



玄海原子力発電所3号炉の原子炉 設置変更許可について

平成17年9月

原子力安全・保安院

原子炉設置変更許可申請の内容

- 申請年月日 平成16年5月28日
- 対象発電所 玄海原子力発電所3号炉
- 定格電気出力 118万kW
- 燃料集合体の数 193体
 - うちMOX燃料の数 (最大)48体
 - MOX燃料の割合 約 1/4
- プルトニウム含有率(集合体平均) 約11wt%以下
 - ペレットPu含有率 13 wt%以下、
 - ペレット核分裂性Pu富化度 8 wt%以下
- MOX燃料集合体最高燃焼度 45, 000MWd/t

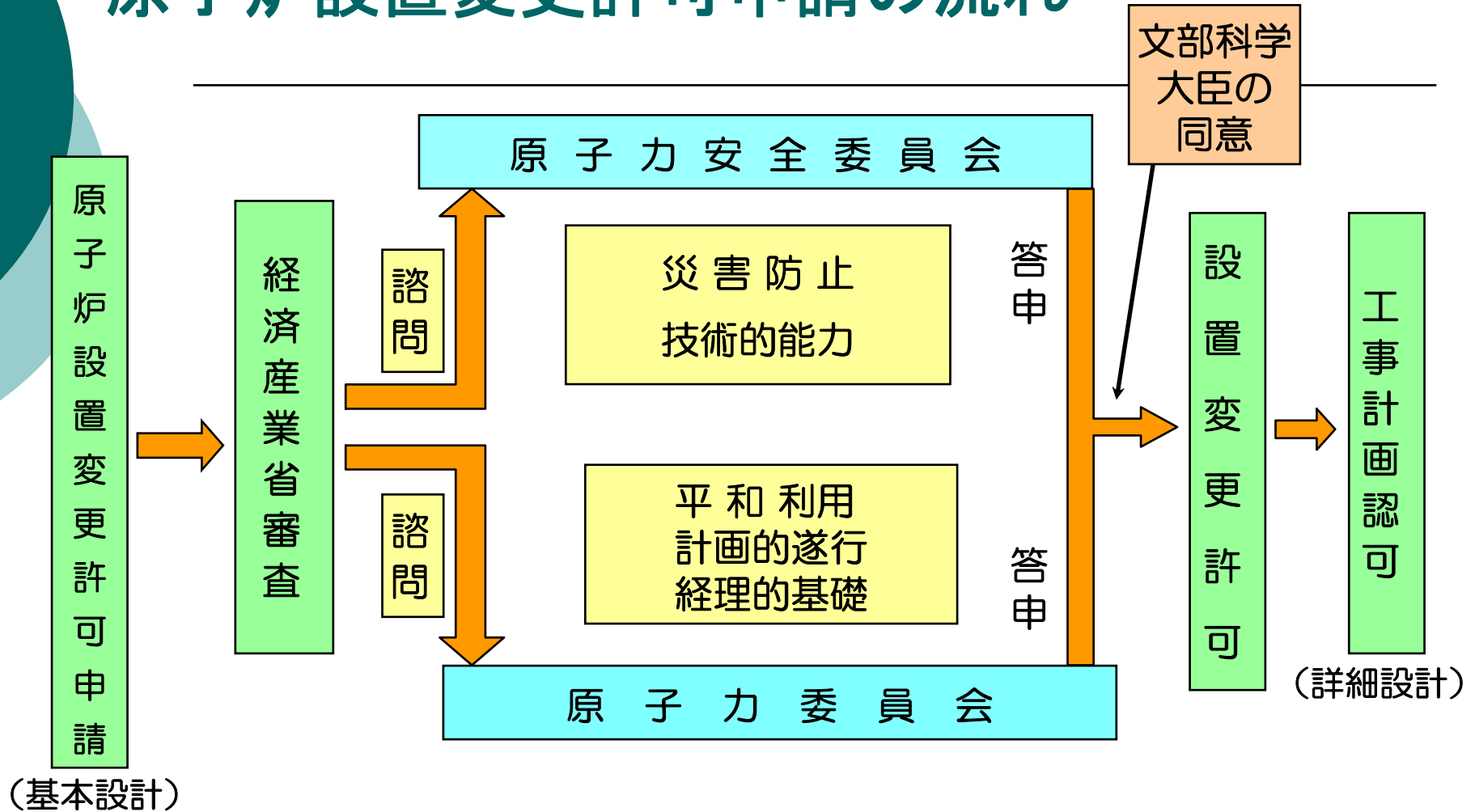
プルトニウム含有率 : 燃料内でのプルトニウムの量を示す指標

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

核分裂性プルトニウム割合 : 燃料に含まれるプルトニウムの内、核分裂性プルトニウムの割合

原子炉設置変更許可申請の流れ

12





安全審查結果

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中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。

安全上の判断基準

実験などの結果に基づいて安全側に決められたもので、その値には一定の余裕を持っている。したがって、安全上の基準を満足すれば、解析値が異なっても安全性は同等といえる。

なお、審査に当たっては、原子力安全委員会が定めた各種指針類や「MOX専門部会報告書」*も適用した。

* : 「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専門部会報告書」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%以下、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。



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

(安全設計手法)

- 機械設計
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燃料の特性を反映したものを使用。
- 核設計
「MOX専門部会報告書」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
ウラン燃料の熱水力設計に用いた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燃料の特徴を適切に反映。安全評価事象に応じて妥当な入力条件を設定。



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
3. 燃料設計
 - －ガスの発生量
 - －ペレットの溶融点
4. 事故時の安全性
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】

原子炉を停止するための制御棒の効きに影響を与える

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

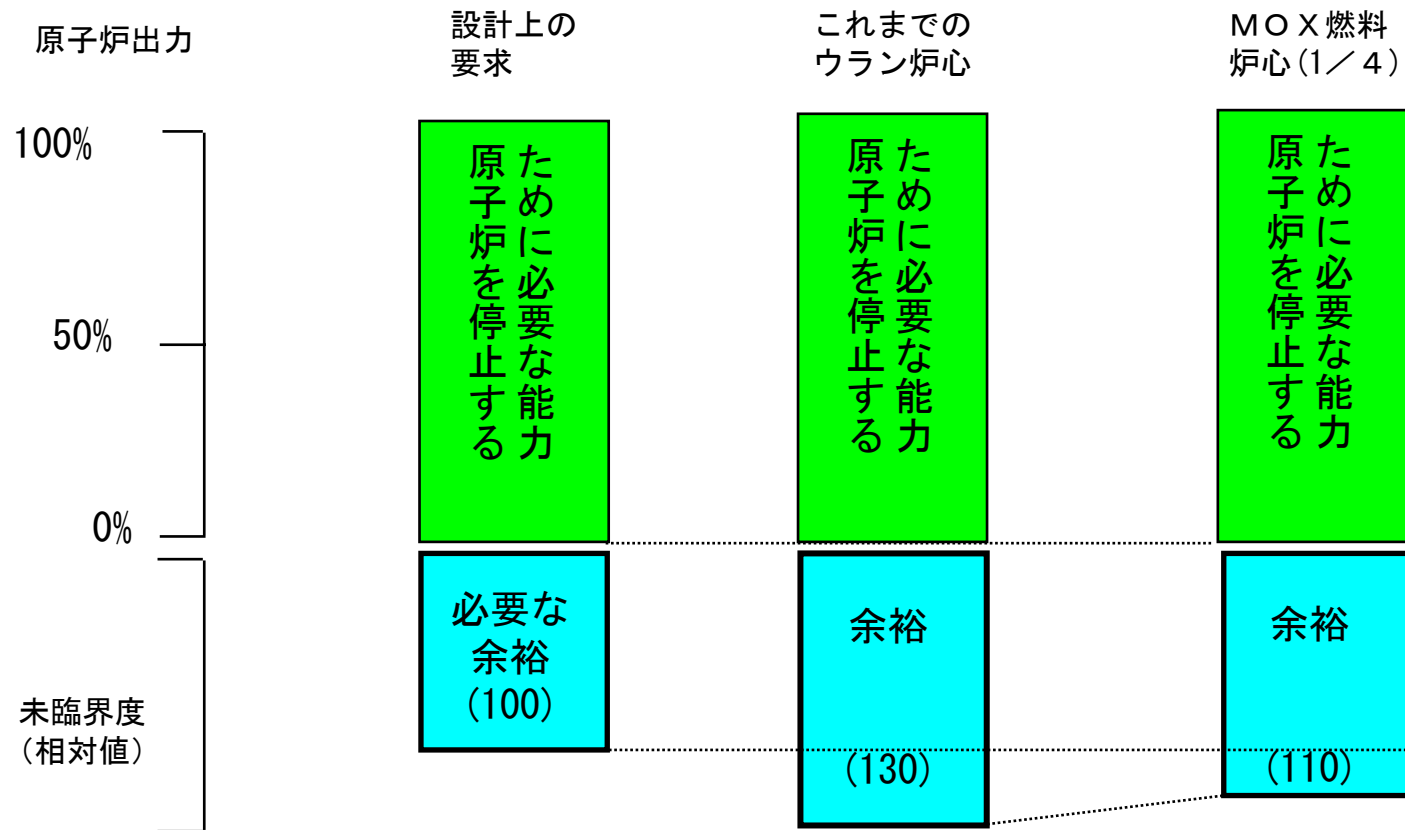


- (1) 制御棒の効きが低下する傾向
- (2) ほう素の効きが低下する傾向

(注) PWRでは、原子炉の出力の調整は主として冷却材に含まれるほう素の濃度を調整して行う。

【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、効きの低下を考慮
(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

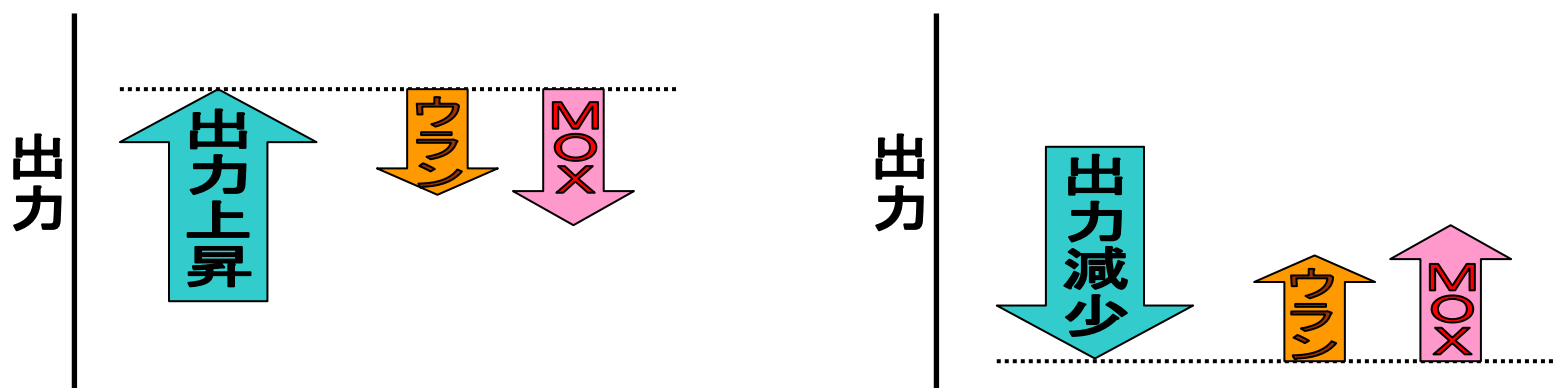
(*)(玄海3号機の例)

燃料取替用水タンク	約2,500ppm	→	3,100ppm以上
蓄圧タンク	約2,500ppm	→	3,100ppm以上

【原子炉の制御性】

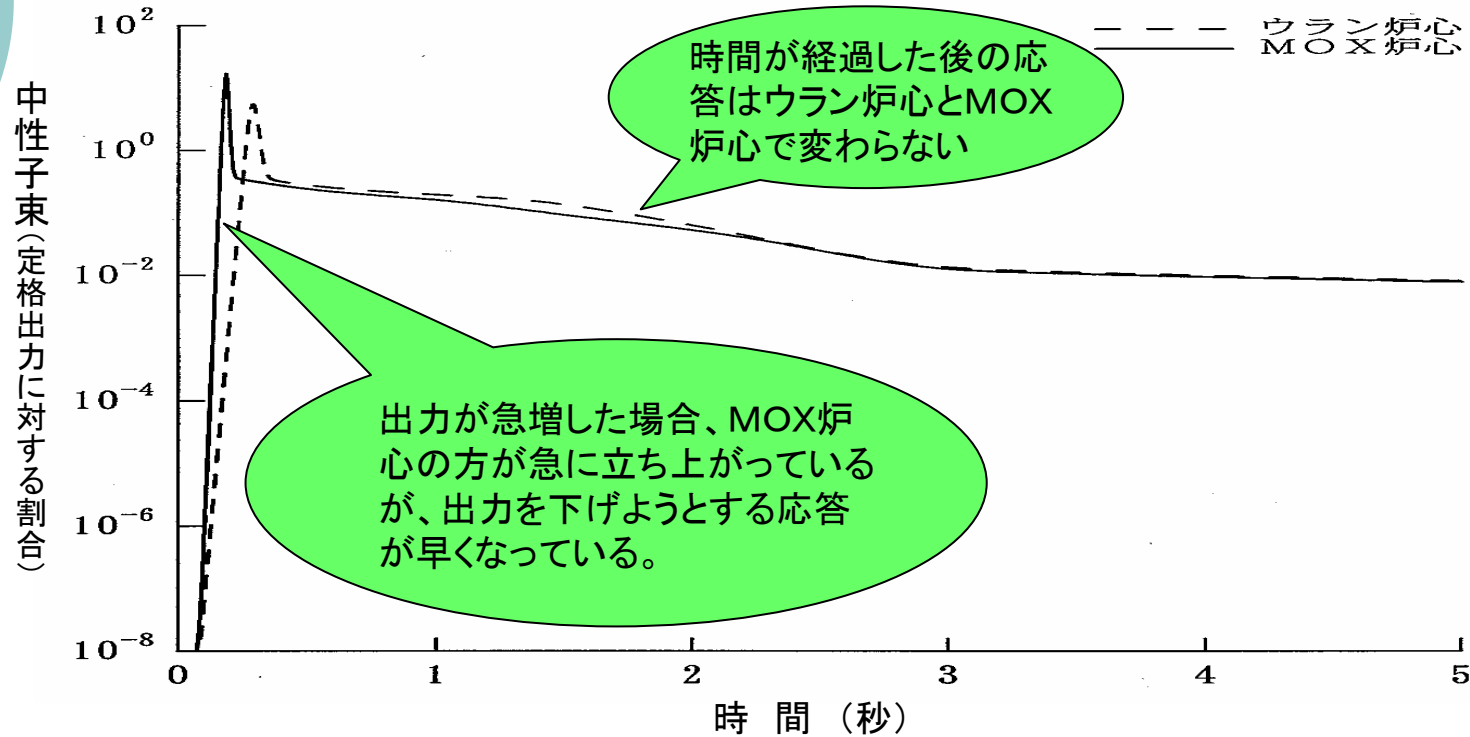
出力が変動した時、原子炉出力を元に戻そうとする作用が大きくなる

何らかの要因で原子炉出力が大きくなった場合、原子炉は出力を下げようと応答する。一方、逆の場合は原子炉の出力を上げる応答をする。このような原子炉出力を元に戻そうとする作用(これを「固有の安全性」といいます。)は、燃料中のプルトニウムの量が多くなると大きくなる。



【原子炉の制御性】

原子炉の応答について



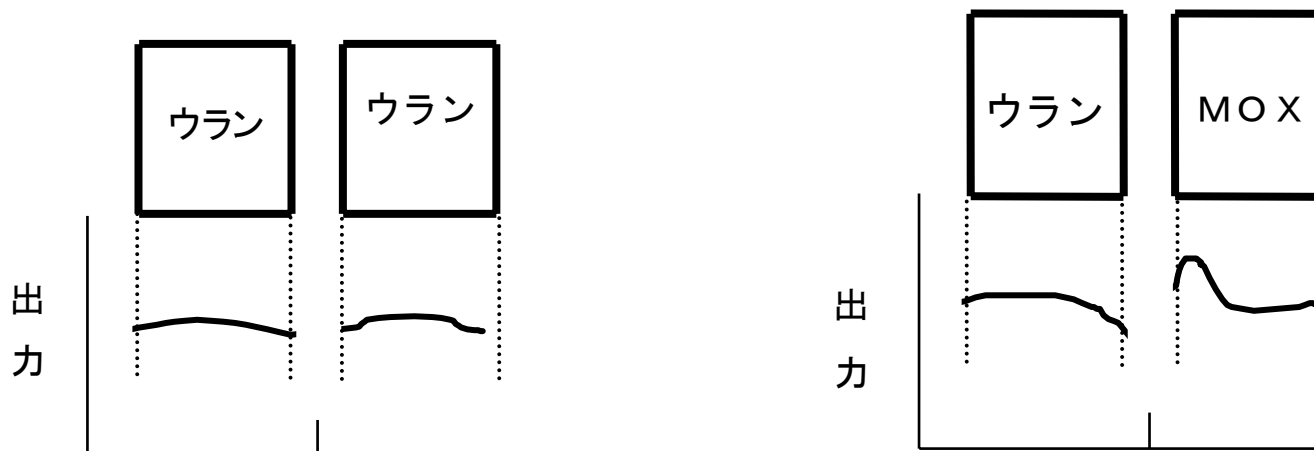
出力が急に増加した場合の解析結果

制御棒飛び出し(サイクル初期高温零出力) ウラン炉心-MOX炉心比較図₃

【原子炉の出力分布特性】

燃料毎の出力の差が大きくなる

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。安全性の判断は、燃料の出力が最も高いものに注目して評価することから、出力の差が大きくなると評価結果が厳しくなる。



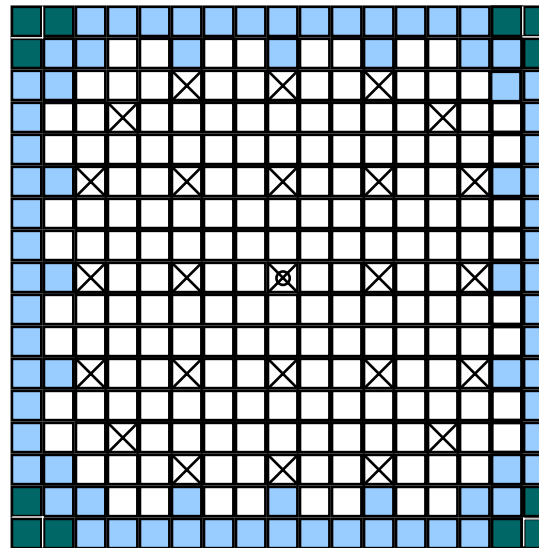
【原子炉の出力分布特性】

出力分布の平坦化

想定される出力差を前提に評価した結果、燃料は、健全であることを確認した。

なお、燃料は右の図のとおり、できるだけ燃料棒出力が平坦になるように燃料棒の配置が工夫されている。

MOX燃料のPu含有率に3つの含有率分布を設定する



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%

3含有率分布の設定により集合体内の出力分布を平坦化

【燃料設計】

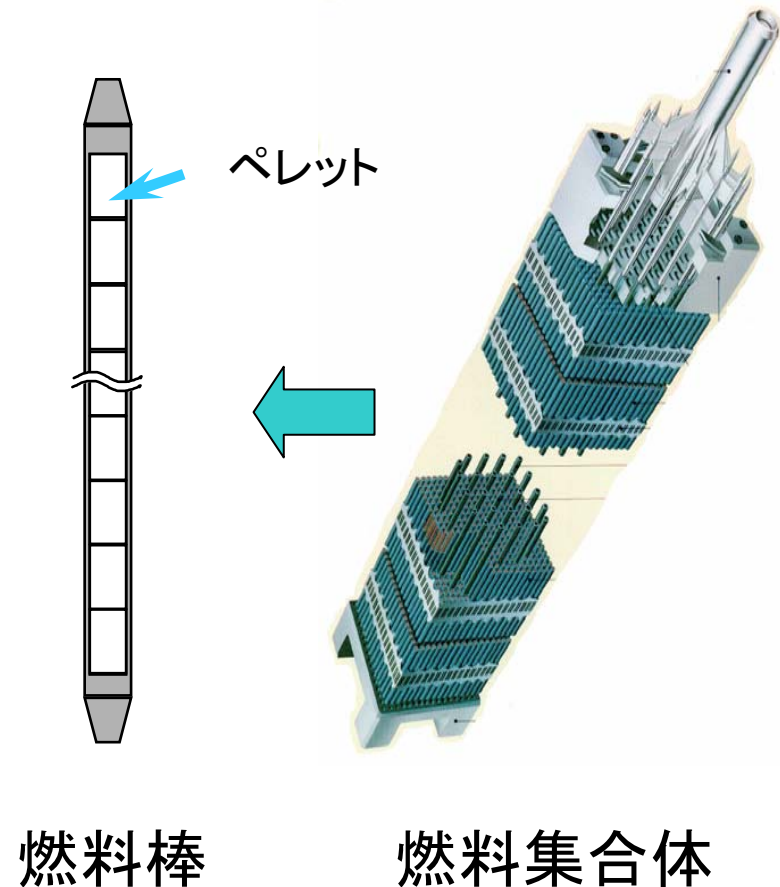
燃料棒内でのガスの発生量が多くなる

MOX燃料ではペレット内にプルトニウムの不均一（プルトニウムスポット）が存在する可能性があります。

プルトニウム均一性が悪いMOX燃料では、ウラン燃料に比べてFPガスの放出率が多くなります。また、MOX燃料ではペレット内でのHe生成量が多くなります。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ります。

（プルトニウムスポット）

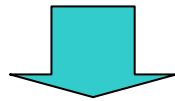
MOX燃料ペレットは、 UO_2 粉末と PuO_2 粉末を混合後、成型、焼結等の加工工程を経て製造されます。製造されたペレット中に、局所的に PuO_2 が他より多い部分が存在し、これをプルトニウムスポットといいます。



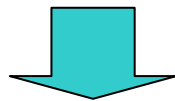
【燃料設計】

ガスの発生量について

燃料棒内でのガスの発生量が多い



燃料棒内圧が高くなる



内圧評価(代表組成)
ウラン燃料:約16.3MPa
MOX燃料:約16.1MPa

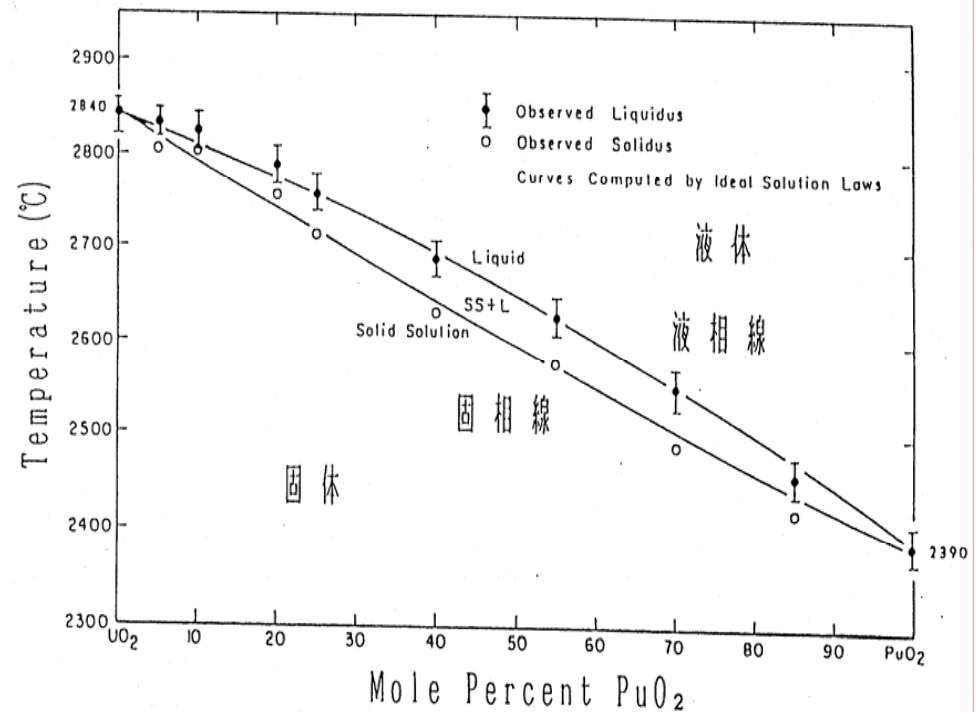
燃料棒内の初期ヘリウム加圧量を低下させること等により、燃料棒内圧の上昇を燃料健全性上問題ない範囲に抑えることができることを確認した。

【燃料設計】

ペレットの溶融点*が低くなる

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。

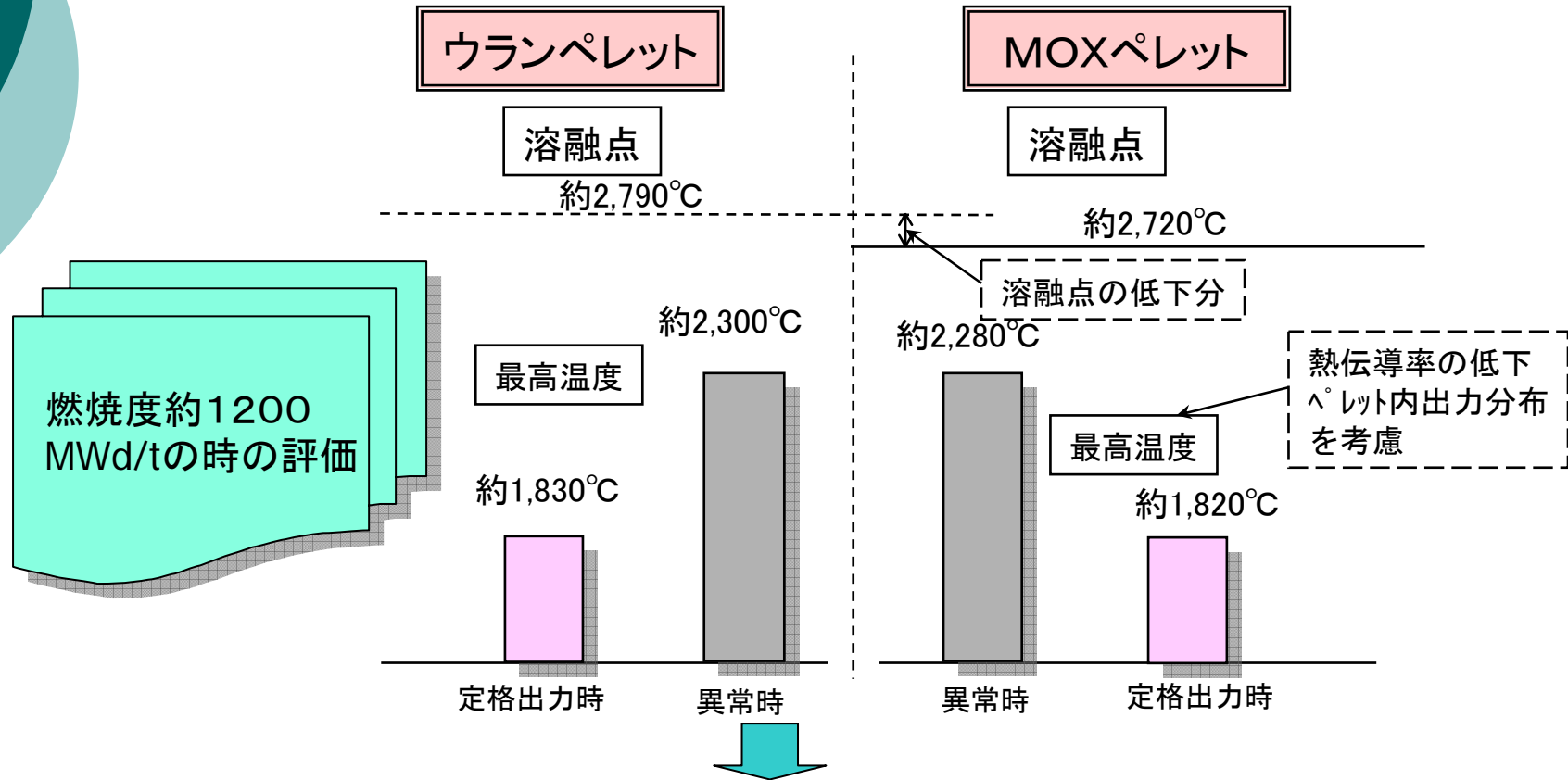
	溶融点 (未照射時)
ウラン燃料ペレット	2800°C
MOX燃料ペレット	2730°C



* 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。

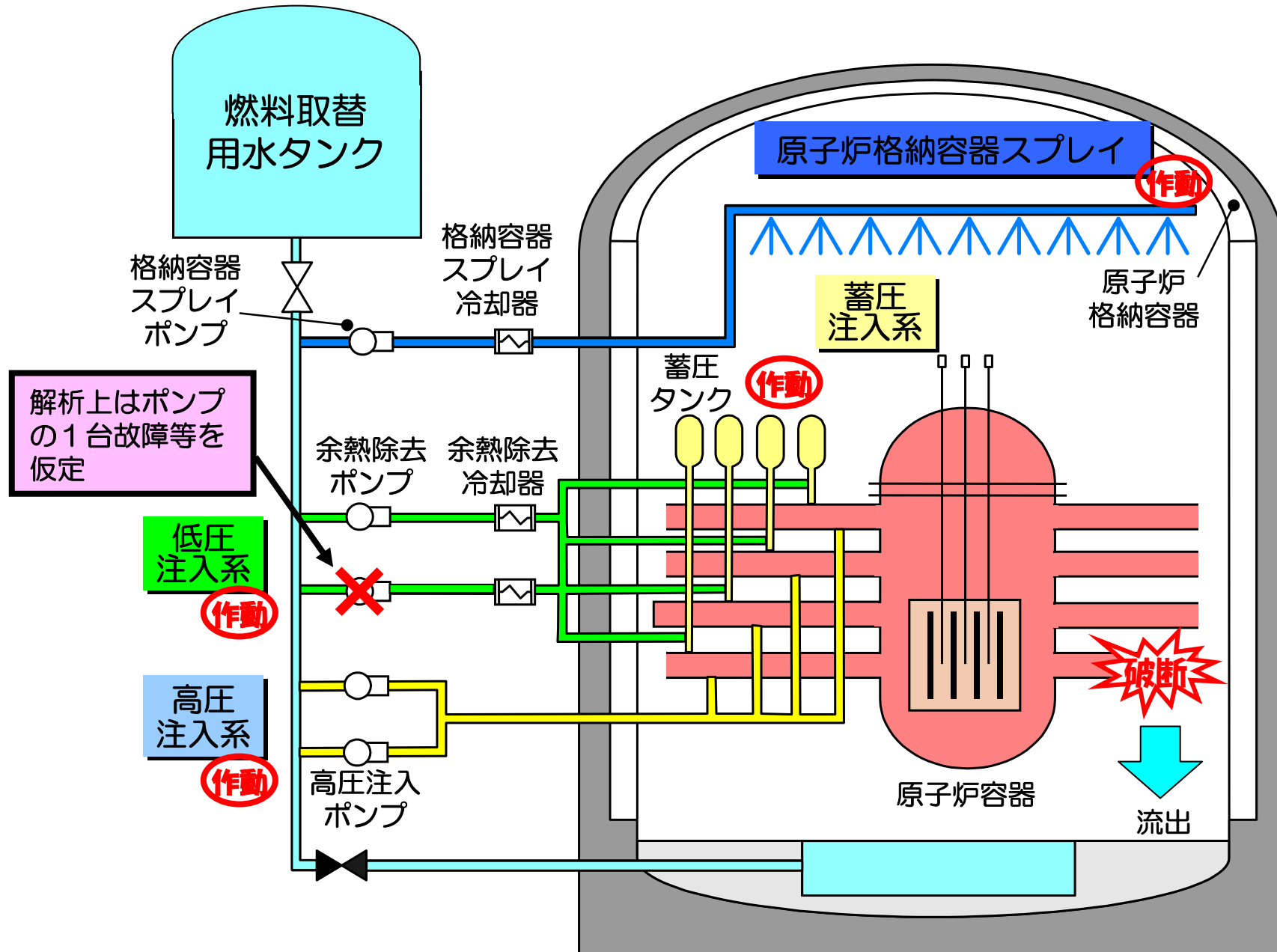
事故時の安全性

事故の発生を想定



環境への放射性物質の異常な放出を抑制
できるよう適切な設計がなされていること

原子炉冷却材喪失事故（事故解析の一例）図-85



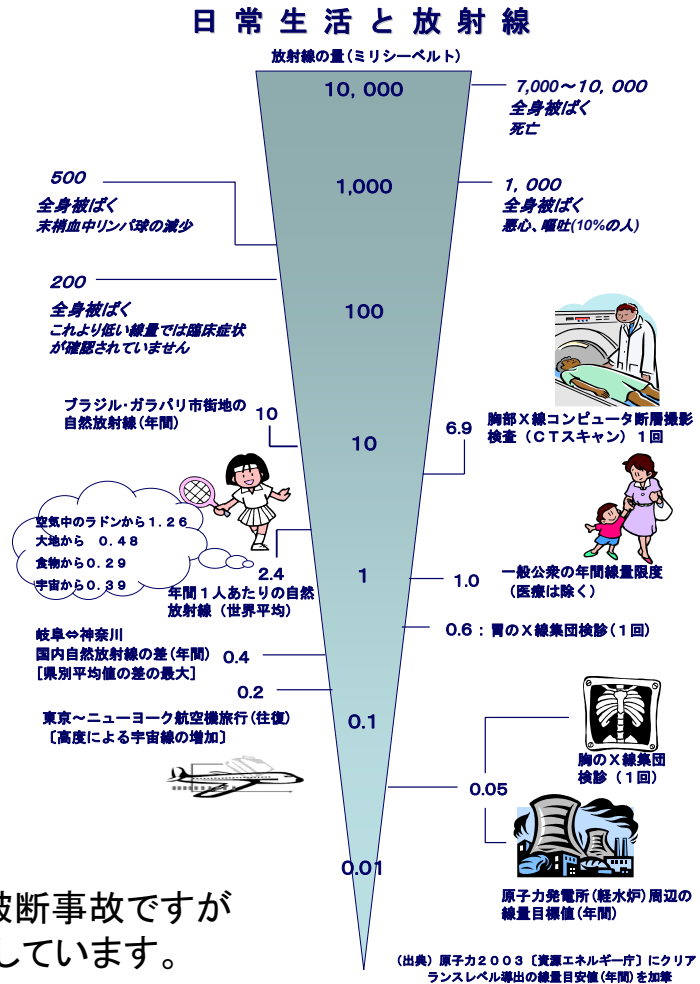
【事故時の安全性】

原子炉冷却材喪失事故の解析結果

解析の結果、環境に放出される放射性物質の量は少なく、周辺の公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認した。

	評価値	判断基準
原子炉冷却材喪失事故	約0.086mSv	5mSv

なお、発電所周辺に対する影響の最も大きい事故は蒸気発生器破断事故ですがその場合でも評価値は約0.24mSvで安全上の判断基準を満足しています。



【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

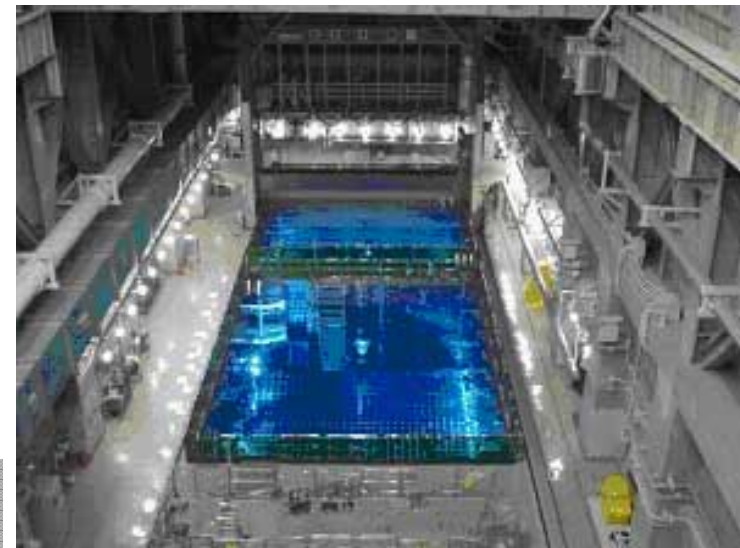
発電所における取扱では、
遮へい体の設置などで放射線
を遮へい

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

安全な取扱が可能なことを確認した

(単位:mSv/h)

	ウラン燃料	MOX燃料
表面線量率	約0.04	約11



使用済燃料ピット

【取扱・貯蔵】

使用済MOX燃料の貯蔵

使用済MOX燃料の崩壊熱は、使用済ウラン燃料の崩壊熱に比べて高くなるが、使用済燃料ピット水冷却系により熱除去できることを確認した。

	使用済燃料ピット水温(°C)	基準値(°C)注1)
MOX燃料	58.4°C 注2)	65°C 注3)

注1) 使用済燃料ピットポンプ1台運転時の基準値

注2) 異常時の値(使用済燃料ピットポンプ1台運転) 崩壊熱の大きい燃料を除き、貯蔵燃料を全てMOX燃料とした場合

注3) コンクリートの健全性維持の観点から決められている



経済産業省としての審査結果

この様な安全審査の結果、本設置変更許可申請は**原子炉の災害防止上支障のないもの**と判断した。また、上記以外にも

- ① 原子炉が平和利用以外に利用されるおそれがないこと
- ② 原子力開発の計画的な遂行に支障を及ぼすおそれがないこと
- ③ 申請者の経理的基礎及び技術的能力があること

について審査した結果、妥当なものと認められたことから、原子力委員会及び原子力安全委員会に諮問した。

原子力委員会からの答申

経済産業大臣からの諮問に対し、原子力委員会は、平成17年8月30日、以下のように答申した。

- 原子炉が平和の目的以外に利用されるおそれがないと認められるとする経済産業大臣の判断は妥当である。
- 我が国の原子力の開発及び利用の計画的な遂行に支障を及ぼすおそれがないと認められるとする経済産業大臣の判断は妥当である。
- 原子炉を設置変更するために必要な経理的基礎があると認められるとする経済産業大臣の判断は妥当である。



原子力安全委員会からの答申

経済産業大臣からの諮問に対し、原子力安全委員会は、平成17年8月29日、以下のように答申した。

- 申請者には、当該変更に係る原子炉施設の設置に必要な技術的能力及び当該変更に係る原子炉施設の運転を適確に遂行するに足る技術的能力を有するものと判断する。
- 本原子炉の設置変更後においても原子炉施設の安全性は確保し得るものと判断する。



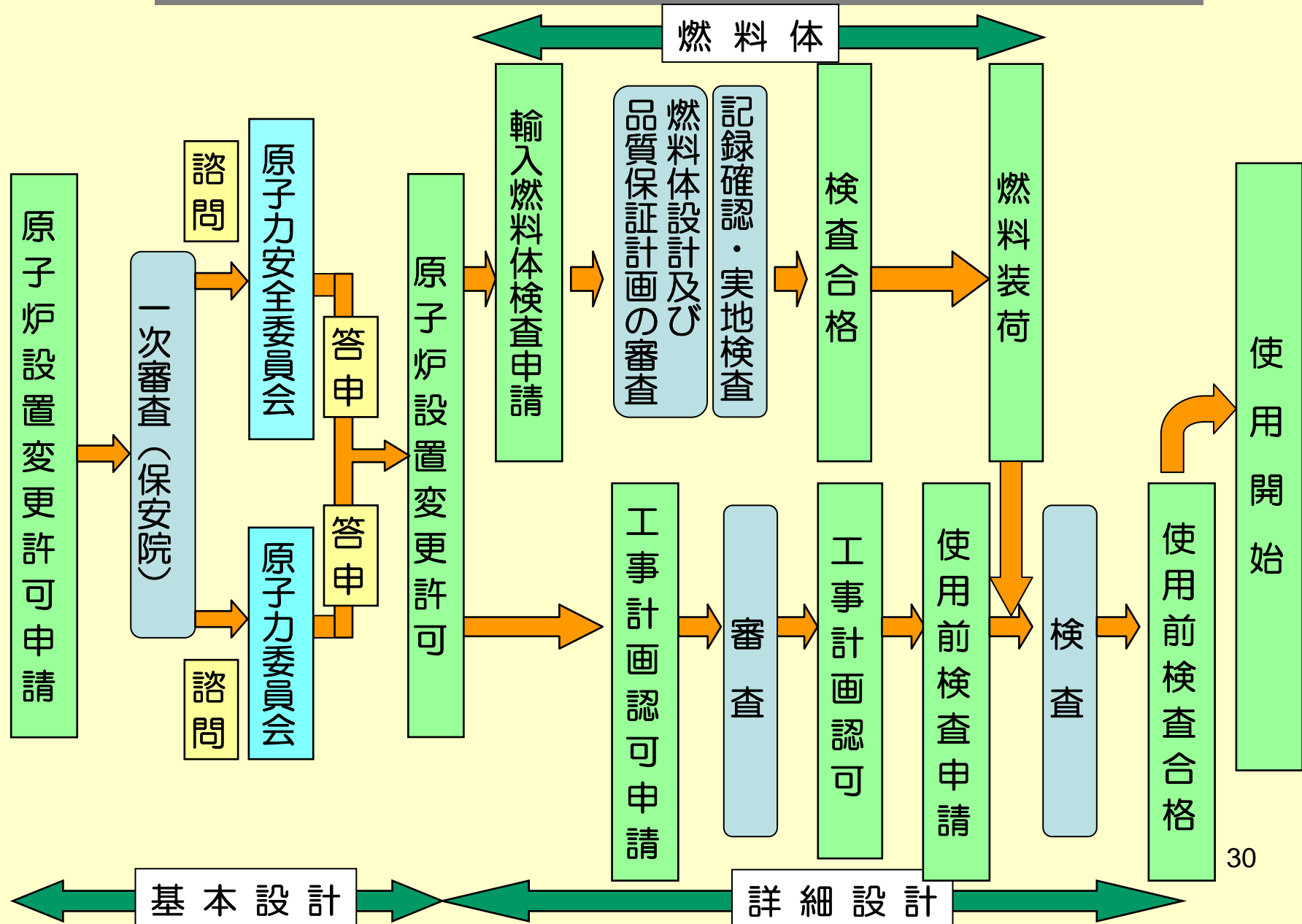
原子炉設置変更許可申請の許可

原子力委員会及び原子力安全委員会の答申を受け、経済産業大臣は、文部科学大臣の同意を得て、平成17年9月7日、九州電力に対して許可証を交付した。



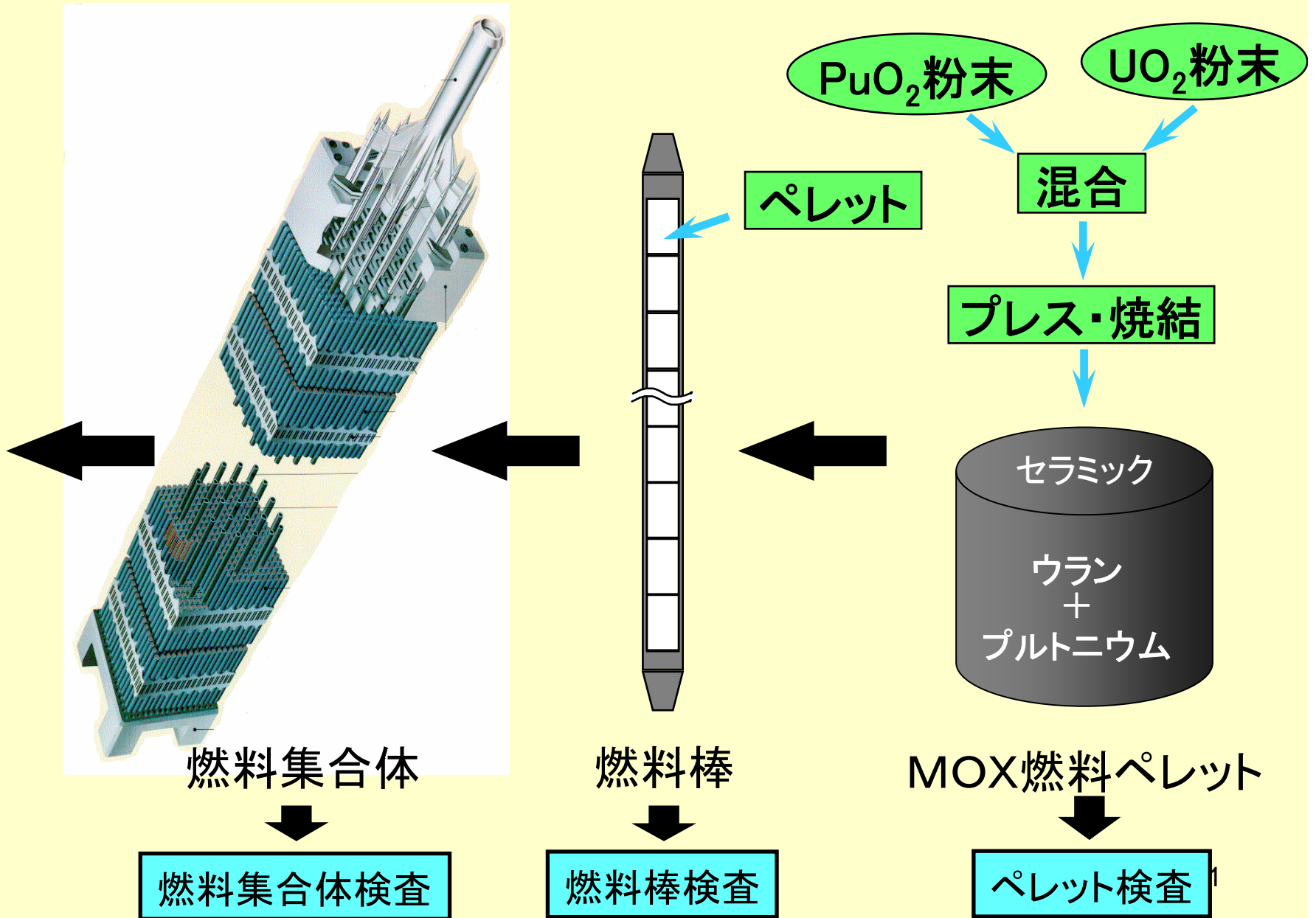
許可後の手続き

MOX燃料に係る安全規制の流れ



MOX燃料の加工と品質管理

日本へ輸送後、「輸入燃料体検査」



燃料集合体検査

燃料棒検査

ペレット検査



MOX燃料データ不正問題について

1999年9月、高浜発電所3号機用BNFL(英国燃料メーカー)製MOX燃料について、品質管理用データに不正が発覚。同12月、既に輸入済みの高浜発電所4号機用BNFL製MOX燃料についても、データに不正が発覚。関電は当該燃料の使用を中止。

<原因>

- ・関電及び燃料メーカーのずさんな品質保証活動
- ・関電の本件に関する不十分な調査、報告



輸入燃料体検査制度の改善(平成12年7月)

○ 電気事業法施行規則の改正

- 燃料体検査申請書に「品質保証に関する説明書」の添付を義務づけ

○ MOX燃料体に係る輸入燃料体検査の運用の改善(通達)

- 設置(変更)許可取得後にMOX燃料体の製造を開始
- MOX燃料の製造前に検査申請を行い、品質保証計画の確認を受けるとともに、製造後の日本に向けた輸送開始前に品質保証活動結果の確認を受けたうえで、MOX燃料体そのものの検査を実施
- 当分の間、海外燃料工場の品質保証活動の確認の際、第三者機関を活用



周辺住民に対する説明会の実施

安全審査結果などを周辺住民に説明するための説明会を以下の要領で実施します。

- 日時 平成17年10月2日13:00～17:15
- 場所 玄海町町民会館文化ホール
- 全体構成 第1部 資源エネルギー庁主催
第2部 原子力安全・保安院主催