

大型炉炉心特性の検討

バーナブルポイズンの検討

1977年5月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

大型炉炉心特性の検討 バーナブルポイズンの検討

報告者 若林利男 (*)
飯島一敬 (*)
福田研二 (*)
菅原悟 (*)
速水義孝 (*)
宮脇良夫 (*)

要 旨

燃料中にバーナブルポイズンを入れることには、余剰反応度の抑制、局所ピーキングおよび出力ミスマッチの改善、バーンアップの向上等があげられる。

今回の大型炉炉心特性の検討では、バーナブルポイズンとしてガドリニウムを使用した場合の炉心特性、すなわち余剰反応度抑制効果、局所ピーキング、出力ミスマッチの改善および冷却材ボイド反応度に与える影響等について検討した。

検討結果としては次のことがあげられる。

- (1) ガドリニウムバーナブルポイズンを用い余剰反応度を長く抑制しておくには、燃料集合体の内側層の特定の燃料棒に多量にガドリニウムを添加しなければならない。
- (2) 局所ピーキングの改善はガドリニウムバーナブルポイズンでは困難である。
- (3) 出力ミスマッチについては6%~18%改善される。
- (4) ガドリニウムバーナブルポイズンの添加は冷却材ボイド反応度をより負側にする。

(*) 大洗工学センター新型転換炉大型炉グループ

May, 1977

Study of Core Performance for Commercial Fugen

Study of Burnable Poison

T. Wakabayashi (*)
K. Iijima (*)
K. Fukuda (*)
S. Sugawara (*)
Y. Hayamizu (*)
Y. Miyawaki (*)

Abstract

Burnable poison in the fuel elements has been mainly used for decrease of power peak due to refuelling in the Light Water Reactor.

In the present study of core performance of commercial Fugen, core characteristics by introductions of Gd burnable poison was investigated from the view points of Keff, local peaking factor, mismatch factor and coolant void reactivity.

The conclusions are summarized as follows.

- (1) Effective control of core reactivity is achieved by introduction of Gd burnable poison into a few fuel elements in inner layer.
- (2) Improvement of local peaking factor cannot be easily achieved by Gd burnable poison.
- (3) Mismatch factor is decreased from 6% to 18% by Gd burnable poison.
- (4) Coolant void reactivity shifts more negative by introduction of Gd burnable poison.

(*) Heavy-Water Reactor Project, Oarai Engineering Center, PNC

目 次

1. 序 論	1
2. 計算方法	2
2.1 燃焼計算	2
2.2 出力ミスマッチ計算	2
3. 計算結果の検討	3
3.1 燃焼計算	3
3.2 出力ミスマッチ計算	3
3.3 バーナブルポイズンの冷却材ボイド反応度を与える影響	4
4. 結 論	5
5. 今後の検討課題	6
参考文献	6

List of Tables

Table 1	Lattice Dimension and Composition.....	7
Table 2	Calculation Cases.....	8
Table 3	Calculated Results.....	9
Table 4	L. P. F. and Mismatch Factor.....	10
Table 5	Coolant Void Reactivity.....	11

List of Figures

Fig. 1	Distribution of PuO_2 and Gd Enrichment within Cluster (Case-4)	12
Fig. 2	Distribution of PuO_2 and Gd Enrichment within Cluster (Case-12)	13
Fig. 3	Distribution of PuO_2 and Gd Enrichment within Cluster (Case-13)	14
Fig. 4	Fuel Arrangement for Mismatch Factor Calculation	15
Fig. 5	K_{eff} and Local Peaking Factor (L. P. F.) vs. Burnup (Case-1,2)	16
Fig. 6	K_{eff} and L. P. F. vs. Burnup (Case-3,4)	17
Fig. 7	K_{eff} and L. P. F. vs. Burnup (Case-5,6)	18
Fig. 8	K_{eff} and L. P. F. vs. Burnup (Case-7,8)	19
Fig. 9	K_{eff} vs. Burnup (Case- 9)	20
Fig. 10	K_{eff} vs. Burnup (Case- 10)	21
Fig. 11	K_{eff} vs. Burnup (Case- 11)	22
Fig. 12	K_{eff} vs. Burnup (Case- 12)	23
Fig. 13	K_{eff} vs. Burnup (Case- 13)	24
Fig. 14	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-3, Initial Core)	25
Fig. 15	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-4, Initial Core)	26
Fig. 16	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-12, Initial Core)	27
Fig. 17	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-12, Burnup 2,000 MWD/T)	28
Fig. 18	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-13, Initial Core)	29
Fig. 19	L. P. F. in Each Fuel Pin (Case-13, Burnup 3,000 MWD/T)	30
Fig. 20	Mismatch Factor (Case-3)	31
Fig. 21	Mismatch Factor (Case-4)	32
Fig. 22	Mismatch Factor (Case-12)	33
Fig. 23	Mismatch Factor (Case-13)	34

1 序 論

原子炉運転の全期間を通して、炉心にはいろいろな燃料が混在しているが、何らかの方法により、炉心の余剰反応度を押さえると同時に、炉心全体の出力分布はもちろんのこと、局所的なチャンネル出力も熱的条件を充分満たす様にしなければならない。炉心の燃焼過程の余剰反応度は重水中の液体ポイズン（ボロン）濃度を運転と共に調整し制御できるが、重水反射体領域を含む炉心全体に、一様に中性子吸収材として作用するため、炉心全体の出力分布や局所的な出力 mismatches の改善には結びつかない。

そこで、燃料集合体にバーナブル・ポイズンであるガドリニウム（Gd）を添加し、燃料初期の余剰反応度⁽¹⁾をおさえると同時に、燃料交換時における出力 mismatches 係数の改善⁽²⁾をはかることを考える。Gd の同位体元素のうち Gd^{155} と Gd^{157} は大きな吸収断面積を有し、中性子吸収後は、中性子経済上ほとんど影響を与えない Gd^{156} , Gd^{158} に変わっていく。従って Gd 入り燃料集合体は、炉内滞在期間中のはじめの一定期間、反応度をおさえる効果と共に燃料の燃焼に伴う反応度の減少を補償しうる性質をもっている。その他 Gd を入れるの効果としては次の事が考えられる。

Gd を採用することにより、取替燃料の初期反応度を抑制するための制御反応度を減少させうる。燃料中の Gd は重水中にボロンを注入するよりも冷却材ボイド反応度を負側にすると予想される。燃料集合体内の Gd が消滅した時点以降は、Gd による中性子吸収は無視しうるので重水炉の特徴である中性子経済はそこなわれず、Gd を使用しない場合と比較して取出燃料の平均燃焼度は低下しない。

燃料に添加するガドリニア量は次の事を考慮して決定されなければならない。

- ① 燃料の燃焼過程のどの時点まで Gd の効果を維持させるか。
- ② 燃料の初期余剰反応度をどの程度におさえるかを考慮しつつ、燃焼の全期間を通して出力 mismatches 係数をできるだけ小さくする。

燃料集合体の局所出力ピーキング係数を一定値以下におさえる。

今回は ATR 大型炉、炉心計画において Gd バーナブル・ポイズンを使用した場合の余剰反応度、局所ピーキング、出力 mismatches に与える効果について検討する。

また、バーナブル・ポイズンの使用が冷却材ボイド反応度と与える影響についても検討する。

2 計算方法

2.1 燃焼計算

計算はTable 1の諸元に基づいた60本同心円格子についておこなった。燃料集合体内の富化度分布は最も多い場合でも3種類(ポイズン入り燃料も含む)とし、各燃料集合体の燃焼にともなう K_{eff} , L. P. F. の変化を調べた。計算コードは Gd^{155} , Gd^{157} のライブラリーを加えたMETHUSELAH-Cと Gd^{155} のライブラリーを加えたWIMSを使用した。計算ケースをTable 2に示した。CASE-1, 3, 5, 7は Gd なしの富化度分布だけを変えたもので、CASE-2, 4は第4層の全燃料ピンに一樣に Gd を添加したものである。CASE-6は第2, 第3層CASE-8は第1, 第2層に一樣に添加したものである。各ケースにおける全 Gd 添加量は1 wt%である。これらのCASEの計算はMETHUSELAH-Cでおこなった。CASE-9, 10はCASE-3, 4と同富化度でWIMSにより計算したものである。WIMS, METHUSELAH-Cの計算コードの相違による結果の検討に用いた。CASE-11は第4層に一樣に2 wt% (全量) 添加したものである。CASE-12は第3層の2本おきの6本の燃料ピンにそれぞれ0.33 wt% 添加したもので、CASE-13は第2層の1本おきの6本の燃料ピンに0.33 wt% 添加したものである。CASE-11, 12, 13はWIMSによる計算である。

Fig. 1, 2, 3に代表的な Gd 添加燃料ピンの配置例を示した。

2.2 出力ミスマッチ計算

出力ミスマッチ係数は上記燃焼計算の結果による各燃焼過程における2群定数を用いCITATIONによる2次元拡散計算で求めた。燃料交替のバッチ数は今回4バッチでおこなった。Fig. 4に平衡炉心における各燃焼状態の燃料集合体配置を示した。

3 計算結果の検討

3.1 燃焼計算

燃焼計算の結果はTable 3およびFig. 5～13に示した。これら計算結果よりGdの余剰反応度抑制効果および局所出力ピーキング係数に関して次の事が認められた。

(イ) 余剰反応度

- (a) 余剰反応度をおさえる効果は外側層に入れるほど効果は大である。
- (b) しかし、外側にGdが入っているほどGdの燃焼は早く、第4層に一様に入っている場合は900 MWD/T程度でもえつきてしまう。
- (c) 各層に一様に入れた場合は内側層に入れた場合でも余剰反応度の抑制はそれほど長くない。
- (d) CASE-12,13のように、特定の燃料ピンにバーナブルポイズンを多く添加した場合は、余剰反応度の抑制効果は大きく3000～3500 MWD/T程度まで抑制する。

(ロ) 局所ピーキング係数

- (a) 第4層に一様にGdを添加した場合、局所ピーキングを低下することができるが、Gdが燃えつきた時点で、Gdを添加しない場合の初期の局所ピーキングの値になる。
(Fig. 14, 15参照)
- (b) 局所ピーキングを富化度分布により低減した燃料に、Gdを添加すると、初期においては逆に局所ピーキングは悪くなる。
- (c) CASE-12, 13の場合は初期における局所ピーキング係数は、Fig. 16, 18に示されたように一様に入れた場合よりも悪くなっている。燃焼が進むとFig. 17, 19のように低下する。

3.2 出力ミスマッチ計算

出力ミスマッチは平衡炉心初期、末期、およびGdが燃えつき余剰反応度が回復して大きくなった時点での計算をおこなった。計算結果はFig. 20, 21, 22, 23に示した。これらの結果より次の事が認められた。

- (a) Gdを添加しない場合よりも添加した方が出力ミスマッチは改善される。
- (b) 一様にGdを添加した場合より、特定の燃料ピンに添加した方が出力ミスマッチは低下される。
- (c) 出力ミスマッチはGdが燃えつきた時点が一番大きくなるが、その場合でも添加しない場合より改善される。

バーナブルポイズンが出力ピーキングに与える目安として、(局所ピーキング係数)×(出力ミスマッチ係数)の値をTable 4に示した。

ここでは半径方向、軸方向ピーキングを一定としている。

これによるとGdを添加した場合、出力ピーキングに対して、平衡炉心初期で10%~15%、Gdの燃えつきた時点で6%~18%、改善されることが示された。

3.3 バーナブルポイズンの冷却材ボイド反応度に与える影響

バーナブルポイズンを添加した場合の冷却材ボイド反応度をTable 5に示した。

これによるとWIMSの計算値もMETHUSELAH-Cの計算値も、Gdを添加した方が初期のボイド反応度を負側にする傾向が認められた。しかし、燃焼が進み余剰反応度が回復すると、ボイド反応度を正側に変える傾向を示すのも認められた。CASE-13の場合は余剰反応度が回復した時点でも、Gdを添加しない場合よりもボイド反応度をより負側に行っている。尚、ボイド反応度の計算値は実験値との比較によるといずれも正側になっている。

4 結 論

バーナブルポイズンの余剰反応度，局所ピーキング，出力ミスマッチ，冷却材ボイド反応度に与える効果を検討したが，全体として次の事が認められた。

- (1) 局所ピーキングの改善はGd添加燃料ではむずかしい。
- (2) 出力ピーキングは平衡炉心で6%～18%程度改善される。
- (3) Gdの添加は冷却材ボイド反応度をより負側にする。

5 今後の検討課題

Gd入り燃料は出力ミスマッチ，冷却材ボイド反応度の改善に有効であることが認められた。実際に使用する場合は，余剰反応度が回復した時点でも冷却材ボイド反応度が大きな正の値とならない様な，ポイズン濃度，配列を検討する必要がある。

バーナブルポイズンとしてGdを用いる場合は，その吸収断面積が非常に大きいため，特定の燃料ピンにGdを添加しなければバーナブルポイズンとしての効果は小さい。しかし，この方法は局所ピーキングの点からは望ましくない。このため今後の検討としては，B，Dy等吸収がGdほど大きくないものを，燃料ピン内に一様に添加し，冷却材ボイド反応度及び局所ピーキングを改善する方法を検討することが必要である。

冷却材ボイド反応度の計算でMETHUSELAHとWIMSの値が大きく異なっている。METHUSELAHはボイド反応度をより負側に評価している。一般に二次元衝突確率法に基づくWIMSの方が計算精度が良いと評価されるが，実験によって定量的に計算精度を評価すべきである。なお，54本同心円格子の低濃縮ウラン，低富化プルトニウム燃料炉心を検討する場合，現在の格子ピッチ（27.5cm）では， V_m/V_f の増大，低濃縮，低富化になることにより冷却材ボイド反応度がより正になる傾向がある。このため，格子ピッチの検討とともに，バーナブルポイズンの使用により，冷却材ボイド反応度をより負側にする手法の検討が必要になると思われる。

参考文献

- (1) 相原他：「軸方向燃料交換法によるGd入短尺燃料の検討」 SN941 76-126
(1976年11月)
- (2) 東 芝：「第1次新型転換炉評価研究 炉心構想」
ZJ 301 74-03 (1974年12月)

Table 1 Lattice Dimension and Composition

Pellet Dia.	1 0.4 4 mm
Cladding	
Inner Dia.	1 0.6 5
Thickness	0.8 6
Outer Dia.	1 2.3 7
Pin to Pin Gap	1.9 2 ~ 2.1 8
Layer Radius	
1 st Layer	1 4.2 9
2 nd "	2 7.6 1
3 rd "	4 1.5 9
4 th "	5 5.7 2
Cluster-Pressure	
Tube Gap	3.0
Pressure Tube	
Inner Dia.	1 2 9.8
Thickness	4.8
Outer Dia.	1 3 9.4
Air Gap	2 1.2
Calandria Tube	
Inner Dia.	1 8 1.8
Thickness	2.0
Outer Dia.	1 8 5.8
Lattice Pitch	2 7 5.
V_m/V_f	9.4 4
Pellet Density	1 0.2 7 g/cm ³
Isotopic Composition	²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Pu, ²⁴² Pu 58, 24, 14, 4

Table 2 Calculation Cases

Case Number	Kinds of Fuel	PuO ₂ and Gd Enrichment (wt%) (Upper:PuO ₂ Lower:Gd)				Calculation Code	Figure
		1st Layer	2nd Layer	3rd Layer	4th Layer		
1	1 ($\frac{No}{Gd}$)	2.0	2.0	2.0	2.0	METHUSELAH	
2	2	2.0	2.0	2.0	$\frac{2.0}{\text{Total 1 wt\%}}$	"	
3	2 ($\frac{No}{Gd}$)	2.4	2.4	2.4	1.4	"	
4	2	2.4	2.4	2.4	$\frac{1.4}{\text{Total 1 wt\%}}$	"	Fig.1
5	3 ($\frac{No}{Gd}$)	3.5	2.5	2.5	1.0	"	
6	3	3.5	$\frac{2.5}{\text{Total 1 wt \%}}$	2.5	1.0	"	
7	3 ($\frac{No}{Gd}$)	3.5	3.5	2.5	1.0	"	
8	3	$\frac{3.5}{\text{Total 1 wt \%}}$	3.5	2.5	1.0	"	
9	2 ($\frac{No}{Gd}$)	2.4	2.4	2.4	1.4	WIMS	
10	2	2.4	2.4	2.4	$\frac{1.4}{\text{Total 1 wt\%}}$	WIMS	
11	2	2.4	2.4	2.4	$\frac{1.4}{\text{Total 2 wt\%}}$	WIMS	
12	3	2.4	2.4	$\frac{2.4}{\text{Gd 0.33 wt\% in each fuel pin}}$	1.4	WIMS	Fig.2
13	3	2.4	$\frac{2.4}{\text{Gd 0.33 wt\% in each fuel pin}}$	2.4	1.4	WIMS	Fig.3

Table 3 Calculated Results

Case Number	0 MWD/T	1,000MWD/T	3,000MWD/T	10,000MWD/T	20,000MWD/T
1	1.2878 (1.44)	1.2109 (1.43)	1.1733 (1.37)	1.0450 (1.18)	0.9118 (1.10)
2	0.9261 (1.37)	1.2084 (1.43)	1.1761 (1.37)	1.0472 (1.18)	0.9130 (1.10)
3	1.2707 (1.21)	1.1947 (1.20)	1.1573 (1.15)	1.0336 (1.08)	0.9059 (1.03)
4	0.8730 (1.14)	1.1940 (1.21)	1.1607 (1.15)	1.036 (1.08)	0.9073 (1.03)
5	1.2643 (1.13)	1.1892 (1.13)	1.1527 (1.13)	1.0322 (1.10)	0.9069 (1.07)
6	1.0737 (1.24)	1.1788 (1.13)	1.1507 (1.14)	1.0322 (1.10)	0.9082 (1.07)
7	1.2657 (1.11)	1.1912 (1.11)	1.1554 (1.11)	1.0381 (1.08)	0.9150 (1.05)
8	1.1615 (1.19)	1.1748 (1.11)	1.1540 (1.11)	1.0385 (1.08)	0.9156 (1.05)
9	1.2630 (1.22)	1.2019	1.1620	1.0426	0.9162
10	0.8988 (1.14)	1.1838	1.1432		
11	0.7474 (1.10)	1.1681	1.1316		
12	1.0778 (1.36)	1.1551 (1.22)	1.1572 (1.15)	1.0338 (1.14)	0.9046 (1.07)
13	1.1596 (1.30)	1.1438 (1.25)	1.1622 (1.16)	1.1049 (1.10)	0.9328 (1.04)

[Values on Upper Line : Keff
 Values on Lower Line : Local Peacking Factor]

Table 4 L.P.F. and Mismatch Factor

Fuel	Core	L.P.F.	Mismatch Factor (M.F.)	(L.P.F. × M.F.)	$\frac{\text{CASE-i(4,12,13)}}{\text{CASE-3(L.P.F.} \times \text{M.F.)}}$
CASE-3	Initial Equilibrium	1.21	1.00	1.21	
	BOC	1.21	1.42	1.72	
	EOC	1.09	1.30	1.42	
CASE-4	Initial Equilibrium	1.14	1.00	1.14	0.94
	BOC	1.14	1.28	1.46	0.85
	Burnup 900 MWD/T	1.21	1.34	1.62	0.94
	EOC	1.09	1.30	1.42	1.00
CASE-12	Initial Equilibrium	1.36	1.00	1.36	1.12
	BOC	1.36	1.10	1.50	0.87
	Burnup 2,000 MWD/T	1.15	1.24	1.41	0.82
	EOC	1.13	1.22	1.38	0.97
CASE-13	Initial Equilibrium	1.30	1.00	1.30	1.07
	BOC	1.30	1.10	1.56	0.91
	Burnup 3,000 MWD/T	1.16	1.24	1.45	0.84
	EOC	1.14	1.22	1.40	0.99

Table 5 Coolant Void Reactivity

Fuel	Core	Void Reactivity (40%→100%)	
		Cal. by WIMS	Cal. by METHUSELAH
CASE-3 CASE-9	Initial	+2.6% $\Delta K/K$	+0.3% $\Delta K/K$
CASE-4 CASE-10	Initial Burnup 900 MWD/T	+1.3% $\Delta K/K$	-4.2% $\Delta K/K$ +0.6% $\Delta K/K$
CASE-12	Initial Burnup 2,000 MWD/T	+1.9% $\Delta K/K$ +3.4% $\Delta K/K$	
CASE-13	Initial Burnup 3,000 MWD/T	+0.02% $\Delta K/K$ +2.3% $\Delta K/K$	

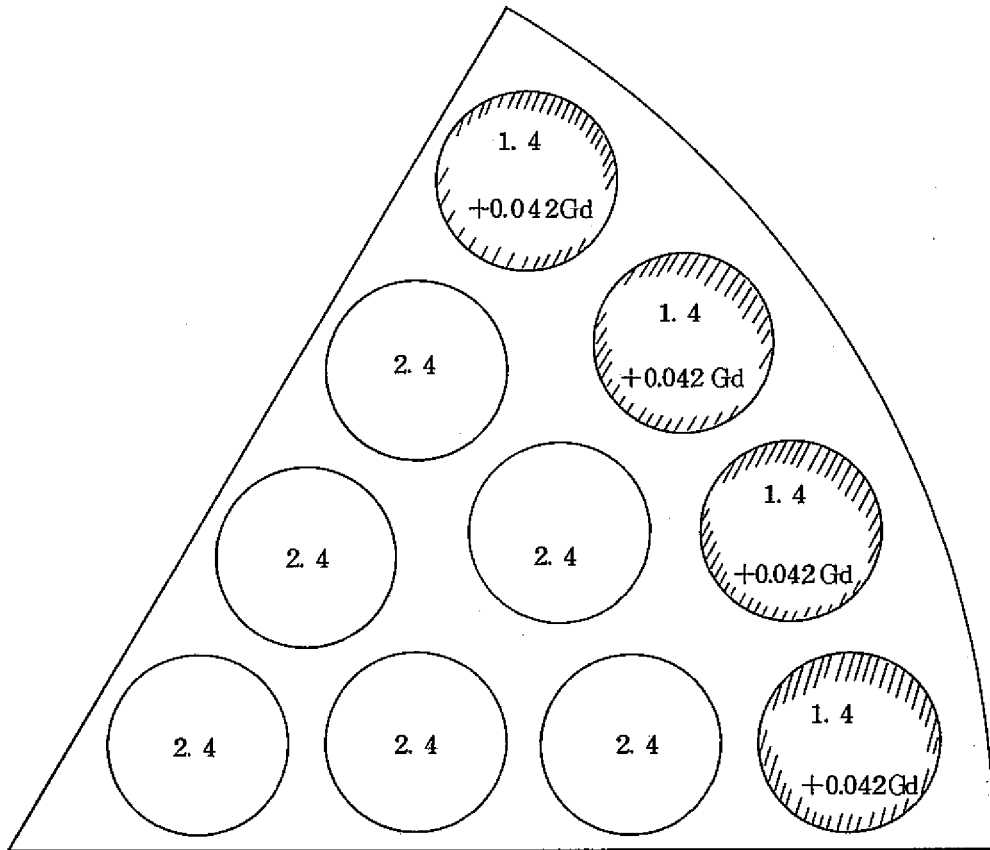


Fig.1 Distribution of PuO₂ and Gd Enrichment (wt%)
within Cluster (Case-4)

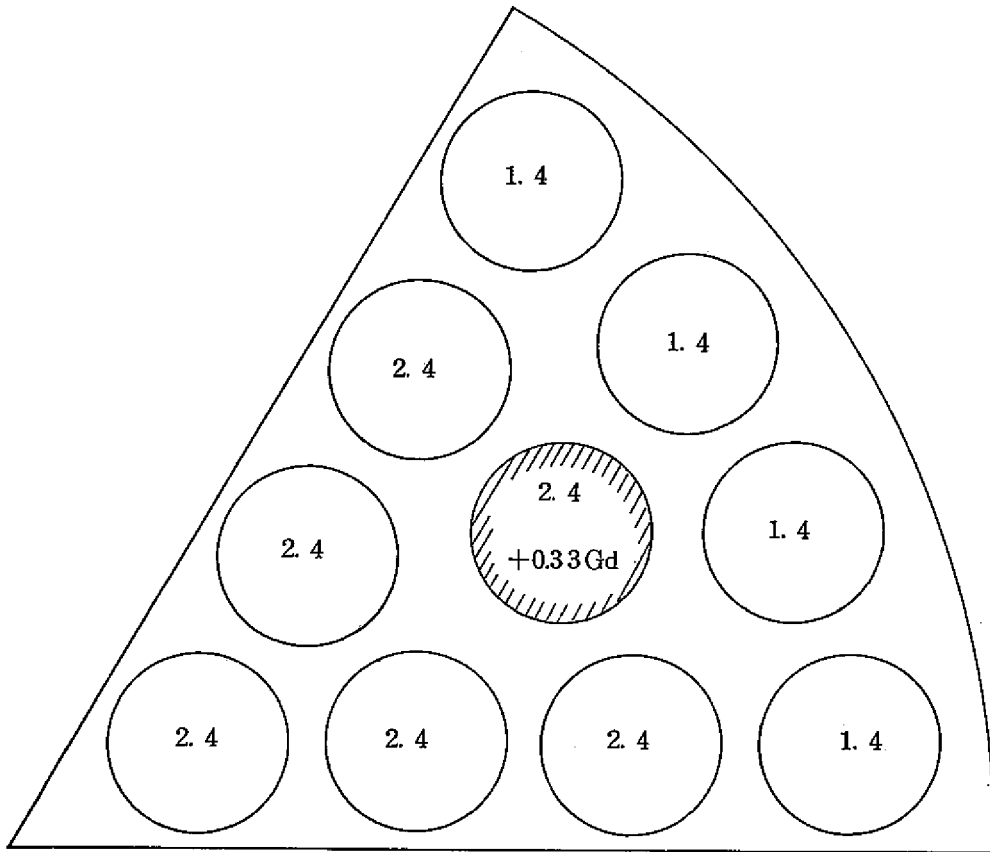


Fig.2 Distribution of PuO_2 and Gd Enrichment (wt %) within Cluster (Case-12)

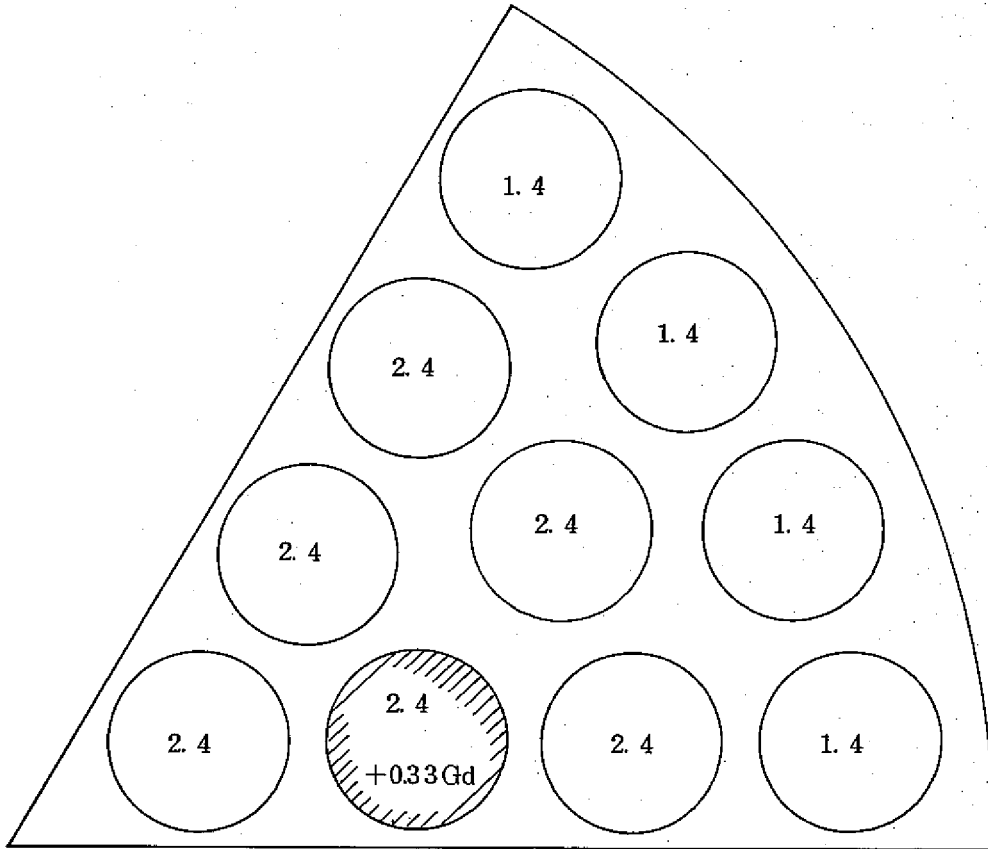


Fig.3 Distribution of PuO₂ and Gd Enrichment (wt%)
within Cluster (Case-13)

1	0 MWD/T	3	14,000 MWD/T
4	21,000 MWD/T	2	7,000 MWD/T

Equilibrium Core (BOC)

1	7,000 MWD/T	3	21,000 MWD/T
4	28,000 MWD/T	2	14,000 MWD/T

Equilibrium Core (EOC)

Fig.4 Fuel Arrangement for Mismatch Factor Calculation

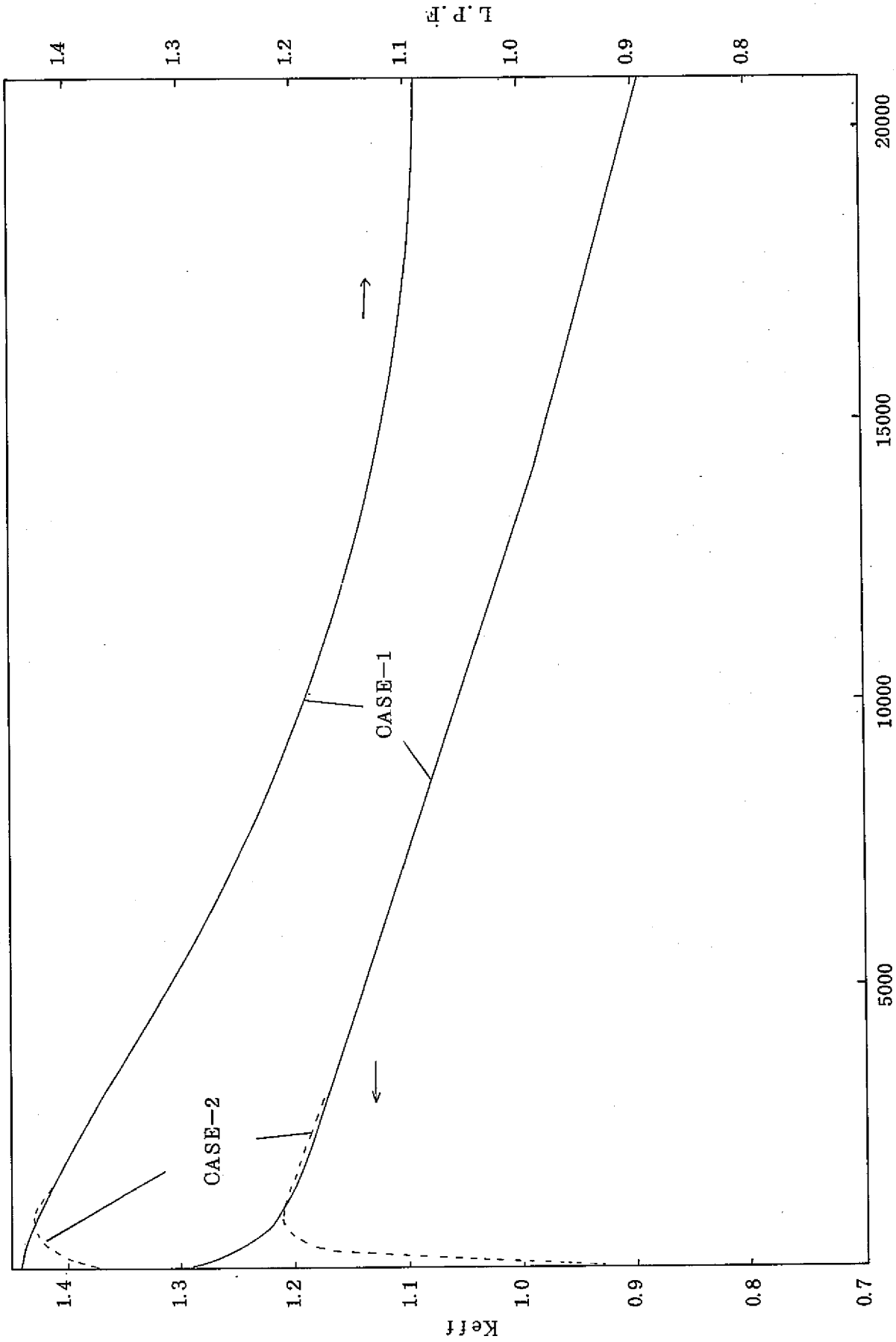


Fig.5 Keff and Local Peaking Factor (L.P.F.) vs. Burnup(Case-1,2)

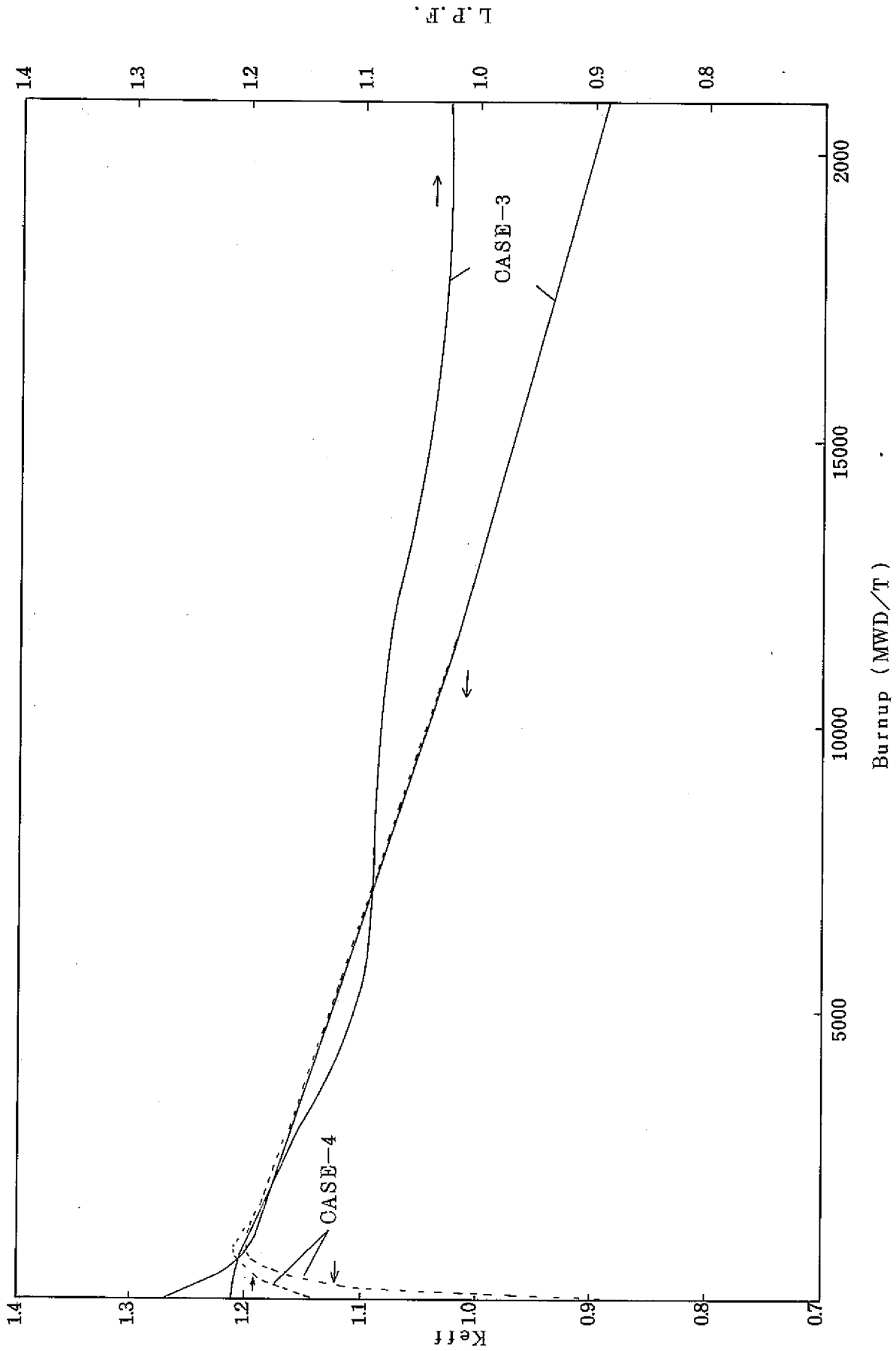
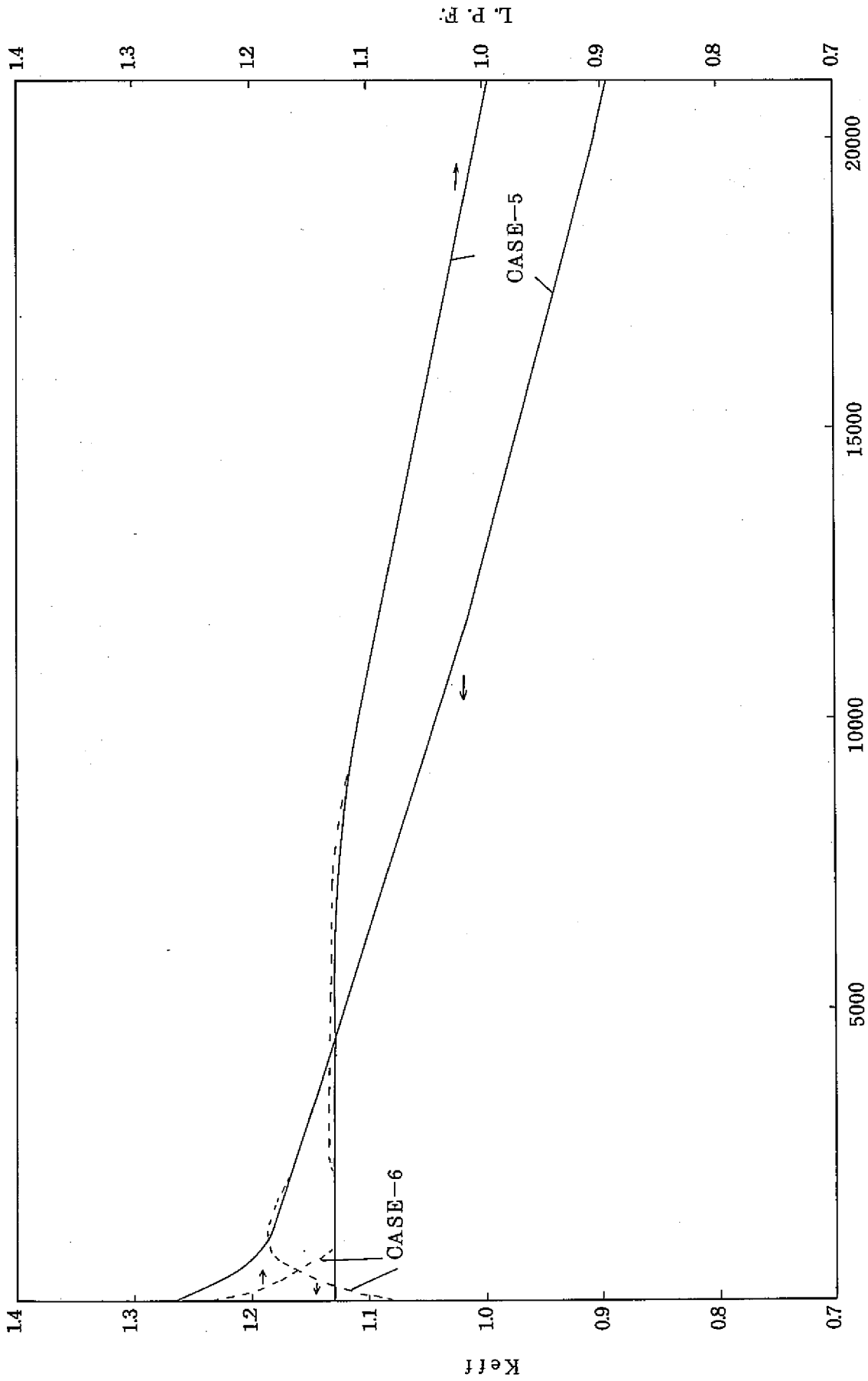


Fig.6 Keff and L.P.F. vs. Burnup (Case-3,4)



Burnup (MWD/T)

Fig.7 Keff and L.P.F. vs. Burnup (Case-5,6)

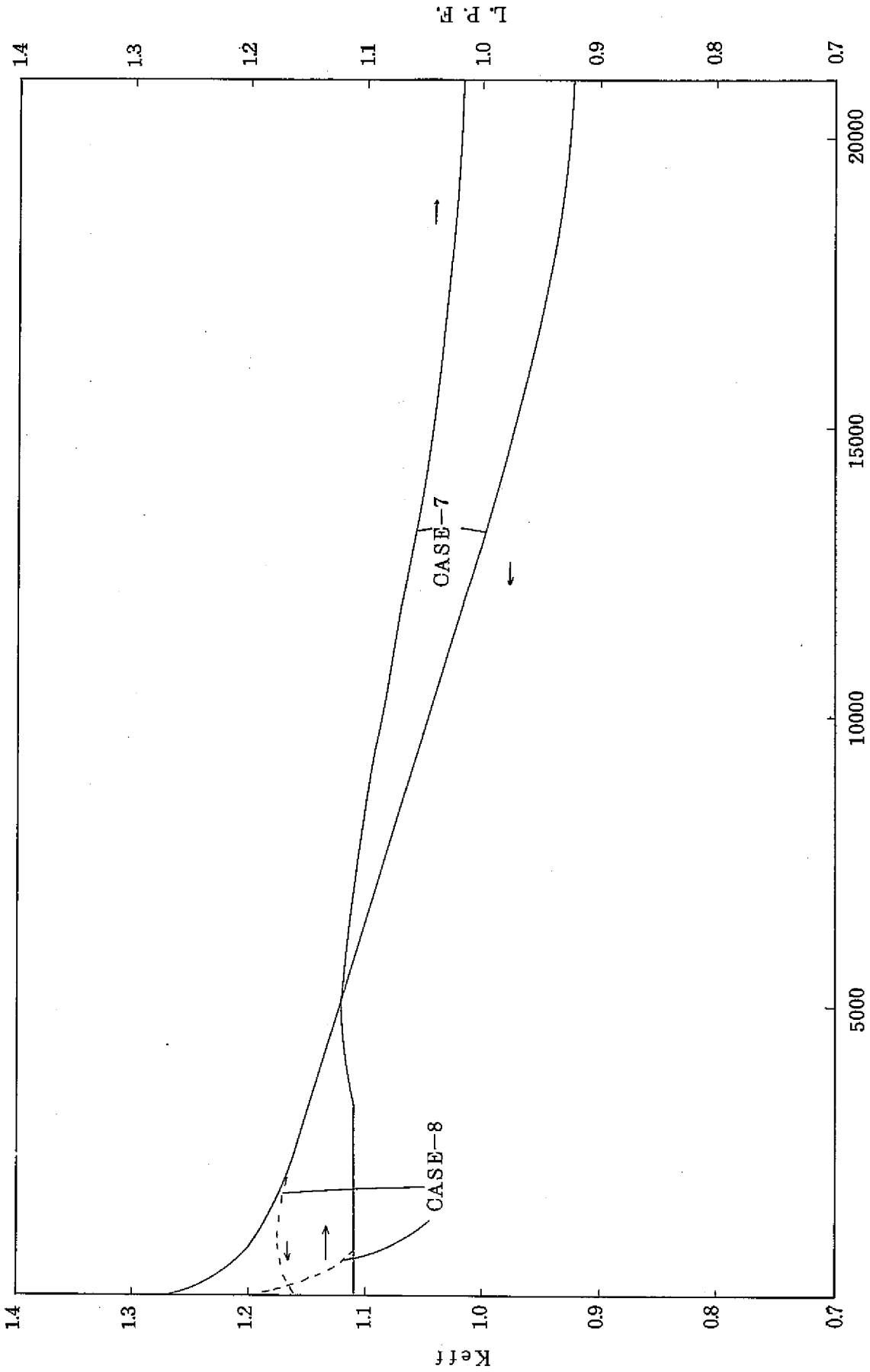


Fig. 8 K_{eff} and L.P.F. vs. Burnup (Case-7,8)

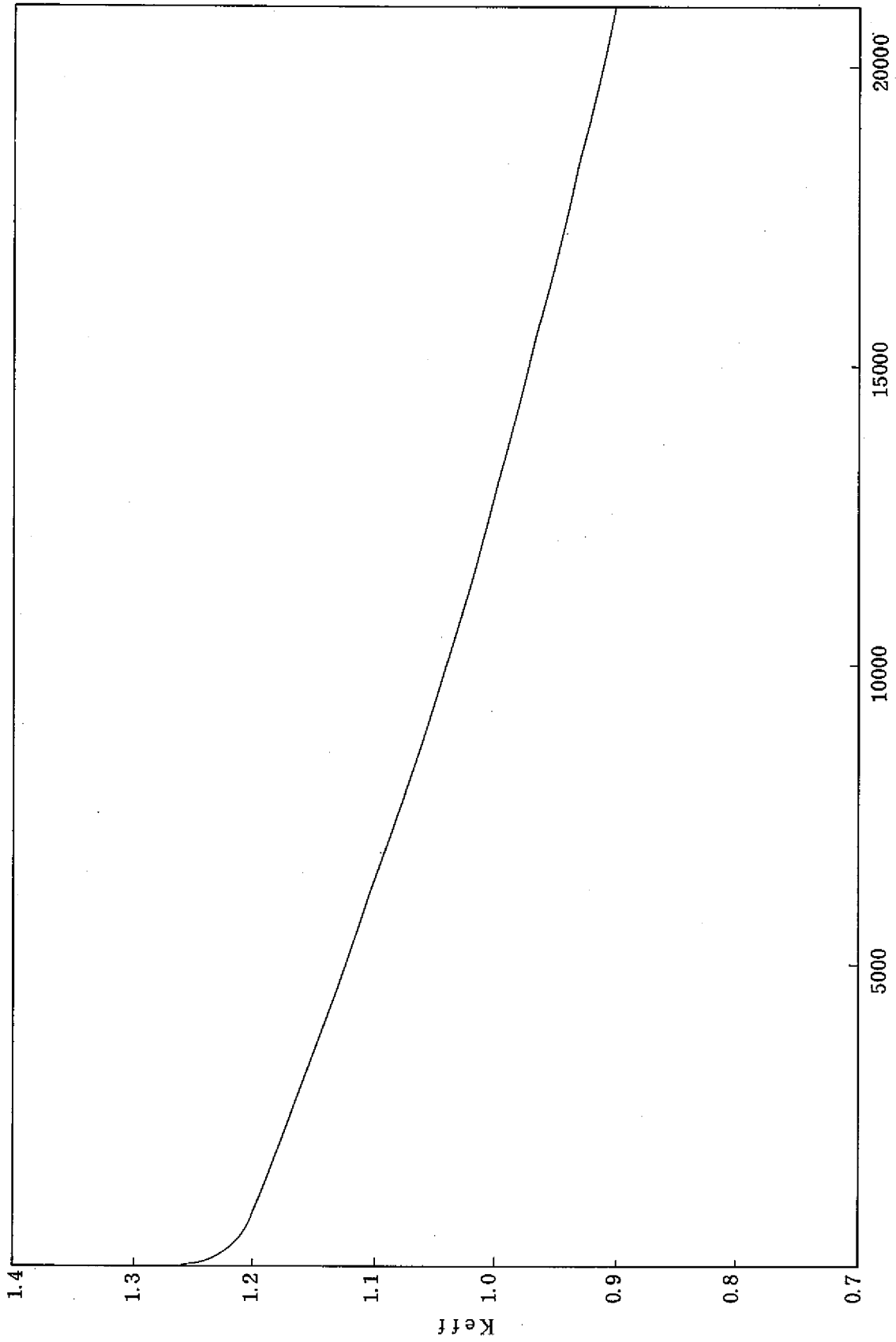
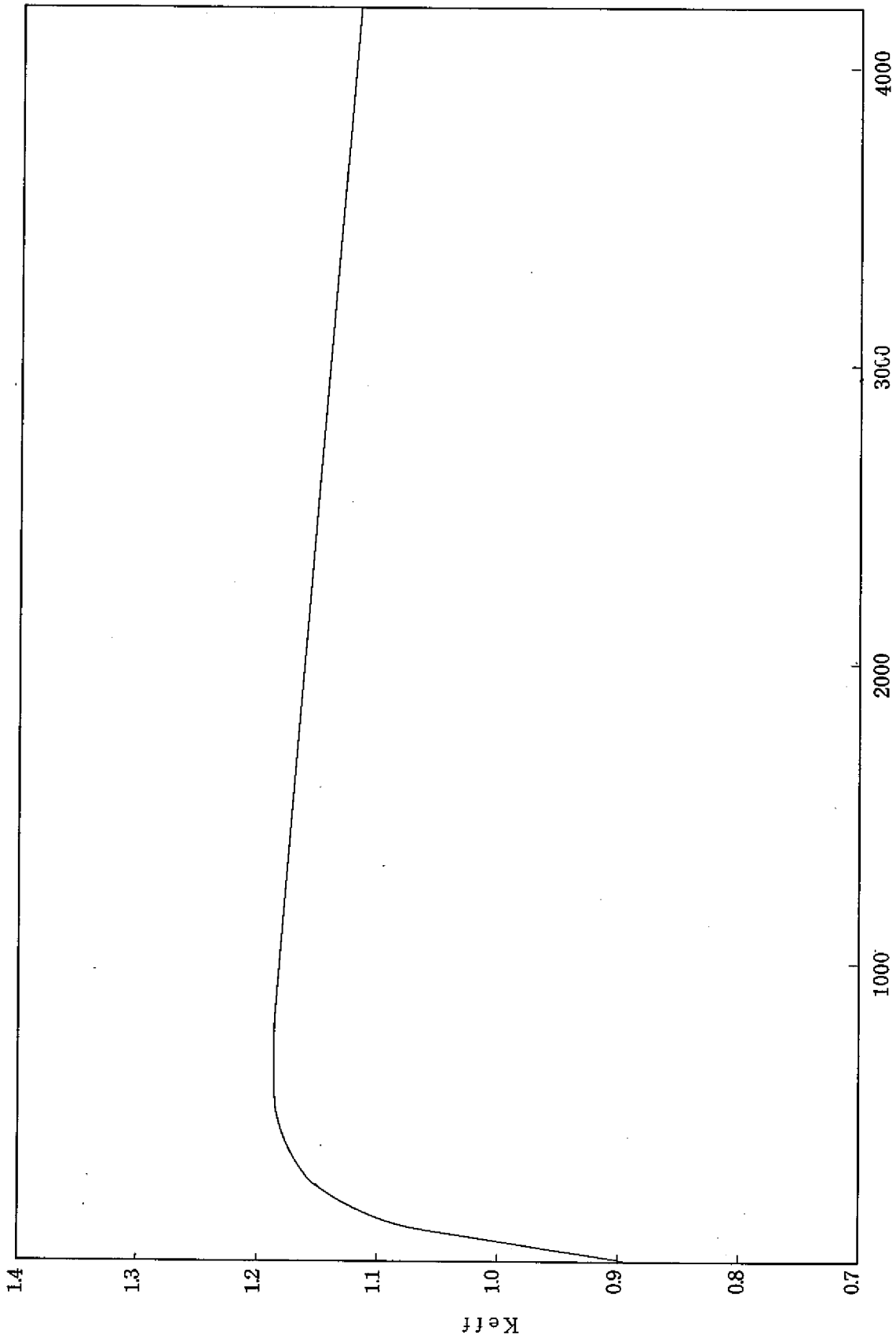
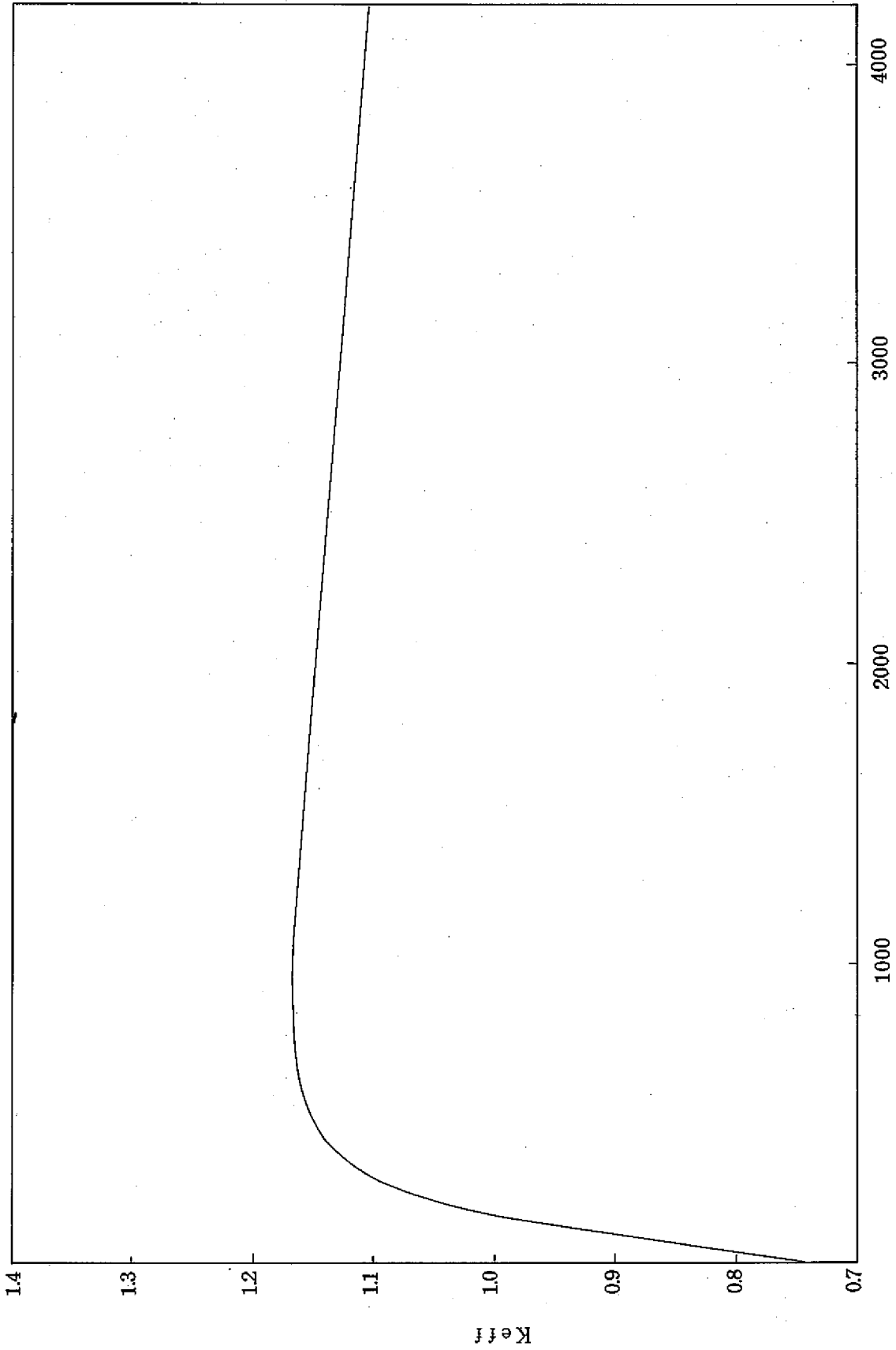


Fig.9 Keff vs. Burnup (Case-9)

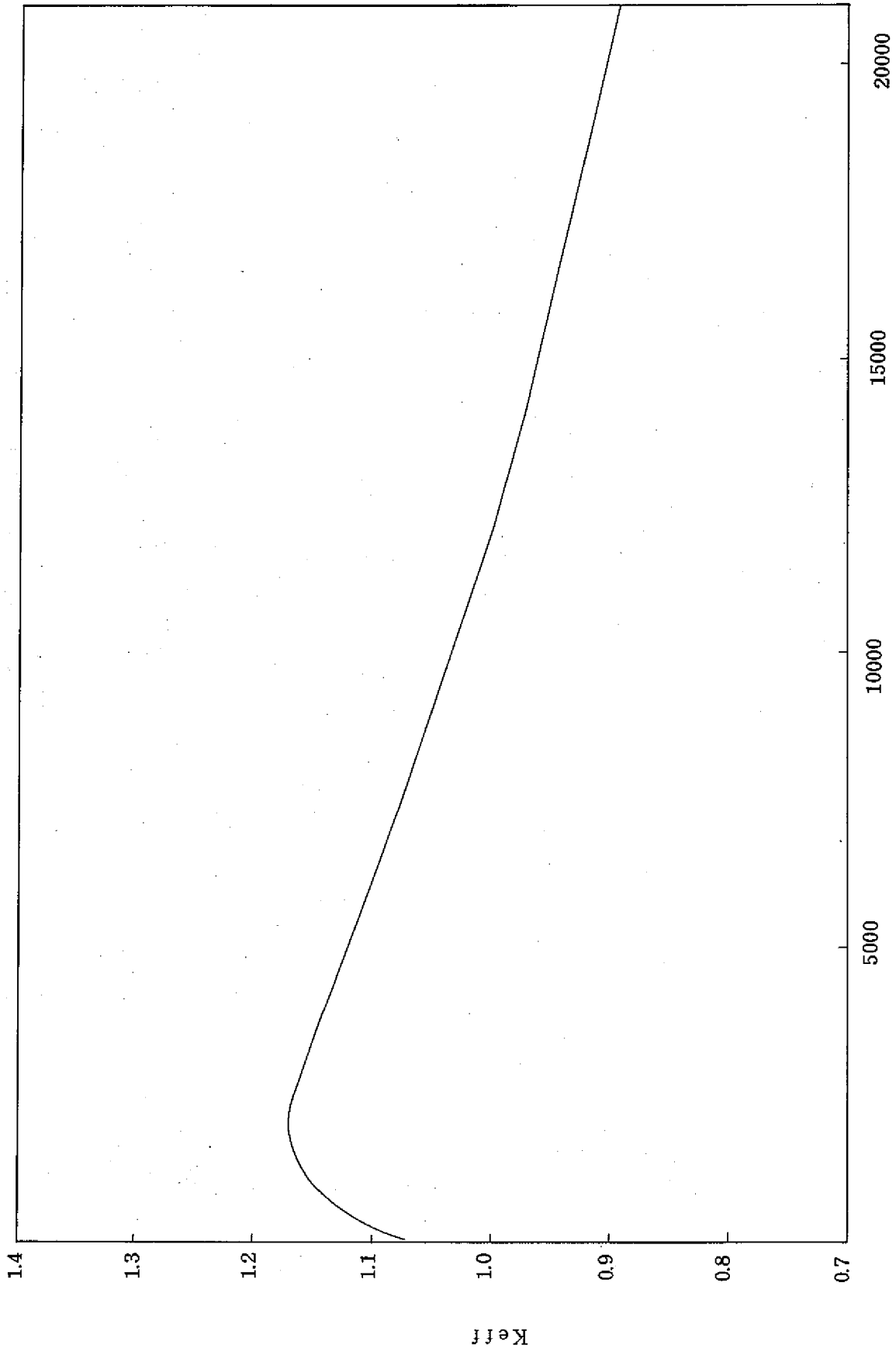


Burnup (MWD/T)

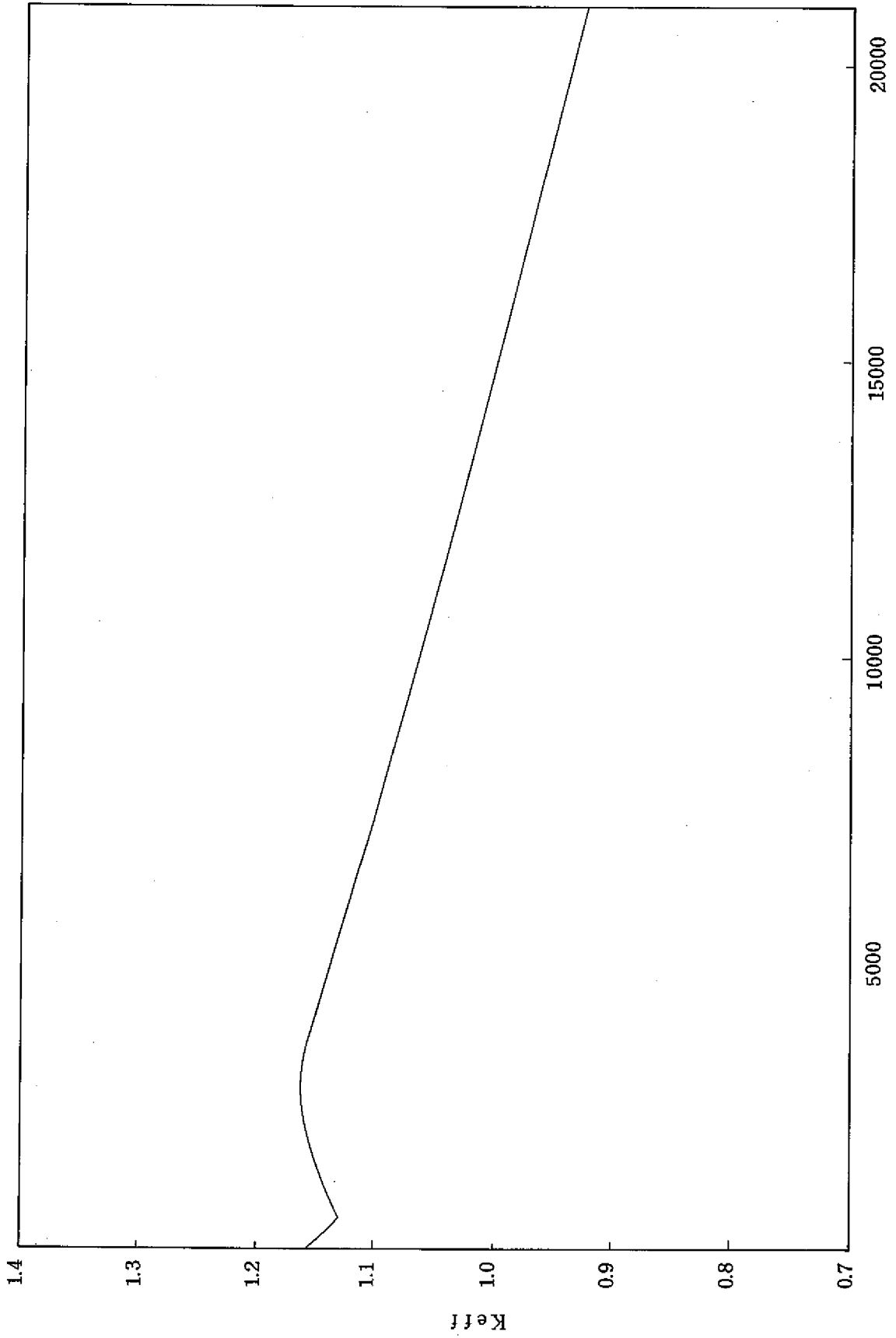
Fig.10 Keff vs. Burnup (Case-10)



Burnup (MWD/T)
Fig.11 K_{eff} vs. Burnup (Case-11)



Burnup (MWD/T)
Fig.12 Keff vs. Burnup (Case-12)



Burnup (MWD/T)
Fig.13 Keff vs. Burnup (Case-13)

[Upper : PuO₂ Enrichment (wt%)
Lower : L.P.F.]

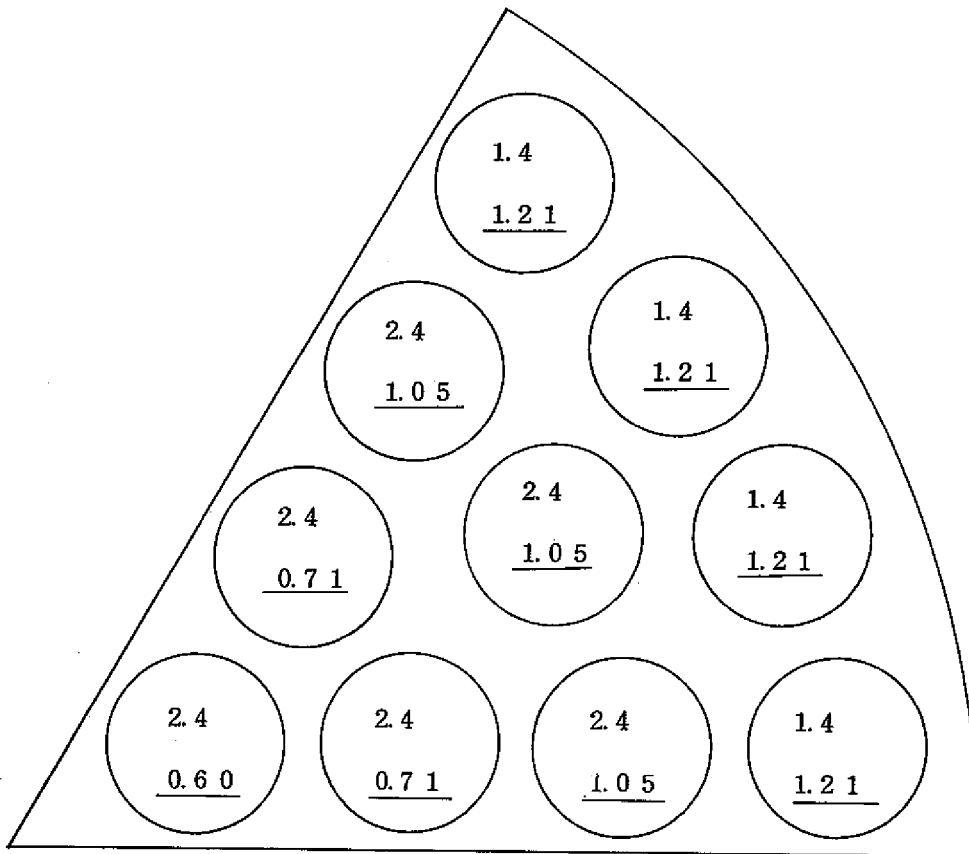


Fig.14 L.P.F. in Each Fuel Pin
(Case-3, Initial Core)

Upper : PuO_2 Enrichment (wt%)
 Lower : L.P.F.

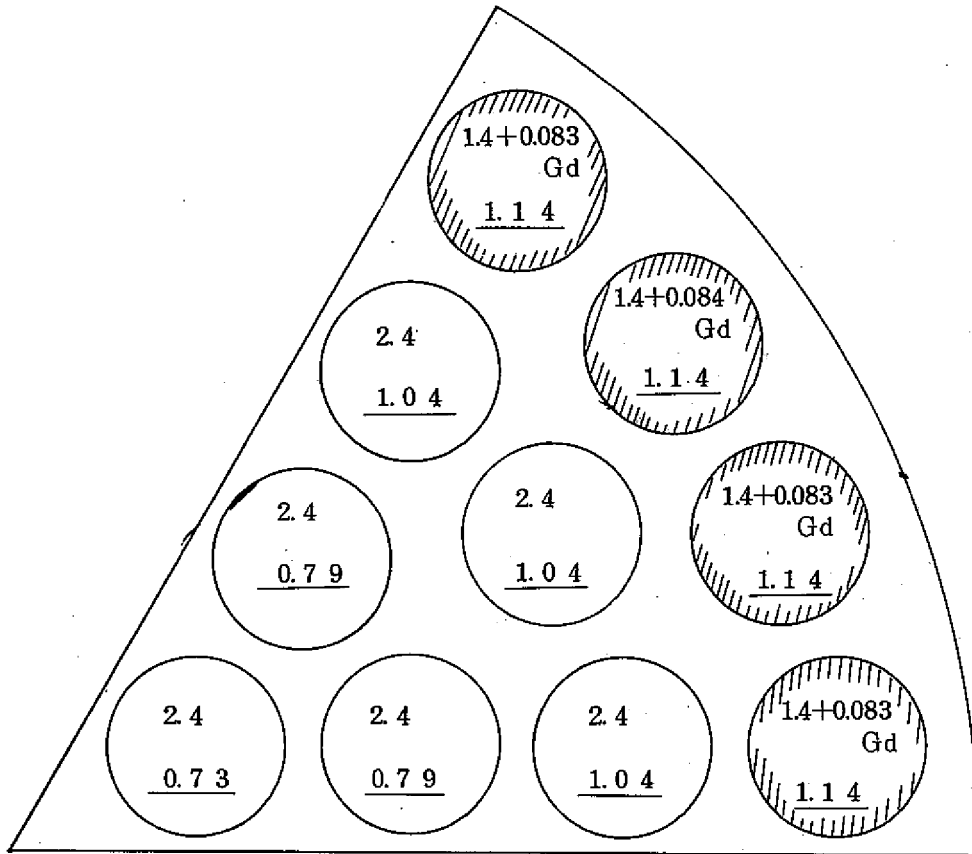


Fig.15 L.P.F. in Each Fuel Pin
 (Case-4, Initial Core)

Upper : PuO₂ Enrichment (wt%)
 Lower : L.P.F.

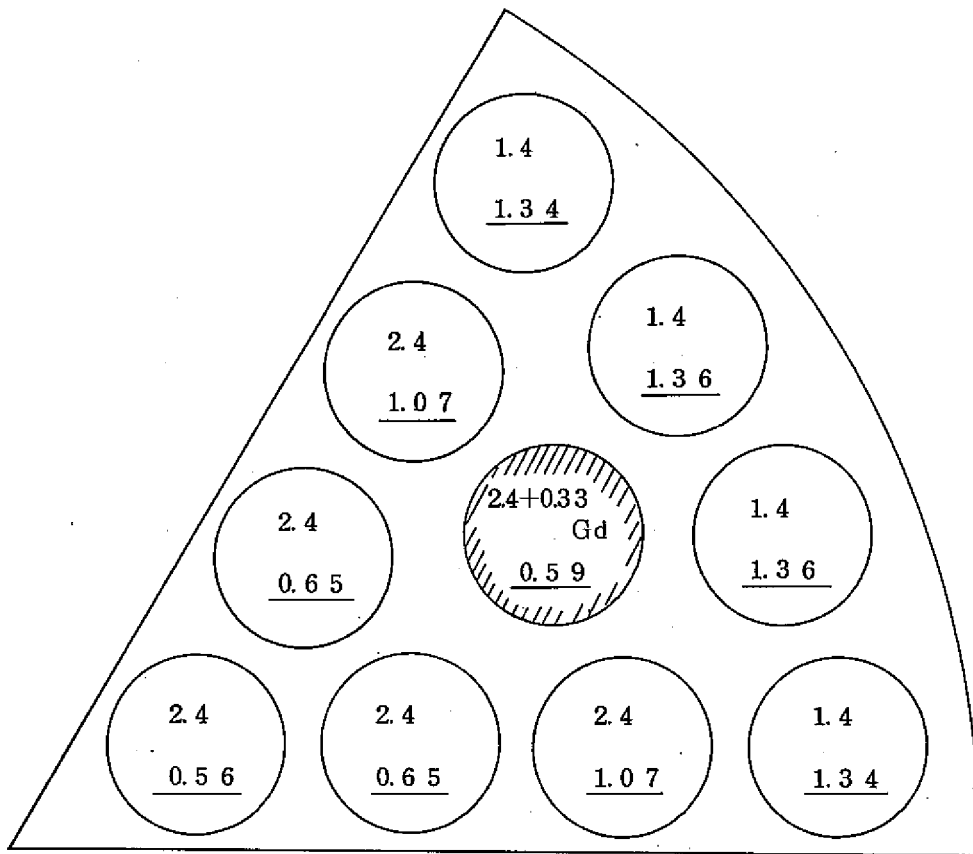


Fig.16 L.P.F. in Each Fuel Pin
 (Case-12, Initial Core)

Upper : PuO₂ Enrichment (wt%)
 Lower : L.P.F.

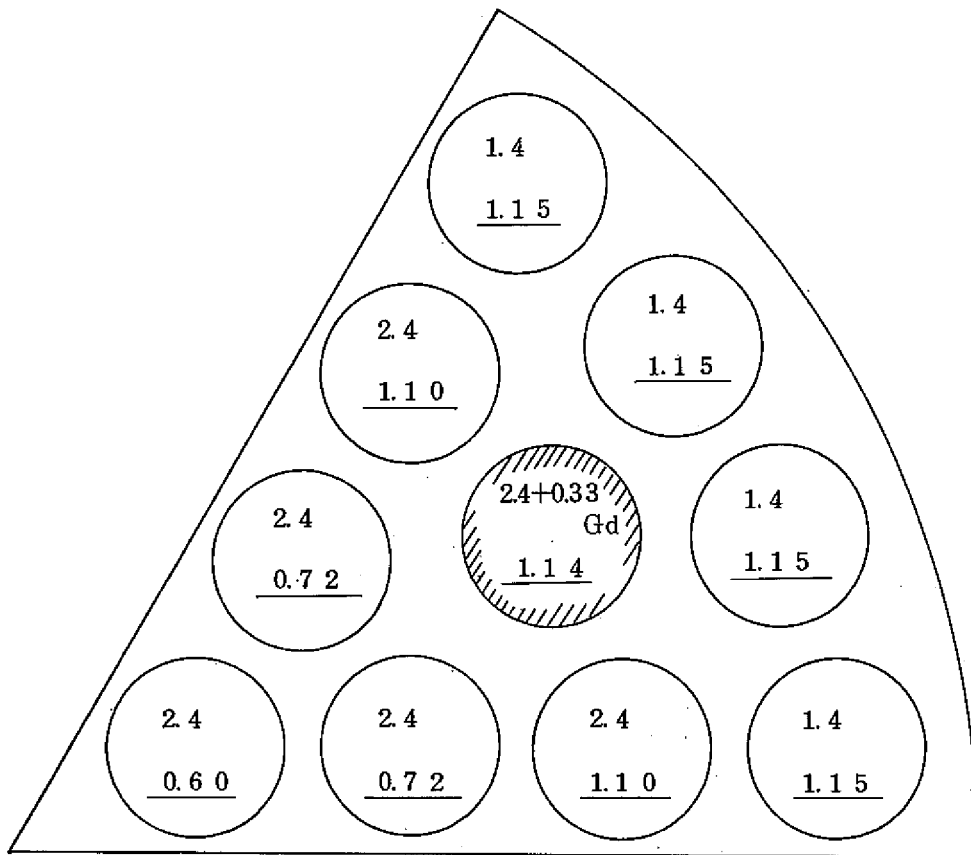


Fig.17 L.P.F. in Each Fuel Pin

(Case-12, Burnup 2000MWD/T)

Upper : PuO₂ Enrichment (wt%)
 Lower : L.P.F.

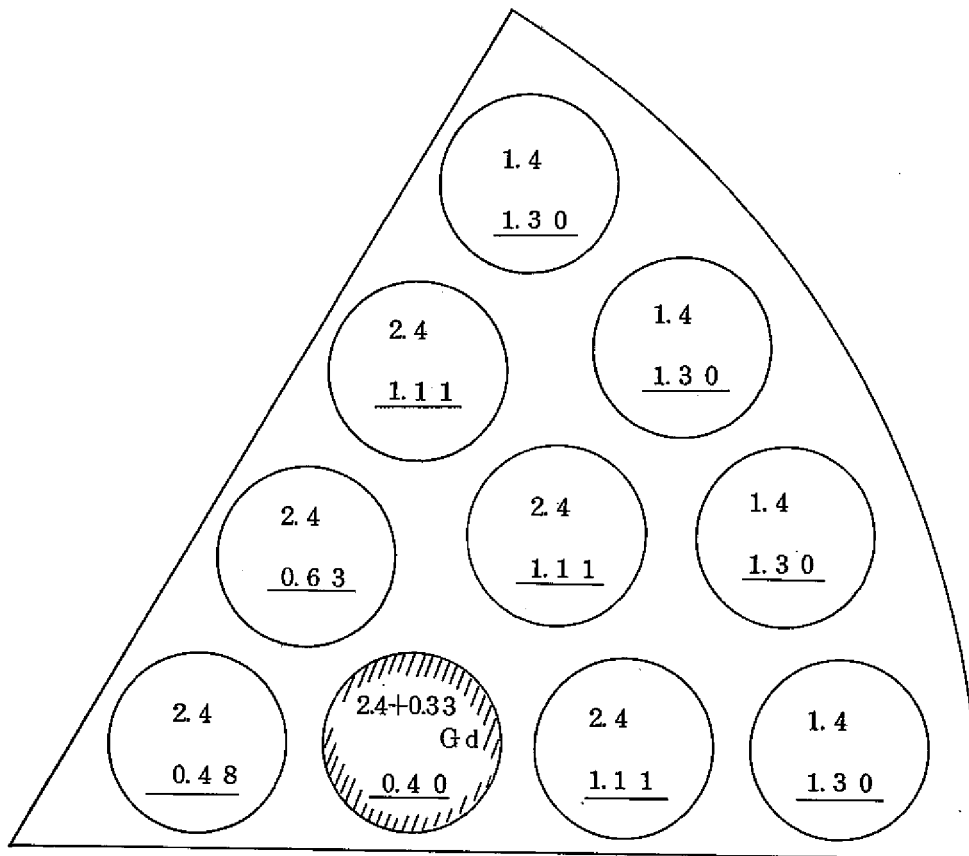


Fig.18 L.P.F. in Each Fuel Pin
 (Case-13, Initial Core)

Upper : PuO₂ Enrichment (wt%)
 Lower : L.P.F.

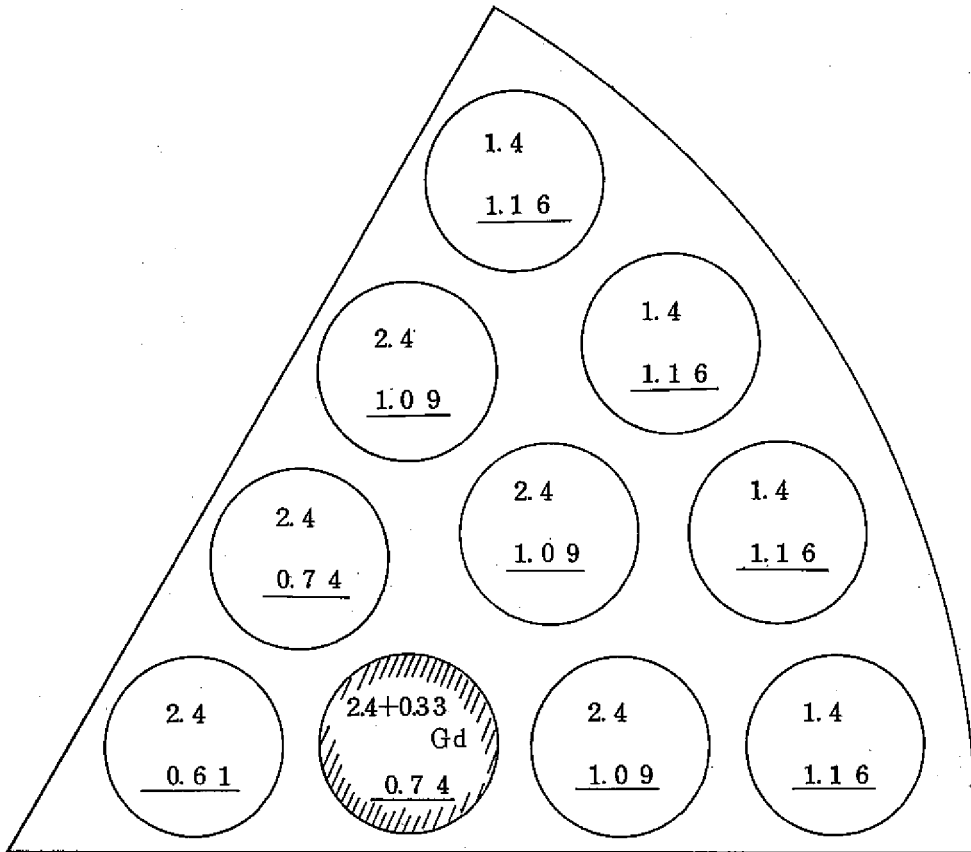


Fig.19 L.P.F. in Each Fuel Pin
 (Case-13, Burnup 3000 MWD/T)

0 MWD/T	14,000 MWD/T	7,000 MWD/T	21,000 MWD/T
1.42	0.89	1.30	0.93
21,000 MWD/T	7,000 MWD/T	28,000 MWD/T	14,000 MWD/T
0.75	0.95	0.78	0.99

Equilibrium Core (BOC)

Equilibrium (BOC)

Fig. 20 Mismatch Factor (Case-3)

0 MWD/T	14,000 MWD/T	7,000 MWD/T	21,000 MWD/T
0.98	0.98	0.93	0.93
21,000 MWD/T	7,000 MWD/T	28,000 MWD/T	14,000 MWD/T
0.80	1.28	0.78	0.99

Equilibrium Core (BOC)

Equilibrium Core
(Burnup 900 MWD/T)

Equilibrium Core (EOC)

Fig.21 Mismatch Factor (Case-4)

0 MWD/T	14,000 MWD/T	7,000 MWD/T	21,000 MWD/T
1.10	0.98	0.92	
21,000 MWD/T	7,000 MWD/T	14,000 MWD/T	28,000 MWD/T
0.82	1.10	0.98	0.87

2,000 MWD/T	16,000 MWD/T	9,000 MWD/T	23,000 MWD/T
1.24	0.95	1.01	0.80

7,000 MWD/T	21,000 MWD/T	14,000 MWD/T	28,000 MWD/T
0.92	0.87	0.98	0.87

Equilibrium Core (BOO)

Equilibrium Core
(Burnup 2,000 MWD/T)

Equilibrium Core (EOC)

Fig.22 Mismatch Factor (Case-12)

0 MWD/T	14,000 MWD/T	7,000 MWD/T	21,000 MWD/T
1.20	0.96	1.23	0.93
21,000 MWD/T	7,000 MWD/T	28,000 MWD/T	14,000 MWD/T
0.81	1.04	0.86	0.98

3,000 MWD/T	17,000 MWD/T	24,000 MWD/T	10,000 MWD/T
1.25	0.95	0.80	1.00

Equilibrium Core (BOC)	Equilibrium Core (EOC)
Equilibrium Core (Burnup 3,000 MWD/T)	

Equilibrium Core (BOC)

Equilibrium Core
(Burnup 3,000 MWD/T)

Equilibrium Core (EOC)

Fig.23 Mismatch Factor (Case-13)