

環境負荷削減効果を考慮した
廃棄物処理システムに関する検討

平成 21 年 2 月 24 日

京都大学工学部地球工学科土木工学コース

石川 憲俊

要 旨

本研究は、バンコクにおいて顕在化している環境問題の中でも、特に生活環境に密接な関係のある廃棄物処理問題に着目し、現状の廃棄物処理システムや考えられる処理処分対策について、廃棄物処理システムにおける環境影響評価モデルを用いて検討するものである。

具体的には、文献調査よりバンコクにおける廃棄物処理問題を明確にした上で、環境影響を考慮した廃棄物処理システムの評価モデルを作成し、現状の廃棄物処理システムや考えられる処理処分対策について処理コストや環境負荷量を定量的に評価し、比較検討を行っている。また、環境負荷量を貨幣換算化した環境コストを導入することで、それぞれの対策についてトータルコストや相対コストによる評価を行い、比較検討している。さらには、国家政策についてもふれ、それぞれの対策と比較検討を行い、処理処分対策の有効性を検討している。

目 次

第 1 章	序 論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	1
1.3	本研究の内容・構成	2
第 2 章	廃棄物処理問題	3
2.1	廃棄物処理について	3
2.1.1	廃棄物の処理目的	3
2.1.2	廃棄物処理の変遷	3
2.2	廃棄物処理の現状	4
2.2.1	途上国における廃棄物問題	4
2.2.2	日本における廃棄物問題	5
2.3	タイにおける廃棄物処理問題	6
2.3.1	タイの廃棄物に関する法律、体制	6
2.3.2	タイにおける廃棄物やリサイクルに関する事項	7
2.4	環境影響評価を考慮した廃棄物処理に関する既往研究	7
2.5	クリーン開発メカニズム（CDM）、共同実施（JI）	8
第 3 章	廃棄物処理システムにおける環境影響評価モデル	9
3.1	概 要	9
3.2	評価モデル	9
3.2.1	必要な基本情報	10
3.2.2	排出係数	10
3.2.3	被害費用	11

3.3	廃棄物処理シナリオ	11
3.4	収集運搬過程	11
3.4.1	廃棄物の収集	12
3.4.2	基地施設から埋立地までの運搬	12
3.5	中間処理過程	12
3.5.1	リサイクル	12
3.5.2	資源分別	13
3.5.3	堆肥処理	13
3.5.4	焼却処理	13
3.6	最終処分過程	13
3.6.1	衛生埋立処分	14
3.6.2	準好気性埋立処分	14
3.6.3	嫌気性埋立処分	14
第4章 バンコク都市廃棄物の処理に関する環境影響評価		15
4.1	概要	15
4.2	廃棄物処理システムの現状	15
4.2.1	廃棄物処理システムの現状と基本情報の設定	15
4.2.2	ベースラインシナリオの設定	16
4.3	廃棄物処理システムのシナリオ設定	16
4.4	対策シナリオの設定の違いによる環境負荷評価	17
4.4.1	推計結果の妥当性	18
4.4.2	対策シナリオの設定に基づく評価	18
4.5	中間処理の選択による環境負荷評価	20
4.5.1	処理コスト	20
4.5.2	環境負荷量	21
4.6	最終処分の選択による環境負荷評価	21
4.6.1	処理コスト	21
4.6.2	環境負荷量	22
4.7	環境負荷量の貨幣換算	22
4.7.1	温暖化による被害費用	22
4.7.2	土壌浄化対策費用	22

4.8	トータルコストによる評価	23
4.8.1	トータルコストの導入	23
4.8.2	各シナリオにおけるトータルコスト	23
4.8.3	国家政策との比較	24
4.9	相対コストによる評価	25
4.9.1	相対コストの導入	25
4.9.2	各シナリオにおける相対コスト	25
4.10	環境コストに関する検討	25
4.10.1	環境コストについて	26
4.10.2	トータルコストによる評価	26
4.10.3	相対コストによる評価	26
4.11	廃棄物処理システムに関する環境影響評価の課題	27
4.11.1	環境影響物質	27
4.11.2	環境負荷物質の評価方法の検討	27
4.12	廃棄物処理システムの最適化に対する提案	28
4.12.1	住民の意見を取り入れた最適化の検討	28
4.12.2	環境に対する負荷を重み付けした最適化の検討	28
4.12.3	事業として最適化の検討	28
第 5 章 結 論		29
5.1	本研究の成果	29
5.2	本研究の課題	30

参考文献

謝 辞

付 録

第 1 章 序 論

1.1 本研究の背景

現在、タイ王国の首都バンコクでは、社会資本整備の遅れなどから多くの環境問題が顕在化しており、解決が急がれている。本研究では、バンコクにおける環境問題の中でも、自然環境と密な関係にある廃棄物処理問題について扱うこととする。図 1.1 および図 1.2 は、本研究の対象地域であるタイ王国と首都バンコクの地図である。廃棄物処理に関して、バンコクを含めた、途上国の多くの国では、各々の地域内で廃棄物を収集した後、直接的に（無処理のまま）埋立処分することが主流となっている。そうした未処理で有機物を多量に含む廃棄物は、埋立地（廃棄物処分場）においてメタンガス（ CH_4 ）を発生させるため、地球温暖化の一因となり、埋立地の環境悪化をもたらしている。また、未処理の廃棄物は容積が大きく、直接的な処分では埋立地が早く埋まるため、次々と埋立地を準備しなければならない。しかしながら、新たに埋立地を準備することは、近隣住民の反対などから容易ではなく、埋立地空間の消失という問題も生まれている。

バンコクにおける廃棄物処理問題を図 1.3 および図 1.4 を用いて以下に示す。図 1.3 および図 1.4 は、社会（人間活動）から環境（自然）への廃棄物処理における環境負荷物質の流れを示している。図 1.3 に示すとおり、未処理の廃棄物は環境への負荷が大きく、まさにバンコクにおける廃棄物処理は、同様の状態にあると考えられる。加えて、環境に配慮しない廃棄物処理はさまざまな問題を生む原因となっている。したがって、図 1.4 に示すとおり、現代社会においては、環境負荷を可能な限り小さくするような廃棄物処理が求められている。

1.2 本研究の目的

1.1 で考察したとおり、バンコクでの廃棄物処理における環境への負荷は大きいと考えられる。そのため、可能な限り環境負荷の小さい廃棄物処理システムを構築する必要があり、また、その環境負荷を定量的に評価する必要がある。さらに、定量化された環境負荷は、処理費用（コスト）との関連性を持って評価する必要がある。

本研究の目的は以下に大別される。

- (1) 廃棄物処理システムに関する環境影響評価モデルの検討
- (2) 廃棄物処理システムが及ぼす環境負荷の定量化

(3) 処理コストと環境コストを総合的に踏まえた最適な廃棄物処理システムの提案

1.3 本研究の内容・構成

本研究の流れを以下に示す。また、**図 1.5** は本研究をまとめたフローである。

(あ) 廃棄物に関する文献調査を行う：

バンコクを含めた途上国の現状について文献調査を実施し、廃棄物処理の状況や問題を明確化する。また、日本における廃棄物処理の歴史についても触れ、バンコクにおける廃棄物処理の対策の検討を行う。

(い) 環境影響を考慮した廃棄物処理システムの評価モデルを構築する：

バンコクにおける廃棄物処理システムを評価するために、環境影響を考慮した評価モデルを構築する。可能な限り現状に即した値を用いることとする。

(う) 推計結果の考察を行う：

評価モデルの推計結果から、バンコクにおける廃棄物処理システムについて評価を行う。また、各シナリオについて環境負荷量を定量的に扱うことで、それぞれの環境負荷削減効果を具体的に示す。

(え) 廃棄物処理システムの最適化について考察を加える：

貨幣換算原単位を用い環境負荷を貨幣換算化することで、各シナリオについて処理コストと環境負荷をコストベースで比較、評価を行う。また、トータルコストなど評価手法を加えることで、廃棄物処理システムの最適化について提案を行う。

第 2 章 廃棄物処理問題

2.1 廃棄物処理について

日本における廃棄物処理の法律や変遷を以下にまとめ、バンコクにおける廃棄物処理問題について考察を加える。

2.1.1 廃棄物処理の目的

日本の「廃棄物の処理および清掃に関する法律」、いわゆる「清掃法」の第 1 章第 1 条には、次のように廃棄物処理の目的が記されている。

「この法律は、廃棄物の排出を抑制し、及び廃棄物の適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処分等の処理をし、並びに生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的とする。」

すなわち、快適な生活を過ごすためには、廃棄物の発生を抑制し、かつ適正な処理処分を行うべきであるということが述べられている。バンコクにおいても同様に廃棄物の適正な処理を行い、生活環境を保全する必要があると考えられる。

2.1.2 廃棄物処理の変遷

日本において家庭でゴミ処理ができていた時代には、廃棄物を動物の餌にしたり、近くの川や空き地に捨てたりしていた。また、燃えるものは庭などで燃やしていた。しかしながら、ゴミが捨てられた場所は、ハエやネズミの繁殖地となり、次第に公衆衛生上問題となってきた。そうになると、行政が組織的に収集を行い、処分するようになった。

行政が組織的にゴミを収集するようになってくると、集めたゴミを処分するための埋立地を確保する必要が生まれてきた。利用価値の低い土地が埋立地として選ばれ、利用されるようになった。未処理の廃棄物は有機物を多く含むため、埋立地ではメタンガスが発生し、悪臭や自然発火の原因となった。また、廃棄物そのものがカラスの餌となったり、ハエやネズミの繁殖地となったり、公衆衛生上問題となった。そうした問題を解決するために、簡易的に表面を土で覆う衛生埋立処分が対策としてとられるようになった。廃棄物の表面を土で覆うことで、悪臭が外に漏れることを防ぎ、直接的にカラスなどの餌にならないよう遮断する効果があった。

だんだんと家庭から排出されるゴミの量が増えるにつれ、ゴミを限られた空間において集中的に処分する必要が生まれてきた。加えて、都市においては、人口が集中し、廃棄物の発生密度も高いため、処分するための広い埋立地を用意しなければならなくなっ

た。しかしながら、未処理の廃棄物は、容積が大きいいため、埋立地を埋め尽くす速度も速く、埋立地の空間資源が逼迫する状況が生まれた。一方で、埋立地の確保は、社会的理由などからそう簡単にはいかないため、処分コストの増加をもたらし、何とか処分する前に廃棄物を減量する施策が検討されるようになった。日本において、この問題を解決する対策として考えられたのが、中間処理における焼却処理である。

焼却処理は、廃棄物を重量にして 10 分の 1、容積にして 20 分の 1 に減らすことから、とても減量効果があり、また、廃棄物を無害化するため、衛生的処理としても優れた対策であるとされている¹⁾。日本では、1950 年代ごろから焼却処理を行うために焼却炉が各地で導入され始め、中間処理として焼却処理を行う割合が次第に増えてきた。今日では、家庭から排出されるゴミのほとんどが焼却処理されるようになった。一方で、焼却処理によって排出されるダイオキシン類など環境汚染が注目され、様々な対策がとられている。廃棄物処理に関する環境汚染は、さまざまな対策がとられることで減少に向かっているとはいえ、未だ多くの問題を抱えている。

バンコクでは、日本における焼却処理を導入する以前の段階にあると考えられる。よって、日本と同様に問題を解決するために何らかの対策をとる必要がある。図 2.1 はタイと日本における廃棄物発生量と処分量の違いを示している。

2.2 廃棄物処理の現状

途上国や日本における廃棄物処理問題の現状を以下にまとめ、バンコクにおける廃棄物処理問題について考察を加える。

2.2.1 途上国における廃棄物問題

途上国の都市では、都市の行政能力そのものが弱く、財政的、技術的不足、および住民意識の低さから、廃棄物処理が適正に行われていない。人口密度の高い都市では、生活空間からあふれ出た廃棄物は、町中のいたるところに廃棄され、都市の景観を壊すだけでなく、大気、水、土壌を汚染し、また、住民に対する健康リスクも増大させている。加えて、廃棄物の野焼きは、煙と粉塵によって大気汚染をもたらしている。仮に焼却炉を用いる場合でも、管理の不十分な焼却炉では、ダイオキシン類などの有害物質が発生し、住民の健康に悪影響をもたらしている。また、多量の廃棄物を直接廃棄することにより、土壌汚染や地下水汚染を引き起こし、さまざまな環境悪化をもたらしている。

原始的な廃棄物行政は、公衆衛生や景観の保持を目的として行われる。この段階においては、人による清掃と廃棄物の収集が主なサービスであり、都市のごく一部の限られた範囲においてのみ行われる。こうした清掃業務には多くの人手を必要とするため、都市の雇用対策も担っている。一方、廃棄物の中に含まれる有価物は廃品回収業者によっ

て回収され、非公的な市場において売買される。また、有価物を収集し、売ったお金で生活するウェストピッカーと呼ばれる人々も存在する。廃棄物の収集やリサイクルが、主にこうした人々の作業と非公的な市場で形成されたインフォーマルセクターによって行われている。このようなリサイクルシステムはリサイクルの推進という面を持つものの、貧困と結びついた社会環境によって維持されているところに問題を抱えている。

一般に、途上国の都市では、不適切な廃棄物処理がもたらす環境汚染が住民に与える健康リスクに関する認識は低く、廃棄物による汚染防止施策に対する行政の意識も高くない。都市の経済発展が進み、住民が経済的に豊かになるにつれて、都市における廃棄物収集サービスも向上する。加えて、健康リスクへの関心や住民の不満も高まるため、埋立地において衛生処分が施されるようになる。収集の対象地域は広がり、収集率も向上する。しかしながら、途上国の中でも経済発展が遅れている国の都市では、富裕層が住む地区がある一方、貧困層が多く住むスラムが残り、廃棄物の収集やリサイクルはあいかわらず貧困層の人々の重要な収入源となっている²⁾。

都市で発生する廃棄物には様々な発生源があり、その種類も多様である。また、国によって廃棄物の定義、区分、および扱いが異なる。多くの途上国において廃棄物の区分は明確ではない。一般的には、人々の生活から発生するゴミや、商店、料理店などから発生するゴミが混ざって都市廃棄物を形成している。特に、食品市場や料理店などから排出される厨芥や食品残渣は、埋立地において悪臭や環境悪化の原因となっている。途上国では、有害廃棄物の規制や制度が制定されている国もあるが、実際には中小工場などから発生した有害廃棄物も都市廃棄物として排出されることがある。また、所得水準と廃棄物の量、組成の間には明確な相関がある。図 2.2 は所得水準と廃棄物発生量の相関を示している。所得が高くなるほど、1人当たりの廃棄物発生量は増大し、組成では、紙類およびプラスチック類の比率が増大する。

バンコクにおいても同様に多くの社会的問題を抱えているため、廃棄物処理問題を解決するためには、多くの労力を要すると考えられる。

2.2.2 日本における廃棄物問題

日本の廃棄物処理は、次のような日本独自の特性から現在の廃棄物処理システムが形成されたと考えられる。1つは、国土が狭いため、効率的に土地を利用しなければならないことである。1つは、日本には天然資源が極めて少なく、主要な資源の大半を海外に依存していることである。1つは、日本人の几帳面な性格が関係していることである。最初の2つの特性から日本の廃棄物処理は、埋立処分空間保全および資源保全に重点が置かれた対策がとられている。すなわち、可能な限りリサイクルを行い、どうしてもできないものは焼却などの中間処理を行うといった対策をとっている。中間処理された後の残渣については、埋立地において廃棄物の特性にあった埋立構造や維持管理の対応が講じられている。残りの1つの特性から、日本の廃棄物に対する対応はとても細かく、

厳しいものになっている。

今日までに日本の廃棄物処理は、廃棄物量の増加、質の多様化、埋立地の確保の困難性、不法投棄の顕在化、および資源保全関連から社会的に大きな問題になり、多くの関心を集める問題になってきた。こうした問題を解決するために、廃棄物を可能な限り出さない対応、リサイクルの促進、廃棄物の適正処理の実施、および廃棄物処理施設の整備を中心として法律が制定され、対応が進められている。

現在の日本においては、廃棄物処理体系が整っているため廃棄物の発生の段階に対策の重点がおかれている。一方、バンコクにおいても、人口密度が高く、埋立地として利用できる土地も少ないため、日本と同様に土地の効率的利用、資源のリサイクルということに着目した対策が必要である。

2.3 タイにおける廃棄物処理問題

タイにおける廃棄物の法規制など、廃棄物に関する事項を以下にまとめる。

2.3.1 タイの廃棄物に関する法律、体制

タイでは、急速な工業化と都市化により環境問題が深刻化したため、1975年に「国家環境保全法」が制定された。しかしながら、同法は十分な成果を上げることができずに1992年に廃止された。そして、新たに「国家環境保全推進法」(1992年)が制定された。現在、環境基本法にあたる「国家環境質向上保全法」(1992年)の下、環境問題に関する規制が定められている。表 2.3 は一般固形廃棄物管理にかかわる主な法制度とその内容を示している³⁾。

タイにおいて環境問題全般を担当しているのは、科学技術環境省である。その下に公害管理局があり、環境質保全と汚染防止推進の国家政策および計画の策定支援、環境質基準と排出、流出基準の策定、環境質管理計画の策定、工場から発生する廃棄物の処理、汚染及びその他の汚染物質に関する規制設定、廃棄物及び生ゴミの輸送業者、処分業者の規制などを行っている。

「第9期国家経済社会発展計画」(2002年)において、投資委員はリサイクル事業を最優先事項の1つとすることを発表した。また、同計画においては、廃棄物のうち少なくとも30%は分離、回収、リサイクルすることなどを促進することが掲げられている。表 2.4 は国の政策として掲げられている「国家環境質向上政策・計画」(1997～2016)の主な内容を示している⁴⁾。

2.3.2 タイにおける廃棄物やリサイクルに関する事項

タイでは廃棄物を一般固形廃棄物、感染性廃棄物、有害産業廃棄物、非有害産業廃棄物、および有害一般廃棄物の5つに分類している。また、廃棄物全体のうち、一般固形

廃棄物が約 67%を占めており、そのうち約 30%がバンコクやその周辺の都市から発生している。**表 2.5** および**表 2.6** は、タイ国内における廃棄物の発生量と種類別発生源（2002 年度）を示している。また、**図 2.7** はタイ国内における廃棄物発生量の推移を示している。

バンコク首都圏における一般固形廃棄物は、行政機関が設置したゴミ置場もしくは各家庭や施設から収集され、中継地点や臨時集積所を経由してゴミ処理場に搬入される。中継地点や臨時集積所に集められた廃棄物の中の有価物は、廃品業者が収集し、中古品店に販売している。中古品店はそれらをリサイクル施設に売却している。しかしながら、廃棄物の中には多くのリサイクル可能なものが残っており、都市部におけるデータによると、リサイクル可能なもののうち、リサイクルされている割合は、ガラス類が約 18%、紙類が約 28%、プラスチック類が約 14%、金属類が約 39%である。バンコク首都圏では、有害産業廃棄物の約 18%がリユースまたはリサイクルされている。一方、非有害産業廃棄物については約 80%がリサイクルされている。

タイ国内では 1,000 ヶ所以上の埋立地があると推計されており、その内、わずか 104 ヶ所が政府基金を通して適切に建設された施設である。また、これらの施設の多くは中心都市に位置している。**図 2.8** はタイ国内における埋立地の所在を示している⁵⁾。

2.4 環境影響評価を考慮した廃棄物処理に関する既往研究

本研究と同様に、環境影響評価を考慮した廃棄物処理システムに関する研究事例が存在する。既往の研究概要を以下に示す⁶⁾。

環境負荷量を温室効果ガスと最終処分量とし、環境負荷量と処理コストについてライフサイクルインベントリ分析に基づく評価が行われている。当該研究においては一般廃棄物処理における中間処理方法の組み合わせに着目し、中間処理方法の異なる複数のシナリオを設定している。さらに、複数のシナリオにおいて環境負荷量と処理コストについて比較および評価を行っている。

既往の研究から、環境影響評価を考慮した廃棄物処理システムの検討が重要であると認められた。加えて、本研究では、環境負荷物質を貨幣換算化し、コストベースにおいて廃棄物処理システムの評価を行う。

2.5 クリーン開発メカニズム（CDM）、共同実施（JI）

日本における CDM 事業について以下にまとめる。

1997 年 12 月に開催された国際連合気候変動枠組み条約（UNFCCC）第 3 会締約国会

議（COP3）で採択され、2005年2月16日に発行した「京都議定書」では、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスによる気候変動（地球温暖化を含む）防止のため、先進国平均で2008年から2012年のGHG平均排出量を1990年レベルより約5%削減することが定められている。

京都議定書には、国際的に協調してこの削減目標を達成するための柔軟性措置（京都メカニズム）として、「排出量取引」、「クリーン開発メカニズム」、および「共同実施」が盛り込まれ、日本の削減目標達成において、CDM/JIは重要な手段として位置付けられている。

クリーン開発メカニズム（CDM）とは、先進国の資金、技術支援により途上国において温室効果ガスの排出削減等につながる事業を実施し、その事業により生じる削減量の全部、または一部に相当する量を先進国が排出枠として獲得し、その先進国の削減目標の達成に利用することができる制度である。また、共同実施（JI）とは、CDMと同様に排出削減等につながる事業を互いに削減目標を有する先進国間で実施するもので、その事業によりホスト国で生じる削減量の全部、または一部に相当する量の排出枠を投資国がホスト国から獲得し、投資国の排出枠に加えることができる制度である。

調査の対象となる技術分野は、次のとおりである。(1)バイオマスの利用、(2)メタン、亜酸化窒素の排出抑制、および(3)再生可能エネルギーの利用分野である。

廃棄物処理分野においては、埋立地を管理することでメタンや亜酸化窒素の排出を抑制でき、また、回収したメタンガスをエネルギーとして再利用することも可能なため、様々な国において多くの企業が取り組んでいる。例えば、タイにおいて事前調査が行われた廃棄物関連のCDM事業は次のとおりである。

- (1) タイにおける廃棄物メタン利用事業に関するプロジェクト設計書作成調査（平成16年度、株式会社大林組）⁷⁾
- (2) タイ東部沿海地域工業団地バイオマス利用コジェネレーション事業調査（平成16年度、北海道電力株式会社）⁸⁾

本研究においては、単年の廃棄物排出量に対する廃棄物処理システムの評価であるため、CDM事業と直接的な関係はないが、今後、バンコクにおいて処理処分対策を実際に導入する場合、評価モデルを再構築し、ある期間の中で廃棄物処理システムを事業として評価する必要がある。その際に、タイにおける事前調査の例のように、埋立処分場においてメタンガスのエネルギー利用などCDM事業と関連して処理処分対策を導入することも考えられる。

第3章 廃棄物処理システムにおける環境影響評価モデル

3.1 概 要

豊かさや利便性を受け入れる代償として廃棄物は、少なからず排出される。また、人口が密集すれば廃棄物の発生密度も高まり、効率的に廃棄物を処理する必要が生まれる。すなわち、現代社会において廃棄物処理問題は避けることができない。また、廃棄物を処理処分していく上で環境への影響をまったく無視して実施することはできない。実際、廃棄物処理問題に対処するためには、次のようなことを考える必要がある。

- (1) 現状の廃棄物処理における、全体として処理コストの占める割合
- (2) 現状の廃棄物処理における、二酸化炭素やメタンなど環境負荷物質の排出程度
- (3) 導入が検討されている処理対策を導入した際における、処理コストや環境負荷量の低減、抑制効果

本研究では、環境影響ならびに処理コストを考慮し得る廃棄物処理システムの評価モデルを構築することで、環境負荷ならびに処理コストを定量的に評価し、最終的には環境コストならびに処理コストを総合的に最適化する廃棄物処理システムを検討することを目的とする。なお、本章では廃棄物処理システムにおける環境影響評価モデルの具体的な手法について述べる。

3.2 評価モデル

廃棄物を処理する際には、環境負荷を可能な限り抑制した処理方法を選択する必要がある。しかしながら、廃棄物処理の運営費用（処理コスト）は多くの場合、住民から徴収された税金が投入されている。すなわち、限りなく環境負荷の小さい処理方法であっても、莫大な処理コストが必要であれば、実現する可能性は限りなくゼロに近い。一般的に「環境負荷が小さい」かつ「処理コストが安い」が廃棄物処理システムの理想ではあるが、両者は別の次元であるため、単純に比較することができない。よって、廃棄物処理システムを評価する際には、環境負荷の削減に対して要した処理コストの妥当性を検討するため、環境負荷量を貨幣換算し、処理コストと同じ次元（コストベース）において両者を比較する必要がある。

本研究においては、環境影響を考慮した廃棄物処理システムを評価するために以下のような評価モデルを構築する⁹⁾。

- (1) 対象地域における廃棄物処理フローを設定する。
- (2) 廃棄物処理フローを、収集運搬過程、中間処理過程、および最終処分過程の 3 つの過程に区分する。
- (3) 各過程における収集車両の走行距離、中間処理施設の稼働状況、および最終処分される廃棄物量など、各作業状況を推計する。
- (4) 各過程において推計された作業状況から燃料消費量や処理施設規模を推計する。
- (5) 各過程において推計された作業状況から処理コストを算出する。
- (6) 各過程において推計された燃料消費量、処理施設規模、および最終処分量に対し、環境負荷物質の排出係数を乗じることで、各過程における環境負荷量を算出する。
- (7) 各過程において算出された環境負荷量および処理コストを加算することで廃棄物処理フロー全体の環境負荷量および処理コストとする。

3.2.1 必要な基本情報

評価モデルの前提として、次に示す基本情報が必要となる。1 つは、対象地域の人口や運搬距離など地理的な情報であり、1 つは、廃棄物の発生量やその組成など廃棄物に関する情報である。また、各環境負荷量を推計するためには、それぞれ排出係数が必要となる。**表 3.1** は評価モデルにおいて必要となる基本情報を示している。

3.2.2 排出係数

環境負荷量は、ある活動量に対し環境負荷排出係数を乗じることで求められる¹⁰⁾。環境負荷排出係数は活動量単位で表されるため、環境負荷量を推計する際には、とても使いやすく便利なものである。例えば、ガソリンなどの燃料から排出される二酸化炭素の排出係数の算定式は、次のとおりである。

$$CO_2\text{排出係数 (kg-C/MJ)} = \text{炭素含有量 (kg-C/kg/L/Nm}^3\text{)} / \text{単位発熱量 (MJ/kg/L/Nm}^3\text{)}$$

二酸化炭素の排出係数は、燃料の質や使用状況などから国によって異なると考えられる。**表 3.2** は日本とタイにおける排出係数の違いを示している。日本においては、温室効果ガスインベントリ報告書など排出係数に関する資料が公表されている。また、メタングスの排出係数も、気候や処分方法の違いなどから国や地域によって異なると考えられ、日本とタイにおける排出係数の違いを**表 3.3** に示している。

本研究の対象地域は、タイ王国の首都バンコクであるため排出係数に対し地域性を考慮する必要がある。本研究においては、文献調査によりタイの産業連関表から算出した値を参考に用いることとする¹¹⁾。日本とタイの排出係数を比較すると、燃料などの排出係数については、使用量単位で値を比較することができたため、差異は少なかった。一方、土木作業などの排出係数については、経済活動単位での比較になったため、値に違いが見られた。**図 3.4** は日本とタイにおける排出係数の違いが廃棄物処理システムの環

境負荷推計に及ぼす影響を示している。全体として評価した場合、日本とタイにおける排出係数の差による違いは大きくなかった。

3.2.3 被害費用

二酸化炭素の排出量を貨幣換算する場合、貨幣価値原単位計測の考え方として、次の3つの計測方法が考えられる。それぞれ(1) 被害費用に基づく計測、(2) 対策費用に基づく計測、(3) 排出権取引価格に基づく計測という方法である。本研究においては、文献調査¹²⁾をもとに、既存研究の蓄積が充実しているという点から、(1) 被害費用に基づく計測の方法を採用する。しかしながら、どの計測手法を用いた場合にも、不確実性を有するため、環境負荷量を貨幣換算し、評価する際には注意が必要である。

3.3 廃棄物処理シナリオ

評価モデルを用いて廃棄物処理システムを評価する際には、まずベースとなるシナリオを設定する必要がある（ベースラインシナリオと呼称する）。さらに、基本情報や処理処分方法の違いによる別のシナリオを定め、ベースラインシナリオと比較検討を行う（別のシナリオを対策シナリオと呼称する）。対策シナリオは基本情報の違いや処理処分方法の違いによって構成され、検討対象によって幾通りも設定することが可能である。

3.4 収集運搬過程

先進国と途上国では行政が行う廃棄物の収集サービスにも大きな差がある。例えば、廃棄物の収集率、収集の時間帯や頻度、および収集車の種類などである。本研究においては、収集サービスが対象地域全域において行われ、かつ廃棄物の収集率が限りなく100%に近い状態であるという前提のもと推計を行う。

収集運搬過程は、各地点に廃棄された廃棄物を収集し基地施設まで運搬する過程と、基地施設から埋立地まで運搬する過程であるとし、収集運搬車両の燃料消費などから環境負荷量および処理コストを推計する。**図 3.5** および **図 3.6** は、収集運搬過程の主なフローを示している。また、主な推計手順は次のとおりである。

- (1) 収集運搬車両の作業状況の推計
- (2) 必要人員などの推計
- (3) 処理コストの推計
- (4) 環境負荷量の推計

3.4.1 廃棄物の収集

対象地域において、ある決められた収集日に各収集地点から廃棄物を収集し、基地施設まで運搬する過程で要する処理コストや排出される温室効果ガスを付録 1 に示した手順で推計する。

3.4.2 基地施設から埋立地までの運搬

対象地域において収集された廃棄物や基地施設で中間処理を行った後の中間処理残渣を基地施設から埋立地まで運搬する過程で要する処理コストや排出される温室効果ガスを付録 2 に示した手順で推計する。

3.5 中間処理過程

収集日に回収された廃棄物をそのまま埋立地で最終処分してしまうと瞬く間に埋立地が満杯になってしまうので、できるだけ埋立地で最終処分する量を減らす必要がある。そのためには、廃棄物をリサイクルしたり焼却したり何らかの中間処理を行う必要がある。また、量を減らすことだけではなく廃棄物自体を自然にゆだねやすいよう処理することも必要となる。

中間処理過程では、廃棄物の減量化、安定化、および無害化を目的とし、廃棄物自身が自然に害や悪影響を及ぼさないよう何らかの処理を行うこととし、施設建設や施設運転にかかわる燃料消費などから環境負荷量および処理コストを推計する。表 3.7 は中間処理過程において考えられる中間処理施設を示している。

主な推計手順は次のとおりである。

- (1) 施設運転状況の推計
- (2) 必要人員などの推計
- (3) 処理コストの推計
- (4) 環境負荷量の推計

3.5.1 リサイクル

最終処分量の削減や天然資源保全の観点から、廃棄物を再資源として如何に再利用するかは大変重要なことである。一般に廃棄物をリサイクルすることで得られる効果は次のように考えられる。1 つは、有償である場合に限られるが、リサイクルした廃棄物を売却することで得られる売却益であり、もう 1 つは、新しい資源を使わなかったことで削減が期待される効果である。

リサイクルした廃棄物が有償かどうかは国によって異なるが、売却可能な場合、売却益を中間処理における処理コストに含めて考える必要がある。また、リサイクルによっ

て削減が期待される効果の 1 つとして二酸化炭素排出量の削減が考えられる。例えば、アルミ缶のリサイクルが典型例である。アルミ缶をリサイクルして再利用の方が、新たにボーキサイトからアルミ缶を作るよりも大幅に二酸化炭素排出量を削減できる。

リサイクルによる二酸化炭素排出削減量は、新しい資源を採掘し原料として使用することにもない排出される二酸化炭素排出量と、リサイクルにより再び原料としての使用に伴い排出される二酸化炭素排出量との差によって求められるとする¹³⁾。

3.5.2 資源分別

中間処理過程における資源分別とは、施設内に搬入された廃棄物を手選別や磁選別によって、再び資源として使えるもの（有価物）とそうでないもの（選別残渣）に分ける処理のこととする。国や地域によって回収の対象となるものは異なるが、本研究においては、選別し回収の対象となる有価物を、紙類、ガラス類、鉄類、およびプラスチック類とする。また、各有価物の選別手法は、紙類、ガラス類、およびプラスチック類を手選別、鉄類を磁選別とする。図 3.8 は施設内物質収支を示している。資源分別施設において、施設建設や施設運転において要する処理コストや排出される温室効果ガスを付録 3 に示した手順で推計する。

3.5.3 堆肥処理

中間処理過程における堆肥処理とは、施設内に搬入された廃棄物を堆肥に適した廃棄物とそうでない不適物に分け、堆肥に適した廃棄物を発酵槽において、適度な水分や温度を与えて有機物を素早く分解、発酵を行う処理のこととする。図 3.9 は施設内物質収支を示している。堆肥処理施設において、施設建設や施設運転において要する処理コストや排出される温室効果ガスを付録 4 に示した手順で推計する。

3.5.4 焼却処理

中間処理過程における焼却処理とは、施設内に搬入された廃棄物を焼却し減量化・減容化を図るだけでなく、ボイラなどを用いて熱量を回収し発電電気量を場内使用できる処理（サーマルリサイクル）のこととする。ただし、運転形態や炉の形式による違いは加味していない。焼却処理施設において、施設建設や施設運転において要する処理コストや排出される温室効果ガスを付録 5 に示した手順で推計する。

3.6 最終処分過程

収集された廃棄物や中間処理をした後の廃棄物残渣は、どこかの埋立地で最終処分する必要がある。収集された廃棄物や中間処理残渣をそのまま埋立地に捨てると自然環境が著しく汚染されてしまうので、廃棄物が拡散したり流出したりしないようにある限ら

れた場所を設け、一定の基準に従って処分する必要がある。また、埋立地の機能は廃棄物を貯留するだけでなく、効率的に自然に戻そうとする還元機能もある。

最終過程では、収集された廃棄物や中間処理をした後の廃棄物残渣を最終的に埋立地で処分を行う過程であるとし、埋立地建設や最終覆土工事にかかわる燃料消費などから環境負荷量および処理コストを推計する。**表 3.10** は最終処分過程において考えられる処分方法を示している。

主な推計手順は次のとおりである。

- (1) 各埋立処分に必要な情報の推計
- (2) 必要人員などの推計
- (3) 処理コストの推計
- (4) 環境負荷量の推計

3.6.1 衛生埋立処分

多くの途上国で見られる埋立地での最終処分方法を基準とする。最終処分過程における衛生埋立処分とは、一定の運営管理上のもと、重機によるごみの移動や転圧、ごみの散逸や悪臭を避けるための覆土が行われる埋立処分のこととする。多くの場合問題になる浸出水の管理は含めない。**図 3.11** は想定する衛生埋立処分場の構造を示している¹⁴⁾。衛生埋立処分において、埋立地建設や最終覆土工事において要する処理コストや排出される温室効果ガスを**付録 6** に示した手順で推計する。

3.6.2 準好気性埋立処分

主に日本で取り入れられている最終処分方法を基準とする。最終処分過程における準好気性埋立処分とは、貯留構造物、しゃ水工、および浸出水処理施設を有し、水や空気に触れさせることで搬入廃棄物を好氣的に処分する埋立処分のこととする。**図 3.12** は想定する準好気性埋立処分場の構造を示している¹⁵⁾。準好気性埋立処分において、埋立地建設や最終覆土工事において要する処理コストや排出される温室効果ガスを**付録 7** に示した手順で推計する。

3.6.3 嫌気性埋立処分

主に欧米で取り入れられている最終処分方法を基準とする。最終処分過程における嫌気性埋立処分とは、貯留構造物、遮水工、および浸出水処理施設を有し、シートを用い封じ込めることで搬入廃棄物を嫌氣的に処分する埋立処分のことである。**図 3.13** は想定する嫌気性埋立処分場の構造を示している¹⁶⁾。嫌気性埋立処分において、埋立地建設や最終覆土工事において要する処理コストや排出される温室効果ガスは、3.6.2 および**付録 7** と同様の手順で推計する。

第 4 章 バンコク都市廃棄物の処理に関する環境影響評価

4.1 概 要

バンコクを含め、多くの途上国において廃棄物処理といえば、廃棄物の収集が主な処理処分対策であり、中間処理や最終処分が適切に行われることは少ない。環境に対する影響を考えた場合、廃棄物処理システムとして廃棄物を管理し、適切な処理処分を行うことは非常に重要なことだと考えられる。しかしながら、処理コストには予算的制約があるため、適切な処理処分が妥当かどうか、また、現状の処理システムが満足かどうかは、環境負荷を定量的に推計し、処理コストと比較検討して評価する必要がある。

本章では、バンコクにおける廃棄物処理問題を解決するために、環境負荷削減効果を考慮した現状や各対策の定量的な評価および検討を行うこととする。

4.2 廃棄物処理システムの現状

バンコクにおける廃棄物処理システムを評価するためには、3 章において構築した評価モデルの排出係数や処理状況など各値を、バンコクに適した値に変更し、入力する必要がある。そのために文献調査によりバンコクにおける廃棄物処理システムの処理体系や基本情報などをまとめていくこととする¹⁷⁾。文献調査により得られなかったデータは、日本のデータを用いることとする。

4.2.1 廃棄物処理システムの現状と基本情報の設定

バンコクの廃棄物処理に関する現状を知るために文献調査した結果¹⁸⁾、バンコクにおける廃棄物処理フローを図 4.1 に示しており、さらに、廃棄物処理に関する情報は次のとおりである。また、表 4.2、表 4.3、および表 4.4 は、バンコクにおける廃棄物処理システムの基本情報を示している。

- (1) バンコクにおける廃棄物の収集は、交通渋滞を避けるため午後 6 時以降に行われている。収集率は、他の途上国と異なり中心市街地ではほぼ 100%を達成している。ただし、バンコクの道路には、多くの小道が行き止まりとして存在するため収集効率は悪い。加えて、収集効率が悪い理由として収集作業員の業務内容が挙げられる。収集作業員の多くは副収入を得るため、収集作業時に廃棄物の中から有価物として取引されるリサイクル可能物を回収するのでとても作業効率が悪くなっている。また、

1ヶ所当たりの作業時間の内、こうした行為は作業時間の半分以上を占めている。

- (2) 収集された廃棄物は地域ごとに On-Nut、Nongkhaem、および Tharaeng の各中継基地施設に1度集められ、ウェストピッカーによりリサイクル可能廃棄物が回収される。この中継基地施設において中間処理を行うことも考えられてはいるが、地域住民の反対や財政的な理由などにより実現してはいない。
- (3) 中継基地施設を経て、On-Nut に集められた廃棄物は Phanomsarakam へ、Nongkhaem と Tharaeng に集められた廃棄物は Kamphaengsaen へ、BMA (Bangkok Metropolitan Area ; バンコク都) が許可した民間業者の最終処分場で全量埋立処分される。近年では、行政による新規埋立地の確保が地価の高騰と周辺住民の反対により困難となったため、BMA では 94 年以降許可した民間業者の入札によって業務委託するようになった。
- (4) BMA はバンコクの公共サービスを担っている。以前は BMA の清掃局 (DPC) が都市廃棄物を収集していたが、最近では各区の清掃部に業務を移管した。現在では各区の清掃部が廃棄物収集にあたり、DPC は清掃に関する政策を立案し、予算を管理している。一方で、バンコク都の住民からの料金徴収はわずかで、廃棄物管理運営費のごくわずかしかなかなかまかなえないのが現状である。
- (5) 文献調査により得られたデータは限られているため、他に必要な地域情報は仮定をおき入力することとする。図 4.5 および図 4.6 は、バンコクにおける廃棄物組成や年度別の排出量を示している。

4.2.2 ベースラインシナリオの設定

バンコクにおける廃棄物処理システムの現状について考察した結果、ベースラインシナリオを次のように設定する¹⁹⁾。

対象地域は BMA とよばれるバンコク都の中心地域とする。バンコク都を基地施設が存在する3つの地域に区別し、それぞれの地域ごとに収集運搬、中間処理、および最終処分の過程を考察する。また、収集運搬の管理は行われており、中間処理は行われないものとし、最終処分については衛生埋立処分が行われているものとする。便宜上、ベースラインシナリオを (なし、衛生) と表すこととする。図 4.7 は対象地域ごとの廃棄物の流れを示している²⁰⁾。

4.3 廃棄物処理システムのシナリオ設定

4.2.2 で設定したベースラインシナリオをもとに対策シナリオを設定する。まず、対策として考えられる中間処理および最終処分は、第3章および4.2をもとにそれぞれ6通りおよび3通り設定する。中間処理については、資源分別、堆肥処理、焼却処理、資源

分別と堆肥処理、資源分別と焼却処理の 6 通りである。最終処分については、衛生埋立、準好気性埋立、および嫌気性埋立の 3 通りである。したがって、対策シナリオを中間処理と最終処分の組み合わせの数だけ考えると、 $6 \times 3 = 18$ 通り設定する。表 4.8 はベースラインシナリオと対策シナリオをまとめたものを示している。また、表 4.9、表 4.10、表 4.11、表 4.12、表 4.13、表 4.14、表 4.15、および表 4.16 は、今回使用した入力情報を示している。

中間処理の各対策について、設定の妥当性を次のように考察する²¹⁾。

- (1) 資源分別について、現在、非公的ではあるがリサイクル市場は存在し、リサイクルされた廃棄物が有償であり、また、国の政策としてリサイクル率を上げることがあげられているため、資源分別施設において効率的にリサイクルを行うことは妥当であると判断する。
- (2) 堆肥処理について、有機系廃棄物の割合が高いことから中間処理対策としてタイのある地域では導入されているが、事前分別が進まないために出来上がる肥料の質が悪いことから堆肥処理される廃棄物が少なく機能していない。しかしながら、一部地域で導入されているように、中間処理対策として考えるに値するものと判断する。
- (3) 焼却処理について、現在、タイには数ヶ所存在し、減量効果も高いことから中間処理対策としては妥当であると判断する。また、バンコク都内においても導入の動きが見られるが、住民の反対や財政上の問題により実際には進んでいない。

最終処分の各対策について、設定の妥当性を次のように考察する。

- (1) 衛生埋立について、国によって埋立処分方法が少なからず異なるため、現状を反映したものを衛生埋立処分として導入する。また、衛生埋立は、多くの途上国において実施され、現状を反映したものであるため妥当であると判断する。
- (2) 準好気性埋立について、比較的安価に建設でき、メタンガスの発生を抑制することも期待されることから、途上国で取り入れられている対策方法なので妥当であると判断する。
- (3) 嫌気性埋立について、欧米の多くの国ではこの対策方法が取り入れられている。封じ込めることで、重金属が流れ出さない、浸出水を排除するという利点とともに、CDM 事業としてメタンガスを有効利用することも考えられるため、バンコクにおいても有効であると考え、妥当であると判断する。

4.4 対策シナリオの設定の違いによる環境負荷評価

4.2 や 4.3 で考察した前提条件をもとに、評価モデルを用い推計した結果を以下に示す。本研究においては、環境負荷物質を廃棄物の最終処分量と温室効果ガスとする。ここで、温室効果ガスは二酸化炭素、メタンガス、および亜酸化窒素から構成するとし、温暖化

に対する影響度を加味し、メタンガス排出量および亜酸化窒素排出量をそれぞれ 21 および 310 倍した排出量を温室効果ガスとして足し合わせる。

4.4.1 推計結果の妥当性

本研究において評価モデルを用い得られた結果が、バンコクの現状に即したものであるかどうかを判断するために、文献調査より得られたデータと比較することで、評価モデルによる推計結果の妥当性を検証する²²⁾。

表 4.17 は文献調査より得られたデータと評価モデルのベースラインシナリオにおける推計結果を示している。文献調査により得られたデータはごく限られたものであるため、全体として比較、検証を行うことはできなかった。収集過程における処理コストの比較を行った結果、誤差とするには値が大きく異なるものの、桁数がそれぞれ一致し、おおまかには現状に即した評価ができたことを示せた。しかしながら、他の過程における検証が行えなかったため、全体としての確からしさを示すことはできなかった。

4.4.2 対策シナリオの設定に基づく評価

(i)処理コスト、(ii)二酸化炭素排出量、(iii)メタンガス排出量、(iv)温室効果ガス排出量、(v)処分量、(vi)環境負荷量について、対策シナリオの相違が推計結果に及ぼす影響を考察する。

(i)処理コスト

図 4.18 は各シナリオにおける処理コストを示している。

ベースラインにおける処理コストの内訳は、それぞれ、収集過程約 53%、運搬過程約 37%、最終処分過程約 10%である。

第 2 章で述べたとおり、廃棄物処理において廃棄物の収集に多くの費用が使われているという結果を示した。収集効率を上げることで費用を抑えることも可能であり、そういったパラメータを評価モデルに盛り込むことができれば、収集過程にも評価モデルにおいて違いを表現することが可能である。

中間処理において堆肥処理や焼却処理を選択したシナリオでは、他のシナリオと比べ、施設建設費用が大きくかかるため、処理コストが全体として高くなるという結果を得た。今回、中間処理施設建設費の基本情報として設定した値は、日本における処理施設のヒアリング調査をもとにしているため、実際にバンコクで中間処理施設を建設する場合、費用が異なる可能性は大いにあると考えられる。また、中間処理施設建設には、導入技術の向上や日本など他の国からの支援によって導入費用の削減が考えられるため、事業として廃棄物処理システムの評価を行う際には、建設原単価を導入技術によって変えることや、他国の資金援助により中間処理施設建設費をまかなうなど、評価モデルに盛り込む必要がある。

最終処分過程において値が大きく異なるのは、埋立地を一定の広さに設定しているた

め、処分量によって使用年数が大きく異なり、結果、最終処分費用にも影響が出たものと考えられる。

(ii)二酸化炭素の排出量

図 4.19 は各シナリオにおける二酸化炭素の排出量を示している。

ベースラインシナリオでは、評価モデルの推計結果によると年間約 60 万 ton の二酸化炭素が排出されている。バンコクの人口を 600 万人と仮定した場合、1 人あたり年間約 100kg の二酸化炭素を排出していることになる。一方、日本において 2005 年度の調査から一般廃棄物処理に関連して排出された二酸化炭素排出量を用い 1 人当たりの排出量を推計すると、1 人あたり年間約 77kg の二酸化炭素を排出している。バンコクと日本の廃棄物処理にかかわる二酸化炭素排出量を比較すると、バンコクでの 1 人当たりの二酸化炭素排出量のほうが多かった。バンコクの人口情報が正確なものでないということと、日本のほうが効率的に処理をしている結果ということが原因として考えられる。

中間処理として堆肥処理や焼却処理を選択したシナリオは、他のシナリオと比べ格段に多くの二酸化炭素を排出しているということが推計された。堆肥処理については、施設運転にかかる電力消費量が多いこと、焼却処理については、バイオマス由来を除いた廃棄物自体の燃焼による排出量が原因と考えられる。各過程を比較した場合、収集運搬などの過程よりも中間処理施設の建設や運転によって排出される二酸化炭素排出量がとても多いことがわかった。

(iii)メタンガス排出量

図 4.20 は各シナリオにおけるメタンガスの排出量を示している。

ベースラインシナリオでは、評価モデルの推計結果によるとメタンガスは年間約 12 万 ton 排出されている。文献調査によると²³⁾、1994 年度のバンコクにおける廃棄物関連のメタンガス排出量は年間約 12 万 ton であった。本研究においては、時間的考慮を含めず最終処分された廃棄物量から発生するすべてのメタンガス発生量を推計しているため、一概に比較することはできないが、評価モデルによる推計結果は、おおよそ確からしい値であるということは示せた。

中間処理において焼却処理を選択したシナリオは、メタンガス削減量が非常に大きく、廃棄物を無害化する効果があることを示した。最終処分の選択の中では、準好気性埋立がメタンガス削減効果を示した。一方、嫌気性埋立においては、メタンガス排出量が多く推計されたが、メタンガスをエネルギーとして利用できる可能性もあるため、今後、評価モデルに加えることも考慮する必要がある。

(iv)温室効果ガス排出量

図 4.21 は各シナリオにおける温室効果ガス排出量を示している。

二酸化炭素にメタンガスや亜酸化窒素を加えた温室効果ガスの排出量で各シナリオを比較した場合、ベースラインシナリオの温室効果ガス排出量のほうが、ほとんどの対策シナリオよりも排出量が多いという結果を得た。二酸化炭素排出量では、焼却処理を選

択したシナリオが最も排出量が多いという結果を示したが、温室効果ガス排出量では、ベースラインシナリオのほうが他のシナリオよりも排出量が多いという結果を示した。つまり、ベースラインシナリオにおいてメタンガスの二酸化炭素換算排出量のほうが、焼却処理を選択したシナリオにおいて物が燃えることで排出される二酸化炭素排出量よりも多いということがいえた。

地球温暖化への影響という点で各シナリオを評価した場合、バンコクの現状の廃棄物処理システムでは、温暖化に対する影響が大きく、何らかの処理処分対策をとったシナリオのほうが、温暖化に対する影響が少なくなるということがいえた。

(v)処分量

図 4.22 は各シナリオにおける処分量を示している。

最終処分量は、中間処理の選択によってシナリオ間で大きく異なった。中間処理において焼却処理を選択したシナリオでは、廃棄物の減量効果が非常に大きいことを示した。ベースラインシナリオと比較した場合、約 87%もの削減効果を有することがわかった。他の中間処理を選択したシナリオでも、処分量の削減効果を有することを示した。

(vi)環境負荷量

図 4.23 は各シナリオにおける温室効果ガス排出量と最終処分量を示している。また、図 4.23 においては、原点から離れるほど環境負荷量が大きいことを表している。

ベースラインシナリオと対策シナリオを比較した場合には、対策をとることで環境負荷量が削減されることを示し、中間処理の選択によって削減される環境負荷量の違いを示した。焼却処理を選択したシナリオは、温室効果ガス、最終処分量ともに高い削減効果を示した。また、焼却処理を行った後の処理残渣からはメタンガスが発生しないとしているため、最終処分の違いによるシナリオのばらつきがほとんどないことも示している。焼却処理による廃棄物の安定化が図 4.23 により示された。

4.5 中間処理の選択による環境負荷評価

現状（ベースラインシナリオ）に対し、中間処理を選択した場合の効果について考察を以下に示す。

4.5.1 処理コスト

資源分別は、処理コストが比較的安価である、一方、リサイクルされた廃棄物が有償であることを仮定しているため、他のシナリオより処理コストが抑えられているということもいえる。減量効果は他の対策よりも小さいため、埋立地への運搬や埋立地での対策にコストがかかることがいえた。

堆肥処理は、機械を用いて行うとしたため、電力の使用量が大きくなり、堆肥処理施

設運転コストの増加につながる結果となった。有機系廃棄物の減量効果はあるので、施設運転の電力使用を工夫することができれば、堆肥処理の効果はより上がるであろう。

焼却処理は、焼却処理施設建設費用が大半を占めている。建設費以外の費用については、場内の電力をエネルギー回収によりまかなえると仮定したため、減量効果による埋立地への運搬に関するコスト削減効果とともに、他の中間処理よりも費用がかからないという結果を得た。導入技術の選択により焼却処理施設建設費を抑えることができれば、環境負荷削減効果が大きいと、最もよい中間処理の選択になるであろう。

資源分別と堆肥処理、資源分別と焼却処理は、2つの施設の複合であるため、処理コストとして割高になった。それぞれの施設のコストは、処理量が減少するためそれぞれ小さくなるが、2つ選択した場合は、処理コストが大きくなるという結果を得た。

4.5.2 環境負荷量

資源分別は、他の中間処理よりも施設運転にかかわる二酸化炭素の排出量を少なくすることができるが、有機系廃棄物についてほぼ未処理であるため、埋立地におけるメタンガスの発生量が多くなるという結果を示した。資源分別単体での環境負荷削減効果は、対策の中ではそれほど大きいものではないことがいえた。

堆肥処理は、ベースラインシナリオよりも二酸化炭素の排出量が多くなるものの、温室効果ガスとしては排出量が少なくなり、また、処分量に対しても削減効果を有するため、環境負荷削減効果が大きい対策であることがいえた。

焼却処理は、他の中間処理と比べ、最終処分量とメタンガスの排出量に対し削減効果はとても大きいという結果を示した。しかしながら、廃棄物自体の燃焼による二酸化炭素の排出量が多いため、温室効果ガスの削減効果は他の中間処理とあまり変わりがなかった。施設への搬入前にプラスチック類を事前分別するなど搬入廃棄物に対策を講じることができれば、二酸化炭素の排出量は大幅に削減でき、他の中間処理に対し焼却処理の優位性が増すと考えられる。

4.6 最終処分の選択による環境負荷評価

現状（ベースラインシナリオ）に対し、最終処分を選択した場合の効果について考察を以下に示す。

4.6.1 処理コスト

準好気性埋立を選択したシナリオは、埋立地建設にかかわる費用は大きく変わらないが、浸出水の処理をするためにかかる費用が衛生埋立、および嫌気性埋立に比べ処理コストがかかるという結果を示した。一方、嫌気性埋立を選択したシナリオは、衛生埋立、

および準好気性埋立に比べ、封じ込めるための埋立地建設にかかわる費用が多くなるという結果を示した。

4.6.2 環境負荷量

二酸化炭素の排出量において、準好気性埋立を選択した場合、浸出水処理施設運転にかかわる電力消費などにより、他の選択よりも二酸化炭素の排出量が多くなるという結果を示した。しかしながら、埋立地においては、メタンガスの温室効果ガス排出量に対する寄与がとて大きく、さらに、処分方法の選択によってメタンガスの発生量が大きく異なるため、準好気性埋立を選択したシナリオの温室効果ガス排出量は、他の選択と比べ小さいという結果を示した。嫌気性埋立については、メタンガスを利用する対策も考えられる。そのためガス回収に関する費用が別途加算されると推測されるが、ガス回収による効果を見込んだ場合、その売却益や温室効果ガス削減量は少なくないと考えられる。

4.7 環境負荷量の貨幣換算

各シナリオについて、処理コストと環境負荷量をコストベースで比較するために、環境負荷量の貨幣換算化を行う。本研究において用いる貨幣換算原単位として、温室効果ガスについては、温暖化による被害費用を、最終処分量については、土壌浄化対策費用を用いることとする。また、温暖化による被害費用と土壌浄化対策費用の総和を環境コストとして用いる。

4.7.1 温暖化による被害費用

今後、地球温暖化が進行すると、さまざまな環境の変化が起こり、さまざまな分野において経済的損失が生じるものと考えられている。見込まれる経済的損失を温暖化による被害費用とし、化石燃料の燃焼など自然由来を除いた二酸化炭素の排出量について被害費用から貨幣換算原単位を設定する。2章で述べたように二酸化炭素排出量に対する貨幣換算化にはいくつかの方法が考えられている。その中で本研究においては、温暖化による被害費用にもとづく方法を採用する。本研究において採用する貨幣換算原単位は、文献調査にもとづき 3.04 円/kg-CO₂ とする²⁴⁾。

4.7.2 土壌浄化対策費用

廃棄物など不要なものを不法投棄した場合やある土壌において汚染が見つかった場合、その土地を再び利用するためには、何らかの対策をとる必要がある。同様に、廃棄物を管理せず直接的に処分した場合にも、環境に対し負荷を与え、その土地を再び利用する

ためには、何らかの対策をとる必要がある。そのための対策費用を最終処分量に対する貨幣換算原単位として用いることとする。

本研究においては、衛生埋立された最終処分量に対し対策費用を設定し、貨幣換算化を行う。準好気性埋立、嫌気性埋立については、廃棄物の管理がなされ余計な環境影響がないものとし、処分量に対し対策費用は設定しないとする。本研究において採用する対策費用は、文献調査にもとづき 3,000 円/m³とする²⁵⁾。

4.8 トータルコストによる評価

各シナリオについて、処理コストだけの評価ではなく環境負荷量を貨幣換算化した環境コストとの総和によって評価を行う。また、処理コストと環境コストの総和をトータルコストと呼ぶこととする。

4.8.1 トータルコストの導入

各シナリオについて、処理コストと環境コストの総和であるトータルコストを用いて評価を行う。各シナリオをトータルコストによって評価することで、実際に費やされる社会的コストだけでなく、本来、環境に影響を及ぼしている環境負荷の貨幣換算値である環境的成本も含めた実際の廃棄物処理システムが及ぼす費用の総和による評価になると考えられる。

4.8.2 各シナリオにおけるトータルコスト

図 4.24 は各シナリオのトータルコストを示している。

対策シナリオとベースラインシナリオを比較した場合、すべての対策シナリオがトータルコストにおいて小さい値を示した。その中でも、最終処分において対策を選択したシナリオがより小さい値を示した。

各シナリオを評価する場合、処理コストだけの議論であれば、図 4.18 において示すとおり、ベースラインシナリオが最もよいということがいえる。しかしながら、処理コストと環境コストの総和であるトータルコストにおいて議論するならば、対策シナリオのほうがよいという結果を示した。つまり、中間処理施設を導入するなど対策を講じるには、当然そのための費用がかかるが、環境コストを含めて各シナリオを評価した場合、現状ではトータルコストにおいて環境コストの占める割合が大きく、対策をとることで環境コストを削減でき、トータルコストにおいて有用であることがいえた。

特に、最終処分において準好気性埋立を選択したシナリオがより低い値を示し、加えて、中間処理において資源分別を選択したシナリオがトータルコストを用いた評価において、よい対策シナリオであることがいえた。また、対策費用を用いることで、埋立地

における廃棄物の処分費用よりも未処理の廃棄物が環境に与える負荷が大きいということが示せた。

また、焼却処理のように環境負荷削減効果が大きいけれど、処理費用が大きくかかる中間処理を対策シナリオとして選択した場合にも、処理コストと環境コストの総和によって評価すると、処理費用をかけて、環境負荷を削減することの有用性は示せた。

4.8.3 国家政策との比較

図 4.25 は 1 人 1 日当たりの排出量が抑制された場合の各ベースラインシナリオと対策シナリオのトータルコストを示している。

タイの国家政策よりバンコクの廃棄物発生量を 1 日あたり 6,000ton とした場合のベースラインシナリオについて考察を加える。比較として、廃棄物発生量を 1 日あたり 7,000ton、8,000ton とした場合のベースラインシナリオも図 4.25 に示している。

トータルコストによって国家政策と対策シナリオを評価した場合、何らかの処理処分を行う対策シナリオのほうが、排出量が削減されたケースよりもトータルコストが小さいという結果を得た。つまり、廃棄物の発生量を抑制することは大事であるが、現状において廃棄物の発生を抑制するよりも、処理処分費用をかけて対策をとったほうがよいということがいえた。

廃棄物処理システムを処理コストだけの議論で評価するのであれば、当然、廃棄物の発生を抑制したケースのほうが優れている。しかしながら、未処理の廃棄物が環境に与える影響は大きく、何らかの処理処分対策をとり環境への負荷を削減することは、環境への負荷を考慮した廃棄物処理システムとして重要であると考えられる。何度も述べているように、実際に中間処理や最終処分を行うためには、現状に追加して処理コストをかけなくてはならない。また、利益追求という観点から廃棄物処理システムを評価するならば、事業として成り立つものではない。利益が見込まれる事業であれば、すでに民間企業が行っていることであり、行政として廃棄物処理を行わなければならない意義を再確認する必要があるであろう。

本研究において、廃棄物処理システムとして処理処分対策をとることの有用性を示すことができた。バンコクにおいて導入する際には、処理費用の面で解決を図るために、住民への説明、納得のもと、税金を徴収する施策であるとか、排出権に絡んで他国から援助をもらう施策であるとか、実現可能な費用面での対策を考える必要がある。現状、廃棄物処理が適正に行われていないために、環境に負荷を与え続け、生活しにくい環境を作り出していると考えられる。したがって、導入費用について解決を図り、処理処分対策をとることが必要であると考えられる。いずれにせよ、持続的な社会を形成するためには、環境に対する負荷をなるべくかけない行動が求められる。

4.9 相対コストによる評価

各シナリオについて、環境負荷量を貨幣換算化した環境コストと処理コストの総和による評価ではなく、環境コストと処理コストの相対的な評価を行う。

4.9.1 相対コストの導入

図 4.26 は相対コストのイメージを示している。環境コストと処理コストを各軸にとり、原点と各シナリオの図上の点を結んだ距離を相対コストとする。

各シナリオについて相対コストを導入することで、ベースラインシナリオと対策シナリオを比較した際に、相対コストの大小を評価するだけでなく、処理コストに対する環境コストの削減効果を評価することを目的とする。

4.9.2 各シナリオにおける相対コスト

図 4.27 および図 4.28 は、各シナリオの環境コストと処理コストの散布図と相対コストを示している。

ベースラインシナリオと比べ、すべての対策シナリオについて相対コストが小さくなることが示された。このことより、ベースラインシナリオよりも費やされた処理コストの増分について、環境負荷削減効果の費用対効果があったことがいえた。

また、図 4.27 において、各シナリオの処理コストに対する環境コストの大小を評価することができる。つまり、対策シナリオの中でも、処理コストが大きく環境コストが小さいシナリオや、処理コストが小さく環境コストが大きいシナリオに分けられ、対策シナリオの中でも分類による評価ができる。例えば、(分別、衛生) や (堆肥、衛生) など、処理コストが小さいが環境負荷が大きいシナリオであり、(焼却、衛生) や (堆肥、嫌気性)などは、処理コストが大きいが環境負荷が小さいシナリオであることがいえる。

各シナリオについて、処理コストと環境コストを相対的に評価することで、単なる総和(トータルコスト)の大小だけではなく、処理コストに対する環境負荷削減効果の費用対効果について評価を行うことができる。

4.10 環境コストに関する検討

4.8、および 4.9 では、環境コストを温暖化による被害費用と土壌浄化対策費用の総和としたが、本研究において環境負荷物質として扱った温室効果ガスと最終処分量について相関があると考えられるため、温暖化による被害費用と土壌浄化対策費用を相対的に評価した場合について考察を以下に示す。

4.10.1 環境コストについて

本研究では、環境負荷物質を温室効果ガスと最終処分量とした。一方、温室効果ガスに含まれるメタンガスと最終処分量に含まれる有機性廃棄物は相関があり、環境負荷、ならびに環境コストを温室効果ガスと最終処分量の総和によって評価した場合、環境負荷を余分に見積もって評価している可能性が考えられる。よって、それぞれの環境負荷について重み付けをし、環境コストを相対的に評価した場合について以下に示す。

4.10.2 トータルコストによる評価

図 4.29 は環境コストの評価ごとのトータルコストを示している。また、図 4.29 においては、絶対評価は環境負荷の総和を示し、相対評価は環境負荷の相対評価を示している。

環境コストを相対的に評価した場合、衛生埋立処分を選択したシナリオについて大幅なコストの減少が見られた。衛生埋立処分において土壌浄化対策費用は大きいため、温暖化による被害費用と相対的に環境コストを評価した場合、全体としてコストが減少した。また、他の処分方法を選択したシナリオについては、相対的に環境コストを評価した場合、コストのわずかな増加が見られた。温暖化による被害費用に大きな偏りが見られるため、相対的に環境コストを評価した結果、わずかな増加につながったと考えられる。

環境コストの評価によって環境コストが変わり、各シナリオのトータルコストは少なからず増減するため、対象とする環境負荷物質に対しそれぞれ重み付けを考慮し、重み付けをした環境コストを用いて各シナリオを評価することが必要である。

4.10.3 相対コストによる評価

図 4.30 および図 4.31 は、相対的に評価した環境コストと処理コストの散布図と環境コストの評価ごとの相対コストを示している。

4.10.2 と同様に環境コストを相対的に評価した場合、相対コストについても少なからず減少が見られた。また、処理コストに対する環境負荷削減効果の費用対効果は小さくなった。

環境負荷を相対的に評価した場合、環境コストが減少し、相対コストについてベースラインシナリオと対策シナリオの差異が大幅に縮小された。しかしながら、4.9.2 と同様にそれぞれのシナリオに対し、処理コストの大小、環境コストの大小という分類ができ、対策シナリオの処理コストに対する環境負荷削減効果の費用対効果について効果がある点は変わりなく示せた。

4.11 廃棄物処理システムに関する環境影響評価の課題

本研究において、定量的に評価することはできなかったが、今後、取り入れていくべき事項について考察を以下に示す。

4.11.1 環境影響物質

本研究において環境負荷物質として定量的に扱ったものは、温室効果ガスと廃棄物自体の最終処分量であるが、他にも環境影響物質は考えられ、それぞれの過程において例を次のとおり示す。例えば、収集運搬過程では、車両の走行により発生する窒素酸化物や硫黄酸化物や浮遊状粒子物などがあげられる。中間処理過程では、焼却処理施設から排出される排ガス、施設稼動騒音があげられる。最終処分場では、浸出水、悪臭、重金属など影響などがあげられる。環境影響物質は、廃棄物処理システムの中でいろいろと考えることができ、人への健康影響まで含めれば際限がない。

本研究において評価した環境負荷物質はわずか2つであり、他の環境負荷物質を考慮したならば、現状を反映したベースラインシナリオと対策シナリオの評価は大きく変わるであろう。しかしながら、4.10において示したとおり、正味の環境負荷について考慮する必要があるため、いたずらに項目数を増やしても、よい結果が得られるかどうかは不明である。できる限り環境負荷を定量的に推計し評価することは、今後、廃棄物処理システムの評価として必要なことである。一方、4.10において示したとおり、評価方法によって環境コストは異なるため、定量的にあらわすだけでなく、それぞれの環境負荷について相互作用を考えていく必要がある。

4.11.2 環境負荷物質の評価方法の検討

本研究においては、被害費用や対策費用を用いて環境負荷物質を貨幣換算化し、評価を行った。しかしながら、図 4.32 に示すとおり廃棄物自体や処理に付随して発生した環境負荷物質は、突然なくなるものではなく、自然や社会に対し長い間影響を及ぼし続けるものと考えられる。したがって、環境負荷物質は、ある点における被害費用や対策費用を用いて貨幣換算化するのではなく、環境負荷物質が影響を及ぼしている時間と環境負荷量に対し貨幣換算原単位を設定し貨幣換算化を行う必要がある。

また、廃棄物が埋め立てられる埋立地はあまり人がいないところに作られる。排ガスなどが大気圏に与える影響とちがい、廃棄物が土壌圏に与える影響は、ごく限られた場所に限定される。同様に地球温暖化は、多くの人間に影響があるとされ、多くの人間が被害をこうむることになるが、未処理の廃棄物による影響は、その地域の人間にしか被害が及ばない。しかしながら、自然にとっては、温暖化よりも未処理の廃棄物のほうが問題かもしれないし、また、限られた地域の人間にとっては、どちらが重要かは知る由もない。本研究においては、ものすごく簡便に各シナリオを評価したが、上記のように

環境への影響の時間的境界や、環境負荷による人的影響の境界など、より多くのことを考慮し評価モデルとして扱うことでできれば、よりよい廃棄物処理システムの評価を行うことができるであろう。

4.12 廃棄物処理システムの最適化に対する提案

本研究において、廃棄物処理システムの最適化を行うことはできなかったが、最適化に対する提案を以下に示す。

4.12.1 住民の意見を取り入れた最適化の検討

今回用いた被害費用などは、どの地域においても適用できるものである。しかしながら、地域によって環境問題に対する意識には差があるため、貨幣換算原単位として設定するためには、科学的見地とともに地域住民の意見を取り入れた検討を行う必要がある。

地域住民の意見を反映することができれば、各対策について、トータルコストなどの評価において明確に順位付けをすることが可能となり、廃棄物処理システムの最適化を行うことができる。

4.12.2 環境に対する負荷を重み付けした最適化の検討

今回、環境コストを総和や相対的に評価して各シナリオの評価を行ったが、それぞれの環境負荷物質について適切な重み付けはできていないため、本来の環境コストを加味することはできなかった。したがって、それぞれの環境影響について適切な重み付けをすることができれば、各対策について、トータルコストなどの評価において明確に順位付けをすることができ、廃棄物処理システムの最適化を行うことができると考えられる。

4.12.3 事業として最適化の検討

今回、単年における廃棄物量の評価を行ったが、実際に処理処分対策を導入する際には、廃棄物処理システムの事業性評価を行う必要がある。その場合、ある期間を設けて評価する必要がある、また、環境負荷を逐次的に扱う必要がある。

事業として廃棄物処理システムを評価した場合、それぞれの処理費用や環境負荷が明確化され、トータルコストなどの評価において明確に順位付けをすることができ、廃棄物処理システムの最適化を行うことができると考えられる。

第 5 章 結 論

5.1 本研究の成果

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) バンコクにおける現状の廃棄物処理システムの処理コストおよび環境負荷量を、評価モデルを用いて推計した。また、廃棄物処理に関する日本とバンコクの 1 人あたりの環境負荷量の差から、バンコクでは日本よりも非効率的に廃棄物処理が行われていることを示した。
- (2) バンコクにおける現状の廃棄物処理システムにおいて、メタンガスの排出量を推計し、廃棄物処理システムから排出される温室効果ガスの中でメタンガスの寄与が大きいことを示した。
- (3) 対策シナリオにおいて、ベースラインシナリオを基準とした環境負荷削減効果を定量的に示すことができた。その中でも中間処理として焼却処理を行う対策シナリオの環境負荷削減効果は、他のシナリオと比較した場合、とても効果があることを示した。
- (4) 貨幣換算原単位を用いて環境負荷量を貨幣換算化し、処理コストと合わせ、コストベースで各シナリオを評価することができた。また、貨幣換算した環境負荷量は、処理コストと同等の貨幣価値があることを示した。さらに、環境負荷量と処理コストという別々の単位量では、環境負荷削減効果の費用対効果をコストベースで比較、検討できなかったが、環境コストを用いることで比較、検討が行え、現状に対する対策シナリオの効果を示せた。
- (5) 現状よりも対策シナリオのほうが廃棄物処理システムとして優れていることを示し、対策シナリオの中では、最終処分方法として埋立地を整備することの効果は大きく、また、中間処理方法としてそれぞれに効果があることを示せた。
- (6) 国家政策に従い排出量を削減した場合のベースラインシナリオと対策シナリオをコストベースで比較、評価することができた。また、単なる処理コストの議論だけではなく、排出量を減らすことでの処理コストの削減効果と対策をとることでの環境負荷削減効果をコストベースで比較、検討を行うことができ、対策シナリオの有用性を示した。
- (7) 処理コストと環境コストを用い廃棄物処理システムの評価方法としてトータルコストや相対コストによる評価を示した。また、相対コストにおいて、同じ値でも採択者の思惑によって対策シナリオを選択できることを示した。

- (8) 今後、バンコクにおける廃棄物処理システムの評価方法として、他の環境影響物質も評価指標に加え、時間的、空間的に貨幣換算原単位を設定することで、より高度な廃棄物処理システムの評価を行うことができること、また、貨幣換算原単位の設定にさまざまな見地を用いることで、廃棄物処理システムの最適化を行うことができるという提案を示した。

5.2 本研究の課題

研究を文献調査によってのみ進めるしかなかったため、一部バンコクに即した値を用いることができなかった。また、現地においてデータを採取していないため、本当に現状に即した評価を行えたのか疑問が残るところである。

現地で中間処理や最終処分を実際に行う場合、用いられる技術は1通りではないと考えられる。また、焼却処理を行う際にも、今回、詳しく触れなかった排ガス処理施設などさまざまな事項について考慮する必要がある、評価モデルにおいてより細かいデータを加え、推計する必要がある。加えて、それぞれの過程においてより詳しい調査や研究を行い、それぞれの環境に対する影響を定量的に評価することができれば、廃棄物処理システムの評価として、さらにより評価が行えるだろう。

今回、被害費用や対策費用を用いて廃棄物処理システムの評価を行ったが、環境負荷物質の貨幣換算化には、さまざまな手法が考えられ、採用される値によって推計結果は大きく異なるであろう。具体的には、環境負荷物質の時間経過による影響をすべて加味する方法、また、環境負荷物質が影響を及ぼす境界について加味する方法などである。廃棄物処理システムに関わる環境負荷物質が及ぼす影響のとらえ方、評価の仕方によって、コストベースでの評価にも影響を及ぼすはずである。

さらに、本研究では、単年に排出された廃棄物の環境影響を評価したが、本来、廃棄物処理は長年行われるものであるため、より長い期間において評価を行うこと、また、環境への影響をある期間の中で逐次的に評価してやる必要があると考えられる。

最後に、環境影響を考慮する必要性を提示できたことは、本研究における最大の収穫ではないだろうか。

参考文献

- 1) 田中 勝: 新・廃棄物学入門, 中央法規, 2005.
- 2) 独立行政法人 国際協力機構(JICA): 開発途上国廃棄物分野のキャパシティ・デベロップメント支援のために, 2005.
- 3) 日本貿易振興機構(JETRO): アジア各国における産業廃棄物・リサイクル政策情報提供事業報告書, 2007.
- 4) 経済産業省: アジア各国におけるリサイクルに係る状況, 2004.
- 5) Pollution Control Department: state of Thailand Pollution 2005, 2005.
- 6) 天野耕二、曾和朋弘: 中間処理方法の組み合わせに着目した一般廃棄物処理システムの包括的評価, 土木学会論文集 G, Vol.63, No.4, pp.391-402, 2007.
- 7) 株式会社 大林組: タイにおける廃棄物メタン利用事業に関するプロジェクト設計書作成調査 報告書, 2004.
- 8) 北海道電力(株): タイ東部沿海地域工業団地バイオマス利用コジェネレーション事業調査 報告書, 2004.
- 9) 松藤敏彦: 都市ごみ処理システムの分析・計画・評価-マテリアルフロー・LCA 評価プログラム-, 技法堂出版, 2005.
- 10) 独立行政法人 国立環境研究所: 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 2008.
- 11) 森泉由恵、本藤祐樹: タイの産業連関表を用いた CO₂ 原単位の推計, エネルギー・資源, 29(4), 2008.
- 12) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針, 2004.
- 13) 天野耕二、宮川征樹: 産業廃棄物の再資源化・有効利用による環境負荷量削減ポテンシャルの評価, 土木学会論文集 G, Vol.64, No.1, pp.26-45, 2008.
- 14) 環境産業新聞社: 日本の最終処分場, 2004.
- 15) 前出 13)
- 16) 前出 14)
- 17) UNEP: the Bangkok state environment report 2003, 2003.
- 18) S.Muttamara and Shing Tet Leong、Chairat Somboonjaroensri and Wicha Wongpradit: The Evolution of Solid Waste Management in Bangkok, Thammasat Int. J. Sc. Tech., Vol.9, No.1, 2004.

- 19) 独立行政法人 国際協力機構(JICA): タイ国バンコク首都圏及び周辺における産業廃棄物管理マスタープラン調査, 2002.
- 20) 前出 5)
- 21) 財団法人 地球環境戦略研究機関: アジア太平洋の未来戦略 気候政策と持続可能な開発の融合を目指して, 2008.
- 22) 佐々木創: バンコクにおける一般廃棄物管理の現状と課題-レジーム・アクター分析を応用して-, タイ研究, 第4号, pp.21-39, 2004.
- 23) Ministry of Science, Technology and Environment, Bangkok: Thailand's Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2000
- 24) 前出 12)
- 25) 環境省, 報道発表資料: 「低コスト・低負荷型土壌汚染調査対策技術検討調査及びダイオキシン類汚染土壌浄化技術等確立調査」対象技術の評価結果等について

謝 辞

本論文を締めくくるにあたって、本研究にご協力していただいた方々、またお世話になった方々に、感謝の言葉を述べたいと思います。

主査を務めてくださいました京都大学大学院工学研究科・教授・大津宏康先生には、研究室に配属された時から多分に目をかけていただき、大変ありがとうございました。ごくわずかな期間ではありましたが、多くのことを教えていただき、研究や学業においてさまざまなアドバイスをしていただいたことに深く感謝の意を表します。先生から学んだことを忘れず、これから社会人として一步一步歩んでいきたいと思っています。本当にお世話になりました。

京都大学大学院工学研究科・准教授・勝見武先生には、副査を務めていただき、ありがとうございました。審査の際には、わかりやすく的確にご指導をしていただき、とても感謝しております。

京都大学大学院工学研究科・助教・稲積真哉先生には、研究について全面的なご指導をしていただき、大変ありがとうございました。また、研究以外についても目をかけていただき、研究者としてさまざまなことを学ぶことができました。ここで深く感謝の意を心より申し上げます。

研究生活にて生じたさまざまな問題の解決に多方面からサポートしてくださった京都大学工学研究科大津研究室の学生の皆様に深く感謝を申し上げます。本当にありがとうございました。

最後になりましたが、学生生活をさまざまな面で支えてくれた家族、また、学生生活を豊かなものにしてくれた皆様に感謝いたします。大津研究室の一員として日々すごせたことをとても感謝しております。本当にありがとうございました。

付録 1

収集運搬過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【廃棄物の収集】

(1) 収集車両の必要台数や年間走行距離を推計するために、収集日 1 日当たりの収集回数や収集作業時間を求める。

収集地点数を対象地域内の人口と収集地点当たりの人口を用いて表す。

$$N_s = P / a_{101}$$

ここで N_s :収集地点数 [個]、 P :対象地域内人口 [人]、 a_{101} :収集地点当たりの人口 [人/個]である。

収集日 1 日当たりの収集量を年間総排出量と収集頻度を用いて表す。

$$w_s = \{(6/f)+1\}W/(6/f)、W = Q/365$$

ここで、 w_s :収集日 1 日当たりの収集量 [ton/day]、 W :1 日平均排出量 [ton/day]、 Q :年間総排出量 [ton/year]、 f :収集頻度 [1/week]である。

収集日 1 日に収集すべき収集地点数を収集地点数と収集頻度を用いて表す。

$$n_s = N_s / (6/f)$$

ここで、 n_s :収集日 1 日に収集すべき収集地点数 [個]である。

収集日 1 日当たりの収集回数を収集量の体積と収集車両の荷箱容積により求める。

$$\lambda_s = \text{round}(w_s / \rho_s / V_s)$$

ここで、 λ_s :収集日 1 日当たりの収集回数 [回/day]、 ρ_s :廃棄物のかさ密度 [ton/m³]、 V_s :収集車両の荷箱容積 [m³]である。

収集日 1 日当たりの収集作業時間を収集現場から基地施設までの輸送時間、収集現場と基地施設での積み込み、積み下ろしの時間、および収集地点間の移動時間からなると

し、それぞれ求め足し合わせる。

$$t_s = t_1 + t_2 + t_3, \quad t_1 = (2L_s / s_H) \lambda_s, \quad t_2 = a_{102} w_s + a_{103} \lambda_s, \quad t_3 = d_s n_s / s_m$$

ここで、 t_s :収集日 1 日当たりの収集作業時間 [hour/day]、 t_1 :収集現場から基地施設までの輸送時間 [hour/day]、 t_2 :収集現場と基地施設での積み込み、積み下ろしの時間 [hour/day]、 t_3 :収集地点間の移動時間 [hour/day]、 L_s :収集現場から基地施設までの距離 [km]、 s_H :輸送速度 [km/hour]、 a_{102} :単位重量のごみを収集するのに必要な時間 [hour/ton]、 a_{103} :基地施設での作業時間 [hour/回]、 d_s :収集地点間距離 [km]、 s_m :収集地点間の移動速度 [km/hour]である。

以上より、収集車両必要台数と年間走行距離を以下のように求める。

$$F_s = \text{round}(t_s / t_d)$$

$$D_s = 2L_s B(a_{111} / 6) + d_s n_s a_{111}, \quad B = \lambda_s \{1 + (f - 1)(6 / f) / \{(6 / f) + 1\}\} (6 / f)$$

ここで、 F_s :収集車両必要台数 [台]、 t_d :収集日 1 日作業時間 [(hour/day)/台]、 D_s :収集車両年間走行距離 [km/year]、 B :1 週間当たりの走行距離 [km/week]、 a_{111} :年間収集作業日数 [day/year]である。

(2) 対象地域内の廃棄物の収集に必要な人員を収集車両の運転人員と収集作業人員からなるとし、それぞれ収集車両台数から推計する。

$$N_p = N_{PS} + N_{PD}, \quad N_{PS} = \text{round}\{a_{104} F_s (1 + a_{105})\}, \quad N_{PD} = \text{round}\{F_s (1 + a_{105})\}$$

ここで、 N_p :対象地域内の廃棄物の収集に必要な人員 [人]、 N_{PS} :収集作業人員 [人]、 N_{PD} :収集車両の運転人員 [人]、 a_{104} :収集車両 1 台当たりの収集人員 [人/台]、 a_{105} :予備人員率である。

運搬車両の燃料使用量を年間走行距離より推計する。

$$U_o = a_{106} D_s$$

ここで、 U_o :収集車両の燃料使用量 [L/year]、 a_{106} :収集車両の燃料消費量 [L/km]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、車両購入費からなるとし、耐用年数で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。

$$C_I = C_B, \quad C_B = (1 + a_{107})\Psi_8 F_S (1 + a_{108}) / a_{109}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_B :車両購入費 [円/year]、 a_{107} :収集車両の積載量による購入費の付加係数 [year]、 Ψ_8 :収集車両価格 [円]、 a_{108} :予備車率、 a_{109} :収集車両の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、燃料費、および整備補修費からなるとし、それぞれ価格原単位をかけることで推計する。

$$C_R = C_P + C_O + C_M$$
$$C_P = \Psi_0 (N_{PS} + N_{PD}), \quad C_O = \Psi_3 U_O, \quad C_M = a_{110} F_S (1 + a_{108})$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 a_{110} :収集車両1台当たりの整備補修費 [(円/year)/台]である。

(4) 廃棄物の収集過程で排出される温室効果ガスは二酸化炭素のみとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I, \quad G_D = \theta_3 U_O, \quad G_I = \theta_6 C_M + \theta_9 C_B$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_9 :車両購入費排出原単位 [kg-CO₂/円]である。

付録 2

収集運搬過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【基地施設から埋立地までの運搬】

(1) 運搬車両の必要台数や年間走行距離を推計するために、搬出日 1 日当たりの輸送回数や輸送時間を求める。

搬出日 1 日当たりの搬出量を年間総搬出量と年間搬出作業日数を用いて表す。

$$w_T = a_{201} Q_T / a_{214}$$

ここで、 w_T :搬出日 1 日当たりの搬出量 [ton/day]、 a_{201} :最大月変動係数、 Q_T :年間総排出量 [ton/year]、 a_{214} :年間搬出作業日数 [day/year]である。

搬出日 1 日当たりの輸送回数を搬出量の体積と運搬車両の荷箱容積を用いて表す。

$$\lambda_T = \text{round}\{(w_T / \rho_T) / a_{202} V_T\}$$

ここで、 λ_T :搬出日 1 日当たりの輸送回数 [1/day]、 ρ_T :かさ密度 [ton/m³]、 a_{202} :運搬車内の圧縮率、 V_T :荷箱容積 [m³]である。

搬出日 1 日当たりの輸送時間を基地施設から埋立地までの運搬時間と基地施設や埋立地での積み込み、積み下ろしの時間にわけて求める。

$$t_T = t_1 + t_2, \quad t_1 = (2L_T / s_T) \lambda_T, \quad t_2 = a_{203} \lambda_T$$

ここで t_T :搬出日 1 日当たりの必要作業時間 [hour]、 t_1 :基地施設から埋立地までの運搬時間 [hour]、 t_2 :基地施設や埋立地での積み込み、積み下ろしの時間 [hour]、 L_T :基地施設から埋立地までの距離[km]、 s_T :運搬車両の輸送速度[km/hour]、 a_{203} :1 回当たりの積み込み、積み下ろし時間[hour/回]である。

以上より、運搬車両必要台数と年間走行距離を以下のように求める。

$$F_T = \text{round}(t_T / t_d), \quad D_T = 2L_T \lambda_T a_{214}$$

ここで F_T :運搬車両必要台数 [台]、 D_T :年間走行距離 [km/year]、 t_d :搬出日 1 日作業時間 [hour]である。

(2) 基地施設の稼働施設規模を搬出日 1 日当たりの搬出量を用いて表す。

$$S = w_T / a_{214}$$

ここで、 S :基地施設の稼働施設規模 [ton/day]である。

基地施設から埋立地までの運搬に必要な人員を運搬車両の運転人員と基地施設の作業人員からなるとし、それぞれ運搬車両台数より推計する。

$$N_P = N_{PD} + N_{PT}, \quad N_{PD} = \text{round}\{F_T(1 + a_{204})\}, \quad N_{PT} = N_{PT0} + \text{round}\{a_{205}S - 1\}$$

ここで、 N_P :基地施設から埋立地までの運搬に必要な人員 [人]、 N_{PD} :運搬車両の運転人員 [人]、 N_{PT} :基地施設の作業人員 [人]、 a_{204} :予備人員率、 N_{PT0} :基地施設の基本人員 [人]、 a_{205} :基地施設の施設規模当たりの追加人員 [人/(ton/day)]である。

基地施設の電気使用量を稼働施設規模より推計する。

$$U_E = a_{206}S$$

ここで、 U_E :基地施設の電気使用量 [kWh/year]、 a_{206} :基地施設の規模当たりの電気使用量 [kWh/{(ton/day)year}]である。

運搬車両の燃料使用量を年間走行距離より推計する。

$$U_O = a_{207}D_T$$

ここで、 U_O :運搬車両の燃料使用量 [L/year]、 a_{207} :運搬車両の燃料消費量 [L/km]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、車両購入費と基地施設の建設費用からなるとし、それぞれ耐用年数で割った値を 1 年当たりの初期コストとして推計する。また、建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考え、0.7 乗則に従うとしている。

$$C_I = C_B + C_T, \quad C_B = (1 + a_{208})\Psi_9 F_T (1 + a_{209}) / a_{210}, \quad C_T = C_{T0} (S / S_{T0})^{0.7} / a_{211}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_B :車両購入費 [円/year]、 C_T :基地施設の建設費[円/year]、 a_{208} :運搬車両の積載量による購入費の付加係数 [year]、 Ψ_9 :運搬車両価格 [円]、 a_{209} :予備車率、 a_{210} :運搬車両の耐用年数 [year]、 C_{T0} :基地施設の基準建設費 [円]、 S_{T0} :基準とする稼働施設規模 [ton/day]、 a_{211} :基地施設の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、電力費、燃料費、および整備補修費からなるとし、それぞれ価格原単位をかけることで推計する。

$$C_R = C_P + C_E + C_O + C_M$$

$$C_P = \Psi_0 (N_{PD} + N_{PT}), \quad C_E = \Psi_1 U_E, \quad C_O = \Psi_3 U_O, \quad C_M = a_{212} F_T (1 + a_{209}) + a_{213} a_{211} C_T$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_E :電力費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_1 :電力費単価 [(円/year)/kWh]、 Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 a_{212} :運搬車両 1 台当たりの整備補修費 [(円/year)/台]、 a_{213} :基地施設の建設費に対する整備補修費の割合 [1/year]である。

(4) 基地施設から埋立地までの運搬過程で排出される温室効果ガスは二酸化炭素のみとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、電力消費と燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、施設建設や整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I, \quad G_D = \theta_1 U_E + \theta_3 U_O, \quad G_I = \theta_5 C_T + \theta_6 C_M + \theta_9 C_B$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_1 :電力消費排出原単位 [kg-CO₂/kWh]、 θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_5 :建設費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_9 :車両購入費排出原単位 [kg-CO₂/円]である。

付録 3

中間処理過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【資源分別】

- (1) 資源分別施設の稼働施設規模を年間施設搬入量と年間稼働日数を用いて表す。

$$S = b_{101}Q / b_{102}$$

ここで、 S :稼働施設規模 [ton/day]、 b_{101} :最大月変動係数、 Q :年間施設搬入量 [ton/year]、 b_{102} :年間稼働日数 [day/year]である。

回収する有価物ごとに回収率をもうけ、有価物の回収量と選別残渣量を求める。

$$Q_B = Q_P + Q_{PT} + Q_G + Q_M, \quad Q_P = r_P q_P, \quad Q_{PT} = r_{PT} q_{PT}, \quad Q_G = r_G q_G, \quad Q_M = r_M q_M$$

ここで、 Q_B :有価物の回収量 [ton/year]、 (Q_P, Q_{PT}, Q_G, Q_M) :(紙類,ガラス類,プラスチック類,鉄類)の回収量 [ton/year]、 (r_P, r_{PT}, r_G, r_M) :(紙類,ガラス類,プラスチック類,鉄類)の回収率、 (q_P, q_{PT}, q_G, q_M) :(紙類,ガラス類,プラスチック類,鉄類)の年間搬入量 [ton/year]である。

- (2) 資源分別施設運転に必要な人員を基準人員と稼働施設規模から推計する。

$$N_P = \text{round}(N_{P0} + b_{103}S)$$

ここで、 N_P :施設運転に必要な人員 [人]、 N_{P0} :基準人員 [人]、 b_{103} :施設規模当たりの手選別人員 [人/(ton/day)]である。

資源分別施設の電気使用量を年間施設搬入量より推計する。

$$U_E = b_{104}Q$$

ここで、 U_E :資源分別施設の電気使用量 [kWh/year]、 b_{104} :搬入量当たりの電気使用量

[kWh/ton]である。

資源分別施設の燃料使用量を年間施設搬入量より推計する。

$$U_o = b_{105}Q$$

ここで、 U_o :資源分別施設の燃料使用量 [L/year]、 b_{105} :搬入量当たりの燃料使用量 [L/ton]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、資源分別施設の建設費用からなるとし、耐用年数で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。また、建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考え、0.7乗則に従うとしている。

$$C_I = C_C, \quad C_C = C_{C0}(S/S_{C0})^{0.7}/b_{106}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_C :資源分別施設の建設費[円/year]、 C_{C0} :資源分別施設の基準建設費 [円]、 S_{C0} :基準とする稼動施設規模 [ton/day]、 b_{106} :資源分別施設の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、電力費、燃料費、および整備補修費からなるとし、それぞれ価格原単位をかけることで推計する。

$$C_R = C_P + C_E + C_O + C_M$$
$$C_P = \Psi_0 N_P, \quad C_E = \Psi_1 U_E, \quad C_O = \Psi_3 U_o, \quad C_M = b_{107} b_{106} C_C$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_E :電力費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_1 :電力費単価 [(円/year)/kWh]、 Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 b_{107} :資源分別施設の建設費に対する整備補修費の割合 [1/year]である。

また、有価物の売却益を回収量にそれぞれ売却単価をかけて推計する。

$$C_B = \Phi_1 Q_P + \Phi_2 Q_{PT} + \Phi_3 Q_G + \Phi_4 Q_M$$

ここで、 C_B :有価物の売却益 [円/year]、 $(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4)$:(紙類,ガラス類,プラスチック類,鉄類)の売却単価 [円/ton]である。

(4) 資源分別過程で排出される温室効果ガスは二酸化炭素のみとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、電力消費と燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、施設建設や整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I, \quad G_D = \theta_1 U_E + \theta_3 U_O, \quad G_I = \theta_5 C_C + \theta_6 C_M$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_1 :電力消費排出原単位 [kg-CO₂/kWh]、 θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_5 :建設費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]である。

また、有価物の回収による二酸化炭素排出削減量を有価物の回収量にそれぞれ二酸化炭素排出削減原単位をかけて推計する。

$$G_B = \varphi_1 Q_P + \varphi_2 Q_{PT} + \varphi_3 Q_G + \varphi_4 Q_M$$

ここで、 G_B :二酸化炭素排出削減量 [kg-CO₂/year]、 $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)$:(紙類, ガラス類, プラスチック類, 鉄類)の二酸化炭素排出削減量原単位 [kg-CO₂/ton]である。

付録 4

中間処理過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【堆肥処理】

(1) 堆肥に適さない不適物に対し除去率をもうけ、堆肥に適した廃棄物量とそうでない不適物量を求める。

$$Q = Q_S + Q_W, \quad Q_S = \sum q_S = \sum (1 - r_W)q, \quad Q_W = \sum q_W = \sum r_W q$$

ここで、 Q :年間搬入量 [ton/year]、 Q_S :堆肥に適した廃棄物量 [ton/year]、 Q_W :不適物量 [ton/year]、 q_S :組成ごとの適合廃棄物量 [ton/year]、 r_W :組成ごとの不適物除去率、 q :組成ごとの搬入量 [ton/year]、 q_W :組成ごとの不適物量 [ton/year]である。

堆肥に適した原料の含水率、C(炭素)/N(窒素)比は、それぞれ 60%程度、30%程度が適当とされている。したがって、選別した廃棄物の含水率や C/N 比が目標値に満たない場合には副資材を加えて調整する必要がある。

副資材が必要な場合の条件は含水率と C/N 比について以下のとおりである。

$$Q_A \geq (\varepsilon_{W_S} - b_{201})Q_S / (b_{201} - \varepsilon_{W_A}), \quad Q_A \geq (\varepsilon_{C_S} - b_{202}\varepsilon_{N_S})Q_S / (b_{202}\varepsilon_{N_A} - \varepsilon_{C_A})$$

ここで、 Q_A :必要な副資材量 [ton/year]、 ε_{W_S} :選別後の廃棄物の含水率、 ε_{W_A} :副資材の含水率、 b_{201} :含水率の目標値、 ε_{C_S} :選別後の廃棄物の炭素含有率、 ε_{N_S} :選別後の廃棄物の窒素含有率、 b_{202} :C/N 比の目標値、 ε_{N_A} :副資材の窒素含有率、 ε_{C_A} :副資材の炭素含有率である。

堆肥生産量を選別した廃棄物量と副資材量にそれぞれ堆肥化収率をかけて求める。

$$Q_B = Q_C + Q_{BA}, \quad Q_C = \sum q_S (1 - \varepsilon_W) r_B / (1 - b_{203}), \quad Q_{BA} = Q_A (1 - \varepsilon_{W_A}) r_A / (1 - b_{203})$$

ここで、 Q_B :堆肥生産量 [ton/year]、 Q_C :選別した廃棄物からの生産量 [ton/year]、 Q_{BA} :副資材からの生産量 [ton/year]、 ε_W :組成ごとの含水率、 r_B :組成ごとの堆肥化収率、 b_{203} :堆肥の含水率、 r_A :副資材の堆肥化収率である。

堆肥処理施設の稼働施設規模を選別廃棄物量、副資材量、および年間稼働日数を用いて表す。

$$S = b_{204} (Q_S + Q_A) / b_{205}$$

ここで、 S :稼働施設規模 [ton/day]、 b_{204} :最大月変動係数、 b_{205} :年間稼働日数 [day/year]である。

(2) 堆肥処理施設運転に必要な人員を基準人員と稼働施設規模から推計する。

$$N_P = \text{round}(N_{P0} + b_{206} S)$$

ここで、 N_P :施設運転に必要な人員 [人]、 N_{P0} :基準人員 [人]、 b_{206} :施設規模当たりの手選別人員 [人/(ton/day)]である。

堆肥処理施設の電気使用量を年間施設搬入量より推計する。

$$U_E = b_{207} (Q + Q_A)$$

ここで、 U_E :堆肥処理施設の電気使用量 [kWh/year]、 b_{207} :搬入量当たりの電気使用量 [kWh/ton]である。

堆肥処理施設の燃料使用量を年間施設搬入量より推計する。

$$U_O = b_{208} (Q + Q_A)$$

ここで、 U_O :堆肥処理施設の燃料使用量 [L/year]、 b_{208} :搬入量当たりの燃料使用量 [L/ton]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、堆肥処理施設の建設費用からなるとし、耐用年数で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。また、建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考え、0.7乗則に従うとしている。

$$C_I = C_C, \quad C_C = C_{C0}(S/S_{C0})^{0.7}/b_{209}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_C :堆肥処理施設の建設費[円/year]、 C_{C0} :堆肥処理施設の基準建設費 [円]、 S_{C0} :基準とする稼動施設規模 [ton/day]、 b_{209} :堆肥処理施設の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、電力費、燃料費、整備補修費、および副資材購入費からなるとし、それぞれ価格原単位をかけて推計する。

$$C_R = C_P + C_E + C_O + C_M + C_A$$

$$C_P = \Psi_0 N_P, \quad C_E = \Psi_1 U_E, \quad C_O = \Psi_3 U_O, \quad C_M = b_{210} b_{209} C_C, \quad C_A = b_{211} Q_A$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_E :電力費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 C_A :副資材購入費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_1 :電力費単価 [(円/year)/kWh]、 Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 b_{210} :堆肥処理施設の建設費に対する整備補修費の割合 [1/year]、 b_{211} :副資材単価 [円/ton]である。

(4) 堆肥処理過程で排出される温室効果ガスは二酸化炭素、メタンガス、および亜酸化窒素とする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、電力消費と燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、施設建設や整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I, \quad G_D = \theta_1 U_E + \theta_3 U_O, \quad G_I = \theta_5 C_C + \theta_6 C_M$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_1 :電力消費排出原単位 [kg-CO₂/kWh]、 θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_5 :建設費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]である。

メタンガスの排出量は、堆肥処理を行う生分解性廃棄物量にそれぞれ堆肥処理にともなうメタンガス排出原単位をかけて推計する。

$$G_{CH_4} = \sum q_s \sigma_{CH_4}$$

ここで、 G_{CH_4} :メタンガス排出量 [kg-CH₄/year]、 σ_{CH_4} :堆肥処理にともなうメタンガス排出原単位 [kg-CH₄/ton]である。

亜酸化窒素の排出量は、堆肥処理を行う生分解性廃棄物量にそれぞれ堆肥処理にともなう亜酸化窒素排出原単位をかけて推計する。

$$G_{N_2O} = \sum q_s \sigma_{N_2O}$$

ここで、 G_{N_2O} :亜酸化窒素排出量 [kg-N₂O/year]、 σ_{N_2O} :堆肥処理にともなう亜酸化窒素排出原単位 [kg-N₂O/ton]である。

付録 5

中間処理過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【焼却処理】

(1) 焼却処理施設の稼働施設規模を炉数、年間施設搬入量、月変動係数、施設の稼働率、および年間稼働日数を用いて表す。

$$S = nb_{301}(Q/b_{302})/b_{303}(n-1)、Q = \sum q$$

ここで、 S :稼働施設規模 [ton/day]、 n :炉数、 b_{301} :月変動係数、 Q :年間施設搬入量 [ton/year]、 b_{302} :年間稼働日数 [day/year]、 b_{303} :施設の稼働率、 q :組成ごとの廃棄物搬入量 [ton/year]である。

排ガス処理設備の推計のために必要なガス量を以下のように求める。

理論空気量を搬入廃棄物の量と組成から求める。各係数については焼却施設構造指針に示されている値を参考に用いる。

$$L_0 = \{8.89 \sum q\varepsilon_C + 26.7(\sum q\varepsilon_H - \sum q\varepsilon_O/8)\}$$

ここで、 L_0 :理論空気量 [$\text{m}^3\text{N/kg}$]、 ε_C :組成ごとの炭素含有率、 ε_H :組成ごとの水素含有率、 ε_O :組成ごとの酸素含有率である。

湿り燃焼ガス量、乾き燃焼ガス量についても同様に求める。

$$V_W = (1.867 \sum q\varepsilon_C + 11.2 \sum q\varepsilon_H + 1.244 \sum q\varepsilon_W + 0.8 \sum q\varepsilon_N) + (\lambda - 0.21)L_0$$

$$V_D = (1.867 \sum q\varepsilon_C + 0.8 \sum q\varepsilon_N) + (\lambda - 0.21)L_0$$

ここで、 V_W :湿り燃焼ガス量 [$\text{m}^3\text{N/kg}$]、 V_D :乾き燃焼ガス量 [$\text{m}^3\text{N/kg}$]、 ε_W :組成ごとの含水率、 ε_N :組成ごとの窒素含有率、 λ :空気量である。

以上より、燃焼ガス中の塩酸濃度を以下のように推計する。

$$D_{HCL} = 22.4b_{304} \sum q\varepsilon_{Cl} / b_{305} V_D$$

ここで、 D_{HCL} :燃焼ガス中の塩酸濃度、 b_{304} :燃焼ガス冷却部通過後の塩酸濃度残存割合、 ε_{Cl} :組成ごとの揮発性塩素含有率、 b_{305} :塩素の分子量 [kg/kmol]である。

焼却残渣量を年間搬入量と組成ごとの灰分より求める。

$$Q_W = \sum q\varepsilon_A / (1 - b_{306})$$

ここで、 Q_W :焼却残渣量 [ton/year]、 A :組成ごとの灰分含有率、 b_{306} :強熱減量である。
集塵灰と焼却灰の発生量を焼却残渣量と排ガス処理に使用する消石灰量から求める。

$$Q_{wf} = r_f Q_W + Q_{Ca}, \quad Q_{wb} = (1 - r_f) Q_W, \quad Q_{Ca} = \{(b_{307} - r_H) X_{HCL} (b_{308} / 2) + r_H X_{HCL} (b_{309} / 2)\}$$

$$X_{HCL} = V_D \times 10^{-3} \times D_{HCL} / 22.4$$

ここで、 Q_{wf} :集塵灰量 [ton/year]、 Q_{Ca} :消石灰量 [ton/year]、 Q_{wb} :焼却灰量[ton/year]、 r_f :
焼却残渣中の集塵灰の割合、 b_{307} :Ca/Cl の等量比、 r_H :HCl 除去率、 X_{HCL} :排ガス中の塩
酸量 [kmol/year]、 b_{308} :消石灰の分子量 [kg/kmol]、 b_{309} :塩化カルシウムの分子量
[kg/kmol]である。
集塵灰と焼却灰の処分量を発生量から推計する。

$$Q_f = b_{310} Q_{wf}, \quad Q_b = Q_{wb} / (1 - b_{311})$$

ここで、 Q_f :集塵灰処分量 [ton/year]、 b_{310} :処理方法別重量変化割合、 Q_b :焼却灰処分量
[ton/year]、 b_{311} :焼却灰の搬出時含水率である。

(2) 焼却処理施設運転に必要な人員を基準人員と稼働施設規模から推計する。

$$N_p = \text{round}(N_{p0} + b_{312}n + b_{313}S)$$

ここで、 N_p :施設運転に必要な人員 [人]、 N_{p0} :基準人員 [人]、 b_{312} :1 炉当たりの運転人員の追加 [人/炉]、 b_{313} :施設規模当たりの人員の追加 [人/(ton/day)]である。

焼却処理施設の電気使用量は場内発電によりまかなわれるとする。

$$U_E = 0$$

ここで、 U_E :焼却処理施設の電気使用量 [kWh/year]である。

焼却処理施設の燃料使用量を集塵灰発生量より推計する。

$$U_O = b_{314}Q_{wf}$$

ここで、 U_O :焼却処理施設の燃料使用量 [L/year]、 b_{314} :単位重量の灰の燃料式熔融固化に必要な重油量 [L/ton]である。

焼却施設の薬剤使用量を消石灰使用量より推計する。

$$U_H = U_{Ca}, \quad U_{Ca} = X_{HCL} (b_{308} / 2) b_{307} \times 10^{-3}$$

ここで U_H :焼却処理施設の薬剤使用量 [ton/year]、 U_{Ca} :消石灰使用量 [ton/year]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、焼却処理施設の建設費用からなるとし、耐用年数で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。また、建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考え、0.7乗則に従うとしている。

$$C_I = C_C, \quad C_C = \{1 + b_{315}(V_W / V_{W0})\} C_{C0} (S / S_{C0})^{0.7} / b_{316}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_C :焼却処理施設の建設費[円/year]、 C_{C0} :焼却処理施設の基準建設費 [円]、 b_{315} :建設費におけるガス処理設備が占める割合、 V_{W0} :基準とす

る湿りガス発生量 $[m^3N/kg]$ 、 S_{C0} :基準とする稼働施設規模 $[ton/day]$ 、 b_{316} :焼却処理施設の耐用年数 $[year]$ である。

運転コストは、人件費、燃料費、整備補修費、および薬品費からなるとし、それぞれ価格原単位をかけて推計する。

$$C_R = C_P + C_O + C_M + C_H$$

$$C_P = \Psi_0 N_P、C_O = \Psi_3 U_O、C_M = b_{317} b_{316} C_C、C_H = \Psi_{10} U_{Ca}$$

ここで C_R :運転コスト $[円/year]$ 、 C_P :人件費 $[円/year]$ 、 C_O :燃料費 $[円/year]$ 、 C_M :整備補修費 $[円/year]$ 、 C_H :薬品費 $[円/year]$ 、 Ψ_0 :人件費単価 $[(円/year)/人]$ 、 Ψ_3 :燃料費単価 $[(円/year)/L]$ 、 b_{317} :焼却処理施設の建設費に対する整備補修費の割合 $[1/year]$ 、 Ψ_{10} :消石灰単価 $[円/ton]$ である。

(4) 焼却処理過程で排出される温室効果ガスは二酸化炭素のみとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、燃料消費と廃棄物の燃焼によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、施設建設や整備補修などにもともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I、G_D = (1 - b_{306})(44/12) \sum q_{nc} \varepsilon_C \times 1000 + \theta_3 U_O、G_I = \theta_5 C_C + \theta_6 C_M + \theta_{10} U_{Ca}$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 $[kg-CO_2/year]$ 、 G_D :直接排出量 $[kg-CO_2/year]$ 、 G_I :間接排出量 $[kg-CO_2/year]$ 、 q_{nc} :バイオマス由来以外の廃棄物量 $[ton/year]$ 、 θ_3 :燃料消費排出原単位 $[kg-CO_2/L]$ 、 θ_5 :建設費排出原単位 $[kg-CO_2/円]$ 、 θ_6 :整備補修費排出原単位 $[kg-CO_2/円]$ 、 θ_{10} :薬品使用量排出原単位 $[kg-CO_2/ton]$ である。

付録 6

最終処分過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【衛生埋立処分】

(1) 埋立処分される廃棄物と覆土の容積を搬入廃棄物量とかさ密度を用いて表す。

$$V = \sum q / \rho \mu, \quad V_C = c_{101} V$$

ここで、 V :埋立廃棄物容積 [m^3/year]、 V_C :覆土容積 [m^3/year]、 q :搬入廃棄物量 [ton/year]、 ρ :運搬時のかさ密度 [ton/m^3]、 μ :組成ごとの埋立処分による圧縮係数、 c_{101} :廃棄物に対する覆土の割合である。

埋立地の使用期間を埋立地面積と埋立廃棄物容積を用いてあらわす。

$$T = A_L c_{102} / (V + V_C)$$

ここで、 T :埋立地の使用期間 [year]、 A_L :計画埋立地面積 [m^2]、 c_{102} :平均埋立深さ [m]である。

最終処分場面積を計画埋立地面積と有効利用率を用いて表す。

$$A = A_L / c_{103}$$

ここで、 A :最終処分場面積 [m^2]、 c_{103} :最終処分場の有効利用率である。

(2) 埋立処分に必要な人員を搬入廃棄物量から推計する。

$$N_p = \text{round}\{c_{104}(Q/Q_0)^{0.7}\}, \quad Q = \sum q$$

ここで、 N_p :埋立処分に必要な人員 [人]、 Q_0 :基準とする廃棄物量 [ton/year]、 c_{104} :基準埋立量当たりの人員 [人]である。

埋立処分に必要な作業車の台数を搬入廃棄物量から推計する。

$$M = \text{round}(Q/c_{105})$$

ここで、 M :作業車台数 [台]、 c_{105} :作業車の作業能力 [(ton/year)/台]である。

埋立処分の燃料使用量を搬入廃棄物量より推計する。

$$U_o = c_{106}Q$$

ここで、 U_o :埋立処分の燃料使用量 [L/year]、 c_{106} :搬入量当たりの燃料使用量 [L/ton]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、埋立地の建設費用、最終覆土工事費用、および作業車購入費からなり、それぞれ埋立地使用期間で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。また、埋立地の建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考えるが、その値は小さいとする。

$$C_I = C_C + C_F + C_B, \quad C_C = C_{C0}(A_L/A_{L0})^{0.9}/T, \quad C_F = c_{107}A_L/T, \quad C_B = \Psi_7 M/c_{108}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_C :埋立地の建設費[円/year]、 C_F :最終覆土工事費 [円/year]、 C_B :作業車購入費 [円/year]、 C_{C0} :埋立地の基準建設費 [円]、 A_{L0} :基準とする埋立地面積 [ton/day]、 c_{107} :最終覆土工事単価 [円/m²]、 Ψ_7 :作業車の購入単価 [円/台]、 c_{108} :作業車の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、燃料費、および整備補修費からなり、それぞれ価格原単位をかけることで推計する。

$$C_R = C_P + C_O + C_M$$

$$C_P = \Psi_0 N_P, \quad C_O = \Psi_3 U_o, \quad C_M = c_{109}M$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_1 :電力費単価 [(円/year)/kWh]、 Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 c_{109} :作業車1台当たりの整備補修費 [(円/台)/year]である。

(4) 衛生埋立処分で排出される温室効果ガスは二酸化炭素とメタンガスとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、埋立地建設や整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I, \quad G_D = \theta_3 U_O, \quad G_I = \theta_5 (C_C + C_F) + \theta_6 C_M + \theta_7 C_B$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_5 :建設費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_7 :車両購入排出原単位 [kg-CO₂/kWh]である。

メタンガスの排出量は、埋め立てられる生分解性廃棄物が分解した際に排出される量とし、生分解性廃棄物量に排出係数をかけて推計する。

$$G_{CH_4} = c_{110} \sum q_m \sigma_{CH_4}$$

ここで、 G_{CH_4} :メタンガス排出量 [kg-CH₄/year]、 c_{110} :好気分解補正係数、 q_m :生分解性廃棄物量 [ton/year]、 σ_{CH_4} :組成ごとの埋立処分におけるメタンガス排出原単位 [kg-CH₄/ton]である。

付録 7

最終処分過程における処理コストおよび温室効果ガスの推定 【準好気性埋立処分】

(1) 埋立処分される廃棄物と覆土の容積を搬入廃棄物量とかさ密度を用いて表す。

$$V = \sum q / \rho \mu, \quad V_C = c_{201} V$$

ここで、 V :埋立廃棄物容積 [m^3/year]、 V_C :覆土容積 [m^3/year]、 q :搬入廃棄物量 [ton/year]、 ρ :運搬時のかさ密度 [ton/m^3]、 μ :組成ごとの埋立処分による圧縮係数、 c_{201} :廃棄物に対する覆土の割合である。

埋立地の使用期間を埋立地面積と埋立廃棄物容積を用いて表す。

$$T = A_L c_{202} / (V + V_C)$$

ここで、 T :埋立地の使用期間 [year]、 A_L :計画埋立地面積 [m^2]、 c_{202} :平均埋立深さ [m]である。

最終処分場面積を計画埋立地面積、有効利用率、および調整池面積を用いて表す。

$$A = A_L / c_{203} + A_W$$

ここで、 A :最終処分場面積 [m^2]、 c_{203} :最終処分場の有効利用率、 A_W :調整池面積 [m^2]である。

浸出水処理施設規模を求めるために、埋立地の浸出水量を推計する。

$$G = \{g_A + g_C(N-1)\}(A_L / N)$$

$$g_A = (I - E) / 1000 - Q_W / (A_L / N) / 365, \quad Q_W = \sum (V \varepsilon_{WC} - V_W)$$

$$g_C = \{I(1 - r_R) - E\} / 1000$$

ここで、 G :浸出水量 [m^3/day]、 g_A :埋立時の区画の単位面積当たり浸出水量 [$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$]、 g_C :埋立終了時の単位面積当たり浸出水量 [$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$]、 N :埋立地区画数、 I :年降水量の100年降水確率の日換算値 [mm/day]、 E :年間日平均蒸発散量 [mm/day]、 Q_W :埋立廃棄物が保持できる水量 [m^3/year]、 ε_{WC} :単位容積当たりの限界保水率、 V_W :埋立廃棄物の水の容積 [m^3/year]、 r_R :最終覆土の表面水排除率である。
以上より、浸出水処理施設規模を以下のように表す。

$$S = c_{204} G$$

ここで、 S :浸出水処理施設規模 [m^3/day]、 c_{204} :施設規模係数である。

(2) 埋立処分に必要な人員を搬入廃棄物量から推計する。

$$N_p = \text{round}\{c_{205}(Q/Q_0)^{0.7}\}$$

ここで、 N_p :埋立処分に必要な人員 [人]、 Q_0 :基準とする廃棄物量 [ton/year]、 c_{205} :基準埋立量当たりの人員 [人]である。

埋立処分に必要な作業車の台数を搬入廃棄物量から推計する。

$$M = \text{round}(Q/c_{206})$$

ここで、 M :作業車台数 [台]、 c_{206} :作業車の作業能力 [(ton/year)/台]である。

埋立処分の電力使用量を浸出水処理施設規模より推計する。

$$U_E = c_{207} S \times 365$$

ここで、 U_E :埋立処分の電力使用量 [kWh/year]、 c_{207} :単位容積浸出水処理に要する電力 [kWh/m^3]である。

埋立処分の燃料使用量を搬入廃棄物量と浸出水処理施設規模により推計する。

$$U_O = U_{OL} + U_{OH} = c_{208} Q + c_{209} S \times 365$$

ここで、 U_O :埋立処分の燃料使用量 [L/year]、 c_{208} :搬入量当たりの燃料使用量 [L/ton]、

c_{209} :単位容積浸出水処理に必要な燃料量 [L/m³]である。

(3) 処理コストを初期コストと運転コストにわけて推計する。

初期コストは、埋立地と浸出水処理施設の建設費用、最終覆土工事費用、および作業車購入費からなるとし、それぞれ埋立地使用期間で割った値を1年当たりの初期コストとして推計する。また、埋立地の建設費用は規模が大きくなるほどスケールメリットが働くと考えるが、その値は小さいとする。

$$C_I = C_C + C_W + C_F + C_B$$

$$C_C = C_{C0}(A_L / A_{L0})^{0.9} / T, \quad C_W = C_{W0}(S / S_0)^{0.7} / T, \quad C_F = c_{210}A_L / T, \quad C_B = \Psi_7 M / c_{211}$$

ここで、 C_I :初期コスト [円/year]、 C_C :埋立地の建設費[円/year]、 C_W :浸出水処理施設建設費 [円/year]、 C_F :最終覆土工事費 [円/year]、 C_B :作業車購入費 [円/year]、 C_{C0} :埋立地の基準建設費 [円]、 A_{L0} :基準とする埋立地面積 [ton/day]、 C_{W0} :浸出水処理施設の基準建設費 [円]、 S_0 :基準とする浸出水処理施設規模 [m³/day]、 c_{210} :最終覆土工事単価 [円/m²]、 Ψ_7 :作業車の購入単価 [円/台]、 c_{211} :作業車の耐用年数 [year]である。

運転コストは、人件費、燃料費、および整備補修費などからなるとし、それぞれ価格原単位をかけることで推計する。

$$C_R = C_P + C_E + C_O + C_M + C_H$$

$$C_P = \Psi_0 N_P, \quad C_E = \Psi_1 U_E, \quad C_O = \Psi_2 U_{OH} + \Psi_3 U_{OL}$$

$$C_M = c_{212}M + c_{213}TC_W, \quad C_H = \Psi_{11}S \times 365$$

ここで C_R :運転コスト [円/year]、 C_P :人件費 [円/year]、 C_E :電力費 [円/year]、 C_O :燃料費 [円/year]、 C_M :整備補修費 [円/year]、 C_H :薬品費 [円/year]、 Ψ_0 :人件費単価 [(円/year)/人]、 Ψ_1 :電力費単価 [(円/year)/kWh]、 Ψ_2, Ψ_3 :燃料費単価 [(円/year)/L]、 c_{212} :作業車1台当たりの整備補修費 [(円/台)/year]、 c_{213} :浸出水処理施設の整備補修費の割合 [1/year]、 Ψ_{11} :浸出水量当たりの使用薬品単価 [円/m³]である。

また、埋立終了後も浸出水の管理をする必要があるため、埋立終了後の浸出水管理コストも運転コストとして処理コストに含める。

$$C_{RA} = (\Psi_0 N_{P1} + C_E + \Psi_2 U_{OH} + C_H + C_M)(T_L / T), \quad N_{P1} = \text{round}(c_{214}S)$$

ここで、 C_{RA} :埋立終了後の運転コスト [円/year]、 N_{P1} :埋立終了後の必要人員 [人]、 c_{214} :

規模当たりの必要人員 [人/(ton/day)]、 T_L :埋立終了後の浸出水処理施設の運転年数 [year]である。

(4) 準好気性埋立処分で排出される温室効果ガスは二酸化炭素とメタンガスとする。二酸化炭素の排出量を直接排出量と間接排出量にわけて推計する。

直接排出量は、燃料消費によって排出される二酸化炭素とする。間接排出量は、埋立地建設や整備補修にともなって排出される二酸化炭素とする。

$$G = G_D + G_I$$

$$G_D = \theta_1 U_E + \theta_2 U_{OH} + \theta_3 U_{OL}, \quad G_I = \theta_{11} S \times 365 + \theta_4 (C_C + C_F) + \theta_5 C_W + \theta_6 C_M + \theta_7 C_B$$

ここで、 G :二酸化炭素排出量 [kg-CO₂/year]、 G_D :直接排出量 [kg-CO₂/year]、 G_I :間接排出量 [kg-CO₂/year]、 θ_1 :電力消費排出原単位 [kg-CO₂/kWh]、 θ_2, θ_3 :燃料消費排出原単位 [kg-CO₂/L]、 θ_{11} :浸出水処理薬品排出原単位 [kg-CO₂/m³]、 θ_4 :土木工事費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_5 :建設費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_6 :整備補修費排出原単位 [kg-CO₂/円]、 θ_7 :車両購入排出原単位 [kg-CO₂/kWh]である。

メタンガスの排出量は、埋め立てられる生分解性廃棄物が分解した際に排出される量とし、生分解性廃棄物量に排出係数を掛けて求める。

$$G_{CH_4} = c_{215} \sum q_m \sigma_{CH_4}$$

ここで、 G_{CH_4} :メタンガス排出量 [kg-CH₄/year]、 c_{215} :好気分解補正係数、 q_m :生分解性廃棄物量 [ton/year]、 σ_{CH_4} :組成ごとの埋立処分におけるメタンガス排出原単位 [kg-CH₄/ton]である。

付録 8

8.1 本研究の実施に際して

ゴミは人間が生活を営む上で必ず排出されるものである。したがって、人間の生活と切り離せない関係にあるゴミを本研究の主題として取り上げる。

ゴミはどこからが本当の意味でゴミにあたるのであろうか。ゴミとして捨てられそうなものでも、人によってはすごく大事に感じるかもしれない。また、実際に捨てられた中にも、役に立つものがあるかもしれない。結局のところ、人間生活の中で不要になり、人間生活からは切り離され、自然に還されたものが、本当の意味でのゴミにあたると考えられる。これらは、生活している主体が人間だからこそ、いえることであろう。しかしながら、人間生活において不要なものは、自然にとって必要なものであろうか。そんなことはないはずである。したがって、ゴミを捨てる場合には自然にとって可能な限り喜ばしい形で、還す努力をする必要があるはずである、

日本においてもそうだが、環境保全という考えは、世界基準になりつつある。“環境に配慮した”、“環境に対する負荷が少ない”など、環境とつく名の製品や広告を見ないことはない。一方で、環境に良いこととはどんなことであろうか。廃棄物を考えた場合、今の生活のままでは廃棄物を出さないことなど到底できないことである。しかしながら、今の生活を止めることもできはしない。ということは、可能な限り環境に配慮した廃棄物の処理を考えていく必要がある。そして、人間への影響が主であったかもしれないが、そのように今の日本の廃棄物処理は確立されてきたはずである。

ところが、世界に目を向けた場合どうであろうか、日本が優れているということが正しいとは絶対にいえないことであるが、先進国と途上国において経済的および社会的理由により、廃棄物処理のレベルに差があるのが現状である。今後、途上国において廃棄物処理問題を解決するにあたり、こういった対策が環境に配慮した対策であるのか、ということを考慮しながら問題解決を図る必要があると考えられる。上記を前提に本研究を進めることにする。

8.2 本研究の終了に際して

バンコクにおける廃棄物処理について、廃棄物処理システムにおける環境影響評価モデルを用いて評価した結果、何らかの処理処分対策をとることが、環境負荷を考慮した場合、有効であるということを示した。

バンコクにおける廃棄物処理問題について、財政的問題、人的問題など簡単には解決できないような問題を抱えているため、どうしても廃棄物の処理処分が進まないというのが現状であると考えられる。ところで、自然の空間、環境というものは、当然のように周りにあるため、そのありがたさを強く認識することはなかなかないことである。また、少しぐらいの環境への負荷であれば自然の力によって、もとの状態へ戻ってしまうからなおさらである。しかし、人間本位の活動は、ことごとく自然環境へ負荷を与え続けていると考えられる。現代の人間の社会活動による環境への負荷の大きさは自然の力ではもとに戻らないほどである。今、その環境に対する問題を最もあらわしているのが、地球温暖化の問題であると考えられる。そして、廃棄物処理問題もそのなかに含まれると考えられる。日本が狩りを行っていた時代には、人間が捨てる廃棄物は有機物がほとんどであり、自然の力で元の土壌に戻ったはずである。しかし、自然の力では分解できないような廃棄物、例えばプラスチックのようなものが登場してからは、人間の生活は確かに便利になったかもしれないが、プラスチックをそのまま自然環境に廃棄してしまえば、自然の力でもとの環境へ戻ることはなくなったと考えられる。そうして、現代社会において環境への負荷はどんどん大きくなるばかりであると考えられる。廃棄物処理問題の解決において、財政的な面ばかりが議論の中心になる時代はもう過ぎ去ってしまったはずである。公的サービスとして廃棄物処理を行うことを、サービスを提供する公的な立場の側とともに、われわれ住民である側も考えていかなければならないことである。また、廃棄物処理問題を抱える途上国においては、なおさら考えなければならないことかもしれない。今回、評価モデルを用いて示した結果は、考えられる環境負荷の数ある中の2つほどを評価したに過ぎないと考えられる。廃棄物処理システムにおいて、より多くの環境への影響を考慮すること、しいては環境への負荷が跳ね返ることを考慮した人間生活への影響を考慮することは、今後、環境負荷を考慮した廃棄物処理システムを構築する際に、至極当然のことなのかもしれない。

バンコクにおける廃棄物処理問題について、現実問題としてクリアしなければならないことはたくさんあると考えられる。代表的な問題としては、廃棄物処理システムを運用する公的な立場の問題、廃棄物を出す地域住民の問題、そして、有価物を糧に生活をしている人々の問題である。総じていえることとしては、環境に対する意識を持つことと、それを実行することが大切であると考えられる。日本とバンコクとを問うことではないが、まず、人々が廃棄物に対して正しいとされる知識を持つことが大切であると考えられる。正しい知識を持つことが、環境に対して負荷の少ない行動をとる前提となる

はずである。そして、その環境負荷の少ない行動を実行することが、本来大切なことであると考えられる。生産者、消費者、社会として、廃棄物の出にくい商品を開発すること、廃棄物をむやみに出さない行動を取ることで、そして、廃棄物を適正に処理処分することなどを実行することが大切であると考えられる。

本研究は簡単な環境影響評価モデルを構築・使用することで、廃棄物処理システムを評価したものであるが、それでも少なからず廃棄物処理問題についていえることが発見でき、とても驚いている。すべてを反映しているわけではないのだが、こうした研究の結果によって実際に導入が進むような動機付けになることを祈るばかりである。



図 1.1 タイの地図

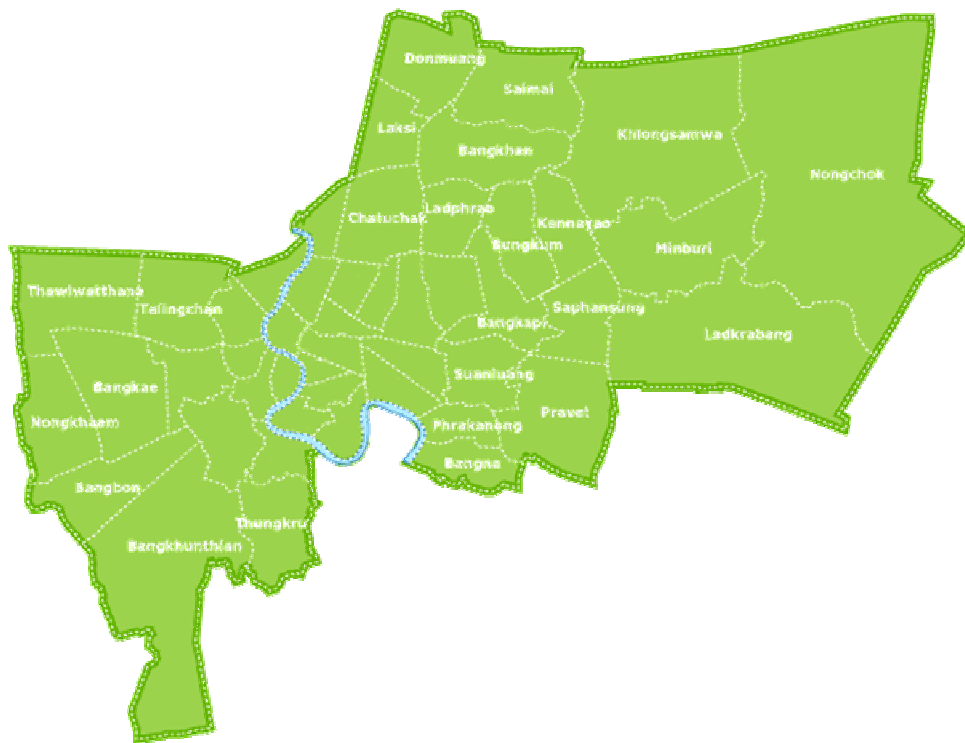


図 1.2 バンコクの地図

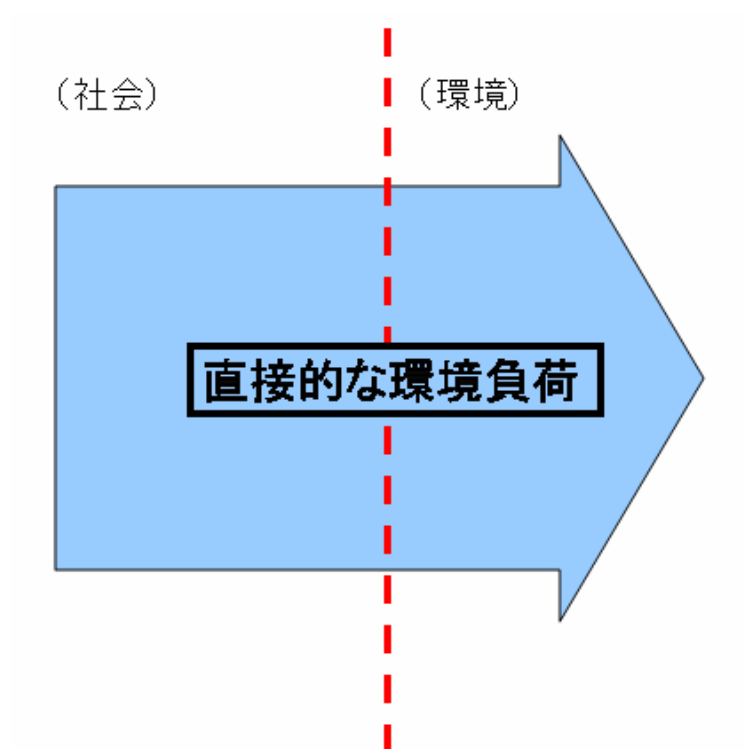


図 1.3 社会から環境への環境負荷のイメージ

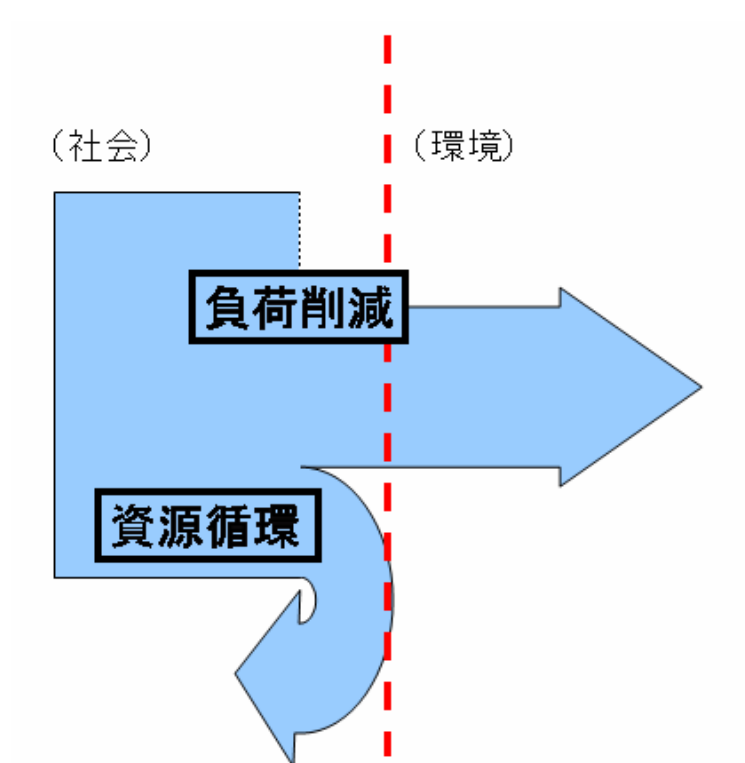


図 1.4 環境負荷を削減した社会から環境への環境負荷のイメージ

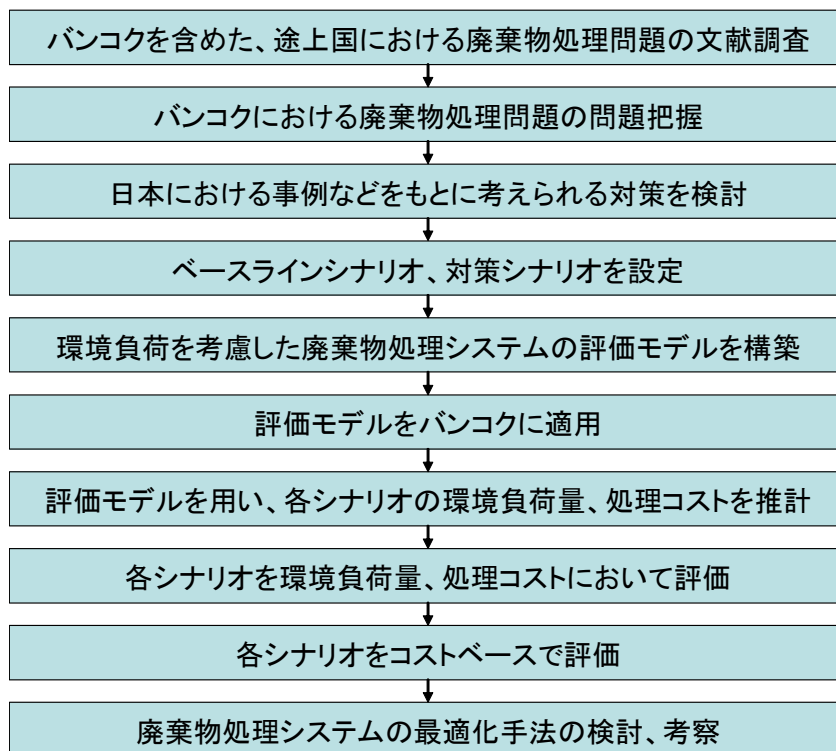


図 1.5 本研究のフロー

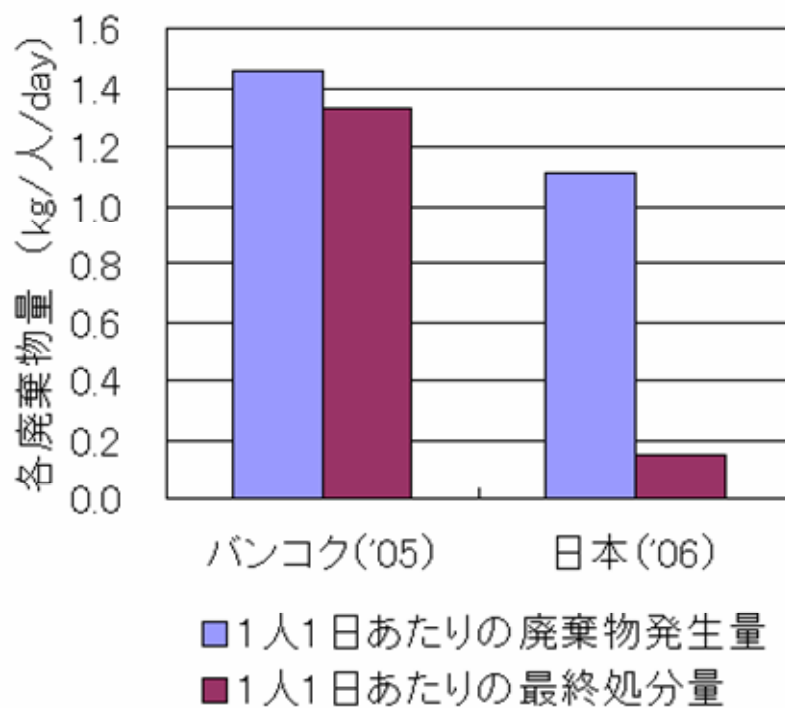


図 2.1 バンコクと日本における1人1日あたりの廃棄物発生量・処分量

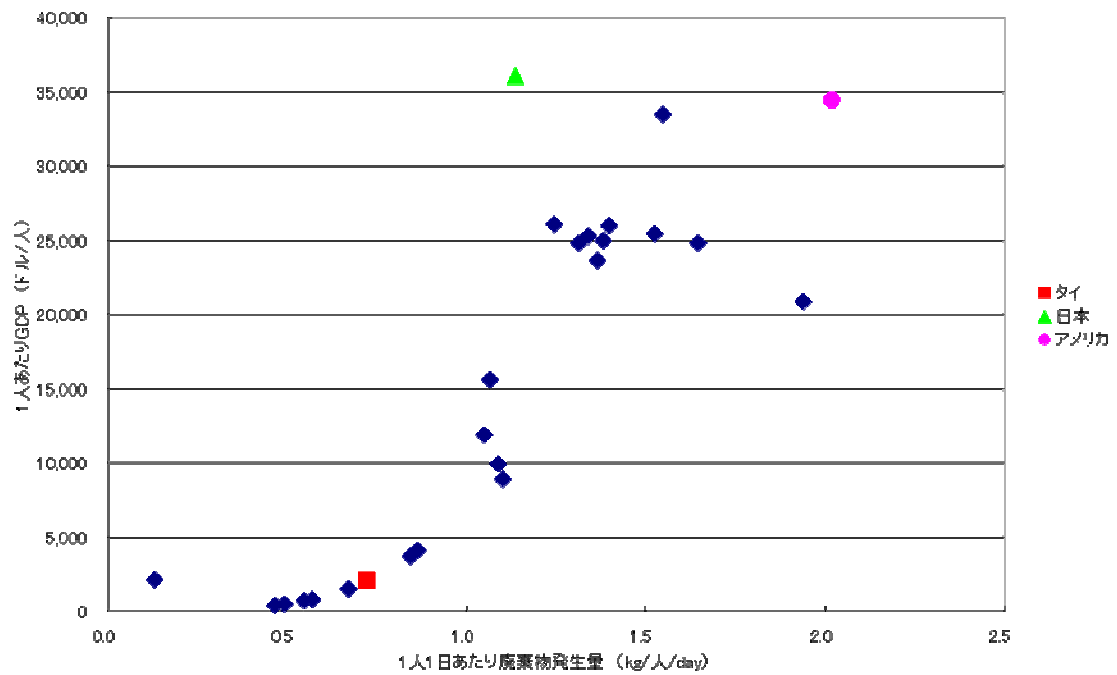


図 2.2 GDP と廃棄物発生量の相関

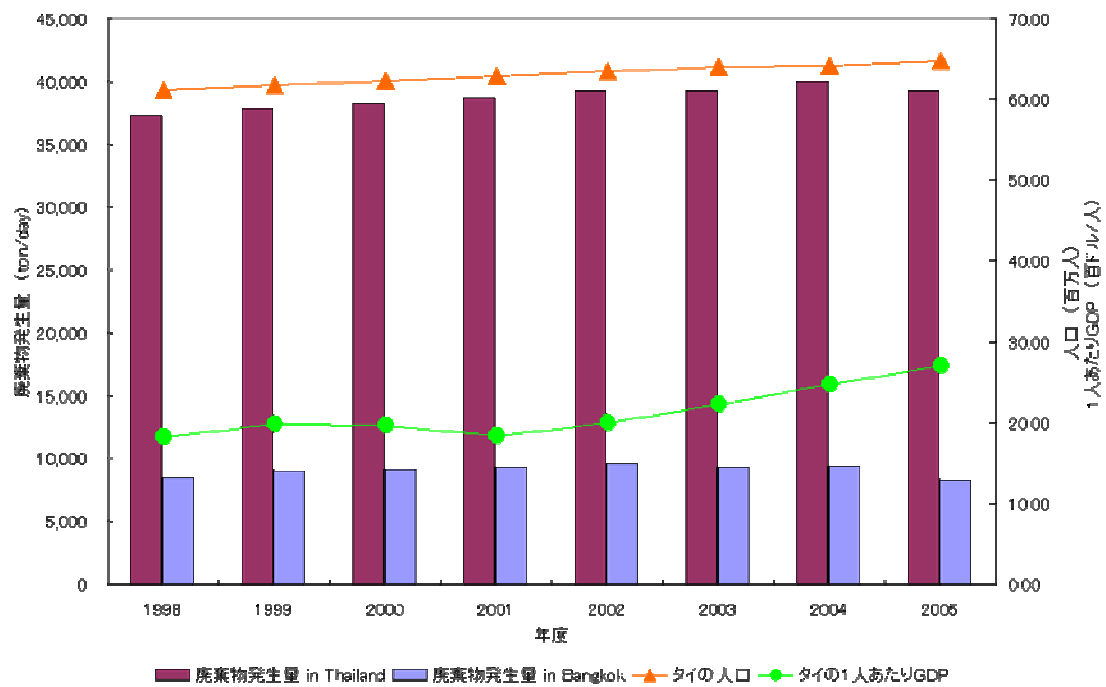


図 2.7 タイの廃棄物に関する各指標



図 2.8 タイにおける埋立地の所在

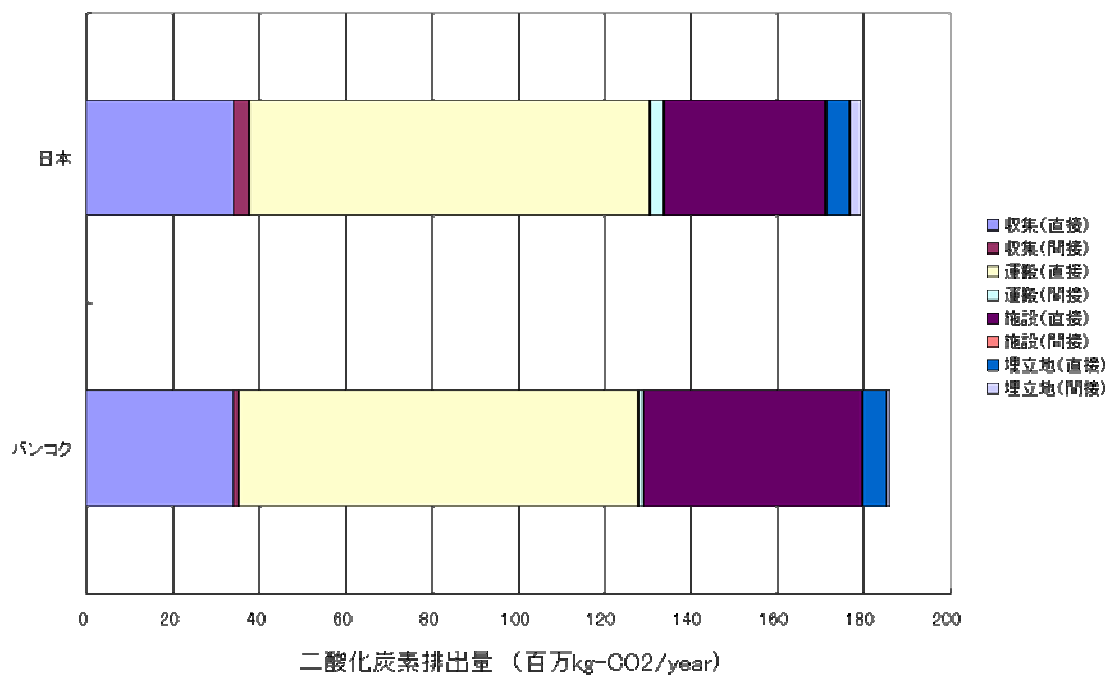


図 3.4 日本とバンコクにおける排出係数の違いによる
廃棄物処理システムの推計結果の差異

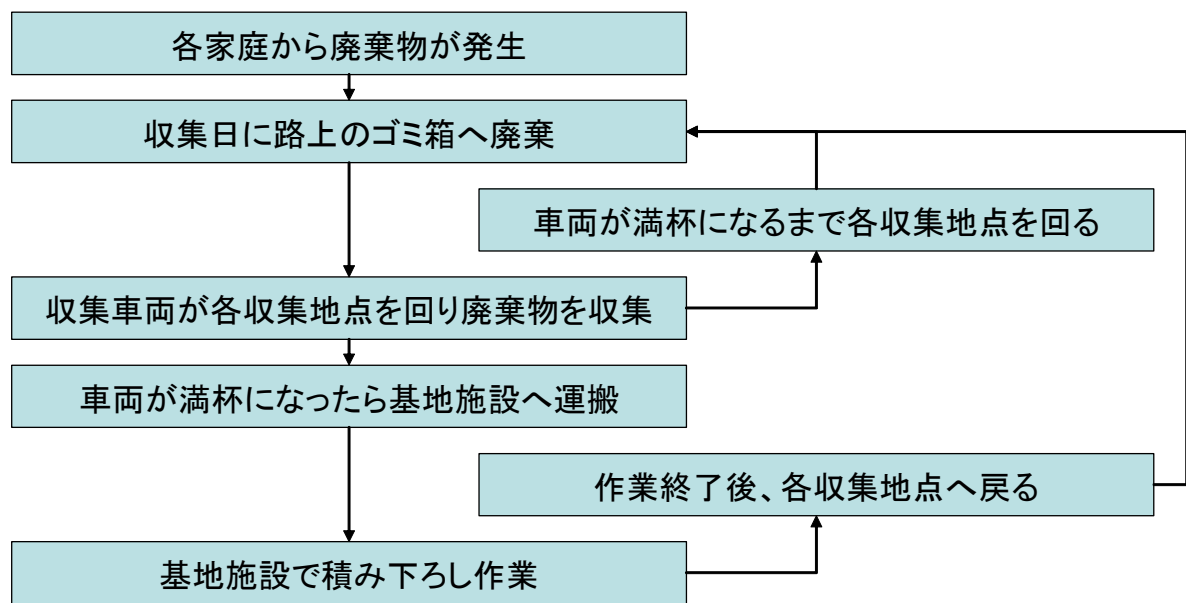


図 3.5 収集過程のフロー

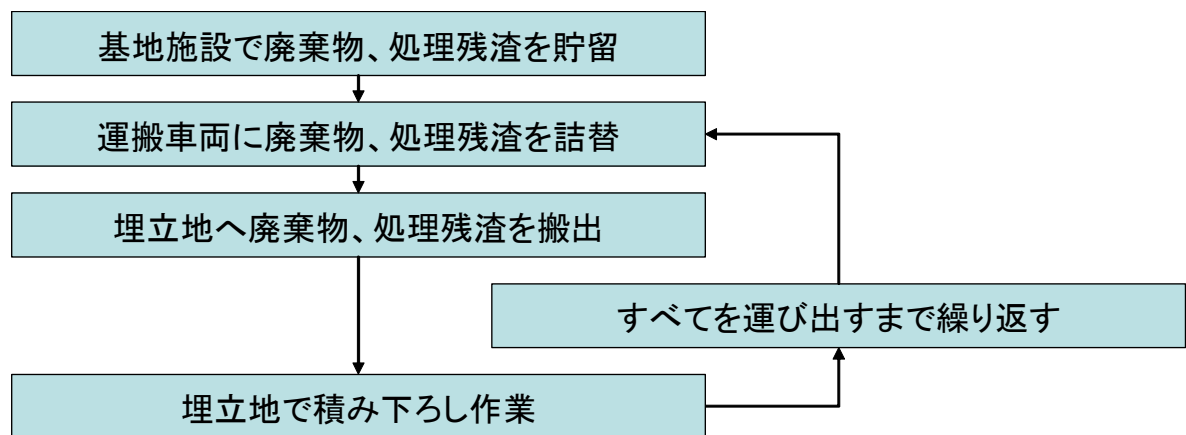


図 3.6 運搬過程のフロー

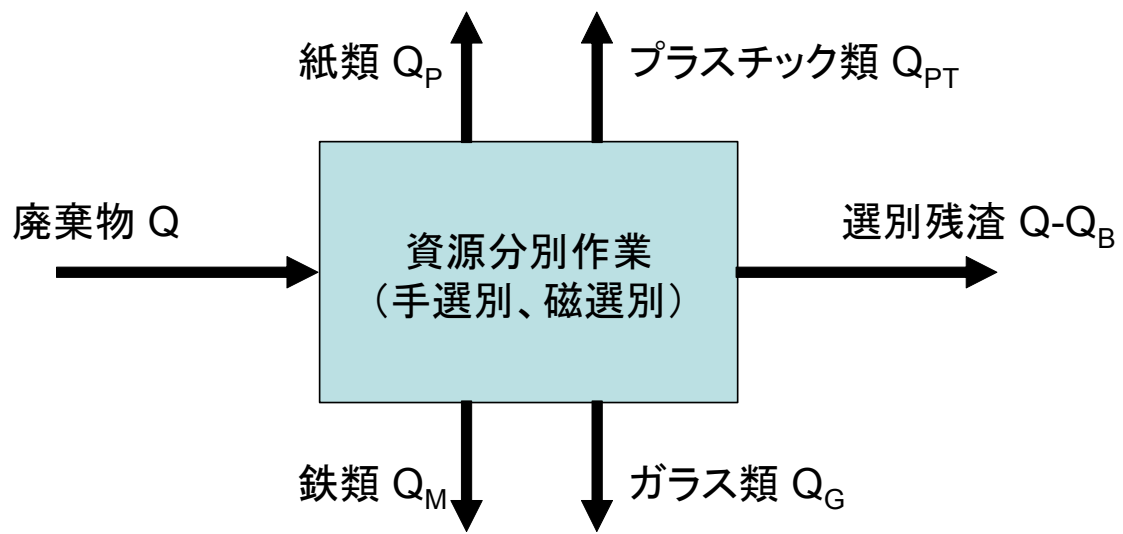


図 3.8 資源分別施設の物質収支

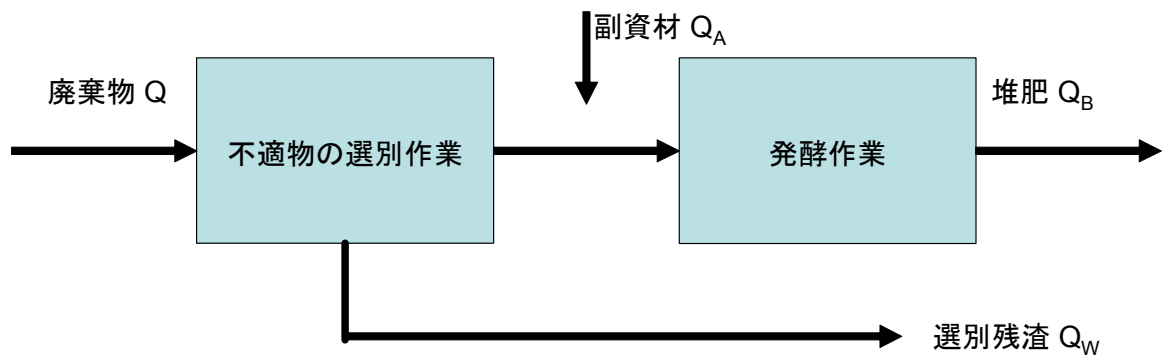


図 3.9 堆肥処理施設の物質収支

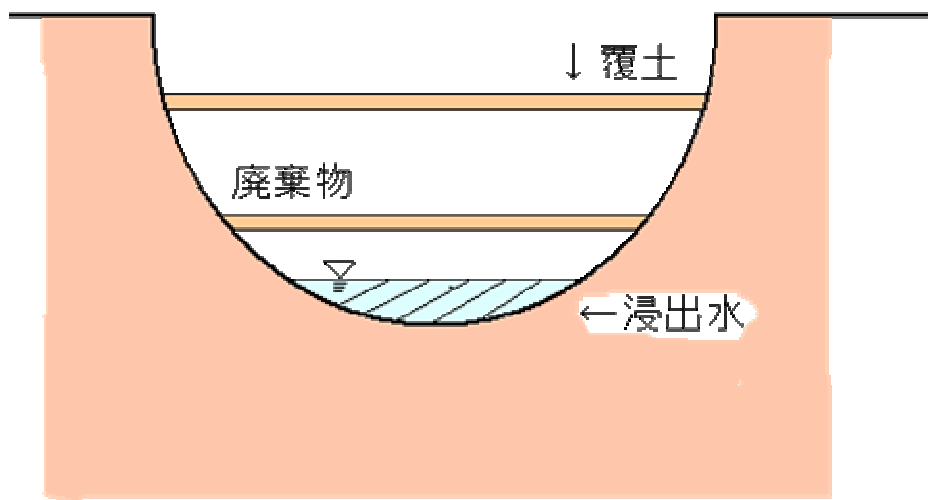


図 3.11 衛生埋立処分のイメージ

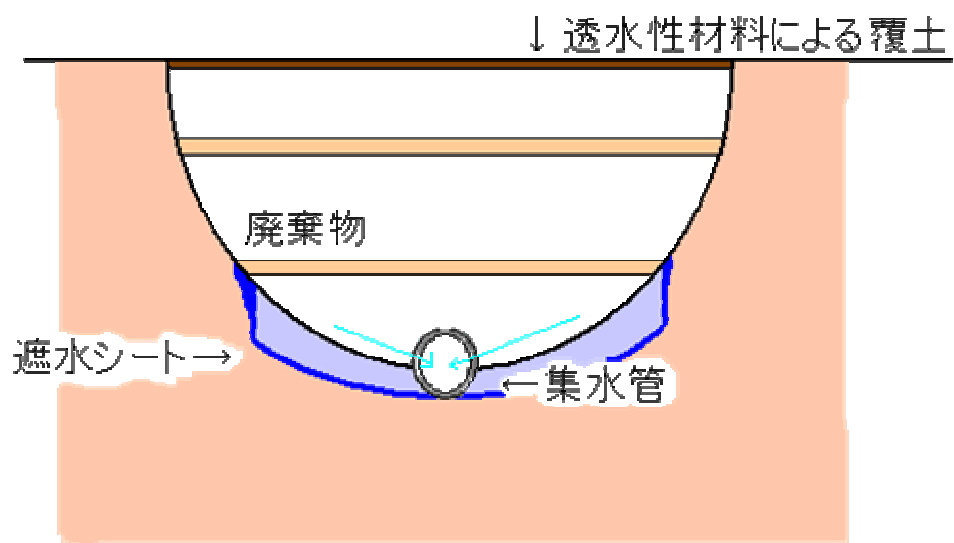


図 3.12 準好気性埋立処分のイメージ

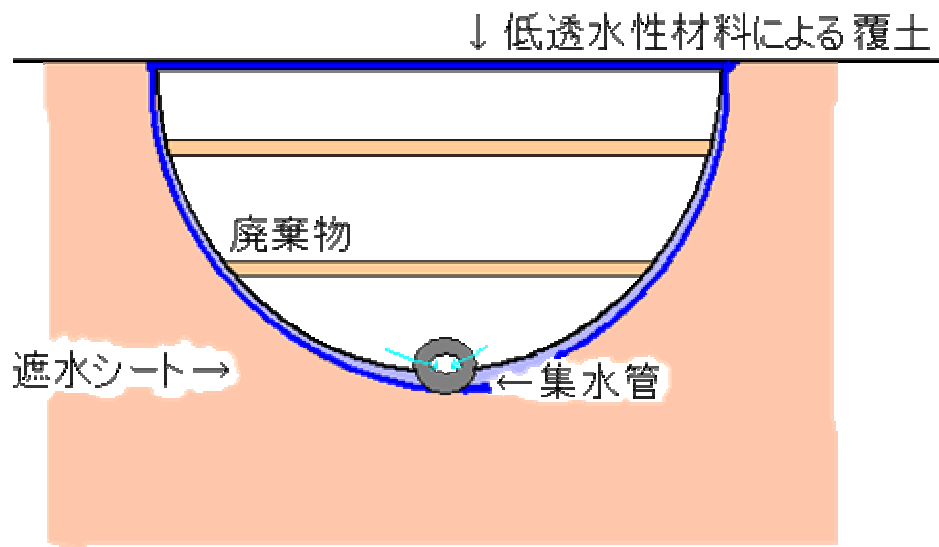


図 3.13 嫌気性埋立処分のイメージ

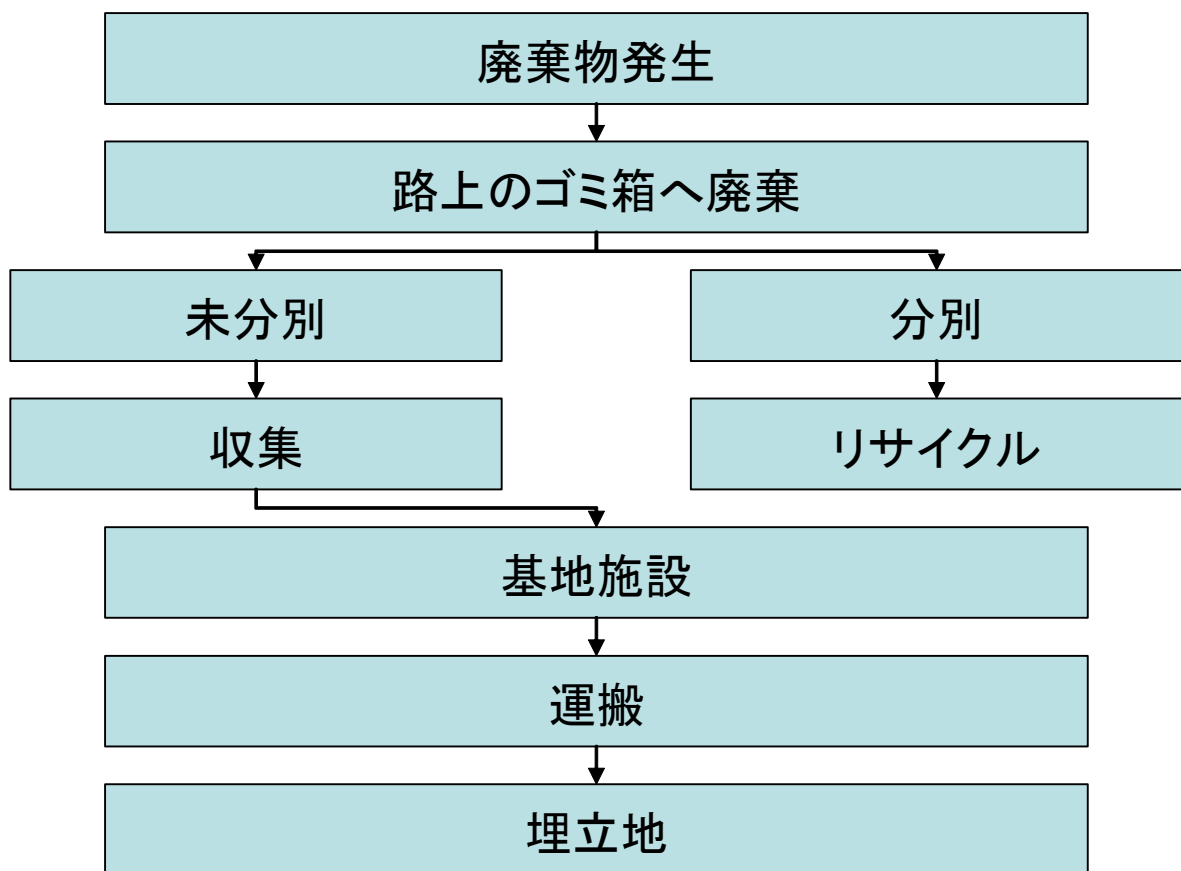


図 4.1 バンコクにおける廃棄物処理フロー

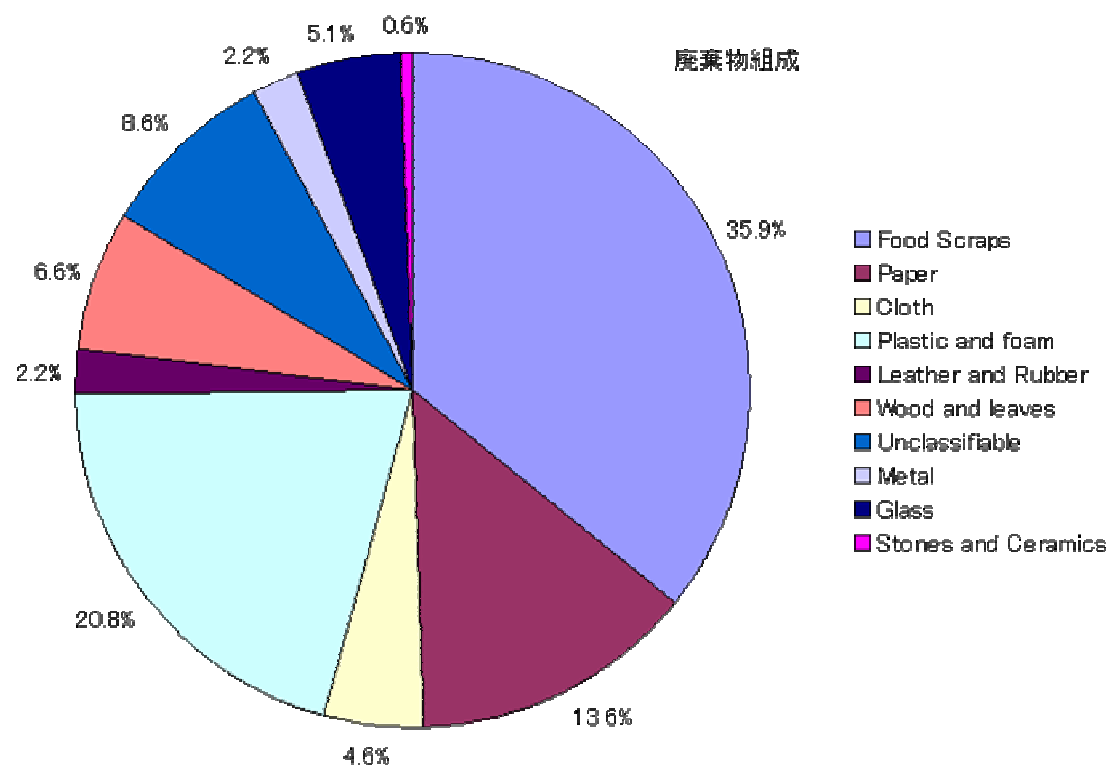


図 4.5 バンコクにおける廃棄物組成

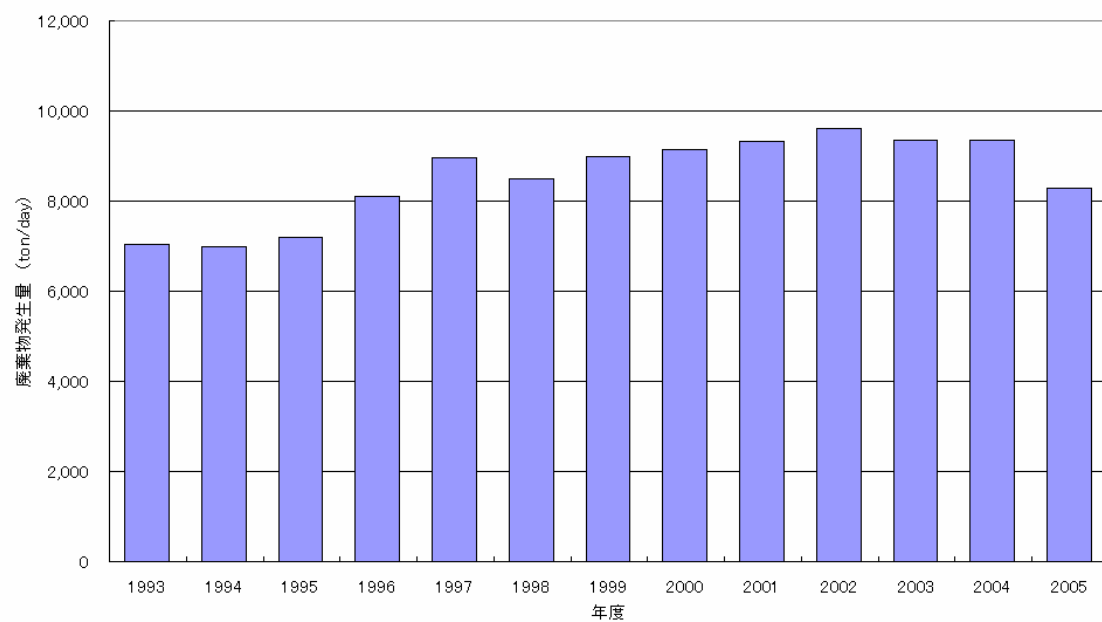


図 4.6 バンコクにおける年度別廃棄物発生量

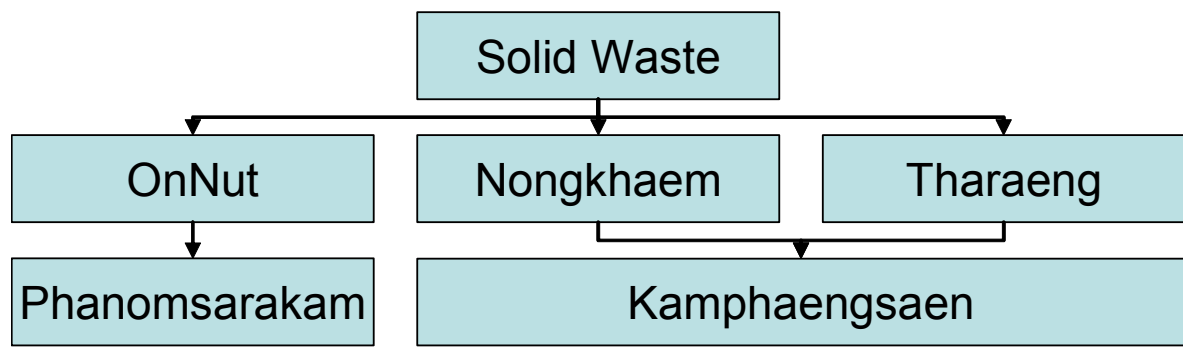


図 4.7 バンコク都内の廃棄物の流れ（ 基地施設 → 埋立地 ）

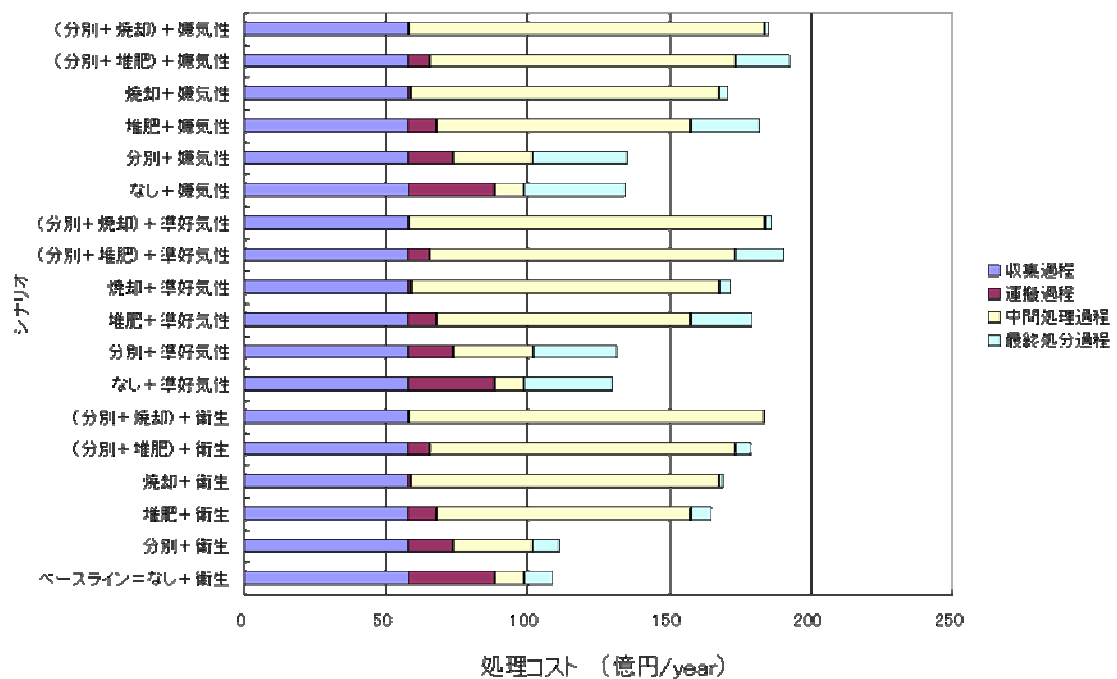


図 4.18 処理コストの推計結果

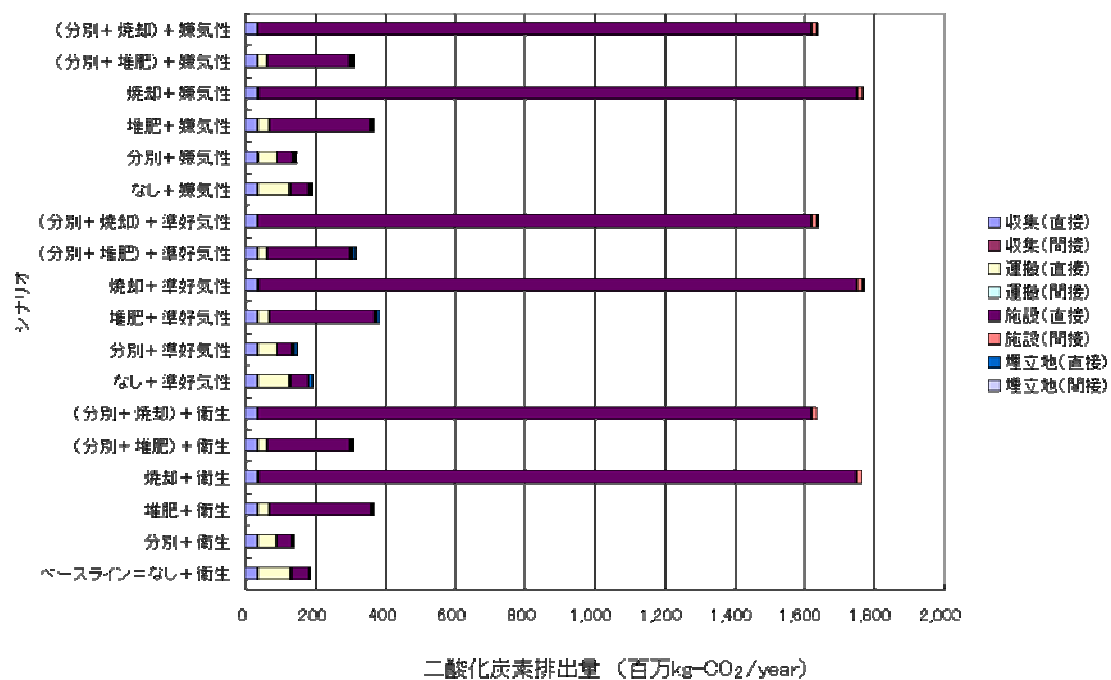


図 4.19 二酸化炭素排出量の推計結果

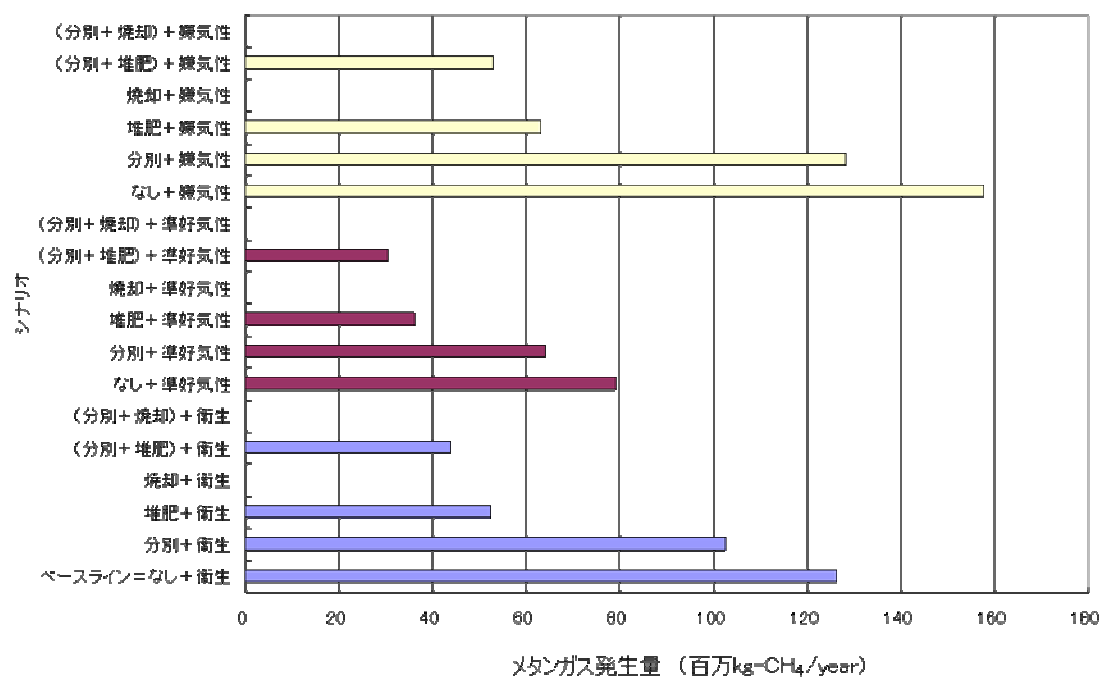


図 4.20 メタンガス排出量の推計結果

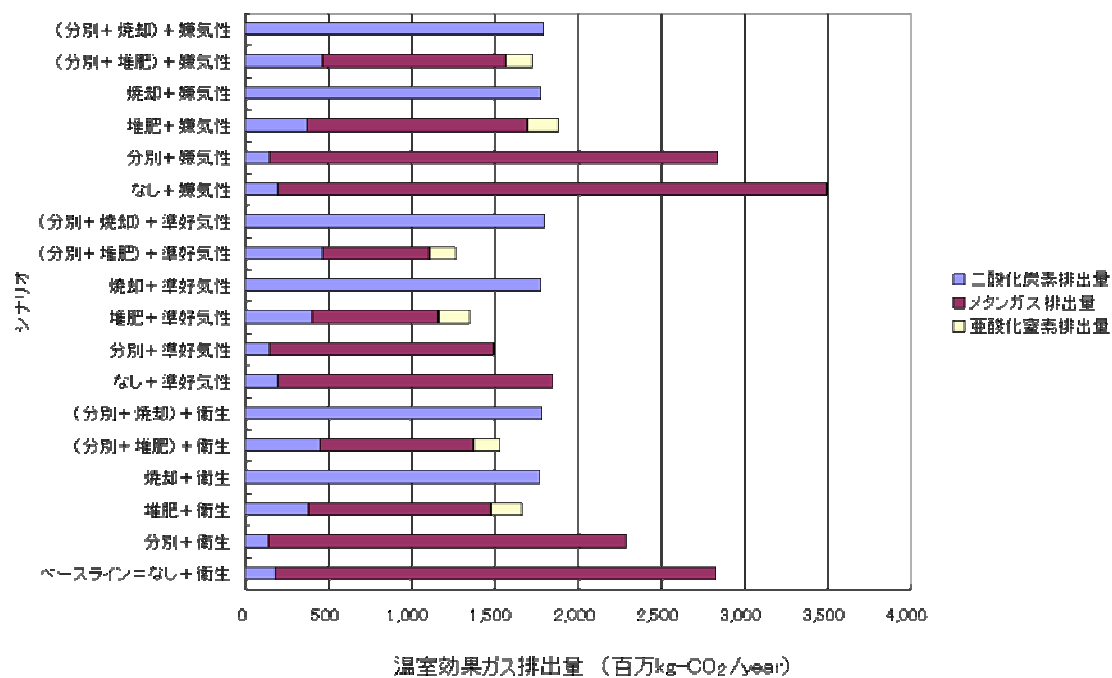


図 4.21 温室効果ガス排出量の推計結果

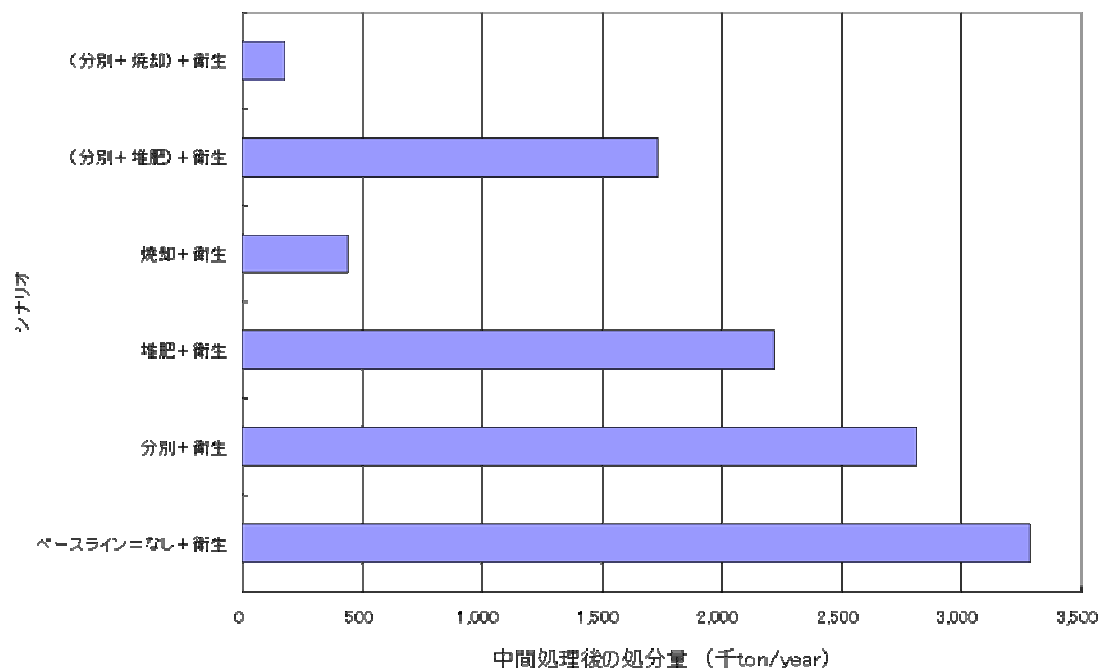


図 4.22 最終処分量の推計結果

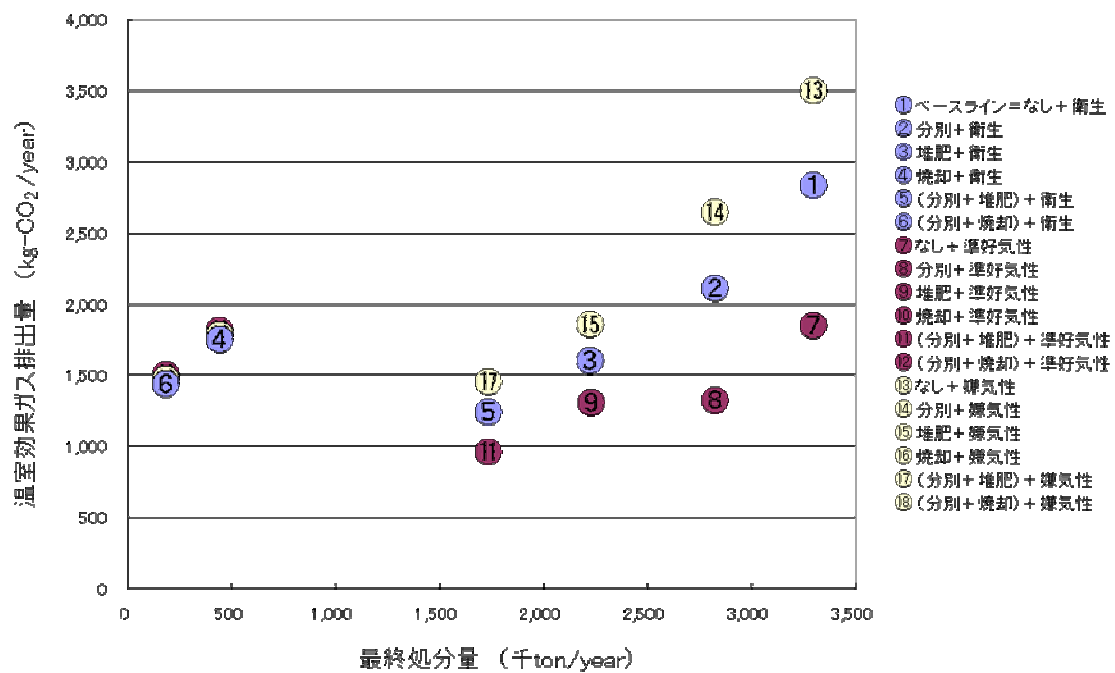


図 4.23 各シナリオにおける環境負荷量

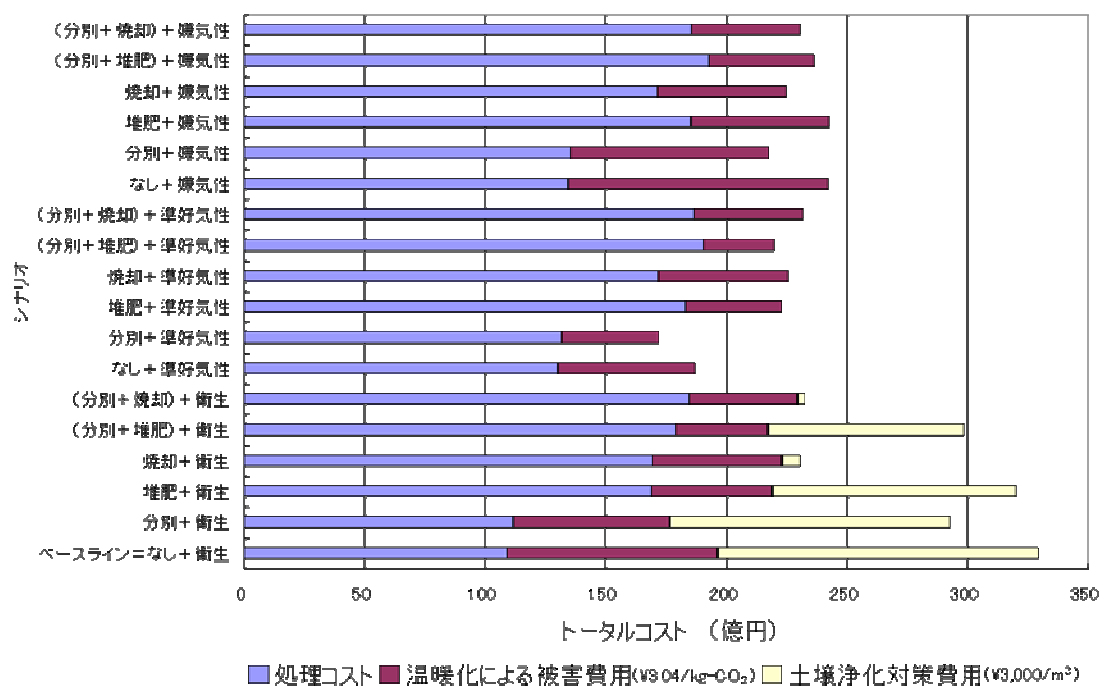


図 4.24 各シナリオのトータルコスト

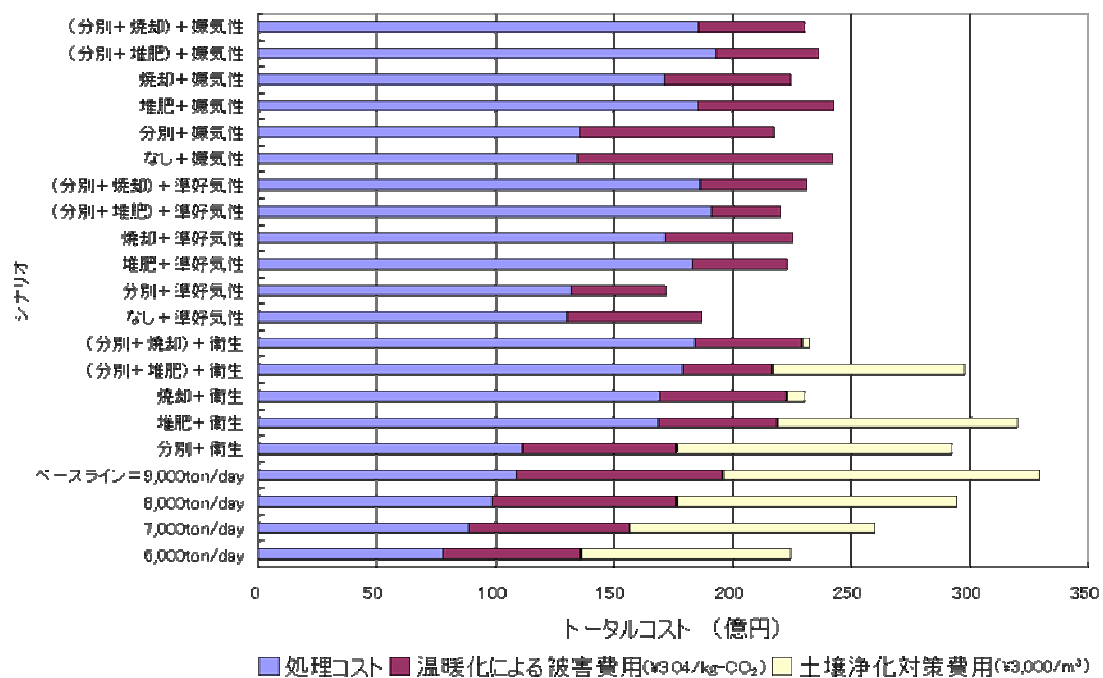


図 4.25 国家政策との比較

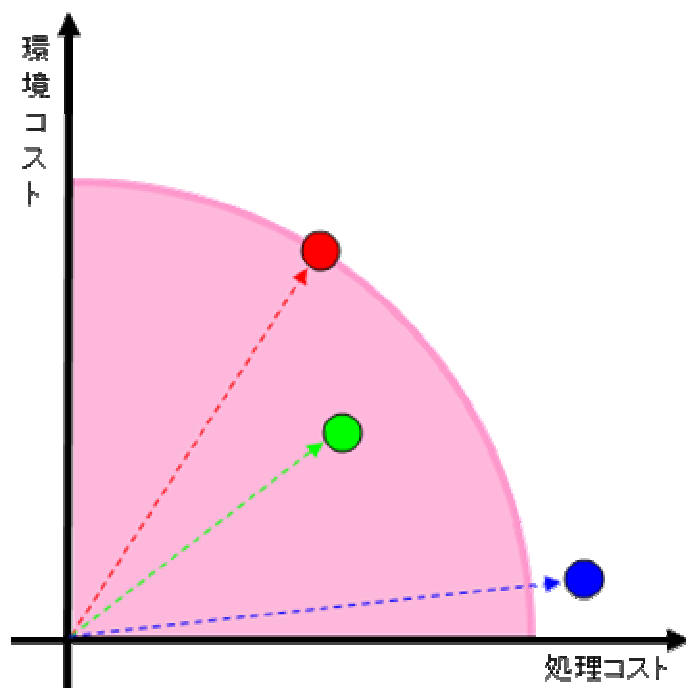


図 4.26 相対コストのイメージ

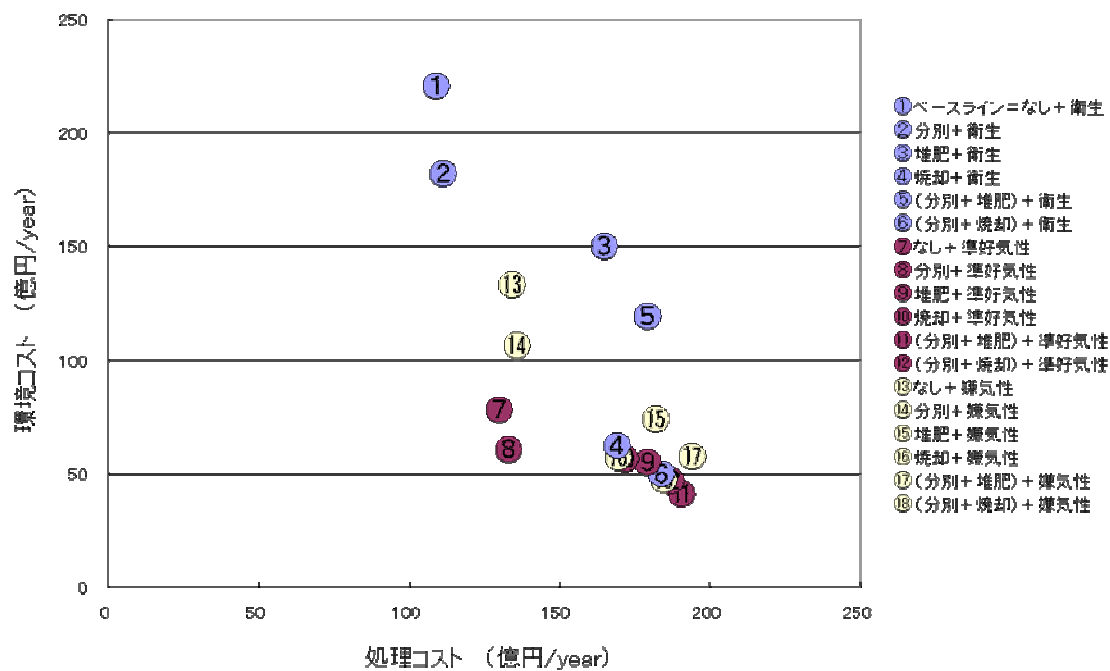


図 4.27 環境コストと処理コストの相関

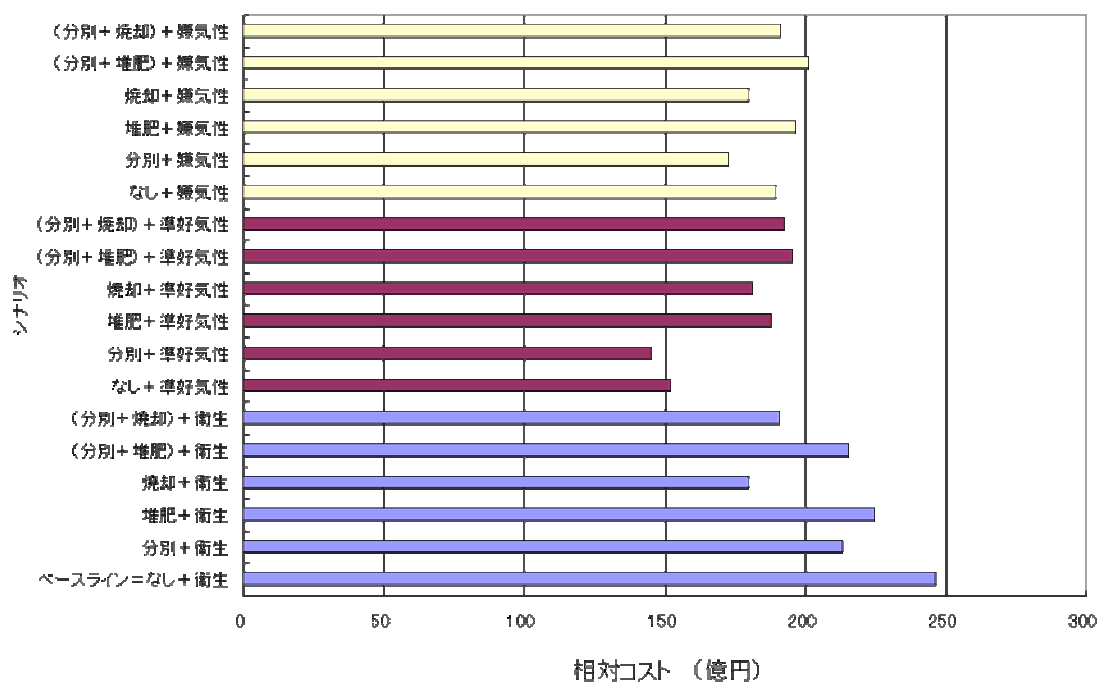


図 4.28 各シナリオの相対コスト

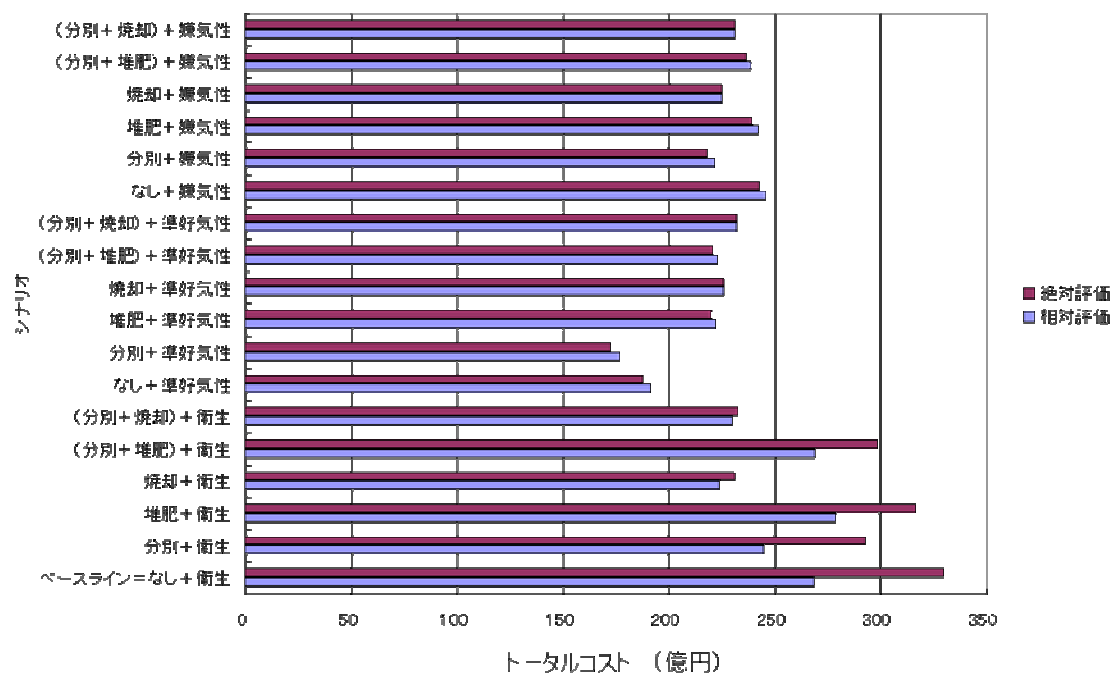


図 4.29 環境コストの評価別トータルコスト

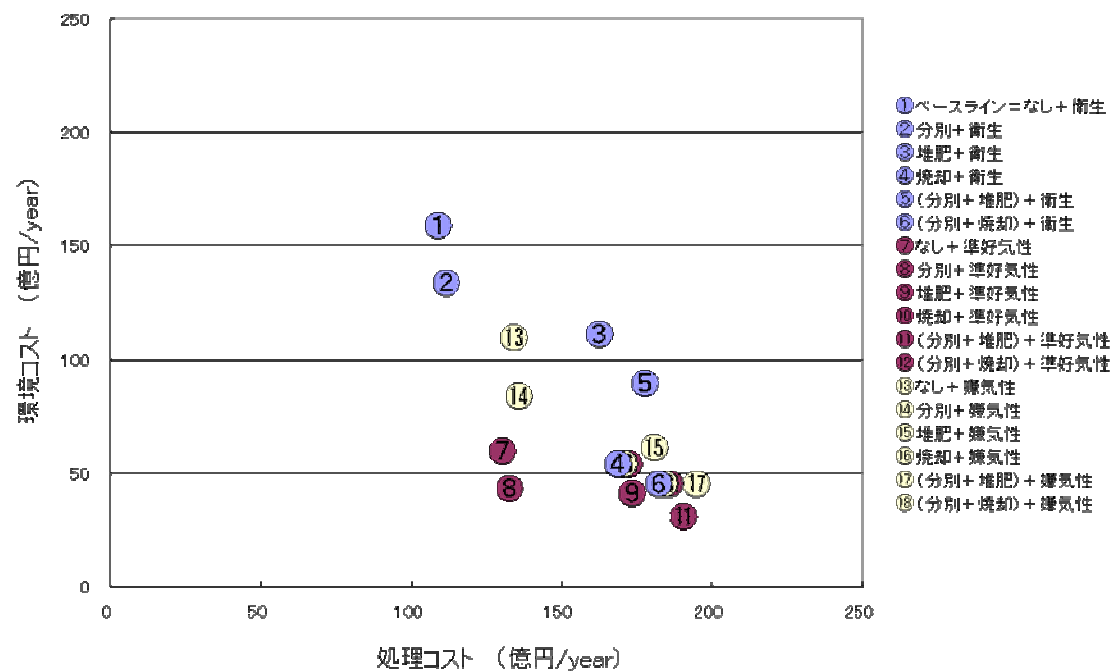


図 4.30 相対的評価をした環境コストと処理コストの相関

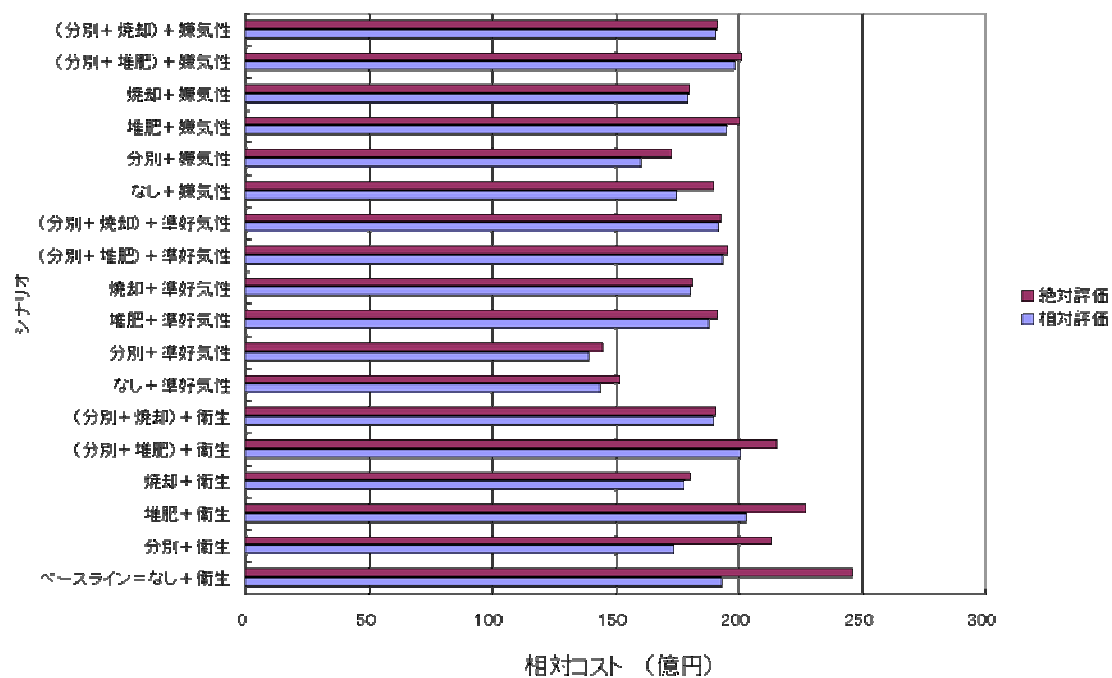


図 4.31 環境コストの評価別相対コスト

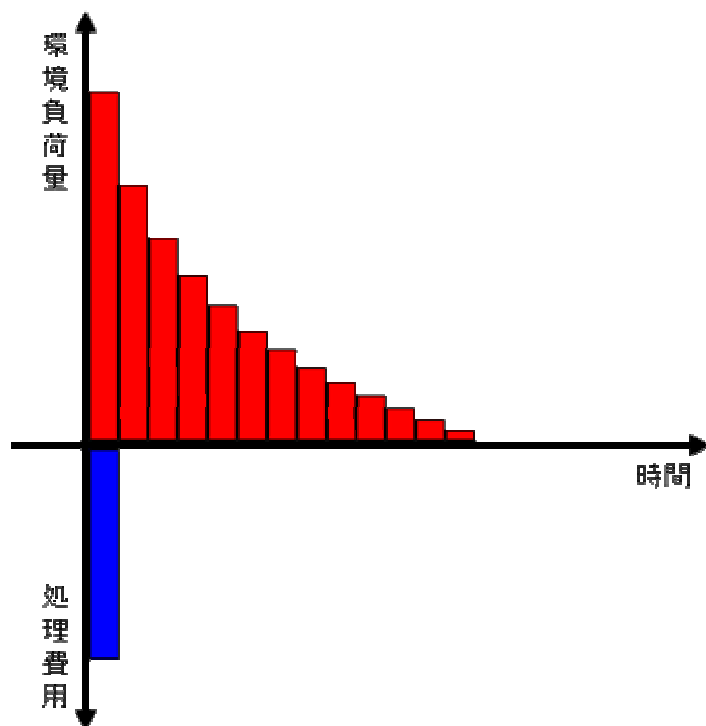


図 4.32 廃棄物処理システムのイメージ

表 2.3 一般固形廃棄物管理に関わる主な法制度

法制度	内容
国家環境保全推進法, 1992	■ 基本的な環境保護法であり、環境関連の計画策定や基準設定、モニタリング等におけるMoNREの役割を規定している。 ■ 固形廃棄物管理や必要に応じた民間企業への外注、政府の定める基準に応じた課金などに関する地方自治体の役割についても明記されている。
公衆衛生法, 1992	■ 固形廃棄物管理に関する最も包括的な法律である。 ■ NEQAでも触れられている廃棄物管理における地方自治体の役割について、改めて明記されている。
Public Order and Cleanliness Act, 1992	■ 各過程における固形廃棄物の保管および排出方法について定めている。
Building Control Act, 1992	■ 大規模な建築物の保管や、回収のための廃棄物の保管に関する手法を規定している。

表 2.4 タイにおける廃棄物処理に関わる国家政策・指針

目標	指針
1. 一般廃棄物の発生量を1.0kg/人・日以下とする。	1. 収集、運搬、処理、処分を含む効率的な一般廃棄物管理体制の確立。
2. バンコクと全国の市における一般廃棄物発生量のリサイクル率を15%以上にする。	2. 廃棄物発生率を管理し、リサイクルと再利用の促進。
3. 市における一般廃棄物をすべて管理する。市外で未処理廃棄物を10%以下にする。	3. 一般廃棄物処理のインフラ建設、運営の民間活力の促進。
4. 各県で衛生的な一般廃棄物管理のマスタープランの策定を確実にし、適切な処理を有する。	4. 一般廃棄物監視に民間や市民の参加を促す。

表 2.5 タイにおける廃棄物種類別発生量（2002 年度）

廃棄物の種類	廃棄物発生量		発生量の多い都市
	合計量 (1,000ton/year)	処分量 (1,000ton/year)	
一般固形廃棄物	14,400 (66.5%)	12,800	Bangkok (27%) Nakhon Ratchasima (3.3%)
感染性廃棄物	21 (0.1%)	21	Bangkok (21%) Chiang Mai (3.9%)
有害産業廃棄物	963 (4.5%)	788	Samut Prakan (19%) Bangkok (18%)
非有害産業廃棄物	5,890 (27.2%)	1,271	Samut Prakan (13%) Bangkok (11%)
有害一般廃棄物	372 (1.7%)	182	Bangkok (34%) Nakhon Pathom (2.6%)
合計	21,646 (100%)		

表 2.6 廃棄物の主な発生源とその構成

廃棄物の種類	主な発生源	主な構成
一般固形廃棄物	家庭 商業、農業	厨芥、プラスチック類 紙類
感染性廃棄物	病院	手術時の廃棄物
有害産業廃棄物	金属産業、電子産業 プラスチック産業	ろ過物質 燃料、廃油
非有害産業廃棄物	金属産業 食品産業	金属および金属合金
有害一般廃棄物	自動車用ステーション 家庭	リサイクル可能な廃油 鉛酸蓄電池

表 3.1 基本情報

必要入力情報	記号 (i=組成番号)
廃棄物中の組成割合 (%)	-
各組成の炭素、酸素、水素、窒素、塩素、灰分含有率および含水率	$\varepsilon_C, \varepsilon_O, \varepsilon_H, \varepsilon_N, \varepsilon_{Cl}, \varepsilon_A, \varepsilon_W$
各組成のかさ密度 (ton/m ³)	ρ^i
対象地域人口 (人)	P
収集地域から基地施設までの距離 (km)	L_S
基地施設から埋立地までの距離 (km)	L_T
各組成の発生量 (ton/year)	Q^i
1週間のうちの収集回数 (回/week)	f
各二酸化炭素排出係数 (i=1~11=電力、重油、軽油、土木工事、建設工事、整備補修、重機、収集車、運搬車、消石灰、浸出水処理薬品)	θ^i
各価格原単価 (i=0~3, 7~11=人件費、電力、重油、軽油、重機、収集車、運搬車、消石灰、浸出水処理薬品)	Ψ^i
各有価物の売却単価 (i=1~4=紙類、プラスチック類、ガラス類、鉄類)	Φ^i
各施設の建設単価 (i=1~8=基地施設、資源分別施設、堆肥処理施設、焼却処理施設、浸出水処理施設、衛生埋立地、準好気性埋立地、嫌気性埋立地)	C_0^i

表 3.2 日本とタイの二酸化炭素の排出係数の違い

種類	日本の場合	タイの場合
電力(kg-CO ₂ /kWh)	0.473	0.688
重油(kg-CO ₂ /L)	2.585	3.080
軽油(kg-CO ₂ /L)	2.713	2.700
土木工事 (kg-CO ₂ /1,000円)	5.647	1.906
土木・建築工事 (kg-CO ₂ /1,000円)	4.400	0.957
自動車製造 (kg-CO ₂ /1,000円)	3.150	0.973

表 3.3 日本とタイのメタンガスの排出係数の違い

種類	日本の場合	タイの場合
Food (kg-CH ₄ /ton)	143	223
Paper	138	210
Cloth	149	232
Wood	138	231

表 3.7 中間処理施設

施設名	目的
資源分別施設	収集された廃棄物の中からリサイクル可能な廃棄物を取り出す。
堆肥処理施設	収集された廃棄物のうち有機物を堆肥処理し、再利用する。
焼却処理施設	廃棄物を燃やすことで大幅な減量化、減容化を図る。
破砕処理施設	大型ゴミを破砕することで、かさを減し、リサイクル可能な廃棄物を取り出す。
メタン発酵施設	有機物をメタン発酵させ、エネルギー回収を図る。
RDF化施設	収集された廃棄物を固形燃料化して、サーマルリサイクルを図る。
ガス化熔融施設	焼却処理のよりもダイオキシンや排ガスが発生する量が少ない。

表 3.10 最終処分方法

処分方法	目的
衛生埋立処分	簡易な覆土を施すことで、悪臭や害虫の発生を軽減する。
準好気性埋立処分	埋立地を好氣的にすることで、廃棄物の生物分解を促す。
嫌気性埋立処分	封じ込めることで、汚染物質の散逸を防ぐ。

表 4.2 バンコクにおける地理的基本情報

対象地域		OnNut	Nongkhaem	Tharaeng
人口	人	1,917,773	2,583,824	1,151,902
発生量	ton/year	985,500	1,314,000	985,500
収集地域から基地施設までの距離	km	16.79	18.26	11.42
基地施設から埋立地までの距離	km	92.70	80.10	97.50

表 4.3 バンコクにおける組成別廃棄物量

組成別発生量			
Food Scraps	ton/year	1,178,987	
Paper		446,103	
Cloth		150,453	
Plastic and foam		681,966	
Leather and Rubber		71,942	
Wood and leaves		216,482	
Unclassifiable		281,525	
Metal		71,942	
Glass		166,550	
Stones and Ceramics		19,053	
年間発生量	ton/year	3,285,000	

表 4.4 バンコクにおける排出係数一覧

二酸化炭素排出係数			
電力	kg-CO ₂ /kWh	θ_1	71.07
重油	kg-CO ₂ /L	θ_2	3.08
軽油	kg-CO ₂ /L	θ_3	2.70
土木工事	kg-CO ₂ /1,000円	θ_4	1.91
土木・建設工事	kg-CO ₂ /1,000円	θ_5	0.96
整備補修	kg-CO ₂ /1,000円	θ_6	1.16
重機	kg-CO ₂ /1,000円	θ_7	0.97
収集車	kg-CO ₂ /1,000円	θ_8	0.97
運搬車	kg-CO ₂ /1,000円	θ_9	0.97
消石灰	kg-CO ₂ /ton	θ_{10}	1,096
浸出水処理薬品	kg-CO ₂ /m ³	θ_{11}	0.11
価格原単位			
人件費	円/人	Ψ_0	720,000
電力	円/kWh	Ψ_1	9
重油	円/L	Ψ_2	18
軽油	円/L	Ψ_3	30
重機	円/1,000円	Ψ_7	10,666,667
収集車	円/1,000円	Ψ_8	1,666,667
運搬車	円/1,000円	Ψ_9	3,333,333
消石灰	円/ton	Ψ_{10}	6,667
浸出水処理薬品	円/m ³	Ψ_{11}	6
売却価格原単位			
紙類	円/ton	Φ_1	-28
プラスチック類	円/ton	Φ_2	1,019
ガラス類	円/ton	Φ_3	155
鉄類	円/ton	Φ_4	1,125

表 4.8 各シナリオの検討

	中間処理	最終処分
シナリオ 1	なし	衛生埋立 ←ベースラインシナリオ
2	資源分別	衛生埋立
3	堆肥処理	衛生埋立
4	焼却処理	衛生埋立
5	資源分別+ 堆肥処理	衛生埋立
6	資源分別+ 焼却処理	衛生埋立
7	なし	準好気性埋立
8	資源分別	準好気性埋立
9	堆肥処理	準好気性埋立
10	焼却処理	準好気性埋立
11	資源分別+ 堆肥処理	準好気性埋立
12	資源分別+ 焼却処理	準好気性埋立
13	なし	嫌気性埋立
14	資源分別	嫌気性埋立
15	堆肥処理	嫌気性埋立
16	焼却処理	嫌気性埋立
17	資源分別+ 堆肥処理	嫌気性埋立
18	資源分別+ 焼却処理	嫌気性埋立

表 4.9 収集過程における各採用値

収集過程			
収集地点間距離	m	d_s	100
収集地点当たりの人口		a_{101}	40
1週間当たりの収集回数		f	6
収集車の荷箱容積	m^3	V_s	10
輸送速度	km/hour	S_H	30
単位重量当たりの回収時間	hour/ton	a_{102}	0.18
施設での作業時間	hour/回	a_{103}	0.08
収集地点間の移動速度	km/hour	S_m	5
1日作業時間	hour/台/year	t_d	7
年間作業日数	day	a_{111}	310
1台当たりの収集人員	人/台	a_{104}	2
予備人員率		a_{105}	0.16
収集車の燃料消費量	L/km	a_{106}	0.30
付加係数		a_{107}	0.40
予備車率		a_{108}	0.12
収集車の耐用年数	year	a_{109}	7
1台当たりの整備補修費	円/台/year	a_{110}	333,333

表 4.10 運搬過程における各採用値

運搬過程			
最大月変動係数		a_{201}	1.20
運搬車の荷箱容積	m^3	V_T	20
運搬車内の圧縮率		a_{202}	1.50
輸送速度	km/hour	s_T	50
積み下ろし時間	hour/回	a_{203}	0.33
1日作業時間	hour/台/year	t_d	7
年間作業日数	day	a_{214}	310
予備人員率		a_{204}	0.16
基本人員	人	N_{PT0}	4
規模当たりの追加人員		a_{205}	3
規模当たりの電気使用量		a_{206}	6,200
運搬車の燃料消費量	L/km	a_{207}	0.40
付加係数		a_{208}	0.40
予備車率		a_{209}	0.12
運搬車の耐用年数	year	a_{210}	7
基地施設の基準建設費	円	C_{T0}	100,000,000
基準施設規模	ton/day	S_{T0}	100
基地施設の耐用年数	year	a_{211}	20
1台当たりの整備補修費	円/台/year	a_{212}	400,000
建設費に対する整備補修費の割合		a_{213}	0.02

表 4.11 資源分別施設における各採用値

資源分別処理

最大月変動係数		b_{101}	1.20
年間稼働日数	day	b_{102}	310
基準人員	人	N_{F0}	5
規模当たりの手選別の追加人員		b_{103}	0.40
搬入量当たりの電力使用量		b_{104}	13
搬入量当たりの重油使用量		b_{105}	1.60
基準建設費	円	C_{T0}	66,666,667
基準施設規模	ton/day	S_{T0}	10
施設耐用年数	year	b_{106}	20
建設費に対する整備補修費の割合		b_{107}	0.02

表 4.12 堆肥処理施設における各採用値

堆肥処理			
含水率の目標値		b ₂₀₁	0.65
C/N比の目標値		b ₂₀₂	30
堆肥の含水率		b ₂₀₃	0.45
最大月変動係数		b ₂₀₄	1.20
年間稼働日数	day	b ₂₀₅	310
基準人員	人	N _{P0}	2
規模当たりの追加人員		b ₂₀₆	0.20
搬入量当たりの電力使用量		b ₂₀₇	80
搬入量当たりの重油使用量		b ₂₀₈	4
基準建設費	円	C _{T0}	166,666,667
基準施設規模	ton/day	S _{T0}	10
施設耐用年数	year	b ₂₀₉	20
建設費に対する整備補修費の割合		b ₂₁₀	0.02

表 4.13 焼却処理施設における各採用値

焼却処理			
最大月変動係数		b ₃₀₁	1.20
年間稼働日数	day	b ₃₀₂	365
施設の稼働率		b ₃₀₃	0.96
塩酸濃度残存割合		b ₃₀₄	1
塩素の分子量		b ₃₀₅	35.5
強熱減量		b ₃₀₆	0.03
Ca/Clの等量比		b ₃₀₇	3
消石灰の分子量		b ₃₀₈	74
塩化カルシウムの分子量		b ₃₀₉	111
重量変化割合		b ₃₁₀	0.80
搬出時の含水率		b ₃₁₁	0.20
基準人員	人	N _{P0}	28
1炉当たりの追加人員		b ₃₁₂	4
規模当たりの追加人員		b ₃₁₃	0.02
熔融固化に必要な重油使用量		b ₃₁₄	250
基準建設費	円	C _{T0}	3,333,333,333
基準施設規模	ton/day	S _{T0}	200
建設費に対するガス処理設備の割合		b ₃₁₅	0.10
施設耐用年数	year	b ₃₁₆	20
建設費に対する整備補修費の割合		b ₃₁₇	0.02

表 4.14 衛生埋立処分における各採用値

衛生埋立処分

覆土割合		C_{101}	0.20
平均埋立深さ	m	C_{102}	10
計画面積	m^2	A_L	1,000,000
有効利用率		C_{103}	0.70
基準埋立量	ton/year	Q_0	10,000
基準人員	人	C_{104}	5
作業車の作業能力	1,000ton/year/台	C_{105}	36
搬入量当たりの軽油使用量		C_{106}	0.62
基準工事費	円	C_{00}	5,248,896
基準面積	m^2	A_{L0}	20,000
基準覆土工事費	円	C_{107}	667
作業車の耐用年数	year	C_{108}	5
1台当たりの整備補修費		C_{109}	1,333,333
分解補正值		C_{110}	0.80

表 4.15 準好気性埋立処分における各採用値

準好気性処分

覆土割合		C_{201}	0.20
平均埋立深さ	m	C_{202}	10
計画面積	m^2	A_L	1,000,000
有効利用率		C_{203}	0.70
施設規模係数		C_{204}	0.80
基準埋立量	ton/year	Q_0	10,000
基準人員	人	C_{205}	5
作業車の作業能力	1,000ton/year/台	C_{206}	36
浸出水当たりの電力使用量		C_{207}	2.60
搬入量当たりの軽油使用量		C_{208}	0.62
浸出水当たりの重油使用量		C_{209}	0.23
基準工事費	円	C_{00}	6,561,120
基準面積	m^2	A_{L0}	20,000
基準建設費	円	C_{W0}	166,666,667
基準施設規模	m^3/day	S_0	100
基準覆土工事費	円	C_{210}	667
作業車の耐用年数	year	C_{211}	5
1台当たりの整備補修費		C_{212}	1,333,333
建設費に対する整備補修費の割合		C_{213}	0.02
終了後の運転年数	year	T_L	5
終了後の規模当たりの追加人員		C_{214}	0.03
分解補正值		C_{215}	0.50

表 4.16 嫌気性埋立処分における各採用値

嫌気性処分				
覆土割合		C ₃₀₁		0.20
平均埋立深さ	m	C ₃₀₂		10
計画面積	m ²	A _L	1,000,000	
有効利用率		C ₃₀₃		0.70
施設規模係数		C ₃₀₄		0.80
基準埋立量	ton/year	Q ₀	10,000	
基準人員	人	C ₃₀₅		5
作業車の作業能力	1,000ton/year/台	C ₃₀₆		36
浸出水当たりの電力使用量		C ₃₀₇		2.60
搬入量当たりの軽油使用量		C ₃₀₈		0.62
浸出水当たりの重油使用量		C ₃₀₉		0.23
基準工事費	円	C ₀₀	6,561,120	
基準面積	m ²	A _{L0}	20,000	
基準建設費	円	C _{W0}	166,666,667	
基準施設規模	m ³ /day	S ₀	100	
基準覆土工事費	円	C ₃₁₀		3,333
作業車の耐用年数	year	C ₃₁₁		5
1台当たりの整備補修費		C ₃₁₂	1,333,333	
建設費に対する整備補修費の割合		C ₃₁₃		0.02
終了後の運転年数	year	T _L		5
終了後の規模当たりの追加人員		C ₃₁₄		0.03
分解補正值		C ₃₁₅		1.00

表 4.17 文献調査による比較

バンコクにおける一般廃棄物処理経費			2000年度
廃棄物発生量	9,130ton/year		
	文献調査より (パーツ)	(円)	評価モデルより (円)
収集経費合計	1,535,055,733	4,605,167,199	5,845,323,358
人件費	976,645,658	2,929,936,974	4,307,040,000
燃料費	215,941,233	647,823,699	384,916,215
車両維持費	173,284,984	519,854,952	511,607,143
車両購入費	139,023,390	417,070,170	641,760,000
埋立経費	575,000,000	1,725,000,000	1,060,615,177
		1パーツ=3円と仮定	