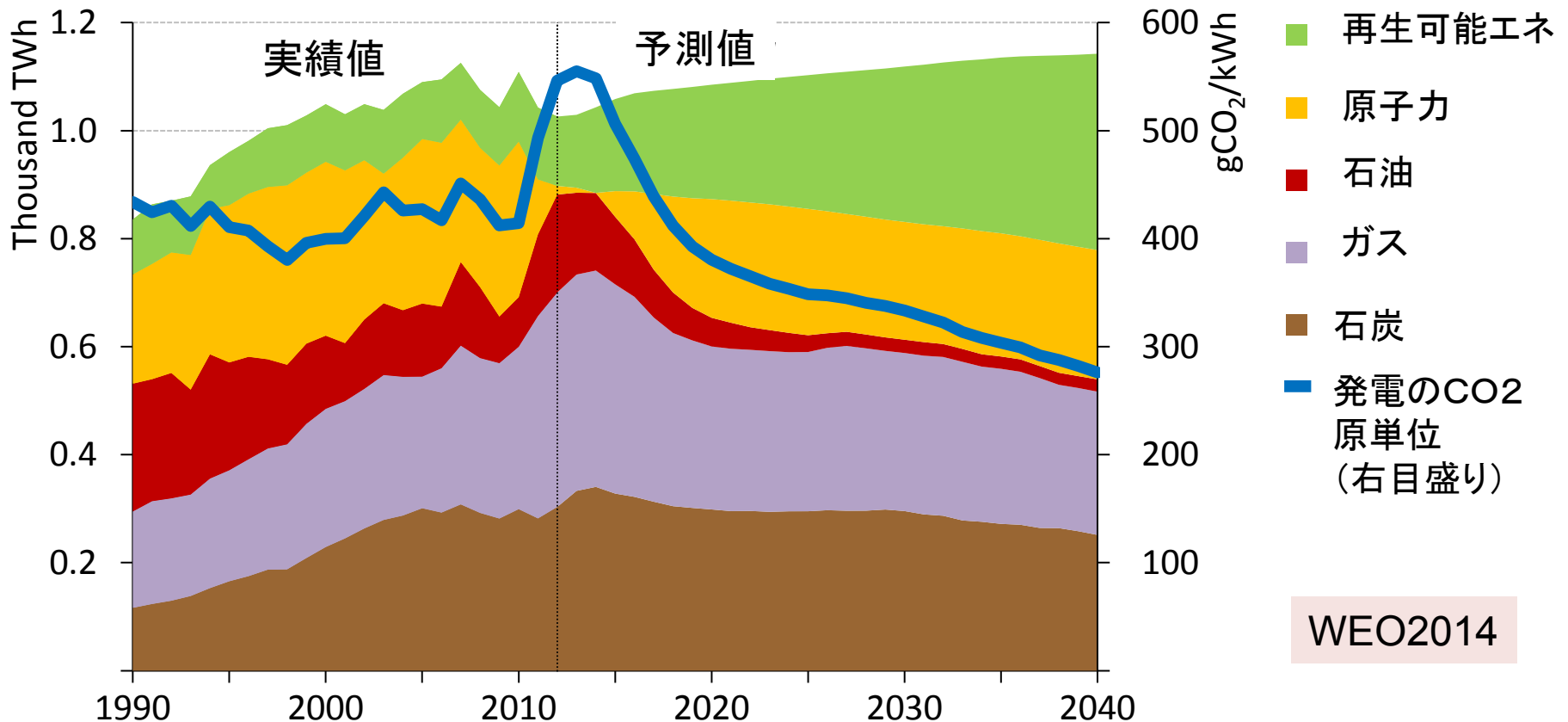


持続可能な原子力政策とは？

福島事故を踏まえたグローバルな視点からの一試案

日本の電力システムは福島原発事故以来危機的状況にあるが、原発再稼働と再生エネルギー拡大で多様性かつ持続可能性を高めることができる。

日本の発電量構成と二酸化炭素原単位

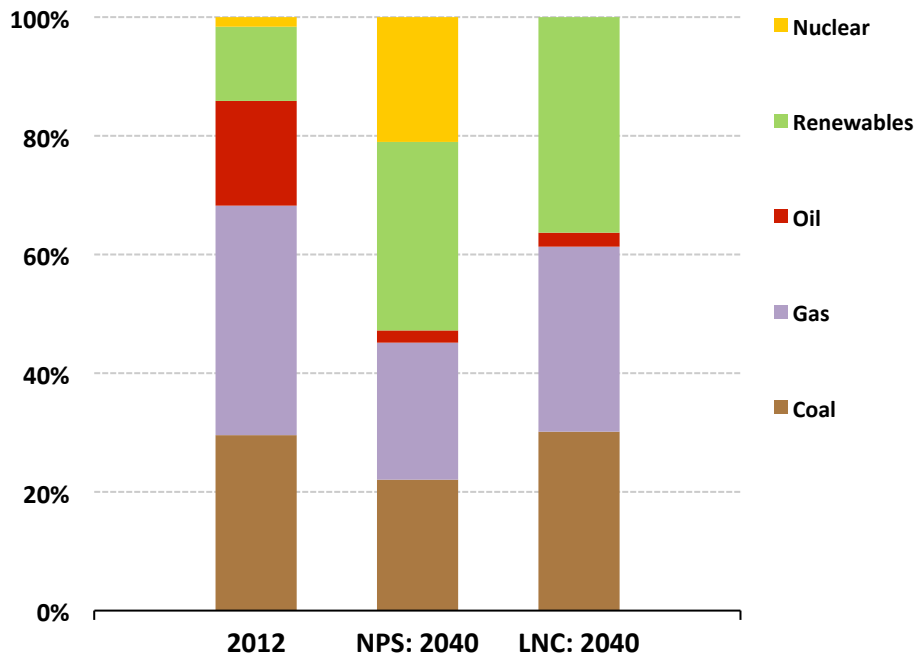


2040年に再生可能エネルギー32%、ガス23%、石炭22%、原子力21%。

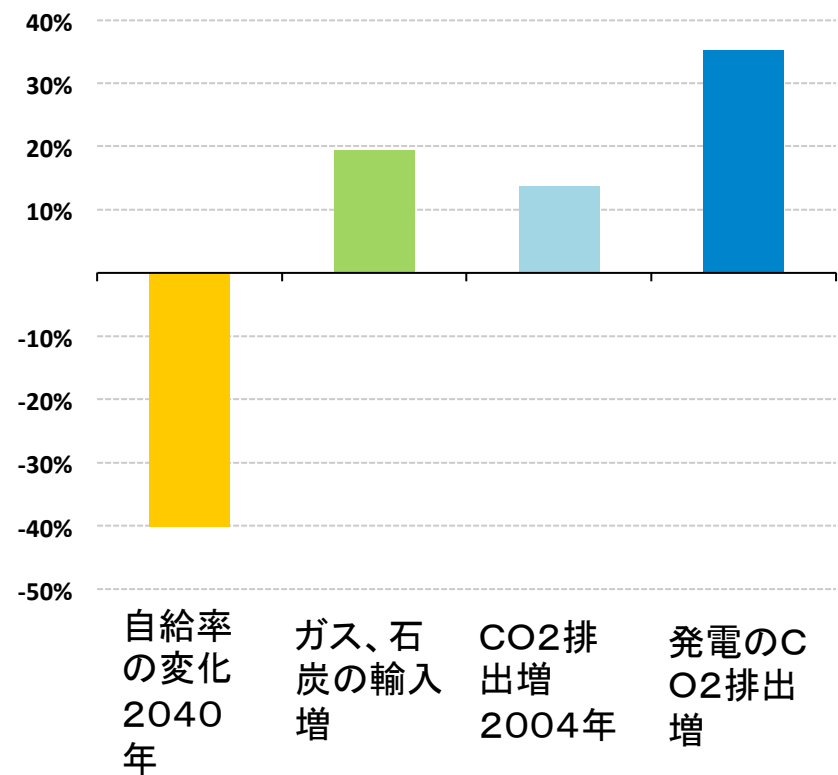
低原子力ケースで日本が受ける影響は甚大。

WEO2014

日本の発電ミックス 新政策シナリオ(NPS)と低原子力ケース(LNC)



低原子力ケースの場合、日本のエネルギー 関連指標がNPSと比べてどう変化するか



低原子力ケースでは日本はエネルギー安全保障リスクの増大、50兆円以上の燃料輸入コスト増大、二酸化炭素排出の14%増加が起こる。

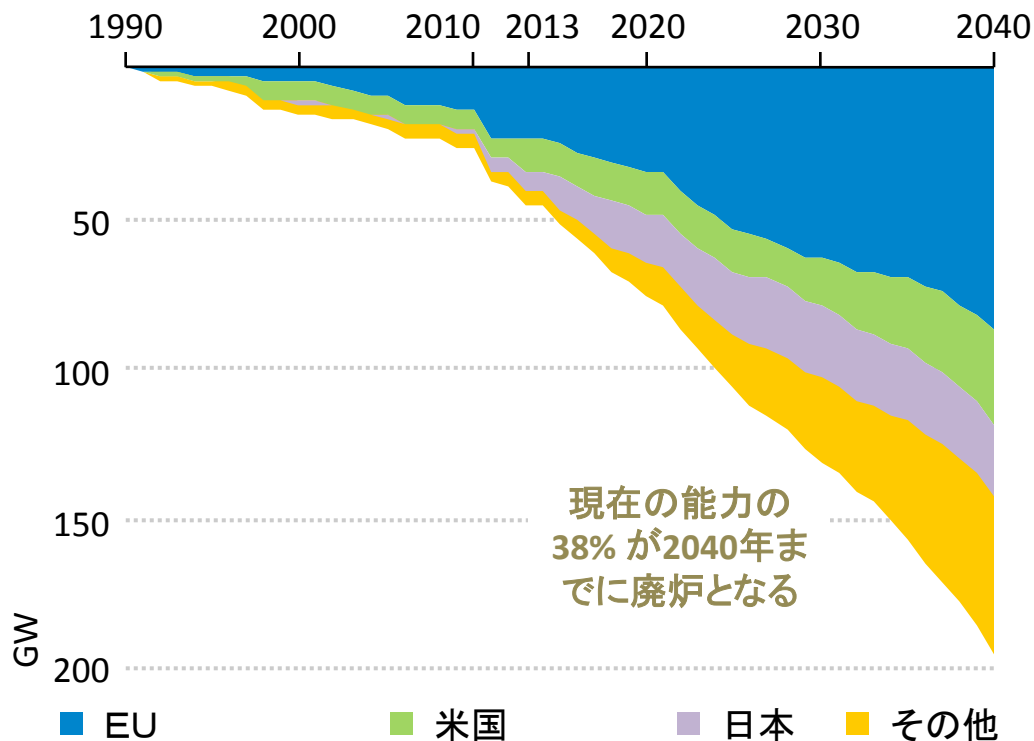
原発の非稼働により日本経済は毎年4兆円の追加コストを払う。 第四の矢は早期の再稼働。

Shinzo Abe has the best chance in decades of changing Japan for the better. He seems poised to take it (June 28th 2014)

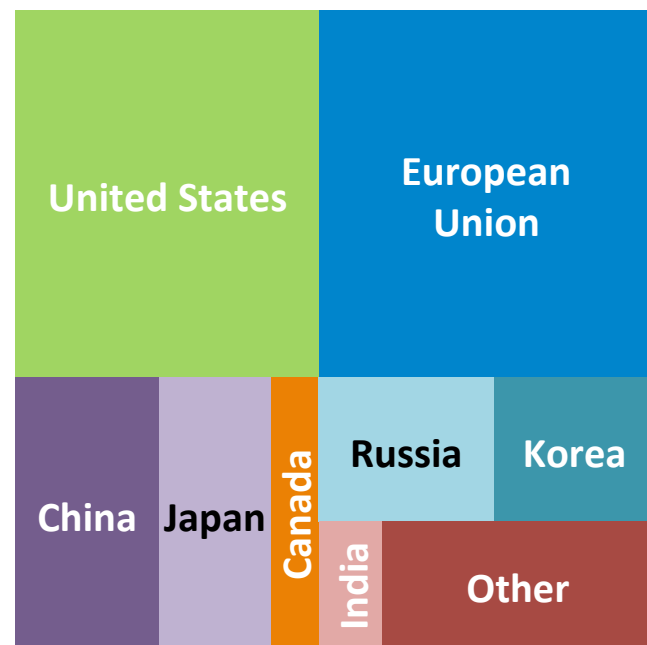


原子力発電に関する国民の関心事項に答える必要がある。
安全性、廃炉、使用済み燃料問題など。

原子力炉の廃炉 1990-2040



使用済み燃料
1971-2040: 70万5千トン



WEO2014

国民の関心はプラントの安全、廃炉、廃棄物処理、核不拡散など。

2040年までに軽水炉200基が廃炉に、使用済み燃料は倍増。

福島第一原発事故の教訓

国際的に共有すべき原則的教訓

- 安全文化の確立。想定外のものを想定する。(津波、全電源喪失、テロ、大規模電源喪失)
- 過酷事故に対する深層防護、同一事象による危機、複合災害などへの準備。安全に加えテロ対策への重点化。(NRCのB5b条項問題の反省)
- 津波に襲われた他の発電所(福島第二、女川、東海第二)で防げた事故が、福島第一発電所で防げなかった理由を客観的に明らかにすべし。

安全性を確立する措置

- 「人災であり、防げたはず。」(畑村政府事故調委員長、国会事故調報告)
- NRC, IAEA などとの国際協力。共同委員会によるピアレビューなど。国際的サイクルメカニズム。失われた信頼回復措置。
- 安全の科学的判断のためのNRC型独立規制委員会による基準及び規律。
- 安全規制の透明性、プライオリティ付け、バックフィットなど。

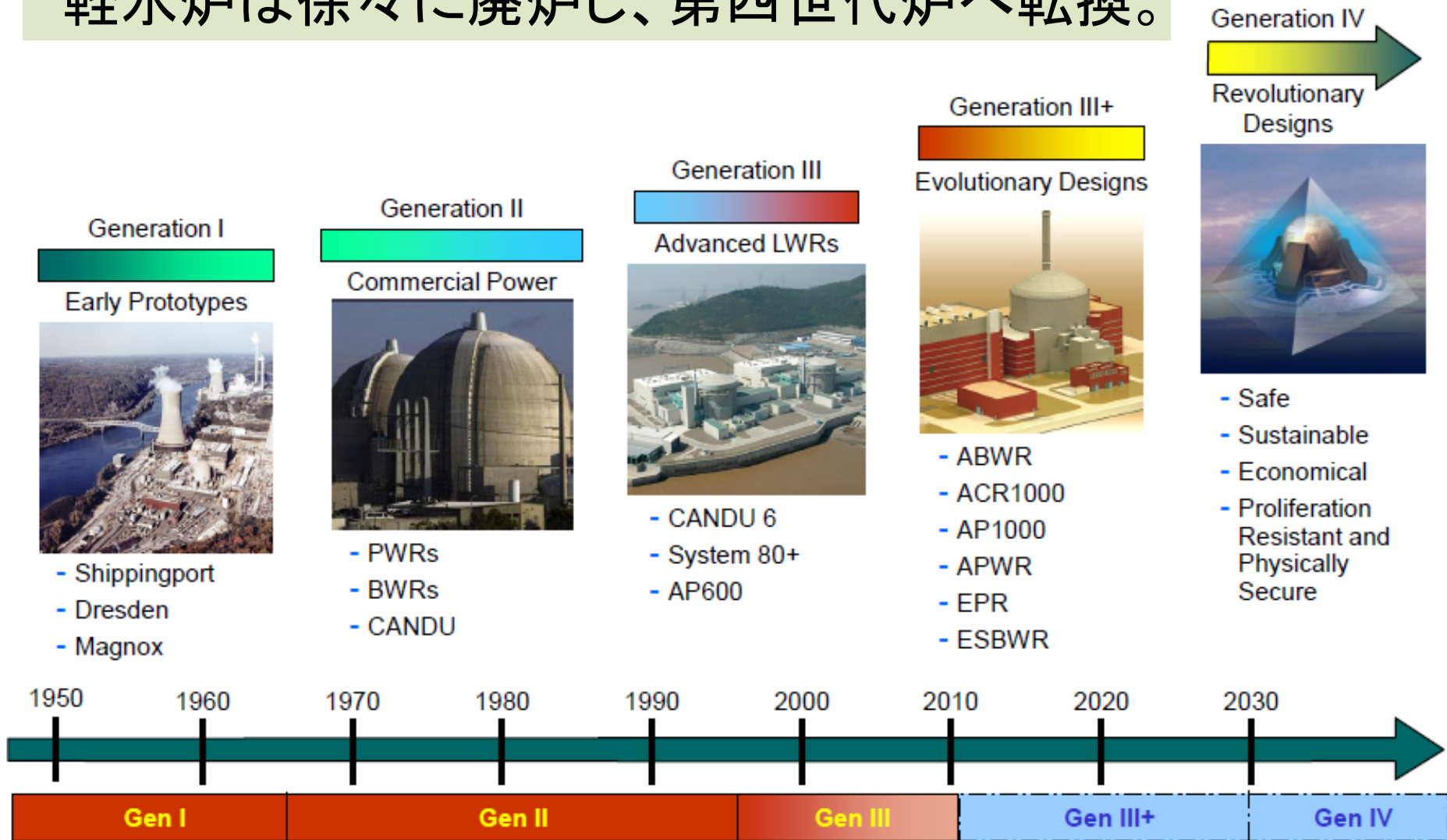
電力供給の安定性確立

- 発電所の分散と集中のバランス
- 系統線連携強化、50hz・60hz問題、国際的関係も視野に

それでも災害が起こってしまったからの回復措置: 安心のための措置

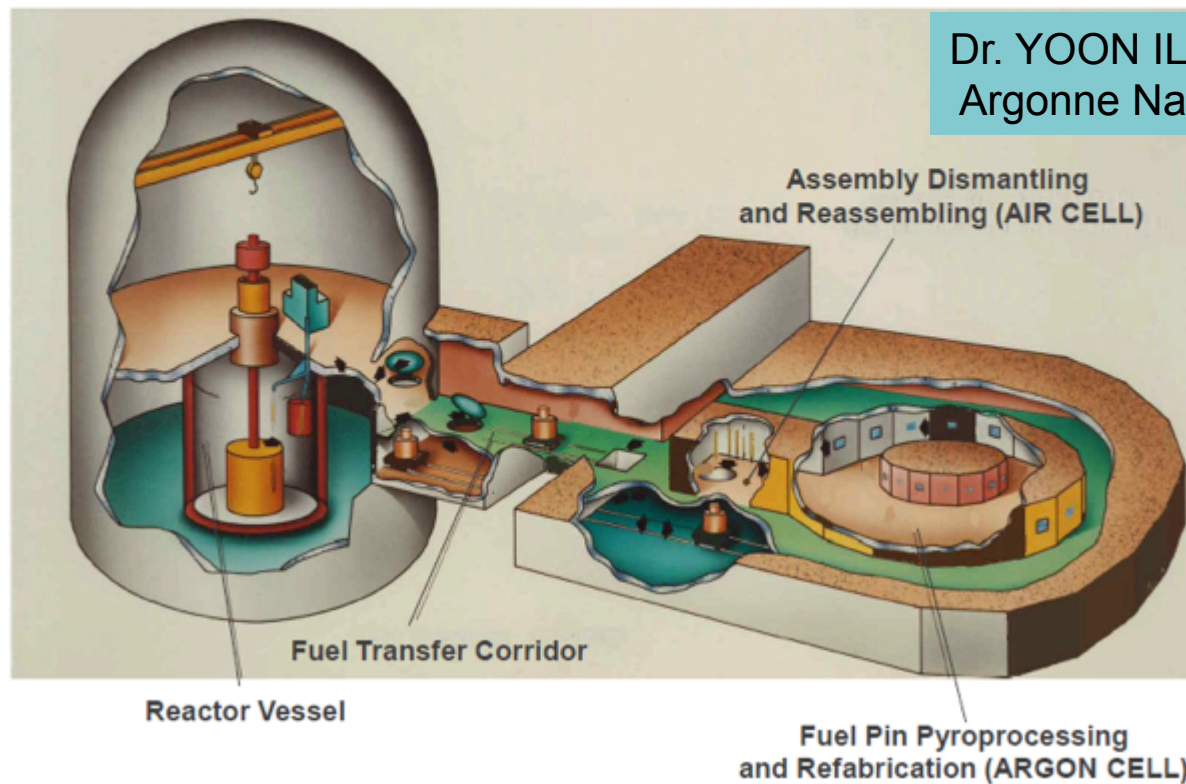
- 米国で同じことが起こったらどうだったのか? FEMA(米国連邦緊急事態管理庁)型緊急時対応組織。専門スタッフの訓練育成。原子力技術への自衛隊の参加。現場力。スマートメーターによる停電回避。

軽水炉は徐々に廃炉し、第四世代炉へ転換。



「パンドラの約束」に登場する安全性に優れた統合型高速炉 (Integral Fast Reactor)と電解型乾式再処理施設 (Pyroprocessing)

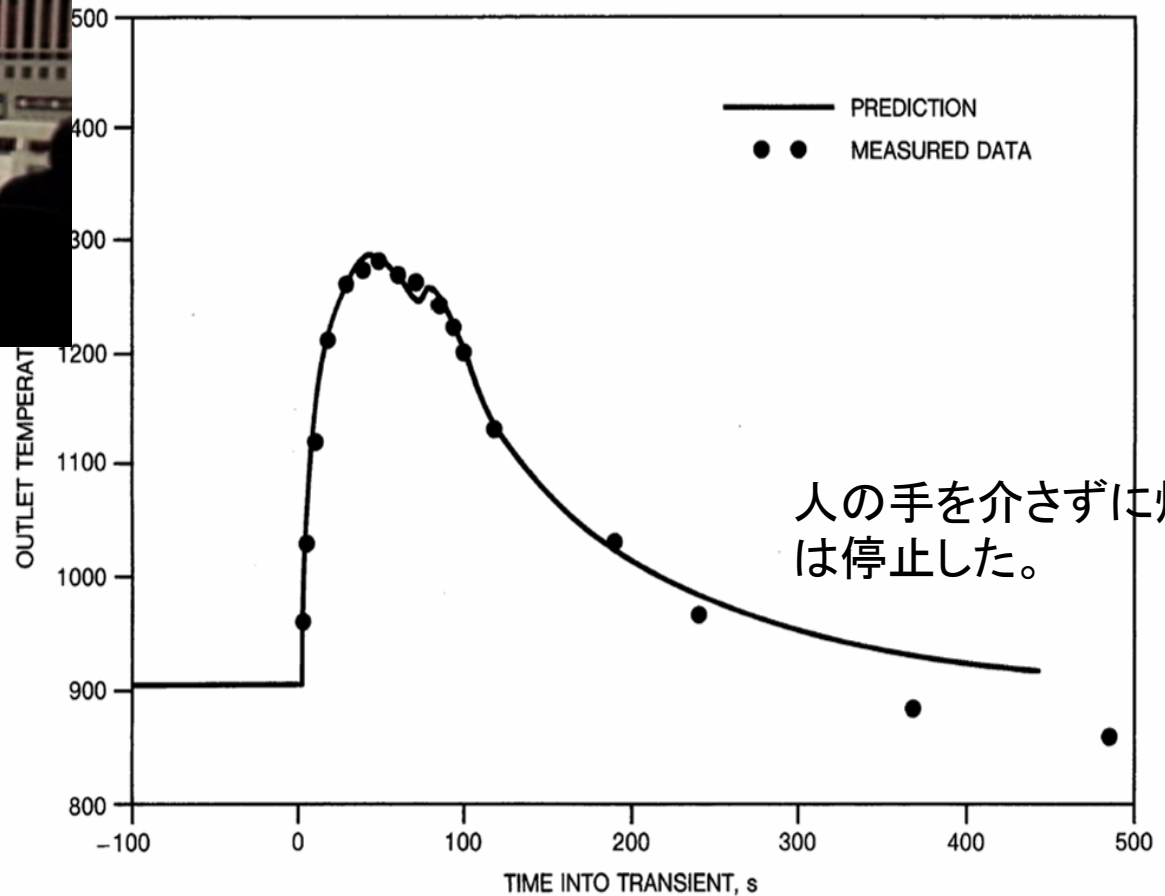
Pyroprocessing was used to demonstrate the
EBR-II fuel cycle closure during 1964-69



統合型高速炉と電解型乾式再処理はウラン資源の効率的利用、受動的安全性、放射性廃棄物処理の容易性、核不拡散性において軽水炉システムより優れている。

映画に登場する1986年に行なわれた福島事故に酷似する全電源喪失実験。 炉内温度の推移。

Loss-of-Flow without Scram Test in EBR-II



統合型高速炉の技術特性

✓ 次世代炉として革命的進化:

- ほぼ無限なエネルギー源
- 固有安全性
- 長期廃棄物処理技術
- 核不拡散性
- 閉じられた核燃料サイクル

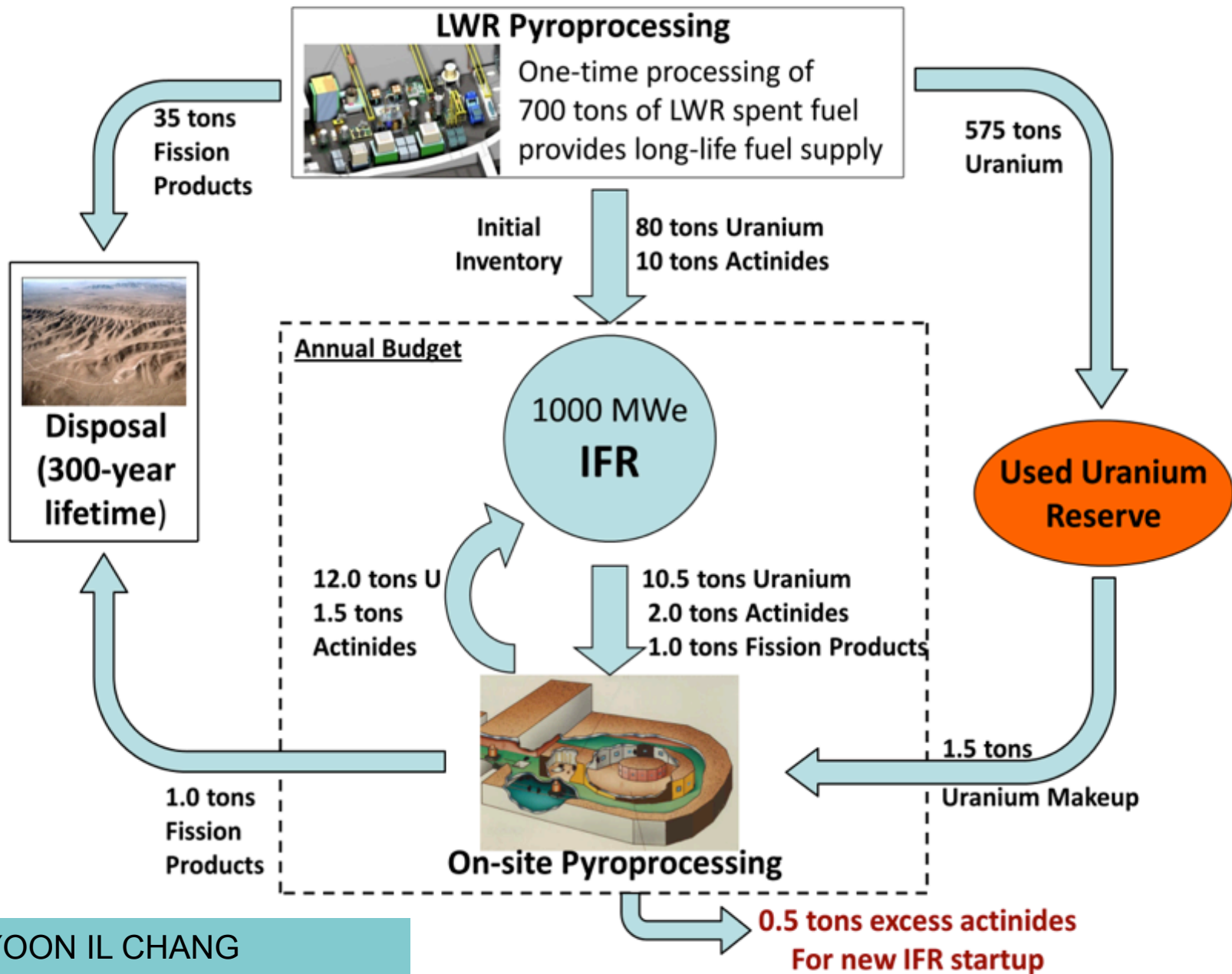
✓ 金属燃料と乾式電解再処理法

福島第一燃料デブリ処理に有効な技術

✓ 軽水炉の使用済み燃料処理を補完

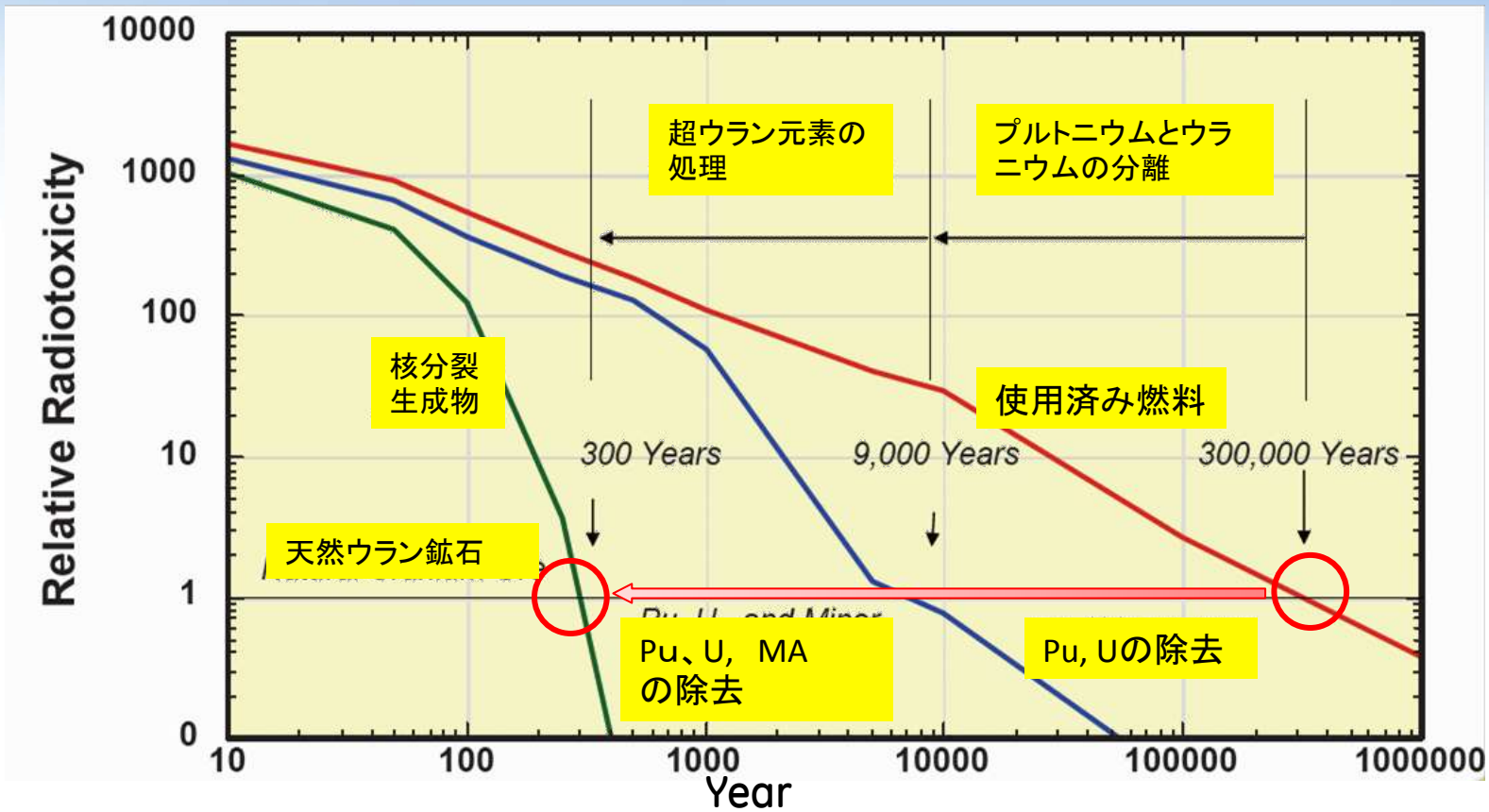
日本も電力中央研究所が乾式再処理開発に参加したが、クリントン政権が1994年に研究を中止したため停止。

高レベル廃棄物の放射能レベルは300年で天然ウラン並みに減少



高放射性超ウラン元素の廃棄問題

The 1% transuranic (TRU) content of nuclear fuel is responsible for 99.9% of the disposal time requirement and policy issues



HITACHI

Removal of uranium, plutonium, and transuranics makes a 300,000 year problem a 300 year problem

軽水炉の成功が高速炉の展開を妨げた。福島事故を経験した日本は軽水炉体系を補完する新しい平和利用のパラダイム作り世界の原子力利用をリードすべきである。



前国際エネルギー機関事務局長

田中 伸男



ロバート・ストーン監督のドキュメンタリー映画「パンドラの約束」に興味深い場面が出てくる。海軍士官が初の原子力潜水艦ノーチラス号の模型を前に原子力の素晴らしさを説明しているところだ。若い頃のハイマン・リッコーバー提督である。米海軍の原潜乗りで彼の名前を知らないものはいない。

加圧水型軽水炉（PWR）は、酸素を必要としない動力源として潜水艦用に開発された。蒸気発生器も乗組員を被ばくから守るための技術だ。提督は乗組員に原子炉知識の共有と安全管理を徹底した。小さくてもミスを犯したものは原潜から放逐されたという。1人の間違いが全乗組員の死に直結するからだ。これが海軍でリッコーバー提督の伝説となり、今もその安全ルールが徹底されている

リッコーバー提督の伝説

20 2014.2.20

と聞く。退役した乗組員が米原子力規制委員会の委員やスタッフになり、原子力発電所にも派遣されて原子炉の安全を守っている。水を冷却材とする軽水炉は、原潜に載せるのに都合の良い技術だ。万が一の事態が起こっても海中に投棄すれば原子炉は停止するからだ。それを陸に上げれば冷却水が途絶えるリスクがあることは福島で明らかになった。軍事技術の転用として商業用軽水炉の普及が急速に進んだのはリッコーバー提督の功績である。しかし軽水炉と同時に開発されていた高速炉は、原子力利用の本命と言われながら過渡的な技術のほずの軽水炉との実用化競争に敗れいまだに研究段階にある。問題は軽水炉実用化を急ぎすぎ、炉の安全性や使用済み核燃料処理などバックエンド技術が未完のまま走り始めたことだ。福島事故後の日本こそ、安全で核不拡散型かつ廃棄物処理の楽な「統合型高速炉」を平和利用の伝説にする責任があるのではないか。

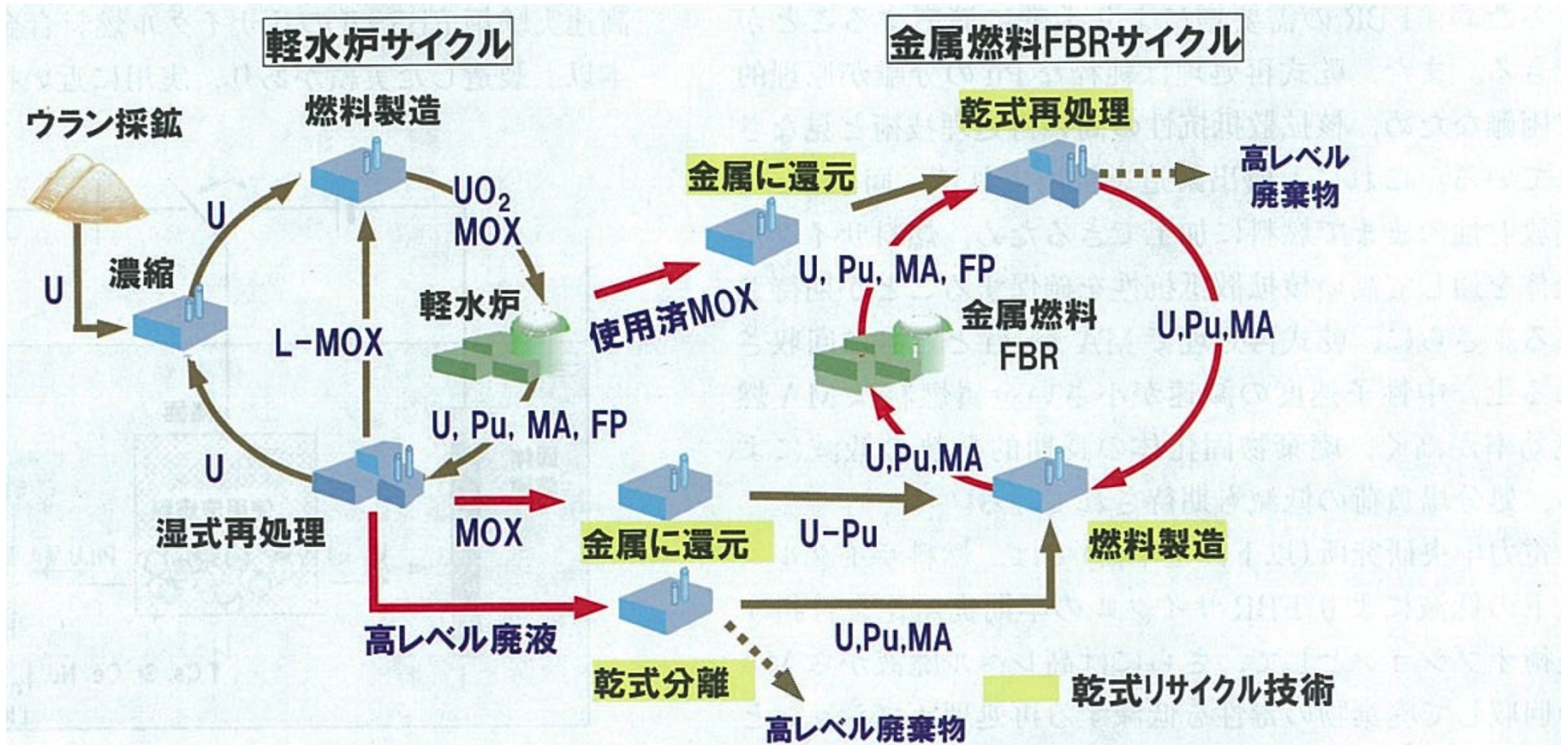
(毎日新聞 経済観測2014-2-20)

リッコーバー提督の伝説

©Pandora's Promise, LLC
映像提供：フィルムヴォイス



日本の既存核燃料サイクルへのIFRサイクルの応用



第6図 乾式リサイクル技術による燃料サイクル概念

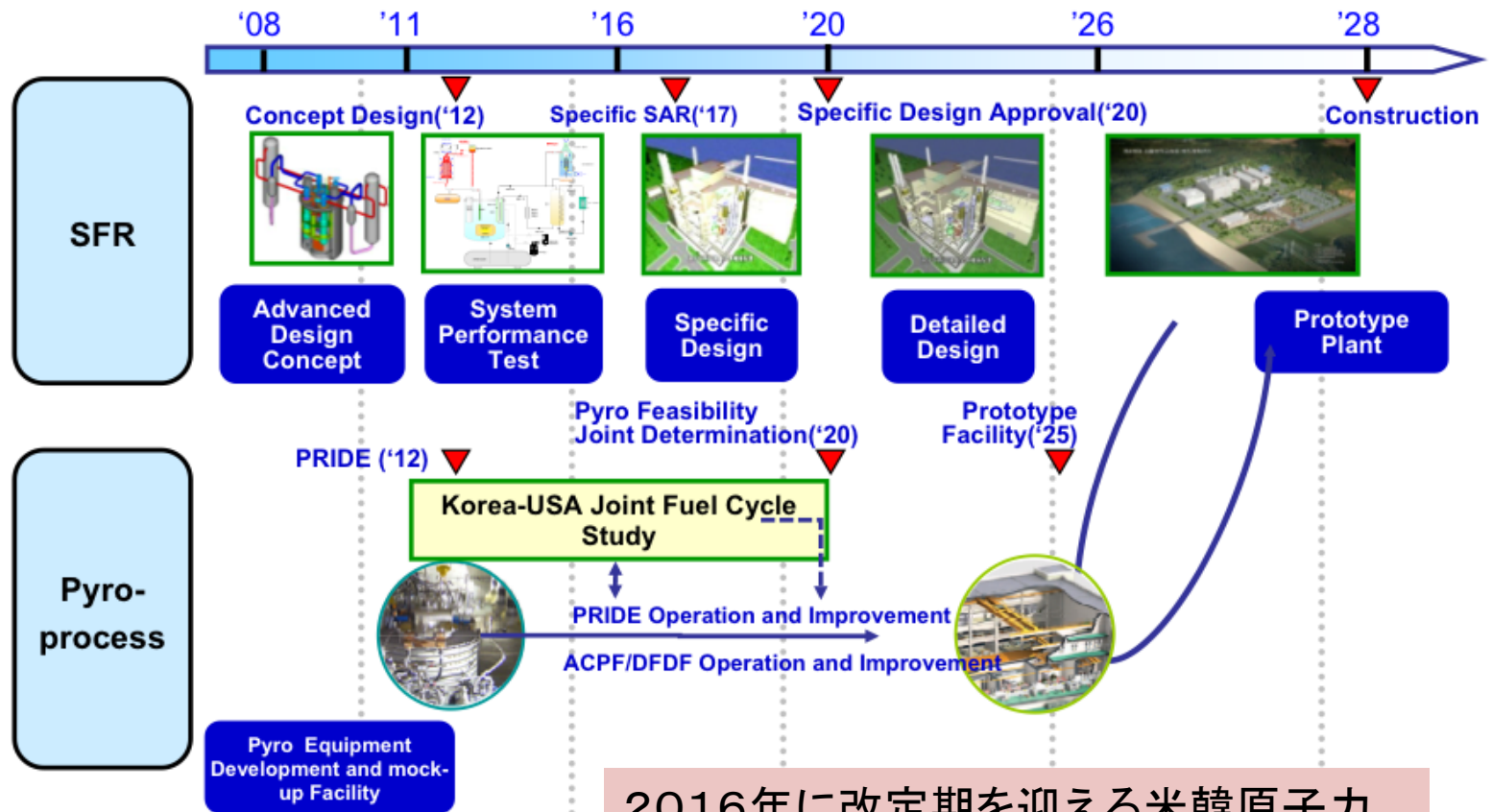
(30)

日本原子力学会誌, Vol. 52, No. 7 (2010)

(財)電力中央研究所 小山 正史, 尾形 孝成

金属燃料、乾式再処理に熱心な国は韓国

Long-term Plan for SFR and Pyroprocess



2016年に改定期を迎える米韓原子力協定の焦点が乾式再処理の承認。

CSISナイ・アーミティジ報告 から抜粋 (2012/8/10)

両国は、より強力で対等な同盟にするためには、第一流国家(tier-one nations)の見方から臨むことが必要。第一流国家とは、重要な経済的な重み、能力ある軍事力、世界的なビジョン、国際的な関心事項への民主的な指導性を持たなければならない。米国は間違いなく一流国家だが、日本の場合は、決断すべき事がある。つまり、日本は、なお一流国家であり続けたいのか、あるいは二流国に漂流しても構わないのか？

1、エネルギー・セキュリティ (原子力)

福島事故が原子力そのものに大きな負の影響をもたらした。我々は、安全審査と地元の同意を前提として、原発を慎重に再開する事が正しく、また、責任あるやり方だと考える。日本はエネルギー利用効率では巨大な進歩を遂げており、エネルギーでの研究開発では世界のリーダー。短期的に、原子力なしでは、CO2排出量削減目標達成や基盤発電量の確保日本に深刻な反作用が生ずる。国家エネルギー政策の策定が延びると、日本にとって重要でエネルギー消費型の産業が国外に去り、国家の生産性を危うくする。中国が、世界的な民生原子力発電国家となってロシア、韓国、さらにはフランスの仲間に入るつもりなので、日本にはその動きに遅れる余裕など無いはずだ。福島からの教訓を立て、安全な炉設計やキチンとした規制実践で世界をリードしなければならない。

廃炉と高レベル廃棄物処理は同じ場所で。

経済
観測

田中 伸男

前国際エネルギー機関事務局長



米マンスフィールド財団が主催する日米原子力ワーキンググループのメンバーと一緒に、東京電力福島第1原発を訪問した。20^キ離れた「Jヴィレッジ」で毎時0・2^ギ^ギ^ギ側で900^ギを超えた。現場には津波でへこんだタンク、流された車両、倒れた送電塔が今でも見られる。多くの職員が汚染水の処理や漏えい防止、地下水遮蔽（しゃへい）など水にからむ難題と向き合っているが、最後に残るトリチウムを含む水の海への放出については方針が未定のまま、タンクを建てる場所がなくなりつつある。

4号機の使用済み核燃料を運び出す巨大な建屋ができ、別の保管場所に移す準備が進む。放射能と闘いながら作業をしておられる方々の苦労には頭が下がる。安倍

福島のエンドゲーム

2013. 10. 10

晋三首相は政府の関与を世界に公約したが、この発電所全体を最後にどういう状態にするのかは明確ではない。メンバーの米国の専門家からは「まさか、更地にして公園にしようということではないでしょうね」と言われた。そのためコストと時間は計り知れない。米国の廃炉は、燃料を取り出した後、原子炉をコンクリートで固めて管理するという。地元の理解を得るための説明も徹底して行う。

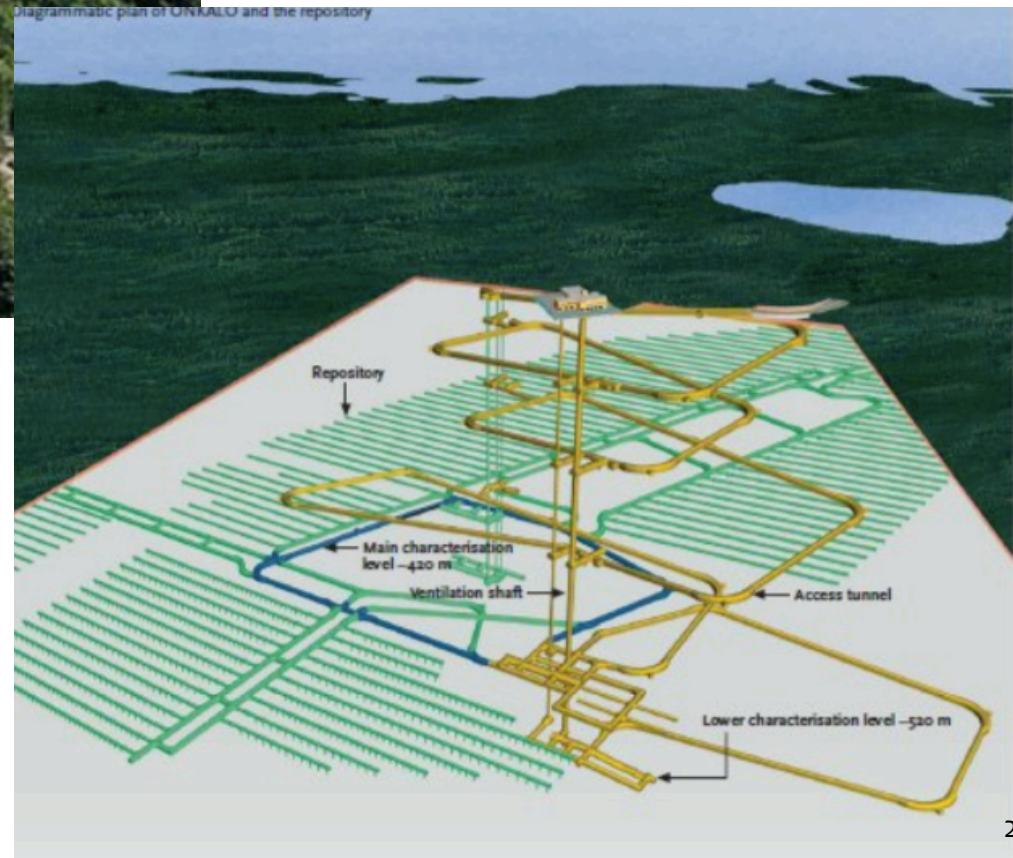
周辺の高汚染の帰還困難区域全てを年間1^ギのレベルに下げるコストは何兆円にもなるだろう。被災者が希望するなら早く土地を買い上げて生活再生を手助けする一方で、長い期間かけて放射能を下げて行くのが合理的解決策ではないか。現場を見たグループのメンバーから「外国の専門家を長期にわたって招き、助言を求めべきだ」と言われた。政府が最前線に立ち日本人皆が総力を挙げて取り組まない限り、この未曾有の危機は乗り越えられないと知った。

(毎日新聞経済観測2013-10-10)

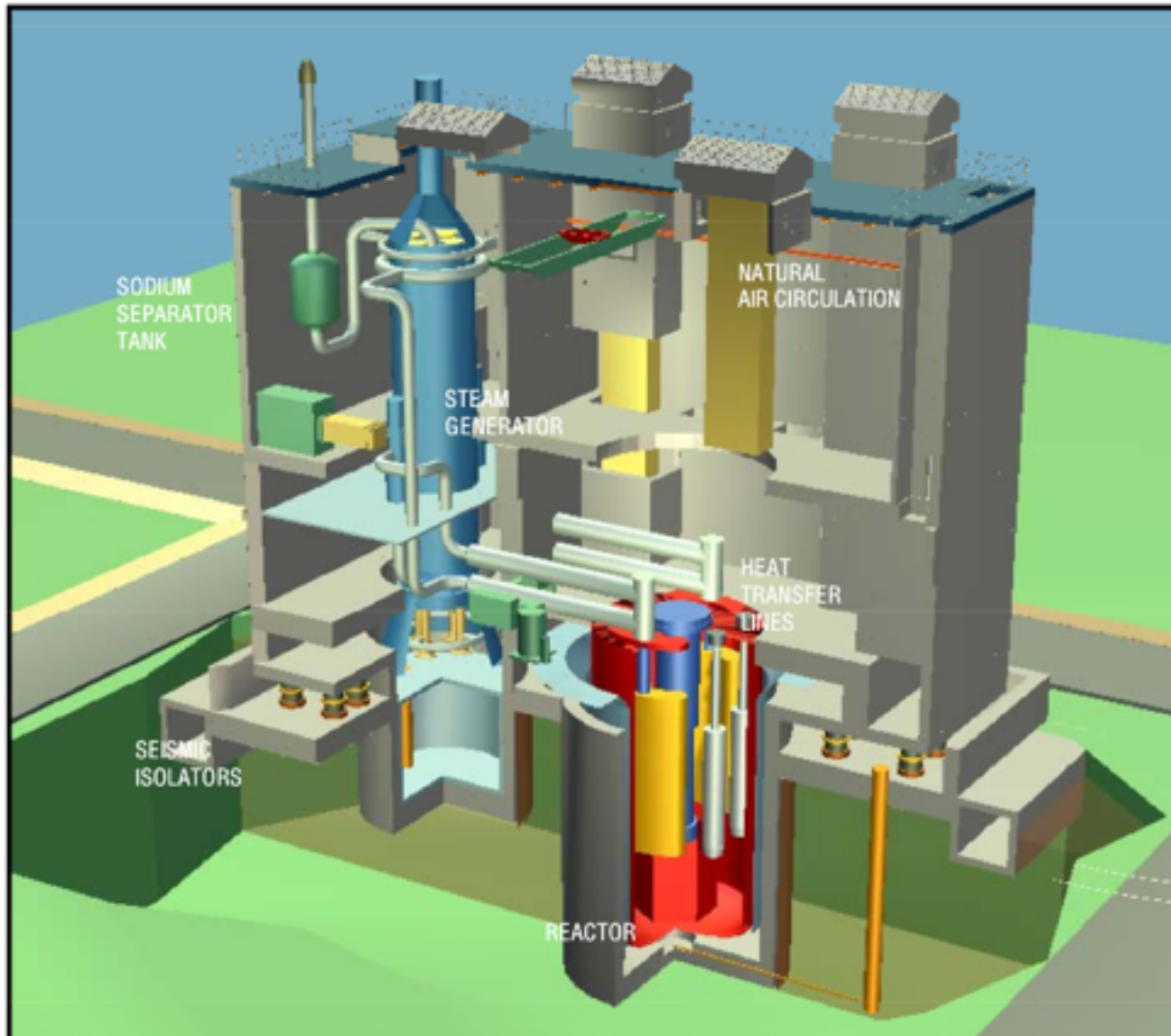


フィンランド モデル オルキルト原発と 使用済み燃料長期地下貯 蔵設備(オンカロ)

オルキルト原発を所有する
Teollisuuden Voima Oyj (フィン
ランド産業電力) 本社は原発
施設内に立地する。



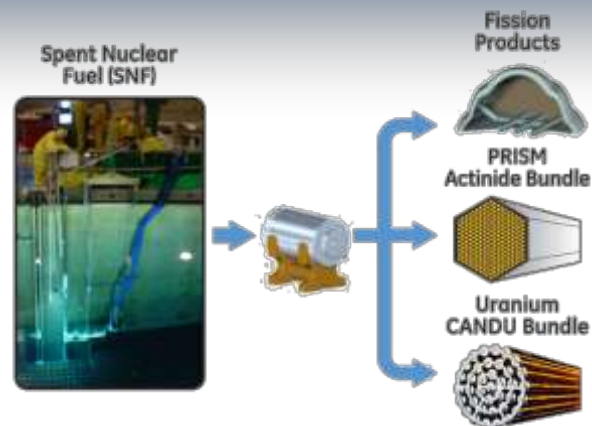
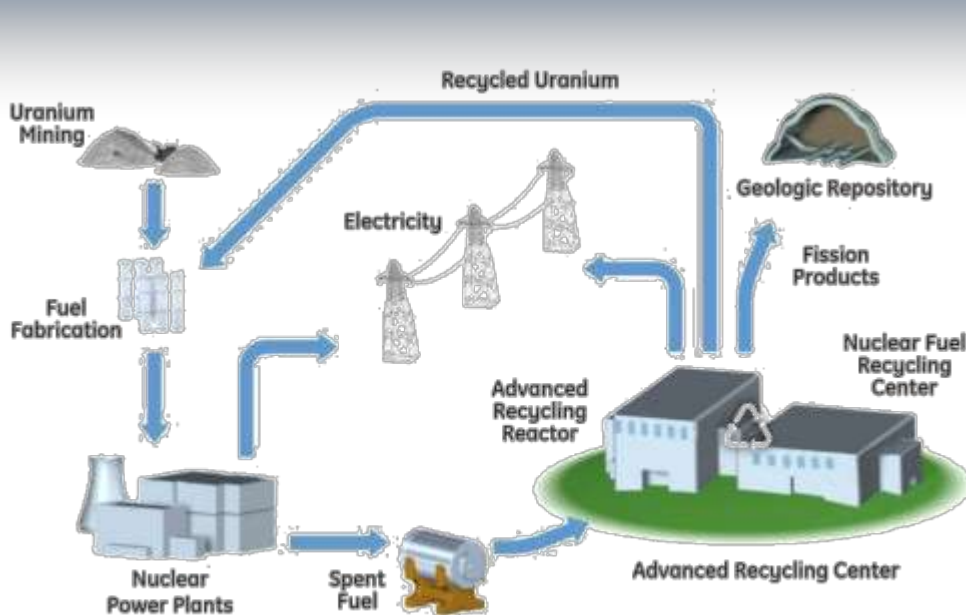
S-PRISM Nuclear Steam Supply System



GEがデザインした商業型小型モジュラー高速炉 S-PRISM

GE Hitachi

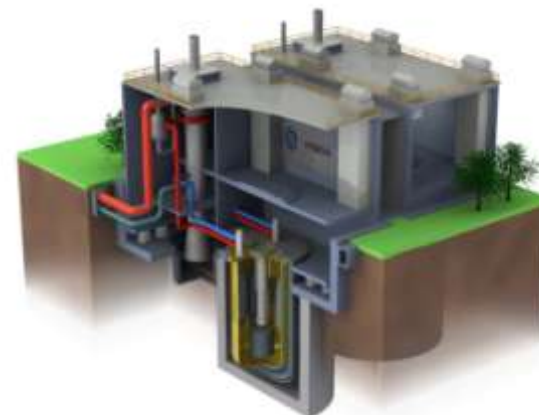
Extending PRISM... recycling used LWR fuel closes the nuclear fuel cycle with two technologies ...



NFRC - Electrometallurgical

Benefits include:

- Waste half-life ... 300-500 years
- Uranium energy ... extracts 90%
- Non-proliferation ... no plutonium separation
- Environmentally responsible ... dry process



Advanced Recycle Reactor - PRISM



HITACHI

提案：福島第二原子力発電所を活用し福島第一のデブリ処理、使用済み燃料、高レベル廃棄物処理システムの実証実験を！

- 福島第一原発の炉心デブリは県外に持ち出すことは難しい。
- 福島第二原発は廃炉でない別の活用の道がある。
- 電解型乾式再処理システムはデブリ処理に有効。(再利用できるPu, U, MAと高レベル廃棄物(300年型)の分離)
- 福島第一、第二の使用済み燃料、さらにMOX使用済み燃料を乾式再処理し高速炉の金属燃料に加工する実験。
- 統合型高速炉(GEのSPRISM炉)での燃焼実証。
- 高レベル廃棄物(300年型)の貯蔵管理廃棄実験。
- 従来の各燃料サイクルを補完するモデル開発と人材育成。
- 米国、韓国などとの国際協力プロジェクト。日韓関係改善の切り札。
- 2018年に来る日米原子力協定延長交渉の環境整備。

田中 伸男

前国際エネルギー機関事務局長



東京電力福島第2原発は、事故を起こした第1原発から南に10キロのところにある。地震と津波に襲われながらも何とか持ちこたえた。建屋の中に非常用電源を設置していたことが大きい。1000年に1度の津波に耐え、事故中も第1の所員が一時避難するなど、安全な原発であることを実証したとも言える。

しかし地元では東電への信頼が失われ、第2原発も再稼働せず廃炉にすべしとの意見が多数と聞く。私は再稼働以外にももう少し違った利用法があると思う。

それは第1原発の溶けた炉心燃料（デブリ）や使用済み核燃料を処理して廃棄物の量や毒性を減らして管理しやすくする「包括的ゴミ処理技術」

の実証実験だ。

この技術は米アルゴン国立研究所で開発された。ゴミを再

デブリ処理を福島第2原発で

2015. 1. 15

利用して発電する統合型高速炉の安全性は研究所による全電源喪失実験で証明されている。使用済み核燃料を再処理のために外に持ち出す必要がないので、核不拡散性でも軽水炉より優れている。放射性廃棄物の毒性は、軽水炉のよりに10万年ではなく300年で落ちるので、地層処分よりも貯蔵管理をしやすくなる。

デブリや廃棄物、廃炉に伴う汚染機材を県外に持ち出すことへの理解を得るのは難しい。それなら第1原発の近くで安全に処理する方法を考えるべきだ。フィンランドのオルキルオト原発と隣接するオンカロ処理場のように、原発サイトごとの現地処理も検討すべし。福島第2はそのモデルになりうる。韓国もこの技術に着目し、米ゼネラル・エレクトリック（GE）が商業化を目指している。

日米韓の国際プロジェクトを福島で行えば、世界の最先端の研究者が集まり、復興を後押しするはずだ。原発事故の教訓を世界で共有することにもつながるだろう。

永井隆

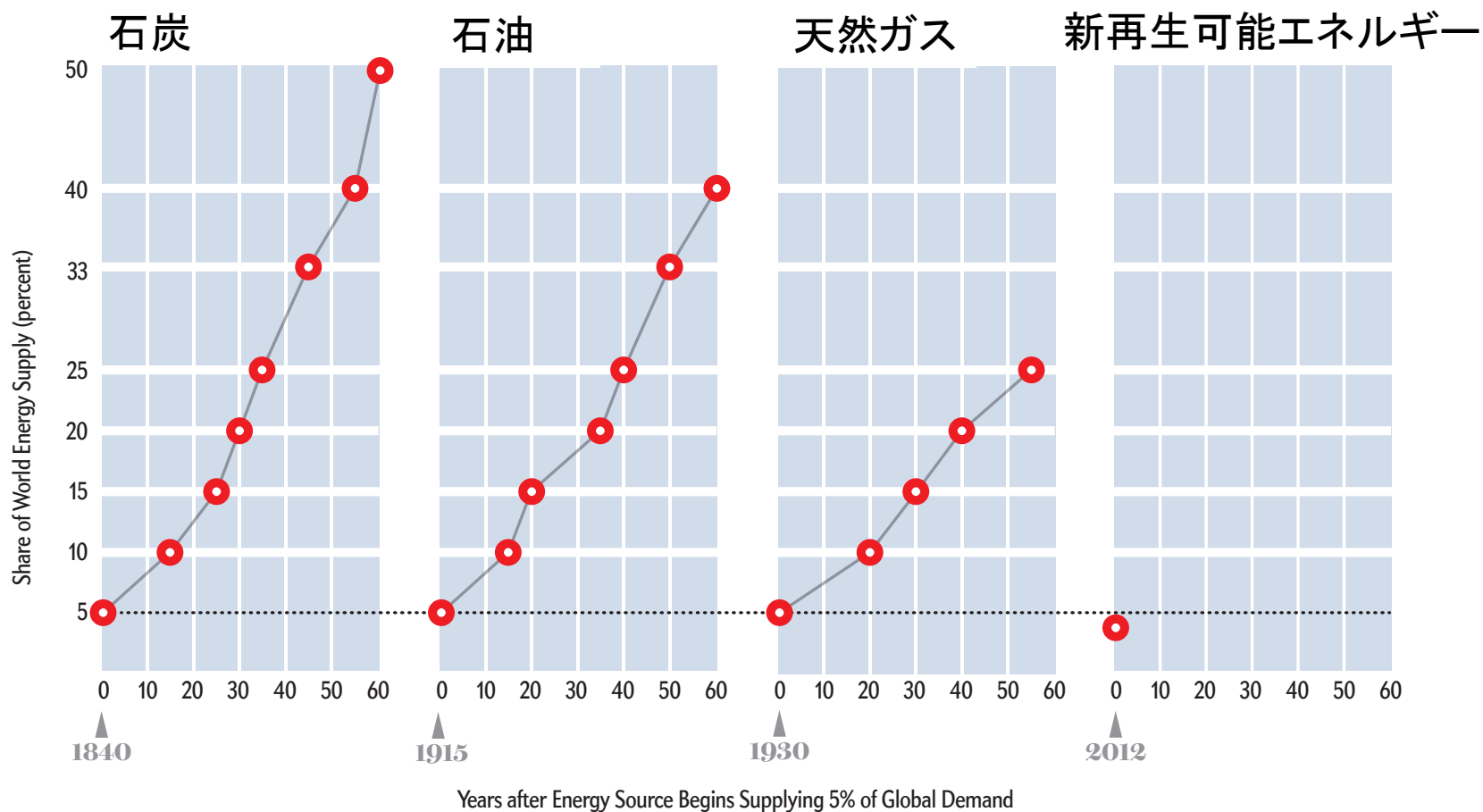
長崎医科大学教授、「長崎の鐘」の著者

1945年(昭和20年)8月9日、長崎市に原子爆弾が投下され、爆心地から700メートルの距離にある長崎医大の診察室にて被爆。右側頭動脈切断という重傷を負うも、布を頭に巻くのみで救護活動にあたった。救護活動の合間に「原子爆弾救護報告書」(第11医療隊)を執筆し、長崎医大に提出した。その結語で彼はこう述べている。



「すべては終わった。祖国は敗れた。吾大学は消滅し吾教室は烏有に帰した。余等亦夫々傷き倒れた。住むべき家は焼け、着る物も失われ、家族は死傷した。今更何を云わんやである。唯願う処はかかる悲劇を再び人類が演じたくない。原子爆弾の原理を利用し、これを動力源として、文化に貢献出来る如く更に一層の研究を進めたい。転禍為福。世界の文明形態は原子エネルギーの利用により一変するにきまっている。そうして新しい幸福な世界が作られるならば、多数犠牲者の霊も亦慰められるであろう。」

エネルギーのパラダイム転換には50-75年という長い期間が必要。(Vaclav Smil)

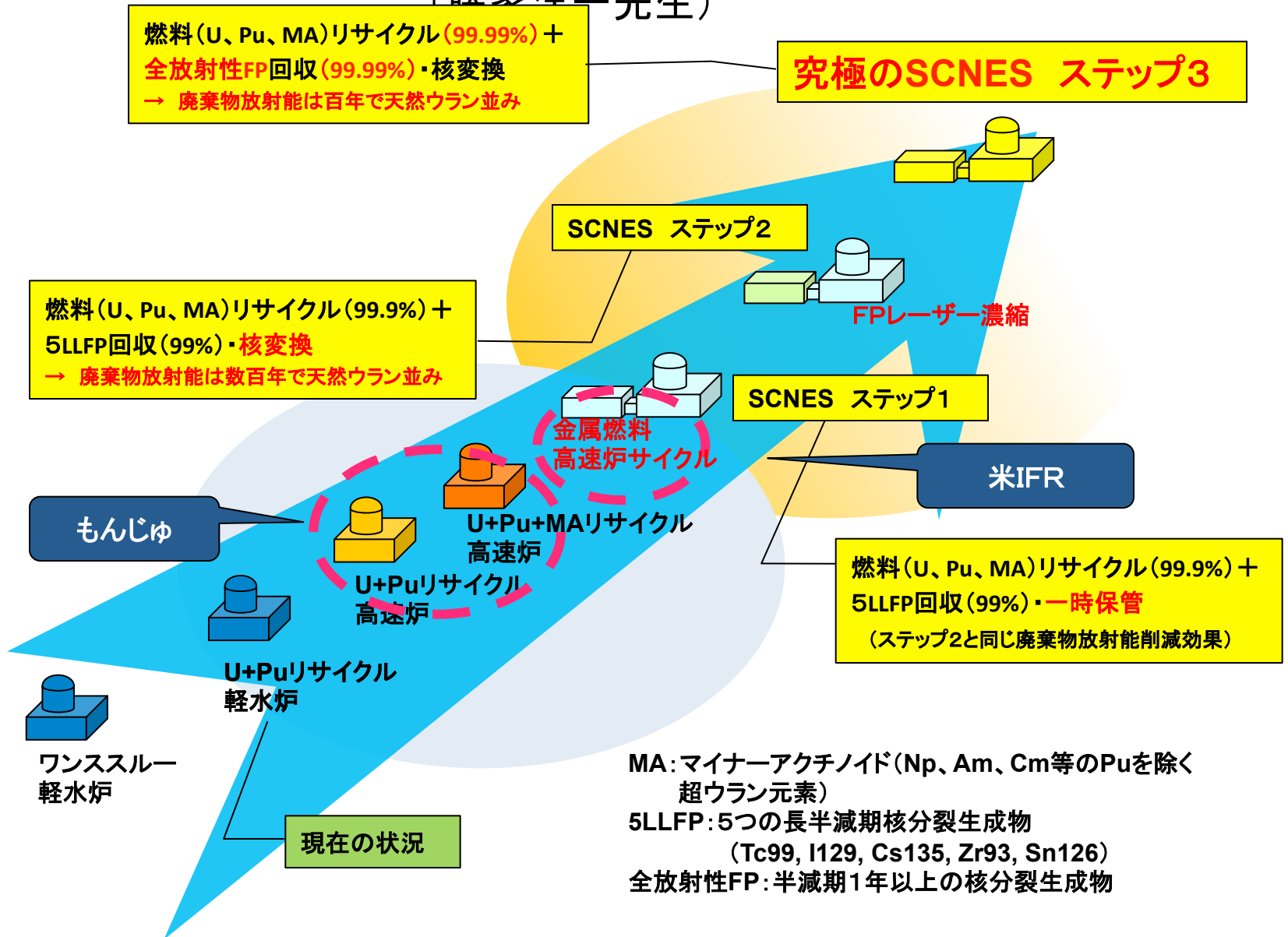


Scientific American, January 2014

原子力は1980年代に5%に到達しているがTMI、チェルノブイリ事故で停滞。

SCNES(ゼロリリースシステム)への段階的アプローチ

(藤家洋一先生)



MA:マイナーアクチノイド(Np、Am、Cm等のPuを除く超ウラン元素)
5LLFP:5つの長半減期核分裂生成物(Tc99、I129、Cs135、Zr93、Sn126)
全放射性FP:半減期1年以上の核分裂生成物