JAEA-Technology 2014-015



遠隔操作型金属顕微鏡補助遮へい体の設計

Design of Auxiliary Shield for Remote Controlled Metallographic Microscope

松井 寛樹 岡本 久人 Hiroki MATSUI and Hisato OKAMOTO

> 東海研究開発センター 原子力科学研究所 福島技術開発試験部

Department of Fukushima Technology Development Nuclear Science Research Institute Tokai Research and Development Center June 2014

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

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(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) 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

© Japan Atomic Energy Agency, 2014

JAEA-Technology 2014-015

遠隔操作型金属顕微鏡補助遮へい体の設計

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所 福島技術開発試験部

松井 寛樹、岡本 久人

(2014年3月31日受理)

(独)日本原子力研究開発機構の燃料試験施設では、実用燃料の高燃焼度化による燃料材料の微細組織変化が、燃料の事故時挙動に及ぼす影響を評価するため、鉛セル内の遠隔操作型金属顕微鏡をより高性能な後続機種に更新した。更新に伴い光学系用の貫通孔を鉛セルに新たに設ける必要が生じた。この貫通孔によって失われる遮へい能力を補うための補助遮へい体を設置するために、粒子・重イオン輸送総合コードシステム PHITS により遮へい計算を実施し、安全基準を満たす補助遮へい体の形状及び設置位置を決定した。さらに、補助遮へい体の構造材及び固定ボルト等に関して、耐震評価を実施し、安全基準を満たすことを示した。

JAEA- Technology 2014-015

Design of Auxiliary Shield for Remote Controlled Metallographic Microscope

Hiroki MATSUI and Hisato OKAMOTO

Department of Fukushima Technology Development Nuclear Science Research Institute Tokai Research and Development Center Japan Atomic Energy Agency Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 31, 2014)

The remote controlled optical microscope installed in the lead cell at the Reactor Fuel Examination Facility (RFEF) in Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been upgraded to a higher performance unit to study the effect of the microstructural evolution in clad material on the high burn-up fuel behavior under the accident condition. The optical pass of the new microscope requires a new through hole in the shielding lead wall of the cell. To meet safety regulations, auxiliary lead shieldings were designed to cover the lost shielding function of the cell wall. Particle and Heavy Ion Transport Code System (PHITS) was used to calculate and determine the shape and setting positions of the shielding unit. Seismic assessments of the unit were also performed.

Keywords: Remote Control, Lead Cell, Shielding, PHITS, Seismic Assessment

目 次

1. はじ	.めに	1
2. 補助)遮へい体の設計	1
2.1.	補助遮へい体について	1
2.2.	遮へい計算	2
2.3.	遮へい評価	2
2.4.	補助遮へい体の分割	3
2.5.	補助遮へい体の組立て	4
2.6.	耐震評価	4
3. まと	Ø	4
謝辞		5
参考文献		5
5 574114		,
付録1、	サンプルインプットデータ 10	6
付録2 ジ	補助遮へい体の基準寸法 3	1
付録3 前		5
	叫及日才目	,

Contents

1. Introduction	
2. Designing of Auxiliary Shield	
2.1. Outline	
2.2. Shielding Calculation	
2.3. Shielding Assessment	2
2.4. Segmentation of Auxiliary Shield	
2.5. Assembly of Auxiliary Shield	
2.6. Seismic Assessment	
3. Summary	
Acknowledgement	
References	
Appendix 1 Sample Input Data	
Appendix 2 Basic Size of Auxiliary Shield	
Appendix 3 Seismic Calculation Sheet	

This is a blank page.

1. はじめに

(独)日本原子力研究開発機構では、発電炉用軽水炉で照射された燃料を対象にした反応度事故模擬実験(以下「RIA 試験」という。)を原子炉安全性研究炉(NSRR)において実施している。RIA 試験前後の燃料に関する試験及び冷却材喪失事故模擬試験を燃料試験施設において実施し、発電炉用軽水炉燃料の事故時のふるまいに関する試験データ及び知見を得ている。事故時燃料挙動評価試験において燃料の高燃焼度化に伴う燃料材料の微細組織変化が燃料の事故時挙動に及ぼす影響をさらに評価するため、設置後すでに 30 年経過した燃料試験施設 βγ 鉛 No.1 セル(以下「鉛セル」という。)の遠隔操作型金属顕微鏡を後続機種に更新した。本報告は、遠隔操作型金属顕微鏡を更新に伴い実施した補助遮へい体の設計についてまとめたものである。

2. 補助遮へい体の設計

2.1. 補助遮へい体について

金属顕微鏡での観察対象試料は、軽水炉照射済燃料であり高い放射能を有している。 試料から放出される放射線から観察者を保護するため、試料は十分な遮へい能力を有 したコンクリート及び鉛セル内に搬入され、セル外から遠隔操作にて試料を取扱う。 このため、ホットセル環境に対応した遠隔操作対応型金属顕微鏡が必要となる。

鉛セル内の金属顕微鏡の更新前後の外観図を図 2.1 に示す。更新後の金属顕微鏡は、 図 2.2 に示すように設置する。その際に、試料を観察する操作室側と試料を取扱う鉛 セル内を結ぶ光軸を通すための貫通孔が新たに必要となった。そのため、鉛セル遮へ い壁に φ 93 の貫通孔を 2 本設けるが、試料が貫通孔から直視出来る位置にあり、貫 通孔によって失われた遮へい能力を補うため、金属顕微鏡の付属設備として補助遮へ い体を設置する。新たにこの補助遮へい体の設計を実施した。なお、既設の金属顕微 鏡で用いた貫通孔については、鉛シャフトを用いて塞ぐものとする。

補助遮へい体の設計では、2本の貫通孔から漏れ出てくる放射線(ストリーミング) を考慮した遮へい計算を実施し、金属顕微鏡の操作性について十分に考慮しつつ安全 基準値を満足するように、補助遮へい体の形状及び設置位置について検討する必要が ある。また、補助遮へい体の材質については、遮へい能力を高めるために密度の高い 鉛を使用する必要があるが、鉛の機械的性質が低いのと全体の重量が大きくなるとい う欠点がある。鉛の機械的性質については、鉛にアンチモンを添加し機械的性質を高 めた硬鉛で製作することで対処し、全体の重量については、補助遮へい体の設置時の 作業性及び安全性を考慮して、補助遮へい体を複数のパーツに分割した組立式とする ことで対処する。さらに、補助遮へい体設置の際に使用する構造材料及び固定ボルト 等に関して、強度計算を実施し、耐震 B クラスを満足するものとする。

2.2. 遮へい計算

以下の方法で遮へい計算を実施した。なお、計算条件の詳細については、付録1に 示すサンプル入力データを参照されたい。

2.2.1. 計算コード及び核データ

2.2.2. PHITS 計算条件

材料については、空気⁽⁶⁾、普通コンクリート⁽⁷⁾及び鉛⁽⁷⁻⁸⁾の3種類を計算に使用した。 補助遮へい体の鉛密度については、製作メーカと協議し、製作する際に指定した密度 値を下回らない値として10.9 g/cm³を採用した。

線源については、金属顕微鏡で取扱う試料が小さいことから点線源とし、線源強度 は、現行評価と同様に燃焼計算コード ORIGEN・2⁽⁹⁾による燃焼度 56 GWD/MTU の使 用済み MOX 燃料に対する計算結果を用いた。表 2.1 及び表 2.2 に計算で用いた中性 子線及びガンマ線の線源強度を示す。なお、遮へい計算は、中性子線とガンマ線で線 源強度が大きく異なることから個別にフルエンス率を求めて線量換算係数⁽¹⁰⁾を乗算 することで、評価点における実効線量率を算出した。

上記の計算条件をもとに鉛セル壁面に貫通孔を設けた場合でも、補助遮へい体を設置することで、補助遮へい体の表面における実行線量率が安全基準値を満足するようにする。そのため、補助遮へい体の形状及び設置位置を求めるため PHITS を用いて計算モデルの検討を重ねた。なお、遮へい計算において金属顕微鏡による遮へい効果は、考慮していない。

2.3. 遮へい評価

計算モデル及び最終的な補助遮へい体の形状・寸法を図 2.3 に示す。鉛セル内補助 遮へい体は、直方体に 2 つの貫通孔が空いた形状とし、操作室側に漏れ出てくる放射 線を出来るだけ抑えるため、厚さを設置スペースに収まる範囲で出来るだけ厚くした。 高さ及び横方向については、大きさをパラメータにして計算を繰返し、遮へい効果の 高い形状とした。操作室側補助遮へい体の形状については、鉛セル内補助遮へい体の 不足分を補うため金属顕微鏡のオプティカルパスを包み込む形とし、厚さ及び高さを パラメータに計算を繰返し、寸法を決定した。

図 2.3 の評価モデルにおける、遮へい計算結果を表 2.3 に示す。評価点における実 効線量率は、最大 4.4 μ Sv/h であった。操作室での作業時間を 1 日につき最大 8 時間 と想定すると、1 週間で 40 時間となることから、 $1.8 \times 10^{-1} \text{ mSv}$ /週となり、鉛セルに 貫通孔を設けても、補助遮へい体を設置することにより、安全基準値である人が常時 立ち入る場所の線量限度(1 mSv/週)を満足することが確認された。よって、補助 遮へい体の形状及び設置位置は、評価モデルの値を採用する。なお、操作室側補助遮 へい体内部は、数百 μ Sv/h となる。操作室側に設置する補助遮へい体(以下「操作室 側補助遮へい体」という。)及び鉛セル内に設置する補助遮へい体(以下「鉛セル内補 助遮へい体」という。)の外観図を図 2.4 に示す。

2.4. 補助遮へい体の分割

操作室側補助遮へい体及び鉛セル内補助遮へい体は、硬鉛で製作するため操作室側 補助遮へい体の質量は約120kg、鉛セル内補助遮へい体の質量は約60kgとなる。補 助遮へい体を一体型形状とすると、重量が大きく設置における取扱いが容易ではない ため、補助遮へい体の設置作業時における作業性及び安全性を考慮して、補助遮へい 体を複数のパーツに分割し組立式とした。

2.4.1. 操作室側補助遮へい体の分割

操作室側補助遮へい体は、1 パーツあたり 30 kg 以下となるようにし、図 2.5 に示 す通り 14 個のパーツに分割する。また、操作室側補助遮へい体を組立てた際にパー ツとパーツの接触面から放射線が漏れ出ることを防止するため、補助遮へい体の内側 と外側の接直面が同一位置にならないような位置関係とした。

最終的なパーツの寸法は、評価モデルで決定した操作室側補助遮へい体の形状を維持するため、付録2に示す基準寸法を設定した。この基準寸法を満たす操作室側補助 遮へい体のパーツを製作するため、製作加工時における誤差を考慮して、図2.6に示 す寸法にて操作室側補助遮へい体のパーツを製作した。

2.4.2. 鉛セル内補助遮へい体の分割

鉛セル内補助遮へい体を設置する際には、汚染防止の観点から全面マスク及びタイ ベックスーツ等を着用し、窮屈な鉛セル内での作業となり取り回しがきかない。その ため、鉛セル内補助遮へい体については、無理なく持てることを考慮して、図 2.7 に 示す通り 10 個のパーツに分割し、1 パーツ当り約 6 kg となるようにした。

最終的なパーツの寸法は、評価モデルで決定した鉛セル内補助遮へい体の形状を維持するため、付録2に示す基準寸法を設定した。この基準寸法を満たす鉛セル内側補

助遮へい体のパーツを製作するため、製作加工時における誤差を考慮して、図 2.8 に 示す寸法にて鉛セル内補助遮へい体のパーツを製作した。

2.5. 補助遮へい体の組立て

補助遮へい体の組立ては、図 2.9 及び図 2.10 に示す専用の設置架台を用いて図 2.6 及び図 2.8 に示す組立図の通りに実施する。組立ての際には、設置架台に手が入り易 く、補助遮へい体の位置調整をし易いように作業性を考慮して、図 2.11 のように保護 板を取外す。補助遮へい体を設置架台に組込んだ後に、図 2.12 のように保護板をスラ イド挿入し、補助遮へい体を保護する。また、図 2.13 のように設置架台上部に保護カ ーバーを取付けて、補助遮へい体及び光軸を保護する。

2.6. 耐震評価

操作室側補助遮へい体は、鉛セル前床面にアンカーを打ちボルトで固定する。また、 鉛セル内補助遮へい体は、鉛セル既設架台面にボルトで固定する。地震により補助遮 へい体の転倒や移動により設備等に損傷を与えることがないように、設置架台の構造 材及び固定ボルト経等について強度⁽¹¹⁾を計算した。その結果、補助遮へい体は、移動・ 転倒することなく、耐震 B クラスを満足することが確認された。耐震計算書を付録 3 に示す。

3. まとめ

金属顕微鏡の更新に伴い、鉛セル壁面に貫通孔を設ける必要があり、失われた遮へい能力を補うため補助遮へい体の設計を実施した。

粒子・重イオン輸送総合コードシステム PHITS を用いて、補助遮へい体の形状・ 寸法及び設置位置を求め、補助遮へい体表面における実効線量率が安全基準値を満足 することを確認した。

補助遮へい体は、設置作業時における作業性及び安全性に考慮して分割し組立式とし、その分割方法を決定した。

また、補助遮へい体設置に係る設置架台の材料及び固定ボルト等に関して、強度計 算を実施し、耐震 B クラスの安全基準値を満足することを確認した。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、福島技術開発試験部 森田泰治部長及び金澤浩之技術 副主幹から貴重な助言を頂いた。ここに記し、謝意を示す。

参考文献

- T. Sato, K. Niita, N. Matsuda, S. Hashimoto, Y. Iwamoto, S. Noda, T. Ogawa, H. Iwase, H. Nakashima, T. Fukahori, K. Okumura, T. Kai, S. Chiba, T. Furuta and L. Sihver, "Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS," Version 2.52, J. Nucl. Sci. Technol. 50(9), pp.913-923 (2013).
- K. Shibata, O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Iwamoto, A. Ichihara, S. Kunieda, S. Chiba, K. Furutaka, N. Otuka, T. Ohsawa, T. Murata, H. Matsunobu, A. Zukeran, S. Kamada, and J. Katakura: "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," J. Nucl. Sci. Technol. 48(1), pp.1-30 (2011).
- (3) K. Shibata, O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Iwamoto, A. Ichihara, S. Kunieda, S. Chiba, N. Otuka, and J. Katakura: "JENDL-4.0: A New Library for Innovative Nuclear Energy Systems," Proc. the 2010 International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2010), J. Korean. Phys. Soc., 59(2), pp.1046-1051 (2011).
- (4) O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Otuka, and S. Chiba: "Covariance Evaluation for Actinide Nuclear Data in JENDL-4," Proc. the 2010 International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2010), J. Korean. Phys. Soc., 59(2), pp.1224-1229 (2011).
- (5) G. Chiba, K. Okumura, K. Sugino, Y. Nagaya, K. Yokoyama, T. Kugo, M. Ishikawa and S. Okajima: "JENDL-4.0 Benchmarking for Fission Reactor Applications," J. Nucl. Sci. Technol., 48(2), pp.172-187 (2011).
- (6) 小山 謹二,奥村 芳弘,吉田 公人,宮坂 駿一,"遮蔽材料の群定数 一中性子 100 群・ガンマ線 20 群・P5 近似-," JAERI-M 6928, p.33, (1977).
- (7) 私信.
- (8) 国立天文台編, "理科年表 平成 24 年," 丸善出版株式会社, p.472, (2011).
- (9) Croff, A. G, "ORIGEN-2: A Revised and Updated Version of the Oak Ridge Isotope Generation and Depletion Code," ORNL-5621, (1980).
- (10) 日本原子力学会標準、"放射線遮へい計算のための線量換算係数: 2010,"
 AESJ-SC-R002, p.6, p.33, (2010).
- (11) 社団法人日本機械学会、"発電用原子力設備規格 設計・建設規格、" JSME S NC1-2001, (2001).

	·			
л.\/	エネル	ギー幅	線源強度	
枯丰 NI	(MeV)		Neutrons/(cm 3 ·	
INO.	上限	下限	sec)	
1	1.49E+01	1.22E+01	1.08E+01	
2	1.22E+01	1.00E+01	4.86E+01	
3	1.00E+01	8.18E+00	1.59E+02	
4	8.18E+00	6.36E+00	7.40E+02	
5	6.36E+00	4.96E+00	1.11E+03	
6	4.96E+00	4.06E+00	2.64E+03	
7	4.06E+00	3.01E+00	7.63E+03	
8	3.01E+00	2.46E+00	6.28E+03	
9	2.46E+00	2.35E+00	2.99E+03	
10	2.35E+00	1.83E+00	5.54E+03	
11	1.83E+00	1.11E+00	1.05E+04	
12	1.11E+00	$5.50 ext{E-01}$	8.12E+03	
13	5.50E-01	1.10E-01	5.32E+03	
14	1.10E-01	3.35E-03	6.04E+02	
15	3.35E-03	5.83E-04	3.09E+00	
16	5.83E-04	1.01E-04	2.24E-01	
17	1.01E-04	2.90E-05	1.48E-02	
18	2.90E-05	1.07E-05	2.08E-03	
19	1.07E-05	3.06E-06	5.08E-04	
20	3.06E-06	1.12E-06	7.13E-05	
21	1.12E-06	4.14E-07	1.59E-05	
22	4.14E-07	1.00E-08	4.52E-06	

表 2.1 中性子線の線源強度

エネルギー幅 線源強度 群 Photons/(cm³ · (MeV) No. sec) 上限 下限 1.00E+018.00E+00 2.080E+01 1 $\mathbf{2}$ 8.00E+006.50E+00 1.310E+02 6.50E+00 5.00E+00 3 7.590E+02 5.00E+004.00E+00 8.650E+02 4 $\mathbf{5}$ 4.00E+003.00E+00 8.780E+06 3.00E+002.50E+00 6 1.850E+082.50E+002.00E+00 $\overline{7}$ 2.530E+09 2.00E+001.66E+00 8 3.600E+09 1.66E+001.33E+00 9 7.910E+09 10 1.33E+00 1.00E+00 1.410E+10 11 1.00E+00 8.00E-01 2.640E+11 12 8.00E-01 6.00E-01 2.760E+11 13 6.00E-01 4.00E-01 2.320E+114.00E-01 3.00E-01 2.670E+10 1415 3.00E-01 2.00E-01 3.940E+10 16 2.00E-01 1.00E-01 1.380E+111.00E-01 5.00E-02 171.580E+115.00E-02 1.00E-02 18 2.680E+11

表 2.3 計算結果

評価占	実効線量率(µSv/h)			
	ガンマ線	中性子線	合計	
操作室側 補助遮へい体正面(P ₁)	1.6	0.4	2.0	
操作室側 補助遮へい体上面(P ₂)	3.4	1.0	4.4	

表 2.2 ガンマ線の線源強度



更新前の金属顕微鏡

更新後の金属顕微鏡





図 2.2 更新後の金属顕微鏡設置イメージ



図 2.3 遮へい計算モデル

JAEA-Technology 2014-015





図 2.5 操作室側補助遮へい体の 14 分割







図 2.6 操作室側補助遮へい体の寸法及び組立図



図 2.7 鉛セル内補助遮へい体の 10 分割







 $S-1 \sim S-10$

図 2.8 鉛セル内補助遮へい体の寸法及び組立図





付録1 サンプルインプットデータ

```
[Title]
STREAMING CALCULATION
[Parameters]
     === MODE parameter.1 ==
c
icntl
        =
                    0
                         # (D=0) 3:ECH 5:NOR 6:SRC 7,8:GSH 11:DSH 12:DUMP
     === HISTORY parameter.2 ==
с
          =
                     10
                            # (D=0) # of source written in output
 nwsors
                    300000
                               # (D=10) number of particles per one batch
          =
maxcas
                     1524 # (D=10) number of batches
          =
maxbch
     === CUT-OFF and SWITCHING ENERGY parameter.3 ==
с
emin(2) = 1.0e-09
                       # (D=1.0) cut-off energy of neutron (MeV)
emin(12) = 1.0e-03
                       # (D=1.d9) cut-off energy of electron (MeV)
emin(13) = 1.0e-03
                       # (D=1.d9) cut-off energy of positron (MeV)
emin(14) = 1.0e-03
                       # (D=1.d9) cut-off energy of photon (MeV)
 dmax(2) = 20.00000 # (D=emin(2)) data max. energy of neutron (MeV)
 dmax(12) =
               1000.0 \# (MeV) connection
dmax(13) =
               1000.0 # (MeV) connection
dmax(14) =
               1000.0 # (MeV) connection
     === WWG parameter.4 ==
с
  wc1(12) = 1.0e-18
  wc2(12) = 1.0e-20
  wc1(13) = 1.0e-18
 wc2(13) = 1.0e-20
 wc1(14) = 1.0e-18
  wc2(14) = 1.0e-20
  wupn = 5
     === MODEL OPTION -(1) parameter.5 ==
с
igamma
           =
                    1
с
     === MODEL OPTION -(3) parameter.7 ==
e-mode
                          # (D=0) 0: Normal, 1: Event generator mode
          =
                    0
     === OUTPUT OPTION -(2) parameter.9 ==
\mathbf{c}
        =
                          # (D=0) 0:no tally at batch, 1:same, 2:different
itall
                    1
                    \mathbf{2}
                          # (D=0) MAT format, 0: 208Pb, 1: Pb-208, 2: MCNP
          =
imout
     === ABOUT GEOMETRICAL ERRORS parameter.12 ==
С
         =
                    10
                           # (D=10) Lost part: allowance of CG and GG errors
 nlost
```

```
=== INPUT or OUTPUT FILE NAME parameter.13 ==
с
 file(6) = phits.out
                           # (D=phits.out) general output file name
 file(7) = xsdir.jnd
                           # nuclear data cross section list file
 file(14) = trxcrd.dat
                           #igamma=1
 set: c99[8.79344E+04]
 set: c71[-63]
                 $ x-axis
 set: c72[6.5]
                 $ y-axis
 set: c73[105]
                 $ z-axis
c ==== t-track =====
set: c11[6]
                 $ -x axis1
set: c12[20]
                 $ +x axis1
set: c13[-15]
                 $ -y axis1
set: c14[15]
                 +y axis1
set: c15[69.9]
                 $ -z axis1
set: c16[70]
                 $+z axis1
set: c17[abs(c12-c11)*abs(c14-c13)*abs(c16-c15)]
set: c21[6]
                 $ -x axis2
set: c22[20]
                 +x axis2
set: c23[-15]
                 $ -y axis2
set: c24[15]
                 +y axis2
set: c25[100]
                 $ -z axis2
set: c26[100.1]
                 +z axis2
set: c27[abs(c22-c21)*abs(c24-c23)*abs(c26-c25)]
set: c31[6]
                 $ -x axis3
set: c32[20.0]
                 +x axis3
set: c33[-15]
                 $ -y axis3
set: c34[15]
                 +y axis3
set: c35[110.1]
                 $ -z axis3
set: c36[110.2]
                 +z axis3
set: c37[abs(c32-c31)*abs(c34-c33)*abs(c36-c35)]
set: c41[25]
                 $ -x axis4
set: c42[25.1]
                 +x axis4
set: c43[-15]
                 $ -y axis4
set: c44[15]
                 $+y axis4
set: c45[70]
                 $ -z axis4
set: c46[100]
                 +z axis4
set: c47[abs(c42-c41)*abs(c44-c43)*abs(c46-c45)]
```

```
[Transform]
```

set: c93[0] \$ angle of around X (degree)

set: c92[90] \$ angle of around Y (degree)

set: c91[0] \$ angle of around Z (degree)

tr1 0085

cos(c91/180*pi)*cos(c92/180*pi)

```
sin(c91/180*pi)*cos(c93/180*pi)+cos(c91/180*pi)*sin(c92/180*pi)*sin(c93/180*pi)
sin(c91/180*pi)*sin(c93/180*pi)-cos(c91/180*pi)*sin(c92/180*pi)*cos(c93/180*pi)
-sin(c91/180*pi)*cos(c92/180*pi)
```

```
\begin{aligned} &\cos(c91/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{-}\sin(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi) \\ &\cos(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi)^{+}\sin(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi) \\ &\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi)^{-}\sin(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi) \\ &\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{-}\sin(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi) \\ &\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{-}\sin(c91/180^{*}pi)^{*}\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi) \\ &\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi) \\ &\sin(c92/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\sin(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos(c93/180^{*}pi)^{*}\cos
```

```
-cos(c92/180*pi)*sin(c93/180*pi)
```

```
cos(c92/180*pi)*cos(c93/180*pi)
```

1

```
[Source]
s-type = 4
x0
    = c71
     = c72
v0
z0
    = c73
     = c73
z1
     = 0.0
\mathbf{r}\mathbf{0}
     = 0.0
r1
dir = all
proj = neutron
e-type = 1
ne = 22
1.00e-08 8.743E-11
4.14E-07 3.076E-10
1.12E-06 1.379E-09
3.06E-06 9.827E-09
1.07E-05 4.024E-08
2.90E-05 2.863E-07
1.01E-04 4.333E-06
5.83E-04 5.977E-05
3.35E-03 1.168E-02
1.10E-01 1.029E-01
5.50E-01 1.571E-01
```

1.11E+00	2.031E-01
1.83E+00	1.072E-01
2.35E+00	5.784 E-02
2.46E+00	1.215E-01
3.01E+00	1.476E-01
4.06E+00	$5.107 \text{E}{-}02$
4.96E+00	2.147E-02
6.36E+00	1.431E-02
8.18E+00	3.076E-03
1.00E+01	9.401E-04
1.22E+01	2.089E-04
1.49E+01	

[Material]

c	==== Material	Card ====	
m1	1001.50c	7.1991E-09	\$ air
	6012.50c	7.5847E-09	
	7014.50c	3.9099E-05	
	8016.50c	1.0538E-05	
m2	1001.50c	7.1991E-09	\$ air
	6012.50c	7.5847E-09	
	7014.50c	3.9099 E-05	
	8016.50c	1.0538E-05	
m3	1001.50c	7.1991E-09	\$ air
	6012.50c	7.5847E-09	
	7014.50c	3.9099 E-05	
	8016.50c	1.0538E-05	
m4	1001.50c	7.1991E-09	\$ air
	6012.50c	7.5847E-09	
	7014.50c	3.9099E-05	
	8016.50c	1.0538E-05	
m5	1001.50c	7.1991E-09	\$ air
	6012.50c	7.5847E-09	
	7014.50c	3.9099E-05	
	8016.50c	1.0538E-05	
m20) 1001.50c	7.35e-03	\$ Concrete
	8016.50c	4.12e-02	
	11023.50c	9.85e-04	
	12024.50c	1.31e-04	

	13027.50c	2.24e-03	
	$14028.50\mathrm{c}$	1.49e-02	
	16032.50c	5.07e-05	
	19039.50c	6.51e-04	
	$20040.50\mathrm{c}$	2.73e-03	
	$26056.50\mathrm{c}$	2.90e-04	
m82	82204.50c	1.4	\$ lead
	82206.50c	24.1	
	$82207.50\mathrm{c}$	22.1	
	82208.50c	52.4	
m88	82204.50c	1.4	\$ lead
	82206.50c	24.1	
	$82207.50\mathrm{c}$	22.1	
	82208.50c	52.4	
m89	82204.50c	1.4	\$ lead
	82206.50c	24.1	
	$82207.50\mathrm{c}$	22.1	
	82208.50c	52.4	
m90	82204.50c	1.4	\$ lead
	82206.50c	24.1	
	$82207.50\mathrm{c}$	22.1	
	82208.50c	52.4	
c ==		=========	=====

[Cel]	[]		
c =	=== Cell Card	====	
9011	2 -0.00120	5 111 -211 311 -411 511 -611 \$T-Track1	
9021	2 -0.00120	5 121 -221 321 -421 521 -621 \$T-Track2	
9031	2 -0.00120	5 131 -231 331 -431 531 -631 \$T-Track3	
9041	2 -0.00120	5 141 -241 341 -441 541 -641 \$T-Track4	
200	20 -2.2	1999 -2999 3500 -4500 5100 -6000 \$ floor	
911	82 -11.30	1177 - 1170 3500 - 4500 6000 - 7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-1
912	82 -11.30	1170 -1160 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-2
913	82 -11.30	1160 -1150 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-3
914	82 -11.30	1150 - 1140 3500 - 4500 6000 - 7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-4
915	82 -11.30	1140 -1130 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-5
916	82 -11.30	1130 -1120 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-6
917	82 -11.30	1120 -1110 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell	1-7
918	82 -11.30	1110 -1100 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell	1-8
919	82 -11.30	1100 -1090 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-9
920	82 -11.30	1090 -1080 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-10
921	82 -11.30	1080 -1070 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-11
922	82 -11.30	1070 -1060 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-12
923	82 -11.30	1060 -1050 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-13
924	82 -11.30	1050 -1040 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-14
925	82 -11.30	1040 -1030 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-15
926	82 -11.30	1030 -1020 3500 -4500 6000 -7500 \$ Pb cell 9010 9011	1-16

927	82 -11.30	1020 -1010	3500 -4500	6000 -7500	\$ Pb cell 1-17
928	82 -11 30	1010 -2000	1 3500 -4500	6000 -7500	\$ Ph cell 1-18
520	02 11.00	9010 9011	5500 4500	0000 7000	φ10 cen 110
140	3 -0.001205	1187 -1177	3140 -4140	6700 -7500	\$ air 10mm
		9010 9011			·
151	3 -0.001205	1337 -1187	3140 -4140	6940 -7060	\$ air
152	3 -0.001205	1337 -1187	3140 - 4140	6700 -6760	\$ air
821	89 -10.9	1337 -1320	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-1
		9010 9011			
822	89 -10.9	1320 -1300	3140 - 4140	6760 -6940	\$ unit-1-2
		9010 9011			
823	89 -10.9	1300 -1280	3140 - 4140	6760 -6940	\$ unit-1-3
		9010 9011			
824	89 -10.9	1280 -1260	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-4
		9010 9011			
825	89 -10.9	1260 -1240	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-5
		9010 9011			
826	89 - 10.9	1240 - 1220	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-6
		9010 9011			
827	89 - 10.9	1220 -1200	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-7
		9010 9011			
828	89 - 10.9	1200 -1187	3140 -4140	6760 -6940	\$ unit-1-8
		9010 9011			
160	3 -0.001205	2000 - 2040	3190 -4190	6700 -7000	\$ air 40mm
		9010 9011			
802	88 - 10.9	2040 - 2045	3150 -4150	6700 -7000	\$ unit-2-1 20mm
		9010 9011			
803	88 - 10.9	2045 -2050	3150 -4150	6700 -7000	\$ unit-2-2
		9010 9011			
804	88 - 10.9	2050 -2055	3150 - 4150	6700 -7000	\$ unit-2-3
		9010 9011			
805	88 - 10.9	2055 -2060	3150 - 4150	6700 -7000	\$ unit-2-4
		9010 9011			
806	88 - 10.9	2000 -2200	3190 - 4190	6700 -7000	\$ unit-4-1
		#(2000 - 2040	3190 - 4190	6700 -7000)	\$ air 40mm
		#(2040 - 2060	3150 -4150	6700 -7000)	\$ unit-2
		#(2060 -2200	3150 - 4150	6700 -7000)	\$ air
850	89 - 10.9	2200 - 2205	3190 - 4190	6700 -7000	\$ unit-4-2 50mm
851	90 -10.9	2205 - 2210	3190 - 4190	6700 -7000	\$ unit-4-3

852	90 -10.9	2210 - 2215	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-4
853	90 -10.9	2215 -2220	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-5
854	90 -10.9	2220 -2225	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-6
855	90 -10.9	2225 -2230	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-7
856	90 -10.9	2230 -2235	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-8
857	90 -10.9	2235 -2240	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-9
858	90 -10.9	2240 -2245	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-10
859	90 - 10.9	2245 - 2250	3190 -4190	6700 -7000	\$ unit-4-11
311	3 -0.001205	1337 -1320		-9010	\$ through-bore1-1
312	3 -0.001205	1320 -1300		-9010	\$ through-bore1-2
313	3 -0.001205	1300 -1280		-9010	\$ through-bore1-3
314	3 -0.001205	1280 -1260		-9010	\$ through-bore1-4
315	3 -0.001205	1260 -1240		-9010	\$ through-bore1-5
316	3 -0.001205	1240 -1220		-9010	\$ through-bore1-6
317	3 -0.001205	1220 -1200		-9010	\$ through-bore1-7
318	3 -0.001205	1200 -1177		-9010	\$ through-bore1-8
319	3 -0.001205	1177 -1170		-9010	\$ through-bore1-9
320	3 -0.001205	1170 -1160		-9010	\$ through-bore1-10
321	3 -0.001205	1160 -1150		-9010	\$ through-bore1-11
322	3 -0.001205	1150 -1140		-9010	\$ through-bore1-12
323	3 -0.001205	1140 -1130		-9010	\$ through-bore1-13
324	3 -0.001205	1130 -1120		-9010	\$ through-bore1-14
325	3 -0.001205	1120 -1110		-9010	\$ through-bore1-15
326	3 -0.001205	1110 -1100		-9010	\$ through-bore1-16
327	3 -0.001205	1100 -1090		-9010	\$ through-bore1-17
328	3 -0.001205	1090 -1080		-9010	\$ through-bore1-18
329	3 -0.001205	1080 -1070		-9010	\$ through-bore1-19
330	3 -0.001205	1070 -1060		-9010	\$ through-bore1-20
331	3 -0.001205	1060 -1050		-9010	\$ through-bore1-21
332	3 -0.001205	1050 -1040		-9010	\$ through-bore1-22
333	3 -0.001205	1040 -1030		-9010	\$ through-bore1-23
334	3 -0.001205	1030 -1020		-9010	\$ through-bore1-24
335	3 -0.001205	1020 -1010		-9010	\$ through-bore1-25
336	3 -0.001205	1010 -2000		-9010	\$ through-bore1-26
337	3 -0.001205	2000 - 2040		-9010	\$ through-bore1-27
338	3 -0.001205	2040 - 2045		-9010	\$ through-bore1-28
339	3 -0.001205	2045 -2050		-9010	\$ through-bore1-29
340	3 -0.001205	2050 -2055		-9010	\$ through-bore1-30
341	3 -0.001205	2055 -2060		-9010	\$ through-bore1-31
351	3 - 0.001205	1337 -1320		-9011	\$ through-bore2-1

352	3 -0.001205	1320 -1300		-9011	\$ through-bore2-2
353	3 -0.001205	1300 -1280		-9011	\$ through-bore2-3
354	3 -0.001205	1280 -1260		-9011	$\$ through-bore 2-4
355	3 -0.001205	1260 -1240		-9011	$\$ through-bore 2-5
356	3 -0.001205	1240 -1220		-9011	\$ through-bore2-6
357	3 -0.001205	1220 -1200		-9011	\$ through-bore2-7
358	3 -0.001205	1200 -1177		-9011	\$ through-bore2-8
359	3 -0.001205	1177 -1170		-9011	\$ through-bore2-9
360	3 -0.001205	1170 -1160		-9011	\$ through-bore2-10
361	3 -0.001205	1160 - 1150		-9011	\$ through-bore2-11
362	3 -0.001205	1150 - 1140		-9011	\$ through-bore2-12
363	3 -0.001205	1140 -1130		-9011	\$ through-bore2-13
364	3 -0.001205	1130 -1120		-9011	\$ through-bore2-14
365	3 -0.001205	1120 -1110		-9011	\$ through-bore2-15
366	3 -0.001205	1110 -1100		-9011	\$ through-bore2-16
367	3 -0.001205	1100 -1090		-9011	\$ through-bore2-17
368	3 -0.001205	1090 -1080		-9011	\$ through-bore2-18
369	3 -0.001205	1080 -1070		-9011	\$ through-bore2-19
370	3 -0.001205	1070 -1060		-9011	\$ through-bore2-20
371	3 -0.001205	1060 -1050		-9011	\$ through-bore2-21
372	3 -0.001205	1050 -1040		-9011	\$ through-bore2-22
373	3 -0.001205	1040 -1030		-9011	\$ through-bore2-23
374	3 -0.001205	1030 -1020		-9011	\$ through-bore2-24
375	3 -0.001205	1020 -1010		-9011	\$ through-bore2-25
376	3 -0.001205	1010 -2000		-9011	\$ through-bore2-26
377	3 -0.001205	2000 - 2040		-9011	\$ through-bore2-27
378	3 -0.001205	2040 - 2045		-9011	\$ through-bore2-28
379	3 -0.001205	2045 -2050		-9011	\$ through-bore2-29
380	3 -0.001205	2050 -2055		-9011	\$ through-bore2-30
381	3 -0.001205	2055 -2060		-9011	\$ through-bore2-31
391	4 -0.001205	2060 -2130	3150 -4150	6700 -7000	\$ air1 unit-4-1
392	4 -0.001205	2130 -2200	3150 -4150	6700 -7000	\$ air2 unit-4-1
101	1 -0.001205	1999 -2000	3500 -4500	6000 -7500	\$ air in cell
	#	(1177 -2000	3500 -4500	6000 -7500)	\$ Cell
	#	(1337 -1187	3140 -4140	6760 -6940)	\$ unit-1
	#	(1187 -1177	3140 -4140	6700 -7500)	\$ air 10mm
	#	(1337 -1187	3140 -4140	6940 -7060)	\$ air
	#	(1337 -1187	3140 -4140	6700 -6760)	\$ air
110	1 -0.001205	2000 -2999	3500 -4500	6000 -7500	\$ air

		#(2000 -2250 3190 -4190 6700 -7000)	\$ Pb
		#(111 -211 311 -411 511 -611)	\$ T-Track1
		#(121 -221 321 -421 521 -621)	\$ T-Track2
		#(131 -231 331 -431 531 -631)	\$ T-Track3
		#(141 -241 341 -441 541 -641)	\$ T-Track4
1	-1	-1999:2999:-3500:4500:-5100:7500	\$ out

[Surface]		
c un	it: cn	ı
111	px	c11
211	px	c12
311	ру	c13
411	ру	c14
511	pz	c15
611	pz	c16
121	px	c21
221	px	c22
321	ру	c23
421	ру	c24
521	pz	c25
621	pz	c26
131	px	c31
231	px	c32
331	ру	c33
431	ру	c34
531	pz	c35
631	pz	c36
141	px	c41
241	px	c42
341	ру	c43
441	ру	c 44
541	pz	c45
641	pz	c46
c	- X-	axis -
1999	px	-100.0

1650	px	-65.0
1321	px	-32.1
1322	px	-32.2
1327	px	-32.7
1337	px	-33.7
1320	px	-32.0
1300	px	-30.0
1280	px	-28.0
1277	px	-27.7
1260	px	-26.0
1250	px	-25.0
1240	px	-24.0
1220	px	-22.0
1200	px	-20.0
1187	px	-18.7
1180	px	-18.0
1177	px	-17.7
1170	px	-17.0
1160	px	-16.0
1150	px	-15.0
1130	px	-13.0
1140	px	-14.0
1120	px	-12.0
1110	px	-11.0
1100	px	-10.0
1090	px	-9.0
1080	px	-8.0
1070	px	-7.0
1060	px	-6.0
1050	px	-5.0
1040	px	-4.0
1030	px	-3.0
1020	px	-2.0
1010	px	-1.0
2000	px	0.0
2040	px	4.0
2045	px	4.5
2050	px	5.0
2055	px	5.5
2060	px	6.0

2130	px	13.0
2200	px	20.0
2205	px	20.5
2210	px	21.0
2215	px	21.5
2220	px	22.0
2225	px	22.5
2230	px	23.0
2235	px	23.5
2240	px	24.0
2245	px	24.5
2250	px	25.0
2999	px	100.0
с	- Y-ax	kis -
3500	ру	-50.0
3250	ру	-25.0
3200	ру	-20.0
3190	ру	-19.0
3150	ру	-15.0
3075	ру	-7.5
3140	ру	-14.0
4000	ру	0.0
4075	ру	7.5
4100	ру	10.0
4150	ру	15.0
4140	ру	14.0
4175	ру	17.5
4190	ру	19.0
4200	ру	20.0
4250	ру	25.0
4500	ру	50.0
с	- Z-az	kis -
5100	pz	-10.0
6000	pz	0.0
6670	pz	67.0
6690	pz	69.0
6700	pz	70.0
6710	pz	71.0
6720	pz	72.0
6730	pz	73.0

6740	pz	74.0		
6750	pz	75.0		
6760	pz	76.0		
6770	pz	77.0		
6790	pz	79.0		
6800	pz	80.0		
6825	pz	82.5		
6850	pz	85.0		
6875	pz	87.5		
6900	pz	90.0		
6910	pz	91.0		
6930	pz	93.0		
6940	pz	94.0		
6950	pz	95.0		
6970	pz	97.0		
6990	pz	99.0		
7000	pz	100.0		
7010	pz	101.0		
7030	pz	103.0		
7040	pz	104.0		
7050	pz	105.0		
7060	pz	106.0		
7100	pz	110.0		
7500	pz	150.0		
с	- othe	ers -		
9010	c/x	$-6.5\ 85.2$	4.75	\$ through-bore1
9011	c/x	$6.5\ 85.2$	4.75	\$ through-bore2

[Volume]

reg	vol
9011	c17
9021	c27
9031	c37
9041	c47

```
[T - Cross]
title = flux
mesh = xyz
x-type = 1
nx = 1
6.0 20.0
y-type = 1
ny = 1
-15.0 15.0
z-type = 1
nz = 2
70.0 100.0 110.0
e-type = 1
ne = 22
1.00e-08 4.14e-07 1.12e-06 3.06e-06 1.07e-05
2.90e-05 1.01e-04 5.83e-04 3.35e-03 1.10e-01
5.50e-01 1.11e+00 1.83e+00 2.35e+00 2.46e+00
3.01e+00 4.06e+00 4.96e+00 6.36e+00 8.18e+00
1.00e+01 1.22e+01 1.49e+01
unit =
       1
              $ [1/cm^2/source]
axis =
         eng
file =flux23.dat
factor = c99
part = neutron
2D-type = 7
gshow =
           3
epsout = 0
output = flux
```

```
[T - Cross]
title = flux
mesh = xyz
x-type = 1
nx = 1
-15\ 15
y-type = 1
ny = 1
-15\ 15
z-type = 1
nz = 1
20.25
trcl=1
part = neutron
e-type = 1
ne = 22
1.00e-08 4.14e-07 1.12e-06 3.06e-06 1.07e-05
2.90e-05 1.01e-04 5.83e-04 3.35e-03 1.10e-01
5.50e-01 1.11e+00 1.83e+00 2.35e+00 2.46e+00
3.01e+00 4.06e+00 4.96e+00 6.36e+00 8.18e+00
1.00e+01 1.22e+01 1.49e+01
unit =
              $ [1/cm^2/source]
         1
axis =
         eng
file =flux.dat
factor = c99
2D-type = 7
gshow =
           3
epsout = 0
output = flux
[END]
```

付録2 補助遮へい体の基準寸法

1. 操作室側補助遮へい体



補助遮へい体のパーツ配置図及び部品番号(番号が小さい方が下側)



測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	30.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$383.0 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	$100.5 \ \pm 0.5$	鉛材高さ

パーツ番号: H-2

		11 2
測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	$30.5 \ \pm 0.5$	鉛材厚さ
2	$383.0 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	200.5 ± 0.5	鉛材高さ

	> 田 小 :	11.0
測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$341.0 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	$200.5 \ \pm 0.5$	鉛材高さ

パーツ番号: H-3

パーツ番号: H-4

測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	$20.5 \hspace{0.1 cm} \pm 0.5 \hspace{0.1 cm}$	鉛材厚さ
2	341.0 ± 0.5	鉛材横幅
3	$100.5 \ \pm 0.5$	鉛材高さ

パーツ番号: H-5及びH-11

測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$180.5 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	100.5 ± 0.5	鉛材高さ

パーツ番号: H-6及びH-12

測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$180.5 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	$200.5 \ \pm 0.5$	鉛材高さ

パーツ番号: H-7及びH-9

測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	139.5 ± 0.5	鉛材横幅
3	200.5 ± 0.5	鉛材高さ

パーツ番号: H-8及びH-10

	- •	· · · ·
測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$139.5 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	$100.5 \ \pm 0.5$	鉛材高さ



パーツ番号: H-13及びH-14

測定箇所	基準寸法(mm)	位置	
1	20.5 ± 0.5	鉛材厚さ	
2	341.0 ± 0.5	鉛材横幅	
3	$150.5\ \pm 0.5$	鉛材高さ	
4	$93.0 \hspace{0.1 in} \pm 0.5$	貫通孔の寸法	
5	$93.0 \hspace{0.1 in} \pm 0.5 \hspace{0.1 in}$	貫通孔の寸法	

2. 鉛セル内補助遮へい体

S-9, S-10
S-7, S-8
S-5, S-6
S-3, S-4
S-1, S-2



補助遮へい体のパーツ配置図及び部品番号(番号が小さい方が下側)



測定箇所	基準寸法(mm)	位置
1)	30.5 ± 0.5	鉛材厚さ
2	$280.5 \ \pm 0.5$	鉛材横幅
3	90.5 ± 0.5	鉛材高さ
(4)	$93.0 \ \pm 0.5$	貫通孔の寸法
5	$93.0 \hspace{0.1 in} \pm 0.5$	貫通孔の寸法

付録3 耐震計算書

1. 操作室側補助遮へい体に関する耐震評価

燃料試験施設 $\beta \gamma$ 鉛 No.1 セル前に設置する操作室側補助遮へい体に関する耐震強度 計算及び評価を行った。

操作室側補助遮へい体は、 $\beta \gamma$ 鉛 No.1 セル前操作室床面にあと施工接着系 SUS304 のアンカーボルト(M10×6本)により固定される。耐震計算は、水平震度 0.36 で評価を 行った結果、十分な耐震強度を有しており、地震により操作室側補助遮へい体が移動・ 転倒することはない。

- 1.1 計算条件
 - (1) 計算は、耐震 B クラス機器として水平震度 0.36 で行う。
 - (2) 機器の荷重は、重心に集中したものとする。
 - (3) 地震力は、水平方向から作用するのもとする。
 - (4) 部材の材質及び許容応力値は、表1のとおり

表1 部材の材質及び許容応力*

☆ 7 + +	材質	許容引張応力 ft	許容せん断応力 fs
百万亿		[MPa]	[MPa]
アンカーボルト	SUS304	102	78

*社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2001」 に基づき算出した。



図1 操作室側補助遮へい体の計算モデル

総荷重	W=1960 [N]
重心高さ	$L_1 = 725 \; [mm]$
重心位置	$L_2=79 \text{ [mm]}$
脚柱長さ	ι=700 [mm]
遮へい体幅	$L_3 = 210 \ [mm]$
水平震度	G = 0.36
水平地震力	$P_{H}=0.36\times1960=705.6\approx706$ [N]
アンカーボルトの軸断面積	$A_B = 78.5 \ [mm^2] M10$

1.2 操作室側補助遮へい体に関する固有振動数 脚柱 6 本で支えられた操作室側補助遮へい体の固有周期 T は、一層建物の水平振 動モデルとして固有振動数を評価した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k \times g}}$$

= $2\pi \sqrt{\frac{1960}{5104 \times 9806}}$
= 0.039
$$k = \frac{n \times 12 E \times I}{\iota^3}$$

= $\frac{6 \times 12 \times 193000 \times 126000}{700^3}$
= $5104 [N / mm]$

 $\approx 3.9 \times 10^{-2}$ [sec]

Т	:	固有周期 [sec]
W	:	総荷重 [N]
k	:	ばね定数 [N/mm]
g	:	重力加速度 [mm/sec ²]
n	:	脚柱本数
Е	:	脚柱縦弾性係数 [MPa]
Ι	:	脚柱断面二次モーメント [mm4]
ι	:	脚柱長さ [mm]

となり、固有振動数 fn は

$$fn = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.9 \times 10^{-2}} = 25.6 \approx 25[Hz]$$

fn : 固有振動数 [Hz]
T : 固有周期 [sec]

となり、20 Hz 以上であるので剛体である。よって、静解析を行う。

1.3 アンカーボルトに関する強度計算

まず、操作室側補助遮へい体の転倒モーメント Me 及び復元モーメント Re は

$$Me = P_H \times L_1 = 706 \times 725 = 511850 \approx 512 [kN \cdot mm]$$

Re = W × L₂ = 1960 × 79 = 154840 ≈ 154 [kN · mm]

となり、Re<Me となり転倒するためアンカーボルトには、せん断応力と引張応力 が作用する。よって、せん断応力と引張応力に関して評価する。 アンカーボルトに作用するせん断応力τは

$$Fs = \frac{P_H}{n_B} = \frac{706}{6} = 117.7 \approx 118[N]$$

Fs : せん断力 [N]
P_H : 水平地震力 [N]
n_B : ボルト本数
 $\tau = \frac{Fs}{A_B} = \frac{118}{78.5} = 1.5 \approx 2[MPa]$
T : せん断応力 [MPa]

Fs : せん断力 [N]

AB : アンカーボルトの軸断面積 [mm²]

となる。 よって

$$\tau = 2[MPa] \quad < \quad f_s = 78[MPa]$$

となり、アンカーボルトに作用するせん断応力 t は許容せん断応力 fs より小さい。

また、アンカーボルトに作用する引張応力σは

$$Rb = \frac{P_H \times L_1 - W \times L_2}{L \times n_t} = \frac{706 \times 725 - 1960 \times 79}{158 \times 3} = 753.2 \approx 754[N]$$

Rb : 引張力 [N]
P_H : 水平地震力 [N]
L_1 : 重心高さ[mm]
L_2 : 重心位置 [mm]
L : ボルトスパン [mm]
n_t : 引張を受ける片側のボルト数

$$\sigma = \frac{Rb}{A_B} = \frac{754}{78.5} = 9.6 \approx 10[MPa]$$

Σ : 引張応力 [MPa]
Rb : 引張力 [N]
AB : アンカーボルトの軸断面積[mm²]

となる。

なお、せん断力と引張力を同時に受けるボルトの許容引張応力は、次のいずれか小 さい方の値とする。

•
$$f_{ts} = 1.4 f_t - 1.6\tau = 1.4 \times 102 - 1.6 \times 2 = 140[MPa]$$

• $f_{ts} = f_t$

fts : せん断力と引張力を同時に受けるボルトの許容引張応力 [MPa]

ft : ボルトの許容引張応力 [MPa]

τ : せん断応力 [MPa]

よって、ftは102[MPa]となることから

$$\sigma = 10[MPa] < f_t = 102[MPa]$$

となり、アンカーボルトに作用する引張応力 σ は、せん断力と引張力を同時に受け るボルトの許容引張応力 f_{ts}より小さい。以上のことから、アンカーボルトは十分な 強度を有している。

また、補助遮へい体と脚柱は、アンカーボルトと同じ SUS304 の固定ボルト (M10×4本)により固定される。このため、固定ボルトに作用するせん断応力は、 本数の関係からアンカーボルトに比べ高くなるが、アンカーボルトに作用するせん 断応力を 1.5 倍として計算した場合においても、許容せん断応力より小さくなる。 また、重心が低くなることから固定ボルトには引張応力は発生しない。以上のこと から十分な強度を有している。

1.4 あと施工接着系アンカーボルトに関する強度計算
アンカーボルトの引張耐力 Ta を求める
$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

Le : アンカーボルトの有効埋込長さ [mm]

よって、アンカーボルトの引張耐力 Ta は 6[kN]となる。アンカーボルトに作用 する引張力 Rb とアンカーボルトの引張耐力 Ta の関係は

 $Rb = 0.754[kN] \quad < \quad T_a = 6[kN]$

となり、アンカーボルトに作用する引張力 Rb はアンカーボルトの引張耐力 Taより小さいことから、アンカーボルトは十分な強度を有している。

1.5 まとめ

水平震度 0.36 で評価を行った結果、十分な耐震強度を有しており、地震により操 作室側補助遮へい体が移動・転倒することはない。 2. 鉛セル内補助遮へい体に関する耐震評価

鉛セル内に設置する補助遮へい体に関する耐震強度計算及び評価を行った。鉛セル内 補助遮へい体は、鉛セル内既設架台面に M4の SUS304 ボルト(M4×4本)により固定 される。耐震計算は、水平震度 0.36 で評価を行った結果、十分な耐震強度を有しており、 地震により鉛セル内補助遮へい体が移動・転倒することはない。

- 2.1 計算条件
 - (1) 計算は、耐震 B クラス機器として水平震度 0.36 で行う。
 - (2) 機器の荷重は、重心に集中したものとする。
 - (3) 地震力は、水平方向から作用するのもとする。
 - (4) 部材の材質及び許容応力値は、表2のとおり

部材	材質	許容せん断応力 f _s [MPa]	
固定ボルト	SUS304	78	

表2 部材の材質及び許容応力*

*社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2001」に 基づき算出した。



図2 鉛セル内補助遮へい体の計算モデル

総荷重	W=1176 [N]
重心高さ	$L_1 = 140 \ [mm]$
重心位置	$L_2=55 \text{ [mm]}$
脚柱長さ	ι=62 [mm]
水平震度	G = 0.36
水平地震力	$P_{H}=0.36\times1176=423.4\approx424$ [N]
固定ボルトの軸断面積	$A_B = 12.56 \text{ [mm^2] } M4$

2.2 鉛セル内補助遮へい体に関する固有振動数

脚柱 4 本で支えられた鉛セル内補助遮へい体の固有周期 T は、一層建物の水平振動モデルとして固有振動数を評価した。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k \times g}}$$

= $2\pi \sqrt{\frac{1176}{2106797 \times 9806}}$
= 0.00150
 $k = \frac{n \times 12E \times I}{i^3}$
= $\frac{4 \times 12 \times 193000 \times 54200}{62^3}$
= $2106797 [N / mm]$

$$\approx 1.5 \times 10^{-3}$$
[sec]

- W : 総荷重 [N]
- K : ばね定数 [N/mm]
- G : 重力加速度 [mm/sec²]
- N : 脚柱本数
- E : 脚柱縦弾性係数 [MPa]
- I : 脚柱断面二次モーメント [mm⁴]
- I : 脚柱長さ [mm]

となり、固有振動数 fn は

$$fn = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.5 \times 10^{-3}} = 666.7 \approx 667[Hz]$$

f_n : 固有振動数 [Hz]

T : 固有周期 [sec]

となり、20 Hz 以上であるので剛体である。よって、静解析を行う。

2.3 固定ボルトに関する強度計算

鉛セル内補助遮へい体の転倒モーメント Me 及び復元モーメント Re は

$$Me = P_H \times L_1 = 424 \times 140 = 59360 \approx 60 [kN \cdot mm]$$

Re = $W \times L_2 = 1176 \times 55 = 64680 \approx 64 [kN \cdot mm]$

となり、Re>Meであるため転倒しない。したがって、固定ボルトには、せん断応 力が作用するため、せん断応力に関して評価する。 固定ボルトに作用するせん断応力τは

$$Fs = \frac{P_H}{n_B} = \frac{424}{4} = 106[N]$$

Fs : せん断力 [N]PH : 水平地震力 [N]

nB : ボルト本数

$$\tau = \frac{Fs}{A_B} = \frac{106}{12.56} = 8.4 \approx 9[MPa]$$

T : せん断応力 [MPa]

Fs : せん断力 [N]

A_B : 固定ボルトの軸断面積 [mm²]

となる。 したがって

$$\tau = 9[MPa] \quad < \quad f_s = 78[MPa]$$

となり、固定ボルトに作用するせん断応力 t は、許容せん断応力 fs より小さいこ とから、固定ボルトは、十分な強度を有している。

2.4 まとめ

水平震度 0.36 で評価を行った結果、十分な耐震強度を有しており、地震により鉛 セル内補助遮へい体が移動・転倒することはない。 This is a blank page.

表 1. SI 基本単位		
甘大昌	SI 基本単位	
盔半里	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	Α
熱力学温度	ケルビン	Κ
物質量	モル	mol
光 度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用	INで表されるSI組立単	立の例			
和辛量	SI 基本単位				
和立里	名称	記号			
面 積平	方メートル	m ²			
体 積立	法メートル	m^3			
速さ,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 数每	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 ⁸			
質量濃度キ	ログラム毎立法メートル	kg/m ³			
輝 度力	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) ともよげれる					

(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

			SI祖立里位	
組立量	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	ヨラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体	ステラジアン ^(b)	$sr^{(c)}$	1 (b)	$m^{2/}m^2$
周 波 娄	ベヘルツ ^(d)	Hz	-	s ⁻¹
力	ニュートン	Ν		m kg s ⁻²
圧 力 , 応 ナ	パスカル	Pa	N/m ²	$m^{-1} kg s^{-2}$
エネルギー,仕事,熱量	tジュール	J	N m	$m^2 kg s^2$
仕事率, 工率, 放射,	モワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷,電気量	セクーロン	С		s A
電位差(電圧),起電プ	ボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
静電容量	コアラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
電気抵射	iオーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
コンダクタンフ	ジーメンス	s	A/V	$m^{2} kg^{1} s^{3} A^{2}$
磁,	ミウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^2 A^1$
磁束密度	モテスラ	Т	Wb/m ²	$\text{kg s}^{2} \text{A}^{1}$
インダクタンフ	ペンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$
セルシウス温度	モレシウス度 ^(e)	°C		K
光 昇	ミルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照馬	モルクス	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	E カタール	kat		s ⁻¹ mol

酸素活性(カタール) kat [s¹ 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。
 (a)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。
 (a)へルツは周頻現象についてのみ、ペラ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。
 (a)へルツは周頻現象についてのみ、ペラ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。
 (a)やレ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。モルシウス度とケルビンの
 (b)からさは同一である。したがつて、温度差や温度関節を対象値はどもらの単位で表しても同じである。
 (b)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

	S	[組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘度	ミパスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表 面 張 九	コニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角 速 度	ミラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度,放射照度	E ワット毎平方メートル	W/m^2	kg s ⁻³
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^2 K^1$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
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	『ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	- ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電 荷 密 度	E クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
表 面 電 荷	うクーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘 電 卒	『ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透 磁 率	ペンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	- ジュール毎モル	J/mol	$m^2 kg s^2 mol^1$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量率	ゴグレイ毎秒	Gy/s	$m^{2} s^{3}$
放 射 強 度	『ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
放 射 輝 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
酵素活性濃度	「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	接頭語	記号 乗数		接頭語	記号		
10^{24}	э 9	Y	10 ⁻¹	デシ	d		
10^{21}	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	с		
10^{18}	エクサ	Е	10 ⁻³	ミリ	m		
10^{15}	ペタ	Р	10 ⁻⁶	マイクロ	μ		
10^{12}	テラ	Т	10 ⁻⁹	ナノ	n		
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	р		
10^{6}	メガ	М	10^{-15}	フェムト	f		
10^3	+ 1	k	10 ⁻¹⁸	アト	а		
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z		
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	v		

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°=(п/180) rad		
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad		
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad		
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²		
リットル	L, 1	1L=11=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

衣される奴値が実験的に待られるもの					
名称				記号	SI 単位で表される数値
電	子 オ	ベル	ŀ	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダ	ル	ŀ	\sim	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統-	一原子	質量単	单位	u	1u=1 Da
天	文	単	位	ua	1ua=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=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海 里	M	1 M=1852m
バーン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm)2=10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	の単位しの教徒的な関係は
ベル	В	31単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
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		
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N		
ポアズ	Р	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s		
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{\cdot 1} = 10^{\cdot 4} \text{ m}^2 \text{ s}^{\cdot 1}$		
スチルブ	sb	$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd } \text{ cm}^{\cdot 2} = 10^4 \text{ cd } \text{ m}^{\cdot 2}$		
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx		
ガ ル	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²		
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{ G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$		
ガウス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{-2} = 10^{-4} \text{T}$		
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≙ (10 ³ /4π)A m ⁻¹		
(c) 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。

		ā	長10.	SIに 尾	禹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
+	ユ	IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
$\scriptstyle u$	ン	トゲ	\sim	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ			ĸ	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
$\scriptstyle u$			ム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガ		\sim	7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	T.	N	111		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	ートル	系カラ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
ŀ			N	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	進	大 気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力		IJ	ļ	cal	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J(「熱化学」カロリー)
3	カ	17	~		$1 = 1 = 10^{-6}$ m