



平成12年度におけるSTACYの運転記録
—2基の平板型炉心タンクと10%濃縮
硝酸ウラニル水溶液を用いた中性子
相互干渉体系の実験(その2)—
(受託研究)

2001年9月

小野寺 清二・広瀬 秀幸・井澤 一彦・谷野 秀一
神永 城太・櫻庭 耕一・宮内 正勝・外池 幸太郎
三好 慶典・柳澤 宏司・大野 秋男

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。
入手の問合せは、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）で複写による実費領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, 2001

編集兼発行 日本原子力研究所

平成12年度における STACY の運転記録
—2基の平板型炉心タンクと10%濃縮硝酸ウラニル水溶液を用いた
中性子相互干渉体系の実験(その2)—
(受託研究)

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター安全試験部

小野寺 清二・広瀬 秀幸・井澤 一彦・谷野 秀一
神永 城太・櫻庭 耕一・宮内 正勝・外池 幸太郎⁺
三好 慶典⁺・柳澤 宏司・大野 秋男

(2001年7月6日受理)

NUCEF(燃料サイクル安全工学研究施設)の STACY(定常臨界実験装置)では、平成 11 年度に引き続き、中性子相互干渉体系の臨界実験を行った。この実験では、2 基の平板型炉心タンクと 10% 濃縮硝酸ウラニル水溶液を用いた。炉心タンクの寸法は、厚さ 35cm、幅 70cm、高さ 150cm である。平成 12 年度には、2 基の炉心タンクの間に設置したコンクリート、ポリエチレンの中性子隔離材やハフニウム、カドミウムの中性子吸収材による反応度効果を測定した。

本報告書は、平成 12 年度に実施した計 57 回の実験に関する運転管理及び燃料管理データをまとめたものである。

本報告書は、電源開発促進対策特別会計法施行令に基づく文部科学省の委託によってなされた成果の一部である。

東海研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

+ 燃料サイクル安全工学部

Annual Report of STACY Operation in FY. 2000

- Experiments on Neutron-interacting Systems with Two Slab-shaped Core Tanks and 10% Enriched Uranyl Nitrate Solution (2) -
(Contract Research)

Seiji ONODERA, Hideyuki HIROSE, Kazuhiko IZAWA
Syuichi TANINO, Jyōta KAMINAGA, Koichi SAKURABA,
Masakatsu MIYAUCHI, Kotaro TONOIKE[†], Yoshinori MIYOSHI[†]
Hiroshi YANAGISAWA and Akio OHNO

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

(Received July 6, 2001)

Criticality experiments on neutron-interacting systems have been performed since FY.1999 at STACY (Static Experiment Critical Facility) in NUCEF (Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility). In the experiments two slab-shaped core tanks and 10 % enriched uranyl nitrate solution were used. The dimension of the core tanks is 35 cm in thickness, 70 cm in width and 150 cm in height. In FY.2000, the reactivity effect of neutron-isolating materials, such as polyethylene and concrete, and neutron absorbers made of hafnium and cadmium, which were placed between those two core tanks, was determined by the experiments.

This report summarizes the data on the operation and the fuel management for the 57 experiments conducted in FY.2000.

Keywords: Criticality Experiment, STACY, Two Unit Neutron-interacting System, 10% enriched Uranyl Nitrate Solution, Slab-shaped Core Tanks, Polyethylene, Concrete, Hafnium, Cadmium Fuel Management Data, Operation Data

This work was carried out under the auspices of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

[†] Department of Fuel Cycle Safety Research

目 次

1. はじめに	1
2. 炉心構成	2
2.1 炉心タンク	3
2.2 中性子隔離材	5
2.3 中性子吸収材	6
2.4 核計装検出器の配置	9
3. 燃料管理データ	12
3.1 燃料貯蔵量	12
3.2 燃料組成	14
4. 運転管理データ	18
4.1 燃料給液時の反応度添加に関する制限値	18
4.2 反応度添加に関する運転データ	20
4.3 燃料条件と臨界量に関する運転データ	23
4.4 炉出力に関する運転データ	26
5. まとめ	28
謝辞	28
参考文献	29
Appendix 1 反応度添加に関する評価式について	30
Appendix 2 燃料組成の分析結果の評価について	34
Appendix 3 溶液燃料の経時変化を考慮した臨界液位の推定について	38
Appendix 4 運転手順(R0269～R0325)	41

Contents

1. Introduction	1
2. Core Configuration	2
2.1 Core Tanks	3
2.2 Neutron-isolation Material	5
2.3 Neutron Absorber	6
2.4 Arrangement of Neutron Detectors	9
3. Fuel Management Data	12
3.1 Inventory Fuel	12
3.2 Fuel Composition	14
4. Operation Data	18
4.1 Limit for Reactivity Addition by Feeding of Fuel	18
4.2 Data on Reactivity Addition	20
4.3 Data on Fuel Conditions and Criticality	23
4.4 Data on Reactor Power	26
5. Summary	28
Acknowledgment	28
References	29
Appendix 1 Formulas for Evaluation of Reactivity Addition	30
Appendix 2 Evaluation of Fuel Compositions Based on Chemical Analyses	34
Appendix 3 Estimation of Critical Solution Level with Consideration of Changes in Solution Composition	38
Appendix 4 Operational Steps (R0269 to R0325)	41

1. はじめに

日本原子力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)は、ウランまたはプルトニウムを含む溶液状燃料の臨界特性に関する基礎データを測定するための臨界集合体である。STACY では、平成 10 年度までに単一炉心体系^{1)~4)}での実験を終了し、平成 11 年度から 350T 平板型炉心タンク(厚さ約 35cm、幅約 70cm、高さ約 150cm のステンレス鋼製の炉心タンク)2 基を用いた中性子相互干渉炉心での新たな一連の臨界実験を開始した⁵⁾。

平成 12 年度は、平成 11 年度に引き続き、350T 相互干渉炉心での特性を調べるため、燃料に約 10% 濃縮硝酸ウラニル水溶液を用い、運転番号 R0269 から R0325 までの計 57 回の運転を行った。そのうち、R0269～R0287(平成 12 年 4 月 5 日～平成 12 年 6 月 2 日)の 19 ランは、炉心タンク 2 基の間隔の違いによる中性子相互干渉効果を明らかにするための臨界実験である。一方、R0288 以降(平成 12 年 6 月 2 日から平成 12 年 12 月 1 日)の 38 ランは、2 基の炉心タンクの間に、中性子吸收材(ハフニウム)や中性子隔離材(ポリエチレン、コンクリート)、さらに中性子隔離材(ポリエチレン)と中性子吸收体(カドミウム)を組合せて配置し、その厚さの違いや組み合せによる中性子相互干渉効果を明らかにするための臨界実験である。

臨界実験では、主として、中性子吸收材や隔離材の種類や厚さの違いによる臨界液位、反応度添加量等の測定を行った。

本報告書は、平成 12 年度に実施した R0269 から R0325 までの、350T 相互干渉炉心での運転管理およびその間の燃料管理に関する記録をまとめたものである。第 2 章では炉心構成機器について、第 3 章では燃料管理データについて、第 4 章では運転管理データについて述べる。なお、実験解析については、別途報告する予定である。

2. 炉心構成

STACY の 350T 相互干渉炉心構成の概要図を図 2.1 に示す。相互干渉炉心は、厚さ約 35cm、幅約 70cm、高さ約 150cm の 350T 平板型炉心タンク 2 基に、硝酸ウラニル水溶液燃料を給液して構成する。炉心タンクは、炉心水槽内に設置し、1 基は固定され、もう 1 基は移動することができる。実験に応じ、2 基の炉心タンクの間隔を最小 0cm(密着)から最大で 150cm の範囲で変更することができる構造となっている。また、350T 平板型炉心の概要を表 2.1 に示す。2 基の炉心タンクの間に、ポリエチレン、コンクリートの中性子隔離材や中性子吸収材(ハフニウム、カドミニウム)を配置し、炉心条件を変化させることができる。以降、炉心タンクの構造、中性子隔離材、吸収材の構造および核計装検出器の配置について記す。なお、機器の詳細については、参考文献 1), 6) を参照されたい。

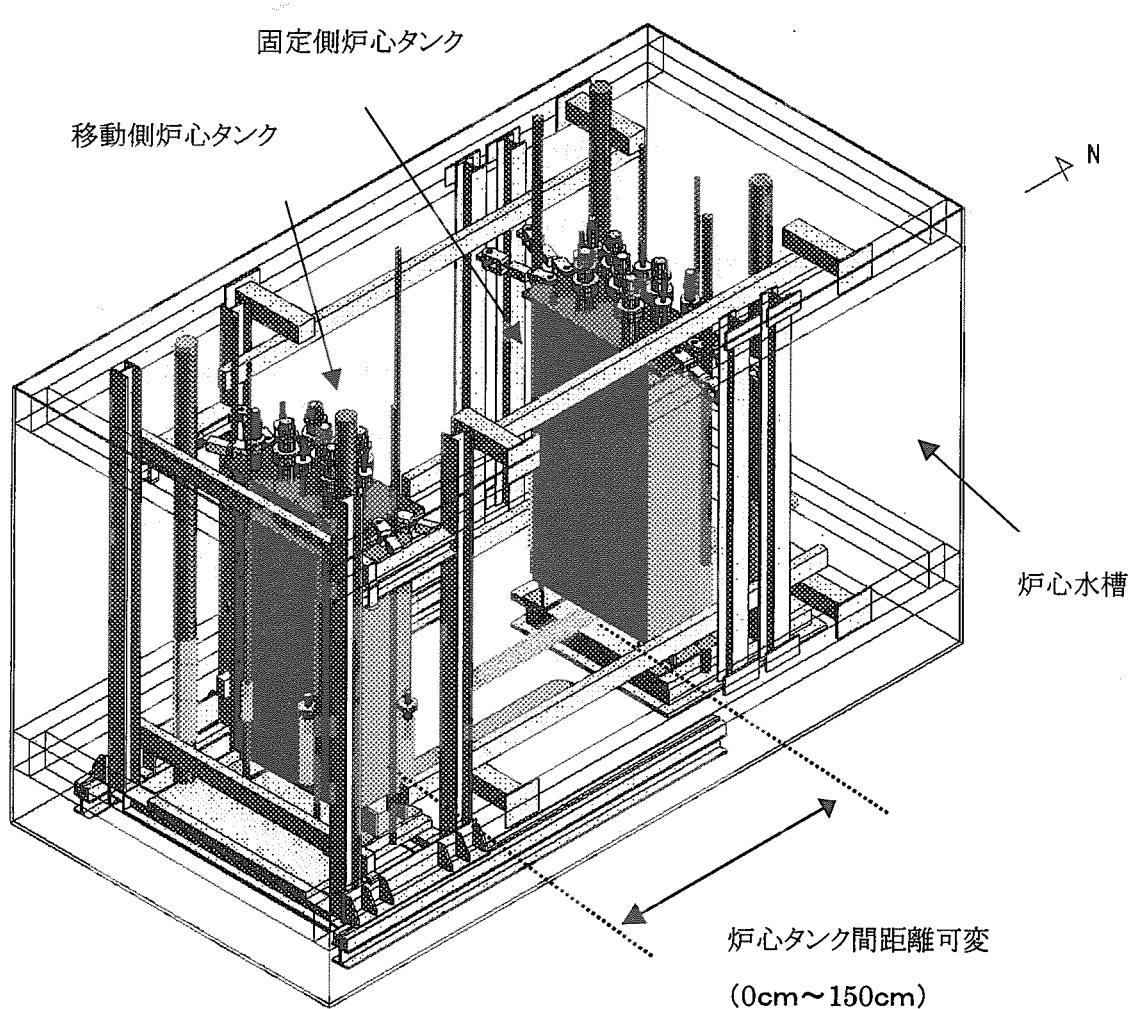


図 2.1 STACY の 350T 相互干渉炉心構成の概要

表 2.1 350T 相互干渉炉心の概要

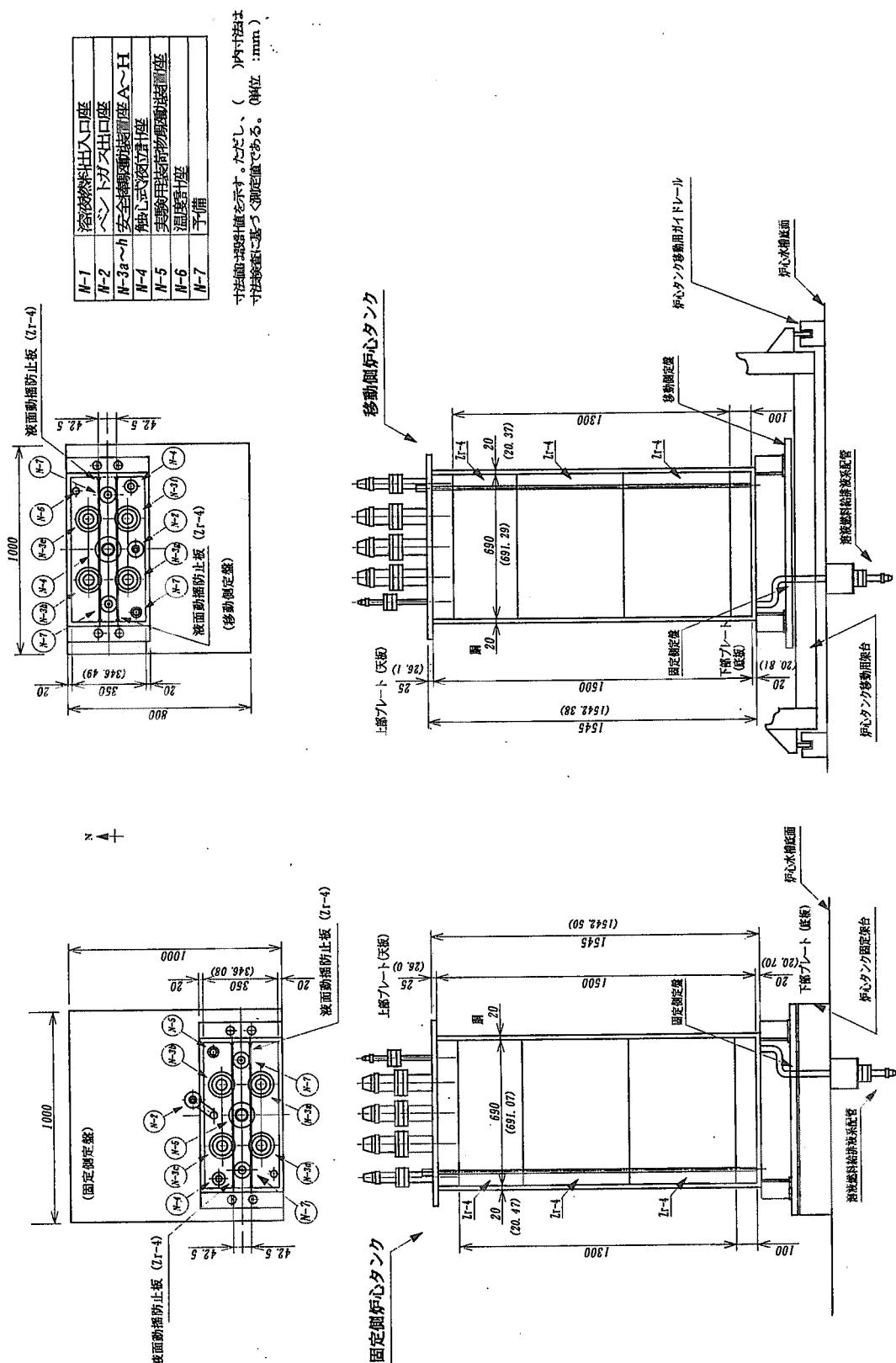
炉心タンク	350T平板型炉心タンク×2基 主要材料 (胴) SUS304L (天板、底板) SUSF304L
燃料	硝酸ウラニル水溶液(²³⁵ U濃縮度 10wt%) ウラン濃度範囲 190gU/l～330gU/l
熱的制限値	40 °C
最大熱出力	200 W
実験用装荷物	中性子検出器、温度検出器
中性子隔離体	コンクリート、ポリエチレン
中性子吸収体	カドミウム、ハフニウム

2.1 炉心タンク

相互干渉炉心用 350T 平板型炉心タンクの構造を図 2.2 に示す。350T 平板型炉心タンクは、固定側炉心タンクと移動側炉心タンクの 2 基から成り、胴の厚さ約 2cm、天板の厚さ約 2.5cm、底板の厚さ約 2cm のステンレス鋼材でそれぞれ囲まれた内寸法約 69cm×35cm、高さ約 150cm の直方体形状である。固定側、移動側の両炉心タンク内には、液面動搖防止板(材質ジルカロイ 4)が 2 列に配置され、液面動搖により炉心に正の反応度が添加されることを防いでいる。なお、350T 平板型炉心タンクの主要材料は、胴が SUS304、天板、底板各々が SUSF304L である。

2 基の炉心タンク上部には機器および配管接続用の座(カプラ継手)が設けられている。両炉心タンク上部には安全棒駆動装置 4 基、触針式液位計 1 基をそれぞれ設置し、さらに、固定側炉心タンクには溶液燃料中の軸方向温度分布や軸方向中性子束分布を測定するための実験用装荷物駆動装置 2 基を設置している。

また、溶液燃料は炉心タンク下部の燃料給排液系配管に接続(カプラ継手による)された 2 分岐配管を介し、2 基の炉心タンクへ同時に給液または排液される。なお、移動側炉心タンクに接続される側の 2 分岐配管は、炉心タンクの移動に追従するように、カプラ継ぎ手により自在に回転する構造になっている。



2.2 中性子隔離材

350T 相互干渉炉心では、中性子隔離材としてコンクリート隔離材およびポリエチレン隔離材を用いた。コンクリート隔離材の仕様を表2.2に示す。コンクリート隔離材は、厚さ約25mm、約50mm、約75mm、約100mmおよび約150mmの5種類を用意した。それぞれC25、C50、C75、C100およびC150という名称を付けている。

表2.2 コンクリート隔離材の仕様

名 称	C25		C50		C75		C100		C150		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
コンクリート	厚さ (mm)	25.3	25.2	50.4	49.9	75.5	75.6	100.6	100.8	150.3	149.6
	高さ (mm)	1504.9	1505.8	1503.7	1505.7	1504.9	1504.8	1506.5	1503.9	1506.9	1506.3
	幅 (mm)	714.1	715.0	714.2	714.1	714.0	714.0	714.6	714.4	713.7	713.3
容器	上板厚さ(mm) (材質SUS304)	30.3	30.1	29.8	30.3	30.0	30.0	29.8	29.9	30.4	30.4
	底板厚さ(mm) (材質SUS304)	30.2	30.2	29.8	29.9	30.0	30.2	30.0	29.8	30.5	30.4
	枠板厚さ(mm) (材質SUS304)	30.2	30.3	30.1	30.1	30.1	30.1	29.9	29.9	30.2	30.1
	胴板厚さ(mm) (材質Al100P-H14)	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
	脚長さ (mm)	129.0	314.0	129.5	314.0	129.5	313.5	129.0	313.5	129.0	314.5

注: 値は寸法検査に基づく測定値を示す。(単位:mm)

■: 実験で使用していないものを示す。

また、ポリエチレン隔離材の仕様を表2.3に示す。ポリエチレン隔離材は、厚さ約10mm、約25mm、約50mm、約100mmおよび約150mmの5種類を用意した。同様に、それぞれP10、P25、P50、P100およびP150という名称を付けている。

表2.3 ポリエチレン隔離材の仕様

名 称	P10		P25		P50		P100		P150		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
ポリエチレン	厚さ (mm)	10.3	10.3	25.3	25.4	50.5	50.2	100.7	100.4	150.9	150.8
	高さ (mm)	1499.9	1500.0	1500.1	1499.9	1499.6	1500.3	1499.5	1499.4	1500.3	1499.1
	幅 (mm)	709.9	709.7	709.8	709.8	709.5	710.1	709.6	710.0	710.3	710.0
容器	上板厚さ(mm) (材質SUS304)	29.9	29.9	30.0	30.0	29.8	30.3	30.1	30.1	30.4	30.4
	底板厚さ(mm) (材質SUS304)	29.9	30.0	30.0	30.0	30.4	30.3	30.0	30.0	30.4	30.4
	枠板厚さ(mm) (材質SUS304)	29.9	29.8	30.0	30.0	29.7	29.8	30.0	30.0	30.2	30.2
	胴板厚さ(mm) (材質Al100P-H14)	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
	脚長さ (mm)	130.0	315.0	129.0	315.0	130.0	315.0	129.0	315.0	129.0	314.0

注: 値は寸法検査に基づく測定値を示す。(単位:mm)

■: 実験で使用していないものを示す。

コンクリート隔離材の構造(C150B の例)を図 2.3 に示す。コンクリート隔離材は、容器(表 2.2 参照)に普通コンクリートを充填したものである。実験では、2 基の炉心タンクの間に 1 種類毎コンクリート隔離材を密着させたり、または数種類重ね合わせて使用した。なお、隔離材の取付けには、専用のサポートを炉心水槽内へ取付け固定している。

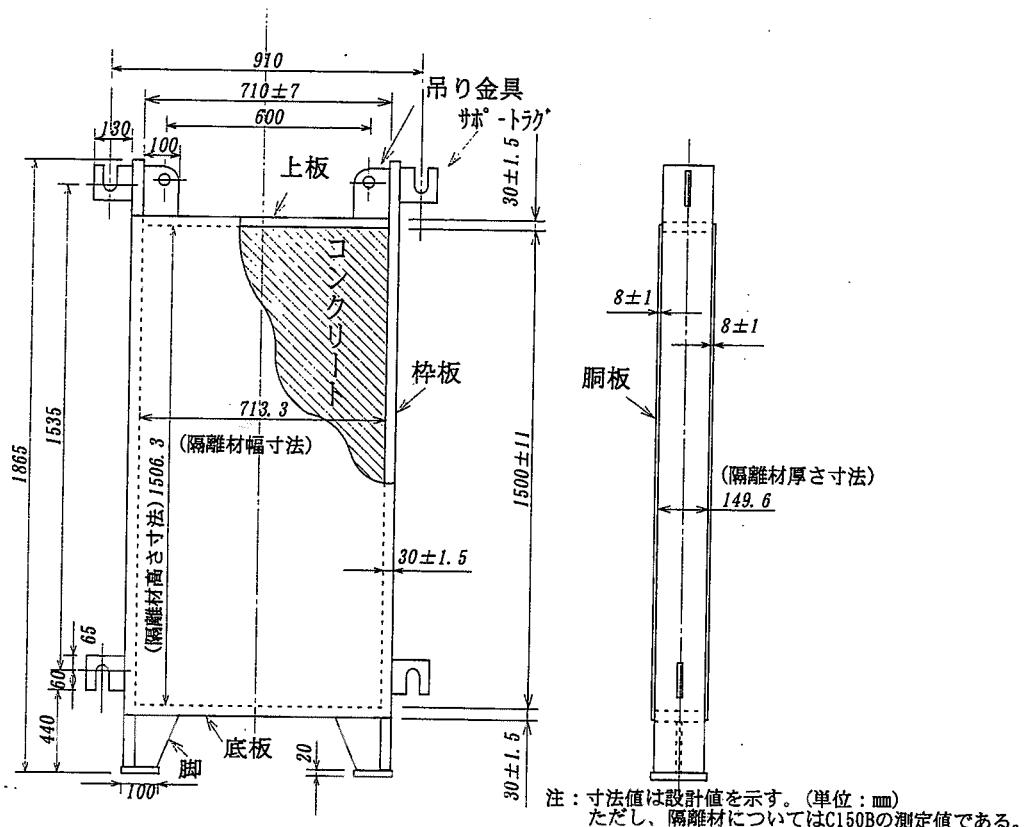


図 2.3 コンクリート隔離材の構造(C150B の例)

ポリエチレン隔離材は、コンクリート隔離材と同様な容器(表 2.3 参照)にポリエチレンが充填されたもので、厚さ方向には空隙がない。ただし、幅方向および高さ方向に若干の空隙(数mm)がある。実験では、ポリエチレン隔離材を、2 基の炉心タンクの間に 1 種類毎密着させたり、または数種類を重ね合わせたり、さらには中性子吸収材(カドミウム)と組合せたりして使用した。

2.3 中性子吸収材

実験では、中性子吸収材としてカドミウム(Cd)吸収材と、ハフニウム(Hf)吸収材の 2 種類を用いた。カドミウム(Cd)吸収材の構造を図 2.4 に示す。カドミウム吸収材は、厚さ 1mm のカドミウム板(左右対称の 2 枚)を厚さ 1mm のアルミニウム胴板でサンドイッチ状に成形(胴板とシリコン材で接着)したものである。

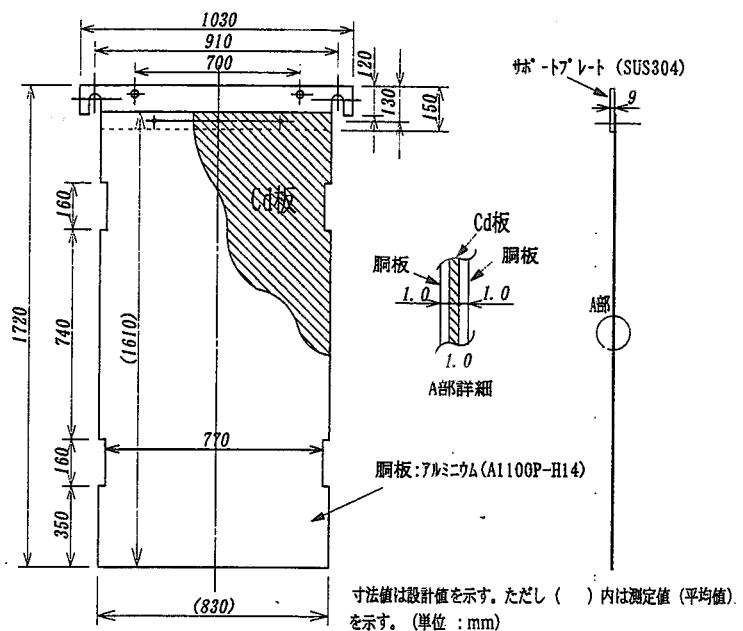


図 2.4 カドミウム(Cd)吸収材の構造

また、ハフニウム(Hf)吸収材の構造を図 2.5 に示す。ハフニウム吸収材は、厚さ 3mm のハフニウム板を上下方向に 5 枚を積み重ね、厚さ 2mm のアルミニウム胴板でサンドイッチ状に成形したものである。

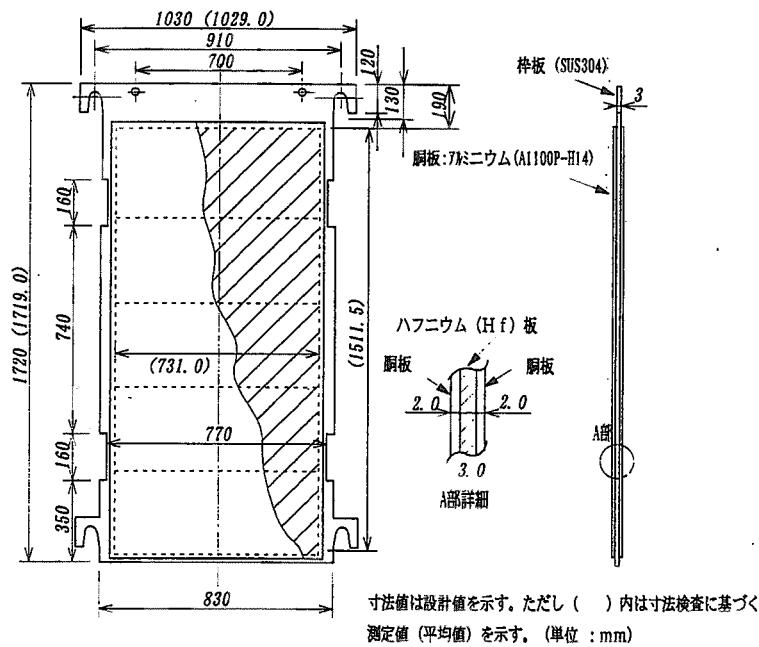


図 2.5 ハフニウム(Hf)吸収材の構造

なお、臨界実験における中性子隔離材・吸収材の組合せ実績を表 2.4 に示す。表中、中性子隔離材については、表 2.2 および表 2.3 に示す名称を使っている。

表 2.4 中性子隔離材・吸収材の組合せ実績

Run No.	日付	面間距離 基準値 ^{*1} (mm)	面間距離 測定値 ^{*2} (mm)	炉心構成 ^{*3}	中性子隔離体・吸収体の組み合わせ ^{*4}
269	2000/4/5	1500	1450.5	裸	
270	2000/4/7	1000	1000.1	裸	
271	2000/4/12	300	299.2	裸	
272	2000/4/13	300	299.2	裸	
273	2000/4/17	50	49.6	裸	
274	2000/4/19	250	24.5	裸	
275	2000/4/28	1000	999.1	裸	
276	2000/5/9	100	99.1	裸	
277	2000/5/10	100	99.1	裸	
278	2000/5/12	100	99.1	裸	
279	2000/5/16	300	299.6	裸	
280	2000/5/18	300	299.6	裸	
281	2000/5/19	300	299.6	裸	
282	2000/5/24	500	499.3	裸	
283	2000/5/25	500	499.3	裸	
284	2000/5/26	500	499.3	裸	
285	2000/5/30	0	3.9	裸	
286	2000/5/31	0	3.9	裸	
287	2000/6/2	0	3.9	裸	
288	2000/6/6	300	299.5	Hf	Hf + Gap 300 + Hf
289	2000/6/8	300	299.5	Hf	Hf + Gap 300 + Hf
290	2000/6/12	100	99.1	Hf	Hf + Gap 100 + Hf
291	2000/6/14	100	99.1	Hf	Hf + Gap 100 + Hf
292	2000/6/21	100	99.1	裸	-
293	2000/6/26	(26)	33.8	P10	P10B
294	2000/7/5	(26)	31.8	P10	P10B
295	2000/7/10	(41)	48.3	P25	P25B
296	2000/7/12	(41)	48.3	P25	P25B
297	2000/7/13	(41)	48.3	P25	P25B
298	2000/7/17	(66)	72.3	P50	P50B
299	2000/7/19	(66)	72.3	P50	P50B
300	2000/7/26	(116)	123.3	P100	P100B
301	2000/7/27	(116)	123.3	P100	P100B
302	2000/7/31	(166)	175.5	P150	P150B
303	2000/8/1	(166)	177.5	P150	P150B
304	2000/8/4	(216)	243.1	P200	P150B + P50B
305	2000/8/9	(216)	243.1	P200	P150B + P50B
306	2000/8/11	(316)	360.3	P300	P150B + P50B + P100B
307	2000/8/23	100	98.2	裸	-
308	2000/8/28	(47)	56.0	P25+Cd	Cd + P25B + Cd
309	2000/8/30	(72)	80.0	P50+Cd	Cd + P50B + Cd
310	2000/9/1	(122)	130.8	P100+Cd	Cd + P100B + Cd
311	2000/10/6	100	98.4	裸	-
312	2000/10/12	(41)	48.3	C25	C25B
313	2000/10/13	(41)	48.3	C25	C25B
314	2000/10/19	(66)	72.5	C50	C50B
315	2000/10/20	(66)	72.5	C50	C50B
316	2000/10/25	(116)	126.3	C100	C100B
317	2000/10/27	(116)	126.3	C100	C100B
318	2000/11/1	(232)	239.0	C200	C150B + C50B
319	2000/11/2	(232)	239.0	C200	C150B + C50B
320	2000/11/9	(348)	360.1	C300	C150B + C50B + C100B
321	2000/11/10	(348)	360.1	C300	C150B + C50B + C100B
322	2000/11/16	(480)	497.6	C400	C150B + C50B + C100B + C75B + C25B
323	2000/11/22	(480)	497.6	C400	C150B + C50B + C100B + C75B + C25B
324	2000/11/29	(728)	752.2	C600	C150B+C50B+C100B+C75B+C25B+C25A+C75A+C100A
325	2000/12/1	100	98.0	裸	-

*1: ()内の値は各々の中性子隔離材・吸収材の厚さ(設計値)を示す。

*2: 測定値は、炉心タンク上部、中間部、下部の両側面の6箇所測定の平均値を示す。

*3: C(コンクリート)、P(ポリエチレン)の詳細は表2.2～2.3を、Hf(ハニウム)、Cd(カドミウム)は2.3章を参照のこと。

*4: 基の炉心タンク間に配置した中性子隔離材・吸収材の配置順序を示す。

(固定側炉心タンク)

(移動側炉心タンク)

2.4 核計装検出器の配置

核計装検出器の配置概要を図 2.6 に示す。核計装検出器のうち、運転系対数出力系及び運転系線型出力系の検出器(CIC)は、2 基の炉心タンクを挟むように対角線上に各々 A、B 2 系統配置した。起動系の検出器(B-10)については、炉心構成に応じ、固定側炉心タンクの中心線上または固定側炉心タンク外側に A、B 2 系統配置した。これは、中性子隔離体および吸収体を用いた実験を行うための炉心構成(配置)上の制限から変更したものである。また、2 基の炉心タンクの間に中性子隔離体等を配置した場合、移動側炉心タンク炉出力監視用として、実験系の検出器(B-10)2 系統を追加配置した。実験系検出器の主な仕様を表 2.5 に示す。なお、安全出力系の検出器(CIC) 2 系統は、炉室の天井部に設置(固定)されている。運転時における核計装検出器位置を表 2.6 に示す。

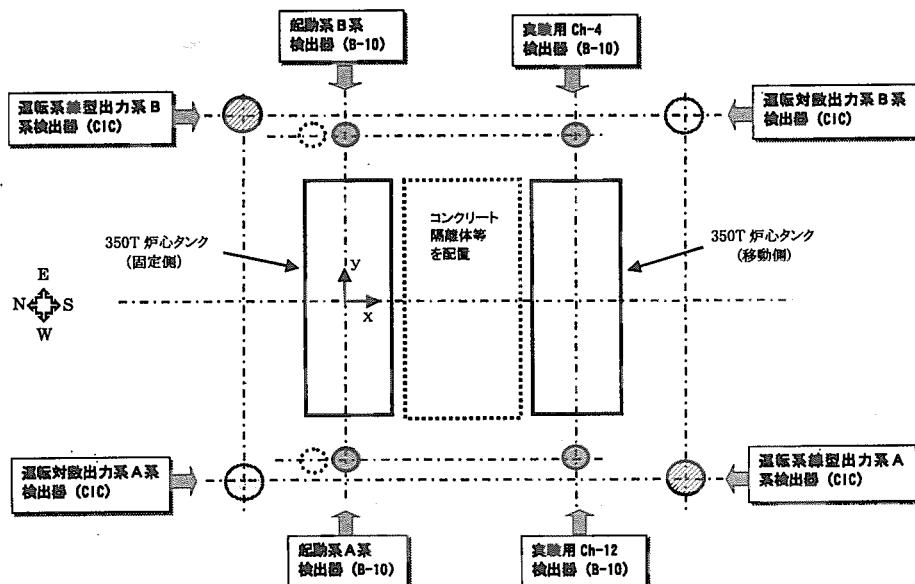


図 2.6 核計装検出器の配置概要

表 2.5 実験系検出器の主な仕様

検出器種類	チャンネル	外径寸法 (mm)	有効長 (mm)	測定範囲 (nv)	熱中性子感度 (cps/nv)
B10比例計数管 RS-P7-0812-117 (Reuter-Stokes 製)	実験系Ch-4 実験系Ch-12	φ 25.4 L 387.4	295.1	$2.5 \times 10^{-1} \sim 2.5 \times 10^4$	4

表2.6 運転時における核計装検出器位置(2/2)

運転番号	R302～R303	R304～R305	R306	R307	R308	R309	R310	R311	R312～R313	R314～R315	R316～R317	R318～R319	R320～R321	R322～R323	R324	R325
反射材等	中性子隔壁 材(P150)	中性子隔壁 材(P200)	中性子隔壁 材(P300)	裸 (面 曲100)	隔壁材 (P25)+吸 収材(C40)	隔壁材 (P100)+吸 収材(C40)	裸 (面 曲100)	隔壁材 (C25)	中性子隔壁 材(C100)	中性子隔壁 材(C50)	中性子隔壁 材(C200)	中性子隔壁 材(C300)	中性子隔壁 材(C400)	中性子隔壁 材(C600)	裸 (面 曲100)	
起動系	検出器中心×座標 ¹	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160
A系	検出器中心×座標 ¹	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555	-555
	検出器下限高さ ²	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
	減速材 ³ の有無	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10
起動系	検出器中心×座標 ¹	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160
B系	検出器中心×座標 ¹	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555
	検出器下限高さ ²	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
	減速材 ³ の有無	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10	ボリ10
運動系	検出器中心×座標 ¹	986	1052	1168	920	867	892	942	861	886	936	1052	1168	1300	1548	920
	検出器中心×座標 ¹	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530
A系	検出器下限高さ ²	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
	減速材 ³ の有無	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5
運動系	検出器中心×座標 ¹	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430
	検出器中心×座標 ¹	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
B系	検出器下限高さ ²	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
	減速材 ³ の有無	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5
運動系	検出器中心×座標 ¹	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430	-430
	対数	検出器中心×座標 ¹	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530	-530
A系	検出器下限高さ ²	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
	減速材 ³ の有無	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5
運動系	検出器中心×座標 ¹	986	1052	1168	920	867	892	942	861	886	936	1052	1168	1300	1548	920
	対数	検出器中心×座標 ¹	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
B系	検出器下限高さ ²	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
	減速材 ³ の有無	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5	ボリ5

¹ 固定測定心タンクの中心軸を原点に、南北方向を(+)、東西方向を(+)とする。単位 mm。(図2.6参照)² 柄心タンク内底面から検出器有感部下端までの高さを示す。単位 mm。³ ボリ=ボリエチレン 数字=厚さ。単位 mm。

3. 燃料管理データ

本章では、燃料管理データとして、平成 12 年度(4 月から 12 月)に実施した 350T 相互干渉炉心での運転期間中における燃料貯蔵量及び燃料組成の経時変化について述べる。

3.1 燃料貯蔵量

3.1.1 燃料の希釀

平成 12 年度は、平成 11 年度に引き続き、ダンプ槽 I B⁶⁾に貯留されているウラン濃度 約 295gU/l の硝酸ウラニル水溶液燃料を用い、350T 相互干渉炉心での実験を行った。その後、炉心構成に応じて、使用する燃料の希釀を 2 回(平成 12 年 5 月 8 日と平成 12 年 10 月 4 日)行った。希釀は、ウラン濃度 約 290gU/l を目標に行った。希釀水は、凝縮液受槽⁶⁾(槽ベント系からの回収水)と補給液調整槽⁶⁾(脱塩水)の貯留水を用いた。燃料調整一覧を表 3.1 に示す。

表 3.1 燃料調整一覧

燃料調整		実施日	対象槽	分析日	濃度 [*] (gU/l)	遊離硝酸濃度 [*] (mol/l)	密度 [*] (g/cm ³)	ウラン量 (kg)
①	希釀	H12.5.8	ダンプ槽 I B	H12.4.27	296.5	0.86	1.424	約138
				H12.5.8	290.5	0.83	1.415	
②	希釀	H12.10. 4	ダンプ槽 I B	H12.9.4	299.7	0.86	1.429	約138
				H12.10.4	290.0	0.83	1.415	

* : 値は全て分析値(上段; 調整前、下段; 調整後)を示す。

3.1.2 ダンプ槽液位の経時変化

STACY では、ダンプ槽に一時貯留されている溶液燃料の液位が、これまでと同様に、ほぼ一定の割合で減少する傾向を示した。ダンプ槽 I B の液位経時変化を図 3.1 に示す。なお、一連の実験期間中における液位変化を考慮し、平成 12 年 1 月 24 日(燃料增量・希釀)以降のデータを含めている。

ダンプ槽の液位減少傾向は、燃料サンプリングのためにダンプ槽から採取することによるほか、ダンプ槽内の燃料から発生する気体廃棄物(ガス状の FP)を追い出すために流しているベントガス(槽ベントページ空気)によって、燃料中の水分が蒸発することが要因である。このことは、気体廃棄物中の水分をベントガスコンデンサを介して回収・貯留する凝縮液受槽の液位増加からも裏付けられる^{1)~5)}。一方、ダンプ槽の液位減少量は、これまでの結果^{1)~5)}から液位が高くなるにつれバラツキがあるもののほぼ一定の増加傾向を示すことが分かっている。

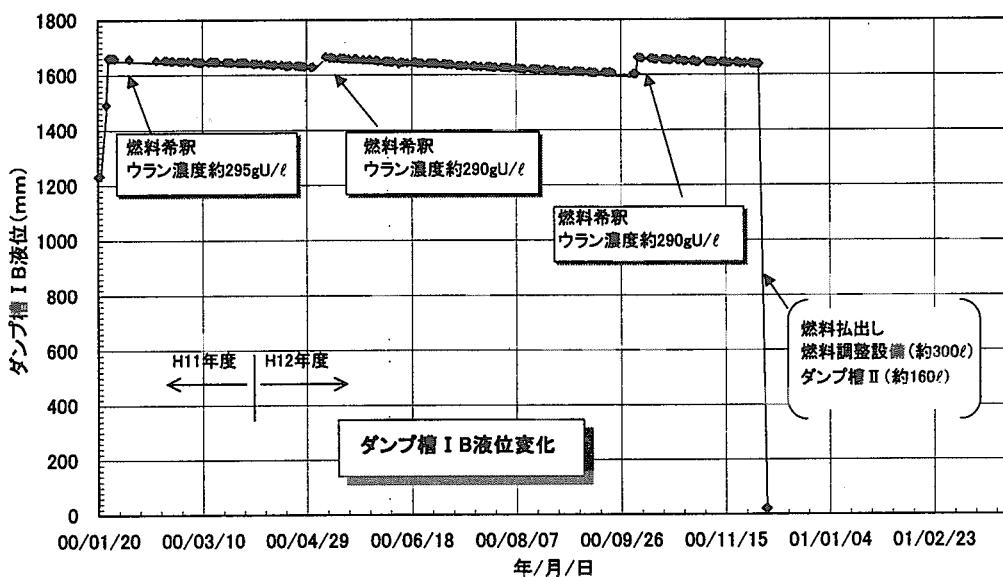


図 3.1 ダンプ槽 I Bの液位経時変化

また、図 3.1 に示されるダンプ槽 I Bの燃料液位変化を直線でフィッティングし、その傾きから液位減少を評価した。その結果を図 3.2 に示す。ただし、燃料液位データのうち、一連の実験期間中における経時変化を考慮し、平成 12 年 4 月以前のデータを含め評価している。図 3.2 から、ダンプ槽 I B の 1 日当たりの液位減少量は、約 -0.3mm/日 (約 100cm³/日)～約 -0.4mm/日 (約 130cm³/日) であった。この結果から、ダンプ槽液位 1700mm 前後においてほぼ一定の液位減少量が示された。

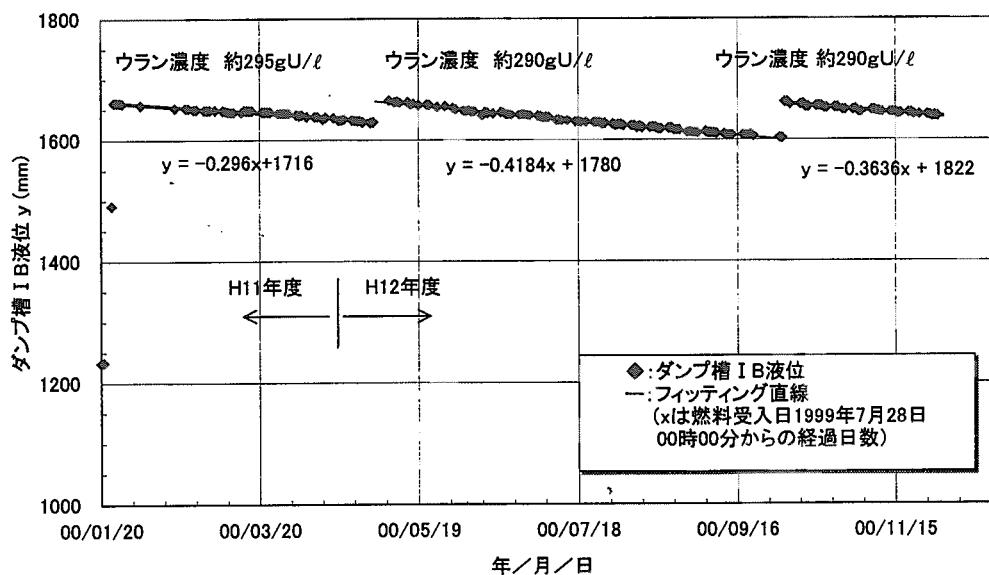


図 3.2 ダンプ槽 I Bの燃料液位減少割合(フィッティングの結果)

なお、臨界実験期間中における、凝縮液受槽(ベントガス中の水分を回収・貯留)の液位は、約 7mm/日(約 70cm³/日)で増加した。この値は例年(8~9mm/日)に比べ若干低めであるが、ベントガス流量には特異な変動も無くほぼ一定で管理されていることを確認している。

3.1.3 燃料温度の経時変化

ダンプ槽貯留中の燃料温度の変化を図 3.3 に示す。臨界実験期間中におけるダンプ槽燃料温度は、ほぼ 23~27°C であった。なお、燃料貯槽室内の温度は、換気空調設備の温度制御(冷水または蒸気使用)により温度管理されている。

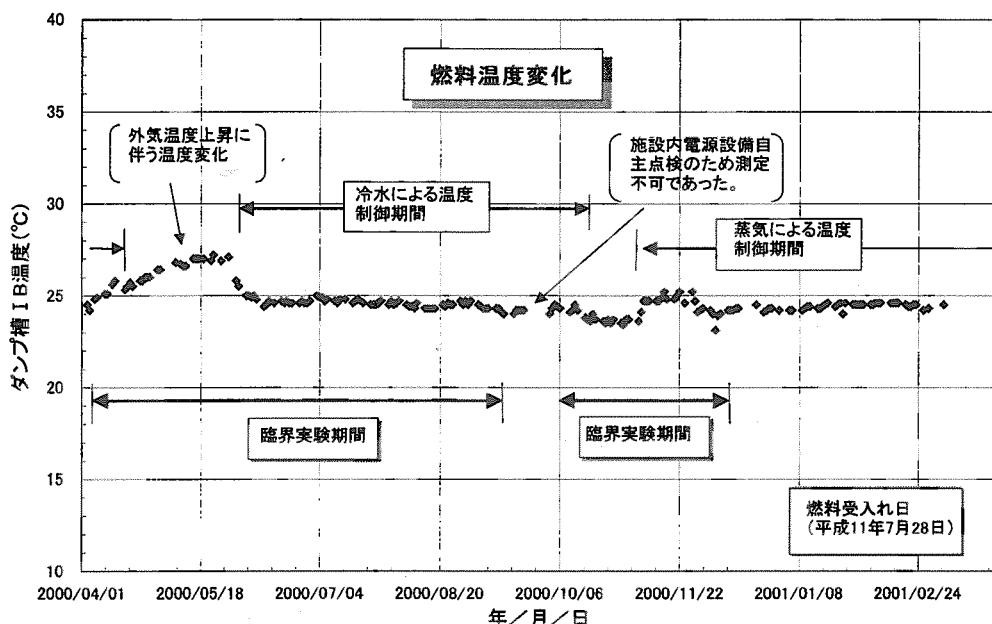


図 3.3 ダンプ槽 IB の燃料温度の変化

3. 2 燃料組成

350T 相互干渉炉心実験における燃料組成については、実験日の前または後に、ダンプ槽 IB からサンプリング装置⁹によって燃料を採取し、ウラン濃度、遊離硝酸濃度、密度、さらに必要に応じて不純物の定量分析^{8~10}を行った。ただし、全ての実験日の前または後に燃料採取は行っていない。

3.2.1 燃料組成の変化

平成 12 年度に実施した燃料分析結果一覧を表 3.2 に示す。なお、表中、資料番号 533 および 582 は、3.1.1 項に記した燃料を希釀した直後の分析結果である。

表 3.2 燃料分析結果一覧

試料番号	燃料サンプル採取日時	ウラン濃度 [gU/l]	遊離硝酸濃度 [mol/l]	密度 [g/cm ³]
526	2000/4/3 11:30	294.8 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4216
527	2000/4/10 10:30	295.2 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4222
529	2000/4/14 11:30	296.0 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4227
531	2000/4/20 11:30	296.6 ±0.5	0.85 ±0.01	1.4238
532	2000/4/27 11:30	296.5 ±0.1	0.86 ±0.01	1.4244
533	2000/5/8 11:30	290.5 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4150
536	2000/5/11 11:00	289.7 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4154
538	2000/5/15 11:00	289.7 ±0.4	0.82 ±0.01	1.4151
540	2000/5/17 11:00	291.8 ±0.4	0.81 ±0.01	1.4153
542	2000/5/22 11:00	291.6 ±0.1	0.82 ±0.01	1.4166
544	2000/5/29 11:30	292.5 ±0.1	0.82 ±0.01	1.4172
547	2000/6/1 14:00	292.7 ±0.3	0.83 ±0.01	1.4180
550	2000/6/7 11:00	293.1 ±0.2	0.84 ±0.01	1.4185
553	2000/6/13 11:00	294.1 ±0.4	0.84 ±0.01	1.4193
556	2000/6/19 11:30	293.3 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4191
559	2000/6/27 13:30	294.8 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4208
561	2000/7/4 11:30	294.8 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4214
563	2000/7/7 11:30	294.8 ±0.1	0.84 ±0.01	1.4220
565	2000/7/14 14:00	295.4 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4229
568	2000/7/18 14:00	295.9 ±0.1	0.85 ±0.01	1.4233
570	2000/7/24 11:00	296.5 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4239
572	2000/7/28 13:30	296.6 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4246
574	2000/8/3 11:00	297.0 ±0.3	0.85 ±0.01	1.4253
576	2000/8/10 13:30	297.5 ±0.1	0.80 ±0.01	1.4258
578	2000/8/21 11:30	298.1 ±0.2	0.84 ±0.01	1.4262
580	2000/9/4 15:30	299.7 ±0.3	0.86 ±0.01	1.4288
582	2000/10/4 11:00	290.0 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4151
584	2000/10/10 11:00	290.2 ±0.1	0.85 ±0.01	1.4159
585	2000/10/16 14:00	290.8 ±0.6	0.85 ±0.02	1.4166
587	2000/10/23 11:30	291.3 ±0.1	0.84 ±0.01	1.4172
588	2000/10/30 11:30	291.7 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4182
589	2000/11/6 11:30	292.1 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4189
590	2000/11/13 11:30	293.2 ±0.5	0.84 ±0.02	1.4198
591	2000/11/20 11:30	293.5 ±0.3	0.85 ±0.01	1.4205
592	2000/11/27 11:30	294.1 ±0.4	0.84 ±0.01	1.4213
593	2000/11/30 16:00	294.5 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4220

3.2.1.1 ウラン濃度、燃料密度および遊離硝酸濃度の経時変化

平成 12 年度における、ウラン濃度および燃料密度の経時変化は、平成 11 年度までの結果^{1)~5)}と同様に、溶液燃料中の水分の蒸発により時間とともに増加する傾向を示した。また、遊離硝酸濃度については、表 3.2 に示すように明らかな増加傾向は見られなかった。ウラン濃度および燃料密度の変化を図 3.4 に示す。

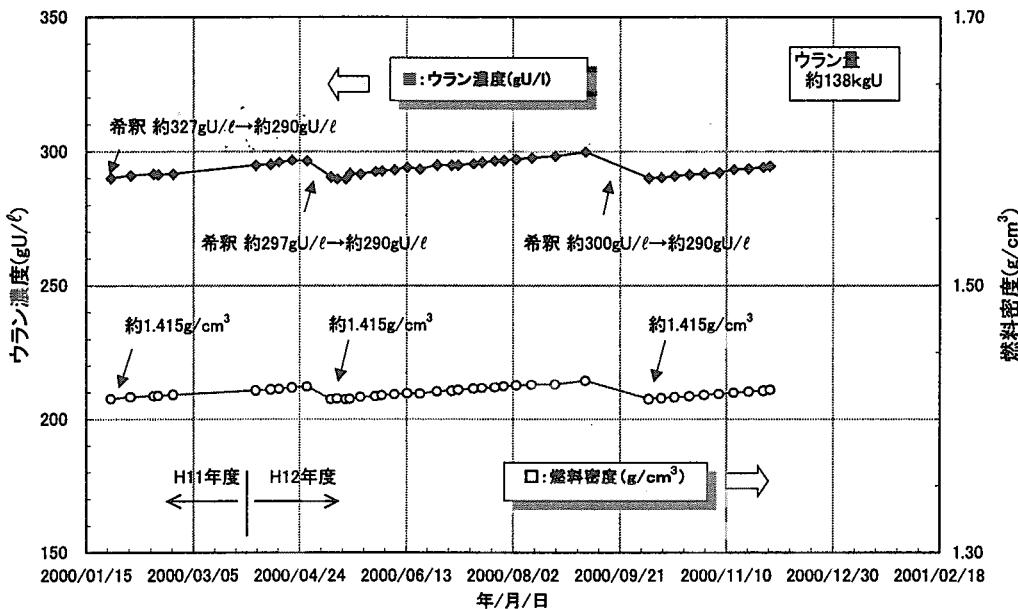


図 3.4 ウラン濃度および燃料密度の変化

ここで、ウラン濃度および燃料密度が、時間経過に対して濃くなる方向であることから、分析結果を試料採取日に対し直線でフィッティングし、その変化率を評価した(Appendix 2 参照)。ただし、一連の実験期間中における経時変化を考慮し、平成 12 年 4 月以前のデータを含め評価している。その結果を、ウラン濃度変化については図 3.5 に、燃料密度変化については図 3.6 に各々示す。

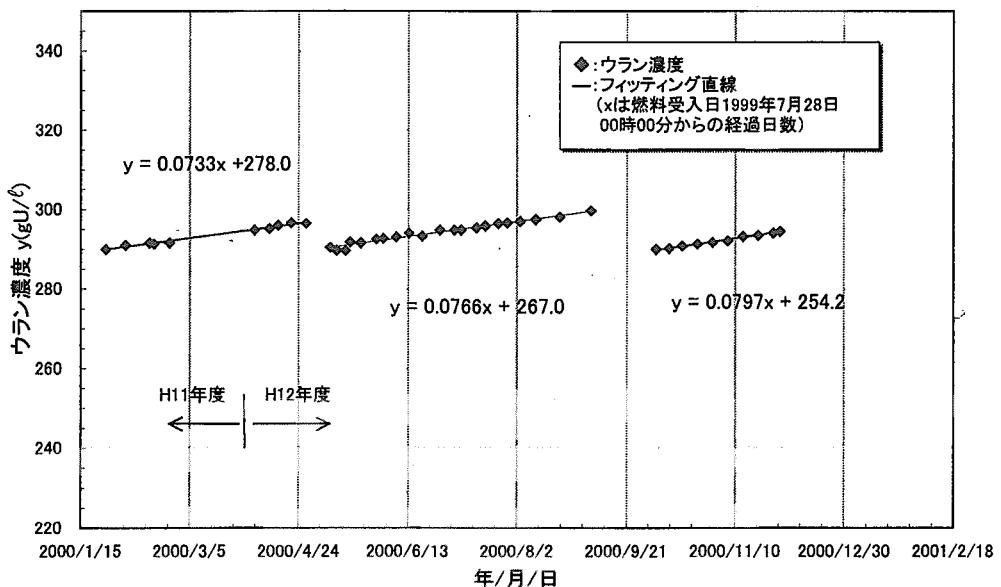


図 3.5 ウラン濃度変化(フィッティングの結果)

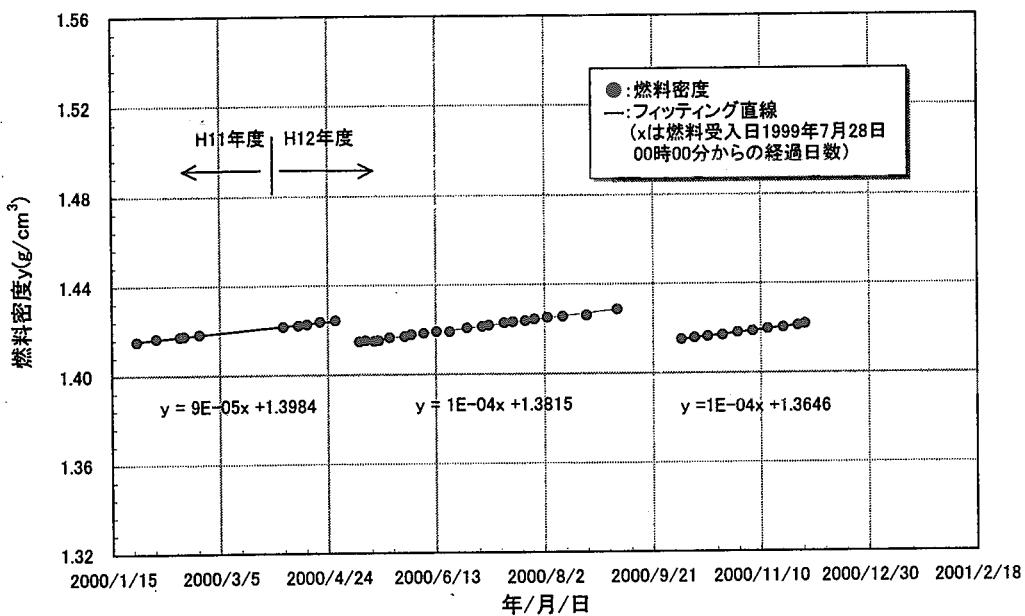


図 3.6 燃料密度変化(フィッティングの結果)

3.2.1.2 燃料中の不純物濃度の経時変化

運転期間中における燃料中の不純物濃度分析結果(ダンプ槽 I B)を表 3.3 に示す。平成 12 年度には、3 回の分析を実施している。なお、測定対象はステンレス鋼の主成分である鉄、ニッケル、クロムである。溶液燃料のダンプ槽保有量から燃料中の不純物量を求め、表 3.4 に示す。結果から、僅かながら増加しているものと思われるが、ほぼ誤差範囲内であると言える。

表 3.3 不純物濃度分析結果(ダンプ槽 I B)

燃料サンプル採取日時	不純物濃度 [μg/ml]		
	鉄	ニッケル	クロム
2000/5/8 11:30	70.0 ±3.5	11.0 ±0.6	13.0 ±0.7
2000/9/4 15:30	74.0 ±7.4	11.0 ±1.1	13.0 ±1.3
2000/10/4 11:00	78.0 ±7.8	12.0 ±1.2	14.0 ±1.4
2000/11/30 16:00	76.0 ±7.6	14.0 ±1.4	14.0 ±1.4

表 3.4 不純物量

不純物量 [g]		
鉄	ニッケル	クロム
33.4 ±1.7	5.2 ±0.3	6.2 ±0.3
34.0 ±1.7	5.1 ±0.3	6.0 ±0.3
37.1 ±1.9	5.7 ±0.3	6.7 ±0.3
35.6 ±1.8	6.5 ±0.3	6.5 ±0.3

4. 運転管理データ

本章では、平成 12 年度に実施した 350T 平板型相互干渉炉心における運転管理データとして、燃料給液時の反応度添加に関する制限値を示すとともに、反応度添加、燃料条件と臨界量、炉出力に関するデータをまとめた。

4.1 燃料給液時の反応度添加に関する制限値

燃料給液時の反応度添加に関する制限値は、炉心タンクに給液した燃料液位 1mm当たりの反応度、すなわち液位反応度 $d\rho/dH$ に基づいて定めている。液位反応度は臨界液位に応じて(4.1)式で近似できる。

$$\frac{d\rho}{dH} = \frac{a}{(H_c + b)^3} \quad (4.1)$$

ただし、

$d\rho/dH$: 液位反応度 [cent/mm]

H_c : 臨界液位 [mm]

a, b : フィッティング定数 ($a = 9.74 \times 10^8 \text{ cent} \cdot \text{mm}^2, b = 133.4 \text{ mm}$)

ここで、 a, b は平成 11 年度の 350T 相互干渉炉心実験結果(運転番号 R0244～R0274)から得られた値⁶⁾を示す。

以降、(4.1)式を用い燃料給液時の反応度添加に関する制限値として、最大添加反応度に関わる液位上昇制限液位(触針式液位計)および最大反応度添加率に関わる炉心タンクへの最大給液流量(給液ポンプ)について示す。

4.1.1 液位上昇制限液位

液位上昇制限液位(H_2)は、給液ポンプによる炉心タンクへの燃料給液の際、過剰反応度が 20cent を超えないようにするために設けられた制限値である。 (H_2) は、給液ポンプ停止後 1 秒間の液位上昇分(最大 3cent に相当)を考慮しても、過剰反応度が 20cent を超えないように、過剰反応度 17cent 相当の燃料液位に設定される。

ここで、過剰反応度 17cent を与える臨界超過液位(H_2)は、各臨界液位に対し(4.2)式^{4),6),11)}によって求めることができる。

$$H_2 = H_c + \frac{\rho}{d\rho/dH} = H_c + \frac{\rho \times (H_c + b)^3}{a} \quad (4.2)$$

ただし、

- H_2 : 液位上昇制限液位 [mm]
 $d\rho/dH$: 液位反応度 [cent/mm]
 ρ : 過剰反応度 ($\rho=17$) [cent]
 H_c : 臨界液位 [mm]
 a, b : フィッティング定数 ($a = 9.74 \times 10^8 \text{ cent} \cdot \text{mm}^2, b = 133.4 \text{ mm}$)

なお、反応度測定時や出力上昇時の燃料液位として、過剰反応度 10 セント相当の燃料液位を与える倍増時間測定液位 (H_d) は、(4.2)式において、 $\rho=10$ (cent) を代入することで求めることができる。

4.1.2 最大給液流量

最大給液流量は、燃料給液時における反応度添加率の制限値である。高速給液ポンプの最大給液流量は、炉心タンク液位上昇速度 (1mm/s 以下) によって制限される。低速給液ポンプの最大給液流量は、炉心タンク液位上昇速度 (0.5mm/s 以下) または反応度添加率 (3cent/s 以下) によって制限される給液流量のうち、小さいほうの値によって制限される。

(1) 炉心タンク液位上昇速度

350T 平板型炉心タンク 2 基の水平断面積は、

$$\begin{aligned} & (\text{炉心タンク断面積}) - (\text{温度計案内管断面積}) - (\text{液面動搖防止板断面積}) \\ & = 2 \times ((689 \times 346.3) - (\pi \times 8.65^2) - (2 \times 689 \times 6)) \\ & = 4.602 \times 10^5 [\text{mm}^2] \end{aligned}$$

である。したがって、炉心タンク液位上昇速度 1mm/s (高速給液ポンプ) および 0.5mm/s (低速給液ポンプ) に相当する給液流量は、それぞれ次のとおりである。

$$\begin{aligned} & (\text{高速給液 } 1\text{mm/s 相当の給液流量}) = 4.602 \times 10^5 [\text{mm}^2] \times 1 [\text{mm/s}] \\ & = 4.602 \times 10^5 [\text{mm}^3/\text{s}] \\ & = 27.7 [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{低速給液 } 0.5\text{mm/s 相当の給液流量}) = 4.602 \times 10^5 [\text{mm}^2] \times 0.5 [\text{mm/s}] \\ & = 2.301 \times 10^5 [\text{mm}^3/\text{s}] \\ & = 13.8 [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

(2) 最大反応度添加率相当流量

最大反応度添加率 (3cent/s) 相当を与える給液流量は次式で求めることができる。

$$\text{最大反応度添加率 } 3 \text{ cent/s 相当の給液流量} = \frac{3 \text{ [cent/s]}}{d\rho / dH \text{ [cent/mm]}} \times \text{炉心タンク断面積} [\text{mm}^2]$$

$$= 13.8 [\ell/\text{min}]$$

となる。

ただし、液位反応度(cent/mm)は、350T 相互干渉炉心における初回臨界液位を約 410mmとして、(4.1)式から求めた値(6 cent/mm)である。

この結果から、低速給液ポンプの最大給液流量の制限値としては、13.8(ℓ/min)となる。なお、低速給液ポンプ(A)の性能上の最大流量は 10 ℓ/min であり、制限値を超えることはない。ただし、2 基の炉心タンクへの給液時における液位変動を抑えるため、駆動モータのギア比目盛を調整することにより最大流量約 2.9 ℓ/min に運転管理上制限し、炉心タンクへの給液を行っている。

4.2 反応度添加に関する運転データ

350T 相互干渉炉心での反応度添加に関する運転データとして、運転毎の液位上昇速度、液位反応度、反応度添加率、最大添加反応度および最大過剰反応度等の測定結果を表 4.1 に示す。表 4.2 中、反応度添加に関する各々の制限値は、臨界近接時の過剰反応度 ρ_{ex} が 17cent 以下、反応度添加率 $d\rho/dt$ が 3cent/s 以下、最大添加反応度 0.2 \$ 以下および最大過剰反応度が 0.8 \$ 以下である。なお、反応度添加に関する評価式を Appendix 3 に示す。

また、測定された臨界液位と液位反応度の関係を図 4.1 に示す。なお、図中の曲線は、350T 相互干渉炉心での臨界実験結果から得られた反応度測定値を、(4.1)式でフィッティングして求めたもので、以下の式が得られた。ただし、350T 相互干渉炉心における一連の実験期間中の測定結果として、平成 12 年度に得られた反応度測定値と平成 11 年度に得られた反応度測定値⁶⁾を含め(運転番号 R0244 ~R0325) フィッティングを行っている。

- 350T 相互干渉炉心実験で得られたフィッティング式

$$\frac{d\rho}{dH} = \frac{9.0523E + 8}{(H_c + 119.8)^3} \quad (4.3)$$

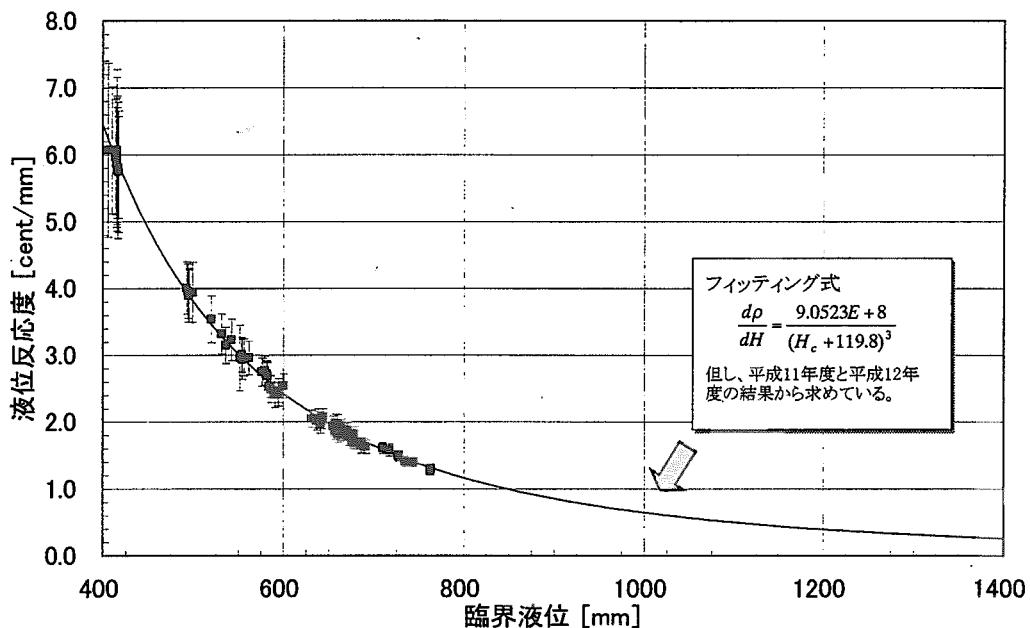


図 4.1 臨界液位と液位反応度の関係

結果から、液位反応度測定値は、中性子隔離材(ポリエチレン、コンクリート)および中性子吸収材(ハフニウム、カドミウム)の種類や有無に関わらずほぼ曲線上にあることから、液位反応度は臨界液位のみで決まるとしても運転管理上の信頼性を失わないといえる。

4.3 燃料条件と臨界量に関する運転データ

燃料条件と臨界量に関する運転データとして、各運転毎の燃料組成と臨界液位、燃料装荷量及び炉心燃料温度について、表 4.2 に示す。ただし、臨界液位は同一ランにおいて複数回測定しているが、それらの中で最初に測定したものを見ている。また、運転日の燃料組成については、燃料組成が時間とともに変化するので、その経時変化を直線により内挿補間した値である(Appendix 2 参照)。

4.3.1 中性子隔離材の厚さと臨界液位

中性子隔離材を用いた実験では、ポリエチレン隔離材の厚さ7ケース(P1、P2.5、P5、P10、P15、P20、P30)およびコンクリート隔離材の厚さ7ケース(C2.5、C5、C10、C20、C30、C40、C60)を実施している。ここでは、中性子隔離材実験で測定された臨界液位(表4.2参照)を基に、各運転時における燃料濃度の経時変化を考慮し、同一燃料濃度(ウラン濃度約290gU/l)での中性子隔離材の厚さの違いによる臨界液位変化を推定した。ただし、運転No.R0292からR0325のうち、ポリエチレンまたはコンクリートの厚さのみの変更を行ったケースを選択し、反応度に直接影響のある炉心タンク周りへの実験用機器配置等の条件が異なるケースのものを除いている。なお、詳細についてはAppendix 3に示す。

ポリエチレンおよびコンクリート隔離材実験各々について、350T相互干渉炉心での臨界実験から得られた液位反応度フィッティング式(4.3式)を用い、燃料濃度の変化による反応度効果を補正¹¹⁾(基準とする臨界液位と燃料組成変化後の臨界液位差から反応度効果を求める)し、臨界液位を評価した(Appendix 3参照)。その結果をまとめ、中性子隔離材の厚さと臨界液位の変化を図4.2に示す。図4.2では、ポリエチレン隔離材およびコンクリート隔離材各々について、臨界液位測定値と同一ウラン濃度(基準炉心における値)での反応度補正を行った臨界液位の値をプロットしている。また、図中の曲線(実線)は、実験解析から求められた結果(フィッティング曲線)¹²⁾である。

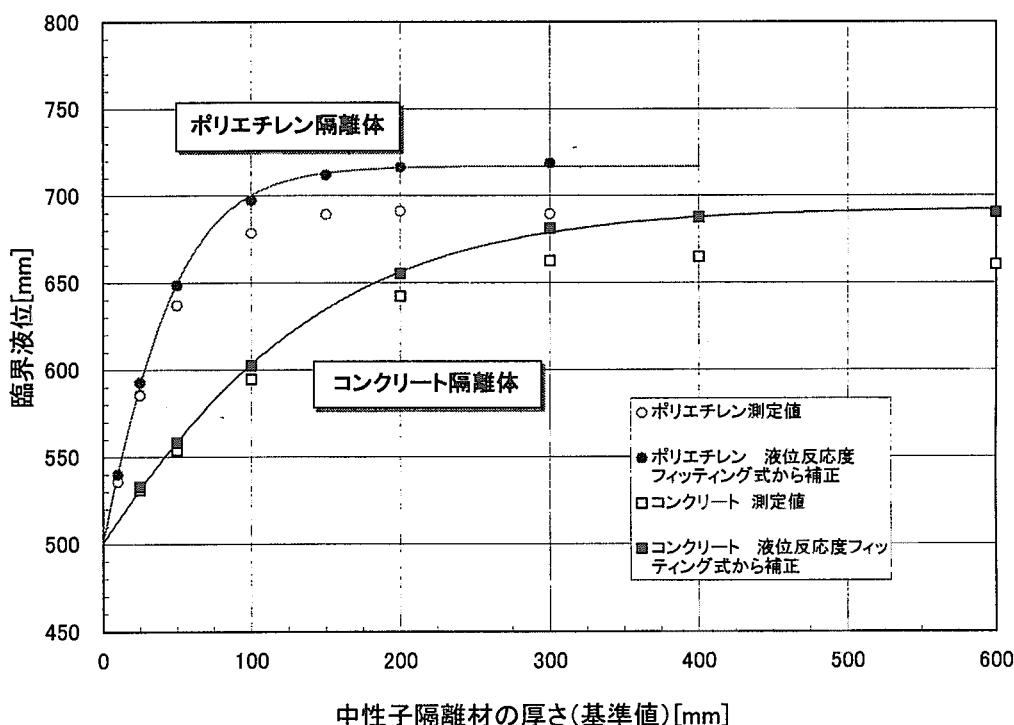


図4.2 中性子隔離材の厚さと臨界液位の変化

結果から、液位反応度フィッティング式(4.3)を用いて反応度効果による補正を行った臨界液位の値は、反応度解析による結果(実線)とほぼ一致した。このことから、今回得られた液位反応度フィッティング式(4.3)を用いて、ウラン濃度の経時変化を補正した臨界液位を評価することが可能であると考えられる。

4.4 炉出力に関する運転データ

炉出力に関する主な制限値は、表 4.3 のとおりである。平成 12 年度の 350T 相互干渉炉心における運転時における最大熱出力の経過を図 4.3 に、運転毎の運転時間、最大熱出力及び積算出力を表 4.4 に示す。350T 相互干渉炉心の運転時間合計は 317 時間 35 分、積算出力合計が 486.9W·h であった。なお、STACY 初臨界(平成 6 年度)からの運転時間累計は 1679 時間 13 分になった。

表 4.3 炉出力に関する主な制限値

最大熱出力	200 W
積算出力	0.3kWh/週、3kWh/年

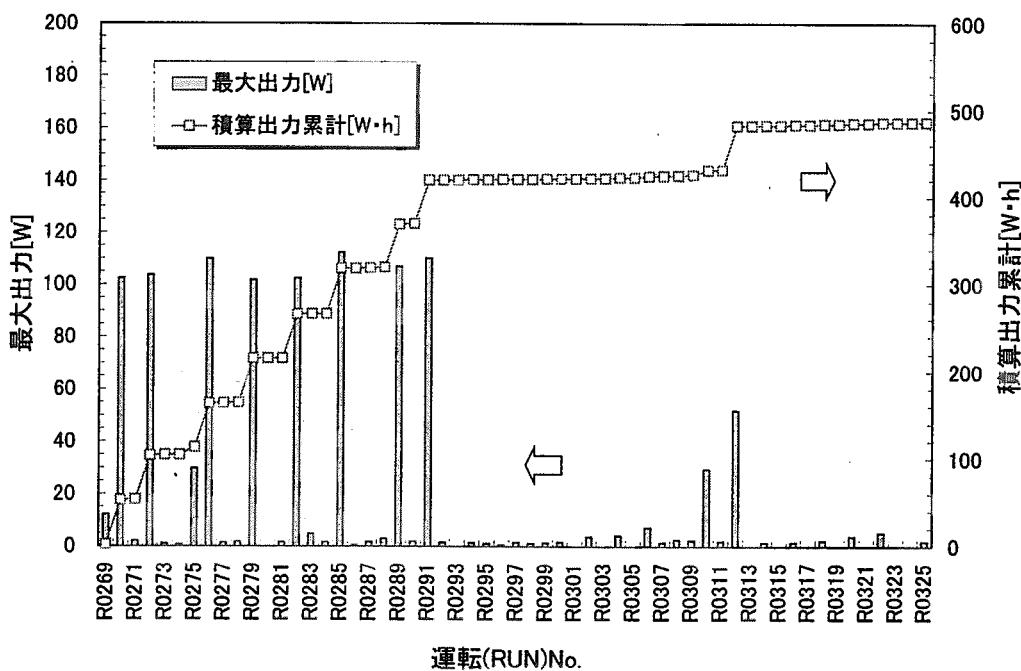


図 4.3 最大熱出力の経過

5. まとめ

定常臨界実験装置 STACY では、平成 11 年度に引き続き、350T 炉心タンク 2 基用いた相互干渉炉心体系での特性実験を行った。実験では、主として 2 基の炉心タンク間に中性子隔離材（ポリエチレン、コンクリート）や中性子吸収材（ハフニウム、カドミウム）を配置して炉心を構成し、主にその種類や厚さの違いによる臨界液位、反応度添加量等を測定した。本報告では、その運転期間中における STACY の燃料管理および運転管理に関するデータについてまとめている。

燃料管理に関するデータについては、ダンプ槽の燃料液位の減少傾向およびウラン濃度と水溶液密度の増加傾向を、今までと同様に、各々直線でフィッティングして内挿補間し、その変化量を定量的に把握した。また、求められたフィッティング式を用い、各運転時における燃料組成を推定した。

運転管理に関するデータについては、反応度添加量、燃料条件と臨界液位の関係および炉出力に関するデータをまとめた。また、実験時における液位反応度測定値から求めた液位反応度フィッティング式を用い、ウラン濃度約 290gU/l での中性子隔離材の厚さの違いによる臨界液位を推定した。その結果、実験解析による値にほぼ一致した。このことから、今回得られた液位反応度フィッティング式を用いて、ウラン濃度の経時変化に対応した臨界量を推定することが可能である。

STACY の初臨界（平成 7 年 2 月 23 日）からの通算運転回数は 325 回、通算運転時間が 1679 時間 13 分となった。なお、平成 13 年度も引き続き、相互干渉炉心体系での実験を行う予定である。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、種々の助言を戴いた安全試験部長鈴木康文氏に深く感謝致します。STACY 施設の運転、点検等においては、東京ニュークリアサービス㈱の七字勇氏、根本憲司氏、高倉耕祐氏、市村正秀氏に様々な協力を頂きました。また、相互干渉炉心タンクの間隔変更、核計装検出器の配置替え作業においては、特に千代田メンテナンス㈱の堀田隆氏、二上和弘氏、新井健之氏の協力を頂きました。最後に、STACY の運転を支援していただいている安全試験部 NUCEF 管理課、同技術第 2 課、同技術第 3 課、技術部施設第 3 課、保健物理部施設放射線管理第 2 課の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 曽野浩樹他, “平成 7 年における定常臨界実験装置 STACY の運転記録－600 φ 円筒炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液－”, JAERI-Tech 97-005 (1997).
- 2) 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－280T 平板炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液－”, JAERI-Tech 98-023 (1998).
- 3) 小野寺清二他, “平成 10 年度における定常臨界実験装置 STACY の運転記録(その 1)－280T 平板炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液－”, JAERI-Tech 99-084 (1999).
- 4) 小野寺清二他, “平成 10 年度における定常臨界実験装置 STACY の運転記録(その 2)－800 φ 円筒炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液－”, JAERI-Tech 2000-013 (2000).
- 5) 小野寺清二他, “平成 11 年度における STACY の運転記録－平板型炉心タンクと 10%濃縮硝酸ウラニル水溶液を用いた 2 ユニット中性子相互干渉体系の実験(その 1)－”, JAERI-Tech 2000-059 (2000).
- 6) 村上清信他, “定常臨界実験装置(STACY)の製作”, JAERI-Tech 98-033 (1998).
- 7) 広瀬秀幸他, “STACY 及び TRACY 用燃料サンプリング装置の改良”, JAERI-Tech 98-015 (1998).
- 8) 宮内正勝他“NUCEF 分析設備”, JAERI-Tech 96-007 (1996).
- 9) W.Davies, W.Gray; Talanta, 11,1203(1964).
- 10) 半田宗男他, “発光分光分析法による核燃料中の金属不純物元素の定量の現状”, JAERI-M-99-015 (1990).
- 11) 曽野浩樹他, “STACYT800mm φ 円筒炉心における 10%濃縮ウラン硝酸水溶液を用いた臨界実験の予備解析”, JAERI-Tech 98-016 (1998).
- 12) 外池幸太郎他, “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(26)－相互干渉炉心における隔離材の反応度特性－”, G30, 日本原子力学会春の予稿集 (2001).

Appendix 1 反応度添加に関する評価式について

STACYの反応度制御は、燃料の炉心タンクへの給排液による液位調整によって行われる。ここでは、反応度添加に関する主要な運転データとして、臨界近傍における、①炉心タンクに給液した燃料液位 1mm 当たりの微分反応度(以下、液位反応度という。)、②低速給液ポンプによる燃料給液時の炉心タンク燃料液位上昇速度(以下、液位上昇速度といふ。)、及び③前二者の積で表される燃料給液時間 1 秒当たりの反応度添加率(以下、反応度添加率といふ。)の評価方法について示す。

A.1 反応度添加に関する評価式

A1.1 液位反応度

液位反応度は、過剰反応度が小さいという前提の下、臨界液位超過分と過剰反応度との間に線型関係が成り立つると仮定して、(A1.1)式で求める。

$$\frac{d\rho}{dH} = \frac{\rho_{ex}}{(H_d - H_c)} \quad (\text{A1.1})$$

ここで、

$$\rho_{ex} = \sum_{i=1}^6 \frac{a_i}{1 + \lambda_i t_p} \times 100 \quad (\text{A1.2})$$

$$t_p = \frac{t_d}{\ln 2} \quad (\text{A1.3})$$

ただし、

$d\rho/dH$: 液位反応度 [cent/mm]

ρ_{ex} : 出力倍増時間測定時の過剰反応度 [cent]

H_d : 出力倍増時間測定時の炉心タンク燃料液位 [mm]

H_c : 臨界液位 [mm]

a_i : 遅発中性子割合第 i 群の相対収率 ($= \beta_i / \beta$)

λ_i : 遅発中性子割合第 i 群の崩壊定数 [s^{-1}]

t_p : ペリオド [s]

t_d : 出力倍増時間 [s]

(A1.2)式中で用いる遅発中性子の定数を表 A1.1 に示す。

表 A1.1. 遅発中性子に関する定数^{2,3)}

遅発 中性子 第 <i>i</i> 群	相対収率 [*] $a_i = \beta_i / \beta$	崩壊定数 $\lambda_i [s^{-1}]$
1	0.033 ± 0.003	0.0124 ± 0.0003
2	0.219 ± 0.009	0.0305 ± 0.0010
3	0.196 ± 0.022	0.111 ± 0.004
4	0.395 ± 0.011	0.301 ± 0.011
5	0.115 ± 0.009	1.14 ± 0.15
6	0.042 ± 0.008	3.01 ± 0.29

* : ^{235}U の熱核分裂による値。

なお、液位反応度の誤差は、(A1.1)式から(A1.3)式より、次式のようになる。

$$\begin{aligned} \sigma_{d\rho/dH} &\cong \frac{d\rho}{dH} \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\rho_{ex}}}{\rho_{ex}}\right)^2 + 2\left(\frac{\sigma_h}{dH}\right)^2} \\ &= \frac{d\rho}{dH} \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\rho_{ex}}}{\rho_{ex}}\right)^2 + \frac{0.08}{(H_d - H_c)^2}} \end{aligned} \quad (\text{A1.4})$$

ここで、

$$\sigma_{\rho_{ex}}^2 = \sum_{i=1}^6 \sigma_i^2 \quad (\text{A1.5})$$

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{a_i}{1 + \lambda_i t_p}\right)^2 \left[\left(\frac{\sigma_{ai}}{a_i}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_i t_p}{1 + \lambda_i t_p}\right)^2 \left\{ \left(\frac{\sigma_{\lambda i}}{\lambda_i}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{tp}}{t_p}\right)^2 \right\} \right] \quad (\text{A1.6})$$

$$\sigma_{tp} = \frac{\sigma_{td}}{\ln 2} \quad (\text{A1.7})$$

ただし、

- $\sigma_{d\rho/dH}$: 液位反応度の誤差 [cent/mm]
- $\sigma_{\rho_{ex}}$: 過剰反応度の誤差 [cent]
- σ_{td} : 出力倍増時間の測定誤差(標準偏差) [s]
- σ_h : 触針式液位計の測定誤差($= \pm 0.2$) [mm]
- σ_{ai} : 遅発中性子割合第*i*群の相対収率の誤差
- $\sigma_{\lambda i}$: 遅発中性子割合第*i*群の崩壊定数の誤差 [s^{-1}]

A1.2 液位計上昇速度

液位上昇速度は(A1.8)式で求められる。

$$\frac{dH}{dt} = \frac{(h_2 - h_1) - (h_4 - h_3)}{\Delta t_1 - \Delta t_2} \quad (\text{A1.8})$$

ただし、

- dH/dt : 液位上昇速度 [mm/s]
 h_1 : 燃料給液 1 回目の給液前の炉心タンク燃料液位* [mm]
 h_2 : 燃料給液 1 回目の給液後の炉心タンク燃料液位* [mm]
 h_3 : 燃料給液 2 回目の給液前の炉心タンク燃料液位* [mm]
 h_4 : 燃料給液 2 回目の給液後の炉心タンク燃料液位* [mm]
 Δt_1 : 燃料給液 1 回目の給液時間 [s]
 Δt_2 : 燃料給液 2 回目の給液時間 [s]
- (* 臨界近接時において臨界近傍の任意の液位に設定する)

なお、液位上昇速度の誤差は、(A1.8)式より次式のようになる。

$$\sigma_{dH/dt} = \frac{dH}{dt} \sqrt{\frac{4\sigma_h^2}{\{(h_2 - h_1) - (h_4 - h_3)\}^2} + \frac{2\sigma_{\Delta t}^2}{(\Delta t_1 - \Delta t_2)^2}} \quad (\text{A1.9})$$

ただし、

- $\sigma_{dH/dt}$: 液位上昇速度の誤差 [mm/s]
 $\sigma_{\Delta t}$: 給液時間の測定誤差 ($= \pm 0.5$) [s]
 σ_h : 触針式液位計の測定誤差 ($= \pm 0.2$) [mm]

A1.3 反応度添加率

反応度添加率は(A3.10)式で表される。

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{d\rho}{dH} \times \frac{dH}{dt} \quad (\text{A1.10})$$

ただし、

- $d\rho/dt$: 反応度添加率 [cent/s]
 $d\rho/dH$: 液位反応度 [cent/mm]
 dH/dt : 液位上昇速度 [mm/s]

なお、反応度添加率の誤差は、(A1.10)式より、次式のようになる。

$$\sigma_{d\rho/dt} = \frac{d\rho}{dt} \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{d\rho/dH}}{d\rho/dH}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{dH/dt}}{dH/dt}\right)^2} \quad (\text{A1.11})$$

ただし、

$\sigma_{d\rho/dt}$: 反応度添加率の誤差[cent/s]

$\sigma_{d\rho/dH}$: 液位反応度の誤差[cent/mm]

$\sigma_{dH/dt}$: 液位上昇速度の誤差[mm/s]

Appendix 2 燃料組成の分析結果の評価について

ここでは、硝酸ウラニル水溶液の主要な分析項目のうちウラン濃度、遊離硝酸濃度および燃料密度について、その変化率を評価するために用いた燃料組成の代表値を示すと共に、各運転時における燃料組成の推定を行った。なお、評価にあたっては、一連の実験期間中における燃料組成の経時変化を考慮し、平成 11 年度に実施した溶液燃料の分析結果を含んでいる。

A.2.1 燃料組成の代表値

STACY では、これまでに実施した燃料分析の結果から、長期保存中における硝酸ウラニル水溶液の組成が、時間経過に対して濃くなる方向で推移することが分かっている。このため、分析値を試料の採取日時に対して直線によるフィッティングを行った。ここで、フィッティングに用いた燃料組成の代表値として、表 A.2.1 に溶液燃料分析結果を示す。

A.2.2 運転時の燃料組成の推定値

前節のフィッティング式から、各運転時(運転日の 14 時)に内挿して、運転時の燃料組成を推定した。表 A.2.2 に運転時の燃料組成推定値を示す。ただし、遊離硝酸濃度については、有意な経時変化が判別できなかったので、同一燃料期間中の平均値を採用した。

表 A.2.1 溶液燃料分析結果

試料番号	燃料サンプル採取日時	ウラン濃度 [gU/l]	遊離硝酸濃度 [mol/l]	密度 [g/cm ³]
516	2000/01/26 11:00	290.0 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4152
519	2000/02/04 15:00	291.0 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4166
520	2000/02/15 13:00	291.6 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4173
522	2000/02/17 13:00	291.3 ±0.2	0.84 ±0.01	1.4177
524	2000/02/24 13:30	291.6 ±0.4	0.84 ±0.01	1.4184
526	2000/04/03 11:30	294.8 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4216
527	2000/04/10 10:30	295.2 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4222
529	2000/04/14 11:30	296.0 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4227
531	2000/04/20 11:30	296.6 ±0.5	0.85 ±0.01	1.4238
532	2000/04/27 11:30	296.5 ±0.1	0.86 ±0.01	1.4244
533	2000/05/08 11:30	290.5 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4150
536	2000/05/11 11:00	289.7 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4154
538	2000/05/15 11:00	289.7 ±0.4	0.82 ±0.01	1.4151
540	2000/05/17 11:00	291.8 ±0.4	0.81 ±0.01	1.4153
542	2000/05/22 11:00	291.6 ±0.1	0.82 ±0.01	1.4166
544	2000/05/29 11:30	292.5 ±0.1	0.82 ±0.01	1.4172
547	2000/06/01 14:00	292.7 ±0.3	0.83 ±0.01	1.4180
550	2000/06/07 11:00	293.1 ±0.2	0.84 ±0.01	1.4185
553	2000/06/13 11:00	294.1 ±0.4	0.84 ±0.01	1.4193
556	2000/06/19 11:30	293.3 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4191
559	2000/06/27 13:30	294.8 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4208
561	2000/07/04 11:30	294.8 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4214
563	2000/07/07 11:30	294.8 ±0.1	0.84 ±0.01	1.4220
565	2000/07/14 14:00	295.4 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4229
568	2000/07/18 14:00	295.9 ±0.1	0.85 ±0.01	1.4233
570	2000/07/24 11:00	296.5 ±0.1	0.83 ±0.01	1.4239
572	2000/07/28 13:30	296.6 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4246
574	2000/08/03 11:00	297.0 ±0.3	0.85 ±0.01	1.4253
576	2000/08/10 13:30	297.5 ±0.1	0.80 ±0.01	1.4258
578	2000/08/21 11:30	298.1 ±0.2	0.84 ±0.01	1.4262
580	2000/09/04 15:30	299.7 ±0.3	0.86 ±0.01	1.4288
582	2000/10/04 11:00	290.0 ±0.2	0.83 ±0.01	1.4151
584	2000/10/10 11:00	290.2 ±0.1	0.85 ±0.01	1.4159
585	2000/10/16 14:00	290.8 ±0.6	0.85 ±0.02	1.4166
587	2000/10/23 11:30	291.3 ±0.1	0.84 ±0.01	1.4172
588	2000/10/30 11:30	291.7 ±0.3	0.84 ±0.01	1.4182
589	2000/11/06 11:30	292.1 ±0.2	0.85 ±0.01	1.4189
590	2000/11/13 11:30	293.2 ±0.5	0.84 ±0.02	1.4198
591	2000/11/20 11:30	293.5 ±0.3	0.85 ±0.01	1.4205
592	2000/11/27 11:30	294.1 ±0.4	0.84 ±0.01	1.4213
593	2000/11/30 16:00	294.5 ±0.4	0.83 ±0.01	1.4220

表A.2.2 運転時の燃料組成(フィッティングの結果)

(1/2)

運転形態	炉心構成 (炉心タンク面間距 離[cm]) ^{*1}	運転 番号	運転月日	ウラン濃度 [g/U/l] ^{*2}	遊離硝酸 濃度 [mol/l] ^{*3}	密度 [g/cm ³] ^{*2}	フィッティング直線(フィッティング・ハラメータ/99年7月28日00:00を基準)		
							a	b	遊離硝酸濃度 (平均値)
特性試験	裸 (0)	R0261	2000/01/31 14:00	291.7	0.84	1.4153			
特性試験	裸 (7.5)	R0262	2000/02/03 14:00	292.0	0.84	1.4156			
特性試験	裸 (15)	R0263	2000/02/07 14:00	292.3	0.84	1.4159			
特性試験	裸 (30)	R0264	2000/02/10 14:00	292.5	0.84	1.4162			
特性試験	裸 (30)	R0265	2000/02/14 14:00	292.8	0.84	1.4165			
特性試験	裸 (30)	R0266	2000/02/16 14:00	292.9	0.84	1.4167			
特性試験	裸 (50)	R0267	2000/02/18 14:00	293.1	0.84	1.4169			
特性試験	裸 (100)	R0268	2000/02/23 14:00	293.4	0.84	1.4174			
特性試験	裸 (150)	R0269	2000/04/05 14:00	296.5	0.84	1.4211			
特性試験	裸 (100)	R0270	2000/04/07 14:00	296.7	0.84	1.4213			
特性試験	裸 (30)	R0271	2000/04/12 14:00	297.0	0.84	1.4218			
特性試験	裸 (30)	R0272	2000/04/13 14:00	297.1	0.84	1.4219			
特性試験	裸 (5)	R0273	2000/04/17 14:00	297.4	0.84	1.4222			
特性試験	裸 (2.5)	R0274	2000/04/19 14:00	297.5	0.84	1.4224			
特性試験	裸 (100)	R0275	2000/04/28 14:00	298.2	0.84	1.4232			
特性試験	裸 (10)	R0276	2000/05/09 14:00	289.0	0.83	1.4102			
特性試験	裸 (10)	R0277	2000/05/10 14:00	289.0	0.83	1.4103			
特性試験	裸 (10)	R0278	2000/05/12 14:00	289.2	0.83	1.4105			
特性試験	裸 (30)	R0279	2000/05/16 14:00	289.5	0.83	1.4109			
特性試験	裸 (30)	R0280	2000/05/18 14:00	289.6	0.83	1.4111			
特性試験	裸 (30)	R0281	2000/05/19 14:00	289.7	0.83	1.4112			
特性試験	裸 (50)	R0282	2000/05/24 14:00	290.1	0.83	1.4117			
特性試験	裸 (50)	R0283	2000/05/25 14:00	290.2	0.83	1.4118			
特性試験	裸 (50)	R0284	2000/05/26 14:00	290.3	0.83	1.4119			
特性試験	裸 (0)	R0285	2000/05/30 14:00	290.6	0.83	1.4123			
特性試験	裸 (0)	R0286	2000/05/31 14:00	290.6	0.83	1.4124			
特性試験	裸 (0)	R0287	2000/06/02 14:00	290.8	0.83	1.4126			
特性試験	Hf (30)	R0288	2000/06/06 14:00	291.1	0.83	1.4130			
特性試験	Hf (30)	R0289	2000/06/08 14:00	291.3	0.83	1.4132			
特性試験	Hf (10)	R0290	2000/06/12 14:00	291.6	0.83	1.4136			
特性試験	Hf (10)	R0291	2000/06/14 14:00	291.7	0.83	1.4138			

*1:固定側炉心タンクと移動側炉心タンクとの隙間(基準値)を示す。表2.4参照。

*2:フィッティング直線(y=aX+b)から、運転日の14:00で直線内挿した。
(Xは、燃料受入日1999年7月28日00時 00分からの経過日数を示す。)

*3:平均値を採用している。

表A.2.2 運転時の燃料組成(フィッティングの結果)

運転形態	炉心構成 (炉心タンク面間距離[cm]) ^{*1}	運転番号	運転月日	フィッティング直線(フィッティング・ペラメータ/99年7月28日00:00を基準)			
				ウラン濃度 [gU/l] ^{*2}	遊離硝酸 濃度 [mol/l] ^{*3}	密度 [g/cm ³] ^{*2}	燃料密度 a b
特性試験	裸 (1.0)	R0292	2000/06/21 14:00	299.2	0.83	1.4145	
特性試験	P1 (2.6)	R0293	2000/06/26 14:00	292.6	0.83	1.4150	
特性試験	P1 (2.6)	R0294	2000/07/05 14:00	293.3	0.83	1.4159	
特性試験	P2.5 (4.1)	R0295	2000/07/01 14:00	293.7	0.83	1.4164	
特性試験	P2.5 (4.1)	R0296	2000/07/12 14:00	293.9	0.83	1.4166	
特性試験	P2.5 (4.1)	R0297	2000/07/13 14:00	293.9	0.83	1.4167	
特性試験	P5 (6.6)	R0298	2000/07/17 14:00	294.2	0.83	1.4171	
特性試験	P5 (6.6)	R0299	2000/07/19 14:00	294.4	0.83	1.4173	
特性試験	P10(11.6)	R0300	2000/07/26 14:00	294.9	0.83	1.4180	
特性試験	P10 (11.6)	R0301	2000/07/27 14:00	295.0	0.83	1.4181	
特性試験	P15 (16.6)	R0302	2000/07/31 14:00	295.3	0.83	1.4185	
特性試験	P15 (16.6)	R0303	2000/08/01 14:00	295.4	0.83	1.4186	
特性試験	P20 (23.6)	R0304	2000/08/04 14:00	295.6	0.83	1.4189	
特性試験	P20 (23.6)	R0305	2000/08/09 14:00	296.0	0.83	1.4194	
特性試験	P30 (34.8)	R0306	2000/08/11 14:00	296.2	0.83	1.4196	
特性試験	裸 (10)	R0307	2000/08/23 14:00	297.1	0.83	1.4208	
特性試験	Cd+P5+Cd (4.7)	R0308	2000/08/28 14:00	297.5	0.83	1.4213	
特性試験	Cd+P5+Cd (7.2)	R0309	2000/08/30 14:00	297.6	0.83	1.4215	
特性試験	Cd+P10+Cd (12.2)	R0310	2000/09/01 14:00	297.8	0.83	1.4217	
特性試験	裸 (10)	R0311	2000/10/06 14:00	289.0	0.84	1.4083	
特性試験	C2.5 (4.1)	R0312	2000/10/12 14:00	289.5	0.84	1.4089	
特性試験	C2.5 (4.1)	R0313	2000/10/13 14:00	289.6	0.84	1.4090	
特性試験	C3 (6.6)	R0314	2000/10/19 14:00	290.0	0.84	1.4096	
特性試験	C5 (6.6)	R0315	2000/10/20 14:00	290.1	0.84	1.4097	
特性試験	C10(11.6)	R0316	2000/10/25 14:00	290.5	0.84	1.4102	
特性試験	C10 (11.6)	R0317	2000/10/27 14:00	290.7	0.84	1.4104	
特性試験	C20 (21.6)	R0318	2000/11/01 14:00	291.1	0.84	1.4109	
特性試験	C20 (21.6)	R0319	2000/11/02 14:00	291.1	0.84	1.4110	
特性試験	C30 (34.8)	R0320	2000/11/09 14:00	291.7	0.84	1.4117	
特性試験	C30 (34.8)	R0321	2000/11/10 14:00	291.8	0.84	1.4118	
特性試験	C40 (48.0)	R0322	2000/11/16 14:00	292.3	0.84	1.4124	
特性試験	C40 (48.0)	R0323	2000/11/22 14:00	292.7	0.84	1.4130	
特性試験	C60 (72.8)	R0324	2000/11/29 14:00	293.3	0.84	1.4137	
特性試験	裸(10)	R0325	2000/12/01 14:00	293.5	0.84	1.4139	

*1: 固定側炉心タンクと移動側炉心タンクとの隙間(基準値)を示す。表2.4参照。

*2: フィッティング直線($y=aX+b$)から、運転日の14:00で直線内挿した。
(Xは、燃料受入日1999年7月28日00時～0分からの経過日数を示す。)

*3: 平均値を採用している。

A.3.2 燃料組成の経時変化からの臨界液位の推定

ここでは、まず、前節の選択した結果を基に、350T 相互干渉炉心での臨界実験から得られた液位反応度のフィッティング式(本文 4.3 章、4.3 式)を用い、燃料組成の経時変化による反応度効果の補正¹¹⁾を試みた。前節(A.3.1)の中性子隔離材実験ケースの選択結果(表 A.2.1)から、ポリエチレンおよびコンクリート隔離材の各々について、以下の方法により反応度効果の補正を行った。

その結果を、ポリエチレン隔離体について表 A.3.2 に、コンクリート隔離体について表 A.3.3 に示す。ただし、ポリエチレン隔離材およびコンクリート隔離材共に、基準炉心(裸、面間距離 10cm)でのウラン濃度の値を基準点(最初の基準炉心の値)としている。また、遊離硝酸濃度の値については、各々一定(Appendix2 参照)としている。

- ① 350T 相互干渉炉心での臨界実験から得られた液位反応度のフィッティング式(4.3)は、

$$\frac{d\rho}{dH} = \frac{9.0523E+8}{(H_c + 119.8)^3} \text{ (cent/mm)}$$

である。

- ② ポリエチレンおよびコンクリートの各隔離材各々について、基準炉心で測定された臨界液位の値を用い、基準炉心間における反応度変化量を(A4.1)式により求めた。

$$\rho = \frac{9.0523E+8}{2} \left\{ \frac{1}{(H_0 + 119.8)^2} - \frac{1}{(H_1 + 119.8)^2} \right\} \text{ (cent)} \quad (\text{A.4.1})$$

ただし、

ρ : 基準炉心間における反応度変化量 (cent)

H_0 : 最初の基準炉心における臨界液位 (mm)

H_1 : 最後の基準炉心における臨界液位 (mm)

したがって、基準炉心間の経過日数から 1 日当りの反応度変化量(cent/day)と基準炉心から各々の実験日までの経過日数から各隔離材実験日における反応度変化量(cent)を求めることができる。

- ③ ポリエチレンおよびコンクリート隔離材各々の反応度変化量を補正した臨界液位は、(A4.2)式により求めた。

$$H_C = \left\{ \frac{1}{(H_{Cx} + 119.8)^2} - \frac{2\rho_x}{9.0523E+8} \right\}^{-1/2} - 119.8 \text{ (mm)} \quad (\text{A4.2})$$

ただし、

H_C : 反応度効果の補正後の臨界液位 (mm)

H_{Cx} : 各々の隔離材の測定された臨界液位 (mm)

ρ_x : 各々の隔離材のにおける反応度変化量 (cent)

R100

古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用してい