

## 収着性の管理方法について

## 1. はじめに

事業変更許可申請書（以下、「申請書」という）において、覆土完了から廃止措置開始までの期間及び廃止措置開始後の公衆の受け得る線量の評価（以下、「線量評価」という）には、本埋設施設からの放射性核種の地下水による移行挙動を考慮することとしている。

放射性核種の移行遅延は、バリア材（セメント系材料、粘土系材料）への放射性核種の化学的収着が支配要因であるとし、廃棄体及び埋設設備に対しては物理的な構造による移行抑制効果を期待していない。

分配係数は、この化学的収着の程度を示すパラメータである。

廃棄体及び埋設施設のマortar、コンクリート材にはセメント系材料の分配係数を、難透水性覆土には粘土系材料の分配係数を適用することにより核種の移行挙動の評価に適用している（別紙 1 参照）。

## 2. 収着性の発現メカニズムについて

セメント系材料の収着性は、セメント系材料が添加水や廃液と反応して生成するセメント水和物と放射性核種が化学的に相互作用することにより発現し、粘土系材料の収着性は、粘土成分と放射性核種が化学的に相互作用することにより発現する。

## 3. 収着性発現の傾向について

分配係数の値は、当社の試験や、JAEA の収着データベース（以下、「JAEA-SDB」という）の知見から、放射性核種の化学形態ごとに異なるものの、バリア材料が大きく変わらなければ相違はないことが分かっている（別紙 1 第 3 図参照）。

また、廃棄体に含まれる塩（硫酸塩、ホウ酸塩）や有機物が液相に共存することにより分配係数の値は低下する傾向があるため、それを見込んだ分配係数低下係数を乗じた上で線量を評価することとなる。

このようにして申請書の添付書類六に想定した最も可能性が高いシナリオ、最も厳しいシナリオ、の何れにおいても基準線量は十分満足できることを確認している。

## 4. 廃棄体確認及び施設確認における管理方法について

以上から、安全審査で分配係数を確認した材料（下表参照）が確実にバリア材に使用されるように管理することで、分配係数は十分な保守性をもって担保され则认为。

また、セメント系材料の分配係数の測定には数か月以上の期間が必要（具体的にはセメント系材料の作成後、数か月間の養生、続く RI もしくは実核種を用いた一週間程度の試験）であるため、分配

係数の測定を埋設設備構築及び廃棄体製作の都度実施するのは困難を極める。

よって材料を管理することで十分な保守性も担保され、合理的であることから適切な方法であると考えらる。

なお、廃棄体の製作装置・セメント種類の変更時、及び埋設設備構築のセメント種類の変更時には追加のデータ取得を行う。化学成分に係る JIS 規格の改正時には、収着性に与え得る影響を予備試験等で確認し、必要に応じて廃棄体の固型化材、埋設設備のデータ取得を行う。さらに、申請書の安全審査にかかる審査会合でのご指摘を踏まえ、分配係数の管理をより適切な方法とするため、今後数年間で分配係数データの取得・蓄積を継続し、その結果を踏まえて管理方法に反映する。新たな管理方法を適用するまでに製作された廃棄体、構築する埋設設備については遡及しての適用は困難であることから、従来の固型化材料の管理項目(別紙 2 参照) 又は既存データ(申請書の設定に用いた分配係数試験値)を用いた管理を行う。

材料リスト (セメント系材料)

部材		セメント種類 <sup>*1</sup>	JIS 規格 <sup>*3</sup>
均質・均一固化体		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ OPC</li> <li>・ 高炉セメント B 種</li> <li>・ 高炉セメント C 種 <sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS R 5210 (2009)</li> <li>・ JIS R 5211 (2009)</li> <li>・ JIS R 5211 (2009)</li> </ul>
充填固化体		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ OPC</li> <li>・ 高炉セメント B 種</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS R 5210 (2009)</li> <li>・ JIS R 5211 (2009)</li> </ul>
埋設設備	充填材	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MHPC/BFS=1:9 <sup>*2</sup></li> <li>・ MHPC/BFS=3:7 <sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS R 5210 (2009) 及び</li> <li>JIS A 6206 (2013)</li> </ul>
	外周仕切設備 内部仕切設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ OPC/BFS=45:55 <sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS R 5210 (2009) 及び</li> <li>JIS A 6206 (2013)</li> </ul>
	覆い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MHPC/FA=7:3 <sup>*2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS R 5210 (2009) 及び</li> <li>JIS A 6201 (2015)</li> </ul>

\*1: OPC : 普通ポルトランドセメント、MHPC : 中庸熟ポルトランドセメント、BFS : 高炉スラグ、FA : フライアッシュ  
これらを総称して結合材と言う。

\*2: 申請書の分配係数設定に用いた材料

\*3: これ以降の JIS の改訂について、化学成分への影響はないことを確認している。

#### 別紙一覧

別紙 1 : 申請書での分配係数の扱い

別紙 2 : 廃棄体の管理について

## 申請書での分配係数の取扱い（安全審査におけるご説明事項）

- 申請書において分配係数は、「セメント系材料や粘土系・土壌系材料が有する収着機能を考慮するが、その設計項目は設定せず、収着性を確認した材料を使用する設計（設計された仕様により効果を確認する機能）」との扱いとしている。
- 申請書の線量評価に用いる分配係数は、「初期状態の分配係数×分配係数低下係数」により設定した値（申請値）を用いており、これは長期間の評価が求められる埋設事業の特性を踏まえて、廃棄体に含まれる塩や有機物が液相に共存して分配係数が低下するといった長期的な分配係数の変動を考慮したパラメータ設定としたものである。
- 初期状態の分配係数は、第1表のバリア材に対して得た当社試験値（実廃棄物又はRIを用いた試験）と JAEA-SDB の幾何平均値を対比させて設定しており、分配係数がある程度のばらつきを有することを念頭においた設定としている。
- 具体的には、セメント（普通ポルトランド OPC、中庸熱ポルトランド MHPC）やポゾラン性混和材（高炉スラグ BFS、フライアッシュ FA）の添加割合によって、セメント間隙水の元素濃度や高アルカリ性を示すといった収着性に係るセメント系材料の化学環境特性に大きな変化は生じないが、混和材（BFS、FA）の種類別にデータを整理し、小さい方の値を採用している。

第1表 分配係数設定において対象とする代表的なバリア材料の種類

廃棄物埋設地			セメント系材料			難透水性覆土 (ベントナイト 混合土)	岩盤(鷹架層)
			廃棄体	充填材	コンクリート		
3号廃棄物埋設地			高炉スラグモルタル*1		高炉スラグコンクリート*3 FA コンクリート*4	Ca 型 30wt%配合 Na 型 30wt%配合 Na 型 20wt%配合 Na 型 15wt%配合	砂質軽石凝灰岩 (Tspt2) 軽石質砂岩 (Tpps2) 砂岩 (Tcs12) 軽石凝灰岩 (Tpt2)
1号 廃棄物 埋設地	1群から 6群	均質・均一 固化体	高炉スラグ セメント*2	高炉スラグ モルタル	高炉スラグコンクリート		砂質軽石凝灰岩 (Tspt2) 軽石質砂岩 (Tpps2) 砂岩 (Tcs12) 粗粒砂岩 (Tcs11)
	7,8群	充填 固化体	高炉スラグモルタル		高炉スラグコンクリート FA コンクリート		
2号廃棄物埋設地			高炉スラグモルタル		高炉スラグコンクリート FA コンクリート		

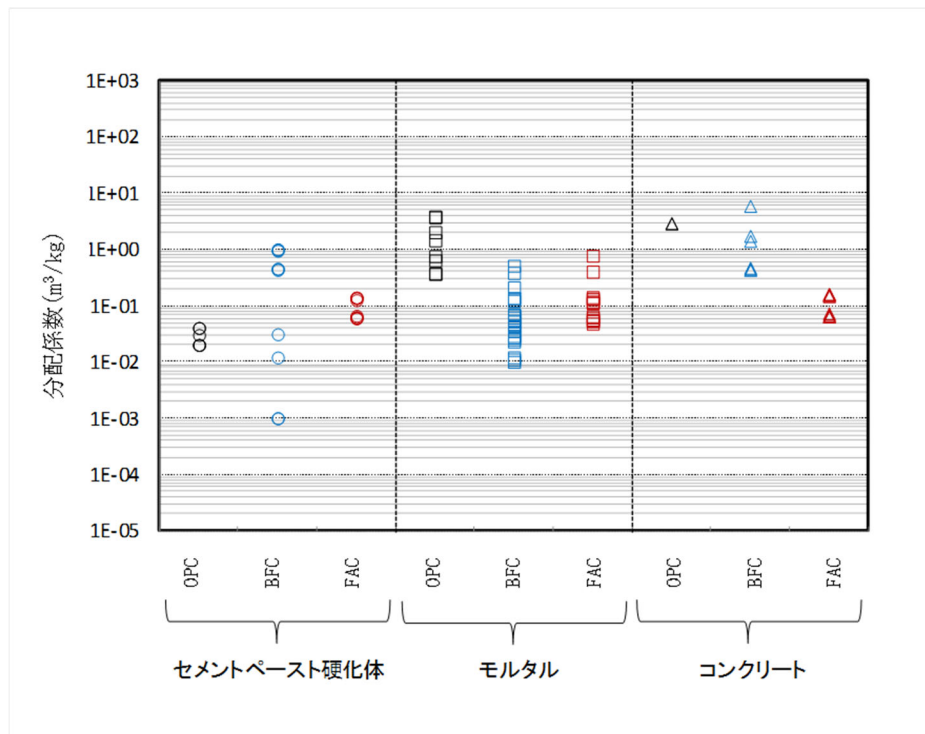
\*1：高炉スラグを混合したモルタル

\*2：高炉スラグを混合したセメント

\*3：高炉スラグを混合したコンクリート

\*4：フライアッシュ (FA) を混合したコンクリート

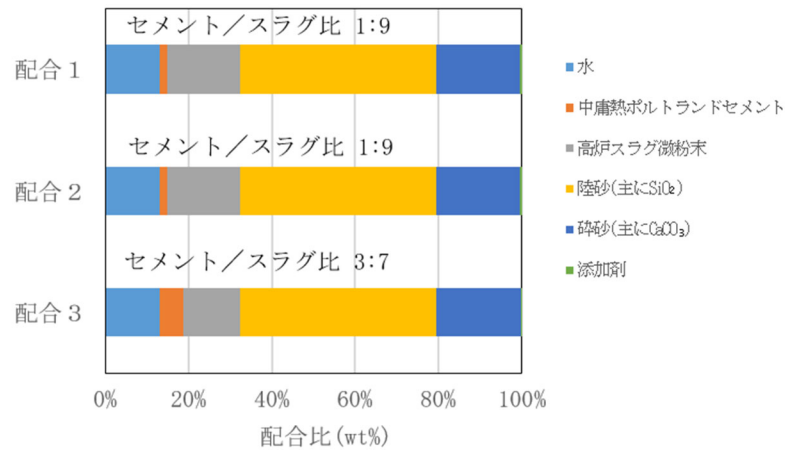
- 充填固化体の固型化材には、第 1 表に記載のない OPC モルタルが用いられているが、JAEA-SDB を参照しモルタルの収着性の傾向(第 1 図)から、分配係数の小さい高炉スラグモルタルを分配係数設定で用いる材料の種類としている。



注 1 : OPC : 普通ポルトランドセメント、BFC : 高炉セメント、FAC : フライアッシュセメント

第 1 図 セメント系材料の種類ごとの Ni の分配係数の比較

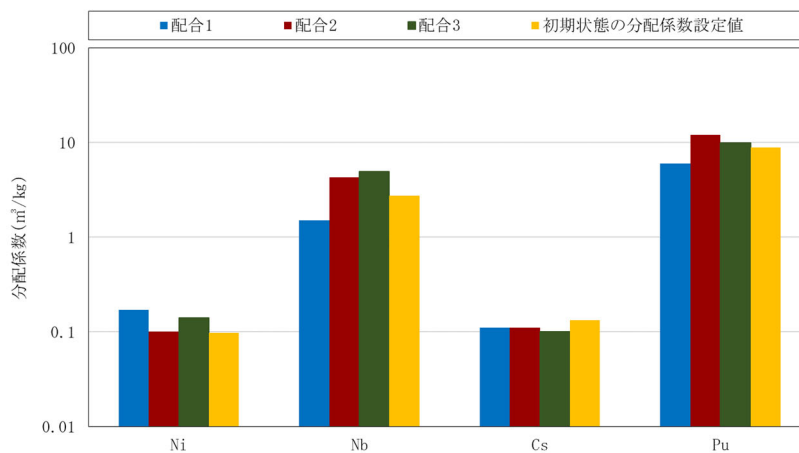
- セメント系材料に含まれる化学混和剤(主に減水剤)による分配係数への影響が考えられるが、分配係数は化学混和剤を含んだ実セメント系材料を使用して測定したデータを用いることを基本方針としているため、化学混和剤による影響が存在したとしても測定結果はその影響を包含したものである。実際に化学混和剤の種類及び量をパラメータとして変化させたセメント固相条件(第2図、第2表)での分配係数試験では、埋設設備の充填材に関しては第2表に示す化学混和剤の種類・量及び配合比の相違による分配係数への影響は軽微である(第3図)。



第2図 充填モルタル配合1～3の配合比

第2表 化学混和剤の詳細

配合	化学混和剤	配合
配合1	水中不分離性混和剤	0.07wt%
	AE減水剤(No. 70)	0.04wt%
	高性能減水剤(レヒェルト 4000)	0.29wt%
配合2, 3	水中不分離性混和剤	0.07wt%
	減水剤(No. 89)	0.04wt%
	高性能AE減水剤(SP8LS)	0.24wt%



第3図 配合ごとの分配係数影響比較

廃棄体の管理について

(「充填固化体の標準的な製作方法」(公開資料)における記載内容の抜粋)

(b) 固型化材料等の配合

固型化材料等の性能として流動性及び硬化後の強度が以下に示す範囲を満足するように、固型化材料等を配合設計する。

ただし、配合設計を行ったセメント、骨材及び混和材料の種類、産地及び購入先の変更が生じた場合には、必要に応じて配合修正を行う。

i. 流動性

固型化材料等の流動性は、(社)土木学会コンクリート標準示方書プレパックドコンクリートに記述されるPロートによる流下時間を参考にし、以下の範囲とする。

固型化材料等の種類	Pロートによる流下時間目標値	
	上限値	下限値
高性能減水剤を使用したもの*1	50 秒	16 秒*2
上記以外	20 秒	16 秒*2

\*1:高性能 AE 減水剤を含む。

\*2:下限値を超える場合は材料分離が著しく生じないことを事前に確認する。

ii. 硬化後の強度

JIS A 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)により試験した固型化材料等の効果後の強度(材齢 28 日後)は、30MPa (300kgf/cm<sup>2</sup>)以上とする。

(c) 原材料の保管方法

セメント、骨材は、湿気を受けないように保管する。混和材料は、不純物の混入、及び分離、変質、凍結等により変質して性能の低下が生じないように保管する。

(d) 固型化材料等の管理要領

固型化材料等が所定の性能に保たれるように以下の要領で管理する。

管理項目		管理する内容	管理要領	管理頻度	
原材料の仕様	セメント	JIS R 5210又はJIS R 5211に定める規格を満足していること	納入者の試験成績書等による	購入の都度	
	骨材	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 粒径が2.5mm以下であること</li> <li>● 粗粒率は固型化材料等の流動性として所定のものが得られるものであること</li> <li>● 上記以外は、JIS A 5308の附属書Aに定める規格、もしくは同等以上の品質を満足していること</li> </ul>	納入者の試験成績書等による	購入する骨材の種類、産地及び購入先を変更する都度	
	水	上水道水 脱塩水 ろ過水	なし	—	—
		回収水	上澄水であること*1	—	—
	混和材料	固型化材料等の性能が所定の流動性の範囲等に適合するような品質となるものであること	納入者の試験成績書等による*2	購入の都度*2	
配合	流動性	流下時間が「(b)固型化材料等の配合」で示す目標値に入っていること	事前の検査による	配合設計を変更する都度	
	硬化後の強度	圧縮強度が「(b)固型化材料等の配合」で示す目標値に入っていること	事前の検査による	配合設計を変更する都度	

\*1:スラッジ固型分が沈殿されていること

\*2:例えば、JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)の規格の高性能減水剤であること、又はそれに相当する性能であることを示す納品書

原材料の納品書及び上表に示す試験成績書及び検査結果等は記録として保管する。

(参考)

セメント固化体の場合、固型化材料の品質、及び固型化材料と廃棄物の練り混ぜ・混合（固型化材料と廃棄物の混練時の流動性等に相当）及び廃棄体の一軸圧縮強度が廃棄物受入れ基準にあり、これらの観点から、充填固化体と同様に、固型化材料等の品質や配合等が管理され、記録として保管されている。

以 上