



# 多様な高速炉におけるMA消滅特性の比較(1)

(研究報告)

1999年12月

核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,  
Japan.

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
1999

## 多様な高速炉におけるMA消滅特性の比較 (1) (研究報告)

大木繁夫\*

### 要 旨

高速炉を用いたマイナーアクチナイド (MA) 消滅処理研究の一環として、燃料形態及び冷却材の異なる様々な形式の高速炉におけるMA消滅特性の比較研究を実施している。ナトリウム冷却酸化物燃料高速炉をレファレンスとし、同一の炉心性能において酸化物、窒化物、金属燃料炉心のMA消滅性能の比較を行った結果、窒化物あるいは金属燃料炉心がMA消滅において酸化物燃料炉心に比べ格段に優れた性能を有しているとはいえないことがわかった。冷却材の異なる炉心として、鉛冷却高速炉 (B R E S T - 300) 及びナトリウム冷却高速炉 (3800MWth大型炉) のMA消滅特性を比較した結果、変換率に関してはナトリウム炉の方が上回ること、及び炉心に多くのMAを受け入れてMA変換量を増加させる観点からはBREST-300が優れていることがわかった。MAを炉心に添加すると冷却材ボイド反応度が増加するが、鉛とナトリウムとでは冷却材ボイド反応度に対して感度を持つエネルギー領域が異なっており、これら冷却材ボイド反応度のメカニズムについても比較検討を行った。

---

\* 大洗工学センター システム技術開発部 炉心技術開発グループ

## Comparative study for minor actinide transmutation in various fast reactor core concepts (1)

OHKI Shigeo\*

### Abstract

Comparative study for various core concepts is being carried out in a framework of the study for minor actinide (MA) transmutation using a fast reactor. Different fuel types (Oxide, Nitride, Metal) and coolants (Sodium, Lead) were investigated.

It is found that neither nitride nor metal-fueled core has significantly more excellent efficiency for MA transmutation comparing with an oxide-fueled core when the basic performance of these cores as a power reactor are fixed.

The MA transmutation properties of lead-cooled fast reactor (BREST-300) and sodium-cooled fast reactor (3800MWth large core) were compared. The sodium-cooled reactor surpasses BREST-300 on the MA transmutation rate. Meanwhile, it is found that BREST-300 is excellent from the viewpoint of loading much more MA in the core to attain larger MA transmutation amount.

The effect of MA to coolant void reactivity is considered by the sensitivity analysis. It is found that the lead void reactivity has different sensible energy regions on MA nuclides from those for the sodium void reactivity.

---

\* Reactor Core Physics Group, System Technology Division, OEC, JNC

## 目次

序章 緒言	1
第1章 酸化物、窒化物、金属燃料高速炉におけるMA消滅特性の比較	2
第1-1節 はじめに	2
第1-2節 炉心設定	2
第1-3節 MA消滅特性の比較	3
第2章 アスペクト比をパラメータとした3800MWth-MOX炉心の特性評価	31
第2-1節 はじめに	31
第2-2節 対象炉心と計算ケース	31
第2-3節 計算方法	32
第2-4節 計算結果	32
第2-5節 結論	33
第3章 MA添加による中性子束及び随伴中性子束の変化について	54
第3-1節 はじめに	54
第3-2節 二群中性子バランス方程式	54
第3-3節 MA添加による中性子束及び随伴中性子束の変化に関する考察	55
第3-4節 まとめ	55
第4章 鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉のMA消滅特性比較	58
第4-1節 はじめに	58
第4-2節 検討対象炉心	58
第4-3節 MA核種組成	58
第4-4節 計算条件	58
第4-5節 基本炉心特性の比較	59
第4-6節 MA消滅特性の比較	59
第4-7節 冷却材ボイド反応度の検討	60
第4-8節 まとめ	61
終章 結言	76
参考文献	77

## 図リスト

図 1-1	100万kWe酸化物燃料炉心	5
図 1-2	酸化物、窒化物、金属燃料高速炉におけるMA消滅特性の比較 (MA添加量、変換量、変換率の関係)	6
図 2-1	3800MWth-MOX炉心体系図 (炉心高さ120cm)	34
図 2-2	主な炉心特性量の炉心高さ依存性	35
図 3-1	MA添加による中性子束及び随伴中性子束の変化	57
図 4-1	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子スペクトルの比較 (EOC)	64
図 4-2	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子漏洩割合の比較	65
図 4-3	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子減速能の比較	66
図 4-4	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) の中性子減速能 核種別寄与	67
図 4-5	BREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子減速能 核種別寄与	68
図 4-6	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) からBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) へかけての中性子減速能の変化	69
図 4-7	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) 及びBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) のMA変換量の比較	70
図 4-8	レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) 及びBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の核分裂によるMA消滅量の比較	71
図 4-9	核分裂によるMA消滅量の比較 (レファレンス炉心、BREST-300炉心)	72
図 4-10	冷却材ボイド反応度散乱項の比較 (レファレンス炉心、BREST-300炉心)	73
図 4-11	随伴中性子束を介して冷却材ボイド反応度を変化させる主な核種・反応 (捕獲反応)	74
図 4-12	随伴中性子束を介して冷却材ボイド反応度を変化させる主な核種・反応 (核分裂反応)	75

## 表リスト

表 1-1	1000MWe酸化物燃料高速炉の主な仕様	7
表 1-2	1000MWe窒化物燃料高速炉の主な仕様	8
表 1-3	1000MWe金属燃料高速炉の主な仕様	9
表 1-4	MA添加による炉心特性の変化	10
表 1-5	酸化物、窒化物、金属燃料高速炉におけるMA消滅特性の比較 (MA5wt%添加の場合)	11
表 2-1	炉心基本条件及び燃料基本仕様	36
表 2-2	アスペクト比増加による炉心特性改善結果の検討 (径方向二領域炉心)	37
表 2-3	回字型炉心による炉心特性改善効果の検討	38
表 3-1	使用した高速炉炉心領域の炉定数	56
表 3-2	式 (3-2) 及び式 (3-4) による中性子束及び随伴中性子束の計算値	56
表 4-1	ナトリウム冷却高速炉と鉛冷却高速炉の炉心仕様の比較	62
表 4-2	MA5wt%添加による冷却材ボイド反応度変化の核種・反応別分析	63

## 序章 緒言

高速炉実用化の検討の中で「環境負荷低減」及び「経済性向上」は重要なキーワードとして取り上げられており、実用化戦略調査研究等の関連した研究が実施されている。大洗工学センターシステム技術開発部炉心技術開発グループ（以下、炉心グループ）では、環境負荷低減の一方策として高速炉におけるマイナーアクチナイド（MA）消滅処理を取り上げ、実用化高速炉の炉型の可能性を幅広く調査するために、燃料形態及び冷却材の異なる様々な形式の高速炉における MA 消滅特性の比較研究を開始している。加えて、実用化高速炉の経済性向上を炉心面から行う可能性を検討してきた。本報告書はこれら炉心グループで行った「環境負荷低減」及び「経済性向上」をキーワードとした高速炉実用化のための検討を収録したものである。

第一章では高速炉の燃料形態と MA 消滅特性の関係を明らかにするために、ナトリウム冷却酸化物燃料高速炉をレファレンスとし、同一の炉心性能を持った窒化物燃料炉心及び金属燃料炉心を設定し、それらの間の MA 消滅特性の比較を行う。

第二章は高速炉の経済性向上を目的とした高性能炉心の検討である。大型のナトリウム冷却酸化物燃料高速炉においてはナトリウムボイド反応度低減のため、扁平化した炉心形状が採用されているが、逆に炉心アスペクト比（炉心高さと炉心径の比）を増加させた中性子経済向上炉心の可能性を探る。

第三章は MA 添加による炉心特性変化のメカニズムの炉物理的な検討である。MA を炉心燃料に添加すると、中性子スペクトルの硬化及び随伴中性子スペクトルの勾配の増加が生じ、これらが冷却材ボイド反応度の増加及びドップラー反応度の（絶対値の）減少の原因となる。MA と中性子束及び随伴中性子束の変化との関係について中性子バランス方程式に基づき理論的にアプローチする。

第四章では鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉について MA 消滅特性の比較、及び MA 添加による冷却材ボイド反応度増加のメカニズムに関する考察を行う。



## 第1章 酸化物、窒化物、金属燃料高速炉における MA 消滅特性の比較

### 1. はじめに

窒化物燃料、金属燃料高速炉は酸化物燃料高速炉に比べ中性子スペクトルが硬く、MA（マイナーアクチナイド）消滅に適していると言われている。本検討では、それら燃料種別の異なる高速炉炉心における MA 消滅特性を定量的に求め、その得失を明らかにする。

### 2. 炉心設定

#### (1) レファレンス炉心

出力 1000MWe の酸化物燃料高速炉をレファレンス炉心とする。運転サイクル長さは 365 日、炉心燃料の交換バッチ数は 3 バッチ、取出平均燃焼度は 7.4 万 MWd/t である。本炉心の主な仕様を表 1-1 に、炉心体系図を図 1-1 に示す。

#### (2) 窒化物、金属燃料炉心の設定

##### a) 基本仕様

異なる燃料種別の炉心を横並びで比較するために、発電炉の基本性能あるいは条件である①炉出力、②運転サイクル長さ、③バッチ数、④原子炉出入口温度、⑤取出平均燃焼度を、レファレンスである酸化物燃料炉心のものに固定する。また炉心高さ、内側/外側炉心燃料割合、制御棒体数についても今回の炉心設定においてはレファレンスと同一とする。

##### b) 燃料仕様

取出平均燃焼度についての関係式

$$\text{取出平均燃焼度} = \frac{\text{平均線出力} \times \text{サイクル長さ} \times \text{バッチ数}}{\text{ペレット断面積} \times \text{ペレット重金属密度}}$$

より、取出平均燃焼度、サイクル長さ、バッチ数が固定された場合、平均線出力とペレット重金属密度が与えられれば、ペレット断面積すなわちペレット径が決まることがわかる。線出力については最大線出力が窒化物、金属燃料炉心ともに 500W/cm 程度であると仮定し、ペレット密度は窒化物、金属燃料それぞれ 95%TD、100%TD と

してペレット径を決定することにした。

次に、スミア密度を窒化物、金属燃料それぞれ 80%TD、75%TD と設定する（ここで双方とも Na ボンドとしている）。なお被覆管肉厚はフープ応力が保存されるようにピン径に合わせて調整する。

### c) その他

集合体あたりのピン本数はレファレンスと同一とする。ダクト肉厚及びダクト間ギャップも内包する燃料ピン容積に比例させて変化させる。

燃料集合体数はレファレンス炉心との平均線出力比から決定し、最大線出力及び取出平均燃焼度の計算結果を見て、必要があれば調整する。なお径ブランケット体数は内側及び外側炉心との体積比をレファレンスから保存するように決定する。

P/D の決定は燃焼反応度を 0 に近い値とするようにして行った。これは窒化物及び金属燃料高速炉では中性子経済が良く、P/D をレファレンス程度にとると燃焼反応度が大きな負の値となってしまうことを避けるためである。

燃焼反応度から P/D を決定したため、圧損はできなりの値となる。圧損を計算するにあたって、FP ガス放出率を酸化物燃料の 100% に対し、窒化物燃料は 20%、金属燃料は 60% として必要なガスプレナム長を決定する。結果として圧損は窒化物、金属燃料炉心について  $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$  となり、酸化物燃料炉心の  $1.8\text{kg}/\text{cm}^2$  に比べ低い値となった。仮にすべての燃料について FP ガス放出率を 100% と保守的に設定しても圧損は  $1.8\text{kg}/\text{cm}^2$  以下に抑えられる。

以上によって決定した炉心仕様を表 1-2 及び表 1-3 にまとめる。

## 3. MA 消滅特性の比較

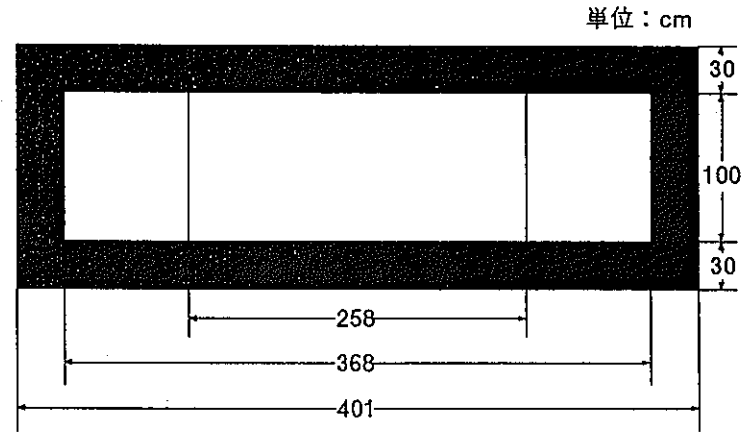
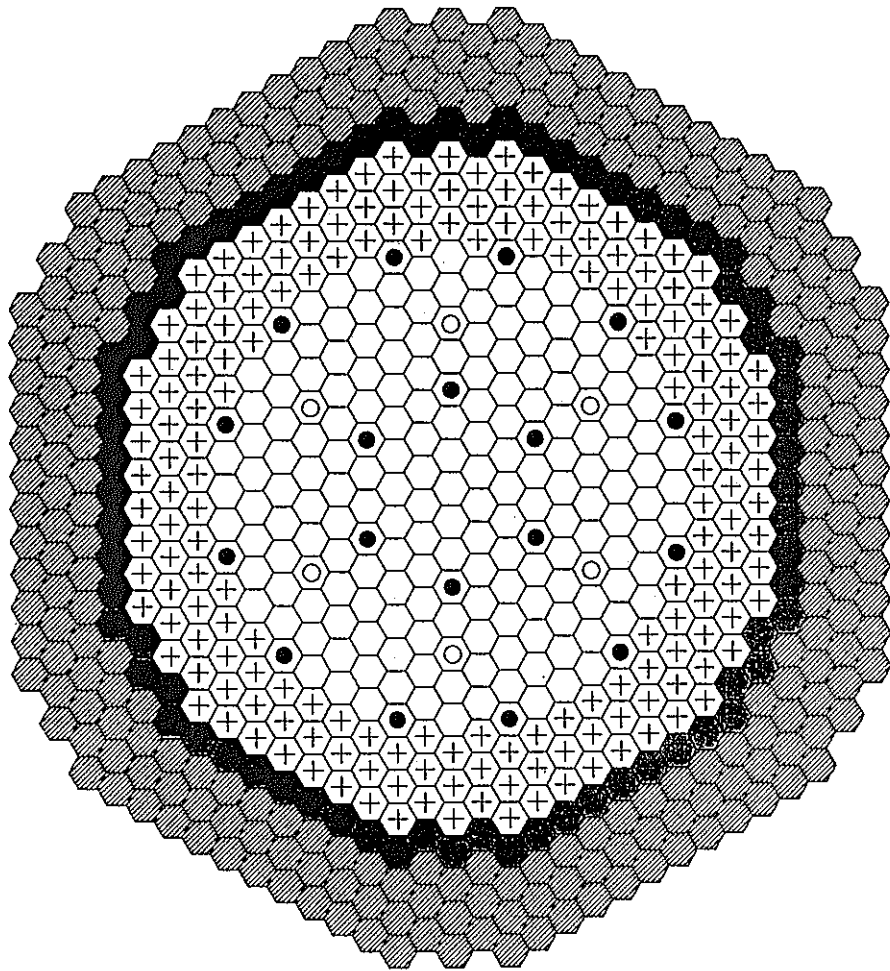
前節で設定した発電炉としての性能をそろえた酸化物、窒化物、金属燃料炉心に MA を添加した場合の燃焼計算を行い、MA 消滅特性を比較する。MA 添加は炉心燃料に均一に行うものとし、添加量は重金属に対して 2.5wt%、5wt% の二ケースを設定する。MA の組成は軽水炉取出し燃料（燃焼度 35GWd/t、5 年冷却）中に含まれる以下のものである（ORIGEN2 による計算値）：

核種	重量比 (%)
Np-237	49.14
Am-241	29.98
Am-242m	0.08
Am-243	15.50
Cm-243	0.05
Cm-244	4.99
Cm-245	0.26

炉心燃焼計算コードとしては PENCIL (含 SLAROM-JOINT-CITATION) を、炉定数セットとして JENDL-3.2 に基づく統合炉定数 (JFS3J32.ADJ98.Y9811) を用いるものとする。セル計算は均質モデルとし、炉心計算は二次元 RZ7 群拡散近似によって行う。

MA 添加が炉心特性に与える影響の計算結果を表 1-4 に示す。MA の添加によって燃焼反応度の減少、Pu 富化度の減少、増殖比の減少が引き起こされる。これらは燃料種別が異なっても同一の傾向かつ同程度の影響であることがわかった。

MA 消滅特性の計算結果を表 1-5 及び図 1-2 に示す。MA を 5wt% 添加した場合、酸化物燃料炉心の 1 サイクルあたりの MA 変換率 8.8% に対し、窒化物燃料炉心では 9.9%、金属燃料炉心では 9.7% となり、窒化物及び金属燃料炉心における MA 消滅特性の向上が見られた。しかしその増加幅は小さく、酸化物燃料に代わって窒化物あるいは金属燃料を選択するほどの優位性を見いだすことはできないと結論づけられる。



□ 炉心      ■ ブランケット

- 内側炉心      175体
- ⊕ 外側炉心      180体
- ブランケット      72体
- ▨ SUS遮蔽体      252体
- ⊙ 主炉停止系制御棒      18体
- ⊕ 後備炉停止系制御棒      6体

合 計      703体

図 1-1 100 万 kWt 酸化物燃料炉心

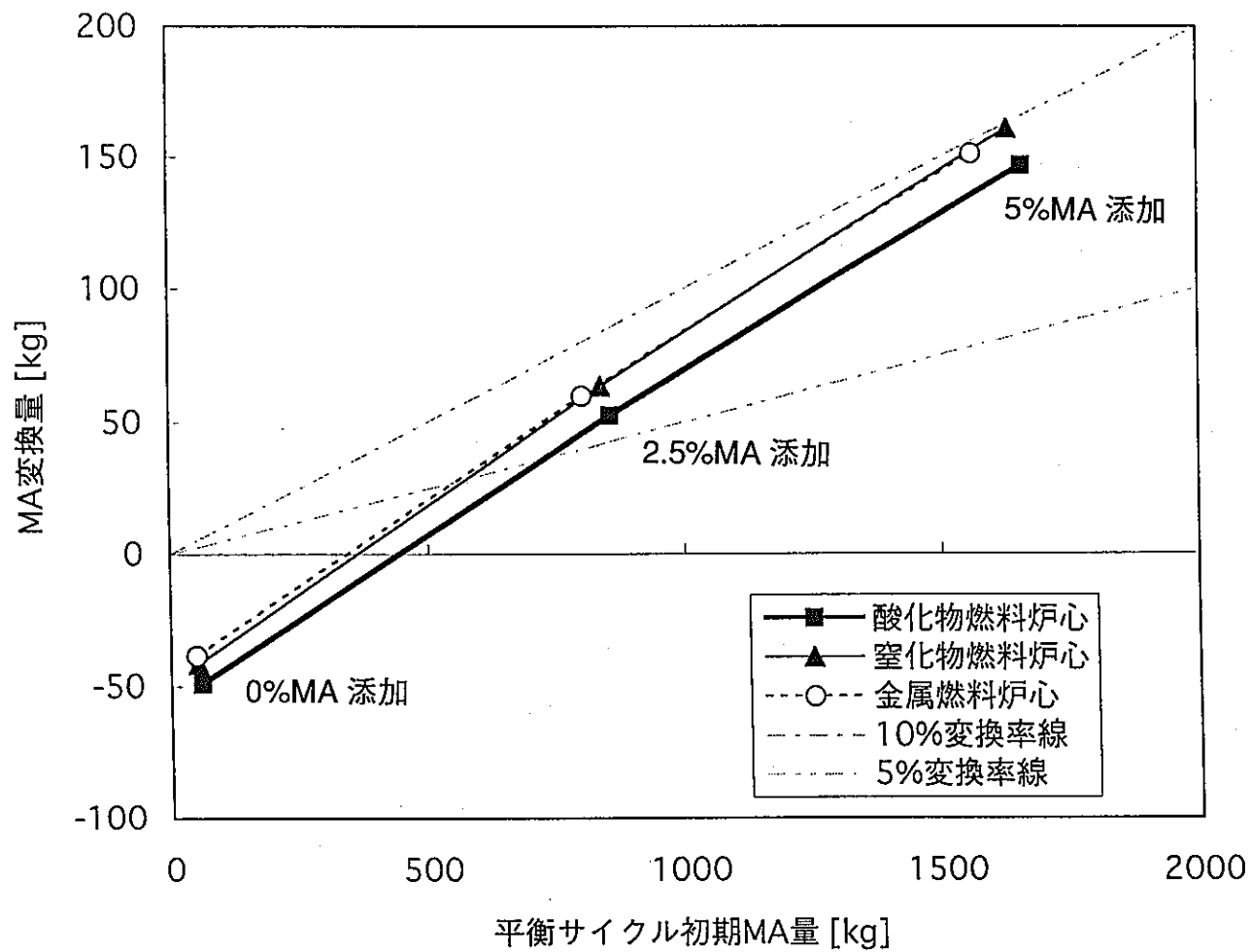


図 1-2 酸化物、窒化物、金属燃料高速炉における MA 消滅特性の比較 (MA 添加量、変換量、変換率の関係)

注： 変換量=平衡サイクル初期量-平衡サイクル末期量  
 変換率=変換量/平衡サイクル初期量

表 1-1 1000MWe 酸化物燃料高速炉の主な仕様

a) 基本仕様	
・ 炉出力	1000MWe (2600MWth)
・ 運転サイクル長さ	365 日
・ 燃料交換バッチ数	3 バッチ
・ 原子炉出入口温度	550℃/390℃
・ 炉心高さ	100cm
・ 取出平均燃焼度	7.4 万 MWd/t
b) 燃料仕様	
・ 燃料化学形	(U, Pu)O <sub>1.98</sub>
・ Pu 同位体組成比	P8/P9/P0/P1/P2=3/53/25/12/7
・ 理論密度	$\rho_{TD} [\text{g/cm}^3] = 0.48 \times \text{Pu 富化度} + 10.96$ -2.5×(2-O/M比) より算出
・ ペレット密度	92%TD
・ ペレット径	7.32mm
・ ピン径	8.3mm
・ 被覆管肉厚	0.40mm
・ スミア密度	87.6%TD
c) 集合体仕様	
・ 集合体あたりピン本数	271 本
・ P/D	1.19
・ ダクト肉厚	4.0mm
・ ダクト間ギャップ	6.0mm
・ 集合体配列ピッチ	179.8mm
・ 燃料集合体数 (IC/OC)	175/180
d) 炉心特性	
・ Pu 富化度 (IC/OC)	15.3%/19.0%
・ 燃焼反応度	1.96%dk/kk'
・ 最大線出力*	381W/cm
・ 増殖比	1.22
・ 集合体バンドル圧損	1.8kg/cm <sup>2</sup>

\* 燃焼ミスマッチファクタは考慮せず

表 1-2 1000MWe 窒化物燃料高速炉の主な仕様

a) 基本仕様	
・ 炉出力	1000MWe (2600MWth)
・ 運転サイクル長さ	365 日
・ 燃料交換バッチ数	3 バッチ
・ 原子炉出入口温度	550°C/390°C
・ 炉心高さ	100cm
・ 取出平均燃焼度	7.3 万 MWd/t
b) 燃料仕様	
・ 燃料化学形	<u>(U, Pu)<sup>15</sup>N</u>
・ Pu 同位体組成比	P8/P9/P0/P1/P2=3/53/25/12/7
・ 理論密度	<u>14.3g/cm<sup>3</sup></u>
・ ペレット密度	<u>95%TD</u>
・ ペレット径	<u>7.21mm</u>
・ ピン径	<u>8.7mm</u>
・ 被覆管肉厚	<u>0.42mm</u>
・ スミア密度	<u>80%TD</u>
・ ボンド材	<u>Na</u>
c) 集合体仕様	
・ 集合体あたりピン本数	271 本
・ P/D	<u>1.25</u>
・ ダクト肉厚	<u>4.2mm</u>
・ ダクト間ギャップ	<u>6.3mm</u>
・ 集合体配列ピッチ	<u>197.0mm</u>
・ 燃料集合体数 (IC/OC)	<u>126/130</u>
d) 炉心特性	
・ Pu 富化度 (IC/OC)	<u>12.3%/16.2%</u>
・ 燃焼反応度	<u>0.31%dk/kk'</u>
・ 最大線出力*	<u>530W/cm</u>
・ 増殖比	<u>1.35</u>
・ 集合体バンドル圧損	<u>1.2kg/cm<sup>2</sup></u>

※ 下線部はレファレンス炉心からの変更箇所を表す

\* 燃焼ミスマッチファクタは考慮せず

表 1-3 1000MWe 金属燃料高速炉の主な仕様

a) 基本仕様	
・ 炉出力	1000MWe (2600MWth)
・ 運転サイクル長さ	365 日
・ 燃料交換バッチ数	3 バッチ
・ 原子炉出入口温度	550℃/390℃
・ 炉心高さ	100cm
・ 取出平均燃焼度	7.5 万 MWd/t
b) 燃料仕様	
・ 燃料化学形	<u>U-Pu-10Zr</u>
・ Pu 同位体組成比	<u>P8/P9/P0/P1/P2=3/53/25/12/7</u>
・ 理論密度	<u>15.8g/cm<sup>3</sup></u>
・ ペレット密度	<u>100%TD</u>
・ ペレット径	<u>6.65mm</u>
・ ピン径	<u>8.5mm</u>
・ 被覆管肉厚	<u>0.41mm</u>
・ スミア密度	<u>75%TD</u>
・ ボンド材	<u>Na</u>
c) 集合体仕様	
・ 集合体あたりピン本数	271 本
・ P/D	<u>1.29</u>
・ ダクト肉厚	<u>4.1mm</u>
・ ダクト間ギャップ	<u>6.1mm</u>
・ 集合体配列ピッチ	<u>198.2mm</u>
・ 燃料集合体数 (IC/OC)	<u>126/130</u>
d) 炉心特性	
・ Pu 富化度 (IC/OC)	<u>12.2%/16.5%</u>
・ 燃焼反応度	<u>0.57%dk/kk'</u>
・ 最大線出力*	<u>508W/cm</u>
・ 増殖比	<u>1.34</u>
・ 集合体バンドル圧損	<u>1.2kg/cm<sup>2</sup></u>

※ 下線部はレファレンス炉心からの変更箇所を表す

\* 燃焼ミスマッチファクタは考慮せず



表1-4 MA添加による炉心特性の変化

炉心	酸化物燃料炉心		窒化物燃料炉心		金属燃料炉心	
	0	5	0	5	0	5
MA添加率(MA/HM) [wt%]						
Pu富化度(Pu/HM) [wt%]	17.2	17.0 (-0.01)	14.3	14.2 (-0.01)	14.4	13.9 (-0.03)
燃焼反応度 [%dk/kk']	1.96	0.52	0.31	-0.86	0.57	-0.71
燃焼反応度差 (MA5%添加-MA0%添加)		-1.44		-1.17		-1.28
最大線出力 [W/cm]	381	387 (+0.01)	530	535 (+0.01)	508	515 (+0.01)
取出平均燃焼度 [MWd/t]	73600	73800 (+0.00)	73200	73600 (+0.01)	75400	75500 (+0.00)
増殖比	1.22	1.19 (-0.02)	1.35	1.32 (-0.02)	1.34	1.33 (-0.01)

\* ( )内の数字は相対変化を表す

表1-5 酸化物、窒化物、金属燃料高速炉におけるMA消滅特性の比較 (MA5wt%添加の場合)

	酸化物燃料炉心			窒化物燃料炉心			金属燃料炉心		
	平衡サイ クル初期 量 [kg]	変換量* [kg]	変換率** [%]	平衡サイ クル初期 量 [kg]	変換量* [kg]	変換率** [%]	平衡サイ クル初期 量 [kg]	変換量* [kg]	変換率** [%]
Np	764	112	14.7	756	114	15.1	728	105	14.4
Am	746	72	9.7	728	83	11.4	695	78	11.3
Cm	150	-38	-25.4	148	-36	-24.4	139	-32	-23.1
Total	1659	147	8.8	1631	161	9.9	1562	151	9.7

\* 変換量=平衡サイクル初期量-平衡サイクル末期量

\*\* 変換率=変換量/平衡サイクル初期量

## 関連資料 PENCIL計算出力のまとめ

本検討において設定した計算ケースについて、PENCILによる平衡サイクル炉心特性及びマスバランス計算結果を付録として添付する。計算ケースと計算ファイル管理上の名称の対応は次の通りである。

<計算ケース>	<ケース名称>
◇酸化物燃料炉心	
・ MA添加なし	REF
・ MA2.5wt%添加	REF1
・ MA5wt%添加	REF2
◇窒化物燃料炉心	
・ MA添加なし	NREF1
・ MA2.5wt%添加	NREF1H
・ MA5wt%添加	NREF15
◇金属燃料炉心	
・ MA添加なし	MREF1
・ MA2.5wt%添加	MREF1H
・ MA5wt%添加	MREF15

表 A.1.1 酸化物燃料炉心計算 (MA0%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ				100 cm		集 合 体 ビ ッ チ				17.98 cm			
ピ ン 径				8.3 mm		P u 富 化 度		(内 側)		15.30 W/O			
炉 心 直 径				cm				(外 側)		19.00 W/O			
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ピ ー キ ン グ 係 数		
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)
4		BOC		1.018749		2.433E+15		345.6	381.1	1.10	1.20	1.23	1.492
		EOC		0.998811		2.722E+15		377.9	345.4	0.91	1.24	1.22	1.517
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)			
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
4		BOC	0.876	1.229	3.95	0.21	0.16	4.32	24.7	73600	94.5	3.4	2.1
		EOC	0.853	1.209	3.87	0.41	0.26	4.54			92.1	5.2	2.6
7群マイクロ断面積				POC3CA1.0100.MIC7G				備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH					
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(REF)									
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(REF)									
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(REF)									
OUTPUT FILE (FLUX)													
OUTPUT FILE (POWER)													
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(REF)									

表 A.1.2 酸化物燃料炉心計算 (MA2.5%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ		100		cm		集 合 体 ビ ッ チ		17.98		cm				
ピ ン 径		8.3		mm		P u 富 化 度		(内側)		14.99 W/O				
炉 心 直 径				cm				(外側)		18.72 W/O				
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ビ ー キ ン グ 係 数			
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)	
4		BOC		1.008681		2.426E+15		339.4	385.3	1.14	1.21	1.24	1.506	
		EOC		0.999931		2.793E+15		387.0	347.6	0.90	1.26	1.23	1.548	
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)				
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)		
4		BOC		0.888	1.268	3.90	0.21	0.17	4.28	21.8	73800	94.6	3.3	2.1
		EOC		0.863	1.240	3.84	0.41	0.27	4.53			92.5	5.0	2.6
7群マイクロ断面積				POCOA12.REF.MIC7G				備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH						
SYSTEM DATA				POCOA1.MADEN.DATA(REF1)										
CITATION DATA				POCOA1.MACIT.DATA(REF1)										
TABLE DATA				POCOA1.MATBL.DATA(REF1)										
OUTPUT FILE (FLUX)														
OUTPUT FILE (POWER)														
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOA1.MAAPL.DATA(REF1)										

表 A.1.3 酸化物燃料炉心計算 (MA5%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ				100 cm		集 合 体 ピ ッ チ				17.98 cm			
ピ ン 径				8.3 mm		P u 富 化 度		(内側)		15.04 W/O			
炉 心 直 径				cm				(外側)		18.79 W/O			
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最大線出力 (w/cm)			ピーキング係数		
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)
4	BOC	1.004433		0.52		2.381E+15		338.3	386.6	1.14	1.21	1.24	1.511
	EOC	0.999218				2.691E+15		385.5	349.8	0.91	1.25	1.24	1.539
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)			
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
4	BOC	0.828	1.201	3.87	0.20	0.16	4.23	27.4	73800	94.6	3.3	2.1	
	EOC	0.816	1.187	3.77	0.39	0.26	4.42			92.6	4.8	2.5	
7群マイクロ断面積				POC3CA1.0100.MIC7G				備 考 365DAYS CORE    3BATCH BLANKET 4BATCH					
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(REF2)									
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(REF2)									
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(REF2)									
OUTPUT FILE (FLUX)													
OUTPUT FILE (POWER)													
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(REF2)									

JNC TN9400 2000-007

表 A.1.4 窒化物燃料炉心計算 (MA0%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ				100 cm		集 合 体 ビ ッ チ				19.65 cm				
ピ ン 径				8.7 mm		P u 富 化 度		(内側)		12.25 W/O				
炉 心 直 径				cm				(外側)		16.20 W/O				
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ピ ー キ ン グ 係 数			
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)	
4	BOC		1.002337		0.31		2.973E+15		457.3	529.9	1.16	1.21	1.23	1.504
	EOC		0.999207				3.429E+15		528.9	471.7	0.89	1.26	1.23	1.543
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)				
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)		
4	BOC		0.984	1.386	3.36	0.21	0.18	3.76	14.2	73200	93.5	3.8	2.7	
	EOC		0.928	1.316	3.38	0.41	0.30	4.09			90.9	5.7	3.3	
7群マイクロ断面積				POC3CA1.N100.MIC7G				備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH						
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(NREF1)										
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(NREF1)										
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(NREF1)										
OUTPUT FILE (FLUX)														
OUTPUT FILE (POWER)														
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(NREF1)										

表 A.1.5 窒化物燃料炉心計算 (MA2.5%)

( 2600 MWTH)

VS.40

炉 心 高 さ				100		cm		集 合 体 ビ ッ チ				19.65		cm	
ピ ン 径				8.7		mm		P u 富 化 度		(内側)		12.14		W/O	
炉 心 直 径						cm				(外側)		16.11		W/O	
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ピ ー キ ン グ 係 数				
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)		
4		BOC		0.999050		2.961E+15		455.2	533.0	1.17	1.22	1.23	1.511		
		EOC		1.002995		3.386E+15		532.0	475.3	0.89	1.26	1.23	1.547		
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)					
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)			
4		BOC	0.958	1.372	3.32	0.21	0.18	3.71	14.9	73300	93.6	3.7	2.7		
		EOC	0.910	1.308	3.32	0.40	0.29	4.02			91.3	5.5	3.2		
7群マイクロ断面積				POC3CA1.N100.MIC7G								備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH			
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(NREF1H)											
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(NREF1H)											
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(NREF1H)											
OUTPUT FILE (FLUX)															
OUTPUT FILE (POWER)															
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(NREF1H)											

JNC TN9400 2000-007



表 A.1.5 窒化物燃料炉心計算 (MA2.5%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ				100 cm		集 合 体 ピ ッ チ				19.65 cm				
ピ ン 径				8.7 mm		P u 富 化 度		(内側)		12.14 W/O				
炉 心 直 径				cm				(外側)		16.11 W/O				
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ピ ー キ ン グ 係 数			
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)	
4	BOC		0.999050		-0.39		2.961E+15		455.2	533.0	1.17	1.22	1.23	1.511
	EOC		1.002995				3.386E+15		532.0	475.3	0.89	1.26	1.23	1.547
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)				
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)		
4	BOC		0.958	1.372	3.32	0.21	0.18	3.71	14.9	73300	93.6	3.7	2.7	
	EOC		0.910	1.308	3.32	0.40	0.29	4.02			91.3	5.5	3.2	
7群マイクロ断面積						POC3CA1.N100.MIC7G				備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH				
SYSTEM DATA						POCOCA1.MADEN.DATA(NREF1H)								
CITATION DATA						POCOCA1.MACIT.DATA(NREF1H)								
TABLE DATA						POCOCA1.MATBL.DATA(NREF1H)								
OUTPUT FILE (FLUX)														
OUTPUT FILE (POWER)														
OUTPUT FILE (APPLE)						POCOCA1.MAAPL.DATA(NREF1H)								

JNC TN9400 2000-007

表 A.1.7 金属燃料炉心計算 (MA0%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉心高さ		100 cm		集合体ピッチ		19.82 cm						
ピン径		8.5 mm		Pu富化度		(内側)		12.17 W/O				
炉心直径		cm				(外側)		16.50 W/O				
サイクル	K-EFF	燃焼反応度 (%ΔK/KK')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)	最大線出力 (w/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
4	BOC	1.005984	3.680E+15	458.1	507.9	1.11	1.20	1.21	1.459			
	EOC	1.000259	4.085E+15	506.9	452.1	0.89	1.26	1.20	1.505			
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (T)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWD/T)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
4	BOC	0.927	1.372	3.19	0.23	0.19	3.61	14.7	75400	92.4	4.5	3.2
	EOC	0.878	1.313	3.16	0.44	0.31	3.91			89.3	6.8	3.9
7群マイクロ断面積				POC3CA1.M100.MIC7G				備考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH				
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(MREF1)								
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(MREF1)								
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(MREF1)								
OUTPUT FILE (FLUX)												
OUTPUT FILE (POWER)												
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(MREF1)								

表 A.1.8 金属燃料炉心計算 (MA2.5%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉心高さ		100 cm		集合体ピッチ		19.82 cm						
ピン径		8.5 mm		Pu富化度	(内側)		11.92 W/O					
炉心直径		cm			(外側)		16.24 W/O					
サイクル	K-EFF	燃焼反応度 (%ΔK/KK')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> *s)	最大線出力 (w/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
4	BOC	1.000112	3.590E+15	455.1	510.8	1.12	1.20	1.21	1.464			
	EOC	1.002192	4.038E+15	514.0	455.4	0.89	1.27	1.20	1.519			
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (T)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWD/T)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
4	BOC	0.914	1.372	3.13	0.22	0.19	3.54	14.8	75400	92.6	4.3	3.1
	EOC	0.870	1.314	3.10	0.43	0.31	3.83			89.8	6.5	3.8
7群マイクロ断面積				POC3CA1.M100.MIC7G				備考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH				
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(MREF1H)								
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(MREF1H)								
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(MREF1H)								
OUTPUT FILE (FLUX)												
OUTPUT FILE (POWER)												
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(MREF1H)								

JNC TN9400 2000-007

表 A.1.9 金属燃料炉心計算 (MA5%)

( 2600 MWTH)

V5.40

炉 心 高 さ		100		cm		集 合 体 ピ ッ チ			19.82			cm		
ピ ン 径		8.5		mm		P u 富 化 度		(内側)		11.81		W/O		
炉 心 直 径				cm				(外側)		16.19		W/O		
サイクル		K-EFF		燃 焼 反 応 度 (%ΔK/KK')		最大高速中性子束 (n/cm2*s)		最 大 線 出 力 (w/cm)			ピ ー キ シ グ 係 数			
								(内側炉心)	(外側炉心)	(外/内)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)	
4		BOC		1.000279		3.452E+15		448.5	515.2	1.15	1.21	1.21	1.473	
		EOC		1.007456		3.932E+15		515.1	460.5	0.89	1.26	1.21	1.514	
サイクル		増 殖 比		Fissile Pu量 (T)				原 子 炉 倍 増 時 間 (年)	炉 心 平 均 燃 焼 度 (MWD/T)	出 力 分 担 率 (%)				
		(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)		
4		BOC	0.891	1.357	3.09	0.21	0.19	3.49	15.6	75500	92.8	4.1	3.1	
		EOC	0.854	1.306	3.06	0.41	0.30	3.77			90.2	6.1	3.7	
7群マイクロ断面積				POC3CA1.M100.MIC7G								備 考 365DAYS CORE 3BATCH BLANKET 4BATCH		
SYSTEM DATA				POCOCA1.MADEN.DATA(MREF15)										
CITATION DATA				POCOCA1.MACIT.DATA(MREF15)										
TABLE DATA				POCOCA1.MATBL.DATA(MREF15)										
OUTPUT FILE (FLUX)														
OUTPUT FILE (POWER)														
OUTPUT FILE (APPLE)				POCOCA1.MAAPL.DATA(MREF15)										

JNC TN9400 2000-007

表 A.2.1 酸化物燃料炉心マスバランス (MA0%)

[単位 : kg]

REF

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.861E+02	1.588E+02	1.365E+02	-2.225E+01	6.202E+01	3.977E+01
PU239	3.287E+03	3.700E+03	4.017E+03	3.171E+02	1.096E+03	1.413E+03
PU240	1.551E+03	1.597E+03	1.646E+03	4.933E+01	5.169E+02	5.662E+02
PU241	7.443E+02	6.215E+02	5.225E+02	-9.891E+01	2.481E+02	1.492E+02
PU242	4.342E+02	4.332E+02	4.292E+02	-3.920E+00	1.447E+02	1.408E+02
U235	2.048E+02	1.761E+02	1.523E+02	-2.385E+01	6.427E+01	4.042E+01
U236	0.000E+00	6.820E+00	1.226E+01	5.440E+00	0.000E+00	5.440E+00
U238	6.806E+04	6.672E+04	6.546E+04	-1.255E+03	2.136E+04	2.010E+04
NP237	0.000E+00	4.820E+00	9.060E+00	4.240E+00	0.000E+00	4.240E+00
NP239	0.000E+00	7.000E+00	1.022E+01	3.210E+00	0.000E+00	3.210E+00
AM241	0.000E+00	2.562E+01	4.553E+01	1.991E+01	0.000E+00	1.991E+01
AM242	0.000E+00	6.800E-01	1.580E+00	9.000E-01	0.000E+00	9.000E-01
AM243	0.000E+00	1.738E+01	3.269E+01	1.531E+01	0.000E+00	1.531E+01
CM242	0.000E+00	1.520E+00	3.010E+00	1.490E+00	0.000E+00	1.490E+00
CM243	0.000E+00	5.000E-02	1.500E-01	9.000E-02	0.000E+00	9.000E-02
CM244	0.000E+00	2.360E+00	6.110E+00	3.750E+00	0.000E+00	3.750E+00
CM245	0.000E+00	8.000E-02	2.800E-01	2.000E-01	0.000E+00	2.000E-01
PU..TOTAL	6202.42	6509.86	6751.18	241.33	2067.47	2308.8
PU..FISSILE	4031.58	4320.96	4539.14	218.17	1343.86	1562.03
FIS.RATIO.(%)	65	66.38	67.23	0	65	67.66
PU..ENRITHMENT.(W/O)	8.33	8.86	9.31	0	8.8	10.26
U.TOTAL	68265.94	66902.31	65628.5	-1273.82	21421.93	20148.07
U235	204.8	176.12	152.28	-23.85	64.27	40.42
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	0	59.52	108.62	49.11	0	49.11
NP..TOTAL	0	11.82	19.28	7.45	0	7.45
AM..TOTAL	0	43.68	79.8	36.12	0	36.12
CM..TOTAL	0	4.01	9.54	5.53	0	5.53
TRU.RATIO.(W/O)	0	0.08	0.15	0	0	0.22
HM..TOTAL	74468.31	73471.63	72488.19	-983.38	23489.41	22505.98
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.2 酸化物燃料炉心マスバランス (MA2.5%)

[単位 : kg]

REF1

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取出し燃料
PU238	1.830E+02	2.243E+02	2.585E+02	3.417E+01	6.099E+01	9.515E+01
PU239	3.232E+03	3.634E+03	3.946E+03	3.114E+02	1.077E+03	1.389E+03
PU240	1.525E+03	1.565E+03	1.609E+03	4.361E+01	5.082E+02	5.518E+02
PU241	7.318E+02	6.120E+02	5.149E+02	-9.710E+01	2.440E+02	1.469E+02
PU242	4.269E+02	4.257E+02	4.217E+02	-3.980E+00	1.423E+02	1.383E+02
U235	2.024E+02	1.747E+02	1.517E+02	-2.302E+01	6.346E+01	4.044E+01
U236	0.000E+00	6.570E+00	1.182E+01	5.250E+00	0.000E+00	5.250E+00
U238	6.726E+04	6.597E+04	6.477E+04	-1.203E+03	2.109E+04	1.989E+04
NP237	4.438E+02	3.784E+02	3.206E+02	-5.778E+01	1.479E+02	9.015E+01
NP239	0.000E+00	6.680E+00	9.750E+00	3.070E+00	0.000E+00	3.070E+00
AM241	2.707E+02	2.489E+02	2.276E+02	-2.131E+01	9.024E+01	6.893E+01
AM242	7.200E-01	7.240E+00	1.207E+01	4.830E+00	2.400E-01	5.070E+00
AM243	1.400E+02	1.357E+02	1.319E+02	-3.830E+00	4.666E+01	4.283E+01
CM242	0.000E+00	1.247E+01	1.849E+01	6.020E+00	1.500E-01	6.180E+00
CM243	4.500E-01	9.600E-01	1.450E+00	4.900E-01	0.000E+00	4.900E-01
CM244	4.507E+01	6.015E+01	7.388E+01	1.373E+01	1.502E+01	2.875E+01
CM245	2.350E+00	4.430E+00	6.600E+00	2.170E+00	7.800E-01	2.950E+00
PU..TOTAL	6098.68	6461.43	6749.52	288.09	2032.89	2320.99
PU..FISSILE	3964.16	4246.3	4460.6	214.3	1321.39	1535.68
FIS.RATIO.(%)	65	65.72	66.09	0	65	66.17
PU..ENRITHMENT.(W/O)	8.19	8.79	9.31	0	8.66	10.31
U.TOTAL	67462.75	66152.25	64931.76	-1220.53	21154.18	19933.62
U235	202.39	174.72	151.69	-23.02	63.46	40.44
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	903.09	854.93	802.32	-52.6	301.03	248.43
NP..TOTAL	443.79	385.09	330.37	-54.71	147.93	93.22
AM..TOTAL	411.44	391.84	371.53	-20.31	137.15	116.84
CM..TOTAL	47.87	78	100.42	22.42	15.96	38.37
TRU.RATIO.(W/O)	1.21	1.16	1.11	0	1.28	1.1
HM..TOTAL	74464.44	73468.5	72483.56	-985.04	23488.1	22503.03
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.3 酸化物燃料炉心マスバランス (MA5%)

[単位: kg]

REF 2

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.836E+02	2.875E+02	3.743E+02	8.683E+01	6.121E+01	1.480E+02
PU239	3.244E+03	3.615E+03	3.905E+03	2.892E+02	1.081E+03	1.371E+03
PU240	1.530E+03	1.564E+03	1.601E+03	3.693E+01	5.101E+02	5.470E+02
PU241	7.345E+02	6.160E+02	5.192E+02	-9.682E+01	2.448E+02	1.480E+02
PU242	4.284E+02	4.270E+02	4.229E+02	-4.050E+00	1.428E+02	1.388E+02
U235	1.996E+02	1.733E+02	1.514E+02	-2.193E+01	6.254E+01	4.061E+01
U236	0.000E+00	6.230E+00	1.123E+01	5.000E+00	0.000E+00	5.000E+00
U238	6.634E+04	6.512E+04	6.399E+04	-1.134E+03	2.078E+04	1.965E+04
NP237	8.876E+02	7.578E+02	6.425E+02	-1.154E+02	2.959E+02	1.805E+02
NP239	0.000E+00	6.270E+00	9.150E+00	2.880E+00	0.000E+00	2.880E+00
AM241	5.415E+02	4.764E+02	4.171E+02	-5.936E+01	1.805E+02	1.211E+02
AM242	1.450E+00	1.344E+01	2.209E+01	8.650E+00	4.800E-01	9.140E+00
AM243	2.800E+02	2.559E+02	2.344E+02	-2.147E+01	9.332E+01	7.185E+01
CM242	0.000E+00	2.255E+01	3.289E+01	1.034E+01	3.000E-01	1.064E+01
CM243	9.000E-01	1.770E+00	2.590E+00	8.300E-01	0.000E+00	8.300E-01
CM244	9.013E+01	1.167E+02	1.396E+02	2.294E+01	3.004E+01	5.298E+01
CM245	4.700E+00	8.490E+00	1.237E+01	3.870E+00	1.570E+00	5.440E+00
PU..TOTAL	6120.65	6510.27	6822.38	312.11	2040.22	2352.33
PU..FISSILE	3978.44	4231.48	4423.88	192.4	1326.14	1518.54
FIS.RATIO.(%)	65	65	64.84	0	65	64.55
PU..ENRITHMENT.(W/O)	8.22	8.86	9.41	0	8.69	10.45
U.TOTAL	66539.25	65301.59	64150.91	-1150.68	20846.36	19695.68
U235	199.62	173.33	151.4	-21.93	62.54	40.61
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.27	0.24	0	0.3	0.21
TRU.TOTAL	1806.23	1659.36	1512.69	-146.67	602.08	455.4
NP..TOTAL	887.6	764.1	651.63	-112.47	295.87	183.39
AM..TOTAL	822.9	745.75	673.58	-72.18	274.3	202.12
CM..TOTAL	95.73	149.51	187.49	37.98	31.91	69.89
TRU.RATIO.(W/O)	2.43	2.26	2.09	0	2.56	2.02
HM..TOTAL	74466.06	73471.13	72485.94	-985.24	23488.65	22503.41
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.4 窒化物燃料炉心マスバランス (MA0%)

[単位 : kg]

N R E F I

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.534E+02	1.286E+02	1.088E+02	-1.989E+01	5.114E+01	3.125E+01
PU239	2.710E+03	3.254E+03	3.671E+03	4.172E+02	9.034E+02	1.321E+03
PU240	1.278E+03	1.313E+03	1.354E+03	4.070E+01	4.261E+02	4.668E+02
PU241	6.136E+02	5.027E+02	4.147E+02	-8.804E+01	2.046E+02	1.165E+02
PU242	3.580E+02	3.559E+02	3.511E+02	-4.740E+00	1.193E+02	1.146E+02
U235	2.042E+02	1.729E+02	1.472E+02	-2.562E+01	6.412E+01	3.850E+01
U236	0.000E+00	7.140E+00	1.271E+01	5.570E+00	0.000E+00	5.570E+00
U238	6.786E+04	6.640E+04	6.504E+04	-1.359E+03	2.131E+04	1.995E+04
NP237	0.000E+00	5.540E+00	1.035E+01	4.800E+00	0.000E+00	4.800E+00
NP239	0.000E+00	7.520E+00	1.095E+01	3.430E+00	0.000E+00	3.430E+00
AM241	0.000E+00	2.046E+01	3.603E+01	1.556E+01	0.000E+00	1.556E+01
AM242	0.000E+00	5.700E-01	1.300E+00	7.300E-01	0.000E+00	7.300E-01
AM243	0.000E+00	1.453E+01	2.717E+01	1.264E+01	0.000E+00	1.264E+01
CM242	0.000E+00	1.280E+00	2.510E+00	1.230E+00	0.000E+00	1.230E+00
CM243	0.000E+00	5.000E-02	1.200E-01	8.000E-02	0.000E+00	8.000E-02
CM244	0.000E+00	2.040E+00	5.220E+00	3.190E+00	0.000E+00	3.190E+00
CM245	0.000E+00	7.000E-02	2.400E-01	1.700E-01	0.000E+00	1.700E-01
PU..TOTAL	5113.7	5554.19	5899.41	345.21	1704.57	2049.78
PU..FISSILE	3323.92	3756.73	4085.87	329.14	1107.97	1437.11
FIS.RATIO.(%)	65	67.64	69.26	0	65	70.11
PU..ENRICHMENT.(W/O)	6.99	7.69	8.29	0	7.39	9.28
U.TOTAL	68066.5	66577.19	65198.61	-1378.63	21374.07	19995.39
U235	204.2	172.85	147.23	-25.62	64.12	38.5
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.19
TRU.TOTAL	0	52.06	93.89	41.83	0	41.83
NP..TOTAL	0	13.06	21.29	8.23	0	8.23
AM..TOTAL	0	35.56	64.5	28.94	0	28.94
CM..TOTAL	0	3.44	8.1	4.66	0	4.66
TRU.RATIO.(W/O)	0	0.07	0.13	0	0	0.19
HM..TOTAL	73180.19	72183.44	71191.88	-991.58	23078.63	22087
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0



表 A.2.5 窒化物燃料炉心マスバランス (MA2.5%)

[単位: kg]

NREF1H

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取出し燃料
PU238	1.524E+02	1.955E+02	2.304E+02	3.484E+01	5.079E+01	8.563E+01
PU239	2.692E+03	3.206E+03	3.603E+03	3.975E+02	8.972E+02	1.295E+03
PU240	1.270E+03	1.298E+03	1.331E+03	3.379E+01	4.232E+02	4.570E+02
PU241	6.094E+02	5.008E+02	4.138E+02	-8.700E+01	2.031E+02	1.161E+02
PU242	3.555E+02	3.532E+02	3.485E+02	-4.720E+00	1.185E+02	1.138E+02
U235	2.016E+02	1.718E+02	1.473E+02	-2.449E+01	6.326E+01	3.877E+01
U236	0.000E+00	6.780E+00	1.210E+01	5.320E+00	0.000E+00	5.320E+00
U238	6.700E+04	6.562E+04	6.433E+04	-1.283E+03	2.102E+04	1.974E+04
NP237	4.409E+02	3.741E+02	3.153E+02	-5.872E+01	1.470E+02	8.824E+01
NP239	0.000E+00	7.070E+00	1.029E+01	3.220E+00	0.000E+00	3.220E+00
AM241	2.690E+02	2.402E+02	2.133E+02	-2.687E+01	8.966E+01	6.278E+01
AM242	7.200E-01	7.140E+00	1.170E+01	4.560E+00	2.400E-01	4.800E+00
AM243	1.391E+02	1.313E+02	1.245E+02	-6.860E+00	4.636E+01	3.950E+01
CM242	0.000E+00	1.246E+01	1.823E+01	5.780E+00	1.500E-01	5.930E+00
CM243	4.500E-01	9.500E-01	1.410E+00	4.700E-01	0.000E+00	4.700E-01
CM244	4.477E+01	5.934E+01	7.219E+01	1.285E+01	1.492E+01	2.777E+01
CM245	2.330E+00	4.310E+00	6.320E+00	2.020E+00	7.800E-01	2.790E+00
PU..TOTAL	5078.56	5553.19	5927.56	374.37	1692.85	2067.23
PU..FISSILE	3301.07	3706.77	4017.24	310.46	1100.36	1410.82
FIS.RATIO.(%)	65	66.75	67.77	0	65	68.25
PU..ENRITHMENT.(W/O)	6.94	7.69	8.33	0	7.34	9.36
U.TOTAL	67204.63	65794.88	64492.36	-1302.54	21086.78	19784.21
U235	201.61	171.75	147.26	-24.49	63.26	38.77
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	897.22	836.83	773.26	-63.57	299.07	235.5
NP..TOTAL	440.9	381.12	325.62	-55.5	146.97	91.47
AM..TOTAL	408.76	378.66	349.48	-29.17	136.25	107.08
CM..TOTAL	47.55	77.05	98.16	21.1	15.85	36.95
TRU.RATIO.(W/O)	1.23	1.16	1.09	0	1.3	1.07
HM..TOTAL	73180.31	72184.88	71193.13	-991.73	23078.7	22086.94
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.6 窒化物燃料炉心マスバランス (MA5%)

[単位: kg]

NREF15

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.524E+02	2.571E+02	3.430E+02	8.583E+01	5.081E+01	1.366E+02
PU239	2.693E+03	3.171E+03	3.544E+03	3.725E+02	8.976E+02	1.270E+03
PU240	1.270E+03	1.292E+03	1.319E+03	2.721E+01	4.234E+02	4.506E+02
PU241	6.097E+02	5.029E+02	4.166E+02	-8.635E+01	2.032E+02	1.169E+02
PU242	3.556E+02	3.532E+02	3.485E+02	-4.710E+00	1.186E+02	1.138E+02
U235	1.989E+02	1.706E+02	1.473E+02	-2.330E+01	6.236E+01	3.907E+01
U236	0.000E+00	6.410E+00	1.147E+01	5.060E+00	0.000E+00	5.060E+00
U238	6.611E+04	6.480E+04	6.359E+04	-1.207E+03	2.072E+04	1.952E+04
NP237	8.818E+02	7.491E+02	6.318E+02	-1.173E+02	2.939E+02	1.766E+02
NP239	0.000E+00	6.610E+00	9.630E+00	3.020E+00	0.000E+00	3.020E+00
AM241	5.379E+02	4.641E+02	3.979E+02	-6.622E+01	1.793E+02	1.131E+02
AM242	1.440E+00	1.332E+01	2.160E+01	8.280E+00	4.800E-01	8.760E+00
AM243	2.781E+02	2.502E+02	2.254E+02	-2.480E+01	9.271E+01	6.791E+01
CM242	0.000E+00	2.266E+01	3.273E+01	1.007E+01	3.000E-01	1.037E+01
CM243	9.000E-01	1.740E+00	2.520E+00	7.800E-01	0.000E+00	7.800E-01
CM244	8.954E+01	1.153E+02	1.370E+02	2.168E+01	2.985E+01	5.153E+01
CM245	4.670E+00	8.260E+00	1.185E+01	3.600E+00	1.560E+00	5.150E+00
PU..TOTAL	5080.53	5576.75	5971.17	394.43	1693.51	2087.94
PU..FISSILE	3302.36	3674.32	3960.42	286.1	1100.79	1386.89
FIS.RATIO.(%)	65	65.89	66.33	0	65	66.42
PU..ENRITHMENT.(W/O)	6.94	7.73	8.39	0	7.34	9.45
U.TOTAL	66305.88	64978.47	63753.67	-1224.8	20787.18	19562.39
U235	198.92	170.61	147.31	-23.3	62.36	39.07
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	1794.43	1631.28	1470.35	-160.92	598.14	437.22
NP..TOTAL	881.81	755.71	641.4	-114.31	293.94	179.62
AM..TOTAL	817.52	727.62	644.88	-82.75	272.51	189.76
CM..TOTAL	95.11	147.94	184.08	36.14	31.7	67.84
TRU.RATIO.(W/O)	2.45	2.26	2.07	0	2.59	1.98
HM..TOTAL	73180.75	72186.44	71195.13	-991.29	23078.84	22087.54
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.7 金属燃料炉心マスバランス (MA0%)

[単位 : kg]

MREF1

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.478E+02	1.234E+02	1.038E+02	-1.964E+01	4.926E+01	2.961E+01
PU239	2.611E+03	3.129E+03	3.524E+03	3.958E+02	8.702E+02	1.266E+03
PU240	1.231E+03	1.244E+03	1.262E+03	1.813E+01	4.105E+02	4.286E+02
PU241	5.911E+02	4.789E+02	3.890E+02	-8.990E+01	1.970E+02	1.071E+02
PU242	3.448E+02	3.421E+02	3.369E+02	-5.210E+00	1.149E+02	1.097E+02
U235	2.034E+02	1.728E+02	1.478E+02	-2.505E+01	6.369E+01	3.864E+01
U236	0.000E+00	6.580E+00	1.174E+01	5.160E+00	0.000E+00	5.160E+00
U238	6.761E+04	6.619E+04	6.489E+04	-1.307E+03	2.117E+04	1.986E+04
NP237	0.000E+00	5.690E+00	1.062E+01	4.930E+00	0.000E+00	4.930E+00
NP239	0.000E+00	7.190E+00	1.045E+01	3.270E+00	0.000E+00	3.270E+00
AM241	0.000E+00	1.966E+01	3.453E+01	1.487E+01	0.000E+00	1.487E+01
AM242	0.000E+00	5.200E-01	1.180E+00	6.600E-01	0.000E+00	6.600E-01
AM243	0.000E+00	1.246E+01	2.337E+01	1.091E+01	0.000E+00	1.091E+01
CM242	0.000E+00	1.170E+00	2.280E+00	1.110E+00	0.000E+00	1.110E+00
CM243	0.000E+00	4.000E-02	1.000E-01	6.000E-02	0.000E+00	6.000E-02
CM244	0.000E+00	1.590E+00	4.100E+00	2.510E+00	0.000E+00	2.510E+00
CM245	0.000E+00	5.000E-02	1.700E-01	1.200E-01	0.000E+00	1.200E-01
PU..TOTAL	4925.55	5316.93	5616.07	299.14	1641.85	1940.99
PU..FISSILE	3201.62	3607.58	3913.45	305.87	1067.2	1373.07
FIS.RATIO.(%)	65	67.85	69.68	0	65	70.74
PU..ENRICHMENT.(W/O)	6.77	7.41	7.94	0	7.18	8.87
U.TOTAL	67811.31	66373.19	65046.68	-1326.55	21228.88	19902.27
U235	203.43	172.83	147.79	-25.05	63.69	38.64
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.19
TRU.TOTAL	0	48.36	86.8	38.44	0	38.44
NP..TOTAL	0	12.88	21.07	8.2	0	8.2
AM..TOTAL	0	32.64	59.08	26.44	0	26.44
CM..TOTAL	0	2.85	6.65	3.8	0	3.8
TRU.RATIO.(W/O)	0	0.07	0.12	0	0	0.18
HM..TOTAL	72736.81	71738.38	70749.5	-988.97	22870.73	21881.7
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.8 金属物燃料炉心マスバランス (MA2.5%)

[単位: kg]

M R E F I H

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取出し燃料
PU238	1.452E+02	1.813E+02	2.106E+02	2.929E+01	4.839E+01	7.767E+01
PU239	2.564E+03	3.065E+03	3.450E+03	3.849E+02	8.548E+02	1.240E+03
PU240	1.210E+03	1.219E+03	1.233E+03	1.454E+01	4.032E+02	4.178E+02
PU241	5.806E+02	4.720E+02	3.844E+02	-8.761E+01	1.935E+02	1.059E+02
PU242	3.387E+02	3.360E+02	3.309E+02	-5.080E+00	1.129E+02	1.078E+02
U235	2.015E+02	1.721E+02	1.479E+02	-2.413E+01	6.304E+01	3.891E+01
U236	0.000E+00	6.310E+00	1.128E+01	4.970E+00	0.000E+00	4.970E+00
U238	6.696E+04	6.561E+04	6.436E+04	-1.247E+03	2.095E+04	1.970E+04
NP237	4.213E+02	3.608E+02	3.073E+02	-5.348E+01	1.404E+02	8.695E+01
NP239	0.000E+00	6.830E+00	9.930E+00	3.100E+00	0.000E+00	3.100E+00
AM241	2.560E+02	2.295E+02	2.045E+02	-2.499E+01	8.532E+01	6.033E+01
AM242	6.900E-01	6.550E+00	1.070E+01	4.160E+00	2.300E-01	4.390E+00
AM243	1.334E+02	1.255E+02	1.184E+02	-7.070E+00	4.448E+01	3.741E+01
CM242	0.000E+00	1.143E+01	1.675E+01	5.320E+00	1.400E-01	5.460E+00
CM243	4.300E-01	8.300E-01	1.200E+00	3.700E-01	0.000E+00	3.700E-01
CM244	4.296E+01	5.565E+01	6.679E+01	1.114E+01	1.432E+01	2.545E+01
CM245	2.240E+00	3.850E+00	5.480E+00	1.630E+00	7.500E-01	2.370E+00
PU..TOTAL	4838.64	5272.87	5608.93	336.06	1612.88	1948.93
PU..FISSILE	3145.13	3536.91	3834.22	297.31	1048.38	1345.68
FIS.RATIO.(%)	65	67.08	68.36	0	65	69.05
PU..ENRITHMENT.(W/O)	6.64	7.34	7.91	0	7.04	8.89
U.TOTAL	67161.81	65786.75	64520.58	-1266.17	21012.38	19746.2
U235	201.49	172.06	147.93	-24.13	63.04	38.91
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	856.96	800.89	741.07	-59.82	285.65	225.84
NP..TOTAL	421.27	367.61	317.24	-50.37	140.42	90.05
AM..TOTAL	390.07	361.52	333.63	-27.9	130.02	102.13
CM..TOTAL	45.62	71.76	90.21	18.45	15.21	33.66
TRU.RATIO.(W/O)	1.18	1.11	1.05	0	1.25	1.03
HM..TOTAL	72857.38	71860.44	70870.56	-989.93	22910.91	21920.97
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

表 A.2.9 金属物燃料炉心マスバランス (MA5%)

[単位: kg]

MREF15

	初装荷炉心	平衡初期	平衡末期	バランス	新燃料装荷	取り出し燃料
PU238	1.443E+02	2.359E+02	3.112E+02	7.527E+01	4.811E+01	1.234E+02
PU239	2.550E+03	3.023E+03	3.388E+03	3.658E+02	8.500E+02	1.216E+03
PU240	1.203E+03	1.208E+03	1.219E+03	1.059E+01	4.009E+02	4.115E+02
PU241	5.774E+02	4.714E+02	3.852E+02	-8.618E+01	1.925E+02	1.063E+02
PU242	3.368E+02	3.340E+02	3.290E+02	-4.960E+00	1.123E+02	1.073E+02
U235	1.994E+02	1.713E+02	1.482E+02	-2.310E+01	6.233E+01	3.923E+01
U236	0.000E+00	6.010E+00	1.077E+01	4.750E+00	0.000E+00	4.750E+00
U238	6.625E+04	6.497E+04	6.379E+04	-1.181E+03	2.071E+04	1.953E+04
NP237	8.425E+02	7.211E+02	6.132E+02	-1.079E+02	2.809E+02	1.730E+02
NP239	0.000E+00	6.430E+00	9.360E+00	2.930E+00	0.000E+00	2.930E+00
AM241	5.119E+02	4.429E+02	3.808E+02	-6.217E+01	1.706E+02	1.085E+02
AM242	1.380E+00	1.227E+01	1.985E+01	7.580E+00	4.600E-01	8.040E+00
AM243	2.669E+02	2.402E+02	2.165E+02	-2.374E+01	8.895E+01	6.522E+01
CM242	0.000E+00	2.091E+01	3.023E+01	9.320E+00	2.900E-01	9.610E+00
CM243	8.600E-01	1.540E+00	2.170E+00	6.300E-01	0.000E+00	6.300E-01
CM244	8.591E+01	1.086E+02	1.277E+02	1.910E+01	2.864E+01	4.774E+01
CM245	4.480E+00	7.450E+00	1.041E+01	2.960E+00	1.490E+00	4.450E+00
PU..TOTAL	4811.36	5272.31	5632.82	360.51	1603.79	1964.3
PU..FISSILE	3127.39	3494.04	3773.65	279.62	1042.46	1322.08
FIS.RATIO.(%)	65	66.27	66.99	0	65	67.31
PU..ENRITHMENT.(W/O)	6.59	7.32	7.93	0	6.99	8.94
U.TOTAL	66451.5	65147.24	63948.2	-1199.05	20775.6	19576.55
U235	199.35	171.28	148.18	-23.1	62.33	39.23
U.ENRICHMENT.(W/O)	0.3	0.26	0.23	0	0.3	0.2
TRU.TOTAL	1713.93	1561.51	1410.22	-151.29	571.31	420.02
NP..TOTAL	842.54	727.56	622.59	-104.97	280.85	175.88
AM..TOTAL	780.14	695.42	617.09	-78.33	260.05	181.72
CM..TOTAL	91.25	138.53	170.54	32.01	30.42	62.42
TRU.RATIO.(W/O)	2.35	2.17	1.99	0	2.49	1.91
HM..TOTAL	72976.69	71981	70991.19	-989.82	22950.69	21960.87
RE..TOTAL	0	0	0	0	0	0

## 第2章 アスペクト比をパラメータとした3800MWth-MOX炉心の特性評価

### 1. はじめに

大型FBR炉心においてはナトリウムボイド反応度低減のため、扁平化した炉心形状が採用されている。しかし炉心アスペクト比を増加させることによって、ナトリウムボイド反応度は増加するものの、炉心外接円径が小さくなることによるコスト削減効果、並びに中性子経済の良好な高性能炉心を期待することができる。実用化高速炉の可能性追求のため、アスペクト比を増加させた炉心解析を行い、その特性を整理する。

### 2. 対象炉心と計算ケース

実用化高速炉としての検討対象である3800MWth-MOX炉心（炉心高さ1.2m、径方向二領域炉心）をレファレンス炉心とし、炉心高さを1.0～2.0 mまで変えた場合の炉心特性評価を行う。レファレンス炉心の基本仕様を表2-1に、炉心体系図を図2-1に示す。なお炉心高さを増加させた場合の軸方向出力分布平坦化の一方策として、軸方向に二つのPu富化度領域を備えた「回字型炉心」を検討に加えることにする。

以上より計算ケースを次のように設定する。

#### <計算ケース>

##### ◇径方向二領域炉心

- ・炉心高さ100cm
- ・炉心高さ120cm（レファレンス）
- ・炉心高さ140cm
- ・炉心高さ160cm
- ・炉心高さ180cm
- ・炉心高さ200cm

##### ◇回字型炉心

- ・炉心高さ200cm（軸方向外側炉心厚さ：上下にそれぞれ20cm）

各計算ケースにおいて次の炉心仕様をレファレンスと同一に保つものとする。

#### <固定する炉心仕様>

- 熱出力
- 燃料交換バッチ数

- 燃料体積
- 制御棒体積比
- ピン径、被覆管肉厚、集合体当たりピン本数、ラッパ管肉厚等の燃料仕様
- 集合体バンドル圧損： 集合体バンドル圧損がレファレンス程度となるようにP/Dを調整する。その際、原子炉出入口温度は固定するとともに、ピンあたりの最大燃焼量により必要なFPガスプレナムを考慮して燃料ピンの全長を決定する。
- 最大線出力： 許容線出力に対し同程度の大きさに保つ。
- 取出平均燃焼度： 取出平均燃焼度をレファレンスと同一にするように運転サイクル長さを調整する。
- 軸ブランケット及びナトリウムプレナム長さ

### 3. 計算方法

評価する炉心特性量を

Pu 富化度、燃焼反応度、最大線出力、取出平均燃焼度、  
増殖比、倍增時間、最大高速フルエンス、ナトリウムボイド反応度

とする。これらを PENCIL (含 SLAROM-JOINT-CITATION) を用いた Pu 富化度調整を伴う燃焼計算によって算出する。ここで炉定数セットとして JENDL-3.2 に基づく統合炉定数 (JFS3J32.ADJ98.Y9811) を使用する。またセル計算には均質モデルを用い、炉心計算は二次元 RZ7 群拡散計算によって行うものとする。ただし Na ボイド反応度については 70 群で計算を行う。

### 4. 計算結果

#### (1) 炉心アスペクト比増加の効果

3800MWth-MOX 炉心の炉心高さを 1.0m から 2.0m まで 20cm 刻みに変化させた場合の計算結果を表 2-2 及び図 2-2 に示す。これらより炉心高さ増加に伴う圧力損失増加を緩和するためのピンピッチ増加により、炉心特性向上効果が相殺され、結果として炉心特性改善効果の得られないことが明らかとなった。また炉心高さ増加によって炉心直径の減少を期待したが、ピンピッチの増加がそれを抑制する方向に働いてしまう。炉心アスペクト比増加のメリットを出すことは圧損条件の緩和なしでは難しい。

Pu 富化度、燃焼反応度、増殖比、最大高速フルエンスは、炉心高さ 1.4m 付近において極値をとり、Na ボイド反応度は炉心高さに比例して増加する計算結果が得られた。

これらより炉心高さ 1.4m が増殖比及び燃焼反応度から見た最適炉心高さであると言える。レファレンス炉心高さ 1.2m は、炉心性能を大きく悪化させずにナトリウムボイド反応度をなるべく小さくするという意味で最適点となっている。

## (2) 回字型炉心による炉心特性の改善

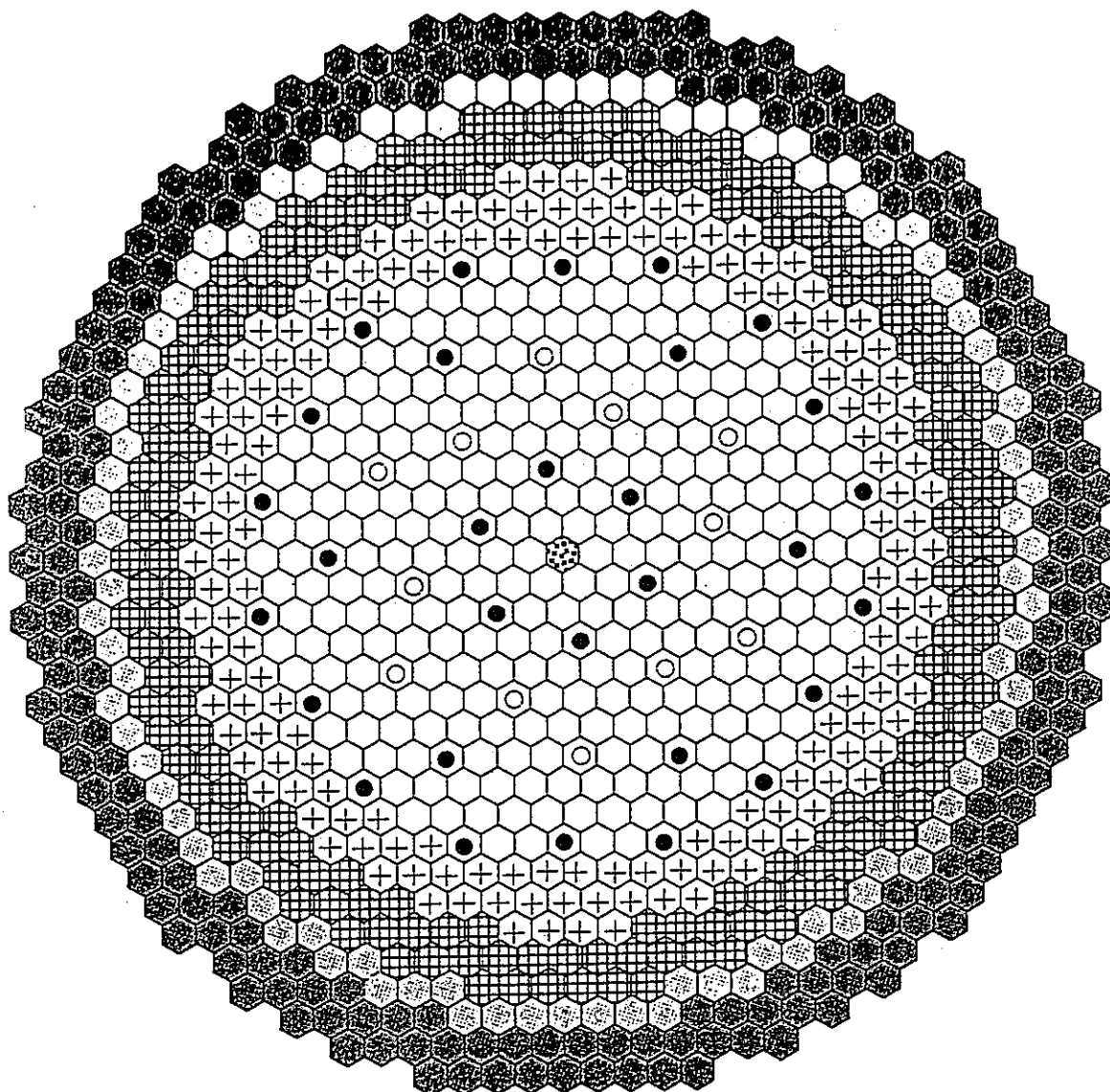
回字型炉心の計算結果を表 2-3 に示す。回字型炉心では軸方法ピーキングファクタが減少することによって、最大線出力がレファレンス程度にまで減少する。さらに Pu 富化度の減少、燃焼反応度の減少といった炉心特性の向上効果が見られる。しかし増殖比の悪化というマイナス面も表れている。またナトリウムボイド反応度についても径方向二領域炉心と同様に高い値を示している。

このように回字型炉心によって燃焼反応度や線出力の改善を図ることができるが、その効果は径方向二領域炉心で得られるものを著しく上回らない。またナトリウムボイド反応度を低減する効果はないことから、あえて回字型炉心によって炉心アスペクト比を増加させることにメリットを見出すことはできない。

## 5. 結論

実用化高速炉の可能性追求のためアスペクト比パラメータとした炉心解析を行った。炉心アスペクト比増加に伴い、圧損を抑えるためのピンピッチ増加による炉心特性悪化の影響が顕著となることがわかった。炉心特性が最も良くなるのは、炉心高さ 1.4m 付近である。炉心高さが大きい場合は回字型炉心を採用することによって燃焼反応度や線出力を改善することができるが、回字型でない元の炉心で得られる特性を上回る効果は得られない。これらより、炉心特性の観点から炉心アスペクト比を増加させる積極的理由を見出すことはできない結論に至った。





	内側炉心燃料集合体	270体
	外側炉心燃料集合体	162体
	径ブランケット集合体	174体
	SUS遮蔽体	96体
	B <sub>4</sub> C遮蔽体	210体
	主炉停止系制御棒	30体
	後備炉停止系制御棒	12体
	SUS集合体	1体
合 計		955体

図 2-1 3800MW<sub>th</sub>-MOX 炉心体系図 (炉心高さ 120cm)

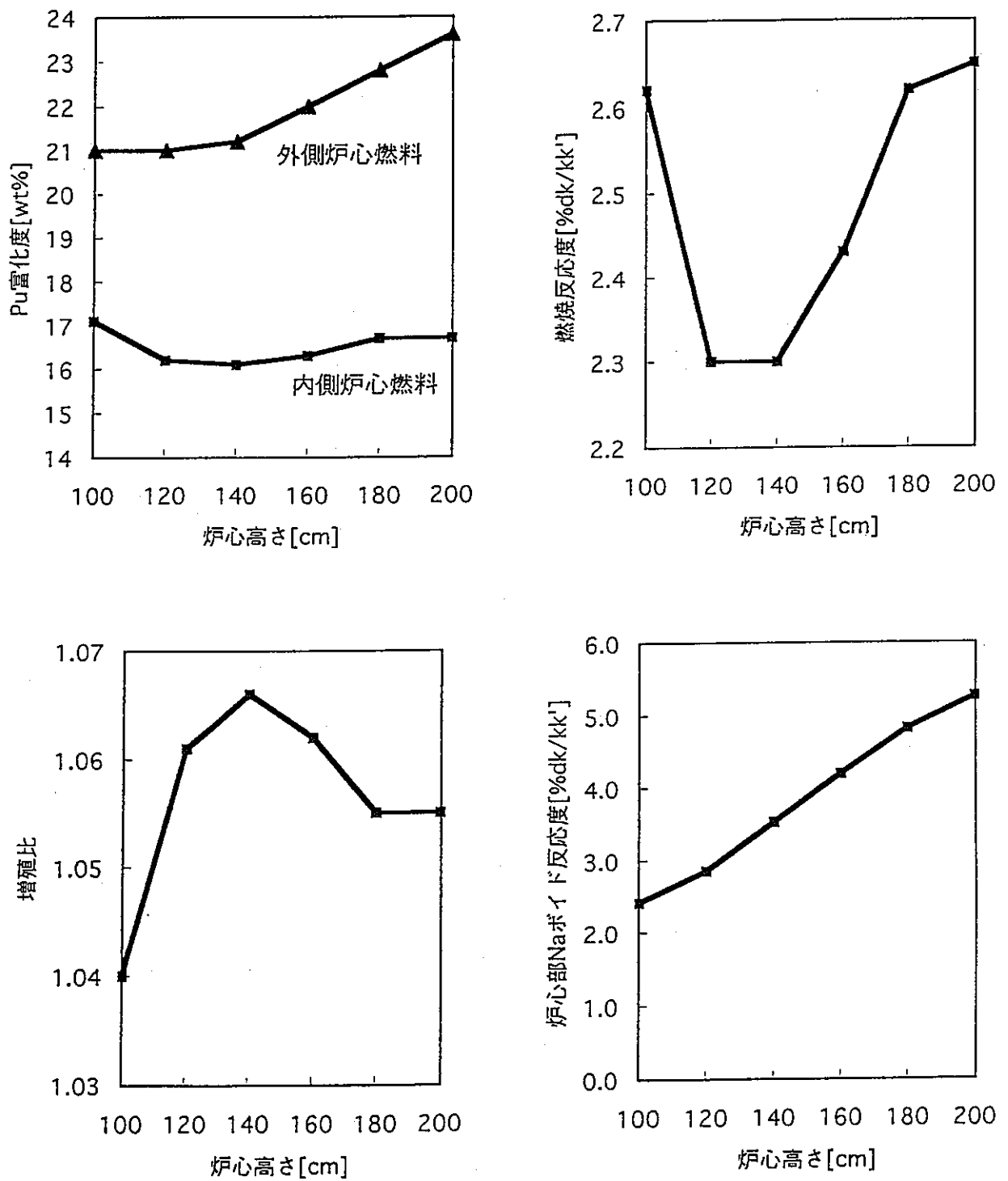


図 2-2 主な炉心特性量の炉心高さ依存性

表 2-1 炉心基本条件及び燃料基本仕様

項 目	炉心基本条件		
熱出力	3800MWth		
原子炉出入口温度	550℃/395℃		
運転サイクル長さ	約18カ月		
取出平均燃焼度	15万MWd/t		
最大線出力	430W/cm		
集合体バンドル圧損	3.5kg/cm <sup>2</sup> 以下		
炉心材料	PNC-FMS鋼		
炉心高さ	120cm, 110cm, 100cm		
軸ブランケット厚さ	1.2cm (上部)	/	10cm (下部)
燃料交換バッチ	5 (炉心)	/	5 (ブランケット)

項目	燃料基本仕様		
Pu同位体組成比	Pu238/Pu239/Pu240/Pu241/Pu242/Am241 =3/52/27/9.5/7/1.5		
U同位体組成比	U235/U238=0.3/99.7		
集合体配列ピッチ	195.4mm		
ラッパ管肉厚	3mm		
燃料ピン本数	271本 (炉心)	/	127本 (ブランケット)
被覆管外径	9.7mm (炉心)	/	15.0mm (ブランケット)
被覆管肉厚	0.6mm (炉心)	/	0.4mm (ブランケット)
スミア密度	82.0% (炉心)	/	91.4% (ブランケット)
ワイヤ径	1.40mm (炉心)	/	1.22 (ブランケット)
ワイヤ巻き付ピッチ	150mm (炉心)	/	160mm (ブランケット)
体積割合 (燃料 *1, 構造材, 冷却材)	46.5%, 21.3%, 32.2% (炉心)	/	60.6%, 13.5%, 25.9% (ブランケット)

\*1: 被覆管内側

表2-2 アスペクト比増加による炉心特性改善効果の検討 (径方向二領域炉心)

炉心高さ [cm]	100	120 (基準)	140	160	180	200	備 考
熱出力 [MWth]	→	3800	←	←	←	←	
燃料交換バッチ	→	5	←	←	←	←	
燃料集合体数 (内側/外側)	324.0/194.4	270/162	231.4/138.9	202.5/121.5	180.0/108.0	162.0/97.2	・燃料体積を保存するように設定
燃料ピン本数	→	271	←	←	←	←	
燃料ピン外径 [mm]	→	9.7	←	←	←	←	
燃料ピン全長 [cm]	235	278	325	368	414	455	・FPガスプレナム長をピン当たりの燃焼量に合わせて設定
P/D	1.12	1.15	1.20	1.25	1.30	1.34	・バンドル圧損をほぼ一定とするようにP/Dを調整
集合体バンドル圧損 [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.1	3.5	3.3	3.2	3.2	3.3	
集合体配列ピッチ [mm]	191.0	195.4	203.5	212.5	221.5	227.9	
等価炉心直径 [m]	4.7	4.5	4.3	4.2	4.1	4.0	
炉心体積比 (相対値)	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	
運転サイクル長さ [day]	540	540	540	540	540	540	・燃焼度を約15万MWd/tとするようにサイクル長さを調整
取出平均燃焼度 [MWd/t]	15.3万	15.3万	15.3万	15.3万	15.3万	15.2万	
Pu富化度 [wt%] (内側/外側)	17.1/21.0	16.2/21.0	16.1/21.2	16.3/22.0	16.7/22.8	16.7/23.6	<b>考察</b> ・圧損の抑制のためのP/D増加に伴う炉心特性悪化が顕著となっている。 ・炉心高さ1.4m付近において燃焼反応度及び増殖比等の極値が存在する。 ・Naボイド反応度は炉心高さに比例して増加する。 ・炉心特性を大きく悪化させずにNaボイド反応度を低くする意味で基準炉心高さ1.2mは最適点と言える。
燃焼反応度 [%dk/kk']	2.62	2.30	2.30	2.43	2.62	2.65	
最大線出力* [W/cm]	366.4	372.8	382.5	386.4	392.1	389.7	
増殖比	1.040	1.061	1.066	1.062	1.055	1.055	
倍增時間 [年]	120.7	78.5	73.8	79.5	91.9	94.0	
最大高速フルエンス [n/cm <sup>2</sup> ]	5.4E+23	5.4E+23	5.6E+23	5.5E+23	5.3E+23	5.2E+23	
炉心部Naボイド反応度** [%dk/kk']	2.41	2.85	3.52	4.19	4.82	5.26	

\* 燃焼ミスマッチファクタ考慮せず

\*\* 2次元RZ70群拡散計算による(平衡サイクル末期の値)

表2-3 回字型炉心による炉心特性改善効果の検討

	径方向二領域炉心		回字型炉心(軸方向外側炉心20cm厚)	備 考
	120	200	200	
炉心高さ [cm]	120	200	200	
熱出力 [MWth]	3800	←	←	
燃料交換バッチ	5	←	←	
燃料集合体数 (内側/外側)	270/162	162.0/97.2	162.0/97.2	・燃料体積を保存するように設定
燃料ピン本数	271	←	←	
燃料ピン外径 [mm]	9.7	←	←	
燃料ピン全長 [cm]	278	455	461	・FPガスプレナム長をピン当たりの燃焼量に合わせて設定
P/D	1.15	1.34	1.34	・バンドル圧損を一定とするようにP/Dを調整
集合体バンドル圧損 [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.5	3.3	3.6	
集合体配列ピッチ [mm]	195.4	227.9	227.9	
等価炉心直径 [m]	4.5	4.0	4.0	
運転サイクル長さ [day]	540	540	540	・燃焼度を15万MWd/tにするようにサイクル長さを調整
取出平均燃焼度 [MWd/t]	15.3万	15.2万	15.2万	
Pu富化度 [wt%] (内側/外側)	16.2/21.0	16.7/23.6	16.0/23.4	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>考察</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・回字型炉心により燃焼反応度および最大線出力に改善が見られるが、増殖比は悪化する。</li> <li>・回字型炉心におけるNaボイド反応度は径方向二領域炉心とほぼ同等の値を示している。</li> <li>・結果として回字型炉心を用いて炉心アスペクトを増加させることにメリットを見出すような改善効果は得られなかった。</li> </ul> </div>
燃焼反応度 [%dk/kk']	2.3	2.6	2.4	
最大線出力* [W/cm] (内側/外側)				
平衡サイクル初期	382/403	409/414	392/397	
平衡サイクル中期	392/382	408/395	394/380	
平衡サイクル末期	391/366	402/380	391/367	
許容線出力 [W/cm]	430			
増殖比 (炉心/全体)				
平衡サイクル初期	0.88/1.08	0.85/1.07	0.84/1.06	
平衡サイクル末期	0.87/1.08	0.84/1.06	0.84/1.06	
平衡サイクル平均	0.85/1.06	0.83/1.06	0.82/1.05	
倍增時間 [年]	78.5	94.0	106.1	
最大高速フルエンス [n/cm <sup>2</sup> ]	5.4E+23	5.2E+23	5.2E+23	
炉心部ボイド反応度** [%dk/kk']	2.85	5.26	5.39	

\* 燃焼ミスマッチファクタとして1.05(内側), 1.13(外側)を考慮

\*\* 2次元RZ70群拡散計算による (平衡サイクル末期の値)

## 関連資料 PENCIL 計算出力のまとめ

本検討において設定した計算ケースについて、RZ 図及び PENCIL による平衡サイクル炉心特性計算結果を付録として添付する。計算ケースと計算ファイル管理上の名称の対応は次の通りである。

<計算ケース>	<ケース名称>
◇均質二領域炉心	
・炉心高さ 100cm	R100V
・炉心高さ 120cm (レファレンス)	P38CL2
・炉心高さ 140cm	R140
・炉心高さ 160cm	R160
・炉心高さ 180cm	R180
・炉心高さ 200cm	R202X
◇回字型炉心	
・炉心高さ 200cm	A202X

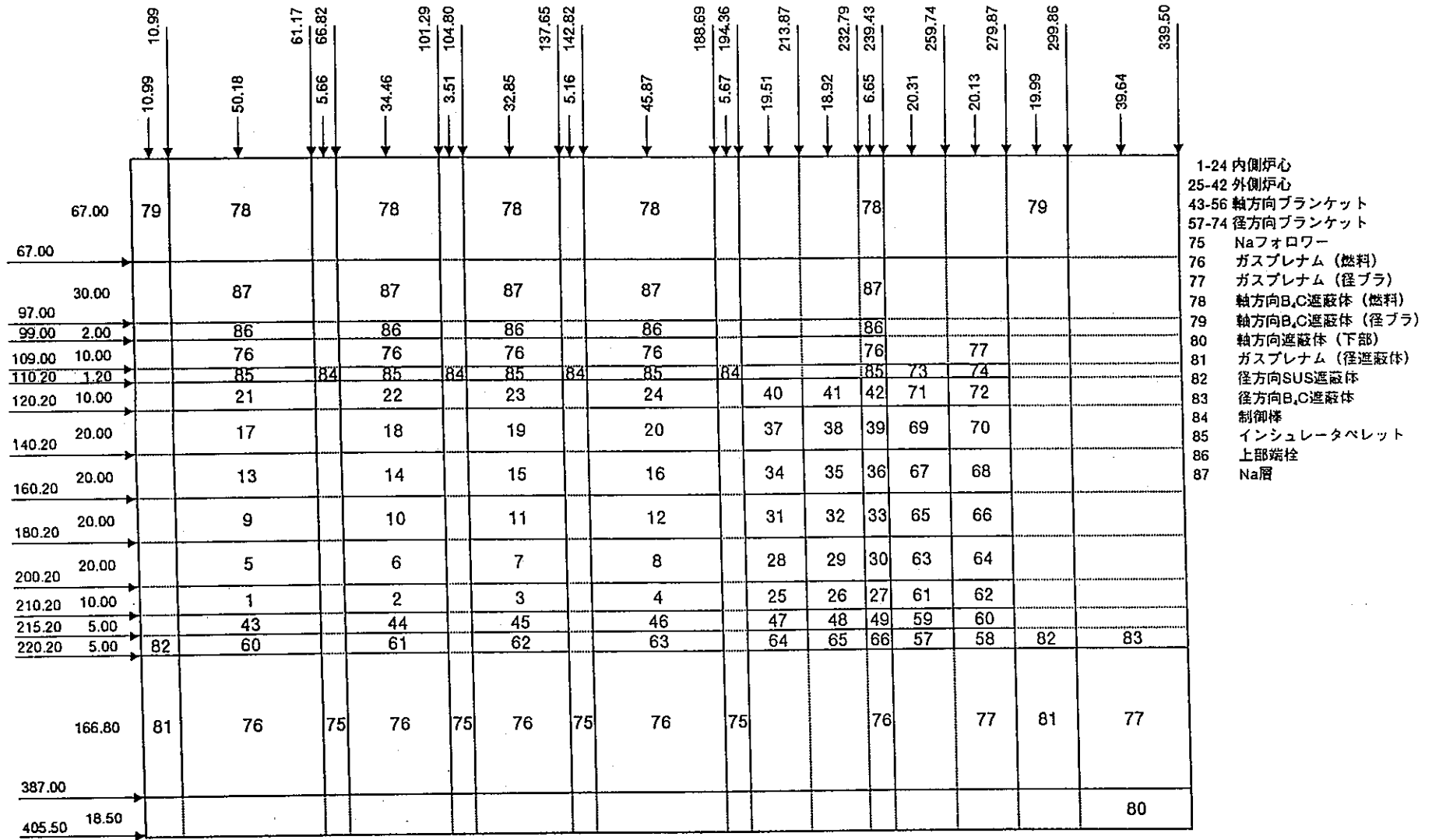
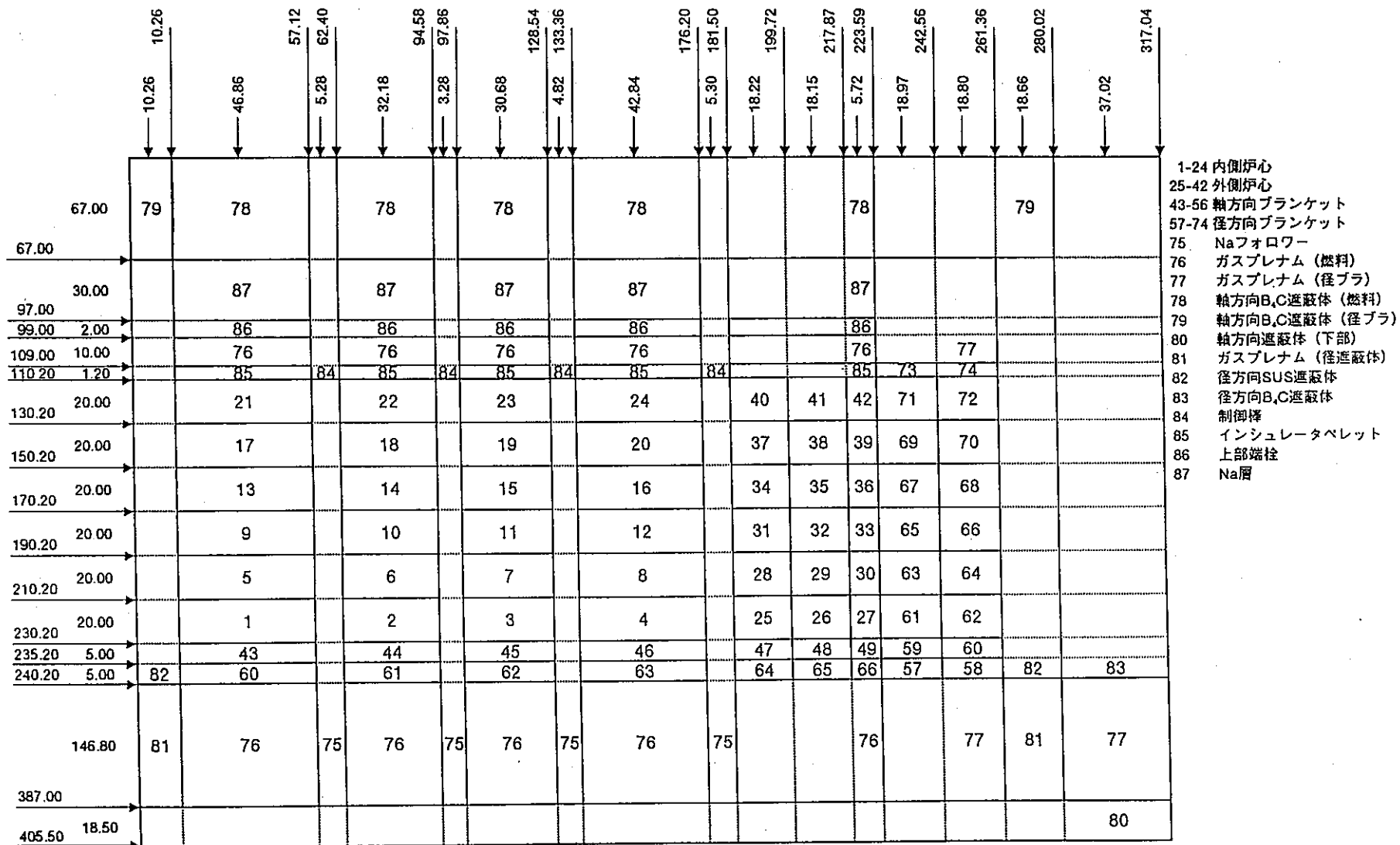


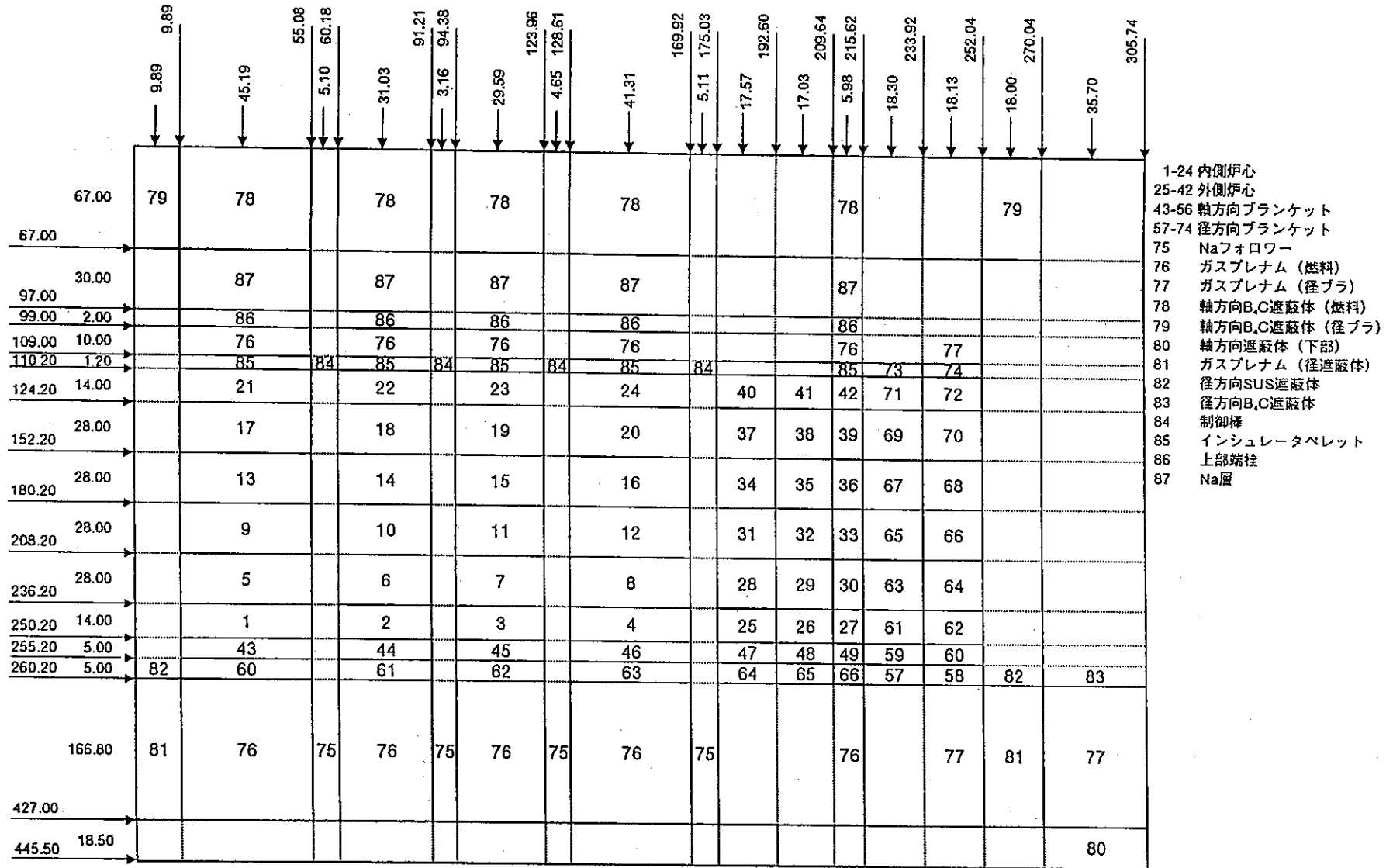
図 B.1 R-Z 体系ゾーンマップ (R100V)



- 1-24 内側炉心
- 25-42 外側炉心
- 43-56 軸方向ブランケット
- 57-74 径方向ブランケット
- 75 Naフロー
- 76 ガスプレナム (燃料)
- 77 ガスプレナム (径ブラ)
- 78 軸方向B,C遮蔽体 (燃料)
- 79 軸方向B,C遮蔽体 (径ブラ)
- 80 軸方向遮蔽体 (下部)
- 81 ガスプレナム (径遮蔽体)
- 82 径方向SUS遮蔽体
- 83 径方向B,C遮蔽体
- 84 制御棒
- 85 インシュレータベレット
- 86 上部端栓
- 87 Na層

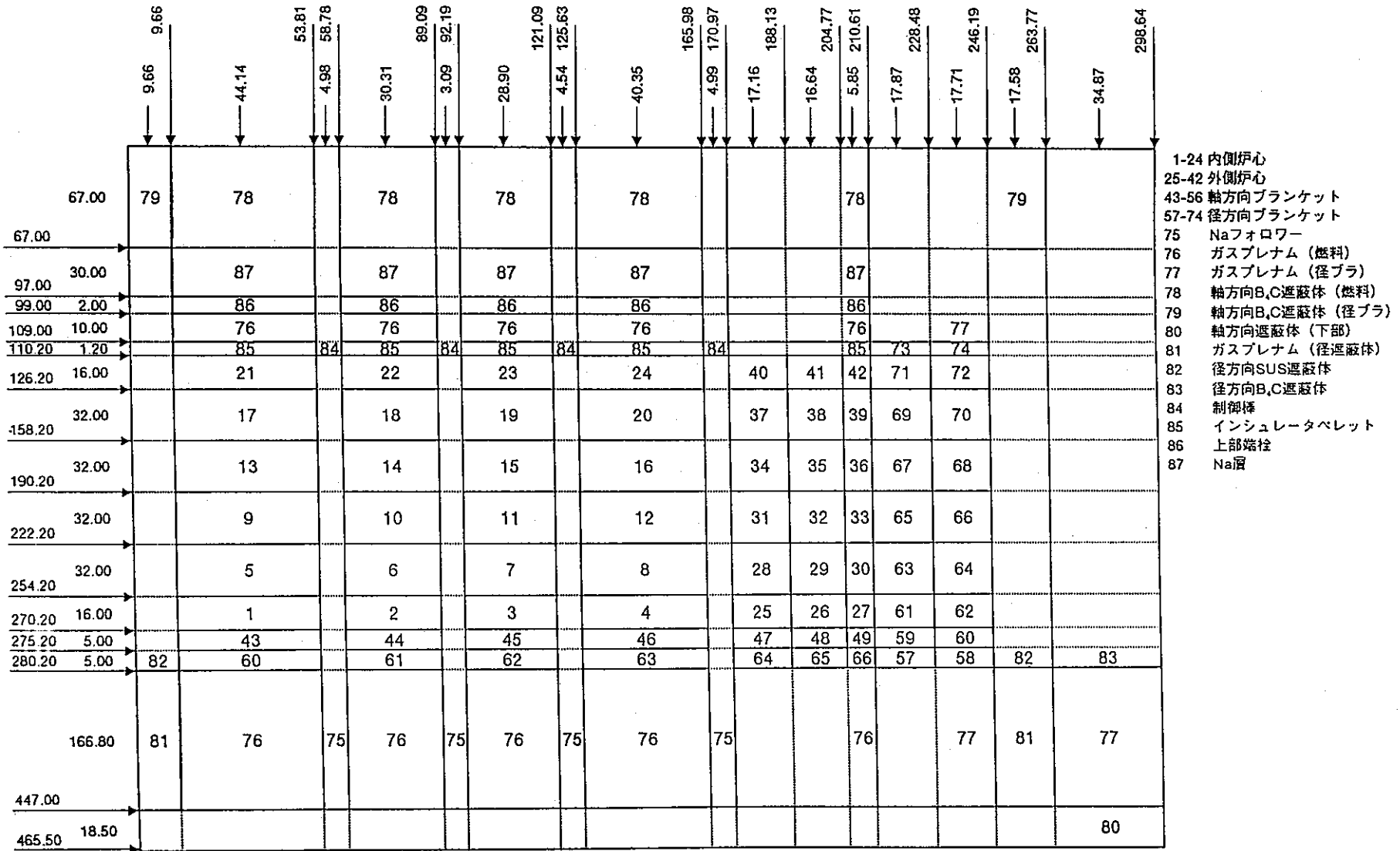
図 B.2 R-Z 体系ゾーンマップ (P38CL2)





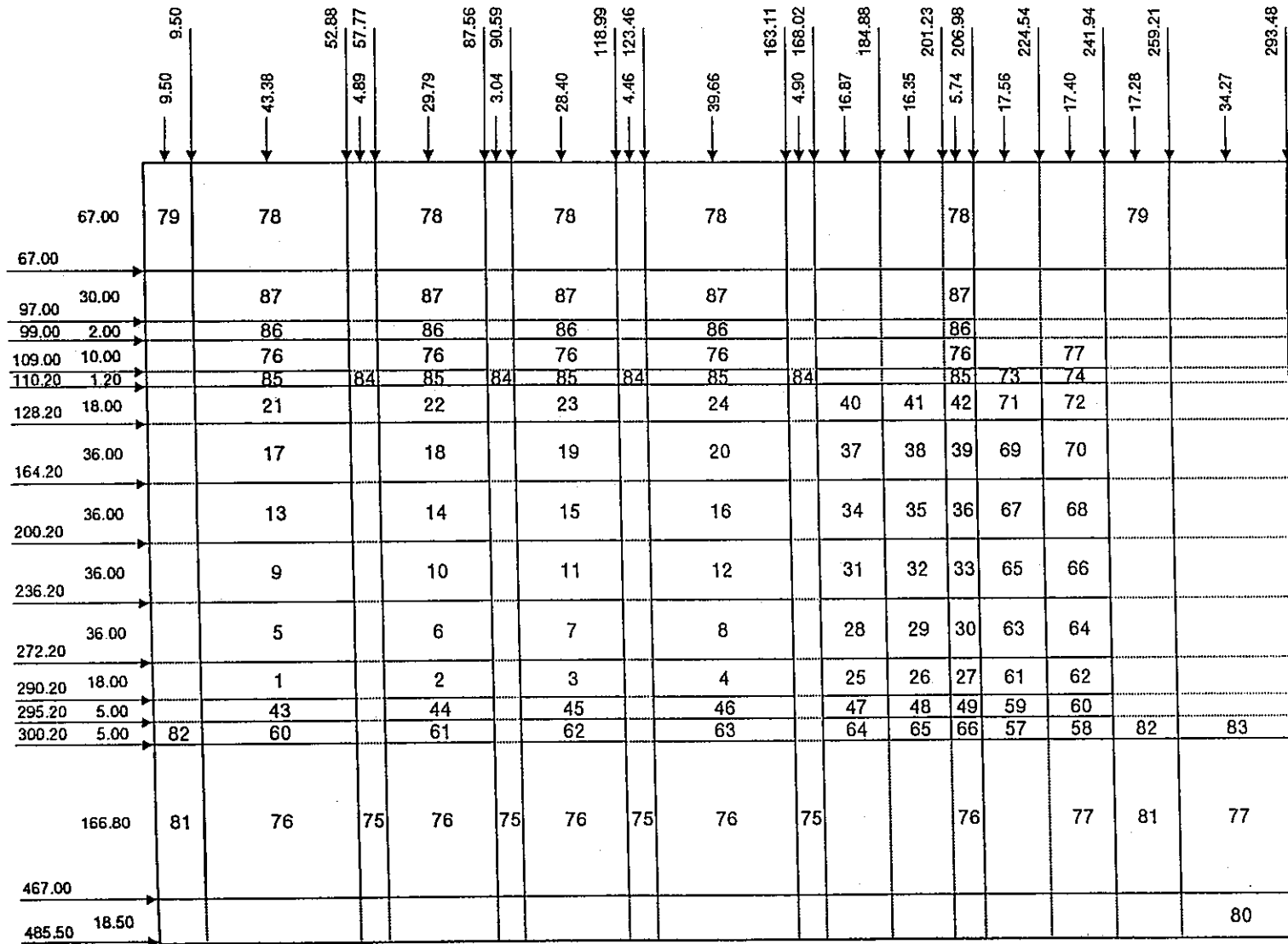
- 1-24 内側炉心
- 25-42 外側炉心
- 43-56 軸方向ブランケット
- 57-74 径方向ブランケット
- 75 Naフロー
- 76 ガスプレナム (燃料)
- 77 ガスプレナム (径ブラ)
- 78 軸方向B,C遮蔽体 (燃料)
- 79 軸方向B,C遮蔽体 (径ブラ)
- 80 軸方向遮蔽体 (下部)
- 81 ガスプレナム (径遮蔽体)
- 82 径方向SUS遮蔽体
- 83 径方向B,C遮蔽体
- 84 制御棒
- 85 インシュレータベレット
- 86 上部端栓
- 87 Na層

図 B.3 R-Z 体系ゾーンマップ (R140)



- 1-24 内側炉心
- 25-42 外側炉心
- 43-56 軸方向ブランケット
- 57-74 径方向ブランケット
- 75 Naフロー
- 76 ガスプレナム (燃料)
- 77 ガスプレナム (径ブラ)
- 78 軸方向B,C遮蔽体 (燃料)
- 79 軸方向B,C遮蔽体 (径ブラ)
- 80 軸方向遮蔽体 (下部)
- 81 ガスプレナム (径遮蔽体)
- 82 径方向SUS遮蔽体
- 83 径方向B,C遮蔽体
- 84 制御棒
- 85 インシュレータベレット
- 86 上部端柱
- 87 Na層

図 B.4 R-Z 体系ゾーンマップ (R160)



- 1-24 内側炉心
- 25-42 外側炉心
- 43-56 軸方向ブランケット
- 57-74 径方向ブランケット
- 75 Naフロー
- 76 ガスプレナム (燃料)
- 77 ガスプレナム (径ブラ)
- 78 軸方向B,C遮蔽体 (燃料)
- 79 軸方向B,C遮蔽体 (径ブラ)
- 80 軸方向遮蔽体 (下部)
- 81 ガスプレナム (径遮蔽体)
- 82 径方向SUS遮蔽体
- 83 径方向B,C遮蔽体
- 84 制御棒
- 85 インシュレータベレット
- 86 上部端栓
- 87 Na層

図 B.5 R-Z体系ゾーンマップ (R180)

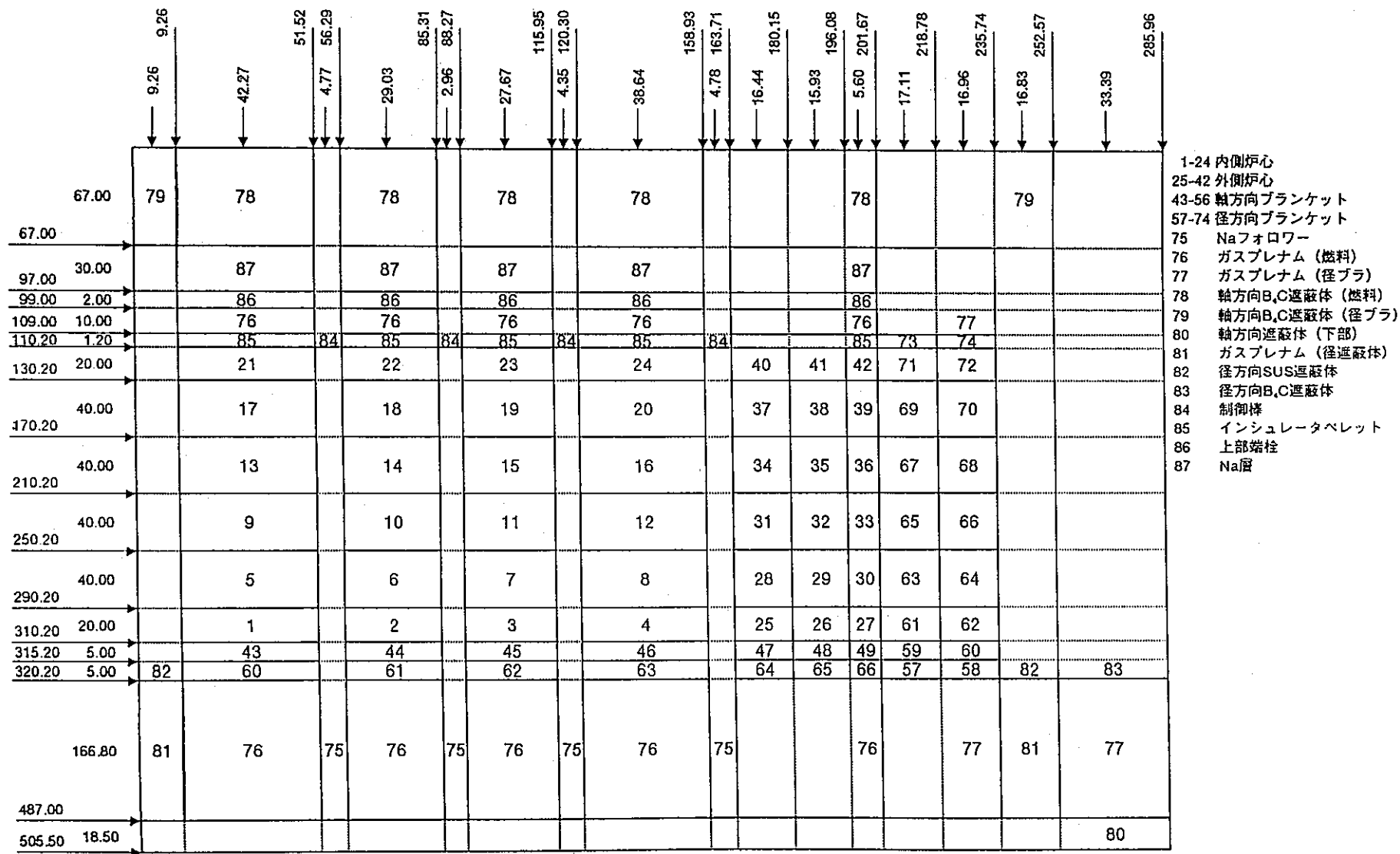


図 B.6 R-Z 体系ゾーンマップ (R202X)



表 B.1 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (R100V)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ				100.0	cm	集合体ピッチ			19.10	cm		
ピン径				9.7	mm	Pu富化度	(内側)		17.14	w/o		
炉心直径					cm		(外側)		21.03	w/o		
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/k')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.028818		2.236E+15	365.1	343.4	0.94	1.14	1.23	1.418		
	MOC	1.014931	2.62	2.287E+15	366.4	329.1	0.90	1.17	1.22	1.436		
	EOC	1.001817		2.315E+15	363.7	317.8	0.87	1.18	1.21	1.438		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.849	1.050	6.823	0.234	0.463	7.521			95.2	2.5	2.2
	MOC	0.846	1.047	6.716	0.284	0.577	7.576	120.7	152500	94.4	2.7	2.4
	EOC	0.832	1.040	6.612	0.329	0.688	7.628			93.5	3.4	3.0
7群ミクロ断面積							POC0CA1 . P38CL . MIC7G			備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH		
SYSTEM DATA							POC0CA1 . J38DEN . DATA (R100V)					
CITATION DATA							POC0CA1 . J38CIT . DATA (R100V)					
TABLE DATA							POC0CA1 . J38TBL . DATA (R100V)					
OUTPUT FILE (APPLE)							POC0CA1 . J38APL . DATA (R100V)					

表 B.2 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (P38CL2)

( 3799 MWth)

V 5.40

炉心高さ		120.0		cm		集合体ピッチ		19.54		cm		
ピン径		9.7		mm		Pu富化度	(内側)		16.17		w/o	
炉心直径				cm			(外側)		20.97		w/o	
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/k')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.026606		2.248E+15	363.7	356.5	0.98	1.12	1.26	1.412		
	MOC	1.014595	2.30	2.341E+15	372.8	337.6	0.91	1.17	1.24	1.459		
	EOC	1.002934		2.376E+15	372.1	324.1	0.87	1.18	1.23	1.469		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍増時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.876	1.081	6.698	0.189	0.534	7.422			95.2	1.9	2.8
	MOC	0.871	1.076	6.615	0.230	0.663	7.508	78.1	152700	94.6	2.1	2.9
	EOC	0.852	1.061	6.531	0.267	0.788	7.586			93.6	2.7	3.6
7群マイクロ断面積				POC3GA1 . P38CL . MIC7G				備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH				
SYSTEM DATA				POC3GA1 . J38DEN . DATA (P38CL2)								
CITATION DATA				POC3GA1 . J38CIT . DATA (P38CL2)								
TABLE DATA				POC3GA1 . J38TBL . DATA (P38CL2)								
OUTPUT FILE (APPLE)				POC3GA1 . J38APL . DATA (P38CL2)								

表 B.3 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (R140)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ		140.0		cm		集合体ピッチ		20.35		cm		
ピン径		9.7		mm		Pu富化度	(内側)	16.09		w/o		
炉心直径				cm			(外側)	21.20		w/o		
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/kk)	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.025218	2.30	2.314E+15	379.5	356.8	0.94	1.15	1.27	1.472		
	MOC	1.013294		2.371E+15	382.5	340.2	0.89	1.18	1.26	1.496		
	EOC	1.001611		2.381E+15	377.9	328.0	0.87	1.19	1.25	1.491		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.880	1.085	6.725	0.158	0.576	7.459	73.8	152800	95.3	1.6	3.1
	MOC	0.875	1.080	6.644	0.192	0.714	7.550			94.7	1.7	3.2
	EOC	0.855	1.066	6.562	0.223	0.849	7.633			93.7	2.2	4.1
7群マイクロ断面積							POC0CA1.P38CL.MIC7G			備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH		
SYSTEM DATA							POC0CA1.J38DEN.DATA (R140)					
CITATION DATA							POC0CA1.J38CIT.DATA (R140)					
TABLE DATA							POC0CA1.J38TBL.DATA (R140)					
OUTPUT FILE (APPLE)							POC0CA1.J38APL.DATA (R140)					



表 B.4 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (R160)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ		160.0	cm	集合体ピッチ		21.25	cm					
ピン径		9.7	mm	Pu富化度	(内側)	16.32	w/o					
炉心直径			cm		(外側)	21.95	w/o					
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/k')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.026299		2.290E+15	386.4	359.3	0.93	1.16	1.28	1.499		
	MOC	1.013597	2.43	2.329E+15	386.4	343.4	0.89	1.18	1.27	1.512		
	EOC	1.001331		2.340E+15	381.7	330.8	0.87	1.19	1.26	1.507		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.871	1.078	6.843	0.134	0.620	7.597			95.3	1.3	3.4
	MOC	0.866	1.074	6.751	0.163	0.769	7.683	79.5	152700	94.6	1.4	3.6
	EOC	0.847	1.062	6.659	0.190	0.914	7.762			93.6	1.8	4.6
7群マイクロ断面積				POC0CA1 . P38CL . MIC7G				備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH				
SYSTEM DATA				POC0CA1 . J38DEN . DATA (R160)								
CITATION DATA				POC0CA1 . J38CIT . DATA (R160)								
TABLE DATA				POC0CA1 . J38TBL . DATA (R160)								
OUTPUT FILE (APPLE)				POC0CA1 . J38APL . DATA (R160)								

表 B.5 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (R180)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ				180.0	cm	集合体ピッチ				22.15	cm	
ピン径				9.7	mm	Pu富化度	(内側)		16.73	w/o		
炉心直径					cm		(外側)		22.80	w/o		
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/kk')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.028250		2.256E+15	392.1	360.5	0.92	1.18	1.29	1.522		
	MOC	1.014475	2.62	2.285E+15	389.9	345.0	0.89	1.19	1.28	1.527		
	EOC	1.001281		2.285E+15	383.1	332.8	0.87	1.19	1.26	1.515		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.856	1.066	6.994	0.115	0.659	7.768			95.2	1.1	3.7
	MOC	0.852	1.063	6.886	0.141	0.816	7.843	91.9	152500	94.5	1.1	3.9
	EOC	0.836	1.055	6.780	0.164	0.970	7.914			93.5	1.5	5.0
7群ミクロ断面積							POC0CA1 . P38CL . MIC7G			備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH		
SYSTEM DATA							POC0CA1 . J38DEN . DATA (R180)					
CITATION DATA							POC0CA1 . J38CIT . DATA (R180)					
TABLE DATA							POC0CA1 . J38TBL . DATA (R180)					
OUTPUT FILE (APPLE)							POC0CA1 . J38APL . DATA (R180)					

表 B.6 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (R202X)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ		200.0		cm		集合体ピッチ		22.75		cm	
ピン径		9.7		mm		Pu富化度	(内側)		16.74		w/o
炉心直径				cm			(外側)		23.62		w/o
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/k')	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数				
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)		
5	BOC	1.028398	2.65	2.206E+15	389.7	366.8	0.94	1.16	1.30	1.516	
	MOC	1.014433		2.238E+15	388.2	349.9	0.90	1.18	1.29	1.525	
	EOC	1.001113		2.243E+15	382.4	336.3	0.88	1.19	1.27	1.516	
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍増時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)		
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)
5	BOC	0.847	1.065	7.083	0.100	0.705	7.888	152100	95.0	0.9	4.1
	MOC	0.844	1.062	6.968	0.122	0.872	7.962		94.2	1.0	4.3
	EOC	0.828	1.055	6.855	0.143	1.034	8.033		93.2	1.2	5.5
7群ミクロ断面積						POC0CA1 . P38CL . MIC7G		備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH			
SYSTEM DATA						POC0CA1 . J38DEN . DATA (R202X)					
CITATION DATA						POC0CA1 . J38CIT . DATA (R202X)					
TABLE DATA						POC0CA1 . J38TBL . DATA (R202X)					
OUTPUT FILE (APPLE)						POC0CA1 . J38APL . DATA (R202X)					

表 B.7 PENCIL 平衡サイクル計算結果 (A202X)

( 3799 MWth)

V 5.30

炉心高さ		200.0		cm		集合体ピッチ			22.75		cm	
ピン径		9.7		mm		Pu富化度	(内側)		16.03		w/o	
炉心直径				cm			(外側)		23.24		w/o	
サイクル	keff	燃焼反応度 (%Δk/kk)	最大高速中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s)	最大線出力 (W/cm)			ピーキング係数					
				(内側炉心)	(外側炉心)	(内/外)	(径方向)	(軸方向)	(炉心)			
5	BOC	1.026650	2.41	2.134E+15	373.2	351.4	0.94	1.17	1.22	1.452		
	MOC	1.014083		2.176E+15	374.9	336.7	0.90	1.19	1.22	1.472		
	EOC	1.001882		2.196E+15	372.7	325.0	0.87	1.20	1.21	1.477		
サイクル	増殖比		Fissile Pu量 (t)				原子炉 倍增時間 (年)	炉心平均 燃焼度 (MWd/t)	出力分担率 (%)			
	(炉心)	(全体)	(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	(計)			(炉心)	(軸ブラ)	(径ブラ)	
5	BOC	0.843	1.059	7.190	0.108	0.691	7.989	106.1	152100	95.0	1.1	3.9
	MOC	0.839	1.056	7.070	0.131	0.856	8.057			94.2	1.2	4.1
	EOC	0.824	1.046	6.952	0.152	1.015	8.119			93.3	1.4	5.3
7群マイクロ断面積							POC0CA1.P38CL.MIC7G			備考 540DAYS CORE 5BATCH BLANKET 5BATCH		
SYSTEM DATA							POC0CA1.J38DEN.DATA (A202X)					
CITATION DATA							POC0CA1.J38CIT.DATA (A202X)					
TABLE DATA							POC0CA1.J38TBL.DATA (A202X)					
OUTPUT FILE (APPLE)							POC0CA1.J38APL.DATA (A202X)					

### 第3章 MA 添加による中性子束及び随伴中性子束の変化について

#### 1. はじめに

MA の添加により中性子束及び随伴中性子束は高速エネルギー領域で増加する傾向がある。本章では二群の中性子バランス方程式を用いて、MA 添加による中性子束及び随伴中性子束の変化のメカニズムを考察する。

#### 2. 二群中性子バランス方程式

核分裂中性子の生成される MeV 付近のエネルギー領域と、中性子吸収反応が主に生じる keV 付近のエネルギー領域の二つの中性子エネルギー群を考え、中性子バランス方程式を次のように表す。

$$\begin{pmatrix} M_{11} & 0 \\ -\Sigma_{s12} & M_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{k} \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix} \quad (3-1)$$

ここで、

$$M_{ii} \equiv D_i B^2 + \Sigma_{a,i} + \sum_{j \neq i} \Sigma_{s,i \rightarrow j}$$

$$\Sigma_{s12} \equiv \Sigma_{s,1 \rightarrow 2}$$

$$S_{ij} \equiv \chi_i (\nu \Sigma_f)_j$$

$D_i$ :	$i$ 群の拡散定数
$B^2$ :	バックリング
$\Sigma_{a,i}$ :	$i$ 群の吸収断面積
$\Sigma_{s,i \rightarrow j}$ :	$i$ 群から $j$ 群への散乱断面積
$\chi_i$ :	$i$ 群の核分裂スペクトル
$(\nu \Sigma_f)_i$ :	$i$ 群の (平均中性子発生数 $\times$ 核分裂断面積)
$\phi_i$ :	$i$ 群の中性子束
$k$ :	実効増倍率

式 (3-1) においては、核分裂中性子の発生は第 1 群のみで起こるものとしている ( $\chi_1 = 1, \chi_2 = 0$ )。また、第 2 群から第 1 群への上方散乱は無いものとした

( $\Sigma_{s,2 \rightarrow 1} = 0$ )。

式(3-1)より、中性子束について次の関係を得る。

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{M_{22}}{\Sigma_{s12}} \quad (3-2)$$

次に式(3-1)の随伴方程式は、

$$\begin{pmatrix} M_{11} & -\Sigma_{s12} \\ 0 & M_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1^+ \\ \phi_2^+ \end{pmatrix} = \frac{1}{k} \begin{pmatrix} S_{11} & 0 \\ S_{12} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1^+ \\ \phi_2^+ \end{pmatrix} \quad (3-3)$$

となる。ここで $\phi_i^+$ は*i*群の随伴中性子束を表す。*k*を消去することによって、随伴中性子束について、

$$\frac{\phi_1^+}{\phi_2^+} = \frac{M_{22}S_{11} + \Sigma_{s12}S_{12}}{M_{11}S_{12}} \quad (3-4)$$

を得る。

### 3. MA 添加による中性子束及び随伴中性子束の変化に関する考察

式(3-2)及び式(3-4)より、MA 添加による中性子束及び随伴中性子束の変化について、次のことがいえる。(図 3-1 を参照)

- MA によりしきい値を持った核分裂反応が増加する(すなわち $S_{11}$ 及び $M_{11}$ が増加する)とき、中性子束は不変である。随伴中性子束の変化に対しては、 $S_{11}$ と $M_{11}$ の作用が互いに打ち消し合う方向にある。
- MA により keV 領域における中性子吸収反応が増加する(すなわち $M_{22}$ が増加する)と、中性子束及び随伴中性子束双方とも第 1 群において増加、第 2 群において減少する。

高速炉炉心領域の炉定数(表 3-1)を用いて、上述の傾向を具体的に数値で確認したものを表 3-2 に示す。

### 4. まとめ

二群の中性子バランス方程式を用いた考察によって、MA 添加に伴う中性子束及び随伴中性子束の変化について定性的に理解することができた。MA 添加による中性子束及

び随伴中性子束の高速エネルギー領域における増加の主な原因は、これまで考えられていたしきい値核分裂反応ではなく、keV エネルギー領域の吸収反応の増加にあるといえる。

表 3-1 使用した高速炉炉心領域の炉定数  
(第1群：10MeV～10keV, 第2群：10keV～10<sup>-5</sup>eV)

	基準 (MA=0%)	MA=5wt%添加
$D_1$ [cm]	1.60	←
$D_2$ [cm]	0.72	←
$B^2$ [cm <sup>-2</sup> ]	$5 \times 10^{-4}$	←
$\Sigma_{a,1}$ [cm <sup>-1</sup> ]	$4.15 \times 10^{-3}$	$4.43 \times 10^{-3}$
$\Sigma_{a,2}$ [cm <sup>-1</sup> ]	$1.70 \times 10^{-2}$	$1.83 \times 10^{-2}$
$\Sigma_{s12}$ [cm <sup>-1</sup> ]	$1.52 \times 10^{-3}$	←
$\nu\Sigma_{f,1}$ [cm <sup>-1</sup> ]	$5.57 \times 10^{-3}$	$5.86 \times 10^{-3}$
$\nu\Sigma_{f,2}$ [cm <sup>-1</sup> ]	$1.07 \times 10^{-2}$	←

表 3-2 式 (3-2) 及び式 (3-4) による中性子束及び随伴中性子束の計算値

	基準 (MA=0%)	$S_{11}$ 及び $M_{11}$ を MA=5wt%に 置き換え	$M_{22}$ を MA=5wt%に 置き換え	$S_{11}, M_{11}, M_{22}$ を MA=5wt%に 置き換え
$\phi_1/\phi_2$	11.47	11.47	12.29	12.29
$\phi_1^+/\phi_2^+$	1.639	1.641	1.740	1.743

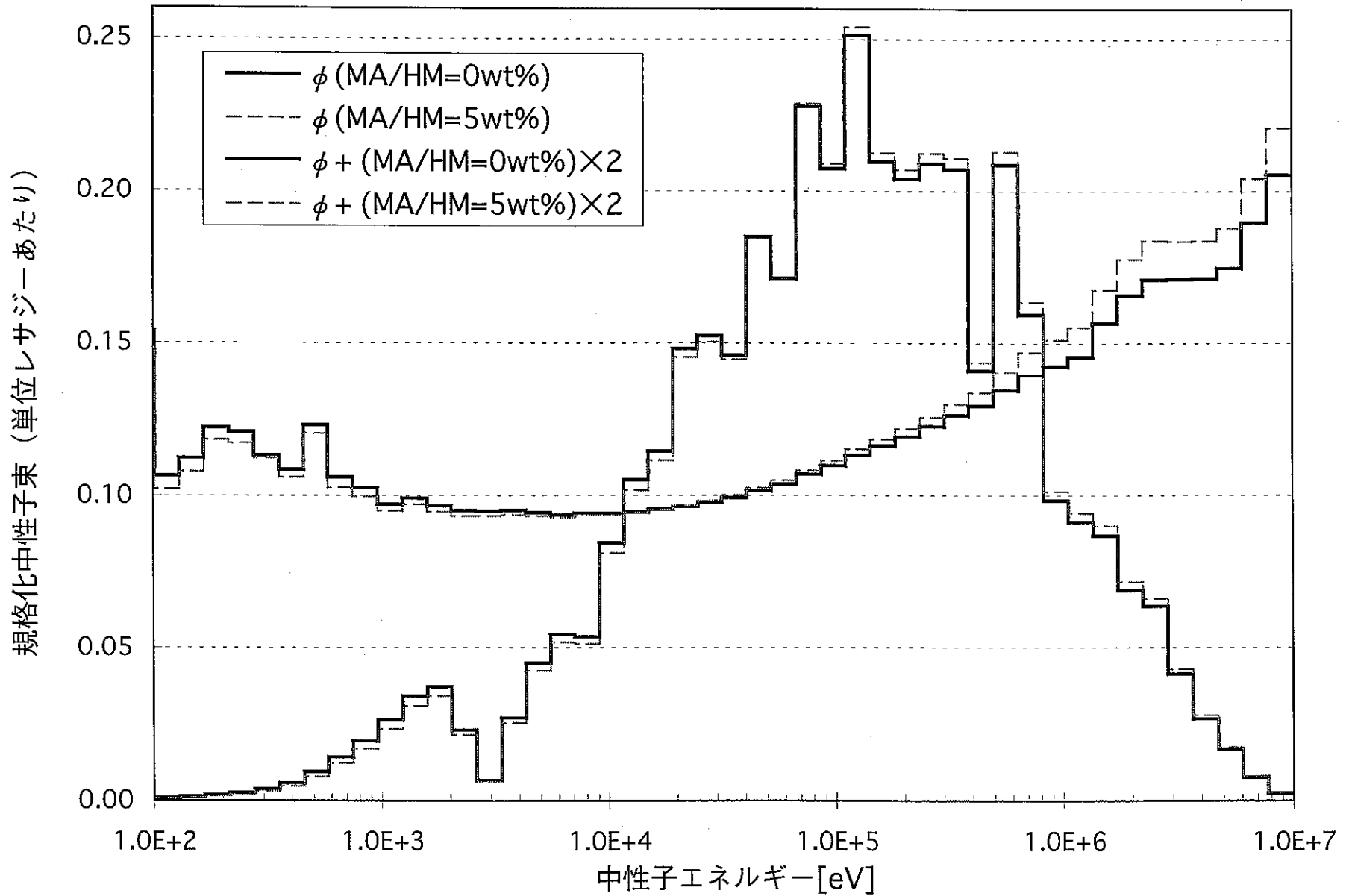


図3-1 MA添加による中性子束及び随伴中性子束の変化



## 第4章 鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉の MA 消滅特性比較

### 1. はじめに

鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉について炉物理的観点からの比較検討を行った。特に環境負荷低減の観点から興味のあるマイナーアクチナイド（以下 MA）の消滅特性、並びに炉物理的に興味のある鉛とナトリウムのボイド反応度の MA 添加に伴う変化のメカニズムについて議論する。

### 2. 検討対象炉心

検討対象炉心としては設計検討が十分行われているものを選択することにした。鉛冷却炉としてはロシアで検討の行われた「BREST-300」炉心を選択した。一方、ナトリウム冷却炉には、典型的な実用規模の高速増殖炉を選んだ。両炉心の主要特性を表 4-1 に示す。

### 3. MA 核種組成

両炉心の MA 消滅特性を比較するために、次の組成の MA を炉心燃料へ均一に添加することを考える。同組成は軽水炉取出燃料から生じたものである（燃焼度 35GWd/t, 5年間冷却； ORIGEN2 による計算値）。

核種	重量比 (%)
Np-237	49.14
Am-241	29.98
Am-242m	0.08
Am-243	15.50
Cm-243	0.05
Cm-244	4.99
Cm-245	0.26

### 4. 計算条件

計算に用いた核データは JENDL-3.2 に基づく統合炉定数「JFS3J32.ADJ98.Y9811」である。計算コードとしては PENCIL（含 SLAROM-JOINT-CITATION）を使用した。炉定数作成のためのセル計算は均質モデルとし、70 群から 7 群にエネルギー群を縮約した。炉心燃焼計算は 2 次元 RZ7 群拡散理論による。なお、冷却材ボイド反応度は 2

次元 RZ70 群拡散理論により計算を行った。

## 5. 基本炉心特性の比較

鉛冷却高速炉（BREST-300）とナトリウム冷却高速炉について、中性子スペクトル等の基本炉心特性の比較を行う。

### (1) 中性子スペクトル

図 4-1 に炉中心における中性子スペクトルを BREST-300 とナトリウム冷却高速炉について比較したものを示す。BREST-300 の中性子スペクトルは MeV エネルギー領域、及び keV エネルギー領域において減少している。MeV エネルギー領域の中性子スペクトルの減少には Pb の非弾性散乱反応が、keV エネルギー領域における中性子スペクトルの減少は、Na に比べ Pb の中性子減速効果が小さいこと、また窒化物燃料の重金属密度が大きいことによると考えられる。

### (2) 中性子漏洩割合

図 4-2 に炉中心における中性子漏洩割合のエネルギー分布を BREST-300 とナトリウム冷却高速炉について比較したものを示す。100keV から 1MeV にかけて BREST-300 の漏洩量が大きくなっており、BREST-300 は漏れの多い体系であることがわかる。これは BREST-300 がナトリウム冷却炉に比べ小型であること、また、冷却材圧力損失を低く抑えるために冷却材体積比が増加されているためであると考えられる。

### (3) 中性子減速能

炉中心における中性子減速能の BREST-300 とナトリウム冷却高速炉の比較を図 4-3 に示す。BREST-300 はナトリウム冷却炉に比べ 1MeV 以下のエネルギーにおける減速能が小さいことがわかる。この内訳を調べるために、核種別に減速能を分解したものをナトリウム冷却炉及び BREST-300 について図 4-4、図 4-5 にそれぞれ示す。また、それらの差をとったものを図 4-6 に示す。これらより、MeV エネルギー領域の減速能には、鉛の散乱反応（非弾性散乱）の寄与の大きいことがわかる。1MeV 以下の減速能減少にはいくつかの理由があり、Na に比べ Pb の散乱効果が小さいこと、鉄の存在量が少ないこと、O に対し N の存在量が少ないことがあげられる。

## 6. MA 消滅特性の比較

BREST-300 とナトリウム冷却高速炉の MA 変換量（MA 重量変化）の比較を図 4-7 に、核分裂による MA 消滅量の比較を図 4-8 に示す。また核分裂による MA 消滅量の核種別内訳を図 4-9 に示す。ここで、異なる炉出力及びサイクル長さの炉心の MA 変換

量あるいは核分裂による MA 消滅量を横並びに比較するために、出力 1 GWth あたり、サイクル長さ 1 年あたりに規格化して比べている。

MA 変換量及び核分裂による MA 消滅量は、変換率あるいは消滅率（図 4-7 及び図 4-8 中のグラフの傾き）で比べた場合、ナトリウム冷却炉が BREST-300 を上回る結果となった。これは、BREST-300 において中性子束レベルが低いこと（炉心領域の平均中性子束は、BREST-300 では約  $2.5 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ 、ナトリウム冷却炉では  $2.7 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$  である）、鉛の非弾性散乱に伴う MeV エネルギー領域の中性子スペクトルの減少によって MA のしきい値核分裂の一群断面積が減少すること、鉛及び窒化物燃料による keV エネルギー領域の中性子スペクトルの硬化によって、MA の捕獲反応及びフィッサイル型の核分裂の一群断面積が減少することが原因である。

なお、MA0% 添加時の MA 変換量に相違が見られるが、これは BREST-300 では Pu 富化度が小さく、Pu からの MA 発生量が少ないためである。

燃料への MA 添加率を固定して比べる場合、BREST-300 の方が出力当たりの燃料インベントリが大きく、MA を多く変換できることになる。中性子場になるべく多くの MA をさらし変換量を増やす観点からは、BREST-300 の方が良いといえることができる。

結果として、BREST-300 の MA 消滅特性は、同出力及び同サイクル長さでナトリウム冷却炉と比べた場合、変換率の観点からは劣り、炉心に多くの MA を受け入れて変換量を増やす観点からは優れていると結論づけられる。

## 7. 冷却材ボイド反応度の検討

検討対象炉心の鉛ボイド反応度及びナトリウムボイド反応度の散乱項の計算結果を図 4-10 に示す。散乱項の寄与の生ずるエネルギー領域が鉛とナトリウムで異なり、鉛については MeV エネルギー領域の非弾性散乱によって減速されていた中性子束が硬くなることがボイド反応度の根本にある。

MA の添加によって冷却材ボイド反応度は、鉛冷却高速炉及びナトリウム冷却高速炉双方において主に散乱項に増加が生じる。ボイド化による冷却材の減少量は MA 添加前後で変わらないため、散乱項の変化は中性子束あるいは随伴中性子束の MA 添加による変化によってもたらされる。前章で理論モデルによる考察を行ったように MA の中性子捕獲反応による MeV エネルギー領域における随伴中性子束の勾配の増加が散乱項増加の主な原因であると予想される。

そこで、冷却材ボイド反応度の変化にどのような核種・反応が、どのようなメカニズムで関与しているのかを調べることにする。ここで用いる手法は、冷却材ボイド反応度についての核種反応ごとの感度係数（SAGEP コードにより算出、エネルギー群を 18 群とする）

$$S = \frac{d\rho/\rho}{d\Sigma/\Sigma} \quad (4-1)$$

に MA 添加による核種数密度の変化量  $dN/N$  を掛け合わせ（微視的断面積は MA 添加前後で不変とする）、冷却材ボイド反応度変化量を

$$\frac{d\rho}{\rho} = S \frac{dN}{N} \quad (4-2)$$

のように得るものである。感度係数は直接効果（摂動分子、摂動分母）及び間接効果（摂動後  $\phi$ 、非摂動  $\phi^+$ ）の各成分について計算される。

計算結果を表 4-2 に、主要核種・反応についてのエネルギー分布を図 4-11 及び図 4-12 に示す。反応度変化の多くは随伴中性子が変わったことによる間接効果であり、MA の中でも量の多い Np-237 と Am-241 の寄与が大きくなっている。ここで中性子捕獲反応が主たる寄与を与え、しきい値核分裂反応の寄与は二次的であることがわかる。

MA の中性子捕獲反応の感度はナトリウムボイド反応度よりも鉛ボイド反応度の方が高エネルギー側にシフトしている。1MeV 付近のしきい値核分裂反応についてもピークがさらに高エネルギー側に移っている（非弾性散乱のピークに対応している）。このように冷却材ボイド反応度に対して感度のある MA の断面積のエネルギー領域はナトリウムボイド反応度と鉛ボイド反応度とで大きく異なっている。

ナトリウムボイド反応度に対する感度には、3keV の共鳴により感度の符号が逆転するような窪みが生じているが、鉛についてはこのような分離共鳴は無いことから、なだらかな感度分布となっている。

## 8. まとめ

典型的な鉛冷却高速炉（BREST-300）とナトリウム冷却高速炉（3800MWth 大型炉）の MA 消滅特性を比較した結果、MA 変換率に関してはナトリウム冷却高速炉の方が BREST-300 を上回ることがわかった。なお、炉心に多くの MA を受け入れて変換量を増やす観点からは BREST-300 の方が優れている。

冷却材ボイド反応度に対する MA 添加の影響は、鉛冷却高速炉及びナトリウム冷却高速炉とも反応度を増加させる方向に働く。この原因は主に MA 核種の keV エネルギー領域の捕獲反応による随伴中性子スペクトルの勾配の増加にある。さらに、鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉とで冷却材ボイド反応度に感度のある MA 捕獲反応のエネルギー領域が大きく異なることが明らかとなった。

表 4-1 ナトリウム冷却高速炉と鉛冷却高速炉の炉心仕様の比較

	レファレンス炉心 (MOX 燃料、Na 冷却)	BREST-300 炉心 (MN 燃料、Pb 冷却)
炉出力 [MWth]	3800	700
運転サイクル長さ [EFPD]	540	284
燃料交換バッチ数 (炉心/径方向ブランケット)	5/5	5/-
炉心取出平均燃焼度 [MWd/t]	150000	67000
炉心等価直径 [cm]	458	230
炉心高さ [cm]	120	110
Pu 富化度 [wt%] (IC/MC/OC)	17.7/ - /20.1	14.0/14.0/14.0
燃料ピン径 [mm] (IC/MC/OC)	9.7/ - /9.7	9.1/9.6/10.4
Pu 同位体組成比 [wt%] (Pu238/Pu239/Pu240/Pu241/Pu242/Am241)	3/52/27/9.5/7/1.5	0.5/64/28/3.1/1.7/2.7
燃焼反応度 [%dk/kk']	3.0	0.03
増殖比	1.04	1.03
最大線出力* [W/cm]	371	445
炉心部冷却材ボイド反応度** (EOC) [%dk/kk']	3.4	5.5
ドップラー定数** (EOC) [ $10^{-3}$ Tdk/dT]	-7.1	-4.2

\* 燃焼ミスマッチファクタ考慮せず

\*\* 二次元 RZ70 群拡散計算による値

表4-2 MA5wt%添加による冷却材ボイド反応度変化の核種・反応別分析

(単位：% $d\rho/\rho$ )

核種・反応		レファレンス炉心 (MOX-Na, 3800MWth)				BREST-300炉心 (MN-Pb, 700MWth)			
		直接効果		間接効果		直接効果		間接効果	
		分子	分母	$\phi$	$\phi^+$	分子	分母	$\phi$	$\phi^+$
U238	Capture	0	0	0	-1	0	0	-1	-2
	Fission	0	1	0	0	0	1	0	-2
	Elastic	0	0	0	0	-1	0	1	0
	Inelastic	0	0	0	0	-1	0	2	1
Np237	Capture	0	0	1	4	0	0	1	6
	Fission	0	-2	0	2	0	-3	0	3
Pu238	Capture	0	0	0	1	0	0	0	1
	Fission	0	-4	0	2	0	-3	0	-1
Pu239	Fission	0	3	0	1	0	1	0	2
Am241	Capture	0	0	1	2	0	0	1	4
	Fission	0	0	0	0	0	-2	0	3
Am242m	Fission	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1
Am243	Capture	0	0	0	1	0	0	0	2
	Fission	0	0	0	0	0	-1	0	2
Others		0	0	0	0	2	-2	-1	2
Total		0	-3	2	11	0	-8	4	17

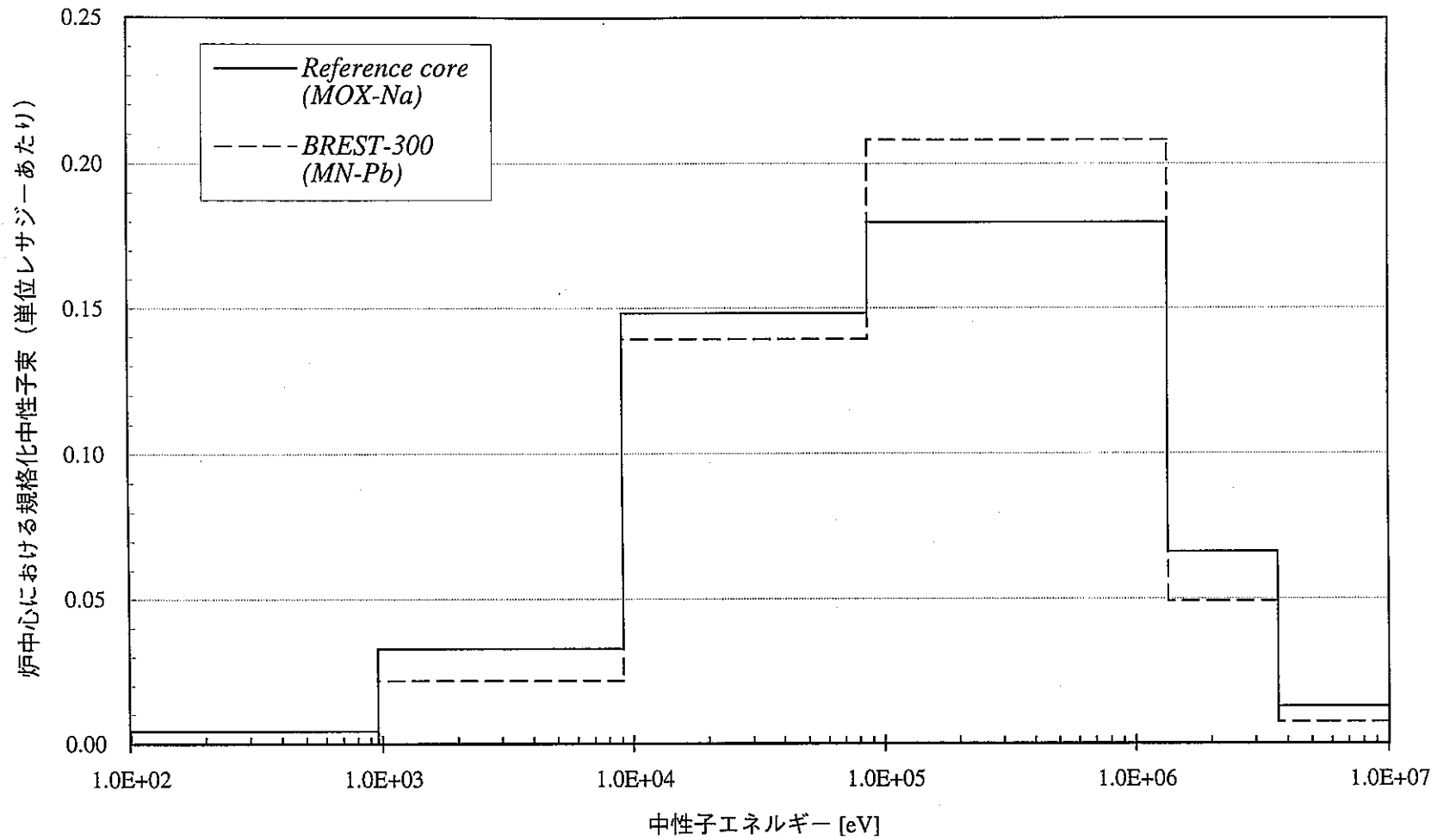


図4-1 レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子スペクトルの比較 (EOC)

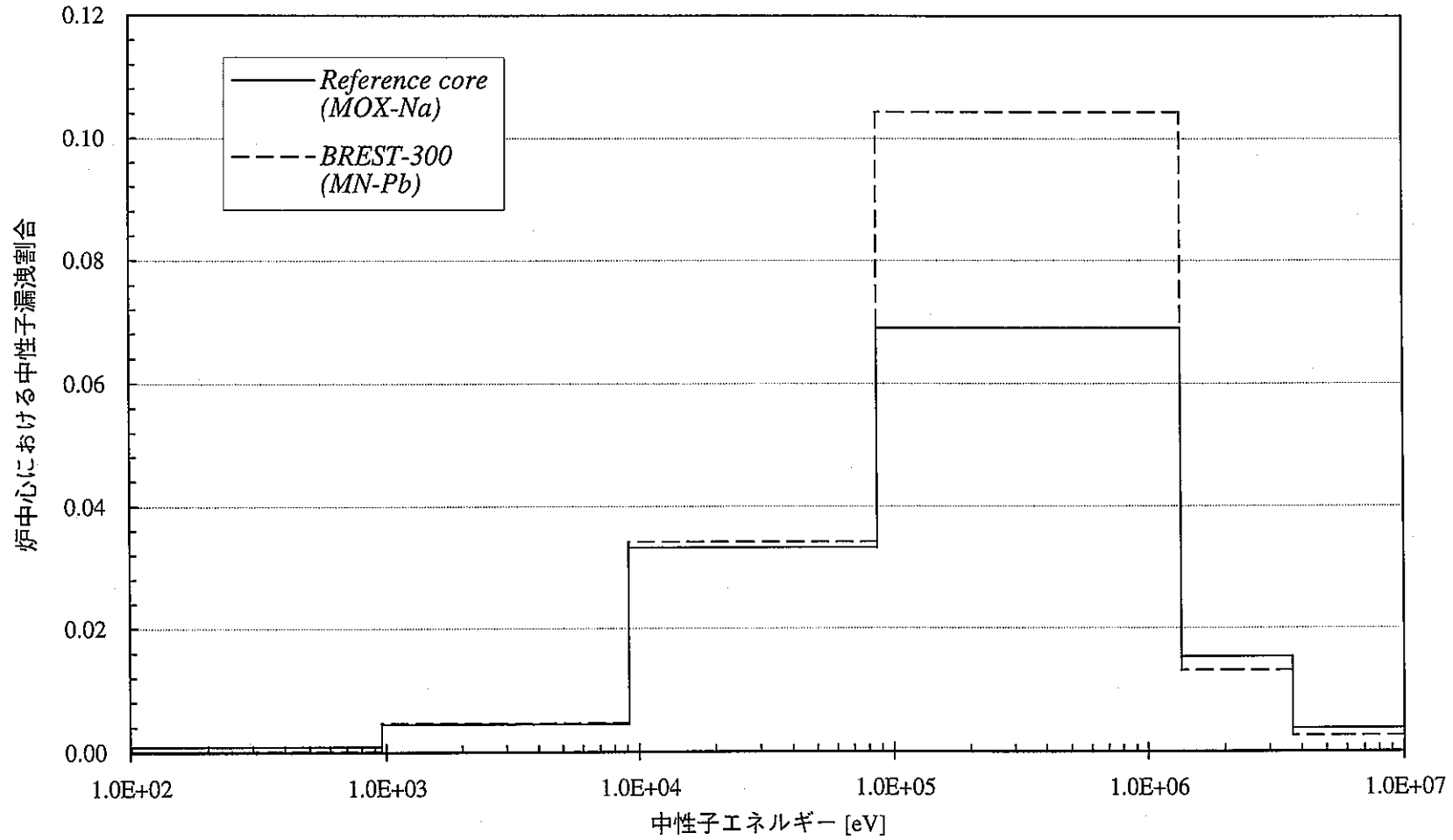


図4-2 レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子漏洩割合の比較



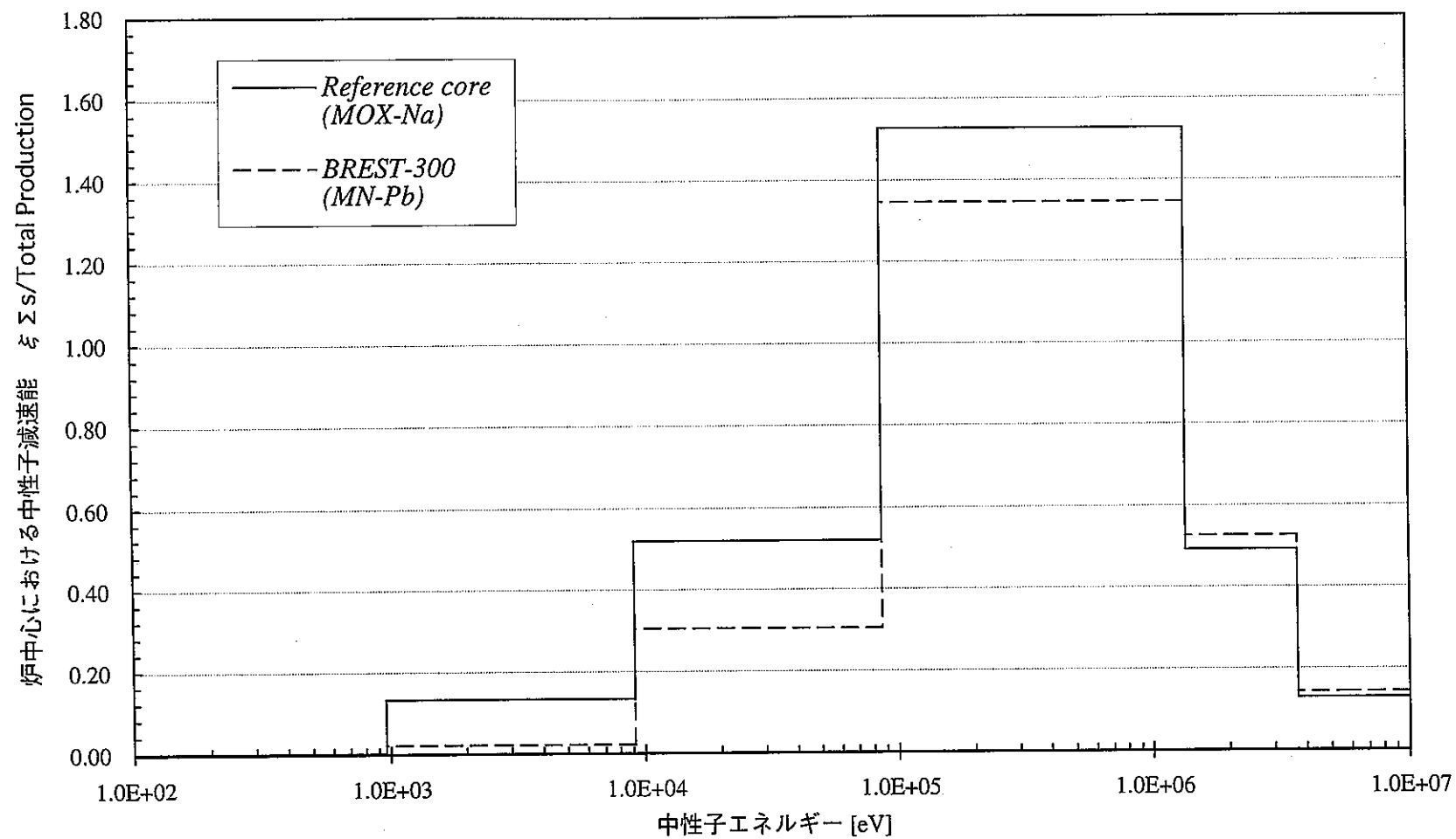


図4-3 レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) とBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子減速能の比較

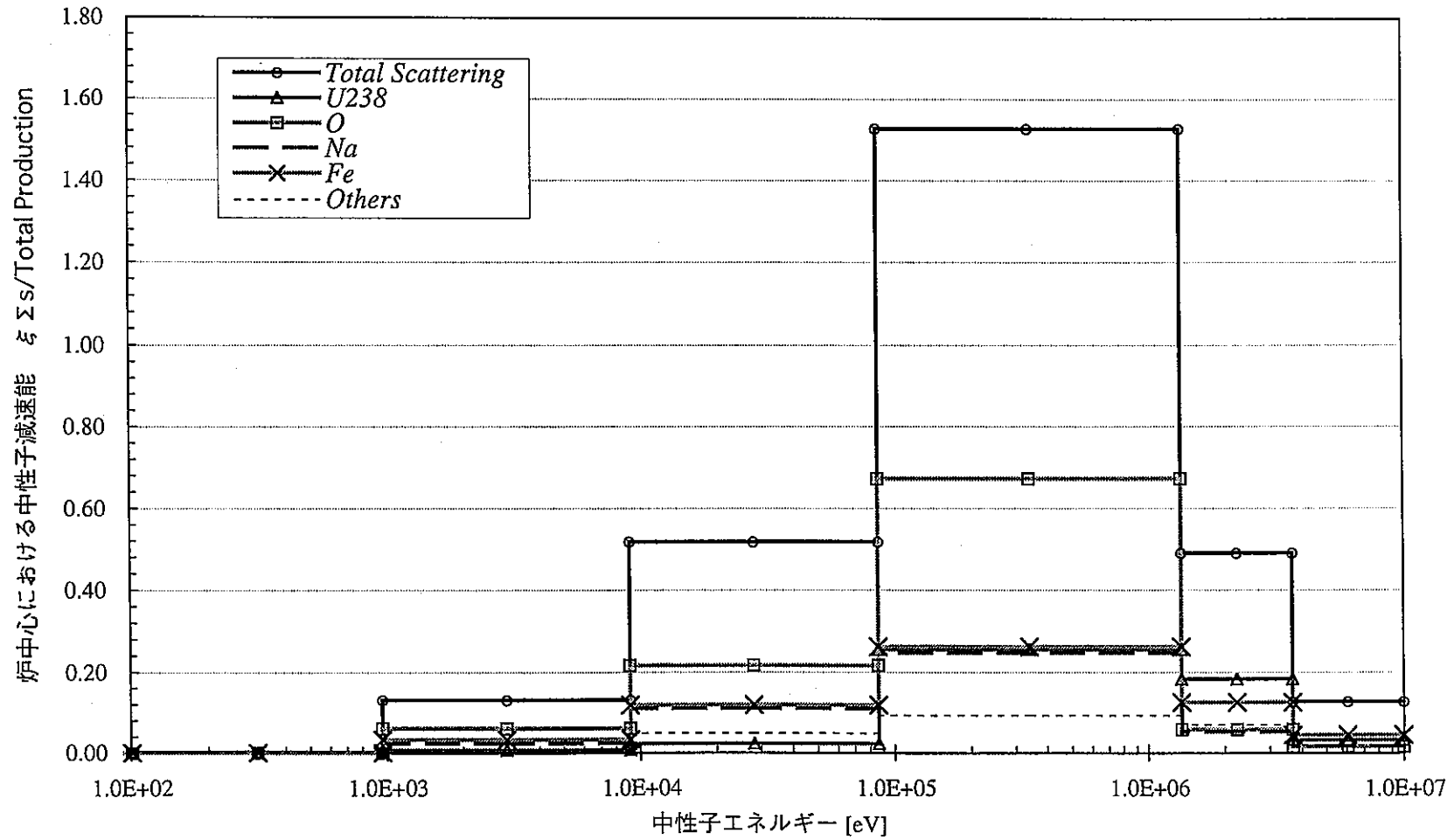


図4-4 レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) の中性子減速能 核種別寄与

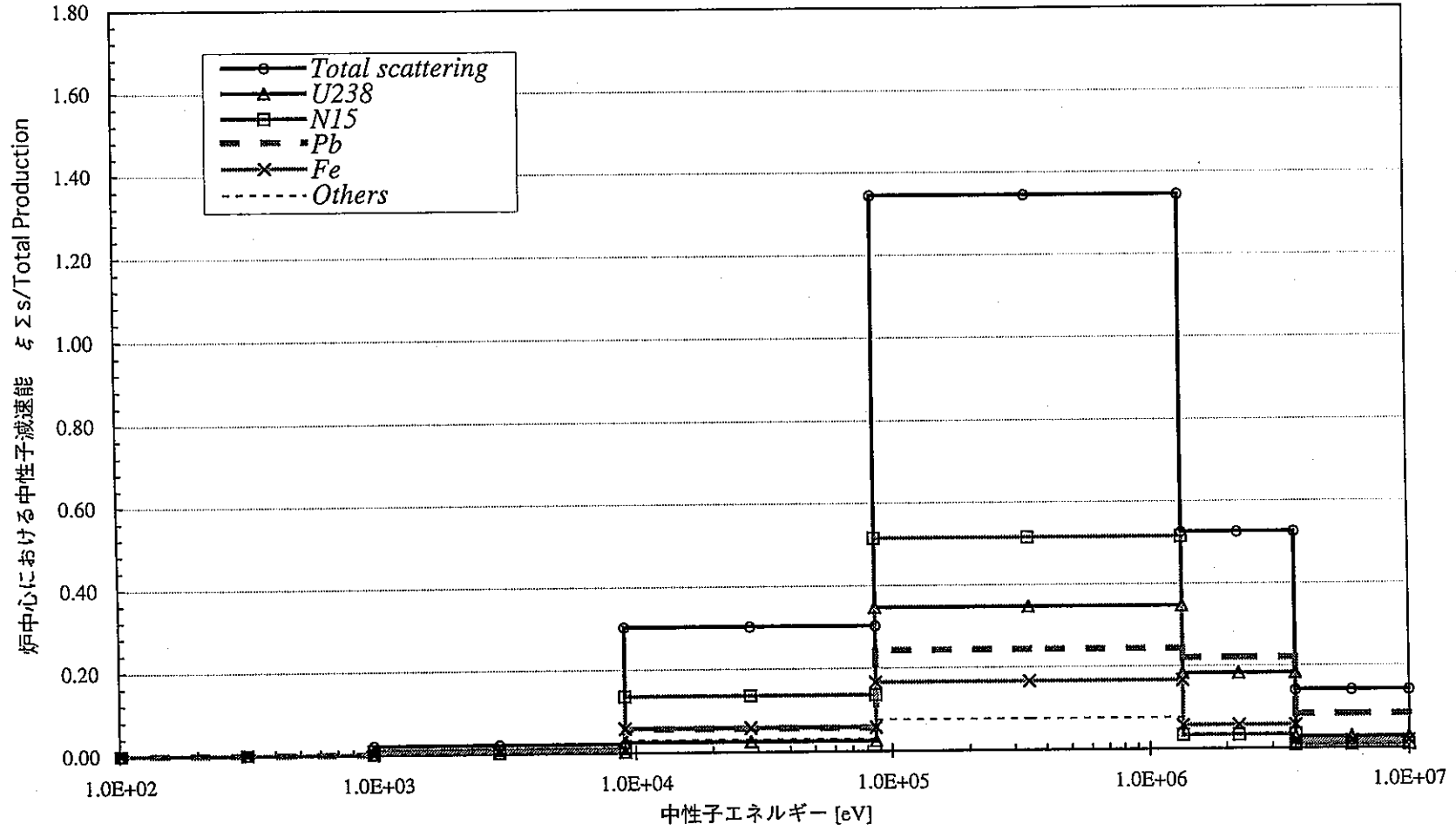


図4-5 BREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) の中性子減速能 核種別寄与

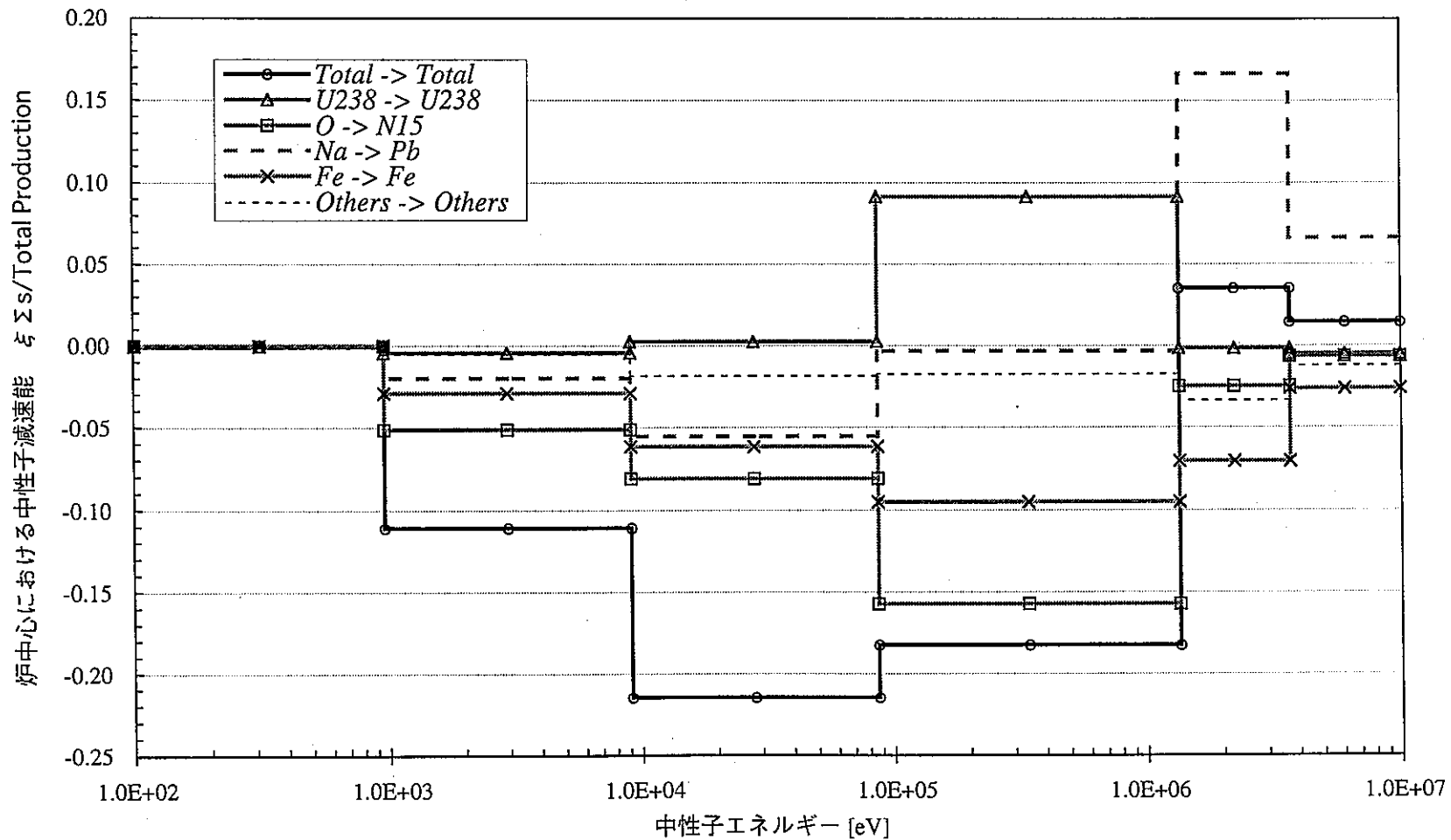


図4-6 レファレンス炉心 (MOX燃料、Na冷却) からBREST-300炉心 (MN燃料、Pb冷却) へかけての中性子減速能の変化

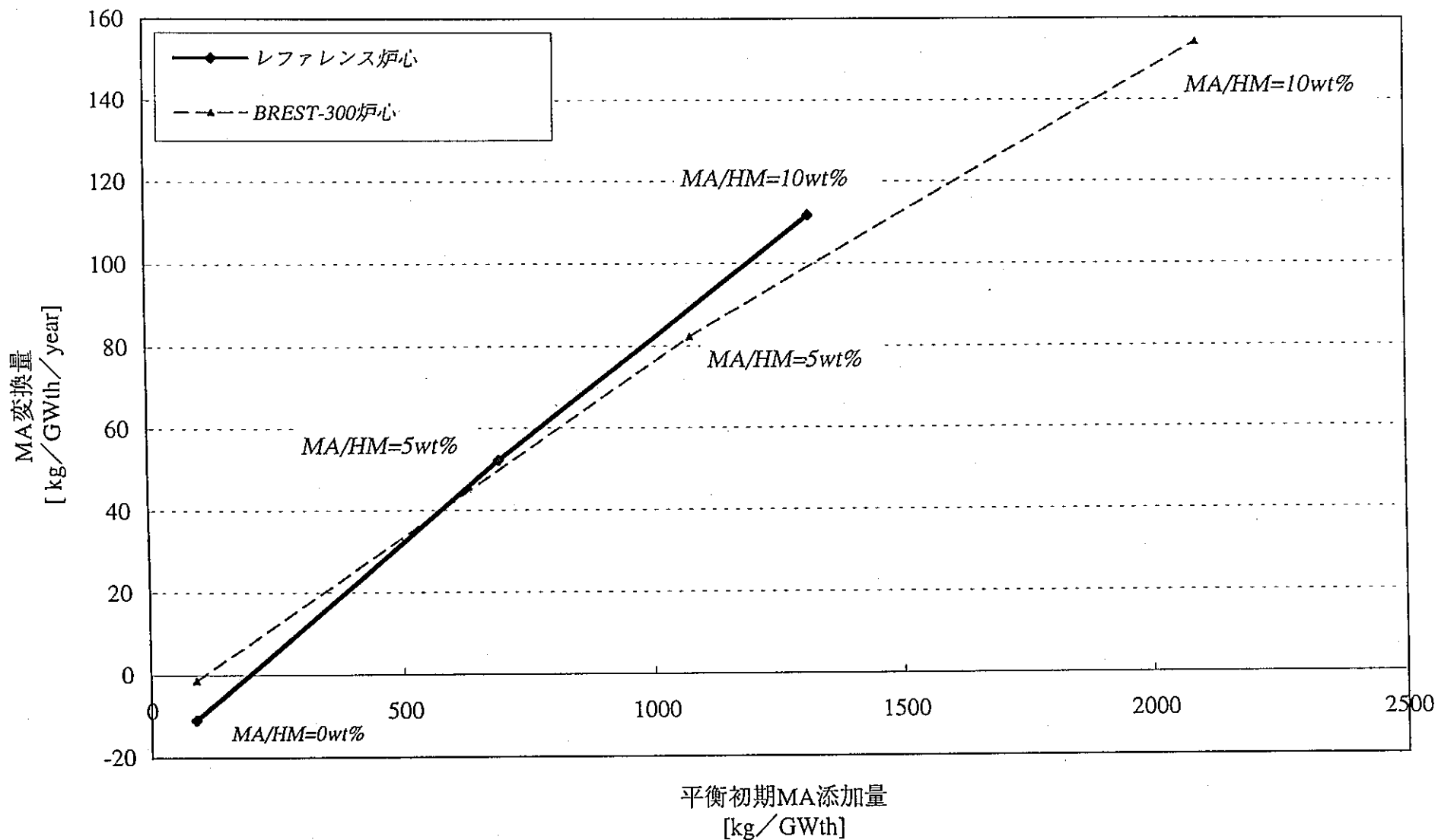


図 4-7 レファレンス炉心 (MOX 燃料、Na 冷却) 及び BREST-300 炉心 (MN 燃料、Pb 冷却) の MA 変換量の比較

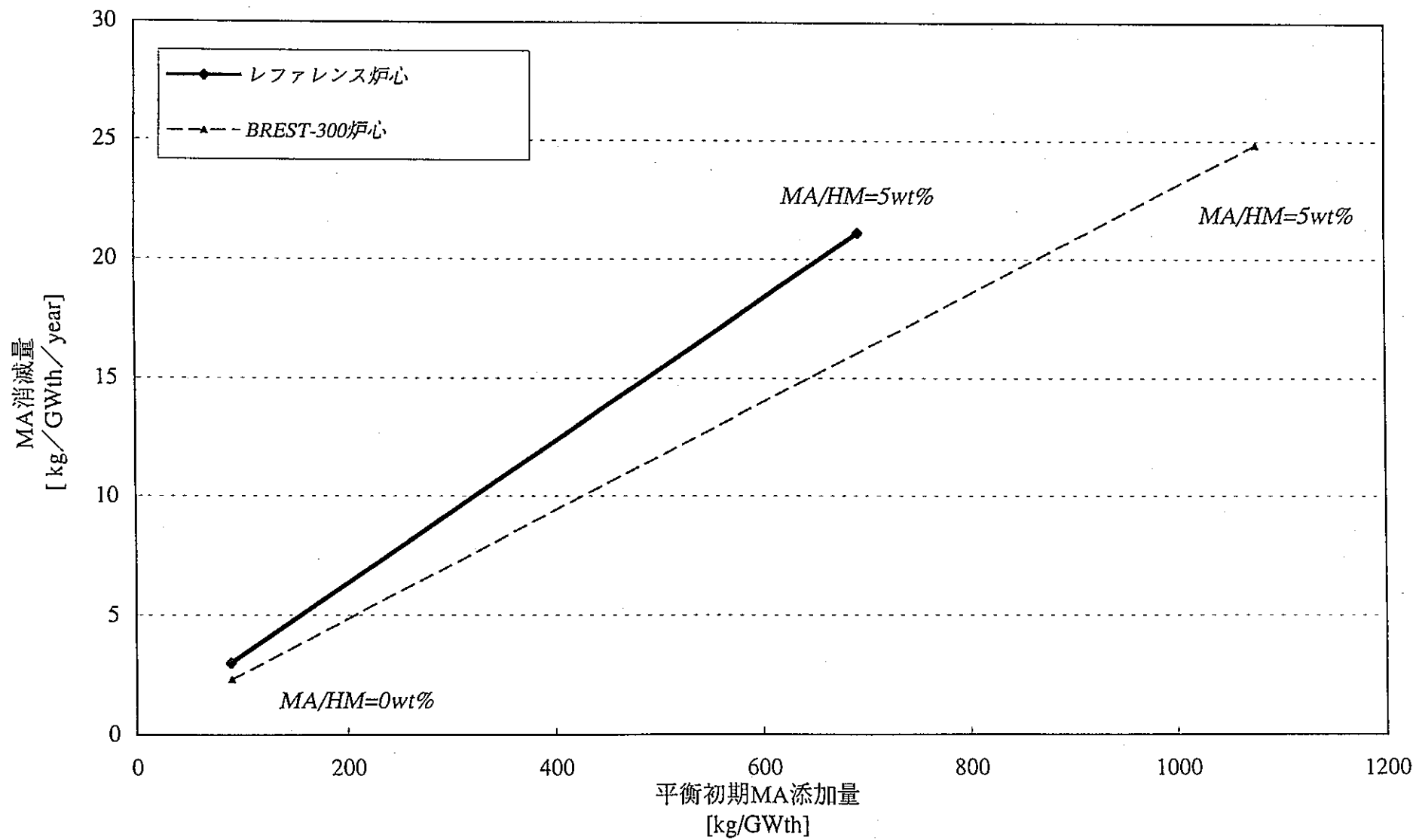


図 4-8 レファレンス炉心 (MOX 燃料、Na 冷却) 及び BREST-300 炉心 (MN 燃料、Pb 冷却) の核分裂による MA 消費量の比較

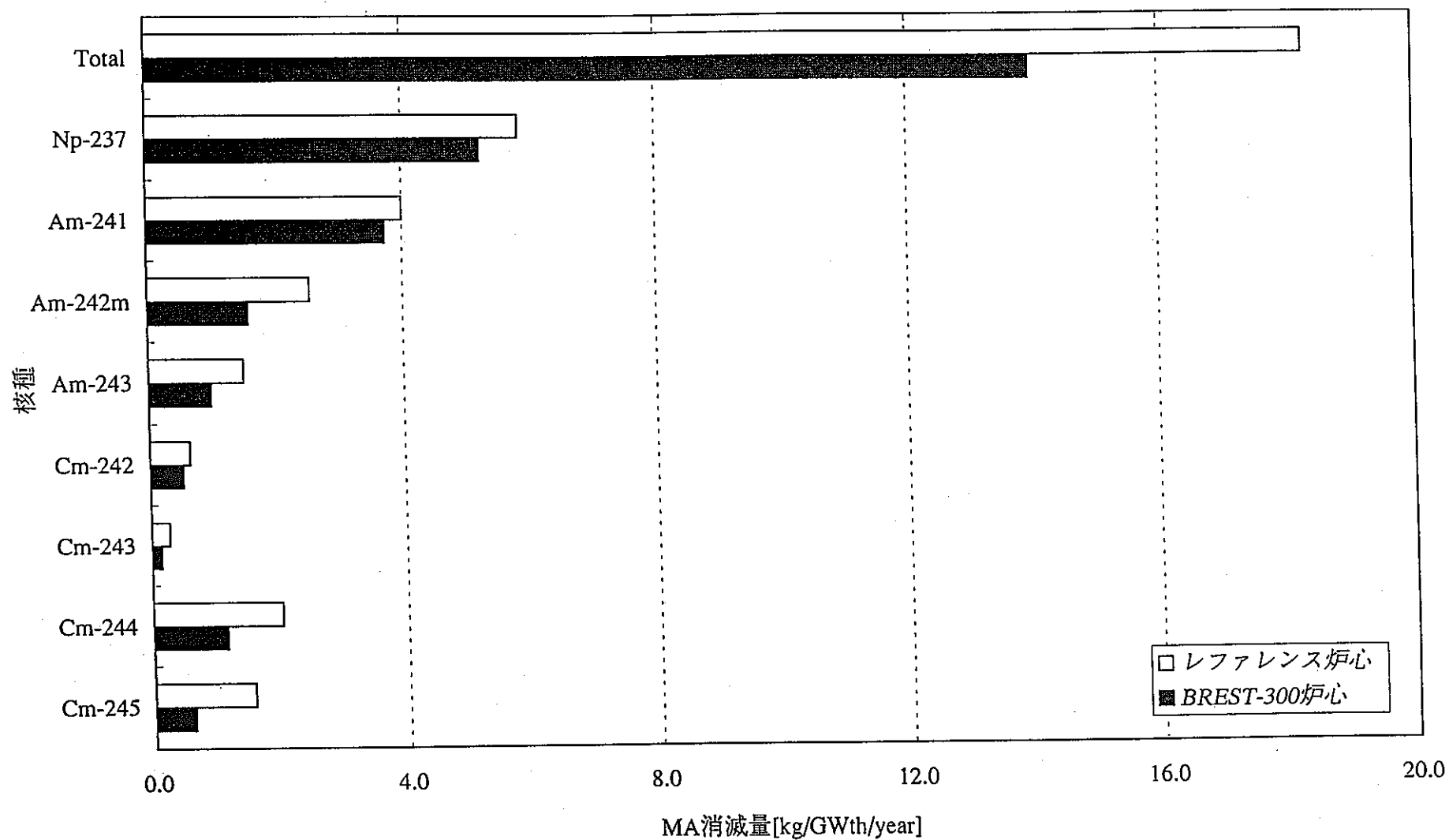


図 4-9 核分裂による MA 消費量の比較 (レファレンス炉心、BREST-300 炉心)

(平衡初期 MA 添加量 = 600 kg / GWth)

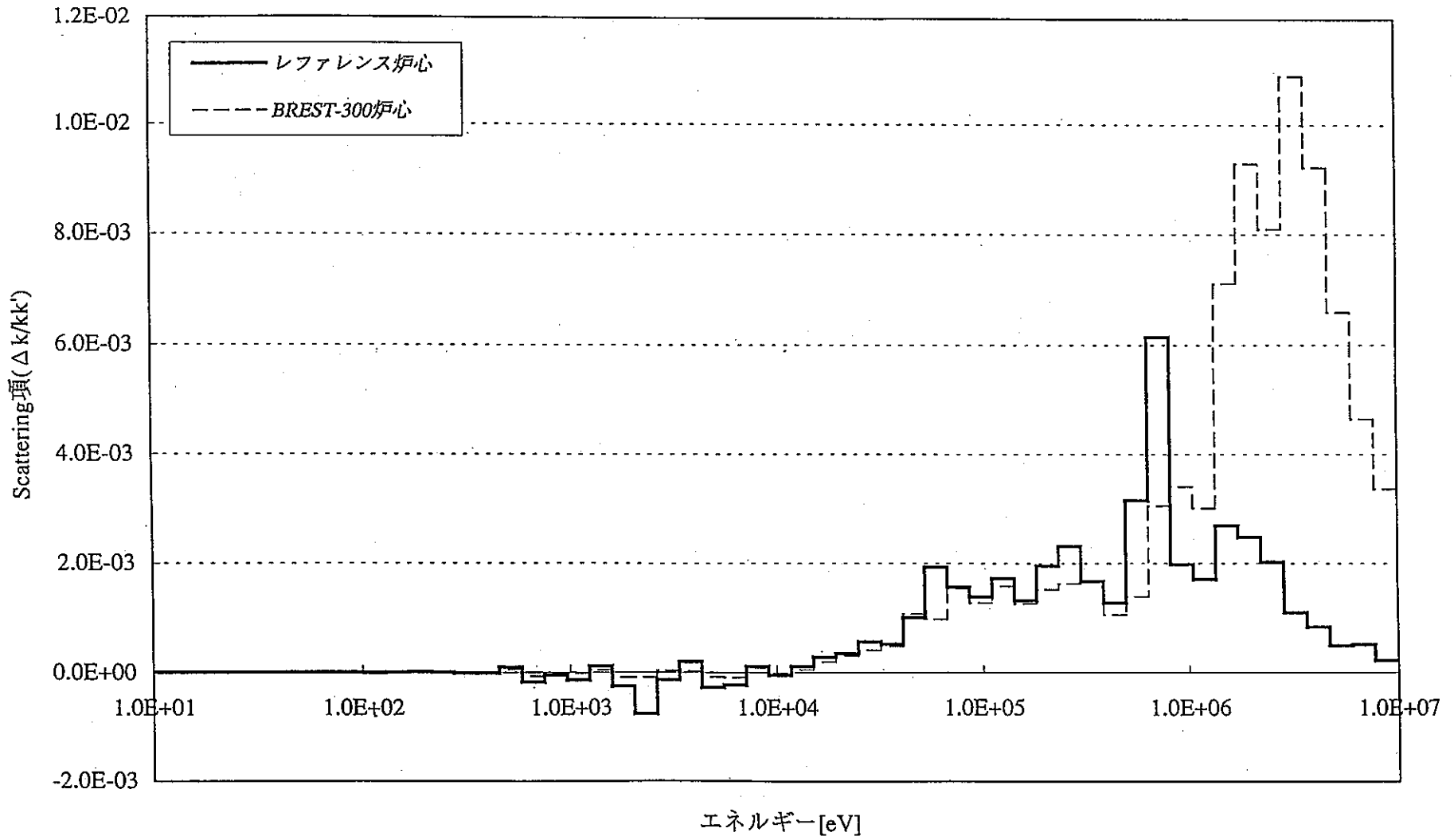


図 4-10 冷却材ボイド反応度散乱項の比較 (レファレンス炉心、BREST-300 炉心)



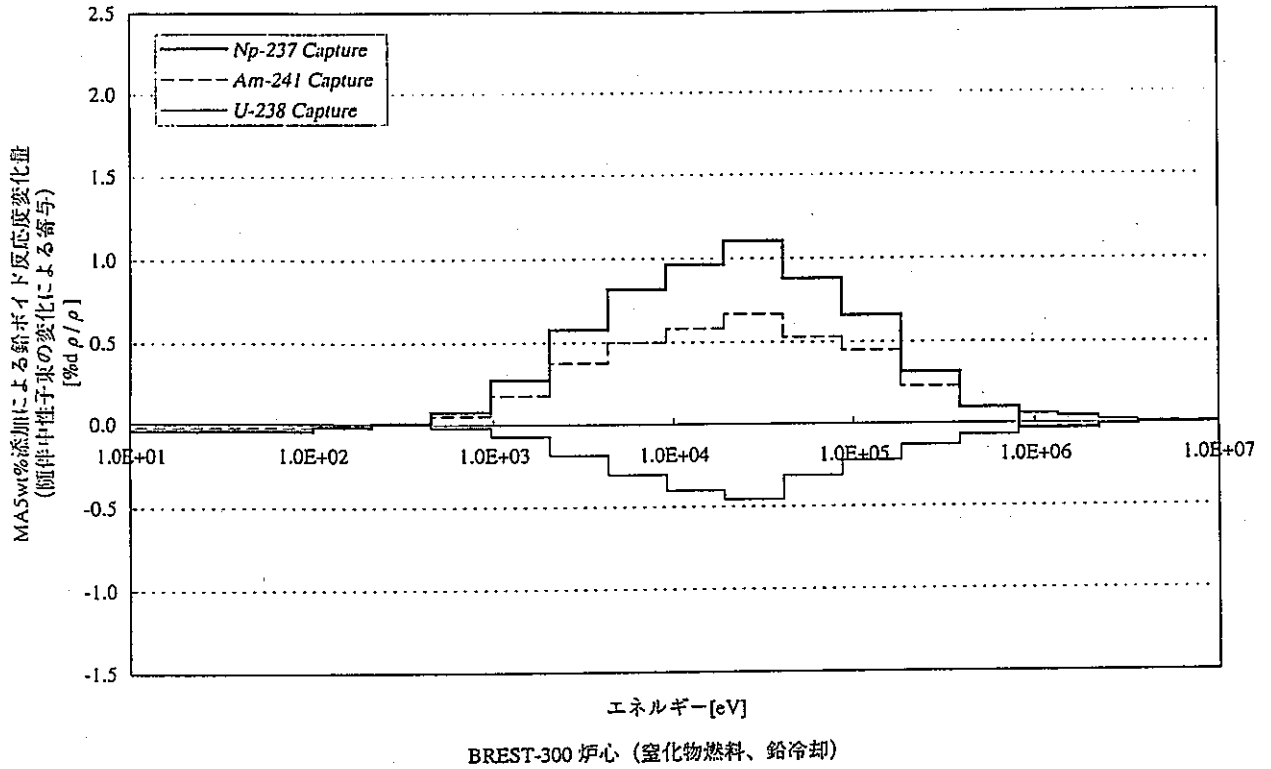
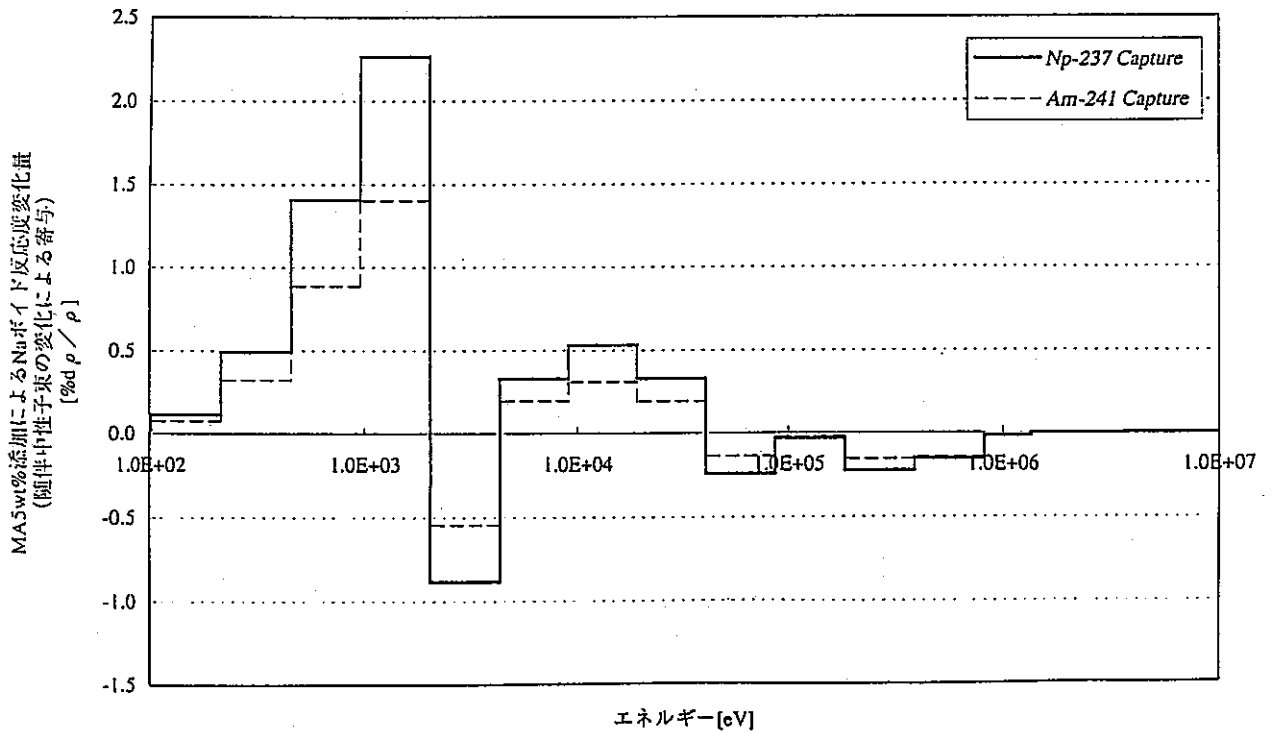


図 4-11 随伴中性子束を介して冷却材ボイド反応度を変化させる主な核種・反応 (捕獲反応)

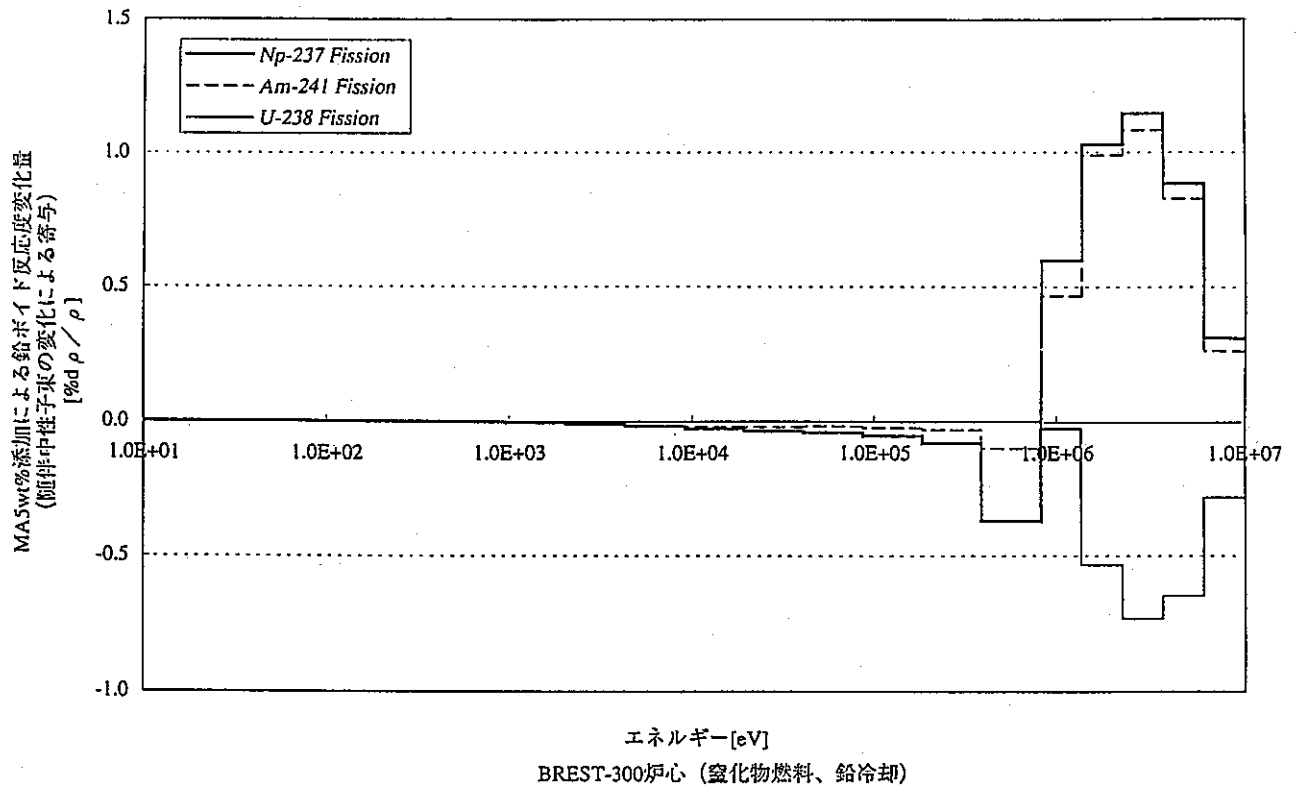
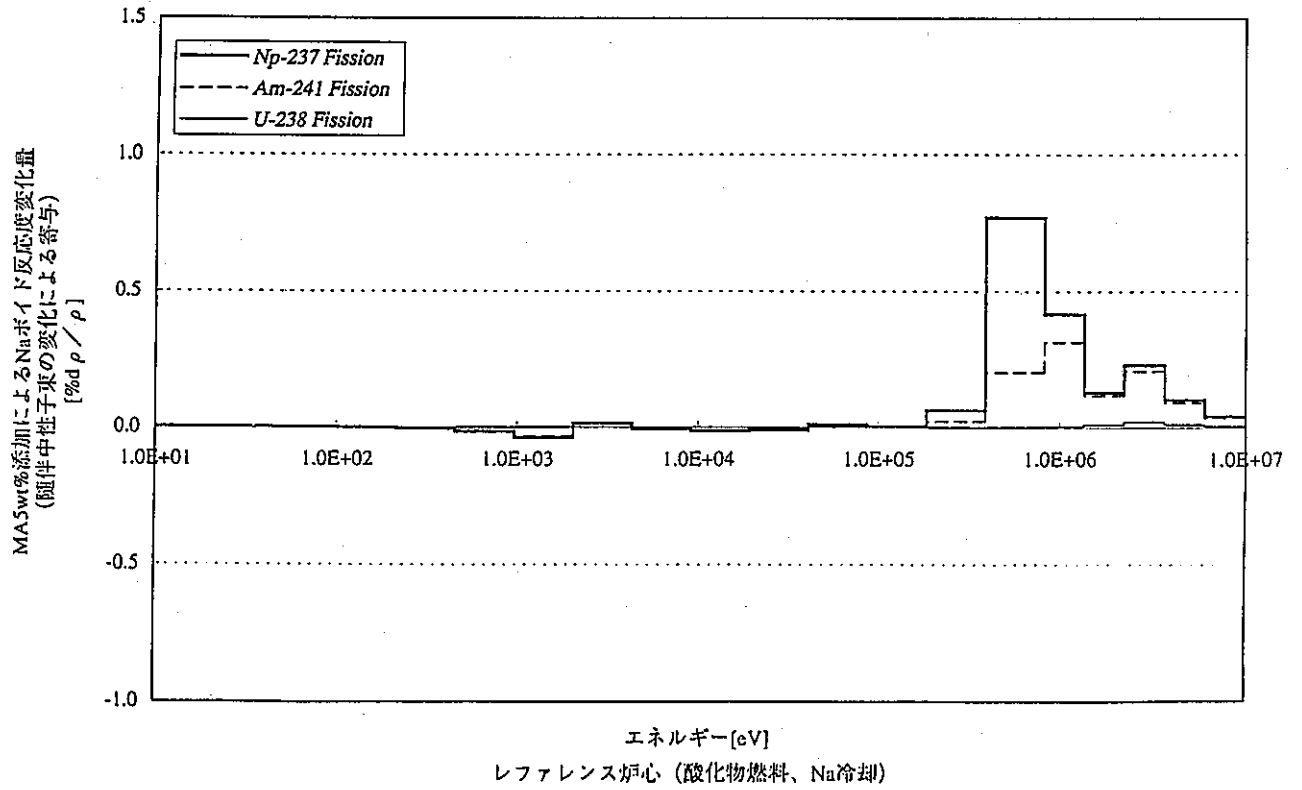


図 4-12 随伴中性子束を介して冷却材ボイド反応度を変化させる主な核種・反応 (核分裂反応)

## 終章 結 言

高速炉実用化の検討に資するために、環境負荷低減の一方策として高速炉におけるマイナーアクチナイド (MA) 消滅処理を取り上げ、燃料形態及び冷却材の異なる高速炉間の MA 消滅特性の比較を行った。また、経済性向上を目的としたアスペクト比増加炉心の可能性を検討した。以下に主な結論をまとめる。

### ● 燃料形態と MA 消滅特性の関係

発電炉としての性能をそろえた酸化物燃料炉心、窒化物燃料炉心、金属燃料炉心を設定し、燃料形態と MA 消滅特性の関係を整理した。MA を 5wt% 添加した場合、酸化物燃料炉心の 1 サイクルあたりの MA 変換率 8.8% に対し、窒化物燃料炉心では 9.9%、金属燃料炉心では 9.7% となり、窒化物及び金属燃料炉心における MA 消滅特性の向上が見られた。しかしその増加幅は小さく、酸化物燃料に代わって窒化物あるいは金属燃料を選択するほどの優位性ではなかった。

### ● アスペクト比増加炉心の可能性

大型 Na 冷却酸化物燃料炉心 (熱出力: 3800MWth) について炉心アスペクト比増加による高性能炉心の可能性を検討した結果、アスペクト比増加に伴い冷却材圧力損失を抑えるためのピンピッチ増加による炉心特性悪化の影響が顕著となり、アスペクト比を増加させるメリットを見出すことは出来なかった。炉心特性が最も良くなるのは炉心高さ 1.4m 付近であることがわかった。

### ● MA 添加による中性子束及び随伴中性子束の変化

二群の中性子バランス方程式を用いて、MA 添加に伴う中性子スペクトル及び随伴中性子スペクトルの変化について定性的に理解する方法を提案した。これにより、中性子束及び随伴中性子束の高速エネルギー領域における増加は、主に keV エネルギー領域の MA の吸収反応によって引き起こされることが示された。

### ● 鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉の MA 消滅特性比較

典型的な鉛冷却高速炉 (BREST-300) とナトリウム冷却高速炉 (3800MWth 大型炉) の MA 消滅特性を比較した結果、MA 変換率に関してはナトリウム冷却高速炉の方が BREST-300 を上回ることがわかった。なお、炉心に多くの MA を受け入れて変換量を増加させる観点からは BREST-300 の方が優れている。

冷却材ボイド反応度に対する MA 添加の影響は、鉛冷却高速炉及びナトリウム冷却高速炉とも反応度を増加させる方向に働く。この原因は主に MA 核種の keV エネルギー領域の捕獲反応による随伴中性子スペクトルの勾配の増加にある。さらに、鉛冷却高速炉とナトリウム冷却高速炉とで冷却材ボイド反応度に感度のある MA 捕獲反応のエネルギー領域が大きく異なることが明らかとなった。

#### 参考文献

1. T. Wakabayashi, "Study on Minor Actinide Transmutation in a Fast Reactor - Summary of Core Study - ", PNC TN9410 93-226, (1993).
2. 早船浩樹, 他, "実用化戦略調査研究 (FBR プラント) - 平成 10 年度予備調査結果要約の取りまとめ - ", JNC TN9420 99-004, (1999).
3. 横山賢治, 他, "JENDL-3.2 に基づく大型高速炉用統合炉定数の整備", JNC TN9400 99-042, (1999).
4. T.B.Fowler, D.R.Vondy and G.W.Cunningham, "Nuclear Reactor Core Analysis Code: CITATION", ORNL-TM-2496 Rev. 2, (1970).
5. 原昭浩, 竹田敏一, 菊池康之, "SAGEP: 一般化摂動理論に基づく二次元感度解析コード", JAERI-M 84-027, (1984).
6. A.G.Croff, "A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code", ORNL-TM-7175, (1980).