

(4) MOX 燃料の使用後 (使用済 MOX 燃料の貯蔵、搬出、処理・処分) 【論点 2-5~2-7】

① 取扱・貯蔵設備の遮へい能力 (論点 2-5-1) [14/24]

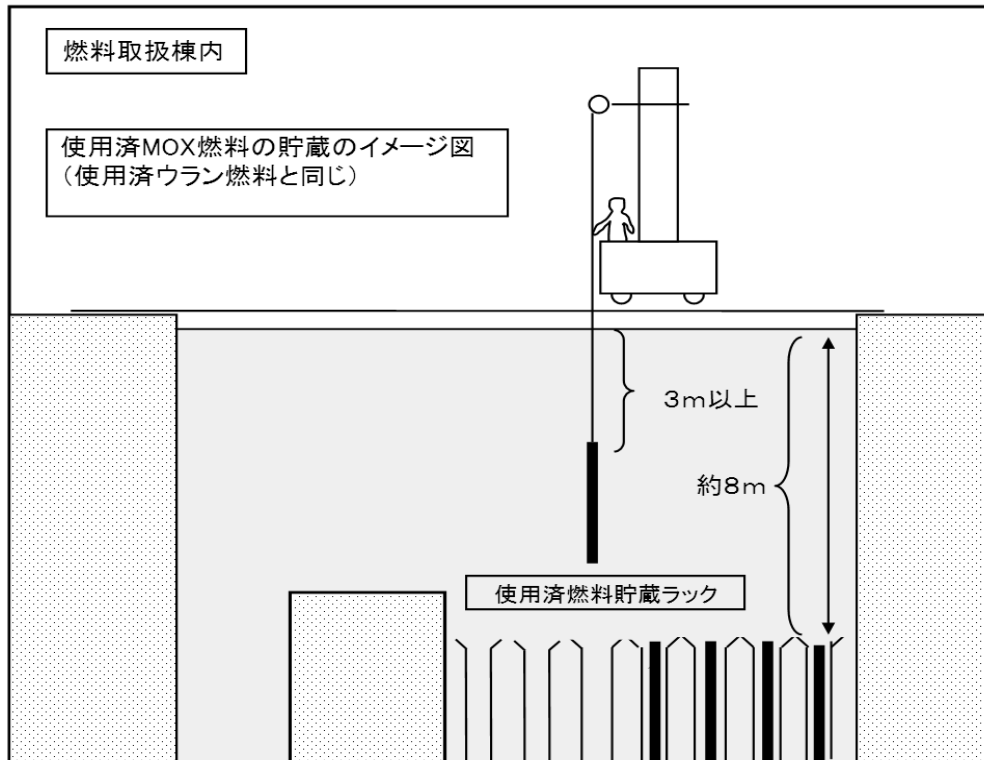
【使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料に比べて放射線が強くなるが、使用済 MOX 燃料を貯蔵することにより作業エリアの線量が高くなることはないか。】

◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
・使用済 MOX 燃料は使用済のウラン燃料に比べ、中性子の線源強度が大きくなるが、燃焼度が小さいためガンマ線の線源強度は小さくなる。 中性子の線源強度は10倍程度 ガンマ線の線源強度は8割程度。	(左記参照)

○ 北電株の講じる対策

- 使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料と同様に、使用済燃料ピットにおいて水中で貯蔵する。
- 使用済燃料ピットの壁面及び底部はコンクリート壁による遮へいを施し、使用済燃料の上部は、使用済 MOX 燃料の取扱い及び貯蔵時において、遮へいに必要な水深 (3m) を常に確保する。



□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<ul style="list-style-type: none"> 作業者の被ばく線量(推定値)を使用済ウラン燃料と比較して示すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用済み燃料は貯蔵ピット(プール)に収められ、十分な遮へいをされるので、作業エリアの線量が高くなることはない。 使用済み燃料の持つ放射能は燃焼度と冷却期間に依存し、MOX 燃料の使用済み燃料だから高くなるわけではない。

● 有識者検討会議の検討・評価

- 使用済 MOX 燃料では、ウラン燃料と比べ、キュリウム 242 の自発核分裂などによる中性子が多いが、水中で取り扱うことから、中性子の線源強度はガンマ線に比べ無視できるほど減衰する。
- 使用済燃料からのガンマ線は、核分裂生成物が主線源であり、ウラン燃料、MOX 燃料ともに燃焼度が高ければより多くの核分裂生成物が蓄積する。使用済 MOX を使用済ウラン燃料と比較した場合、
 - ガンマ線源強度を決める支配的な核分裂生成物(ジルコニウム 95、ニオブ 95、ランタン 140)の収率は、ウラン 235 よりプルトニウムのほうが低いため、ガンマ線源強度は使用済 MOX 燃料のほうが低くなる。
 - MOX 燃料では核分裂あたりのエネルギー発生量が多いので、燃焼度が同じであれば核分裂数は少なくなり、ウラン燃料と比べ核分裂生成物の量も小さくなるので、ガンマ線源強度は低くなる。なお、今回使用を計画している MOX 燃料はウラン燃料より燃焼度が小さいため、ガンマ線の線源強度は、更に少なくなる。
- 使用済 MOX 燃料は、使用済燃料プールの貯蔵ラックに貯蔵し、常に水深約 8m を確保し、取り扱い時も常に水深約 3m を確保し、水位を常時監視することとしている。
- ガンマ線の線源強度はウラン燃料の 8 割程度であり、十分な水深とコンクリート壁等の遮へいを適切に講じることによって作業場所の線量率は管理値(0.15mSv/h)以下になるとしている。

<<検討結果>>

使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料と比較して中性子の線源強度は大きいものの、使用済燃料ピットで貯蔵することから中性子は水中で減衰し、その線量率はガンマ線に比べ無視できるほどである。

また、使用済 MOX 燃料のガンマ線の線源強度は、燃焼度や核分裂生成物の収率の違いから、使用済ウラン燃料の 8 割程度と低いと考えられる。

したがって、必要な水深を確保し常に水中で取り扱うことにより、作業場所の被ばく線量率を管理値以下とすることができ、使用済ウラン燃料を貯蔵する場合と比べて作業エリアの線量が高くなることはないものとする。

<法的事項>

原子炉等規制法(第 26 条)、安全設計審査指針(指針 57)

② 貯蔵設備の冷却能力(論点 2-5-2) [15/24]

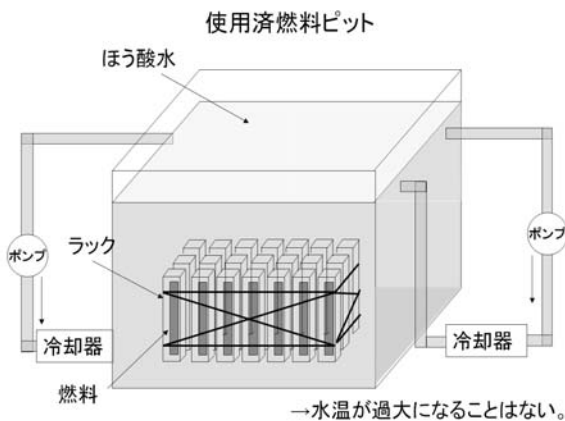
【使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料に比べ崩壊熱による発熱量が大きいですが、使用済 MOX 燃料を貯蔵する設備は十分な冷却能力を有しているか。また、貯蔵に対する評価はどのように行ったのか。】

◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉停止直後の発熱量はウラン燃料と同じだが、半減期の長い核種が長い間発熱するため、発熱量の減衰がウランよりも遅くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉停止直後には停止前の 6% 程度の発熱があり、時間の経過とともに発熱量が減衰していく。

○ 北電機(株)の講じる対策

- 使用済 MOX 燃料は使用済燃料ピット中のラックに 1 体ずつ収納して貯蔵する。使用済燃料ピットはほう酸水で満たされているので使用済 MOX ペレット中で発生した熱は水に伝わり、水の温度が上昇する。水はポンプによって循環され、途中冷却器によって冷やされるので水の温度が過大に上昇することはない。
- すべてのラックにウラン燃料と MOX 燃料が入るまで使用済燃料が増えた場合でも水の温度は基準値を満足する。



	水温 (°C)		
	ウラン	MOX	基準値
ポンプ 2 台運転時	47.0	50.0	52 以下
ポンプ 1 台運転時	54.3	58.7	65 以下

使用済燃料の発熱量の減衰を示すグラフ

(左: 減衰の傾向を広範囲に見るための対数グラフ、右: 左グラフを直感的にわかりやすく見せるため両軸をリニアスケールにしたグラフ)

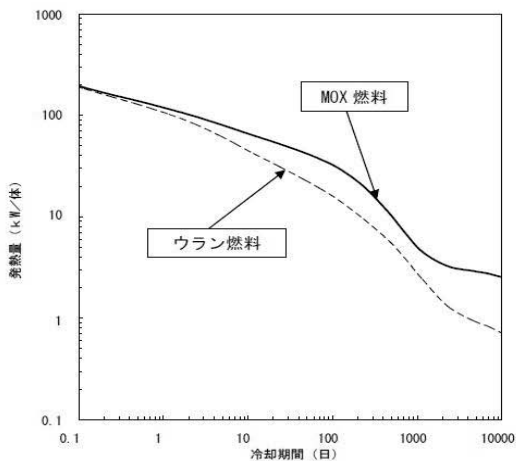


図 1 原子炉停止後の崩壊熱の減衰 (一例)

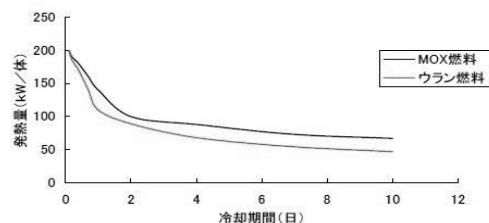


図 2 リニアスケールのグラフ (10日まで)

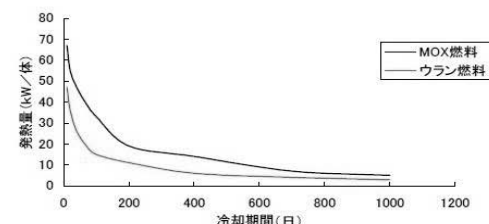


図 3 リニアスケールのグラフ (10から1000日まで)

□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<p>・水温評価の想定において、MOX 燃料とウラン燃料の数はどう設定されているのか、具体的に示して冷却能力を説明すべき。</p>	<p>・使用済燃料ピットの水は、ポンプによる循環と冷却器による冷却により十分な冷却能力を有している。</p> <p>・使用済み燃料が持つ発熱量は燃焼度と冷却期間に依存し、MOX 燃料の使用済み燃料だから発熱量が大きいというわけではない。</p>

● 有識者検討会議の検討・評価

- 使用済燃料の発熱は、核分裂生成物の崩壊熱(比較的半減期が短い)は使用済ウラン燃料のほうが大きく、アクチノイド(原子番号 90 以上の元素)崩壊熱(比較的半減期が長い)は使用済 MOX 燃料のほうが大きい傾向にあるため、使用済 MOX 燃料のほうが発熱量の減衰が遅くなるが、使用済燃料が持つ発熱量は燃焼度と冷却期間に大きく依存するため、MOX 燃料の使用済み燃料であるから発熱量が特別に大きいというわけではない。
- ポンプ 1 台の故障が続いた場合でもコンクリートの健全性確保のための基準値 65℃を下回るので設備に問題は生じないが、ポンプ2台運転時は作業環境の維持の観点から 52℃の基準値を設定している。
- 水温評価の想定条件は、3号機の燃料については MOX 燃料の取り替えを行っていき、更に定期検査などで炉心全体が使用済燃料ピットに取り出されていること、1、2号機からも2年間以上冷却した燃料が同ピットに移動していること、水面からの放熱を無視するなど、発熱量が最も大きくなる燃料の組み合わせでピットが満杯になることを想定し、厳しい条件設定のもとで計算されているが、基準値を満足している。

<< 検討結果 >>

使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料に比べ崩壊熱による発熱量が大きいですが、貯蔵はほう酸水で満たした使用済燃料ピットで行い、ほう酸水はポンプにより循環し冷却器により冷却するとしている。

また、水温の評価は、最も発熱量が大きくなる燃料の組み合わせでの貯蔵、水面からの放熱を無視するなど、より厳しい条件設定のもとで行われていることから、貯蔵設備の冷却能力は確保されるものと考えます。

<法的事項>
 原子炉等規制法(第 26 条)、安全設計審査指針(指針 49)

③ 使用済 MOX 燃料の搬出 (論点 2-6-1) [16/24]

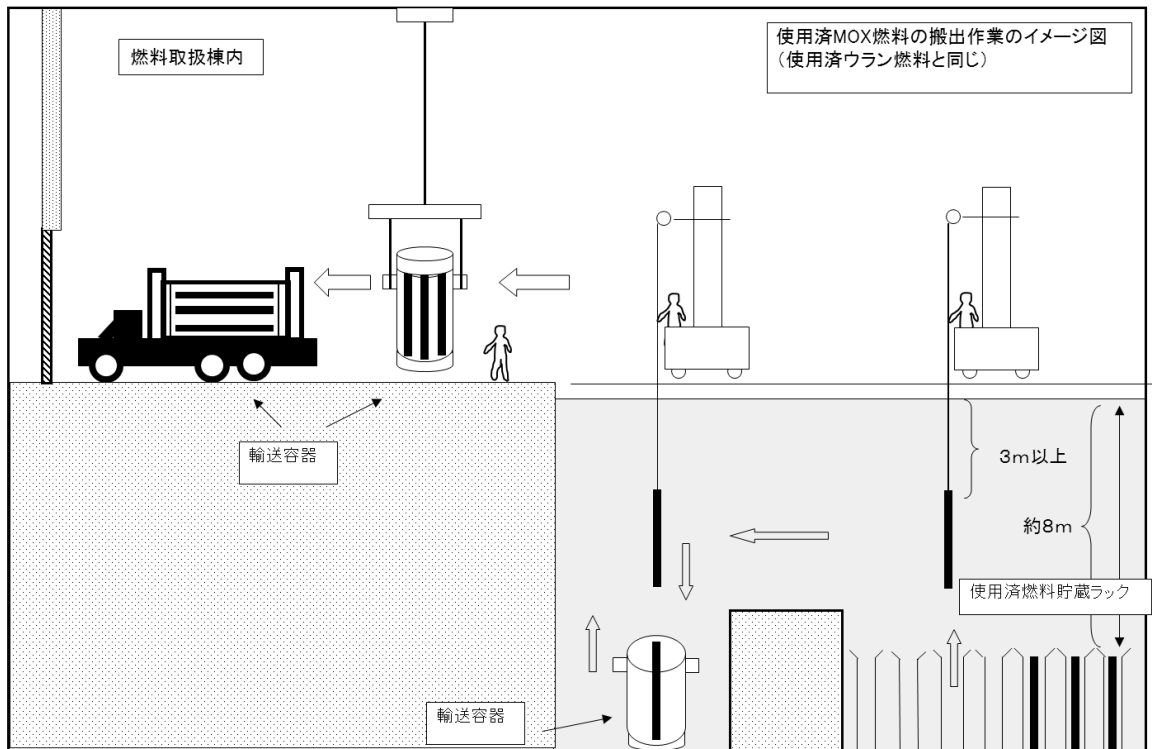
【発電所からの使用済 MOX 燃料の搬出の実績はない。使用済 MOX 燃料はガンマ線のみならず中性子線も強く、搬出作業時において作業員への被ばくが大きくなるのではないか。】

◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
・使用済 MOX 燃料は使用済のウラン燃料に比較して、中性子の線源強度が大きくなるが、燃焼度が小さいためガンマ線の線源強度は小さくなる。	(左記参照)

○ 北電機(株)の講じる対策

- 使用済ウラン燃料と同様に、使用済 MOX 燃料を使用済燃料ピットから移動し、輸送容器に燃料を詰める作業は、遮へいに必要な水深を確保して行う。
- 使用済 MOX 燃料の搬出では、燃料取扱棟からの搬出、発電所構内の陸上輸送、発電所専用港での船積まで、輸送容器に収納された状態で実施する。使用される輸送容器は、使用済ウラン燃料で使用されている輸送容器と同様に、国内法令に基づき安全性を有する輸送容器を使用する。
- 使用済 MOX 燃料は、ガンマ線の線源強度は小さいものの、発熱や中性子の線源強度が大きくなるが、発熱や中性子の遮へいを考慮した輸送容器を使用する。



□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<p>・論点 2-5-1 と同様、作業員の被ばく線量(推定値)を使用済ウラン燃料と比較して示すべき。</p>	<p>・MOX 燃料であることにかかわらず、使用済燃料の取り扱いがピットの水中で行われ、ピットから取り出すときには、水中で遮へい能力のあるキャスクに収納されるので、作業員の被ばくが増加することはない。</p> <p>・使用済 MOX 燃料の搬出では、燃料取扱棟からの搬出、発電所構内の陸上輸送、発電所専用港での船積みまで、発熱や中性子の遮へいを考慮した輸送容器に収納された状態で実施される。</p>

● 有識者検討会議の検討・評価

- ・使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料と比較して中性子の線源強度は大きいものの、使用済燃料ピットで貯蔵することから中性子は水中で減衰し、線量率はガンマ線に比べ無視できるほどになる。(論点 2-5-1 参照)
- ・使用済 MOX 燃料の取扱い時の水深は、3m以上を確保し、輸送容器への収納も水中で行うとしている。また、輸送容器は、使用済燃料輸送容器をベースに設計された専用の輸送容器を使用するとしており、使用される輸送容器の線量当量率は、構内輸送時において、法令に定める基準を満足するものを使用するとしている。
- ・論点 2-5-1 と同様、ガンマ線の線源強度はウラン燃料の 8割程度であり、十分な水深とコンクリート壁等の遮へいを適切に講じることによって、作業場所の線量率は管理値(0.15mSv/h)以下になるとしている。

<<検討結果>>

使用済 MOX 燃料の搬出は、輸送容器に収納するまでの作業は必要な水深を確保した水中で行い、燃料取扱棟から陸上輸送、船積みまでは、法令に基づき安全性を有する輸送容器を使用するとしており、これらの対策を適切に行うことにより、使用済ウラン燃料を貯蔵する場合と比べて作業エリアの線量が高くなることはなく、管理値以下とすることが可能であることから、作業員の被ばくが問題になることはないものとする。

<法的事項>

原子炉等規制法(第 35 条)、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則

④ 使用済 MOX 燃料の輸送 (論点 2-6-2) [17/24]

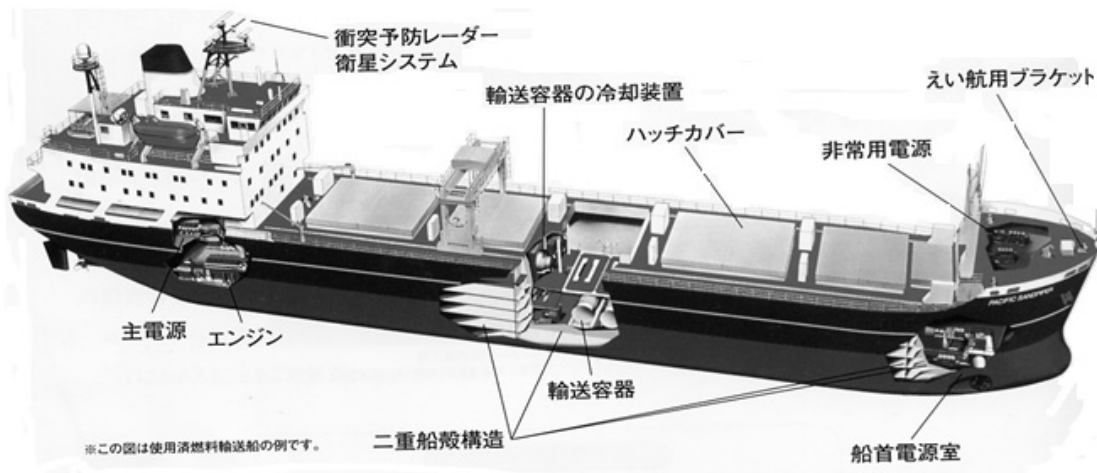
【発電所からの使用済 MOX 燃料の輸送の実績はない。輸送に関する情報は事前に公開されないが、テロ対策や、事故に備え、どのような安全対策を講じるのか。】

◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
<ul style="list-style-type: none"> ・発電所からの使用済 MOX 燃料の輸送の実績はない。 ・使用済 MOX 燃料は使用済のウラン燃料に比較して、中性子の線源強度が大きくなるが、ガンマ線の線源強度は小さくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所からの使用済ウラン燃料の輸送は多くの実績がある。

○ 北電機^(株)の講じる対策

- 使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料と比較してガンマ線の線源強度は小さいものの、発熱や中性子の線源強度が大きくなるが、国際的な安全基準、要件を満たす専用の輸送船、IAEA によって国際的に定められた要件を満たす専用容器を使用する。
- 輸送の際には、関係機関と連携を図り情報管理や、テロ対策、事故に備えた安全対策を講じて実施する。



輸送船の概要図

寸法	全長 約104メートル 全幅 約 17メートル
総トン数	約5,000トン
載貨重量	約3,000トン

輸送船の仕様例

□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<ul style="list-style-type: none"> ・プルトニウム奪取を狙うテロならば、使用済み MOX 燃料よりも未使用の MOX 燃料のほうが問題となる。(プルトニウム奪取をもくろむテロリストが強い放射線によって対象物に接近できない、あるいは奪取しても大量に被曝することによる、一種の抑止効果がある。) 一般的に言えばテロ対策・核物質防護は大切である。 ・事故に関しては MOX 新燃料と同様なことがいえる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済 MOX 燃料の輸送は、使用済ウラン燃料と違いはなく、安全性を有する輸送容器および輸送船が使用される。 ・海上輸送にあたっては、MOX 新燃料と同様、国際的な安全基準、要件を満たす専用の輸送船と輸送容器を使用して行われ、日米原子力協定など、国際的な核物質防護の要件を十分に満足するよう実施されることから、輸送時の安全性は確保される。

● 有識者検討会議の検討・評価

- ・ 使用済 MOX 燃料の輸送は、使用済ウラン燃料と同様、「危険物船舶運送及び貯蔵規則」及び「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」で定める技術基準に適合する、9m の高さからの落下、30 分・800℃の環境、水中(15m に 8 時間、200m に 1 時間)に沈めても容器の健全性が確保できる専用輸送容器により、放射線や熱の遮へいを行い、船舶は、衝突や座礁を避けるため衝突予防レーダーを備えるとともに、万一の場合でも、船内に水が浸入しにくい二重船殻構造を有し、火災に備え広範囲に消火設備を有するなど、国際海事機関(IMO)で定める安全基準を満足する船舶を使用するとしている。
- ・ また、万一の事故に備え、化学消火器等の各種防護機材の携行や通報連絡体制を整えるとしている。
- ・ テロ対策としては、日米原子力協定や核物質防護条約等の国際約束に基づき、使用済ウラン燃料の搬出時と同様、専用輸送船の使用、厳重な施錠・封印など、必要な防護措置を取ることにしている。

<<検討結果>>

使用済 MOX 燃料の輸送は、使用済ウラン燃料と同様、「危険物船舶運送及び貯蔵規則」及び「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」で定める技術基準に適合する専用輸送容器により放射線や熱の遮へいを行い、船舶は、衝突、座礁、火災などの事態に対して国際海事機関(IMO)が定める基準に適合するものを使用するとしている。

テロ対策としても、日米原子力協定や核物質防護条約等の国際約束に基づく措置を講じるとしている。

したがって、これらの対策を適切に講じることにより、使用済 MOX 燃料輸送時の安全性は確保されるものとする。

<法的事項>

原子炉等規制法(第 59 条)、核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則、船舶安全法(第 28 条)、危険物船舶運送及び貯蔵規則

⑤ 使用済 MOX 燃料の再処理 (論点 2-7-1) [18/24]

【使用済 MOX 燃料の再処理については、2010 年頃から検討するとしているがどのように行う考えか。MOX 燃料の方が硝酸に溶けにくい、中性子線量が大いなど課題が指摘されているが、再処理技術が確立されていないのではないか。】

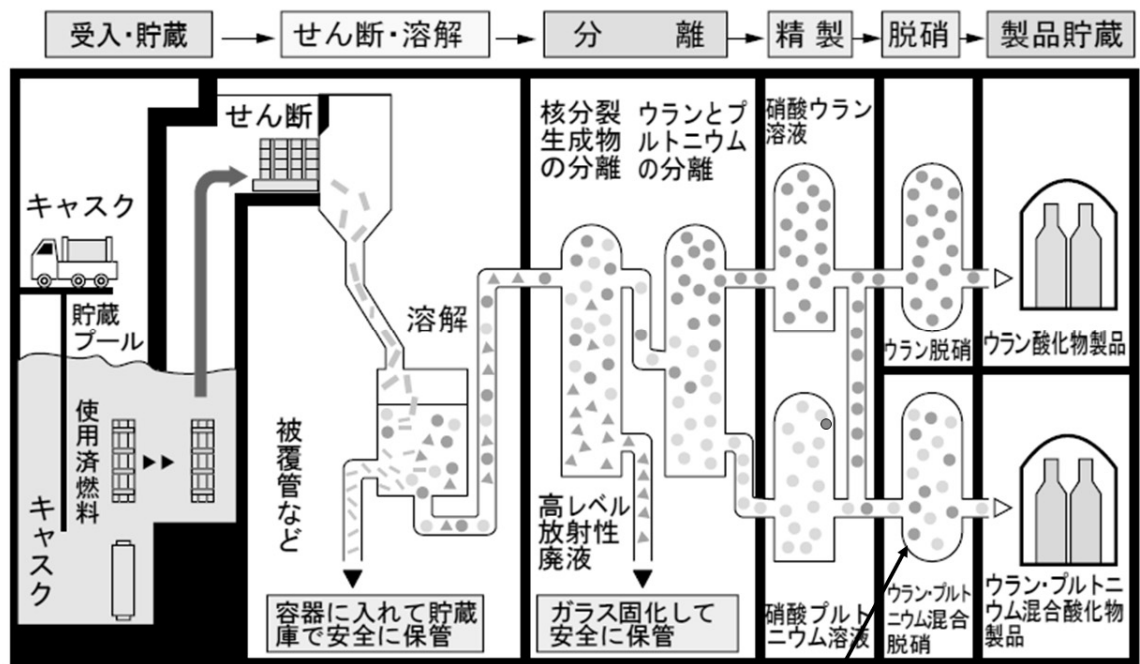
◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
・再処理では、使用済燃料を、ウラン燃料と同様、硝酸に溶解し、溶媒を使ってウラン、プルトニウムを抽出する。	・再処理では、使用済燃料を硝酸に溶解し、溶媒を使ってウラン、プルトニウムを抽出する。

○ 北電株の講じる対策

- 使用済 MOX 燃料についてもウラン燃料と同様、再処理して回収されるウラン、プルトニウムを有効利用することが国の方針となっている。
- 使用済 MOX 燃料の再処理は国内外で実績があり、技術的に可能である。
- 使用済 MOX 燃料の再処理の方策については 2010 年頃から検討されることとなっており、当面は、泊発電所内の使用済燃料ピットで適切に保管する。

再処理の工程



ウラン・プルトニウムの混合脱硝は、国際的な核不拡散のため、核兵器製造につながる純粋なプルトニウム酸化物を存在させない日本独自の技術

再利用(リサイクル)

□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<ul style="list-style-type: none"> ・使用済 MOX 燃料の再処理の場合、再処理工場で扱う溶液中のプルトニウムの濃度も大変高くなることから臨界管理が難しい。 ・プルトニウム量が多いためアルファ線による有機溶媒の損傷が大きくなりレッドオイルなど爆発性物質の生成量も増える。 ・使用済み燃料中の核分裂生成物の組成が異なるため、不溶性残渣の原因となる白金族が増え、ノズルなどの詰まりの原因となる。 ・使用済 MOX 燃料の再処理実績としてあげられているものは、プルトニウム富化度も燃焼度も低いふげんの使用済燃料の再処理実績であり、その処理量も六ヶ所再処理工場の数日分にしか過ぎず、十分な実績を積んだとは言いがたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済 MOX 燃料の溶解性は、プルトニウムスポット等がある不均一な燃料は溶解性が悪いが、照射(使用)中にプルトニウムスポットは消滅し、溶解性は使用済ウラン燃料と変わらない。 ・中性子線量については、中性子吸収材の使用等で対応可能である。 ・使用済 MOX 燃料の再処理実績は、国内では日本原子力研究開発機構の新型転換炉(ATR)燃料約 29t、高速増殖炉(FBR)燃料約 10kg、国外では軽水炉(LWR)燃料と FBR 燃料を合わせて約 76t の実績があり、これらは工業規模での再処理であり、日本で実施するにしても技術的には可能であると考えて良い。 ・なお、使用済 MOX 燃料の処理の方策は 2010 年頃から検討を開始するとされているが、現在の使用済みウラン燃料を再処理した後処理することになるので、検討時期としては遅くはない。

● 有識者検討会議の検討・評価

- 国の原子力政策大綱では、ウラン燃料、MOX 燃料の区別なく、使用済燃料については再処理を行うことを基本的方針としており、使用済 MOX 燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて 2010 年頃から検討を開始するとされている。使用済 MOX 燃料の処理の方策が決定するまでの当面の間は、各発電所の使用済燃料ピット等で適切に保管されることとなる。なお、論点 2-5-2 のとおり、貯蔵設備の冷却能力は確保されており、安全に使用済 MOX 燃料を貯蔵できるとしている。
- 使用済 MOX 燃料の再処理技術については、
 - － 硝酸への溶解性について、二酸化プルトニウムでは硝酸に溶けにくい性質を有しているが、二酸化プルトニウムと二酸化ウランが十分に固溶している MOX 燃料の場合、硝酸への溶解性については問題ない。
 - － 臨界管理及び被ばく対策については、処理工程の幾何学的形状による管理、濃度管理、可溶性中性子吸収材の使用等による安全性の確保やコンクリートによる中性子遮へいを施すことにより対応が可能。
 - － 有機溶媒の劣化については、アルファ放射線量が増大することにより溶媒の劣化が促進されるが、溶媒洗浄工程において溶媒中の劣化物を適切に洗浄除去することにより溶媒を再生して使用することが可能。
 - － 再処理施設では火災・爆発の発生を防止するため、有機溶媒、リン酸トリブチルの錯体(注)、水素等の可燃性物質や熱的に不安定な物質を使用・生成する系統及び機器については、引火や急激な分解反応等を防止するため熱的制限値を設けて温度等を監視するなど必要な対策が講じられている。

(注) 再処理施設で使用する有機溶媒は、リン酸トリブチルを希釈剤で薄めたものであり、この有機溶媒中にはリン酸トリブチルの錯体が含まれている。この有機溶媒が硝酸及び硝酸ウラン等の硝酸塩を含む水溶液とともに高温で長時間加熱されると、急激な分解反応を起こす場合があることが知られている。また、これらの加熱によって希釈剤と硝酸が反応して赤色を呈する場合があることも知られており、この物質は一般にレッドオイルと呼ばれている。

- 一 熔融炉における白金族の増加等の影響については、ガラス融剤と廃液を適切な割合で混合して均質に熔融することにより対応が可能。
- 使用済 MOX 燃料の再処理実績については、国内では日本原子力研究開発機構の新型転換炉 (ATR) 燃料約 29t、高速増殖炉 (FBR) 燃料約 10kg、国外では軽水炉 (LWR) 燃料と FBR 燃料を合わせて約 76t と、いずれも工業規模での実績がある。また、日本原子力研究開発機構は、新型転換炉 (ATR) の MOX 燃料の再処理実績を踏まえ、軽水炉 MOX 燃料は既存の東海再処理施設であっても設備の部分的な付加を必要とするものの大きな設備変更を伴うことなく再処理が可能との見解をまとめている。
- なお、プルトニウムは核兵器の原料となりうるため、いかなる場合でも核兵器の製造等の目的のために転用されないよう管理する必要がある。そのため日本における再処理の工程では、プルトニウムとウランと混ぜた溶液を作り、これをマイクロ波で脱硝酸して混合酸化物として取り出す日本独自の技術が採用されている。

<参考> 原子力政策大綱(平成17年10月閣議決定)

我が国においては、核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本の方針とする。

プルサーマルに伴って発生する軽水炉使用済 MOX 燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて2010年頃から検討を開始する。この検討は使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用するという基本方針を踏まえ、柔軟性にも配慮して進めるものとし、その結果を踏まえて建設が進められるその処理のための施設の操業が六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとする。

<<検討結果>>

国の原子力政策大綱では、使用済燃料の再処理を基本の方針とし、使用済 MOX 燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて 2010 年頃から検討を開始するとされており、いつの時点から再処理を実施するかということは政策上の課題であると考える。

このため、処理の方策が決定するまでの当面の間、使用済 MOX 燃料は泊発電所の使用済燃料ピットで適切かつ安全に保管するという対策は理解できる。

使用済 MOX 燃料の再処理については、臨界安全性や中性子遮へいなど、使用済 MOX 燃料の特性に配慮すれば、既存の再処理施設であっても大きな設備変更を伴うことなく、技術的には可能であると考える。

なお、国においては、使用済 MOX 燃料の具体的な処理の方策について、可能な限り速やかに検討を進めることが必要であると考える。

<法的事項> 原子力政策大綱、原子力立国計画

⑥ 使用済 MOX 燃料の処分 (論点 2-7-2) [19/24]

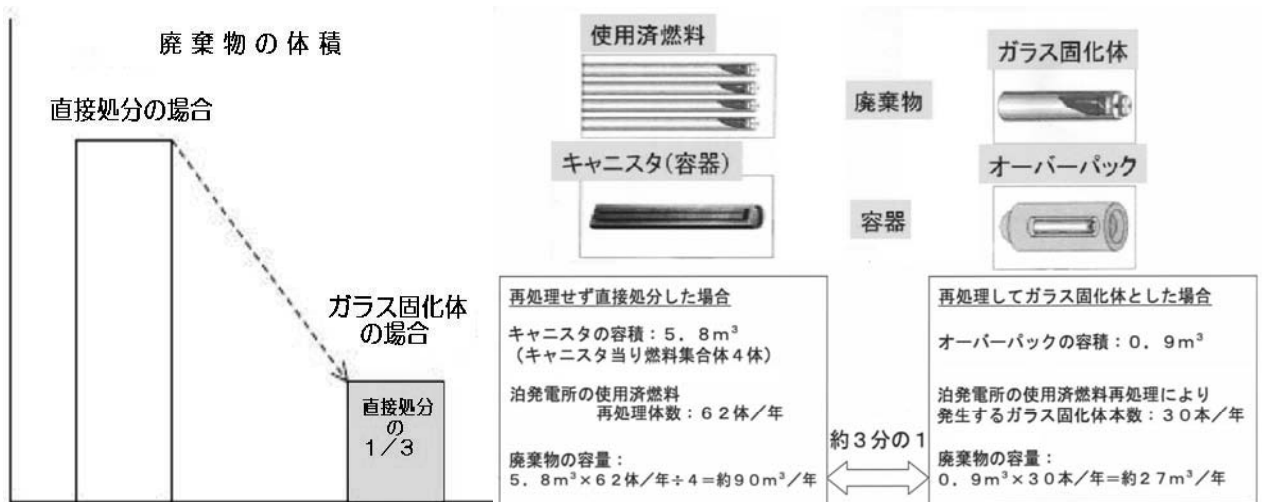
【使用済 MOX 燃料の処分はどのように行う考えか。処分されるまでの間は発電所に長期保管されるのか。その場合、貯蔵ピットの容量の問題を含め、どのような安全対策を講じるのか。また、処理過程で低・中レベル放射性廃棄物を発生させ、全体量としては増大するのではないか。】

◇ MOX 燃料とウラン燃料の違い

MOX 燃料	ウラン燃料
・処分についての国の方針は、ウラン燃料と同じく、再処理を行い、分離された廃液はガラスに溶かし込んで閉じ込め(ガラス固化体)、冷却ののち地下 300 メートルよりも深い安定な地層に処分される(高レベル廃棄物)。	・再処理の際に分離された廃液は、ガラスに溶かし込んで閉じ込められ、冷却ののち地下 300 メートルよりも深い安定な地層に処分される(高レベル廃棄物)。

○ 北電株の講じる対策

- 使用済 MOX 燃料を再処理して分離された高レベル廃液はガラス固化体の中に閉じ込められ、ウランの場合と同様に処分することができる。
- 再処理のために搬出するまでは泊発電所内に安全に貯蔵する。
- 泊発電所 1、2、3 号機で発生する使用済燃料は計画的に六ヶ所再処理工場に搬出していくことで 30 年以上貯蔵することができる。
- なお、低・中レベル放射性廃棄物は MOX 燃料の使用と関係なく、ウラン燃料でも再処理過程で発生する。これらの廃棄物は発熱が少ないため比較的せまい場所に集中して処分することができる。



< 使用済燃料の発熱量の比較 >

	炉心から取り出した時点	約 2 年間冷却した時点
使用済ウラン燃料	約 200 kW/体	約 4 kW/体
使用済 MOX 燃料	約 200 kW/体	約 7 kW/体

□ 各立場(反対・賛成)のご意見

反対の立場	賛成の立場
<ul style="list-style-type: none"> ・使用済 MOX 燃料からの高レベル廃棄物中には、アメリシウム、キュリウムなどの超ウラン元素 (TRU) を多く含んでいる。(一方、高速炉を用いてプルトニウムを燃やした場合にはこれら TRU を燃やすことができる。) TRU はきわめて寿命が長いため、高レベル廃棄物の処分を考える上で大きな問題となる。 ・使用済 MOX 燃料は再処理のために搬出するまで発電所内に貯蔵するとしているが、搬出できるまで冷却が必要な期間と貯蔵しておく期間を明示すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済 MOX 燃料の場合もウラン燃料と同様に再処理され、分離された高レベル放射性廃液がガラス固化体として安定した地層に処分される。 ・使用済 MOX 燃料からの高レベル廃棄物には、超ウラン元素なども含まれるが、ガボン共和国の天然原子炉の地層中において超ウラン元素が 20 億年経っても動いていないという例もあり、高レベル廃棄物の地層処分は安全に行うことが可能であると考えられる。

● 有識者検討会議の検討・評価

- 「原子力政策大綱」では、「使用済 MOX 燃料の具体的な処理の方策は 2010 年頃から検討を開始する」とされており、この検討結果に基づき、中間貯蔵や再処理等のために搬出されるまでは発電所の使用済燃料ピットに保管されることとなる。
- 搬出後は、使用済 MOX 燃料の場合も使用済ウラン燃料と同様に再処理され、分離された高レベル放射性廃液をガラス固化した後、地下 300 メートルより深い安定な地層中に処分されることとなっており、この処分地については、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(平成 12 年 5 月)に基づき、原子力発電環境整備機構 (NUMO) を処分実施主体とし、平成 40 年代後半の最終処分の開始を目途として処分地選定などを進めている。
- 使用済 MOX 燃料の搬出までの発電所における冷却・貯蔵期間については、受入先の再処理工場ができていないことが条件となるが、発熱量などの減衰が遅いことなどを設計に反映した使用済燃料輸送容器によって搬出できると考えられる。
 なお、使用済ウラン燃料の場合は、使用済燃料輸送容器の制限から、630 日以上冷却した後、容器に収納し搬出することとされている。
 また、泊発電所の貯蔵ピットの容量は、泊発電所 1、2、3 号機で発生する使用済燃料の計画的な搬出により貯蔵能力を確保していくことで、30 年以上の貯蔵ができるとしている。なお、論点 2-5-2 のとおり、貯蔵設備の冷却能力は確保されており、安全に使用済 MOX 燃料を貯蔵できるとしている。
- 使用済 MOX 燃料は、使用済ウラン燃料と比較した場合、半減期が長い超ウラン元素が多く含まれているが、技術的には、これらの特性を踏まえた処分方法により対応が可能と考えられている。
 - － 再処理によって生ずる、超ウラン元素を含む高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) は、発熱量の減衰が遅くなるという特徴があるものの、ガラス固化する際に加える高レベル放射性廃液の量を少なくするなどの対応が検討されている。
 - － 再処理によって生ずる、超ウラン元素を含む低レベル放射性廃棄物は、高レベル放射性廃棄物と比べて、発熱量は著しく少ないが半減期の長い核種を含むという特徴があるため、放射能レベルに応じて、浅地中処分、余裕深度処分、地層処分に分けて行うことが検討されている。

- 使用済燃料の処分においては、化学的に安定な固化体に封じ込めることを前提に、高レベル放射性廃棄物の発生量をいかに低減させるかが重要である。
 泊発電所から出される使用済ウラン燃料を再処理し、ガラス固化した場合の廃棄物の体積は、直接処分の場合と比べ、約3分の1に低減される。(使用済燃料を入れるキャニスタが、スウェーデンの処分容器(収納燃料集合体数4体)と仮定した場合)
 使用済 MOX 燃料の再処理によって生ずる放射性廃棄物については、
 - － 高レベル放射性廃棄物の体積は、ウラン燃料の場合に比べて増えることが想定されるが、地層処分を安全に行うことができるよう技術的な検討がなされている。
 - － 低レベル放射性廃棄物の体積についても、発生量は増えることが想定されるが、発熱量が小さく取り扱いも容易であることから、十分対処できるものと考えられている。

<<検討結果>>

国の原子力政策大綱においては、ウラン燃料、MOX 燃料の区別なく、使用済燃料の再処理を基本的方針としていることから、使用済 MOX 燃料の場合もウラン燃料と同様に再処理され、分離された高レベル放射性廃液をガラス固化した後適切な貯蔵期間を経て地層処分することになると考えられる。

なお、使用済 MOX 燃料の処理の方策は、2010 年頃から国において検討を開始するとされており、いつの時点から再処理を実施するかということは政策上の課題であることから、再処理のために搬出されるまでの当面の間、発電所で適切かつ安全に保管するという対策は理解ができる。

使用済燃料の処分においては、化学的に安定した固化体に封じ込めることを前提に、高レベル放射性廃棄物の発生量を低減することが重要であり、使用済ウラン燃料を再処理し、ガラス固化した場合の廃棄物の体積は、直接処分の場合と比べ、約3分の1に低減される。

また、使用済 MOX 燃料の再処理においては、高レベル及び低レベル放射性廃棄物の発生量は、ウラン燃料の場合と比較して増えることが想定されるが、処分を安全に行うことができるよう技術的検討がなされている。

なお、国においては、高レベル放射性廃棄物の最終処分の問題について、早期に解決を図ることが必要であると考えられる。

<法的事項>

原子力政策大綱、原子力立国計画、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律

注) 検討論点では「低・中レベル放射性廃棄物」と表記されているが、一般的に放射性廃棄物については、次の2種類に大別されている。

- ・高レベル放射性廃棄物：再処理施設で使用済燃料からウラン、プルトニウムを回収した後に残る核分裂生成物を主成分とする廃棄物
- ・低レベル放射性廃棄物：①原子力発電所から発生する放射性廃棄物、②再処理施設や MOX 燃料加工施設から発生する放射性廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物：TRU 廃棄物)、③ウラン濃縮施設やウラン燃料成型加工工場から発生する放射性廃棄物(ウラン廃棄物)

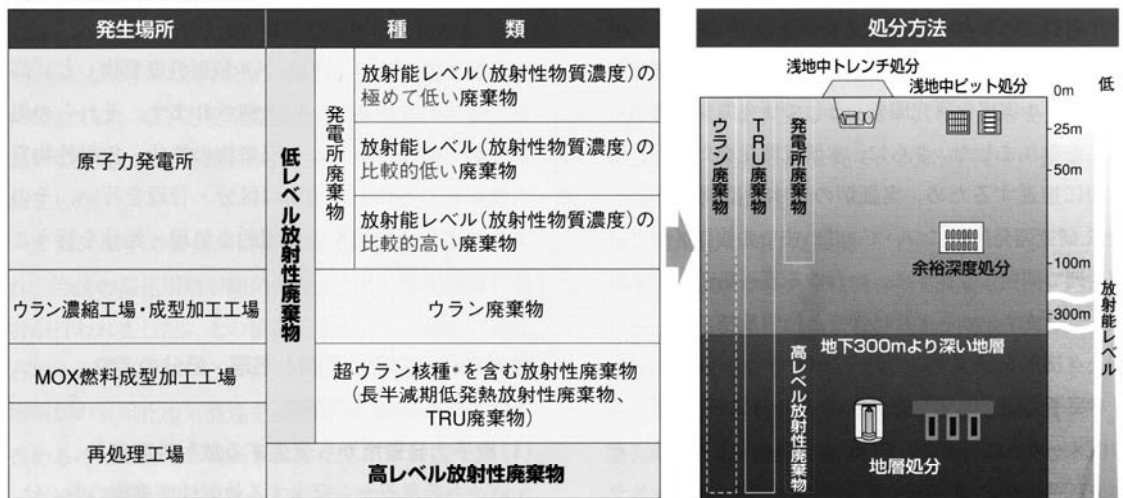
<コラム⑦ 放射性廃棄物の処分方法について>

放射性廃棄物は、「低レベル放射性廃棄物」と「高レベル放射性廃棄物」に大別されます。それらの処理・処分にあたっては、廃棄物の性状、放射性物質の種類等に応じて、適切に区分・管理を行い、その区分に応じ、適切かつ合理的な処理・処分を行うことになっています。

高レベル放射性廃棄物は、使用済燃料の再処理によりウラン、プルトニウムを回収した後に残る核分裂生成物などを、ガラスと混ぜて熔融し、「キャニスタ」と呼ばれるステンレス製の容器に入れ固化させたものです。これは、発熱量が十分小さくなるまで青森県六ヶ所村にある貯蔵施設で 30～50 年間程度貯蔵し、その後、地下 300 メートルより深い安定な地層中に処分されることになっています。

また、低レベル放射性廃棄物は、原子力発電所から発生する発電所廃棄物の他に、再処理施設や MOX 燃料加工施設から発生する「長半減期低発熱放射性廃棄物 (TRU 廃棄物)」やウラン濃縮施設やウラン燃料成型加工工場から発生する「ウラン廃棄物」があります。これらは、その放射能レベルや半減期等に応じて「浅地中トレンチ処分」、「浅地中ピット処分」、「余裕深度処分」、「地層処分」に分けて処分されることになっています。原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物については、青森県六ヶ所村において 1992 年より埋設処分が行われ、平成 20 年 9 月時点で約 20 万本のドラム缶 (200ℓ) が埋設されています。

■放射性廃棄物の種類と処分



*超ウラン核種：ウランから人工的に作られた核種のことでプルトニウム、アメリシウムなど様々な種類がある。