

資料1

地質環境の長期安定性に関する検討(その1)  
—安全評価における天然現象による影響の扱い—

---

2013年11月  
原子力発電環境整備機構



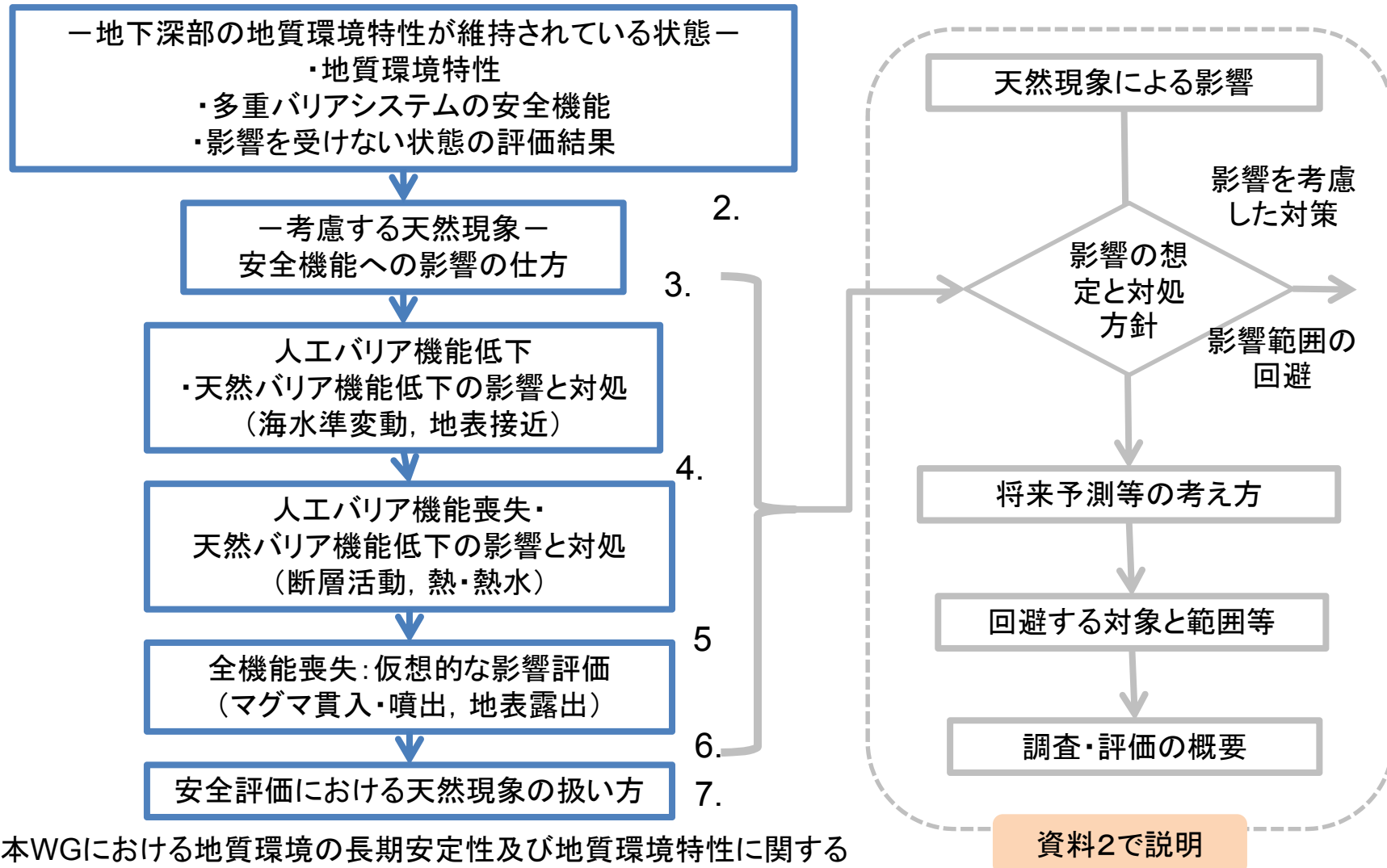
# 目次

---

1. 影響の想定と安全評価における扱い
2. 地下深部の地質環境特性が維持されている状態
  - (1) 地質環境特性
  - (2) 多重バリアの安全機能
  - (3) 評価結果
3. 考慮する天然現象の抽出と安全機能への影響の仕方
4. 影響の想定と対処：人工バリア機能低下・天然バリア機能低下
  - (1) 海水準変動
  - (2) 地表接近
5. 影響の想定と対処：人工バリア喪失・天然バリア機能低下
  - (1) 断層活動
  - (2) 熱・熱水
6. 影響の想定と対処：物理的隔離機能喪失
  - (1) マグマの貫入・噴出
  - (2) 地表露出
7. 安全評価における天然現象の扱い方
  - (1) リスク論的思考方
  - (2) 期間に応じた評価方針
  - (3) 予測期間

# 1 天然現象による影響の想定と安全評価における扱い

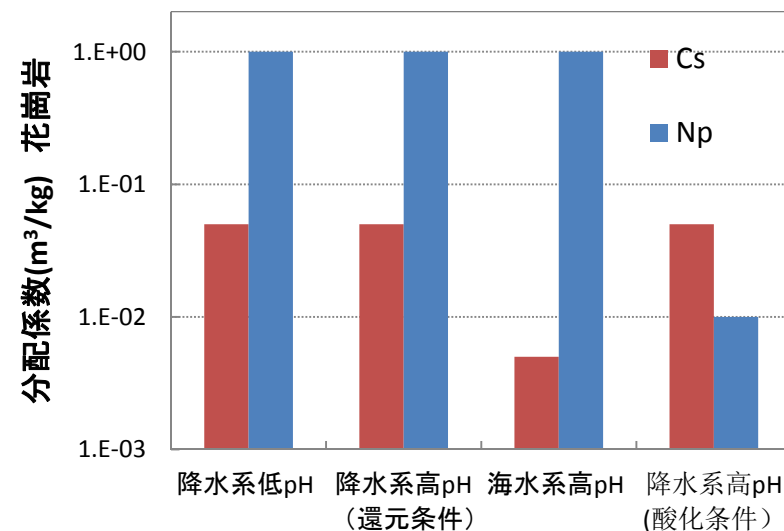
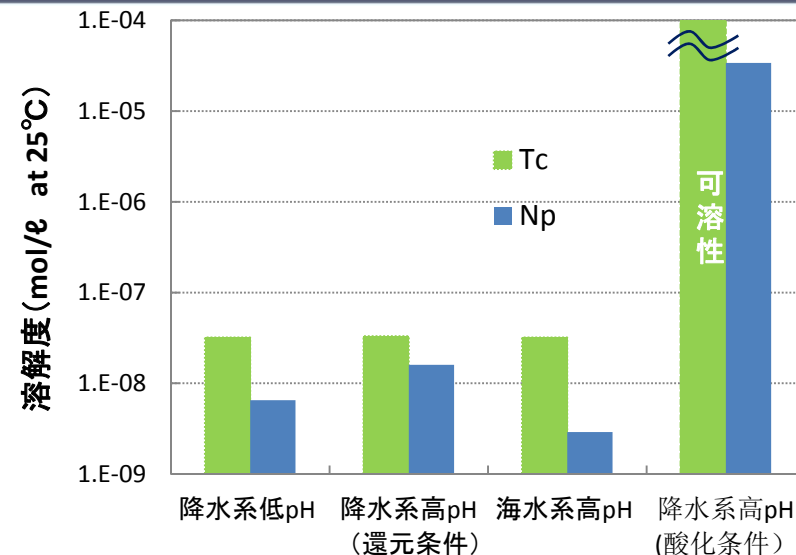
第2次取りまとめに示された基本的考え方に基づき、  
最近の知見を踏まえて、NUMOは対処方針を具体化している。



\* 本WGにおける地質環境の長期安定性及び地質環境特性に関する検討結果を踏まえ、今後NUMOの安全評価の全体的な構想を提示

## 2 地下深部の地質環境特性が維持されている状態(1) 地質環境特性

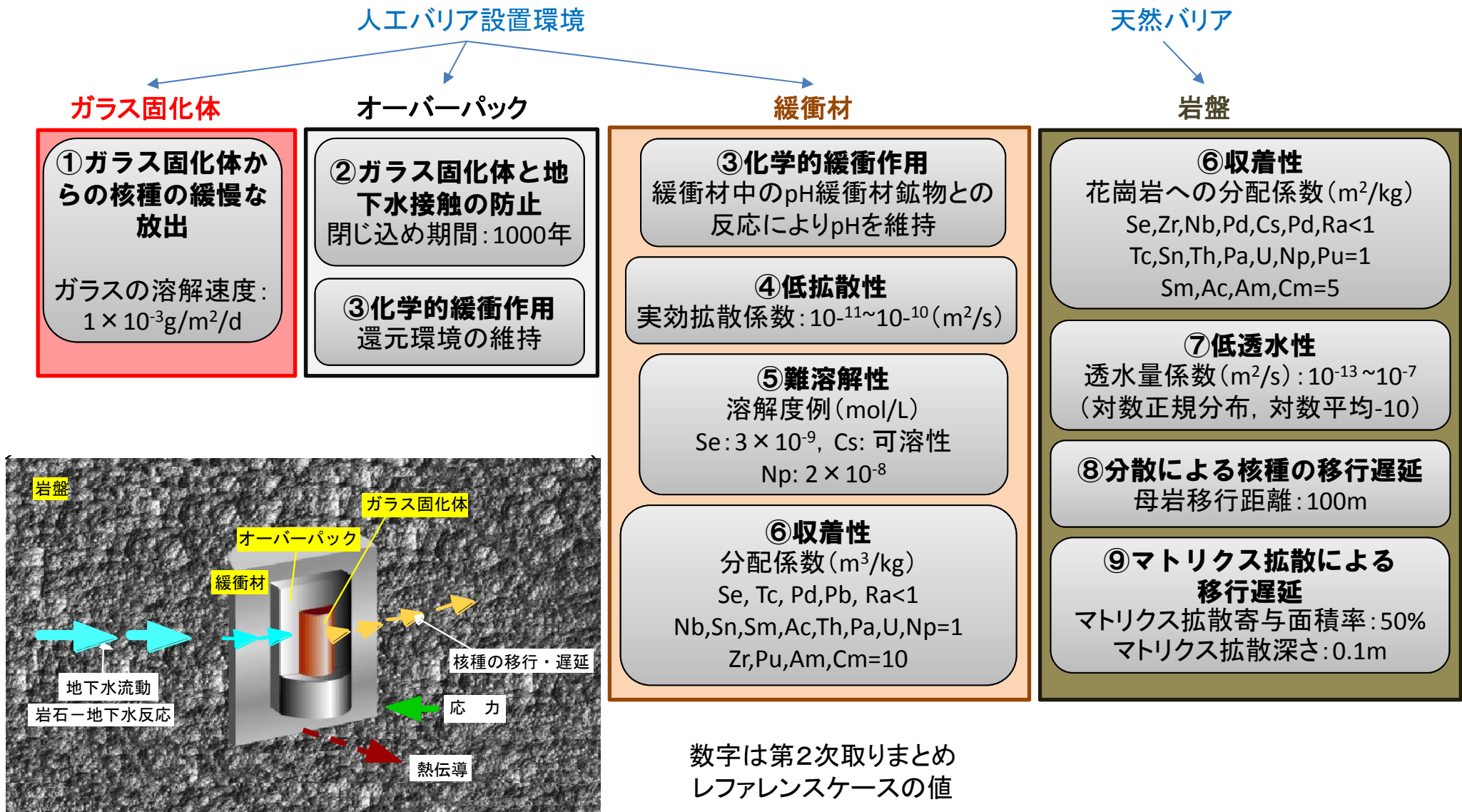
- 地下深部の地質環境の役割
  - ① 物理的隔離: 廃棄物を生物圏から物理的に隔離。
  - ② 人工バリア設置環境: 人工バリアの品質維持にとって好ましい環境。
  - ③ 天然バリア: 放射性核種の移行を遅延, 分散, 希釈。
- 人工バリアの設置環境, 天然バリアに望ましい地質環境特性
  - ① 地下水の流動特性: 動水勾配や透水性が低いこと。
  - ② 地下水の地球化学特性: 強酸性や強アルカリ性でなく, かつ還元性であること。
  - ③ 岩盤の熱特性・力学特性: 応力状態が均質に近く, 地温が低いこと。
  - ④ 岩盤中の物質移動特性: マトリクス拡散の効果が大きく, 移行経路沿いに存在する鉱物の核種に対する吸着能力が高いこと。
- 地下深部の地質環境が本来備えている重要な特性
  - 地下水の化学特性:
    - ✓ 地下水は, 土壌や岩石中に含まれる鉱物(鉄や硫黄を含む鉱物)や有機物と反応することにより, 還元されていくため, 深部の地下水の酸化還元電位は低い。
    - ✓ 我が国の地下深部では, 中性～弱アルカリ性となる場合が比較的多い。
  - ウラン, ネプツニウムなどのアクチノイド元素の特性
    - ✓ 還元環境, 中性～弱アルカリ性においては, 固層として沈殿することが知られている。



(上段) 地層処分研究開発第2次とりまとめにおける放射性元素の溶解度評価(JNC TN8400 99-071)より  
(下段) 性能評価で用いる岩石に対する核種の分配係数(JNC TN8410 99-051)より

地下深部においては比較的幅広い条件で, 難溶解性が維持される。

## 2 地下深部の地質環境特性が維持されている状態(2) 多重バリアの安全機能



## 2 地下深部の地質環境特性が維持されている状態(3)評価結果

- 標準的な、岩盤中の地下水を介して地表の生物圏へ至る解析のケース（レファレンスケース）  
処分場下流100mの岩盤とそれに繋がる大規模な断層破碎帯を設定  
1次元モデルの核種移行解析(下図)。最大線量は $0.005\mu\text{Sv/y}$ 。



＜設定条件＞

パラメータは前頁参照

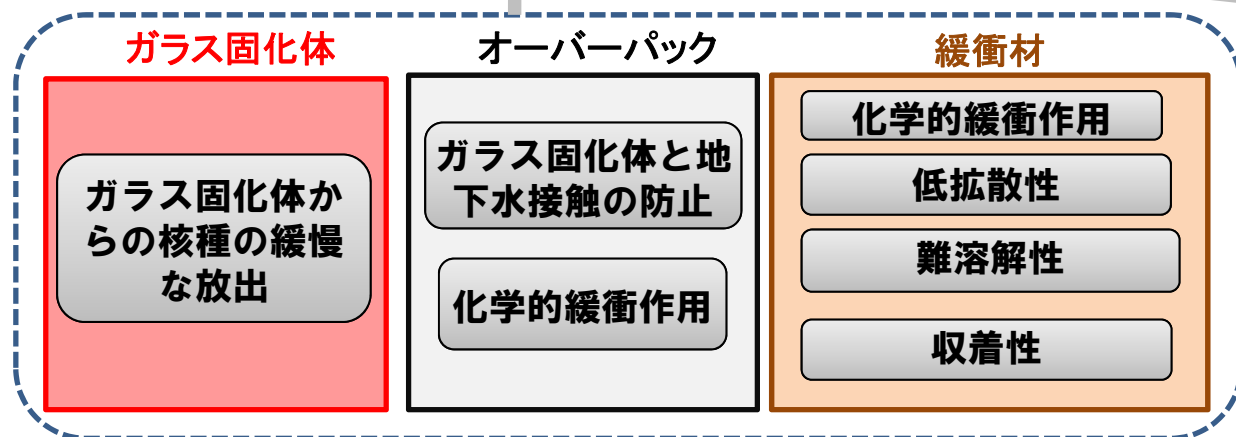
—地質環境—

- 地形: 平野
- 岩種: 花崗岩
- 地下水: 降水起源
- 移行距離: 岩盤100m, 断層破碎帯800m
- 動水勾配: 0.01
- 地圏と生物圏のインターフェース; 河川

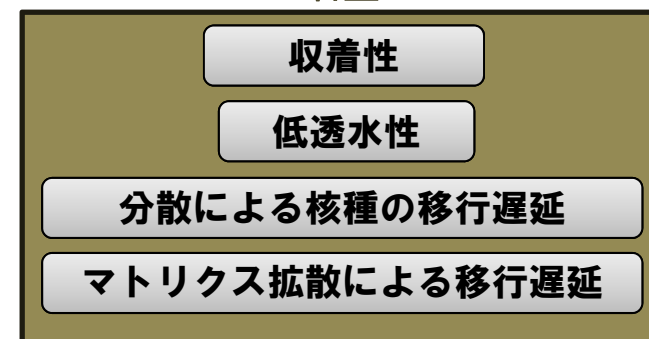
—処分場—

- 処分場深度: 1000m
- ガラス固化体数: 4万本

＜人工バリア＞



岩盤



### 3 考慮する天然現象の抽出と安全機能への影響の仕方(1/2)

- 地下深部の地質環境特性は、天然現象などの外的要因によって応力状態や熱的な環境が大きく変わらない限り、恒常的に維持される。
- 地下深部の地質環境に影響を与える外的要因としては、以下の天然現象が想定される。
  - 地震・断層活動
  - 火山・火成活動
  - 隆起・沈降・侵食
  - 気候・海水準変動(侵食に関連して)
- 天然現象などが「物理的隔離」,「地質環境特性(人工バリア設置環境, 天然バリア)」に及ぼす影響を検討し、地層処分システムの性能が著しく損なわれないよう長期にわたって安定な地質環境を選定する。

- 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(最終処分法)及び同法施行規則 (以下の規定は文献調査対象地区)
  - 地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないこと
  - 将来にわたって、地震等の自然現象による地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれること
  - 選定しようとする地区内の最終処分を行おうとする地層が、第四紀の未固結堆積物であるとの記録がないこと
  - 選定しようとする地区内の最終処分を行おうとする地層において、その掘採が経済的に価値が高い鉱物資源の存在に関する記録がないこと
- 「高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について」(原安委, 2001)
  - 地震・断層活動, 火山・火成活動, 隆起・沈降・侵食。気候・海水準変動, 岩盤の特性, 鉱物資源の賦存を考慮すべき環境要件とする
  - 気候変動・海水準変動, 地下水の流動特性, 地下水・岩石の地化学特性などについては、基本的に概要調査あるいはそれ以降の調査において明らかにされるべきものであり、その段階で以降に、設計・施工での対応や処分システム全体の安全性能との関連も踏まえて、その取扱いを審議する
  - 異常間隙水圧, 膨張性地山, ガス突出, 山はね, 大湧水は、坑道掘削の難工事, 土木工事の事故発生など、主として建設及び操業時の安全性に関わるもの

### 3 考慮する天然現象の抽出と安全機能への影響の仕方(2/2)

#### ■ 天然現象による安全機能への影響

- ① 物理的隔離機能喪失(隆起・侵食により廃棄体が地表へ露出する等)
- ② 地下水を介した核種移行の増大
  - i. 廃棄体への直接的影響(量の増大)(断層活動による廃棄体の破壊等)
  - ii. 地質環境特性の変化(速度の増大)(隆起侵食による処分場深度が浅くなることに伴う地下水流動特性の変化等)

#### ■ 影響の想定

- ✓上記②については、サイトごとの地質環境特性を踏まえ、影響評価を行う(但し、現時点では、サイトが未定であることから、一定の地質環境特性を仮定し、**影響の程度を概略的に評価**)
- ✓上記①については、適切なサイト選定で回避する。(但し、影響の想定は**仮想的**となるため、天然の放射性核種量等と比較する。)

| 生物圏への影響  |           | 直接影響      | 地下水を介した核種移行の増大 |           | 現象発生後の安全機能の変化の想定        |
|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------------|
| 天然現象     |           | 物理的隔離機能喪失 | 廃棄体への直接的影響     | 地質環境特性の変化 |                         |
| 地震・断層活動  | 断層活動      |           | ○              | ○         | 人工バリア機能喪失(*), 天然バリア機能低下 |
| 火山・火成活動  | マグマの貫入・噴出 | ○         |                |           | 全機能喪失                   |
|          | 熱・熱水      |           | ○              | ○         | 人工バリア機能喪失, 天然バリア機能低下    |
| 隆起・侵食    | 地表露出      | ○         |                |           | 全機能喪失                   |
|          | 地表接近      |           |                | ○         | 人工バリア機能低下, 天然バリア機能低下    |
| 気候・海水準変動 |           |           |                | ○         |                         |

(\*)破壊されない廃棄体及び人工バリアは機能低下

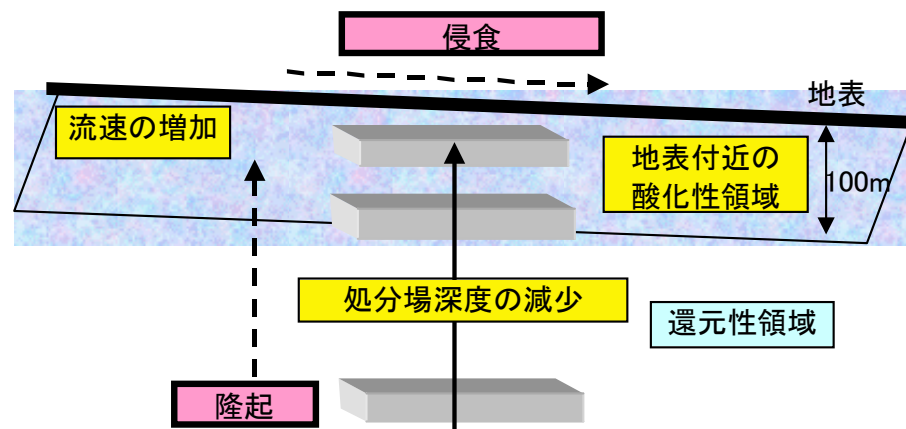
## 4 影響の想定と対処: 人工バリア機能低下, 天然バリア機能低下(1) 地表接近

### ■ メカニズム

- ① 隆起・侵食により処分場深度が継続的に減少
- ② 処分場深度の減少に伴い, 岩盤の透水性及び動水勾配が増大→天然バリアの低透水性機能が低下
- ③ 地表付近の酸化性領域に到達→核種の岩盤等への収着性が低下, 難溶解性核種の溶出

### ■ 影響評価にあたっての想定（設定条件）と影響の程度

✓特に記載のないものは第2次取りまとめのレファレンスケースと同じ（前述の2（3）参照）



第2次取りまとめの  
隆起・侵食の評価モデル(分冊3, 図6. 2-1)

|                  | 処分場深度, 岩種                | 酸化性領域        | 隆起速度    | 透水性                                                                                                     | 最大線量                                                                 |
|------------------|--------------------------|--------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 第2次<br>取りま<br>とめ | 1000m, 結晶質岩<br>500m, 堆積岩 | 地下100m<br>以浅 | 1m/千年   | ・対数平均 $10^{-10}\text{m}^2/\text{s}$ ( $10^{-10}\text{m}/\text{s}$ の透水係数相当)<br>・深度100mに達すると透水性が10倍になると仮定 | 結晶質岩, 堆積岩<br>とも数十 $\mu\text{Sv}/\text{y}$                            |
|                  |                          |              | 0.1m/千年 |                                                                                                         | 結晶質岩: 数 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ ,<br>堆積岩: 数十 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ |
| NUMO             | 700m, 堆積岩                | 地下90m<br>以浅  | 0.3m/千年 | 約 $10^{-10}\text{m}/\text{s}$ (深度700m) から約 $10^{-7}\text{m}/\text{s}$ (深度90m) へ連続的に透水性が増大すると仮定          | 数百 $\mu\text{Sv}/\text{y}$                                           |

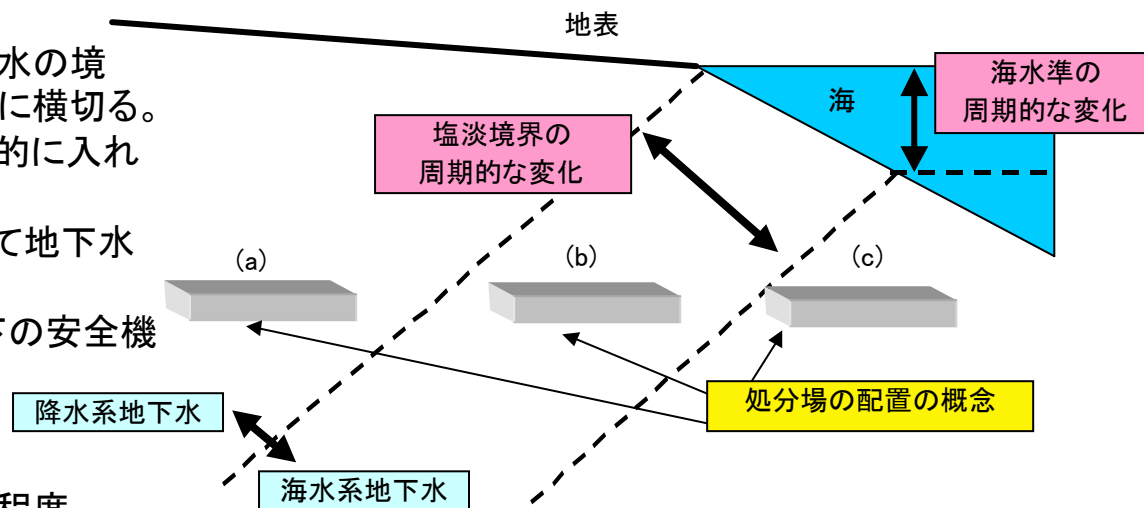
### ■ 対処方法

影響の程度に応じて, 処分場の設置位置や深度を決める。

## 4 影響の想定と対処: 人工バリア機能低下, 天然バリア機能低下(2) 海水準変動

### ■ メカニズム

- ① 海水準変動により塩淡水境界(塩水地下水と淡水地下水の境界)が, 沿岸部に設置した処分場(図の(b))を周期的に横切る。
- ② 処分場周辺は海水系地下水と降水系地下水が周期的に入れ替わる。
- ③ 岩盤が低透水性であることから, 海水準変動に遅れて地下水水質が変化する。
- ④ 海水系地下水では人工バリア及び天然バリアの以下の安全機能が低下する。  
→難溶解性, 収着性, マトリクス拡散機能



### ■ 影響評価にあたっての想定(設定条件)と影響の程度

✓特に記載のないものは第2次取りまとめのレファレンス スケースと同じ(前述の2(3)参照) 第2次取りまとめにおける気候・海水準変動の評価モデル(分冊3, 図6.2-3)

✓最大線量は, 海水系地下水のみを想定したケースにほぼ包含される。

|          | 地下水条件等の変更                                                                                                                                                                            | 地下水条件の変化に伴う安全機能変化                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 最大線量                |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 第2次取りまとめ | <ul style="list-style-type: none"> <li>初期を海水系地下水とし, 降水系地下水と周期的(継続期間: 前者1万年, 後者9万年)に入れ替え。</li> <li>生物圏は沿岸海域堆積層/平野モデル</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>難溶解性(降水性→海水性条件)<br/>例: Cs-135 可溶性のまま</li> <li>収着性(降水性→海水性条件)<br/>例: Cs-135の岩盤中分配係数(<math>m^3/kg</math>)<br/>0,05→0.005</li> <li>マトリクス拡散(降水性→海水性条件)<br/>例: Cs-135の拡散係数(<math>m^2/s</math>)<br/><math>6 \times 10^{-10} \rightarrow 3 \times 10^{-10}</math></li> </ul> | 0.01 $\mu$ Sv/yオーダー |
| NUMO     | <ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸部に設置した処分場モデル(深度800mに設置)の海水準変動を考慮した地下水流動解析結果より, モデルの各領域の地下水水質, 流動状況, 流出先の変遷を把握。</li> <li>この情報をもとに各領域ごとに一次元の核種移行解析等を実施し, これらを合計する。</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.01 $\mu$ Sv/yオーダー |

### ■ 対処方法

影響の程度に応じて, 処分場の設置位置や深度を決める。

## 5 影響の想定と対処：人工バリア機能喪失，天然バリア機能低下(1)断層活動(1/2)

### ■ メカニズム

- ① 断層が新規に発生し，処分場内のいくつかの廃棄体および人工バリアを破壊する。
- ② 同時に，断層面が地表まで達し，新たな移行経路となる。
- ③ 断層の周囲の岩盤も影響を受け，透水性が増大する。

### ■ 影響評価に当たっての想定（設定条件）と影響の程度 (NUMO TR-10-09)

断層発生時期：処分の10万年後

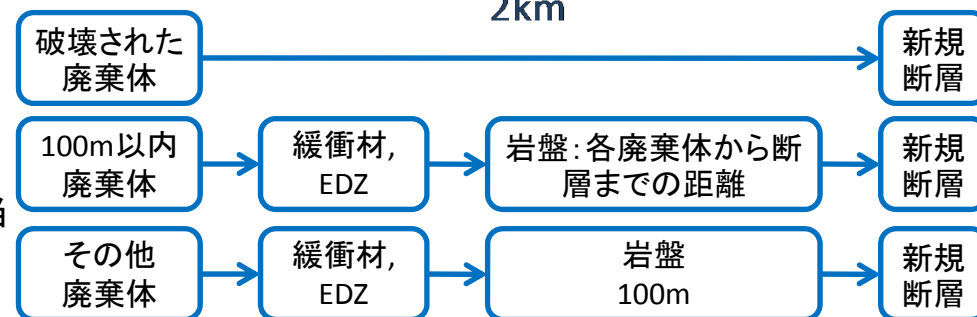
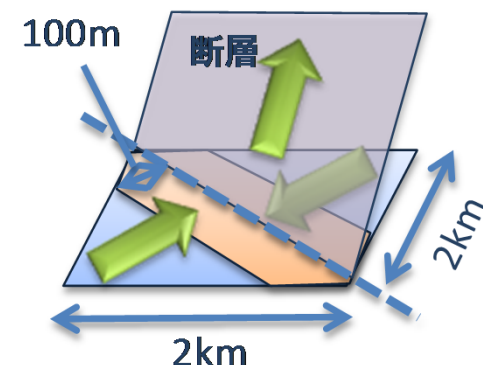
破壊される廃棄体数：300体

地下水条件：還元性地下水

断層の透水性：

- ① 岩盤(第2次とりまとめレファレンスケース)の100倍
- ② 第2次取りまとめレファレンスケースの断層破碎帯相当

✓ 特に記載のないものは第2次取りまとめのレファレンスケースと同じ（前述の2（3）参照）



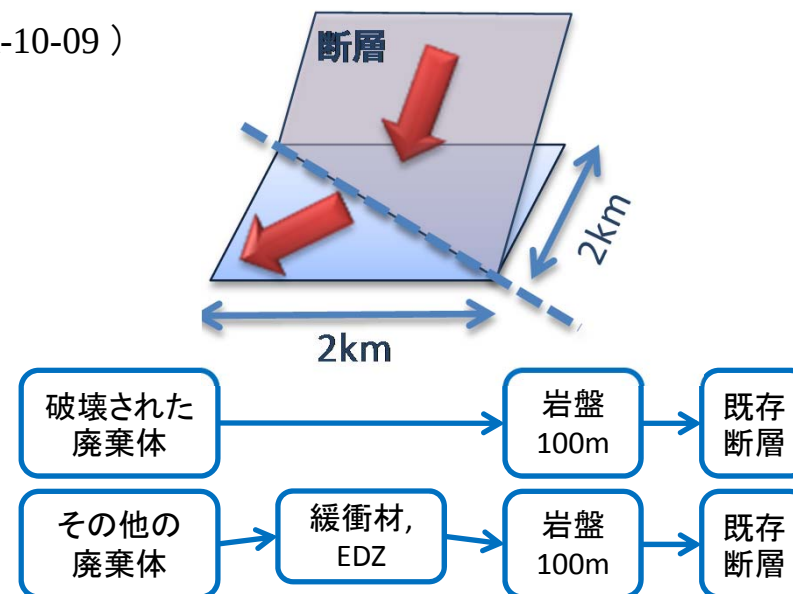
|      | 対象                       | 人工バリア     | 岩盤                |                               | 最大線量                        |                           |
|------|--------------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|      |                          |           | 移行距離              | 透水性                           | 断層①                         | 断層②                       |
| NUMO | 破壊された廃棄体<br>300体         | 右上図<br>参照 | 考慮しない             |                               | 0.00001μSv/yオーダー<br>(300体分) | 0.1μSv/yオーダー<br>(300体分)   |
|      | 断層から100m以内<br>の廃棄体5157体  |           | 各廃棄体から断層<br>までの距離 | 第2次取りまとめ<br>レファレンスケー<br>スの10倍 | 0.0001μSv/yオーダー<br>(5157体分) | 0.1μSv/yオーダー<br>(5157体分)  |
|      | 断層から100m以遠<br>の廃棄体34543体 |           | 100m              |                               | 0.001μSv/yオーダー<br>(39700体分) | 0.1μSv/yオーダー<br>(39700体分) |

## 5 影響の想定と対処：人工バリア機能喪失，天然バリア機能低下(1)断層活動(2/2)

### ■ 新規断層を介して地表より酸化性地下水を引き込む例（NUMO TR-10-09）

- ✓現実的ではないと考えられるが，保守的に想定
- ✓核種は新規断層ではなく既存の断層破砕帯を介して地表へ

|          | 対象                | 人工バリア<br>，岩盤                                | 最大線量                       |
|----------|-------------------|---------------------------------------------|----------------------------|
|          |                   |                                             | 断層②                        |
| NU<br>MO | 破壊された廃棄体<br>300体  | 右図参照<br>岩盤透水性は第2次<br>取りまとめレファレン<br>スケースの10倍 | 数十 $\mu$ Sv/y<br>(300体分)   |
|          | その他の廃棄体<br>39700体 |                                             | 数百 $\mu$ Sv/y<br>(39700体分) |



### ■ 第2次取りまとめにおける検討例

- ✓破壊された廃棄体・人工バリア中の核種濃度に断層内流量を乗じて生物圏へ流出させる。
- ✓廃棄体一体あたりの断層内流量：0.01 $\text{m}^3/\text{y}/\text{体}$ ，0.1 $\text{m}^3/\text{y}/\text{体}$ （第2次取りまとめレファレンスケースの断層破砕帯の透水性に相当するのは0.07 $\text{m}^3/\text{y}/\text{体}$ ）
- ✓還元性地下水

|              | 対象                 | 人工バリア         | 岩盤    |     | 最大線量                                     |                                         |
|--------------|--------------------|---------------|-------|-----|------------------------------------------|-----------------------------------------|
|              |                    |               | 移行距離  | 透水性 | 断層内流量0.01 $\text{m}^3/\text{y}/\text{体}$ | 断層内流量0.1 $\text{m}^3/\text{y}/\text{体}$ |
| 第2次取り<br>まとめ | 破壊される廃棄<br>体300体のみ | 難溶解性の<br>機能のみ | 考慮しない |     | 数百 $\mu$ Sv/y<br>(300体分)                 | 数千 $\mu$ Sv/y<br>(300体分)                |

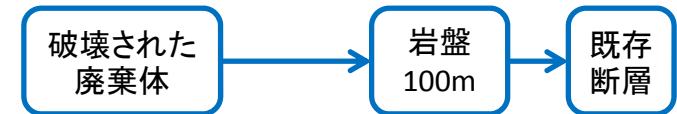
### ■ 対処方法

このような事象が発生する可能性がある範囲を回避する。

## 5 影響の想定と対処: 人工バリア機能喪失, 天然バリア機能低下(2) 熱・熱水

### ■ メカニズム

- ① マグマが処分場周辺に新規に発生する。
- ② 処分場内のすべての廃棄体及び人工バリアが, 熱的, 化学的影響を受けて収着性等の機能が低下する。
- ③ 周辺岩盤も同様の影響を受けて, 低透水性, 収着性等の機能が低下する。



### ■ 影響評価に当たっての想定（設定条件）と影響の程度

熱的, 化学的影響による安全機能の低下についての知見が少ないため, 前頁の条件 (NUMO TR-10-09) を参照して評価する。

- ✓ マグマの発生時期: 処分の10万年後
- ✓ 4万本全部の廃棄体が破壊されたとする。
- ✓ 地下水: 酸化性地下水
- ✓ 岩盤の透水性: 10倍に増大

|      | 対象            | 人工バリア | 岩盤   |                                              | 最大線量                       |
|------|---------------|-------|------|----------------------------------------------|----------------------------|
|      |               |       | 移行距離 | 透水性, 収着性など                                   | 断層②                        |
| NUMO | 破壊された廃棄体4000体 | 機能喪失  | 100m | 第2次取りまとめレファレンスケースの10倍収着性, マトリクス拡散等: 酸化性条件での値 | 数千 $\mu$ Sv/y<br>(40000体分) |

### ■ 対処方法

このような事象が発生する可能性がある範囲を回避する。

## 6 影響の想定と対処：物理的隔離機能喪失

■ 全ての安全機能を喪失する物理的隔離機能の喪失は、適切なサイト選定で回避する。影響の想定は仮想的となるため、天然の放射性核種濃度等と比較する。第2次取りまとめの例を示す。

|           | 評価の概要                                                                                                                                                                       | 評価結果                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| マグマの貫入・噴出 | <ul style="list-style-type: none"><li>・処分後10万年時点に発生する火山が処分場を直撃し、人工バリアに保持されている核種が生物圏に放出されるという想定</li><li>・マグマとともに地表に放出される処分場起源の放射性核種の量と、火山活動による噴出物中の天然の放射性核種の量と比較した</li></ul> | <p>300本分の放射性核種の量とU-238換算で等価となる噴出物の量は、噴出物中のウラン濃度を1ppmとした場合に約<math>10^8\text{m}^3</math>となる。</p> <p>火山活動に伴う噴出物量が火山体積（平均約<math>4 \times 10^{10}\text{m}^3</math>）に等しいと仮定すると、処分場起源の放射性核種量は火山活動による噴出物中の天然の放射性核種量と比べてそれほど大きいものではない。</p> |
| 地表露出      | <ul style="list-style-type: none"><li>・処分場が露出し、処分場を含む岩盤が侵食されることを仮定する</li><li>・処分場を含む岩盤が侵食されることによって生ずる地層処分を起源とする核種のフラックスと、花崗岩やウラン鉱床等が侵食されることにより生ずる核種フラックスと比較した</li></ul>     | <p>100万年後に露出した場合<br/>ウラン鉱床品位0.05%の岩石の値未満</p> <p>1000万年後に露出した場合<br/>ウラン濃度1～10ppmの岩石と同程度</p>                                                                                                                                        |

このような事象が発生する可能性がある範囲を回避する。

## 7 安全評価における天然現象の扱い方(1)リスク論的考え方

### ■NUMOの方針

- 影響を考慮する現象については、不確実性による影響を評価し、発生の可能性に応じて設定されためやすと比較する。
- 著しい影響を与えることが考えられる地震・断層活動や火山・火成活動などについてはサイト選定で回避するものの、考慮する期間の長さに伴う不確実性を鑑みて、必要に応じて、これらの事象による影響が仮に発生した場合を想定して評価する。

### ■ これまでの議論

- 「放射性廃棄物処分の安全規制における共通的な重要事項について」(原子力安全委員会, 2002)
  - ✓ シナリオの発生の可能性を考慮したリスク論的考え方の導入  
発生の可能性にもとづきシナリオ想定をあらかじめ大別し、それぞれに対応して放射線防護基準との比較を行うリスク論的考え方(線量/確率分解アプローチ)を基礎とした規制の考え方を検討すべき
- 「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方」(原子力安全委員会, 2010)
  - ✓ 発生の可能性の高い「基本シナリオ」と、発生の可能性は低いが評価上重要な要因を考慮した「変動シナリオ」、そして両シナリオを想定してもなお残る不確かさを勘案して評価する「稀頻度事象シナリオ」に分類。
  - ✓ 立地によっても長期的な可能性を排除できない地域について、火山・火成活動、地震・断層活動による著しい影響を「稀頻度事象シナリオ」として評価。



## 7 安全評価における天然現象の扱い方(2)期間に応じた評価方針

|                   | 期間A                                                          | 期間B                            | 期間C                             |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 天然現象の発生<br>の予測可能性 | 外挿法などによる将来予測が可能な期間                                           | 不確実性は大きくなるが、外挿法などにより将来予測が可能な期間 | 外挿法による将来予測が難しい期間                |
| 影響を考慮する<br>現象     | ・各期間における不確実性を考慮してシナリオの範囲を設定。<br>・発生の可能性に応じて設定されためやす線量等と比較する。 |                                | 考慮すべき天然現象を様式化して想定し、補完的安全指標などと比較 |
| サイト選定で回避する現象      | ・適切なサイト選定で確実に回避する。                                           | ・適切なサイト選定で回避する。                |                                 |
|                   | ・必要に応じて仮に発生した場合の影響を想定する。<br>・めやす線量や補完的安全指標などで評価する。           |                                |                                 |

- 「放射性廃棄物処分の安全規制における共通的な重要事項について」(原子力安全委員会, 2002)  
超長期の放射線防護基準については、天然の放射能濃度との相対的比較などの補完的指標。

## 7 安全評価における天然現象の扱い方(3) 予測期間

主に外挿法により、事象および地域ごとに異なる過去の情報の量、精度さらには地質構造発達過程を考慮し、予測の前提条件を明らかにした上で、予測期間とその精度を適切に設定して行う。

- 変動傾向やメカニズムの継続性を仮定する場合：過去数十万年程度の履歴に基づき、将来十万年程度の将来予測が可能
- 運動のメカニズムとそれを引き起こした外部要因の関係に基づき、外部要因の継続性を仮定する場合：外部要因が継続する期間が将来予測可能な期間

- 外挿法により、過去数十万年程度の地質学的記録を基に、将来10 万年程度の推論は可能である(第2次取りまとめ, 分冊1, 2.1)。
- 諸地質事象の発生・消長などの変化は、プレートシステムの変化に呼応して100万年～数百万年をかけてゆっくりと生起することから、10万年前、10万年後それぞれのプレートシステムの運動様式・配置、火山フロント分布・火山活動域、応力場、海陸分布などは現在と同様と解釈(吉田・高橋, 2004 資料2参照)。
- 日本列島のネオテクトニクスのか組みが成立したのは、鮮新世から中期更新世頃と考えられており、100 万年オーダーの時間スケールでの予測・評価を想定する場合には、現在のテクトニクスが維持されない可能性を考慮する必要がある(JAEA-Review 2013-023)。
- 地質および気候関連事象の超長期予測でも、評価対象地域で過去に起きた地質学的な事象の履歴を明らかにし、これを将来に外挿することが基本となり、将来10～100 万年間に外挿するのであれば、これと同じかこれ以上の過去にまで遡る必要がある。(中略)統計的推論によって変動履歴を超長期の将来に外挿することが困難な場合には、超長期にわたる評価対象地域の地質環境の安定性を担保する別の説明が必要になろう(産業技術総合研究所, 2007)。
- 「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方, 技術資料」(原子力安全委員会, 2010):  
数十万年以降の期間を想定(表4-2)。
- 日本列島における火山フロントの分布は、プレートの沈み込みに由来して最近500万年間程度はほとんど変化せずに極めて安定であり、今後数百万年にわたって基本的に安定と推測(日本地質学会 地質環境の長期安定性研究委員会, 2011)。
- 気候・海水準変動は、地球の軌道要素の永年変化に伴う日射量の変化が原因と考えられる。軌道要素の永年変化は第四紀における約十万年単位の周期性が確認されていることから、将来十万年程度の挙動を予測することが可能と考えられる(第2次取りまとめ, 分冊1, 2.6)。



## 参考1：安全規制の基本的考え方について(第1次報告)

---

### ■ 高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第1次報告)

(原子力安全委員会, 平成12年11月6日)

#### ➤ 評価期間

- ✓ 一般公衆に対する線量評価が最大となる時期においても、あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが基本

#### ➤ 指標及び基準値

- ✓ 国際動向を踏まえながら、安全指標及び基準値の設定等を行う。
- ✓ 長期間に亘る評価においては、時間の経過とともにモデルやパラメータに関する不確実性が増すため、必要に応じ、この観点に配慮した指標についての検討も必要。

#### ➤ 評価シナリオ

- ✓ 地下水移行シナリオ

処分した高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境へ地下水を介して影響を及ぼすことを想定したシナリオ

- ✓ 接近シナリオ

処分した高レベル放射性廃棄物が天然現象や人間活動に起因して人間の生活環境に到達する可能性を想定したシナリオ

(天然現象:地震・断層, 火山・飛成, 隆起・沈降・侵食, 気候・海水準変動, )

(人為事象:偶発的な人間侵入)

## 参考2: 安全規制における共通的な重要事項について

### ■ 放射性廃棄物処分の安全規制における共通的な重要事項について

(原子力安全委員会, 平成16年6月10日)

放射性廃棄物処分に係る共通的な放射線防護基準等の検討の方向性が示されている。

#### ➤ シナリオの発生の可能性を考慮したリスク論的考え方の導入

- ✓ 発生の可能性にもとづきシナリオ想定をあらかじめ大別し、それぞれに対応して放射線防護基準との比較を行うリスク論的考え方(線量/確率分解アプローチ)を基礎とした規制の考え方を検討すべき(ICRPにおいて提示されたリスク論的考え方)

・統合アプローチ:

将来の個人に線量を与えるかもしれない関連した廃棄物処分システムにかかわるすべての確かな過程からの全リスク(発生確率×影響)が、リスク拘束値と比較される。

・線量/確率分解アプローチ:

起こりそうかあるいは代表的な放出シナリオが同定され、これらのシナリオから計算された線量が線量拘束値と比較される。その他あまり起こりそうにないシナリオの放射線学的重要性は、結果として生じる線量とそれらの発生確率を別々に考察して評価することができる。このアプローチは、そのようなシナリオが起こる確率の正確な定量化を要求せず、むしろそれらの確率の推定された大きさに見合った、それらの放射線学的影響の評価を要求することに注意すべきである。

#### ➤ シナリオの発生の可能性を考慮した放射線防護の基準

- ✓ 判断に用いる基準についても、シナリオの発生の可能性を踏まえたものとするとも考えられ、その場合、国際放射線防護委員会の勧告やリスク拘束値などの国際動向も参考にしつつ検討を行うべき(例示:ICRP提示のリスク拘束値:  $10^{-5}$ , ICRPの線量拘束値:  $0.3\text{mSv/y}$ )

#### ➤ 評価期間

- ✓ 評価期間については、諸外国の例を参考にしつつ、安全規制の観点から必要な検討を開始すべき
- ✓ 超長期の放射線防護基準については、天然の放射能濃度との相対的比較などの補完的指標を考慮することも考えられる。

## 参考3: 余裕深度処分における管理期間終了以後の安全評価の考え方

### ■ 第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方

(原子力安全委員会, 平成22年8月9日)

トレンチ・ピット処分については, 新規規制基準の検討が進んでいるものの, 余裕深度処分については, 本考え方が, 規制における安全評価の考え方に該当すると考えられる。

| 評価シナリオ        |           | 概要                                                                                                                                                                                      | めやす線量                                       | 評価期間                                                |
|---------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 発生する可能性がある    | 基本シナリオ    | 【自然現象】<br>発生の可能性が高く通常起きるものと考えられる(基本地下水シナリオ、基本ガス移行シナリオ)<br>【人間活動】<br>一般的な地下利用(通常想定される事象)(基本土地利用シナリオ)                                                                                     | 10 $\mu$ Sv/y                               | 基本的に最大線量まで評価。ただし、「めやす」線量以下が明らかに継続する場合は、最大線量までの評価は不要 |
|               | 変動シナリオ    | 【自然現象】<br>発生の可能性は低い及安全評価上重要な変動要因を考慮(変動地下水シナリオ、変動ガス移行シナリオ)<br>【人間活動】<br>一般的な地下利用(通常想定される事象)(変動土地利用シナリオ)                                                                                  | 300 $\mu$ Sv/y                              | 評価目的に応じて設定                                          |
| 発生する可能性が極めて低い | 稀頻度事象シナリオ | ○ 変動シナリオにおいてもなお想定しがたいほどの稀頻度の事象をあえて想定<br>○ 重大な影響を被る可能性のある範囲を基本的立地条件として避けることを基本<br>○ 以下について排除が困難な地域においては、長期的な時間枠で念のため評価<br>・地震・断層活動による力学的な破壊<br>・火山・火成活動による力学的な破壊<br>・火山・火成活動による熱的・化学的な劣化 | 10-100mSv/y                                 | 評価目的に応じて設定                                          |
|               | 人為事象シナリオ  | ○ 以下のような人為事象を低減化させる対策が講じられることが前提<br>・鉱物資源がない等の立地上の考慮<br>・十分な埋設深度の確保等の設計上の考慮<br>・国等による記録の保存等の管理<br>○ 廃棄物埋設地の存在を認識できず、偶発的に発生する人間活動を想定<br>・ボーリングシナリオ<br>・トンネル掘削シナリオ<br>・大開発土地利用シナリオ        | 1-10mSv/y<br>(一般公衆)<br>10-100mSv/y<br>(作業員) | 評価目的に応じて設定                                          |