

JAERI-M  
5972

中性子捕獲反応を考慮した核分裂生成物  
の崩壊熱の計算

1975年2月

田 坂 完 二

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

## 中性子捕獲反応を考慮した核分裂生成物の崩壊熱の計算

日本原子力研究所動力炉開発管理室

田坂 完二

(1975年1月14日受理)

核分裂生成物の崩壊熱を $\beta$ 崩壊のみならず、中性子捕獲による壊変系列も正しく考慮して計算した。考慮した核種数は放射性核種970, 安定核種144の合計1114核種である。そのうち中性子捕獲による壊変系列を考慮したのは放射性核種が28, 安定核種が31の合計59核種である。各核種の生成量はBatemanの式およびその積分型を繰返し使い、完全に解析的に行われた。

中性子スペクトル, 中性子束, 核分裂核種, 照射時間および冷却時間をパラメトリックに変えて崩壊熱を計算し, 中性子捕獲反応による影響が調べられた。 $^{235}\text{U}$ の熱中性子核分裂に対する結果から次の点が明らかとなった。中性子捕獲反応の影響は中性子束および照射時間の増加と共に大きくなり, その影響がはっきり現れるのは $10^5$ 秒以上の冷却時間に於てである。軽水炉のECCS (Emergency Core Cooling System)に於て問題となる $10^4$ 秒以下の冷却時間に於ては, 熱中性子束 $3 \times 10^{13}$  v/cm<sup>2</sup>/secで1年間照射した場合に対して0.2%以下であり小さい。中性子捕獲の影響は $10^6$ 秒および $10^8$ 秒近傍でピークを持ち,  $10^9$ 秒以後はまたほとんど無視しうる大きさとなる。崩壊熱の変化は $10^6$ 秒,  $10^8$ 秒,  $10^9$ 秒に於てそれぞれ2.4%, 10.5%および0.2%となっている。 $10^6$ 秒近傍で崩壊熱の変化に10%以上の寄与をする核種は $^{134}\text{Cs}$ (17%),  $^{148\text{m}}\text{Pm}$ (60%)および $^{148}\text{Pm}$ (14%)の3核種である。一方 $10^8$ 秒近傍での寄与はほとんど $^{134}\text{Cs}$ (98%)1核種のみになっている。

Calculation of the Decay Power of Fission Products considering  
Neutron Capture Transformation

Kanji TASAKA

Office of Power Reactor Projects, JAERI

( Received January 14, 1975 )

The decay power of fission products has been calculated taking into consideration the neutron capture transformation of each nuclide and its beta decay. The nuclear data library contains 1114 nuclides of which 144 are stable. Neutron capture transformation is considered for 59 nuclides, 31 of which are stable. The atom number of each nuclide is calculated analytically with code DCHAIN.

The effect of neutron capture transformation in the decay power of fission products was examined by varying the neutron spectrum, neutron flux, fissioning nuclide, and irradiation and cooling time. From the results obtained the following were revealed: The effect of neutron capture increases with neutron flux and irradiation time, and it becomes salient beyond  $10^5$  sec in cooling time. It is small for less than the  $10^4$  sec which is important in the design of ECCS ( emergency core cooling system ) of a light-water reactor. In this region the decay power changes are small, less than 0.2%, by the neutron capture for the thermal fission of  $^{235}\text{U}$  irradiated for one year to thermal neutron flux  $3 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>/sec. The effect of neutron

capture has peaks around cooling time  $10^6$  sec and  $10^8$  sec; it is negligible beyond  $10^9$  sec. The changes in decay power are 2.4%, 10.5% and 0.2% at cooling time  $10^6$  sec,  $10^8$  sec and  $10^9$  sec, respectively, in the above irradiation. Around  $10^6$  sec, the change in decay power is mainly from the contributions of  $^{134}\text{Cs}$  (17%),  $^{148\text{m}}\text{Pm}$  (60%) and  $^{148}\text{Pm}$  (14%). Around  $10^8$  sec  $^{134}\text{Cs}$  (98%) alone contributes to the change in decay power

## 目 次

1. はじめに	1
2. 計算方法	2
3. 入力データ	4
4. 計算結果およびその考察	7
4.1 核種数および核データの変更による効果	7
4.2 中性子捕獲反応の崩壊熱に与える影響	8
5. 結 論	13
謝 辞	14
参考文献	

## 1 はじめに

核分裂生成物の崩壊熱の式として今まで広く使われてきたものに Shure<sup>(1)</sup> の評価値がある。<sup>235</sup>U の熱中性子核分裂に対する崩壊熱の実験値および計算値を収集して評価したものであり、 $10^3$  秒以下の冷却時間に対しては測定値を使い、それ以上の冷却時間に対しては Perkins-King<sup>(2)</sup> の計算値を採用している。これは<sup>235</sup>U の熱中性子核分裂の場合に対してはかなり信頼性の高いものである。ただし中性子捕獲反応に対する考慮はなされておらず、その適用範囲も<sup>235</sup>U の熱中性子核分裂に限定される。従って<sup>235</sup>U 以外にも多くの核分裂核種を含む高速炉の崩壊熱、および中性子捕獲反応を考慮した崩壊熱の評価は計算に頼らなければならない。これらの場合に対してはまだ十分な測定値は存在しない。

核分裂生成物の崩壊熱の計算方法には、核分裂生成物を一種の統計的集合と考えその統計的性質から求める統計的計算<sup>(3), (4)</sup> もあるが、精度よく崩壊熱を求めるためには総和計算<sup>(2), (5)~(11)</sup> によらなければならない。これは個々の核種を別個に取扱いその核データから個々の核種の崩壊熱を求め、それらを加え合せて全核種からの崩壊熱を求めるものである。この方法の問題点は短寿命核種に対して未知の核データが多い点にあり、短い冷却時間に於ても崩壊熱を精度よく求めるためにはこれらのデータを推定する必要がある。本稿に於てはこれら未知の核データは理論およびシステマティックスにより推定された。<sup>(11)</sup>

既存の総和計算に於ても中性子捕獲反応の影響を考慮に入れて崩壊熱を求めているものもあるが<sup>(7), (8)</sup>、いずれも崩壊系列を単純化しており中性子捕獲反応を考慮した核種数も不十分である。

本稿に於ける計算の特長は完全に解析的にしかも近似をおかずに崩壊系列を解いた点にあり、中性子捕獲反応による壊変系列を正しく考慮して崩壊熱を計算することを目的とした。また取扱核種数を充分多くし、短い冷却時間に於ても精度よく崩壊熱を求めることが出来るようにした。

## 2 計 算 方 法

中性子捕獲反応による壊変を正しく考慮して崩壊熱を計算する為、 $\beta$ 崩壊のみならず中性子捕獲による壊変系列も正しく取扱って核分裂生成物の各核種の生成量を計算できるプログラム「DCHAIN」<sup>(2)</sup>を開発した。これは Bateman の式およびその積分型を繰返し使い、核分裂生成物の生成量を完全に解析的に任意の照射履歴および冷却時間に対して計算するものである。この点に関しては今まで崩壊熱の計算に使ってきたプログラム「FP-S」<sup>(3)</sup>と同じである。

「DCHAIN」プログラムの特徴はまず第1に $\beta$ 崩壊のみならず中性子捕獲、中性子放出、 $\alpha$ 崩壊等あらゆる種類の崩壊系列が統一的に取扱える点にある。崩壊系列に関する入力も大変簡単になっている。第2の特徴は Variable Dimension を採用しており、取扱い核種数などの増減が容易である点をあげることが出来る。第3に、すべての核データは各核種毎に磁気テープに格納されており、その部分的な修正または変更が容易である。また核種の並べ順は任意であり、新しい核種の核データは崩壊系列中の位置に関係なく追加することが出来る。

$\alpha$ 崩壊および準安定状態の崩壊に対しては崩壊定数および分岐比がはつきりと定義されており、その取扱いは $\beta$ 崩壊とまったく同様であり問題はない。一方中性子捕獲による壊変の割合は中性子束および中性子スペクトルに依存し、 $\beta$ 崩壊と同様の取扱いをする為以下の置き換えを行った。いまある核種Aが $\beta$ 崩壊すると同時に、大きな中性子捕獲断面積をもっておりそれによる壊変系列を考慮しなければならない場合を考える。核種Aの原子数をNとするとその単位時間あたりの $\beta$ 崩壊の数は $\lambda_{\beta}N$ で与えられる。一方中性子捕獲反応率は、

$$\int \Sigma_c(E) \phi(E) dE = N \int \sigma_c(E) \phi(E) dE, \quad (1)$$

と与えられる。従って中性子捕獲反応に対応する崩壊定数 $\lambda_c$ は

$$\lambda_c = \int \sigma_c(E) \phi(E) dE, \quad (2)$$

と考えればよい。中性子捕獲反応と $\beta$ 崩壊とは互に独立の過剰であり核種Aの全崩壊定数 $\lambda$ は

$$\lambda = \lambda_{\beta} + \lambda_c, \quad (3)$$

と与えられる。また $\beta$ 崩壊により各準安定状態*i*へ行く分岐比 $\phi_{\beta}^i$ は

$$\phi_{\beta}^i \times \frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\beta} + \lambda_c}, \quad (4)$$

と置き換えられる。中性子捕獲により1つ重い同位体の各準安定状態*j*へ行く分岐比 $\phi_c^j$ は

$$\phi_c^j \times \frac{\lambda_c}{\lambda_{\beta} + \lambda_c}, \quad (5)$$

と置き換えられる。照射履歴に応じて各タイムステップの中性子束が変化し、(2)式から(5)式までの量は各ステップ毎に再計算される。また(2)式の $\lambda_c$ を計算する時必要な微分中性子捕獲断面積 $\sigma_c(E)$ および中性子束 $\phi(E)$ はそのまゝはプログラムに入力されず1群に縮約した形で入力される。すなわち

$$\lambda_c = \langle \sigma_c \rangle \phi, \quad (6a)$$



$$\langle \sigma_c \rangle = \frac{\int \sigma_c(E) \phi(E) dE}{\int \phi(E) dE}, \quad (6b)$$

$$\phi = \int \phi(E) dE \quad . \quad (6c)$$

## 3 入力データ

F Pの崩壊熱を計算する為に必要なデータには、個々の核種の崩壊定数とか崩壊エネルギーなどの核データと、照射履歴や冷却時間などの計算条件を指定するデータとがある。ここで述べるのは前者の核データについてである。F Pの崩壊熱を計算するのに必要な核データを列挙すると以下の如くなる。

- [1] 崩壊定数（又は半減期）
- [2] 崩壊系列
- [3] 単位崩壊あたりの $\beta$ 線発熱および $\gamma$ 線発熱
- [4] 中性子捕獲断面積
- [5] 核分裂収率

[1]～[3]の核データはまとめてDecay Dataと呼ばれることがある。崩壊系列とは基底状態および準安定状態にある核種の生成量を計算する為に必要な、各核種間の親子関係を示す系列であり、親核種から各娘核種へ崩壊する分岐比のデータを合んでいる。また今回の解析に於ては中性子捕獲による壊変系列も当然含まれる。

核種 $i$ の単位崩壊あたりの $\beta$ 線 ( $b_i$ ) および $\gamma$ 線発熱 ( $g_i$ ) はそれぞれ次式の如く与えられる。<sup>(1)</sup>

$$b_i = \sum_{k=1}^K p_k^i \bar{E}_{\beta}^{i,k} \quad (7a)$$

$$g_i = \sum_{k=1}^K p_k^i (Q_i - E_{\beta, \max}^{i,k}) \quad (7b)$$

ここで $p_k^i$ ,  $E_{\beta, \max}^{i,k}$ ,  $\bar{E}_{\beta}^{i,k}$  はそれぞれ核種 $i$ から放出される各 $\beta$ 線の分岐比, 最大エネルギーおよび平均エネルギーである。 $\beta$ 線の種類は $K$ 個であり各 $\beta$ 線の平均エネルギーと最大エネルギーとの比はクーロン効果を考慮して計算された。 $Q_i$  は $\beta$ 崩壊に対する $Q$ 値を表わしている。(7b)式に於て $\gamma$ 線崩壊熱は $Q$ 値と $\beta$ 線エネルギーの差として求められた。このことは $\gamma$ 線が内部転換により $\beta$ 線に変換する効果を見逃したことに相当する。内部転換の割合は100 keV以上の $\gamma$ 線に対しては小さく、しかも $\gamma$ 線エネルギーの増加に伴ない急に小さくなる。従って内部転換を見逃すことによって生ずる誤差は小さいと考えられる。しかし $\gamma$ 線崩壊熱としてのみでなく遮蔽計算等の為に $\gamma$ 線スペクトルも必要な場合には各 $\gamma$ 線のエネルギーおよび放出割合のデータが必要なのは当然である。

[1]から[5]までの核データは長寿命核種に対しては比較的よく求められているが、核種の寿命が短くなるにつれて未知のデータが多くなる。短い冷却時間に於ても精度よく崩壊熱を求める為には短寿命核種を数多く取扱わなければならない。未知の核データは理論およびシステマティックスにより推定された。取扱核種数は放射性核種970, 安定核種144の合計1114核種であり、それらは原子炉燃料として使われる核種の核分裂による核分裂収率が $10^{-3}$  %を超えるF Pを全部網羅するように選ばれた。これらの核種の核データの出典および未知のデータの推定法を以下に示す。

まず〔1〕の崩壊定数であるが既知のデータは、〔2〕の崩壊系列および〔5〕の核分裂収率と共に Meek and Rider<sup>(14)</sup> の評価値を使った。崩壊定数が未知の場合には  $\beta$  崩壊の Q 値から推定された<sup>(11)</sup>。その為核種の奇偶性および質量を考慮して 6 つの場合に対して崩壊定数と Q 値との相関関係が測定値をもとに求められた。Q 値も未知な場合にはそれらは Myers and Swiatecki<sup>(15)</sup> の質量の半経験公式を使って推定した。

Meek and Rider の崩壊系列に与えられていない核種は準安定状態を無視し、基底状態間の  $\beta$  崩壊として取扱った。また Meek and Rider の崩壊系列に於て  $\beta^-$  崩壊をする核種として取扱われていてもその崩壊定数の推定値が零すなわち安定核種の場合には便宜的にその崩壊定数を  $1.0 \times 10^{-20}$  1/sec とした。

$\beta$  線のエネルギーおよび分岐比が未知の場合には  $b_i$  および  $g_i$  は  $Q_i$  の 0.29 倍の値がとられた<sup>(11)</sup>。 $b_i$  および  $g_i$  と  $Q_i$  との比の平均値、すなわち  $(b/Q)_{av}$  と  $(g/Q)_{av}$  とは、核分裂核種として  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  および  $^{238}\text{U}$  をえらび、100~720 日の照射時間および 1~10 秒の冷却時間に対して、核データの既知の核種のみを考慮してパラメトリックに計算したところ  $0.29 \pm 0.01$  と求められた。

また Meek and Rider の取扱っていない核種の核分裂収率は核荷電分布としてガウス分布を仮定し、彼等の与えている質量収率、Most Probable Charge  $Z_p$  および分散  $\sigma$  を使って計算した。

次に〔4〕の中性子捕獲断面積であるが、熱中性子炉体系に対しては Clayton の評価値<sup>(16)</sup>を使い、高速炉体系に対しては Cook<sup>(17)</sup> のデータを使った。Clayton のデータは熱中性子断面積と共鳴積分の形で与えられており、平均中性子捕獲断面積は Epithermal Index をもとに計算された。Epithermal Index  $I_e$  は単位レサジーあたりの熱外中性子束と熱中性子束との比として定義される。熱中性子に対する平均の捕獲断面積と 0.0253 eV に於ける値との比を A とすれば熱中性子等価捕獲断面積は

$$\langle \sigma_c \rangle = A \cdot \sigma_c, 2200 + I_e \cdot RI \quad (8)$$

と表わされる。そして捕獲反応率は熱中性子束と熱中性子等価捕獲断面積との積  $\langle \sigma_c \rangle \phi_{th}$  として与えられる。A を 0.75 とし Epithermal Index 0.1 および 0.2 に対して計算した等価捕獲断面積を Table 1 に示す。Epithermal Index の 0.1 および 0.2 はそれぞれグラファイト炉および軽水炉のスペクトルにほぼ対応している。

高速炉体系に対しては Cook の評価値をもとに各核種の 25 群の群定数 (A B B N タイプ) が求められている。それを 1 群に縮約した結果も Table 1 に示す。中性子スペクトルとしては電気出力 1000 MWe の LMFBR (Liquid Metal cooled Fast Breeder Reactor) に対応するものを使った。

中性子捕獲を考慮したのは熱中性子炉体系または高速炉体系で大きな捕獲断面積をもつ合計 59 の核種であり、そのうち安定核種は 31 である。1, 2 の例外を除いては中性子捕獲断面積の大きな核種はいずれも長寿命核種もしくは安定核種である。熱中性子炉体系に対する重要核種である  $^{37}\text{Kr}$ ,  $^{104}\text{Rh}$  および  $^{151}\text{Eu}$  に対しては Clayton にデータがなく今回の解析に於てはこれらの核種の中性子捕獲による壊変は無視された。

崩壊熱の計算に於て考慮された 1114 の核種の核データは磁気テープに格納されており、

その詳細なリストは別稿に於て示す予定である。<sup>(18)</sup>

## 4 計算結果およびその考察

今回行ったFPの崩壊熱の計算が前に行った計算<sup>(10)(11)</sup>と異っている主な点は中性子捕獲による壊変を考慮に入れたこと、核種数を631から1114に増したこと、および崩壊定数と崩壊系列についてもMeek and Riderのデータを使ったことの3点である。4.1節に於て核種数を増した効果および使用核データを変更したことによる効果を調べ、4.2節に於て中性子捕獲反応による影響に検討を加える。

### 4.1 核種数および核データの変更による効果

今回はFPの崩壊熱を計算する為の崩壊系列としてMeek and Rider<sup>(14)</sup>のデータを使った。前に行った計算<sup>(10)(11)</sup>に於てはTables of Isotopes<sup>(19)</sup>による崩壊系列を使っていた。今回使った崩壊系列の中には準安定状態が数多く取扱われており、短寿命核種の数も大幅に増えた。<sup>235</sup>Uの熱中性子核分裂の場合につき今回の崩壊熱の計算結果を前回の結果と比較してFig. 1に示す。結果は両者の比として与えられており、瞬時照射の場合と1年照射の場合の結果が示されている。この場合には中性子捕獲反応による壊変系列は考慮しなかった。

Fig. 1から次の点が明らかである。新旧の計算結果は短かい冷却時間に於てかなり差がある。特に $10^2$ 秒前後で差は最大となり、1年照射の場合で5%、瞬時照射の場合で10%に達する。一方 $10^4$ 秒以後に於ては差は小さく1年照射の場合は1%以下におさまっている。長い冷却時間に於ては主に長寿命核種が崩壊熱に寄与し、それらの核種の核データは比較的よく分っており、新旧の計算結果の差が小さいのは当然である。

また瞬時照射の場合の方が短寿命核種の寄与が大きく1年照射の場合より新旧の計算結果の差が大きくなっている。短かい冷却時間に於ける新旧の計算結果の差は主に取扱った短寿命核種の数の差によっていると考えられ、中程度以上の冷却時間に於ては主に崩壊定数および崩壊系列の差によっていると考えられる。これら2つの効果を分離してFig. 2およびFig. 3に示す。Fig. 2は1年照射の場合であり、Fig. 3は瞬時照射の場合である。図に於て核種数による効果は点線で示されており、崩壊定数および崩壊系列による効果は一点鎖線で示されている。新しい崩壊系列では準安定状態が数多く取扱われており、今までの崩壊系列に於ける631核種は新しい崩壊系列に於ける686核種に相当する。各質量数の崩壊系列に於て同じ原子番号の範囲の核種を全部考慮したわけである。

Fig. 2の1年照射の場合には核種数のちがによる効果は小さく、0.5%以下である。 $10^2$ 秒以上の冷却時間に於ては無視出来る大きさとなる。従って $10^{-1}$ 秒以下の極く短かい冷却時間を除き、新旧の崩壊熱の計算結果の差は主に崩壊定数および崩壊系列のちがから説明される。

一方Fig. 3の瞬時照射の場合には核種数の差による効果が主に1秒以下の短かい冷却時間に限定される点は1年照射と同じであるが、短かい冷却時間に於ても崩壊定数および崩壊系列による効果が無視出来ない点が異なっている。これは主に短寿命核種の崩壊定数の差によっていると考えられる。1秒以下の冷却時間に於ては核種数の差による27%に達する大きな正の

効果と、崩壊定数の差による18%に達する大きな負の効果とが相殺しあって全体として5%~8%の崩壊熱の差を与えている。

以上を要約すると次のようになる。短い冷却時間に於ては今回の計算結果は前の計算値より大きくなっている。それは主に短寿命核種の取扱数が増えた効果によるものであり、両者の差は1年照射の場合は約0.5%であり、瞬時照射の場合には10%に達する。また $10^2$ 秒近傍の冷却時間に於ては今回の崩壊熱の計算結果は前の結果より小さくなっており、両者の差は1年照射の場合は5%、瞬時照射の場合は10%に達する。これは主に崩壊系裂のちがいによる効果である。

今回の崩壊熱の計算結果は前の計算結果と比較してDevillers<sup>(9)</sup>の計算値により近くなっている。両者を他の計算値および評価値と比較してFig. 4に示す。また $^{235}\text{U}(\text{T})$ ,  $^{235}\text{U}(\text{F})$ ,  $^{239}\text{Pu}(\text{T})$ ,  $^{239}\text{Pu}(\text{F})$ ,  $^{238}\text{U}(\text{F})$ ,  $^{238}\text{U}(\text{T})$ ,  $^{232}\text{Th}(\text{F})$ ,  $^{241}\text{Pu}(\text{T})$ の合計8種類の核分裂収率に対して計算した崩壊熱をTable 2~4に示す。冷却時間は零から $10^9$ 秒にわたっており、Table 2, 3, 4はそれぞれ瞬時照射、1年照射、無限照射の場合に対応している。

#### 4. 2 中性子捕獲反応の崩壊熱に与える影響

核分裂により生成されたFPは照射期間中も冷却期間中も $\beta$ 崩壊を繰返して安定核種へと壊変していく。この節に於てはFPの生成量を $\beta$ 崩壊のみでなくその照射期間中の中性子捕獲による壊変系列も正しく考慮に入れて計算し、崩壊熱を求める。そして中性子捕獲反応を考慮しなかった場合の結果と比較検討する。

中性子捕獲反応が崩壊熱に与える影響を調べる為、核分裂核種、励起エネルギー、中性子スペクトル、中性子束および照射時間をパラメトリックに変化させ崩壊熱が計算された。核分裂核種およびその励起エネルギーは崩壊熱の計算に於ては核分裂収率のちがいとして表わされる。中性子スペクトルおよび中性子束は中性子捕獲反応率を決める支配的因子である。また前者の中性子スペクトルは励起エネルギーを通して核分裂収率にも影響を及ぼす。しかし核分裂収率のエネルギー依存性は実験的にも理論的にも十分な精度では求められていず、今回の解析に於て使われたのは熱中性子および核分裂中性子による核分裂に対する核分裂収率のみである。熱中性子炉体系に対しては熱中性子核分裂による収率が使われ、高速炉体系に対しては核分裂中性子による核分裂収率を使った。しかし核分裂収率の励起エネルギーによる差が崩壊熱に与える影響が小さいことが確かめられており<sup>(10)</sup>、この近似による誤差は小さいと考えられる。

まず核分裂収率および中性子スペクトルをパラメトリックに変えて、中性子捕獲反応の崩壊熱に与える影響に検討を加えた。考慮した中性子スペクトルは、熱中性子炉体系としてはEpithermal Index(単位レサジーあたりの熱外中性子束/熱中性子束)が0.1と0.2のもの、および高速炉体系としては1000 MWeのLMFBR(Liquid Metal cooled Fast Breeder Reactor)に対応するもの、の合計3つのスペクトルである。Epithermal Indexの0.1および0.2はそれぞれ黒鉛減速ガス冷却炉(GCR)および軽水炉(BWRまたはPWR)の中性子スペクトルにほぼ対応する。これら3つの中性子スペクトルに対応する体系の中性子束としては $5 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ (GCR),  $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ (BWR),  $3 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ (FBR)の値をとった。ただし熱中性子炉体系に対する値は熱中性子束で

表わされている。熱中性子炉体系に於て考慮された核分裂核種は $^{235}\text{U}$ および $^{239}\text{Pu}$ の2種類であり、高速炉体系に於ては $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{U}$ の3種類である。

照射時間を1年とし、零から $10^9$ 秒の冷却時間にわたって計算した崩壊熱を中性子捕獲反応を考慮しない場合と比較してTable 5~11およびFig. 5~7に示す。Table 5~11にはそれぞれ $^{235}\text{U}$ (BWR),  $^{239}\text{Pu}$ (BWR),  $^{235}\text{U}$ (GCR),  $^{239}\text{Pu}$ (GCR),  $^{235}\text{U}$ (FBR),  $^{239}\text{Pu}$ (FBR),  $^{238}\text{U}$ (FBR)に対する結果が示されている。Tableには各冷却時間に対して、 $\beta$ 線崩壊熱,  $\gamma$ 線崩壊熱,  $\beta$ 線崩壊熱と $\gamma$ 線崩壊熱との和(崩壊熱)および崩壊熱の中性子捕獲を考慮した場合としない場合との比が与えられている。またFig. 5, 6, 7にはそれぞれBWR, GCR, FBRに対する結果がまとめて示されている。

これらの図表から以下の点が明らかである。高速炉体系に於いて中性子捕獲反応が崩壊熱に与える影響は熱中性子炉体系と比較して素直な冷却時間に対する依存性を示す。熱中性子炉体系に於ては正負にまたがっているが高速炉体系に於ては常に正の寄与である(Fig. 5~7参照)。高速炉体系に於ては核分裂核種による差も小さい。これは高速炉体系に於ては中性子捕獲断面積の各FP核種による差が熱中性子炉体系の場合程大きくないことによっている。

また高速炉体系に於て中性子捕獲反応が崩壊熱に及ぼす影響は $10^6$ 秒以後の冷却時間に於て熱中性子炉体系より小さい。これは $10^6$ 秒以上で大きな寄与をもつFP核種の中性子捕獲断面積と核分裂核種の核分裂断面積との比が、熱中性子炉体系に於ける値より小さいことによっていると考えられる。

Fig. 5とFig. 6との比較から熱中性子炉の2つの体系に対する結果に差が小さいことが分る。このことはEpithermal Indexを0.2から0.1に変えることと、熱中性子束を $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ から $5 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ に増加することの効果はほぼ相殺しあつたことを示している。熱中性子炉体系に対しては中性子捕獲反応率は

$$\lambda_c = (\sigma_{th} + I_e \cdot RI) \phi_{th}$$

と表わされ、Epithermal Indexを $1/2$ にする効果が $\phi_{th}$ を約2倍にする効果と相殺するという事は、中性子捕獲反応を考慮した59核種について平均すれば $\sigma_{th} \ll RI$ となることを示している。

またFig. 5, Fig. 6から明らかな如く熱中性子炉体系に於ては $10^4$ 秒以下の冷却時間に於ては中性子捕獲による効果が0.2%程度以下で大変小さい。 $10^4$ 秒以下の冷却時間範囲は軽水炉のECCS(Emergency Core Cooling System)に於て問題となる時間範囲に対応している。この冷却時間範囲に於て中性子捕獲反応の効果が小さいのは短寿命核種の中性子捕獲断面積が小さいことが主な原因である。また中性子捕獲を考慮することにより崩壊熱が大きくなる核種と小さくなる核種の寄与が相殺しあうことも原因となっており、個々の核種の寄与自身はもっと大きい。

主な核種の寄与率をTable 12, 13およびFig. 8に示す。寄与率は、中性子捕獲反応による崩壊熱の全変化量に対し各核種の崩壊熱の変化量が寄与する割合として%単位で与えられている。寄与率の符号は崩壊熱を大きくする方向に働らくものを正、その逆を負とし、崩壊熱全体の変化量の符号には無関係である。中性子捕獲反応による崩壊熱の変化に対する各核種の寄与率は、その核種による中性子捕獲反応を考慮した場合としない場合との崩壊熱の差をも

とに定義する方が望ましいと考えられるが、その為には膨大なケースの計算を必要とし、本稿に於ては各核種の原子数変化をもとに寄与率を定義した。従つて各核種の寄与率にはその核種自身の中性子捕獲反応以外にも、その核種の生成量に影響を与えるあらゆる中性子捕獲反応による効果が含まれている。

Table 1 2には $^{235}\text{U}$ の熱中性子核分裂 ( $t_R = 1 \text{ year}$ ,  $\phi_{th} = 3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ , Epithermal Index = 0.2) の場合, Table 1 3には $^{239}\text{Pu}$ の高速中性子核分裂 ( $t_R = 1 \text{ year}$ ,  $\phi = 3 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ , 中性子スペクトル = 1000 MWe LMFBR) の場合に対し, それぞれ1%以上の寄与率をもつ核種が示されている。またFig. 8には10%以上の寄与率の核種が示されている。Table 1 2, 1 3およびFig. 8から次の点が明らかである。

熱中性子体系に於ける $5 \times 10^3$ 秒近傍の冷却時間に於ける負の寄与(-0.28%)は主に $^{135}\text{Xe}$  1核種によつてゐる。 $^{135}\text{Xe}$ は半減期9.16時間の核種であり、非常に大きな熱中性子捕獲断面積( $\sigma_c, 2200 = 2.7 \times 10^6 \text{ barn}$ )をもつてゐる。従つて熱中性子炉体系に於ては照射期間中に $^{135}\text{Xe}$ の大きな割合が中性子を捕獲して安定核種の $^{136}\text{Xe}$ に衰変する。 $^{136}\text{Xe}$ の中性子数は82であり、魔法数になつてゐる。このことが $^{135}\text{Xe}$ の熱中性子断面積が大きいことの原因となつてゐると考えられる。一方高速炉体系に於ては $^{135}\text{Xe}$ の中性子捕獲断面積は非常に小さく(0.016 barn), その崩壊熱に対する負の寄与はほとんど問題とならない。

冷却時間が $10^6$ 秒および $10^8$ 秒近傍に於て中性子捕獲反応の効果はピークをもち、 $10^9$ 秒以後はまたほとんど無視しうる大きさとなる。 $10^6$ 秒,  $10^8$ 秒,  $10^9$ 秒に於ける崩壊熱の変化は、熱中性子炉体系に対してはそれぞれ2.40%, 1.046%, 0.23%となつており、高速炉体系に対してはそれぞれ1.33%, 3.16%, 0.20%となつてゐる。 $10^6$ 秒のピークに於て大きな寄与率をもつのは、熱中性子炉体系に於ては $^{134}\text{Cs}$ (1.7%),  $^{148\text{m}}\text{Pm}$ (6.0%),  $^{148}\text{Pm}$ (1.4%),  $^{156}\text{Eu}$ (6%)の4核種であり、高速炉体系に於ては $^{103}\text{Ru}$ (1.5%),  $^{134}\text{Cs}$ (1.3%),  $^{136}\text{Cs}$ (3.1%),  $^{148\text{m}}\text{Pm}$ (2.7%),  $^{148}\text{Pm}$ (7%),  $^{156}\text{Eu}$ (7%)の6核種である。一方 $10^8$ 秒に於けるピークはほとんど $^{134}\text{Cs}$  1核種のみ寄与によつてゐる。 $^{154}\text{Eu}$ の効果もかなりの大きさがあるが $^{106}\text{Rh}$ ,  $^{144}\text{Pr}$ , および $^{147}\text{Pm}$ による負の効果と互に相殺しあう。

核分裂生成物は安定核種と比較して大部分が中性子過剰の核種であり、 $\beta$ 崩壊を繰返して安定核種へと衰変して行く。従つて安定核種から速くへだつた短寿命核種の中性子捕獲断面積はあまり大きくなく、崩壊熱に影響を及ぼすのも主に安定核種および長寿命核種による中性子捕獲反応である。本来中性子過剰な核種が中性子を捕獲すると中性子はより過剰となり、一般にはより $\beta$ 崩壊しやすくなり、崩壊エネルギー、崩壊定数ともに大きくなる。今回の計算結果も中性子捕獲反応を考慮することによりおむね崩壊熱が大きくなることを示している。

もちろんどの核種も崩壊熱に正の寄与をするのではなく負の寄与をする核種も数多く存在する。正の寄与をする核種は1つ質量数の小さい崩壊系列中の核種の中性子捕獲によりその生成量が増加する核種であり、負の寄与をする核種はその核種自身およびその崩壊系列中でその核種より原子番号の小さい核種の中性子捕獲により、その生成量が減少する核種である。 $10^8$ 秒近傍の冷却時間に於て大きな正の寄与をする $^{134}\text{Cs}$ は $^{138}\text{Cs}$ の中性子捕獲により主に生成される。一方 $^{135}\text{Xe}$ は短い冷却時間に於て熱中性子炉体系で大きな負の効果をもつてゐるが、



これは $^{135}\text{Xe}$  自身の中性子捕獲によりその原子数が大幅に減少することによっている。

また核種の寄与の符号は必ずしも一定ではなく、冷却時間によって逆転することがある。高速炉体系に於て $^{106}\text{Rh}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{144}\text{Pr}$  の3核種は短い冷却時間に於ては正の寄与をし、長い冷却時間に於ては負の寄与をする (Table 1 3 参照)。これらの核種はいずれも質量数が偶数の崩壊系列に属し、安定核の直前の核種であるにもかかわらず比較的短い半減期をもっている ( $^{106}\text{Rh} = 30.0 \text{ sec}$ ,  $^{140}\text{La} = 40.23 \text{ hr}$ ,  $^{144}\text{Pr} = 17.3 \text{ min}$ )。そしてこれらの親核種の半減期はこれら自身の半減期よりもかなり長い ( $^{106}\text{Ru} = 368 \text{ day}$ ,  $^{140}\text{Ba} = 12.8 \text{ day}$ ,  $^{144}\text{Ce} = 284.4 \text{ day}$ )。従って短い冷却時間に於てはこれらの核種は、1つ質量数の小さい同位体の中性子捕獲によりその生成量が増加しており崩壊熱に正の寄与をする。一方冷却時間が長くなり、もともとあった $^{106}\text{Rh}$ ,  $^{140}\text{La}$  および $^{144}\text{Pr}$  がすべて崩壊してしまうと、それらは寿命の長い親核種の $\beta$ 崩壊により生成することになる。するとそれぞれの核種の親核種 $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  および $^{144}\text{Ce}$  の生成量がその中性子捕獲反応により減少している効果が現われこれらの核種は崩壊熱に負の寄与をする。

熱中性子炉体系に於ては $^{105}\text{Rh}$  および $^{143}\text{Pr}$  の中性子捕獲断面積はそれぞれ16150 barn および256.6 barn であり $^{106}\text{Ru}$  (0.3655 barn) および $^{144}\text{Ce}$  (1.270 barn) と比較して桁はずれに大きい。従って崩壊熱に対する負の寄与も正の寄与と比較して小さく問題とならない。また $^{140}\text{Ba}$  の中性子捕獲断面積は3.918 barn であり、 $^{139}\text{La}$  (9.876 barn) の約40%の大きさがあるが、 $^{140}\text{Ba}$  の半減期が12.8 day と比較的短かい為、 $^{140}\text{La}$  の長い冷却時間に於ける負の寄与は小さい。10<sup>6</sup> 秒に於ける寄与率は-0.06%である。

1%以上の寄与率をもつ核種の数は熱中性子炉体系に於ても高速炉体系に於ても冷却時間と共に少なくなる。これは長寿命核種の数が短寿命核種の数より少ないことからある程度当然である。10<sup>9</sup> 秒の冷却時間に於ては1%以上の寄与率をもつ核種の数が逆に増えているが、これは中性子捕獲による崩壊熱の変化割合が約0.2%と小さくなった為である。 $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  および $^{151}\text{Sm}$  は10<sup>9</sup> 秒に於てのみ1%以上の寄与率をもつ。ただし符号は負である。

高速炉体系に於ては $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{154}\text{Eu}$  以外にはずばぬけて大きな寄与率をもつ核種は存在せず、逆に1%以上の寄与率をもつ核種の数は熱中性子炉体系より多い (Table 1 2, Table 1 3 参照)。これは高速炉体系に於ては中性子捕獲断面積の各核種による差が熱中性子炉体系程大きくないことによっている。

結局、10<sup>4</sup> 秒以下の冷却時間に於ては中性子捕獲反応の崩壊熱に与える影響は小さく、10<sup>6</sup> 秒以上の冷却時間に於て崩壊熱の変化に対して大きな寄与をするのは $^{102}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{133}\text{Cs}$ ,  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{153}\text{Eu}$  および $^{155}\text{Eu}$  の合計8核種による中性子捕獲反応である。

次に中性子束および照射時間をパラメトリックに変え、中性子捕獲反応が崩壊熱に及ぼす影響を調べた。結果をTable 1 4 ~ Table 2 7 およびFig. 9 ~ Fig. 1 2 に示す。Table 1 4 ~ Table 2 0 およびFig. 9, Fig. 1 0 には熱中性子炉体系 (Epithermal Index = 0.2, BWR) に対する結果が与えられている。熱中性子束を基準の $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$  の2倍, 5倍, 10倍とした場合が調べられた (Fig. 9 参照)。核分裂核種は $^{235}\text{U}$  であり、照射時間は1年である。Fig. 1 0 には照射時間を1年, 2年, 5年と変えた場合の結果が示

されている。この場合熱中性子束は基準値  $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$  に固定された。また Table 19 および Table 20 には照射時間がそれぞれ 2 年および 5 年で、中性子束を零とした場合の崩壊熱が示されている。

Table 21 ~ Table 27 および Fig. 11, Fig. 12 には高速炉体系に対する同様の結果が与えられている。ただしこの場合、核分裂核種は  $^{239}\text{Pu}$  であり、中性子スペクトルは電気出力 1000 MWe の LMFBR に対応するものである。基準としてとった中性子束は  $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$  である。

以上の図および表から次の点が明らかとなった。まず中性子捕獲反応の効果は中性子束および照射時間の増加に伴い大きくなる。中性子捕獲反応を考慮することによりおむね崩壊熱は大きくなる。ただし熱中性子炉体系に於ては  $10^4$  秒以下の冷却時間に於ける  $^{135}\text{Xe}$  の負の効果が大きく、積分中性子束が小さい場合には全体の効果も負である。冷却時間が長く、しかも中性子束および照射時間の変化の割合があまり大きくない場合には、中性子捕獲反応の効果はほぼ積分中性子束に比例する。もちろんこれは体系を固定しての話である。熱中性子炉体系より高速炉体系に於ける方がこの比例関係はよく成立する。

## 5 結 論

中性子捕獲反応による壊変系列も正しく考慮して核分裂生成物の崩壊熱の計算を行った。核分裂生成物の生成量の計算は Bateman の式およびその積分型を繰返し使い、完全に解析的に行われた。短かい冷却時間に於ても崩壊熱を精度よく計算する為短寿命核種が数多く取扱われた。取扱核種数は放射性核種が 970, 安定核種が 144 の合計 1114 核種である。短寿命核種には未知の核データが数多くありそれらは理論とシステムティックスにより推定された。また中性子捕獲による壊変系列を考慮したのは放射性核種が 28, 安定核種が 31 の合計 59 核種である。中性子捕獲断面積は熱中性子炉体系に対しては Clayton<sup>(16)</sup> のデータを使い、高速炉体系に対しては Cook<sup>(17)</sup> のデータを使った。

まず取扱核種数を増やし、崩壊定数と崩壊系列を変更したことによる効果に検討が加えられた。その結果次の結論がえられた。取扱核種数を 631 から 1114 に増やすことによつて変化するのは  $10^2$  秒以下の短かい冷却時間に於ける崩壊熱である。照射時間が極端に短かい場合には 1 秒以下の冷却時間に於て大きな変化をもたすが、1 年照射の場合にはたかだか 0.5 % 程度の变化であり小さい。また崩壊定数および崩壊系列の変更により  $10^2$  秒近傍の冷却時間に於ける崩壊熱が、1 年照射および瞬時照射の場合に対しそれぞれ 5 % および 10 % 小さくなる。今回の変更により崩壊熱の計算結果は Devillers<sup>(18)</sup> の計算値により近くなる。 $10^4$  秒以後に於ては新旧の計算結果の差は小さい。

核分裂核種、励起エネルギー、中性子スペクトル、中性子束、照射時間および冷却時間をパラメトリックに変えて崩壊熱を計算し、中性子捕獲反応が崩壊熱に及ぼす影響に検討が加えられた。中性子スペクトルとしては熱中性子炉体系に対して Epithermal Index が 0.2 および 0.1 の 2 つのスペクトル、高速炉体系としては 1000 MWe の LMFBR に対応する中性子スペクトルを考えた。解析結果から以下の点が明らかとなった。

まず軽水炉の ECCS の設計に於て問題となる  $10^4$  秒以下の冷却時間に於ては中性子捕獲反応の効果は大変小さく、しかも主に崩壊熱を小さくする方向に働らく。 $^{235}\text{U}$  の熱中性子核分裂の場合には崩壊熱の変化は 0.2 % 程度以下である。中性子捕獲反応の効果が短かい冷却時間に於て小さいのは、短寿命核種の中性子捕獲断面積が小さいこと、および崩壊熱に正の寄与をする核種と負の寄与をする核種とが相殺しあうことの 2 点に主によっている。 $5 \times 10^3$  秒近傍に於ける負の効果は主に  $^{135}\text{Xe}$  によるものである。

冷却時間が  $10^6$  秒および  $10^8$  秒近傍で中性子捕獲反応の効果はピークをもち、 $10^9$  秒以後はまた無視しうる大きさとなる。 $10^6$  秒近傍で大きな寄与をもつ核種は熱中性子炉体系に於ては  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{148\text{m}}\text{Pm}$ ,  $^{148}\text{Pm}$ ,  $^{156}\text{Eu}$  の 4 種類、高速炉体系に於ては  $^{108}\text{Ru}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{148\text{m}}\text{Pm}$ ,  $^{148}\text{Pm}$ ,  $^{156}\text{Eu}$  の 6 核種である。また  $10^8$  秒近傍で大きな寄与をもつのは  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{154}\text{Eu}$  の 2 核種であるが、大部分は  $^{134}\text{Cs}$  の寄与によっている。

高速炉体系に於ては中性子捕獲反応が崩壊熱に与える影響は熱中性子炉体系に比較して小さく、冷却時間に対する変化も素直である。あらゆる冷却時間に於て正の寄与である。また核分裂核種による差も小さい。これは高速炉体系に於ては核分裂生成物の中性子捕獲断面積が熱中

性子炉体系より小さく、核種による差も比較的小さいことによっている。

中性子捕獲反応が崩壊熱に与える影響は中性子束および照射時間の増加に伴ない大きくなる。冷却時間が長く、積分中性子束の変化の割合が小さい場合には、影響の大きさはほぼ積分中性子束に比例するといふことができる。この比例性は高速炉体系の方が熱中性子炉体系よりよく成り立つ。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたって種々の御配慮をいただいた高速炉設計班長の平田実穂氏ならびに炉物理実験研究室長の後藤頼男氏に深く感謝致します。

性子炉体系より小さく、核種による差も比較的小さいことによっている。

中性子捕獲反応が崩壊熱に与える影響は中性子束および照射時間の増加に伴ない大きくなる。冷却時間が長く、積分中性子束の変化の割合が小さい場合には、影響の大きさはほぼ積分中性子束に比例するといふことができる。この比例性は高速炉体系の方が熱中性子炉体系よりよく成り立つ。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたって種々の御配慮をいただいた高速炉設計班長の平田実穂氏ならびに炉物理実験研究室長の後藤頼男氏に深く感謝致します。

## References

1. K. Shure, "Fission Product Decay Energy," WAPD-BT-24 (1961).
2. J. F. Perkins and R. W. King, Nucl. Sci. Eng., 3, 726 (1958).
3. K. Way and E. P. Wigner, Phys. Rev., 73, 1318 (1948).
4. J. J. Griffin, "Beta Decays and Delayed Gammas from Fission Products," LASL-2811 (1963).
5. M. E. Battat, et al., LA-3954 (1968).
6. W. L. Bunch and L. D. O'Dell, BNWL-961 (1969).
7. T. R. England, "Investigation of Fission Product Behavior and Decay Heating in Nuclear Reactors," Ph. D. Thesis, University of Wisconsin (1970).
8. D. R. Marr and W. L. Bunch, "FTR Fission Product Decay Heat," HEDL-TME-71-27 (1971).
9. C. Devillers, appeared in the Review Paper No. 15 presented by M. Lott at IAEA Panel on Fission Product Nuclear Data (1973).
10. K. Tasaka and N. Sasamoto, "Energy Release from the Decay of Fission Products," JAERI-M 5552 (1974).
11. K. Tasaka and N. Sasamoto, Nucl. Sci. Eng., 54, 177 (1974).
12. K. Tasaka, to be published in JAERI-M report.
13. K. Tasaka and N. Sasamoto, "FP-S: Program for Calculation of Atomic Density for Each Fission Product Nuclide," JAERI-1198 (1971).
14. M. E. Meek and B. F. Rider, NEDO-12154 (1972).
15. W. D. Myers and W. J. Swiatecki, Nucl. Phys., 81, 1 (1966).
16. E. Clayton, AAEC/TM-619 (1972).
17. J. L. Cook, AAEC/TM-549 (1969).
18. K. Tasaka, to be published in JAERI-M report.
19. C. M. Lederer, J. M. Hollander and I. Perlman, "Tables of Isotopes, Sixth Edition," John Wiley & Sons, Inc. (1968).

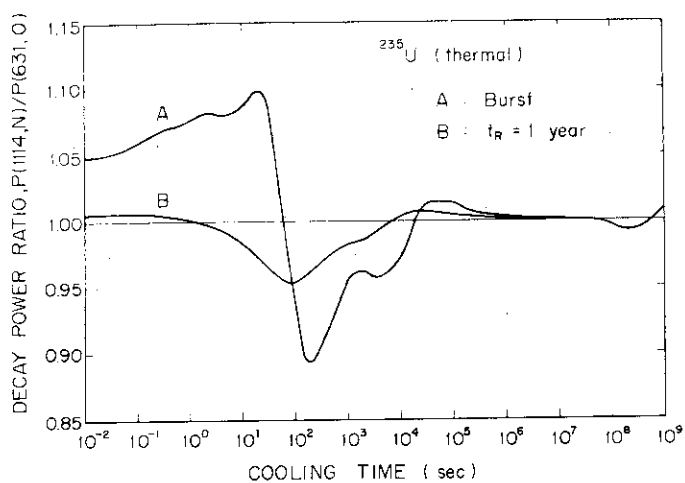


Fig. 1 Decay power ratios between the present results and the previous ones are shown as the function of cooling time for the thermal-neutron-induced fission of  $^{235}\text{U}$ .

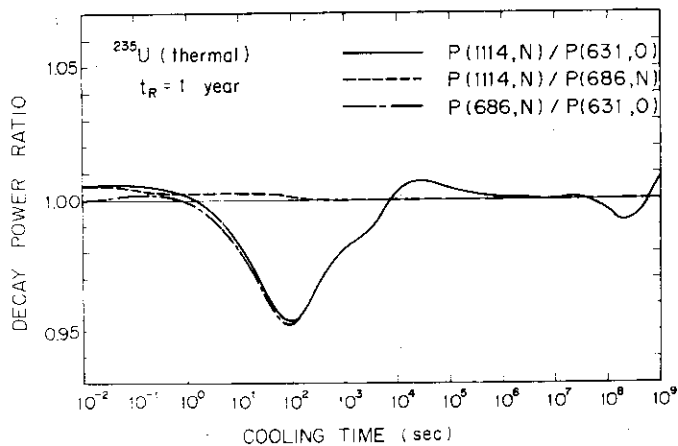


Fig. 2 Decay power ratios between the present results and the previous ones are shown for the irradiation of one year.

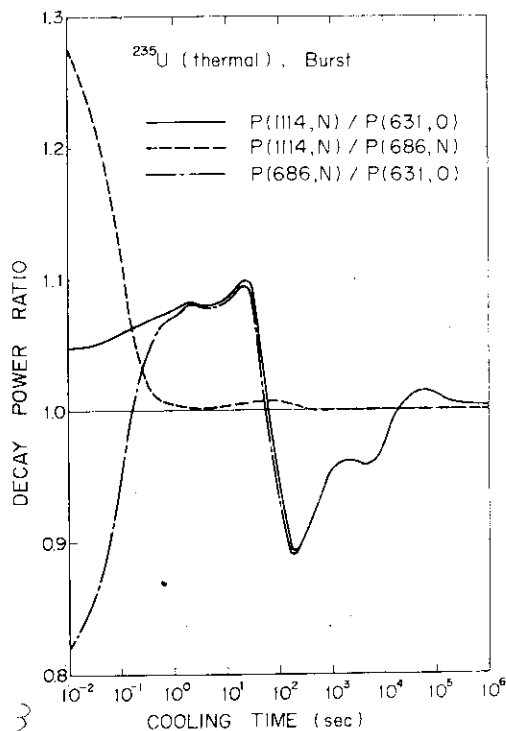
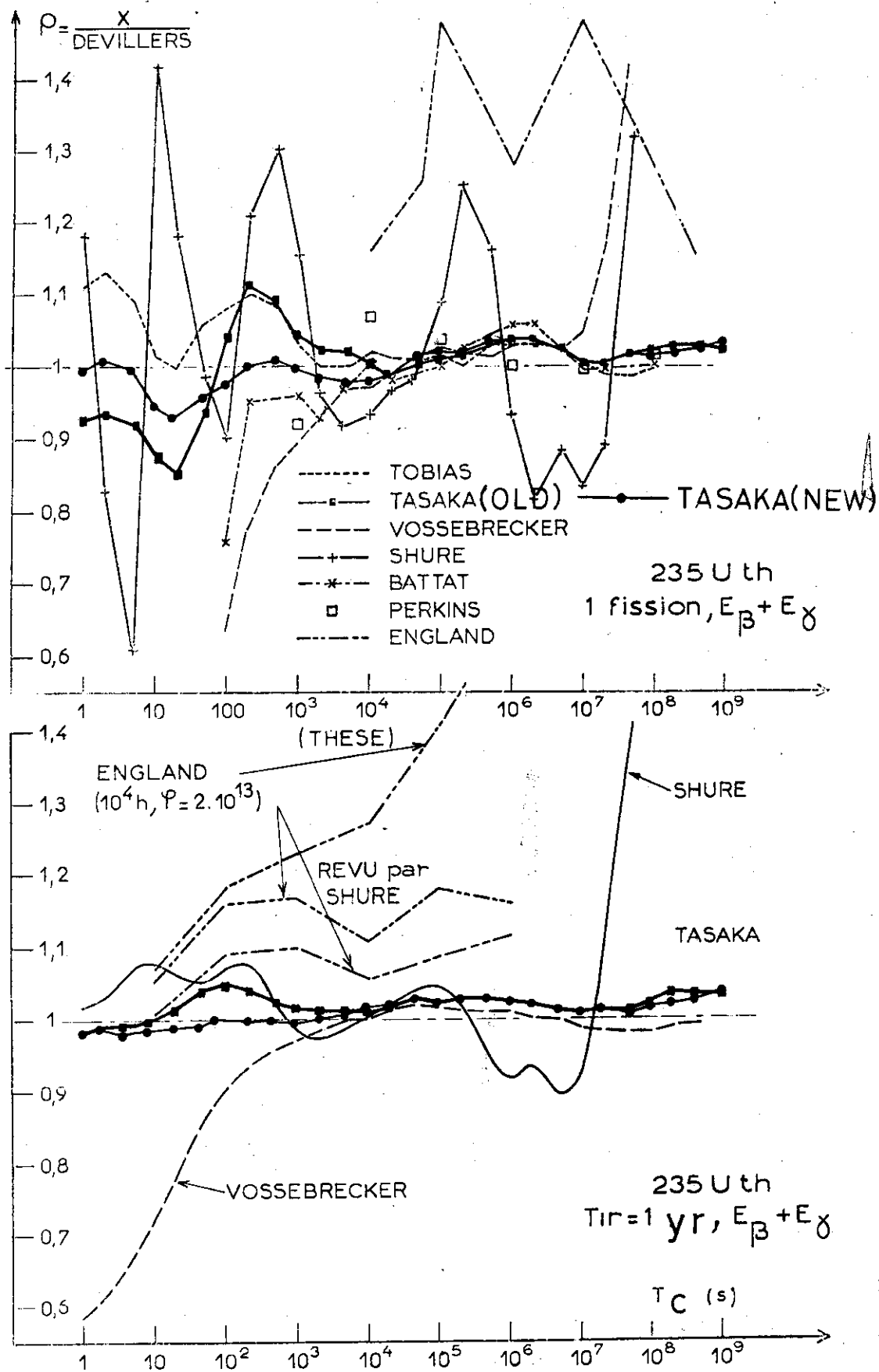


Fig. 3 Decay power ratios between the present results and the previous ones are shown for the instantaneous fission of  $^{235}\text{U}$  by thermal neutrons.



235 U th - Comparison of evaluations

Fig. 4 Comparison of the decay power of fission products calculated for the thermal-neutron-induced fission of  $^{235}\text{U}$ .



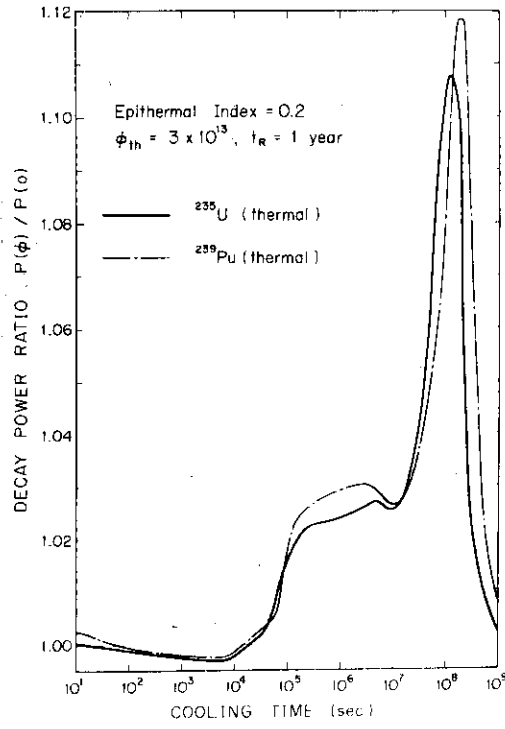


Fig. 5 The effects of neutron capture transformation are shown for the irradiation of one year in the thermal reactor (epithermal index = 0.2,  $\phi_{th} = 3 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>/sec).

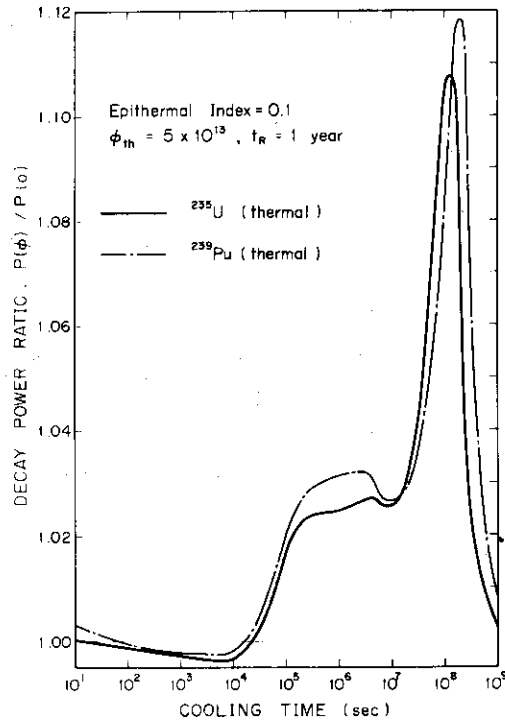


Fig. 6 The effects of neutron capture transformation are shown for the irradiation of one year in the thermal reactor (epithermal index = 0.1,  $\phi_{th} = 5 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>/sec).

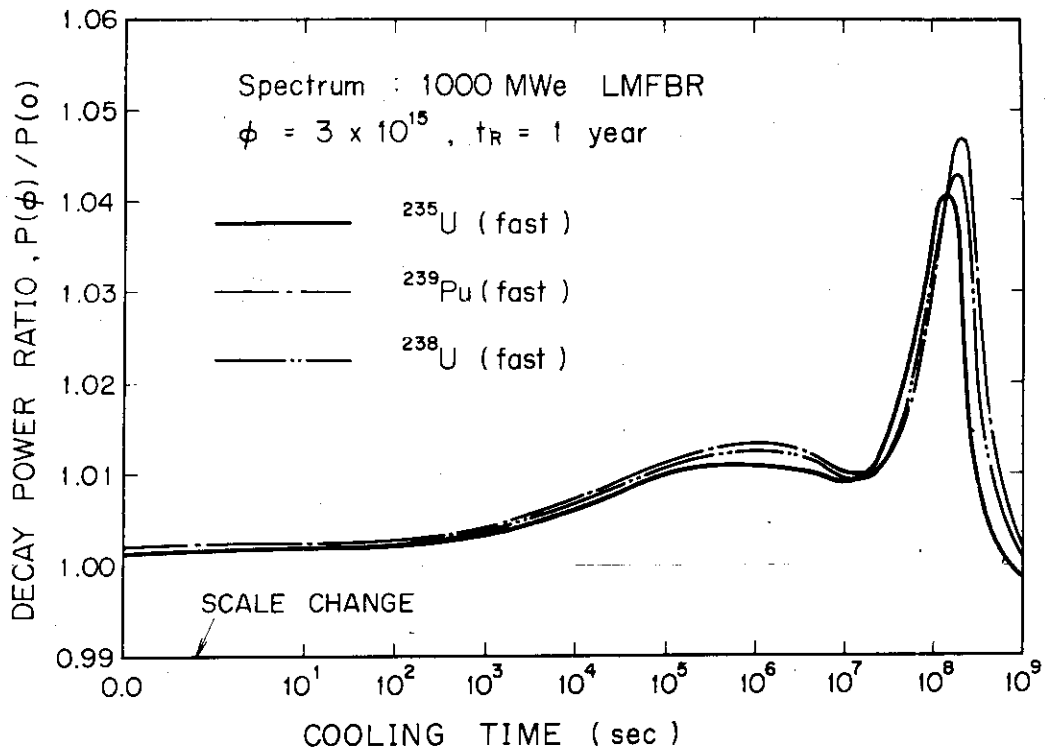


Fig. 7 The effects of neutron capture transformation are shown for the irradiation of one year in the fast reactor ( 1000 MWe LMFBR,  $\phi = 3 \times 10^{15}$  n/cm<sup>2</sup>/sec ).

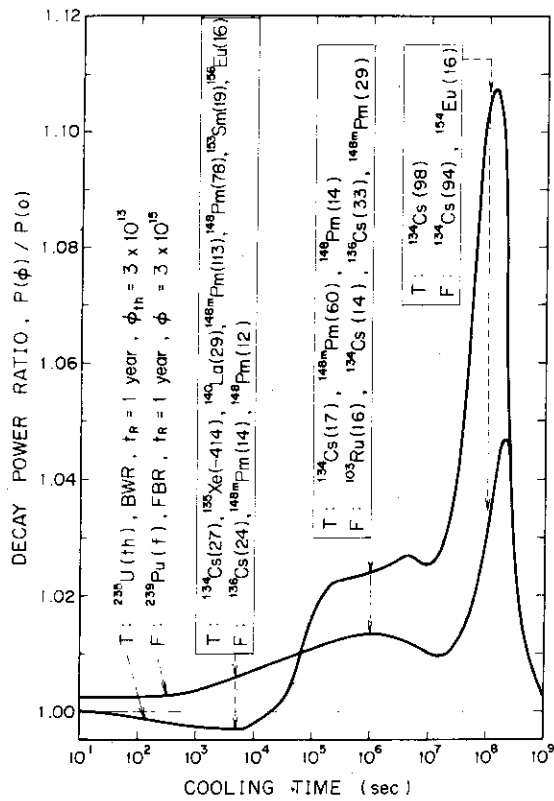


Fig. 8 Contribution of each nuclide to the change in decay power by the neutron capture transformation is shown for the selected cooling times.

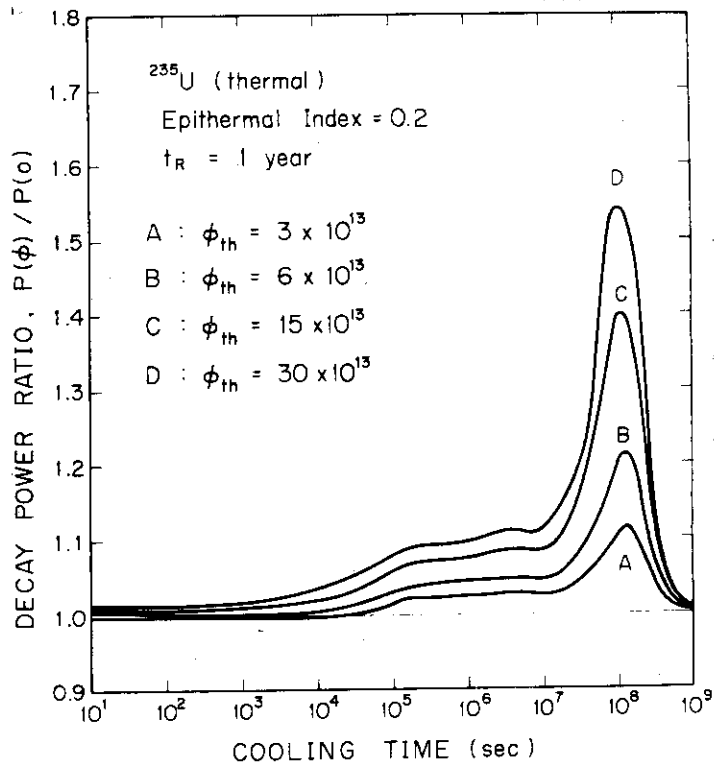


Fig. 9 The effect of neutron capture transformation is examined by changing the thermal neutron flux for the thermal fission of  $^{235}\text{U}$ .

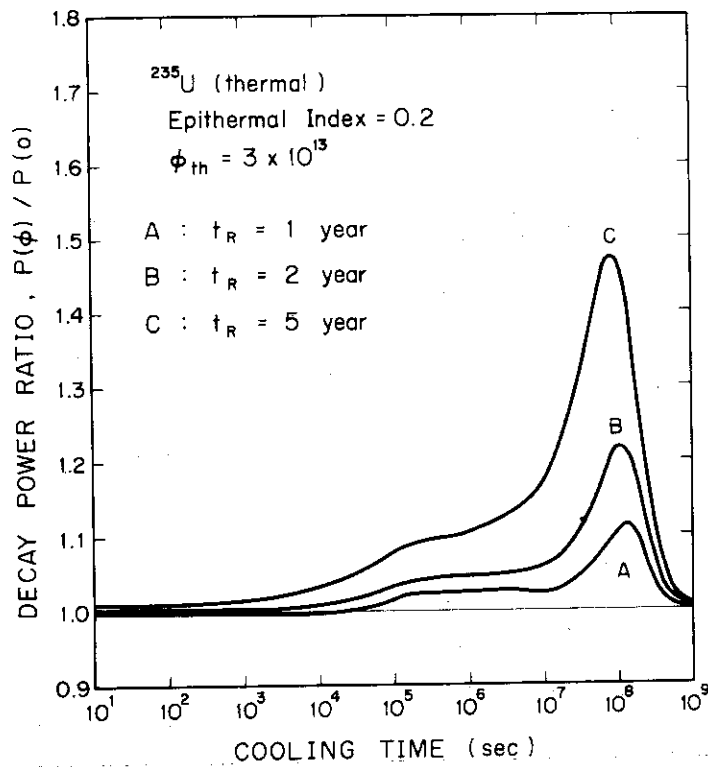


Fig. 10 The effect of neutron capture transformation is examined by changing the irradiation time for the thermal fission of  $^{235}\text{U}$ .

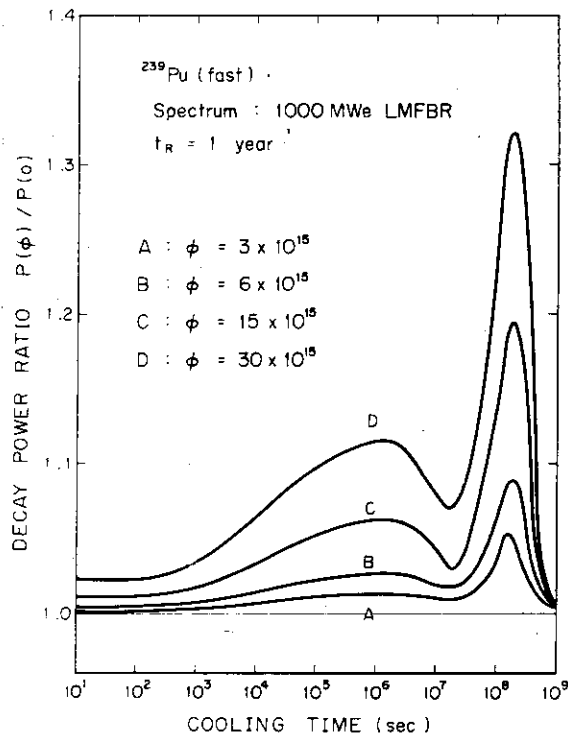


Fig. 11 The effect of neutron capture transformation is examined by changing the neutron flux for the fast fission of  $^{239}\text{Pu}$ .

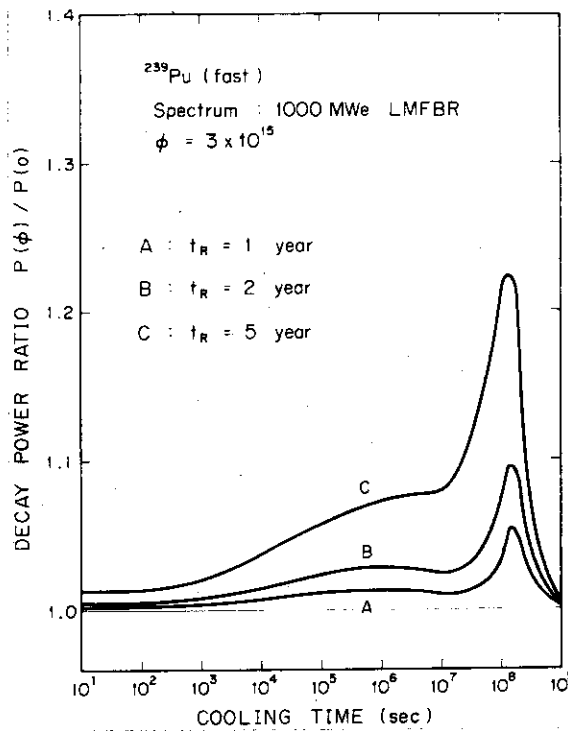


Fig. 12 The effect of neutron capture transformation is examined by changing the irradiation time for the fast fission of  $^{239}\text{Pu}$ .

Table 1 Average Neutron Capture Cross Section

No.	Nucl.	THERMAL		FAST 1000 Mwe
		0.1 <sup>a)</sup>	0.2 <sup>a)</sup>	
1	<sup>79</sup> Se	35.55	41.10	0.40823
2	<sup>85</sup> Kr	6.816	7.632	0.13173
3	<sup>87</sup> Kr	—	—	—
4	<sup>90</sup> Sr	0.641	0.682	0.0074561
5	<sup>93</sup> Zr	4.1	6.7	0.13167
6	<sup>95</sup> Mo	21.51	32.14	0.32043
7	<sup>97</sup> Mo	3.155	4.66	0.27769
8	<sup>99</sup> Tc	36.29	56.08	0.51391
9	<sup>100</sup> Ru	5.507	6.664	0.50877
10	<sup>101</sup> Ru	11.86	19.82	1.6009
11	<sup>102</sup> Ru	1.402	1.828	0.30636
12	<sup>103</sup> Rh	213.1	314.5	0.58401
13	<sup>104</sup> Ru	0.8955	1.439	0.15881
14	<sup>104</sup> Rh	—	—	—
15	<sup>105</sup> Rh	14450	16150	0.25683
16	<sup>105</sup> Pd	15.73	23.21	0.49940
17	<sup>106</sup> Ru	0.2375	0.3655	0.067237
18	<sup>107</sup> Pd	15.54	23.58	0.49551
19	<sup>108</sup> Pd	30.52	52.04	0.11809
20	<sup>109</sup> Ag	215.7	360.1	0.62476
21	<sup>113</sup> Cd	14990	15030	0.29623

<sup>a)</sup> epithermal index

Cont'd

No.	Nucl.	THERMAL		FAST 1000 Mwe
		0.1	0.2	
22	<sup>115</sup> In	471.4	793.5	0.51526
23	<sup>121</sup> Sb	25.2	45.75	0.43706
24	<sup>123</sup> Sb	15.71	28.27	0.32820
25	<sup>127</sup> I	19.83	35.01	0.54860
26	<sup>129</sup> I	23.60	26.19	0.29013
27	<sup>131</sup> Xe	161.5	240.5	0.46357
28	<sup>133</sup> Xe	147.7	153.0	0.11264
29	<sup>133</sup> Cs	68.16	114.2	0.43935
30	<sup>134</sup> Cs	109.3	118.1	0.48513
31	<sup>135</sup> Xe	2026000	2026000	0.016482
32	<sup>135</sup> Cs	12.87	19.07	0.22535
33	<sup>137</sup> Cs	1239	1653	0.018404
34	<sup>139</sup> La	8.313	9.876	0.056396
35	<sup>140</sup> Ba	2.559	3.918	0.20665
36	<sup>141</sup> Ce	24.62	27.50	0.13161
37	<sup>141</sup> Pr	10.00	11.75	0.15732
38	<sup>143</sup> Pr	94.00	113.0	0.47829
39	<sup>143</sup> Nd	250.2	256.6	0.47945
40	<sup>144</sup> Ce	1.010	1.270	0.071654
41	<sup>141</sup> Nd	3.464	4.228	0.14294
42	<sup>145</sup> Nd	60.88	88.01	0.40950
43	<sup>146</sup> Nd	1.286	1.522	0.096998

Cont'd

No.	Nucl.	THERMAL		FAST 1000 Mwe
		0.1	0.2	
44	<sup>147</sup> Pm	345.3	563.1	1.2961
45	<sup>147</sup> Sm	100.1	156.7	1.3697
46	<sup>148</sup> Pm	6048	11050	1.0098
47	<sup>148</sup> Sm	5.376	7.227	0.24056
48	<sup>149</sup> Pm	1143	1236	1.2419
49	<sup>149</sup> Sm	31870	32240	1.5889
50	<sup>150</sup> Sm	102.2	127.9	0.68366
51	<sup>151</sup> Sm	11470	11690	2.8407
52	<sup>151</sup> Eu	—	—	—
53	<sup>152</sup> Sm	478.5	802.5	0.69376
54	<sup>153</sup> Eu	465.4	593.3	2.1461
55	<sup>154</sup> Eu	1249	1373	3.1269
56	<sup>155</sup> Eu	3152	3275	1.9219
57	<sup>156</sup> Eu	487.1	612.9	1.8154
58	<sup>158</sup> Gd	11.89	21.68	0.33688
59	<sup>159</sup> Tb	54.14	91.78	1.6847









JAERI-M 5972

Table 5

DECAY POWER FOR U-235(HWR) + IRRADIATION(FLUX=3.0E+13, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	5.9905E 00	6.2510E 00	1.2242E 01	1.0004E 00
1.000E 01	4.3537E 00	4.6642E 00	9.0179E 00	1.0002E 00
1.000E 02	2.8365E 00	3.2077E 00	6.0440E 00	9.9888E-01
1.000E 03	1.5982E 00	1.9458E 00	3.5440E 00	9.9778E-01
1.000E 04	7.7022E-01	9.8158E-01	1.7521E 00	9.9773E-01
2.000E 04	6.1150E-01	7.5201E-01	1.4035E 00	9.9396E-01
5.000E 04	4.2533E-01	5.1536E-01	1.0417E 00	1.0075E 00
1.000E 05	3.2360E-01	5.0804E-01	8.3164E-01	1.0158E 00
2.000E 05	2.5666E-01	4.2090E-01	6.7756E-01	1.0216E 00
5.000E 05	2.0066E-01	3.2234E-01	5.2300E-01	1.0233E 00
1.000E 06	1.6456E-01	2.4480E-01	4.0936E-01	1.0240E 00
2.000E 06	1.2847E-01	1.6898E-01	2.9745E-01	1.0253E 00
5.000E 06	8.3427E-02	8.8451E-02	1.7188E-01	1.0268E 00
1.000E 07	5.4924E-02	4.7469E-02	1.0239E-01	1.0258E 00
2.000E 07	3.2233E-02	1.6930E-02	4.9163E-02	1.0317E 00
5.000E 07	1.3213E-02	2.9369E-03	1.6150E-02	1.0656E 00
1.000E 08	4.6919E-03	1.6058E-03	6.2977E-03	1.1046E 00
2.000E 08	1.8586E-03	9.8916E-04	2.8478E-03	1.0842E 00
5.000E 08	1.2782E-03	6.2840E-04	1.9066E-03	1.0113E 00
1.000E 09	8.6923E-04	4.2539E-04	1.2946E-03	1.0023E 00

Table 6

DECAY POWER FOR PU-239(HWR) + IRRADIATION(FLUX=3.0E+13, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.8891E 00	4.9155E 00	9.8046E 00	1.0025E 00
1.000E 01	3.9047E 00	3.9751E 00	7.8798E 00	1.0023E 00
1.000E 02	2.6524E 00	2.8615E 00	5.5139E 00	9.9944E-01
1.000E 03	1.4509E 00	1.8352E 00	3.2861E 00	9.9800E-01
1.000E 04	6.5956E-01	9.4675E-01	1.6063E 00	9.9830E-01
2.000E 04	5.3221E-01	7.8214E-01	1.3144E 00	1.0010E 00
5.000E 04	3.8518E-01	6.2275E-01	1.0079E 00	1.0095E 00
1.000E 05	2.9723E-01	5.1898E-01	8.1621E-01	1.0187E 00
2.000E 05	2.3427E-01	4.3009E-01	6.6436E-01	1.0252E 00
5.000E 05	1.7697E-01	3.2229E-01	4.9926E-01	1.0280E 00
1.000E 06	1.4198E-01	2.3996E-01	3.8194E-01	1.0293E 00
2.000E 06	1.1091E-01	1.6393E-01	2.7484E-01	1.0301E 00
5.000E 06	7.6772E-02	8.4938E-02	1.6171E-01	1.0290E 00
1.000E 07	5.6838E-02	4.5324E-02	1.0216E-01	1.0265E 00
2.000E 07	3.9133E-02	1.7856E-02	5.6989E-02	1.0297E 00
5.000E 07	1.8122E-02	4.7967E-03	2.2919E-02	1.0499E 00
1.000E 08	6.0285E-03	2.3488E-03	8.3773E-03	1.0848E 00
2.000E 08	1.2879E-03	1.1538E-03	2.4417E-03	1.1183E 00
5.000E 08	5.8815E-04	6.7565E-04	1.2638E-03	1.0298E 00
1.000E 09	3.9646E-04	4.4989E-04	8.4635E-04	1.0081E 00

Table 7

DECAY POWER FOR U-235(GCR) + IRRADIATION(FLUX=5.0E+13, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	5.9915E 00	6.2511E 00	1.2243E 01	1.0005E 00
1.000E 01	4.3543E 00	4.6643E 00	9.0185E 00	1.0003E 00
1.000E 02	2.8350E 00	3.2077E 00	6.0433E 00	9.9877E-01
1.000E 03	1.5971E 00	1.9457E 00	3.5428E 00	9.9745E-01
1.000E 04	7.6959E-01	9.8169E-01	1.7513E 00	9.9725E-01
2.000E 04	6.1077E-01	7.9227E-01	1.4030E 00	9.9962E-01
5.000E 04	4.2606E-01	6.1589E-01	1.0419E 00	1.0077E 00
1.000E 05	3.2365E-01	5.0877E-01	8.3242E-01	1.0167E 00
2.000E 05	2.5681E-01	4.2151E-01	6.7832E-01	1.0228E 00
5.000E 05	2.0076E-01	3.2271E-01	5.2347E-01	1.0243E 00
1.000E 06	1.6462E-01	2.4506E-01	4.0967E-01	1.0248E 00
2.000E 06	1.2850E-01	1.6914E-01	2.9764E-01	1.0260E 00
5.000E 06	8.3429E-02	8.8491E-02	1.7192E-01	1.0270E 00
1.000E 07	5.4919E-02	4.7459E-02	1.0238E-01	1.0257E 00
2.000E 07	3.2226E-02	1.6907E-02	4.9133E-02	1.0311E 00
5.000E 07	1.3209E-02	2.9189E-03	1.6128E-02	1.0642E 00
1.000E 08	4.6901E-03	1.5965E-03	6.2867E-03	1.1027E 00
2.000E 08	1.8582E-03	9.8752E-04	2.8457E-03	1.0834E 00
5.000E 08	1.2782E-03	6.2944E-04	1.9076E-03	1.0118E 00
1.000E 09	8.6914E-04	4.2568E-04	1.2948E-03	1.0025E 00

JAERI-M 5972

Table 8

DECAY POWER FOR PU-239(GCR) IRRADIATION (FLUX=5.0E+13, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.8245E 00	4.9167E 00	9.8112E 00	1.0032E 00
1.000E 01	3.9090E 00	3.9761E 00	7.8851E 00	1.0029E 00
1.000E 02	2.6522E 00	2.8621E 00	5.5142E 00	9.9950E-01
1.000E 03	1.4430E 00	1.8357E 00	3.2853E 00	9.9775E-01
1.000E 04	6.5845E-01	9.4740E-01	1.6058E 00	9.9802E-01
2.000E 04	5.3135E-01	7.8291E-01	1.3143E 00	1.0010E 00
5.000E 04	3.8433E-01	6.2376E-01	1.0086E 00	1.0102E 00
1.000E 05	2.8720E-01	5.2011E-01	8.1736E-01	1.0201E 00
2.000E 05	2.3440E-01	4.3114E-01	6.6560E-01	1.0271E 00
5.000E 05	1.7717E-01	3.2308E-01	5.0024E-01	1.0300E 00
1.000E 06	1.4213E-01	2.4054E-01	3.8267E-01	1.0312E 00
2.000E 06	1.1100E-01	1.6428E-01	2.7528E-01	1.0317E 00
5.000E 06	7.6785E-02	8.7015E-02	1.6180E-01	1.0296E 00
1.000E 07	5.6833E-02	4.5317E-02	1.0215E-01	1.0264E 00
2.000E 07	3.9127E-02	1.7835E-02	5.6961E-02	1.0292E 00
5.000E 07	1.8116E-02	4.7809E-03	2.2899E-02	1.0490E 00
1.000E 08	6.0270E-03	2.5415E-03	8.3685E-03	1.0836E 00
2.000E 08	1.2870E-03	1.1538E-03	2.4416E-03	1.1182E 00
5.000E 08	5.8834E-04	6.7754E-04	1.2659E-03	1.0915E 00
1.000E 09	3.9643E-04	4.5041E-04	3.4689E-04	1.0087E 00

Table 9

DECAY POWER FOR U-235(FRR) IRRADIATION (FLUX=3.0E+15, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	5.8999E 00	6.1087E 00	1.2009E 01	1.0015E 00
1.000E 01	4.4302E 00	4.6869E 00	9.1171E 00	1.0018E 00
1.000E 02	2.8810E 00	3.2076E 00	6.0886E 00	1.0020E 00
1.000E 03	1.6103E 00	1.9461E 00	3.5564E 00	1.0032E 00
1.000E 04	7.7120E-01	9.7860E-01	1.7499E 00	1.0059E 00
2.000E 04	6.1133E-01	7.8919E-01	1.4005E 00	1.0070E 00
5.000E 04	4.2486E-01	5.0962E-01	1.0345E 00	1.0086E 00
1.000E 05	3.2125E-01	5.0003E-01	8.2128E-01	1.0097E 00
2.000E 05	2.5413E-01	4.1153E-01	6.6566E-01	1.0104E 00
5.000E 05	1.9850E-01	3.1178E-01	5.1028E-01	1.0108E 00
1.000E 06	1.6292E-01	2.3462E-01	3.9754E-01	1.0110E 00
2.000E 06	1.2772E-01	1.6124E-01	2.8896E-01	1.0108E 00
5.000E 06	8.3791E-02	8.4552E-02	1.6834E-01	1.0099E 00
1.000E 07	5.5769E-02	4.5450E-02	1.0122E-01	1.0090E 00
2.000E 07	3.3289E-02	1.6163E-02	4.9452E-02	1.0106E 00
5.000E 07	1.3861E-02	2.6393E-03	1.6506E-02	1.0221E 00
1.000E 08	4.8365E-03	1.3686E-03	6.2051E-03	1.0373E 00
2.000E 08	1.7389E-03	8.7644E-04	2.6153E-03	1.0325E 00
5.000E 08	1.1521E-03	6.1284E-04	1.7649E-03	1.0024E 00
1.000E 09	7.8311E-04	4.2052E-04	1.2036E-03	9.9874E-01

Table 10

DECAY POWER FOR PU-239(FRR) IRRADIATION (FLUX=3.0E+15, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.9099E 00	4.8722E 00	9.7821E 00	1.0022E 00
1.000E 01	3.9607E 00	3.9680E 00	7.9287E 00	1.0024E 00
1.000E 02	2.6924E 00	2.8458E 00	5.5382E 00	1.0025E 00
1.000E 03	1.4680E 00	1.8217E 00	3.2897E 00	1.0038E 00
1.000E 04	6.6122E-01	9.3327E-01	1.5945E 00	1.0070E 00
2.000E 04	5.3181E-01	7.6770E-01	1.2995E 00	1.0082E 00
5.000E 04	3.8247E-01	6.0374E-01	9.8621E-01	1.0094E 00
1.000E 05	2.9300E-01	4.9781E-01	7.9081E-01	1.0110E 00
2.000E 05	2.3010E-01	4.0944E-01	6.3954E-01	1.0120E 00
5.000E 05	1.7450E-01	3.0393E-01	4.7849E-01	1.0128E 00
1.000E 06	1.4073E-01	2.2399E-01	3.6472E-01	1.0133E 00
2.000E 06	1.1059E-01	1.5161E-01	2.6211E-01	1.0132E 00
5.000E 06	7.7016E-02	7.8032E-02	1.5505E-01	1.0117E 00
1.000E 07	5.7173E-02	4.1706E-02	9.8879E-02	1.0099E 00
2.000E 07	3.4458E-02	1.6484E-02	5.0952E-02	1.0101E 00
5.000E 07	1.8372E-02	4.3453E-03	2.2717E-02	1.0173E 00
1.000E 08	6.1392E-03	2.0742E-03	8.2134E-03	1.0316E 00
2.000E 08	1.3013E-03	1.0462E-03	2.3475E-03	1.0468E 00
5.000E 08	5.8433E-04	6.6729E-04	1.2516E-03	1.0113E 00
1.000E 09	3.9454E-04	4.5213E-04	3.4667E-04	1.0020E 00

JAERI-M 5972

Table 11

DECAY POWER FOR U-238(FBR) (IRRADIATION FLUX=3.70E+15, TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	7.8805E 00	7.9240E 00	1.5805E 01	1.0013F 00
1.000E 01	5.0349E 00	5.1473E 00	1.0182E 01	1.0018F 00
1.000E 02	2.4450E 00	3.2032E 00	6.1482E 00	1.0022F 00
1.000E 03	1.4949E 00	1.8659E 00	3.3608E 00	1.0036F 00
1.000F 04	6.8427E-01	9.4986E-01	1.6341E 00	1.0067F 00
2.000E 04	5.5651E-01	7.8571E-01	1.3422E 00	1.0079E 00
5.000E 04	4.0713E-01	6.3017E-01	1.0373E 00	1.0094F 00
1.000E 05	3.1540E-01	5.2634E-01	8.4174E-01	1.0105F 00
2.000E 05	2.7001E-01	4.3630E-01	6.8631E-01	1.0119F 00
5.000E 05	1.9254E-01	3.2852E-01	5.2106E-01	1.0122E 00
1.000F 06	1.5659E-01	2.4481E-01	4.0140E-01	1.0126F 00
2.000E 06	1.2299E-01	1.6685E-01	2.8984E-01	1.0125F 00
5.000E 06	8.3243E-02	8.6077E-02	1.6932E-01	1.0112F 00
1.000F 07	5.8508E-02	4.5579E-02	1.0409F-01	1.0094F 00
2.000E 07	3.7571E-02	1.9790E-02	5.4361E-02	1.0097F 00
5.000E 07	1.6521E-02	3.4753E-03	1.9996E-02	1.0183F 00
1.000E 08	5.3331E-03	1.6663E-03	7.1994E-03	1.0335F 00
2.000E 08	1.4338E-03	9.0320E-04	2.3370E-03	1.0425F 00
5.000E 08	7.8177E-04	5.4607E-04	1.3778E-03	1.0083F 00
1.000F 09	5.2936E-04	4.0569E-04	9.3505E-04	1.0004F 00

Table 12 Contribution (%) of Each Nuclide to the Change in Decay Power by the Consideration of Neutron Capture Transformation for the Thermal Fission of <sup>235</sup>U (t<sub>R</sub> = 1 year, φ<sub>th</sub> = 3 x 10<sup>13</sup> n/cm<sup>2</sup>/sec, Epithermal Index = 0.2)

t <sub>c</sub> (sec)	0.0	1x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>7</sup>	1x10 <sup>8</sup>	2x10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>
(P(φ)-P(0))/P(0)	0.04%	-0.11%	-0.28%	2.40%	2.58%	10.46%	8.42%	0.23%
Sr - 90								-1
Y - 90								-7
Tc - 100	93							
Rh - 104	131	21						
Rh - 105	-3	-3	-3					
Rh - 106	25	2						
Ag - 110	2							
In - 116M	3	2						
I - 130	10	8	8					
Cs - 134	32	26	27	17	59	98	90	1
Xe - 135	-531	-436	-414					
Cs - 136	11	9	9	3				
Ba - 137M								-1
La - 140	34	28	29					
Pr - 142	9	8	8					
Pr - 143	-2	-2	-2					
Pr - 144	9	7						
Ce - 145	1							
Pm - 147	-1	-1	-1		-2	-5	-6	
Pm - 148M	131	108	113	60	39			
Pm - 148	91	75	78	14	2			
Pm - 149	5	4	4					
Pm - 150	5	4	3					
Sm - 151								-15
Sm - 153	23	19	19					
Eu - 154	1		1		2	8	16	125
Eu - 156	19	15	16	6				

Table 13 Contribution (%) of Each Nuclide to the Change in Decay Power by the Consideration of Neutron Capture Transformation for the Fast Fission of  $^{239}\text{Pu}$  ( $t_R = 1$  year,  $\phi = 3 \times 10^{15}$  n/cm<sup>2</sup>/sec, Neutron Spectrum = 1,000 MWe LMFBR )

$t_c$ ( sec )	0	$1 \times 10^2$	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^9$
$(P(\phi) - P(0))/P(0)$	0.22%	0.25%	0.60%	1.33%	0.99%	3.16%	4.68%	0.20%
Y - 90								-3
Tc - 100	18							
Ru - 103	4	6	8	15	13			
Rh - 103M				1				
Rh - 104	15	5						
Ru - 105	3	5	5					
Rh - 105		1	2					
Rh - 106	1			-2	-9	-5	-1	
Ru - 107	1	2						
Rh - 107		1						
Ag - 110M					2			
Ag - 110	5							
I - 128		1						
I - 130	3	5	5					
Cs - 134	3	5	6	13	64	94	77	
Cs - 136	12	19	24	31				
Cs - 137								-5
Ba - 137M								-16
Cs - 138	2	2						
La - 140	5	7	9	-2				
Pr - 142	3	5	5					
Pr - 144	1	2		-1	-6	-2	-2	
Ce - 145		1						
Pm - 147					-1	-2		
Pm - 148M	7	11	14	27	26			
Pm - 148	6	10	12	7	1			
Sm - 151								-5
Sm - 153		1	1					
Eu - 154				1	5	16	29	130
Eu - 155							-1	-1
Eu - 156	3	4	5	7				
Tb - 160				1	2			

JAERI-M 5972

Table 14

DECAY POWER FOR U-235(BWR) +IRRADIATION(FLUX=6.0E+13,TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	6.0032E 00	6.2610E 00	1.2264E 01	1.0023F 00
1.000E 01	4.3639E 00	4.5739E 00	9.0378E 00	1.0024F 00
1.000E 02	2.8495E 00	3.2167E 00	6.0663E 00	1.0026F 00
1.000E 03	1.6000E 00	1.9547E 00	3.5546E 00	1.0008F 00
1.000E 04	7.7217E-01	9.4050E-01	1.7627E 00	1.0037F 00
2.000E 04	6.1335E-01	8.0099E-01	1.4143E 00	1.0077E 00
5.000E 04	4.2852E-01	6.2442E-01	1.0529E 00	1.0183F 00
1.000E 05	3.2591E-01	5.1701E-01	8.4292E-01	1.0296F 00
2.000E 05	2.5866E-01	4.2924E-01	6.8792E-01	1.0373E 00
5.000E 05	2.0196E-01	3.2949E-01	5.3145E-01	1.0399F 00
1.000E 06	1.6540E-01	2.5095E-01	4.1635E-01	1.0415F 00
2.000E 06	1.2900E-01	1.7394E-01	3.0293E-01	1.0442F 00
5.000E 06	8.3690E-02	9.1560E-02	1.7525E-01	1.0469F 00
1.000E 07	5.5061E-02	4.9355E-02	1.0442E-01	1.0461E 00
2.000E 07	3.2308E-02	1.8153E-02	5.0441E-02	1.0585F 00
5.000E 07	1.3264E-02	3.7499E-03	1.7014E-02	1.1226F 00
1.000E 08	4.7231E-03	2.0933E-03	6.8164E-03	1.1956F 00
2.000E 08	1.8704E-03	1.1706E-03	3.0410E-03	1.1578F 00
5.000E 08	1.2800E-03	6.4551E-04	1.9255E-03	1.0213F 00
1.000E 09	8.6949E-04	4.2801E-04	1.2975E-03	1.0045F 00

Table 15

DECAY POWER FOR U-235(BWR) +IRRADIATION(FLUX=1.5E+14,TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	6.0333E 00	6.2857E 00	1.2319E 01	1.0067F 00
1.000E 01	4.3882E 00	4.5977E 00	9.0859E 00	1.0077E 00
1.000E 02	2.8490E 00	3.2388E 00	6.0878E 00	1.0061F 00
1.000E 03	1.6063E 00	1.4764E 00	3.5828E 00	1.0067E 00
1.000E 04	7.7751E-01	1.0116E 00	1.7892E 00	1.0188F 00
2.000E 04	5.1852E-01	8.2170E-01	1.4402E 00	1.0261E 00
5.000E 04	4.3339E-01	6.4421E-01	1.0776E 00	1.0422F 00
1.000E 05	3.3022E-01	5.3561E-01	8.6583E-01	1.0575E 00
2.000E 05	2.6211E-01	4.4609E-01	7.0820E-01	1.0678E 00
5.000E 05	2.0416E-01	3.4363E-01	5.4781E-01	1.0719E 00
1.000E 06	1.6700E-01	2.6299E-01	4.2999E-01	1.0756F 00
2.000E 06	1.3011E-01	1.8343E-01	3.1355E-01	1.0808E 00
5.000E 06	8.4201E-02	9.7275E-02	1.8148E-01	1.0841F 00
1.000E 07	5.5318E-02	5.2982E-02	1.0830E-01	1.0850F 00
2.000E 07	3.2466E-02	2.0660E-02	5.3126E-02	1.1148F 00
5.000E 07	1.3375E-02	5.4931E-03	1.8868E-02	1.2450F 00
1.000E 08	4.7910E-03	3.1256E-03	7.9172E-03	1.3886F 00
2.000E 08	1.8937E-03	1.5385E-03	3.4322E-03	1.3068F 00
5.000E 08	1.2811E-03	6.6946E-04	1.9505E-03	1.0346F 00
1.000E 09	8.6919E-04	4.3041E-04	1.2996E-03	1.0062F 00

Table 16

DECAY POWER FOR U-235(BWR) +IRRADIATION(FLUX=3.0E+14,TIME=1 YEAR)

TC (SEC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	6.0655E 00	6.3115E 00	1.2377E 01	1.0115E 00
1.000E 01	4.4138E 00	4.7223E 00	9.1361E 00	1.0133E 00
1.000E 02	2.8593E 00	3.2611E 00	6.1205E 00	1.0115F 00
1.000E 03	1.6138E 00	1.4984E 00	3.6122E 00	1.0170E 00
1.000E 04	7.8302E-01	1.0323E 00	1.8153E 00	1.0337F 00
2.000E 04	5.2349E-01	8.4142E-01	1.4649E 00	1.0437E 00
5.000E 04	4.3739E-01	6.6205E-01	1.0994E 00	1.0633E 00
1.000E 05	3.3329E-01	5.5143E-01	8.8468E-01	1.0806F 00
2.000E 05	2.6404E-01	4.5941E-01	7.2345E-01	1.0908F 00
5.000E 05	2.0513E-01	3.5379E-01	5.5892E-01	1.0936F 00
1.000E 06	1.6772E-01	2.7133E-01	4.3905E-01	1.0983F 00
2.000E 06	1.3070E-01	1.4989E-01	3.2060E-01	1.1051E 00
5.000E 06	8.4486E-02	1.0111E-01	1.8560E-01	1.1088F 00
1.000E 07	5.5465E-02	5.5614E-02	1.1108E-01	1.1129E 00
2.000E 07	3.2564E-02	2.2666E-02	5.5230E-02	1.1590F 00
5.000E 07	1.3453E-02	6.8979E-03	2.0351E-02	1.3428F 00
1.000E 08	4.8414E-03	3.9439E-03	8.7853E-03	1.5409F 00
2.000E 08	1.9075E-03	1.8130E-03	3.7206E-03	1.4165F 00
5.000E 08	1.2783E-03	6.7556E-04	1.9539E-03	1.0363F 00
1.000E 09	8.6761E-04	4.2900E-04	1.2966E-03	1.0038F 00

JAERI-M 5972

Table 17

DECAY POWER FOR U-235(CWR) -IRRADIATION(FLUX=3.0E+13, TIME=2 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	6.0270E 00	6.2713E 00	1.2298E 01	1.0028E 00
1.000E 01	4.3878E 00	4.6842E 00	9.0720E 00	1.0032E 00
1.000E 02	2.8634E 00	3.2271E 00	6.0905E 00	1.0021E 00
1.000E 03	1.6239E 00	1.9652E 00	3.5891E 00	1.0029E 00
1.000E 04	7.9590E-01	1.0007E 00	1.7967E 00	1.0077E 00
2.000E 04	6.3681E-01	8.1095E-01	1.4478E 00	1.0121E 00
5.000E 04	4.7131E-01	6.3379E-01	1.0851E 00	1.0229E 00
1.000E 05	3.4812E-01	5.2582E-01	8.7395E-01	1.0338E 00
2.000E 05	2.8057E-01	4.3779E-01	7.1836E-01	1.0413E 00
5.000E 05	2.2354E-01	3.3770E-01	5.6128E-01	1.0444E 00
1.000E 06	1.8661E-01	2.9875E-01	4.4536E-01	1.0465E 00
2.000E 06	1.4950E-01	1.8116E-01	3.3066E-01	1.0579E 00
5.000E 06	1.0248E-01	9.7691E-02	2.0017E-01	1.0550E 00
1.000E 07	7.1496E-02	5.4428E-02	1.2592E-01	1.0591E 00
2.000E 07	4.7131E-02	2.2093E-02	6.7223E-02	1.0801E 00
5.000E 07	1.9923E-02	6.4544E-03	2.6378E-02	1.1516E 00
1.000E 08	7.7577E-03	3.9020E-03	1.1660E-02	1.2178E 00
2.000E 08	3.5833E-03	2.2640E-03	5.8473E-03	1.1537E 00
5.000E 08	1.5280E-03	1.2747E-03	3.8032E-03	1.0209E 00
1.000E 09	1.7184E-03	8.4632E-04	2.5648E-03	1.0046E 00

Table 18

DECAY POWER FOR U-235(CWR) -IRRADIATION(FLUX=3.0E+13, TIME=5 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	6.0750E 00	6.3132E 00	1.2389E 01	1.0084E 00
1.000E 01	4.4308E 00	4.7254E 00	9.1562E 00	1.0101E 00
1.000E 02	2.8924E 00	3.2669E 00	6.1593E 00	1.0099E 00
1.000E 03	1.6506E 00	2.0048E 00	3.6554E 00	1.0153E 00
1.000E 04	9.2230E-01	1.0397E 00	1.8620E 00	1.0319E 00
2.000E 04	6.6286E-01	8.4943E-01	1.5123E 00	1.0416E 00
5.000E 04	4.7663E-01	6.7101E-01	1.1476E 00	1.0604E 00
1.000E 05	3.7256E-01	5.6147E-01	9.3403E-01	1.0775E 00
2.000E 05	3.0384E-01	4.7136E-01	7.7524E-01	1.0900E 00
5.000E 05	2.4542E-01	3.6805E-01	6.1347E-01	1.0981E 00
1.000E 06	2.0741E-01	2.9640E-01	4.9387E-01	1.1057E 00
2.000E 06	1.6917E-01	2.0581E-01	3.7497E-01	1.1170E 00
5.000E 06	1.2034E-01	1.1828E-01	2.3866E-01	1.1396E 00
1.000E 07	8.7679E-02	7.2743E-02	1.6042E-01	1.1706E 00
2.000E 07	5.8812E-02	3.8301E-02	9.7113E-02	1.2473E 00
5.000E 07	2.9128E-02	1.8716E-02	4.7844E-02	1.4079E 00
1.000E 08	1.4040E-02	1.2027E-02	2.6068E-02	1.4671E 00
2.000E 08	8.3610E-03	6.5246E-03	1.4886E-02	1.2602E 00
5.000E 08	6.1020E-03	3.1683E-03	9.2703E-03	1.0317E 00
1.000E 09	4.1447E-03	2.0569E-03	6.2036E-03	1.0064E 00

Table 19

DECAY POWER FOR U-235(TH.) -IRRADIATION(FLUX=0.0, TIME=2 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)
0.0	5.0098E 00	6.2537E 00	1.2263E 01
1.000E 01	4.3757E 00	4.6673E 00	9.0430E 00
1.000E 02	2.8660E 00	3.2115E 00	6.0775E 00
1.000E 03	1.6293E 00	1.9495E 00	3.5788E 00
1.000E 04	7.9944E-01	9.8347E-01	1.7829E 00
2.000E 04	6.3823E-01	7.9215E-01	1.4304E 00
5.000E 04	4.4873E-01	6.1204E-01	1.0608E 00
1.000E 05	3.4297E-01	5.0242E-01	8.4539E-01
2.000E 05	2.7503E-01	4.1481E-01	6.8984E-01
5.000E 05	2.1976E-01	3.1763E-01	5.3739E-01
1.000E 06	1.8416E-01	2.4140E-01	4.2556E-01
2.000E 06	1.4803E-01	1.6693E-01	3.1496E-01
5.000E 06	1.0170E-01	8.8044E-02	1.8974E-01
1.000E 07	7.1032E-02	4.7866E-02	1.1890E-01
2.000E 07	4.4833E-02	1.7405E-02	6.2238E-02
5.000E 07	1.9719E-02	3.1857E-03	2.2905E-02
1.000E 08	7.6348E-03	1.9392E-03	9.5740E-03
2.000E 08	3.5370E-03	1.5303E-03	5.0681E-03
5.000E 08	2.5221E-03	1.2031E-03	3.7252E-03
1.000E 09	1.7181E-03	8.3505E-04	2.5531E-03

JAERI-M 5972

Table 20

DECAY POWER FOR U-235(TH.) .IRRADIATION(FLUX=0.0 .TIME=5 YEAR )

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)
0.0	6.0278E 00	6.2572E 00	1.2285E 01
1.000E 01	4.3937E 00	4.6708E 00	9.0645E 00
1.000E 02	2.8640E 00	3.2150E 00	6.0990E 00
1.000E 03	1.6473E 00	1.4530E 00	3.6003E 00
1.000E 04	9.1743E-01	9.8695E-01	1.8044E 00
2.000E 04	5.5622E-01	7.9563E-01	1.4518E 00
5.000E 04	4.6670E-01	6.1552E-01	1.0822E 00
1.000E 05	3.6093E-01	5.0589E-01	8.6682E-01
2.000E 05	2.9295E-01	4.1828E-01	7.1123E-01
5.000E 05	2.3758E-01	3.2109E-01	5.5867E-01
1.000E 06	2.0181E-01	2.4485E-01	4.4666E-01
2.000E 06	1.6539E-01	1.7034E-01	3.3568E-01
5.000E 06	1.1809E-01	9.1367E-02	2.0943E-01
1.000E 07	8.5976E-02	5.1062E-02	1.3704E-01
2.000E 07	5.7454E-02	2.0404E-02	7.7858E-02
5.000E 07	2.8157E-02	5.8252E-03	3.3982E-02
1.000E 08	1.3462E-02	4.3059E-03	1.7768E-02
2.000E 08	8.1488E-03	3.6637E-03	1.1813E-02
5.000E 08	6.0780E-03	2.9066E-03	8.9852E-03
1.000E 09	4.1463E-03	2.0179E-03	6.1642E-03

Table 21

DECAY POWER FOR PU-239(FBR) .IRRADIATION(FLUX=6.0E+15.TIME=1 YEAR )

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.9203E 00	4.8824E 00	9.8027E 00	1.0043E 00
1.000E 01	3.9693E 00	3.9778E 00	7.9471E 00	1.0047E 00
1.000E 02	2.6963E 00	2.8551E 00	5.5514E 00	1.0049E 00
1.000E 03	1.4709E 00	1.4308E 00	3.3017E 00	1.0074E 00
1.000E 04	6.6359E-01	9.4171E-01	1.6053E 00	1.0138E 00
2.000E 04	5.3400E-01	7.7579E-01	1.3098E 00	1.0162E 00
5.000E 04	3.8431E-01	6.1119E-01	9.9550E-01	1.0193E 00
1.000E 05	2.9447E-01	5.0466E-01	7.9915E-01	1.0217E 00
2.000E 05	2.3118E-01	4.1566E-01	6.4684E-01	1.0235E 00
5.000E 05	1.7519E-01	3.0913E-01	4.8432E-01	1.0252E 00
1.000E 06	1.4119E-01	2.2823E-01	3.6933E-01	1.0261E 00
2.000E 06	1.1069E-01	1.5473E-01	2.6542E-01	1.0260E 00
5.000E 06	7.7057E-02	7.9713E-02	1.5677E-01	1.0230E 00
1.000E 07	5.7145E-02	4.2647E-02	9.9792E-02	1.0192E 00
2.000E 07	3.9419E-02	1.7049E-02	5.6468E-02	1.0194E 00
5.000E 07	1.8354E-02	4.7187E-03	2.3073E-02	1.0332E 00
1.000E 08	6.1432E-03	2.3011E-03	8.4443E-03	1.0606E 00
2.000E 08	1.3069E-03	1.1348E-03	2.4417E-03	1.0888E 00
5.000E 08	5.8462E-04	6.7808E-04	1.2627E-03	1.0203E 00
1.000E 09	3.9386E-04	4.5382E-04	8.4768E-04	1.0032E 00

Table 22

DECAY POWER FOR PU-239(FBR) .IRRADIATION(FLUX=1.5E+16.TIME=1 YEAR )

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.9497E 00	4.9112E 00	9.8609E 00	1.0102E 00
1.000E 01	3.9936E 00	4.0060E 00	7.9996E 00	1.0114E 00
1.000E 02	2.7079E 00	2.8817E 00	5.5893E 00	1.0117E 00
1.000E 03	1.4790E 00	1.4567E 00	3.3357E 00	1.0178E 00
1.000E 04	6.7019E-01	9.6572E-01	1.6359E 00	1.0332E 00
2.000E 04	5.4015E-01	7.9879E-01	1.3389E 00	1.0386E 00
5.000E 04	3.8944E-01	6.3231E-01	1.0218E 00	1.0462E 00
1.000E 05	2.9853E-01	5.2414E-01	8.2267E-01	1.0518E 00
2.000E 05	2.3409E-01	4.3326E-01	6.6735E-01	1.0560E 00
5.000E 05	1.7688E-01	3.2378E-01	5.0066E-01	1.0598E 00
1.000E 06	1.4211E-01	2.4018E-01	3.8229E-01	1.0622E 00
2.000E 06	1.1119E-01	1.6348E-01	2.7467E-01	1.0618E 00
5.000E 06	7.7149E-02	8.4363E-02	1.6151E-01	1.0539E 00
1.000E 07	5.7041E-02	4.5195E-02	1.0224E-01	1.0442E 00
2.000E 07	3.9254E-02	1.8541E-02	5.7795E-02	1.0433E 00
5.000E 07	1.8288E-02	5.6951E-03	2.3983E-02	1.0740E 00
1.000E 08	6.1462E-03	2.8886E-03	9.0348E-03	1.1348E 00
2.000E 08	1.3189E-03	1.3576E-03	2.6765E-03	1.1935E 00
5.000E 08	5.8390E-04	7.0059E-04	1.2845E-03	1.0379E 00
1.000E 09	3.9538E-04	4.5648E-04	8.5186E-04	1.0081E 00

JAERI-M 5972

Table 23

DECAY POWER FOR PU=239(FBR) ,IRRADIATION(FLUX=3.0E+16,TIME=1 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.9937E 00	4.9548E 00	9.9485E 00	1.0192F 00
1.000E 01	4.0303E 00	4.0486E 00	8.0789E 00	1.0214F 00
1.000E 02	2.7249E 00	2.9222E 00	5.6471E 00	1.0222F 00
1.000E 03	1.4913E 00	1.8959E 00	3.3872E 00	1.0355F 00
1.000E 04	6.8003E-01	1.0020E 00	1.6820E 00	1.0623F 00
2.000E 04	5.4923E-01	8.3347E-01	1.3827E 00	1.0728F 00
5.000E 04	3.9690E-01	6.6406E-01	1.0610E 00	1.0864F 00
1.000E 05	3.0430E-01	5.5330E-01	8.5760E-01	1.0964F 00
2.000E 05	2.3810E-01	4.5954E-01	6.9764E-01	1.1039F 00
5.000E 05	1.7911E-01	3.4558E-01	5.2469E-01	1.1106F 00
1.000E 06	1.4344E-01	2.5791E-01	4.0135E-01	1.1151F 00
2.000E 06	1.1185E-01	1.7637E-01	2.8822E-01	1.1142F 00
5.000E 06	7.7211E-02	9.9997E-02	1.6821E-01	1.0976F 00
1.000E 07	5.6808E-02	4.8681E-02	1.0549E-01	1.0774F 00
2.000E 07	3.8941E-02	2.0488E-02	5.9429E-02	1.0728F 00
5.000E 07	1.8149E-02	6.9462E-03	2.5095E-02	1.1238F 00
1.000E 08	6.1314E-03	3.6341E-03	9.7655E-03	1.2266F 00
2.000E 08	1.3291E-03	1.6309E-03	2.9600E-03	1.3199F 00
5.000E 08	5.9014E-04	7.1820E-04	1.3083E-03	1.0572F 00
1.000E 09	3.9476E-04	4.5743E-04	8.5219E-04	1.0085F 00

Table 24

DECAY POWER FOR PU=239(FBR) ,IRRADIATION(FLUX=3.0E+15,TIME=2 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.9491E 00	4.8912E 00	9.8403E 00	1.0044F 00
1.000E 01	3.9981E 00	3.9867E 00	7.9848E 00	1.0049F 00
1.000E 02	2.7248E 00	2.8640E 00	5.5888E 00	1.0051F 00
1.000E 03	1.4995E 00	1.8397E 00	3.3392E 00	1.0077F 00
1.000E 04	6.9234E-01	9.5070E-01	1.6430E 00	1.0145F 00
2.000E 04	5.6278E-01	7.8479E-01	1.3476E 00	1.0170F 00
5.000E 04	4.1309E-01	6.2017E-01	1.0335E 00	1.0209F 00
1.000E 05	3.2322E-01	5.1363E-01	8.3685E-01	1.0228F 00
2.000E 05	2.5963E-01	4.2456E-01	6.8439E-01	1.0247F 00
5.000E 05	2.0363E-01	3.1788E-01	5.2151E-01	1.0265F 00
1.000E 06	1.6919E-01	2.3674E-01	4.0593E-01	1.0277F 00
2.000E 06	1.3807E-01	1.6281E-01	3.0088E-01	1.0278F 00
5.000E 06	1.0245E-01	8.6802E-02	1.8925E-01	1.0256F 00
1.000E 07	7.9631E-02	4.8649E-02	1.2828E-01	1.0236F 00
2.000E 07	5.7189E-02	2.1775E-02	7.8964E-02	1.0262F 00
5.000E 07	2.7439E-02	7.6919E-03	3.5131E-02	1.0429F 00
1.000E 08	9.5170E-03	4.0631E-03	1.3580E-02	1.0727F 00
2.000E 08	2.3244E-03	2.1720E-03	4.4964E-03	1.0913F 00
5.000E 08	1.1538E-03	1.3386E-03	2.4924E-03	1.0199F 00
1.000E 09	7.7846E-04	8.9721E-04	1.6757E-03	1.0031E 00

Table 25

DECAY POWER FOR PU=239(FBR) ,IRRADIATION(FLUX=3.0E+15,TIME=5 YEAR)

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)	P(F)/P(O)
0.0	4.0024E 00	4.9321E 00	9.9345E 00	1.0109F 00
1.000E 01	4.0460E 00	4.0268E 00	8.0728E 00	1.0121F 00
1.000E 02	2.7591E 00	2.9027E 00	5.6618E 00	1.0126F 00
1.000E 03	1.5314E 00	1.8780E 00	3.4094E 00	1.0195F 00
1.000E 04	7.2320E-01	9.8735E-01	1.7106E 00	1.0367F 00
2.000E 04	5.9332E-01	8.2044E-01	1.4138E 00	1.0429F 00
5.000E 04	4.4272E-01	6.5497E-01	1.0967E 00	1.0512F 00
1.000E 05	3.5179E-01	5.4579E-01	8.9758E-01	1.0576F 00
2.000E 05	2.8723E-01	4.5688E-01	7.4211E-01	1.0627F 00
5.000E 05	2.2978E-01	3.4530E-01	5.7508E-01	1.0683F 00
1.000E 06	1.9454E-01	2.6144E-01	4.5598E-01	1.0730F 00
2.000E 06	1.6248E-01	1.8415E-01	3.4663E-01	1.0761E 00
5.000E 06	1.2490E-01	1.0361E-01	2.2857E-01	1.0769F 00
1.000E 07	9.9727E-02	6.2808E-02	1.6254E-01	1.0798E 00
2.000E 07	7.3534E-02	3.3764E-02	1.0730E-01	1.0956F 00
5.000E 07	3.6855E-02	1.6551E-02	5.3406E-02	1.1452E 00
1.000E 08	1.4174E-02	1.0060E-02	2.4234E-02	1.2096F 00
2.000E 08	4.7496E-03	5.7489E-03	1.0498E-02	1.1898E 00
5.000E 08	2.7723E-03	3.3165E-03	6.0888E-03	1.0342F 00
1.000E 09	1.8862E-03	2.1794E-03	4.0656E-03	1.0078F 00



JAERI-M 5972

Table 26

DECAY POWER FOR PU-239(FAST), IRRADIATION(FLUX=0.0 (TIME=2 YEAR))

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)
0.0	4.9279E 00	4.8692E 00	9.7971E 00
1.000E 01	3.9809E 00	3.9652E 00	7.9458E 00
1.000E 02	2.7170E 00	2.8436E 00	5.5606E 00
1.000E 03	1.4938E 00	1.8198E 00	3.3136E 00
1.000E 04	6.8751E-01	9.3199E-01	1.6195E 00
2.000E 04	2.5826E-01	7.6677E-01	1.3250E 00
5.000E 04	4.0924E-01	6.0346E-01	1.0127E 00
1.000E 05	3.2011E-01	4.9809E-01	8.1820E-01
2.000E 05	2.5754E-01	4.1035E-01	6.6789E-01
5.000E 05	2.0224E-01	3.0580E-01	5.0804E-01
1.000E 06	1.6833E-01	2.2666E-01	3.9499E-01
2.000E 06	1.3762E-01	1.5512E-01	2.9274E-01
5.000E 06	1.0234E-01	8.2201E-02	1.8452E-01
1.000E 07	7.9652E-02	4.5668E-02	1.2532E-01
2.000E 07	5.7257E-02	1.9689E-02	7.6946E-02
5.000E 07	2.7441E-02	6.2457E-03	3.3687E-02
1.000E 08	9.4757E-03	3.1803E-03	1.2660E-02
2.000E 08	2.2980E-03	1.8214E-03	4.1207E-03
5.000E 08	1.1518E-03	1.2920E-03	2.4438E-03
1.000E 09	7.8097E-04	8.6944E-04	1.6704E-03

Table 27

DECAY POWER FOR PU-239(FAST), IRRADIATION(FLUX=0.0 (TIME=5 YEAR))

TC (SFC)	BETA (MEV/FISSION)	GAMMA (MEV/FISSION)	BETA+GAMMA (MEV/FISSION)
0.0	4.9520E 00	4.8756E 00	9.8276E 00
1.000E 01	4.0048E 00	3.9716E 00	7.9764E 00
1.000E 02	2.7412E 00	2.8500E 00	5.5912E 00
1.000E 03	1.5179E 00	1.8262E 00	3.3441E 00
1.000E 04	7.1167E-01	9.3839E-01	1.6501E 00
2.000E 04	5.8241E-01	7.7317E-01	1.3556E 00
5.000E 04	4.3357E-01	6.6986E-01	1.0432E 00
1.000E 05	3.4423E-01	5.0449E-01	8.4872E-01
2.000E 05	2.8161E-01	4.1674E-01	6.9835E-01
5.000E 05	2.2615E-01	3.1216E-01	5.3831E-01
1.000E 06	1.9198E-01	2.3299E-01	4.2497E-01
2.000E 06	1.6077E-01	1.6136E-01	3.2213E-01
5.000E 06	1.2405E-01	8.8201E-02	2.1225E-01
1.000E 07	9.9218E-02	5.1310E-02	1.5053E-01
2.000E 07	7.3208E-02	2.4729E-02	9.7937E-02
5.000E 07	3.6530E-02	1.0103E-02	4.6633E-02
1.000E 08	1.3904E-02	6.1313E-03	2.0035E-02
2.000E 08	4.6274E-03	4.1964E-03	8.8238E-03
5.000E 08	2.7715E-03	3.1157E-03	5.8872E-03
1.000E 09	1.8854E-03	2.1490E-03	4.0344E-03