

短 報 (Short Report)

廃棄物最終処分場の廃止に向けた適正管理とモニタリング手法に関する研究

大塚寛人, 中山駿一, 大津岩雄, 朝倉 純, 坂本広美\*  
(調査研究部, \*県西地域県政総合センター)

Study on proper management and monitoring of the final disposal site

Hiroto OTSUKA, Shunichi NAKAYAMA, Iwao OTSU, Jun ASAKURA and Hiromi SAKAMOTO\*  
(Research Division, \* Kensei Region Prefectural Administration Center)

キーワード：最終処分場, 安定化, 維持管理, 浸出水 (保有水), 発生ガス, 石こうボード

1 はじめに

廃棄物最終処分場は埋立物の種類, 埋立方法等がそれぞれ異なることから, 埋立終了後に適正な廃止を行うためには, その維持管理状況を把握するとともに, 処分場の特性に応じたモニタリングにより安定化の推移を埋立の進捗に応じて把握することが望ましいと考えられる。

そこで, 本研究では, 操業中の県立県営処分場である「かながわ環境整備センター」を対象として, 最終処分場の埋立完了区域や埋立中の区域について安定化の指標とされる項目の内, 温度, 発生ガス及び浸出水の水質の状況を調査し, 埋立地内部の安定化の状況を把握する方法の検証を行った。

また, 当該処分場の主要埋立物の一つである廃石こうボードの埋立については, 硫化水素の発生が懸念される<sup>1)</sup>ことから, その発生の確認試験を行い, 今後埋立を進めていく中での維持管理について検討を行ったので, その結果とあわせて報告する。

2 方法

2.1 対象処分場の概要

かながわ環境整備センター (以下「処分場」という。) は横須賀市西部, 大楠山南東斜面の谷あい位置し, 埋立地面積が約 5 ha, 廃棄物埋立容量が約 54 万 m<sup>3</sup> の管理型産業廃棄物最終処分場で, 平成 18 年 6 月から埋立を開始している<sup>2)</sup>。

処分の対象廃棄物は, 県内の事業所から排出される産業廃棄物のうち, 燃え殻, 汚泥 (非水溶性無機性), ばいじん, 鉱さい, がれき類, ガラスくず・コンクリートくず・陶磁器くず, 石綿

含有産業廃棄物 (非飛散性のもの), 廃石こうボードである。

埋立開始直後は, 燃え殻, ばいじんなどの搬入量が多かったが, 平成 26 年度の搬入実績<sup>3)</sup>では, 石綿含有産業廃棄物と廃石こうボードで埋立物搬入量の約 9 割を占めている (図 1)。

当該処分場は, 埋立地を 7 区画に分け, 第 1 区画から埋立を開始し, 現在 (平成 27 年度末現在) は, 第 3 区画を埋立中である (図 2)。

埋立区画ごとに廃棄物の種類, 埋立場所 (位置), 重量, 搬入・埋立日時等の記録がされており, これらの受入実績に係る情報を整理して埋立状況を把握したところ, これまでに第 1 区画は主に焼却灰と石綿含有産業廃棄物 (フレキシブルコンテナ入り) が, 第 2 区画から第 3 区画は主に石綿含有産業廃棄物と廃石こうボードの埋立が行われていた。

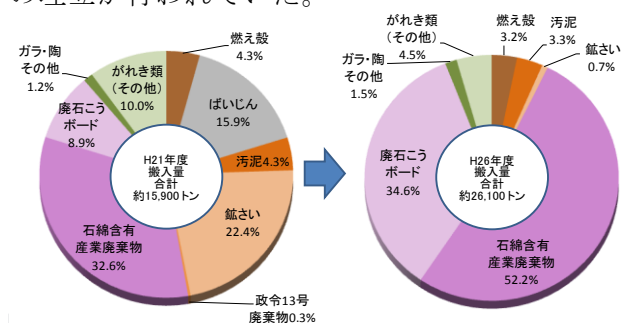


図 1 種類別搬入量の割合 (H21 及び H26)

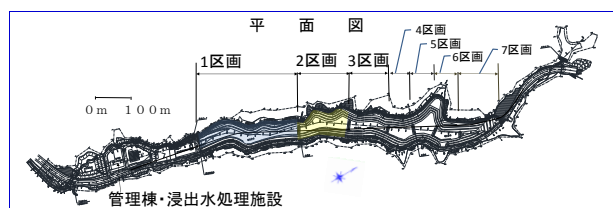


図 2 かながわ環境整備センター平面図

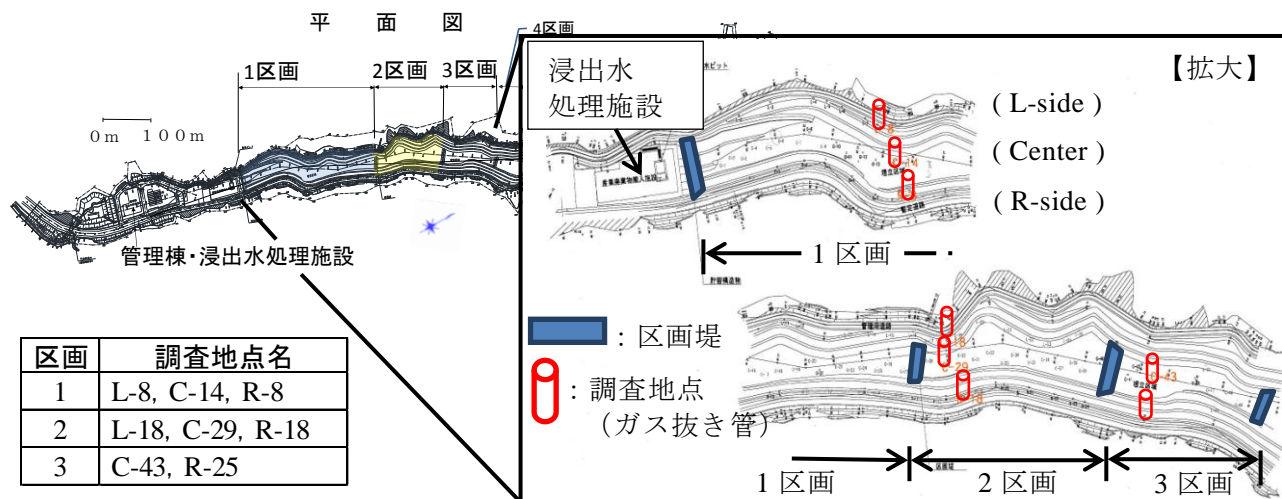


図3 調査地点位置図

また、処分場の構造上の特徴として、各区画には浸出水をモニタリングするための採水管（以下「モニタリング管」という。）が敷設されている。

さらに、埋立完了区域には、最終覆土上面に遮水シートを敷設し、雨水の浸透を抑制する雨水浸透防止工が計画され、平成27年度時点では第1区画で施工されている。

## 2.2 現地調査

平成26及び27年度に概ね月1回の頻度で、第1区画から第3区画の現地調査（温度、発生ガス及び浸出水の水質の調査）を実施した。

調査結果については、調査地点近傍の受入実績から埋立状況を把握し、埋立時期や区画ごとの主要埋立物に着目して、埋立の進捗に伴う変化の検証を行った。

### 2.2.1 温度及び発生ガス調査

図3に示す8か所の調査地点で熱電対温度計によりガス抜き管内の深度別温度を測定した。また、温度調査と併せてガス抜き管からの発生ガスの濃度変動を把握するため、ミニポンプにより発生ガスをアルミバッグに捕集し、二酸化炭素濃度を検知管で測定した。

ガス抜き管での調査の状況を写真1に示す。

### 2.2.2 浸出水の水質調査

排水処理施設の調整槽等で浸出水を採取し、また、埋立区画ごとの浸出水の水質の状況を調査するため、平成27年度は、モニタリング管に



写真1 ガス抜き管での調査の状況

浸出水が存在していた場合は試料として、水質を調査した。

浸出水の分析項目は、水素イオン濃度（pH）、化学的酸素要求量（COD）等の6項目を主要項目とし、原則として工場排水試験方法（JIS K 0102）に従い分析を行った。

また、モニタリング管の浸出水の試料は、主要埋立物に着目した調査項目（物質）として、廃石こうボードに含まれるデンプン（糖類）に由来する全糖と有機体炭素（TOC）を分析項目とした。

全糖はフェノール硫酸法<sup>4)</sup>により、TOCは燃焼酸化赤外線分析法により測定した。

## 2.3 硫化水素発生の可能性の検討

廃石こうボードは、石こうをしん材として板紙で被覆成型した建築材料であるが、その製造工程の中で添加剤としてデンプンが用いられており、廃石こうボードに由来するデンプンの存在が最終処分場での硫化水素発生の一要因であることが知られている<sup>1)</sup>。このことから、硫化水素発生の可能性を検討するための確認試験を行った。

### 2. 3. 1 廃石こうボードの全糖含有量試験

搬入物から採取した廃石こうボード（重量比で紙：石こう=1:9）を用いて、試料中の全糖含有量を測定した。

廃石こうボードを手作業で紙と石こうに分けた後、紙部分は1 cm 角に裁断し、また石こう部分は破砕して5 mm 篩を通過したものを用いて、紙を分離したもの、分離していないもの等3種類の試料を作成した<sup>5)</sup>。この試料5 g に蒸留水50 mL を加えて、120°C で30 分間オートクレーブ抽出<sup>1)</sup>を行った後、GF/B でろ過し、ろ過により得られた抽出液について、フェノール硫酸法により全糖を、燃焼酸化赤外線分析法によりTOC を測定した。

実験試料を写真2に示す。



写真2 廃石こうボード（実験試料）

### 2. 3. 2 廃石こうボードからの溶出試験

廃石こうボードの構成成分である硫酸カルシウムと紙部分に含まれるデンプンの浸出水中への溶出特性を調査するため、2. 3. 1 に用いた廃石こうボードを試料として振とう溶出試験を行った。

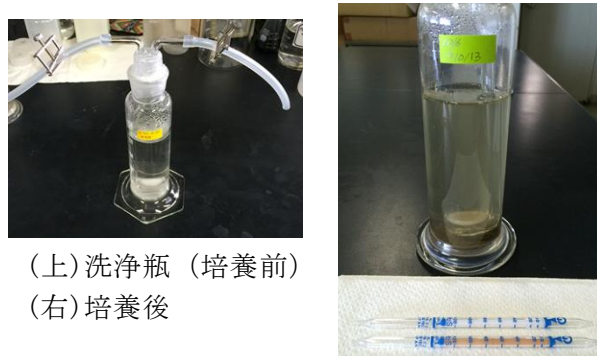
試料を紙10 g・石こう90 g の割合で混合し、環境省告示13号の方法に準じて水1,000 mL を加えて、振幅4-5 cm、回転数200 rpm で、振とう時間を変えて溶出を行った。この溶出液を遠心分離した上澄み液について、硫酸イオン、全糖及びTOC を測定した。

### 2. 3. 3 硫化水素発生ポテンシャル試験

廃石こうボードに含まれるデンプンが容易に加水分解、グルコースまで分解されることで、硫酸塩還元菌の栄養分となる有機物が硫酸塩源である硫酸イオンと共に供給されていると考えられるが、これまで処分場が実施している発生ガス調査では硫化水素は検出されていない<sup>3)</sup>。

このことから、実際に処分場が硫化水素のガス発生ポテンシャルを有するか確認するため、処分場の調整槽から採取した浸出水を用いて、ガス発生試験を行った。

①浸出水、②浸出水に有機物源としてグルコース添加、③浸出水に植種として処分場近傍の田の泥添加、④グルコースと泥の両方を添加の4つの条件で、それぞれガス洗浄瓶に入れ、窒素ガスで十分に脱気し、無酸素状態を保ちながら38°Cのインキュベータで数日間培養した後、



(上)洗浄瓶（培養前）  
(右)培養後

写真3 硫化水素発生ポテンシャル試験

ガス洗浄瓶に検知管（測定範囲：0.2-2.0 ppm）を接続してヘッドスペースガスを吸引、硫化水素発生の有無を確認した<sup>6)</sup>。

試験の状況を写真3に示す。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 現地調査結果

本報では、処分場への搬入量の増加により、主要な埋立物となった廃石こうボードが多く埋め立てられている第2区画（平成22年3月から埋立開始）及び第3区画（平成26年6月から埋立開始）の調査結果を示す。

#### 3. 1. 1 温度及び発生ガス調査

ガス抜き管内の鉛直温度分布について、第2区画の3地点（L-18、C-29、R-18）と、第3区画のC-43の結果を図4に示す。なお、第3区画のR-25については、ほぼ外気温と同じであった。

第2区画において、L-18では調査開始当初から4m以深で30°Cを超えていたが、平成27年8月以降は30°Cを超えることなく温度分布もほぼ一様な状態となった。また、C-29では、表層付近又は深さ4~6m付近が、管の深部よりも温度が高くなる結果がみられたが、調査期間を通じての管内での顕著な温度変化はみられなかった（図4）。

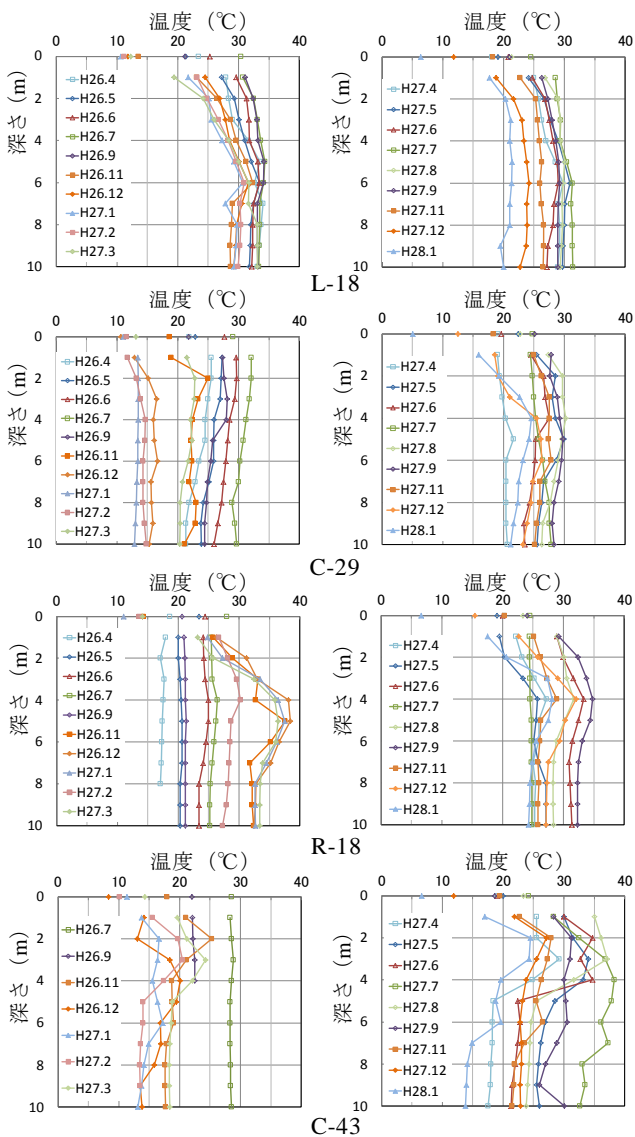


図4 鉛直方向の温度分布（2・3区画）  
（左列：H26調査，右列H27調査）

一方で、第2区画のR-18では、平成26年11月から平成27年3月（うち2月を除く。）の間に深さ4～5m付近で温度上昇がみられ、その後温度の変化は緩やかになったが、4m以深で24℃以上の状態が継続していた（図4）。

調査期間中に埋立を開始した第3区画のC-43では、平成26年11月から温度の上昇がみられ、その後平成27年も温度の変動は大きく、管内の温度差は最大で13℃（平成27年6月及び8月）であった（図4）。

次に、4地点のガス抜き管の管内最高温度の経時変化を図5に、平成27年度の調査における発生ガス中の二酸化炭素濃度の変化を図6に示す。

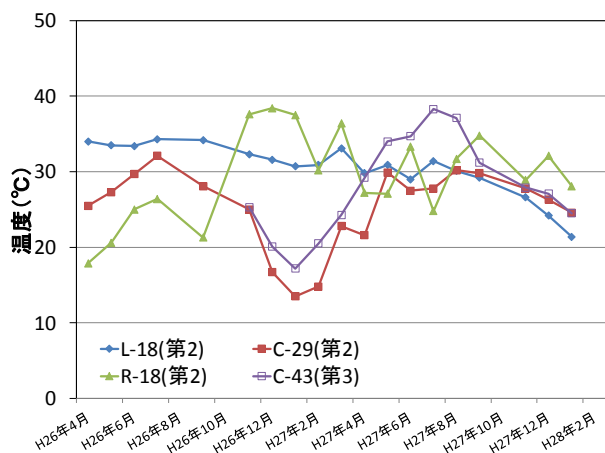


図5 ガス抜き管内最高温度の経時変化

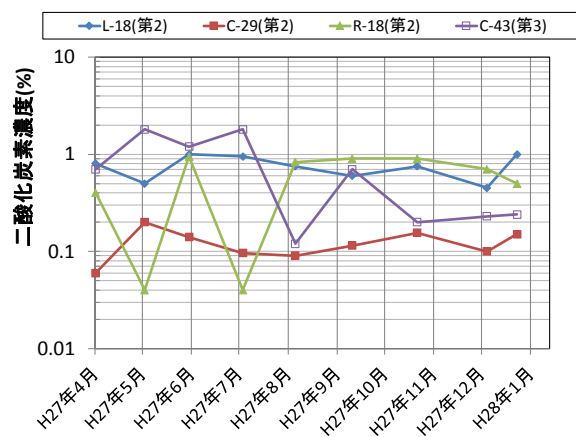


図6 発生ガス中の二酸化炭素濃度（H27）

図4の結果で第2区画の他の2地点より温度の変動がみられたR-18であるが、平成26年11月に温度上昇がみられた直後の平成26年12月には管内最高温度のピーク（37.6℃）に達し、その後は増減しながら下降傾向を示した（図5）。

また、図4の結果で温度変動が大きかったC-43では、平成27年7月に管内最高温度が38.3℃まで達し（図5）、このとき二酸化炭素濃度も最大の1.8 vol%まで増加した（図6）。最高温度が上昇していた時期に、内部で熱と代謝産物である二酸化炭素が同時期に生じていたことから、C-43付近においては埋立終了後1年未満の比較的早い段階で好気性分解等が起きていたものと考えられた。

### 3. 1. 2 浸出水の水質調査

調整槽の浸出水については、処分場が実施する維持管理モニタリング結果と同様に、降雨の

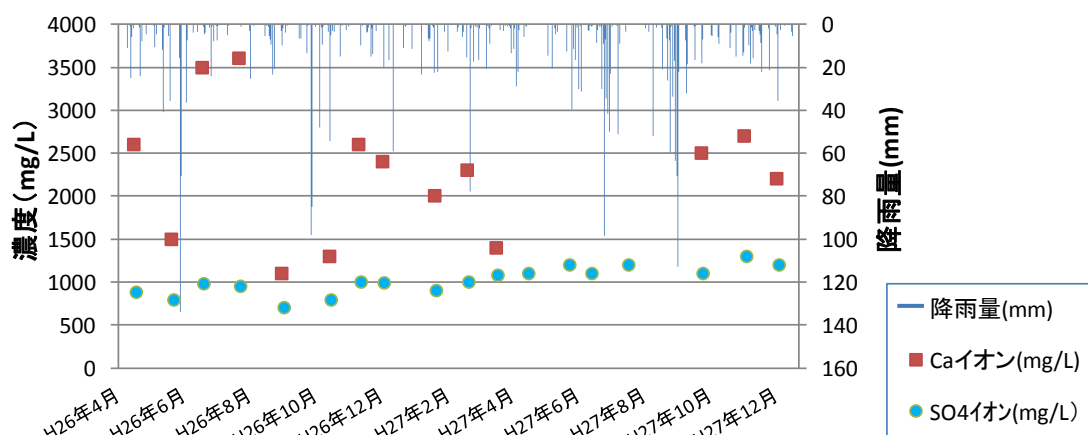


図7 調整槽浸出水の水質の経時変化（硫酸イオン，カルシウムイオン）

後に COD 等の濃度が高くなる傾向であった。

ただし、硫酸イオンに関しては、図7に示すように降雨量との相関はなくほぼ一定の濃度であり、石こうボード由来の硫酸カルシウムが、その溶解度（25℃で 2,080 mg/L）により溶出量が決定されているためと考えられた。<sup>7,8)</sup>

次に、モニタリング管の浸出水について、全糖等を測定した結果を図8に示す。モニタリング管の浸出水には、溶存酸素（DO）が 2.4 -8.1 mg/L 存在し、全糖及び TOC が検出され、区画ごとの浸出水中に有機物源があることが確認された。なお、別途ベネジクト液を用いて単糖類の存在の有無を確認したが、いずれの試料からも単糖類は検出されなかった。

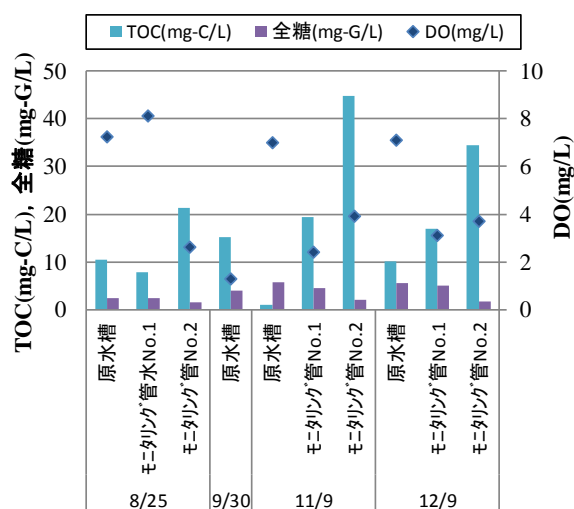


図8 モニタリング管浸出水の水質（全糖等）

### 3. 2 硫化水素発生の可能性の検討

#### 3. 2. 1 廃石こうボードの全糖含有量試験

結果を表1に示す。試料として用いた廃石こうボード中の全糖は紙部分に分布する割合が高く、また、紙と石こうの構成比から溶出した有機成分の7割程度が紙由来であると考えられた。

#### 3. 2. 2 廃石こうボードからの溶出試験

硫酸イオンの溶出濃度と振とう時間との関係を図9に、廃石こうボード中の全糖及び TOC の溶出濃度と振とう時間との関係を図10に示す。

図9に示すように、硫酸イオンは約30分で飽和濃度まで溶出した。

また、図10の結果から全糖（含有デンプン）は約6～8時間で本試験法により溶出可能な量の多くが溶出していた。全糖の溶出も硫酸イオ

表1 廃石こうボードの全糖及び TOC

試料	全糖 (mg-G/L)	TOC (mg/L)
①石こうのみ 5.0g	130	61
②紙 0.5g+石こう 4.5g (搬入物と同構成)	310	150
③紙 5.0g のみ	2200	970

\* mg-G/L はグルコース換算濃度

\*\* ホトクレープ抽出による抽出液中の濃度

ンと同様、水への溶出は比較的早いと考えられた。

#### 3. 2. 3 硫化水素発生ポテンシャル試験

硫化水素発生ポテンシャルの試験結果を表2に示す。

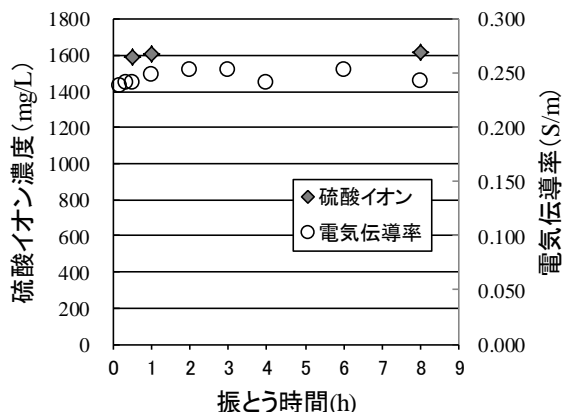


図9 廃石こうボード中の硫酸イオンの溶出

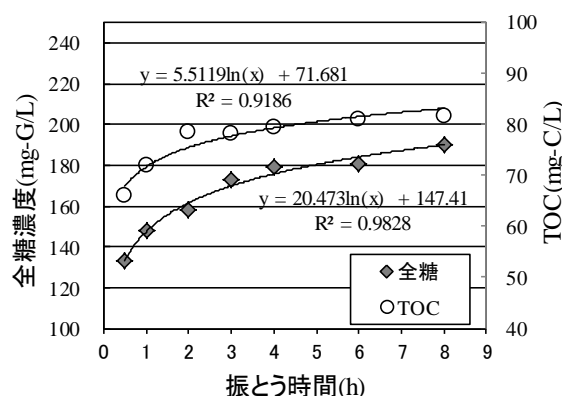


図10 廃石こうボード中の全糖及びTOCの溶出

表2 硫化水素発生ポテンシャル

試料	培養日数	硫化水素の発生
①浸出水 (8/25 採取の調整槽 2, 以下同。)	7	検出されず
②浸出水+グルコース添加	7	検出されず
③浸出水+植種としての泥添加	7	検出されず
④浸出水+グルコース及び植種としての泥添加	1	検出されず
	2	検出されず
	3	< 10 ppm
	4	< 10 ppm
	7	> 120 ppm

処分場浸出水に対して硫化水素が発生するおそれを調べた①～③の条件では、7日目も硫化水素は検出されなかったが、硫化水素の発生要件の確認のため有機物源と植種を添加した④の条件では、硫化水素の発生が確認された。

以上のことから、浸出水にはデンプン由来の

有機物源が存在し、覆土中に硫酸還元菌が存在する場合は、嫌気雰囲気等の条件が整えば検知されるだけのガスの発生の可能性はあるが、現在の処分場浸出水には溶存酸素が存在し好氣的であること、有機物については確認する必要はあるが硫酸還元菌に利用されにくい状態にあると推定されること等により、現状の維持管理が継続される中では、硫化水素の発生のおそれは少ないと考えられた。

#### 4. まとめ

処分場の埋立進捗に伴う安定化の状況を調査した結果と、廃石こうボードの埋立に伴い懸念される硫化水素の発生のおそれについて検証を行った結果は、次のとおりであった。

1) 埋立が終了していた区域においては、調査期間中にガス抜き管内での顕著な温度変化がみられず温度分布がほぼ一樣になった地点もみられた。一方で、調査期間中に埋立を開始し、埋立中であつた区域では、温度の変動が大きく、最大で1.8 vol%の二酸化炭素の発生が認められた地点があつた。

埋立中でも比較的早い段階に好気性分解等が起こっているものと考えられ、この処分場においては、温度や二酸化炭素の項目は、日常管理の上でも安定化状況を把握するに際して簡易で有用なモニタリング項目であると考えられる。

2) 埋立区画ごとのモニタリング管の浸出水には、溶存酸素(DO)が存在し、全糖及びTOCが検出され、浸出水中に有機物源があることが確認された。

3) 硫化水素ガスの発生ポテンシャルについては、嫌気雰囲気等の条件が整えば発生の可能性はあるものの、現状の処分場浸出水には溶存酸素があり好氣的であること等により、現状の維持管理が継続される中では、硫化水素の発生のおそれは少ないと考えられた。

#### 参考文献

- 井上雄三編:安定型最終処分場における高濃度硫化水素発生機構の解明ならびにその環境汚染防止対策に関する研究, 国立環境研究所研究報告(188), R-188-2005(2005)
- 神奈川県:環境整備センター概要, <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f3641/>, (参照);

2016.8)

- 3) 神奈川県：受入実績・維持管理状況・環境モニタリング等のデータ，  
<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f3641/p11106.html>，(参照；2016.8)
- 4) 北村進一：糖の定量方法，生物工学会誌，**90**(12)，790-791(2012)
- 5) 武下俊宏，樋口壯太郎：水に浸漬した石膏ボードからの硫化水素発生，第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集，861-863(2007)
- 6) 井上雄三：廃石膏ボードの再利用技術システムの構築に関する研究（K22079），平成21年度循環型社会形成推進科学研究費補助金研究報告書，37-40（2010）
- 7) 宮脇健太郎，田中信寿，松藤敏彦：焼却灰溶出液中における硫酸塩還元反応への影響因子に関する研究，廃棄物学会論文誌，**6**(3)，95-104(1995)
- 8) 小口文子，山岸良典，下寄かえで，山本一海，鹿角孝男：廃石膏ボードに含まれる重金属等の溶出に関する検討，長野県環境保全研究所研究報告，**6**，9-12(2010)