

二酸化炭素を活用した水の循環による焼却灰地盤中の鉛濃度の経時変化に関する検討

九州大学大学院 ○学 宇良 直子 F 落合 英俊
正 安福 規之 正 大嶺 聖

1. はじめに

海面埋立処分場では間隙水の移動が緩慢であるため、嫌気的な状態が継続し、汚濁物質の分解は容易に進行せず、効果的な早期安定化システムの確立が求められている。これまでの研究から、廃棄物層内の間隙水を強制的に移動・循環させることにより、廃棄物層内の嫌気的な状況を解消し、有機性汚濁物質や窒素化合物の分解・浄化が促進できることがわかっている。しかし、重金属に着目すると、嫌気的な雰囲気では硫化物として安定的に存在していたものが、好気的になることで再び溶解することが懸念される。本研究では保有水の循環にともなう鉛濃度に着目し、廃棄物層からの浸出水に二酸化炭素を強制的に溶解させ、それを循環させた際の pH や鉛の濃度の経時変化を調べ、重金属の不溶化効果を確認め、またその結果をもとに効果的な水の循環方法を示すものである。

2. 二酸化炭素の効果

表-1に焼却灰の性状の変化について示す。焼却灰中の鉛は時間の経過とともに溶出量が大きく減少することがわかる。これは焼却灰が空気中の二酸化炭素を吸収したことによる pH の低下 (pH の低下により水酸化物沈殿→水中溶存鉛濃度の減少)、鉛の二酸化炭素による炭酸塩としての沈殿、炭酸カルシウムとの共沈、二酸化炭素による焼却灰の新たな重金属吸着サイトの形成などによるものと考えられる。海面埋立処分場においても、この二酸化炭素による効果 (炭酸化効果) を活用することはできないかと考え、これまで行ってきた浸出水の循環に加え、浸出水を二酸化炭素で曝気させることで、重金属の再可溶化についても考慮した実験を試みた。

表-1 焼却灰の性状変化

2年前(採取時)	現在
pH	12.7 → 11.65
Pb (ppm)	1.12 → N.D.
Ca (ppm)	650 → 67
1年前(採取時)	現在
pH	12.9 → 12.68
Pb (ppm)	1.10 → 0.60
Ca (ppm)	1132 → 623

3. カラムを用いた浸出水循環実験

(1)実験概要 実験に用いた試料は A 市の焼却処理施設より採取した都市ごみ焼却灰で、粒径が 20mm 以下のものを使用した。また今回用いた焼却灰について環境庁告示第 13 号法に準拠した溶出試験 (液固比 10、6 時間連続振とう) を行った。その結果を

表-2 溶出試験結果

pH	12.89
Pb (ppm)	0.66
Ca (ppm)	903
アルカリ度 (mgCaCO ₃ /L)	1167

表-2に示す。また実験装置の概要を図-1に、実験条件を表-3に示す。表中に、それぞれの実験パターンの目的を記す。実験は浸出水の循環の有無、二酸化炭素による浸出水の曝気の有無、流量、液固比など、条件の異なる 6 つのパターン (P0、P1、P2、P3、P4、P5) について行った。試料は水中落下により堆積させ、その後水の循環および測定を開始した。

(2)測定項目 カラム上部より浸出水 (余水) を採取し、pH、アルカリ度 (pH8.3)、Pb 濃度を測定した。ここでアルカリ度とは、水中に含まれているアルカリ成分を所定の pH (ここでは 8.3) まで中和するのに要する酸の量を、これに対応する炭酸カルシウム (CaCO₃) の濃度で表したものであり、アルカリ度によって焼却灰への二酸化炭素の供給の度合いが予測できるものと考えた。

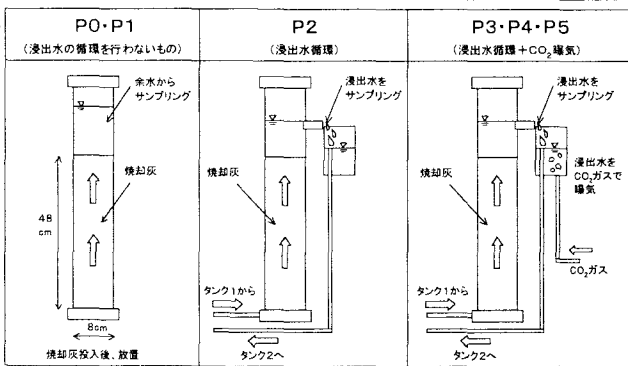


図-1 実験装置の概要

表-3 実験条件 (流量の単位 cm³/s)

浸出水循環の条件	CO ₂ 曝気の有無	液固比	実験の目的
P0	無	1	焼却灰浸水時の余水の挙動を把握
P1	無 (但し灰投入前に水にCO ₂ で飽和)	1	埋立初期におけるCO ₂ の効果の検証
P2	流量 0.87	10	浸出水循環の効果の検証
P3	流量 0.87	10	浸出水循環+CO ₂ 曝気の効果の検証
P4	流量 0.07	10	P3において流量が小さい場合の現象を把握
P5	流量 0.87	3	P3において液固比が小さい場合の現象を把握

(3) 実験結果と考察 各カラムからの浸出水の pH、アルカリ度及び Pb 濃度の経時変化を図-2～4に示す。まず浸出水を CO₂ で曝気し、それを循環させたカラム P3、P4、P5 については、反応速度はそれぞれ異なるが、pH、アルカリ度、Pb 濃度ともに低下した。さらに Pb 濃度は排水基準値 (0.1ppm) 以下に抑えることができた。これは、灰中に浸入した水によってアルカリ成分、溶解した重金属などが洗い出され、その浸出水が CO₂ の曝気を受け、中和反応や沈殿形成が起こったためと考えられる。またカラム P5 は液固比が小さいにもかかわらず、P5 よりも液固比が大きく流量の小さいカラム P4 に比べ反応速度が速いことがわかる。よって、液固比が小さい状況においても、できるだけ速い流速で透水・循環させることで、より早い安定化が期待できるものと推測できる。

浸出水を循環させるのみのカラム P2 は、筆者がこれまでにを行った検討¹⁾同様、pH 値は実験期間中、大きな変化はみられなかった。しかしアルカリ度は徐々に低下していくのがわかる。Pb 濃度についても低下傾向にあることがわかる。この理由として、大気中の濃度レベルでの CO₂ により、上記のカラム P3、P4、P5 と同様の反応が起こっているためと考えられる。

焼却灰を浸水させ、そのまま放置したカラム P0、P1 については、焼却灰投入直後に比べると時間の経過とともにアルカリ度は増大しており、焼却灰中からアルカリ成分が余水へ徐々に溶解していく様子がわかる。また実験開始当初は水を CO₂ で飽和させたもの (カラム P1) は、飽和させなかったもの (カラム P0) に比べ pH 及びアルカリ度は低く、初期の CO₂ 飽和の効果が見られたが、その後 P1 は P0 よりも大きな値を示した。Pb 濃度をみると、実験期間中 P0 は P1 よりも著しく溶出濃度が高いことがわかる。以上の結果よりカラム P1 については、実験初期に水中に溶存している CO₂ やアルカリ成分により、水酸化物沈殿や炭酸塩形成などが起こり、溶出が抑制されたものと推測される。

ここで、カラム P3 については、pH 値が 9.02 を示したところで CO₂ 曝気および浸出水の循環を停止し、カラム内の試料を用いて液固比 10 で溶出試験を行った。その結果を表-3に示す。このように Pb 濃度はほとんど検出されず、また実験停止直前にサンプリングした浸出水において Pb 濃度は検出されなかったことを考えると、浸出水を CO₂ で曝気させながら循環させる方法は pH 及び Pb 濃度の低減に効果的であることが確認できた。

4. まとめと今後の課題

(1) 焼却灰を充填したカラムからの浸出水を循環させる実験を行ったところ、浸出水を CO₂ で曝気させたものは、その流量や液固比にかかわらず、pH、アルカリ度、Pb 濃度の低減に効果があり、浸出水中の Pb 濃度を排水基準以下にすることができた。今後の展開として、流量や液固比に着目した Pb 濃度の溶出特性の定量化を行う予定である。

(2) 焼却灰投入前の水を CO₂ で飽和させておくことで、Pb 濃度の溶出抑制が可能である。浸出水の循環を行わないカラムに関しては液固比が異なる場合について同様の実験を行い、さらなる効果の検証が必要と考える。

5. 参考文献 1) 宇良, 落合, 安福, 大嶺, 山田, 中川: 水の循環による埋め立て地盤の液相中重金属挙動, 第 5 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.17～22, 2003

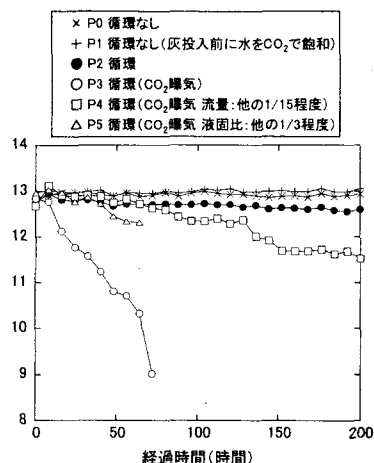


図-2 pHの経時変化

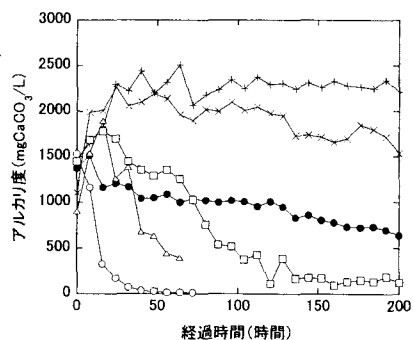


図-3 アルカリ度の経時変化

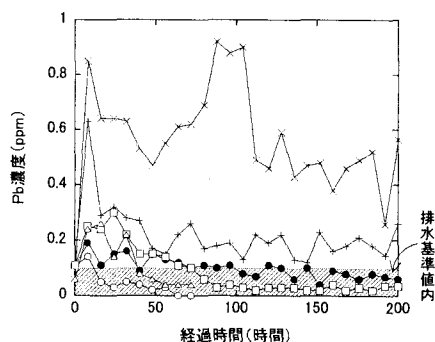


図-4 Pb濃度の経時変化

表-3 実験後の焼却灰を用いた溶出試験結果

pH	10.41
Pb (ppm)	0.02
Ca (ppm)	109
アルカリ度 (mgCaCO ₃ /L)	66