

JAERI-Data/Code  
96-002



水反射、水減速の均質MOX燃料の臨界条件  
(受託研究)

1996年2月

小室雄一・酒井友宏\*

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、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 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（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1996

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 いばらき印刷(株)

## 水反射、水減速の均質MOX燃料の臨界条件

日本原子力研究所東海研究所燃料サイクル安全工学部  
小室 雄一・酒井 友宏\*

(1996年1月24日受理)

臨界安全評価コードシステムJACSに含まれるモンテカルロ臨界計算コードMULTI-KENO-3.0と多群定数ライブラリー137群MGCL-J3との組み合わせで、水反射、水減速の均質MOX燃料の臨界条件（推定臨界質量、推定臨界下限質量、推定臨界球体積、推定臨界下限球体積）を算出した。得られた値は、米国の基準ANSI/ANS-8.12(1987)と矛盾のないことを確認した。本臨界条件は、プルサーマル用MOX燃料加工施設の臨界安全性評価等に活用できる。

---

この報告書は、電源開発促進対策特別会計法に基づく科学技術庁からの受託として行った研究の成果の一部である。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

\* (株)日本総合研究所

Criticality Data of Water-Reflected and  
Moderated Homogeneous Mixed Oxide Fuel

Yuichi KOMURO and Tomohiro SAKAI\*

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

(Received January 24, 1996)

Critical masses and volumes, and subcritical mass and volume limits of water-reflected and -moderated homogeneous MOX fuel were calculated using the Monte Carlo code MULTI-KENO-3.0 with the 137-group MGCL-J3 library in the nuclear criticality safety code system JACS. The subcritical mass limits showed good consistency with those tabulated in the ANSI/ANS-8.12 (1987). These criticality data can be applicable to criticality safety assessment of LWR-MOX fuel fabrication facilities.

Keywords: Mixed Oxide, Criticality Data, JACS, Criticality Safety Handbook

---

This work was carried out by the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) under entrustment by the Science and Technology Agency (STA) of Japan.

\* The Japan Research Institute, Limited

## 目 次

1. 序 .....	1
2. 均質MOX燃料を用いた臨界実験データの検証計算 .....	1
2. 1 実験データの概要 .....	2
2. 2 計算方法 .....	2
2. 3 MULTI-KENO-3.0のための計算モデル .....	2
2. 4 MULTI-KENO-3.0の計算条件 .....	3
2. 5 検証計算結果 .....	3
3. 推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率の導出 .....	4
4. 臨界条件（推定臨界値及び推定臨界下限値）の算出 .....	6
4. 1 計算対象の形状及び組成 .....	6
4. 2 計算方法 .....	6
4. 3 原子個数密度 .....	6
4. 4 MULTI-KENO-3.0のための計算モデル .....	8
4. 5 MULTI-KENO-3.0の計算条件 .....	8
4. 6 計算結果 .....	9
5. 検討 .....	9
謝辞 .....	12
参考文献 .....	13
付録A 臨界実験データ .....	51
付録B 臨界サーチ計算結果 .....	65

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Mixed Oxide Fuel Critical Benchmarks .....	1
2. 1 Benchmark Problems Description .....	2
2. 2 Method of Calculation .....	2
2. 3 Calculational Model of an Array of Mixed Oxide Compacts for MULTI-KENO-3.0 Code .....	2
2. 4 Main Input Parameters for MULTI-KENO-3.0 Code .....	3
2. 5 Results of Benchmark Calculations .....	3
3. Determination of the $k_{eff}$ Values for Critical and Subcritical Limits .....	4
4. Calculations of Critical Dimensions and Subcritical Dimension Limits of MOX Fuel .....	6
4. 1 Geometry and Composition .....	6
4. 2 Method of Calculation .....	6
4. 3 Atomic Number Densities .....	6
4. 4 Calculational Model for MUTLI-KENO-3.0 Code .....	8
4. 5 Main Input Parameters for MULTI-KENO-3.0 Code .....	8
4. 6 Calculational Results .....	9
5. Discussions .....	9
Acknowledgements .....	12
References .....	13
Appendix A Details of Benchmark Problems .....	51
Appendix B Raw Results of Critical Dimension Searches .....	65

## 1. 序

我が国では、核エネルギー資源を有効に活用するために、また必要量以上のプルトニウムは持たない方針に沿い、再処理工場で抽出されたプルトニウムを天然ウランまたは回収ウランと混せて、混合酸化物（以下、MOX (Mixed OXide)）燃料に加工する計画が進められている。MOX燃料は高速増殖炉や新型転換炉で利用する他、現在稼働中の軽水炉でも利用する予定である。MOX燃料を軽水炉で利用することはプルトニウムのサーマル利用（以下プルサーマル）と呼ばれている。

本報告書は、プルサーマル用の均質MOX燃料の臨界条件を計算によって求め、整理したものである。本報告書に示す臨界条件は、プルサーマル用のMOX燃料の臨界安全性評価に役立つ。

はじめに、均質MOX燃料（以下、均質( $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$ )燃料と表現することもある）を使った臨界実験データを臨界安全評価コードシステムJACS (JApn Criticality Safety)<sup>1)</sup>で解析し、中性子実効増倍率 $k_{\text{eff}}$ を求めた。実験データは、すべて臨界状態 ( $k_{\text{eff}}=1.0$ ) であるが、解析で得られた $k_{\text{eff}}$ が常に1.0に等しくなるとは限らず、ある程度のばらつきや偏りが生じる。そのため、解析によって得られた $k_{\text{eff}}$ を統計的に処理して、JACSシステムの均質MOX燃料に対する推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を導出した。この2種類の増倍率の詳しい説明は第3章で行う。JACSシステムを用いてこの2つの増倍率を与える球状均質MOX燃料の半径を求め、それらを球体積及びMOX質量 (( $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$ )質量) に変換した。

第2章では、収集した臨界実験データの概要を説明する。さらに、実験データをJACSシステムで解析した結果について述べる。第3章では、均質MOX燃料の推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を第2章の解析結果に基づいて導出する。第4章では、JACSシステムを用いて求めた均質MOX燃料の臨界条件の図表を示す。第5章では、燃料の組成と臨界量の関係についての検討及び外国の類似データとの比較を行う。

この報告書は、日本原子力研究所が科学技術庁から受託した「再処理施設臨界安全性実証試験」の一環として著者らが行った作業の成果の一部を使用している。

## 2. 均質MOX燃料を用いた臨界実験データの検証計算

本章では、ベンチマーク計算の対象として収集した臨界実験データの概要を初めに述べる。次に、これらをJACSシステムで解析して得られた $k_{\text{eff}}$ の一覧を示す。

## 1. 序

我が国では、核エネルギー資源を有効に活用するために、また必要量以上のプルトニウムは持たない方針に沿い、再処理工場で抽出されたプルトニウムを天然ウランまたは回収ウランと混せて、混合酸化物（以下、MOX (Mixed Oxide)）燃料に加工する計画が進められている。MOX燃料は高速増殖炉や新型転換炉で利用する他、現在稼働中の軽水炉でも利用する予定である。MOX燃料を軽水炉で利用することはプルトニウムのサーマル利用（以下プルサーマル）と呼ばれている。

本報告書は、プルサーマル用の均質MOX燃料の臨界条件を計算によって求め、整理したものである。本報告書に示す臨界条件は、プルサーマル用のMOX燃料の臨界安全性評価に役立つ。

はじめに、均質MOX燃料（以下、均質( $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$ )燃料と表現することもある）を使った臨界実験データを臨界安全評価コードシステムJACS (JApn Criticality Safety)<sup>1)</sup>で解析し、中性子実効増倍率 $k_{\text{eff}}$ を求めた。実験データは、すべて臨界状態 ( $k_{\text{eff}}=1.0$ ) であるが、解析で得られた $k_{\text{eff}}$ が常に1.0に等しくなるとは限らず、ある程度のばらつきや偏りが生じる。そのため、解析によって得られた $k_{\text{eff}}$ を統計的に処理して、JACSシステムの均質MOX燃料に対する推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を導出した。この2種類の増倍率の詳しい説明は第3章で行う。JACSシステムを用いてこの2つの増倍率を与える球状均質MOX燃料の半径を求め、それらを球体積及びMOX質量 (( $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$ )質量) に変換した。

第2章では、収集した臨界実験データの概要を説明する。さらに、実験データをJACSシステムで解析した結果について述べる。第3章では、均質MOX燃料の推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を第2章の解析結果に基づいて導出する。第4章では、JACSシステムを用いて求めた均質MOX燃料の臨界条件の図表を示す。第5章では、燃料の組成と臨界量の関係についての検討及び外国の類似データとの比較を行う。

この報告書は、日本原子力研究所が科学技術庁から受託した「再処理施設臨界安全性実証試験」の一環として著者らが行った作業の成果の一部を使用している。

## 2. 均質MOX燃料を用いた臨界実験データの検証計算

本章では、ベンチマーク計算の対象として収集した臨界実験データの概要を初めに述べる。次に、これらをJACSシステムで解析して得られた $k_{\text{eff}}$ の一覧を示す。

## 2.1 実験データの概要

計算の対象として収集した臨界実験データ<sup>2)-5)</sup>の一覧を表1に示す。出典別に分類した臨界実験データは4種類で、実験のケース数は合計77になる。しかし、表の下段にも示したように一部重複があるため、そのケースを除外するとケース数は68になる。この68ケースをベンチマーク計算の対象とした。

臨界実験の概念図を文献<sup>6)</sup>から引用して図1に示す。今回収集した4種類の臨界実験のいずれも、直方体あるいは立方体に成形した燃料コンパクト( $\text{PuO}_2$ ,  $\text{UO}_2$ , 及びボリスチレンの混合物)を図1のように積み重ねて臨界データが取得された。この実験を通して得られる臨界データとは、体系が臨界( $k_{\text{eff}}=1.0$ )に達した時のコンパクト全体の縦、横、及び高さの寸法である。なお、図1の例では、中性子吸収板がコンパクトの間に装荷されているが、今回収集したデータに限れば中性子吸収板は使用されなかった。計算対象68ケースの臨界実験データの詳細は、一括して付録Aにまとめた。

## 2.2 計算方法

JACSシステムを用いて臨界計算を行い、68ケースそれぞれの $k_{\text{eff}}$ を求めた。JACSシステムに用意されている代表的な臨界計算の手順を図2に示す。これらのうち、多群定数ライブラリーMGCL-J3<sup>7)</sup> (137群, 20°C)とモンテカルロ臨界計算コードMULTI-KENO-3.0の組み合わせで臨界計算を行った。MGCL-J3は、我が国の核データライブラリーJENDL-3<sup>8)</sup>に基づく多群定数ライブラリーである。実効断面積作成コードMAIL3.0<sup>9)</sup>は、計算体系に含まれる各物質の原子個数密度と多群定数ライブラリーとを読み込み、JACSシステムに含まれる各輸送コード用の実効巨視的断面積セットを作成する。MULTI-KENO-3.0は、MULTI-KENO<sup>10)</sup>の改良版である。三角格子配列の表現が可能、中性子の散乱の非等方性についてP<sub>3</sub>近似まで取扱える等の改良が加えられた。

## 2.3 MULTI-KENO-3.0のための計算モデル

図1からも分かるように、臨界に到達した時の燃料領域上面は通常平坦ではなく、段差が生じている。さらに、コンパクトの間には空隙も生じている。収集した実験データには、一部を除いて、図1が再現できるようなコンパクトの配列に関する詳細な記述はない。代わりに、コンパクト間の空隙及びコンパクト表面の被覆材の存在を考慮にいれて均質化した燃料領域の縦、横、及び高さの寸法が臨界データとして記載されている。なお、この均質化の際には、燃料領域上面の段差は平坦化され、燃料領域の形状は完全な直方体あるいは立方体に変換されている。

したがって、計算モデルは直方体あるいは立方体の燃料領域と、それを一定の厚さで取り囲むプレキシグラスの反射体領域の2領域で構成される。

## 2.4 MULTI-KENO-3.0の計算条件

MULTI-KENO-3.0の主な計算条件は以下の通りである。

1) $P_1$ の次数	:	3
2) 1世代当たりの中性子数	:	600
3) 計算世代数	:	120
4) スキップ世代数	:	20
5) 初期中性子発生分布	:	平坦

## 2.5 検証計算結果

2.2節に示した方法で得られた各ケースの $k_{\text{eff}}$ を表2に示す。ケース番号36~43(表1のデータ番号2に相当)を除いて、ほとんどの $k_{\text{eff}}$ は実験値1.0よりも大きくなっている。この傾向は、実験レポートに記載されている、実験者自身による計算結果にも認められる(付録A参照)。JACSシステムによる過去の計算例<sup>11)</sup>でも、今回の計算対象と類似の体系に対しては1.0を上回る $k_{\text{eff}}$ が得られている。

一方、ケース番号36~43(表1のデータ番号2に相当)の $k_{\text{eff}}$ は、他の結果と較べて特異で、実験者自らが行った計算結果と同様に1.0を2~3%程度下回る $k_{\text{eff}}$ になった。

ケース番号36~43の $k_{\text{eff}}$ が他のケースに較べて低めに計算されることを確認するために、JENDL-3.2とMCNP 4Aによる解析を補足的に実施した。データ番号1から4各々から2ケース選び、連続モンテカルロコードで計算を行ってみたが、 $k_{\text{eff}}$ 計算値はJACSシステムによるものと同様であった。この他にも、2.3節の計算モデルよりも詳細なモデル(実験体系をより忠実に再現したモデル)を用いても、ケース番号36~43の $k_{\text{eff}}$ に有意な変化は認められなかった。

燃料コンパクトのH/(Pu+U)個数比あるいはプルトニウム富化度と計算で得られた $k_{\text{eff}}$ との際立った相関は、認められないと考える。実際のところ、実験は、H/(Pu+U)個数比及びプルトニウム富化度の異なる燃料コンパクトを使って行われたが、どの燃料もH/(Pu+U)個数比とプルトニウム富化度が同時に変化するために、両者がそれぞれ $k_{\text{eff}}$ に及ぼす効果を分離することができなかった。

### 3. 推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率の導出

本章では、表2の計算結果をもとに、137群MGCL-J3とMULTI-KENO-3.0の組み合わせで反射体付き均質MOX燃料体系の臨界計算を行う場合の、推定臨界増倍率と推定臨界下限増倍率を導出する。ここで、推定臨界増倍率とは、体系が臨界状態であることが最も高い確率で推定される  $k_{\text{eff}}$  の値である。また、推定臨界下限増倍率とは、体系の中性子増倍率がその値以下であれば未臨界であると判断できる  $k_{\text{eff}}$  の値である。多数の臨界実験データをJACSコードシステムで解析した結果に基づいて、これら2つの値を算出することは過去にも行われており<sup>1,2)</sup>、この時に用いられた方法をここでも使用する。

推定臨界増倍率  $k_1$  及び推定臨界下限増倍率  $k_2$  の具体的な導出方法は以下の通りである。

$$k_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (3.1)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_i - k_1)^2 \quad (3.2)$$

$$k_2 = k_1 - \mu S \quad (3.3)$$

ここで、

$n$  : 標本の数、

$k_i$  : 標本の値 ( $k_{\text{eff}}$ )。

$\mu$  の値は標本数  $n$ 、危険率（臨界超過確率）  $P$ 、及び信頼度  $\gamma$  の3つの変数を持つ非心  $t$  分布から決まる<sup>1,2)</sup>。標本と類似なある1つの体系に対する臨界計算結果から、その体系の臨界性を判断するには、次の2つの基準に従えばよい。

基準1. 計算によって得られた中性子増倍率が  $k_1$  に等しければ、その体系が臨界になる確率は最も高くなる。

基準2. 計算によって得られた中性子増倍率が  $k_2$  以下であれば、「その体系が実際に臨界あるいは臨界超過である確率は  $P$  以下である。」ことを  $\gamma$  の確かさでいえる。

文献<sup>1,2)</sup>では、 $\mu$ を求める際に、 $P=2.5\%$ 、 $\gamma=97.5\%$ としている。残る1つの変数 $n$ が決まれば、 $\mu$ は一意的に決まる。 $P=2.5\%$ 、 $\gamma=97.5\%$ における $n$ と $\mu$ の関係を表3に示す。以上で、推定臨界増倍率と推定臨界下限増倍率を導出する準備ができた。

標本となりうる計算結果は、先に表2に示した通りである。これらのうち、次に示す条件のいずれかに触れる計算結果は、標本から除外することにした。

条件1. 反射体の付いていない体系に対する計算結果。

(反射体付き均質MOX燃料の臨界条件を第4章で求める。このため使用する推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率の基礎となる標本に、反射体の付いていない体系に対する計算結果が含まれていては不整合である。また、表2では、反射体の有無によって計算結果に有意な差が現れている。)

条件2. 生の臨界実験データを加工して作られた仮想的な体系に対する計算結果。

(たとえば、正六面体や無限平板の形をしたMOX燃料の臨界実験データは、生の臨界実験データではない。)

表2に示す計算結果に上の2条件を適用して選別した結果、表2のケースNo.の右肩に(\*)を付したもの47個が標本として残った。このうちケース番号36~41の $k_{eff}$ は、2.5節で述べたように、他ケースの $k_{eff}$ に較べて明らかに低い。ケース番号36~41を標本として採用するか否かを、臨界安全性専門部会の下に設置された臨界安全性実験データ検討統括ワーキンググループ・第一ワーキンググループにおいて検討した。より詳細な計算モデルや計算手法を用いても、先の結果と同様に低めの $k_{eff}$ が得られたことから、標本として利用することにした。

標本を先に述べた方法に従って算出した推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を以下に示す。また、標本のヒストグラムを図3に示す。

推定臨界増倍率 ( $k_1$ )	: 1.006
推定臨界下限増倍率 ( $k_2$ )	: 0.964

なお、式(3.2)から得られた $S^2$ は  $2.680 \times 10^{-4}$  であった。式(3.3)の $\mu$ の値には 2.558(表3の $n=47$ に対応する値)を用いた。推定臨界下限増倍率 0.964 を下回る $k_{eff}$ を持つ標本は1つもない。

#### 4. 臨界条件（推定臨界値及び推定臨界下限値）の算出

第3章で求めた均質MOX燃料の推定臨界増倍率、及び推定臨界下限増倍率に相当するプルサーマル用のMOX燃料の臨界条件（本報告書では、 $(PuO_2+UO_2)$ 質量または球体積）を計算で求める。推定臨界増倍率に相当する臨界条件を推定臨界値、推定臨界下限増倍率に相当する条件を推定臨界下限値と呼ぶことにする。

##### 4.1 計算対象の形状及び組成

プルサーマル用均質MOX燃料の臨界条件を算出する。燃料の形態、幾何形状、組成は表4のように設定した。燃料の形態は、均質MOX-H<sub>2</sub>Oと均質MOX粉末-H<sub>2</sub>Oの2種類とした。両者の詳しい説明は4.3節で行う。商用軽水炉から出る使用済み燃料の平均燃焼度を30G Wd/MtUと仮定して、これを基準に以下に示す3種類のプルトニウム同位体組成を設定した。

$$\begin{aligned} {}^{238}\text{Pu}:{}^{240}\text{Pu} &= 90:10, \\ {}^{238}\text{Pu}:{}^{240}\text{Pu} &= 75:25, \\ {}^{238}\text{Pu}:{}^{240}\text{Pu}:{}^{241}\text{Pu}:{}^{242}\text{Pu} &= 60:21:15:4 \end{aligned}$$

プルトニウム富化度(酸化物重量比)は、高燃焼度UO<sub>2</sub>燃料と同程度の燃焼度を可能にするために必要な量、10wt%、を基準に、

10及び15wt%

とした。その他、燃料の組成を決める上での背景等については、表中の註に詳しく記した。

##### 4.2 計算方法

第2章の臨界ベンチマーク計算の方法と同様に、多群定数ライブラリーMGCL-J3(137群20°C)とモンテカルロ臨界計算コードMULTI-KENO-3.0の組み合わせを採用した。MULTI-KENO-3.0の寸法サーチ機能を使い、推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を与える燃料の寸法を求めた。

##### 4.3 原子個数密度

均質MOX燃料の原子個数密度は、MAIL3.0コードを利用して求めた。表4の項目1)には、2種類の均質MOX燃料の形態を示したが、両者の原子個数密度の求め方は一部異なる。以下では、2種類の均質MOX燃料の原子個数密度計算方法の中で最も重要なH/

(Pu+U)原子個数比の計算方法を説明する。ウラン同位体及びプルトニウム同位体の原子個数密度計算方法は簡単なので、説明は省略する。

### ① 均質MOX-H<sub>2</sub>O燃料

MOX(すなわちPuO<sub>2</sub>とUO<sub>2</sub>)と水とが均質に混じった燃料である。空隙(void)は存在しないと仮定する。この仮定の下では、(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>)濃度が決れば、燃料領域中の水の濃度は一意的に決まり、H/(Pu+U)原子個数比は次の式で与えられる。

$$\frac{N_H}{N_{Pu} + N_U} = 2 \cdot \rho_{H_2O} \cdot \frac{1}{A_{H_2O}} \cdot \left( \frac{1}{C_{PuO_2-UO_2}} - \frac{1}{\rho_{PuO_2-UO_2}} \right) \cdot \left( \frac{A_{PuO_2} \cdot A_U + \alpha \cdot A_{UO_2} \cdot A_{Pu}}{A_U + \alpha \cdot A_{Pu}} \right) \quad (4.1)$$

式(4.1)中の $\alpha$ は次の通り。

$$\alpha = \left( \frac{100}{\varepsilon} - 1 \right) \cdot \frac{A_{PuO_2} \cdot A_U}{A_{UO_2} \cdot A_{Pu}} \quad (4.2)$$

ここで、

- N[atoms/barn·cm] : 原子個数密度,
- A[g/mol] : 原子量,
- $\rho$ [g/cm<sup>3</sup>] : 理論密度,
- C[g/cm<sup>3</sup>] : 濃度,
- $\varepsilon$ [wt%] : プルトニウム富化度(酸化物重量比)。

条件として、(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>)濃度すなわちC<sub>PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub></sub>、プルトニウム富化度 $\varepsilon$ 、及びプルトニウムとウランの同位体組成を与えれば、式(4.1)左辺の分母及び右辺のすべてが決まって、燃料中の水素の個数密度N<sub>H</sub>を得る。

### ② 均質MOX粉末-H<sub>2</sub>O燃料

MOX(すなわちPuO<sub>2</sub>とUO<sub>2</sub>)、水及び空隙で構成される均質燃料である。この燃料の場合には、(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>)濃度だけを与えて、燃料中の水の濃度は定まらないため、もう1つの条件としてH/(Pu+U)原子個数比を与える(表4の項目7)参照)。

(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>)濃度、プルトニウム富化度、及びプルトニウムとウランの同位体組成から、プルトニウムとウランの原子個数密度を求めるのは、①の燃料の場合と同様であ

る。燃料中の水素の個数密度は、条件の1つとして与えられるH/(Pu+U)原子個数比及びプルトニウムとウランの原子個数密度から求まる。

#### 4.4 MULTI-KENO-3.0のための計算モデル

表4の項目2)及び3)に示したように、厚さ30cmの水反射体が付いた球状の燃料を想定した。厚さ30cmの水反射体の反射効果は、無限に厚い水反射体の反射効果と実効的に同じである。MULTI-KENO-3.0のための計算モデルを図4に示す。体系の最も外側(水反射体に外接する空隙)から外へ出た中性子は、体系から漏洩したものとした。

#### 4.5 MULTI-KENO-3.0の計算条件

MULTI-KENO-3.0の主な計算条件を以下に示す。これらは、2.4節で述べた臨界ベンチマーク計算の条件とほぼ等しいが、計算時間を節約するために世代当たりの中性子数を減らしている。精度の高い臨界データを得るためにには、世代当たりの中性子数をより多くするべきだが、臨界サーチ計算を大量に実行するため、計算時間の制約上以下に示す値で妥協した。

1) $P_1$ の次数	:	3
2) 世代当たりの中性子数	:	300
3) 計算世代数	:	120
4) スキップ世代数	:	20
5) 初期中性子発生分布	:	平坦
6) 臨界寸法サーチ収束条件	①推定臨界値の場合	: $k_1 - \sigma \leq k_{\text{eff}} \leq k_1 + \sigma$
	②推定臨界下限値の場合	: $k_2 - \sigma \leq k_{\text{eff}} \leq k_2$

ここで、

- $k_1$  : 推定臨界増倍率、
- $k_2$  : 推定臨界下限増倍率、
- $k_{\text{eff}}$  : ある半径の球状燃料体系(図4)の中性子実効増倍率、
- $\sigma$  :  $k_{\text{eff}}$ に付随する標準偏差。

推定臨界値の場合の臨界寸法サーチ収束条件は、できる限り推定臨界増倍率に近い中性子実効増倍率を得るような設定とした。一方の推定臨界下限値の場合の収束条件は、推定臨界下限実効増倍率を上回ることはなく、かつそれに近い中性子増倍率を与える燃料半径を得るような安全側の設定とした。

#### 4.6 計算結果

計算結果を図5から図20に示す。各曲線は、計算で求めた点データを基に描いた。具体的には、各点データの( $\log x$ ,  $\log y$ )をスプライン補間して描いたので、曲線は必ず点データの上を通る。点データをはじめとするサーチ計算結果は付録Bに詳しい。各図とも、下に凸の曲線は均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ (空隙なし)の臨界データである。右下がりの直線は均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ (空隙あり)の臨界データである。各図から読み取った推定臨界質量及び推定臨界下限質量の最小値を表6に示す。

各計算結果が有する誤差は、計算が終了したときの $k_{eff}$ 、燃料の組成や濃度等によって変化する。図9を例に、 $(PuO_2+UO_2)$ 濃度が0.5及び $2.0g/cm^3$ における推定臨界質量(実線で表示)の誤差を、付録Bの表B.3.1及び表B.3.2を用いて推定する。仮に、計算結果の有する誤差を $\pm 1\sigma$ 、2つの表における $k_{eff}$ と $(PuO_2+UO_2)$ 質量との関係を直線で近似できるとすると、 $0.5g/cm^3$ における推定臨界質量(20.6kg)の誤差は約 $\pm 0.5kg$ 、 $2.0g/cm^3$ における推定臨界質量(118.0kg)の誤差は約 $\pm 5kg$ である。

### 5. 檜 討

#### ① 曲線の特徴

図5から図20に示した曲線は、おおむね下に凸の形を成している。但し、燃料濃度の高い( $\geq 4g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ )領域で特異な形を示している。燃料濃度が $5g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ の付近で上に凸の領域が現れることもある。プルトニウム富化度が10wt%から15wt%へと高くなると、この傾向は一層強くなる。また、 $^{239}Pu:^{240}Pu=90:10$ のときにはあまり目立たないが、 $^{239}Pu:^{240}Pu=75:25$ あるいは $^{239}Pu:^{240}Pu:^{241}Pu:^{242}Pu=60:21:15:4$ のMOX燃料で著しい。この特異性は、図21に示すように外国の文献<sup>13)</sup>でも紹介されている。

#### ② プルトニウム富化度と臨界量について

プルトニウム富化度が互いに異なる図5と図14の推定臨界下限質量を比較して図22に示す。この図は、プルトニウム富化度が10wt%から15wt%へと高くなると臨界量が小さくなることを表している。

図22では、燃料濃度が $1g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ の付近で、プルトニウム富化度が互いに異なる2つの曲線が重なっていて興味深い。西ドイツの臨界ハンドブック<sup>14)</sup>にも、この図に似たデータがある(図23参照)。

## 4.6 計算結果

計算結果を図5から図20に示す。各曲線は、計算で求めた点データを基に描いた。具体的には、各点データの( $\log x, \log y$ )をスプライン補間して描いたので、曲線は必ず点データの上を通る。点データをはじめとするサーチ計算結果は付録Bに詳しい。各図とも、下に凸の曲線は均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ (空隙なし)の臨界データである。右下がりの直線は均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ (空隙あり)の臨界データである。各図から読み取った推定臨界質量及び推定臨界下限質量の最小値を表6に示す。

各計算結果が有する誤差は、計算が終了したときの $k_{eff}$ 、燃料の組成や濃度等によって変化する。図9を例に、 $(PuO_2+UO_2)$ 濃度が0.5及び $2.0g/cm^3$ における推定臨界質量(実線で表示)の誤差を、付録Bの表B.3.1及び表B.3.2を用いて推定する。仮に、計算結果の有する誤差を $\pm 1\sigma$ 、2つの表における $k_{eff}$ と $(PuO_2+UO_2)$ 質量との関係を直線で近似できるとすると、 $0.5g/cm^3$ における推定臨界質量( $20.6kg$ )の誤差は約 $\pm 0.5kg$ 、 $2.0g/cm^3$ における推定臨界質量( $118.0kg$ )の誤差は約 $\pm 5kg$ である。

## 5. 檜 討

### ① 曲線の特徴

図5から図20に示した曲線は、おおむね下に凸の形を成している。但し、燃料濃度の高い( $\geq 4g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ )領域で特異な形を示している。燃料濃度が $5g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ の付近で上に凸の領域が現れることもある。プルトニウム富化度が10wt%から15wt%へと高くなると、この傾向は一層強くなる。また、 $^{239}Pu:^{240}Pu=90:10$ のときにはあまり目立たないが、 $^{239}Pu:^{240}Pu=75:25$ あるいは $^{239}Pu:^{240}Pu:^{241}Pu:^{242}Pu=60:21:15:4$ のMOX燃料で著しい。この特異性は、図21に示すように外国の文献<sup>13)</sup>でも紹介されている。

### ② プルトニウム富化度と臨界量について

プルトニウム富化度が互いに異なる図5と図14の推定臨界下限質量を比較して図22に示す。この図は、プルトニウム富化度が10wt%から15wt%へと高くなると臨界量が小さくなることを表している。

図22では、燃料濃度が $1g(PuO_2+UO_2)/cm^3$ の付近で、プルトニウム富化度が互いに異なる2つの曲線が重なっていて興味深い。西ドイツの臨界ハンドブック<sup>14)</sup>にも、この図に似たデータがある(図23参照)。

### ③ プルトニウム同位体組成と臨界量について

本計算では表4に示したように、燃焼度30GWd/MtUの軽水炉燃料を再処理して抽出したプルトニウムの同位体組成として、 $^{238}\text{Pu}$ : $^{240}\text{Pu}$ : $^{241}\text{Pu}$ : $^{242}\text{Pu}$ =60:21:15:4を考えた。さらに、この同位体組成を簡略化した組成として、 $^{238}\text{Pu}$ : $^{240}\text{Pu}$ =75:25を設定した。簡略化は、 $^{241}\text{Pu}$ と $^{238}\text{Pu}$ 及び $^{242}\text{Pu}$ と $^{240}\text{Pu}$ はそれぞれ反応度的に等価と仮定して、 $^{241}\text{Pu}$ を $^{238}\text{Pu}$ に、 $^{242}\text{Pu}$ を $^{240}\text{Pu}$ に置換して行った。

プルトニウム同位体組成が互いに異なる図5、図8及び図11の推定臨界下限質量を比較して図24に示す。この図によれば、簡略化した同位体組成の推定臨界下限質量の方が簡略化前のそれよりも大きいことが分かる。

よって、前述の簡略化は臨界上安全ではないことが分かる。

### ④ ウラン濃縮度と臨界量について

ウラン濃縮度が互いに異なる図5と図17の推定臨界下限質量を比較して図25に示す。この図から、濃縮度0.25wt%の推定臨界下限質量は、濃縮度0.711wt%のそれをわずかに上回ることが分かる。したがって、濃縮度0.711wt%の臨界データを濃縮度0.25wt%のMOX燃料の臨界設計に使用しても安全上問題はない。なお、燃料濃度3.0g( $\text{PuO}_2+\text{UO}_2$ )/cm<sup>3</sup>周辺では、濃縮度0.711wt%の推定臨界下限質量の方が大きくなる逆転現象が生じているが、ヒストリーを多くして計算すれば、この現象は消え去ると考える。

### ⑤ 外国の臨界データとの比較

#### a) 西独臨界ハンドブックとの比較

MOX燃料はウラン燃料と異なり、プルトニウム富化度、プルトニウム同位体組成等燃料の組成を決定する変数が多いため、今回の計算結果と全く同一の臨界データを外国の臨界データの中から見出すことはできなかった。そこで、西独臨界ハンドブックに記載されているMOX燃料の臨界データの1つを比較の対象に取り上げ、その組成と全く同じ燃料の臨界条件(推定臨界増倍率(1.006)に対応する球体積)を、4.2節で述べた計算手法を使用して算出した。

比較の結果を、図26に示す。この図は西独臨界ハンドブックからの引用で、プルトニウム同位体組成が互いに異なる2種類のMOX燃料の臨界体積曲線が表示してある。このうち“曲線2”の組成の燃料の推定臨界体積を4.2節で述べた計算手法で求め、図中に●印で書き込んだ。臨界体積の相対誤差は臨界半径の相対誤差の3倍になることを考えれば、両者は良く一致している。

MOX燃料のMOX濃度とH/(U+Pu)個数比との関係についても、念のため、比較を行った。図27も西独臨界ハンドブックからの引用で、プルトニウム富化度30%のMOX燃料

のMOX濃度と  $H/(U+Pu)$  個数比の関係を示している。ウラン及びプルトニウム同位体組成は明示されていないが、依存性は低い。図中に●印で示した値は、MAIL3.0コードによる計算結果である(ウラン同位体組成を $^{235}U$ 100%、プルトニウム同位体組成を $^{239}Pu$ 100%と仮定)。すべての●印は曲線の上にのっており、両者は極めて良い一致を見せている。

b) ANSI<sup>15)</sup>との比較

本計算結果の推定臨界下限値とANSIの臨界制限値(subcritical limit)との比較を表7及び図28に示す。ANSIの臨界制限値導出法が分からぬこと、及び燃料組成が同一でないことから、両者を直接比較することはできない。しかし、次の理由から組成の違いと( $PuO_2+UO_2$ )質量の違いについては整合がとれていると考える。

両者の想定したプルトニウム同位体組成の最大の相違は、 $^{240}Pu$ の比率である。 $^{240}Pu$ の熱エネルギー領域の中性子捕獲断面積は、 $^{242}Pu$ の10数倍も大きい。このため、 $^{240}Pu$ を多く含むMOX燃料を想定したANSIの臨界制限値は、本計算結果の推定臨界下限値を上回った。

謝 辞

本報告書の内容は、臨界安全性専門部会の下に設置された臨界安全性実験データ検討統括ワーキンググループ・第一ワーキンググループにおいて、平成5年度と6年度の2年間、検討を受けた。三好慶典グループリーダー(原研)はじめ委員各位に謝意を表します。MOX燃料の組成の決定にあたって御協力いただいた三菱マテリアル株の森岡信男氏、ベンチマーク計算の計算モデルについての有益な助言をいただいた(財)原子力発電技術機構 原子力安全解析所の三竹晋氏に感謝致します。連続モンテカルロコード MCNP 4A と核データライブラリー JENDL-3.1 の組合せによる補足計算を実行してくれた原研の荒川拓也氏にお礼申上げます。西独臨界ハンドブックの内容に関する問い合わせに快く回答してくれた、ドイツの原子力施設・原子炉安全協会(Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit(GRS) mbH)のB.Gmal氏に感謝致します。本報告書の原稿の閲読と有益な助言をいただいた原研の奥野浩氏に感謝致します。

## 参考文献

- 1) Y.Komuro, Y.Naito, Y.Nomura and M.Shioda, "Improvement of JACS Code System," Proceedings of the International Conference on Nuclear Criticality Safety, vol.1, pp.IV-36-IV-44, Oxford, United Kingdom (1991)
- 2) S.R.Bierman, E.D.Clayton and L.E.Hansen, "Critical Experiments with Homogeneous Mixture of Plutonium and Uranium Oxides Containing 8.15 and 30 wt% Plutonium," Nuclear Science and Engineering, vol.50, pp.115-126 (1973)
- 3) R.C.Lloyd, S.R.Bierman and E.D.Clayton, "Criticality of Plutonium-Uranium Mixtures Containing 5 to 8 wt% Plutonium," Nuclear Science and Engineering, vol.55, pp.51-57 (1974)
- 4) S.R.Bierman and E.D.Clayton, "Critical Experiments with Low-Moderated Homogeneous Mixture of Plutonium and Uranium Oxides Containing 8.5 and 30 wt% Plutonium," Nuclear Science and Engineering, vol.61, pp.370-376 (1976)
- 5) S.R.Bierman and E.D.Clayton, "Critical Experiments with Mixed Oxides of Pu and U Containing 8 and 30 wt% Plutonium," Transactions of American Nuclear Society, vol.15, pp.307-309 (1972)
- 6) S.R.Bierman, B.M.Durst and E.D.Clayton, "Critical Experiments Measuring the Reactivity Worth of Materials Commonly Encountered as Fixed Neutron Poisons," BNWL-2129 (1976)
- 7) 小室雄一, 奥野浩, 内藤淑孝, 小田久子, 永井正克, 奥田泰久, 酒井友宏, 塩田雅之, 「臨界計算用多群定数ライブラリーMGCL-J3の作成と検証」, JAERI-M 93-190 (1993)
- 8) K.Shibata, T.Nakagawa, T.Asami, T.Fukahori, T.Narita, S.Chiba, M.Mizumoto, A.Hasegawa, Y.Kikuchi, Y.Nakajima, S.Igarashi, "Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3 --JENDL-3--," JAERI 1319 (1990)
- 9) 小室雄一, 奥野浩, 内藤淑孝, 酒井友宏, 塩田雅之, 奥田泰久, 「断面積セット作成プログラムMAIL3.0使用手引書」, JAERI-M 90-126 (1990)

- 10) Y.Naito, M.Yokota and K.Nakano, "MULTI-KENO : A Monte Carlo Code for Criticality Safety Analysis," JAERI-M 83-049 (1983)
- 11) Y.Nomura, J.Katakura, Y.Naito, Y.Komuro and H.Okuno, "Benchmark Calculations by the Nuclear Criticality Safety Analysis Code System JACS(MGCL, KENO-IV)," JAERI 1303 (1986)
- 12) 奥野 浩, 内藤俊孝, 「臨界安全解析コードシステムJACSの計算誤差評価」, JAERI-M 87-057 (1987)
- 13) E.D.Clayton, "Anomalies of Nuclear Criticarity," PNL-SA-4868 Rev.5 (1979)
- 14) W.Heinicke, H.Krug, W.Thomas, W.Weber and B.Gmal, "Handbuch zur Kritikalität," (1985)
- 15) "American National Standard for Nuclear Criticality Control and Safety of Plutonium-Uranium Fuel Mixtures Outside Reactors," ANSI/ANS-8.12-1987 (1987)

表1 臨界ベンチマーク計算対象（均質MOX燃料を使った臨界実験データ）

データ番号	燃料組成 <sup>(1)</sup>	反射体	ケース数	ケース番号
1 <sup>(2)</sup>	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> -ボリスチレン H/(U+Pu) : 47.4, 30.6, 51.8 Pu富化度 : 8, 15, 30wt% <sup>238</sup> Pu: <sup>240</sup> Pu: <sup>241</sup> Pu: <sup>242</sup> Pu = 91:8:1	ブレキシク'ラス, 無し	35	1 ~ 35
2 <sup>(3)</sup>	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> -ボリスチレン H/(U+Pu) : 19.5 Pu富化度 : 7.6wt% <sup>238</sup> Pu: <sup>240</sup> Pu: <sup>241</sup> Pu: <sup>242</sup> Pu = 68:23:6:3	ブレキシク'ラス	8	36 ~ 43
3 <sup>(4)</sup>	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> -ボリスチレン H/(U+Pu) : 2.8, 2.86, 7.3 Pu富化度 : 8, 15, 30wt% <sup>238</sup> Pu: <sup>240</sup> Pu: <sup>241</sup> Pu = 86:12:2	ブレキシク'ラス, 無し	17	44 ~ 60
4 <sup>(5)</sup>	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> -ボリスチレン H/(U+Pu) : 2.79, 51.8 Pu富化度 : 8, 30wt% <sup>238</sup> Pu: <sup>240</sup> Pu: <sup>241</sup> Pu = 86:12:2, 71:28:1	ブレキシク'ラス	8 * <sup>(2)</sup>	61 ~ 68

\*(1) プルトニウム同位体組成は個数比で表示した。

\*(2) 実際には17ケースであるが、そのうち9ケースはデータ番号1と同一なため、計算の対象から除外した。

表2 ベンチマーク計算結果

ケースNo.	keff	土σ	備考	ケースNo.	keff	土σ	備考
1(*)	1.01186	0.00308		31(*)	1.02362	0.00276	
2(*)	1.01334	0.00325		32(*)	1.02941	0.00301	
3(*)	1.01478	0.00292		33(*)	1.02448	0.00320	正6面体(内挿値)
4(*)	1.00825	0.00365		34	1.02892	0.00333	無限平板(外挿値)
5(*)	1.01204	0.00333		35	1.00171	0.00289	
6(*)	1.01516	0.00352		36(*)	0.97078	0.00286	
7(*)	1.00647	0.00350		37(*)	0.96707	0.00292	
8(*)	1.00931	0.00398	正6面体(内挿値)	38(*)	0.96514	0.00310	
9	1.02436	0.00345	無限平板(外挿値)	39(*)	0.97617	0.00275	
10	1.02819	0.00365	反射体無し	40(*)	0.97419	0.00262	
11	1.00133	0.00367	反射体無し	41(*)	0.97242	0.00295	
12	0.99603	0.00434	反射体無し	42	0.98179	0.00281	正6面体(内挿値)
13	1.00437	0.00313	反射体無し	43	0.99159	0.00268	無限平板(外挿値)
14	0.99804	0.00363	反射体無し	44	0.99352	0.00276	反射体無し
15(*)	1.01892	0.00334		45	0.98551	0.00275	
16(*)	1.02625	0.00350		46(*)	1.00029	0.00267	
17(*)	1.01952	0.00378		47(*)	0.99962	0.00269	
18(*)	1.01837	0.00379		48(*)	1.01139	0.00305	
19(*)	1.02173	0.00327		49(*)	1.00422	0.00274	
20(*)	1.01675	0.00328		50(*)	0.99938	0.00303	
21	1.02039	0.00361	正6面体(内挿値)	51(*)	0.99924	0.00261	
22	1.01835	0.00325	無限平板(外挿値)	52(*)	0.99656	0.00275	
23	1.00829	0.00356	反射体無し	53(*)	1.00110	0.00237	
24	1.00915	0.00327	反射体無し	54(*)	1.01268	0.00328	
25	0.99898	0.00338	反射体無し	55	1.01644	0.00284	無限平板(外挿値)
26	1.00793	0.00382	反射体無し	56(*)	0.98669	0.00273	
27(*)	1.02260	0.00333		57(*)	1.00828	0.00268	
28(*)	1.02370	0.00339		58(*)	1.00956	0.00322	
29(*)	1.02264	0.00291		59(*)	1.00248	0.00284	
30(*)	1.02436	0.00301		60(*)	1.00554	0.00267	

ケースNo.の欄に(\*)を付けたケースは、推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を得るために用いたベンチマーク計算結果。  
備考欄に「反射体無し」と書いてないケースは、すべてプレキスグラス反射体付き。

表2 ベンチマーク計算結果（続き）

ケースNo.	k <sub>eff</sub>	± σ	備考
61(*)	1.00302	0.00303	
62(*)	1.00281	0.00303	
63(*)	1.00831	0.00247	
64(*)	1.00495	0.00295	
65(*)	1.01367	0.00292	
66(*)	1.00164	0.00288	正6面体（内挿値）
67	1.01168	0.00284	無限平板（外挿値）
68	1.00092	0.00277	

ケースNo.の欄に(\*)を付けたケースは、推定臨界増倍率及び推定臨界下限増倍率を得るために用いたベンチマーク計算結果。  
備考欄に「反射体無し」と書いてないケースは、すべてプレキスグラス反射体付き。

表3 標本数nに対するμの値 ( $\gamma = 97.5\%$ ,  $p = 2.5\%$ )

n	$\mu$	n	$\mu$	n	$\mu$	n	$\mu$	n	$\mu$	n	$\mu$
2	62.558	51	2.529	101	2.340	151	2.263	205	2.216	675	2.095
3	12.816	52	2.522	102	2.338	152	2.261	210	2.212	700	2.093
4	7.710	53	2.515	103	2.335	153	2.260	215	2.209	725	2.090
5	5.975	54	2.509	104	2.333	154	2.259	220	2.206	750	2.088
6	5.111	55	2.503	105	2.331	155	2.258	225	2.203	775	2.086
7	4.592	56	2.497	106	2.329	156	2.257	230	2.200	800	2.084
8	4.243	57	2.491	107	2.327	157	2.256	235	2.197	825	2.082
9	3.992	58	2.486	108	2.325	158	2.255	240	2.195	850	2.080
10	3.801	59	2.480	109	2.324	159	2.254	245	2.192	875	2.078
11	3.650	60	2.475	110	2.322	160	2.253	250	2.189	900	2.076
12	3.528	61	2.470	111	2.320	161	2.252	255	2.187	925	2.075
13	3.427	62	2.465	112	2.318	162	2.251	260	2.185	950	2.073
14	3.342	63	2.460	113	2.316	163	2.250	265	2.182	975	2.072
15	3.268	64	2.456	114	2.314	164	2.249	270	2.180	1000	2.070
16	3.204	65	2.451	115	2.313	165	2.248	275	2.178	1500	2.049
17	3.148	66	2.447	116	2.311	166	2.247	280	2.176	2000	2.037
18	3.099	67	2.442	117	2.309	167	2.246	285	2.174	3000	2.023
19	3.054	68	2.438	118	2.308	168	2.245	290	2.172	5000	2.008
20	3.014	69	2.434	119	2.306	169	2.244	295	2.170	10000	1.994
21	2.978	70	2.430	120	2.304	170	2.243	300	2.168	$\infty$	1.960
22	2.945	71	2.426	121	2.303	171	2.242	305	2.166		
23	2.914	72	2.422	122	2.301	172	2.241	310	2.164		
24	2.887	73	2.418	123	2.299	173	2.241	315	2.162		
25	2.861	74	2.415	124	2.298	174	2.240	320	2.161		
26	2.837	75	2.411	125	2.296	175	2.239	325	2.159		
27	2.815	76	2.408	126	2.295	176	2.238	330	2.157		
28	2.794	77	2.404	127	2.293	177	2.237	335	2.156		
29	2.775	78	2.401	128	2.292	178	2.236	340	2.154		
30	2.757	79	2.398	129	2.290	179	2.235	345	2.153		
31	2.740	80	2.394	130	2.289	180	2.235	350	2.151		
32	2.723	81	2.391	131	2.288	181	2.234	355	2.150		
33	2.708	82	2.388	132	2.286	182	2.233	360	2.148		
34	2.694	83	2.385	133	2.285	183	2.232	365	2.147		
35	2.680	84	2.382	134	2.283	184	2.231	370	2.146		
36	2.667	85	2.379	135	2.282	185	2.230	375	2.144		
37	2.655	86	2.377	136	2.281	186	2.230	380	2.143		
38	2.643	87	2.374	137	2.279	187	2.229	385	2.142		
39	2.632	88	2.371	138	2.278	188	2.228	390	2.141		
40	2.621	89	2.368	139	2.277	189	2.227	395	2.139		
41	2.611	90	2.366	140	2.276	190	2.226	400	2.138		
42	2.601	91	2.363	141	2.274	191	2.226	425	2.133		
43	2.592	92	2.361	142	2.273	192	2.225	450	2.127		
44	2.583	93	2.358	143	2.272	193	2.224	475	2.123		
45	2.574	94	2.356	144	2.271	194	2.223	500	2.118		
46	2.566	95	2.353	145	2.270	195	2.223	525	2.114		
47	2.558	96	2.351	146	2.268	196	2.222	550	2.110		
48	2.550	97	2.349	147	2.267	197	2.221	575	2.107		
49	2.543	98	2.346	148	2.266	198	2.220	600	2.104		
50	2.535	99	2.344	149	2.265	199	2.220	625	2.101		
		100	2.342	150	2.264	200	2.219	650	2.098		

表4 均質MOX燃料の組成等

1) 形態	① 均質MOX-H <sub>2</sub> O(空隙無し), ② 均質MOX粉末-H <sub>2</sub> O(空隙あり)
2) 積幾形状	球
3) 反射条件	厚さ30cmの水反射体
4) プルトニウム 同位体組成 [wt%]* <sup>(1)</sup>	① <sup>239</sup> Pu : <sup>240</sup> Pu = 90 : 10* <sup>(2)</sup> , ② <sup>239</sup> Pu : <sup>240</sup> Pu = 75 : 25* <sup>(3)</sup> , ③ <sup>239</sup> Pu : <sup>240</sup> Pu : <sup>241</sup> Pu : <sup>242</sup> Pu = 60 : 21 : 15 : 4* <sup>(4)</sup>
5) プルトニウム富化度 [wt%](酸化物重量比)	① 10* <sup>(5)</sup> , ② 15
6) ウラン濃縮度 [wt%]	① 0.711* <sup>(6)</sup> , ② 0.25* <sup>(7)</sup>
7) H/(Pu+U)原子個数比 (含水率) [-]	① 燃料密度に依存(空隙はすべて水で占められていると仮定する、均質MOX-H <sub>2</sub> Oの場合), ② 1.0(空隙あり、均質MOX粉末-H <sub>2</sub> Oの場合), ③ 5.0(空隙あり、均質MOX粉末-H <sub>2</sub> Oの場合)
8) (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	0.1* <sup>(8)</sup> ~ 理論密度

## 註

- \*(1) 汎用的な臨界データの算出を目的としているので、プルトニウム同位体は基本的に<sup>239</sup>Pu及び<sup>240</sup>Puの2つのみを考えた。
- \*(2) \*(3) で述べる燃焼度30GWd/MtUよりも低い燃焼度の使用済燃料のPu同位体組成として<sup>239</sup>Pu : <sup>240</sup>Pu = 90 : 10を設定した。
- \*(3) 使用済み燃料の平均燃焼度を30GWd/MtUと仮定した。この燃焼度に対応するプルトニウム同位体組成は、表5によれば<sup>239</sup>Pu : <sup>240</sup>Pu : <sup>241</sup>Pu : <sup>242</sup>Pu = 60 : 21 : 15 : 4である。これを\*(1) で述べた考え方につけて簡略化して<sup>239</sup>Pu : <sup>240</sup>Pu = 75 : 25とした。
- \*(4) \*(3) で取入れたプルトニウム同位体組成の簡略化が、臨界条件にどの程度の違い生じさせるのか、定量的に明かにする。計算ケース数は必要最小限に抑える。
- \*(5) 高燃焼度燃料と同様の燃焼度(48GWd/MtU)を達成するためには、10%程度のプルトニウム富化度が要求される。
- \*(6) 天然ウランに相当するウラン濃縮度。
- \*(7) 天然ウランの代わりに、濃縮度0.25wt%程度の劣化ウランを酸化プルトニウムと混合してプルサーマル用のMOX燃料を作る計画があることを反映させた。
- \*(8) 密度の下限値は、最小臨界量が現われるよう設定した。

表5 燃焼に伴う核種組成の安全側の仮定（個数比、軽水炉燃料）

燃焼度 [GWd/MtU]	$\frac{^{235}\text{U}}{\text{U}}$ ( $^{235}\text{U}/\text{U}$ )初期	$\frac{\text{Pu}}{\text{U}}$	$\frac{^{239}\text{Pu}}{\text{Pu}}$	$\frac{^{240}\text{Pu}}{\text{Pu}}$	$\frac{^{241}\text{Pu}}{\text{Pu}}$	$\frac{^{242}\text{Pu}}{\text{Pu}}$
0	1.0	0	1	0	0	0
5	0.87	0.003	0.90	0.07	0.03	0
15	0.60	0.008	0.75	0.15	0.09	0.01
30	0.35	0.011	0.60	0.21	0.15	0.04
40	0.25	0.012	0.55	0.23	0.16	0.06
50	0.20	0.013	0.53	0.23	0.17	0.07

表 6 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>Oの最小臨界質量及び最小臨界下限質量

プルトニウム同位体組成[wt%] <sup>239</sup> Pu: <sup>240</sup> Pu: <sup>241</sup> Pu: <sup>242</sup> Pu	プルトニウム 富化度[wt%]	ウラン濃縮度 [wt%]	最小(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量[kg]	
			推定臨界値	推定臨界下限値
90 : 10 : 0 : 0	10	0.711	11.9	9.58
	10	0.25	13.0	10.1
	15	0.711	7.82	5.81
75 : 25 : 0 : 0	10	0.711	25.9	19.1
	10	0.25	28.6	22.1
	15	0.711	15.9	11.5
60 : 21 : 15 : 4	10	0.711	19.0	14.4
	15	0.711	11.6	8.86

表7 均質MOX燃料の臨界制限値の比較

出 典	ANSI/ANS-8.12-1987 <sup>15)</sup>		今回の結果(表6より)	
プルトニウム富化度 [wt%]	8	15	10	15
プルトニウム同位体組成 [wt%]	$^{239}\text{Pu} : ^{240}\text{Pu} : ^{241}\text{Pu}$ = 60: 25: 15		$^{239}\text{Pu} : ^{240}\text{Pu} : ^{241}\text{Pu} : ^{242}\text{Pu}$ = 60: 21: 15: 4	
臨界制限値 ( $\text{PuO}_2 + \text{UO}_2$ ) [kg]	21.7	9.7	14.4	8.86

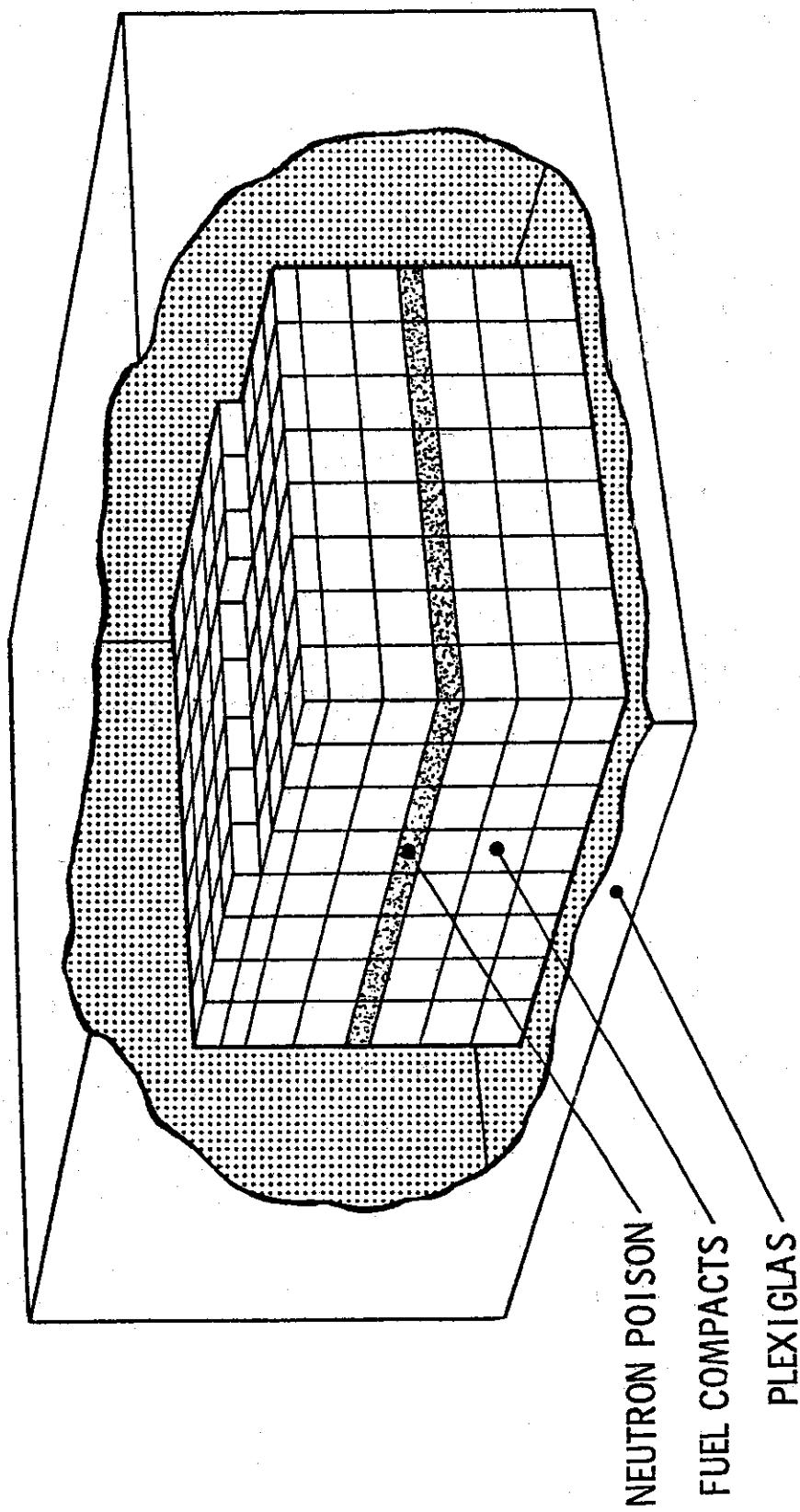


図1  $\text{PuO}_2\text{-}\text{UO}_3\text{-ポリスチレン}$ のコンパクトを積重ねた臨界実験体系  
（文献6）より引用。この図には中性子吸収板も描いてあるが、2.1節で述べた  
臨界実験では、中性子吸収板は用いられていない。

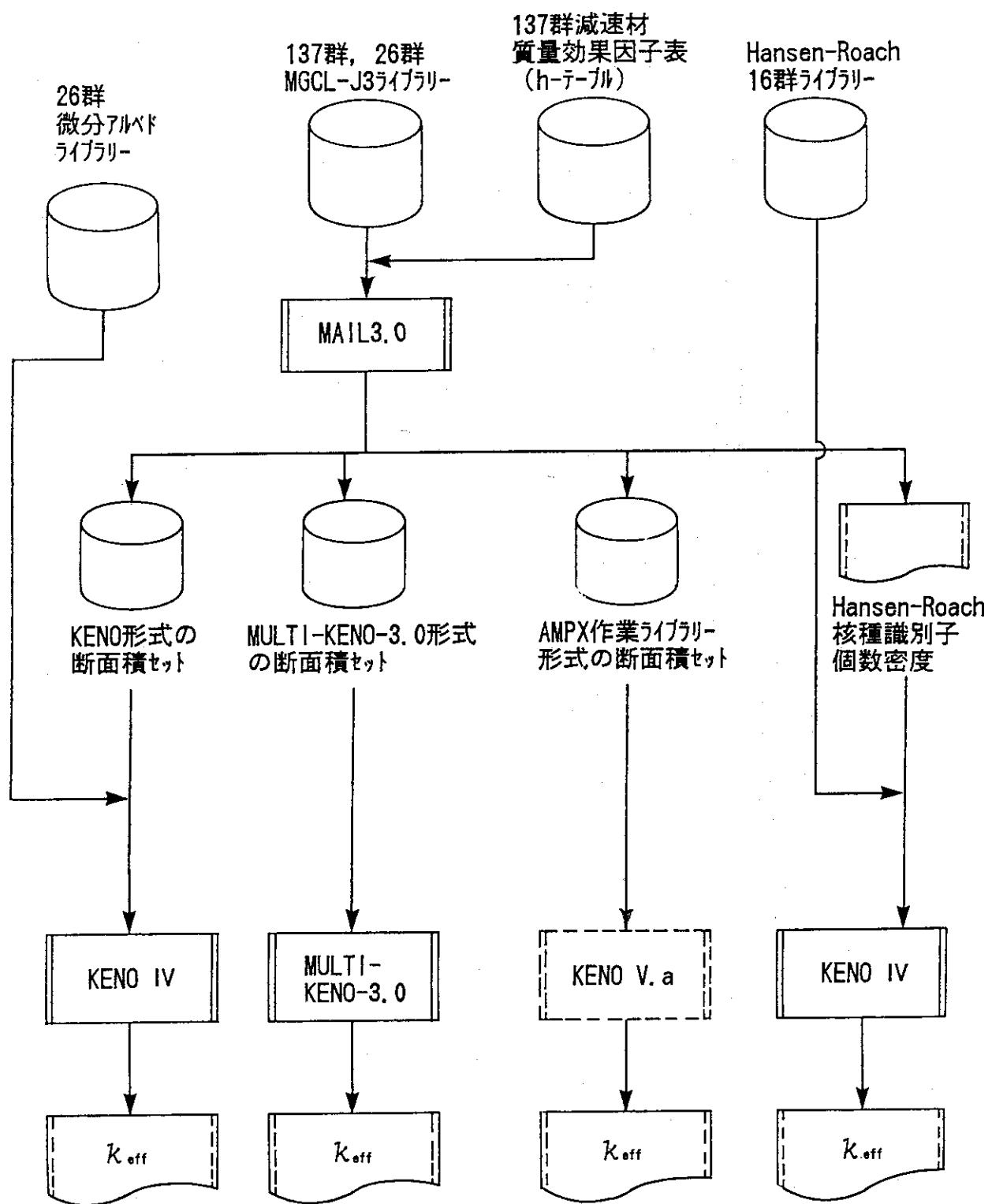


図2 J A C S コードシステムに用意されているモンテカルロ臨界計算の手順  
(KENO V.aコードを除く)

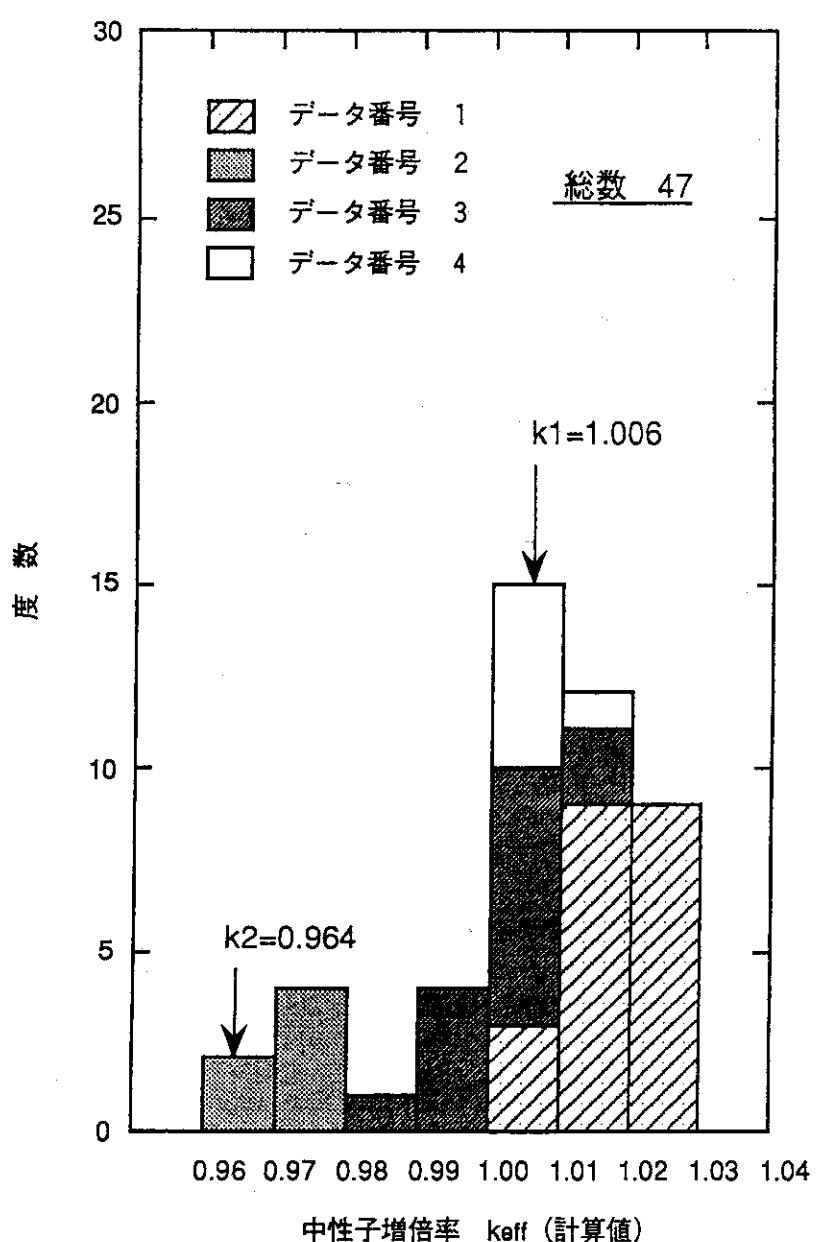


図3 反射体付き均質MOX燃料ベンチマーク計算結果のヒストグラム  
(137群MGCL-J3とMULTI-KENO-3.0の組合せによる計算結果)

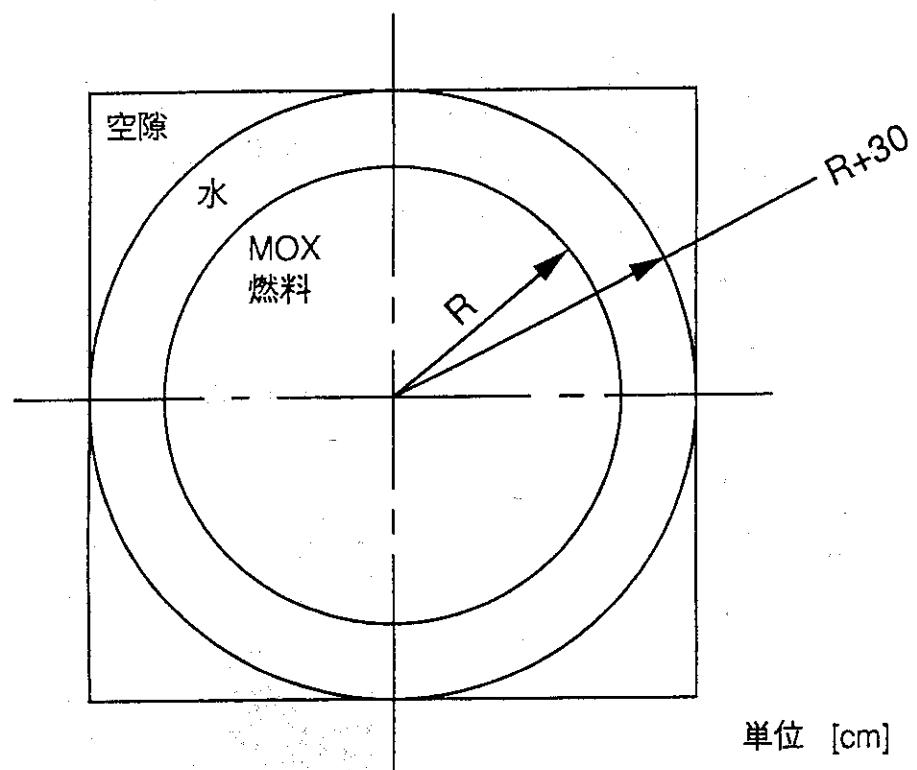


図4 MULTI-KENO-3.0のための計算モデル  
(厚さ30[cm]の水反射体付き球状燃料、境界のアルベドはすべて0.0, Rは燃料半径を表す)

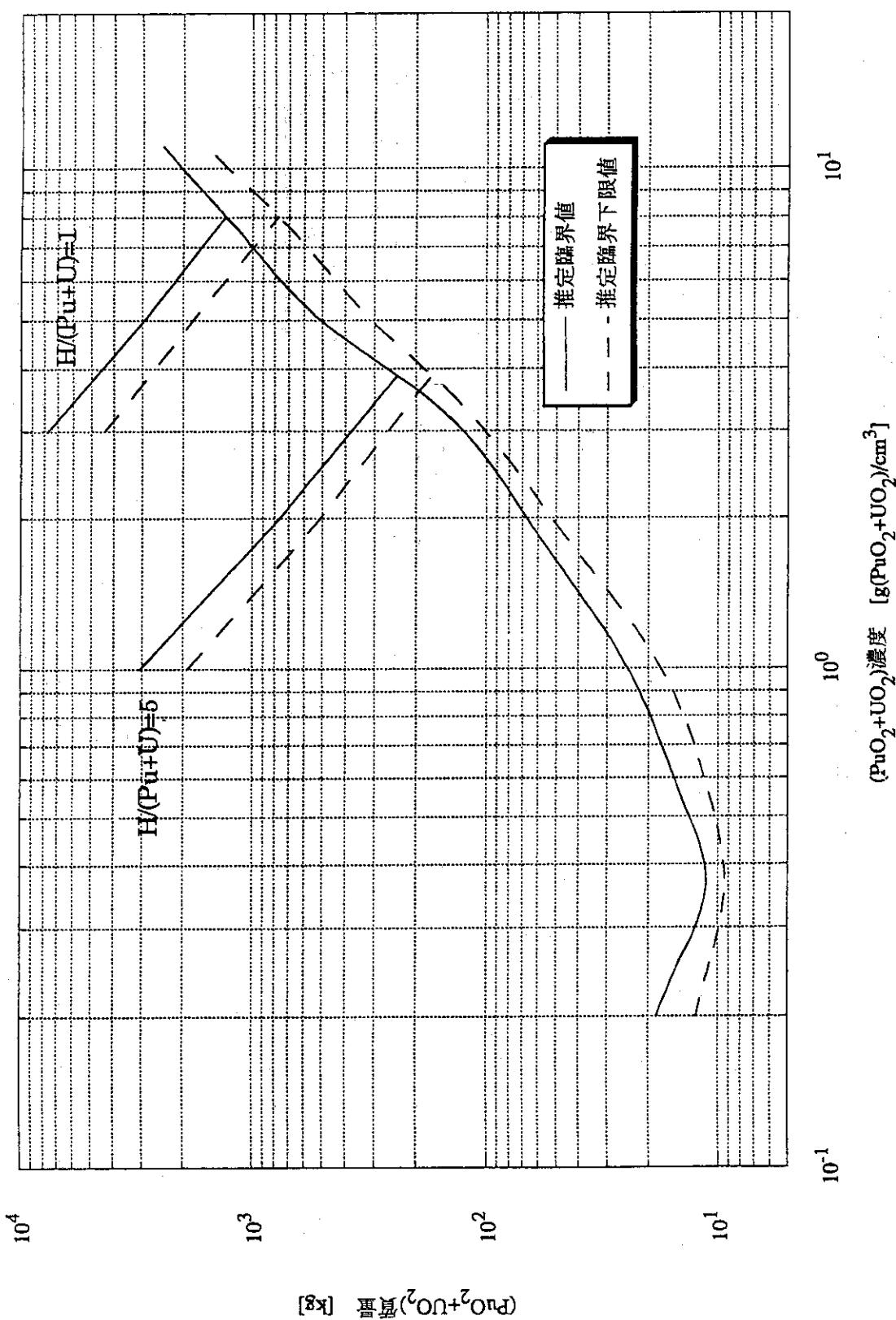


図 5 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ  
 ((PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>)質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、<sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%、<sup>240</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=90:10wt%、水反射体付き)

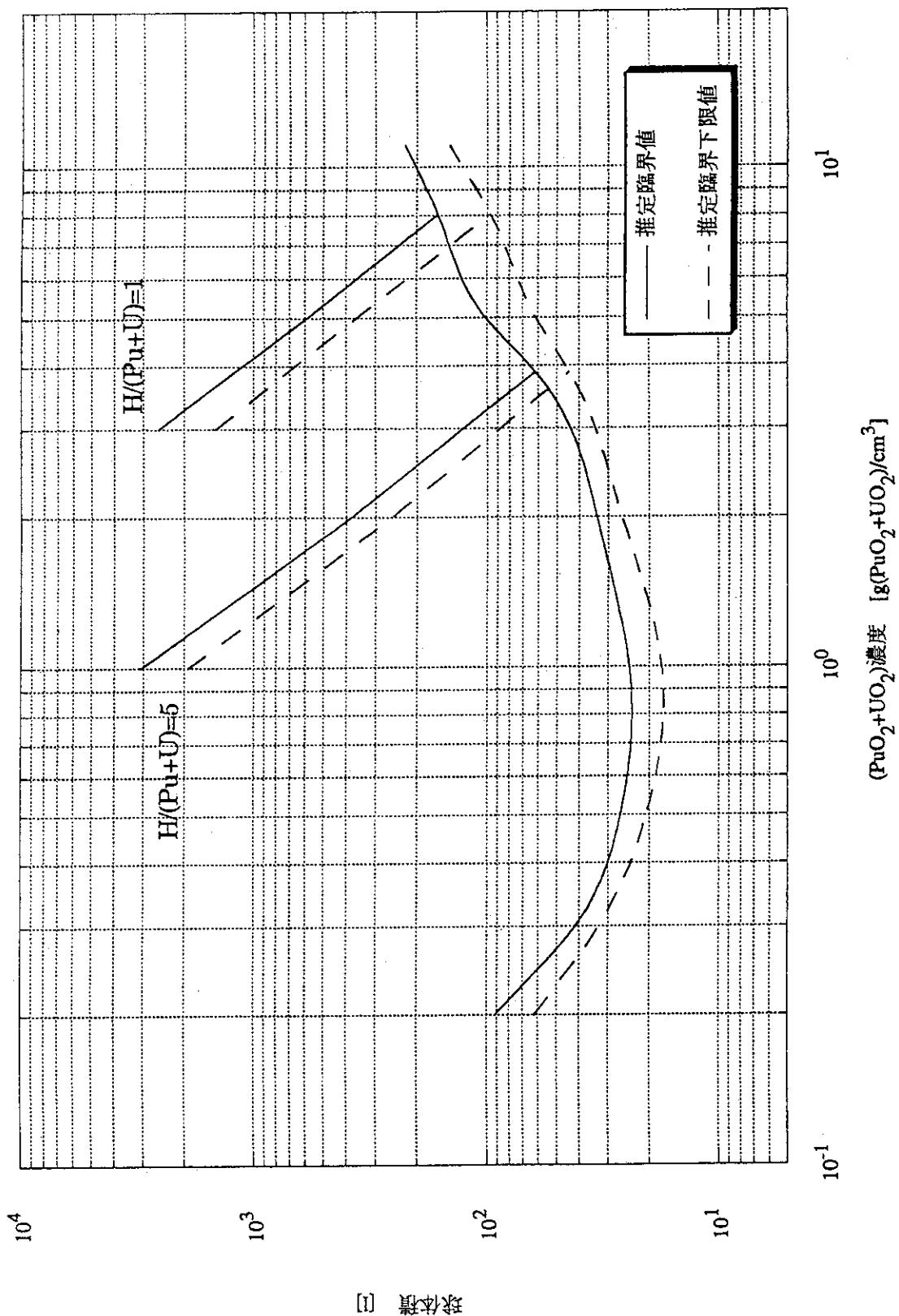


図 6 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比)10wt%、 $^{235}U$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}Pu:^{240}Pu=90:10$ wt%、水反射体付き)

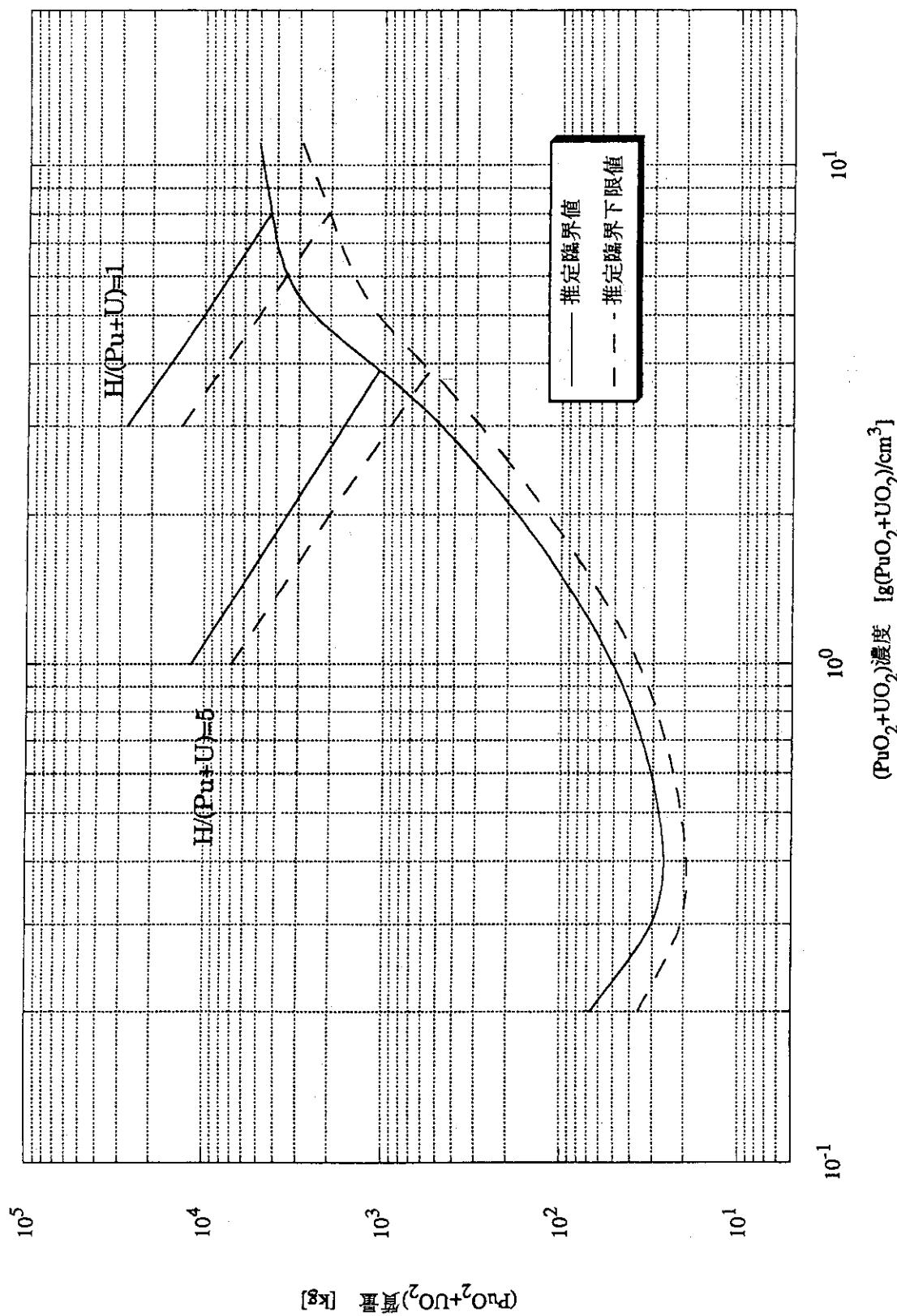


図 7 均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
 $(\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}\text{Pu}: {^{240}\text{Pu}} = 75:25$ wt%、水反射体付き)

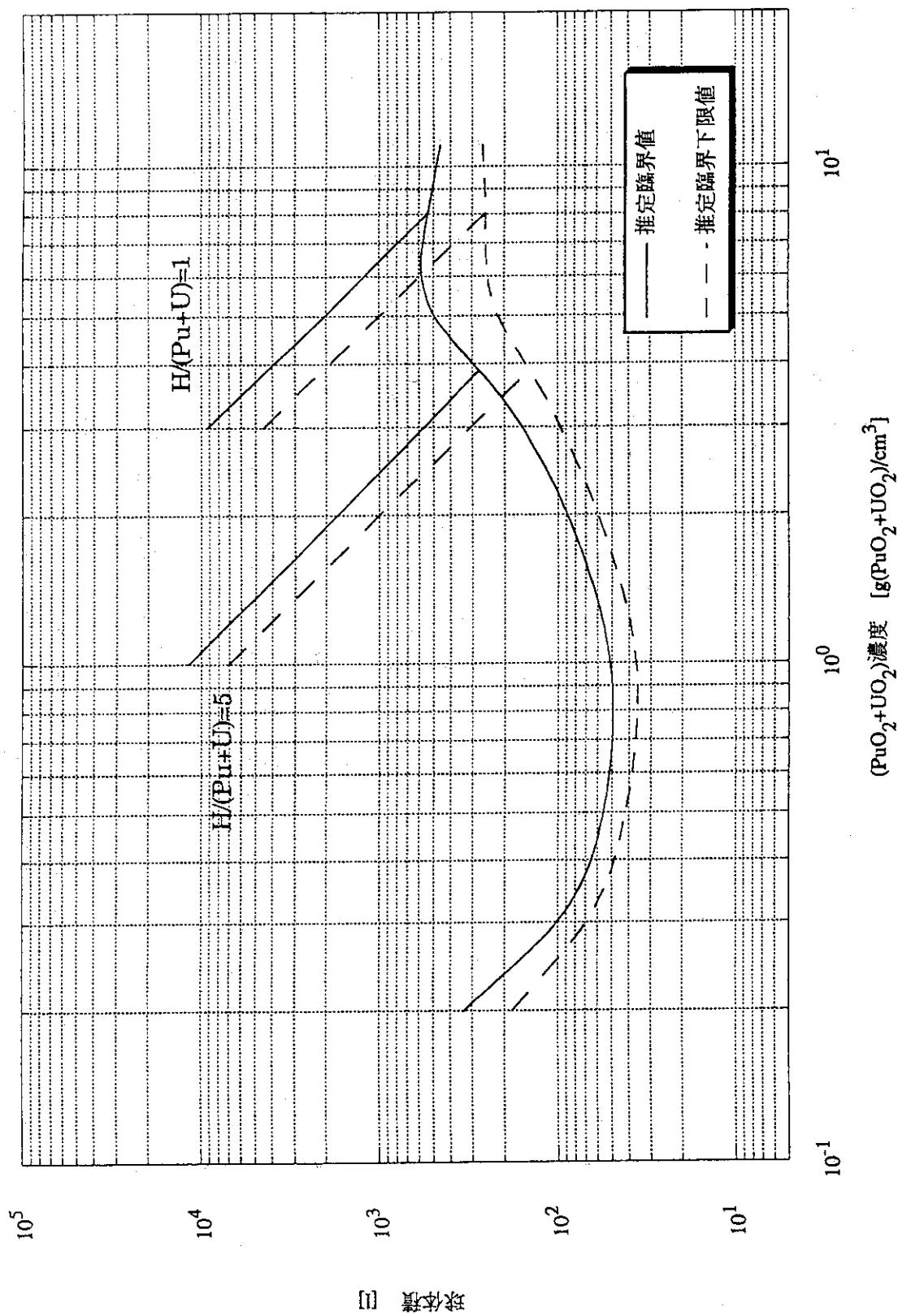


図 8 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2$ 粉末 $-\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}\text{Pu}$ : $^{240}\text{Pu}$ =75:25wt%、水反射体付き)

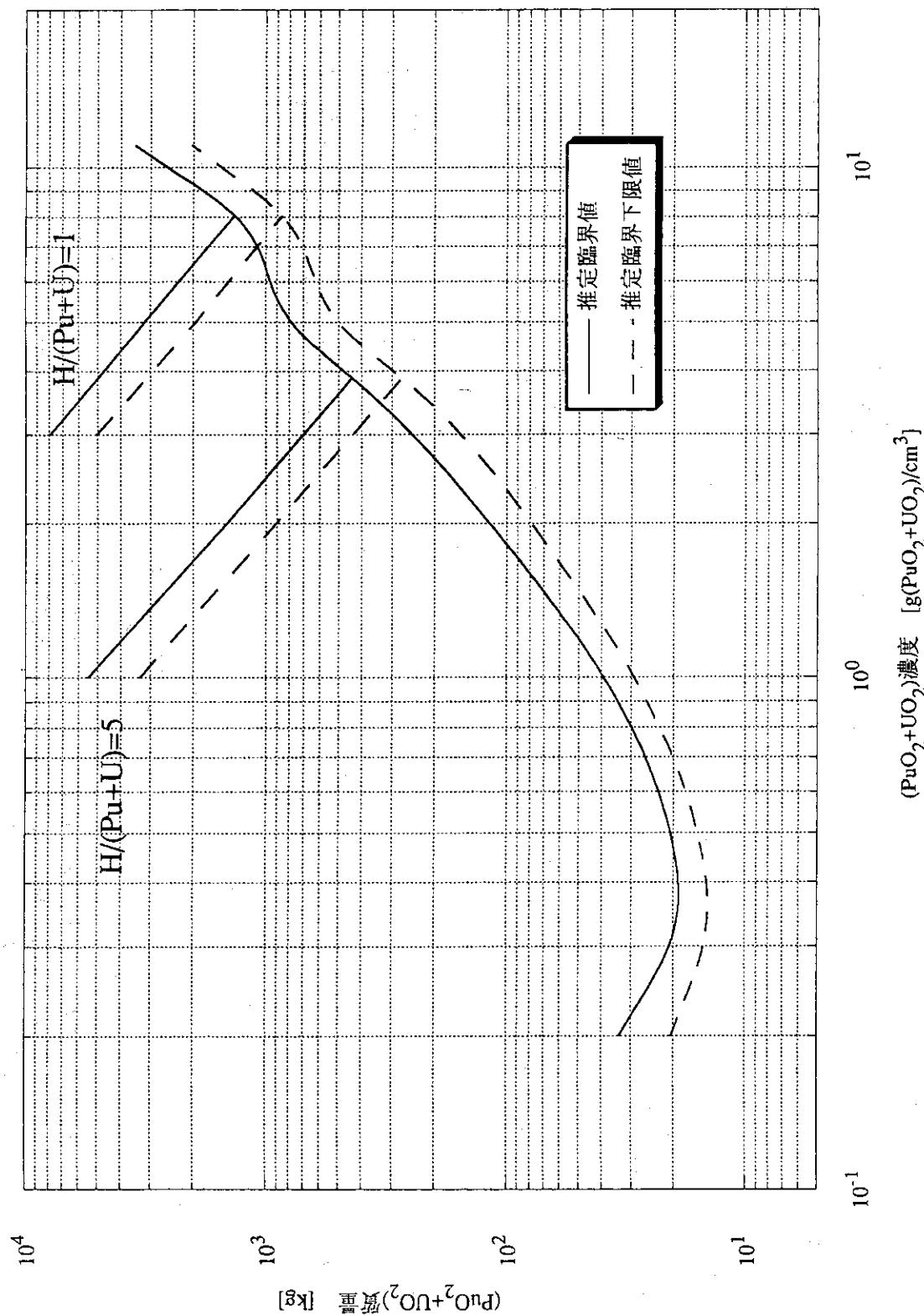


図 9 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ の臨界データ  
 $((PuO_2+UO_2)$ 質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}U$ 濃縮度 0.711wt%、  
 $^{239}Pu: ^{240}Pu: ^{241}Pu: ^{242}Pu = 60:21:15:4$ wt%、水反応体付き)

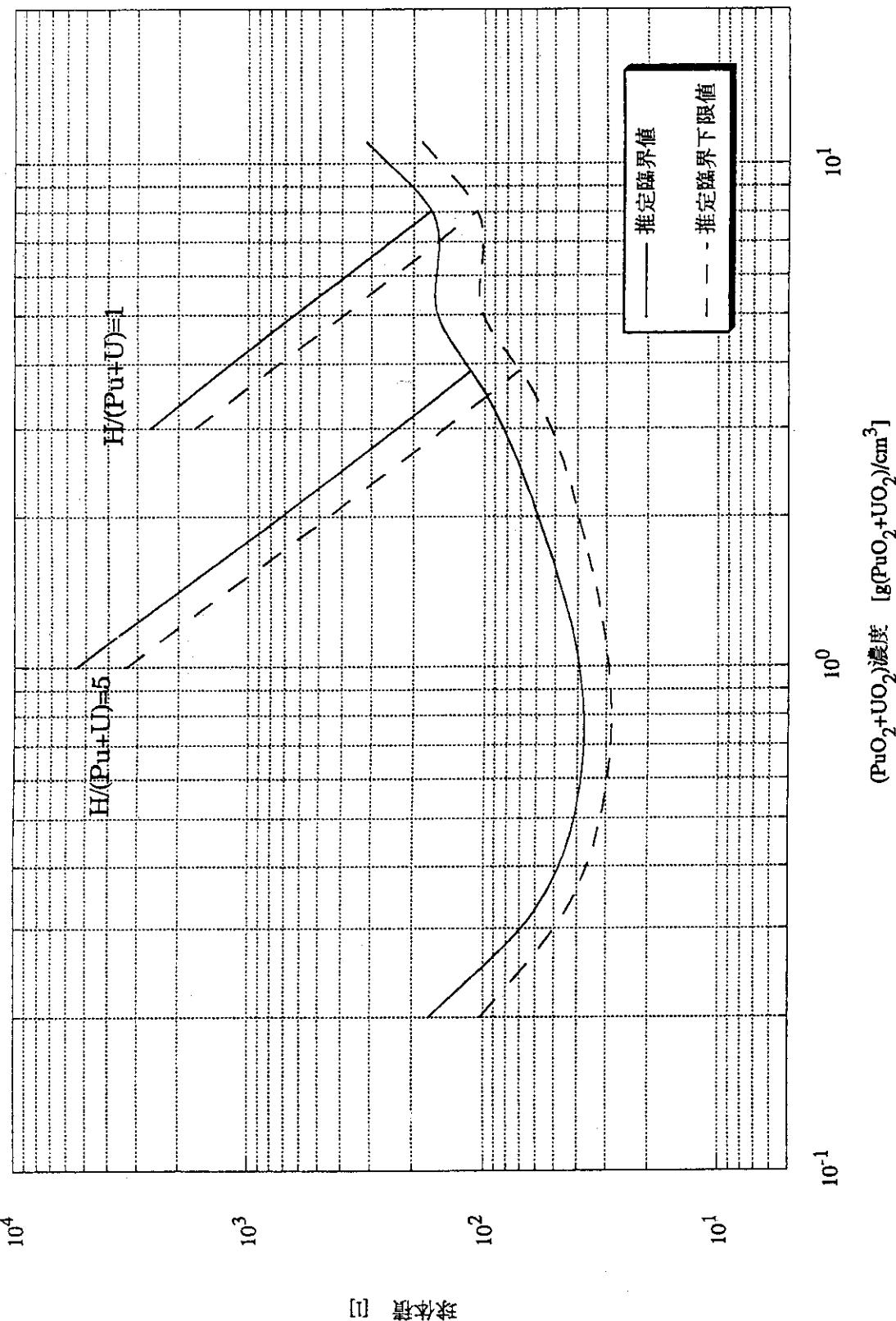


図10 均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}\text{Pu} : ^{240}\text{Pu} : ^{241}\text{Pu} : ^{242}\text{Pu} = 60 : 21 : 15 : 4$ wt%、水反射体付き)

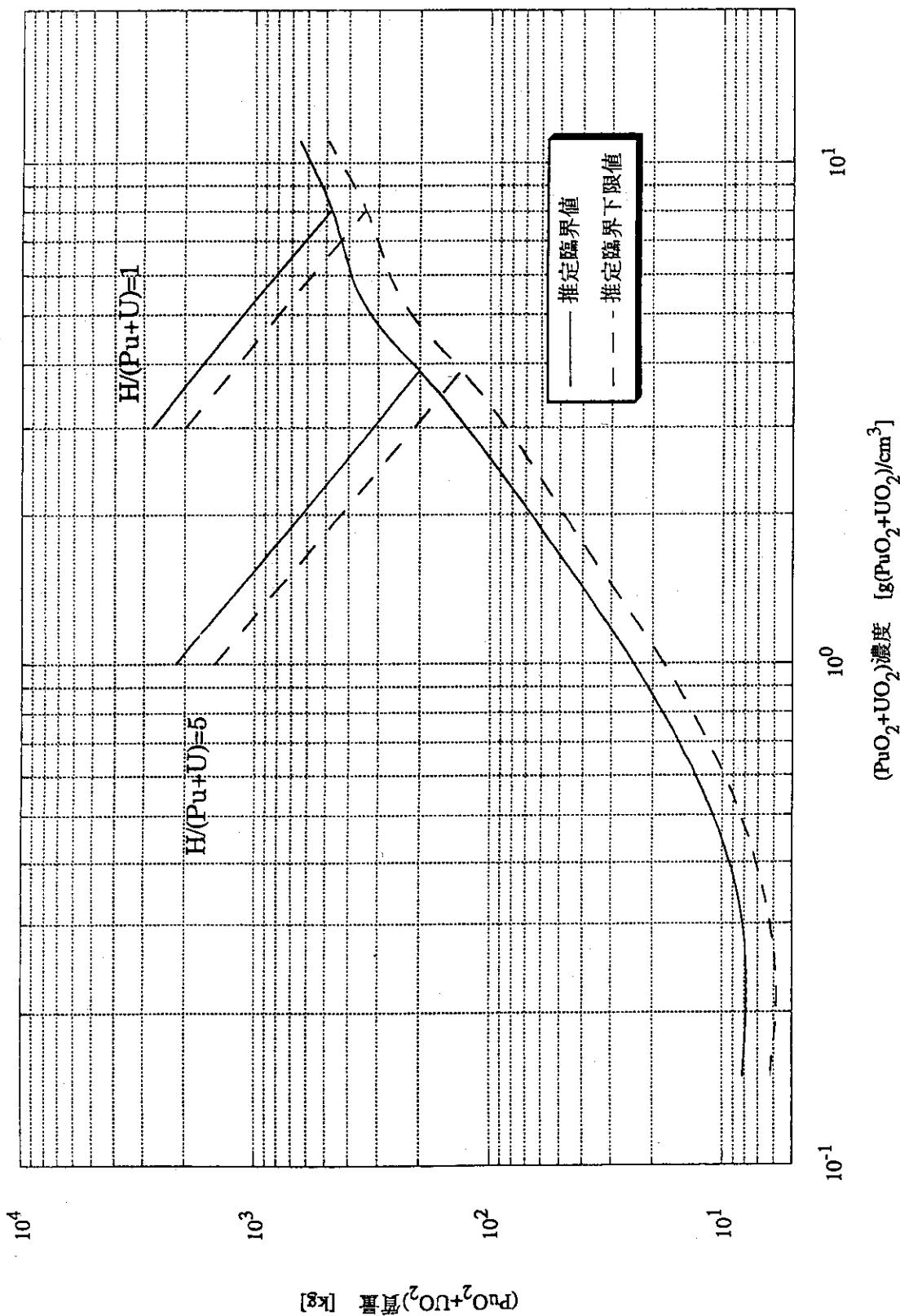


図11 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界デーティ  
( $(\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 質量、Pu富化度(酸化物比) 15wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.711wt%、 $^{240}\text{Pu}$ : 10wt%、水反射体付き)

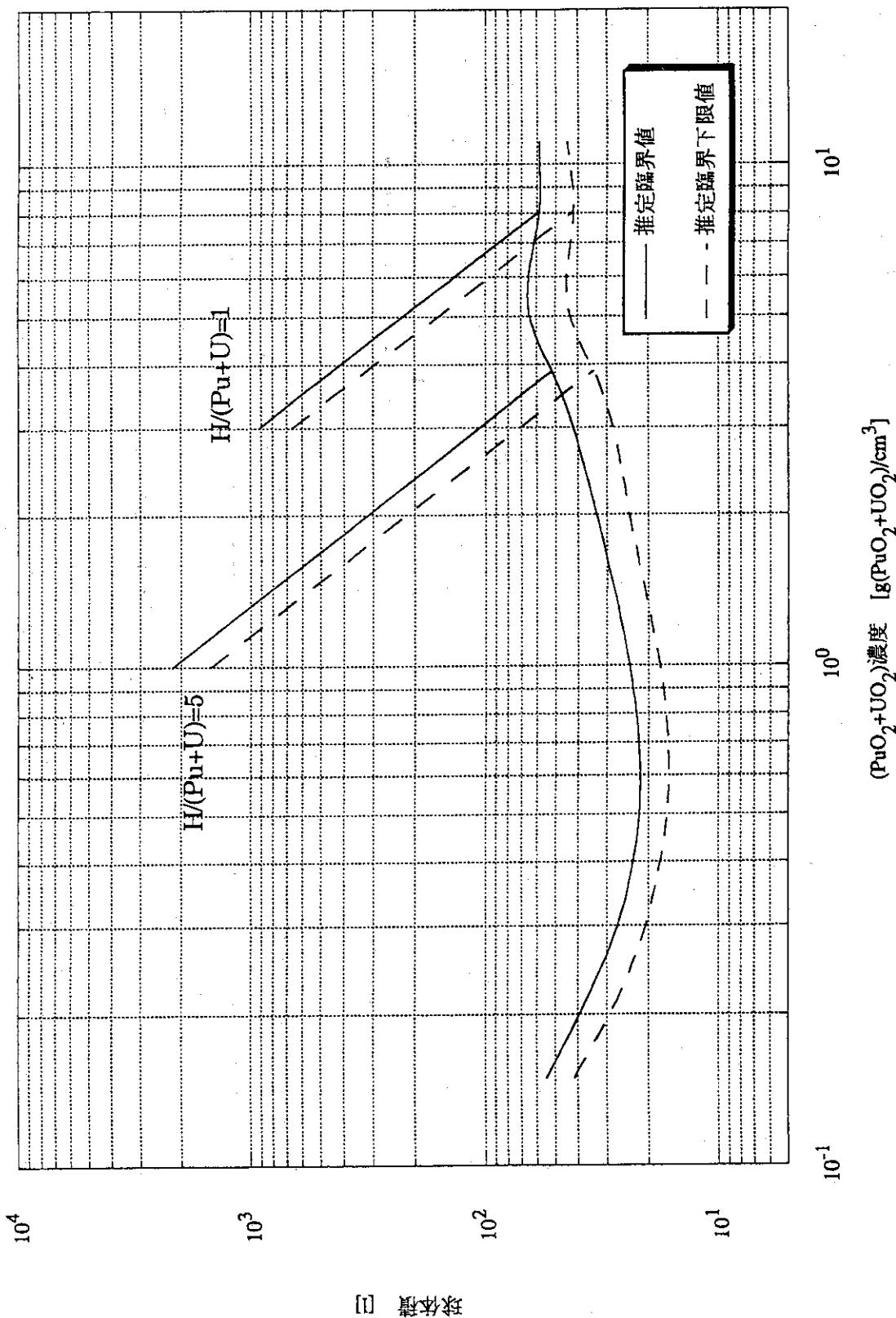


図12 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末 $-H_2O$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 15wt%、 $^{235}U$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}Pu: ^{240}Pu=90:10$ wt%、水反射体付き)

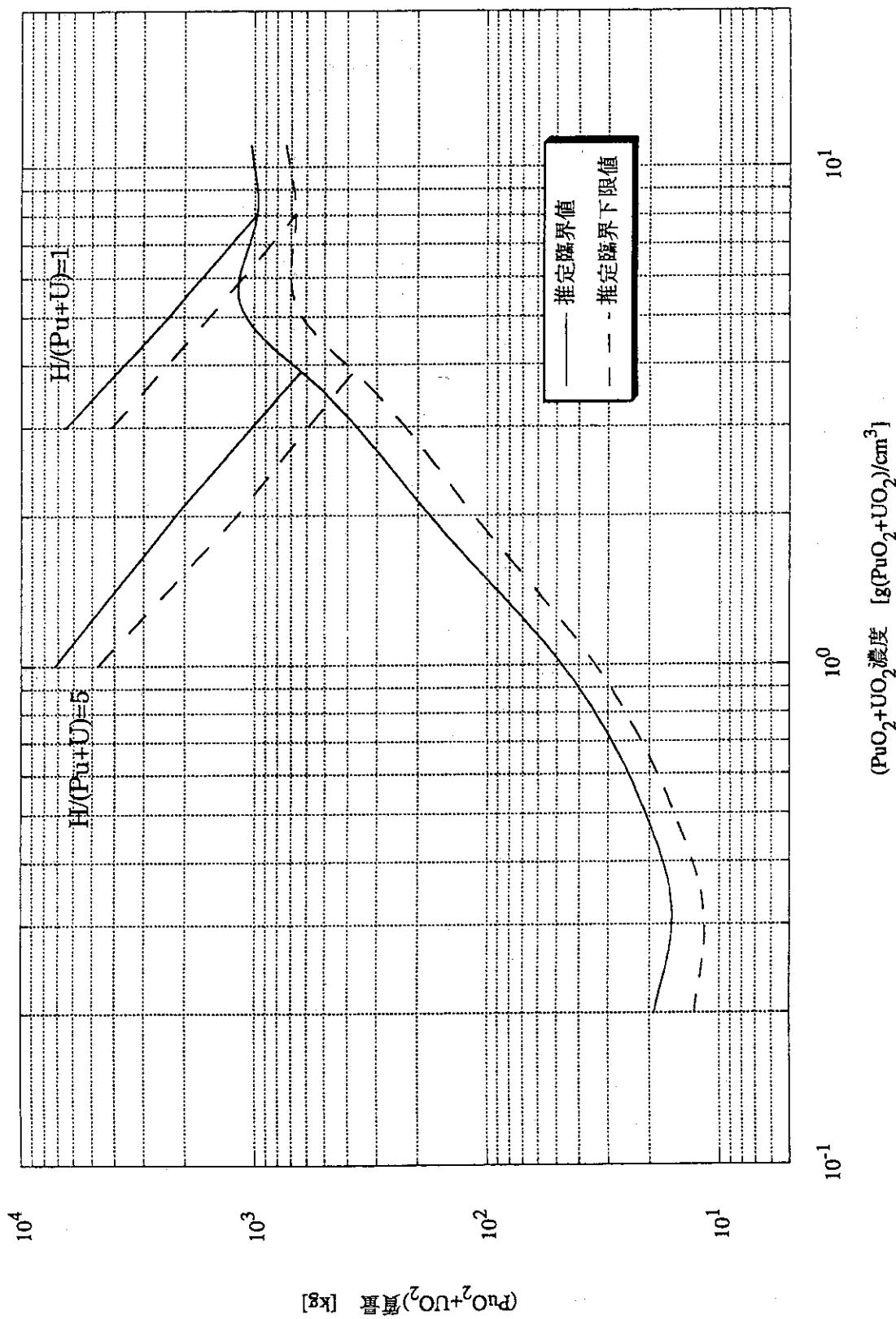


図13 均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
 $((\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)\text{質量、Pu富化度(酸化物比) } 15\text{wt\%}, {}^{235}\text{U濃縮度 } 0.711\text{wt\%}, {}^{239}\text{Pu: } 240\text{Pu } 75:25\text{wt\%、水反射体付き})$

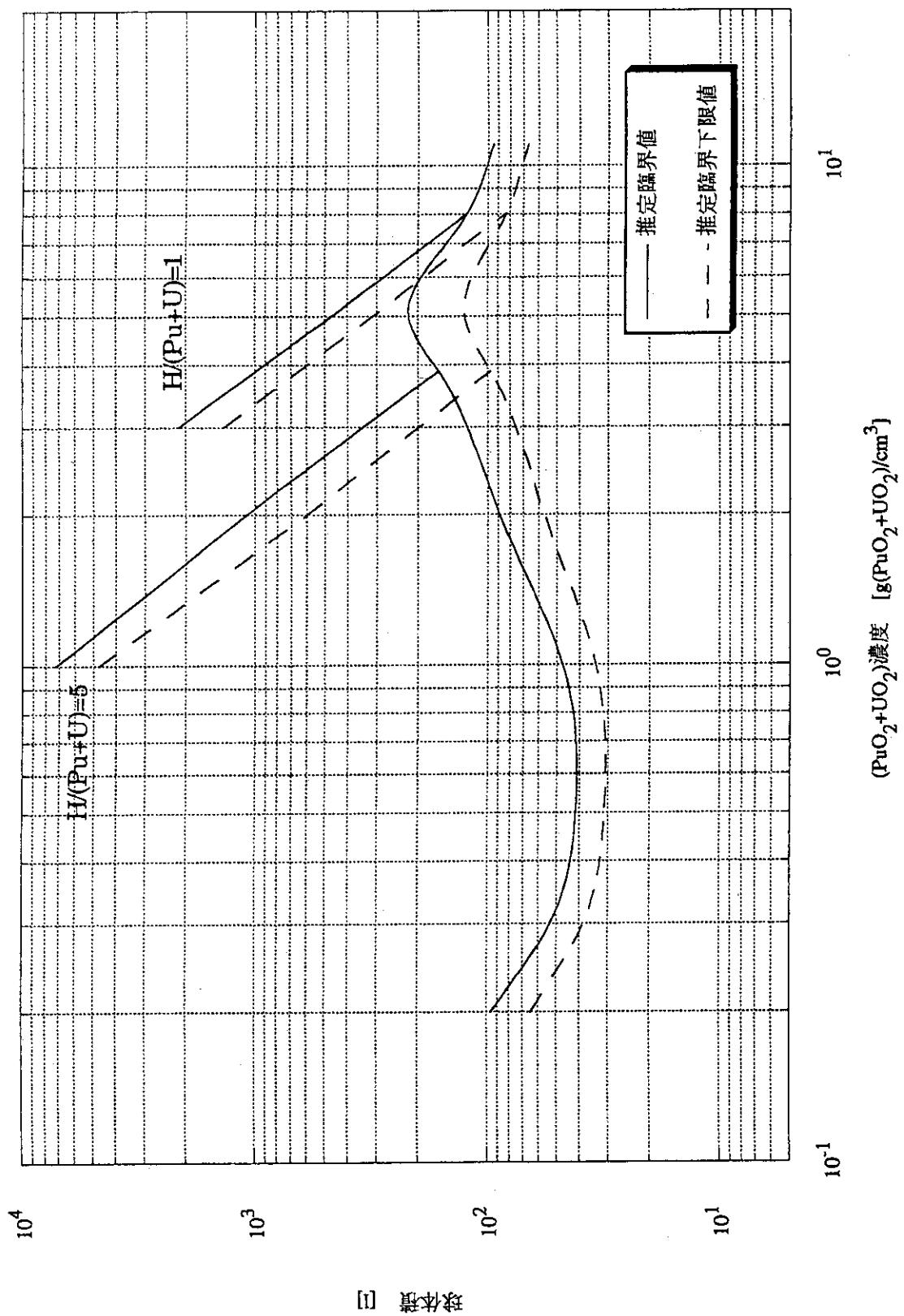


図14 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 15wt%、 $^{235}U$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}Pu: ^{240}Pu=75:25$ wt%、水反射体付き)

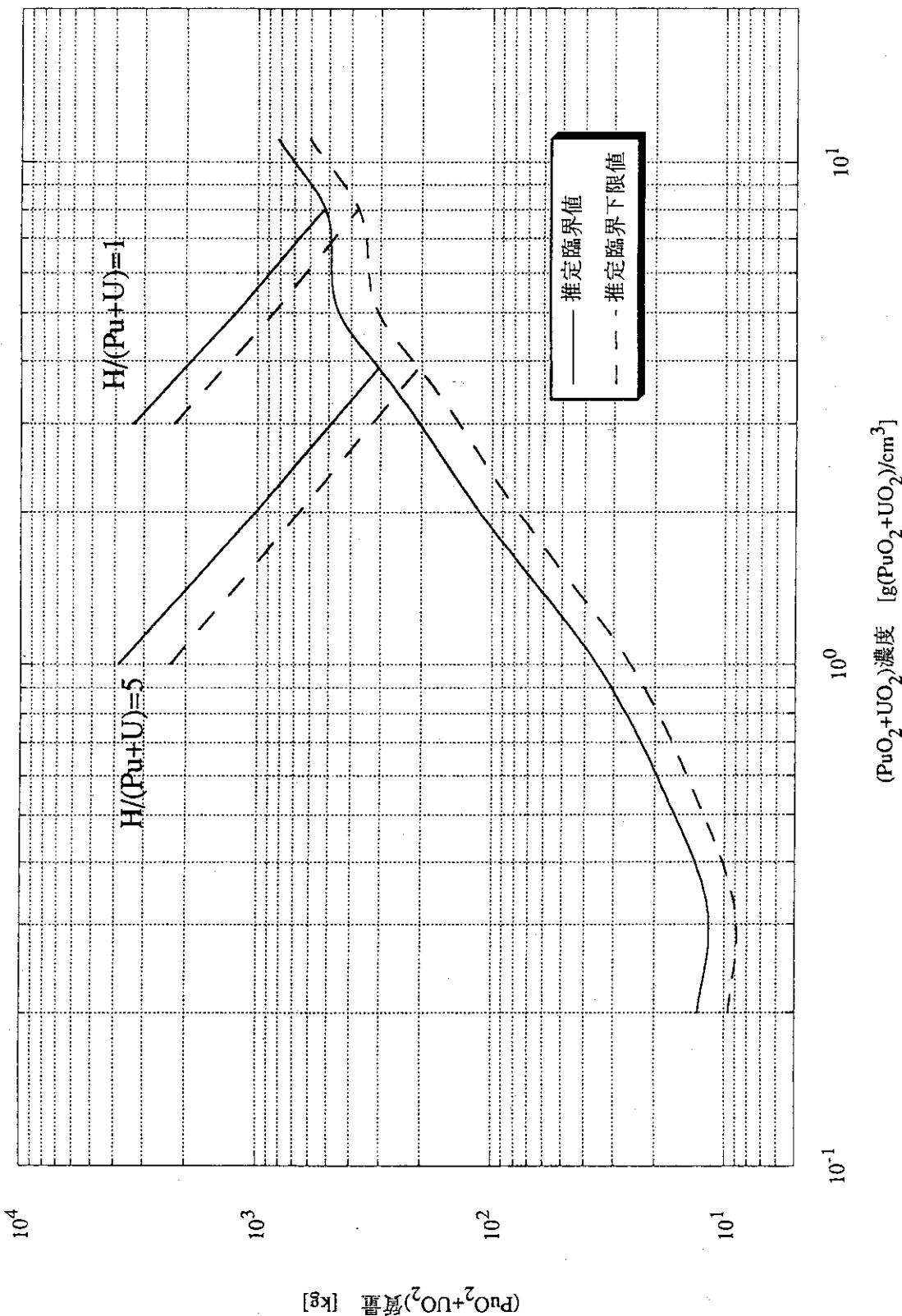


図15 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
 $((\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)\text{質量、Pu富化度(酸化物比) } 15\text{wt\%}, {}^{235}\text{U濃縮度 } 0.711\text{wt\%, } {}^{239}\text{Pu:} {}^{240}\text{Pu:} {}^{241}\text{Pu:} {}^{242}\text{Pu = } 60:21:15:4\text{wt\%, 水反射体付き})$

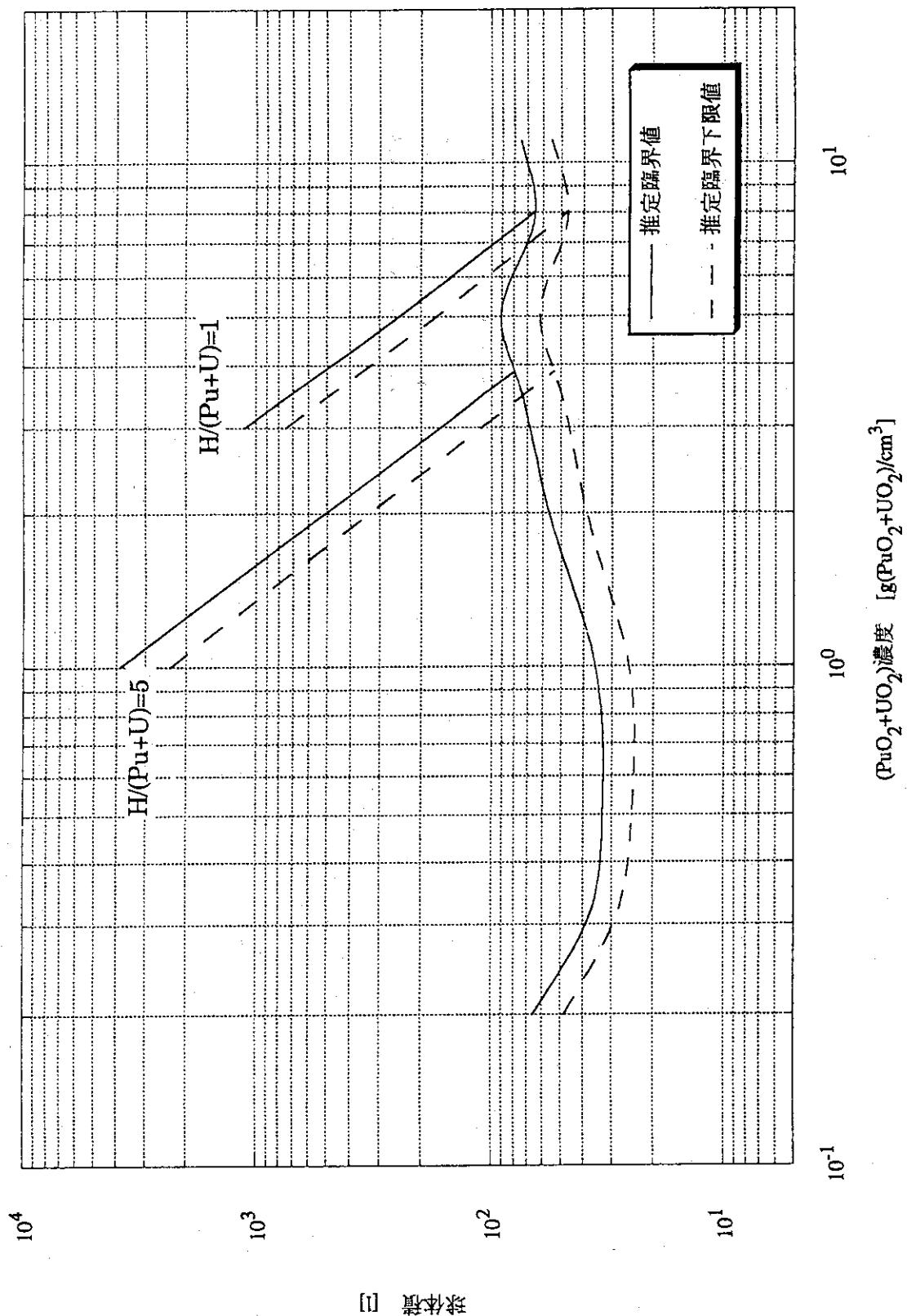


図16 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 15wt%、 $^{235}U$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}Pu$ : $^{240}Pu$ : $^{241}Pu$ : $^{242}Pu$ =  
60:21:15:4wt%、水反射体付き)

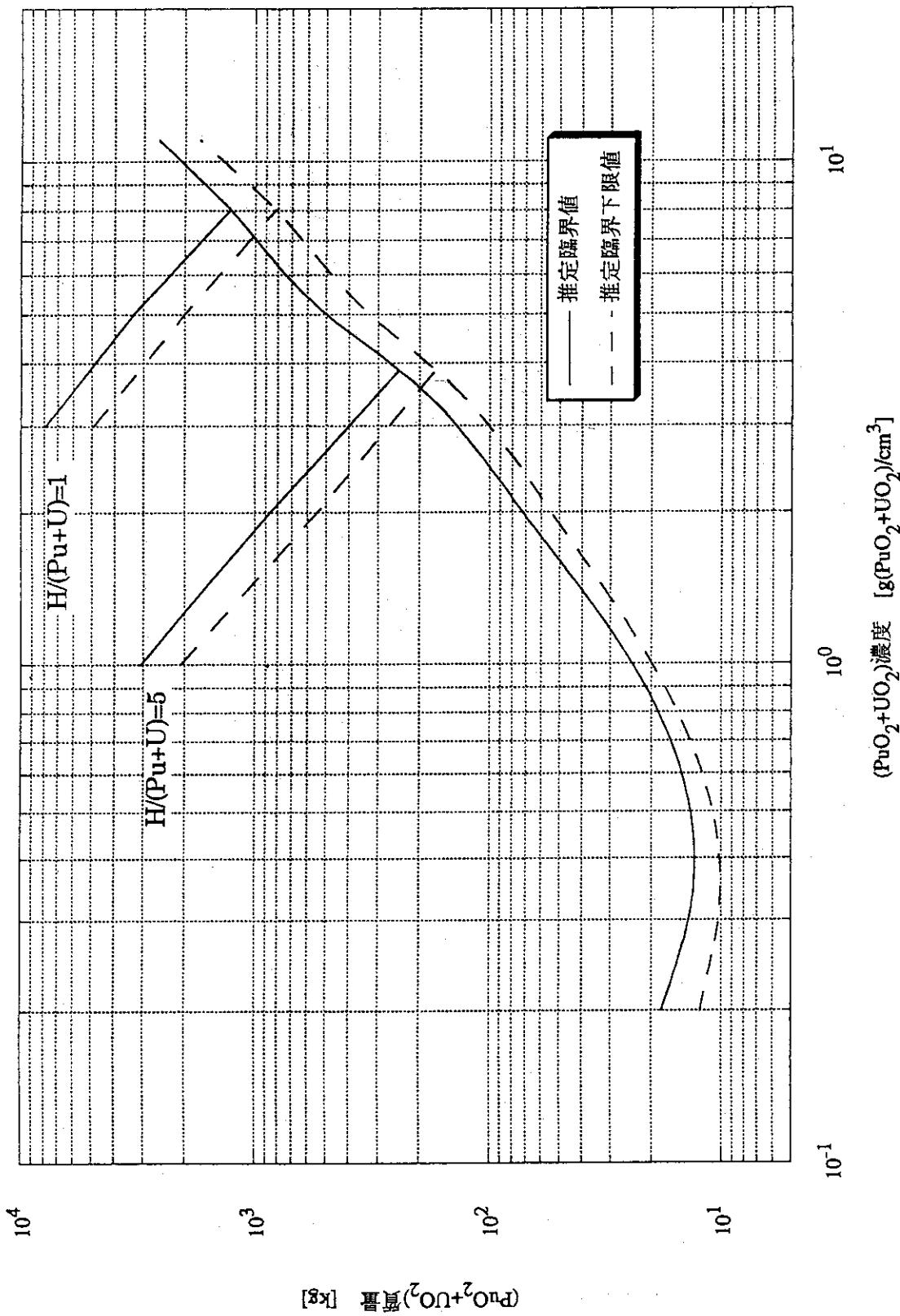


図17 均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
 $((\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.25wt%、 $^{239}\text{Pu} : {^{241}\text{Pu}} = 90 : 10$ wt%、水反射体付き)

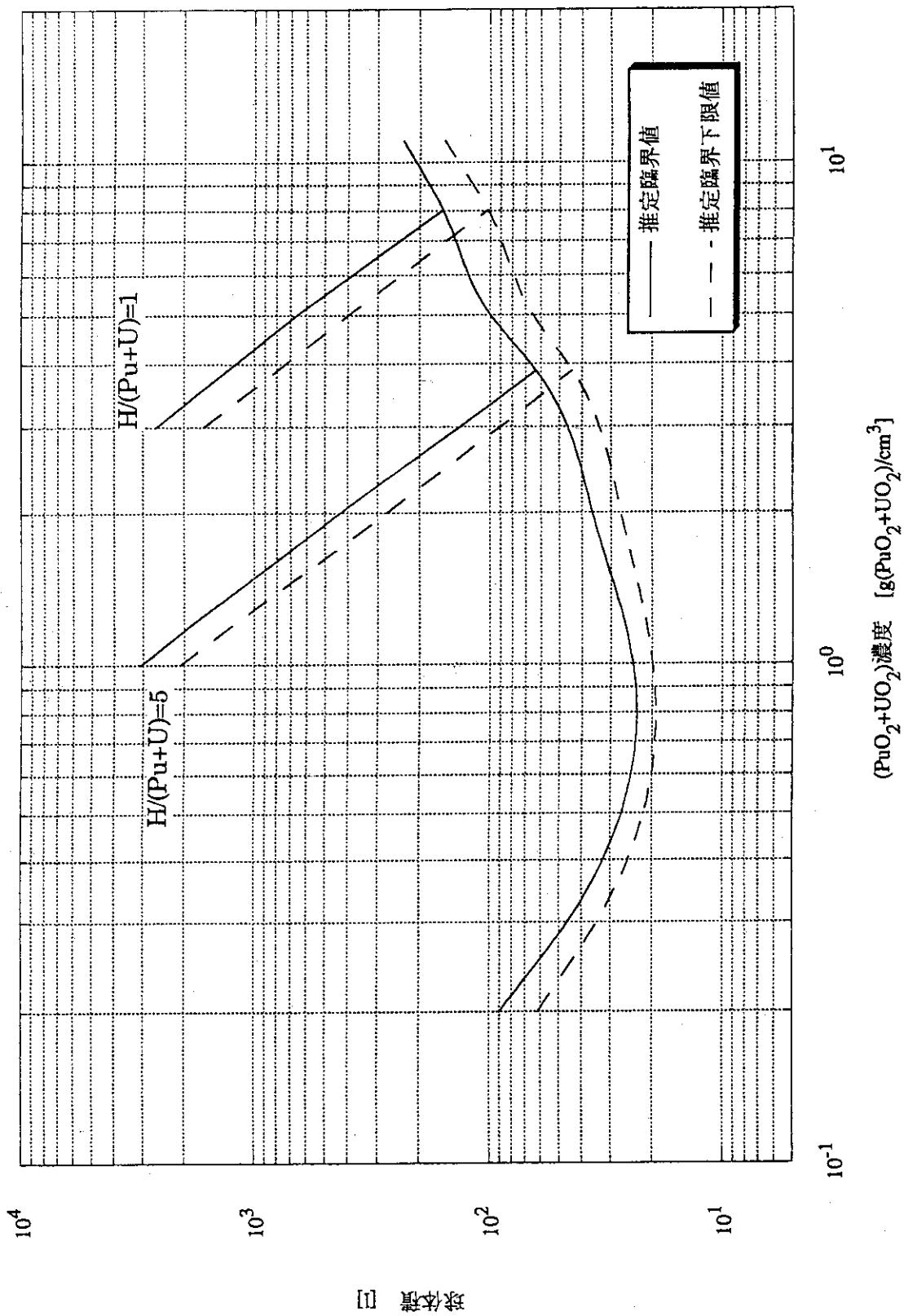


図18 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 及び均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2$ 粉末- $\text{H}_2\text{O}$ の臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.25wt%、 $^{239}\text{Pu}$ : $^{240}\text{Pu}$ =90:10wt%、水反射体付き)

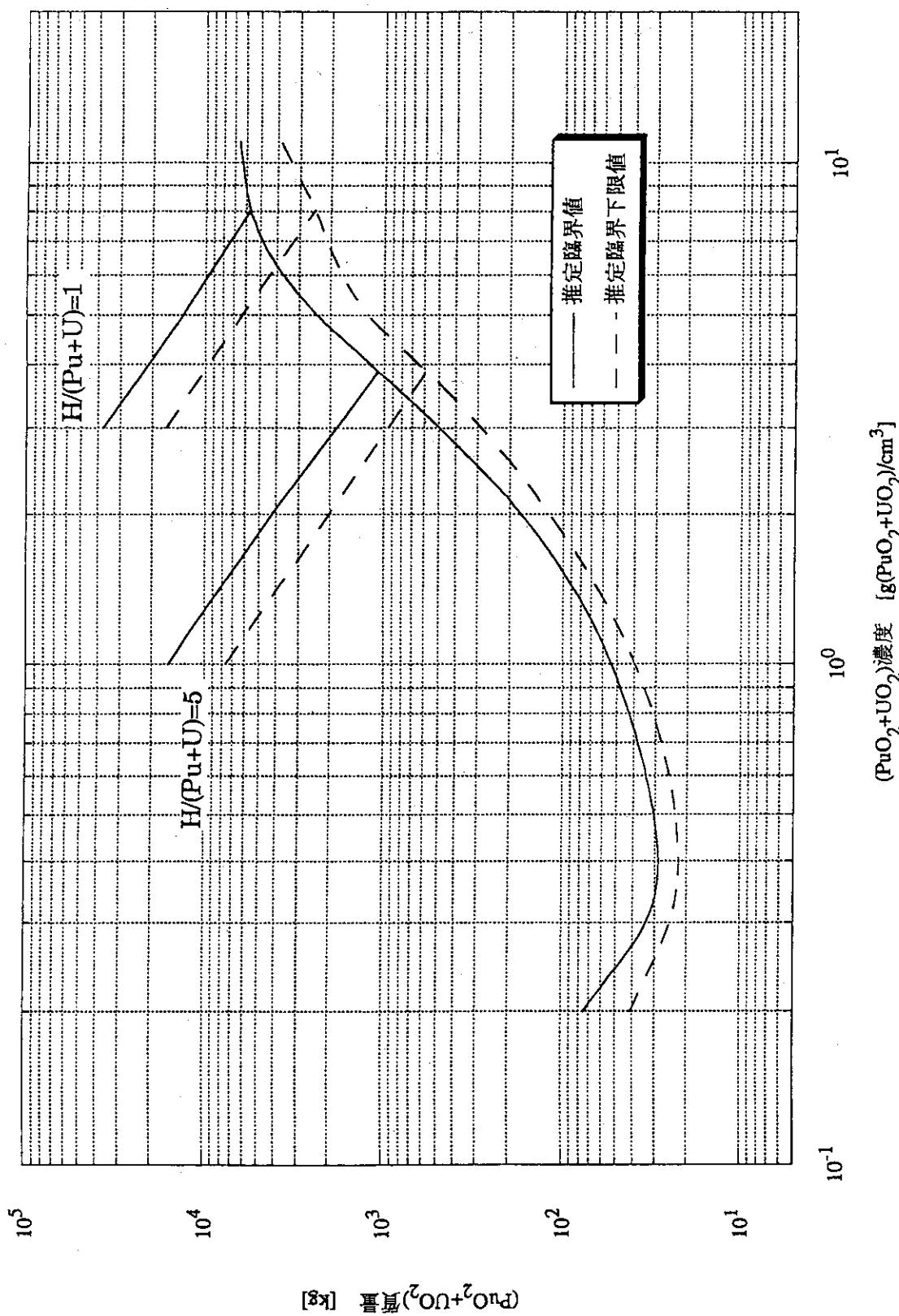


図19 均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$ 及び均質 $PuO_2-UO_2$ 粉末- $H_2O$ の臨界データ  
 $((PuO_2+UO_2)$ 質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{235}U$ 濃縮度 0.25wt%、 $^{239}Pu:^{240}Pu=75:25$ wt%、水反射体付き)

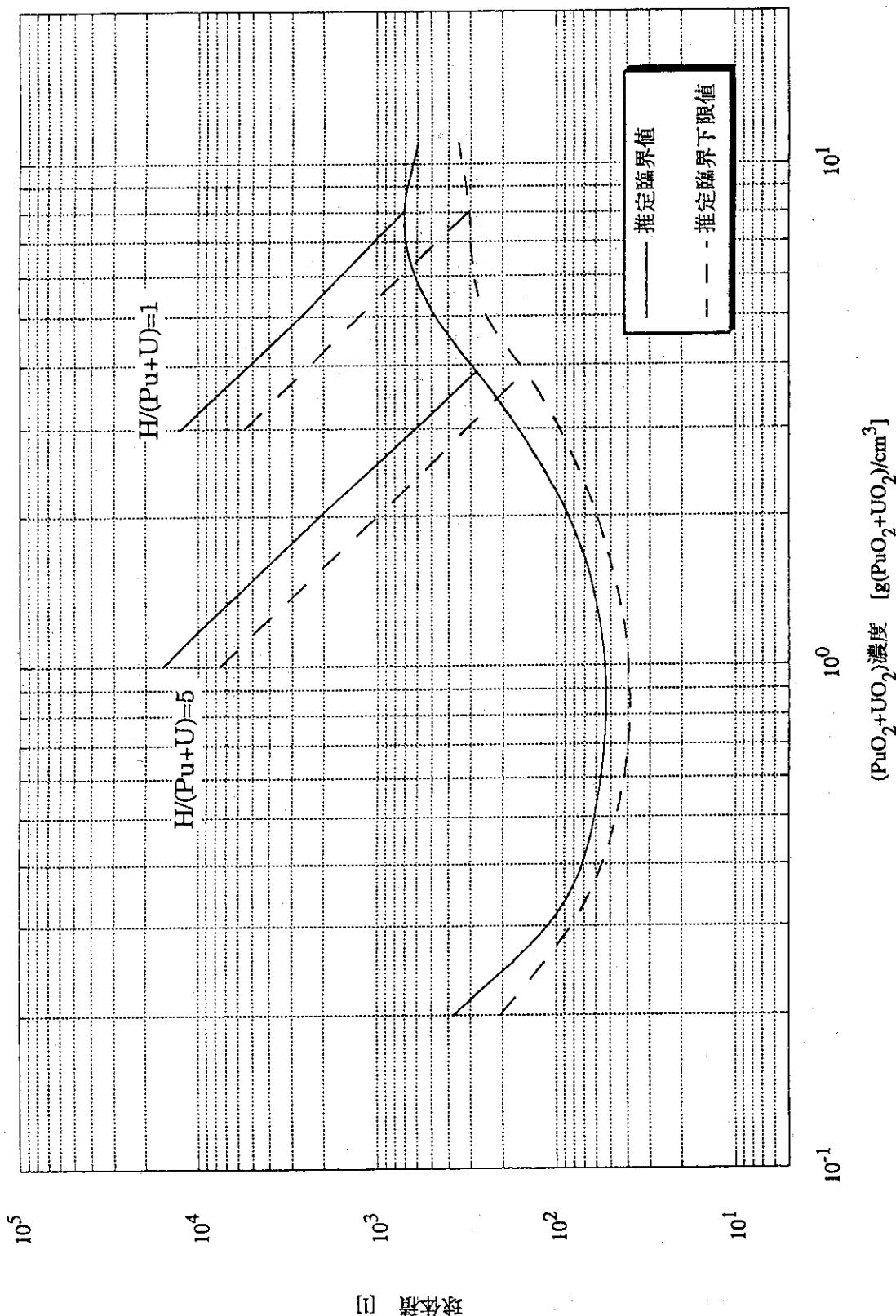


図20 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>Oの臨界データ  
(球体積、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、<sup>235</sup>U濃縮度0.25wt%、<sup>239</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=75:25wt%、水反射体付き)

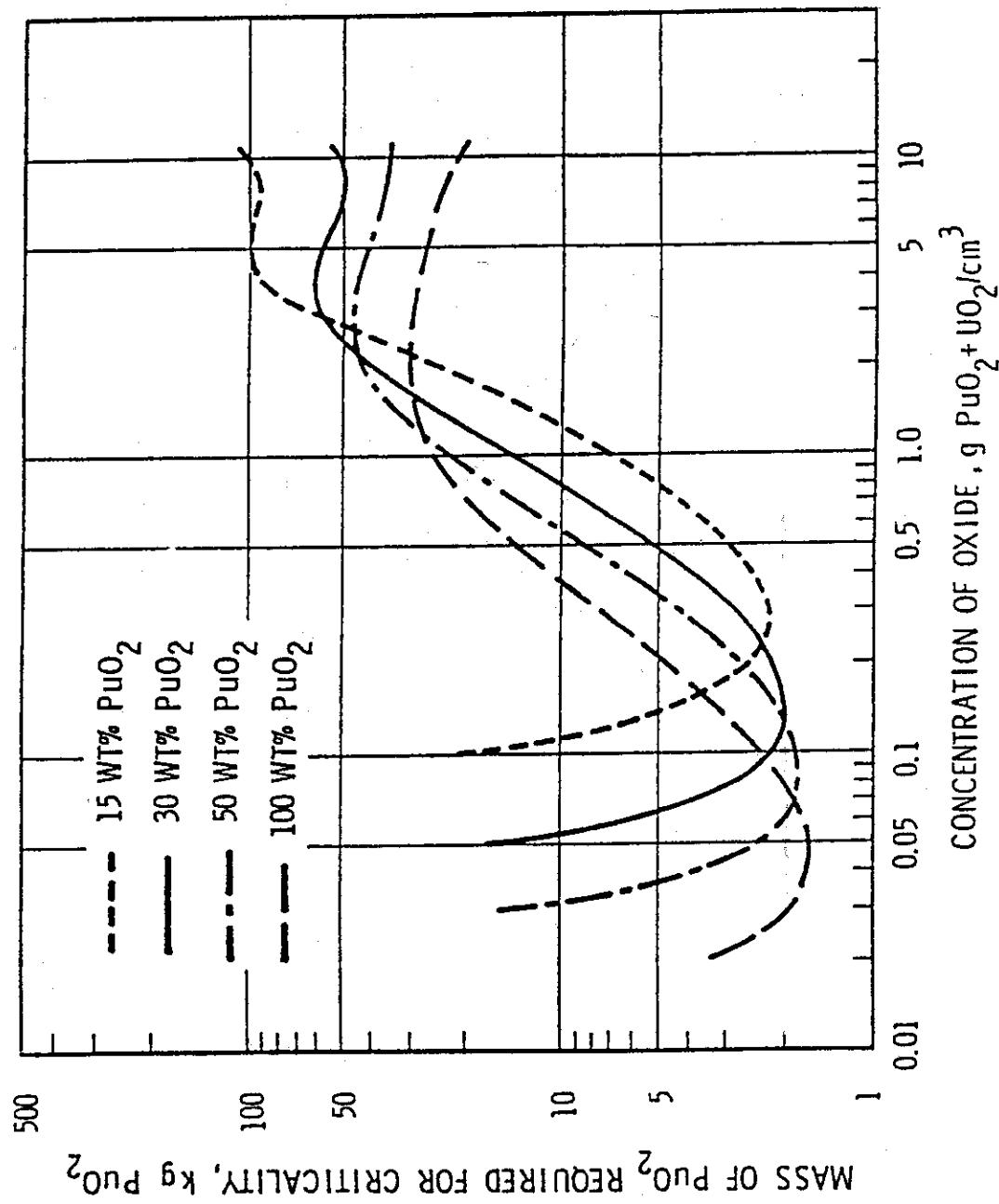


図21 反射体付き均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 混合物の臨界質量  
(計算値、球形状、 $^{239}\text{Pu} : ^{240}\text{Pu} = 75 : 25$ )<sup>13)</sup>

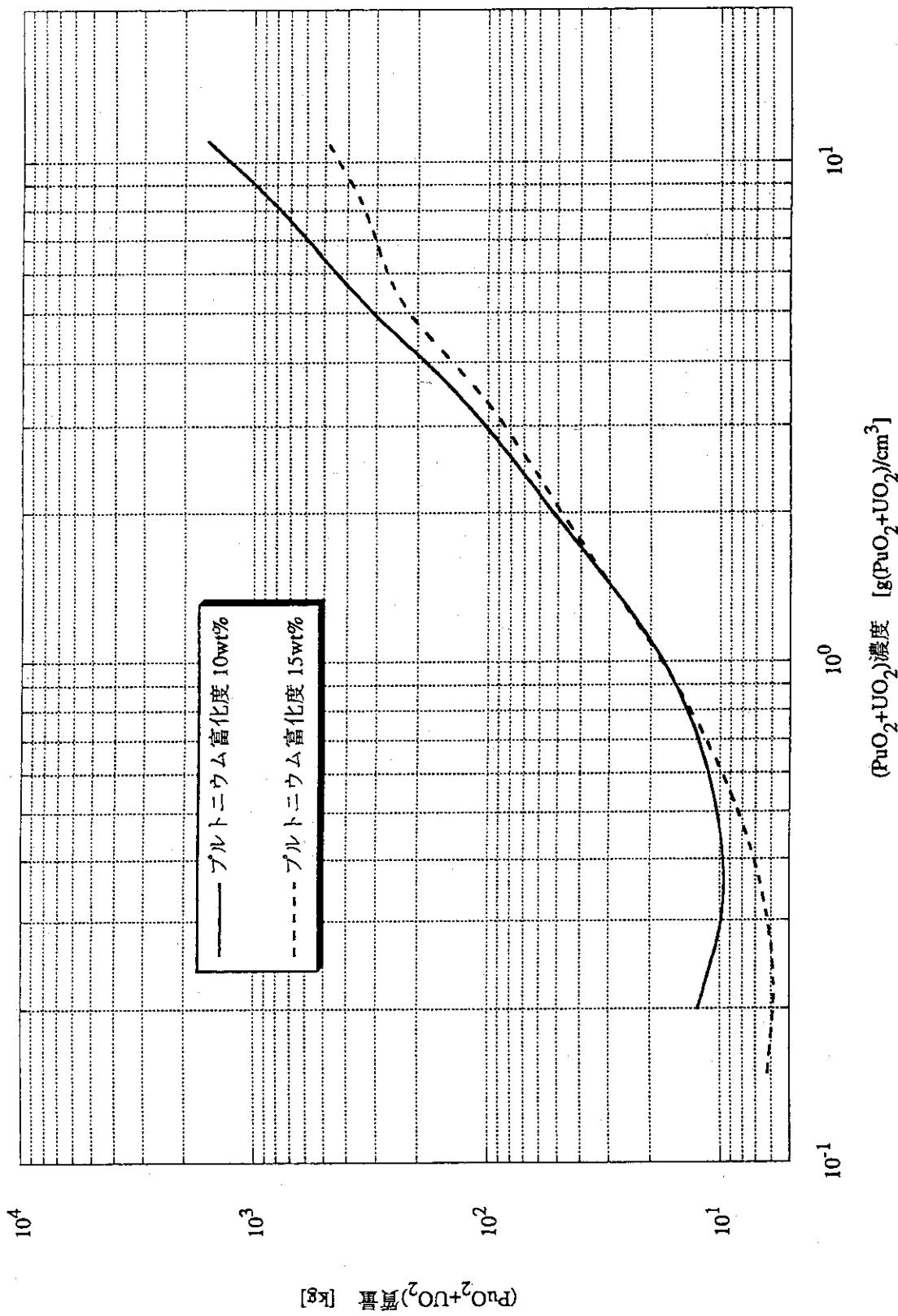
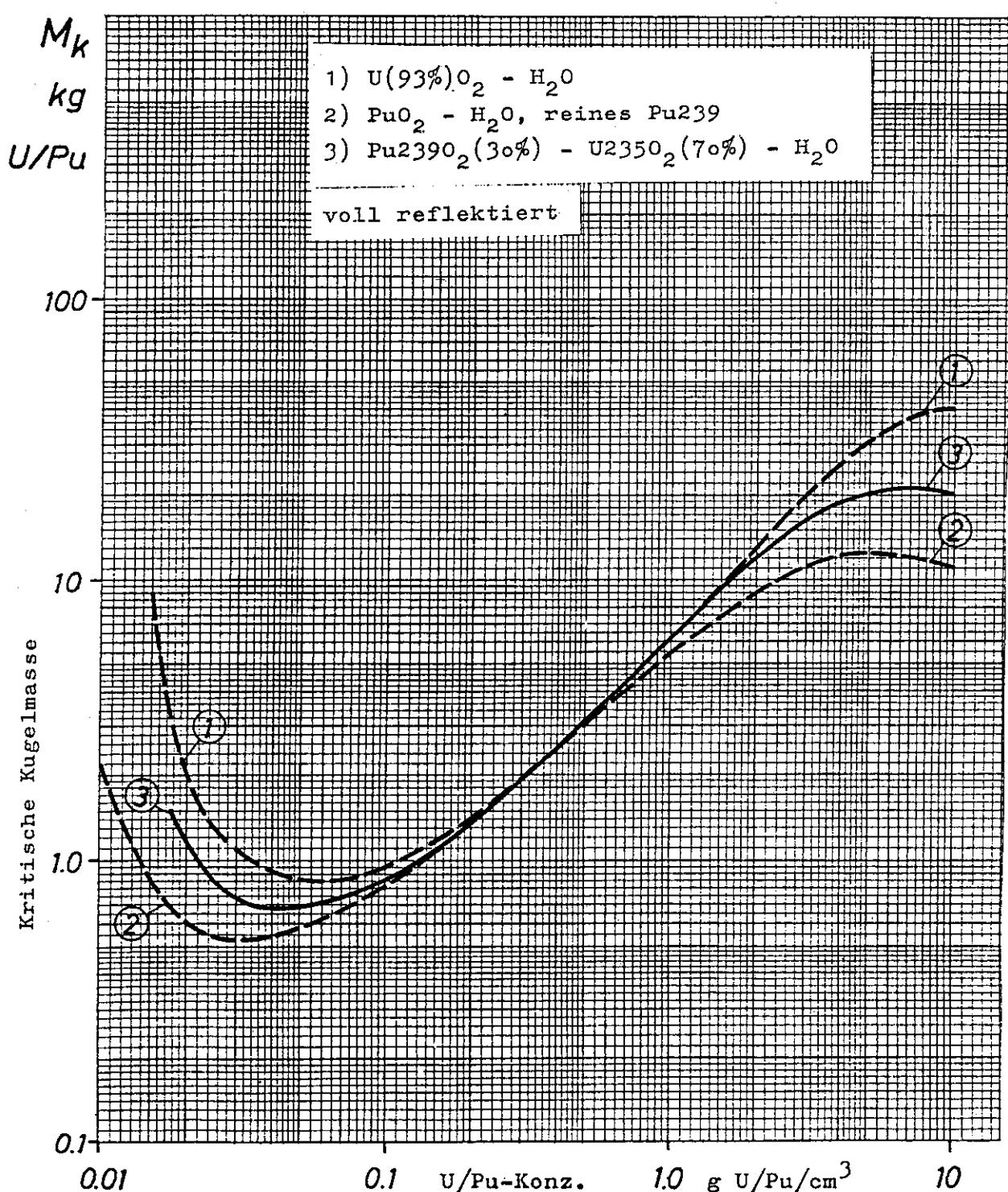


図22 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ の推定臨界下限値の比較 (プルトニウム富化度の違いによる比較)  
 $((\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$ 質量、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度0.711wt%、 $^{239}\text{Pu}$ : $^{240}\text{Pu}$ =90:10wt%、水反射体付き)

18.10.1971

## U/Pu-OXID-HOM

図23 水完全反射均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O混合物の臨界質量（球形状）<sup>14)</sup>

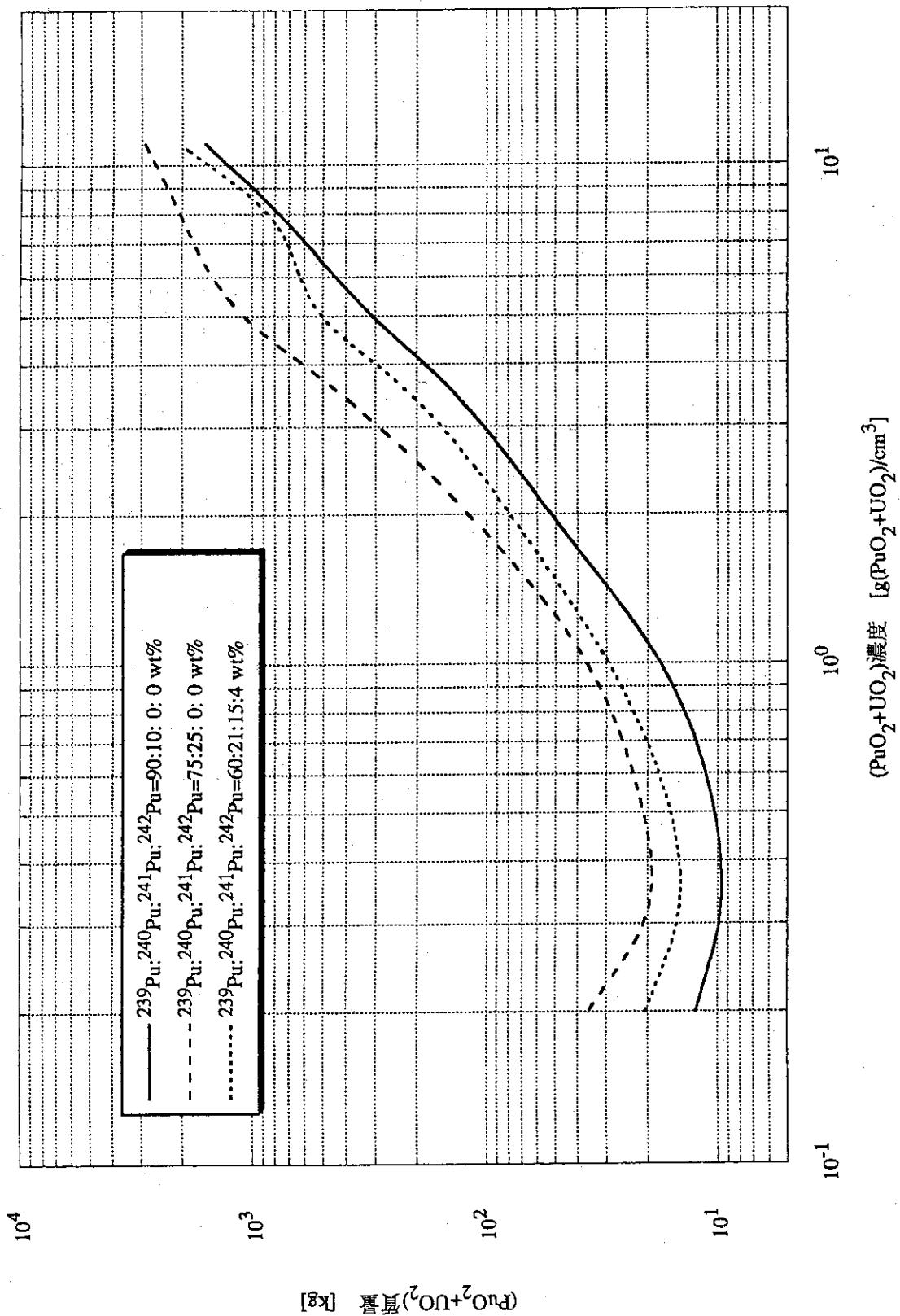


図24 均質 $\text{PuO}_2-\text{UO}_2-\text{H}_2\text{O}$ の推定臨界下限値の比較（プルトニウム同位体組成の違いによる比較）  
 $((\text{PuO}_2+\text{UO}_2)\text{質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt\%、}^{235}\text{U濃縮度} 0.711\text{wt\%、水反射体付き})$

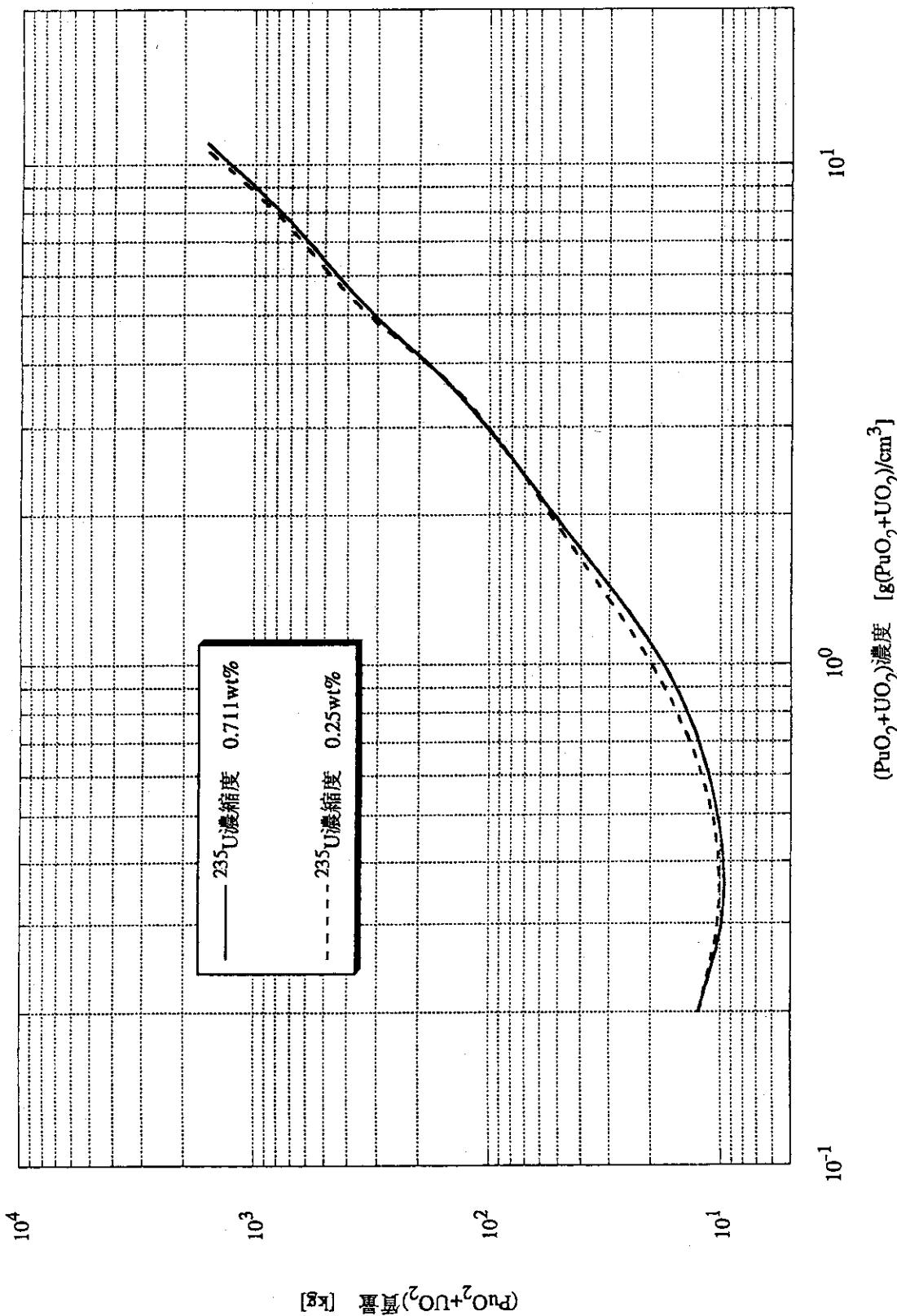
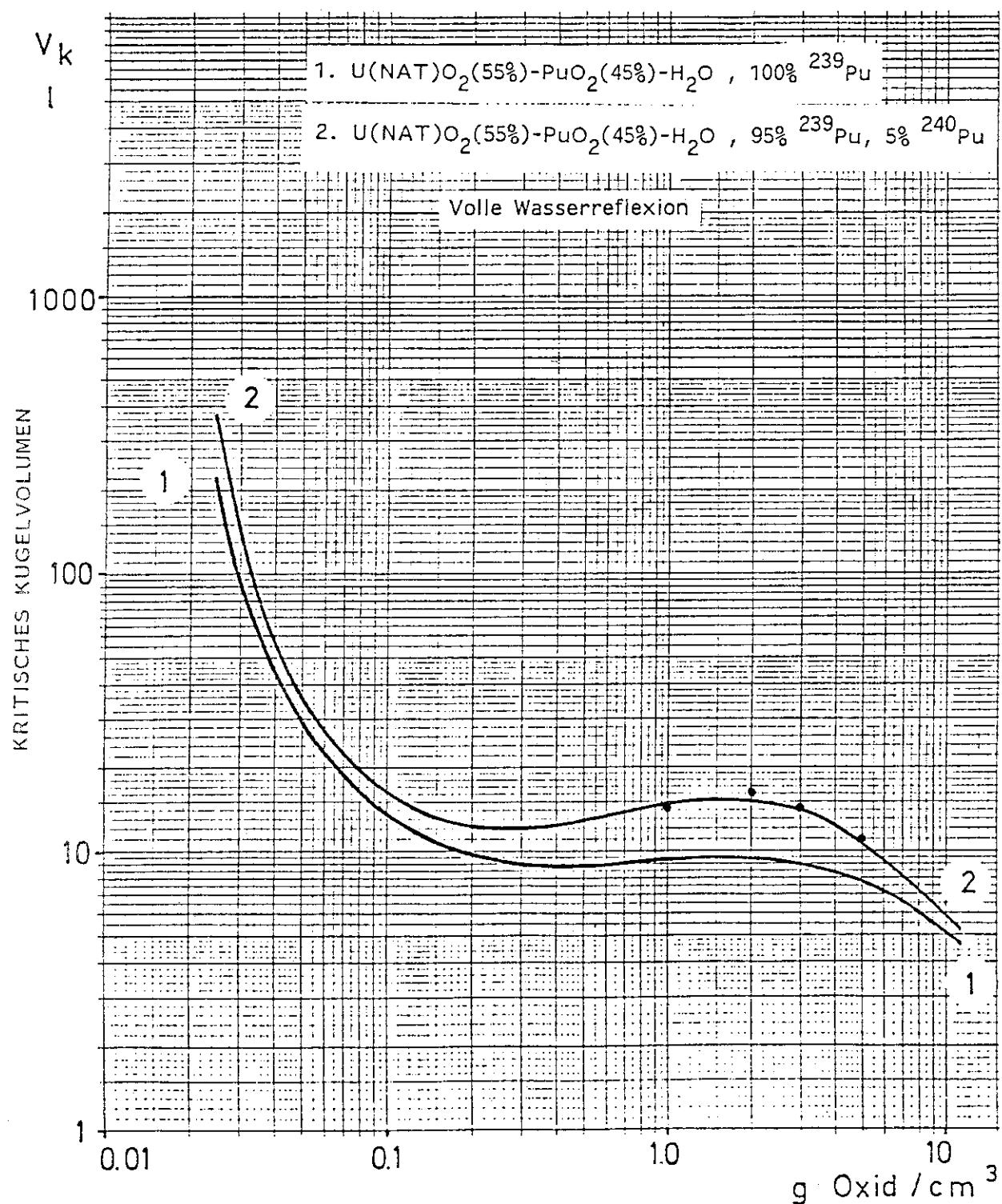


図25 均質 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ の推定臨界下限値の比較 ( $^{235}\text{U}$ 濃縮度の違いによる比較)  
 (( $\text{PuO}_2 + \text{UO}_2$ )質量、Pu富化度(酸化物比) 10wt%、 $^{239}\text{Pu} = 24.0\%$ 、水反射体付き)

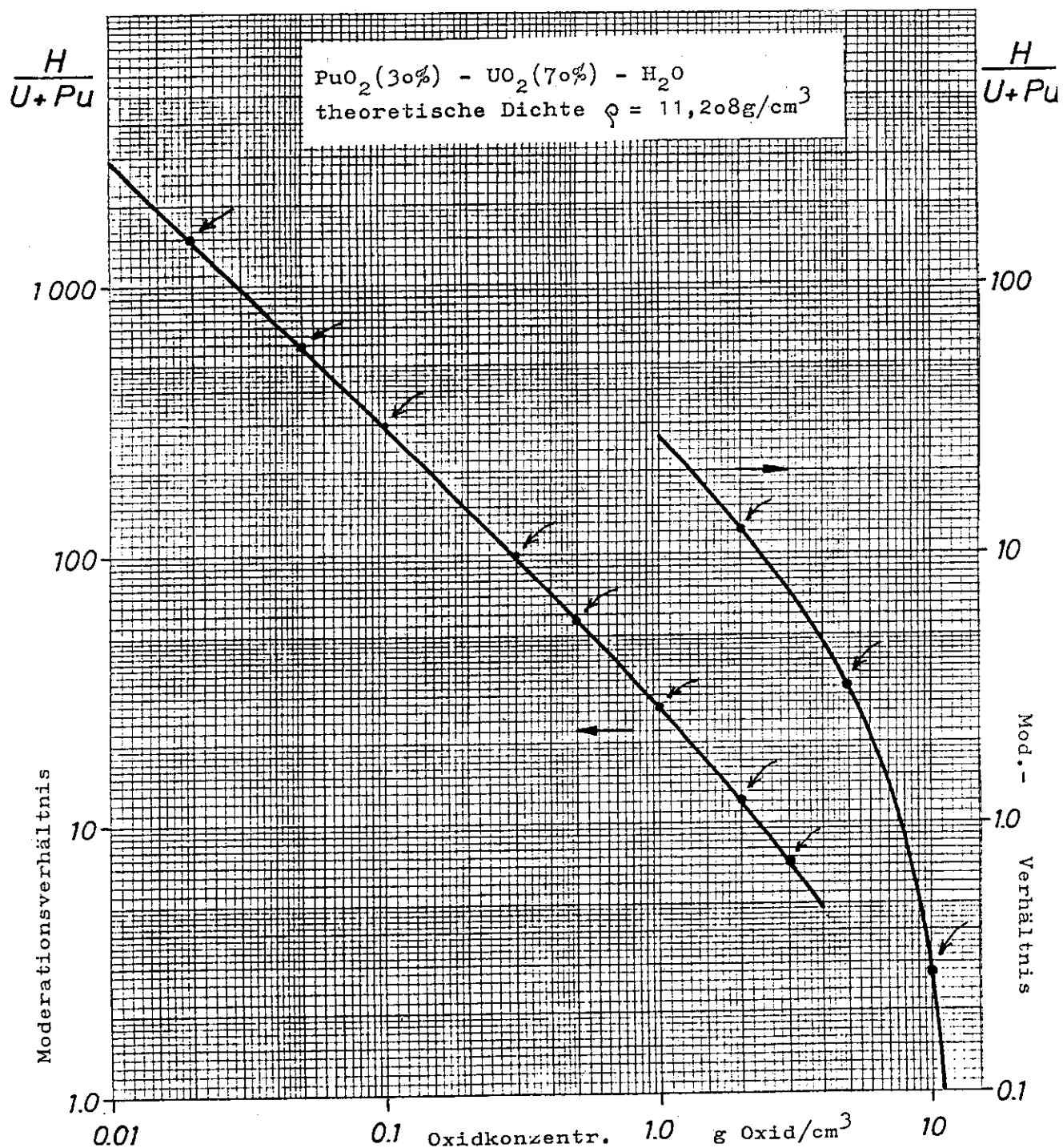
1.7.1982

## U/Pu-OXID-HOM

図26 水完全反射均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O混合物の臨界体積（球形状）<sup>(1)</sup>

## U/Pu-OXID-HOM

18.10.1971

図27 酸化物の濃度とH/(U+Pu)原子個数比の関係<sup>4)</sup>

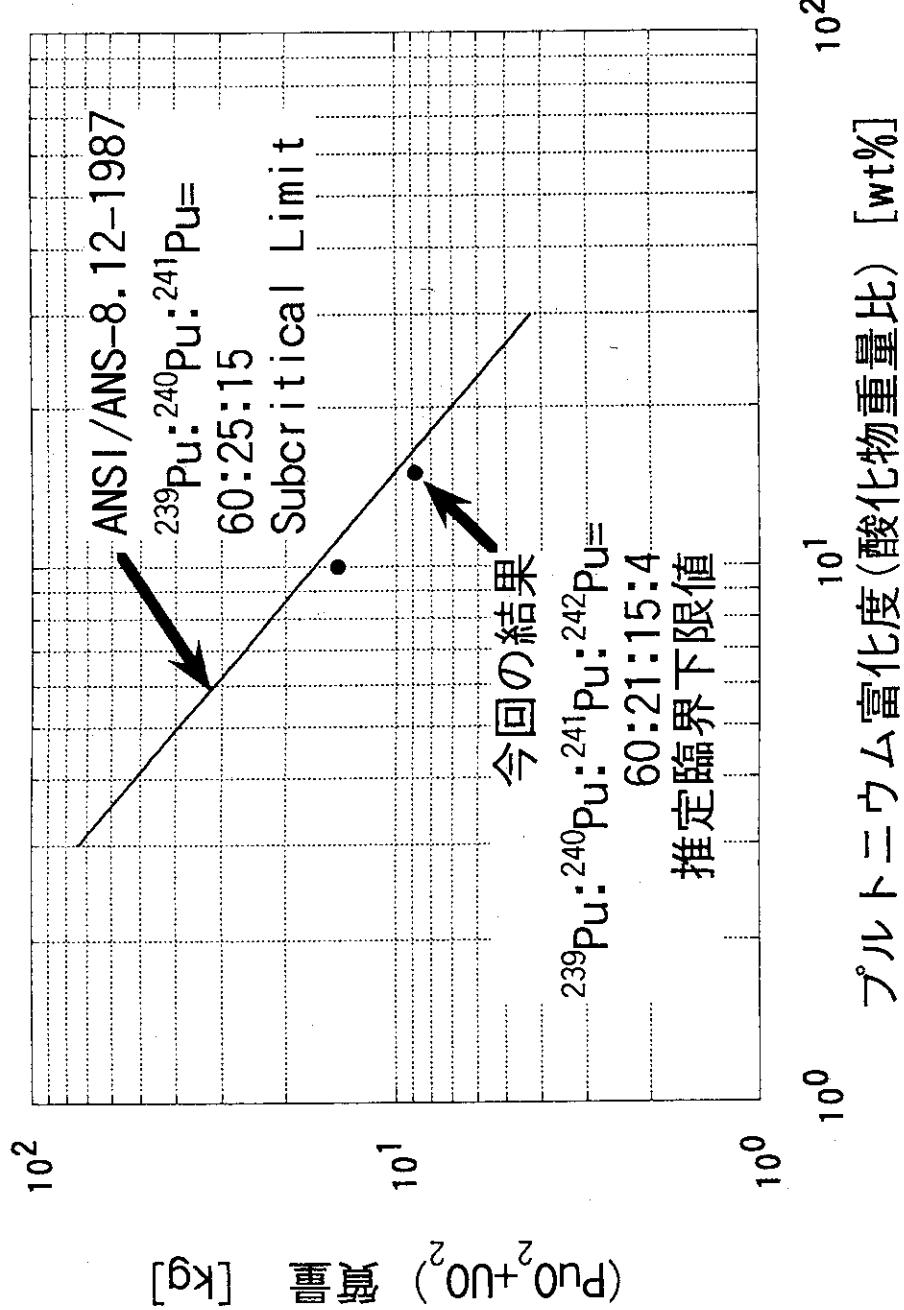


図28 ANSI/ANS-8.12-1987との比較

## 付録 A

### 臨界実験データ

ここに示す表はすべて文献からのコピーである。臨界実験データ番号(以下データ番号)と本文の参考文献との対応は次の通り。

データ番号	参考文献番号
1	2
2	3
3	4
4	5

表A.1 燃料及び反射体の原子個数密度(データ番号1)

Nuclide Composition	at./(b cm)		
	426 g Oxide/liter Atomic H/X = 47.4 30.0 wt% Pu <sup>a</sup>	660 g Oxide/liter Atomic H/X = 30.6 14.62 wt% Pu <sup>b</sup>	408 g Oxide/liter Atomic H/X = 51.8 7.89 wt% Pu <sup>c</sup>
<sup>241</sup> Am	$3.511 \times 10^{-7}$	$4.036 \times 10^{-7}$	$1.741 \times 10^{-7}$
<sup>239</sup> Pu	$2.578 \times 10^{-4}$	$1.954 \times 10^{-4}$	$6.528 \times 10^{-5}$
<sup>238</sup> Pu	0.0	0.0	0.0
<sup>240</sup> Pu	$2.257 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	$5.941 \times 10^{-6}$
<sup>241</sup> Pu <sup>d</sup>	$1.756 \times 10^{-6}$	$1.211 \times 10^{-6}$	$3.481 \times 10^{-7}$
<sup>242</sup> Pu	0.0	0.0	0.0
O	$1.974 \times 10^{-3}$	$3.023 \times 10^{-3}$	$1.830 \times 10^{-3}$
<sup>238</sup> U	$6.604 \times 10^{-4}$	$1.252 \times 10^{-3}$	$8.376 \times 10^{-4}$
<sup>235</sup> U	$1.008 \times 10^{-5}$	$1.904 \times 10^{-6}$	$1.285 \times 10^{-6}$
H	$4.468 \times 10^{-2}$	$4.489 \times 10^{-2}$	$4.719 \times 10^{-2}$
C	$4.537 \times 10^{-2}$	$4.412 \times 10^{-2}$	$4.540 \times 10^{-2}$

\*PuO<sub>2</sub>, UO<sub>2</sub>, and polystyrene each originated from a common source. The accuracy of each nuclide's concentration can be obtained from the variations in the respective isotopic ratios.

<sup>a</sup><sup>241</sup>Am analysis made 5-28-70. Experiments performed February 1970.

<sup>b</sup><sup>241</sup>Am analysis made 5-28-70. Experiments performed June-September 1970.

<sup>c</sup><sup>241</sup>Am analysis made 1-21-71. Experiments performed December 1970-May 1971.

<sup>d</sup>13.2-yr half-life used for <sup>241</sup>Pu decay to <sup>241</sup>Am.

表A.2.1 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号1; ケース番号1~14; H/(Pu+U)=47.4)

Reflector	Critical Dimensions, cm <sup>a</sup>			Critical Mass <sup>b</sup>		Calculated $k_{\text{eff}}$			
	Length	Width	Height	kg of Pu	kg of U	GAMTEC-II-HFN <sup>b</sup>	GAMTEC-II-DTF-IV <sup>b</sup>	GAMTEC-II-KENO-I <sup>c</sup>	GAMTEC-II-HFN <sup>c</sup>
Plexiglas	30.54 ± 0.03	30.54 ± 0.03	30.89 ± 0.02	3.23 ± 0.05	7.53 ± 0.12	---	---	1.011 ± 0.008	1.021 ± 0.008
Plexiglas	35.63 ± 0.04	35.63 ± 0.04	23.95 ± 0.10	3.40 ± 0.05	7.94 ± 0.12	---	---	---	---
Plexiglas	40.72 ± 0.04	40.72 ± 0.04	20.22 ± 0.05	3.75 ± 0.05	8.76 ± 0.13	---	---	---	---
Plexiglas	50.90 ± 0.05	45.81 ± 0.05	17.14 ± 0.07	4.48 ± 0.06	10.44 ± 0.16	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.90 ± 0.05	15.53 ± 0.11	5.44 ± 0.08	12.69 ± 0.20	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	55.99 ± 0.06	15.16 ± 0.02	5.80 ± 0.09	13.51 ± 0.21	---	---	---	---
Plexiglas	66.17 ± 0.06	61.08 ± 0.06	14.43 ± 0.10	6.53 ± 0.09	15.24 ± 0.22	---	---	1.022 ± 0.007	---
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.90 ± 0.05	16.49 ± 0.04	4.78 ± 0.08	11.14 ± 0.18	---	---	---	---
Plexiglas <sup>d</sup>	30.60 ± 0.02	30.60 ± 0.02	30.60 ± 0.02	3.21 ± 0.05	7.49 ± 0.12	---	---	---	---
Plexiglas <sup>d</sup>	∞	∞	10.80 ± 0.11	---	---	1.006	1.008	---	1.012
Bare	45.81 ± 0.05	40.72 ± 0.04	37.98 ± 0.06	7.93 ± 0.12	18.51 ± 0.78	0.993	0.989	---	---
Bare	40.72 ± 0.04	40.72 ± 0.04	42.24 ± 0.03	7.84 ± 0.11	18.30 ± 0.77	0.994	0.988	0.977 ± 0.008	1.014 ± 0.006
Bare	45.81 ± 0.05	50.90 ± 0.05	32.49 ± 0.02	8.48 ± 0.12	19.80 ± 0.84	0.989	0.988	---	---
Bare <sup>d</sup>	41.20 ± 0.05	41.20 ± 0.05	41.20 ± 0.05	7.83 ± 0.11	18.28 ± 0.77	---	---	---	---

<sup>a</sup>Experimentally determined corrections have been made, accounting for the reactivity effects of the cladding material, the stacking voids, and the structural supports.

<sup>b</sup>18-group averaged cross sections using the original GAMTEC-II cross-section library.

<sup>c</sup>18-group averaged cross sections using FLANGE-ETOG processed ENDF/B-II data.

<sup>d</sup>Infinite slab thickness obtained by extrapolation between critical assemblies.

表A.2.2 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号1; ケース番号15~26; H/(Pu+U)=30, 6)

Reflector	Critical Dimensions, cm <sup>a</sup>			Critical Mass <sup>a</sup>		Calculated $k_{eff}$			
	Length	Width	Height	kg of Pu	kg of U	GAMTEC-II-HFN <sup>b</sup>	GAMTEC-II-DTF-IV <sup>b</sup>	GAMTEC-II-KENO-I <sup>c</sup>	GAMTEC-II-KENO-I <sup>c</sup>
Plexiglas	30.54 ± 0.03	40.72 ± 0.04	29.81 ± 0.15	3.14 ± 0.04	18.35 ± 0.35	---	---	1.007 ± 0.008	1.033 ± 0.008
Plexiglas	40.72 ± 0.04	40.72 ± 0.04	23.84 ± 0.10	3.35 ± 0.04	19.57 ± 0.37	---	---	---	---
Plexiglas	45.81 ± 0.04	50.90 ± 0.05	19.32 ± 0.11	3.92 ± 0.05	22.89 ± 0.44	---	---	---	---
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.90 ± 0.05	18.92 ± 0.09	4.16 ± 0.05	24.28 ± 0.46	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.90 ± 0.05	17.72 ± 0.09	4.67 ± 0.06	27.28 ± 0.52	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	61.08 ± 0.06	16.63 ± 0.09	5.26 ± 0.06	30.73 ± 0.59	---	---	---	---
Plexiglas <sup>d</sup>	33.30 ± 0.17	33.30 ± 0.17	33.30 ± 0.17	3.13 ± 0.05	18.28 ± 0.40	---	---	1.008 ± 0.008	1.007
Plexiglas <sup>d</sup>	∞	∞	11.56 ± 0.09	---	---	0.999	1.002	---	1.007
Bare	40.72 ± 0.04	40.76 ± 0.17	52.39 ± 0.07	7.37 ± 0.09	43.06 ± 0.82	1.013	1.005	0.995 ± 0.007	---
Bare	40.72 ± 0.04	45.86 ± 0.19	45.10 ± 0.06	7.14 ± 0.08	41.70 ± 0.79	1.012	1.005	1.032 ± 0.007	---
Bare	50.90 ± 0.05	45.86 ± 0.19	36.99 ± 0.05	7.32 ± 0.08	42.75 ± 0.81	1.008	1.003	---	---
Bare <sup>d</sup>	43.78 ± 0.07	43.78 ± 0.07	43.78 ± 0.07	7.12 ± 0.08	41.55 ± 0.80	---	---	---	---

<sup>a</sup>Experimentally determined corrections have been made, accounting for the reactivity effects of the cladding material, the stacking voids, and the structural supports.<sup>b</sup>18-group averaged cross sections using the original GAMTEC-II cross-section library.<sup>c</sup>18-group averaged cross sections using FLANGE-ETOG processed ENDF/B-II data.<sup>d</sup>Infinite slab thickness obtained by extrapolation of data. Cube dimensions obtained by interpolation between critical assemblies.

表A. 2. 3 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号1 ; ケース番号27~35 ; H/(Pu+U)=51.8)

Reflector	Critical Dimensions, cm <sup>a</sup>			Critical Mass <sup>b</sup>			Calculated $k_{\text{eff}}$			
	Length	Width	Height	kg of Pu	kg of U	GAMTEC-II HFN <sup>b</sup>	GAMTEC-II- DTF-IV <sup>b</sup>	GAMTEC-II- KENO-I <sup>b</sup>	GAMTEC-II- KENO-I <sup>c</sup>	GAMTEC-II- HFN <sup>c</sup>
Plexiglas	40.72 ± 0.04	45.72 ± 0.09	32.89 ± 0.12	1.74 ± 0.01	20.29 ± 0.22	---	---	---	---	---
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.80 ± 0.10	26.40 ± 0.10	1.94 ± 0.02	22.63 ± 0.25	---	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	60.96 ± 0.12	22.66 ± 0.08	2.39 ± 0.02	27.88 ± 0.31	---	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	68.04 ± 0.13	22.09 ± 0.18	2.53 ± 0.03	29.53 ± 0.39	---	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	55.88 ± 0.11	23.22 ± 0.08	2.25 ± 0.02	26.26 ± 0.28	---	---	---	---	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.80 ± 0.10	24.37 ± 0.09 <sup>d</sup>	2.15 ± 0.02	25.06 ± 0.28	---	---	---	---	---
Plexiglas	40.72 ± 0.05	40.64 ± 0.08	36.42 ± 0.13	1.71 ± 0.01	19.97 ± 0.22	---	---	---	---	---
Plexiglas*	39.12 ± 0.28	39.12 ± 0.28	39.12 ± 0.28	1.70 ± 0.01	19.84 ± 0.32	---	---	---	---	---
Plexiglas*	**	14.83 ± 0.60	**	**	0.993	0.998	---	---	---	0.991

<sup>a</sup>Experimentally determined corrections have been made, accounting for the reactivity effects of the cladding material and the stacking voids.<sup>b</sup>18-group averaged cross sections using the original GAMTEC-II cross-section library.<sup>c</sup>18-group averaged cross sections using FLANGE-ETRG processed ENDF/B-II data.<sup>d</sup>Average of two experiments.<sup>e</sup>Infinite slab thickness obtained by extrapolation of data. Cube dimensions obtained by interpolation between critical assemblies.

表A.3 燃料及び反射体の原子個数密度等（データ番号2）

Cladding material per compact (g)	3.175		
Cladding density (g/cm <sup>3</sup> )	1.12		
Composition of cladding (at./b-cm)			
H	$4.489 \times 10^{-2}$		
C	$3.110 \times 10^{-2}$		
Cl	$0.724 \times 10^{-2}$		
Composition of reflector			
H	$5.712 \times 10^{-2}$		
C	$3.570 \times 10^{-2}$		
O	$1.428 \times 10^{-2}$		
Composition of fuel compacts (at./b-cm)			
<sup>241</sup> Am <sup>a</sup>	$3.766 \times 10^{-6}$		
<sup>238</sup> Pu	$9.535 \times 10^{-7}$		
<sup>239</sup> Pu	$1.092 \times 10^{-4}$		
<sup>240</sup> Pu	$3.688 \times 10^{-5}$		
<sup>241</sup> Pu	$8.945 \times 10^{-6}$		
<sup>242</sup> Pu	$4.689 \times 10^{-6}$		
O	$4.348 \times 10^{-3}$		
H	$4.155 \times 10^{-2}$		
C	$4.287 \times 10^{-2}$		
<sup>235</sup> U	$2.897 \times 10^{-6}$		
<sup>238</sup> U	$1.968 \times 10^{-3}$		
PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> particle size (μm)			
90%	<20		
50%	<5		
10%	<0.8		
Polystyrene particle size (μm)			
95%	<225		
50%	<150		
5%	<50		
Uranium density (g/cm <sup>3</sup> )	$0.779 \pm 0.006$		
Plutonium density (g/cm <sup>3</sup> )	$0.064 \pm 0.001$		
Fuel compact density (g/cm <sup>3</sup> )	$1.884 \pm 0.015$		
Dimensions of fuel compacts (cm):			
	Length	Width	Thicknesses
unclad compacts	$5.090 \pm 0.005$	$5.090 \pm 0.005$	$5.088 \pm 0.018$ $1.279 \pm 0.040$
clad compacts	$5.120 \pm 0.005$	$5.120 \pm 0.005$	$5.148 \pm 0.018$ $1.339 \pm 0.040$
clad compacts + voids	$5.153 \pm 0.010$	$5.153 \pm 0.010$	$5.172 \pm 0.025$ $1.422 \pm 0.043$

\*Isotopic analysis made on March 23, 1972; experiments performed March 1972.

表A.4.1 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号2; ケース番号36~42)

Plexiglas-Reflected Experimental Assemblies					
Fuel Length <sup>a</sup> (5.09 cm)	Fuel Width <sup>a</sup> (5.09 cm)	Fuel Height <sup>b</sup>		Critical Dimensions (cm)	
		(5.088 cm)	(1.279 cm)	Length	Width
12	13	6	3.434 ± 0.012	61.08 ± 0.06	66.17 ± 0.07
12	12	7	0.632 ± 0.004	61.08 ± 0.06	61.08 ± 0.06
13	13	6	2.317 ± 0.020	66.17 ± 0.07	66.17 ± 0.07
12	10	8	0.068 ± 0.008	61.08 ± 0.06	50.90 ± 0.05
12	11	7	1.920 ± 0.016	61.08 ± 0.06	55.99 ± 0.06
10	10	9	0.703 ± 0.028	50.90 ± 0.05	50.90 ± 0.05
--	--	--	--	47.27 ± 0.20	47.27 ± 0.20

<sup>a</sup> Number of 5.09-cm fuel compacts.<sup>b</sup> Number of 5.088- and 1.279-cm-thick fuel compacts. Fractional layers should be treated as full layers having the indicated fractional thickness.<sup>c</sup> Experimentally determined corrections have been made to account for the reactivity effects of the cladding material and the stacking voids.<sup>d</sup> Cube dimensions obtained by interpolation between critical assemblies.

表A.4.2 Pu0<sub>2</sub>-U0<sub>2</sub>-ポリスチレンの臨界実験データ (データ番号2 ; ケース番号43 ; 表中最下段の∞×∞×20.0のデータ)

Reflector	Experimental Critical Dimensions <sup>a</sup> (cm)			KENO, $k_{\text{eff}}$	
	Length	Width	Height		
Plexiglas	61.08 ± 0.06	66.17 ± 0.07	30.49 ± 0.15	0.971 ± 0.005	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	61.08 ± 0.06	31.80 ± 0.16	0.987 ± 0.005	0.987 ± 0.005
Plexiglas	66.17 ± 0.07	66.17 ± 0.07	29.24 ± 0.16	0.990 ± 0.007	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.90 ± 0.05	35.61 ± 0.18	0.978 ± 0.006	---
Plexiglas	61.08 ± 0.06	55.99 ± 0.06	33.24 ± 0.16	0.986 ± 0.005	---
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.90 ± 0.05	40.76 ± 0.20	0.983 ± 0.007	0.974 ± 0.007
Average $k_{\text{eff}}$	---	---	---	0.983	---
Plexiglas	∞	∞	20.0 <sup>b</sup>	0.983 ± 0.007	0.981 ± 0.007

<sup>a</sup> Experimentally determined corrections have been made to account for the reactivity effects of the cladding material and the stacking voids.

<sup>b</sup> Thickness corresponding to average calculated "critical  $k_{\text{eff}}$ " of 0.983.

表A.5 燃料及び反射体の原子個数密度等 (データ番号 3)

	29.3-wt% Pu Fuel			15.0-wt% Pu Fuel			8.1-wt% Pu Fuel		
	2.8 H : (Pu + U) Atomic Ratio			2.86 H : (Pu + U) Atomic Ratio			7.3 H : (Pu + U) Atomic Ratio		
<b>Fuel composition,</b> $10^{24}$ atom/cm <sup>3</sup>									
<sup>235</sup> U	$1.019 \times 10^{-3}$			$2.765 \times 10^{-4}$			$3.132 \times 10^{-4}$		
<sup>238</sup> U	$1.833 \times 10^{-4}$			$5.737 \times 10^{-7}$			$3.809 \times 10^{-7}$		
<sup>239</sup> Pu	$2.203 \times 10^{-3}$			$1.118 \times 10^{-3}$			$3.490 \times 10^{-4}$		
<sup>240</sup> Pu	$2.931 \times 10^{-4}$			$1.478 \times 10^{-4}$			$4.578 \times 10^{-5}$		
<sup>241</sup> Pu	$4.934 \times 10^{-5}$			$2.221 \times 10^{-5}$			$7.745 \times 10^{-6}$		
<sup>242</sup> Pu	$5.636 \times 10^{-4}$			$2.370 \times 10^{-5}$			$1.116 \times 10^{-5}$		
<sup>238</sup> U	$9.401 \times 10^{-4}$			$1.365 \times 10^{-3}$			$9.116 \times 10^{-4}$		
<sup>235</sup> U	$6.172 \times 10^{-3}$			$7.549 \times 10^{-3}$			$4.606 \times 10^{-3}$		
O	$1.869 \times 10^{-2}$			$1.840 \times 10^{-2}$			$1.178 \times 10^{-2}$		
C	$2.666 \times 10^{-2}$			$2.653 \times 10^{-2}$			$3.567 \times 10^{-2}$		
H	$2.417 \times 10^{-2}$			$2.534 \times 10^{-2}$			$3.680 \times 10^{-2}$		
<b>Cladding composition,</b> $10^{24}$ atom/cm <sup>3</sup>									
H	$4.489 \times 10^{-2}$			$4.489 \times 10^{-2}$			$5.666 \times 10^{-2}$		
C	$3.111 \times 10^{-2}$			$3.111 \times 10^{-2}$			$3.510 \times 10^{-2}$		
Cl	$7.240 \times 10^{-3}$			$7.240 \times 10^{-3}$			$1.428 \times 10^{-2}$		
<b>Reflector composition,</b> $10^{24}$ atom/cm <sup>3</sup>									
H	$5.666 \times 10^{-2}$			$5.666 \times 10^{-2}$			$5.666 \times 10^{-2}$		
C	$3.510 \times 10^{-2}$			$3.510 \times 10^{-2}$			$3.510 \times 10^{-2}$		
O	$1.428 \times 10^{-2}$			$1.428 \times 10^{-2}$			$1.428 \times 10^{-2}$		
<b>PuO<sub>2</sub> particle size, <math>\mu\text{m}</math></b>									
95%	<20			<20			<20		
50%	<8			<5			<5		
5%	<2			<1			<1		
<b>UO<sub>2</sub> particle size, <math>\mu\text{m}</math></b>									
95%	<40			<18			<18		
50%	<9			<5			<5		
5%	<2			<2			<2		
<b>Polystyrene particle size, <math>\mu\text{m}</math></b>									
95%	<225			<225			<225		
50%	<150			<150			<150		
5%	<50			<50			<50		
<b>Fuel Compact Sizes, cm</b>									
Length	Unclad	Clad	Stacked <sup>b</sup>	Unclad	Clad	Stacked <sup>b</sup>	Unclad	Clad	Stacked <sup>b</sup>
Width <sup>c</sup>									
Heights									

<sup>a</sup>Concentration at time of experiments.<sup>b</sup>Average dimension of space occupied by compacts.<sup>c</sup>Full-size compacts were rotated 90 deg in the unreflected assemblies such that the width dimension shown here is the height.

表A. 6. 1 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ポリスチレンの臨界実験データ (データ番号3; ケース番号44~55; H/(Pu+U)=2.8)

Reflector	Critical Number of Fuel Compacts						KENO $k_{\text{eff}}$	
	Length <sup>a</sup> (5.090 cm) <sup>b</sup>	Width (5.083 cm) <sup>b</sup>	Height			Corrected Height <sup>c</sup> (5.090 cm) <sup>b</sup>		
			(5.090 cm) <sup>b</sup>	(1.339 cm) <sup>b</sup>	Height <sup>c</sup> (5.090 cm) <sup>b</sup>			
None	10	10	8	3.768 ± 0.008	8.888 ± 0.019	1.025 ± 0.008		
None	10	11	8	1.510 ± 0.002	8.252 ± 0.004	1.024 ± 0.005		
Plexiglas	7	7	7	0.646 ± 0.001	7.060 ± 0.010	1.002 ± 0.005		
Plexiglas	8	8	5	2.548 ± 0.004	5.615 ± 0.008	1.000 ± 0.004		
Plexiglas	9	9	4	4.192 ± 0.011	4.997 ± 0.013	0.984 ± 0.007		
Plexiglas	10	10	4	1.300 ± 0.002	4.316 ± 0.007	---		
Plexiglas	10	10	4	1.297 ± 0.003	4.308 ± 0.009	1.000 ± 0.006		
Plexiglas	12	10	4	0.038 ± 0.001	3.948 ± 0.006	0.987 ± 0.004		
Plexiglas	12	12	3	2.791 ± 0.004	3.668 ± 0.005	0.990 ± 0.004		
Plexiglas	12	13	3	2.407 ± 0.005	3.578 ± 0.006	0.986 ± 0.005		
Plexiglas	14	13	3	2.068 ± 0.007	3.487 ± 0.009	1.000 ± 0.006		
Plexiglas	∞	∞	—	—	2.540 ± 0.028 <sup>d</sup>	0.993 ± 0.006		

<sup>a</sup> Note that the assembly dimensions are expressed in number of blocks or compacts.

<sup>b</sup> Length, width, and thickness of unclad fuel blocks. Interchange width and height dimensions for the two unreflected assemblies.

<sup>c</sup> The 1.339-cm-thick fuel expressed as 5.090- × 5.090- × 5.083-cm fuel to account for its measured reactivity worth in terms of the full-size fuel. (Voids and cladding effects were observed to be negligible in the full-size fuel.)

<sup>d</sup> Obtained from linear extrapolation of data from the finite assemblies.

表A.6.2 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号3 ; ケース番号56 ; H/(Pu+U)=2.86)

Critical Number of Fuel Compacts					
	Length (5.090 cm) <sup>a</sup>	Width (5.090 cm) <sup>a</sup>	Height (5.082 cm) <sup>a</sup>	Corrected Height <sup>b</sup> (5.082 cm) <sup>a</sup>	KENO $k_{\text{eff}}$
Reflector					
Plexiglas	10	10	9	6.651 ± 0.016	10.749 ± 0.031
					0.994 ± 0.002 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Length, width, or thickness of unclad fuel.<sup>b</sup> The 1.265-cm-thick fuel expressed as 5.082-cm-thick fuel to account for its measured reactivity worth in terms of the 5.082-cm fuel. (Other measured corrections for cladding and void effects are not available.)<sup>c</sup> Determined from ten KENO calculations in which the random number sequence was started at a different place each time.

表A. 6. 3 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ボリスチレンの臨界実験データ (データ番号3 ; ケース番号57~60 ; H/(Pu+U)=7.3)

Critical Number of Fuel Compacts					
Reflector	Length (5.090 cm) <sup>a</sup>	Width (5.090 cm) <sup>a</sup>	Height		KENO $k_{\text{eff}}^{\text{c}}$
			(5.081 cm) <sup>a</sup>	(1.274 cm) <sup>a</sup>	
Plexiglas	10	9	9	1.135 ± 0.001	9.274 ± 0.003
Plexiglas	10	11	7	3.239 ± 0.001	7.780 ± 0.002
Plexiglas	12	12	6	2.526 ± 0.003	6.609 ± 0.007
Plexiglas	14	13	5	3.733 ± 0.005	5.919 ± 0.008

<sup>a</sup> Length, width, or thickness of unclad fuel.<sup>b</sup> The 1.274-cm-thick fuel expressed as 5.081-cm-thick fuel to account for its measured reactivity worth in terms of the 5.081-cm fuel. (Other measured corrections for cladding and void effects are not available.)<sup>c</sup> The 18-energy-group EGGNIT-averaged cross sections using FLANGE-ETOG processed ENDF/B-III data.

表A.7 燃料及び反射体の原子個数密度（データ番号4）

Chemical Composition	Atoms/(b cm)		
	2.79 Atom H/X 29.3 wt% Pu <sup>a</sup>	51.8 Atom H/X 7.89 wt% Pu <sup>b</sup>	Reflector
<sup>241</sup> Am	$1.017 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-7}$	---
<sup>239</sup> Pu	$2.186 \times 10^{-3}$	$1.5279 \times 10^{-5}$	---
<sup>238</sup> Pu	$2.288 \times 10^{-6}$	0.0	---
<sup>240</sup> Pu	$2.927 \times 10^{-4}$	$5.9415 \times 10^{-6}$	---
<sup>241</sup> Pu	$5.875 \times 10^{-5}$	$3.4810 \times 10^{-7}$	---
<sup>242</sup> Pu	$6.751 \times 10^{-6}$	0.0	---
O	$1.864 \times 10^{-2}$	$1.8301 \times 10^{-3}$	$1.4279 \times 10^{-2}$
<sup>238</sup> U	$6.162 \times 10^{-3}$	$8.3775 \times 10^{-4}$	---
<sup>235</sup> U	$9.269 \times 10^{-6}$	$1.0708 \times 10^{-6}$	---
H	$2.432 \times 10^{-2}$	$4.7194 \times 10^{-2}$	$5.7116 \times 10^{-2}$
C	$2.660 \times 10^{-2}$	$4.5403 \times 10^{-2}$	$3.5697 \times 10^{-2}$

<sup>a</sup>Isotopic analysis made on 12-2-71. Experiments performed November 1971.

<sup>b</sup>Isotopic analysis made on 1-21-71. Experiments performed December 1970-May 1971.

表A. 8 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-ポリスチレンの臨界実験データ（データ番号4；ケース番号61～68）

Reflector	CRITICAL DIMENSIONS, CM <sup>a</sup>			CRITICAL MASS <sup>a</sup>	
	Length	Width	Height	kg of Pu	kg of U
Pu Enrichment = 7.89 wt%; Density of Fuel = 360 g (Pu+U)/l; H/Pu+U = 51.8 H/Pu = 659; 240Pu Content of Pu = 8.0 wt%; 235U Content of U = 0.151 wt%					
Plexiglas	40.72 ± 0.04	45.72 ± 0.09	32.89 ± 0.02	1.74 ± 0.01	20.29 ± 0.22
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.80 ± 0.10	26.40 ± 0.03	1.94 ± 0.02	22.63 ± 0.25
Plexiglas	61.08 ± 0.06	60.96 ± 0.12	22.66 ± 0.08 <sup>c</sup>	2.39 ± 0.02	27.88 ± 0.31
Plexiglas	61.08 ± 0.06	66.04 ± 0.13	22.09 ± 0.18	2.53 ± 0.03	29.53 ± 0.39
Plexiglas	61.08 ± 0.06	55.88 ± 0.11	23.22 ± 0.01	2.25 ± 0.02	26.26 ± 0.28
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.80 ± 0.10	24.37 ± 0.09 <sup>c</sup>	2.15 ± 0.02	25.06 ± 0.28
Plexiglas	40.72 ± 0.05	40.64 ± 0.08	36.42 ± 0.01	1.71 ± 0.01	19.97 ± 0.22
Plexiglasb	39.12 ± 0.28	39.12 ± 0.28	39.12 ± 0.28	1.70 ± 0.01	19.84 ± 0.32
Plexiglasb	∞	∞	14.83 ± 0.60	-----	-----
Pu Enrichment = 29.3 wt%; Density of Fuel = 3450 g (Pu+U)/l; H/Pu+U = 3 H/Pu = 10.4; 240Pu Content of Pu = 11.54 wt%; 235U Content of U = 0.151 wt%					
Plexiglas	40.72 ± 0.04	40.66 ± 0.21	28.86 ± 0.05	48.4 ± 0.5	116.5 ± 1.3
Plexiglas	35.63 ± 0.04	35.57 ± 0.18	36.50 ± 0.05	46.8 ± 0.5	112.8 ± 1.2
Plexiglas	50.90 ± 0.05	50.82 ± 0.26	22.10 ± 0.04	57.9 ± 0.6	139.4 ± 1.5
Plexiglas	61.08 ± 0.06	50.82 ± 0.26	20.49 ± 0.09	64.4 ± 0.8	155.1 ± 1.8
Plexiglas	61.08 ± 0.06	60.98 ± 0.31	19.01 ± 0.03	71.7 ± 0.8	172.6 ± 1.9
Plexiglas	61.08 ± 0.06	66.07 ± 0.34	18.49 ± 0.05	75.5 ± 0.8	181.9 ± 1.9
Plexiglasb	35.88 ± 0.25	35.88 ± 0.25	35.88 ± 0.25	46.7 ± 0.7	112.6 ± 1.7
Plexiglasb	∞	∞	11.97 ± 0.07	-----	-----

<sup>a</sup>Experimentally determined corrections have been made, accounting for the reactivity effects of the cladding material and the stacking voids.

<sup>b</sup>Infinite slab thickness obtained by extrapolation of data. Cube dimensions obtained by interpolation between critical assemblies.

<sup>c</sup>Average of two experiments.

註) 上段の9ケースは、表A. 2. 3に記載されている臨界実験データと同一であるので、計算の対象から除外した。

## 付録 B

### 臨界サーチ計算結果

表B.1.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図5,図6に対応)( <sup>239</sup>Pu:<sup>240</sup>Pu=90:10wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	1.00885	0.00348	28.000	91.952	18.390
0.30	空隙なし	1.00523	0.00406	21.500	41.630	12.489
0.50	空隙なし	1.00302	0.00475	18.503	26.535	13.267
1.00	空隙なし	1.00576	0.00416	18.000	24.429	24.429
2.00	空隙なし	1.00215	0.00422	20.000	33.510	67.021
3.88	空隙なし	1.00606	0.00432	24.500	61.601	238.888
5.00	空隙なし	1.00500	0.00369	28.860	100.688	503.440
8.05	空隙なし	1.00914	0.00334	33.774	161.375	1298.745
11.01	空隙なし	1.00844	0.00385	37.587	222.434	2448.555
<hr/>						
3.00	1.0	1.00841	0.00340	84.974	2570.080	7710.241
5.00	1.0	1.00507	0.00376	52.000	588.977	2944.886
8.05	1.0	1.00914	0.00334	33.774	161.375	1298.745
<hr/>						
1.00	5.0	1.00994	0.00437	90.000	3053.627	3053.627
2.00	5.0	1.00785	0.00447	45.000	381.703	763.407
3.88	5.0	1.00606	0.00432	24.500	61.601	238.888

表B.1.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図5,図6に対応)( <sup>239</sup>Pu:<sup>240</sup>Pu=90:10wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	0.96368	0.00338	24.557	62.032	12.406
0.30	空隙なし	0.96382	0.00397	19.881	32.916	9.875
0.50	空隙なし	0.96050	0.00373	17.002	20.587	10.293
1.00	空隙なし	0.96086	0.00507	16.132	17.585	17.585
2.00	空隙なし	0.96059	0.00417	18.404	26.111	52.222
3.88	空隙なし	0.96147	0.00402	21.901	44.003	170.643
5.00	空隙なし	0.96181	0.00427	24.469	61.367	306.837
8.05	空隙なし	0.96086	0.00351	28.409	96.041	772.937
11.01	空隙なし	0.96247	0.00373	32.525	144.125	1586.532
<hr/>						
3.00	1.0	0.96065	0.00400	70.318	1456.425	4369.274
5.00	1.0	0.96186	0.00383	44.100	359.256	1796.281
8.05	1.0	0.96086	0.00351	28.409	96.041	772.937
<hr/>						
1.00	5.0	0.96088	0.00469	76.937	1907.631	1907.631
2.00	5.0	0.96254	0.00419	39.309	254.428	508.856
3.88	5.0	0.96147	0.00402	21.901	44.003	170.643

表B.2.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図7,図8に対応)( <sup>239</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=75:25wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差 [cm]	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	1.00539	0.00303	43.000	333.038	66.608
0.30	空隙なし	1.00605	0.00361	28.950	101.633	30.490
0.50	空隙なし	1.00341	0.00439	23.656	55.451	27.726
1.00	空隙なし	1.00764	0.00410	22.994	50.925	50.925
2.00	空隙なし	1.00864	0.00396	27.617	88.230	176.461
3.88	空隙なし	1.00970	0.00399	40.301	274.180	1063.271
5.00	空隙なし	1.00789	0.00336	48.890	489.495	2447.477
8.05	空隙なし	1.00531	0.00325	50.310	533.398	4293.321
11.01	空隙なし	1.00571	0.00363	47.792	457.250	5033.413
3.00	1.0	1.00578	0.00303	130.24	9253.834	27761.501
5.00	1.0	1.00328	0.00292	78.467	2023.716	10118.582
8.05	1.0	1.00531	0.00325	50.310	533.398	4293.321
1.00	5.0	1.00915	0.00360	141.51	11869.97	11869.978
2.00	5.0	1.00728	0.00349	74.428	1727.021	3454.042
3.88	5.0	1.00970	0.00399	40.301	274.180	1063.271

表B.2.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図7,図8に対応)( <sup>239</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=75:25wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差 [cm]	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	0.96193	0.00277	35.000	179.594	35.919
0.30	空隙なし	0.96397	0.00370	25.498	69.440	20.832
0.50	空隙なし	0.96268	0.00378	21.504	41.653	20.826
1.00	空隙なし	0.95995	0.00434	20.554	36.373	36.373
2.00	空隙なし	0.96327	0.00500	24.220	59.513	119.026
3.88	空隙なし	0.96113	0.00343	32.481	143.541	556.653
5.00	空隙なし	0.96123	0.00389	37.170	215.113	1075.564
8.05	空隙なし	0.96088	0.00359	39.220	252.704	2034.011
11.01	空隙なし	0.96155	0.00311	39.731	262.710	2891.914
3.00	1.0	0.96350	0.00342	102.51	4512.188	13536.565
5.00	1.0	0.96097	0.00309	61.880	992.520	4962.602
8.05	1.0	0.96088	0.00359	39.220	252.704	2034.011
1.00	5.0	0.96074	0.00363	118.97	7053.439	7053.439
2.00	5.0	0.96391	0.00361	62.130	1004.599	2009.197
3.88	5.0	0.96113	0.00343	32.481	143.541	556.653

表B.3.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図9,図10に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu:2<sup>41</sup>Pu:2<sup>42</sup>Pu=60:21:15:4wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	1.00441	0.00328	34.300	169.033	33.807
0.30	空隙なし	1.00747	0.00369	25.482	69.309	20.793
0.50	空隙なし	1.00256	0.00465	21.421	41.173	20.586
1.00	空隙なし	1.00254	0.00450	21.093	39.310	39.310
2.00	空隙なし	1.00202	0.00484	24.147	58.976	117.953
3.88	空隙なし	1.00994	0.00431	30.046	113.618	440.726
5.00	空隙なし	1.00920	0.00397	33.484	157.254	786.268
8.05	空隙なし	1.00523	0.00315	34.197	167.515	1348.492
11.01	空隙なし	1.00582	0.00354	42.228	315.421	3472.781
<hr/>						
3.00	1.0	1.00539	0.00333	85.780	2643.91	7931.730
5.00	1.0	1.00628	0.00326	53.378	637.053	3185.264
8.05	1.0	1.00523	0.00315	34.197	167.515	1348.492
<hr/>						
1.00	5.0	1.00628	0.00403	109.38	5481.536	5481.536
2.00	5.0	1.00897	0.00395	55.695	723.664	1447.329
3.88	5.0	1.00994	0.00431	30.046	113.618	440.726

表B.3.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図9,図10に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu:2<sup>41</sup>Pu:2<sup>42</sup>Pu=60:21:15:4wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	0.96287	0.00305	29.000	102.160	20.432
0.30	空隙なし	0.96025	0.00436	22.842	49.322	14.977
0.50	空隙なし	0.96133	0.00444	19.632	31.694	15.847
1.00	空隙なし	0.96093	0.00451	19.135	29.348	29.348
2.00	空隙なし	0.96080	0.00496	21.126	39.495	78.990
3.88	空隙なし	0.96244	0.00374	25.652	70.705	274.266
5.00	空隙なし	0.96189	0.00355	28.841	100.489	502.446
8.05	空隙なし	0.96197	0.00379	29.442	106.903	860.570
11.01	空隙なし	0.96302	0.00407	35.243	183.361	2018.805
<hr/>						
3.00	1.0	0.96003	0.00406	73.870	1688.468	5065.404
5.00	1.0	0.96316	0.00352	45.340	390.421	1952.105
8.05	1.0	0.96197	0.00379	29.442	106.903	860.570
<hr/>						
1.00	5.0	0.96124	0.00475	92.710	3337.861	3337.861
2.00	5.0	0.96090	0.00425	47.714	455.015	910.031
3.88	5.0	0.96244	0.00374	25.652	70.705	274.266

表B.4.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図11, 図12に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu=90:10wt%, Pu富化度15wt%, 2<sup>35</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.15	空隙なし	1.00405	0.00396	23.500	54.362	8.154
0.20	空隙なし	1.00846	0.00443	21.085	39.265	7.853
0.30	空隙なし	1.00793	0.00438	18.637	27.115	8.135
0.50	空隙なし	1.00955	0.00461	17.349	21.873	10.937
1.00	空隙なし	1.00841	0.00424	17.916	24.089	24.089
2.00	空隙なし	1.00815	0.00460	19.937	33.195	66.389
3.88	空隙なし	1.01006	0.00433	23.110	51.700	200.698
5.00	空隙なし	1.00436	0.00409	24.839	64.193	320.967
8.06	空隙なし	1.00838	0.00360	24.100	58.633	472.697
11.03	空隙なし	1.00472	0.00388	24.100	58.633	646.836
3.00	1.0	1.00442	0.00343	60.249	916.090	2748.269
5.00	1.0	1.00751	0.00395	37.706	224.554	1122.768
8.06	1.0	1.00838	0.00360	24.100	58.633	472.697
1.00	5.0	1.00253	0.00405	80.349	2172.851	2172.851
2.00	5.0	1.00697	0.00362	42.212	315.062	630.124
3.88	5.0	1.01006	0.00433	23.110	51.700	200.698

表B.4.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図11, 図12に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu=90:10wt%, Pu富化度15wt%, 2<sup>35</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.15	空隙なし	0.96103	0.00394	21.450	41.340	6.201
0.20	空隙なし	0.96321	0.00368	19.100	29.187	5.837
0.30	空隙なし	0.96147	0.00432	17.000	20.580	6.174
0.50	空隙なし	0.96178	0.00476	15.840	16.648	8.324
1.00	空隙なし	0.96357	0.00490	16.200	17.809	17.809
2.00	空隙なし	0.96132	0.00470	17.900	24.024	48.048
3.88	空隙なし	0.96190	0.00463	20.122	34.127	132.346
5.00	空隙なし	0.96244	0.00425	21.751	43.105	215.524
8.06	空隙なし	0.96128	0.00404	21.546	41.898	337.778
11.03	空隙なし	0.96243	0.00345	21.973	44.438	490.242
3.00	1.0	0.96087	0.00399	54.003	659.693	1979.080
5.00	1.0	0.96396	0.00335	33.531	157.917	789.583
8.06	1.0	0.96128	0.00404	21.546	41.898	337.778
1.00	5.0	0.96306	0.00471	70.690	1479.662	1479.662
2.00	5.0	0.96168	0.00404	37.208	215.773	431.546
3.88	5.0	0.96190	0.00463	20.122	34.127	132.482

表B.5.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図13,図14に対応)( <sup>239</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=75:25wt%, Pu富化度15wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	1.00796	0.00380	28.306	95.000	19.000
0.30	空隙なし	1.00999	0.00426	23.331	53.197	15.959
0.50	空隙なし	1.00551	0.00477	21.469	41.450	20.725
1.00	空隙なし	1.00315	0.00451	22.413	47.162	47.162
2.00	空隙なし	1.00888	0.00389	27.632	88.374	176.748
3.88	空隙なし	1.00516	0.00371	33.837	162.280	629.970
5.00	空隙なし	1.00598	0.00330	37.293	217.255	1086.277
8.06	空隙なし	1.00371	0.00367	30.672	120.869	974.566
11.03	空隙なし	1.00866	0.00358	28.190	93.837	1035.303
3.00	1.0	1.00646	0.00302	80.000	2144.660	6433.980
5.00	1.0	1.00541	0.00350	48.076	465.450	2327.252
8.06	1.0	1.00371	0.00367	30.672	120.869	974.566
1.00	5.0	1.00320	0.00453	119.93	7225.568	7225.568
2.00	5.0	1.00425	0.00388	63.895	1092.670	2185.341
3.88	5.0	1.00516	0.00371	33.837	162.280	629.970

表B.5.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図13,図14に対応)( <sup>239</sup>Pu: <sup>240</sup>Pu=75:25wt%, Pu富化度15wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	0.96339	0.00336	24.825	64.085	12.817
0.30	空隙なし	0.96280	0.00453	20.937	38.444	11.533
0.50	空隙なし	0.96078	0.00427	19.532	31.213	15.606
1.00	空隙なし	0.96176	0.00425	20.093	33.980	33.980
2.00	空隙なし	0.96108	0.00442	23.835	56.720	113.439
3.88	空隙なし	0.96290	0.00417	28.453	96.488	374.566
5.00	空隙なし	0.96153	0.00345	30.963	124.342	621.710
8.06	空隙なし	0.96276	0.00325	27.000	82.448	664.778
11.03	空隙なし	0.96071	0.00368	25.143	66.579	734.570
3.00	1.0	0.96201	0.00330	68.790	1363.529	4090.588
5.00	1.0	0.96355	0.00358	42.006	310.472	1552.360
8.06	1.0	0.96276	0.00325	27.000	82.448	664.778
1.00	5.0	0.96363	0.00386	104.120	4728.147	4728.147
2.00	5.0	0.96363	0.00396	52.237	537.067	1194.134
3.88	5.0	0.96290	0.00417	28.453	96.488	374.566

表B.6.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図15,図16に対応)(2<sup>38</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu:2<sup>41</sup>Pu:2<sup>42</sup>Pu=60:21:15:4wt%, Pu富化度15wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	1.00663	0.00373	25.000	65.450	13.090
0.30	空隙なし	1.00858	0.00387	20.997	38.776	11.633
0.50	空隙なし	1.00631	0.00433	19.884	32.931	16.465
1.00	空隙なし	1.00761	0.00475	20.385	35.483	35.483
2.00	空隙なし	1.00541	0.00466	23.765	56.221	112.443
3.88	空隙なし	1.00996	0.00467	26.634	79.140	307.302
5.00	空隙なし	1.00326	0.00446	27.870	90.677	453.387
8.06	空隙なし	1.00450	0.00376	24.884	64.543	520.475
11.04	空隙なし	1.00994	0.00397	26.100	74.475	821.905
3.00	1.0	1.00941	0.00394	64.324	1114.827	3344.482
5.00	1.0	1.00845	0.00358	38.900	246.568	1232.842
8.06	1.0	1.00450	0.00376	24.884	64.543	520.475
1.00	5.0	1.00578	0.00420	97.400	3870.485	3870.485
2.00	5.0	1.00815	0.00446	49.523	508.756	1017.512
3.88	5.0	1.00996	0.00467	26.634	79.140	307.302

表B.6.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図15,図16に対応)(2<sup>38</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu:2<sup>41</sup>Pu:2<sup>42</sup>Pu=60:21:15:4wt%, Pu富化度15wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.711wt%, 推定臨界下限値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	0.96089	0.00390	22.567	48.140	9.628
0.30	空隙なし	0.96383	0.00432	19.190	29.601	8.880
0.50	空隙なし	0.96233	0.00404	18.069	24.711	12.356
1.00	空隙なし	0.95978	0.00504	18.250	25.461	25.461
2.00	空隙なし	0.96353	0.00386	20.970	38.626	77.253
3.88	空隙なし	0.96283	0.00421	23.356	53.368	207.229
5.00	空隙なし	0.96230	0.00365	24.500	61.601	308.004
8.06	空隙なし	0.96060	0.00391	22.310	46.514	375.092
11.04	空隙なし	0.96233	0.00390	23.561	54.786	604.618
3.00	1.0	0.96003	0.00401	56.300	747.504	2242.513
5.00	1.0	0.96261	0.00424	34.438	171.081	855.406
8.06	1.0	0.96060	0.00391	22.310	46.514	375.092
1.00	5.0	0.96031	0.00411	82.228	2328.883	2328.883
2.00	5.0	0.96110	0.00451	42.920	331.183	662.365
3.88	5.0	0.96283	0.00421	23.356	53.368	207.229

表B.7.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図17,図18に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu=90:10wt%,Pu富化度10wt%,<sup>235</sup>U濃縮度0.25wt%,推定臨界値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	1.00817	0.00271	27.800	89.996	17.999
0.30	空隙なし	1.00763	0.00438	22.221	45.960	13.788
0.50	空隙なし	1.00956	0.00437	18.619	27.037	13.518
1.00	空隙なし	1.00949	0.00530	17.928	24.137	24.137
2.00	空隙なし	1.00612	0.00430	20.489	36.029	72.058
3.88	空隙なし	1.00574	0.00453	24.672	62.907	243.955
5.00	空隙なし	1.00373	0.00420	28.667	98.681	493.407
8.05	空隙なし	1.00925	0.00329	33.591	158.766	1277.907
11.01	空隙なし	1.00397	0.00356	38.199	233.477	2570.117
3.00	1.0	1.00268	0.00343	85.509	2618.931	7856.792
5.00	1.0	1.00358	0.00338	54.000	659.584	3297.918
8.05	1.0	1.00925	0.00329	33.591	158.766	1277.907
1.00	5.0	1.00875	0.00430	90.000	3053.627	3053.627
2.00	5.0	1.00597	0.00456	46.872	431.349	862.698
3.88	5.0	1.00574	0.00453	24.672	62.907	243.955

表B.7.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図17,図18に対応)(2<sup>39</sup>Pu:2<sup>40</sup>Pu=90:10wt%,Pu富化度10wt%,<sup>235</sup>U濃縮度0.25wt%,推定臨界下限値)

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 [l]	(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [kg]
0.20	空隙なし	0.96128	0.00343	24.479	61.443	12.289
0.30	空隙なし	0.96126	0.00391	20.170	34.372	10.312
0.50	空隙なし	0.96001	0.00461	17.307	21.715	10.857
1.00	空隙なし	0.96113	0.00456	16.792	19.833	19.833
2.00	空隙なし	0.96271	0.00482	18.655	27.194	54.388
3.88	空隙なし	0.96061	0.00428	21.893	43.955	170.456
5.00	空隙なし	0.96395	0.00379	24.920	64.824	324.118
8.05	空隙なし	0.96322	0.00332	28.978	101.928	820.521
11.01	空隙なし	0.96038	0.00369	33.367	155.611	1712.965
3.00	1.0	0.96280	0.00360	73.056	1633.263	4899.790
5.00	1.0	0.96397	0.00395	45.674	399.113	1995.564
8.05	1.0	0.96322	0.00332	28.978	101.928	820.419
1.00	5.0	0.96355	0.00461	79.039	2068.297	2068.297
2.00	5.0	0.95975	0.00441	40.213	272.388	544.776
3.88	5.0	0.96061	0.00428	21.893	43.955	170.456

表B.8.1 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図19, 図20に対応)( <sup>238</sup>Pu : <sup>240</sup>Pu = 75 : 25wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.25wt%, 推定臨界値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	1.00662	0.00280	44.702	374.170	74.834
0.30	空隙なし	1.00487	0.00362	29.923	112.229	33.669
0.50	空隙なし	1.00709	0.00406	24.441	61.157	30.578
1.00	空隙なし	1.00857	0.00444	23.366	53.437	53.437
2.00	空隙なし	1.00279	0.00371	27.361	85.799	171.599
3.88	空隙なし	1.00258	0.00358	40.504	278.344	1079.419
5.00	空隙なし	1.00385	0.00357	48.234	470.055	2350.273
8.05	空隙なし	1.00345	0.00287	55.176	703.622	5663.450
11.01	空隙なし	1.00427	0.00364	52.200	595.799	6559.155
3.00	1.0	1.00911	0.00326	143.870	12473.814	37421.441
5.00	1.0	1.00660	0.00307	86.000	2664.305	13321.523
8.05	1.0	1.00345	0.00287	55.176	703.622	5663.450
1.00	5.0	1.00629	0.00355	156.200	15963.628	15963.628
2.00	5.0	1.00897	0.00348	79.467	2102.079	4204.157
3.88	5.0	1.00258	0.00358	40.504	278.344	1079.419

表B.8.2 均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O及び均質PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>粉末-H<sub>2</sub>Oの臨界データ(本文の図19, 図20に対応)( <sup>238</sup>Pu : <sup>240</sup>Pu = 75 : 25wt%, Pu富化度10wt%, <sup>235</sup>U濃縮度0.25wt%, 推定臨界下限値 )

(PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )濃度 [g/cm <sup>3</sup> ]	H/(Pu+U)	実効増倍率	標準偏差	球半径 [cm]	球体積 (PuO <sub>2</sub> +UO <sub>2</sub> )質量 [l]	[kg]
0.20	空隙なし	0.96305	0.00300	36.529	204.175	40.835
0.30	空隙なし	0.96374	0.00345	27.028	82.705	24.811
0.50	空隙なし	0.96391	0.00448	22.251	46.146	23.073
1.00	空隙なし	0.96335	0.00505	21.100	39.349	39.349
2.00	空隙なし	0.96298	0.00444	24.200	59.366	118.731
3.88	空隙なし	0.96178	0.00404	33.000	150.533	583.765
5.00	空隙なし	0.96389	0.00364	38.766	244.029	1220.145
8.05	空隙なし	0.96217	0.00324	41.747	304.764	2453.049
11.01	空隙なし	0.96345	0.00346	43.735	350.410	3857.659
3.00	1.0	0.96323	0.00388	109.700	5529.787	16589.361
5.00	1.0	0.96348	0.00357	66.930	1255.888	6279.441
8.05	1.0	0.96217	0.00324	41.747	304.764	2453.049
1.00	5.0	0.96041	0.00361	121.750	7559.541	7559.541
2.00	5.0	0.96313	0.00379	62.075	1001.933	2003.866
3.88	5.0	0.96178	0.00404	33.000	150.533	583.765