

III-217

ゼオライトを添加したソイルモルタルの核種吸着特性

鹿島建設株式会社 正会員 埴 信之

鹿島建設株式会社 正会員 土弘 道夫

1. はじめに

原子力発電所や放射性廃棄物取扱い施設から発生する低レベル放射性廃棄物の貯蔵方法として、現在、陸地処分方式が検討されている。当該方式は、放射性廃棄物をセメント等で固化させた後、コンクリートピットなどで地盤の浅層部に貯蔵する方式である。この方式においては、貯蔵施設の安全性だけでなく、漏洩核種に対する周辺地盤のバリア材としての機能についても検討する必要がある。筆者らは、充てん材として実績が多く、現地発生土の利用可能なソイルモルタルを、貯蔵施設周辺の埋め戻し部充てん材兼人工バリア材として適用すべく、基礎的な研究を進めている。図-1に人工バリア材に要求される特性を示す。今回、これらのうち、地中における核種の移行を評価するうえで重要となる分配係数 K_d について調べるため、吸着実験を実施した¹⁾。実験方法としては、バッチ法、カラム法等があるが、ここでは一般に多く用いられているバッチ法により実施した実験結果について報告する。

2. 実験方法

実験条件を表-1、実験に供した試料を表-2、ソイルモルタルの物性値を表-3に示す。

試料としては、一般の吸着剤として用いられているゼオライト(天然鉱物)をモルタル1 m^3 あたり、0~100kg(重量比で0~5%)添加したソイルモルタル4種および比較のため現地発生土である砂質土、ローム(火山灰質粘性土)を用いた。ソイルモルタルの配合は施工時にコンクリートポンプ等による打設が可能で、かつ材料分離を生じさせないように、テーブルフロー値で $180 \pm 20\text{mm}$ 、ブリージング率0%の条件を満足する配合とした。ソイルモルタル試料は材令28日で2mmアンダーに粉碎したものを実験に用いた。放射性核種は、測定精度を考慮して元素濃度 $1 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ に試験溶液を調整した ^{85}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co を用いた。分配係数の測定は図-2に示すように、一定量の試料と試験溶液とを浸漬したのち、固液を分離し、溶液中の非吸着質濃度変化から分配係数を算定するバッチ法により実施した。

なお、測定は、試験溶液浸漬後4時間、1、2、28、91日の各時点でを行った。

3. 実験結果および考察

(1) 各試料の吸着平衡時間

各試料の試験溶液への浸漬時間と分配係数 K_d との関係を図-3に示す。図-3は浸漬時間91日までのデータをもとに算出した回帰曲線より求めた関係である。ここでは、 K_d の初期



図-1 人工バリア材に要求される特性

表-1 実験条件

実験方法	バッチ法
試料	ソイルモルタル4種±2種
放射性核種	^{85}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co
放射能濃度($\mu\text{Ci/ml}$)	2×10^{-2}
元素濃度(mol/l)	1×10^{-6}
試験溶液の初期pH	7.0
検出器	高純度Ge検出器
測定器	マルチチャンネルアナライザー(4024ch)

表-2 実験に供した試料

No.	配合 (kg/m^3)				配合率 (%)
	固化材	砂	ローム	水	
S-1	180	870	490	510	0 (0%)
S-2	180	850	490	510	20 (1%)
S-3	180	820	490	510	50 (2.5%)
S-4	180	770	490	510	100 (5%)
土性値					
土質	比重量	含水比 (%)	密度特性	単位体積重量 (kg/m^3)	含水率 (%)
砂質土	2.70	16.2	99.5	0.5	0
ローム	2.73	30.2	76	12	12

※：重量比

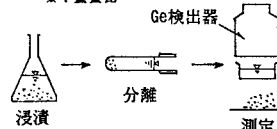
図-2 バッチ法による K_d 測定方法

表-3 ソイルモルタルの物性値

No.	テーブルフロー (mm)	ブリージング率 (%)	浸漬密度 (g/cm^3)	単位体積重量 (kg/cm^3)	実形係数 E_a (kg/cm^3)
S-1	191X192	0	1.970	27.5	4740
S-2	186X187	0	1.944	27.0	4700
S-3	194X194	0	1.945	31.6	5200
S-4	189X190	0	1.943	29.2	5150

*：地盤等の固相に吸着される核種の吸着量を表わし、核種の固相中濃度と液相中濃度との比で示される。

値（浸漬時間1日におけるKd値とした）に対する増加速度が1%/日以下になった時点を経過時間とみなし、各試料の吸着平衡時間およびその時のKdを推定した。結果を表-4に示すが、ソイルモルタルについて吸着平衡時間をみると、Srで40～50日、Csで80～100日であるのに対しCoでは約1日と非常に速い。これは、Sr、Csの吸着がイオン交換反応および細孔への取込みによる物理吸着によって徐々に生じているのに対し、Coの吸着は、試験溶液に浸漬すると同時に溶液中のOH⁻と結びついてCo(OH)₂となって沈澱を生じる不溶物質生成による反応が主体を占めているためと思われる。また、砂質土の吸着平衡時間は約2日と速いが、ロームでは核種により異なり2～100日の範囲であった。

(2) 各試料の分配係数の大きさ

砂質土、ローム、ソイルモルタル（S-1、ゼオライト添加率0%）のKdを図-4に示す。図-4より各試料のKdは砂質土で5～10ml/g、ロームで30～700ml/g、ソイルモルタルで50～4500ml/gでありソイルモルタルのKdは砂質土に対して10～1000倍、ロームに対して2～7倍程度大きい値となっている。したがって、ソイルモルタルは人工バリア材として、現地発生土よりも優れた吸着能力を持っているものと思われる。

(3) ゼオライト添加による効果

ゼオライト添加率とKdとの関係を図-5に示すが、Coを除いて添加率の増加とともにKdも増大しており、ゼオライト添加による効果がみられた。ゼオライトを5%添加することで添加しない場合に比較し、Srで約5倍、Csでは約100倍ものKdの増加がみられ、特にCsにおける効果が大きいことがわかった。これはCsの吸着現象が、イオン交換反応よりも細孔への取込みによる物理吸着が主であり、ゼオライト細孔へ取込まれるCs量が、ゼオライト添加率の増加とともに増えたためと考えられる。

4. まとめ

低レベル放射性廃棄物貯蔵施設周辺の人工バリア材としてソイルモルタルを対象にバッチ法による吸着実験を行ないSr、Cs、Coの吸着特性について検討した。検討結果をまとめると以下のとおりである。

- ① ソイルモルタル（S-1）の分配係数は、砂質土に対し、10～100倍、ロームに対し2～7倍程度、大きく、現地発生土に比較して優れた吸着能力を保持している。
- ② ゼオライトをソイルモルタルに5%添加することで、分配係数はSrで約5倍、Csで約100倍に増大し、特にCsの吸着に対して著しい効果がみられた。

今後は、吸着特性以外に、止水能力、配合特性などについても検討を行ない、人工バリア材としてのソイルモルタルの適用性について研究を進める予定である。

参考文献 1) 土弘道夫、埴 信之；ソイルモルタルの核種吸着特性について、鹿島建設技術研究所年報、VOL. 36, 1988.6

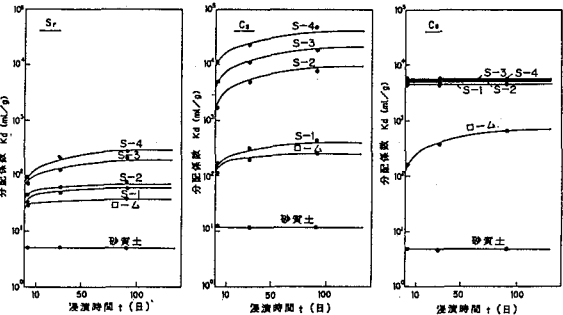


図-3 浸漬時間とKdとの関係

表-4 吸着平衡時間および分配係数Kd

試料	Sr		Cs		Co	
	吸着平衡時間(日)	Kd(ml/g)	吸着平衡時間(日)	Kd(ml/g)	吸着平衡時間(日)	Kd(ml/g)
S-1	10	50	80	360	1	4500
S-2	40	60	100	9030	1	5100
S-3	50	150	100	20000	1	5500
S-4	50	220	100	39100	1	5600
砂質土	2	5	2	12	2	5
ローム	2	30	20	200	100	700

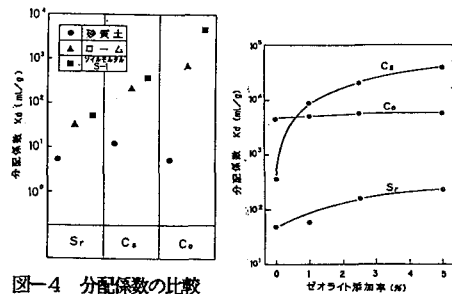


図-4 分配係数の比較

図-5 ゼオライト添加率とKdとの関係