

JAERI-Tech  
99-038



JP9950398



10%濃縮硝酸ウラニル水溶液の  
平板形状基本炉心の臨界特性

1999年4月

菊池 司・三好慶典・鳥井義勝\*・山根祐一・外池幸太郎

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319-1195, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1999

---

編集兼発行 日本原子力研究所

## 10%濃縮硝酸ウラニル水溶液の平板形状基本炉心の臨界特性

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター燃料サイクル安全工学部  
菊池 司・三好 慶典・鳥井 義勝\*・山根 祐一・外池幸太郎

(1999年3月16日受理)

東海研究所・燃料サイクル安全工学研究施設(NUCEF)の定常臨界実験装置STACYでは、平成9年度から平成10年度前半まで、厚さ28cmの平板炉心タンク(280T炉心タンク)を用いた臨界実験を実施した。燃料は、濃縮度10%の硝酸ウラニル水溶液である。本レポートにおいては、水反射及び反射なし炉心(基本炉心)の臨界液位の系統的データについて報告する。

実験では、デジタル反応度計を用い、臨界近傍での給排液操作による反応度測定を実施した。臨界液位は、反応度の測定データから評価した。また、反応度の測定データからは、実効遅発中性子割合の評価の基礎となる反応度バックリング係数も評価した。

今回の実験により、平板形状基本炉心の臨界データとして、水反射炉心7点、反射なし炉心6点のデータが、ウラン濃度約300~460g/lit.の範囲で得られた。

## Critical Configurations of Basical Slab Cores with 10% Enriched Uranyl Nitrate Solution

Tsukasa KIKUCHI, Yoshinori MIYOSHI, Yoshikatsu TORII\*,  
Yuichi YAMANE and Kotaro TONOIKE

Department of Fuel Cycle Safety Research  
Nuclear Safety Research Center  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 16, 1999)

A series of critical experiments on a 28cm-thickness slab core tank has been performed at the Static Experiment Critical Facility, STACY, in the Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility, NUCEF, from 1997 to summer of 1998, using 10% enriched uranyl nitrate solution. In this report, systematic data of the critical heights for water-reflected cores and unreflected cores (basic slab cores) were described.

In this campaign, the reactivity measurements by the feed and drain operations near a critical state were carried out, employing a digital reactivity meter. The critical heights were estimated from the data of reactivity measurements. The reactivity buckling coefficients, which are the basic data for the estimation of effective delayed neutron fraction, were also evaluated from those measurements.

Seven data for water-reflected cores and six data for unreflected cores, as the critical data of basic slab cores, were obtained at the uranium concentration ranged from 300-460gU/l.

Keywords : STACY, Slab Core, 10% Enriched Uranyl Nitrate Solution, Water-Reflected, Unreflected, Reactivity Measurements, Critical Heights, Buckling Coefficients

---

\* Hitachi Setsubi Engineering Co., LTD

## 目 次

1. 序 論 .....	1
2. 炉心構成 .....	2
3. 溶液燃料 .....	12
4. 反応度測定 .....	14
4.1 反応度測定とその応用 .....	14
4.2 測定方法 .....	16
4.3 測定結果 .....	17
5. 臨界液位 .....	23
6. 反応度バックリング係数 .....	39
7. 結 論 .....	48
謝 辞 .....	48
参考文献 .....	49
付録A 炉心タンク寸法検査の詳細 .....	50
付録B 臨界液位の温度補正に係る計算条件 .....	54

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Core Arrangement .....	2
3. Fuel Solution .....	12
4. Reactivity Measurement .....	14
4.1 Reactivity Measurement and Application .....	14
4.2 Method of Measurement .....	16
4.3 Results of Measurement .....	17
5. Critical Solution Height .....	23
6. Reactivity Buckling Coefficient .....	39
7. Conclusion .....	48
Acknowledgements .....	48
References .....	49
Appendix A Detail on Inspection of Core Tank .....	50
Appendix B Calculation Condition on Correction of Critical Height according to Solution Temperature .....	54

This is a blank page.

## 1. 序 論

再処理施設における臨界安全性に関する知見を得るため、燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF) の定常臨界実験装置 STACY では、炉心タンクを交換しながら溶液燃料の臨界実験を行っている。平成 9 年 4 月から平成 10 年 9 月までは、厚さ 28cm の平板炉心タンク (280 T 炉心タンク) を用いた実験を実施した。溶液燃料には、濃縮度 10% の硝酸ウラニル水溶液を使用した。

280 T 炉心タンクを用いた実験は、大きく 2 つに分けられる。一つは、ウラン濃度を段階的に希釈しながら、水反射条件或いは反射なし条件で行なった基本炉心の実験である。もう一つは、ほぼ一定の溶液燃料の条件で、炉心タンクの厚さ方向に各種の固定反射体を設置した反射体実験である。本報告では、基本炉心の実験で得られた水反射条件或いは反射なし条件の臨界特性について報告する。

実験では、デジタル反応度計を用い、臨界近傍での給排液操作による反応度測定を行なった。臨界液位は、反応度の測定データから評価した。また、反応度の測定データからは、実効遅発中性子割合の評価の基礎となる反応度バックリング係数も評価した。

今回の実験により、平板形状の溶液燃料の基本炉心で得られた臨界データは、ウラン濃度約 300~465g/lit. の範囲で、水反射条件 7 点、反射なし条件 6 点である。臨界データとして採用した Run No. とウラン濃度の一覧を表 1 に示す。

表 1 平板形状基本炉心の臨界データ一覧

Run No.	反射条件	ウラン濃度 (g/lit.)
105	水反射	約 465
113		約 430
125		約 370
129		約 350
131		約 330
140		約 310
196		約 300
104	反射なし	約 465
122		約 430
123		約 370
126		約 350
130		約 330
147		約 315

## 2. 炉心構成

280 T 炉心タンクは、内部の厚さ、幅及び高さが 28cm、69cm 及び 150cm のステンレス鋼 (SUS304L) 製の平板形状タンクである。炉心タンクの製作に当たっては、各部材の寸法検査及び材料検査を実施した。寸法検査の詳細を付録 A に、最終的に得られた 280 T 炉心タンクの仕様を表 2-1 に示す。また、材料検査に基づく炉心タンクの組成を表 2-2(a) に、組成から求めた原子個数密度を表 2-2(b) に示す。

280 T 炉心タンクは、STACY 炉室内の南北約 4 m、東西約 2 m 及び深さ約 2.4 m の炉心水槽 (ステンレス鋼) 内に設置した。炉心タンク設置時の炉心水槽の平面図及び側面図を図 2-1(a) 及び (b) に示す。また、280 T 炉心タンクの詳細な設置図を図 2-2 に示す。図 2-1(a) 及び (b) に示しているように、炉心タンクは炉心水槽の北側の炉心タンク固定台座 (ステンレス鋼) に設置した。炉心タンクの寸法は表 2-1 に示したとおりであるが、図 2-2 に示しているように、温度計用内挿管 (外径 17.3mm、肉厚 3.2mm) が炉心タンクを貫通している。また、炉心タンク下部には、溶液燃料の給排液用の配管 (外径 27.2mm、肉厚 3.4mm) が接続しており、炉心タンク下部の空隙には、中性子源案内管 (外径 89.1mm、肉厚 5.5mm) が設置されている。なお、いずれの配管もステンレス鋼製である。

実験は、水反射条件及び反射なし条件で行なっているが、水反射条件の実験では、炉心水槽内を水 (軽水) で満たした。水反射条件では、炉心タンク上蓋の上面 20cm を目安に、水が満たされている。

炉心タンク上部には、 $B_4C$  ペレット (外径 54.6mm) を充填した安全棒が 3 本設置されている。ただし、運転時には、安全棒は炉心タンクの上蓋より上に退避している。

この他、炉心水槽内には、いくつかの中性子検出器或いはパルス中性子発生管 (PNS) が設置されている。これらの設置位置は、運転ごとの測定項目により、適宜変更している。一例として、Run No. 196 (ウラン濃度約 300g/lit.、水反射条件) での検出器配置の概略図を図 2-3(a) に、詳細図を図 2-3(b) に示す。中性子検出器は、運転のために中性子束を監視する本体系核計装と、実験のために設置した実験系核計装に大別される。本体系核計装は起動系 2 系統 (B10 比例計数管、B10 と表記)、運転系 4 系統 (線型表示及び対数表示に各 2 系統:  $\gamma$  線補償型電離箱、CIC と表記) の計 6 系統である。

実験系核計装は、最大 9 系統であり、内訳は次のとおりである。

- Ch 1 ~ Ch 3 : 高感度 He-3 比例計数管 (He3H と表記)
- Ch 4 : B10 比例計数管 (B10 と表記)
- Ch 5 ~ Ch 7 :  $\gamma$  線補償型電離箱 (CIC と表記)
- Ch 8、Ch 9 : 低感度 He-3 比例計数管 (He3L と表記)

なお、実験目的に応じて PNS も設置しているが、今回報告する実験では PNS は設置していないか、炉心タンクから充分離れた場所に設置している。本体系核計装及び実験系核計装の主要な仕様を表 2-3 に示す<sup>[1]</sup>。また、それらの設置条件を表 2-4(a) 及び (b) に示す。



表2-1 280 T炉心タンクの仕様

材 質	ステンレス鋼 (SUS304L)
形 状	直方体
寸 法	
底板の厚さ (cm)	2.04 ± 0.01 (2.0)
上蓋の厚さ (cm)	2.88 ± 0.01 (2.5)
胴板の厚さ (cm)	2.53 ± 0.03 (2.5)
(炉心タンク内部)	
厚さ (cm)	28.08 ± 0.11 (28.0)
幅 (cm)	69.03 ± 0.07 (69.0)
高さ (cm)	149.75 ± 0.07 (150.0)

(注) 表中の数値は、寸法検査に基づく(カッコ内は設計値)。

表2-2(a) 280 T炉心タンク(ステンレス鋼)の組成

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
底 板	0.013	0.66	1.50	0.027	0.002	10.21	18.19	69.398
上 蓋	0.013	0.66	1.50	0.027	0.002	10.21	18.19	69.398
胴 板	0.018	0.42	1.14	0.033	0.007	10.52	18.21	69.652

表2-2(b) 280 T炉心タンク(ステンレス鋼)の原子個数密度

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
底 板	5.1687E-05	1.1222E-03	1.3039E-03	4.1628E-05	2.9782E-06	8.3077E-03	1.6706E-02	5.9343E-02
上 蓋	5.1687E-05	1.1222E-03	1.3039E-03	4.1628E-05	2.9782E-06	8.3077E-03	1.6706E-02	5.9343E-02
胴 板	7.1567E-05	7.1415E-04	9.9095E-04	5.0879E-05	1.0424E-05	8.5600E-03	1.6725E-02	5.9560E-02

(注) 密度はJIS規格より(7.93g/cm<sup>3</sup>)、「Nuclear Constant」は「NEA/NSC/DOC(95)03/I Vol. I」より引用。

表2-3 中性子検出器の主な仕様

	種 類	型 式	外形寸法 (mm)	有効長 (mm)	測定範囲 (n v)	熱中性子 感度
本体系	起動系	B10比例計数管 (B10)	φ 25.4 L 379.5	L 266.6	2.5E-01~2.5E+04	4 (cps/nv)
	運転系	γ線補償型電離箱 (CIC)	φ 79.3 L 485.7	L 355.6	1.3E+02~5.0E+10	7.6E-14 (A/nv)
実験系	Ch 1 ~ 3	高感度He-3比例計数管 (He3H)	φ 6.0 L 141.4	L 82.5	< 5.0E+04	1.2 (cps/nv)
	Ch 4	B10比例計数管 (B10)	φ 25.4 L 387.4	L 295.1	2.5E-01~2.5E+04	4 (cps/nv)
	Ch 5、6	γ線補償型電離箱 (CIC)	φ 38.1 L 342.9	L 235.0	1.0E+04~1.0E+11	2.8E-14 (A/nv)
	Ch 7	γ線補償型電離箱 (CIC)	φ 77.8 L 342.9	L 235.0	5.0E+02~1.0E+11	2.2E-14 (A/nv)
	Ch 1 ~ 3	低感度He-3比例計数管 (He3L)	φ 6.3 L 78.4	L 10.0	< 5.0E+04	0.1 (cps/nv)

表2-4(a) 本体系核計装の設置条件

(単位：mm)

反射条件		水 反 射 条 件							反 射 な し 条 件					
Run No.		105	113	125	129	131	140	196	104	122	123	126	130	147
起動系 A (B10)	南北位置	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64
	東西位置	-591	-510	-510	-510	-510	-520	-520	-591	-510	-510	-510	-510	-510
	高さ位置	200	220	250	285	300	300	200	200	220	250	285	300	300
	ポリ厚さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
起動系 B (B10)	南北位置	64	64	64	64	64	64	65	64	64	64	64	64	64
	東西位置	591	510	510	510	510	520	520	591	510	510	510	510	510
	高さ位置	200	220	250	285	300	300	200	200	220	250	285	300	300
	ポリ厚さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
運転系 線型 A (CIC)	南北位置	384	335	335	335	335	330	320	384	335	335	335	335	335
	東西位置	-573	-390	-390	-390	-390	-400	-400	-573	-390	-390	-390	-390	-400
	高さ位置	200	220	250	285	340	500	500	200	220	250	285	340	550
	ポリ厚さ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
運転系 線型 B (CIC)	南北位置	-384	-315	-315	-315	-315	-315	-320	-384	-315	-315	-315	-315	-315
	東西位置	573	395	395	395	395	400	400	573	395	395	395	395	400
	高さ位置	200	220	250	285	340	500	500	200	220	250	285	340	550
	ポリ厚さ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
運転系 対数 A (CIC)	南北位置	-384	-315	-315	-315	-315	-315	-320	-384	-315	-315	-315	-315	-315
	東西位置	-573	-395	-395	-395	-395	-400	-400	-573	-395	-395	-395	-395	-400
	高さ位置	200	220	250	285	340	500	500	200	220	250	285	340	550
	ポリ厚さ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
運転系 対数 B (CIC)	南北位置	384	335	335	335	335	330	320	384	335	335	335	335	335
	東西位置	573	390	390	390	390	400	400	573	390	390	390	390	400
	高さ位置	200	220	250	285	340	500	500	200	220	250	285	340	550
	ポリ厚さ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

(注) 南北・東西・高さ位置は、検出器有感部の中心位置を示す。南北位置は炉心タンク中心を原点に南方向を正方向に、東西位置は炉心タンク中心を原点に東方向を正方向に、高さ位置は炉心タンク底板上面を原点に上方向を正方向に示している。

また、反射なし条件で検出効率を高めるため、検出器にはポリエチレンを巻いている。

表2-4(b) 実験系核計装の設置条件

(単位: mm)

反射条件		水反射条件							反射なし条件					
Run No.		105	113	125	129	131	140	196	104	122	123	126	130	147
Ch 1 (He3H)	南北位置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東西位置	-470	-470	-470	-470	-470	-473	-470	-470	-470	-470	-470	-470	-470
	高さ位置	100	110	125	143	190	250	250	100	125	125	170	190	275
	ポリ厚さ	10	none	none	none	none	none	none	10	10	10	10	10	10
Ch 2 (He3H)	南北位置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東西位置	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470
	高さ位置	200	220	250	285	380	500	500	200	250	250	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	none	none	none	none	none	10	10	10	10	10	10
Ch 3 (He3H)	南北位置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東西位置	-470	-470	-470	-470	-470	-473	-470	-470	-470	-470	-470	-470	-470
	高さ位置	300	330	375	428	570	750	750	300	375	375	510	570	825
	ポリ厚さ	10	none	none	none	none	none	none	10	10	10	10	10	10
Ch 4 (B10)	南北位置	250	470	470	495	495	395	340	250	470	470	470	495	395
	東西位置	0	0	-150	-150	-150	-115	0	0	-150	-150	-150	-150	-100
	高さ位置	200	220	250	285	380	500	500	200	250	250	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ch 5 (CIC)	南北位置	245	365	365	375	375	375	340	245	365	365	365	375	375
	東西位置	-225	-200	-200	-200	-200	-195	-200	-225	-200	-200	-200	-200	-200
	高さ位置	200	220	250	285	380	500	500	200	250	250	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ch 6 (CIC)	南北位置	-245	-355	設	設	設	設	-340	-245	設	設	設	設	設
	東西位置	250	205	置	置	置	置	200	250	置	置	置	置	置
	高さ位置	200	220	せ	せ	せ	せ	500	200	せ	せ	せ	せ	せ
	ポリ厚さ	10	none	ず	ず	ず	ず	10	10	ず	ず	ず	ず	ず
Ch 7 (CIC)	南北位置	-285	-305	-305	-305	-305	-305	-310	-285	-305	-305	-305	-305	-305
	東西位置	-300	-150	-150	-150	-150	-160	-210	-300	-150	-150	-150	-150	-150
	高さ位置	200	220	250	285	380	500	500	200	250	250	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ch 8 (He3L)	南北位置	0	0	0	0	0	0	-820	0	0	0	0	0	-500
	東西位置	-705	-705	-705	-705	-705	-720	250	-705	-705	-705	-705	-705	-200
	高さ位置	200	220	250	285	380	500	500	200	250	250	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	none	none	none	none	none	10	10	10	10	10	10
Ch 9 (He3L)	南北位置	705	1055	820*	815*	815*	832*	803*	705	820*	1470	820*	815*	500
	東西位置	100	100	0	0	0	0	150	100	0	300	0	0	200
	高さ位置	200	220	250	285	380	350	500	200	257	290	340	380	550
	ポリ厚さ	10	none	none	none	none	none	none	10	10	10	10	10	10
PNS	南北位置	設	設	-390	-615	-615	-315	設	設	-615	-615	-615	設	設
	東西位置	置	置	0	0	0	0	置	置	0	0	0	置	置
	高さ位置	せ	せ	250	285	285	500	せ	せ	250	250	250	せ	せ
	ポリ厚さ	ず	ず	none	none	none	none	ず	ず	none	none	none	ず	ず

(注) 南北・東西・高さ位置は、検出器有感部の中心位置を示す。南北位置は炉心タンク中心を原点に南方向を正方向に、東西位置は炉心タンク中心を原点に東方向を正方向に、高さ位置は炉心タンク底板上面を原点に上方向を正方向に示している。

また、反射なし条件で検出効率を高めるため、検出器にはポリエチレンを巻いている。

Ch 9は、一部、スキヤニング測定のため駆動装置に取り付けている(南北位置に\*印)。

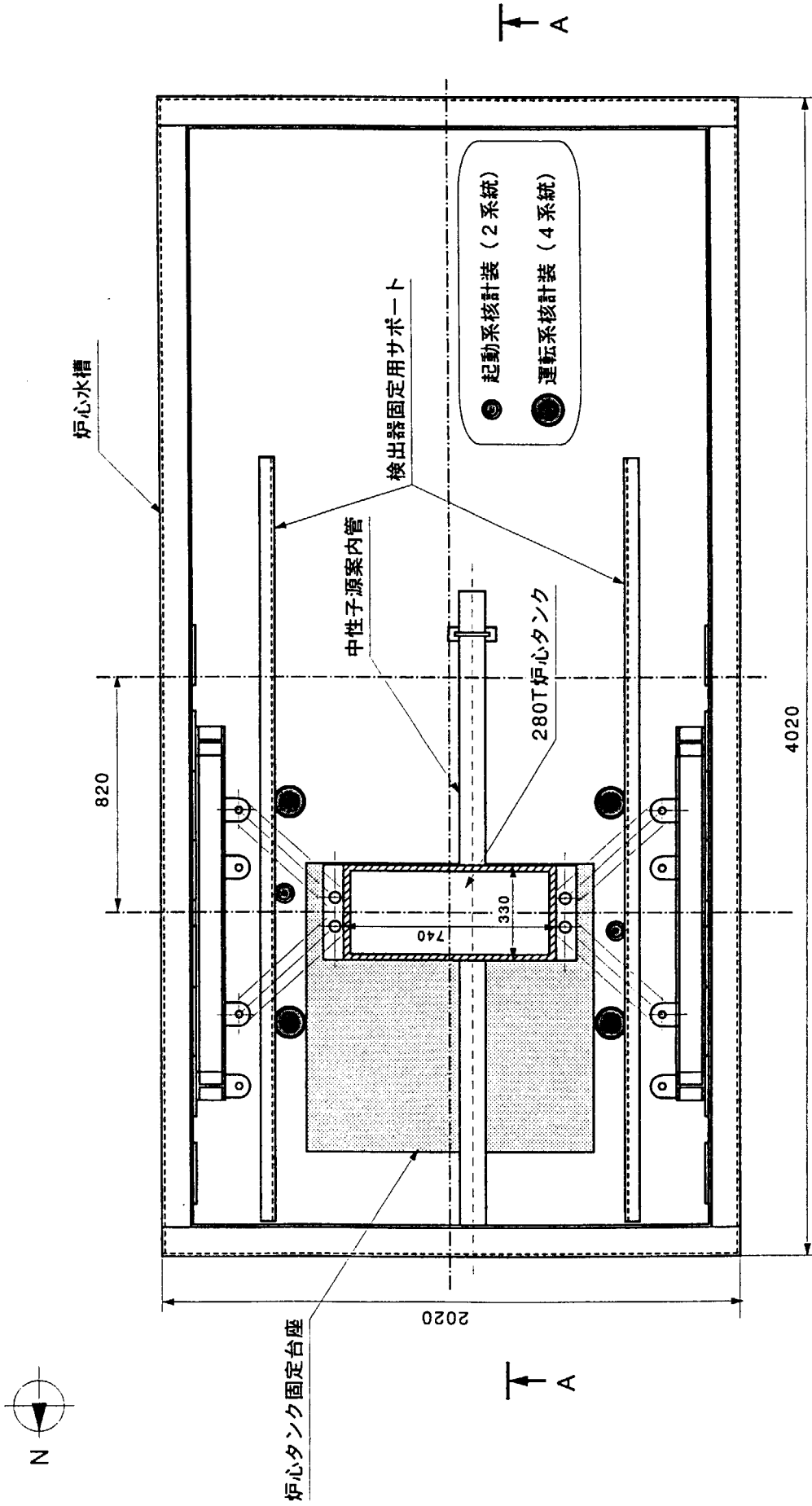


図2-1(a) 280T炉心タンク設置時の炉心水槽平面図

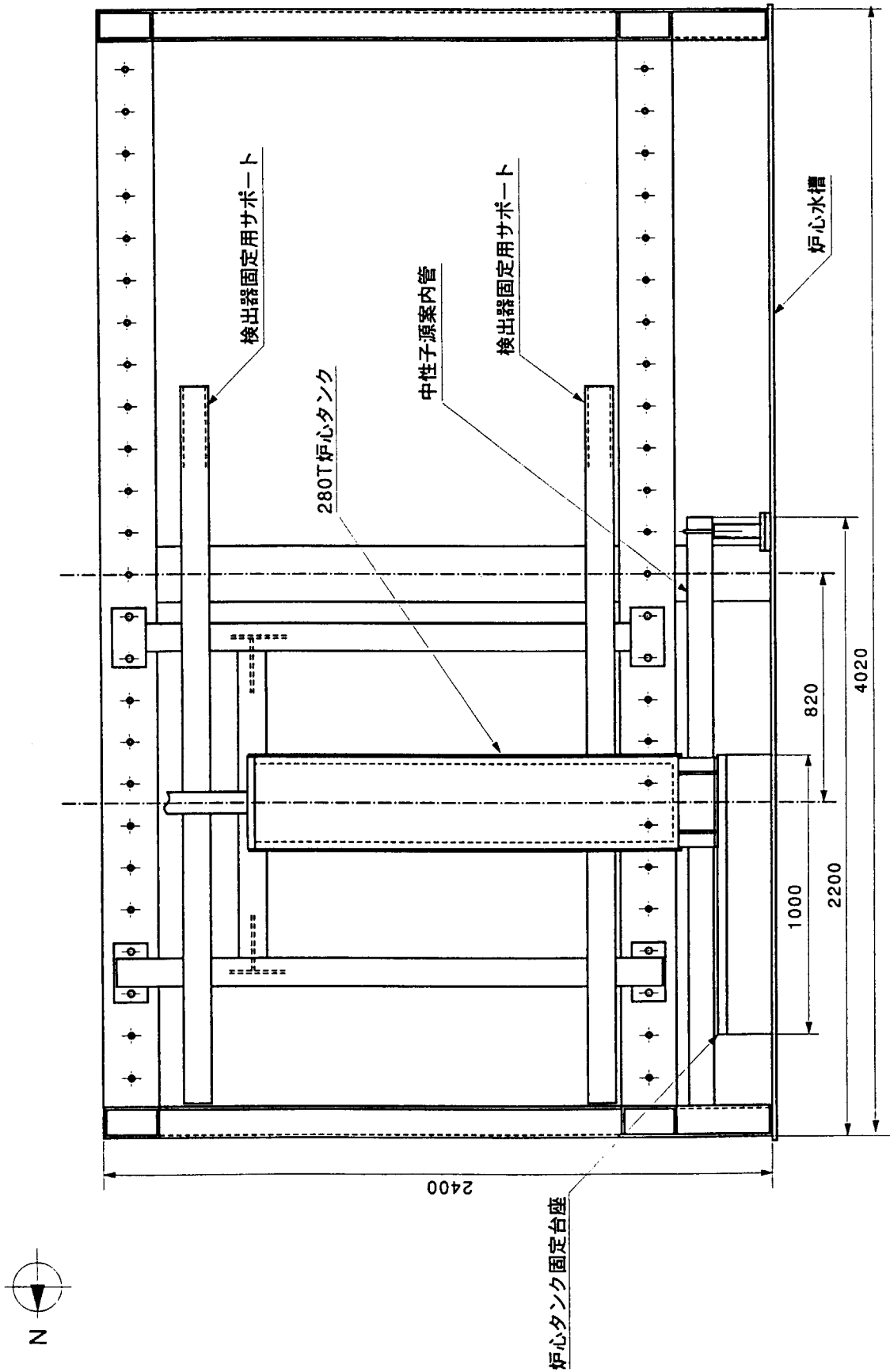
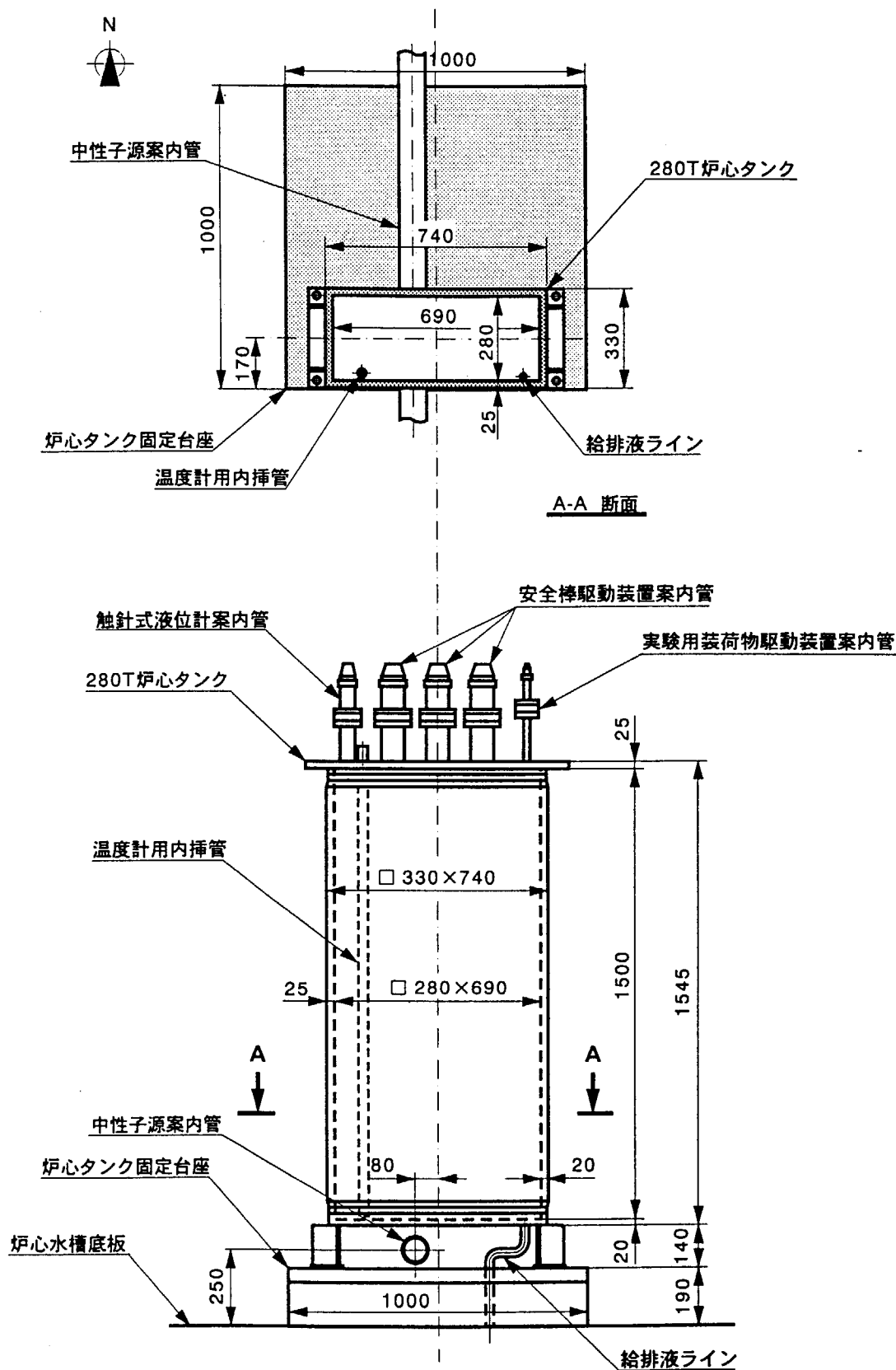
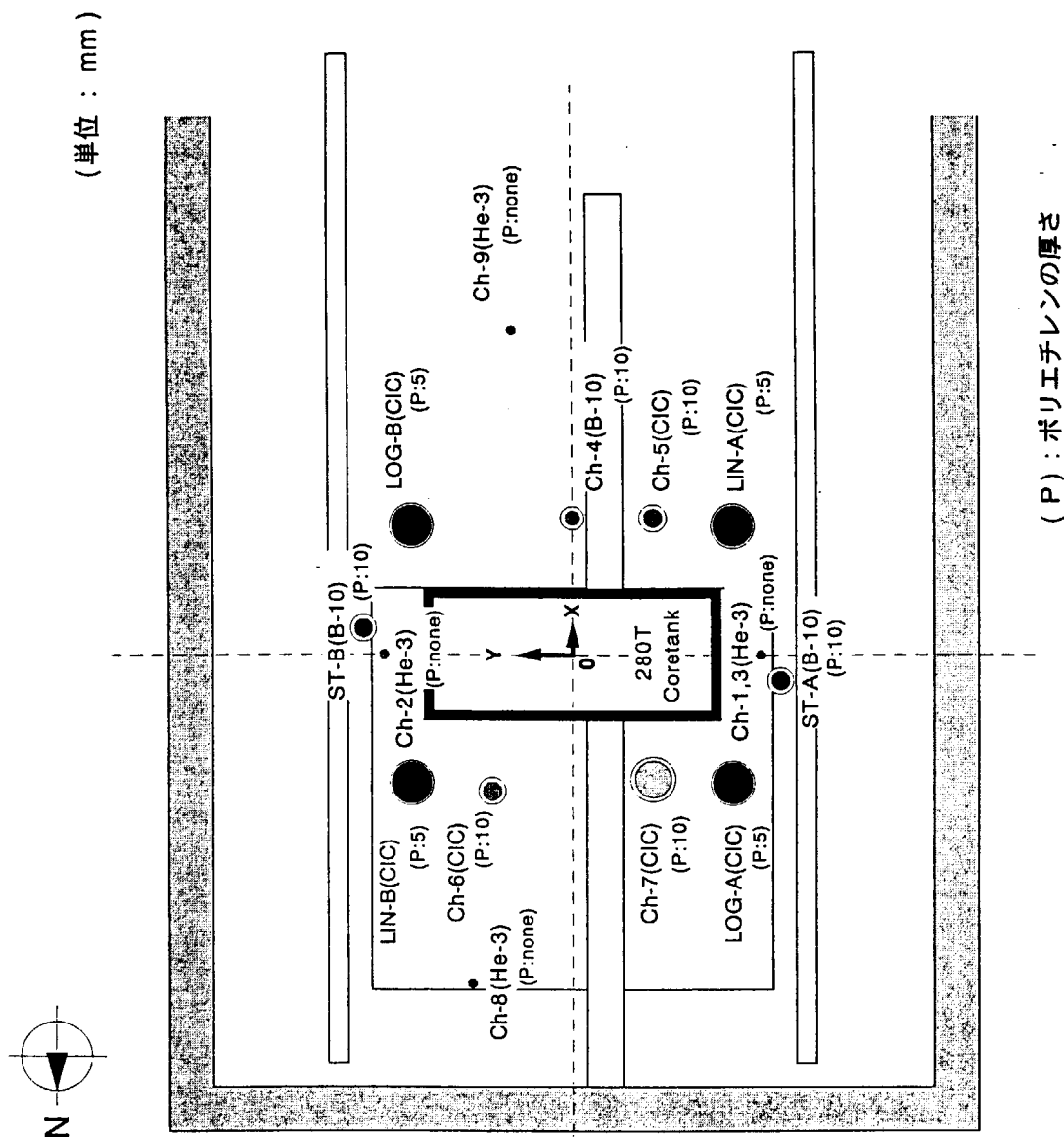


図2-1(b) 280T炉心タンク設置時の炉心水槽側面図 (A-A断面)



注：図中の寸法は設計値（単位、mm）

図2-2 280T炉心タンクの設置図



(単位: mm)

(P): ポリエチレンの厚さ

本体系統計装

- 起動系 A (ST-A, B10) (X=-65, Y=-520, Z= 200)
- 起動系 B (ST-B, B10) (X= 65, Y= 520, Z= 200)
- 線型 A (LIN-A, C1C) (X= 320, Y=-400, Z= 500)
- 線型 B (LIN-B, C1C) (X=-320, Y= 400, Z= 500)
- 対数 A (LOG-A, C1C) (X=-320, Y=-400, Z= 500)
- 対数 B (LOG-B, C1C) (X= 320, Y= 400, Z= 500)

実験系統計装

- Ch-1 (He3H) (X= 0, Y=-470, Z= 250)
- Ch-2 (He3H) (X= 0, Y= 470, Z= 500)
- Ch-3 (He3H) (X= 0, Y=-470, Z= 750)
- Ch-4 (B10) (X= 340, Y= 0, Z= 500)
- Ch-5 (C1C) (X= 340, Y=-200, Z= 500)
- Ch-6 (C1C) (X=-340, Y= 200, Z= 500)
- Ch-7 (C1C) (X=-310, Y=-200, Z= 500)
- Ch-8 (He3L) (X=-820, Y= 250, Z= 500)
- Ch-9 (He3L) (X= 803, Y= 150, Z= 500)

- X: 南北方向 (炉心タンク中心原点、南方向+)
- Y: 東西方向 (炉心タンク中心原点、東方向+)
- Z: 上下方向 (タンク底板上面原点、上方向+)

図2-3(a) 検出器配置の概略図 (Run No.196、水反射条件)





### 3. 溶液燃料

溶液燃料に関する平板形状の基本炉心に対する臨界データを広範に得るため、硝酸ウラニル水溶液を段階的に希釈しながら実験を行なった。実験は、ウラン濃度約 465g/lit. から開始し、約 300g/lit. まで希釈した。この間、遊離硝酸濃度は約 0.8~1.0mol/lit. の範囲で推移した。

溶液燃料を取り扱う上で、STACY では水分が蒸発して、経時的に溶液燃料が濃くなる特徴がある。このため、実験期間中は週 1 回を目安に溶液燃料を採取し、化学分析を行なった。分析項目は、ウラン濃度、遊離硝酸濃度及び水溶液密度である。また、適宜、ウラン同位体及び不純物(Fe、Ni、Cr)の測定を行ない、ウラン濃縮度を確認するとともに、不純物濃度の監視を行なった。この他、高出力運転を行なう際には、その前後でF P核種分析を行ない、出力評価を行なっている。

濃縮度 10%の硝酸ウラニル水溶液を用いた実験は、平成 7 年 2 月の STACY 初臨界以来行なっているが、ウラン同位体の組成比に変化のないことが確認された。ウラン同位体の組成比を表 3-1 に示す<sup>[2]</sup>。また、不純物は、実験開始時の溶液燃料が最も濃い時点で濃度が高く、希釈とともに低くなる傾向にあった。ただし、濃度と容量から得られる不純物の総量は、ほぼ一定である(Fe: 約 40 g、Ni: 10 g、Cr: 8 g)<sup>[3]</sup>。実験の開始時に観測された不純物の最大濃度は、次のとおりである。

Fe : 252mg/lit.、Ni : 45mg/lit.、Cr : 67mg/lit.

ウラン濃度は、鉄(II)還元-ニクロム酸カリウム酸化滴定法で、硝酸濃度は、遊離硝酸及び硝酸ウラニルの硝酸根をまとめて滴定する全酸滴定法で測定している。遊離硝酸濃度は、全酸滴定法で求めた硝酸根から、ウラン濃度の測定結果から得られる硝酸ウラニルの硝酸根を差し引いて求めている。また、水溶液密度は、25℃恒温条件で、振動型密度計で測定している。ウラン濃度と硝酸濃度は重量ベースで測定しているが、水溶液密度の測定結果を用いて、25℃での容量ベースの値に換算している。すなわち、分析データとして最終的に求められるのは、水溶液温度 25℃での値である<sup>[4]</sup>。

各実験時の硝酸ウラニル水溶液の条件は、溶液燃料が経時的に濃くなる現象を考慮し、化学分析結果を内挿して求めた。ただし、遊離硝酸濃度には経時変化が観測されなかったため、各々の実験期間ごとにその平均値を与えた。また、Run No. 104 及び 105 の条件では前日に分析が行なわれたのみであり、その分析結果を実験時の条件とした。各実験時の硝酸ウラニル水溶液の条件を表 3-2 に示す。

表3-1 ウラン同位体の重量割合

ウラン同位体	重量割合 (wt. %)
U-234	0.08
U-235	9.97 ± 0.013
U-236	0.01
U-238	89.94

表3-2 各実験時の硝酸ウラン水溶液の条件(水溶液温度、25.0℃)

Run No.	反射条件	運転年月日	ウラン濃度 [g/lit.]	遊離硝酸濃度 [mol/lit.]	水溶液密度 [g/cm**3]
105	水反射	1997/04/16	464.2 ± 0.8	0.85 ± 0.02	1.6462 ± 0.0004
113		1997/05/07	429.9 ± 0.8	0.80 ± 0.02	1.5997 ± 0.0004
125		1997/06/18	371.9 ± 1.1	0.80 ± 0.02	1.5237 ± 0.0004
129		1997/07/04	350.8 ± 0.7	0.80 ± 0.02	1.4957 ± 0.0006
131		1997/07/10	328.9 ± 0.6	0.80 ± 0.02	1.4665 ± 0.0004
140		1997/10/08	311.4 ± 0.7	0.96 ± 0.02	1.4465 ± 0.0005
196		1998/08/26	299.6 ± 0.6	0.97 ± 0.02	1.4318 ± 0.0004
104	反射なし	1997/04/16	464.2 ± 0.8	0.85 ± 0.02	1.6462 ± 0.0004
122		1997/06/09	432.4 ± 0.9	0.80 ± 0.02	1.6033 ± 0.0005
123		1997/06/13	369.7 ± 1.1	0.80 ± 0.02	1.5185 ± 0.0004
126		1997/06/23	350.6 ± 0.7	0.80 ± 0.02	1.4947 ± 0.0006
130		1997/07/09	328.9 ± 0.6	0.80 ± 0.02	1.4666 ± 0.0004
147		1997/11/12	315.3 ± 0.6	0.96 ± 0.02	1.4520 ± 0.0004

(注) 化学分析結果を運転日の14時に内挿している。  
ただし、Run No. 104及び105は前日の分析結果である。

## 4. 反応度測定

## 4.1 反応度測定とその応用

## (1) 液位微分反応度

STACY では溶液燃料の液位を調整することで臨界を達成している。ここで、溶液燃料の単位液位変化当たりの反応度変化を液位微分反応度として定義する。すなわち、液位微分反応度は、

$$\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\} = \frac{\Delta \rho}{\Delta H} \dots\dots\dots (4-1)$$

ただし、 $\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\}$  : 液位微分反応度  
 $\Delta H$  : 溶液燃料の単位液位変化  
 $\Delta \rho$  :  $\Delta H$  の液位変化に対応する反応度変化

で定義される。ここで、(4-1)式について、臨界状態に微小な反応度を添加した場合を考えてみる。 $\Delta \rho$ は臨界状態への添加反応度(以下、 $\rho$ )であり、 $\Delta H$ は臨界液位に対する液位変化量である。臨界液位を基準として(4-1)式を変形すると、次のようになる。

$$\rho = \left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\}_c \times (H - H_c) \dots\dots\dots (4-2)$$

ただし、 $H_c$  : 臨界液位  
 $\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\}_c$  : 臨界液位での液位微分反応度  
 $H$  : 臨界近傍の任意の液位  
 $\rho$  : 任意の液位  $H$  での添加反応度

すなわち、臨界近傍で複数の反応度測定を行ない、得られた  $H$  と  $\rho$  のデータセットを(4-2)式に当てはめてフィッティングを行なうと、臨界液位とともに臨界液位での液位微分反応度を同時に求めることができる。

なお、後述するように、液位微分反応度は液位に対して変化する量である。したがって、(4-2)式は臨界近傍で成り立つ近似式である。STACY では、液位 40cm~140cm の範囲で臨界を達成するが、この液位では±10 数 cent の範囲で(4-2)式がよい近似式となることが知られている<sup>[5]</sup>。

## (2) 液位-微分反応度曲線

修正一群拡散理論を用いると、任意の液位  $H$  での添加反応度  $\rho$  は、次式で表現できる。

$$\rho = 1 - \frac{1}{k_{eff}} = 1 - \frac{1}{k_{\infty}} (1 + M^2 B_R^2) - \frac{M^2}{k_{\infty}} B_z^2 \dots\dots\dots (4-3)$$

ただし、  $k_{eff}$  : 中性子実効増倍率  
 $k_{\infty}$  : 中性子無限増倍率  
 $M^2$  : 移動面積  
 $B_R^2$  : 水平方向の幾何学バックリング  
 $B_z^2$  : 任意の液位  $H$  での垂直方向の幾何学バックリング  
 $\left[ = \left( \frac{\pi}{H + \lambda} \right)^2 \right]$  ( $\lambda$  は垂直方向の外挿距離)

(4-3)式において、液位  $H$  の関数となるのは垂直方向の幾何学バックリング  $B_z^2$  のみである。  
 添加反応度  $\rho$  を液位  $H$  で偏微分すると、次式が得られる。

$$\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\} = \frac{C}{(H + \lambda)^3} \dots\dots\dots (4-4)$$

ただし、  $\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial H} \right\}$  : 液位  $H$  での液位微分反応度  
 $C$  : 換算係数  $\left[ = \frac{2\pi^2 M^2}{k_{\infty}} \right]$

すなわち、液位微分反応度は外挿距離を含めた実効炉心高さの3乗に逆比例する(以下、この関係を液位-微分反応度曲線と称す)。なお、換算係数  $C$  に含まれる中性子無限増倍率  $k_{\infty}$  と移動面積  $M^2$  は溶液燃料の条件(主にウラン濃度)によって変化する量であるが、今回の実験範囲では換算係数  $C$  の変化量は小さく、(4-4)式はよい近似式となる。

(3) 反応度バックリング係数

(4-3)式を臨界状態に適用すると、次式が得られる。

$$0 = 1 - \frac{1}{k_{\infty}} (1 + M^2 B_R^2) - \frac{M^2}{k_{\infty}} B_{z0}^2 \dots\dots\dots (4-5)$$

ただし、  $B_{z0}^2$  : 臨界状態での垂直方向の幾何学バックリング

(4-3)式と(4-5)式から、任意の液位  $H$  での添加反応度  $\rho$  は、次式のように表現できる。

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{M^2}{k_{\infty}} \times (B_{z0}^2 - B_z^2) \\ &= K \times (B_{z0}^2 - B_z^2) \dots\dots\dots (4-6) \end{aligned}$$

すなわち、添加反応度  $\rho$  は、臨界状態での幾何学バックリングの液位  $H$  での幾何学バックリングからの差分に比例する。そして、この比例定数  $K$  を反応度バックリング係数と定義する。

(1) 節で記したように、臨界近傍で複数回の反応度を測定したデータから、臨界液位と臨界液位での液位微分反応度を求めることができる。そして、垂直方向の外挿距離を介して、同じ測定データを(4-6)式に適用すると、実験的に反応度バックリング係数を求めることができる。ここで、測定で得られる反応度は相対値(ドル単位)であり、実験的な反応度バックリング係数も相対値である。なお、液位をバックリングに換算するために必要な外挿距離は、中性子束分布のフィッティングの他、(2)節の液位-微分反応度曲線の導出過程からも得られる。

一方、反応度バックリング係数は、複数の液位で固有値計算を行ない、得られた中性子実効増倍率から評価した反応度からも評価できる。そして、固有値計算から得られる反応度は絶対値( $\Delta k/k$  単位)であり、計算に基づく反応度バックリング係数も絶対値である。

#### (4) 実効遅発中性子割合

実効遅発中性子割合  $\beta_{eff}$  は、即発臨界となる反応度(1ドル)の絶対値として定義されるが、反応度測定に基づく反応度バックリング係数と、固有値計算に基づく反応度バックリング係数から、次式のように求めることができる。

$$\beta_{eff} = \frac{K_A [\Delta k / k \cdot cm^2]}{K_R [\$ \cdot cm^2]} \dots\dots\dots (4-7)$$

ただし、  $K_A$  : 固有値計算に基づく絶対値単位の反応度バックリング係数  
 $K_R$  : 反応度測定に基づく相対値単位の反応度バックリング係数

すなわち、臨界近傍で複数回行なう反応度測定データは、臨界液位と液位微分反応度の導出だけでなく、実効遅発中性子割合  $\beta_{eff}$  を評価する上での基礎データともなる。

## 4.2 測定方法

反応度測定は、デジタル反応度計を利用して行なった。反応度測定のプロックダイヤグラムと測定条件を図 4-1 に示す。デジタル反応度計は、予め内部設定している動特性パラメータに基づき、中性子束信号(アナログ信号)を用いて動特性方程式を解くことにより、リアルタイムで添加反応度を出力する機能を有する<sup>[6]</sup>。

実験では、電流駆動型の中性子検出器のうち、実験系 Ch 7 ( $\gamma$ 線補償型電離箱)の電流信号を電流増幅器に接続し、その出力(電圧信号)をデジタル反応度計の入力とした。図 4-1 に示しているように、電流増幅器とデジタル反応度計の出力は、チャートレコーダに記録するとともに、パーソナルコンピュータにも取り込んでいる。内部設定した動特性パラメータは、予備計算で得られたものを一貫して用いた(図 4-1、参照)。デジタル反応度

計の出力は、動特性パラメータに基づく絶対値(pcm 単位：1 pcm=10<sup>-5</sup> Δ k/k)であ。最終的な実験データとしては、内部設定した実効遅発中性子割合( $\beta_{eff}$ の和)を用いた相対値(ドル単位)で与えた。

測定例として、Run No. 196(ウラン濃度約 300g/lit.、水反射条件)における測定を図 4-2 に示す。図 4-2 の上図が中性子検出器の出力であり、下図がそれに対応するデジタル反応度の出力である。図に示しているように、臨界状態を初期条件として、給排液操作を複数回行なった(図では、給排液 5 回ずつ)。1 回の反応度測定に要する時間は 5 分弱であり、デジタル反応度計の指示値を読み取るとともに、触針式液位計による液位測定を行なった。なお、触針式液位計の測定精度は 0.2mm である。

#### 4.3 測定結果

デジタル反応度計による反応度測定により、溶液燃料の液位と添加反応度の関係が得られた。これにより、各実験の臨界液位と臨界液位における液位微分反応度が評価できる。この他、反応度測定を行なった溶液燃料の液位を垂直方向の幾何学バックリングに変換することにより、実験ごとの反応度バックリング係数の評価も行なうことができる。

4.1 節で記したように、幾何学バックリングの変換に必要な外挿距離は、液位-微分反応度曲線の導出過程からも得られる。すなわち、複数の炉心形状で行われた反応度測定で得られた液位と液位微分反応度のデータセットを(4-4)式に当てはめてフィッティングを行なうことにより、液位-微分反応度曲線の換算係数  $C$  の他、外挿距離  $\lambda$  を求めることができる。

280 T 炉心タンクにおける液位-微分反応度曲線の導出結果を図 4-3 に示す。一連の 280 T 炉心タンクを用いた実験では、本報告で対象としている炉心の他にも多数の反応度測定を行っており、各々の臨界液位での液位微分反応度を評価している。図 4-3 には、水反射条件或いは反射なし条件といった基本炉心の他、炉心タンクの厚さ方向に固定反射体を配置した炉心の実験データも含まれている。280 T 炉心タンクにおける液位-微分反応度曲線の導出に当たっては、垂直方向の反射条件の観点から、水反射炉心とそれ以外の炉心(裸体系炉心及び固定反射体付炉心)を区別した。図 4-3 に示しているように、垂直方向の反射条件によりその外挿距離は次のように求められた。

水反射条件 : (10.4 ± 0.3) cm

反射なし条件 : (9.0 ± 0.3) cm

デジタル反応度計による反応度測定に関し、反応度の測定を行なった溶液燃料の液位に対応する垂直方向の幾何学バックリングは、上記の外挿距離を用いて評価することにする。水反射炉心の反応度測定結果を表 4-1(a)～(g)に、裸体系炉心の反応度測定結果を表 4-2(a)～(f)に示す。

表4-1(a) 水反射炉心(Run No.105、約465gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
40.16	3.861E-03	4.0	23.8
40.09	3.872E-03	0.0	23.8
40.04	3.879E-03	-2.6	----
39.96	3.891E-03	-8.5	----

表4-1(b) 水反射炉心(Run No.113、約430gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
42.73	3.496E-03	-1.8	----
42.83	3.483E-03	3.5	----
42.59	3.515E-03	-9.5	----
42.89	3.475E-03	6.5	----
42.63	3.509E-03	-7.4	----
42.96	3.467E-03	9.9	----
42.76	3.493E-03	0.0	24.8

表4-1(c) 水反射炉心(Run No.125、約370gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
51.65	2.564E-03	8.9	23.1
51.37	2.587E-03	0.0	23.1
51.28	2.595E-03	-3.1	23.1
51.46	2.579E-03	3.1	23.1
51.16	2.604E-03	-6.5	23.1
51.60	2.568E-03	7.7	23.1

表4-1(d) 水反射炉心(Run No.129、約350gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
57.31	2.153E-03	8.8	23.7
56.96	2.175E-03	0.1	23.7
56.87	2.181E-03	-2.3	23.7
57.06	2.169E-03	2.8	23.7
56.73	2.190E-03	-5.7	23.7
57.19	2.161E-03	6.0	23.7
56.65	2.195E-03	-8.2	23.7
57.31	2.152E-03	9.2	23.7

表4-1(e) 水反射炉心(Run No.131、約330gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
67.10	1.643E-03	11.6	23.4
66.39	1.674E-03	0.0	23.4
66.24	1.680E-03	-2.8	23.4
66.55	1.667E-03	2.8	23.4
66.04	1.689E-03	-6.0	23.4
66.75	1.658E-03	6.2	23.4
65.91	1.695E-03	-8.2	23.4
66.90	1.652E-03	8.8	23.4

表4-1(f) 水反射炉心(Run No.140、約310gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
81.48	1.169E-03	0.0	21.7
81.21	1.176E-03	-2.7	21.7
81.81	1.161E-03	3.3	21.7
80.86	1.185E-03	-6.3	21.7
82.05	1.155E-03	5.7	21.7
80.61	1.192E-03	-8.8	21.7
82.35	1.147E-03	8.8	21.7
81.45	1.170E-03	0.0	21.7
82.51	1.143E-03	11.2	21.7
81.42	1.171E-03	0.0	21.7

表4-1(g) 水反射炉心(Run No.196、約300gU/1)の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハツリツク (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
102.32	7.768E-04	0.0	22.8
101.87	7.830E-04	-2.4	22.8
102.72	7.714E-04	2.0	22.8
101.56	7.873E-04	-4.3	22.8
103.02	7.672E-04	3.9	22.8
101.32	7.908E-04	-5.5	22.8
103.32	7.632E-04	5.4	22.8
100.95	7.959E-04	-7.7	22.8
103.62	7.591E-04	7.0	22.8
100.71	7.994E-04	-9.1	22.8
104.65	7.457E-04	12.3	22.8



表4-2(a) 裸体系炉心 (Run No. 104、約465gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
45.13	3.369E-03	9.5	25.5
44.92	3.395E-03	0.0	25.5
44.92	3.394E-03	0.2	25.5
44.89	3.399E-03	-2.0	----
44.83	3.406E-03	-3.7	25.5

表4-2(b) 裸体系炉心 (Run No. 122、約430gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
48.16	3.021E-03	10.9	25.0
47.88	3.051E-03	0.1	25.0
47.88	3.051E-03	-0.3	25.0
47.67	3.073E-03	-8.5	25.0
47.99	3.039E-03	4.1	25.0
47.78	3.062E-03	-4.3	25.0
48.09	3.028E-03	8.2	25.0
48.16	3.021E-03	10.8	25.1

表4-2(c) 裸体系炉心 (Run No. 123、約370gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
60.74	2.029E-03	11.1	25.2
60.25	2.058E-03	0.3	25.2
60.13	2.065E-03	-2.6	25.2
60.39	2.050E-03	3.3	25.2
60.07	2.069E-03	-4.1	25.2
60.51	2.043E-03	5.7	25.2
59.93	2.077E-03	-7.1	25.2
60.61	2.037E-03	7.8	25.3

表4-2(d) 裸体系炉心 (Run No. 126、約350gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
69.32	1.609E-03	12.0	25.0
68.55	1.641E-03	0.1	25.0
68.35	1.649E-03	-3.2	25.1
68.75	1.633E-03	3.0	25.0
68.20	1.656E-03	-6.0	25.0
68.90	1.627E-03	5.1	25.0
68.01	1.664E-03	-8.9	25.0
69.07	1.619E-03	7.8	25.0

表4-2(e) 裸体系炉心 (Run No. 130、約330gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
85.74	1.100E-03	11.2	25.0
84.45	1.130E-03	0.1	25.0
84.49	1.129E-03	0.1	25.1
84.18	1.137E-03	-2.6	25.1
84.75	1.123E-03	2.6	25.1
83.80	1.146E-03	-6.4	25.1
85.05	1.116E-03	5.1	25.1
83.51	1.153E-03	-9.2	25.1
85.35	1.109E-03	7.8	25.1

表4-2(f) 裸体系炉心 (Run No. 147、約315gU/1) の反応度測定結果

液位 (cm)	垂直方向ハッリング (1/cm**2)	反応度 (cent)	温度 (°C)
115.20	6.398E-04	14.2	25.0
111.87	6.755E-04	0.1	25.0
111.19	6.832E-04	-2.8	25.1
112.61	6.674E-04	3.3	25.1
110.63	6.896E-04	-5.5	25.1
113.21	6.608E-04	5.8	25.1
109.88	6.983E-04	-9.5	25.1
113.91	6.533E-04	8.6	25.1

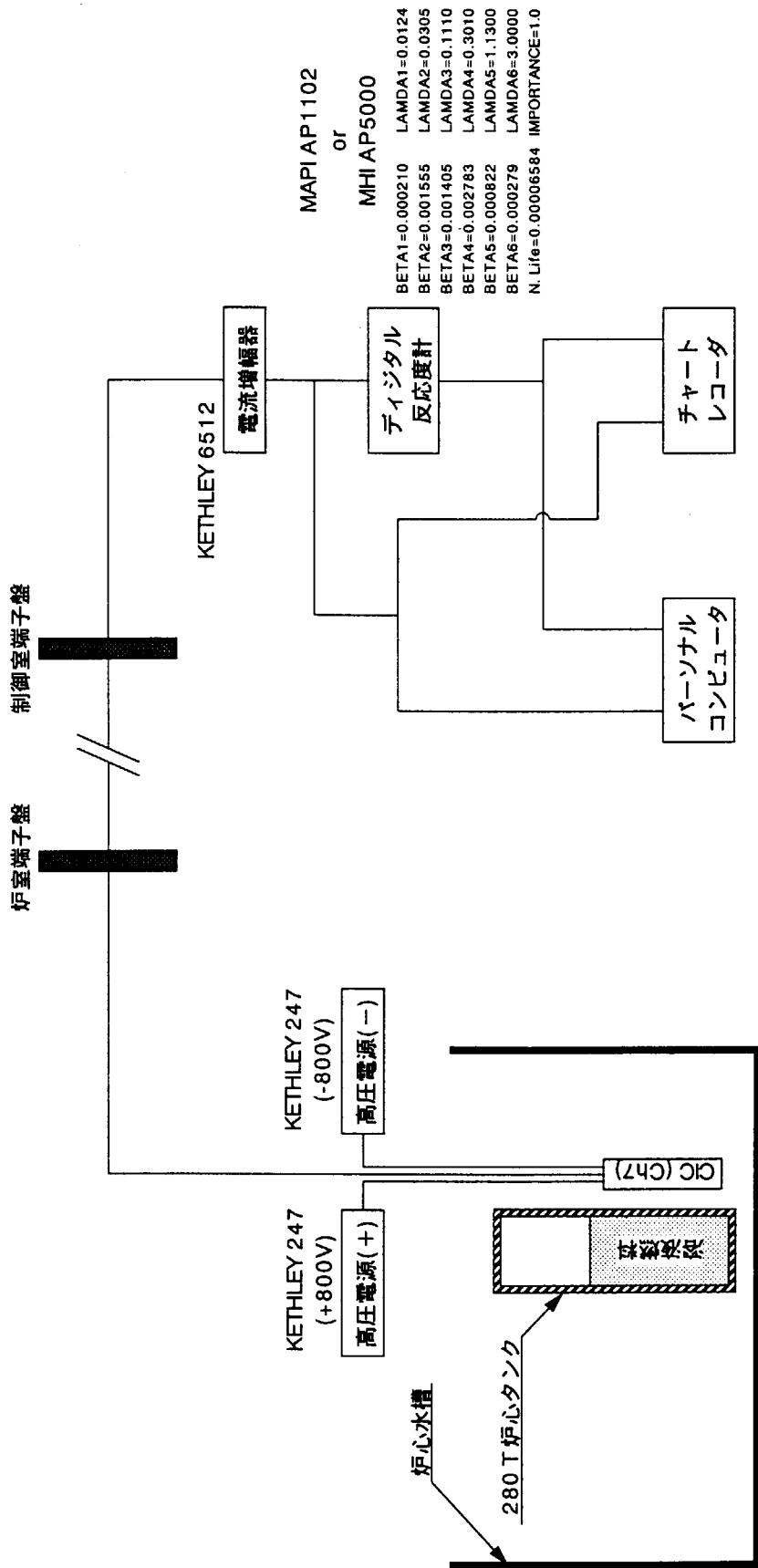


図4-1 デジタル反応度計による反応度測定のプロックダイヤグラム

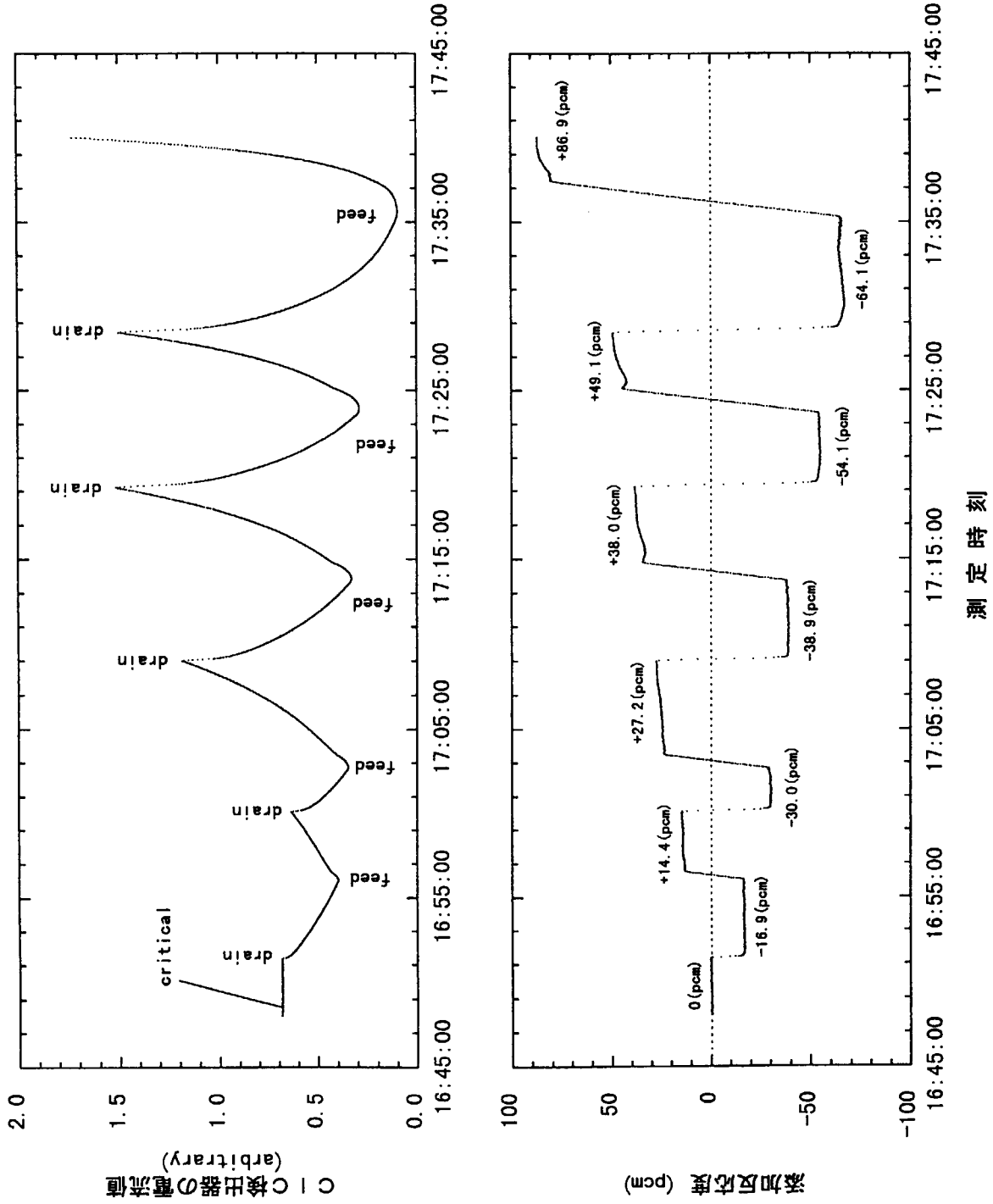


図4-2 デジタル反応度計による反応度の測定 (Run No. 196 : ウラン濃度約300g/lit.、水反射条件)

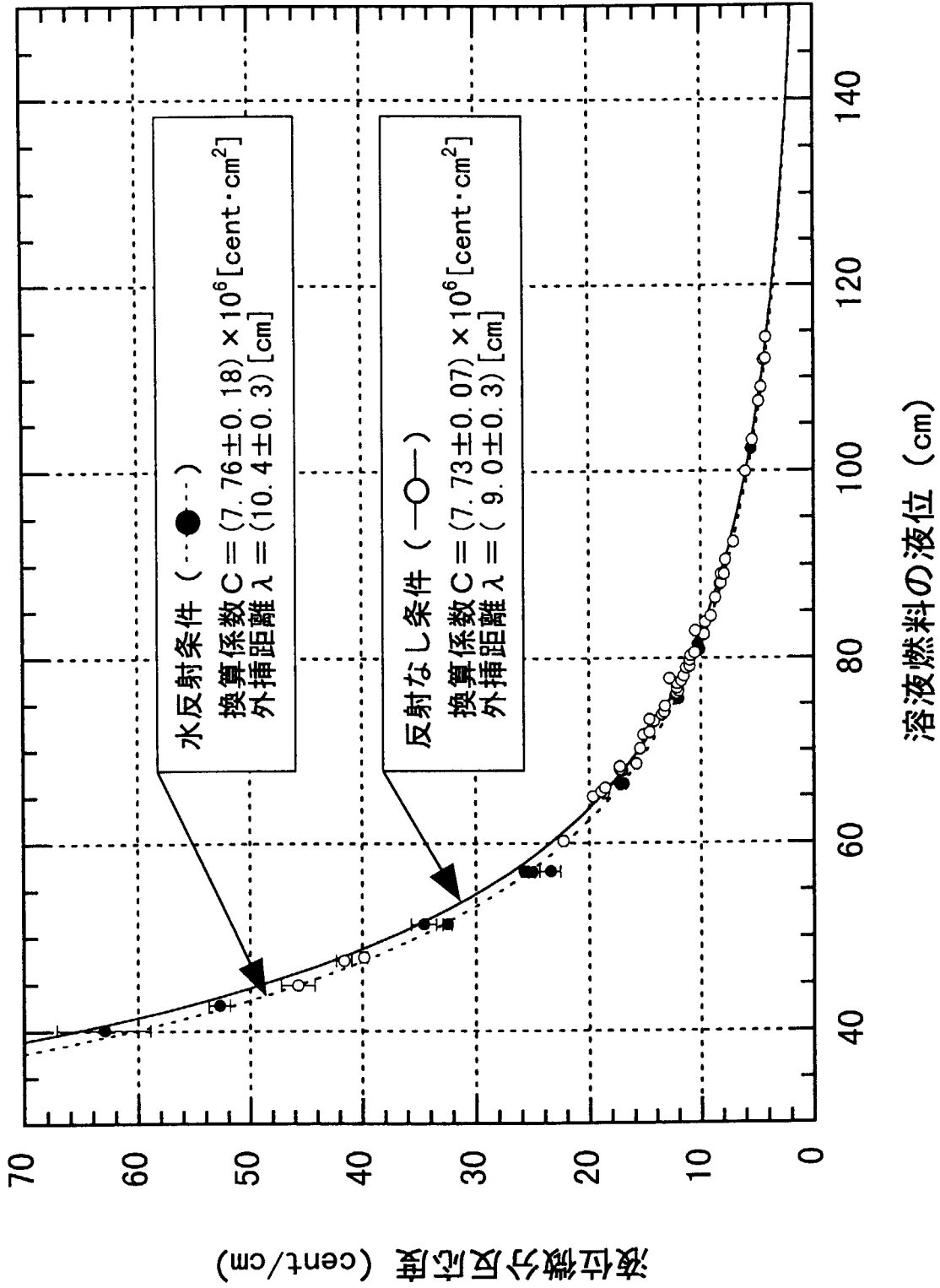


図4-3 280T炉心タンクにおける液位-微分反応度曲線の導出結果

## 5. 臨界液位

4.1(1)節に記した方法により、デジタル反応度計による反応度測定データから、280 T炉心タンクの基本炉心(水反射及び裸体系)における臨界液位を評価した。添加反応度の溶液燃料の液位に対するフィッティングに関し、水反射炉心の結果を図5-1(a)～(g)に、裸体系炉心の結果を図5-2(a)～(f)に示す。また、臨界液位の評価結果の要約を表5-1に示す。なお、フィッティングにおいてはフィッティング誤差のみを表記しているが、表5-1では触針式液位計の精度(0.02cm)を考慮し、両者の二乗和の平方根で誤差を与えている。

STACYにおいては、溶液燃料は25℃を目標に温度管理がされている。また、表3-2で示した各実験時の溶液燃料の条件は、25℃で行われた化学分析に基づいている。しかし、表5-1に示しているように、実験時の温度は厳密に25℃ではない。特に、水反射条件では、燃料温度は25℃より低くなっている。これは、反射体として炉心水槽に満たされている水の温度が、若干、溶液燃料の温度より低いことによる。

実験時の溶液燃料の温度が、基準となる25℃と異なることから、臨界液位の補正を行なうため、代表炉心を選定し、水溶液温度に対する中性子実効増倍率の感度と実効遅発中性子割合に関する評価を行なった。代表炉心としては、ウラン濃度の範囲を考慮し、水反射炉心で4炉心(Run No. 105、125、140及び196)、裸体系炉心で3炉心(Run No. 104、123及び147)を選定した。水溶液温度に対する中性子実効増倍率の感度は、SRACシステムの二次元輸送計算コードTWOTRANを用いて評価した<sup>[7]</sup>。また、実効遅発中性子割合の評価は、同じくSRACシステムの多次元拡散計算コードCITATIONで行なった。なお、いずれの評価計算も、評価済核データライブラリーJENDL-3.2<sup>[8]</sup>に基づいて行なった。計算体系、計算に用いた炉心構成要素の原子個数密度及び入力データ例を付録Bに記す。

水溶液温度に対する中性子実効増倍率の感度の評価のため、20～30℃の範囲で2.5℃ごと5種類の温度での固有値計算を行ない、25℃を基準としての感度を求めた。中性子実効増倍率の計算結果とその感度を表5-2に示す。表に示されているように、温度に対する感度は25℃より低温側で小さく、高温側で大きい。そこで、任意の温度に対する感度を適切に与えるため、次式に示す二次式によるフィッティングを行なった。

$$S(T) = A \cdot (T - 25) + B \cdot (T - 25)^2 \dots\dots\dots (5-1)$$

- ここで、 $T$  : 水溶液温度 (°C)  
 $S(T)$  : 温度  $T$  での中性子実効増倍率の感度 (%  $\Delta k$ )  
 $A$  : 一次の感度係数 (%  $\Delta k$ )/°C  
 $B$  : 二次の感度係数 (%  $\Delta k$ )/°C<sup>2</sup>

表5-2には、代表炉心ごとに得られた一次及び二次の感度係数のフィッティング結果も示している。

一次及び二次の感度係数に関し、溶液燃料のウラン濃度に対して比較したものを図5-3(a)及び(b)に示す。図5-3(a)に示しているように、一次の感度係数はウラン濃度に対して

直線状に推移している。一方、図 5-3(b)に示しているように、二次の感度係数はウラン濃度に対して一定である。なお、水反射及び裸体系炉心による差は見られない。図 5-3(a)及び(b)に示しているように、一次の感度係数については、ウラン濃度 380g/l を基準とした一次式でフィッティングを行ない、二次の感度係数については、全体の平均を与えた。その結果は、次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{一次の感度係数 変化率} &: -(4.40 \pm 0.14) \times 10^{-5} (\% \Delta k) / (^\circ\text{C} \cdot \text{g/l}) \\ &380\text{g/l での値} &: -(0.0357 \pm 0.0001) (\% \Delta k) / (^\circ\text{C}) \\ \text{二次の感度係数 平均値} &: -(0.00089 \pm 0.00002) (\% \Delta k) / (^\circ\text{C})^2 \end{aligned}$$

実効遅発中性子割合の評価では、実効遅発中性子割合の他、中性子実効増倍率及び即発中性子寿命も評価した。これらの計算結果を表 5-3 に示す。また、実効遅発中性子割合の評価結果に関し、溶液燃料のウラン濃度に対して比較したものを図 5-4 に示す。図に示しているように、実効遅発中性子割合はウラン濃度に対して直線状に推移している。また、水反射炉心に対して、裸体系炉心で 0.005%程度大きい。水反射及び裸体系炉心について、ウラン濃度 380g/l を基準とした一次式によるフィッティングを行なった。その結果は、次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{水反射炉心の実効遅発中性子割合 変化率} &: (1.81 \pm 0.15) \times 10^{-4} (\%) / (\text{g/l}) \\ &380\text{g/l での値} &: (0.7434 \pm 0.0010) (\%) \\ \text{裸体系炉心の実効遅発中性子割合 変化率} &: (1.78 \pm 0.22) \times 10^{-4} (\%) / (\text{g/l}) \\ &380\text{g/l での値} &: (0.7482 \pm 0.0014) (\%) \end{aligned}$$

以上までの水溶液温度に対する中性子実効増倍率の感度と実効遅発中性子割合の評価に基づき、臨界液位の補正を行なった。補正の手順は、次のとおりである。

- ① 実験温度の基準温度(25°C)に対する差分と、温度に対する感度係数から、中性子実効増倍率の変化量を評価。
- ② 中性子実効増倍率の変化量を、実効遅発中性子割合を用いて、反応度の補正量(cent 単位)に変換。
- ③ 図 4-3 に示した 280 T 炉心タンクの液位-微分反応度曲線と、反応度の補正量を用いて臨界液位を補正。

なお、①において、感度係数の誤差は表 5-2 のフィッティング誤差を考慮し、一次の感度係数で  $0.0007 (\% \Delta k) / (^\circ\text{C})$ 、二次の感度係数で  $0.00020 (\% \Delta k) / (^\circ\text{C})^2$  とした。また、②において、実効遅発中性子割合の誤差は、図 5-4 における計算値とフィッティング直線の差分を考慮し、一律 0.003(%) とした。臨界液位の補正結果を表 5-4 に示す。また、補正前後の臨界液位の比較を図 5-5 に示す。

表 5-1 で示したように、溶液燃料の温度は、裸体系炉心では 25°C 前後であるのに対し、水反射炉心で低い値となっている。臨界液位の補正量は水反射炉心で大きく、最大値はウラン濃度約 300g/lit. での約 1.7cm である。

表5-1 水反射炉心及び裸体系炉心における臨界液位の評価結果

Run No.	反射条件	溶液燃料 (25°C)		水溶液温度 (°C)	臨界液位 (cm)
		ウラン濃度 (g/lit.)	遊離硝酸濃度 (mol/lit.)		
105	水反射	464.2	0.85	23.8	40.09 ± 0.02
113		429.9	0.80	24.8	42.77 ± 0.02
125		371.9	0.80	23.1	51.37 ± 0.02
129		350.8	0.80	23.7	56.96 ± 0.02
131		328.9	0.80	23.4	66.39 ± 0.02
140		311.4	0.96	21.7	81.47 ± 0.02
196		299.6	0.97	22.8	102.34 ± 0.02
104		464.2	0.85	25.5	44.92 ± 0.02
122		432.4	0.80	25.0	47.88 ± 0.02
123		369.7	0.80	25.2	60.25 ± 0.02
126	裸体系	350.6	0.80	25.0	68.57 ± 0.02
130		328.9	0.80	25.1	84.49 ± 0.02
147		315.3	0.96	25.1	111.91 ± 0.04

(注) 臨界液位の誤差は反応度測定 of ファイティング誤差と触針式液位計の精度 (0.02cm) の二乗和の平方根。

表5-2 溶液燃料の温度に対する中性子実効増倍率の感度 (SRAC-TWOTRAN+JENDL-3.2)

Run No.	反射条件	臨界液位 (cm)	溶液燃料 (25°C)		水溶液温度 (°C)	中性子 実効増倍率	感 度 (%Δk)	一次の感度係数 (%Δk)/(°C)	二次の感度係数 (%Δk)/(°C)**2
			ウラン濃度	遊離硝酸濃度					
105		40.09	464.2 (gU/l)	0.85 (N)	20.0	1.00753	0.170	-0.0393 ± 0.0007	-0.00093 ± 0.00015
					22.5	1.00682	0.099		
					25.0	1.00583	0.000		
					27.5	1.00474	-0.109		
125		51.37	371.9 (gU/l)	0.80 (N)	30.0	1.00366	-0.217	-0.0357 ± 0.0007	-0.00088 ± 0.00016
					20.0	1.00853	0.153		
					22.5	1.00792	0.092		
					25.0	1.00700	0.000		
140	水反射	81.47	311.4 (gU/l)	0.96 (N)	27.5	1.00602	-0.098	-0.0328 ± 0.0007	-0.00090 ± 0.00015
					30.0	1.00502	-0.198		
					20.0	1.00680	0.138		
					22.5	1.00626	0.084		
196		102.34	299.6 (gU/l)	0.97 (N)	25.0	1.00542	0.000	-0.0321 ± 0.0006	-0.00089 ± 0.00013
					27.5	1.00451	-0.091		
					30.0	1.00358	-0.184		
					20.0	1.00752	0.135		
104		44.92	464.2 (gU/l)	0.85 (N)	22.5	1.00699	0.082	-0.0394 ± 0.0007	-0.00087 ± 0.00014
					25.0	1.00617	0.000		
					27.5	1.00529	-0.088		
					30.0	1.00436	-0.181		
123	裸体系	60.25	369.7 (gU/l)	0.80 (N)	20.0	1.00876	0.172	-0.0355 ± 0.0007	-0.00086 ± 0.00014
					22.5	1.00804	0.100		
					25.0	1.00716	0.000		
					27.5	1.00619	-0.097		
147		111.91	315.3 (gU/l)	0.96 (N)	30.0	1.00488	-0.216	-0.0326 ± 0.0007	-0.00088 ± 0.00015
					20.0	1.00869	0.153		
					22.5	1.00807	0.091		
					25.0	1.00718	0.000		
					27.5	1.00628	-0.090		
					30.0	1.00535	-0.183		



表5-3 動特性パラメータの評価結果(SRAC-CITATION+JENDL-3.2)

Run No.	反射条件	臨界液位 (cm)	溶液燃料(25°C)			中性子 実効増倍率	即発中性子 寿命 ( $\mu$ sec)	全群 [ $\beta_{eff}$ ]	遅発中性子割合(%)					
			ウラン濃度 (gU/l)	遊離硝酸濃度 (N)	水溶液密度 (g/cc)				1群	2群	3群	4群	5群	6群
105	水反射	40.09	464.2	0.85	1.6462	0.99948	41.42	0.7577	0.0254	0.1638	0.1487	0.2986	0.0888	0.0324
125		51.37	371.9	0.80	1.5237	1.00221	48.97	0.7441	0.0249	0.1612	0.1460	0.2934	0.0869	0.0317
140		81.47	311.4	0.96	1.4465	1.00240	55.70	0.7312	0.0245	0.1587	0.1435	0.2884	0.0852	0.0310
196	裸体系	102.34	299.6	0.97	1.4318	1.00421	57.24	0.7276	0.0243	0.1579	0.1427	0.2869	0.0848	0.0309
104		44.92	464.2	0.85	1.6462	0.99901	41.12	0.7624	0.0256	0.1648	0.1496	0.3005	0.0894	0.0326
123	裸体系	60.25	369.7	0.80	1.5185	1.00061	49.02	0.7482	0.0251	0.1620	0.1468	0.2950	0.0874	0.0319
147		111.91	315.3	0.96	1.4520	1.00328	55.07	0.7354	0.0246	0.1595	0.1443	0.2900	0.0857	0.0313

表5-4 水反射炉心及び裸体系炉心における臨界液位の補正

Run No.	反射条件	溶液燃料(25℃)		水溶液温度の基準(25℃)との差分(℃)		中性子実効増倍率の感度		β <sub>eff</sub> (%)	反応度の補正量 (cent)	臨界液位の補正結果 (cm)
		ウラン濃度 (g/lit.)	遊離硝酸濃度 (mol/lit.)	一次の感度係数 (%Δk)/(℃)	二次の感度係数 (%Δk)/(℃)**2	変化量 (%Δk)				
105	水反射	464.2	0.85	-1.2	-0.0394 ± 0.0007	-0.00089 ± 0.00020	0.046 ± 0.004	0.759	6.1 ± 0.5	40.19 ± 0.02
113		429.9	0.80	-0.2	-0.0379 ± 0.0007		0.008 ± 0.004	0.752	1.0 ± 0.5	42.79 ± 0.02
125		371.9	0.80	-1.9	-0.0353 ± 0.0007		0.064 ± 0.004	0.742	8.6 ± 0.5	51.63 ± 0.02
129		350.8	0.80	-1.3	-0.0344 ± 0.0007		0.043 ± 0.003	0.738	5.9 ± 0.5	57.19 ± 0.03
131		328.9	0.80	-1.6	-0.0335 ± 0.0007		0.051 ± 0.003	0.734	7.0 ± 0.5	66.80 ± 0.03
140		311.4	0.96	-3.3	-0.0327 ± 0.0007		0.098 ± 0.004	0.731	13.4 ± 0.6	82.84 ± 0.06
196	裸体系	299.6	0.97	-2.2	-0.0322 ± 0.0007	-0.00089 ± 0.00020	0.066 ± 0.004	0.729	9.1 ± 0.5	104.06 ± 0.09
104		464.2	0.85	0.5	-0.0394 ± 0.0007		0.000 ± 0.004	0.763	-2.6 ± 0.5	44.87 ± 0.02
122		432.4	0.80	0.0	-0.0380 ± 0.0007		0.000 ± 0.004	0.758	0.0 ± 0.5	47.88 ± 0.02
123		369.7	0.80	0.2	-0.0352 ± 0.0007		-0.007 ± 0.004	0.746	-0.9 ± 0.5	60.21 ± 0.03
126		350.6	0.80	0.0	-0.0344 ± 0.0007		0.000 ± 0.003	0.743	0.0 ± 0.5	68.57 ± 0.02
130		328.9	0.80	0.1	-0.0335 ± 0.0007		-0.003 ± 0.003	0.739	-0.5 ± 0.5	84.44 ± 0.05
147		315.3	0.96	0.1	-0.0329 ± 0.0007		-0.003 ± 0.003	0.737	-0.4 ± 0.4	111.81 ± 0.11

(注) 中性子実効増倍率の変化量を反応度の補正量に変換するに当たり、実効遅発中性子割合(β<sub>eff</sub>)の誤差は0.003(%)としている。

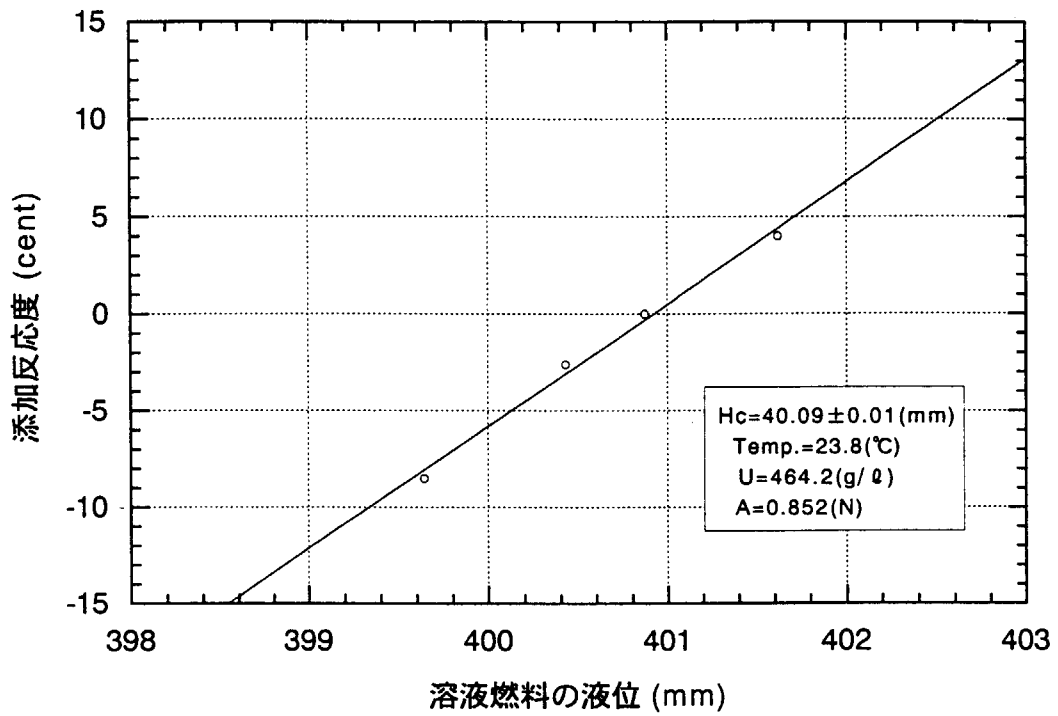


図5-1(a) 水反射炉心(Run No.105、約465gU/l)における臨界液位の評価結果

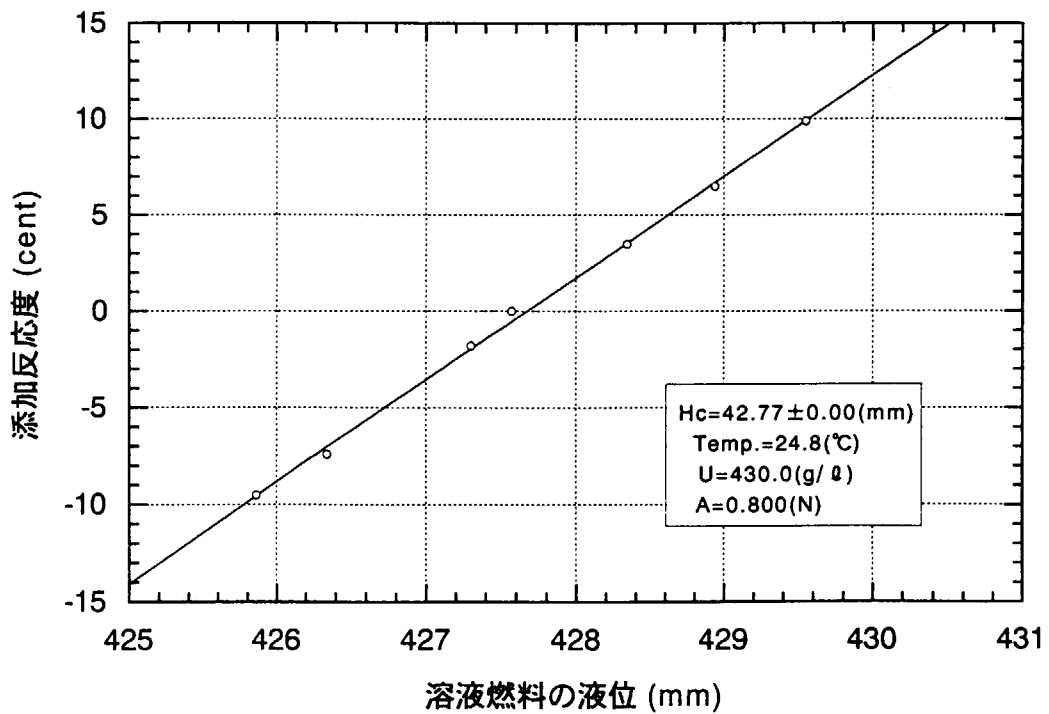


図5-1(b) 水反射炉心(Run No.113、約430gU/l)における臨界液位の評価結果

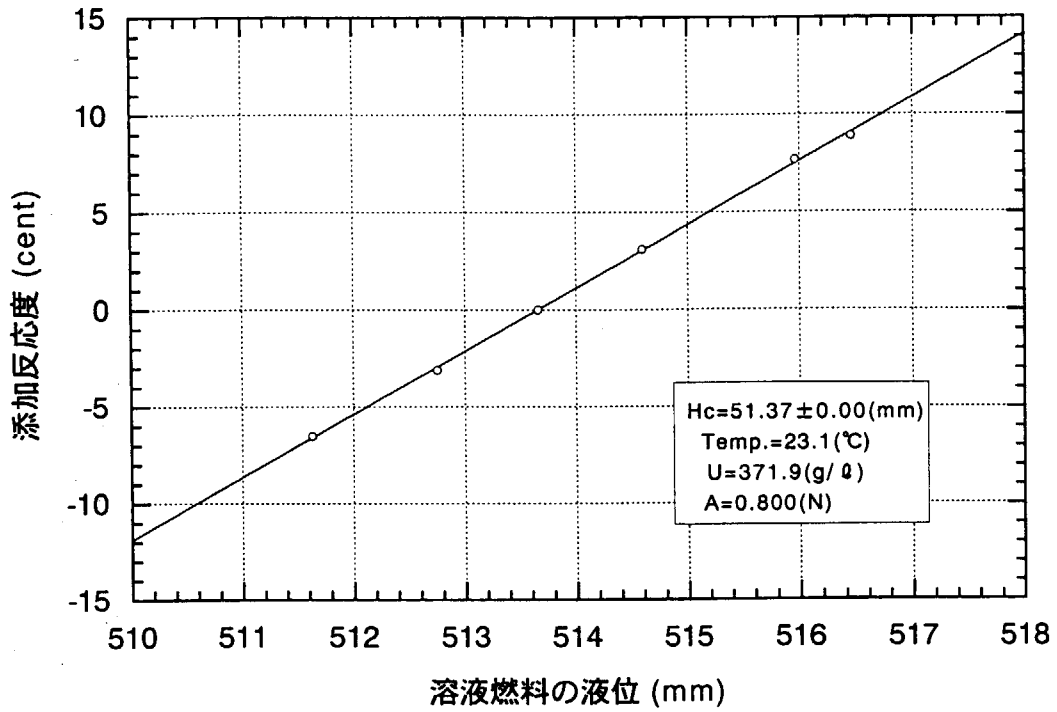


図5-1(c) 水反射炉心(Run No.125、約370gU/l)における臨界液位の評価結果

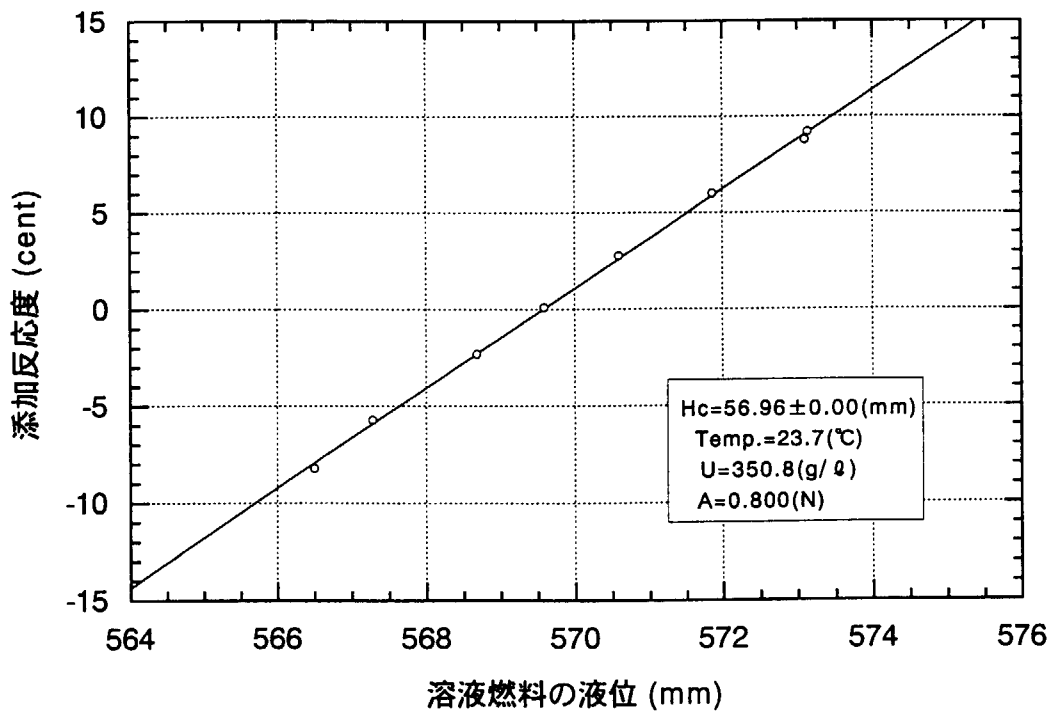


図5-1(d) 水反射炉心(Run No.129、約350gU/l)における臨界液位の評価結果

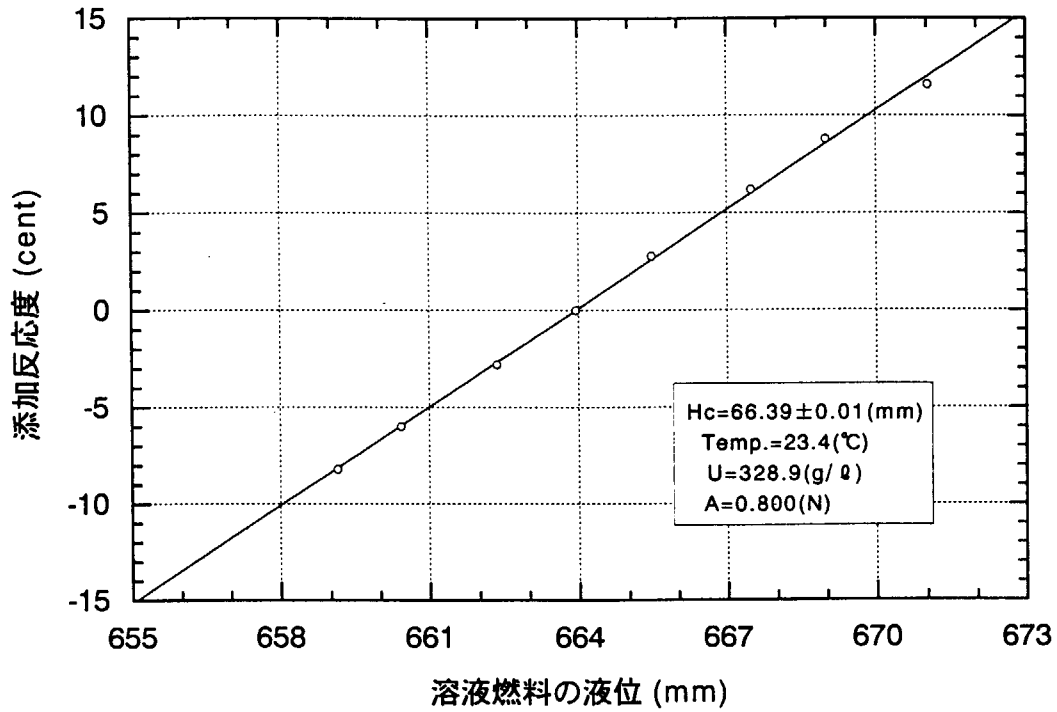


図5-1(e) 水反射炉心(Run No.131、約330gU/l)における臨界液位の評価結果

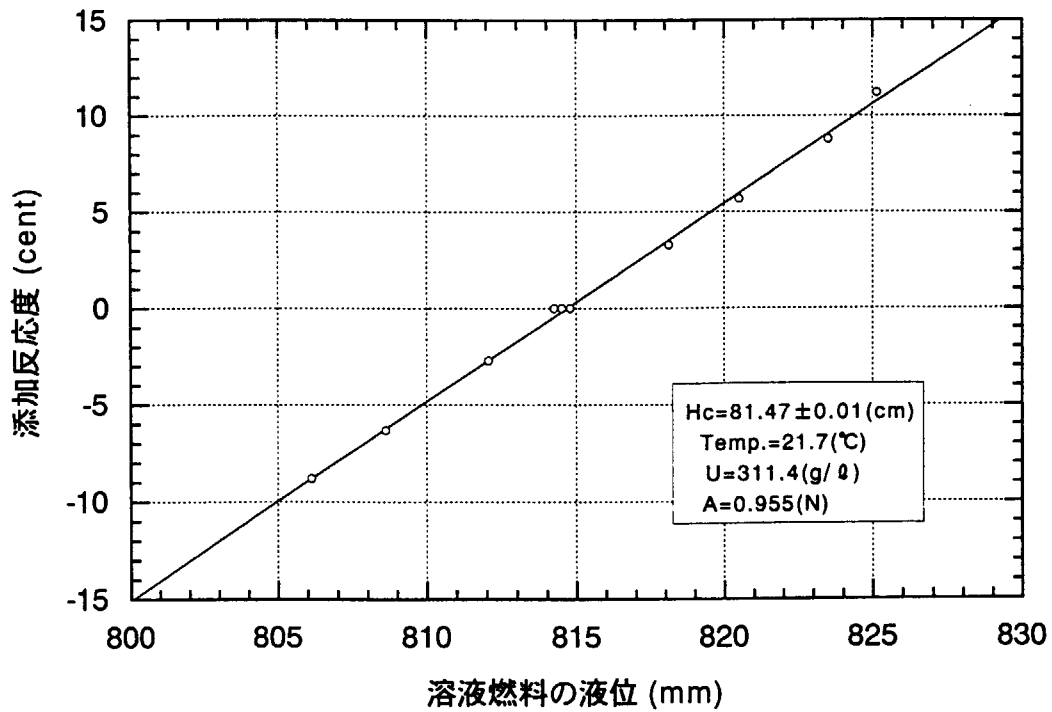


図5-1(f) 水反射炉心(Run No.140、約310gU/l)における臨界液位の評価結果

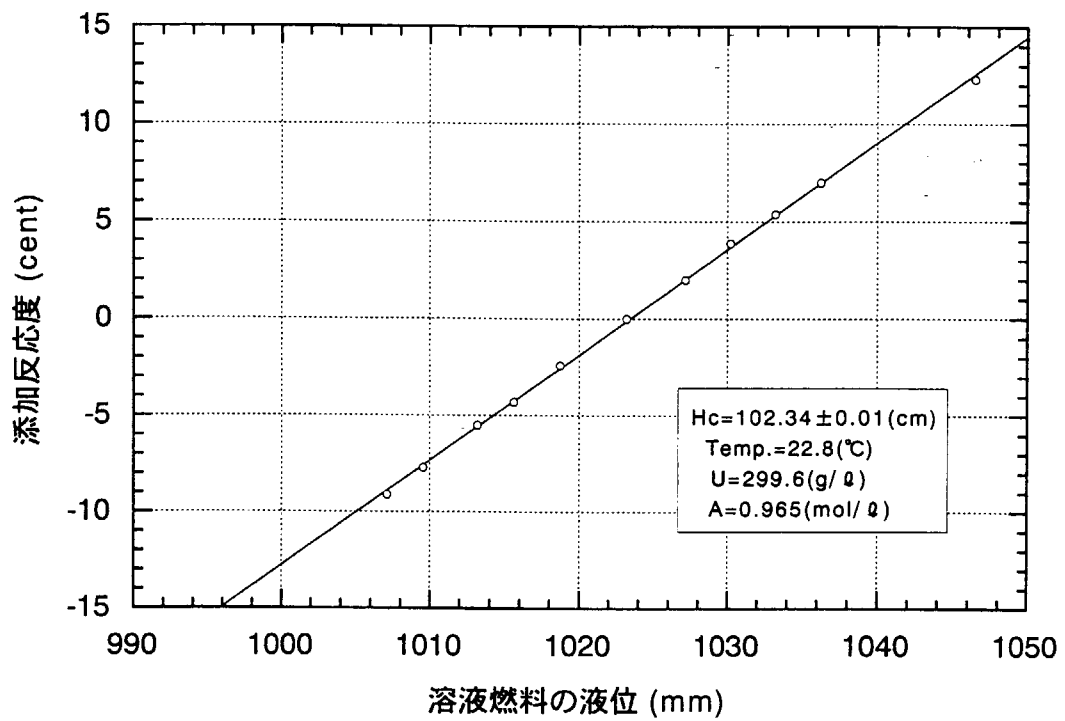


図5-1(g) 水反射炉心(Run No.196、約300gU/l)における臨界液位の評価結果

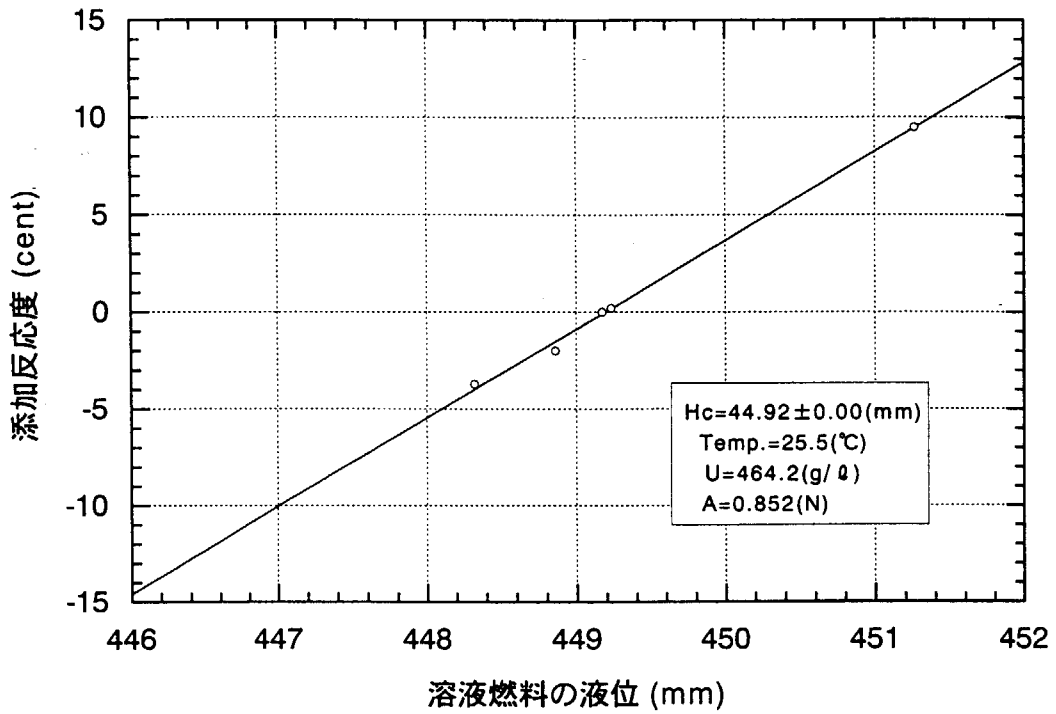


図5-2(a) 裸体系炉心(Run No.104、約465gU/l)における臨界液位の評価結果

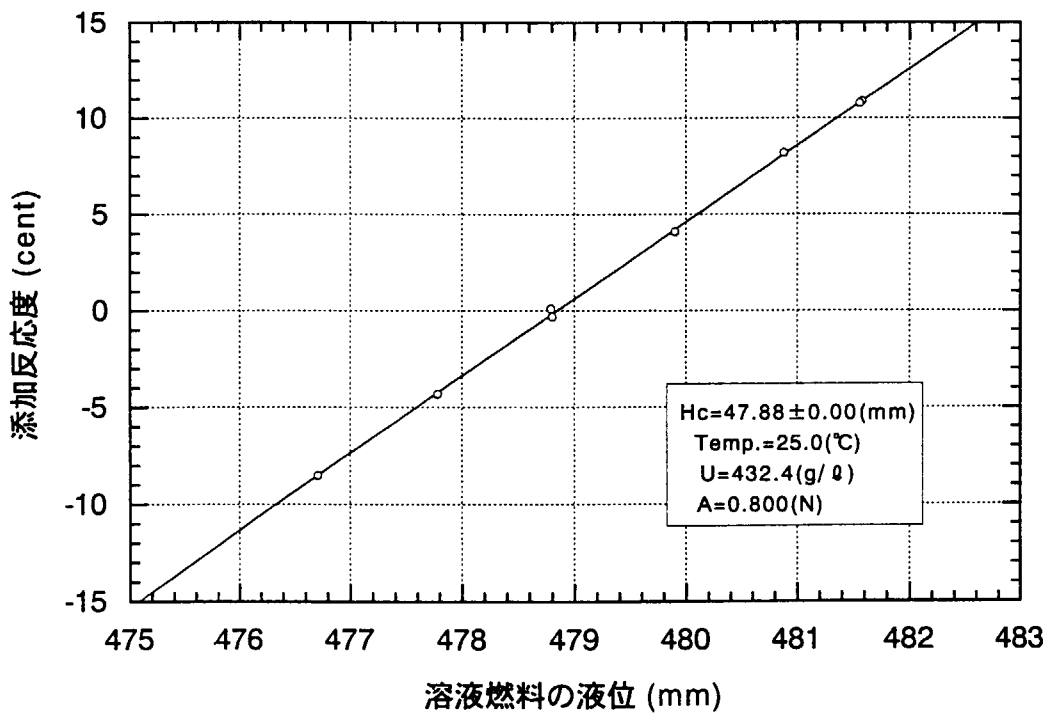


図5-2(b) 裸体系炉心(Run No.122、約430gU/l)における臨界液位の評価結果

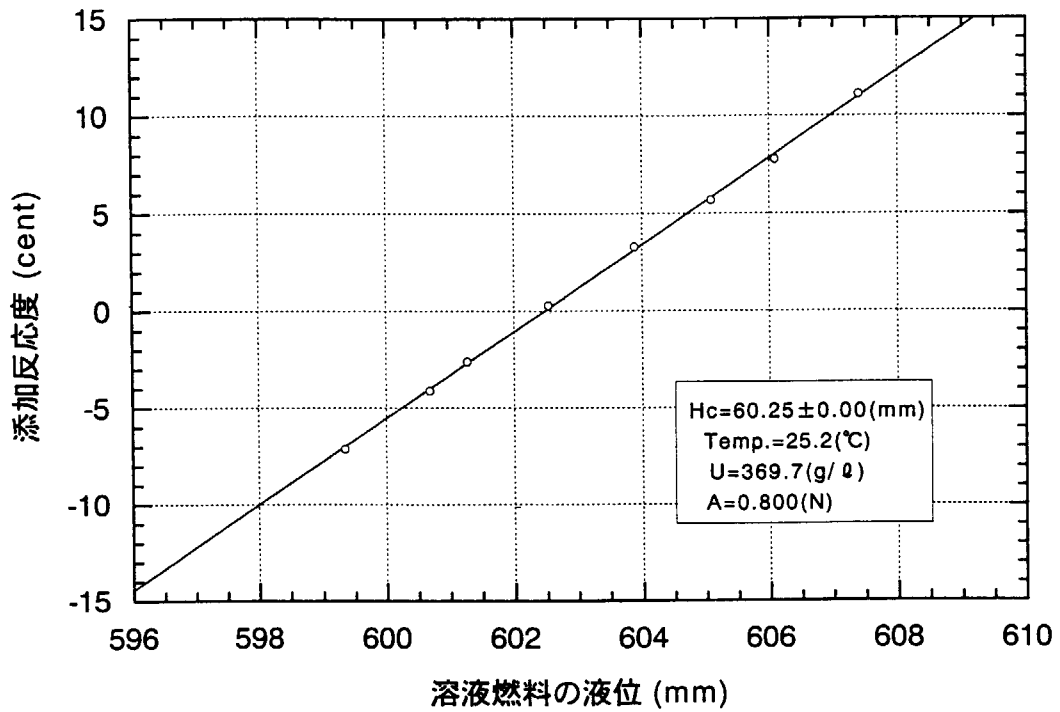


図5-2(c) 裸体系炉心(Run No.123、約370gU/l)における臨界液位の評価結果

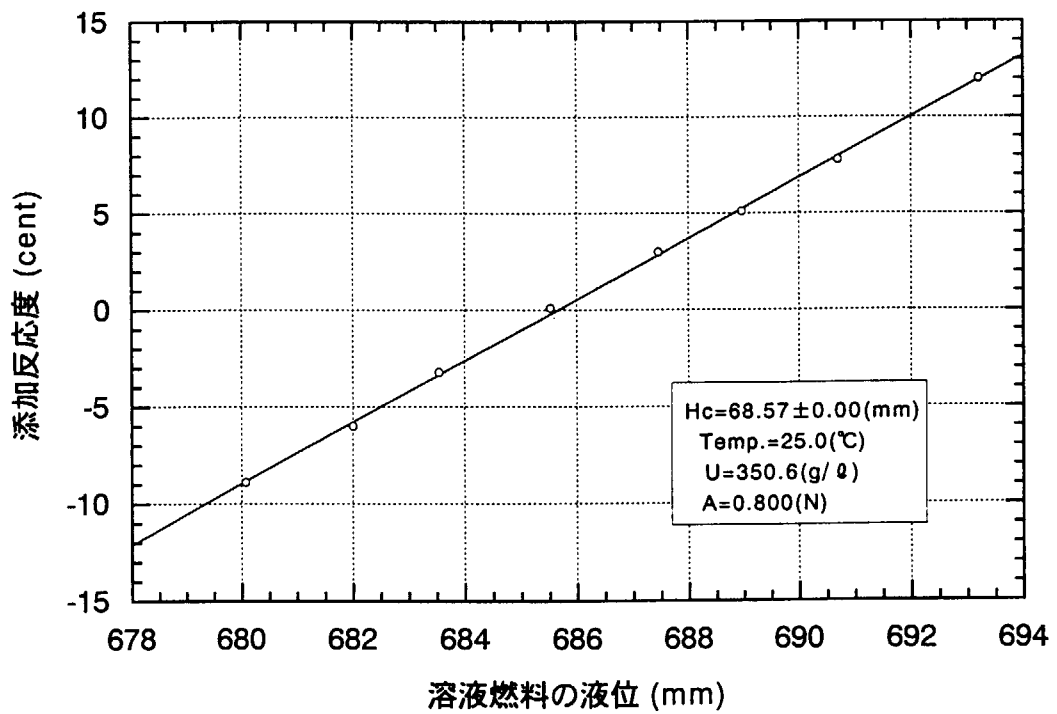


図5-2(d) 裸体系炉心(Run No.126、約350gU/l)における臨界液位の評価結果



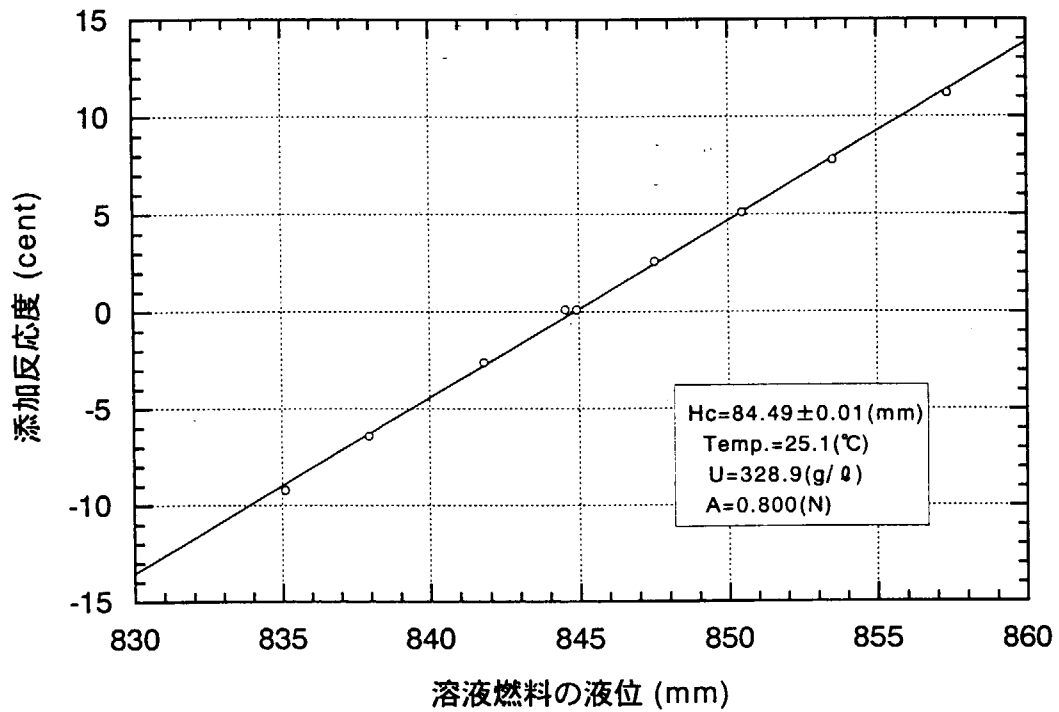


図5-2(e) 裸体系炉心(Run No.130、約330gU/l)における臨界液位の評価結果

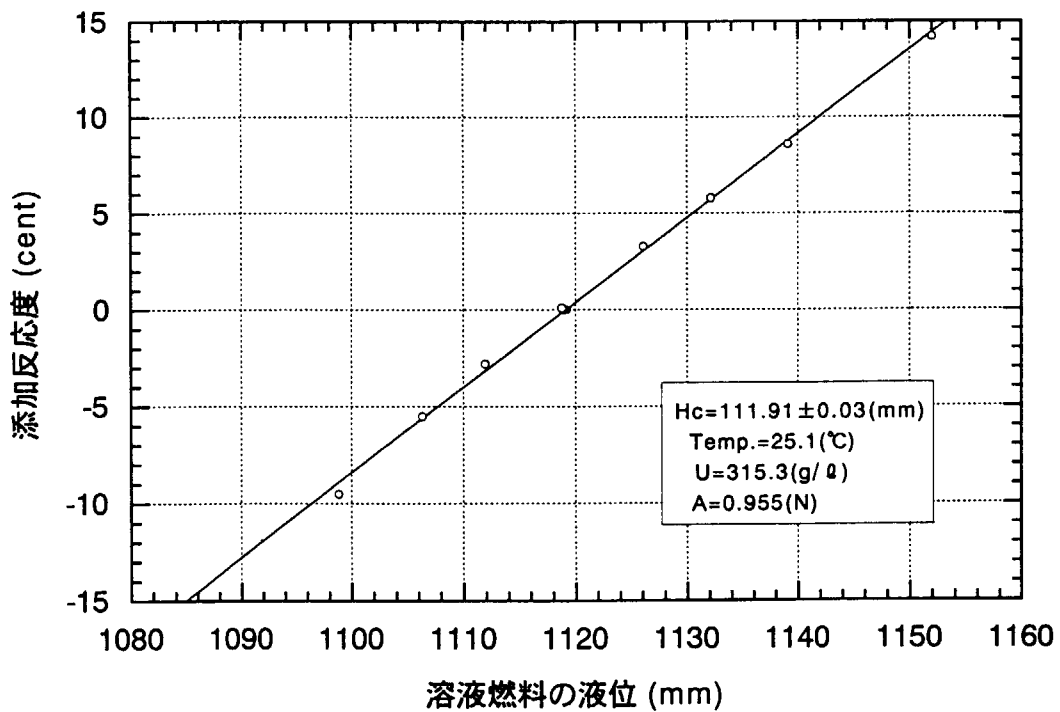


図5-2(f) 裸体系炉心(Run No.147、約315gU/l)における臨界液位の評価結果

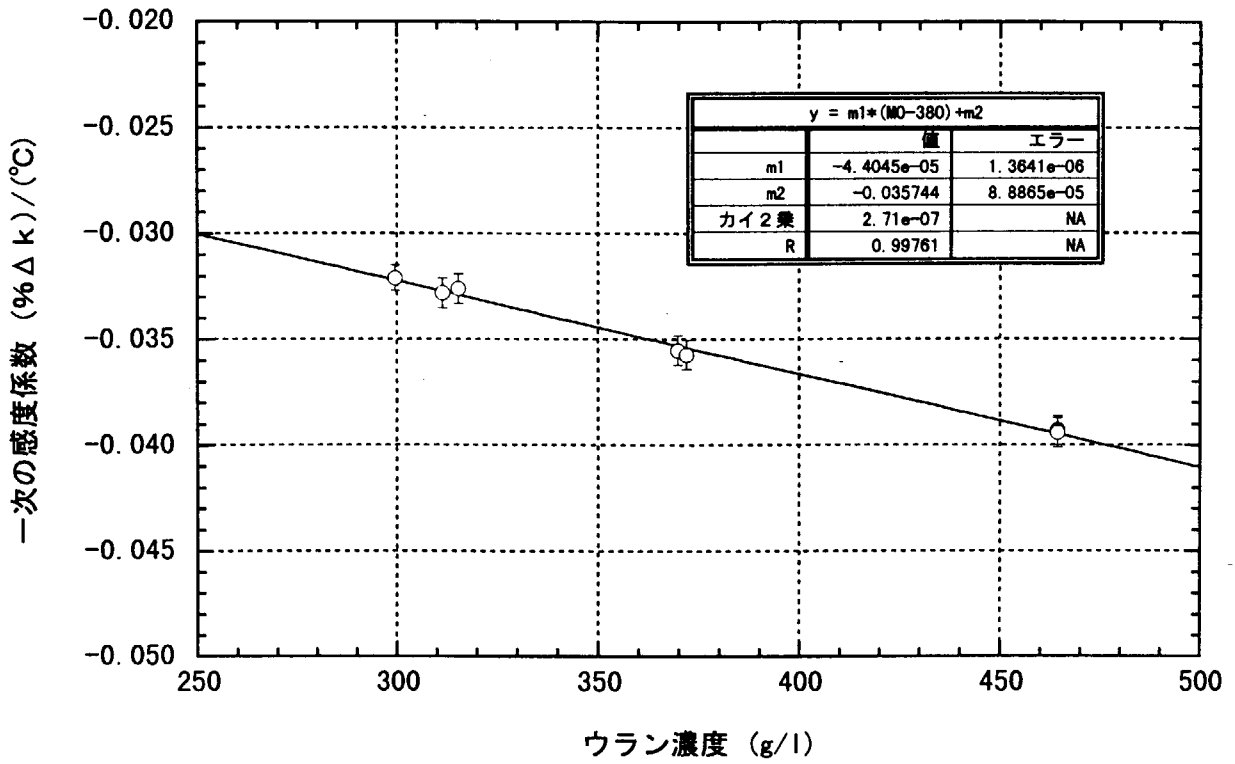


図5-3(a) 溶液燃料の温度に対する中性子実効増倍率の一次の感度係数

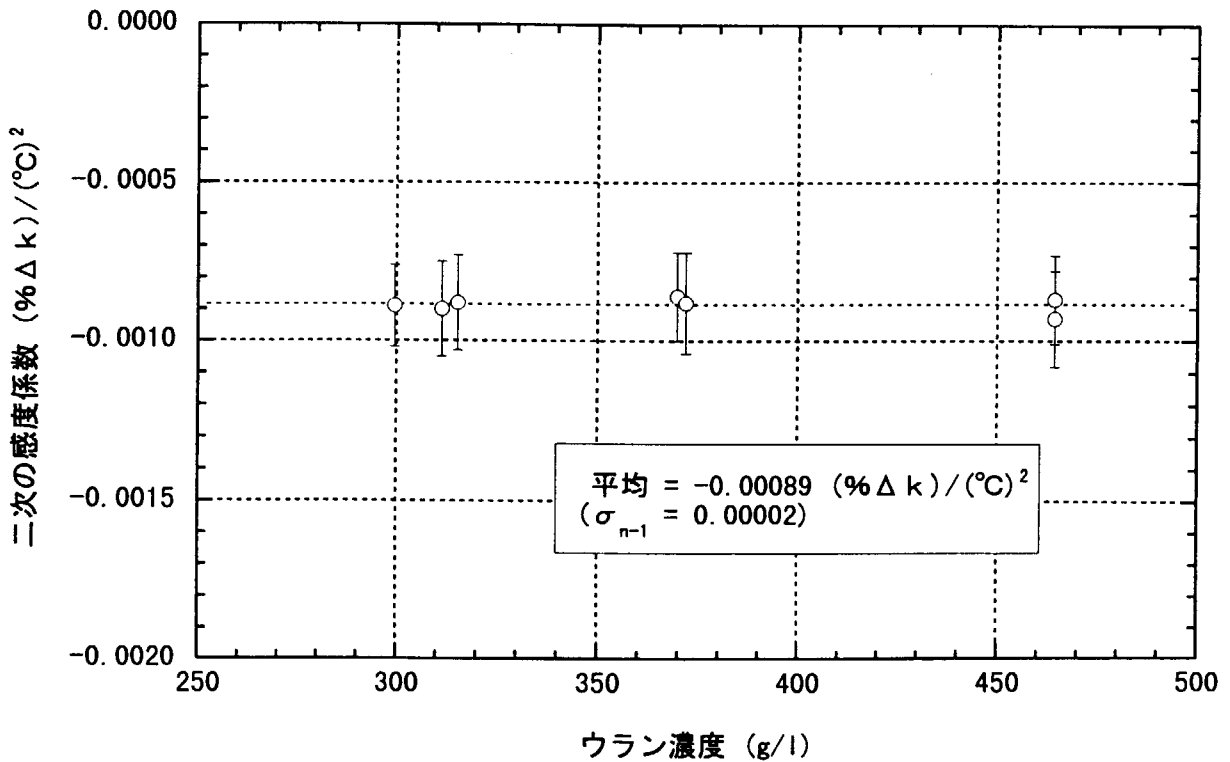


図5-3(b) 溶液燃料の温度に対する中性子実効増倍率の二次の感度係数

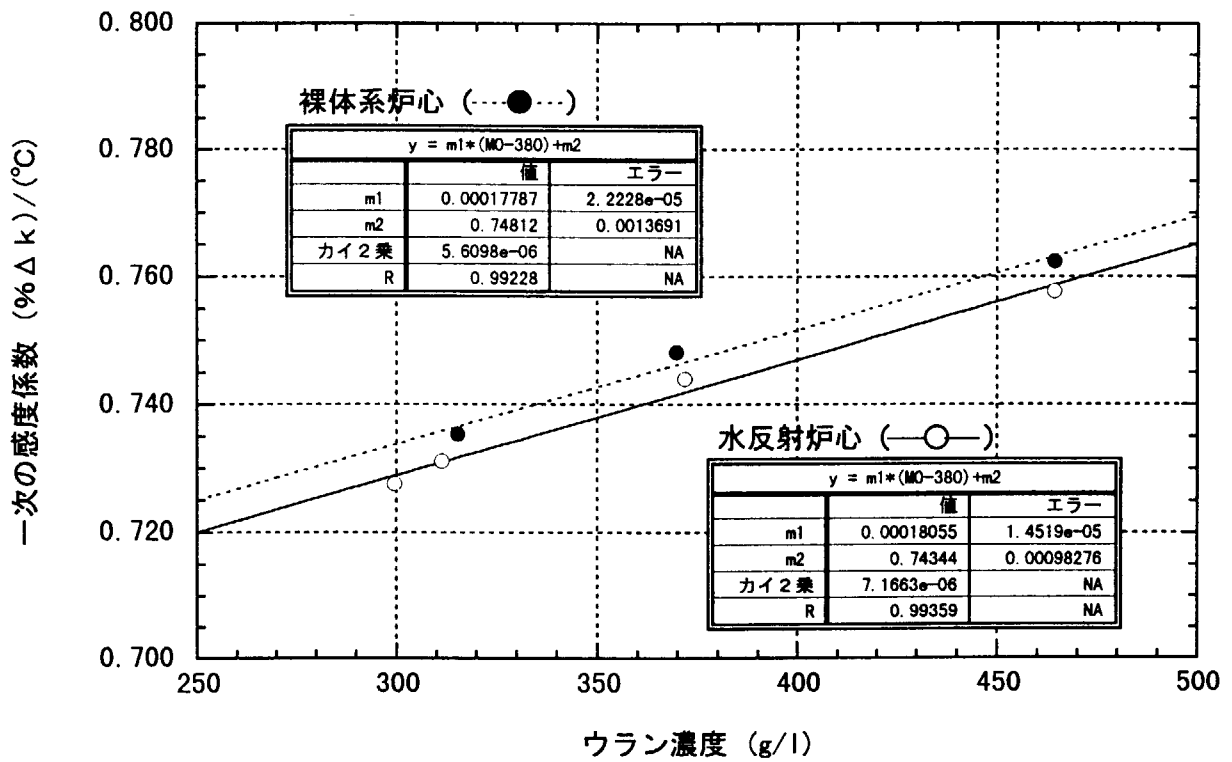


図5-4 実効遅発中性子割合の評価結果

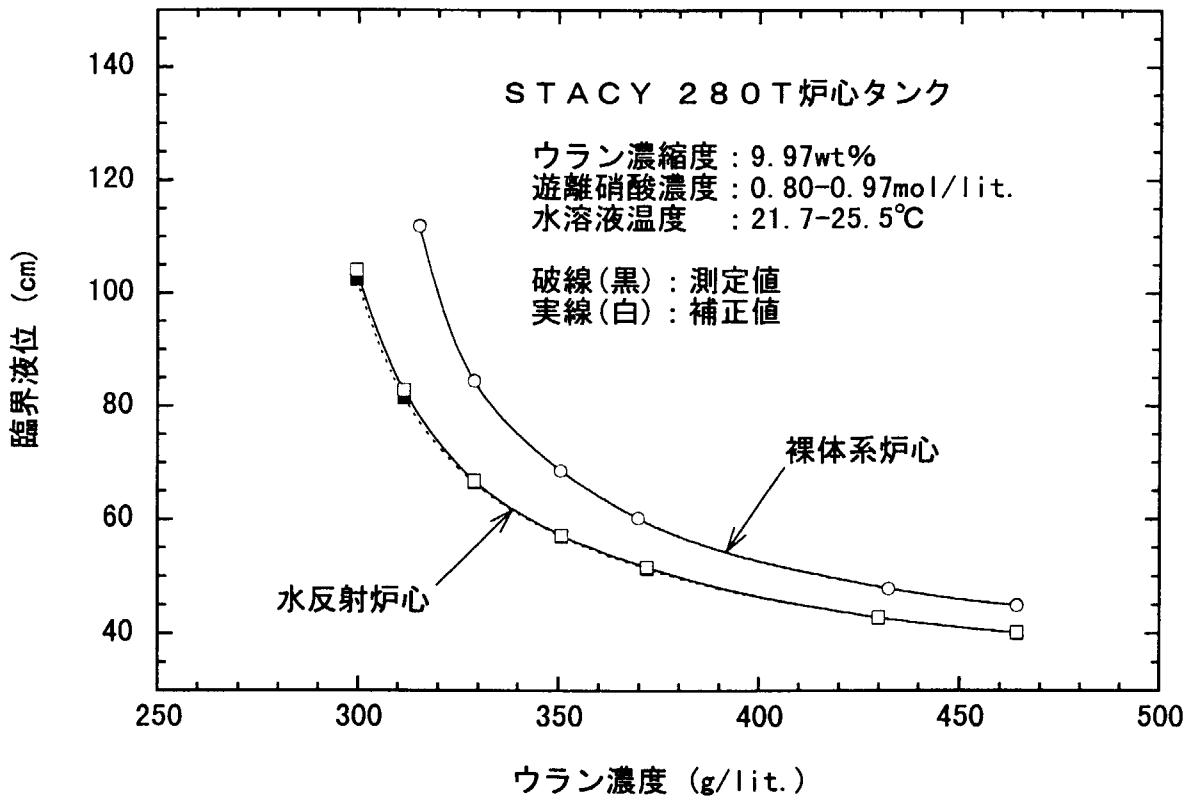


図5-5 基本炉心(水反射及び裸体系)の臨界液位

## 6. 反応度バックリング係数

4.1(3)節で記した方法により、デジタル反応度計による反応度測定データから、280 T炉心タンクの基本炉心(水反射及び裸体系)における反応度バックリング係数を評価した。添加反応度の垂直方向バックリングに対するフィッティングに関し、水反射炉心の結果を図6-1(a)～(g)に、裸体系炉心の結果を図6-2(a)～(f)に示す。また、反応度バックリング係数の評価結果の要約を表6-1に示す。

表6-1に示しているように、反応度バックリング係数の誤差は、炉心ごとに異なっている。すなわち、Run No. 105及び104の誤差は3～6%と大きい。これに対して、Run No. 196の誤差は0.5%未満である(他のケースの誤差は1～2%)。Run No. 105及び104で誤差が大きいのは、測定データ数が少なかったことによる。一方、Run No. 196では、測定データ数が多く、また、反応度の測定条件も良好であったと考えられる。

(4-7)式で示したように、実効遅発中性子割合は、反応度測定に基づく相対値単位の反応度バックリング係数と、固有値計算に基づく絶対値単位の反応度バックリング係数の比で求められる。STACYにおけるバックリング係数法に基づく実効遅発中性子割合の評価は、円筒体系での実験でも試みている<sup>[9]</sup>。ここで、絶対値単位の反応度バックリング係数の評価は、連続エネルギー・モンテカルロ計算コードMCNPで行なっており、典型的な例では0.9%程度の誤差で求められている。なお、固有値計算は広い範囲の液位7点で行なっており、各計算での中性子ヒストリー数は $10^6$ である(固有値の誤差は0.0006程度)。

実効遅発中性子割合の測定は、これまでに様々な方法で行なわれているが、いずれの測定精度の数%程度である<sup>[10]</sup>。反応度バックリング係数法による実効遅発中性子割合の評価には、さらに固有値計算による絶対値での反応度バックリング係数の評価が必要である。しかし、反応度測定に基づく相対値単位の反応度バックリング係数の誤差(～0.5%)、固有値計算による絶対値での反応度バックリング係数の誤差(～0.9%)に着目すれば、従来の方法に比べて、精度よく実効遅発中性子割合の測定を行なえる可能性がある。

表6-1 水反射炉心及び裸体系炉心における反応度バックリング係数の評価結果

Run No.	反射条件	溶液燃料(25°C)		水溶液温度 (°C)	反応度 バックリング係数 ( $\$ \cdot \text{cm}^{**2}$ )
		ウラン濃度 (g/lit.)	遊離硝酸濃度 (mol/lit.)		
105	水反射	464.2	0.85	23.8	4151 ± 251
113		429.9	0.80	24.8	4055 ± 74
125		371.9	0.80	23.1	3899 ± 42
129		350.8	0.80	23.7	4020 ± 53
131		328.9	0.80	23.4	3893 ± 56
140		311.4	0.96	21.7	4016 ± 69
196		299.6	0.97	22.8	3983 ± 16
104		464.2	0.85	25.5	3646 ± 129
122	裸体系	432.4	0.80	25.0	3697 ± 31
123		369.7	0.80	25.2	3868 ± 34
126		350.6	0.80	25.0	3777 ± 41
130		328.9	0.80	25.1	3827 ± 38
147		315.3	0.96	25.1	3984 ± 47

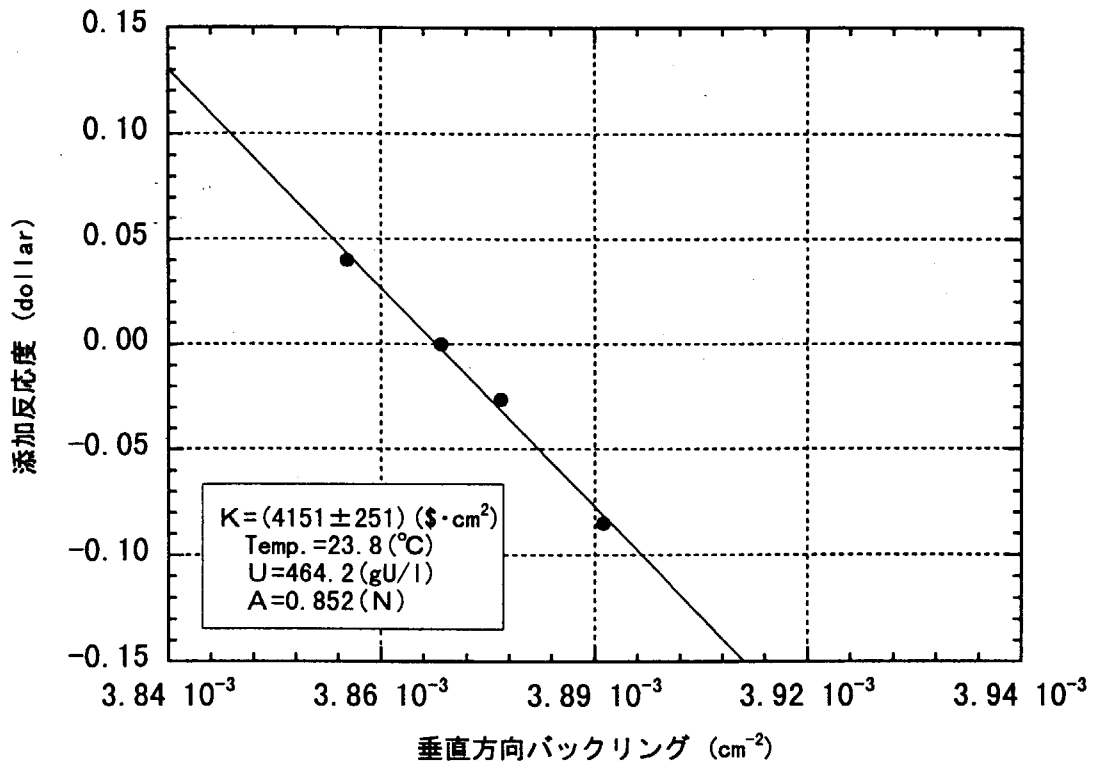


図6-1(a) 水反射炉心(Run No. 105、約465 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

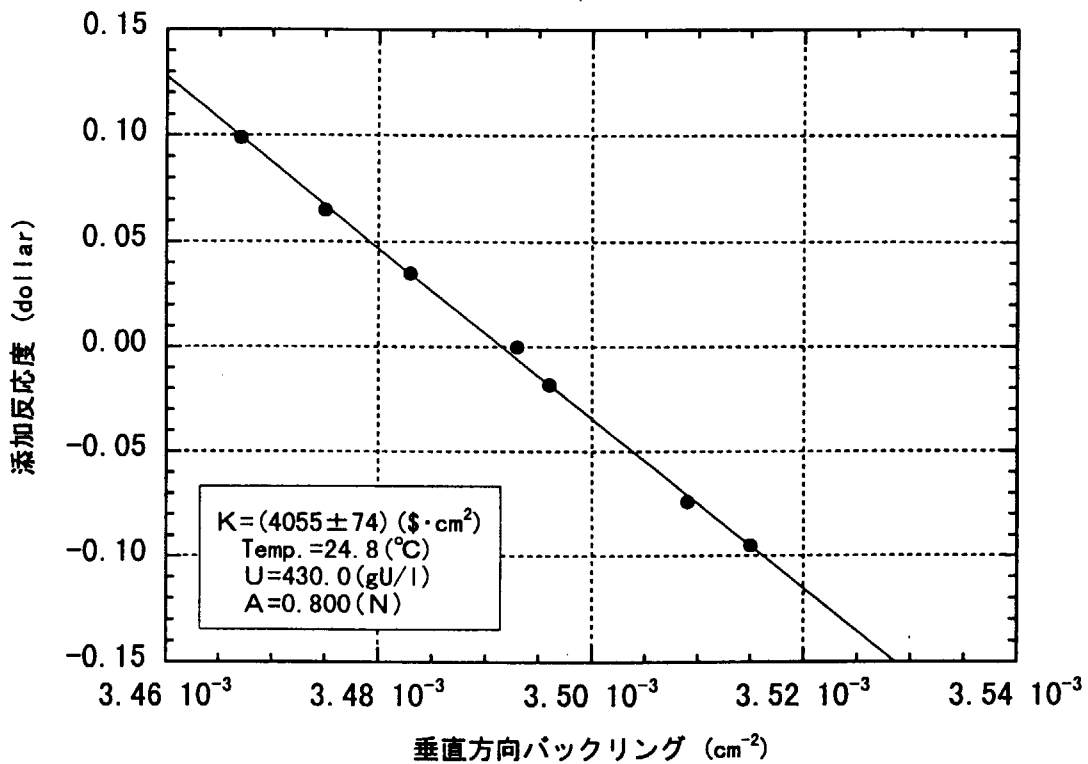


図6-1(b) 水反射炉心(Run No. 113、約430 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

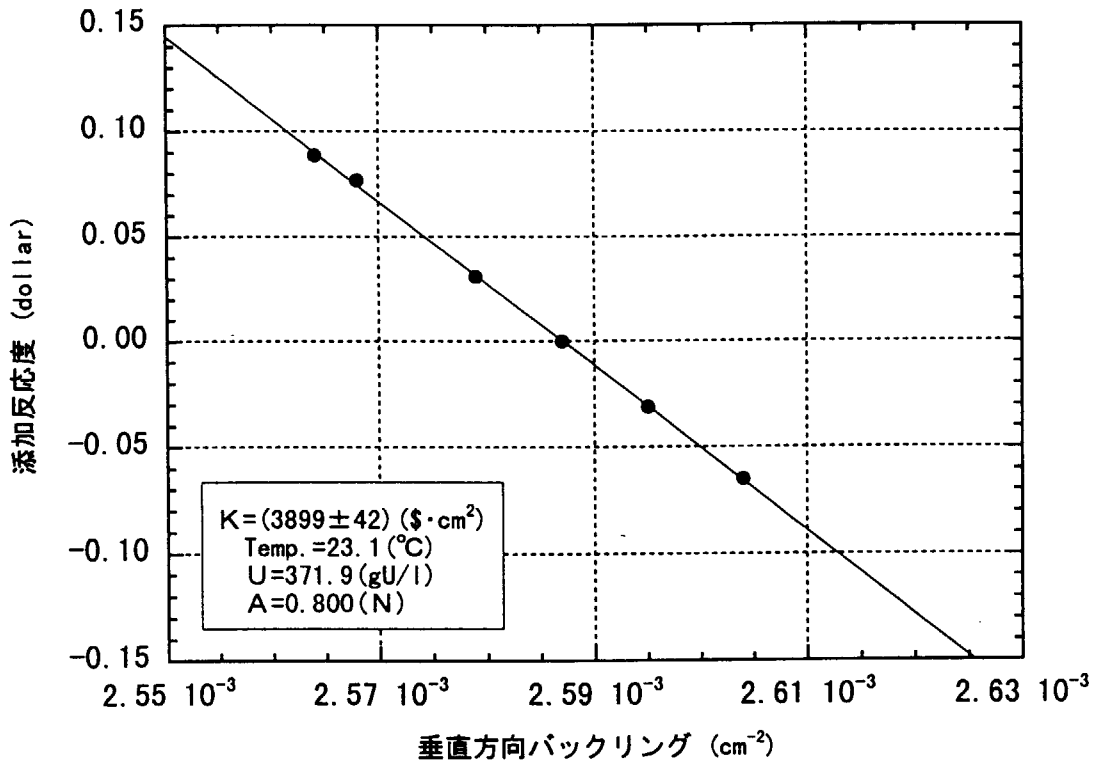


図6-1(c) 水反射炉心(Run No. 125、約370 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

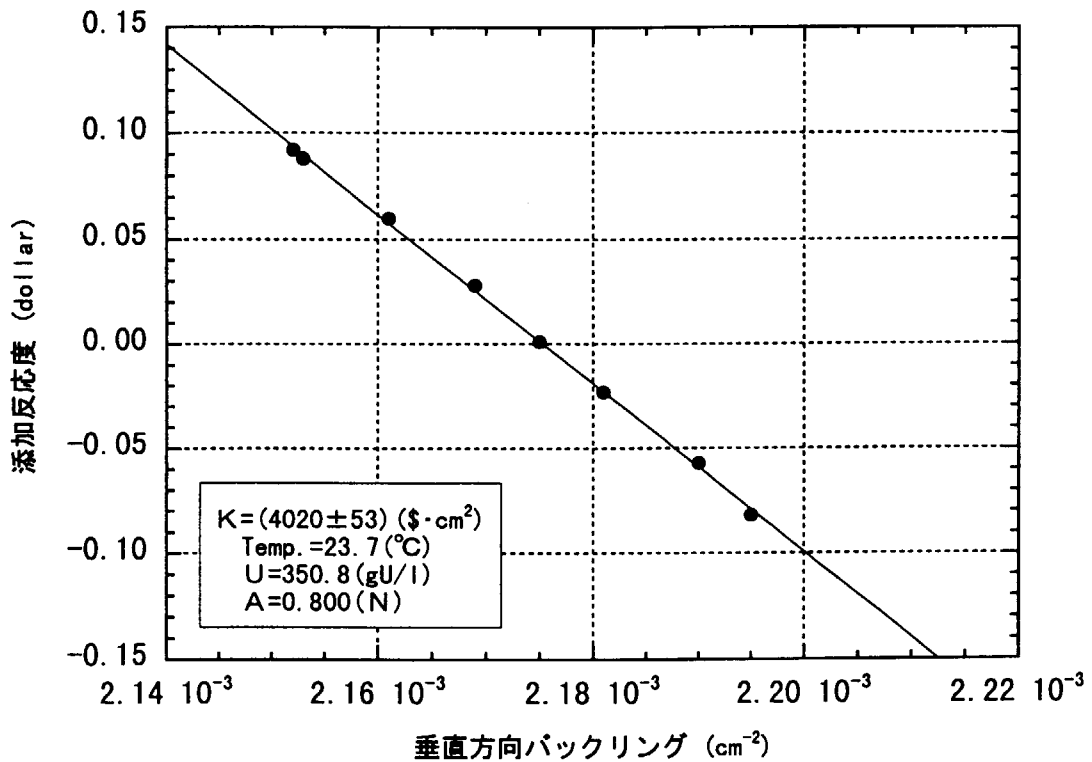


図6-1(d) 水反射炉心(Run No. 129、約350 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果



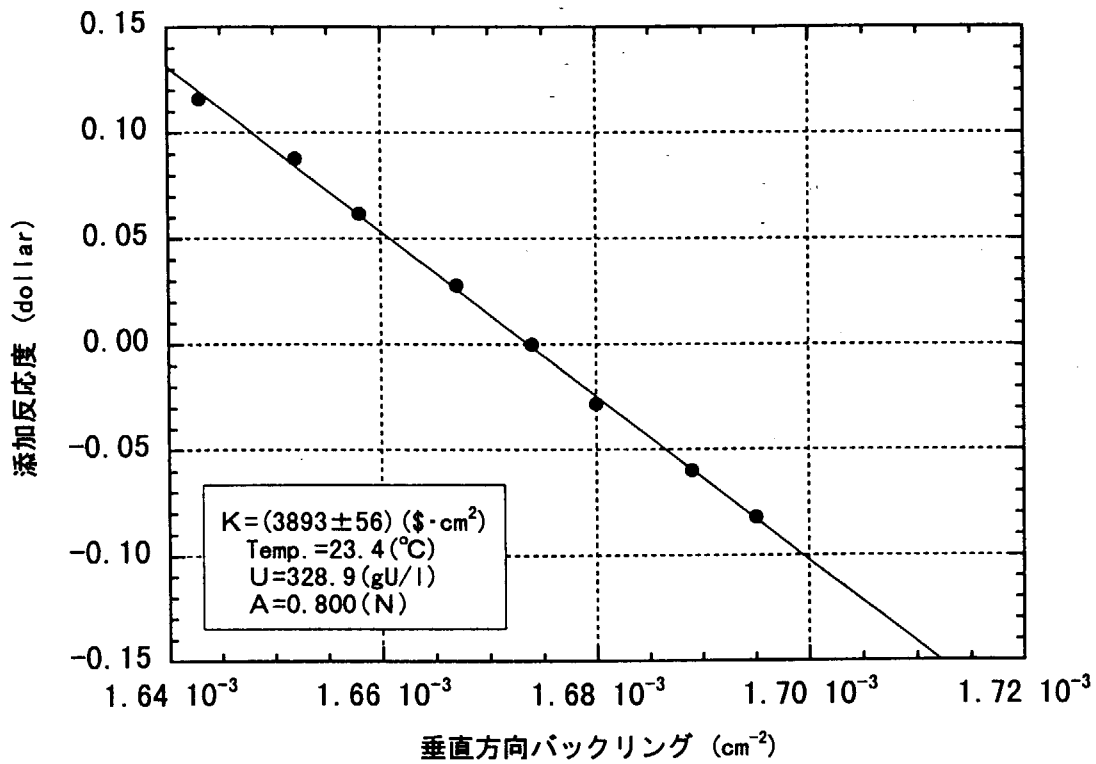


図6-1(e) 水反射炉心 (Run No. 131、約330 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

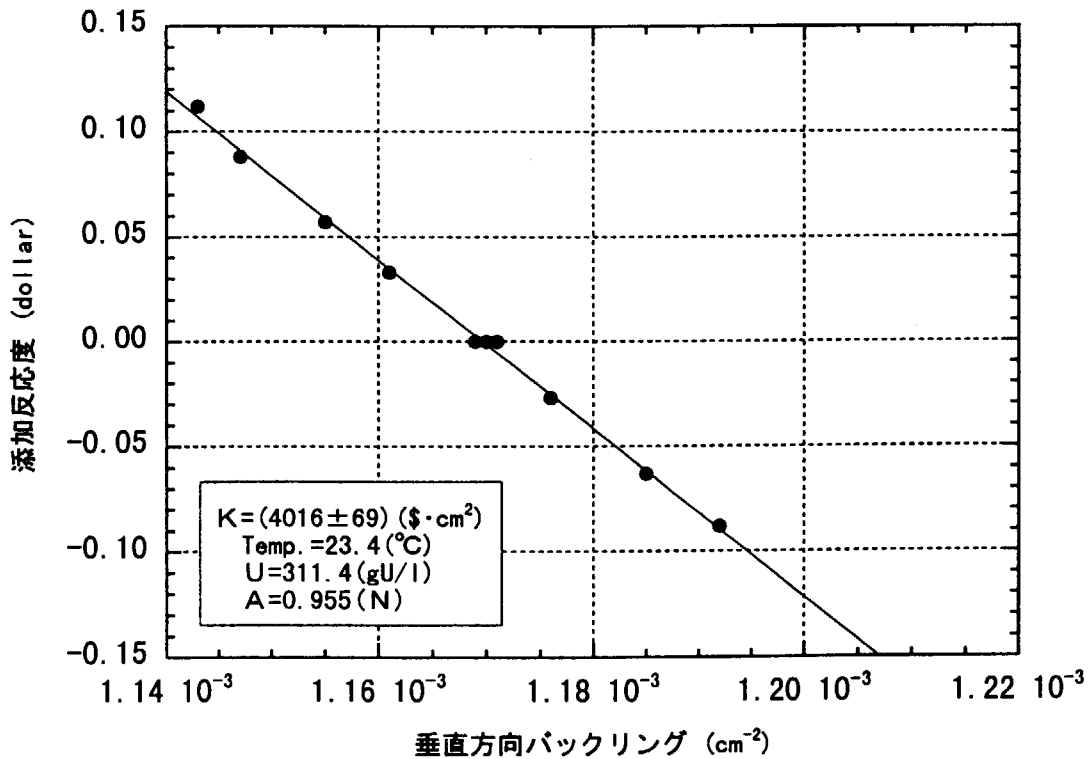


図6-1(f) 水反射炉心 (Run No. 140、約310 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

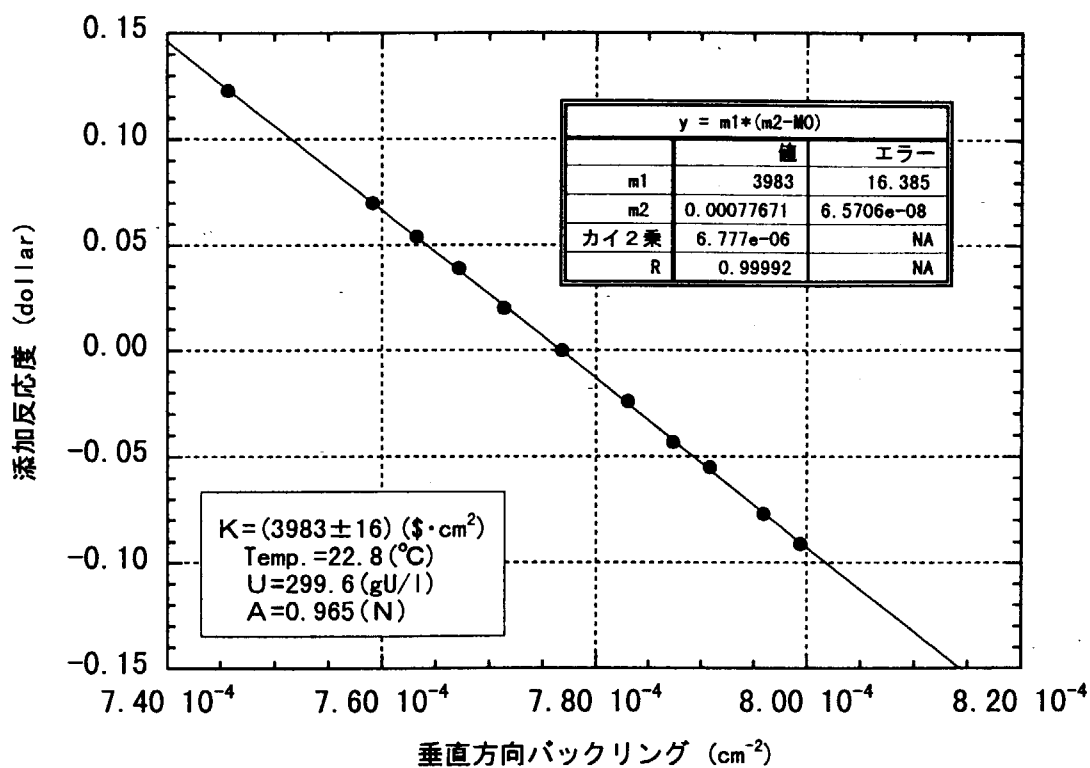


図6-1(g) 水反射炉心 (Run No. 196、約300 g U/l) における反応度バックリング係数の評価結果

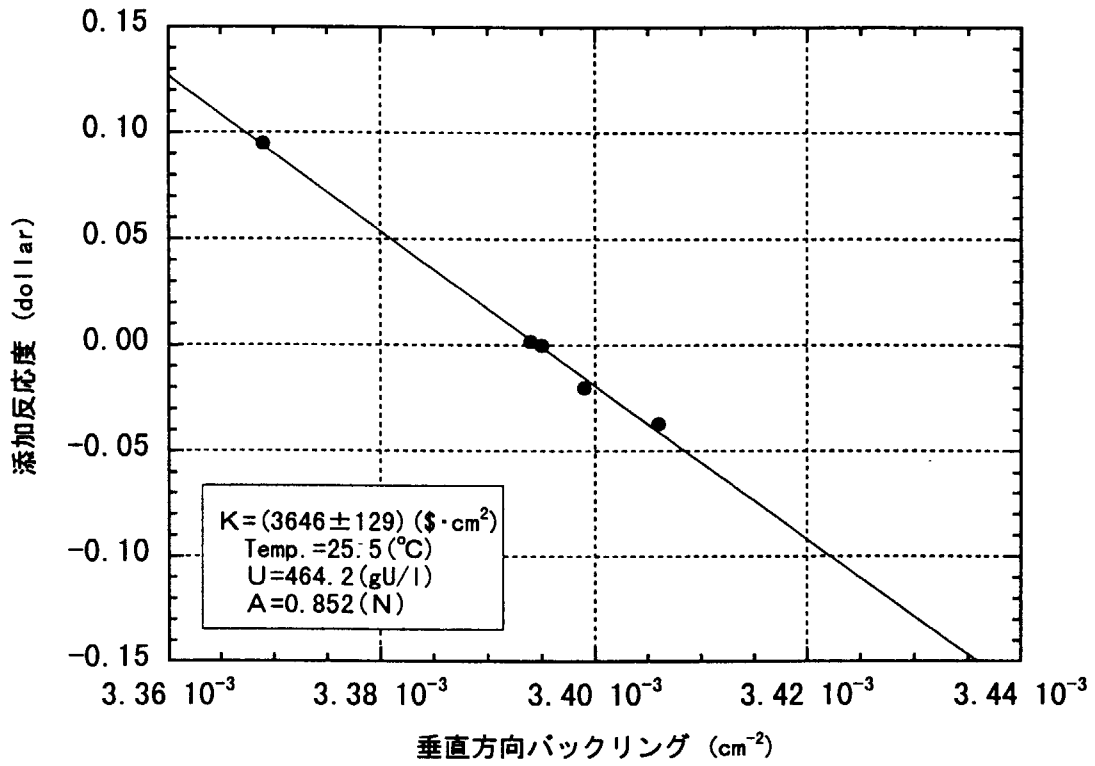


図6-2(a) 裸体系炉心 (Run No. 104、約465 g U/l)における反応度バックリング係数の評価結果

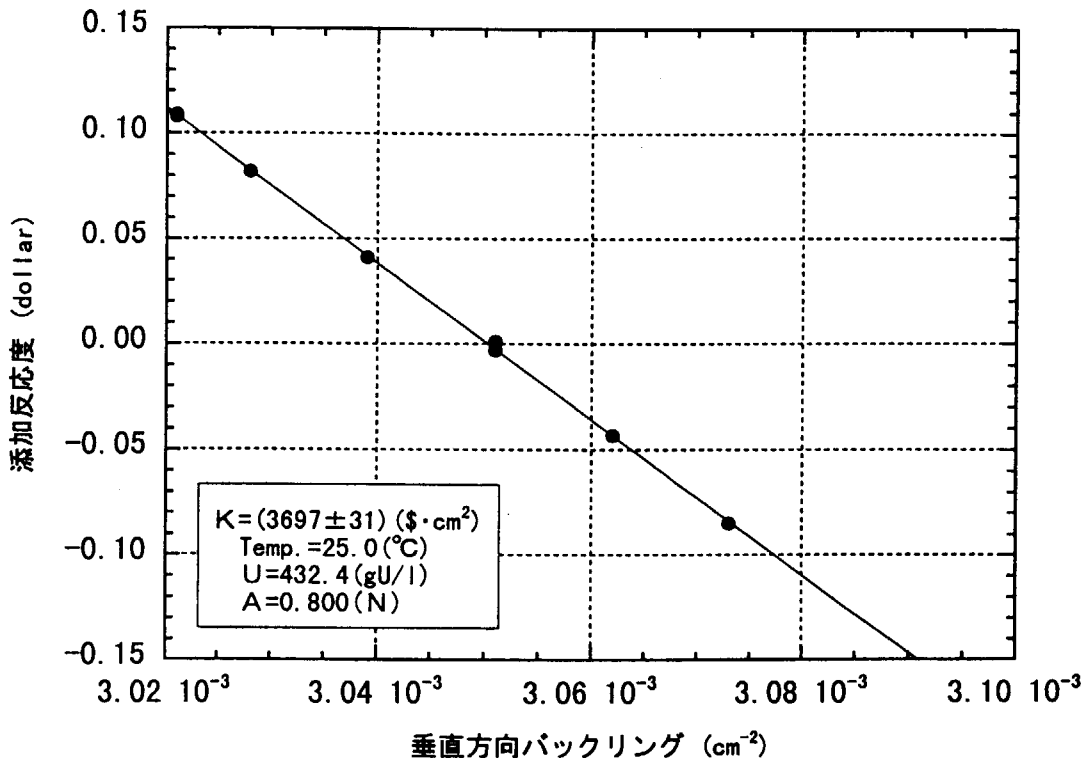


図6-2(b) 裸体系炉心 (Run No. 122、約430 g U/l)における反応度バックリング係数の評価結果

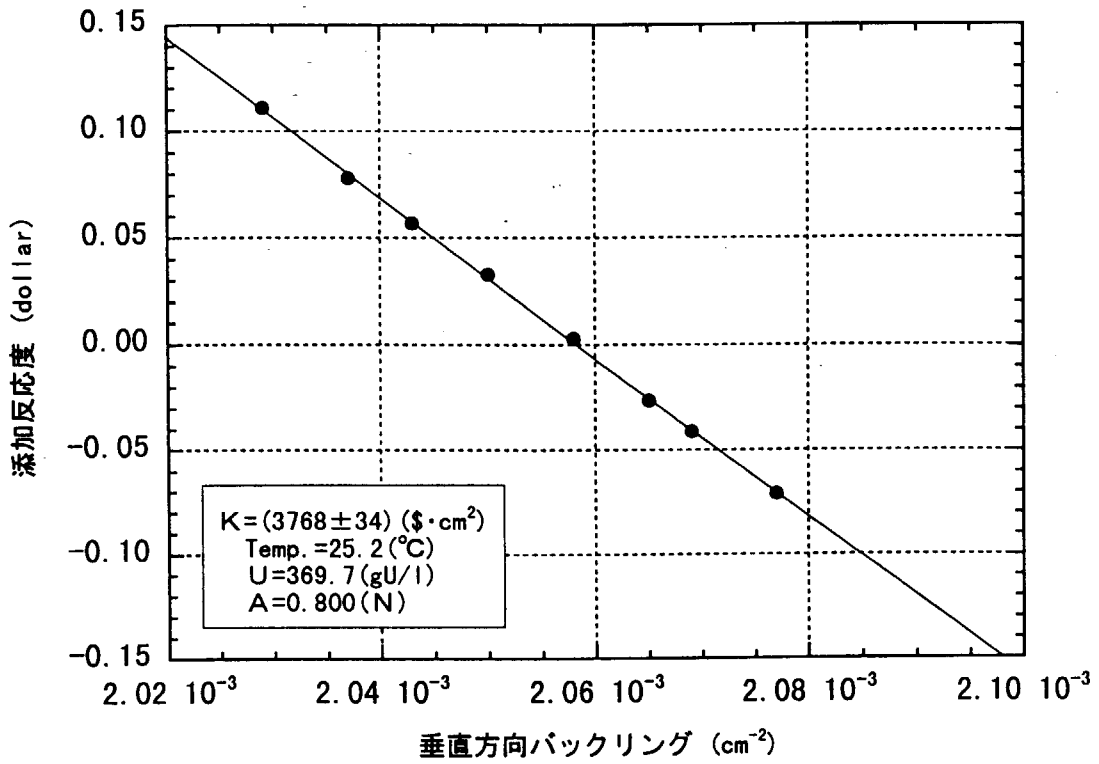


図6-2(c) 裸体系炉心 (Run No. 123、約370 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

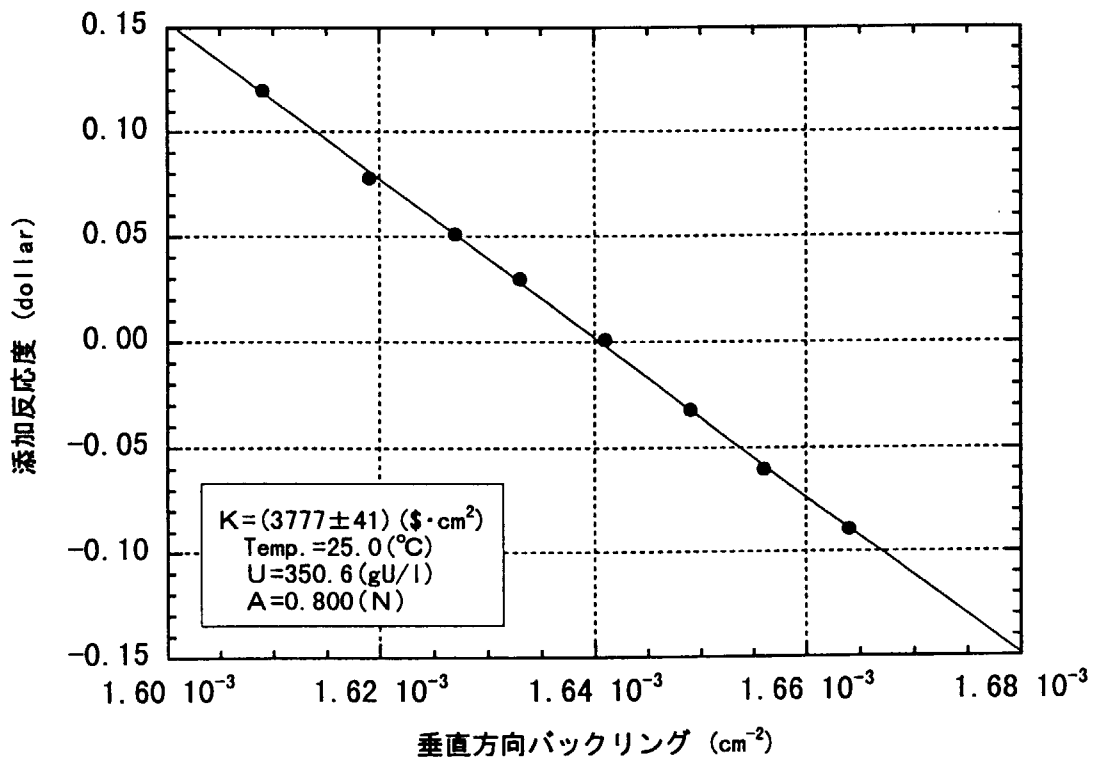


図6-2(d) 裸体系炉心 (Run No. 126、約350 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

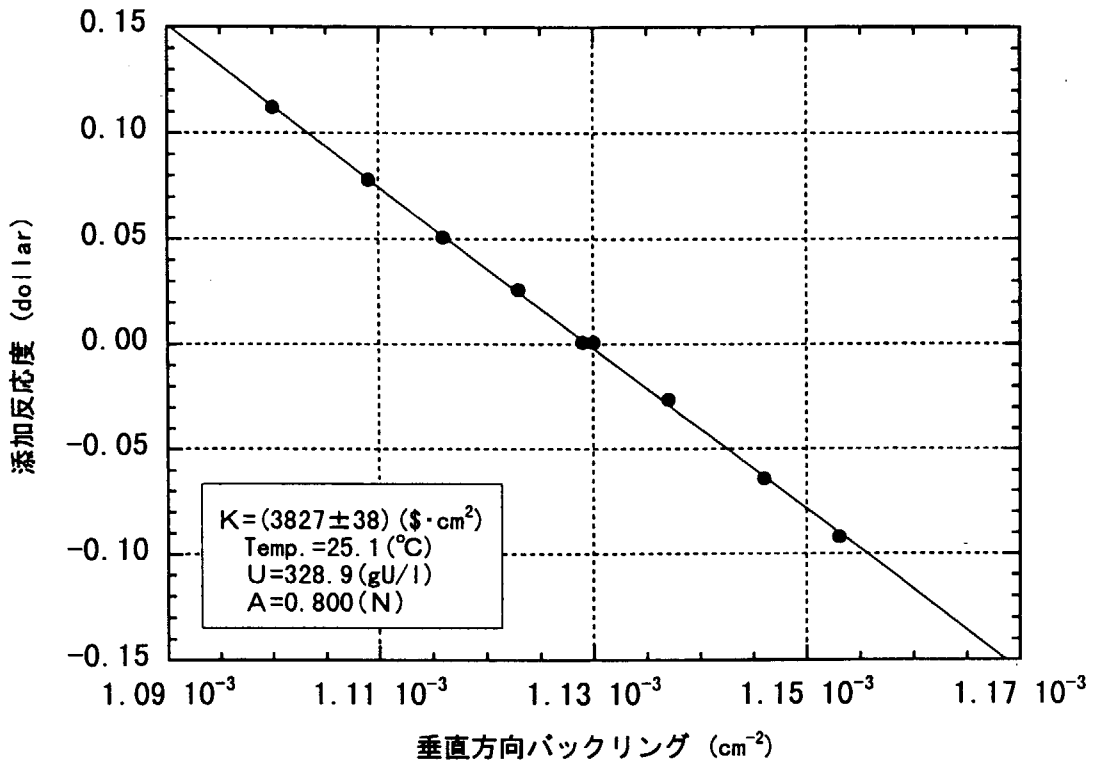


図6-2(e) 裸体系炉心(Run No. 130、約330 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

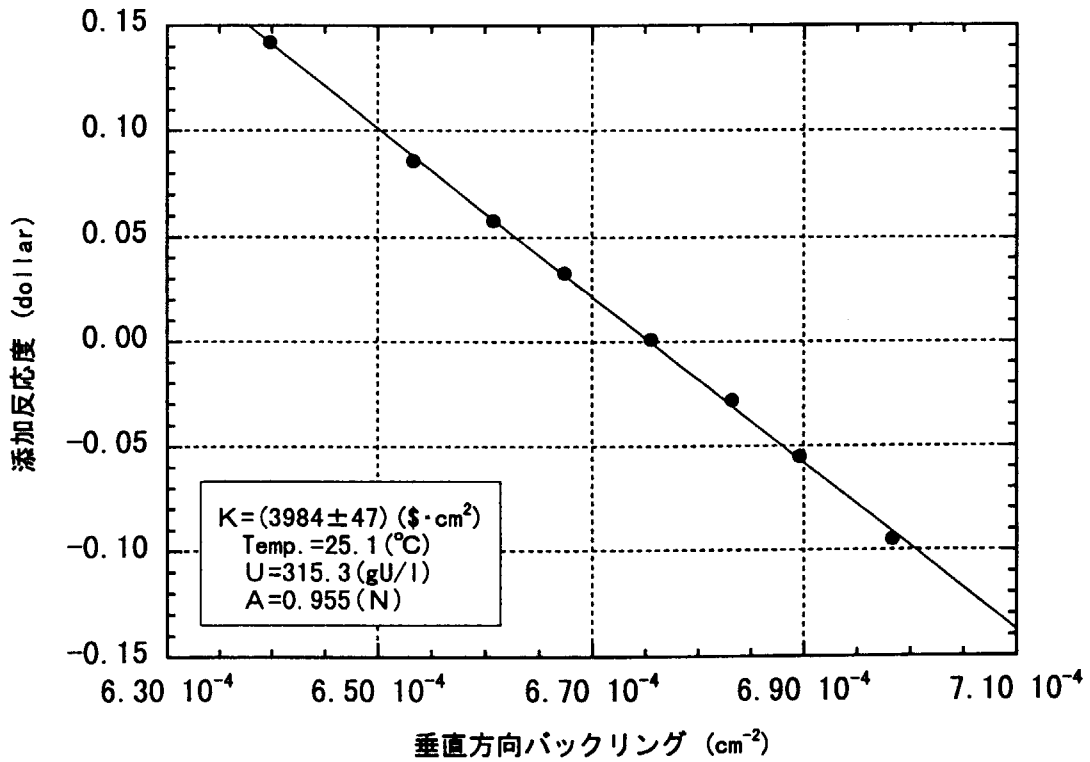


図6-2(f) 裸体系炉心(Run No. 147、約315 gU/l)における反応度バックリング係数の評価結果

## 7. 結 論

燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF) の定常臨界実験装置 STACY において、厚さ 28cm の平板炉心タンクの基本炉心(水反射条件及び反射なし条件)での臨界データを取得した。燃料には、濃縮度 10% の硝酸ウラニル水溶液を用いている。取得した臨界データは、ウラン濃度約 300~465g/lit. の範囲で、水反射条件 7 点、反射なし条件 6 点である。

実験では、デジタル反応度計を用いて、臨界近傍での溶液燃料の給排液操作による反応度測定を行なった。この反応度測定により、着目炉心の臨界液位とその液位における液位微分反応度を求めた。

また、同じ反応度測定の数値データを利用して、各炉心の反応度バックリング係数の評価も行なった。この反応度バックリング係数の誤差には、炉心体系ごとにバラツキが見られたが、測定データ数が多く、反応度の測定条件も良好なケースでは、0.5%未満のものも取得できた。反応度測定で得られる係数は相対値(ドル単位)のものであるが、固有値計算に基づく絶対値( $\Delta k/k$  単位)の係数を評価し、両者の比から実効遅発中性子割合を求めることができる。実効遅発中性子割合の測定は、これまで様々な方法で行なわれてきているが、反応度バックリング係数法による測定では、より精度のよい測定が期待できる。

なお、平板炉心タンクを用いた一連の実験では、基本炉心の他、炉心タンクの厚さ方向に固定反射体を取り付けた実験も行なっている。これらの臨界特性については、別途、報告する予定である。

## 謝 辞

定常臨界実験装置 STACY の運転は、NUCEF 試験部・臨界技術課の小野寺清二氏、広瀬秀幸氏、曾野浩樹氏、高月幸男(現在、三井造船(株))、長沢 誠氏、谷野秀一氏に行なっていた。また、溶液燃料の化学分析は、技術試験課の分析グループの方々に実施していただいた。この他、NUCEF 試験部、技術部・施設 3 課、保健物理部・放射線管理第 3 課の方々には、様々な形で支援していただいている。

これらの方々に、改めてお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 三好慶典、外池幸太郎 他、私信「STACYの実験計測設備と測定手順」(1998年3月).
- [2] Y.Miyoshi, et al., "Critical Experiments on 10% Enriched Uranyl Nitrate Solution using a 60-cm-Diameter Cylindrical Core," Nucl. Technol., Vol.118, 69 (Apr.1997).
- [3] 小野寺清二 他、"平成9年度における定常臨界実験装置STACYの運転記録 —280 T平板炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液—," JAERI-Tech 98-023 (1998年).
- [4] 宮内正勝 他、"NUCEF分析設備、" JAERI-Tech 96-007 (1996年).
- [5] 菊池 司、三好慶典 他、私信「STACY 600mm  $\phi$  反射体付炉心の臨界実験(2) —デジタル反応度計による液位反応度の測定—」(1997年10月).
- [6] 島津洋一郎、中野雄三、"デジタル反応度計と炉物理データ処理装置の仕様経験、" 原子力誌、32[3]、285-291 (1990).
- [7] 奥村啓介、金子邦男、土橋敬一郎、"SRAC95: 汎用核計算コードシステム、" JAERI-Data/Code 96-015 (1996).
- [8] T.Nakagawa, K.Shibata, S.Chiba, T.Fukahori, Y.Nakajima, Y.Kikuchi, T.Kawano, Y.Kanda, T.Ohsawa, H.Matsunobu, M.Kawai, A.Zukeran, T.Watanabe, S.Igarashi, K.Kosako, T.Asami, "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision 2: JENDL-3.2," J.Nucl.Sci.Tecnol., 32, 1259 (1995).
- [9] 三好慶典、菊池 司 他、"STACYによる溶液状ウラン燃料の臨界特性に関する試験及び実験(19) —反応度バックリング係数法による600  $\Phi$  円筒炉心の $\beta_{eff}$ 評価—," 1998春の年会、G24 (1998).
- [10] (Eds.) T.Iguchi and T.Fukahori, "Proceedings of the 1996 Symposium on Nuclear Data," JAERI-Conf 97-005 (1997).
- [11] 桜井 聡、館盛勝一、"プルトニウム(IV)-ウラン(VI)-硝酸水溶液系の密度式の改良、" JAERI-M 88-127 (1988).

## 付録A 炉心タンク寸法検査の詳細

第2章の表2-1では、280 T炉心タンクの寸法に関し、寸法検査から評価した最終結果を示した。ここでは、寸法検査の詳細について記す。

280 T炉心タンクの主要部は、天板、底板及び胴板からなる。炉心タンクの高さ方向の寸法に関し、天板及び底板の厚さの単体検査結果を表A-1(a)、(b)に、炉心タンク外側高さの完成体検査結果を表A-1(c)に示す。測定場所は、それぞれ4又は5ヶ所であり、天板及び底板の厚さの測定精度は0.1mm、炉心タンク外側高さの測定精度は0.5mmである。これらの検査結果に基づき、炉心タンク内側高さを評価した結果を表A-1(d)に示す。

胴板の厚さは東西南北4方向に関し、約10cmの高さごとに測定している。なお、測定精度は0.1mmである。胴板の厚さの単体検査結果に関し、南北の板について表B-1(a)に、東西の板について表B-1(b)に示す。これらの検査結果に基づき、炉心タンクの厚さ方向(南北方向)、幅方向(東西方向)及び全方向の胴板の厚さの平均を求めた結果を表A-2(c)に示す。

炉心タンク内側の厚さ(南北方向の内幅)、幅(東西方向の内幅)は、それぞれの外側厚さと胴板厚さから評価した。外側厚さの完成体検査結果と内側の厚さと幅の評価結果を表A-3(a)、(b)に示す。また、最終的に得られた寸法仕様を表A-4にまとめる。



表A-1(a) 天板(厚さ)の寸法検査結果(単体検査)

設計値 (mm)	許容値 (mm)	測定位置 (角度)	厚さ (mm)		
			測定値	平均値	標準偏差
25.0	24.5以上	0°	28.7	28.75	0.06
		90°	28.8		
		180°	28.7		
		270°	28.8		

(注) 測定精度は0.1mm。全体の誤差を標準偏差と測定精度の二乗和の平方根で与えると、0.12mm。

表A-1(b) 底板(厚さ)の寸法検査結果(単体検査)

設計値 (mm)	許容値 (mm)	測定位置 (南北)	測定位置(東西)ごとの厚さ (mm)			平均値 (mm)	標準偏差 (mm)
			西172.5mm	中心	東172.5mm		
20.0	19.5以上	北100mm	20.4	20.3	20.5	20.41	0.06
		北 50mm	20.4	20.3	20.5		
		中心	20.4	20.5	20.5		
		南 50mm	20.4	20.4	20.4		
		南100mm	20.4	20.4	20.4		

(注) 超音波厚み計にて計測。測定精度は0.1mm。全体の誤差を標準偏差と測定精度の二乗和の平方根で与えると、0.12mm。

表A-1(c) 炉心タンク(外側高さ)の寸法検査結果(完成体検査)

設計値 (mm)	許容値 (mm)	測定位置 (角度)	厚さ (mm)		
			測定値	平均値	標準偏差
1545.0	±5.0	0°	1547.0	1546.63	0.48
		90°	1547.0		
		180°	1546.0		
		270°	1546.5		

(注) 測定精度は0.5mm。全体の誤差を標準偏差と測定精度の二乗和の平方根で与えると、0.69mm。

表A-1(d) 炉心タンクの内側高さの評価結果

設計値(mm)	評価値(mm) (注1、2)
1500	1497.46 ± 0.71

(注1)  $H2 = H1 - (D1 + D2)$

H2: 炉心タンクの内側高さ(平均値)

H1: 炉心タンクの外側高さ(平均値)

D1: 天板の厚さ(平均値)

D2: 底板の厚さ(平均値)

(注2) 誤差は天板の厚さ、底板の厚さ及び外側高さの誤差の二乗和の平方根。

表A-2(a) 厚さ方向・胴板(厚さ)の寸法検査結果(単体検査)

測定高さ (mm)	設計値 (mm)	許容値 (mm)	0° 方向(北側)		180° 方向(南側)	
			西172.5mm	中心	東172.5mm	中心
胴上端	20.0	19.5以上	20.66	20.66	20.51	20.55
1435			25.4	25.7	25.2	25.0
1355			25.3	25.6	25.1	25.0
1255			25.3	25.5	25.1	24.9
1155			25.4	25.5	25.1	25.0
1055			25.4	25.5	25.1	25.0
955			25.4	25.6	25.1	25.0
855			25.5	25.7	25.1	24.9
755	25.0	24.5以上	25.5	25.7	25.1	24.9
655			25.6	25.7	25.1	24.9
555			25.7	25.7	25.1	24.9
455			25.7	25.7	25.1	24.9
355			25.6	25.6	25.1	24.9
255			25.6	25.7	25.1	24.9
155			25.6	25.7	25.1	25.0
65			25.7	25.7	25.1	25.0
胴下端	20.0	19.5以上	20.32	20.06	19.84	19.90
平均±標準偏差			25.51 ± 0.14	25.64 ± 0.08	25.71 ± 0.08	25.11 ± 0.03
						24.93 ± 0.05
						24.96 ± 0.05

(注) 平均及び標準偏差は、胴中央部(測定高さ65-1435mm)での値。

表A-2(b) 幅方向・胴板(厚さ)の寸法検査結果(単体検査)

測定高さ (mm)	設計値 (mm)	許容値 (mm)	90° 方向(東側)		270° 方向(西側)	
			南 50mm	北 50mm	南 50mm	北 50mm
胴上端	20.0	19.5以上	20.22	20.16	20.79	20.88
1435			25.0	25.8	25.8	24.6
1355			25.3	25.8	25.6	25.3
1255			25.4	25.8	25.7	25.3
1155			25.4	25.7	25.7	25.3
1055			25.5	25.8	25.7	25.3
955			25.3	25.8	25.4	25.2
855			25.3	25.8	25.4	25.3
755	25.0	24.5以上	25.3	25.8	25.4	25.2
655			25.1	25.8	25.1	25.3
555			25.0	25.8	24.9	25.3
455			24.9	25.8	25.0	25.3
355			24.9	25.8	25.0	25.3
255			24.9	25.8	25.0	25.3
155			25.1	25.8	25.4	25.2
65			19.58	20.44	20.14	20.49
胴下端	20.0	19.5以上	25.15 ± 0.21	25.79 ± 0.03	25.34 ± 0.32	25.23 ± 0.18
平均±標準偏差						

(注) 平均及び標準偏差は、胴中央部(測定高さ65-1435mm)での値。

表A-2(c) 胴板(厚さ)の平均

厚さ 方向	平均 (mm)	標準偏差 (mm)
幅方向	25.31	0.33
全体	25.38	0.35
幅方向	25.32	0.34
全体	25.34	0.33

(注1) 胴中央部の平均。  
(注2) 全体誤差は標準偏差と測定精度(0.1mm)の二乗和の平方根で算出。

表A-3(a) 厚さ方向・炉心タンク(外側厚さ)の寸法検査結果(完成体検査)と炉心タンク内側厚さの評価結果

測定高さ (mm)	西172.5mm			中心			東172.5mm		
	外側厚さ(mm)	内側厚さ(mm)	板厚(mm)	外側厚さ(mm)	内側厚さ(mm)	板厚(mm)	外側厚さ(mm)	内側厚さ(mm)	板厚(mm)
1435	331.4	280.8	50.6	329.7	289.0	50.7	330.9	280.2	50.7
1355	331.1	280.7	50.4	330.8	280.2	50.6	331.8	281.2	50.6
1255	331.6	281.2	50.4	331.3	280.9	50.4	332.2	281.7	50.5
1155	331.7	281.2	50.5	331.5	281.1	50.4	332.7	282.1	50.6
1055	331.9	281.4	50.5	331.5	281.1	50.4	332.3	281.7	50.6
955	331.7	281.2	50.5	331.4	280.9	50.5	332.5	281.3	50.7
855	331.7	281.1	50.6	331.5	280.9	50.6	332.3	281.7	50.6
755	331.6	281.0	50.6	331.4	280.8	50.6	332.3	281.6	50.7
655	331.8	281.1	50.7	331.2	280.6	50.6	332.3	281.6	50.7
555	331.7	280.9	50.6	330.9	280.3	50.6	332.5	281.7	50.8
455	331.8	281.0	50.8	330.7	280.1	50.6	332.1	281.4	50.7
355	331.3	280.6	50.7	330.6	280.1	50.5	332.0	281.4	50.6
255	331.7	281.0	50.7	330.3	279.7	50.6	331.7	281.0	50.7
155	331.3	280.6	50.7	329.6	278.9	50.7	331.3	280.6	50.7
65	330.0	279.2	50.8	328.5	277.8	50.7	330.5	279.7	50.6
平均±標準偏差	331.49 ± 0.47	280.87 ± 0.14	50.82 ± 0.14	330.73 ± 0.88	280.16 ± 0.94	50.57 ± 0.19	331.96 ± 0.62	281.29 ± 0.69	50.87 ± 0.08

(注1) 外側厚さのすべての測定の平均と標準偏差: 331.39 ± 0.84  
 (注2) 炉心タンクの外側厚さの測定精度は0.1mm。全体誤差を標準偏差(全測定)と測定精度の二乗和の平方根で与えると、0.85mm。  
 炉心タンクの内側厚さを外側厚さ(33.14±0.09)cmと厚さ方向の板厚(2.53±0.04)cmから評価すると、(28.08±0.11)cmとなる。  
 (注3) 表中の板厚は表A-2(a)から転記、表中の内側厚さは外側厚さと板厚から算出(参考値)。

表A-3(b) 幅方向・炉心タンク(外側厚さ)の寸法検査結果(完成体検査)と炉心タンク内側幅の評価結果

測定高さ (mm)	南 50mm			北 50mm		
	外側厚さ(mm)	内側幅(mm)	板厚(mm)	外側厚さ(mm)	内側幅(mm)	板厚(mm)
1435	740.0	689.2	50.8	739.8	689.4	50.4
1355	741.6	690.7	50.9	740.4	689.3	51.1
1255	740.8	689.7	51.1	740.6	689.5	51.1
1155	740.8	689.7	51.1	740.7	689.7	51.0
1055	740.9	689.7	51.2	740.6	689.5	51.1
955	740.9	690.2	50.7	740.8	689.8	51.0
855	740.8	690.1	50.7	740.9	689.9	51.1
755	740.9	690.2	50.7	740.5	689.5	51.0
655	740.9	690.7	50.2	741.0	689.9	51.1
555	741.0	691.1	49.9	741.2	690.1	51.1
455	741.4	691.5	49.9	741.7	690.6	51.1
355	741.7	691.8	49.9	742.2	691.1	51.1
255	741.9	692.0	49.9	742.1	691.0	51.1
155	741.9	692.0	49.9	741.8	690.7	51.1
65	741.1	690.6	50.5	740.6	689.6	51.0
平均±標準偏差	741.11 ± 0.51	690.61 ± 0.90	50.49 ± 0.50	740.99 ± 0.68	689.97 ± 0.60	51.03 ± 0.18

(注1) 外側厚さのすべての測定の平均と標準偏差: 741.05 ± 0.59  
 (注2) 炉心タンクの外側厚さの測定精度は0.1mm。全体誤差を標準偏差(全測定)と測定精度の二乗和の平方根で与えると、0.60mm。  
 炉心タンクの内側幅を外側厚さ(74.11±0.06)cmと幅方向の板厚(2.54±0.03)cmから評価すると、(69.03±0.07)cmとなる。  
 (注3) 表中の板厚は表A-2(b)から転記、表中の内側幅は外側厚さと板厚から算出(参考値)。

表A-4 280T炉心タンクの寸法仕様

板厚 (cm)	天板 底板 胴板	2.88 ± 0.01 2.04 ± 0.01 2.53 ± 0.03	(2.5) (2.0) (2.5)
内寸法 (cm)	厚さ 幅 高さ	28.08 ± 0.11 69.03 ± 0.07 149.75 ± 0.07	(28.0) (69.0) (150.0)

## 付録B 臨界液位の温度補正に係る計算条件

第5章では、実験時の水溶液温度が基準の25°Cと異なる点に関し、臨界液位を基準温度での値に補正した。ここでは、この補正のために行なったSRACシステムの二次元輸送計算コードTWOTRANによる計算、及び同システムの多次元拡散計算コードCITATIONによる計算の条件について記す。

SRAC-TWOTRANによる計算は、炉心タンクの厚さ方向と高さ方向の二次元体系で行なった。また、SRAC-CITATIONによる計算は、炉心タンクの幅方向も含めた三次元体系で行なった。なお、SRAC-TWOTRANの計算では、溶液燃料の上部を空気として炉心タンク全体を考慮しているが、SRAC-CITATIONの計算では、溶液燃料の上面までとした。水反射炉心の計算体系を図Bに示す(裸体系炉心では、炉心タンク外側の水がない体系となる)。

SRAC-TWOTRANの計算では、溶液燃料の温度を変更した条件での中性子実効増倍率を評価した。任意の温度での溶液燃料の原子個数密度を求めるに当たり、水溶液密度はウラン・プルトニウムの硝酸水溶液系の新密度式(SST式)で与えた<sup>[11]</sup>。また、計算では断面積データのマテリアル温度も変更している。計算を行なった温度は、基準の25°Cの他、20°C、22.5°C、27.5°C及び30°Cの5点である。それぞれの温度での溶液燃料の原子個数密度を表B-1(a)～(e)に示す。

一方、SRAC-CITATIONの計算では、表3-2で与えた水溶液密度に基づいて、溶液燃料の原子個数密度を求めた。この計算で用いた溶液燃料の原子個数密度を表B-2に示す。なお、SRAC-TWOTRAN或いはCITATIONの計算でも、ウラン同位体は<sup>235</sup>Uと<sup>238</sup>Uの2核種のみを考慮している。

この他、炉心タンクの原子個数密度は、表2-2(b)で与えた原子個数密度のうち胴板のものを用いた。また、水と空気の原子個数密度は、下記の値を用いた。

水の原子個数密度 : H 6.6658E-02、O 3.3329E-02 [atoms/barn·cm]

空気の原子個数密度 : N 3.9016E-05、O 1.0409E-05 [atoms/barn·cm]

SRAC-TWOTRANの計算の入力データ例として、水反射炉心(Run No. 105)及び裸体系炉心(Run No. 104)の入力データを表B-3及び表B-4に示す。また、SRAC-CITATIONの計算の入力データ例として、水反射炉心(Run No. 105)及び裸体系炉心(Run No. 104)の入力データを表B-5及び表B-6に示す。

表B-1 (a) SRAC-TWOTRAN計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ (水溶液温度25.0℃の場合)

反射条件	Run No.	水溶液条件(25℃)		水溶液密度 (g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)					Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238	
水反射	105	464.2	0.852	1.6486	5.5742E-02	2.8647E-03	3.8560E-02	1.1858E-04	1.0572E-03	9.83421504E-02
	125	371.9	0.800	1.5270	5.8023E-02	2.3658E-03	3.7752E-02	9.4999E-05	8.4702E-04	9.90830883E-02
	140	311.4	0.955	1.4522	5.9161E-02	2.1527E-03	3.7328E-02	7.9545E-05	7.0923E-04	9.94304046E-02
	196	299.6	0.965	1.4369	5.9409E-02	2.0989E-03	3.7228E-02	7.6531E-05	6.8235E-04	9.94949415E-02
反射なし	104	464.2	0.852	1.6486	5.5742E-02	2.8647E-03	3.8560E-02	1.1858E-04	1.0572E-03	9.83421504E-02
	123	369.7	0.800	1.5241	5.8074E-02	2.3547E-03	3.7733E-02	9.4437E-05	8.4201E-04	9.90980119E-02
	147	315.3	0.955	1.4574	5.9073E-02	2.1724E-03	3.7364E-02	8.0541E-05	7.1811E-04	9.94079039E-02

表B-1 (b) SRAC-TWOTRAN計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ (水溶液温度20.0℃の場合)

反射条件	Run No.	水溶液条件(25℃)		水溶液密度 (g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)					Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238	
水反射	105	464.2	0.852	1.6524	5.5870E-02	2.8713E-03	3.8649E-02	1.1885E-04	1.0597E-03	9.85686034E-02
	125	371.9	0.800	1.5304	5.8150E-02	2.3710E-03	3.7835E-02	9.5207E-05	8.4887E-04	9.92995575E-02
	140	311.4	0.955	1.4553	5.9288E-02	2.1573E-03	3.7408E-02	7.9716E-05	7.1075E-04	9.96437594E-02
	196	299.6	0.965	1.4400	5.9536E-02	2.1034E-03	3.7308E-02	7.6694E-05	6.8381E-04	9.97071490E-02
反射なし	104	464.2	0.852	1.6524	5.5870E-02	2.8713E-03	3.8649E-02	1.1885E-04	1.0597E-03	9.85686034E-02
	123	369.7	0.800	1.5275	5.8201E-02	2.3598E-03	3.7815E-02	9.4643E-05	8.4384E-04	9.93142352E-02
	147	315.3	0.955	1.4605	5.9200E-02	2.1771E-03	3.7444E-02	8.0714E-05	7.1965E-04	9.96217206E-02

表B-1 (c) SRAC-TWOTRAN計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ (水溶液温度22.5℃の場合)

反射条件	Run No.	水溶液条件(25℃)		水溶液密度 (g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)					Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238	
水反射	105	464.2	0.852	1.6505	5.5807E-02	2.8681E-03	3.8605E-02	1.1872E-04	1.0585E-03	9.84573886E-02
	125	371.9	0.800	1.5287	5.8088E-02	2.3684E-03	3.7794E-02	9.5105E-05	8.4796E-04	9.91935283E-02
	140	311.4	0.955	1.4538	5.9226E-02	2.1550E-03	3.7369E-02	7.9632E-05	7.1000E-04	9.96394140E-02
	196	299.6	0.965	1.4385	5.9474E-02	2.1012E-03	3.7269E-02	7.6614E-05	6.8309E-04	9.96033847E-02
反射なし	104	464.2	0.852	1.6505	5.5807E-02	2.8681E-03	3.8605E-02	1.1872E-04	1.0585E-03	9.84573886E-02
	123	369.7	0.800	1.5258	5.8139E-02	2.3573E-03	3.7775E-02	9.4542E-05	8.4294E-04	9.92083251E-02
	147	315.3	0.955	1.4590	5.9138E-02	2.1748E-03	3.7405E-02	8.0630E-05	7.1890E-04	9.95171294E-02

表B-1 (d) SRAC-TWOTRAN計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ (水溶液温度27.5°Cの場合)

反射条件	Run No.	水溶液条件(25°C)		水溶液密度 (g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)						Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238		
水反射	105	464.2	0.852	1.6466	5.5674E-02	2.8612E-03	3.8513E-02	1.1843E-04	1.0560E-03	9.82228443E-02	
	125	371.9	0.800	1.5253	5.7956E-02	2.3631E-03	3.7708E-02	9.4889E-05	8.4603E-04	9.89682600E-02	
	140	311.4	0.955	1.4506	5.9093E-02	2.1502E-03	3.7286E-02	7.9454E-05	7.0841E-04	9.93167311E-02	
	196	299.6	0.965	1.4353	5.9341E-02	2.0965E-03	3.7186E-02	7.6444E-05	6.8157E-04	9.93817747E-02	
反射なし	104	464.2	0.852	1.6466	5.5674E-02	2.8612E-03	3.8513E-02	1.1843E-04	1.0560E-03	9.82228443E-02	
	123	369.7	0.800	1.5224	5.8007E-02	2.3519E-03	3.7689E-02	9.4328E-05	8.4103E-04	9.89832729E-02	
	147	315.3	0.955	1.4557	5.9006E-02	2.1699E-03	3.7321E-02	8.0449E-05	7.1729E-04	9.92940217E-02	

表B-1 (e) SRAC-TWOTRAN計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ (水溶液温度30.0°Cの場合)

反射条件	Run No.	水溶液条件(25°C)		水溶液密度 (g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)						Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238		
水反射	105	464.2	0.852	1.6445	5.5604E-02	2.8576E-03	3.8465E-02	1.1828E-04	1.0546E-03	9.80994478E-02	
	125	371.9	0.800	1.5234	5.7886E-02	2.3602E-03	3.7663E-02	9.4775E-05	8.4501E-04	9.88489836E-02	
	140	311.4	0.955	1.4488	5.9023E-02	2.1476E-03	3.7241E-02	7.9359E-05	7.0757E-04	9.91984010E-02	
	196	299.6	0.965	1.4336	5.9271E-02	2.0940E-03	3.7142E-02	7.6353E-05	6.8077E-04	9.92538990E-02	
反射なし	104	464.2	0.852	1.6445	5.5604E-02	2.8576E-03	3.8465E-02	1.1828E-04	1.0546E-03	9.80994478E-02	
	123	369.7	0.800	1.5205	5.7937E-02	2.3491E-03	3.7644E-02	9.4214E-05	8.4002E-04	9.88641009E-02	
	147	315.3	0.955	1.4540	5.8935E-02	2.1673E-03	3.7276E-02	8.0353E-05	7.1643E-04	9.91755128E-02	

表B-2 SRAC-CITATION計算用の溶液燃料の原子個数密度入力データ

反射条件	Run No.	水溶液条件(25°C)		密度(g/cc)	原子個数密度(atoms/barn·cm)						Total
		U濃度(g/l)	酸性度(N)		H-1	N-14	O-16	U-235	U-238		
水反射	105	464.2	0.852	1.6462	5.5583E-02	2.8647E-03	3.8481E-02	1.1858E-04	1.0572E-03	9.81037319E-02	
	125	371.9	0.800	1.5237	5.7801E-02	2.3658E-03	3.7641E-02	9.4999E-05	8.4702E-04	9.87493023E-02	
	140	311.4	0.955	1.4465	5.8779E-02	2.1527E-03	3.7137E-02	7.9545E-05	7.0923E-04	9.88573506E-02	
	196	299.6	0.965	1.4318	5.9066E-02	2.0989E-03	3.7057E-02	7.6531E-05	6.8235E-04	9.89811793E-02	
反射なし	104	464.2	0.852	1.6462	5.5583E-02	2.8647E-03	3.8481E-02	1.1858E-04	1.0572E-03	9.81037319E-02	
	123	369.7	0.800	1.5185	5.7697E-02	2.3547E-03	3.7544E-02	9.4437E-05	8.4201E-04	9.85319242E-02	
	147	315.3	0.955	1.4520	5.8715E-02	2.1724E-03	3.7184E-02	8.0541E-05	7.1811E-04	9.88698304E-02	

表B-3 SRAC-TWOTRANの入力データ例 (水反射炉心(Run No. 105、ウラン濃度約465g/l)の場合)

```

ANSI
STCY(2807)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l wt-ref 16G(25.0G)
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0-2101 31000 / SRAC CONTROL
0.00345838 / CRITICAL BLOWLING (no use)
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pfast Old File
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pthml 0 F
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pmors 0 F
$FDS_DIR/FAST Scratch Core
$FDS_DIR/THERMAL S C
$FDS_DIR/MICROSS S C
$FDS_DIR/MICROWK S C
$FDS_DIR/MICROD S C
$FDS_DIR/FLUX S C
$FDS_DIR/MICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NEFF NERT (JAERI-1302 18P)
70(1) / NEFF (THERMAL OUT ENERGY = 0.6825 EV)
37(1) / NEST
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 /
4 6 6 6 6 9 /

15%
1 0 1 8 1 10 4 39 1 107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 35 0 0 0 0 100 0 0 0 0 0 1 0

16*
1.00 0.00 0.0001 1.420892 69.00 40.09 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0002 0.05
0.0001 0.75

OOT
4*
0.0 5*2.00 4*1.00 5*0.50 5*5.00 10*1.0 10*2.0

8%
9(1) 5(2) 5(3) 20(4)

9%
1 2 3 4

19%
4(1)

27%
1 2 3 4

OOT
4 / NMAT
FUJLND1X 0 5 298.15 0.67 1.0 / MAT 1 : 464.2g/l(25.0G)
XND1H001 0 0 5.57420E-02
XND40001 0 0 2.86470E-03
XND80001 0 0 3.86600E-02
XND00001 2 0 1.18680E-04
XND80001 2 0 1.05720E-03
SUN0ND2X 0 8 298.15 0.1 0.0 / MAT 2 : SUS-304L(side)
XND2000A 0 0 7.15570E-05
XSIN0001 0 0 7.14150E-04
XNNE0001 0 0 9.90850E-04
XFO10001 0 0 5.08790E-05
XSON0001 0 0 1.04240E-05
XNIN0001 0 0 8.58000E-03
XORN0001 0 0 1.67250E-02
XFEN000A 0 0 5.95800E-02
AIR0ND3X 0 2 298.15 0.1 0.0 / MAT 3 : AIR
XND40001 0 0 3.90160E-05
XND80001 0 0 1.04090E-05
WATRND4X 0 2 298.15 0.1 0.0 / MAT 4 : H2O
XND1H001 0 0 6.66580E-02
XND80001 0 0 3.3290E-02
    
```

```

CORE
STCY(2807)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l wt-ref 16G(25.0G)
0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 3001 31000 / SRAC CONTROL
1.E-15
1 /
STCY(2807)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l wt-ref 16G(25.0G)
0 1 8 16 5 10 1 0 0 0
1 0 4 4 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 60 0 0 1000 1
0 0 1 1 1 3 0 0 0
0 0 /421
1.00 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0E-5 1.0 0.0 -79.10 /10 FLOAT
10 8 1 10 10 / FINE X MESH 39
10 10 1 5 20 5 20 1 10 5 / FINE Z MESH107
0.0 10.0 1*4.0 1*2.5 1*10.0 1*20.0 & X MESH
0.0 20.0 1*10.0
1*2.0 1*5.0 1*30.09 1*5.0 1*109.91 1*2.5
1*10.0 1*10.0 & Z MESH

& CROSS SECTION ID
-4 -4 -4 -4 -4
-4 -4 -4 -4 -4
-2 -2 -2 -4 -4
-1 -1 -2 -4 -4
-1 -1 -2 -4 -4
-1 -1 -2 -4 -4
-3 -3 -2 -4 -4
-2 -2 -2 -4 -4
-4 -4 -4 -4 -4
-4 -4 -4 -4 -4
SD(0) / X-FEES
4 / NMAT
ANSIAD10 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 1 : FUEL
ANSIAD20 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 2 : SUS-304L
ANSIAD30 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 3 : AIR
ANSIAD40 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 4 : WATER

END_DATA
    
```

表B-4 SRAC-TWOTRANの入力データ例<裸体系炉心(Run No. 104、ウラン濃度約465g/l)の場合>

```

ANSI
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l no-ref 16G(25.0G)
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0-2 1 0 1 3 1 0 0 0 / SRAC CONTROL
0.00345838 / CRITICAL BUCKLING (no use)
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pfast Old File
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pthml 0 F
/dg02/ufsa02/j3047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pncrs 0 F
$FDS_DIRAFAST Scratch Core
$FDS_DIRATHERMAL S C
$FDS_DIRAMCROSS S C
$FDS_DIRAMCROHFK S C
$FDS_DIRAMCRO S C
$FDS_DIRFLUK S C
$FDS_DIRMICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NEFF NERT (JAERI-1302 18P)
70(1) / NEFF (THERMAL CUT ENERGY = 0.6825 EV)
37(1) / NEST
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 /
4 6 6 6 6 9 /

15%
1 0 1 8 1 10 3 19 1 107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 35 0 0 0 0 100 0 0 0 0 0 1 0

16%
1.00 0.00 0.0001 1.420882 69.00 44.92 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0002 0.05
0.0001 0.75

COT
4*
0.0 5*2.00 4*1.00 5*0.50 5*5.00

8%
9(1) 5(2) 5(3)

9%
1 2 3

19%
3(1)

27%
1 2 3

COT
3 / NMAT
FU1X01X 0 5 298.15 0.67 1.0 / MAT 1 : 464.2(g/l) (25.0G)
XFD1H001 0 0 5.57420E-02
XND40001 0 0 2.88470E-03
XDB00001 0 0 3.85600E-02
XLD00001 2 0 1.18580E-04
XLD80001 2 0 1.05720E-03
SU10K02X 0 8 298.15 0.1 0.0 / MAT 2 : SL6-304L (side)
XDB0000A 0 0 7.15570E-05
XSIN0001 0 0 7.14150E-04
XNNS0001 0 0 9.90850E-04
XFO10001 0 0 5.08730E-05
XSON0001 0 0 1.04240E-05
XNIN0001 0 0 8.56000E-03
XORN0001 0 0 1.67250E-02
XFEN000A 0 0 5.95600E-02
AIR0K03X 0 2 298.15 0.1 0.0 / MAT 3 : AIR
XND40001 0 0 3.90160E-05
XDB00001 0 0 1.04090E-05
    
```

```

CORE
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l no-ref 16G(25.0G)
0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 3 0 0 1 3 1 0 0 0 / SRAC CONTROL
1.E-15
1 /
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.852mol/l no-ref 16G(25.0G)
0 1 8 16 3 6 1 0 0 0
1 0 3 3 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 60 0 0 10500 1
0 0 1 1 1 1 3 0 0 0
0 0 /421
1.00 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0E-5 1.0 0.0 -77.70 /10 FLOAT
10 8 1 / FINE X MESH 19
1 5 23 5 21 1 / FINE Z MESH 68
0.0 10.0 1*4.0 1*2.5 & COARSE X MESH
0.0 2.0 1*5.0 1*04.92 1*5.0 1*105.08 1*2.5 & COARSE Z MESH
& CROSS SECTION ID
-2 -2 -2
-1 -1 -2
-1 -1 -2
-1 -1 -2
-3 -3 -2
-2 -2 -2
18(0) / X-FEG
3 / NMAT
ANS1A010 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 1 : FUEL
ANS1A020 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 2 : SL6-304L
ANS1A030 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 3 : AIR
    
```

END\_DATA



表B-5 SRAC-CIATIONの入力データ例<水反射炉心(Run No.105、ウラン濃度約465g/l)>

```

ANSI
STCY(280T)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l wt-ref 16G
00010 000 00 0-2101 31000 / SRAC CONTROL
0.00345838 / CRITICAL BUCKLING (no use)
/dg02/ufs02/j047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pfast Old File
/dg02/ufs02/j047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/ptml 0 F
/dg02/ufs02/j047/SRAC08/SRACL1B-JL32/pds/pncrs 0 F
$FDS_DIR/FAST Scratch Core
$FDS_DIR/UTHERMML S C
$FDS_DIR/UMFCROSS S C
$FDS_DIR/MACROCRK S C
$FDS_DIR/MACRO S C
$FDS_DIR/PLK S C
$FDS_DIR/MICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NEFF NERT (JAERI-1302 18F)
70(1) / NEFF (THERMML CUT ENERGY = 0.6825 E)
37(1) / NEFF
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 /
4 6 6 6 6 9 /

15%
101 81 10 3 341 107 0000 0 0 0 0 0
000 35 0 00 0 100 0 00001 0

16*
1.00 0.00 0.0001 1.420892 69.00 40.09 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0002 0.05
0.0001 0.75

COI
4*
0.0 5*2.00 4*1.00 5*0.50 10*1.0 10*2.0

8%
9(1) 5(2) 20(3)

9%
1 2 3

19%
3(1)

2%
1 2 3

COI
3 / MAT
FUILOI1X 0 5 298.15 0.67 1.0 / MAT 1 : FUEL 464.2(g/l)
XND1001 0 0 5.55830E-02
XND4001 0 0 2.86470E-03
XDO8001 0 0 3.84810E-02
XUOS001 2 0 1.18680E-04
XUOS001 2 0 1.05720E-03
SUIQO2X 0 8 298.15 0.1 0.0 / MAT 2 : SUS-304L(side)
XO2000A 0 0 7.15670E-05
XSINO01 0 0 7.14150E-04
XWNS001 0 0 9.90860E-04
XFO1001 0 0 5.08790E-05
XSON001 0 0 1.04240E-05
XNINO01 0 0 8.58000E-03
XORN001 0 0 1.67250E-02
XFENO0A 0 0 5.95600E-02
WATRO4X 0 2 298.15 0.1 0.0 / MAT 4 : H2O
XND1001 0 0 6.66680E-02
XDO8001 0 0 3.33290E-02

```

```

CORE
STCY(280T)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l wt-ref 16G
00010 000 01 0 5001 31000 / SRAC CONTROL
1.E-15
3 0 -1/
11/
CITN
STCY(280T)Hs=40.09cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l wt-ref 16G
COI
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
COI
1.5
COI
0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0
2.0E-5 1.0E-5
Q
COI
13 29.5 5 5.000 2 2.50 5 5.0 10 25.00 0
6 9.0 5 5.000 2 2.50 5 5.0 10 25.00 0
8 20.0 5 5.000 2 2.00 5 5.0 19 35.09 0
COI
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
3 3 3 3 3
COI
-16 7 6
999
1 2 3
3 / MAT
ANSIAD10 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 1 : FUEL
ANSIAC20 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 2 : SUS-304L
ANSIAC30 0 0 298.15 0.0 1.0 / MAT 4 : WATER

```

END DATA

表B-6 SRAC-CITATIONの入力データ例<裸体系炉心(Run No.104、ウラン濃度約465gU/l)>

```

ANSI
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l no-ref 16G
00010 000 00 0-2101 31000 / SRAC CONTROL
0.00345838 / CRITICAL BURNLING (no use)
/dg02/ufs02/j9047/SRAC08/SRAQLIB-JL32/pds/pfast Old File
/dg02/ufs02/j9047/SRAC08/SRAQLIB-JL32/pds/pdtml 0 F
/dg02/ufs02/j9047/SRAC08/SRAQLIB-JL32/pds/pmcrs 0 F
$FDS_DIR/FAST Scratch Core
$FDS_DIR/UTHERMML S C
$FDS_DIR/UMCROSS S C
$FDS_DIR/MACROWRK S C
$FDS_DIR/MACRO S C
$FDS_DIR/FLJK S C
$FDS_DIR/MICREF S C
70 37 10 6 / NEF NET NERF NERT (JAERI-1302 18P)
70(1) / NEF (THERMML CUT ENERGY = 0.6825 eV)
37(1) / NERT
5 5 5 5 8 8 9 8 9 8 /
4 6 6 6 6 9 /

15%
101 81 10 2 141 107 0000 0 0 0 0 0
000 35 0 00 0 100 0 00001 0

16*
1.00 0.00 0.0001 1.42082 69.00 44.92 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0002 0.05
0.0001 0.75

00T
4*
0.0 5*2.00 4*1.00 5*0.50

8%
9(1) 5(2)

9%
1 2

19%
2(1)

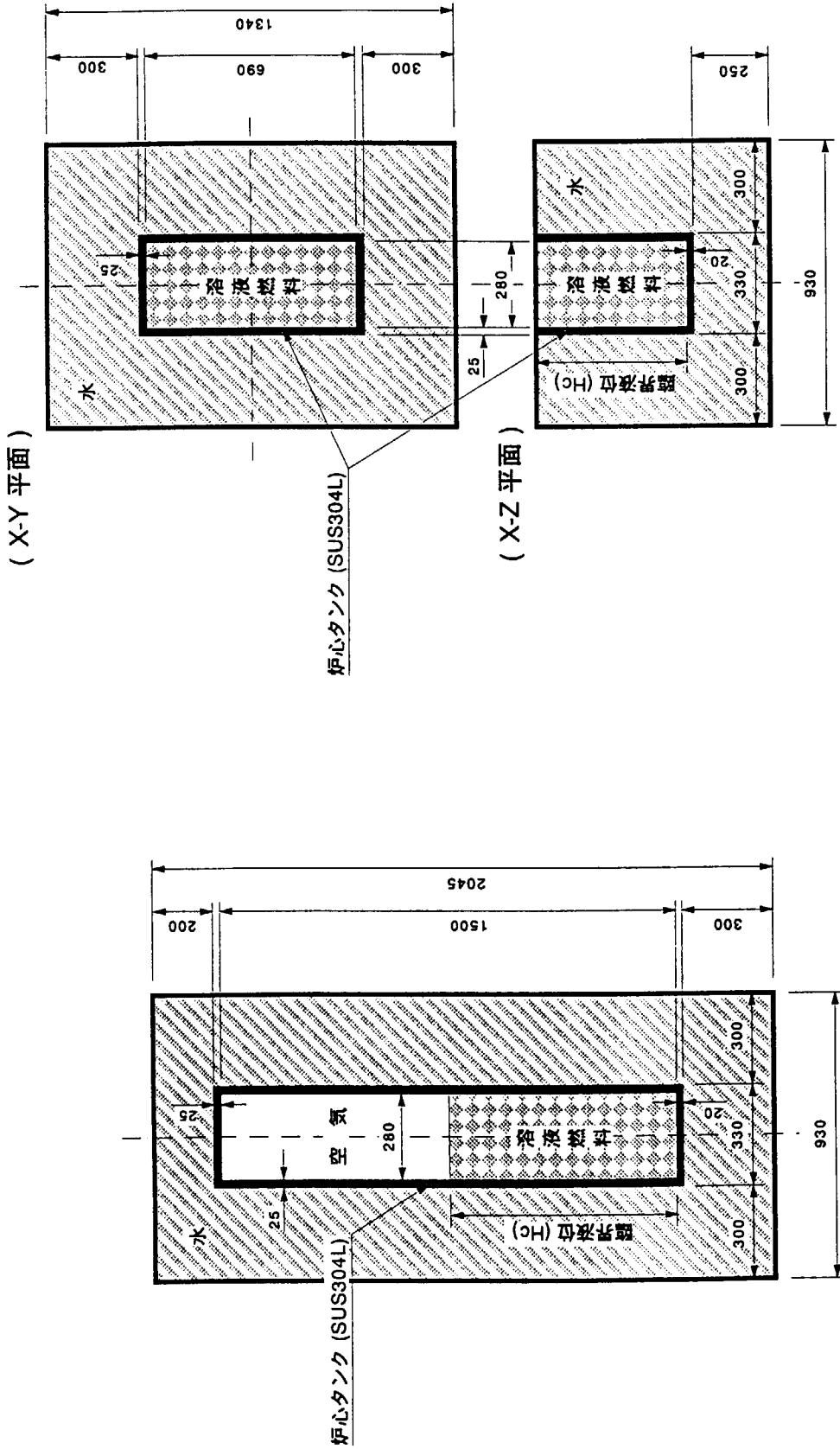
27%
1 2

00T
2 / NMAT
FUELX01X 0 5 298.15 0.67 1.0 / MAT 1 : FUEL 464.2(gU/l)
XHD1H001 0 0 5.55830E-02
XND40001 0 0 2.86470E-03
XCD80001 0 0 3.84810E-02
XUD50001 2 0 1.18580E-04
XUD80001 2 0 1.05720E-03
SUHQ02X 0 8 298.15 0.1 0.0 / MAT 2 : SUS-304L(side)
XCD2000A 0 0 7.15670E-05
XSIN0001 0 0 7.14150E-04
XWNS0001 0 0 9.90850E-04
XFD10001 0 0 5.08750E-05
XSON0001 0 0 1.04240E-05
XNIN0001 0 0 8.55000E-03
XORN0001 0 0 1.67230E-02
XFEND00A 0 0 5.95600E-02
    
```

```

CODE
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l no-ref 16G
00010 000 01 0 5001 31000 / SRAC CONTROL
1.E-15
2 0 -1/
1 1/
CITN
STCY(280T)Hs=44.92cm 9.97wt% 464.2g/l 0.85mol/l no-ref 16G
001
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
500
1.5
003
0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0
2.0E-5 1.0E-5
0
004
13 29.5 5 5.000 2 2.50 0
6 9.0 5 5.000 2 2.50 0
2 2.00 5 5.0 22 38.92 0
005
2 2 2
2 2 2
2 2 2
1 1 2
1 1 2
2 2 2
1 1 2
1 1 2
2 2 2
008
-16 7 6
999
1 2
2 / NMAT
ANSIAC10 0 0 300.0 0.0 1.0 / MAT 1 : FUEL
ANSIAC20 0 0 300.0 0.0 1.0 / MAT 2 : SUS-304L
    
```

END\_DATA



(a) SRAC-TWOTRAN (二次元)

(b) SRAC-CITATION (三次元)

( 単位 : mm )

## 図B 水反射炉心の計算体系

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10<sup>-19</sup> J  
1 u = 1.66054 × 10<sup>-27</sup> kg

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 <sup>18</sup>	エクサ	E
10 <sup>15</sup>	ペタ	P
10 <sup>12</sup>	テラ	T
10 <sup>9</sup>	ギガ	G
10 <sup>6</sup>	メガ	M
10 <sup>3</sup>	キロ	k
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h
10 <sup>1</sup>	デカ	da
10 <sup>-1</sup>	デシ	d
10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>-18</sup>	アト	a

表3 固有の名称をもつ SI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m·kg/s <sup>2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>
放射能	ベクレル	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10<sup>-10</sup> m  
1 b = 100 fm<sup>2</sup> = 10<sup>-28</sup> m<sup>2</sup>  
1 bar = 0.1 MPa = 10<sup>5</sup> Pa  
1 Gal = 1 cm/s<sup>2</sup> = 10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>  
1 Ci = 3.7 × 10<sup>10</sup> Bq  
1 R = 2.58 × 10<sup>-4</sup> C/kg  
1 rad = 1 cGy = 10<sup>-2</sup> Gy  
1 rem = 1 cSv = 10<sup>-2</sup> Sv

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局 1985年刊行による。ただし、1 eV および 1 uの値は CODATA の1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barn および「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

## 換算表

力	N (=10 <sup>5</sup> dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s (N·s/m<sup>2</sup>) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))

動粘度 1 m<sup>2</sup>/s = 10<sup>4</sup> St (ストークス) (cm<sup>2</sup>/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmHg (Torr)	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 <sup>3</sup>	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 <sup>-4</sup>	1.35951 × 10 <sup>-3</sup>	1.31579 × 10 <sup>-3</sup>	1	1.93368 × 10 <sup>-2</sup>
	6.89476 × 10 <sup>-3</sup>	7.03070 × 10 <sup>-2</sup>	6.80460 × 10 <sup>-2</sup>	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 <sup>7</sup> erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 <sup>-7</sup>	0.238889	9.47813 × 10 <sup>-4</sup>	0.737562	6.24150 × 10 <sup>18</sup>
	9.80665	1	2.72407 × 10 <sup>-6</sup>	2.34270	9.29487 × 10 <sup>-3</sup>	7.23301	6.12082 × 10 <sup>19</sup>
	3.6 × 10 <sup>6</sup>	3.67098 × 10 <sup>5</sup>	1	8.59999 × 10 <sup>5</sup>	3412.13	2.65522 × 10 <sup>6</sup>	2.24694 × 10 <sup>25</sup>
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 <sup>-6</sup>	1	3.96759 × 10 <sup>-3</sup>	3.08747	2.61272 × 10 <sup>19</sup>
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 <sup>-4</sup>	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 <sup>21</sup>
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 <sup>-7</sup>	0.323890	1.28506 × 10 <sup>-3</sup>	1	8.46233 × 10 <sup>18</sup>
	1.60218 × 10 <sup>-19</sup>	1.63377 × 10 <sup>-20</sup>	4.45050 × 10 <sup>-26</sup>	3.82743 × 10 <sup>-20</sup>	1.51857 × 10 <sup>-22</sup>	1.18171 × 10 <sup>-19</sup>	1

1 cal = 4.18605 J (計量法)  
= 4.184 J (熱化学)  
= 4.1855 J (15 °C)  
= 4.1868 J (国際蒸気表)  
仕事率 1 PS (仏馬力)  
= 75 kgf·m/s  
= 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 <sup>-11</sup>
	3.7 × 10 <sup>10</sup>	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 <sup>-4</sup>	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

10%濃縮硝酸ウラニル水溶液の平板形状基本炉心の臨界特性