

地層処分の安全性を支える 自然の基本的性質

1. ガラス固化体の危険性と受動的な安全機能の必要性
2. 地層処分の基本概念
3. 地層処分の安全性の評価

原子力安全研究協会 朽山 修

ガラス固化体の危険性



直径：40 cm
高さ：130 cm
重さ：約 500 kg
体積：約 150 L
放射性物質：
約40 kg

約3万人×1年間の電力分

固化時（取り出し後数年）	約 2×10^{16} Bq （福島第1事故で環境に放出された放射性セシウムの放射能に匹敵）
1千年後	2千分の1（99.95 % がなくなる）
1万年後	1万分の1（99.99 % がなくなる）
数万年後	2万分の1（燃料を製造したウランと同じ放射能量）

発生量：電力の1/3を原子力でまかなうと年約1,000本発生

現在までにガラス固化体換算で約24,000本（大部分はまだ使用済燃料のまま）

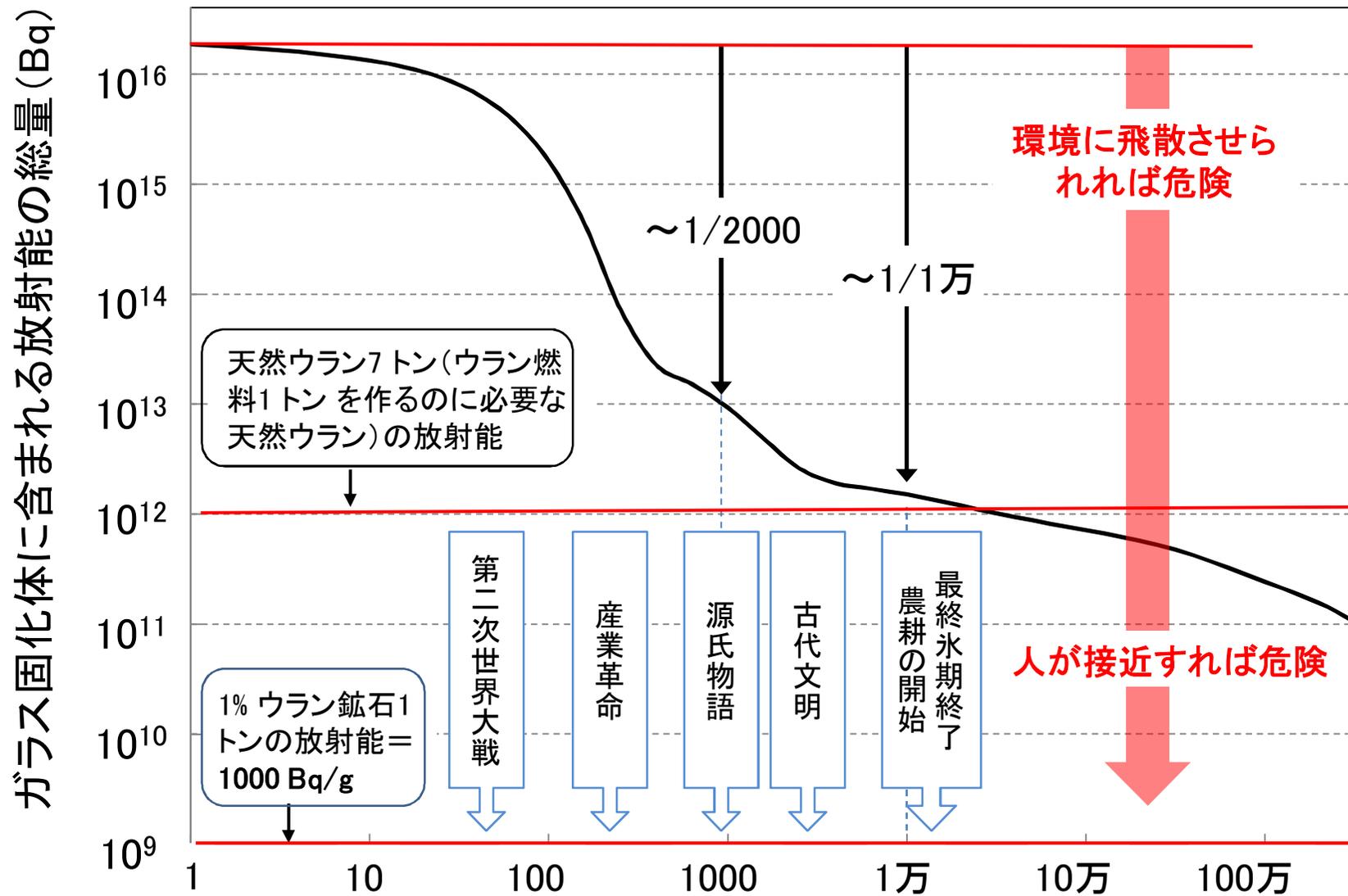


- ほぼ全ての放射性物質は小さな体積の固体としてひとまとめに閉じ込められている。
- 含まれている放射能は膨大で、ガラス固化体が自然現象または人の行為により破壊され、**何らかの力（自然現象、人の行為）**で環境に飛散させられれば、放射線影響により人や環境に危険を与える。

リスクの源：何から守ればよいか

- 環境に放出して希釈・拡散と環境の浄化能力に頼ることはできない。
- 非常な長期にわたり外的擾乱事象に対して放射性の「物質」を生活環境から隔離し閉じ込めておける処分方法が必要。

ガラス固化体に含まれる放射能量の時間的変化



社会に循環されて問題のないレベル = 0.1 ~ 1 Bq/g

固化後(取り出して4年後)の経過時間/年

ほぼ永遠の隔離・閉じ込めが必要

受動的安全機能に期待する地層処分の基本概念

処分された高レベル放射性廃棄物が
人間に影響を与えないようにする

隔離：接近シナリオ

廃棄物自体が、直接、
人間に影響を及ぼさ
ないようにする。

非常に厚い(数百メー
トルの)岩の壁が本来
的に持つ隔離機能

隔離機能をさらに
確実にするために

適切な条件を持つ地
質環境を処分の場所と
して選定する。

閉じ込め：地下水シナリオ

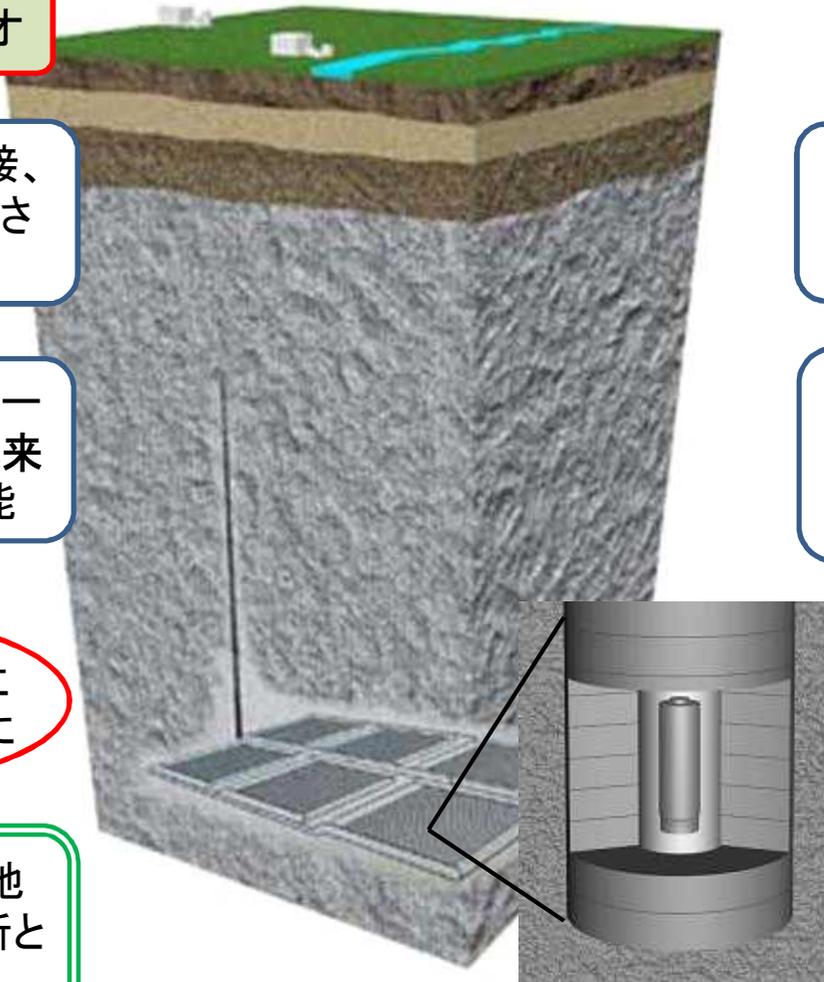
廃棄物中の放射性核種が地下
水を介して人に影響を及ぼすこ
とのないようにする。

地下深部(地質環境)が本来的
に持つ閉じ込め機能

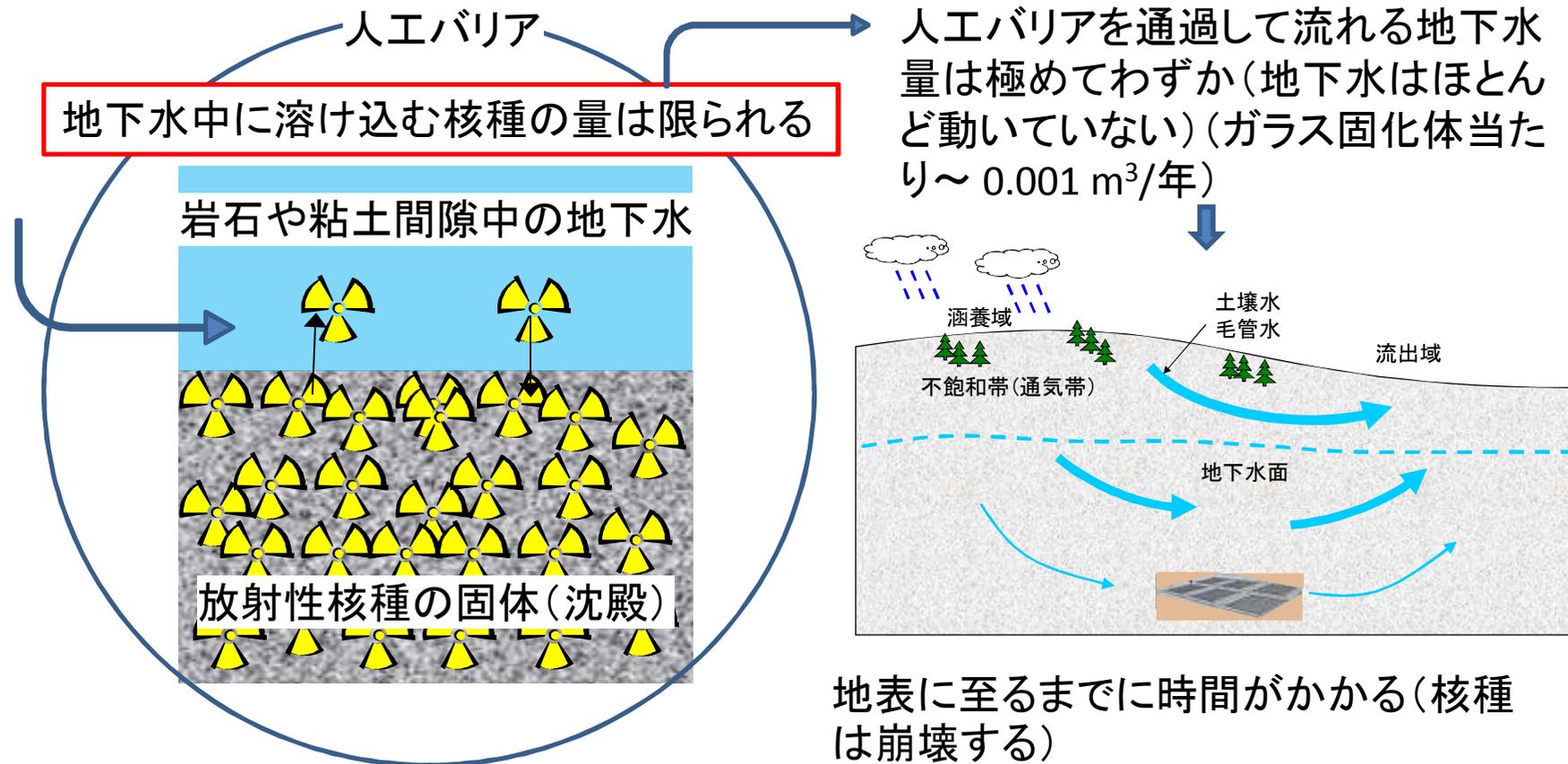
- 地下水は動かない
- 溶解度により溶出が抑制される

閉じ込め機能をさらに
確実にするために

多重バリアシステムを
構築する。



溶解度制限による閉じ込めの効果

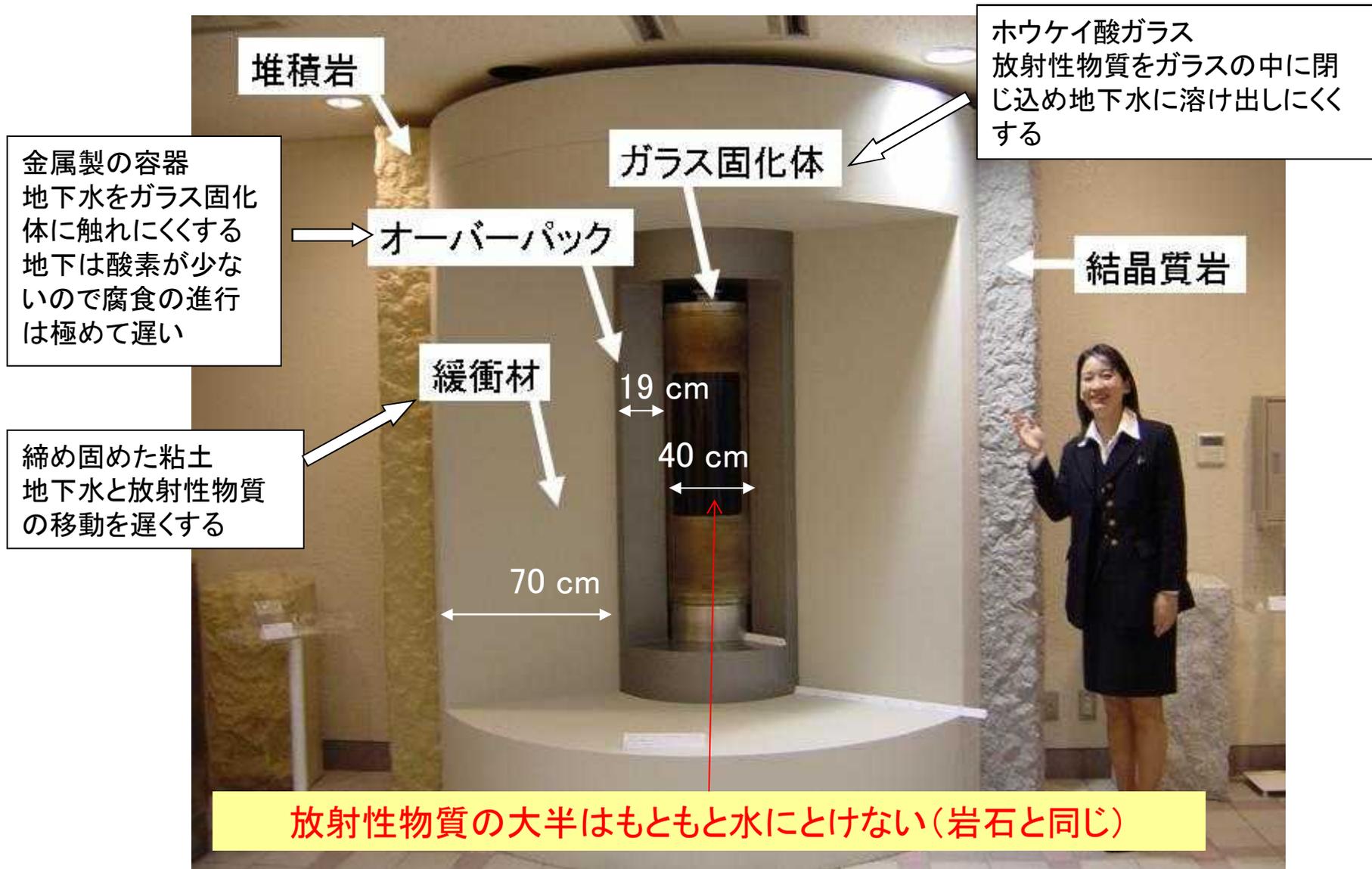


人工バリアを通過して流れる地下水量は極めてわずか(地下水はほとんど動いていない)(ガラス固化体当たり $\sim 0.001 \text{ m}^3/\text{年}$)

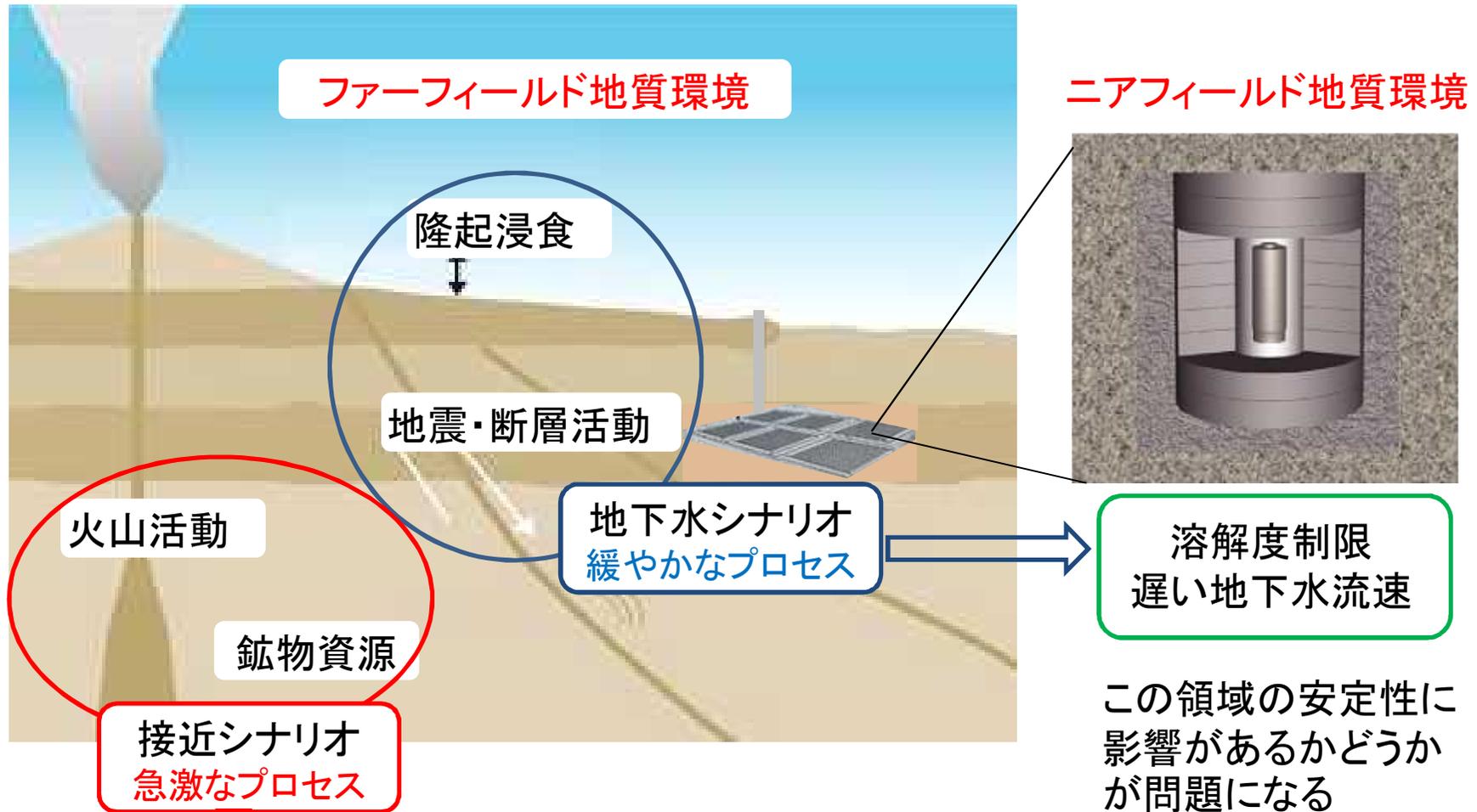
地表に至るまでに時間がかかる(核種は崩壊する)
極めて大量の水で希釈される

- ほとんどの核種は地下水への溶解度が非常に低い(^{241}Am : 6000 Bq/cc , ^{237}Np : 0.1 Bq/cc)
- 溶解度がこれ以上高くなるのは深部地下水ではありえない酸化性、強い酸性やアルカリ性
- 地下水が、激しく流れて機械的に固体の微粒子が運ばれることのない限り核種はこれ以上は人工バリアから外へは運ばれない

人工バリア：放射性物質の閉じ込めをより確実に



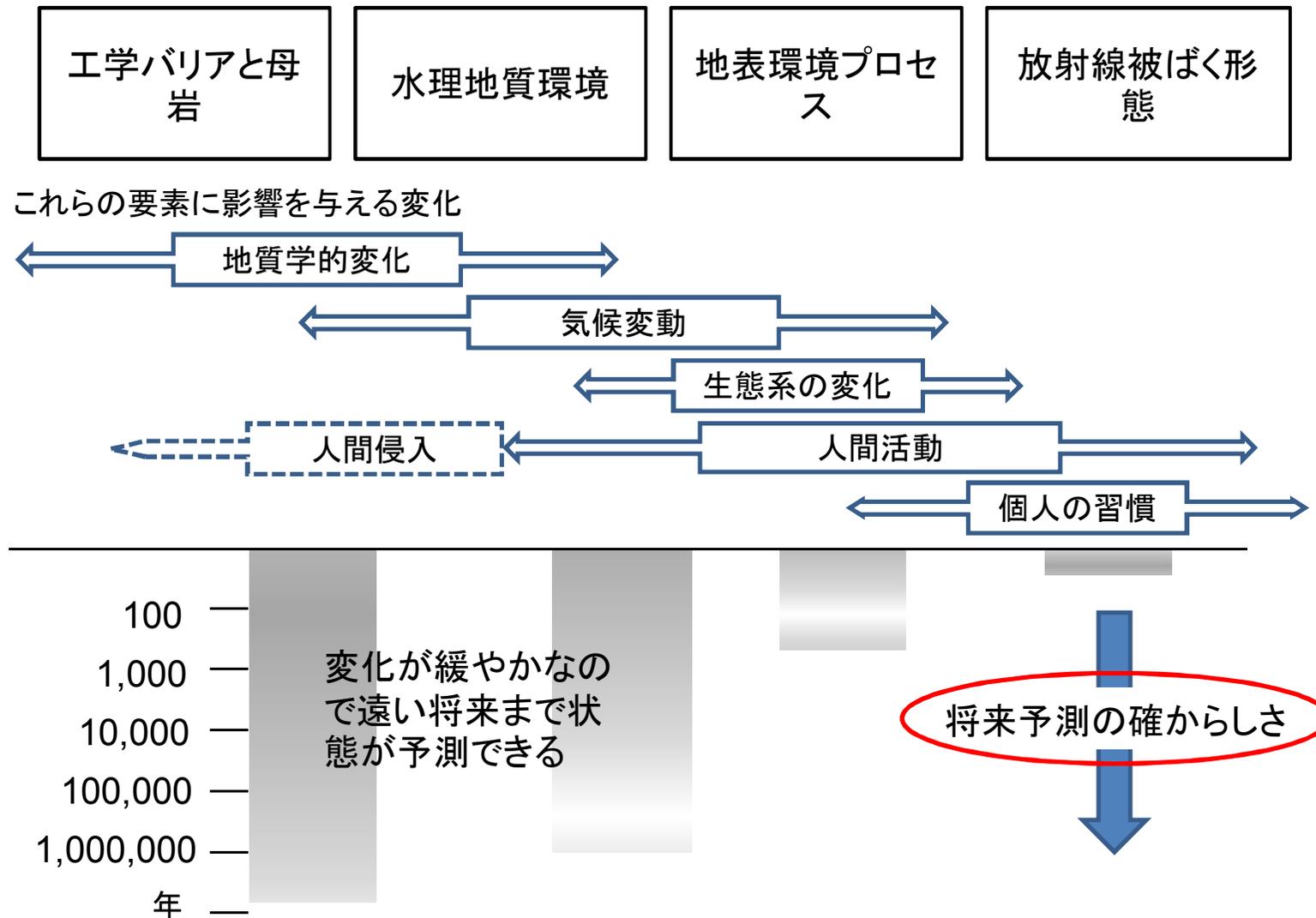
自然事象の接近シナリオ、地下水シナリオに対する影響



深地下ファーフールド地質環境の変遷は極めて緩やかなので、火山や断層の位置や隆起の傾向は数十万年では変化しない(大抵の場所は大丈夫)

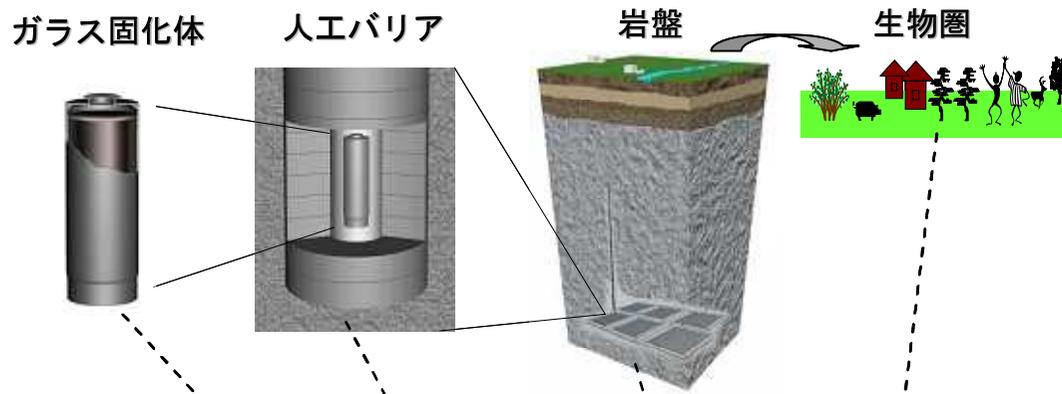
放射性核種の運命を言い当てるのではなく、運命の幅を把握する

処分システムの状態/要素の変遷をある程度の確かさで予測できる時間幅



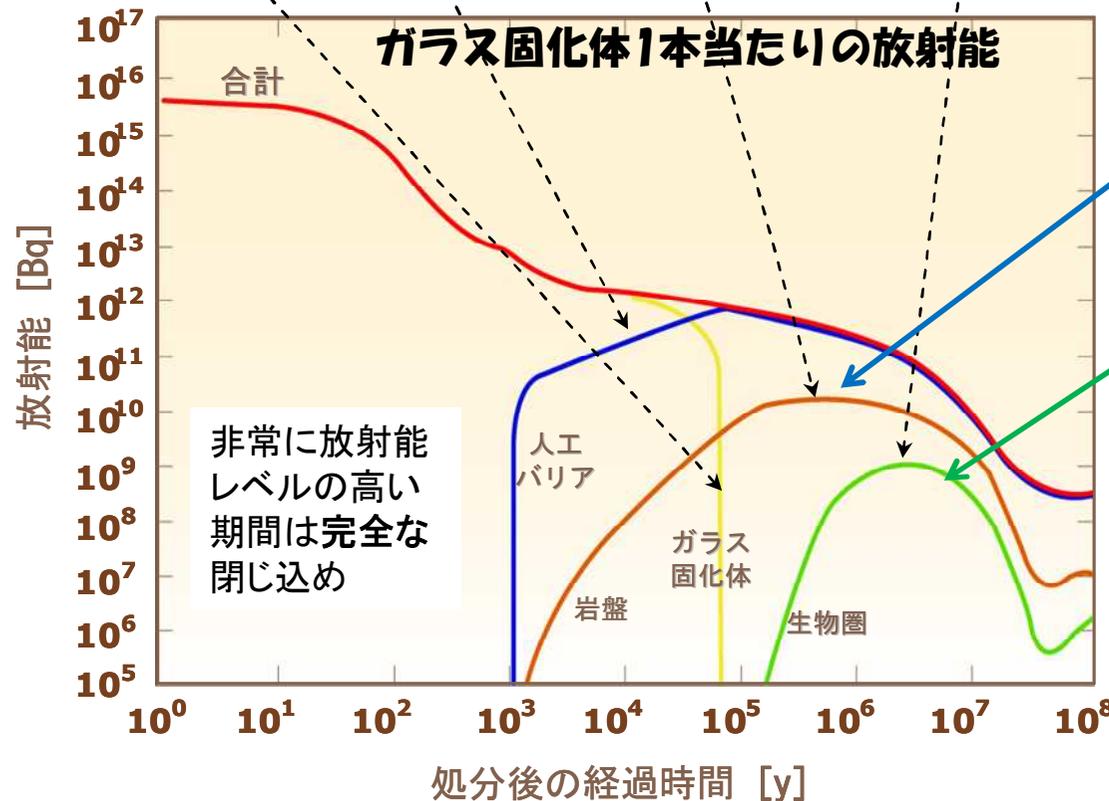
影響が問題となるほどの量が地表環境に出てこなければよい
(隔離・閉じ込めがなされていればよい)

地層処分多重バリアシステムの閉じ込め性能 長い間隔離し閉じ込めるほど危険性は小さくなる



無理やり危なくなると仮定する

1. オーバーパックは千年で壊れる。
2. ガラス固化体は7万年かかって溶ける。
3. 放射性物質は溶解度に従って溶け出る。
4. 溶け出た放射性物質は必ず地下水により運ばれる。



それでも99%以上が人工バリア内に閉じ込められている

生活環境に移るのは数10~100万年後で、処分時の数万分の1に減った放射能の1%以下(初めの放射能の数百万分の一)

実質上完全な閉じ込めが達成され、将来の人の被ばくは無視できる程度となるという見通し