

一般廃棄物最終処分場の環境会計の枠組み

中山 裕文¹・伊勢戸 宏幸²・島岡 隆行³

¹正会員 工博 九州大学大学院助手 工学研究院環境都市部門 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

E-mail:nakayama@ies.kyushu-u.ac.jp

²学生会員 九州大学大学院研究生 工学府都市環境システム工学専攻 (同上)

³正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境都市部門 (同上)

本研究では、一般廃棄物最終処分事業に着目し、その効率性を記述・表現する環境会計の枠組みの構築を目指した。埋立られた廃棄物中の環境負荷は、長期にわたって埋立地内にストックされる。ストックされた環境負荷のうちある部分は雨水に溶出し、浸出水のフローとして処理される。また、ある部分は微生物等による分解をうけ、埋立ガスのフローとして放出される。最終処分場には、ストックされた環境負荷が安定化するまでの間、自然環境から隔離するための機能（人工の器）と、フローとして発生する環境負荷を処理するための機能が備わっている。このような観点から最終処分場の環境会計の枠組みを提案し、さらにケーススタディとして、F市最終処分場を事例に本手法の適用を試みた。

Key Words: *environmental accounting, landfill, environmental loads, flow and stock*

1. はじめに

循環型社会形成を目指した取り組みが活発化するに伴い、廃棄物処理事業における環境保全コストやその関連施策の効果、効率についての関心が高まっている。このような中、企業等の事業活動における環境保全のためのコストとその活動により得られた効果を認識し、可能な限り定量的（貨幣単位または物量単位）に測定し伝達することを目的とした環境会計¹⁾のガイドラインが環境省より発表された。このような環境会計の概念は、民間企業のみならず自治体等の公共部門にも適用可能であるとし、自治体の一般廃棄物処理事業を対象に環境会計を適用した事例として、辻岡ら(2001)²⁾がある。また、一般廃棄物処理事業の中で特に活発な議論が展開されてきたのは資源循環施策に関連した分野であり、容器包装リサイクルの効率性や、コスト負担の所在を明らかにすることを目的とした研究事例^{3), 4), 5)}がある。

これまで「循環の輪」の効率性を議論した環境会計の事例が数多く存在する一方、廃棄物処理事業の「末

端」に位置する最終処分事業に着目した研究事例は少ない。最終処分事業についても、そのコストと効果を評価し、外部へ公開することは、自治体にとって重要な責務であると考えられる。

ここで、一般廃棄物の最終処分事業に環境会計を適用する場合、通常の枠組みとは性格が異なる点がある。通常の手順では、まず、当該年度の環境負荷削減事業に要したコストが計上される。同時に、削減された環境負荷量が環境保全効果として計上される。基本的に環境保全効果も1年間を単位として記述される。

一方、最終処分事業においては、埋立られた廃棄物中の環境負荷は、長期にわたって埋立地内にストックされる。ストックされた環境負荷のうちある部分は雨水に溶出し、浸出水のフローとして処理される。また、ある部分は微生物等による分解をうけ、CO₂やCH₄等の埋立ガスのフローとして放出される。このように、最終処分場には、ストックされた環境負荷が安定化するまでの間、自然環境から隔離するための機能（人工の器）と、フローとして発生する環境負荷を処理するための機能が備わっている。最終処分場のコス

トと効果を環境会計の枠組みで評価する場合、環境負荷のストックに関連する項目と、環境負荷のフローに関連する項目を区別して取り扱う必要がある。

このような視点から、本研究では、最終処分場事業に環境会計を適用する際の枠組みを提示するとともに、ある自治体の最終処分場事業をケーススタディとして最終処分場事業のコストと効果に関する試算を行った。

2. 最終処分場における環境会計の枠組み

環境会計とは、「事業活動における環境保全のためのコストとその活動により得られた効果を認識し、可能な限り定量的（貨幣単位または物量単位）に測定し伝達する仕組み¹⁾」と定義されている。最終処分場事業は、廃棄物を安全に処分することを目的とした事業であることから、これにかかる費用はすべて環境保全のためのコストとみなすことが出来る。ただし、最終処分場には多くの施設があり、施設の機能によって得られる環境保全効果は異なる。ここでは、最終処分場の機能の概略について述べた後、それぞれの機能の達成に必要なとなるコストと、それによって得られる効果を環境会計の考え方に従って整理した。

(1) 最終処分場の機能

最終処分場に求められる機能は、①廃棄物を埋立地内に貯留保持でき、廃棄物汚水や悪性ガスを未処理のまま処分場外部に流出・飛散させないこと、②埋立地

内の微生物の働きにより廃棄物を早期に安定化すること、③発生する浸出水と埋立ガスを確実に集め、浄化した後環境に排出することとされる⁷⁾。このような機能を満たすため、廃棄物処理法で示す基準省令と廃棄物最終処分場性能指針においては、埋立処分容量、遮水工、保有水等の集排水、発生ガスの排除、浸出液の処理設備、調整池等について、性能に関する事項が定められている。最終処分場の主要施設とその機能について整理したものを、表1に示す。

(2) 最終処分場における環境負荷のフローとストック

最終処分場事業の環境会計を行う上で、最も単純な計算は、ごみを1 t埋立てるのに、いくらかかったということになる。しかしながら、最終処分場には表1に示したような多くの機能があり、ごみ1 tの埋立費用という単純な数値だけでは最終処分場のコストと効果を理解することは難しい。最終処分場事業の環境保全効果を把握するには、最終処分場の各施設の機能や施設における事業の内容に応じて、コストと効果を明示して対応させなければならない。

前述した最終処分施設の機能を含め、最終処分場事業の内容を分類すると、①搬入された廃棄物の適正な埋立作業、②廃棄物から発生する埋立ガス、浸出水の適正処理、③埋立てられた廃棄物の環境安全な貯留となる。①については、搬入される廃棄物フローに対して、それを適正に処分するために要した費用をコストとして計上する。また②についても、埋立ガス、浸出水等のフローに対し、その年に要したコストを計上することができる。一方、③については、それまでに埋立てられた廃棄物のストック量に対し、それを安全に貯留するために要するコストを計上することになる。

(3) 最終処分場事業のコストと効果の算定

以上で述べた最終処分場事業における環境負荷のフロー・ストックに対し、環境会計を適用する際にコストと効果をどのように算定すべきかについて考える。

表-1 最終処分場の主要施設とその機能⁶⁾

施設	機能
貯留構造物	廃棄物層の流出、崩壊の防止 埋立廃棄物の安全な貯留・保管 遮水工とともに浸出水を遮断 異常降水時の浸出水の一時的な貯留
遮水工	浸出水の漏出防止
雨水集排水設備	浸出水の発生量の削減
浸出水集排水施設	浸出水を速やかに処理施設へ送り、埋立地内での浸出水の滞留を防止
浸出水処理施設	浸出水の処理
ガス抜き設備	埋立ガス排除、空気供給による安定化促進
管理施設	搬入ごみの計量、環境モニタリング、その他
関連施設	搬入道路、飛散防止、防災、囲障

a) 廃棄物の適正な埋立処分のための事業

廃棄物の適正な埋立処分のための事業費は、搬入・ごみを埋立てるという作業に純粋に関わるコストであり、埋立処分された廃棄物の貯留等に関連するものは含まない。これに関わるコストとして、当該年度の埋立事業費（埋立事業に従事する職員の人件費、埋立車両の燃料費、車両の減価償却費、即日覆土購入費等が含まれる。埋立作業費は、自治体によっては民間企業への委託費として計上されるケースもある。）と、搬入道路等、ごみの搬入のための施設の建設費、維持管理費を計上することとした。

一方、効果としては、当該年度において適正に埋立処分されたごみ量を計上した。

b) 浸出水の適正処理のための事業

浸出水の適正処理に関わるコストとして、浸出水処理事業費（浸出水処理に従事する職員の人件費、薬品購入費、施設で消費する光熱水費等）、浸出水処理施設建設費、維持管理費を計上した。

浸出水処理の効果としては、浸出水処理量を計上した。

c) 埋立ガスの適正処理のための事業

埋立ガス適正処理事業の効果は、次のような方法により算定することができる。まず、ガス抜き設備を有しなかった場合（嫌気性埋立方式）の埋立ガス発生量を推定し、次にガス抜き設備を有する（準好気性埋立方式）場合の埋立ガス発生量を推定する。両者の差を、ガス処理事業の効果として算定する。準好気性埋立地、嫌気性埋立地において廃棄物から発生する埋立ガス量

は、埋立ごみに含まれる生物分解性有機物量と、次式のようなガス化率推定式⁸⁾から推定する方法がある。

（準好気性埋立）

$$Y=29.00\log x+0.77 \quad \cdots (1)$$

（嫌気性）

$$Y=0.76x-0.02 \quad (0 \sim 4 \text{ 年：酸生成期}) \cdots (2)$$

$$Y=30.61\log x-6.91 \quad (4 \text{ 年} \sim 10 \text{ 年：メタン生成期}) \cdots (3)$$

Y:ガス化率(%), x:経過時間(月), $x > 1$

ここで、発生するガスの成分は埋立地の構造によって異なり、準好気性埋立の場合は CH_4 が20%、 CO_2 が80%、嫌気性埋立の場合は CH_4 が50%、 CO_2 が50%であるとする¹²⁾。 CH_4 発生量は、地球温暖化係数（ CO_2 の21倍）を用いて CO_2 量に換算することができる。ここで、IPCCのルールでは、埋立地で発生するガスのうち、 CO_2 は温室効果ガスとして計上しないこととなっているため、 CH_4 のみを温室効果ガスとして計上した。

このような方法で計上した埋立ガス適正処理事業の効果は、あくまで推定値であることを明示しておく必要がある。

d) 廃棄物の安全な貯留のための事業

廃棄物の安全な貯留のための事業に関するコストとしては、貯留構造物、遮水工の建設費・維持管理費、最終覆土の施工費等を計上する。一方、効果としては、それまでに埋立てられた廃棄物の累積量を、安全に貯留された廃棄物量として計上することになる。

以上で述べた各事業のコストにおいて、施設建設投資額については、投資が発生した年において直接計上

表-2 最終処分事業の内容別にみたコスト、環境負荷削減効果、効率性の評価項目

事業の内容		コスト	環境負荷削減効果	効率性
廃棄物の適正な埋立処分	フロー項目	埋立処分事業費 搬入関連施設・維持管理費	適正に埋立処分されたごみ量	搬入ごみ1tあたり埋立処分コスト
	ストック項目	搬入関連施設建設費	-	
浸出水の適正処理	フロー項目	浸出水処理事業費 浸出水処理施設維持管理費	浸出水処理量	浸出水量あたり処理コスト
	ストック項目	浸出水処理施設建設費	-	
埋立ガスの適正処理	フロー項目	ガス抜き施設維持管理費	埋立ガス処理量※	埋立ガス量あたり処理コスト
	ストック項目	ガス抜き施設建設費	-	
廃棄物の安全な貯留	フロー項目	貯留構造物維持管理費 遮水工維持管理費	-	累積埋立ごみ量あたり貯留コスト
	ストック項目	貯留構造物建設費 遮水工建設費	安全に貯留された累積埋立ごみ量	

※埋立ガス処理量の計算例として、ガス抜き管を敷設しなかった場合（嫌気性埋立）に発生する埋立ガス量から、ガス抜き管を敷設した場合（準好気性埋立）に発生する埋立ガス量を差し引いて計算する方法が考えられる。

表3 最終処分事業の内容と主要施設の関連

内容	施設
廃棄物の適正な埋立 処分のための事業	搬入道路、場内道路、搬入管理施設
浸出水の適正処理の ための事業	汚水集水管、汚水処理場、圧送管、ポンプ施設、 雨水排水施設、
埋立ガスの適正処理 のための事業	ガス抜き施設
廃棄物の安全な貯留 の為の事業	締切堤、区画堤、遮水工、遮水工モニタリングシス テム、安全施設、監視装置、最終覆土、フェンス、 植栽、防災観整池

するのではなく、投資額を施設の耐用年数で除した減価償却額（定額法）として、施設が運営されている期間にわたって配分する。ここで、本来は、最終処分場の廃棄物貯留機能は、埋立が完了するまでの期間でなく、埋立てられた廃棄物が安定化したとみなされ、埋立地が廃止される時点までを対象とする必要がある。埋立完了から廃止までの期間については、一般的には数十年とされるが、場合によっては半永久的に継続されることとなる⁹⁾こともあり、廃止までの期間を事前に推定することは困難である。そこで、廃棄物の貯留に関する施設については、埋立期間が終了するまでとして計上することとした。

以上を整理し、最終処分事業の内容別にみたコスト、環境負荷削減効果、効率性の試算例を表2に示す。

3. ケーススタディ

(1) ケーススタディ対象と使用データ

前章で示した環境会計枠組みに従い、本研究では、F市の西部地区の最終処分場を対象としたケーススタ

表4 ケーススタディ対象とした
最終処分場の概要

	I埋立場	N埋立場
埋立容積	1,687,000t	2,380,000t
総面積	758,000㎡	380,000㎡
全体事業費	175億円	210億円
埋立期間	昭和49年から 平成11年9月	平成8年から 20年間

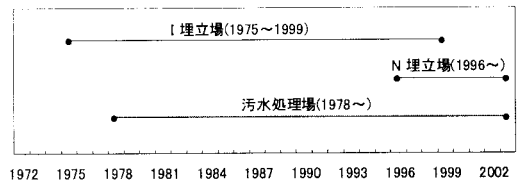


図1 対象とした最終処分場の埋立状況の推移

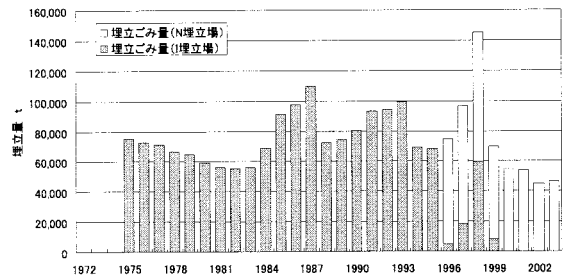


図2 埋立ごみ量の推移

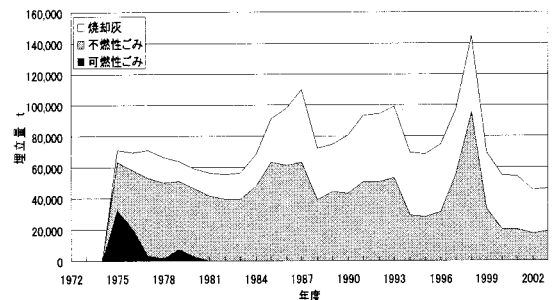


図3 埋立ごみ組成の推移

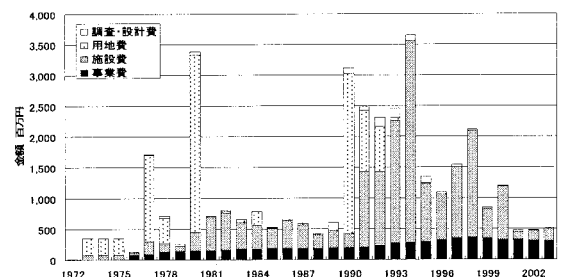


図4 最終処分事業の総費用とその内訳

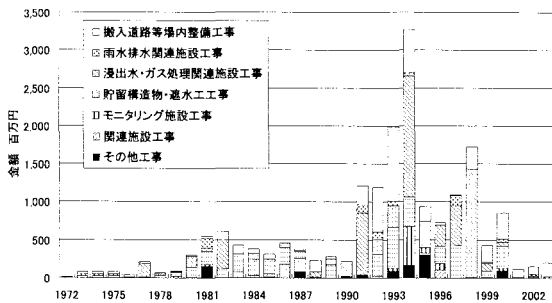


図5 施設建設工事費とその内訳

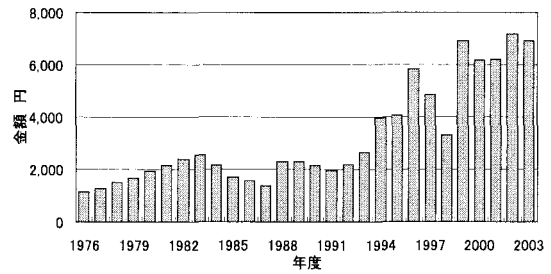


図6 搬入ごみ1 tあたり埋立処分コスト

ディを行った。この最終処分場は、2つの埋立処分場（I埋立場、N埋立場）によって構成される。両埋立場は近隣に所在していることから、汚水処理施設は共用し、埋立場毎に異なる処理系統で浸出水の処理を行っている。

表4に、ケーススタディ対象とした最終処分場の概要を示し、図1～図5に、本研究で利用した基本データ（最終処分場の埋立状況の推移、埋立ごみ量の推移、埋立ごみ組成の推移、最終処分事業の総費用とその内訳、施設建設工事費とその内訳）をグラフにしたもの示す。

なお、研究の対象期間は、最終処分場建設のための調査費用が発生した1972年から、自治体においてデータの集計が完了している2003年度までとした。

(2) 最終処分事業のコストと効果の試算

本研究で提示した枠組みにしたがい、最終処分事業のコストと効果を試算した。ここで、最終処分場建設のための用地については、非償却資産であり、最終処分場廃止後も資産として残るため、用地費はコストとして計上しなかった。しかしながら、土地の価値は変動するものであり、この点については最終処分場の跡地利用の効果も含めて別途議論する必要がある。

a) 廃棄物の適正な埋立処分のための事業

図6は、廃棄物の適正埋立処分のための事業の効果を評価するため、毎年の埋立処分量を、埋立事業費と関連施設建設費で除した値（搬入ごみ1 tあたり埋立処分コスト）をグラフに示したものである。ただし、1975年度以前の埋立事業費に関するデータが入手でき

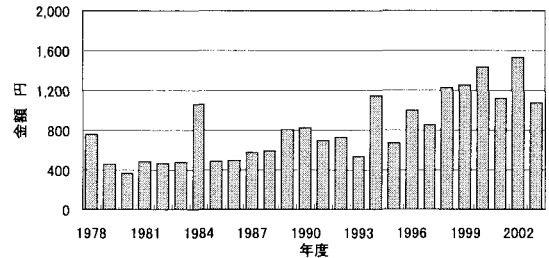


図7 浸出水1㎡あたり処理コスト

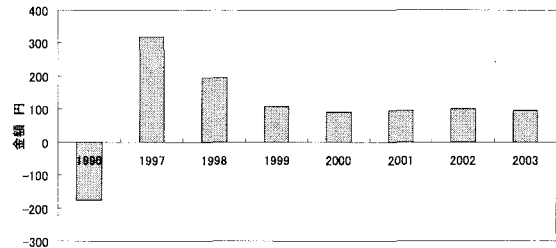


図8 埋立ガス1kg-CO₂あたり削減コスト

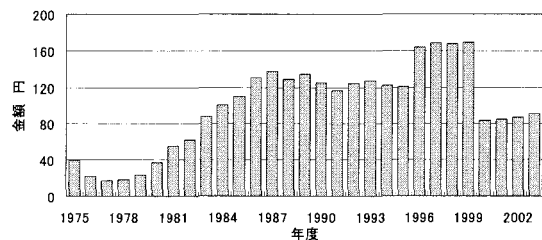


図9 累積埋立ごみ1tあたり貯留コスト

なかったため、計算対象期間は1976～2003年度とした。計算の結果、1976年度では約1,100円/tであった費用が、2003年度では約6,900円/tに増加している。

b) 浸出水の適正処理のための事業

浸出水の処理はI埋立場、N埋立場ともに同一の汚水処理場で処理を行っている。浸出水の適正な処理に関わる効果として浸出水処理1m³当たりに対する費用を計算した。計算項目として、毎年の浸出水処理量、浸出水処理事業費、浸出水処理施設建設費を用いた。計算結果を以下の図7に示す。

計算の結果、費用は全体的に増加傾向にあり、2003年度では処理水量1m³当たりの費用は、約1,100円/m³となった。

c) 埋立ガスの適正処理のための事業

今回のケーススタディでは、埋立ガスの適正処理のための事業の効果として嫌気性埋立方式と準好気性埋立方式によるCO₂発生量(CH₄はCO₂量に換算)の差を考えた。計算方法としては、嫌気性埋立方式と準好気性埋立方式によるCO₂発生量をそれぞれ推計し、その差分で対する埋立ガス関連施設工事費を割ることで、CO₂1kg当たりの処理費用を求めた。なお、I埋立場については施設建設費データが入手できなかったため、N埋立場についてのみ計算を行い、結果を図8に示した。負の値があるのは、嫌気性埋立の場合、初期段階では、準好気性埋立よりも埋立ガス発生量が少ないためである。

d) 廃棄物の安全な貯留のための事業

最終処分場は、埋立てたごみ安全に貯留し、年

月をかけて安定化させる機能を持つ。その機能に関わる施設は貯留構造物、遮水工、最終覆土等がある。これらの施設建設費を、累積埋立量で除した値を累積埋立ごみ量あたり貯留コストとして図9に示す。累積埋立量あたり貯留コストは徐々に増加し、1999年に170円/tとなったが、2000年以降減少し、約90円/tで推移している。1999年と2000年の間に大きな差があるのは、1999年はI処分場が埋立完了年であり、I処分場の減価償却期間がここで終了するためである。ただし、前述したように、廃棄物の安全な貯留という機能は、埋立完了年ではなく、最終処分場の廃止年まで維持されるべきものであるため、施設の減価償却に関する計算方法には改善すべき余地がある。

以上で計算した事業内容別のコストをまとめ、構成比として図示したものを図10に示す。

4. まとめ

本研究では、一般廃棄物最終処分事業の効率性を評価するための枠組みを構築することを目的とし、環境会計の手法に基き、以下のような方法を提示した。

- 1) 最終処分の事業を、①廃棄物の適正な埋立処分のための事業、②浸出水の適正処理のための事業、③埋立ガスの適正処理のための事業、④廃棄物の安全な貯留のための事業の4つに分類し、それぞれの内容に応じて事業のコストと効果を整理した。
- 2) 上記①～③については、環境保全効果として、1年間に適正処理・処分された環境負荷(埋立廃棄物量、浸出水処理量、埋立ガス処理量)をフローとして計上するが、④については、安全に貯留された廃棄物のストック量を計上することを示した。

今後の課題としては、最終処分場を物質循環の末端としてではなく、循環の輪の通過点として扱うケースについて検討することがあげられる。近年、最終処分場の再生事業や、リサイ클ラブルランドフィルといった新たな最終処分事業の形が提案されている。これらの事業に環境会計を適用する場合の枠組みについて検

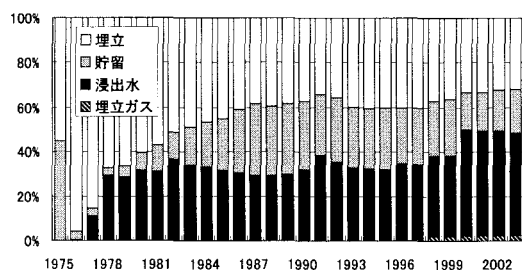


図10 最終処分事業の内容別コストの構成比

討する必要がある。また、最終処分場は共用期間中、法律の改正等に伴い搬入ごみの質・量が大幅に変化したり、地震等の災害により一時的に大量のごみを処分する必要があるなど、不確定な要素に対応を迫られる。この場合に必要となる環境会計の枠組みについて検討する必要がある。

謝辞:本研究は、平成17年度廃棄物処理等科学研究費補助金「地域資源循環に関わる環境会計表の作成とその適用」(代表:井村秀文)の補助を受けて行った研究成果の一部である。記して謝意を表する。

参考文献:

- 1) 環境省: 環境会計ガイドライン 2005 年版, 2005
- 2) 辻岡信也, 森杉雅史, 井村秀文: 名古屋市の一般廃棄物処理事業における環境会計作成の研究, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 269-274, 2001
- 3) 安田八十五: ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析
- 4) 樋口隆哉, 田中健三郎, 浮田正夫, 関根雅彦, 今井剛, 城田久岳: 宇部市におけるプラスチック製容器包装の収集・処理費用の解析, 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 202-204, 2004
- 5) 鍵山喬, 青山敦, 仲勇治: PET ボトルリサイクルシステムの現状とコスト調査解析, 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 214-216, 2004
- 6) (社)全国都市清掃会議: 廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領, 2001
- 7) 田中信壽: 環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理, 技報堂出版, 2000
- 8) 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, Vol. 8, No. 6, PP. 438-446, 1997
- 9) 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, 2002

FRAME OF ENVIRONMENTAL ACCOUNTING ON WASTE DISPOSAL SERVICE AT LANDFILL SITES

Hirofumi NAKAYAMA, Hiroyuki ISEDO and Takayuki SHIMAOKA

Based on a method of environmental accounting, this study attempted to develop of a framework that can describe efficiency of waste disposal service at municipal 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 paper proposed the frame of environmental accounting from above noted viewpoints. Then, a final disposal service in a city was evaluated as a case study.