

平成22年5月10日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19360408  
 研究課題名（和文）  
 廃棄物埋立地の安定化挙動の予測・評価およびフローコントロールによる処理戦略の提案  
 研究課題名（英文）  
 Carbon balance, gas and moisture movement in solid waste landfills  
 for estimating stability  
 研究代表者  
 松藤 敏彦（MATSUTO TOSHIHIKO）  
 北海道大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号：00165838

## 研究成果の概要（和文）：(200字程度)

埋立地の安定化状態の推定は、適正管理のために重要な課題である。本研究は、二つのアプローチによって埋立地内部の状況を推定した。有機物の指標として炭素収支推定の意義と可能性を示し、多数のガス抜き管における測定により浸出水とガスの動きを推定した。またガス抜き管理設による周囲からの空気引き込みは、長期化が懸念される埋立地の安定化促進に向けた新たな方法を示唆する重要な発見である。

## 研究成果の概要（英文）：

Understanding the conditions inside the landfills is critically important in terms of the estimation of long-term aftercare period. Carbon balance, and gas and water movement in landfill was estimated in this study. The most notable finding, the fact that passive gas vents can help to aerate landfilled waste as well as collect and release LFG, will help developing new design concept of landfill in the future.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|      | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|------|------------|-----------|------------|
| 19年度 | 6,500,000  | 1,950,000 | 8,450,000  |
| 20年度 | 4,400,000  | 1,320,000 | 5,720,000  |
| 21年度 | 4,400,000  | 1,320,000 | 5,720,000  |
| 年度   |            |           |            |
| 年度   |            |           |            |
| 総計   | 15,300,000 | 4,590,000 | 19,890,000 |

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・リサイクル工学

キーワード： 廃棄物処理, 埋立地, 安定化, 水分・ガス移動, モデル

## 1. 研究の背景

廃棄物埋立地は、廃棄物が安定化し、管理を終了する「廃止」までに数十年を要する。この期間が長いほど維持管理費が増大し、長

期的な環境リスクが残るため、安定化の促進は日本のみならず、世界共通の課題となっている。先進国では安定化を早めるため、廃棄物の前処理、搬入物の選択による有機物負荷

の減少、空気や水分の導入によるなどが試みられている。

埋立地の安定化を管理するには、その状態を推定する必要がある。わが国では浸出水（埋立地から発生する污水）の水質や埋立ガス発生量などが安定化の指標として用いられており、維持管理を終了するための廃止基準としても使われている。しかし、廃棄物埋立地にはさまざまな廃棄物が埋め立てられ、不均質性が高い。水みちの形成によってバイパス流が生じ、浸出水濃度は低くなる。また透水係数の小さい覆土に沿って水が流れると、その下が乾燥状態となり、未分解のまま長く保管されることになる。そのため、外部での測定である浸出水やガスが、必ずしも内部状態を代表する指標とはならない。埋立廃棄物の掘削調査は内部状態を直接知る方法だが、廃棄物の不均質のため代表性のある試料を得るのが困難である。埋立地内部の状態を推定する方法が、求められている。

## 2. 研究の目的

埋立地内部の状況を推定するため、二つの方法を試みた。

ひとつは有機物の指標として炭素の収支をとることである。浸出水およびガスとしての流出量、埋め立てられた廃棄物中の量を推定し、埋立地内部に残存する炭素量が少ないほど安定化状態に近いと考えられる。20年間の記録のある産業廃棄物埋立地を対象として、推定を行った。

他の一つは、廃棄物埋立地に設置された多数のガス抜き管を用いた調査である。これまでに行われた研究の大部分は、浸出水を中心としたものである。埋立地の早期安定化のためにガス抜き管を多数埋設した埋立地において、浸出水濃度、ガス濃度と温度の季節変化、浸出水、ガスのトレーサー応答実験を行うことで、埋立地内部での浸出水およびガスの流れの推定を試みた。

## 3. 研究の方法

### (1)埋立地における炭素収支

産業廃棄物埋立地を対象に、研究を行った。当該埋立地は5つの区画に分かれており、2007年から5区画目の埋立が開始されている。各区画は約2haであり、最も古い区画はすでに20年が経過しており、区画ごとの年齢が異なっている。各区画について、埋立物、浸出水の経年的データを利用し、炭素バランスを推定した。

### (2)廃棄物埋立地における内部状態の推定

集排水管等の構造に不備があり、大量の浸出水が滞水している一般廃棄物埋立地において調査を行った。埋立面積は42ヘクタールであり、2003年に埋立を終了した。安定化を促進するために多数のガス抜き管が埋

設されており、管内の浸出水、ガスをサンプリングすることで、埋立地の内部状態を推定した。

## 4. 研究成果

### (1)埋立地の炭素収支

浸出水の発生量、浸出水 BOD、搬入廃棄物の種類などのデータを用い、区画ごとの水分収支、炭素収支を推定した。

搬入廃棄物は、種類別の量はあるものの炭素量が不明である。そこで、筆者らが別の調査において測定した埋立物の種類別特性値を用いて推定した。浸出水量のデータは1999年以前の記録がないため、覆土の有無に応じた雨水浸透率、流出までの遅れ時間を未知パラメータとし、浸出水量に合うように決定してモデルとし、1999年以前の浸出水量を推定した。寒冷地であるため、積雪、融雪による浸出水発生遅れも考慮した。その結果、埋立地に搬入された炭素量に対し、浸出水とともに流出する割合は埋立年齢と関係なく2%未満であることがわかった。

また臭気対策として、2004年からブローで埋立地底部の浸出水集水管から空気を吸引し、脱臭を行っている。2000年埋立開始の第4区画に対してガス流速と濃度の測定を行ったところ、ガスとともに流出した炭素量は1%未満であることがわかった。しかし覆土が設置されていないため、埋立地表面からの空気侵入によるエアレーションとなっていた可能性がある。一方、2004年以前に埋立を終了した第1～3区画は1メートルの最終覆土が設置されたのちの吸引であり、エアレーションは期待できない。より正確な炭素バランスの評価のためには搬入ごみの組成や特性、浸出水の水質や発生量、また埋立ガスの発生量などを区画ごとに記録する必要がある。

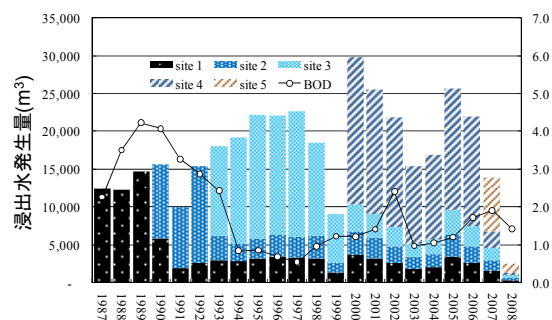


図1 各区画から浸出水発生量と BOD 濃度

### (2)埋立地内の水分・ガス流動状態

調査対象とした一般廃棄物埋立地には、埋立終了後に98本のガス抜き管が埋設された。このうち48本でガス抜き管設置後の TOC, TN, 水位の季節変化を測定した。水位はガ

ス抜き管ごとに大きく異なり、原地盤が沢に周辺の水が集まりやすく水位が高い分布となっている。

次に 18 本のガス抜き管でトレーサ実験により、深さごとの水平方向浸出水流速を求めた。トレーサとしては NaCl 溶液を用い、混合してバックグラウンド状態を知り、トレーサを投入して一様濃度とし、掲示的に測定して濃度の減衰から流入する浸出水の量を推定した。浸出水の水平流速は、下層より上層が大きかった。また管内浸出水の水質を調査した結果、多くのガス抜き管で管設置後に TOC の急激な減少が見られた。この現象は、図 2 のように考えることができる。すなわち TOC 低下の時期が温度の上がる夏期であることから、不飽和層においてガス抜き管設置により空気が侵入して好気性分解が起こり、TOC の低下した浸出水が飽和層に流れ込んだ。上層で流速が大きいのも、このためである。飽和層は十分に洗い出しが進んでおり、低下後の TOC は飽和層の濃度を表わしていると考えられる。以上のように、TOC の変化

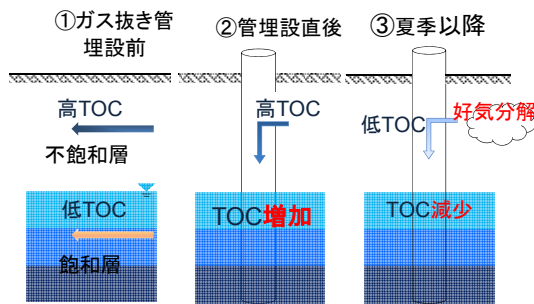


図 2 浸出水濃度変化のメカニズム

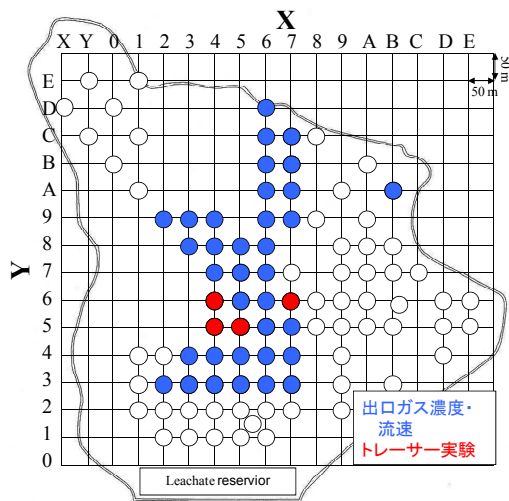


図 3 調査埋立地とガス抜き管位置

はガス抜き管の埋設によって生じた現象である。埋立地調査においては、ボーリングを行って内部を測定することが多く行われるが、「外乱を与えて初期状態とは異なる対象」を測定したことになる。調査に当たっては、注意を要する。

ガスに関しては、38 本のガス抜き管において、出口からのガス流速、ガス濃度の測定、また 4 本のガス抜き管においてガス濃度、温度、およびガス流速の垂直分布を測定した (図 3)。

ガス濃度分布はガス抜き管ごとに異なるが、ほとんどの場合 15~20m の深さにおいても窒素が存在し、空気が底部まで侵入していることがわかった (図 4)。これは、埋立地底部にも空気が流入している可能性を示す。そこで、深さ方向のガス流入量を、CO ガスを用いたトレーサ実験によって測定したところ、図 5 のようにガス流速は上部ほど増加し、またメタンガスと窒素の割合はほぼ一定である。このことより、ガス抜き管は埋立ガスの排出とともに空気の引き込みの効果があることを明らかにした。空気の流量が

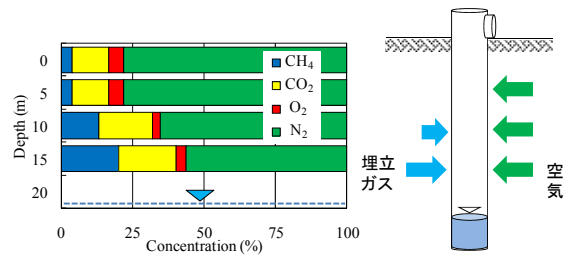


図 4 深さ方向のガス濃度分布

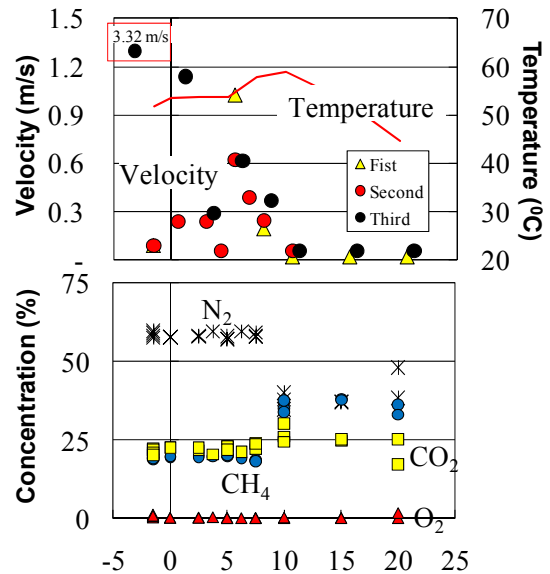


図 5 深さ方向のガス流入流速分布 (横軸は深さ)

温度と正の相関があることから、好気分解によって廃棄物層の温度が上昇し、その熱によってガス抜き管内に密度差が生じたためと考えられる。表面に積雪がある冬期も空気の流入があることから、空気の移動は水平方向である。すなわち、埋立地に埋設したガス抜き管は、図6のような効果があると考えられる。

### (3)まとめ

本研究を総合すると、次のようになる。廃棄物埋立地内部の状態を知るため、有機物の指標として炭素収支推定の意義と可能性を示し、多数のガス抜き管における測定により浸出水とガスの動きを推定した。またガス抜き管埋設による周囲からの空気引き込みは、長期化が懸念される埋立地の安定化促進に向けた新たな方法を示唆し、廃棄物埋立地の設計概念を変更する可能性のある重要な発見である。

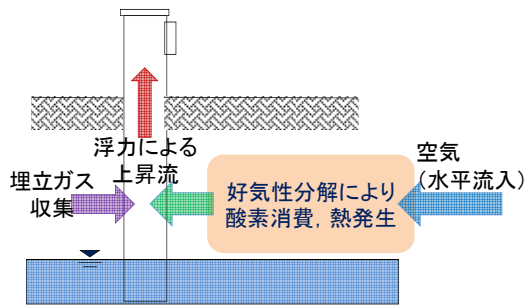


図6 ガス抜き管の効果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- 1) 吉田英樹:埋立が完了した廃棄物最終処分場の安定化へのガス抜き管設置による効果に関する研究, 第8回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.367-372 (2009) 査読有
- 2) H.J Kim, H.Yoshida, T.Matsuto, Y.Tojo, T.Matsuo : Air and landfill gas movement through passive gas vents installed in closed landfills, Waste Management, 30, 465-472, 2009, 査読有
- 3) H.J. Kim, D. Endo, M. Sato, T. Matsuto, and T. Matsuo: Estimation of water flow and the effect of gas-well installation in a closed landfill, Waste Management, 29(9), 2308-2315, 2009.8, 査読有

[学会発表] (計13件)

- 1) 吉田英樹:埋立終了後の廃棄物最終処分

場に設置された受動型ガス抜き管内の温度・埋立ガス成分調査 (第3報), 第20回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2009.9.17~19, 名古屋

- 2) 金喜鍾,東條安匡,松藤敏彦:産廃埋立地における水と炭素バランスに関する研究, 平成21年度廃棄物資源循環学会研究討論会, 2009.5.25~26, 川崎
- 3) Hee-Jong Kim, Daiki Endo, Masahiro sato, Toshihiko Matsuto: Assessment of water flow in municipal closed landfill, The 2006 Spring Conference of the Korea Society of Waste Management, 2008年5月8日, 順天大学 (Suncheon, Korea)
- 4) H.Yoshida: Analysis of landfill gas temperatures and components in new passive gas extraction wells of a closed landfill, The 5th Intercontinental Landfill Research Symposium, 2008年9月12日, Copper Mountain, Colorado, U.S.A
- 5) 佐藤昌宏,東條安匡,松尾孝之,松藤敏彦:ガス抜き管内貯留水の水質による安定化モニタリングの可能性,第18回廃棄物学会研究発表会,2007年11月19日,つくば
- 6) H.Yoshida: Landfill Temperature and Landfill Gas Composition in Passive Landfill Gas Extraction Wells of A Closed Landfill, Proc. of Eleventh Intercontinental Waste Management and Landfill Symposium, 2007年10月5日, つくば

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

松藤 敏彦 (MATSUTO TOSHIHIKO)  
北海道大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 00165838

### (2)研究分担者

東條 安匡 (TOJO YASUMASA)  
北海道大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 70250470

島岡 隆行 (SHIMAOKA TAKAYUKI)  
九州大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号: 80202109  
(H20→H21: 連携研究者)

吉田 英樹 (YOSHIDA HIDEKI)  
室蘭工業大学・工学部・講師  
研究者番号: 70210713  
(H20→H21: 連携研究者)