

研究課題名・研究番号＝ライフサイクル環境負荷評価を完結させるための最終処分場環境会計に関する研究（K1924，K2038）

国庫補助金精算所要額（円）＝9,731,000

研究期間（西暦）＝2007-2008

代表研究者名＝ 中山 裕文（九州大学）

共同研究者名＝ 島岡 隆行（九州大学）
水谷 聡（大阪市立大学）

・研究目的＝ 近年、廃棄物処理事業の効率性や効果を評価するため、環境会計や廃棄物会計といった手法により、事業のコストと効果を対比するなどの取り組みが始まり、一定の成果があがっている。しかしながら、最終処分場における廃棄物の埋立が終了後、廃止に至るまでの期間において、どの程度の環境負荷がいつまで発生するのかが明確でないため、最終処分段階、特に埋立終了から廃止に至るまでの期間における環境負荷の評価方法や事業にかかるコストの計算方法において使用されるデータの客観性が乏しく、このことが計算結果に与える影響は無視できないという問題があった。

本研究では、廃棄物処理事業の環境評価、経済性評価に関する信頼性を向上させることを目的とし、人間活動における物質フローの終末に位置する廃棄物の最終処分事業を対象とした環境会計手法を提示し、最終処分事業の環境コストと効果に関する定量的な情報を整理することを目指した。

・研究方法＝ 一般廃棄物最終処分場の環境会計手法を構築するため、最終処分場において処分される廃棄物を、廃棄物フローと廃棄物ストックの2つに区別して評価する原価計算手法を検討した。この手法による分析を実施するため、アンケート調査、ヒアリング調査を行い、得られたデータを用いて最終処分原価の推定を行った。さらに、上記費用が時間の経過とともにどのように変化するかを分析するため、個別最終処分場を対象とした時系列分析を行った。また、焼却灰の洗浄処理による最終処分場の早期安定化について評価するため、カラム試験を行い、洗浄処理と長期的な溶出挙動の関係を把握した。結果を元に、洗浄処理による埋立て後の溶出量の減少が維持管理期間と最終処分場のライフサイクルに及ぼす影響を評価した。研究の構成を以下に示す。

1. 一般廃棄物最終処分場の環境会計（九州大学）
 1. 1 廃棄物フローとストックに区分した最終処分原価の算定方法
 1. 2 維持管理期間を考慮した減価償却方法
 1. 3 全国の最終処分場を対象とした最終処分原価の算定
 1. 4 個別最終処分場を対象とした最終処分原価の時系列分析
2. 一般廃棄物最終処分場における埋立終了以降の環境負荷の定量評価（大阪市立大学）
 2. 1 最終処分場における実態調査
 2. 2 焼却灰の洗浄処理による最終処分場の早期安定化の試み
 2. 3 焼却灰の洗浄処理による最終処分場の早期安定化のLCA評価
3. 産業廃棄物最終処分場における削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の推定（九州大学）

・結果と考察＝

1. 一般廃棄物最終処分場の環境会計（九州大学）

1. 1 廃棄物フローとストックに区分した最終処分原価の算定方法

2007年に策定された一般廃棄物会計基準により、自治体の廃棄物処理事業のコスト評価のための指針が打ち出された。しかしながら、最終処分単価の算定方法や、環境保全効果の評価方法等については解決すべき課題が残されている。例えば、最終処分単価は、当年の最終処分事業費を当年に埋立処分された廃棄物の量で除する方法が用いられている。この考え方は、埋立てられた廃棄物はその年のうちに安定化するのであれば問題ないが、実際にはそのようなことはありえず、埋立後も長期に亘る管理が必要となるが、現状の単価算定方法はこの点を考慮していない。本論文では、以上の課題の解決に資するため、最終処分事業の単価計算方法、環境保全効果の評価方法について検討した。

最終処分事業の費用は、当年に最終処分場に搬入されたごみを適性に埋立てるための費用（以下、廃棄物フローに関する費用と呼ぶ）と、過去に埋立てられた廃棄物ストックを安全に隔離・貯留・安定化させるとともに、発生する浸出水やガスを適正処理するのにかかる費用（以下、廃棄物ストックに関する費用と呼ぶ）の2種類がある。最終処分単価の算定を行う場合、表1中の式(1)に示す従来の単価の計算方法では廃棄物フローとストックに関する費用を区別できないため、適正な評価ができない。そこで、本研究では、式(2)に示す廃棄物フローに関する単価および式(3)に示す廃棄物ストックに関する単価の計算式を新たに提案し、これらの式を用いた評価を実施する。なお、最終処分場は貯留構造物をはじめ、搬入管理施設や浸出水処理施設等多数の施設によって構成される。最終処分場の施設を整理し、廃棄物フローにかかる費用と、廃棄物ストックにかかる費用項目を追記したものを表2に示す。

1. 2 維持管理期間を考慮した減価償却方法

従来、自治体の廃棄物処理費用には減価償却費などが含まれておらず、実際のトータルコストを反映していない問題が指摘されていたが、一般廃棄物会計基準において施設建設費等の減価償却方法が

示された。施設建設費の減価償却を行うことにより、廃棄物処理事業に関する資産価値の減少を毎年度の費用として計算でき、処理施設が有する資産価値を把握できる。最終処分場の資産性について考察すると、資産とは特定の取引あるいは事象の結果としての将来の便益であると定義される。将来の便益とは、何らかの形で事業主体に役立つ能力を有していることであり、例えば資産の対象に市場価格があることがあげられる。一般廃棄物最終処分場には、市場価格や資産の交換可能性が無いため、資産価値の測定において問題が生じることがあるが、使用によって得られる将来の便益（環境保全効果）は存在するため、資産と考えてよい。図1は、横軸に時間、縦軸に環境負荷の量を表したものである。ここでいう環境負荷とは、最終処分場に搬入される廃棄物に含有される環境負荷物質のうち、種々の反応により可溶化して溶出す

表1 最終処分単価の算定式

従来の単価	$\frac{\text{当年の最終処分事業費}}{\text{当年の埋立処分量}}$	…(1)
廃棄物フローに関する単価	$\frac{\text{廃棄物フローに関する費用}}{\text{当年の埋立処分量}}$	…(2)
廃棄物ストックに関する単価	$\frac{\text{廃棄物ストックに関する費用}}{\text{累積埋立処分量}}$	…(3)

表2 最終処分場の施設と費用分類

	最終処分場施設	費用分類
主要施設	貯留構造物	廃棄物ストック
	地下水集排水施設	
	遮水工	
	雨水集排水施設	
	浸出水集排水施設	
	浸出水処理施設	
	埋立ガス処理施設	
被膜施設		
管理施設	搬入管理施設	廃棄物フロー
	環境監視施設	フロー+ストック
	管理棟	フロー+ストック
	管理道路	廃棄物ストック
	その他(洗車場)	
関連施設	埋立前処理施設	廃棄物フロー
	搬入道路	
	飛散防止設備	廃棄物ストック
	立札、門扉、囲障設備	
	防火設備	
防災設備(防災調整池、砂防施設など)		

るものや、ガス化して最終処分場の外に移動するものと定義する。最終処分場内に安定してとどまり、外部に移動する恐れのない環境負荷については、埋立処分された時点で削減されたものと考えることができる。さて、最終処分場では、埋立終了後も廃棄物の安定化が進行中であるため、埋立廃棄物のストックから浸出水が発生し、適正処理や環境モニタリングは継続される。閉鎖から廃止までの維持管理期間に着目すると、遮水工や浸出水処理施設は埋立終了

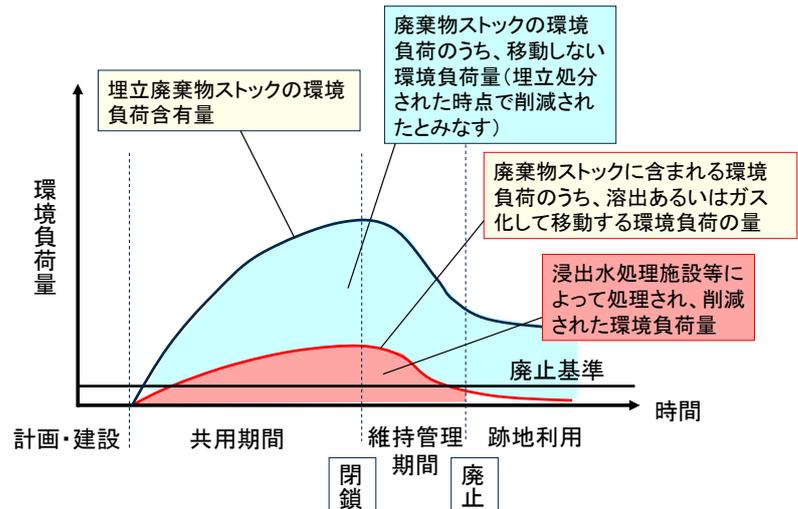


図1 最終処分場のライフサイクル環境負荷量の推移のイメージ

後も廃棄物を隔離し、浸出水中の汚濁物質を削減する機能を保持する。つまり、閉鎖された最終処分場であっても、将来廃止されるまでの間は環境負荷を削減する便益を生み出すことから、資産価値は適正に評価されるべきである。逆に言えば、閉鎖時点で資産価値がゼロになるような減価償却では、将来において果たすべき環境保全効果を見逃すこととなり、これは環境会計の本質に反するものである。

最終処分場の減価償却方法としては、①共用期間内で定額法により減価償却、②埋立容量(残余容量)に応じた生産高比例法による減価償却、③閉鎖から廃止までの期間を仮定して定額法で減価償却、④前述した方法を組み合わせて用いる方法等が考えられる。このうち、①、②は閉鎖後の維持管理をほとんど必要としない安定型処分場においては適用することができるが、管理型処分場には不向きである。最終処分場施設のうち、一旦廃棄物が埋立てられた後は補修が容易でなく、劣化や破損が環境汚染に直結するもの(貯留堤や遮水工等の施設)については、最終処分場が廃止されるまでの期間、耐えるよう設計、建設されていると考えるのが妥当である。そのため、これらの耐用年数(償却期間)は、共用年数+維持管理年数以上で設定されることになる。上記以外の施設については、減価償却資産の耐用年数等に関する省令で規定された耐用年数を利用すればよいと考えられる。

1. 3 全国の最終処分場を対象とした最終処分原価の算定

環境省が公表するわが国の一般廃棄物最終処分場 1852 施設の中から、無作為に 634 施設を選び、上記手法による最終処分単価の算定に必要なデータを得るため、アンケート調査を実施した。回答があったのは 215 施設(回収率 33.9%)であったが、分析に利用可能なデータが得られたのは 87 施設(有効回答率 14%であった)。アンケート結果より各最終処分場の廃棄物フローに関する費用と廃棄物ストックに関する費用を表 2 に従って分類したデータを用い、回帰分析により最終処分単価の推定モデルを求めた。このモデルにより、平成 18 年度におけるわが国全体での最終処分事業の平均単価、最終処分事業に占める廃棄物フローに関する費用とストックに関する費用の内訳を計算した結果が図 2 である。埋立容量が

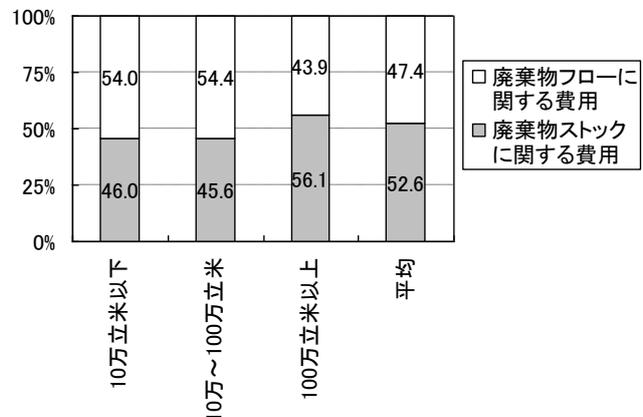


図2 埋立容量別に見た最終処分事業費の内訳

100万m³以下の最終処分場では、廃棄物フローに関する費用が全体の約54%を占め、廃棄物ストックに関する費用が約46%を占めた。一方、埋立容量が100万m³を超える最終処分場では、廃棄物フローに関する費用が約44%、廃棄物ストックに関する費用が約56%となり、廃棄物ストックに関する費用が増大する傾向を示した。平均では、47.4%が廃棄物フローに関する費用、52.6%が廃棄物ストックに関する費用であった。

表3 A市最終処分場の概要

項目	A市最終処分場
埋立容量	1,687,000t
面積	758,000m ²
埋立廃棄物	焼却残渣、可燃ごみ、不燃ごみ
埋立期間	1974~1999年

1.4 個別最終処分場を対象とした最終処分原価の時系列分析

次に、前述した方法を用い、A市最終処分場(表3)を対象に最終処分事業費を廃棄物フローとストックに関するものに分類し、両者の推移みたものが図3である。総費用の内訳を見ると廃棄物フローに関する費用(埋立作業等委託費)は埋立初期から埋立終了に至るまでの間、大きな変化はしていない。一方、廃棄物ストックに関する費用(減価償却費)は、年々増加しており、埋立初期は総費用の3割程度であったのが、埋立終了時には総費用の6割を占めた。この理由は、廃棄物ストックの量が増大に伴う、埋立区画の増設や、浸出水処理施設の増設によるものと考えられる。図4は、式(2)、(3)を用いて最終処分単価を計算した結果である。従来の方法による単価計算では、埋立終了以降、費用はかかるのに単価を計算することはできないが、廃棄物フローとストックに区別して求めることで、埋立終了以降も廃棄物ストックにかかる単価を適切に評価することができる。

環境保全効果は、最終処分が適正行われなかった場合を想定し、その場合にかかるであろう費用の回避額として評価できる。ここでは、不法投棄廃棄物の原状回復のための費用を環境保全効果として推定した。この方法により環境保全効果を推定し、最終処分事業費と対比させた結果を図5に示す。

本推定においては、環境保全効果は最終処分事業費の約5倍と推定された。ただし、実際には不適正処分がなされた場合、複数の場所に分散して廃棄物が投機されるものと考えられるが、本研究で推定した費用は、1箇所の不適正処分場の原状回復費用である。そのため、本推定による不適正処分の修復費用の回避額は過小評価となっていることに留意する必要がある。

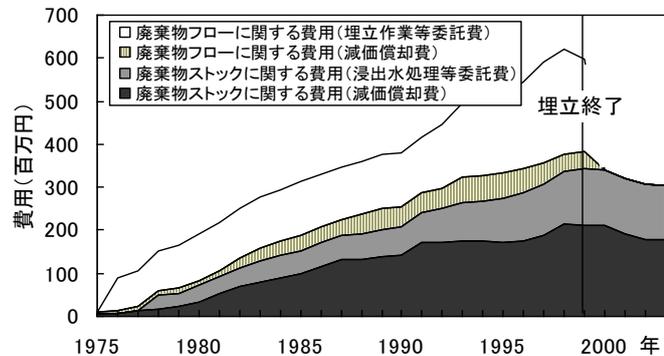


図3 最終処分事業費の内訳

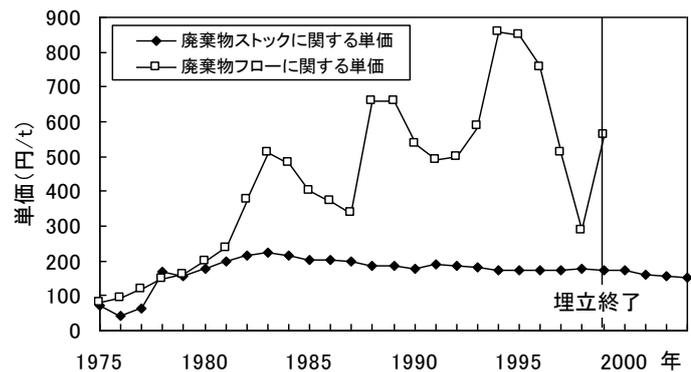


図4 廃棄物フローとストックを区別した最終処分単価

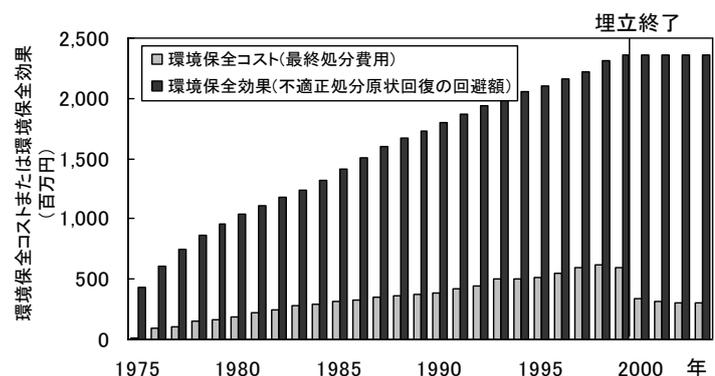


図5 最終処分事業の環境保全コストと効果

2. 一般廃棄物最終処分場における埋立終了以降の環境負荷の定量評価（大阪市立大学）

2.1 最終処分場における実態調査

一般廃棄物最終処分場において、埋立終了後、廃止するまでの期間の環境負荷を定量評価するためのヒアリングを実施し、実態調査を行った。まず国内の埋立容量25万 m^3 以上、2000年以前に埋立を終了した一般廃棄物最終処分場の中から水に関するデータの有無などを確認し、最終的にデータが充実していたB市、C市の2つの最終処分場についてヒアリング調査を行った。ここではデータがより多く揃っていたB市の最終処分場（BKおよびBT）について示す。この処分場では、平成7年から平成9年までの水質・水量データと、埋立て終了から約15年が経過した平成18年の水質・水量データを得た。なお浸出水についてはBK、BTそれぞれの処分場で把握しているが、最終的には両処分場の浸出水を一括して処理して放流しているため、放流水の水質データは一つになっている。またH18年度はBK処分場は埋立て終了から約15年が経過しているのに対しBT処分場は埋立てを継続しており、この両者を比較することで、埋立て中の処分場浸出水と埋立て終了後の浸出水の性状を比較することが出来る。浸出水のBODの濃度変化を図6に示す。また両処分場から1年間に浸出水として発生した有害物質と放流水として放流された有害物質を表4に示す。

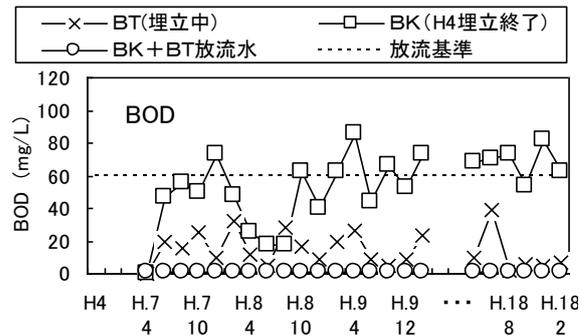


図6 浸出水と放流水のBODの濃度

表4 浸出水・放流水に含まれる有害物質

	浸出水中の発生量 (kg)			放流量 (kg)
	BK (15年経)	BT (埋立継続)	浸出量 合計	
COD	1,630	2,698	4,328	3,215
BOD	2,862	296	3,157	34
SS	476	374	849	166
Cl ⁻	71,337	350,623	421,960	420,345
Na	37,767	118,593	156,360	135,595
Ca	1,539	29,133	30,671	33,221

H18年度の平均濃度と浸出水量、放流水量から算出

BOD、CODなどで示される有機物についてはBK処分場は埋立終了後約15年を経過しているが、BODが60~80mg/Lと高いことを考えると、安定化するまでにはもう少し時間を要すると思われる、長期的なライフサイクルコストを把握するためには、さらに継続してデータを蓄積する必要があると考えられる。

一方、可溶性塩類の浸出水中の濃度を見ると、埋立て中のBT処分場では非常に高濃度であるのに対し、埋立て終了したBK処分場では著しく低下しており、これらの物質が速やかに溶出していることを示唆している。このことから可溶性塩類については、埋立て処分に先立って溶出を促進させるような前処理を行うことで長期的な溶出量を低減させる可能性があると考えられる。ただしこれらの現象が国内の多くの処分場にそのまま適用できるかについては、現段階では疑問が残る。特にBODやCODなどの有機物の挙動は埋立てた廃棄物の状態や、降水量や平均温度などの影響を大きく受けると考えられる。したがって、各処分場からのデータを普遍的に取り扱うことが出来るのかを含めて、幅広い処分場の調査とデータの蓄積が必要である。また最終処分場のライフサイクルを正しく把握するためには、かなり長期に渡るモニタリングが必要であると考えられる。

2.2 焼却灰の洗浄処理と維持管理を考慮した一般廃棄物最終処分場のライフサイクル評価 背景と目的

循環型社会においては、最終処分場のライフサイクルコストを低減していくことが必要であり、そのためには、最終処分場を早期に安定化すること、最終処分後の長期的な環境影響を低減していくような中間処理を行うことが求められていると考えられる。またそれらの中間処理を適切に評価するために、維持管理期間を適切に評価した最終処分場のライフサイクル評価手法を確立する必要があるが、ほとん

ど行われていない。その理由は、長期間に渡る溶出挙動など、廃棄物を埋立てた後の長期的な環境負荷を予測することが難しいことに大きな要因があると考えられる。

本研究では、一般廃棄物の焼却残渣を題材として、洗浄処理を行って洗浄効果を把握するとともに、洗浄残渣のカラム試験を行い、洗浄処理と長期的な溶出挙動の関係を把握した。またそのデータを用いて最終処分場の維持管理期間を予測し、ライフサイクル評価を行った。

研究の方法と評価の流れ

本研究の実験およびライフサイクル評価の流れを図7に示す。焼却灰の洗浄処理は、焼却飛灰と焼却主灰をそれぞれ試料とし、洗浄水の割合（液固比）と洗浄時間を変えた表5に示す3種類とした。長期溶出挙動を評価するカラム試験（溶出試験）は、内径6.7cm、高さ23cmの亚克力製のカラムで行った。試料は、乾燥状態の焼却主灰（あるいは洗浄残渣）200gを下層に、乾燥状態の焼却飛灰のキレート薬剤処理物（薬剤添加率5%）（あるいは洗浄残渣のキレート薬剤処理物（薬剤添加率1%））50gを上層に重ねるように充填した。またカラムの上部と下部にガラスビーズの層を2cmずつ設けた。溶出溶媒は蒸留水とし、カラムの下部から10mL/hの速度で上向きに通水した。流水日数は30日とし、最終的な液固比（L/S）は30とした。溶出液は孔径0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過し、濾過した濾液を分析対象とした。重金属類としてPb, Zn, Cr, Cd, Cu, 可溶性塩類としてNa, K, Ca, SO₄²⁻, Cl⁻, 有機物の指標としてTOC（全有機炭素）を測定した。

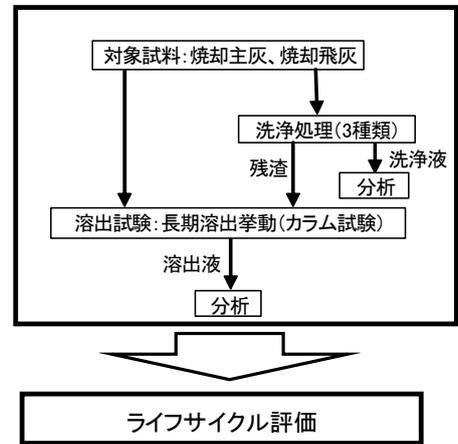


図7 評価の流れ

表5 洗浄実験条件

洗浄方法	基本的な考え方	操作概要
通常洗浄	基本的な洗浄	L/S=10、6時間洗浄を1回
繰返洗浄	短時間、繰返し洗浄	L/S=10、2時間洗浄を3回
多量洗浄	高液固比の洗浄	L/S=30、6時間洗浄を1回

洗浄処理と有害物質の溶出挙動

洗浄処理によるCl⁻, TOCの除去量を図8に示す。Cl⁻では、焼却飛灰で焼却主灰よりも洗浄効果が顕著に現れたのに対し、TOCは主灰での洗浄除去量が多かった。また物質によって多少の違いはあるものの、繰返洗浄での除去量が通常洗浄や多量洗浄より多くなったことから、溶出時間や液固比を増やすよりも洗浄回数を増やすことで効率的に溶出を促進させることができると考えられた。つづいてカラム試験での液固比に対するTOC濃度の変化を図9に示す。洗浄処理を行うことにより、カラム試験における溶出濃度は大幅に低減され、最終処分場でも長期的な溶出量を削減できる可能性が示唆された。つづいて、このデータを用いて、最終処分場のライフサイクル評価を行った。

最終処分場のライフサイクル評価

松藤が公開している北大モデル¹⁾の最終処分場評価方法をベースにコストとエネルギー消費量・CO₂排出量を算出した。松藤は浸出水質や維持管理期間を一定としているが、

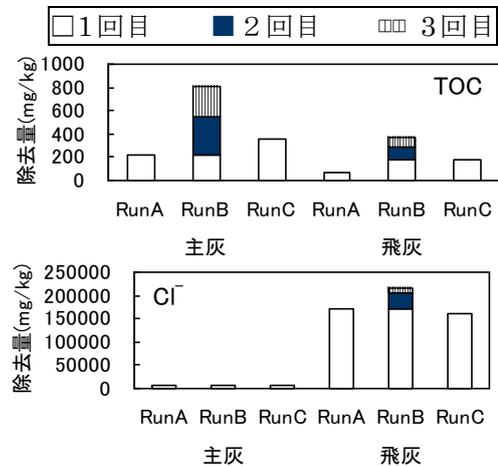


図8 洗浄処理による除去量

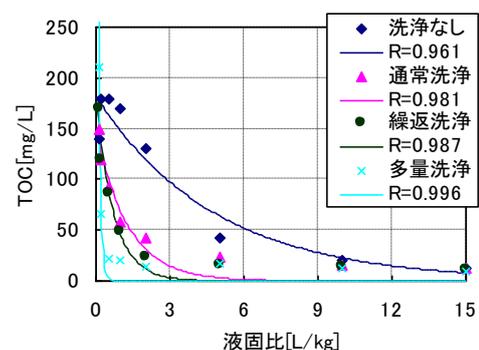


図9 カラム試験データ

本研究では洗浄処理による溶出量の変化を反映できるように変更した。維持管理期間は最終処分場の埋立て終了後から浸出水の水質の有機物指標が廃止基準を満たすまでの期間と定義した。廃止基準の有機物指標は、実際にはBODで定められるが、今回はTOCで定めることとし、その廃止基準値 (K_{TOC} と表記する) は独自に設定した。具体的な廃止基準値と維持管理期間の推定は以下のように行った。まずカラム試験のTOCデータからL/Sに対する溶出曲線を指数関数で求めた(図9)。次に最終処分場の条件から求めた1年当たりのL/S (0.76(L/kg/年)) を用いて、TOC濃度と時間の関係を求めた。さらに、埋立てを終了した後に、浸出水のTOC濃度が仮定した廃止基準値 (K_{TOC}) を下回るまでの期間を維持管理期間として算出した。この両者の関係を図10に示す。洗浄処理を行うことにより、維持管理期間を大幅に削減できることがわかる。

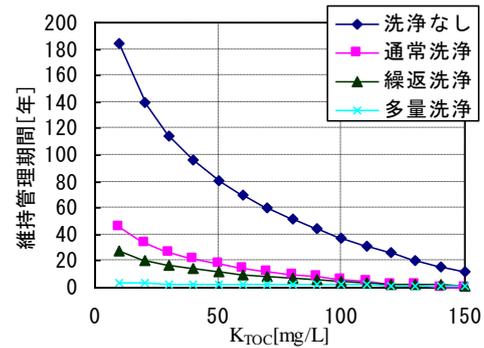


図10 K_{TOC} 値と維持管理期間

次に、図11に年間焼却残渣発生量5000ton、埋立期間15年、 $K_{TOC}=10\text{mg/L}$ 、 50mg/L 、 100mg/L 、 150mg/L とした時のライフサイクルコスト試算結果を示す。縦軸の上向きに埋立て処理の建設・埋立て・維持管理コスト、下向きに洗浄処理の設置・洗浄コストを示し、各シナリオの維持管理期間も併せて示した。埋立て処理(上部)の合計コストは、洗浄処理により維持管理期間が短縮されることで小さくなる。一方、洗浄処理(下部)のコストは、洗浄施設を新設するという前提で算出しているため、洗浄しない場合と比較してかなり大きくなる。その結果、洗浄+埋立てのトータルコストでは、 $K_{TOC}=100\text{mg/L}$ の時は、洗浄しないシナリオが最も優位となったが、 $K_{TOC}=10\text{mg/L}$ の時は、通常洗浄シナリオが最も優位となった。このように最終処分場のライフサイクルを評価するに当たっては、埋立て後の維持管理期間を適切に評価する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 松藤敏彦;都市ごみ処理システムの分析・計画・評価,技報堂出版,2005

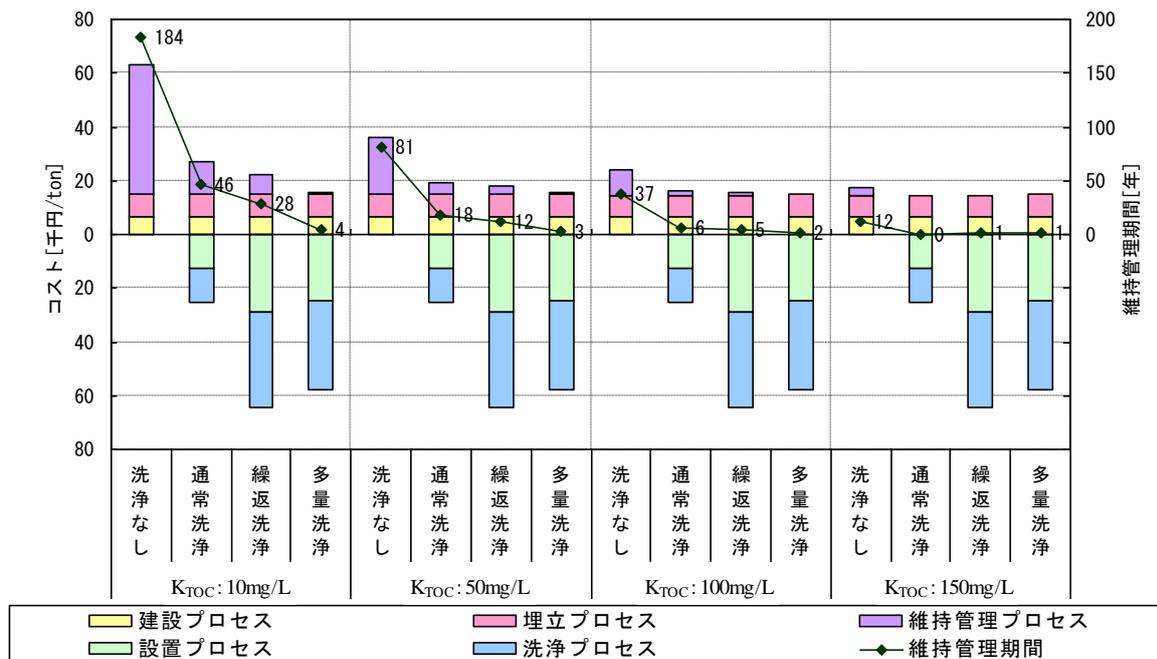


図11 洗浄処理を行った場合の最終処分場のライフサイクルコスト

3. 産業廃棄物最終処分場における削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の推定（九州大学）

1977年に「最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」（以下、共同命令）が施行され、廃棄物の有害性・汚染性に応じた最終処分場の基準が制定された。共同命令により、環境を汚濁する可能性のある産業廃棄物は管理型最終処分場へ、不活性で無害と考えられる産業廃棄物は安定型最終処分場に最終処分することが定められた。管理型処分場に処分される廃棄物は、分解する過程で有機物や栄養塩などを生成するため、埋立廃棄物が安定するまで浸出水を処理する必要があり、遮水工や浸出水処理施設などの設置が義務づけられている。一方、安定型処分場は不活性な産業廃棄物のみを処分できる処分場であるため、遮水工や浸出水処理施設は必要とされない。安定型処分場の建設費および維持管理費は、管理型処分場に比べて小さいため、安定5品目は他の産業廃棄物より安価に処分できる。したがって、共同命令により安定5品目のみを処分する安定型処分場が分類されたことによって、わが国の産業廃棄物処分費用は大きく削減されることになった。一方で、安定型処分場については問題点が指摘されている。1994～95年度に環境庁が行った調査では、安定型処分場において有害物質の検出や有機性汚濁が起きていたことが判明した。安定型処分場には遮水機能がないため、安定5品目以外の廃棄物が混入した場合、分解生成物などによって周辺環境を汚染する可能性があり、環境汚染の修復に大きな費用を要するおそれがある。以上のように、安定型処分場が分類されたことにより産業廃棄物の最終処分費用が削減された一方で、環境汚染の修復に要する費用が増大する可能性もある。安定型処分場の経済性を評価する方法の一つとして、削減された最終処分費用と潜在的な環境汚染の修復費用を比較することが考えられるが、推定する方法は確立されていない。そこで、本研究では、これらの費用を推定する方法を提示し、両者を比較することを試みた。

安定型処分場が分類されたことにより削減された最終処分費用は、仮に安定型処分場が分類されなかった場合、安定5品目も他の産業廃棄物と同様に管理型処分場に処分されていたと考え、「安定5品目を、管理型処分場に処分したときの費用と安定型処分場に処分したときの費用の差」と定義した。

まず安定5品目の発生量から安定5品目の埋立容積を推定した。また、安定型処分場および管理型処分場の処分単価を平均規模の処分場を想定して算出した。そして、安定5品目を①管理型処分場に処分したときの費用（架空の費用）と、②安定型処分場に処分したときの費用（実際の費用）を求め、前者から後者を差し引いた額（①－②）が、安定型処分場が分類されたことにより削減された費用と考えた。計算期間は、共同命令により最終処分場の構造基準が制定された1977年度から、環境省による産廃排出量データが入手できた2003年度までとした。

全国の安定5品目埋立容積を推定した結果、1980年度以前の平均年間埋立容積は約1,500万 m^3 /年であったが、1985年度から1997年度までは2,200～3,000万 m^3 /年の範囲で推移した。1998年度からは減少し、2003年度には約1,300万 m^3 /年となった。計算範囲である1977年度から2003年度までの平均年間埋立容積は約2,120万 m^3 /年、合計埋立容積は約5億7,300万 m^3 と推定された。安定型処分場の処分単価は4,237円/ m^3 、標準管理型処分場の処分単価は11,243円/ m^3 、高機能管理型処分場の処分単価は19,331円/ m^3 と推定された。

安定型処分場が分類されたことにより削減された最終処分費用を推定した結果、1977年度から2003年度までに削減された費用の総計は4兆3,030億円と推定された。

安定型処分場の分類が設けられたことによる潜在的な環境修復費用は、「過去に不適正処分があった安定型処分場の修復にかかる費用」と定義した。ここで、不適正処分とは、管理型処分場に処分されるべき廃棄物（安定5品目以外の廃棄物）が安定型処分場に処分されることを指し、修復としては不適正処分された廃棄物の撤去などを想定した。不適正処分された廃棄物

の量を推定するため、過去に全国で発生した安定型処分場における不適正処分事例の情報を、新聞記事、地方自治体による行政処分の公表資料、厚生労働省や環境省によって実施された全国的な調査結果などを対象として行った。不適正処分の合計件数は125件であり、その内訳は、安定5品目以外の混入74件、浸透水または地下水の水質基準超過47件、腐敗性ガスまたは臭気の発生35件であった。計算の結果、廃棄物を全量撤去した場合にかかる費用の総計は1兆717億円、部分撤去した場合にかかる費用の総計は5,371億円と推定された。

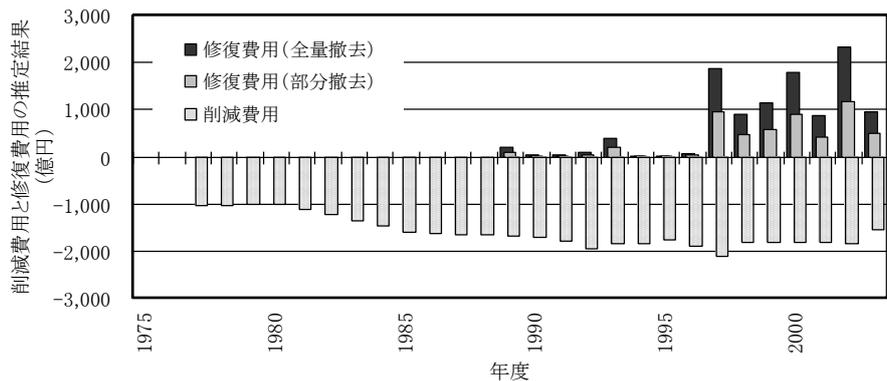


図12 削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の推定結果

表6 削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の比較

項目	記号	推定結果
削減された最終処分費用	E	4兆3,030億円
潜在的な環境修復費用(全量撤去)	C_1	1兆717億円
潜在的な環境修復費用(部分撤去)	C_2	5,371億円
正味の削減費用	$E - C_1$	3兆2,313億円
	$E - C_2$	3兆7,659億円

安定型処分場が分類されたことによる、削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の推定結果を図12に示す。削減された最終処分費用は、1990年代後半までは安定5品目の埋立量が増加したことにより大きくなったが、2000年代以降は横ばいから減少傾向に転じた。潜在的な環境修復費用は不適正事例を確認できた1989年度以降から発生し、1990年代後半から増加した。ただし、修復費用は当該年度以前に埋立てられた廃棄物の修復費用であり、当該年度ごとに削減された最終処分費用とは費用の発生時点が異なることに注意が必要である。

表6に推定結果の総額をまとめた。削減された最終処分費用の総額は4兆3,030億円、全量撤去を実施した場合の潜在的な環境修復費用は1兆717億円、部分撤去を実施した場合は5,371億円であり、削減された最終処分費用から潜在的な環境修復費用を差し引いた正味の削減費用は、3兆2,313億円または3兆7,659億円となった。したがって、共同命令により安定型処分場が分類されたことにより最終処分費用が削減されたものの、潜在的な環境修復費用を考慮すると、削減額は4分の3程度になると考えられた。ここで求められた潜在的な環境修復費用は、産業廃棄物処理における外部費用として考えることができる。金額的には決して小さくないため、これを内部化するための方策が必要と言える。

・結論＝ 上記の研究結果より以下のような結論が得られた。

1. 一般廃棄物最終処分場の環境会計 (九州大学)

1)最終処分事業においてかかる費用は、①当年の廃棄物フローにかかる費用と、②過去から現在までの廃棄物ストックに対してかかる費用の2種類があり、適正な原価計算のためにはこれらを区別して取り扱う必要があることを指摘した。廃棄物フローとストックに区別することで、埋立終了以降も廃棄物ストックにかかる単価を評価することが可能となる。

2) 全国の最終処分場を対象としたアンケート調査結果を元に、最終処分事業費の内訳を推定したところ、のうち、47.4%が廃棄物フローに関する費用、52.6%が廃棄物ストックに関する費用となった。この結果から、毎年の廃棄物の埋立処分にかかる費用よりも、過去から現在までに蓄積された廃棄物ストックの管理や浸出水処理にかかる費用の方が若干大きいことが明らかとなった。

3) A市最終処分場を対象とした時系列分析のケーススタディを実施した結果、廃棄物フローに関する費用は埋立初期から大きく変動しないが、ストックに関する費用は埋立後期に増大することが明らかとなった。この理由は、廃棄物ストックの量が増大に伴う、埋立区画の増設や、浸出水処理施設の増設によるものが原因と考えられた。

4) 最終処分が適正行われなかった場合を想定し、その場合にかかるであろう費用の回避額を環境保全効果を推定した。その結果を元に、A市最終処分場を対象として環境保全コストと環境保全効果の比較を試みた結果、最終処分事業の環境保全効果は環境保全コストの約5倍となった。

2. 一般廃棄物最終処分場における埋立終了以降の環境負荷の定量評価 (大阪市立大学)

1) 一般廃棄物の最終処分場にヒアリング調査を行い、埋立終了後15年が経過した場合の浸出水と埋立中の浸出水の濃度を比較した。BODやCODは比較的高濃度で両者であまり違いがなく、安定化にはかなりの長期間を要することが示唆されたが、可溶性塩類は埋立終了後速やかに溶出することが示唆された。

2) 洗浄処理した焼却灰を用いてカラム試験を行い、長期的な溶出挙動に洗浄処理が及ぼす影響について検討した。累積の液固比が同じであれば低い液固比で洗浄を繰り返す方が効率的であること、可溶性塩類や有機物は洗浄処理により溶出濃度を抑制できることが確認された。

3) 洗浄処理を行うことにより、維持管理期間を大幅に削減できる。洗浄処理の効果を比較すると、通常洗浄、繰返洗浄、多量洗浄の順に維持管理期間は長くなり、この順で洗浄処理による維持管理期間の短縮の効果が高くなることがわかった。TOCの廃止基準を $K_{TOC}=10\text{mg/L}$, 50mg/L , 100mg/L , 150mg/L と設定した場合、洗浄処理を行うと、 K_{TOC} の設定値に関わらず、維持管理期間は50年以内に収まるが、洗浄処理を行わないと、維持管理期間が200年近くなるケースがあることが分かった。

4) 洗浄+埋立てのトータルコストを比較すると、 $K_{TOC}=100\text{mg/L}$ の時は、洗浄しないシナリオが最も安い結果となったが、 $K_{TOC}=10\text{mg/L}$ の時は、通常洗浄シナリオが最も優位となった。また洗浄処理によってトータルコストが高くなっても、維持管理期間が大幅に短縮されれば、早期の跡地利用などの経済的な優位性が生じる可能性があることが示された。

3. 産業廃棄物最終処分場における削減された最終処分費用と潜在的な環境修復費用の推定 (九州大学)

1) 削減された最終処分費用は、安定5品目を管理型処分場に処分する費用と安定型処分場に処分する費用の差とし、安定5品目の埋立量および処分単価から推定した。削減された最終処分費用は4兆3,030億円と推定された。

2) 潜在的な環境修復費用は、不適正処分のあった安定型処分場の修復にかかる費用とし、過去の不適正処分事例から推定した。全量撤去を実施した場合の修復費用は1兆717億円、部分撤去を実施した場合の修復費用は5,371億円と推定され、産業廃棄物処理における外部不経済の構造を定量評価した。

3) 削減された最終処分費用から潜在的な環境修復費用を差し引いた正味の削減費用は3兆2,313億円または3兆7,659億円となり、安定型処分場が分類されたことにより削減された最終処分費用は、環境修復費用を考慮すると4分の3程度になると考えられた。

英語概要

- ・ 研究課題名 「Study on Environmental Accounting of Landfill Sites for Completing Life Cycle Environmental Evaluation」
- ・ 研究代表者名及び所属
Hirofumi NAKAYAMA, Department of Urban and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University
- ・ 共同研究者名及び所属
Takayuki SHIMAOKA, Department of Urban and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University
Satoshi MIZUTANI, Graduate School of Engineering, Department of Urban Engineering, Osaka City University
- ・ 要旨 (200 語以内)
Based on a method of environmental accounting, this study attempted to develop a framework that can describe efficiency of waste disposal service at solid waste landfill sites. Pollutants in landfilled waste are stocked in a landfill site for a certain period. A part of stocked pollutants dissolve into the rain water as leachate flow and is gathered by leachate collection pipes to be treated. A part is decomposed by microbes and then discharged as landfill gas flow. Final disposal service have a function to isolate pollutants in the waste from a natural environment until the stocked waste stabilizes to harmless, function to treat the pollutants generated as flow. This study proposed the frame of environmental accounting from above noted viewpoints. Then, a final disposal service in a city was evaluated as a case study.
- ・ キーワード (5 語以内)
Environmental Accounting, Landfill site, Post-Closure Care, Life Cycle Assessment