

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04677

研究課題名（和文）微生物学的手法を用いた埋立廃棄物の安定化評価に関する研究

研究課題名（英文）Evaluation by Microbiological tests for waste stabilization

研究代表者

平田 修（Hirata, Osamu）

福岡大学・公私立大学の部局等・准教授

研究者番号：00461509

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、埋立地の廃止基準を満たした埋立廃棄物の微生物学的安定化評価手法の検討を目的に、BMP（Biochemical Methane Potential Test）試験とRA（Respiration Activity Test）試験の測定結果と溶出試験（環境庁告示13号）の結果を比較して、微生物学的な安定化の評価手法が、より廃棄物の安定化状況を表していることを確認した。さらに、実際の埋立地における廃棄物の安定化を評価するための、埋立ガス発生量の測定方法についても検討し、ボーリング孔を用いた新たなチャンバー法による分析手法の基礎情報を得ることが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

埋立地の浸出水処理等の管理を終了することが出来る廃止評価は、埋立地供用終了の増加に伴い今後も重要視されていくと考える。この廃止評価を確実にし、安全な廃止を行うために、本研究で検討した微生物学的手法の特徴を理解しておくことは重要である。また、廃棄物の基準省令にある「ガス発生非増加基準」によるガス測定手法を検討した事で、埋立地内部の安定化状況をより詳細に把握することの出来るガス測定手法の基礎情報を得ることが出来た。これは、今後の評価手法の標準化にも重要な情報となる。

研究成果の概要（英文）：Evaluation method to analyze the stability level of landfilled waste or safety closure of landfill site is studied with BMP (Biochemical Methane Potential) test and RA (Respiration Activity) test. These results are compared the result of elution test which is applied for waste solid. According to the results of comparison, biological method as BMP and RA showed more actual situation of waste stability. Moreover, new measuring method of landfilled gas from real landfill site was considered with chamber methods and hot wire anemometer. This result will be the basic information for the establishment of suitable method for landfill gas monitoring.

研究分野：廃棄物工学

キーワード：微生物学的安定化評価 RA試験 BMP試験 埋立ガス発生量 熱線風速計 チャンバー法 廃棄物安定化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我国の最終処分場は埋立廃止が決定されると、その維持管理を終了することができる。しかし、埋立地の廃止基準は現行の施設の改変がない状態で周辺環境への汚染リスクがないことを担保するための指標であり、埋立層内の廃棄物の安定化状況を必ずしも評価している指標ではない。平成14年に廃棄物資源循環学会の埋立部会が提案した廃止基準の調査評価方法¹⁾では、環境省の出した「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」(以後、基準省令)を補足している内容であるが、評価基準が厳しく廃止手続が困難となっている事例も報告されている。特に「ガス発生非増加基準」においては、基準省令では「ガスの発生量の増加が2年に亘り認められない...」とあるのに対し、評価方法では「全てのガス抜き管で埋立ガス(メタンガス+炭酸ガス)発生量が測定下限値以下であり、下限値の目安として約1L/分」と記載してある。しかし、実際の熱線風速計を用いたガス抜き管の測定では、下限値以下の値を得ることは難しい。

2. 研究の目的

- (1)埋立地の廃止基準を満たした埋立廃棄物の微生物学的安定化評価手法を BMP (Biochemical Methane Potential Test) 試験、RA (Respiration Activity Test) 試験により測定し、その結果と埋立廃棄物の溶出試験などによる水質項目と比較しその妥当性を検討する。
- (2)埋立廃棄物の安定化は微生物による有機物分解が進行し、分解ガス発生量の減少で評価することが出来る。しかし、埋立地からのガス発生量の測定方法が確立していないため実際の埋立地を用いて内部状況を評価できるガス測定方法の検討を行った。

3. 研究の方法

- (1) 微生物学的安定化評価手法の検討
実験槽概要

本研究では大型埋立実験槽から採取した廃棄物(埋立後11年経過)を安定化が促進した廃棄物の試料として用いた。実験槽の充填廃棄物は厨芥、紙類、及び草木類が全体の70%以上を占める有機物主体の廃棄物である(表1参照)。上部からの人工散水量は過去の月間降水量をベースに1610mm/年で行った。大型埋立実験槽の上層、中層、下層から採取した廃棄物の組成割合を表2に示す。組成分析後、不燃物やプラスチックを除いた易分解性有機物を対象とし、2mm以下の混合物に紙類や草木類などを細断したものを加えてサンプル試料とした。また、全試料はCNコーダーを用いて廃棄物中炭素の含有量を分析した。

分析手法

<BMP試験>対象バイオマスからのメタン発生可能量を分析する手法でOwen²⁾により、1979年に提案された。130mlのバイアル瓶にバッファーとしてNaCO₃を34mg、消化汚泥60g、表2に示す対象試料を乾燥重量で1g-TS充填し、ヘッドスペースを窒素置換し嫌気状態にした後、37の恒温室で馴養させた(表3参照)。並列してグルコースのみと、消化汚泥のみの実験も行った。実験は全て3連で行い、発生ガス量とその成分をガスクロマトグラフで分析した。実測値をGompertz式で標準化し最大メタン発生量(ml-CH₄)を算出した。

<RA試験>反応容器内に含水率約50%に調整した試料1gを入れ、ポンプを用いて酸素を供給し、容器内を酸素で充満させる。その後、試料を37で1週間静置培養する。その後、反応容器内(123ml)の気相部よりガスを注射器で採取し、ガスクロマトグラフ(島津製GC-8A)を用いて、CO₂濃度を測定、このCO₂濃度から易分解性炭素量(mgC)を算出した。培養期間は19日間で実験を行った(表3参照)。

<溶出試験>環境庁告示13号に準じて行った。

- (2) 埋立ガス測定手法の検討
対象埋立地概要

表1 大型埋立実験槽の実験条件

実験槽名	H06号	
埋立構造	好気 ¹⁾ 準好気 ¹⁾ 嫌気	
実験槽容量(m ³)	1.13	
充填廃棄物重量(kg-wet)	864.0	
生物分解性廃棄物*(kg-dry)	370.8	
単位体積重量(t/m ³)	0.76	
乾燥組成割合(%)	厨芥	15.1
	紙類	31.1
	古紙	25.4
	パルプ	10.0
	草木類	14.4
プラスチック類	3.6	
不燃物	3.6	
年間降水量(mm/年)	1610	

*厨芥、紙類、草木類

¹⁾好気:5L/min/m³、¹⁾準好気:26か月目空気孔追加

表2 対象試料の性状及び組成割合

項目	好気性			準好気性			嫌気性		
	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
試料含水率(%)	-	75	74	75	73	74	78	68	76
強熱減量(%)	-	54	58	49	73	85	75	91	89
組成割合(%)	厨芥	0	0	0	0	0	0	0	0
	紙類	3	0	2	4	12	11	59	48
	プラスチック類	57	64	34	49	57	36	13	12
	草木	9	18	13	41	24	21	21	26
	不燃物	25	5	30	0	1	26	0	14
	2m以下その他	6	12	10	6	6	4	6	0
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	

表3 実験条件

	BMP試験	RA試験
対象試料	紙類、草木類、厨芥等(2mm以下に破碎)	
種菌	消化汚泥(嫌気性微生物)	コンポスト抽出液(好気性微生物)
置換ガス	窒素	酸素
培養期間	344日	19日
恒温温度	37	

い事が確認された。この事から、BMP や RA のような生物学的評価手法では、微生物分解が可能な廃棄物中の残存炭素量を直接測定することが可能であるが、溶出試験（物理学的評価手法）では溶出の有無により、廃棄物の安定化を評価することが困難となる事が分かった。

(2) 埋立ガス測定手法の検討

熱線風速計法を用いたボーリング孔での測定結果を表5に示す。No.1では、風速が0.1m/s、メタン濃度24.0%、二酸化炭素濃度2.10%となり、メタンガス発生量は2.8m/s、二酸化炭素ガス発生量は0.25m/sとなった。同様に、No.2では3.4m/s、0.66m/sとなった。次に、チャンバー法によるボーリング孔内のメタン及び二酸化炭素濃度の経時変化を図5に示す。どちらのケースも計測開始前の濃度が低いNo.1では、チャンバー法における一般的な計測時間である10~20分において孔内へのガスの流入がみられ、濃度変化は直線を示した。一方、孔内ガス濃度が高いNo.2では5分後に濃度が定常となり、孔内へのガスの流入が停止し、ガスフラックスを求めるのに必要な測定数を何とか確保できる状況であった。このことから、孔内ガス濃度が高い場合、ガス計測間隔を短くする必要があることがわかった。また、これらガス濃度の変化からチャンバー法でのガスフラックスを求めると、No.1では0.17(L/min)、No.2では0.40(L/min)と、熱線風速計の発生ガス量(3.05L/min及び4.06L/min)の1/10以下の少ないガス量であった(図6参照)。その原因として、熱線風速計が周辺の風や温度、ガスの湿度等の影響を受けやすいことに加え、ガスモニターでのガス濃度測定がガス濃度が高い場所で行われた可能性が考えられた。これにより、熱線風速計法のガスフラックスが多くなったのではないかと想定された。しかし、今回検討した孔内を利用したチャンバー法は、周辺の風などの外的影響を無視することができ、より埋立地内部のガス発生状況を評価できると考える。

(3) 総括

本研究では、埋立地の廃止基準を満たした埋立廃棄物の生物学的安定化評価手法の検討を目的に、BMP試験とRA試験により測定結果と溶出試験の結果を比較して、生物学的な評価手法の重要性を確認した。また、実際の埋め立て地における廃棄物の安定化を評価するための、埋立ガス発生量の測定方法も検討し、新たなチャンバー法による分析手法の基礎情報を得ることが出来た。本結果が、さらなる精度の高い分析手法開発の一助になればと考える。

<引用文献>

- 1) 廃棄物学会廃棄物埋立処理処分研究部会、「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法」、部会報告書、2002
- 2) Owen W.F. et al, "Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity", Water Research 13, 485-492, 1979

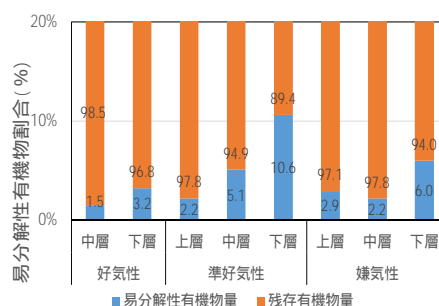


図4 易物分解性有機物割合(RA試験)

表5 熱線風速計法測定結果

対象ボーリング孔	No.1	No.2
風速(m/s)	0.10	0.20
濃度 (vol-%)		
メタンガス	24.0	14.5
二酸化炭素	2.10	2.82

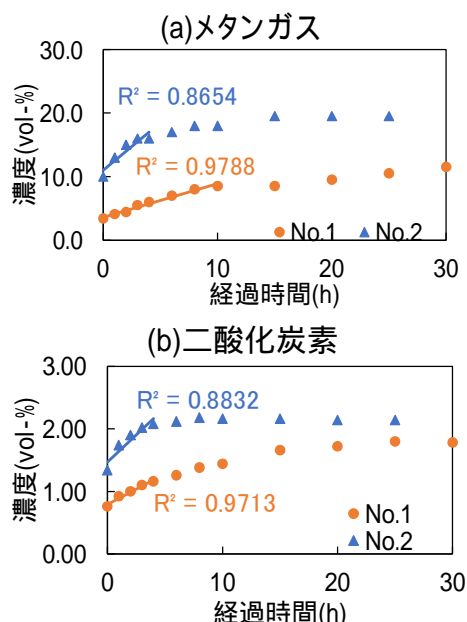


図5 埋立ガス濃度の経時変化

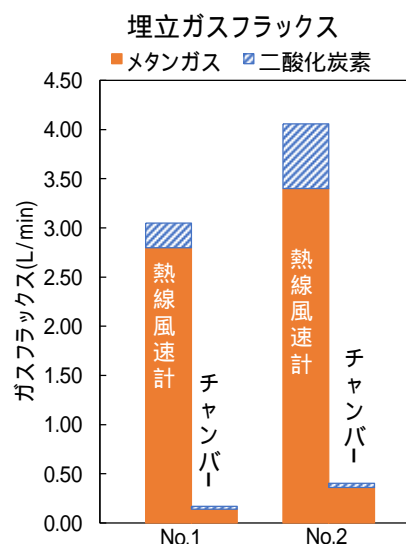


図6 ガスフラックスの比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 平田修, 鈴木慎也, 柳瀬龍二
2. 発表標題 埋立廃棄物の安定化と廃止基準評価項目との関連性
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平田修, 柳瀬龍二, 津城真司, 木元輝彦, 山下貴也
2. 発表標題 アスファルト舗装した埋立区画におけるガス発生量の廃止基準評価に関する検討
3. 学会等名 第43回全国都市掃研究・事例発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田修, 藤富友祐, 立藤綾子, 鈴木慎也, 柳瀬龍二
2. 発表標題 大型埋立実験槽を用いた埋立地からの炭素排出量予測に関する研究 - ガス化期間における予測式（改訂FODモデル）の提案 -
3. 学会等名 第30回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Fujitomi, Osamu Hirata, Ayako Tachifuji, Shinya Suzuki
2. 発表標題 Estimation of starting time for gasification process in waste degradation
3. 学会等名 2019 Spring Scientific Conference by Korea Society of Waste Management (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	鈴木 慎也 (Suzuki Shinya) (00341412)	福岡大学・工学部・准教授 (37111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------