



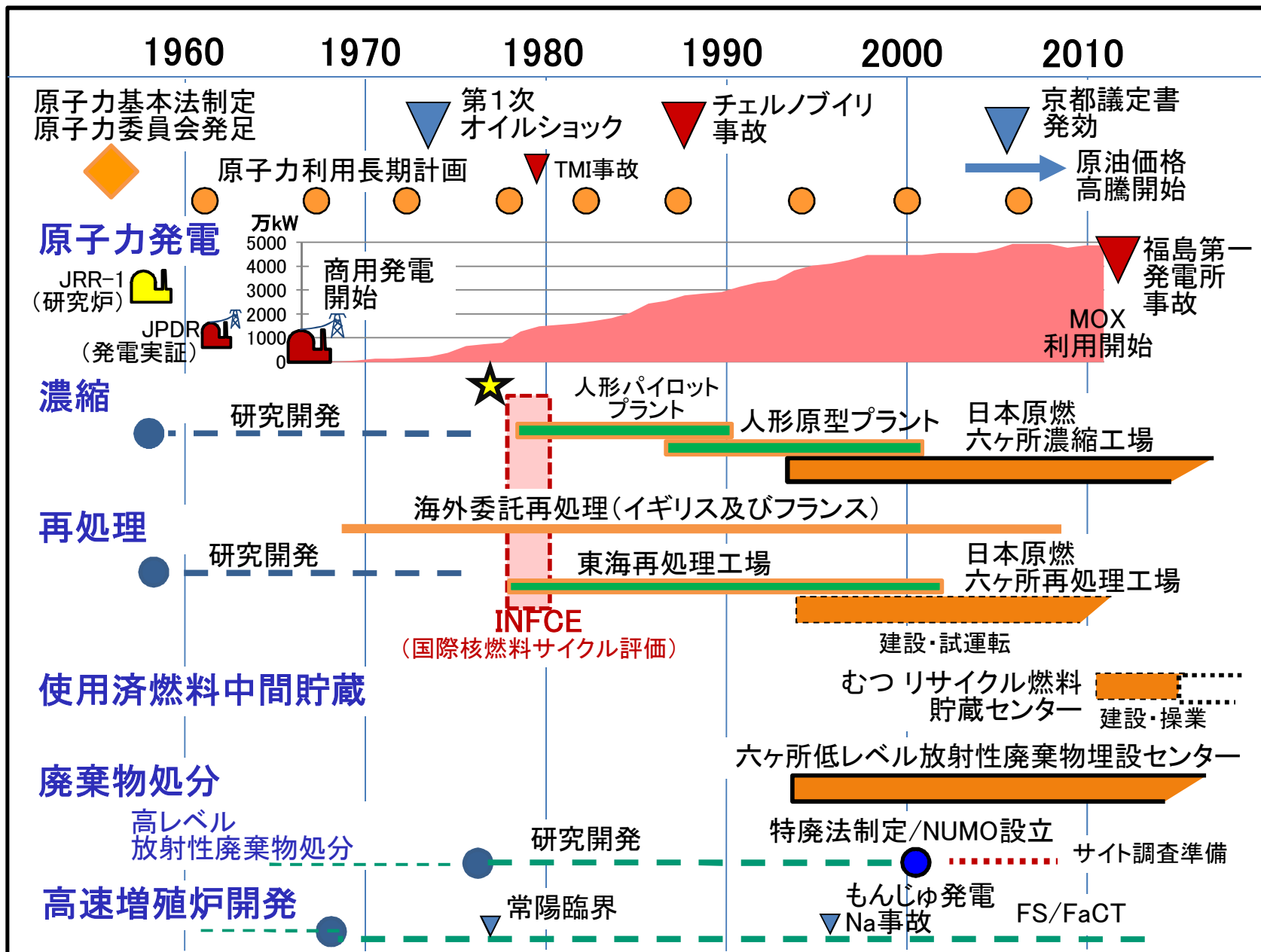
# 再処理事業の歩み

## - その歴史的背景と課題 -

SNW, エネルギー一会座談会

2015年11月19日

河田東海夫



★ 核燃料サイクル  
問題懇談会

# 日本の原子力利用の歴史

# 原子炉の産声

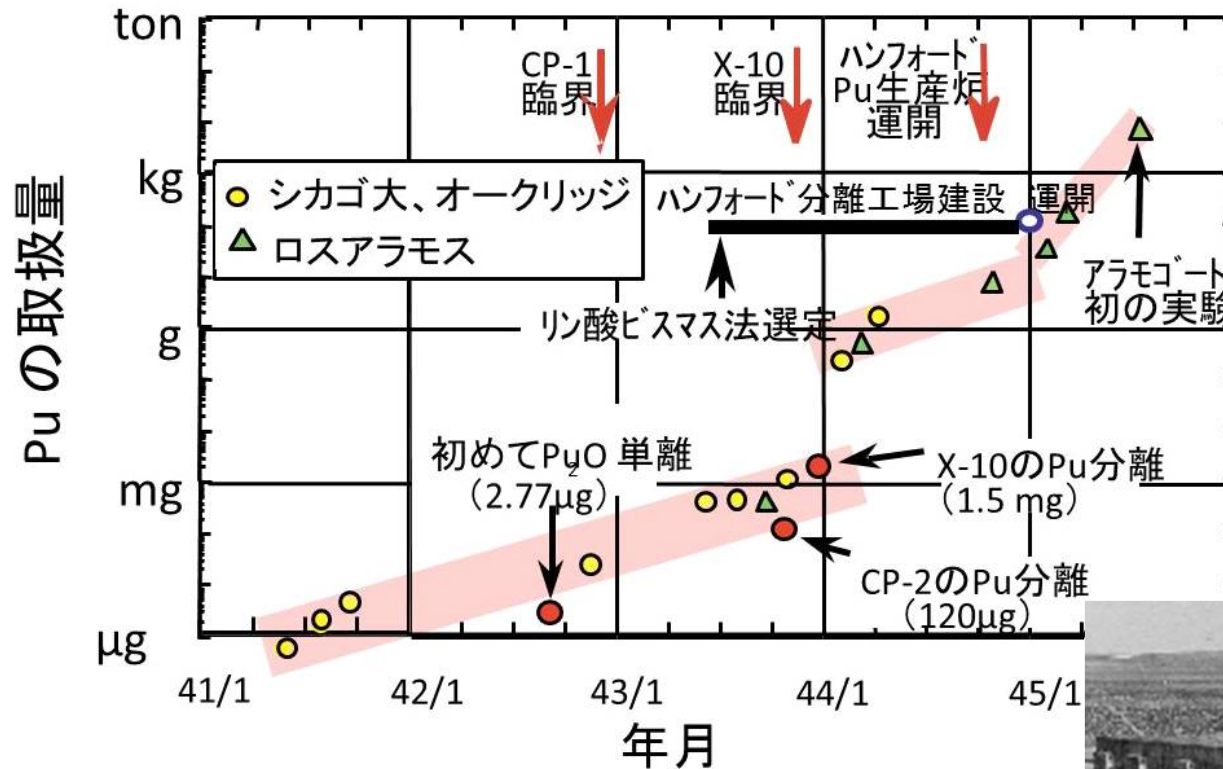
- CP-1の臨界
  - 1942年12月2日
  - エンリコ・フェルミ
  - シカゴ大学  
冶金学研究所



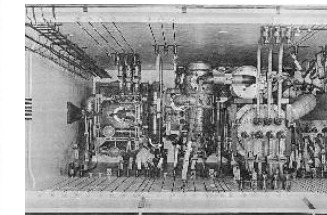
原爆用Pu生産法の原理実証だった



# マンハッタン計画における再処理技術の開発



Pの発見者  
グレン・  
シーボーグ



B-plantの  
内部  
“Canyon”



ハンフォードの再処理工場B-plant  
“Queen Mary of the sagebrush”  
・1944年12月運開  
・リン酸ビスマス法(沈殿法)

**mg の試験成果で巨大プラントの建設着工！**

- ・シーボーグが開発の責任者
- ・溶媒抽出法は間に合わず、効率の悪いバッチ式のリン酸ビスマス法を採用

# 黎明期の平和利用の原子力

(1953年12月のAtoms for Peace宣言頃まで)

- 天然ウランは希少資源とみなされていた
- 天然ウラン(核分裂性U235含有率は0.7%)を燃やすことで、ウランの99.3%を占める非核分裂性のU238から生成するPuを回収して核燃料として使うという考え方はきわめて一般的な考え方であった
- そのもっとも効率的な方法は高速増殖炉(FBR)であり、その研究開発は戦後ただちに米国で開始された(英仏露もその後追従)
- 世界で最初に原子力で発電したのは、米国の高速炉の実験炉EBR-Iであった(1951年12月)

# 第二次大戦後ただちに始まった高速炉開発

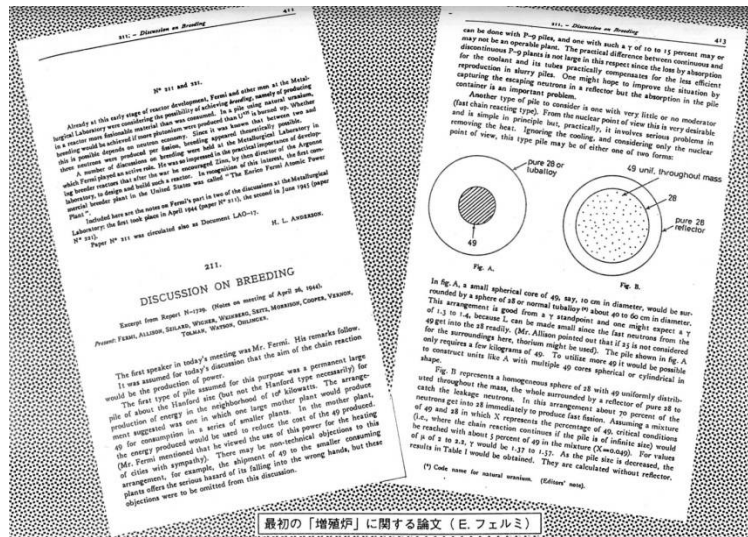
- シカゴ冶金学研究所では、ドイツの敗戦が目前となった1944年春に、戦後に進めるべき平和利用の新型原子炉開発の検討が約3ヶ月にわたって行われた
- 1944年4月26日にフェルミが高速増殖炉の基本概念を提示

## Clementine

(ロスアラモス)



- 世界最初の高速中性子炉
- 1946年初臨界達成
- Pu239金属燃料棒＋水銀冷却
- 熱出力 25 kW



“Oh my darling, Clementine”

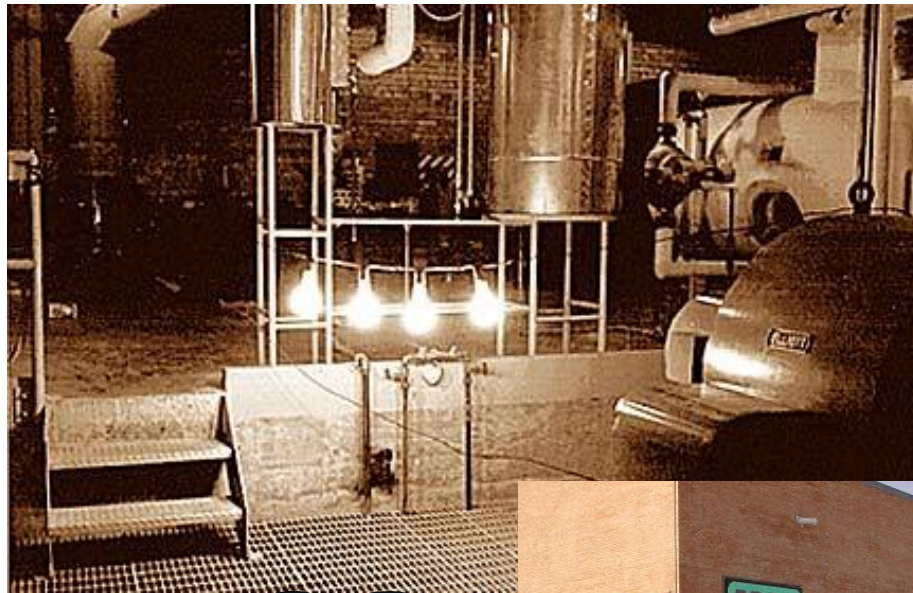
In a cavern, in a canyon  
Excavating for a mine  
Dwelt a miner, forty-niner  
And his daughter, Clementine

高速増殖炉の基本概念を示す  
フェルミの最初のペーパー

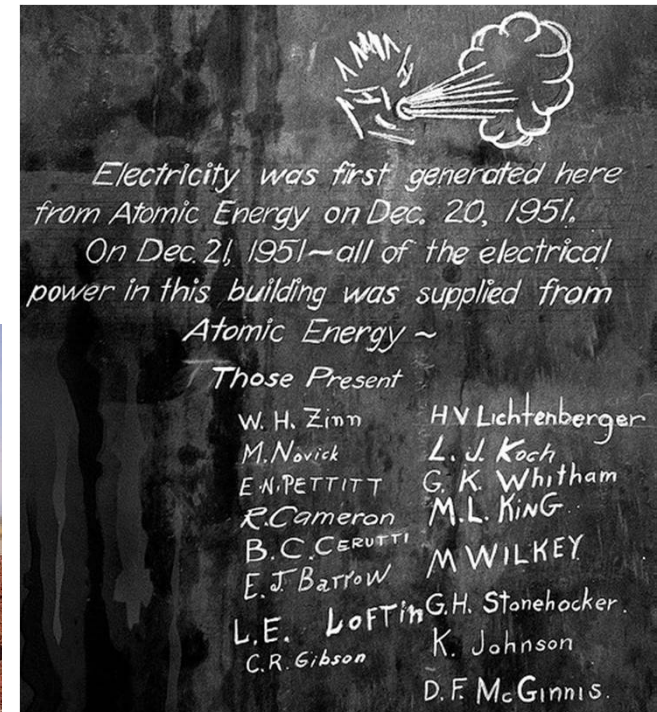
“Element 49” = P239

# 世界最初の原子力発電 は高速増殖炉だった！

- 1951年12月20日、アイダホの EBR-I が  
初めて発電、4個の電灯を灯す



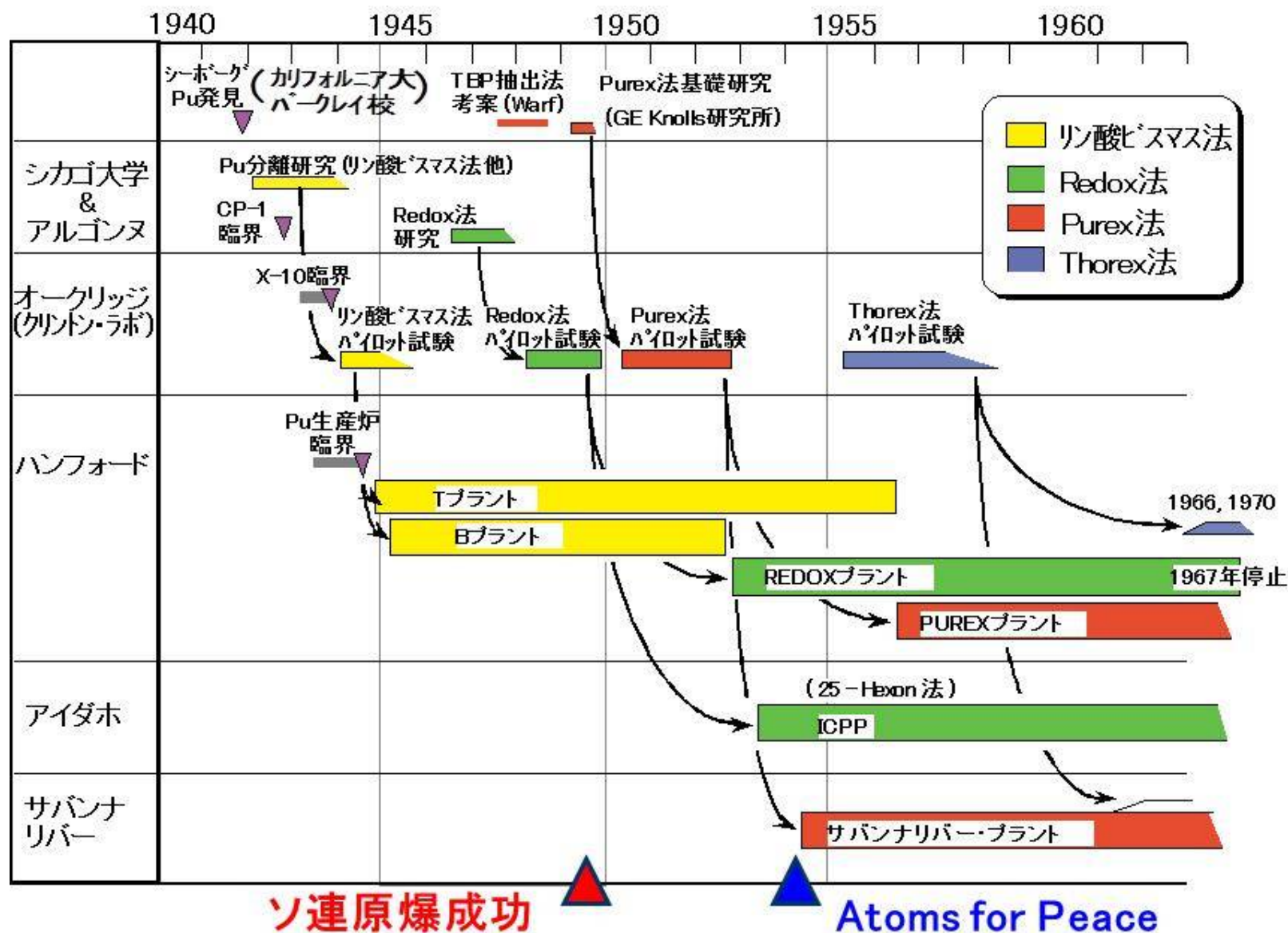
エンリコ・フェルミとウォルター・ジン



最初の原子力発  
電所はソ連のオブ  
ニンスク発電所  
(1954年6月運開)

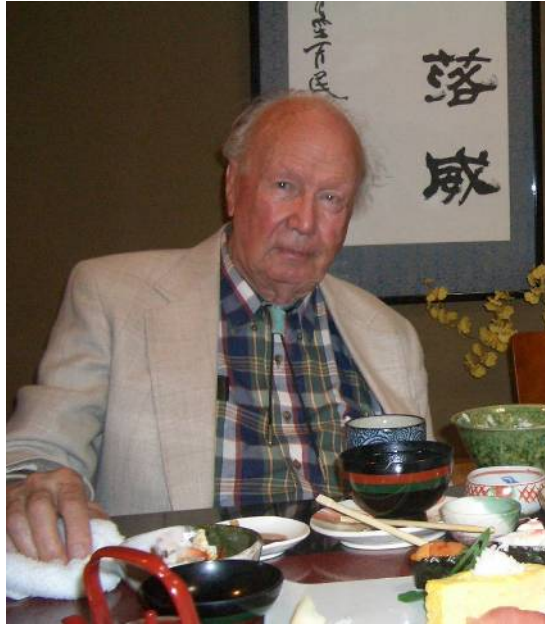


# 米国における湿式再処理技術開発の歴史





# Purex法の発明者 ジェイムズ・ワーフ



ジェイムズ・ワーフ氏  
2005年5月来日時撮影

## Extraction of Cerium(IV) Nitrate by Butyl Phosphate<sup>1a</sup>

By JAMES C. WARF<sup>1b</sup>

The extraction of inorganic compounds by organic solvents sometimes affords a unique method for rapidly and easily separating compounds of certain metals from common impurities. Well-known examples include the characteristic extraction of iron(III) chloride and the chlorides of a few other metals by ether, the extraction of uranyl nitrate by ether, the extraction of silver perchlorate by toluene,<sup>2</sup> and more recently the extraction of thorium nitrate by methyl isobutyl ketone and other solvents.<sup>3</sup> The extraction of cerium(IV) nitrate by ether was employed by Imre,<sup>4</sup> who observed that the solvent was attacked, generating heat and necessitating cooling, and that high nitric acid concentrations were required for efficient extraction. Pure ceria, however, could be produced.

A number of solvents expected to be resistant to the strong oxidizing action of cerium(IV) nitrate were tested, and nitromethane and tri-*n*-butyl

## TBP 抽出法発明の 原論文

Extraction of Cerium (IV)  
Nitrate by Butyl Phosphate

By James C. Warf

J. Amer. Chem. Soc. 1949, 71

- アイオワ州立大エイムズ研究所でTBPによる抽出法を発明
- 1949年の米国化学学会誌に論文発表、その後TBPによるUやPu抽出に関する特許取得
- オークリッジで工学実証後、サバンナリバープラントで実用化(1954年)

# 独自に開発されたフランスの Purex再処理技術

日本の再処理の  
原点！

- 1951年、ゴールドシュミットは英国ハーウェル関係者からの情報リークにヒントを得て、ワーフ論文を発見
- 直ちにTBPを用いた溶媒抽出によるPu分離研究に着手し、1954年にホットラボで確認試験に成功（フォントネ・オ・ローズ）
- 上記成果をもとに、マルクールに最初の再処理工場UP-1を建設、1958年に運転開始



ベルトラン・ゴールドシュミット  
2001年9月パリの自宅で撮影



UP-1

# 第1回ジュネーブ会議(1955年8月開催)

- アイゼンハワー大統領のAtoms for Peace宣言を受けて開催された国連主催の原子力情報交換大会議
- ウラン資源量や濃縮技術は機密情報として開示されず
- 一方、再処理技術の基本情報(当時の最新技術であるピュレックス法を含む)は、原子力利用に必須の技術として公開された



ジュネーブ会議本会議

- 78カ国参加
- 各国政府代表約1,400人
- オブザーバ, 報道陣等2,000人以上



ジュネーブ会議から帰国した  
超党派日本代表特別顧問団

右から

- 松前重義(右派社会党)
- 中曽根康弘(民主党)
- 前田正男(自由党)
- 志村茂治(左派社会党)

日本はこの時点では  
国連加盟申請中だが  
ソ連の反対で未承認

# 日本の原子力利用開発事始め

- 昭和29年3月改進黨中曾根議員による原子力予算の緊急上程
- 原子力基本法制定(昭和30年12月)と原子力委員会発足(昭和31年1月)
- 原研(昭和31年6月)、原燃公社(同8月)の設立
- 最初の原子力開発利用長期計画(31年長計)策定
  - 当初から(閉じた)核燃料サイクルの確立が長期の目標とされた⇒増殖炉、燃料要素、再処理等の技術の向上
  - 再処理については、初期の研究は原研で、その後は原燃公社で集中的に、との方針
- 当時、原子力利用を進めるにあたって、使用済燃料は再処理しリサイクル利用するというのは世界的に当たり前の考えであって、日本が特殊な選択をしたわけではない
- 1977年(INFCE)以前は「直接処分」という概念はなかった

# 東海再処理工場の建設

- 第1回ジュネーブ会議以降、発電炉用使用済燃料の再処理工場建設計画が欧米各地で開始(注1)
- 昭和36年4～5月に原子力委員会が派遣した「再処理調査団」(大山義年団長)が「ピュレックス再処理は完成に近く、1トン／日の規模では商業的に成立しうる」と報告
- 上記報告を受け、昭和38年から原燃公社(注2)が東海再処理工場の設計を開始(予備設計英NCP、本設計仏SGN)
- 地元合意に手間取り、着工は8年後の昭和46年となった
- 上述調査団報告で「商業的に成立しうる」とされたことから、一般会計投入はもとより、財政投融资会計からの借り入れも認められず、市中銀行からの借入金で主工場を建設
- 昭和50年9月にウラン試験を開始

(注1)それ以前は、米英露が再処理工場を運転していたがいずれも軍事用

(注2)昭和42年10月に動力炉・核燃料開発事業団(動燃)に改組

# 石油危機とエネルギー安全保障の強化

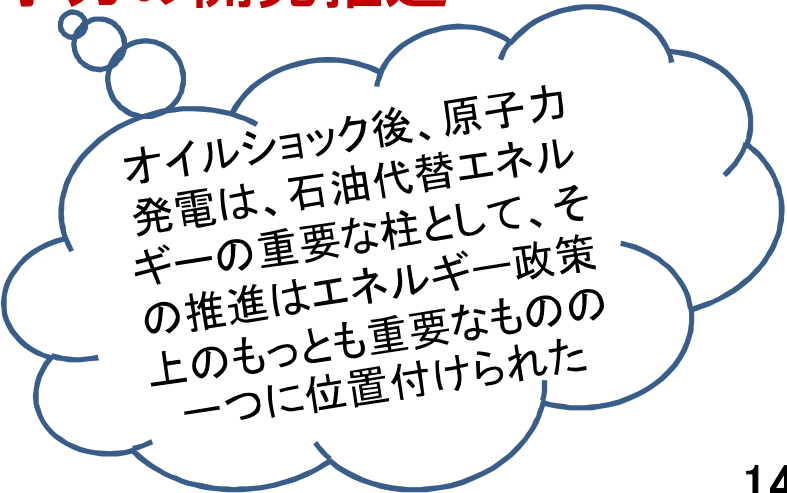
- 昭和48年(1973)末の第一次オイルショック後、政府は総合エネルギー対策閣僚会議を設け、エネルギー安全保障強化に向けた基本方針「総合エネルギー政策の基本方向」を策定(昭和50年12月)
- 上記で、原子力発電は、石油代替エネルギーの重要な柱の一つとして位置づけられ、その積極的開発推進が求められた
- その原子力発電の基盤を支える核燃料サイクルの諸施設を具体化するための施策立案のため原子力委員会に「核燃料サイクル問題懇談会」が設けられた(昭和51年3月)



# 「総合エネルギー政策の基本方向」

昭和50年12月19日 総合エネルギー対策閣僚会議

- 第一次石油危機で一変した国際エネルギー情勢を踏まえて策定された、エネルギー安全保障強化に向けた基本方針
- 輸入石油依存度の低減とエネルギー源の多様化の推進を機軸
  - 国産エネルギー有効活用
  - **準国産エネルギーとしての原子力の開発推進**
  - 海外エネルギーの多様化
  - 石油の安定供給確保
  - 省エネルギー推進
  - 新エネルギーの開発推進



オイルショック後、原子力発電は、石油代替エネルギーの重要な柱として、その推進はエネルギー政策上のもっとも重要なものの一つに位置付けられた

# 「核燃料サイクル問題懇談会中間報告」

昭和51年(1976)8月

- 核燃料サイクルの各分野の事業化のあり方を示し、官民の役割分担を明確化
- 天然ウラン確保は開発輸入に力点。20年後の年間所要量の1／3程度を海外開発で確保。電力はこれら開発の製品引取りで開発を支える
- ウラン濃縮では新規需要の1／3を国内でまかなう。52年度から国(動燃)がパイロットプラントを建設。民間はその後の事業体制確立を図る
- 第二再処理工場(1,500t/日規模)の建設・運転は電力を中心とする民間事業とし、事業準備の機関を発足させる



## 1970年代: サイクル完結にまい進する先進諸国

- 軽水炉の急速な普及(ただし、英国はガス炉、カナダはCANDUを堅持)
- 軽水炉でのMOX燃焼実用化に向けての欧米での活発な動き(軽水炉での燃焼実証試験、米国では本格利用に向け環境影響評価GESMO)
- 再処理能力増強
  - 米国: バーンウェル再処理工場(1,500t/日)ウラン試験開始(1976)
  - 仏: UP2/400運転開始(1975)
  - 独: パイロット工場運転開始(1971)
- 進む高速増殖炉開発: 米FFTF 着工(70)、仏Phenix運開(74)、英PFR運開(76)、独SNR着工(73)、日「常陽」臨界(77)

1970年代中頃まで、米国は、ウラン濃縮契約の条件として「プルトニウム利用を促進する」という誓約書を入れさせていた(濃縮節約のため)

# インド核実験の強烈な冷や水

- 1974年5月インドがプルトニウムを用いた地下核実験に成功 (Smiling Buddha)
  - 背景に1962年の中印国境紛争での敗北
  - 1964年の中国の核実験成功に対抗し、核開発開始
  - Pu生産はカナダ供給の重水炉、重水は米国提供、再処理技術もインド技術者が米国で習得
- 核不拡散問題への国際的な(特に米国政府における)取り組み強化の必要性喚起
  - 原子力供給国(NSG)のロンドンガイドライン制定
  - 1977年の米国の原子力政策変更



ラージャスターン州の砂漠にできたクレーター(爆発威力8kt以上)



爆心地を視察する  
インディラ・ガンジー首相

# 日米再処理交渉とINFCE

## — カーター大統領の劇的な政策変更 —

- 1977年1月に発足した民主党カーター政権は、同年4月、核拡散のリスクを重視し、**商業用再処理と発電炉でのPuリサイクルの無期限延長**(実質的計画破棄)を含む**核燃料サイクル政策の劇的な転換**を発表(カーター声明)(注1)
- わが国は東海再処理工場のホット試験を開始すべく、1976年末から米国の事前同意(注2)を得るための交渉を開始していた
- カーター政権発足で**再処理日米交渉**は極めて難航したが、挙国一致体制で交渉に臨み、最終的に2年間99トンの運転を認めさせることに成功。1977年9月12日に「**共同決定**」を行うとともに、「**日米共同声明**」を発表し、9月22日に東海再処理工場の**ホット試験**を開始した
- 1977年10月に、カーター提案に基づく**国際核燃料サイクル評価(INFCE)**の設立総会が開かれ、2年間にわたる評価作業が開始された(最終総会は1980年2月)

(注1)核不拡散対策強化は前年の大統領選の争点にもなり、前任のフォード大統領も政権末期に再処理の一時凍結方針を打ち出していたので、日本側にも事前の危機感があった

(注2)1968年に発効した日米原子力協定第8条C項で、米国籍燃料の再処理には米国との共同決定を必要とすることが定められていた(これにより米国は事実上の拒否権を有する)

# カーター声明

(Nuclear Power Policy, April 7, 1977)



1. 商用再処理と発電炉でのPuリサイクルを無期限延長し、バーンウェル再処理工場の政府援助を停止（米国政府は、独自の経験により、原子力計画がかかる再処理及びリサイクリングを行わなくとも、十分経済的に成り立ち得るとの結論を引き出した）
2. 増殖炉計画を延期し、代替設計研究に転換
3. 核兵器への使用可能な物質に直接結びつかない代替核燃料サイクルの研究開発に転換
4. 国内外の核燃料需要に応えるため濃縮ウラン生産能力を上げる
5. 海外への核燃料供給契約と供給保証を可能とする法的措置を提案
6. ウラン濃縮や再処理用の機器や技術の輸出禁止を継続
7. エネルギー確保と核不拡散を両立させるための国際的枠組みについての議論を継続し、核不拡散上有効な代替核燃料サイクルの開発を目標とした国際核燃料サイクル評価計画（INFCEP）の推進を提案

# フォード・マイター報告

## Nuclear Power: Issues and Choices (1977.3)

- フォード財団(当時マクジョージ・バンディが理事長)からの資金提供でマイター・コーポレーション(NSA, CIA, FBIなどのOBを中核とするシンクタンク)が取りまとめた核不拡散を重視した原子力政策に関する提言報告書、カーター声明の根拠書的作用を果たした
- 再処理やPu利用の無期延長や増殖炉計画延期等を提言
- 執筆陣の中心はハーバードの国際政治学者
- 基本的に以下のような将来見通しに立脚
  - エネルギー問題は量的不足の問題ではなく、価格上昇の問題
  - 今後エネルギー価格は上昇するが、米国および世界の経済への影響は些少
  - エネルギー価格上昇は節約型社会形成に寄与
  - 石炭は豊富であり、1990年代以降はさらに利用拡大
  - 原子力の石炭に対する経済的優位性は些少
  - 太陽光、風力、地熱などは来世紀のエネルギー源として期待できるが、30年以内に石炭をしのぐ経済性達成は困難
  - 核テロの懸念は「警察国家」を招来する
  - 原子力利用継続が核拡散リスク拡大を招くのであれば、原子力そのものの放棄を勧告する用意がある

# 日米共同声明

昭和52年9月12日



1. 東海再処理施設を2年間、99トンまで既定の方式(プルトニウムを単体で抽出する方法)で運転する。
2. 東海再処理施設に付設される予定のプルトニウム転換施設の建設を2年間見合わせる。
3. 混合抽出法の実験を行い、その結果を核燃料サイクル評価(INFCE)に提供する。
4. 2年間の運転終了後、上記(3)の実験結果及びINFCEの検討結果に照らして、日米両政府によって混合抽出法が技術的に実用可能であり、かつ効果的であると合意された場合には、東海再処理施設を混合抽出法に改造する。
5. 新たな再処理施設については、2年間、主要な措置をとることを見合わせる。
6. 軽水炉へのプルトニウムの商業的利用に関する決定を2年間延期する。
7. 再処理施設に対する改良保障措置技術の研究開発を行う。

# INFCEと並行して進められた 民間再処理事業立ち上げの準備

- 電力業界の準備
  - 濃縮・再処理準備会(74.6)⇒電事連再処理設立事務所(78.4)⇒再処理会社設立準備会(79.7)
  - 1980年(昭和55年)3月日本原燃サービス(株)(JNFS)設立
- 国による環境整備
  - 1979年(昭和54年)5月 原子炉等規制法改正  
新たに「再処理事業の指定」の条項を設け、民間での事業を可能とした
  - NPT批准(76.6)、保障措置協定発効(77.12)
- 民間再処理工場完成までのつなぎとしての海外再処理委託
  - COGEMA契約(77.9)、BNFL契約(78.5)  
←原子炉設置許可申請書に「使用済燃料の処分の方法」の明記が義務付けられていることとも関連

米国の政策変更にもかかわらず、欧州諸国が再処理支持の姿勢を堅持したことに加え、1978年の第2次石油危機による原油価格高騰が、民間再処理事業立ち上げを後押しした

# 六ヶ所再処理工場着工までの足取り

## • 着工までの主要な出来事

- 1980年3月 日本原燃サービス(JNFS)設立
- 1985年4月 六ヶ所への3点セット受け入れを青森県が了承(立地協力基本協定調印)
- 1987年4–6月 SGN及びBNFL・DWKとの協定締結⇒先行モデルは仏UP3
- 1992年7月 日本原燃(株)(JNFL)発足
- 1993年4月 六ヶ所再処理工場着工

## • 英仏大型再処理工場建設の順調な進展

- UP3運開(90)、THORP運開(94.1)、UP2/800運開(94.5)

## • 1988年7月 日米原子力協定改定

- 包括同意方式導入

## • 行く先への暗い影

- エネ調、長期エネルギー需給見通し大幅下方修正(83.8)
- チェルノブイリ事故(86.4)の影響による欧州原子力の後退の兆し
  - 独:ヴァカースドルフ再処理工場建設中止(88)
  - 高速増殖炉:独SNR建設中止(91)、英PFR(94)、仏SPX(98)運転停止
- バブル崩壊(91.3~92.10) ⇒ 内外価格差是正のための市場原理導入  
⇒ 規制緩和(自由化)の動き



# 多発する事故・不祥事の逆風の中で 進む工場建設と試運転

- **建設工事・試運転の進展**

- 着工(1993.4) ⇒ 化学試験開始(2002.11) ⇒ ウラン試験開始(2004.12)  
⇒ アクティブ試験開始(2006.3)

- **建設費の高騰**

- 当初建設費7,600億円(1989.3) ⇒ 第1回見直し額 1兆8,800億円  
(1996.4) ⇒ 第2回見直し額 2兆1,400億円(1999.4)・・・当初の2.8倍

- **多発する事故・不祥事 ⇒ Pu消費を困難にする方向に**

- もんじゅNa漏れ事故(1995.12) ⇒ 高速増殖炉開発停滞
- TRPアスファルト施設火災爆発事故(1997.3) ⇒ 動燃崩壊
- BNFL製MOX燃料データ改ざん問題(1999.9) ⇒ 関電Puサーマル計画大幅遅延
- JCO臨界事故(1999.9) ⇒ はじめての住民避難
- 東電トラブル隠し(2002.8) ⇒ 東電Puサーマル計画事前了解白紙撤回

- **様々な方面から噴出する再処理路線見直し論**

# 様々な方面からの再処理路線見直し論

- **原子力未来研究会「どうする日本の原子力」(1998)**
  - 使用済燃料貯蔵は重要政策オプション。再処理はPu需要に合わせた処理に転換。規制緩和の中で原子力が生き残るためには、燃料サイクル・バックエンドの不確実性を切り離す必要がある
- **豊田元原燃社長の批判(2002)**
  - FBR実用化が見通せなくなった今、経済的に不利な再処理・Puサーマルは社会の理解が得られない。電力自由化を控え、電力コストを下げる努力を怠れば経営者は株主訴訟に負ける。FBRの実用化見通しが得られるまで、使用済燃料は長期貯蔵とすべき
- **佐藤栄佐久福島県知事(2002)**
  - こんなコストが高い再処理やPuサーマルを果たしてやるべきか、一度立ち止まって、直接処分の是非を含め国民の前で議論すべき
- **経産省内部からの批判文書「19兆円の請求書」(2004)**
  - (サイクル推進は)国と電力業界の原子力利権を巡る政界、官界、業界、自治体のたかりの構図、このまま続ければ19兆円が国民の負担に転嫁、一旦立ち止まって国民的議論を
- **原子力資料情報室などの批判**
  - ウラン試験開始阻止に向け様々なキャンペーン

# 原子力未来研究会\*「どうする日本の原子力」

1998年11月

1. FBRは将来に対する「選択肢の一つ」、実証炉計画は白紙に戻し、「技術継承」と革新性を重視した開発戦略に転換すべき
2. 使用済燃料貯蔵はサイクルに柔軟性を与える重要な政策オプション、貯蔵後のオプションとして、再処理だけでなく、使用済燃料の直接処分の可能性を確保できるよう研究開発を開始すべき
3. 再処理計画を所与とした「供給ありき」を前提とする従来の政策からプルトニウム需要にあわせて再処理を行う政策に転換すべきであり、六ヶ所再処理施設の計画は再考する必要がある
4. 高レベル廃棄物処分には十分な時間をかけて、幅広い選択肢の中から民主的なプロセスを重視して政策を絞り込むべきである
5. 規制緩和の潮流の中で原子力が生き残るためには、燃料サイクル・バックエンドの不確実性を切り離すべき。既存軽水炉の寿命延伸と標準化の徹底によって他電源に対する原子力の競争力を高めるとともに、民間の力を超えた経済リスクには国が一定の責任を持てるよう制度整備が必要

\* 山地憲治東大教授(現RITE理事)はじめ、大学、研究所、電力会社などの中堅層6名で構成

# 再処理批判側が推進側を 招いて開いた公開シンポジウム

ワークショップ 本音で語る原子力政策 Part I

## どうする再処理

原子力発電の賛否の議論には、これまで激しい対立がありました。けれども、原子力政策が直面している難しい問題の中に、推進、反対にかかわらず共通の認識をもてることはないのでしょうか。いま再処理をすすめるべきかどうか、パネリストとともに本音で語りあいましょう。

司 会	
米本昌平氏 科学技術文明研究所長	
パネリスト	
飯田哲也氏 NPO法人 環境エネルギー政策研究所	河田東海夫氏 核燃料サイクル開発機構勤務
藤村陽氏 京都大学/地層処分問題研究グループ	長野浩司氏 原子力若手技術者勉強会/原子力未来研究会

2003年7月12日(土) 13:20~16:20(開場13:00)

会 場 星陵会館ホール  
東京都千代田区永田町2-16-2 (地図参照)

参加費 500円

主 催 地層処分問題研究グループ  
〒164-0003 東京都中野区東中野1-58-15 寿ビル3F  
http://www.geodispo.org/  
申込み: FAX 03-5330-9530  
e-mail geodispo@s24.xrea.com  
(問い合わせ)

当日参加も受け付けますが、万一、定員(約250名)をこえる場合は、事前申込みされた方を優先させていただきます。

このワークショップの開催にあたっては高本基金の助成を受けています。

地層処分問題研究グループ主催  
(実質的に原子力資料情報室)

## 国際シンポジウム 「核燃料サイクルを考える」

主催: 福島県

日 時 平成17年9月4日(日) 13時30分~16時30分  
場 所 東京都千代田区大手町1-8-3 JAビル「JAホール」

コーディネーター  
○ 加藤秀樹 (シンクタンク「構想日本」代表)

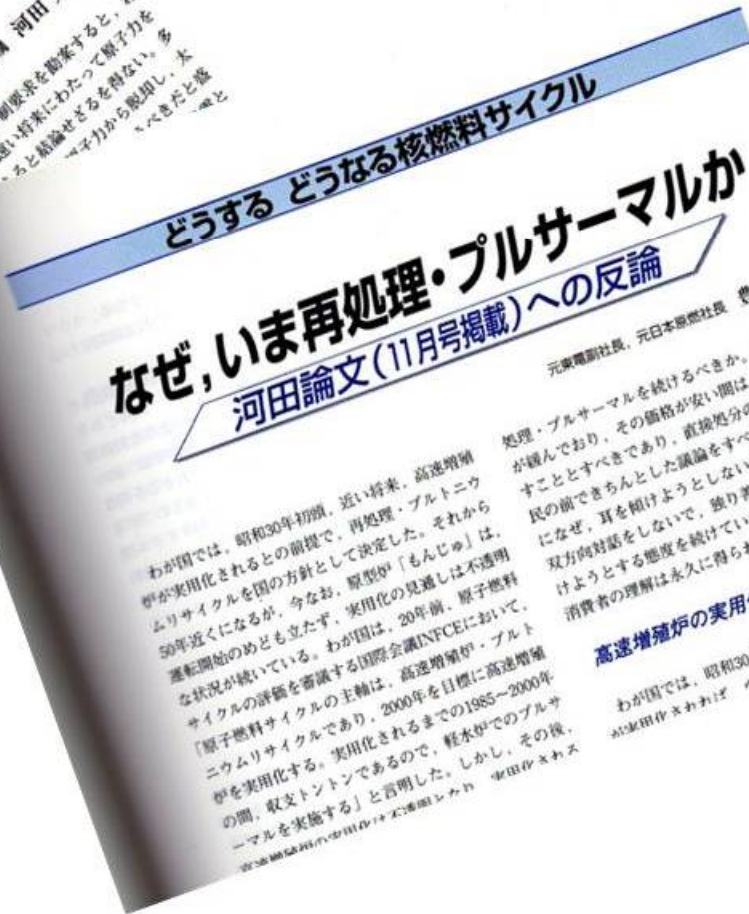
パネラー (50音順)

- クリスチャン・キュバース (独 ドイツ・エコ研究所)
- フランク・フォンヒッペル (米 フリンストン大学教授)
- マイケル・シュナイター (仏 国際エネルギーコンサルタント)
- 飯田哲也 (環境エネルギー政策研究所 所長)
- 内山洋司 (筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻 教授)
- 河田東海夫 (核燃料サイクル開発機構 理事)
- 橋川武郎 (東京大学社会科学研究所 教授)
- 藤村陽 (京都大学大学院理学研究科 助手)
- 山名元 (京都大学原子炉実験所 教授)
- 吉岡斉 (九州大学大学院 教授)

福島県(佐藤栄佐久知事)主催  
海外からも批判派を招聘

# 業界誌上での討論

月刊エネルギー誌上で  
報告者と豊田元原燃社長との間で2往復  
のディベート(2002.11~2003.2)



# 原子力委員会による初めてのサイクル オプションの総合評価

- 原子力委員会の新計画策定会議で直接処分を含む4つのシナリオの総合比較を行い「核燃料サイクル政策について  
の中間とりまとめ」を発表(2004.11)
  - 政府として初めて直接処分を含めたコスト評価を実施
  - 経済性では直接処分のほうが、再処理に比べサイクルコストが0.5~0.7円/kWh 低く有利であるが、エネルギー・セキュリティ、環境適合性、政策変更コストなどを勘案すると、総合的には再処理が有利
  - 長期貯蔵(再処理or直接処分の決定先送り)は先の見えない貯蔵の立地困難性などを考えると有利と言えない
  - 核不拡散性については、いずれも厳格な保障措置適用が求められ、シナリオ間に有意な差はない
- 上記発表の翌月の2004年12月に六ヶ所工場のウラン試験を開始
- 上記結論を踏まえ、「原子力政策大綱」を策定(2005.10)

# リサイクル前進への意思決定

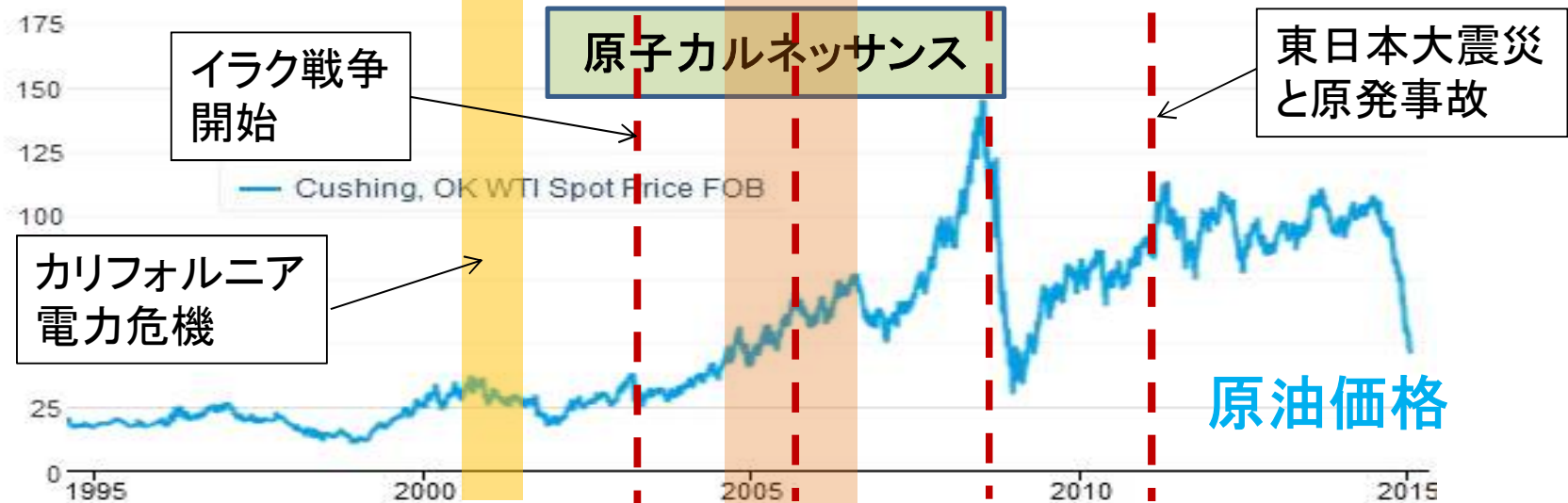
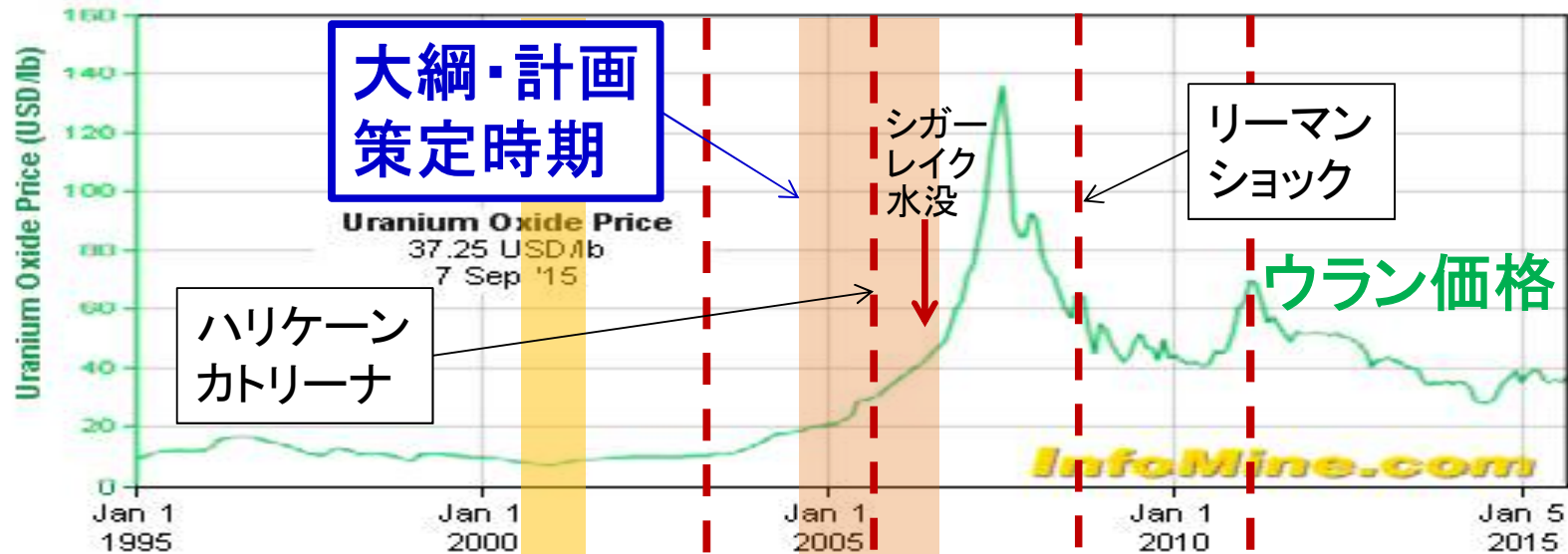
- 「原子力政策大綱」策定(2005.10)
  - サイクル事業の着実な推進
  - 中間貯蔵燃料の処理方策は2010年頃から検討開始
- 再処理等積立金の積み立て・管理に関する法律施行(2005.10)
- 六ヶ所工場アクティブ試験開始(2006.3)
- 第3期科学技術基本計画で高速増殖炉技術を国家基幹技術の一つに位置付け(2006.3)
  - リサイクル政策推進の究極目標が明確化される
- 「原子力立国計画」策定(2006.8)
  - 中長期的にブレない確固たる国家戦略と政策枠組みの確立
  - 新「政策大綱」を受け、各事業の推進策をより具体化

# 前進への意思決定を支えた背景

- ブッシュ政権発足(2001.1)による米国の前向きな原子力推進策による後押し
  - 原子力2010計画⇒原発建設再開⇒世界的な「原子カルネッサンス」
  - 国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP: 2006.2～)⇒国内政策は、核不拡散性強化を前提にリサイクル政策への回帰を模索
- イラク戦争(2003.3)で始まった原油価格高騰による原子力への期待の高まり
  - 中国の経済躍進による資源争奪戦激化
  - \$147/Bの原油価格異常ピーク(2008.7)
  - ウラン価格も急騰、一時的に\$140/lb(2007)← シガーレイク水没影響もあり
  - いずれもリーマンショック御下落したが高止まり
- 地球温暖化問題の顕在化にともなう原子力への期待の高まり
  - パトリック・ムーア(GP創設者の一人)など環境保護者も原子力支持へ
  - ハリケーン・カトリーナショック、北極海航路
- エンロン・ショック(2001.12)による電力自由化論の後退
- IAEAによる統合保証措置の我が国への適用開始(2004.9)
  - 北朝鮮問題などで揺れ、核燃料サイクルの多国間管理(MNA)の検討が進む中での日本へのNPT優等生待遇の付与



# 原子力政策大綱・原子力立国計画の策定時期



# 2006年9, 10月の石油・ガス関連新聞報道

国際石油、アザデガン油田権益が10%へ大幅低下＝操業権も失う

## 日本向けガス 中国獲得



### サハラジン1

#### 輸

液化天然ガス 調達計画  
中電、東邦ガス影響懸念

「サハラジン2」事業停止

LNG対日輸出半減  
インドネシアが通告

2010年にも

# 政権交代と福島第一原発事故の嵐(1)

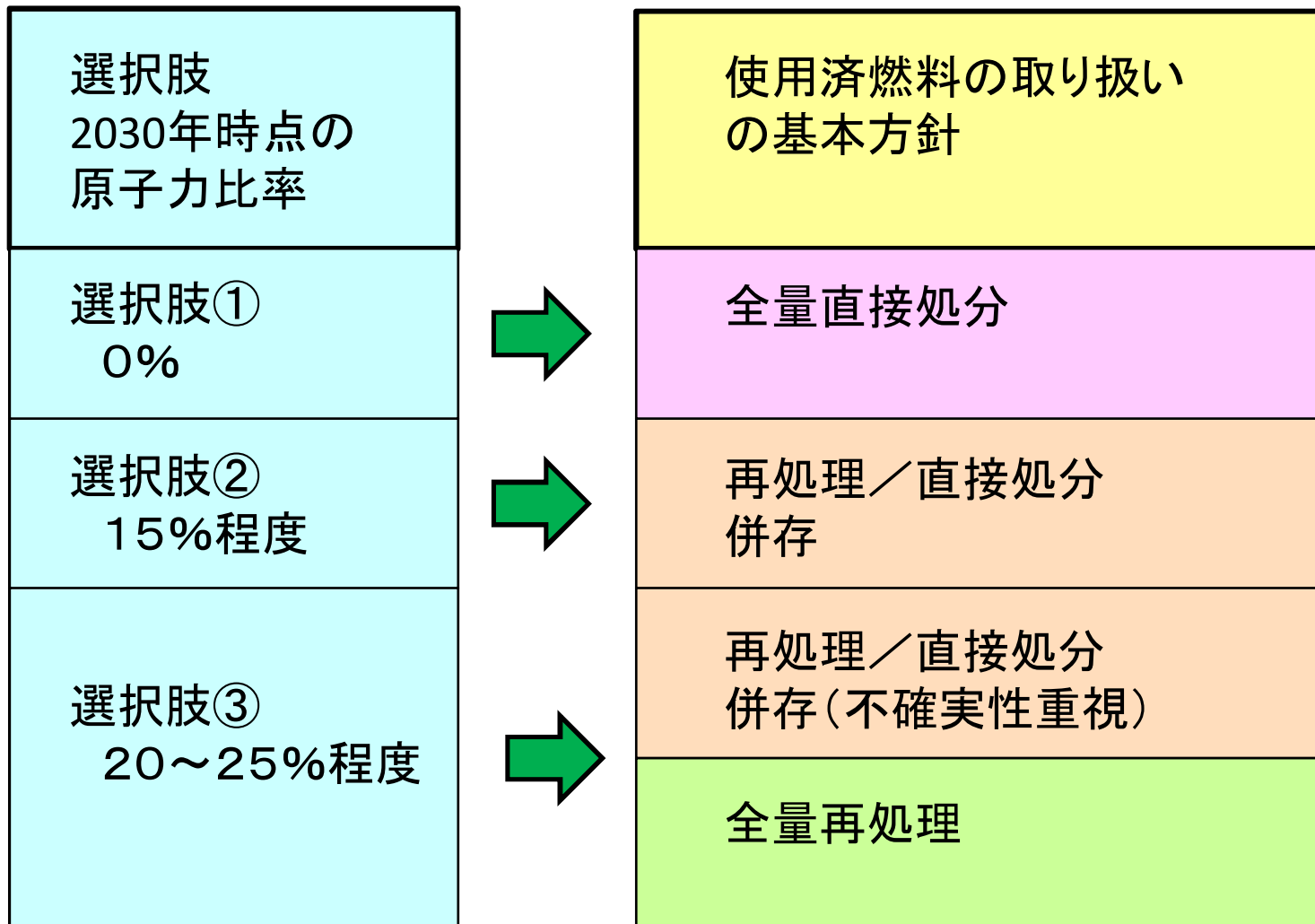
- 2009年、日米両国で政権交代(1月オバマ政権発足、9月鳩山内閣)
- 米国では「原子カルネッサンス」の熱が急速にしばむ
  - シェールガス革命
  - リーマンショックの後遺症
  - オバマ政権の原子力に後ろ向きの施策(ヤッカマウンテン処分場計画破棄、GNEP国内計画キャンセル)
- 一方、日本の鳩山内閣は当初原子力積極推進策をとる
  - 2009年12月 玄海発電所でプルサーマル開始。その後伊方、福島第一、高浜でも開始
  - 3Eの実現を目指す第3次エネルギー基本計画策定(2010.6)
    - 2,030年までに14基以上の原発を新設し、原子力を含むゼロエミッション電源比率約70%以上を目指す
- 2011年3月、東日本大震災後の大津波で東電福島第一発電所事故発生 ⇒ 広域の放射能汚染と約15万人の避難
  - 国民の間に原子力への強い忌避感が急速に拡大

# 政権交代と福島第一原発事故の嵐(2)

- 事故後大揺れするエネルギー政策
  - 反原発ムードの高まりの中で、民主党政権は「脱原子力依存」に舵を切り、最終的に脱原発に至る
    - 2012年6月 原子力委「核燃料サイクルの選択肢」を公表
      - 2030年時点の原子力発電比率 3ケースに対するサイクル選択肢を提示
    - 2012年9月 政府「革新的エネルギー・環境戦略」とりまとめ
      - 2030年代原発ゼロ、ただしそれまで再処理事業は継続
      - 閣議決定には至らず
  - 2012年12月 衆院解散選挙で自公が政権奪回
  - 2014年4月 前政権の「2030年代原発ゼロ」方針を撤回し、「第4次エネルギー基本計画」を策定
    - エネルギー政策の要諦は3E+S
    - 原子力は重要なベースロード電源
- 大幅に遅れる六ヶ所再処理工場の竣工
  - トラブルで遅れたガラス固化施設の試験は、2013年5月に終了
  - その後新規制対応で足踏み状態が続く

# 核燃料サイクルの選択肢について

平成24年6月21日原子力委員会決定



〒東京都中央区銀座6-17-1 電話(03)3242-1111(代) www.yomiuri.co.jp

## ② 速報

### 革新的エネルギー・環境戦略の骨子

2030年代に原発稼働ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入

原発の40年運転規制を厳格に適用。  
新增設は行わない

安全性が確認された原発は  
重要電源として活用

使用済み核燃料の再処理事業を継続

「もんじゅ」は事実上、実用化を断念

国際的なエネルギー情勢などの変化に  
柔軟に対応し、政策を不断に見直し

政府は14日、エネルギー・環境会議(議長・山内国家戦略相)を開き、「2030年代に原発稼働ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入する」との目標

#### 環境戦略の骨子

ゼロを可能と  
政策資源を投入

を厳格に適用。  
ない

た原発は  
活用

は事業を継続

実用化を断念

勢などの変化に  
不断に見直し

の表現を盛り込  
太陽光や風力  
能エネルギーは  
年までに10年比  
倍増を目指す

# 具体策先送り、矛盾も

# 「30年代原発ゼロ」決定

# 第4次エネルギー基本計画（H26年4月） における核燃料サイクルに関する記述

## 【核燃料サイクル政策の推進】

- ① 核燃料サイクルについては、技術的課題やトラブルの克服など直面する問題を一つ一つ解決することが重要である。その上で、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、資源の有効利用等に資する核燃料サイクルについて、これまでの経緯等も十分に考慮し、引き続き関係自治体や国際社会の理解を得つつ取り組むこととし、再処理やプルサーマル等を推進する。
- ② 具体的には、安全確保を大前提に、プルサーマルの推進、六ヶ所再処理工場の竣工、MOX燃料加工工場の建設、むつ中間貯蔵施設の竣工等を進める。また、利用目的のないプルトニウムは持たないとの原則を引き続き堅持する。プルサーマルの推進等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行うとともに、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組む。
- ③ もんじゅは、廃棄物の減容・有害度の低減や核不拡散関連技術等の向上のための国際的な研究拠点と位置付け、取組の反省や検証を踏まえ、あらゆる面で徹底的な改革を行い、もんじゅ研究計画に示された研究の成果の取りまとめを目指し、克服しなければならない課題について、国の責任の下、十分な対応を進める。
- ④ 核燃料サイクルに関する諸課題は、今後の原子力発電所の稼働量とその見通し、これを踏まえた核燃料の需要量や使用済燃料の発生量等と密接に関係していることから、こうした要素を総合的に勘案し、状況の進展に応じて戦略的柔軟性を持った対応を進める。

# 技術編



# 再処理・リサイクル路線否定論の主な論点

- 究極の目標であった高速増殖炉サイクル実現の見通しが立たず、再処理・リサイクル政策は破綻している
- 軽水炉では、再処理・リサイクル方式は直接処分方式に比べコストが高く、経済的に成り立たない(株主訴訟のリスクある)
- 軽水炉でPuリサイクルをしても資源節約の効果は小さく、一方でウラン資源は十分にあるのであるから、経済性を無視してまで進める意味がない
- 再処理・リサイクル方式は二次廃棄物を生み、放射性廃棄物を大量に増やす
- 高速増殖炉計画の破たんとプルサーマル計画の遅延で、再処理しても回収されるPu消費ができず、「余剰なPuは持たない」との国際約束を守れない
- 日本は既にPuを大量に保有しており、再処理でさらにPu生産を進めることは、核不拡散上の大きな疑惑を招く
- 日本の再処理を認めれば、他の非核兵器国の再処理願望を抑える論拠が弱まり、あらたな核拡散リスクを助長する
- 電力が完全自由化される中で軽水炉発電の競争力を高めるためには、不確実性が大きい再処理・リサイクルを凍結し、使用済燃料は当分長期貯蔵とすべき

# 二つの立場の違い

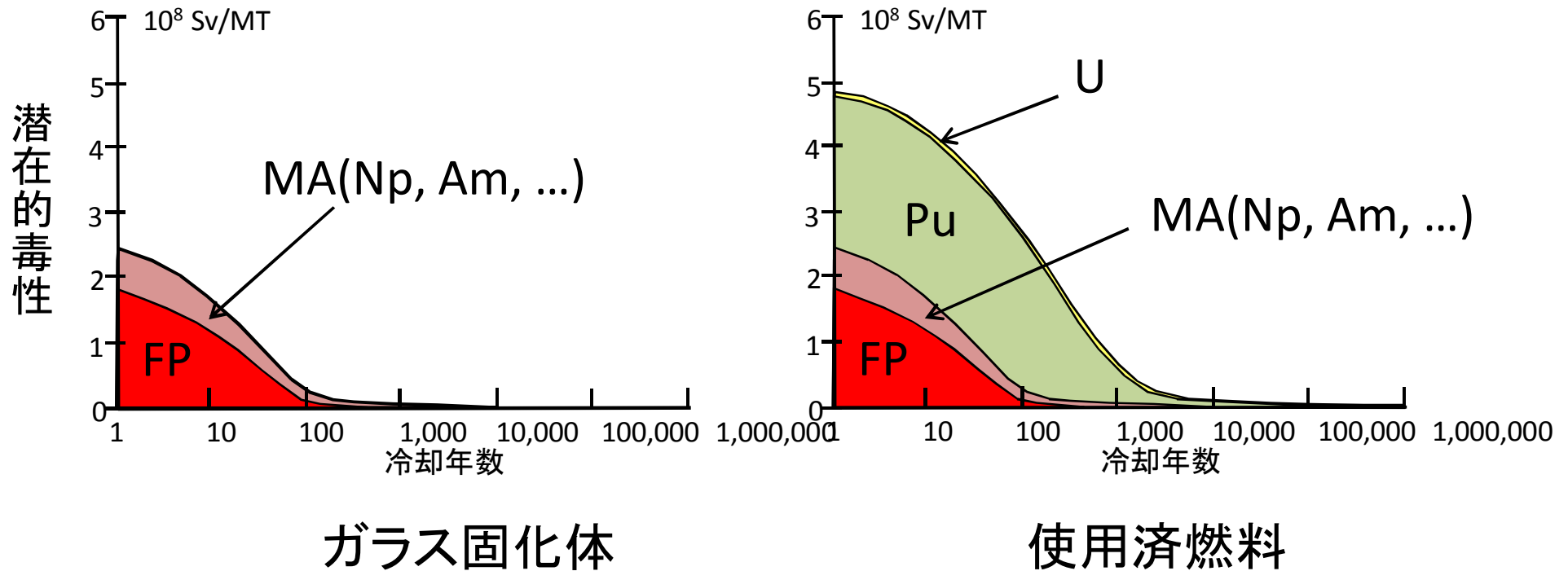
- (原子力に一定の理解を示す)再処理否定的論者
  - 規制緩和・市場原理重視の政策を支持
  - 人類にとって原子力は過渡的なエネルギーに過ぎないと考える(増殖炉の実現性には疑問)
- 再処理支持者
  - 安全保障重視の政策を支持
  - 長期にわたる原子力利用は人類にとって不可避
- 両者の立場の相違の根底には「価値の選択」の問題がある

# バックエンドの側から見た サイクルオプションのマクロな特性比較

50GWe, 100年間の原子力利用で必要とする地層処分場の面積等  
(数値はすべて概算値)

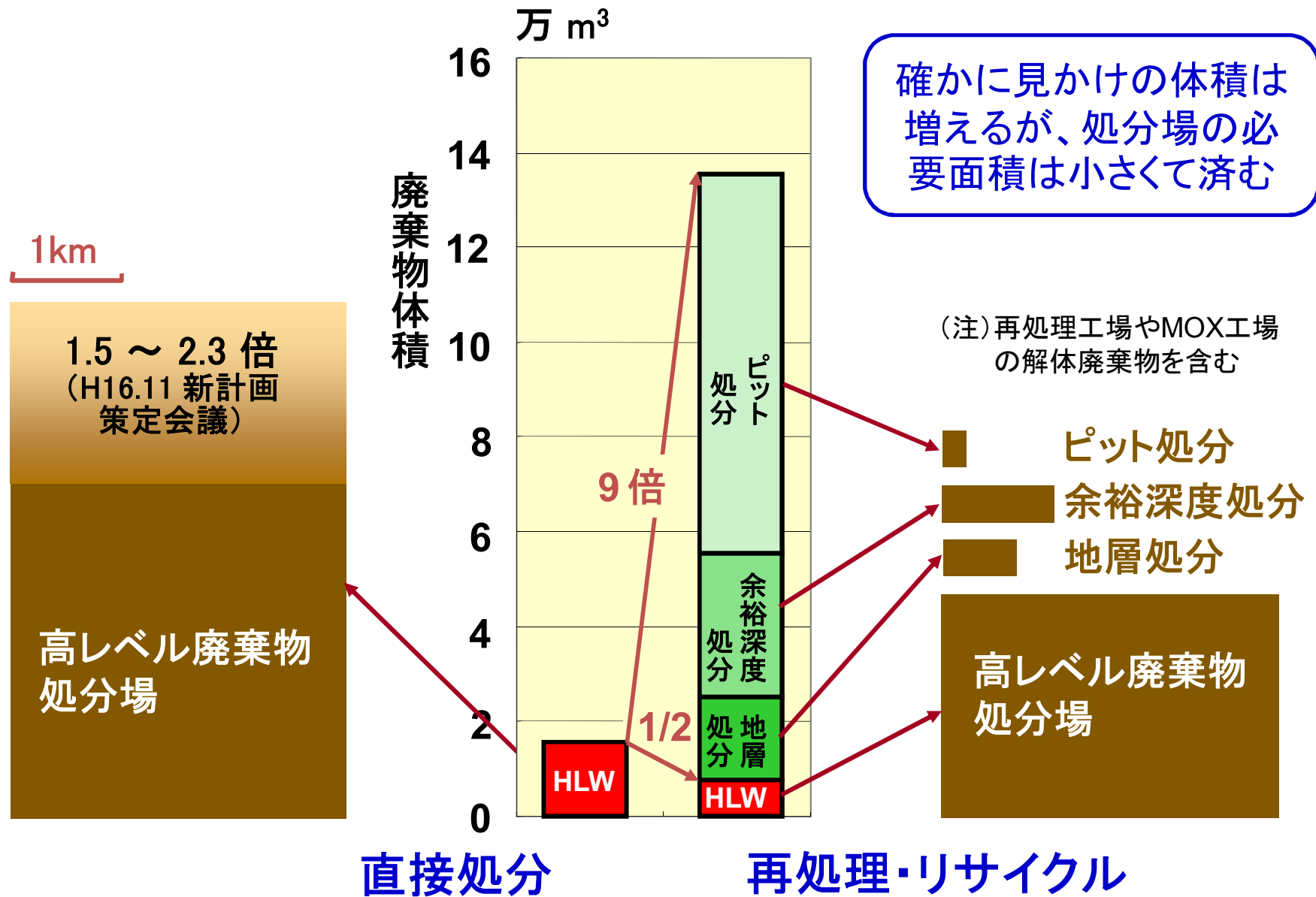
核燃料サイクルの オプション	羽田空港埋め立て地換算の必要 面積	放射性毒性が 元のウラン鉱石 並みになるまで の年数	サイクル残留物
軽水炉・直接処分	6ヶ分 (原子炉級Pu 1,000トン埋設)	10万年	濃縮のテイル(劣化ウラン) 75万トン
軽水炉・リサイクル (一回リサイクル)	2ヶ分(注)	1万年	濃縮のテイル(劣化ウラン) 65万トン 回収ウラン 10万トン MOX級(品位低下)Pu 950トン
高速増殖炉サイクル (MA90%回収・燃焼)	1ヶ分(注)	1000年	軽水炉サイクルで残留する物質を燃料 として利用・消費できる
(注)いわゆるTRU廃棄物の埋設も含む			

# 高レベル廃棄物の潜在的毒性の経時変化



- 冷却年数100年以降毒性は、直接処分の廃棄物は、ガラス固化体よりも1桁大きい(主にPuの影響)
- 実際の処分の安全評価の安全指標としては、被ばく線量が用いられ、直接処分とガラス固化体処分では、大きな有意差はない

# 再処理すると廃棄物がふえるという批判



## ガラス固化体処分と使用済燃料直接処分の処分場面積比

評価例	処分場面積比 (直接処分／G固化体処分)
原子力発電・核燃料サイクル技術検討 小委員会(H24.3)	2.7
フランス ANDRA Dossier 2005	3.6
ベルギー ONDRAF SAFIR-2	6
米国 ANL/AFCI	5.7 (a)

(a) U, Pu, Am, Cm を 99.9 % 除去した場合

# 再処理は国民に巨額なツケを払わせるという批判

## 43兆円の意味

総額400兆円という超巨額に上る40年間分電力料金の一部をなす発電原価のうちさらに一部分である燃料サイクル費の累積総額を示したに過ぎない。再処理をするからと言って43兆円全額が新たに上乗せされるものではない



600兆円

40年間分の電気料金

再処理を止め、直接処分に切り替えてもこの程度しか変わらない

全体を知らせずに、一部を切り取って問題化してみせる脅し

核燃料サイクル費全体

図: グリーンピースホームページより  
[http://www.greenpeace.or.jp/campaign/nuclear/stoprecycle/notes\\_html](http://www.greenpeace.or.jp/campaign/nuclear/stoprecycle/notes_html)

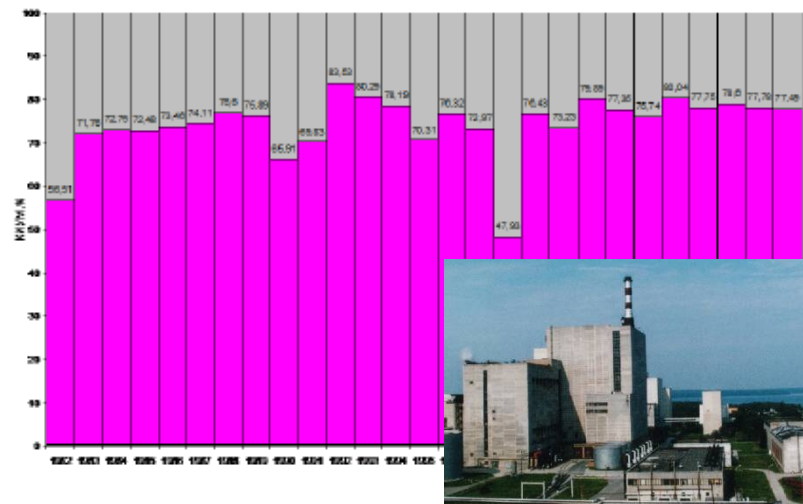
## 高速増殖炉の実現性は期待できないという批判

- 次ページに示すように、BN600やEBR-IIは日本の原発の平均稼働率より高い運転実績を残している
- もんじゅのNa漏れ事故は、熱電対サヤ管の設計の凡ミスであり、プラント本体の問題ではない。もんじゅ事故で高速増殖炉の実現性を過小評価すべきではない
- 高速増殖炉サイクルは、今後の研究開発の進展を考慮しても、現在の軽水炉サイクルよりも高くつくかもしれないが、今世紀中ごろ以降の導入を想定すれば、それも許容されるのではないか（化石燃料消費顕在化による他電源のコスト上昇や、軽水炉の後始末という付加価値への考慮）



# Na冷却型高速炉による発電実績例

- BN600 (ロシア, 原型炉)
  - 電気出力60万kW
  - 1982～2008年の26年間の平均稼働率約74%
- EBR-II (米国、実験炉)
  - 電気出力2万kW
  - 30年間安全に運転(1964年から1994年)
  - 最後の10年間は80%の稼働率を達成



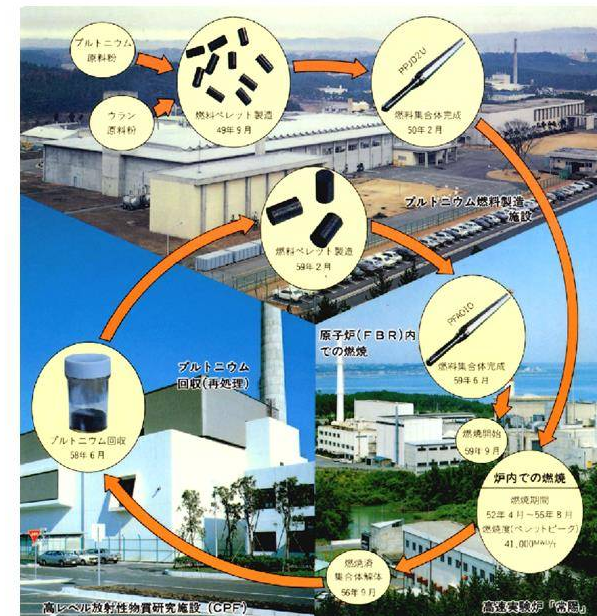
Na冷却炉でもきちんとした設計・管理を行えば、安定運転は可能

# 高速炉燃料再処理の技術見通しはあるのか？(1)

- 旧動燃では、昭和50年代末、CPFというホットラボで常陽の使用済燃料の小規模再処理実験を行い、回収したPuを再び燃料に加工して常陽に再装荷した実績がある(ミニチュア規模であるがサイクル一巡)
- その後さらに、約14万MWD/tの高燃焼度の再処理試験や、核拡散抵抗性の高い分離技術 U/Pu/Np共抽出技術も実証
- このほか、様々な高度化再処理機器や遠隔保守技術の開発を進めた

## FBR再処理技術開発

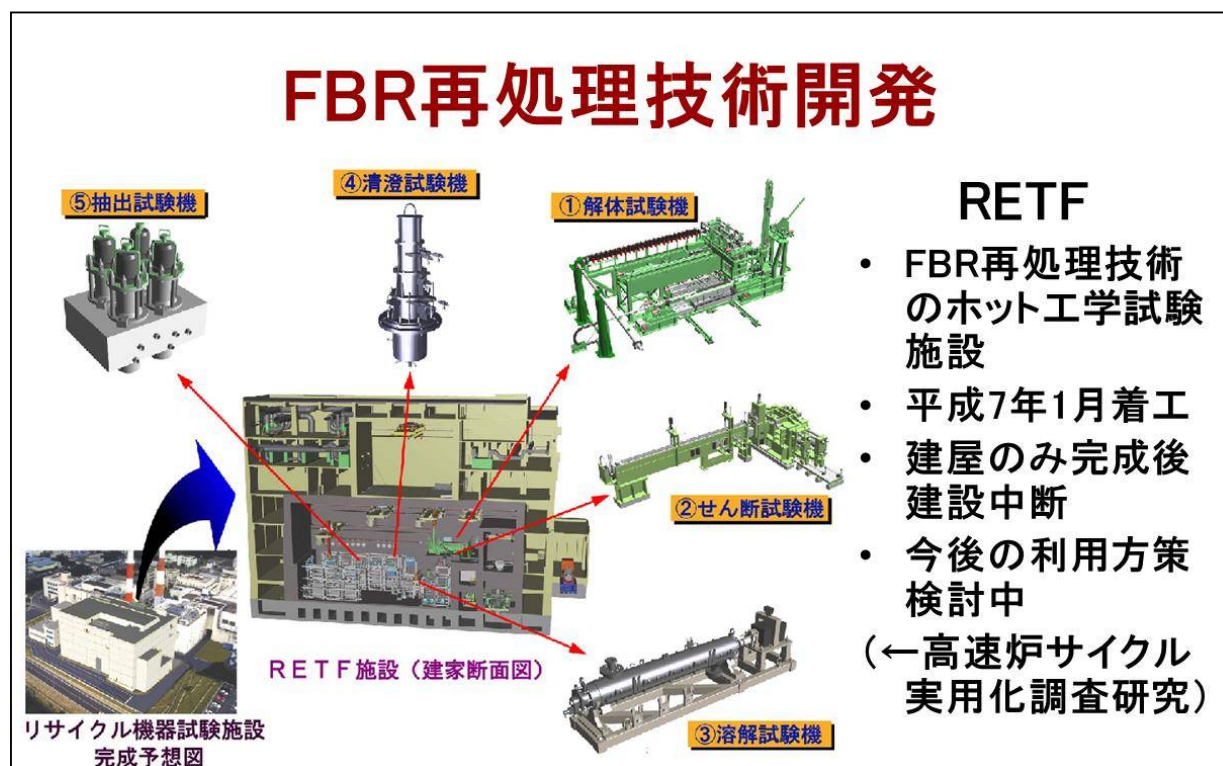
- 昭和50年度から研究本格化
  - PUREX法の改良適用(CPFでホット試験)
  - ソルトフリー化、U/Pu共抽出、TRU分離etc.
  - 高性能機器
    - 連続溶解槽
    - 遠心抽出機
  - 遠隔技術
- 最近は
- 乾式プロセス(CPFに試験設備設置)



高速炉サイクルを一巡したPu

## 高速炉燃料再処理の技術見通しはあるのか？(2)

- 平成7年(1995)に、前述の開発技術を工学規模で実証するための施設リサイクル機器試験施設(RETf)の建設に着手
- 残念ながら、その後もんじゅ事故とアスファルト施設火災爆発事故が起きたため、動燃は解体的改組に至り、RETf建設計画は中断された



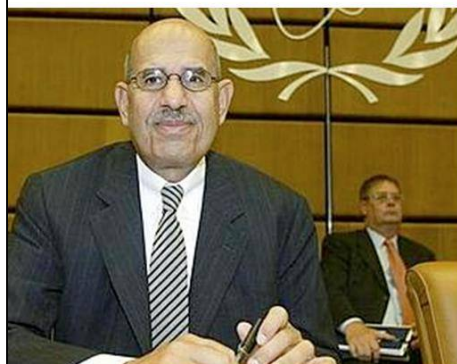
核拡散抵抗性を上げたピュレックス法の改良版としての再処理技術の基本形は上述の通り工学実証段階まで到達(ただし未実施凍結)

その後の実用化調査研究で、さらに先進的なプロセスの基礎研究が進展

# 再処理は核拡散リスクを高めるとの批判

## 2004年IAEA総会における エルバラダイ事務局長挨拶

(2004年9月20日)



「日本が、先進的な核燃料サイクルを進める国として統合保障措置の適用を受ける最初の国になったことをお知らせでき、大変喜ばしい」

日本は核燃料サイクルを進めていながら、IAEAの統合保証措置を2009年9月から適用開始されている（NPT下での優等生待遇）

これは、我が国の核燃料サイクル政策と核拡散防止政策との両立性が高く評価されている証拠

海外からの日本の再処理批判の常連  
・フランク・フォン・ヒッペル氏  
・マイケル・シュナイダー氏など  
日本の脱原発グループや朝日新聞と緊密な関係

## 米国エネルギー省クレイ・セル副長官

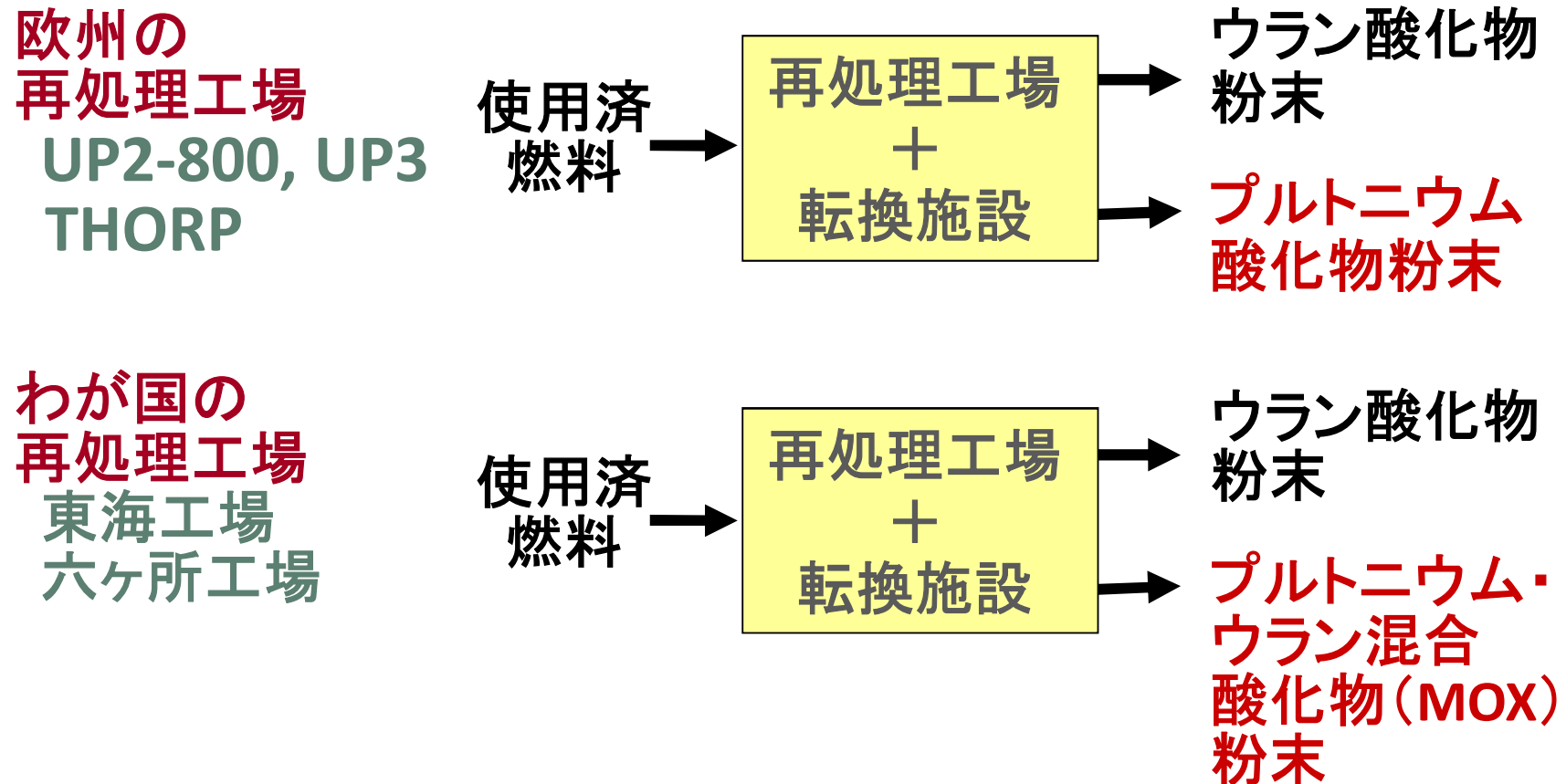
(ブッシュ Jr 政権時代)

もしもすべての国が、日本に見られるように核不拡散に向けて真剣な姿勢を示してくれるならば、世界は今よりもはるかに安全な場になるだろう

(2005年11月21日 日米原子力会議)



# わが国の再処理の特徴



- プルトニウムは単独で取り出さず、ウランとの混合物に仕上げる(核兵器への転用をより困難にする)

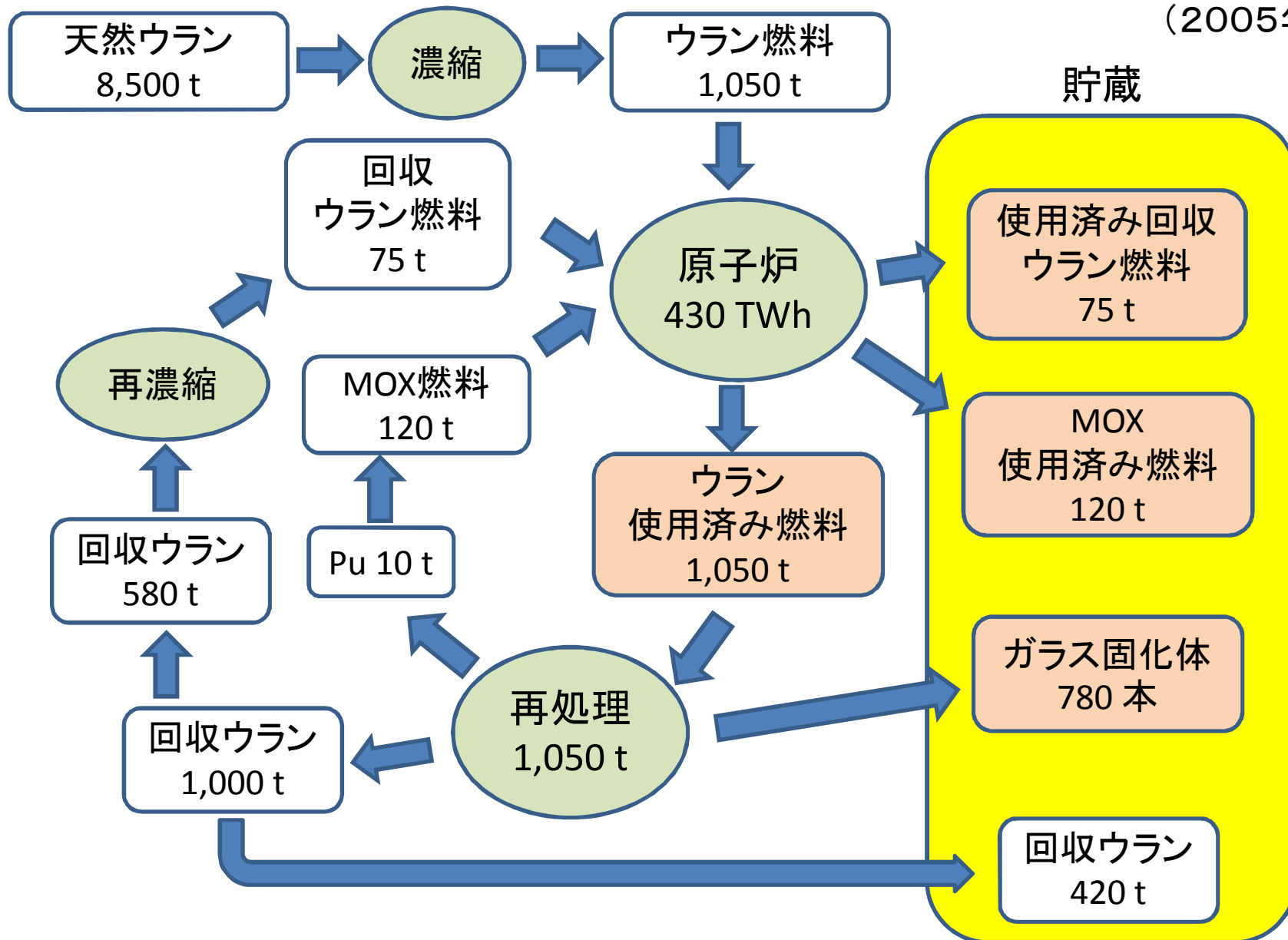
# 準定常状態を達成したフランスの核燃料サイクル

## - 軽水炉サイクルの完成モデル -

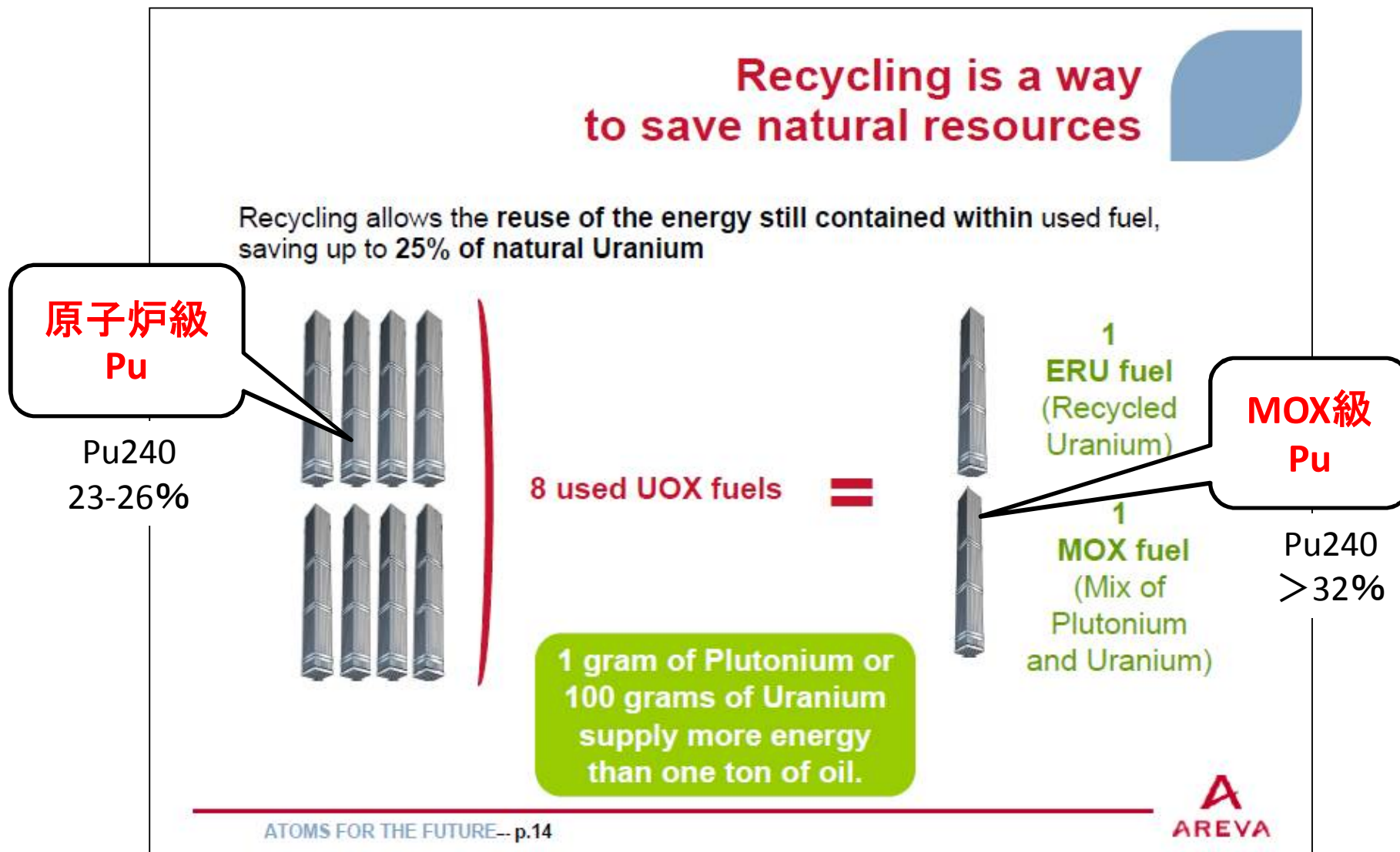
- フランスEdFは、2000年頃から「Parity計画」と称し、再処理で生産されたPuをすべて消費(1回使用)する計画を進め、今日では準定常状態のサイクルを完結している
- 2005年頃のサイクルのマテリアルバランス(次ページ図)
  - 年間約1200トンの燃料供給のうち、約1050トンがフレッシュな低濃縮ウラン燃料、120トンがMOX燃料、約75トンが回収ウラン再濃縮燃料(ERU)
  - 年間1050トンのウラン使用済燃料は全量再処理(ガラス固化体780本発生)、回収される約10トンのPuは120トンのMOXとして全量リサイクル
  - MOXとERUの使用済燃料(合計で年間約200トン)は長期貯蔵
  - 最初で回収される年間約1000トンのうち580トンは再濃縮し75トンの燃料としてリサイクル
  - 結果的に毎年貯蔵に回されるのは、使用済みMOXとERUの約200トン、使い残り回収ウラン420トン、ガラス固化体780本となる
- ラアーグの使用済燃料プール容量は18000トンで、再処理待ちの使用済燃料が定常的に6000トン程度保管される(数年分)。したがって長期貯蔵に回せる容量は10000トン強であり、毎年200トン発生する使用済みMOX+ERUに対し50年間程度の受け入れ余裕を持つ

# フランス EdF におけるサイクル マテリアルバランス

(2005年頃)



# 全量再処理・プルサーマル(1回使用)は長期貯蔵 使用済燃料の核拡散抵抗性を飛躍的に高める





# 推進する場合の課題

- 原子力発電規模と再処理量が抑制される状況下と電力自由化の中での原燃の経営安定化
- 「余剰Puは持たない」との原則との整合性（プルサーマルと大間プラント建設がどこまで復活・進展できるかが鍵、英仏に保管中のPuの扱いをどうするか）
- 高速増殖炉サイクル実現に向けて道の再構築（国際協力の活用etc）
- 2005年「原子力政策大綱」にいう「中間貯蔵燃料などの処理方策検討」をどうするか
- 2018年の日米協定改定に向けて何を準備するか

# プルトニウムバランス概観

2015年秋時点での  
原子力発電所の総発電容量

発電所名称	炉基数	総出力/ 万kW
泊発電所	3	207
東通原子力発電所	1	110
女川原子力発電所	3	217.4
福島第二原子力発電所	4	440
東海第二発電所	1	110
柏崎刈羽原子力発電所	7	821.2
浜岡原子力発電所(3-5号機)	3	361.7
志賀原子力発電所	2	189.8
敦賀発電所(2号機)	1	116
美浜発電所(3号機)	1	82.6
大飯発電所	4	471
高浜発電所	4	339.2
島根原子力発電所(2号機)	1	82
伊方発電所	3	202.2
玄海原子力発電所(2-4号機)	3	291.9
川内原子力発電所	2	178
もんじゅ	1	28
合計	44	4248
もんじゅを除く合計	43	4220
福島第二を除く合計	39	3780

プルサーマル事前同意  
取得済みの原子力炉

原子炉	基数	総出力/ 万kW
玄海3号炉	1	118
伊方3号炉	1	89
島根2号炉	1	82
高浜3, 4号炉	2	174
浜岡4号炉	1	113.7
女川3号炉	1	82.5
泊3号炉	1	91.2
合計1	8	750.4
大間	1	138.3
合計2	9	888.7

年間 Pu  
消費量

→ 約 4 t/y

→ 約 5.5 t/y

使用済燃料  
年間発生量

→ 約 840 t/y

→ 約 750 t/y

- すべてのプルサーマルが実現できれば年間400~500トンの再処理で国内産 Pu のバランスはとれる

# 核燃料サイクル事業とは

- 「ローマは一日にして成らず」という言葉がふさわしい、きわめて複雑で時定数の長い事業である
- このように巨大で資本回収に長い時間を要するうえ、地元リスクや技術リスク、国際政治リスクに常にさらされ、国の関与からの自立がままならない事業は、昨今の市場原理重視の新自由主義的な経済政策議論とは、大変相性が悪い
- しかし、この事業は、育成には多大な労力と時間がかかるものの、成熟すれば何世紀にもわたる基幹電源安定供給を保証でき、その恩恵は今の世代よりも将来世代により大きく及ぶ
- その事業を成功させるためには、国の確たる方針と、それを実現する民間事業者の強い経営意志や体力に基づく官民の連携が欠かせない

# 核燃料サイクル成功の秘訣

Q: 原子力政策、とくに核燃料サイクルを進めるうえで重要なことは何ですか？

A: 政権を担う政党の間で原子力推進への合意がなければ原子力、とくに核燃料サイクルは進められない。原発は建設に10年、運転に40～50年、除染・廃炉に30～40年かかる。その間に政策が変わるようではうまくいかない(ベルナール・ビゴCEA長官)

Q: 日本などは計画が何度も止まり、設備の建設費用が上がっています。フランスで核燃料サイクルが順調な理由は何ですか？

A: フランスでは核燃料サイクルを進めると決めた時から、一度もやめようと迷ったことがない。そのため、技術的な問題を改善する時間があり、産業化の段階に入っている。日本もほぼ最終目標に達したのではないか。六ヶ所再処理工場はいい工場だ(ドミニク・モックリーAREVA副社長)

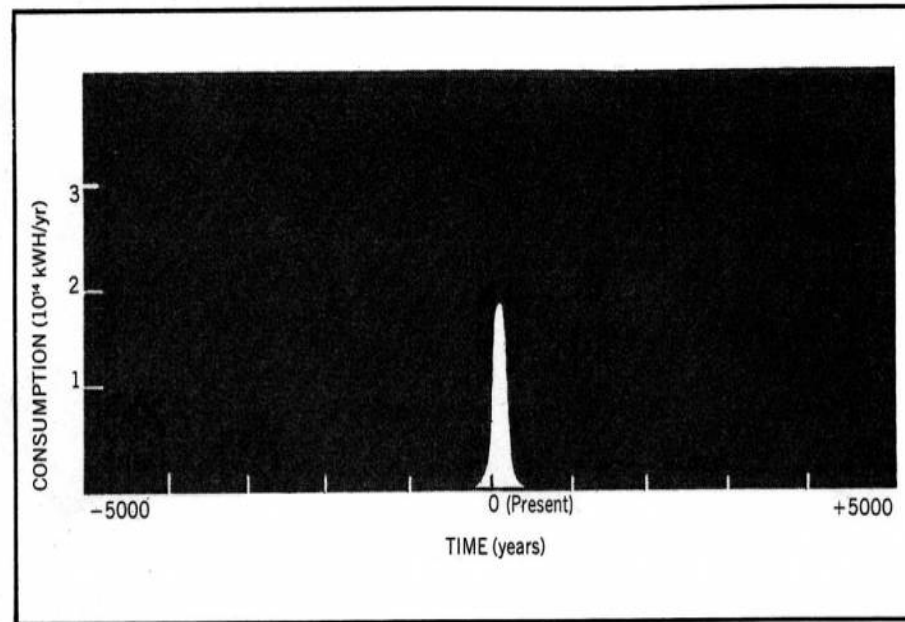
「核燃料サイクル、フランスでは」H26.1.9朝日新聞記事

# 一本のマッチの警告

- 1956年、「ピーク理論」で有名な米国の地質学者ハバートは、地質学的に見た化石燃料の賦存量は有限であり、長い人類史の中では一瞬ともいえる数百年で使い尽くされてしまうという警告を発し、人類による化石燃料消費の姿を「長い闇世の中の本一のマッチの閃光」に例えた



M. King Hubbert  
(1903 - 1989)



The rise and fall of the world's rate of consumption of fossil-fuel resources is like the flame of one match in the long night—a delta function in the darkness.

それから60年後の今日、シェールガスなどの一時の恵みが加わったにせよ、この警告の本質的重要性は全く変わっていない

「世界の化石燃料消費の増加と消耗は、長い闇世の中の本一のマッチの閃光のようなものだ」

おわり

# もんじゅ廃止論やMOX使用済燃料直接処分論への私見(1)

- 日本が一定規模の原子力利用を今世紀後半以降も維持する必要があるとするなら、再処理しサイクル路線の堅持が必要であり、その延長線上にFBRサイクル路線構想を堅持することが必要
  - FBRサイクルが無ければ、軽水炉時代が残す大量Puの後始末ができない
  - ガラス固化体の処分でこれだけ苦勞する日本で、直接処分(Puの埋設処分、ガラス固化の10倍の毒性)が社会的に受容されると考えるのは甘すぎる
  - 地質条件が不利で国土が狭い日本で、より大きな処分場面積を必要とする直接処分は、永続的実施の困難性と社会的負担の点で地層処分に係ってきた立場からは、まったく進められないオプション

# もんじゅ廃止論やMOX使用済燃料直接処分論への私見(2)

- もんじゅ廃止は確実に日本の高速炉開発部隊の消滅の第一歩
  - 失敗の克服(その裏にある克服に向けての情熱)の積み重ねが、成功を導く(「下町ロケット」、MRJ・・・)
  - 残念ながら、もんじゅでは、ビデオ隠しの社会的制裁(長きにわたる座敷牢生活を強いた)が、技術上の失敗の克服の機会を押しつぶした
  - 失敗の克服がもたらす高揚感は、組織のモラル高揚を生むが、その機会を奪われた組織は衰弱(座敷牢死)
  - 「JAEA以外の組織」に任せることは、一層のモラル低下につながることは必至



# もんじゅ廃止論やMOX使用済燃料直接処分論への私見(3)

- MOX使用済燃料直接処分は容易でない(発熱が大きいため)
  - 処分前にほぼ100年間の冷却期間を要する(ANDRAの場合は約90年)
  - ウラン使用済燃料の直接処分の4倍の処分場面積を必要とする(ガラス固化体の8倍)
- MOX使用済燃料はFBRサイクル時代に再処理するのが最も合理的なオプション
  - FBR立ち上げに必要なPu供給源ともなる(MOX使用済燃料の中間貯蔵は、FBR時代に向けてのPu 備蓄策)
- FBR時代の到来を期待しないのであれば、軽水炉燃料の再処理実施の意義は極めてあやふやになる(当面の使用済燃料糞づまり緩和策でしかない)

