

資料番号	R5-補-003 改訂1
提出日	2023年12月13日

リサイクル燃料備蓄センター
使用済燃料貯蔵事業変更許可申請書
(補足説明資料)

本申請にて追加した金属キャスクの
設計で想定したピーキングファク
ターの包絡性について

令和5年12月

リサイクル燃料貯蔵株式会社

本申請にて追加した金属キャスクの設計で想定したピーキングファクターの包絡性について

ピーキングファクター（以下、PFと称す）は、使用済燃料集合体の平均燃焼度に対する軸方向の燃焼度の比を表すものである。ここで、本申請にて追加した金属キャスクの設計で想定したピーキングファクター（以下、設計用PFと称す）は、対象とする使用済燃料集合体のPFを包絡できるよう、以下のように設定している。

1. BWR用中型キャスク（タイプ2）の設計用PF（仕様a）^(注1)

(1) 設定の考え方

- ・キャスク設計においては、燃焼度の高い使用済燃料集合体が崩壊熱量、放出放射線量ともに高いことから、設計制限となるため、燃焼度の高い取替燃料のPFを調査する。なお、高いピーキングを示す比較的低い燃焼度の使用済燃料集合体も調査の対象とする。
- ・東海第二発電所の平衡炉心の取替全燃料（長尺燃料）、敦賀1号機の平衡炉心の取替全燃料（短尺燃料）及び炉心末期予測評価を抽出して軸方向燃焼度を調査する。

(2) 調査項目

- ・(1)に基づき既に取り出された取替燃料全てのPFを調査する。
- ・燃焼度の最も高い上位10体及びピーキングの最も高い上位10体の軸方向燃焼度を調査する。

(3) 設計用PFの設定

- ・(1)及び(2)で調査したデータより各プロットを線で結び、使用済燃料集合体のPFを包絡するように設計用PFを表1のとおり設定している。各データを図1～図3に示す^(注2)。

(注1) 仕様bの設計用PFは認可済のBWR用大型キャスク（タイプ2A）と同じであるため、既許可においてPFの包絡性を確認済。ここでは仕様aの設計用PFの設定について示す。

(注2) 新型8×8燃料は、使用済燃料集合体のPFの一部が設計用PFを超過している。ただし、設計で想定している燃焼度分布（PF=1が最高燃焼度40,000MWd/t、又は平均燃焼度34,000MWd/tとなる分布）が使用済燃料集合体の軸方向燃焼度分布を包絡しており、評価の保守性には影響しないことを確認している。詳細を別紙1に示す。

2. PWR用キャスク（タイプ1）の設計用PF

(1) 設定の考え方

- ・キャスク設計においては、燃焼度の高い使用済燃料集合体が崩壊熱量、放出放射線量ともに高いことから、設計制限となるため、燃焼度の高い取替燃料のPFを調査する。なお、高いピーキングを示す比較的低い燃焼度の使用済燃料集合体も調査の対象とする。
- ・貯蔵対象となる敦賀2号機の、燃料集合体が装荷された取替炉心を数サイクル選定し、調査を実施する。

(2) 調査項目

- ・上記(1)で設定した取替炉心のサイクル末期の燃焼度、PFを調査する。
- ・各サイクル末期の集合体平均燃焼度40,000MWd/t以上の燃料集合体を選定し、各軸方向位置におけるPFの最大値を抽出する。

(3) 設計用PFの設定

- ・(1)及び(2)で調査したデータ（軸方向に60点）を線で結び、ピーキングカーブを包絡するように設計用PFを表2のとおり設定している。各データを図4に示す^(注)。

(注) 使用済燃料集合体のPFの一部が設計用PFを超過しているが、設計で想定している燃焼度分布が使用済燃料集合体の軸方向燃焼度分布を包絡しており、評価の保守性には影響しないことを確認している。詳細を別紙1に示す。

3. ピーキングファクターの包絡性

1. 及び2. のとおり設計用PFは取替燃料のPFを包絡している。一部設計用PFを超過している取替燃料のPFについても、別紙1のとおり設計用PFを換算した軸方向燃焼度分布に使用済燃料集合体の軸方向燃焼度分布が概ね包絡されていることが確認できることから、評価の保守性には影響しない。

表1 BWR用中型キャスク (タイプ2) [仕様a]

燃料タイプ	新型8×8燃料		新型8×8 ジルコニウムライナ 燃料		高燃焼度8×8燃料	
	ノード ^(注2)	PF	ノード	PF	ノード	PF
平均燃焼度(MWd/t)	約34,000		約38,000		約43,000	
最高燃焼度(MWd/t)	40,000		40,000		50,000	
比出力(MW/t)	25.3		25.3		26.0	
照射期間(日)(平均燃焼度)	1,344		1,502		1,654	
照射期間(日)(最高燃焼度)	1,582		1,582		1,924	
初期濃縮度(wt%) ^(注1)	約3.0		約3.0		約3.4	
冷却期間(年)	22		12		12年	
U重量(kg)	約180		約180		約170	
軸方向ピーキングファクター	ノード ^(注2)	PF	ノード	PF	ノード	PF
上	24/24	0.6	同左		同左	
	23/24	0.9	同左		同左	
	22/24	1.1	同左		同左	
	20,21/24	1.2	同左		同左	
	5-19/24	1.27	同左		同左	
	4/24	1.2	同左		同左	
	3/24	1.1	同左		同左	
	2/24	0.9	同左		同左	
	1/24	0.6	同左		同左	
下						

(注1) 収納される使用済燃料の種類ごとの最小値を用いる。

(注2) 燃料有効部を24分割したときの要素をいう。

表2 PWR用キャスク (タイプ1)

燃料タイプ	17×17 燃料 48,000MWd/t 型		17×17 燃料 39,000MWd/t 型	
	A型	B型	A型	B型
平均燃焼度 (MWd/t)	約 44,000			
最高燃焼度 (MWd/t)	48,000		39,000	
比出力 (MW/t)	38.4			
照射期間(日) (平均燃焼度)	1,146			
照射期間(日) (最高燃焼度)	1,250		1,016	
初期濃縮度 (wt%) ^(注1)	約 4.2		約 3.7	
冷却期間 (年)	15	20	15	20
U重量 (kg)	約 470			
軸方向ピーキングファクター	ノード ^(注2)	PF	ノード	PF
上	1,2/48	0.8	同左	
	3/48	0.9	同左	
	4,5/48	1.0	同左	
	6,7/48	1.1	同左	
	8-42/48	1.15	同左	
	43,44/48	1.1	同左	
	45,46/48	1.0	同左	
	47/48	0.9	同左	
	48/48	0.8	同左	
下				

(注1) 収納される使用済燃料の種類ごとの最小値を用いる。

(注2) 燃料有効部を48分割したときの要素をいう。

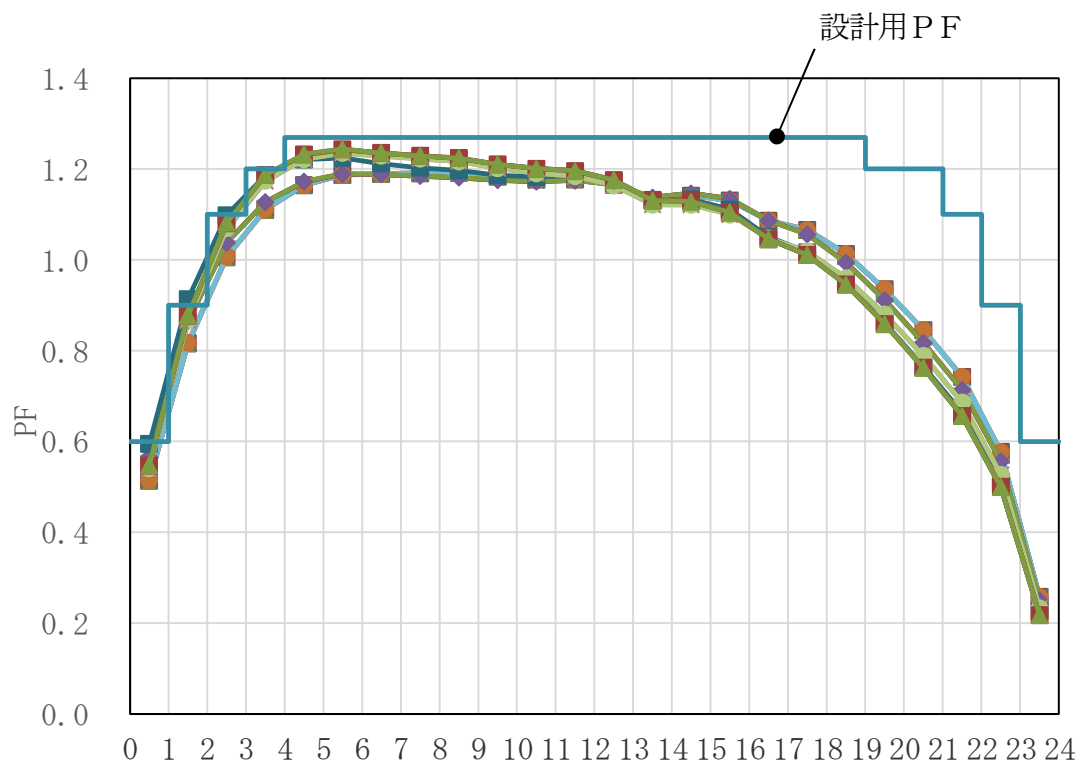


図1 新型8×8燃料の設計用PF及び使用済燃料集合体のPFの比較

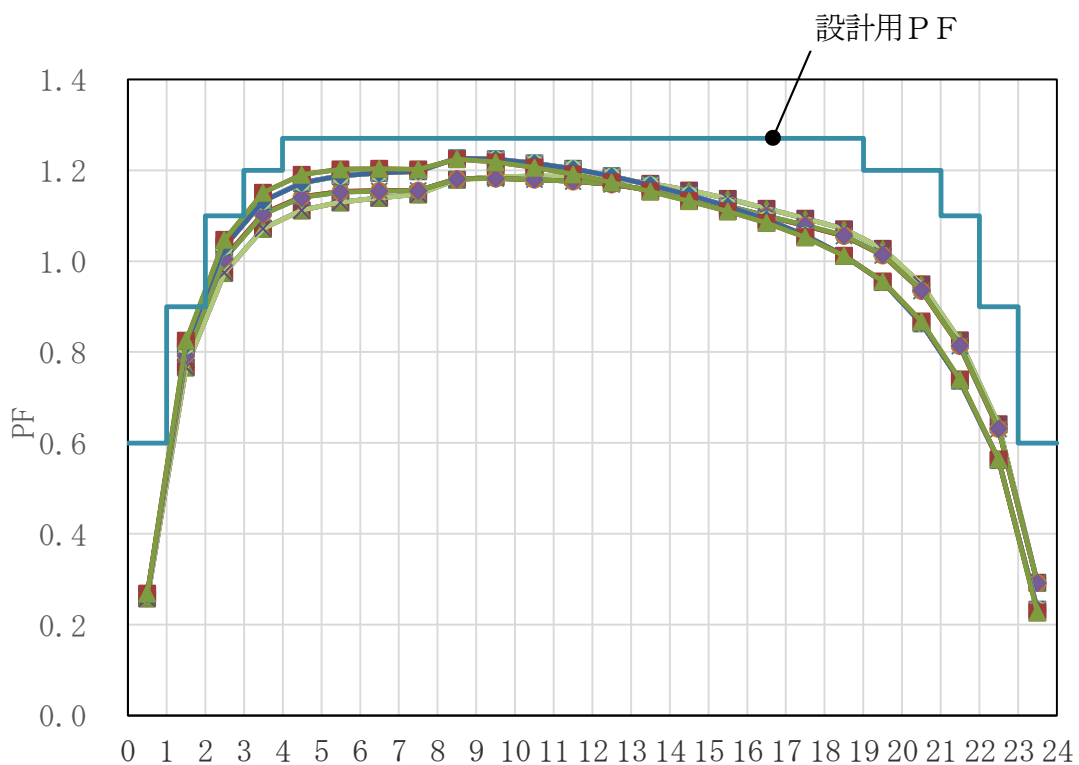


図2 新型8×8ジルコニウムライナ燃料の設計用PF及び使用済燃料集合体のPFの比較

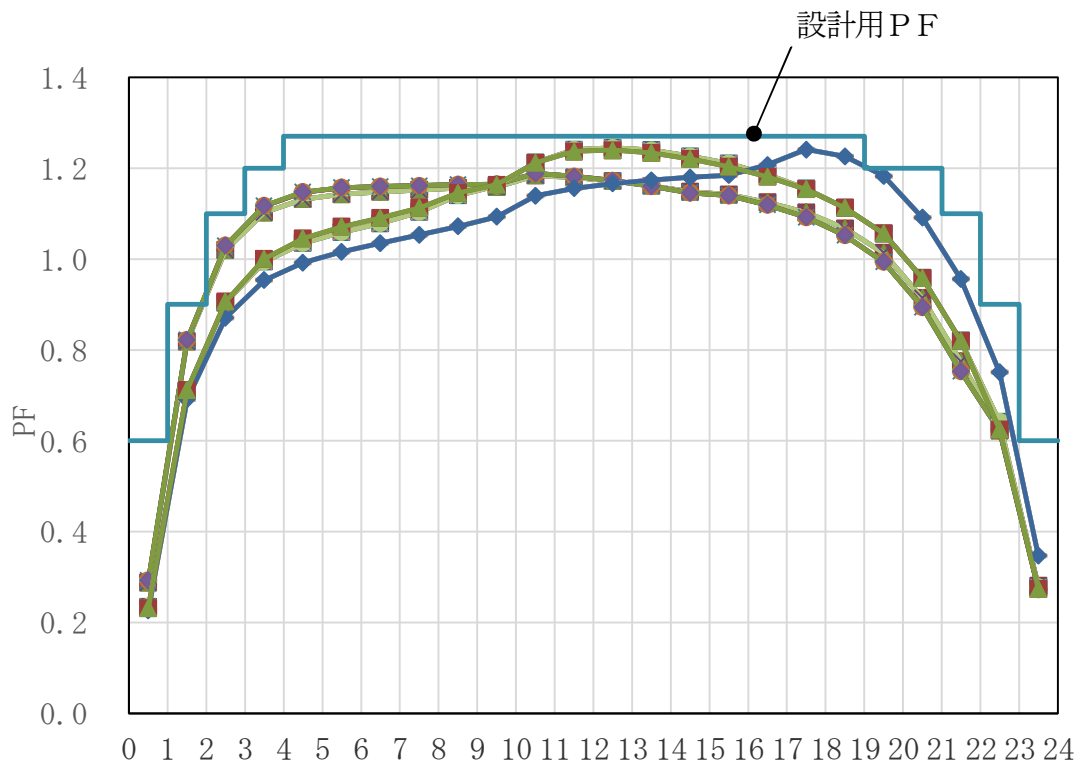


図3 高燃焼度8×8燃料の設計用PF及び使用済燃料集合体のPFの比較

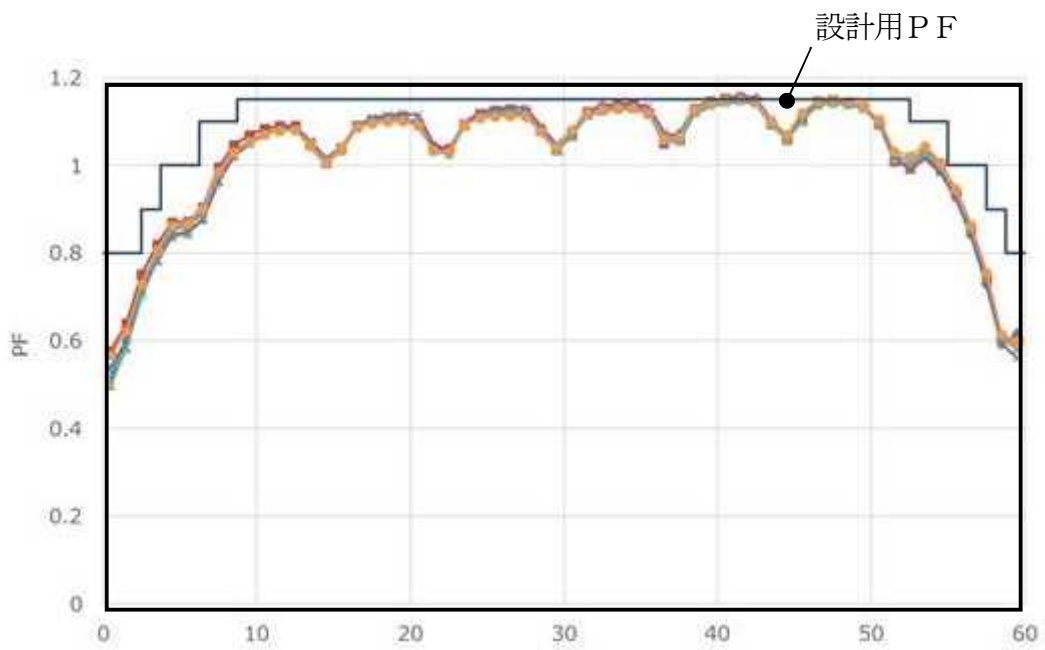


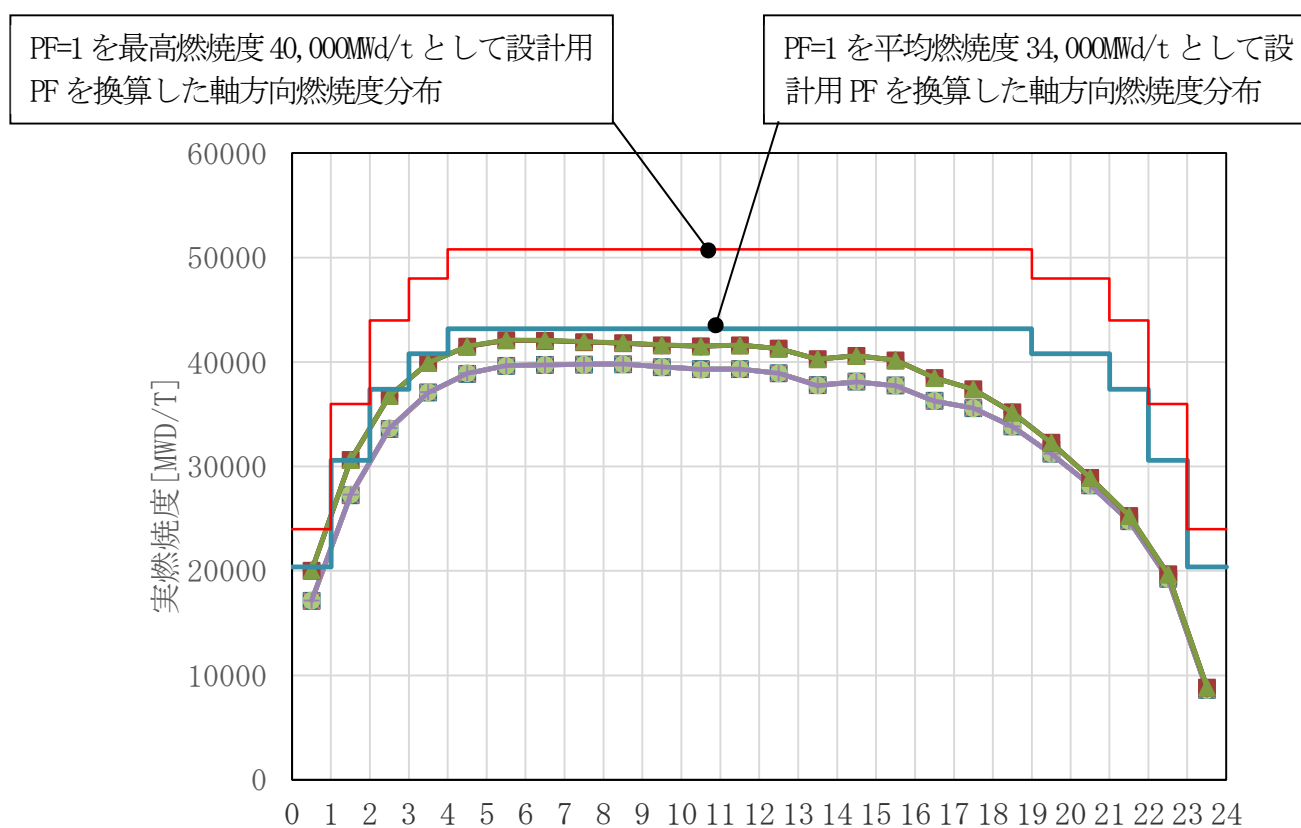
図4 17×17燃料48,000Mwd/t型の設計用PF及び使用済燃料集合体のPFの比較

新型8×8燃料及び17×17燃料48,000Mwd/t型の軸方向燃焼度分布の比較結果について

本文で述べているとおり、PFは使用済燃料集合体の平均燃焼度に対する軸方向の燃焼度の比を表すものである。そのため、除熱や遮蔽解析上は平均燃焼度が高いほど厳しい燃料であるにもかかわらず、PFの値自体は平均燃焼度が低くても高くなる場合がある。これが新型8×8燃料及び17×17燃料48,000Mwd/t型燃料のPFの一部が設計用PFを超過している理由であり、それらの燃料における評価の保守性はPFを燃焼度に換算して確認する必要がある。

ここで、新型8×8燃料の軸方向燃焼度分布の比較結果を別図1及び別図2に示す。また、17×17燃料48,000Mwd/t型の軸方向燃焼度分布の比較結果を別図3及び別図4に示す。いずれの比較結果においても、基本的に設計用PFを換算した軸方向燃焼度分布に使用済燃料集合体の軸方向燃焼度分布が概ね包絡されていることが確認できる。

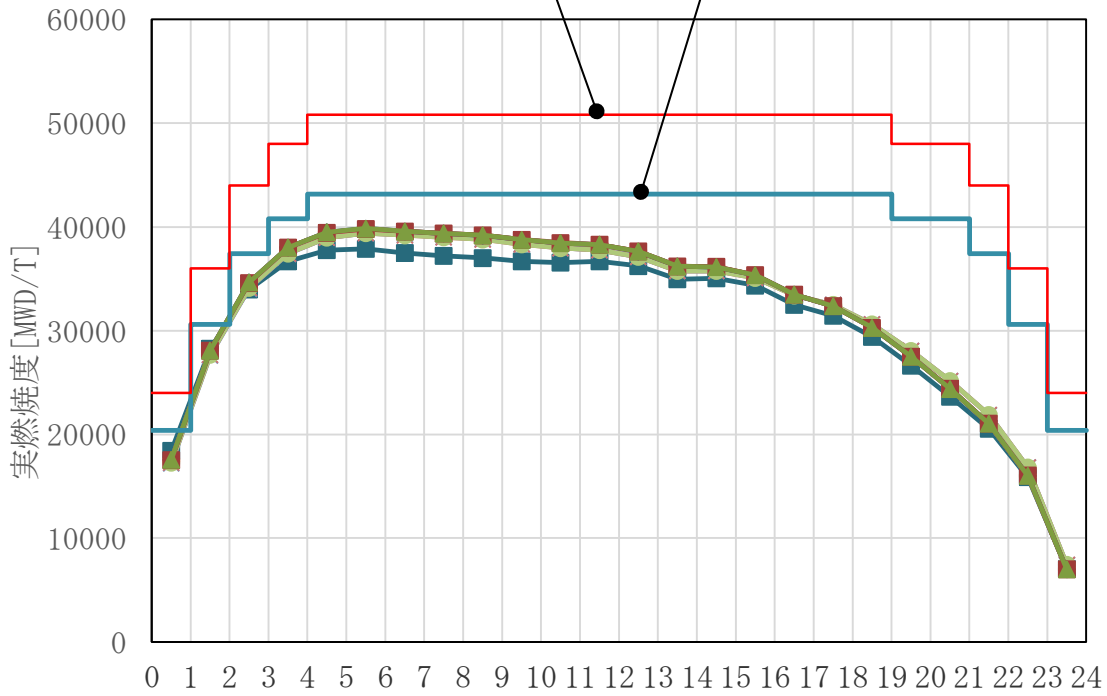
以上のことから、評価の保守性には影響しないといえる。



別図1 平均燃焼度上位10体及び設計に想定している軸方向燃焼度分布の比較結果

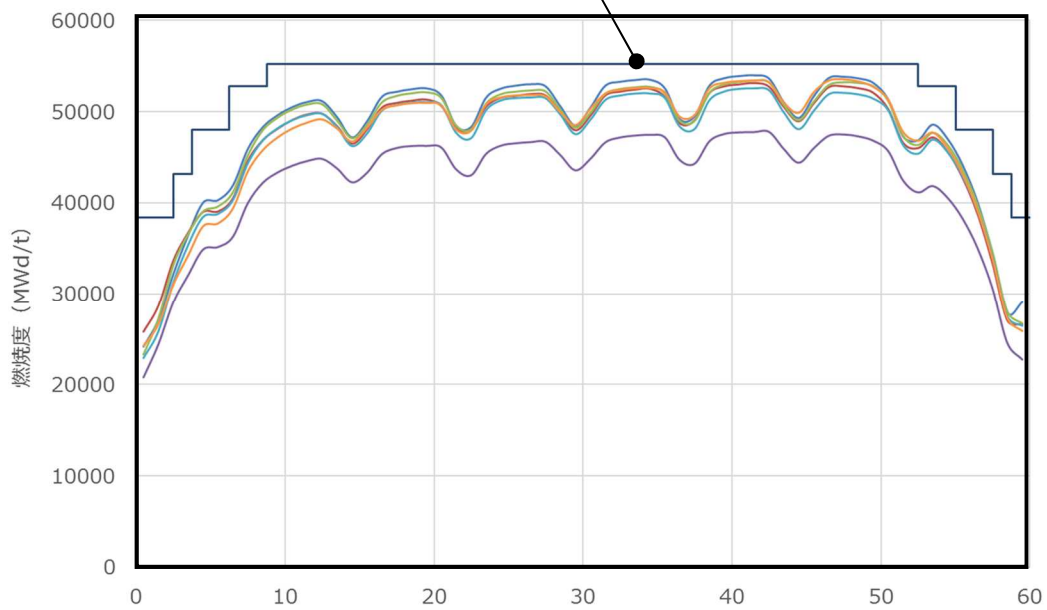
PF=1 を最高燃焼度 40,000Mwd/t として設計用 PF を換算した軸方向燃焼度分布

PF=1 を平均燃焼度 34,000Mwd/t として設計用 PF を換算した軸方向燃焼度分布

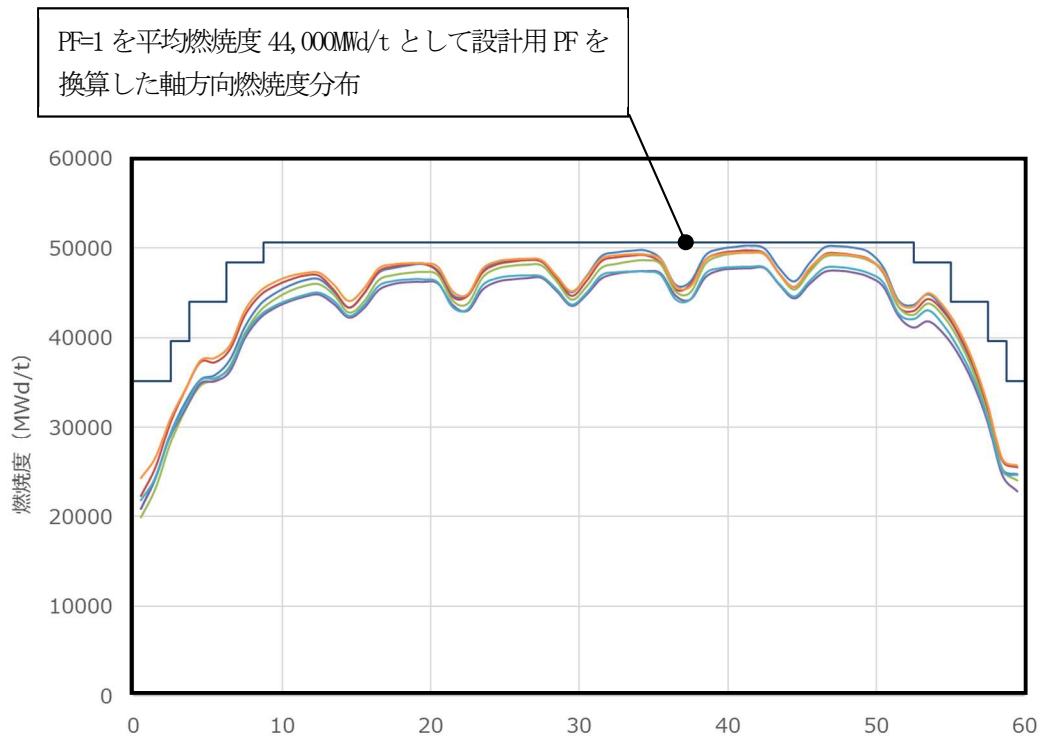


別図2 ピーキング上位 10 体及び設計に想定している軸方向燃焼度分布の比較結果

PF=1 を最高燃焼度 48,000Mwd/t として設計用 PF を換算した軸方向燃焼度分布



別図3 最高燃焼度領域（中央部 9 体）の使用済燃料集合体における軸方向燃焼度分布の比較結果
(燃焼度 40,000Mwd/t 以上)



別図4 平均燃焼度領域（外周部 12 体）の使用済燃料集合体における軸方向燃焼度分布の比較結果
（燃焼度 40,000～44,000Mwd/t）