

PFBC灰を利用した砂代替材の水質・底質浄化への活用（その2 リン吸着材への適用）

(株)エネルギー・エコ・マテリア

正会員

樋野 和俊 榎本 広司

(株)竹中土木

正会員

○奥田 良三 石橋 正光

正会員

斉藤 聡

(株)竹中工務店

古川 靖英

1. はじめに

前報1)においてPFBC灰粒状物の覆砂効果について検討した結果、特にリンの溶出防止効果が優れていることを確認した。近年、小規模な修景池等においてもリンを始めとする栄養塩類に起因するとみられる藻類の増殖や水域の悪化が問題となっている。今回、このPFBC灰粒状物を各種の汚染物質の吸着材として適用することを検討した。本稿ではPFBC灰粒状物のリン吸着能力把握をはじめとした基本的な室内試験（イオン吸着試験、リン吸着試験、カラム試験）を実施した結果について述べる。

2. イオン吸着試験

本粒状物における水中の各イオンの吸着能力把握を目的とし、図—1のイオン吸着試験フローにもとづき、カチオンとアニオンの簡易吸着試験を実施した。試料は風乾後に48時間シリカゲル入りデシケーターで保存したものを使用した。



図—1 イオン吸着試験フロー

カチオン吸着試験： Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} を30mg/Lに調整したものを標準液として使用

アニオン吸着試験： F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} を30mg/Lに調整したものを標準液として使用

表—1 イオン吸着試験結果

イオンクロマトグラフィーによる測定結果から、PFBC灰粒状物1gあたりの吸着量を表—1に示す（単位はすべてmg/g）。カチオン吸着試験の結果、マグネシウムイオンの吸着が確認された。またアニオン吸着試験の結果、フッ素イオンとリン酸イオン、硝酸及び亜硝酸イオンの吸着が確認された。

カチオン吸着能 (mg/g)		アニオン吸着能 (mg/g)	
NH_4^+	0.01	F^-	0.15
Na^+	0	Cl^-	0
K^+	0	SO_4^{2-}	0
Ca^{2+}	0	NO_2^-	0.1
Mg^{2+}	0.3	NO_3^-	0.14
		PO_4^{3-}	0.3

3. リン吸着試験

PFBC灰粒状物のリン吸着能力を把握することを目的としてリン酸の吸着試験を実施した。単位重量あたりのリン酸吸着量と平衡状態における液相中のリン酸濃度を測定し、吸着特性を調べた。試料としてPFBC灰粒状物のうち、粒径が4.75～9.5mmのものを使用した。

表—2 リン吸着試験結果

高濃度試験	PFBC灰粒状固化物(粒径4.75-9.5mm)添加量(g)					
	0.00	0.10	0.50	1.00	5.00	10.00
試験前(mg/L)	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60
試験後(mg/L)	9.60	8.40	6.20	2.70	2.20	1.77
差(mg/L)	0.00	1.20	3.40	6.90	7.40	7.83
吸着量q(mg/g)	0.00	1.20	0.68	0.69	0.15	0.08

図—2 リン吸着試験フロー



低濃度試験	PFBC灰粒状固化物(粒径4.75-9.5mm)添加量(g)					
	0.00	0.10	0.50	1.00	5.00	10.00
試験前(mg/L)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
試験後(mg/L)	0.88	0.78	0.42	0.09	0.19	0.36
差(mg/L)	0.00	0.10	0.46	0.79	0.69	0.52
吸着量q(mg/g)	0.00	0.10	0.09	0.08	0.01	0.01

キーワード：石炭灰、PFBC、リン吸着

連絡先：(株)エネルギー・エコ・マテリア（〒730-8701 広島市中区国泰寺町 1-3-32 TEL082-523-3510 FAX 082-523-3511）
 (株)竹中土木広島支店（〒730-0015 広島市中区橋本町 10-10 TEL082-222-7400 FAX 082-222-7401）

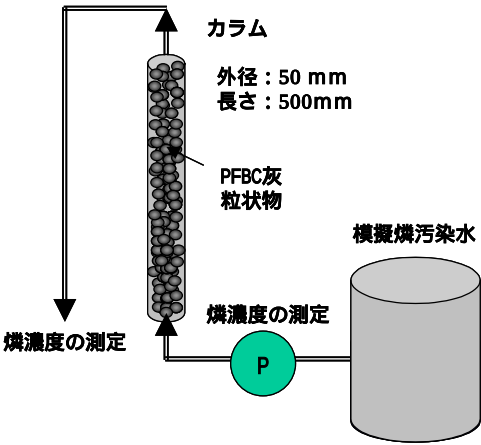
図— 2 にリン吸着試験のフローを、試験結果を表— 2 に示す。汚濁物質（本試験ではリン酸）が吸着剤に吸着される場合、一定温度下では吸着される量と濃度は Freundlich の等温吸着式でよく示される。

$$q = KC^{1/n}$$
（ q ：吸着量 C ：溶質の濃度 K ：常数）

試験の結果、 $K = 0.11$ と算出された。すなわち平衡濃度が 1mg/l の際、リン酸吸着量は約 0.11mg/g であると推測される。

4．カラム試験

PFBC 灰粒状物をリン吸着材として使用することを目的として、図— 3 のようなカラム試験を実施した。模擬的に高濃度のリン汚染水を作成し、カラムに連続的に通水した。カラムに充填する粒状物として 2 種類（粒径 9.5mm 以上、粒径 $4.75 \sim 9.5\text{mm}$ ）の粒状物を選択し、経時的に流入水と流出水のリン濃度の比（ C/C_0 ）を計測した。試験系列の条件を表— 3 に示す。

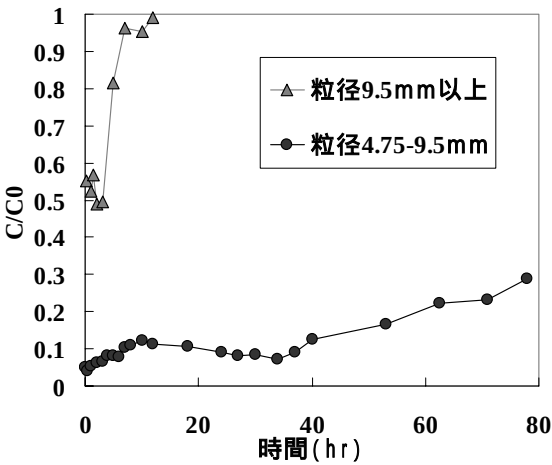


図— 3 カラム試験概要図

表— 3 試験系列の条件

試料		流量	試料重量	HRT (h r)	流入水のリン濃度
1	PFBC 灰粒状物 (9.5 m m 以上)	10.2ml/min	672.4 g	1.30	12.5mg/L
2	PFBC 灰粒状物 (粒径 4.75 ~ 9.5 m m)	14.5ml/min	665.0 g	0.91	11.6mg/L

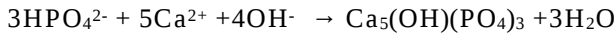
本カラム試験の結果を図— 4 に示す。粒径 9.5 mm 以上のものについては処理効率（ C/C_0 ）が低い一方で、粒径 $4.75 \sim 9.5\text{mm}$ のものについては 80 時間後でもリン吸着能力を持続した。低濃度の模擬リン汚染水や有機物含有排水などを用い、さらなる検討を行う予定である。



図— 4 カラム試験結果

5．PFBC 灰粒状物のリン吸着メカニズム

PFBC 灰粒状物によるリン吸着のメカニズムは、主に PFBC 灰に含まれるカルシウムがリンと反応を起こし、水酸化アパタイトを生成し、リンを不溶化させることによる。（下記反応式参照）



表— 4 に PFBC 灰の化学組成例を示す。本 PFBC 灰は通常の石炭灰と比較すると主成分の酸化カルシウムが多く含まれることから、通常の石炭灰よりもリン吸着能力に優れていると推測される。

表— 4 PFBC 灰の化学組成例

化学組成 (%)								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	lg.loss
44.30	12.50	3.47	24.90	1.04	5.77	0.48	0.52	6.14

6．まとめ

PFBC 灰粒状物は、高い吸着リン吸着能力をもった材料であることが確認された。今後はリン対策用の浄化材として、実用化に向けた試験を実施する。

1) 樋野和俊他：PFBC 灰を利用した砂代替材の水質・底質浄化への活用（土木学会第59回学術講演会）