

廃棄物埋立地における石炭灰利用に関する研究(2)

九州電力(株) 今泉幸男、(承認中) ○坪田晃誠、長野隆義
福岡大学 (正) 立藤綾子、(正) 松藤康司
福岡市 久保倉宏一、塩見豊

1. 目的

わが国では廃棄物の最終埋立処分地の供給不足から、焼却を主体とした中間処理が行われた後埋立処分が行われている。埋立処分される焼却残渣の比率が高まるにつれて、埋立地浸出水における重金属を含む無機塩類濃度の上昇が問題となってきている。一方、火力発電所から大量に排出される石炭灰の多くは有効利用されているが、その一部は埋立処分されており新たな有効利用法を必要としている。

石炭灰は金属酸化物を主成分としカルシウム含有量が比較的高く、多孔質構造を示すため埋立地浸出水中の重金属類を固定する効果が期待できる¹⁾。さらに、石炭灰に含有されているカルシウムが担体となり、浸出水中のカルシウムと炭酸イオンとの反応により炭酸カルシウム(カルシウムスケール)が生成される際に重金属類が共沈効果により固定されると共に、埋立地から発生する温室効果ガスである二酸化炭素を炭酸カルシウムとして固定することが期待できる²⁾。

これまでのパッチ振とう試験及び小型模型槽試験の結果から石炭灰加工物は金属類及び二酸化炭素の固定能が高く、覆土材やガス抜き立渠被覆材等に適用することにより浸出水中の重金属類及び埋立地から発生する二酸化炭素の固定が可能であることが明らかになった。また、大型模型槽に実埋立地に搬入される廃棄物を充填し石炭灰適用の効果について検討した結果、Pb、Mn等の固定能があることが分かった。本報では、より実埋立地に近い条件でのフィールド試験を実施し石炭灰適用の効果について検討した。

2. 試験方法

図1にフィールド試験槽の構造及び石炭灰加工物適用箇所を示す。フィールド試験槽は縦5m×横9m×深さ4.5mの循環式準好気性埋立構造とした。地下原水ピットに溜まった浸出水を水中ポンプで汲み上げ、試験槽中央部のスケール形成槽に戻すことにより浸出水を循環させた(循環流量:約1000L/日)。

石炭灰加工物は石炭灰に水とセメントを加え型枠に流し込んで固化させた後、破砕機でランダムな形状に砕いたものである。石炭灰加工物の使用箇所とその大きさを表1に示す。石炭灰加工物は①中間覆土助材、②浸出水集水管被覆材、③ガス抜き立渠被覆材、④スケール形成槽充填材として使用した。中間覆土層では石炭灰加工物と発生土を重量比で3:1の割合で混合して充填した。フィールド試験槽は覆土材及び集水管等の被覆材として石炭灰加工物を使用した石炭灰槽と、その対照として実埋立地で使用されている発生土及び砕石を使用したブランク槽の2槽を作製した。表2にフィールド試験槽に充填した廃棄物等の充填条件を示す。充填廃棄物は一般廃棄物処分場から排出された焼却残渣と破砕不燃物残渣を重量比3:1に調整したものをを使用した。

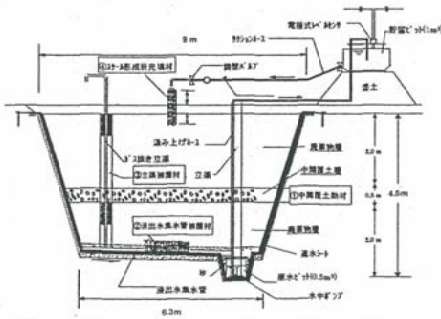


図1 フィールド試験槽構造断面図(循環式準好気性埋立)

表1 フィールド試験槽で使用した充填物

充填箇所	試験槽充填物種類		充填物の大きさ
	ブランク槽	石炭灰槽	
①中間覆土	発生土***	石炭灰加工物・1*+発生土(重量比 3:1)	~1cm程度
②浸出水集水管被覆材	天然砕石	石炭灰加工物・2**	10~15cm程度
③ガス抜き立渠被覆材	天然砕石	石炭灰加工物・2**	2~4cm程度
④スケール形成槽充填材	天然砕石	石炭灰加工物・2**	2~4cm程度

* 7/15%含有, ** 2/1/20%含有, *** 埋立体内で採取した真砂土

試験開始後、定期的にブランク槽及び石炭灰槽の浸出水を貯留ピット上部から採取し、重金属類濃度等の性状を比較した。また、ガス抜き立渠の地下3mの地点でのガスを採取し分析した。

3. 結果及び考察

3.1 浸出水分析

ブランク槽及び石炭灰槽の浸出水中重金属類(Mn、Fe、Pb及びCr)濃度の経時変化を図2~図5に示す。両槽のMn及びFe濃度を比較すると、いずれもブランク槽では40日目から250日目にかけて常に石炭灰槽より高い濃度で推移し、109日目にはMn:13.1mg/L、Fe:7.1mg/Lを示した。

表2 フィールド試験槽の埋立物等充填条件

充填箇所	充填物	充填量(kg)	ブランク槽	石炭灰槽
上層	焼却残渣+中間覆土(重量比 3:1)	88.1	118000	118000
			19000	-
中間覆土	発生土	11.7	16500	16500
			14200	14200
下層	焼却残渣+中間覆土(重量比 3:1)	10.8	3440	-
			3440	-
浸出水集水管被覆材	天然砕石	2.25	480	480
			480	480
ガス抜き立渠被覆材	天然砕石	0.28	310	310
			310	310
スケール形成槽充填材	天然砕石	0.2	220	220
			220	220

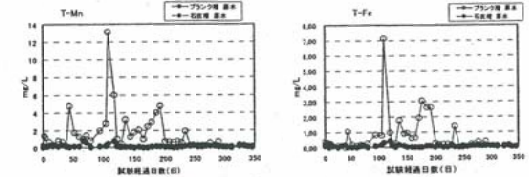


図2 T-Mn濃度経時変化

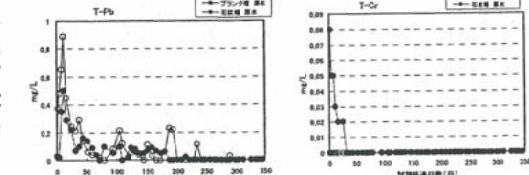


図3 T-Fe濃度経時変化

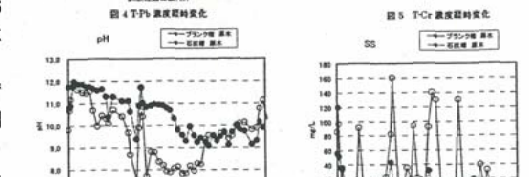


図4 T-Pb濃度経時変化

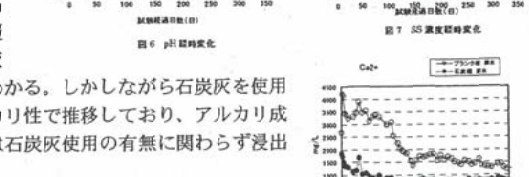


図5 T-Cr濃度経時変化

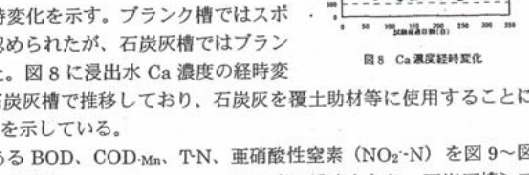


図6 pH経時変化

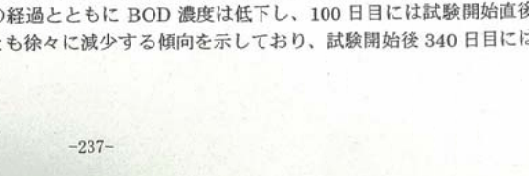


図7 SS濃度経時変化

この期間における石炭灰槽のMn及びFe濃度は最も高い時でもそれぞれ0.7mg/L及び0.4mg/Lであった。PbはFe、Mn程顕著ではないが、ブランク槽>石炭灰槽の傾向を示した。Cr濃度は試験開始後2日目に石炭灰槽で0.08mg/Lを示したが、32日目以降は両槽とも検出されていない。Cd濃度は両槽とも試験開始直後から検出されなかった。石炭灰加工物使用の有無以外は両槽の試験条件は同じであることから、ブランク槽>石炭灰槽であったMn、Fe及びPbは石炭灰加工物の適用により流出が抑制されていると考えられる。

次に両槽浸出水のpHの経時変化を図6に示す。試験開始直後から50日目までは両槽ともに、pH11~12で推移した後徐々に低下し、ブランク槽では200日目前後でpH8付近、石炭灰槽ではpH9~10の範囲で推移した。しかし、pHの低下が早かったブランク槽のpHは250日目以降上昇し300日目にはpH11程度で石炭灰槽より高くなる傾向を示した。このように、中間覆土等に石炭灰を用いることで初期の石炭灰槽浸出水は高いアルカリ性を示すことがわかる。しかしながら石炭灰を使用していないブランク槽でも浸出水はアルカリ性で推移しており、アルカリ成分を多く含む焼却灰が主体の埋立条件では石炭灰使用の有無に関わらず浸出水はアルカリ性を示すものと考えられる。

図7に浸出水中の懸濁物質(SS)の経時変化を示す。ブランク槽ではスポット的に懸濁物質濃度が上昇する傾向が認められたが、石炭灰槽ではブランク槽ほど急激な濃度上昇は起こらなかった。図8に浸出水Ca濃度の経時変化を示す。Ca濃度は常にブランク槽>石炭灰槽で推移しており、石炭灰を覆土助材等に使用することにより浸出水へのCa流出が抑制されることを示している。

有機系汚濁物質の分解安定化の指標であるBOD、COD_{Mn}、T-N、亜硝酸性窒素(NO₂-N)を図9~図12に示す。BOD濃度は両槽とも試験開始直後は700mg/L~1000mg/Lの高い濃度となり、石炭灰槽>ブランク槽の傾向を示した。両槽とも時間の経過とともにBOD濃度は低下し、100日目には試験開始直後の値の1/2程度になった。その後は両槽とも徐々に減少する傾向を示しており、試験開始後340日目には

[連絡先] 〒815-8520 福岡市南区塩原2丁目1番47号 九州電力(株) 総合研究所
坪田 晃誠 Tel:(092) 541-0669 Fax:(092) 551-1583 E-mail:terunobu_tsubota@kyuden.co.jp
キーワード: 石炭灰有効利用、覆土助材、ガス抜き管等の被覆材、重金属類固定、二酸化炭素固定

ブランク槽：約 2mg/L、石炭灰槽：約 6mg/L となり両槽ともほぼ同じ値となり、試験開始直後の 1/100 以下に低下していることが分かった。COD_{Mn} 濃度の低下は BOD に比べると緩慢であるが、その傾向は BOD と同様であり、有機汚濁物の分解安定化は石炭灰の適用により抑制されることが分かった。

T-N 濃度は試験開始後 200 日目頃まで、ブランク槽では 40~65mg/L、石炭灰槽では 40~75mg/L の範囲で増減を繰り返しながら推移していた。この間の T-N 濃度は石炭灰槽 > ブランク槽の傾向を示した。

試験開始後 250 日目以降は両槽とも減少傾向を示し、340 日目ではブランク槽：36mg/L、石炭灰槽：39mg/L とほぼ同じ濃度になった。200 日目頃までは、T-N のほとんどがアンモニア性窒素であった。ブランク槽では 200 日目以降、亜硝酸性窒素が増加傾向にあり、硝化の進行が見られる。一方、石炭灰槽では亜硝酸性窒素の濃度は低いままで、有機性窒素のアンモニア化及びそれに続く硝化が抑制されているものと予想される。

3.2 槽内発生ガス濃度

試験槽内（ガス抜き管：GL=-3m）における温度と CO₂ 濃度を図 13、図 14 に示す。試験槽内の温度は両槽とも試験開始直後から外気温より 10℃以上高い 25℃から 30℃となり、発熱反応がおきていることが分かる。また、石炭灰槽がブランク槽より高い温度で推移した。次に、CO₂ ガスの経時変化を見ると、試験当初から継続してブランク槽が石炭灰槽よりもわずかに高い濃度で検出されている。ブランク槽では最大 0.06vol%濃度で検出されているのに対し、石炭灰槽では最大 0.03vol%で検出されており中間覆土等に石炭灰を用いることによる CO₂ ガスの固定効果がみられる。しかし大気中の CO₂ 濃度が 0.03vol%であることを考えると検出量が比較的少ない。これは、石炭灰と類似したアルカリ分が多い焼却灰が充填廃棄物の主体であることから、CO₂ のほとんどが焼却灰層に固定されているためと考えられる。

3.3 スケール分析

両槽のスケール形成槽内で採取したスケールの分析結果を表 3 に示す。スケールの主成分は炭酸カルシウムで重金属類（Cr、Mn、Fe、Pb）が含まれており、スケール生成にともなってこれらの重金属類が取り込まれて固定されていることが確認された。

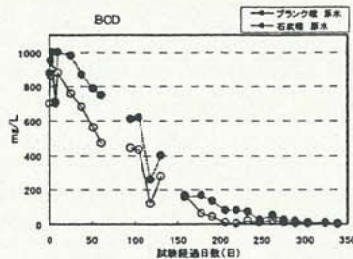


図9 BOD 濃度経時変化

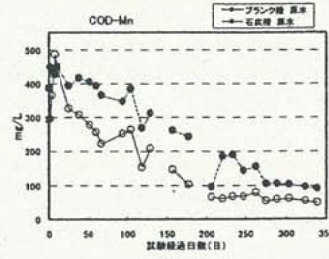


図10 COD-Mn 濃度経時変化

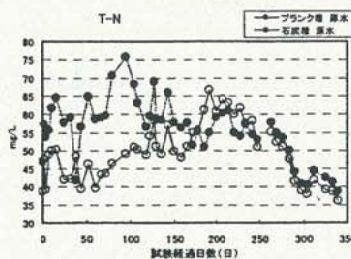


図11 T-N 濃度経時変化

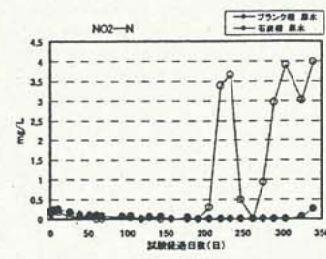


図12 NO2-N 濃度経時変化

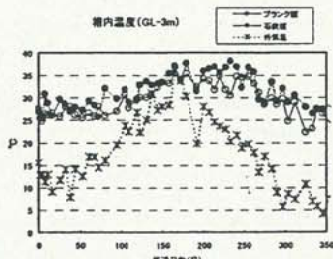


図13 槽内温度経時変化

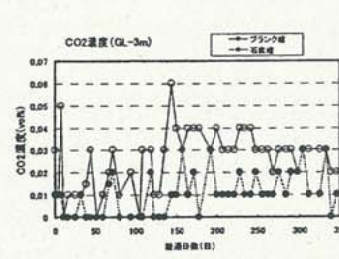


図14 CO2 濃度経時変化

表3 スケール形成槽内生成スケール分析結果

試料名	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	Cr (mg/g)	Mn (mg/g)	Fe (mg/g)	Pb (mg/g)	Cd (mg/g)	発生CO ₂ (mg/g)
ブランク槽スケール(95日目)	268	15.4	0.015	13	8.65	1.07	<0.005	236
石炭灰槽スケール(95日目)	298	16.5	0.016	6.2	3.47	0.691	<0.005	281

発生CO₂：スケールに塩酸を滴下して発生したCO₂量

4. まとめ

- ① 石炭灰を中間覆土材等に使用することにより、浸出水中への Mn、Fe、Pb 及び Ca 流出を抑制することがわかった。また、生成したスケールには重金属類が取り込まれていた。
- ② 石炭灰を適用することにより埋立地から発生する CO₂ 放出を抑制することが示唆された。
- ③ 石炭灰槽では有機性窒素の無機化が遅れる傾向を示した。

〔参考文献〕：1) 芦川信雄ら、廃棄物埋立地における石炭灰利用に関する研究，第 11 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1169~1171 (2000)

2) 松本千仁ら、埋立地内における石炭灰の覆土助材等への利用に関する研究(2)，第 22 回全国都市清掃研究発表会講演論文集，363~365 (2001)