

愛知学院大学

第135回モーニング・セミナー

「最強の放射性廃棄物
使用済み原子力燃料の行方」
～バンドラの筐から出たのは空虚な
期待だけだったのか?～

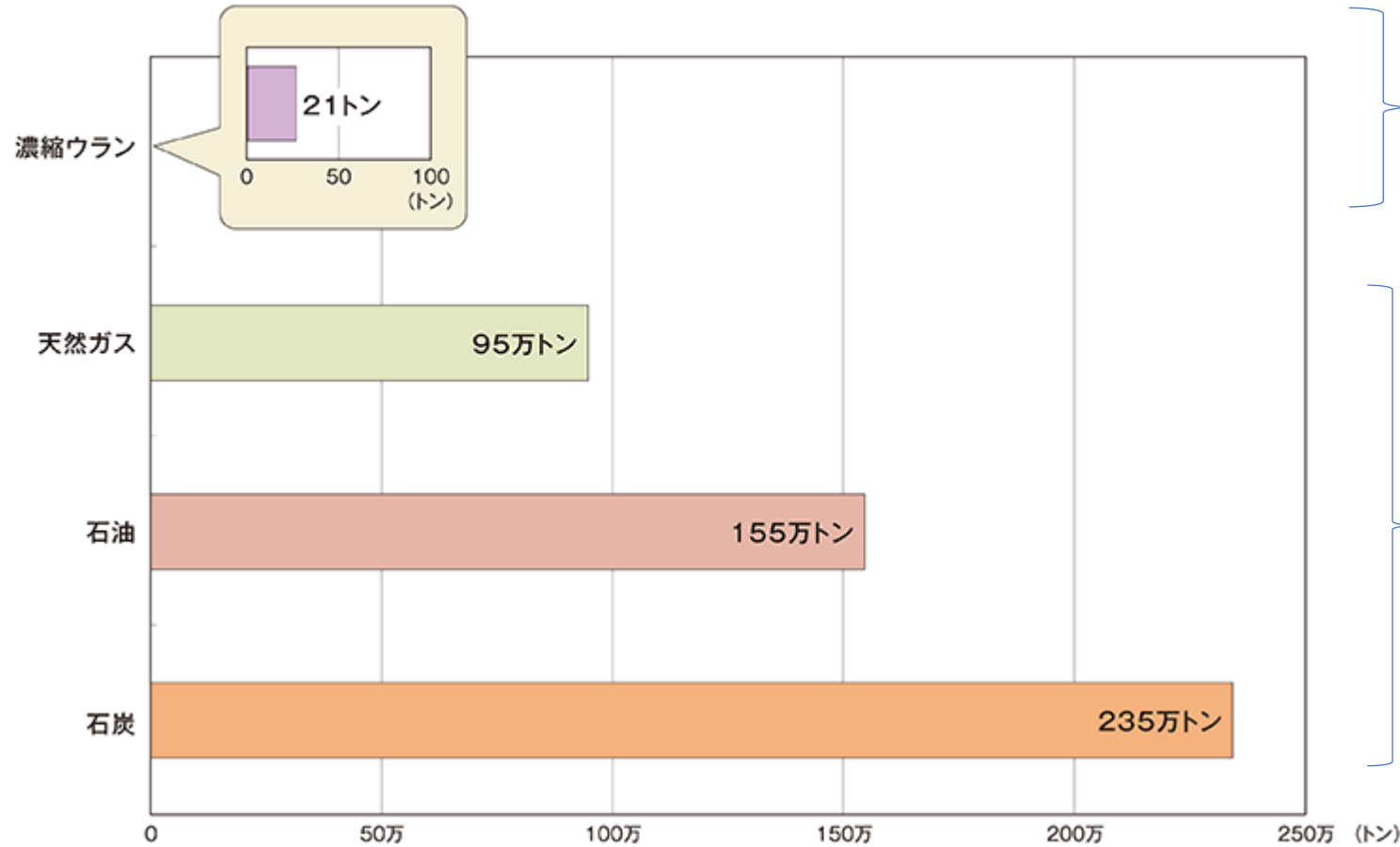
平成29年6月13日

名古屋大学大学院工学研究科教授

榎田 洋一

原子力発電の特長

100万kWの発電所1年の運転に必要な燃料の量



原子力発電
資源制約性は小さく、
環境制約性も小さい。
技術制約性の高いシステム

火力発電
(**資源制約性, 環境制約性の高い**システム)

原子力エネルギー利用では $E=mc^2$ の原理を利用するので、燃料量が少なくてすむ。原子力安全を含めて支える高度な技術が必要。

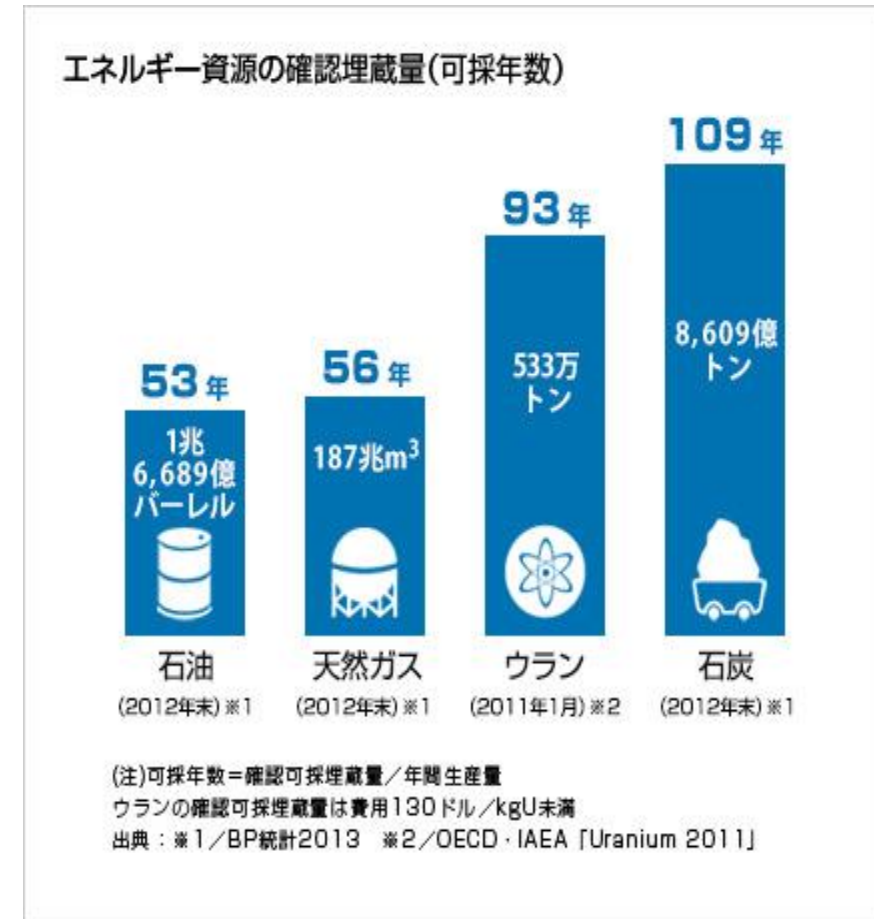
使用済み原子力燃料の行方

2つの選択肢が存在

1. **そのまま地層処分する** 米, 独, 瑞, 典, ...
 - ウランのもつ潜在的核エネルギーの**0.5%**が利用できる
 - 今は経済的だが, **可採年数約100年**のウランが将来, 不足しそう. そうでなければ化石燃料の利用と同じ構造で, **資源制約性が高くなり, 特別な地位でなくなる.**

2. **リサイクル利用する** 仏, 露, 中, 印, 日, ...
 - ウランのもつ潜在的核エネルギーの**50%以上**を利用できる
 - 現在の再処理費用では**リサイクル利用を経済的に正当化できない.** 高速増殖炉の開発も必要で更に投資が必要. 技術開発投資を正当化できるか, リスクヘッジできるかが要点であり, 国際協力 (国際的投資リスク分散) で問題解決となるか?

- その日暮らしか, 将来に備えて技術制約解消に向けて努力するかをわれわれが選択する時代に到達した. 実現の「希望」をどう考えるのか?



史上最強の放射性廃棄物

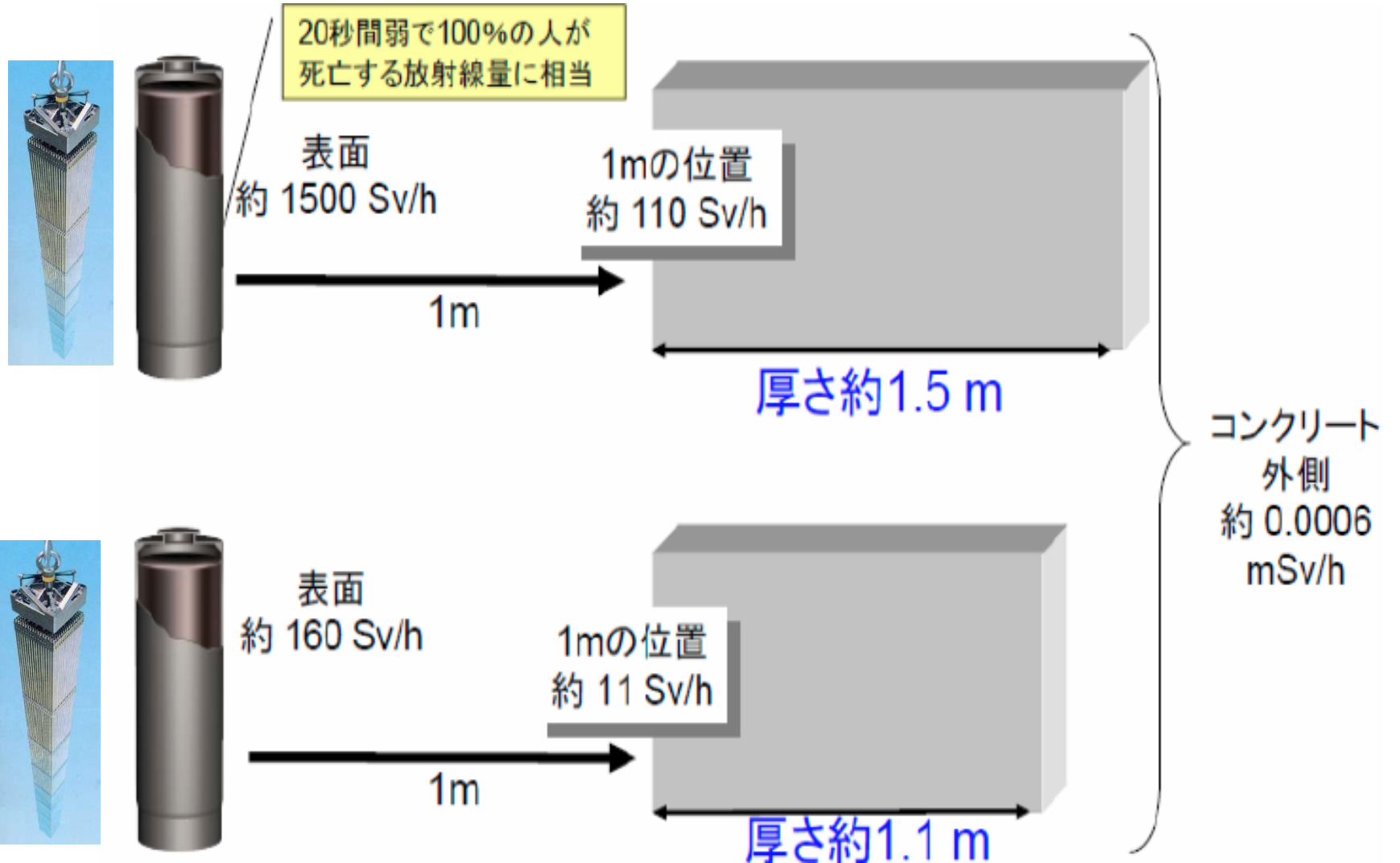
使用済み燃料

使用済み燃料1 t ≒ ガラス固化体1本

燃料取り出し後4年／ガラス固化体製造直後



地層処分前

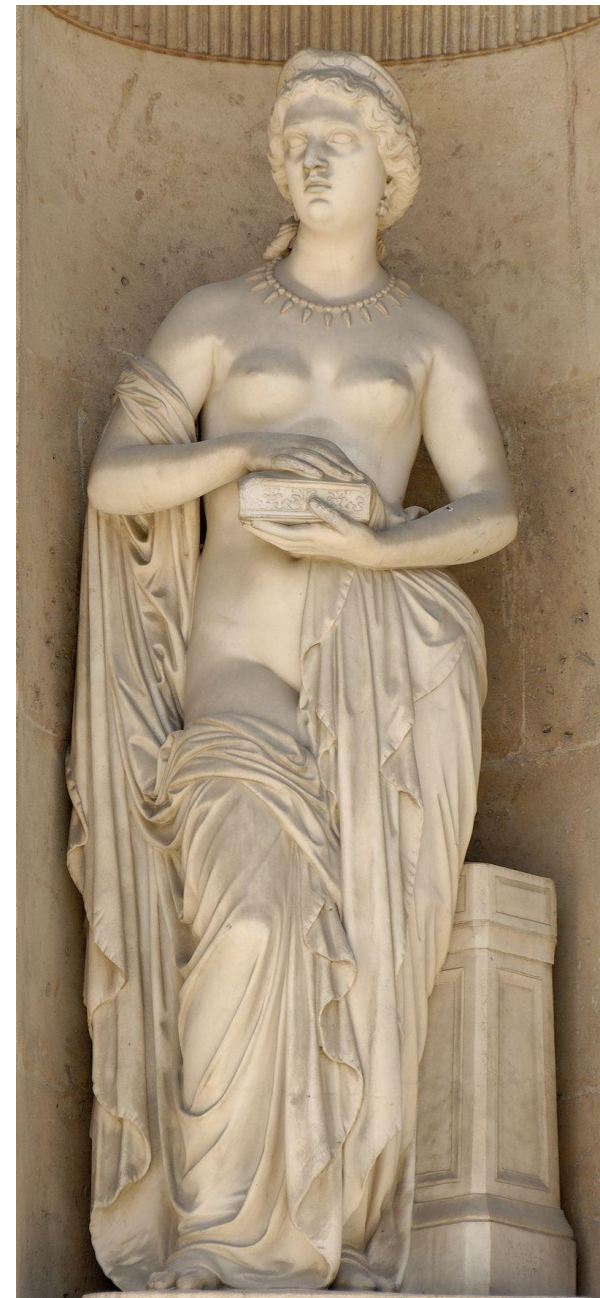


パンドラの筐

パンドラの筐はギリシャ神話に出てくるもので、一般的には人類が開けてはいけない「禁断のもの」と解釈されています。開けると多くの災厄が出てくるというわけです。ですが、底知れぬ誘惑に負けて、つい開けてしまうともされます。原子力利用は災厄でしょうか。この点が本日はなしの主旋律となっています。

さらに、パンドラの筐には、内壁に引っかかりながら最後に出てきたものとして「希望」が入っていたとされています。この『希望』は、無い物ねだりの儚い夢なののでしょうか。この点が本日はなしの副旋律となっています。

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pandora>より引用→



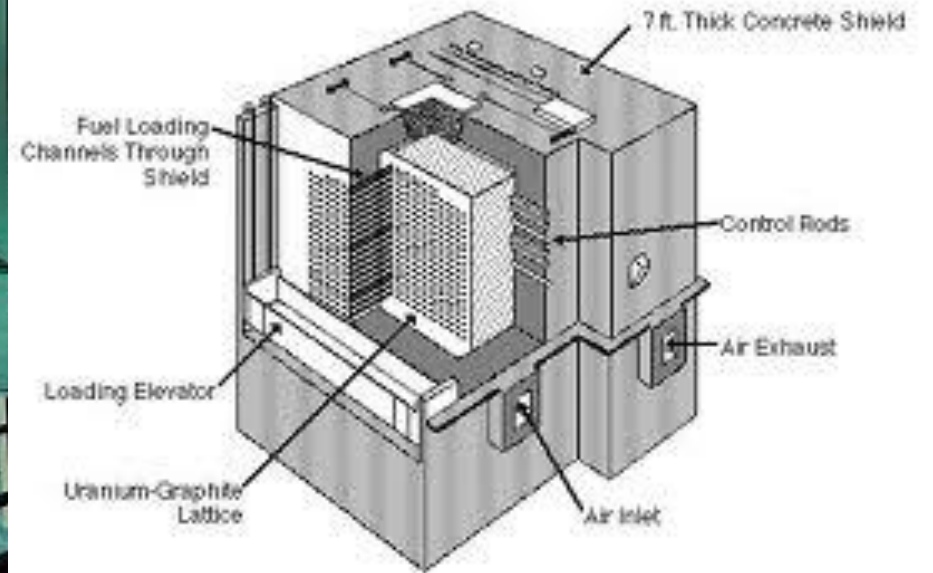
パンドラの筐が開けられたのは、いつ？

史上初の原子炉の実現・・・約75年前（マンハッタン計画の一部）



1942年12月2日 米国イリノイ州シカゴ市にあったシカゴ大学フットボール場（スタッグフィールド）地下で エンリコ・フェルミが率いる49名の科学者により、人類初の原子炉が臨界となった。成功報告の暗号電報文は“The Italian navigator has landed in the new world. The natives were very friendly.”というものであった。

パンドラの筐から決々と出てきたものは？



1943年 米国テネシー州オークリッジ地区に研究開発拠点を新設
X-10地点に黒鉛原子炉を建設して臨界達成，プルトニウム大規模生産を原理実証した。引き続き，燃料からのPu抽出も実証に成功。K-25地区での大規模ウラン濃縮やY-12地区での核兵器製造施設も新設。

マンハッタン計画における技術制約の突破

- アインシュタインの手紙から計画着手まで2年
- 計画着手からイタリア人航海士の新大陸到着まで2ヶ月
- Pu生産量 10^9 倍のスケールアップまで2年間

20 micrograms of plutonium hydroxide
1942



1t/日処理のHanford Tプラント 1944年

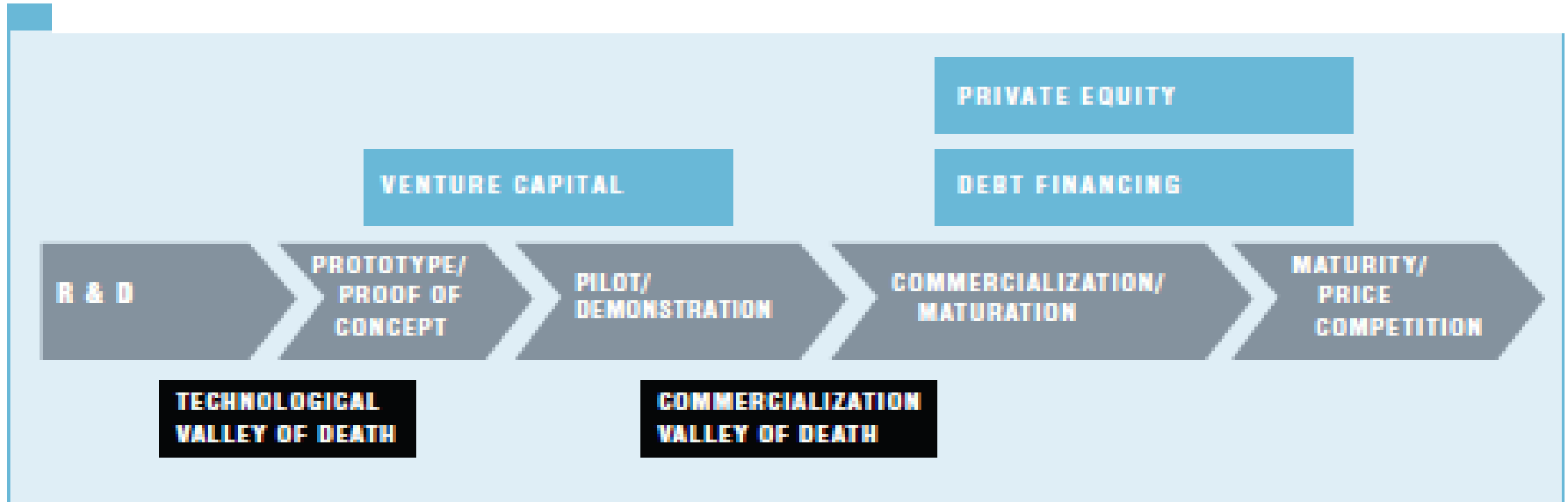
G. SeaborgによるPu $20\mu\text{g}$ の沈殿分離 1942年

エネルギー技術開発の特徴

INNOVATION IN VARIOUS SECTORS

	PHARMACEUTICAL	SOFTWARE & IT	ENERGY
Time Required to Innovate	10-15 years	1-5 years	10-15 years
Capital Required to Innovate	Medium to High	Low to Medium	High
New Products Primarily Differentiated By	Function/Performance	Function/Performance	Cost
Actors Responsible for Innovation	Large Firms Reinvesting in R&D; Biotech startups, often VC & govt. funded; Govt. (NIH, NSF)	Dynamic Startups, often VC-funded; Large Firms Reinvesting in R&D	Various: Utilities, Oil & Gas Co.s, Power Tech Co.s, Startups, Govt.
Typical Industry Risk Tolerance	High	High	Low
Innovation Intensity	High	High	Low
Intellectual Property Rights	Strong	Modest	Modest

エネルギー技術開発における複数の死の谷



日本での技術制約の壁は突破できているか？

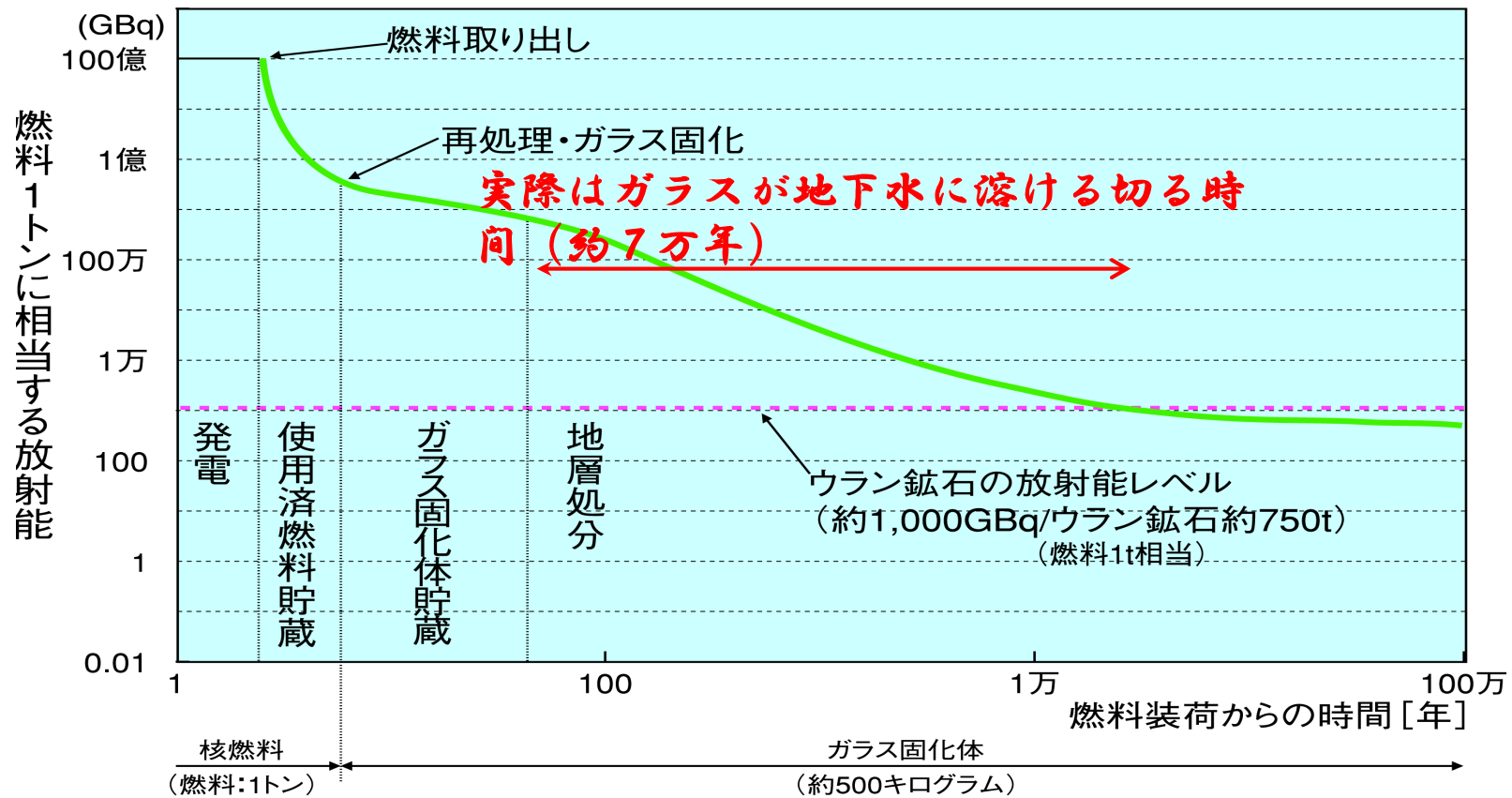
1. 再処理技術

- フランスからの2度の技術導入により，最新プラントを青森県六ヶ所村に建設.
- 基本安全審査を完了.
- 設備と工事の安全認可も完了.
- 試運転開始.
- 高レベル放射性廃棄物ガラス固化プロセス以外の安全操業を確認
- 東日本大震災を経験，全交流電源喪失に至るシナリオを経験し復歸の実績あり.
- 原子力安全規制庁の新規制基準対応もほぼ完了.
- 防災対策もほぼ完了，数年中に安全操業開始見込み.

日本での技術制約の壁は突破できているか？

2. 高レベル放射性廃棄物の処分

高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰



日本の花崗岩層の形成時期は中生代 (約2億5217万年前から約6600万年前) で安定で普遍的な地層。

出典：「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」(核燃料サイクル開発機構)