

玄海原子力発電所3号機プルサーマル計画
の安全性について

平成18年2月7日
佐賀県



目次

<説明資料>

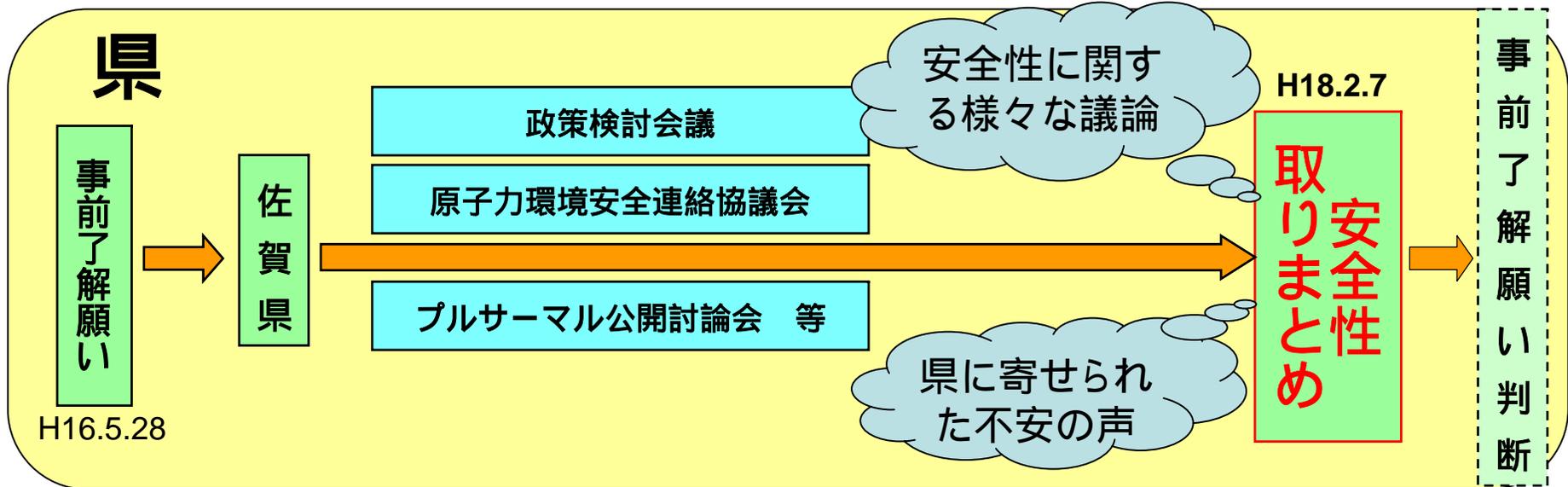
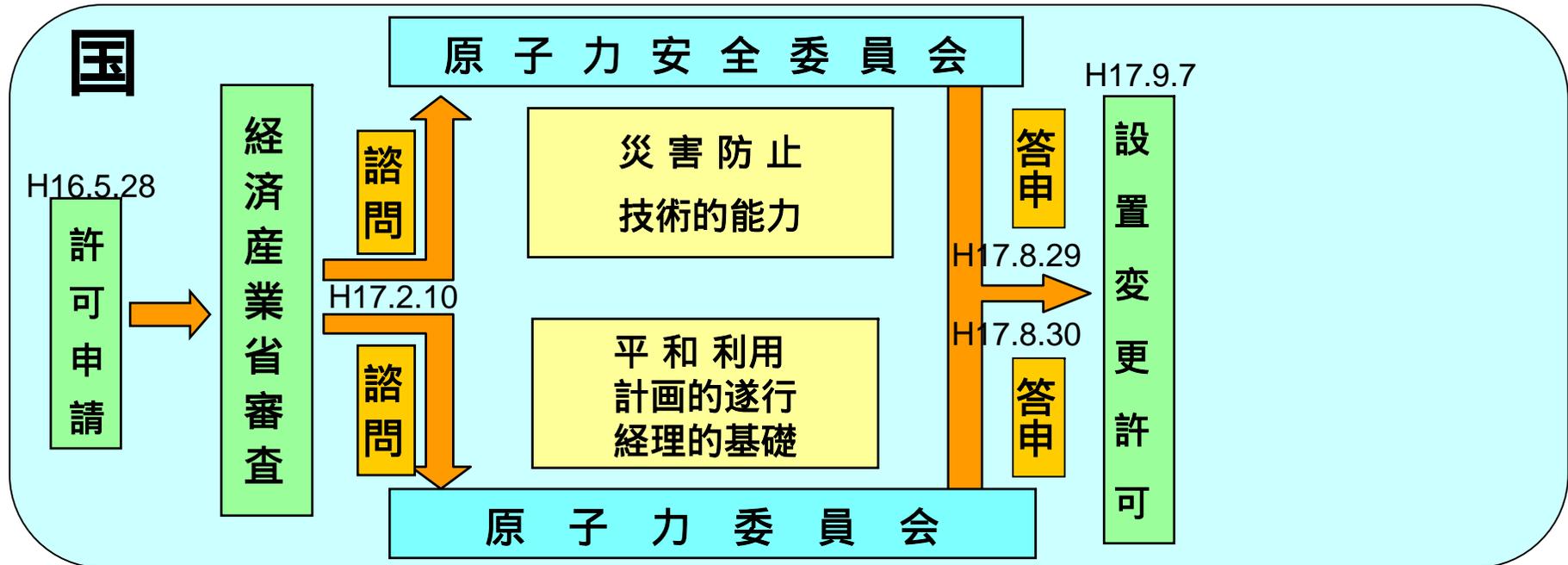
- 1 [プルサーマルに関する主な経緯](#)
- 2 [取りまとめに当たっての基本的な考え方](#)
- 3 [プルサーマル公開討論会](#)
- 4 [プルサーマル計画の安全性に関する考え](#)
- 5 [プルサーマル計画の安全性に関する論点](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#)
 - (1) [制御棒の効きが悪くなり、原子炉を安全に停止できないのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#) [資料](#)
 - (2) [燃料の溶融点が下がり、溶けやすくなるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#)
 - (3) [燃料の内圧が高くなり破損しやすくなるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#)
 - (4) [海外での実績よりプルトニウム濃度や燃焼度が高く、危険ではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#)
 - (5) [事故時の影響範囲が広がるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#)
 - (6) [テロの可能性が高まるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#)
- 6 [国の安全審査](#)
- 7 [九州電力の安全管理体制](#)
- 8 [安全性に対する県の判断](#)

<参考資料・プルサーマル計画の安全性に関する論点(その他)>

- (7) [原子炉冷却水の温度が下がると急に出力が上昇して危険性が増すのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#) [資料](#)
- (8) [出力の分布が平坦でなく、燃料が破損しやすくなるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#)
- (9) [作業員の被ばくが増えるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#)
- (10) [格納容器の破損が起こるのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#)
- (11) [使用済MOX燃料を安全に貯蔵・輸送できないのではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#) [資料](#) [資料](#)
- (12) [国における審査指針の見直しが行われるまで、プルサーマル実施の判断は待つべきではないか](#) [\(1/2\)](#) [\(2/2\)](#)



プルサーマルに関する主な経緯



取りまとめに当たっての基本的な考え方

国の安全審査は、厳正かつ慎重に行われた結果、安全性が確保されるものとして許可が行われたものと理解している。

県民の方々からの様々な不安の声や意見のほか、県が九州電力・国から説明を受けた際に感じた疑問点などに対する九州電力・国の見解、及び公開討論会における推進・慎重の双方からの議論等を踏まえ、安全性に関する論点を整理した。

県民の方々の安全と安心を守る立場から、これらの論点について、安全性の確保が図られるものと理解、納得できるかどうかという観点から行った。



プルサーマル公開討論会

開催日：平成17年12月25日

場所：唐津ロイヤルホテル

参加者数：782人



県内全ケーブルテレビで放送
インターネットによるライブ配信
新聞による事後広報

慎重な立場
専門家

推進の立場
専門家

安全性に関する
議論

県民の
ご意見・質問

論点の整理



プルサーマル計画の安全性に関する考え

安全性に関する整理 (8項目の論点)

- ・原子炉の制御性
- ・燃料の健全性
- ・MOX燃料の使用実績
- ・平常時の被ばく
- ・事故時の影響
- ・使用済MOX燃料
- ・テロの可能性
- ・地震への対応

< 取りまとめの観点 >

県民の方々の安全と安心を守る立場から検討

安全性の確保が図られるものと

理解・納得



プルサーマル計画の安全性に関する論点(1 / 2)

原子炉の制御性	制御棒の効きが悪くなり、原子炉を安全に停止できないのではないか 
	原子炉冷却水の温度が下がると、急に出力が上昇して危険性が増すのではないか 
	出力の分布が平坦でなく、燃料が破損しやすくなるのではないか 
燃料の安全性	燃料の溶融点が下がり、溶けやすくなるのではないか 
	燃料の内圧が高くなり、破損しやすくなるのではないか 
MOX燃料の使用実績	海外での実績よりプルトニウム濃度や燃焼度が高く、危険ではないか 



プルサーマル計画の安全性に関する論点(2 / 2)

平常時の被ばく	作業員の被ばくが増えるのではないかと 
事故時の影響	格納容器の破損が起こるのではないかと 
	事故時の影響範囲が広がるのではないかと 
使用済MOX燃料	使用済MOX燃料を安全に貯蔵・輸送できないのではないかと 
テロの可能性	テロの可能性が高まるのではないかと 
地震への対応	国における審査指針の見直しが行われるまで、プルサーマル実施の判断は待つべきではないかと 



制御棒の効きが悪くなり、原子炉を安全に停止できない のではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいという特性を持っており、MOX燃料を使用することにより、制御棒及びほう素の効きが悪くなり、原子炉を安全に停止できないのではないか。

安全余裕が減少すれば、必ず危険は増大する。

推進の立場からの見解等

安全審査では、「様々な運転状態や異常時において原子炉を停止するために必要な能力」に加え、「指針で定められた余裕」を持っていることが確認されている。

ほう素についても、濃度を上げることにより、ウラン燃料のみを使用した場合と同等の停止能力を有していることが確認されている。

[詳細な説明へ](#)



制御棒の効きが悪くなり、原子炉を安全に停止できない のではないか(2 / 2)

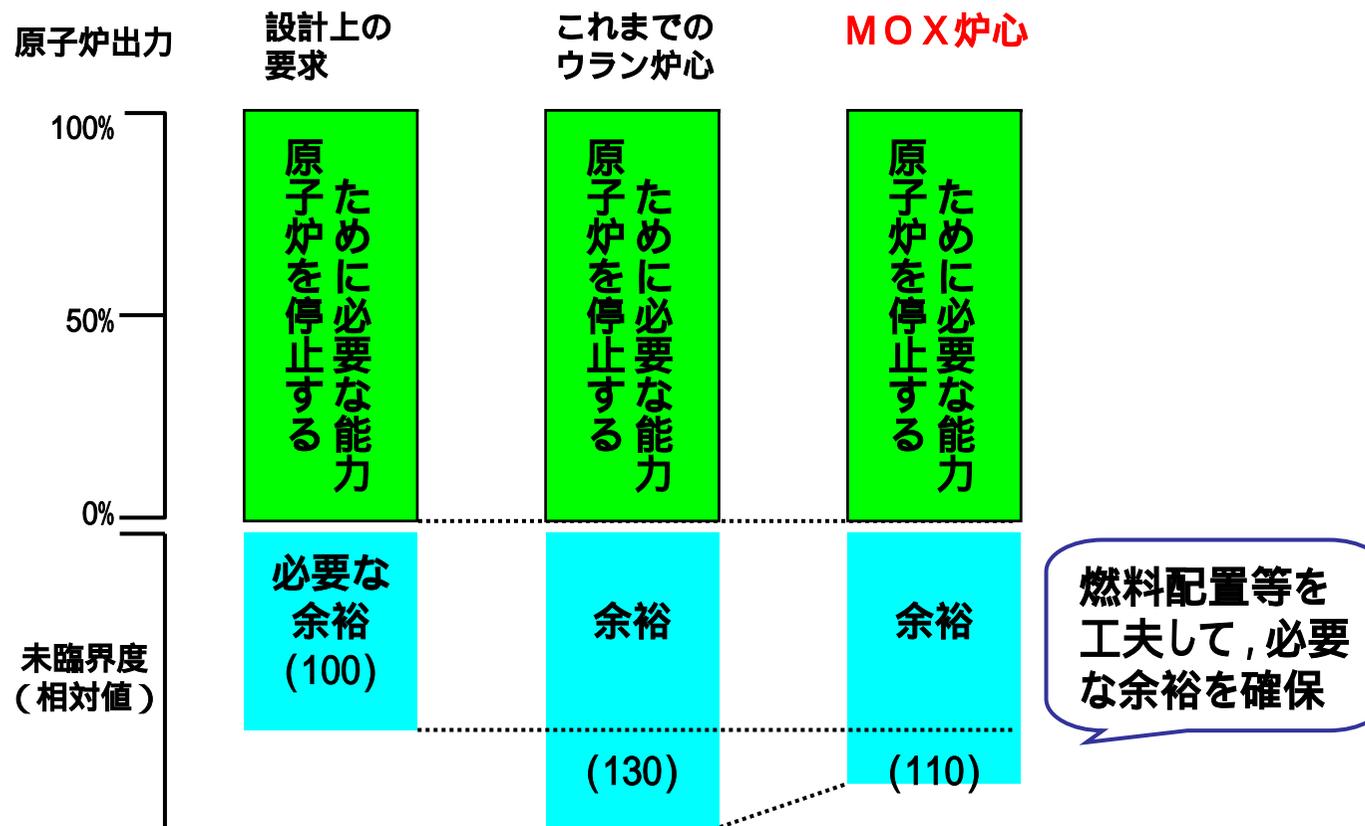
県の考え

MOX燃料を使用した場合、ウラン燃料のみを使用する場合に比べて、制御棒の原子炉停止能力の余裕が減少することは確かであるが、安全審査において必要な基準を満たしており、必要な場合には原子炉を安全に停止できるものと理解、納得できる。

ほう素については、濃度を上げることにより、ウラン燃料のみを使用した場合と同等の停止能力を有していることが確認されており、必要な場合には原子炉を安全に停止できるものと理解、納得できる。



制御棒の原子炉を止める能力は十分か

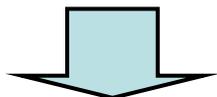


安全に原子炉を停止できることを確認した

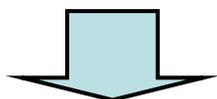


ほう素の効きは十分か

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2,500ppm 3,100ppm以上
蓄圧タンク 約2,500ppm 3,100ppm以上 〕

ほう素の効きを確保できることを確認した



燃料の溶融点が下がり、溶けやすくなるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

燃料にプルトニウムを添加すると、その溶融点はプルトニウムの添加量に応じて低下する。

溶融点が下がるということは余裕が減少することであり、危険性が増す。

推進の立場からの見解等

最も厳しい条件下で評価すると、ウランの溶融点 2790 に比べ、MOX燃料では 2720 となり、約 70 の低下となる。

しかし、異常時においても、MOX燃料の最高温度は約 2280 で十分な余裕があり、安全上問題となることはない。

[詳細な説明へ](#)



燃料の溶融点が下がり、溶けやすくなるのではないか(2 / 2)

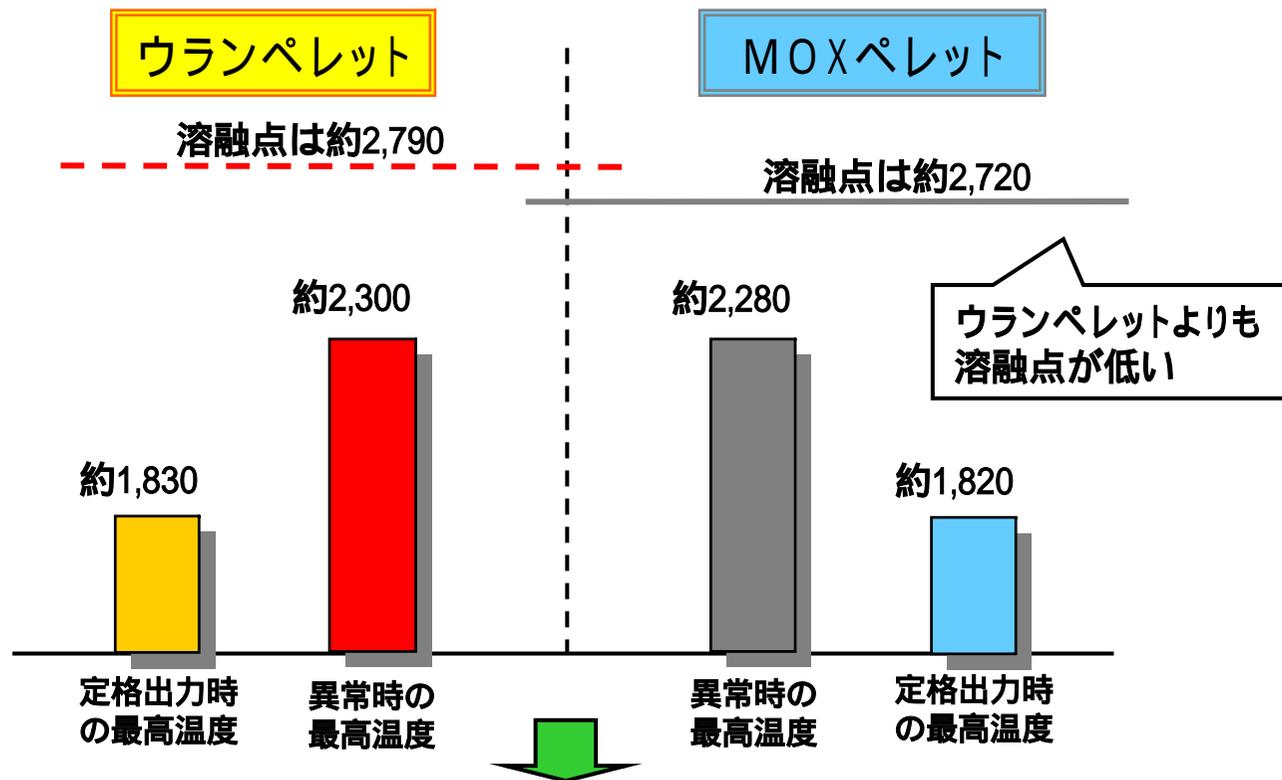
県の考え

異常時を考慮した場合においても、燃料の最高温度から溶融点までは約440の余裕があり、安全性は確保されるものと理解、納得できる。



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



燃料の内圧が高くなり、破損しやすくなるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

MOX燃料にはプルトニウムが高濃度の塊状で存在するプルトニウムスポットが数多くあり、核分裂生成ガスの放出率が高くなるため、燃料が破損しやすくなる。

推進の立場からの見解等

燃料棒に初めから加えてあるヘリウムガスの加圧量をウラン燃料に比べて低下させることにより、燃料棒内圧が基準値を満足することを確認している。

プルトニウムスポットについては、実験の結果、燃料破損への影響を特に考慮する必要がないことを確認している。

[詳細な説明へ](#)



燃料の内圧が高くなり、破損しやすくなるのではないか(2 / 2)

県の考え

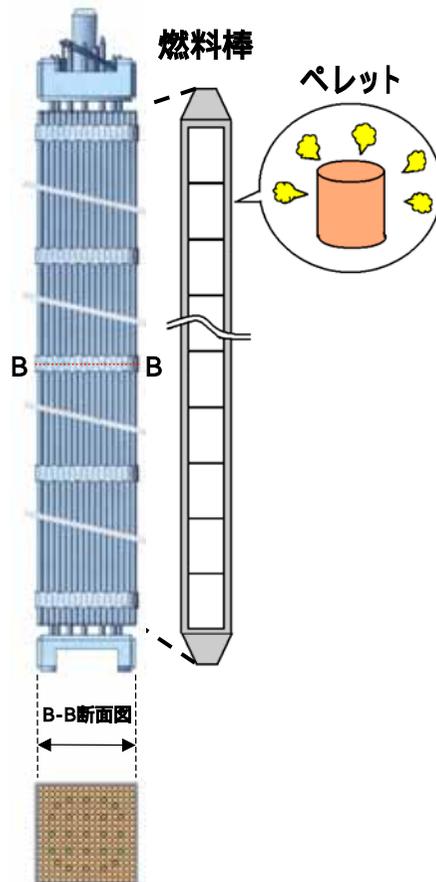
核分裂生成ガスの放出量の増加については、これを考慮して燃料棒の初期ガス加圧量を減少させており、その結果、燃料棒内圧は基準値を満足することが確認されている。

現実的に考えられるものより大きいプルトニウムスポットの燃料を用いた実験の結果、燃料破損への影響を特に考慮する必要はないことが確認されており、安全性は確保されるものと理解、納得できる。



燃料棒内に気体が異常に充満して燃料棒を傷めないか

燃料集合体



MOX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
:約16.3MPa
MOX燃料棒
:約16.1MPa

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



海外での実績よりプルトニウム濃度や燃焼度が高く、 危険ではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

- 玄海3号機の計画では、
 - ・プルトニウム濃度が海外の実績より高い。
 - ・最も実績があるフランスの原発より出力が大きい。
 - ・海外の実績より燃焼度が高い。

実績がないことを行うということは、玄海3号機が実験場になるということである。

推進の立場からの見解等

ドイツ等では、玄海3号機の計画を超える出力や最高燃焼度の実績が多数ある。

プルトニウム濃度は、確かに海外より若干高いが、MOX燃料を使用した場合の性質の変化を考慮した安全解析・審査を行っている。

商業炉での実績がなくても、実験等により解析手法の信頼性は確認されており、正確に評価することは可能。

[詳細な説明へ](#)



海外での実績よりプルトニウム濃度や燃焼度が高く、危険ではないか(2 / 2)

県の考え

現行の軽水炉におけるプルトニウムの燃焼や、国内外での実験や解析等に基づき、玄海3号機で計画されている濃度及び燃焼度のMOX燃料を使用した場合の特性を考慮した上で安全解析が行われており、安全性が確保されるものと理解、納得できる。



MOX燃料使用の実績

国	発電所	出力 万kW	全炉心 集合体数	MOX装荷 開始	燃焼度 MWd/t	最大装荷率 % 2003.12.31
ベルギー	ドール3	105.8	157	1995	49,000	20
ドイツ	グンドレミンゲン(B)	134.4	784	1996	55,000	26
	ネッカー2	136.5	193	1998	50,000	27
	イザール2	145.5	193	1998	45,000	33
	ブロックドルフ	144.0	193	1989	50,000	33
	グローンデ	143.0	193	1988	50,000	33
	ウンターベーカー	135.0	193	1984	50,000	31
	フィリップスブルク2	142.4	193	1988	50,000	23
スイス	ゲスゲン	102.0	177	1997	52,000	36
九電	玄海3	118.0	193	2010?	45,000	25

グンドレミンゲン(B)はBWR。それ以外はPWR。

「論点」へ戻る



事故時の影響範囲が広がるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

もしプルサーマルを実施
していて事故が起きれば、
プルトニウムはウランに比
べて数十万倍も毒性が強
いため、被害の範囲が拡
大する。

事故時には気体になっ
たプルトニウムを吸い込
むため危険である。

推進の立場からの見解等

MOX燃料中のプルトニウ
ムの沸点が高い(約3230)
こと等から、事故時にプルト
ニウムが気体となって外部
に放出されることはほとん
ど考えられない。

プルトニウムの毒性につ
いては、特に吸入した場合
に問題であるが、現実に吸
入することはほとんど考え
られない。



事故時の影響範囲が広がるのではないか(2 / 2)

県の考え

プルトニウムは気体になりにくく、また、放射性物質を閉じこめる何重もの壁があり、プルトニウムが外部へ放出されることはほとんど考えられない。発電所外への放射性物質の影響は、ウラン燃料と比べて差はないものと理解、納得できる。

例えば格納容器が破損する確率は7千万年に1回程度と評価されており、ゼロではないものの、十分に小さい確率であり、現実には起こるとは考えられないものと理解、納得できる。



テロの可能性が高まるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

ウランより毒性の強いプルトニウムを使用するプルサーマルは、テロ攻撃の対象となる可能性が増えるのではないか。

推進の立場からの見解等

プルサーマルを実施しているからといってテロの標的になりやすいということは考えにくい。

原子力発電所は、警備も一般施設より厳重であり、建物自体も堅固である。



テロの可能性が高まるのではないか(2 / 2)

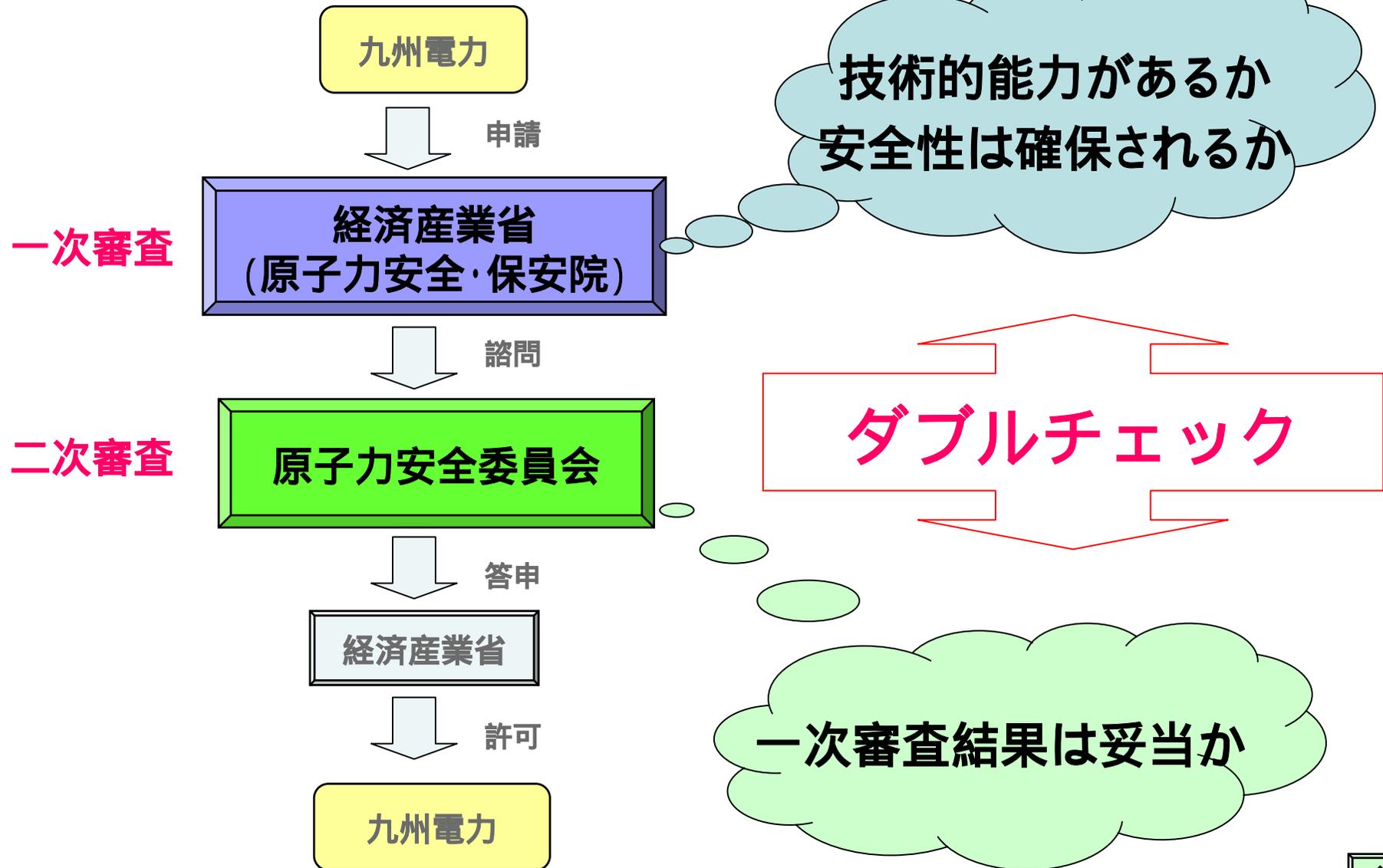
県の考え

原子力発電所へのテロの可能性はゼロではないと考えられるが、プルサーマルを実施することにより、警備警戒態勢や施設の構造・強度が変わるものではなく、攻撃される可能性が大きく増加するとは考え難いものと理解、納得できる。

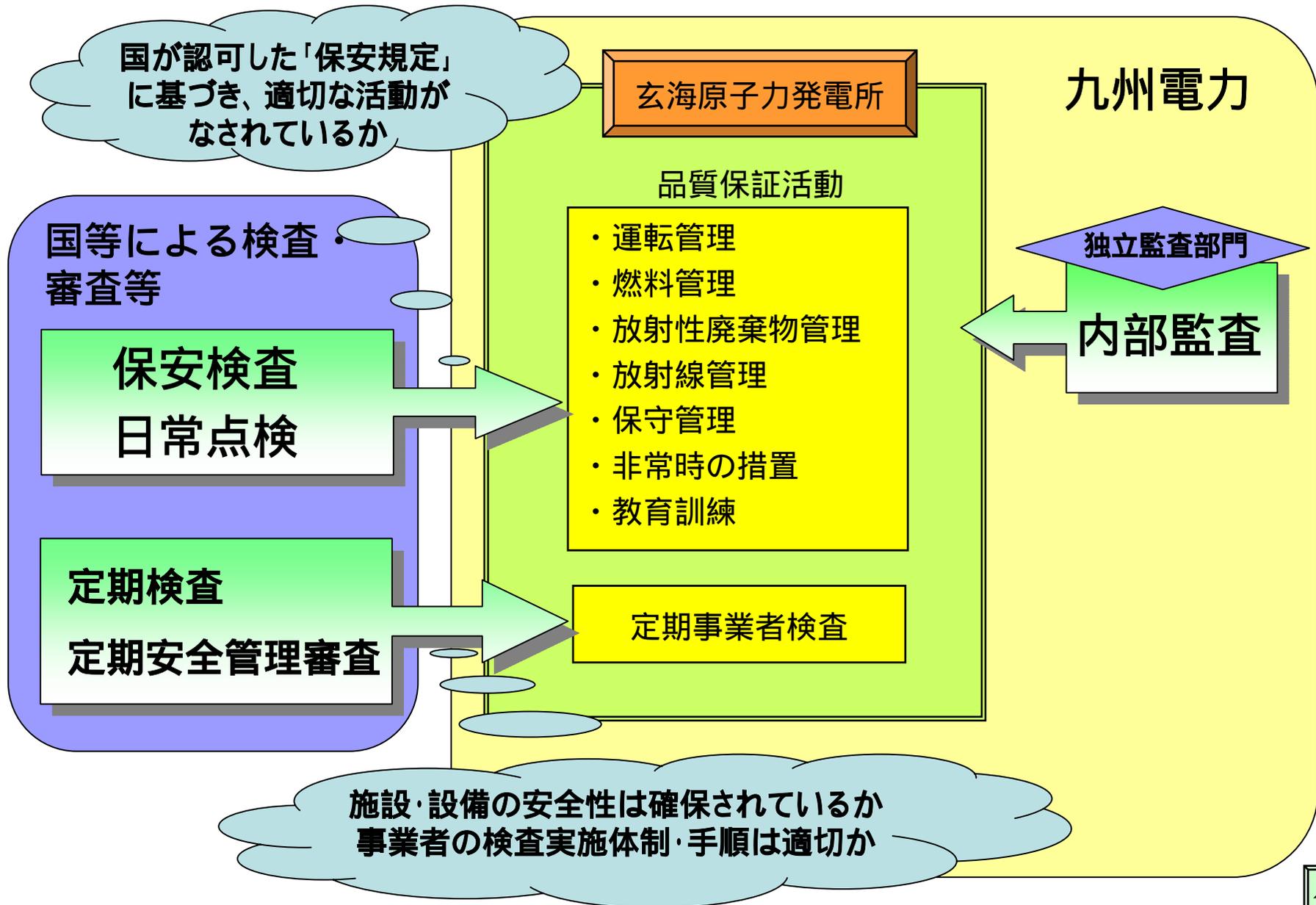
テロなどの攻撃を想定した「佐賀県国民保護計画」を作成し、万が一のこのような事態に対しても、県民の安全を確保するための適切な対応ができるよう、関係機関と協力し対応体制を整備していくこととしている。



国の安全審査



九州電力の安全管理体制

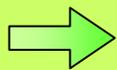


安全性に対する県の判断

玄海3号機プルサーマル計画について

プルサーマル計画

- ・安全性に関する論点
(8項目・12論点)
- ・国の安全審査



理解・納得

安全管理体制

- ・国による厳格な規制・監督
- ・九州電力による適正な
安全管理

「安全性は確保される」



參考資料

原子炉冷却水の温度が下がると、急に出力が上昇して危険性が増すのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

燃料中のプルトニウムの量が多くなると、原子炉出力が変動したときに出力を元に戻そうとする作用が大きくなる。

何らかの原因で冷却水の温度が低くなったりすると、出力が急に大きくなり、危険性が増す。

推進の立場からの見解等

原子炉が冷却されるような場合には、原子炉が自ら出力を上げるような性質が強まるが、原子炉を安全に停止できる能力を有している。

「制御棒及びほう素の効き」を参照

[詳細な説明へ](#)



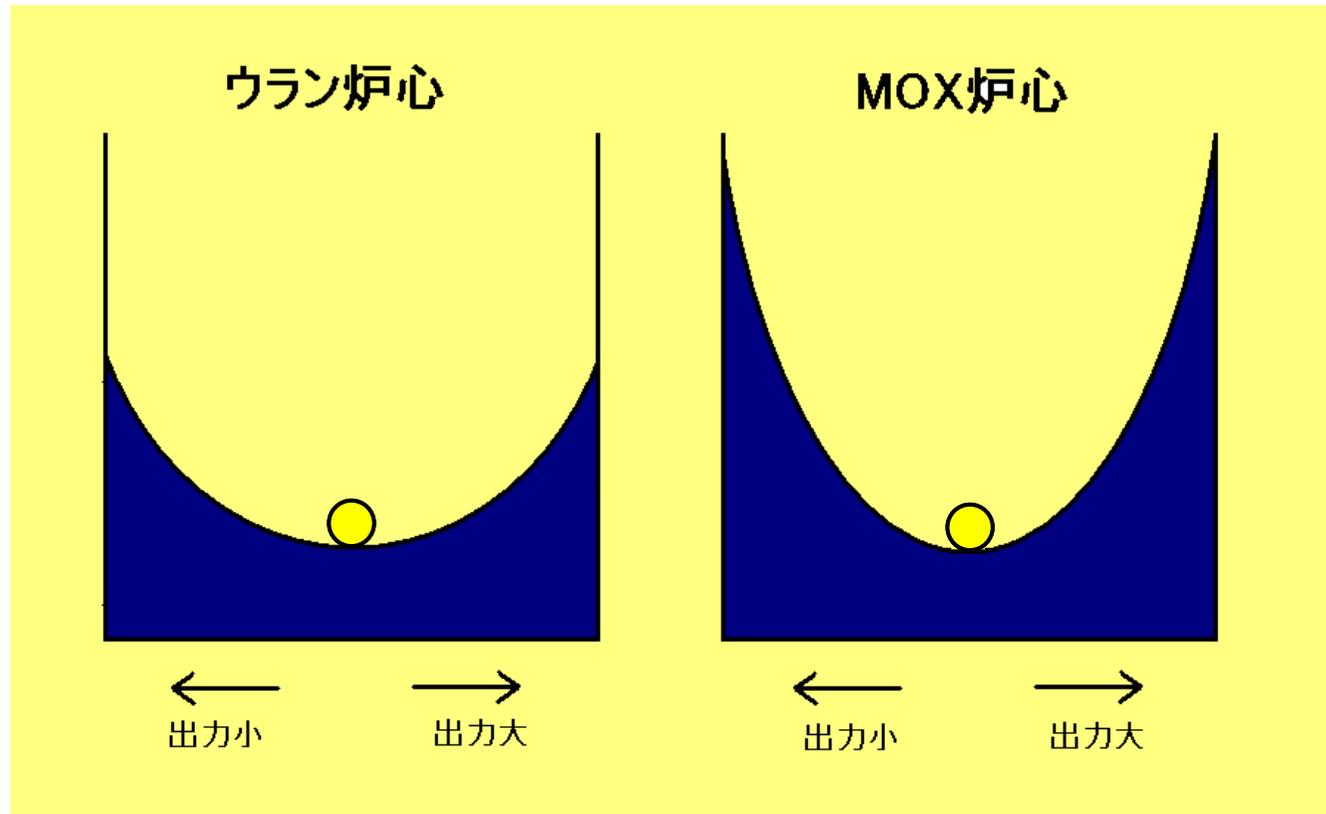
原子炉冷却水の温度が下がると、急に出力が上昇して危険性が増すのではないか(2 / 2)

県の考え

MOX燃料を使用すると、原子炉の温度が下がる場合には、自ら出力を上昇させる性質が強まるが、このような特性をも考慮した解析が行われており、制御棒及びほう素により安全に停止できるものと理解、納得できる。



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)

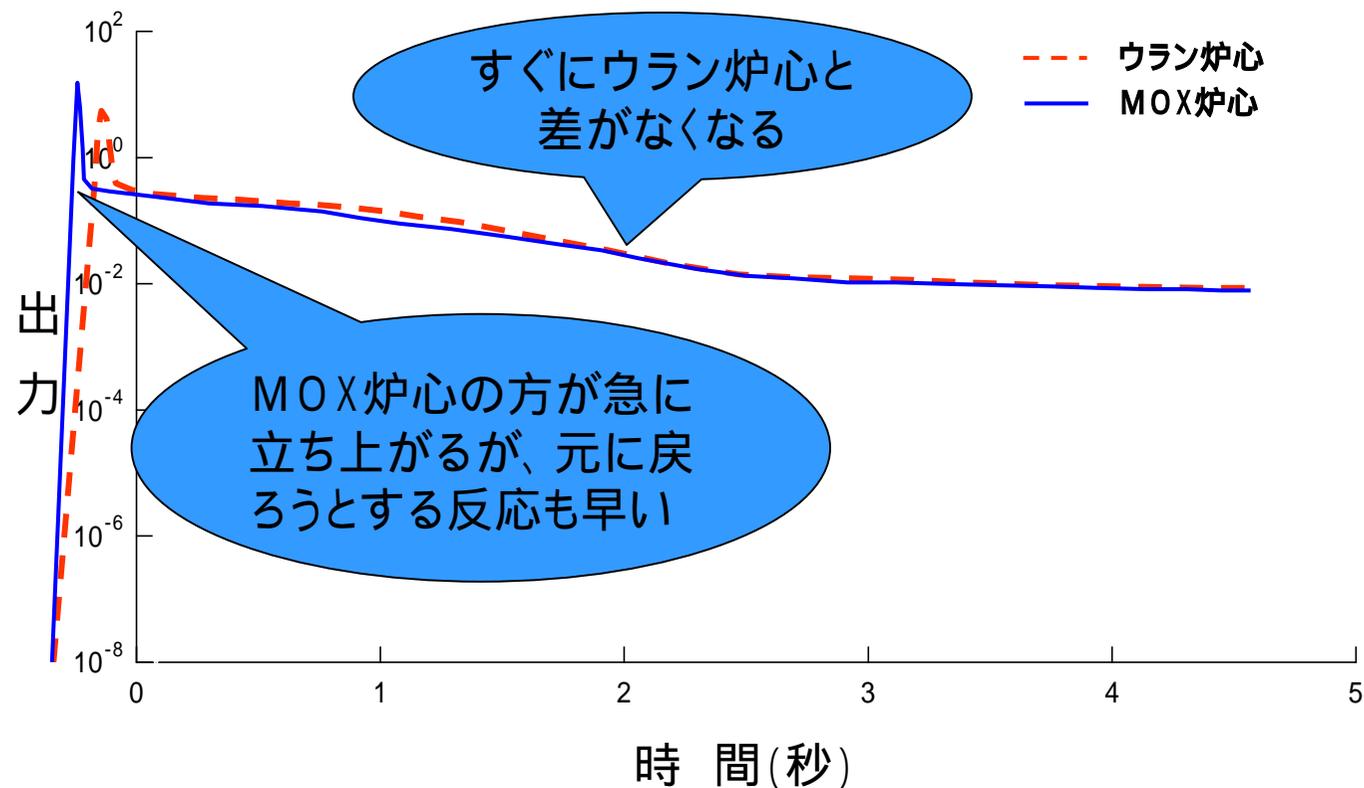


MOX炉心の方が出力が元に戻ろうとする力が強い



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



出力の分布が平坦でなく、燃料が破損しやすくなる のではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

MOX燃料はウラン燃料と隣接する部分で出力が出やすくなる傾向がある。

プルサーマルでは、MOX燃料とウラン燃料が隣接することになり、その境界でMOX燃料の出力が大きくなり、燃料破損が起りやすくなるなど危険性が増加する。

推進の立場からの見解等

3種類のプルトニウム含有率の燃料棒を用意し、MOX燃料集合体内で、ウラン燃料と隣接する部位にプルトニウム含有率の低い燃料棒を配置し、出力分布ができるだけ平坦になるようにすることで燃料の安全性を確保できる。

[詳細な説明へ](#)



出力の分布が平坦でなく、燃料が破損しやすくなる のではないか(2 / 2)

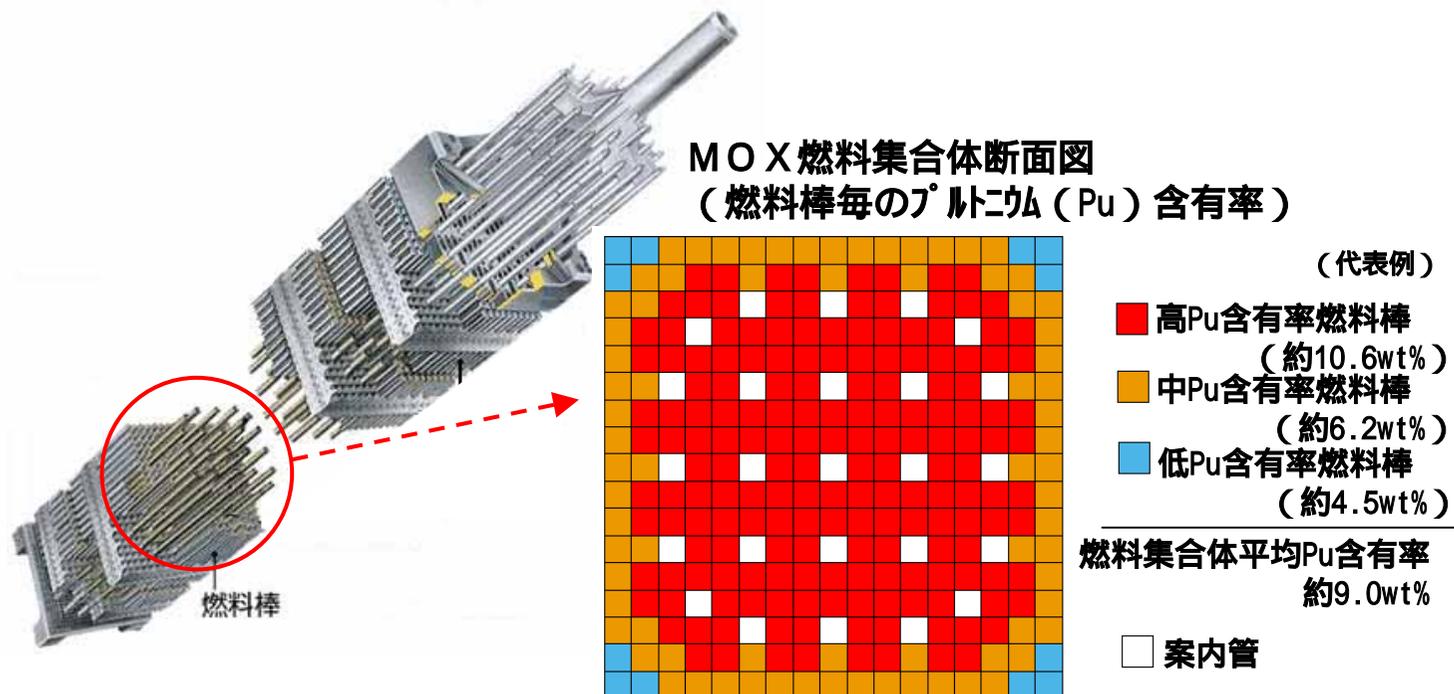
県の考え

計画では、出力が高くなりやすいMOX燃料集合体の周辺部に、プルトニウム濃度の低い、つまり燃えにくい燃料棒を配置して、出力分布をできるだけ平坦化する工夫を行ったMOX燃料を使用することとしている。

その上で、最も出力が高い燃料棒に着目して解析が行われ、燃料の安全性が確認されており、安全性は確保できるものと理解、納得できる。



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。

想定される出力差を前提に評価した結果,
燃料は安全であることを確認した



作業員の被ばくが増えるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

プルトニウムはウランに比べ毒性が非常に強く、ガンを引き起こす。

MOX燃料はウラン燃料に比べ放射線が多く出てくるため、作業従事者の被ばく線量が大きくなる。

推進の立場からの見解等

MOX燃料はウランやプルトニウムを焼き固めた上、燃料被覆管に密閉されているため、プルトニウムを体内に吸い込むことはない。

MOX新燃料の取り扱い作業においては、遠隔操作や水中保管等、放射線に対する遮へいを適切に行うことにより、作業員の被ばくを低減する対策を行う。

[詳細な説明へ](#)



作業員の被ばくが増えるのではないか(2 / 2)

県の考え

ウランに比べてプルトニウムの方が放射線が強く、法令に定める摂取限度量もプルトニウムの方が少ないことは確かである。

しかし、MOX燃料は容易に飛散することはなく、燃料の取り扱い時には専用の設備を使用することにより被ばく線量を低減でき、安全性を確保できるものと理解、納得できる。



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遠隔操作
- ・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

- ・専用装置で遠隔操作
- ・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



格納容器の破損が起こるのではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

安全審査の際に想定する重大事故、仮想事故でも、格納容器の破損は考えていない。

格納容器が破損するシナリオを考えることは可能であり、それが絶対に起こらないという保証はない。

推進の立場からの見解等

玄海3号機の原子炉格納容器の破損頻度については、確率論的安全評価を実施しており、その頻度は7千万年に1回程度である。

国際的な目標値(10万年に1回)を十分に下回っており、現実的に起こるとは考えられない。



格納容器の破損が起こるのではないか(2 / 2)

県の考え

玄海3号機において、原子炉格納容器が破損するような事故の発生確率は、各種機器の故障確率やヒューマンエラー等を考慮した結果、7千万年に1回程度と評価されており、ゼロではないものの、十分に小さい確率であり、現実には起こるとは考えられないものと理解、納得できる。



使用済MOX燃料を安全に貯蔵・輸送できない のではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

使用済ウラン燃料に比べて使用済MOX燃料の発熱量が大きく、安全に貯蔵することができない。

発熱量が大きいため発電所から搬出することができず、永久に保管されることになるのではないか。

推進の立場からの見解等

玄海3号機の使用済燃料を貯蔵する使用済燃料ピットの冷却能力については、必要な基準を満足することを確認している。

使用済MOX燃料の輸送については、現状の輸送規則に合わせ熱及び放射線遮へいを考慮した輸送容器を製作すれば技術的に可能と考えている。

[詳細な説明へ](#)



使用済MOX燃料を安全に貯蔵・輸送できない のではないか(2 / 2)

県の考え

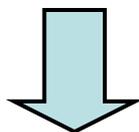
使用済ウラン燃料に比べて使用済MOX燃料の方が発熱量が大きいが、現在の使用済燃料ピットの冷却能力で、必要な基準を満足しており、安全性が確保できるものと理解、納得できる。

また使用済MOX燃料の輸送については、燃料の組成は若干違うものの、国外においては取り出して数年後に輸送した実績があり、その発熱量等を考慮した輸送容器を利用したの搬出が技術的には可能であると理解、納得できる。

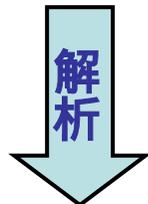


使用済MOX燃料の貯蔵は安全に行えるか

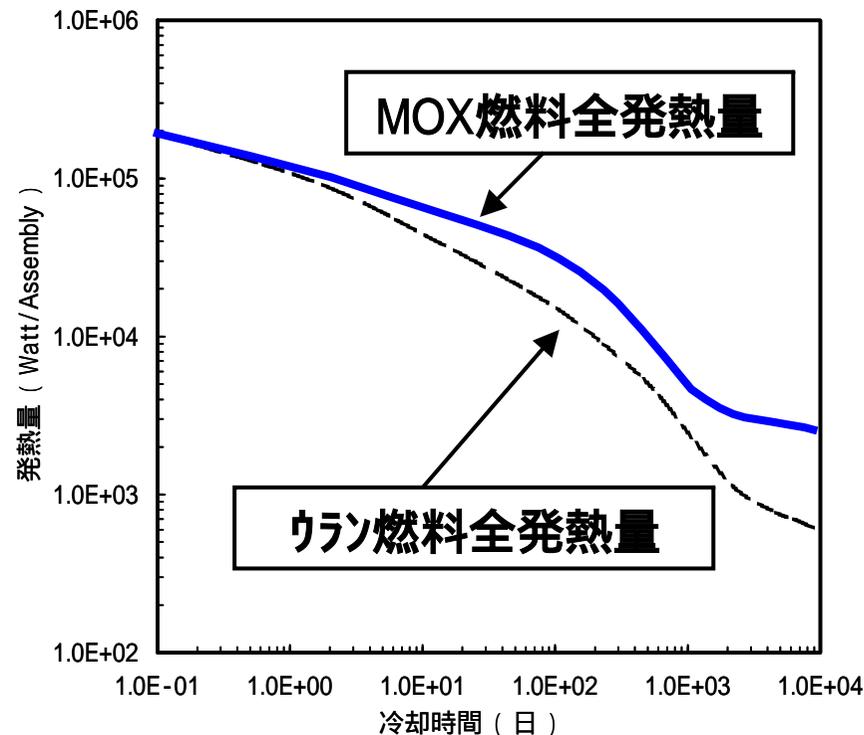
MOX燃料はウラン燃料よりも長い時間熱を出し続ける



最も厳しい条件下(使用済燃料ピットがほとんどMOX燃料で占められた場合)での水温を解析



使用済燃料ピット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	58.4	65



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遠隔操作
- ・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

- ・専用装置で遠隔操作
- ・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



国における審査指針の見直しが行われるまで、プルサーマル実施の判断は待つべきではないか(1 / 2)

慎重な立場からの見解等

活断層があると考えられていなかった福岡県西方沖で地震が発生し、宮城県沖地震では、女川原子力発電所の原子炉が自動停止し、一部の周期において地震の揺れが想定を上回った。

少なくとも耐震設計指針の見直しが完了するまでプルサーマル実施の判断は待つべき。

推進の立場からの見解等

現在、原子力安全委員会において、新たな知見を指針に反映させて、より高度化を図るための検討が実施されており、今後の動向を注視するとともに、必要に応じ適切に対応していく。

プルサーマルを導入しても、地震に対する安全性が低下することはない。



国における審査指針の見直しが行われるまで、プルサーマル実施の判断は待つべきではないか(2 / 2)

県の考え

玄海原子力発電所の安全上重要な建物は、直接堅固な岩盤に固定されており、予想される最強の地震にも耐えられる設計となっている。

また、MOX燃料集合体の構造・強度は従来のウラン燃料集合体と基本的に同一であるため、プルサーマルを実施した場合にも、これまでと原子力発電所の耐震安全性は変わらないものと理解、納得できる。

