

# 核燃料サイクルの技術選択肢： 第1ステップのまとめ(案)

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会

平成24年2月23日

内閣府原子力政策担当室

# 第1ステップ議論の目的

## —政策選択肢の議論をする前に—

- 第2ステップにて政策選択肢の議論をするうえで、必要と思われる「技術の特性」について、我が国のみならず世界における研究開発・実用化等の最新情報の共有と理解を深めること。
- 現在我が国が進めている核燃料サイクル・高速増殖炉路線に加え、検討するにふさわしい代替サイクル路線(技術選択肢)を整理すること。
- 不確実性が高い炉型やサイクル技術については、将来の検討に資するよう情報の整理を行うこと。
- 既存路線と代替路線について、それらの得失について整理し、その評価の視点(評価軸)を整理すること。
- 以上について合意できる点、そうでない点を整理すること。

# 評価対象とする技術選択肢

軽水炉	再処理	高速炉		選択肢
		アクチノイド燃焼	燃料増殖	
				LWRワンスルー
	(ウラン燃料のみ)			LWR-MOX限定リサイクル
	(全量)			LWR-MOX多重リサイクル
				LWR-FR(アクチノイド専焼)
				FBR

# まとめ(1)

- **技術成立性**: ワンススルー、MOX多重リサイクルはすでに実用化(産業ベースで採用)された実績があるが、それ以外は研究開発段階であり、経済実証の運転等を経て、実用化に至るには20～30年以上かかる。
  - MOX限定リサイクルは、英米ではプルトニウム燃焼としての計画が検討されているが、実施には至っていない。
  - 今後20～30年を考えた場合、実現性があるのは次世代軽水炉である。また、30年後以降を考えた場合、革新炉の中ではFBR(ナトリウム冷却)と超高温ガス炉が最も実現可能性が高い。ただし、過去50年の研究開発を経てきているが実用化されていない。他の革新炉は概念設計段階。
  - 次世代再処理技術では、先進湿式、乾式再処理が工学試験規模で実証されている。海水ウラン、トリウム燃料は要素技術開発段階。

## まとめ(2)

- **資源利用効率**: ワンススルーは効率が最も低い。資源制約解放をもたらすのはFBRのみ。
  - MOXリサイクルはワンススルーより効率的。ただし、その効果はFBRに比べ限定的。FRもLWRより資源利用効率は高い。
  - ウラン資源確認埋蔵量はワンススルーでも今後50年程度の需要を満たせると考えられる。ウラン需給ひっ迫に対してはワンススルーが最も脆弱だが、FBRが実用化されるまではどの技術選択肢でもウラン需給ひっ迫への対応が必要。
  - ウラン資源制約を緩和する代替案として、トリウムサイクル、ワンススルーでも海水ウラン、長寿命炉等(燃焼度向上)がありうる。

## まとめ(3)

- **経済性**: ワンススルーが最も経済的。MOXリサイクルは今後ウラン価格、再処理費・MOX加工費の動向により経済性は向上しうる。FBR・FRの経済性は研究開発の成否に依存する。
  - ワンススルーはウラン価格の影響を受けやすく、MOXリサイクルは再処理・MOX価格の影響を受けやすい。
  - 現在の見通しでは、ワンススルーの経済性優位が今後20～30年続く可能性が高い。

## まとめ(4)

- **安全性**: 福島事故を踏まえての安全性向上が必要。通常時の被ばくリスクは、ワンスルー、リサイクルともほぼ同程度と推定されている。
  - MOXリサイクル、FR/FBRは施設数が増加するので、リスクを限定するためにはそれぞれの安全確保対策の向上が必要。
  - ワンスルーでは、フロントエンドの被ばく量が高くなるが、リサイクルではバックエンドの被ばく量が高くなる。ただ、その差は誤差範囲に近く、総合的な安全性に決定的な差異をもたらすほどのものではない。
  - 5つの技術選択肢に含まれない革新炉では安全性を飛躍的に高める概念も提案されているが、今後の研究開発が必要。

## まとめ(5)

- **廃棄物処理・処分**：総合的には、どの選択肢においてもその技術的困難度やリスクに大きな差はない。地層処分はどの選択肢においても必要であり、また安全に処分可能である。
  - ワンスルーは、低レベル廃棄物の量が最も少ないが、高レベル廃棄物(使用済燃料)の量が最も多い。また、高レベル廃棄物の潜在的有害度が最も高い。
  - FBR・FR(アクチノイド専焼)は、高レベル廃棄物の潜在的有害度が最も低い。また、処分場面積を最も低くすることができる可能性がある。アクチノイド専焼技術としてはADSも研究段階にある。
  - 地層処分の被ばくリスクは、どの選択肢においても自然放射線によるリスクに比べ十分に低く抑えることが可能。

## まとめ(6)

- **核不拡散・セキュリティ**: ワンススルーが最もリスクが低く、MOXリサイクル、FR/FBRの順でリスクが高くなるため、より高度な保障措置・核物質防護措置が必要となる。
  - ワンススルーでは、使用済燃料に100年近くアクセスが困難であるが、中にプルトニウムが含まれるため、地層処分後も長期的な保障措置の必要性が指摘されている。
  - リサイクルオプションでは、分離プルトニウムが生成され、在庫量管理が大きな課題。純度の低いプルトニウムでも軍事転用は可能だが、FBRでは特に純度の高いプルトニウムが生成されることが課題。核拡散抵抗性を高めたりサイクル技術が開発されているが、その効果については意見が分かれている。

## まとめ(7)

- 今後20～30年を見通した場合、5つの技術選択肢のうち実用化段階にあるのは、MOXリサイクルとワンスルーである。
  - 両者の相違点は、資源効率、経済性・核拡散リスク。前者でリサイクル、後者でワンスルーが優位。安全面、廃棄物面では決定的差異はない。
- 長期的(30年後以降)な選択肢としては、MOXリサイクルからFBR移行が最も有望だが、多様な可能性がありうる。
  - 資源効率面ではFBRが最も高く、高レベル廃棄物面でもFR(アクチノイド専焼)とともに有利となる可能性があるが、核拡散リスクは相対的に高く、より高度な保障措置・核物質防護措置が必要となる。
  - 他の革新的技術については不確実性が極めて高いが、ウラン資源制約の緩和案を含め、上記技術の代替案となりうる可能性がある。