

## B-51 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oのインベントリーの精緻化と開発中核技術の内外への普及

### (4) 廃棄物処理分野におけるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出抑制中核技術の汎用化と普及に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター

最終処分技術研究開発室 山田正人・石垣智基・井上雄三

有害廃棄物管理研究室 大迫政浩

平成12～14年度合計予算額 16,623千円  
(うち、平成14年度予算額 5,550千円)

#### [要旨]

廃棄物最終処分場からのメタン放出量をより正確に把握することを目的として、廃棄物統計に基づく処分場からのメタン放出量推定の精緻化と、処分場からの地表面メタン放出量の現場観測手法の開発を試みた。主な有機性の産業廃棄物である紙くず、木くず、動植物性残さおよび有機汚泥について、中間処理過程における廃棄物の質と量の変化を重量および炭素量ベースで追跡し、産業廃棄物処分場における年間メタン放出ポテンシャルを求めた。中間処理を経ない直接埋立以外に、生分解性有機炭素量がほとんど変化しない脱水等の中間処理を経て埋め立てられる廃棄物を放出量推計に含めることは重要であり、また、我が国では未評価である有機性汚泥由来のメタン放出量は現在の放出量報告値の6割に相当することを示した。有機性汚泥について、発生業種別フローより推計したメタン放出ポテンシャルは、業種を分けないフローでの推計値に比べて約1万トン程度小さくなった。この差は、廃棄物フロー把握の細分化が必ずしもメタン放出量推計の大幅な精緻化につながらないことを示すが、排出量が多い廃棄物では全体的な精度向上という点で無視できない。処分場地表面におけるメタン放出地点は処分場内部熱の放出や微生物代謝により暖められているという仮定に基づき、サーマルビデオカメラでスクリーニングしたホットスポットにおいてメタンフラックスの計測を行った結果、複数の場所ならびに時期に観測された100を超えるホットスポットでフラックスが検出されなかったのは1割以下で、無作為に抽出した地点では7割以上においてフラックスが未検出であったことから、仮定ならびに手法の有効性が示された。さらに観測された地表面温度とメタンフラックスの間の相関関係より、地表面温度分布と限られたフラックス測点により埋立地全体の地表面メタン放出量を求める簡便な手法を示した。また、処分場への品目別廃棄物埋立量の経年記録から推計したメタン放出量と実測値から求めた放出量を比較し、今後のメタン放出量推計の精緻化の方向を示した。

[キーワード] 産業廃棄物、中間処理、最終処分場、メタンフラックス、熱画像計測装置(サーマルカメラ)

#### 1. はじめに

地球温暖化防止のため、国家および地球レベルでのメタン放出量の削減が重要な課題となっている。廃棄物処理分野では、最終処分場が主要な人為的メタン発生源とされており、放出実態を正確に把握し、

適切な策を講じることが求められている。わが国では固形廃棄物埋立によるメタンの年間発生量は 1999 年で 360Gg と推定されている<sup>1)</sup>。この算定の根拠となる IPCC によるガイドライン<sup>2)3)</sup>では埋め立てられる廃棄物中の生物分解性炭素量を推定し、単年度または時系列におけるメタン発生量を予測することとなっているが、ガイドラインの重点が置かれているのは主に「排出係数」であり、「活動量」である埋立廃棄物量の把握の方法については統計の存在を前提としてほとんど触れられていない。これは世界の廃棄物処理の趨勢が直接埋立であるためと考えられる。我が国では、特に産業廃棄物において、発生した廃棄物は多様な中間処理過程を経て最終処分に至るため、埋立時点における廃棄物の量と質が発生時点と著しく異なる品目がある。今後の循環型社会の構築に向けたリサイクル等の取り組みはこのプロセスをいっそう複雑にするものと考えられる。他国（特に EU）でもリサイクルや中間処理による廃棄物（分解性有機炭素）埋立量の削減が議論されており、将来的に、中間処理過程における廃棄物の質と量の変化を統計より推定する手段を、ガイドラインに組み入れる必要がある。

また一方では、廃棄物統計を元にしたメタン放出量推定値を裏付けるための、最終処分場におけるメタン放出量の実測値が圧倒的に不足している<sup>4)</sup>。その原因として、多くの最終処分場におけるガスモニタリングは限られたガス抜き管のみにおいて行われており、地表面フラックスを含めた処分場全体からのメタン放出量を把握できていないことが挙げられる。さらに地表面メタンフラックスの測定は、放出地点が空間的に極めて不均一に分布しているため、現状では、大掛かりな装置が必要であったり、測点が多数必要になるなど現場での頻度の高い観測が困難となっている。

## 2. 研究目的

本研究では、廃棄物最終処分場からのメタン放出量推計の精緻化を目的として以下の検討を行った。まず、中間処理過程における炭素含有量の変化を勘案したメタン放出量推計方法として、代表的な有機性の産業廃棄物である紙くず、木くず、動植物性残渣および有機性汚泥の四品目を対象とし、それぞれが埋立処分以前に經由する代表的な中間処理フローにおける廃棄物組成の変化を評価し、経路毎に最終処分される炭素量を推定する手段について検討した。さらに他の品目と比べて排出量の多い有機性汚泥を対象として、排出事業者の業種毎に詳細な処理フローを調査し、最終処分場からのメタン放出量推定値に与えるフロー推計の精緻化の効果を考察した。また、廃棄物統計に基づくメタン放出量推定値を実証するための現場調査法として、最終処分場地表面に不均一に分布するメタンフラックスを簡易、迅速かつ正確に実測するために熱画像計測装置（サーマルカメラ）を用いたメタンフラックス放出点の検索手法と、メタンフラックスと地温の相関関係より最終処分場からのメタン放出量を推算する手法を提案した。また、この手法で求めたメタン放出量を埋立ごみ量から推計したメタン放出量の経年変化と比較し、放出量推計手法の妥当性と有効性について検討を加えた。

## 3. 研究方法

### 3.1 産業廃棄物処理過程におけるメタン放出ポテンシャルの推定手法の検討

#### (1) 各品目の中間処理過程

我が国では大部分の産業廃棄物は、減容・減量または無害化のため種々の中間処理を経た上で最終処分場に持ち込まれている。都道府県の産業廃棄物実態調査等より、生物分解性炭素を含む産業廃棄物として紙くず、木くず、動植物性残渣、及び有機性汚泥の 4 品目について発生量ベースでの処理フローを調査した結果、表 1 に挙げるような中間処理を経るフローが代表的であった。この他にも多様な中間処

理フローが存在したがいずれも全体量に占める割合が小さく、表1に挙げた処理過程を品目毎に総計すると、処理量が全体の約90%以上を占めることから、これらを対象に廃棄物の重量ならびに炭素含有量の変化を追跡することとした。また、上述の4品目のうち、発生量で95%を占める有機性汚泥については、排出業種別の詳細な処理フロー調査を行い、有機性汚泥全体で推計した場合とメタン放出量推計値の比較を行った。なお、生物分解性炭素が含まれる他の産業廃棄物品目について、「繊維くず」は排出量がきわめて小さく（全体量の0.1%以下）、合成繊維との区別が困難であること、また「家畜のふん尿」ならびに「動物の死体」は処分形態が不明確であることから今回の検討には含めなかった。

表1 各品目別中間処理方法

	破碎	中和	濃縮	脱水	焼却	溶融	割合
紙くず					○		83%
					○	○	2%
				○	○		2%
	○						1%
木くず	○				○		1%
	○						83%
動植物性残渣					○		7%
				○			3%
		○			○		1%
				○	○		83%
有機性汚泥				○	○		4%
				○	○		3%
			○	○	○		55%
				○	○		24%
有機性汚泥			○	○	○		5%
			○	○	○		3%
			○	○		2%	

## (2) 産業廃棄物の炭素含有量の算定

廃棄物発生時点での炭素量は、文献<sup>5)8)</sup>を元に求めた。文献値が乾重量や可燃分ベースの炭素量である場合は、湿重量の炭素量の値に変換した。有機汚泥を排出業種毎に区分しない場合には、68%が下水汚泥、25%がパルプ汚泥、7%が食品汚泥と仮定した<sup>5)</sup>。なお同一の品目で含有炭素量の文献値が複数あった場合には、今回は便宜的に平均値をとって代表値とした。

## (3) 中間処理による物性の変化の算定

① 脱水：紙くず、木くず、動植物性残渣では、脱水で重量は減少するが、生物分解性炭素量に変化はないと仮定した。有機汚泥については脱水した場合、脱水ろ液経由で7%の生物分解性炭素が損失されると仮定した<sup>9)</sup>。

② 焼却：焼却残さの炭素含有率は品目また施設毎の焼却効率によって大きく変化する。ここでは、焼却残さの熱しゃく減量を5~40%とし<sup>5)8)</sup>、熱しゃく減量中の40~80%が生物分解性有機炭素にあたる<sup>7)</sup>と仮定して焼却残さ中の炭素量を求めた。ただし、有機汚泥については、脱水による有機物の損失を設定しているが、脱水から焼却に至るフローで廃棄物量が得られなかったことから、焼却のみを行うフローから求めた炭素減少率より、脱水後焼却した残さの炭素量を求めた。

③ 中和、破碎、乾燥および濃縮：中和、破碎、乾燥および濃縮処理では廃棄物中の生物分解性炭素量は変化しないものとした。

④ 溶融：溶融処理には処理物中に生物分解性炭素は存在しないものとした。

⑤ 堆肥化：堆肥化処理後、資源化されずに埋め立てられる場合については、コンポスト製品に比して十分な腐熟過程を経ていないと考え、各種堆肥化プロセスの原料および一次発酵産物中の炭素含有量を分析し、堆肥化処理における平均炭素分解率を17%とした。

## (4) メタン放出ポテンシャルの算出

埋め立てられた廃棄物からのメタン放出ポテンシャルは、分解性炭素の分解率77%<sup>2)</sup>、ガス化率59%<sup>10)</sup>、およびメタン比率を50%<sup>2)</sup>として算出を行った。

表2 対象とした最終処分場の概要

Landfill	Capacity	Duration of landfilling	landfilled waste
A	1,450,000 m <sup>3</sup>	1980-2000	incinerated residue, plastics, sludge, wood, slag
B	6,610,000m <sup>3</sup>	1968-1981	MSW, incinerated residue, sludge
C	145,000 m <sup>3</sup>	1986-1995	incinerated residue, MSW

### 3.2 廃棄物最終処分場からのメタン放出量観測手法の開発

#### (1) 廃棄物最終処分場および現場調査の概要

廃棄物最終処分場における地表面メタンフラックスを、3カ所の処分場において延べ7回観測した。調査対象とした処分場の概要を表2に示す。処分場Aでは表面積約9000m<sup>2</sup>の区画を10m×10mのグリッドに分割して調査を4回行った。処分場Bでは750m<sup>2</sup>および10,800m<sup>2</sup>の2つの区画をそれぞれ1回ずつ調査した。処分場Cでは1,200m<sup>2</sup>の区画において1回調査を行った。

#### (2) フラックス観測ポイントの検索

メタンは埋め立てられた有機物の発酵過程の最終産物として生成されるため、廃棄物層は周辺地層に比べて高温である事が知られている。したがって、メタンが埋立地ガスとして廃棄物層から熱を伴って地表面へ到達し、メタン放出領域では地表面温度が周囲よりも高くなることが予想される。また、覆土層が薄い場合には廃棄物層からの直接の熱伝導、また、メタン酸化細菌群による代謝熱<sup>11)</sup>もメタン放出領域における温度の上昇に寄与するものと考えられる。これまでに廃棄物の投棄サイトを探査する目的で、サーモグラフを用いて埋立地表面での特徴的な温度の上昇を検出した例が報告されている<sup>12)</sup>。本研究では、サーマルビデオカメラを用いて処分場表面において周囲より温度が高い領域を検索し、不均一な分布を示すメタン放出領域を簡易、迅速かつ正確に特定することを考えた。日射による影響を受けない夜明け前から早朝にかけて、処分場表面に設けたグリッド毎に赤外線サーマルカメラ (Neo Thermo TVS-600、日本アビオニクス) による観測を行い、周囲と比べて温度の高い領域をホットスポットとして選抜し、後述の方法でメタンフラックスを測定した。また、サーマルビデオカメラを用いず無作為に選んだ地点、対照として埋め立て地外の地点においても同様にメタンフラックスを測定した。

#### (3) 地表面メタンフラックスの測定

最終処分場における地表面ガスフラックスの観測は静置型閉鎖式チャンバー法<sup>13)</sup>で行った。測点にチャンバーを設置後、採取時間 (1、5、10分) 毎にポンプを用いて約10秒間テトラバックにガスを採取した。実験室に持ち帰ったガス試料について、分離カラムとしてステンレス製 PorapakQ (30/60Mesh) とメタナイザー (MTN-1、島津製作所) を装備した GC-FID (GC-8A、島津製作所) を用いて、メタンと二酸化炭素を分析した。分析条件は、キャリアーガスには窒素ガスを用い、インジェクターと検出器温度を120℃、カラム温度を70℃とし、さらに標準ガスにはメタン (1000ppmv)、二酸化炭素 (1000ppmv) の混合ガスを用いた。

地表面フラックス  $J$  (m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>) は次式で算出した。

$$J = \frac{\Delta V}{A} = hb \times 10^{-6} \quad (1)$$

ここで、 $b$  (ppmv/min) はチャンバー内のガス濃度の経時変化を直線回帰した傾き、 $h$  (m) はチャンバーの高さ、 $A$  (m<sup>2</sup>) はチャンバーの底面積、 $\Delta V$  (m<sup>3</sup>/min) は単位時間あたりのガス成分の放出量あるいは吸収量である。

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 産業廃棄物処理過程におけるメタン放出ポテンシャルの推定手法の検討

中間処理過程における各品目の廃棄物重量および炭素量フローを求め、メタン発生ポテンシャルを推計した結果を表3に示す。また図1に例として紙くずにおける重量および炭素量のフローを示す。1年間に排出される有機性産業廃棄物4品目に由来する最終処分場からのメタン放出ポテンシャルは277-313 Ggと推計され、有機性汚泥由来の放出ポテンシャルが221-227Ggと70%以上を占めていた。

我が国の廃棄物埋立部門からのメタン放出量は1999年の時点で360 Ggと見積もられている<sup>1)</sup>。この値は産業廃棄物と一般廃棄物に含まれる食物くず、木くず、紙くずおよび繊維くずの直接最終処分量からガス放出の経年変化を仮定して求めたものである。文献<sup>1)</sup>には放出量の具体的な算定根拠が示されていないため、本研究で産業廃棄物の中間処理フローから求めた食物くず、木くず、紙くずの生物分解性有機炭素埋立量の精度を比較評価できない。しかし、中間処理を経ない直接最終処分以外に、生分解性有機炭素量がほとんど変化しない脱水、中和、破碎、乾燥および濃縮という中間処理を経て埋め立てられる廃棄物を放出量推計に含めることは重要であり、精度向上に資する。また、我が国の推計値はメタン放出の経年変化を仮定しているため、本研究で求めた放出ポテンシャル（埋め立てた廃棄物からメタンは1年間で全て放出されるという仮定<sup>2)</sup>に相当する）とは直接比較はできない。しかし、一般廃棄物と産業廃棄物の排出量がここ10年間でそれぞれ5千万トンと4億トン付近で横ばい状態であり、埋立地からのメタン放出量もわずかに減少している程度であるので、放出量と放出ポテンシャルに大差はないと考えられる。本研究は、未だ我が国の条約機関への報告では推計されていない産業廃棄物の有機性汚泥由来のメタン放出ポテンシャルを初めて推計したものであり、これを含めると現在の放出量が6割程度増加することを示している。

我が国の廃棄物埋立部門からのメタン放出量は1999年の時点で360 Ggと見積もられている<sup>1)</sup>。この値は産業廃棄物と一般廃棄物に含まれる食物くず、木くず、紙くずおよび繊維くずの直接最終処分量からガス放出の経年変化を仮定して求めたものである。文献<sup>1)</sup>には放出量の具体的な算定根拠が示されていないため、本研究で産業廃棄物の中間処理フローから求めた食物くず、木くず、紙くずの生物分解性有機炭素埋立量の精度を比較評価できない。しかし、中間処理を経ない直接最終処分以外に、生分解性有機炭素量がほとんど変化しない脱水、中和、破碎、乾燥および濃縮という中間処理を経て埋め立てられる廃棄物を放出量推計に含めることは重要であり、精度向上に資する。また、我が国の推計値はメタン放出の経年変化を仮定しているため、本研究で求めた放出ポテンシャル（埋め立てた廃棄物からメタンは1年間で全て放出されるという仮定<sup>2)</sup>に相当する）とは直接比較はできない。しかし、一般廃棄物と産業廃棄物の排出量がここ10年間でそれぞれ5千万トンと4億トン付近で横ばい状態であり、埋立地からのメタン放出量もわずかに減少している程度であるので、放出量と放出ポテンシャルに大差はないと考えられる。本研究は、未だ我が国の条約機関への報告では推計されていない産業廃棄物の有機性汚泥由来のメタン放出ポテンシャルを初めて推計したものであり、これを含めると現在の放出量が6割程度増加することを示している。

有機性汚泥は4品目の発生量合計のうち95%を占めていること、および中間処理を経ない直接埋立が2.8%と比較的小さいことから、中間

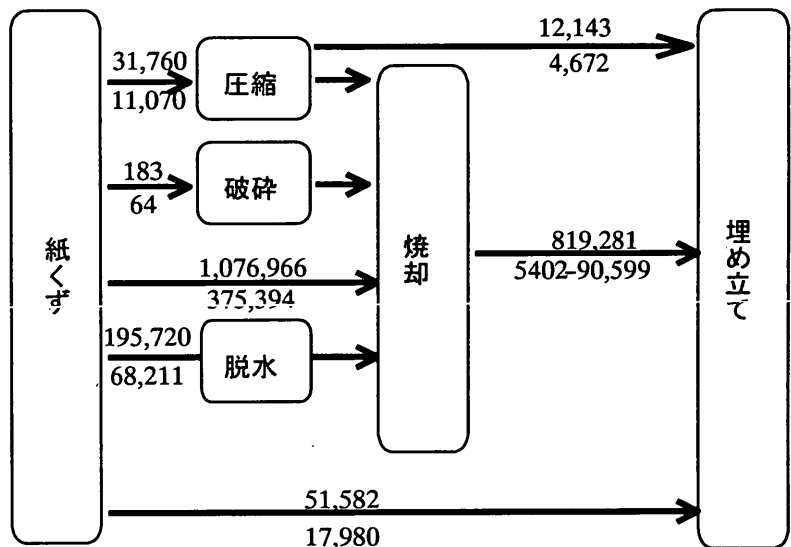


図1 紙くずの中間処理フロー  
(矢印の上側：重量(t)，下側：炭素量(t))

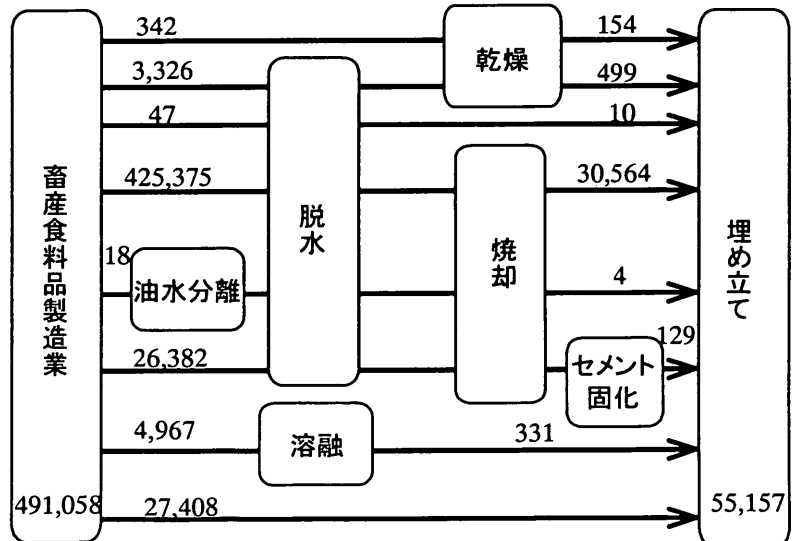


図2 有機性汚泥排出業種別詳細フローの一例 (重量(t))

表3 各品目の最終処分重量、炭素量および処分場からのメタン発生量

	waste	landfilled	landfilled carbon (t)		methane emission(t)	
	generation (wet-t)	waste (wet-t)	min	max	min	max
paper waste	1,356,211	883,006	28,054	113,251	6,312	25,481
wood waste	3,389,736	1,363,213	209,227	252,941	47,076	56,912
A & P residue	426,375	307,240	13,402	17,604	3,015	3,961
Sludge	85,853,052	3,602,386	981,027	1,008,193	220,731	226,843
Total	91,025,374	6,155,845	1,231,710	1,391,988	277,135	313,197

表4 有機性汚泥の詳細フローより算出したメタン発生量

	waste	landfilled	landfilled carbon (t)		methane emission(t)	
	generation (wet-t)	waste (wet-t)	min	max	min	max
food industry	2,881,862	254,035	45,756	47,437	10,295	10,673
chemical industry	3,444,065	143,978	93,362	96,199	21,006	21,645
pulping industry	26,564,347	1,183,010	458,065	479,353	103,065	107,854
other industry	1,005,190	122,949	16,055	17,171	3,612	3,863
sewage sludge	51,070,013	1,624,401	314,131	319,424	70,680	71,870
total	86,840,865	3,668,083	927,369	959,583	208,658	215,906

処理フロー把握の精緻化が推計に大きく寄与すると考え、排出業種別の処理フローを調べ、累計による最終処分場からのメタン放出ポテンシャルの推計を行った。有機性汚泥を排出する業種のうち、下水道業、食品製造業10種、繊維および医薬品製造などの化学工業4種、製紙業6種、および卸売業、小売業などのサービス業4種の発生量合計が有機性汚泥全発生量の95%を占めていたことから、これらを代表的な業種とし、各業種から排出される汚泥をそれぞれ下水汚泥、食品汚泥、化学汚泥、パルプ汚泥、およびその平均的な性質を有する平均汚泥とみなして、埋立地からのメタン放出量を推計した(表4)。また、業種別中間処理フローの一例を図2に示した。業種別フローより推計したメタン放出ポテンシャルの合計は、業種を分けないフローでの推計値に比べて約1万トン程度下回る結果となった。この差は、廃棄物フロー把握の細分化が必ずしもメタン放出量推計の精緻化につながることを示すが、紙くずあるいは動植物性残さ由来の放出ポテンシャルと同じオーダーにあり、排出量が多い廃棄物では全体的な精度向上という点では無視できない。

以上より、産業廃棄物の埋め立てによるメタン放出量の推計において、有機性汚泥を推計に含めること、また、品目ならびに業種毎の中間処理フローを把握し、中間処理過程における生物分解性炭素量の変化を求めることは、放出量推計値の精緻化に大きく寄与するものと考えられる。

#### 4.2 廃棄物最終処分場からのメタン放出量観測手法の開発

図3にA処分場での6月の調査において、サーマルカメラを用いて検出された熱源(ホットスポット)および無作為に抽出した観測地点の位置とメタンフラックスの実測値を示す。いずれの調査においても、フラックスの大きさのばらつきが大きく、放出地点も不均一に分布していた。合計7回の現場調査において延べ100地点以上のホットスポットが検出され、そのうちメタンフラックスが検出されなかったのは1割以下であった。逆に無作為に地点を選出した場合には、51地点のうち38地点でメタンフラックスが検出されなかった。以上より、サーマルカメラを用いたホットスポットの検索は、処分場

地表面におけるメタン放出地点を特定する有効な手法であることが示唆された。

地表面温度とフラックスの関係式、および地表面温度分布とメタンフラックス検出地点分布の代表的な例をそれぞれ図4および図5に示した。いずれの調査においても地表面温度とメタンフラックスの間に正の相関関係が見られた。この関係式を用いて地表面温度分布の面積積分値をフラックスに換算して地表面全体からのメタン放出量を算出した結果を表5に示した。地表面からのメタン放出量は処分場毎に大きく異なり、また、同一処分場においても季節的に最大で30倍程度変動した。前者の原因は、基本的には埋め立てられている廃棄物の質と量、ならびに埋め立て後の経過年数の影響が大きい、この他に、ガス抜き施設による埋立地ガスの捕集効率や

廃棄物層および覆土の材質や厚さ、締め固めの状態による透気性の違い<sup>14)</sup>が影響しているものと考えられる。また、後者の原因としては、A処分場の2001年8月調査において降雨直後で覆土の含水率が高くガスの放出が抑制されたと推測され、また、ガス放出量と大気圧の関係<sup>15)</sup>も指摘されており、気象等の環境条件が地表面からのメタン放出量に大きく影響するものと考えられる。

これまで、埋立地からのメタン放出量の推計において現場実測値の不足が問題視されていたが、その一因として、安価かつ簡便で正確なメタンフラックス測定法の不在が挙げられる。本研究では、簡便な熱画像計測によるメタン放出地点の検出と閉鎖型チャンパー法によるフラックス計測の組合せにより、不均一に分布する地表面メタンフラックスの迅速な計測が可能になり、メタンフラックスと地表面温度の相関を用いて温度分布図と限られたフラックスの測点より、埋立地全体の地表面メタン放出量が推計できることを示した。以上のような手法を用いて処分場からのメタン放出量実測値を集積することは、廃棄物統計に基づくメタン放出量の推計値の精緻化に役立つだけでなく、埋立地の適正な管理や閉鎖のための指標としても活用できると考えられる。

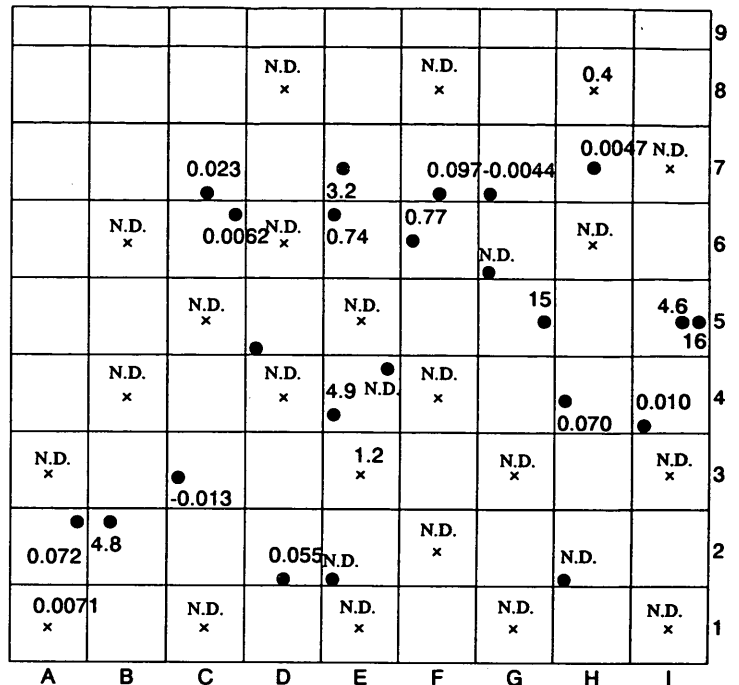


図3 A処分場第一回調査におけるメタンフラックスの分布 (g-CH<sub>4</sub>/hr/m<sup>2</sup>), ●熱源, ×ランダム観測点 ND; not detected

表5 処分場地表面からのメタン放出

	A 処分場 (2001-6月)	A 処分場 (2001-11月)	A 処分場 (2002-2月)	A 処分場 (2002-8月)	B 処分場 (2002-10月)	B 処分場 (2003-2月)	C 処分場 (2003-2月)
Range (g/m <sup>2</sup> /hr)	-0.013 to 16	-0.064 to 7.5	-0.00163 to 0.015	0.017 to 0.38	-0.08 to 0.36	-0.009 to 0.0083	-0.0035 to 0.0095
Average (g/m <sup>2</sup> /hr)	1.1 ± 290%	5.7 x10 <sup>-1</sup> ± 347%	9.0x10 <sup>-4</sup> ± 370%	1.0 x10 <sup>-1</sup> ±86%	1.4 x10 <sup>-1</sup> ±85%	9.7 x10 <sup>-4</sup> ±395%	1.5 x10 <sup>-3</sup> ±302%
Whole emission (g/m <sup>2</sup> /hr)	5.7x10 <sup>-2</sup>	7.1 x10 <sup>-3</sup>	1.7 x10 <sup>-3</sup>	2.5 x10 <sup>-3</sup>	3.5 x10 <sup>-3</sup>	9.4 x10 <sup>-4</sup>	9.5 x10 <sup>-4</sup>

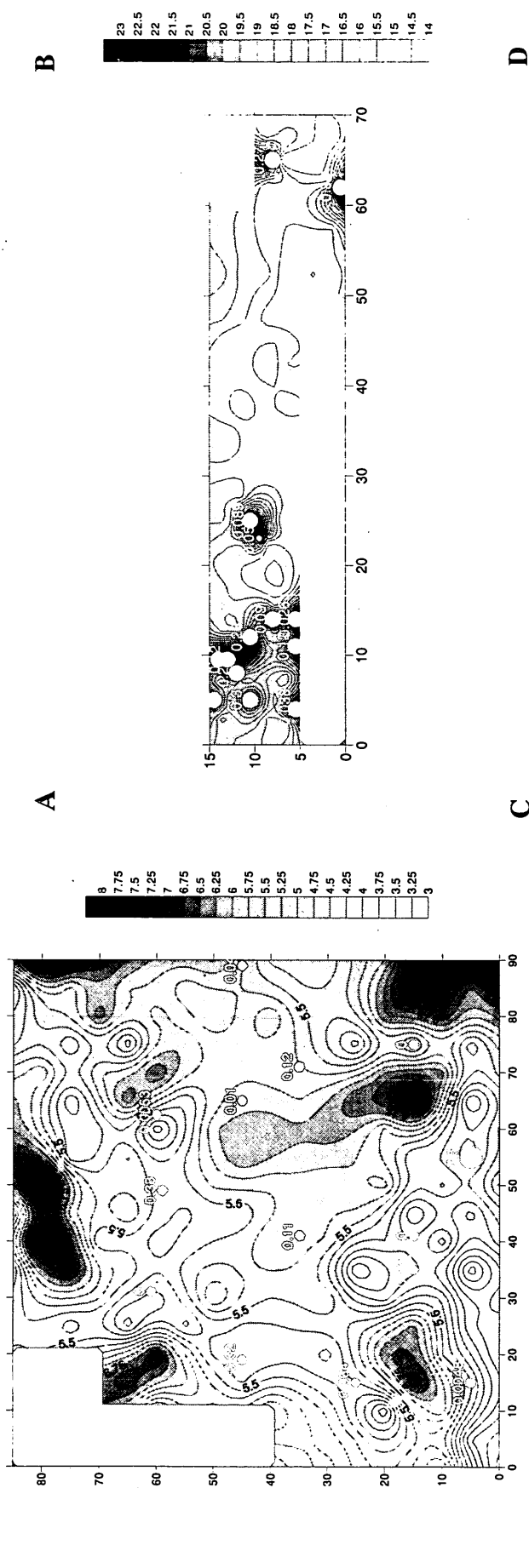


図5 地表面メタンフラックスおよび地温分布図 (A)A 処分場 11 月調査, (B)B 処分場 2 月調査, (C)C 処分場 10 月調査, (D)D 処分場 2 月調査



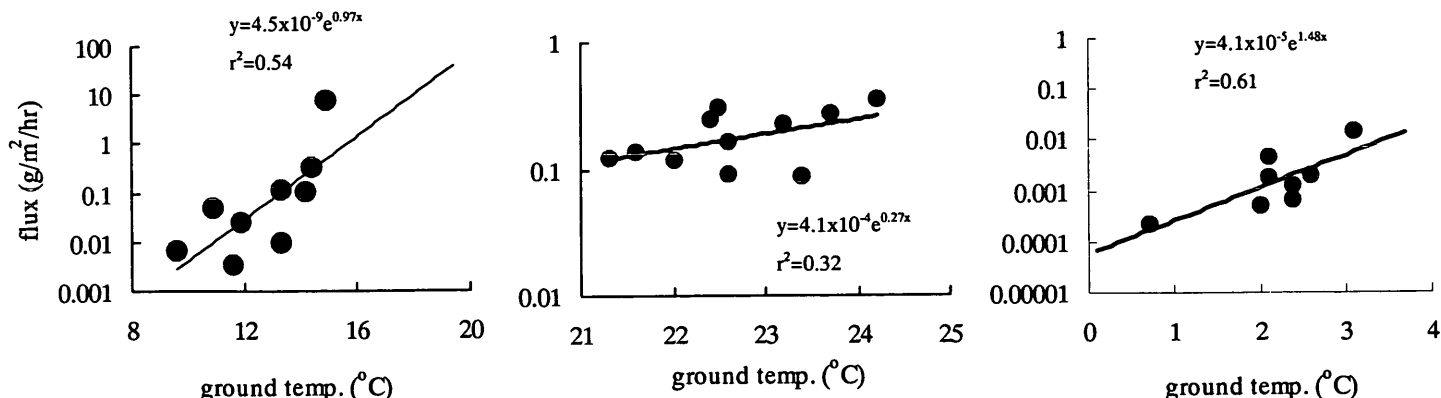


図4 メタンフラックスと地温の相関 (A)A 処分場 11 月調査, (B)B 処分場 10 月調査, (C)C 処分場 2 月調査

#### 4.3 埋立廃棄物からのメタン放出量推計値と実測値との比較

B 処分場における品目別廃棄物埋立量の経年記録から埋立生物分解性炭素量を算出し、メタン放出量の経年変化を推計した結果を図 6 に示した。メタン放出量の経年変化は、下水汚泥の嫌気性消化におけるメタン発生量の時間変化を表した Sheldon Arleta モデル<sup>16)</sup>を用いて、過去から埋め立てられた廃棄物由来のメタン放出量を各年で積算して求めた。モデルの性質上、メタン放出は 2001 年に停止するという結果が得られているが、一般的に埋立地からのメタン放出には終期において長期間の低い値での tailing が見られる<sup>16)</sup>。よって、メタン放出終期の値として 2000 年における放出量推計値 3.1Gg/year を用いて実測値との比較を試みた。なお、B 処分場で調査を行った区画にはガス抜き管は設置されていない。推計値の単位面積当たりへの換算値  $1.4 \times 10^3 \text{ g/hr/m}^2$  は、表 5 に示す 2002 年 10 月および 2003 年 2 月調査における実測から求めた放出量とほぼ同じオーダーにあった。今後は、このようにモデル側では品目毎の生物分解性炭素の埋立量ならびに分解速度等のパラメータ、計測側ではホットスポット検索とフラックス-地温相関の精度向上を図り、双方を比較評価してゆくことで埋立地メタン放出量推計の一層の精緻化が可能となると考えられる。

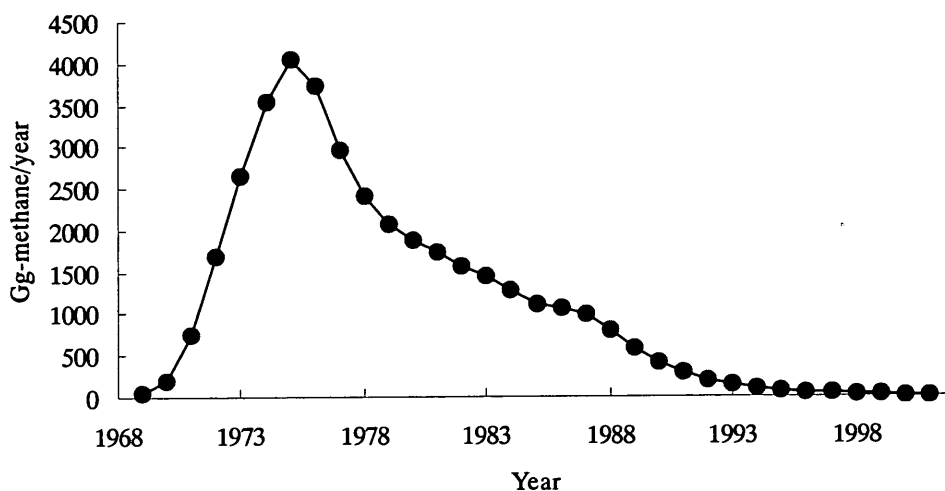


図6 維持管理記録より推計した B 処分場からのメタン放出量経年変化

## 5. 本研究により得られた成果

廃棄物最終処分場からのメタン放出量をより正確に把握することを目的として、廃棄物統計に基づく処分場からのメタン放出量推定の精緻化と、処分場からの地表面メタン放出量の現場観測手法の開発を試みた。主な有機性の産業廃棄物である紙くず、木くず、動植物性残さおよび有機汚泥について、中間処理過程における廃棄物の質と量の変化を重量および炭素量ベースで追跡し、産業廃棄物処分場における年間メタン放出ポテンシャルを求めた。中間処理を経ない直接埋立以外に、生分解性有機炭素量がほとんど変化しない脱水等の中間処理を経て埋め立てられる廃棄物を放出量推計に含めることは重要であり、また、我が国では未評価である有機性汚泥由来のメタン放出量は現在の放出量報告値の6割に相当することを示した。有機性汚泥について、発生業種別フローより推計したメタン放出ポテンシャルは、業種を分けないフローでの推計値に比べて約1万トン程度小さくなった。この差は、廃棄物フロー把握の細分化が必ずしもメタン放出量推計の大幅な精緻化につながらないことを示すが、排出量が大きい廃棄物では全体的な精度向上という点で無視できない。処分場地表面におけるメタン放出地点は処分場内部熱の放出や微生物代謝により暖められているという仮定に基づき、サーマルビデオカメラでスクリーニングしたホットスポットにおいてメタンフラックスの計測を行った結果、複数の場所ならびに時期に観測された100を超えるホットスポットでフラックスが検出されなかったのは1割以下で、無作為に抽出した地点では7割以上においてフラックスが未検出であったことから、仮定ならびに手法の有効性が示された。さらに観測された地表面温度とメタンフラックスの間の相関関係より、地表面温度分布と限られたフラックス測点により埋立地全体の地表面メタン放出量を求める簡便な手法を示した。また、処分場への品目別廃棄物埋立量の経年記録から推計したメタン放出量と実測値から求めた放出量を比較し、今後のメタン放出量推計の精緻化の方向を示した。

## 6. 引用文献

- 1) The Government of Japan, Japan's third national communication under the United Nations framework convention on climate change, 2002
- 2) IPCC Guideline for national greenhouse gas inventories, 1996
- 3) IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000
- 4) J. E. Bogner, et. al., Greenhouse gas emissions from landfills: what we know and what we don't know, SWA world congress 2000, proceedings, 421-430, 2000
- 5) 廃棄物学会編, 廃棄物ハンドブック, オーム社, 1996
- 6) 廃棄物情報研究会編, Fact Book 廃棄物基本データ集, 日本環境衛生センター, 2000
- 7) 岩井重久, 加藤健司, 左合正雄, 野中八郎, 廃水・廃棄物処理 廃棄物編, 講談社, 1979
- 8) クリーン・ジャパンセンター, 汚泥の化学工業用原料科学実証プラント実証実験報告書, 1999
- 9) 日本下水道協会編, 下水道施設計画・設計指針と解説 2001 年度版 後編, 2001
- 10) 松藤康司, 立藤綾子, 埋立構造の違いによる温室効果ガスの発生と制御, 廃棄物学会誌, 8, 438-446, 1997
- 11) M. Christophersen, et al., Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation, Waste Management and Research, 19, 126-143, 2001
- 12) E. Ziloli, et al., Application of terrestrial thermography to the detection of waste disposal sites, Remote Sensing

and Environment, 40, 153-160, 1992

- 13) 八木ら, CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O フラックス測定マニュアル, 資源・生態管理研究, 7, 143-158, 1991
- 14) M. Yamada, et al., Some Control Factors in Methane Emission from Landfill, Proceedings of the 8th International Conference on Anaerobic Digestion Volume 2, 609-614, 1997
- 15) A. Young, The effects of fluctuations in atmospheric pressure on landfill gas migration and composition, Water, Air and Soil Pollution, 64, 601-616, 1992
- 16) 池口孝, 埋立地における発生ガスの挙動 (その3), 都市清掃, 36, 298-302, 1983

## 7. 国際共同研究等の状況

なし

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

なし

### (2) 口頭発表

1. 山田正人, 石垣智基, 小野雄策, 長森正尚, 高橋伴幸, 小坂井崇, 埋立地表面における地温とメタンフラックスの関係, 第12回廃棄物学会研究発表会, 2001.
2. Tomonori Ishigaki, Takashi Kozakai, Masato Yamada, Masanao Nagamori, Yusaku Ono, Yuzo Inoue, Field survey on methane emission from waste landfill site in Japan, International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, 2002.
3. 石垣智基, 山田正人, 石渡尚美, 廃棄物最終処分場におけるメタン放出の数値解析, 第23回全国都市清掃研究・事例発表会, 2002.
4. 山田正人, 石垣智基, 小坂井崇, 立尾浩一, 産業廃棄物処理過程におけるメタン放出量の推定, 第23回全国都市清掃研究・事例発表会, 2002
5. 山田正人, 石垣智基, 井上雄三, 長森正尚, 小野雄策, 埋立地におけるメタンガスのモニタリング, 環境科学会化学物質管理戦略研究会2002年研究会, 2002
6. Masato Yamada, Tomonori Ishigaki, Takashi Kozakai, Yuzo Inoue, Some consideration on estimation method for national methane emission from solid waste landfills, 2002 Spring Conference of the Korea Society of Solid Management, 2002.
7. Tomonori Ishigaki, Masato Yamada, Takashi Kozakai, Bulent Inanc, Yumiko Ohkouchi, Shino Mohri, Masanao Nagamori, Yusaku Ono and Yuzo Inoue, Relationship between gas flux and ground temperature on a surface of a waste landfill site, Asian-Pacific Landfill Symposium 2002, 2002.
8. 山田正人, 石垣智基, 長森正尚, 小野雄策, 埋立地地表面における地温とメタンフラックスの関係, 第13回廃棄物学会研究発表会, 2002
9. 山田正人, 石垣智基, 小坂井崇, 立尾浩一, 産業廃棄物処理過程におけるメタン放出量の推定, 第23回全国都市清掃研究発表会 2002
10. 山田正人, 廃棄物埋立地からのメタンの放出量の評価と対策, 土木学会平成14年全国大会研究討論会「地球温暖化に関わるCDM/JI事業の展開における土木の役割と可能性」, 2002.9
11. Tomonori Ishigaki, Yumiko Ohkouchi, Shino Mohri, Bulent Inanc, Masato Yamada, Masanao Nagamori,

Yusaku Ono and Yuzo Inoue, Monitoring of Methane Emission from Waste Landfill Site using Closed Chamber Method, International Workshop on Technology of Municipal Solid Waste Treatment –Experiences and Challenges, 2003.

- (3) 出願特許 なし
- (4) 受賞等 なし
- (5) 一般への公表・報道等 なし

#### 9. 成果の政策的な寄与・貢献について

環境省の温室効果ガス排出量算定方法検討会廃棄物分科会において、委員として本研究の成果である産業廃棄物からの埋立地メタン排出量の推算結果を提示し、報告書の作成、我が国での算定方法の精度向上ならびに国際機関への報告作成に貢献した。