

廃棄物埋設施設における
許可基準規則への適合性について

第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等
(廃止措置開始以後の評価)

2019年10月16日

日本原燃株式会社

審査会合における本資料に関連するコメントと反映箇所

No.	コメント	反映箇所
40	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-1 資料 1-1（地質環境に係る長期変動事象）の P. 14 の蒸発散量の算出において、敷地周辺と気候因子が類似した 36 地点を対象として選定しているが、選定及びデータ整理の考え方を分かりやすく記載（追記）すること。	・補足説明資料 1「3.2 気候変動に起因する事象」
41	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-1 資料 1-1（地質環境に係る長期変動事象）で、排除しているシナリオについては、その根拠を明記すること。例えば、P. 6 の図には何も表示がないため読み方が分かるよう脚注を付ける等、他の箇所も含めて注意して記載すること。	・補足説明資料 1「3.1.2 地震・断層活動」
42	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-2 資料 1-2（生活環境の状態設定）の P. 5 の代表的個人について、左下赤枠には ICRP を参考に設定とあるが、その流れが見えないため記載を拡充すること。	・補足説明資料 2「2. 生活環境の状態設定の考え方」、「7. 最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人(評価対象個人)」
43	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-2 資料 1-2（生活環境の状態設定）の P. 6 の代表的個人について、青枠のコメント反映部は、定義ではなくどのように代表的個人を使うかということが記載されているように見え、決定グループと代表的個人が混合しているような記載になっているため、出典を明記し、整理して記載すること。	・「3. (2) (i) b. 生活環境の状態設定」 ・補足説明資料 2「2. 生活環境の状態設定の考え方」、「7. 最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人(評価対象個人)」
44	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-2 資料 1-2（生活環境の状態設定）の P. 9 以降の地表水利用について、1 号及び 2 号埋設の既申請では敷地中央沢を利用した被ばく経路を考慮しているが、今回の申請で考慮していない理由は何か。敷地造成前には、埋設地を設置する場所の広範囲で畑作が、中央沢の下流部では稲作が行われていたと思われる。将来敷地内を一般の方が使用する時の話をしており、過去の状況は極めて重要であるため、そういったことをどのように考えているのかも含めて説明すること。	・「3. (2) (i) b. 生活環境の状態設定」 ・「3. (2) (ii) 評価シナリオ」 ・「3. (2) (iii) 線量評価モデル」 ・補足説明資料 2「6. 被ばく経路」
46	第 259 回審査会合（2019/2/5）資料 1-2 資料 1-2（生活環境の状態設定）の P. 17 の代表的個人	・補足説明資料 2「6. 被ばく経路」

No.	コメント	反映箇所
	ごとの被ばく経路において、土地利用(下流堆積地)の畜産物の摂取は全ての代表的個人が評価対象となっているが、P. 14 の畜産物摂取は全て評価対象外となっており、P. 14 及び 15 のどの部分に相当するのか分からないため、対象が明確になるよう表を整理すること。	
47	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 9 の表において、各構成部材に期待する機能は保守的になるように設定しているものと思われるが、機能を期待するものと期待しないものを整理し、設定の正当性を記載すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「3. (2) (i) c. 廃棄物埋設地の状態設定 ・ 補足説明資料 3 「2. (1) 各バリアに期待する性能」
48	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 14 の FEP リストについて、一部抜粋や、波線を入れて以下省略のようになっているが、これでは網羅性が確認できず、参考資料 1-1 のコメント管理表 No. 26 の事象抽出の網羅性としては十分ではないため、網羅性の観点で再整理すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補足説明資料 3 「2. (2) FEP の整理」
49	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 23 において、覆土が「粒径分布に拡がりを持った材料」であるため液状化し難いとあるが、粒径分布の拡がりは具体的にどのように判断したのか、その根拠を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補足説明資料 3 「添付資料 影響評価により影響なしと判断した根拠」
50	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 27 の水理的影響について、難透水性覆土内部を拡散場として評価しているが、透水係数が 10^{-7} m/s 程度では簡単には拡散場にならないと考えられるため、動水勾配、代表長さ及び係数が幾つでこの様になる等、詳しく説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補足説明資料 5 「2. 5. 2 廃棄体に含まれる塩量 (1 号埋設施設で設定)」 ・ 補足説明資料 7 「参考資料 2 難透水性覆土内の地下水中の物質移行状況」
51	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 27 の図で、難透水性覆土内への地下水の流出、流入はあまりないとしているが、難透水性覆土が施工や劣化の具合によって部分的に減少する等により上部覆土側からの地下水の浸入が著しく増えるような現象はないのか、どのようなことをリストアップし、起きないことを検討したのか、説明すること。 (流量の多い上部覆土の帯水層内の水が埋設設備に出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補足説明資料 3 「3. 検討結果」

No.	コメント	反映箇所
	入りすることを防いでいるのが難透水性覆土であり、どのようにこの性能を確保しているのかは極めて重要である。(このことを考慮して説明すること。)	
52	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 38 の金属腐食速度の設定において、腐食形態に係わらず瞬時に全量が腐食する設定としているのであれば、その旨を明記すること。	・ 補足説明資料 4 「4. 1. 7. 金属の腐食速度の設定」
53	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 21 のベントナイト混合土の自己シール性の評価においては過渡的な金属の腐食速度を念頭に考慮すべきであり、金属の最終的な腐食による変形量と混合土の変形量を比較するのは発生ガスのガス発生の影響を過大評価することにならないか説明すること。	・ 補足説明資料 3 「添付資料 影響評価により影響なしと判断した根拠」
54	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 89 の等価透水係数の算出において、P. 27 の実際の地下水の流れと整合していないため、等価透水係数の概念と実際の流れとの関係を説明すること。また、初期状態での等価透水係数を記載すること。 さらに、P. 90 の等価透水係数の設定値について、1 号だけ 2 号及び 3 号と比較し 10 倍から数十倍異なっている理由を説明すること。	・ 補足説明資料 6 「3. 2. 難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数」
55	第 259 回審査会合 (2019/2/5) 資料 1-3 資料 1-3 (廃棄物埋設地の状態設定) の P. 73 の地下水組成の設定について、具体的な pH の計算方法を説明すること。	・ 補足説明資料 5 「添付資料 2 地下水組成のチャージバランス計算」
56	第 262 回審査会合 (2019/3/4) 資料 1-1-1、1-1-2 廃止措置開始以後の線量評価の対象期間については、相当の不確かさを伴う何万年後における詳細設定よりも、千年程度の期間に起こり得る重大な変化、憂慮すべき事象を見落としていないかという点に注視している。千年程度までの地質環境に係わる長期変動事象や、廃棄物埋設地の状態設定の考え方や根拠を整理した上で、その評価方法の妥当性を詳しく説明すること。	・ 「3. (2) 廃止措置開始以後に係る評価」 ・ 補足説明資料 1, 4, 5, 6, 9
58	第 262 回審査会合 (2019/3/4) 資料 1-1-1、1-1-2 埋設設備が削剥される時期について、長期に河川化が起	・ 「3. (2) 廃止措置開始以後に係る評価」

No.	コメント	反映箇所
	きて、下流の方から侵食が進んでいった結果、同設備に到達するのが約3万年後と設定しているが、この時期よりもっと前に侵食に至ることはないのか。資料1-1-2(評価シナリオ～線量評価結果(補足説明資料))のP.110の図で中央沢の枝沢の勾配が約7%と大きいことから、現時点で侵食の場であることは考えられないのか。この枝沢が将来どのように発展するのか、それによって同設備が損傷を受けることが有るのか、有るとすればいつ頃の時期なのか等、どのように検討しているのか説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> • 補足説明資料1「3.3プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」
59	第262回審査会合(2019/3/4)資料1-1-1、1-1-2資料1-1-2(評価シナリオ～線量評価結果(補足説明資料))のP.136以降の線量評価結果(グラフ)について、1号埋施設のみ、2号及び3号埋施設とは異なり、約数十年のところに大きなピークがあり、管理されている期間とはいえ、同じシナリオが成立すると基本シナリオで $10\mu\text{Sv/y}$ を超えることになる。廃止措置開始前におけるピークの扱いや、ピーク時期の位置が後ろにずれて管理期間終了後になった場合の扱い等、どのように考慮しているのか説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> • 「3.(2)(v)線量評価結果」
60	第262回審査会合(2019/3/4)資料1-1-1、1-1-2資料1-1-1(評価シナリオ～線量評価結果)において、P.8以降で被ばく経路を整理し、P.12以降で模式図と線量評価モデルを示しているが、具体的に地下水の移行経路や流出場所、埋施設が削剥をされて再堆積する場所をどのように考えているのか、それらをどのように評価した結果このような模式図や線量評価モデルになるのか、順序立てて説明すること。資料1-1-2(評価シナリオ～線量評価結果(補足説明資料))のP.110の図によると、埋施設から下の方に出た水は、ずっと岩の中を流れて沼に出るのではなく、途中の枝沢や中央沢を流れて沼に至ると思われるが、それをどのような考えで模式図のように簡略化したのか、明らかにすること。	<ul style="list-style-type: none"> • 「3.(2)(ii)評価シナリオ」
62	第262回審査会合(2019/3/4)資料1-1-1、1-1-2河川については、尾駁沼又はその河川化したものと置き換えているが、中央沢は河川に該当しないのか、考え方を説明すること。併せて、過去の利用実績では、3号埋設の敷地は畑として、中央沢下流の沼に近い場所は水田として、それぞれ利用されているが、そういった場所の	<ul style="list-style-type: none"> • 「3.(2)(i)b.生活環境の状態設定」 • 「3.(2)(ii)評価シナリオ」 • 「3.(2)(iii)線量評価モデル」

No.	コメント	反映箇所
	考え方も説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料 2 「6. 被ばく経路」
65	<p>第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2</p> <p>埋設施設への浸入水量の設定において、施設周辺の動水勾配を施設勾配とする一方、地下水の流れは水平と仮定している。地表の第四紀層の地下水面も少し下向きに傾いていると推測されるが、水平方向の流れを仮定して分配する手法では、難透水性覆土や下部覆土の厚さとは無関係に施設浸入水量が決まる構造になっており、あまり適切ではないと考える。実際にどのような現象がどの程度の幅を持って起こるのか、それを評価上どのように扱うのか、考え方を整理し、設定の妥当性を説明すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料 7 「2. 1. 計算モデル設定の考え方と計算の流れ」、 「3. 1. 廃棄物埋設地付近の水理場」、 「3. 2. 解析断面及び解析領域の設定」、 「3. 3. 境界条件の設定」
66	<p>第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2</p> <p>廃棄物埋設地の動水勾配を 3%と設定しているが、資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P. 65 から P. 67 までの 1 号、2 号及び 3 号の施設位置の動水勾配によると、矢印は下側に向き、大きさも 3%より大きくなっている。埋設施設からのフラックスの放出量に関しては少なくなると推測されるが、設定の妥当性を説明すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料 7 「2. 1. 計算モデル設定の考え方と計算の流れ」、 「3. 1. 廃棄物埋設地付近の水理場」、 「3. 2. 解析断面及び解析領域の設定」、 「3. 3. 境界条件の設定」
67	<p>第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2</p> <p>資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P. 6 の評価シナリオの設定における基本的考え方について、許可基準規則解釈では、変動シナリオは、基本シナリオに対する「不確かさ」を網羅的に考慮した状態設定とされている。この網羅性について、FEP から「不確かさ」をどのように考慮したのか等、説明すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「3. (2) (i) 状態設定」 補足説明資料 1
68	<p>資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P. 25 の 1, 2, 3 号埋設施設の線量の重畳について、施設毎にピークの出現時期が異なっていると思うが、具体的にどのように足し合わせたのか、考え方を記載すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「3. (2) (v) 線量評価結果」
69	<p>第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2</p> <p>資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P. 13 の「土壌による移行」という表現について、同資料 P. 11 の「5. 廃棄物埋設地の侵食が開始した以降は、地下水によって移行せずに残存している放射性物質を含む埋設設備が周辺土壌とともに削剥され、廃棄物埋設地周辺の</p>	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料 2 「6. (2) 土地利用に伴う被ばく経路」

No.	コメント	反映箇所
	水域の下流域に堆積する」の内容を指すのであれば、誤解を生まないよう、表現を見直すこと。	
70	第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2 資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P.15 の評価モデルと線量評価パラメータの関係について、天然バリアに係るパラメータ等（ハッチングされていないパラメータ）の扱い・考え方を記載すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (iv) 線量評価パラメータ」 ・補足説明資料 9
71	第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2 資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P.165 の化学形態について、具体的にどのような条件を基に設定したのか、特に炭酸の影響をどのように考慮したのか、説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8「5.5. 炭酸の影響について」
72	第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2 分配係数の設定において、プルトニウムとアメリカシウム（注）の関係については、資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P.188 で「TRU2 次レポートより収着影響度を同じとした」としているが、化学的環境条件等、どのような点が同じなのか、詳しい説明を追記すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8「5.7.9. 有機物による収着影響度（セメント系材料）まとめ」
73	第 262 回審査会合（2019/3/4）資料 1-1-1、1-1-2 資料 1-1-1（評価シナリオ～線量評価結果）の P.123 の分配係数試験方法について、均質・均一固化体は学会標準と異なり、固相に混練して浸漬する方法を採用しているが、液相側に平衡で出てこなければ固相側に残り、Kd が非常に高く評価されることになる。なぜ均質・均一固化体のみこの方法を採用するのか、その妥当性を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8「2.7.3 脱着分配係数試験の妥当性について」
106	第 265 回審査会合（2019/3/25）資料 2-5 資料 2-5（廃棄物埋設地 異常な漏えいを防止する機能）の P.17 の「人工バリア及び天然バリアが有する機能については、その機能を構成する特性の一つに過度に依存しないこと」について、天然バリアについては収着性を無視したケースの記載はあるが、それ以外の機能についても考察を示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (v) 線量評価結果」
109	第 265 回審査会合（2019/3/25）資料 2-5 資料 2-5（廃棄物埋設地 異常な漏えいを防止する機能）の P.18 の化学物質の影響の記載について、詳細はこれまでの審査会合資料を参照することとなっているが、参照している資料はまだ審査中で内容が固まっていない。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (v) 線量評価結果」


No.	コメント	反映箇所
	今後内容が固まれば、化学物質の影響という観点で再整理し、この条項への適合性を説明すること。	
110	第 265 回審査会合（2019/3/25）資料 2-5 埋設する廃棄体について、施設への影響という観点で、ある程度その仕様についての確認が必要があると考ええる。例えば、資料 2-5（廃棄物埋設地 異常な漏えいを防止する機能）の P. 15 で、力学的影響や化学的影響への廃棄体からの観点や、P. 17 の廃棄体の分配係数など、その前提となる廃棄体の仕様を考えて設計していると考えられるため、施設への影響の観点から、廃棄体の固型化材が何かというのも含めて、記載を充実すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (i) c. (c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定」 ・補足説明資料 4
121	第 270 回審査会合（2019/04/22）資料 1-4 水理に関して、分水界の位置の確からしさやどの程度幅があるのか示した上で、廃棄物埋設施設の一部に分水界が掛かる、不確かな幅の分が掛かるのであれば、一部が北側にも流れるという評価をする必要がある。その結果、基準を満足しないのであれば、総量を減らす、埋設地の場所を変更するといった検討も必要である。また、基準を満足する場合でも、分水界周辺の地下水の流れについては継続して監視していくべきである。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 7 添付資料 1「3 号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について」
122	第 270 回審査会合（2019/04/22）資料 1-4 線量評価の条件について、北側の老部川は現在人が住んでおり、水が利用されているため、現状を踏まえて適切に設定する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 7 添付資料 1「3 号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について」
123	第 279 回審査会合（2019/5/30）資料 2-1-1 埋設設備（ピット）の充填材、廃棄体の固型化材料等、セメント系材料の分配係数の設定について、材料の違いによる影響、申請書の記載内容と後段の施設確認や廃棄体確認での確認内容との関係を整理し、説明すること。 設定した埋設設備（ピット）の充填材や廃棄体の固型化材料等の分配係数については、今後、事業者がどの様に担保を取っていくのか。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8 「8. 分配係数の管理の考え方について」
128	新規基準への適合確認に関するヒアリング(21)（2019/06/12）資料「3 号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について（水理）」 水位や全頭水の測定方法について詳細に記載すること。 例えば、全水頭の測定値の差が 10cm しかなく、その結	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 7 添付資料 1「3 号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について」

No.	コメント	反映箇所
	果を基に北から南へ流れていると評価しているが、10cmが有意な数字なのか、その誤差を含めば逆の流れもある数字なのか判断できないため、やり方も含めて示すこと。	
131	第 284 回審査会合（2019/6/20）資料 1-1-1 資料 1-1-1（線量評価に用いる α 核種組成の設定）について、Pu-239 については、制限値が合理的な形で示された結果、支配的な核種とはならないということが分かる。これは浅地中処分の考え方としても間違っていないと考える。その結果として、C-14 が支配的となり、沼の河川化のような変動要因を考慮せずとも、線量値は $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回っていることから、今回の結果は合理的な評価になっている。今回の検討結果を踏まえた上で、線量評価の内容を整理すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (v) 線量評価結果」 ・補足説明資料 10
135	第 284 回審査会合（2019/6/20）資料 1-1-4 埋設設備の充填材及び廃棄体の固型化材の分配係数については、事業者が設定した数値を管理により保証することが重要であることから、管理方法について十分に検討するとともに、今後管理していくことを申請書に記載すること。 埋設設備の充填材の分配係数については、これまで十分なデータが得られていないと思われるため、知見の収集の観点から、打設ごとにデータを取得・蓄積すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8「8. 分配係数の管理の考え方について」
145	第 298 回審査会合（2019/8/26）資料 1-1 廃棄体の固型化材の分配係数について、今後、影響因子である化学的状態・物理的状態が従来と異なる廃棄体が増えることが考えられるため、そういった廃棄体に対し、どのように分配係数を管理・確認する方針であるのか、資料に明確に示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 8「8. 分配係数の管理の考え方について」
147	第 298 回審査会合（2019/8/26）資料 1-2-1 線量評価における生活様式の設定のうち水利用に関して、沢水の利用については、中央沢の水量が生活用水及び灌漑用水として利用するには不十分であるため、利用に伴う被ばくの可能性は小さいものの不確かさを有するため、変動シナリオで考慮すると記載しているが、既許可の記載内容とは大きく異なっている。考え方を整理し、説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. (2) (i) b. 生活環境の状態設定」 ・「3. (2) (v) 線量評価結果」 ・補足説明資料 2 ・補足説明資料 9 ・補足説明資料 10

目次

1. はじめに	1
2. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則への適合性	1
3. 線量評価	5
(1) 基本的考え方	5
(2) 廃止措置の開始以後に係る評価	6
(i) 状態設定	7
a. 地質環境に係る長期変動事象(詳細は補足説明資料1参照)	7
b. 生活環境の状態設定(詳細は補足説明資料2参照)	23
c. 廃棄物埋設地の状態設定	30
(ii) 評価シナリオ	53
a. 基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)	53
b. 変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)	54
c. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)	55
(iii) 線量評価モデル	56
a. 基本・変動シナリオ(自然事象シナリオ)における線量評価モデル	56
b. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)における評価モデル	67
(iv) 線量評価パラメータ(詳細は補足説明資料9参照)	69
(v) 線量評価結果(詳細は補足説明資料10参照)	70
a. 基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)	70
b. 変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)	70
c. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)	70

補足説明資料 1	地質環境に係る長期変動事象
補足説明資料 2	生活環境の状態設定
補足説明資料 3	廃棄物埋設地の状態設定 -影響事象分析-
補足説明資料 4	廃棄物埋設地の状態設定 -状態変化の評価(力学的影響)-
補足説明資料 5	廃棄物埋設地の状態設定 -状態変化の評価(化学的影響)-
補足説明資料 6	廃棄物埋設地の状態設定 -透水係数の設定-
補足説明資料 7	線量評価パラメータ -埋設設備からの流出水量-
補足説明資料 8	線量評価パラメータ -分配係数-
補足説明資料 9	線量評価パラメータ -パラメータ根拠集-
補足説明資料 10	線量評価結果 -経年変化グラフ-

	: 補正に伴い変更する箇所 (コメント対応含む)
	: 上記以外の審査会合コメント反映箇所
緑字	: 第 298 回審査会合(2019/8/26)までに自主的に変更した箇所
赤字	: 第 298 回審査会合(2019/8/26)からの変更箇所

1. はじめに

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(第九条第二号異常時の放射線障害の防止等：廃止措置開始以後の評価)への適合性について説明する。

2. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則への適合性

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則への適合性
<p>(異常時の放射線障害の防止等) 第九条 廃棄物埋設施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。 二 前号の期間中において、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。</p>	<p>➤ 覆土完了以後 300 年から 400 年以内において、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものとなるよう、設計時点における知見に基づき、廃棄物埋設施設の基本設計及びその方針について、廃止措置の開始以後における埋設した放射性廃棄物に起因して発生すると想定される放射性物質の環境に及ぼす影響が基準を満たす設計であることを確認する。 (P5 3. (1) 基本的考え方)</p>

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈	規則への適合性
<p>第 9 条 (異常時の放射線障害の防止等) 2 第 2 号に規定する「前号の期間」は、ピット処分にあたっては埋設の終了後 300～400 年以内を目安とする。 3 第 2 号に規定する「廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるもの」とは、設計時点における知見に基づき、廃棄物埋設施設の基本設計及びその方針について、廃止措置の開始以後における埋設した放射性廃棄物に起因して発生すると想定される放射性物質の環境に及ぼす影響が以下の基準を満たすよう設計されていることをいう。</p>	<p>➤ 同上</p>

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈	規則への適合性
<p>一 評価に当たっては、廃棄物埋設施設の敷地及びその周辺に係る過去の記録や現地調査結果等の最新の科学的・技術的知見に基づき、人工バリア及び天然バリアの機能並びに被ばく経路等に影響を与える自然現象及び土地利用による人間活動を考慮するものとし、人工バリア及び天然バリアの機能の状態に関する要素を体系的に収集・分析し、網羅的・包括的に評価すべきシナリオを選定し、評価を行う。</p>	<p>➤ 低透水性及び収着性に影響する事象を把握するため、各部材相互の影響事象を体系的に分析する。分析に当たっては、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理する。影響事象については、廃棄物安全小委員会報告書、IAEA-ISAMのFEP等を参考に、廃棄物埋設施設の特徴を考慮し、選定する。</p> <p>(P31～35 3.(2)(i)c.(b)影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学))</p>
<p>二 廃止措置開始以後において評価の対象とする期間は、シナリオごとに公衆が受ける線量として評価した値の最大値が出現するまでの期間とする。</p>	<p>➤ 廃止措置の開始以後において評価の対象とする期間は、シナリオごとに公衆が受ける線量として評価した値の最大値が出現する時期が含まれる期間とする。</p> <p>(P6 3.(2)廃止措置の開始以後に係る評価)</p>
<p>三 基本シナリオ</p> <p>① 本シナリオは、過去及び現在の状況から、廃棄物埋設地及びその周辺の地質環境、被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し、科学的に最も可能性が高いと考えられる状態設定の下で、科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価すること。</p> <p>② 科学的に最も可能性が高い状態設定による評価シナリオにより与えられる線量が、可能な限り低く抑えられるように、廃棄物埋設施設の設計が配慮されているものであることを示すこと。すなわち、基本シナリオによる評価の結果により、埋設した放射性固体廃棄物に起因して発生すると想定される放射性物質の生活環境に及ぼす影響が無視できるほど軽微であることを示すものとして、公衆の受ける線量が</p>	<p>➤ 基本シナリオは、過去及び現在の状況から、廃棄物埋設地及びその周辺の地質環境、被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し、科学的に最も可能性が高いと考えられる地質環境及び廃棄物埋設地の状態設定の下で、科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。</p> <p>➤ 評価対象個人の最大線量は約 $4.6 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/年}$ (3号)、約 $9.6 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/年}$ (1号)、約 $9.0 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/年}$ (2号)であり、$10 \mu\text{Sv/年}$以下である。</p> <p>➤ 各廃棄物埋設地の寄与を考慮しても最大線量は約 $2.4 \times 10^0 \mu\text{Sv/年}$であり、十分に小さい線量である。</p> <p>(P70～73 3.(2)(v)線量評価結果)</p>

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈	規則への適合性
<p>一年間当たり 10 マイクロシーベルト以下になる可能性が十分にあることを示すこと。</p> <p>③ 同一事業所内に複数の廃棄物埋設施設が予定される場合は、これらの重畳を考慮すること。</p>	
<p>四 変動シナリオ</p> <p>① 変動シナリオは、基本シナリオに対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定の下で、科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい設定により評価する。なお、パラメータ間に相関関係がある場合には、これを勘案した上で保守性が確保されるように設定すること。</p> <p>② 科学的に想定される変動要因を網羅的に考慮した評価シナリオにおいて、廃棄物埋設施設の設計が様々な不確かさに対する頑健性を有するものであることを示すこと。すなわち、変動シナリオによる評価の結果により、公衆の受ける線量が国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告（Pub. 103 等）で示された線量拘束値の上限である一年間当たり 300 マイクロシーベルトを超えないことを示すこと。</p> <p>③ 同一事業所内に複数の廃棄物埋設施設が予定される場合は、これらの重畳を考慮すること。</p>	<p>▶ 変動シナリオは、基本シナリオに対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定の下で、科学的に合理的と考えられる範囲で、パラメータ間の相関関係を勘案した上で最も厳しい設定により評価する。</p> <p>▶ 評価対象個人の最大線量は約 $2.1 \times 10^0 \mu\text{Sv/年}$（3号）、約 $1.6 \times 10^0 \mu\text{Sv/年}$（1号）、約 $2.4 \times 10^0 \mu\text{Sv/年}$（2号）であり、$300 \mu\text{Sv/年}$以下である。</p> <p>▶ 各廃棄物埋設地の寄与を考慮しても最大線量は約 $6.4 \times 10^0 \mu\text{Sv/年}$であり、十分に小さい線量である。</p> <p>(P69～72 3. (2) (v)線量評価結果)</p>
<p>五 上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオ</p> <p>上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオについては、サイト条件を十分に勘案して、その影響について評価を行い、公衆の受ける線量が一年間当たり 1 ミリシーベルトを超えないことを示すこと。</p>	<p>▶ 基本・変動以外のシナリオは、発生の可能性の極めて小さいと考えられる自然現象及び人為事象を考慮した評価を行う。本シナリオでは、敷地及びその周辺の社会環境を十分に勘案し、人為事象として一般的に生じるとは考えられない人間活動を対象に設定する。</p> <p>▶ 廃棄物埋設地における井戸水の飲用による被ばくの線量は約 $1.9 \times 10^{-3} \text{mSv/年}$（3号）、約</p>

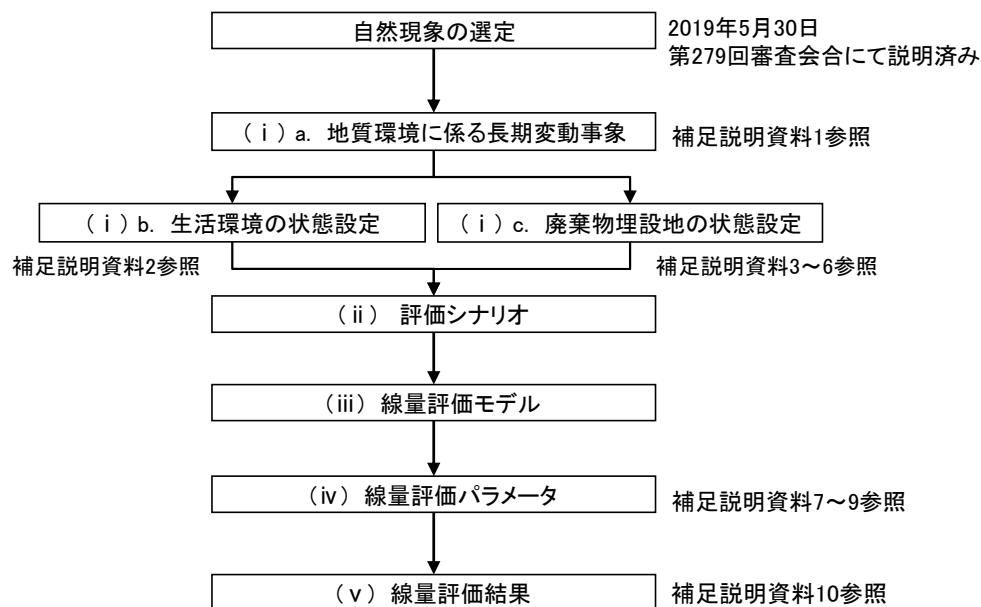
第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の 基準に関する規則の解釈	規則への適合性
	<p>8.4×10⁻³mSv/年(1号)、約2.5×10⁻³mSv/年(2号)、廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による被ばくの線量は約2.5×10⁻³mSv/年(3号)、約5.9×10⁻³mSv/年(1号)、約5.8×10⁻³mSv/年(2号)であり、1mSv/年以下である。</p> <p>(P69～72 3.(2)(v)線量評価結果)</p>

3. 線量評価

(1) 基本的考え方

評価は、「許可基準規則」及び「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(以下「許可基準規則解釈」という。)に基づいて行う。廃止措置の開始までの平常時の評価においては、廃棄物埋設施設に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量が、 $50 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下を達成できるものであることを確認する。廃止措置の開始以後の評価においては、廃棄物埋設施設に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあることを確認する。検討フローを第1図に示す。

なお、「廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがある」とは、廃棄物埋設施設に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量が、科学的に最も可能性が高いと考えられる状態設定の下で評価する基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)において、 $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下になる可能性が十分にあること、科学的に想定される変動要因を網羅的に考慮した状態設定の下で評価する変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)において、 $300 \mu\text{Sv}/\text{年}$ を超えないこと、基本・変動シナリオ以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオ(以下「基本・変動以外のシナリオ」という。)(人為事象シナリオ)において、 $1\text{mSv}/\text{年}$ を超えないことをいう。



第1図 検討フロー

(2) 廃止措置の開始以後に係る評価

廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態へ移行できる見通しを得るため、廃止措置の開始以後において、埋設する廃棄物に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量が、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)において $10\mu\text{Sv/年}$ 以下になる可能性が十分にあること、変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)において $300\mu\text{Sv/年}$ を超えないこと及び基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)において 1mSv/年 を超えないことを評価する。

評価の対象とする期間は、評価する線量の最大値が出現する時期を含む期間とし、主要な放射性物質のうち半減期の長い放射性物質の放射エネルギー及び放射能濃度が十分に小さいことを考慮して1万年程度までを目安とする。

評価に当たっては、廃棄物埋設施設の敷地及びその周辺に係る過去の記録や現地調査結果等の最新の科学的・技術的知見に基づき、人工バリア及び天然バリアの機能並びに被ばく経路等に影響を与える自然現象及び土地利用による人間活動を考慮し、人工バリア及び天然バリアの機能の状態の変化に関する要素を体系的に収集・分析し、網羅的・包括的に評価すべきシナリオを選定する。

基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)は、過去及び現在の状況から、廃棄物埋設地及びその周辺の地質環境、被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し、科学的に最も可能性が高いと考えられる地質環境及び廃棄物埋設地の状態設定(以下「基本設定(最も可能性が高い設定)」という。)の下で、科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。また、本シナリオで考慮する生活様式は、ICRP Pub. 101⁽¹⁾等の考え方を参考に合理性、持続可能性及び均一性のある一般的な人間活動を対象に設定する。ただし、最も可能性が高いと考えられる状態の設定が困難である場合又は様々な不確かさを考慮したとしても線量への影響が小さいと考えられる場合は、不確かさを考慮して保守的な状態を設定する。

変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)は、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)に対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定(以下「変動設定(最も厳しい設定)」という。)の下で、科学的に合理的と考えられる範囲で、パラメータ間の相関関係を勘案した上で最も厳しい設定により評価する。変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)で考慮する生活様式は、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)と同じとする。

基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)は、発生の可能性の極めて小さいと考えられる自然現象及び人為事象を考慮した評価を行う。本シナリオでは、敷地及びその周辺の社会環境を十分に勘案し、人為事象として一般的に生じるとは考えられない人間活動を対象に設定する。なお、自然現象については、基本シナリオ及び変動シナリオ(自然事象シナリオ)で考慮しており、本シナリオでは考慮しない。ただし、敷地周辺の自然環境及び社会環境を考慮した際に、発生の可能性が無視し得るほど小さい人間活動は対象としない。

基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)、変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)及び基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)で考慮する様々な線量評価シナリオについて、計算するまでもなく明らかに線量が小さいもの、他の線量評価シナリオに比べて明らかに線量が小さいもの及び類似した他の線量評価シナリオで代表されるものを除外し、代表となる線量評価シナリオを選定する。

これらにより、各線量評価シナリオを表現する線量評価モデル及び状態設定に応じた線量評価パラメータを設定して線量を計算する。

(i) 状態設定

線量評価シナリオの設定に当たって、人工バリア及び天然バリアの機能並びに被ばく経路等に影響を与える自然現象及び土地利用による人間活動を考慮した上で、「地質環境に係る長期変動事象」、「生活環境の状態設定」及び「廃棄物埋設地の状態設定」のそれぞれについて、科学的に最も可能性が高いと考えられる状態及び不確かさを網羅的に考慮した状態を設定(以下「状態設定」という。)する。状態設定を行う期間は、主要な放射性物質の半減期、放射エネルギー及び放射能濃度を踏まえ1,000年程度までの期間とし、以降は1,000年後と同じ状態が継続するものと設定する。

a. 地質環境に係る長期変動事象(詳細は補足説明資料1参照)

埋設設備を設置する地下の環境は、自然現象等の影響を受け難いことから、地上に比べ比較的安定である。

しかし、長期的な観点でみると、プレート運動及び気候変動によって、廃棄物埋設地を取り巻く地質環境は有意に変化することが予測される。

この地質環境に係る長期変動事象について、「プレート運動に起因する事象」、「気候変動に起因する事象」及び「プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」に区分する⁽²⁾。区分した各事象については、プレート運動や気候変動が過去から現在まで

の変動傾向とその要因が今後も継続するとみなし、それらを外挿して状態設定を行う。状態設定のうち、最も可能性が高いと考えられる状態を基本設定(最も可能性が高い設定)とする。また、地質環境に係る長期変動事象の過去の変動傾向とその要因には不確かさが存在することから、その不確かさを網羅的に考慮した上で、科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい状態を変動設定(最も厳しい設定)とする。

(a) プレート運動に起因する事象

日本周辺には、大陸プレートであるユーラシアプレート及び北米プレート並びに海洋プレートであるフィリピン海プレート及び太平洋プレートがあり、大陸プレートの下に海洋プレートが沈み込んでいる。敷地の位置する東北日本弧は北米プレートに位置し、東側から太平洋プレートが沈み込むことで、おおむね東西方向の圧縮の力が生じている。

将来の日本列島周辺のプレート運動についても、今後数十万年から数百万年程度継続すると考えられる⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。したがって、状態設定においては、現在のプレート運動が継続するものとして設定する。

プレート運動に起因する事象には、「火山・火成活動」、「地震・断層活動」及び「隆起・沈降運動」があげられる。

(一) 火山・火成活動

火山・火成活動によって、直接的に設備が破壊されること、また、敷地周辺が高温になることによって地下水流動場が変化することが想定されることから、火山・火成活動による状態設定について検討する。覆土までの施設の操業期間中において、施設に影響を及ぼす可能性がある火山・火成活動は降下火砕物だけである。一方、長期変動事象としては、降下火砕物に加えて、廃棄物埋設地に与える影響を考慮し、火砕物密度流についても検討する。

(ア) 火砕物密度流

短期的(数百年～数千年スケール)には、敷地に到達する可能性は十分に小さいため、長期変動事象として考慮する必要はない。

(イ) 降下火砕物

覆土完了以後については、降下火砕物が堆積することにより、降下火砕物に含まれる成分によって地下水の水質変化が生じることが想定されるため、化学的影響について考慮する。

(二) 地震・断層活動

地震・断層活動については、現在のプレート運動が継続するとされていることから、将来も同様の場所で繰返し発生すると想定し、力学的影響及び水理的影響を検討する。

(ア) 断層活動による廃棄物埋設地の力学的影響

力学的影響として、地震・断層活動に伴う地盤の変位及び変形により廃棄物埋設地が直接破壊されることが想定される。

活断層は廃棄物埋設地付近には分布しておらず、最も近い活断層は、敷地近傍の六ヶ所村出戸付近に分布する出戸西方断層である。出戸西方断層は、西傾斜の逆断層であり、その長さを約 11km と評価している。しかし、敷地には、出戸西方断層に起因する変動地形及びリニアメント並びに出戸西方断層に関連した地質構造は確認されておらず、今後も地盤の変位及び変形により廃棄物埋設地が直接破壊されることは想定できない。出戸西方断層以外の活断層については、廃棄物埋設地から更に離れており、地震・断層活動があったとしても、廃棄物埋設地には力学的影響は及ばないと想定される。

以上より、地震・断層活動による廃棄物埋設地の力学的影響については、長期変動事象として考慮する必要はない。

(イ) 地震・断層活動による廃棄物埋設地の水理的影響

水理的影響として、地震・断層活動により、地下水位及び間隙水圧が変化することが想定される。

敷地内における観測孔において、震度 4 程度の地震時における地下水位の変動が確認されている。観測結果によると、震度 4 程度の地震において地下水位の変動は小さく、季節変動に内包される程度であった。したがって、地震・断層活動による水理的影響は小さく、一時的なものであることから、長期変動事象として考慮しない。

また、覆土（難透水性覆土、下部覆土）が液状化することによって、低透水性に影響が生じるおそれがあるため、廃棄物埋設地の状態設定において影響を評価する。

(三) 隆起・沈降運動

隆起・沈降運動は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、地形勾配の

変化や侵食基準面から埋設地までの比高の変化に伴い侵食・堆積環境が変化する。侵食・堆積環境の変化により、地下水流動に影響すること、また、埋設施設が地表に接近する可能性があることから、隆起・沈降運動を長期変動事象として考慮し、隆起・沈降運動の速度を設定する。

敷地の位置する下北半島付近には、過去約 70 万年間に形成された海成段丘が分布することから、敷地及びその周辺は、少なくとも同期間において大局的には隆起域と考えられる。小池・町田(2001)⁽⁶⁾から、下北半島周辺の海成段丘面の形成年代と旧汀線高度及び相対海水準等を考慮した隆起量について整理した結果から、下北半島周辺の過去約 70 万年間の平均隆起速度は、約 2.0m/万年～約 4.5m/万年である。

また、廃棄物埋設地付近に分布する海成段丘面(M₁面、12.5 万年)の形成年代と旧汀線高度及び相対海水準等を考慮して平均隆起速度を算出すると最大で約 3.5m/万年である。

以上より、敷地周辺の海成段丘に基づき求めた平均隆起速度である 3.5m/万年を基本設定(最も可能性が高い設定)とする。また、下北半島周辺の隆起速度のばらつきを考慮し、隆起速度が最も大きく保守的となる 4.5m/万年を変動設定(最も厳しい設定)とする。

(b) 気候変動に起因する事象

気候変動は、数十万年前から現在まで約 8 万年周期から約 12 万年周期で氷期と間氷期を繰り返している⁽⁷⁾ことから、大局的には将来もこの周期の気候変動を繰り返すと考えられる。過去の気候変動の傾向から、今後氷期へ向かうと考えられることから⁽⁸⁾⁽⁹⁾、将来は寒冷化すると予測される。

一方で、人間活動に伴う温室効果ガス排出により、温暖化が進行する可能性があるとする報告⁽⁷⁾や、現在の温室効果ガス濃度を基準として、炭素循環のメカニズムを仮定した気候シミュレーションにより、将来 5 万年程度は温暖期が継続する可能性があるとする報告もある⁽¹⁰⁾。

以上のことから、気候変動に起因する事象に係る長期変動事象の状態設定については、過去の気候変動と同様に現在から寒冷化に向かう場合(以下「寒冷化ケース」という。)と、温暖期が数万年程度継続した後、寒冷化に向かう場合(以下「温暖期継続ケース」という。)の 2 ケースに大別し、これらの 2 ケースについて、そ

れぞれ「気温・降水量変化」及び「海水準変動」の長期変動事象として考慮する⁽²⁾。

(一) 気温・降水量変化

気温・降水量変化は埋設施設を直接損傷させることはないが、気温・降水量の変化により表層での水収支の変化に伴って地下水流動及び表流水流動が変化することが想定される。これらのことから、気温変化及び降水量変化を長期変動事象として考慮し、将来の気温及び降水量を設定する。

(ア) 気温変化

将来の気温変化については、花粉化石及び南極氷床コアの水素同位体比を用いた過去の気温の推定に関する知見及び人間活動による温室効果ガス濃度を考慮した気温変動予測結果に基づいて設定する。

花粉化石は、Yamanaka et al. (1990)⁽¹¹⁾で取得されている下北半島の北部の尻屋崎湿原における最終氷期最盛期頃の花粉化石群集データ、敷地近傍の尾駸沼の沖積層堆積物における過去約1万年間の花粉化石群集データ及び文献値を用いた。

花粉化石を用いた過去の気温の推定方法は、松末ほか(2000)⁽¹³⁾の手法及びNakagawa et al. (2002)⁽¹³⁾の手法を用いた。

① 寒冷化ケースにおける気温設定

松末ほか(2000)⁽¹²⁾及びNakagawa et al. (2002)⁽¹³⁾の手法により下北半島付近の最終氷期最盛期の年平均気温を推定すると、それぞれ約-2.2℃と約3.7℃であった。このことから、将来の寒冷化ケースの年平均気温の基本設定(最も可能性が高い設定)は、両手法の平均的な値から0℃とする。

また、将来の氷期最盛期の年平均気温の変動設定(最も厳しい設定)は、松末ほか(2000)⁽¹²⁾における現在と過去の氷河期の気温差の最大値が13℃であったことから、敷地周辺における1975年から2015年の年平均気温の最低値である8℃から13℃を低下させて、0℃とする。

氷期最盛期に至るまでの気温変化については、過去約45万年間の連続的なデータが取得されている南極氷床コアの水素同位体比⁽⁷⁾に基づいて整理された年平均気温の変化量の変動グラフ⁽¹⁴⁾を用いて設定する。

② 温暖期継続ケースにおける気温設定

温暖期継続ケースにおいては、温暖期における最高気温のみ設定し、その気温が現在から継続すると想定する。

尾駸沼の沖積層堆積物から過去約1万年間の花粉化石群集データを取得し、そのデータを用いて松末ほか(2000)⁽¹²⁾の手法及び Nakagawa et al. (2002)⁽¹³⁾の手法により敷地周辺のヒプシサーマル期の年平均気温を推定すると、それぞれ約12.2℃と約10.4℃であった。

一方、人間活動による温室効果ガス濃度を考慮したシミュレーション結果によれば、2090年から2099年には世界平均で現在より0.3℃～6.4℃上昇する可能性が指摘されている⁽¹³⁾。過去30年間の敷地周辺の年平均気温である9℃にシミュレーション結果の平均的な上昇値である3℃を加えた12℃を基本設定(最も可能性が高い設定)とする。この値は、花粉化石群集データより推定した12.2℃と整合している。

また、変動設定(最も厳しい設定)においては、過去30年間の敷地周辺の年平均気温である9℃にシミュレーション結果のほぼ最大上昇値である約6℃を加えた12℃とする。

(1) 降水量変化

気温と降水量との関係には、正の相関がある⁽¹⁵⁾。また、地形や海流等のいわゆる気候因子も降水量と相関がある。そこで、将来の降水量の設定に当たっては、敷地周辺と気候因子が類似する地点の気温と降水量の関係に基づき、将来の気温に対応する降水量を設定する。将来の気温は、「(7) 気温変化」で設定した気温を用いる。

敷地周辺と気候因子が類似する地点の現在の気温と降水量の関係を求める。気候因子が類似する地点の判断に使用した項目は以下のとおりである。

- ① 北半球の太平洋側西部に位置すること。
- ② アリソフの気候区分が亜極帯～寒帯であること。
- ③ 沿岸海流が寒流であること。
- ④ 陸度(半径 50km 円内の陸域の占める割合)が 1/10～9/10 であること。
- ⑤ 開放度(半径 15km 円内で対象地点より標高が 200m 以上高い範囲を除く角度)が 240° ～360° であること。

上記条件で抽出された地点のうち、過去 30 年以上の気象データの存在する 36 地点の年平均気温と年降水量を整理した。

36 地点の気温と降水量の関係を指数回帰式で表し、基本設定(最も可能性が高い設定)においてはこの指数回帰式を用いて降水量を設定する。また、変動設定(最も厳しい設定)については気温と降水量の関係のばらつきを考慮して降水量を設定する。

(二) 海水準変動

海水準変動は埋設施設を直接損傷させることはないが、海水準変動が生じると、敷地及びその周辺における河川、湖沼及び海の分布域が変化し、将来の人の生活環境及び生活様式に影響を及ぼすことが想定される。また、海水準変動及びそれに伴う地形変化並びに地下水位及び地表水流動の変化が想定されるため、海水準変動を長期変動事象として考慮し、寒冷化ケース及び温暖期継続ケースにおける海水準の変動時期及び変動量を設定する。

(ア) 寒冷化ケースにおける海水準の設定

世界的な海水準変動は、気候変動に伴う大陸氷床の拡大・縮小に伴って生じる現象と考えられており、過去の海水準変動は気候変動と同様に、約 8 万年周期から約 12 万年周期で低海水準期と高海水準期を繰り返している⁽¹⁶⁾。

したがって、海水準変動の長期変動状態の設定のうち、寒冷化ケースにおける将来の氷期最盛期に至るまでの海水準変動は、気温変動と同様に、過去約 45 万年間の低海水準期と高海水準期の変動幅⁽¹⁶⁾を考慮して設定する。

(イ) 温暖期継続ケースにおける海水準の設定

過去 300 万年間の温暖期における海面水位は、世界平均で現在より 5m 上回っており、最終間氷期(およそ 12.9 万年前～11.6 万年前)の数千年にわたっては、現在より海面水位が 5m より高く、10m 以上は高くなかったという報

告がある⁽⁸⁾。この結果を参考に、温暖期継続ケースにおける海水準変動は、不確実性を考慮して現在の海水準より 10m 海水準が上昇し、継続すると設定する。

なお、温暖期継続ケースにおける海水準の設定に当たっては、基本設定(最も可能性が高い設定)において不確実性を考慮していることから、基本設定(最も可能性が高い設定)と変動設定(最も厳しい設定)は同様の設定値を使用する。海水準変動の状態設定結果を第 1 表に示す。

第 1 表 海水準変動の設定値

ケース	モデル化時期	海水準(現在比：m)
基本設定	現在*1～1,000 年後	10
変動設定	現在*1～1,000 年後	10

*1 覆土完了時期までを表す(以降、同様)

(c) プレート運動と気候変動の両者に起因する事象

プレート運動と気候変動の両者に起因する事象については、「(a) プレート運動に起因する事象」及び「(b) 気候変動に起因する事象」で設定した隆起速度、海水準変動及び降水量の状態設定の値を基に、「地形変化」、「地下水流動」及び「表流水流動」を検討する⁽²⁾。気候変動に起因する事象に係る長期変動事象の状態設定と同様に、寒冷化ケースと温暖期継続ケースの 2 ケースについて、それぞれ「地形変化」、「地下水流動」及び「表流水流動」の長期変動事象として考慮する。

(一) 地形変化

「(a) プレート運動に起因する事象 (三) 隆起・沈降運動」及び「(b) 気候変動に起因する事象 (二) 海水準変動」に伴い、侵食作用が継続することによる廃棄物埋設地の侵食に伴う埋設設備の地表接近及び露呈並びに放射性物質を含んだ土砂の下流域への堆積が想定されることから、地形変化を長期変動事象として考慮し、侵食速度を設定する。

侵食については、沿岸部における沿岸流と波浪等による侵食(以下「海食」という。)と、河川及び沢部における表流水による侵食(以下「河食」という。)

が想定される。

敷地東方の沿岸部汀線付近では海食が生じているが、廃棄物埋設地は現在の汀線から内陸に約 3km 離れており、十分な離隔がある。仮に温暖期の海進により尾駁沼が内湾となっても、海食による影響は生じないものと考えられる。

敷地及び敷地近傍の沢部においては第四紀層及び基盤である鷹架層が削剥されており、河食が生じていると考えられる。廃棄物埋設地付近は二又川の流域であることから、二又川及び敷地から二又川に流れ込む沢による河食を考慮する。

なお、敷地及び敷地近傍における台地と河川及び沢との位置関係等の大局的な地形状況は、数万年程度の将来において大きく変化することはなく、流域ごとの沢の縦断勾配及び横断形状を保って河食が進むと想定する。

寒冷化ケースにおいては、隆起量を考慮した海水準(以下「相対海水準」という。)の低下に伴い、尾駁沼が河川化すると考える。

基本設定(最も可能性が高い設定)においては、尾駁沼底の標高約-4m に対し「(a) プレート運動に起因する事象 (三) 隆起・沈降運動」に示した隆起速度及び海水準低下速度を足し合わせた速度で相対海水準が変動することを想定すると、尾駁沼が陸化する時期は約 700 年後と想定される。

また、変動設定(最も厳しい設定)においても同様に、相対海水準変動によって、尾駁沼が陸化する時期は約 400 年後と想定される。

温暖期継続ケースにおいては、当初は海水準の上昇により尾駁沼が内湾となるが、その後は寒冷化ケースと同様、敷地の隆起に伴う相対海水準の低下に伴い尾駁沼が河川化すると考える。

(7) 侵食速度

寒冷化ケースの侵食では、沖積層の基底面の勾配を保ち、敷地の隆起に伴う相対海水準の低下による下方への侵食(以下「下刻」という。)が生じると設定する。したがって、寒冷化の当初は勾配の緩い下流部に堆積した沖積層の上限面から下刻することとなり、沖積層の下刻後は河床勾配と海退量との関係から下刻量が求められる。沖積層の下刻に数万年を要し、それまでの期間、鷹架層の下刻は発生しないと想定される。

温暖期継続ケースでは、現在の河床勾配を保ち、相対海水準低下に伴った

下刻が生じると設定する。ここで言う温暖期継続ケースにおける相対海水準低下速度は、「3.(2)(i)a.(b)(二)海水準変動」において、海水準変動を現在から将来にわたり、現在の海水準より一律で10m上昇すると設定したことから、「3.(2)(i)a.(a)(三)隆起・沈降」で設定した隆起速度相当と設定できる。

廃棄物埋設地周辺には、中央沢、南の沢、西の沢及びそれらの枝沢が分布する。枝沢は本流の沢に流れ込むことから、本流の沢との合流点が侵食基準面となる。したがって、枝沢における侵食速度は、本流の沢の寒冷化ケース及び温暖期継続ケースの侵食速度と同じと設定する。

このことから、侵食速度の基本設定(最も可能性が高い設定)においては、温暖期継続ケースにおける相対海水準低下速度(隆起速度相当)である 3.5m/万年で下刻が進行し、変動設定(最も厳しい設定)においては 4.5m/万年で下刻が進行すると設定する。

(イ) 露呈時期

埋設設備の露呈については、寒冷化ケースと温暖期継続ケースを比較すると、廃棄物埋設地付近は、温暖期継続ケースの方が早く侵食が生じ、埋設設備の設置深度には温暖期継続ケースの侵食の方が早く到達することとなる。したがって、侵食に係る長期変動状態の設定は、保守的に廃棄物埋設地付近の侵食が早く生じる温暖期継続ケースの値を採用する。露呈時期の算出に当たっては、枝沢からの侵食が進行することを考慮する。廃棄物埋設地下流に埋土があるが、安全評価上の移行距離としても考慮していないことから、埋土部を考慮せず、沢部の現河床勾配を延長した現地地形面を設定し、現地地形面から埋設設備上端までを仮想的土被りとする。仮想的土被りの層厚を隆起速度で除した値を露呈開始までの時間とする。

(二) 地下水流動

地下水流動は単独事象としては廃棄物埋設施設を直接損傷させることはないが、埋設施設周辺の地下水流動の変化が、地下水の流動方向及び流出点並びに地下水流速に影響することが想定される。これらのことから、地下水流動の変化を長期変動事象として考慮し、廃棄物埋設地周辺の地下水の流動方向及び流出点並びに地下水流速を設定する。なお、地下水流速は、動水勾配と地盤の

透水係数により求める。

(ア) 地下水の流動方向及び流出点

敷地は北西から南東に緩く傾斜する台地からなり、地下水は主に降水によってかん養されていると考えられる。また、地下水面は主に第四紀層内にあり、地形と調和的な分布を呈する。降雨時及び融雪時に変動が認められるものの、大局的には地下水面の分布は変化しない。

廃棄物埋設地を通過した地下水は、廃棄物埋設地付近の動水勾配に従って主に南方に向かって流れており、中央沢を経て尾駸沼に流入する。「(一) 地形変化」に示すとおり、将来の地形変化を考慮しても大局的な地形は変わらないため、現状の地下水面等高線図から読み取れる地下水の流動方向と同様に、将来においても廃棄物埋設地を通過した地下水は廃棄物埋設地南側の中央沢を経て尾駸沼に流入すると推定する。

(イ) 地下水流速

① 動水勾配

動水勾配は、地下水面等高線図により現在の動水勾配を設定する。

また、将来の動水勾配は、「(一) 地形変化」に示した地形変化を考慮した埋設地付近の地形勾配に基づき、動水勾配を設定する(第2表参照)。

② 透水係数

埋設施設を設置する地盤はN値が50以上の岩盤であること、また「(a) プレート運動に起因する事象」に示すように、天然バリアを著しく損傷する事象は想定されないことから、地盤の透水係数は将来においても大きく変化する要因はない。したがって、基本設定(最も可能性が高い設定)と変動設定(最も厳しい設定)では同じ値とし、第3表に示した鷹架層中部層の平均的な透水係数とする。

コメント No. 56_1,000 年
後の設定を記載

第2表 地形変化を考慮した動水勾配*1

ケース	モデル化 時期	動水勾配設定値(%)		
		3号廃棄物 埋設地	1号廃棄物 埋設地	2号廃棄物 埋設地
基本設定	現在	3	3	3
	1,000年後	3	3	3
変動設定	現在	4	3	3
	1,000年後	4	3	3

*1 将来の地形変化を考慮した廃棄物埋設地付近の地形勾配に基づき設定

第3表 透水試験結果

区 分	3号廃棄物埋設地			1号廃棄物埋設地			2号廃棄物埋設地		
	透水係数 対数平均値 (m/s)	試験 個数 (個)	対数の 標準偏 差	透水係数 対数平均値 (m/s)	試験 個数 (個)	対数の 標準偏 差	透水係数 対数平均値 (m/s)	試験 個数 (個)	対数の 標準偏 差
盛土部*1	7.3×10^{-6}	9	0.4	-	-	-	-	-	-
第四紀層*1	2.6×10^{-6}	16	0.6	4.0×10^{-6}	12	0.8	5.0×10^{-6}	16	0.8
鷹架層中部層 N値50未満 (風化部)	9.6×10^{-7}	5	0.6	1.5×10^{-6}	12	0.4	2.5×10^{-6}	14	0.6
鷹架層中部層 N値50以上*2	5.0×10^{-8}	310	0.9	1.1×10^{-7}	146	0.9	7.8×10^{-8}	128	0.9
鷹架層中部層 軽石混り砂岩層 (T _{2ps})	4.5×10^{-8}	4	0.2	-	-	-	-	-	-
鷹架層中部層 軽石凝灰岩層 (T _{2pt})	4.3×10^{-8}	207	1.0	9.1×10^{-8}	69	1.1	1.3×10^{-7}	31	1.1
鷹架層中部層 粗粒砂岩層 (T _{2cs})	7.3×10^{-8}	82	0.4	1.3×10^{-7}	74	0.6	7.3×10^{-8}	84	0.8
f-a 断層	1.6×10^{-7}	3	1.0	3.0×10^{-8}	1	-	-	-	-
f-c 断層	-	-	-	-	-	-	2.2×10^{-8}	2	1.0
sf-b(II)断層	1.7×10^{-8}	9	0.3	-	-	-	-	-	-
sf-e 断層	1.0×10^{-7}	1	-	9.5×10^{-7}	1	-	4.8×10^{-8}	1	-
sf-f 断層	-	-	-	-	-	-	2.3×10^{-8}	1	-
鷹架層下部層 N値50以上	-	-	-	-	-	-	2.1×10^{-8}	26	1.0

*1：3号廃棄物埋設地及びその付近の盛土部と第四紀層を合わせてデータ整理すると、透水係数： 3.8×10^{-6} (m/s)、対数の標準偏差：0.5、試験個数：25個となる。

*2：試験区間中に地層境界(断層部含む)が存在した場合、そのデータは各層の試験データからは除外する。

ただし、「鷹架層中部層 N 値 50 以上」の透水係数としては、各層の地層境界及び断層部も含める。

(三) 表流水流動

表流水流動は埋設施設を直接損傷させることはないが、河川及び湖沼等の表流水の流量の変化によって放射性物質の希釈水量が変化することが想定される。これらのことから、地表水流動を長期変動事象として考慮し、河川及び湖沼等の表流水流量を設定する。また、表流水流量を設定するために、蒸発散量についても設定する。

(ア) 蒸発散量

蒸発散量は、ソーンズウェイト法⁽¹⁷⁾により、年平均気温を用いて可能蒸発散量として推定する手法がある。

一方、地下水は主に降水によってかん養され、第四紀層及び鷹架層表層部の風化部を流れ、中央沢を経て尾駱沼に流出していると考えられていることから、敷地内の沢の流域面積に降った降水量から、その沢を流れる表流水流量を差し引いたものが、蒸発散量に相当すると考えられる。そこで、降水量と、敷地内の表流水流量の観測結果から求めた河川流出高を用いて求めた蒸発散量を、実蒸発散量とする。実蒸発散量の平均は可能蒸発散量の平均より少なく、その比率は0.95となった。

将来の蒸発散量は、「(b) 気候変動に起因する事象 (一) 気温・降水量変化」に示す敷地周辺と気候因子が類似した36地点の年平均気温からソーンズウェイト法を用いて可能蒸発散量を算出し、上記で求めた実蒸発散量と可能蒸発散量の比0.95を考慮して、36地点の年平均気温と蒸発散量の関係を得た。この関係から設定した将来の蒸発散量を第4表に示す。

(イ) 表流水流量

廃棄物埋設地を通過した地下水中の放射性物質濃度は、その地下水が地表に流出した地点で、そこを流れる河川や湖沼などの表流水によって希釈される。廃棄物埋設地は二又川の流域にあり、後述する「b. 生活環境の状態設定 (b) (一) 地表水利用」に示すとおり、希釈水量となる表流水流量は二又川の河川流量に相当すると考えられる。

河川流量は、降水量から蒸発散量を差し引いた河川流出高に流域面積を乗じて求める。したがって、将来の表流水流量は、将来の流域面積、将来の降水量及び将来の蒸発散量より設定する。表流水流量の基本設定(最も可能性

コメント No. 56_1, 000 年後の設定を記載
事象選定結果を踏まえ、生物学的事象の評価を追記

が高い設定)及び変動設定(最も厳しい設定)の値を第4表に示す。

なお、ここで設定した表流水流量は、後述の「(iv) 線量評価パラメータ」では「尾駁沼又は河川の交換水量」として扱う。

第4表 将来想定される気温、降水量、蒸発散量及び表流水流量

ケース	モデル化時期	気温(°C)	降水量 (mm/年)	蒸発散量 (mm/年)	表流水流量 (m ³)
基本設定	現在	9	1,120	580	1.3×10 ⁷
	1,000年後	8	1,070	560	1.2×10 ⁷
変動設定	現在	9	910	580	8.0×10 ⁶
	1,000年後	8	860	560	7.2×10 ⁶

(d) その他の事象

(一) 生物学的事象

敷地内における樹木の根に関する調査結果から、樹木の根の深さは最大で2.3mである。

モグラ類による覆土の擾乱が想定されるが、地表から1m未満である場合が多く⁽¹⁸⁾、樹木の根の影響範囲に包含される。

以上のことから、埋設設備は十分な覆土に覆われることから、生物学的事象による影響はなく、長期変動事象として考慮しない。

(二) 透水性の変化

岩盤の透水性は、以下の点から大きく変化しないと判断し、長期変動事象として考慮しない。

(7) 断層

敷地内に将来活動する断層が認められないことから、断層運動による岩盤への破碎は発生しない。

(1) 地震

地下水位観測結果から、地震による地下水位の変動が認められるものの、その変動量は季節変動に内包され、一定期間後には元の地下水位に戻っている。このことから、地震による透水性の変化はないと判断する。

b. 生活環境の状態設定(詳細は補足説明資料 2 参照)

様々な人間活動によって生じる被ばく経路を設定するに当たって、**廃止措置開始以後**の将来の敷地周辺の生活環境の状態を設定し、その状態と現在の敷地周辺の社会環境から被ばくが生じると考えられる人間活動及び最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人(以下「**評価対象個人**」という。)を設定する。**生活環境とは、人間を含む生物が生息する領域(生物圏)のうち、評価対象地点周辺で一般的な水の利用と土地の利用が想定される範囲及びその状況を意味する。**

廃止措置開始以後の将来における敷地周辺で活動する人間の生活環境は、自然環境の変化による影響を受けることが考えられるため、その前提として、「a. 地質環境に係る長期変動事象」に基づいた、気温・降水量及び地形の状態変化を考慮する。

生活環境の構成要素のうち**廃止措置開始以後**の将来の人間の生活様式については、これを長期的な不確かさを考慮して予測することは困難であるため、現世代の人間の生活様式に関する情報を基に、敷地及びその周辺の社会環境又はわが国で現在一般的とされる生活様式等を前提とする。基本シナリオ及び変動シナリオ(**自然事象シナリオ**)で考慮する人間活動は、ICRP Pub. 81⁽¹⁹⁾、ICRP Pub. 101⁽¹⁾及び諸外国事例等の考え方を参考に合理性、持続可能性及び均一性を持つ一般的な人間活動を想定する。変動シナリオ(**最も厳しいシナリオ**)で考慮する人間活動は、基本シナリオ(**最も可能性の高いシナリオ**)で考慮する人間活動に加えて不確実性の高いものも考慮する。また、これらのシナリオで考慮すべき合理性、持続可能性及び均一性を持たず一般的に生じるとは考えられない人間活動については、基本・変動以外のシナリオ(**人為事象シナリオ**)で考慮する。また、放射性物質としての特性に着目して廃棄物を利用する形態や意図的な行為は含めない。

(a) 生活環境に影響を及ぼす敷地及びその周辺における自然環境の変化

「a. 地質環境に係る長期変動事象」に基づき、生活環境に影響を及ぼすと考えられる敷地及びその周辺における自然環境の変化を以下に整理する。

現在から廃止措置の開始直後までの敷地周辺の地形は現状とほぼ同様であり、廃棄物埋設地に起因した放射性物質を含む地下水はほぼ全てが敷地内の沢を經由し汽水性である尾駁沼に流入する。

さらに、地形変化が進行すると埋設設備が河食によって侵食され、放射性物質を含む土壌が下流域へ堆積することが考えられるが**数万年以降であり影響は無視**

できる。

また、気候変動によって、平均気温が変化することに伴い、敷地及びその周辺で生産される農産物の種類が変化することが考えられる。

(b) 事業所周辺における自然環境及び社会環境の状態を踏まえた生活様式設定

「(a) 生活環境に影響を及ぼす敷地及びその周辺における自然環境の変化」に示す自然環境の変化及び「添付書類三 ホ 社会環境」に示す事業所周辺の社会環境の状態を踏まえ、放射性物質が移行する範囲ごとに生活様式を以下のとおり設定する。

(一) 水利用

廃棄物埋設地を通過する地下水は、敷地中央部の沢を経て尾駈沼に流出し太平洋に至るため、現在の二又川や老部川へ移行する可能性は極めて小さい。また、地下水の流入する尾駈沼は汽水性の沼であるため、この水を生活用水等に利用する可能性も極めて小さい。

廃棄物埋設地及びその付近の地下水は第四紀層及び鷹架層を流れており、専ら降水によってかん養されている。地下水利用については、廃棄物埋設地に深井戸を設置しても鷹架層(透水係数： $5.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ (3号)、 $1.1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ (1号)、 $7.8 \times 10^{-8} \text{m/s}$ (2号))の透水性が大きくないことから、大量の水を得ることはできない。しかし、浅井戸を設置する場合には、第四紀層(透水係数： $2.6 \times 10^{-6} \text{m/s}$ (3号)、 $4.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ (1号)、 $5.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ (2号))の透水性が比較的大きいことから、水を得ることができると考えられる(「第3表 透水試験結果」を参照。)

なお、敷地外の深井戸から大量の水を得ている例があるが、これはその地質・水理的特性によるものであり、富ノ沢及び尾駈集落では両地域に存在する透水性の比較的大きい鷹架層中部層の礫混り砂岩から主に集水している。これに対して、廃棄物埋設地周辺では、透水性が比較的小さい砂質軽石凝灰岩及び砂岩が主に分布しており、また、地質・地下水調査結果から、富ノ沢及び尾駈集落での深井戸の集水地層(礫混り砂岩)と同等の地層が地表面下百数十mまでは存在しないことを確認している。

六ヶ所村の利水状況としては、豊富な地下水のある地点を水源とする水道の普及率がほぼ100%であり、専らこれを生活用水及び畜産用水として利用して

コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオでも
考慮するように保守側に見直し

いる。また、水田灌漑用水としては、河川水を利用している。浅井戸を生活用水として利用している世帯もあるが、その割合は約 1%と極めて小さい。

沢水の利用については、現在は利用されていないこと、河川の水量を比較すると敷地中央部の沢の水量は小さいこと、現在の敷地周辺においては水道が十分普及していること及び農地等が減少傾向にあること等から、沢水の利用に伴い被ばくが生じる可能性は河川の利用の場合よりも小さい。しかしながら、評価に当たっては河川と沢の水量の違いによる利用の可能性(被ばくが生じる可能性)を定量的に示すことが困難であること、敷地造成前においては、広範囲で畑作が、また敷地中央部の沢の下流部では稲作が行われていたことを考慮する。

一方、廃止措置開始以後の将来の地形変化を考慮すると、尾駈沼が河川化し、汽水性の沼から淡水に変化することが考えられる。この場合、尾駈沼が現在の廃棄物埋設地からの影響を受けた地表水は淡水であり、豊富な水量となるため、これを生活用水等に利用する可能性がある。

以上より、水利用に関しては、現状の水理及び利水状況を前提にすると、廃棄物埋設地からの影響を受ける地下水や沢水を生活用水や畜産用水に利用することは考えられないが、保守的に、基本シナリオ及び変動シナリオ(自然事象シナリオ)においては、尾駈沼が覆土完了直後から河川化すること及び沢水が利用されることを想定し、生活用水等に利用することに伴う被ばく経路として沢水の飲用、尾駈沼又は河川水中の水産物の摂取、沢水を利用して生産される農畜産物の摂取及び灌漑作業を想定する。ただし、水産物の摂取において、河川化に伴う資源量(漁獲量)の長期的な減少については保守的に評価に含まない。

また、廃棄物埋設地における岩盤中から取水する深井戸の利用による被ばくは生じ得ないが、浅井戸の利用の可能性は極めて小さいものの、その可能性を否定できないため、基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)において考慮する。

水利用に伴う被ばく経路として考慮する人間活動は以下のとおりである。

(ア) 基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)及び変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)

・ 沢水の飲用

- ・尾駁沼又は河川水中の水産物の摂取
- ・**沢水**を利用して生産される灌漑農産物の摂取
- ・**沢水**を利用して生産される畜産物の摂取
- ・**沢水**を利用する灌漑作業

(イ) 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)

- ・廃棄物埋設地における井戸水(浅井戸)の飲用

(二) 土地利用

廃棄物埋設地(近傍を含む。)における土地利用については、廃棄物埋設地から漏れいする放射性物質が廃棄物埋設地表面付近の土壤に移行し、被ばくを受けける可能性があるため、その利用に伴う活動を考慮する。

地下の掘削を伴う土地利用のひとつに構造物の建設がある。廃棄物埋設地は市街化区域の用途地域のうち工業専用地域に位置し、工業地域、準工業地域、商業地域、中高層住居専用地域及び低層住居専用地域に隣接しているため、工場及び住宅の建設等に利用される可能性がある。ただし、現状の六ヶ所村では地下数階を有するような大規模な構造物はほとんどみられず、面積利用率では10m以深の掘削を行う頻度は1%未満であるため、可住地のうち構造物が建設される土地は一部であることを含めて敷地周辺の社会環境を考慮すると大規模な構造物の建設は代表的な事例ではない。そのため、代表的な事例として一般的な住宅の建設及びそれに伴って発生する掘削残土上での居住を想定する。

なお、面積利用率は、六ヶ所村で確認される建物区分について、それぞれに仮定した平均深度ごとの利用面積が可住地面積に占める割合を求めたものである。

この他に地下を掘削する目的として、井戸の掘削や地下資源の開発があげられる。井戸については水利用の状況から、「(一) 水利用」に示すように浅井戸の掘削が考えられる。地下資源の開発については、廃棄物埋設地及びその近傍において、採掘規模の石炭、鉍石等の天然資源は認められていないため、このような土地利用を考慮する必要はない。

また、地下の掘削を伴わない土地利用としては、農産物(飼料作物を含む。)の生産があり、廃棄物埋設地表面付近の土壤又は地下水から農産物に放射性物質が移行し、その農産物を摂取することによって生じる被ばくが考えられる。

コメント No. 43_評価対象個人に修正
コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
河川化時の評価について、保守的に水産資源の減少を考慮しないよう見直し

以上より、土地利用に関しては、廃棄物埋設地の利用による被ばくとして、住宅の建設作業、掘削残土上での居住及び廃棄物埋設地を利用して生産される農産物摂取による被ばくを考慮する。

なお、**廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業等の大規模な掘削行為によって生じる被ばくは**、一般的に生じるとは考えられないため、基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)において考慮する。

土地利用に伴う被ばく経路として考慮する人間活動は以下のとおりである。

(ア) 基本シナリオ及び変動シナリオ(自然事象シナリオ)

- ・ 廃棄物埋設地における屋外労働作業(建設作業等)
- ・ 廃棄物埋設地における居住
- ・ 廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物の摂取

(イ) 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)

- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業

(三) 水利用及び土地利用によって得られる各種生産物

「(一) 水利用」及び「(二) 土地利用」に示す水や土地の利用によって得られる生産物の種類を水産物、農産物及び畜産物と設定する。

水産物については、現在の汽水性である尾駁沼に生息する代表的な水産物とする。ただし、寒冷化等に伴う海退により尾駁沼が河川化する場合には、淡水性の水産物とし、**保守的に資源量(漁獲量)の減少を考慮しない。**

農産物については、**沢水**を灌漑用水として利用して栽培される米及び廃棄物埋設地に栽培される野菜を考慮する。なお、気候変動によって一般的に生育可能な農産物の種類が変化する。しかし、寒冷化又は温暖期が継続した場合の気温変化は国内の平均気温の範囲内であるため、現在の敷地及びその周辺において栽培・収穫されている農産物とする。

畜産物については、現在の敷地及びその周辺において養畜されている畜産物を想定する。畜産物は**沢水**の畜産用水利用により養畜されるものとする。

(c) 最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人(評価対象個人)の設定

「(b) 事業所周辺における自然環境及び社会環境の状態を踏まえた生活様式設定」に示す生活様式に基づき、基本シナリオ及び変動シナリオ(自然事象シナリオ)においては、被ばく経路に様々な個人の生活様式に係る場合には保守性に配慮し

コメント No. 43_評価対象個人に修正
コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオでも考慮することに伴い記載を見直し

て、それらの重ね合わせを考慮し、評価対象個人を設定する。

評価対象個人は、移行経路ごとの被ばく経路の特徴を表した個人で、年間を通して被ばくする可能性がある個人を代表として設定する。また、敷地及びその周辺又はわが国で現在認められる一般的な生活様式をもつ個人とし、比較的高い被ばくを受ける集団を代表する成人とする。

ただし、被ばくの経路の重ね合わせにおいては、市場の流通の状況や資源量等を適切に考慮する。生活様式として同時に存在することの合理性がないもの及び基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)で考慮する一般的ではない人間活動による被ばく経路については、重ね合わせを考慮しない。

生活様式については、現在認められる就労形態ごとに異なると想定される。就労形態によって、様々な生産活動が行われる可能性があるが、評価の観点からは放射性物質が移行する水又は土壌に接触する生産活動に従事する就労者を対象とすることが合理的である。そのため、生産活動を通じて起こると想定される被ばく及び生産物を摂取することによって起こると想定される被ばくを考慮する。また、放射性物質は、その移行特性や放射線学的影響が種類ごとに異なることから、**評価対象個人**を複数の集団から設定する。

現在の敷地及びその周辺の社会環境・産業構造において、被ばくの可能性がある就労形態は、第一次産業としては、漁業及び農業(畜産業を含む。)が代表的であり、第二次産業では建設業が代表的である。第三次産業やその他の業種については、労働作業に伴う被ばくの可能性が小さいと考えられ、汚染された土地に居住する人を想定することで代表できると考えられる。

ただし、年間を通じて摂取する全ての食品が、廃棄物埋設地起源の放射性物質を含む生産品とすることは現在の市場の流通状況から考えて基本的に想定されない。このため、就労者が生産活動の結果、得られる食品については自家消費されることを想定するが、その他については市場から購入することを想定する。

このような状況を考慮して、就労形態の分類に応じて**評価対象個人**を以下のとおり設定する⁽¹⁹⁾。

(一) 漁業従事者

漁業従事者は、**廃棄物埋設地**に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する水産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な

市場に流通した食品を摂取することを想定する。

(二) 農業従事者

農業従事者は、**廃棄物埋設地**に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する農産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。

なお、水利用の場合は放射性物質を含む**沢水**を灌漑に利用する稲作とし、土地利用の場合は放射性物質を含む土壌上における畑作を想定する。

(三) 畜産業従事者

畜産業従事者は、**廃棄物埋設地**に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する畜産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。

(四) 建設業従事者

建設業従事者は、**廃棄物埋設地**に居住する人を対象とし、一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。また、**廃棄物埋設地**において一般的な住宅等の建設作業を行うことを想定する。

(五) 居住者

居住者は、**廃棄物埋設地**に居住する人を対象とし、市場に流通した食品を摂取することを想定する。

コメント No. 47_各バリアに期待する性能を整理し、下部覆土に収着性を期待しない理由を記載

c. 廃棄物埋設地の状態設定^{(20) (21) (22)}

放射性物質の生活環境への移行を考慮する際の廃棄物埋設地の状態は、放射性物質の減衰による線量低減効果を期待できる期間として「1,000年程度」を目安に設定する。着目する移行抑制機能は廃棄物埋設地及び周辺岩盤の低透水性と収着性とする（第5表参照）。

廃棄物埋設地の初期状態は覆土完了時点とし、長期の状態は、廃棄物埋設地の移行抑制機能に係る特性に影響を与える事象を抽出し、それら影響事象を考慮して状態設定を行う。

状態設定においては、移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤（鷹架層）の低透水性並びにセメント系材料（廃棄体の固型化材、埋設設備）、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤の収着性に着目する。

なお、覆土の遮蔽機能は、覆土が侵食されて遮蔽厚さが薄くなる時期は数万年後であり、その時点では遮蔽機能を必要としないことから、覆土の長期的な遮蔽機能の状態設定は行わない。

第5表 各構成部材に期待する機能

構成部材	移行抑制機能	移行抑制機能の内容
難透水性覆土、下部覆土 ^{*1}	低透水性	ベントナイト混合土を用いた難透水性覆土及び下部覆土に対して低透水性を期待することにより、施設通過流量（施設への浸入水量並びに施設上部及び生活環境への地下水の流出）を低減させる。
岩盤（鷹架層）		岩盤（鷹架層）の低透水性によって、廃棄物埋設地への地下水浸入量の低減を期待するとともに、生活環境までの移行遅延を期待する。
セメント系材料（廃棄体固型化材、埋設設備）	収着性	セメント系材料、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤（鷹架層）の収着性を期待することにより、廃棄物埋設地からの核種の漏出量を低減し、移行を遅延させる。 基本的に収着性が大きい方が移行抑制効果は大きい。土地（土壌）の利用が想定される場合は、上部覆土の収着性が小さい方が線量低減に寄与する。
難透水性覆土		
上部覆土		
岩盤（鷹架層）		

*1 下部覆土は土質系材料であり収着性を期待できるが、難透水性覆土又は下部覆土の一方に収着性を期待することで十分であることから、保守側に下部覆土の収着性は考慮しない。

(a) 着目する移行抑制機能に関連する物理的・化学的性質

廃棄物埋設地の低透水性は、主に廃棄体の固型化材、埋設設備、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)のそれぞれの間隙率、密度並びにひび割れの有無等の物理的性質及び力学条件に依存する。また、廃棄物埋設地の収着性は、主に廃棄体、埋設設備、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の鉱物組成並びにそれぞれの間隙水の水質等の化学的性質及び化学条件に依存する。

(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)(詳細は補足説明資料3参照)

低透水性及び収着性に影響する事象を把握するため、各部材相互の影響事象を体系的に分析する。分析に当たっては、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理する。影響事象については、[廃棄物安全小委員会報告書^{\(23\)}](#)、[IAEA-ISAM^{\(24\)}](#)のFEP等を参考に、廃棄物埋設施設の特徴を考慮し、選定する。

低透水性及び収着性への影響を分析する上で考慮する影響元となる部材は、廃棄体、埋設設備(充填材、ポーラスコンクリート層及び外周仕切設備等のコンクリート)、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤とし、「a. 地質環境に係る長期変動事象」で設定した長期変動事象を考慮する。

影響事象分析の結果は、以下に示すとおりである。

(一) 熱

低透水性及び収着性に与える熱的影響事象としては、放射性物質の崩壊熱、セメント系材料の水和熱、気温変化及び火砕物密度流による地表環境の温度変化があげられる⁽²⁰⁾。これらの事象によって、難透水性覆土及び埋設設備を構成するセメント系材料の熱変質が生じ、それぞれの鉱物組成の変化や密度変化が生じ、難透水性覆土の低透水性及びセメント系材料の収着性に影響が生じることが考えられる。

(ア) 崩壊熱

廃棄体に含まれる放射性物質が崩壊することによって発生する崩壊熱は、埋設対象の廃棄体に含まれる放射性物質の量が少ないことから、各部材の熱変質が生じる温度⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾より十分に小さい。そのため、崩壊熱を影響事象として考慮しない。

(イ) 水和熱

セメント系材料で構成される埋設設備は、外周仕切設備構築時と充填材充

填時に水和反応により熱が発生し、部材自体の膨張変化による温度応力等が発生する⁽²⁸⁾。しかし、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行は水和熱が低下した後の覆土完了以後に生じること、セメント系材料の収着性は水和後の特性に期待していることから、水和熱を影響事象として考慮しない。

(ウ) 気温変化

覆土及び鷹架層は、それ自体が発熱することはないが、地表環境の温度変化によって生じる影響が考えられる。覆土前の埋設設備は年間の気温の変化の影響を直接受けるが、それによって熱変質が生じるほどの温度上昇が生じることとは考えられない。また、覆土完了以後の埋設設備は、地表から 20m 程度の深度に設置されることから、埋設設備の設置位置近傍で想定される温度変化は十分小さい。そのため、年間の気温の変化以上に廃棄物埋設地の温度が変化することは考えられないことから、気温変化を影響事象として考慮しない。

(二) 水理

低透水性及び収着性に与える水理的影響事象としては、地下水流動があげられる⁽²⁰⁾。この事象によって、難透水性覆土及び下部覆土の流出によって密度変化が生じ、これら部材の低透水性に影響が生じることが考えられる。

(ア) 地下水流動

一般にベントナイトは膨潤力が大きく、難透水性覆土及び下部覆土の砂粒子の間から膨出したベントナイトが周辺の地下水流動によって流出することが考えられる。しかし、廃棄物埋設地周辺の地下水流速が十分に小さいため、地下水流動による直接的な影響は生じない。

(三) 力学

低透水性及び収着性に与える力学的影響事象としては、金属腐食による体積膨張、ガス発生、ベントナイトの膨潤圧及び地震があげられる⁽²⁰⁾。これらの事象によって、埋設設備、難透水性覆土及び下部覆土に変形・損傷又はひび割れが発生することにより、透水性に影響が生じることが考えられる。

(ア) 金属腐食による体積膨張

埋設設備内に含まれる金属が腐食することによる体積膨張によって、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。そのため、金属

腐食に伴う体積膨張を影響事象として考慮する。

(イ) ガス発生

埋設設備内に含まれる金属の腐食及び有機物の分解に伴い発生するガスによる圧力上昇によって埋設設備、難透水性覆土及び下部覆土が変形・損傷し、低透水性に影響すること並びにガスの移行に伴い埋設設備内の間隙水の埋設設備外への押し出しが生じることが考えられる。そのため、ガス発生を影響事象として考慮する。

(ウ) ベントナイトの膨潤圧

ベントナイトを混合する難透水性覆土及び下部覆土は、地下水により飽和し膨潤することによる圧力(膨潤圧)が発生することによって、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。しかし、膨潤圧は周辺の地圧等と比較して小さいため⁽²⁹⁾、影響事象として考慮しない。

(エ) 地震

過去及び現在の状況から、繰り返し地震が発生することが想定される。地震によって各部材が変形・損傷し、低透水性に影響すると考えられるため、地震を影響事象として考慮する。

(四) 化学

低透水性及び収着性に与える化学的影響事象としては、地下水との反応、化学的変質、金属腐食、セメント系材料の溶脱、有機物影響、塩影響、コロイドの形成、微生物影響及び降下火砕物があげられる⁽²⁵⁾。これらの事象によって、各部材の鉱物組成及び間隙水の水質が変化し、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。

(ア) 地下水との反応（化学的変質、セメント系材料の溶脱を含む）

地下水が埋設設備を通過することにより、セメント系材料の溶脱が発生し、鉱物組成及び間隙水の水質の変化が生じる。また、セメント成分が溶解した間隙水と難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤が反応⁽²⁷⁾⁽³⁰⁾し、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤の鉱物の溶解並びに二次鉱物の生成により、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。そのため、地下水との反応を影響事象として考慮する。

(イ) 金属腐食

埋設設備内に含まれる金属が腐食することによって、地下水に含まれる溶存酸素が消費され、酸化還元環境が変化し⁽³¹⁾、収着性に影響することが考えられる。そのため、金属腐食を影響事象として考慮する。

(ウ) 有機物影響

埋設設備内に含まれる可能性のある一部の有機物のアルカリ分解反応により放射性物質を捕捉する分解生成物が生成することが考えられる。有機物及び分解生成物が間隙水中に存在する場合には、放射性物質と錯体を形成し、収着性に影響することが考えられる。そのため、有機物の分解生成物を影響事象として考慮する。

(エ) 塩影響

均質・均一固化体に含まれる可溶性塩が地下水に溶解することによって、間隙水の水質の変化が生じる。さらに、塩が溶解した間隙水とセメント、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤が反応⁽³²⁾し、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤の鉱物の溶解並びに二次鉱物の生成等により変質が生じ、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。そのため、塩の溶解による液性変化及び塩と各部材との反応を影響事象として考慮する。

(オ) コロイドの形成

各部材の間隙水中にコロイドが存在する場合には、コロイドに放射性物質が吸着し、放射性物質の移行が促進される(収着性が阻害される)ことが考えられる。そのため、コロイドの形成を影響事象として考慮する。

(カ) 微生物影響

廃棄物埋設地近傍に存在する微生物の活動によって、有機物が分解してガスが発生すること及び金属の腐食反応が促進されることが考えられるが、微生物は高 pH 環境となる埋設設備内や難透水性覆土中においてその活性は低く⁽³²⁾、このような活動で生じる化学環境の変化等はその他の影響事象に包含されると考えられる。しかし、低 pH 環境となる領域では、微生物が放射性物質を取り込み、コロイドを形成することによって放射性物質の移行が促進されること及び放射性物質の化学形態の変化が生じ、収着性に影響することが考えられる。そのため、収着性の評価に際して微生物影響を影響事象とし

て考慮する。

(キ) 降下火砕物

降下火砕物が堆積すると、これらに含まれる成分によって地下水の水質変化が生じ、鉍物の溶解及び二次鉍物の生成により低透水性及び収着性に影響すること並びに上部覆土については化学的変質の影響を直接受けることが考えられる。そのため、これらを影響事象として考慮する。

(c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定

線量評価上の初期状態は覆土完了時点とし、各部材の初期状態は第 6 表から第 14 表に示す廃棄体及び廃棄物埋設地の寸法、材料等の仕様、性状に基づき、各状態設定の評価においてそれぞれ設定する。状態設定評価に用いる埋設設備及び覆土の材料仕様は、設計において期待する性能を満たすことができる候補材料から設定する。施工時点において材料仕様が変更になることも予想されるが、期待性能を満たす材料を適切に選定する。

第 6 表 埋設する廃棄体の仕様

	3号	1号		2号
種類	充填固化体*1	均質・均一固化体	充填固化体*1	充填固化体*1
重量	1本あたり 1,000kgを超えないもの	1本あたり 500kg を超えないもの	同左	1本あたり 1,000kgを超えないもの
内容物	金属類、プラスチック類、保温材・フィルタ類	廃液、使用済樹脂、スラッジ、焼却灰	金属類、プラスチック類、保温材・フィルタ類、 均質・均一固化体として製作されたセメント固化体を 破砕したもの	金属類、プラスチック類、保温材・フィルタ類
固型化材	セメント*2	セメント*2、アスファルト*3、プラスチック*4	セメント*2	セメント*2
状態変化で考慮する内容物	有機物、金属類	塩類（硫酸塩、ほう酸塩）	有機物、金属類、塩類（硫酸塩、ほう酸塩）	有機物、金属類

*1 充填固化体の標準的な製作方法⁽³³⁾により製作。

*2 「JIS R 5210(1992)」若しくは「JIS R 5211(1992)」に定めるセメント又はこれと同等以上の品質を有するセメント。

*3 「JIS K 2207(1990)」に定める石油アスファルトで針入度が 100 以下のもの又はこれと同等以上の品質を有するアスファルト。

*4 スチレンに溶解した不飽和ポリエステル。

第7表 バリア機能への影響を評価する上で考慮する廃棄体の内容物

均質・均一固化体 ^{*1}		
内容物	平均重量(kg/本) ^{*2}	備考
硫酸塩	約 21	硫酸塩は、主に BWR 廃棄体に含まれている(BWR 廃棄体 1 本当たり、約 15kg～約 120kg 含まれている)。
ほう素 (ほう酸塩)	約 3.0	ほう素(ほう酸塩)は、主に PWR 廃棄体に含まれている(PWR 廃棄体 1 本当たり、約 3.0kg～約 18kg 含まれている)。
充填固化体		
内容物	平均重量 (kg/本) ^{*3}	備考
天然有機物	0.152 ^{*4}	分別除去後の調査結果。廃棄物重量当たりの含有率は 1.7g/kg。
アルミニウム	0.109 ^{*4}	分別除去後の調査結果。廃棄物重量当たりの含有率は 1.2g/kg。
金属類	301～305	対象廃棄物の種類のうち、金属を多く含むもので、鉄が大半を占める。

- *1 均質・均一固化体として製作されたセメント固化体を破砕し、セメント系充填材で一体に固型化した充填固化体を含む。
- *2 これまでの埋設実績から、炉型別の区別をせずに廃棄体 1 本当たりに含まれる平均重量を算定。
- *3 充填固化体の標準的な製作方法⁽³³⁾に基づいて設定。
- *4 代表的な固体状廃棄物(ドラム缶 154 本相当)の調査結果であるが、全体的にも同程度の量の内容物が含まれているものとして、平均値として設定した。

第8表 埋設設備の寸法*1

		3号	1号	2号
埋設設備構成		8基	8群×5基/群	8群×2基/群
1基当たりの大きさ	奥行き(南北)	36.51m	24.4m	36.91m
	幅(東西)	64.1m	24.4m	36m
	高さ	6.66m*1	6.2m	6.94m
区画/基		66区画/基	16区画/基	36区画/基
部材 厚さ	外周仕切設備(側壁)	60cm	50cm	60cm
	外周仕切設備(底版)	60cm	60cm	80cm
	内部仕切設備	40cm	40cm	40cm
	ポーラスコンクリート層と廃棄体間の厚さ(セメント系充填材)	20cm	40cm	40cm
	覆い	30cm	50cm	50cm

*1：勾配調整コン、ひび割れ対策に伴う覆い厚さ変更予定を含まないもの

第9表 コンクリートの配合

3号					
水セメント比 (%)	単位量(kg/m ³)				
	水	結合材*1	混和材*2	細骨材*3	粗骨材
47	155	333	60	729	1019
1号					
水セメント比 (%)	単位量(kg/m ³)				
	水	結合材*4	混和材*2	細骨材*3	粗骨材
55	159	290	85	852	973
2号					
水セメント比 (%)	単位量(kg/m ³)				
	水	結合材*1	混和材*2	細骨材*3	粗骨材
47	155	333	60	729	1019

*1 中庸熱ポルトランドセメント70%及びフライアッシュ30%の混合セメントとし、必要に応じて膨張材を置換する。また、施工時には所定のフレッシュ性状確保のため結合材料に比例して混和剤を添加する。

*2 石灰石微粉末

*3 陸砂と砕砂の混合品

*4 普通ポルトランドセメント45%及び高炉スラグ微粉末55%の混合セメントとし、必要に応じて膨張材を置換する。また、施工時には所定のフレッシュ性状確保のため結合材料に比例して混和剤を添加する。

第 10 表 難透水性覆土に用いるベントナイト混合土の仕様

項目	仕様	備考
ベントナイト混合率	30%	—
含水比	最適含水比+4%±2%	最適含水比+4%=19.6%

第 11 表 難透水性覆土に用いるベントナイト混合土の主要材料

項目	仕様
Ca 型ベントナイト(クニボンド RW)	MBC*1120 以上
コンクリート用細骨材	青森県三沢市砂森産

*1 メチレンブルー吸着量

第 12 表 廃棄物埋設地付近の土質特性(盛土及び第四紀層)

	地 層	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	土粒子の密度 (g/cm ³)	間隙率 (%)
3 号	盛 土	1.79	26.2	2.72	47.9
	火山灰層	1.54	58.1	2.68	62.7
	段丘堆積層	1.79	29.4	2.66	48.1
1 号	盛 土	1.77	14.2	2.71	42.8
	火山灰層	1.68	47.3	2.69	56.8
	段丘堆積層	1.90	33.2	2.68	45.1
2 号	盛 土	1.74	40.1	2.68	53.1
	火山灰層	1.56	55.8	2.71	62.2
	段丘堆積層	1.85	28.7	2.69	46.0

第 13 表 廃棄物埋設地付近の鷹架層の特性

区分			湿潤密度 (g/cm ³)		含水比 (%)		土粒子の密度 (g/cm ³)		間隙率 (%)		試料数 (個) ^{*1}
			平均 値	標準 偏差	平均 値	標準 偏差	平均 値	標準 偏差	平均 値	標準 偏差	
3 号	鷹架層 中部層 軽石凝 灰岩層	軽石 凝灰岩	1.59	0.03	52.1	4.4	2.39	0.01	56.1	2.1	39 (18)
		砂質軽石 凝灰岩	1.70	0.03	38.8	2.9	2.48	0.03	50.3	1.9	159 (76)
1 号	鷹架層中部層 軽石凝灰岩層		1.71	0.05	41.2	4.7	2.54	0.08	52.1	2.7	27
	鷹架層中部層 粗粒砂岩層		1.94	0.07	27.9	3.9	2.73	0.03	44.3	3.5	48
2 号	鷹架層中部層 軽石凝灰岩層		1.81	0.14	35.8	8.5	2.60	0.11	48.3	6.2	46
	鷹架層中部層 粗粒砂岩層		1.91	0.10	30.8	7.8	2.76	0.04	46.7	5.8	31
	鷹架層下部層泥 岩層		1.80	0.02	37.5	3.2	2.02	0.02	50.0	1.8	9

*1 : ()内の数字は土粒子の密度を測定した試料数を示す。

第 14 表 廃棄物埋設地付近の地下水の水質

項目		単位	測定結果
マグネシウムイオン	Mg ²⁺	mg/L	0.1~3.8
カルシウムイオン	Ca ²⁺	mg/L	0.1未満~7.2
ナトリウムイオン	Na ⁺	mg/L	7.2~31.5
カリウムイオン	K ⁺	mg/L	0.5~5.6
硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	mg/L	1.0~21.7
炭酸水素イオン	HCO ₃ ⁻	mg/L	5.6~51.9
塩化物イオン	Cl ⁻	mg/L	12.9~20.3
溶存鉄	Fe	mg/L	0.05未満~21.0
pH		—	5.3~8.3
電気伝導度		mS/m	7.2~18.9

コメント No. 67_FEP から抽出した事象ごとに不確かさを考慮して評価すること記載。

(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価

熱、水理、力学及び化学の観点から、「(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)」において、廃棄物埋設地に生ずる物理的・化学的現象の相互影響を評価した結果に基づき、移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材、埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性に係る各物理的・化学的性質の長期的な変化を評価する。評価に際しては、FEP により抽出した影響事象ごとに適切に不確かさを考慮する。

(一) 金属腐食による体積膨張(詳細は補足説明資料 4 参照)

覆土完了以後の埋設設備中の金属(金属廃棄物、廃棄体容器及びコンクリート中の鉄筋)の腐食に伴う埋設設備の膨張変形、可溶性塩の溶出に伴う埋設設備の膨張及び陥没変形による難透水性覆土及び下部覆土の変形並びにそれに伴う透水性の変化を考慮する。低透水性を有する難透水性覆土及び下部覆土は金属腐食膨張及び可溶性塩の溶出による膨張並びに陥没に伴う鉛直方向の変形に対して破断しないように配慮した厚さで設計しており、当該部位に破断が生じる可能性が低いものと考えられる。しかし、難透水性覆土の隅角部等には、厚さの減少及び変形に伴う透水性が変化した領域の発生が予想される。そのため、長期状態においては、廃棄物埋設地に生じる現象の不確実性及び金属廃棄物の多様性を考慮し、埋設設備の変形量を設定し、難透水性覆土及び下部覆土の評価をする。

金属及び埋設設備の膨張並びに埋設設備の陥没に起因する影響において、粒状体個別要素法 (Distinct Element Method) 解析により覆土の低透水性 (透水係数及び覆土厚さ) への影響評価をした結果から、透水係数に変化は生じないものの覆土厚さに以下の第 15 表のとおり、力学的変形が生じると設定する。

なお、収着性に影響を与える可能性のある金属の腐食による酸化・還元環境の変化については、どちらの環境状態も想定されることから、収着性の設定において保守側となる状態を想定する。

第 15 表 金属及び埋設設備の膨張による覆土への力学的影響評価

対象施設 (対象廃棄物)	変形 形態	力学的変形(1,000 年後)	
		基本設定	変動設定
2 号及び 3 号 (充填固化体)	膨張	○難透水性覆土 隅角部の厚さが 1m 以上残る状態 (開口無し) ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態	○難透水性覆土 隅角部に約 2m の開口が生じる状態 ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態
		○難透水性覆土 隅角部の厚さが 1m 以上残る状態 (開口無し) ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態	○難透水性覆土 隅角部の厚さがほぼ残らない状態 (開口無し) ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態
1 号 (充填固化体)	陥没	○難透水性覆土 隅角部の厚さが 1m 以上残る状態 (開口無し) ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態	○難透水性覆土 隅角部の厚さがほぼ残らない状態 (開口無し) ○下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態
1 号 (均質・均一固化体)		○難透水性覆土／下部覆土共通 破断や厚さの変化が生じない状態	○難透水性覆土／下部覆土共通 破断や厚さの変化が生じない状態

(二) ガス発生による影響

埋設設備内におけるガスの発生は、埋設設備内に存在する廃棄物、容器及び鉄筋に含まれる鉄のほか、廃棄物の分別除去・廃棄体製作後に廃棄体に残留し得るアルミニウムが地下水等の水分と接触し、腐食することにより生じることが考えられる。廃棄体内のガスの発生速度は、廃棄体に含まれるこれらガス発生物質の腐食速度等に基づき、廃棄体の分類別に換算することができる。廃棄体の分類としては、金属類廃棄体、プラスチック廃棄体、保温材・フィルター類廃棄体、熔融廃棄体等があげられる⁽³³⁾が、この中でガス発生速度が最も大きくなるのは、鉄及び少量のアルミニウムを主に含む金属類廃棄体であるため、廃棄体からのガス発生速度は金属類廃棄体で代表する。

アルミニウムの腐食速度については、モルタル平衡水中での浸漬試験の結果から、反応初期において大きい値を示すものの、時間とともに漸減し、1,000 時間後に 0.01mm/年以下になることが確認されている⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾。このことを踏まえ、長期的には金属表面に皮膜が安定に存在すると考えられる。そのため、アルミニウムの単位面積当たりのガス発生速度は、この腐食速度に基づいて、基本設定(最も可能性が高い設定)では $0.01\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 、変動設定(最も厳しい設定)では皮膜が不均一となることによる腐食速度の不確かさを考慮し、反応初期の値である $0.1\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ と設定する。

鉄の腐食速度については、モルタル平衡水中等での浸漬試験（浸漬期間：半年～1年間）の結果から、腐食速度が $0.01\mu\text{m}/\text{y}$ 以下であることが確認されている⁽³⁰⁾。そのため、鉄の単位面積当たりのガス発生速度については、酸化還元環境の変化に伴う不確かさがあるものの、保守的にガス発生が生じる還元環境と想定し、腐食速度の温度依存性に関する試験結果⁽³⁴⁾を踏まえ、基本設定（最も可能性が高い設定）及び変動設定（最も厳しい設定）ともに、 $1.0\times 10^{-4}\text{Nm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{年})$ と設定する。

(7) 破過による影響

埋設設備内において発生したガスが地下水で飽和した難透水性覆土を破過すれば、卓越流路の形成及び破過による変形・損傷により、局所的に透水係数が増加することが考えられる。卓越流路の形成は、難透水性覆土に作用するガス圧に依存すると考えられ⁽³⁶⁾、ガス圧は主に埋設設備内のガスの発生速度に依存する。

水で飽和させた難透水性覆土に対する透水・透気試験の結果、ガス破過前後の透水係数にほとんど変化が生じなかった⁽³⁶⁾ことから、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に影響は生じないものとする。

(4) 間隙水の押し出し

ガスの発生・移行に伴い、埋設設備内の放射性物質を含む間隙水の押し出しが生じ、放射性物質の移行が促進されることが考えられる。実際にはガスの発生により速やかに間隙水の押し出しが生じることは想定されないが、ガスの発生と同時に間隙水の押し出しが発生するものとし、その際の水量は保守側にガス発生量に相当する水量が押し出されるものとする。

(三) 地震による影響

地震による影響評価として、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土の透水性に対する力学的影響について評価する必要がある。地震力の作用により覆土で発生が想定される事象として、力学的な変形及び液状化があげられる。

力学的な変形に関しては、地震力の作用により発生する覆土の変形は「(二) 金属腐食による体積膨張」に示す金属腐食に伴う埋設設備の変形量と比較して非常に小さい。

液状化については、容易に液状化が生じないよう配慮した設計としているこ

とから、覆土について液状化が生じる可能性は低い。

上記を踏まえ、地震によって難透水性覆土、下部覆土、上部覆土の低透水性に有意な影響は生じないものとする。

(四) 地下水との反応及び塩影響(詳細は補足説明資料 5 参照)

各部材と地下水(廃棄体から溶解した可溶性塩を含む)との反応の程度は、主に埋設設備内に浸入する地下水量や各部材を構成する鉱物の溶解度などに依存する。

埋設設備等のセメント系材料には収着性が期待されるが、主要鉱物であるケイ酸カルシウム水和物の溶脱や二次鉱物の生成等、またそのような固相変化に応じた間隙水の pH の変化などによって、収着性に影響すると考えられる⁽³²⁾。

難透水性覆土及び下部覆土のうち特にセメント系材料で構成される埋設設備に接する難透水性覆土は、主要鉱物の一つであり、低透水性に大きく寄与しているモンモリロナイトが溶解し、二次鉱物が生成すること等により変質し、低透水性に影響することが考えられる。

このような長期的な変化は、化学平衡モデルと物質移行モデルを連成させた解析コード PHREEQC-TRANS⁽³⁰⁾及び熱力学データベース JNC-TDB⁽³⁷⁾等を用いて求める。この解析において、前提とする地下水流動条件は、「a. 地質環境に係る長期変動事象 (c) (二) 地下水流動」で設定した環境条件から設定し、地下水の化学組成は第 16 表などに基づいて設定する。また、埋設設備を構成するセメント系材料、難透水性覆土、下部覆土及び岩盤の初期鉱物組成は、「(c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定」に示す仕様に基づくこととし、セメント系材料については Atkins ら⁽³⁸⁾の方法に従い設定する。

(ア) 覆土

地化学解析によって、鉱物組成、密度、空隙率、間隙水の液性及び覆土の低透水性の変化などを評価する。主なモデルは TRU2 レポート⁽³²⁾にならい難透水性覆土中のモンモリロナイトの溶解速度は Sato-Cama モデルを用い、難透水性覆土の透水係数の変化は、伊藤らの式を用いて評価する。また、二次鉱物の生成については保守的にモンモリロナイトの溶解が促進される条件を設定する。廃棄物埋設地の地下水流動を踏まえ、難透水性覆土方向へのセメント系材料中の物質移行は自由水中の HTO の拡散によって表現し、難透水

性覆土中の拡散係数は、基本設定(最も可能性が高い設定)においては、ベントナイトが拡散に寄与する場合の拡散係数を設定し、変動設定(最も厳しい設定)では、保守側にベントナイトが拡散に寄与しない場合の拡散係数を設定する。

この解析の結果を基に、難透水性覆土の透水係数の変化は基本設定(最も可能性が高い設定)及び変動設定(最も厳しい設定)ともにモンモリロナイトの密度、空隙率等の変化に応じて、低透水性が変化するものとして設定する。

難透水性覆土の透水係数の化学的影響の評価結果を第 16 表に示す。化学的影響を受けた場合においても難透水性覆土中のモンモリロナイトが残存することから、下部覆土への化学的な影響による透水係数の変化は生じないものとする。

第 16 表 化学的影響の評価結果 (単位は m/s)

	3号及び2号廃棄物埋設地		1号廃棄物埋設地	
	基本設定	変動設定	基本設定	変動設定
0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
1,000年後	1.01×10^{-10}	1.02×10^{-10}	1.42×10^{-10}	1.84×10^{-10}

(イ) 埋設設備等のセメント系材料

主要な水和鉱物であるケイ酸カルシウム水和物(CSH ゲル)の溶脱のうち体積変化については、CSH ゲル以外の鉱物や Ca/Si 比が小さい CSH ゲルの存在も考慮すれば、放射性核種の液相濃度に対して線形領域である関係性は持続していると想定されることから、基本設定(最も可能性が高い設定)では CSH ゲルの体積変化による収着影響は考慮せず、C/S 比の変化による影響を考慮する。一方で、変動設定(最も厳しい設定)においては CSH ゲルの溶脱時期などの不確かさを考慮する。

(五) 有機物影響(詳細は補足説明資料 8 参照)

埋設設備に存在する可能性のある有機物は、セルロースである⁽³³⁾。セルロースはアルカリ性の環境下において分解し、イソサッカリン酸(ISA)が生成することによって放射性物質と錯体を形成し、収着性に影響することが考えられ

る。その影響は、間隙水中の分解生成物の濃度に依存する⁽³⁰⁾。

基本設定(最も可能性が高い設定)としては、アルカリ環境での分解試験結果に基づいてセルロースの30%が分解する⁽³⁹⁾こととし、セメント系材料への収着⁽³⁰⁾を考慮して、間隙水中の分解生成物の濃度を設定する。また、変動設定(最も厳しい設定)としては、セルロースが分解する割合の不確かさを考慮して、全量が分解することとし、セメント系材料への収着⁽³⁰⁾を考慮して、間隙水中の分解生成物の濃度を設定する。

(六) コロイドの形成による影響

収着性に影響を与える可能性のあるコロイド影響については、埋設設備の間隙水はセメント平衡水でありコロイドが安定に分散できる環境ではないと考えられることから、収着性に影響は生じないものとする。

(七) 微生物影響

微生物影響については、岩盤中では微生物活動によって有機物が無機化することが考えられるため、収着性の設定に際して考慮する。

(八) 降下火砕物による影響

降下火砕物による化学的な影響については、十分な厚さの上部覆土が設置され、変質の影響範囲は限定されることから、有意な影響は生じないものとする。

(e) 着目した移行抑制機能の状態変化の設定

「(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)」、「(c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定」及び「(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価」の結果に基づき、廃棄物埋設地及び周辺岩盤の低透水性及び収着性の長期的な状態変化を設定する。

(一) 低透水性(詳細は補足説明資料6参照)

難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、埋設設備中の金属材料の腐食膨張に伴い埋設設備が変形し、難透水性覆土及び下部覆土に体積ひずみが発生すること、可溶性塩及びセメント系材料が溶解した地下水との接触による難透水性覆土及び下部覆土の鉱物の溶解、変質及び二次鉱物によって変化が生じる。このような変化は覆土完了時点から、埋設設備への地下水の浸入によって徐々に進行する。

化学的影響の主要因であるモンモリロナイトの溶解は、微粒分の変質減少で

あり、変形特性に対する影響は軽微であること、力学的影響により透水係数に変化はなく、化学物質の供給量に対する影響は軽微であることから、力学的影響及び化学的影響は相互干渉せずに、独立して覆土に影響を与えるものとして、透水係数を設定する。また、透水係数の異なる複数の土質材料が存在することから、直列方向の合成と並列方向の合成を組み合わせることで、力学的影響及び化学的影響を考慮した覆土の等価透水係数を設定する。

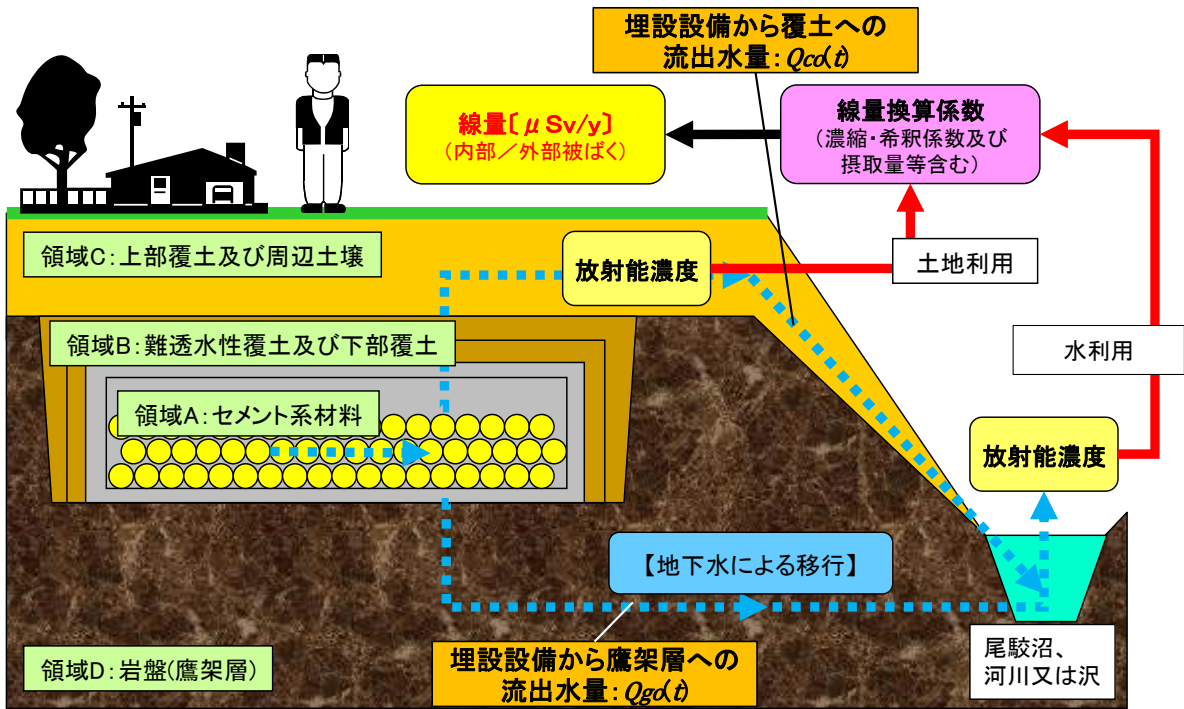
覆土の等価透水係数を第 17 表に示す。

第 17 表 覆土の等価透水係数

	透水係数 [m/s]	
	1,000 年後	
	基本	変動
3 号	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}
1 号	2.5×10^{-9}	3.0×10^{-9}
2 号	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}

なお、周辺岩盤についても、同様の影響事象により低透水性に影響が生じると考えられるが、その影響範囲は極めて限定的であり、その影響は無視できる。

この状態設定をもとに、埋設設備から覆土への流出水量 ($Q_{co}(t)$) 及び埋設設備から鷹架層への流出水量 ($Q_{go}(t)$) を有限要素法による鉛直断面 2 次元地下水浸透流解析により算定し設定する。埋設設備から流出する地下水による移行の概念図を第 2 図、地下水浸透流解析に用いる透水係数の設定値を第 18 表、線量の計算に用いる埋設設備から覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量の設定値を第 19 表に示す。



第2図 埋設設備から流出する地下水による移行の概念図

第 18 表 地下水浸透流解析に用いる透水係数

材料	計算ケース	透水係数 (m/s)			設定の考え方	
		3号廃棄物埋設地	1号廃棄物埋設地	2号廃棄物埋設地		
廃棄物埋設地周辺地盤	鷹架層	基本設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	廃棄物埋設地付近で取得した N 値 50 以上の鷹架層中部層の透水係数の対数平均値*1 とする。
		変動設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	
	第四紀層	基本設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	廃棄物埋設地付近で取得した盛土、第四紀層及び N 値 50 未満の風化した鷹架層中部層の透水係数の対数平均値とする。
		変動設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
廃棄物埋設地	上部覆土	基本設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	周辺土壌と同程度とする(第四紀層の透水係数と同じ値とする)。
		変動設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
	下部覆土	基本設定	1.0×10^{-8}			周辺岩盤*2 よりも若干小さい透水係数とする。
		変動設定	1.0×10^{-8}			
	難透水性覆土	基本設定	2.0×10^{-10}	2.5×10^{-9}	2.0×10^{-10}	将来千年後の力学及び化学影響を考慮した等価透水係数とする(補足説明資料 6「廃棄物埋設地の状態設定-透水係数の設定-」参照)。
		変動設定	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}	
埋設設備	基本設定	1.0×10^{-5}			砂程度に劣化した状態の透水係数とする(補足説明資料 6「廃棄物埋設地の状態設定-透水係数の設定-」参照)。	
	変動設定	1.0×10^{-5}				

*1 原位置試験の対数平均値と巨視的透水係数(割目と基質部における原位置透水試験の透水係数とボーリングや掘削面等の地質観察で得た割目のデータから算出)が同程度であることから、簡単に求められる原位置試験の対数平均値を採用した。なお、これらの透水係数を用いて敷地の調査坑道の空洞からの湧水量を 3 次元地下水浸透流解析で計算し、実測値とほぼ一致していることを確認している。

*2 想定した周辺岩盤は N 値 50 以上の鷹架層とした(透水係数： $5.0 \times 10^{-8} \sim 1.1 \times 10^{-7}$ (m/s))

第 19 表 線量の計算に用いる埋設設備から覆土及び埋設設備から鷹架層への流出水量

	3号廃棄物埋設地		1号廃棄物埋設地		2号廃棄物埋設地	
	$Q_{co}(t)^{*1}$	$Q_{go}(t)^{*2}$	$Q_{co}(t)^{*1}$	$Q_{go}(t)^{*2}$	$Q_{co}(t)^{*1}$	$Q_{go}(t)^{*2}$
基本設定	10	630	130	2,200	20	920
変動設定	510	1,500	150	2,200	350	1,300

*1 埋設設備から覆土への流出水量 (m³/y)

*2 埋設設備から鷹架層への流出水量 (m³/y)

(二) 収着性(詳細は補足説明資料 8 参照)

主要鉱物(CSH ゲル等)が地下水との接触により溶脱し、収着性が低下し得る。地下水浸入量が大きいほど影響が大きい。溶脱に伴い CSH ゲルの電荷が正から負に変化することで収着性が変化する。

均質・均一固化体中の塩物質(硫酸塩、ほう酸塩)が、放射性物質の収着性に影響を及ぼす可能性がある。

廃棄物埋設施設中(埋設設備、廃棄体)の有機物が、放射性物質と錯体を形成することで収着性が低下する。

評価期間内においてはセメント系材料の地下水との反応(溶脱)の収着影響がないものとする。

影響事象による収着影響として、基本設定(最も可能性が高い設定)及び変動設定(最も厳しい設定)で異なるものは、セメントと反応する地下水量、有機物では、イソサッカリン酸(ISA)の生成率とした。

なお、微生物影響については、基本設定(最も可能性が高い設定)及び変動設定(最も厳しい設定)ともに有機炭素が微生物活動によって無機化することを考慮し、岩盤の収着性を設定する。

各部材の収着性は、後述の「(iv) 線量評価パラメータ」において分配係数として扱う。分配係数の設定値を第 20 表から第 24 表に示す。

なお、複数の種類の廃棄体を埋設する 1 号廃棄物埋設施設については、1 群～6 群については均質・均一固化体、7,8 群のうち 1 基の埋設設備については均質・均一固化体、9 基の埋設設備については充填固化体として設定する。また、7,8 群に埋設する充填固化体のうち、1 基の埋設設備には均質・均一固化体として製作されたセメント固化体を破砕し、セメント系充填材で一体に固型化した充填固化体(以下「セメント破砕物充填固化体」という。)であるため、セメント固化体の破砕物の分配係数については均質・均一固化体と同様とする。

第 20 表 3 号廃棄物埋設施設の分配係数設定値(0 年、1,000 年後)

核種	分配係数設定値(m ³ /kg)						
	セメント系材料				難透水性覆土		岩盤 (鷹架層)
	廃棄体・充填材		コンクリート		基本	変動	
	基本	変動	基本	変動			共通
H-3	0	0	0	0	0	0	0
C-14	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	0	0	1×10 ⁻⁴
Co-60	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻³	1×10 ⁻³	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Ni-59	9×10 ⁻³	9×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	7×10 ⁻²	7×10 ⁻²	1×10 ⁻¹
Ni-63	9×10 ⁻³	9×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	7×10 ⁻²	7×10 ⁻²	1×10 ⁻¹
Sr-90	2×10 ⁻²	2×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹
Nb-94	2×10 ⁰	1×10 ⁻¹	6×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	5×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²
Tc-99	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	0	0	0	0	0
I-129	1×10 ⁻⁴	1×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	0	0	0
Cs-137	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	2×10 ⁻²	1×10 ⁰	1×10 ⁰	9×10 ⁻¹
Pu-239	4×10 ⁻¹	8×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	2×10 ⁻²
Am-241	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	6×10 ⁰	2×10 ⁰	1×10 ⁻¹

第 21 表 1 号廃棄物埋設施設(1~6 群)の分配係数設定値(0 年、1,000 年後)

核種	分配係数設定値(m ³ /kg)								
	セメント系材料						難透水性覆土		岩盤 (鷹架層)
	廃棄体		充填材		コンクリート		基本	変動	
	基本	変動	基本	変動	基本	変動			共通
H-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-14	5×10 ⁻¹	5×10 ⁻¹	4×10 ⁻³	4×10 ⁻³	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	0	0	1×10 ⁻⁴
Cl-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co-60	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	2×10 ⁻²	2×10 ⁻²	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	1×10 ⁻¹
Ni-59	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Ni-63	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Sr-90	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	2×10 ⁻¹
Nb-94	1×10 ¹	1×10 ¹	2×10 ⁻¹	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	2×10 ⁻²
Tc-99	5×10 ⁻⁴	5×10 ⁻⁴	0	0	0	0	0	0	0
I-129	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0
Cs-137	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	9×10 ⁻²	9×10 ⁻²	1×10 ⁰
Pu-239	1×10 ¹	1×10 ¹	8×10 ⁰	8×10 ⁰	2×10 ⁰	2×10 ⁰	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	2×10 ⁻²
Am-241	1×10 ¹	1×10 ¹	2×10 ⁰	2×10 ⁰	3×10 ⁰	3×10 ⁰	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	1×10 ⁰

コメント No. 56_1,000 年
後の設定を記載

第 22 表 1 号廃棄物埋施設 (7,8 群 : 2 基) 均質・均一固化体及びセメント破砕物充填
固化体の分配係数設定値(0 年、1,000 年後)

核種	分配係数設定値 (m ³ /kg)								
	セメント系材料						難透水性覆土		岩盤 (鷹架層)
	廃棄体		充填材		コンクリート		基本	変動	
	基本	変動	基本	変動	基本	変動			共通
H-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-14	5×10 ⁻¹	5×10 ⁻¹	4×10 ⁻³	4×10 ⁻³	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	0	0	1×10 ⁻⁴
Cl-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co-60	1×10 ⁻²	7×10 ⁻³	2×10 ⁻²	1×10 ⁻²	0	0	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	1×10 ⁻¹
Ni-59	4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Ni-63	4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Sr-90	4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	0	0	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	2×10 ⁻¹
Nb-94	1×10 ¹	3×10 ⁰	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	6×10 ⁻⁴	3×10 ⁻²	7×10 ⁻³	2×10 ⁻²
Tc-99	6×10 ⁻⁴	6×10 ⁻⁴	0	0	0	0	0	0	0
I-129	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0
Cs-137	4×10 ⁻³	4×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	5×10 ⁻⁴	5×10 ⁻⁴	9×10 ⁻²	9×10 ⁻²	1×10 ⁰
Pu-239	2×10 ⁰	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	8×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	2×10 ⁻²
Am-241	2×10 ⁰	4×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	4×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁰

第 23 表 1 号廃棄物埋施設 (7,8 群 : 8 基) 充填固化体(セメント破砕物充填固化体を除く)の分配係数設定値(0 年、1,000 年後)

核種	分配係数設定値 (m ³ /kg)								
	セメント系材料						難透水性覆土		岩盤 (鷹架層)
	廃棄体		充填材		コンクリート		基本	変動	
	基本	変動	基本	変動	基本	変動			共通
H-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-14	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	0	0	1×10 ⁻⁴
Cl-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co-60	2×10 ⁻²	1×10 ⁻²	2×10 ⁻²	1×10 ⁻²	0	0	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	1×10 ⁻¹
Ni-59	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Ni-63	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	5×10 ⁻³	5×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Sr-90	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	0	0	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	2×10 ⁻¹
Nb-94	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻²	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	6×10 ⁻⁴	3×10 ⁻²	7×10 ⁻³	2×10 ⁻²
Tc-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I-129	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-137	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	5×10 ⁻⁴	5×10 ⁻⁴	9×10 ⁻²	9×10 ⁻²	1×10 ⁰
Pu-239	4×10 ⁻¹	8×10 ⁻²	4×10 ⁻¹	8×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	2×10 ⁻²
Am-241	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	4×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁰

第 24 表 2 号廃棄物埋設施の分配係数設定値(0 年、1,000 年後)

核種	分配係数設定値(m ³ /kg)						
	セメント系材料				難透水性覆土		岩盤 (鷹架層)
	廃棄体・充填材		コンクリート		基本	変動	共通
	基本	変動	基本	変動			
H-3	0	0	0	0	0	0	0
C-14	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²	0	0	1×10 ⁻⁴
Cl-36	5×10 ⁻⁴	5×10 ⁻⁴	8×10 ⁻⁴	8×10 ⁻⁴	0	0	0
Co-60	2×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻³	1×10 ⁻³	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³	1×10 ⁻¹
Ni-59	9×10 ⁻³	9×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	7×10 ⁻²	7×10 ⁻²	1×10 ⁻¹
Ni-63	9×10 ⁻³	9×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1×10 ⁻²	7×10 ⁻²	7×10 ⁻²	1×10 ⁻¹
Sr-90	2×10 ⁻²	2×10 ⁻²	2×10 ⁻³	2×10 ⁻³	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻¹
Nb-94	2×10 ⁰	1×10 ⁻¹	6×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	5×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²
Tc-99	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	0	0	0	0	0
I-129	1×10 ⁻⁴	1×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	0	0	0
Cs-137	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	2×10 ⁻²	1×10 ⁰	1×10 ⁰	1×10 ⁰
Pu-239	4×10 ⁻¹	8×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	3×10 ⁻²	3×10 ⁻²	2×10 ⁻²
Am-241	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	3×10 ⁻²	6×10 ⁰	2×10 ⁰	1×10 ⁰

(ii) 評価シナリオ

評価シナリオは、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)、変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)及び基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)の3区分に分類して評価を行う。

各シナリオにおける放射性物質の移行挙動及び生活環境で生じる被ばくは、「(i) 状態設定」に基づいて設定する。

a. 基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)

覆土完了直後に地下水が再冠水することによって埋設設備の間隙は地下水によって満たされていくこととなる。地下水を介して放射性物質が移行することを評価する場合は、この過渡的な現象は比較的速やかに進行するものとし、線量評価上は覆土完了直後に地下水で飽和するものとして設定する。廃棄体は、放射性物質によって汚染された廃棄物を容器に固型化したものであるため、放射性物質が容易に漏えいすることはない。また、覆土完了直後において長期的に腐食速度が小さい環境となる可能性が高いため、鋼製である容器は腐食し難い状況にあるが、長期的な評価を行う上では、容器による移行抑制機能は考慮しないものとして設定する。

容器内への地下水の浸入に伴い放射性物質が埋設設備内の間隙水中に溶解し、廃

コメント No. 44 及び No. 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオでも考
慮することに伴い記載を見直し
コメント No. 60_地下水の流れが「地質環境に係る長期変
動事象」に基づいていることを記載。

棄体から漏出した放射性物質は、速やかに埋設設備内に均一に分布し、埋設設備内の廃棄体の固型化材、充填材、埋設設備等の収着性に応じて間隙水中に溶解するものとして設定する。

埋設設備内の間隙水に漏出した放射性物質は、難透水性覆土と鷹架層へそれぞれ移行する。漏出した放射性物質は覆土又は鷹架層とそれぞれの間隙水の間で分配しながら移行し、尾駸沼、尾駸沼が淡水化した河川又は沢水に流入する(「(i)状態設定 a. 地質環境に係る長期変動事象」参照)。地下水の流入した水域で得られる水産物、水を利用して生産された農産物及び水を利用して飼育された畜産物へは、それぞれ水産物への濃縮係数、農産物への移行係数、飼育水の摂取量及び畜産物への移行係数に応じて放射性物質が移行する。よって、沼水、河川水又は沢水を利用することによって公衆の被ばくが生じるものとする。

また、廃棄物埋設地の近傍土壌及び周辺岩盤への放射性物質の移行は基本的に地下水を介して生じる。漏出した放射性物質は覆土又は鷹架層とそれぞれの間隙水の間で分配しながら移行するため、分配係数に応じて放射性物質が収着し、土壌や鷹架層中に放射性物質が残存する。

以上の放射性物質の移行挙動を踏まえ、「(i) 状態設定」で設定した基本設定(最も可能性が高い設定)のもとで、沼水及び河川水又は沢水の利用、廃棄物埋設地の利用を対象として、明らかに線量が小さいもの及び他の被ばく経路で代表されるものを除外した以下の被ばく経路を設定し、評価対象個人の線量を評価する。

- (a) 沢水の飲用による内部被ばく
 - (b) 尾駸沼又は河川水中の水産物の摂取による内部被ばく
 - (c) 沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく
 - (d) 沢水を利用して生産される畜産物の摂取による内部被ばく
 - (e) 沢水を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく
 - (f) 廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく
 - (g) 廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく
 - (h) 廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物の摂取による内部被ばく
- b. 変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)

放射性物質の廃棄物埋設地から生活環境までの移行過程は基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)と同じとする。変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)では様々な

コメント No. 43_評価対象個人に修正
コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加

不確かさと変動要因を考慮し、科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい条件で評価する。

埋設施設から生活環境までの放射性物質の移行は、「(i) 状態設定」で設定した廃棄物埋設地等の変動設定(最も厳しい設定)に基づいて移行するものとして、線量を評価する。

対象とする被ばく経路は以下のとおりとし、**評価対象個人**の線量を評価する。

- (a) 沢水の飲用による内部被ばく
- (b) 尾駁沼又は河川水中の水産物の摂取による内部被ばく
- (c) 沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく
- (d) 沢水を利用して生産される畜産物の摂取による内部被ばく
- (e) 沢水を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく
- (f) 廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく
- (g) 廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく
- (h) 廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物の摂取による内部被ばく

c. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)

本シナリオでは基本シナリオ及び変動シナリオ(自然事象シナリオ)で考慮しない自然現象及び人為事象を対象とする。

自然現象については、評価の対象とする期間内において発生し得るものは、基本・変動シナリオ(自然事象シナリオ)で考慮しており、本シナリオでは考慮しない。

人為事象については、敷地及びその周辺の社会環境からは代表的ではないと考えられるものの、廃棄物埋設地を直接掘削するような人間活動が想定されるため、このような人間活動を対象に評価する。ただし、廃棄物埋設地の状態を考慮すると、その活動によって廃棄物埋設地であることの認知が可能であることから、認知された後に生じる被ばくは評価の対象外とする。また、基本・変動シナリオ(自然事象シナリオ)と同様に、明らかに線量が小さいもの及び他の被ばく経路で代表されるものを除外する。

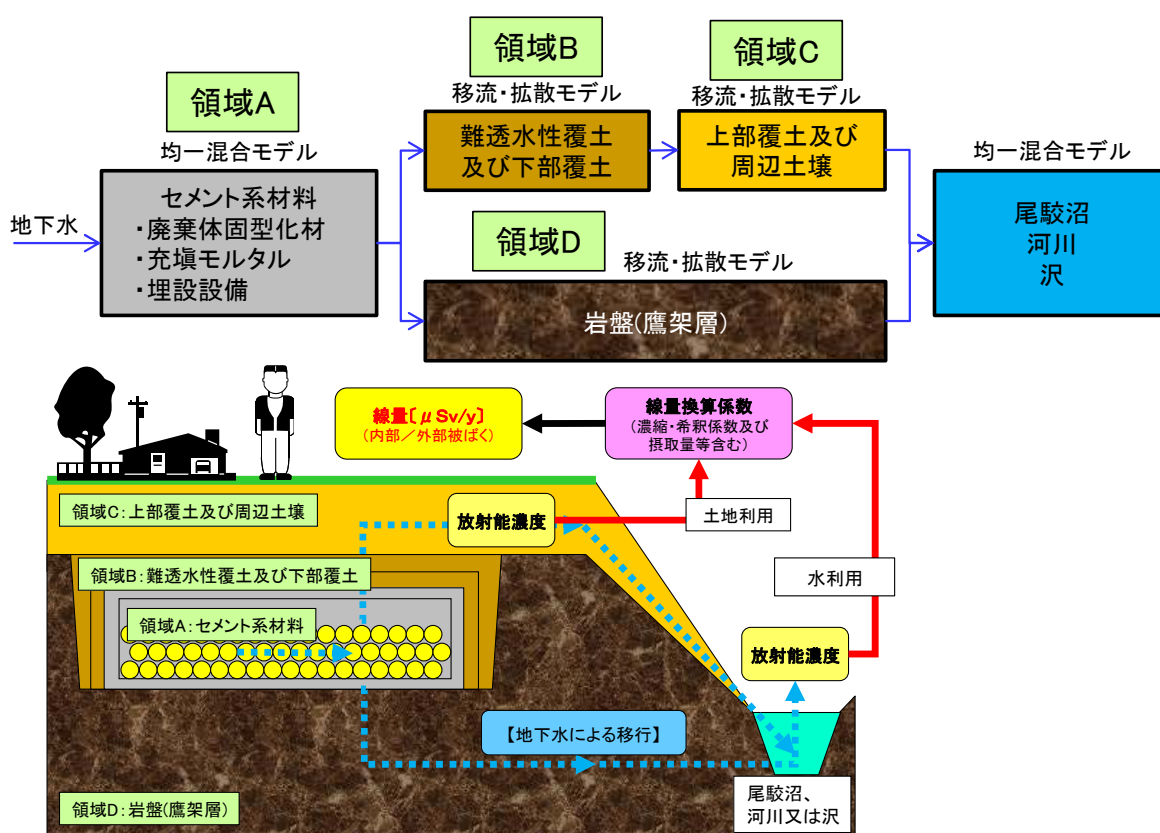
本シナリオの線量の計算対象とする被ばく経路を以下のとおり設定する。

- (a) 廃棄物埋設地における井戸水の飲用による内部被ばく
- (b) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく

(iii) 線量評価モデル

線量評価モデルは、廃棄物埋設地の安全性を判断するために用いられるものであることを考慮し、廃棄物埋設地の状態や現象の特徴を適切に、かつ簡潔に表現でき、保守性を含むことを念頭に置くものとする。線量評価モデルの概念図を第3図に示す。

また、線量評価モデルは、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)と変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)は同じとし、線量評価モデルの不確かさについては線量評価パラメータを保守的に設定することで考慮する。



第3図 地下水による廃棄物埋設地から尾駱沼、河川又は沢への放射性物質の移行を表現するモデルの概念図

a. 基本・変動シナリオ(自然事象シナリオ)における線量評価モデル

線量評価モデルについて、まず評価の対象となる領域における核種の移行に関する数式を示し、次に被ばく経路に対応した線量を算出するための数式を示す。

(a) 核種の移行に関する評価モデル

(一) 埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の移行

廃棄物に含まれる放射性物質は、埋設設備内に浸入した地下水に溶出し、埋設設備内の固相である固型化材、充填モルタル及び埋設設備のセメント系材料と分配平衡の状態にあるものとして評価する。埋設設備内の放射性物質は、材料の透水性と拡散性に依存するので放射能濃度の分布が均一とはならないが、放射性物質の漏出を評価する上では単純化して均一であるものとして評価する。

埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の核種*i*の濃度は次式を用いて計算する。

なお、核種*i+1*は核種*i*の親核種を示す。

$$\begin{aligned} \overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq} \cdot \frac{\partial C_{ww}(t, i)}{\partial t} &= S_b \cdot De_b \cdot \left. \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} \right|_{z=0} \\ &\quad - \{Q_{co}(t) + Q_{go}(t)\} \cdot C_{ww}(t, i) \\ &\quad - \lambda(i) \cdot \overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq} \cdot C_{ww}(t, i) \\ &\quad + \lambda(i) \cdot \overline{\varepsilon \cdot Rf(i+1)} \cdot V_{meq} \cdot C_{ww}(t, i+1) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

(初期条件)

$$\begin{aligned} C_{ww}(0, i) &= \frac{A_0(i)}{\overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq}} \\ \overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} &= \sum_j [P(j) \cdot \varepsilon(j) \cdot Rf(i, j)] \quad \dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_b \cdot Rf_b(i) \cdot \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial t} &= De_b \cdot \frac{\partial^2 C_{bw}(z, t, i)}{\partial z^2} - U_b(t) \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} \\ &\quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_b \cdot Rf_b(i) \cdot C_{bw}(z, t, i) \\ &\quad + \lambda(i) \cdot \varepsilon_b \cdot Rf_b(i+1) \cdot C_{bw}(z, t, i+1) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

(初期条件) $C_{bw}(z, 0, i) = 0$; $0 < z \leq L_b$

(境界条件) $C_{bw}(L_b, t, i) = 0$
 $C_{bw}(0, t, i) = C_{ww}(t, i)$

$C_{ww}(t, i)$: 埋設設備内の時刻*t*における核種*i*の間隙水中濃度
 (Bq/m³)

t : 覆土完了以後の経過時間 (y)

- $A_0(i)$: 核種*i*の総放射エネルギー (Bq)
 $P(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の体積分率 (-)
 $\varepsilon(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の間隙率 (-)
 $Rf(i, j)$: 埋設設備内の媒体*j*の核種*i*の遅延係数 (-) ;

$$= 1 + \frac{1 - \varepsilon(j)}{\varepsilon(j)} \cdot \rho(j) \cdot Kd(i, j)$$

 $\rho(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の粒子密度 (kg/m³)
 $Kd(i, j)$: 埋設設備内の媒体*j*の核種*i*の分配係数 (m³/kg)
 V_{meq} : 分配平衡となる埋設設備の体積 (m³)
 S_b : 難透水性覆土の拡散寄与面積 (m²)
 De_b : 難透水性覆土の実効拡散係数 (m²/y)
 $C_{bw}(z, t, i)$: 難透水性覆土の位置*z*、時刻*t*における核種*i*の間隙水中濃度 (Bq/m³)
 z : 難透水性覆土における埋設設備からの距離 (m)
 $Q_{co}(t)$: 埋設設備から上部覆土への流出水量 (m³/y)
 $Q_{go}(t)$: 埋設設備から鷹架層への流出水量 (m³/y)
 $\lambda(i)$: 核種*i*の崩壊定数 (1/y) ; $= \ln 2 / T_{1/2}(i)$
 $T_{1/2}(i)$: 核種*i*の半減期 (y)
 ε_b : 難透水性覆土の間隙率 (-)
 $Rf_b(i)$: 難透水性覆土の核種*i*の遅延係数 (-) ;

$$= 1 + \frac{1 - \varepsilon_b}{\varepsilon_b} \cdot \rho_b \cdot Kd_b(i)$$

 ρ_b : 難透水性覆土の粒子密度 (kg/m³)
 $Kd_b(i)$: 難透水性覆土の核種*i*の分配係数 (m³/kg)
 L_b : 難透水性覆土の厚さ (m)
 $U_b(t)$: 難透水性覆土の地下水流速 (m/y) ; $= Q_{co}(t) / S_b$

(二) 上部覆土内地下水中の移行

上部覆土内地下水中の核種*i*の濃度は、次式を用いて計算する。

$$\varepsilon_c \cdot Rf_c(i) \cdot \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial t} = De_c \frac{\partial^2 C_{cw}(x, t, i)}{\partial x^2} - U_c \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial x}$$

$$\begin{aligned}
& -\lambda(i) \cdot \varepsilon_c \cdot Rf_c(i) \cdot C_{cw}(x, t, i) \\
& + \lambda(i) \cdot \varepsilon_c \cdot Rf_c(i+1) \cdot C_{cw}(x, t, i+1) + f_c(t, i) \quad \dots (4)
\end{aligned}$$

(初期条件) $C_{cw}(x, 0, i) = 0$; $-\infty < x < +\infty$

(境界条件) $C_{cw}(\infty, t, i) = 0$

$$U_c \cdot C_{cw}(-L_c, t, i) = De_c \cdot \left. \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial x} \right|_{x=-L_c}$$

$C_{cw}(x, t, i)$: 距離 x 、時刻 t における上部覆土内地下水中の核種 i の濃度(Bq/m³)

x : 核種が流入する上部覆土下流端からの距離(m)

L_c : 核種が流入する上部覆土の地下水流向方向長さ(m)

ε_c : 上部覆土の間隙率(-)

$Rf_c(i)$: 上部覆土の核種 i の遅延係数(-) ;
 $= 1 + \frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \cdot \rho_c \cdot Kd_c(i)$

ρ_c : 上部覆土の粒子密度(kg/m³)

$Kd_c(i)$: 上部覆土の核種 i の分配係数(m³/kg)

De_c : 覆土の実効分散係数 ; $= \varepsilon_c \cdot D_0 + \alpha_c \cdot U_c$ (m²/y)

D_0 : 自由水中の拡散係数(m²/y)

α_c : 覆土の分散長(m)

U_c : 上部覆土の地下水流速(m/y)

$f_c(t, i)$: 核種 i の上部覆土への単位体積当たりの漏出量(Bq/(m³ · y)) ;

$$= \begin{cases} S_c(t, i)/V_{fc}(t) & (-L_c \leq x \leq 0) \\ 0 & (x < -L_c, 0 < x) \end{cases}$$

$S_c(t, i)$: 核種 i の漏出量(Bq/y) ;

$$= -S_b \cdot De_b \cdot \left. \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} \right|_{z=L_b}$$

$$+ Q_{co}(t) \cdot C_{bw}(L_b, t, i)$$

$V_{fc}(t)$: 漏出核種が流入する上部覆土の体積(m³) ;
 $= Q_c(t) \cdot L_c / U_c$

$Q_c(t)$: 上部覆土内地下水流量 (m³/y)

(三) 鷹架層内地下水中の移行

鷹架層内地下水中の核種*i*の濃度は、次式を用いて計算する。

$$\begin{aligned} & \varepsilon_g \cdot Rf_g(i) \cdot \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial t} \\ &= De_g \cdot \frac{\partial^2 C_{gw}(x, t, i)}{\partial x^2} - U_g \cdot \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial x} \\ & \quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_g \cdot Rf_g(i) \cdot C_{gw}(x, t, i) \\ & \quad + \lambda(i) \cdot \varepsilon_g \cdot Rf_g(i+1) \cdot C_{gw}(x, t, i+1) + f_g(t, i) \quad \cdots (5) \end{aligned}$$

(初期条件) $C_{gw}(x, 0, i) = 0$; $-\infty < x < +\infty$

(境界条件) $C_w(\infty, t, i) = 0$

$$U_g \cdot C_{gw}(-L_g, t, i) = De_g \cdot \left. \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial x} \right|_{x=-L_g}$$

$C_{gw}(x, t, i)$: 距離*x*、時刻*t*における鷹架層内地下水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³)

x : 核種が流入する鷹架層下流端からの距離 (m)

L_g : 核種が流入する鷹架層の地下水流向方向長さ (m)

ε_g : 鷹架層の間隙率 (-)

$Rf_g(i)$: 鷹架層の核種*i*の遅延係数 (-) ;

$$= 1 + \frac{1 - \varepsilon_g}{\varepsilon_g} \cdot \rho_g \cdot Kd_g(i)$$

ρ_g : 鷹架層の粒子密度 (kg/m³)

$Kd_g(i)$: 鷹架層の核種*i*の分配係数 (m³/kg)

De_g : 鷹架層の実効分散係数 ; $= \varepsilon_g \cdot D_0 + \alpha_g \cdot U_g$ (m²/y)

α_g : 鷹架層の分散長 (m)

U_g : 鷹架層の地下水流速 (m/y)

$f_g(t, i)$: 核種*i*の鷹架層への単位体積当たりの漏出量 (Bq/(m³ · y)) ;

$$= \begin{cases} S_g(t, i)/V_{fg}(t) & (-L_g \leq x \leq 0) \\ 0 & (x < -L_g, 0 < x) \end{cases}$$

$S_g(t, i)$: 核種*i*の漏出量 (Bq/y) ; $= Q_{go}(t) \cdot C_{ww}(t, i)$

コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
 コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオ
 でも考慮することに伴い記載を見直し

$V_{fg}(t)$: 漏出核種が流入する鷹架層の体積(m³) ;
 $= Q_g(t) \cdot L_g / U_g$

$Q_g(t)$: 鷹架層内地下水流量(m³/y)

(四) 尾駸沼、河川水中又は沢水中の放射性物質の濃度

尾駸沼、河川水中又は沢水中の核種*i*の濃度は、次式を用いて計算する。

$$C_{sw}(t, i) = \frac{C_{cw}(X_{cs}, t, i) \cdot Q_{cs}(t) + C_{gw}(X_{gs}, t, i) \cdot Q_{gs}(t)}{Q_s(t)} \quad \dots (6)$$

$C_{sw}(t, i)$: 尾駸沼、河川水中又は沢水中の核種*i*の濃度
(Bq/m³)

X_{cs} : 核種が流入する上部覆土下流端から尾駸沼、河川
又は沢までの評価上の距離(m)

X_{gs} : 核種が流入する鷹架層下流端から尾駸沼、河川又は
沢までの評価上の距離(m)

$Q_{cs}(t)$: 核種が流入する上部覆土から尾駸沼、河川又は沢
への地下水流入量(m³/y)

$Q_{gs}(t)$: 核種が流入する鷹架層から尾駸沼、河川又は沢へ
の地下水流量(m³/y)

$Q_s(t)$: 尾駸沼、河川又は沢の交換水量(m³/y)

(五) 沢水を利用する灌漑土壌中の放射性物質の濃度

沢水を利用する灌漑土壌中の核種*i*の濃度は、次式を用いて計算する。

$$\frac{dC_{soil}^{ir}(t, i)}{dt} = \frac{C_{ir}(t, i) \cdot F_{ir} \cdot Q_{ir}}{V_{ir} \cdot (1 - \varepsilon_{ir}) \cdot \rho_{ir}} - \frac{Q p_{ir} \cdot C_{soil}^{ir}(t, i)}{V_{ir} \cdot \{\varepsilon_{ir} + (1 - \varepsilon_{ir}) \cdot \rho_{ir} \cdot K d_{ir}(i)\}} - \lambda(i) \cdot C_{soil}^{ir}(t, i) + \lambda(i) \cdot C_{soil}^{ir}(t, i + 1) \quad \dots (7)$$

$C_{soil}^{ir}(t, i)$: 灌漑土壌中の核種*i*の濃度(Bq/kg)

$C_{ir}(t, i)$: 灌漑用水中の核種*i*の濃度(Bq/m³) ; $= f u_{ir} \cdot C_{sw}(t, i)$

$f u_{ir}$: 灌漑における放射性物質を含む沢水の利用率(-)

F_{ir} : 灌漑土壌への放射性物質の残留割合(-)

Q_{ir} : 単位面積当たりの灌漑水量(m³/(m²・y))

V_{ir} : 灌漑土壌の有効体積(m³/m²)

ε_{ir} : 灌漑土壌の間隙率(-)

コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオでも考慮することに伴い記載を見直し

- ρ_{ir} : 灌漑土壌の粒子密度 (kg/m³)
 Qp_{ir} : 灌漑土壌浸透水量 (m³/(m²・y))
 $Kd_{ir}(i)$: 灌漑土壌の核種*i*の分配係数 (m³/kg)

(六) 廃棄物埋設地の土壌中の放射性物質の濃度

覆土内地下水に含まれる放射性物質が、廃棄物埋設地の土壌に残留したときの土壌中の核種*i*の濃度は、次式を用いて計算する。

$$C_{soil}^d(t, i) = C_{cw}(X_d, t, i) \cdot \left(\frac{\varepsilon_d}{(1 - \varepsilon_d) \cdot \rho_d} + Kd_d(i) \right) \cdot G_d \quad \dots (8)$$

- $C_{soil}^d(t, i)$: 廃棄物埋設地の土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)
 X_d : 核種が流入する覆土下流端から濃度算出地点までの評価上の距離 (m)
 ε_d : 廃棄物埋設地の土壌の間隙率 (-)
 ρ_d : 廃棄物埋設地の土壌の粒子密度 (kg/m³)
 $Kd_d(i)$: 廃棄物埋設地の土壌の核種*i*の分配係数 (m³/kg)
 G_d : 廃棄物埋設地の土壌の希釈係数 (-)

(b) 生活環境における被ばくに関する評価モデル

(一) 沢水の飲用による内部被ばく

沢水の飲用により内部被ばくする場合の線量は、次式を用いて計算する。

$$D_{dr}(p, t) = \sum_i \{ C_{dr}(t, i) \cdot M_{dr} \cdot f_{dr}(p) \cdot DCF_{ing}(i) \} \quad \dots (9)$$

- $D_{dr}(p, t)$: 公衆*p*の沢水の飲用による線量 (Sv/y)
 M_{dr} : 水の摂取量 (m³/y)
 $C_{dr}(t, i)$: 飲用水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³) ;
 $= f_{u_{dr}}(p) \cdot C_{sw}(t, i)$
 $f_{u_{dr}}(p)$: 公衆*p*の飲用における放射性物質を含む沢水の利用率 (-)
 $f_{dr}(p)$: 公衆*p*の飲用水の市場希釈係数 (-)
 $DCF_{ing}(i)$: 核種*i*の経口摂取による実効線量換算係数 (Sv/Bq)

(二) 尾駁沼又は河川水中の水産物の摂取による内部被ばく

放射性物質が移行する尾駁沼又は河川水中の水産物の摂取により内部被ば

コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリ
オでも考慮することに伴い記載を見直し

くする場合の線量は、次式を用いて計算する。

$$D_{aq}(p, t) = \sum_i \left(\sum_m \{ C_{sw}(t, i) \cdot CF_{aq}(i, m) \cdot M_{aq}(m) \cdot f_{aq}(p, m) \cdot DCF_{ing}(i) \} \right) \quad \dots (10)$$

$D_{aq}(p, t)$: 公衆 p の尾駁沼又は河川水中の水産物の摂取による線量 (Sv/y)

$CF_{aq}(i, m)$: 水産物 m における核種 i の濃縮係数 (m³/kg)

$M_{aq}(m)$: 水産物 m の摂取量 (kg/y)

$f_{aq}(p, m)$: 公衆 p の水産物 m の市場希釈係数 (-)

(三) 沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく

沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、次式を用いて計算する。

(ア) 灌漑農産物中の放射性物質の濃度

$$C_{ag}^{ir}(t, i) = C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot B_{ag}^{ir}(i) \quad \dots (11)$$

$C_{ag}^{ir}(t, i)$: 灌漑農産物中の核種 i の濃度 (Bq/kg)

$B_{ag}^{ir}(i)$: 灌漑農産物への核種 i の移行係数
((Bq/kg-wet 農産物) / (Bq/kg-dry 土壌))

(イ) 灌漑農産物摂取による線量

$$D_{ag}^{ir}(p, t) = \sum_i \{ C_{ag}^{ir}(t, i) \cdot M_{ag}^{ir} \cdot f_{ag}(p) \cdot DCF_{ing}(i) \} \quad \dots (12)$$

$D_{ag}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による実効線量 (Sv/y)

M_{ag}^{ir} : 灌漑農産物の摂取量 (kg/y)

$f_{ag}(p)$: 公衆 p の農産物の市場希釈係数 (-)

(四) 沢水を利用して生産される畜産物の摂取による内部被ばく

沢水を利用して生産される畜産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、次式を用いて計算する。

(ア) 畜産物中の放射性物質の濃度

$$C_{an}(n, t, i) = C_{anw}(t, i) \cdot Q_{anw}(n) \cdot Fa_{an}(n, i) \quad \dots (13)$$

$C_{an}(n, t, i)$: 畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg)

$C_{anw}(t, i)$: 家畜用水中の核種 i の濃度 (Bq/m³) ;

コメント No. 44 及び 62_沢水の利用経路を追加
コメント No. 147_沢水の利用経路を基本シナリオでも考慮することに伴い記載を見直し

$$= fu_{anw} \cdot C_{sw}(t, i)$$

fu_{anw} : 畜産における放射性物質を含む【沢水】の利用率(-)

$Q_{anw}(n)$: 家畜 n の家畜用水摂取量(m³/d)

$Fa_{an}(n, i)$: 畜産物 n への核種 i の移行係数(d/kg)

(イ) 畜産物摂取による線量

$$D_{an}(p, t) = \sum_i \left(\sum_n \{C_{an}(n, t, i) \cdot M_{an}(n) \cdot f_{an}(p, n) \cdot DCF_{ing}(i)\} \right) \dots (14)$$

$D_{an}(p, t)$: 公衆 p の【沢水】を利用して生産される畜産物の摂取による実効線量(Sv/y)

$M_{an}(n)$: 畜産物 n の摂取量(kg/y)

$f_{an}(p, n)$: 公衆 p の畜産物 n の市場希釈係数(-)

(五) 【沢水】を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく

【沢水】を利用する灌漑作業による地表面からの外部被ばく及び地表面の放射性物質を含むダストの吸入摂取による内部被ばくについては、【沢水】中の放射性物質の濃度、土壌への残留割合等から求めた土壌中の放射性物質の濃度に基づき、灌漑作業時間、空気中のダスト濃度等を用いて線量を計算する。

(ア) 外部被ばく

$$D_{farm_ext}^{ir}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot Sh_{work}(p, i) \cdot T_{farm}^{ir}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \dots (15)$$

$D_{farm_ext}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の【沢水】を利用する灌漑作業時における外部放射線に係る線量(Sv/y)

$Sh_{work}(p, i)$: 公衆 p の屋外労働作業時の核種 i の遮蔽係数(-)

$T_{farm}^{ir}(p)$: 公衆 p の灌漑作業時間(h/y)

$DCF_{ext}(i)$: 核種 i の外部放射線に係る実効線量換算係数((Sv/h)/(Bq/kg))

(イ) 内部被ばく

$$D_{farm_inh}^{ir}(p, t) \dots (16)$$

$$= \sum_i \{C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot fd_{farm}^{ir} \cdot I_{work} \cdot T_{farm}^{ir}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\}$$

$D_{farm_inh}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の「沢水」を利用する灌漑作業時における吸入摂取による実効線量(Sv/y)

fd_{farm}^{ir} : 灌漑作業時の空气中ダスト濃度(kg/m³)

I_{work} : 屋外労働作業時の呼吸率(m³/h)

$DCF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入摂取による実効線量換算係数(Sv/Bq)

(六) 廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく

廃棄物埋設地における屋外労働作業により外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量は、土壌中の放射性物質の濃度に基づき、屋外労働作業時間、空气中のダスト濃度等を用いて線量を計算する。

(ア) 屋外労働作業による外部被ばく

$$D_{work_ext}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot Sh_{work}(p, i) \cdot T_{work}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \quad \dots (17)$$

$D_{work_ext}(p, t)$: 公衆 p の屋外労働作業時の外部放射線に係る線量(Sv/y)

$C_{soil}(t, i)$: 土壌中の核種 i の濃度(Bq/kg)

$T_{work}(p)$: 公衆 p の屋外労働作業時間(h/y)

(イ) 屋外労働作業による内部被ばく

$$D_{work_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot fd_{work} \cdot I_{work} \cdot T_{work}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (18)$$

$D_{work_inh}(p, t)$: 公衆 p の屋外労働作業時の吸入摂取による線量(Sv/y)

fd_{work} : 屋外労働作業時の空气中ダスト濃度(kg/m³)

(七) 廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく

廃棄物埋設地での居住により屋外において外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量並びに居住により屋内において内部被ばくする場合の線量は、それ

それぞれの土壌中の放射性物質の濃度に基づき、屋外滞在時間、空気中のダスト濃度等を用いて線量を計算する。

(7) 居住時の屋外における被ばく

① 外部被ばく

$$D_{haboh_ext}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot Sh_{haboh}(i) \cdot T_{haboh}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \quad \dots (19)$$

$D_{haboh_ext}(p, t)$: 公衆 p の居住時の屋外活動による外部放射線に係る線量(Sv/y)

$Sh_{haboh}(i)$: 居住者の屋外における核種 i の遮蔽係数(-)

$T_{haboh}(p)$: 公衆 p の居住時の屋外における滞在時間(h/y)

② 内部被ばく

$$D_{haboh_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot fd_{haboh} \cdot I_{inh} \cdot T_{haboh}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (20)$$

$D_{haboh_inh}(p, t)$: 公衆 p の居住時の屋外活動による吸入摂取による線量(Sv/y)

fd_{haboh} : 屋外における空気中ダスト濃度(kg/m³)

I_{inh} : 居住時の呼吸率(m³/h)

(4) 居住時の屋内における内部被ばく

$$D_{habih_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot fd_{habih} \cdot I_{inh} \cdot T_{habih}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (21)$$

$D_{habih_inh}(p, t)$: 公衆 p の屋内における吸入摂取による線量(Sv/y)

fd_{habih} : 屋内における空気中ダスト濃度(kg/m³)

$T_{habih}(p)$: 公衆 p の居住時の屋内における滞在時間(h/y)

(八) 廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物の摂取による被ばく

廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物を摂取することにより内部被ばくする場合の線量は、次式を用いて計算する。

$$C_{ag}^v(t, i) = C_{soil}(t, i) \cdot B_{ag}^v(i) \quad \dots (22)$$

$$D_{ag}^v(p, t) = \sum_i \{C_{ag}^v(t, i) \cdot M_{ag}^v \cdot f_{ag}(p) \cdot DCF_{ing}(i)\} \quad \dots (23)$$

$C_{ag}^v(t, i)$: 生産される農耕農産物中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)

$B_{ag}^v(i)$: 農耕農産物への核種*i*の移行係数
((Bq/kg-wet 農産物) / (Bq/kg-dry 土壌))

$D_{ag}^v(p, t)$: 公衆*p*の生産される農耕農産物の摂取による線量
(Sv/y)

M_{ag}^v : 農耕農産物の摂取量 (kg/y)

b. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)における評価モデル

本シナリオにおける評価モデルについて、まず評価の対象となる領域における核種の移行に関する数式を示し、次に被ばく経路に対応した線量を算出するための数式を示す。

(a) 核種の移行に関する評価モデル

(一) 井戸水中の放射性物質の濃度

廃棄物埋設地から漏出する放射性物質による廃棄物埋設地における井戸水中の核種*i*の濃度は、(1)式から(4)式及び次式を用いて計算する。

$$C_w(t, i) = C_{cw}(X_w, t, i) \quad \dots (24)$$

$C_w(t, i)$: 井戸水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³)

$C_{cw}(X_w, t, i)$: 距離*X_w*、時刻*t*における覆土内地下水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³)

X_w : 核種が流入する覆土下流端から井戸までの評価上の距離 (m)

(二) 建設作業における土壌中の放射性物質濃度

地下数階を有する建物の建設作業において、放射線源となる掘削される埋設設備を含む土壌中の核種*i*の濃度は次式を用いて計算する。

$$C_d(t, i) = \frac{A_0(i)}{V_w \cdot (1 - \varepsilon_s) \cdot \rho_s} \cdot G_p \cdot \exp(-\lambda(i) \cdot t) \quad \dots (25)$$

$C_d(t, i)$: 土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)

V_w : 廃棄体の総体積 (m³)

ε_s : 土壌の間隙率 (-)

ρ_s : 土壌の粒子密度 (kg/m³)

G_p : 土壌の希釈係数 (-)

(b) 生活環境における被ばくに関する評価モデル

(一) 廃棄物埋設地における井戸水の飲用による内部被ばく

廃棄物埋設地における井戸水の飲用により内部被ばくする場合の線量は、次式を用いて計算する。

$$D_{drn}(t) = \sum_i \{C_w(t, i) \cdot M_{dr} \cdot DCF_{ing}(i)\} \quad \dots (33)$$

$D_{drn}(t)$: 井戸水飲用による線量 (Sv/y)

(二) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく

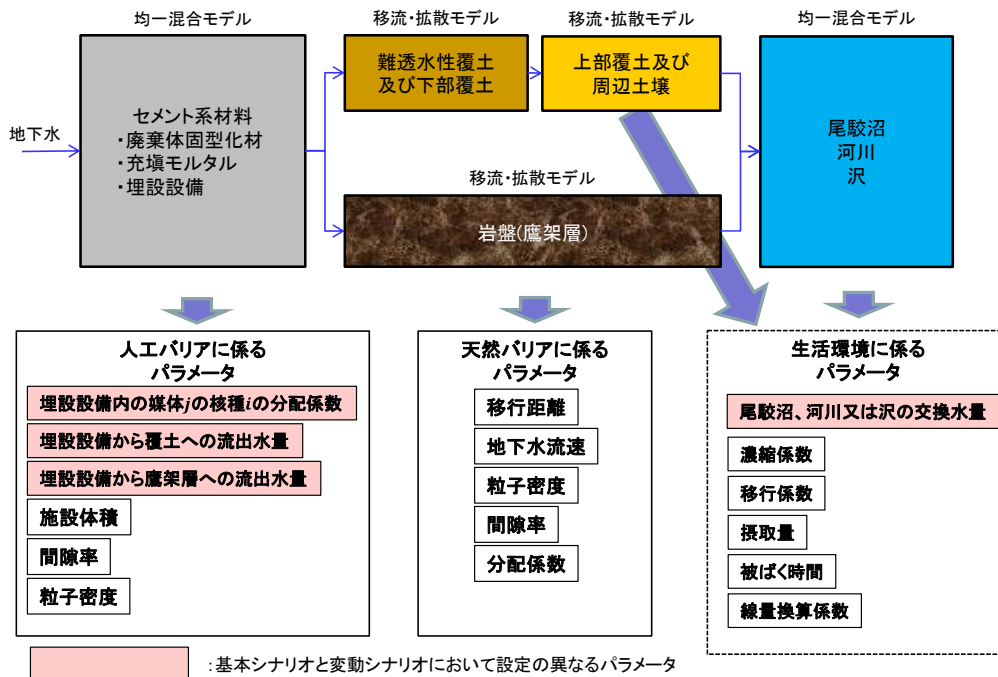
廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業により外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量は、それぞれ(17)式及び(18)式を用いて計算する。ただし、土壌中の核種*i*の濃度 $C_{soil}(t, i)$ を $C_d(t, i)$ に置き換える。

(iv) 線量評価パラメータ(詳細は補足説明資料9参照)

放射性物質の生活環境への移行挙動に関しては、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)では「(i) 状態設定」で設定した基本設定(最も可能性が高い設定)、不確かさを考慮する変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)では変動設定(最も厳しい設定)に基づいて線量評価パラメータを設定する。また、生活環境における公衆の被ばくに関しては、「(i) 状態設定 b. 生活環境の状態設定」に基づいて線量評価パラメータを設定する。

基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)及び変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)で異なる設定とする線量評価パラメータは、「埋設設備から覆土への流出水量」、「埋設設備から鷹架層への流出水量」、「埋設設備内の媒体ごとの各核種の分配係数」、「尾駁沼、河川又は沢水の交換水量」及び「廃棄物埋設地の土壌の希釈係数」とする。また、これら以外の各線量評価パラメータにも、様々な不確かさがあると考えられるが、最も可能性が高いと考えられるパラメータの設定が困難なもの、不確かさを踏まえても線量影響が小さいと考えられるものは、各評価シナリオで共通の値とし、適切な保守性を加味した設定とする。

線量評価モデルと主な線量評価パラメータの関係を第4図に示す。



第4図 地下水による移行を評価する線量評価モデルと主な線量評価パラメータの関係

コメント No. 59、131、147_パラメータの見直し等を踏まえた評価結果を記載
コメント No. 106_一部のバリア機能の喪失を考慮した評価結果を記載
コメント No. 109_化学物質を考慮した評価結果を記載

(v) 線量評価結果(詳細は補足説明資料 10 参照)

廃棄物埋設施設については、以下に示すとおり、廃止措置の開始以後(覆土完了から 300 年以後)における埋設した廃棄体に起因して発生すると想定される放射性物質の環境への影響が基準を満たす設計となっており、覆土完了以後 300 年で、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行できる見通しである。

a. 基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)

廃止措置の開始以後の評価における基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)の線量の計算結果を第 25 表に示す。評価対象個人の最大線量は約 $4.6 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{年}$ (3 号)、約 $9.6 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{年}$ (1 号)、約 $9.0 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{年}$ (2 号)である。したがって、基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ)の評価結果は、「許可基準規則解釈」に示されている線量の $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下になる可能性が十分にある。

また、各廃棄物埋設地の寄与を考慮しても最大線量は約 $2.4 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{年}$ であり、十分に小さい線量である。

b. 変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)

廃止措置の開始以後の評価における変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)の線量の計算結果を第 26 表に示す。評価対象個人の最大線量は約 $2.1 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{年}$ (3 号)、約 $1.6 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{年}$ (1 号)、約 $2.4 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{年}$ (2 号)である。したがって、変動シナリオ(最も厳しいシナリオ)の評価結果は、「許可基準規則解釈」に示されている線量の $300 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下である。

バリア機能の一部が喪失した場合の評価をしているが、このような状態においても線量は十分に小さく、各バリアが有する機能については、その機能を構成する特性の一つに過度に依存はしていない。

なお、例として 3 号の評価結果は、人工バリアの収着性機能が喪失した場合が約 25 倍、天然バリアの収着性機能が喪失した場合が約 7.7 倍、難透水性覆土の低透水性機能が喪失した場合が約 4.9 倍である。

また、各廃棄物埋設地の寄与を考慮しても最大線量は約 $6.4 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{年}$ であり、十分に小さい線量である。

c. 基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)

廃止措置の開始以後の評価における基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ)の線量の計算結果を第 27 表に示す。

廃棄物埋設地における井戸水の飲用による被ばくの線量は約 1.9×10^{-3} mSv/年 (3号)、約 8.4×10^{-3} mSv/年 (1号)、約 2.5×10^{-3} mSv/年 (2号)、廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による被ばくの線量は約 2.5×10^{-3} mSv/年 (3号)、約 5.9×10^{-3} mSv/年 (1号)、約 5.8×10^{-3} mSv/年 (2号)である。この値は、「許可基準規則解釈」に示されている線量の 1mSv/年以下である。

第 25 表 廃止措置開始以後における評価の計算結果

(基本シナリオ(最も可能性が高いシナリオ))

評価対象者	線量 ($\mu\text{Sv}/\text{年}$)			各廃棄物埋設地の寄与を考慮した最大線量*1
	3号	1号	2号	
(a) 漁業従事者	約 4.6×10^{-1}	約 9.6×10^{-1}	約 9.0×10^{-1}	約 2.4×10^0
(b) 農業従事者(米)	約 1.5×10^{-1}	約 5.2×10^{-1}	約 2.7×10^{-1}	
(c) 農業従事者(米以外)	約 9.5×10^{-2}	約 3.3×10^{-1}	約 1.7×10^{-1}	
(d) 畜産業従事者	約 1.2×10^{-1}	約 3.0×10^{-1}	約 2.2×10^{-1}	
(e) 建設業従事者	約 8.0×10^{-2}	約 1.9×10^{-1}	約 1.6×10^{-1}	
(f) 居住者	約 8.0×10^{-2}	約 1.9×10^{-1}	約 1.6×10^{-1}	

*1 廃棄物埋設地の利用による被ばくは重畳しないため、各廃棄物埋設地の寄与を考慮した最大線量は、覆土完了以後の最も線量の大きい廃棄物埋設地の利用による線量に、全施設の重畳の可能性のある水利用による被ばく経路の線量を足し合わせている。

第 26 表 廃止措置開始以後における評価の計算結果

(変動シナリオ(最も厳しいシナリオ))

評価対象者	線量 ($\mu\text{Sv}/\text{年}$)			各廃棄物埋設地の寄与を考慮した最大線量*1
	3号	1号	2号	
(a) 漁業従事者	約 2.1×10^0	約 1.6×10^0	約 2.4×10^0	約 6.4×10^0
(b) 農業従事者(米)	約 1.2×10^0	約 5.7×10^{-1}	約 2.1×10^0	
(c) 農業従事者(米以外)	約 1.2×10^0	約 5.8×10^{-1}	約 2.0×10^0	
(d) 畜産業従事者	約 5.5×10^{-1}	約 4.2×10^{-1}	約 6.1×10^{-1}	
(e) 建設業従事者	約 6.6×10^{-1}	約 3.8×10^{-1}	約 7.4×10^{-1}	
(f) 居住者	約 7.0×10^{-1}	約 4.0×10^{-1}	約 8.0×10^{-1}	

*1 廃棄物埋設地の利用による被ばくは重畳しないため、各廃棄物埋設地の寄与を考慮した最大線量は、覆土完了以後の最も線量の大きい廃棄物埋設地の利用による線量に、全施設の重畳の可能性のある水利用による被ばく経路の線量を足し合わせている。

第 27 表 廃止措置開始以後における評価の計算結果

(基本・変動以外のシナリオ(人為事象シナリオ))

評価対象者 (被ばく経路)	線量 (mSv/年)		
	3 号	1 号	2 号
(a) 廃棄物埋設地における井戸水の飲用による内部被ばく	約 1.9×10^{-3}	約 8.4×10^{-3}	約 2.5×10^{-3}
(b) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく	約 2.5×10^{-3}	約 5.9×10^{-3}	約 5.8×10^{-3}

参考文献

- (1) International Commission on Radiological Protection(2006): Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, ICRP Publication 101
- (2) 土木学会(2008): 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方、社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会、2008. 6、372p
- (3) 高橋雅紀(2004): 日本列島の E-W 短縮テクトニクスの原因とその開始時期、日本地震学会 2004 年秋季大会講演予稿集、B048
- (4) 吉田武義、中島淳一、長谷川昭、佐藤比呂志、長橋良隆、木村純一、田中明子、Prima, O. D. A.、大口健志(2005): 後期新生代、東北本州弧における火成活動史と地殻・マントル構造、第四紀研究、pp. 195-216
- (5) 産業技術総合研究所(2012): 地質・気候関連事象の時間スケールに対する不確実性の検討、独立行政法人産業技術総合研究所 深部地質環境研究コア、116p
- (6) 小池一之、町田洋編(2001): 日本の海成段丘アトラス、東京大学出版会
- (7) EPICA community members(2004): Eight glacial cycles from an Antarctic ice core, NATURE, 429
- (8) IPCC(2007): Climate Change 2007: SYNTHESIS REPORT, A Report of the Intergovernmental Panel Climate Change
- (9) Abe.et.al.(2016): Isolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume, Nature, vol.500, p.190-194
- (10) ANDRA(2005): Phenomenological evolution of a geological repository
- (11) Yamanaka, M., Ishikawa, S. and Sugawara, K. (1990): PALYNOLOGICAL STUDIES OF QUATERNARY SEDIMENTS, IN NORTHEAST JAPAN, VII. SHIRIYA-ZAKI MOOR IN SHIMOKITA PENINSULA, ECOLOGICAL REVIEW, 22, 1
- (12) 松末和之、藤原治・末吉哲雄(2000): 日本列島における最終氷期最寒冷期の気候、サイクル機構技報、vol.6
- (13) Nakagawa, T., Tarasova, P.E., Nishida, K., Gotanda, K. and Yasuda, Y. (2002): Quantitative pollen-based climate reconstruction in central Japan:

- application to surface and Late Quaternary spectra
- (14) Rohde, Rober A. (2005) : Global Warming Art Project,
[http://www.globalwarmingart.com/wiki/file: Ice_Age_Temperature_Rev_png](http://www.globalwarmingart.com/wiki/file:Ice_Age_Temperature_Rev_png)
 - (15) 登坂博行(2006) : 地圏の水環境科学, 東京大学出版会
 - (16) L.Labeyrie, J.Cole, K.Alverson and T.Stocker(2003): The History of Climate Dynamics in the Late Quaternary, Paleoclimate, Global Change and the Future, p. 33-71.
 - (17) C.W.Thornthwaite(1948): An Approach toward a Rational Classification of Climate , Geographical Review Vol. 38, No. 1 (Jan., 1948), pp. 55-94
 - (18) 亀井翼(2013):モグラによる遺物の埋没と埋没後擾乱-茨城県稲敷郡美浦村陸平貝塚を対象として-, 第四紀研究、Vol.52、No.1、pp.1-12
 - (19) International Commission on Radiological Protection(1998): Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 81
 - (20) 一般社団法人 日本原子力学会(2013) : 日本原子力学会標準 浅地中ピット処分の安全評価手法 : 2012
 - (21) 社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2009) : 余裕深度処分における地下施設の設計, 品質管理および検査の考え方
 - (22) 社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008) : 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方
 - (23) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会(平成15年) : 廃棄物安全小委員会報告書-高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて-
 - (24) International Atomic Energy Agency(2004): Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Results of a co-ordinated research project
 - (25) 一般社団法人 日本機械学会(2014) : 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格
 - (26) 日本建築学会(2013):原子力施設鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説、pp. 76

～77

- (27) 横山信吾、佐藤努、大谷祐介、高山英樹、中村邦彦、田中幸久、廣永道彦(平成19年)：低レベル放射性廃棄物処分施設における人工バリアの耐久性評価、-アルカリ環境下でのベントナイト系材料中のモンモリロナイト溶解に関する研究-、電力中央研究所研究報告、N07006
- (28) 土木学会(2012)：コンクリート標準示方書[設計編]、pp. 91-98
- (29) 前田宗宏、棚井憲治、伊藤勝、三原守弘、田中益弘(1998)：カルシウム型化及びカルシウム型ベントナイトの基本特性－膨潤圧、透水係数、一軸圧縮強度及び弾性係数－、PNC TN8410 98-021
- (30) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構(平成17年)：TRU 廃棄物処分技術検討書－第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－
- (31) 金子昌章、三浦律彦、藤原愛、山本正史(平成16年)：還元性環境での金属腐食に起因するガス発生量評価、原環センター技術報告書、RWMC-TRJ-03001
- (32) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構(2005)：TRU 廃棄物処分技術検討書－第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－根拠資料集 分冊3 FEP
- (33) 北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社、日本原子力発電株式会社(2016)：充填固化体の標準的な製作方法
- (34) 廣永道彦、馬原保典(平成10年)：セメント中でのアルミニウムおよび鉄の腐食による水素ガス発生挙動、電力中央研究所報告、U97109
- (35) 藤原和俊、谷純一、田中幸久、渡辺恵司(2017)：処分環境条件を考慮したアルミニウムの腐食挙動の検討(その2)－湿潤保管および乾燥保管の影響－、電力中央研究所報告、Q16005
- (36) 田中幸久、廣永道彦(平成26年)：飽和したCa型ベントナイト混合土のガス移行特性評価、電力中央研究所報告、N13011
- (37) Randolph C. ARTHUR, Hiroshi SASAMOTO, Chie ODA, Akira HONDA, Masahiro SHIBATA, Yashusi YOSHIDA and Mikazu YUI(2005)：Development of Thermodynamic Databases for Hyperalkaline, Argillaceous Systems, JNC TN8400 2005-010
- (38) Atkins M., Glasser F., Kindness A., Bennett D., Dawes A. and Read D. (1991)：

A Thermodynamic Model for Blended Cements, DOE/HMIP/RR/92/005

- (39) MARTIN A. GLAUS AND LUC R. VAN LOON(2008): Degradation of Cellulose under Alkaline Conditions: New Insights from a 12 Years Degradation Study, Environ. Sci. Technol. 42, 2906-2911