



日本の原子力研究開発の課題

井上 信

前史

1934年 荒勝文策(台北大)、菊池正士(阪大):原子核人工変換
続いて理研(仁科芳雄)、阪大(菊池)、京大(荒勝)で
サイクロトロンを建設するが、

1945年 戦後米軍により破壊撤去され
原子核の研究が数年間禁止される。
(戦争中原爆研究が行われていた過去がある)

戦後復興サイクロトロン:理研、阪大、京大。

その後東大原子核研究所

これらは原子核の基礎研究で、いわゆる原子力の研究ではない

1953年 アイゼンハワーのAtoms for Peace演説が画期

原子力基本法

平和目的

(原子力 3 原則)

民主

自主

公開

原子力基本法

●基本方針

- ・平和利用
- ・安全確保
- ・民主、自主
- ・公開

●原子力委員会及び原子力安全委員会の設置

●原子力開発機構の設置

- ・日本原子力研究開発機構

●核燃料物質、原子炉等の規制

●放射線障害の防止等

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（略称「原子炉規制法」）

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が平和の目的に限られ、かつ、これらの規制が計画的に行われることを確保し、併せてこれらによる災害を防止し、及び核燃料物質を防護して公共の安全を図るため製錬、加工、貯蔵、再処理及び廃棄の事業、核燃料物質等の使用並びに原子炉の設置及び運転に関して必要な規制等を行うほか、国際約束を実施するために、国際規制物質に関する必要な規制等を行うことを目的。

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（略称「放射線障害防止法」）

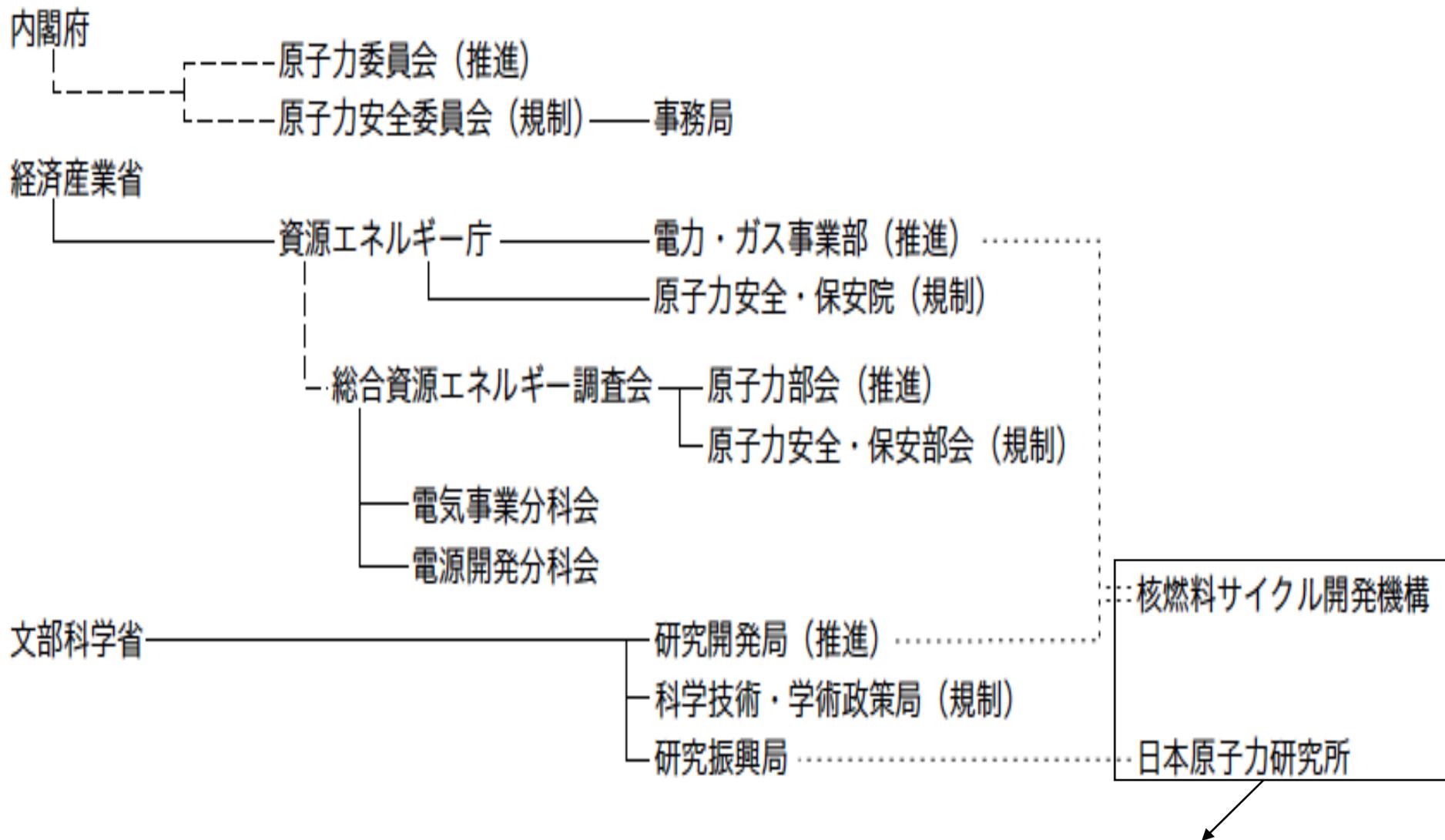
放射線同位元素の使用、販売、賃貸、廃棄その他の取扱い、放射線発生装置の使用及び放射線同位元素によって汚染された物の廃棄その他の取扱いを規制することにより、これらによる放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的。

放射線障害防止の技術的基準に関する法律

原子力委員会及び原子力安全委員会設置法

独立行政法人日本原子力研究開発機構法

主な原子力行政組織



日本原子力研究開発機構

放射線と放射能

放射線と放射能

放射線

X線：電子のエネルギー状態の変化に伴う。

特性X線、制動輻射、放射光

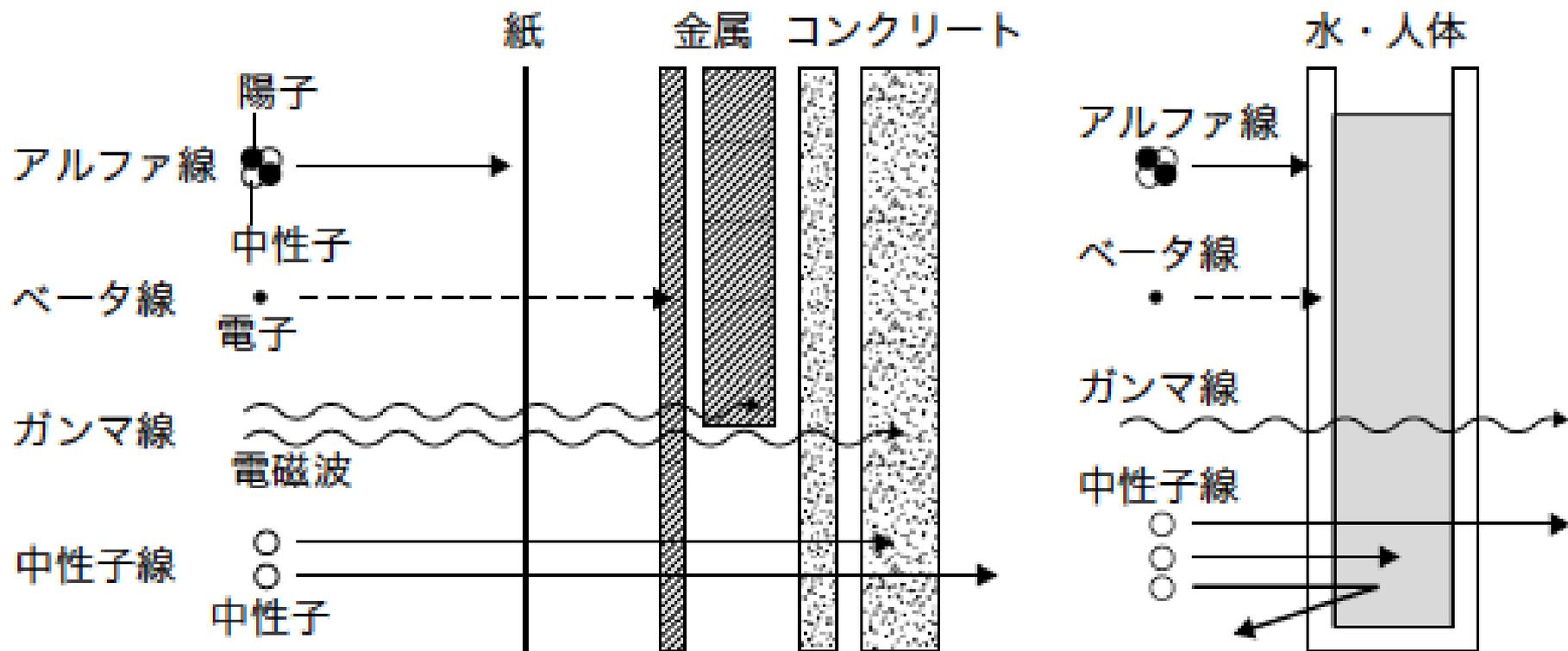
1985年レントゲンが発見

α 線、 β 線、 γ 線：原子核の状態の変化に伴う。

1896年ベクレルがウラニウム

1898年キュリーがラジウム

放射線の種類と貫通力



放射線と放射能

放射能 放射線を出す能力（がある物質）

放射性物質（放射能）：ポロニウム

- （普通の）物質：安定していて、放射線は出さない
- 放射性物質（放射能）：
 - ・鉛より重い物質はすべて放射能を持っている。（放射線を出す）
 - ・不安定な状態なので、安定した状態になるまで放射線を出し続け、他の放射能に変化し続ける。（崩壊）
 - ・物ごとに決まった半減期を持つ。
 - ・物質としての毒性を持つ



Po 半減期
138日

キュリー夫妻が発見
アルファ線源や中性子源
原子力電池
最も毒性が強い元素

ポロニウム (210)
84 Polonium

【一家に1枚周期表第2版：文部科学省から】

原子力の利用

原子力という言葉はやや曖昧な言葉

本来は核エネルギーというべき

中国では**原子能**という

日本では ○エネルギーとしての利用（熱利用、発電）

○放射線の利用

実は **核兵器**という利用が大きい

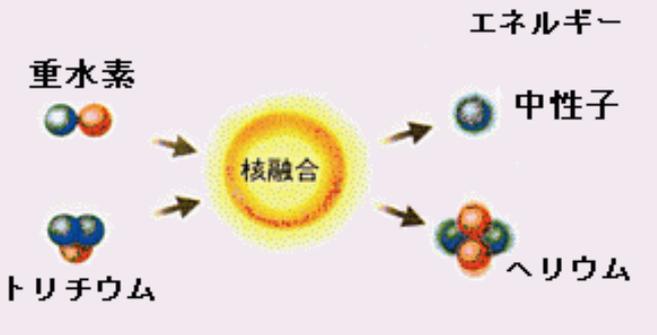
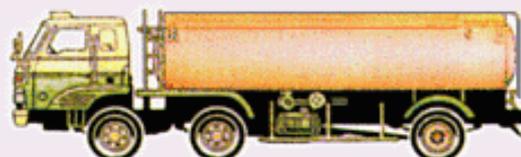
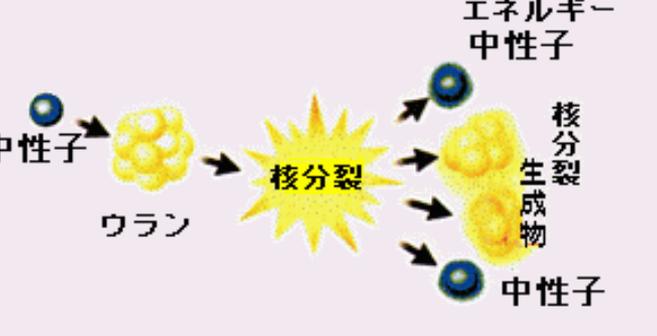
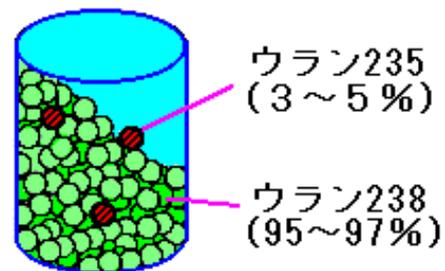
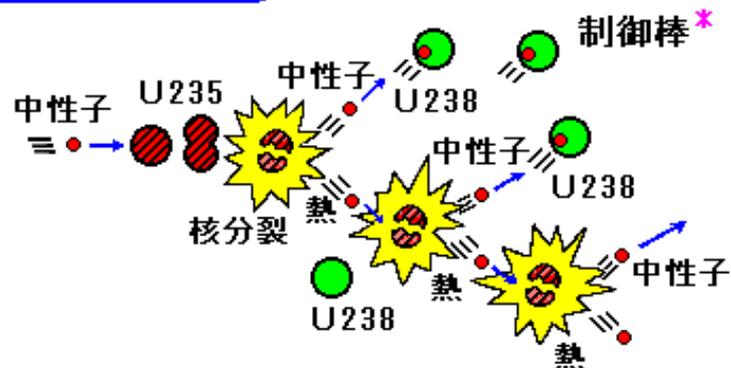
核融合	 <p>重水素 トリチウム</p> <p>核融合</p> <p>エネルギー 中性子 ヘリウム</p>	<p>重水素-トリチウム燃料1g ≒ 石油8t (タンクローリー1台分)</p> 
核分裂	 <p>中性子 ウラン</p> <p>核分裂</p> <p>エネルギー 中性子 核分裂生成物 中性子</p>	<p>ウラン(235)1g ≒ 石油1.8 t (タンクローリー1/4台分)</p> 

図2 核融合の原理と発生エネルギー量
(燃料：重水素とトリチウム)

[出典] 茨城県企画部計画調整課：ITER-ITER計画の実現に向けて (パンフ) , p. 2

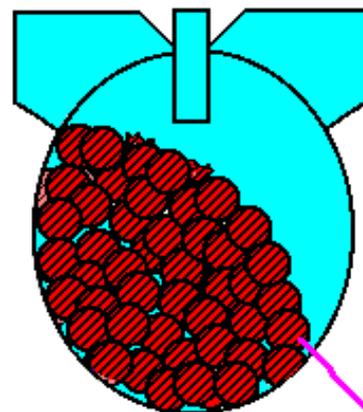
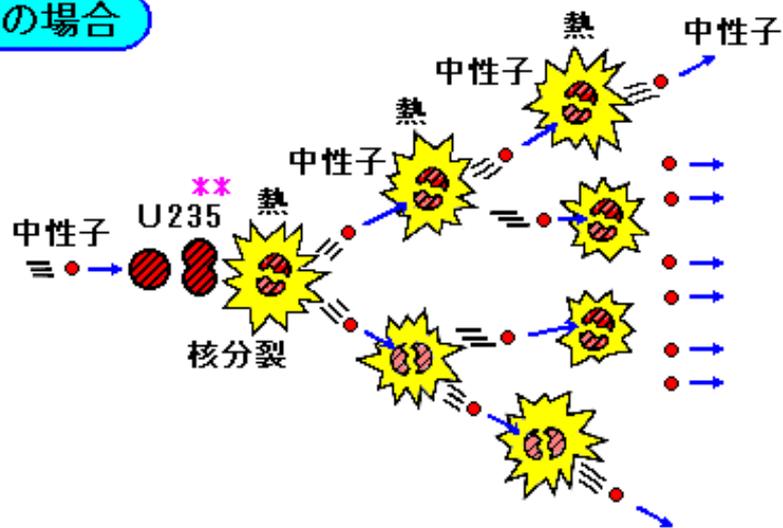
原子力発電の場合



[核燃料]

* 制御棒 (ボロン、カドミウムなど) は中中性子を吸収し核分裂連鎖反応を制御する。

原爆の場合



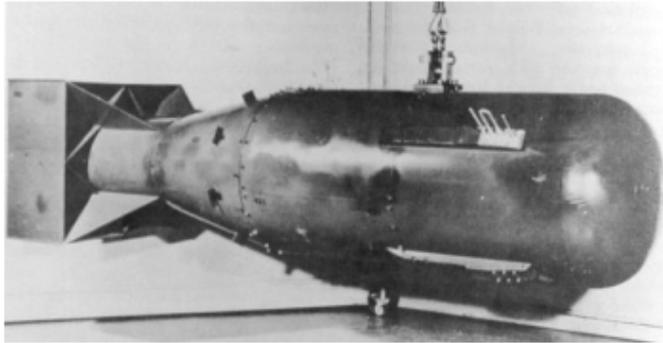
[ウラン原爆]*

**プルトニウム原爆の場合はウラン235の替わりにほとんどプルトニウム239で構成される。

図4 原子力発電と原爆の原理の違い

[出典] 電気事業連合会：原子力図面集－1998年版－、1998年10月、p80を修正

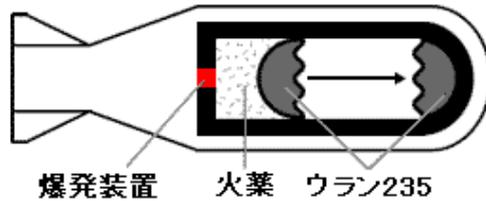
核兵器



広島に投下された原爆(Little Boy) (模型)



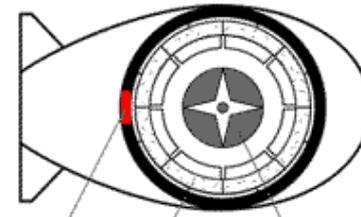
長崎に投下された原爆(Fat Man) (模型)



<広島型原子爆弾の模式図>

長さ：約3メートル（120インチ）
重さ：約4トン（9,000ポンド）
直径：約0.7メートル（28インチ）
主体：ウラン235

広島型は、細長い形をしていたので「リトル・ボーイ」と呼ばれ、核分裂物質としてウラン235が使われていた。このウラン235は臨界量より少ない量の二つの固まりに分けられている。一方の固まりが火薬の爆発力によって他方の固まりにぶつかることで、一瞬のうちに臨界量に達する（ガン・パレル（砲弾型）方式）。



爆発装置 火薬 プルトニウム239

<長崎型原子爆弾の模式図>

長さ：約3.2メートル（128インチ）
重さ：約4.5トン（10,000ポンド）
直径：約1.5メートル（60インチ）
主体：プルトニウム239

長崎型は、広島型に比べてずんぐりと丸みのある形をしていたので「ファット・マン」と呼ばれ、核分裂物質としてプルトニウム239が使われていた。このプルトニウム239を臨界量に満たない固まりに分けて球形のケースに納め、ケースを囲んでいる火薬の爆発力で中心部に圧縮し、核分裂を起こさせるようにした（インブロージョン（爆縮型）方式）。

図1 濃縮ウランを用いた砲弾型原爆リトルボーイおよび
プルトニウムを用いた爆縮型原爆ファットマン

[出典] Vincent C. Jones; The Army and the Atomic Bomb, Center of Military History, United States Army, Washington, D. C., 1985 など

核分裂プライマリーから出る大量のX線束が分裂衝撃波よりはるかに速い速度でプラスチックを照射し、プラスチックは一瞬のうちにプラズマになり、高性能爆薬の圧力の何千倍もの圧力で爆発的に膨張する。

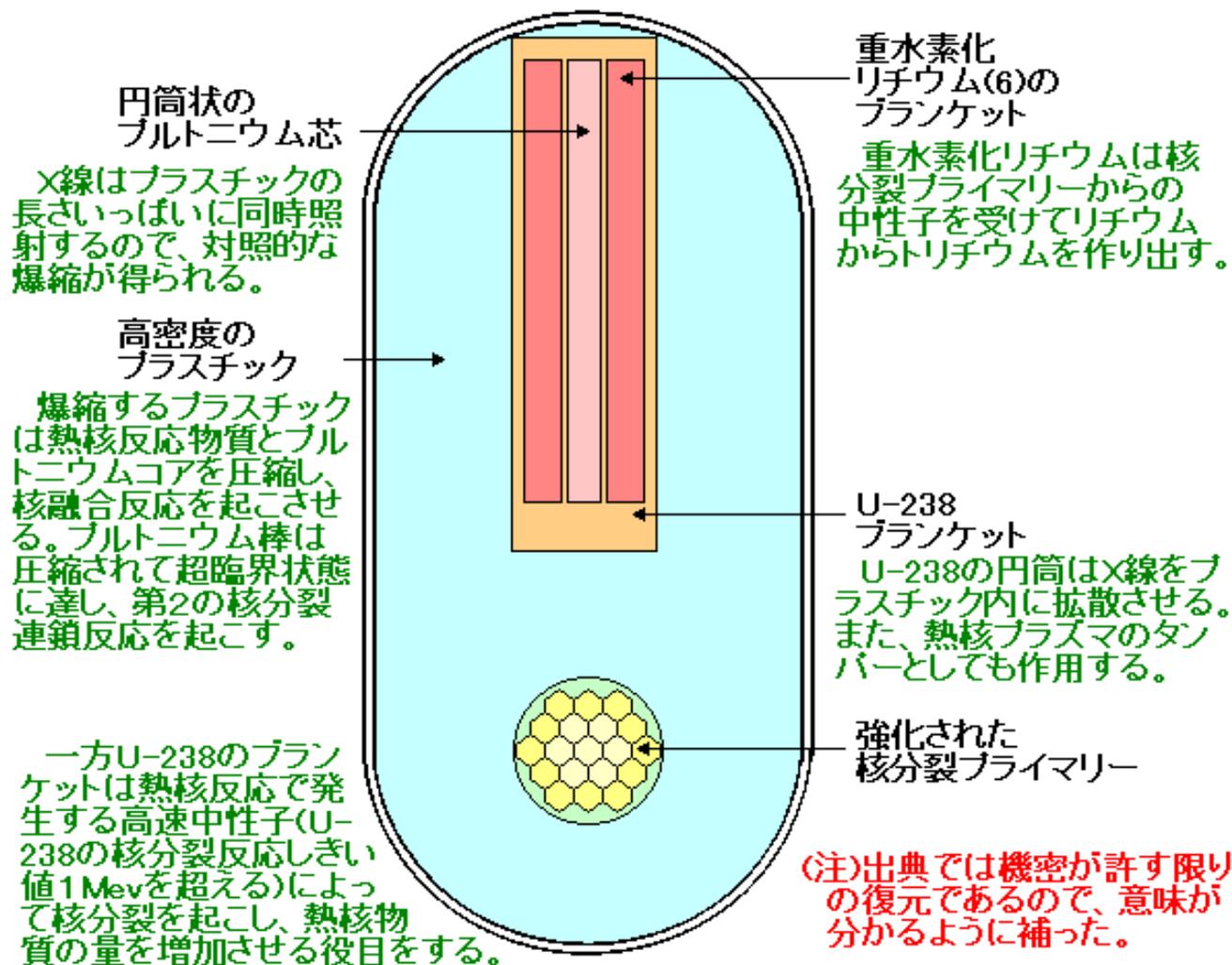
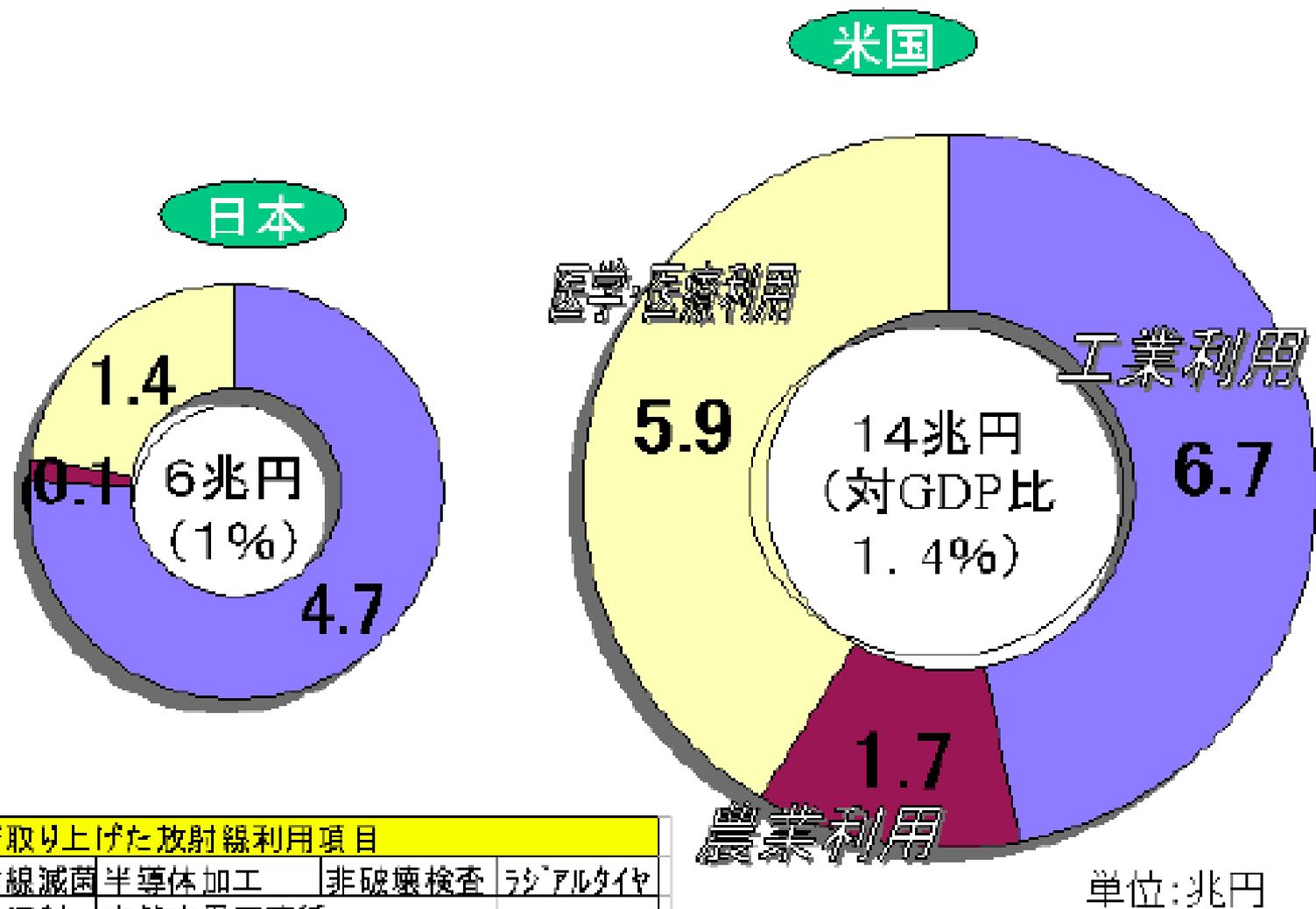


図5 テラー・ウラムのコンフィギュレーション

[出典]リチャード・ローズ(著)、神沼二真ほか(訳):原子爆弾の誕生、啓学出版(1993年)、p.646

放射線の利用





日米比較で取り上げた放射線利用項目				
工業	放射線滅菌	半導体加工	非破壊検査	ラジアルタイヤ
農業	食品照射	突然変異医育種		
医療	画像診断	前立腺がん	FDGPET	医療機器
	PI	放射性医薬品	造影剤	

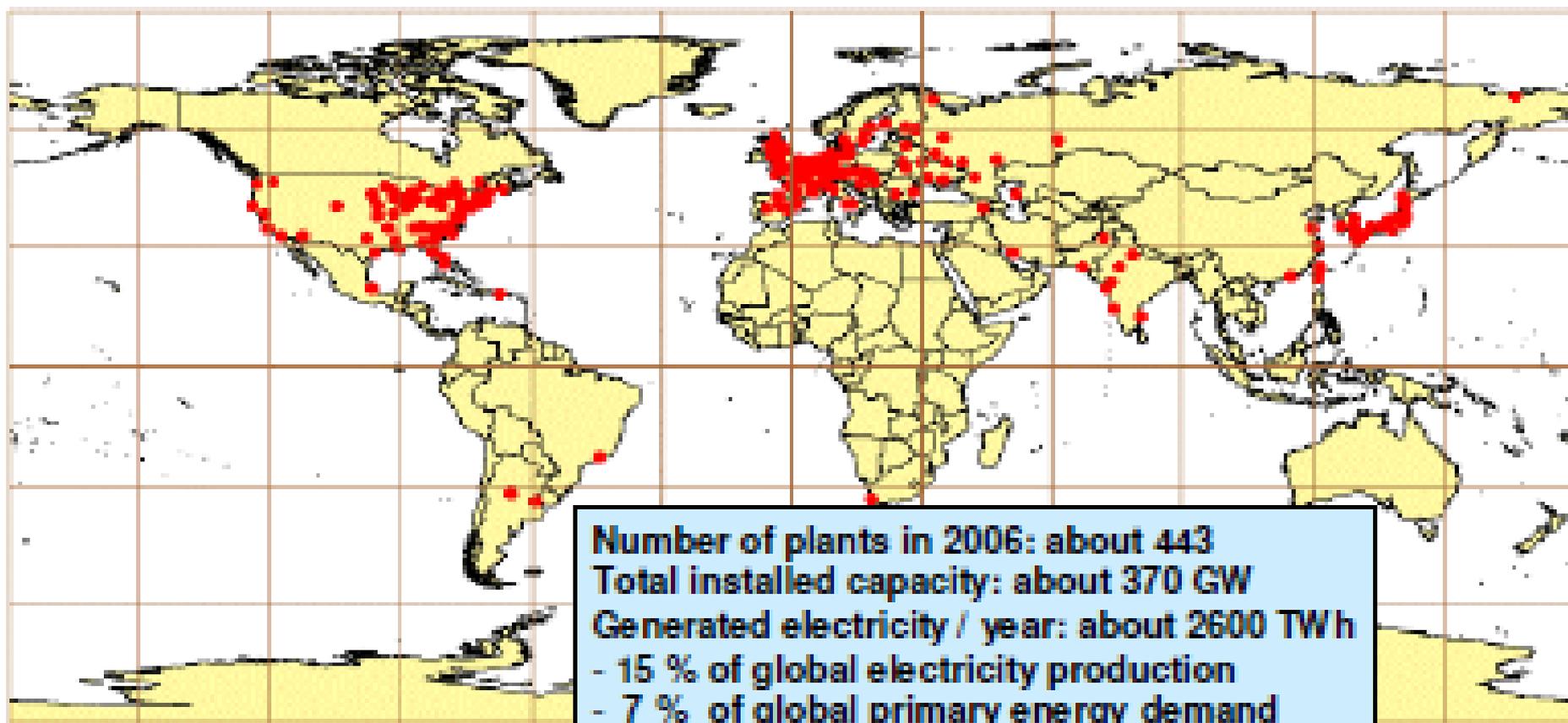
図10 放射線利用の経済規模日米比較(1997年)

[資料提供] 日本原子力研究所 高崎研究所

エネルギー利用

発電

Nuclear Power Sites of the World

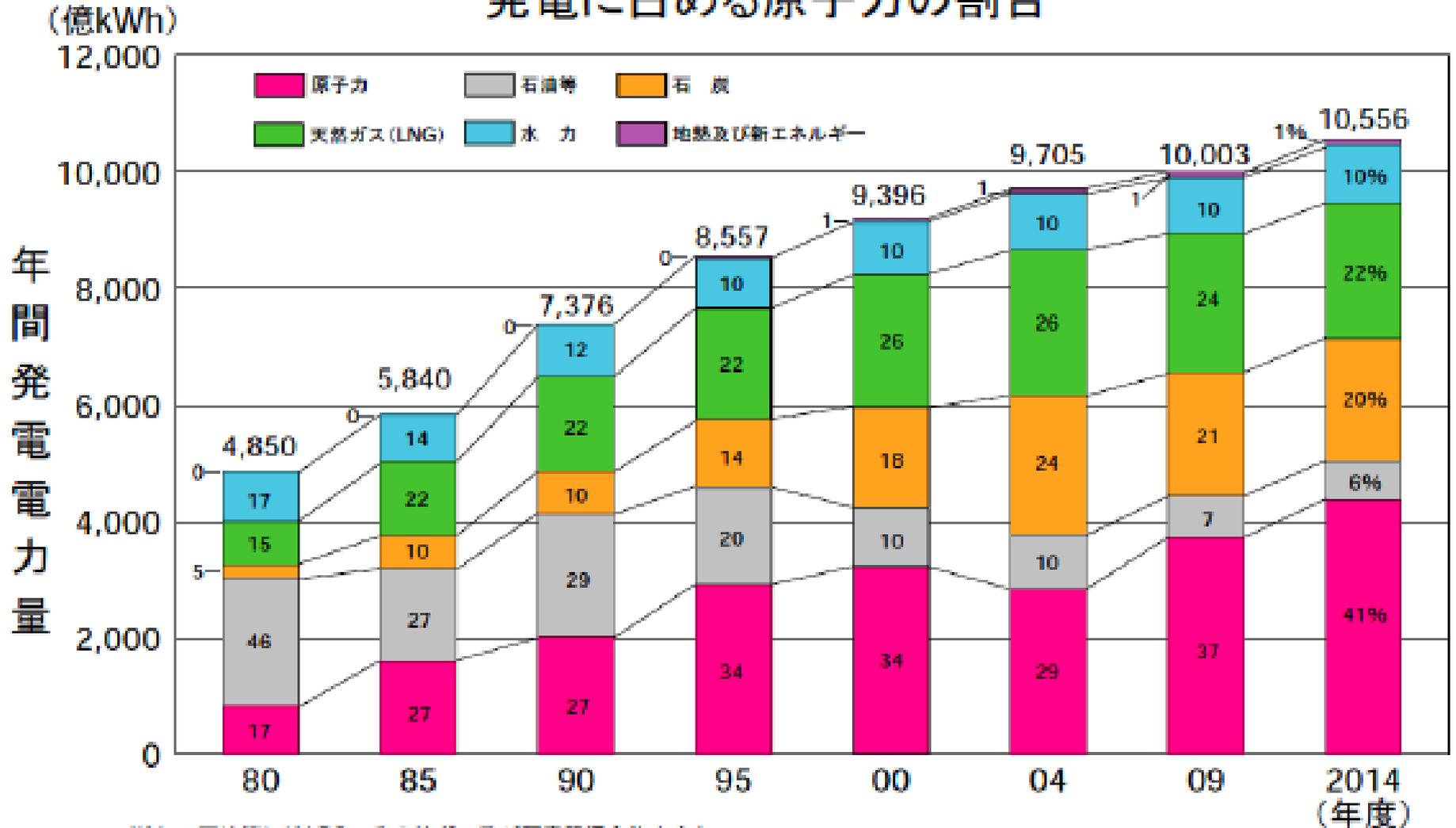


UNEP/DEWA/GRID-Geneva

原子力発電所および核燃料施設



発電に占める原子力の割合



- (注) 1.石油等にはLPG、その他ガス及び瀝青質混合物を含む。
 2.四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。
 3.10電力計。受電を含む。
 4.グラフ内の数値は構成比(%)を示す。

出典：平成17年度供給計画の概要（平成17年3月）他

出典：「原子力・エネルギー」図面集2005-2006

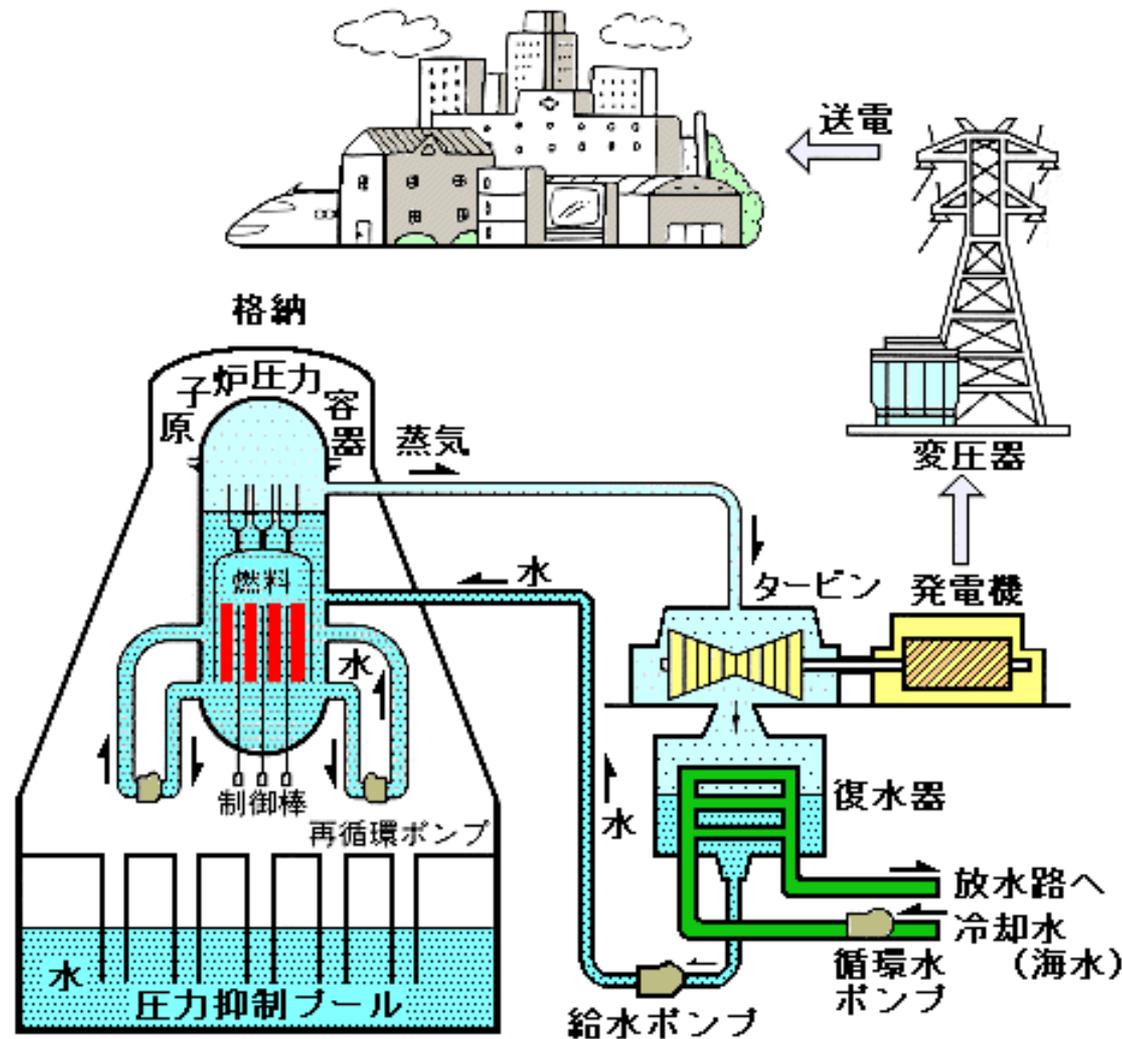


図1 沸騰水型原子炉(BWR)原子力発電のしくみ

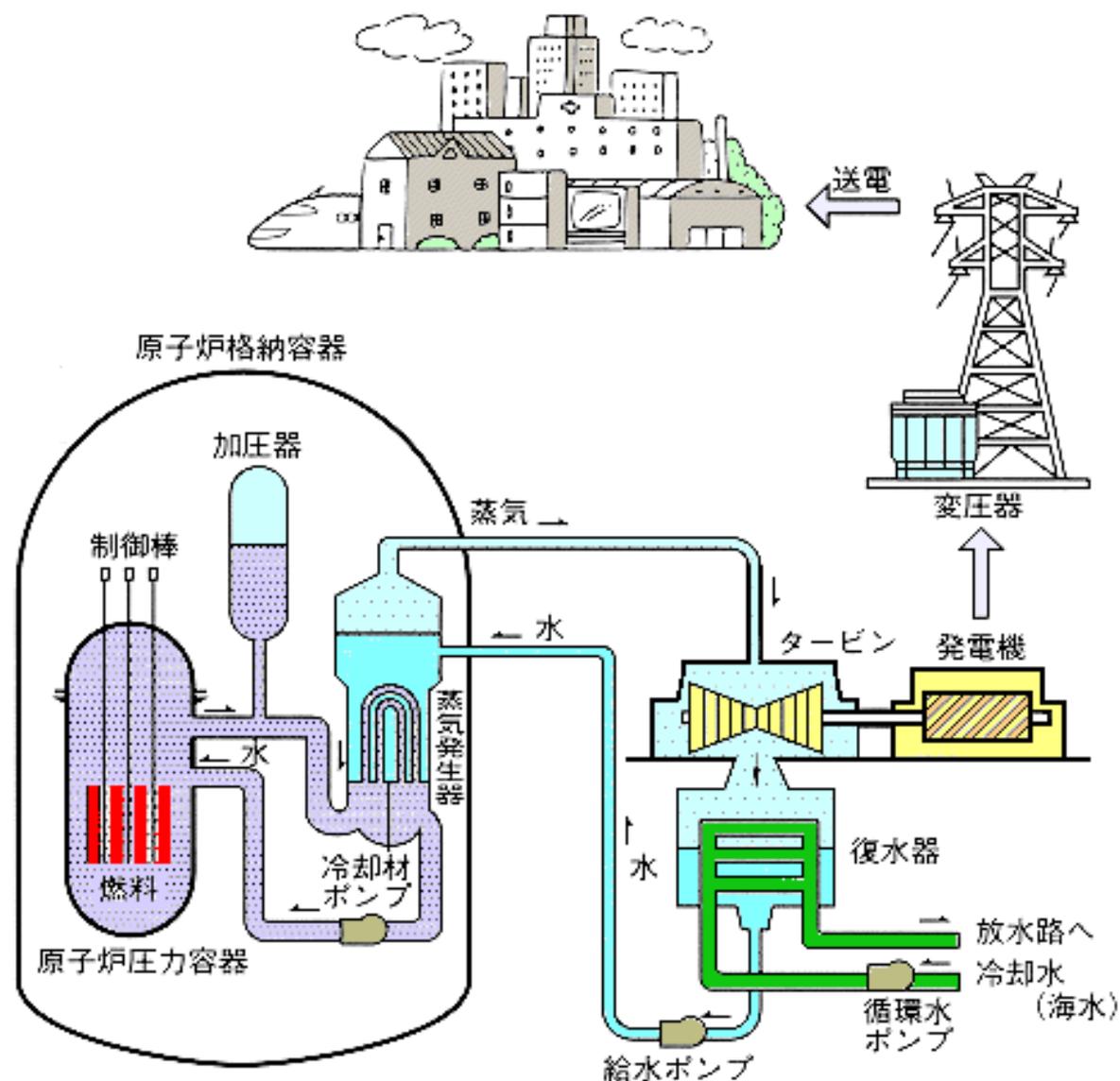
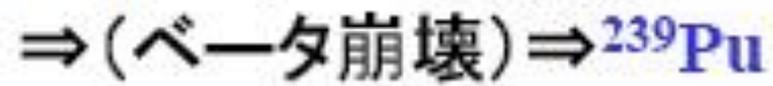
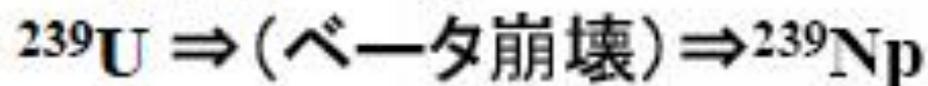
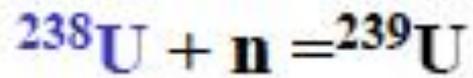
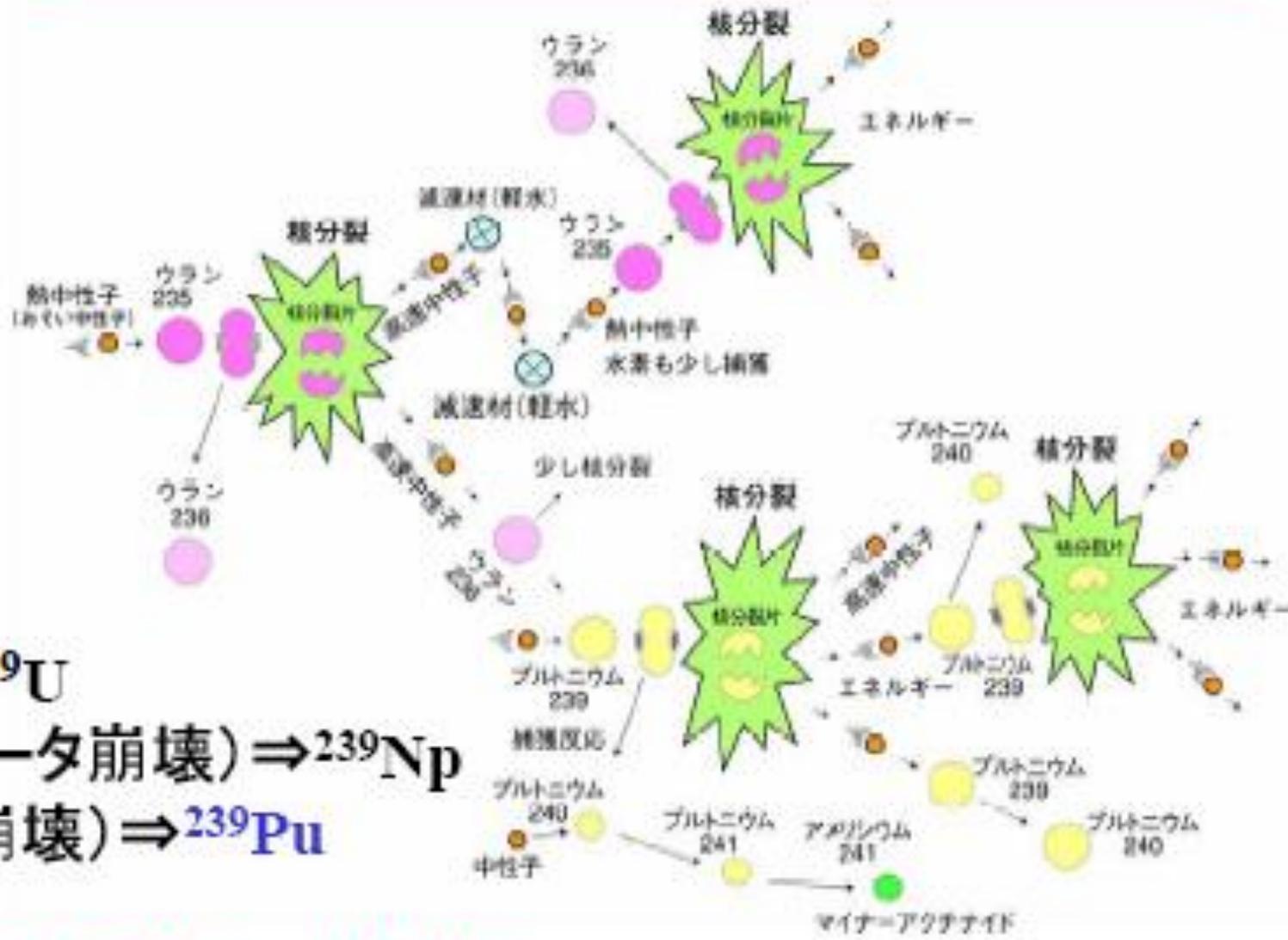


図2 加圧水型原子炉(PWR)原子力発電のしくみ

[出典] 電気事業連合会 (編) 原子力図面集 - 1997年版 -、p99

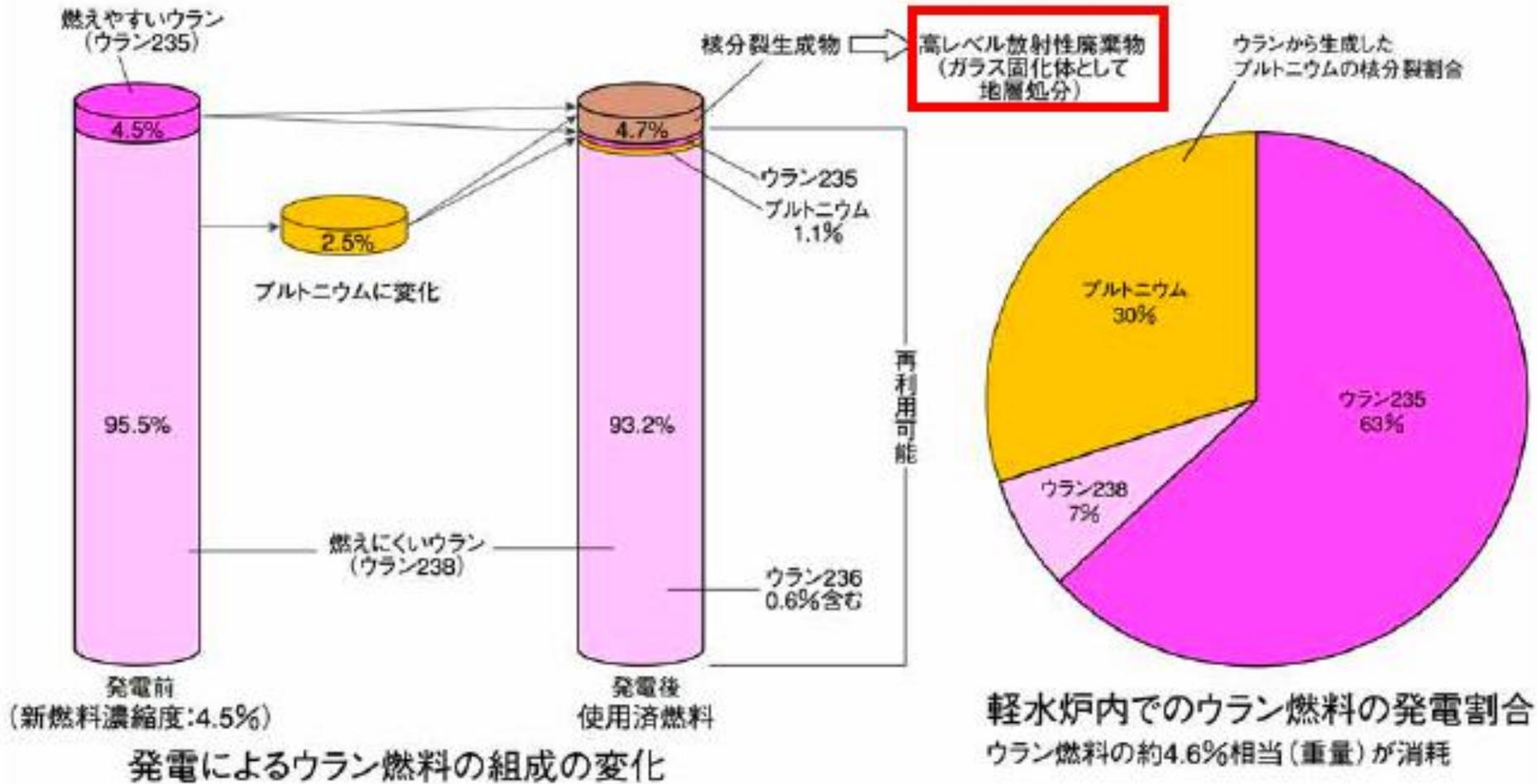
ウランの核分裂とプルトニウムの生成・核分裂



^{239}Pu : 中性子を吸収して核分裂

軽水炉内でのウラン燃料の燃焼による変化

〈エネルギー生産量:燃焼度(平均):45,000MWD/tUの場合〉



高速増殖炉(FBR)のしくみ

中央部の燃料にはプルトニウムとウランを混ぜたものを使う。

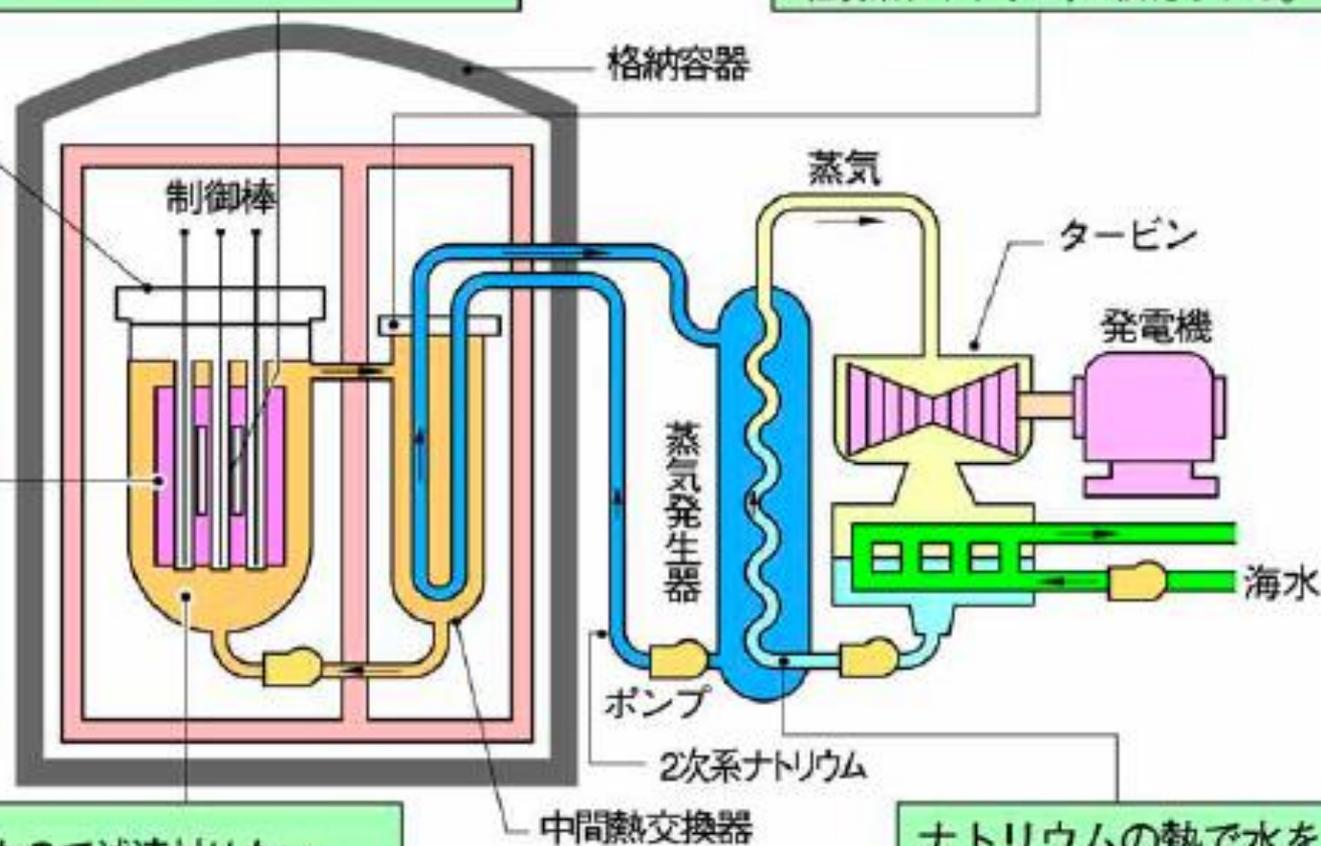
原子炉で発生した熱は中間熱交換器で別の系統の液体金属ナトリウム(2次系ナトリウム)に伝えられる。

原子炉容器

格納容器

周辺部は劣化ウランの燃料(ブランケット燃料)でかこむ。この燃料中のウラン238がプルトニウム239になる。

高速中性子炉なので減速材はない。冷却材には熱のよく伝わる液体金属ナトリウム(1次系ナトリウム)を使う。



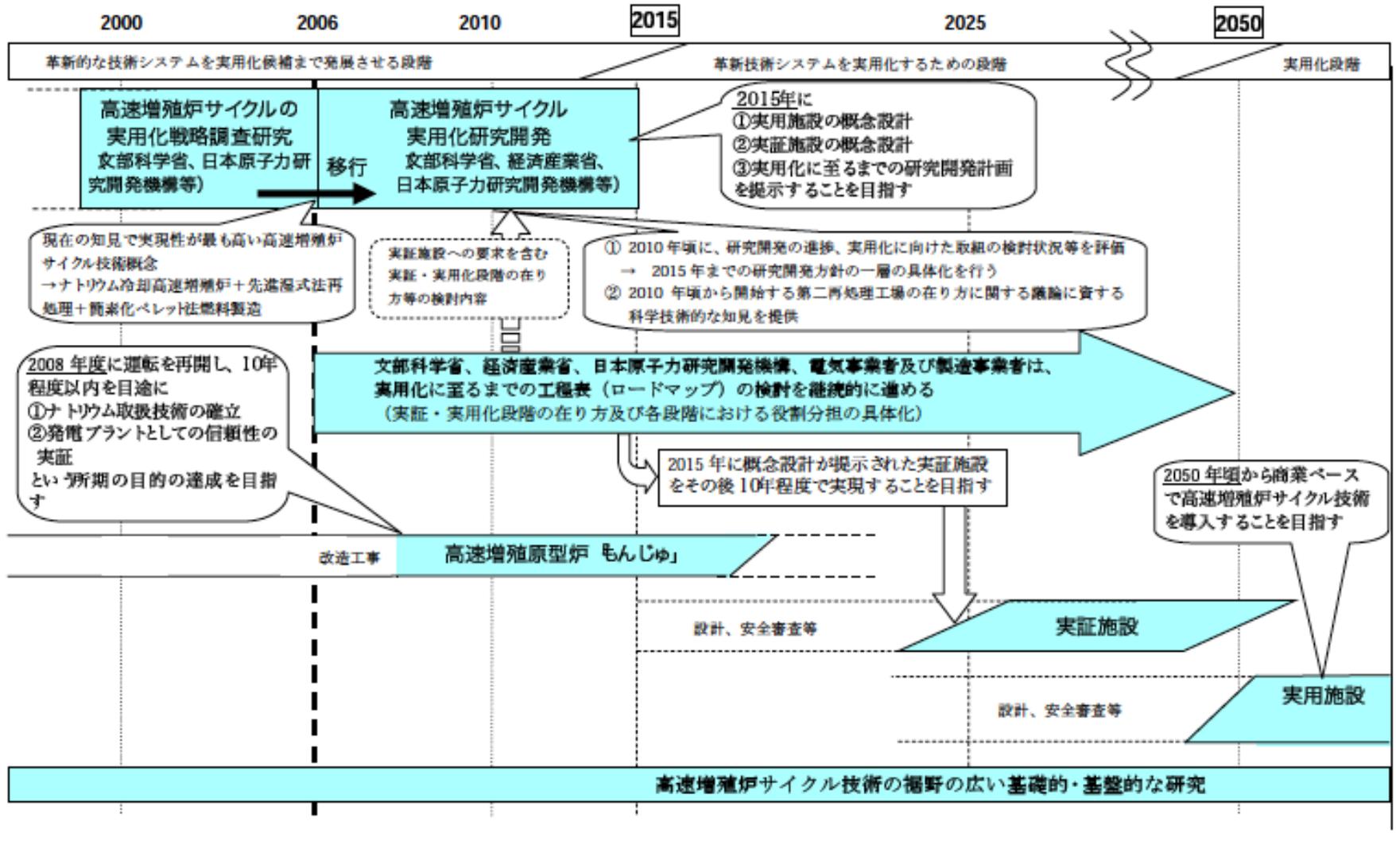
ナトリウムの熱で水を蒸気にしてタービンをまわす。

最近の国の方針

高速増殖炉の推進

原子力委員会の方針

原子力委員会の定める高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本方針を踏まえた
 実用化に至るまでの取組のイメージ



原子力立国計画（経済産業省）

○原子力政策大綱（2005年10月閣議決定）で基本目標を設定。

- ①2030年以後も発電電力量の30～40%程度以上
- ②核燃料サイクルを推進
- ③高速増殖炉の実用化を目指す

○基本目標を実現するための具体策について、
総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会を開催し、
2006年8月、「原子力立国計画」をとりまとめ。

○「原子力立国計画」は「新・国家エネルギー戦略」の一部を構成。
今年度末のエネルギー基本計画改定（閣議決定）の一部となる。

3. 原子力政策を巡る政府内の体制

◇「原子力政策大綱」の策定

- 2005年の原子力政策大綱は、原子力委員会が内閣府に移管された省庁再編後最初の長期計画。
- 原子力政策大綱策定の過程を通じて、内閣府、文科省、経産省が完全に目標を共有。極めて強い一枚岩となる。

◇「原子力立国計画」の策定

- 原子力部会（経産省審議会）において、内閣府、文科省、外務省の協力を得つつ、原子力政策大綱に掲げられた基本方針の具体的方策を策定。
- 「原子力立国計画」の実行に際しては、関係府省で一体的に迅速に対応。

① 米国GNEP(国際エネルギー・パートナーシップ)構想への対応

常に四府省(内閣府、文科省、外務省、経産省)で一体的に迅速な対応を行っていることから、世界で最も積極的な対応をとることが可能。

② 2007年度予算要求

文部科学省と経済産業省の共同プロジェクトを新規に立ち上げ。

- ・高速増殖炉サイクル実用化プロジェクト
- ・原子力人材育成プロジェクト

③ 核燃料供給保証に関する日本提案

外務省と経済産業省が一体となって案を作成。内閣府原子力委員会と協議して日本政府案を作成。2006年9月のIAEAの際に原子力委員会委員長から発表。

原子力立国計画(原子力部会報告書)のポイントと具体的アクション

資源エネルギー庁

原子力を巡る時代環境

1. 何故原子力が必要なのか

- 原子力発電は、総発電電力量の約3分の1を占める基幹電源(現在55基)。
- エネルギー安定供給と地球環境対策の切り札(CO₂を排出せず)。
- 我が国のエネルギー自給率は、わずか4%(原子力を含めても20%以下)。主要先進国の中で最低。我が国の食料自給率ですら40%。
- 世界は激しい「資源獲得競争」の時代へ。中国、インド等のエネルギー需要の急激な拡大(中国の1年間の電力需要増加は東京電力総発電電力量に相当)。
- 原子力を新エネで代替するのは非現実的(原発1基(100万KW)を太陽光発電で代替しようとするると山手線内を太陽光パネルで埋め尽くす必要。風力なら山手線内3.5倍の敷地が必要)。

2. 原子力を見直す世界的な動き

- 米国では約30年ぶりに新規建設へ。政府も使用済燃料のリサイクル+高速炉路線へ転換(従来のリサイクルしない直接処分路線では処分場の容量不足に陥る)。
- 英国でも、20年ぶりに新規建設促進へ方針転換。フィンランドも方針転換。
- 中国、インド、ロシアでは、各々20基前後の新規建設計画。

【原子力立国計画の位置付け】

- 原子力政策大綱(2005年10月閣議決定)の基本目標(①2030年以後も発電電力量の30~40%程度以上、②核燃料サイクルを推進、③高速増殖炉の実用化を目指す)を実現するための具体策について審議するため、総合資源エネルギー調査会原子力部会を開催。2006年8月「原子力立国計画」とりまとめ。
- 新・国家エネルギー戦略の一部を構成。年末のエネルギー基本計画改定(閣議決定)の一部となる。

原子力政策 5つの基本方針

- ☆Ⅰ. 「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
- ☆Ⅱ. 個々の施策や具体的時期については、国際情勢や技術の動向等に応じた「戦略的柔軟さ」を保持
- ☆Ⅲ. 国、電気事業者、メーカー間の「三すくみ構造」の打破。このため関係者間の真のコミュニケーションを実現し、ビジョンを共有。先ずは国が大きな方向性を示して最初の第一歩を踏み出す
- ☆Ⅳ. 国家戦略に沿った個別地域施策の重視
- ☆Ⅴ. 「開かれた公平な議論」に基づく政策決定による政策の安定性の確保

原子力立国計画(原子力部会報告書)のポイントと具体的アクション

① 電力自由化時代の原発の新・増設実現

□原子力発電に特有な投資リスクの低減・分散(2006年度制度導入)

第二再処理工場での使用済燃料の再処理にかかる費用を毎年度引当金として積み立てる制度を導入。

□初期投資・廃炉負担の軽減・平準化

- 新・増設炉の減価償却費の負担を平準化するため、予め引当金として積み立てる制度を導入(2006年度制度導入)。
- クリアランス制度の整備等を踏まえ、廃炉引当金の積立を検証。

□東電東通1,2号機に対する経済産業大臣の重要電源開発地点指定(2006年9月)

② 安全確保を大前提とした既設炉の活用

□実効性の高い検査への移行

(2008年度からの実施を目標に制度見直し)

- 個々のプラントや事業者の特性に対応した検査への転換
- 運転中・停止中一貫した検査への移行

□充実させた高経年化対策の着実な運用(2006年度から新制度実施)

③ 資源確保戦略の展開

□中央アジアとの厚みのある戦略的協力関係の構築

2006年8月の総理訪問を契機としたカザフスタンとの二国間原子力協定。ウラン鉱山共同開発、再転換、燃料加工、原子力発電導入等戦略的原子力協力実現。

□ウラン鉱山開発支援(2007年度新規予算)

民間企業の探鉱・権益取得に対するリスクマネー供給
【2007年度新規 13億円】(ウラン価格は8年で7倍に)

④ 核燃料サイクルの推進と 関連産業の戦略的強化

□核燃料サイクルの着実な推進

- 2007年8月 六ヶ所再処理工場の本格操業開始
- 2010年度まで 16~18基でプルサーマル導入
- 2010年度頃 六ヶ所ウラン濃縮工場に新型遠心分離機導入
- 2012年 プルサーマル用MOX燃料加工工場の操業開始

□関連産業の戦略的強化

世界的な寡占化と核不拡散強化の中、我が国の自立した原子力産業体制の実現を目指し、濃縮、再処理等戦略産業を強化する。

⑤ 高速増殖炉(FBR)サイクルの早期実用化

- 実証炉は2025年頃に実現、商業炉を2050年前に開発
- 実証炉の建設等に必要となる費用のうち
 - 現行軽水炉費用相当分は原則民間負担
 - それを超える部分は国が相当程度負担

□実証・実用化に向けた取組の本格化(2007年度新規予算)

FBR実証炉及び関連サイクル実証施設の早期実現を図るため、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を開始【2007年度新規 40億円】(文部科学省との共同プロジェクト。文科省においては、約100億円を要求。)

□実証・実用化への円滑な移行のための協議開始(2006年7月)

FBR実証施設の円滑な導入に向け、五者協議会(経産省、文科省、電力、メーカー、原子力機構)を開始。

原子力立国計画(原子力部会報告書)のポイントと具体的アクション

⑥ 次世代を支える技術・人材の厚みの確保

□官民一体での次世代軽水炉開発プロジェクトの着手(2006年度開始)

世界市場で通用する次世代軽水炉開発に着手。20年ぶりの官民一体ナショナルプロジェクト。2年程度事業化調査を行い、その後本格開発。

□現場技能者の育成・技能継承の支援(2006年度開始)

現場技能者の育成・技能継承を図る地域の取組を支援。
2万人強を対象(青森、福井、新潟・福島)。

□大学等の「原子力人材育成プログラム」の創設(2007年度新規予算) (文科省との共同プロジェクト)

- (1)原子力教育支援プログラム教材開発、産業界からの講師招聘等
- (2)近年、研究活動や研究者の希薄化が懸念される、原子力を支える基盤的技術分野(材料腐食、溶接、流体等)を支援。
- (3)学生が原子力産業や研究現場の実態と魅力を知る機会の提供。

⑦ 我が国原子力産業の国際展開支援

- 世界的なエネルギー需給逼迫や地球温暖化問題への貢献
- 我が国原子力産業の技術・人材の維持の観点から、我が国原子力産業の国際展開を積極的に支援。
- 政府としての支援意思の明確化(総理カザフ訪問、大臣から中国副首相への支援表明書簡発出)
- 人材育成協力(中国、ベトナム向け安全研修制度の拡充)
- 原子力発電導入予定国(ベトナム、インドネシア、カザフ)に対して知見・ノウハウの提供(2006年度開始)

⑧ 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的な枠組み作りへの積極的関与

我が国のこれまでの経験や技術を最大限に活かし、新たな国際的枠組み作りの動きに積極的に協力・貢献を行う。

- 米国GNEP構想に対し、国際標準獲得を目指して、日本として技術提案(2006年9月)、専門家派遣等具体的貢献
- 燃料供給保証の議論に日本提案(2006年9月IAEA総会)

⑨ 国と地域の信頼強化、 きめの細かい広聴・広報

□国と地域の信頼強化

立地地域の実情に応じ、国の顔が見える形で、各レベルにおける真摯な取組を積み重ね。

- 立地地域住民との直接対話の強化(少人数での座談会形式の直接対話など)
- 最終的に国の責任者が国の考えや方針を表明 など

□きめの細かい広聴・広報の実施

- 女性層、次世代層に対する重点的取組
- 外部の原子力有識者の活用 など

□地域振興に向けた支援(2006年度開始)

- ①30年を経過した高経年化炉の所在する道県に対して総額25億円、
- ②核燃料サイクル施設の受入に同意した都道府県に総額60億円 等

⑩ 放射性廃棄物対策の強化

□高レベル放射性廃棄物の最終処分場確保に向けた取組の強化

- 地域支援措置の大幅な拡充
(文献調査時の交付金:現行2.1億円/年→2007年度要求10億円/年)
- 地域ブロック毎のシンポジウム開催など、広聴・広報活動を強化
(2006年から)

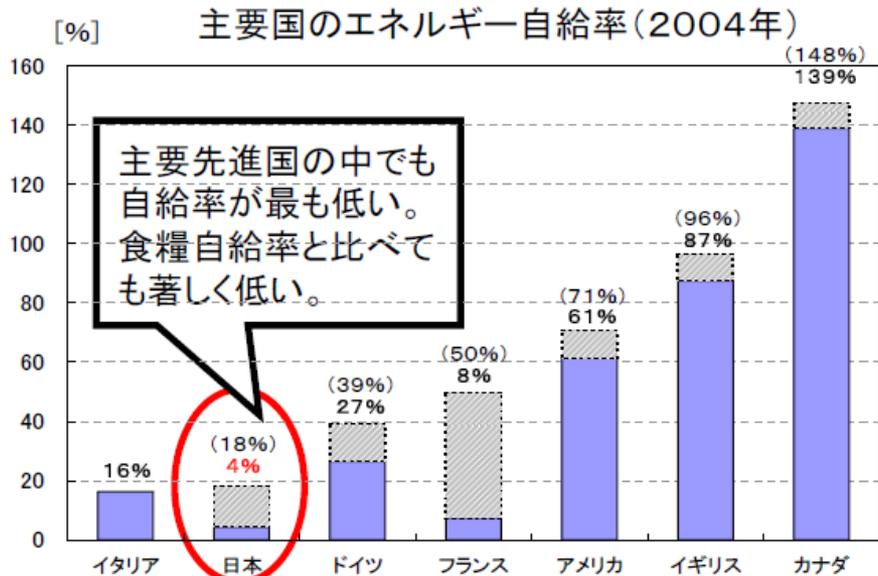
□TRU廃棄物の地層処分事業の制度化等(法律改正)

発熱量は小さいが半減期の長いTRU廃棄物のうち、地層処分が必要なものについて、高レベル放射性廃棄物の最終処分と同様に国の関与を明確化する。また、海外から返還される放射性廃棄物に関して、必要な制度的措置を講じる。

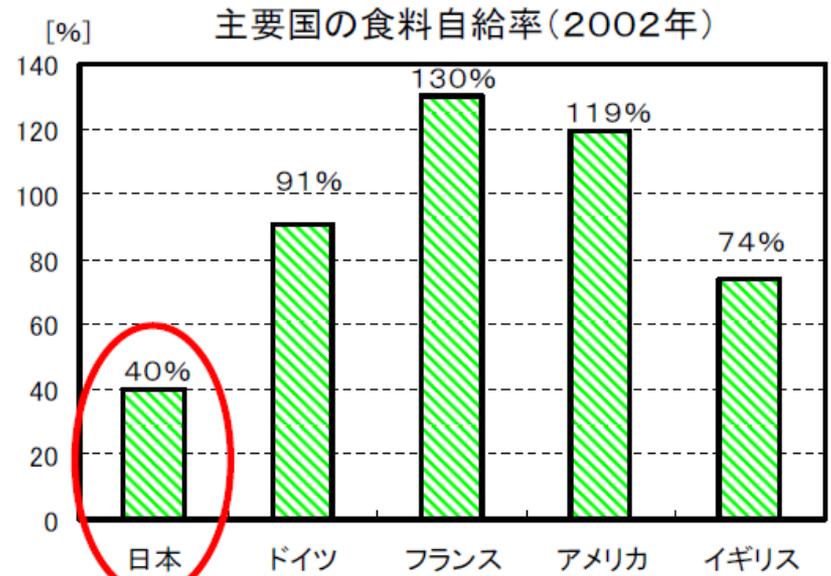
1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(日本の自給率)

- 原子力を除けば、主要先進国の中で、我が国のエネルギー自給率は最も低く、わずか4%。
- 我が国の食料自給率でも4割であり、それよりも遙かに低い。



※自給率は原子力を輸入とした場合(カッコ内は原子力を国産とした場合)
 【出典:OECD/IEA “Energy Balances of OECD Countries 2003-2004”】

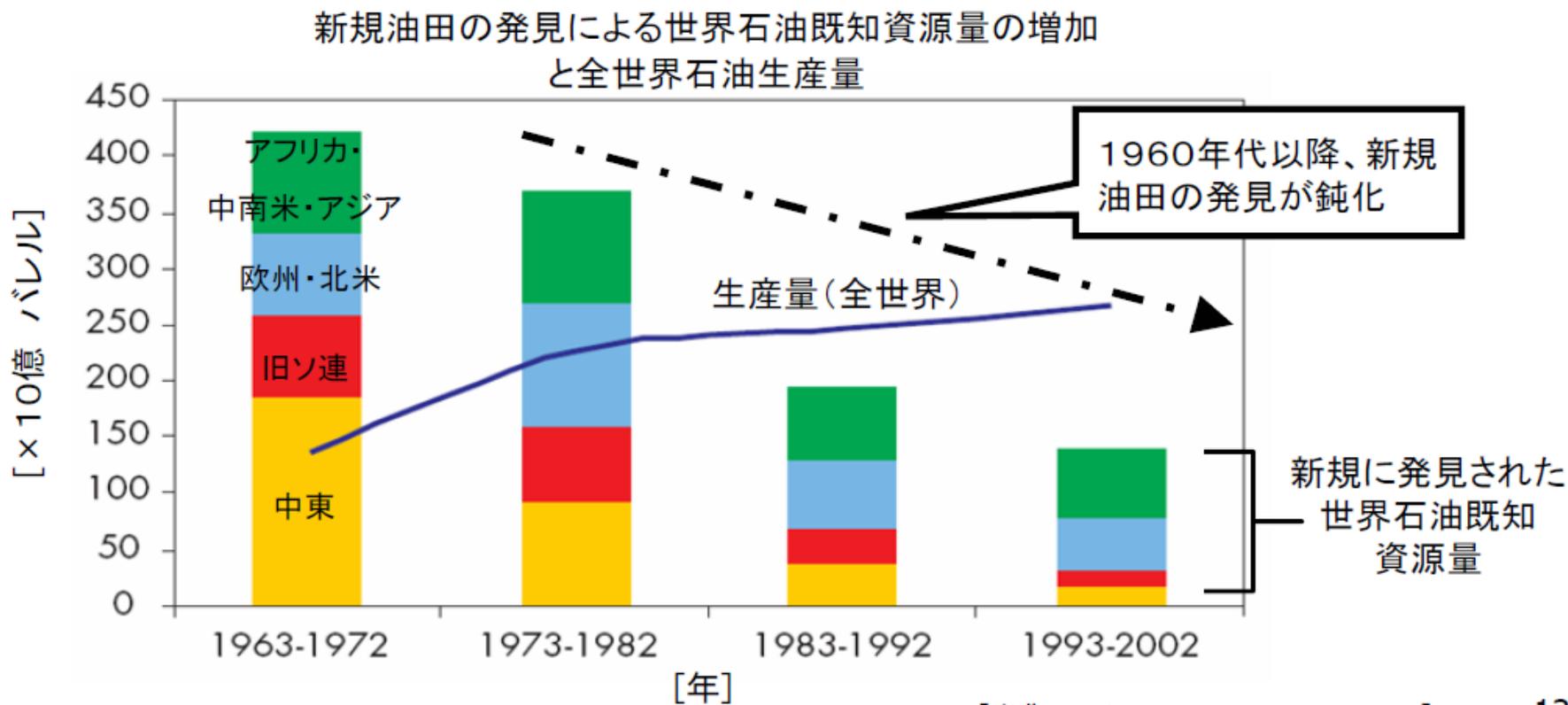


【出典:平成16年度食料自給率レポート(農林水産省)】

1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(石油)

○一方、石油の供給面では、この40年間新規油田の発見が減り続けており、さらに最近20年間では、毎年の既知資源量の増加が毎年の生産量を下回る状態にあるなど、市場に供給される資源量は頭打ちとなる懸念もある。



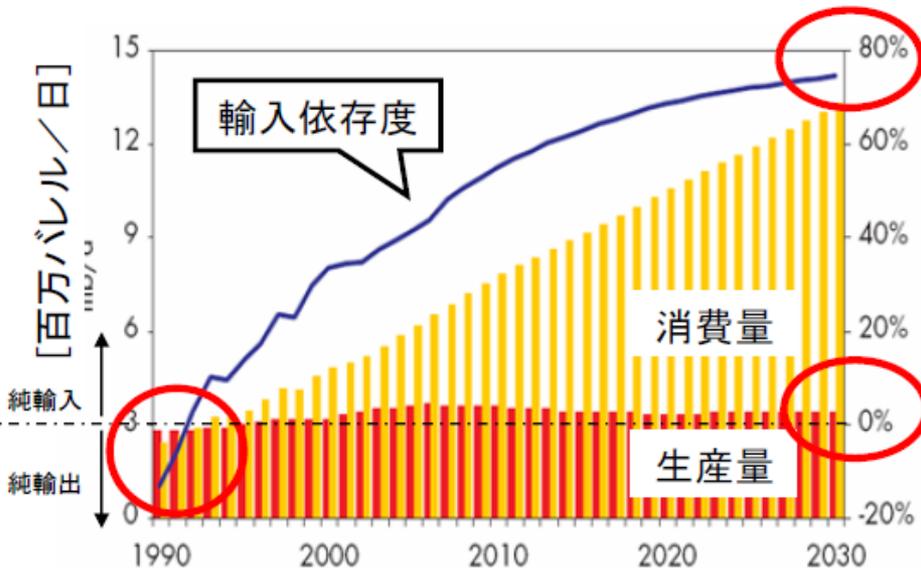
【出典：IEA/World Energy Outlook 2004】

1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(中国 ①)

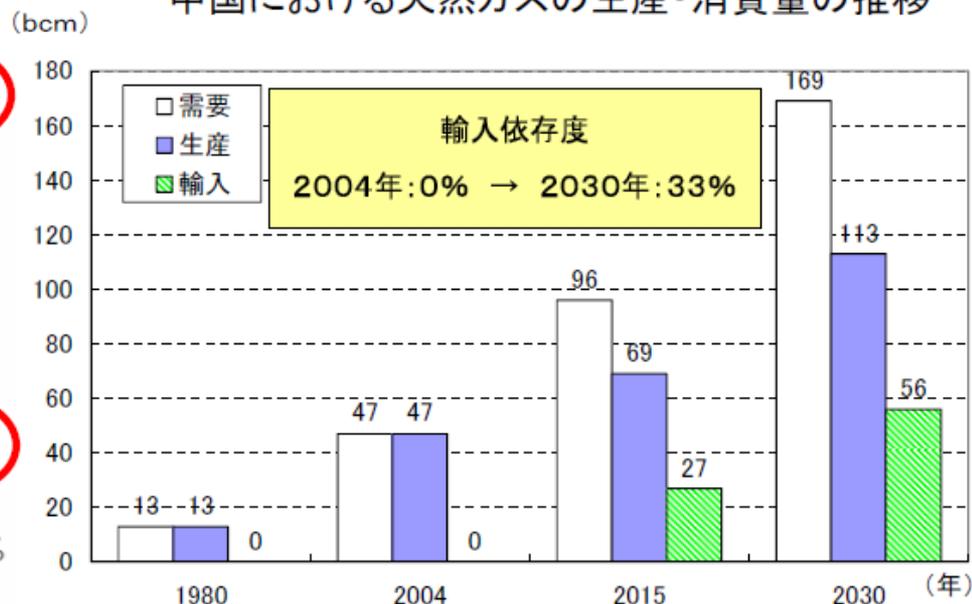
○中国の石油輸入依存度は、2030年には80%近くとなる見込み。天然ガスについても、純輸入国に転じ、急激に輸入を増加させるものとみられる。このように、資源獲得競争は世界的に激しくなりつつある。

中国における石油輸入依存度の見通し



【出典:IEA “World Energy Outlook 2004”】

中国における天然ガスの生産・消費量の推移



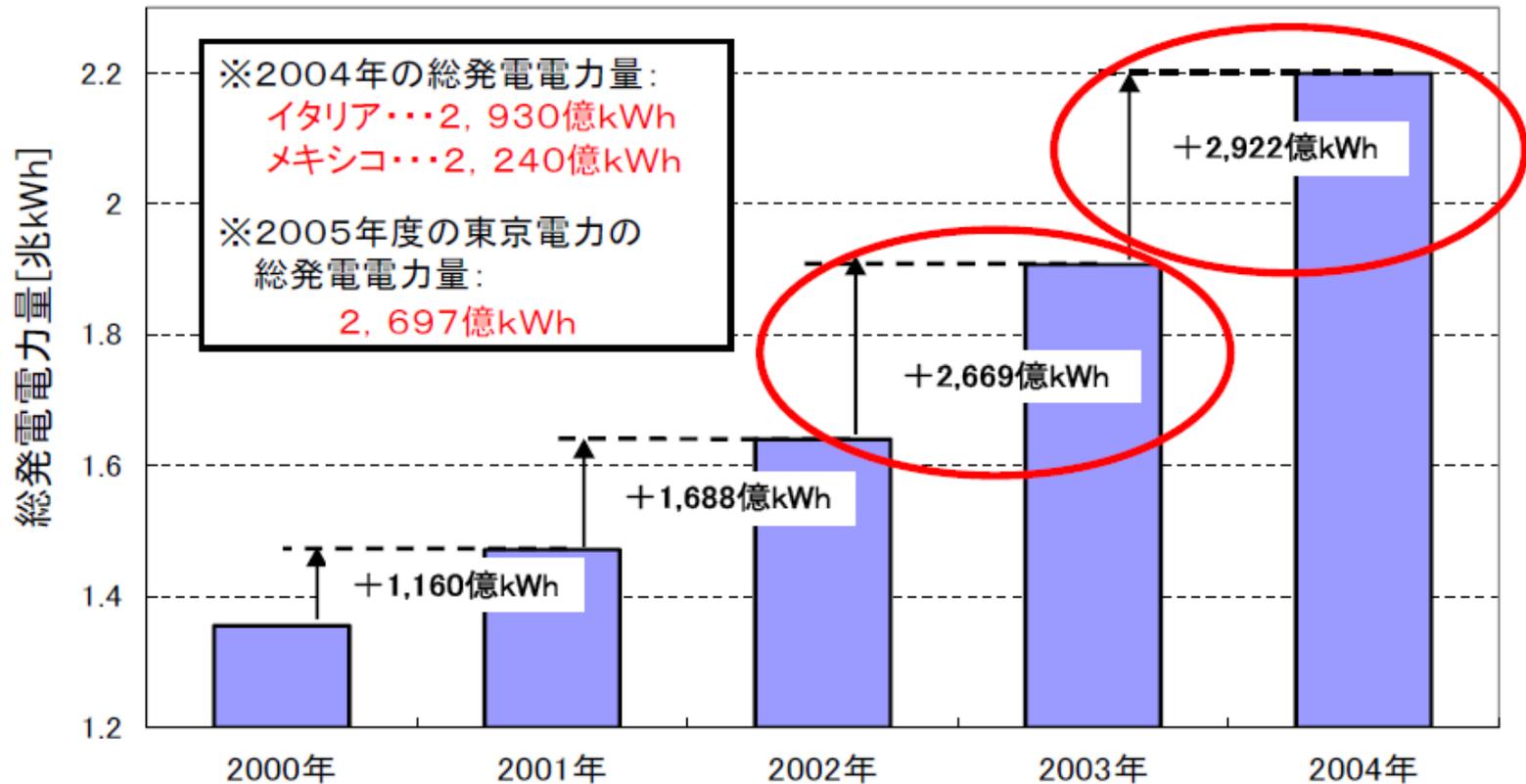
【出典:IEA “World Energy Outlook 2005”】

1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(中国 ②)

○中国における発電電力量はここ数年急増しており、その増加規模は、東京電力やメキシコの総発電電力量を上回り、イタリアの総発電電力量に匹敵するものとなっている。

中国における総発電電力量の増加



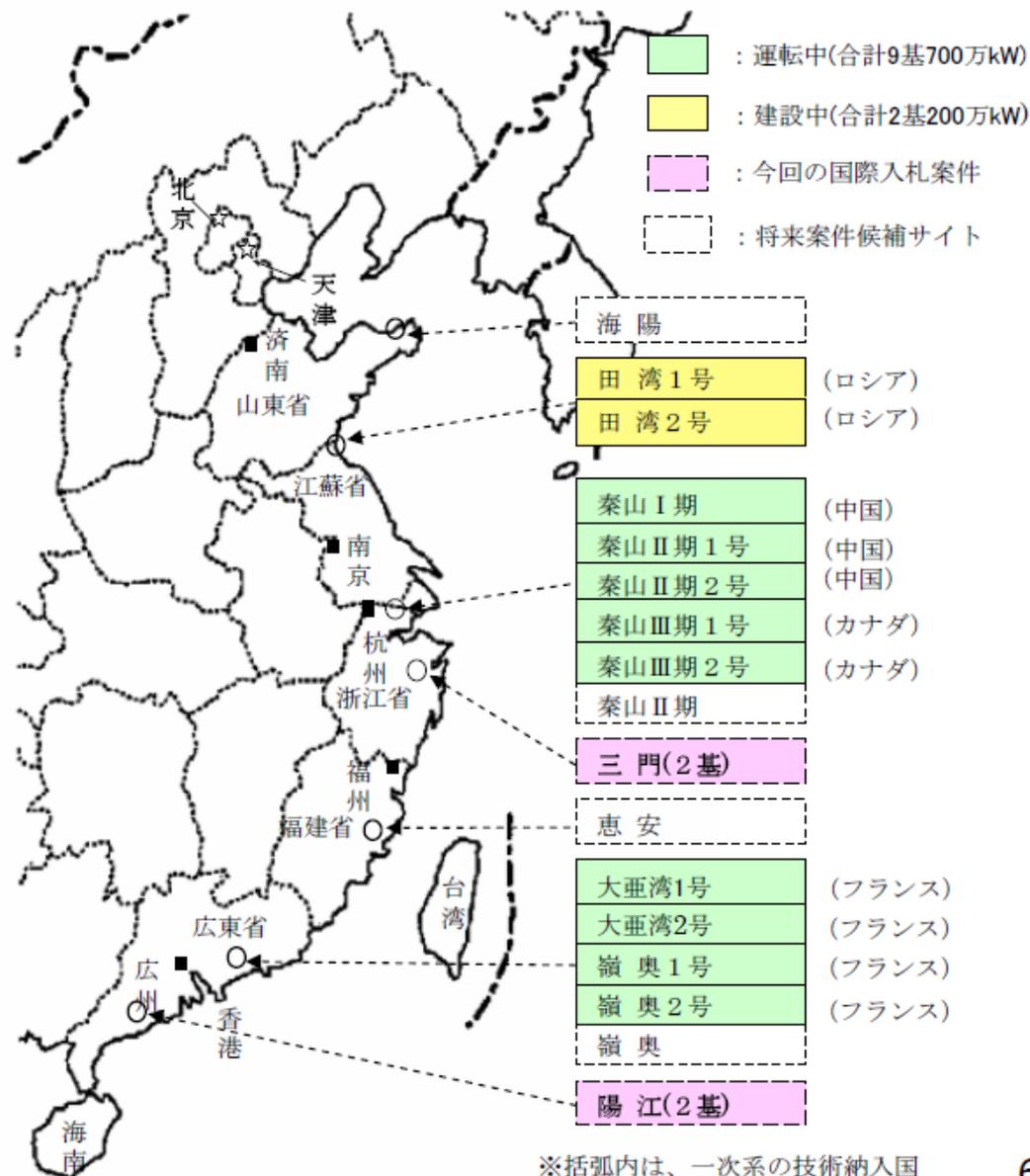
【出典：OECD/IEA「Energy Balance of non-OECD Countries, 2003-2004」】

(参考)中国原子力発電所の状況

○ 現在、中国で運転中の原子力発電所は9基、約700万kW。

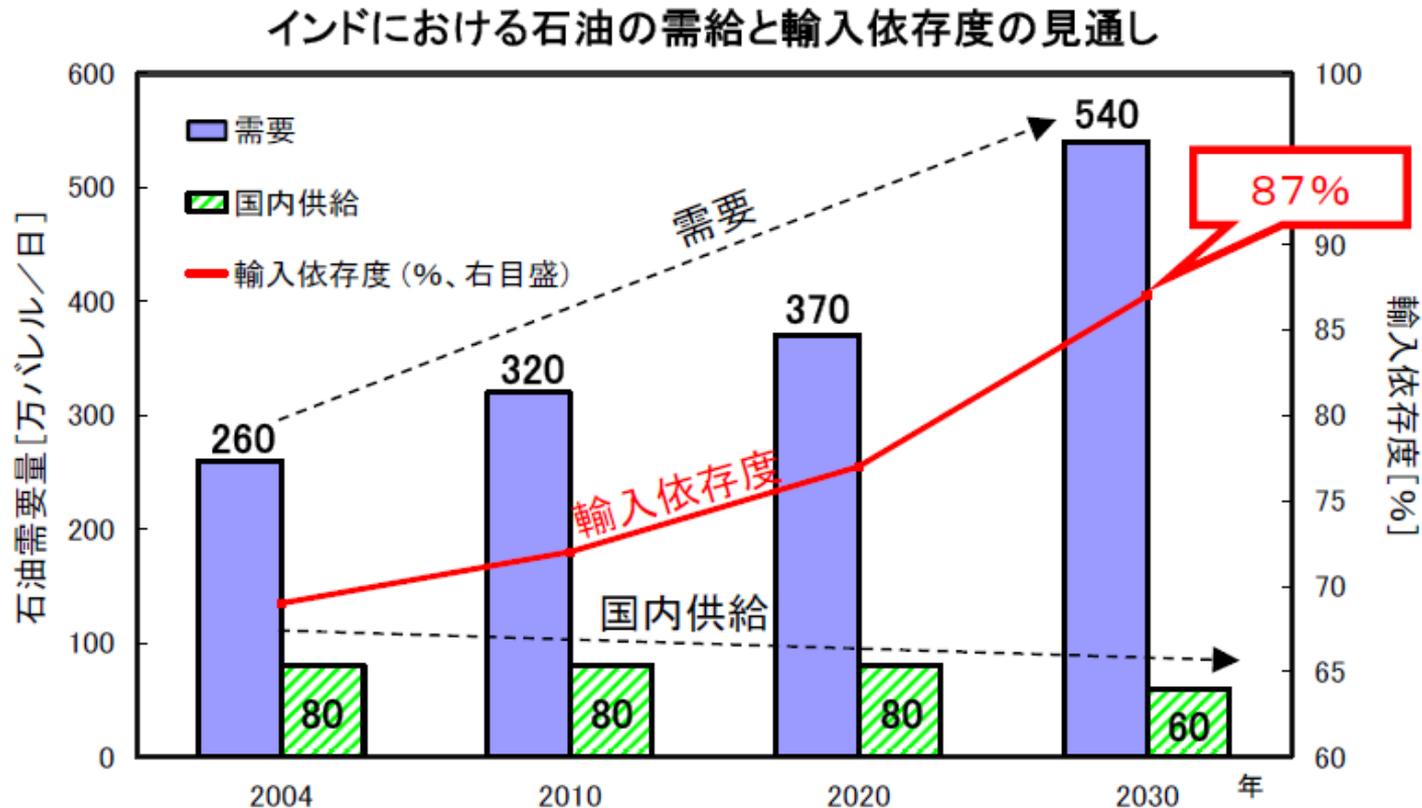
○ 建設中の原子力発電所は2基、約200万kW。

○ 中国では、昨今のエネルギー需給逼迫に対処するため、2020年には、原子力発電容量を約3,600万kW～4,000万kWまで引き上げる予定。



1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？ (インド)

○インドの石油需給を見ると、今後、国内の供給量が減少する一方で、需要は急増し、輸入依存度が2030年には90%近くになるとの見方もある。

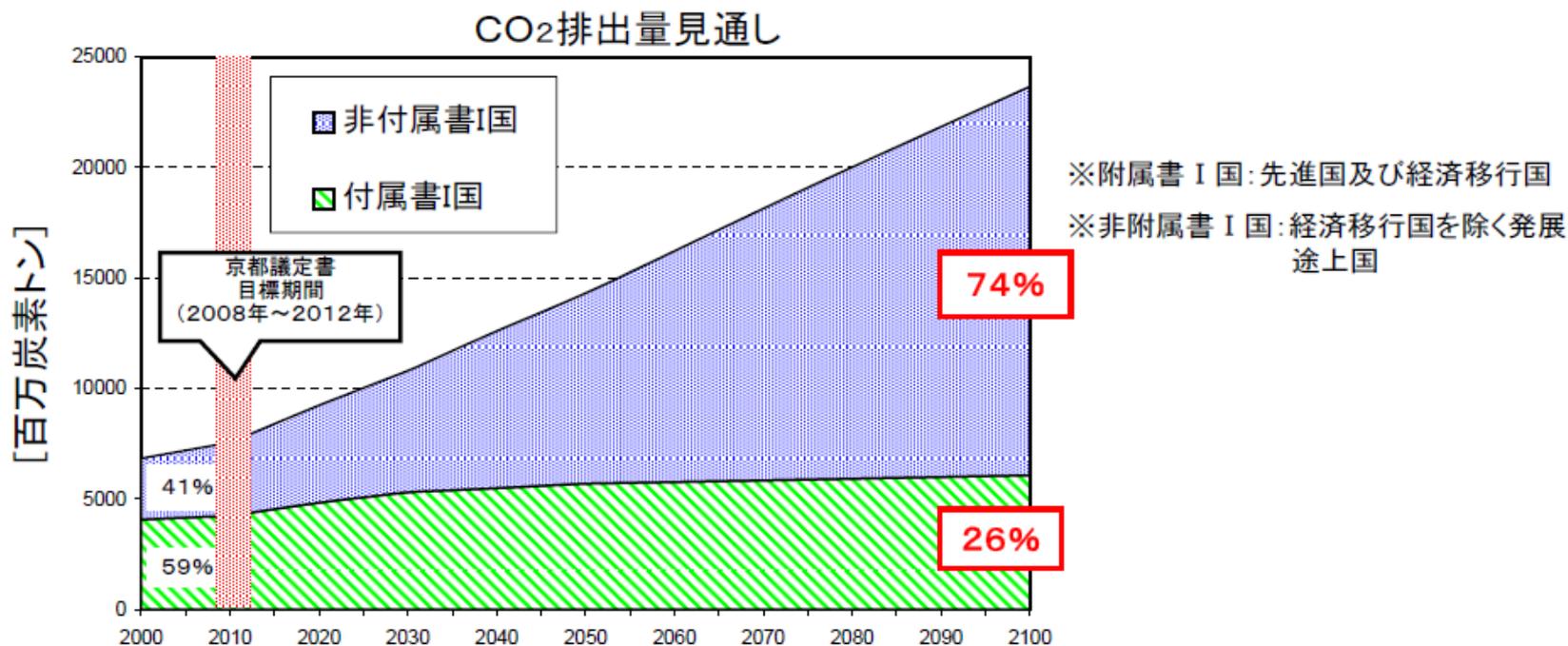


出典：2004年データ・・・World Energy Outlook 2005, IEA
2010-2030年データ・・・World Energy Outlook 2006, IEA

1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(地球温暖化の防止 ①)

- 世界のエネルギー消費の増大に伴い、世界のCO₂排出量も大幅に増加し、2100年には現在の3倍以上になる可能性がある。
- 特に発展途上国の伸びは著しく、2020年～2030年頃には先進国を抜き、2100年には現在の約6倍、先進国の約3倍となるなど、世界のCO₂排出量の増加のほとんどを占めると見込まれる。

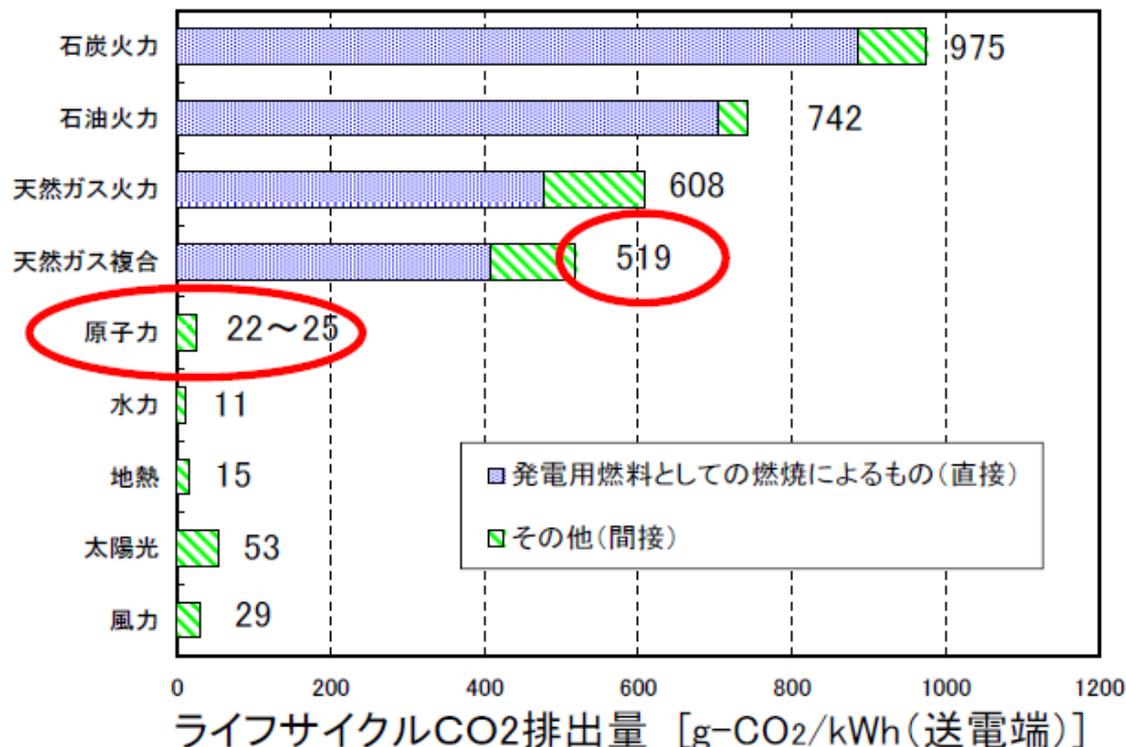


1. 背景 — なぜ日本で原子力を進めるのか？

(地球温暖化の防止 ②)

○発電所の建設、燃料の輸送などを含めたライフサイクル全体で見ると、天然ガスは石油と比べてCO₂排出量を3割程度削減できるが、それでもなお、原子力の約22倍のCO₂を排出する。

各種電源の発電量当たりのCO₂排出量(メタンを含む)



【出典：原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価 平成13年8月」。他電源については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価 平成12年3月」】

海外における原子力発電の動向(1)

- 近年諸外国においても、地球環境問題やエネルギー安定供給等の観点から、原子力発電の位置付けを見直す動きが出てきている。

米国

(原子力比率 19%)

- ・原子力発電所の新規建設支援措置を含む原子力2010プログラム及び2005年エネルギー政策法等により、原子力発電所新設に向けた取組を官民一体で推進。
- ・2006年2月には「国際原子力エネルギー・パートナーシップ」を発表し、核燃料サイクルや高速炉開発に積極的に取り組む姿勢に転じた。
- ・1970年代以降、原子力発電所の新規建設がなかったが、NRGエナジー社がGE社、日立製作所等の協力を得て、テキサス州で原子力発電所(ABWR)2基の建設を行う計画を発表(2006年6月)。

カナダ

(原子力比率 15%)

- ・現在運転中の原子力発電所22基(うち5基は運転休止中)のうち、20基があるオンタリオ州では、今後の電力需要の急増への対応として、運転休止中の原子力発電所の運転再開を実施している。今後は、既存の原子力発電所の改修や新規建設に向けた取組が行われる見込み。

イギリス

(原子力比率 20%)

- ・約20年にわたり、新規建設が行われていなかったが、2006年7月に英政府は新規建設促進に方針転換することを表明。

フランス

(原子力比率 79%)

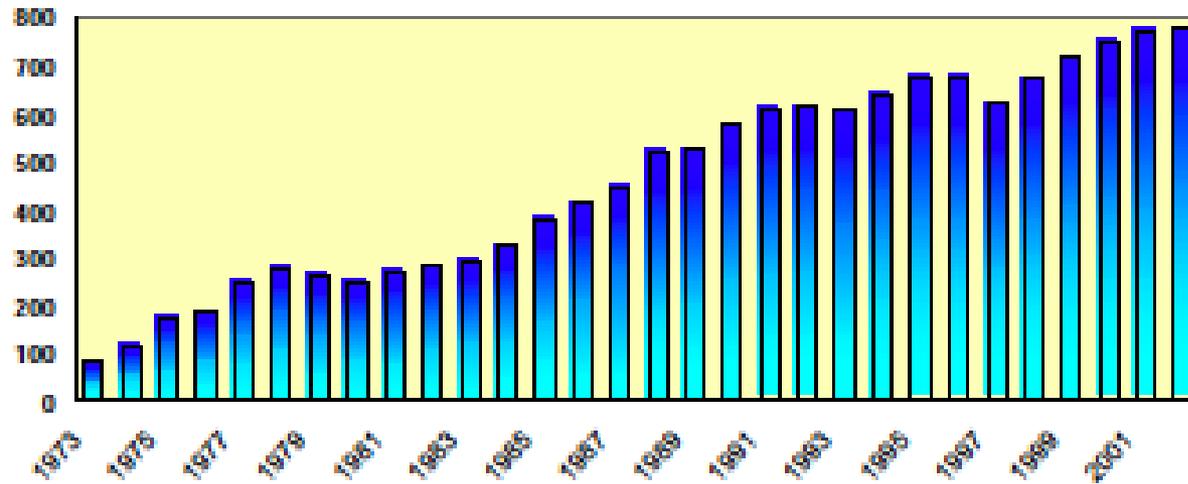
- ・フランス電力会社(EDF)は、2004年10月、EPR(欧州加圧水型原子炉)と呼ばれる新型炉の初号機(実証炉)をフラマンヴィルサイトに建設することを決定。
- ・2006年、シラク大統領は2020年までに第4世代炉(高速炉)の原型炉運転開始を宣言。

フィンランド

(原子力比率 33%)

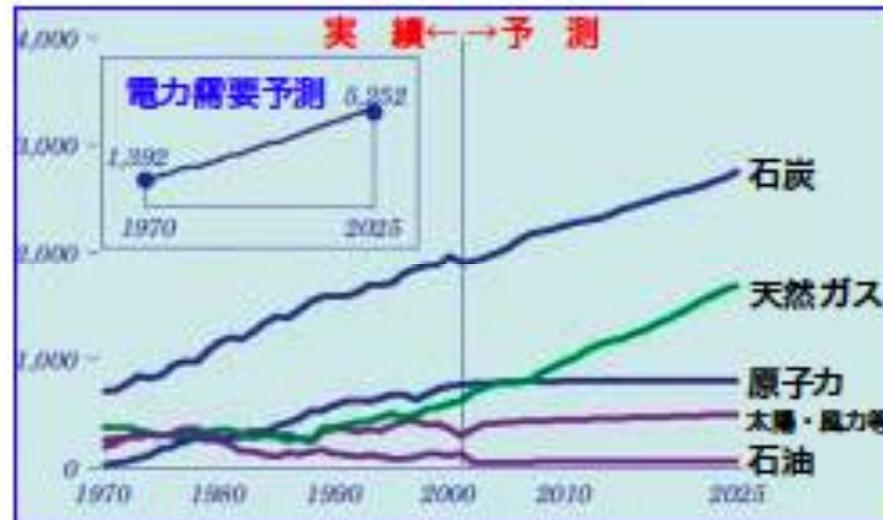
- ・チェルノブイリ事故以後の新規原子力発電所に否定的だった立場を転換し、5基目の原子炉建設を開始(2010年の運転開始予定、炉型はEPR)。ロシアからの電力の輸入依存度を低くすることを目指している。

図 9.3.1 米国の原子力発電量推移 1973-2002



[出典] 日本原子力産業会議

図 9.3.2 米国のエネルギー源別発電量の推移と予測 1970-2020年 単位：10 億キロワット時



[出典] EIA/Annual Energy Outlook 2003

海外における原子力発電の動向(2)

スウェーデン

(原子力比率 45%)

- ・2006年9月の総選挙の結果、12年ぶりで政権交代。米国スリーマイルアイランド原子力発電所の事故を契機とする脱原子力政策から、原子力発電所の新規建設も廃止も行わない現状維持政策に転換。

スイス

(原子力比率 32%)

- ・1990年の国民投票では、2000年までの10年間、新規原子力発電所建設は行わない(モラトリアム)こととされたが、2003年の国民投票では、同モラトリアムの延長や原子力発電所への支援措置廃止といった脱原発の提案が否決された。

ドイツ

(原子力比率 31%)

仏国からの電力輸入依存(2001年):33%)

- ・2002年に原子力発電所の段階的廃止を決定(平均運転期間を32年間とし、その後廃止)。
- ・2005年9月の選挙の結果、原子力推進派CDU/CSUと脱原子力派SPDによる大連立政権が誕生。原子力政策に関しては両党の見解が一致しなかったため、前政権の脱原子力政策が継続されているが、今後の情勢は不明。

ロシア

(原子力比率 16%)

- ・原子力発電の拡大を積極的に推進。総発電電力量に占める原子力発電の割合を、2030年には約25%にまで引き上げる予定。2013年から毎年200万kW(100万kW級の原子炉2基)の運転開始を目指している。

アジア(中国・インド)

(原子力比率 中国:2%
インド:3%)

- ・アジアでは、中国やインドにおいて、今後のエネルギー需要の高まりから、数多くの新規原子力発電所建設が予定されている。
- ・特に中国では、2005年だけでも新設4基、増設4基の計8基の建設計画が明らかにされており、今後2020年までには原子力発電容量を現在の約900万kW(建設中2基含む)から、約3,600万kW~4,000万kWにまで引き上げる予定。

※原子力比率:総発電電力量に占める原子力発電の割合
(出所:IAEAウェブサイト(PRIS)、2005年データ)

※仏国からの電力輸入依存:総輸入電力量に占める仏国からの電力輸入量の割合
(出所:海外電力調査会「海外諸国の電気事業 第一編 2003年」)

図9.4.1 欧州主要国の電力輸入量
 (2001年、UCTE調べ) 単位：億キロワット時



[出典] UCTE

IV. 原子力政策の今後の取組

基本目標（『原子力政策大綱』2005年10月閣議決定）

- ① 2030年以後も、発電電力量の30～40%程度以上の役割を期待
- ② 核燃料サイクルを着実に推進
- ③ 高速増殖炉の2050年の商業ベース導入を目指す など

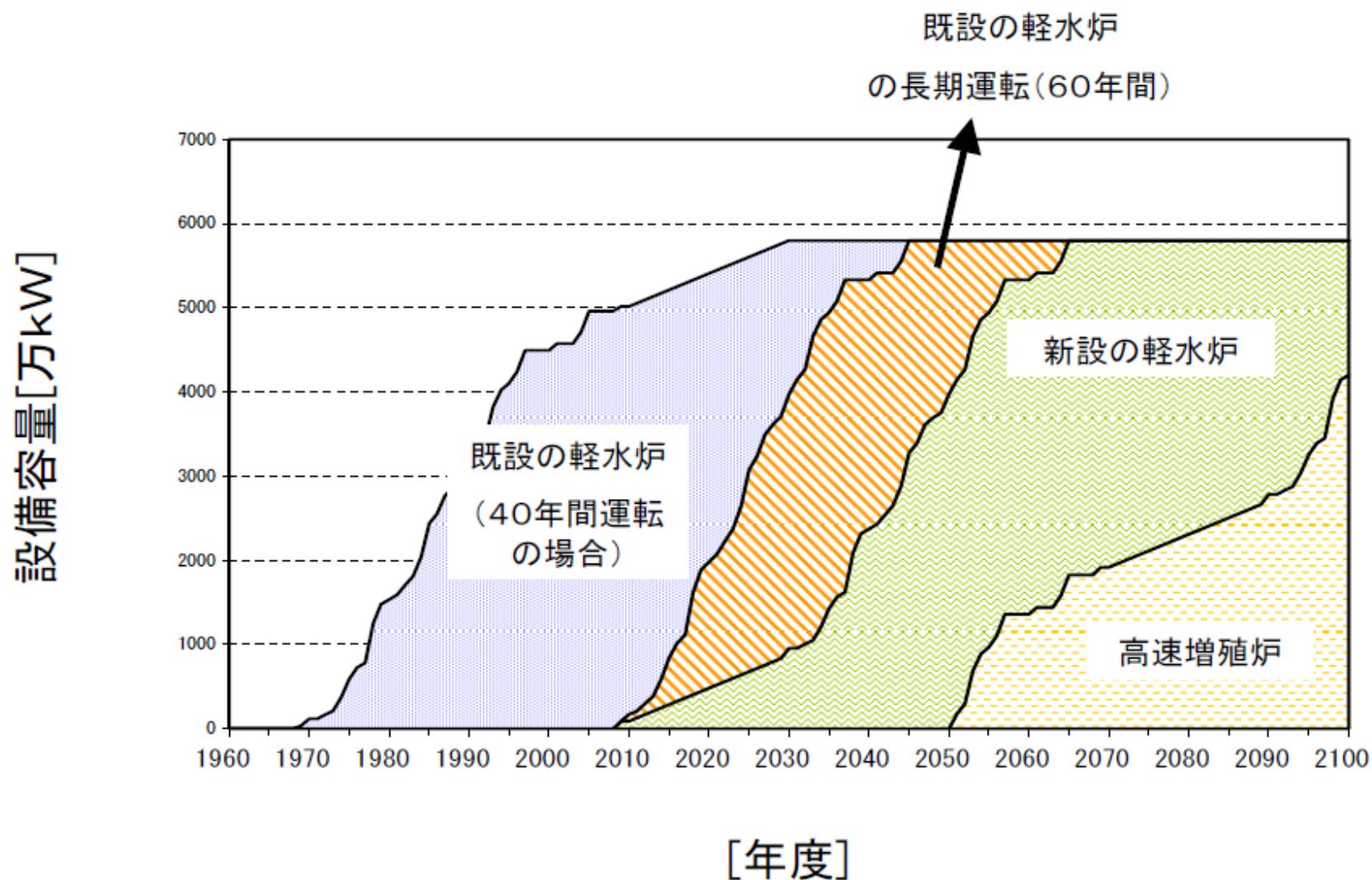
○原子力委員会の策定した「原子力政策大綱」の目標を実現するための政策について審議するため、約4年ぶりに総合資源エネルギー調査会原子力部会を開催。

○2005年7月以降2つの小委員会（電力自由化と原子力に関する小委員会、放射性廃棄物小委員会）を含めて27回審議し、パブリックコメントも踏まえ、2006年8月に「原子力立国計画」としてとりまとめ。

実現方策（『原子力立国計画』2006年8月策定）

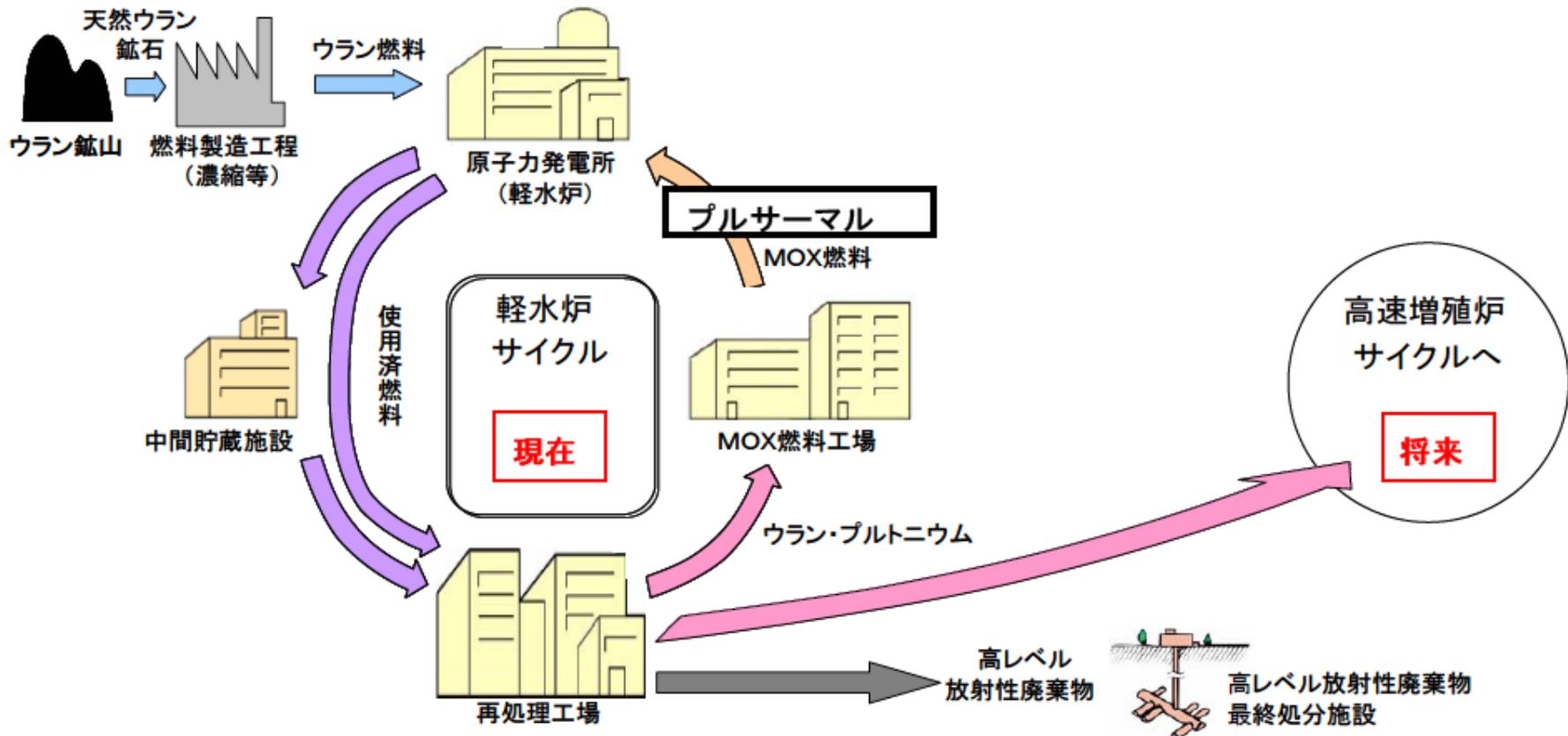
- ① 電力自由化時代の原子力発電の新・増設、既設炉リプレース投資の実現
- ② 安全確保を大前提とした既設原子力発電所の適切な活用
- ③ 核燃料サイクルの着実な推進とサイクル関連産業の戦略的強化
- ④ 高速増殖炉サイクルの早期実用化
- ⑤ ウラン資源確保戦略
- ⑥ 技術・産業・人材の厚みの確保・発展
- ⑦ 我が国原子力産業の国際展開支援
- ⑧ 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的な枠組み作りへの積極的関与
- ⑨ 国と立地地域の信頼関係の強化、きめの細かい広聴・広報
- ⑩ 放射性廃棄物対策の着実な推進

(参考) 原子力発電の中長期的方向(イメージ)

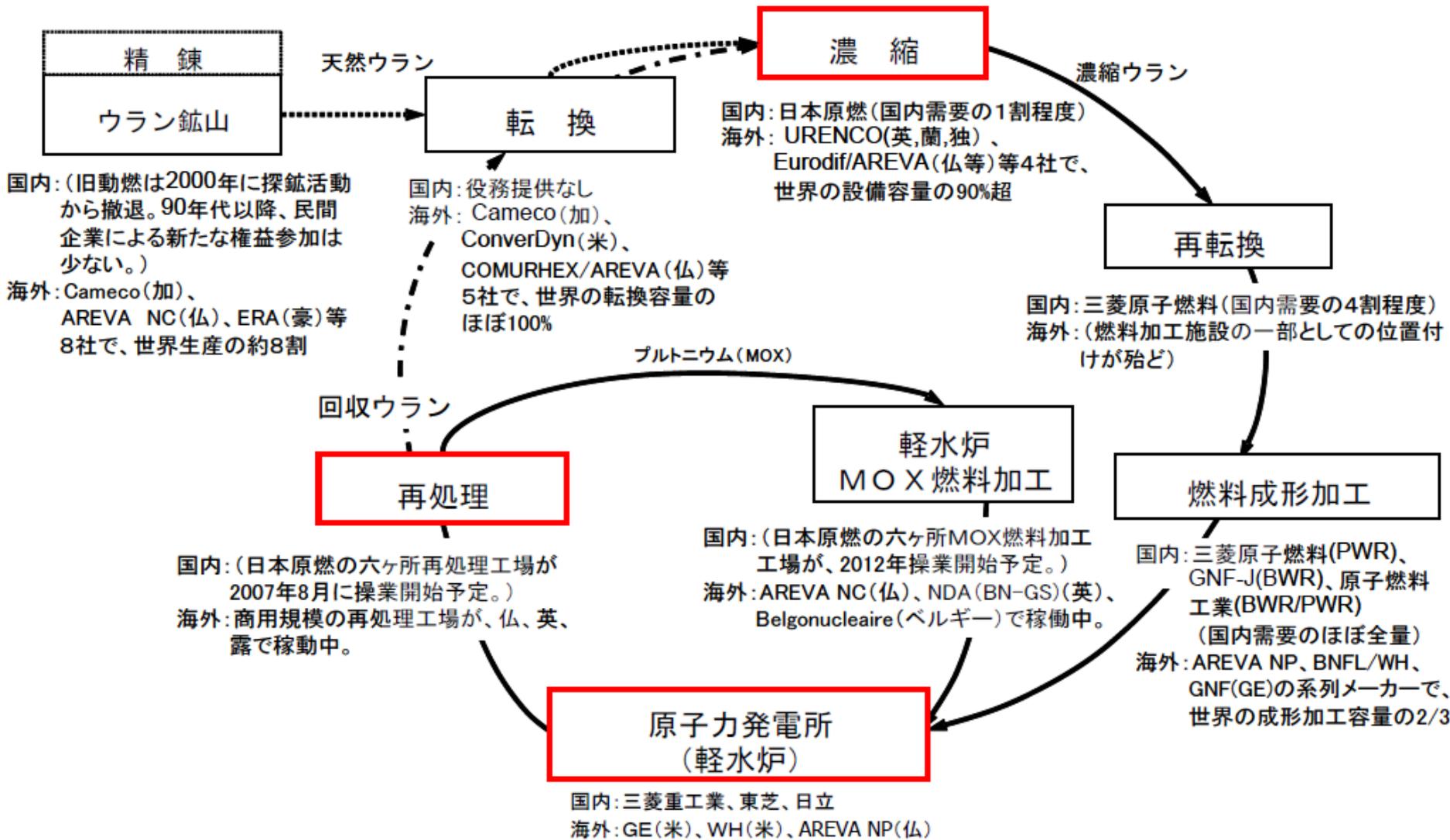


※上の図は、イメージを示すためのものであり、設備容量は58GWで一定と仮定。

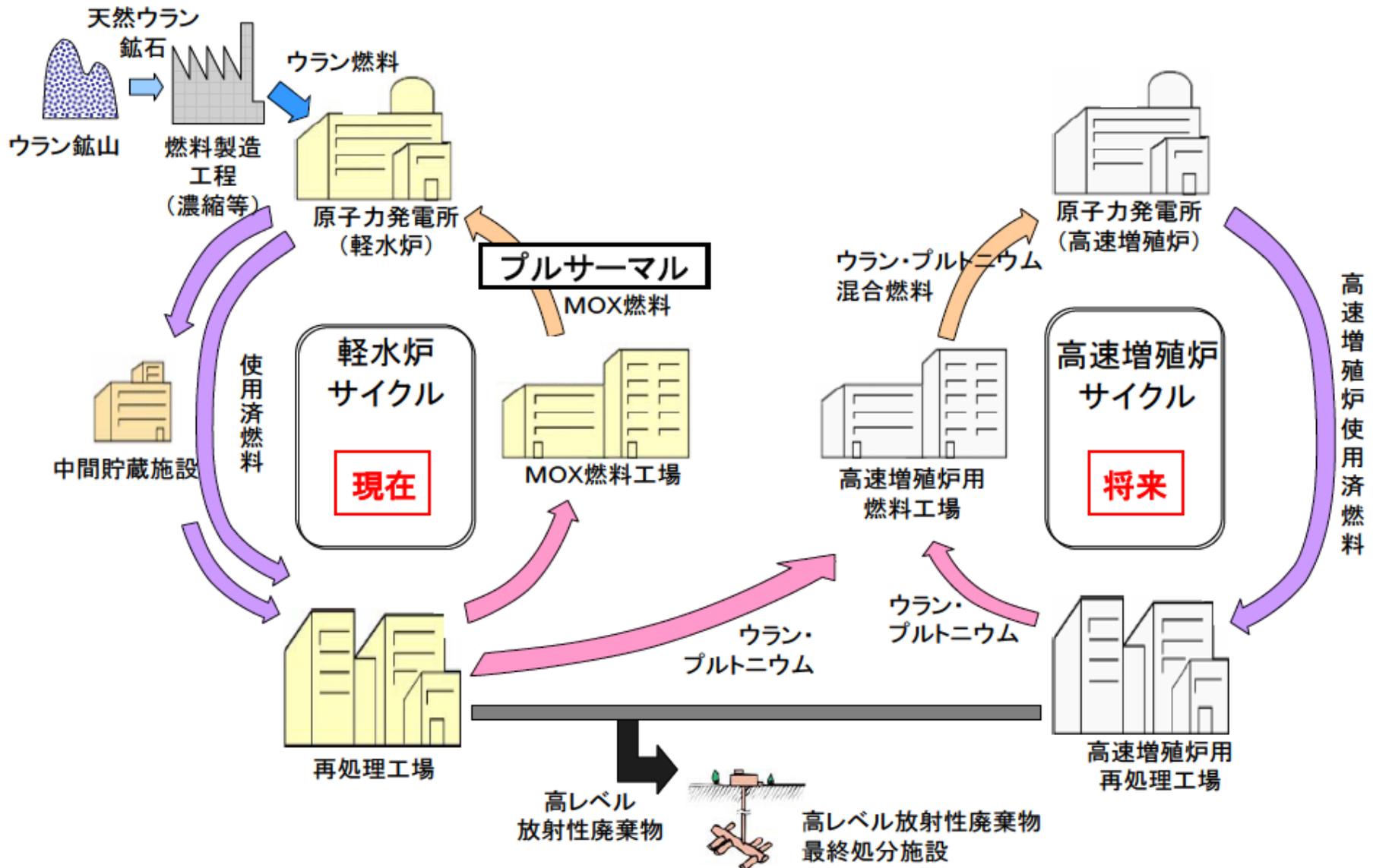
4. 核燃料サイクルの着実な推進とサイクル関連産業の戦略的強化 (軽水炉核燃料サイクル)



4. 核燃料サイクルの着実な推進とサイクル関連産業の戦略的強化 (核燃料サイクル関連産業)



5. 高速増殖炉サイクルの早期実用化 (核燃料サイクル)



5. 高速増殖炉サイクルの早期実用化

＜「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」の開始＞

(文部科学省との共同プロジェクト)

【40億円(新規)】

FBR実証炉及び関連サイクル実証施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を開始する。

- (1) 高速増殖炉サイクル実証施設の概念検討
- (2) 実証炉の設計・建設段階で必要となる、耐震性向上技術のなどの実用化技術開発
- (3) 軽水炉サイクルからFBRサイクルへの円滑な移行のための技術開発(再処理関連)

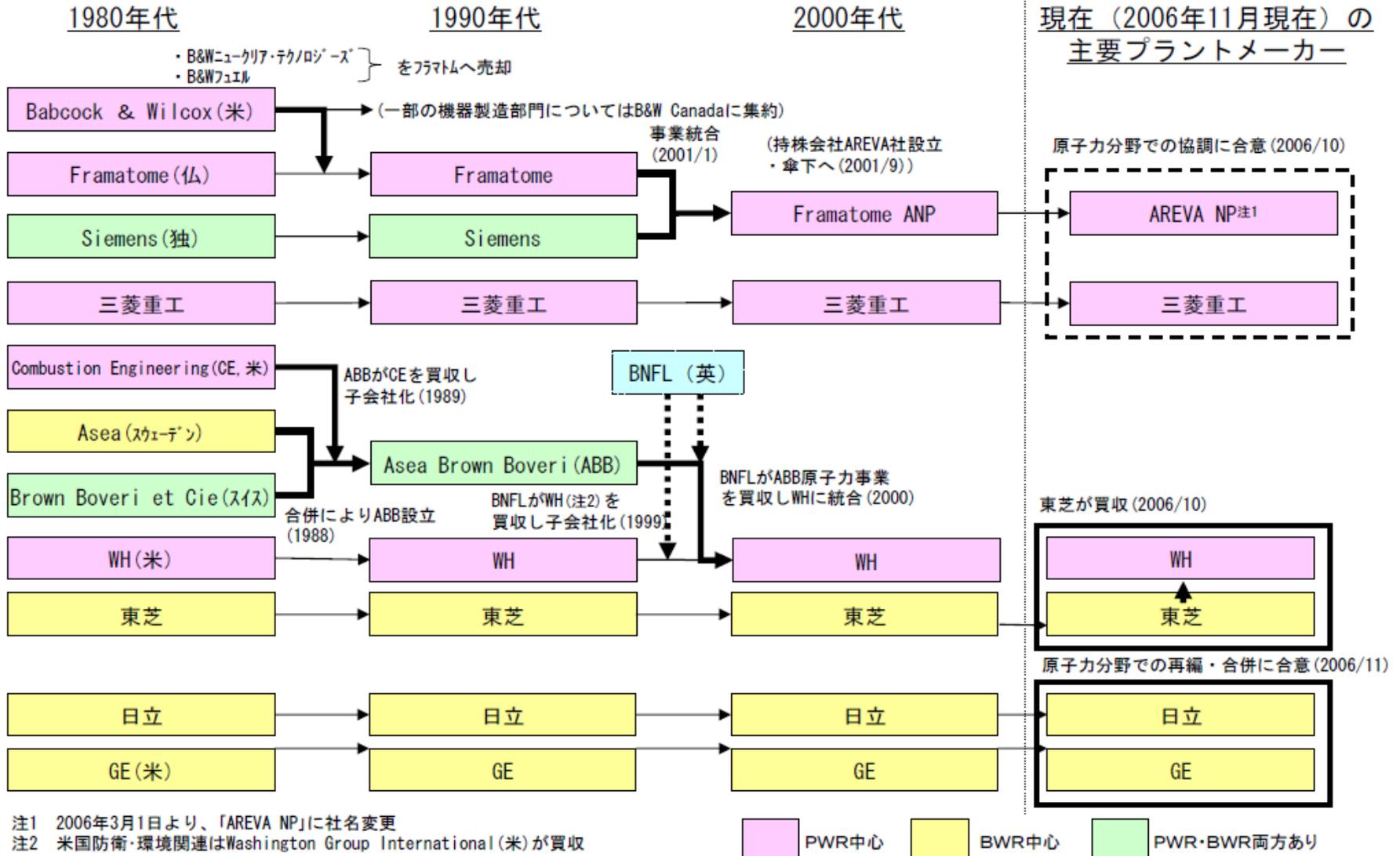
(参考)

○別途文部科学省においても実用化のための革新技術に約100億円要求。従って、平成19年度に開始する「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」は両省で約140億円の平成19年度予算要求となる。

7. 技術・産業・人材の厚みの確保・発展

(対応策:原子力プラントメーカー産業の国際競争力の強化②)

■世界の主要な原子力プラントメーカーの変遷



7. 技術・産業・人材の厚みの確保・発展 (対応策: 大学・大学院等の人材育成の支援①)

- ✓ 原子力を志望する学生の減少を背景として、従来、原子力工学の人材育成を担ってきた、大学の原子力工学科は、エネルギーや環境等より広い分野を扱う学科の一部へ統合され、その数は大幅に減少。この結果、原子力工学の人材育成の希薄化が懸念されているところ。

<参考> 名称に「原子」を含む学科の変遷

○平成7年度(9学科)

- ・北海道大学(原子工学科)
- ・東北大学(原子核工学科)
- ・東京大学(原子力工学科)
[平成5年度名称変更]
- ・名古屋大学(原子核工学科)
- ・京都大学(原子核工学科)
[平成7年度改組]
- ・大阪大学(原子力工学科)
- ・九州大学(応用原子核工学科)
- ・近畿大学(原子炉工学科)
- ・東海大学(原子力工学科)



○平成17年度:(1学科)

- ・福井工業大学(原子力技術応用工学科)

- ✓ また、インターンシップや現場教育は、重要な専門教育のカリキュラムであるとともに、原子力の研究や職業としての魅力を知る上で極めて有効であるが、近年の大学内での配分予算の減少に伴い、こうした教育の実施も困難となっている状況。

7. 技術・産業・人材の厚みの確保・発展 (対応策:大学・大学院等の人材育成の支援②)

- ✓ こうした厳しい状況の一方で、近年、原子力施設の立地地域である福井県、茨城県等において、原子力教育の重要性が認識され、原子力関係学部・大学院が新設。地域の産業ニーズやポテンシャルを踏まえた、人材育成の充実を図る動きあり。

<参考> 近年新設された原子力関係学科・専攻の例

- 学部・・・ 福井工業大学原子力技術応用工学科(平成17年度)
(武蔵工業大学においても、原子力専門の学科を新設予定)
- 大学院・・・ 福井大学大学院工学研究科独立専攻 原子力エネルギー安全工学専攻(平成16年度)
茨城大学大学院理工学研究科応用粒子線科学専攻(平成16年度)
東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻(平成17年度)
東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(平成17年度)
(八戸工業大学において、原子力カリキュラムを新設(平成17年度))

7. 技術・産業・人材の厚みの確保・発展 (対応策:大学・大学院等の人材育成の支援④)

- ✓ 大学・大学院等における原子力の人材育成の充実を図ることを目的として、文部科学省との連携、役割分担のもと、「原子力人材育成プログラム」を創設(2007年度予算において約2.8億円を新規要求)。
- ✓ 基盤的技術分野まで含めて、産業界のニーズを踏まえたカリキュラムや研究活動の充実・強化や、学生に対し進路・職業としての原子力の魅力を伝えるための取組を支援。

<実施事業の概要>

(1)大学・大学院等における原子力教育支援プログラム

原子力を支える基盤的技術分野まで含め、新たなカリキュラムの実施に必要な教材開発、産業界からの講師招聘 等。

(2)原子力の基盤技術分野強化プログラム

原子力を支える基盤的技術分野(材料腐食、溶接、流体等)において、産業界の参画・ニーズ提示のもと大学で行われる研究プロジェクトに対し、提案公募方式により支援。

(3)チャレンジ原子力体感プログラム

大学・大学等の学生が進路・職業としての原子力の実態や魅力を知る機会の充実を図るため、産業界や研究機関等の施設(シミュレータ、実験炉等)や、海外機関へのインターンシップ等を支援。

(参考)別途文部科学省において大学等の研究・教育環境整備、教授人材の質の向上及び学生の研究・研修への支援等に1.6億円を2007年度新規予算要求。

8. 我が国原子力産業の国際展開支援 (インドネシア・ベトナム)

インドネシア及びベトナムの原子力発電の動向

インドネシア

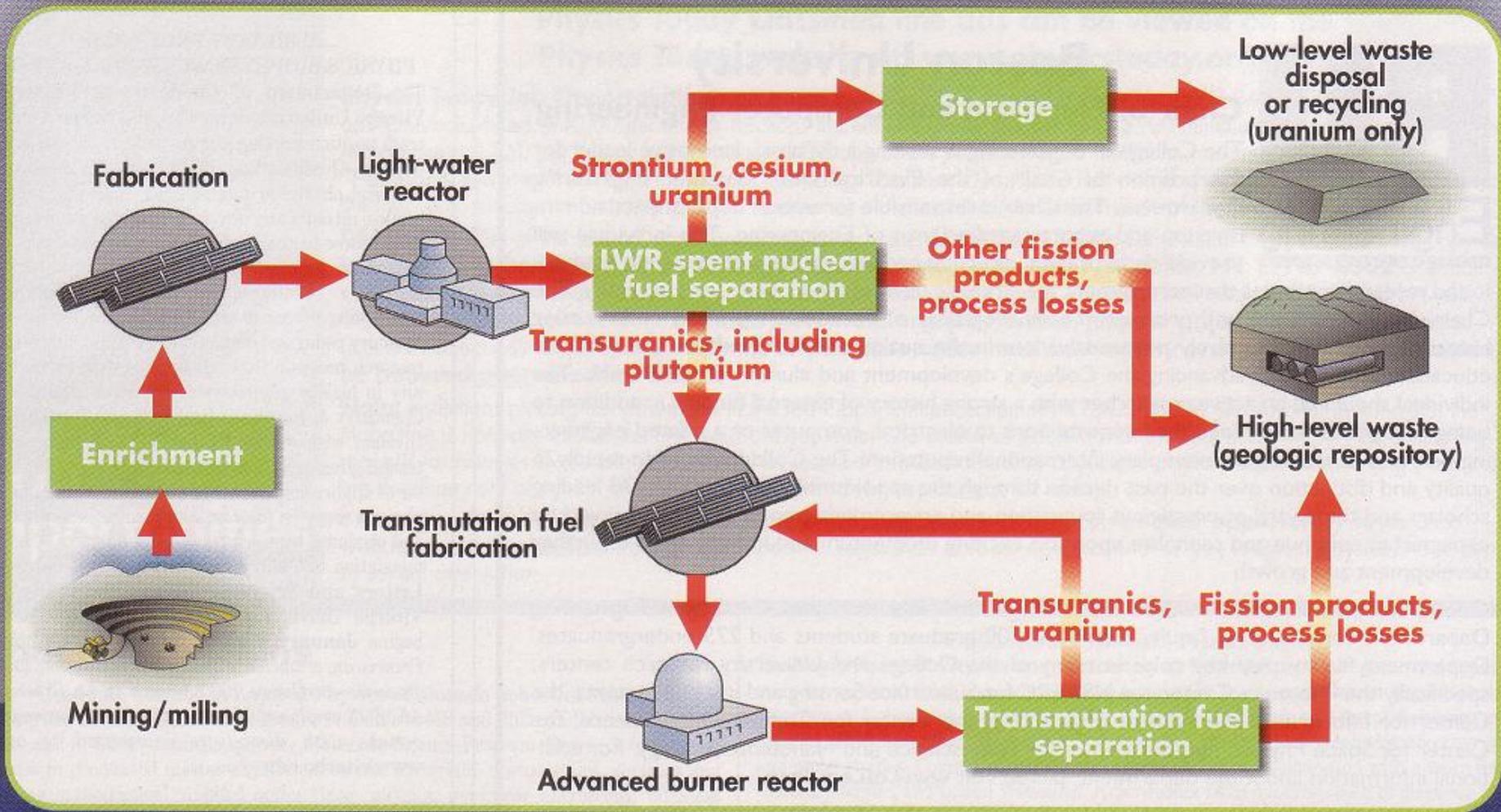
- 1991～96年に日本の協力でフィージビリティスタディ(FS)を実施したが、計画が中断。
- 2000年代に入り、将来の電力不足に対する危惧から、原子力発電計画が再浮上。以前のFSをベースとした原子力発電計画について、IAEAのレビューを受けたところ、地震・地質・火山活動に関する情報を追加すべき等の指摘を受けた。
- 2006年1月、エネルギー政策に関する大統領令で原子力発電を新エネルギーの一つとして位置付け、原子力発電導入を目指す立場を明確化。
- 今後2015～16年に初号機の運転を開始し、2025年までに計4基の原子力発電所を建設する計画。

ベトナム

- 原子力発電導入可能性の予備的調査の結果、2017～2020年の間に、原子力発電設備容量200～400万kWの原子力発電所を建設することが示された。
- 現在、この調査の承認手続中で、今後、本格的な原子力発電導入可能性の調査が行われる予定。

9. 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた 国際的な枠組み作りへの積極的関与 (各国の原子力発電・再処理の現状)

	国名	原発数	再処理施設	備考
核燃料サイクル国	日本	55	○	東海、六ヶ所
	米国	103	×	これまで使用済燃料を直接処分する方針であったため、商業用再処理は行っていない。 再処理の研究は実施。
	フランス	59	○	ラ・アーグ
	ロシア	31	○	チャリャピンスクー40(マヤーク)
	英国	23	○	セラフィールド
	中国	9	△ (パイロットプラント)	フランスの協力で大規模再処理施設の建設計画有。
その他の原子力発電国	インド	15	○	タラプール、カルパカム
	韓国	20	×	
	ドイツ	17	×	
	カナダ	18	×	
	スウェーデン	10	×	
	スペイン	9	×	
	その他	71		
総計		440		
原子力発電導入検討国	ベトナム		×	2017～2020年に運転開始を目指す。
	インドネシア		×	2020年までに運転開始を目指す。



Candidate fuel cycle system for the US Department of Energy's Global Nuclear Energy Partnership program. Transuranics from reprocessed light-water reactor spent fuel are fabricated into fuel elements—possibly using UREX+ (uranium extraction) reprocessing—for use in a fast burner reactor. Transuranics and uranium are separated—possibly using pyrochemical processing—from the burner reactor's spent fuel and are fabricated into new fuel elements for repeated burner cycles. (Adapted from DOE's *Report to Congress: Spent Nuclear Fuel Recycling Program Plan* [May 2006], fig. 3.)

(参考) 米国のGNEP構想について(2)

米国「国際原子力エネルギー・パートナーシップ」 (GNEP、Global Nuclear Energy Partnership)構想 に対する見解

2006年2月7日
内閣府
外務省
文部科学省
経済産業省

米国が、原子力発電の世界的な発展拡大を許容しつつ核不拡散を確保するための構想を提案したことを評価する。

また、本構想が、エネルギー効率を高め、放射性廃棄物を低減するため、使用済燃料のリサイクルを進める方向を明示したことは、米国の新たなイニシアティブとして注目される。

我が国としては、今後、どのような貢献ができるかという観点から、本構想に関する検討を行っていく考えである。

(参考) GNEPの「2段階アプローチ」(Two Track Approach)について②

2. 全体像

(1) 第一段階(Track 1)

○産業界の既存技術を活用して以下の施設の実証施設を、2020年頃をめどに建設。

①先進的燃焼炉(高速炉)

(ABR: Advanced Burner Reactor)《電気出力20～80万KW》

[注]米国は当初はABRの前に実験炉(ABTR)を建設する方針だった。

②統合核燃料取扱センター(再処理及び燃料製造施設)

(CFTC: Consolidated Fuel Treatment Center)《処理能力100～1000t/年》

[注]米国は当初は、MA(マイナーアクチニド)を回収して燃焼する先進サイクル技術の施設(ESD)を建設する方針だったが、これを変更してMAを回収しない既存技術を応用して再処理を行い、これと燃料製造設備を隣接して建設することにより経済性を高めるCFTCを建設することとした。

○これに関し、国内外の企業等から、関心意図表明(EOI: Expression of Interest)を募集。EOIの提出期限は9月8日。

(参考) GNEPの「2段階アプローチ」(Two Track Approach)について③

2. 全体像

(2) 第二段階(Track 2)

○従来の計画どおり、先進サイクル技術(MAを分離回収して燃料に使用する技術)を用いた研究の実施と、高速炉の使用済み燃料再処理とMAを燃焼するための燃料を製造する先進的燃料サイクル施設の建設(AFCF: Advanced Fuel Cycle Facility)

3. 我が国の対応方針

- (1)これまで日本が開発してきた技術システムが国際標準となることを目指す観点から、Track 1の関心意図表明に対しては、日本原子力研究開発機構と日本メーカー各社の連名で積極的な提案を行う(核燃料サイクル施設については、更に日本原燃も連名に加わる。)。ただし、今後、商業ベースの段階に入った場合には、基本的にメーカー各社が対応する。
- (2)Track 2の先進サイクル技術の開発に対しては引き続き積極的に提案を行い、協力を具体化していく。

11. 放射性廃棄物対策の着実な推進 (放射性廃棄物の種類)

○放射性廃棄物は、放射能レベルに応じて大きく2つに区分される。

高レベル放射性廃棄物 (HLW)

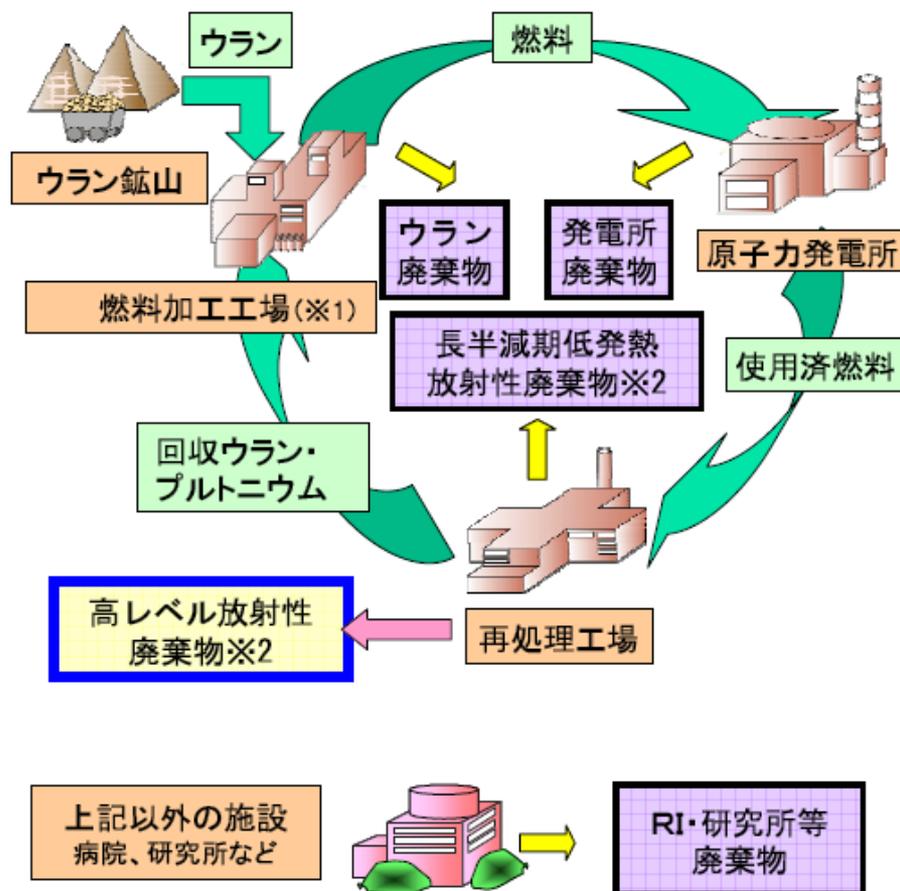
使用済燃料の再処理により、ウラン・プルトニウムを分離した後に残ったもの。放射能レベルが高い。

低レベル放射性廃棄物 (LLW)

高レベル放射性廃棄物以外の放射性廃棄物の総称。発生源により、以下のとおり区分。

- ・原子炉施設から発生する廃棄物(発電所廃棄物)
- ・長半減期低発熱放射性廃棄物^(注)
(通称「TRU廃棄物」)
- ・ウラン廃棄物
- ・RI・研究所等廃棄物

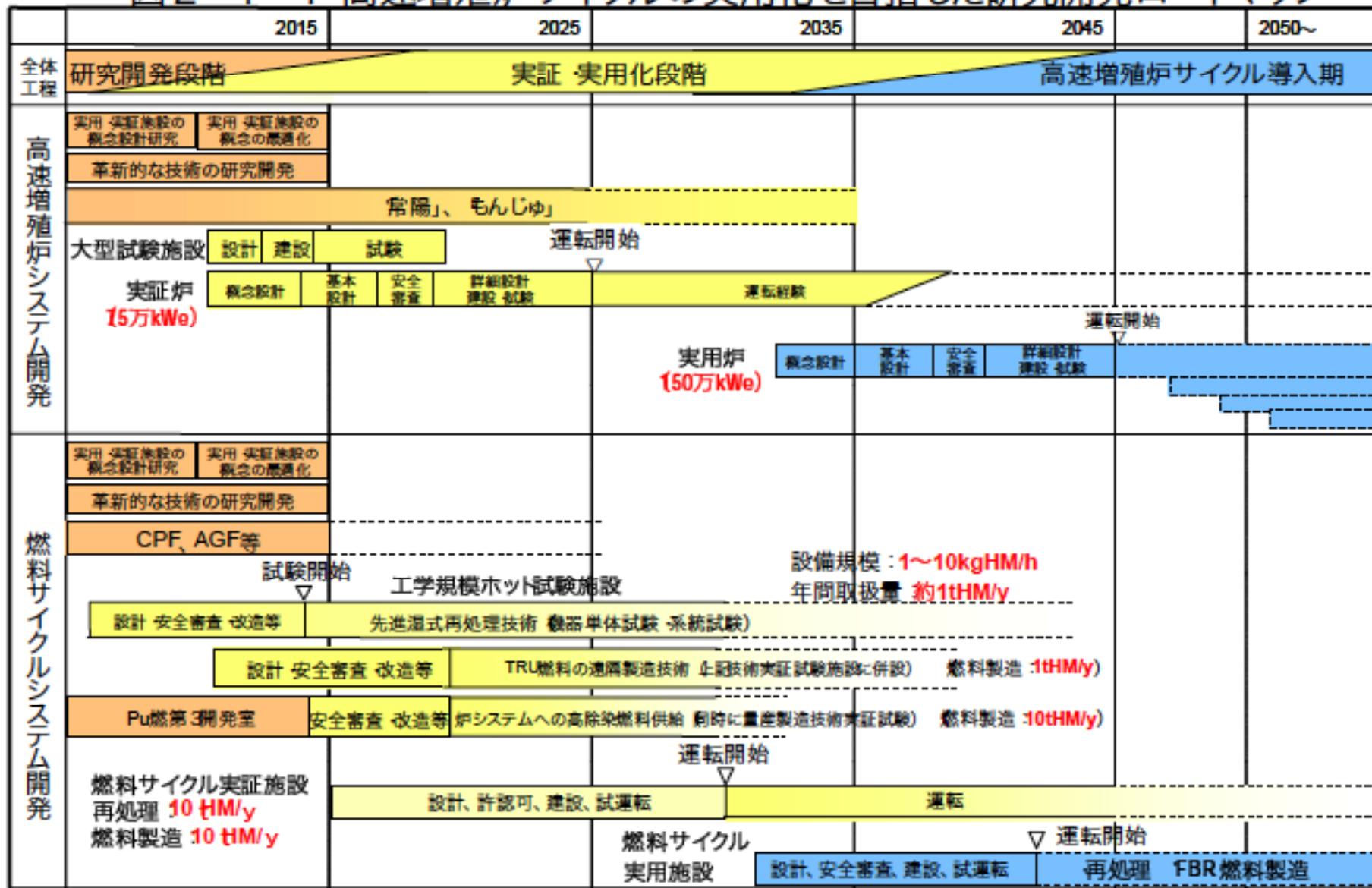
(注)本廃棄物は、発熱量は小さいが、半減期の長い放射性核種が含まれることから、それを処分する場合には、その特性等を考慮する必要があり、原子力委員会において「長半減期低発熱放射性廃棄物」と名称された。



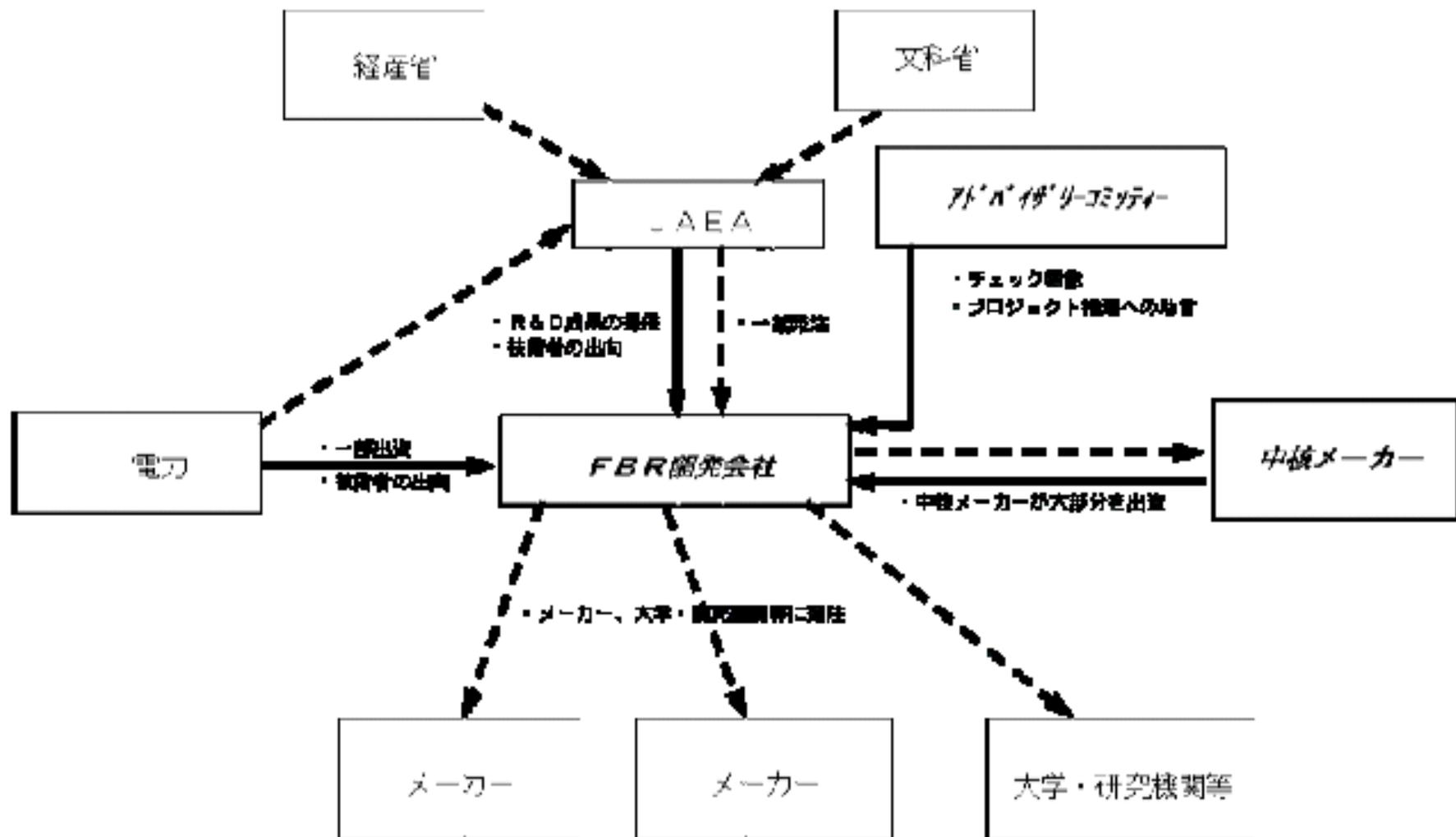
(※1)MOX燃料加工工場からは、長半減期低発熱放射性廃棄物が発生。
(※2)海外への再処理の委託に伴い返還される廃棄物を含む。

文部科学省

図 2-1-1 高速増殖炉サイクルの実用化を目指した研究開発ロードマップ



※本ロードマップは2015年までの研究開発計画を作成するにあたり想定したもの



批判的意見

地球温暖化を原発で防止するというけれど...

地球は今、温暖化が進んでいて、さらに進めば地球上の各所でさまざまな被害をもたらすと心配されています。

地球の温暖化は、温室効果その大きな原因だと考えられています。地球をとりまく大気中の水蒸気や二酸化炭素（炭酸ガス、CO₂）、メタン、フロンなどの温室効果ガスは、太陽から地球にやってくる光は通しますが、太陽光で暖められた地表から出ていく熱は逃がさず、その一部を大気層の中に残してくれます。そこからまた地表へと熱の一部が再放射されるのです。ちょうど温室のような働きをして、地球が酷寒の世界になるのを防いでくれています。

ところが、大気中のCO₂などの量が増えてくると温室効果が効き過ぎてしまう、というのが地球の温暖化説です。このままでいくと、21世紀末には地表の平均温度が1℃から6℃くらい上がると言われます。

この温暖化を防ぐいちばんよい方法は、エネルギー消費を少しでも減らしていくことです。しかし政府や電力会社は、省エネと言いながら本気ではなく、「原発が地球温暖化の防止に役立つ」と宣伝しています。それって、ほんとうでしょうか？



温暖化も放射能もない未来を！

私たちは、地球温暖化による被害も、放射能災害も望みません。地球温暖化を防止するには、脱原発による「小エネルギー社会」実現への政策転換が最も健全・確実で有効であると考えています。そのための努力を不断につづけていきます。会員となって共にご協力いただけたら幸いです。

◎もっと知りたい方におすすめ

- ・温暖化について
気候ネットワーク編『よくわかる地球温暖化問題
[改訂版]』（中央法規、2002年）
- ・原発について
西尾漢『新版 原発を考える50話』
（岩波ジュニア新書、2006年）
- ・エネルギーについて
榎屋治紀『調べてみようエネルギーのいま・未来』
（岩波ジュニア新書、2003年）

会員になってください

毎年の総会で議決にさせていただく正会員の方々と、活動の支援をしてくださる賛助会員の方々の会費に支えられて私たちは活動しています。どちらの会員にも、『原子力資料情報室通信』（月刊）とパンフレットを発行のつどお届けいたします。

正会員（年間10,000円）

賛助会員（年間6,000円）



原子力資料情報室

Citizens' Nuclear Information Center

東京都中野区東中野1-58-15-3F TEL: 03-5330-8520
http://cnic.jp/ Mail:cnic@nifty.com FAX: 03-5330-8530

原子力資料情報室

原発で地球温暖化を防ぐ...
それってほんとう？





原発で地球温暖化を防ぐ・・・ それってほんとう？

原発はCO₂の発生が少ない？

原発が温暖化防止に役立つとされる理由は、温室効果ガスであるCO₂を少ししか出さないと考えられるからです。しかしそれも、**原発で燃やした後の使用済み燃料や放射能のごみの後始末をどれくらいきちんとするかで、ずいぶん違ってくるでしょう。**何十万年もの間、放射能のごみを安全に管理しつづけようとするれば、歴大な量のCO₂を出すことにだってなるかもしれません。

原発を増やせば火力発電所を減らせる？

放射能のごみの後始末は地下に埋めておしまいにするなら、確かに原発が出すCO₂は少ないでしょう。仮にそうだとしても、温暖化防止に役立つには、**原発を増やせば火力発電所（火発）が減るのでなくてはなりません。**ところが、そうはなりません。原発をやめていく社会が火発も減らしていこうとする社会であるのに対して、**原発を増やしていく社会は、火発も増やす社会なのです。**

原発は小回りがきかず、フル出力で動かすか運転を止めるかのどちらかしかできません。刻一刻と変化する電気の需要に合わせて供給するには、小回りのきく他の発電所が必要となります。

おまけに原発はエネルギー供給源としてはきわめて不安定で、事故や送電システムのトラブルなどでひんぱんに停止します。多数の原発のいっせい停止や長期停止も珍しくありません。そのとき、他の発電所がすぐに出力を上げて助けてくれないと、大停電となります。

この2つの点で、**原発を増やすときには他の発電所も増やすことが必要になるわけ**です。

原発は他の温暖化対策より効果的？

1997年に京都で開かれた第3回気候変動枠組み条約締結国会議（COP3）に向けて日本政府は、2010年度までに**原発20基を増設**することを対策の1つの柱としました。現実には**5基しかできそうにありません**から、おおよそあてにならない対策だったと言えます。しかも既にある原発に

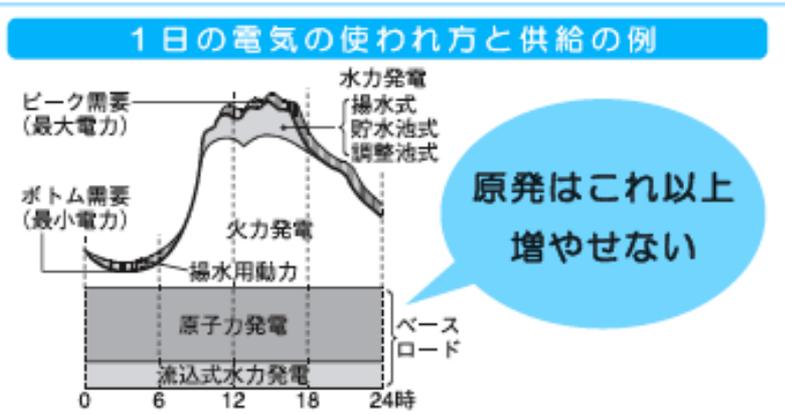
しても、いっせい停止や長期停止があるのですから、**原発が有効**として数字上の辻つま合わせに使うことの無意味さは、はっきりしています。

原発に頼った温暖化対策は、本来行なうべき対策を遅らせ、むしろ温暖化を進めてしまうと言えます。エネルギーの効率的利用、自然エネルギーの活用、交通・都市政策などなど、**原発をつくるよりコストが安く、CO₂の排出抑制や温暖化影響の軽減の効果が確実**で早くあらわれる対策が、いくらでもあるのです。

原発にたくさんのお金を注ぎ込んでしまえば、そうした有効な対策が進められません。さらに、**原発を柱とした温暖化防止対策は、エネルギーの大量消費がこれからもつづけられるとの誤解を与え、エネルギーと環境の問題を本気で考えることの邪魔**をします。その意味でも、**地球環境の悪化を進めること**になります。**原発に頼って**は、**持続可能な社会は実現できません。**

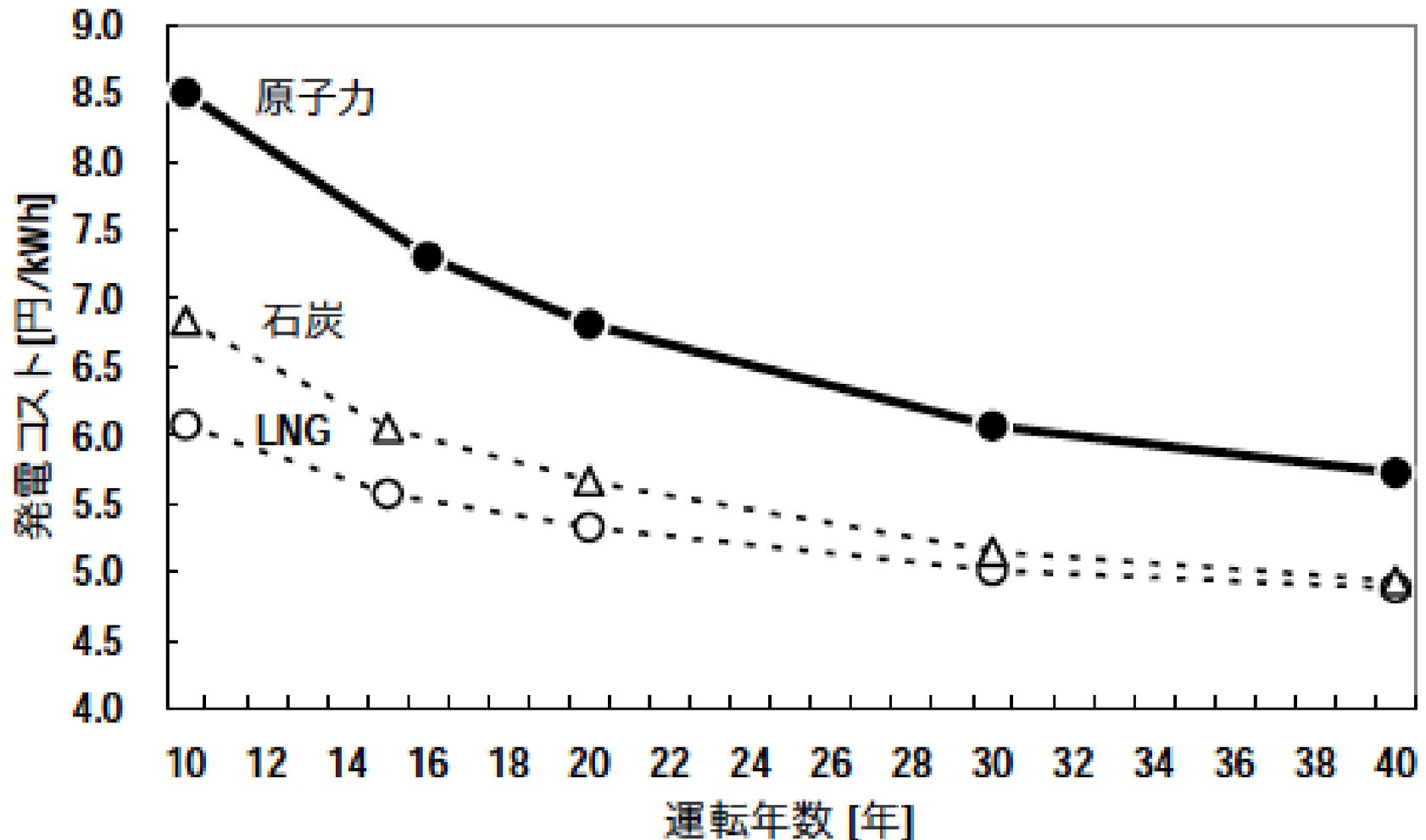
原発から出る放射能は安全に管理できるの？

そもそも放射能を生み出す**原発が、地球環境にとって好ましいものであるはずはありません。**「放射能は安全に管理できる」と政府や電力会社は主張していますが、**気体や液体の放射能ごみは環境に排出され、周辺地域を汚染**しています。固体の放射能ごみは地下に埋め捨てられます。やがて容器は壊れて放射能が漏れ出てきます。**原発や放射能ごみの処理・貯蔵・処分施設で大事故**があれば、**大量の放射能がたちまち環境に放出**されます。



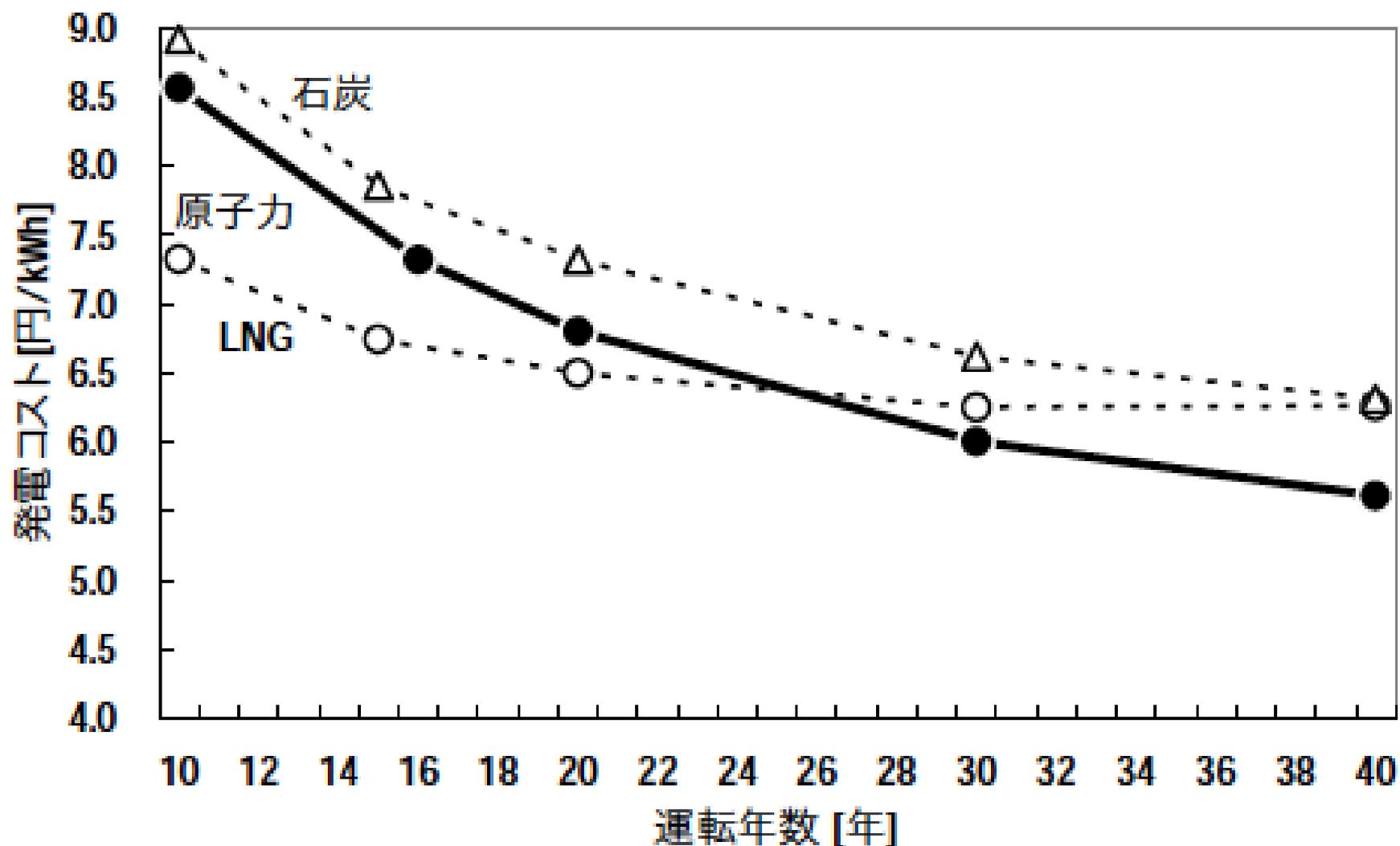
原発はこれ以上
増やせない

図 1-1 運転年数と発電コストの関係
(今回の試算結果, 設備利用率 80%)



勝田忠広¹、鈴木利治

図 1-2 運転年数と発電コストの関係
(原子力部会の試算結果, 設備利用率 80%)

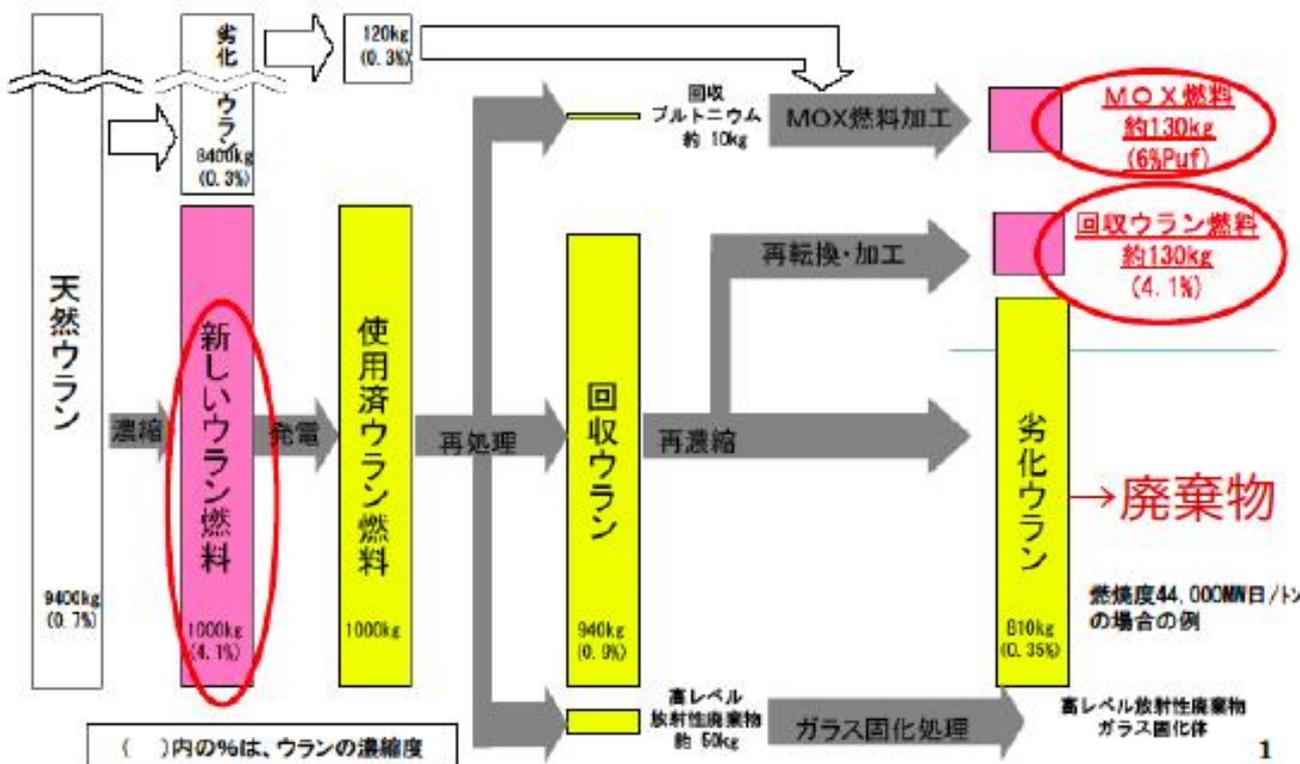


わずかの節約効果に 廃棄物の増加と膨大な費用と



プルサーマルによるウラン資源節約の効果

1000kgの使用済燃料を再処理すると、
約130kgのMOX燃料と約130kgの回収ウラン燃料を再生



新計画策定会議資料より

- 95%再利用はうそ！せいぜい10数%

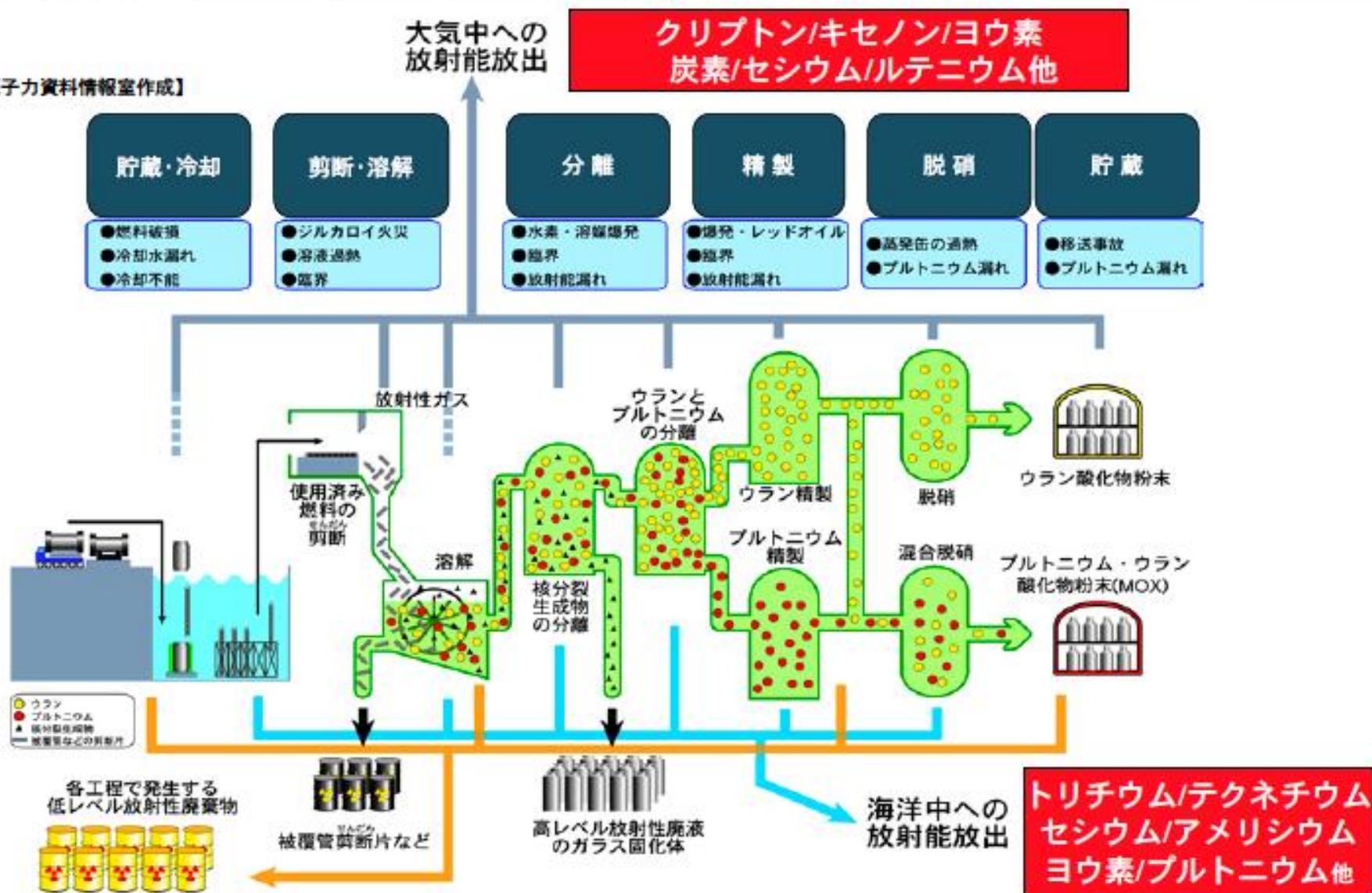
- 再処理コストは再処理なしの5割り増し。

- 再処理によって、再処理廃棄物が増えて、放射性廃棄物の量は6倍に

- 劣化ウランも将来は廃棄物に

六ヶ所再処理工場の工程と危険性

【原子力資料情報室作成】



六ヶ所再処理工場のコストの変遷

1989年	事業許可（日本原燃サービス）	7600億円 （建設費のみ）		
1996年	大規模設計変更（日本原燃）	1兆8800億円 （同上）		
1999年	見直し	2兆1400億円 （同上）		
2001年	追加	2兆2000億円 （同上）		
2003年	電事連試算	11兆円	建設費〔含増設分〕	3兆3700億円
	<small>（試算は40年間100%フル稼働、無事故の前提）</small>		運転・保守費	6兆0800億円
			解体・廃棄物	1兆5500億円

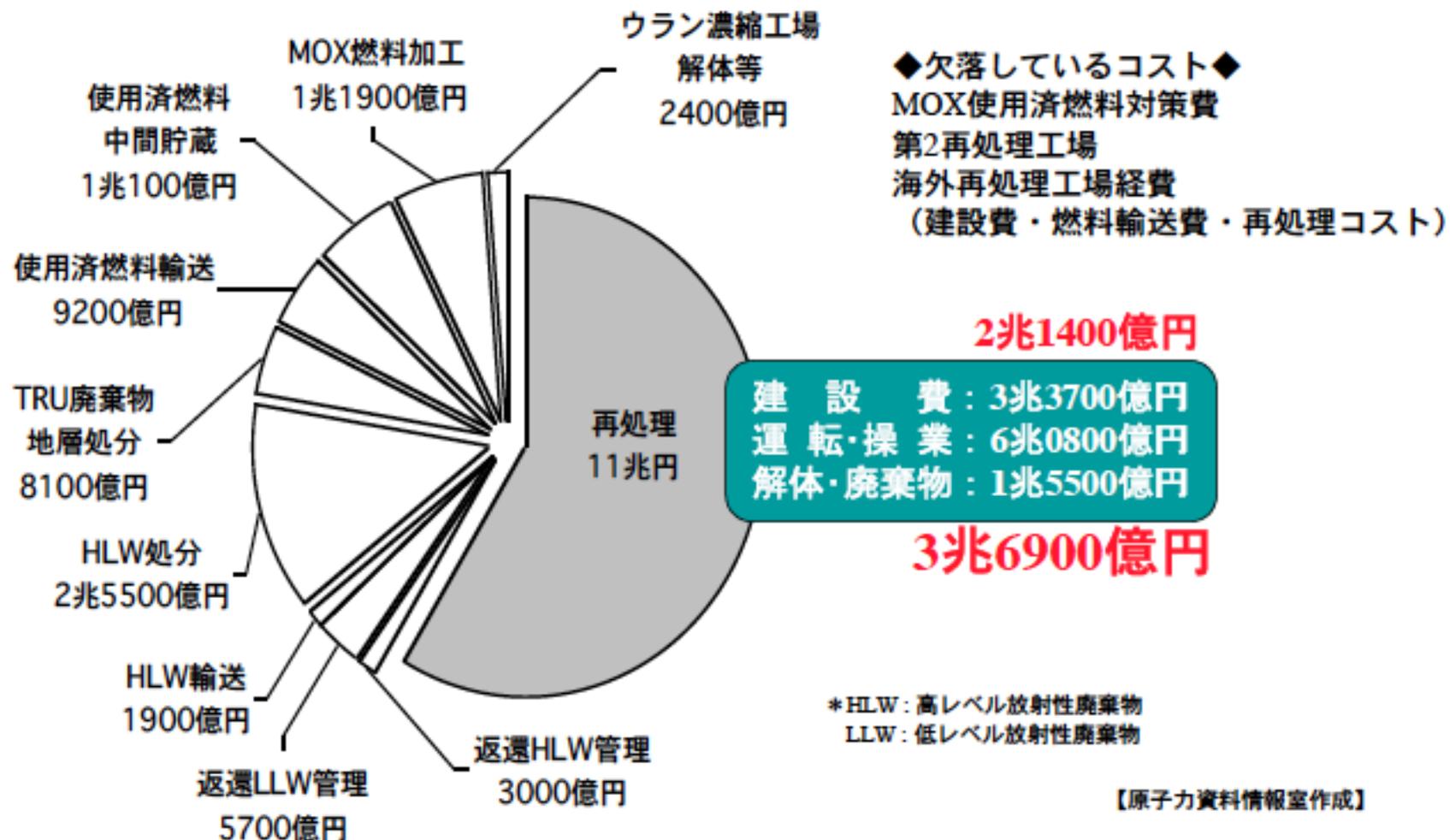
◆工場の安全審査時は、7600億円の建設費しか試算・公表されませんでした。着工10年後に初めて、総額約11兆円が明らかにされた。（コスト不明の公共事業が開始されていた！）

◆原子力政策大綱（2005年決定）の核燃料サイクル推進の方針によって電気料金に上乗せすることが決定された。（全国民の負担）

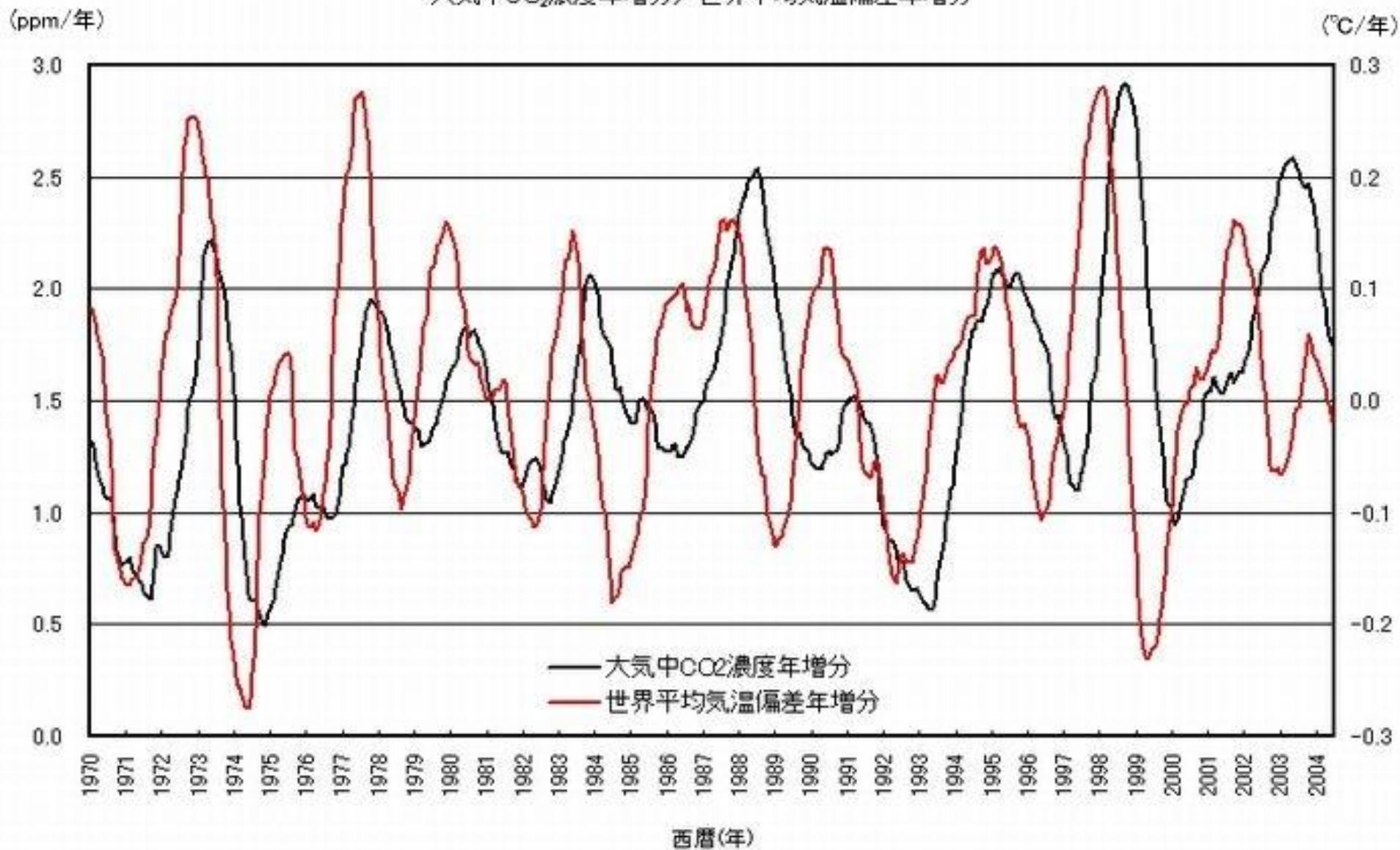
⇒**使い道のないプルトニウムのためのコスト**

核燃料サイクル関連のコスト：19兆円

再処理工場関連が約7割⇒使用済み燃料直接処分の選択肢を選択すべき



大氣中CO₂濃度年增分／世界平均氣溫偏差年增分



近藤邦明、槌田敦

大氣中CO₂濃度／平均海面水温偏差 年増分



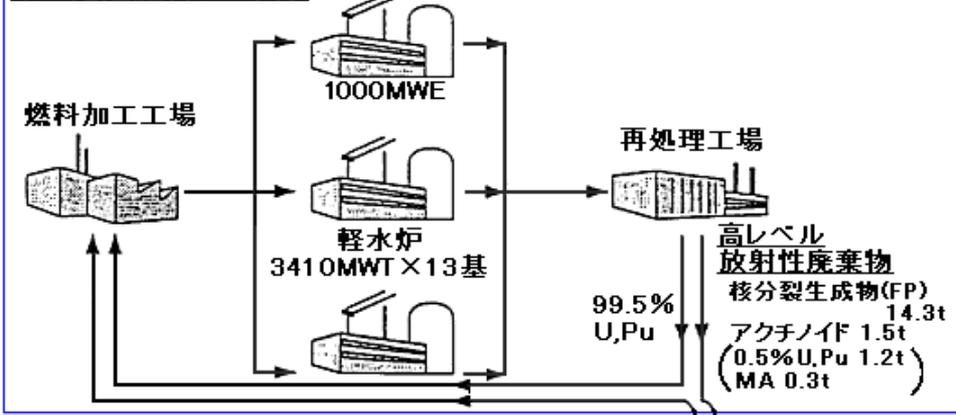
近藤邦明、槌田敦

使用済燃料の処理処分

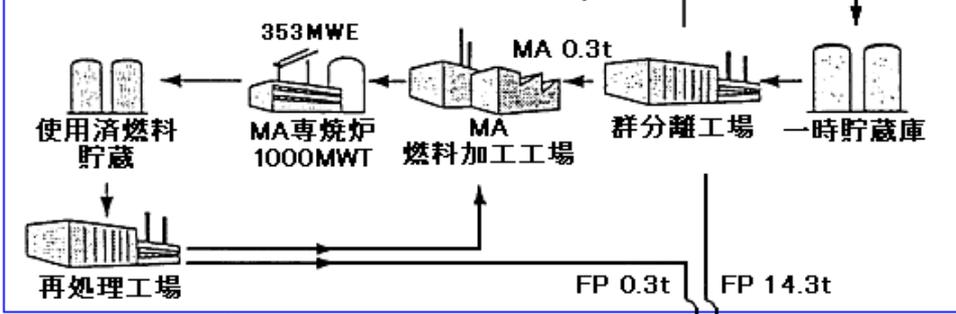
ワンスルー

分離変換処理（高速炉、加速器駆動システム）

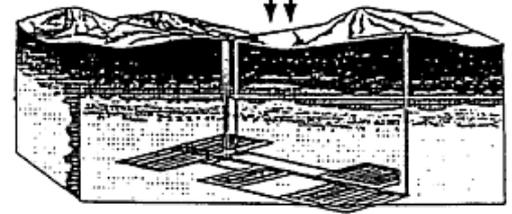
第一階層燃料サイクル



第二階層燃料サイクル (群分離・消滅処理サイクル)



MA: マイナーアクチノイド

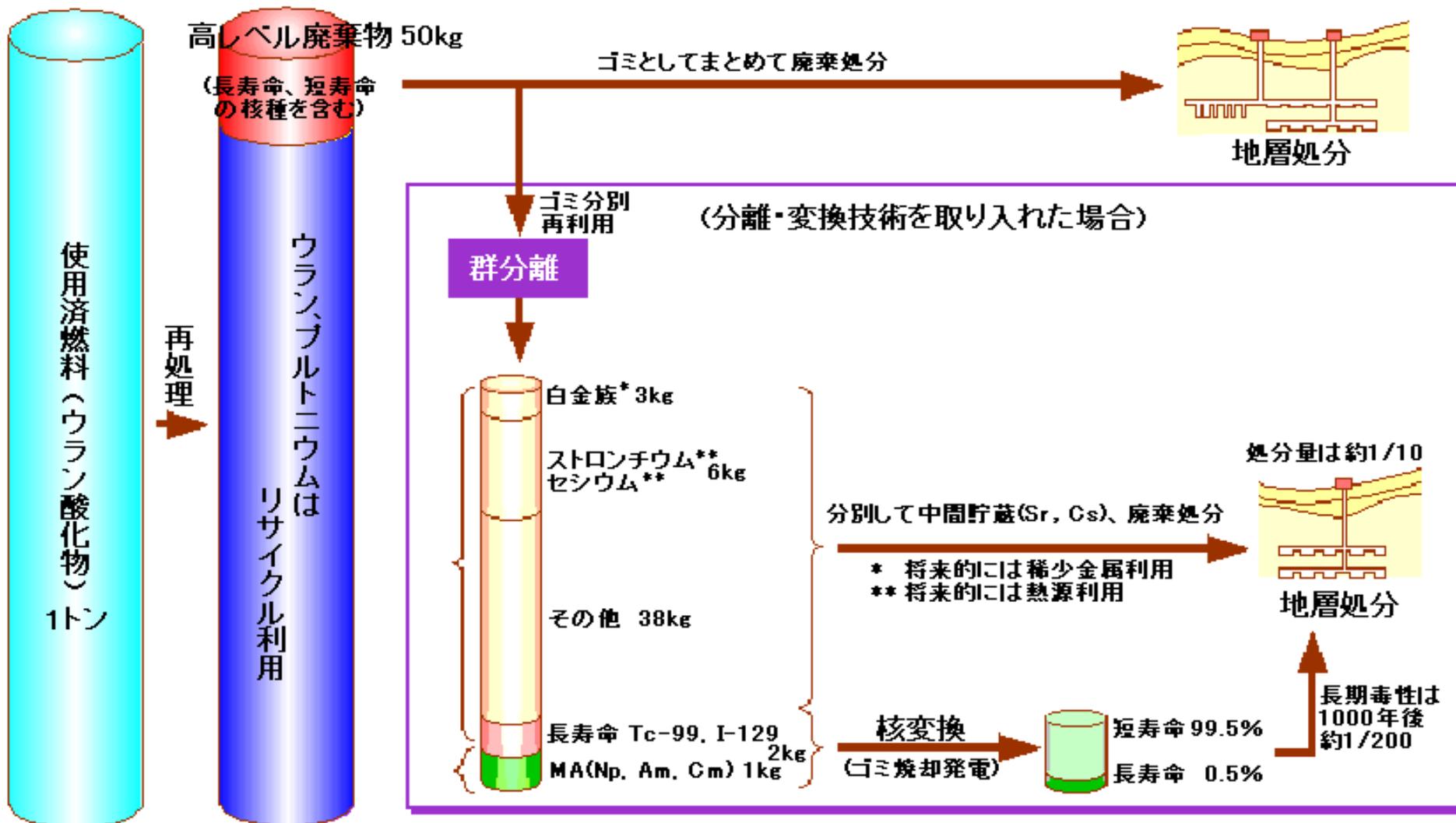


最終処分場 1000年以下

第一サイクルは通常の燃料サイクルであり、このサイクルで発生する高レベル放射性廃棄物を第二サイクルにおいて群分離・消滅処理する。この結果、階層燃料サイクルを経て出てくる高レベル放射性廃棄物は長半減期のマイナーアクチノイドを含まない核分裂生成物のみとなる。

図4 階層型核燃料サイクル概念

[出典] 向山 武彦: 長半減期放射性廃棄物の消滅処理, エネルギーレビュー, 14 (2), 8(1994)

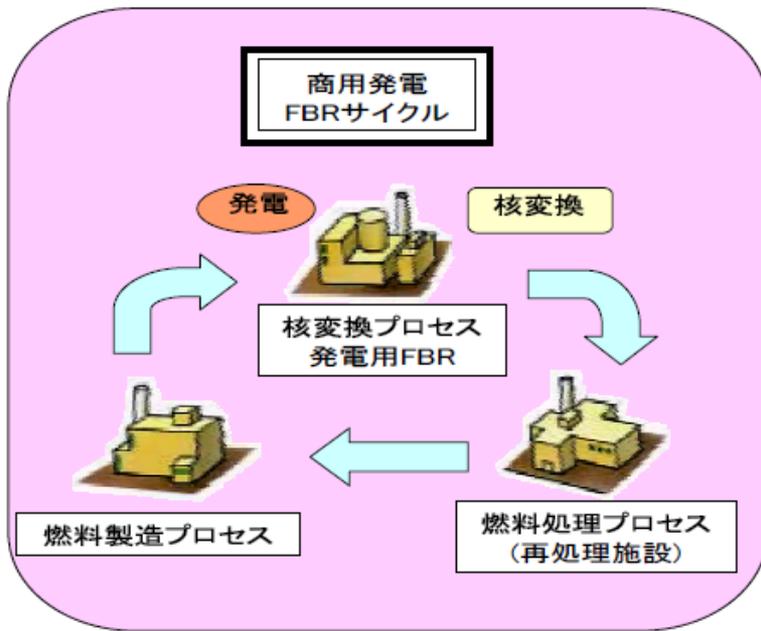


長寿命核種: 1~1000万年程度で放射能消滅する。 短寿命核種: 1000年程度で放射能消滅する。

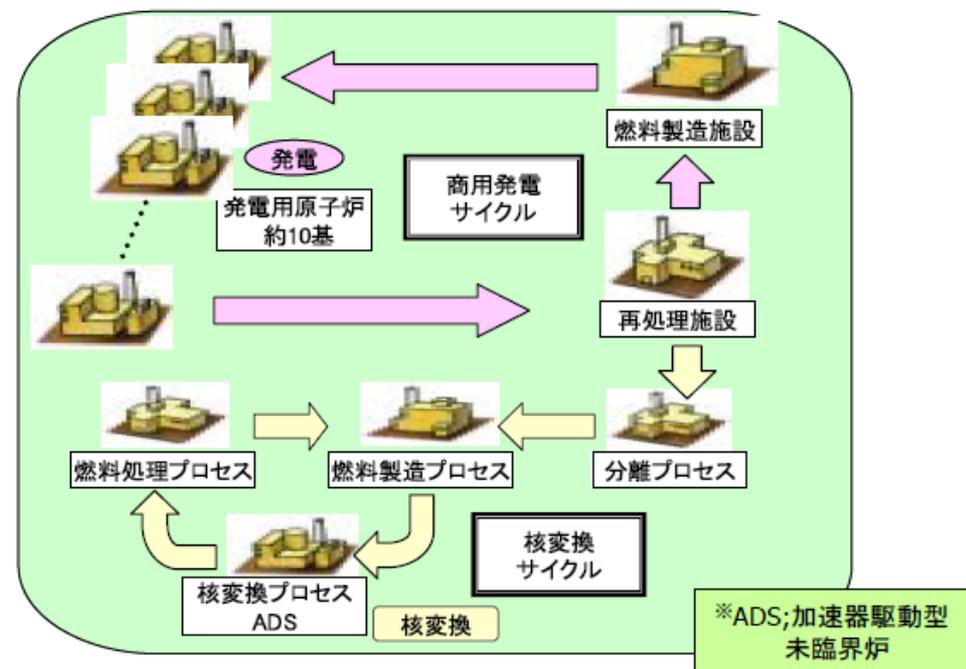
図1 高レベル廃棄物の分離核変換技術とは

[出典] 高野 秀機: 加速器駆動炉核変換における核データ、連載講座 核データ③ 核データの測定と応用、日本原子力学会誌、Vol.43、No.7、p.659(2001)。

高速炉(FBR)サイクル利用型



階層型(商用炉+ADS※)



1) 核種分離技術:

- ・ADS利用型を念頭においたMA(Np, Am, Cm)や核分裂生成物(Sr, Cs)の分離技術の研究開発(原研)
- ・FBR再処理技術を念頭においたMA等分離技術(サイクル機構), 乾式再処理技術の研究開発(電中研等)

2) 核変換技術:

- ・MAの核変換特性の研究, MA燃料製造技術開発, 基礎物性測定等
- ・FBR利用型について, 実用化戦略調査研究としてシステム検討等実施中(サイクル機構)
- ・ADS利用型について, 今後の大強度陽子加速器による中性子発生技術開発と基礎物理実験を柱として, システム検討, 要素技術開発を実施中(原研)

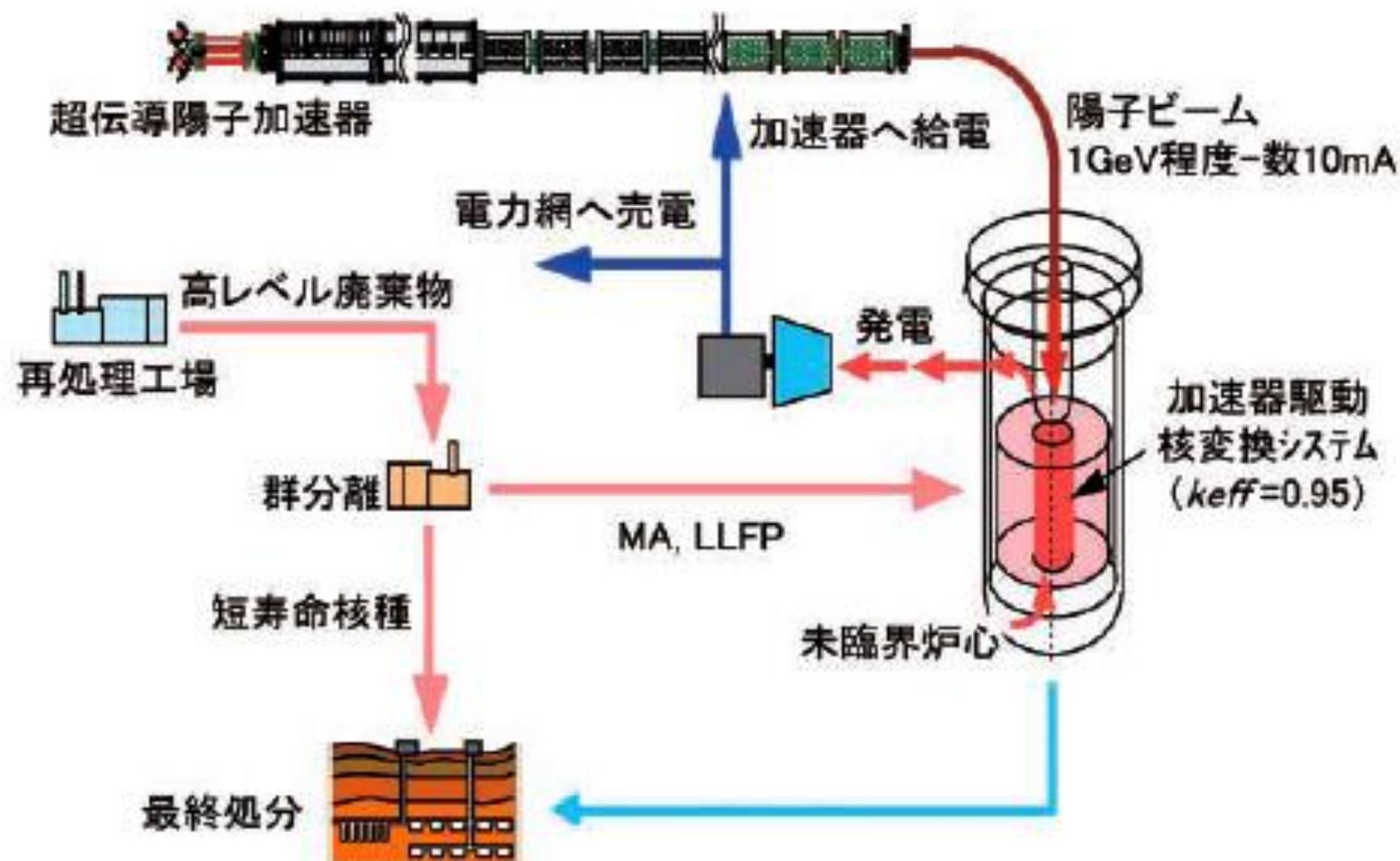
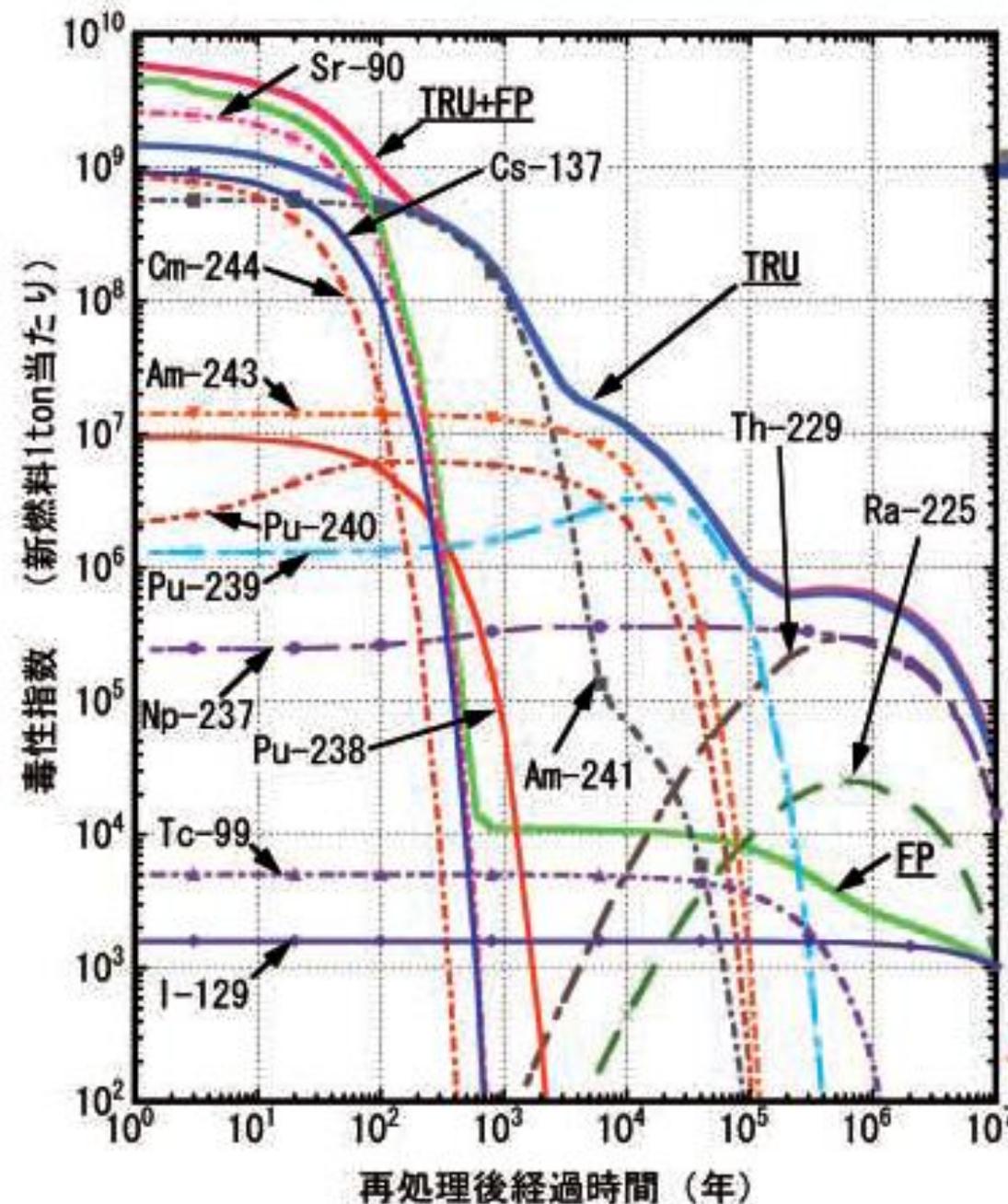


図4 ADSによる核変換システムの基本概念

高レベル廃棄物の放射性毒性

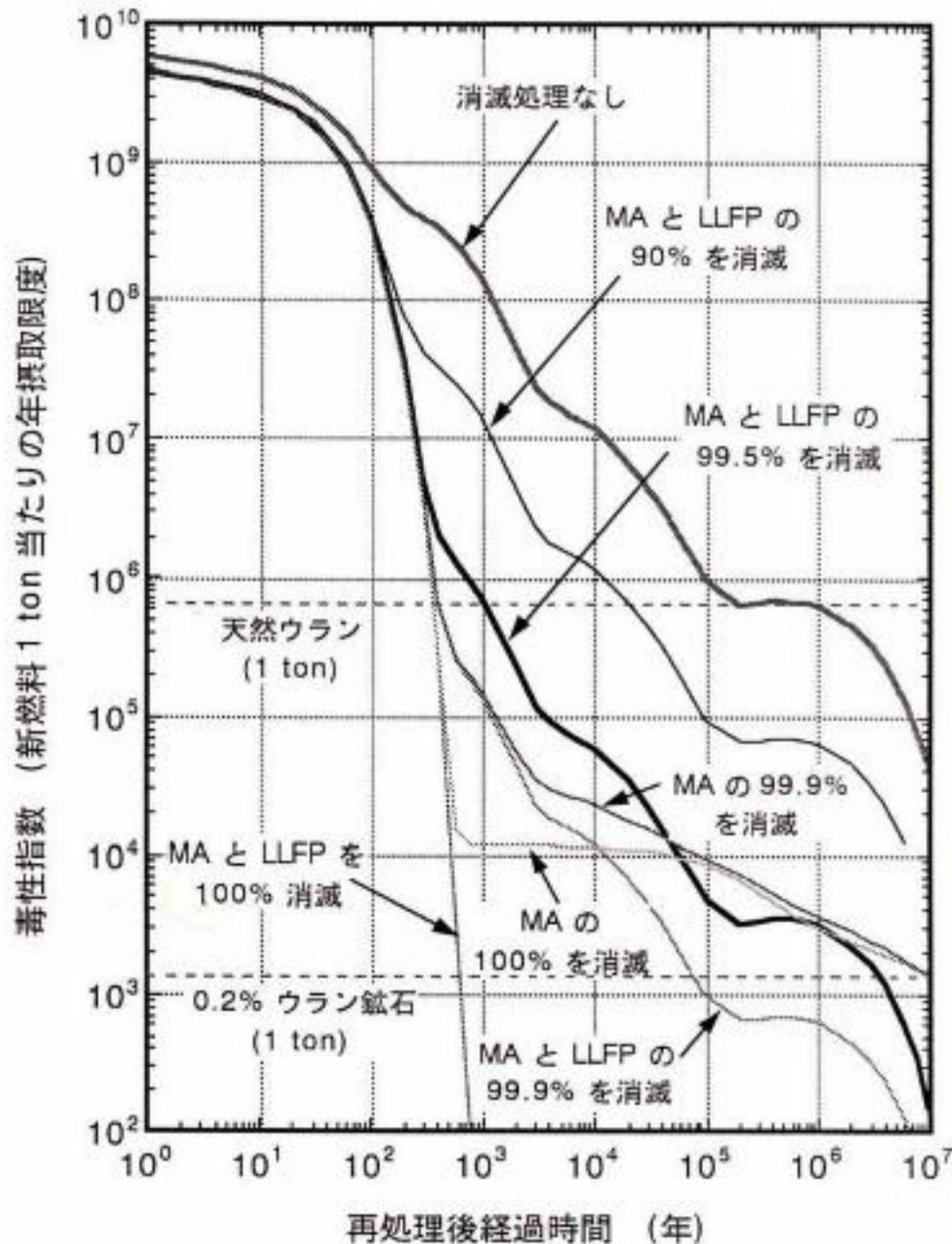


・**毒性指数**: 含まれる核種の質量をそれぞれの年摂取限度で除した数値

・再処理後100年はFPが支配
100年以降はMAが支配

半減期: Sr-90 = 28年
Cs-137 = 30年
Np-237 = 214万年
Am-241 = 433年
Am-243 = 7370年

☆MAを減らせば、長期にわたるリスクが低減できる。



半減期30年以上を対象にし、使用済燃料は燃焼度33GWd/tで3年冷却後を想定したもので、UおよびPuの回収率を99.9%を仮定している。

MAとLLFPを99.5%で処理できたとすると1000年程度で天然ウランと同程度の毒性となり、変換しない場合に同程度の毒性になるのに10万年必要とするのに比べ管理への負担は非常に軽くなる。

MA : マイナーアクチナイド
LLFP:長半減期核分裂生成物

トリウムサイクル

特徴：トリウムをウラン233に変換して燃料とする。

核不拡散性。環境負荷低減。

トリウム溶融塩炉はかつて米国で成功している

加速器駆動（ADS）にすれば未臨界なので安全。

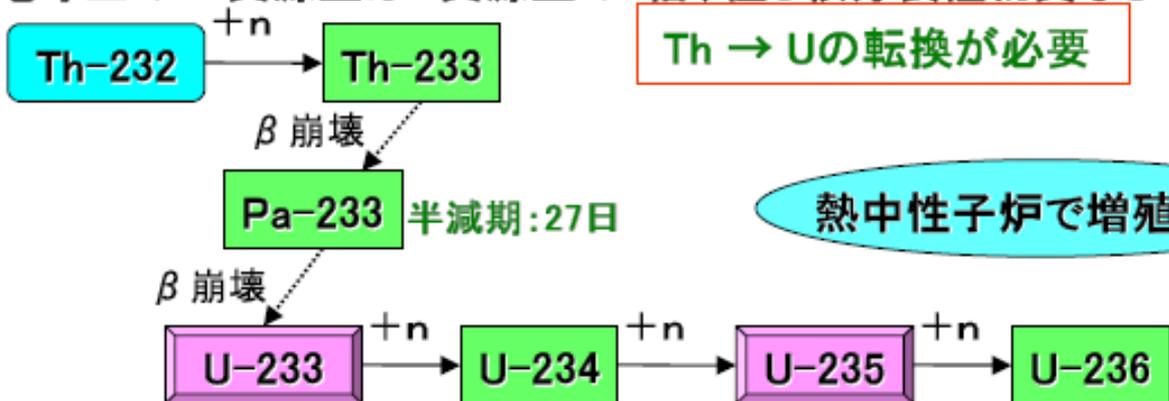
古川和男 トリウム溶融塩炉 加速器燃料増殖

高橋 博 加速器駆動トリウム炉提唱

カルロ・ルビア 加速器駆動トリウム炉計画

Th-Uサイクル

地球上のTh資源量はU資源量の3倍、但し核分裂性物質なし



Th → Uの転換が必要

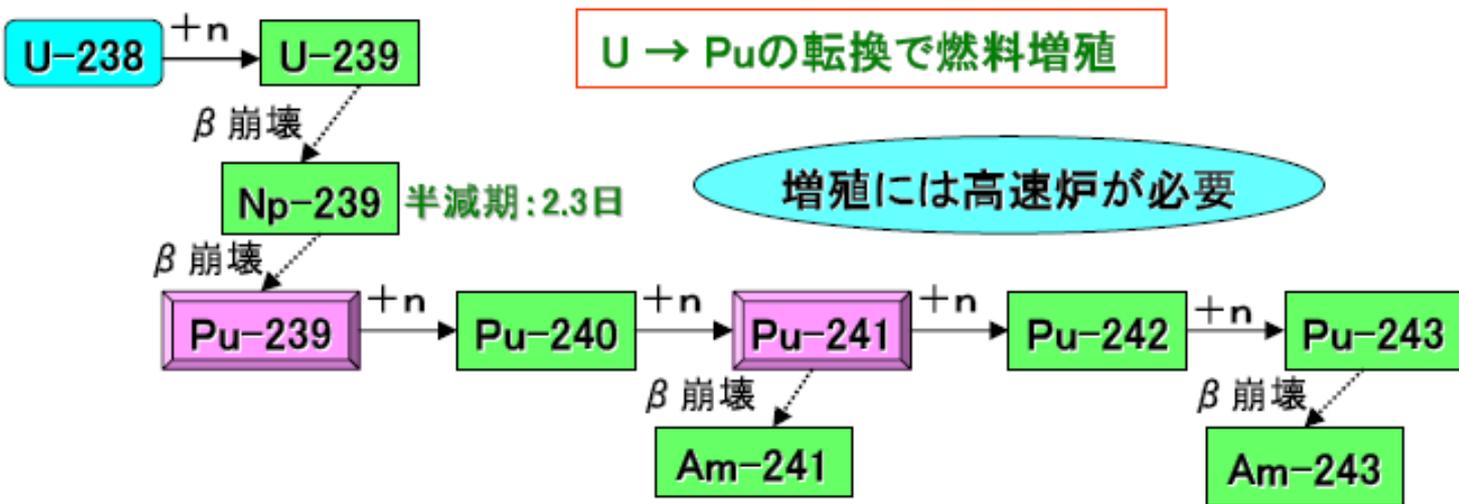
熱中性子炉で増殖可能

TRU発生量が少ない

U-Puサイクル

U-Puサイクルで発生するTRUの核変換処理に期待

U資源中には核分裂性のU-235あり、99%以上がU-238



U → Puの転換で燃料増殖

増殖には高速炉が必要

トリウムサイクル研究

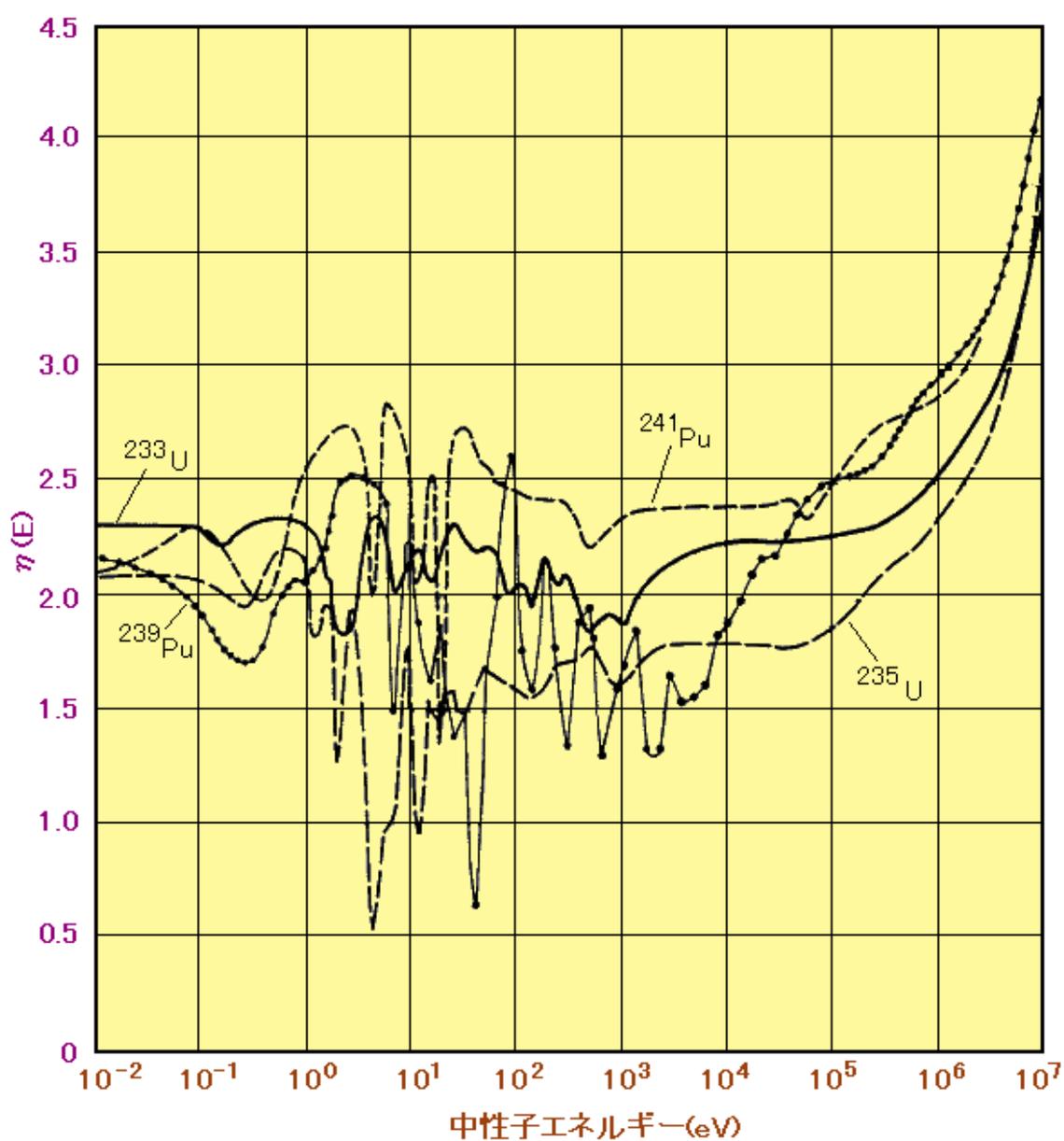
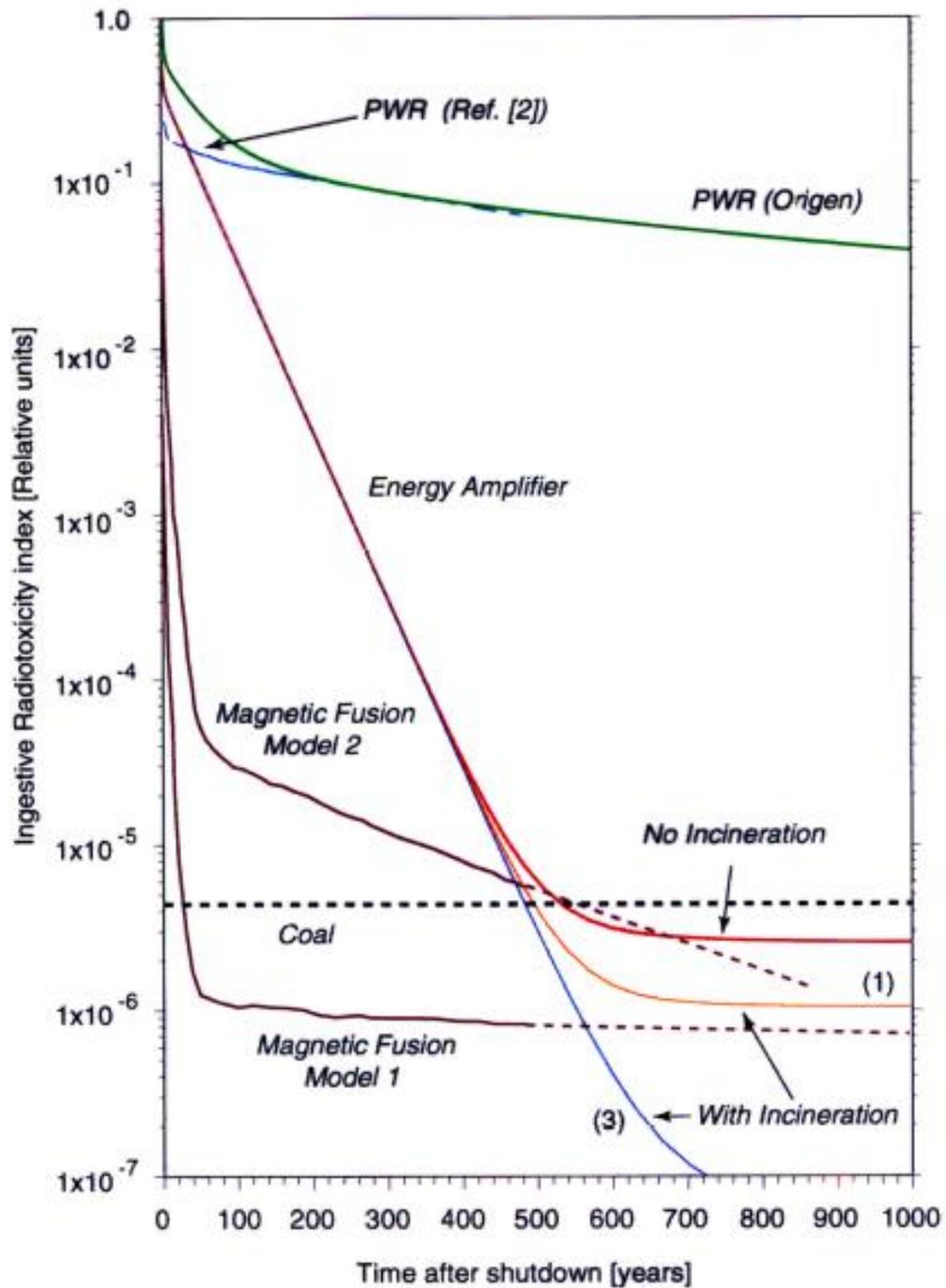


図1 U-233、U-235、Pu-239、241Puに対する η の中性子エネルギーによる変化

[出典] J.J.Duderstadt,L.J.Hamilton(著),成田 正邦、藤田 文行(訳):
原子炉の理論と解析(上)、現代工学社(1980年)、p.69



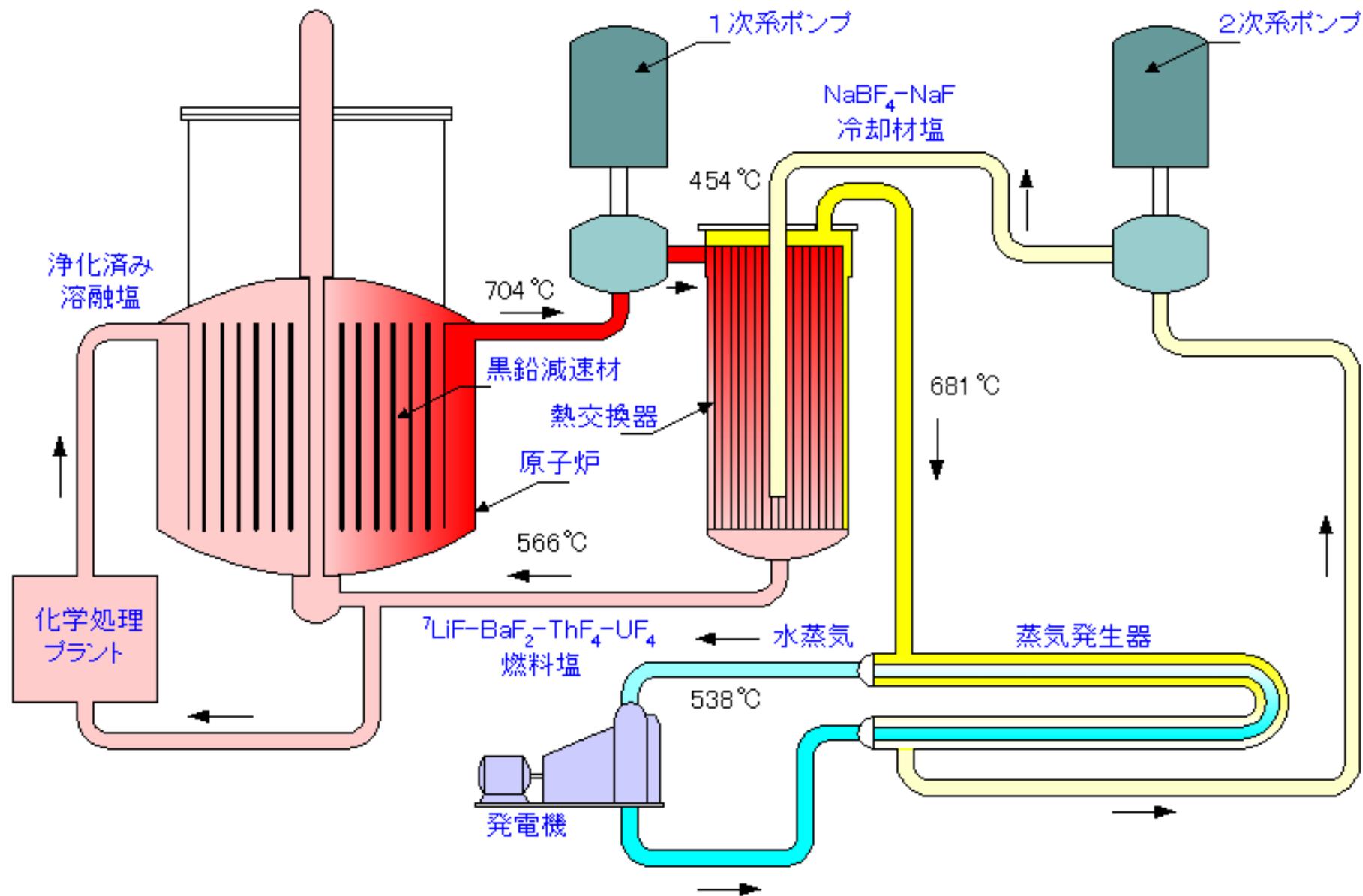


図2 溶融塩増殖炉の概念図(オークリッジ国立研究所)

[出典]S.Glasstone, A.Sesonnsuke: Nuclear Reactor Engineering, Van Nostrand Reinhold Co., p.772

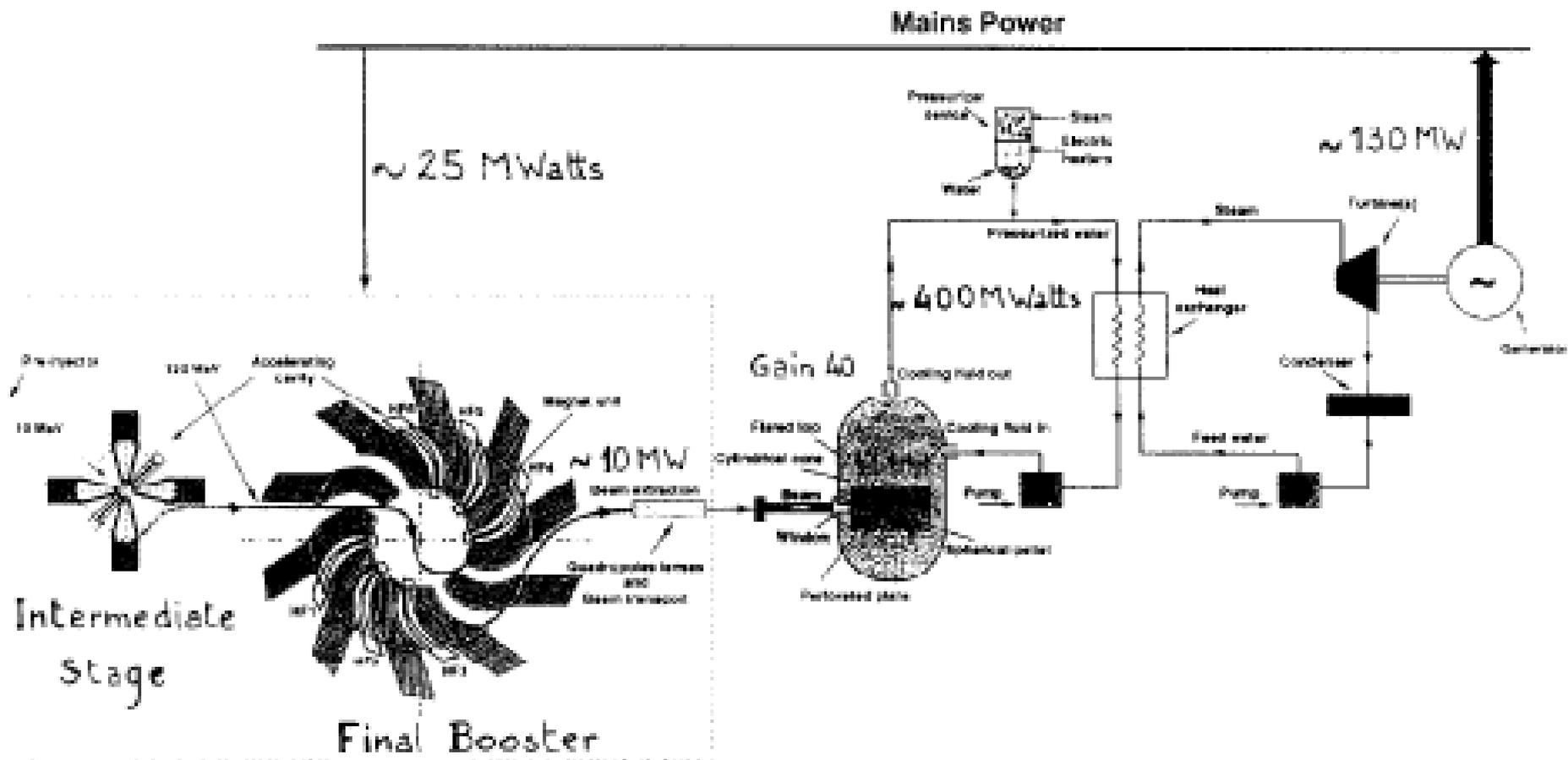


Fig 1. Scheme of the Energy Amplifier



古川和男

2006年佐藤栄作賞
「核拡散防止」

最優秀賞

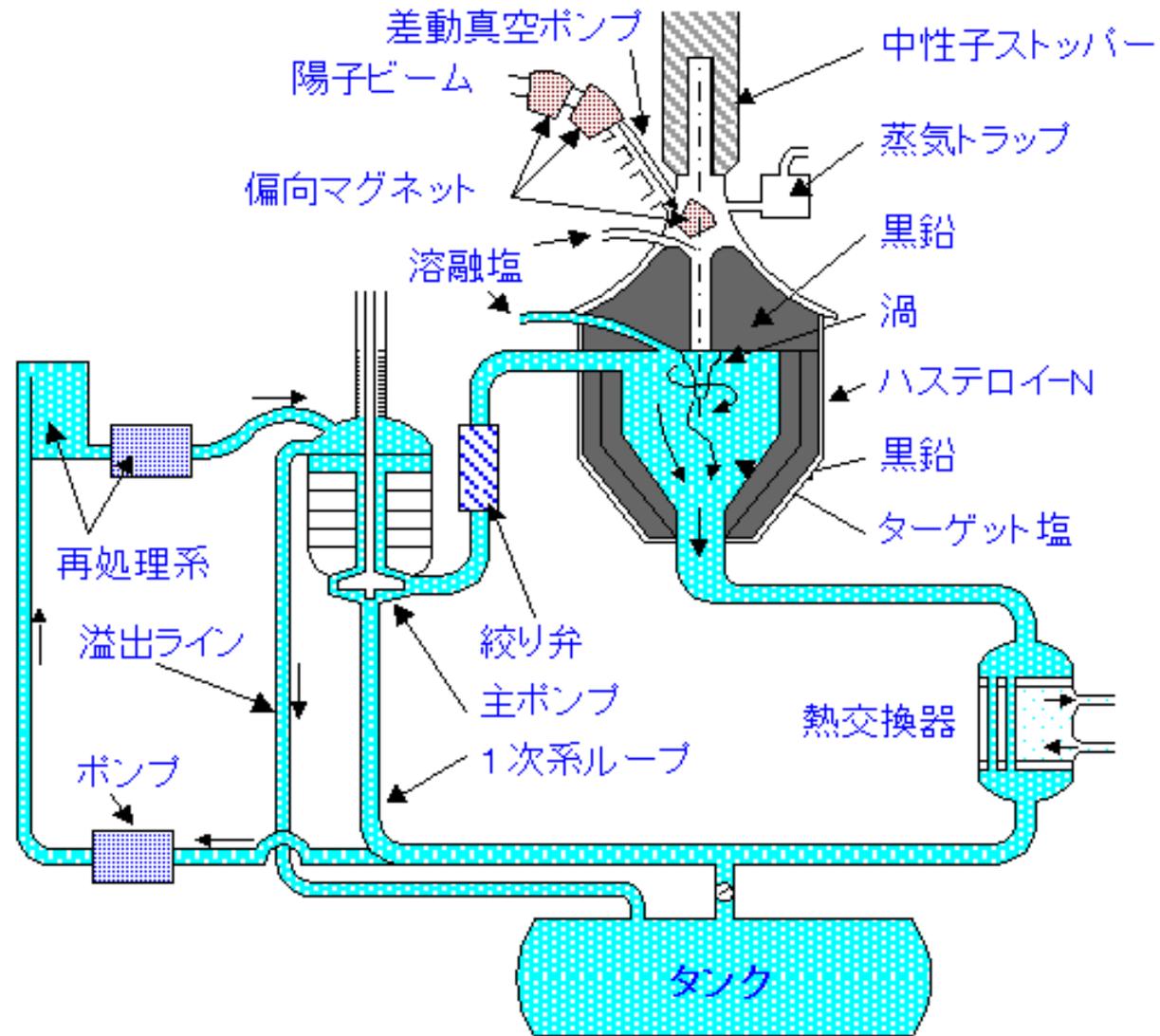
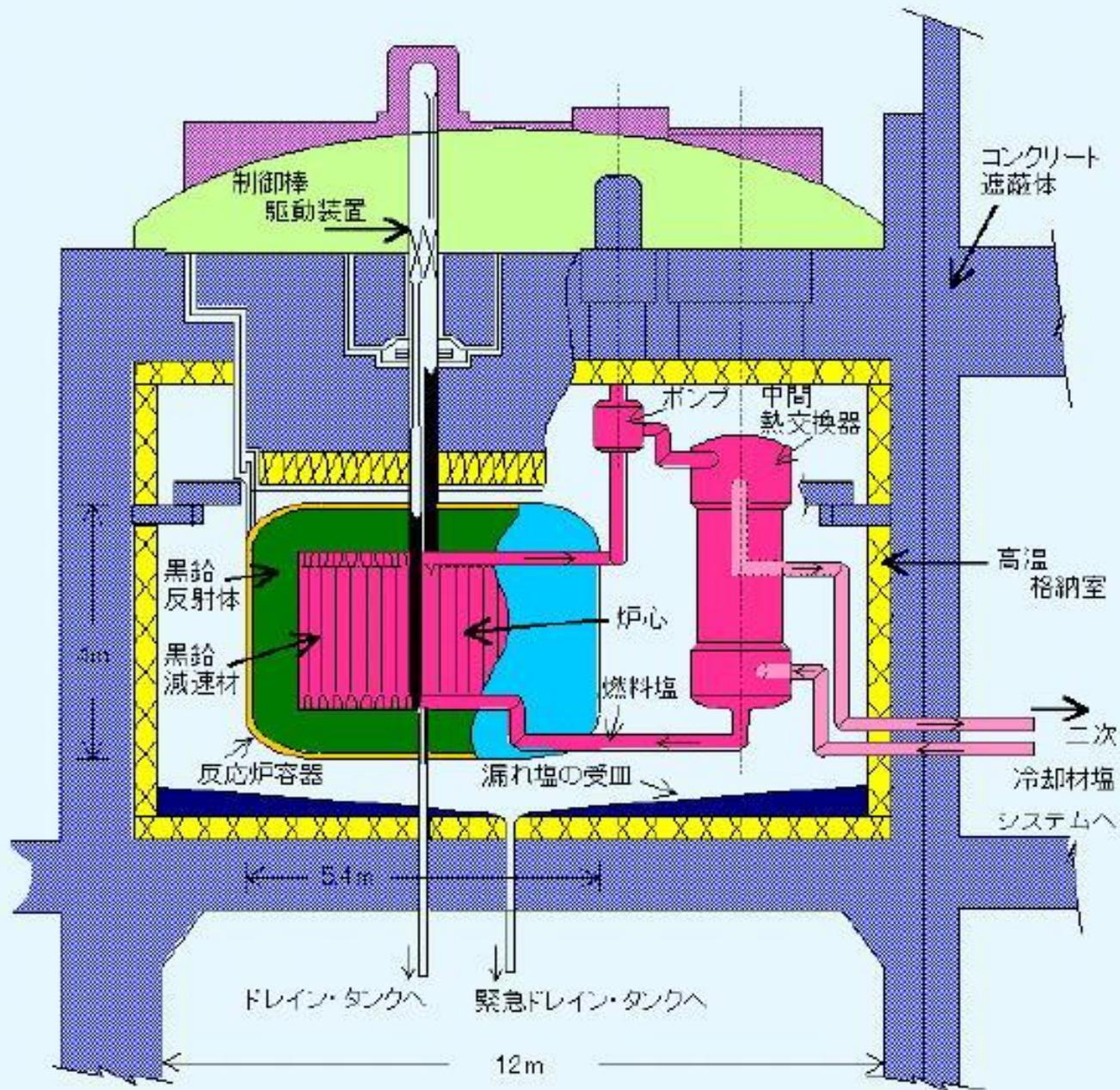


図8 加速器駆動増殖炉の概念図

[出典] IAEA: IAEA WORKING MATERIAL, THE STATUS OF THORIUM-BASED FUEL OPTIONS (to be published as IAEA TECDOC), (1996年) p.163



15万kWe 小型溶融塩発電炉(FUJI)
150MWe SMALL MOLTEN-SALT REACTOR "FUJI"

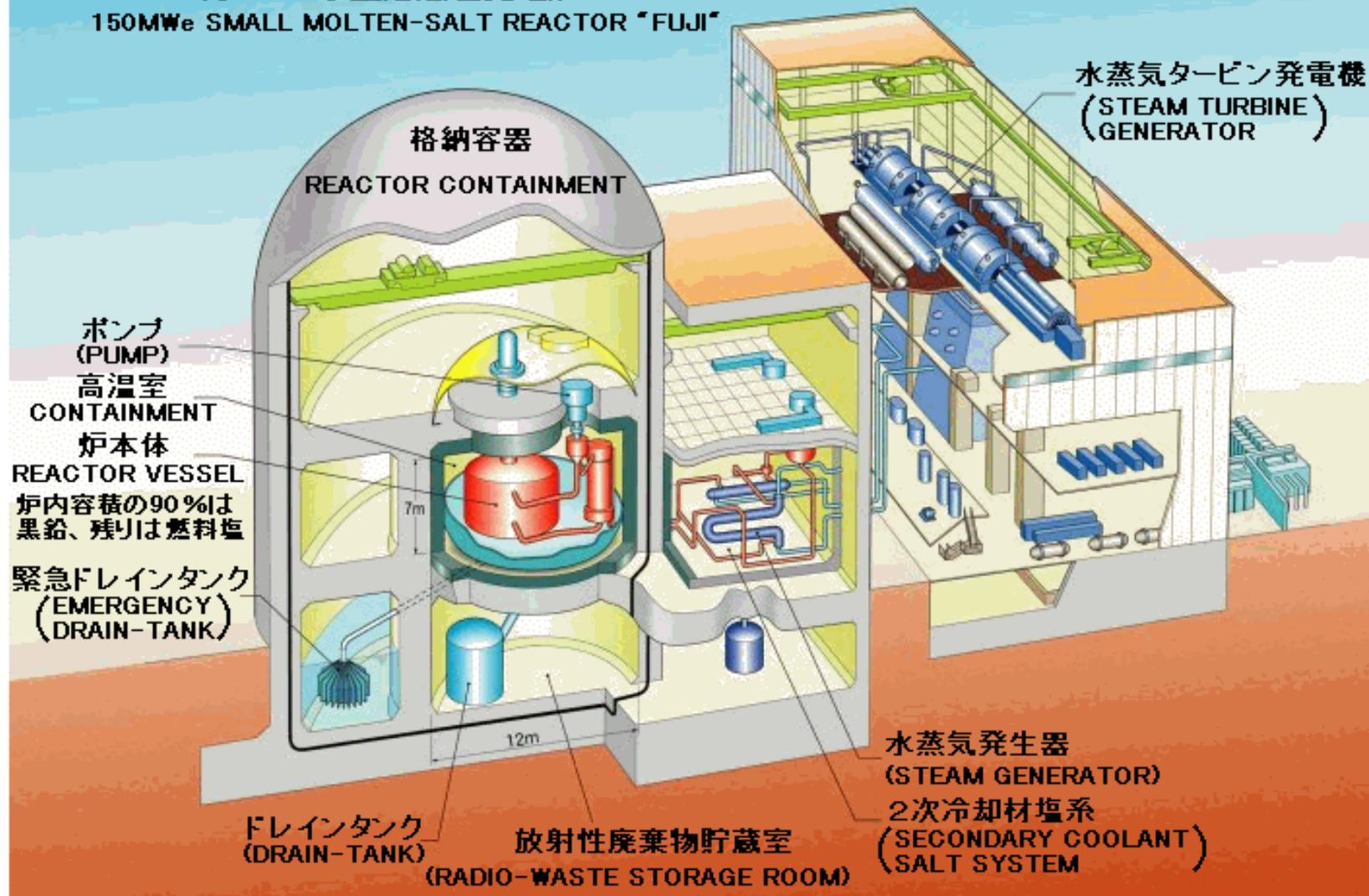


図3 15万 kWe 小型溶融塩発電炉(FUJI)鳥瞰図

[出典]Furukawa, K., et al., "Summary Report: Thorium Molten-Salt Nuclear Energy Synergetics", J. Nucl. Sci. & Tech., Vol.27, No.12, p.1165(1990)

インドの原子力政策

国産のトリウム資源を活用して、最終的には、高速増殖炉による「トリウム・サイクル」の確立を目標。現在は第2段階。

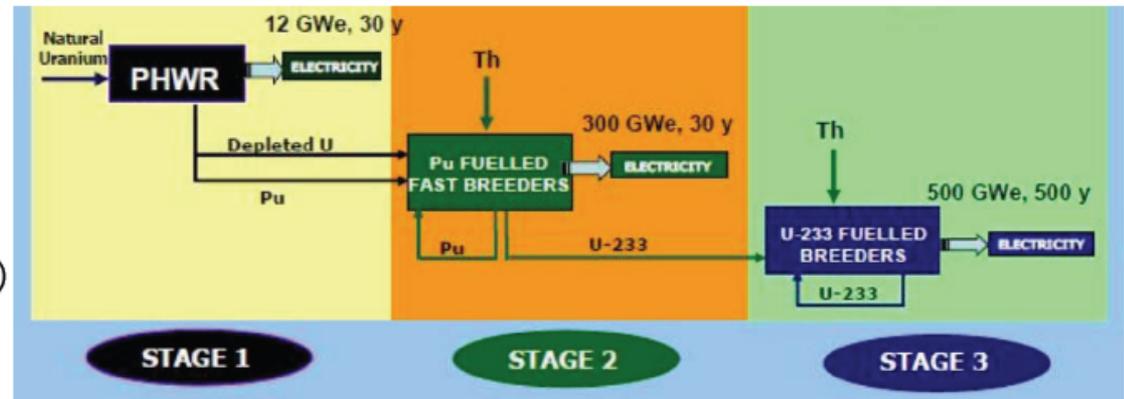
<国内資源>

- ・ウラン資源: 低品位のものしか発見されておらず、確認資源量は約5.2万t。
- ・トリウム資源: 約36万t。

<原子力政策>

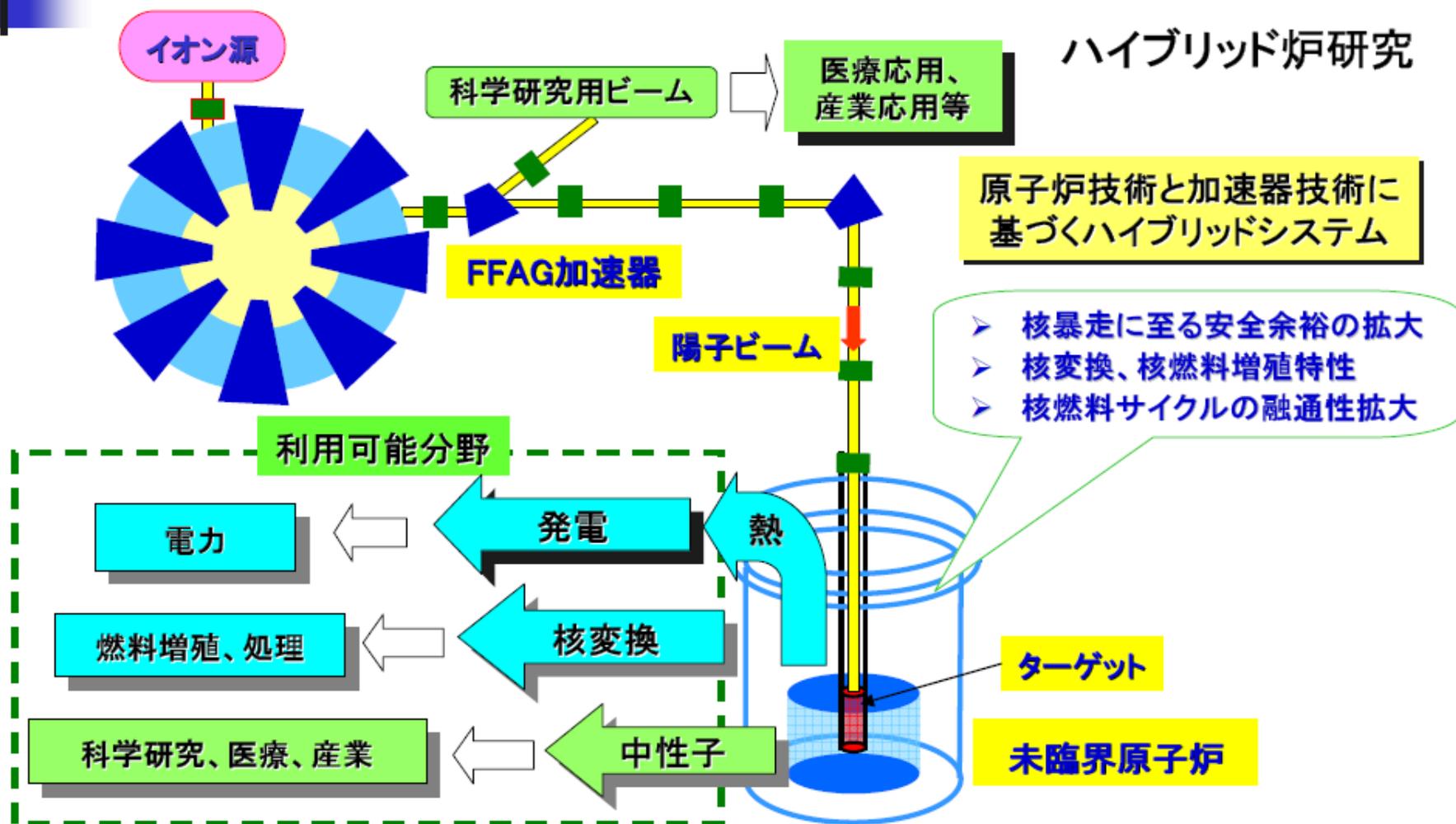
国産のトリウム資源を利用する「トリウム・サイクル」の確立を目指して次の3段階からなる。

- ①天然ウランを燃料として加圧重水炉(PHWR)で発電し、使用済燃料を再処理してプルトニウムを生産。
- ②プルトニウムを燃料として高速増殖炉(FBR)で発電するとともに、ウラン238とトリウム232を照射、再処理してプルトニウム239とウラン233を生産。
- ③ウラン233を燃料として高速増殖炉(FBR)で発電するとともに、トリウム232を照射、再処理してウラン233を生産。(トリウム・サイクル)



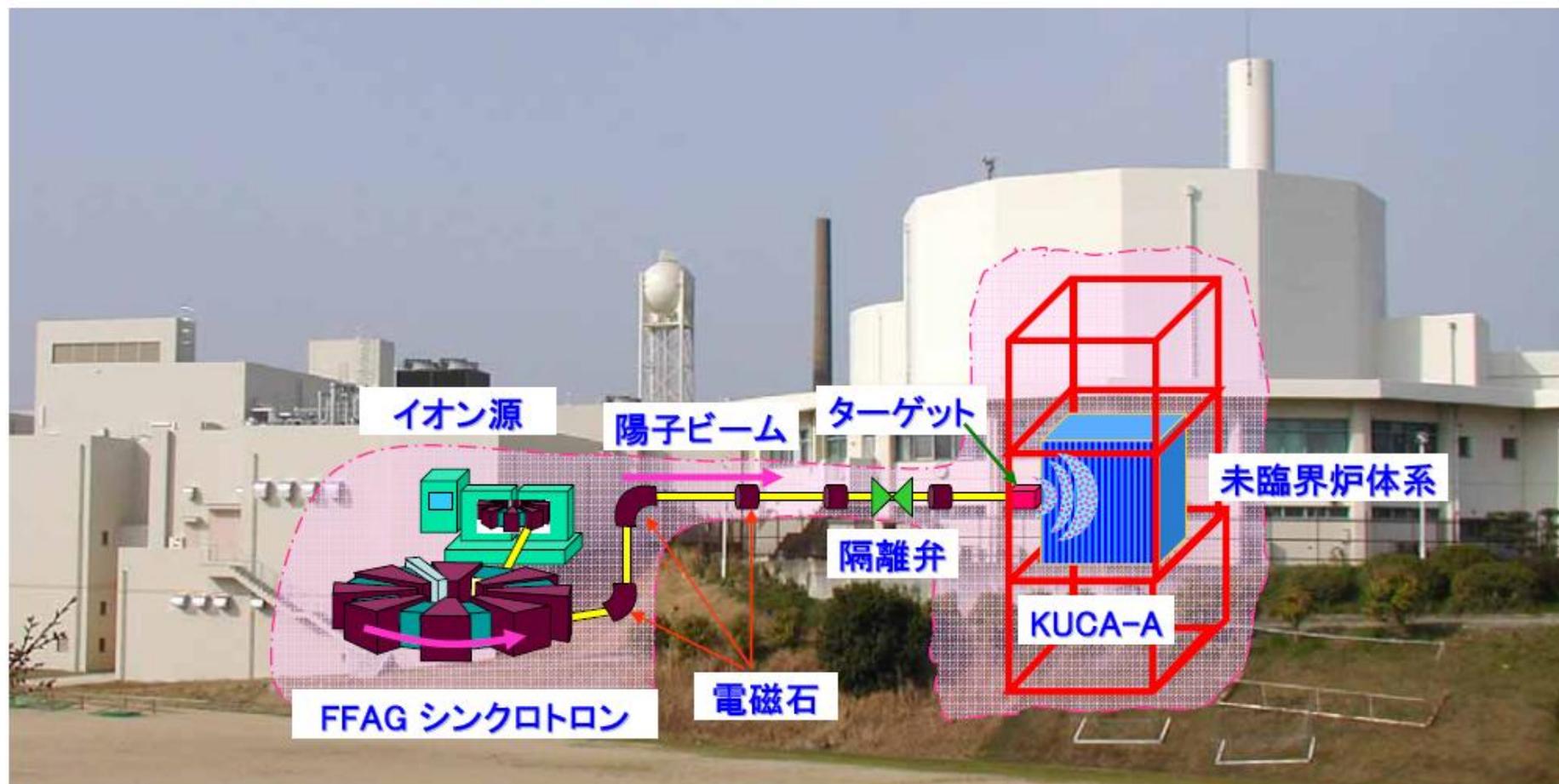
京都大学原子炉実験所における取り組みー10

ハイブリッド炉研究



京都大学原子炉実験所における取り組み-5

世界初の加速器駆動未臨界炉実験: SCIENCE Vol.302 17 Oct. 2003 – News Focus



核融合 ITER計画

経緯

- 1985年11月 米ソ首脳会談（レーガン・ゴルバチョフ）が発端
1988年～2001年7月 設計活動を実施（米は1999年に計画から脱退。）
- 2001年11月～ 政府間協議開始（実施中）
2003年2月 米、中国が政府間協議に参加
2003年6月 韓国が政府間協議に参加
2003年12月 カナダが交渉から脱退
2003年12月 第一回6極閣僚級会合開催（ワシントン）。
イーター（ITER建設地）に関する合意にいたらず。
2005年6月 第二回6極閣僚級会合（モスクワ）において、
フランス・カダラッシュにITERが建設されることが決定。
2005年11月 池田要駐クロアチア大使（当時）を
イーター（ITER）事務局長予定者として選出
2005年12月 インドが政府間協議に参加
2006年11月 イーター（ITER）機構設立協定、
イーター（ITER）特権免除協定署名

（現在の参加国： 中国、EU、日本、インド、韓国、ロシア、米国）

ITER機構設立のための協定案及び関連文書案の主な内容①

理事会の開催(年2回)

・ITER事業計画の承認、ITER幹部職員の任命、各種規則の決定等。我が国でも随時開催。

ITER機構上部組織

・ITER機構長……ITER機構の代表者。機構職員を選定・監督。任期5年(再任1回のみ)
 ・首席副機構長、副機構長……各分野について、ITER機構長をサポート

} 各極より、最低1名選ばれる。

建設期(10年間)

総額約5700億円

○費用分担

欧州、日本、米国、韓国、中国、ロシア、インド
 45.5% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1%

※今後、経費増額の場合、理事会の決定に基づき、当初の貢献規模(欧州50%、その他10%)相当額を上限として費用を分担する。

○調達分担

欧州、日本、米国、韓国、中国、ロシア、インド
 4 : 2 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1

※日本の分担分は欧州からの割譲分を含む。

○職員控 : 調達分担割合に準じる

運転期(20年間)

年間約300億円

○費用分担

欧州、日本、米国、韓国、中国、ロシア、インド
 34% 13% 13% 10% 10% 10% 10%

○実験計画決定等のための投票加重率

欧州、日本、米国、韓国、中国、ロシア、インド
 30 : 15 : 15 : 10 : 10 : 10 : 10

○職員控 : 費用分担割合に準じる

加入・脱退

・協定発効後10年間は脱退不可。10年目以降、脱退を希望する場合には、相応のコスト(廃止措置コスト等)を負担。
 ・理事会の全会一致で新規加入可

ITER機構設立のための協定案及び関連文書案の主な内容②

平和利用、核不拡散

- ・ ITER機構及び加盟極が、本協定に基づいて受領又は創出した資材、機器又は技術は、平和的目的のためにのみ使用する旨規定。
- ・ ITER機構及び加盟極が、本協定に基づいて受領又は創出した資材、機器、技術は、非平和的目的のために第三者に移転されてはならない旨規定。

特権・免除

- ・ ITER機構の建物・文書の不可侵、職員への訴追の免除等を付与。
- ・ ただし、機構長及び職員は、原子力安全、公衆衛生等の国内法令を遵守する義務を負う。
- ・ その他の特権・免除についても、他の国際協定の例を参考に、ITER計画実施に必要なものを確保。

ホスト極のサイト支援

ホスト極は、ITER機構の活動に必要なインフラを提供。

- ・ ITER施設の土地を無償で提供
- ・ ITER機器の搬入に必要な場合には道路を改修
- ・ ITER機構職員の子弟の教育のため、国際学校を設立し、大学入学前までの教育を提供等

知的財産

ITER機構及び各極の知的財産権の取扱について規定。

- ・ ITER機構及び各極は、ITER協定の実施を通じて創出した知的財産を、無償でITER機構及び他極に与える。
- ・ 商業的機密を除く知的財産権がITERに供給する品目に編入されている場合、理事会が必要と認めたときは、締約極は、ITER機構及び他極に対し、当該知的財産権を無償で与える。
等

ITER建設地決定



カダラッシュサイト
ITER建屋配置予想図



2005年6月28日にモスクワで開催されたITER閣僚級会合において、ITERの建設地をフランスのカダラッシュとすることが決定され、共同宣言の署名が行われました。

ITER(国際熱核融合実験炉)について

目的

- 燃焼プラズマの達成
- 長時間燃焼の実現 等

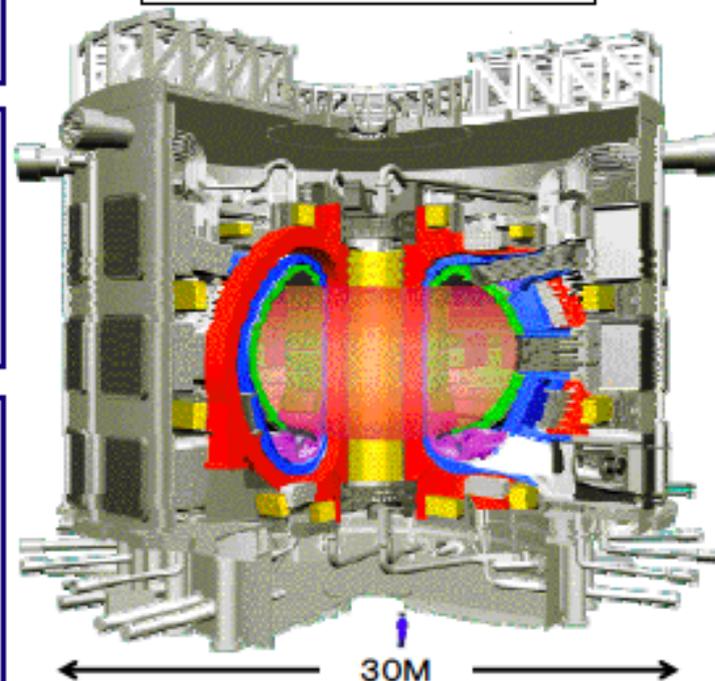
現状

- 参加極: 日本、EU、ロシア、米国、中国、韓国、インド
- 建設地: フランス・カダラッシュ
- 総経費: 約1.3兆円(建設から廃止措置まで30年余)

建設・運転計画

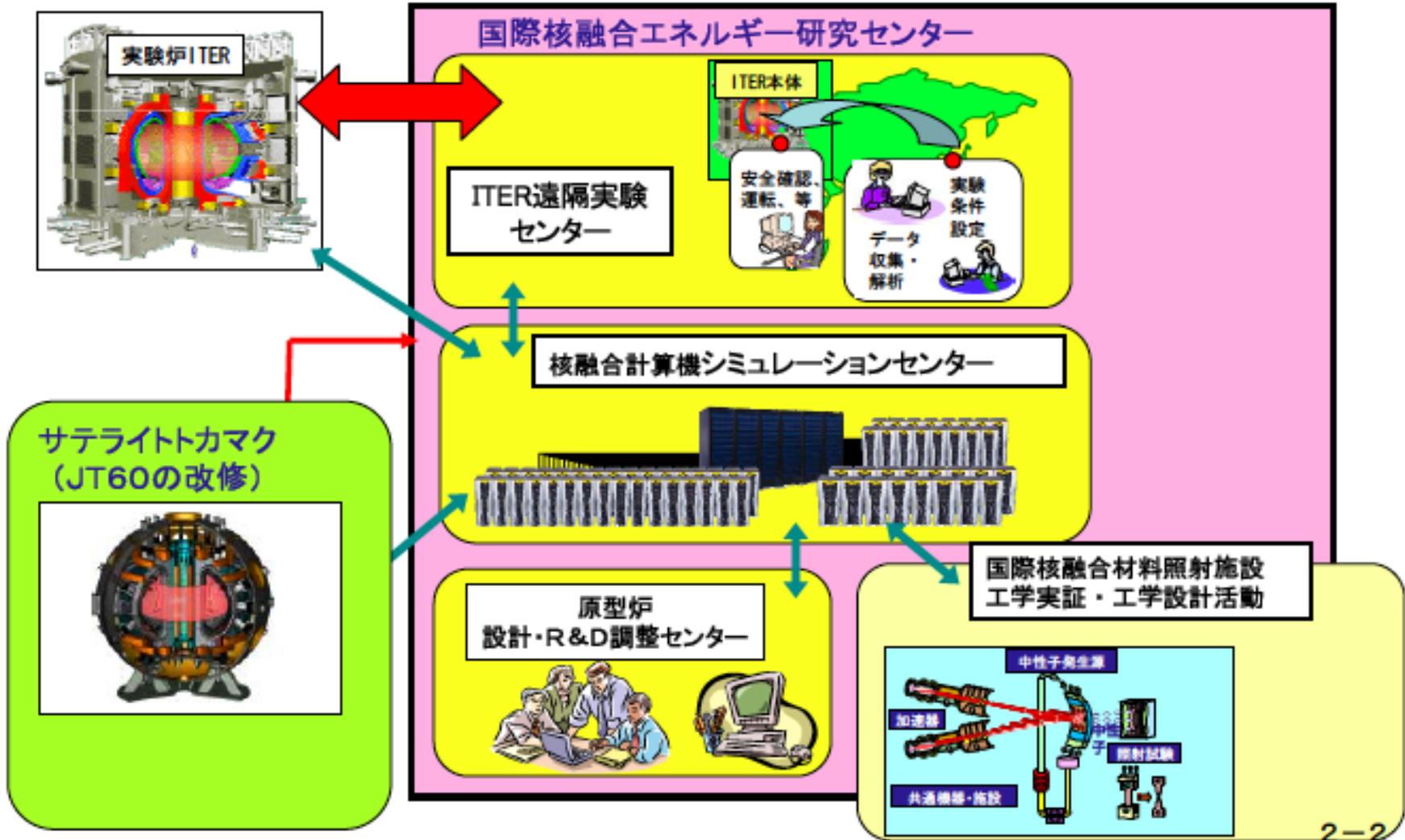


ITER概略図



核融合出力: 50万kw

幅広いアプローチのプロジェクトについて



青森国際核融合エネルギー研究センター



原型炉実現を
国際的に先導

原型炉の設計において

- ①大学等の基礎研究機関との連携交流
- ②海外核融合研究機関との連携・交流
- ③ITER、那珂研究所の実験拠点と連携・交流を実施

青森国際核融合エネルギー研究センター
原型炉(ITERの次世代炉)を目指した核融合の研究拠点



⇔
実験計画
実験データ

ITER
実験炉建設・運転
を通じた国際研究
拠点

⇕
研究交流
人材交流

海外研究機関

(研究成果)

⇕
連携大学院
人材交流

大学等
核融合の基礎研究推進拠点

核融合炉工学
ネットワーク

⇕
那珂核融合研究所
JT-60を用いた最
先端核融合の実験拠
点

ヘリカル方式

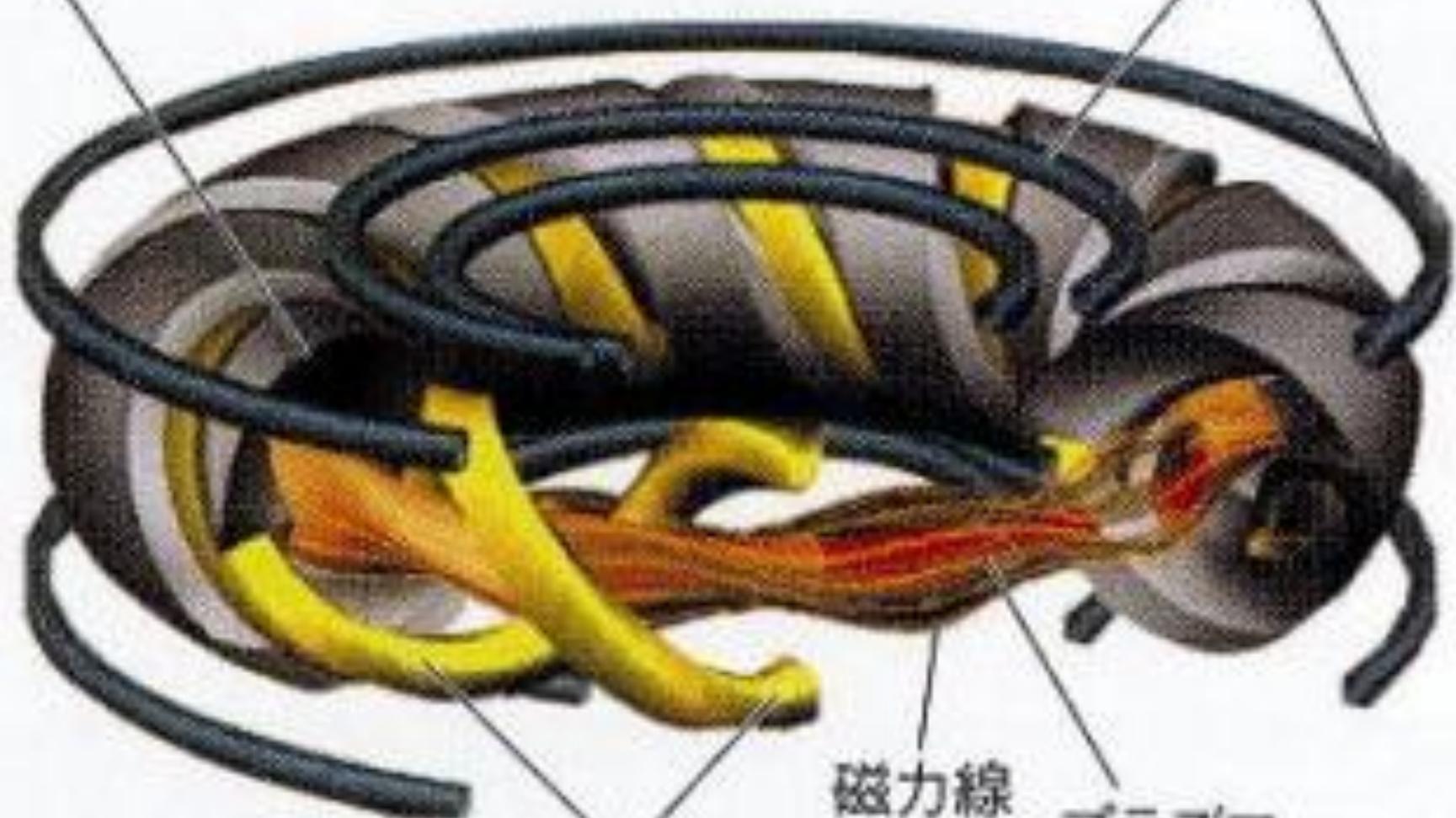
トカマク型の他に我が国独自のものとして
ヘリカル式（京大・・＞核融合研究所）があ
る

（連続運転に特徴）

また慣性核融合方式（阪大）もある。

プラズマ真空容器

ポロイダルコイル



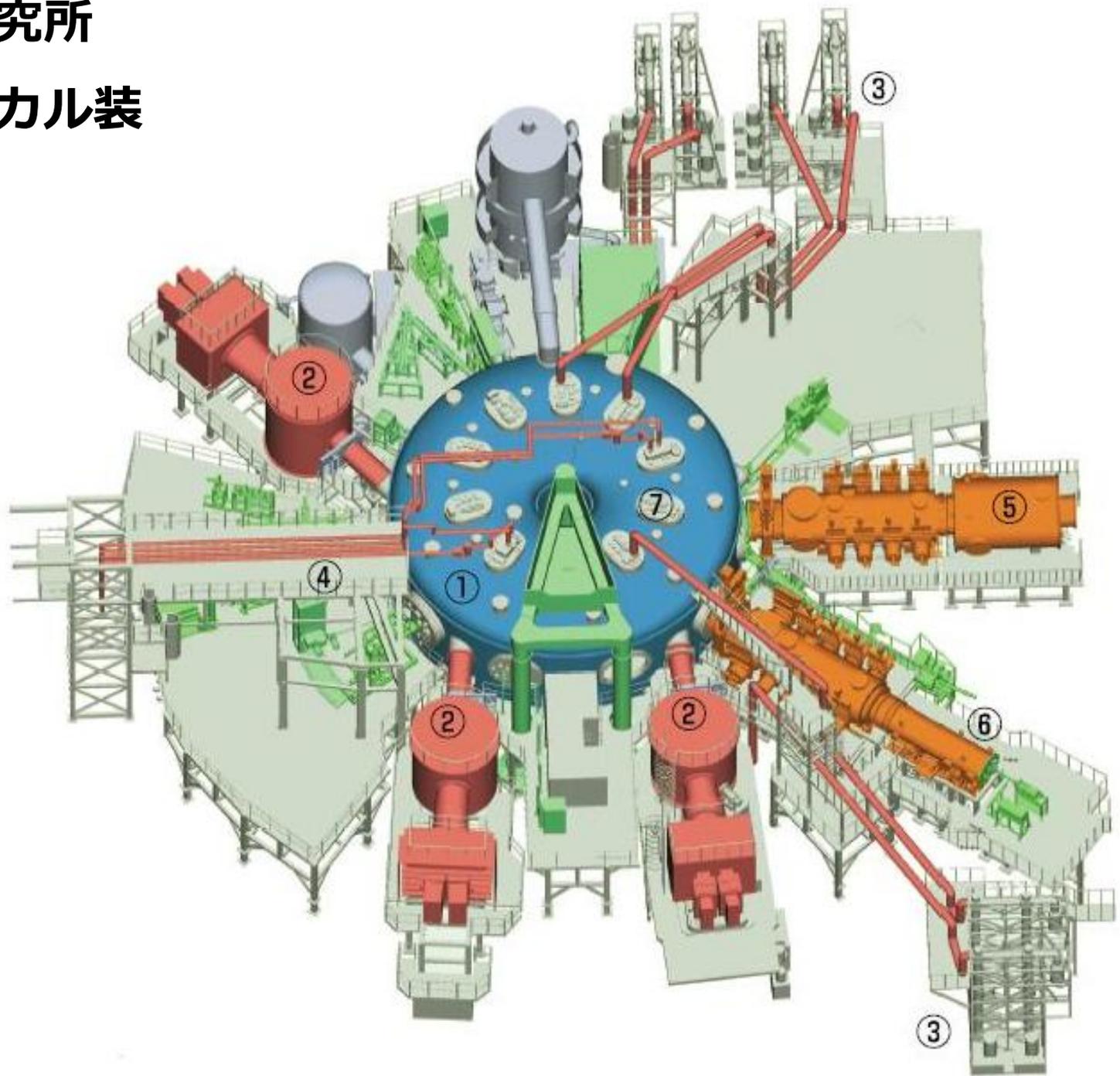
磁力線

プラズマ

ヘリカルコイル

核融合研究所

大型ヘリカル装置 LHD



安全神話

原子力「村」

ホッペタをひっぱたかれてスタート

自らやりたいことを要求するより国の方針に従い金のあるところへ動く傾向が大学の研究者にもある。

独立国でない（特に燃料問題）。核兵器のかけ。

物理学者と工学者の相互不信。大学と科学技術庁研究所の相互不信。通産省と科学技術庁と文部省、原研等と産業界と電力会社の協調性の問題。

安全神話の崩壊。国民の不信、不安。

情報公開。リスクを正しく説明。過去のやり方への反省。

方針の決定は国民がする。専門家は正しい情報を出す役目。

原子力発電を止める場合も直ぐには止められない。その間の人材の育成と研究開発の必要性

日本原子力学会倫理規程

憲章

1. 会員は、原子力の平和利用に徹し、人類の直面する諸課題の解決に努める。
2. 会員は、公衆の安全を全てに優先させてその職務を遂行し、自らの行動を通じて社会の信頼を得るよう努力する。
3. 会員は、自らの専門能力の向上を図り、あわせて関係者の専門能力も向上するように努める。
4. 会員は、自らの能力の把握に努め、その能力を超えた業務を行うことに起因して社会に重大な危害を及ぼすことがないよう行動する。
5. 会員は、自らの有する情報の正しさを確認するよう心掛け、公開を旨とし説明責任を果たし、社会的信頼を得るように努める。
6. 会員は、事実を尊重し、公平・公正な態度で自ら判断を下す。
7. 会員は、あらゆる法や社会の規範に抵触しない範囲で、自らの業務に係る契約を尊重して誠実に行動する。
8. 会員は、原子力業務に従事することに誇りを持ち、その業務の社会的な評価を高めるよう努力する。

ご静聴有り難うございました

