

高度管理型最終処分場における埋立物安定化に関する研究 安定化プロセスにおける焼却灰からの溶出

矢島 聡 佐竹 英樹
久保田 洋 酒向 信一
山田 裕己 岡本 太郎
金子 和己

概 要

地方自治体で計画されている最終処分場は迷惑施設のイメージと周辺環境への影響に対する不安感から周辺住民の反対により建設が困難になっている。しかし最終処分場は都市計画の上からは必要な施設である上、処分場の受入れ残余年数が少ないことから建設は遅らせる事が出来ない状況となっている。

本研究の対象は、自治体と住民の最も大きな要望である、環境への影響が少なく安全性が高い最終処分場に応えることのできるクローズド型最終処分場に関わるプロセスである。クローズド型最終処分場は、処分場の周囲を構造物で覆うことで、外部環境からの影響を排除し、内部環境・埋立物を人為的に制御するものである。従って、処分場内部では、高度な管理技術が必要となるが、計画的に埋立処分が可能になり、排水も極力少なくできるなど外部環境への負荷を低減させることが可能である。

本研究は、焼却灰の埋立て処理を対象にしたクローズド型最終処分場に焦点を絞り、焼却灰埋立て時の前処理技術に関する新しいプロセス技術の開発を目指した。

The stabilization of Bottom Ash for advanced landfill facilities Elution from bottom ash in stabilization process

Abstract

Local authorities have significant difficulty in planning and construction of final disposal facilities, whether because of actual environmental risk or a “Not In My Back Yard (NIMBY)” attitude from local residents. Such delays are costly because landfills are necessary part of city infrastructure and the capacity of existing facilities is limited.

This work looks at the advanced process of closed system disposal facilities. This process offers increased safety and less environmental impact, and will hopefully meet the demands of local authorities and neighborhood as acceptable final disposal facilities. Closed system disposal facilities are equipped with structures to prevent the impact of weather conditions, control indoor conditions and landfill waste. With these advanced technologies, it is possible to carry out scheduled landfill operation and prevent environmental impact.

In this report, we focus on closed system disposal facilities for bottom ash and development of advanced pretreatment process prior to landfill.

キーワード: 処分場, 焼却灰, 安定化,

§1. はじめに

平成 12 年に循環型社会形成促進基本法が制定され、社会はこれまでの大量消費・大量廃棄型の様式から資源を有効利用し、廃棄物の発生抑制およびリサイクルを進める様式への転換を迫られている。しかし、再利用が困難な焼却残渣等廃棄物の発生は避けられず、これらに関しては最終処分場において適正な処理・処分が必要とされている。このように廃棄物最終処分場は必要施設であるにも関わらず建設が進んでいない要因としては、廃棄物処分場の安全性に対する住民の不信感が大きな比重を占めていると考えられる。

最終処分場が社会に受け入れられやすくなる条件は、環境への影響を抑え安全性が高く保たれた埋立焼却灰の安定化処理および浸出水処理工程の確立であり、埋立終了後は早期に跡地が利用できることである。これらの条件に対応するためには高度に管理された最終処分場のプロセス技術の実現が必要とされている。

本報告書では、「高度管理型最終処分場」のプロセス技術において、環境への影響を最小限に抑え、埋立物の早期安定化を進める安定化処理工程に関する実験結果について報告する。

§2. 最終処分場における埋立物安定化の現状と課題

2.1 従来型最終処分場(オープン型最終処分場)

一般的な最終処分場(オープン型最終処分場)では、自然降雨により埋立物が洗われて徐々に環境に対して影響の少ない性状に変化(安定化)する。安定化の過程で埋立物から排出される浸出水は重金属、カルシウムや一般的な水処理では除去が難しい塩類を高濃度に含有する場合が多い。塩類に関しては周辺水域への影響を考慮すると、法的基準は満足しても処理水の直接放流は難しい状況となっている。

また、埋立物の安定化には埋立終了から 15~20 年程度かかるものと考えられ、廃止まで長期にわたる維持管理が必要であることから跡地の利用を難しくしている。

2.2 クローズド型最終処分場

最終処分場の建設に住民の合意形成と周辺環境に配慮したクローズド型最終処分場が提案され、建設例が増加している。クローズド型最終処分場は処分場を構造物で覆い、周辺環境への影響を抑え、雨水の侵入の防止により浸出水量を低減できる。しかし、埋立物の安定化は期待できないため、人為的な安定化促進を図る。埋立物の安定化促進は、埋立物の安全性を高め、跡地の早期

利用に必要な技術とされているにも関わらず、最適な安定化処理方法が明確になっていない。

焼却灰を主体として埋立を行う例が多く、安定化に伴い発生する浸出水はオープン型最終処分場と同様に塩類濃度が高く、重金属等を含む例もある。周辺水域に対する影響、住民の合意形成を考慮すると高塩濃度の処理水の直接放流は難しく、無放流化が必須となる可能性が高い。無放流を前提とした浸出水処理では薬品の添加、熱源・動力の確保による処理コストの増大が問題となっている。そのため、埋立物の安定化の過程においては、浸出水量の適切な管理が必要である。

2.3 高度管理型最終処分場に求められる課題

これら最終処分場に関する現状を踏まえ、埋立物の早期安定化を進め、跡地の早期利用を実現する廃棄物の埋立処理工程の構築と無放流を前提とした浸出水処理における薬品使用量の削減、熱源・動力の削減を高度管理型最終処分場における課題とした。(図 - 1)

2.4 高度管理型最終処分場における安定化プロセスの要件

本研究における高度管理型最終処分場における安定化プロセス技術の満たすべき要件を次の様に設定した。

埋立前処理(前処理)において初期に溶出されやすい成分について除去し、溶出しにくい成分については埋立後に時間をかけて溶出・不溶化するものとする。最終処分場の閉鎖後は適正管理を継続するが、浸出水処理等の管理に係わる負担を減らし、閉鎖後は跡地利用ができるものとする。

安定化プロセスに使用する資材は処理コストを増大させない資材(水、空気、廃熱、排気ガス等)を使用する。その中で最大の効率を目指す。

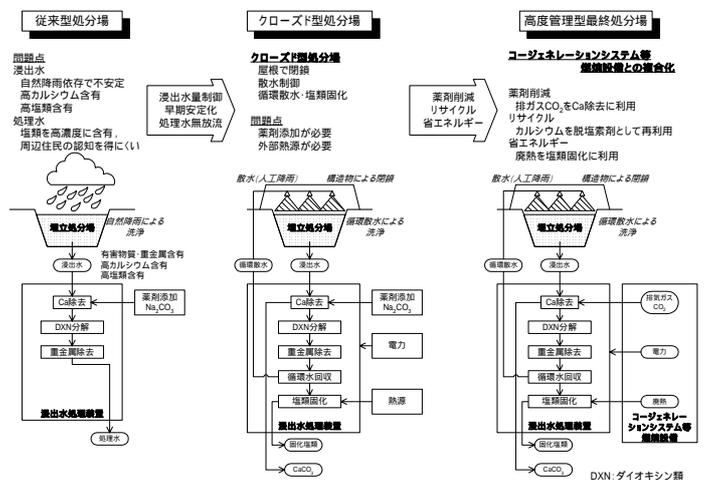


図 1 高度管理型最終処分場における課題

§3. 試験概要

散水による焼却灰の安定化において、有機物・窒素等の様に初期に比較的高濃度で浸出水中に溶出し、濃度が低下した後も長期にわたり浸出水中に少しずつ溶出する成分が存在する。そこで本研究では、初期において浸出水中の濃度を低下する処理を速やかに行い、埋立に移行する埋立管理方法について検討するものとし、初期濃度低下を行う前処理条件(散水・水分、埋立条件)と溶出についての検討を行った(図2)。

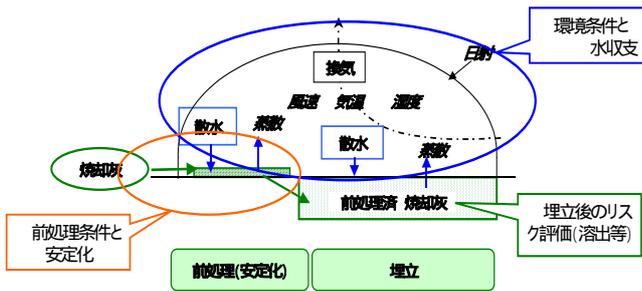


図2 安定化処理試験

§4. 試験結果

4.1 試験焼却灰の性状

4.1.1 試験焼却灰の調整

1) 試験方法

試験に使用した焼却灰は、福岡県内の一般廃棄物の焼却施設(ストーカー炉)から排出された主灰である。焼却灰は試験前に金属片など夾雑物を除去し、10mmメッシュのふるいを通してもの(調整済み焼却灰)を試験に使用した。なお今回採取した焼却灰は、96%以上が10mmふるいを通して。

調整済み焼却灰について含水比、強熱減量および炭素、PbおよびCa含有量を分析した。CaおよびPb含有量は硝酸による湿式灰化後、ICP発光分析計(LeemanLab社)にて分析し、炭素含有量は試料を105で乾燥後粉碎し、CHN分析計(パーキンエルマー社)にて分析した。

2) 試験結果

分析の結果を表1に示す。強熱減量は3%であり、過去の同じ焼却施設から採取した焼却灰と比較して低い値を示した。

ラボスケール試験および実証試験には調整済み焼却灰を使用する。

表1 焼却灰分析結果

含水比 (%)	強熱減量 (%)	Pb (mg/kg)	Ca (%)	C (%)
36.2	3.3	2,284	16	3

4.1.2 繰り返し溶出試験

1) 試験方法

調整済焼却灰について、環境省告示第13号に準じて溶出試験を行った。試料量は50gとして、規定の固/液比で振とうし、規定時間後に上澄液を1μmガラスフィルタでろ過し、ろ液を分析した。焼却灰含有成分の溶出可能性を検討するため、繰り返し溶出試験を並行して行った。繰り返し溶出試験を行うものについては、採取した液量と等量の蒸留水を添加し、再度振とうした。

実験区の設定を表2に示す。次の項目について検討した。

検討1: 6時間までの溶出を追跡する。(実験区1, 2)

検討2: 固体/液体比の違いによる溶出量を検討する。(実験区3~5)

検討3: 固体/液体比1:10において1回の振とうで溶出するTOC量を検討する。(実験区6~8)

検討4: 検討1~3の結果と合わせて前処理の目標値および溶出可能な有機物の割合を検討する。

表2 繰り返し溶出試験設定

実験区	固体:液体比 試料(g) 水(g)	振とう時間(時間)					
		1	2	3	6	24	48
1	1:10						
	50:500	1-1	1-2	1-3	1-6	1-24	1-48
2	1:20						
	25:500	2-1	2-2	2-3	2-6		
3	1:5						
	100:500				3-6		
4	1:10						
	50:500				4-6	4-24	
5	1:20						
	25:500				5-6		
6	1:10						
	50:500	6-1			6-6		
7	1:10						
	50:500		7-2		7-6		
8	1:10						
	50:500			8-3	8-6		

2) 試験結果

溶出時間と積算TOC溶出量を図3に示す。

固体/液体比1:10で1回目を1, 2および3時間それぞれ振とうし、溶出液を交換後、2回目の振とうを行い、2回

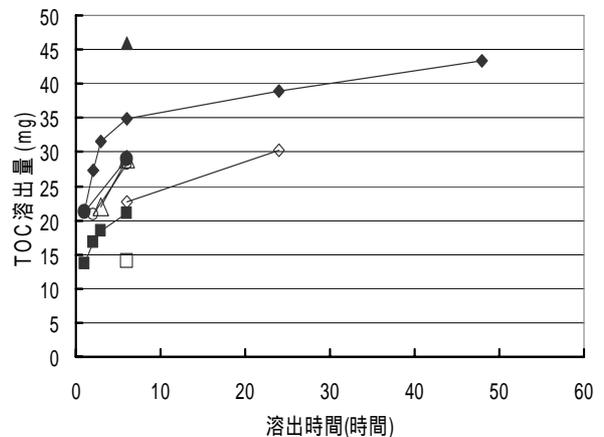


図3 溶出時間と積算TOC溶出量

の振とう時間が合計 6 時間になるように行った区(実験区 6;1 回目:1 時間・2 回目:5 時間, 実験区 7;1 回目:2 時間・2 回目:4 時間および実験区 8;1 回目:3 時間・2 回目:3 時間)の間では, 1 回目および 2 回目の溶出量がほぼ同じ結果を示した。この結果は固体/液体比 1:10 で振とうした場合, 初期の 1 時間程度の振とうで溶媒(水)への TOC 成分の溶出が平衡に達することを示している。

次に, 図4に溶出液量に対する TOC 溶出量を示す。前述の 3 つの実験区はほぼ重なった。これは, 1 回あたり 1 時間以上の振とうを行った場合, TOC 成分の溶出は溶出液量に依存することを示している。また, 繰り返して振とうを行っている実験区 1 および 2 (1:10, 1:20) では溶出液量に対して直線的に TOC 成分が溶出していることから, TOC 成分は低濃度の溶出液が供給されると安定的に溶出する可能性を示している。このことは, 散水による安定化処理をした場合, 焼却灰表面を絶えず低濃度の溶出液が通過する条件下でも長期的に TOC 成分が溶出し, 安定化に時間がかかる可能性を示している。

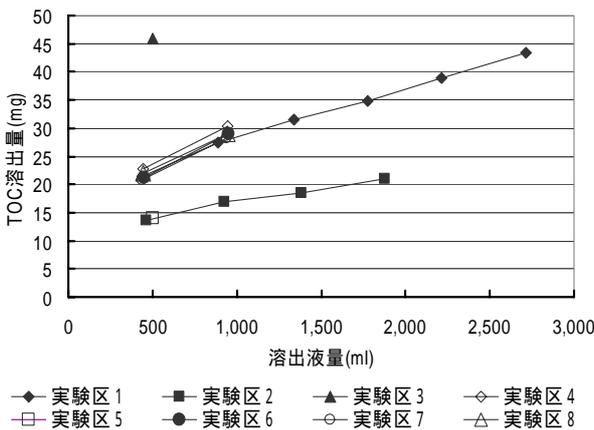


図 4 溶出液量と積算 TOC 溶出量

図5に各実験区での焼却灰炭素含有量に対して溶出試験により溶出した TOC 成分の割合(溶出割合)を示した。固体/液体比 1:10 において 48 時間振とうした場合(実験区 1:溶出液は 6 回交換;固体/液体比は約 1:54),

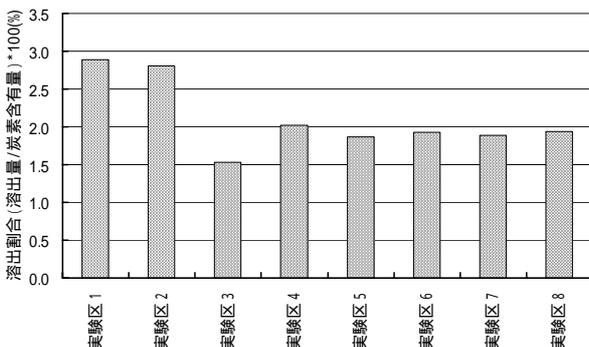


図 5 TOC 成分溶出割合

全炭素含有量の約 2.9%が溶出した。散水もしくは水洗によって焼却灰に含有する TOC 成分の洗い出しをする場合は, 大量の水が必要であることが示唆された。

4.2 安定化試験

前処理期間中の散水・水分管理条件と焼却灰の安定化過程および前処理期間中の水収支について検討を行った。

4.2.1 試験方法

1) 実施場所

実証試験は北九州市エコタウン実証研究センター内に建設したコンクリート製ドーム型クローズドシステム処分場実験施設(所在地:福岡県北九州市若松区向洋 10-2)で行った。(図6)

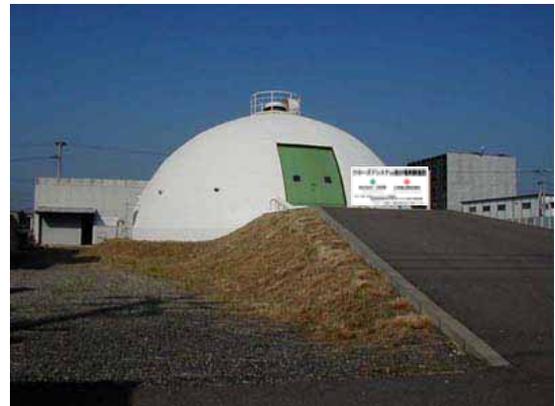


図 6 実証試験施設全景

2) 安定化処理実証試験装置(図7)

実証試験施設内にコンクリートブロック製の安定化処理試験装置を設置した。1 槽あたり面積約 4m², 深さ約 60cm の試験槽で 6 槽からなる。浸出水は各試験槽下部の集水管で集め, 浸出水処理試験に使用した。



図 7 安定化処理実証試験施設

3) 試験条件(表3)

年間平均降雨を参考に5mm/日(15分間で散水)の散水強度を標準(試験区1)とした。試験区2では散水量を1/2に減じ、試験区4,5では1日の散水量5mm/日を分割して散水を行った。試験区3は未処理、試験区6は埋立厚さ(撒きだし厚)を減じた試験区である。

表3 試験条件

		試験区					
		1	2	3	4	5	6
充填密度	g/cm ³	1.21	1.22	1.21	1.24	1.24	1.25
深さ		28cm	28cm	28cm	28cm	28cm	20cm
散水条件	1日あたり	5mm	2.5mm	なし	5mm	5mm	5mm
	1回あたり	5mm	2.5mm		2.5mm	1.7mm	5mm
	分割回数	1回	1回		2回	3回	1回

4) 焼却灰の搬入

福岡県内の焼却施設(ストーカー炉)から排出された主灰を試験槽に搬入した。搬入結果を表4に示す。

表4 焼却灰搬入結果

	試験槽					
	1	2	3	4	5	6
試験槽(mm)	2040	2040	2040	2040	2040	2040
	1880	1890	1880	1880	1890	1890
面積(m ²)	3.84	3.86	3.84	3.84	3.86	3.86
焼却灰深さ(mm)	286	282	286	279	278	226
密度(g/cm ³)	1.21	1.22	1.21	1.24	1.24	1.25

4.2.1 結果

1) 散水に対する浸出水の応答

散水開始から経時的に浸出水量を計測した結果を図8に示す。散水開始後、浸出水量は減少し、1回あたりの散

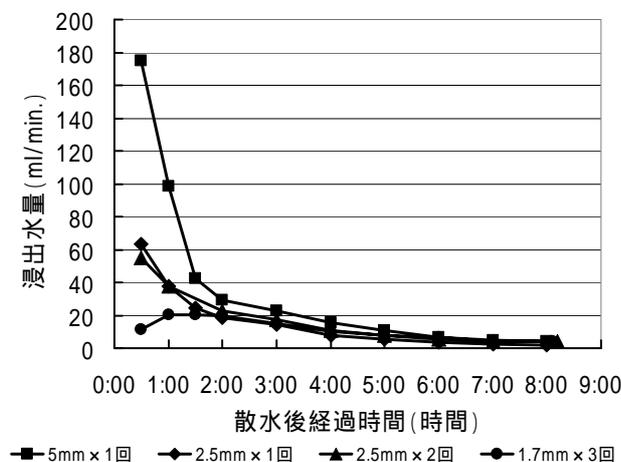


図8 開始後から浸出水量の経時変化

水量が多い試験区ほど減少の割合が高かった。

1回の散水量に対して、浸出水として得られた水量(浸出割合)を検討した結果、散水開始から2時間で散水量の50%、8時間で80%以上が浸出水として回収された。1日あたりの散水量が同じで、分割回数が増加すると、浸出水流量を均一に近づけることができた。

2) 散水方法による TOC 累積溶出量の違い

散水開始後、経時的に採取した浸出水について TOC を分析した結果について、累積 TOC 溶出量を図9に示す。1回あたりの散水量の多い試験槽1(5mm x 1回散水)での溶出量が多い結果となった。試験槽4(2.5mm x 2回分割)、試験槽5(1.7mm x 3回分割)では1回あたりの散水量が少ないため、TOC 濃度としては同程度でも溶出量としては少ない結果となった。

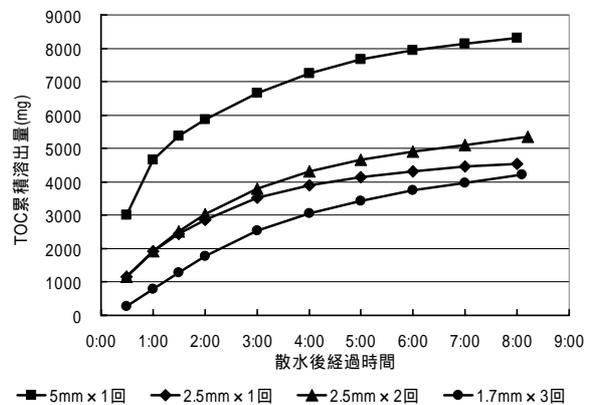


図9 散水方法による TOC 累積溶出量の違い

3) 散水量あたりの TOC 溶出量

1回の散水 1L あたりの溶出した TOC 量を検討した結果を図10に示す。分割して散水した試験槽5(1.7mm x 3回)、試験槽4(2.5mm x 2回)の溶出効率が高い傾向があった。これは試験槽1(5mm x 1回散水)と比較して散水後の流出時間が長い時間、水と焼却灰の接触時間が長く、溶出・拡散の効率が向上したと考えられる。

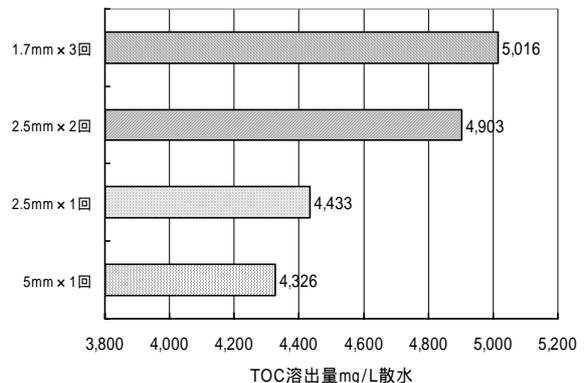


図10 散水量に対する TOC 溶出量

4) 浸出水 TOC 濃度の経時変化

試験開始から 70 日までの浸出水 TOC 濃度の経時変化を図 11 に示す。

初期に高く、時間経過とともに TOC 濃度が減少する結果となった。散水量が少ない試験槽 2 (2.5mm × 1 回散水) では初期の濃度が高く、濃度の低下は緩慢であった。分割して散水した試験槽では初期に濃度が高かったが、濃度低下が早い傾向が見られた。

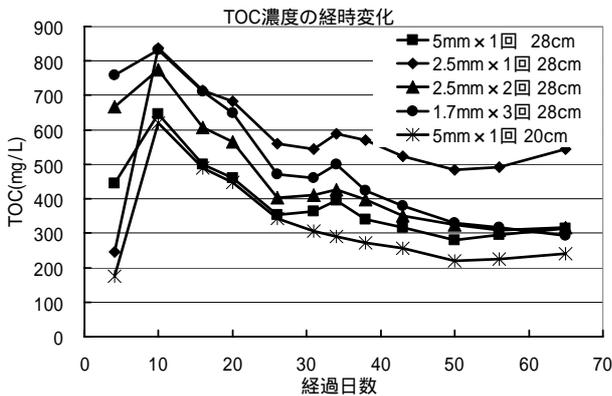


図 11 浸出水 TOC 濃度経時変化

5) TOC 累積溶出量

TOC 累積溶出量の経時変化を図 12 に示す。散水量が少ない試験槽 2 の溶出量が少なく、同じ散水量の場合は分割した試験槽での溶出量が多かった。

試験期間を通して TOC 累積溶出量は増加傾向を示しており、TOC に関して散水のみによる短期の安定化は困難であると推察される。

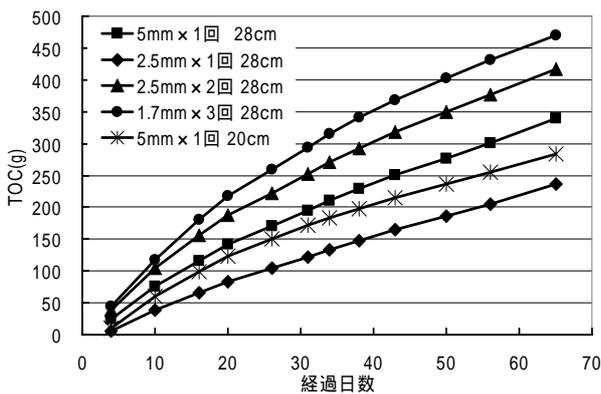


図 12 TOC 累積溶出量の経時変化

6) EC の経時変化

浸出水 EC の経時変化を図 13 に示す。散水量、散水回数によって違いが見られた。散水量が少ない試験槽 2 (2.5mm × 1 回散水)、散水回数が少ない試験槽 1 (5mm × 1 回散水) では 50 日以降、EC 値の低下がおさまったが、分割散水をした試験槽 4, 5 では低下傾向を保った。

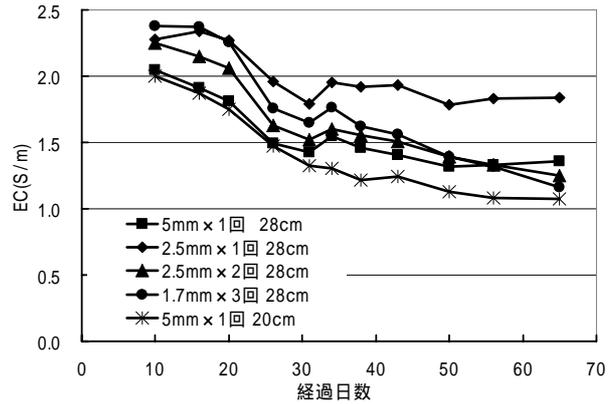


図 13 EC の経時変化

§5. まとめ

焼却灰の性状の検討、安定化試験で得られた結果をまとめると以下になる。

- (1) 焼却灰には有機物のように長期的に溶出する可能性のある物質が存在する。これらは散水もしくは洗浄により完全な除去は困難であることが示唆される。
- (2) 散水による安定化において、初期に高濃度で溶出する時期があり、分割散水により効率を上げることができた。しかし、その後低濃度で長期的に維持される期間があるため、それぞれの時期に対応した安定化技術の開発が今後必要である。

謝 辞 本研究は三井造船株式会社との共同研究による(財)エンジニアリング振興協会の受託研究「高度管理型最終処分場の新プロセス技術」の一部であり、その実施に当っては同協会および委員会の先生方のご指導を頂きました。関係各位の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 田崎智宏ら 廃棄物学会誌 pp303-311, 2003
- 2) 清野昭則ら 第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 pp497-499, 1999
- 3) 平成 14 年度研究報告書 クローズドシステム処分場開発研究会 2003

ひとこと

処分場問題解決の糸口として、開発テーマが社会に役立つように研究開発を進めたいと思います



矢島 聡