

廃棄物低減国際シンポジウム

日本原燃株式会社



核燃料サイクルに関する 民間の取り組み

2014年10月9日

日本原燃株式会社
田中 治邦

我が国は原子力発電が必要

日本原燃株式会社



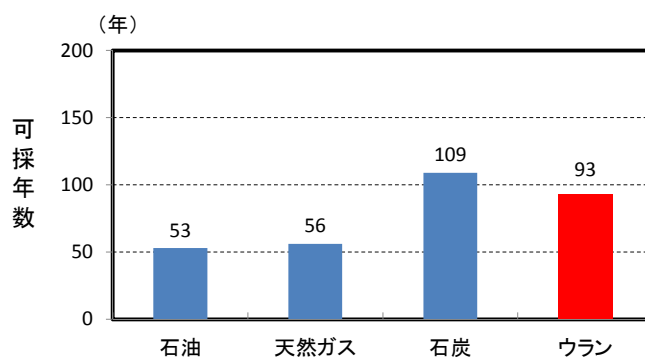
- IPCCによれば、産業革命前と比べ気温上昇を2度に抑えるためには、今世紀末までにCO₂排出をゼロにしなければならない
- ゼロエミッション電源の候補は；
 - 水力発電
 - 火力発電+CCS
 - **原子力発電+核燃料サイクル**
 - 再生可能エネルギー+バッテリー
 - バイオマス+CCS
- 我が国に於けるこれらの電源の将来見通しは；
 - 水力発電； 今後、大きな開発規模は望めない
 - 火力発電+CCS； 化石燃料の資源制約と、CCS立地に難しさあり
 - 再生可能エネルギー+バッテリー； 規模とコストに懸念あり
 - 原子力発電+核燃料サイクル； 国民理解が必要
 - バイオマス+CCS； 規模に疑問、CCS立地に難しさあり
- 資源の乏しい我が国にとって、**原子力発電は捨てられない選択肢**
 - 民間は、**現在のコスト**と**将来ニーズ**を考え、軽水炉の燃料リサイクルを選択¹

ウランの利用可能年数(可採年数)

日本原燃株式会社



- 天然ウランは $^{235}\text{U} : ^{238}\text{U} = 0.7\% : 99.3\%$
- 原子力も、核燃料をワンスルーとしたのでは、在来資源をあとと言う間に使い切り、化石燃料と比べて**利用可能期間に優位性無し**
 - ◇ 加工段階などでロスもあるため、使用済燃料を直接処分すれば(^{235}U しか使わないことを意味)、**天然ウランの0.5%程度**しか利用できず、エネルギー資源としてのウランの利用可能年数は高々100年程度



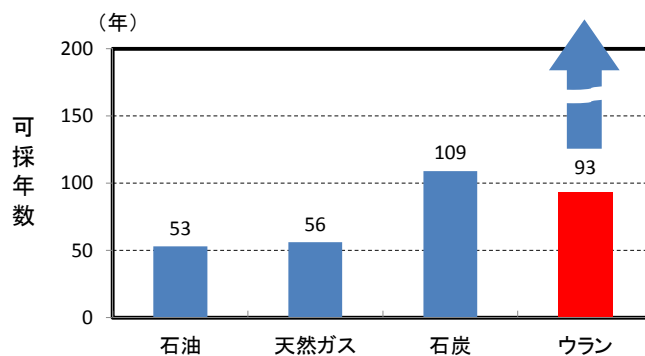
2

再処理・リサイクルの効果

日本原燃株式会社



- **プルサーマル**の効果
 - 軽水炉の使用済燃料には、核分裂性Puが**約0.6%**含まれる
 - これを回収して、富化度5%程度とすれば、**12%**の資源節約
 - 95%程度残る回収Uを再濃縮すれば、**10%**以上の資源節約
- **高速増殖炉**の効果
 - リサイクルを繰り返し ^{238}U をPuに変えて燃料とすれば、**数千年の資源**



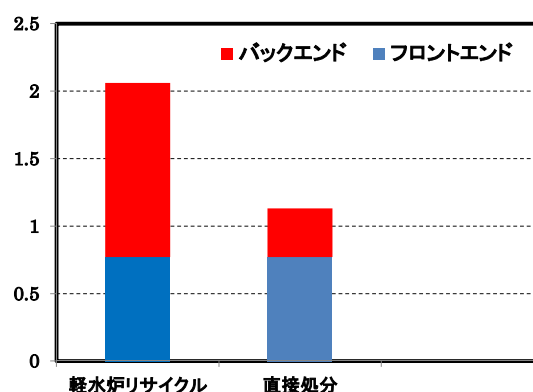
3

軽水炉の核燃料リサイクルのコスト

日本原燃株式会社



- 軽水炉の再処理・リサイクルの燃料費は、直接処分より高い
 - 分別回収して再加工し、リサイクル利用することは手間がかかり、捨ててしまうよりもコスト高となるのはごく一般的
- 大切なことは、リサイクルコストを含んだ原子力発電が、他の電源と比べて競争力があるかどうか、ということ



4

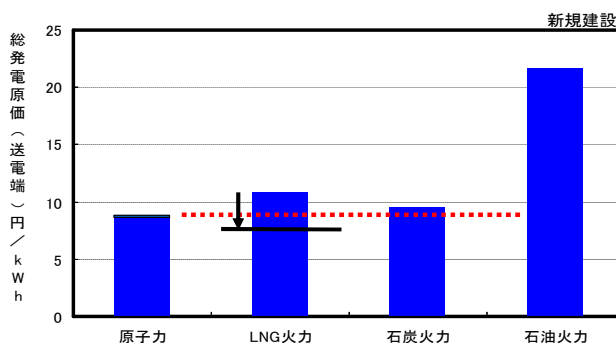
新規建設のコスト比較

日本原燃株式会社



- 新規に建設する電源を選択する際は、総発電原価を比較
 - 総発電コスト=資本費+運転維持費+燃料費
 - 原子力には政策経費、事故リスク対策費を含める
 - 寿命期間の均等化発電原価で、原子力は最も競争力のある電源
- 今後、シェールガスの影響で、LNG火力の燃料費が3割下がれば、最有力とは言えなくなるが、電源の多様性の観点で妥当な範囲

- 新たな電力供給システムの中では、原子力の新規建設を誘導する政策的措置が望ましい



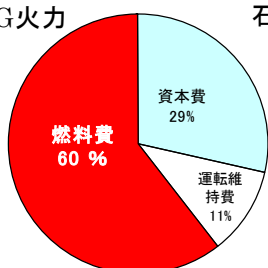
5

発電原価の構成(内訳)の比較

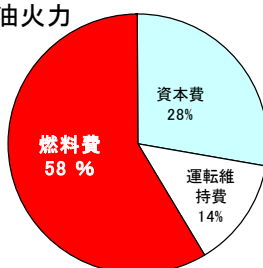
日本原燃株式会社



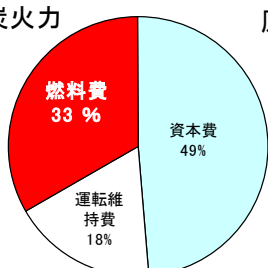
LNG火力



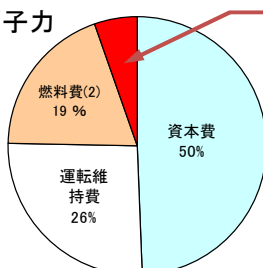
石油火力



石炭火力



原子力



原子力は、輸入せざるを得ないウランの価格や、為替レートの影響を受けにくいために、円安の下で有利

- 原子力発電の燃料費の内、輸入価格部分(ウラン精鉱+転換+濃縮)は、発電原価の僅か5%
- バックエンドなどを含む燃料サイクル費用全体でも24%

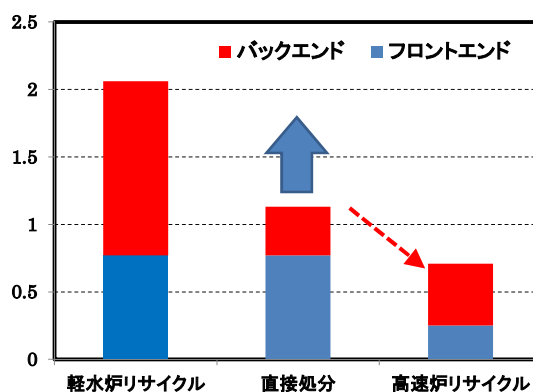
6

高速増殖炉燃料サイクルの優位性

日本原燃株式会社



- ナトリウム冷却炉は系統温度が高く、**プラント熱効率が高い**
- プルトニウム増殖の効果で**フロントエンドの負担が極めて小さい**
- 燃料は**高燃焼度**で、バックエンドの負担も著しく小さい
- 高速増殖炉の実用化時期は、**ウラン資源価格の上昇とリンク**するから、直接処分に対する優位性は更に拡大



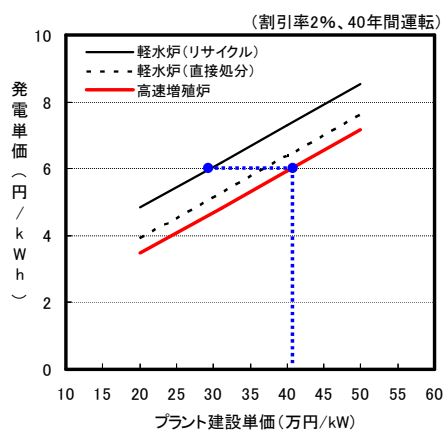
7

発電原価の比較(軽水炉 vs. 高速炉)

日本原燃株式会社



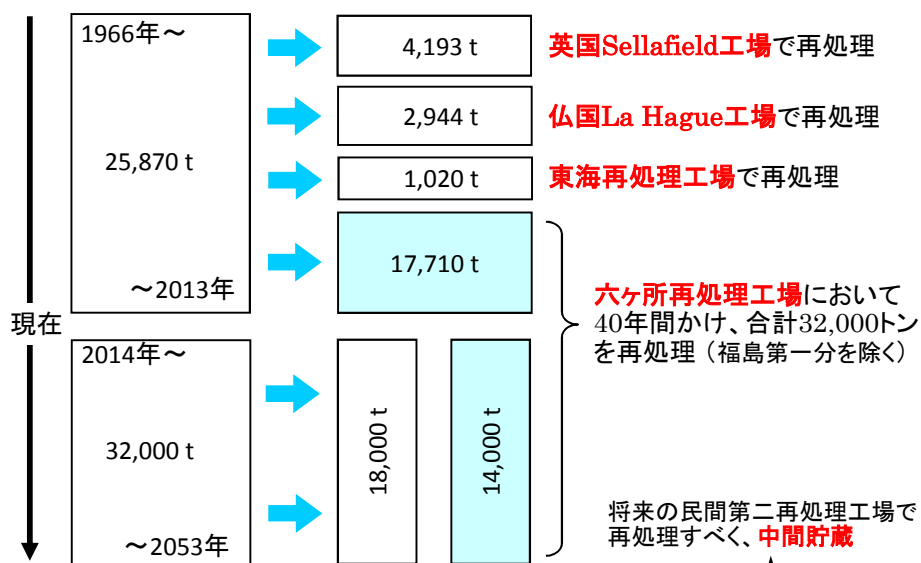
- 燃料サイクル費の低い高速増殖炉は、軽水炉と比べて、**プラント建設費の観点で利点あり**
- ウラン価格 50 \$/lbU₃O₈ の場合、10万円/kW程度有利



8

使用済燃料の再処理(実績と将来計画)

日本原燃株式会社



9

六ヶ所再処理工場のアクティブ試験

日本原燃株式会社



- アクティブ試験の目的（最終段階の第5ステップ）
 - 使用済燃料を処理し、工場全体の機能、性能、安全性、操作性を確認
 - 設備の運転特性を把握して調整を行うと共に、不具合部位を発見して修正
 - トラブルの経験から、運転と保守のノウハウを蓄積
- 運転員は、予め仏ラアーグ再処理工場で訓練
 - 仏AREVA社、日本原子力研究開発機構が六ヶ所工場に常駐して支援
- これまでの実績
 - 建設工事の総合進捗率 99.7 %
 - アクティブ試験の進捗率 96 %
 - 既使用済燃料約425トン[※]をせん断・溶解
 - » BWR燃料約219トン、PWR燃料約206トン
 - 回収した製品
 - » ウラン製品粉末 約 364トンU
 - » MOX製品粉末 約 6.7トンHM（核分裂性Pu 2.3トン、全Pu 3.6トン）
 - » ガラス固化体 346本
 - 苦労した高レベル廃液のガラス固化設備は、社内試験を2013年5月に終了
 - 実質的に完成し、新規規制基準への適合性審査と使用前検査を残すのみ



10

六ヶ所再処理工場の安全設計

日本原燃株式会社



- 実績ある原子力発電プラントの安全設計を踏襲
 - 深層防護、多重閉じ込め、非常用電源、耐震設計、火災防護、等々
- 再処理工場に特有の対策を適用
 - 臨界防止、化学試薬取扱、溶媒火災、分析時の内部取込、航空機落下、等々
 - Puを扱うため、最高レベルの保障措置対応、核物質防護
- 安全解析・安全評価を実施
 - 平常時の施設運転に伴う年間線量当量を評価し、十分に低いことを確認
 - (1) 運転時の異常な過渡変化、(2) 運転時の異常な過渡変化を超える事象、(3) 立地評価事故を設計基準事象と、判断基準・めやす線量以下を確認
- 福島第一原発事故の教訓を反映
 - 緊急安全対策； 2011年5月報告
 - ストレステスト； 2012年4月（アクティブ試験状態）、2013年5月（本格操業状態）
- 規制委員会の新規規制基準に対応
 - 事業変更許可申請； 2014年1月7日
 - 設計基準の強化； 内部溢水対策、竜巻飛来物対策、地震による損傷防止等
 - 重大事故対策； 高レベル廃液蒸発乾固、臨界、水素蓄積、燃料プール水位異常低下、有機溶媒火災、等々の事故を想定し、対策を実施

11

MOX燃料の成型加工

日本原燃株式会社



- 我が国初の商業用のMOX燃料成型加工工場を建設
 - 六ヶ所再処理工場で回収されるPuを利用してMOX燃料を製造し、全国各地の原子力発電所にプルサーマル用燃料として供給
 - 再処理工場に隣接して建設し、MOX粉末は地下トンネルを移送
 - 主建屋規模： 約85m×約85m、地上2階、地下3階
 - 最大加工能力： **130トンHM/年**
- 当初の電事連の立地申入に無く、新たに 2005年4月19日青森県並びに六ヶ所村とMOX燃料加工施設の立地基本協定を締結
 - 2010年5月 核燃料物質加工事業許可を取得
 - 2010年10月に着工したが、震災後の議論と降雪の影響で、2011年度を通し掘削工事を中断
 - 2012年4月3日、建設工事を再開
- 商業運転の開始時期；
 - 2011年度の工事中断と、新規規制基準施行後の安全審査やり直しのため、**2017年10月を目標**



完成予想図

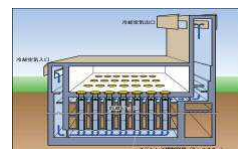
12

高レベル放射性廃棄物の中間貯蔵

日本原燃株式会社



- 過去に英仏に再処理委託したため、欧州から**返還される高レベル放射性廃棄物**(ガラス固化体)を六ヶ所サイトで受入・貯蔵
 - 操業開始 1995年4月
 - 貯蔵容量 2,880本(1,440本/棟×2棟)
 - 現在の貯蔵量 1,574本(2014年7月末現在)
 - 仏国分1,310本は 2007年3月で返還完了、保管中
 - 英国分を 2009年度より受入開始(総数約900本)、現在264本を保管
 - 最終的な仏英合計の返還総数は、**約2,200本**
- **六ヶ所再処理工場で発生するガラス固化体も**同様な施設で貯蔵
 - 800トン/年、40年間の操業で、**約4万本**
- 仏国からTRU廃棄物、英国から交換廃棄物(HLW)も返還される
- 将来、NUMOの立地する最終処分へ搬出



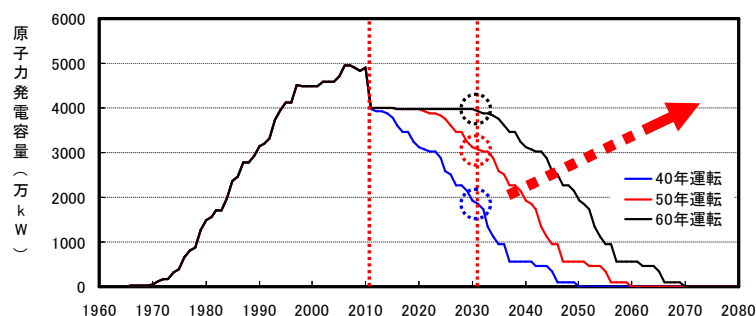
13

原子力発電容量の見通し

日本原燃株式会社



- 原子炉の供用期間を**原則40年**に法定（欧米では、**60年間**が常識）
 - 審査して合格すれば、1回だけ最長20年の延長が認められる
- 今後、一時的に原子力発電規模は減少する可能性あり
 - エネルギー基本計画は、原子力をエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源と位置付け
 - 六ヶ所の回収Puを全て1/4プルサーマルへ供給として、取替枠は 350トン



14

日本原燃株式会社



ご静聴、有り難うございました



15