

地下空洞型処分施設におけるセメント系材料の化学変質に関する一考察 —地下空洞型処分施設機能確認試験（その6）—

鹿島建設(株) 正会員 ○高浦雄貴 取違 剛 関 健吾 横関康佑
(株)大林組 正会員 佐藤 伸 東電設計(株) 正会員 矢込吉則
原環センター 正会員 渥美博行 藤原啓司 田中正人 寺田賢二

1. はじめに

著者らは、地下空洞型処分施設における閉鎖後長期の管理に資するモニタリング技術の確立やその実証試験の必要性を鑑み、中深度処分施設の人工バリアや周辺岩盤の長期にわたる機能確認方法の確立を目的とした調査・検討を進めている¹⁾。規制期間 300～400 年における処分施設の管理にあたっては、人工バリアおよび周辺岩盤における各構成部材の劣化状況を時系列的に把握し、モニタリングすべき項目を明確にする必要がある。人工バリアおよび周辺岩盤の劣化には、人工バリアに用いるベントナイトの膨潤などによる力学的な劣化や溶脱をはじめとする化学的な劣化が想定される。特にセメント系材料の化学的な劣化に関しては、岩盤中に含まれる黄鉄鉱の酸化によって生成される硫酸イオンが吹付けコンクリートをはじめとするセメント系材料の溶脱を促進させる可能性があるとの報告があり²⁾、人工バリア全体の早期劣化が懸念される。そのため、本検討では中深度処分施設の化学的変質に着目した解析を行い、長期における人工バリアの健全性を評価した。

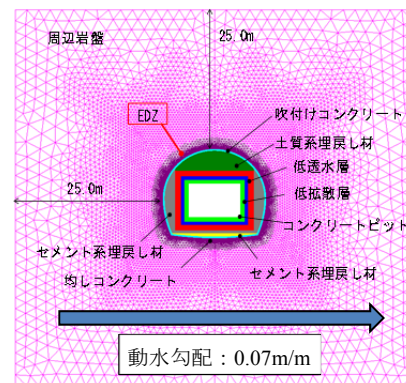


図-1 対象構造物の全体図

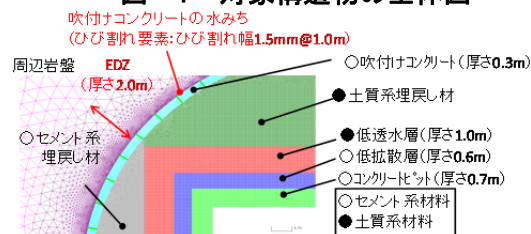


図-2 対象構造物の拡大図

2. 解析概要

本検討における解析モデルを図-1 および図-2 に示す。対象構造物は地下空洞型処分施設性能確認試験³⁾（以下、確認試験と表記）で構築された人工バリアの模擬施設（以下、模擬施設と表記）とした。また、解析対象は吹付けコンクリートと岩盤の境界部から 25.0m の範囲とし、対象区間における動水勾配は 0.07 とした⁴⁾。解析ケースを表-1 に示す。本検討では、対象部で想定される劣化の程度を把握するため、最も健全な状態（Case1）と実際の施設環境条件を参考としつつ、やや保守的な状態（Case2）で検討した。Case1 では吹付けコンクリートからの水みちや掘削ゆるみ領域（以下、EDZ と表記）がなく、硫酸イオン量は模擬施設周辺における地下水相当とした。Case2 では模擬施設における吹付けコンクリートの水みちや EDZ の影響を考慮した。また、岩盤に含まれる黄鉄鉱由来の硫酸イオンの大部分が地下水に溶出したと想定し、海水相当の硫酸イオンが存在する状態とした。なお、Case2 では、模擬施設における漏水の状態を踏まえて、吹付けコンクリートの水みちとして、インバート部を除いた吹付けコンクリートの周方向に 1.0m ピッチ、幅 1.5mm のひび割れを設けた。また、EDZ の影響として吹付けコンクリートの周辺 2.0m の範囲における透水係数の増加を考慮

表-1 検討ケースの概要

No.	吹付けコンクリートの水みち	EDZ の影響	硫酸イオン量	解析期間
Case1	なし	なし	地下水相当	300 および 1000 年後
Case2	あり (インバート部を除く)	周辺 2.0m で 透水係数が増加	海水相当	

表-3 地下水組成の初期値

No.	pH	イオン濃度 (mmol/L)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻
Case1	8.5	0.77	0.03	0.125	0.14
Case2					28.94

表-2 各部材の透水係数および拡散係数の初期値

部材名	岩盤	吹付け コンクリート	セメント系 埋戻し材	土質系 埋戻し材	低透水層	低拡散層	コンクリート ピット
初期透水係数 (m/s)	3.0×10 ⁻⁸ (健全部) 3.0×10 ⁻⁴ (EDZ)	1.0×10 ⁻¹²	5.0×10 ⁻¹³	5.0×10 ⁻¹¹	5.0×10 ⁻¹³	1.0×10 ⁻¹³	5.0×10 ⁻¹³
初期拡散係数 (m ² /s)	2.0×10 ⁻⁹	5.0×10 ⁻¹²	5.0×10 ⁻¹³	1.7×10 ⁻⁹	1.0×10 ⁻¹⁰	1.0×10 ⁻¹³	5.0×10 ⁻¹³

キーワード 放射性廃棄物処分, 地下空洞型処分, 中深度処分, モニタリング, 溶脱, セメント
連絡先: 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6760

した⁵⁾。解析期間は規制期間である300年とそれ以降の状態を把握する目的で1000年とした。ここに、本検討で使用する解析コードは、セメント系材料の溶脱に関する数値解析プログラムである⁶⁾。解析に用いた各部材の初期値および地下水組成をそれぞれ表-2、表-3に示す。物性値は確証試験の結果およびEDZによる透水係数の増加分は既往文献⁴⁾を参考とし、地下水組成は既往文献^{7),8)}から設定した。

3. 解析結果

(1) 固相 Ca 濃度

セメント系材料の主成分であるCaの溶脱に着目し、0年、300年、1000年後における固相Ca濃度分布を評価した結果を表-4に示す。まず、Case1は吹付けコンクリートの一部でCa濃度の経時的な低下が認められたが、セメント系埋戻し材や低拡散層、コンクリートピットでは認められなかった。また、吹付けコンクリートの溶脱は土質系埋戻し材に接触している部分で特に進行していた。これはセメント系埋戻し材と比較して土質系埋戻し材の透水・拡散係数が大きい影響と考えられる。次に、Case1と比較してCase2は1000年後にひび割れ部で局所的なCa濃度の低下が認められたものの、セメント系埋戻し材や低拡散層、コンクリートピットのCa濃度はCase1と同程度であった。以上の結果から、吹付けコンクリートの水みちやEDZ、硫酸塩の影響を考慮しても、セメント系材料の溶脱は1000年後でも吹付けコンクリートの一部のみという結果になった。

(2) pH

人工バリアおよび周辺岩盤全体の変質を評価する指標としてpHに着目した。0年、300年、1000年後における結果を表-5に示す。セメント系材料に着目すると、Case1は1000年後に土質系埋戻し材と接する部分の吹付けコンクリートでpHが低下していたものの、セメント系埋戻し材や低拡散層、コンクリートピットでは認められなかった。Case2はCase1とおおむね同程度であった。次に、土質系埋戻し材と低透水層に着目すると、いずれのケースも300年後にpHが11.0程度まで上昇したが、以降は大きな変化がなく、ケースごとの差も認められなかった。最後に、周辺岩盤に着目するとCase1と比較してCase2はpHが低かった。これはEDZによる透水係数の増加によってアルカリ成分の移流が卓越した影響と考えられる。

4. おわりに

本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託による「管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設機能確認試験」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 藤原ほか：地下空洞型処分施設機能確認試験の事業概要—地下空洞型処分施設機能確認試験（その1）—，土木学会第72回年次学術講演概要集，2017
- 2) 山本ほか：地下岩盤の地化学環境調査・評価技術の開発（その4）—坑壁岩盤の風化とコンクリート影響，電力中央研究所研究報告，N14010，2015.2.
- 3) (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：地下空洞型処分施設施工技術の確証試験の概要，原環センター技術報告書，RWMC-TRJ-15001，平成28年3月
- 4) 取違ほか：モルタルからのCa溶脱に及ぼす各種要因に関する解析的検討，土木学会第64回年次学術講演会，CS5-029，pp.191-192，2009.9.
- 5) 石田ほか：中深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について（講演再録），原子力バックエンド研究，Vol.13，No.1，pp.37-47，2006.10.
- 6) 取違ほか：セメント系材料からの成分溶脱解析における水和物の沈殿と境界条件の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.835-840，2009.
- 7) 日本原燃株式会社：低レベル放射性廃棄物の次期埋設に関する本格調査結果について，プレスリリース，2006.9.1.
- 8) 堀部純男編：海洋科学基礎講座10 海水の化学，東海大学出版会，p.57，1970.11.

表-4 解析結果一覧（固相Ca濃度）

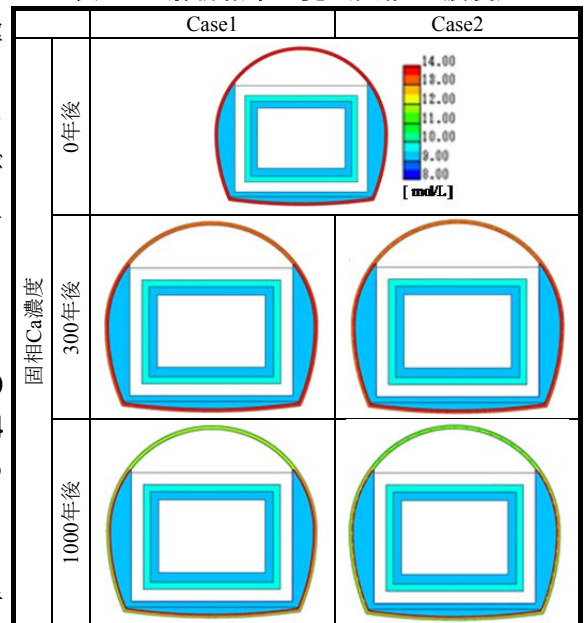


表-5 解析結果一覧（pH）

