、地下施設の 250m 査坑道および HDB-3⁴⁾孔の敷地に地震計を設置して観測したデータを取りまとめたものである。

2. 地震観測の概要

2.1 地震観測位置

地震観測を実施した幌延深地層研究センターの位置を図 2-1 に、当センター内の地震観測点の位置を図 2-2 にそれぞれ示す。また、地震観測点（加速度計）の座標を表 2-1 に示す。



図 2-1 幌延深地層研究センター位置図

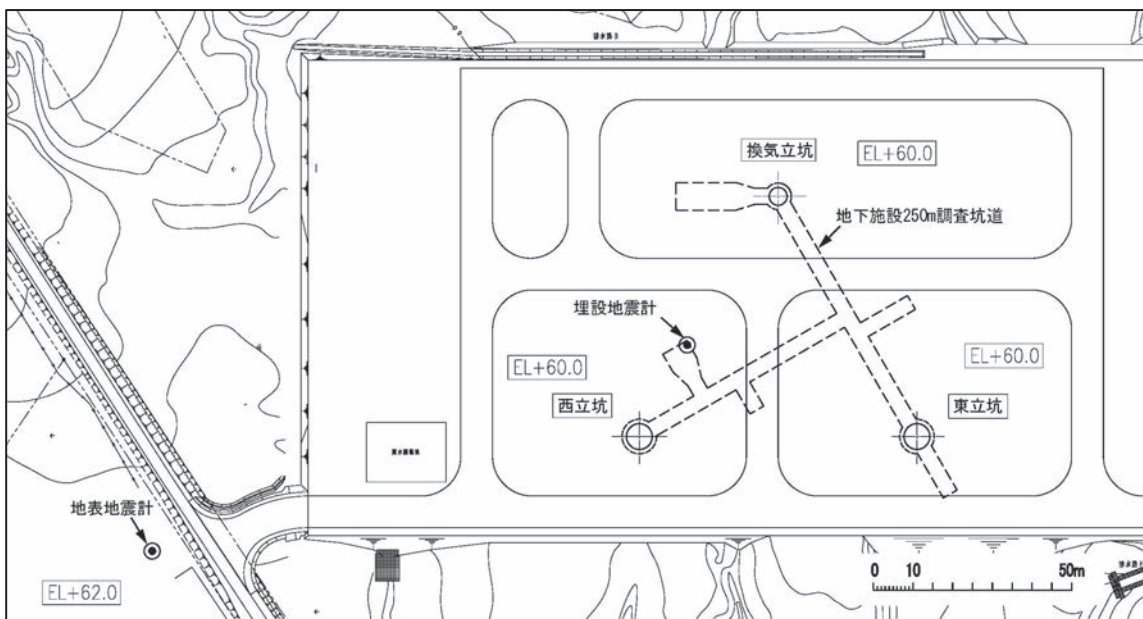


図 2-2 地震観測点位置図

表 2-1 地震観測点の座標

設置位置	世界測地系		標高	深度
	緯度	経度	(m)	(G.L.m)
地下	45° 02′ 42.00914″	141° 51′ 33.15139″	-198.6	258.6
地表	45° 02′ 40.30282″	141° 50′ 26.99943″	62.0	+2.0

2.2 地震観測機器の仕様

地震観測に使用した機器の仕様を表 2-2 に示す。

表 2-2 地震計の仕様(1/2)

加速度計		
用途	地下埋設用	地表設置用
設置場所	地下施設 250m	HDB-3 敷地内
型式	SA-355CT-SUS	SA-375CTK
方式	速度帰還サーボ方式	
成分	水平×2 成分, 上下×1 成分	
測定範囲	±3000Gal	±2000Gal
周波数特性	0.1~30Hz	0.1~100Hz
感度	3.33mV/Gal	5mV/Gal
検定コイル感度	15μA/Gal	
帯域内感度差	-3db 以内	
位相差	±5 度以内 (0.1~30Hz)	±5 度以内 (0.3~30Hz)
	±8 度以内 (0.05~35Hz)	±15 度以内 (0.1~100Hz)
固有振動数	5Hz	
設置誤差角度	5 度以内	
増幅器	PCS-1025Ⅱ (外付)	SAPR-303 (内蔵)
データ収録装置	SAMTAC-802	SAMTAC-801
最大埋設深さ	300m	—
外形寸法	φ80×490mm	φ179×176mm
製造	株式会社東京測振	

表 2-2 地震計の仕様(2/2)

データ収録装置		
型式	SAMTAC-802	SAMTAC-801
入力成分数	6ch	3ch
入力アンプ	差動入力	
入力インピーダンス	100k Ω	166k Ω
入力範囲	$\pm 10.24\text{V}$	
ゲイン	0, 20, 40, 60db	
AD 変換	24bit	
ダイナミックレンジ	130db	
サンプリング周波数	0.5, 1, 2, 4, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 400, 500Hz	50, 100, 200, 400, 500Hz
記録方式	連続記録, スケジュール記録, レベル判定記録	
記録媒体	80Gbyte HDD	
時刻精度	$\pm 0.5 \times 10^{-6}$ (s)	
時刻同期	GPS, 1pps	
製造	株式会社東京測振	

3. 収録データ

3.1 データ期間

本データ集では、地震観測データのうち地下施設の換気立坑、東立坑、西立坑、調査坑道等の掘削時期に取得したデータを収録した。それらの収録データ期間と地下施設の掘削状況をまとめて表 3-1 に示す。

表 3-1 収録データと地下施設掘削状況一覧表

No.	収録期間		種別	地下施設の掘削状況
1	平成 23 年	7 月 12 日 ~ 7 月 16 日	地下	西立坑, 6.5m - 10.1m
2	平成 23 年	8 月 24 日~ 8 月 31 日	地下	換気立坑, 254m - 258m 西立坑, 32m - 38m
3	平成 23 年	10 月 28 日~ 11 月 8 日	地下	換気立坑, 293m - 298m 東立坑, 252m - 258m
4	平成 24 年	1 月 24 日~ 2 月 3 日	地下	東立坑, 304m - 312m
5	平成 24 年	3 月 26 日~ 4 月 5 日	地下	調査坑道 350m, 1m - 10.6m
6	平成 24 年	6 月 4 日~ 6 月 18 日	地下	調査坑道 350m, 69.1m - 92.6m
7	平成 24 年	8 月 1 日~ 8 月 10 日	地下	西立坑, 100m - 115m 調査坑道 350m, 126.1m - 135.1m
8	平成 24 年	11 月 11 日~ 11 月 17 日	地下	西立坑, 203m - 213m 調査坑道 350m, 220.5m - 230.3m
9	〃	〃	地表	〃
10	平成 25 年	5 月 13 日~ 5 月 25 日	地下	西立坑, 320m - 330m 調査坑道 350m, 451m - 468.2m
11	平成 26 年	1 月 7 日~ 1 月 14 日	地下	調査坑道 350m, 730.8m - 739.1m
12	平成 26 年	1 月 20 日~ 1 月 30 日	地下	東立坑, 370m - 376m
13	平成 26 年	4 月 3 日~ 4 月 15 日	地下	東立坑, 370m - 376m

3.2 データ形式

地震観測の生データ（3成分）をアスキー形式のフォーマットに変換したデータファイルを付録に収録する。また、付録に取りまとめたデータの仕様例を以下に示す。

- ・フォルダ名：No.1

- ・ファイル名：20110712000000-01.asc (yyyymmddhhmmss-chNo.asc)

Station Name	B-CAM6832	QM
Trigger Time	2011/07/12 00:00:00.00	
Delay Time(s)	0.000	
Last Corrected Time	2011/07/12 00:20:00	
Sampling Freq (Hz)	100	
Duration Time (s)	600.000	
Number of Data	60000	
Channel Name	CH-1:N-S	
Unit of Data	Gal	
Max. Amplitude	0.22910	
	0.004102	(Amplitude)
	0.000586	(Amplitude)
	.	.
	.	.

- ・フォルダ名：No.9

- ・ファイル名：20121110235756-01.asc (yyyymmddhhmmss-chNo.asc)

Station Name	B-CAM6832	QM
Trigger Time	2012/11/10 23:57:56.00	
Delay Time(s)	0.000	
Last Corrected Time	2012/11/10 23:29:00	
Sampling Freq (Hz)	200	
Duration Time (s)	360.000	
Number of Data	72000	
Channel Name	地表 N-S	
Unit of Data	gal	
Max. Amplitude	-0.01127	
	0.005047	(Amplitude)
	0.002828	(Amplitude)
	.	.
	.	.

- ・単位 (Gal, gal) : CGS 単位系における加速度の単位, メートル毎秒毎秒の百分の一 (cm/s²)

4. おわりに

本データ集は、第 2 段階に実施した地下施設の 250m 調査坑道および HDB-3⁴⁾孔の敷地に地震計を設置して観測したデータを取りまとめたものである。

この調査結果は、第 2, 第 3 段階に実施される各種調査データと併せて、地下施設の耐震設計技術を評価するための調査の更新及び深地層における工学的技術の基礎の開発等へ反映される。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構, 深地層研究所(仮称)計画 地表から行う調査研究(第 1 段階)計画, JNC-TN1410 2001-001, 32p., 2001.
- 2) 原子力委員会, 原子力政策大綱, 平成 17 年 10 月 11 日.
- 3) 中山雅, 天野健治, 常盤哲也, 山本陽一, 大山卓也, 天野由記, 村上裕晃, 稲垣大介, 津坂仁和, 近藤桂二, 横田秀晴, 南條功, 新里忠史, 田中真悟, 大原正嗣, 神和美, 幌延深地層研究計画 平成 23 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2012-035, 63p., 2012.
- 4) 太田久仁雄, 阿部寛信, 山口雄大, 國丸貴紀, 石井英一, 操上広志, 戸村豪治, 柴野一則, 濱克宏, 松井裕哉, 新里忠史, 高橋一晴, 丹生屋純夫, 大原英史, 浅森浩一, 森岡宏之, 舟木泰智, 茂田直孝, 福島龍朗, 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階(第 1 段階)研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」, JAEA-Research 2007-044, 434p., 2007.

付録：地震観測データ集（DVD-ROM）

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량	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 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
比体積	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
量濃度 ^(a) , 濃度	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 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(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	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	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 ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(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はや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) 測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のみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(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
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面電位	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	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	ゼプト	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=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 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
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=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	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×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 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	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	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 ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオット	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	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 Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe Δ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 3 元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 Δ 」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
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻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=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

