

寿都町 対話の場（第6回）

次 第

1. 日時：2022年1月19日（水）

18:30～20:45（予定）

2. 場所：寿都町総合文化センター ウイズコム

3. 次第：

■前回のふりかえりを踏まえた対話・意見交換

- ・ 町民のみなさまにお集まりいただきやすい機会づくり
- ・ 地層処分の安全性についての考え方
- ・ 視察報告・意見交換を踏まえたまちづくりに関する

今後の取組みについて

以 上

第5回「寿都町対話の場」開催（12月14日）

「幌延町（12/2）」・「青森県六ヶ所村（12/4）」にある高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる施設などを視察した会員からの報告と意見交換が行われました。

① JAEA幌延深地層研究センター（幌延町）の視察

【施設の概要】

2001年より、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を行っており、地下350mまで掘削された地下坑道では、地層処分の技術的な信頼性を確認するための試験研究を行っています。

幌延深地層研究センター外観

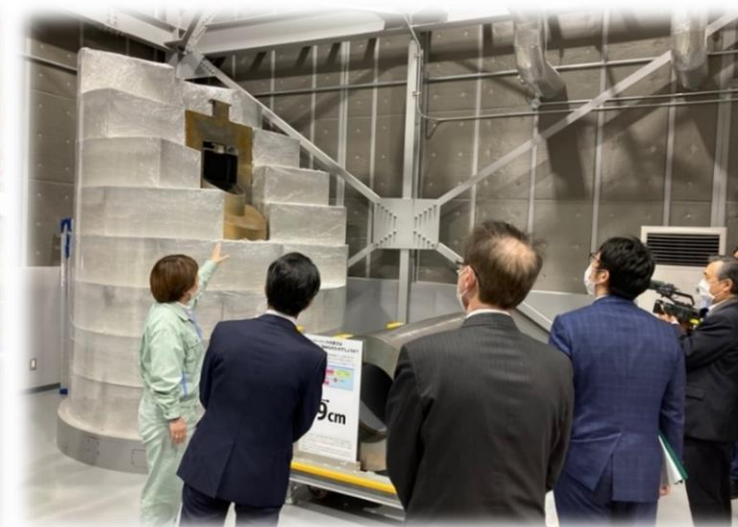
見学施設 ゆめ地創館

実物大の人工バリア

地下350mの坑道



JAEA提供



< 「対話の場」での視察報告と意見交換 >

- 地下350mには、100万年前の水が閉じ込められていたなど、一般の人には想像できない地下の研究が進んでいると感じた。
（地下は常に換気されており、地下の温度は年間を通じて一定の範囲内に保たれていると聞いた。）
- 賛成、反対にかかわらず、一般の人がこの問題に関心をもち、一度は見学してもらいたい。
- 大変興味を持った。次に行く人は、事前に勉強した上で視察に行くともっと理解が深まるはずだ。
- 「安心、安全」という言葉を何度も耳にしたが、逆に不安に感じることもあった。
- 全国的な議論になるように、研究の成果をもっと公表・普及するべきと思う。
- 施設での研究は、北海道と幌延町とJAEAの3者で締結している協定に基づき行っており、当初、研究期間は20年程度としていたが、残された課題があるということで、2020年度より9年延長されたと聞いた。

< 対話の場事務局より >

対話の場でのご要望などを踏まえ、今後も「幌延町」や「六ヶ所村」などの視察や交流会などの実施を検討していく考えです。

② 日本原燃(株)原子燃料サイクル施設(青森県六ヶ所村)の視察

【施設の概要】

ガラス固化体を貯蔵する高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター（現在1,830本が一時貯蔵されている）のほか、原子力発電所で使用するためのウラン濃縮工場、原子力発電所の使用済燃料から再利用できるウランとプルトニウムを取り出す再処理工場、低レベル放射性廃棄物埋設センターも立地しています。

原子燃料サイクル施設（一部）外観

ウラン濃縮工場

再処理工場



高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター



（出典）日本原燃(株)ホームページより

見学施設 六ヶ所原燃PRセンター



高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターの建屋内部



＜「対話の場」での視察報告と意見交換＞

- 百聞は一見にしかず。今回参加されていない会員や数多くの町民に施設を見学いただき、理解を深めるべきではないか。
- エネルギー関連施設（国家石油備蓄基地、風力・太陽光発電プラントなど）のまるで工業地帯のような規模の大きさに驚いた。
（六ヶ所村内には、エネルギー関連施設の設置をきっかけに、住宅や商業・教育・医療施設が整備されている。）
- 視察により、原子燃料サイクルの仕組みを理解することができた。
- 現地で働く人たちの多くは地元採用のため、雇用創出や定住・人口増につながっているという印象を受けた。
（従業員3,083名のうち、約65%が青森県出身者）
- これまでどのようなことがあったのかを含め、地元の方々と対話交流してみたい。
- 反対する人も多かったようだが、地域の方との話し合いを長い間積み重ねてきて、今にいたっていると聞くことができた。
- 視察報告ではよい話ばかりであったが、それならばどうしてガラス固化体などを、あと20年で県外へ運び出すことになっているのか疑問である。

第5回「対話の場」における配付資料や映像などは、NUMOホームページ、NUMO寿都交流センターでご覧いただけます。記録したDVDもご用意しますので（1月13日～）、ご希望の方はお気軽に、寿都町対話の場事務局（NUMO寿都交流センター）までお問い合わせください。



原子力発電環境整備機構(NUMO)
<https://www.numo.or.jp>

■ NUMO トップページから、以下の順にクリックしてください。

「文献調査の状況」→「文献調査実施中の地域」→「寿都町」→「これまでの経緯」→「2021年12月14日 [対話の場（第5回）を開催](#)」

NUMOホームページはこちら

NUMO

検索

お問い合わせ先：原子力発電環境整備機構 NUMO寿都交流センター E-mail：suttu@numo.or.jp

〒048-0401 寿都町字新栄町113-1 (TEL)0136-75-7576 (FAX)050-3512-1728 (開館時間：平日10時～17時)

地層処分の安全性についての考え方

2022年1月19日(水)

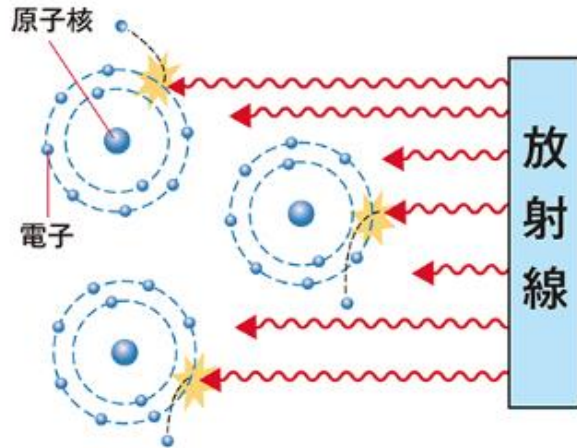
第6回対話の場



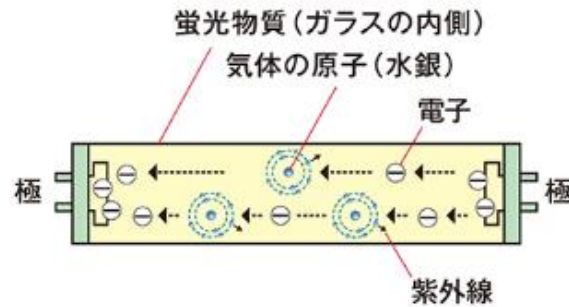
1. 放射線について
2. 地層処分の安全確保策について
3. 地層処分の閉鎖後長期の安全評価について

放射線について

電離作用



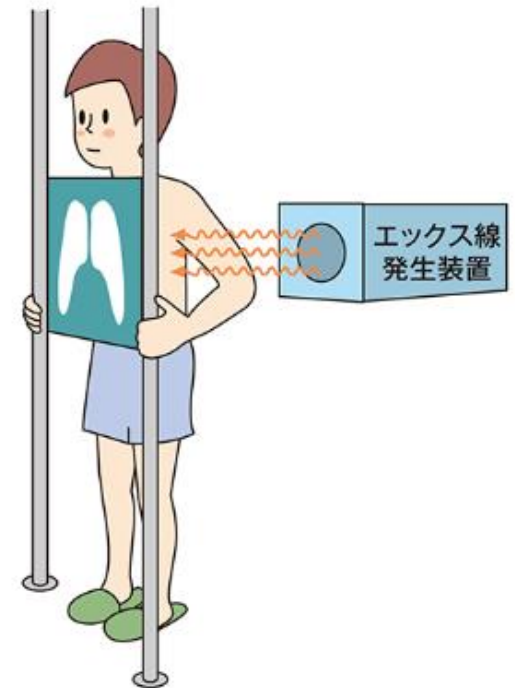
蛍光作用



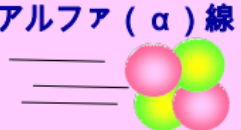
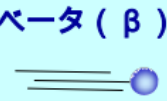
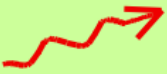
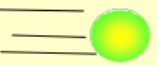
蛍光灯の仕組み

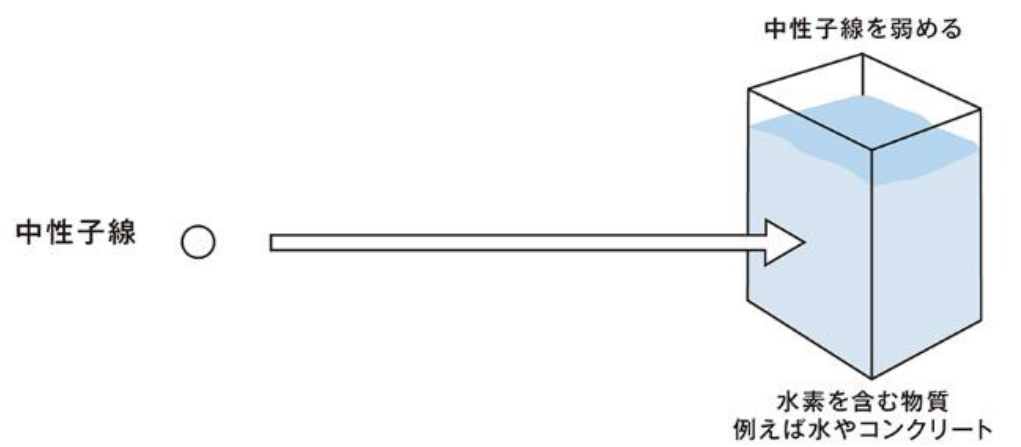
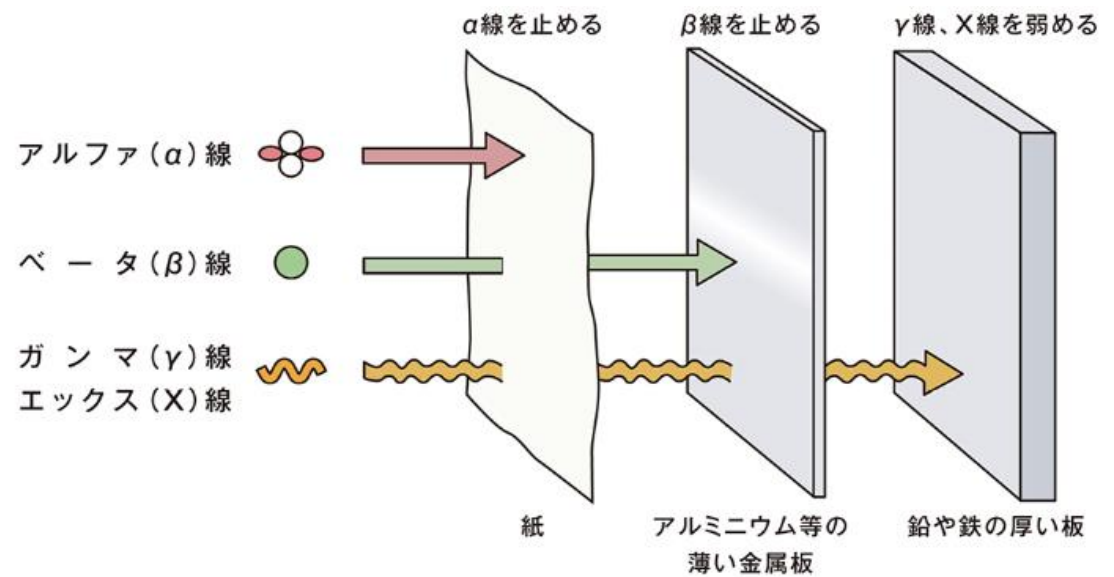
管の両端に電圧が加わると、極から極に電子が流れます。電子が管に封入された水銀に衝突すると、紫外線が発生します。紫外線は蛍光物質を光らせます。

透過



放射線の種類と透過力

アルファ (α) 線 	ヘリウムの原子核	この中ではいちばん重い。
ベータ (β) 線 	電子	この中ではいちばん軽い。
ガンマ (γ) 線やエックス (X) 線 	電磁波 (電波や光の仲間)	重さはありません。
中性子 (n) 線 	中性子	ベータ線より重く、 アルファ線より軽い



出典:原子力・エネルギー図面集(https://www.ene100.jp/zumen_cat/chap6)

出典:日本原子力研究開発機構リスクコミュニケーションのためのメッセージ作成のガイドライン(JNC TN8410 2004-004 2004年7月)に加筆修正

放射能

放射線を出す能力
(1秒間に何回放射線が出るか?)

単位: ベクレル (Bq)

パンチの数

吸収線量

人の体や物に吸収された
放射線のエネルギーの量
単位: グレイ (Gy)

パンチの威力

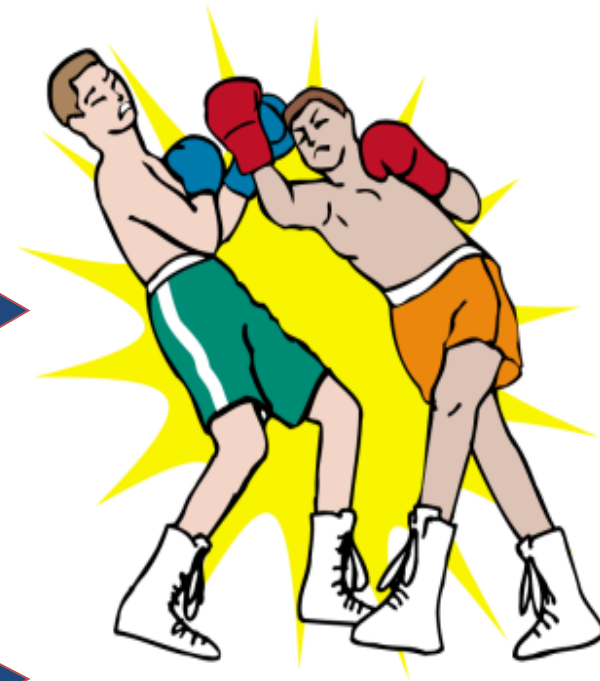
実効線量

放射線が人体にどれだけ
影響するか?

単位: シーベルト (Sv)

ダメージの大きさ

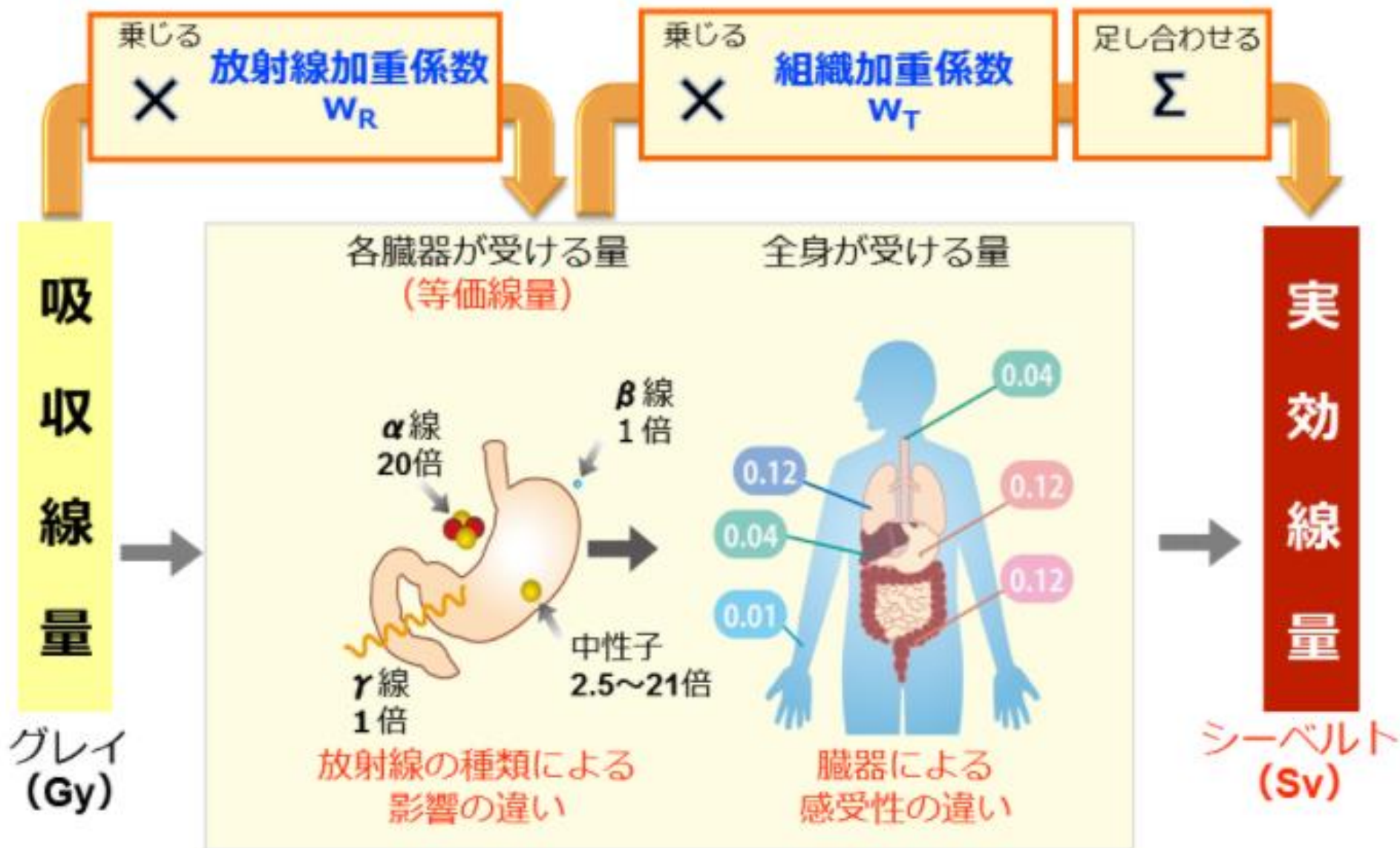
※ 1 ミリシーベルト = 1000 マイクロシーベルト



【参考】放射線に関する単位

名 称	単 位 名 (記 号)	定 義
放射能の単位 国際単位系 (SI)		
放射能	ベクレル (Bq)	1秒間に原子核が壊変する数を表す単位
放射線量の単位 国際単位系 (SI)		
吸収線量	グレイ (Gy)	放射線が物や人に当たったときに、どれくらいのエネルギーを与えたのかを表す単位 1グレイは1キログラムあたり1ジュールのエネルギー吸収があったときの線量
線 量	シーベルト (Sv)	放射線が人に対して、がんや遺伝性影響のリスクをどれくらい与えるのかを評価するための単位 (1シーベルト=1000ミリシーベルト)
エネルギーの単位 国際単位系 (SI)		
エネルギー	ジュール (J)	放射線等のエネルギーを表す単位 (1J=6.2×10 ¹⁸ eV)

【参考】吸収線量(グレイ)から実効線量(シーベルト)への換算

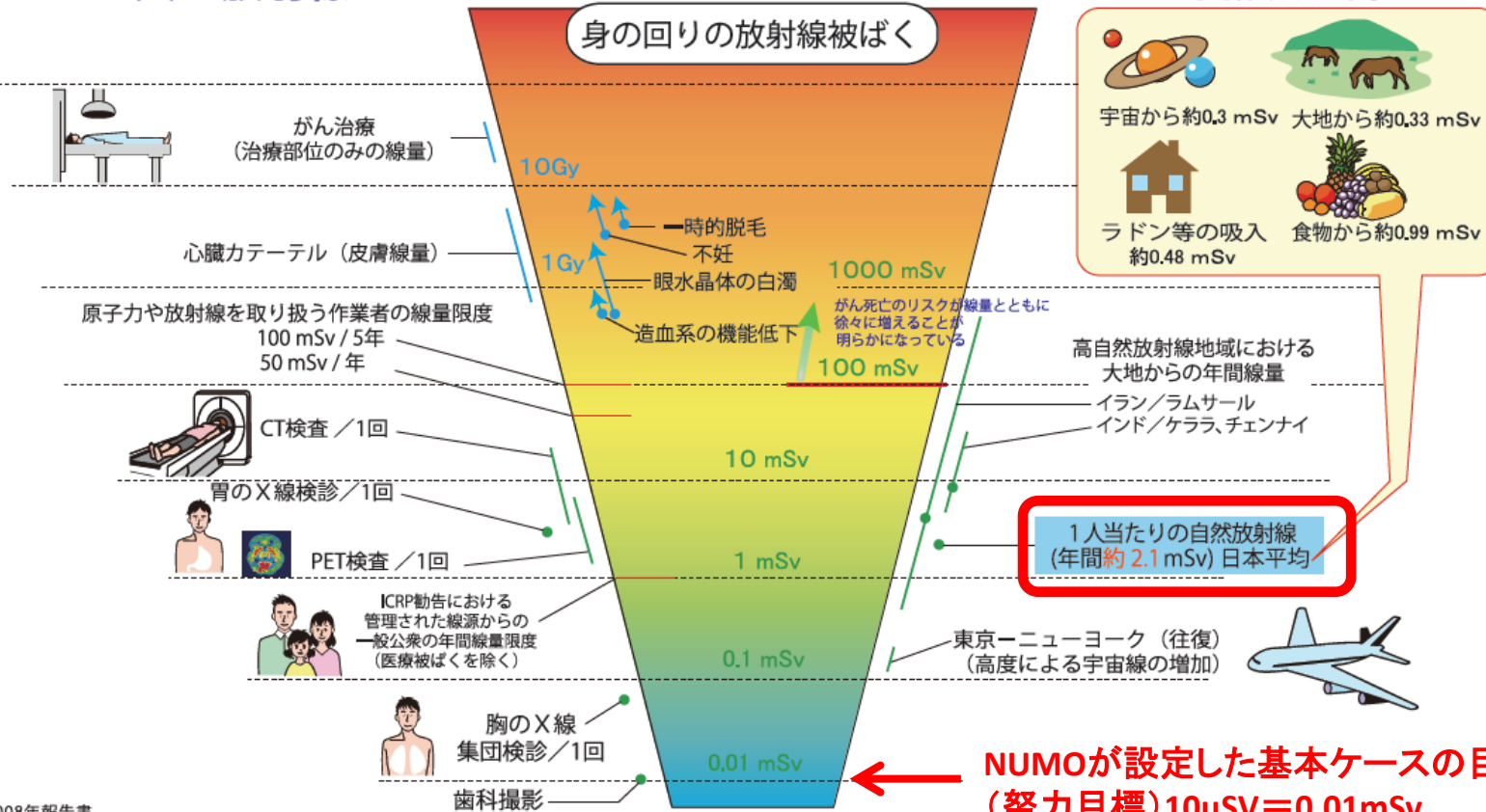


身の回りの放射線被ばく (年間または1回あたり)

放射線被ばくの早見図

人工放射線

自然放射線



- ・ UNSCEAR 2008年報告書
- ・ ICRP 2007年勧告
- ・ 日本放射線技術師会医療被ばくガイドライン
- ・ 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定)
- などにより、放医研が作成 (2013年5月)

- 【ご注意】
- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。
 - 2) 目盛 (点線) は対数表示になっています。目盛がひとつ上がる度に10倍となります。
 - 3) この図は、引用している情報が更新された場合変更される場合があります。

【線量の単位】

各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)
放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたりにどれくらいのエネルギーを受けたのかを表す物理的な量。

実効線量: mSv (ミリシーベルト)
臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝性影響の感受性について重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。
各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、実効線量で1000 mSv に相当する。

QST 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所
<http://www.qst.go.jp>



被ばくと汚染について

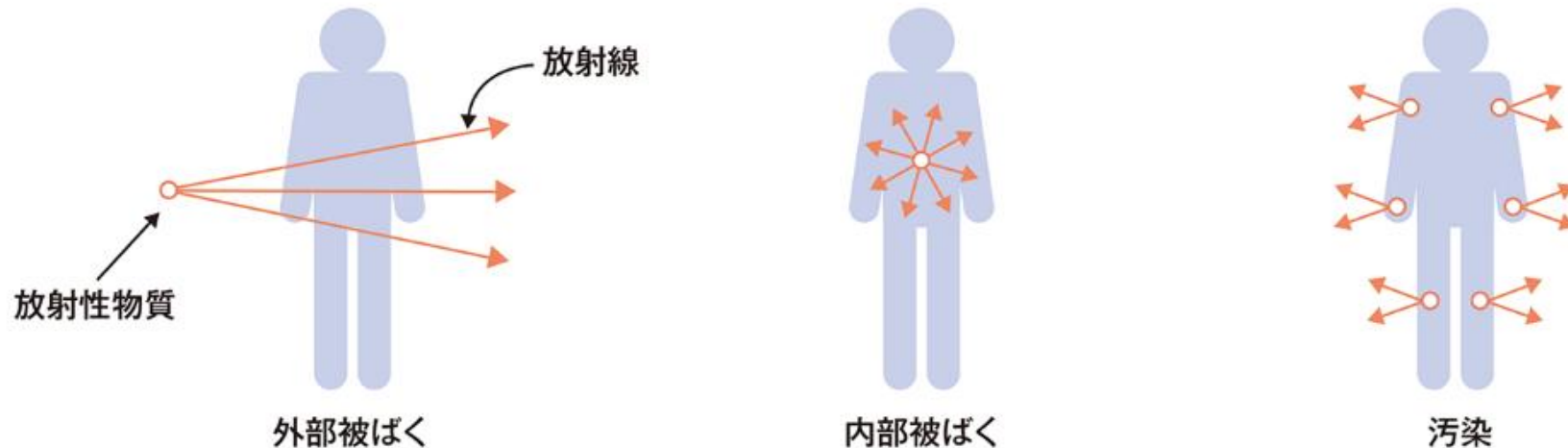
被ばくとは放射線を受けることで、外部被ばくと内部被ばくがあります。汚染とは放射性物質が皮膚や衣服に付着した状態のことです

被ばく

放射線を受けること

汚染

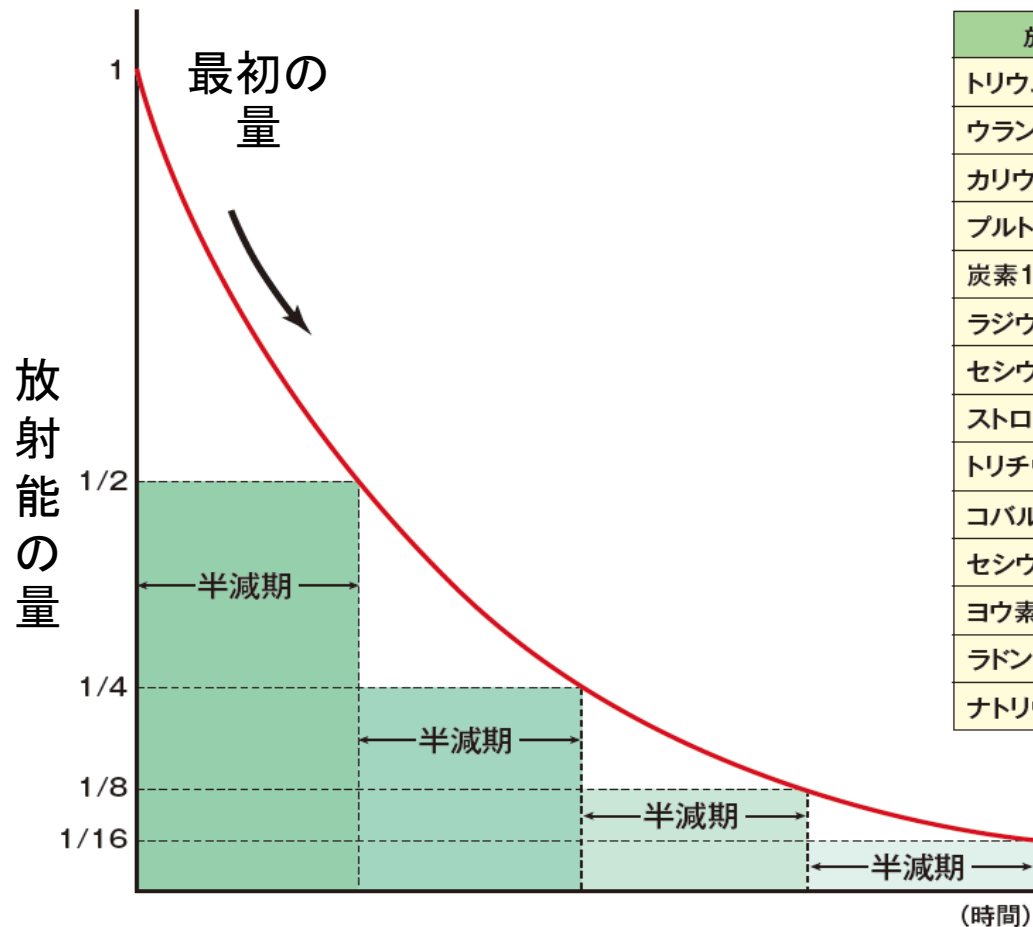
放射性物質が皮膚や衣服に付着した状態



【参考】放射能の減衰と半減期

放射性物質には時間が経つにつれて量が減り、放射能は弱まるという性質があります。減り方には規則性があり、ある時間が経つと放射性物質の量は半分に減ります。

この時間を「半減期」といいます。



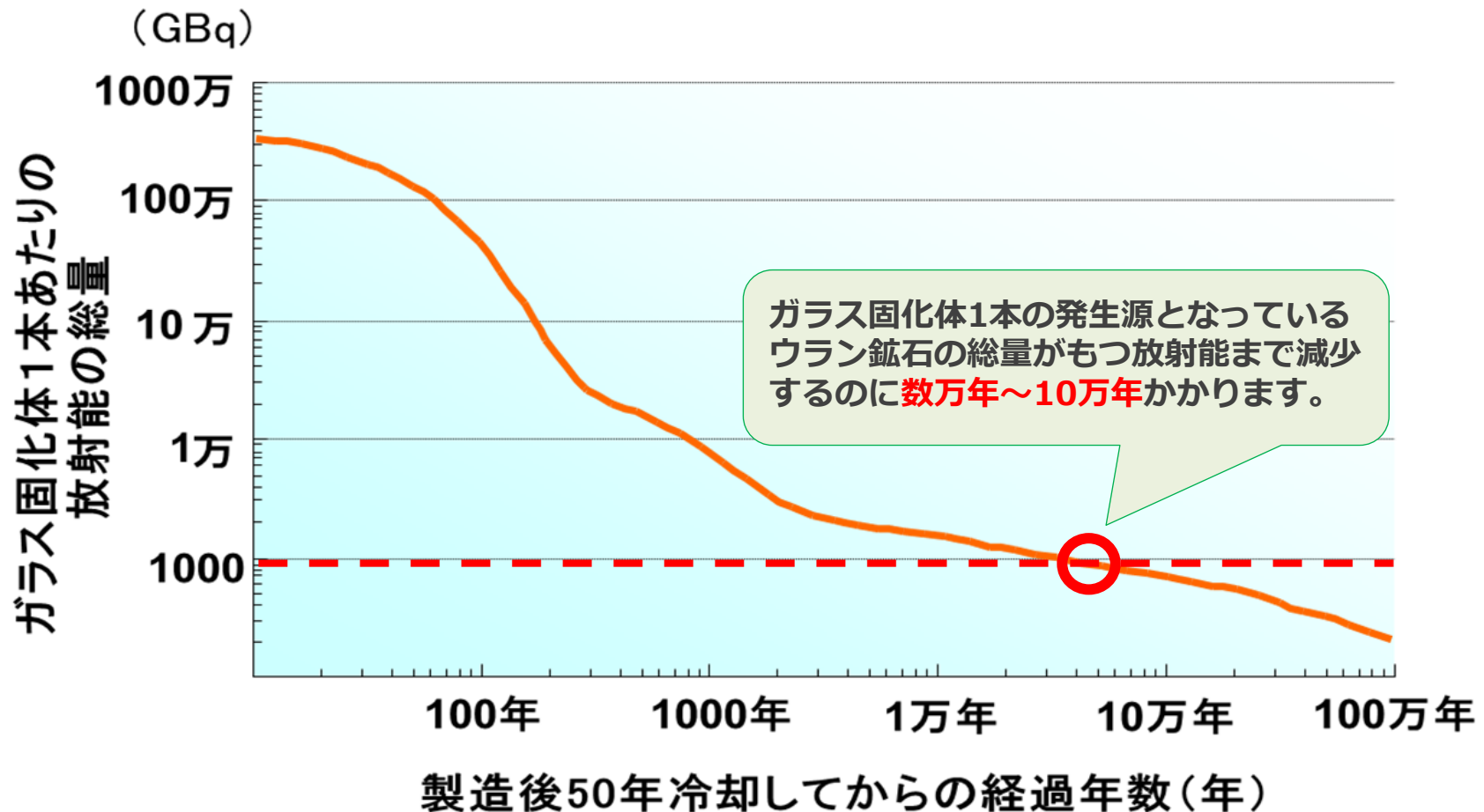
放射性物質	放出される放射線*	半減期
トリウム232	$\alpha\cdot\beta\cdot\gamma$	141億年
ウラン238	$\alpha\cdot\beta\cdot\gamma$	45億年
カリウム40	$\beta\cdot\gamma$	13億年
プルトニウム239	$\alpha\cdot\gamma$	2.4万年
炭素14	β	5,700年
ラジウム226	$\alpha\cdot\gamma$	1,600年
セシウム137	$\beta\cdot\gamma$	30年
ストロンチウム90	β	28.8年
トリチウム	β	12.3年
コバルト60	$\beta\cdot\gamma$	5.3年
セシウム134	$\beta\cdot\gamma$	2.1年
ヨウ素131	$\beta\cdot\gamma$	8日
ラドン222	$\alpha\cdot\gamma$	3.8日
ナトリウム24	$\beta\cdot\gamma$	15時間

*壊変生成物(原子核が放射線を出して別の原子核になったもの)からの放射線も含む

地層処分の安全確保策について

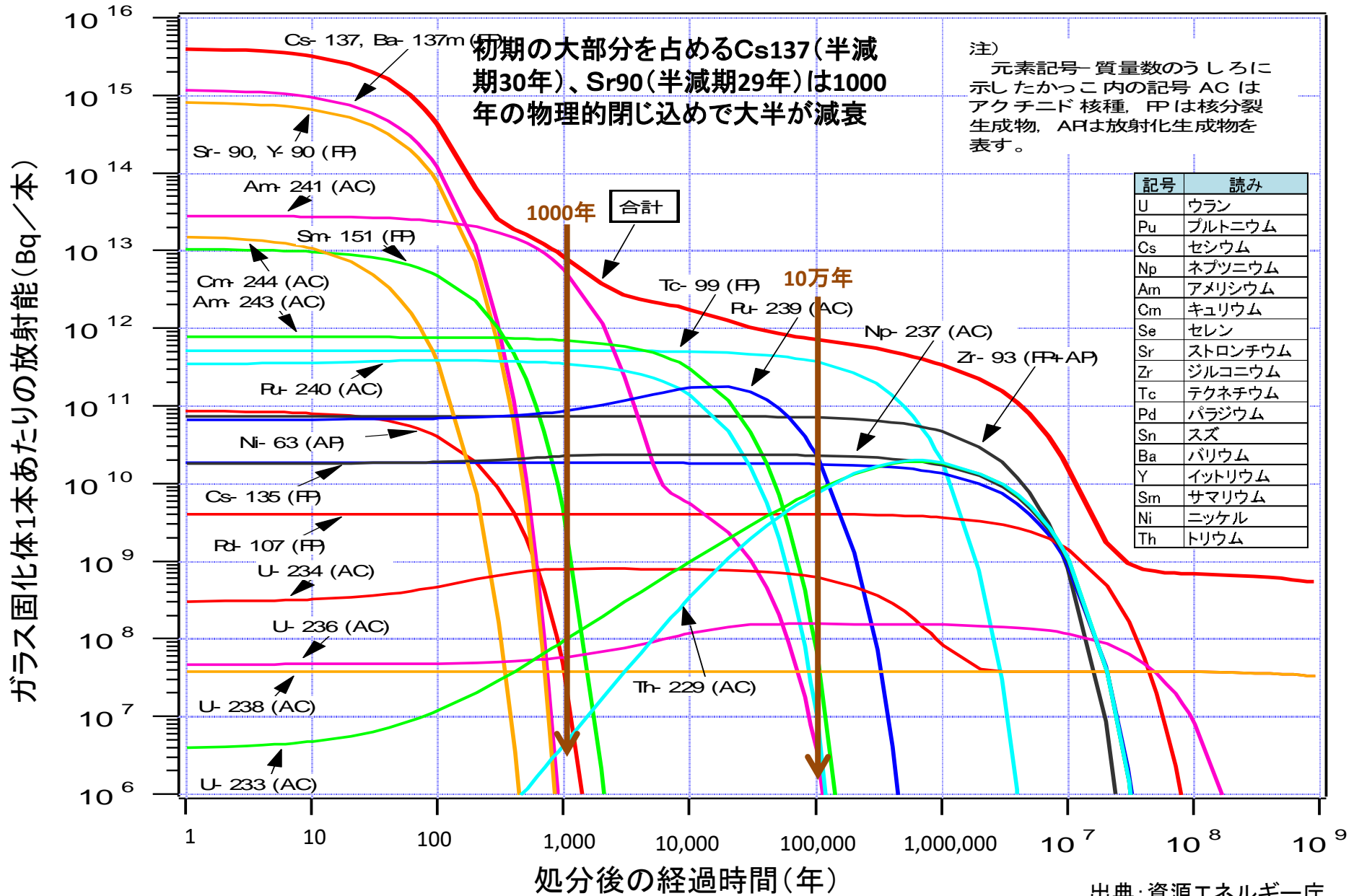
高レベル放射性廃棄物の放射能の経時変化

高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の放射能は製造時には非常に高く危険ですが、時間の経過とともに急速に低下します。

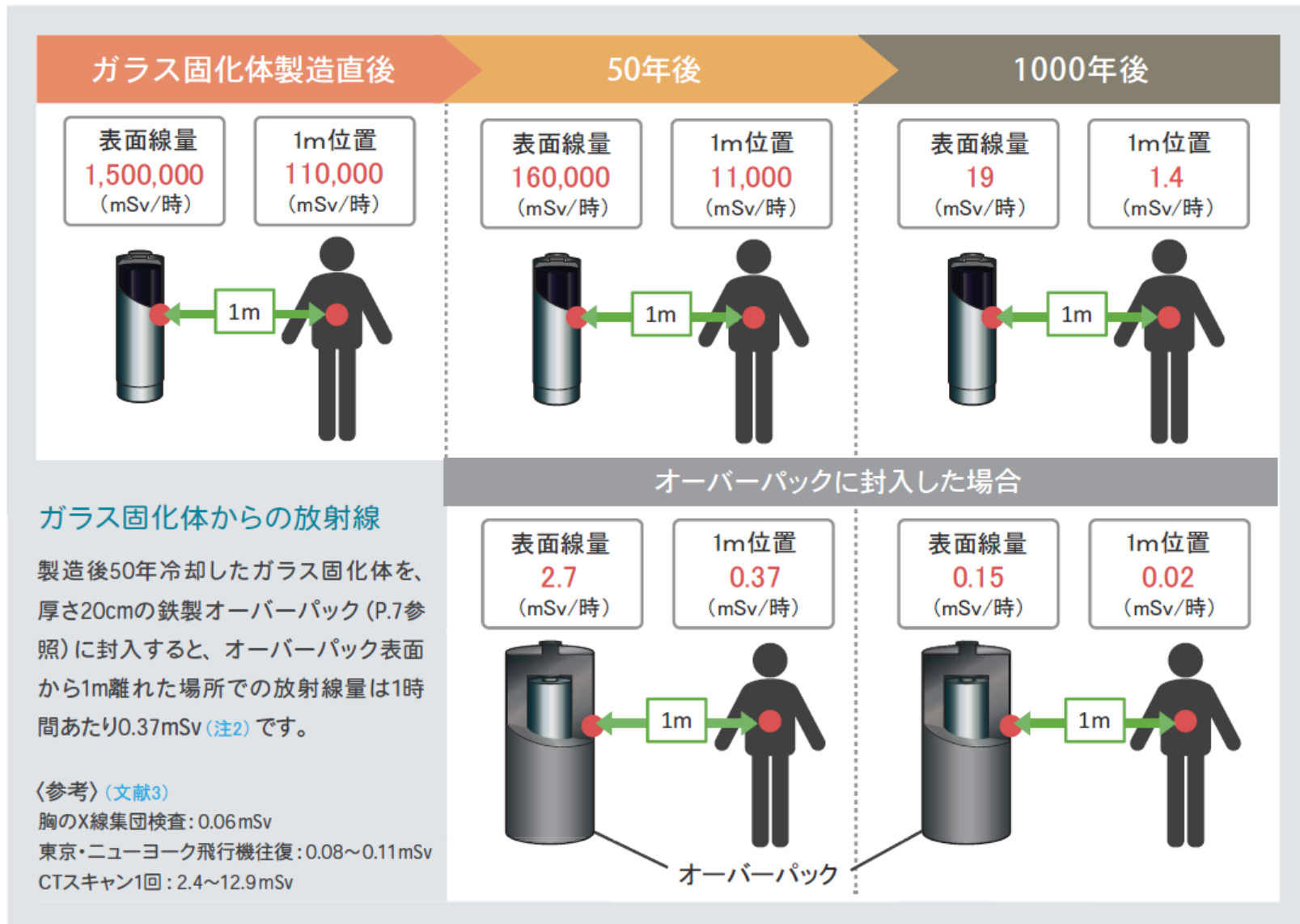


※Bq（ベクレル）とは放射能の強さを表す単位（G：ギガ 1Bqの10億倍）
※上図は対数目盛で表記

【参考】高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)～放射能の経時変化～



ガラス固化体からの線量(外部被ばく)



ガラス固化体からの放射線

製造後50年冷却したガラス固化体を、厚さ20cmの鉄製オーバーパック (P.7参照) に封入すると、オーバーパック表面から1m離れた場所での放射線量は1時間あたり0.37mSv(注2)です。

〈参考〉(文献3)

胸のX線集団検査: 0.06mSv

東京・ニューヨーク飛行機往復: 0.08~0.11mSv

CTスキャン1回: 2.4~12.9mSv

※図は1時間あたりの被ばく量のため1年あたりに換算するには8760倍する必要があります(1年=24時間×365日=8760時間)

地層処分で考慮すべきリスクについて

地下水や火山、活断層等の自然現象の影響を考慮する必要がありますが、日本の地質の特性に応じた対策を講じることにより、リスクを低減することが可能です。

火山・活断層等の自然現象

日本の地質環境

地下水

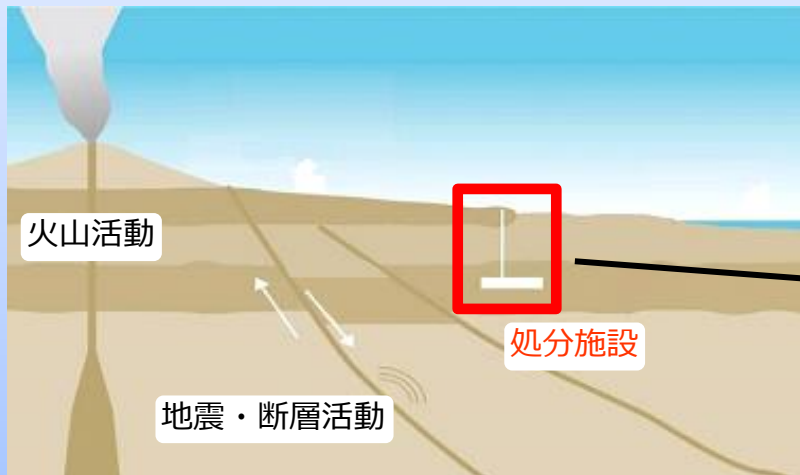
処分施設の損傷

安全性への影響

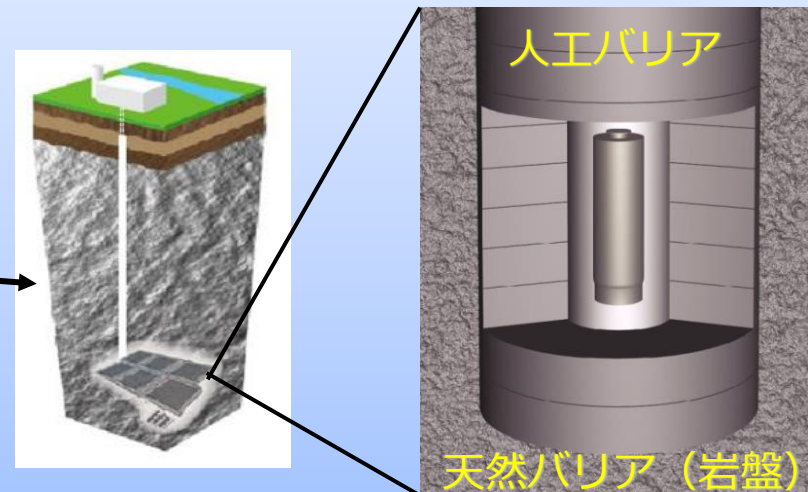
放射性物質の生活圈への移動

対策

火山や活断層等を**避けて**処分施設を建設

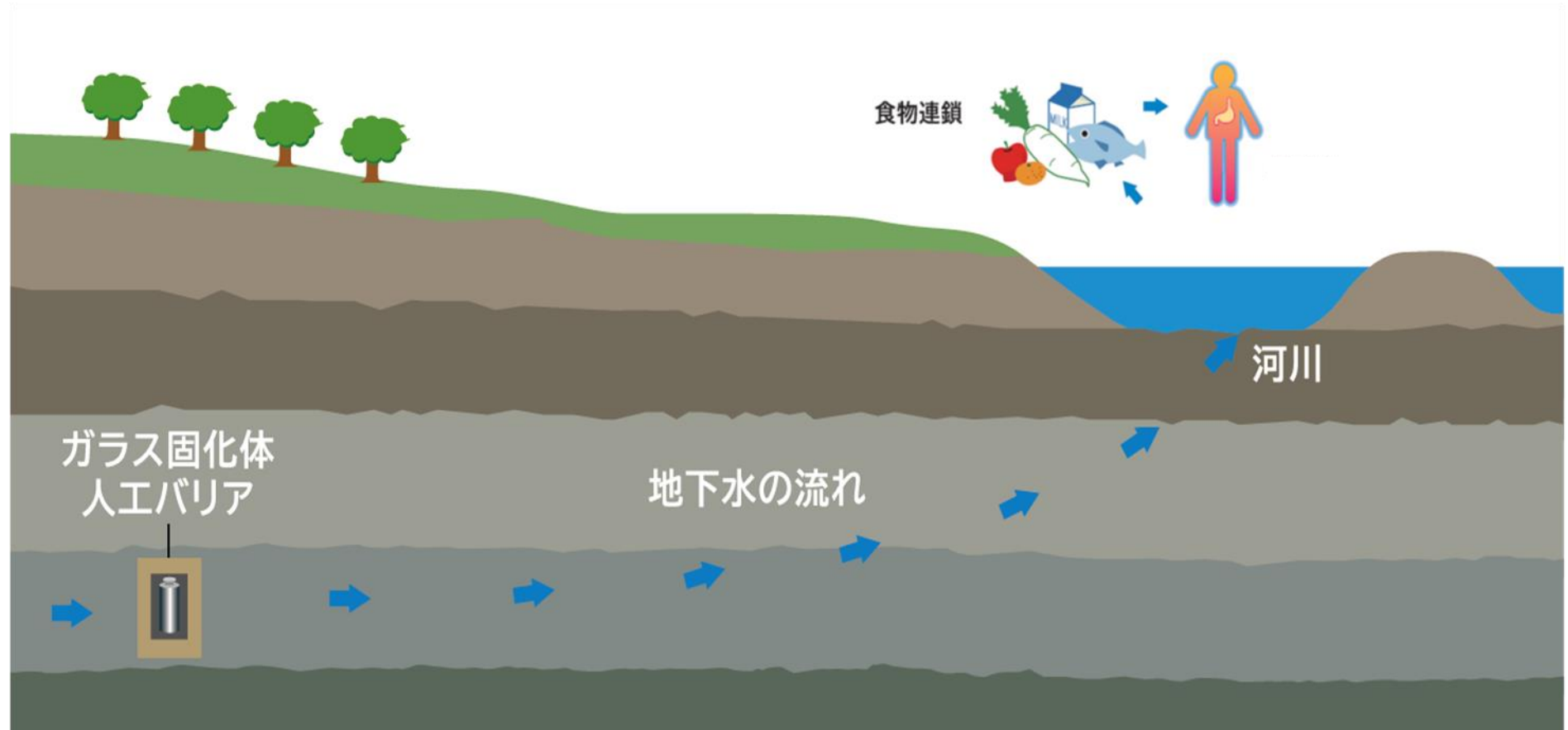


多重のバリアで**ガラス固化体を防護**



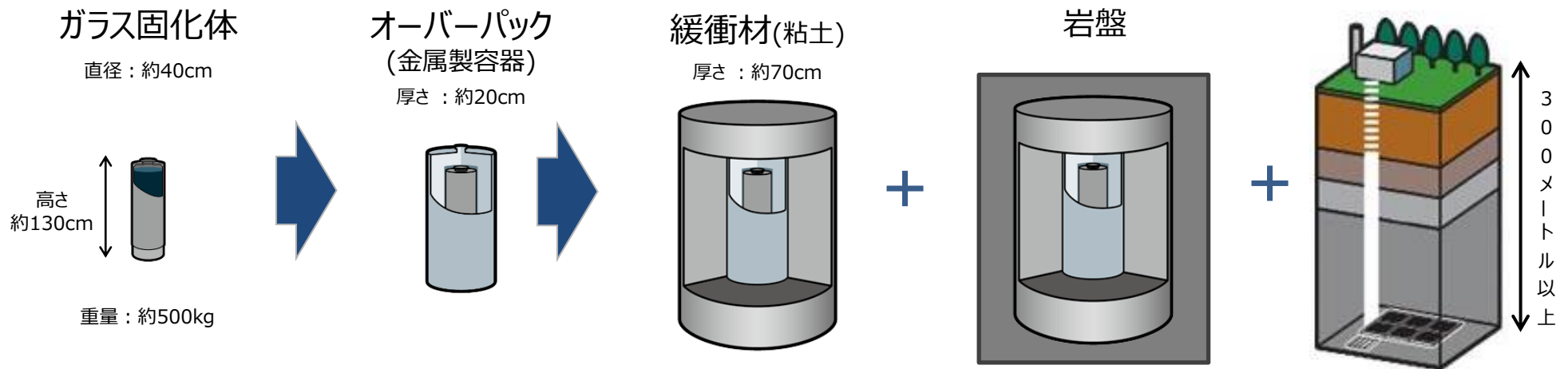
地下水による人間への影響の可能性

地下水に溶けた放射性物質が地下水の流れによって人間の生活圏に達し、地上で生活する人が被ばくするリスクが考えられます。



地層処分の仕組み(多重バリアシステムの構築)

- 高レベル放射性廃棄物を地表から300m以上深い安定した岩盤に埋設します。[天然バリア]
- ガラス固化体をそのまま埋設するのではなく、オーバーパック(厚い金属製容器)に格納し、さらに緩衝材(粘土)で包みます。[人工バリア]



- 放射性物質をガラスと一緒に固める
- 水に溶けにくい

- 放射能が高い期間、ガラス固化体と地下水の接触を防止

- 水を容易に通さない
- 放射性物質を吸着し、移動を遅らせる

- 酸素が少ない
- 地下水の流れが遅い
- 放射性物質を吸着し、移動を遅らせる
- 地上の人間や自然環境から隔離

- 地表から十分に離す (300m以上)
- 地温により劣化しないように注意

人工バリア

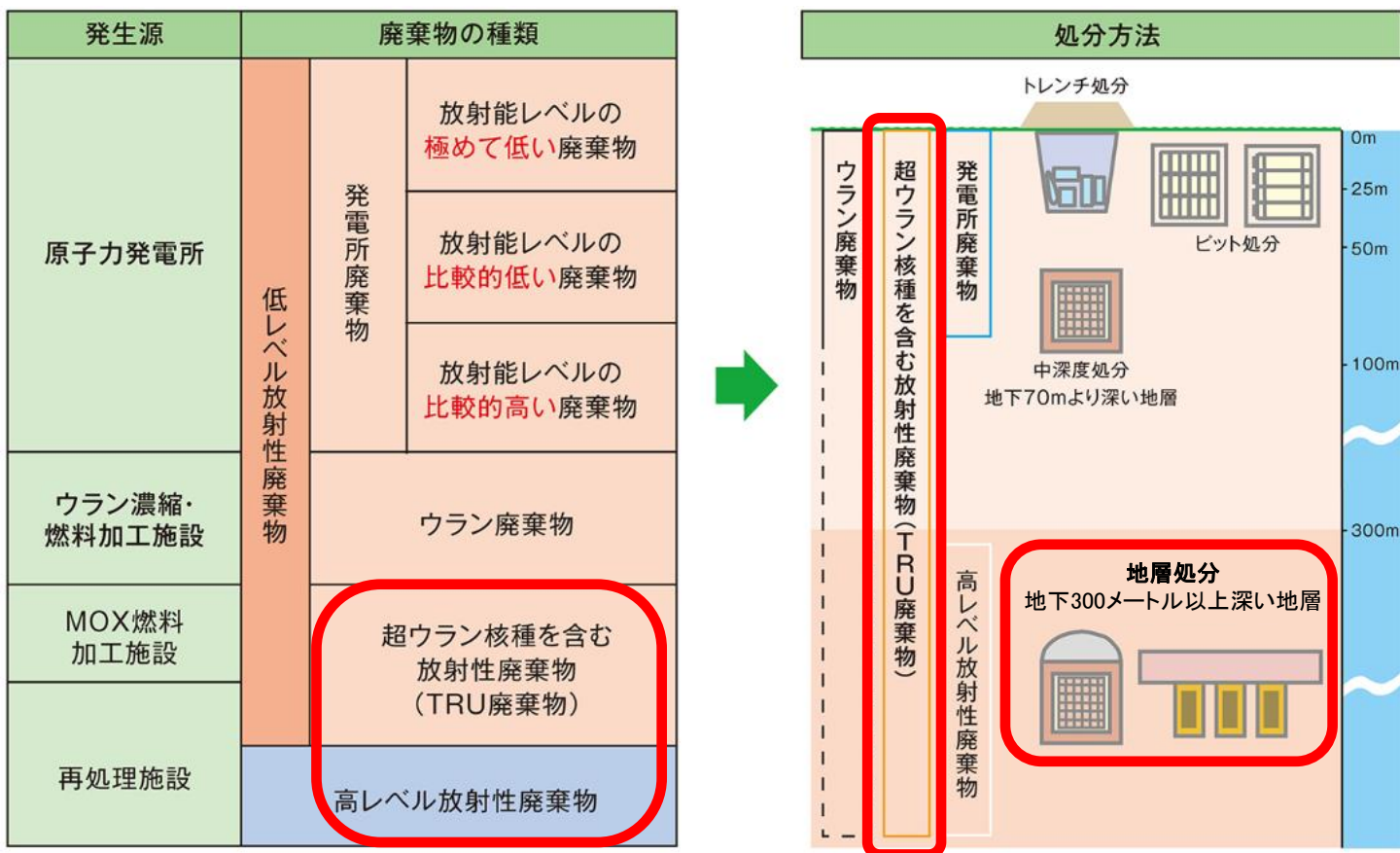
+

天然バリア

人間の生活環境への影響がないように隔離・閉じ込め

地層処分する必要がある放射性廃棄物

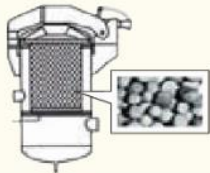
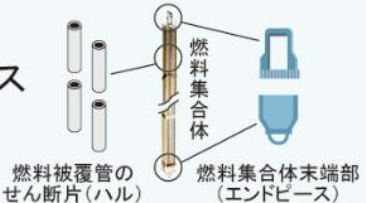
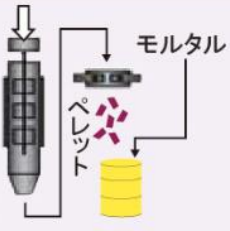

地層処分の対象とする放射性廃棄物は、高レベル放射性廃棄物と地層処分相当低レベル放射性廃棄物（TRU廃棄物）で、これらは地下300メートル以上深い地層へ処分する必要があります。



※ウランより原子番号が大きい放射性核種（TRU核種：Trans-uranium）を含み、発熱量が小さく長寿命の放射性廃棄物のことを、TRU廃棄物と呼びます。

TRU廃棄物

使用済燃料の燃料被覆管の切断片(ハル)や燃料集合体の末端部であるエンドピース、再処理工場内の使用済みの排気フィルター(廃銀吸着材)、放射能が一定レベル以上の濃縮廃液や雑固体廃棄物などがあり、それぞれの性状を考慮した処分形態にて地層処分されます。

	内容	特徴	処分坑道断面 (円形坑道の場合)
1	排気フィルタ等 (廃銀吸着材) 	<ul style="list-style-type: none"> ●半減期が長く岩盤等に吸着されにくいヨウ素129を多く含む ●発生量が少ない 	廃棄体パッケージ 埋め戻し材 構造躯体
2	ハル・エンドピース 	<ul style="list-style-type: none"> ●半減期が長く岩盤等に吸着されにくい炭素14を多く含む ●発熱量が比較的大きい 	緩衝材 支保
3	濃縮廃液等 (放射能が一定レベル以上のもの) 硝酸系廃液の処理例 	<ul style="list-style-type: none"> ●人工バリアに影響を与える硝酸塩を多く含む 	廃棄体パッケージ
4	雑固体廃棄物 (放射能が一定レベル以上のもの) 	<ul style="list-style-type: none"> ●グループ1~3のような特徴を持たない 	充填材 支保

※「第4回対話の場の資料より抜粋」

地層処分の閉鎖後長期の安全評価について

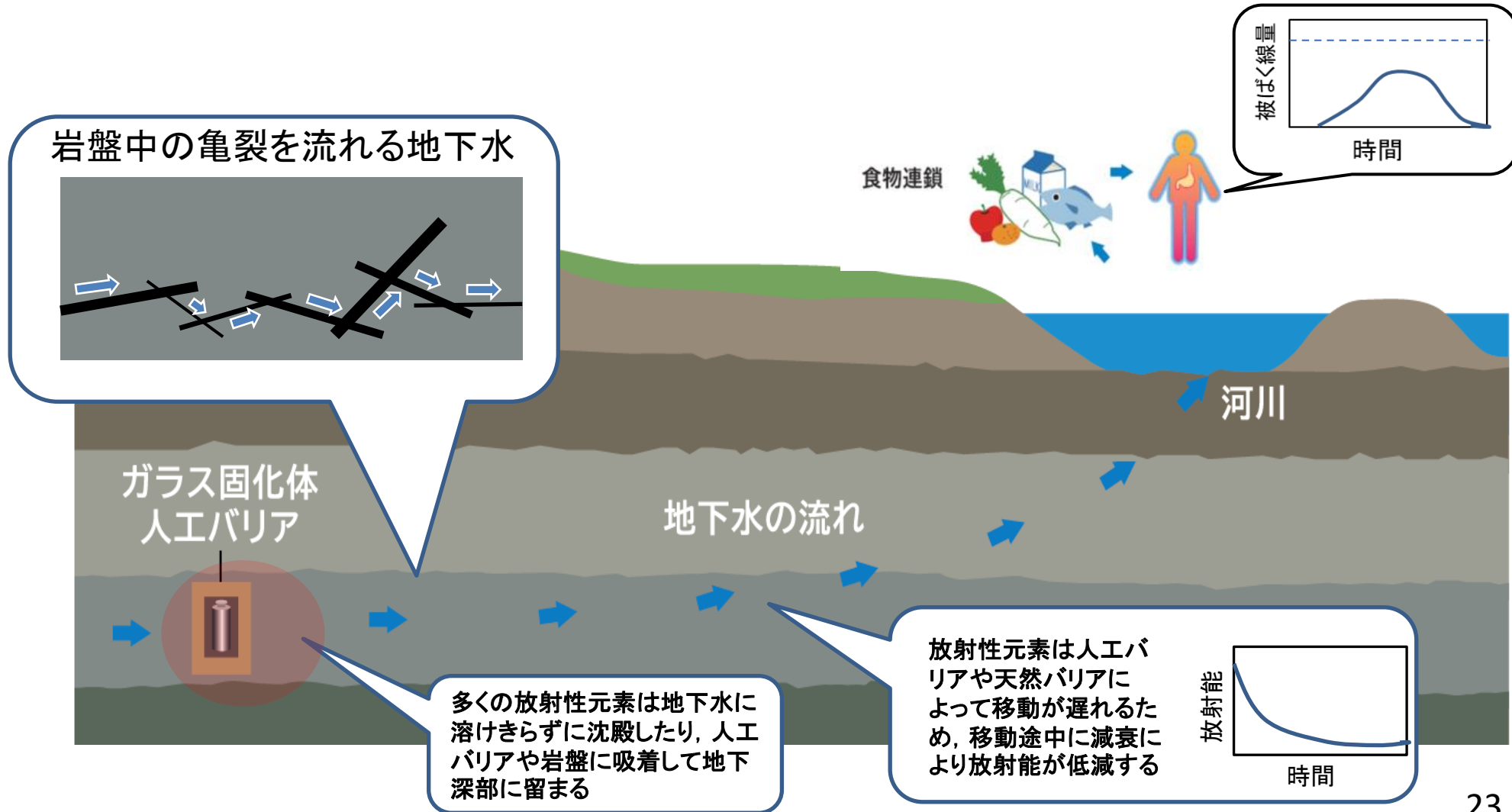
安全評価の計算について認識を共有したい点

- 安全評価の手法(シナリオ+数学モデルによる計算)は諸外国における長年の検討に基づいて国際的に確立されています。
- 安全評価の計算によって将来の被ばく線量を正確に予測しようとしているわけではありません。
- 安全評価では科学的な知見に基づいて、様々な現象の影響を幅を持って評価し、敢えて被ばく線量が大きく計算されるような設定をして計算をしています。例えば：
 - オーバーパックは1万年以上閉じ込められる可能性を示すデータも得られているが、千年後には全てのオーバーパックが同時に閉じ込め性能を失うと仮定
 - 岩盤中を流れる放射性物質は割れ目ネットワーク構造により分散すると考えられるが、全ての放射性物質が地上に向かって移動すると仮定
- そのため、安全評価の計算によって求められた被ばく線量は、科学的な想定のもとで最大でもこのレベルというものです。
- 安全評価では放射性物質が速く移動すると仮定することで敢えて被ばく量が大きくなるように計算し、被ばく線量の最大値が許容できるレベルにあるかどうかを確認します。

安全評価の方法に関する概念図

被ばく評価を行う際に仮定する概念モデルの例

(被ばく量を過小評価しないために非常に“保守的”な設定をしています)



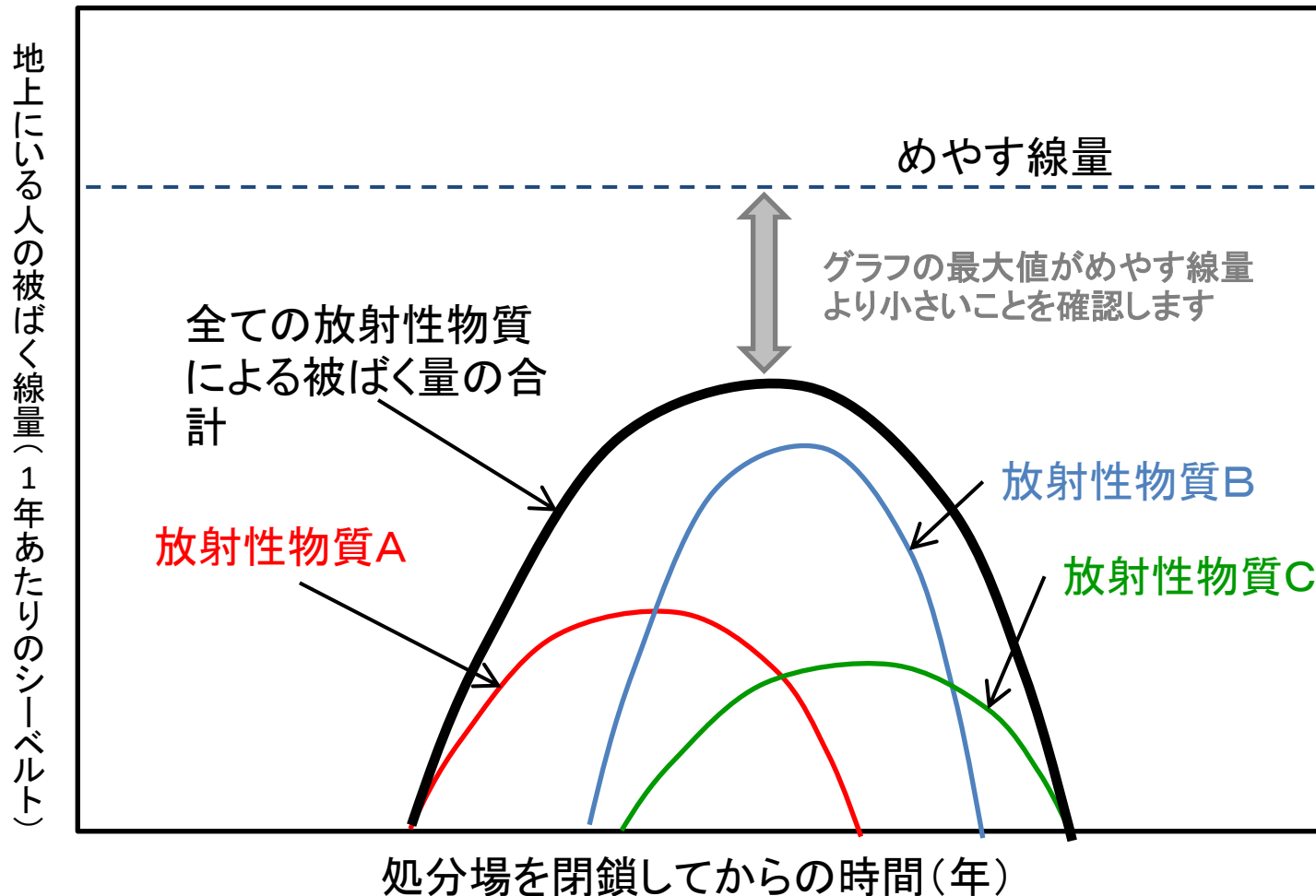
安全評価シナリオ

- 国際機関(国際放射線防護委員会 ICRP, 国際原子力機関 IAEA)の指針に基づき、発生可能性に応じてシナリオを区分し、区分ごとにめやす線量を設定

シナリオ区分		各シナリオの意味	めやす線量
自然事象	基本シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● 地層処分システムに対して発生する可能性が最も高いと想定されるシナリオ →(科学的な知見が少なく不確実性が大きい場合には、基本シナリオについても、安全上厳しい結果になるように設定) 	安全性確保の水準: 300 μ Sv/y →ICRPの推奨値と同水準 基本シナリオに対する事業者としての努力目標: 10 μ Sv/y →諸外国の規制基準の最小値(スウェーデン)と同水準
	変動シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本シナリオに対して、不確実性を考慮して様々な解析ケースを設定するシナリオ 	著しい影響の水準: 20~100mSv(1年目) 1~20mSv/y(2年目以降) →ICRPが推奨する緊急時被ばくの参考値などと同水準
	稀頻度事象シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● 発生可能性が極めて小さく、現実社会で生じることほとんど想定されないが、あえて過酷な条件を想定して評価するシナリオ 	著しい影響の水準: 20~100mSv(1年目) 1~20mSv/y(2年目以降) →ICRPが推奨する緊急時被ばくの参考値などと同水準
人間侵入シナリオ		<ul style="list-style-type: none"> ● 偶発的な人間侵入の発生可能性は極めて小さいが、あえて過酷な条件を想定して評価するシナリオ 	著しい影響の水準: 20~100mSv(1年目) 1~20mSv/y(2年目以降) →ICRPが推奨する緊急時被ばくの参考値などと同水準

被ばく線量のグラフの見方

このグラフは地上にいる人が将来どの程度の被ばくを受けるかを計算した結果を表しています。様々な放射性物質による被ばく量の合計です。

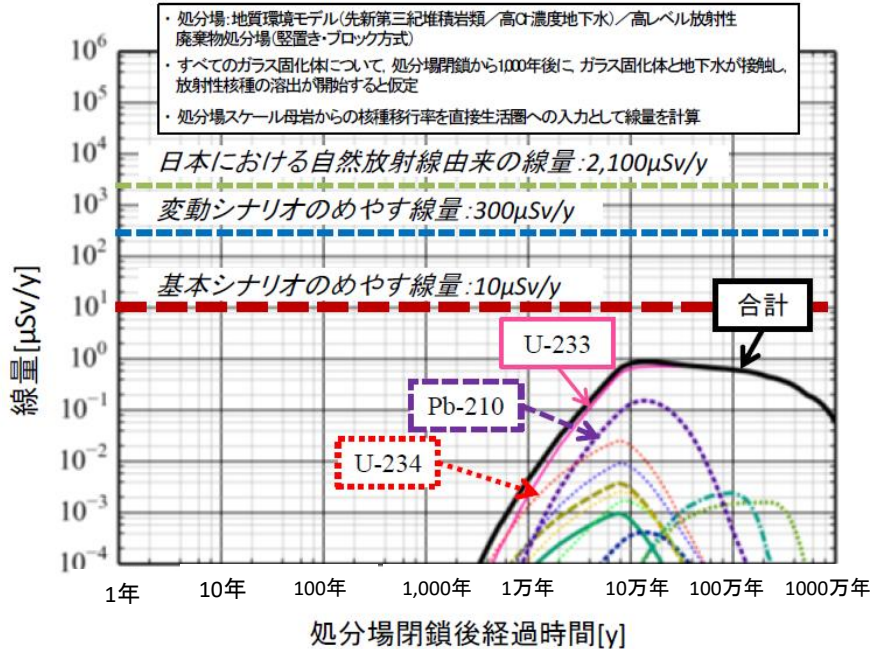


※線量の表記ではm(ミリ)と μ (マイクロ)が用いられますが、1ミリ=1000マイクロです。

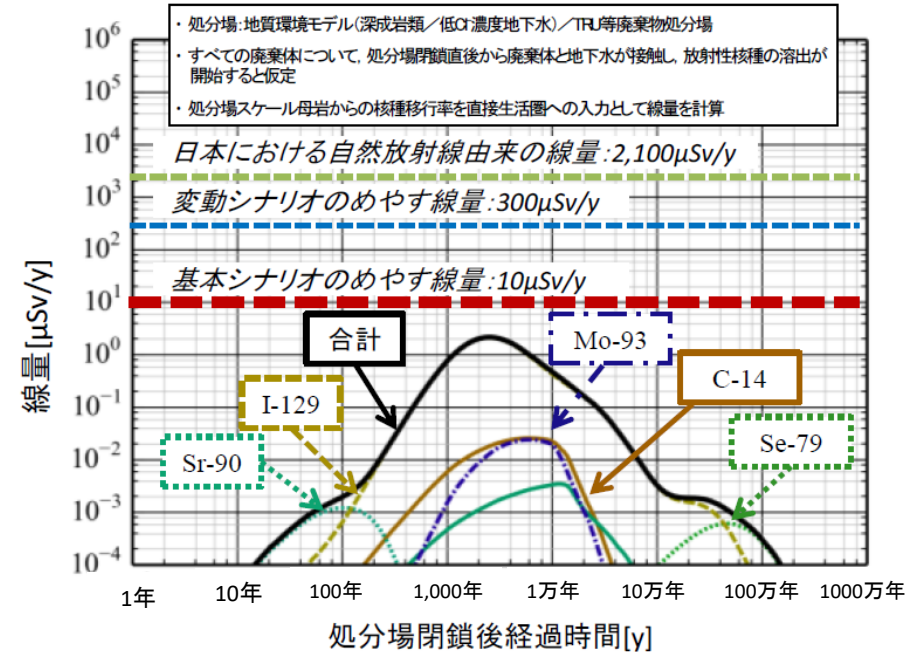
安全評価の結果(例)

高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)とTRU廃棄物の線量計算結果の例

ガラス固化体の線量(例)



TRU廃棄物の線量(例)



ガラス固化体の線量計算の基本ケースの中で、最も被ばく線量のピーク値が大きいもの

- ・ 岩盤:先新第三紀堆積岩類(深度500m)
- ・ 地下水:高Cl濃度
- ・ 人工バリア:堅置き・ブロック方式

最大線量は約0.9 μ Sv/y(約14万年後)

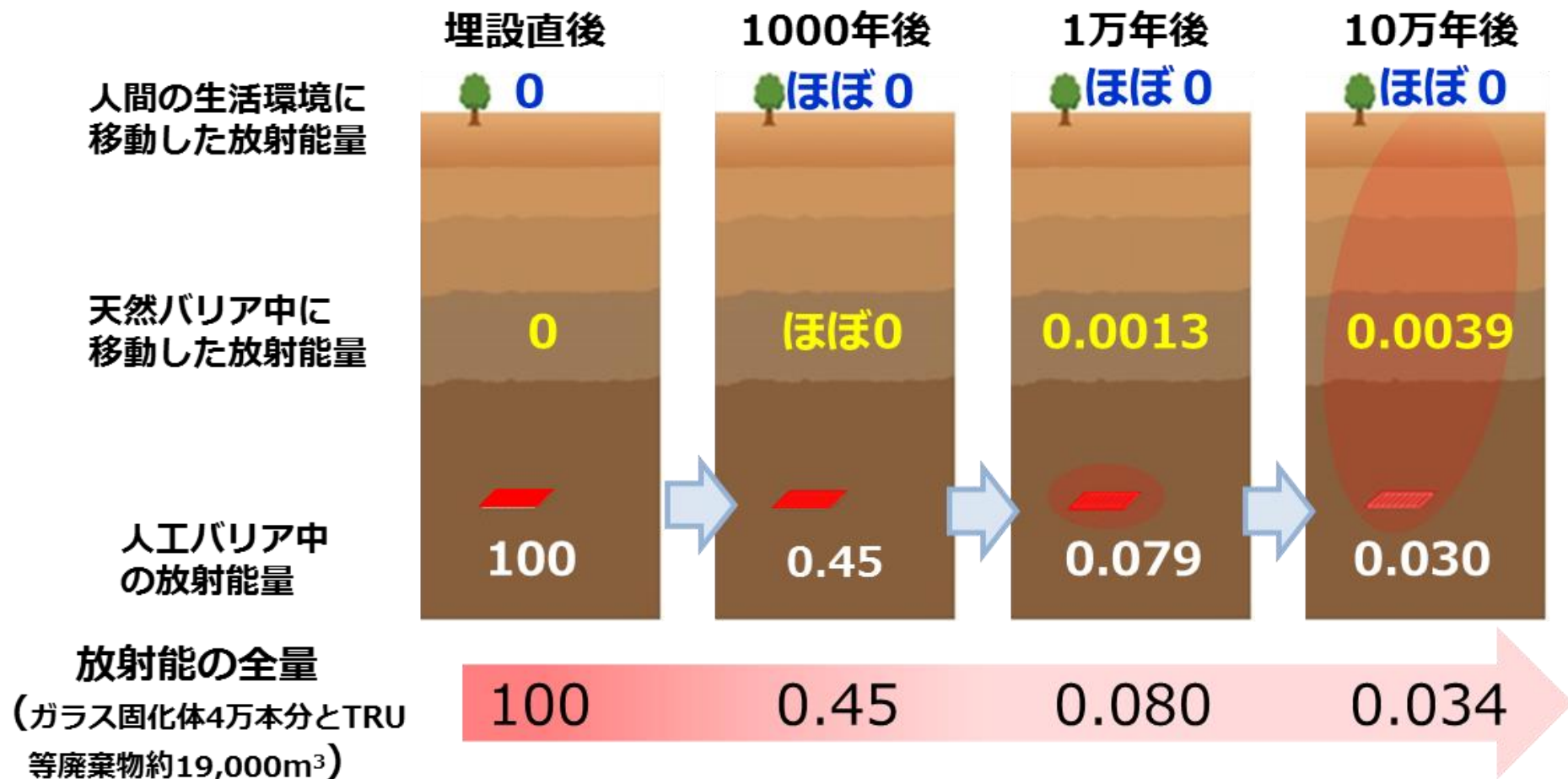
TRU廃棄物の線量計算の基本ケースの中で生活圏への核種の到達が最も早い結果のもの

- ・ 岩盤:深成岩類(深度1000m)
- ・ 地下水:低Cl濃度
- ・ 廃棄体パッケージA(蓋無し), 緩衝材無し

最大線量は約2 μ Sv/y(約2,600年後)

多重バリアによる閉じ込めの効果（高レベル放射性廃棄物+TRU廃棄物の基本ケース）

埋設直後の放射性物質の放射能を100とした場合の放射エネルギーの推移です。非常に長い時間を経て放射能は減衰していきます。また、放射性物質の大部分は地下深部に残っています。



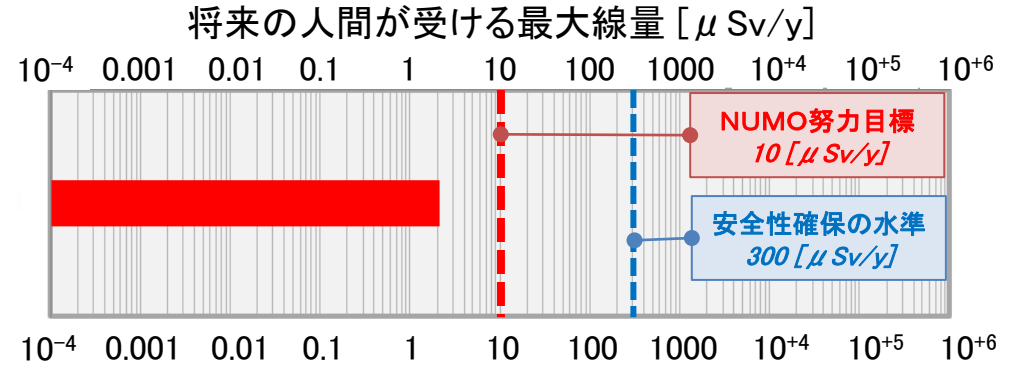
※深成岩類、低Cl濃度、縦置き・ブロック方式の基本ケース

基本シナリオと変動シナリオの計算結果 (高レベル放射性廃棄物+TRU廃棄物)

基本シナリオ

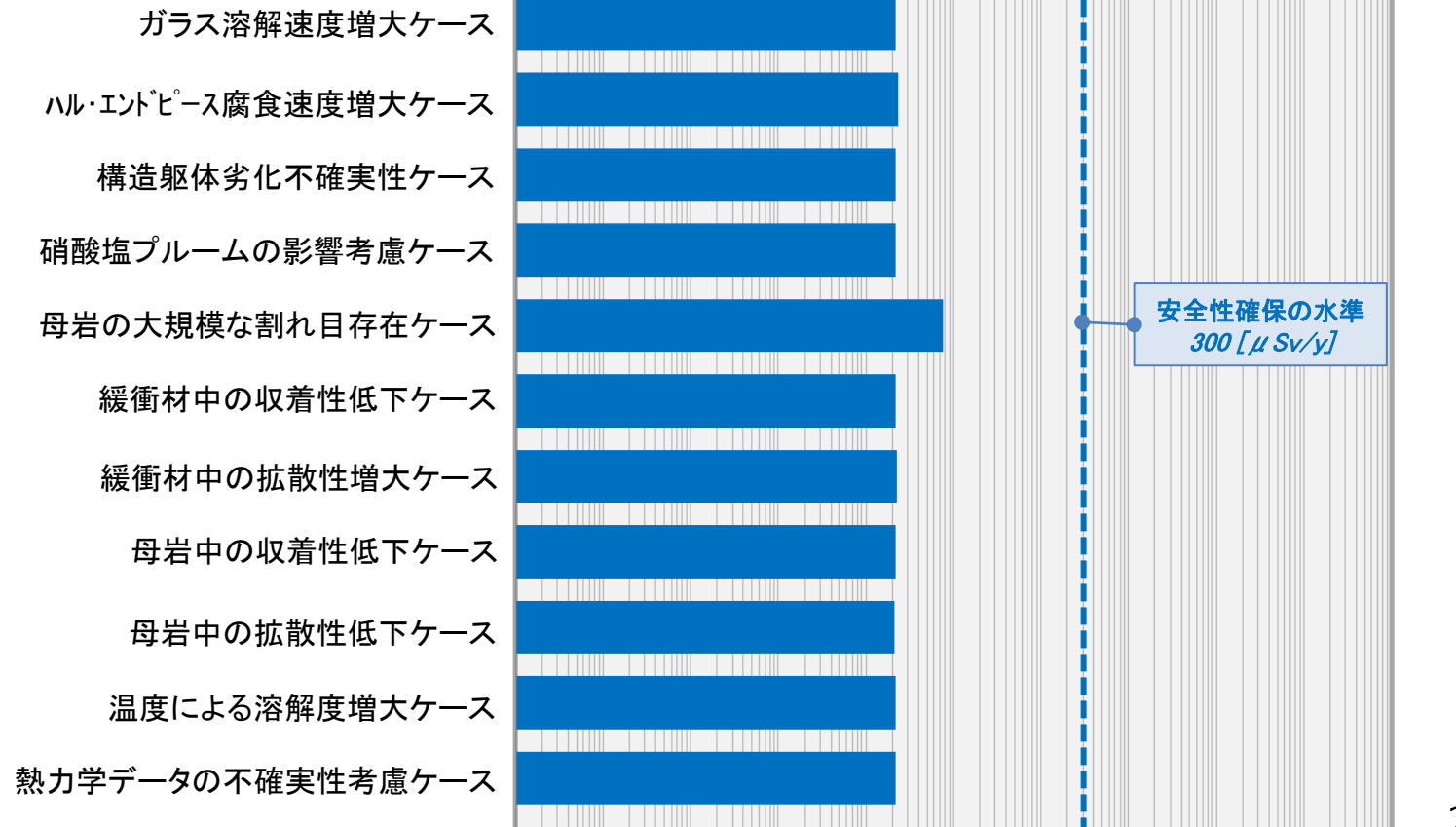
(地層処分システムに対して発生する可能性が最も高いと想定されるシナリオ)

基本ケース



変動シナリオ

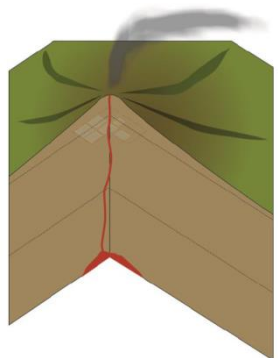
(基本シナリオに対して、不確実性を考慮して様々な解析ケースを設定するシナリオ)



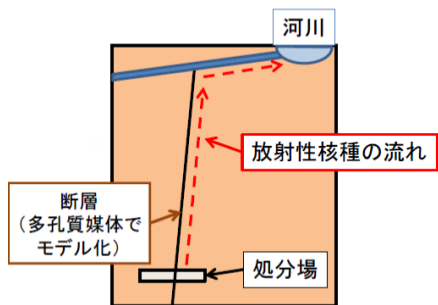
あえて過酷な条件を想定した評価においても、めやす線量の範囲に収まっている

稀頻度事象シナリオ

(発生可能性が極めて小さく、現実社会で生じることほとんど想定されないが、あえて過酷な条件を想定して評価するシナリオ)

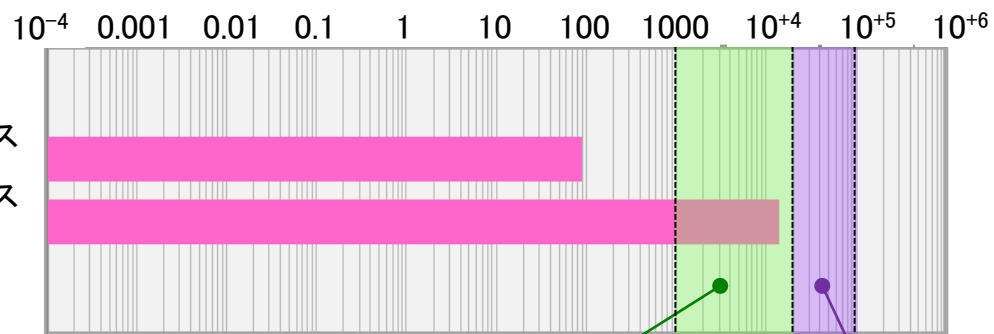


新規火山発生ケース
(10万年後に発生すると仮定)



断層進展ケース
(1000年後に発生すると仮定)

将来の人間が受ける最大線量 [$\mu\text{Sv/y}$]



発生2年目以降の
めやす線量
1~20 [mSV/y]

発生1年目の
めやす線量
20~100 [mSV]

人間侵入シナリオ

(偶発的な人間侵入の発生可能性は極めて小さいが、あえて過酷な条件を想定して評価するシナリオ)

(300年後に発生すると仮定)

ボーリング孔短絡経路ケース
作業によるボーリングコア観察ケース

