

クローズドシステム処分場における埋立物の安定化のための基礎的研究

クローズドシステム処分場開発研究会 (賛) ○大塚義一、(賛) 塩山昌彦、(正) 石井一英  
(正) 古市 徹、(正) 花嶋正孝

1. はじめに

廃棄物からの溶出挙動や溶出方法を理論的に解明して溶出挙動を制御することや各種の溶出方法を定量的に評価する試みは、まだ始まったばかりである。そうした研究における課題のひとつに、対象とする廃棄物埋立処分場が、降雨などの自然環境に極めて影響を受けやすい構造で、溶出挙動を制御する場合の外乱が大きいということが挙げられる。一方で、最近では花嶋らが考案したクローズドシステム処分場 (以下、CS 処分場と記す) という新しいタイプの処分場施設に関して様々な方面から研究開発され、実用化されてきた。CS 処分場は被覆型の処分場で、周辺環境に対する影響や埋立廃棄物そのものを制御可能な処分場施設であると考えられている。

本研究では、CS 処分場施設の重要な機能のひとつである「埋立廃棄物の安定化制御機能」について論じている。特に今回は、焼却灰中の有機汚濁成分を散水によって洗い出す方法に着目し、そうした散水による安定化への影響を調査し、安定化を制御するための理論的な手法やその安定化手法を最適化するための取組みなどを報告する。

2. 埋立廃棄物の物性変化に対する影響因子

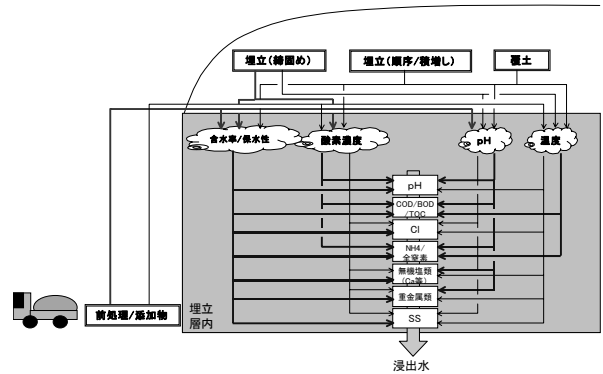
埋立廃棄物の安定化を制御可能にするためには、「いろいろな種類の作用によって廃棄物がどのような物性変化を起こすのか」つまり、「どのような因子が安定化に影響するのか」、ということを確認することが重要である。ここでは、図 1 に示すような 3 つの場面における廃棄物と浸出水との関係を抽出し、そのなかで支配的ないくつかの影響因子に関して紹介する。

(1) 埋立物

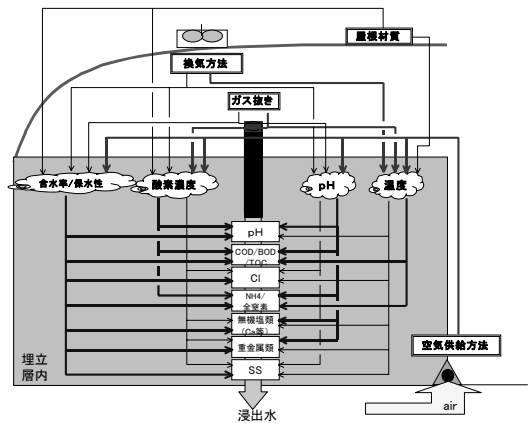
廃棄物自体 (ここでは埋立物全体) としては図 1 (a) に示すように、①廃棄物が処分場に搬入される前に行われている中間処理「(廃棄物への) 前処理や添加物」、②埋立作業に関連する廃棄物の締固め「埋立順序や積増し」、③廃棄物の飛散防止等に使用する覆土「覆土の量や質」、などの影響がある。

(2) 埋立施設の構造や仕様

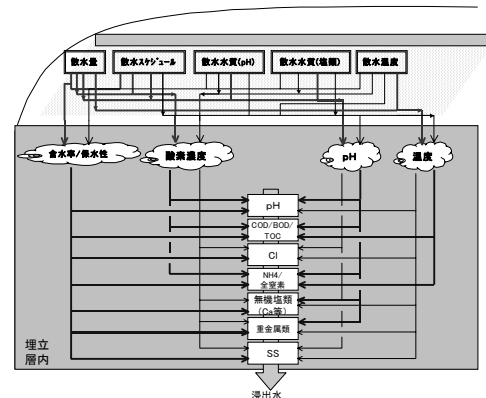
処分場施設としては図 1 (b) に示すように、①埋立層からの水分蒸発に影響のある場内換気方法「換気回数や換



(a) 埋立物の影響因子



(b) 施設構造や仕様の影響因子



(c) 散水の影響因子

図 1 埋立廃棄物の物性変化に対する影響因子

[連絡先] 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 株式会社 奥村組 技術本部 環境プロジェクト部 大塚義一  
TEL : 03-5427-8475 FAX : 03-5427-8104 E-mail : yoshikazu.otsuka@okumuragumi.jp  
キーワード : 安定化・散水・最適化・クローズドシステム・焼却灰

気筒所数」、②場内温度に影響する屋根構造「屋根材質」、③埋立層内への空気供給方法「ガス抜き（管の有無や構造）」、などの影響がある。

(3) 散水

散水としては図1(c)に示すように、①散水スケジュール「散水量・散水時間・散水頻度」、②散水水質「pHや塩類濃度」、③散水温度、などの影響がある。

3. 数値モデルを用いた散水方法の提案

埋立廃棄物を安定化させるための散水方法を検討する際に、本研究では洗い出しモデルを考案し、色々な散水条件下での溶出特性を定量的に模擬することで適切な散水方法の提案を行なった。

(1) 洗い出しモデルの考え方

洗い出しモデルは、廃棄物層内の不飽和流れにおいて、層内水には流動する水の相「流動相(L2相)」と動かない水の相「不動水相(L1相)」が存在し、その二相間の濃度差により溶質移動が起きるといいう2相モデルを拡張し、固相(粒子 S2相)内部での粒子内拡散を考慮し、固相から不動水相への溶質移動も考慮した。そのモデルの基本概念を図2に示す。CS処分場においては、間欠散水による管理が基本となる。その散水停止期間中における、固相から不動水相へと溶出成分が移動し、不動水相中に溶出成分が蓄積するという現象がモデル化されている。

(2) モデルの検証

洗い出しモデルの精度を検証するために、表1に示す散水条件における実際の焼却灰中のTOC溶出挙動を室内カラム実験装置により求め、その結果とモデルとの検証を行なった。図3は、カラム実験結果とモデルの解析結果であるが、適切なパラメータ同定が行なわれれば、実際のTOC溶出挙動を本モデルにて模擬することが可能であることが確認できた。

(3) 散水方法の決定

図3に示す結果やその他の実験結果などにより、散水強度や散水時間および散水頻度を変えることにより、同一の対象物であってもその溶出挙動に異なる結果が得られることがわかった。このことから本研究では、これら3つの散水項目を操作変数とし、3つの操作変数を変動させた場合に生じる結果（必要散水量や散水期間など）を最適化（最大化 or 最小化）し、このときの散水パターンを最適な散水方法とした。

4. 安定化手法の最適化への取組み

散水方法の違いによる効果を定量的に評価することができれば、安定化における最適な散水方法を提

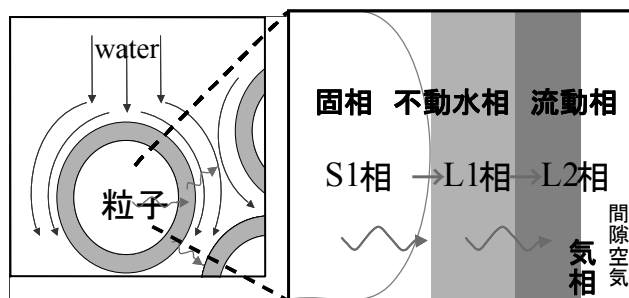
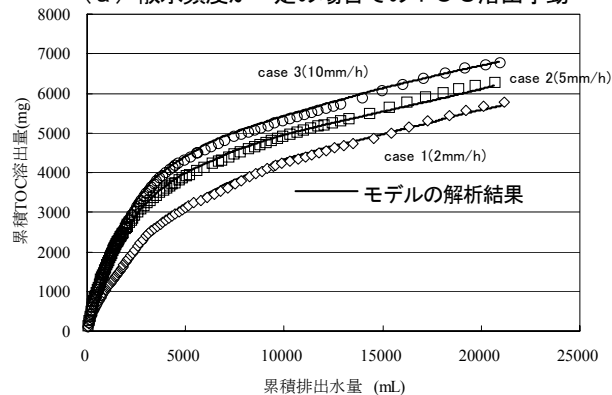


図2 洗い出しモデルの概念

表1 実験時の散水条件

Case	散水強度	散水時間	一回当たりの散水量	頻度
	[mm/h]	[h]	[mm/回]	
1	2	2	4	毎日
2	5	0.8	4	毎日
3	10	0.4	4	毎日
4	5	0.8	4	毎日
5	5	0.8	4	3日に1度
6	5	0.8	4	1週に1度

(a) 散水頻度が一定の場合でのTOC溶出挙動



(b) 散水強度と時間が一定の場合でのTOC溶出挙動

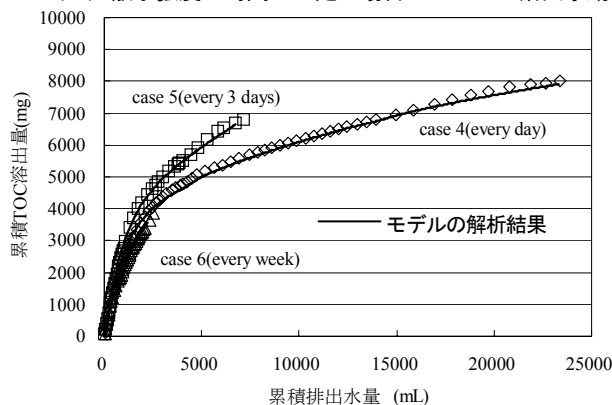


図3 モデルの実験結果との比較

案することができる。その際に、どのような評価基準で効果を定量化するのが重要となる。評価基準の違い（何をもちて複数の散水方法の最適性を評価するのか？）によって、得られた結果としての最適な散水方法が異なる場合もある。ここでは、評価項目として“コスト”のみを考えた場合、特にコスト比率が大きな水処理設備に関する建設から運用・維持管理に関する費用を評価値とし、その費用が最小になる散水方法が最適である、というケースを想定した。散水コストの評価例を以下に紹介する。

(1) 散水コストの最適化の考え方

散水コスト  $C_T$  の評価式は、設備の建設費  $C_I$  と維持管理費  $C_M$  の和として求める。 $C_I$  は1日の浸出水処理量  $Q_{day}$  と処理する項目に応じた処理能力係数  $K_I$  との関係式で現し、処理量が多く脱塩処理などの処理項目数などに応じて変化する。 $Q_{day}$  は、散水面積  $A$ ・散水強度  $I$ ・散水時間  $P$ ・散水頻度  $F$  と鉛直方向への浸出水の不飽和流動を考慮した遅延係数  $R$  から導かれる。 $R$  は、散布表面から埋立底部までの浸出水の浸透距離  $H$  で浸透速度  $V$  を割って得られる浸透時間に時間係数  $G_V$  を掛けたものである。また、 $C_M$  は、A{埋立}期間の浸出水処理設備の維持管理費  $C_{MA}$ 、B{脱塩処理}期間の浸出水処理設備の維持管理費  $C_{MB}$ 、C{廃止準備}期間の浸出水処理設備の維持管理費  $C_{MC}$ 、の和である。 $C_{MA} \cdot C_{MB} \cdot C_{MC}$  は、図4に示すような関係から求め、 $Q_{day}$  と A~C の各期間に応じた維持管理費係数  $K_A \cdot K_B \cdot K_C$  および維持管理固定費  $C_A \cdot C_B \cdot C_C$  などに各散水期間  $T_A \cdot T_B \cdot T_C$  を乗じたものとなる。 $T_A \cdot T_B \cdot T_C$  については、 $T_A$  は埋立期間、 $T_B$  と  $T_C$  については、 $R, I, P, F$  を変数としたそれぞれの散水期間算出用の関数  $f_B \cdot f_C$  である。関数  $f_B$  と  $f_C$  から得られる  $T_B$  と  $T_C$  は、散水効果による対象の物理・化学・生物学的特性や埋立条件、さらには許容濃度などの制約条件によって大きく変わり、そのため現時点ではまだ確立された（汎用性のある）手法とはいえない。

(2) 最適化における課題

散水方法の違いによる散水コストの算出結果例を図5に示す。ここでは、単に散水期間を短くすることが浸出水処理費を下げることはない結果となったが、これはコストのなかの建設費が維持管理費よりも支配的であったためと考えられる。こうした結果の精度は、散水方法の違いによる散水期間の精度と散水期間における維持管理費の経時変化の精度とに依存している。したがって、これらの精度向上が今後の課題となる。また、浸出水処理コスト以外の要素選定や、コスト以外の評価項目の選定なども今後の検討課題となる。

5. おわりに

CS 処分場において、埋立廃棄物の安定化を行なう上で必要な、廃棄物の物性変化の影響因子やその数値モデルと散水方法およびその評価方法などの基礎的研究の成果を述べた。今後これらの成果の精度をさらに向上するとともに、安定化のための散水設計手法を確立するための研究を行いたい。なお本研究は、クローズドシステム処分場開発研究会安定化基礎研究WGの研究成果である。メンバーの皆様に感謝申し上げます。

参考文献

1) Kazuei Ishii, Tohru Furuichi, and Noboru Tanikawa; Proposal of Watering Method for Waste Stabilization in Closed System Disposal Facilities by Using a Washout Model, Proceedings of the Third Asian-Pacific Landfill Symposium in Kitakyusyu 2004, pp253-260(2004)

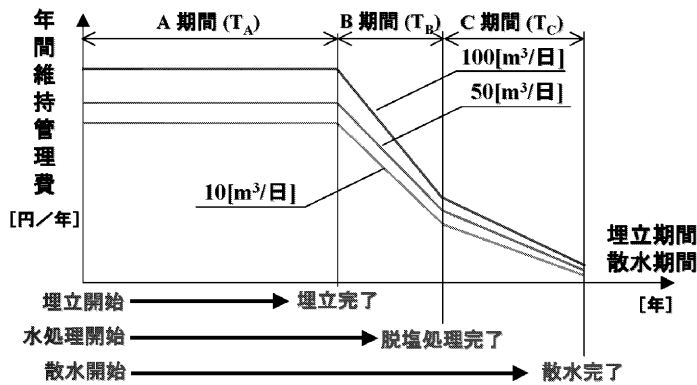


図4 浸出水処理施設の維持管理期間と費用との関係

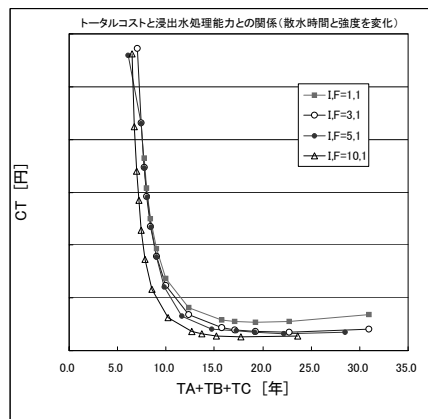


図5  $C_T$  と散水期間との関係