

世界から見た日本のプルトニウム政策

新外交イニシャティブ・オンラインイベント
-六ヶ所再処理工場の本格稼働がもたらす課題：
青森と世界の視点-

2020年11月20日

鈴木達治郎

長崎大学核兵器廃絶研究センター 教授

suzukitatsu@nagasaki-u.ac.jp

要 旨

- 核兵器の材料となる核物質、とくにプルトニウム在庫量の増加は、**国際安全保障上の最重要課題の一つ**である。
- なかでも、**民生用再処理からのプルトニウム在庫量の増加**がその大きな要因となっている。
- 民生用再処理については、その**緊急性、必要性が大幅に低下するとともに、安全性や経済性の面でもマイナス面が大きい**ため、再処理を進める国は少数になっている。
- 一方で再処理は**核兵器製造能力の取得につながる**、との視点から、国際安全保障上も、重要な関心の的となっている。日本は、**非核保有国で最大のプルトニウム保有国**であり、国際的な懸念が高まっている。
- 日本は、**六ヶ所再処理工場の本格稼働を前に、核燃料サイクル政策の見直しが必要**である。再処理の代替案として安全で経済的な「乾式貯蔵」を最優先すべきだ。

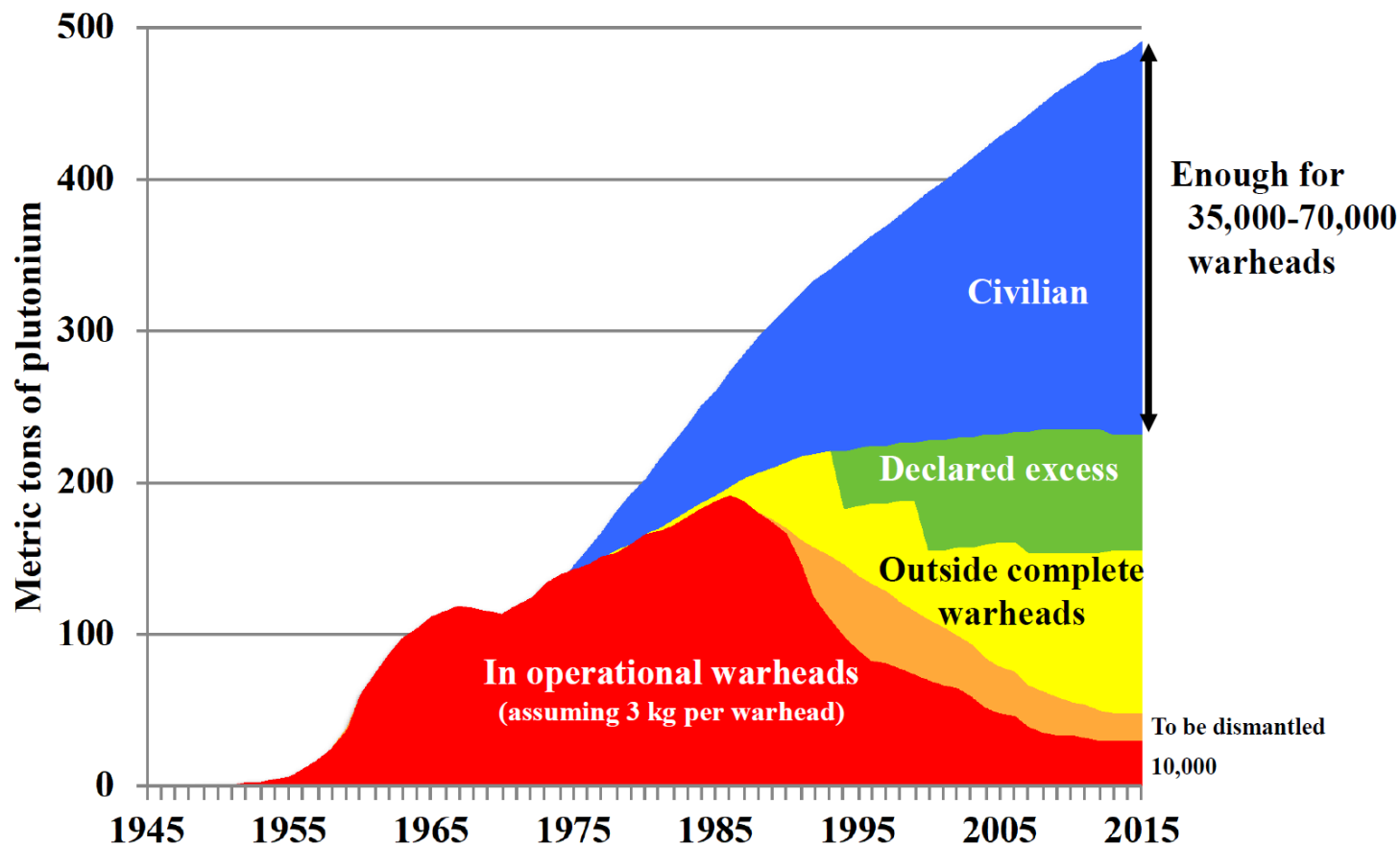
増加する世界の核物質在庫量＝合計 10 万発分以上 (2020.6)



- **高濃縮ウラン（HEU）：1,335トン**
 - 広島原爆～ 20.860 発分（64kg/発）（-81発分）
- **プルトニウム（Pu）：530 トン**
 - 長崎原爆～88,200発分（6kg/発）（+1,037発分）
- **合計 109,060発分（+687発分増）**
- 高濃縮ウランはほとんどが軍事利用で、減少中。
- プルトニウムは**民生用が7割近くで、今も増加中。**
 - 日本は核燃料サイクルによるプルトニウム保有量（46トン）が非核保有国で最大。

3

民生用再処理がプルトニウム在庫量増加の主要因



民生用：35,000～70,000発分に相当

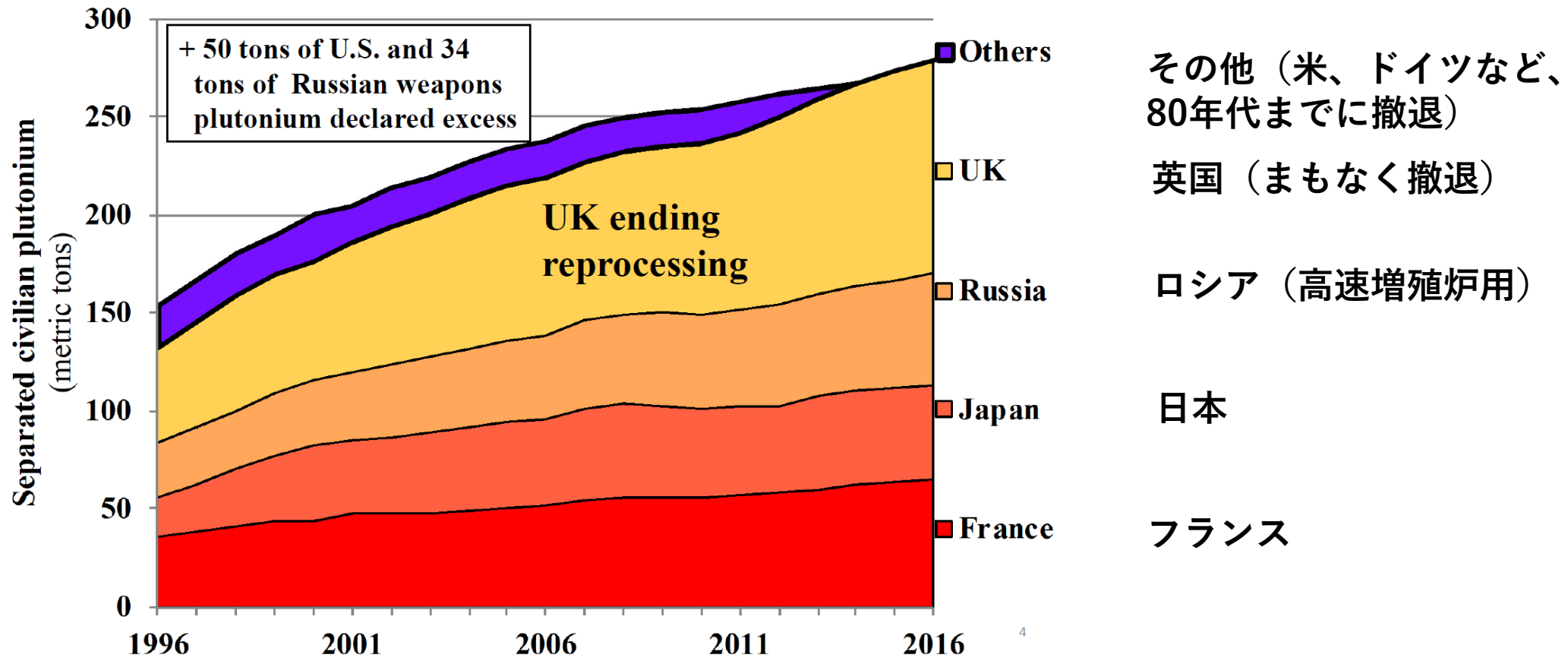
解体核兵器からの余剰プルトニウム

解体核兵器から回収されて貯蔵中

解体を待つ核兵器中のプルトニウム

配備されている核兵器中のプルトニウム

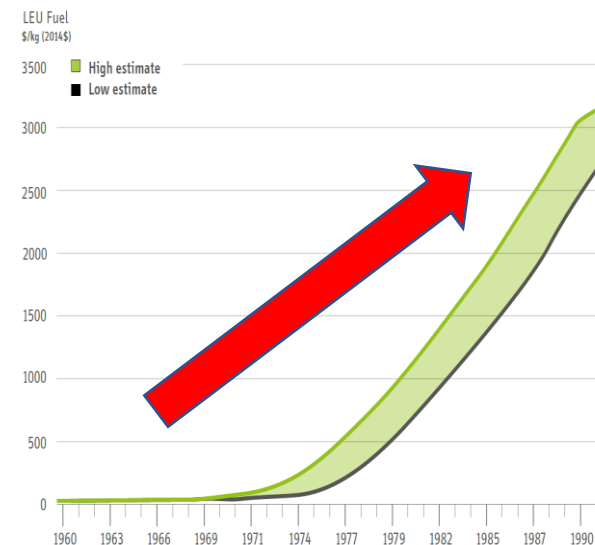
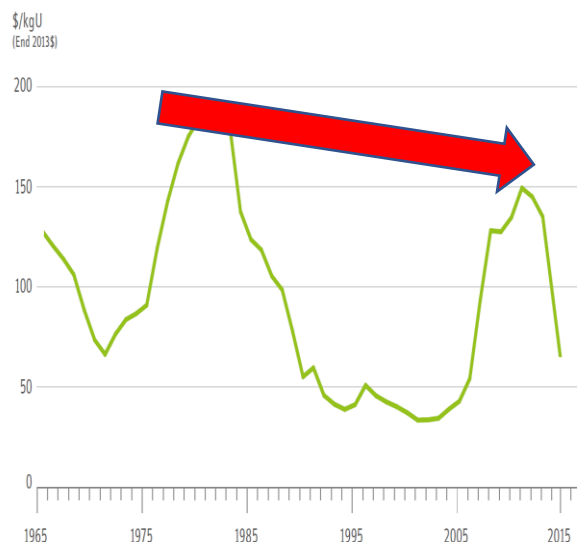
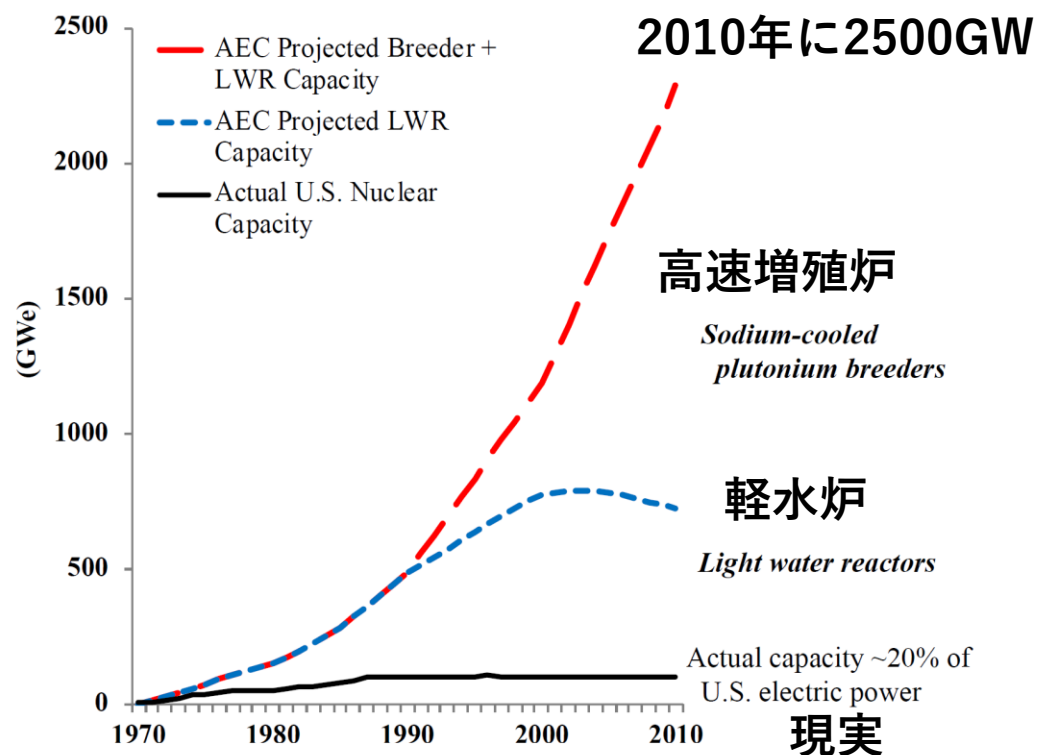
民生用プルトニウム在庫量推移：現在は主に4か国。今後は仏・日・ロシア、次に中国が参加？



破綻した高速増殖炉・核燃料サイクルの夢

米国原子力委員会による原子力発電
予測（1974）：楽観論は実現せず

天然ウラン価格は停滞、再処理価格
は上昇



出所：Frank von Hippel,
“Separated plutonium: From Nagasaki, to fuel of the future, to disposal
headache”, May 15, 2018

出所：International Panel on Fissile Materials (IPFM),
“Plutonium Separation in Nuclear Power Programs:
Status, Problems, and Prospects of Civilian Reprocessing
Around the World”, 2015. <http://fissilematerials.org/library/rr14.pdf>

核燃料サイクル概念図

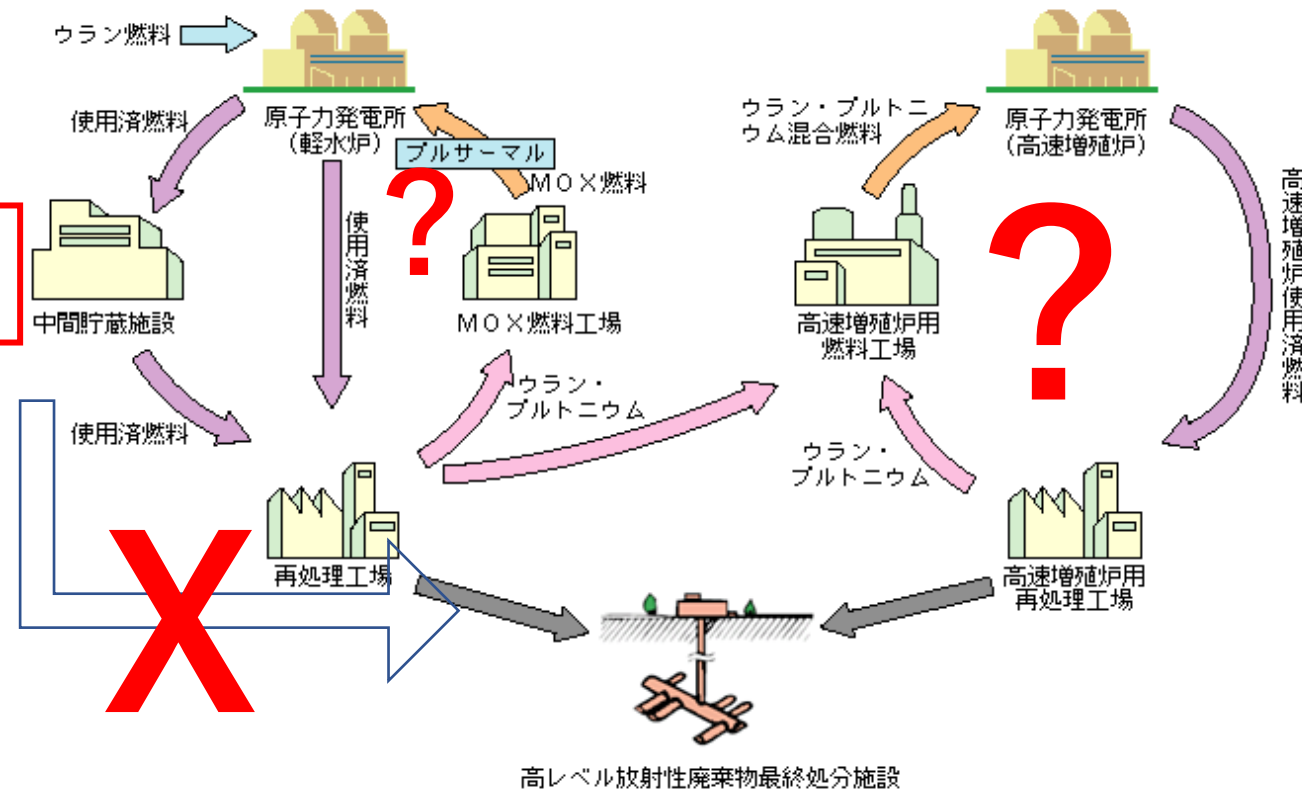
リサイクルはせいぜい1~2回

軽水炉サイクル

高速増殖炉サイクル

直接処分を可能とする
政策が必要

直接処分



高レベル放射性廃棄物最終処分施設

http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2005html/intro1_5.html

核燃料サイクルの意義：経産省の説明は本当か

核燃料サイクルの意義

- 我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本の方針としている。

エネルギー基本計画（平成26年4月閣議決定）

	ワンスルー (直接処分)	軽水炉サイクル (再処理)	高速炉サイクル (再処理) (※4)
資源の有効利用	×	新たに1～2割の 燃料ができる	軽水炉サイクルより 節約効果大
高レベル放射性 廃棄物の体積	1 ＜使用済燃料＞	1/4 ＜ガラス固化体＞	1/4～1/7 (※5) ＜ガラス固化体＞
高レベル放射性 廃棄物の有害度 の低下 (※1)	約10万年 ＜使用済燃料＞	約8千年 ＜ガラス固化体＞	約300年 ＜ガラス固化体＞
コスト	(※2) 1.0 (円/kWh) ～	(※3) 1.5 (円/kWh) ～	研究開発段階 のため、試算なし

※1 廃棄物の有害度が、発電に要した天然ウラン総量の有害度レベルまで低下するのに要する期間

※2 原子力委員会試算（2011年11月）（割引率3%のケース）

※3 総合エネ調 発電コスト検証WG 検証結果（2015年5月）

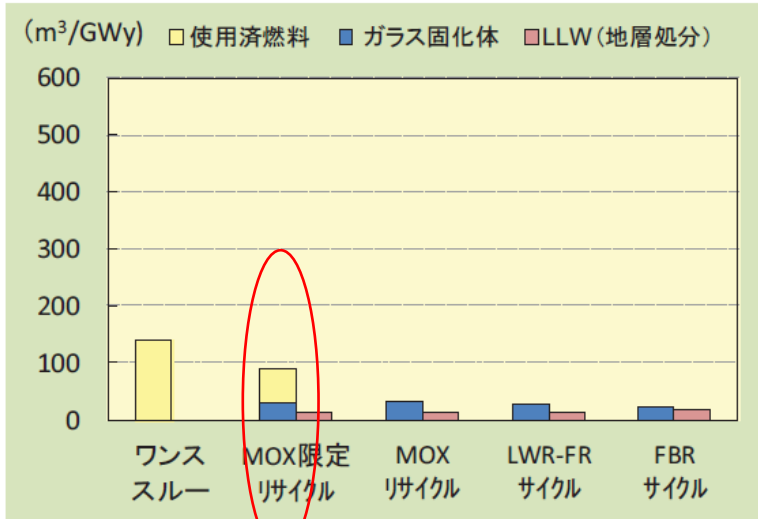
※4 軽水炉と高速炉の双方の活用を想定。高速炉では、軽水炉の使用済燃料から抽出したプルトニウム等を活用。

※5 全体に占める高速炉の割合によって改善

廃棄物：放射性廃棄物の発生量(2/3)

- ・放射性廃棄物の発生量(体積)には、低レベル放射性廃棄物が大きな影響を及ぼす。
- ・再処理の実施により、低レベル放射性廃棄物の発生量が増加する一方、高レベル放射性廃棄物の発生量は低減する。
- ・LWR-FR/FBRサイクルでは、発電所の熱効率の向上や燃料の高燃焼度化を図ることにより、高レベル、低レベル共に放射性廃棄物の発生量を低減できる。

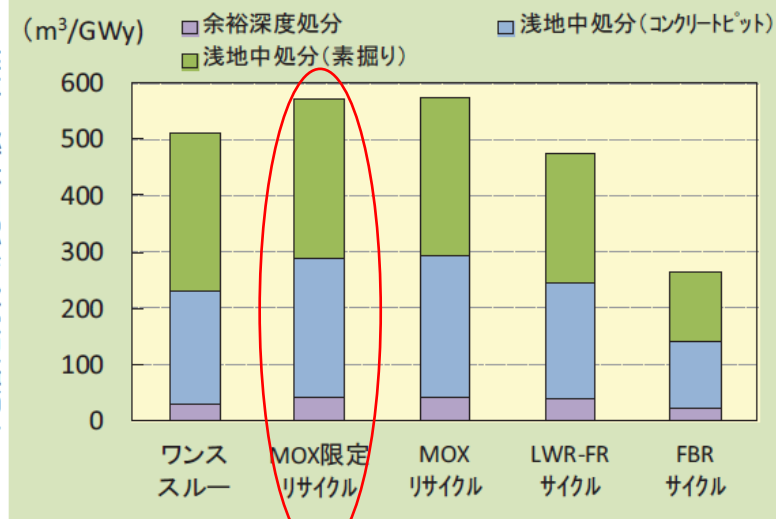
単位発電量あたりのHLW(使用済燃料及びガラス固化体)並びにLLW(地層処分)発生体積



ガラス固化体製造条件

- 発熱量制限: 2.3kW
 - FP酸化物含有量制限: 10%
- FRケースでは、FRとLWRの比率が1基対2.7基の割合で存在すると想定した。

単位発電量あたりのLLW(地層処分除く)発生体積の合計



低レベル放射性廃棄物(LLW)は以下を含む。

(地層処分(ガラス固化体等と同様、地下300mより深い地層中への埋設処分: グラフではHLWに合算して左図に示す))

余裕深度処分(一般的な地下利用に対して、十分余裕を持った深度(例: 地下50~100m)への埋設処分)

浅地中処分(コンクリートピット)(コンクリートピットを設けた埋設処分(例: 深さ数m))

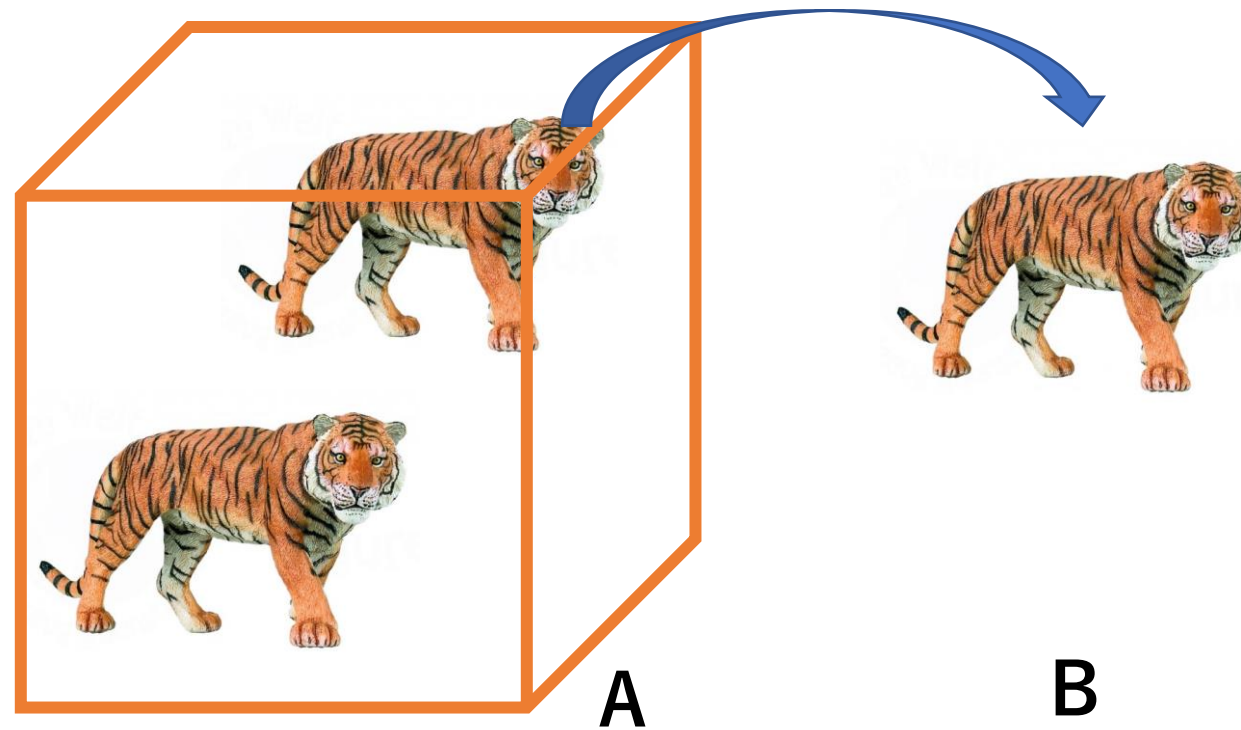
浅地中処分(素掘り)(人工構築物を設けない浅地中への埋設処分)

2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

44

毒性（潜在的危険度） vs. リスク（危険度）



毒性
リスク

$A > B$
 $A < B$

再処理は処分にとって有用ではない

◇埋めるよりよい方法ない――朽山修・経済産業省地層処分技術ワーキンググループ委員長

- 再処理は使用済み核燃料に含まれるウラン・プルトニウムを取り出す価値がある場合に行うもの。
- 放射性廃棄物処分のために再処理を行う理由はない。再処理によって、より危険な状態になり、捨てにくい超ウラン元素（TRU）廃棄物が発生するなど、廃棄物処分にとって、再処理は有用ではない。
- 取り出す価値がないならば、そのまま埋設する「直接処分」のほうが望ましい。

政府もプルトニウム保有量削減に取り組み始めたが・ 再処理政策に変更なし

・エネルギー基本計画（18/07/03）

- ・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し、**プルトニウム保有量の削減に取り組む。これを実効性あるものとするため、プルトニウムの回収と利用のバランスを十分に考慮しつつ、プルサーマルの一層の推進や、2016年に新たに導入した再処理等拠出金法の枠組みに基づく国の関与等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行う。**

<http://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf>

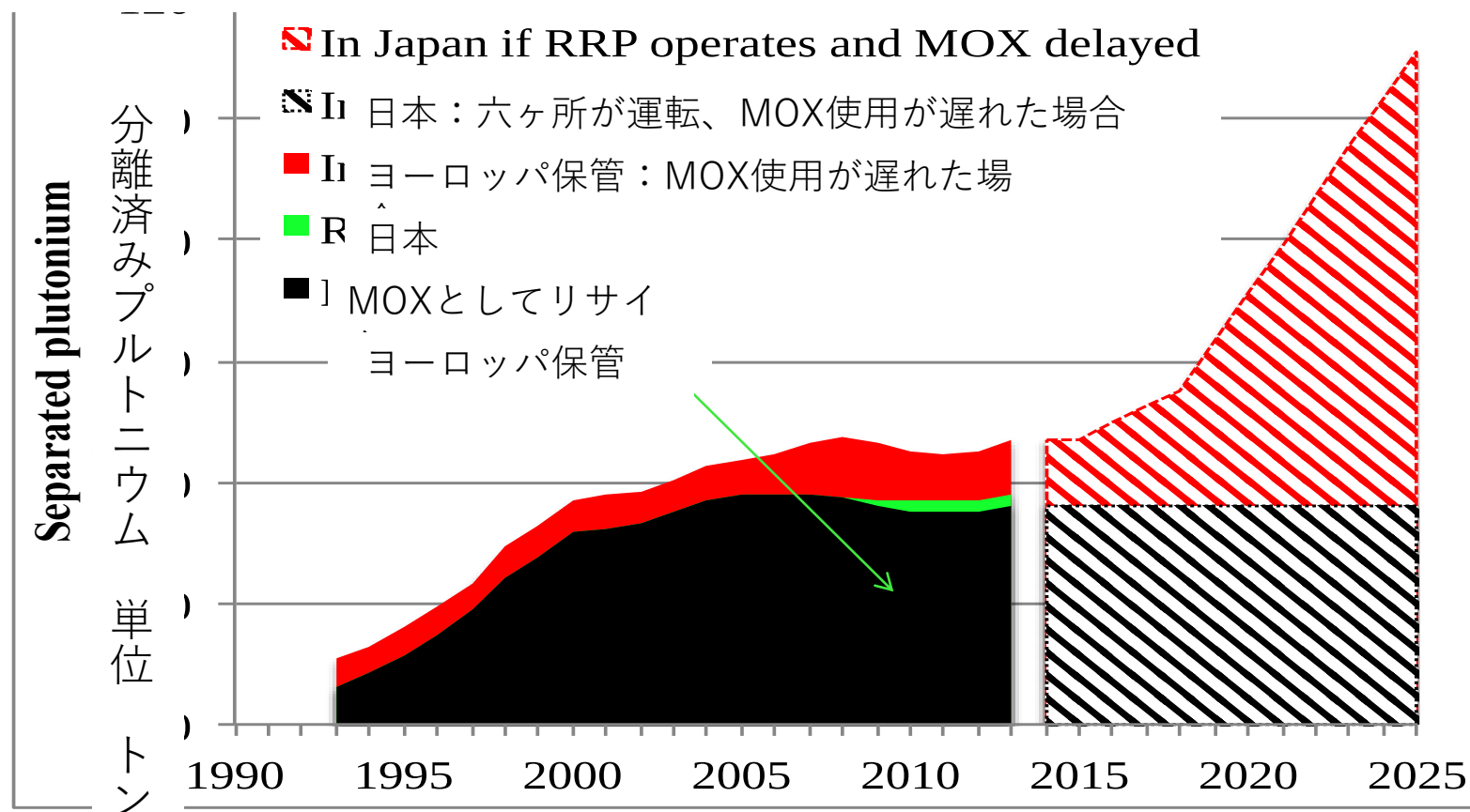
・原子力委員会「プルトニウム利用の基本的考え方」（2018/07/31）－

一歩前進だが十分ではない

- ・我が国は、上記の考え方にに基づき、プルトニウム保有量を減少させる。プルトニウム保有量は、以下の措置の実現に基づき、現在の水準を超えることはない。

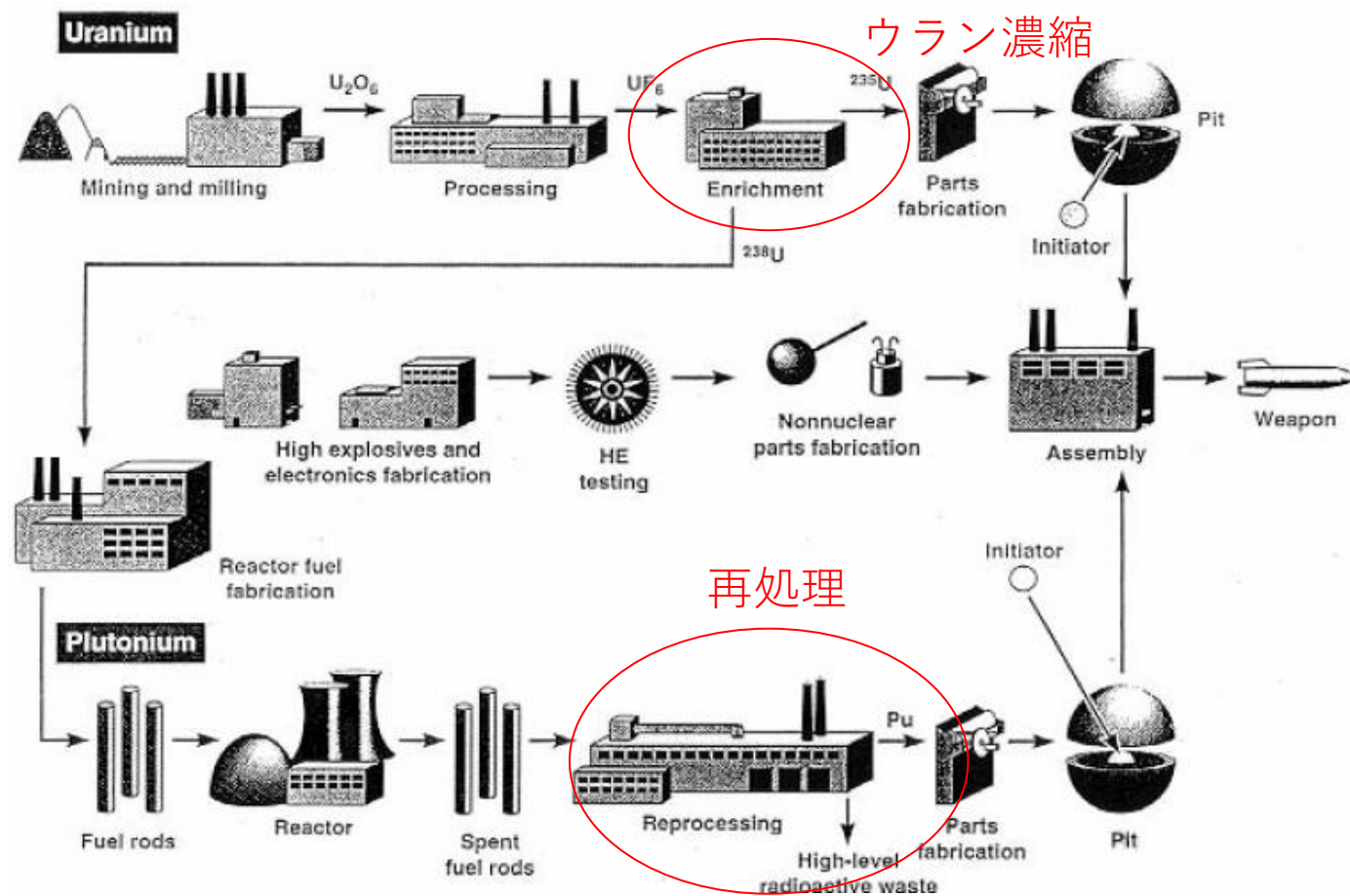
<https://www.nsr.go.jp/data/000241071.pdf>

六ヶ所再処理工場が計画通り運転開始した場合、日本のプルトニウム量の爆発的増加を防げない。

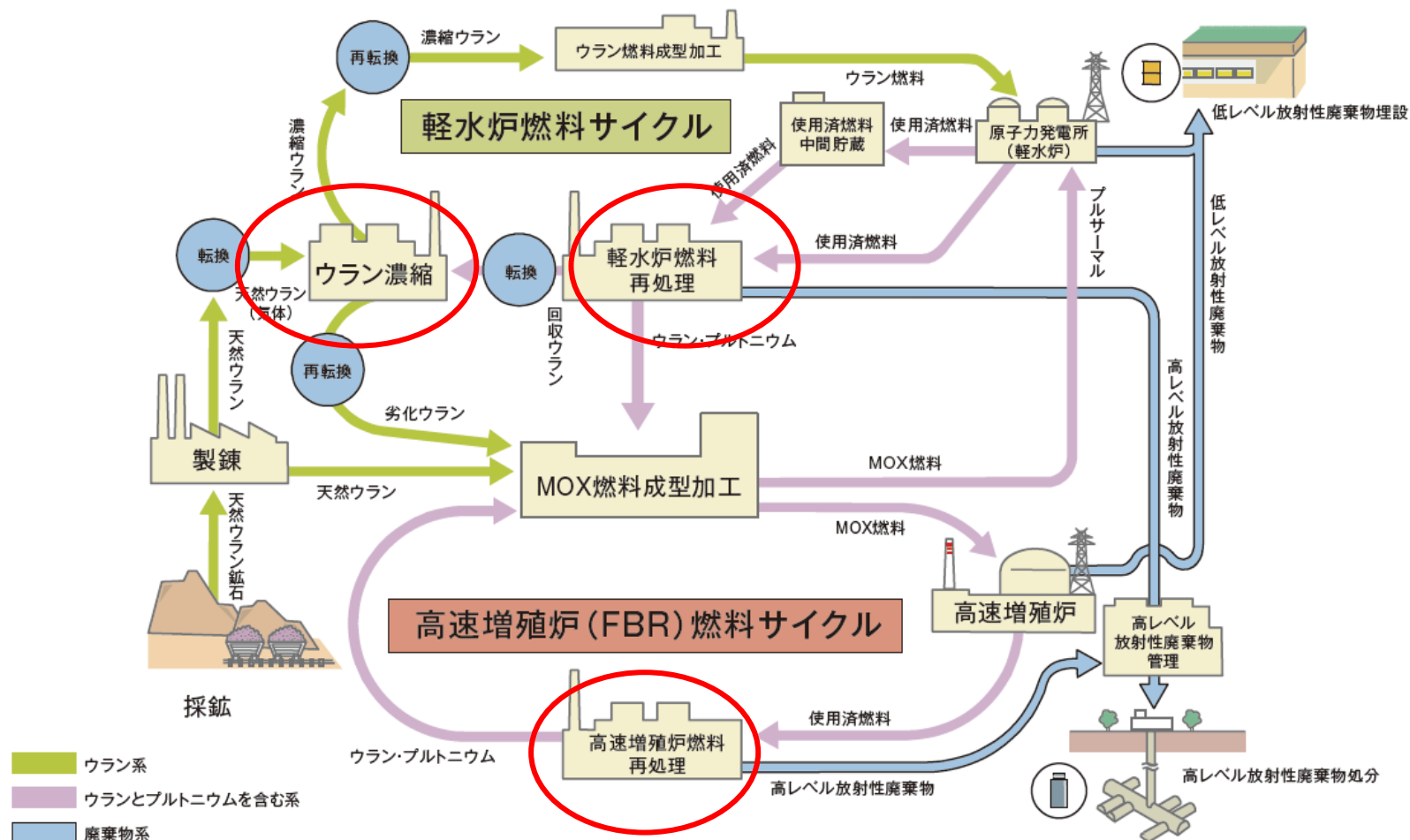


出所: Frank von Hippel, 「二つの問題、一つの解決策」、第51回国会エネルギー調査会、2015年6月18日

核兵器製造への道



原子燃料サイクル(FBRを含む)



7-2-2

原子力・エネルギー図面集 2015

核燃料サイクルへの執着は国際懸念を呼ぶ

- *“If Japan keeps recycling plutonium, what is to stop other countries from thinking the exact same thing?”*
 - もしプルトニウムリサイクル政策を維持するのであれば、**同様の考えを持つ国をどうやって止めることができるのか？**
- *“The continued commitment of Japan to a closed fuel cycle, and the Republic of Korea’s interest in establishing a closed cycle, **raise serious concerns about increased risk of proliferation of nuclear weapons.**”*
 - 日本が核燃料サイクルに引き続きコミットを続け、韓国が同様に燃料サイクルを確立しようとの関心を持てば、**核兵器拡散リスクについて深刻な関心と呼ぶことになる。**

—Jon Wolfsthal, Senior Director for Arms Control and Non-proliferation, National Security Council, The White House (June 2016)

- Thomas Countryman, “The Proliferation Risk of Plutonium Production”, in Sharon Squassoni edited, “Civil Plutonium Transparency in Asia”, Institute for International Science and Technology Policy Fissile Zero Project, November 2018, https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.gwu.edu/dist/c/1963/files/2018/10/54368_GWU_low-2gp77wb.pdf

使用済み燃料プール貯蔵のリスクvs. 乾式貯蔵



福島第一原発4号炉貯蔵プールの冷却

<http://photo.tepco.co.jp/en/date/2013/201302-e/130201-01e.html>



福島第一原発津波の後の乾式貯蔵

http://photo.tepco.co.jp/library/130201_01/130201_006.zip



管管理棟の下に掘られたトンネル
ネッカーヴェストハイム原発 ドイツ

出所：Frank von Hippel, 「二つの問題、一つの解決策」、
第51回国会エネルギー調査会、2015年6月18日

核セキュリティサミット(2014/3)

・世界的な核物質の最小化への貢献に関する日米首脳による共同声明

- ・日本はFCAの特殊な核物質を全量撤去することを決断したことにより、その指導力を示した。これは、核物質の保有量を最小化するというこれまでの全てのサミットのコミュニケの精神に則ったものである。日米両国は、更なるHEUとプルトニウムの最小化のために何ができるかを各国に検討するよう奨励する。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page18_000244.html

・ハーグサミット共同コミュニケ

- ・我々は、国家がそれぞれの国内的要請と一致する形で、HEUの保有量を最小化し、また分離プルトニウムの保有量を最小限のレベルに維持することを奨励する。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_001001.html

世界の核物質を一部屋に閉じ込めたら…

1,335

~~1,342.5~~

~~1345~~

1380 tons of highly-enriched uranium

530

~~518.6~~

~~495~~

495 tons of separated plutonium



一つのブロックが50kgのHEU

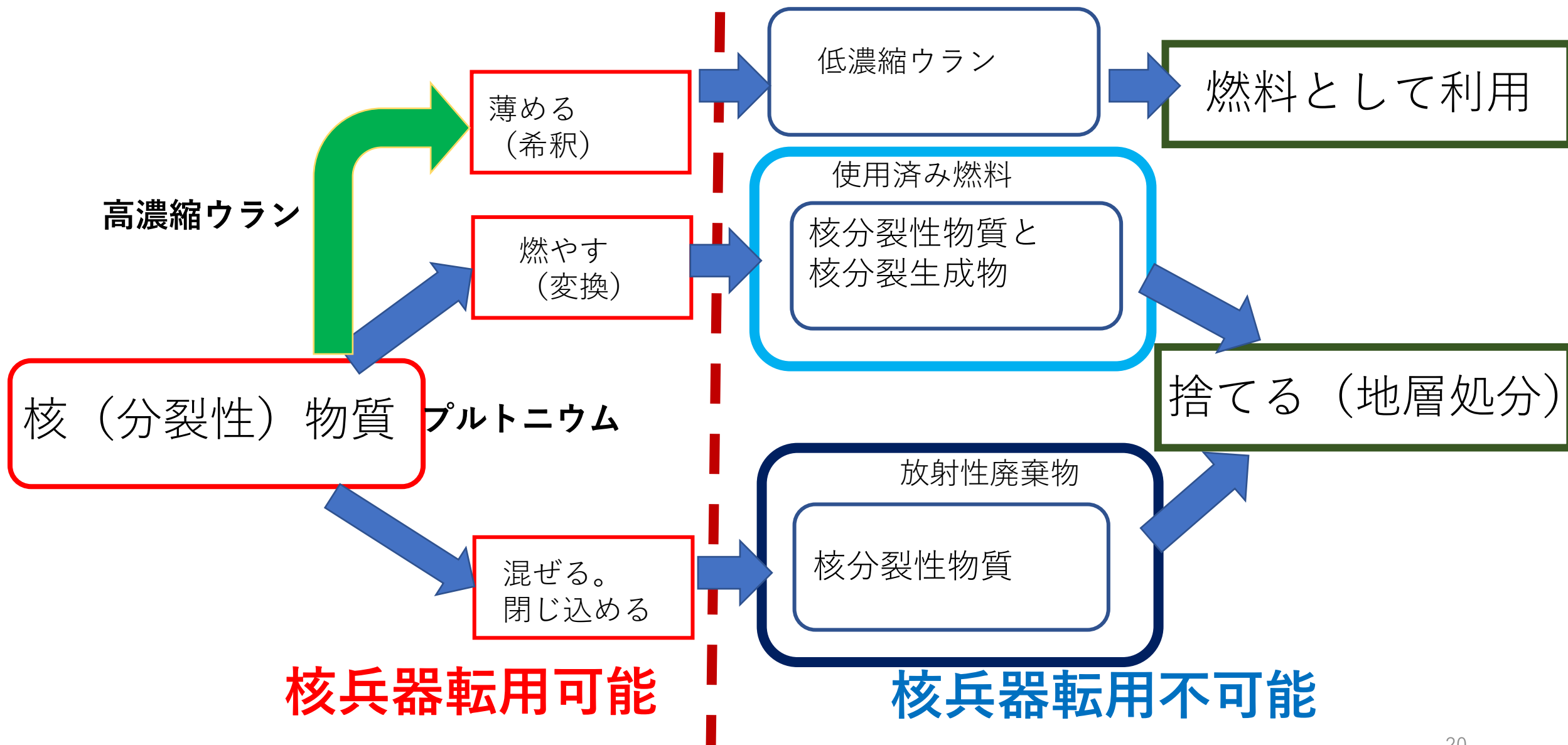
each block = 50 kg of HEU,
the amount necessary to make
a first-generation fission bomb;
27,600 bombs-worth total

一つのブロックが5kgのPu

each block = 5 kg of Pu,
the amount necessary to make
a first-generation fission bomb;
99,000 bombs-worth total

Graphic by Alex Wellerstein, nuclearsecrecy.com

「核（分裂性）物質をなくす」 == 核物質はなくなる



余剰プルトニウムの燃焼・処分

- 2000年、ロシアと米国は、それぞれが少なくとも34トンの「**解体核兵器**」からの兵器級プルトニウムの処分を約束する、プルトニウム管理・処分協定（PMDA）を締結
- 余剰兵器級プルトニウムを処分するのに利用可能な選択肢
 - 「使用済み燃料基準」：使用済みLEU燃料中のプルトニウムと同じようにアクセスし難くなる状態にすること
 1. プルトニウムを元々分離した再処理施設にて、（**他の放射性廃棄物とともにプルトニウムを安定した固化して地層処分**）（“**固化処分**”）。
 2. プルトニウム酸化物を劣化ウラン酸化物に混合して**混合酸化物（MOX）燃料を製造し、米国の軽水炉でこの燃料を照射する。**（MOX処分）

米、MOX工場重荷

建設・運転費用など高騰 4.5兆円

米政府がサウスカロライナ州で進めていたウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）燃料工場の建設を打ち切る方針を打ち出した。核兵器の余剰プルトニウムをプルトニウムで利用する計画だったが、総額400億（約4・5兆円）ともされる費用高騰が「重荷」になっているからだ。代替案として、プルトニウムをほかの物質と混ぜて捨てる「希釈処分」を検討している。

地中に捨てる代替案

「年当たり5億」が数十
年間わたって必要。手
17年9月）予算案でMO
るな価格とは思えない」
X工場の建設を打ち切る方



カナダ
サバンナリバー核施設
ニューメキシコ州
米国
サウス
カロライナ州
核廃棄物隔離試験施設

軍縮協定にさかのぼる。解体した核兵器のプルトニウム34（約1万7千発分）をMOX燃料にして、それぞれ原発と高速炉で消費することで合意。米国は07年に、サウスカロライナ州のサバンナリバー核施設の一部で、原子力大手アレバなどの請負で工場を建設し始めた。ただ、高レベルの放射性物質を扱う施設は複雑で、セキュリティや品質保証基準が厳しく、計画は思うように進んでいない。建設費は当初想定約10億を大幅に超え、すでに50億近く使ったが、工事の進捗状況は約7割。専門家の試算では、建設費は90億を回る可能性が高く、運転を含めた将来にわたる総費用は300億〜400億と見込まれている。MOXは、生産的に短絡的。MOXは

現時点でプルトニウムを削減でき「唯一の実行可能な方法」と批判。州の司法当局は9月上旬、エネルギー省を相手取り、建設継続を求める訴訟を起こしており、実際に建設を中止できるかは断を許さない。

一方、米国の対日政策に影響があるジョセフ・ナイ元米国防衛省補佐専門家は、9月下旬、モニツ長官に公開書簡を送った。建設中止の判断を支持した上で、再処理工場をもつ日本や、導入を検討する韓国に対しては、米国が中止を求めるべきだと主張。「米国がMOX計画の中止に失敗すれば、東アジアでの計画抑止を求める上で説得力を失くす」と指摘した。

（小休哲「ワシントン」 桜井林太郎）



米政府が建設を打ち切る方針を示したMOX燃料工場。昨年10月、米サウスカロライナ州のサバンナリバー（Savannah River, via SRS Watch）

経済性なき政策 見直しを

視点

米国が陥った苦境は「プルトニウム利用はコスト高で割に合わない」ことを改めて示すものだ。今やプルトニウム利用に關係する施設の費用は驚くほど高い。建設が長引くうえ、安全性、核不拡散への備えがかさむからだ。日本も青森県六ヶ所村の再処理工場の建設費が当初の7600億円から約3倍の2.2兆円に。建設中のMOX工場も1200億円から2100億円へ大幅に増えた。費用面から考えてプルトニウムを地中に捨てるを得ないという米国の判断は世界に影響を与えるだろう。約100億もつ英国もMOX燃料での利用をめざすとしながら、同時に地中に捨てる研究もしている。

「捨てる時代」が始まる中で、日本は再処理工場を新たに動かしプルトニウムをつくらうとしている。すでに50%近くあり、主な利用先としていた高速増殖炉の開発が全く見通せないのに、である。核燃料サイクルが経済性をもたない事実から目をそむけず、原子力政策を見直すことが必要だ。（竹内敏二）

市場競争働かず

元原子力委員会委員長代理の鈴木達治郎・長崎大学教授の話。米国のMOX工場の建設費高騰は、安全審査の変更もあるかもしれないが、再処理工場も含め、これらの施設は設計段階での試算が甘くなりがちで、しかも市場競争が働かない世界で費用がどんどん膨れあがりやすい。米政府も燃料にするより捨てるしかないと判断したということだ。プルトニウムは取り扱いが難しく、やっかいな核物質だと改めて確認できた。安全保障上の観点からも、日本はこれ以上増やすべきではない。

プルトニウム処分の選択肢

MOX リサイクル（プルサーマル）
では十分ではない（フランス）

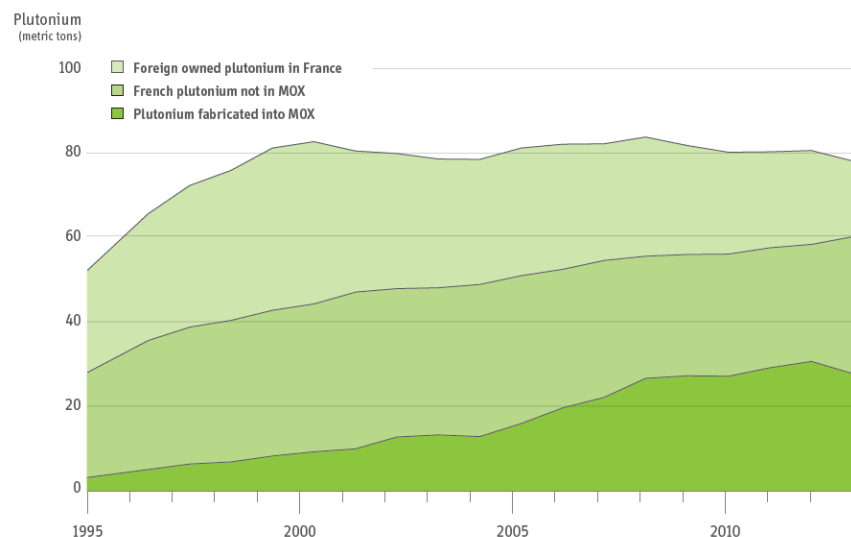


Figure 3 Growth of France's stock of unirradiated civilian plutonium due to the growth of its stock of unusable fabricated MOX fuel. The amount of French plutonium not fabricated into MOX has stayed at about 30 tons. The growth of France's stock has been offset by the decline of foreign-customer-owned separated plutonium in France. Almost all the remainder belongs to Japan. Source: IAEA, *Communication Received from France Concerning its Policies Regarding the Management of Plutonium*, INFCIRC/549/Add5/18, 2014 and previous annual reports.

米・英国では直接処分を検討中

- WIPPへの直接処分
 - 超深孔処分を検討中
- 固定化
 - 他の廃棄物や放射性物質と混ぜてガラス固化、またはセラミック化
 - 「キャニスター内で容器に封入」（Cs137と混入させる）
- 低品質MOX

分離プルトニウムの直接処分

廃棄物隔離パイロット・プラント (WIPP)

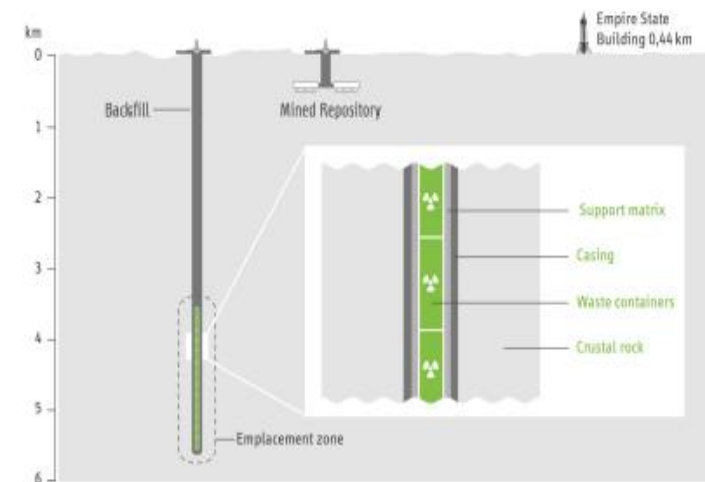


図 11 固定化されたプルトニウム処分のためのディープ・ボアホール の概略図

この例では、ボアホールの深さは約 5 キロメートル。下の半分は、基盤地殻岩石に完全に囲まれており、ここに固定化されたプルトニウムが入る。ボアホールは、埋め戻され、ボアホールの周りの岩石に切り込んで施す何重ものシール（密封材）でブロックされる。ボアホールの頂部は、もっと多孔性の岩石の部分を通すが、埋め戻され、さらにシール（密封材）が施される。セメント、粘度、アスファルトなどが使われる。比較のために示してある通り、典型的な地層処分場は約 0.5 キロメートルの深さに作られる。20 世紀の最も高い高層ビルの高さに匹敵する。

出典：Harold Feiveson, Alexander Glaser, Zia Mian and Frank von Hippel, *Unmaking the Bomb* (MIT Press, 2014) Figure 9.3.

出所：Frank von Hippel, Gordon MacKerron, 「MOX利用に代わる道；分離プルトニウムの直接処分オプション」（田窪雅文訳）、International Panel on Fissile Materials (IPFM)、2015年4月。http://kakujo.net/npt/ltr_moniz.html#moxalt

笹川平和財団研究会の提言書（2019/05）

1. プルトニウム国際貯蔵の追求：「余剰」なプルトニウムを国際原子力機関（IAEA）の管理下におく。
2. 現在の国際規範である国際プルトニウム管理指針の強化：日本の原子力委員会の決定に基づき既存在庫量の削減を新たな国際規範として提言し、再処理を抑制する。
3. 既存の在庫量削減に向けての国際協力：処分のための国際フォーラムを設置する。
4. 使用済み燃料管理として「乾式貯蔵」を最優先にすすめ、核燃料サイクルの選択肢評価を第三者機関が実施する。
5. プルトニウムの新たな国際規範を世界に普及すべく主導的役割を果たす。

出所：笹川平和財団 新たな原子力・核不拡散に関するイニシャティブ研究会、「プルトニウム国際管理に関する日本政府への低減～プルトニウム在庫量の削減を目指し、新たな国際規範を～」、2019年5月。
https://www.spf.org/global-data/20190604_plutonium_v2.pdf

最近の論考（鈴木、田窪、2020）

- 「**出口なき政策、脱却を**」（鈴木達治郎、田窪雅文）、神奈川新聞、2020年10月3日、17面（共同通信配信）
 1. **再処理の義務化を撤廃し、直接処分を可能とする法改正を行う。**
 2. **再処理より安全で経済的な原発敷地内外での乾式貯蔵を最優先する**
 - **独立した権限を持った第三者機関を直ちに設置して、再処理政策をみなおすべき。**