

緩衝材の遮蔽性能に関する検討

原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○増田良一, 朝野英一, 戸栗智仁
 間組 正会員 茂呂吉司, 雨宮清
 コンピュータソフト開発 澤村英範, 根山敦史

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分において廃棄物周辺に施工される緩衝材は、止水性など核種移行遅延に寄与するバリア機能だけでなく、坑道埋め戻し時等には廃棄物からの放射線を低減する遮蔽体としての機能も期待される。緩衝材の仕様は、地質環境や使用材料、施工方法によって変わり、それに伴い遮蔽性能も変化するものと考えられるが、ベントナイト系材料の遮蔽効果を材料物性や形状、飽和度等の関係から検討した事例はなく、遮蔽性能の定性的な把握が必要と考えられる。本研究では、緩衝材の厚さ、密度、含水比、ケイ砂混合率、形状などを変化させた外部被ばく線量解析を実施し、ベントナイト系材料（緩衝材、遮蔽用材料、すき間充填材）の仕様と遮蔽性能の関係について評価を行った。

2. 遮蔽解析

図-1 に基本となる解析モデル、表-1 に基本となる緩衝材の仕様を示す。同図に示すように、ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材に加え、岩体からの放射線の反射（後方散乱）を考慮するために母岩の一部をモデル化した。評価点は、オーバーパック上部の坑道表面及び表面から1mの高さとした。

解析手順及び条件であるが、はじめにガラス固化体内のインベントリを ORIGEN コードで解析し、評価時点での核種のインベントリを算出した。次に算出されたインベントリを線源として、MCNP-4C2 コード（核反応データ：ENDF/B-VI）によりモンテカルロ計算を行い、緩衝材及び遮蔽用材料（いずれもベントナイト系材料）で遮蔽された状態における、処分坑道での外部被ばく線量を評価した。ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材、すき間充填材、母岩、線源スペクトル、各線源の収率、実効線量率換算係数の組成は、HLW 第2次とりまとめを参考に設定した。ガラス固化体については、燃焼度は45000MWD/MTU、初期濃縮度は4.5%、炉取出後の冷却期間は4年、中間貯蔵期間は50年、地層処分後の経過期間は0年とした。解析ケース及び各ケースの全実効線量率（坑道表面）とケース1-0との比を表-2に示す。

3. 解析結果

坑道表面での中性子実効線量率、 γ 線実効線量率、全実効線量率の比較図を図-2～9に示す。

検討Iでは緩衝材の乾燥密度、厚さ、含水比、配合（ケイ砂混合率）を変化させた。緩衝材厚さの影響が大きく、30cmの減少により全実効線量率は6倍になっている（図-2）。乾燥密度、含水比についても、増加により線量率が低下している（図-3, 4）。中性子に比べ γ 線線量率の低下の程度が小さいが、緩衝材中で減速された中性子が遮蔽用材料で減速されて緩衝材構成元素と散乱、或いは捕獲されることにより2次 γ 線が発生しやすくなるためである。ケイ砂混合率については、中性子線量の変化がみられるが、全実効線量率に対して γ 線線量が支配的であるため影響は小さい（図-5）。

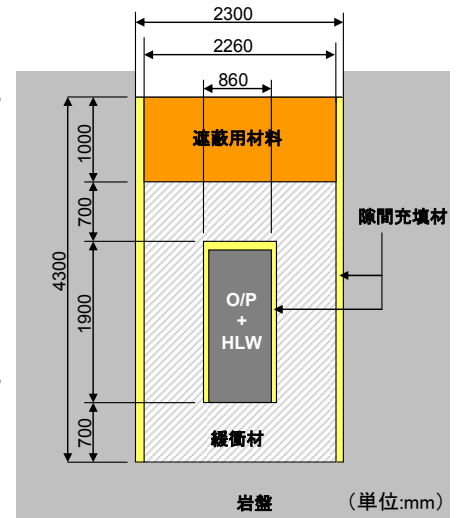


図-1 基本となる解析モデル

表-1 基本となる緩衝材の仕様

部位	仕様
緩衝材	乾燥密度:1.9[Mg/m ³], 厚さ:70[cm], 含水比:10[wt%], 配合:70:30[ベントナイト:ケイ砂]
遮蔽用材料	乾燥密度:1.9[Mg/m ³], 厚さ:100[cm], 含水比:10[wt%], 配合:70:30[ベントナイト:ケイ砂]
すき間充填材	乾燥密度:1.2[Mg/m ³], モデル:均質

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地層処分, 緩衝材, 遮蔽, ベントナイト

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10 第15森ビル4F RWMC TEL (03)3504-1506, masuda@rwm.or.jp

表-2 解析ケースと結果

検討対象	解析ケース	緩衝材				遮蔽用材料				すき間充填材		O/P仕様	ケース1-0との比較 全実効線量率	パラメータ
		乾燥密度 (Mg/m ³)	厚さ (cm)	含水比 (%)	配合 (Be:Sa)	乾燥密度 (Mg/m ³)	厚さ (cm)	含水比 (%)	配合 (Be:Sa)	乾燥密度 (Mg/m ³)	モデル			
基本	1-0	1.90	70	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	—	基本ケース
検討Ⅰ	1-1	1.62	70	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	1.76	緩衝材密度
	1-2	1.90	40	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	6.01	緩衝材厚さ
	1-3	1.62	40	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	8.44	緩衝材密度+厚さ
	1-4	1.90	70	15	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	0.69	緩衝材含水比
	1-5	1.90	70	20	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	0.38	緩衝材配合
	1-6	1.90	70	10	50:50	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	1.04	緩衝材配合
検討Ⅱ	1-7	1.90	70	10	70:30	1.90	100	10	50:50	1.2	均質	炭素鋼	0.94	遮蔽用材料配合
	1-8	1.90	70	10	70:30	1.90	100	15	70:30	1.2	均質	炭素鋼	0.43	遮蔽用含水比
	1-9	1.90	70	10	70:30	1.90	100	20	70:30	1.2	均質	炭素鋼	0.55	遮蔽用含水比
	1-10	1.90	70	10	70:30	1.90	50	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	22.32	遮蔽用材料厚さ
	1-11	1.90	70	10	70:30	1.90	75	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	12.02	遮蔽用材料厚さ
	1-12	1.90	70	10	70:30	1.62	100	10	70:30	1.2	均質	炭素鋼	2.02	遮蔽用材料密度
検討Ⅲ	1-13	1.90	70	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.5	均質	炭素鋼	0.87	すき間充填材密度
	1-14	1.90	70	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	粒状	炭素鋼	1.02	すき間充填材材料形状
	1-15	1.90	70	10	70:30	1.90	100	10	70:30	1.2	均質	Ti複合	1.11	Ti複合オーバーパック

検討Ⅱでは遮蔽用材料のケイ砂混合率，含水比，厚さ，乾燥密度を変化させた。厚さ，乾燥密度，乾燥密度については，全実効線量率への影響がみられ，特に厚さの効果が大きい（図-6, 7）。ケイ砂混合率については，緩衝材の場合と同様に影響は小さい。基本的な傾向は緩衝材の場合と同様である。

検討Ⅲでは，すき間充填材及びオーバーパック仕様を変化させた。すき間充填材の密度を高くすると線量率は僅かに減少した。粒状体として評価した場合は，若干の増加がみられた（図-8）。Ti複合オーバーパックを採用し肉厚を薄くした場合は，わずかに線量の増加がみられるものの影響は大きくない。

4. まとめ

遮蔽用材料及び緩衝材のいずれについても，処分坑道内の線量に対して厚さ，含水比，乾燥密度の影響がみられ，特に厚さの影響が顕著である。これに対し，ケイ砂混合率，すき間充填材仕様，オーバーパック仕様の影響は小さい。処分坑道内の線量低減に対しては，緩衝材仕様が与条件であると仮定すると，遮蔽用材料の厚さを増すことが有効と考えられ，また，乾燥密度，含水比の増加も効果が期待できる。

なお，本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

凡例 ○：全実効線量率 ×：γ線実効線量率 *：中性子実効線量率

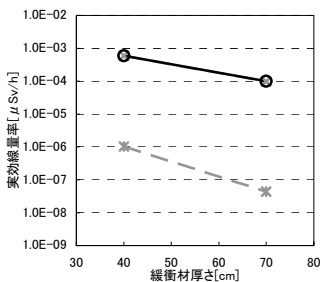


図-2 緩衝材厚さの影響

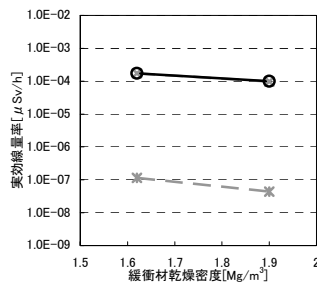


図-3 緩衝材乾燥密度の影響

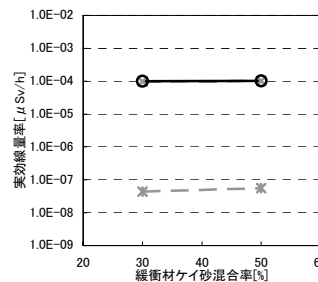


図-4 緩衝材ケイ砂混合率の影響

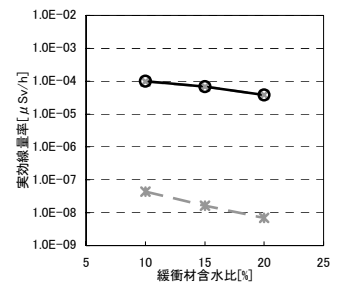


図-5 緩衝材含水比の影響

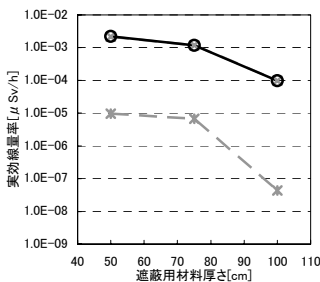


図-6 遮蔽用材料厚さの影響

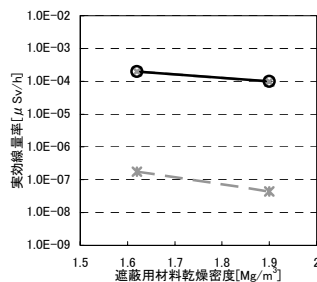


図-7 遮蔽用材料密度の影響

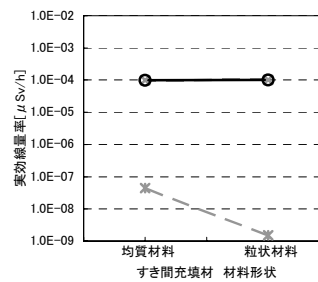


図-8 すき間充填材 材料形状の影響

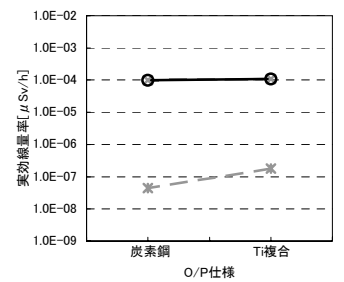


図-9 O/P仕様の影響

参考文献

JNC TN1400-99-020 「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性（地層処分研究開発第2次取りまとめ）」(1999)