

2020 年 5 月 13 日

日本原燃株式会社

前回(2020 年 5 月 8 日)までのヒアリングコメントへの回答

(第十条 廃棄物埋設地)

前回までのヒアリングで「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
第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号」及び「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 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号」に関して頂いたコメント
について以下に回答する。

【凡例】

「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(2020 年 5 月 8 日提出版
(第十条))」に対し、追記又は削除した部分は、以下のとおり表示を実施。

2020 年 5 月 13 日のコメント回答：赤字にて追記又は見え消し

「廃棄物埋設事業変更許可申請書」の記載部分について、以下のとおりマーキング表
示を実施。

本文記載・・・「黄色」

本文・添付書類ともに記載・・・「黄色」

添付書類記載・・・「水色」

本文・添付書類の記載変更箇所・・・「下線」

【第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号】

(コメント)

- ・ P60 「(2) 確認結果」の青ハッチング部分（漏出低減機能の確認に係る線量評価結果）について、申請書まとめ資料本文に $50 \mu\text{Sv/y}$ を下回る旨を記載し、添付書類に具体的な線量評価結果を記載すること（[参考]ではなく、例えば、まとめ資料本文4. (4)に記載する等）。

(回答箇所)

【3号廃棄物埋設施設】

- ・ まとめ資料本文 P. 16 「4. (4) e. 放射性物質の漏出を低減する機能を有すること」
- ・ まとめ資料本文 P. 56～ P. 57 「[参考](3) 許可基準規則第十条第一号(許可基準規則解釈第10条第4項)」

【P. 16】

4. 許可基準規則への適合のための設計方針

(4) その他の設計

e. 放射性物質の漏出を低減する機能を有すること

(i) 設計方針

「廃棄物埋設地の外への放射線物質の漏出を低減する」について、覆土完了から廃止措置の開始までの間、公衆の受ける線量が法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考えの下、合理的に達成できる限り十分低くなるよう、**実効線量で $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。**

(ii) 評価結果

埋設設備の覆土完了から廃止措置の開始までの間にあつては、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行に伴う公衆の受ける被ばく線量について評価を行った結果、約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ となった。また、この線量に廃棄物埋設施設からの環境への放射性物質の放出による線量約 $1.7 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/y}$ を合計しても約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ であり、公衆が受ける実効線量が $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となった。

なお、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量は覆土により覆土前よりも大幅に減少し、無視できるレベルとなっているため考慮しな

い。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの詳細な評価結果は、「[参考] (3) 許可基準規則第十条第一号(許可基準規則解釈第10条第4項)」に示す。線量評価に関するパラメータについては、「許可基準規則第十条第四号」にて説明する。

【P. 56～P. 57】

[参考] 許可基準規則への適合性説明

(3) 許可基準規則第十条第一号(許可基準規則解釈第10条第4項)

廃棄物埋設地が、覆土完了から廃止措置の開始までの間、廃棄物埋設地の外への放射線物質の漏出を低減する機能を有するものであることを以下のとおり確認する。

(i) 確認方法

「廃棄物埋設地の外への放射線物質の漏出を低減する」について、公衆の受ける線量が法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable(ALARA)の考えの下、合理的に達成できる限り十分低くなるよう、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下であることによって確認する。

(ii) 確認結果

埋設設備の覆土完了から廃止措置の開始までの間にあっては、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行に伴う公衆の受ける被ばく線量について評価を行った結果、約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ となった。また、この線量に廃棄物埋設施設からの環境への放射性物質の放出による線量約 $1.7\times 10^{-2}\mu\text{Sv/y}$ を合計しても約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ であり、公衆が受ける実効線量が $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となった。なお、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量は覆土により覆土前よりも大幅に減少し、無視できるレベルとなっているため考慮しない。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの評価の詳細を第11表に示す。線量評価に関するパラメータについては、「許可基準規則第十条第四号」にて説明する。

以上より、廃棄物埋設地は、覆土完了から廃止措置の開始までの間、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下であることから、廃棄物埋設地の外への放射線物質の漏出を低減する機能を有する設計である。

第 11 表 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの
期間において最大となる公衆の受ける被ばく線量の評価結果

事象	3号評価結果 ($\mu\text{Sv/y}$)		1号評価結果 ($\mu\text{Sv/y}$)		2号評価結果 ($\mu\text{Sv/y}$)		評価結果の重畳 ($\mu\text{Sv/y}$)	
	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後
気体廃棄物が大気への管理放出され、放射性物質が大気へ放出されることによる内部被ばく	約 3.5×10^{-6} 、支配核種：H-3 (管理放出のため、線量の最も大きくなる1号廃棄物埋設施設にて線量を代表)						約 3.5×10^{-6}	
液体廃棄物が尾駱沼又は河川へ管理放出され、その水産物を摂取することによる内部被ばく	約 1.7×10^{-2} 、支配核種：Co-60 (管理放出のため、線量の最も大きくなる1号廃棄物埋設施設にて線量を代表)						約 1.7×10^{-2}	
廃棄物埋設地から放射性物質が地下水によって尾駱沼又は河川へ漏出し、その水産物を摂取することによる内部被ばく	—	約 0.59	—	約 1.9	—	約 1.3	—	約 3.8
管理建屋内の一時貯蔵の廃棄体および定置済み廃棄体からのスカイシャイン線による外部被ばく	—	—	—	—	—	—	約 26 ^{*1}	—
合計 ^{*2}	約 1.7×10^{-2}	約 0.60	約 1.7×10^{-2}	約 1.9	約 1.7×10^{-2}	約 1.4	約 26	約 3.8

*1：各廃棄物埋設施設からの方位及び距離を考慮し、重畳させたもの

*2：線量合計値に関しては、最大線量時期を考慮せず、単純に合計したもの

【第十条 廃棄物埋設地のうち第四号】

(コメント)

- ・ 6ページ、「淡水化に伴う資源量(漁獲量)の減少により～被ばく線量が小さくなる傾向となる」との記載があるが、今回の線量評価上の摂取量の扱いと線量が小さくなることの根拠を整理して追記すること。あわせて、汽水性の沼の濃縮係数のパラメータ設定の考え方について、整理して追記すること。

(回答箇所)

- ・ 補足説明資料 9 P. 補 9-25～ P. 補 9-26 「水産物 m における核種 i の濃縮係数(魚類)」
- ・ 補足説明資料 9 P. 補 9-27～ P. 補 9-28 「水産物 m における核種 i の濃縮係数(無脊椎動物)」
- ・ 補足説明資料 9 P. 補 9-65 「公衆 p の水産物 m の市場希釈係数」

パラメータ	名 称						単 位																
	水産物 <i>m</i> における核種 <i>i</i> の濃縮係数(魚類)						[m ³ /kg]																
シナリオ区分	<input checked="" type="checkbox"/> 共通		<input type="checkbox"/> 確からしい自然事象		<input type="checkbox"/> 厳しい自然事象		<input type="checkbox"/> 人為事象																
設定値	元素	設定値	淡水魚		海水魚		既申請値																
			設定値	根拠資料	設定値	根拠資料																	
	H	1.0×10 ⁻³	1.0×10 ⁻³	文献(2)	1.0×10 ⁻³	文献(3)	1.0×10 ⁻³																
	C	8.4×10 ⁰	8.4×10 ⁰	現地値 測定値	2.0×10 ¹	文献(3)	4.6×10 ⁰																
	Cl	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰	文献(2)	6.0×10 ⁻⁵	文献(3)	-																
	Co	1.0×10 ⁰	4.0×10 ⁻¹	文献(7)	1.0×10 ⁰	文献(1)	3.0×10 ⁻¹																
	Ni	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁻¹	文献(1)	1.0×10 ⁰	文献(1)	5.0×10 ⁻¹																
	Sr	1.9×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻¹	文献(7)	2.0×10 ⁻³	文献(1)	6.0×10 ⁻²																
	Nb	3.0×10 ⁻¹	3.0×10 ⁻¹	文献(1)	3.0×10 ⁻²	文献(1)	3.0×10 ⁻¹																
	Tc	3.0×10 ⁻²	2.0×10 ⁻²	文献(1)	3.0×10 ⁻²	文献(1)	2.0×10 ⁻²																
	I	6.5×10 ⁻¹	6.5×10 ⁻¹	文献(7)	1.0×10 ⁻²	文献(1)	4.0×10 ⁻²																
	Cs	1.0×10 ¹	1.0×10 ¹	文献(1)	1.0×10 ⁻¹	文献(1)	2.0×10 ⁰																
	全 α	Pb	3.7×10 ⁻¹	3.7×10 ⁻¹	文献(7)	2.0×10 ⁻¹	文献(1)	-															
		Po	2.0×10 ⁰	5.0×10 ⁻²	文献(1)	2.0×10 ⁰	文献(1)	-															
		Ra	5.0×10 ⁻¹	2.1×10 ⁻¹	文献(7)	5.0×10 ⁻¹	文献(1)	-															
		Ac	5.0×10 ⁻²	1.5×10 ⁻²	文献(1)	5.0×10 ⁻²	文献(1)	-															
		Th	6.0×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻¹	文献(7)	6.0×10 ⁻¹	文献(1)	-															
		Pa	5.0×10 ⁻²	1.0×10 ⁻²	文献(1)	5.0×10 ⁻²	文献(1)	-															
		U	1.0×10 ⁻²	1.0×10 ⁻²	文献(1)	1.0×10 ⁻³	文献(1)	-															
		Np	3.0×10 ⁻²	3.0×10 ⁻²	文献(1)	1.0×10 ⁻²	文献(1)	-															
Pu		4.0×10 ⁻²	3.0×10 ⁻²	文献(1)	4.0×10 ⁻²	文献(1)	-																
Am	2.4×10 ⁻¹	2.4×10 ⁻¹	文献(7)	5.0×10 ⁻²	文献(1)	3.0×10 ⁻²																	
設定根拠	<ul style="list-style-type: none"> 淡水魚及び海水魚の濃縮係数は、文献(1)～(6)の順で数値を引用した。ただし、これらの文献よりも新しい文献である文献(7)に、より大きい数値が示されている核種については、その数値を引用した。 Cの淡水魚については、水産物摂取に伴う被ばく経路における線量支配核種であることを考慮し、より実態に近い値を設定するため、尾駱沼における代表的な水産物であるワカサギの濃縮係数を調査結果より算出した。文献値ではなく尾駱沼における現地測定値を用いた。 Puの文献(7)の数値は、他の文献と比較し、1,000倍以上も大きいためデータの信頼性から考慮しないこととした。 淡水魚、海水魚のそれぞれのデータセットのうち、大きい方の値を設定値とした。ただし、Cについては、現地値を採用した。淡水魚の値を設定値とした。 水産物の濃縮係数は固有の数値であるため、各シナリオで共通の数値とした。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>文献 No</th> <th>優先順位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>文献(1)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>文献(2)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>文献(3)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>文献(4)</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>文献(5)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>文献(6)</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>文献(7)</td> <td>文献(1)～(6)より大きい場合採用</td> </tr> </tbody> </table>							文献 No	優先順位	文献(1)	1	文献(2)	2	文献(3)	3	文献(4)	4	文献(5)	5	文献(6)	6	文献(7)	文献(1)～(6)より大きい場合採用
文献 No	優先順位																						
文献(1)	1																						
文献(2)	2																						
文献(3)	3																						
文献(4)	4																						
文献(5)	5																						
文献(6)	6																						
文献(7)	文献(1)～(6)より大きい場合採用																						

備考	
文献	<p>(1) International Atomic Energy Agency(2001) : Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No.19</p> <p>(2) International Atomic Energy Agency(2005) : Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Reports Series No.44</p> <p>(3) International Atomic Energy Agency(2004) : Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, Technical Reports Series No.422</p> <p>(4) International Atomic Energy Agency(1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, TECHNICAL REPORTS SERIES No.364</p> <p>(5) International Atomic Energy Agency(1982) : Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides form Routine Releases, Exposures of Critical Groups, IAEA Safety Series No.57</p> <p>(6) International Atomic Energy Agency (1985) : Sediment Kds and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment, IAEA Technical Reports Series No.247</p> <p>(7) International Atomic Energy Agency(2010) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, Technical Reports Series No.472</p>

【補足説明資料 9 P. 補 9-27～ P. 補 9-28】

パラメータ	名 称						単 位																		
	水産物 <i>m</i> における核種 <i>i</i> の濃縮係数(無脊椎動物)						[m ³ /kg]																		
シナリオ区分	<input checked="" type="checkbox"/> 共通		<input type="checkbox"/> 確からしい自然事象		<input type="checkbox"/> 厳しい自然事象		<input type="checkbox"/> 人為事象																		
設定値	元素	設定値	淡水貝		海水無脊椎動物		既申請値																		
			設定値	根拠資料	設定値	根拠資料																			
	H	1.0×10 ⁻³	9.0×10 ⁻⁴	文献(7)	1.0×10 ⁻³	文献(3)	1.0×10 ⁻³																		
	C	9.1×10 ⁰	9.1×10 ⁰	文献(7)	2.0×10 ¹	文献(3)	9.1×10 ⁰																		
	Cl	1.6×10 ⁻¹	1.6×10 ⁻¹	文献(7)	6.0×10 ⁻⁵	文献(3)	-																		
	Co	1.0×10 ¹	1.0×10 ¹	文献(5)	5.0×10 ⁰	文献(1)	1.0×10 ¹																		
	Ni	2.0×10 ⁰	1.0×10 ⁻¹	文献(5)	2.0×10 ⁰	文献(1)	1.0×10 ⁻¹																		
	Sr	3.0×10 ⁻¹	3.0×10 ⁻¹	文献(5)	2.0×10 ⁻³	文献(1)	3.0×10 ⁻¹																		
	Nb	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁻¹	文献(5)	1.0×10 ⁰	文献(1)	1.0×10 ⁰																		
	Tc	1.0×10 ⁰	2.6×10 ⁻²	文献(8)	1.0×10 ⁰	文献(1)	1.0×10 ⁰																		
	I	4.0×10 ⁻¹	4.0×10 ⁻¹	文献(5)	1.0×10 ⁻²	文献(1)	4.0×10 ⁻¹																		
	Cs	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰	文献(5)	3.0×10 ⁻²	文献(1)	1.0×10 ⁰																		
	全 α	Pb	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁻¹	文献(5)	1.0×10 ⁰	文献(1)	-																	
		Po	5.0×10 ¹	2.0×10 ¹	文献(5)	5.0×10 ¹	文献(1)	-																	
		Ra	1.0×10 ⁰	3.0×10 ⁻¹	文献(5)	1.0×10 ⁰	文献(1)	-																	
		Ac	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰	文献(7)	1.0×10 ⁰	文献(1)	-																	
		Th	2.9×10 ⁰	2.9×10 ⁰	文献(8)	1.0×10 ⁰	文献(1)	-																	
		Pa	5.0×10 ⁻¹	1.0×10 ⁻¹	文献(5)	5.0×10 ⁻¹	文献(1)	-																	
		U	1.7×10 ⁻¹	1.7×10 ⁻¹	文献(8)	3.0×10 ⁻²	文献(1)	-																	
		Np	9.5×10 ⁰	9.5×10 ⁰	文献(8)	4.0×10 ⁻¹	文献(1)	-																	
Pu	3.0×10 ⁰	1.0×10 ⁻¹	文献(5)	3.0×10 ⁰	文献(1)	-																			
Am	2.0×10 ¹	2.4×10 ⁰	文献(8)	2.0×10 ¹	文献(1)	2.0×10 ⁰																			
設定根拠	<ul style="list-style-type: none"> 淡水貝及び海水無脊椎動物の濃縮係数は、文献(1)～(7)の順で数値を引用した。ただし、これらの文献よりも新しい文献である文献(8)に、より大きい数値が示されている核種については、その数値を引用した。 Pu の文献(8)の数値は、他の文献と比較し過度に大きいため、データの信頼性から考慮しないこととした。 淡水貝、海水無脊椎動物のそれぞれのデータセットのうち、大きい方の数値を使用した。ただし、C については、尾駿沼において漁獲される主な貝類がしじみであることから、淡水貝の数値を設定値とした。 水産物の濃縮係数は固有の数値であるため、各シナリオで共通の数値とした。 																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>文献 No</th> <th>優先順位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>文献(1)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>文献(2)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>文献(3)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>文献(4)</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>文献(5)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>文献(6)</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>文献(7)</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>文献(8)</td> <td>文献(1)～(7)より大きい場合採用</td> </tr> </tbody> </table>							文献 No	優先順位	文献(1)	1	文献(2)	2	文献(3)	3	文献(4)	4	文献(5)	5	文献(6)	6	文献(7)	7	文献(8)	文献(1)～(7)より大きい場合採用
	文献 No	優先順位																							
	文献(1)	1																							
	文献(2)	2																							
	文献(3)	3																							
	文献(4)	4																							
	文献(5)	5																							
	文献(6)	6																							
	文献(7)	7																							
文献(8)	文献(1)～(7)より大きい場合採用																								

備考	
文献	<p>(1) International Atomic Energy Agency(2001) :Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No.19</p> <p>(2) International Atomic Energy Agency(2005) : Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Reports Series No.44</p> <p>(3) International Atomic Energy Agency(2004) : Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, Technical Reports Series No.422</p> <p>(4) International Atomic Energy Agency(1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, TECHNICAL REPORTS SERIES No.364</p> <p>(5) International Atomic Energy Agency(1982) : Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides form Routine Releases, Exposures of Critical Groups, IAEA Safety Series No.57</p> <p>(6) International Atomic Energy Agency (1985) : Sediment Kds and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment, IAEA Technical Reports Series No.247</p> <p>(7) Stanley E. Thompson, C. Ann Burton, Dorothy J. Quinn, Yook C. Ng(1972) : CONCENTRATION FACTORS OF CHEMICAL ELEMENTS IN EDIBLE AQUATIC ORGANISMS, UCRL-50564 Rev.1</p> <p>(8) International Atomic Energy Agency(2010) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, Technical Reports Series No.472</p>

【補足説明資料 9 P. 補 9-65】

パラメータ	名 称			単 位												
	公衆 p の水産物 m の市場希釈係数			[-]												
シナリオ区分	<input checked="" type="checkbox"/> 共通	<input type="checkbox"/> 確からしい自然事象	<input type="checkbox"/> 厳しい自然事象	<input type="checkbox"/> 人為事象												
設定値	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>評価対象個人</th> <th>設定値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>漁業従事者</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>農業従事者</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>畜産業従事者</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>建設業従事者</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>居住者</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>(設定値は 1 号、2 号及び 3 号廃棄物埋設施設で共通の値とした。)</p>				評価対象個人	設定値	漁業従事者	1	農業従事者	0.1	畜産業従事者	0.1	建設業従事者	0.1	居住者	0.1
評価対象個人	設定値															
漁業従事者	1															
農業従事者	0.1															
畜産業従事者	0.1															
建設業従事者	0.1															
居住者	0.1															
設定根拠	<ul style="list-style-type: none"> 経口摂取による被ばく線量を算出する際に使われる係数で、水産物の摂取量のうち、放射性物質で汚染された水産物の摂取量の割合を示す。 漁業従事者については、漁獲した水産物については自家消費するとし、市場希釈係数は 1 とした。 漁業従事者以外の市場希釈係数は、0.1 とした。詳細は次のとおりである。 平成 10 年の尾駈沼の淡水魚介類の漁獲量(10,408kg)を六ヶ所村のみ(平成 22 年の六ヶ所村の人口 11,095 人⁽¹⁾)で摂取した場合、一人当たりの淡水魚介類の摂取量は、$10,408(\text{kg}/\text{y}) \div 11,095(\text{人}) \doteq 0.9(\text{kg}/(\text{y} \cdot \text{人}))$となる。 ここで、既申請値での六ヶ所村の淡水魚介類の摂取量は、$10.3\text{kg}/(\text{y} \cdot \text{人})$であることから、$0.9\text{kg}$ 以外は、六ヶ所村外からのものを摂取することとなる。 市場希釈係数は、$0.9(\text{kg}/(\text{y} \cdot \text{人})) \div 10.3(\text{kg}/(\text{y} \cdot \text{人})) \doteq 8.8 \times 10^{-2}(-)$となり、保守側に 0.1 と設定した。実際には尾駈沼で捕獲された淡水魚介類は、六ヶ所村外に出荷されるものもあることから保守側な値と考えられる。 水産物の市場希釈係数は、生活様式に関するパラメータであるため、各シナリオで共通の数値とした。 <p style="color: red;"><尾駈沼が河川化することを想定した場合></p> <p style="color: red;">尾駈沼が河川化した場合の尾駈沼の魚介類の漁獲量を、現在尾駈沼に生息する魚類のうち、食用となり小型河川での生息が一般的なあめます(いわな)を対象に、予測を行った。漁獲量と自然増加量から最大持続生産量を算出した結果、漁獲可能量は $49\text{kg}/\text{y}$ であり、前述の漁獲量(10,408kg)を大きく下回る予測となった。</p> <p style="color: red;">なお、本評価においては、この資源量(漁獲量)の長期的な減少については評価に含まないこととしている。</p>															
備考	<ul style="list-style-type: none"> 既申請書では、“最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人”を設定せず、1 と設定していたが、評価対象者に応じて適切に設定した。 															
文献	(1) 六ヶ所村(平成 27 年)：平成 26 年版 六ヶ所村統計書															

(コメント)

- ・ 10ページ～17ページの金属腐食について、1号におけるガス発生、腐食速度、腐食生成物は金属量が多い3号の評価を代表とする説明であるが、塩による影響を考慮しても3号で代表できる根拠を追記すること。

(回答箇所)

- ・ **【3号、1号及び2号廃棄物埋設施設】**

まとめ資料本文 P.42 「4.(2)(i)c.(b)(三)(イ) ガス発生」

- ・ 補足説明資料3 添付資料1

P.補3添1-2～ P.補3添1-3 「1.(1) ガス発生速度、ガス発生量及びガス移行メカニズムに関する既往知見の整理」

【まとめ資料本文 P42 (3号廃棄物埋設施設)】

(イ) ガス発生 (詳細は補足説明資料3 添付資料1 参照)

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ガス圧・間隙水圧の上昇又はガスの移行により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が考えられる。

埋設設備内におけるガスの発生源は、廃棄体中に含まれる金属又は有機物、廃棄体の容器及び埋設設備内の鉄筋であり、ガス発生量の大半を占めるガス発生物質は、埋設設備内に存在する金属である。

~~廃棄物埋設地のうち、埋設設備内に存在する金属量が最も多い3号埋設設備におけるガス発生による影響評価を行うことにより、それぞれの廃棄物埋設地におけるガス発生による影響評価を代表させる。~~

単位時間当たりのガス発生量が最も大きくなるのは、金属類廃棄体⁽³³⁾であり、既往知見⁽³⁴⁾によると、~~3号~~埋設設備1基から1年間に発生する標準状態(0℃、1atm)のガス発生量は、最大で1,000m³と推定され、時間の経過とともに減少すると考えられる。

ベントナイト系材料中のガス移行メカニズムに関する藤山ら⁽³⁵⁾の調査結果によれば、難透水性覆土の内側に蓄積したガスは、気液2相流、卓越流路の形成を伴うハイドロリックフラクチャリングのいずれか、又はこれらの両方が共存するガス移行メカニズムに従い、飽和した難透水性覆土中

を移行し、破過に至ると考えられ、廃棄物埋設地においてもこれらのガス移行メカニズムが共存する状態であると考えられる。

田中ら⁽³⁶⁾が実施したベントナイト混合土のガス透気試験では、廃棄物埋設地で想定される上記のガス移行メカニズムによりガス破過が生じていると考えられ、ガス破過前後の透水係数に変化は見られなかったことから、難透水性覆土の透水係数の変化は生じないと考えられる。

また、下部覆土については、難透水性覆土の外側にあり、施工時点において確保する透水係数が難透水性覆土よりも2桁程度大きいため、難透水性覆土に比べて容易に水及びガスが移行すると考えられる。このため、下部覆土の低透水性に対するガス破過の影響は、難透水性覆土に対するその影響に包含されるものとする。

以上より、ガス発生による難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、ガス発生は影響事象として考慮しない。

【まとめ資料本文 P42（1号廃棄物埋設施設）】

(イ) ガス発生（詳細は補足説明資料3 添付資料1 参照）

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ガス圧・間隙水圧の上昇又はガスの移行により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が考えられる。

埋設設備内におけるガスの発生源は、廃棄体中に含まれる金属又は有機物、廃棄体の容器及び埋設設備内の鉄筋であり、ガス発生量の大半を占めるガス発生物質は、埋設設備内に存在する金属である。

廃棄物埋設地のうち、埋設設備内に存在する金属量に加え塩影響を考慮しても、埋設設備体積当たりのガス発生量が同等であるが最も多い3号埋設設備におけるガス発生による影響評価を行うことにより、それぞれの廃棄物埋設地におけるガス発生による影響評価を代表させる。

単位時間当たりのガス発生量が最も大きくなるのは、金属類廃棄体⁽³³⁾であり、既往知見⁽³⁴⁾によると、3号埋設設備1基から1年間に発生する標準状態(0℃、1atm)のガス発生量は、最大で1,000m³と推定され、時間の経過とともに減少すると考えられる。

ベントナイト系材料中のガス移行メカニズムに関する藤山ら⁽³⁵⁾の調査結果によれば、難透水性覆土の内側に蓄積したガスは、気液2相流、卓越流路の形成を伴う hidroリックフラクチャリングのいずれか、又はこれらの両方が共存するガス移行メカニズムに従い、飽和した難透水性覆土中を移行し、破過に至ると考えられ、廃棄物埋設地においてもこれらのガス移行メカニズムが共存する状態であると考えられる。

田中ら⁽³⁶⁾が実施したベントナイト混合土のガス透気試験では、廃棄物埋設地で想定される上記のガス移行メカニズムによりガス破過が生じていると考えられ、ガス破過前後の透水係数に変化は見られなかったことから、難透水性覆土の透水係数の変化は生じないと考えられる。

また、下部覆土については、難透水性覆土の外側にあり、施工時点において確保する透水係数が難透水性覆土よりも2桁程度大きいため、難透水性覆土に比べて容易に水及びガスが移行すると考えられる。このため、下部覆土の低透水性に対するガス破過の影響は、難透水性覆土に対するその影響に包含されるものとする。

以上より、埋設設備体積当たりのガス発生量が同等であるの多い3号廃棄物埋設地において、ガス発生による難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、1号廃棄物埋設地におけるガス発生は影響事象として考慮しない。

【まとめ資料本文 P42（2号廃棄物埋設施設）】

(イ) ガス発生（詳細は補足説明資料3 添付資料1 参照）

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ガス圧・間隙水圧の上昇又はガスの移行により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が考えられる。

埋設設備内におけるガスの発生源は、廃棄体中に含まれる金属又は有機物、廃棄体の容器及び埋設設備内の鉄筋であり、ガス発生量の大半を占めるガス発生物質は、埋設設備内に存在する金属である。

廃棄物埋設地のうち、埋設設備内に存在する金属量を考慮して、埋設設備体積当たりのガス発生量が同等であるが最も多い3号埋設設備における

ガス発生による影響評価を行うことにより、~~それぞれの~~廃棄物埋設地におけるガス発生による影響評価を代表させる。

単位時間当たりのガス発生量が最も大きくなるのは、金属類廃棄体⁽³³⁾であり、既往知見⁽³⁴⁾によると、3号埋設設備1基から1年間に発生する標準状態(0℃、1atm)のガス発生量は、最大で1,000m³と推定され、時間の経過とともに減少すると考えられる。

ベントナイト系材料中のガス移行メカニズムに関する藤山ら⁽³⁵⁾の調査結果によれば、難透水性覆土の内側に蓄積したガスは、気液2相流、卓越流路の形成を伴うハイドロリックフラクチャリングのいずれか、又はこれらの両方が共存するガス移行メカニズムに従い、飽和した難透水性覆土中を移行し、破過に至ると考えられ、廃棄物埋設地においてもこれらのガス移行メカニズムが共存する状態であると考えられる。

田中ら⁽³⁶⁾が実施したベントナイト混合土のガス透気試験では、廃棄物埋設地で想定される上記のガス移行メカニズムによりガス破過が生じていると考えられ、ガス破過前後の透水係数に変化は見られなかったことから、難透水性覆土の透水係数の変化は生じないと考えられる。

また、下部覆土については、難透水性覆土の外側にあり、施工時点において確保する透水係数が難透水性覆土よりも2桁程度大きいため、難透水性覆土に比べて容易に水及びガスが移行すると考えられる。このため、下部覆土の低透水性に対するガス破過の影響は、難透水性覆土に対するその影響に包含されるものとする。

以上より、~~埋設設備体積当たりの~~ガス発生量が同等であるの多い3号廃棄物埋設地において、ガス発生による難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、~~2号廃棄物埋設地における~~ガス発生は影響事象として考慮しない。

【補足説明資料 3 P. 補 3 添 1-2～ P. 補 3 添 1-3】

(1) ガス発生速度、ガス発生量及びガス移行メカニズムに関する既往知見の整理

(i) ガスの発生速度

a. 覆土完了までの期間

外周仕切設備・覆いコンクリートに対する材料・施工に係る品質管理により防水対策を施すこと、ポーラスコンクリート層に接続した排水管を通じて排水を行うことから、周辺から廃棄体層に浸入する水の量は極めて少ない。このため、この期間における廃棄体層からのガス発生は無視できる。

b. 覆土完了後（排水・監視設備による排水の終了後）

排水・監視設備による排水の終了後は、周辺の地下水が埋設設備の内部に浸入し、廃棄体層に到達すると考えられる。このため、ガスの発生を想定し検討する必要がある。

廃棄体内に分別除去後に少量残存し得るアルミニウムと、高い pH であるセメント系材料中の間隙水が反応することにより、水素ガスが発生する。埋設環境に近い条件におけるアルミニウムの腐食速度については、藤原らの報告⁽¹⁾によれば、 $10\ \mu\text{m}/\text{y}$ 以下の値で推移し、 $1\ \mu\text{m}/\text{y}$ 以下まで低下することが知られている。

また、埋設設備に浸入した地下水は、外周仕切設備の鉄筋に接触して、金属の腐食（酸素消費型）が生じることで溶存酸素が消費され、嫌気的条件となるが、この地下水が廃棄体容器の内部に浸入して、廃棄体層内が嫌気的条件になると、鉄の嫌気性腐食に伴う水素ガスも発生する。鉄の嫌気性腐食速度については、廣永ら⁽²⁾が測定した各液温の腐食速度に基づき作成したアレニウスプロットより、 $0.01\ \mu\text{m}/\text{y}$ 程度と考えられる。

覆土完了後における埋設設備全体から発生するガスの量としては、廃棄体層から発生する水素ガスの量に加え、鉄筋コンクリート中の鉄筋の嫌気性腐食に伴い発生する水素ガスの量を加味する必要がある。

よって、ガス発生量はアルミニウムのアルカリ腐食と鉄の嫌気性腐食を考慮する。

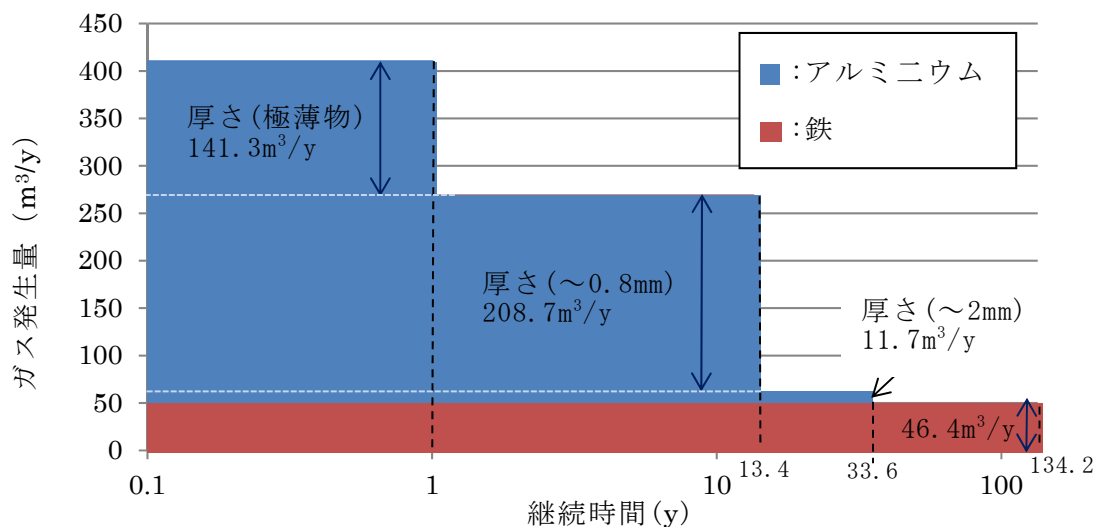
1号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体に含まれる可溶性塩によるガスの発生速度への影響があると考えられる。廃棄物埋設地におけるガスの発生量の評価においては、可溶性塩の存在により腐食速度が変化することを考慮する。

(ii) ガスの発生量

既往知見⁽³⁾により整理された2号廃棄物埋設地を対象に設定したガス発生量を第1表及び第1図に示す。埋設設備1基当たり1年間に発生するガスの量は、標準状態において最大500Nm³/yであると評価されている。

3号廃棄物埋設地においては、埋設設備1基当たりに埋設可能な廃棄体本数が2号廃棄物埋設地の約2倍(26,400本/12,960本=2.04)であることから、同様な考え方に基づくと、埋設設備1基当たり最大で1,000Nm³/yと算定できる。ここで、3号廃棄物埋設地においては、埋設する廃棄体及び定置密度が2号廃棄物埋設地と同じであることから、埋設設備体積当たりのガス発生量は2号廃棄物埋設地とほぼ同等である。

1号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体に含まれる可溶性塩によるガスの発生量への影響が生じる。廃棄物埋設地におけるガスの総発生量は、埋設される廃棄体に含まれる金属の量と正の相関を持つ。均質・均一固化体に含まれる金属量は、充填固化体に含まれる金属量に比べ非常に少ないため、1号埋設設備のうち充填固化体を埋設する埋設設備を対象に、可溶性塩による影響を考慮したガス発生量を評価する。1号廃棄物埋設地に埋設される充填固化体の重量は、3号廃棄物埋設地に埋設される充填固化体の重量の半分程度であることを考慮して、第1図を参考にガス発生量を評価した。その結果、可溶性塩の存在により鉄の腐食速度が仮に10倍程度⁽⁴⁾⁽⁵⁾になったとしても、ガス発生について支配的であるアルミニウムの腐食速度は大きく変化しない⁽⁶⁾ことから、埋設設備体積当たりのガス発生量は2号及び3号廃棄物埋設地とほぼ同等である。以上のことから、1号廃棄物埋設地における可溶性塩の影響を考慮しても、3号廃棄物埋設地におけるガス発生による影響評価で代表できるといえる。



第1図 2号廃棄物埋設地の埋設設備1基当たりガス発生量の経時変化

7. 参考文献

- (1) 藤原和俊、谷純一、田中幸久(平成28年)：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1)－腐食挙動に及ぼす乾燥保管の影響－、電力中央研究所研究報告、Q15010
- (2) 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、電力中央研究所研究報告、U97109
- (3) 三菱マテリアル株式会社・日揮株式会社・大成建設株式会社・清水建設株式会社、鹿島建設株式会社(平成9年)：六ヶ所2号廃棄物埋設施設に関するガスの透気評価
- (4) 三原守弘、西村務、和田隆太郎、本田明(2002)：低酸素かつアルカリ条件における炭素鋼、ステンレス鋼及びジルカロイからのガス発生率及び腐食速度の評価、サイクル機構技報、No.15
- (5) 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
- (6) 伊藤伍郎(1981)：アルミニウムの腐食、軽金属、Vol.31, No.10
- (7) ~~(4)~~ 藤山哲雄ら(平成20年)：ベントナイト・セメント系材料のガス移行評価に関する文献調査、電力中央研究所 調査報告、N07021

(以下、省略)

(コメント)

- ・ 14ページおよび17ページの第17表、パラメータの欄の腐食生成物について、鉄はマグネタイトと正しく記載されているが、アルミニウム、ニッケル、亜鉛は水酸化物として記載されていないので、標記は統一すること。
- ・ 14ページおよび17ページの第17表、パラメータの欄の腐食膨張倍率及び腐食速度について、表中に設定の考え方を追記すること。
- ・ 10ページ～17ページの金属腐食について、1号におけるガス発生、腐食速度、腐食生成物は金属量が多い3号の評価を代表とする説明であるが、塩による影響を考慮しても3号で代表できる根拠を追記すること。

(回答箇所)

・【1号廃棄物埋設施設】

まとめ資料本文 P. 51～ P. 53 「4. (2) (i) c. (d) (一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響」

・ 補足説明資料 4 P. 補 4-21～ P. 補 4-22 「4. (1) (iv) 腐食生成物の設定」

・ 補足説明資料 4 P. 補 4-33 「4. (1) (vii) c. 腐食速度の設定」

【まとめ資料本文 P. 51～ P. 53】

(一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響(詳細は補足説明資料 4「4. 状態変化(膨張)に必要となる条件設定」及び「5. 1,000年後の状態変化(膨張)の影響評価」参照)

低透水性を有する難透水性覆土及び下部覆土は、金属腐食による体積膨張並びに及び可溶性塩の溶出による膨張及び又は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た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低透水性への力学的影響を評価する。

~~廃棄物埋設地のうち、埋設設備内に存在する金属量が最も多い3号埋設設備における金属の腐食による力学的影響評価を行うことにより、それぞれの~~

廃棄物埋設地における金属の腐食による力学的影響評価を代表させる。

金属腐食による体積膨張及び塩影響に係るパラメータを第 17 表～第 19 表に示す。

金属の腐食は、金属と廃棄物埋設地の周辺環境(溶存酸素、酸化還元電位、pH 及び水温)との相互作用(電気化学的腐食)により生じる。そのため、埋設設備中の環境条件、金属種類、腐食生成物、腐食膨張倍率、及び腐食速度及び評価年数を設定し、状態設定を行う期間(1,000 年)において埋設設備の膨張変形を想定する。

可溶性塩の溶出に伴う埋設設備の膨張は、廃棄体の内容物(可溶性塩:硫酸塩及びほう酸塩)と埋設設備中のセメント系材料(充填材及びコンクリート)の反応により生じるため、埋設設備の体積の膨張倍率を設定し、埋設設備の膨張変形を想定する。

また、可溶性塩の溶出に伴う埋設設備の陥没は、廃棄体の内容物と地下水が反応すること及び廃棄体の上部空隙により生じるため、可溶性塩(セメント固化体中の硫酸塩及びほう酸塩並びにアスファルト固化体中のほう酸塩)の溶出量及び廃棄体の上部空隙を設定し、埋設設備の陥没変形を想定する。セメント固化体からの溶出量は、文献⁽⁴²⁾を参考に硫酸塩及びほう酸塩の溶出に伴う空隙の生成に着目し、全量溶出した状態を設定する。アスファルト固化体からの溶出量は、文献⁽⁴³⁾を参考にアスファルトの実態的な漏出防止性能を考慮し、ほう酸塩の溶出量を設定する。また、廃棄体の上部空隙については、覆土の低透水性への影響評価の観点から、均質・均一固化体の固型化条件の最大値である上部空隙 30%の体積分を用いる。

金属の膨張による体積膨張並びに可溶性塩の溶出による膨張及び陥没に起因する力学的影響評価においては、粒状体個別要素法(Distinct Element Method)解析を用いる。この結果に基づき、難透水性覆土及び下部覆土の透水係数及び厚さは、力学的変形に対し、透水係数に変化は生じないものの厚さが増加すると設定する(第 2017 表参照)。

第 17 表 埋設設備中の環境条件、金属種類並びに腐食生成物の設定及び設定の考え方

条件		設定	設定の考え方
ORP*1		【確からしい設定】 嫌氣的条件	【確からしい設定】 埋設設備の設置深度近傍にて取得された溶存酸素濃度(0.2ppm 未満)及び ORP*1 (-100mV 以下)を参考に設定する。
		【厳しい設定】 嫌氣的条件～好氣的条件	【厳しい設定】 埋設設備中の溶存酸素の移行経路によっては、廃棄体容器及び金属廃棄物に供給されることが考えられる。また、廃棄物埋設地周辺の地下水に含まれる溶存酸素の供給量が変動した場合を考慮し、嫌氣的条件～好氣的条件を考慮する。
pH		【確からしい設定】 セメント系材料に生じる一般的な現象を考慮し、高い pH を設定	【確からしい設定】 セメント系材料のカルシウムシリケート水和物が溶解することにより高い pH の状態となることが考えられるため、これを考慮する。
		【厳しい設定】 上記に加え、セメント系材料から Na 及び K 成分が溶出した場合を考慮し、更に高い pH を設定	【厳しい設定】 セメント系材料のカルシウムシリケート水和物が溶解することに加え、Na 及び K 成分が溶出した場合、pH が更に高い状態に推移する。金属腐食では、pH が変化した場合、腐食膨張倍率の異なる腐食生成物が生成され、金属の膨張量が増加する可能性があることから、これを考慮する。
水温		【共通】 廃棄物埋設地周辺の水温を参考に設定	【共通】 埋設設備の設置深度近傍にて取得された水温(10℃～15℃程度)を参考に設定する。
代表とする 金属種類*2	鉄	【確からしい設定】 Fe ₃ O ₄	【確からしい設定】 安定な結晶性の腐食生成物であることから Fe ₃ O ₄ を設定する。
		【厳しい設定】 Fe(OH) ₂	【厳しい設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する Fe(OH) ₂ を設定する。
その他 考慮する 金属種類*2	アルミニウム ニッケル 銅 亜鉛	【確からしい設定】 ・ Al(OH) ₃ ・ Ni(OH) ₂ ・ Cu ・ Zn(OH) ₂	【確からしい設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を設定する。ただし、銅に関しては、確からしい設定の環境条件下では腐食しないことから銅のままとして設定する。
		【厳しい設定】 ・ Al(OH) ₃ ・ Ni(OH) ₂ ・ Cu(OH) ₂ ・ Zn(OH) ₂	【厳しい設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を一律設定する。

*1：酸化還元環境のうち、酸化還元電位を指す。

*2：均質・均一固化体中に含まれる可溶性塩による影響を考慮している。

第 18 表 腐食膨張倍率並びに腐食速度の設定値及び設定の考え方

条件	設定値	設定の考え方
腐食膨張 倍率	【確からしい設定】 3 倍	【確からしい設定】 代表とする金属種類(鉄)の腐食生成物を Fe_3O_4 とし、その他考慮する金属種類の混入率を 0wt%-50wt%の幅で設定し、金属が混合された状態での腐食膨張倍率を評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は 3 倍以下であることから、3 倍と設定する。
	【厳しい設定】 4 倍	【厳しい設定】 環境条件の変動を考慮し、設定した代表とする金属種類並びに非晶質の水酸化物を設定したその他考慮する金属種類の混入率を 0wt%~50wt%の幅で評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は 4 倍以下であることから、4 倍と設定する。
腐食速度*1	【確からしい設定】 0.1 μ m/y	【確からしい設定】 腐食速度の測定手法に内在する測定誤差を考慮し、値を設定する。
	【厳しい設定】 腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定	【厳しい設定】 腐食膨張量は、金属腐食を評価する上で必要となる環境条件による腐食速度に依存するが、局部腐食(孔食)や異種金属接触腐食、環境条件の変動に係る不確実性を考慮する。よって、廃止措置の開始後の状態変化の評価期間(1,000 年後)においては、腐食形態に係らず全量が瞬時に腐食すると設定する。

*1：均質・均一固化体中に含まれる可溶性塩による影響を考慮している。

第 19 表 埋設設備の膨張倍率の設定値及び設定の考え方

条件	設定値	設定の考え方
膨張 倍率	【確からしい設定】 1.0 倍 (変化なし)	【確からしい設定】 可溶性塩と埋設設備の反応による埋設設備の膨張は、二次鉱物の生成に必要な原料(他の鉱物)の消費に伴う空隙の増加又は他の鉱物の溶出による影響を考慮し、埋設設備の体積に変化が生じないものとして設定する。
	【厳しい設定】 1.1 倍	【厳しい設定】 セメント系材料の固相変化による膨張倍率の算出結果を踏まえて設定する。

第 2017 表 金属腐食による体積膨張及び塩影響に係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		
			確からしい設定	厳しい設定	
1号廃棄物 埋設地	(充填 固化体)	膨張	ボ ラ メ タ	<p>ORP： <u>嫌気的条件(埋設設備周辺の地下水により供給される溶存酸素濃度を考慮)</u></p> <p>pH： <u>セメント系材料のカルシウムシリケート水和物の溶解を考慮し、高いpHを設定</u></p> <p>水温： <u>廃棄物埋設地周辺の水温を参考に設定</u></p> <p>埋設設備中の金属種類及び腐食生成物 <ul style="list-style-type: none"> ・鉄：Fe_2O_3(マグネタイト) ・アルミニウム：水酸化物 ・ニッケル：水酸化物 ・銅：銅(変化なし) ・亜鉛：水酸化物 </p> <p>腐食膨張倍率：3倍 なお、可溶性塩との反応による埋設設備の膨張現象については、<u>初期空隙が存在すること並びに可溶性塩の溶出及び鉱物生成に伴う材料消費に伴う空隙増加を考慮し、埋設設備の膨張倍率を加味しない。</u></p> <p>腐食速度：<u>$0.1 \mu m/y$</u></p> <p>評価年数：<u>1,000年</u></p>	<p>ORP： <u>嫌気的条件～好気的条件(埋設設備周辺の地下水により供給される溶存酸素濃度を考慮)</u></p> <p>pH： <u>セメント系材料からNa及びK成分が溶出した場合を考慮し、確からしい設定よりも更に高いpHを設定</u></p> <p>水温： <u>廃棄物埋設地周辺の水温を参考に設定</u></p> <p>埋設設備中の金属種類及び腐食生成物 <ul style="list-style-type: none"> ・鉄：$Fe(OH)_2$ ・アルミニウム：水酸化物 ・ニッケル：水酸化物 ・銅：水酸化物 ・亜鉛：水酸化物 </p> <p>腐食膨張倍率：4倍 なお、可溶性塩との反応による埋設設備の膨張現象については、<u>セメント系材料の固相変化による膨張倍率の算出結果を踏まえて、埋設設備の膨張倍率を1.1倍として加味する。</u></p> <p>腐食速度： <u>腐食速度を設定せず金属の全量が腐食すると設定</u></p> <p>評価年数： <u>腐食速度を設定しないことから、評価年数を設定しない</u></p>
				評価結果	<p>○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</p>
	(均質・ 均一固化 体)	陥没	ボ ラ メ タ	<p><u>硫酸塩(セメント固化体)の溶出量：全量</u></p> <p><u>ほう酸塩(セメント固化体)の溶出量：全量</u></p> <p><u>ほう酸塩(アスファルト固化体)の溶出量：アスファルトの実態的な漏出防止性能を考慮し、設定</u></p> <p><u>廃棄体の上部空隙：30%</u></p>	同左
				評価結果	<p>○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</p>

5. 参考文献

- (1) International Commission on Radiological Protection(1998): Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 81

(中 略)

- (41) 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
- (42) 日本原子力研究所(1989) : 低レベル放射性廃棄物固化体の長期浸出試験
- (43) 宮脇 健太郎ほか(2018) : アスファルト固化体からの環境影響物質の長期浸出挙動と浸出機構、廃棄物資源循環学会論文誌
- (44) 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

【補足説明資料 4 P. 補 4-21～ P. 補 4-22】

(iv) 腐食生成物の設定

腐食生成物の設定は、埋設設備中の環境条件により生成が予想される腐食生成物の形態が異なるため、確からしい設定／厳しい設定に区分けし、腐食生成物に関連するパラメータを考慮した上で設定する。

腐食生成物の設定では、「4. (1) (i) 埋設設備中の環境条件の設定」において設定した環境下に対し、生成される腐食生成物を定量的に同定した知見がないことから、以下の考え方に基づき設定する。

確からしい設定は、「4. (1) (i) 埋設設備中の環境条件の設定」において設定した環境条件及び文献^{(7)～(9)}を参考に最も安定に存在し得る腐食生成物を抽出し、設定する。環境条件に適合した腐食生成物が複数存在する場合又は、最も安定に存在し得る腐食生成物の設定が困難である場合は、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与すると考えられる腐食生成物(非晶質を含む)を選定する。

厳しい設定は、環境条件及び文献^{(9)～(13)}を参考に、覆土の低透水性への影響評価の観点から、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与すると考えられる腐食生成物(非晶質を含む)を設定する。

上記の設定方針に従い、代表とする金属種類及びその他考慮する金属種類ごとに確からしい設定／厳しい設定の考え方及び設定する腐食生成物を第 20 表に示す。

ここで、充填固化体では、金属廃棄物として炭素鋼、ステンレス鋼及び鋳鉄が大部分を占めていることから、代表とする金属種類である鉄に対する腐食生成物(マグネタイト)の設定の考え方について、参考資料 3「2. (3) 解析による推定」に詳細を示す。

腐食生成物は、金属腐食の進行とともに変化する環境条件及び生成される腐食生成物の影響により時間変遷とともに変化する。一方で、時間変遷を考慮した生成される腐食生成物の定量的な推定を行うことは、困難である。

そのため、腐食生成物の設定においては、金属腐食に伴う膨張量を評価するため、代表とする金属種類及びその他考慮する金属種類が第 20 表により設定した腐食生成物に全て変化することとした。

なお、1 号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体に含まれる可溶性塩による腐食生成物への影響を考慮する。可溶性塩による腐食生成物への影響を評価した文献⁽⁹⁾

に基づき、可溶性塩を考慮した環境条件下において、腐食膨張倍率が大きな腐食生成物である水酸化物を設定する。ここで、アルミニウムにおいては、文献⁽⁹⁾より腐食膨張倍率の大きな腐食生成物(7.1 倍)を生成する可能性が示唆されている。しかしながら、アルミニウムは、文献⁽²⁾より除去する廃棄物として区分されており、分別除去後の調査結果としては、廃棄体一本当たりの平均重量が 0.109 kg(鉄の約 1,000 分の 1 以下)であることから、腐食膨張倍率の大きなアルミニウムの腐食生成物による影響は無視できる。

第 20 表 腐食生成物の設定及び設定の考え方

条件		設定	設定の考え方
代表とする 金属種類 ^{*1}	鉄	【確からしい設定】 Fe ₃ O ₄ (マグネタイト)	【確からしい設定】 複数の文献において生成すること及び安定な結晶性の腐食生成物であることから Fe ₃ O ₄ (マグネタイト)を設定する。
		【厳しい設定】 Fe(OH) ₂ (水酸化鉄(Ⅱ))	【厳しい設定】 複数の腐食生成物が確認されているが、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する Fe(OH) ₂ (水酸化鉄(Ⅱ))を設定する。
その他考慮 する 金属種類 ^{*1}	アルミニウム ニッケル 銅 亜鉛	【確からしい設定】 ・ <u>Al(OH)₃</u> ・ <u>Ni(OH)₂</u> ・ <u>Cu</u> ・ <u>Zn(OH)₂</u> 水酸化物 (銅を除く)	【確からしい設定】 それぞれの金属種類に対して複数の腐食生成物が確認されているが、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を設定する。 ただし、銅に関しては、確からしい設定の環境条件下では腐食しないことから銅のままとして設定する。
		【厳しい設定】 ・ <u>Al(OH)₃</u> ・ <u>Ni(OH)₂</u> ・ <u>Cu(OH)₂</u> ・ <u>Zn(OH)₂</u> 水酸化物	【厳しい設定】 複数の腐食生成物が確認されているが、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を一律設定する。

*1: 1号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体中に含まれる可溶性塩による影響を考慮している。

【補足説明資料 4 P. 補 4-33】

c. 腐食速度の設定

【確からしい設定】

腐食速度の設定は、第 25 表に整理したとおり、測定手法に内在する測定誤差があることが判明している。そのため、第 26 表から適切であると判断した腐食速度 ($0.002 \mu\text{m}/\text{y} \sim 0.01 \mu\text{m}/\text{y}$) に対して、最大の腐食速度である $0.01 \mu\text{m}/\text{y}$ の小数第 2 位を切り上げた値である $0.1 \mu\text{m}/\text{y}$ を設定する。

【厳しい設定】

「4. (1) (vii) a. 腐食速度の測定手法の選定」のとおり、試験的に求める腐食速度を均一腐食として評価することが困難であることから、腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定する。

以上の腐食速度の設定値及びその考え方を第 27 表に示す。

なお、1 号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体に含まれる可溶性塩による腐食速度への影響を考慮する。腐食速度は、可溶性塩による不確実性を包含するため、文献⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾に示された様々な環境条件下(腐食環境として可溶性塩影響より厳しい人工海水影響を含む)にて取得された腐食速度に対し、最大の腐食速度を選定している。

第 25 表 腐食速度の測定手法の特徴

測定手法		特徴	測定誤差の要因	対応する環境条件
重量法		試験前後の重量差から直接的に腐食速度を求める。 表面に皮膜が形成する場合には、化学的あるいは電解により除去し、母材の腐食減量を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> 腐食生成物の除去率のばらつき(脱スケールの処理) 天秤の測定誤差 試験前後の試験片の乾燥処理 	好氣的／嫌氣的条件
ガス発生法		腐食反応に伴う水素ガスの発生量を計測し、ファラデーの法則により間接的に腐食速度を求める。	<ul style="list-style-type: none"> 溶存酸素の試験系内への混入 水素発生を伴わないカソード反応(酸化還元反応) 	嫌氣的条件
電気化学法 (20)	ターフェル外挿法	定常分極曲線の半対数プロットで逆反応が無視できる分極範囲(>70mV)から外挿により電流密度を求める。	<ul style="list-style-type: none"> 皮膜成長の影響 	好氣的／嫌氣的条件
	直接分極抵抗法	腐食電位近傍の分極曲線の直線部分の勾配から腐食速度を求める。	<ul style="list-style-type: none"> 比例定数の正確さ 	

第 26 表 ガス発生法による腐食速度に関する知見*1,*2

No.	著者	腐食速度 ($\mu\text{m/y}$)	材料	環境条件
1	Kreis ら	0.005~0.01	炭素鋼	温度：20℃、水質：水酸化カルシウム系、pH：12.8、試験期間：240日
2		0.065~0.02		温度：20℃、水質：NaOH, KOH、pH：12.8、試験期間：80、240日
3	藤沢ら	0.002	炭素鋼	温度：15℃、水質：セメントモルタル共存、pH：-、試験期間：365日
4		0.001		温度：30℃、水質：セメントモルタル共存、pH：-、試験期間：365日
5		0.01		温度：45℃、水質：セメントモルタル共存、pH：-、試験期間：2ヶ月
6	三原ら	0.4	炭素鋼	温度：50℃、水質：人工海水+NaOH、pH：10、試験期間：6ヶ月
7		0.02		温度：50℃、水質：人工海水+NaOH、pH：12、試験期間：6ヶ月
8		0.02		温度：50℃、水質：人工海水+NaOH、pH：13.5、試験期間：6ヶ月
9	廣永ら	0.003	炭素鋼	温度：15℃、水質：OPCモルタル浸漬水、pH：12.4、試験期間：6ヶ月
10		0.01		温度：30℃、水質：OPCモルタル浸漬水、pH：12.4、試験期間：6ヶ月
11		0.08		温度：45℃、水質：OPCモルタル浸漬水、pH：12.4、試験期間：6ヶ月
12	(財)原子力環境整備促進・資金管理センター	0.03(25.5℃)~0.1(45.5℃)	炭素鋼	温度：25.5~45.5℃、水質：水酸化カルシウム平衡水+塩化物イオン5ppm、pH：12.5、試験期間：190日
13		0.02(25.5℃)~0.06(45.5℃)		温度：25.5~45.5℃、水質：水酸化カルシウム平衡水+塩化物イオン500ppm、pH：12.5、試験期間：190日
14		0.02(25.5℃)~0.07(45.5℃)		温度：25.5~45.5℃、水質：水酸化カルシウム平衡水+塩化物イオン1,500ppm、pH：12.5、試験期間：190日
15		0.06(25.5℃)~0.2(45.5℃)		温度：25.5~45.5℃、水質：水酸化カルシウム平衡水+塩化物イオン5,000ppm、pH：12.5、試験期間：190日

*1：No. 1~No. 5 は参考文献⁽¹⁶⁾より引用

*2：No. 6~No. 15 は参考文献⁽¹⁷⁾より引用

第 27 表 腐食速度の設定値

条件	設定値	設定の考え方
腐食速度*1	【確からしい設定】 0.1 μ m/y	【確からしい設定】 腐食速度の測定手法に内在する測定誤差を考慮し、値を設定する。
	【厳しい設定】 腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定	【厳しい設定】 腐食膨張量は、金属腐食を評価する上で必要となる環境条件による腐食速度に依存するが、局部腐食(孔食)や異種金属接触腐食、環境条件の変動に係る不確実性を考慮する。よって、廃止措置の開始後の状態変化の評価期間(1,000年後)においては、腐食形態に係らず瞬時に全量が瞬時に腐食すると設定する。

*1：1号廃棄物埋設地では、均質・均一固化体中に含まれる可溶性塩による影響を考慮している。

(コメント)

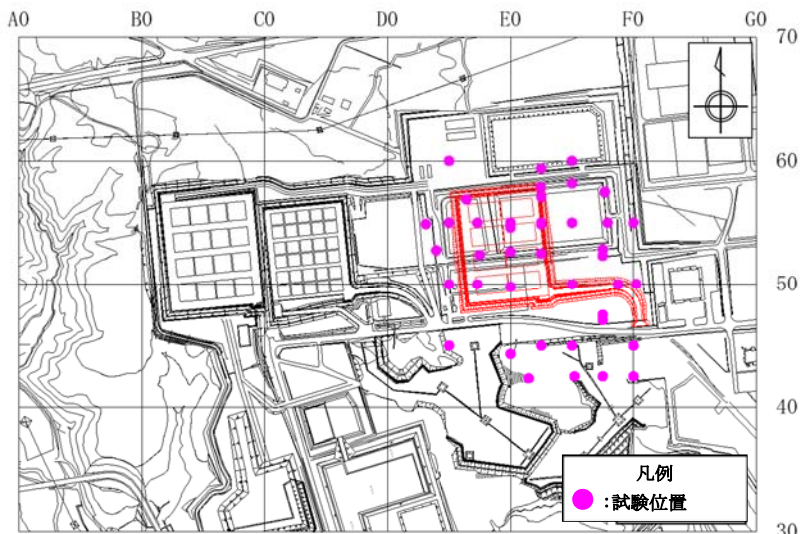
- ・ 補足説明資料7補7-54ページ、真ん中のグラフの文字がつぶれてしまっているため、読めるように修正すること。なお、他のページについても同様に修正すること。

(回答箇所)

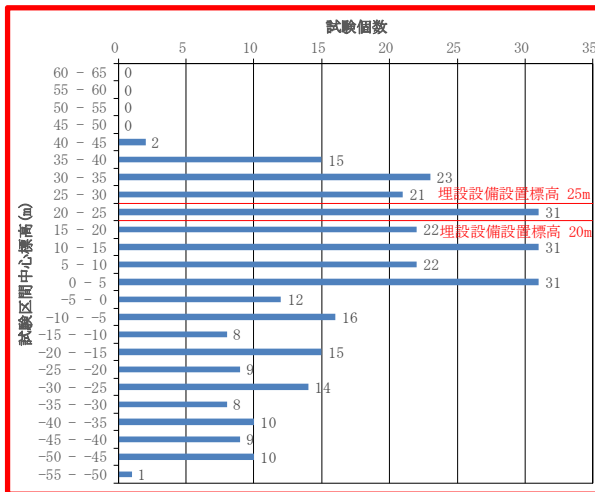
- ・ まとめ資料補足説明資料7 P. 補 7-54～ P. 補 7-59
- ・ まとめ資料補足説明資料7 添付資料3
P. 補 7 添 3-21～ P. 補 7 添 3-32
P. 補 7 添 3-36～ P. 補 7 添 3-44
P. 補 7 添 3-48～ P. 補 7 添 3-58

31 ページ及び 32 ページに、3 号廃棄物埋設地の鷹架層中部層 N 値 50 以上について、補足説明資料 7 及び補足説明資料 7 添付資料 3 の修正箇所を示した(変更箇所を赤枠で明示)。その他の修正箇所についても同様に修正し、まとめ資料へ反映する。

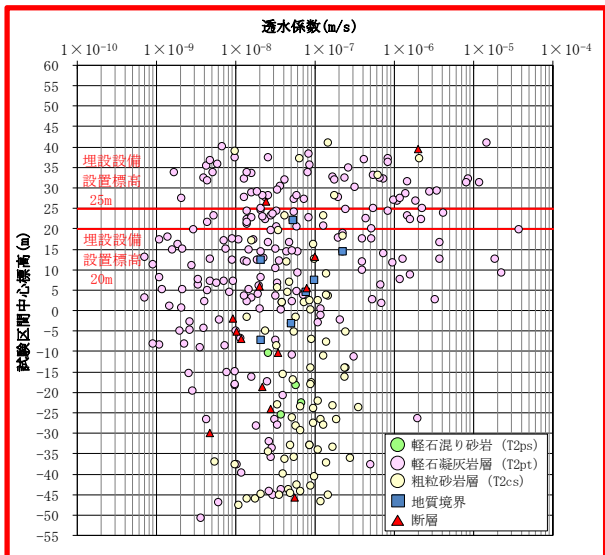
【補足説明資料 7 の修正箇所 の例 (P. 補 7-54)】



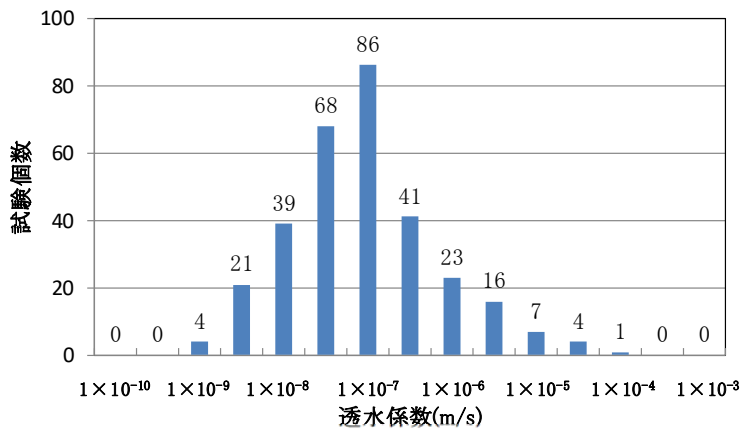
試験位置



試験区間中心標高の頻度分布
と埋設設備設置標高の関係



透水係数の標高分布



透水係数の頻度分布

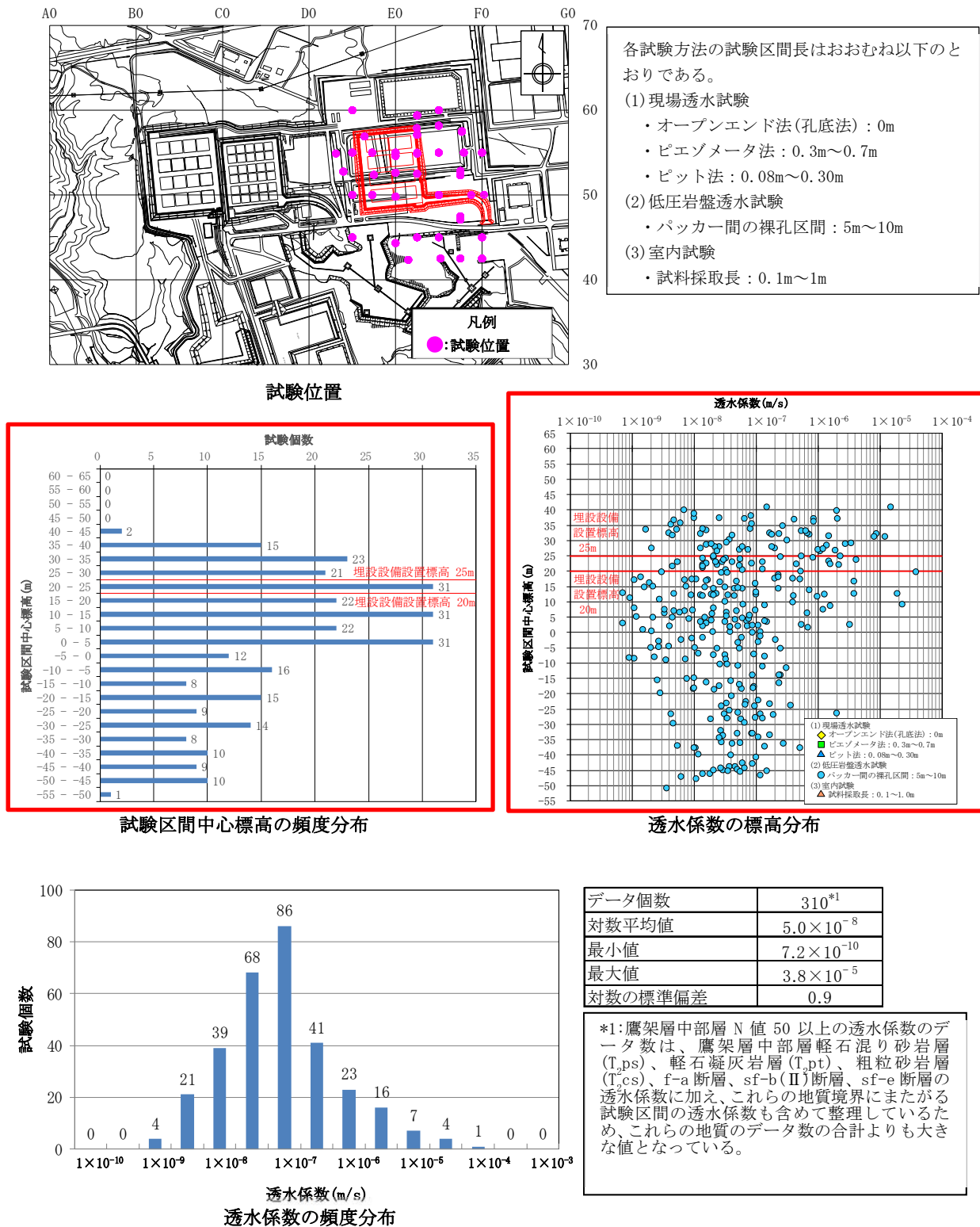
データ個数	310
対数平均値	5.0×10^{-8}
最小値	7.2×10^{-10}
最大値	3.8×10^{-5}
対数の標準偏差	0.9

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

第 23 図 N 値 50 以上の鷹架層中部層の透水係数の分布 (1/3)

【3号廃棄物埋設地】

【補足説明資料 7 添付資料 3 の修正箇所(例(P. 補 7 添 3-26))】



第 15 図 透水試験位置及び透水係数・試験標高頻度グラフ(6/12)

【鷹架層中部層 N 値 50 以上】