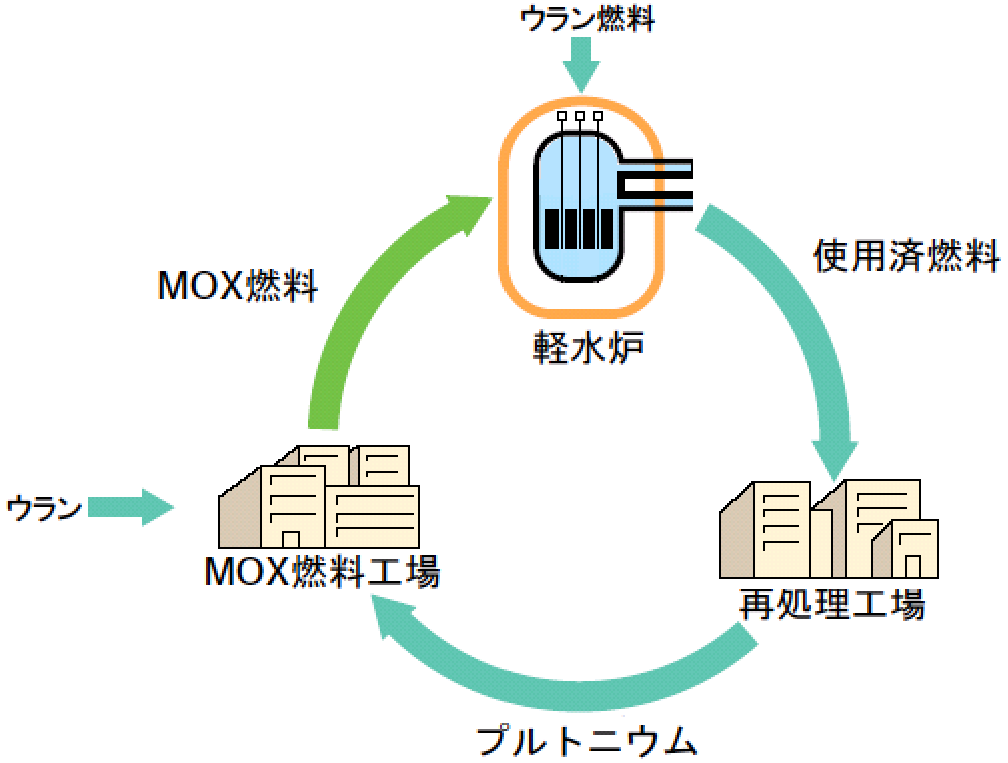
伊方発電所３号機の原子炉設置変更許可について

平成１８年９月１２日

原子力安全・保安院

プルサーマルとは

使用済燃料から取り出したプルトニウムとウランを混ぜて加工した「MOX燃料(ウラン･プルトニウム混合酸化物燃料)」を、現在の原子力発電所(軽水炉＝サーマルリアクター)で利用すること。



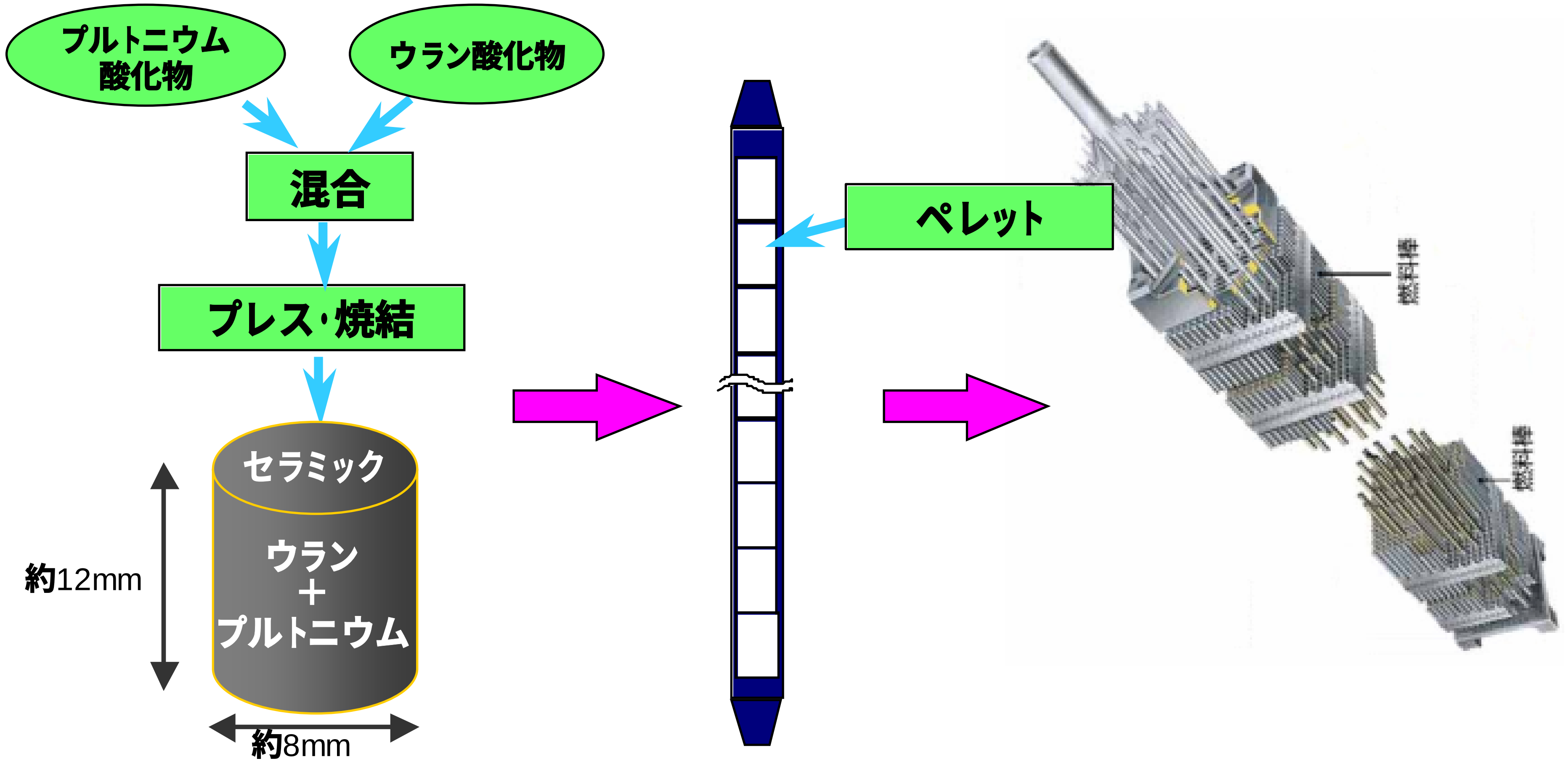
プルサーマル：プルトニウムの「プル」と、サーマルリアクターの「サーマル」をとってつくられた言葉です。

MOX燃料：使い終わったウラン燃料からプルトニウムを取り出し、燃えにくいウランなどと混ぜてつくった燃料です。

※MOX=Mixed Oxide：混合酸化物

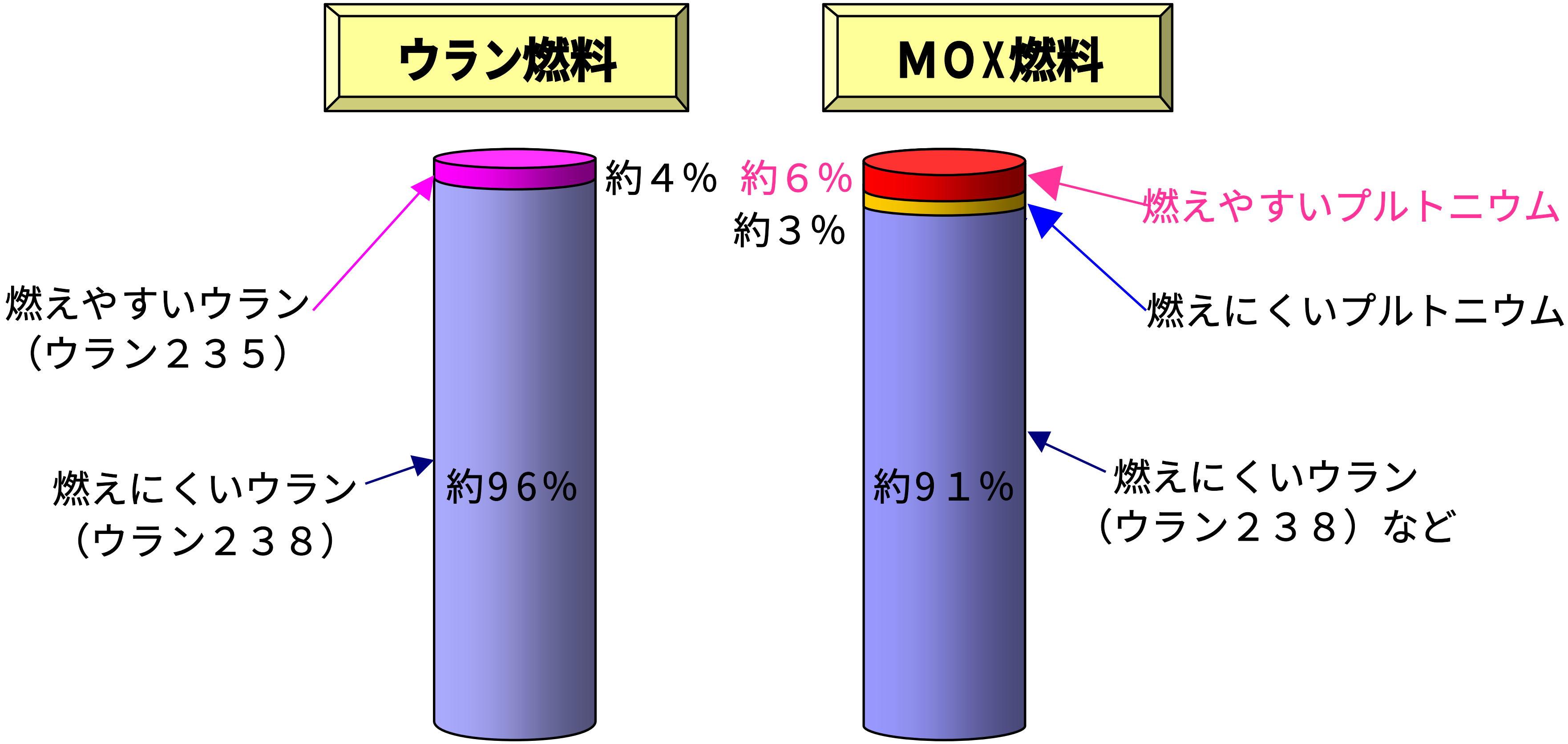
MOX燃料について

MOX燃料は、プルトニウムを用いているが、外観はウラン燃料と変わらない。



MOX燃料ペレット　　燃料棒　　燃料集合体

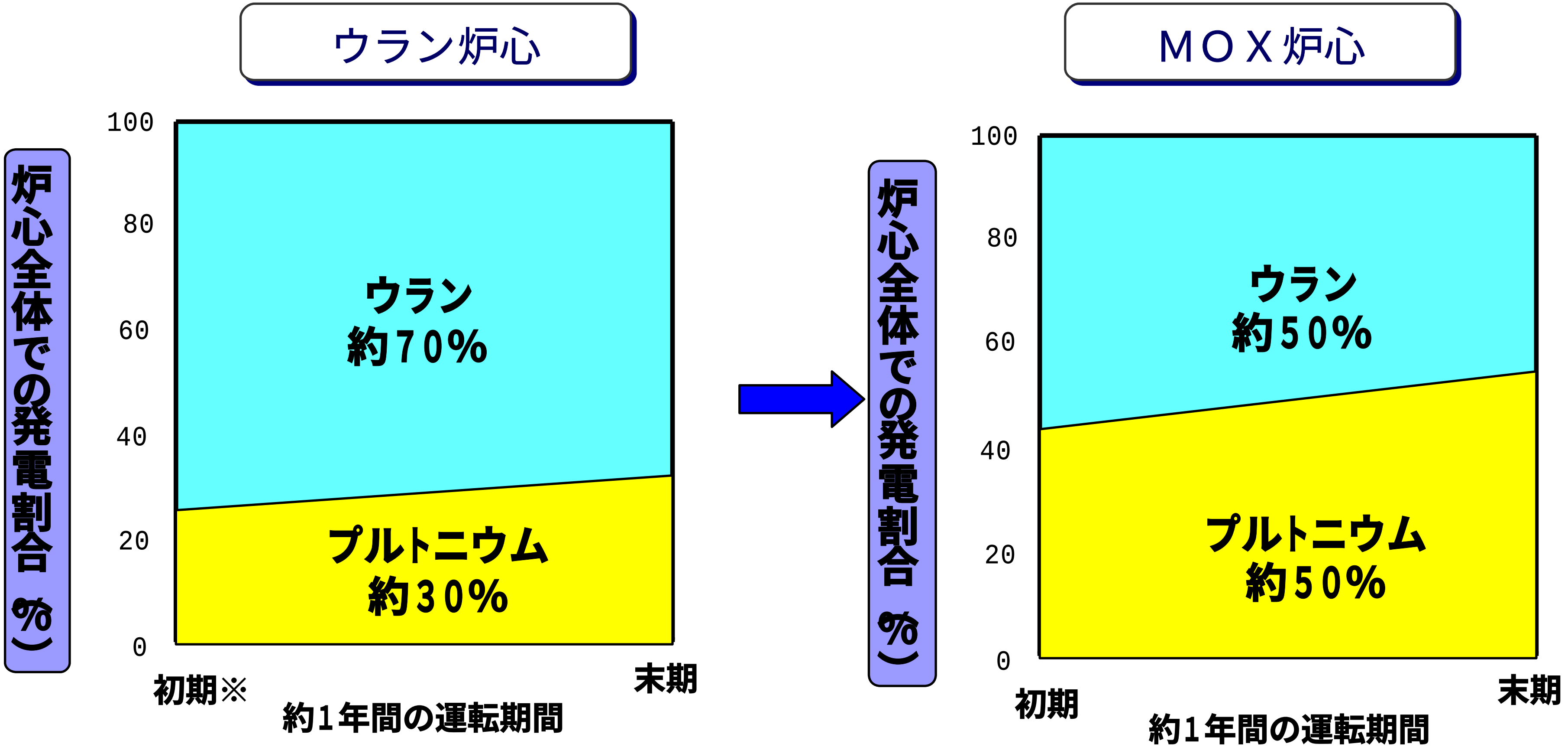
ウラン燃料とＭＯＸ燃料の組成



注：代表的な組成を示している。

プルトニウムの発電割合

現在の発電所でもプルトニウムは燃えています。



※約１年間の運転毎に、炉心の燃料の約１/３を新燃料に取り替えるが，残りは継続使用するため、ウラン炉心の運転初期でも燃焼して生成したプルトニウムを含む燃料が存在している。

原子力発電所の安全確保の基本は

原子炉の災害防止

＝「万一の事故時にも
発電所周辺の人々に放射線
による影響を及ぼさないこと」

安全確保の基本を守るために

電力会社が安全上重要な施設の変更を行おうとする都度,

国が安全審査を行って
安全性を確認

安全審査の流れ [伊方3号機でのプルサーマル計画の場合･･･]

四国電力

＜経済産業大臣に**原子炉設置変更許可を申請**＞
- ＭＯＸ燃料の使用で**考えられる安全性への影響を解析**
- その影響に対する**対応策を検討**

↓

経済産業省
(原子力安全・保安院)

＜四国電力の解析内容を**チェック**＞
- 四国電力の**解析は適切か？**
- 国が定める**安全基準を満たしているか？**

↓

原子力安全委員会
原子力委員会

＜経済産業省の審査結果をさらに**ダブルチェック**＞

↓

文部科学大臣

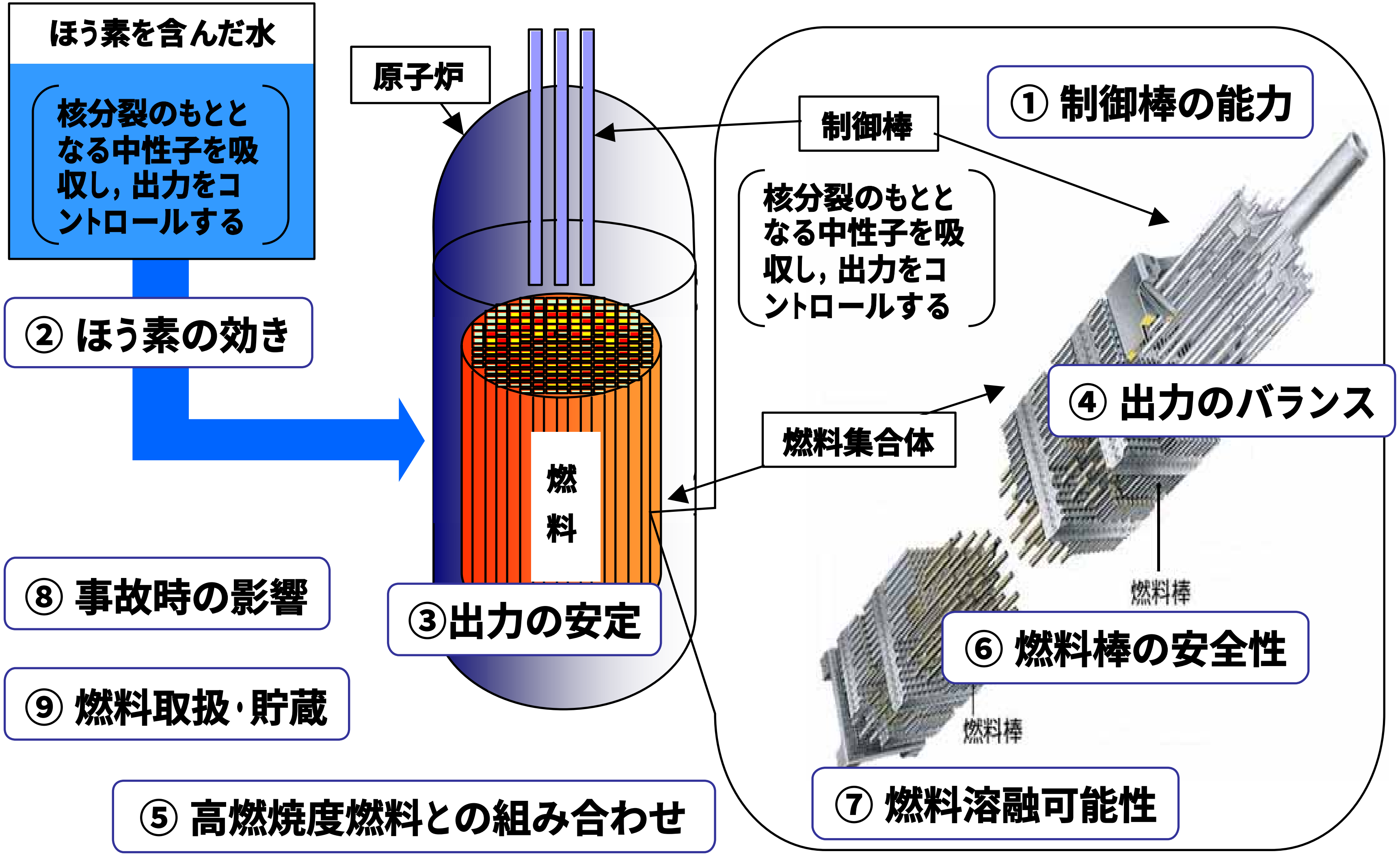
＜同意＞

↓

経済産業大臣

＜**原子炉設置変更許可**＞

安全審査のポイント



ほう素を含んだ水
核分裂のもととなる中性子を吸収し，出力をコントロールする
原子炉
制御棒
① 制御棒の能力
核分裂のもととなる中性子を吸収し，出力をコントロールする
② ほう素の効き
燃料
燃料集合体
④ 出力のバランス
燃料棒
⑥ 燃料棒の安全性
燃料棒
⑧ 事故時の影響
③出力の安定
⑨ 燃料取扱・貯蔵
⑦ 燃料溶融可能性
⑤ 高燃焼度燃料との組み合わせ

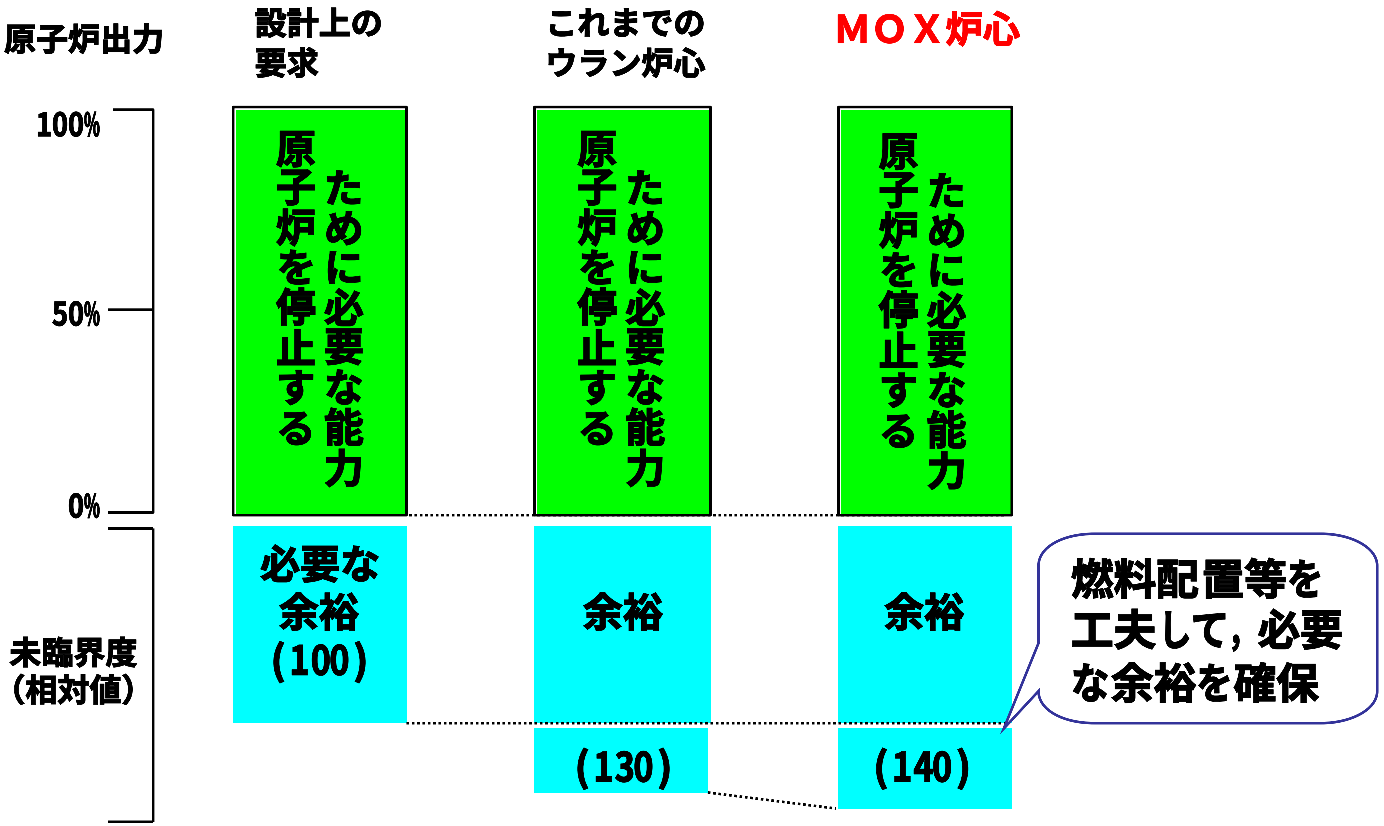
安全審査のポイント

① **制御棒**の原子炉を*止める能力は十分か*
② **ほう素**の*効きは十分か*
③ 出力が**急激に変動**したとき*うまく元に戻ろうとするか*
④ 各々の**燃料棒の出力**の出方に*アンバランスはないか*
⑤ **高燃焼度（ウラン）燃料**との*組み合わせの影響は*
⑥ 燃料棒内に**気体**が異常に充満して*燃料棒を傷めないか*
⑦ 原子炉内が**異常高温**になったとき*燃料が溶けないか*
⑧ **事故を想定**した場合の*発電所周辺への影響は*
⑨ MOX燃料の**取扱や貯蔵**は*安全に行えるか*

安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

制御棒の原子炉を止める能力は十分か（2）



安全に原子炉を停止できることを確認した

安全審査のポイント

① 制御棒の能力

② ほう素の効き

③ 出力の安定

④ 出力のバランス

⑤高燃焼度燃料との組み合わせ

⑥ 燃料棒の安全性

⑦ 燃料溶融可能性

⑧ 事故時の影響

⑨ 燃料取扱・貯蔵

ほう素の効きは十分か

MOX炉心ではほう素の効きが低下する傾向

↓

燃料取替時に使用したり，異常時に原子炉に注入する水のほう素濃度をあらかじめ高くしておく＊

↓

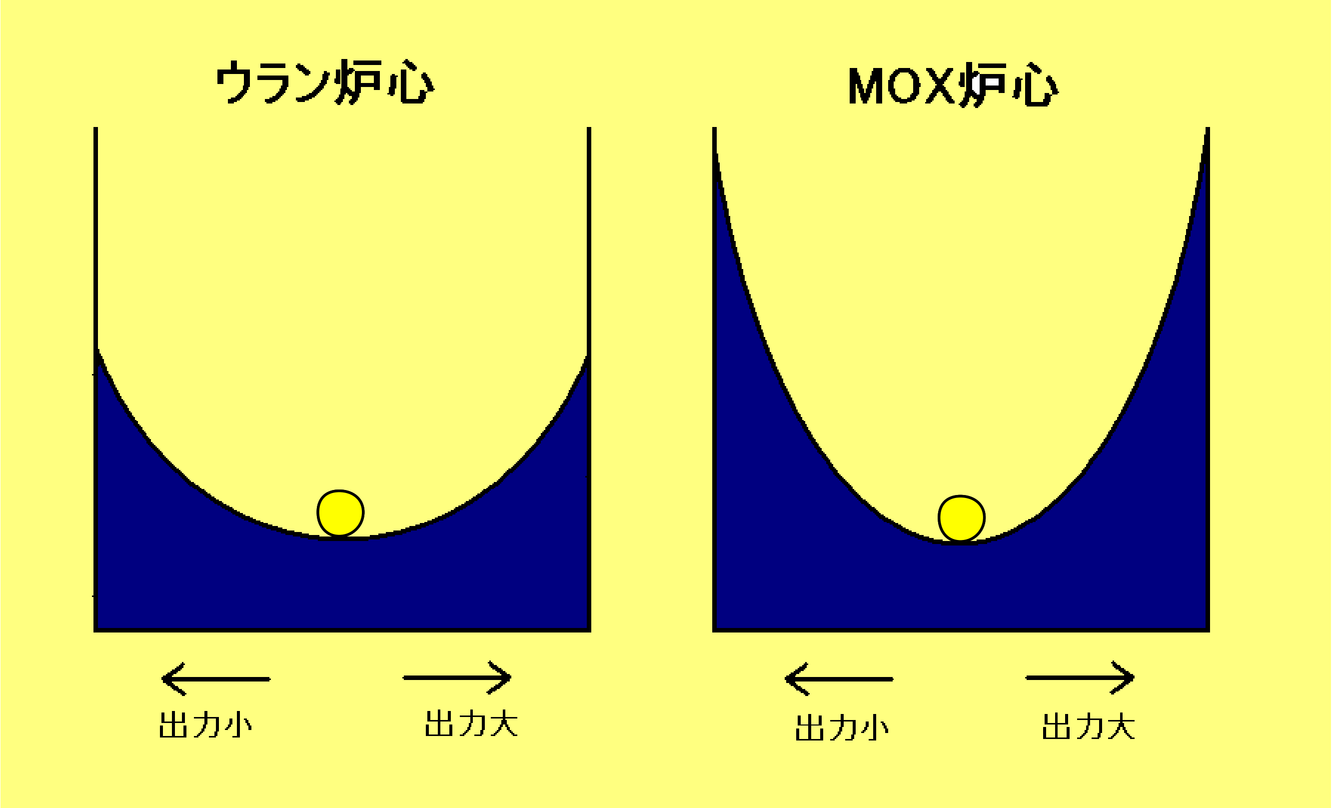
＊ 燃料取替用水タンク	約3,400ppm	→	4,400ppm以上
蓄圧タンク	約3,400ppm	→	4,400ppm以上

ほう素の効きを確保できることを確認した

安全審査のポイント

- ① 制御棒の能力
- ② ほう素の効き
- ③ 出力の安定
- ④ 出力のバランス
- ⑤ 燃料棒の安全性
- ⑥ 高燃焼度燃料との組み合わせ
- ⑦ 燃料溶融可能性
- ⑧ 事故時の影響
- ⑨ 燃料取扱・貯蔵

出力が急激に変動したときうまく元に戻ろうとするか(1)



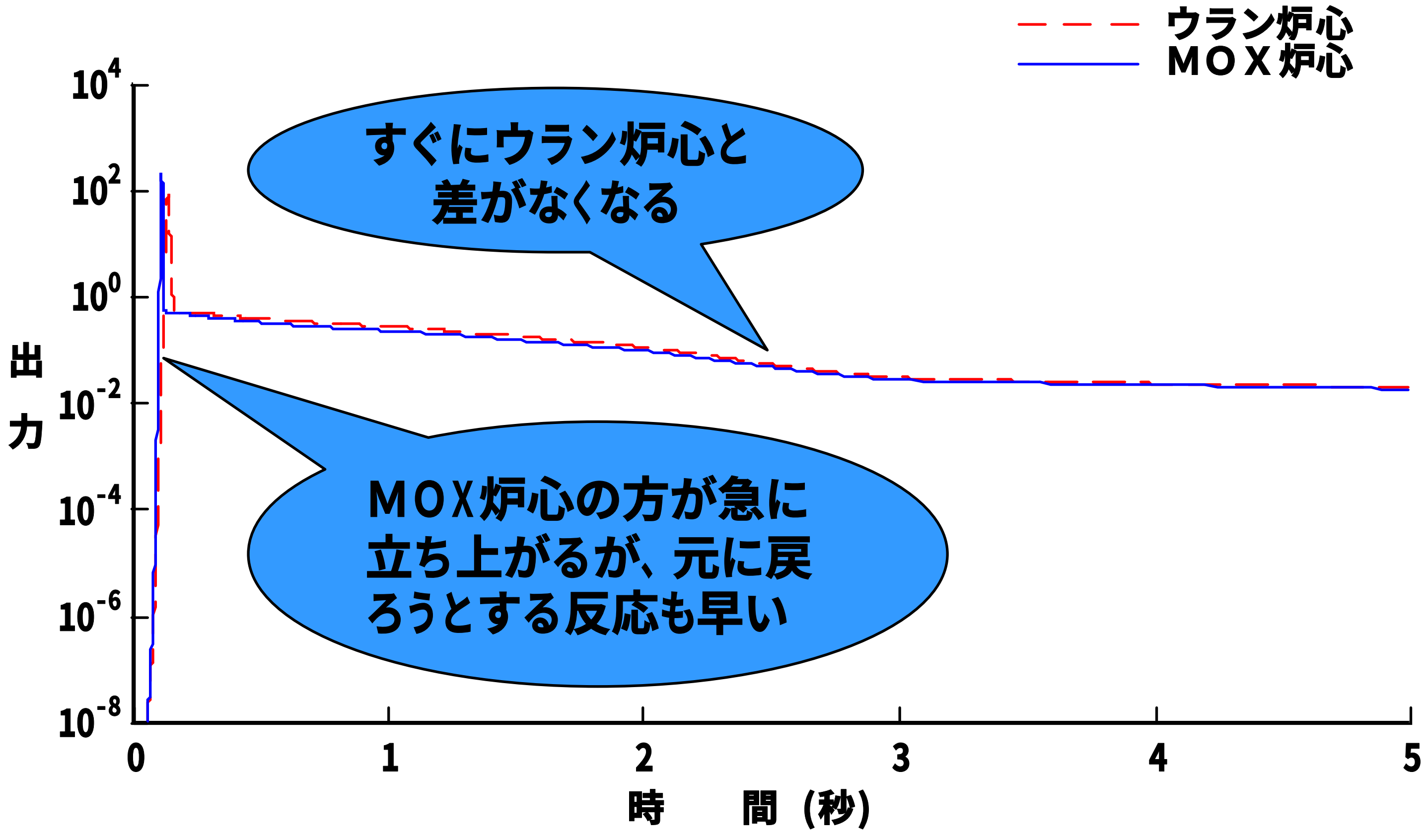
MOX炉心の方が出力が元に戻ろうとする力が強い

安全審査のポイント

- ① 制御棒の能力
- ② ほう素の効き
- ③ 出力の安定
- ④ 出力のバランス
- ⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
- ⑥ 燃料棒の安全性
- ⑦ 燃料溶融可能性
- ⑧ 事故時の影響
- ⑨ 燃料取扱・貯蔵

出力が急激に変動したときうまく元に戻ろうとするか(2)

制御棒飛び出し事故時の出力の解析結果

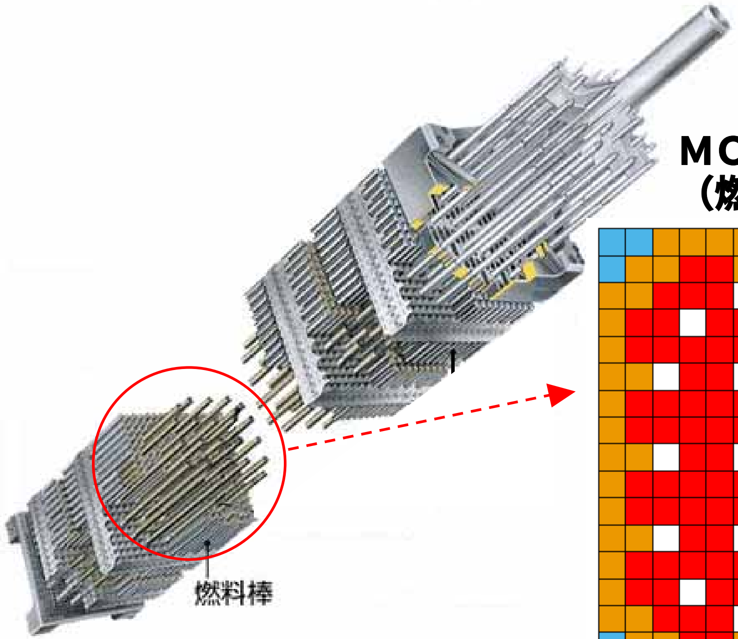


MOX炉心の方が出力が元に戻ろうとする力が強い

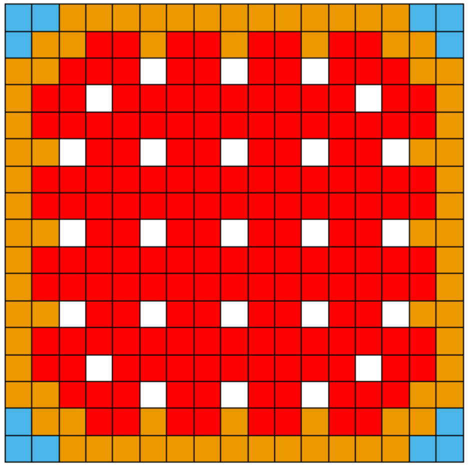
安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

各々の燃料棒の出力の出方にアンバランスはないか



MOX燃料集合体断面図
（燃料棒毎のﾌﾟﾙﾄﾆｳﾑ（Pu）含有率）



MOX燃料は，上記のとおり，できるだけ燃料棒の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。

最も出力が大きくなる燃料棒についても，燃料は安全であることを確認した

安全審査のポイント

- ① 制御棒の能力
- ② ほう素の効き
- ③ 出力の安定
- ④ 出力のバランス
- ⑤ 高燃焼度燃料との組み合わせ
- ⑥ 燃料棒の安全性
- ⑦ 燃料溶融可能性
- ⑧ 事故時の影響
- ⑨ 燃料取扱・貯蔵

高燃焼度（ウラン）燃料との組み合わせの影響は

高燃焼度燃料とは、燃料の使用期間を長くするために設計された燃料のこと。これまでの48,000MWd/tに対し55,000MWd/tと約1割ほど燃焼度を増加。MOX燃料は、45,000MWd/t。

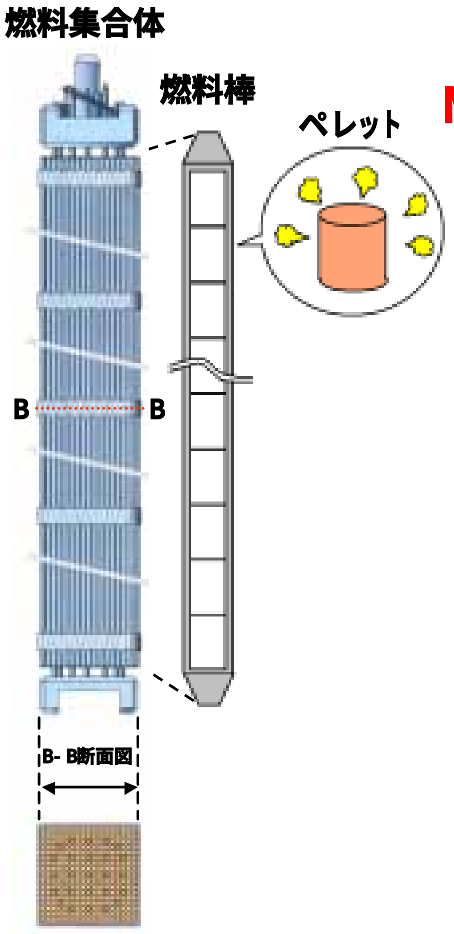
【主な影響】		【確認事項】
制御棒やほう素の効きがわずかに低下する。	→	必要な停止余裕が確保できることを確認。
燃料間の出力の差が大きくなりやすい。	→	想定される出力差を前提に評価して安全を確認。

高燃焼度燃料と組み合わせても、炉心の安全性が確保されることを確認した

安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤ 高燃焼度燃料との組み合わせ
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

燃料棒内に気体が異常に充満して燃料棒を傷めないか



MOX燃料ペレットの特性

ペレットから燃料棒内に出てくる気体の量が多くなる可能性あり

対応策

あらかじめ燃料棒の中に入れる気体（ヘリウム）の量を減らす

→ 解析プログラム →

解析結果(代表例)

ウラン燃料棒
：0.70（設計比*）

MOX燃料棒
：0.83（設計比*）

＊ 設計比：評価値と基準値の比

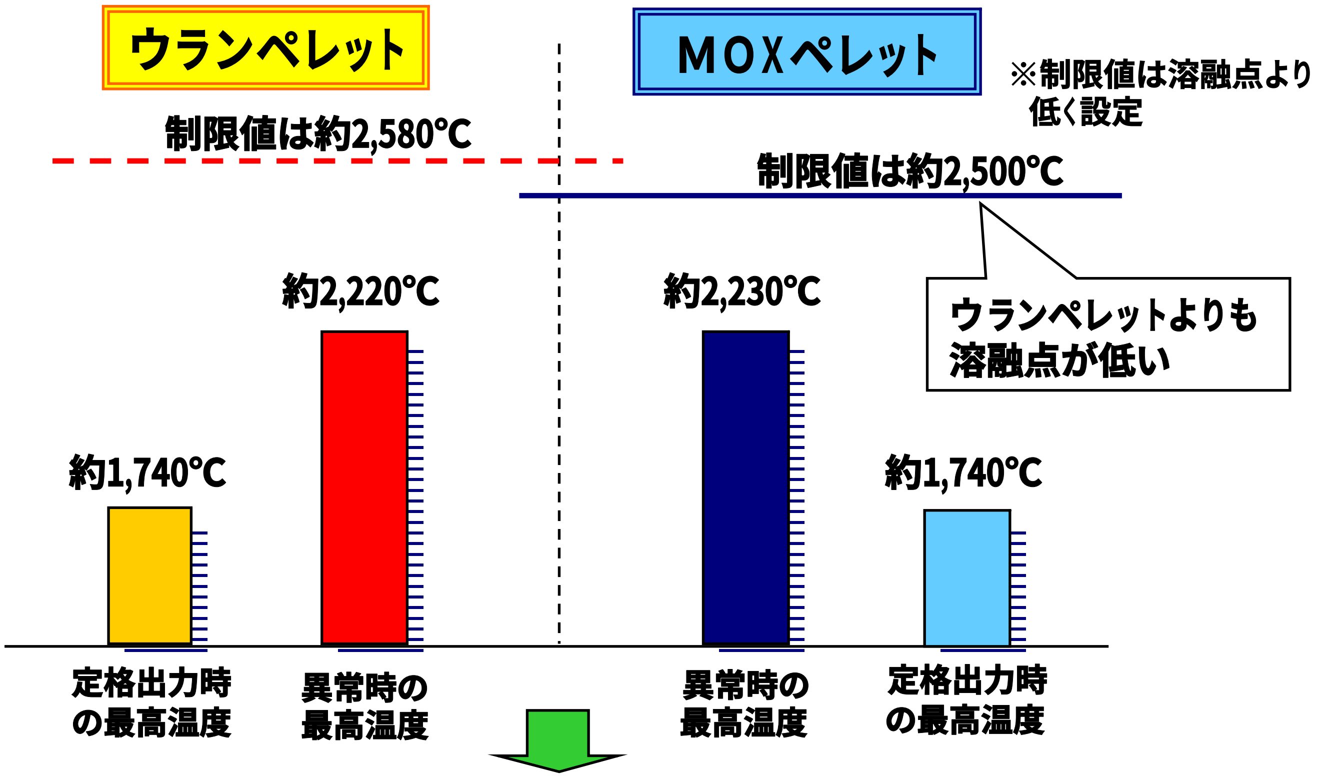
燃料棒内部の圧力が安全上問題ない範囲に抑えられることを確認した

安全審査のポイント

- ① 制御棒の能力
- ② ほう素の効き
- ③ 出力の安定
- ④ 出力のバランス
- ⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
- ⑥ 燃料棒の安全性
- **⑦ 燃料溶融可能性**
- ⑧ 事故時の影響
- ⑨ 燃料取扱・貯蔵

原子炉内が異常高温になったとき燃料が溶けないか

最も厳しい条件下で評価すると

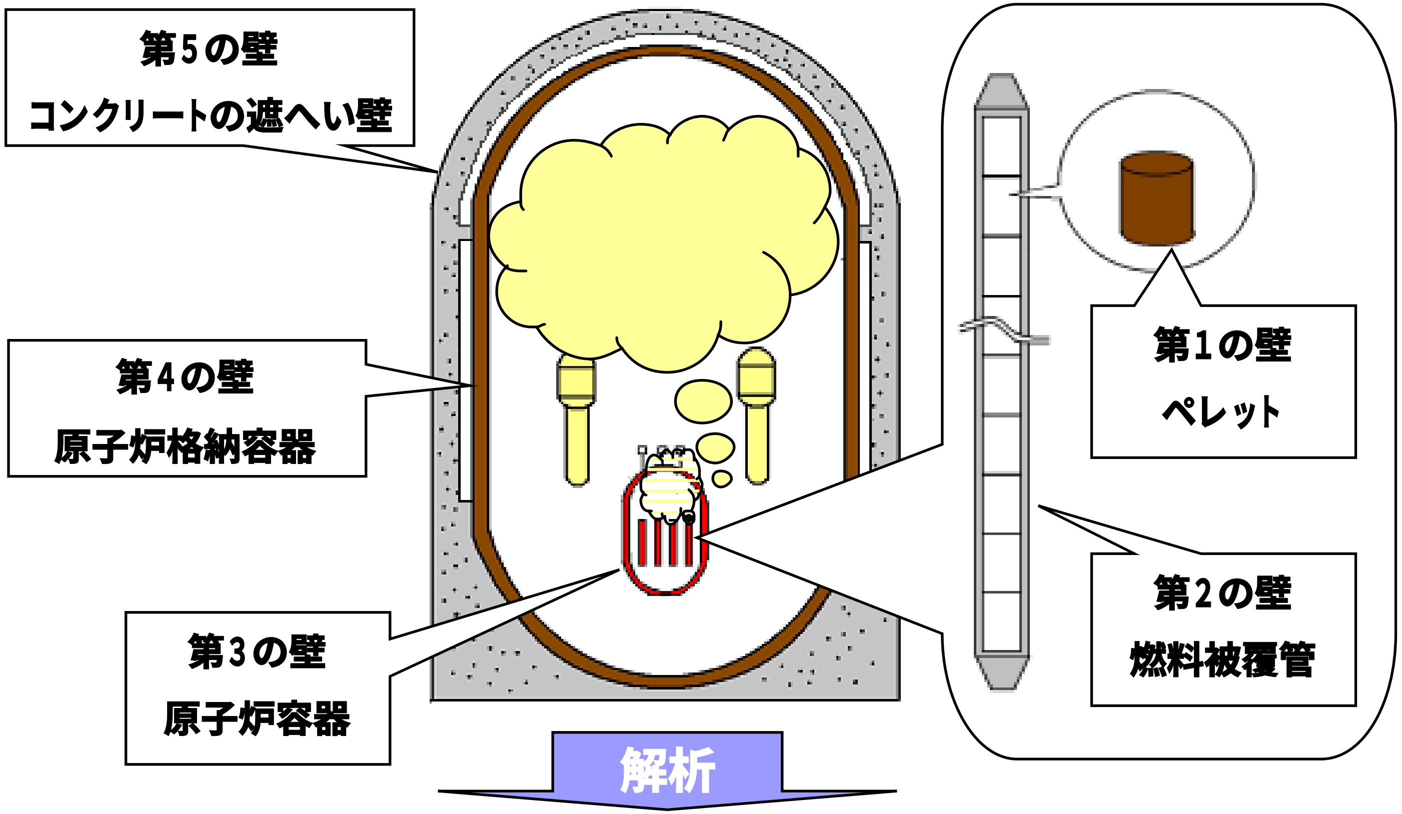


燃料中心温度の溶融点に対する余裕は確保でき，異常時においてもペレットが溶けることはないことを確認した

安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

事故を想定した場合の発電所周辺への影響は



影響は，ウラン炉心もＭＯＸ炉心も変わらないことを確認した

原子炉冷却材喪失事故の場合　約０．４９　mSv（胸のＸ線集団検診　約９．８回分）

＊蒸気発生器伝熱管破損事故の場合　約０．５０　mSv（胸のＸ線集団検診　約１０回分）
（影響の最も大きい事故）

安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤高燃焼度燃料との組み合わせ
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

ＭＯＸ燃料の取扱や貯蔵は安全に行えるか

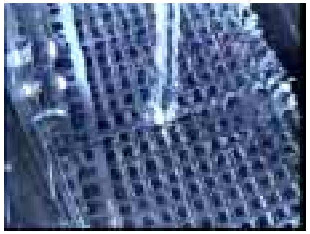
新燃料受け入れ

- 遮へい機能を有する専用設備で取扱う
- 使用済燃料ピットに保管

ＭＯＸ新燃料取扱設備

使用済燃料の取扱い

- すべて水中で取扱う
- ウラン燃料と取扱は同じ



ＭＯＸ燃料の安全な取扱が可能なことを確認した

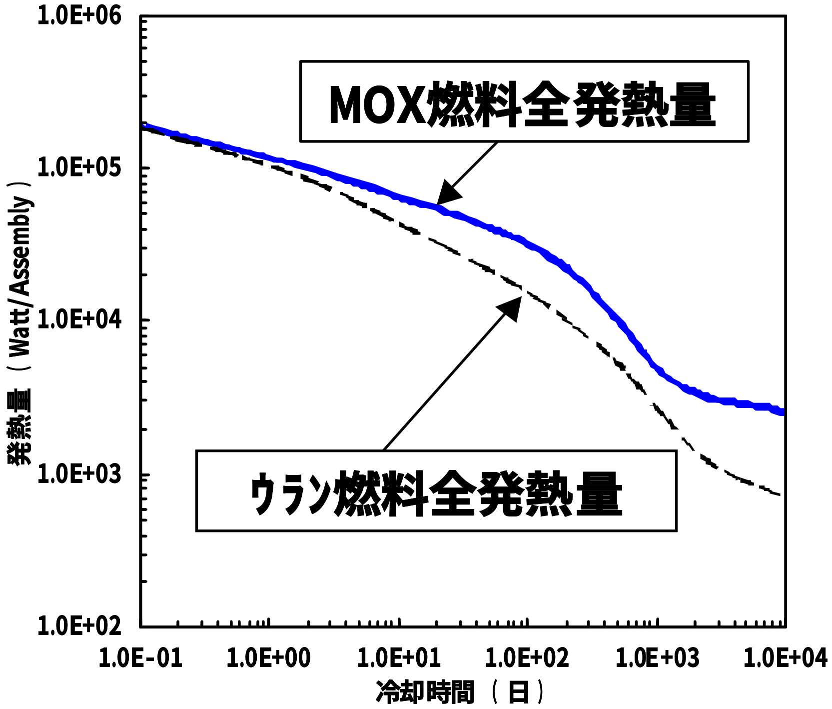
安全審査のポイント

① 制御棒の能力
② ほう素の効き
③ 出力の安定
④ 出力のバランス
⑤高燃焼度燃料との混在
⑥ 燃料棒の安全性
⑦ 燃料溶融可能性
⑧ 事故時の影響
⑨ 燃料取扱・貯蔵

使用済ＭＯＸ燃料の貯蔵は安全に行えるか

ＭＯＸ燃料はウラン燃料よりも長い時間熱を出し続ける

最も厳しい条件下（使用済ＭＯＸ燃料が貯蔵容量いっぱいの場合）での水温を解析



使用済燃料ピット水浄化冷却設備で十分冷却できることを確認した

	使用済燃料ピットの水温	基準値
MOX燃料貯蔵時	57.9 ℃	65 ℃

これまでにプルサーマルに関して許可した実績

加圧水型原子炉（PWR）

・**関西電力高浜発電所3，4号炉**
平成10年 5月11日 原子炉設置変更許可申請
平成10年12月16日 原子炉設置変更許可

・**九州電力玄海原子力発電所3号炉**
平成16年 5月28日 原子炉設置変更許可申請
平成17年 9月 7日 原子炉設置変更許可

・**四国電力伊方発電所3号炉**
平成16年11月1日 原子炉設置変更許可申請
平成18年3月28日 原子炉設置変更許可

沸騰水型原子炉（BWR）

・**東京電力福島第一原子力発電所3号炉**
平成10年11月 4日 原子炉設置変更許可申請
平成11年 7月 2日 原子炉設置変更許可

・**東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所3号炉**
平成11年 4月 1日 原子炉設置変更許可申請
平成12年 3月15日 原子炉設置変更許可

原子炉設置変更許可後も安全の確保に努めます

審査のポイント

時期	審査のポイント	手続
MOX燃料の製造時	✔申請されたMOX燃料の詳細仕様が基準を満たしているか。 ✔MOX燃料をきちんと造れるか。	（輸入燃料体検査）
原子炉へMOX燃料を入れる時	✔詳細な原子炉の制御性等が基準を満たしているか。	（工事計画認可）
MOX燃料を入れての運転中	✔申請された運転中の約束事が安全管理上問題なく，災害防止上十分か。	（保安規定変更認可）

→ 検査で確認