

JAERI-Research
96-008



計算値を用いた未臨界度の推定（II）

1996年2月

桜井 淳・荒川拓也・内藤俊孝

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 株原子力資料サービス

計算値を用いた未臨界度の推定（II）

日本原子力研究所東海研究所燃料サイクル安全工学部

桜井 淳・荒川 拓也・内藤 傲孝

(1996年1月30日受理)

臨界集合体 TCA を利用して非正方形配列炉心を含む 7 種類の未臨界炉心を構成し、反応度と中性子計数率空間分布を測定した。実験解析には MCNP-4A を利用した。中性子計数率空間分布の計算結果は、すべてその実測値と誤差範囲内でよく一致している。このことは「計算誤差間接推定法」では、MCNP-4A での固有値問題の計算で求めた中性子増倍率は、その体系で実験的に評価した反応度から求めたものに一致することを意味している。今回の実験と計算によって「計算誤差間接推定法」を適用した計算値を用いた未臨界度の評価法が、広範囲の炉心形状にわたって適用できることが示された。

Estimation of Subcriticality with the Computed Values (II)

Kiyoshi SAKURAI, Takuya ARAKAWA and Yoshitaka NAITO

Department of Fuel Cycle Safety Research

Tokai Research Establishment

Japan Atomic Energy Research Institute

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 30, 1996)

For measurements of reactivities and neutron count rate space distributions, seven subcritical cores including non-square array cores were constructed using critical assembly TCA. MCNP-4A was used for the experimental analysis. The calculational results of the neutron count rate space distributions agreed with the measured ones within the each error range. It means that for calculation error indirect estimation method, the calculated neutron multiplication factors are equal to ones of experimental reactivities. It is shown that from these experiments and calculations estimation method of subcriticality with the computed values based on the calculation error indirect estimation method is also applicable to six non-square array cores.

Keywords: TCA, Subcritical Cores, Reactivities, Neutron Count Rates, MCNP-4A, Calculation Error Indirect Estimation Method, Subcriticality Evaluation Method

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 序 論 | 1 |
| 2. 実験法 | 2 |
| 3. 解析法 | 2 |
| 3.1 計算モデル | 3 |
| 3.2 中性子増倍率の計算 | 3 |
| 3.3 中性子計数率の計算 | 4 |
| 4. 結果の比較 | 5 |
| 4.1 中性子増倍率 | 5 |
| 4.2 中性子計数率 | 6 |
| 5. 討論及び結論 | 6 |
| 謝 辞 | 7 |
| 文 献 | 8 |
| 付録A MCNP-4A による中性子計数率計算入力 | 20 |
| 付録B 中性子計数率の測定値 | 70 |

Contents

| | |
|--|----|
| 1. Introduction | 1 |
| 2. Experimental Method | 2 |
| 3. Analytic Method | 2 |
| 3.1 Calculational Model | 3 |
| 3.2 Calculation of Neutron Multiplication Factor | 3 |
| 3.3 Calculation of Neutron Count Rate | 4 |
| 4. Comparison of Results | 5 |
| 4.1 Neutron Multiplication Factor | 5 |
| 4.2 Neutron Count Rate | 6 |
| 5. Discussion and Conclusions | 6 |
| Acknowledgements | 7 |
| References | 8 |
| Appendix A MCNP-4A Input for Calculation of Neutron Count Rate | 20 |
| Appendix B Measured Values of Neutron Count Rate | 70 |

1. 序論

原研の臨界集合体 TCA (Tank-type Critical Assembly) を利用した実験テーマのひとつには、未臨界体系の中性子増倍率 (Neutron Multiplication Factor) の精度のよい評価法がある¹⁻²⁾。現在、その中でも特に内藤によって提案された「計算誤差間接推定法」²⁾ (Calculation Error Indirect Estimation Method) による計算値を用いた中性子増倍率の評価法の研究を推し進めている。

この「計算誤差間接推定法」とは、未臨界体系の中性子束空間分布の実測値に対する計算値の誤差を評価し、その誤差を考慮して計算で求めた中性子増倍率に補正を施そうというまったく新しい考え方である。

この計算には、将来、実施設への適用を考慮し、①複雑体系の実施設でも正確にモデル化できるようにモンテカルロ法を用いること、②中性子断面積の編集にともなう誤差を最小にするためにポイントワイズ断面積が利用できること、③とりあえず①と②を優先させて計算時間については特に制限を設けずに将来の計算機の発達にともなう短縮化に委ねることなどの条件を満足する方法を採用している。これまでの TCA 体系³⁾での計算では、MCNP-4A⁴⁾を採用している。

MCNP-4Aを利用して Sun ワークステーション (Sparc-20) で計算する場合、固有値問題の計算では特に問題は生じないが、外部固定線源問題での中性子束空間分布の計算においては、その標準偏差 (1σ) を数%以下にするには、体系にもよるが膨大な計算時間を費やさなければならない場合もある。

「計算誤差間接推定法」の適用では、中性子束空間分布の計算精度すべての結果が左右されるため、実行可能な時間内でその精度をどこまで上げることができるか検討しておく必要がある。そしてその実測値に対する計算値の誤差を厳密に評価しておく必要がある。

そのため今回 TCA を利用してひとつの正方配列及び 7 つの非正方配列の未臨界炉心を構成し、各体系の中性子束空間分布及び反応度を測定するとともに、MCNP-4A でその実験解析を行ってそれらを精度よく評価した。今回の炉心体系は、これまでの正方配列炉心とは異なり、炉物理的により変化に富んだ構成になっている。

そこで本報告書においても、中性子束空間分布の実測値と計算値が一致するならば、中性子増倍率も一致することを示し、「計算誤差間接推定法」の検証に寄与することを目的とする。

本報告書は、2. 実験法、3. 解析法、4. 結果の比較、5. 討論及び結論、付録 A MCNP-4A による中性子計数率計算入力 (トラックレンジス・エスティメータ評価法及びポイント・エスティメータ評価法)、付録 B TCA で測定した 8 つの未臨界炉心の中性子計数率空間分布からなる。本報告書では、特に TCA の未臨界体系の中性子増倍率の計算精度の現状が明確に読み取れるようにまとめてある。

2. 実験法

TCAにおいて2.6%の濃縮 UO_2 燃料棒を格子間隔1.956 cmで配列し³⁾、中性子源増倍法に関する実験を行った。合計8種類の未臨界炉心を構成した（図-1～8参照）。

^{252}Cf 中性子源を炉心中心及び炉心下端に設置し、炉心内の2及び3箇所で小型核分裂計数管により垂直方向の中性子計数率分布を、5 cm間隔で測定した。

中性子源（1995年6月現在約7 mCi、放出される中性子数約 $2.7 \times 10^7 \text{n/s}$ ）が設置されるアルミニウム管には穴が開いており、水位に応じた水が入るようになっている。核分裂計数管が設置されるアルミニウム管は、中空になっている。

小型核分裂計数管（FC/ ^{235}U コーティング厚 $1000 \mu\text{g/cm}^2$ 、外径0.62 cm、有効長さ2.5 cm、感度約 $3 \times 10^{-3} \text{cps/nv}$ ）の出力信号は、プレアンプで増幅され、さらにその出力信号は、メインアンプで増幅された。その出力信号の低エネルギー雑音部分は、ディスクリミネータでカットされ、波高分析器（PHA）及びスケーラに送られた。実験中、プレアンプの出力信号が正常であることは、常にオシロスコープでモニターされ、さらに中性子パルス波高スペクトルの形が正常であることも、時々、PHAの波高分布の測定で確認された。

後述の計算によれば、核分裂計数管の計数率のうち、約90%は熱中性子によるものであり、約10%は熱外中性子によるものである。

炉心には、中性子源用アルミニウム・ホルダー、核分裂計数管およびその信号ケーブル（中性子の減速材になるポリエチレンが使われている）が出入りするため、反応度にわずかな変化が生じることも考えられる。そのため、各水位での測定においては、炉心の周辺に設置されたNo. 4起動系中性子計数管で中性子計数率を常に測定し、臨界近くを除くほとんどの場合に、その変化幅が統計変動の範囲内であることを確認した。

3. 解析法

体系の中性子増倍率及び中性子計数率空間分布は、連続エネルギーモンテカルロコードMCNP-4A⁴⁾で計算した。利用したポイントワイズ中性子断面積は、原研の核融合中性子工学研究室でJENDL-3.2を基に編集したものである⁵⁾。ただし、熱中性子散乱テーブルS (α, β) は、MCNP-4Aの付属ライブラリーに含まれていたものである。中性子増倍率及び中性子計数率空間分布の計算には、インポータンス・サンプリング法を採用した。

2. 実験法

TCAにおいて2.6%の濃縮 UO_2 燃料棒を格子間隔1.956 cmで配列し³⁾、中性子源増倍法に関する実験を行った。合計8種類の未臨界炉心を構成した（図-1～8参照）。

^{252}Cf 中性子源を炉心中心及び炉心下端に設置し、炉心内の2及び3箇所で小型核分裂計数管により垂直方向の中性子計数率分布を、5 cm間隔で測定した。

中性子源（1995年6月現在約7 mCi、放出される中性子数約 $2.7 \times 10^7 \text{n/s}$ ）が設置されるアルミニウム管には穴が開いており、水位に応じた水が入るようになっている。核分裂計数管が設置されるアルミニウム管は、中空になっている。

小型核分裂計数管（FC/ ^{235}U コーティング厚 $1000 \mu\text{g/cm}^2$ 、外径0.62 cm、有効長さ2.5 cm、感度約 $3 \times 10^{-3} \text{cps/nv}$ ）の出力信号は、プレアンプで増幅され、さらにその出力信号は、メインアンプで増幅された。その出力信号の低エネルギー雑音部分は、ディスクリミネータでカットされ、波高分析器（PHA）及びスケーラに送られた。実験中、プレアンプの出力信号が正常であることは、常にオシロスコープでモニターされ、さらに中性子パルス波高スペクトルの形が正常であることも、時々、PHAの波高分布の測定で確認された。

後述の計算によれば、核分裂計数管の計数率のうち、約90%は熱中性子によるものであり、約10%は熱外中性子によるものである。

炉心には、中性子源用アルミニウム・ホルダー、核分裂計数管およびその信号ケーブル（中性子の減速材になるポリエチレンが使われている）が出入りするため、反応度にわずかな変化が生じることも考えられる。そのため、各水位での測定においては、炉心の周辺に設置されたNo. 4起動系中性子計数管で中性子計数率を常に測定し、臨界近くを除くほとんどの場合に、その変化幅が統計変動の範囲内であることを確認した。

3. 解析法

体系の中性子増倍率及び中性子計数率空間分布は、連続エネルギーモンテカルロコードMCNP-4A⁴⁾で計算した。利用したポイントワイズ中性子断面積は、原研の核融合中性子工学研究室でJENDL-3.2を基に編集したものである⁵⁾。ただし、熱中性子散乱テーブルS(α, β)は、MCNP-4Aの付属ライブラリーに含まれていたものである。中性子増倍率及び中性子計数率空間分布の計算には、インポータンス・サンプリング法を採用した。

3. 1 計算モデル

実験に利用した燃料棒の全長は、187.56 cmであるが、今回モデル化した部分は、これまでの計算例に従い、燃料有効長144.15 cmの部分のみである。これまでの経験から、燃料棒の上下端部のアルミニウムプラグを無視しても、計算結果には影響しないことがわかっている。燃料棒配列の正方断面の周囲および下部には、中性子増倍率の収束状況から判断し、厚さ30 cmの水反射体を想定している。

濃縮度2.596%UO₂ペレットの直径は1.250 cmであり、密度は10.40 g/cm³（理論密度の94.9%）である。アルミニウム被覆管の内径は、1.265 cmであり、肉厚は0.076 cmである。中性子源及び小型核分裂計数管を収めたアルミニウム管の内径・肉厚は、被覆管と同じである。水の温度は、20°Cである（以上の数値は文献3より引用した）。

計算に用いた原子個数密度（10²⁴個/cm³単位）は、UO₂に対して、²³⁵U: 6.086 × 10⁻⁴、²³⁸U: 2.255 × 10⁻²、¹⁶O: 4.725 × 10⁻²、被覆管に対して、Al: 5.587 × 10⁻²（エアギャップ部分と均一にしてある）、水に対して、¹H: 6.676 × 10⁻²、¹⁶O: 3.338 × 10⁻²である。空気の部分は、真空とした。ポイントワイズ中性子断面積は、すべて温度300 Kのものを利用した。

3. 2 中性子増倍率の計算

中性子増倍率（k_{eff}）の計算においては、標準偏差（1σ）を0.3%以下に抑えるため、ヒストリーフィルタ数は5万とした。粒子数は、バッチ当たり500とし、110バッチの計算をし、そのうち最初の10バッチの結果はスキップした。MCNP-4Aでは、最終的な中性子増倍率は、衝突エスティメータ（k^c_{eff}）及び吸収エスティメータ（k^A_{eff}）、トラックレンジス・エスティメータ（k^{TL}_{eff}）を組合せた「共分散加重組合せエスティメータ」⁴⁾で評価している。

$$k^{c_{eff}} = (1/N) \sum_i W_i \left[\sum_k f_k \cdot \nu_k \cdot \sigma_{fk} / \sum_k f_k \cdot \sigma_{T_k} \right] \quad (1)$$

$$k^{A_{eff}} = (1/N) \sum_i W_i \cdot \nu_k \left[\sigma_{fk} / (\sigma_{Ak} + \sigma_{fk}) \right] \quad (2)$$

$$k^{TL_{eff}} = (1/N) \sum_i W_i \cdot \rho \cdot d \cdot \sum_k f_k \cdot \nu_k \cdot \sigma_{fk} \quad (3)$$

ここで、

- i : サイクル当たりの全衝突に対する和（衝突）
- : k^{th} アイソトープにおける捕獲イベントに対する和（吸収）
- : 全中性子経路に対する和（トラックレンジス）
- k : ith の衝突に含まれる全アイソトープに対する和
- σ_{T_k} : ミクロ全断面積
- σ_{F_k} : ミクロ核分裂断面積
- σ_{A_k} : 核分裂を除くミクロ吸収断面積
- ν_k : 核分裂当たり発生する即発あるいは全中性子の平均数
- f_k : 核種 k の割合
- N : 公称線源サイズ
- W_i : 粒子ウエイト
- ρ : セルの原子密度
- d : 最終イベントからの経路トラックレンジス

この計算に要した時間は、 Sun ワークステーション (Sparc - 20) を利用した場合、体系にもよるが、 1 ケース当たり 5 万ヒストリーで約 1 時間であった。

3. 3 中性子計数率の計算

この計算は、 MCNP - 4 A の外部固定点線源⁶⁾ のオプションで実施した。
中性子計数率 (CR) は、 中性子スペクトル Φ (E) に ^{235}U の核分裂断面積 σ_f (E) 及び核分裂計数管の検出効率 η (E) をかけて積分したものである。

$$CR = \int \Phi(E) \cdot \sigma_f(E) \cdot \eta(E) dE \quad (4)$$

中性子計数率の約 90 % は熱中性子束によるもので、 残り約 10 % は熱外中性子束によるものである。 その精度は、 中性子スペクトルの熱中性子部分の精度によって決まる。そのため、 热中性子束の標準偏差を数 % に抑えるために、 ヒストリー数は最低数十万とした。

この計算においては、 トラックレンジス・エスティメータ及びポイント・エスティメータを利用して中性子束 (前者 Φ^{TL} 及び後者 Φ^P) を求めた。

$$\Phi^{TL} = W \cdot T_1 / V \quad (5)$$

ここで、W : 粒子ウエイト

T_1 : トラックレンジス (cm) = 通過時間 × 速度、V : 体積 (cm^3)

$$\Phi^P = W \cdot p(\mu) \cdot \exp(-\lambda) / 2\pi R^2 \quad (6)$$

ここで、W : 粒子ウエイト

$p(\mu)$: 確率密度関数

λ : エスティメータまでの全平均自由行程

R : エスティメータまでの距離

前者においては、小型核分裂計数管を収めたアルミニウム管の中に計数管半径 0.31 cm のシリンダー及び計数管有効部の上下Z面を定義し、トラックレンジス・エスティメータのセルとした。ポイント・エスティメータの場合には、計数管の幾何中心の座標 (X, Y, Z) を排除空間半径 R_0 を定めるだけであるが、この計算においては R_0 を 0.31 cm とした。

エスティメータの数は、中性子計数率空間分布をよく表せるように軸方向に 6箇所に設定した。ただし炉心の上下端部近傍は、中性子計数率が少なく、精度の高い計算が困難なため、最初からトラックレンジス・エスティメータのセルを定義しなかった。

4. 結果の比較

4. 1 中性子増倍率

実験体系の中性子増倍率は、指標実験の結果及びMCNP-4Aにより推定した。実験体系の反応度 $[\rho = (k_{eff} - 1) / k_{eff}]$ は、指標実験の理論より、

$$\rho = -K (\gamma_z^2 + B_z^2) \quad (7)$$

と表される。ここで、K : 反応度バックリング係数 (cm^2)、 γ_z^2 : 炉心軸方向のバックリング (cm^{-2})、 B_z^2 : 炉心軸方向の形状バックリング (cm^{-2}) である。 $B_z^2 = (\pi / (H + \lambda_z))^2$ であり、ここで、H : 炉心高さ (cm)、 λ_z : 軸方向外挿距離 ($H \leq 144\text{ cm}$ において 12.2 cm 、 $H > 144\text{ cm}$ において 13 cm) である。Kと γ_z の関係については、利用しやすいようにつきのような式でフィッティングした。ここで使用した数字の根拠は文献7) に示されている。フィッティングの信頼度は、99.9%である。

ここで、W : 粒子ウエイト

T_1 : トランクレンジス (cm) = 通過時間 × 速度、V : 体積 (cm^3)

$$\Phi^P = W \cdot p(\mu) \cdot \exp(-\lambda) / 2\pi R^2 \quad (6)$$

ここで、W : 粒子ウエイト

$p(\mu)$: 確率密度関数

λ : エスティメータまでの全平均自由行程

R : エスティメータまでの距離

前者においては、小型核分裂計数管を収めたアルミニウム管の中に計数管半径 0.31 cm のシリンダー及び計数管有効部の上下Z面を定義し、トランクレンジス・エスティメータのセルとした。ポイント・エスティメータの場合には、計数管の幾何中心の座標 (X, Y, Z) と排除空間半径 R_0 を定めるだけであるが、この計算においては R_0 を 0.31 cm とした。

エスティメータの数は、中性子計数率空間分布をよく表せるように軸方向に 6箇所に設定した。ただし炉心の上下端部近傍は、中性子計数率が少なく、精度の高い計算が困難なため、最初からトランクレンジス・エスティメータのセルを定義しなかった。

4. 結果の比較

4. 1 中性子増倍率

実験体系の中性子増倍率は、指數実験の結果及びMCNP-4Aにより推定した。実験体系の反応度 $[p = (k_{\text{eff}} - 1) / k_{\text{eff}}]$ は、指數実験の理論より、

$$p = -K (\gamma_z^2 + B_z^2) \quad (7)$$

と表される。ここで、K : 反応度パックリング係数 (cm^2)、 γ_z^2 : 炉心軸方向のパックリング (cm^{-2})、 B_z^2 : 炉心軸方向の形状パックリング (cm^{-2}) である。 $B_z^2 = (\pi / (H + \lambda_z))^2$ であり、ここで、H : 炉心高さ (cm)、 λ_z : 軸方向外挿距離 ($H \leq 144\text{ cm}$ において 12.2 cm 、 $H > 144\text{ cm}$ において 13 cm) である。Kと γ_z の関係については、利用しやすいようにつぎのような式でフィッティングした。ここで使用した数字の根拠は文献7) に示されている。フィッティングの信頼度は、99.9%である。

$$K = 5863 \cdot 6\gamma_z^3 - 233 \cdot 54\gamma_z^2 + 21 \cdot 879\gamma_z + 31 \cdot 462 \quad (8)$$

表-1は、指標実験の結果に基づき本実験体系について求めたK（算出法は文献7参照）、 γ_z^2 、 B_z^2 、 $-\rho$ 、 k_m 及びMCNP-4Aで計算した k_{eff} を示したものである。

4. 2 中性子計数率

図-9～15は、小型核分裂計数管で測定した中性子計数率空間分布及びトラックレンジス・エスティメータを設定してMCNP-4Aで数百万～数千万ヒストリーで計算した値を示したものである（図-4の炉心の結果については、図-1の炉心との類似性からここでは削除してある）。計算時間は、Sunワークステーション（Sparc-20）で14日～30日である。計算値の標準偏差（ 1σ ）は、空間分布のピーク付近で約3%、炉心の上下端付近で約6%である。ポイント・エスティメータで評価した結果は、トラックレンジス・エスティメータで評価した結果と誤差の範囲内で一致している。

図-9～13における検出器B及び検出器Cの測定値は、検出器A、検出器B、検出器Cで検出効率の異なる検出器を使用しているため、付録Bの直接的な測定値に検出器間の検出効率の差を実験的に評価して補正を施してある。

5. 討論及び結論

中性子増倍率の計算に影響する不確定要因には、ウラン濃縮度（±0.01wt.%）、ウランペレット密度（±0.05g/cm³）、ウランペレット直径（±0.05mm）、燃料被覆管の直径（±0.005mm）及び肉厚（±0.005mm）、燃料棒格子ピッチ（±0.02mm）、水反射体の厚さ、プール水の温度、水位の設定（±0.3mm）、中性子断面積の編集温度（300K）が考えられる。今回設定した条件では、これらの影響は無視できることがわかった。いちばん影響すると考えられるプール水の温度についても、今回のすべての実験は、同一時期に実施されており、実際の温度変化は、20.3±0.4°Cの範囲に入っていること、影響は無視できることが確認された。

中性子束空間分布を評価するためのトラックレンジス・エスティメータの設定においては、実際の小型核分裂計数管の内部構造や外筒金属などはすべて省略し、その有効部分の外観と同じ寸法の円筒のみを定義した。このようなモデル化したことによる中性子束評価への影響は、統計的な標準偏差（ 1σ ）より一桁小さく、実際には無視できると考えてよい。

$$K = 5863, 6\gamma_z^3 - 233, 54\gamma_z^2 + 21, 879\gamma_z + 31, 462 \quad (8)$$

表-1は、指數実験の結果に基づき本実験体系について求めたK（算出法は文献7参照）、 γ_z^2 、 B_z^2 、 $-\rho$ 、 k_m 及びMCNP-4Aで計算した k_{eff} を示したものである。

4. 2 中性子計数率

図-9～15は、小型核分裂計数管で測定した中性子計数率空間分布及びトラックレンジス・エスティメータを設定してMCNP-4Aで数百万～数千万ヒストリーで計算した値を示したものである（図-4の炉心の結果については、図-1の炉心との類似性からここでは削除してある）。計算時間は、Sunワークステーション（Sparc-20）で14日～30日である。計算値の標準偏差（ 1σ ）は、空間分布のピーク付近で約3%、炉心の上下端付近で約6%である。ポイント・エスティメータで評価した結果は、トラックレンジス・エスティメータで評価した結果と誤差の範囲内で一致している。

図-9～13における検出器B及び検出器Cの測定値は、検出器A、検出器B、検出器Cで検出効率の異なる検出器を使用しているため、付録Bの直接的な測定値に検出器間の検出効率の差を実験的に評価して補正を施してある。

5. 討論及び結論

中性子増倍率の計算に影響する不確定要因には、ウラン濃縮度（±0.01wt.%）、ウランペレット密度（±0.05g/cm³）、ウランペレット直径（±0.05mm）、燃料被覆管の直径（±0.005mm）及び肉厚（±0.005mm）、燃料棒格子ピッチ（±0.02mm）、水反射体の厚さ、プール水の温度、水位の設定（±0.3mm）、中性子断面積の編集温度（300K）が考えられる。今回設定した条件では、これらの影響は無視できることがわかった。いちばん影響すると考えられるプール水の温度についても、今回のすべての実験は、同一時期に実施されており、実際の温度変化は、20.3±0.4°Cの範囲に入っており、影響は無視できることが確認された。

中性子束空間分布を評価するためのトラックレンジス・エスティメータの設定においては、実際の小型核分裂計数管の内部構造や外筒金属などはすべて省略し、その有効部分の外観と同じ寸法の円筒のみを定義した。このようなモデル化したことによる中性子束評価への影響は、統計的な標準偏差（ 1σ ）より一桁小さく、実際には無視できると考えてよい。

中性子計数率空間分布の計算結果は、すべてその実測値と相互の誤差範囲内でよく一致している。このことは「計算誤差間接推定法」では、MCNP-4Aでの固有値問題の計算で求めた中性子増倍率は、その体系で実験的に評価した反応度から求めたものに一致することを意味している。表-1には、計算で求めた中性子増倍率と実験的に評価した反応度から求めたものが示してある。 17×17 B体系及び 17×11 体系、 $17 \times 17 - 7 \times 7$ 体系においては確かにそのようになっている。しかしながら 17×5 体系及び $17 \times 17 - 12 \times 12$ 体系、 $17 \times 17 - \beta$ 体系においては、両者の差は±3%にも達しているが、この原因是、反応度のバッククリング係数Kの計算において、正方配列炉心の条件で求めたものをそのまま利用しているためであると考えられる。今後は、この問題を確認するため、Kを実際の配列炉心で計算するとともに、パルス中性子法で実験的に反応度（中性子増倍率）を評価することも考えたい。

表-2¹⁾及び表-3は、正方配列炉心に対するMCNP-4Aで計算した中性子増倍率と指數実験法で評価した反応度から求めたそれを比較したものである。計算にJENDL-3.2を利用すれば、両者の差はほとんどの体系において±ゼロ点数%以内に収まっている

トラックレンジス・エスティメータでは、ポイント・エスティメータの場合と異なり、計算時間は、設定したエスティメータの数に依存しないため、ここではすべてのケースで6つであるが、実測値の空間分布とよりこまかく対応させるためには、一般的にはより多くのエスティメータを設定してもここで得た結論には変更を要しない。

ここでは中性子源が炉中心にある場合の外部固定中性子源問題をMCNP-4Aで計算したが、指數実験の実験条件と同様、中性子源を炉心下端に設定して中性子束空間分布を計算して、それから傾き γ_z を計算することもできる。

謝 辞

TCAでの実験に当たり、燃料サイクル安全工学部臨界安全研究室の小室雄一氏及び大友正一氏、新田一雄氏、堀木欧一郎氏には、運転を通してご協力いただいた。実験中、中性子計数率測定値の妥当性を判断するため、同部燃料サイクル安全評価研究室の玉置等史氏には、その場でプロットしていただいた。臨界安全研究室の須崎武則氏には、未臨界実験技術についてご指導いただいた。臨界安全研究室の山本俊弘氏には、本報告書の原稿の査読をしていただいた。ここに記し感謝の言葉としたい。

中性子計数率空間分布の計算結果は、すべてその実測値と相互の誤差範囲内でよく一致している。このことは「計算誤差間接推定法」では、MCNP-4Aでの固有値問題の計算で求めた中性子増倍率は、その体系で実験的に評価した反応度から求めたものに一致することを意味している。表-1には、計算で求めた中性子増倍率と実験的に評価した反応度から求めたものが示してある。 $17 \times 17B$ 体系及び 17×11 体系、 $17 \times 17 - 7 \times 7$ 体系においては確かにそのようになっている。しかしながら 17×5 体系及び $17 \times 17 - 12 \times 12$ 体系、 $17 \times 17 - \beta$ 体系においては、両者の差は±3%にも達しているが、この原因是、反応度のバッククリング係数Kの計算において、正方配列炉心の条件で求めたものをそのまま利用しているためであると考えられる。今後は、この問題を確認するため、Kを実際の配列炉心で計算するとともに、パルス中性子法で実験的に反応度（中性子増倍率）を評価することも考えたい。

表-2¹⁾及び表-3は、正方配列炉心に対するMCNP-4Aで計算した中性子増倍率と指數実験法で評価した反応度から求めたそれを比較したものである。計算にJENDL-3.2を利用すれば、両者の差はほとんどの体系において±ゼロ点数%以内に収まっている

トラックレンジス・エスティメータでは、ポイント・エスティメータの場合と異なり、計算時間は、設定したエスティメータの数に依存しないため、ここではすべてのケースで6つであるが、実測値の空間分布とよりこまかく対応させるためには、一般的にはより多くのエスティメータを設定してもここで得た結論には変更を要しない。

ここでは中性子源が炉中心にある場合の外部固定中性子源問題をMCNP-4Aで計算したが、指數実験の実験条件と同様、中性子源を炉心下端に設定して中性子束空間分布を計算して、それから傾き γ_z を計算することもできる。

謝 辞

TCAでの実験に当たり、燃料サイクル安全工学部臨界安全研究室の小室雄一氏及び大友正一氏、新田一雄氏、堀木欧一郎氏には、運転を通してご協力いただいた。実験中、中性子計数率測定値の妥当性を判断するため、同部燃料サイクル安全評価研究室の玉置等史氏には、その場でプロットしていただいた。臨界安全研究室の須崎武則氏には、未臨界実験技術についてご指導いただいた。臨界安全研究室の山本俊弘氏には、本報告書の原稿の査読をしていただいた。ここに記し感謝の言葉としたい。

文 献

- 1) 桜井 淳、荒川拓也、須崎武則、内藤淑孝：中性子源増倍法による未臨界度の推定、JAERI-Research 95-022 (1995).
- 2) 内藤淑孝、荒川拓也、桜井 淳：計算値を用いた未臨界度の推定、JAERI-Research 95-053 (1995).
- 3) H. Tsuruta, et al. : Critical Sizes of Light Water Moderated UO_2 and PuO_2-UO_2 Lattices, JAERI 1254 (1978).
- 4) J. F. Briesmeister, Ed. : MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4A, LA-12625 (1993).
- 5) 小迫和明、大山幸夫、前川 洋：FSXLIB-J3R2; JENDL-3. 2に基づくMCNP用連続エネルギー断面積ライブラリー、JAERI-Data/Code 94-020 (1994).
- 6) 文献4) のpp. 3-51及び3-124参照
- 7) T. Suzuki : J. Nucl. Sci. Technol. Vol. 28, No. 12, 1067 (1991)

表-1 指数実験の理論より算出した反応度のバックリング係数K及び炉心軸方向の
バックリング γ_z^2 , 炉心軸方向の形状バックリング B_z^2 , 反応度 $-p$, 指数実験
の p から算出した中性子増倍率 k_m , MCNP-4Aで計算した中性子増倍率 k_c

| 体系名 | 燃料配列 | K (cm ²) | γ_z^2 (cm ⁻²) | B_z^2 (cm ⁻²) | -p | k_m | k_c | k_m/k_c |
|------|-----------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|-------|-------|-----------|
| 1-2 | 17X17B | 31.5 | -5.40-4 (注) | 7.84-4 | 7.69-3 | 0.992 | 0.997 | 0.995 |
| 1-4 | 17X11 | 33.0 | 3.05-3 | 7.84-4 | 1.27-1 | 0.888 | 0.891 | 0.997 |
| 1-6 | 17X5 | 38.8 | 1.26-2 | 7.84-4 | 5.19-1 | 0.658 | 0.680 | 0.968 |
| 2-4 | 17X17 | 32.0 | 1.11-3 | 7.84-4 | 6.06-2 | 0.943 | 0.951 | 0.992 |
| | -7X7 | | - | | | | | |
| 2-6 | 17X17 | 35.0 | 7.03-3 | 7.84-4 | 2.73-1 | 0.785 | 0.762 | 1.030 |
| | -12X12 | | - | | | | | |
| 3-10 | 17X17- α | 33.0 | 3.15-3 | 7.84-4 | 1.30-1 | 0.906 | 0.894 | 1.013 |
| 3-14 | 17X17- β | 36.6 | 9.24-3 | 7.84-4 | 3.67-1 | 0.747 | 0.725 | 1.030 |

(注) -5.40×10^{-4}

表-2 MCNP-4Aで計算した中性子実効増倍率の5万ヒストリーの場合の
平均値及び標準偏差（中性子断面積 JENDL-3 利用）

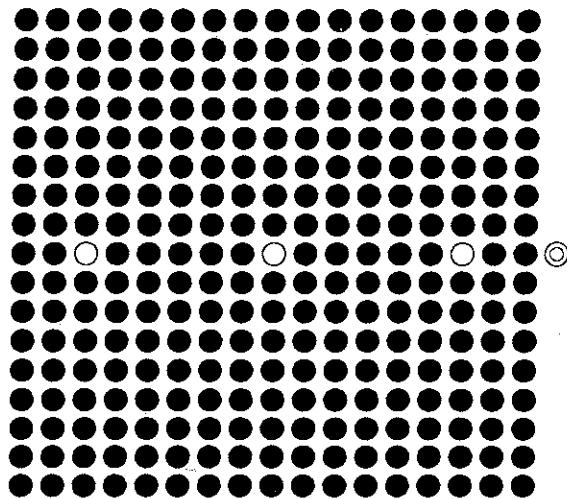
| 燃料棒配列 | 計数率測定水位(cm) | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 50 | 75 | 90 | 105 | 112.5 | 120.05 | 144.0 |
| 17×17A | 0.93721 ±0.00299 (0.996)注 | 0.97251 ±0.00319 (0.995) | 0.98788 ±0.00326 (1.000) | 0.98458 ±0.00323 (0.990) | 0.99218 ±0.00280 (0.994) | 0.99555 ±0.00329 (0.996) | 臨界水位 |
| 16×16 (プラス4) | 0.91403 ±0.00344 (0.988) | | | | 0.97419 ±0.00328 (0.994) | | 0.97686 ±0.00347 (0.990) |
| 14×14 | 0.85673 ±0.00329 (0.984) | | | | 0.90884 ±0.00325 (0.988) | | 0.92634 ±0.00293 (1.000) |
| 11×11 | 0.76470 ±0.00297 (0.991) | | | | 0.80423 ±0.00317 (0.990) | | |
| 8×8 | 0.62484 ±0.00289 (0.976) | | | | 0.67677 ±0.00243 (1.007) | | |

(注) 指数実験から求めた中性子増倍率に対するMCNP-4Aの結果の比(C/E)

表-3 MCNP-4A で計算した中性子実効増倍率の 5万ヒストリーの場合の
平均値及び標準偏差（中性子断面積 JENDL-3.2 利用）

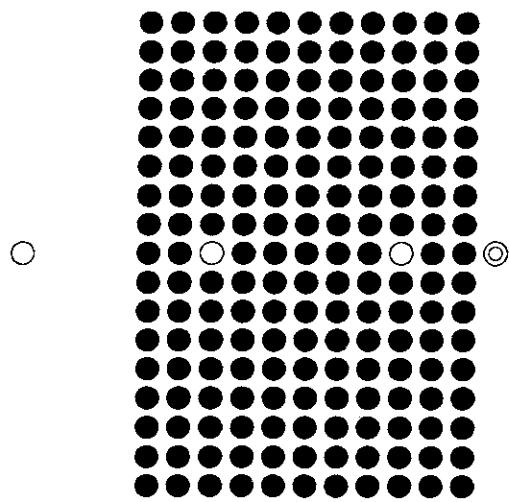
| 燃料棒配列 | 計数率測定水位 (cm) | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 50 | 75 | 90 | 105 | 112.5 | 120.05 | 144.0 |
| 17×17A | 0.93963 ±0.00344 (0.999)注 | 0.98126 ±0.00357 (1.004) | 0.99107 ±0.00330 (1.003) | 0.99903 ±0.00328 (1.004) | 1.00501 ±0.00311 (1.007) | 1.00519 ±0.00360 (1.005) | 臨界水位 |
| 16×16 (プラス4) | 0.92700 ±0.00328 (1.002) | | | | 0.98009 ±0.00363 (1.000) | | 0.98271 ±0.00272 (0.996) |
| 14×14 | 0.86344 ±0.00318 (0.984) | | | | 0.92900 ±0.00332 (1.010) | | 0.93042 ±0.00307 (1.005) |
| 11×11 | 0.77287 ±0.00336 (1.002) | | | | 0.81491 ±0.00331 (1.004) | | |
| 8×8 | 0.63207 ±0.00266 (0.985) | | | | 0.66164 ±0.00318 (0.985) | | |

(注) 表-2と同じ



C B A

図-1 17×17B 体系



C B A

図-2 17×11 体系

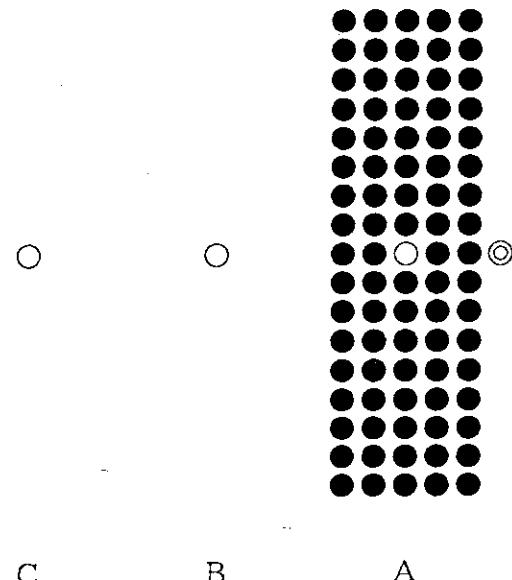


図-3 17×5 体系

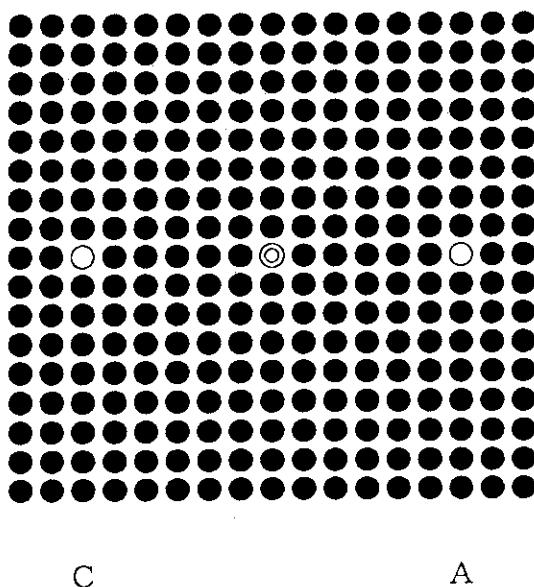
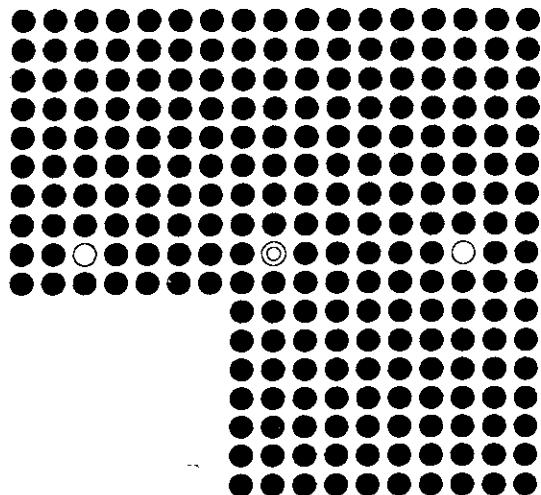


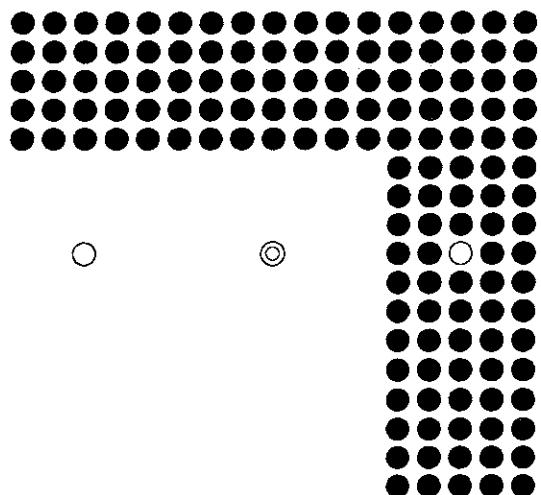
図-4 17×17C 体系



C

A

図-5 $17 \times 17 - 7 \times 7$ 体系



C

A

図-6 $17 \times 17 - 12 \times 12$ 体系

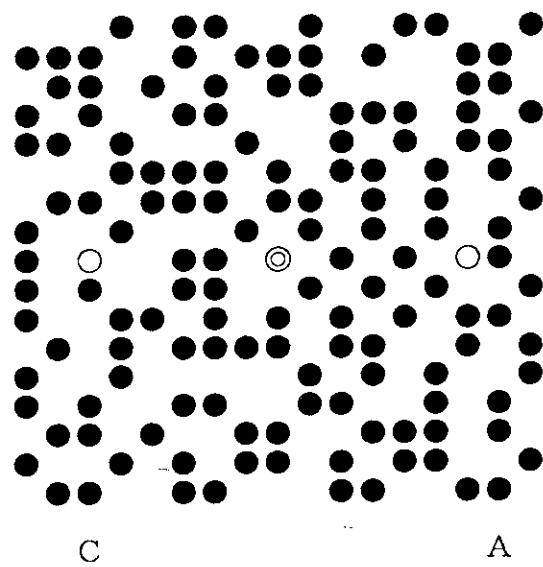


図-7 $17 \times 17 - \alpha$ 体系

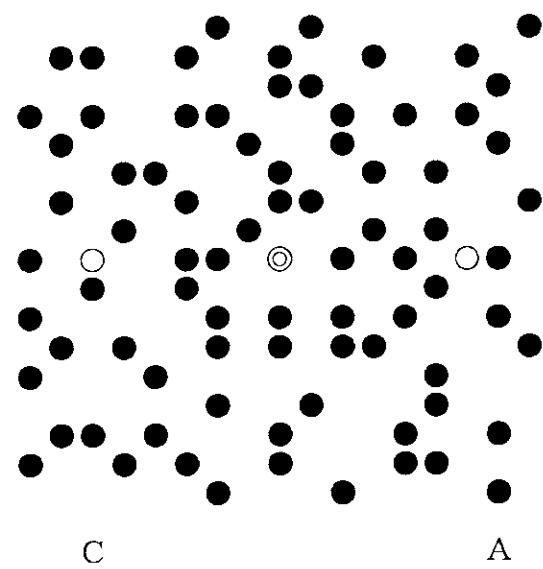


図-8 $17 \times 17 - \beta$ 体系

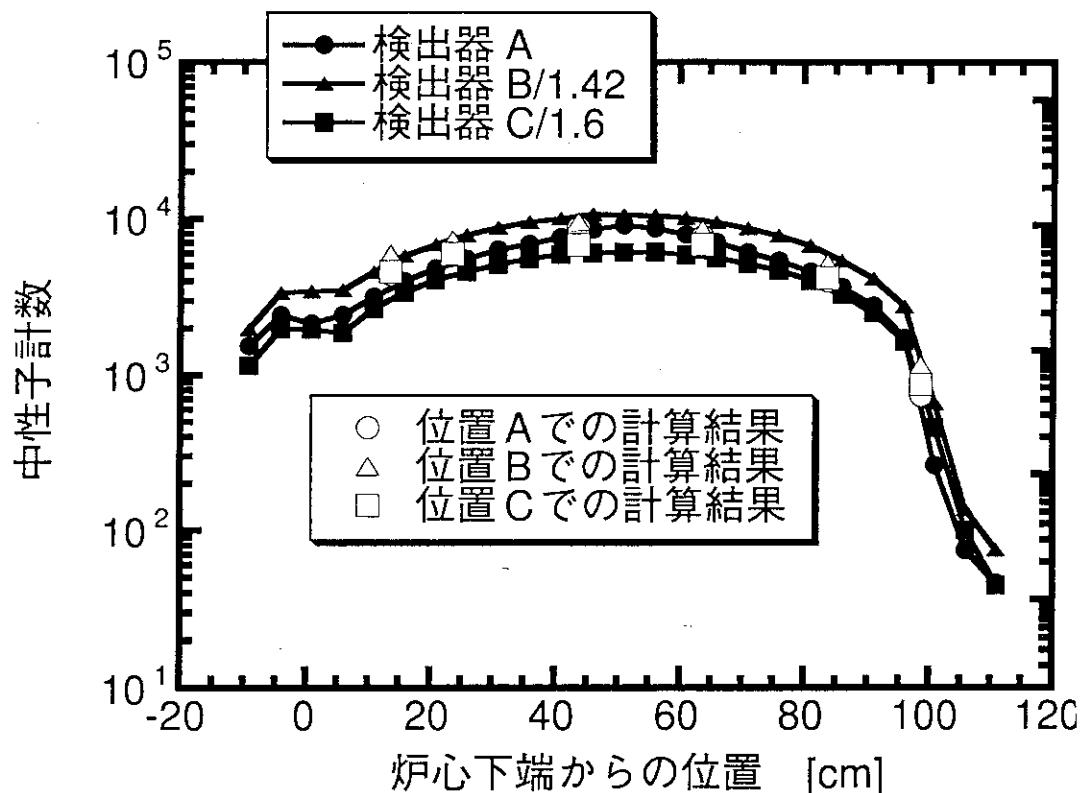


図-9 17×17 炉心における中性子計数率の測定
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

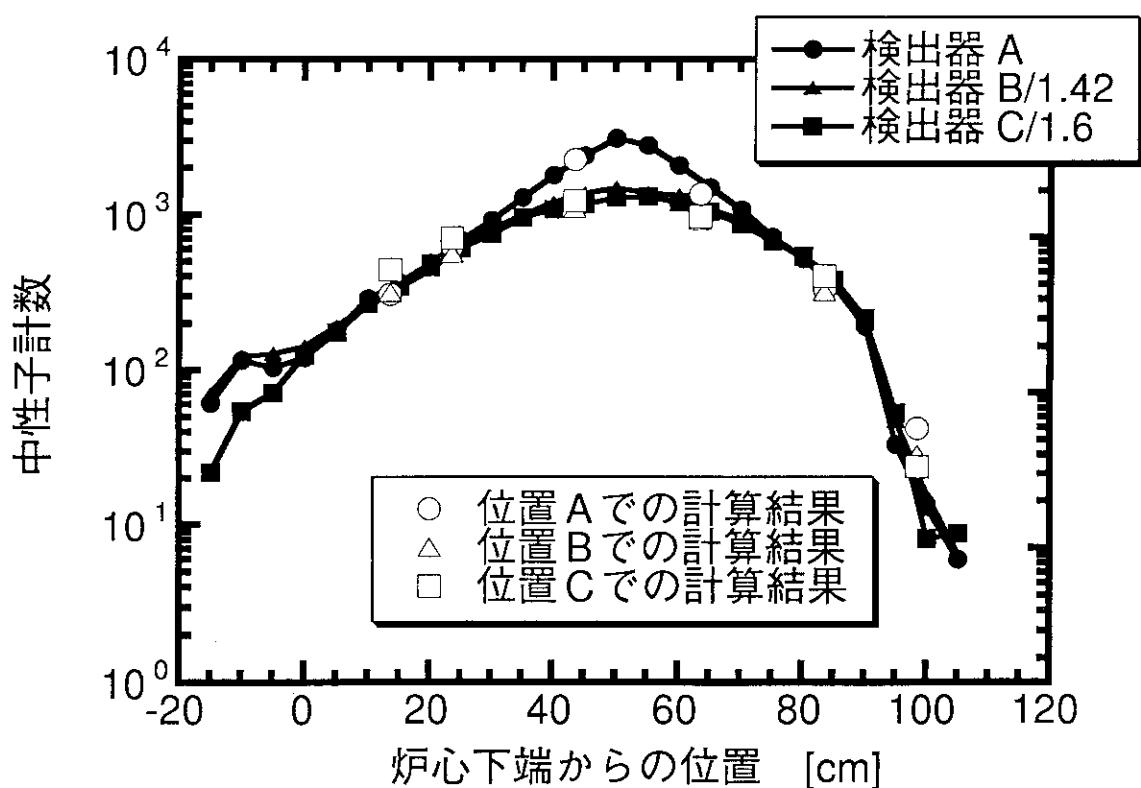


図-10 17×11 炉心における中性子計数率の測定
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

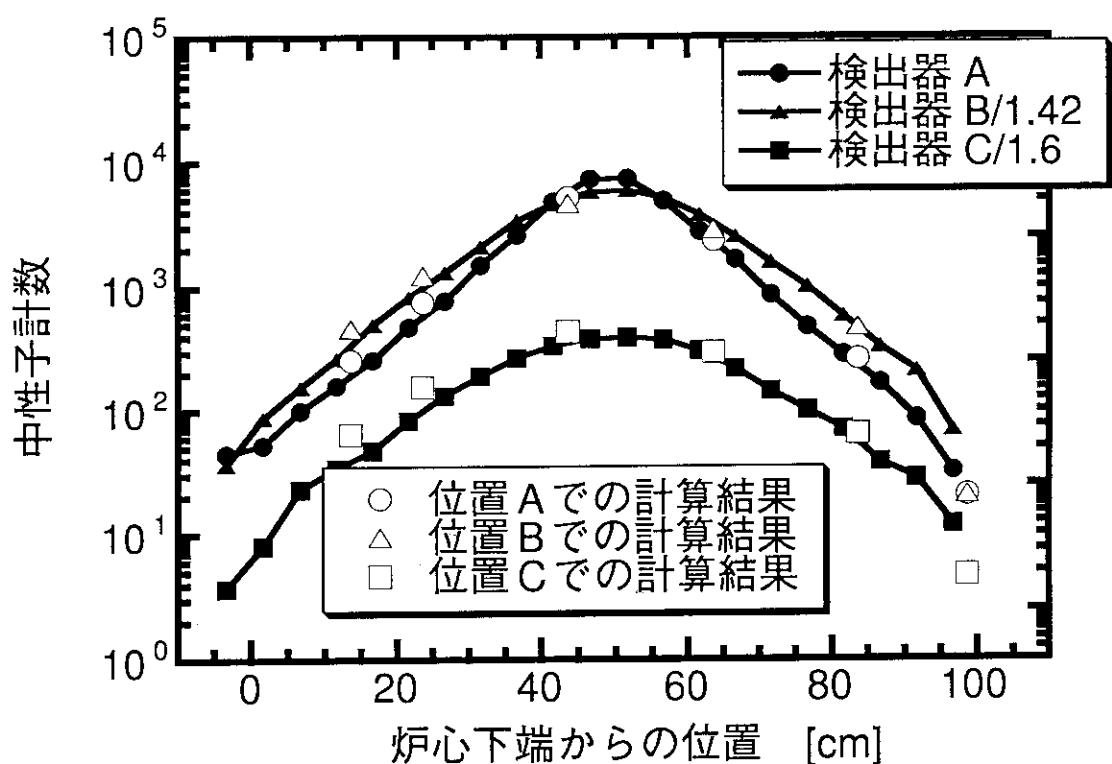


図-11 17×5 炉心における中性子計数率の測定
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

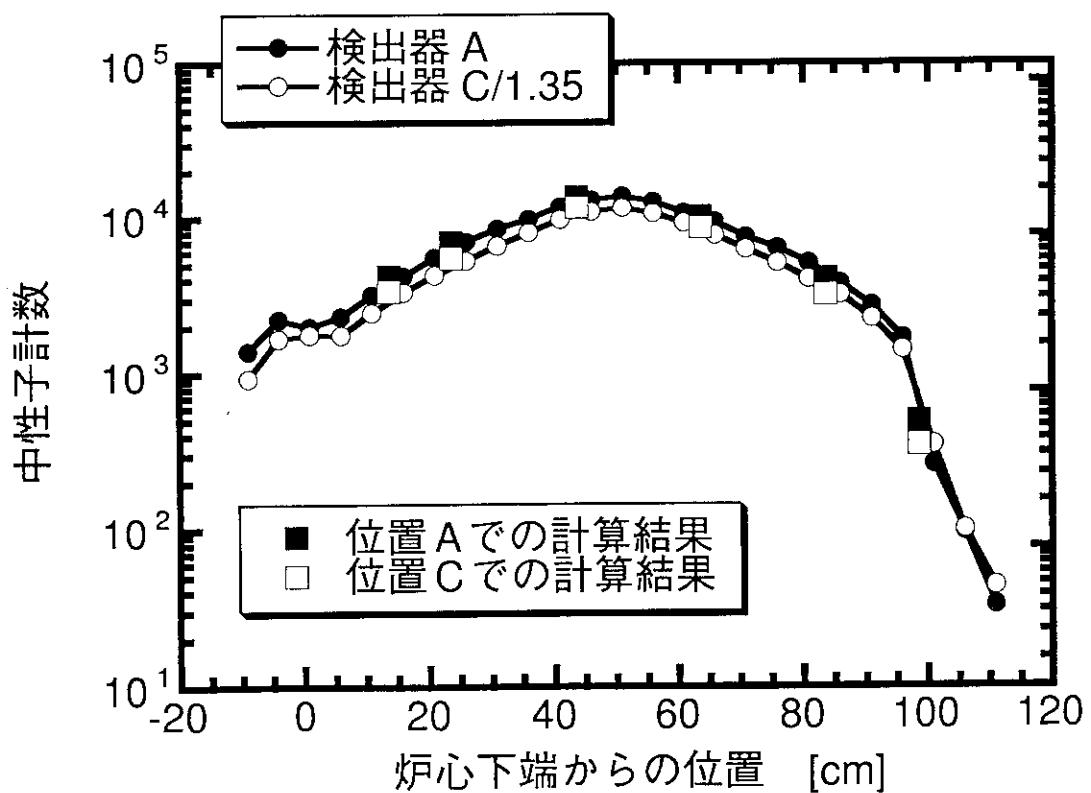


図-12 17×17 - 7×7 炉心における中性子計数率の測定
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

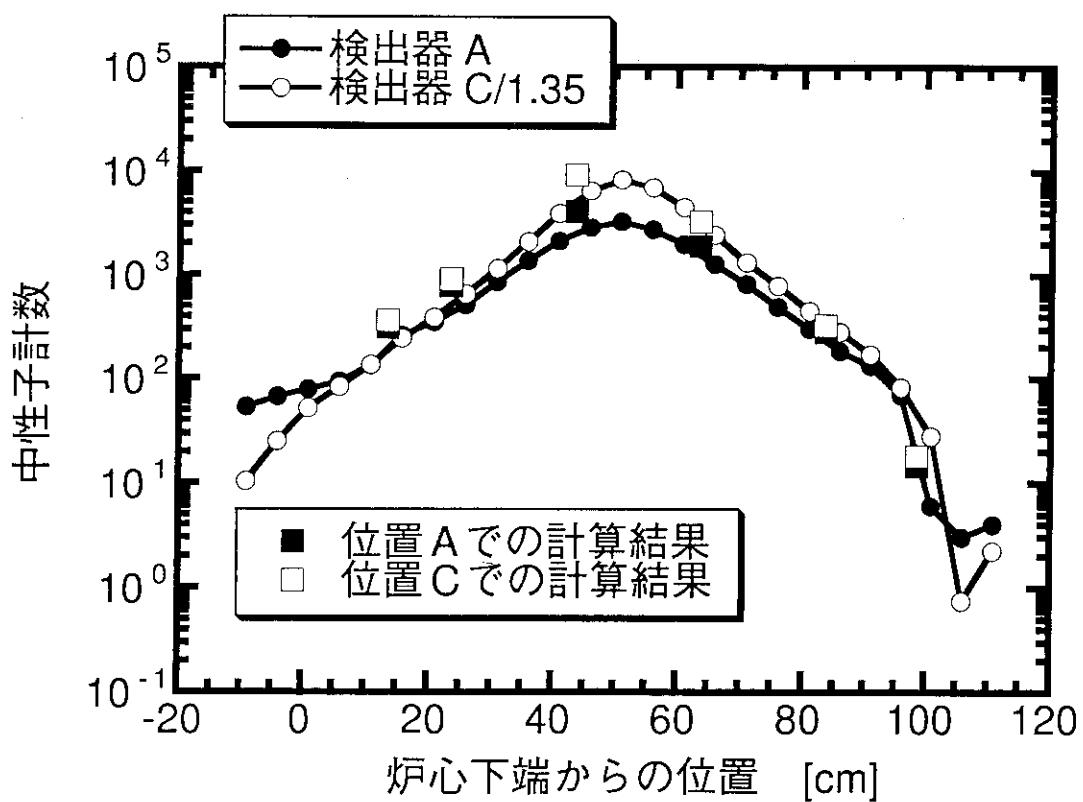


図-13 17×17 - 12×12 炉心における中性子計数率の測定
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

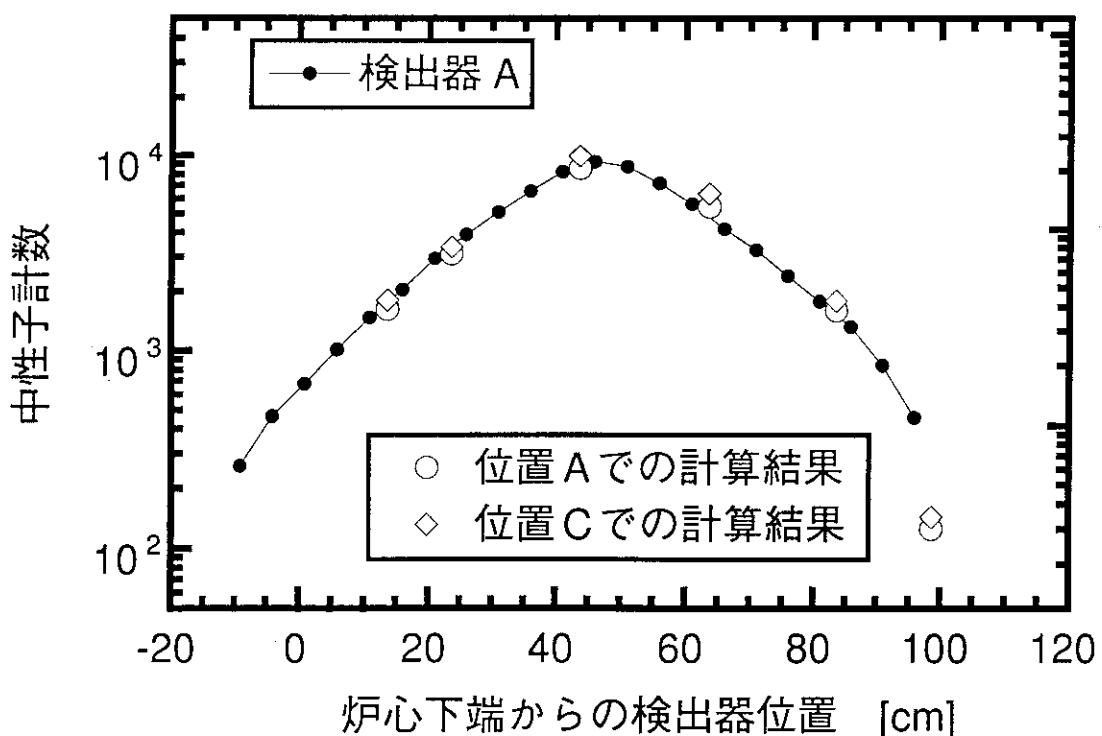


図-14 17×17 から 142 本の燃料棒を抜いた体系
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

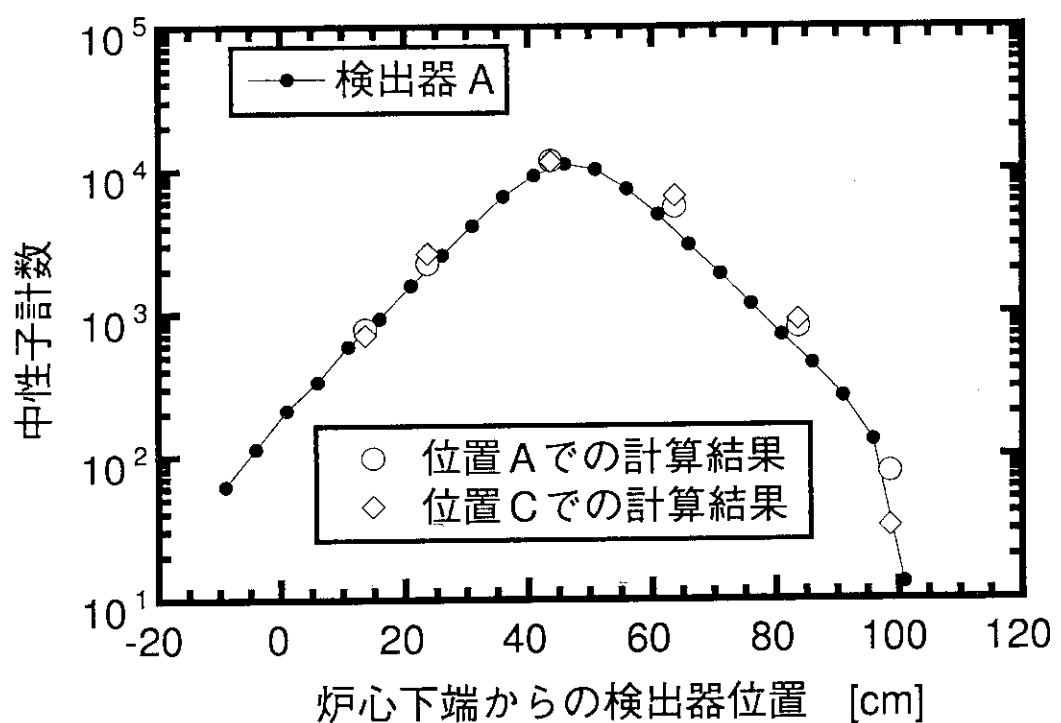


図-15 17×17 から 208 本の燃料棒を抜いた体系
(水位 100 cm, 中性子源高さ 50cm)

付録A MCNP-4Aによる中性子計数率計算入力

トラックレングス・エスティメータによる中性子束の計算

- (1) 17×17B体系
- (2) 17×11体系
- (3) 17×5体系
- (4) 17×17C体系
- (5) 17×17 - 7×7体系
- (6) 17×17 - 12×12体系
- (7) 17×17 - α 体系
- (8) 17×17 - β 体系

```

file name=tr1-02
c   single 17* 17
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7   -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8      10     -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11     -12      imp:n=1 u=1
5   0      1   -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $17
6   0      21   -22     23   -24     25   -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1 #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012 #6 #7 -99 imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012      -7      10      -12
      #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but      imp:n=1 u=3
11  like 3 but      imp:n=1 u=3
12  like 4 but      imp:n=1 u=3
13  0      -9  41 -42      imp:n=1 u=3
14  0      -9  43 -44      imp:n=1 u=3
15  0      -9  45 -46      imp:n=1 u=3
16  0      -9  47 -48      imp:n=1 u=3
17  0      -9  49 -50      imp:n=1 u=3
18  0      -9  51 -52      imp:n=1 u=3
19  0      99      imp:n=0
c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600

```

```
3   py    0.00000
4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z  0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z  0.9780 0.9780 0.7085
c   track length estimator c/z
9   c/z  0.9780 0.9780 0.3100
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz   0.0
11  pz 100.000
12  pz  144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c
c   parallelpiped
21  px   0.00001
22  px   33.25199
23  py   0.00001
24  py   33.25199
25  pz   0.00001
26  pz   144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px  -29.99999
32  px  63.25199
33  py  -29.99999
34  py  63.25199
35  pz  -29.99999
36  pz  99.99999
c
c   track length estimator cell pz
41  pz  13.59999
42  pz  16.09999
43  pz  23.59999
44  pz  26.09999
45  pz  43.59999
46  pz  46.09999
47  pz  63.59999
48  pz  66.09999
49  pz  83.59999
50  pz  86.09999
51  pz  98.59999
52  pz  101.09999
c   outer world
99  s    16.626 16.626 72.075 150.0
```

```

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3  1001.37c 6.676e-2          $ H
    8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3  lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4  1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1
c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0  1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
    1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc4  total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
      (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)
c
sdef erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 20000 1 3
c
nps  200000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=trl-04
c   single 11* 17
c   critical water level 100.000(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water  30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1  1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2  2 5.587000e-2      7     -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3  3 1.001400e-1          8      10     -11      imp:n=1 u=1
4  4 -0.0012          8      11     -12      imp:n=1 u=1
5  0          1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
               fill=-16:0 -16:0 0:0
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $1
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $2
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $3
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $4
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $5
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $6
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $7
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $8
               1 1 3 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 4 4 4 3 4 4 4 $9
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $10
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $11
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $12
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $13
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $14
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $15
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $16
               1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $17
6   0          21     -22     23     -24     25     -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31 -32  33 -34  35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012      #6 #7 -99      imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012      -7      10      -12
               #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0          -9     41    -42      imp:n=1 u=3
14  0          -9     43    -44      imp:n=1 u=3
15  0          -9     45    -46      imp:n=1 u=3
16  0          -9     47    -48      imp:n=1 u=3
17  0          -9     49    -50      imp:n=1 u=3
18  0          -9     51    -52      imp:n=1 u=3
19  3 1.001400e-1          10     -11      imp:n=1 u=4
20  4 -0.0012          11     -12      imp:n=1 u=4
21  0          99      imp:n=0
c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped

```

```
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000
4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c   track length estimator c/z
9   c/z   0.9780 0.9780 0.3100
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz    0.0
11  pz    100.000
12  pz    144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px    0.00001
22  px    33.25199
23  py    0.00001
24  py    33.25199
25  pz    0.00001
26  pz    144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px    -29.99999
32  px    63.25199
33  py    -29.99999
34  py    63.25199
35  pz    -29.99999
36  pz    99.99999
c
c   track length estimator cell pz
41  pz    13.59999
42  pz    16.09999
43  pz    23.59999
44  pz    26.09999
45  pz    43.59999
46  pz    46.09999
47  pz    63.59999
48  pz    66.09999
49  pz    83.59999
50  pz    86.09999
51  pz    98.59999
52  pz    101.09999
c   outer world
99  s     16.626 16.626 72.075 150.0
```

```

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1 92235.37c 6.086e-4          $ U-235
   92238.37c 2.255e-2          $ U-238
   8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      Al cladding (with an air gap)
m2 13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3 1001.37c 6.676e-2          $ H
   8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3 lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4 1001.37c -0.001
   6012.37c -0.0126
   7014.37c -75.5
   8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1
c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0 1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
   1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc4 total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6)  (14<u=3<6)  (15<u=3<6)
   (16<u=3<6)  (17<u=3<6)  (18<u=3<6)
fm4 (1.0 235 -6)
c
sdef erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1 -3 1.025 2.926
c
prdmp j 200000 1 3
c
nps 1000000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr1-06
c   single 5 * 17
c   critical water level 100.000(cm)
c   lattice pitch 1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1  1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2  2 5.587000e-2      7   -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3  3 1.001400e-1      8      10     -11      imp:n=1 u=1
4  4 -0.0012            8      11     -12      imp:n=1 u=1
5  0                   1   -2      3     -4      5   -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $1
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $2
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $3
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $4
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $5
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $6
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $7
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $8
      1 1 3 1 1 4 4 4 3 4 4 4 4 4 4 3 4 4 $9
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $10
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $11
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $12
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $13
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $14
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $15
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $16
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $17
6   0                   21   -22     23   -24     25   -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31   -32     33   -34     35   -36) imp:n=1
8   4 -0.0012          #6  #7 -99      imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012          -7      10      -12
                           #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0                  -9   41   -42      imp:n=1 u=3
14  0                  -9   43   -44      imp:n=1 u=3
15  0                  -9   45   -46      imp:n=1 u=3
16  0                  -9   47   -48      imp:n=1 u=3
17  0                  -9   49   -50      imp:n=1 u=3
18  0                  -9   51   -52      imp:n=1 u=3
19  3 1.001400e-1          10   -11      imp:n=1 u=4
20  4 -0.0012          11   -12      imp:n=1 u=4
21  0                   99      imp:n=0
c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped

```

```
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000
4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c   track length estimator c/z
9   c/z   0.9780 0.9780 0.3100
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz    0.0
11  pz    100.0
12  pz    144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px    0.00001
22  px    33.25199
23  py    0.00001
24  py    33.25199
25  pz    0.00001
26  pz    144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px    -29.99999
32  px    63.25199
33  py    -29.99999
34  py    63.25199
35  pz    -29.99999
36  pz    99.99999
c
c   track length estimator cell pz
41  pz    13.59999
42  pz    16.09999
43  pz    23.59999
44  pz    26.09999
45  pz    43.59999
46  pz    46.09999
47  pz    63.59999
48  pz    66.09999
49  pz    83.59999
50  pz    86.09999
51  pz    98.59999
52  pz    101.09999
c   outer world
99  s     16.626 16.626 72.075 150.0
```

```

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1 92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      Al cladding (with an air gap)
m2 13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3 1001.37c 6.676e-2          $ H
    8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3 lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4 1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1
c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0 1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
    1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc4 total fission cross section in u=3
c
f4:n (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
    (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4 (1.0 235 -6)
c
sdef erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1 -3 1.025 2.926
c
prdmp j 500000 1 3
c
nps 10000000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr2-02
c      single 17* 17
c      critical water level 100.0(cm)
c      lattice pitch 1.956(cm);U(2.6)02
c      reflect water 30.000(cm)
c
c      cellcards
c
1 1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2 2 5.587000e-2      7     -8     10      -12      imp:n=1 u=1
3 3 1.001400e-1      8     10     -11      imp:n=1 u=1
4 4 -0.0012      8      11     -12      imp:n=1 u=1
5 0      1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $17
6 0      21     -22     23     -24     25     -26      imp:n=1      fill=2
7 3 1.001400e-1      #6 (31     -32     33     -34     35     -36) imp:n=1
8 4 -0.0012      #6 #7 -99      imp:n=1
c      track length estimator cell
9 4 -0.0012      -7      10      -12
      #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10 like 2 but      -9     41     -42      imp:n=1 u=3
11 like 3 but      -9     43     -44      imp:n=1 u=3
12 like 4 but      -9     45     -46      imp:n=1 u=3
13 0      -9     47     -48      imp:n=1 u=3
14 0      -9     49     -50      imp:n=1 u=3
15 0      -9     51     -52      imp:n=1 u=3
16 3 1.001400e-1      -7      10      -11      imp:n=1 u=5
17 4 -0.0012      -7      11      -12      imp:n=1 u=5
18 like 2 but      -9     41     -42      imp:n=1 u=5
19 like 3 but      -9     43     -44      imp:n=1 u=5
20 like 4 but      -9     45     -46      imp:n=1 u=5
21 0      99      imp:n=0

```

c
c surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c parallelpiped
1 px 0.00000
2 px 1.95600
3 py 0.00000
4 py 1.95600
5 pz 0.00000
6 pz 144.15000
c
c cylinder
c
7 c/z 0.9780 0.9780 0.6250
8 c/z 0.9780 0.9780 0.7085
c track length estimator c/z
9 c/z 0.9780 0.9780 0.3100
c
c critical water level= 100.000(cm)
10 pz 0.0
11 pz 100.000
12 pz 144.15
c pitch* 17=33.25200(cm)
c (33.25200*33.25200*144.15)
c parallelpiped
21 px 0.00001
22 px 33.25199
23 py 0.00001
24 py 33.25199
25 pz 0.00001
26 pz 144.14999
c
c water refrect= 30.000(cm)
c parallelpiped
31 px -29.99999
32 px 63.25199
33 py -29.99999
34 py 63.25199
35 pz -29.99999
36 pz 99.99999
c
c track length estimator cell pz
41 pz 13.59999
42 pz 16.09999
43 pz 23.59999
44 pz 26.09999
45 pz 43.59999
46 pz 46.09999
47 pz 63.59999
48 pz 66.09999
49 pz 83.59999
50 pz 86.09999
51 pz 98.59999

```

52      pz 101.0999
c      outer world
99      s    16.626 16.626 72.075 150.0

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1   92235.37c 6.086e-4          $ U-235
     92238.37c 2.255e-2          $ U-238
     8016.37c 4.725e-2          $ H

c
c      Al cladding (with an air gap)
m2   13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3   1001.37c 6.676e-2          $ H
     8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3  lwtr.01t

c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4   1001.37c -0.001
     6012.37c -0.0126
     7014.37c -75.5
     8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1

c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0   1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
     1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc4  total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
     (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)
c
sdef erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 20000 1 3
c
nps  200000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr2-04
c   single 17* 17 - 7* 7
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch 1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7   -8   10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8   10   -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11   -12      imp:n=1 u=1
5   0      1   -2   3   -4      5   -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 $17
6   0      21   -22   23   -24   25   -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1 #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012 #6 #7 -99 imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012      -7      10      -12
      #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0      -9   41   -42      imp:n=1 u=3
14  0      -9   43   -44      imp:n=1 u=3
15  0      -9   45   -46      imp:n=1 u=3
16  0      -9   47   -48      imp:n=1 u=3
17  0      -9   49   -50      imp:n=1 u=3
18  0      -9   51   -52      imp:n=1 u=3
19  3 1.001400e-1      10   -11      imp:n=1 u=4
20  4 -0.0012      11   -12      imp:n=1 u=4
21  3 1.001400e-1      -7      10   -11      imp:n=1 u=5
22  4 -0.0012      -7      11   -12      imp:n=1 u=5
23  like 2 but
24  like 3 but
25  like 4 but      imp:n=1 u=5

```

26 0 99 imp:n=0

c
c surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c parallelpiped
1 px 0.00000
2 px 1.95600
3 py 0.00000
4 py 1.95600
5 pz 0.00000
6 pz 144.15000

c
c
c cylinder
c
7 c/z 0.9780 0.9780 0.6250
8 c/z 0.9780 0.9780 0.7085
c track length estimator c/z
9 c/z 0.9780 0.9780 0.3100

c
c critical water level= 100.000(cm)
10 pz 0.0
11 pz 100.000
12 pz 144.15
c pitch* 17=33.25200(cm)
c (33.25200*33.25200*144.15)
c parallelpiped
21 px 0.00001
22 px 33.25199
23 py 0.00001
24 py 33.25199
25 pz 0.00001
26 pz 144.14999

c
c water refrect= 30.000(cm)
c parallelpiped
31 px -29.99999
32 px 63.25199
33 py -29.99999
34 py 63.25199
35 pz -29.99999
36 pz 99.99999

c
c track length estimator cell pz
41 pz 13.59999
42 pz 16.09999
43 pz 23.59999
44 pz 26.09999
45 pz 43.59999
46 pz 46.09999
47 pz 63.59999
48 pz 66.09999
49 pz 83.59999

```

50      pz   86.09999
51      pz   98.59999
52      pz 101.09999
c      outer world
99      s    16.626 16.626 72.075 150.0

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4      $ U-235
    92238.37c 2.255e-2      $ U-238
    8016.37c 4.725e-2      $ H

c
c      Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2      $ Al
c
c      water(300k)
m3  1001.37c 6.676e-2      $ H
    8016.37c 3.338e-2      $ O
mt3  lwtr.01t

c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4  1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1

c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0  1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
    1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0

c
c      tallies
fc4  total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
      (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)

c
sdef erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 200000 1 3
c
nps  1000000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr2-06
c   single 17* 17 - 12* 12
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch 1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1 1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2 2 5.587000e-2      7     -8     10      -12      imp:n=1 u=1
3 3 1.001400e-1      8     10    -11      imp:n=1 u=1
4 4 -0.0012      8      11    -12      imp:n=1 u=1
5 0      1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
fill=-16:0 -16:0 0:0
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $6
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $7
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $8
1 1 3 1 1 1 4 4 4 5 4 4 4 4 4 4 $9
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $10
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $11
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $12
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $13
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $14
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $15
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $16
1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $17
6 0      21    -22    23    -24    25    -26      imp:n=1      fill=2
7 3 1.001400e-1 #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8 4 -0.0012 #6 #7 -99 imp:n=1
c   track length estimator cell
9 4 -0.0012      -7      10      -12
                           #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10 like 2 but      -9    41    -42      imp:n=1 u=3
11 like 3 but      -9    43    -44      imp:n=1 u=3
12 like 4 but      -9    45    -46      imp:n=1 u=3
13 0      -9    47    -48      imp:n=1 u=3
14 0      -9    49    -50      imp:n=1 u=3
15 0      -9    51    -52      imp:n=1 u=3
19 3 1.001400e-1      10    -11      imp:n=1 u=4
20 4 -0.0012      11    -12      imp:n=1 u=4
21 3 1.001400e-1      -7      10    -11      imp:n=1 u=5
22 4 -0.0012      -7      11    -12      imp:n=1 u=5
23 like 2 but      -9    41    -42      imp:n=1 u=5
24 like 3 but      -9    43    -44      imp:n=1 u=5
25 like 4 but      -9    45    -46      imp:n=1 u=5

```

26 0 99 imp:n=0

c
c surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c parallelpiped
1 px 0.00000
2 px 1.95600
3 py 0.00000
4 py 1.95600
5 pz 0.00000
6 pz 144.15000
c
c
c cylinder
c
7 c/z 0.9780 0.9780 0.6250
8 c/z 0.9780 0.9780 0.7085
c track length estimator c/z
9 c/z 0.9780 0.9780 0.3100
c
c critical water level= 100.000(cm)
10 pz 0.0
11 pz 100.000
12 pz 144.15
c pitch* 17=33.25200(cm)
c (33.25200*33.25200*144.15)
c parallelpiped
21 px 0.00001
22 px 33.25199
23 py 0.00001
24 py 33.25199
25 pz 0.00001
26 pz 144.14999
c
c water reflect= 30.000(cm)
c parallelpiped
31 px -29.99999
32 px 63.25199
33 py -29.99999
34 py 63.25199
35 pz -29.99999
36 pz 99.99999
c
c track length estimator cell pz
41 pz 13.59999
42 pz 16.09999
43 pz 23.59999
44 pz 26.09999
45 pz 43.59999
46 pz 46.09999
47 pz 63.59999
48 pz 66.09999
49 pz 83.59999

```

50      pz   86.09999
51      pz   98.59999
52      pz 101.09999
c      outer world
99      s    16.626 16.626 72.075 150.0

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H

c
c      Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300K)
m3  1001.37c 6.676e-2          $ H
    8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3  lwtr.01t

c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4  1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1

c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0  1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
    1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0

c
c      tallies
fc4  total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
      (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)
c
sdef erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 50000 1 3
c
nps  1000000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr3-10
c   single 17* 17 : 142 fuel rods
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7   -8   10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8   10   -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11   -12      imp:n=1 u=1
5   0      1   -2   3   -4      5   -6      imp:n=1 u=2 lat=1
fill=-16:0 -16:0 0:0
1 4 4 1 1 4 4 1 4 4 1 1 4 1 4 4 $1
4 1 1 4 4 1 4 1 1 4 1 4 4 1 1 1 $2
4 1 1 4 4 4 4 1 1 4 1 4 1 4 1 4 $3
1 4 1 4 1 1 1 4 4 4 1 1 4 4 1 4 $4
4 1 1 4 1 4 1 4 4 1 4 4 4 1 4 1 $5
4 1 4 1 4 1 1 4 1 4 1 1 1 4 4 4 $6
1 4 4 1 4 1 4 1 1 4 1 1 4 1 4 1 $7
4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 4 1 4 4 $8
4 1 3 4 1 4 1 4 5 4 1 1 4 4 3 4 1 $9
1 4 4 1 4 1 4 1 4 4 1 1 4 4 1 4 $10
4 1 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 1 $11
1 4 1 4 4 1 1 4 1 1 1 4 1 4 1 4 $12
1 4 4 1 4 1 4 1 4 4 4 4 1 1 4 4 $13
4 1 4 1 4 4 1 1 4 4 1 1 4 4 1 4 $14
4 1 4 1 1 1 4 4 1 1 4 4 1 4 1 4 $15
1 4 4 1 1 1 4 1 4 1 1 4 1 4 4 1 $16
4 1 1 4 4 1 1 4 4 4 1 1 4 4 1 4 $17
6   0      21   -22   23   -24   25   -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1 #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012 #6 #7 -99      imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012      -7      10      -12
                           #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0      -9  41 -42      imp:n=1 u=3
14  0      -9  43 -44      imp:n=1 u=3
15  0      -9  45 -46      imp:n=1 u=3
16  0      -9  47 -48      imp:n=1 u=3
17  0      -9  49 -50      imp:n=1 u=3
18  0      -9  51 -52      imp:n=1 u=3
19  3 1.001400e-1      10  -11      imp:n=1 u=4
20  4 -0.0012      11  -12      imp:n=1 u=4
21  3 1.001400e-1      -7      10      -11      imp:n=1 u=5
22  4 -0.0012      -7      11      -12      imp:n=1 u=5
23  like 2 but
24  like 3 but
25  like 4 but      imp:n=1 u=5

```

26 0 99 imp:n=0

c
c surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c parallelpiped
1 px 0.00000
2 px 1.95600
3 py 0.00000
4 py 1.95600
5 pz 0.00000
6 pz 144.15000

c
c cylinder
c
7 c/z 0.9780 0.9780 0.6250
8 c/z 0.9780 0.9780 0.7085
c track length estimator c/z
9 c/z 0.9780 0.9780 0.3100

c
c critical water level= 100.000(cm)
10 pz 0.0
11 pz 100.000
12 pz 144.15
c pitch* 17=33.25200(cm)
c (33.25200*33.25200*144.15)
c parallelpiped
21 px 0.00001
22 px 33.25199
23 py 0.00001
24 py 33.25199
25 pz 0.00001
26 pz 144.14999

c
c water refrect= 30.000(cm)
c parallelpiped
31 px -29.99999
32 px 63.25199
33 py -29.99999
34 py 63.25199
35 pz -29.99999
36 pz 99.99999

c
c track length estimator cell pz
41 pz 13.59999
42 pz 16.09999
43 pz 23.59999
44 pz 26.09999
45 pz 43.59999
46 pz 46.09999
47 pz 63.59999
48 pz 66.09999
49 pz 83.59999

```

50      pz   86.09999
51      pz   98.59999
52      pz 101.09999
c      outer world
99      s    16.626 16.626 72.075 150.0

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1 92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H

c
c      Al cladding (with an air gap)
m2 13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3 1001.37c 6.676e-2          $ H
    8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3 lwtr.01t

c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4 1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1

c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0 1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
    1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0

c
c      tallies
fc4 total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6)  (14<u=3<6)  (15<u=3<6)
      (16<u=3<6)  (17<u=3<6)  (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)

c
sdef erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 100000 1 3
c
nps  1000000
c
print -100 -110 -175

```

```

file name=tr3-14
c   single 17* 17 : 80 fuel rods
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch    1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water    30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7   -8     10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8     10   -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012          8      11   -12      imp:n=1 u=1
5   0                  1   -2     3   -4      5   -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 4 4 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 4
      4 4 1 4 4 1 4 4 1 4 4 1 4 4 1 1 4
      4 1 4 4 4 4 4 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4
      4 4 1 4 1 4 1 4 4 4 1 1 -4 4 1 4 1
      4 1 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 1 4
      4 4 4 1 4 1 4 4 1 4 4 4 1 1 4 4 4
      1 4 4 4 4 4 4 1 1 4 4 1 4 4 4 1 4
      4 4 4 1 4 1 4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 4
      4 1 3 4 1 4 1 4 5 4 1 1 4 4 3 4 1
      4 4 4 1 4 4 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4
      4 1 4 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 4 4 4 1
      1 4 4 4 4 1 1 4 1 4 1 4 4 1 4 1 4
      4 4 4 1 4 4 4 4 4 4 4 4 1 4 4 4 1
      4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 4
      4 1 4 4 1 4 4 4 1 4 4 4 1 4 1 1 4
      4 4 4 1 1 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 1 4
      4 1 4 4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 4 4 1 4
      0                  21   -22    23   -24    25   -26      imp:n=1      fill=2
      3 1.001400e-1    #6 (31 -32  33 -34  35 -36) imp:n=1
      4 -0.0012        #6 #7 -99      imp:n=1
c   track length estimator cell
9   4 -0.0012          -7      10      -12
                           #13 #14 #15 #16 #17 #18      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0              -9   41   -42      imp:n=1 u=3
14  0              -9   43   -44      imp:n=1 u=3
15  0              -9   45   -46      imp:n=1 u=3
16  0              -9   47   -48      imp:n=1 u=3
17  0              -9   49   -50      imp:n=1 u=3
18  0              -9   51   -52      imp:n=1 u=3
19  3 1.001400e-1          10   -11      imp:n=1 u=4
20  4 -0.0012          11   -12      imp:n=1 u=4
21  3 1.001400e-1          -7      10   -11      imp:n=1 u=5
22  4 -0.0012          -7      11   -12      imp:n=1 u=5
23  like 2 but
24  like 3 but
25  like 4 but      imp:n=1 u=5

```

```

26      0          99          imp:n=0

c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000
4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c   track length estimator c/z
9   c/z   0.9780 0.9780 0.3100
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz    0.0
11  pz    100.000
12  pz    144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px    0.00001
22  px    33.25199
23  py    0.00001
24  py    33.25199
25  pz    0.00001
26  pz    144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px    -29.99999
32  px    63.25199
33  py    -29.99999
34  py    63.25199
35  pz    -29.99999
36  pz    99.99999
c
c   track length estimator cell pz
41  pz    13.59999
42  pz    16.09999
43  pz    23.59999
44  pz    26.09999
45  pz    43.59999
46  pz    46.09999
47  pz    63.59999
48  pz    66.09999
49  pz    83.59999

```

```

50      pz  86.09999
51      pz  98.59999
52      pz 101.09999
c      outer world
99      s    16.626 16.626 72.075 150.0

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1   92235.37c 6.086e-4      $ U-235
     92238.37c 2.255e-2      $ U-238
     8016.37c 4.725e-2      $ H

c
c      Al cladding (with an air gap)
m2   13027.37c 5.587e-2      $ Al

c
c      water(300k)
m3   1001.37c 6.676e-2      $ H
     8016.37c 3.338e-2      $ O
mt3  lwtr.01t

c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4   1001.37c -0.001
     6012.37c -0.0126
     7014.37c -75.5
     8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1

c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0   1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
     1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0

c
c      tallies
fc4  total fission cross section in u=3
c
f4:n  (13<u=3<6) (14<u=3<6) (15<u=3<6)
     (16<u=3<6) (17<u=3<6) (18<u=3<6)
fm4  (1.0 235 -6)

c
sdef erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1  -3 1.025 2.926
c
prdmp j 20000 1 3
c
nps  200000
c
print -100 -110 -175

```

ポイント・エスティメータによる中性子束の計算

- (1) 17×17 B 体系
- (2) 17×11 体系
- (3) 17×5 体系
- (4) 17×17 C 体系
- (5) $17 \times 17 - 7 \times 7$ 体系
- (6) $17 \times 17 - 12 \times 12$ 体系
- (7) $17 \times 17 - \alpha$ 体系
- (8) $17 \times 17 - \beta$ 体系

```

file name=crl-02
c      single 17* 17
c      critical water level 100.0(cm)
c      lattice pitch 1.956(cm);U(2.6)02
c      reflect water 30.000(cm)
c
c      cellcards
c
1  1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2  2 5.587000e-2      7      -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3  3 1.001400e-1      8      10      -11      imp:n=1 u=1
4  4 -0.0012            8      11      -12      imp:n=1 u=1
5  0                   1      -2      3      -4      5      -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $17
6   0                   21      -22      23      -24      25      -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012            #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012            -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like 2 but          imp:n=1 u=3
11  like 3 but          imp:n=1 u=3
12  like 4 but          imp:n=1 u=3
13  0                   9      imp:n=0
c
c      surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c      parallelpiped
1  px    0.00000
2  px    1.95600
3  py    0.00000
4  py    1.95600
5  pz    0.00000
6  pz    144.15000
c
c      cylinder
c

```

```

7      c/z  0.9780 0.9780 0.6250
8      c/z  0.9780 0.9780 0.7085
c
c      outer world
9      s    16.626 16.626 72.075 150.0
c
c      critical water level= 100.000(cm)
10     pz  0.0
11     pz 100.000
12     pz  144.15
c      pitch* 17=33.25200(cm)
c      (33.25200*33.25200*144.15)
c      parallelpiped
21     px  0.00001
22     px  33.25199
23     py  0.00001
24     py  33.25199
25     pz  0.00001
26     pz  144.14999
c
c      water refrect= 30.000(cm)
c      parallelpiped
31     px  -29.99999
32     px  63.25199
33     py  -29.99999
34     py  63.25199
35     pz  -29.99999
36     pz  99.99999
c
c      data cards
c
mode   n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1    92235.37c 6.086e-4          $ U-235
      92238.37c 2.255e-2          $ U-238
      8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      Al cladding (with an air gap)
m2    13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3    1001.37c 6.676e-2          $ H
      8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3   lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4    1001.37c -0.001
      6012.37c -0.0126

```

```
    7014.37c -75.5
    8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1
c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0    1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc5    Detector C
fc15   Detector B
fc25   Detector A
f5:n   4.890 16.626 12.4 0.31
        4.890 16.626 32.4 0.31
        4.890 16.626 52.4 0.31
        4.890 16.626 72.4 0.31
        4.890 16.626 92.4 0.31
f15:n  16.626 16.626 12.4 0.31
        16.626 16.626 32.4 0.31
        16.626 16.626 52.4 0.31
        16.626 16.626 72.4 0.31
        16.626 16.626 92.4 0.31
f25:n  28.362 16.626 12.4 0.31
        28.362 16.626 32.4 0.31
        28.362 16.626 52.4 0.31
        28.362 16.626 72.4 0.31
        28.362 16.626 92.4 0.31
fm5    ( 1.0 235 (-6) )
fm15   ( 1.0 235 (-6) )
fm25   ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef   erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1    -3 1.025 2.926
c
prdmp  20000 20000 1 3
c
nps    200000
c
print -100 -175
```

```

file name=crl-04
c   single 11* 17
c   critical water level 100.000(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7  -8  10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8  10  -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012            8      11  -12      imp:n=1 u=1
5   0                   1  -2  3  -4      5  -6  imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-10:0 -16:0  0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $17
6   0                   21 -22  23 -24  25 -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31 -32  33 -34  35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012            #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012            -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like  2 but          imp:n=1 u=3
11  like  3 but          imp:n=1 u=3
12  like  4 but          imp:n=1 u=3
13  0                   9      imp:n=0
c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000
4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c   cylinder
c

```

```

7      c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8      c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c
c      outer world
9      s    10.758 10.758 72.075 150.0
c
c      critical water level= 100.000(cm)
10     pz   0.0
11     pz 100.000
12     pz 144.15
c      pitch* 11=21.51600(cm)
c      (21.51600*33.25200*144.15)
c      parallelpiped
21     px   0.00001
22     px   21.51599
23     py   0.00001
24     py   33.25199
25     pz   0.00001
26     pz   144.14999
c
c      water refrect= 30.000(cm)
c      parallelpiped
31     px   -29.99999
32     px   51.51599
33     py   -29.99999
34     py   63.25199
35     pz   -29.99999
36     pz   99.99999
c

c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3  1001.37c 6.676e-2          $ H
    8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3 lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4  1001.37c -0.001
    6012.37c -0.0126

```

7014.37c -75.5
8016.37c -23.2
m235 92235.37c 1
c
c default energy bins; hansen-roach structure
e0 1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c tallies
fc5 Detector C
fc15 Detector B
fc25 Detector A
f5:n -6.846 16.626 12.4 0.31
-6.846 16.626 32.4 0.31
-6.846 16.626 52.4 0.31
-6.846 16.626 72.4 0.31
-6.846 16.626 92.4 0.31
f15:n 4.890 16.626 12.4 0.31
4.890 16.626 32.4 0.31
4.890 16.626 52.4 0.31
4.890 16.626 72.4 0.31
4.890 16.626 92.4 0.31
f25:n 16.626 16.626 12.4 0.31
16.626 16.626 32.4 0.31
16.626 16.626 52.4 0.31
16.626 16.626 72.4 0.31
16.626 16.626 92.4 0.31
fm5 (1.0 235 (-6))
fm15 (1.0 235 (-6))
fm25 (1.0 235 (-6))
c
sdef erg=d1 pos=30.318 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1 -3 1.025 2.926
c
prdmp 20000 20000 1 3
c
nps 200000
c
print -100 -175

```

file name=cr1-06
c      single 5* 17
c      critical water level 100.000(cm)
c      lattice pitch 1.956(cm);u(2.6)o2
c      reflect water 30.000(cm)
c
c      cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7     -8     10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8     10    -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11    -12      imp:n=1 u=1
5   0      -1      2     -3      4     -5      6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill= 0: 4 0: 16 0: 0
          1 1 1 1 1 $1
          1 1 1 1 1 $2
          1 1 1 1 1 $3
          1 1 1 1 1 $4
          1 1 1 1 1 $5
          1 1 1 1 1 $6
          1 1 1 1 1 $7
          1 1 1 1 1 $8
          1 1 3 1 1 $9
          1 1 1 1 1 $10
          1 1 1 1 1 $11
          1 1 1 1 1 $12
          1 1 1 1 1 $13
          1 1 1 1 1 $14
          1 1 1 1 1 $15
          1 1 1 1 1 $16
          1 1 1 1 1 $17
6   0      -21     22    -23     24    -25     26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (-31 32 -33 34 -35 36) imp:n=1
8   0      #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  0      9      imp:n=0

c
c      surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c      parallelpiped
1   px    1.95600
2   px    0.00000
3   py    1.95600
4   py    0.00000
5   pz   144.15000
6   pz    0.00000
c
c      cylinder
c

```

```

7      c/z  0.9780 0.9780 0.6251
8      c/z  0.9780 0.9780 0.7085
c
c      outer world
9      s    4.890 16.626 72.075 150.0
c
c      critical water level= 100.000(cm)
10     pz  0.0
11     pz 100.000
12     pz 144.15
c      pitch* 5= 9.780(cm)
c      ( 9.780*33.252*144.15)
c      parallelpiped
21     px  9.77999
22     px  0.00001
23     py  33.25199
24     py  0.00001
25     pz  144.14999
26     pz  0.00001
c
c      water refrect= 30.000(cm)
c      parallelpiped
31     px  39.77999
32     px  -29.99999
33     py  63.25199
34     py  -29.99999
35     pz  99.99999
36     pz  -29.99999
c
c      data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c      material cards
c
c      U(2.6)O2 pellet
m1   92235.37c 6.086e-4          $ U-235
     92238.37c 2.255e-2          $ U-238
     8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c      al cladding (with an air gap)
m2   13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c      water(300k)
m3   1001.37c 6.676e-2          $ H
     8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3  lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4   1001.37c -0.001             $ H
     6012.37c -0.0126            $ C

```

```
    7014.37c -75.5      $ N
    8016.37c -23.2      $ O
m235 92235.37c 1
c
c default energy bins; hansen-roach structure
e0   1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c tallies
fc5   Detector A
fc15  Detector B
fc25  Detector C
f5:n   4.890 16.626 12.4 0.31
        4.890 16.626 32.4 0.31
        4.890 16.626 52.4 0.31
        4.890 16.626 72.4 0.31
        4.890 16.626 92.4 0.31
f15:n  -6.846 16.626 12.4 0.31
        -6.846 16.626 32.4 0.31
        -6.846 16.626 52.4 0.31
        -6.846 16.626 72.4 0.31
        -6.846 16.626 92.4 0.31
f25:n  -16.626 16.626 12.4 0.31
        -16.626 16.626 32.4 0.31
        -16.626 16.626 52.4 0.31
        -16.626 16.626 72.4 0.31
        -16.626 16.626 92.4 0.31
fm5   ( 1.0 235 (-6) )
fm15  ( 1.0 235 (-6) )
fm25  ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef  erg=d1 pos=30.318 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1   -3 1.025 2.926
c
prdmp j 50000 1 3
c
nps   200000
c
print -100 -175
```

```

file name=cr2-02
c   single 17* 17
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water 30.000(cm)

c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7     -8     10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8     10     -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8     11     -12      imp:n=1 u=1
5   0      1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $17
6   0      21    -22    23    -24    25    -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012      #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  3 1.001400e-1      -7      10      -11      imp:n=1 u=5
14  4 -0.0012      -7      11      -12      imp:n=1 u=5
15  like 2 but
16  like 3 but
17  like .4 but
18  0                  9      imp:n=0

c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px  0.00000
2   px  1.95600
3   py  0.00000
4   py  1.95600
5   pz  0.00000

```

```

6   pz  144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z  0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z  0.9780 0.9780 0.7085
c
c   outer world
9   s    16.626 16.626 72.075 150.0
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz  0.0
11  pz 100.000
12  pz  144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px  0.00001
22  px  33.25199
23  py  0.00001
24  py  33.25199
25  pz  0.00001
26  pz  144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px  -29.99999
32  px  63.25199
33  py  -29.99999
34  py  63.25199
35  pz  -29.99999
36  pz  99.99999
c

c
c   data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c   material cards
c
c   U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4      $ U-235
    92238.37c 2.255e-2      $ U-238
    8016.37c 4.725e-2       $ H
c
c   Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2      $ Al
c
c   water(300k)
m3  1001.37c 6.676e-2      $ H
    8016.37c 3.338e-2      $ O

```

```
mt3    lwtr.01t
c
c    air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4    1001.37c -0.001
      6012.37c -0.0126
      7014.37c -75.5
      8016.37c -23.2
m235  92235.37c 1
c
c    default energy bins; hansen-roach structure
e0    1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c    tallies
fc5    Detector C
fc25   Detector A
f5:n   4.890 16.626 7.4 0.31
      4.890 16.626 22.4 0.31
      4.890 16.626 37.4 0.31
      4.890 16.626 52.4 0.31
      4.890 16.626 67.4 0.31
      4.890 16.626 82.4 0.31
      4.890 16.626 97.4 0.31
f25:n  28.362 16.626 7.4 0.31
      28.362 16.626 22.4 0.31
      28.362 16.626 37.4 0.31
      28.362 16.626 52.4 0.31
      28.362 16.626 67.4 0.31
      28.362 16.626 82.4 0.31
      28.362 16.626 97.4 0.31
fm5    ( 1.0 235 (-6) )
fm25   ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef   erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1    -3 1.025 2.926
c
prdmp j 50000 1 3
c
nps    200000
c
print -100 -175
```

```

file name=cr2-04
c      single 17* 17 - 7* 7
c      critical water level 100.0(cm)
c      lattice pitch    1.956(cm);U(2.6)02
c      reflect water   30.000(cm)
c
c      cellcards
c
1  1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2  2 5.587000e-2      7     -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3  3 1.001400e-1      8      10     -11      imp:n=1 u=1
4  4 -0.0012      8      11     -12      imp:n=1 u=1
5  0      1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $6
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $7
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $8
      1 1 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 1 1 $9
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $10
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $11
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $12
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $13
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $14
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $15
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $16
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 $17
      0      21     -22     23     -24     25     -26      imp:n=1      fill=2
      3 1.001400e-1 #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
      4 -0.0012 #6 #7 -9 imp:n=1
      4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
      like 2 but      imp:n=1 u=3
      like 3 but      imp:n=1 u=3
      like 4 but      imp:n=1 u=3
      3 1.001400e-1      10     -11      imp:n=1 u=4
      4 -0.0012      11     -12      imp:n=1 u=4
      3 1.001400e-1      -7      10     -11      imp:n=1 u=5
      4 -0.0012      -7      11     -12      imp:n=1 u=5
      like 2 but      imp:n=1 u=5
      like 3 but      imp:n=1 u=5
      like 4 but      imp:n=1 u=5
      0      9      imp:n=0
c
c      surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c      parallelpiped
1  px    0.00000
2  px    1.95600
3  py    0.00000

```

```

4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c
c   outer world
9   s     16.626 16.626 72.075 150.0
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz    0.0
11  pz    100.000
12  pz    144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px    0.00001
22  px    33.25199
23  py    0.00001
24  py    33.25199
25  pz    0.00001
26  pz    144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px    -29.99999
32  px    63.25199
33  py    -29.99999
34  py    63.25199
35  pz    -29.99999
36  pz    99.99999
c
c   data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c   material cards
c
c   U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c   Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c   water(300k)

```

```

m3    1001.37c 6.676e-2      $ H
      8016.37c 3.338e-2      $ O
mt3    lwtr.01t
c
c    air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4    1001.37c -0.001
      6012.37c -0.0126
      7014.37c -75.5
      8016.37c -23.2
m235  92235.37c 1
c
c    default energy bins; hansen-roach structure
e0    1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c    tallies
fc5    Detector C
fc25   Detector A
f5:n   4.890 16.626 7.4 0.31
      4.890 16.626 22.4 0.31
      4.890 16.626 37.4 0.31
      4.890 16.626 52.4 0.31
      4.890 16.626 67.4 0.31
      4.890 16.626 82.4 0.31
      4.890 16.626 97.4 0.31
f25:n  28.362 16.626 7.4 0.31
      28.362 16.626 22.4 0.31
      28.362 16.626 37.4 0.31
      28.362 16.626 52.4 0.31
      28.362 16.626 67.4 0.31
      28.362 16.626 82.4 0.31
      28.362 16.626 97.4 0.31
fm5    ( 1.0 235 (-6) )
fm25   ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef   erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1    -3 1.025 2.926
c
prdmp  20000 20000 1 3
c
nps    200000
c
print -100 -175

```

```

file name=cr2-06
c   single 17* 17 - 12* 12
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water  30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7   -8  10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8   10  -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11  -12      imp:n=1 u=1
5   0      1   -2  3   -4  5   -6  imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0  0:0
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $1
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $2
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $3
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $4
      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 $5
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $6
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $7
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $8
      1 1 3 1 1 4 4 4 5 4 4 4 4 4 3 4 4 $9
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $10
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $11
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $12
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $13
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $14
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $15
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $16
      1 1 1 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 $17
      21 -22 23 -24 25 -26  imp:n=1      fill=2
6   0      21 -22 23 -24 25 -26  imp:n=1
7   3 1.001400e-1  #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012  #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like 2 but      imp:n=1 u=3
11  like 3 but      imp:n=1 u=3
12  like 4 but      imp:n=1 u=3
13  3 1.001400e-1      10  -11      imp:n=1 u=4
14  4 -0.0012      11  -12      imp:n=1 u=4
15  3 1.001400e-1      -7      10      -11      imp:n=1 u=5
16  4 -0.0012      -7      11      -12      imp:n=1 u=5
17  like 2 but      imp:n=1 u=5
18  like 3 but      imp:n=1 u=5
19  like 4 but      imp:n=1 u=5
20  0      9      imp:n=0
      9
c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000

```

```

4   py    1.95600
5   pz    0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c
c   outer world
9   s    16.626 16.626 72.075 150.0
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz   0.0
11  pz 100.000
12  pz 144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px   0.00001
22  px   33.25199
23  py   0.00001
24  py   33.25199
25  pz   0.00001
26  pz   144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px   -29.99999
32  px   63.25199
33  py   -29.99999
34  py   63.25199
35  pz   -29.99999
36  pz   99.99999
c
c
c   data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c   material cards
c
c   U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4      $ U-235
    92238.37c 2.255e-2      $ U-238
    8016.37c 4.725e-2      $ H
c
c   Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2      $ Al
c
c   water(300K)

```

```

m3      1001.37c 6.676e-2          $ H
       8016.37c 3.338e-2          $ O
mt3     lwtr.01t
c
c      air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4      1001.37c -0.001
       6012.37c -0.0126
       7014.37c -75.5
       8016.37c -23.2
m235    92235.37c 1
c
c      default energy bins; hansen-roach structure
e0      1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
       1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c      tallies
fc5     Detector C
fc25    Detector A
f5:n    4.890 16.626 7.4 0.31
       4.890 16.626 22.4 0.31
       4.890 16.626 37.4 0.31
       4.890 16.626 52.4 0.31
       4.890 16.626 67.4 0.31
       4.890 16.626 82.4 0.31
       4.890 16.626 97.4 0.31
f25:n   28.362 16.626 7.4 0.31
       28.362 16.626 22.4 0.31
       28.362 16.626 37.4 0.31
       28.362 16.626 52.4 0.31
       28.362 16.626 67.4 0.31
       28.362 16.626 82.4 0.31
       28.362 16.626 97.4 0.31
fm5     ( 1.0 235 (-6) )
fm25    ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef   erg=d1 pos=16.626 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1    -3 1.025 2.926
c
prdmp  20000 20000 1 3
c
nps    200000
c
print -100 -175

```

```

file name=cr3-10
c   single 17* 17 : 142 fuel rods
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)O2
c   reflect water  30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7     -8      10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8      10     -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11     -12      imp:n=1 u=1
5   0      1     -2      3     -4      5     -6      imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0 0:0
      1 4 4 1 1 4 4 1 4 4 1 1 4 1 4 4 $1
      4 1 1 4 4 1 4 1 1 1 4 1 4 4 1 1 $2
      4 1 1 4 4 4 4 1 1 4 1 4 1 4 1 1 $3
      1 4 1 4 1 1 1 4 4 4 1 1 4 4 1 4 $4
      4 1 1 4 1 4 1 4 4 1 4 4 4 1 4 1 $5
      4 1 4 1 4 1 1 4 1 4 1 1 1 4 4 4 $6
      1 4 4 1 4 1 4 1 1 4 1 1 1 4 1 4 $7
      4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 4 1 4 4 $8
      4 1 3 4 1 4 1 4 5 4 1 1 4 4 3 4 1 $9
      1 4 4 1 4 1 4 1 4 4 1 1 4 4 1 4 $10
      4 1 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 1 $11
      1 4 1 4 4 1 1 4 1 1 1 4 1 4 1 4 $12
      1 4 4 1 4 1 4 1 4 4 4 4 1 1 4 4 $13
      4 1 4 1 4 4 1 1 4 4 1 1 4 4 1 4 $14
      4 1 4 1 1 1 4 4 1 1 4 4 1 1 4 1 $15
      1 4 4 1 1 1 4 1 4 1 1 4 1 4 1 4 $16
      4 1 1 4 4 1 1 4 4 4 1 1 4 4 1 4 $17
6   0      21     -22     23     -24     25     -26      imp:n=1      fill=2
7   3 1.001400e-1      #6 (31 -32 33 -34 35 -36) imp:n=1
8   4 -0.0012      #6 #7 -9      imp:n=1
9   4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
10  like 2 but
11  like 3 but
12  like 4 but
13  3 1.001400e-1      10     -11      imp:n=1 u=4
14  4 -0.0012      11     -12      imp:n=1 u=4
15  3 1.001400e-1      -7      10     -11      imp:n=1 u=5
16  4 -0.0012      -7      11     -12      imp:n=1 u=5
17  like 2 but
18  like 3 but
19  like 4 but
20  0      9      imp:n=0

c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000

```

```

4   py     1.95600
5   pz     0.00000
6   pz    144.15000
c
c
c   cylinder
c
7   c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8   c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c
c   outer world
9   s     16.626 16.626 72.075 150.0
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10  pz   0.0
11  pz 100.000
12  pz 144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21  px   0.00001
22  px  33.25199
23  py   0.00001
24  py  33.25199
25  pz   0.00001
26  pz  144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31  px  -29.99999
32  px  63.25199
33  py  -29.99999
34  py  63.25199
35  pz  -29.99999
36  pz  99.99999
c

c
c   data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c   material cards
c
c   U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c   Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c   water(300k)

```

```
m3    1001.37c 6.676e-2      $ H
      8016.37c 3.338e-2      $ O
mt3   lwtr.01t
c
c    air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4    1001.37c -0.001
      6012.37c -0.0126
      7014.37c -75.5
      8016.37c -23.2
m235  92235.37c 1
c
c    default energy bins; hansen-roach structure
e0    1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c    tallies
fc5   Detector C
fc25  Detector A
f5:n   4.890 16.626 12.4 0.31
      4.890 16.626 32.4 0.31
      4.890 16.626 52.4 0.31
      4.890 16.626 72.4 0.31
      4.890 16.626 92.4 0.31
f25:n  28.362 16.626 12.4 0.31
      28.362 16.626 32.4 0.31
      28.362 16.626 52.4 0.31
      28.362 16.626 72.4 0.31
      28.362 16.626 92.4 0.31
fm5   ( 1.0 235 (-6) )
fm25  ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef  erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1   -3 1.025 2.926
c
prdmp j 50000 1 3
c
nps   200000
c
print -100 -110 -175
```

```

file name=cr3-14
c   single 17* 17 : 80 fuel rods
c   critical water level 100.0(cm)
c   lattice pitch  1.956(cm);U(2.6)02
c   reflect water 30.000(cm)
c
c   cellcards
c
1   1 7.040860e-2      -7      10      -12      imp:n=1 u=1
2   2 5.587000e-2      7  -8  10      -12      imp:n=1 u=1
3   3 1.001400e-1      8  10  -11      imp:n=1 u=1
4   4 -0.0012      8      11  -12      imp:n=1 u=1
5   0      1  -2      3  -4      5  -6  imp:n=1 u=2 lat=1
      fill=-16:0 -16:0  0:0
      1 4 4 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 4
      4 4 1 4 4 1 4 4 1 4 4 1 4 4 1 1 4
      4 1 4 4 4 4 4 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4
      4 4 1 4 1 4 1 4 4 4 1 1 4 4 1 4 1
      4 1 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 1 4
      4 4 4 1 4 1 4 4 1 4 4 1 1 4 4 4 4
      1 4 4 4 4 4 4 1 1 4 4 1 4 4 4 1 4
      4 4 4 1 4 1 4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 4
      4 1 3 4 1 4 1 4 5 4 1 1 4 4 3 4 1
      4 4 4 1 4 4 4 4 4 4 4 1 4 4 1 4 4
      4 1 4 4 1 4 1 4 1 4 1 4 4 4 4 4 1
      1 4 4 4 4 1 1 4 1 4 1 4 4 1 4 1 4
      4 4 4 1 4 4 4 4 4 4 4 1 4 4 4 4 1
      4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 4 4
      4 1 4 4 1 4 4 4 1 4 4 1 4 1 1 4
      4 4 4 1 1 4 4 4 1 4 4 1 4 4 4 4 1
      4 1 4 4 4 4 1 4 4 4 1 4 4 1 4 4 1
      0      21  -22  23  -24  25  -26  imp:n=1      fill=2
6   3 1.001400e-1  #6 (31 -32  33 -34  35 -36) imp:n=1
7   4 -0.0012  #6 #7 -9  imp:n=1
8   4 -0.0012      -7      10      -12      imp:n=1 u=3
9   like 2 but      imp:n=1 u=3
10  like 3 but      imp:n=1 u=3
11  like 4 but      imp:n=1 u=3
12  3 1.001400e-1      10  -11      imp:n=1 u=4
13  4 -0.0012      11  -12      imp:n=1 u=4
14  3 1.001400e-1      -7      10      -11      imp:n=1 u=5
15  4 -0.0012      -7      11      -12      imp:n=1 u=5
16  like 2 but      imp:n=1 u=5
17  like 3 but      imp:n=1 u=5
18  like 4 but      imp:n=1 u=5
19  0                  9      imp:n=0
20

c
c   surface cards (origin x=0.9780 y=0.9780 z=0.0)
c   parallelpiped
1   px    0.00000
2   px    1.95600
3   py    0.00000

```

```
4    py     1.95600
5    pz     0.00000
6    pz   144.15000
c
c
c   cylinder
c
7    c/z   0.9780 0.9780 0.6250
8    c/z   0.9780 0.9780 0.7085
c
c   outer world
9    s    16.626 16.626 72.075 150.0
c
c   critical water level= 100.000(cm)
10   pz   0.0
11   pz 100.000
12   pz 144.15
c   pitch* 17=33.25200(cm)
c   (33.25200*33.25200*144.15)
c   parallelpiped
21   px   0.00001
22   px   33.25199
23   py   0.00001
24   py   33.25199
25   pz   0.00001
26   pz   144.14999
c
c   water refrect= 30.000(cm)
c   parallelpiped
31   px   -29.99999
32   px   63.25199
33   py   -29.99999
34   py   63.25199
35   pz   -29.99999
36   pz   99.99999
c
c
c   data cards
c
mode n                      $ transfort neutrons only
c
c   material cards
c
c   U(2.6)O2 pellet
m1  92235.37c 6.086e-4          $ U-235
    92238.37c 2.255e-2          $ U-238
    8016.37c 4.725e-2          $ H
c
c   Al cladding (with an air gap)
m2  13027.37c 5.587e-2          $ Al
c
c   water(300k)
```

```

m3    1001.37c 6.676e-2      $ H
      8016.37c 3.338e-2      $ O
mt3    lwtr.01t
c
c    air (0.0012 g/cm3) jaeri-m6928
m4    1001.37c -0.001
      6012.37c -0.0126
      7014.37c -75.5
      8016.37c -23.2
m235  92235.37c 1
c
c    default energy bins; hansen-roach structure
e0    1.0e-7 4.0e-7 1.0e-6 3.0e-6 1.0e-5 3.0e-5 1.0e-4 5.5e-4 3.0e-3
      1.7e-2 0.1 0.4 0.9 1.4 3.0 20.0
c
c    tallies
fc5    Detector C
fc25   Detector A
f5:n   4.890 16.626 12.4 0.31
      4.890 16.626 32.4 0.31
      4.890 16.626 52.4 0.31
      4.890 16.626 72.4 0.31
      4.890 16.626 92.4 0.31
f25:n  28.362 16.626 12.4 0.31
      28.362 16.626 32.4 0.31
      28.362 16.626 52.4 0.31
      28.362 16.626 72.4 0.31
      28.362 16.626 92.4 0.31
fm5    ( 1.0 235 (-6) )
fm25   ( 1.0 235 (-6) )
c
sdef   erg=d1 pos=42.054 16.626 50.0 wgt=1
c
sp1    -3 1.025 2.926
c
prdmp j 50000 1 3
c
nps    200000
c
print -100 -110 -175

```

付録B 中性子計数率の測定値

Table 1 Measured values of neutron count rate for 17×11 array core with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | detector A | detector B | detector C |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| -14.8 | 61 | 100 | 35 |
| -9.8 | 116 | 174 | 87 |
| -4.8 | 104 | 181 | 114 |
| 0.2 | 121 | 202 | 201 |
| 5.2 | 179 | 272 | 279 |
| 10.2 | 289 | 368 | 432 |
| 15.2 | 364 | 485 | 555 |
| 20.2 | 484 | 633 | 765 |
| 25.2 | 678 | 904 | 972 |
| 30.2 | 918 | 1136 | 1199 |
| 35.2 | 1282 | 1408 | 1527 |
| 40.2 | 1793 | 1708 | 1725 |
| 45.2 | 2401 | 1944 | 1866 |
| 50.2 | 3121 | 2108 | 2068 |
| 55.2 | 2807 | 1967 | 2091 |
| 60.2 | 2079 | 1906 | 1916 |
| 65.2 | 1501 | 1539 | 1668 |
| 70.2 | 1070 | 1301 | 1387 |
| 75.2 | 710 | 969 | 1079 |
| 80.2 | 520 | 750 | 863 |
| 85.2 | 352 | 540 | 605 |
| 90.2 | 191 | 289 | 344 |
| 95.2 | 33 | 67 | 84 |
| 100.2 | 13 | 22 | 13 |
| 105.2 | 6 | 9 | 14 |

Table 2 Measured values of neutron count rate for 17×5 array core
with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | detector A | detector B | detector C |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| -3.4 | 45 | 52 | 6 |
| 1.6 | 53 | 124 | 13 |
| 6.6 | 100 | 219 | 37 |
| 11.6 | 160 | 375 | 55 |
| 16.6 | 259 | 707 | 76 |
| 21.6 | 476 | 1180 | 132 |
| 26.6 | 780 | 1854 | 212 |
| 31.6 | 1497 | 2986 | 303 |
| 36.6 | 2606 | 4787 | 431 |
| 41.6 | 4780 | 6532 | 538 |
| 46.6 | 7283 | 8119 | 610 |
| 51.6 | 7328 | 8350 | 626 |
| 56.6 | 4892 | 7298 | 603 |
| 61.6 | 2768 | 5349 | 488 |
| 66.6 | 1662 | 3558 | 351 |
| 71.6 | 864 | 2233 | 229 |
| 76.6 | 478 | 1430 | 160 |
| 81.6 | 283 | 824 | 113 |
| 86.6 | 166 | 467 | 61 |
| 91.6 | 85 | 296 | 45 |
| 96.6 | 32 | 97 | 19 |

Table 3 Measured values of neutron count rate for 17×5 array core
with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | detector A | detector B | detector C |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| -9.1 | 12651 | 4618 | 322 |
| -4.1 | 7105 | 5683 | 383 |
| 0.9 | 3989 | 5268 | 427 |
| 5.9 | 2326 | 4025 | 310 |
| 10.9 | 1335 | 2897 | 226 |
| 15.9 | 753 | 1843 | 157 |
| 20.9 | 405 | 1132 | 102 |
| 25.9 | 208 | 706 | 86 |
| 30.9 | 119 | 451 | 39 |
| 35.9 | 89 | 254 | 28 |
| 40.9 | 49 | 141 | 15 |
| 45.9 | 36 | 72 | 15 |
| 50.9 | 13 | 46 | 7 |
| 55.9 | 9 | 31 | 5 |
| 60.9 | 3 | 19 | 2 |

Table 4 Measured values of neutron count rate for $17 \times 17(C)$ array core
with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | Detector A |
|------------------------------|------------|
| -9.1 | 4640 |
| -4.1 | 7294 |
| 0.9 | 6874 |
| 5.9 | 7151 |
| 10.9 | 9661 |
| 15.9 | 12494 |
| 20.9 | 14826 |
| 25.9 | 16912 |
| 30.9 | 18561 |
| 35.9 | 20433 |
| 40.9 | 21947 |
| 45.9 | 22421 |
| 50.9 | 22749 |
| 55.9 | 22011 |
| 60.9 | 21126 |
| 65.9 | 19728 |
| 70.9 | 17687 |
| 75.9 | 15691 |
| 80.9 | 13459 |
| 85.9 | 11210 |
| 90.9 | 8496 |
| 95.9 | 5309 |
| 100.9 | 1127 |

Table 5 Measured values of neutron count rate for $17 \times 17 - 12 \times 12$ array core with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | detector A | detector C |
|------------------------------|------------|------------|
| -9.1 | 53 | 14 |
| -4.1 | 67 | 34 |
| 0.9 | 78 | 70 |
| 5.9 | 98 | 111 |
| 10.9 | 134 | 182 |
| 15.9 | 259 | 328 |
| 20.9 | 352 | 526 |
| 25.9 | 511 | 885 |
| 30.9 | 851 | 1549 |
| 35.9 | 1360 | 2809 |
| 40.9 | 2103 | 5244 |
| 45.9 | 2856 | 8700 |
| 50.9 | 3232 | 11167 |
| 55.9 | 2723 | 9315 |
| 60.9 | 1949 | 5990 |
| 65.9 | 1257 | 3263 |
| 70.9 | 815 | 1764 |
| 75.9 | 490 | 1060 |
| 80.9 | 300 | 609 |
| 85.9 | 183 | 381 |
| 90.9 | 132 | 230 |
| 95.9 | 69 | 110 |
| 100.9 | 6 | 38 |
| 105.9 | 3 | 1 |
| 110.9 | 4 | 3 |

Table 6 Measured values of neutron count rate for $17 \times 17 - 7 \times 7$ array core with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | detector A | detector C |
|------------------------------|------------|------------|
| -9.1 | 1400 | 1267 |
| -4.1 | 2241 | 2283 |
| 0.9 | 2010 | 2418 |
| 5.9 | 2336 | 2410 |
| 10.9 | 3219 | 3337 |
| 15.9 | 4234 | 4511 |
| 20.9 | 5557 | 5775 |
| 25.9 | 7039 | 7163 |
| 30.9 | 8555 | 8901 |
| 35.9 | 9862 | 10873 |
| 40.9 | 11901 | 13164 |
| 45.9 | 13061 | 14786 |
| 50.9 | 13796 | 15601 |
| 55.9 | 12794 | 14423 |
| 60.9 | 10797 | 12521 |
| 65.9 | 9438 | 10394 |
| 70.9 | 7494 | 8447 |
| 75.9 | 6385 | 6903 |
| 80.9 | 5115 | 5432 |
| 85.9 | 3780 | 4310 |
| 90.9 | 2727 | 3025 |
| 95.9 | 1679 | 1910 |
| 100.9 | 263 | 472 |
| 105.9 | 97 | 135 |
| 110.9 | 33 | 59 |

Table 7 Measured values of neutron count rate for $17 \times 17 - \alpha$ array core with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | Detector A |
|------------------------------|------------|
| -9.1 | 261 |
| -4.1 | 465 |
| 0.9 | 678 |
| 5.9 | 1012 |
| 10.9 | 1476 |
| 15.9 | 2038 |
| 20.9 | 2940 |
| 25.9 | 3915 |
| 30.9 | 5103 |
| 35.9 | 6543 |
| 40.9 | 8212 |
| 45.9 | 9273 |
| 50.9 | 8782 |
| 55.9 | 7203 |
| 60.9 | 5605 |
| 65.9 | 4196 |
| 70.9 | 3257 |
| 75.9 | 2408 |
| 80.9 | 1782 |
| 85.9 | 1323 |
| 90.9 | 843 |
| 95.9 | 459 |

Table 8 Measured values of neutron count rate for $17 \times 17 - \beta$ array core with water level 100 cm and neutron source position 50.0 cm.

| Distance from core bottom | Detector A |
|------------------------------|------------|
| -9.1 | 62 |
| -4.1 | 114 |
| 0.9 | 211 |
| 5.9 | 334 |
| 10.9 | 591 |
| 15.9 | 922 |
| 20.9 | 1577 |
| 25.9 | 2561 |
| 30.9 | 4095 |
| 35.9 | 6522 |
| 40.9 | 9130 |
| 45.9 | 11036 |
| 50.9 | 10154 |
| 55.9 | 7378 |
| 60.9 | 4876 |
| 65.9 | 2994 |
| 70.9 | 1883 |
| 75.9 | 1151 |
| 80.9 | 699 |
| 85.9 | 444 |
| 90.9 | 260 |
| 95.9 | 128 |
| 100.9 | 13 |
| 105.9 | |
| 110.9 | |