

JAERI-M
4 5 8 8

1 群拡散理論に基づく高速炉の燃焼解析の検討

1971 年 9 月

吉田 弘幸, 田坂 完二

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

1群拡散理論に基づく高速炉の燃焼解析の検討

日本原子力研究所動力炉開発管理室

吉田弘幸，田坂完二

(1971年9月受理)

要 旨 本論文は1群拡散理論を用いて，高速炉の燃焼特性である実効増倍率，出力分布，原子数密度を解析し，その妥当性を検討したものである。その結果次の結論を得た。

- (1) 1群拡散方程式の定数となる1群炉定数は燃焼状態によってかなり変動する。
- (2) しかし，高速炉の燃焼特性（出力分布，原子数密度）は処女状態の1群炉定数で充分推定可能であるが，輸送1群炉定数 $\langle\sigma_{tr}\rangle$ の平均化に考慮をはらう必要がある。
- (3) 実効増倍率は処女状態で定義された反応率一定による1群炉定数のみでは不十分で，摂動論的物質価値を表わす1群炉定数を新めて定義すれば，十分な精度で推定可能となる。

したがって，処女状態で定義した1群炉定数を用いた1群拡散理論に基づく高速炉の燃焼解析は可能である。

また，1群炉定数の燃焼による変化を近似的に，原子数密度変化と処女状態で定義した1群炉定数とであらわす方法についても検討した。

Applicability of One-group Diffusion Theory for Analysis
of Burn-up Characteristics of the Fast Reactor

Hiroyuki YOSHIDA, Kanji TASAKA

Office of Power Reactor Projects, JAERI

(Received Sept. 1971)

Burnup characteristics of a fast reactor, i.e. variations of the effective multiplication factor, power distribution and atomic number densities, were analysed using one-group diffusion theory. The applicability of one-group diffusion theory for burnup analysis of the fast reactor was studied by comparing with the multigroup diffusion theory. The following were concluded.

- (1) One-group reactor constants, used in the one-group diffusion equation, vary considerably with the burnup.
- (2) The variations of power distribution and atomic number densities can be estimated with high accuracy, with one-group reactor constants in virgin state.
- (3) The variation of effective multiplication factor cannot be estimated by one-group reactor constants based on the ordinary definition, but can be estimated accurately with one-group reactor constants based on the perturbation theory.

It was found that various burnup characteristics of the fast reactor can be known by the burnup analysis based on one-group diffusion theory with one-group reactor constants in virgin state.

In addition, the approximate method was developed of representing the burnup-dependent one-group reactor constants; and the calculational results were examined.

目 次

1. 序 論	1
2. 燃焼方程式と1群炉定数	1
3. 1群炉定数の燃焼に伴う変化	5
3.1 計算体系と計算方法	5
3.2 1群炉定数の変化	6
4. 処女状態の1群炉定数による燃焼特性	20
4.1 実効増倍率 (K_{eff})	20
4.2 原子数密度と燃焼度, 増殖利益	20
4.3 出力および中性子束分布	23
5. 処女状態1群炉定数の定義と燃焼特性	29
5.1 処女状態の炉特性	29
5.2 燃焼状態の炉特性	31
5.3 反応度変化への一次摂動論の適用	33
6. 1群炉定数の時間依存性の近似的考慮	36
6.1 近似法—1	36
6.2 近似法—2	40
7. 結 論	47
参考文献	47

1. 序 論

大型高速系の経済性および安全性を問題とする時、炉の処女状態のみでなく、燃焼状態をも含めた核的、熱的、構造的検討が必要である。熱および構造に関する検討は核的燃焼解析から得られる出力分布、中性子照射量をバック・データとすることを考えると、核的な燃焼解析が原子炉系の解析において重要な位置をしめることになる。

高速炉の燃焼に關与する領域として炉心、軸および径方向ブランケットがあり、加えて燃焼に伴なり各領域の中性子スペクトル変化が系の種々核的特性に大きな影響を与えるものと仮定すると、高速炉の燃焼解析は少なくとも2次元体系、しかもエネルギー的には多群近似を用いたものとなる。この結果、平衡状態を含めた燃焼時の炉特性を追跡するためには多大の計算機使用時間を要することになる。このことは、各燃焼時点において多群2次元拡散計算を施しているところに原因があり、燃焼特性を望む精度内で得、しかも計算機使用時間を大巾に短縮するためには、(1)拡散計算に変わる中性子場の計算方法(中性子束合成法を含む)を考えると、(2)多群を少数群にする方法を考えること、(3)(1)と(2)を結合すること、等が考えられる。

この論文は、手初めとして(2)の少数群化することによる問題点を摘出することを目的とするが、多群炉定数(多群断面積セット)を少数群炉定数に縮約する場合に、少数群の群構造に任意性があり、一義的に最適な少数群々構造を決定できない。したがって、我々は多群炉定数を1群炉定数に縮約することを考え、この縮約が高速炉の燃焼特性の実効増倍率(K_{eff})、出力分布および原子数密度(燃焼度)にどの程度の影響を与えるかを検討し、1群拡散理論を用いた燃焼解析が可能であるかどうかを検討した。

2. 燃 焼方程式と 1 群炉定数

原子炉の燃焼解析は、中性子場を記述する拡散方程式と燃焼核種の場合を記述する劣化方程式からなる。所謂燃焼方程式を用いて行なわれのが普通である。一般に、燃焼方程式が線形化されていることを考慮すると、多群表示の拡散方程式は、時間依存の実効増倍率 $K_{eff}(t)$ を用いることで、

$$\nabla \cdot D_i(\underline{x}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}, t) - \Sigma_i(\underline{x}, t) \varphi_i(\underline{x}, t) + \sum_{j=1}^{i-1} \Sigma_{j \rightarrow i}(\underline{x}, t) \varphi_j(\underline{x}, t) + \frac{\chi_i}{K_{eff}(t)} \cdot \sum_{j=1}^n \nu \Sigma_{f,j}(\underline{x}, t) \varphi_j(\underline{x}, t) = 0 \quad (1)$$

および

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} D_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} D_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \quad (2)$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

と記述される。

1 序 論

大型高速系の経済性及び安全性を問題とする時、炉の処女状態のみでなく、燃焼状態をも含めた核的、熱的、構造的検討が必要である。熱および構造に関する検討は核的燃焼解析から得られる出力分布、中性子照射量をバック・データとすることを考えると、核的な燃焼解析が原子炉系の解析において重要な位置をしめることになる。

高速炉の燃焼に關与する領域として炉心、軸および径方向ブランケットがあり、加えて燃焼に伴う各領域の中性子スペクトル変化が系の種々核的特性に大きな影響を与えるものと仮定すると、高速炉の燃焼解析は少なくとも2次元体系、しかもエネルギー的には多群近似を用いたものとなる。この結果、平衡状態を含めた燃焼時の炉特性を追跡するためには多大の計算機使用時間を要することになる。このことは、各燃焼時点において多群2次元拡散計算を施しているところに原因があり、燃焼特性を望む精度内で得、しかも計算機使用時間を大巾に短縮するためには、(1)拡散計算に変わる中性子場の計算方法(中性子束合成法を含む)を考慮すること、(2)多群を少数群にする方法を考慮すること、(3)(1)と(2)を結合すること、等が考えられる。

この論文は、手初めとして(2)の少数群化することによる問題点を摘出することを目的とするが、多群炉定数(多群断面積セット)を少数群炉定数に縮約する場合に、少数群の群構造に任意性があり、一義的に最適な少数群々構造を決定できない。したがって、我々は多群炉定数を1群炉定数に縮約することを考え、この縮約が高速炉の燃焼特性の実効増倍率(K_{eff})、出力分布および原子数密度(燃焼度)にどの程度の影響を与えるかを検討し、1群拡散理論を用いた燃焼解析が可能であるかどうかを検討した。

2. 燃 焼方程式と 1 群炉定数

原子炉の燃焼解析は、中性子場を記述する拡散方程式と燃焼核種の場合を記述する劣化方程式からなる。所謂燃焼方程式を用いて行なわれのが普通である。一般に、燃焼方程式が線形化されていることを考慮すると、多群表示の拡散方程式は、時間依存の実効増倍率 $K_{eff}(t)$ を用いることで、

$$\nabla \cdot D_i(\underline{x}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}, t) - \Sigma_i(\underline{x}, t) \varphi_i(\underline{x}, t) + \sum_{j=1}^{i-1} \Sigma_{j \rightarrow i}(\underline{x}, t) \varphi_j(\underline{x}, t) + \frac{\chi_i}{K_{eff}(t)} \cdot \sum_{j=1}^n \nu \Sigma_{f,j}(\underline{x}, t) \varphi_j(\underline{x}, t) = 0 \quad (1)$$

および

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} D_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} D_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \nabla \varphi_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \quad (2)$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi_i(\underline{x}-\underline{\delta}, t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi_i(\underline{x}+\underline{\delta}, t) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

と記述される。

一方、劣化方程式は、燃焼核種の時間変化は高速炉系において適当な領域平均量で充分であることを考慮すれば、 $^{238}\text{U}-\text{Pu}, \text{F.P. burnup chain}$ に対して、 $t_\ell \leq t \leq t_{\ell+1}$ ($\ell=0, 1, \dots$) において

$$\frac{dN_p^m(t)}{dt} + Z_{a,p}^m(t_\ell) \cdot N_p^m(t) = Z_{c,p}^{m-1}(t_\ell) N_p^{m-1}(t) \quad (4)$$

$$\frac{dN_p^5(t)}{dt} = \sum_{m=0}^4 N_p^m(t) \cdot Z_{f,p}^m(t_\ell) \quad (5)$$

である。ここで

$$Z_{x,p}^m(t_\ell) = \frac{1}{V_p} \sum_{i=1}^n \int_{V_p} d\mathbf{x} \sigma_{x,i}^{m,p}(t_\ell) \varphi_i(\mathbf{x}, t_\ell) \quad (6)$$

$x = a$; 吸収, $x = c$; 中性子捕獲, $x = f$; 核分裂を表わす。また、中性子束の規格化は原子炉出力が時間に関して不変であるとするのがもっとも現実的であるので、

$$\sum_{i=1}^n \int_{\text{Reactor}} \Sigma_{f,i}(\mathbf{x}, t) \varphi_i(\mathbf{x}, t) d\mathbf{x} = \text{const.} \quad (7)$$

を満足する。

V_p ; p -領域の体積

$m=0$; ^{238}U , $=1$; ^{239}Pu , $=2$; ^{240}Pu

$=3$; ^{241}Pu , $=4$; ^{242}Pu , $=5$; F.P.

N_p^m ; p -領域の m 核種の平均原子数

$\sigma_{x,i}^{m,p}$; p -領域, m 核種, i 群の x -反応炉定数

劣化方程式中の燃焼核の微視的群炉定数と中性子束は、 $t_\ell \leq t \leq t_{\ell+1}$ において不変というモデル化が施されているので、(1)~(3)の拡散方程式は t_ℓ ($\ell=0, 1, \dots$) の離散的時点て解かれることになる。

(1), (2), (6)の巨視的群炉定数 $\Sigma_{x,i}$ は(4), (5)を考慮すれば領域平均量となり、 $\mathbf{x} \in V_p$ において

$$\Sigma_{x,i}(\mathbf{x}, t) \simeq \sum_{m=0}^5 N_p^m(t) \sigma_{x,i}^{m,p}(t) + \sum_{m'} N_p^{m'}(t_0) \cdot \sigma_{x,i}^{m',p}(t_0) \quad (8)$$

となる。 m' は構造材、冷却材等の非燃焼核を表示する。微視的群炉定数 $\sigma_{x,i}^{m,p}$ が時間依存量であることは自己遮蔽因子の燃焼依存性を考慮している結果である。

1 群炉定数が単位核種の反応率を保存する平均量であるとする(4), (5)の $Z_{x,p}^m(t_\ell)$ は、

$$Z_{x,p}^m(t_\ell) = \langle \sigma_x^m \rangle_{t_\ell}^p \cdot \phi_p(t_\ell). \quad (9)$$

$$\phi_p(t_\ell) = \frac{1}{V_p} \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \varphi_i(\mathbf{x}, t_\ell) d\mathbf{x} \quad (10)$$

$$\langle \sigma_x^m \rangle_{t_\ell}^p = \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \sigma_{x,i}^{m,p}(\mathbf{x}, t_\ell) \varphi_i(\mathbf{x}, t_\ell) d\mathbf{x} / V_p \cdot \phi_p(t_\ell) \quad (11)$$

となる。

原子数の時間依存性を精度よくみるためには、1群炉定数と平均中性子束をそれぞれ精度よく計算できればもっとも良いわけであるが、1群炉定数と平均中性子束の積である反応率が精度よく計算できれば充分であることに注意されたい。

次に出力分布と1群炉定数の関係を調べてみよう。

出力分布 $p(\underline{x}, t)$ は

$$p(\underline{x}, t) = \sum_{m=0}^4 N_p^m(t) \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{f,i}^{m,p}(t_\ell) \varphi_i(\underline{x}, t_\ell)$$

$$\underline{x} \in V_p : p=1, 2, \dots$$

で定義されている。上式において、反射体として B_0 その他の反射効率のよい物質と炉心が隣接していない状態を考え、1つの領域の中で中性子スペクトルが空間的に大きく変わらないように領域分割を施すと仮定し、加えて高速炉系の核分裂断面積が中性子スペクトルに対してなだらかであることを考慮すれば、

$$p(\underline{x}, t) \cong \sum_{m=0}^4 N_p^m(t) \langle \sigma_f^m \rangle_{t_\ell}^p \cdot \phi(\underline{x}, t_\ell) \quad (12)$$

$$\phi(\underline{x}, t_\ell) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(\underline{x}, t) \quad (13)$$

で近似することが可能である。

このように、原子数密度、出力分布は各燃焼時点て定義される領域平均の1群炉定数と1群中性子束であらわされることがわかった。しかし、これらの1群量は拡散方程式を解くことで得られるものである。

次に、多群と1群拡散方程式の関係を調べてみよう。多群拡散方程式を領域平均の巨視的群定数を用いて書くと、

$$D_i^p(t_\ell) \nabla^2 \varphi_i(\underline{x}, t_\ell) - \sum_{i=1}^p (t_\ell) \varphi_i(\underline{x}, t_\ell) + \sum_{j=1}^{i-1} \Sigma_{j \rightarrow i}^p(t_\ell) \varphi_j(\underline{x}, t_\ell) + \frac{\chi_i}{K_{\text{eff}}(t_\ell)} \sum_{j=1}^n \nu \Sigma_{f,j}^p(t_\ell) \varphi_j(\underline{x}, t_\ell) = 0 \quad (1)'$$

$$D_i^p(t_\ell) \nabla \varphi_i(\underline{x}_p, t_\ell) = D_i^{p'}(t_\ell) \nabla \varphi_i(\underline{x}_p, t_\ell) \quad (2)'$$

となる。(2)'の p' は p に隣接する領域、 $\underline{x}_p$ は p -領域の境界を示すものとする。

(1)', (2)', (3) に対応する1群拡散方程式は

$$\langle D \rangle_{t_\ell}^p \nabla^2 \phi(\underline{x}, t_\ell) - \langle \Sigma_a \rangle_{t_\ell}^p \phi(\underline{x}, t_\ell) + \frac{1}{K_{\text{eff}}(t_\ell)} \langle \nu \Sigma_f \rangle_{t_\ell}^p \phi(\underline{x}, t_\ell) = 0 \quad (14)$$

$$\langle D \rangle_{t_\ell}^p \nabla \phi(\underline{x}_p, t_\ell) = \langle D \rangle_{t_\ell}^{p'} \nabla \phi(\underline{x}_p, t_\ell) \quad (15)$$

$$\phi(\underline{x}, t_\ell) = \text{continuous} \quad (16)$$

である。ただし、(1)', (14)式において $(n, 2n)$ 反応は無視した。

多群炉定数と1群炉定数の間の関係は(1)'を p -領域で積分し、エネルギー群について全部加え合わせ(14)の各項と対応させることによって

$$\langle \Sigma_a \rangle_{t_\ell}^p = \sum_{i=1}^n \Sigma_{a,i}^p(t_\ell) \int_{V_p} \varphi_i(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} / \int_{V_p} \phi(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} \quad (17)$$

$$\langle \nu \Sigma_f \rangle_{t_\ell}^p = \sum_{i=1}^n \nu \Sigma_{f,i}^p(t_\ell) \int_{V_p} \phi_i(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} / \int_{V_p} \phi(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} \quad (18)$$

および

$$\langle D \rangle_{t_\ell}^p = \sum_{i=1}^n D_i^p(t_\ell) \int_{V_p} \nabla^2 \varphi_i(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} / \int_{V_p} \nabla^2 \phi(\underline{x}, t_\ell) d\underline{x} \quad (19)$$

が得られる。 $\phi(\underline{x}, t)$ は(13)によって $\varphi_i(\underline{x}, t)$ と関係づけられている。(17), (18)は物理的考察から(11)の形と関係づけることは容易である。一方(19)の拡散係数は各核種の輸送群炉定数と関係していること、及び重み関数が $\nabla^2 \varphi_i(\underline{x}, t)$ であることで(11)の形と関係づけることが困難である。

今、(11)の形で輸送群定数 ($\sigma_{tr,i}^{m,p}$, $\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p$) を定義すると、

$$D_i^p = \frac{1}{3} \left(\sum_{m=0}^4 N_p^m \cdot \sigma_{tr,i}^{m,p} + \sum_{m'} N_p^{m'} \sigma_{tr,i}^{m',p} \right)^{-1} \quad (20)$$

$$\langle D \rangle^p = \frac{1}{3} \left(\sum_{m=0}^4 N_p^m \langle \sigma_{tr}^m \rangle^p + \sum_{m'} N_p^{m'} \langle \sigma_{tr}^{m'} \rangle^p \right)^{-1} \quad (21)$$

となる。内題は $\sigma_{tr,i}^{m,p}$ と $\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p$ を関係づけることである。しかし、現段階においては(19)と(2)式を同時に満足する $\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p$ の求め方は一義的でない。したがって、現在種々の $\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p$ の求め方の提案は、領域内において中性子束がエネルギーと空間に関して変数分離形とみてさしつかえないような領域の大きさを指定し、その中で、拡散係数と輸送群定数の対応づけを考える方法が支配的である。その方法をあげると

$$\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p = \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \sigma_{tr,i}^{m,p} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} / \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} \quad (22)$$

$$\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p = \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} / \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \frac{1}{\sigma_{tr,i}^{m,p}} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} \quad (23)$$

$$\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p = \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \frac{\sigma_{tr,i}^{m,p}}{\sum_{tr,i}^p} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} / \sum_{i=1}^n \int_{V_p} \frac{1}{\sum_{tr,i}^p} \varphi_i(\underline{x}) d\underline{x} \quad (24)$$

等であり、それぞれについて種々の検討が加えられている。

このようにして拡散方程式の縮約をみると、拡散項を除く各項はある領域での全反応率が一定となるような平均でも、その領域内の中性子束分布は多群計算の場合と大きな差は生じないと予想される。一方、拡散項の縮約は、境界条件に影響を与えることから、特に、組成の大巾に異なる領域間の中性子束分布に大きな影響を及ぼすことが予想され、固有値 (K_{eff})、固有関数 ($\varphi_i(\underline{x})$ 又は $\phi(\underline{x})$) が特に中性子流れの境界条件に支配されることを考慮すると、領域の選定に注意をする必要がある。

したがって、1群拡散理論に基く燃焼特性解析を実施するために以下の問題点がある。

(1) 燃焼方程式中の劣化方程式に含まれる1群炉定数は領域平均の反応率が一定となる平均化をとる必要があり、この平均は拡散方程式と対応してとる必要がある。したがって、多群と1群計算ができるかぎり一致する結果をうるためには、特に拡散項の縮約を検討する必要がある。

(2) 1群炉定数は時間依存量であるが、この時間依存性をあくまでも処女状態において定義し、適当なスペクトル・インデックス的なものを因子としなければ、1群拡散理論を用いて燃焼解析をする意義がなくなる。

3. 1群炉定数の燃焼に伴う変化

前章で述べたように、1群拡散理論にしたがって高速炉系の燃焼特性解析が可能であるかどうかは、主に1群炉定数の時間的変化を適切に評価できるかどうかにかかっている。この章では、この1群炉定数の変化がどの程度あり、どのような傾向をもっているかを多群拡散理論に基づく燃焼解析より(1)の形で求め検討する。

3.1 計算体系と計算方法

燃焼解析の計算体系は炉心とブランケットからなる球形2領域炉とする。燃焼特性の空間分布をみるために炉心を5、ブランケットを3分割し、Fig.1 に計算体系を、Table 1 に炉心、ブランケットの原子数密度をそれぞれ示した。この系の出力を1500MWtとする。これは炉心平均出力が約0.5MWt/ℓに相当する。

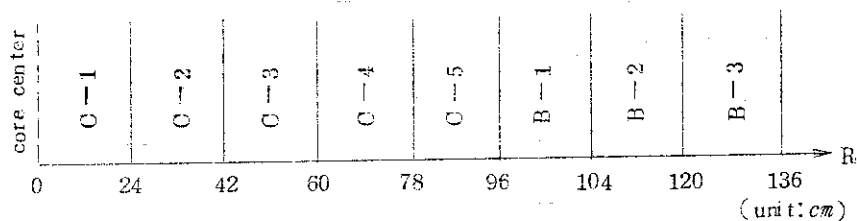


Fig. 1 One dimensional spherical model

Table 1 Number densities in each region at the virgin state

Region Nuclide	Core (C)		Blanket (B)	
^{239}Pu	9356	10^{20}	0	
^{240}Pu	2088	10^{20}	0	
^{241}Pu	0		0	
^{242}Pu	0		0	
E.P.	0		0	
^{238}U	8859	10^{21}	9972	10^{21}
O	2001	10^{22}	2001	10^{22}
Na	8740	10^{21}	8740	10^{21}
Cr	2486	10^{21}	2486	10^{21}
Fe	9003	10^{21}	9003	10^{21}
Ni	1346	10^{21}	1346	10^{21}

(unit: n/cm³)

(1) 燃焼方程式中の劣化方程式に含まれる1群炉定数は領域平均の反応率が一定となる平均化をとる必要があり、この平均は拡散方程式と対応してとる必要がある。したがって、多群と1群計算ができるかぎり一致する結果をうるためには、特に拡散項の縮約を検討する必要がある。

(2) 1群炉定数は時間依存量であるが、この時間依存性をあくまでも定常状態において定義し、適当なスペクトル・インデックス的なものを因子としなければ、1群拡散理論を用いて燃焼解析をする意義がなくなる。

3. 1群炉定数の燃焼に伴う変化

前章で述べたように、1群拡散理論にしたがって高速炉系の燃焼特性解析が可能であるかどうかは、主に1群炉定数の時間的変化を適切に評価できるかどうかにかかっている。この章では、この1群炉定数の変化がどの程度あり、どのような傾向をもっているかを多群拡散理論に基づく燃焼解析より(1)の形で求め検討する。

3.1 計算体系と計算方法

燃焼解析の計算体系は炉心とブランケットからなる球形2領域炉とする。燃焼特性の空間分布をみるために炉心を5、ブランケットを3分割し、Fig.1 に計算体系を、Table 1 に炉心、ブランケットの原子数密度をそれぞれ示した。この系の出力を1500MWt とする。これは炉心平均出力が約0.5MWt/l に相当する。

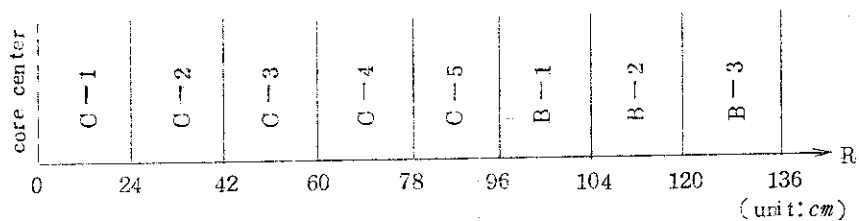


Fig.1 One dimensional spherical model

Table 1 Number densities in each region at the virgin state

Region Nuclide	Core (C)		Blanket (B)	
^{239}Pu	9356	10^{20}	0	
^{240}Pu	2088	10^{20}	0	
^{241}Pu	0		0	
^{242}Pu	0		0	
E.P.	0		0	
^{238}U	8859	10^{21}	9972	10^{21}
O	2001	10^{22}	2001	10^{22}
Na	8740	10^{21}	8740	10^{21}
Cr	2486	10^{21}	2486	10^{21}
Fe	9003	10^{21}	9003	10^{21}
Ni	1346	10^{21}	1346	10^{21}

(unit: n/cm^3)

多群拡散理論に基づく燃焼解析は燃焼解析コード (TORCH)⁽¹⁾ と 25 群定数セット (ABN-セット)⁽²⁾ を用いて行なった。

3.2 1 群炉定数の変化

1 群炉定数は、燃焼と共に各領域の燃焼核種 (こゝでは ^{238}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , F.P.) の存在比が変ることによって、(1) 中性子スペクトルの変化、(2) 各核種の自己遮蔽効果の変化に伴う多群炉定数そのものの変化によって影響を受ける。この 1 群炉定数の変化を 1 次までで記述すると、

$$\frac{\delta \langle \sigma \rangle}{\langle \sigma \rangle_0} \approx \frac{\delta \langle \sigma \rangle_{sp}}{\langle \sigma \rangle_0} + \frac{\delta \langle \sigma \rangle_{sh}}{\langle \sigma \rangle_0} \quad (25)$$

$$\delta \langle \sigma \rangle_{sp} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \varphi'_i}{\sum_{i=1}^n \varphi'_i} - \langle \sigma \rangle_0 \quad (26)$$

$$\delta \langle \sigma \rangle_{sh} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma'_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} - \langle \sigma \rangle_0 \quad (27)$$

となり、 $\langle \sigma \rangle_0$ は処女状態における (1) の形の 1 群炉定数であり

$$\langle \sigma \rangle_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad (28)$$

であらわされる。

Table 2 に、処女状態の各領域の 1 群炉定数を示した。 $\langle \sigma_{tr} \rangle$ は (28) の形で示す。この計算体系では、炉心の 1~4 領域における 1 群炉定数は 0.5 % 以下で一致しているが U-5 領域では U-1~4 と比べかなり大きくなり、特に $\langle \sigma_c \rangle$ は 10 % 程度大きくなっている。一方ブランケット部ではすべての領域 (B1~B3) でかなりの変化があり、ブランケット部の領域選定に注意を払う必要がある。また、種々の反応のうち、中性子捕獲反応率の中性子スペクトル依存性をもっとも強いことは予想通りである。

Table 3 には、 $\delta \langle \sigma \rangle / \langle \sigma \rangle_0$, $\delta \langle \sigma \rangle_{sp} / \langle \sigma \rangle_0$, $\delta \langle \sigma \rangle_{sh} / \langle \sigma \rangle_0$ を各燃焼時点で、各核種について示した。

この計算体系は炉心 (内部) 増殖比が約 1.3 で ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , F.P. の増加によるスペクトル硬化で、普通の高速炉系では内部増殖比が 1 以下であり、 ^{239}Pu 減少がスペクトル軟化の効果があるのに比べ、かなりスペクトル変化が激しいものになっている。このことを考慮に入れて Table 3 の結果を眺めてみる。

(A) 炉心

$\langle \sigma_f \rangle$: Fissile 核種で約 3 % の低下, Fertile 核で約 3 % の増加である。

$\langle \sigma_c \rangle$: 高速炉系の中性子スペクトル・ピークと σ_c の $1/v$ 特性の関連でもっとも中性子ス

ベクトルに敏感であるが、 ^{238}U , Fe が約 3%, ^{239}Pu , ^{240}Pu , F.P. が約 10% 低下する。

$\langle\sigma_{tr}\rangle$; もっともその変化が小さく、全核種で 2% 以下の低下である。

また、炉心の ^{238}U を除く核種の自己遮蔽効果変化の影響は非常に小さいが、 ^{238}U の $\langle\sigma_c\rangle$ に与えるこの効果は無視できない大きさである。特に ^{238}U は燃焼によって減少する核種であり、スペクトル効果と自己遮蔽効果が逆符号となり、 $\langle\sigma_c\rangle$ の変化を小さくしている。しかし、スペクトル効果のみで ^{238}U の $\langle\sigma_c\rangle$ 変化をみても高々 4% 程度の低下ではある。

(B) ブランケット

ブランケットにおける 1 群炉定数の変化が著しい 1 つの理由は計算体系の処女状態における核分裂核種（中性子スペクトルの面から云えば吸収物質）が ^{238}U のみであるため、 ^{239}Pu の急激な増加によって、スペクトル硬化が非常に大きかったことである。

燃焼核として主に、 ^{238}U , ^{239}Pu が重要であるから、この 2 核種についてみる。

$\langle\sigma_f\rangle$; ^{238}U は B-1 で 20%, B-2 で 50%, B-3 で 80% の増加, ^{239}Pu では B-1 で 10%, B-2 で 20%, B-3 で 25% 程度の減少である。

$\langle\sigma_c\rangle$; ^{238}U は高々 10% の減少, ^{239}Pu は B-1 で 30%, B-2, 3 で 35% 程度減少している。

^{239}Pu の $\langle\sigma_f\rangle$, $\langle\sigma_c\rangle$ に対する自己遮蔽効果が特に燃焼初期において大きく、ほぼ中性子スペクトル効果と同程度である。

軸ブランケットが炉心中心から近いこと（出力が大きいこと）および径方向ブランケットの炉内滞在日数が長い可能性があることを考慮すると、この論文で用いた計算体系以外の実際の大型高速炉系を模擬した計算体系についても、ブランケット部の 1 群炉定数変動を調べる必要があるかも知れない。

代表的な核種の反応の $\langle\sigma_x\rangle$ の変化を Fig. 2~5 に示した。

Table 2 One group reactor constants at the virgin state

REGION NUMBER= 1							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIGF
PU239	1.01533852+001	5.02767634-001	2.64826291+000	2.55097054+000	8.90711720+000	1.14580877+001	5.99030519+000
PU240	9.90293700+000	7.64608476-001	3.52681572-001	1.11729005+000	1.00970054+001	1.12142955+001	1.05855866+000
PU241	1.08885819+001	4.72099014-001	2.99618113+000	3.46828015+000	8.67327851+000	1.21415587+001	8.96124057+000
PU242	1.00018695+001	4.76452309-001	2.56909759-001	7.33862068-001	1.05885655+001	1.13224276+001	7.88528690+001
U 238	9.46576463+000	3.07777622-001	4.66306138-002	3.54408235-001	1.04545067+001	1.08089149+001	1.30717202-001
PU239F	1.29505200+001	5.49295618-001	0.00000000+000	5.49295618-001	1.44585611+001	1.50078568+001	0.00000000+000
NA	4.30578103+000	1.66345061-003	0.00000000+000	1.66345061-003	4.80195595+000	4.80361941+000	0.00000000+000
CR	4.18513144+000	8.48708276-003	0.00000000+000	8.48708276-003	4.56012669+000	4.56861377+000	0.00000000+000
FE	3.63229397+000	6.78038345-003	0.00000000+000	6.78038345-003	4.24071690+000	4.24749728+000	0.00000000+000
NI	6.16263792+000	2.32678716-002	0.00000000+000	2.32678716-002	7.22104576+000	7.24433363+000	0.00000000+000
O	3.33087943+000	1.11847047-003	0.00000000+000	1.11847047-003	3.68214956+000	3.68326803+000	0.00000000+000
NP239	9.99431591+000	6.68289334-001	3.37569200-001	1.00585853+000	1.02484470+001	1.12563059+001	8.64079388-001
REGION NUMBER= 2							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIGF
PU239	1.01533022+001	5.02726482-001	2.64829801+000	2.55102449+000	8.90702923+000	1.14580537+001	5.99041321+000
PU240	9.90284194+000	7.64635501-001	3.52745274-001	1.11734128+000	1.00968876+001	1.12142388+001	1.05863228+000
PU241	1.08885487+001	4.72112974-001	2.99622328+000	3.46833625+000	8.67322160+000	1.21415579+001	8.96137068+000
PU242	1.00017985+001	4.76498345-001	2.56928210-001	7.33911702-001	1.05884721+001	1.13223838+001	7.88585880+001
U 238	9.46581465+000	3.07776441-001	4.66346649-002	3.54411106-001	1.04543890+001	1.08088001+001	1.30728569-001
PU239F	1.29506834+001	5.49328484-001	0.00000000+000	5.49328484-001	1.44585652+001	1.50078937+001	0.00000000+000
NA	4.30575519+000	1.66347181-003	0.00000000+000	1.66347181-003	4.80194004+000	4.80360351+000	0.00000000+000
CR	4.18502770+000	8.48719388-003	0.00000000+000	8.48719388-003	4.56007951+000	4.56856671+000	0.00000000+000
FE	3.63228561+000	6.78049429-003	0.00000000+000	6.78049429-003	4.24070339+000	4.24748889+000	0.00000000+000
NI	6.16256534+000	2.32886710-002	0.00000000+000	2.32886710-002	7.22095121+000	7.24423988+000	0.00000000+000
O	3.33086776+000	1.11856889-003	0.00000000+000	1.11856889-003	3.68215134+000	3.68326991+000	0.00000000+000
NP239	9.99426919+000	6.68321113-001	3.37591896-001	1.00591301+000	1.02483714+001	1.12562844+001	8.64138440-001
REGION NUMBER= 3							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIGF
PU239	1.01544541+001	5.03132533-001	2.64880302+000	2.55193555+000	8.90737222+000	1.14593078+001	5.99187526+000
PU240	9.90381668+000	7.65184015-001	3.52747292-001	1.11793331+000	1.00972586+001	1.12151919+001	1.05876669+000
PU241	1.08906709+001	4.72447404-001	2.99756678+000	3.47003418+000	8.67353360+000	1.21435678+001	8.96535461+000
PU242	1.00030067+001	4.77452192-001	2.56964905-001	7.34417097-001	1.05890367+001	1.13245338+001	7.88703915+001
U 238	9.46594091+000	3.07880846-001	4.66475392-002	3.54528386+001	1.04545527+001	1.08090811+001	1.30764953-001
PU239F	1.29617285+001	5.49862092-001	0.00000000+000	5.49862092-001	1.44591498+001	1.50090319+001	0.00000000+000
NA	4.30631910+000	1.66438703-003	0.00000000+000	1.66438703-003	4.80264236+000	4.80430675+000	0.00000000+000
CR	4.18550027+000	8.49091377-003	0.00000000+000	8.49091377-003	4.56047987+000	4.56857078+000	0.00000000+000
FE	3.63286408+000	6.78297789-003	0.00000000+000	6.78297789-003	4.24123551+000	4.24861848+000	0.00000000+000
NI	6.16385860+000	2.32937160-002	0.00000000+000	2.32937160-002	7.22240667+000	7.24569979+000	0.00000000+000
O	3.33083362+000	1.11892273-003	0.00000000+000	1.11892273-003	3.68211977+000	3.68323869+000	0.00000000+000
NP239	9.99578525+000	6.68844359-001	3.37626943-001	1.00647130+000	1.02492012+001	1.12556725+001	8.64235876-001
REGION NUMBER= 4							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIGF
PU239	1.01731676+001	5.07456744-001	2.65365005+000	2.56110479+000	8.91597970+000	1.14770845+001	6.00555442+000
PU240	9.92081670+000	7.70323876-001	3.51926550-001	1.12293653+000	1.01073221+001	1.12302587+001	1.05644439+000
PU241	1.09192438+001	4.76318692-001	3.01257655+000	3.48889524+000	8.68027883+000	1.21691741+001	9.00958629+000
PU242	1.00222536+001	4.82222279-001	2.56421001-001	7.38643279-001	1.06010650+001	1.13397083+001	7.87059787-001
U 238	9.47724499+000	3.09228263-001	4.65816438-002	3.55809907+001	1.04623513+001	1.08181612+001	1.30583304+001
PU239F	1.29295583+001	5.55209883-001	0.00000000+000	5.55209883-001	1.44666668+001	1.50218747+001	0.00000000+000
NA	4.31406816+000	1.67442427-003	0.00000000+000	1.67442427-003	4.81145888+000	4.81313330+000	0.00000000+000
CR	4.19307471+000	8.53190776-003	0.00000000+000	8.53190776-003	4.56743877+000	4.57597067+000	0.00000000+000
FE	3.64046478+000	6.80892734-003	0.00000000+000	6.80892734-003	4.24844198+000	4.25525091+000	0.00000000+000
NI	6.18294482+000	2.33115693-002	0.00000000+000	2.33115693-002	7.24419648+000	7.26750805+000	0.00000000+000
O	3.33108560+000	1.11781694-003	0.00000000+000	1.11781694-003	3.68172027+000	3.68283809+000	0.00000000+000
NP239	1.00170778+001	6.74194077-001	3.36859893-001	1.01104396+000	1.02477308+001	1.12747748+001	8.62283473-001

REGION NUMBER= 5							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIG
PU239	1.04180536+001	5.60192401-001	2.11179883+000	2.67199124+000	9.03522977+000	1.17072210+001	6.16671839+000
PU240	1.01453033+001	8.41532402-001	3.33242988-001	1.17477539+000	1.02573017+001	1.14320771+001	9.99712255+001
PU241	1.12762270+001	5.22240958-001	3.19006913+000	3.71235008+000	8.77249030+000	1.24848404+001	9.53036687+000
PU242	1.02856715+001	5.45874970-001	2.42370591-001	7.88245561-001	1.07750585+001	1.15633040+001	7.43556920+001
U 238	9.63718065+000	3.24741834-001	4.36139338-002	3.68355768-001	1.05777814+001	1.09461372+001	1.22254883+001
PU239F	1.32150628+001	6.21253402-001	0.00000000+000	6.21253402-001	1.45617003+001	1.51829537+001	0.00000000+000
NA	4.30635290+000	1.77554267-003	0.00000000+000	1.77554267-003	4.89885121+000	4.90062675+000	0.00000000+000
CR	4.28167630+000	8.98321651-003	0.00000000+000	8.98321651-003	4.54632171+000	4.65530493+000	0.00000000+000
FE	3.72909434+000	7.09956310-003	0.00000000+000	7.09956310-003	4.33131830+000	4.33841785+000	0.00000000+000
NI	6.40134198+000	2.30769983-002	0.00000000+000	2.30769983-002	7.48878019+000	7.51185718+000	0.00000000+000
O	3.34184243+000	1.04550153-003	0.00000000+000	1.04550153-003	3.68215156+000	3.68319706+000	0.00000000+000
NP239	1.03091679+001	7.44727564-001	3.19190314-001	1.06391788+000	1.04604947+001	1.15244126+001	8.16542295+001

REGION NUMBER= 6							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIG
PU239	1.21766780+001	9.91300897-001	2.59229616+000	3.58359706+000	9.00094493+000	1.31845420+001	7.52005410+000
PU240	1.19905247+001	1.71949231+000	2.43258084+000	1.96275023+000	1.11042285+001	1.30669288+001	7.25053804+001
PU241	1.29394458+001	7.51323080-001	4.05669575+000	4.80801883+000	9.16518473+000	1.39732038+001	1.20730091+001
PU242	1.15363503+001	8.50459444-001	1.73584080-001	1.06423535+000	1.15827463+001	1.24463990+001	5.29249728+001
U 238	1.02330406+001	3.75398714-001	2.74372292-002	4.02835943-001	1.10052015+001	1.14080375+001	7.67301004+001
PU239F	1.43465874+001	9.73534500-001	0.00000000+000	9.73534500-001	1.50252115+001	1.59827480+001	0.00000000+000
NA	4.71055889+000	2.19243574-003	0.00000000+000	2.19243574-003	5.22224915+000	5.22444188+000	0.00000000+000
CR	4.62185663+000	1.09735863-002	0.00000000+000	1.09735863-002	4.94171503+000	4.95248861+000	0.00000000+000
FE	4.10823276+000	8.42474980-003	0.00000000+000	8.42474980-003	4.68006789+000	4.68851264+000	0.00000000+000
NI	7.28658502+000	2.15124431-002	0.00000000+000	2.15124431-002	8.45489960+000	8.47641184+000	0.00000000+000
O	3.40202470+000	6.29347189-004	0.00000000+000	6.29347189-004	3.70027484+000	3.70090419+000	0.00000000+000
NP239	1.16486898+001	1.14118347+000	2.35406559+000	1.37659003+000	1.13317309+001	1.27083269+001	5.97571619+001

REGION NUMBER= 7							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIG
PU239	1.40464384+001	1.52408156+000	3.21474910+000	4.73885065+000	1.01506135+001	1.48894642+001	9.28840006+000
PU240	1.43523662+001	3.11177014+000	1.65893440-001	3.27766358+000	1.19897243+001	1.52673879+001	4.20443648+001
PU241	1.48720257+001	1.04040240+000	5.13931647+000	6.17971887+000	9.55447523+000	1.57341941+001	1.52584990+001
PU242	1.29725077+001	1.35822822+000	1.15387819-001	1.47361604+000	1.24631374+001	1.39167534+001	3.48972146+001
U 238	1.08469804+001	4.41439079-001	1.50625180-002	4.56501597+001	1.14436559+001	1.19001575+001	4.19474868+001
PU239F	1.36361902+001	1.42701773+000	0.00000000+000	1.42701773+000	1.55595110+001	1.69865287+001	0.00000000+000
NA	5.01383991+000	2.67603281-003	0.00000000+000	2.67603281-003	5.54011241+000	5.54278844+000	0.00000000+000
CR	4.95908899+000	1.33120220-002	0.00000000+000	1.33120220-002	5.23714382+000	5.25045585+000	0.00000000+000
FE	4.52653734+000	1.00267555-002	0.00000000+000	1.00267555-002	5.06852755+000	5.07855431+000	0.00000000+000
NI	8.22822616+000	2.11260060-002	0.00000000+000	2.11260060-002	9.47932702+000	9.50045303+000	0.00000000+000
O	3.44830780+000	3.24419924-004	0.00000000+000	3.24419924-004	3.70485584+000	3.70518026+000	0.00000000+000
NP239	1.31718481+001	1.67170462+000	1.62592080-001	1.83425670+000	1.22389715+001	1.40732282+001	4.08270066+001

REGION NUMBER= 8							
NUCLIDE	SIGMA TRANS	SIGMA CAPTURE	SIGMA FISSION	SIGMA ABSORP.	SIGMA SCAT.	SIGMA TOTAL	NU*SIG
PU239	1.57874733+001	2.05514666+000	3.84664995+000	5.90179661+000	1.05987070+001	1.65005036+001	1.10932425+001
PU240	1.67921886+001	4.70758072+000	1.14811766-001	4.82239254+000	1.27610703+001	1.75834629+001	3.36821754+001
PU241	1.66354458+001	1.31900842+000	6.17588371+000	7.49489213+000	9.86652739+000	1.73614195+001	1.83142317+001
PU242	1.42706011+001	1.83410024+000	7.78612771-002	1.91196152+000	1.31683006+001	1.50802621+001	2.33592136+001
U 238	1.13209985+001	4.99837064-001	8.17029272-003	5.08007357+001	1.17753326+001	1.22833400+001	2.27057512+001
PU239F	1.67948601+001	1.86585547+000	0.00000000+000	1.86585547+000	1.60423357+001	1.79100912+001	0.00000000+000
NA	5.26398402+000	3.12873973-003	0.00000000+000	3.12873973-003	5.81006671+000	5.81319545+000	0.00000000+000
CR	5.23543075+000	1.54877825-002	0.00000000+000	1.54877825-002	5.48155566+000	5.49704324+000	0.00000000+000
FE	4.89666281+000	1.15335879-002	0.00000000+000	1.15335879-002	5.41456100+000	5.42609459+000	0.00000000+000
NI	9.04312407+000	2.17580939-002	0.00000000+000	2.17580939-002	1.03659231+001	1.03876812+001	0.00000000+000
O	3.47455649+000	1.65289674-004	0.00000000+000	1.65289674-004	3.69881569+000	3.69890898+000	0.00000000+000
NP239	1.45313895+001	2.19438566+000	1.13685387-001	2.30807104+000	1.29972507+001	1.53053218+001	2.83350820+001

Table 3 Burnup variations of one group reactor constants relative to the initial state.

REGION NUMBER = 1									
NUCLIDE	BU DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP.	
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL
PU239									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0000-0.0050-0.0050	-0.0002-0.0271-0.0273	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0079-0.0080	-0.0001-0.0117-0.0118	-0.0000-0.0076-0.0077	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0000-0.0084-0.0084	-0.0002-0.0469-0.0471	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0138-0.0138	-0.0001-0.0203-0.0204	-0.0000-0.0133-0.0134	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0000-0.0107-0.0107	-0.0001-0.0616-0.0617	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0183-0.0183	-0.0000-0.0268-0.0268	-0.0000-0.0177-0.0177	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
320	-0.0000-0.0121-0.0121	-0.0001-0.0727-0.0727	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0001-0.0217-0.0217	-0.0002-0.0318-0.0317	-0.0001-0.0211-0.0210	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
400	-0.0000-0.0130-0.0130	-0.0000-0.0810-0.0806	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0003-0.0244-0.0243	-0.0004-0.0356-0.0354	-0.0003-0.0237-0.0236	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
480	-0.0001-0.0134-0.0134	-0.0015-0.0873-0.0866	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0004-0.0266-0.0264	-0.0006-0.0386-0.0383	-0.0004-0.0259-0.0258	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
560	-0.0001-0.0134-0.0134	-0.0021-0.0926-0.0911	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0005-0.0283-0.0281	-0.0008-0.0409-0.0405	-0.0005-0.0277-0.0275	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
640	-0.0001-0.0132-0.0132	-0.0027-0.0956-0.0944	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0007-0.0297-0.0295	-0.0011-0.0427-0.0423	-0.0007-0.0291-0.0289	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
PU240									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0002-0.0045-0.0047	-0.0013-0.0239-0.0236	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0076-0.0076	-0.0000-0.0140-0.0147	-0.0000-0.0077-0.0077	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0002-0.0072-0.0072	-0.0023-0.0413-0.0431	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0117-0.0117	-0.0016-0.0246-0.0258	-0.0000-0.0118-0.0118	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0000-0.0095-0.0100	-0.0032-0.0544-0.0566	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0133-0.0133	-0.0022-0.0330-0.0345	-0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
320	-0.0000-0.0108-0.0113	-0.0039-0.0642-0.0667	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0131-0.0131	-0.0026-0.0398-0.0415	-0.0000-0.0132-0.0132	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
400	-0.0000-0.0114-0.0120	-0.0044-0.0717-0.0743	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0114-0.0114	-0.0030-0.0454-0.0473	-0.0000-0.0115-0.0115	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
480	-0.0010-0.0117-0.0123	-0.0049-0.0773-0.0801	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0088-0.0088	-0.0034-0.0501-0.0521	-0.0000-0.0088-0.0088	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
560	-0.0010-0.0116-0.0122	-0.0053-0.0817-0.0845	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0055-0.0055	-0.0036-0.0541-0.0561	-0.0000-0.0054-0.0054	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
640	-0.0011-0.0113-0.0119	-0.0056-0.0849-0.0878	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0017-0.0017	-0.0038-0.0576-0.0596	-0.0000-0.0015-0.0015	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
PU241									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0000-0.0073-0.0073	-0.0000-0.0245-0.0245	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0145-0.0145	-0.0000-0.0159-0.0159	-0.0000-0.0143-0.0143	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0000-0.0124-0.0124	-0.0000-0.0423-0.0423	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0251-0.0251	-0.0000-0.0274-0.0274	-0.0000-0.0247-0.0247	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0000-0.0160-0.0160	-0.0000-0.0555-0.0555	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0328-0.0328	-0.0000-0.0359-0.0359	-0.0000-0.0324-0.0324	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
320	-0.0000-0.0185-0.0185	-0.0000-0.0654-0.0654	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0386-0.0386	-0.0000-0.0422-0.0422	-0.0000-0.0384-0.0384	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
400	-0.0000-0.0202-0.0202	-0.0000-0.0727-0.0727	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0428-0.0428	-0.0000-0.0469-0.0469	-0.0000-0.0428-0.0428	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
480	-0.0000-0.0212-0.0212	-0.0000-0.0782-0.0782	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0459-0.0459	-0.0000-0.0503-0.0503	-0.0000-0.0453-0.0453	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
560	-0.0000-0.0218-0.0218	-0.0000-0.0823-0.0823	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0461-0.0461	-0.0000-0.0528-0.0528	-0.0000-0.0476-0.0476	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
640	-0.0000-0.0220-0.0220	-0.0000-0.0852-0.0852	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0497-0.0497	-0.0000-0.0545-0.0545	-0.0000-0.0491-0.0491	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
PU242									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0002-0.0055-0.0056	-0.0005-0.0339-0.0341	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0078-0.0078	-0.0003-0.0192-0.0194	-0.0000-0.0079-0.0079	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0003-0.0092-0.0094	-0.0006-0.0583-0.0587	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0120-0.0120	-0.0004-0.0337-0.0339	-0.0000-0.0121-0.0121	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0003-0.0117-0.0119	-0.0007-0.0767-0.0770	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0136-0.0136	-0.0005-0.0451-0.0453	-0.0000-0.0137-0.0137	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
320	-0.0004-0.0133-0.0135	-0.0008-0.0927-0.0931	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0133-0.0133	-0.0005-0.0542-0.0545	-0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
400	-0.0004-0.0143-0.0145	-0.0009-0.1016-0.1019	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0115-0.0115	-0.0006-0.0670-0.0672	-0.0000-0.0116-0.0116	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
480	-0.0004-0.0148-0.0149	-0.0011-0.1100-0.1103	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0087-0.0087	-0.0007-0.0685-0.0686	-0.0000-0.0087-0.0087	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
560	-0.0004-0.0150-0.0151	-0.0014-0.1167-0.1170	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0052-0.0052	-0.0009-0.0740-0.0742	-0.0000-0.0051-0.0051	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
640	-0.0005-0.0148-0.0149	-0.0017-0.1220-0.1223	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0011-0.0011	-0.0011-0.0789-0.0791	-0.0000-0.0010-0.0010	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
U 238									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0004-0.0027-0.0023	-0.0019-0.0133-0.0095	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0099-0.0099	-0.0017-0.0085-0.0069	-0.0000-0.0099-0.0099	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0007-0.0043-0.0036	-0.0038-0.0193-0.0159	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0152-0.0152	-0.0023-0.0148-0.0118	-0.0000-0.0152-0.0152	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0010-0.0052-0.0043	-0.0057-0.0250-0.0201	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0172-0.0172	-0.0030-0.0195-0.0152	-0.0000-0.0172-0.0172	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
320	-0.0013-0.0055-0.0044	-0.0075-0.0290-0.0228	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0169-0.0169	-0.0036-0.0230-0.0178	-0.0000-0.0169-0.0169	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
400	-0.0016-0.0055-0.0040	-0.0094-0.0317-0.0242	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0146-0.0146	-0.0042-0.0256-0.0191	-0.0000-0.0145-0.0145	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
480	-0.0019-0.0051-0.0036	-0.0112-0.0335-0.0247	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0111-0.0111	-0.0046-0.0276-0.0200	-0.0000-0.0109-0.0109	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
560	-0.0022-0.0045-0.0026	-0.0130-0.0345-0.0245	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0067-0.0067	-0.0053-0.0291-0.0204	-0.0000-0.0064-0.0064	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
640	-0.0025-0.0037-0.0016	-0.0148-0.0349-0.0237	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0015-0.0015	-0.0059-0.0301-0.0224	-0.0000-0.0013-0.0013	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
PU239f									
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	-0.0001-0.0040-0.0041	-0.0004-0.0324-0.0327	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0090-0.0090	-0.0004-0.0324-0.0327	-0.0000-0.0090-0.0090	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
160	-0.0001-0.0068-0.0068	-0.0005-0.0563-0.0566	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0090-0.0090	-0.0006-0.0563-0.0566	-0.0000-0.0090-0.0090	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000	-0.0000-0.0000-0.0000
240	-0.0001-0.0087-0.0088	-0.0006-0.0742-0.0745	-0.0000-0.0000-0.0000						

[illegible]

REGION NUMBER = 3

NUCLIDE	BY DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP.		DELTA NUMSIGF	
		SHIELD SPECTR TOTAL		SHIELD SPECTR TOTAL		SHIELD SPECTR TOTAL		SHIELD SPECTR TOTAL		SHIELD SPECTR TOTAL	
		0.0000 0.0000 0.0000		0.0000 0.0000 0.0000		0.0000 0.0000 0.0000		0.0000 0.0000 0.0000		0.0000 0.0000 0.0000	
PU259											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0000-0.0033-0.0033	-0.0002-0.0193-0.0194	-0.0000-0.0057-0.0058	-0.0001-0.0088-0.0089	-0.0000-0.0055-0.0056	-0.0001-0.0088-0.0089	-0.0000-0.0055-0.0056	-0.0001-0.0088-0.0089	-0.0000-0.0055-0.0056	-0.0001-0.0088-0.0089	-0.0000-0.0055-0.0056
160	-0.0000-0.0059-0.0060	-0.0002-0.0347-0.0349	-0.0000-0.0141-0.0142	-0.0001-0.0207-0.0207	-0.0000-0.0137-0.0137	-0.0001-0.0207-0.0207	-0.0000-0.0137-0.0137	-0.0001-0.0207-0.0207	-0.0000-0.0137-0.0137	-0.0001-0.0207-0.0207	-0.0000-0.0137-0.0137
240	-0.0000-0.0080-0.0080	-0.0002-0.0473-0.0475	-0.0000-0.0173-0.0173	-0.0001-0.0253-0.0253	-0.0000-0.0168-0.0168	-0.0001-0.0253-0.0253	-0.0000-0.0168-0.0168	-0.0001-0.0253-0.0253	-0.0000-0.0168-0.0168	-0.0001-0.0253-0.0253	-0.0000-0.0168-0.0168
320	-0.0000-0.0096-0.0097	-0.0002-0.0664-0.0664	-0.0001-0.0200-0.0199	-0.0001-0.0291-0.0291	-0.0001-0.0194-0.0193	-0.0001-0.0291-0.0291	-0.0001-0.0194-0.0193	-0.0001-0.0291-0.0291	-0.0001-0.0194-0.0193	-0.0001-0.0291-0.0291	-0.0001-0.0194-0.0193
400	-0.0000-0.0109-0.0109	-0.0002-0.0738-0.0738	-0.0001-0.0222-0.0222	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215
480	-0.0000-0.0119-0.0119	-0.0002-0.0738-0.0736	-0.0001-0.0222-0.0222	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215	-0.0001-0.0324-0.0323	-0.0001-0.0215-0.0215
560	-0.0000-0.0127-0.0127	-0.0002-0.0799-0.0796	-0.0002-0.0242-0.0241	-0.0004-0.0352-0.0350	-0.0002-0.0235-0.0234	-0.0004-0.0352-0.0350	-0.0002-0.0235-0.0234	-0.0004-0.0352-0.0350	-0.0002-0.0235-0.0234	-0.0004-0.0352-0.0350	-0.0002-0.0235-0.0234
640	-0.0000-0.0133-0.0132	-0.0012-0.0852-0.0847	-0.0003-0.0252-0.0258	-0.0005-0.0376-0.0376	-0.0003-0.0252-0.0258	-0.0005-0.0376-0.0376	-0.0003-0.0252-0.0258	-0.0005-0.0376-0.0376	-0.0003-0.0252-0.0258	-0.0005-0.0376-0.0376	-0.0003-0.0252-0.0258
PU240											
0	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000
80	-0.0002-0.0030-0.0031	-0.0009-0.0164-0.0178	0.0000 0.0043 0.0043	-0.0004-0.0102-0.0108	0.0000 0.0044 0.0044	-0.0004-0.0102-0.0108	0.0000 0.0044 0.0044	-0.0004-0.0102-0.0108	0.0000 0.0044 0.0044	-0.0004-0.0102-0.0108	0.0000 0.0044 0.0044
160	-0.0003-0.0053-0.0056	-0.0017-0.0319-0.0324	0.0000 0.0074 0.0074	-0.0012-0.0186-0.0196	0.0000 0.0075 0.0075	-0.0012-0.0186-0.0196	0.0000 0.0075 0.0075	-0.0012-0.0186-0.0196	0.0000 0.0075 0.0075	-0.0012-0.0186-0.0196	0.0000 0.0075 0.0075
240	-0.0003-0.0078-0.0080	-0.0024-0.0473-0.0475	0.0000 0.0095 0.0095	-0.0014-0.0256-0.0268	0.0000 0.0095 0.0095	-0.0014-0.0256-0.0268	0.0000 0.0095 0.0095	-0.0014-0.0256-0.0268	0.0000 0.0095 0.0095	-0.0014-0.0256-0.0268	0.0000 0.0095 0.0095
320	-0.0003-0.0095-0.0096	-0.0030-0.0510-0.0531	0.0000 0.0107 0.0107	-0.0021-0.0315-0.0330	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0021-0.0315-0.0330	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0021-0.0315-0.0330	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0021-0.0315-0.0330	0.0000 0.0108 0.0108
400	-0.0003-0.0109-0.0109	-0.0035-0.0587-0.0611	0.0000 0.0113 0.0113	-0.0024-0.0366-0.0382	0.0000 0.0114 0.0114	-0.0024-0.0366-0.0382	0.0000 0.0114 0.0114	-0.0024-0.0366-0.0382	0.0000 0.0114 0.0114	-0.0024-0.0366-0.0382	0.0000 0.0114 0.0114
480	-0.0003-0.0105-0.0110	-0.0035-0.0652-0.0678	0.0000 0.0113 0.0113	-0.0027-0.0411-0.0428	0.0000 0.0113 0.0113	-0.0027-0.0411-0.0428	0.0000 0.0113 0.0113	-0.0027-0.0411-0.0428	0.0000 0.0113 0.0113	-0.0027-0.0411-0.0428	0.0000 0.0113 0.0113
560	-0.0003-0.0112-0.0117	-0.0044-0.0707-0.0734	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0030-0.0450-0.0468	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0030-0.0450-0.0468	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0030-0.0450-0.0468	0.0000 0.0108 0.0108	-0.0030-0.0450-0.0468	0.0000 0.0108 0.0108
640	-0.0003-0.0116-0.0122	-0.0047-0.0755-0.0782	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0032-0.0485-0.0508	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0032-0.0485-0.0508	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0032-0.0485-0.0508	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0032-0.0485-0.0508	0.0000 0.0100 0.0100
PU241											
0	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000
80	-0.0000-0.0050-0.0050	-0.0009-0.0172-0.0172	0.0000 0.0102 0.0102	-0.0006-0.0112-0.0121	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0112-0.0121	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0112-0.0121	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0112-0.0121	0.0000 0.0100 0.0100
160	-0.0001-0.0082-0.0089	-0.0020-0.0311-0.0311	0.0000 0.0184 0.0184	-0.0020-0.0201-0.0210	0.0000 0.0184 0.0184	-0.0020-0.0201-0.0210	0.0000 0.0184 0.0184	-0.0020-0.0201-0.0210	0.0000 0.0184 0.0184	-0.0020-0.0201-0.0210	0.0000 0.0184 0.0184
240	-0.0001-0.0121-0.0121	-0.0026-0.0424-0.0424	0.0000 0.0251 0.0251	-0.0026-0.0274-0.0274	0.0000 0.0251 0.0251	-0.0026-0.0274-0.0274	0.0000 0.0251 0.0251	-0.0026-0.0274-0.0274	0.0000 0.0251 0.0251	-0.0026-0.0274-0.0274	0.0000 0.0251 0.0251
320	-0.0000-0.0147-0.0147	-0.0029-0.0518-0.0518	0.0000 0.0306 0.0306	-0.0026-0.0335-0.0335	0.0000 0.0306 0.0306	-0.0026-0.0335-0.0335	0.0000 0.0306 0.0306	-0.0026-0.0335-0.0335	0.0000 0.0306 0.0306	-0.0026-0.0335-0.0335	0.0000 0.0306 0.0306
400	-0.0000-0.0167-0.0167	-0.0030-0.0596-0.0596	0.0000 0.0351 0.0351	-0.0029-0.0385-0.0385	0.0000 0.0351 0.0351	-0.0029-0.0385-0.0385	0.0000 0.0351 0.0351	-0.0029-0.0385-0.0385	0.0000 0.0351 0.0351	-0.0029-0.0385-0.0385	0.0000 0.0351 0.0351
480	-0.0000-0.0184-0.0184	-0.0030-0.0662-0.0662	0.0000 0.0389 0.0389	-0.0029-0.0427-0.0427	0.0000 0.0389 0.0389	-0.0029-0.0427-0.0427	0.0000 0.0389 0.0389	-0.0029-0.0427-0.0427	0.0000 0.0389 0.0389	-0.0029-0.0427-0.0427	0.0000 0.0389 0.0389
560	-0.0000-0.0198-0.0198	-0.0030-0.0717-0.0717	0.0000 0.0427 0.0427	-0.0029-0.0462-0.0462	0.0000 0.0427 0.0427	-0.0029-0.0462-0.0462	0.0000 0.0427 0.0427	-0.0029-0.0462-0.0462	0.0000 0.0427 0.0427	-0.0029-0.0462-0.0462	0.0000 0.0427 0.0427
640	-0.0000-0.0219-0.0219	-0.0030-0.0764-0.0764	0.0000 0.0448 0.0448	-0.0029-0.0491-0.0491	0.0000 0.0448 0.0448	-0.0029-0.0491-0.0491	0.0000 0.0448 0.0448	-0.0029-0.0491-0.0491	0.0000 0.0448 0.0448	-0.0029-0.0491-0.0491	0.0000 0.0448 0.0448
PU242											
0	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000
80	-0.0002-0.0037-0.0039	-0.0004-0.0244-0.0247	0.0000 0.0044 0.0044	-0.0003-0.0143-0.0145	0.0000 0.0045 0.0045	-0.0003-0.0143-0.0145	0.0000 0.0045 0.0045	-0.0003-0.0143-0.0145	0.0000 0.0045 0.0045	-0.0003-0.0143-0.0145	0.0000 0.0045 0.0045
160	-0.0003-0.0066-0.0068	-0.0005-0.0437-0.0441	0.0000 0.0076 0.0076	-0.0004-0.0258-0.0260	0.0000 0.0077 0.0077	-0.0004-0.0258-0.0260	0.0000 0.0077 0.0077	-0.0004-0.0258-0.0260	0.0000 0.0077 0.0077	-0.0004-0.0258-0.0260	0.0000 0.0077 0.0077
240	-0.0003-0.0088-0.0090	-0.0006-0.0595-0.0598	0.0000 0.0097 0.0097	-0.0004-0.0353-0.0355	0.0000 0.0098 0.0098	-0.0004-0.0353-0.0355	0.0000 0.0098 0.0098	-0.0004-0.0353-0.0355	0.0000 0.0098 0.0098	-0.0004-0.0353-0.0355	0.0000 0.0098 0.0098
320	-0.0003-0.0106-0.0108	-0.0007-0.0725-0.0728	0.0000 0.0109 0.0109	-0.0005-0.0433-0.0435	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0005-0.0433-0.0435	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0005-0.0433-0.0435	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0005-0.0433-0.0435	0.0000 0.0110 0.0110
400	-0.0003-0.0121-0.0122	-0.0008-0.0834-0.0837	0.0000 0.0115 0.0115	-0.0005-0.0502-0.0504	0.0000 0.0116 0.0116	-0.0005-0.0502-0.0504	0.0000 0.0116 0.0116	-0.0005-0.0502-0.0504	0.0000 0.0116 0.0116	-0.0005-0.0502-0.0504	0.0000 0.0116 0.0116
480	-0.0004-0.0132-0.0133	-0.0008-0.0926-0.0930	0.0000 0.0114 0.0114	-0.0005-0.0562-0.0568	0.0000 0.0115 0.0115	-0.0005-0.0562-0.0568	0.0000 0.0115 0.0115	-0.0005-0.0562-0.0568	0.0000 0.0115 0.0115	-0.0005-0.0562-0.0568	0.0000 0.0115 0.0115
560	-0.0004-0.0140-0.0142	-0.0009-0.1008-0.1008	0.0000 0.0109 0.0109	-0.0006-0.0615-0.0617	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0006-0.0615-0.0617	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0006-0.0615-0.0617	0.0000 0.0110 0.0110	-0.0006-0.0615-0.0617	0.0000 0.0110 0.0110
640	-0.0004-0.0147-0.0148	-0.0010-0.1073-0.1076	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0663-0.0665	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0663-0.0665	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0663-0.0665	0.0000 0.0100 0.0100	-0.0006-0.0663-0.0665	0.0000 0.0100 0.0100
U 238											
0	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000	0.0000 0.0000 0.0000
80	0.0003-0.0016-0.0014	0.0014-0.0077-0.0063	0.0000 0.0056 0.0056	0.0012-0.0059-0.0048	0.0000 0.0056 0.0056	0.0012-0.0059-0.0048	0.0000 0.0056 0.0056	0.0012-0.0059-0.0048	0.0000 0.0056 0.0056	0.0012-0.0059-0.0048	0.0000 0.0056 0.0056
160	0.0005-0.0028-0.0024	0.0017-0.0138-0.0113	0.0000 0.0096 0.0096	0.0024-0.0107-0.0086	0.0000 0.0096 0.0096	0.0024-0.0107-0.0086	0.0000 0.0096 0.0096	0.0024-0.0107-0.0086	0.0000 0.0096 0.0096	0.0024-0.0107-0.0086	0.0000 0.0096 0.0096
240	0.0007-0.0037-0.0031	0.0040-0.0188-0.0152	0.0000 0.0123 0.0123	0.0035-0.0147-0.0116	0.0000 0.0123 0.0123	0.0035-0.0147-0.0116	0.0000 0.0123 0.0123	0.0035-0.0147-0.0116	0.0000 0.0123 0.0123	0.0035-0.0147-0.0116	0.0000 0.0123 0.0123
320	0.0010-0.0044-0.0035	0.0050-0.0229-0.0183	0.0000 0.0139 0.0139	0.0058-0.0208-0.0160	0.0000 0.0139 0.0139	0.0058-0.0208-0.0160	0.0000 0.0139 0.0139	0.0058-0.0208-0.0160	0.0000 0.0139 0.0139	0.0058-0.0208-0.0160	0.0000 0.0139 0.0139
400	0.0012-0.0048-0.0038	0.0064-0.0262-0.0206	0.0000 0.0147 0.0147	0.0069-0.0231-0.0175	0.0000 0.0146 0.0146	0.0069-0.0231-0.0175	0.0000 0.				

REGION NUMBER * 4													
NUCLIDE	BY DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP		DELTA NUM SIGF			
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL		
PU239													
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000	0.0000
80	0	-0.0000-0.0021-0.0022	-0.0002-0.0136-0.0138	-0.0000-0.0042-0.0042	-0.0001-0.0061-0.0061	-0.0000-0.0041-0.0041	-0.0000-0.0041-0.0041	-0.0001-0.0061-0.0061	-0.0000-0.0041-0.0041	-0.0000-0.0041-0.0041	-0.0000-0.0041-0.0041	0.0000	0.0000
160	0	-0.0000-0.0041-0.0041	-0.0002-0.0256-0.0257	-0.0001-0.0075-0.0075	-0.0001-0.0113-0.0113	-0.0001-0.0075-0.0075	-0.0001-0.0113-0.0113	-0.0001-0.0075-0.0075	-0.0001-0.0113-0.0113	-0.0001-0.0075-0.0075	-0.0001-0.0113-0.0113	0.0000	0.0000
240	0	-0.0000-0.0059-0.0059	-0.0002-0.0360-0.0362	-0.0001-0.0110-0.0110	-0.0001-0.0159-0.0160	-0.0001-0.0110-0.0110	-0.0001-0.0159-0.0160	-0.0001-0.0110-0.0110	-0.0001-0.0159-0.0160	-0.0001-0.0110-0.0110	-0.0001-0.0159-0.0160	0.0000	0.0000
320	0	-0.0000-0.0074-0.0074	-0.0002-0.0453-0.0455	-0.0001-0.0138-0.0138	-0.0001-0.0200-0.0201	-0.0001-0.0138-0.0138	-0.0001-0.0200-0.0201	-0.0001-0.0138-0.0138	-0.0001-0.0200-0.0201	-0.0001-0.0138-0.0138	-0.0001-0.0200-0.0201	0.0000	0.0000
400	0	-0.0000-0.0088-0.0088	-0.0001-0.0537-0.0538	-0.0000-0.0163-0.0163	-0.0000-0.0237-0.0237	-0.0000-0.0163-0.0163	-0.0000-0.0237-0.0237	-0.0000-0.0163-0.0163	-0.0000-0.0237-0.0237	-0.0000-0.0163-0.0163	-0.0000-0.0237-0.0237	0.0000	0.0000
480	0	-0.0000-0.0101-0.0101	-0.0000-0.0612-0.0613	-0.0000-0.0185-0.0185	-0.0000-0.0270-0.0270	-0.0000-0.0185-0.0185	-0.0000-0.0270-0.0270	-0.0000-0.0185-0.0185	-0.0000-0.0270-0.0270	-0.0000-0.0185-0.0185	-0.0000-0.0270-0.0270	0.0000	0.0000
560	0	-0.0000-0.0112-0.0112	-0.0002-0.0679-0.0679	-0.0001-0.0205-0.0205	-0.0001-0.0299-0.0299	-0.0001-0.0205-0.0205	-0.0001-0.0299-0.0299	-0.0001-0.0205-0.0205	-0.0001-0.0299-0.0299	-0.0001-0.0205-0.0205	-0.0001-0.0299-0.0299	0.0000	0.0000
640	0	-0.0000-0.0122-0.0123	-0.0003-0.0740-0.0739	-0.0001-0.0224-0.0223	-0.0002-0.0326-0.0324	-0.0001-0.0224-0.0223	-0.0002-0.0326-0.0324	-0.0001-0.0224-0.0223	-0.0002-0.0326-0.0324	-0.0001-0.0224-0.0223	-0.0002-0.0326-0.0324	0.0000	0.0000
PU240													
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000	0.0000
80	0	-0.0001-0.0019-0.0020	-0.0007-0.0120-0.0124	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0005-0.0076-0.0081	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0005-0.0076-0.0081	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0005-0.0076-0.0081	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0005-0.0076-0.0081	0.0000	0.0019
160	0	-0.0003-0.0034-0.0038	-0.0013-0.0228-0.0234	0.0000-0.0038-0.0038	-0.0009-0.0142-0.0150	0.0000-0.0038-0.0038	-0.0009-0.0142-0.0150	0.0000-0.0038-0.0038	-0.0009-0.0142-0.0150	0.0000-0.0038-0.0038	-0.0009-0.0142-0.0150	0.0000	0.0039
240	0	-0.0004-0.0051-0.0054	-0.0014-0.0318-0.0333	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0200-0.0210	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0200-0.0210	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0200-0.0210	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0200-0.0210	0.0000	0.0057
320	0	-0.0005-0.0065-0.0069	-0.0023-0.0400-0.0418	0.0000-0.0074-0.0074	-0.0016-0.0252-0.0264	0.0000-0.0074-0.0074	-0.0016-0.0252-0.0264	0.0000-0.0074-0.0074	-0.0016-0.0252-0.0264	0.0000-0.0074-0.0074	-0.0016-0.0252-0.0264	0.0000	0.0075
400	0	-0.0005-0.0078-0.0082	-0.0028-0.0474-0.0494	0.0000-0.0090-0.0090	-0.0019-0.0297-0.0311	0.0000-0.0090-0.0090	-0.0019-0.0297-0.0311	0.0000-0.0090-0.0090	-0.0019-0.0297-0.0311	0.0000-0.0090-0.0090	-0.0019-0.0297-0.0311	0.0000	0.0091
480	0	-0.0006-0.0089-0.0094	-0.0032-0.0541-0.0563	0.0000-0.0104-0.0104	-0.0022-0.0339-0.0354	0.0000-0.0104-0.0104	-0.0022-0.0339-0.0354	0.0000-0.0104-0.0104	-0.0022-0.0339-0.0354	0.0000-0.0104-0.0104	-0.0022-0.0339-0.0354	0.0000	0.0105
560	0	-0.0007-0.0099-0.0104	-0.0035-0.0601-0.0625	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0024-0.0376-0.0393	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0024-0.0376-0.0393	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0024-0.0376-0.0393	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0024-0.0376-0.0393	0.0000	0.0117
640	0	-0.0008-0.0108-0.0115	-0.0039-0.0655-0.0680	0.0000-0.0125-0.0125	-0.0027-0.0410-0.0428	0.0000-0.0125-0.0125	-0.0027-0.0410-0.0428	0.0000-0.0125-0.0125	-0.0027-0.0410-0.0428	0.0000-0.0125-0.0125	-0.0027-0.0410-0.0428	0.0000	0.0127
PU241													
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000	0.0000
80	0	-0.0000-0.0033-0.0033	-0.0000-0.0121-0.0121	0.0000-0.0071-0.0071	-0.0006-0.0078-0.0078	0.0000-0.0071-0.0071	-0.0006-0.0078-0.0078	0.0000-0.0071-0.0071	-0.0006-0.0078-0.0078	0.0000-0.0071-0.0071	-0.0006-0.0078-0.0078	0.0000	0.0070
160	0	-0.0000-0.0063-0.0063	-0.0000-0.0227-0.0227	0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0147-0.0147	0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0147-0.0147	0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0147-0.0147	0.0000-0.0134-0.0134	-0.0000-0.0147-0.0147	0.0000	0.0132
240	0	-0.0000-0.0090-0.0090	-0.0000-0.0321-0.0321	0.0000-0.0189-0.0189	-0.0000-0.0207-0.0207	0.0000-0.0189-0.0189	-0.0000-0.0207-0.0207	0.0000-0.0189-0.0189	-0.0000-0.0207-0.0207	0.0000-0.0189-0.0189	-0.0000-0.0207-0.0207	0.0000	0.0187
320	0	-0.0000-0.0113-0.0113	-0.0000-0.0405-0.0405	0.0000-0.0239-0.0239	-0.0000-0.0262-0.0262	0.0000-0.0239-0.0239	-0.0000-0.0262-0.0262	0.0000-0.0239-0.0239	-0.0000-0.0262-0.0262	0.0000-0.0239-0.0239	-0.0000-0.0262-0.0262	0.0000	0.0238
400	0	-0.0000-0.0135-0.0135	-0.0000-0.0480-0.0480	0.0000-0.0284-0.0284	-0.0000-0.0311-0.0311	0.0000-0.0284-0.0284	-0.0000-0.0311-0.0311	0.0000-0.0284-0.0284	-0.0000-0.0311-0.0311	0.0000-0.0284-0.0284	-0.0000-0.0311-0.0311	0.0000	0.0280
480	0	-0.0000-0.0154-0.0154	-0.0000-0.0548-0.0548	0.0000-0.0324-0.0324	-0.0000-0.0355-0.0355	0.0000-0.0324-0.0324	-0.0000-0.0355-0.0355	0.0000-0.0324-0.0324	-0.0000-0.0355-0.0355	0.0000-0.0324-0.0324	-0.0000-0.0355-0.0355	0.0000	0.0320
560	0	-0.0000-0.0172-0.0172	-0.0000-0.0610-0.0610	0.0000-0.0360-0.0360	-0.0000-0.0394-0.0394	0.0000-0.0360-0.0360	-0.0000-0.0394-0.0394	0.0000-0.0360-0.0360	-0.0000-0.0394-0.0394	0.0000-0.0360-0.0360	-0.0000-0.0394-0.0394	0.0000	0.0355
640	0	-0.0000-0.0188-0.0188	-0.0000-0.0665-0.0665	0.0000-0.0393-0.0393	-0.0000-0.0430-0.0430	0.0000-0.0393-0.0393	-0.0000-0.0430-0.0430	0.0000-0.0393-0.0393	-0.0000-0.0430-0.0430	0.0000-0.0393-0.0393	-0.0000-0.0430-0.0430	0.0000	0.0388
PU242													
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000	0.0000
80	0	-0.0002-0.0024-0.0025	-0.0004-0.0177-0.0181	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0003-0.0100-0.0111	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0003-0.0100-0.0111	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0003-0.0100-0.0111	0.0000-0.0019-0.0019	-0.0003-0.0100-0.0111	0.0000	0.0019
160	0	-0.0003-0.0046-0.0048	-0.0005-0.0329-0.0333	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0003-0.0201-0.0204	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0003-0.0201-0.0204	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0003-0.0201-0.0204	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0003-0.0201-0.0204	0.0000	0.0039
240	0	-0.0003-0.0065-0.0067	-0.0006-0.0461-0.0465	0.0000-0.0058-0.0058	-0.0004-0.0281-0.0283	0.0000-0.0058-0.0058	-0.0004-0.0281-0.0283	0.0000-0.0058-0.0058	-0.0004-0.0281-0.0283	0.0000-0.0058-0.0058	-0.0004-0.0281-0.0283	0.0000	0.0058
320	0	-0.0003-0.0082-0.0084	-0.0007-0.0577-0.0581	0.0000-0.0075-0.0075	-0.0004-0.0351-0.0353	0.0000-0.0075-0.0075	-0.0004-0.0351-0.0353	0.0000-0.0075-0.0075	-0.0004-0.0351-0.0353	0.0000-0.0075-0.0075	-0.0004-0.0351-0.0353	0.0000	0.0076
400	0	-0.0003-0.0098-0.0100	-0.0007-0.0681-0.0684	0.0000-0.0091-0.0091	-0.0005-0.0413-0.0415	0.0000-0.0091-0.0091	-0.0005-0.0413-0.0415	0.0000-0.0091-0.0091	-0.0005-0.0413-0.0415	0.0000-0.0091-0.0091	-0.0005-0.0413-0.0415	0.0000	0.0092
480	0	-0.0003-0.0112-0.0113	-0.0008-0.0773-0.0776	0.0000-0.0106-0.0106	-0.0005-0.0469-0.0470	0.0000-0.0106-0.0106	-0.0005-0.0469-0.0470	0.0000-0.0106-0.0106	-0.0005-0.0469-0.0470	0.0000-0.0106-0.0106	-0.0005-0.0469-0.0470	0.0000	0.0106
560	0	-0.0004-0.0124-0.0126	-0.0008-0.0856-0.0859	0.0000-0.0118-0.0118	-0.0005-0.0518-0.0520	0.0000-0.0118-0.0118	-0.0005-0.0518-0.0520	0.0000-0.0118-0.0118	-0.0005-0.0518-0.0520	0.0000-0.0118-0.0118	-0.0005-0.0518-0.0520	0.0000	0.0119
640	0	-0.0004-0.0132-0.0137	-0.0009-0.0931-0.0934	0.0000-0.0128-0.0128	-0.0006-0.0563-0.0565	0.0000-0.0128-0.0128	-0.0006-0.0563-0.0565	0.0000-0.0128-0.0128	-0.0006-0.0563-0.0565	0.0000-0.0128-0.0128	-0.0006-0.0563-0.0565	0.0000	0.0129
U 238													
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000	0.0000
80	0	-0.0002-0.0009-0.0007	-0.0010-0.00-										

REGION NUMBER 1 5											
NUCLIDE	BV DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP.		DELTA NUMSIGF	
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL
PU239											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0000-0.0020-0.0020	-0.0001-0.0128-0.0129	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043	-0.0000-0.0043-0.0043
160	0	-0.0000-0.0040-0.0040	-0.0002-0.0248-0.0248	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086	-0.0000-0.0086-0.0086
240	0	-0.0000-0.0059-0.0060	-0.0003-0.0356-0.0358	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118	-0.0001-0.0118-0.0118
320	0	-0.0000-0.0079-0.0079	-0.0003-0.0458-0.0461	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151	-0.0001-0.0151-0.0151
400	0	-0.0000-0.0098-0.0099	-0.0003-0.0555-0.0558	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182	-0.0001-0.0181-0.0182
480	0	-0.0000-0.0117-0.0117	-0.0003-0.0646-0.0649	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210	-0.0001-0.0210-0.0210
560	0	-0.0000-0.0135-0.0135	-0.0003-0.0732-0.0735	-0.0000-0.0236-0.0237	-0.0000-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237	-0.0001-0.0236-0.0237
640	0	-0.0000-0.0152-0.0153	-0.0002-0.0813-0.0815	-0.0000-0.0261-0.0262	-0.0000-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262	-0.0001-0.0261-0.0262
PU240											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0001-0.0017-0.0018	-0.0006-0.0115-0.0121	0.0000-0.0016-0.0016	0.0000-0.0016-0.0016	-0.0004-0.0078-0.0082	0.0000-0.0016-0.0016	-0.0004-0.0078-0.0082	0.0000-0.0016-0.0016	-0.0004-0.0078-0.0082	0.0000-0.0016-0.0016
160	0	-0.0002-0.0035-0.0037	-0.0011-0.0221-0.0232	0.0000-0.0039-0.0039	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0008-0.0148-0.0155	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0008-0.0148-0.0155	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0008-0.0148-0.0155	0.0000-0.0039-0.0039
240	0	-0.0003-0.0052-0.0055	-0.0017-0.0320-0.0334	0.0000-0.0057-0.0057	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0210-0.0220	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0210-0.0220	0.0000-0.0057-0.0057	-0.0012-0.0210-0.0220	0.0000-0.0057-0.0057
320	0	-0.0004-0.0070-0.0074	-0.0021-0.0412-0.0429	0.0000-0.0078-0.0078	0.0000-0.0078-0.0078	-0.0015-0.0267-0.0279	0.0000-0.0078-0.0078	-0.0015-0.0267-0.0279	0.0000-0.0078-0.0078	-0.0015-0.0267-0.0279	0.0000-0.0078-0.0078
400	0	-0.0005-0.0087-0.0092	-0.0026-0.0498-0.0518	0.0000-0.0131-0.0131	0.0000-0.0131-0.0131	-0.0019-0.0320-0.0334	0.0000-0.0131-0.0131	-0.0019-0.0320-0.0334	0.0000-0.0131-0.0131	-0.0019-0.0320-0.0334	0.0000-0.0131-0.0131
480	0	-0.0006-0.0104-0.0109	-0.0030-0.0579-0.0601	0.0000-0.0164-0.0166	0.0000-0.0164-0.0166	-0.0022-0.0368-0.0386	0.0000-0.0164-0.0166	-0.0022-0.0368-0.0386	0.0000-0.0164-0.0166	-0.0022-0.0368-0.0386	0.0000-0.0164-0.0166
560	0	-0.0007-0.0121-0.0126	-0.0034-0.0655-0.0679	0.0000-0.0200-0.0200	0.0000-0.0200-0.0200	-0.0025-0.0413-0.0430	0.0000-0.0200-0.0200	-0.0025-0.0413-0.0430	0.0000-0.0200-0.0200	-0.0025-0.0413-0.0430	0.0000-0.0200-0.0200
640	0	-0.0008-0.0137-0.0142	-0.0038-0.0727-0.0753	0.0000-0.0234-0.0234	0.0000-0.0234-0.0234	-0.0027-0.0455-0.0473	0.0000-0.0234-0.0234	-0.0027-0.0455-0.0473	0.0000-0.0234-0.0234	-0.0027-0.0455-0.0473	0.0000-0.0234-0.0234
PU241											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	0.0000-0.0032-0.0032	0.0000-0.0113-0.0113	0.0000-0.0049-0.0049	0.0000-0.0049-0.0049	0.0000-0.0075-0.0075	0.0000-0.0032-0.0032	0.0000-0.0075-0.0075	0.0000-0.0032-0.0032	0.0000-0.0075-0.0075	0.0000-0.0032-0.0032
160	0	0.0000-0.0062-0.0062	0.0000-0.0219-0.0219	0.0000-0.0098-0.0098	0.0000-0.0098-0.0098	0.0000-0.0145-0.0145	0.0000-0.0062-0.0062	0.0000-0.0145-0.0145	0.0000-0.0062-0.0062	0.0000-0.0145-0.0145	0.0000-0.0062-0.0062
240	0	0.0000-0.0092-0.0092	0.0000-0.0317-0.0317	0.0000-0.0149-0.0149	0.0000-0.0149-0.0149	0.0000-0.0211-0.0211	0.0000-0.0092-0.0092	0.0000-0.0211-0.0211	0.0000-0.0092-0.0092	0.0000-0.0211-0.0211	0.0000-0.0092-0.0092
320	0	0.0000-0.0121-0.0121	0.0000-0.0410-0.0410	0.0000-0.0250-0.0250	0.0000-0.0250-0.0250	0.0000-0.0273-0.0273	0.0000-0.0121-0.0121	0.0000-0.0273-0.0273	0.0000-0.0121-0.0121	0.0000-0.0273-0.0273	0.0000-0.0121-0.0121
400	0	0.0000-0.0149-0.0149	0.0000-0.0497-0.0497	0.0000-0.0304-0.0304	0.0000-0.0304-0.0304	0.0000-0.0332-0.0332	0.0000-0.0149-0.0149	0.0000-0.0332-0.0332	0.0000-0.0149-0.0149	0.0000-0.0332-0.0332	0.0000-0.0149-0.0149
480	0	0.0000-0.0175-0.0175	0.0000-0.0580-0.0580	0.0000-0.0356-0.0356	0.0000-0.0356-0.0356	0.0000-0.0387-0.0387	0.0000-0.0175-0.0175	0.0000-0.0387-0.0387	0.0000-0.0175-0.0175	0.0000-0.0387-0.0387	0.0000-0.0175-0.0175
560	0	0.0000-0.0201-0.0201	0.0000-0.0659-0.0659	0.0000-0.0404-0.0404	0.0000-0.0404-0.0404	0.0000-0.0440-0.0440	0.0000-0.0201-0.0201	0.0000-0.0440-0.0440	0.0000-0.0201-0.0201	0.0000-0.0440-0.0440	0.0000-0.0201-0.0201
640	0	0.0000-0.0226-0.0226	0.0000-0.0733-0.0733	0.0000-0.0450-0.0450	0.0000-0.0450-0.0450	0.0000-0.0490-0.0490	0.0000-0.0226-0.0226	0.0000-0.0490-0.0490	0.0000-0.0226-0.0226	0.0000-0.0490-0.0490	0.0000-0.0226-0.0226
PU242											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0004-0.0025-0.0028	-0.0010-0.0194-0.0202	0.0000-0.0016-0.0016	0.0000-0.0016-0.0016	-0.0007-0.0129-0.0135	0.0000-0.0025-0.0025	-0.0007-0.0129-0.0135	0.0000-0.0025-0.0025	-0.0007-0.0129-0.0135	0.0000-0.0025-0.0025
160	0	-0.0005-0.0049-0.0052	-0.0012-0.0362-0.0370	0.0000-0.0039-0.0039	0.0000-0.0039-0.0039	-0.0008-0.0237-0.0244	0.0000-0.0049-0.0049	-0.0008-0.0237-0.0244	0.0000-0.0049-0.0049	-0.0008-0.0237-0.0244	0.0000-0.0049-0.0049
240	0	-0.0005-0.0072-0.0076	-0.0013-0.0512-0.0520	0.0000-0.0068-0.0068	0.0000-0.0068-0.0068	-0.0009-0.0334-0.0339	0.0000-0.0072-0.0072	-0.0009-0.0334-0.0339	0.0000-0.0072-0.0072	-0.0009-0.0334-0.0339	0.0000-0.0072-0.0072
320	0	-0.0006-0.0094-0.0098	-0.0014-0.0668-0.0675	0.0000-0.0099-0.0099	0.0000-0.0099-0.0099	-0.0010-0.0418-0.0423	0.0000-0.0094-0.0094	-0.0010-0.0418-0.0423	0.0000-0.0094-0.0094	-0.0010-0.0418-0.0423	0.0000-0.0094-0.0094
400	0	-0.0006-0.0116-0.0119	-0.0016-0.0772-0.0779	0.0000-0.0134-0.0134	0.0000-0.0134-0.0134	-0.0011-0.0493-0.0498	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0011-0.0493-0.0498	0.0000-0.0116-0.0116	-0.0011-0.0493-0.0498	0.0000-0.0116-0.0116
480	0	-0.0006-0.0137-0.0140	-0.0017-0.0887-0.0893	0.0000-0.0170-0.0170	0.0000-0.0170-0.0170	-0.0011-0.0562-0.0567	0.0000-0.0137-0.0137	-0.0011-0.0562-0.0567	0.0000-0.0137-0.0137	-0.0011-0.0562-0.0567	0.0000-0.0137-0.0137
560	0	-0.0006-0.0157-0.0160	-0.0018-0.0993-0.0999	0.0000-0.0205-0.0205	0.0000-0.0205-0.0205	-0.0012-0.0624-0.0629	0.0000-0.0157-0.0157	-0.0012-0.0624-0.0629	0.0000-0.0157-0.0157	-0.0012-0.0624-0.0629	0.0000-0.0157-0.0157
640	0	-0.0007-0.0176-0.0178	-0.0019-0.1091-0.1097	0.0000-0.0241-0.0241	0.0000-0.0241-0.0241	-0.0013-0.0682-0.0686	0.0000-0.0176-0.0176	-0.0013-0.0682-0.0686	0.0000-0.0176-0.0176	-0.0013-0.0682-0.0686	0.0000-0.0176-0.0176
U 238											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	0.0001-0.0007-0.0006	0.0004-0.0044-0.0038	0.0000-0.0017-0.0017	0.0000-0.0017-0.0017	0.0006-0.0037-0.0031	0.0001-0.0007-0.0006	0.0006-0.0037-0.0031	0.0001-0.0007-0.0006	0.0006-0.0037-0.0031	0.0001-0.0007-0.0006
160	0	0.0002-0.0016-0.0014	0.0013-0.0088-0.0076	0.0000-0.0044-0.0044	0.0000-0.0044-0.0044	0.0011-0.0072-0.0062	0.0002-0.0016-0.0014	0.0011-0.0072-0.0062	0.0002-0.0016-0.0014	0.0011-0.0072-0.0062	0.0002-0.0016-0.0014
240	0	0.0003-0.0025-0.0022	0.0019-0.0131-0.0114	0.0000-0.0078-0.0078	0.0000-0.0078-0.0078	0.0017-0.0106-0.0091	0.0003-0.0025-0.0022	0.0017-0.0106-0.0091	0.0003-0.0025-0.0022	0.0017-0.0106-0.0091	0.0003-0.0025

REGION NUMBER = 6										
MUCLID	BU DAYS	DELTA SIGMA TRANS.		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP.		DELTA NUMSIG
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR. TOTAL
Pu239	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0443-0.0125-0.0519	-0.0600-0.0512-0.1025	-0.0221-0.0239-0.0426	-0.0326-0.0315-0.0592	-0.0220-0.0236-0.0411	-0.0443-0.0125-0.0519	-0.0600-0.0512-0.1025	-0.0221-0.0239-0.0426	-0.0326-0.0315-0.0592	-0.0220-0.0236-0.0411
160	-0.0465-0.0223-0.0601	-0.0670-0.0687-0.1399	-0.0249-0.0410-0.0597	-0.0265-0.0542-0.0819	-0.0247-0.0404-0.0590	-0.0465-0.0223-0.0601	-0.0670-0.0687-0.1399	-0.0249-0.0410-0.0597	-0.0265-0.0542-0.0819	-0.0247-0.0404-0.0590
240	-0.0479-0.0308-0.0669	-0.0719-0.1203-0.1699	-0.0268-0.0552-0.0735	-0.0393-0.0732-0.1002	-0.0268-0.0552-0.0735	-0.0479-0.0308-0.0669	-0.0719-0.1203-0.1699	-0.0268-0.0552-0.0735	-0.0393-0.0732-0.1002	-0.0268-0.0552-0.0735
320	-0.0489-0.0384-0.0728	-0.0750-0.1479-0.1955	-0.0283-0.0675-0.0852	-0.0414-0.0897-0.1157	-0.0281-0.0664-0.0839	-0.0489-0.0384-0.0728	-0.0750-0.1479-0.1955	-0.0283-0.0675-0.0852	-0.0414-0.0897-0.1157	-0.0281-0.0664-0.0839
400	-0.0497-0.0453-0.0782	-0.0788-0.1724-0.2179	-0.0296-0.0784-0.0954	-0.0432-0.1044-0.1293	-0.0294-0.0770-0.0939	-0.0497-0.0453-0.0782	-0.0788-0.1724-0.2179	-0.0296-0.0784-0.0954	-0.0432-0.1044-0.1293	-0.0294-0.0770-0.0939
480	-0.0504-0.0518-0.0831	-0.0814-0.1945-0.2379	-0.0307-0.0881-0.1044	-0.0448-0.1175-0.1432	-0.0305-0.0865-0.1027	-0.0504-0.0518-0.0831	-0.0814-0.1945-0.2379	-0.0307-0.0881-0.1044	-0.0448-0.1175-0.1432	-0.0305-0.0865-0.1027
560	-0.0508-0.0577-0.0877	-0.0841-0.2145-0.2559	-0.0317-0.0960-0.1125	-0.0468-0.1294-0.1522	-0.0315-0.0851-0.1106	-0.0508-0.0577-0.0877	-0.0841-0.2145-0.2559	-0.0317-0.0960-0.1125	-0.0468-0.1294-0.1522	-0.0315-0.0851-0.1106
640	-0.0514-0.0633-0.0920	-0.0863-0.2329-0.2724	-0.0326-0.1049-0.1199	-0.0475-0.1403-0.1621	-0.0324-0.1029-0.1178	-0.0514-0.0633-0.0920	-0.0863-0.2329-0.2724	-0.0326-0.1049-0.1199	-0.0475-0.1403-0.1621	-0.0324-0.1029-0.1178
Pu240	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0182-0.0179-0.0315	-0.0167-0.0865-0.0988	0.0000-0.0170-0.0170	-0.0146-0.0376-0.0844	0.0000-0.0174-0.0174	-0.0182-0.0179-0.0315	-0.0167-0.0865-0.0988	0.0000-0.0170-0.0170	-0.0146-0.0376-0.0844	0.0000-0.0174-0.0174
160	-0.0207-0.0326-0.0461	-0.0478-0.1550-0.1807	0.0000-0.0332-0.0332	-0.0181-0.0717-0.1562	0.0000-0.0330-0.0330	-0.0207-0.0326-0.0461	-0.0478-0.1550-0.1807	0.0000-0.0332-0.0332	-0.0181-0.0717-0.1562	0.0000-0.0330-0.0330
240	-0.0225-0.0445-0.0538	-0.0739-0.2072-0.2365	0.0000-0.0488-0.0488	-0.0548-0.1754-0.2012	0.0000-0.0498-0.0498	-0.0225-0.0445-0.0538	-0.0739-0.2072-0.2365	0.0000-0.0488-0.0488	-0.0548-0.1754-0.2012	0.0000-0.0498-0.0498
320	-0.0240-0.0542-0.0619	-0.0926-0.2476-0.2752	0.0000-0.0639-0.0639	-0.0811-0.2040-0.2332	0.0000-0.0652-0.0652	-0.0240-0.0542-0.0619	-0.0926-0.2476-0.2752	0.0000-0.0639-0.0639	-0.0811-0.2040-0.2332	0.0000-0.0652-0.0652
400	-0.0274-0.0624-0.0694	-0.1130-0.2792-0.3054	0.0000-0.0786-0.0786	-0.0990-0.2349-0.2578	0.0000-0.0803-0.0803	-0.0274-0.0624-0.0694	-0.1130-0.2792-0.3054	0.0000-0.0786-0.0786	-0.0990-0.2349-0.2578	0.0000-0.0803-0.0803
480	-0.0311-0.0695-0.0763	-0.1334-0.3048-0.3301	0.0000-0.0930-0.0930	-0.1132-0.2555-0.2777	0.0000-0.0950-0.0950	-0.0311-0.0695-0.0763	-0.1334-0.3048-0.3301	0.0000-0.0930-0.0930	-0.1132-0.2555-0.2777	0.0000-0.0950-0.0950
560	-0.0330-0.0759-0.0823	-0.1477-0.3265-0.3449	0.0000-0.1070-0.1070	-0.1294-0.2728-0.2932	0.0000-0.1093-0.1093	-0.0330-0.0759-0.0823	-0.1477-0.3265-0.3449	0.0000-0.1070-0.1070	-0.1294-0.2728-0.2932	0.0000-0.1093-0.1093
640	-0.0350-0.0816-0.0877	-0.1545-0.3452-0.3665	0.0000-0.1207-0.1207	-0.1388-0.2875-0.3061	0.0000-0.1233-0.1233	-0.0350-0.0816-0.0877	-0.1545-0.3452-0.3665	0.0000-0.1207-0.1207	-0.1388-0.2875-0.3061	0.0000-0.1233-0.1233
Pu241	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0.0000-0.0108-0.0106	0.0000-0.0315-0.0315	0.0000-0.0213-0.0213	0.0000-0.0229-0.0229	0.0000-0.0211-0.0211	0.0000-0.0108-0.0106	0.0000-0.0315-0.0315	0.0000-0.0213-0.0213	0.0000-0.0229-0.0229	0.0000-0.0211-0.0211
160	0.0000-0.0199-0.0199	0.0000-0.0566-0.0566	0.0000-0.0385-0.0385	0.0000-0.0413-0.0413	0.0000-0.0381-0.0381	0.0000-0.0199-0.0199	0.0000-0.0566-0.0566	0.0000-0.0385-0.0385	0.0000-0.0413-0.0413	0.0000-0.0381-0.0381
240	0.0000-0.0280-0.0280	0.0000-0.0785-0.0785	0.0000-0.0536-0.0536	0.0000-0.0575-0.0575	0.0000-0.0530-0.0530	0.0000-0.0280-0.0280	0.0000-0.0785-0.0785	0.0000-0.0536-0.0536	0.0000-0.0575-0.0575	0.0000-0.0530-0.0530
320	0.0000-0.0354-0.0354	0.0000-0.0980-0.0980	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0719-0.0719	0.0000-0.0669-0.0669	0.0000-0.0354-0.0354	0.0000-0.0980-0.0980	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0719-0.0719	0.0000-0.0669-0.0669
400	0.0000-0.0422-0.0422	0.0000-0.1158-0.1158	0.0000-0.0794-0.0794	0.0000-0.0821-0.0821	0.0000-0.0786-0.0786	0.0000-0.0422-0.0422	0.0000-0.1158-0.1158	0.0000-0.0794-0.0794	0.0000-0.0821-0.0821	0.0000-0.0786-0.0786
480	0.0000-0.0484-0.0484	0.0000-0.1321-0.1321	0.0000-0.0908-0.0908	0.0000-0.0973-0.0973	0.0000-0.0898-0.0898	0.0000-0.0484-0.0484	0.0000-0.1321-0.1321	0.0000-0.0908-0.0908	0.0000-0.0973-0.0973	0.0000-0.0898-0.0898
560	0.0000-0.0546-0.0546	0.0000-0.1472-0.1472	0.0000-0.1013-0.1013	0.0000-0.1085-0.1085	0.0000-0.1002-0.1002	0.0000-0.0546-0.0546	0.0000-0.1472-0.1472	0.0000-0.1013-0.1013	0.0000-0.1085-0.1085	0.0000-0.1002-0.1002
640	0.0000-0.0603-0.0603	0.0000-0.1613-0.1613	0.0000-0.1111-0.1111	0.0000-0.1190-0.1190	0.0000-0.1099-0.1099	0.0000-0.0603-0.0603	0.0000-0.1613-0.1613	0.0000-0.1111-0.1111	0.0000-0.1190-0.1190	0.0000-0.1099-0.1099
Pu242	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0009-0.0090-0.0098	-0.0020-0.0475-0.0491	0.0000-0.0181-0.0181	-0.0017-0.0368-0.0382	0.0000-0.0185-0.0185	-0.0009-0.0090-0.0098	-0.0020-0.0475-0.0491	0.0000-0.0181-0.0181	-0.0017-0.0368-0.0382	0.0000-0.0185-0.0185
160	-0.0011-0.0168-0.0178	-0.0024-0.0661-0.0671	0.0000-0.0354-0.0354	-0.0023-0.0663-0.0677	0.0000-0.0360-0.0360	-0.0011-0.0168-0.0178	-0.0024-0.0661-0.0671	0.0000-0.0354-0.0354	-0.0023-0.0663-0.0677	0.0000-0.0360-0.0360
240	-0.0012-0.0237-0.0245	-0.0027-0.1198-0.1204	0.0000-0.0549-0.0549	-0.0023-0.0910-0.0923	0.0000-0.0529-0.0529	-0.0012-0.0237-0.0245	-0.0027-0.1198-0.1204	0.0000-0.0549-0.0549	-0.0023-0.0910-0.0923	0.0000-0.0529-0.0529
320	-0.0013-0.0300-0.0308	-0.0029-0.1472-0.1487	0.0000-0.0680-0.0680	-0.0024-0.1121-0.1133	0.0000-0.0653-0.0653	-0.0013-0.0300-0.0308	-0.0029-0.1472-0.1487	0.0000-0.0680-0.0680	-0.0024-0.1121-0.1133	0.0000-0.0653-0.0653
400	-0.0014-0.0358-0.0366	-0.0031-0.1724-0.1737	0.0000-0.0837-0.0837	-0.0026-0.1306-0.1317	0.0000-0.0853-0.0853	-0.0014-0.0358-0.0366	-0.0031-0.1724-0.1737	0.0000-0.0837-0.0837	-0.0026-0.1306-0.1317	0.0000-0.0853-0.0853
480	-0.0015-0.0413-0.0419	-0.0033-0.1949-0.1961	0.0000-0.0990-0.0990	-0.0028-0.1470-0.1480	0.0000-0.0969-0.0969	-0.0015-0.0413-0.0419	-0.0033-0.1949-0.1961	0.0000-0.0990-0.0990	-0.0028-0.1470-0.1480	0.0000-0.0969-0.0969
560	-0.0015-0.0463-0.0470	-0.0035-0.2152-0.2164	0.0000-0.1139-0.1139	-0.0029-0.1615-0.1625	0.0000-0.1161-0.1161	-0.0015-0.0463-0.0470	-0.0035-0.2152-0.2164	0.0000-0.1139-0.1139	-0.0029-0.1615-0.1625	0.0000-0.1161-0.1161
640	-0.0016-0.0511-0.0517	-0.0037-0.2338-0.2348	0.0000-0.1285-0.1285	-0.0031-0.1747-0.1756	0.0000-0.1310-0.1310	-0.0016-0.0511-0.0517	-0.0037-0.2338-0.2348	0.0000-0.1285-0.1285	-0.0031-0.1747-0.1756	0.0000-0.1310-0.1310
U 238	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0108-0.0108	0.0000-0.0249-0.0249	0.0000-0.0248-0.0248	0.0000-0.0243-0.0243	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0108-0.0108	0.0000-0.0249-0.0249	0.0000-0.0248-0.0248	0.0000-0.0243-0.0243
160	0.0000-0.0058-0.0056	0.0011-0.0206-0.0195	0.0000-0.0509-0.0505	0.0001-0.0157-0.0147	0.0000-0.0512-0.0512	0.0000-0.0058-0.0056	0.0011-0.0206-0.0195	0.0000-0.0509-0.0505	0.0001-0.0157-0.0147	0.0000-0.0512-0.0512
240	0.0003-0.0085-0.0082	0.0017-0.0296-0.0282	0.0000-0.0748-0.0748	0.0001-0.0225-0.0212	0.0000-0.0752-0.0752	0.0003-0.0085-0.0082	0.0017-0.0296-0.0282	0.0000-0.0748-0.0748	0.0001-0.0225-0.0212	0.0000-0.0752-0.0752
320	0.0004-0.0112-0.0108	0.0022-0.0381-0.0363	0.0000-0.0973-0.0979	0.0001-0.0289-0.0271	0.0000-0.0984-0.0984	0.0004-0.0112-0.0108	0.0022-0.0381-0.0363	0.0000-0.0973-0.0979	0.0001-0.0289-0.0271	0.0000-0.0984-0.0984
400	0.0005-0.0138-0.0134	0.0028-0.0462-0.0440	0.0000-0.1204-0.1204	0.0002-0.0349-0.0328	0.0000-0.1211-0.1211	0.0005-0.0138-0.0134	0.0028-0.0462-0.0440	0.0000-0.1204-0.1204	0.0002-0.0349-0.0328	0.0000-0.1211-0.1211
480	0.0006-0.0164-0.0159	0.0033-0.0539-0.0513	0.0000-0.1425-0.1425	0.0001-0.0405-0.0381	0.0000-0.1433-0.1433	0.0006-0.0164-0.0159	0.0033-0.0539-0.0513	0.0000-0.1425-0.1425	0.0001-0.0405-0.0381	0.0000-0.1433-0.1433
560	0.0007-0.0189-0.0183	0.0039-0.0612-0.0583	0.0000-0.1640-0.1640	0.0002-0.0459-0.0431	0.0000-0.1649-0.1649	0.0007-0.0189-0.0183	0.0039-0.0612-0.0583	0.0000-0.1640-0.1640	0.0002-0.0459-0.0431	0.0000-0.1649-0.1649
640	0.0008-0.0213-0.0206	0.0044-0.0682-0.0649	0.0000-0.1850-0.1850	0.0002-0.0510-0.0479	0.0000-0.1861-0.1861	0.0008-0.0213-0.0206	0.0044-0.0682-0.0649	0.0000-0.1850-0.1850	0.0002-0.0510-0.0479	0.0000-0.1861-0.1861
Pu239F	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0004-0.0065-0.0066	-0.0006-0.0387-0.0392	0.0000-0.0000-0.0000	-0.0004-0.0387-0.0392	0.0000-0.0000-0.0000	-0.0004-0.0065-0.0066	-0.0006-0.0387-0.0392	0.0000-0.0000-0.0000	-0.0004-0.0387-0.0392	0.0000-0.0000-0

REGION NUMBER = 7											
NUCLIDE	BU DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORB.		DELTA NUSSIGF	
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL
PU239											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0745-0.0233-0.0878	-0.0791-0.0752-0.1413	-0.0367-0.0445-0.0741	-0.0503-0.0544-0.0958	-0.0366-0.0442-0.0738	-0.0745-0.0233-0.0878	-0.0791-0.0752-0.1413	-0.0367-0.0445-0.0741	-0.0503-0.0544-0.0958	-0.0366-0.0442-0.0738	-0.0745-0.0233-0.0878
160	-0.3777-0.3397-0.1008	-0.4874-0.1248-0.1698	-0.0406-0.0729-0.1021	-0.0557-0.0896-0.1133	-0.0406-0.0729-0.1021	-0.3777-0.3397-0.1008	-0.4874-0.1248-0.1698	-0.0406-0.0729-0.1021	-0.0557-0.0896-0.1133	-0.0406-0.0729-0.1021	-0.3777-0.3397-0.1008
240	-0.0797-0.0534-0.1111	-0.0931-0.1652-0.2278	-0.0433-0.0958-0.1240	-0.0593-0.1182-0.1574	-0.0433-0.0958-0.1240	-0.0797-0.0534-0.1111	-0.0931-0.1652-0.2278	-0.0433-0.0958-0.1240	-0.0593-0.1182-0.1574	-0.0433-0.0958-0.1240	-0.0797-0.0534-0.1111
320	-0.0812-0.0655-0.1199	-0.0975-0.1999-0.2598	-0.0455-0.1154-0.1423	-0.0622-0.1426-0.1801	-0.0455-0.1154-0.1423	-0.0812-0.0655-0.1199	-0.0975-0.1999-0.2598	-0.0455-0.1154-0.1423	-0.0622-0.1426-0.1801	-0.0455-0.1154-0.1423	-0.0812-0.0655-0.1199
400	-0.0824-0.0763-0.1278	-0.1012-0.2305-0.2876	-0.0473-0.1325-0.1583	-0.0646-0.1640-0.1999	-0.0473-0.1325-0.1583	-0.0824-0.0763-0.1278	-0.1012-0.2305-0.2876	-0.0473-0.1325-0.1583	-0.0646-0.1640-0.1999	-0.0473-0.1325-0.1583	-0.0824-0.0763-0.1278
480	-0.0833-0.0862-0.1350	-0.1045-0.2579-0.3123	-0.0489-0.1477-0.1723	-0.0667-0.1832-0.2173	-0.0489-0.1477-0.1723	-0.0833-0.0862-0.1350	-0.1045-0.2579-0.3123	-0.0489-0.1477-0.1723	-0.0667-0.1832-0.2173	-0.0489-0.1477-0.1723	-0.0833-0.0862-0.1350
560	-0.0842-0.0953-0.1417	-0.1074-0.2827-0.3344	-0.0503-0.1614-0.1849	-0.0686-0.2004-0.2330	-0.0503-0.1614-0.1849	-0.0842-0.0953-0.1417	-0.1074-0.2827-0.3344	-0.0503-0.1614-0.1849	-0.0686-0.2004-0.2330	-0.0503-0.1614-0.1849	-0.0842-0.0953-0.1417
640	-0.0850-0.1037-0.1479	-0.1100-0.3053-0.3545	-0.0516-0.1738-0.1963	-0.0704-0.2161-0.2472	-0.0516-0.1738-0.1963	-0.0850-0.1037-0.1479	-0.1100-0.3053-0.3545	-0.0516-0.1738-0.1963	-0.0704-0.2161-0.2472	-0.0516-0.1738-0.1963	-0.0850-0.1037-0.1479
PU240											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0428-0.0346-0.0678	-0.0223-0.1186-0.1358	0.0000-0.0418-0.0418	-0.0212-0.1105-0.1268	0.0000-0.0418-0.0418	-0.0428-0.0346-0.0678	-0.0223-0.1186-0.1358	0.0000-0.0418-0.0418	-0.0212-0.1105-0.1268	0.0000-0.0418-0.0418	-0.0428-0.0346-0.0678
160	-0.3472-0.0628-0.0913	-0.0316-0.2132-0.2318	0.0000-0.0797-0.0797	-0.0300-0.1984-0.2160	0.0000-0.0797-0.0797	-0.3472-0.0628-0.0913	-0.0316-0.2132-0.2318	0.0000-0.0797-0.0797	-0.0300-0.1984-0.2160	0.0000-0.0797-0.0797	-0.3472-0.0628-0.0913
240	-0.0515-0.0852-0.1092	-0.0684-0.2862-0.3172	0.0000-0.1146-0.1146	-0.0649-0.2659-0.2954	0.0000-0.1146-0.1146	-0.0515-0.0852-0.1092	-0.0684-0.2862-0.3172	0.0000-0.1146-0.1146	-0.0649-0.2659-0.2954	0.0000-0.1146-0.1146	-0.0515-0.0852-0.1092
320	-0.0549-0.1034-0.1235	-0.0959-0.3430-0.3765	0.0000-0.1475-0.1475	-0.0948-0.3182-0.3519	0.0000-0.1475-0.1475	-0.0549-0.1034-0.1235	-0.0959-0.3430-0.3765	0.0000-0.1475-0.1475	-0.0948-0.3182-0.3519	0.0000-0.1475-0.1475	-0.0549-0.1034-0.1235
400	-0.0570-0.1186-0.1354	-0.1244-0.3881-0.4231	0.0000-0.1788-0.1788	-0.1181-0.3594-0.3927	0.0000-0.1788-0.1788	-0.0570-0.1186-0.1354	-0.1244-0.3881-0.4231	0.0000-0.1788-0.1788	-0.1181-0.3594-0.3927	0.0000-0.1788-0.1788	-0.0570-0.1186-0.1354
480	-0.0593-0.1314-0.1456	-0.1445-0.4247-0.4573	0.0000-0.2090-0.2090	-0.1372-0.3926-0.4236	0.0000-0.2090-0.2090	-0.0593-0.1314-0.1456	-0.1445-0.4247-0.4573	0.0000-0.2090-0.2090	-0.1372-0.3926-0.4236	0.0000-0.2090-0.2090	-0.0593-0.1314-0.1456
560	-0.0614-0.1425-0.1548	-0.1616-0.4549-0.4845	0.0000-0.2380-0.2380	-0.1534-0.4198-0.4479	0.0000-0.2380-0.2380	-0.0614-0.1425-0.1548	-0.1616-0.4549-0.4845	0.0000-0.2380-0.2380	-0.1534-0.4198-0.4479	0.0000-0.2380-0.2380	-0.0614-0.1425-0.1548
640	-0.0626-0.1522-0.1630	-0.1801-0.4801-0.5072	0.0000-0.2662-0.2662	-0.1710-0.4423-0.4681	0.0000-0.2662-0.2662	-0.0626-0.1522-0.1630	-0.1801-0.4801-0.5072	0.0000-0.2662-0.2662	-0.1710-0.4423-0.4681	0.0000-0.2662-0.2662	-0.0626-0.1522-0.1630
PU241											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0.0000-0.0186-0.0186	0.0000-0.0472-0.0472	0.0000-0.0342-0.0342	0.0000-0.0364-0.0364	0.0000-0.0342-0.0342	0.0000-0.0186-0.0186	0.0000-0.0472-0.0472	0.0000-0.0342-0.0342	0.0000-0.0364-0.0364	0.0000-0.0342-0.0342	0.0000-0.0186-0.0186
160	0.0000-0.0332-0.0332	0.0000-0.0822-0.0822	0.0000-0.0602-0.0602	0.0000-0.0636-0.0636	0.0000-0.0602-0.0602	0.0000-0.0332-0.0332	0.0000-0.0822-0.0822	0.0000-0.0602-0.0602	0.0000-0.0636-0.0636	0.0000-0.0602-0.0602	0.0000-0.0332-0.0332
240	0.0000-0.0459-0.0459	0.0000-0.1118-0.1118	0.0000-0.0824-0.0824	0.0000-0.0873-0.0873	0.0000-0.0824-0.0824	0.0000-0.0459-0.0459	0.0000-0.1118-0.1118	0.0000-0.0824-0.0824	0.0000-0.0873-0.0873	0.0000-0.0824-0.0824	0.0000-0.0459-0.0459
320	0.0000-0.0572-0.0572	0.0000-0.1378-0.1378	0.0000-0.1026-0.1026	0.0000-0.1080-0.1080	0.0000-0.1026-0.1026	0.0000-0.0572-0.0572	0.0000-0.1378-0.1378	0.0000-0.1026-0.1026	0.0000-0.1080-0.1080	0.0000-0.1026-0.1026	0.0000-0.0572-0.0572
400	0.0000-0.0675-0.0675	0.0000-0.1611-0.1611	0.0000-0.1196-0.1196	0.0000-0.1265-0.1265	0.0000-0.1196-0.1196	0.0000-0.0675-0.0675	0.0000-0.1611-0.1611	0.0000-0.1196-0.1196	0.0000-0.1265-0.1265	0.0000-0.1196-0.1196	0.0000-0.0675-0.0675
480	0.0000-0.0771-0.0771	0.0000-0.1823-0.1823	0.0000-0.1354-0.1354	0.0000-0.1435-0.1435	0.0000-0.1354-0.1354	0.0000-0.0771-0.0771	0.0000-0.1823-0.1823	0.0000-0.1354-0.1354	0.0000-0.1435-0.1435	0.0000-0.1354-0.1354	0.0000-0.0771-0.0771
560	0.0000-0.0859-0.0859	0.0000-0.2017-0.2017	0.0000-0.1503-0.1503	0.0000-0.1590-0.1590	0.0000-0.1503-0.1503	0.0000-0.0859-0.0859	0.0000-0.2017-0.2017	0.0000-0.1503-0.1503	0.0000-0.1590-0.1590	0.0000-0.1503-0.1503	0.0000-0.0859-0.0859
640	0.0000-0.0942-0.0942	0.0000-0.2197-0.2197	0.0000-0.1640-0.1640	0.0000-0.1734-0.1734	0.0000-0.1640-0.1640	0.0000-0.0942-0.0942	0.0000-0.2197-0.2197	0.0000-0.1640-0.1640	0.0000-0.1734-0.1734	0.0000-0.1640-0.1640	0.0000-0.0942-0.0942
PU242											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	-0.0018-0.0150-0.0166	-0.0031-0.0624-0.0649	0.0000-0.0453-0.0453	-0.0028-0.0540-0.0563	0.0000-0.0453-0.0453	-0.0018-0.0150-0.0166	-0.0031-0.0624-0.0649	0.0000-0.0453-0.0453	-0.0028-0.0540-0.0563	0.0000-0.0453-0.0453	-0.0018-0.0150-0.0166
160	-0.0020-0.0278-0.0293	-0.0038-0.1127-0.1152	0.0000-0.0862-0.0862	-0.0033-0.0972-0.0995	0.0000-0.0862-0.0862	-0.0020-0.0278-0.0293	-0.0038-0.1127-0.1152	0.0000-0.0862-0.0862	-0.0033-0.0972-0.0995	0.0000-0.0862-0.0862	-0.0020-0.0278-0.0293
240	-0.0022-0.0389-0.0404	-0.0039-0.1550-0.1574	0.0000-0.1240-0.1240	-0.0036-0.1352-0.1355	0.0000-0.1240-0.1240	-0.0022-0.0389-0.0404	-0.0039-0.1550-0.1574	0.0000-0.1240-0.1240	-0.0036-0.1352-0.1355	0.0000-0.1240-0.1240	-0.0022-0.0389-0.0404
320	-0.0024-0.0488-0.0503	-0.0042-0.1915-0.1937	0.0000-0.1596-0.1596	-0.0039-0.1640-0.1640	0.0000-0.1596-0.1596	-0.0024-0.0488-0.0503	-0.0042-0.1915-0.1937	0.0000-0.1596-0.1596	-0.0039-0.1640-0.1640	0.0000-0.1596-0.1596	-0.0024-0.0488-0.0503
400	-0.0025-0.0579-0.0592	-0.0044-0.2235-0.2255	0.0000-0.1935-0.1935	-0.0041-0.1908-0.1927	0.0000-0.1935-0.1935	-0.0025-0.0579-0.0592	-0.0044-0.2235-0.2255	0.0000-0.1935-0.1935	-0.0041-0.1908-0.1927	0.0000-0.1935-0.1935	-0.0025-0.0579-0.0592
480	-0.0026-0.0662-0.0675	-0.0047-0.2520-0.2539	0.0000-0.2242-0.2242	-0.0043-0.2146-0.2163	0.0000-0.2242-0.2242	-0.0026-0.0662-0.0675	-0.0047-0.2520-0.2539	0.0000-0.2242-0.2242	-0.0043-0.2146-0.2163	0.0000-0.2242-0.2242	-0.0026-0.0662-0.0675
560	-0.0027-0.0739-0.0752	-0.0049-0.2776-0.2794	0.0000-0.2576-0.2576	-0.0045-0.2357-0.2373	0.0000-0.2576-0.2576	-0.0027-0.0739-0.0752	-0.0049-0.2776-0.2794	0.0000-0.2576-0.2576	-0.0045-0.2357-0.2373	0.0000-0.2576-0.2576	-0.0027-0.0739-0.0752
640	-0.0029-0.0811-0.0823	-0.0051-0.3008-0.3025	0.0000-0.2882-0.2882	-0.0047-0.2547-0.2562	0.0000-0.2882-0.2882	-0.0029-0.0811-0.0823	-0.0051-0.3008-0.3025	0.0000-0.2882-0.2882	-0.0047-0.2547-0.2562	0.0000-0.2882-0.2882	-0.0029-0.0811-0.0823
U 238											
0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.		

REGION NUMBER = 0											
NUCLIDE	BU DAYS	DELTA SIGMA TRANS		DELTA SIGMA CAPTURE		DELTA SIGMA FISSION		DELTA SIGMA ABSORP.		DELTA SIGMA SIGF	
		SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL	SHIELD SPECTR	TOTAL
PU239											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0938-0.0280-0.1101	-0.0782-0.0765-0.1430	-0.0413-0.0514-0.0853	-0.0542-0.0601-0.1054	-0.0414-0.0512-0.0854	-0.0542-0.0601-0.1054	-0.0414-0.0512-0.0854	-0.0542-0.0601-0.1054	-0.0414-0.0512-0.0854	-0.0542-0.0601-0.1054
160	0	-0.0973-0.0376-0.1254	-0.0849-0.1276-0.1926	-0.0449-0.0549-0.1174	-0.0588-0.0697-0.1137	-0.0449-0.0549-0.1174	-0.0588-0.0697-0.1137	-0.0449-0.0549-0.1174	-0.0588-0.0697-0.1137	-0.0449-0.0549-0.1174	-0.0588-0.0697-0.1137
240	0	-0.0995-0.0339-0.1376	-0.0895-0.1689-0.2316	-0.0473-0.1116-0.1431	-0.0620-0.1316-0.1730	-0.0473-0.1116-0.1431	-0.0620-0.1316-0.1730	-0.0473-0.1116-0.1431	-0.0620-0.1316-0.1730	-0.0473-0.1116-0.1431	-0.0620-0.1316-0.1730
320	0	-0.1011-0.0781-0.1475	-0.0930-0.2044-0.2645	-0.0492-0.1344-0.1645	-0.0644-0.1587-0.1993	-0.0492-0.1344-0.1645	-0.0644-0.1587-0.1993	-0.0492-0.1344-0.1645	-0.0644-0.1587-0.1993	-0.0492-0.1344-0.1645	-0.0644-0.1587-0.1993
400	0	-0.1024-0.0908-0.1572	-0.0959-0.2356-0.2931	-0.0507-0.1543-0.1831	-0.0665-0.1826-0.2214	-0.0507-0.1543-0.1831	-0.0665-0.1826-0.2214	-0.0507-0.1543-0.1831	-0.0665-0.1826-0.2214	-0.0507-0.1543-0.1831	-0.0665-0.1826-0.2214
480	0	-0.1036-0.1024-0.1655	-0.0985-0.2634-0.3188	-0.0521-0.1721-0.1997	-0.0683-0.2040-0.2412	-0.0521-0.1721-0.1997	-0.0683-0.2040-0.2412	-0.0521-0.1721-0.1997	-0.0683-0.2040-0.2412	-0.0521-0.1721-0.1997	-0.0683-0.2040-0.2412
560	0	-0.1045-0.1130-0.1732	-0.1008-0.2891-0.3419	-0.0535-0.1882-0.2147	-0.0699-0.2253-0.2590	-0.0535-0.1882-0.2147	-0.0699-0.2253-0.2590	-0.0535-0.1882-0.2147	-0.0699-0.2253-0.2590	-0.0535-0.1882-0.2147	-0.0699-0.2253-0.2590
640	0	-0.1054-0.1228-0.1804	-0.1028-0.3124-0.3630	-0.0545-0.2029-0.2283	-0.0715-0.2417-0.2752	-0.0545-0.2029-0.2283	-0.0715-0.2417-0.2752	-0.0545-0.2029-0.2283	-0.0715-0.2417-0.2752	-0.0545-0.2029-0.2283	-0.0715-0.2417-0.2752
PU240											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0957-0.0427-0.0879	-0.0177-0.1174-0.1313	0.0000-0.0666-0.0666	-0.0166-0.1130-0.1266	0.0000-0.0666-0.0666	-0.0166-0.1130-0.1266	0.0000-0.0666-0.0666	-0.0166-0.1130-0.1266	0.0000-0.0666-0.0666	-0.0166-0.1130-0.1266
160	0	-0.0911-0.0721-0.1175	-0.0211-0.2100-0.2239	0.0000-0.1254-0.1254	-0.0204-0.2020-0.2156	0.0000-0.1254-0.1254	-0.0204-0.2020-0.2156	0.0000-0.1254-0.1254	-0.0204-0.2020-0.2156	0.0000-0.1254-0.1254	-0.0204-0.2020-0.2156
240	0	-0.0648-0.1049-0.1404	-0.0245-0.2835-0.2967	0.0000-0.1786-0.1786	-0.0239-0.2725-0.2856	0.0000-0.1786-0.1786	-0.0239-0.2725-0.2856	0.0000-0.1786-0.1786	-0.0239-0.2725-0.2856	0.0000-0.1786-0.1786	-0.0239-0.2725-0.2856
320	0	-0.0678-0.1279-0.1590	-0.0276-0.3428-0.3552	0.0000-0.2280-0.2280	-0.0269-0.3292-0.3413	0.0000-0.2280-0.2280	-0.0269-0.3292-0.3413	0.0000-0.2280-0.2280	-0.0269-0.3292-0.3413	0.0000-0.2280-0.2280	-0.0269-0.3292-0.3413
400	0	-0.0703-0.1475-0.1746	-0.0306-0.3916-0.4031	0.0000-0.2746-0.2746	-0.0298-0.3758-0.3870	0.0000-0.2746-0.2746	-0.0298-0.3758-0.3870	0.0000-0.2746-0.2746	-0.0298-0.3758-0.3870	0.0000-0.2746-0.2746	-0.0298-0.3758-0.3870
480	0	-0.0724-0.1643-0.1881	-0.0336-0.4325-0.4432	0.0000-0.3192-0.3192	-0.0324-0.4144-0.4250	0.0000-0.3192-0.3192	-0.0324-0.4144-0.4250	0.0000-0.3192-0.3192	-0.0324-0.4144-0.4250	0.0000-0.3192-0.3192	-0.0324-0.4144-0.4250
560	0	-0.0744-0.1789-0.1999	-0.0366-0.4672-0.4771	0.0000-0.3619-0.3619	-0.0357-0.4474-0.4571	0.0000-0.3619-0.3619	-0.0357-0.4474-0.4571	0.0000-0.3619-0.3619	-0.0357-0.4474-0.4571	0.0000-0.3619-0.3619	-0.0357-0.4474-0.4571
640	0	-0.0762-0.1918-0.2104	-0.0394-0.4968-0.5060	0.0000-0.4032-0.4032	-0.0388-0.4754-0.4864	0.0000-0.4032-0.4032	-0.0388-0.4754-0.4864	0.0000-0.4032-0.4032	-0.0388-0.4754-0.4864	0.0000-0.4032-0.4032	-0.0388-0.4754-0.4864
PU241											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	0.0000-0.0220-0.0220	0.0000-0.0503-0.0503	0.0000-0.0380-0.0380	0.0000-0.0402-0.0402	0.0000-0.0380-0.0380	0.0000-0.0402-0.0402	0.0000-0.0380-0.0380	0.0000-0.0402-0.0402	0.0000-0.0380-0.0380	0.0000-0.0402-0.0402
160	0	0.0000-0.0392-0.0392	0.0000-0.0876-0.0876	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0707-0.0707	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0707-0.0707	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0707-0.0707	0.0000-0.0671-0.0671	0.0000-0.0707-0.0707
240	0	0.0000-0.0539-0.0539	0.0000-0.1190-0.1190	0.0000-0.0917-0.0917	0.0000-0.0965-0.0965	0.0000-0.0917-0.0917	0.0000-0.0965-0.0965	0.0000-0.0917-0.0917	0.0000-0.0965-0.0965	0.0000-0.0917-0.0917	0.0000-0.0965-0.0965
320	0	0.0000-0.0670-0.0670	0.0000-0.1466-0.1466	0.0000-0.1135-0.1135	0.0000-0.1193-0.1193	0.0000-0.1135-0.1135	0.0000-0.1193-0.1193	0.0000-0.1135-0.1135	0.0000-0.1193-0.1193	0.0000-0.1135-0.1135	0.0000-0.1193-0.1193
400	0	0.0000-0.0790-0.0790	0.0000-0.1712-0.1712	0.0000-0.1330-0.1330	0.0000-0.1397-0.1397	0.0000-0.1330-0.1330	0.0000-0.1397-0.1397	0.0000-0.1330-0.1330	0.0000-0.1397-0.1397	0.0000-0.1330-0.1330	0.0000-0.1397-0.1397
480	0	0.0000-0.0900-0.0900	0.0000-0.1937-0.1937	0.0000-0.1508-0.1508	0.0000-0.1584-0.1584	0.0000-0.1508-0.1508	0.0000-0.1584-0.1584	0.0000-0.1508-0.1508	0.0000-0.1584-0.1584	0.0000-0.1508-0.1508	0.0000-0.1584-0.1584
560	0	0.0000-0.1002-0.1002	0.0000-0.2143-0.2143	0.0000-0.1673-0.1673	0.0000-0.1755-0.1755	0.0000-0.1673-0.1673	0.0000-0.1755-0.1755	0.0000-0.1673-0.1673	0.0000-0.1755-0.1755	0.0000-0.1673-0.1673	0.0000-0.1755-0.1755
640	0	0.0000-0.1097-0.1097	0.0000-0.2334-0.2334	0.0000-0.1825-0.1825	0.0000-0.1915-0.1915	0.0000-0.1825-0.1825	0.0000-0.1915-0.1915	0.0000-0.1825-0.1825	0.0000-0.1915-0.1915	0.0000-0.1825-0.1825	0.0000-0.1915-0.1915
PU242											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	-0.0020-0.0177-0.0195	-0.0030-0.0631-0.0627	0.0000-0.0728-0.0728	-0.0029-0.0575-0.0600	0.0000-0.0728-0.0728	-0.0029-0.0575-0.0600	0.0000-0.0728-0.0728	-0.0029-0.0575-0.0600	0.0000-0.0728-0.0728	-0.0029-0.0575-0.0600
160	0	-0.0023-0.0327-0.0345	-0.0034-0.1144-0.1169	0.0000-0.1370-0.1370	-0.0033-0.1041-0.1066	0.0000-0.1370-0.1370	-0.0033-0.1041-0.1066	0.0000-0.1370-0.1370	-0.0033-0.1041-0.1066	0.0000-0.1370-0.1370	-0.0033-0.1041-0.1066
240	0	-0.0025-0.0457-0.0475	-0.0037-0.1577-0.1601	0.0000-0.1951-0.1951	-0.0036-0.1433-0.1457	0.0000-0.1951-0.1951	-0.0036-0.1433-0.1457	0.0000-0.1951-0.1951	-0.0036-0.1433-0.1457	0.0000-0.1951-0.1951	-0.0036-0.1433-0.1457
320	0	-0.0026-0.0574-0.0591	-0.0039-0.1953-0.1976	0.0000-0.2491-0.2491	-0.0038-0.1772-0.1794	0.0000-0.2491-0.2491	-0.0038-0.1772-0.1794	0.0000-0.2491-0.2491	-0.0038-0.1772-0.1794	0.0000-0.2491-0.2491	-0.0038-0.1772-0.1794
400	0	-0.0027-0.0679-0.0696	-0.0041-0.2285-0.2306	0.0000-0.3000-0.3000	-0.0039-0.2070-0.2090	0.0000-0.3000-0.3000	-0.0039-0.2070-0.2090	0.0000-0.3000-0.3000	-0.0039-0.2070-0.2090	0.0000-0.3000-0.3000	-0.0039-0.2070-0.2090
480	0	-0.0028-0.0777-0.0792	-0.0043-0.2583-0.2602	0.0000-0.3488-0.3488	-0.0041-0.2335-0.2354	0.0000-0.3488-0.3488	-0.0041-0.2335-0.2354	0.0000-0.3488-0.3488	-0.0041-0.2335-0.2354	0.0000-0.3488-0.3488	-0.0041-0.2335-0.2354
560	0	-0.0029-0.0867-0.0882	-0.0044-0.2851-0.2873	0.0000-0.3955-0.3955	-0.0042-0.2574-0.2592	0.0000-0.3955-0.3955	-0.0042-0.2574-0.2592	0.0000-0.3955-0.3955	-0.0042-0.2574-0.2592	0.0000-0.3955-0.3955	-0.0042-0.2574-0.2592
640	0	-0.0030-0.0951-0.0965	-0.0045-0.3096-0.3113	0.0000-0.4407-0.4407	-0.0043-0.2790-0.2807	0.0000-0.4407-0.4407	-0.0043-0.2790-0.2807	0.0000-0.4407-0.4407	-0.0043-0.2790-0.2807	0.0000-0.4407-0.4407	-0.0043-0.2790-0.2807
U 238											
0	0	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000	0.0000-0.0000-0.0000
80	0	0.0000-0.0058-0.0057	0.0001-0.0188-0.0187	0.0000-0.1348-0.1348	0.0001-0.0163-0.0162	0.0000-0.0058-0.0057	0.0001-0.0163-0.0162	0.0000-0.0058-0.0057	0.0001-0.0163-0.0162	0.0000-0.0058-0.0057	0.0001-0.0163-0.0162
160	0	0.0000-0.0109-0.0108	0.0002-0.0352-0.0349	0.0000-0.2535-0.2535	0.0002-0.0305-0.0305	0.0000-0.0109-0.0108	0.0002-0.0305-0.0305	0.0000-0.0109-0.0108	0.0002-0.0305-0.0305	0.0000-0.0109-0.0108	0.0002-0.0305-0.0305
240	0	0.0001-0.0155-0.0155	0.0004-0.0498-0.0494	0.0000-0.3612-0.3612	0.0004-0.0432-0.0428	0.0001-0.0155-0.0155	0.0004-0.0432-0.0428	0.0000-0.0155-0.0155	0.0004-0.0		

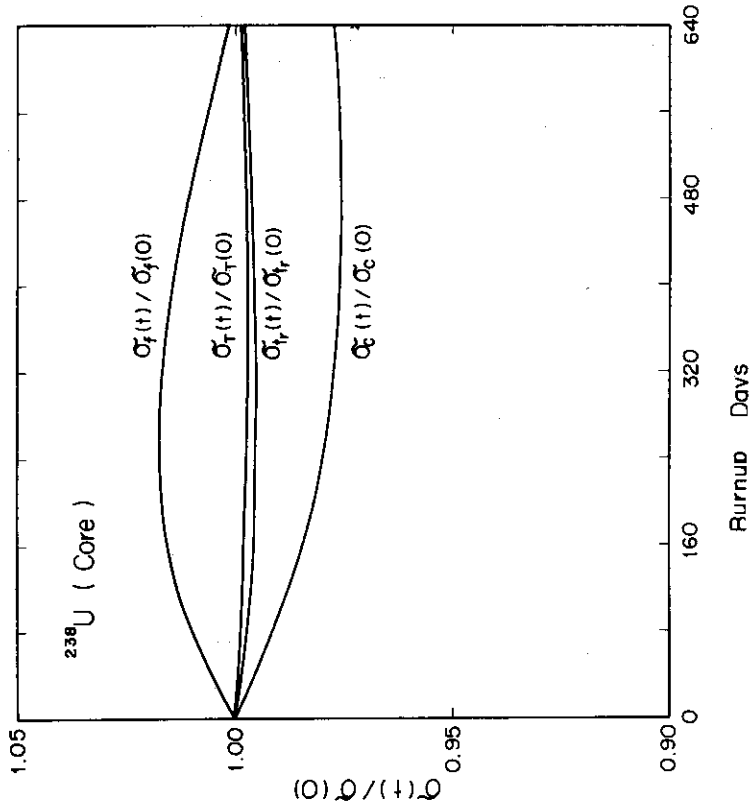


Fig. 3 炉心第1領域 ($r=0\sim 24\text{cm}$) の ^{238}U の1群断面
積の時間変化

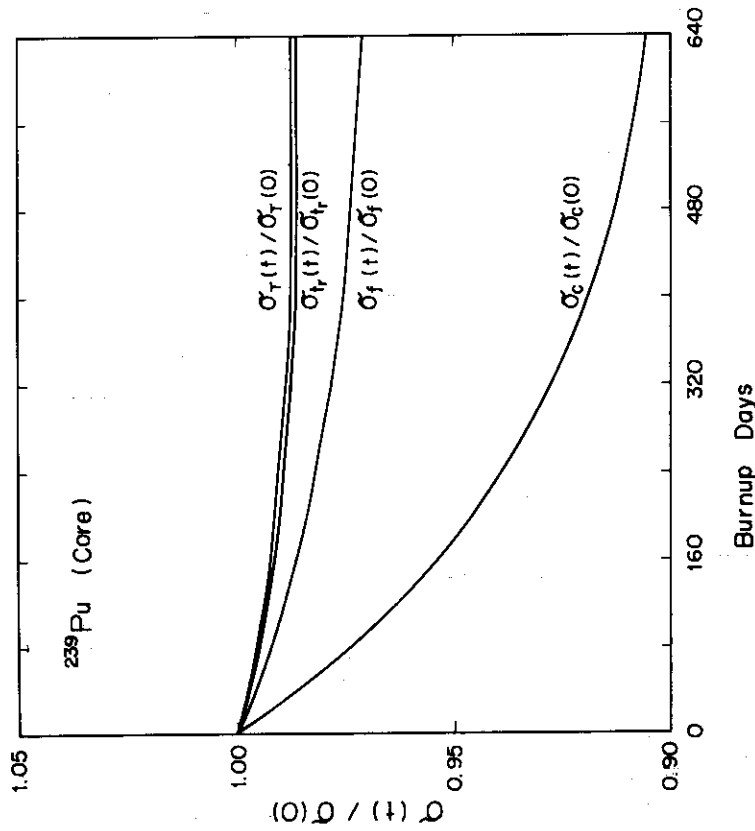


Fig. 2 炉心第1領域 ($r=0\sim 24\text{cm}$) の ^{239}Pu の1群断
面積の時間変化

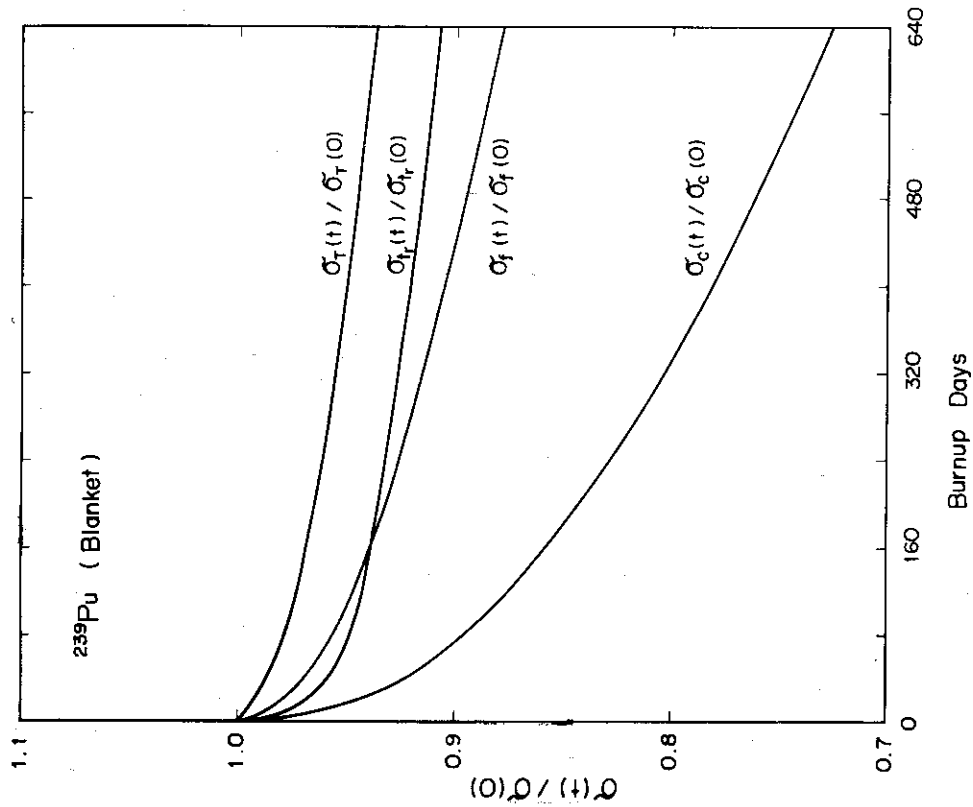


Fig. 4 ブランケット第1領域 ($r=96 \sim 104 \text{ cm}$) の ^{239}Pu の1群断面積の時間変化

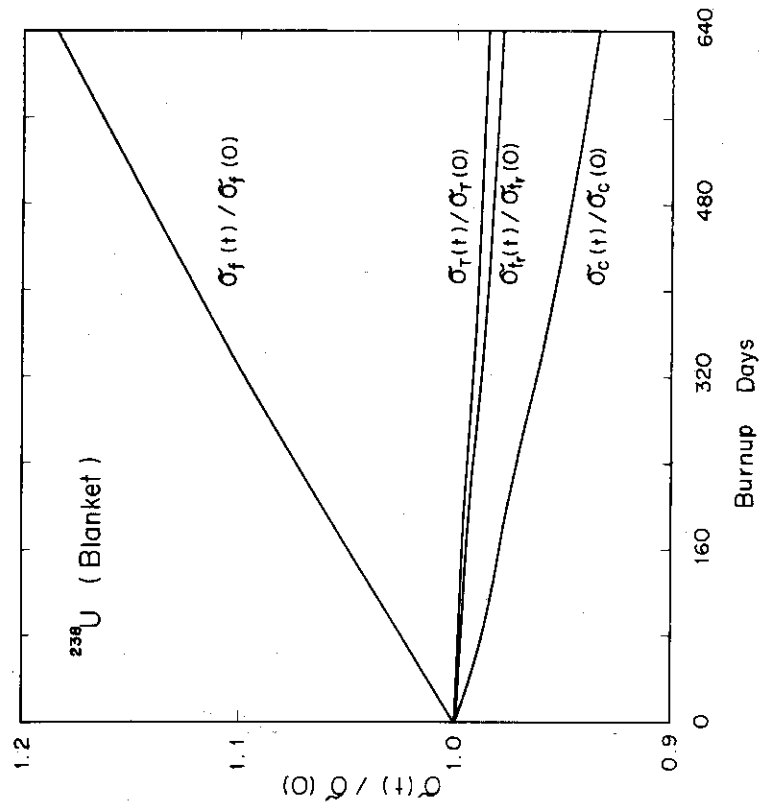


Fig. 5 ブランケット第1領域 ($r=96 \sim 104 \text{ cm}$) の ^{238}U の1群断面積の時間変化

4. 処女状態の1群炉定数を用いた燃焼特性

前章で得られた1群炉定数の変化を考慮する前に、処女状態の1群炉定数を燃焼期間中用いた時に、どのような燃焼特性に影響を与えるかを、多群計算結果と比較しながら検討する。

4.1 実効増倍率 (k_{eff})

Fig.6 に K_{eff} の変化を示した。 $T=0$ で得られた1群炉定数を用いることで、(i) $T=0$ において K_{eff} を約2%高めにとっている。このことは拡散係数を(21), (22)で求めたこと及び、領域分割が不適当であったことを示している。このことについては後に検討する。(ii) 燃焼解析において K_{eff} は $K_{eff}(T) - K_{eff}(0)$ で重要となるが、この量が多群計算の結果と大巾に異なる。等のがわかる。したがって、この方法によって実効増倍率を計算することは不適当である。

4.2 原子数密度と燃焼度

原子数密度の変化を多群計算と比較して、C-1, C-5, B-1 について Table 4 に示した。この結果、炉心領域の主要燃焼核種 (^{238}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , F.P.) について全燃焼期間において1%以内で多群計算の結果と一致している。ただし、F.P. を除く ^{238}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu は処女状態においてすでに存在するものであり、F.P. は(5)式からわかるように、核分裂核の核分裂群炉定数と関係し、この1群定数は燃焼に対して鈍感であることに注意すべきである。一方、ブランケット領域においては、 ^{239}Pu で約4% 1群計算の結果が低くなり、逆に ^{240}Pu は約10% 高くなる。また、F.P. は約10% 低くなる。このブランケットにおける原子数密度の傾向は単に $\langle \sigma_x \rangle$ の傾向で説明できず、1群計算の実効増倍率が多群計算の結果より大きいことから、1群計算のブランケット中の中性子束が小さくなる傾向にあることも考慮する必要があることを示している。

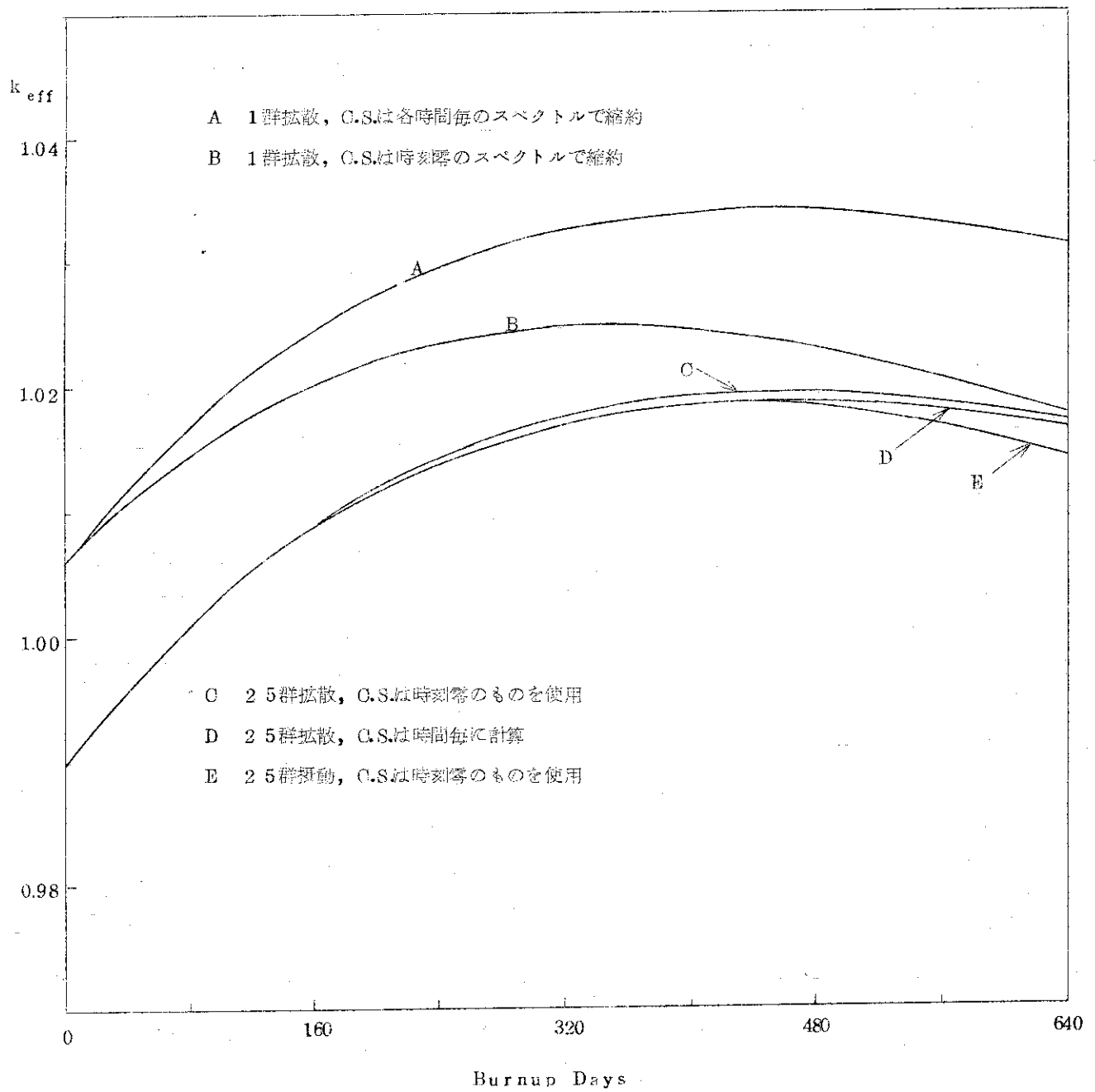


Fig.6 各種の計算法による k_{eff} の時間変化の比較

Table 4 原子数密度変化に対する多群と1群計算の比較

Region; C-1

Burnup Days	$^{238}\text{U}(\times 10^{-21})$		$^{239}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		$^{240}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		F. P. ($\times 10^{-20}$)	
	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G
80	8.6213	8.6229	9.5664	9.5653	2.2665	2.2654	1.8715	1.8587
160	8.3949	8.3969	9.6910	9.6866	2.4273	2.4316	3.7521	3.7316
240	8.1794	8.1809	9.7501	9.7395	2.5713	2.5846	5.6205	5.5970
320	7.9741	7.9749	9.7596	9.7399	2.6994	2.7236	7.4622	7.4394
400	7.7785	7.7785	9.7316	9.7004	2.8130	2.8484	9.2669	9.2475
480	7.5923	8.5915	9.6757	9.6309	2.9132	2.9593	11.0269	11.0128
560	7.4147	7.4132	9.5991	9.5393	3.0013	3.0570	12.7382	12.7307
640	7.2454	7.2434	9.5073	9.4317	3.0784	3.1424	14.3986	14.3976

Region; C-5

Burnup Days	$^{238}\text{U}(\times 10^{-21})$		$^{239}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		$^{240}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		F. P. ($\times 10^{-20}$)	
	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G
80	8.7908	8.7905	9.4306	9.4309	2.1462	2.1465	0.5129	0.5149
160	8.7248	8.7243	9.4963	9.4956	2.2016	2.2029	1.0181	1.0223
240	8.6604	8.6596	9.5541	9.5517	2.2548	2.2577	1.5192	1.5254
320	8.5973	8.5962	9.6050	9.6002	2.3060	2.3112	2.0187	2.0268
400	8.5350	8.5336	9.6495	9.6420	2.3556	2.3636	2.5185	2.5284
480	8.4734	8.4717	9.6881	9.6775	2.4037	2.4151	3.0201	3.0316
560	8.4124	8.4103	9.7213	9.7074	2.4505	2.4658	3.5243	3.5376
640	8.3517	8.3491	9.7492	9.7320	2.4960	2.5157	4.0319	4.0470

Region; B-1

Burnup Days	$^{238}\text{U}(\times 10^{-21})$		$^{239}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		$^{240}\text{Pu}(\times 10^{-20})$		F. P. ($\times 10^{-20}$)	
	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G	M-G	1-G
80	9.9283	9.9303	0.3993	0.3817	0.0022	0.0020	0.0354	0.0336
160	9.8857	9.8895	0.7739	0.7413	0.0077	0.0076	0.0811	0.0763
240	9.8438	9.8493	1.1286	1.0827	0.0162	0.0165	0.1364	0.1276
320	9.8024	9.8094	1.4668	1.4091	0.0272	0.0285	0.2008	0.1874
400	9.7613	9.7697	1.7911	1.7224	0.0406	0.0434	0.2740	0.2554
480	9.7203	9.7300	2.1033	2.0244	0.0562	0.0612	0.3559	0.3317
560	9.6792	9.6902	2.4047	2.3161	0.0738	0.0817	0.4465	0.4164
640	9.6381	9.6502	2.6962	2.5985	0.0933	0.1048	0.5458	0.5095

M-G; 多群計算

1-G; 1群計算

次に、この原子数密度の多群と1群計算の相異が高速炉の増殖性にどのように影響するかを各領域の ^{239}Pu に関する増殖利益の形でFig. 7に図示した。時刻 t における ^{239}Pu の重量 $M^{49}(t)$ とすると増殖利益 $BG(t)$ は、

$$BG(t) = M^{49}(t) - M^{49}(0)$$

で定義する。この結果、増殖利益という観点からはブランケットの役割は大きく、内部増殖比1以下の場合(これが普通であるが)、ブランケットにおける計算法を考える必要があることを示している。

FPが(5)式にしたがう時間変化を示すとすれば、1核分裂により、1個のFPが生じ、このFPは蓄積されることになる。したがって、各領域平均の燃焼度 $BU(t)$ は簡単に初期の燃焼核種(^{238}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu)と時刻 t のFPとであらわすことができ、

$$BU_p(t) = \frac{N_p^b(t)}{\sum_{m=0}^4 N_p^m(0)} \times 100 \quad (\%) \quad (29)$$

となる。したがって、1群と多群計算による燃焼度の相異は、両計算のFP原子数密度の相異となる。この点からみると、炉心における燃焼度は1群と多群計算で1%以下で一致するといえる。ブランケットにおいては、燃焼時間が増加するにしたがって、両計算法の燃焼度の相異は10%程度に達するが、炉心の燃料交換は燃焼度によって決定されるが、ブランケットにおいては炉内滞在時間で決定されるのが普通であることを考慮すると、FP蓄積量(燃焼度)の相異はあまり問題にならない。

4.3 出力分布と中性子束分布

今までに、燃焼炉心における主要核特性の実効増倍率と燃焼度および増殖性が処女状態における1群炉定数を用いてどの程度の精度で計算可能かを議論してきた。

ここでは、残る主要核特性の出力分布と中性子束分布をみることにする。

出力分布の多群計算との比較図をFig. 8に示した。また、各領域の平均出力密度をTable 5に示した。

この結果、炉心における出力分布の多群と1群計算の相異は1%以下である。一方、ブランケットにおいてはかなり大きな相異があるが、多群と1群計算の相対比はある燃焼時間以上では平衡になる傾向がみられる。

次に中性子束分布を炉心中心で規格化してTable 6に示した。炉心内の中性子束分布は、多群と1群計算でほぼ一致しているといえるが、1群計算の結果はやはり中性子流れ(拡散項)を小さめに見積る傾向がある。この傾向は処女状態においても燃焼状態においても同程度であることから、吸収、核分裂1群定数の時間変動よりもむしろ、輸送1群定数に(22)式を用いたところに主な原因があると推定できる。

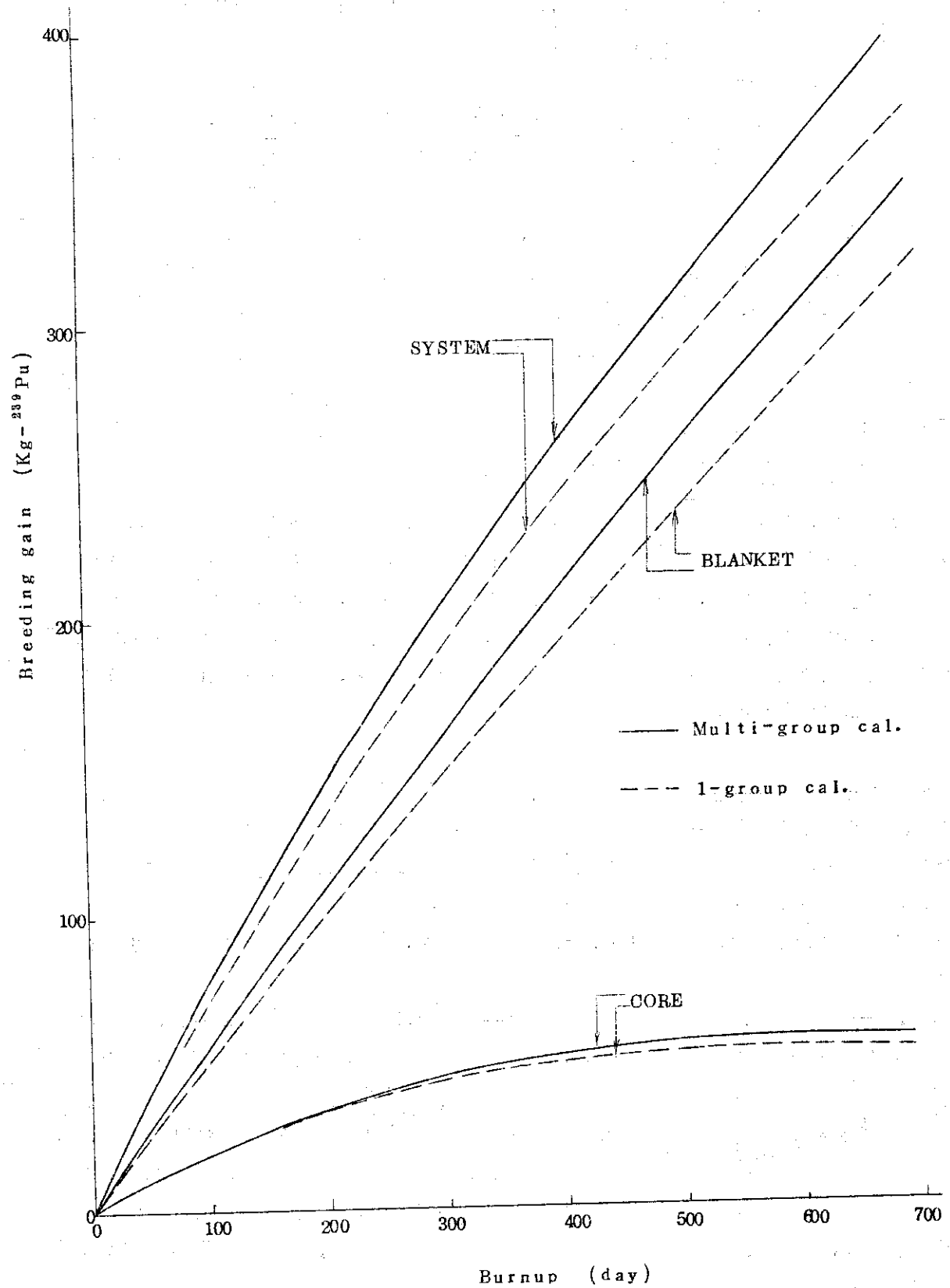


Fig.7 1群と多群計算の増殖利益比較

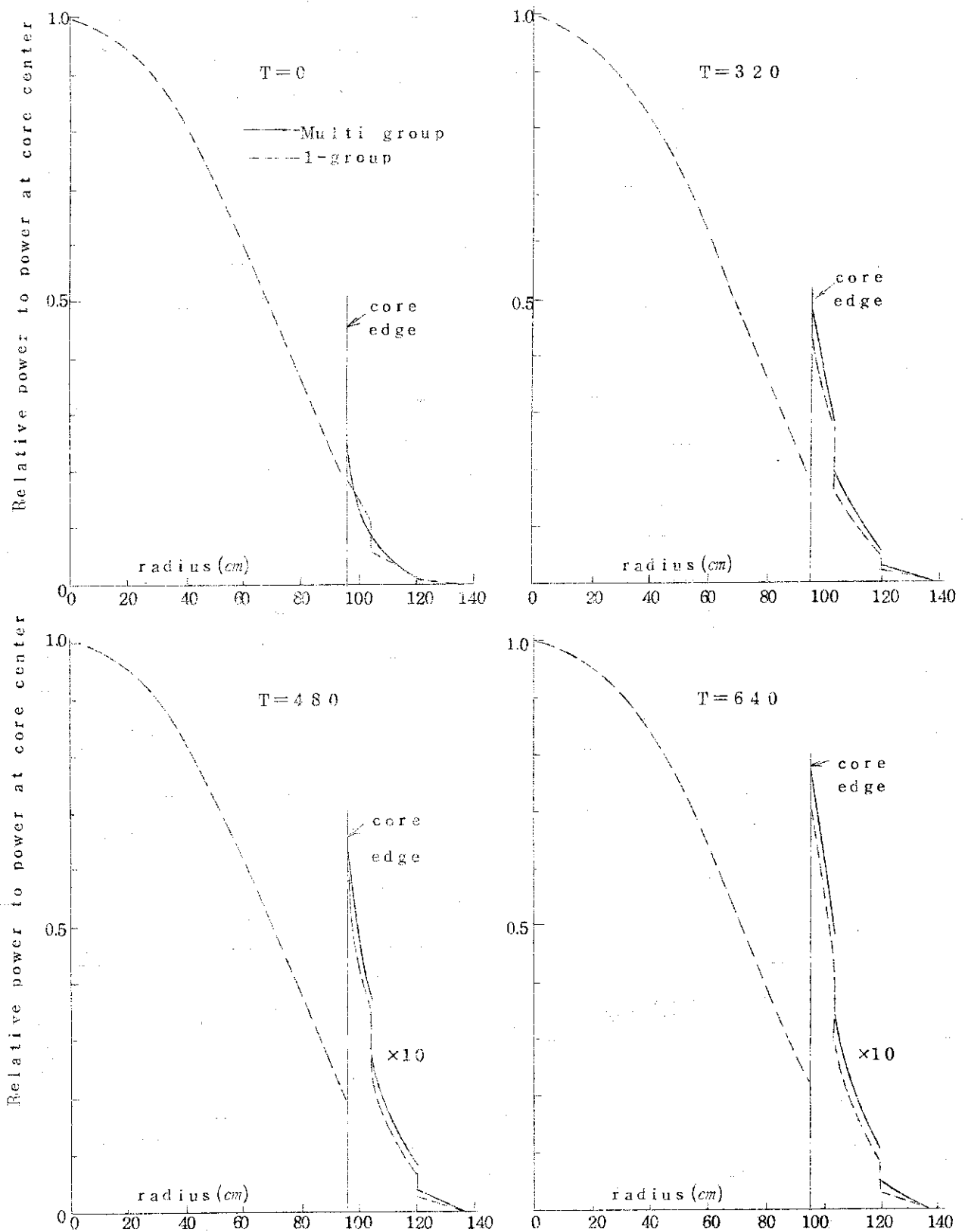


Fig. 8 Comparison of relative power distributions between Multigroup and 1 group calculations

Table 5 Comparison of average power densities in each region by one and multi-group treatments.

Region		T=0	T=320	T=480	T=640
C-1	M-G	0.8614	0.8434	0.8024	0.7556
	1-G	0.8554	0.8449	0.8055	0.7588
	1-G/M-G	0.9930	1.0018	1.0039	1.0042
C-2	M-G	0.7640	0.7477	0.7191	0.6861
	1-G	0.7602	0.7503	0.7235	0.6910
	1-G/M-G	0.9950	1.0035	1.0062	1.0071
C-3	M-G	0.6115	0.5969	0.5831	0.5673
	1-G	0.6105	0.6005	0.5882	0.5733
	1-G/M-G	0.9984	1.0060	1.0087	1.0106
C-4	M-G	0.4260	0.4142	0.4115	0.4091
	1-G	0.4278	0.4178	0.4158	0.4141
	1-G/M-G	1.0042	1.0087	1.0104	1.0122
C-5	M-G	0.2381	0.2324	0.2347	0.2382
	1-G	0.2390	0.2332	0.2354	0.2390
	1-G/M-G	1.0038	1.0034	1.0030	1.0034
B-1	M-G	0.01341	0.03169	0.03992	0.04806
	1-G	0.01281	0.02934	0.03717	0.04512
	1-G/M-G	0.9553	0.9258	0.9311	0.9388
B-2	M-G	0.003365	0.009684	0.01267	0.01574
	1-G	0.003010	0.007840	0.01034	0.01301
	1-G/M-G	0.8945	0.8096	0.8161	0.8266
B-2	M-G	0.0004051	0.001008	0.001312	0.001638
	1-G	0.0003458	0.0006583	0.0008358	0.001035
	1-G/M-G	0.8536	0.6531	0.6370	0.6319

(unit ; MWt/ℓ)

Table 6 Comparison of neutron flux distributions calculated by one and multi-group diffusion theory.

Radius		T=0	T=320	T=480	T=640
24cm	M-G	0.9259	0.9261	0.9308	0.9364
	1-G	0.9269	0.9282	0.9333	0.9396
	1-G/M-G	1.0011	1.0022	1.0027	1.0034
42cm	M-G	0.7834	0.7841	0.7955	0.8094
	1-G	0.7862	0.7890	0.8015	0.8170
	1-G/M-G	1.0036	1.0062	1.0075	1.0094
60cm	M-G	0.5890	0.5909	0.6067	0.6266
	1-G	0.5939	0.5977	0.6148	0.6365
	1-G/M-G	1.0083	1.0115	1.0134	1.0158
78cm	M-G	0.3720	0.3765	0.3920	0.4117
	1-G	0.3778	0.3823	0.3984	0.4192
	1-G/M-G	1.0156	1.0154	1.0163	1.0182
96cm	M-G	0.1712	0.1791	0.1902	0.2039
	1-G	0.1696	0.1760	0.1865	0.1998
	1-G/M-G	0.9907	0.9827	0.9805	0.9799
104cm	M-G	0.1058	0.1137	0.1222	0.1325
	1-G	0.09918	0.1050	0.1123	0.1215
	1-G/M-G	0.9374	0.9235	0.9190	0.9170
120cm	M-G	0.03197	0.03679	0.04028	0.04452
	1-G	0.02849	0.03081	0.03329	0.03639
	1-G/M-G	0.8911	0.8375	0.8265	0.8174

以上の結果、炉心内の出力分布および中性子束分布の燃焼に伴う変動は、1群拡散近似に基づく燃焼解析によって十分な精度で推定できる。しかし、ブランケット部分のこれらの分布は1群拡散近似ではかなり問題があると考えられる。

処女状態で作成された1群炉定数を用いて種々の炉物理量の燃焼解析を行なった結果、

- (1) 実効増倍率 (k_{eff}) の変化の推定には無理がある。
- (2) 原子数密度の計算では、増殖利益を考える時にブランケット部の取扱いに問題がある。
- (3) 出力および中性子束分布の計算においても、ブランケット部の取扱いに若干の問題がある。

等のことになった。

次の章では、処女状態の1群炉定数を用いるときの領域分割、拡散係数の作成上の問題等を検討する。

5. 処女状態 1 群炉定数の定義と燃焼特性

1 群拡散理論に基づく燃焼解析では、処女状態の 1 群炉定数の輸送炉定数の作成法に 1 つの問題点があることが前章の解析の結果わかった。輸送 1 群炉定数 $\langle \sigma_{tr} \rangle$ は、拡散方程式と境界条件の 2 つを満足する必要性から、エネルギー的、空間的平均法に注意を要する定数である。

こゝでは、(23), (24) 式にしたがう $\langle \sigma_{tr} \rangle$ について検討し、加えて、C-5 領域を 3 領域に細分したときについての検討を行なう。また、処女状態での 1 群炉定数を用いて反応度変化を計算することに問題があることから、反応度変化計算に 1 次摂動論に基づく 1 群炉定数を適用した場合についても検討を行なった。

5.1 処女状態の炉特性

(23), (24) 式の $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を用い、C-5 を 3 領域化したものを含め多群計算の k_{eff} 、出力分布及び中性子束分布との比較をし、それぞれ Table 7, 8, 9 に示した。

k_{eff} は (23), あるいは (24) 式の 1 群輸送群定数を使用することで、多群計算の結果とほぼ一致することがわかる。

一方、炉中心で規格化した中性子束および出力分布は輸送 1 群炉定数 $\langle \sigma_{tr} \rangle$ の選び方によって、炉心では (22) 式、ブランケットでは (23) あるいは (24) 式が多群計算の結果と一致することがわかった。(22), (23), (24) 式で得られた $\langle \sigma_{tr} \rangle$ が拡散係数 D にどの程度の影響を与えているかを Table 10 に C-1, C-5, B-1 について表示した。

しかしながら、特に炉心境界近傍のブランケットにおける出力分布はどの $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を用いようとかかなり多群計算の場合と異なる。この理由として、ブランケットの核分裂核が ^{238}U であり、しかもこの領域の中性子スペクトルが空間的に変動し、したがって領域平均の $\langle \nu \Sigma_f \rangle$ が使用できないことにあると考えられる。したがって、ブランケットの領域分割を考える必要がある。しかし、燃焼が進むにつれ、主な核分裂核が ^{239}Pu となり比較的中性子スペクトル変動に鈍感な $\nu \sigma_f$ をもつことから多群計算の結果と一致する方向にあることは前章で見た。

Table 7 k_{eff} at virgin state for various $\langle \sigma_{tr} \rangle$

Prob	領域分割	$\langle \sigma_{tr} \rangle$	k_{eff}
1	C-5 1 領域	(22)	1.00572
2		(23)	0.98720
3		(24)	0.99300
4	C-5 3 領域化	(22)	1.00583
5		(23)	0.98768
6		(24)	0.99350
0	多群拡散計算結果		0.98945

Table 8 Flux distributions of various one group calculations relative to that of multigroup calculation at virgin state

Prob. Radii(cm)	1	2	3	4	5	6
24	1.0009	1.0026	1.0022	1.0019	1.0035	1.0032
42	1.0031	1.0086	1.0074	1.0065	1.0117	1.0106
60	1.0072	1.0200	1.0173	1.0150	1.0273	1.0248
78	1.0131	1.0407	1.0348	1.0294	1.0559	1.0506
96	0.9847	1.0501	1.0359	1.0065	1.0713	1.0577
104	0.9282	1.0183	0.9969	0.9560	1.0461	1.0253
120	0.8755	1.0086	0.9720	0.9154	1.0505	1.0135

Table 9 Power distributions of various one group calculations relative to that of multi-group calculation at virgin state

Prob. Radii(cm)	1	2	3	4	5	6
24	1.0009	1.0026	1.0022	1.0011	1.0028	1.0024
42	1.0031	1.0087	1.0075	1.0039	1.0094	1.0083
60	1.0068	1.0204	1.0176	1.0088	1.0221	1.0194
78	1.0109	1.0445	1.0386	1.0098	1.0427	1.0370
96	0.9658	1.0301	1.0161	0.9811	1.0463	1.0321
	0.7863	0.8385	0.8272	0.7857	0.8377	0.8264
104	0.9419	1.0333	1.0116	0.9411	1.0322	1.0106
120	1.0544	1.2147	1.1706	1.0535	1.2135	1.1695

Table 10 Relation between $\langle D \rangle$ and $\langle \sigma_{tr} \rangle$

$\langle \sigma_{tr} \rangle$	C-1	C-5	B-1
(22)	1.3296	1.3085	1.2411
(23)	1.5281	1.5063	1.4168
(24)	1.4677	1.4456	1.3561

5.2 燃焼状態の炉特性

$\langle \sigma_{tr} \rangle$ の計算法によって、処女状態の k_{eff} , 中性子束および出力分布がかなり影響していることがわかった。この処女状態の炉特性の相異がどの程度燃焼特性に影響を与えているかを k_{eff} , 原子数密度, 出力分布について検討してみる。 k_{eff} の変化を Table 11, 出力分布, 原子数密度は $T = 640$ 日における値をそれぞれ Table 12, 13 に表示した。 k_{eff} は $\langle \sigma_{tr} \rangle$ として (23) あるいは (24) 式を用いることでかなり改良されているが, 多群計算との相異は大きい。

時刻 640 日における出力分布はブランケットを除いてはどの $\langle \sigma_{tr} \rangle$ でも大きな変化はないが, ブランケットでは処女状態と同様に (23), (24) 式の $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を用いる方が (22) 式と比較してよい結果を与える。また, 主要な核種の原子数密度は, 炉心およびブランケットと共に (23), (24) 式にしたがう $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を用いた時が良い結果を与え, 特にブランケットの ^{239}Pu の多群計算の結果との一致が非常によくなっている。したがって, 前章で指摘した燃料経済に及ぼすブランケットの不確定度は $\langle \sigma_{tr} \rangle$ の選び方でほぼ解決しているように見受けられる。

Table 11 k_{eff} variations due to burnup for various $\langle \sigma_{tr} \rangle$

$$((k(t) - k(0)) / k(0))$$

Burnup Prob. $\langle \sigma_{tr} \rangle$	(1)	(2)	(3)	Multi-group
	Eq (22)	Eq (23)	Eq (24)	cal.
80 days	0.00886	0.00919	0.00908	0.01132
160	0.01452	0.01522	0.01499	0.01919
240	0.01768	0.01883	0.01846	0.02444
320	0.01893	0.02055	0.02006	0.02763
400	0.01864	0.02078	0.02013	0.02918
480	0.01718	0.01988	0.01909	0.02946
560	0.01480	0.01817	0.01720	0.02876
640	0.01165	0.01592	0.01471	0.02726

Table 12 Power distributions at T=640 day for
various $\langle \sigma_{tr} \rangle$

Radii (cm)	Prob. $\langle \sigma_{tr} \rangle$	(1)	(2)	(3)	Multi-group
		Eq(22)	Eq(23)	Eq(24)	cal.
24		0.9431	0.9423	0.9426	0.9401
42		0.8257	0.8245	0.8252	0.8188
60		0.6462	0.6469	0.6474	0.6373
78		0.4264	0.4319	0.4314	0.4189
96	C	0.2031	0.2133	0.2116	0.2103
	B	0.07439	0.08065	0.07947	0.07735
104		0.03734	0.04216	0.04109	0.04098
120		0.00603	0.00733	0.00698	0.00791

Table 13 Atomic number densities at T=640 day
for various $\langle \sigma_{tr} \rangle$

Region	Prob. $\langle \sigma_{tr} \rangle$	(1)	(2)	(3)	Multi-group
	Nuclide	Eq(22)	Eq(23)	Eq(24)	cal.
C-1	U-238	7.2434	7.2741	7.2679	7.2454
	Pu-239	9.4317	9.4531	9.4490	9.5073
	Pu-240	3.1424	3.1271	3.1302	3.0784
	F.P.	14.398	14.091	14.152	14.399
C-5	U-238	8.3491	8.3407	8.3423	8.3517
	Pu-239	9.7320	9.7347	9.7342	9.7492
	Pu-240	2.5157	2.5227	2.5214	2.4960
	F.P.	4.0470	4.1167	4.1035	4.0319
B-1	U-238	9.6502	9.6331	9.6369	9.6381
	Pu-239	2.5985	2.7162	2.6906	2.6962
	Pu-240	0.1048	0.1155	0.1131	0.0933
	F.P.	0.5095	0.5521	0.5426	0.5458

$^{239}\text{Pu} : \times 10^{-21} \text{ n/cm}^3$ others : $\times 10^{-20} \text{ n/cm}^3$

5.3 反応度変化への一次摂動論の適用

処女状態で定義した1群炉定数(反応率保存にしたがう)を用いて高速炉燃焼特性を解析するとき、原子数密度、中性子束および出力分布は適当な輸送1群炉定数 $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を用いることによって多群計算の場合とかなりの一致をみることが前節でわかった。しかし、 k_{eff} の燃焼に伴う変化のみは、拡散方程式の固有値として求めるかぎり1群計算と多群計算の結果の一致が非常にわるい。

ここでは、反応度変化を1次摂動論にもとづく各領域の各核種の物質価値を定める定数で表示し、その結果の妥当性を検討してみる。この定数はbarn単位で表わせないが一種の1群炉定数と考えることができる。

処女状態を無摂動系と考えると、微視多群炉定数の燃焼に伴う自己遮蔽効果の変化が小さいことを考慮すれば、燃焼時点 t の反応度変化は、

$$\frac{\Delta K(t)}{K(0)} = \frac{1}{F} \cdot \sum_{p=1}^P \int_{V_p} d\underline{x} \cdot \sum_{m=0}^5 \delta N_p^m(t) \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n \nu \phi_i^*(\underline{x}) [3 D_i^{p^2} \cdot \sigma_{tr i}^m] \right. \\ \times \nu \phi_i(\underline{x}) - \phi_i^*(\underline{x}) \sigma_{a i}^m \phi_i(\underline{x}) + \phi_i(\underline{x}) \sum_{j=i-1}^n \sigma_{i \rightarrow j}^m (\phi_j^* - \phi_i^*) \\ \left. + \frac{1}{K(0)} \phi_i^* \chi_i \sum_{j=1}^n \nu \sigma_{f j}^m \phi_j(\underline{x}) \right\}$$

$$F = \frac{1}{K(0)} \sum_{p=1}^P \int_{V_p} d\underline{x} \left\{ \sum_{m=0}^5 N_p^m(0) \cdot \sum_{i=1}^n \phi_i(\underline{x}) \chi_i \sum_{j=1}^n \nu \sigma_{f j}^m \phi_j(\underline{x}) \right\}$$

となる。

したがって、上式から

$$\frac{\Delta K(t)}{K(0)} = \sum_{p=1}^P \sum_{m=0}^5 W_p^m \cdot (N_p^m(t) - N_p^m(0)) \quad (30)$$

となり、 W_p^m が p -領域の m -核種の物質価値を示す1群炉定数となり処女状態で定義される量である。

$$W_p^m = \frac{1}{F} \int_{V_p} d\underline{x} \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ \nu \phi_i^*(\underline{x}) [3 D_i^{p^2} \cdot \sigma_{tr i}^m] \nu \phi_i(\underline{x}) - \phi_i^*(\underline{x}) \sigma_{a i}^m \phi_i(\underline{x}) \right. \\ \left. + \phi_i(\underline{x}) \cdot \sum_{j=i-1}^n \sigma_{i \rightarrow j}^m (\phi_j^*(\underline{x}) - \phi_i^*(\underline{x})) + \frac{1}{K(0)} \phi_i^*(\underline{x}) \chi_i \cdot \sum_{j=1}^n \nu \sigma_{f j}^m \cdot \phi_j(\underline{x}) \right\} \quad (31)$$

となる。

各領域の各核種の W_p^m をTable 14に示し、多群および種々の $\langle\sigma_{tr}\rangle$ を用いた1群計算の結果求められた原子数密度を用いて(30)式にしたがう $\Delta K(t)/K(0)$ をFig. 9に示した。この結果、この1群炉定数を用いることで、反応度変化の計算がかなり改善されていることがわかる。 $\langle\sigma_{tr}\rangle$ の影響はかなり小さいが、(23)式にしたがう $\langle\sigma_{tr}\rangle$ を用いた時がもっとも多群計算の結果とよく一致している。

Table 14 W_p^m

$p \quad m$	^{238}U	^{239}Pu	^{240}Pu	^{241}Pu	^{242}Pu	F. P.
C-1	-1.7608	33.6145	0.9403	53.2872	1.0835	-4.4669
C-2	-5.9581	115.6030	3.3266	183.2040	3.8192	-15.2139
C-3	-8.7114	175.5590	5.3582	278.0900	6.1072	-22.6048
C-4	-7.1198	157.6830	5.2977	250.0440	5.9838	-19.3161
C-5	-2.6345	82.7601	2.6164	134.4860	2.9825	-8.7520
B-1	-0.1289	16.3496	-0.6802	28.3483	~ 0	-1.1291
B-2	-0.0216	13.6216	-0.7205	22.3321	~ 0	-0.4655
B-3	~ 0	1.4582	~ 0	2.5141	~ 0	~ 0

 $(\times 10^{24})$

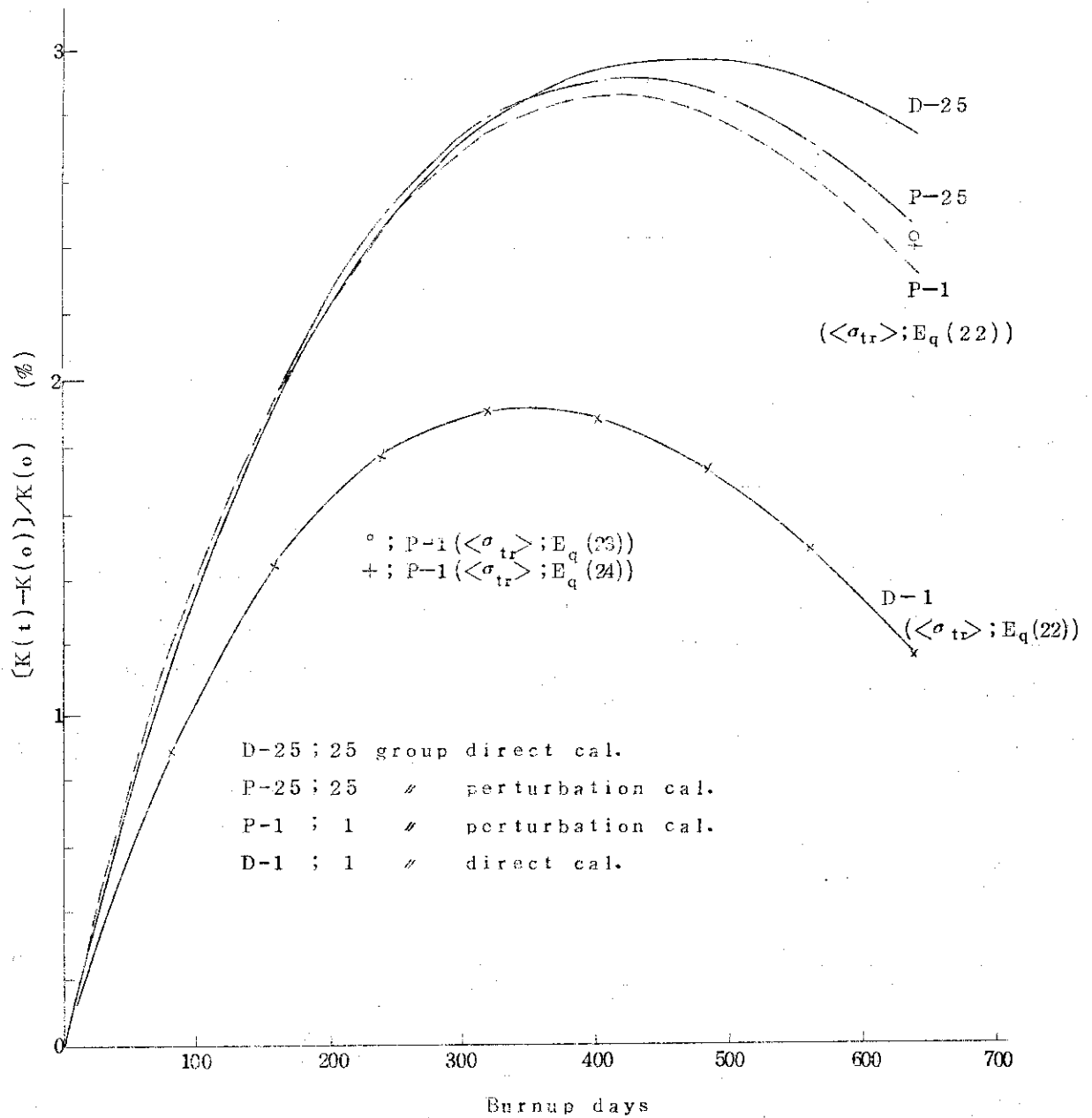


Fig. 9 Comparison of reactivity changes calculated by perturbation method and diffusion method.

6. 1群炉定数の時間依存性の近似的考慮

第3章で1群炉定数の燃焼に伴う変化を解析し、その変化がかなり大きなものであることがわかった。第4, 5章では、処女状態で定義した1群炉定数が時間的に変化しないと仮定した時の燃焼特性に与える影響を解析し、適当な $\langle \sigma_{tr} \rangle$ の平均方法を見つけ、反応度に関しては摂動論的1群炉定数 W_p^m を用いることで、燃焼特性をほぼ満足に推定することができることを示した。

ここでは、1群炉定数の時間依存性を考慮する2つの近似方法について、それぞれの方法の妥当性を検討する。これらの方法の主な近似点は、

(i) 燃焼領域の幾何学的バックリングの時間的変化は無視する。

(ii) 自己遮蔽効果の時間的変化は無視する。

の2点であり、(i)は $\langle \sigma_{tr} \rangle$ の変化が小さいことからバックリングの変化が各領域の中性子スペクトル変化に与える影響が小さく、(ii)は第3章の議論から無視できることによる。

6.1 近似法—1

今までの検討で、燃焼に伴う多群炉定数の変化(自己遮蔽効果の変化)は燃焼特性に大きな影響を与えないこと、1群炉定数の $\langle \sigma_{tr} \rangle$ に(23)式を使用すれば出力分布、原子数密度の計算値が多群計算の結果と良い一致をみること等がわかった。また、拡散係数 D は燃焼期間中大きな変化をもたらすとは考えられないので、各領域のバックリング $B_{i,k}^2(t) = \int_{V_k} \nabla^2 \phi_i(\underline{x}, t) d\underline{x} / \int_{V_k} \phi_i(\underline{x}, t) d\underline{x}$ も燃焼期間を通して変化が小さく、したがって各領域の1群定数をつくるための重み関数である中性子スペクトルに与えるバックリングの効果は小さいと推定される。

$B_{i,k}^2(t) = B_{i,k}^2(0)$ と近似すると、時刻 t_j の1群炉定数は重み関数の規格化に依存しないので、

$$(D_i^p(t_j) B_{i,p}^2 + \Sigma_i^p(t_j)) \phi_i^p(t_j) - \sum_{\ell=1}^{i-1} \Sigma_{\ell \rightarrow i}^p(t_j) \phi_{\ell}^p(t_j) = \chi_i \quad (32)$$

$$(p=1, 2, \dots, \dots)$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

で得られる領域平均中性子スペクトルを重み関数として求めることができる。Table 15, 16に $B_{i,p}^2$ を初期値で固定したことの重み関数に与える影響をEXACTと比較して0-1, 0-5, B-1について示した。

Table 17に主要な核種の $\langle \sigma_c \rangle$, $\langle \sigma_f \rangle$ を各燃焼時点において、通常が多群燃焼コードの計算結果との比の形で示した。

この結果、炉心では全核種の時間依存1群炉定数は多群計算で求められたものと比較してほぼ1%内外でよく一致している。またブランケットにおいても、主要な核種 ^{239}Pu の $\langle \sigma_f \rangle$ および ^{238}U の $\langle \sigma_c \rangle$ は1%以内で一致し、その他の核種の $\langle \sigma_x \rangle$ も初期状態からの変化

Table 15 Effect of Buckling approximation on the region-wise weighting function $\varphi_i^p(t_j)$ for one-group reactor constants at T=320 days burnup state

p \ i	C - 1		C - 5		B - 1	
	APRO-1	EXACT	APRO-1	EXACT	APRO-1	EXACT
1	0.00163	0.00162	0.00153	0.00151	0.00102	0.00101
2	0.00976	0.00967	0.00912	0.00901	0.00597	0.00591
3	0.02402	0.02383	0.02243	0.02218	0.01464	0.01453
4	0.05162	0.05102	0.04809	0.04743	0.03378	0.03326
5	0.06889	0.06866	0.06476	0.06438	0.04810	0.04798
6	0.13041	0.13752	0.12366	0.13051	0.10413	0.11035
7	0.16843	0.16514	0.16143	0.15852	0.15000	0.14609
8	0.16431	0.16168	0.16058	0.15841	0.16095	0.15717
9	0.13607	0.13681	0.13672	0.13787	0.14546	0.14575
10	0.09367	0.10056	0.09720	0.10493	0.10901	0.11817
11	0.07114	0.06724	0.07700	0.07297	0.09097	0.08697
12	0.03875	0.03626	0.04357	0.04075	0.05392	0.05116
13	0.00806	0.01122	0.00916	0.01284	0.01160	0.01680
14	0.02015	0.01743	0.02478	0.02150	0.03420	0.03079
15	0.00895	0.00774	0.01230	0.01063	0.01941	0.01772
16	0.00306	0.00265	0.00517	0.00441	0.01014	0.00934
17	0.00085	0.00078	0.00172	0.00157	0.00405	0.00423
18	0.00019	0.00015	0.00054	0.00042	0.00178	0.00179
19	0.00004	0.00003	0.00017	0.00014	0.00062	0.00071
20	0	0	0.00004	0.00002	0.00019	0.00019
21	0	0	0	0	0.00004	0.00004
22	0	0	0	0	0.00002	0.00002
23	0	0	0	0	0	0.00001
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0

EXACT: Eq. (10)

APRO-1: Eq. (32)

Table 16 Effects of Backling approximation on the region-wise weighting functions $\varphi_i^p(t_j)$ for one-group reactor constants at $T=560$ days

p \ i	C - 1		C - 5		B - 1	
	APRO-1	EXACT	APRO-1	EXACT	APRO-1	EXACT
1	0.00162	0.00159	0.00153	0.00152	0.00105	0.00107
2	0.00970	0.00954	0.00916	0.00912	0.00618	0.00630
3	0.02388	0.02354	0.02253	0.02247	0.01515	0.01551
4	0.05150	0.05062	0.04833	0.04805	0.03487	0.03512
5	0.06856	0.06796	0.06498	0.06505	0.04931	0.05019
6	0.13014	0.13671	0.12405	0.13150	0.10604	0.11329
7	0.16906	0.16570	0.16209	0.15959	0.15211	0.14825
8	0.16558	0.16323	0.16125	0.15912	0.16234	0.15793
9	0.13706	0.13824	0.13706	0.13794	0.14573	0.14516
10	0.09418	0.10146	0.09720	0.10443	0.10838	0.11659
11	0.07111	0.06750	0.07667	0.07215	0.08963	0.08504
12	0.03841	0.03607	0.04316	0.04003	0.05269	0.04964
13	0.00798	0.01109	0.00906	0.01256	0.01131	0.01622
14	0.01942	0.01671	0.02420	0.02069	0.03280	0.02930
15	0.00831	0.00709	0.01178	0.00999	0.01813	0.01644
16	0.00263	0.00223	0.00476	0.00396	0.00901	0.00831
17	0.00069	0.00061	0.00154	0.00135	0.00342	0.00359
18	0.00013	0.00010	0.00045	0.00033	0.00130	0.00136
19	0.00003	0.00002	0.00014	0.00010	0.00042	0.00051
20	0	0	0.00003	0.00002	0.00011	0.00012
21	0	0	0	0	0.00002	0.00002
22	0	0	0	0	0.00001	0.00001
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0

Table 17 Comparison of time dependent one-group constants
by approximate and exact method

$$\langle \sigma_x \rangle_{\text{approx}} / \langle \sigma_x \rangle_{\text{EXACT}}$$

Region	Nuclide Reaction Burn-up	²³⁸ U		²³⁹ Pu		²⁴⁰ Pu		²⁴¹ Pu	F. P.
		Capture	Fission	Capture	Fission	Capture	Fission	Fission	Capture
C-1	160 days	0.998	0.997	1.000	0.999	1.002	0.998	1.000	1.000
	320	0.993	0.999	0.997	0.998	1.000	1.000	0.999	0.997
	480	0.989	1.004	0.993	0.997	0.998	1.004	0.996	0.993
	640	0.984	1.011	0.988	0.996	0.994	1.008	0.994	0.989
C-5	160	1.000	1.001	1.003	1.001	1.003	1.000	1.001	1.004
	320	1.000	0.998	1.005	1.001	1.006	0.998	1.003	1.006
	480	1.002	0.993	1.009	1.001	1.009	0.995	1.005	1.010
	640	1.003	0.987	1.012	1.002	1.013	0.990	1.007	1.013
B-1	160	0.993	1.002	1.027	1.003	0.924	1.001	0.984	0.972
	320	0.993	0.984	1.018	0.996	0.887	0.993	0.980	0.963
	480	0.994	0.968	1.012	0.992	0.876	0.994	0.979	0.958
	640	0.995	0.953	1.009	0.990	0.872	0.995	0.979	0.957

(Table 3) を考慮すると時間依存性が十分な精度で考慮されていることが結論される。

次に、この $\langle \sigma_x \rangle$ を用いた時の系の実効増倍率、原子数密度および出力分布の燃焼に伴う変化を多群計算結果と比較して Fig. 10, 11, 12 に図示した。

実効増倍率の変化はこの近似法で多群計算と比較して 0.1 % 以内で一致することがわかる。また原子数密度の変化 ($N^m(t) - N^m(0)$) は、炉心の ^{238}U , ^{240}Pu , ^{241}Pu , F.P. およびブランケットの ^{238}U , ^{239}Pu , F.P. 共に 3 % 以内で多群計算の結果と一致している。炉心の ^{239}Pu の $\Delta N(t)$ が多群計算の結果とかなり一致がわるいことは、1 つは、内部増殖比が 1 をわずかに上まわり、 $\Delta N(t)$ が小さいことと、 $\Delta N(t)$ に極大値 (Table 4) が現われることで、 $\Delta N(t)$ の変化が他核種と比較して微妙であることによるものである。出力分布については、この近似法が有効であることが Fig. 12 と Fig. 8 の比較から明らかである。

この近似法は、各領域の中性子スペクトルは、各領域の結合係数と考えられるエネルギー依存のバックリング $B_{i,k}^2$ の変化によって影響されることは小さく、各領域の組成比変化によって影響をうけるという仮定のもとに、処女状態の $B_{i,k}^2$ を固定し、燃焼時点で各領域の裸体系に対する中性子スペクトルを求め、それを重み関数として 1 群炉定数を作成し 1 群拡散計算に基づく燃焼解析を行なう近似である。この近似法を使用すれば、従来の多群拡散計算に基づく燃焼解析と比較して計算時間は早く、しかも、主なる燃焼特性である実効増倍率、原子数密度、したがって増殖性、燃焼度および出力分布の燃焼に伴う変化を十分な精度で推定することが可能である。

6.2 近似法—2

近似法—1 の検討から、各領域のエネルギー依存バックリングの時間依存性を無視しても、各燃焼時点で得られる 1 群炉定数は多群計算から得られるものとよく一致することが Table. 17 から明らかとなった。近似法—1 では各燃焼時点で各領域の裸体系に対する多群計算が施されることに不満がのこる。

この近似法—2 では、近似法—1 の裸体系の多群計算の部分にさらに近似を加え、所定の時間依存 1 群炉定数を処女状態の 1 群炉定数と組成比との関連性で表示することを試る。

各領域の中性子スペクトル $\phi_i^p(t)$ ($p=1, \dots, P; i=1, \dots, n$) はその領域の組成と処女状態のバックリングで決定されると仮定すると、

$$\phi_i^p(t) \equiv \phi_i^p(N_p^1(t), \dots, N_p^M(t); B_{1,p}^2, \dots, B_{n,p}^2) \quad (33)$$

とすることができ。 $\phi_i^p(t)$ は時間に関して、したがって N_p^m ($m=1, \dots, M$) の変化に対してゆるやかに変化すると仮定すると、1 群炉定 $\langle \sigma_x^m \rangle^p(t)$ は (11) あるいは (22) ~ (24) 式のように ϕ_i^p の関数であり、したがって N_p^m ($m=1, \dots, M$) の関数である。

また、前章の議論より、1 群炉定数の時間依存性は非常に大きくはないという事実より、 $\langle \sigma_x^m \rangle^p(t)$ を

$$\langle \sigma_x^m \rangle^p(t) \cong \langle \sigma_x^m \rangle_0^p + \sum_{n=1}^M \left[\frac{\partial \langle \sigma_x^m \rangle^p}{\partial N_p^m} \right]_{t=0} \cdot \delta N_p^m$$

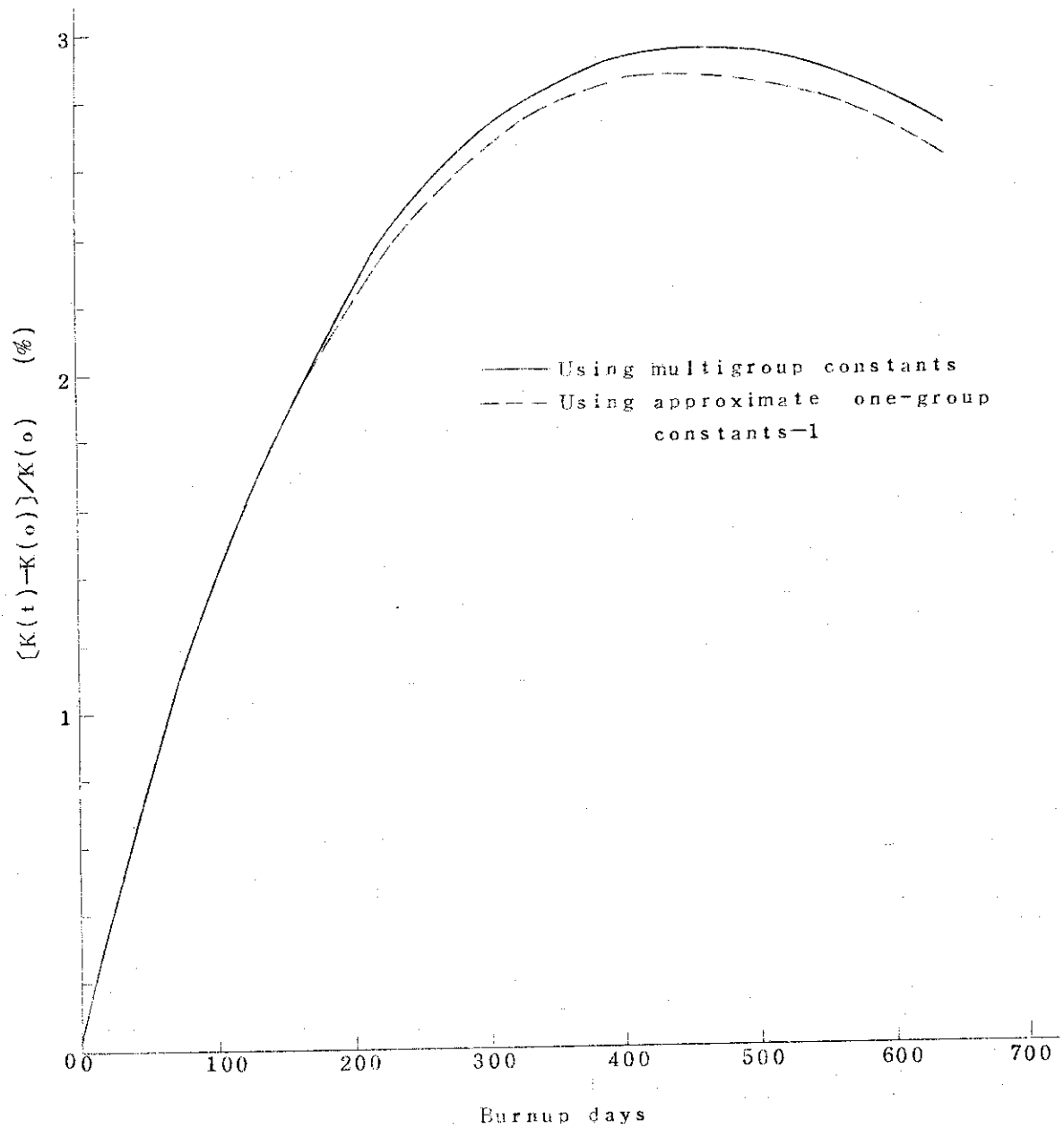


Fig.10 Comparison of reactivity changes with burnup by exact and approximate method

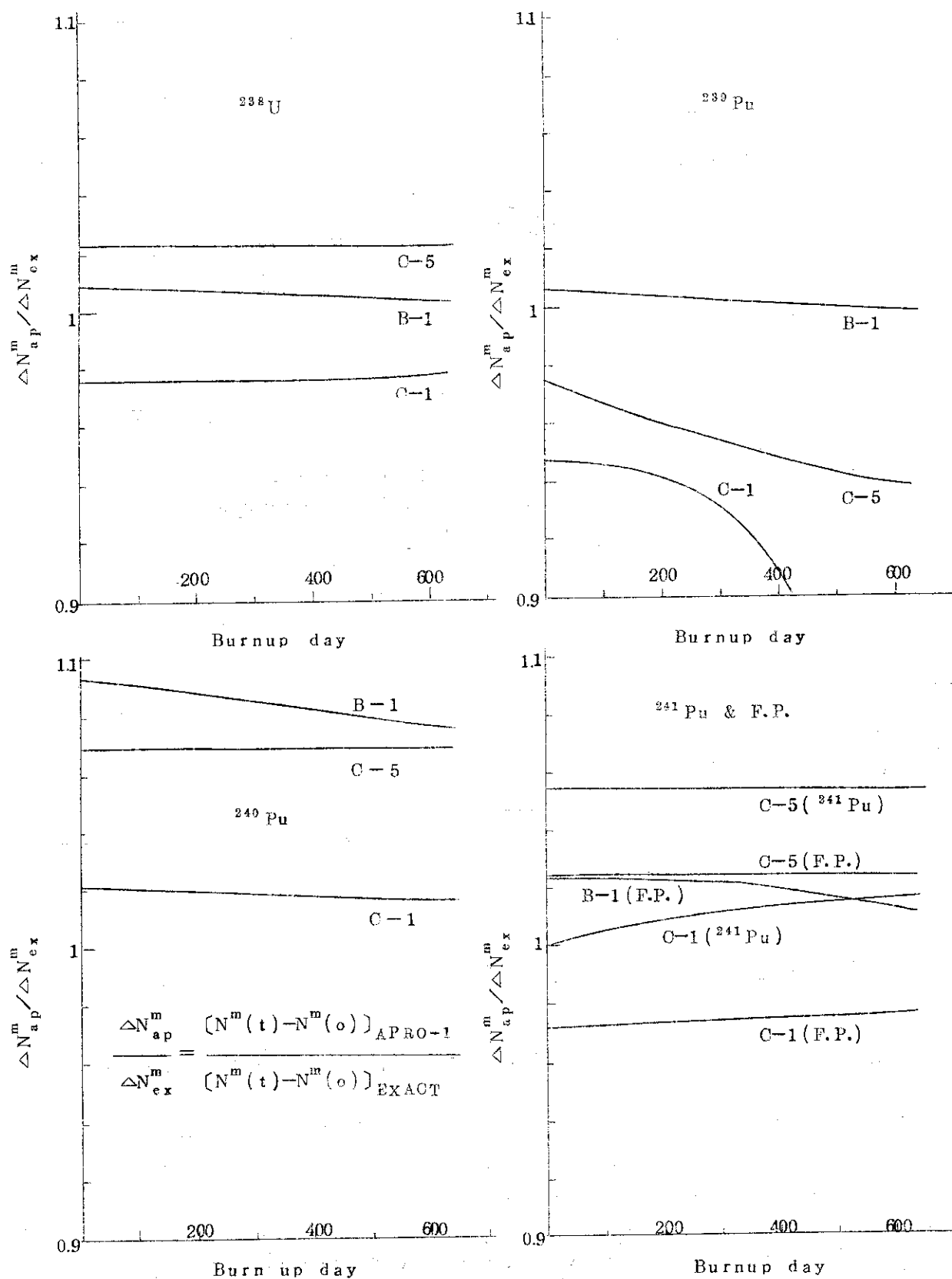


Fig.11 Comparison of number density change obtained by approximate method with that by exact method

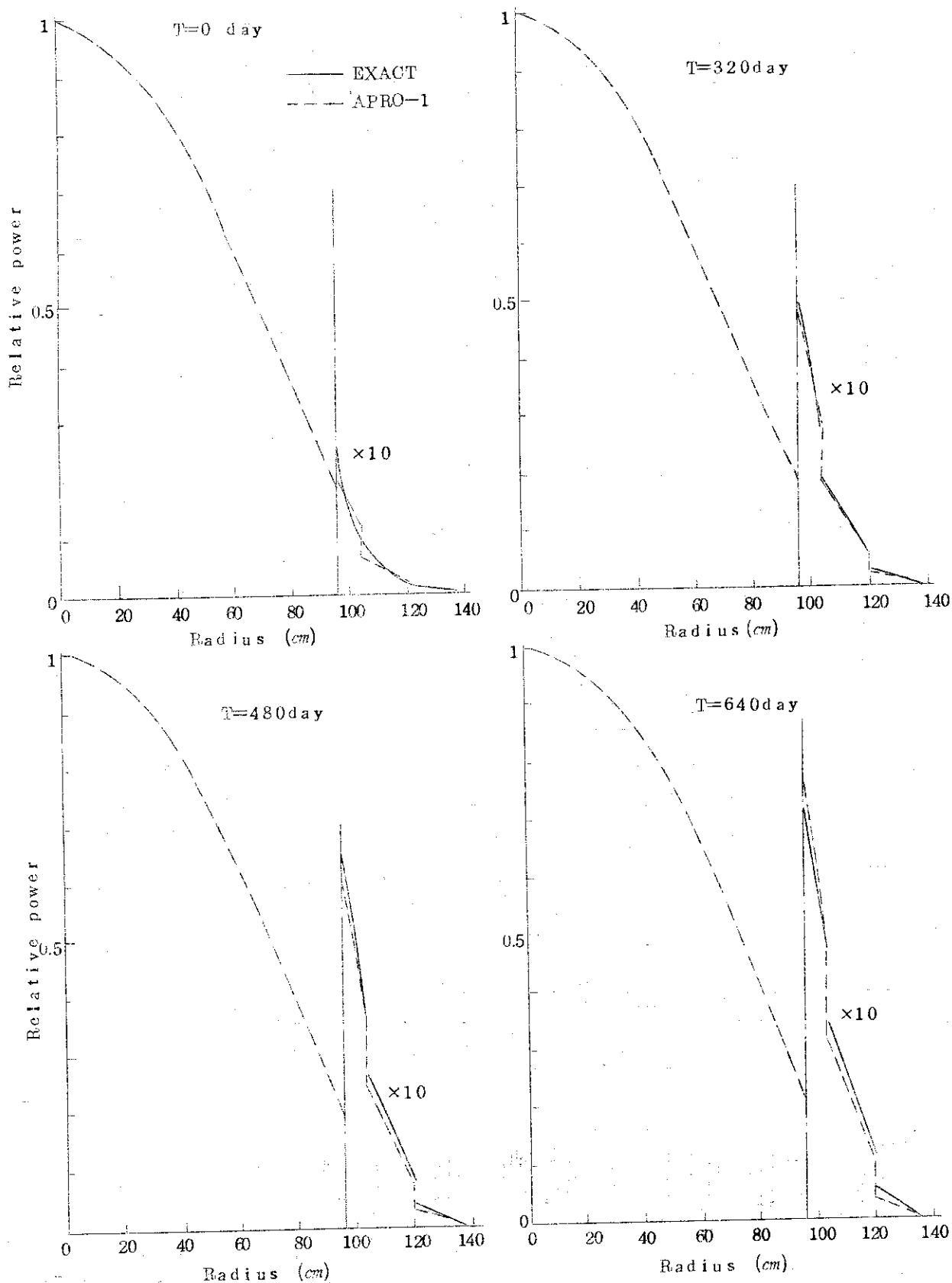


Fig.12 Comparison of relative power distributions
by exact and approximate method

$$= \langle \sigma_x^m \rangle_0^p + \sum_{i=1}^n \sum_{m'=1}^M \left[\frac{\partial \langle \sigma_x^m \rangle}{\partial \phi_i^p} \right]_{t=0} \cdot \left[\frac{\partial \phi_i^p}{\partial N_p^{m'}} \right] \cdot \delta N_p^{m'} \quad (34)$$

の形で近似する。

ここで、

$$\left[\frac{\partial \langle \sigma_x^m \rangle}{\partial \phi_i^p} \right]_{t=0} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \phi_i^p(\alpha)} (\sigma_{x,i}^{m,p} - \langle \sigma_x^m \rangle_0^p) \quad (35)$$

であり、 $[\partial \phi / \partial N^m]_{t=0}$ は、1群炉定数が重み関数の規格化に無関係であることから(32)式を微分することで

$$\begin{aligned} \left[\frac{\partial \phi_i^p}{\partial N_p^{m'}} \right]_{t=0} &= \frac{\{ 3 [D_i^p(\alpha)]^2 \cdot B_{i,p}^2 \sigma_{tr,i}^{m,p} - \sigma_{t,i}^{m,p} - \sigma_{t,i}^{m,p} \} \phi_i^p(\alpha) + \sum_{j=1}^{i-1} \sigma_{j \rightarrow i}^{m,p} \phi_j^p(\alpha)}{D_i^p(\alpha) B_{i,p}^2 + \Sigma_i^p(\alpha)} \\ &+ \frac{\sum_{j=1}^{i-1} \lambda_{j \rightarrow i}^p(\alpha) \left[\frac{\partial \phi_j^p}{\partial N_p^{m'}} \right]_{t=0}}{D_i^p(\alpha) B_{i,p}^2 + \Sigma_i^p(\alpha)} \end{aligned} \quad (36)$$

を解くことによって得られる。この式は m, p に関して $i=1$ から漸化的に解くことができる。(35), (36) を (34) に代入することによって

$$\langle \sigma_x^m \rangle^p(t) = \langle \sigma_x^m \rangle_0^p + \frac{1}{\sum_{i=1}^n \phi_i^p(\alpha)} \cdot \sum_{m'=1}^M \delta N_p^{m'}(t) \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial \phi_i^p}{\partial N_p^{m'}} \right]_{t=0} (\sigma_{x,i}^{m,p} - \langle \sigma_x^m \rangle_0^p) \quad (37)$$

とかける。この式で $\left[\frac{\partial \phi}{\partial N_p^{m'}} \right]_{t=0}$, $\sigma_{x,i}^{m,p}$, $\langle \sigma_x^m \rangle_0^p$ は共に処女状態で求められるので、

$$P_{m'}^{x,m,p} = \left[\sum_{i=1}^n \phi_i^p(\alpha) \right]^{-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial \phi_i^p}{\partial N_p^{m'}} \right]_{t=0} \cdot (\sigma_{x,i}^{m,p} - \langle \sigma_x^m \rangle_0^p) \quad (38)$$

とおくと

$$\langle \sigma_x^m \rangle^p(t) = \langle \sigma_x^m \rangle_0^p + \sum_{m'=1}^M P_{m'}^{x,m,p} \cdot (N_p^{m'}(t) - N_p^{m'}(0)) \quad (39)$$

となる。 x として transport をとる場合 (23) 式の場合は $\{\langle \sigma_{tr}^m \rangle^p\}^{-1}$ とし、 $\sigma_{x,i}^{m,p}$ を $(\sigma_{x,i}^{m,p})^{-1}$ とおくことで計算し、(24) 式の場合には $\Sigma_{t,i}^p$ は燃焼期間中一定であるとして取扱うことができる。

1群炉定数の変化を簡単な2群計算によってチェックする。2群炉定数を Table 18, 体系の原子数密度を Table 19に示した。系の1群炉定数を Table 20に示した。

Table 18 2-group constants

group	Nuclide	σ_c	σ_f	$\nu\sigma_f$	σ_{tr}	$\sigma_{i \rightarrow j}$
1 $\chi_1=1$	^{239}Pu	0.144	1.725	5.131	7.544	0.091
	^{238}U	0.147	0.411	1.265	7.415	0.116
	Na	0	0	0	3.325	0.122
	Fe	0.005	0	0	2.674	0.048
2 $\chi_2=0$	^{239}Pu	1.065	2.554	7.337	14.24	0
	^{238}U	0.560	0	0	12.97	0
	Na	0.003	0	0	5.843	0
	Fe	0.010	0	0	5.133	0

Table 19 Number densities

Nuclide	Unperturbed	Perturbed
^{239}Pu	0.00182	0.00237
^{238}U	0.01640	0.01585
Na	0.00943	0.00943
Fe	0.01691	0.01691
Buckling	0.00991	0.00991
K_{eff}	1.000	1.058

Table 20 One group constants with direct and approximate calculations

Reaction	Method	^{239}Pu	^{238}U	Na	Fe
$\langle\sigma_c\rangle$	Unperturbed	0.273	0.205	0.000422	0.00570
	A	0.266	0.202	0.000398	0.00566
	B	0.266	0.202	0.000398	0.00566
$\langle\sigma_f\rangle$	Unperturbed	1.842	0.353	0	0
	A	1.835	0.357	0	0
	B	1.835	0.356	0	0
$\langle\nu\sigma_f\rangle$	Unperturbed	5.441	1.087	0	0
	A	5.423	1.097	0	0
	B	5.423	1.097	0	0
$\langle\sigma_{tr}\rangle$	Unperturbed	8.485	8.196	3.679	3.020
	A	8.431	8.151	3.659	3.000
	B	8.430	8.151	3.658	3.000

A: direct calculation for perturbed system

B: Using Eq. (39) for perturbed system

この結果、2群程度では(39)式の近似は非常によい結果を与えることがわかった。この方法が実際の燃焼解析の1群炉定数を作成するために利用できるかどうかはこれから検討する必要がある。

7. 結 論

この論文は高速炉の燃焼解析を1群拡散理論を用いて行なう可能性を検討することを目的とした。まず、多群拡散理論に基く燃焼解析から、1群炉定数の変化の傾向を調べ、次に処女状態の1群炉定数を固定して1群拡散理論を用いた燃焼解析を行ない1群炉定数の時間依存性がどの程度高速炉の燃焼特性に影響を及ぼすかを調べた。この結果、処女状態で適当な1群輸送炉定数 $\langle\sigma_{tr}\rangle$ を定義することによって原子数密度、増殖利益、燃焼度 および出力分布の燃焼に伴う変化は、処女状態で固定した1群炉定数を用いることで十分な精度で推定できることがわかった。しかし、系の実効増倍率の変化はこの方法では無理であり、処女状態で定義する各核種の物質反応度係値を摂動論的1群炉定数として用いることで実効増倍率の変化($\delta k/k$)を0.3%程度の精度で推定することが可能である。

次に、処女状態に於ける情報と原子数密度の変化にもとづいて1群炉定数の時間依存性を近似する方法を試み、各領域のエネルギー依存バックリングの時間依存性が1群炉定数の時間依存性に与える効果が小さく、処女状態で求められた $B_{i,p}^0$ を用いた各領域裸化による1群炉定数の推定法が有効であることがわかった。

本論文の主眼点は、中性子の振舞いを1群拡散理論で取扱う燃焼解析法の検討であるため、1群炉定数の時間的変動が問題となる。しかもこの1群炉定数の変化がかなり大きくその近似法にかなりの無理がでてくる。しかし、その変化が燃焼特性に与える効果はあまり大きくない。したがって、燃焼特性解析における中性子の振舞いの取扱い方法をもっと簡単化することが可能であるように考えられる。

参 考 文 献

1. 鈴木友雄； 高速炉用一次元多群燃焼コードTORCH JAERI-memo 2312
June 1966
2. I.I.Bondarenko et al. ; Group constants for nuclear reactor calculations , Constants Bureau , New York , 1964

7. 結 論

この論文は高速炉の燃焼解析を1群拡散理論を用いて行なう可能性を検討することを目的とした。まず、多群拡散理論に基く燃焼解析から、1群炉定数の変化の傾向を調べ、次に処女状態の1群炉定数を固定して1群拡散理論を用いた燃焼解析を行ない1群炉定数の時間依存性がどの程度高速炉の燃焼特性に影響を及ぼすかを調べた。この結果、処女状態で適当な1群輸送炉定数 $\langle \sigma_{tr} \rangle$ を定義することによって原子数密度、増殖利益、燃焼度 および出力分布の燃焼に伴う変化は、処女状態で固定した1群炉定数を用いることで十分な精度で推定できることがわかった。しかし、系の実効増倍率の変化はこの方法では無理であり、処女状態で定義する各核種の物質反応度係値を摂動論的1群炉定数として用いることで実効増倍率の変化($\delta k/k$)を0.3%程度の精度で推定することが可能である。

次に、処女状態に於ける情報と原子数密度の変化にもとづいて1群炉定数の時間依存性を近似する方法を試み、各領域のエネルギー依存バックリングの時間依存性が1群炉定数の時間依存性に与える効果が小さく、処女状態で求められた $B_{i,p}^0$ を用いた各領域裸化による1群炉定数の推定法が有効であることがわかった。

本論文の主眼点は、中性子の振舞いを1群拡散理論で取扱う燃焼解析法の検討であるため、1群炉定数の時間的変動が問題となる。しかもこの1群炉定数の変化がかなり大きくその近似法にかなりの無理がでてくる。しかし、その変化が燃焼特性に与える効果はあまり大きくない。したがって、燃焼特性解析における中性子の振舞いの取扱い方法をもっと簡単化することが可能であるように考えられる。

参 考 文 献

1. 鈴木友雄； 高速炉用一次元多群燃焼コードTORCH JAERI-memo 2312
June 1966
2. I.I.Bondarenko et al. ; Group constants for nuclear reactor calculations , Constants Bureau , New York , 1964