

伊方 3 号機プルサーマル計画等に係る原子炉設置変更許可申請の
1 次審査結果について

経済産業省

原子力安全・保安院

伊方発電所3号機プルサーマル計画 等に係る原子炉設置変更許可申請 の1次審査結果について

平成17年10月
原子力安全・保安院
統括安全審査官
鈴木 正幸

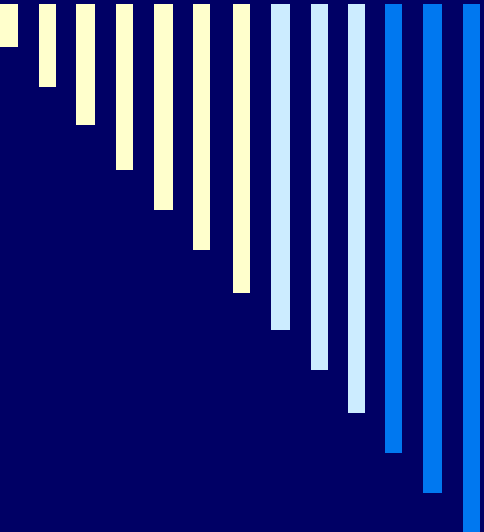
目 次

四国電力の計画

安全規制上の手続き

原子力安全・保安院での安全審査

今後の流れ



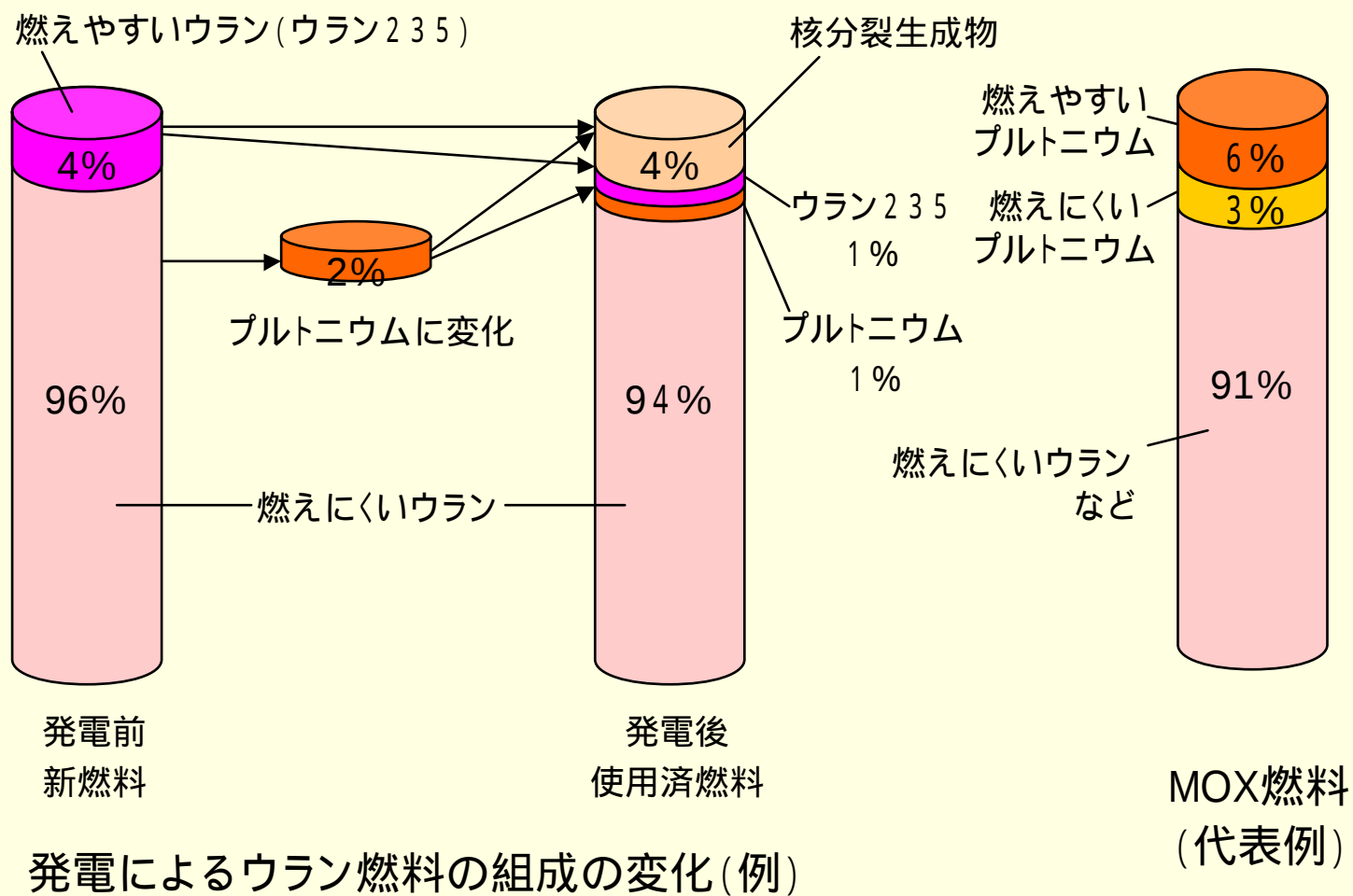
四国電力の計画

MOX燃料採用の概要

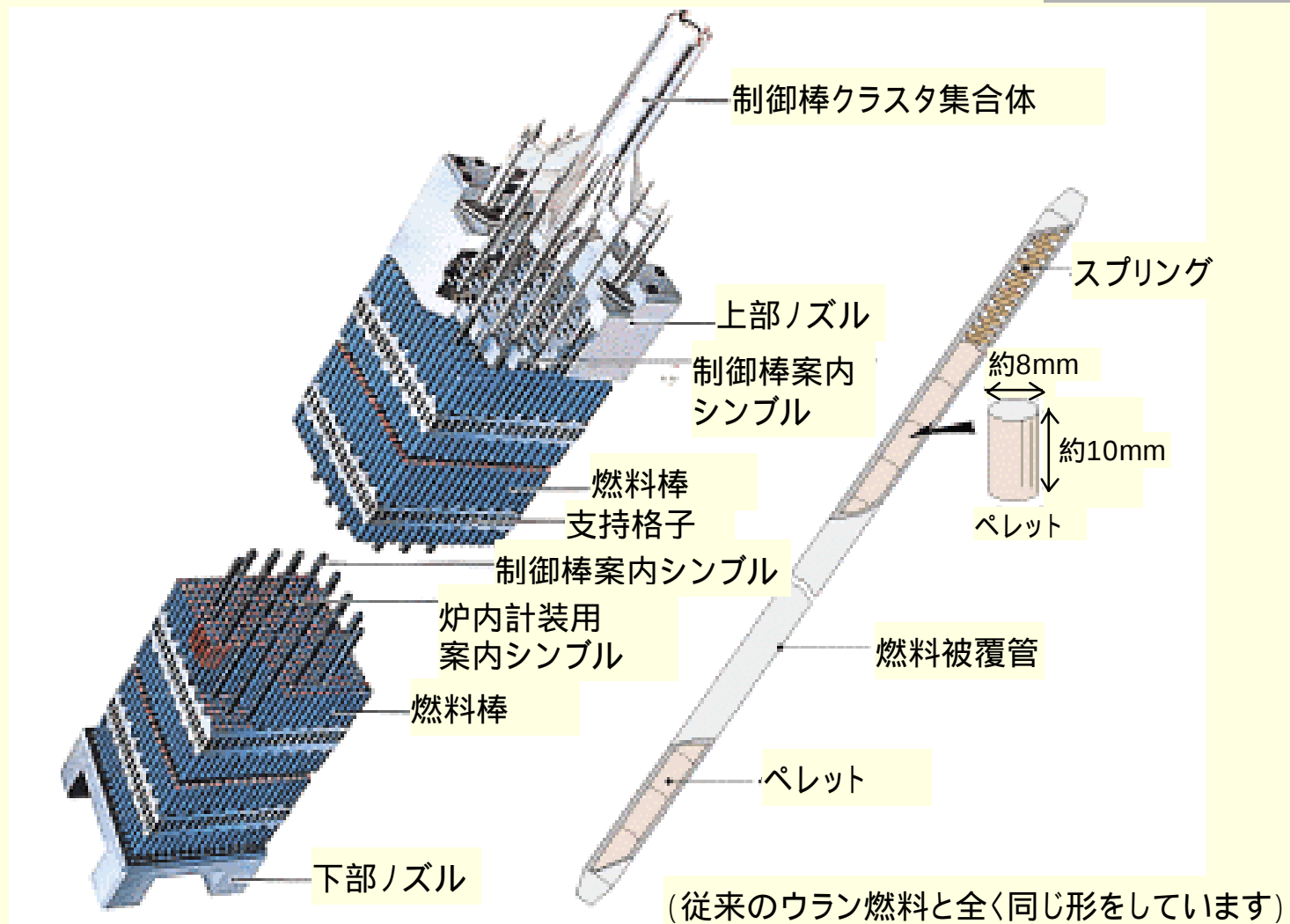
- 申請年月日 平成16年11月1日
 - 対象発電所 伊方発電所3号炉
 - 定格電気出力 89万kW
 - 燃料集合体の数 157体
 - うちMOX燃料の数 (最大)40体
 - MOX燃料の割合 約 1 / 4
 - 同時に使用するウラン燃料 高燃焼度燃料(ステップ2燃料)
 - MOX燃料
 - プルトニウム含有率¹⁾(集合体平均) 約11wt%以下
 - プルトニウム含有率¹⁾(ペレット) 13 wt%以下
 - 核分裂性プルトニウム富化度²⁾(ペレット) 8 wt%以下
- 1)プルトニウム含有率 : 燃料内でのプルトニウムの量を示す指標
 2)核分裂性プルトニウム富化度 : 燃料内での核分裂性プルトニウムの量を示す指標

	ステップ1 燃料	ステップ2 燃料	MOX燃料
ウラン濃縮度 (MOX燃料はプルトニウム含有率)	約4.1wt%	約4.8wt%	約4.1wt%濃縮ウラン相当
集合体最高燃焼度	48,000MWd/t	55,000MWd/t	45,000MWd/t

ウラン燃料とMOX燃料



MOX燃料の外観



その他の変更案件

四国電力は、MOX燃料採用と同時に、安全保護系の変更等についても変更申請している。

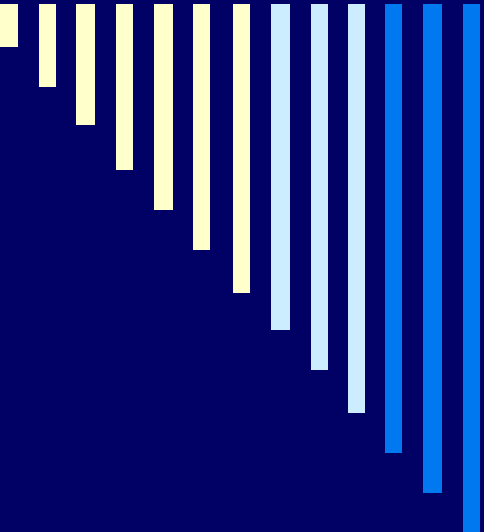
1. 1号炉及び2号炉の安全保護回路等の変更

「蒸気発生器水位異常低」による原子炉停止信号を「2 out of 4」方式に変更するなど、安全保護回路の信号回路を最新プラントに合わせ、信頼性の向上を図る。

その際、安全保護回路及び中央制御盤を最新のデジタル式とすることから、電源喪失に備えて設置している蓄電池の負荷が若干増加するため、電源構成を変更し、余裕を確保する。

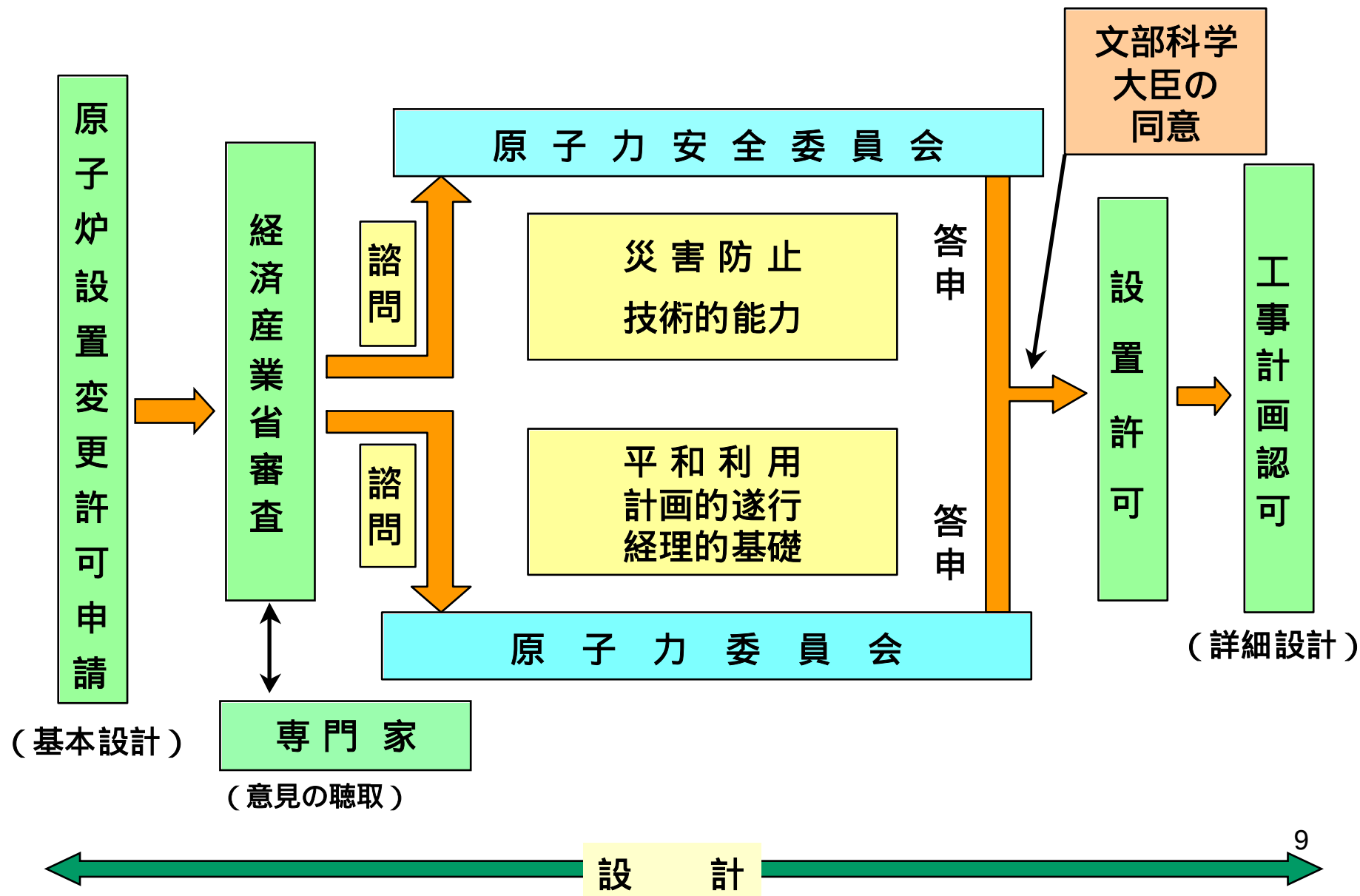
2. 1号炉、2号炉及び3号炉の放射性廃棄物廃棄施設の変更

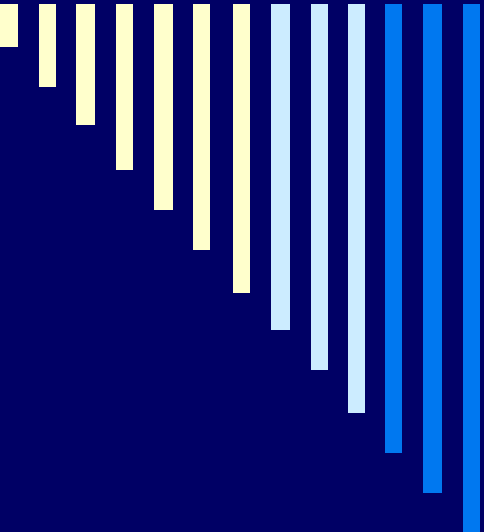
これまでの運用実績から、一部施設の共用化並びに廃止等を行い、設備の効率的な運用、維持管理を図る。



安全規制上の手続き

原子力発電所の安全規制体系





原子力安全・保安院 での安全審査

安全審査の基本的な考え方

- 申請書に記載されている原子炉の状態や燃料の挙動などの解析が、適切であるか確認する。
- 解析結果が、安全上の判断基準を満足するか確認する。



実験などの結果に基づいて、安全側に一定の余裕を持って決めることにより、安全性が確保される。

特にMOX燃料採用の審査については、原子力安全委員会が定めた各種指針の他、「MOX報告書」*なども活用した。

*：「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」
(平成7年6月原子力安全委員会了承)

「MOX報告書」の概要

- (検討の目的)
 - MOX燃料を装荷することに係る安全審査の際の指標を作成。
- (検討の範囲)
 - ペレット最高プルトニウム含有率は13%まで、ペレット最高核分裂性プルトニウム富化度は8%まで、MOX燃料の炉心装荷率は1/3程度まで。
- (検討結果)
 - MOX燃料の特性、挙動はウラン燃料と大きな差はなく、また、MOX燃料及びその装荷炉心は、従来のウラン燃料炉心と同様の設計が可能。
 - 安全評価に当たって、従来ウラン燃料炉心に用いている判断基準並びにMOX燃料の特性を適切に取り込んだ安全設計手法、安全評価手法を適用することは差し支えない。

今回の申請における 安全設計手法、安全評価手法

○ 安全設計手法

■ 燃料棒機械設計

ステップ2(ウラン)燃料の健全性評価に適用された燃料棒設計コードに、MOX燃料の特性を「MOX報告書」において認められたものと同様に反映したものを使用。

■ 核設計

「MOX報告書」においてMOX燃料装荷炉心への適用が認められている核設計コードを使用。

■ 熱水力設計

ステップ2(ウラン)燃料の熱水力設計に用いた改良統計的熱設計手法を適用。適用にあたってMOX燃料の製造公差の影響等を考慮。

○ 安全評価手法

- MOX燃料装荷炉心の安全評価に当たっては、従来の解析コードを使用し、入力値にMOX燃料の特徴を反映。

ステップ2 (ウラン) 燃料との 組み合わせについて

伊方3号炉 : (ステップ2 燃料 + MOX燃料) 炉心
先行炉 (高浜、玄海) : (ステップ1 燃料 + MOX燃料) 炉心

(ステップ2 燃料 + MOX燃料) 炉心については、(ステップ1 燃料 + MOX燃料) 炉心と同様、MOX燃料の特性を適切に考慮した評価を行い、炉心の安全性を確認している。

【ステップ2 燃料との混在による主な影響】

【確認事項】

制御棒やほう素の効きが
わずかに低下する。

必要な停止余裕が確保できる
ことを確認。

燃料間の出力の差が大
きくなりやすい。

適切な燃料配置等により、出
力分布の平坦化が可能である
ことを確認。

安全審査のポイント

1. 原子炉の制御性
 - 制御棒の効きについて
 - ほう素の効きについて
 - 制御性に関する解析例
2. 原子炉の出力分布特性
 - 出力分布の平坦化
3. 燃料設計
 - ガスの発生量について
 - ペレットの溶融点について
4. 事故時の安全性
 - 事故時のふるまい
5. 取扱・貯蔵
 - MOX新燃料の取扱・貯蔵
 - 使用済MOX燃料の貯蔵

【原子炉の制御性】

原子炉の制御性への影響

原子炉を停止するのに必要な制御棒の効きなどへの影響

MOX燃料は熱中性子の吸収がウラン燃料に比べて大きい

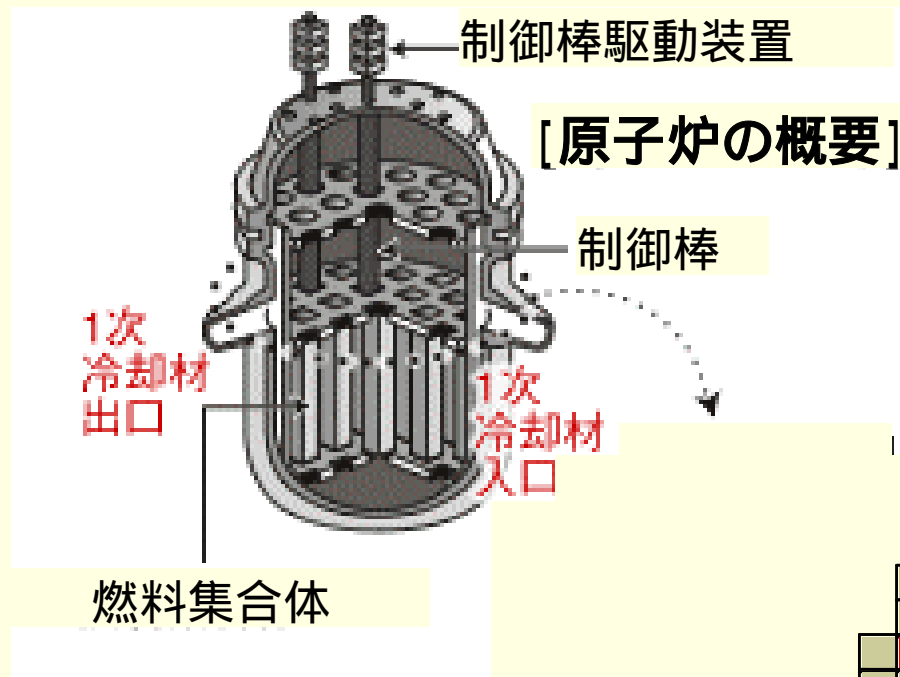


熱中性子の割合がウラン燃料に比べて少ない



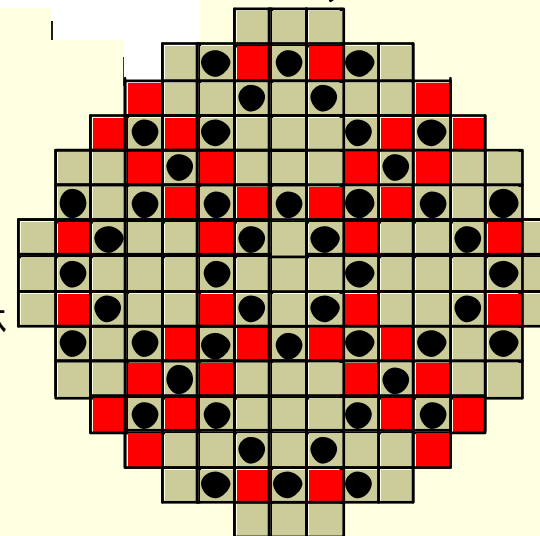
- (1) 制御棒の効きが低下する傾向
- (2) ほう素の効きが低下する傾向

【原子炉の制御性】 制御棒の効きについて



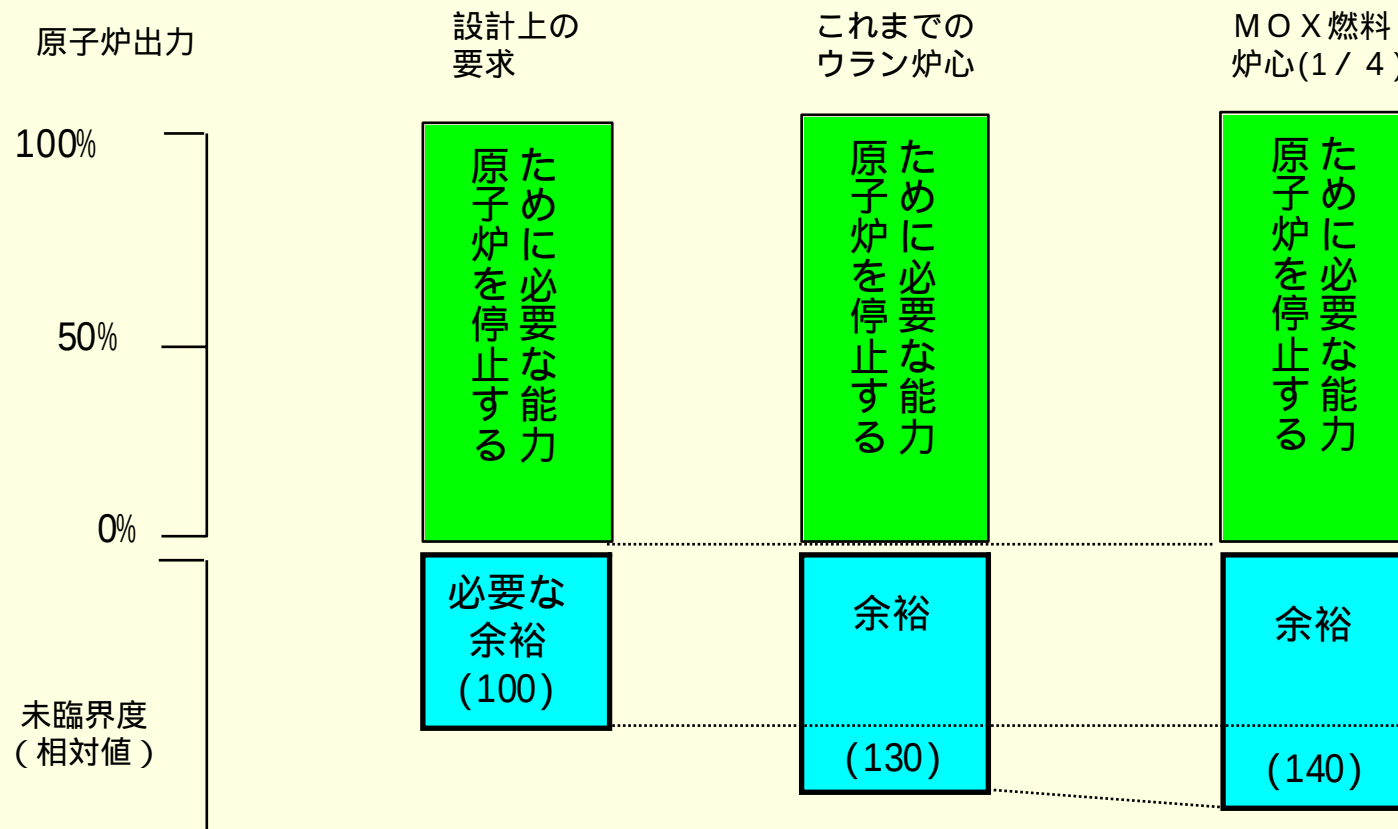
制御棒挿入位置を避けてMOX燃料を装荷

- : MOX燃料(40体)
 - : ウラン燃料(117体)
 - : 制御棒(48体)
- 燃料集合体 計157本



【燃料配置の一例】

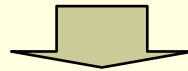
【原子炉の制御性】 制御棒の効きについて



プルトニウムとウランとの核的性質の違いを設計時に考慮して、燃料配置等を工夫することにより必要な余裕を確保することが可能であることを確認した。

【原子炉の制御性】 ほう素の効きについて

ほう素の効きが低下する傾向



ほう素濃度を高くして、効きの低下を防止
(燃料取替用水タンク、蓄圧タンク)*



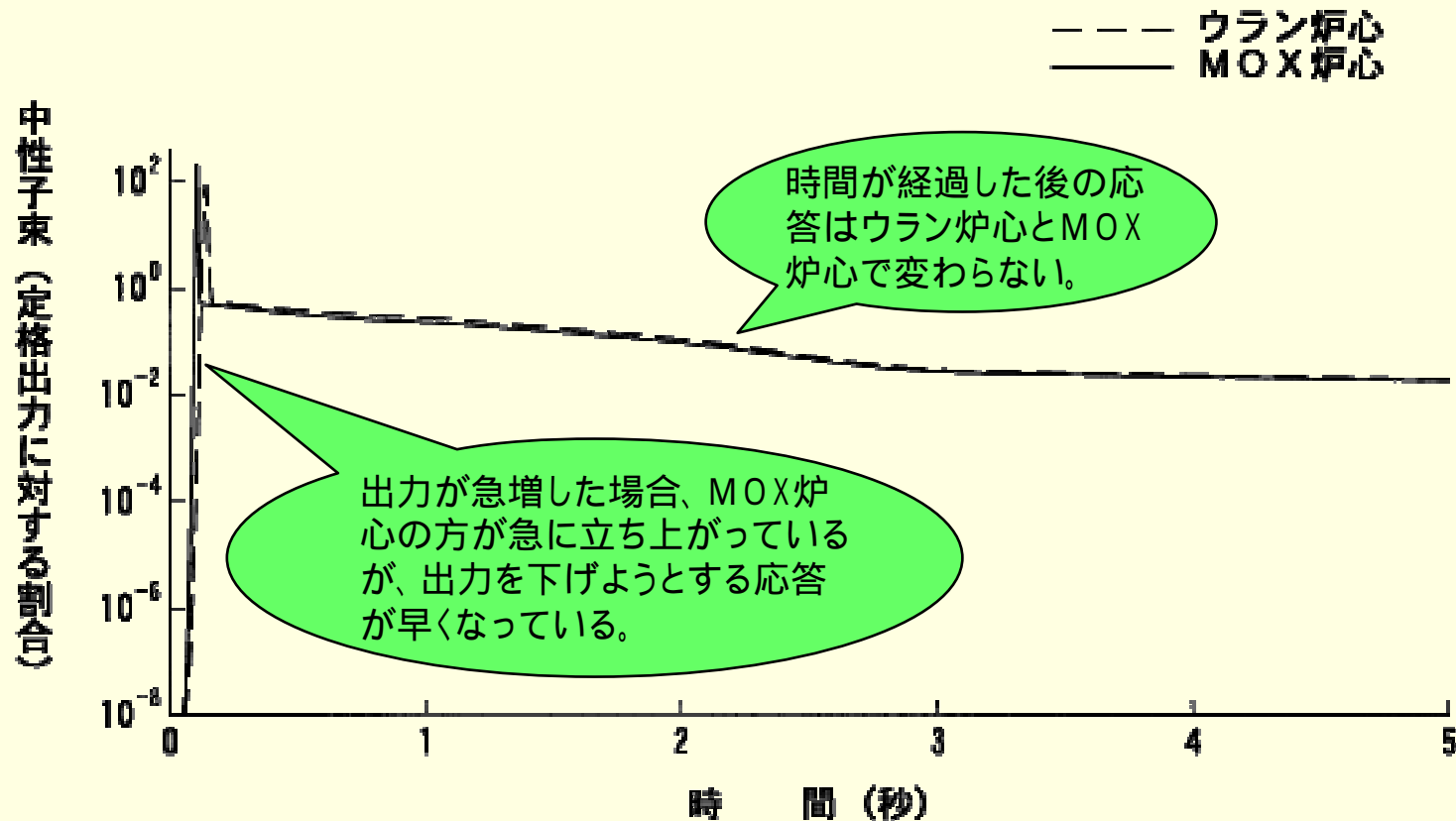
ほう素の効きを確保できることを確認した

(*) (伊方3号機の例)

燃料取替用水タンク	3,400ppm以上	→	4,400ppm以上
蓄圧タンク	3,400ppm以上	→	4,400ppm以上

【原子炉の制御性】

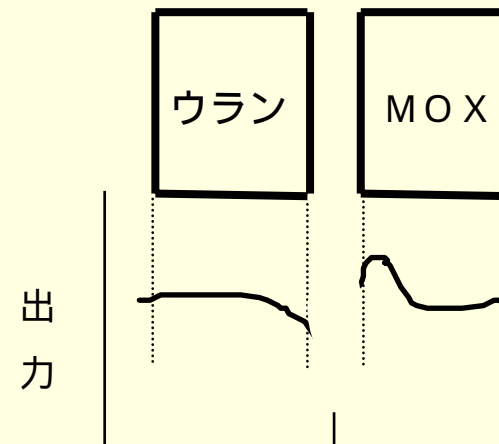
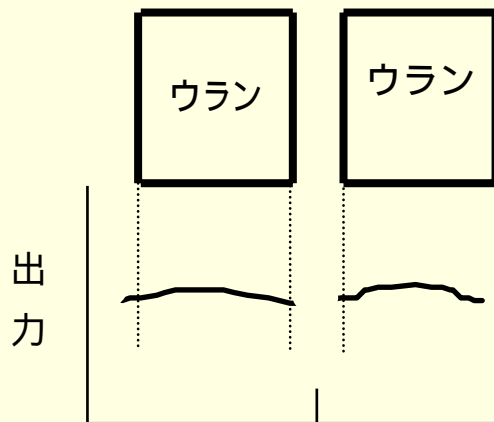
制御性に関する解析例



出力が急に増加した場合の解析結果

【原子炉の出力分布特性】 出力分布の平坦化

MOX燃料は、ウラン燃料と隣接する領域で出力が出やすくなる。

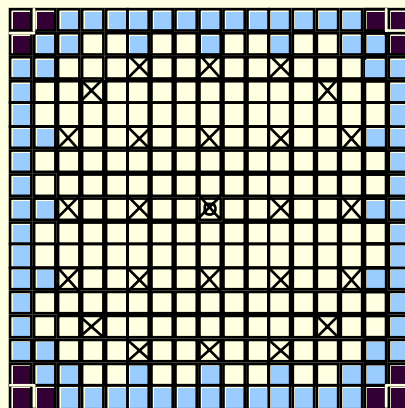


【原子炉の出力分布特性】

出力分布の平坦化

MOX燃料のPu含有率に
3つの含有率分布を設定

MOX燃料は下図のとおり、できるだけ燃料棒出力が平坦になるように燃料棒が配置される。



Pu含有率(代表組成)

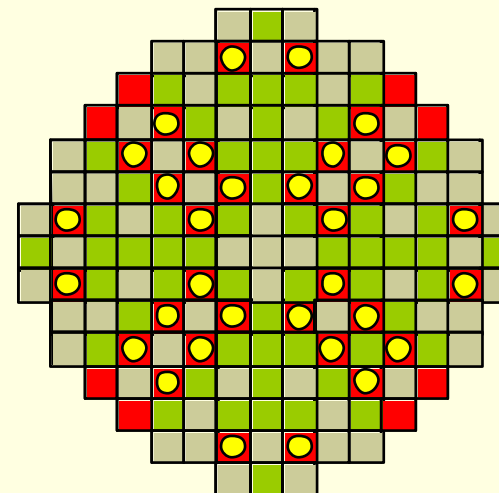
- 高Pu含有率棒(約10.6wt%)
- 中Pu含有率棒(約6.2wt%)
- 低Pu含有率棒(約4.5wt%)

集合体平均Pu含有率
約9.0wt%

燃料集合体内の出力分布を平坦化

燃料集合体の適切な配置や
中性子吸収材の使用

燃料集合体を適切に配置するとともに、下図のとおり、中性子吸収材を併用して、原子炉内の出力分布が平坦化される。



■ MOX燃料
■ ウラン燃料
■ ガドリ入り
ウラン燃料
● 中性子吸収材

原子炉内の出力分布を平坦化

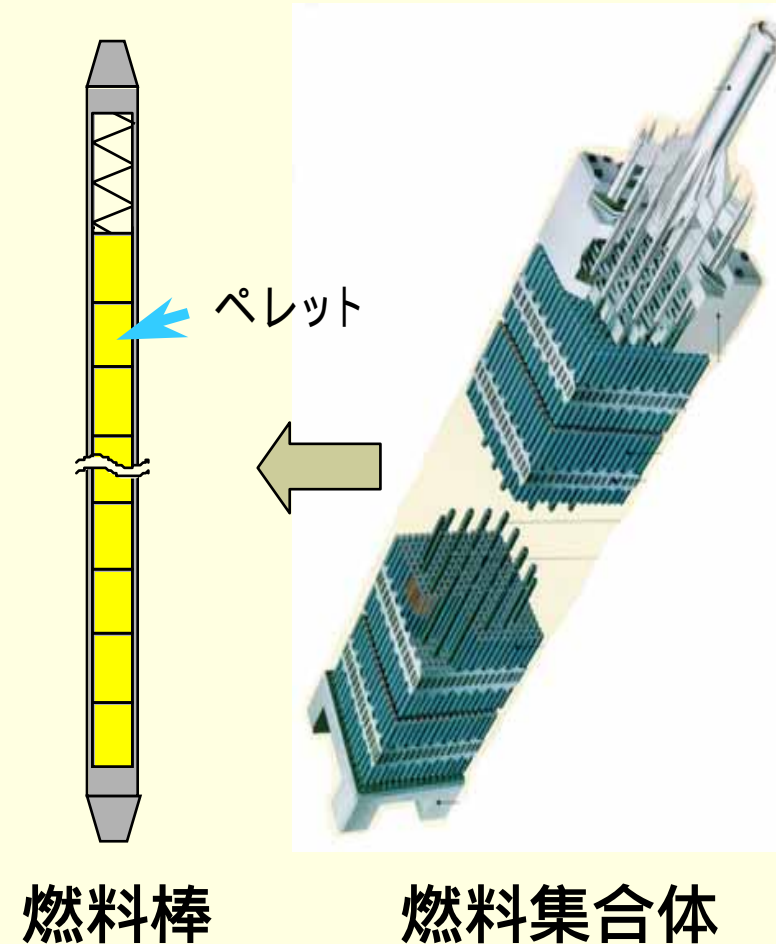
【燃料設計】

ガスの発生量について

- ヘリウムガス発生量が多くなる。
- ペレット内にプルトニウムが不均一（プルトニウムスポット）に存在する可能性がある。
- ウラン燃料に比べて核分裂性ガスの放出率が多くなることもある。



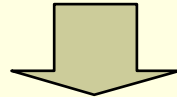
これらにより燃料棒内の圧力が高くなり、燃料の健全性に影響を与える可能性がある。



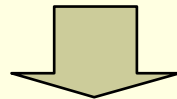
【燃料設計】

ガスの発生量について

MOX燃料は燃料棒内圧が高くなる可能性がある



燃料棒内の初期ヘリウム
ガス加圧量を低下させる



内圧評価結果
0.83 (代表組成MOX)
:基準値を1.0とした場合の相対値

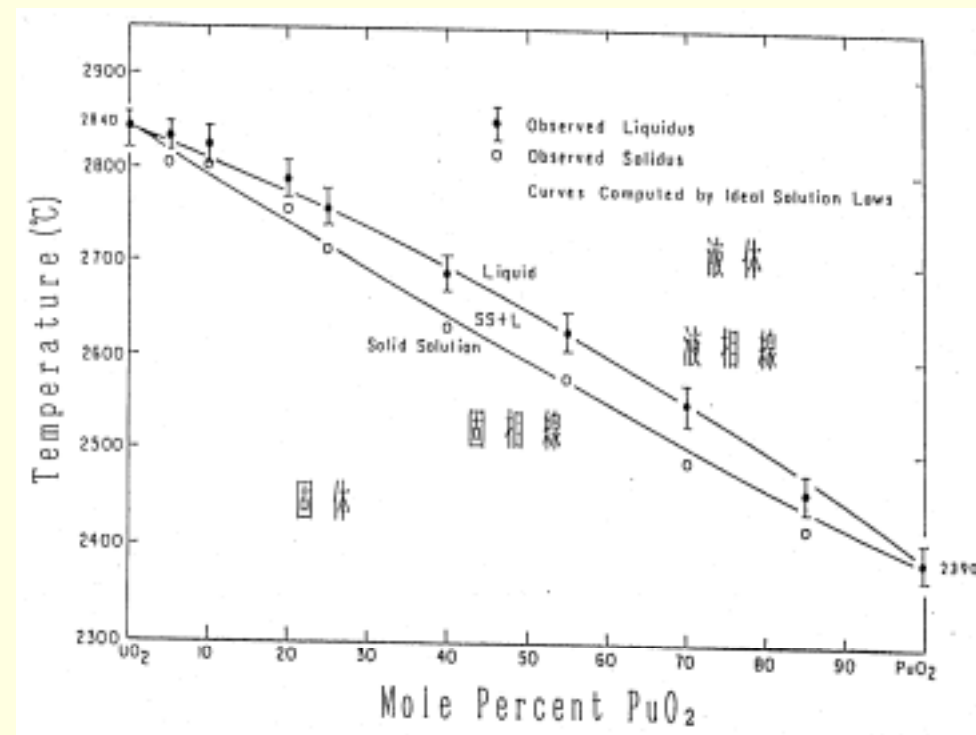
燃料棒内圧の上昇を燃料健全性上問題ない範囲
に抑えることができることを確認した。

【燃料設計】

ペレットの溶融点*について

ペレットが溶けると燃料被覆管の健全性に影響を与える。

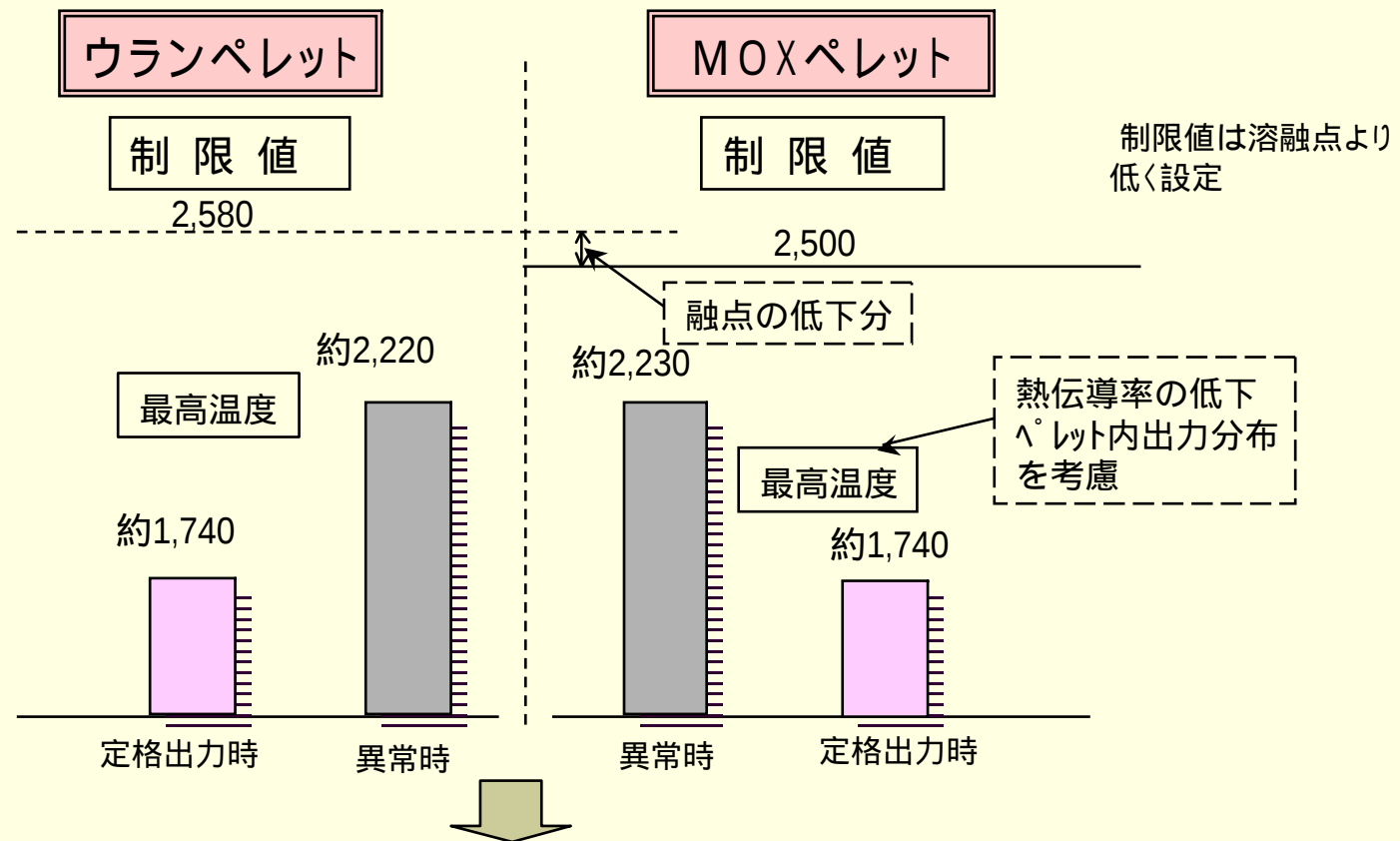
	溶融点 (未照射時)
ウラン燃料ペレット	2800
MOX燃料ペレット	2730



* 溶融点: 物質が溶ける温度

【燃料設計】

ペレットの溶融点について



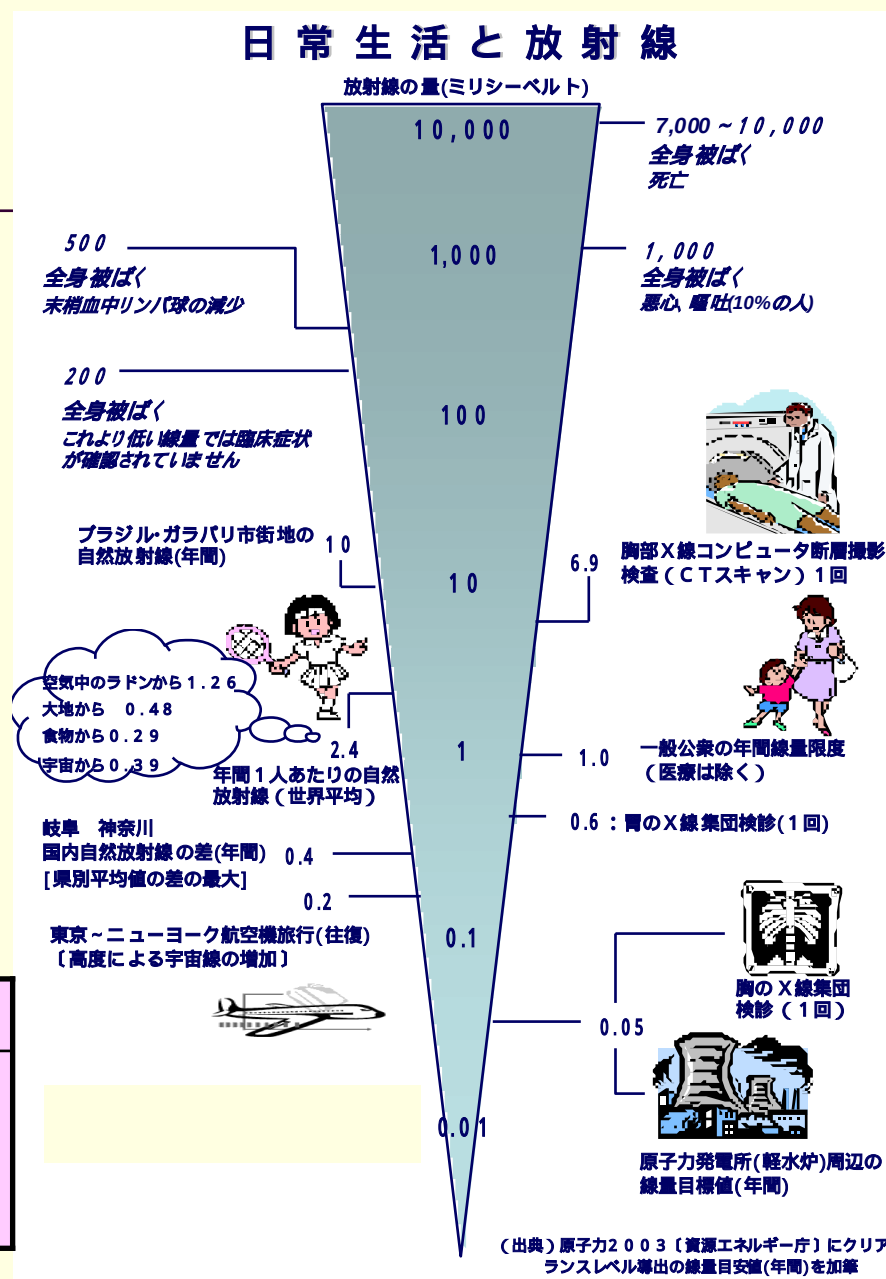
燃料中心温度の溶融点に対する余裕は確保できることを確認した。

【事故時の安全性】 事故時のふるまい

安全審査では、事故を想定して発電所周辺の放射線の影響を評価する。その結果、最も影響の大きい蒸気発生器伝熱管破損事故でも安全上の判断基準を下回っていることを確認した。

	評価値	判断基準
蒸気発生器伝熱管破損事故	約0.50mSv	5mSv

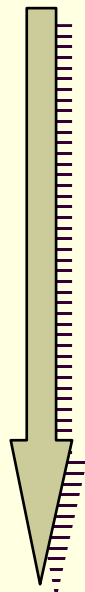
『安全審査のポイント』



【取扱・貯蔵】

MOX新燃料の取り扱い・貯蔵

MOX新燃料は放射線線量が高い

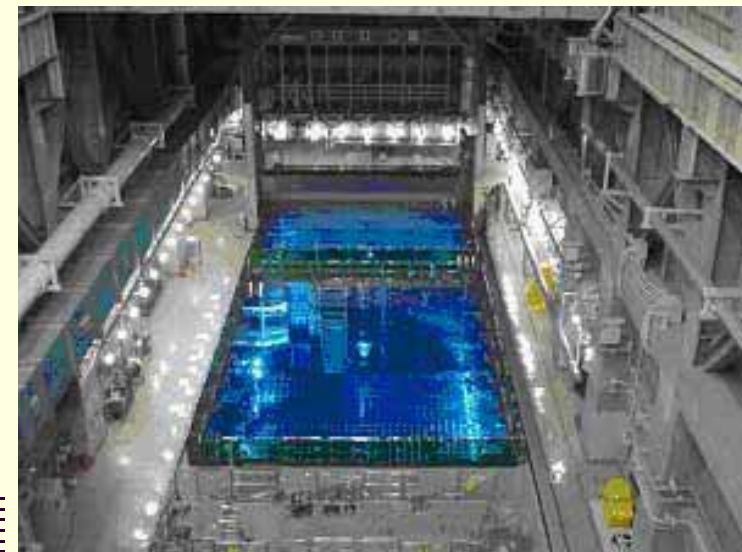


発電所における取扱では、
遮へい体の設置などで放射線
を遮へい

発電所における貯蔵では、
使用済燃料ピットに貯蔵し、
放射線を遮へい

(単位:mSv/h)

	ウラン燃料	MOX燃料
表面線量率	約0.04	約1.0



使用済燃料ピット

安全な取扱・貯蔵が可能なことを確認した

【取扱・貯蔵】

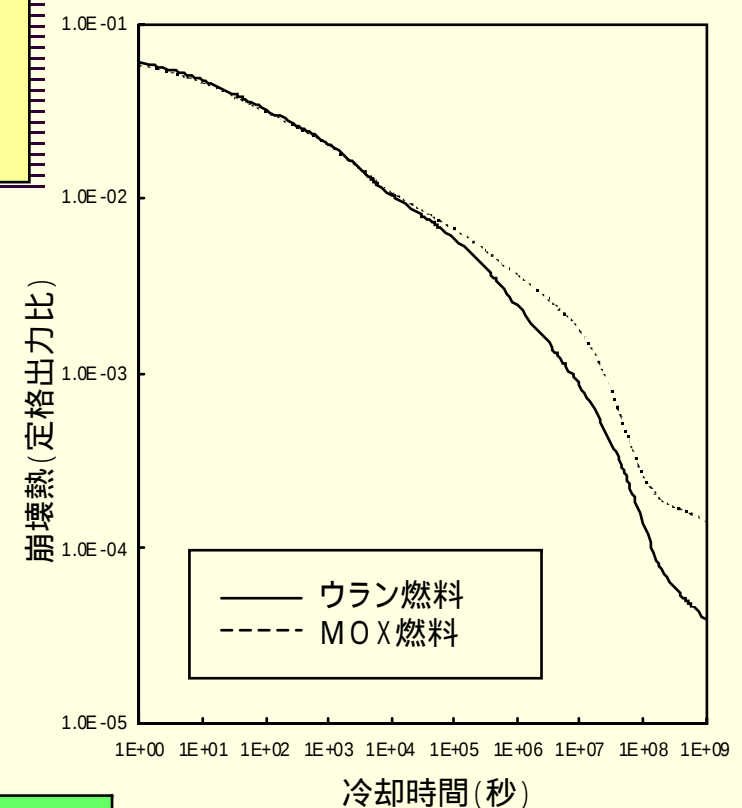
使用済MOX燃料の貯蔵

使用済MOX燃料の崩壊熱は使用済ウラン燃料より高くなる

既設の使用済燃料ピット冷却系による熱除去

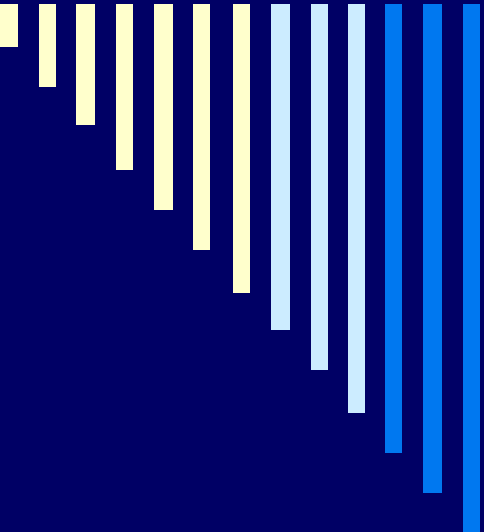
設備容量一杯の使用済燃料が貯蔵されているものとし、MOX燃料とウラン燃料の混合貯蔵において熱負荷が最大となる場合で評価

安全な貯蔵が可能なことを確認した



原子力安全・保安院としての審査結果

このような安全審査の結果、伊方3号炉におけるMOX燃料採用は、原子炉の災害防止上支障のないものと判断した。



今後の流れ

M O X 燃料に係る安全規制の流れ

