

博士論文

アジアでの経済発展下における  
廃棄物処理手法変化の要因構造の解明

奥村 重史

## 目次

<b>1. 序論</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究の背景 .....	1
1.2 研究の目的 .....	6
1.3 本研究の対象.....	7
1.4 本研究の構成.....	8
参考文献.....	10
<b>2. アジアの先行国・地域の経験：経済発展度による廃棄物処理手法の変化</b> .....	<b>13</b>
2.1 2章の目的.....	13
2.2 分析手法 .....	13
2.3 定量分析の結果 .....	16
2.4 文献情報に基づく定性分析の結果.....	23
2.5 考察 .....	29
2.6 章括 .....	31
参考文献.....	31
<b>3. アジア各国の経済発展度合いと廃棄物処理の状況・課題との関係</b> .....	<b>33</b>
3.1 3章の目的.....	33
3.2 分析手法 .....	33
3.3 各国の経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係に関する分析結果 .....	36
3.4 各国の経済発展度合いと廃棄物処理の状況・課題との関係に関する分析結果.....	41
3.5 章括 .....	54
参考文献.....	54
<b>4. AHP 分析による廃棄物処理手法選択の評価軸の重要度の分析</b> .....	<b>59</b>
4.1 4章の目的.....	59
4.2 分析手法：AHP による重み付けの分析 .....	60
4.3 アジアの専門家・政策担当者を対象とした調査結果 .....	68
4.4 考察 .....	76
4.5 章括 .....	77
参考文献.....	78
<b>5. 経済発展と廃棄物処理手法の変化に関する具体事例に基づく考察（バンコクを対象としたケーススタディ）</b> .....	<b>81</b>
5.1 5章の目的.....	81

5.2 分析手法：専門家・政策担当者インタビューと要因変化の定量分析 .....	83
5.3 インタビュー及び定量分析の結果.....	99
5.4 考察 .....	107
5.5 章括 .....	111
参考文献.....	112
<b>6. 経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法の選択モデルの構築.....</b>	<b>117</b>
6.1 6章の目的.....	117
6.2 方法 .....	118
6.3 選択モデルの構築結果.....	119
6.4 章括 .....	147
参考文献.....	148
<b>7. 総括 .....</b>	<b>151</b>
7.1 本研究の成果の総括 .....	151
7.2 今後の課題 .....	153
参考文献.....	154
<b>研究発表リスト.....</b>	<b>155</b>
研究論文（査読あり） .....	155
口頭発表.....	155
<b>謝辞.....</b>	<b>156</b>
<b>補論 1 アジアにおける廃棄物発生量.....</b>	<b>158</b>
<b>補論 2 経済発展とインフォーマル・セクター.....</b>	<b>162</b>
<b>補論 3 バンコクのごみ熱量の推計.....</b>	<b>166</b>
<b>補論 4 ASEAN 諸国の土地価格、電力価格の変化 .....</b>	<b>174</b>
<b>参考資料.....</b>	<b>182</b>
AHP 分析で用いたアンケート調査票.....	182

## 目 次

図 1-1 東南アジア・東アジア各国の一人当たり GNI の推移.....	1
図 1-2 アジアの廃棄物発生量予測 .....	2
図 1-3 経済発展による社会経済要因と廃棄物処理手法の変化.....	5
図 1-4 本研究の目的 .....	6
図 1-5 本研究の構成 .....	8
図 2-1 国レベル時系列データの分析結果 .....	17
図 2-2 一人当たり県民所得地域別総生産と堆肥及び焼却率に関する.....	20
図 2-3 中国先行地域における焼却率の推移 .....	23
図 2-4 日本における焼却炉導入促進のプロセス（1970 年～2001 年） .....	24
図 2-5 日本における焼却炉の施設あたり処理能力の推移.....	25
図 2-6 中国における焼却炉導入促進のプロセス（2003 年～2013 年） .....	26
図 2-7 韓国における堆肥化推進のプロセス(1993 年～2003 年).....	27
図 2-8 シンガポールにおける廃棄物処理手法の検討状況(1976 年～2001 年).....	28
図 3-1 一人当たり GNI と廃棄物の一人当たり発生量との関係.....	37
図 3-2 一人当たり GNI と厨芥・紙の割合との関係 .....	40
図 4-1 AHP の手順 .....	60
図 4-2 一対比較の構造 .....	61
図 4-3 AHP による分析の結果 .....	68
図 4-4 国の発展度グループ別に見た第 2 階層（Level 2）の重み係数.....	70
図 4-5 国の発展度グループ別に見た第 3 階層（Level 3）の重み係数.....	71
図 5-1 タイにおける一人当たり GDP の推移 .....	81
図 5-2 タイにおける人口と都市化率の推移 .....	82
図 5-3 分析の全体的な枠組み .....	84
図 5-4 分析対象とした廃棄物処理手法と分析の対象範囲.....	86
図 5-5 埋立処分と比較した廃棄物処理手法間の要因の差とその時系列変化.....	105
図 5-6 バンコクにおける廃棄物中のプラスチック廃棄物の比率と熱量の傾向.....	108
図 5-7 インフレ率、土地価格及び最低賃金に関する傾向.....	109
図 5-8 バンコクにおける廃棄物処理手法の選択に関する要因構造図.....	110
図 6-1 本章の分析手法 .....	118
図 6-2 各手法間で一対比較した場合に NPV が等しくなる境界線.....	132
図 6-3 一対比較によって得られた境界線のまとめ.....	133
図 6-4 NPV の一対比較から得られた最も優位な廃棄物処理手法の領域（タイ） .....	133
図 6-5 タイバンコクにおける電力の上乗せ価格制度の導入効果.....	134
図 6-6 焼却が禁止されていた場合の各廃棄物処理手法の優位性.....	135
図 6-7 上乗せ価格制度の撤廃に伴う廃棄物処理手法の優位性に対する影響.....	137
図 6-8 堆肥の受け入れ先がなかった場合の廃棄物処理手法の優位性に対する影響...138	
図 6-9 アジア各国における有機農業が行われている農地の面積（対数表示） .....	139
図 6-10 アジア各国における有機農業が行われている農地の比率.....	139

図 6-11 処分・処理量の減少に伴う効果（建設費用の低下を介した効果） .....	145
図 6-12 処分・処理容量の減少に伴う効果（土地の確保費用の低減を介した効果） .....	146
図 7-1 本研究で得られた成果 .....	151
図 8-1 アジアの廃棄物発生量予測 .....	160
図 9-1 一日の収入が 2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合 .....	164
図 10-1 バンコクの廃棄物の組成の変化 .....	171
図 10-2 バンコクにおける廃棄物中のプラスチック廃棄物の比率と熱量の傾向 .....	172
図 11-1 分析対象とした都市における工業団地用土地価格の推移 .....	175
図 11-2 分析対象とした都市における電力価格の推移 .....	176
図 11-3 分析対象とした都市における土地の価格と売電価格の傾向 .....	178
図 11-4 分析対象とした都市における土地の価格と売電価格の傾向 .....	179

## 表目次

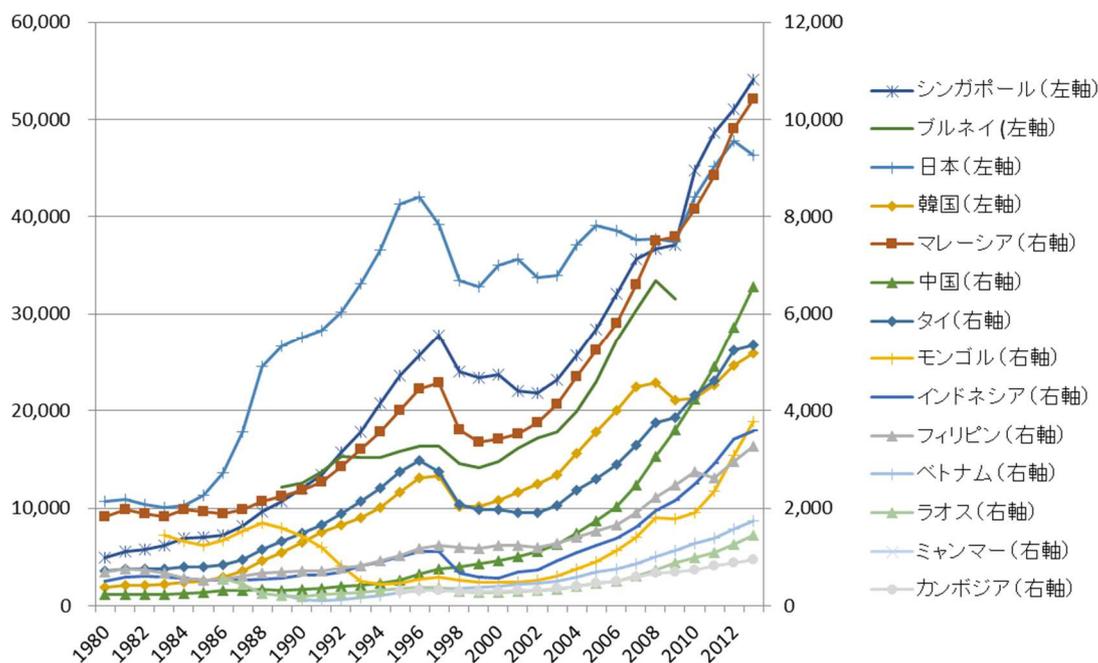
表 1-1 アジアの廃棄物に関する環境クズネツ曲線の適用可能性に関する先行研究...	4
表 2-1 相関係数の計算結果 .....	16
表 2-2 日本における地域間の一人当たり県民所得と焼却率との相関係数.....	18
表 2-3 中国における地域間の一人当たり GRP と焼却率との相関係数.....	19
表 2-4 都道府県別の焼却率の推移 .....	21
表 2-5 都道府県別の堆肥化率の推移 .....	22
表 2-6 各国の廃棄物処理手法の選定に最も大きな影響を与えた要因.....	29
表 3-1 アジアにおける廃棄物の 1 日一人当たり発生量.....	36
表 3-2 廃棄物の組成及び含水率、熱量 .....	39
表 3-3 アジアにおける経済発展度別の各国の収集状況.....	43
表 3-4 アジア各国の処理・処分の状況 .....	47
表 3-5 アジアの発展途上国の廃棄物収集・処理・処分の課題.....	52
表 4-1 AHP 分析の対象者 .....	63
表 4-2 先行研究における評価の視点 .....	64
表 4-3 有識者との意見交換用に作成した AHP 分析の素案.....	65
表 4-4 AHP 分析に用いた経済・環境・社会要因 .....	66
表 4-5 AHP による分析の結果（国グループ別） .....	69
表 4-6 分散及び平均の差の検定結果（F 検定及び t 検定）（個々のグループ間比較） .....	72
表 4-7 分散及び平均の差の検定結果（F 検定及び t 検定） .....	74
表 4-8 AHP による分析の結果（政策担当者、研究者別） .....	75
表 5-1 バンコクにおける廃棄物の発生・収集・組成（1990 年、2000 年、2012 年） ..	82
表 5-2 廃棄物種類 j の腐敗率 .....	89
表 5-3 廃棄物種類 j の分解可能な分解性有機炭素（DOC）の割合（重量比） .....	90
表 5-4 既存のプラントの建設費用及び運転管理費用.....	92
表 5-5 社会要因の推計に用いた既存の施設の関連情報.....	98
表 5-6 インタビュー結果の主なポイント .....	99
表 5-7 廃棄物処理手法ごとの要因の定量的推計結果（1990 年～2012 年の間） .....	103
表 5-8 算出された IRR 及び NPV（最終処分場の削減効果込み） .....	107
表 5-9 算出された IRR 及び NPV（最終処分場の削減効果含めず） .....	107
表 6-1 提示した選択モデルの変数に影響を与える社会的要因.....	122
表 6-2 提示した選択モデルの変数に影響を与える社会的要因の各国の状況.....	123
表 6-3 提示したモデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的 要因 .....	124
表 6-4 提示したモデルでは分析できない .....	126
表 6-5 タイにおけるメタンガス回収・発電設備の整備状況.....	129
表 6-6 有機農業栽培面積に基づくアジア各国の堆肥の投入可能量と受入可能率.....	140
表 6-7 焼却炉の規模と建設単価 .....	141

表 6-8 堆肥化とメタン発酵施設の規模と建設単価.....	142
表 9-1 中国における廃棄物の収集量の推移 .....	158
表 9-2 インドネシアにおける廃棄物発生量（2000～2006 年） .....	159
表 9-3 インドネシアにおける廃棄物発生量（2006 年） .....	159
表 9-4 マレーシアの廃棄物発生量 .....	160
表 9-1 各国のインフォーマル・セクターの 1 日一人当たり収入.....	163
表 10-1 バンコクの廃棄物の組成の変遷 .....	169
表 11-1 アジア各国の固定価格買取制度（FIT）の導入状況.....	177

# 1. 序論

## 1.1 研究の背景

アジアでは現在急速に経済発展が進んでいる。図 1-1 は東南アジア・東アジア各国の一人当たり国民総所得（Gross National Income : GNI）の推移を示したものである。



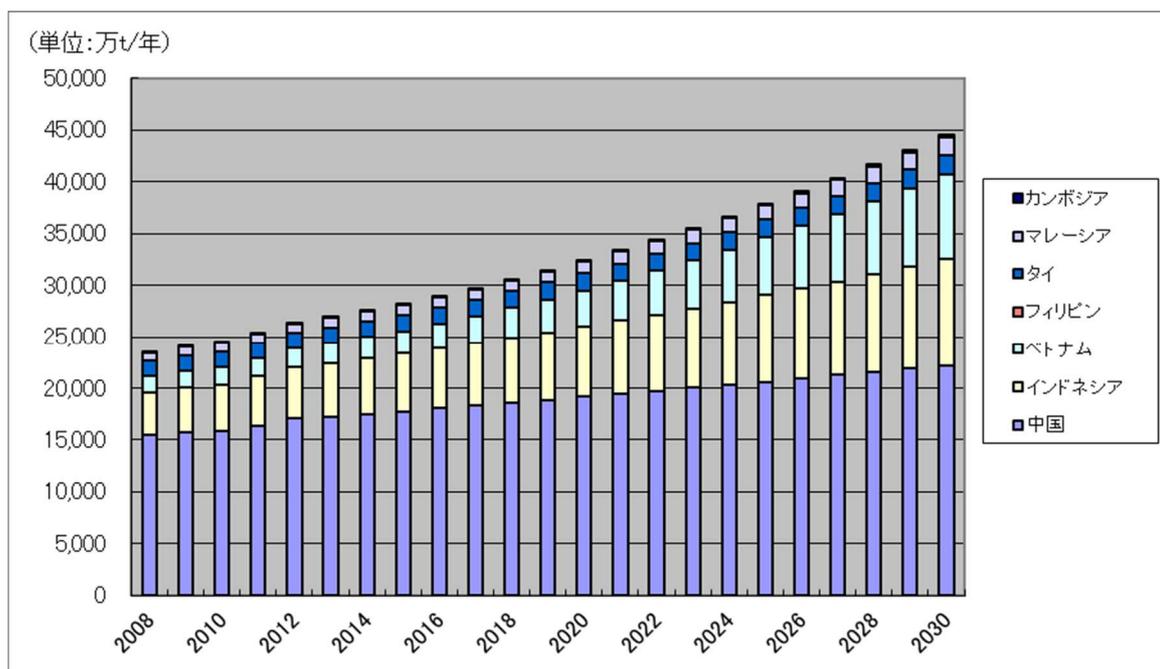
出所：World Bank, World DataBank Outlook Databases[1]

図 1-1 東南アジア・東アジア各国の一人当たり GNI の推移

特に、中国及び東南アジア諸国の経済成長が著しく、一人当たり GNI が急速に伸びている。中国は 1980 年～2013 年まで年平均 10.8%の成長を続け、1980 年に一人当たり GNI が 220 ドルであったものが、2014 年には 6,560 ドルまで急増した。タイも 1980 年～2013 年まで年平均 6.3%の経済成長を続け、1980 年に 710 ドルであったものが、5,340 ドルまで成長した。マレーシアは年平均 5.4%の経済成長を続け、インドネシアは年平均 6.1%の経済成長を示した。いわゆる各国の頭文字をとって「CLMV」と呼ばれるカンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナムは、2000 年以降の経済成長率が極めて高い。2000 年～2014 年の経済成長率は、カンボジアは年平均 9.3%、ラオスは 13.5%、ベトナムは 12.0%であった。

こうした一人当たり GNI の増加は、モノの一人当たりの消費量を増加させ、一人当

たりの廃棄物の排出量の増加につながる[2]。急速に経済が発展しているアジアでは、一人当たり GNI が増加するとともに、人口も増加しており、アジアの廃棄物の発生量は年々増加傾向にある。図 1-2 は、各国の廃棄物発生量の傾向を踏まえて、中国、インドネシア、ベトナム、カンボジア、マレーシア、フィリピン、タイの廃棄物発生量を予測した結果である（推計方法は補論 1 を参照）。各国ともに廃棄物の発生量は増加し、2008 年の発生量約 2.5 億 t から、2030 年にはその 2 倍の約 5 億 t まで増加が見込まれる。



出所：各国の排出量データに基づき筆者推計（推計方法は補論 1 を参照）

図 1-2 アジアの廃棄物発生量予測

アジアでは、廃棄物の発生量が急速に増えるとともに、電気・電子廃棄物等の有害廃棄物の混入も進み、廃棄物の組成が複雑になり、処理がより困難になってきている[2]。特に都市においては、廃棄物の収集処理体制構築やインフラ整備が遅れており、健康被害や悪臭等の問題を生じているだけでなく、不法投棄によって、土壌・水質の汚染等の環境問題も引き起こしている[2-4]。また、収集量が増大することによって、収集・処理費用が増大し、収集・処理を行う地方自治体の財政を圧迫している。また、各国において、処分場の確保が困難になってきており、新たな処分場の確保や処分量の低減が課題となってきた[2]。これらの問題に対して、適切な廃棄物管理政策を適用することにより対処することが必要になってきている。

こうした中、アジア各国は、廃棄物関連法規制や計画など、廃棄物処理に関する政策の立案、管理体制の整備・強化を進めている。筆者は、2008 年度に国連環境計画アジア太平洋地域資源センター（アジア工科大学院内にある国連環境計画のプロジェクトオ

フィス)に1年間勤務し、タイ、カンボジア、フィリピンにおける3R国家戦略・アクションプランの立案を支援した。その経験を通じて、各国の廃棄物処理政策立案の担当者や、政策立案時に各国政府のアドバイザーとなっているような専門家と意見交換をすることができた。各国の廃棄物処理政策立案の担当者・専門家は、廃棄物処理政策を導入する際、どのような政策を導入すべきか判断が難しいという悩みを抱えていた。廃棄物対策関連予算が限られている途上国では、すべての処理施設の整備を同時に推し進めることができないため、例えば、中間処理に力を入れるのかそれとも適切な最終処分に力を入れるのか、また、中間処理を進めるとしても焼却を優先すべきなのか生ごみリサイクルを優先すべきなのかといった問題について政策担当者は政策的な判断を常に要求されることになる。

では、何を優先すべきか。急激に経済が発展し、経済社会環境が急速に変化するアジア諸国ではその判断も極めて難しい。例えば、経済発展により人々の環境意識が高まることにより、「Not In My Back Yard (NIMBY)」の問題<sup>1</sup>が発生し、埋立処分場の確保が困難になってくることが予想される中、埋立処分のみを前提とした廃棄物収集・処理計画を策定し、実行し続けることは難しい。他方、人件費の高騰によって人手を前提としたプロセスの費用が高まったり、売電価格や堆肥価格などが変化すると、廃棄物処理による副収入が変化して廃棄物処理手法ごとの収益性も変化する。アジア各国では、急速な経済発展により廃棄物に関わる社会環境も急速に変化する中で、廃棄物処理手法も急激に変化する可能性がある。したがって、そうした社会環境変化も見込んだ廃棄物政策立案も求められる。

しかし、現状では、長期的な変化の要因を考慮せずに廃棄物の処理手法を選択しているのが実情と思われる。各国の廃棄物管理計画(マスタープラン)等を見ると、廃棄物の発生量の増加予測等については触れられているものの、社会環境変化に伴う廃棄物処理手法の変化など、その他の点では長期的な変化を予測していないものが多い[4-6]。

また、長期的な変化を予測しにくい理由の一つに関連先行研究が不足しているという問題がある。経済成長と廃棄物問題との関係を分析した既存の研究の多くは、経済成長と廃棄物の発生量との関係に着目した研究が多く、特に廃棄物発生量に関する環境クズネッツ曲線について分析した先行研究が多い。環境クズネッツ曲線とは、経済成長に伴い、初めは環境汚染が増大し、一定レベルに達した後、やがて低下に転ずるという傾向(環境負荷の曲線が逆U字型を描く)のことである。所得水準の向上につれ、環境規制の技術や制度が整い、人々が環境をより重視するようになるので、環境汚染が相対的に減少すると解釈される。アジアに関しても、経済水準と廃棄物の発生量との関係における環境クズネッツ曲線の存在を検証する分析について、Khajuria et al. [7]、Song et al.

---

<sup>1</sup>「必要な公共施設であることは理解しているが、自分の居住地域の近くに設置されることには反対」という住民の姿勢を指す用語。

[8]、Kaneko et al. [9]、Chen et al. [10]等、多くの先行研究がある（表 1-1）。先行研究では、中国、インド、台湾などで、経済水準と廃棄物発生量との間に逆 U 字型の関係が確認できることが示されている。

ただし、これらはいくまでも経済成長と廃棄物の発生量との関係进行分析したものであり、廃棄物の処理手法との関係について分析したものではない。経済成長と廃棄物処理手法について分析したものを探してみたところ、Mazzanti [11]が欧州に関して分析を行っていることがわかった。Mazzanti は一人あたり家計消費が高いと焼却が増え、埋め立てが減るということを EU 加盟国の分析によって示した。

また、廃棄物処理手法の時系列的変化については、Zheng et al. [12]が中国における焼却炉の普及とその背景にある廃棄物発生量の増加と各種施策による焼却炉導入の推進について取りまとめている。具体的には、経済発展に伴い、未処理の廃棄物が都市周辺に堆積するのに対して、送配電会社に対して廃棄物発電を含めた再生可能エネルギーにより発電した電力の購入を義務付ける再生可能エネルギー法（2005 年）の導入、2011 年に国務院が承認した「都市ごみ処分の更なる強化に関するオプション」等の管理政策、売電の際の上乗せ補助金等、中国政府の様々な施策によって推進が進んだとしている。また、Farmer et al. [13] はイギリスの廃棄物処理手法が埋め立て処分やリサイクル及び焼却に移行する状況を、州別に分析した。

表 1-1 アジアの廃棄物に関する環境クズネッツ曲線の適用可能性に関する先行研究

文献	内容
Khajuria et al. [7]	インドにおける一人当たり国民総生産 (Gross Domestic Production : GDP) と廃棄物発生量との間に逆 U 字型の関係が見られることを示した。
Song et al. [8]	中国における排ガス、排水、廃棄物の発生量と一人当たり GDP との間に逆 U 字型の関係が見られることを示した。
Kaneko et al. [9]	中国の 1992 年～2013 年の省レベルのデータを用いて、排水、大気汚染、廃棄物と収入との関係进行分析した。廃棄物のみ弱い逆 U 字型の関係が見られた。
Chen et al. [10]	台北市及び台北市以外の家計消費と家計辺りのごみ収集量との間に環境クズネッツ曲線の関係があることを示した（ただし、台北市及び台北市以外の都市を合わせて分析すると、環境クズネッツ曲線の関係が見られなくなる）。

出所：先行研究に基づき筆者作成

こうした、経済成長と廃棄物問題との関係を分析することによって得られた長期的変化に係る知見は、廃棄物処理政策の立案に活用できると考えられる。図 1-3 のように、経済発展がどのように廃棄物に関わる社会経済要因を変化させ、それが、実際の廃棄物処理手法の変化にどのようにつながるのか、その過程を明らかにすることで、廃棄物処理政策担当者が廃棄物処理手法を選択する際の一助になるのではないかと考える。

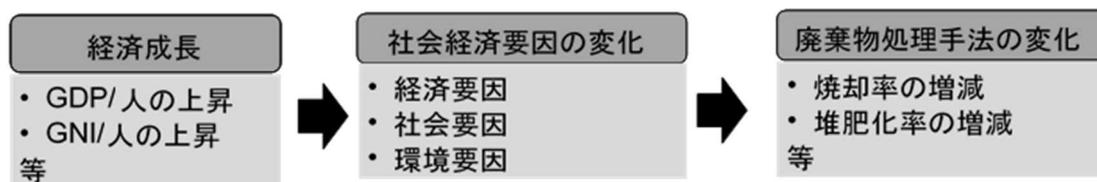


図 1-3 経済発展による社会経済要因と廃棄物処理手法の変化

そこで、先行研究をレビューして図 1-3 のような分析を行っているものを探したが、経済発展に伴って廃棄物処理に関わる社会経済要因がどのように変わるかについて分析している先行研究を見つけることができなかった。

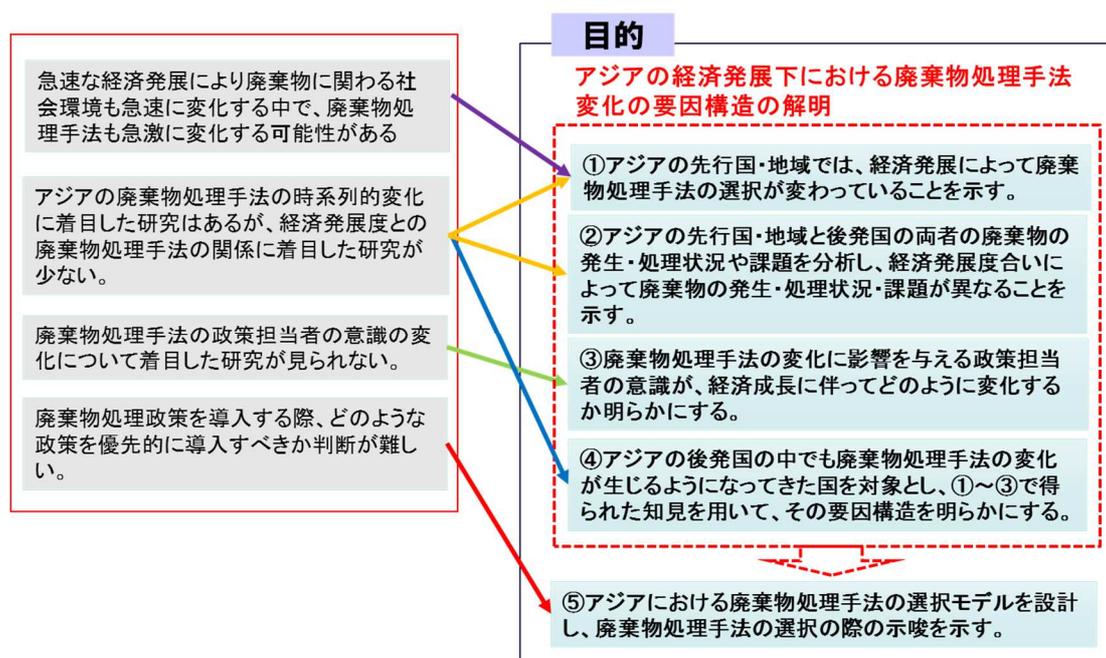
さらに、様々な要因と廃棄物処理手法との関係について、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) やライフサイクルコスト (Life Cycle Cost : LCC) 分析等の定量分析を行った専攻研究は多いが、時系列変化を考慮していないことがわかった。具体的には、LCA による分析でアジアを対象としたものとして、中国の都市ごみについて扱った Hong et al. [14]、Zhao et al. [15]、Zhao et al. [16]、中国の焼却技術について研究を行った Chen et al. [17]、中国の機械選別・生物的処理 (Mechanical-Biological Treatment : MBT) について扱った Hong et al. [18]、インドネシアの都市ごみのエネルギー利用について研究を行った Gunamantha et al. [19]、韓国について扱った Yi et al. [20]、マレーシアの都市ごみについて扱った Hassan et al. [21]、Saheri et al. [22]、シンガポールの都市ごみについて扱った Khoo et al. [23]、Tan et al. [24]、スリランカの都市ごみについて扱った Menikpura et al. [25]、タイの都市ごみについて扱った Menikpura et al. [26] 及び Liamsanguan et al. [27、28]、タイの Waste to Energy について研究を行った Chaya et al. [29] などがある。これらはいずれも、経済成長度による変化等は扱っていない。

また、廃棄物処理に関わる社会経済要因の変化が、廃棄物政策の担当者の意識をどのように変化させるのか分析している先行研究も見つけることができなかった。詳細は 4 章で述べるが、廃棄物処理に関わる社会経済要因と廃棄物処理手法の選択に関して、階層分析法 (Analytic Hierarchy Process : AHP) を用いて分析した様々な先行研究がある。例えば、Contreras et al. [30] は AHP を用いて、ボストンにおける Refuse Derived Fuel (RDF) とバイオガスの導入について分析を行った。小泉等[31]は AHP を用いてグローバ

ルなりサイクルモデルの施策の選択肢を評価した。藤田等[32]は、都市ごみ焼却炉の建設に関する土地の選択について AHP を用いて分析している。ただし、こうした AHP に基づく分析事例は、すべて、分析時点の情報を用いて当該時点の状況を分析した研究であって、時系列的な変化までも考慮した分析ではない。

## 1.2 研究の目的

1 節で示した問題意識を踏まえ、本研究では、図 1-3 で示したようなアジアでの経済発展下における廃棄物処理手法変化の要因構造を解明し、アジアにおける廃棄物処理手法の変化について考察を行って、廃棄物処理手法の選択における示唆や指針を得ることとした。本研究の目的を、本研究の社会的背景並びに手法的背景と照らし合わせると、図 1-4 のようになる。



出所：筆者作成

図 1-4 本研究の目的

まず、急速な経済発展により廃棄物に関わる社会環境も急速に変化する中で、廃棄物処理手法も急激に変化する可能性があるという仮説を検証するために、日本や中国の経済発展が先行して進んだ沿岸部の地域（以下、「中国先行地域」と称する）、韓国、シンガポールといったアジアにおける先行国・地域を対象として、経済発展によって廃棄物処理手法の選択が異なることを示すことが本研究の第 1 の目的である。

次に、アジアの先行国・地域において廃棄物処理手法の変化を引き起こしたような、

発生・処理状況や課題がアジア後発国でも発生しているのか、もしくは発生する可能性があるのか明らかにするため、アジアの先行国・地域と後発国の両者の廃棄物の発生・処理状況や課題を分析し、経済発展度合いと廃棄物の発生・処理状況・課題との関係について分析するのが本研究の第2の目的である。

また、廃棄物処理手法を実際に選択している政策担当者の意識が、経済成長に伴ってどのように変化するか明らかにし、経済成長と廃棄物処理手法の選択との関係を政策担当者の意識の変化という視点からも明らかにするのが本研究の第3の目的である。

さらに、アジアの後発国の中でも廃棄物処理手法の変化が生じるようになってきた国を対象とし、①～③で得られた知見を用いて、その要因構造を明らかにするのが第4の目的である。

①～④の目的を達成することによって、アジアの経済発展下における廃棄物処理手法変化の要因構造の解明を図るといった目的が達成できる。

最後に、アジアの政策担当者が廃棄物処理手法を選択することがより容易になるように、上記4つの目的を達成して得られた結果に基づいて、経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法の選択モデルを構築し、廃棄物処理手法の選択の際の留意点に関する示唆を示すことが、本研究の第5の目的であり、本研究の最終的なゴールと位置づけている。

### 1.3 本研究の対象

本研究全体を通じた対象国は、東南アジア・東アジア諸国とした。具体的には、東南アジアについては東南アジア諸国連合（Association of South East Asian Nations: ASEAN）の10カ国、すなわち、ブルネイ、カンボジア、インドネシア、ラオス、マレーシア、ミャンマー、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム、東アジアについては、日本、中国、韓国、モンゴルを対象とした。

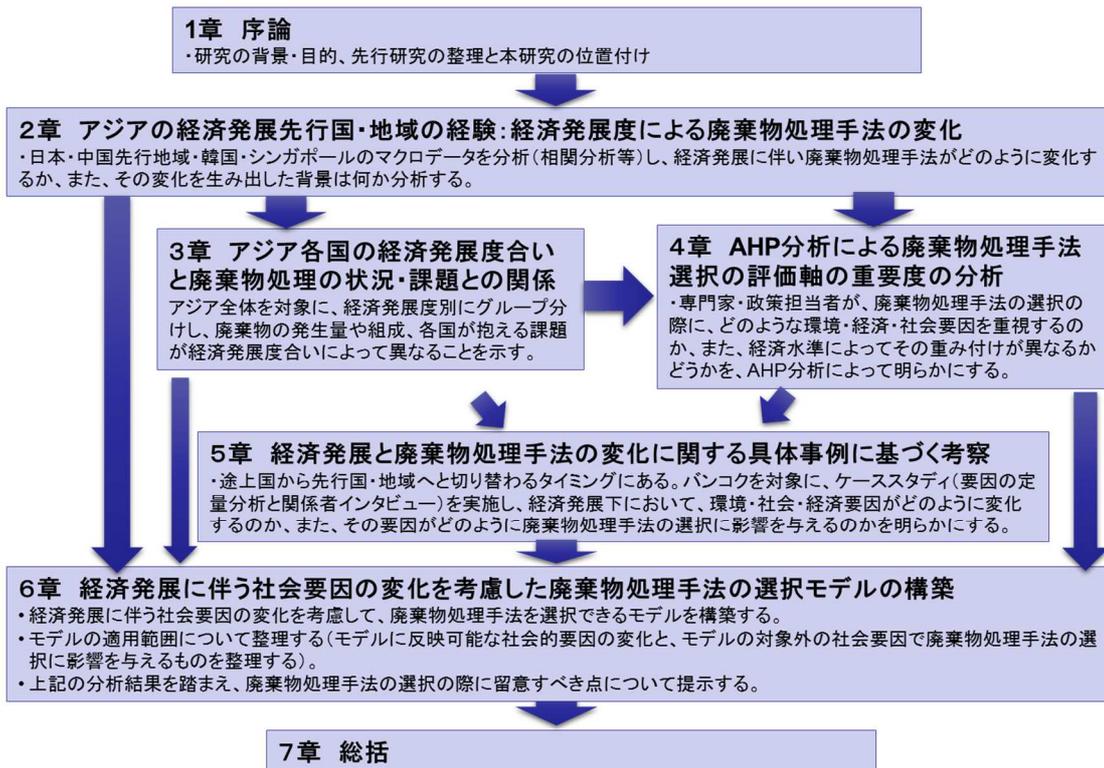
本研究は一般廃棄物（家庭からのごみ）に焦点を当てることとした。本研究は途上国の中でも主に ASEAN を対象とした研究であるが、ASEAN では自由化を見込んで ASEAN 域内全体で産業政策が進められている。また、企業もそうした統合の効果を狙って、当該国では需要が十分発生していなくても、生産コストの安い国に生産拠点を置くようなケースもある。産業廃棄物の発生は、一国の影響よりもこうした ASEAN 統合による国の産業政策や企業戦略の影響を受けやすいため、当該国の経済状況と産業発展度が一致しない可能性がある[33]。また、産業廃棄物は、環境対策よりも経済性が優先されてしまう途上国では、処理手法の問題よりは、不法投棄の問題がまず論点となってしまう。さらに、産業廃棄物の場合、廃棄物の種類によって様々な処理手法が考えられるため、手法間の比較等が難しくなってしまう。したがって、経済発展に伴う処理手法の変化を分析するには、一般廃棄物の方が適している。こうした状況を踏まえて、本研究では国の豊かさをより反映し、処理手法について議論しやすい一般廃棄物について論じ

ることとした。

また、本研究は、一般廃棄物に限定した上で、上流側の取り組みよりは、主に下流側の処理・処分に注目することとした。その理由の一つは、ASEANの製造業がEU輸出製品を作っている場合はリサイクル設計等上流側の取り組みを実施することになって、経済発展の実態よりも取組が進んでしまう可能性があるからである。さらに、先述したとおり、2008年度に国連環境計画アジア太平洋地域資源センターの勤務の際に、各国の政策担当者が喫緊の課題として認識していたのは、まずは、処理・処分の整備であり、上流側の問題も重要だが、まずは処理・処分について十分な分析が必要と考え、処理・処分に分析の焦点を当てることとした。

## 1.4 本研究の構成

本論文の構成を図1-5に示す。前出の研究目的①～⑤に対して、2章から6章で回答し、7章で総括をするという構成とした。



出所：筆者作成

図 1-5 本研究の構成

2章は、国レベル・地方自治体レベルのマクロデータを分析することによって、経済発展と廃棄物処理手法の選択との関係を示すことを目的とする（目的①）。日本、中国先行地域、韓国、シンガポールの経済水準と廃棄物処理手法に関するマクロの時系列データを集め、データ間の相関分析を行いながら、経済水準に応じて処理手法の選定に差がでるかどうかなを実証的に分析する。

3章では、2章で示したマクロデータの分析で得られた経済発展に伴う廃棄物手法の変化を説明するために、経済発展度合いに応じて廃棄物の発生量や組成、廃棄物処理の状況、各国が抱える課題が異なることを明らかにすることを目的とした整理・分析を行う（目的②）。経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係については、関連資料から様々なデータを集めて相関係数を算出して分析を行う。また、既存文献や国際会議における各国代表の発言等に基づき各国が現状抱えている課題について、研究対象国を高所得国、高中所得国、低中所得国、低所得国に分けて、人、物、技術・情報、金、制度、その他の観点から各国の課題が経済水準に応じてどのように異なるのか整理する。

4章は、アジア地域の専門家・政策担当者が評価指標（環境・経済・社会要因に関する評価指標）の何を重視するのかを明らかにすること、国の経済水準の差によって、人々の評価指標（環境・経済・社会要因に関する評価指標）に関する重み付けがどのように変わるのかな等を明らかにする。具体的には、中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムの地方自治体・政府職員17名、専門家14名を対象にアンケート調査を実施し、AHPによる分析を行って重要度を算出する。

5章は、バンコクを事例として、経済発展によって環境・経済・社会要因がどのように変化し、環境・経済・社会要因の変化が廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えたのか、それらの要因の特定とそれらの要因が手法選択に作用する過程（要因構造）について解明する。専門家・政策担当者に対してインタビューを実施し、環境・経済・社会要因の時系列的な変化が廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えたといった点について多様な知見を得ることを目指す。

6章は、2～5章の成果を踏まえて、経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法を選択できるモデルを構築する。具体的には、経済発展に伴う社会要因の変化を変数とした正味現在価値（Net Present Value : NPV）の式を構築し、廃棄物処理手法（焼却（発電あり）、堆肥化、埋立処分（メタンガス回収発電あり）、埋立処分（発電なし））のいずれが有利になるか分析できるモデルを設計する。さらに、モデルに反映可能な社会的要因の変化と、モデルの対象外の社会要因で廃棄物処理手法の選択に影響を与えるものについて分析し、モデルの適用範囲を整理する。さらに、上記の分析結果を踏まえ、廃棄物処理手法の選択の留意点を提示する。

最後に7章では、2章から6章で得られた結論を総括するとともに、今後の研究課題について述べる。

## 参考文献

1. World Bank, World DataBank Outlook Databases  
<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx> (2014年7月8日アクセス)
2. World Bank (2012) What A Waste: A Global Review Of Solid Waste Management
3. JICA 国際協力総合研修所・JBIC 開発金融研究所 (2005) 開発途上国廃棄物分野のキャパシティ・ディベロップメント支援のために ―社会全体の廃棄物管理能力の向上をめざして―
4. Agamuthu P., Tanaka M. (2010) Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands, Society of Solid waste Management Expert in Asia and the Pacific Islands (SWAPI)
5. Japan International Cooperation Agency (1982) The Bangkok solid waste management study Final report
6. Japan International Cooperation Agency (1991) The study on Bangkok Solid waste management Final report
7. Khajuria A., Matsui T., Machimura T., Morioka T. (2012) Decoupling and Environmental Kuznets Curve for municipal solid waste generation. Evidence from India. International Journal of Environmental Science Volume 2 No.3. doi:10.6088/ijes.00202030051
8. Song T., Zheng T., Tong L. (2007) An empirical test of the environmental Kuznets curve in China: A panel cointegration approach. China Economic Review 19 (2008) 381–392. doi: 10.1016/j.chieco.2007.10.001
9. Kaneko S., Managi S., Fujii H., Tsurumi T. (2009) Does an environmental Kuznets curve for waste pollution exist in China? International Journal of Global Environmental Issues 2009 Vol. 9 No. 1/2 pp. 4-19. doi:10.1504/IJGENVI.2009.022082
10. Chen C., Chen Y. (2008) Income effect or policy result: a test of the environmental Kuznets Curve Journal of Cleaner Production 16 59e65. doi:10.1016/j.jclepro.2006.07.027
11. Mazzanti M. and Zoboli R. (2008) Waste Generation, Incineration and Landfill Diversion. De-coupling Trends, Socio-Economic Drivers and Policy Effectiveness in the EU, Working Papers 2008.94, Fondazione Eni Enrico Mattei.
12. Zheng, L., Song, J., Li, C., Gao, Y., Geng, P., Qu, B., Lin, L. (2014) Preferential policies promote municipal solid waste (MSW) to energy in China: Current status and prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews 36 135–148
13. Farmer T.D., Shaw P.J., Williams I.D. (2015) Destined for indecision? A critical analysis of waste management practices in England from 1996 to 2013
14. Hong, J., Li, X., Zhaojie, C. (2010) Life cycle assessment of four municipal solid waste management scenarios in China. Waste Manage. (Oxford) 30, 2362–2369.
15. Zhao, Y., Wang, H., Lu, W., Damgaard, A., Christensen, T.H. (2009). Life-cycle assessment of the municipal solid waste management system in Hangzhou, China (EASEWASTE).

- Waste Manage. Res. 27, 399–406.
16. Zhao, Y., Xing, W., Lu, W., Zhang, X., Christensen, T.H. (2012) Environmental impact assessment of the incineration of municipal solid waste with auxiliary coal in China. *Waste Manage. (Oxford)* 32, 1989–1998.
  17. Chen, D., Christensen, T.H. (2010) Life-cycle assessment (EASEWASTE) of two municipal solid waste incineration technologies in China. *Waste Manage. Res.* 28, 508–519.
  18. Hong, R.J., Wang, G.F., Guo, R.Z., Cheng, X., Liu, Q., Zhang, P.J., Qian, G.R. (2006) Life cycle assessment of BMT-based integrated municipal solid waste management: Case study in Pudong, China. *Resour. Conserv. Recycl.* 49, 129–146.
  19. Gunamantha M., Sarto, (2012) Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of KARTAMANTUL region. *Renew. Energy* 41, 277–284.
  20. Yi S., Kurisu K.H., Hanaki K. (2011) Life cycle impact assessment and interpretation of municipal solid waste management scenarios based on the midpoint and endpoint approaches. *Int. J. Life Cycle Assess.* 16, 652–668.
  21. Hassan M.N., Awang M., Chong T.L., Zakaria Z., Lay L.B., Yusoff N., Sino H. (1999) The application of an life cycle inventory (LCI) model for solid waste disposal systems in Malaysia. *Int. J. Life Cycle Assess.* 4, 188–190. 10.1007/BF02979493
  22. Saheri S., Mir M.A., Basri N.E.A., Mahmood N.Z.B., Begum R.A. (2012) Life cycle assessment for solid waste disposal options in Malaysia. *Pol. J. Environ. Stud.* 21, 1377–1382.
  23. Khoo H.H. (2009) Life cycle impact assessment of various waste conversion technologies. *Waste Manage. (Oxford)* 29, 1892–1900.
  24. Tan R.B.H., Khoo H.H. (2006) Impact assessment of waste management options in Singapore. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 56, 244–254.
  25. Menikpura S.N.M., Gheewala S.H., Bonnet S. (2012) Sustainability assessment of municipal solid waste management in Sri Lanka: problems and prospects. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* 14, 181–192.
  26. Menikpura S.N.M., Gheewala S.H., Bonnet S. (2012) Framework for life cycle sustainability assessment of municipal solid waste management systems with an application to a case study in Thailand. *Waste Manage. Res.* 30, 708–719.
  27. Liamsanguan C., Gheewala S.H. (2007) Environmental assessment of energy production from municipal solid waste incineration. *Int. J. Life Cycle Assess.* 12, 529–536.
  28. Liamsanguan C., Gheewala S.H. (2008) LCA: a decision support tool for environmental assessment of MSW management systems. *J. Environ. Manage.* 87, 132–138.
  29. Chaya W., Gheewala S.H. (2007) Life cycle assessment of MSW-to-energy schemes in Thailand. *J. Clean. Prod.* 15, 1463–1468. doi:10.1016/j.jclepro.2006.03.008

30. Contreras F., Hanaki K., Aramaki T., Connors S. (2008) Application of analytical hierarchy process to analyze stakeholders preferences for municipal solid waste management plans, Boston, USA. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 52, Issue 7, Pages 979-991. doi: 10.1016/j.resconrec.2008.03.003
31. 小泉國茂・周生、小幡範雄 (2005) 廃棄物のグローバルリサイクルシステムに関する AHP (階層分析法) による評価、立命館大学 政策科学 12-2
32. 藤田眞一、田村坦之(2002) 一般廃棄物焼却場の立地選定に対する改良型 AHP の適用, *Journal of the Operations Research Society of Japan* 45(1), 1-12
33. トラン・ヴァン・トゥ(2003)東アジアの貿易・投資動向と国際分業の進展、内閣府 経済社会総合研究所 東アジアの持続的発展に関する研修、研修用教材

## 2. アジアの先行国・地域の経験：経済発展度による廃棄物処理手法の変化

### 2.1 2章の目的

本論文では、廃棄物処理手法の選択が経済発展度合いによって変化するという仮説を設定している。

1章で紹介したとおり、経済発展度合いと廃棄物の発生量について分析した研究は多いが、経済成長と廃棄物の処理手法との関係を分析した研究は少ない。数少ない研究の一つとしては、Bertolini [1]が、2000年を基準年として、一人当たり国民総所得(Gross National Income : GNI)と焼却率の関係を整理している。具体的な定量的分析までは至らなかったものの、スイスやデンマーク、日本といった一人当たり国民所得(GNI)が高い国では焼却率が高く、他方で、一人当たり国民所得(GNI)が10,000~20,000ドルの国では焼却率が10%以下にとどまっていることが示されている。また、田米[2]は、日本の焼却炉メーカーの経験として、一人当たりGDPが3,000~4,000ドル以上になると、焼却が普及し始めると主張している。

このように、経済成長と廃棄物の処理手法との関係を分析した事例が少ないことから、本章ではアジアにおける経済発展と廃棄物処理手法の選択との関係を確認することとした。ただし、東南アジア諸国では、国民所得が急激に増えつつある段階で、処理手法の変化の兆しがやっと思われるようになってきているような段階であり、経済発展度合いと廃棄物処理手法の変化を定量的に分析することはできない。したがって、経済発展が進んで、廃棄物処理手法の変化のデータが定量的に集積されてきた、日本、中国の沿岸部の先行地域、韓国、シンガポールを対象に検討を行うこととした。

### 2.2 分析手法

定量分析と定性分析を組み合わせた方法を採用した。まず、対象国・地域の経済水準と廃棄物処理手法に関するマクロの時系列データを集め、データ間の相関分析を行いながら、どの程度の経済水準ではどの処理手法が選定されてきたかを実証的、定量的に分析し、Bertolini[1]や田米[2]が示すような、経済発展と廃棄物処理手法の選択との関係を示した。次に、対象国・地域の廃棄物処理手法の変遷について扱っている先行研究について分析し、対象国・地域において廃棄物処理手法の変化を生じさせた社会要因について明らかにした。以下では、定量分析と定性分析のそれぞれの方法を説明する。

## 2.2.1 定量分析：廃棄物処理手法選択の分析

(1) 国もしくは先行地域レベル時系列データの分析の方法

### ①分析に用いたデータ

日本は全国のデータ及び47都道府県のデータを分析した。データは、一人当たりGNIについてはWorld Bank[3]、焼却率や堆肥化率については環境省[4]を用いた。中国については、購買力平価で換算した一人当たり地域総生産（Gross Regional Products : GRP）が2013年の時点で1万ドルを超える省、直轄市、及び特別自治区（以下、「省等」と表記）を、「中国先行地域」として本調査の分析対象とした。具体的には北京、天津、河北、内モンゴル自治区、遼寧、吉林、黒竜江、上海、江蘇、浙江、福建、山東、湖北、広東を対象とした。一人当たりGRP、焼却率、堆肥化率ともに国家统计局[5]を参照した。韓国は、地域別データが得られなかったため、全国のデータを対象とした。一人当たりGNIについてはWorld Bank[3]、焼却率や堆肥化率については韓国環境省[6]を用いた。シンガポールは面積としては小さい国であり、廃棄物処理が全国に渡って管理されているため、全国のデータを対象とした（なお、シンガポール環境庁は地域別の処理手法データを公開していない）。一人当たりGNIについてはWorld Bank[3]、焼却率や堆肥化率についてはシンガポール環境庁[7]を用いた。

廃棄物処理手法は焼却と堆肥化を選んだ。これら2つの手法を選んだ理由は、過去、対象国において整備が特徴的に進んできた手法であるからである。

上記の手法について、対象国・地域でエンド・オブ・パイプ対策に重点が置かれ、3Rに関する基本的な法律や制度が導入されてエンド・オブ・パイプよりも上流側の対策に重点が置かれる前までの期間のデータを用いて分析を行った。具体的には、日本については1970年から資源の有効な利用の促進に関する法律が施行された2001年まで、中国については、現状でもエンド・オブ・パイプへの対処が課題であると考え、データの入手可能性に鑑みて2003年から2013年まで、韓国については1993年から生産者責任リサイクル制度（EPR）が施行された2003年まで、シンガポールについては1976年からThe National Recycling Programme (NRP) が開始された2001年までのデータを分析に用いた。

### ②分析手法

本研究では、収集された都市ごみ（日本については一般廃棄物）のうち、焼却された廃棄物の量を焼却率と定義するとともに、収集された都市ごみのうち、堆肥化された廃棄物の量を堆肥化率と定義した。

一人当たりGDPもしくは一人当たりGRPと焼却率、一人当たりGDPもしくは一人当たりGRPと堆肥化率の相関係数を算出するとともに、グラフに示してその関係を確認した。なお、シンガポールについては堆肥化のデータが公開されていないため、堆肥化については分析を行わなかった。

なお、本章の目的は、廃棄物処理方法の変化と経済発展度合との関係を明らかにすることであり、経済状況、社会状況が異なる国家間の横並び比較は目的としていない。

## (2) 同一国内における地域間の相関分析

### ①分析に用いたデータ

同一国内における地域（都道府県及び省等）間の比較分析には、国もしくは先行地域レベル時系列データと同様の考え方にに基づき、日本については資源の有効な利用の促進に関する法律が施行された 2001 年まで、中国については 2003 年から 2013 年までの一人当たり GDP もしくは GRP と焼却率、堆肥化率を用いた。韓国については、地域別のデータを入手できなかったために分析対象から外すこととした。なお、日本については 1983 年以降について、地域別の焼却率及び堆肥化率のデータを入手できた [4]ため、1983 年以降を対象とした。一人当たり県民所得については、内閣府[8]を用いた。シンガポールは国土が狭く、廃棄物処理が全国で一括して行われているために、分析対象から外した。中国については、購買力平価で換算した一人当たり地域総生産（Gross Regional Products : GRP）が 2013 年の時点で 1 万ドルを超える省等（北京、天津、河北、内モンゴ、遼寧、吉林、黒龍江、上海、江蘇、浙江、福建、山東、湖北、広東）とその他の省等の両者のデータを分析した（データの出所は国家統計局[5]）。

### ②分析手法

各年のデータに関して、経済水準の異なる都道府県及び省等について、一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP と焼却率、一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP と堆肥化率の相関係数を分析した。日本については、それぞれの年において、北海道から沖縄までの都道府県間で、都道府県別の一人当たり GDP と、都道府県別の焼却率及び堆肥化率との相関を算出した。中国については、省等間で、一人当たり GRP とこれらの地域の焼却率や堆肥化率との相関を算出した。

## (3) 同一国内における地域ごとの経年データ分析

### ①分析に用いたデータ

同一国内における地域間の相関分析で用いたものと、基本的には同じデータを用いたが、中国については、分析対象を購買力平価で換算した一人当たり GRP が 2013 年の時点で 1 万ドルを超える省等（北京、天津、河北、内モンゴ、遼寧、吉林、黒龍江、上海、江蘇、浙江、福建、山東、湖北、広東）に限定した。

データの情報源は日本、中国とも（2）と同じものを用いた。

## ②分析手法

日本については都道府県ごと、中国については省等ごとに一人当たり県民所得もしくは一人当たり GRP と焼却率、一人当たり県民所得もしくは一人当たり GRP と堆肥化率との間の、時系列でみた相関係数を算出し、その結果を分析した。

### 2.2.2 定性分析：文献情報による社会・経済環境変化の説明

データ分析の結果により見られた変化について、その変化を生み出す背景にはどのような社会・経済環境の変化があるのか、文献に基づき分析を行った。分析のフレームとしては、要因を経済発展、一般廃棄物の問題の変化、政策の変化、廃棄物処理手法のメリット・デメリットの変化、その他の要因に分けることとし、廃棄物処理手法との変化との間の関係を記述・整理した。

## 2.3 定量分析の結果

### 2.3.1 国もしくは先行地域レベル時系列データの分析結果

国レベル時系列データに関して、一人当たり GDP と焼却率、一人当たり GDP と堆肥化率の相関係数を計算した結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 相関係数の計算結果

項目	日本	中国先行地域	韓国	シンガポール
一人当たり GDP と焼却率の相関係数	0.93**	0.99**	0.95**	0.89**
一人当たり GDP と堆肥化率の相関係数	-0.61**	-0.87**	0.96*	—

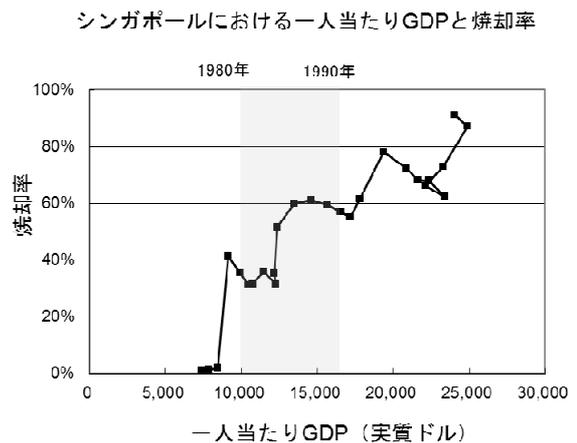
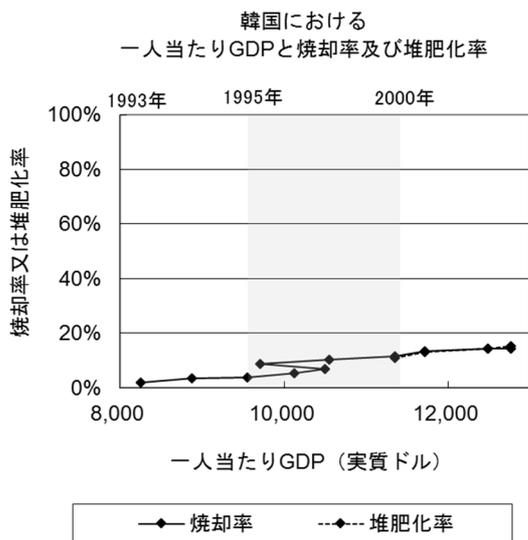
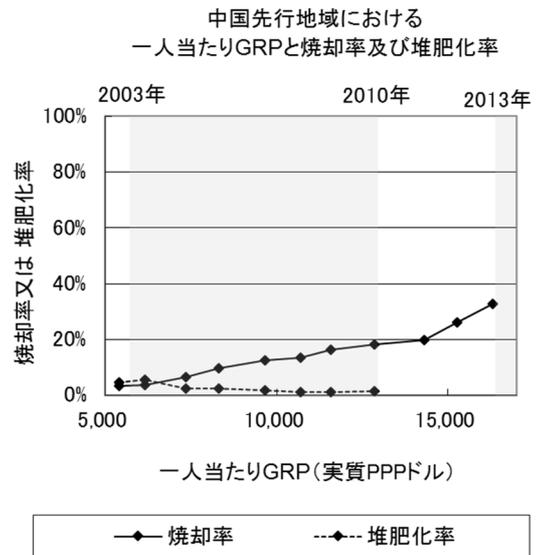
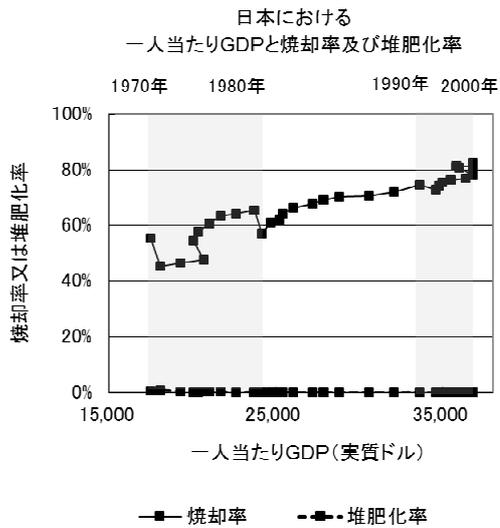
\* p<0.05、\*\*P<0.01

注) シンガポールについては堆肥化のデータが公開されていない。

出所：筆者作成

一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP と焼却率の相関係数について、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールともに極めて強い正の相関が見られ、かつ 1%有意であった。一人当たり GDP と堆肥化率の相関係数については、日本、中国先行地域は負の相関が見られた(1%有意)が、韓国については正の相関(5%有意)が見られた。

また、これらの結果を図 2-1 の通りグラフでも示す。



注：グラフ上部の「○年」～「○年」の区間及び色分けは、当該期間の一人当たり GDP の範囲を示している。

出所：各国の政府統計に基づき筆者作成

図 2-1 国レベル時系列データの分析結果

日本、中国先行地域、韓国、シンガポールのいずれにおいても一人当たり GDP や一人当たり GRP が増えると焼却率は上昇することが、グラフからも確認できる。

また、韓国に関しては、一人当たり GDP の増加に伴い、堆肥化率が焼却率とおおむね同程度の傾向で上昇しているのがグラフから確認できる。

図 2-1 からわかるように、日本では、1970 年から 2001 年に焼却率が増加し<sup>2</sup>、堆肥化率が減少した<sup>2</sup>。日本での堆肥化率は 1970 年度の時点ですでに 1%未満であり、その後もきわめて低い値で推移している。中国先行地域では、焼却率が 2003 年から 2013 年に増加した<sup>2</sup>。一方、堆肥化率は 2003 年から 2010 年まで減少傾向を示した<sup>2</sup>。韓国では、焼却率が 1993 年から 2003 年まで増加した<sup>2</sup>。堆肥化率は 2000 年以降増加傾向にある<sup>3</sup>。シンガポールは、1980 年頃から 2001 年にかけて焼却率が急上昇した<sup>2</sup>。

### 2.3.2 同一国内における地域間の相関分析結果

日本における地域間の一人当たり県民所得と焼却率との相関係数を年別に示した結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 日本における地域間の一人当たり県民所得と焼却率との相関係数

	1983 年	1984 年	1985 年	1986 年	1987 年	1988 年	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年
一人当たり県民所得と焼却率との相関係数	0.24	0.32*	0.30*	0.27	0.21	0.24	0.25	0.27	0.35*	0.36*
一人当たり県民所得と堆肥化率との相関係数	-0.09	-0.18	-0.13	-0.15	-0.10	-0.02	0.02	0.00	0.16	0.13
	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	
一人当たり県民所得と焼却率との相関係数	0.41**	0.43**	0.42**	0.47**	0.50**	0.35	0.28	0.20	0.13	
一人当たり県民所得と堆肥化率との相関係数	0.02	-0.03	-0.03	-0.02	-0.04	-0.11	-0.10	-0.13	-0.17	

\*:5%有意、\*\*:1%有意

一人当たり県民所得と焼却率については、1983 年から 1997 年にかけて 9 ヶ年で 5% 有意の正の相関が見られた。他方、一人当たり県民所得と堆肥化率については、期間中すべて相関が見られなかった。

中国における地域間の一人当たり GRP と焼却率との相関係数を年別に分析した結果を表 2-3 に示す

<sup>2</sup> Mann-Kendall 検定の結果、P=0.00 で 1%有意。

<sup>3</sup> 2000 年～2003 年の分しかデータが入手できず、2003 年までに限って分析するとサンプル数が 4 件と少ないために、Mann-Kendall 検定の結果は P=0.08 となるが、2000 年～2007 年について分析すると、P=0.00 となり、5%有意となる。

表 2-3 中国における地域間の一人当たり GRP と焼却率との相関係数

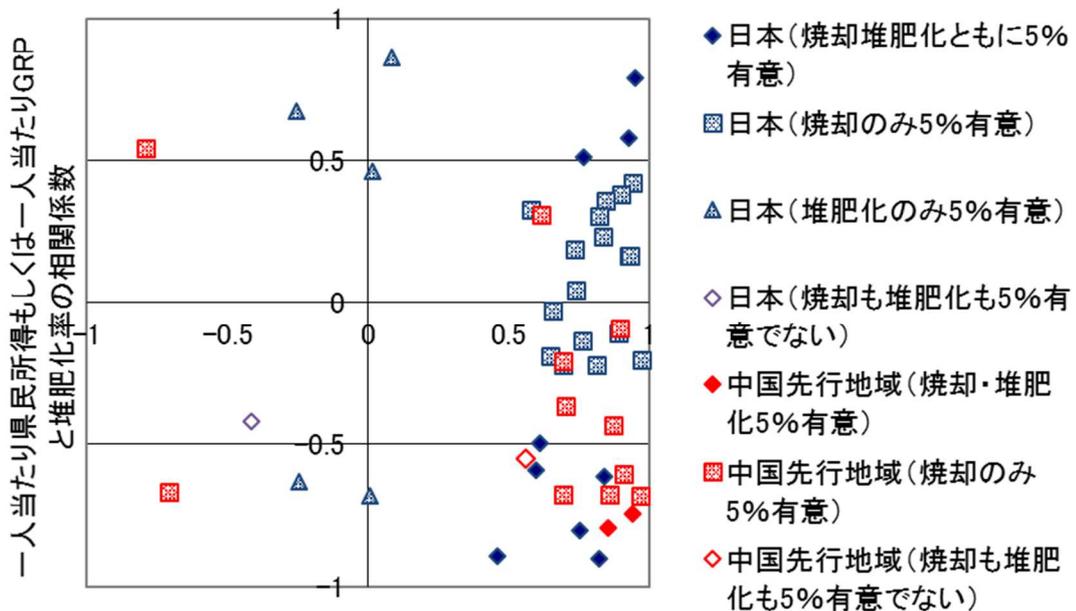
		2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
先行地域	一人当たり GRP と焼却率との相関係数	0.37	0.48	0.52	0.39	0.25	0.29
	一人当たり GRP と堆肥化率との相関係数	-0.06	0.29	0.24	0.18	0.48	0.43
全国	一人当たり GRP と焼却率との相関係数	0.48*	0.51**	0.57**	0.48*	0.40*	0.48*
	一人当たり GRP と堆肥化率との相関係数	-0.11	0.34	0.16	0.31	0.41*	0.42*
		2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	
先行地域	一人当たり GRP と焼却率との相関係数	0.33	0.40	0.28	0.24	0.16	
	一人当たり GRP と堆肥化率との相関係数	0.11	0.50	-	-	-	
全国	一人当たり GRP と焼却率との相関係数	0.46*	0.50**	0.35	0.27	0.26	
	一人当たり GRP と堆肥化率との相関係数	0.28	0.41*	-	-	-	

\*:5%有意、\*\*:1%有意

先行地域についてみると、一人当たり GRP と焼却率及び一人当たり GRP と堆肥化率について、有意な相関関係を確認できなかった。なお、範囲を広げて全国について分析してみると、2003 年～2010 年までは一人当たり GRP と焼却率との間に正の相関関係が 5%有意で見られた。先行地域のみ限定して分析すると、地域ごとの特性の違いが経済発展度の違いよりも大きく働いてしまうが、広く全国について分析すると、経済発展度の違いが地域ごとの特性の違いを上回り、一人当たり GRP と焼却率との間に相関が見られるようになると考えられる。

### 2.3.3 同一国内における地域ごとの経年データ分析結果

中国及び日本の地域別の時系列データに関して、一人当たり県民所得もしくは一人当たり GRP と焼却率及び堆肥化率に関する時系列データについて、都道府県もしくは省等別に相関分析を行った結果を図2-2に示す。



一人当たり県民所得もしくは一人当たりGRPと焼却率の相関係数

注)

青色のプロットは日本の都道府県、赤色のプロットは中国の省等を示す。

出所：各国の政府統計に基づき筆者作成

図 2-2 一人当たり県民所得地域別総生産と堆肥及び焼却率に関する時系列データの相関分析結果

図2-2のとおり、日本については、一人当たり県民所得と焼却に関して時系列で見た場合に有意な相関が見られた地域が多かった。他方、堆肥化については、正の有意な相関が見られた地域、負の優位な相関が見られた地域、相関が見られない地域と様々であった。

表2-4に示すとおり、焼却率が増加した都道府県と低下した都道府県の比率は42：5で、増加した都道府県が大半を占めていた。特に、北海道、石川県、鹿児島県など1983年の焼却率が低かった都道府県は、その後焼却率が急増した。

表2-5に示すとおり、日本のほとんどの都道府県では、堆肥化率は、1983年から1997年に極めて低いまま推移していた(47都道府県のうちの32都道府県で堆肥化率の変化はプラスマイナス0.01以下にとどまっていた)。堆肥化率は、長崎県、長野県、愛知県等の都道府県で低下し、岩手県、山形県、神奈川県等では増加していた。

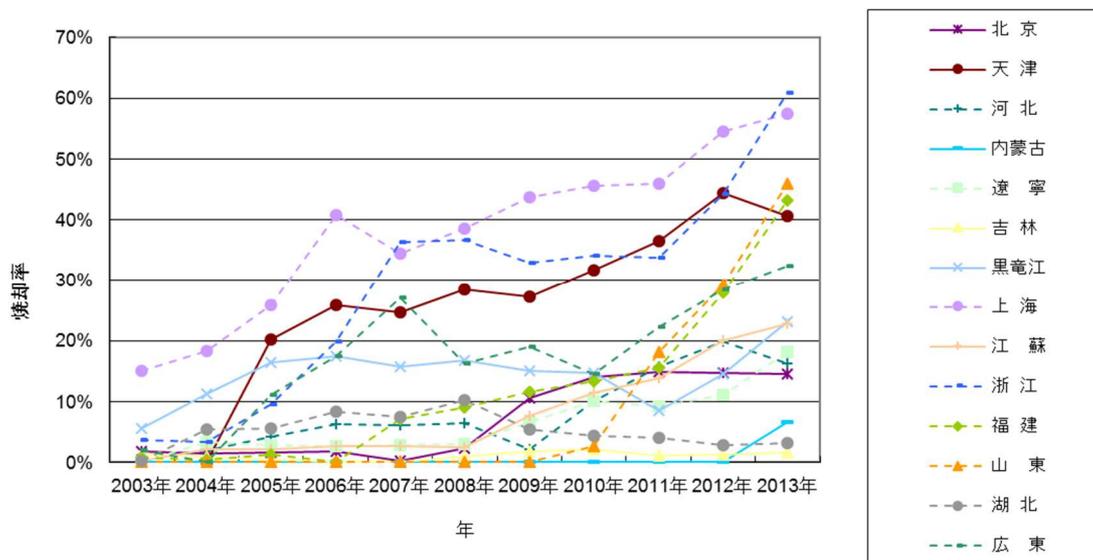
表 2-4 都道府県別の焼却率の推移

	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	1997年～1983年の増減
北海道	26.1%	30.1%	33.8%	38.0%	37.9%	36.1%	36.8%	36.1%	38.3%	44.1%	44.7%	45.8%	46.7%	49.3%	52.0%	50.5%	49.6%	49.9%	50.9%	24.8%
青森県	64.7%	51.2%	56.2%	54.7%	56.5%	55.4%	58.8%	58.7%	58.3%	62.7%	62.8%	61.7%	65.5%	66.9%	67.4%	72.3%	72.2%	69.4%	68.7%	4.0%
岩手県	71.0%	69.5%	70.2%	69.6%	73.8%	73.6%	73.4%	74.5%	75.0%	76.0%	76.2%	76.9%	79.7%	80.1%	80.4%	80.7%	80.2%	77.6%	78.3%	7.3%
宮城県	79.2%	79.0%	80.4%	79.9%	80.4%	82.5%	83.5%	82.2%	82.0%	82.1%	81.8%	79.7%	81.0%	80.4%	83.0%	77.9%	78.0%	75.5%	79.7%	0.5%
秋田県	68.3%	59.4%	63.7%	63.6%	65.7%	65.0%	63.1%	67.4%	67.9%	67.8%	70.0%	71.0%	71.4%	71.3%	70.7%	71.8%	73.9%	72.5%	74.0%	-5.7%
山形県	63.8%	65.5%	69.2%	71.6%	73.1%	73.7%	74.7%	76.8%	77.6%	79.3%	78.6%	76.3%	79.5%	79.6%	79.7%	76.5%	77.1%	76.7%	76.6%	12.8%
福島県	70.2%	68.6%	69.4%	71.7%	73.4%	72.8%	74.8%	77.1%	78.8%	79.4%	80.6%	81.9%	83.5%	83.1%	84.2%	82.4%	82.5%	82.4%	83.5%	13.3%
茨城県	65.0%	73.8%	74.0%	74.5%	74.6%	73.9%	75.3%	77.6%	81.1%	81.0%	80.8%	79.4%	79.8%	78.4%	80.3%	79.9%	80.9%	79.7%	77.3%	12.3%
栃木県	84.1%	82.5%	83.7%	84.8%	85.4%	85.2%	85.4%	84.6%	86.3%	86.3%	85.6%	85.0%	83.5%	82.5%	81.4%	78.1%	77.8%	79.8%	80.2%	-3.9%
群馬県	72.6%	73.9%	77.3%	80.3%	80.9%	81.4%	81.3%	82.3%	83.1%	82.8%	84.4%	84.1%	84.4%	85.2%	86.2%	81.5%	81.8%	81.9%	82.0%	9.4%
埼玉県	76.1%	80.9%	82.7%	83.7%	85.2%	85.6%	86.7%	85.9%	86.2%	85.8%	84.9%	82.2%	85.2%	85.0%	84.8%	81.2%	81.3%	80.6%	81.0%	4.9%
千葉県	78.6%	79.1%	80.1%	80.1%	79.4%	77.9%	77.3%	77.3%	78.4%	79.3%	80.2%	80.9%	81.7%	85.3%	85.3%	81.0%	81.3%	80.1%	80.0%	1.4%
東京都	61.8%	64.0%	64.3%	64.4%	64.9%	62.6%	65.3%	67.5%	71.4%	73.9%	73.9%	77.5%	78.7%	81.4%	84.8%	77.9%	76.5%	73.7%	73.3%	11.5%
神奈川県	88.7%	90.4%	91.2%	91.5%	90.1%	92.6%	93.1%	93.3%	93.4%	92.5%	93.2%	92.9%	93.0%	92.6%	92.5%	87.2%	87.4%	87.0%	88.4%	-0.3%
新潟県	65.7%	72.3%	72.6%	73.0%	77.9%	77.2%	76.5%	75.9%	75.6%	78.6%	79.5%	80.3%	80.8%	81.8%	83.2%	81.5%	81.8%	81.0%	81.4%	15.7%
富山県	64.1%	69.2%	70.4%	74.4%	75.8%	75.8%	79.5%	83.8%	82.8%	83.4%	84.1%	84.3%	82.4%	83.5%	84.5%	83.2%	83.8%	82.9%	80.9%	16.8%
石川県	34.3%	41.1%	42.3%	40.9%	40.0%	39.8%	40.4%	40.6%	45.8%	49.0%	53.0%	68.1%	67.6%	73.8%	76.0%	74.2%	75.0%	73.8%	76.0%	41.7%
福井県	66.4%	74.8%	75.8%	78.0%	77.5%	77.7%	77.1%	76.0%	78.1%	82.0%	81.5%	82.5%	82.4%	82.0%	82.7%	77.0%	76.9%	76.0%	77.8%	11.4%
山梨県	77.6%	75.6%	79.1%	81.8%	80.6%	80.1%	78.7%	80.4%	82.6%	82.1%	81.9%	82.4%	83.2%	83.8%	83.2%	81.5%	80.4%	80.0%	81.1%	3.5%
長野県	60.6%	67.9%	69.4%	71.5%	72.0%	74.2%	74.0%	75.0%	75.4%	74.9%	74.9%	73.2%	73.1%	74.1%	75.6%	74.9%	75.8%	74.6%	74.5%	13.9%
岐阜県	61.4%	72.6%	71.9%	70.9%	69.1%	71.9%	71.7%	70.8%	75.2%	74.2%	75.2%	75.2%	75.1%	79.0%	80.8%	77.5%	79.7%	78.4%	78.4%	17.0%
静岡県	78.6%	77.0%	74.6%	78.1%	78.8%	81.0%	82.5%	83.3%	84.4%	84.1%	83.9%	84.5%	84.7%	85.1%	84.7%	82.1%	79.9%	78.2%	79.2%	0.6%
愛知県	73.4%	75.1%	75.1%	74.6%	75.9%	76.4%	76.9%	77.5%	79.2%	79.1%	79.8%	81.6%	82.2%	82.8%	84.1%	78.4%	78.4%	76.1%	77.4%	4.0%
三重県	54.7%	56.5%	54.6%	56.5%	57.0%	54.8%	58.0%	60.2%	61.6%	61.3%	62.9%	65.1%	65.6%	69.1%	69.1%	66.8%	66.3%	69.5%	69.6%	14.9%
滋賀県	53.4%	52.4%	56.8%	56.6%	64.1%	68.5%	70.7%	73.3%	74.6%	74.6%	75.4%	75.2%	76.9%	77.8%	77.1%	75.4%	76.2%	75.6%	77.4%	24.0%
京都府	88.8%	81.7%	83.4%	83.6%	85.2%	84.6%	86.7%	87.3%	86.7%	85.9%	85.8%	86.2%	85.9%	86.2%	88.0%	79.7%	79.9%	78.7%	79.4%	-9.4%
大阪府	83.6%	86.5%	87.2%	87.9%	88.6%	89.5%	89.8%	88.4%	88.4%	89.5%	91.1%	91.3%	91.6%	91.8%	92.5%	89.0%	91.3%	90.8%	92.2%	8.6%
兵庫県	75.5%	76.9%	78.6%	78.9%	78.3%	79.6%	79.3%	78.5%	78.4%	78.2%	78.0%	76.0%	76.5%	73.7%	74.8%	73.2%	75.7%	75.7%	78.4%	2.9%
奈良県	83.6%	83.7%	86.6%	87.6%	88.9%	88.8%	88.1%	88.8%	87.0%	86.7%	84.9%	86.6%	87.1%	88.1%	89.2%	84.1%	84.2%	83.4%	83.3%	-0.3%
和歌山県	76.6%	75.8%	76.3%	77.7%	80.0%	79.5%	80.3%	81.7%	80.3%	81.1%	80.2%	79.7%	80.3%	81.0%	80.5%	76.9%	79.0%	76.7%	77.6%	1.0%
鳥取県	64.2%	81.1%	80.7%	80.3%	80.9%	80.9%	81.1%	81.6%	81.3%	81.6%	81.4%	81.2%	81.4%	82.1%	84.6%	83.5%	83.5%	81.9%	83.0%	18.8%
島根県	59.4%	56.3%	54.7%	58.3%	58.4%	60.0%	60.9%	61.9%	60.6%	60.9%	60.9%	65.1%	68.6%	69.2%	70.2%	70.3%	68.6%	65.9%	67.2%	7.8%
岡山県	63.0%	71.5%	70.1%	70.4%	71.6%	71.0%	76.8%	75.6%	77.5%	76.8%	77.2%	78.1%	79.9%	79.9%	80.5%	78.3%	81.1%	79.1%	84.8%	21.8%
広島県	64.5%	64.2%	69.3%	70.9%	71.4%	73.2%	73.7%	72.6%	71.7%	74.4%	74.4%	74.4%	74.8%	76.7%	76.6%	72.7%	72.1%	70.6%	69.1%	4.6%
山口県	52.8%	55.2%	64.5%	63.4%	63.5%	62.7%	64.8%	64.6%	63.2%	68.1%	71.1%	72.5%	75.7%	76.3%	75.9%	74.9%	71.7%	70.4%	70.3%	17.5%
徳島県	71.7%	58.5%	57.9%	57.9%	58.8%	57.0%	56.6%	61.7%	71.3%	72.9%	74.7%	74.3%	75.1%	76.6%	80.7%	78.4%	77.3%	79.0%	81.0%	9.3%
香川県	59.2%	63.0%	64.1%	62.2%	66.2%	69.6%	70.4%	71.4%	74.8%	75.5%	74.8%	73.4%	73.3%	74.8%	80.4%	78.8%	80.6%	74.2%	74.2%	15.0%
愛媛県	65.6%	73.1%	74.3%	75.1%	73.8%	72.5%	75.8%	75.9%	74.0%	74.8%	75.4%	78.9%	79.5%	79.0%	76.2%	73.1%	73.5%	71.3%	71.8%	6.2%
高知県	75.8%	73.7%	72.1%	74.7%	72.2%	74.2%	72.5%	70.7%	70.1%	72.2%	72.5%	73.7%	76.0%	76.2%	76.4%	75.4%	72.2%	72.1%	69.8%	-6.0%
福岡県	75.9%	78.4%	78.3%	79.0%	82.3%	83.9%	84.2%	84.7%	82.0%	85.9%	86.3%	88.3%	88.6%	88.9%	88.8%	86.7%	86.6%	85.8%	87.1%	11.2%
佐賀県	64.9%	60.7%	66.1%	67.1%	66.9%	69.0%	73.7%	74.1%	75.2%	77.6%	77.3%	76.9%	79.3%	79.9%	83.2%	79.4%	80.2%	78.3%	80.5%	15.6%
長崎県	66.5%	69.2%	68.4%	70.5%	72.7%	75.2%	75.8%	77.2%	79.6%	77.3%	75.6%	76.0%	76.1%	76.0%	76.1%	74.8%	82.2%	81.6%	83.0%	16.5%
熊本県	76.9%	77.6%	80.2%	80.3%	80.1%	80.9%	81.6%	80.4%	76.4%	80.8%	80.9%	81.2%	83.0%	82.4%	83.7%	80.3%	78.6%	79.9%	81.0%	4.1%
大分県	73.2%	74.7%	74.7%	76.9%	73.8%	74.3%	75.4%	75.1%	80.1%	78.9%	70.6%	71.6%	72.7%	72.3%	71.4%	68.1%	66.0%	77.7%	76.8%	3.6%
宮崎県	46.1%	43.8%	46.0%	47.5%	48.0%	52.4%	58.2%	55.5%	51.7%	60.7%	62.3%	65.0%	63.6%	65.0%	66.6%	65.9%	67.2%	66.6%	70.2%	24.1%
鹿児島県	37.0%	39.6%	44.0%	44.5%	48.0%	49.4%	48.6%	54.1%	53.5%	53.2%	36.7%	57.8%	61.2%	61.9%	65.1%	65.9%	69.9%	70.7%	69.8%	32.8%
沖縄県	63.8%	71.4%	71.7%	72.4%	71.5%	70.6%	71.5%	73.3%	71.8%	70.3%	68.5%	67.6%	67.3%	67.8%	69.6%	69.9%	69.8%	73.5%	78.2%	14.4%

表 2-5 都道府県別の堆肥化率の推移

	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	1997年～1983年の増減
北海道	0.08%	0.12%	0.13%	0.21%	0.21%	0.19%	0.22%	1.51%	0.19%	0.20%	0.26%	0.21%	0.17%	0.17%	0.23%	0.40%	0.39%	0.40%	0.41%	0.33%
青森県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.32%	0.13%	0.15%	0.14%	0.10%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
岩手県	0.00%	0.94%	1.01%	1.02%	1.08%	1.11%	1.13%	0.04%	0.00%	0.00%	0.83%	0.97%	1.04%	1.05%	1.11%	1.08%	1.04%	1.03%	1.00%	1.00%
宮城県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
秋田県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
山形県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.14%	0.17%	0.16%	0.19%	0.17%	0.18%	0.18%	0.22%	0.51%	3.03%	2.82%	3.08%	2.14%	2.14%
福島県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
茨城県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
栃木県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.16%	0.17%	0.17%	0.17%	0.18%	0.18%	0.20%	0.29%	0.31%	0.31%
群馬県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.08%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
埼玉県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
千葉県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
東京都	0.00%	0.02%	0.32%	0.24%	0.21%	0.21%	0.23%	0.20%	0.24%	0.22%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
神奈川県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.37%	0.41%	0.41%	0.40%	0.40%	0.38%	0.39%	0.38%	0.38%	0.36%	0.37%	0.37%
新潟県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
富山県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
石川県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
福井県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
山梨県	0.00%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
長野県	1.14%	0.98%	1.05%	0.90%	0.96%	0.95%	0.89%	0.87%	0.84%	0.76%	0.82%	0.80%	0.70%	0.71%	0.69%	0.75%	0.82%	0.83%	0.80%	-0.33%
岐阜県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.04%	0.03%	0.03%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%
静岡県	1.13%	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.04%	0.03%	0.03%		-1.09%
愛知県	0.56%	0.62%	0.56%	0.48%	0.49%	0.60%	0.57%	0.36%	0.38%	0.39%	0.37%	0.34%	0.31%	0.31%	0.30%	0.07%	0.00%	0.09%	0.09%	-0.47%
三重県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.11%	0.30%	0.29%	0.26%	0.03%	0.05%	0.07%	0.07%	0.26%	0.26%	0.27%	0.27%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
滋賀県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
京都府	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	0.21%	0.24%	0.26%	0.25%	0.28%	0.26%	0.40%	0.40%
大阪府	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
兵庫県	0.00%	0.04%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
奈良県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
和歌山県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
鳥取県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
島根県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
岡山県	0.00%	0.25%	0.25%	0.28%	0.34%	0.32%	0.32%	0.29%	0.34%	0.35%	0.32%	0.31%	0.35%	0.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
広島県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
山口県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
徳島県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%
香川県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
愛媛県	0.89%	0.94%	0.62%	0.37%	0.34%	0.27%	0.30%	0.27%	0.24%	0.24%	0.24%	0.25%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.89%
高知県	0.57%	0.44%	0.44%	0.16%	0.16%	0.16%	0.15%	0.15%	0.16%	0.16%	0.24%	0.18%	0.17%	0.20%	0.20%	0.00%	0.00%	0.08%	0.10%	-0.47%
福岡県	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.03%	0.02%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.12%	0.19%	0.21%	0.24%	0.24%	0.26%	0.25%
佐賀県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
長崎県	2.04%	2.10%	1.98%	2.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-2.04%
熊本県	0.00%	0.24%	0.23%	0.22%	0.22%	0.21%	0.20%	0.19%	0.16%	0.18%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%
大分県	0.12%	0.36%	0.34%	0.41%	0.44%	0.41%	0.43%	0.27%	0.18%	0.26%	0.20%	0.20%	0.19%	0.18%	0.19%	0.08%	0.10%	0.10%	0.10%	-0.02%
宮崎県	0.06%	0.00%	0.12%	0.12%	0.11%	0.14%	0.16%	0.15%	0.28%	0.37%	0.41%	0.41%	0.43%	0.43%	0.44%	0.44%	0.42%	1.05%	0.60%	0.54%
鹿児島県	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.08%	0.10%	0.10%
沖縄県	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

図2-2のとおり、中国については、一人当たりGRPと焼却率に関して、時系列で見た場合に有意な相関が見られた地域が多かった。中国の先行地域について、焼却率の推移を図で示すと図2-3のようになる。図2-3からも、多くの地域で2003年～2013年にかけて焼却率が増加していることが確認できる。



出所：中国統計年鑑各年版

図 2-3 中国先行地域における焼却率の推移

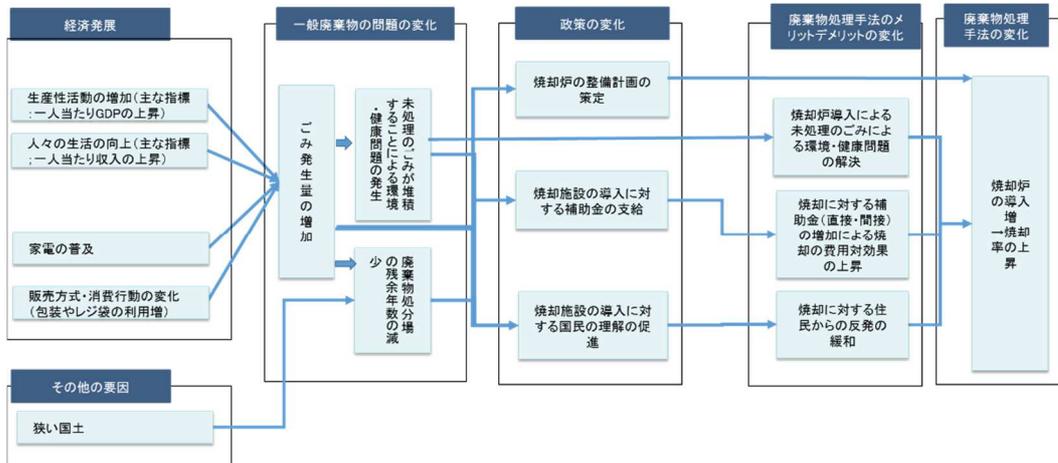
他方で、同じく図2-2のとおり、堆肥化率についてはすべての省等で相関が見られなかった。大きな相関係数が見られた省等でも、堆肥化率については2003年～2010年のデータしか公開されておらず、分析対象とした期間が短くなってしまったため、結果として5%有意にならない地域が多かった。具体的には、相関係数が0.5以上もしくは-0.5以下の省等は9箇所あったが、そのうち堆肥化率に関して有意な相関が見られたのは2箇所にとどまった。

## 2.4 文献情報に基づく定性分析の結果

定量分析の結果により、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールにおいて経済水準が焼却率と密接に関わっていることが示された。また、日本においては堆肥化率の減少が、韓国については堆肥化率の増加の傾向が見られた。では、この変化はどのような社会・経済環境の変化によって生じたものであるのか、文献データに基づいて定性分析を行った結果を示す。

## (1) 日本における焼却率増加の背景

わが国における廃棄物行政の歴史については、環境省[9]が詳しい。



出所：環境省 [9]より筆者作成

図 2-4 日本における焼却炉導入促進のプロセス (1970年～2001年)

日本の廃棄物行政の歴史は古く、1900年に「汚物掃除法」が制定され、都市ごみの収集・処分は市町村の義務として位置付けられ、ごみ処理業者が行政の管理下に置かれた。「汚物掃除法」では、ごみの処理方法について「なるべく焼却すべし」と定めており、焼却が1900年当時から有力な廃棄物処理手法として位置づけられていた[9]。

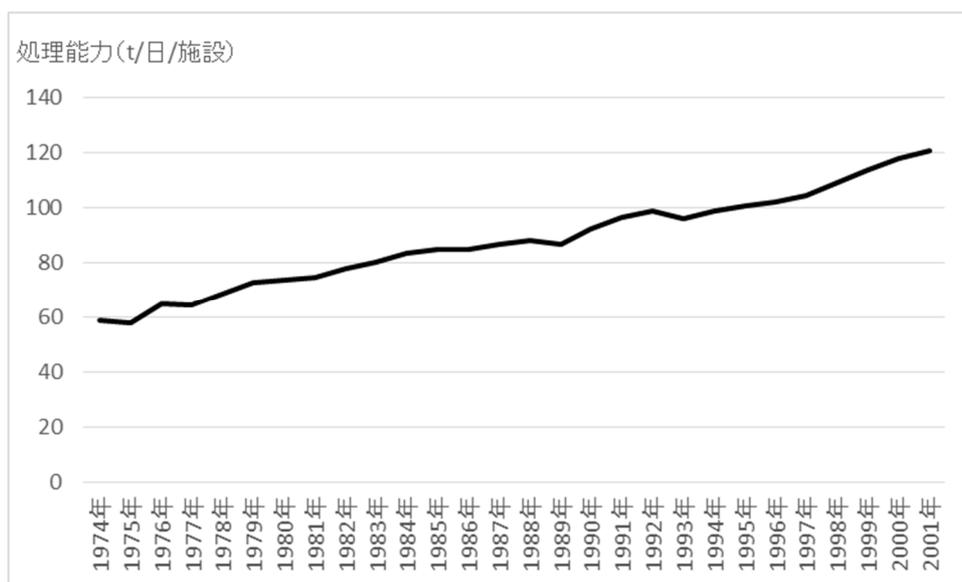
1960年代、高度経済成長に伴う所得の増加、家電の急速な普及、スーパーマーケットやコンビニエンスストアの登場などによる販売方式・消費行動の変化などにより、大量生産・大量消費型の経済構造が進展し、都市ごみが急速に増加・多様化した[9]。1963年には、「生活環境施設整備緊急措置法」の中で「生活環境施設整備五カ年計画」が策定され、同計画でごみの焼却施設等の処理施設の整備方針が定められたことを契機に、各都市でごみ焼却施設の導入が促進された[9]。

さらに、1970年には従来の「清掃法」に代わる「廃棄物処理法」が制定され、廃棄物処理法の施行規則において一般廃棄物処理施設に関する構造基準(1971年)、一般廃棄物及び産業廃棄物の最終処分場に係る構造基準(1977年)が定められた。さらに、この構造基準に適合する施設に対して整備費用を補助する廃棄物処理施設国庫補助金制度が導入された。焼却炉の導入に対しても補助金が適用され、処理能力の向上が進むことになった[9]。

また、東京都では、高度成長期にごみが急速に増加する一方で、周辺住民によるごみ焼却施設建設反対運動などが生じた結果、大量のごみそのまま埋立処分されることとなり、埋立地周辺の環境を悪化させていた[9]。東京23区のごみの大部分を受け入れて

いた江東区が、ごみ焼却施設の建設計画反対運動が盛んであった杉並区からのごみ搬入を阻止するような事態が発生し、1971年には東京都知事が「ごみ戦争」を宣言し、清掃工場と埋立処分場の建設の推進をはじめとした徹底的なごみ対策を行うことを表明した。この結果、東京都における周辺環境にも配慮したごみ焼却施設の導入が進んだ[9]。

1990年前後は、バブル経済に伴い廃棄物の発生量が急増し、その対策が課題となった。同時に、1990年代、特に1990年代後半は、焼却炉から発生するダイオキシンが問題視され、それに対応するために焼却炉の更新が進み、その際にごみ処理の広域化が進められ、図2-5のように、焼却炉の大型化が進んだ[10]。この結果、焼却率が1970年以降2001年まで上昇した。



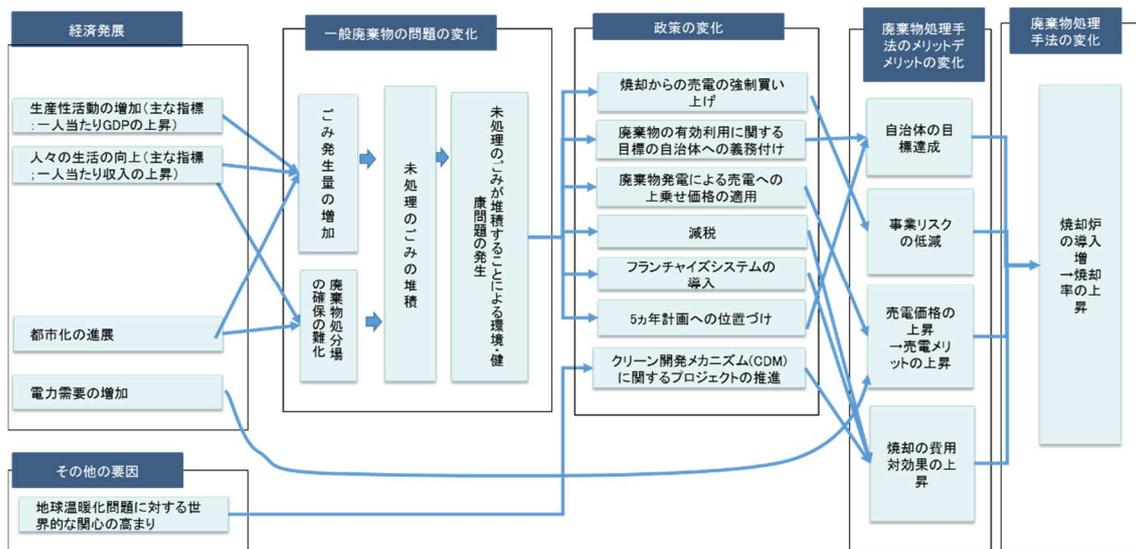
出所：

環境省[11]より筆者作成

図 2-5 日本における焼却炉の施設あたり処理能力の推移

## (2) 中国における焼却率増加の背景

中国における焼却炉増加の背景は、Zheng et al. [12]に整理されている。その内容をまとめると、図 2-6 のようになる。



出所：Zheng et al. [12]より筆者作成

図 2-6 中国における焼却炉導入促進のプロセス (2003年～2013年)

中国の廃棄物処理手法選択の特徴は、焼却の推進を廃棄物問題の解決の鍵と考え、その実現のために、様々な政策を導入したことによる。

アジア太平洋廃棄物専門家ネットワーク(Society of Solid Waste Management Experts in Asia and Pacific Islands: SWAPI)<sup>4</sup>に参加している中国の専門家や、環境省静脈産業海外展開推進フォーラム<sup>5</sup>に参加している企業は、中国の焼却が急速に増加しているのは、中国政府が補助金を出しているからと指摘している[13-15]。中国の専門家によると、一人当たりGRPが高い北京や上海のような都市では、埋立処分場の建設のための土地の確保が難しくなっており、多大な補助金が用意されているために焼却率が高くなっているとのことである。中国の専門家及び日本企業はまた、経済発展が進んでいない地域では、土地に余裕があるために焼却率が低いということも指摘していた。焼却率は様々な経済条件によって決まってくるものである。しかし、中国に限っていえば、補助金による影響が最も大きいとのことであった。

2005年に施行された送配電会社に対して廃棄物発電を含めた再生可能エネルギーに

<sup>4</sup> 2006年11月に日本国環境省の支援の下で開催された第2回アジア太平洋廃棄物専門家会議で設立が決定されたネットワーク。中国、韓国、インドなど15カ国・地域の大学・研究機関等の専門家が参加している。

<sup>5</sup> 環境省では、日本の静脈産業が海外において事業展開することを支援し、世界規模で環境負荷の低減を実現するとともに、我が国経済の活性化につなげるため、2011年から「日系静脈産業メジャーの育成・海外展開促進事業」を実施している(現在は名称が変わって「我が国循環産業の戦略的国際展開・育成事業」となっている)。環境省では、この事業の一環として、我が国静脈産業の海外展開について情報共有・意見交換を行うことを目的として、事業者・地方公共団体・関係団体・有識者等を会員とする「静脈産業海外展開促進フォーラム」を2011年に設立した。

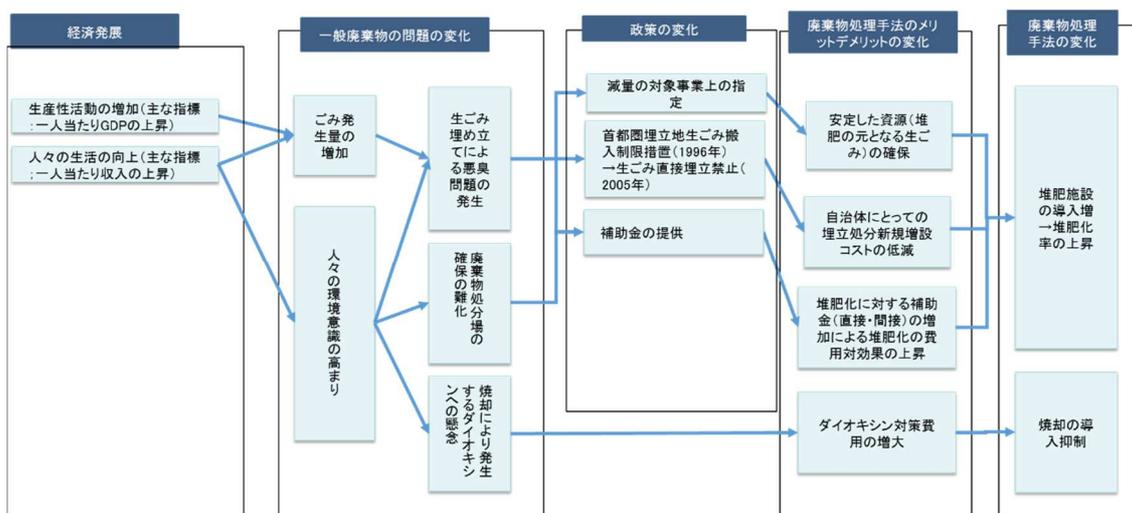
より発電した電力の購入を義務付ける再生可能エネルギー法、2011年に国務院が承認した「都市ごみ処分の更なる強化に関するオプション」等の管理政策、売電の際の上乗せ補助金等、様々な施策が導入されたことで、焼却が他の廃棄物処理手法よりもはるかに有利になった。そのことも焼却施設の推進につながったと言える。

さらに、地球温暖化問題に関する関心の高まりによって、国際的にクリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism : CDM)が導入され、中国において多数のCDMプロジェクトが実施されたことも、中国において焼却に対する費用対効果が上昇することにつながった。

堆肥化については、中国は化学肥料を大量に使う国となってきている。前出の中国の専門家によると、中国では発生源におけるごみの分別がなされていないため、堆肥の質の保証が難しいとのことであった[15]。また、堆肥化できないごみを事前に取り除く作業に費用がかかるため、化学肥料に比べて堆肥の価格が高くなってしまおうとのことであった。さらに、人々の環境意識が低いことにより、重金属等を含んだごみも混ざってしまっており、堆肥が人の健康上も問題があることも示された。また、農家は質の高い堆肥を要求する。経済成長に伴い廃棄物の組成が複雑化すると、質の高い堆肥を作るのがより難しくなる。このような理由から、中国では堆肥化ではなく焼却によるごみ問題の解決を進めることになったと想定される。

### (3) 韓国における堆肥化率増加の背景

韓国における堆肥化推進のプロセスについて、高橋[16]に基づき図 2-7 に示す。



出所：高橋[16]より筆者作成

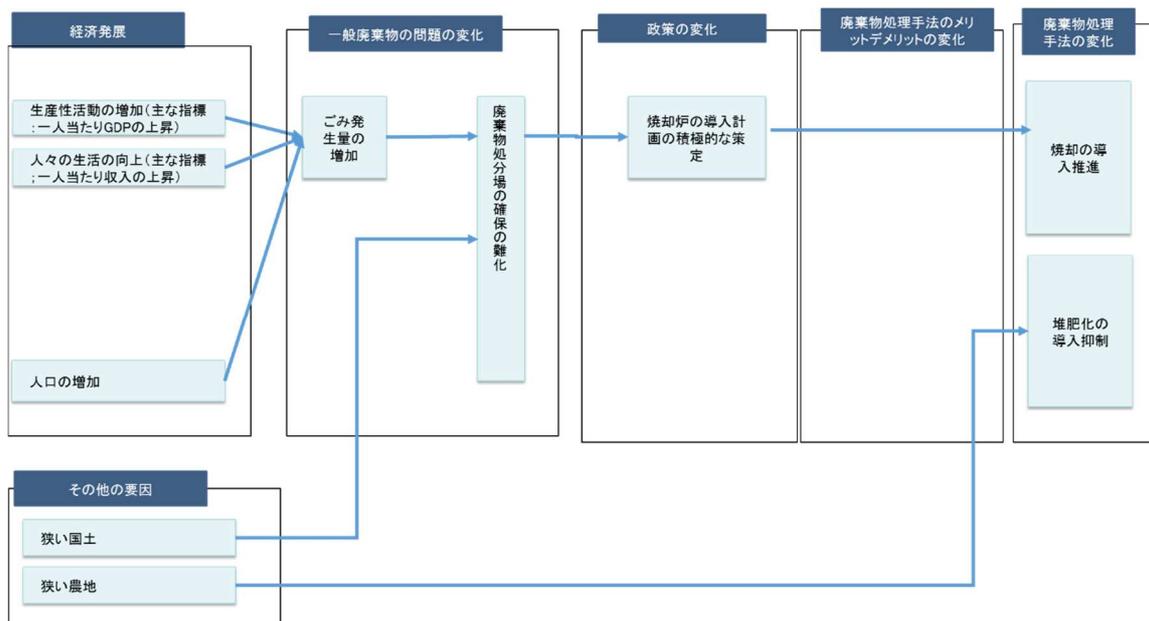
図 2-7 韓国における堆肥化推進のプロセス(1993年～2003年)

韓国では、1970年代、80年代の経済発展に伴い廃棄物の問題が深刻化した。特に、生ごみは直接埋立されていたが、その周辺住民から悪臭の問題が発生する一方、焼却により発生するダイオキシンに対して人々が懸念を示していたため、焼却炉の導入が極めて難しい状況にあった[16]。そのため、韓国政府は堆肥化を推進せざるを得なかった。

2005年には、埋め立て処分場に厨芥を直接投棄するのを禁止した結果[17-19]、厨芥は他の廃棄物とは別に収集されるようになり、有害廃棄物の堆肥への混入を回避するのが容易になった[17-19]。このことが、堆肥の質を向上させることにつながり、韓国における近年の堆肥化率の上昇につながったものと思われる。また、減量の対象事業場の指定等を行ったことも、公的機関による堆肥化施設だけでなく、民間事業者による堆肥化施設の建設が進むことにつながり、堆肥化を後押しすることになった[2]。

### (3) シンガポールにおける堆肥化率増加の背景

シンガポールにおける廃棄物処理手法の変化の背景について、Zhang et al.[20]に基づき図 2-8 に示す。



出所：Zhang et al.[20]より筆者作成

図 2-8 シンガポールにおける廃棄物処理手法の検討状況(1976年～2001年)

シンガポールでは、経済成長と人口増加によってごみの発生量が増加したが、国土が狭いこともあって、埋立処分場の確保が困難になってきていた。また、農業があまり行われておらず、堆肥の需要も少なかったために堆肥化という選択肢も取りにくかった。そのため、焼却という選択肢を取らざるを得ず、シンガポール政府は積極的に焼却炉の

導入計画を立てて焼却炉の導入を進めることになった[20]。

## 2.5 考察

まず、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールに関する国全体の時系列分析では、これらのいずれにおいても一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP と焼却率との間に正の相関があることが確認できた。また、堆肥化については、日本と中国では一人当たり GDP と堆肥化率との間に負の関係が見られたものの、韓国では正の相関があることが示された。一人当たり GDP を指標として国別比較をした場合には、焼却率については正の相関関係が見られるが、堆肥化率については負の関係が見られる場合と正の関係が見られた。これらのことから、経済成長によって変化が生じることは明らかだが、変化の方向性は国によって異なることが示された。

この変化の方向性を定める要因については、各国の定性分析によって具体的な要因が特定された。各国の廃棄物処理手法の選定に最も大きな影響を与えた要因を整理すると、表 2-6 のようになる。

表 2-6 各国の廃棄物処理手法の選定に最も大きな影響を与えた要因

		日本	中国	韓国	シンガポール
経済発展に伴う変化	生産性活動の増加（主な指標：一人当たり GDP の上昇）	○	○	○	○
	人々の生活の向上（収入増、その他）	◎	○	○	○
	都市化の進展		◎		
	電力需要の増加		○		
	人口の増加		○	○	○
一般廃棄物の問題の変化	ごみ発生量の増加	◎	◎	◎	◎
	最終処分場の逼迫	◎	◎	◎	◎
政策	廃棄物発電に対する上乗せ料金制度の導入		◎		
	その他	歴史的な焼却推進文化（汚物掃除法） 補助金の提供 焼却炉の大型化の推進	焼却推進政策 ・ 減税 ・ CDM	堆肥化推進政策 ・ 減量の対象事業場の指定 ・ 生ごみ直接埋立禁止 ・ 補助金の提供	焼却推進政策 ・ 焼却炉推進計画
廃棄物処理手法		焼却推進	焼却推進	堆肥化推進	焼却推進

◎：参考文献 [1-7]において、廃棄物処理手法の変更特に影響したとされているもの。

○：廃棄物処理手法の変更の要因として触れられているもの。

表 2-6 で示したとおり、ごみ発生量の増加とそれに伴う最終処分場の逼迫は、各国の廃棄物処理手法の選択の変更を促す重要な要因である。最終処分場の逼迫の結果、最終処分場の建設が困難になり、最終処分のコストが高くなったことが、埋立以外の処理手

法の推進につながっている。

政府が打ち出す廃棄物政策がその後の廃棄物処理手法の選択に大きな影響を与えていることも示された。例えば、中国は、焼却からの売電の強制買上げ、廃棄物発電による売電への上乗せ価格の適用や減税などが導入された結果、焼却の経済的メリットが他の手法と比べて相対的に増したために焼却が進むこととなった。また、韓国は減量の対象事業場の指定や、首都圏埋立地の生ごみ搬入制限措置、生ごみ直接埋立禁止や補助金の提供といった施策を導入した結果、堆肥化の経済的メリットが他の手法と比べて相対的に増して堆肥化が進んだ。廃棄物処理手法の選択に正のフィードバックが働いていることになる。

他方、同一国内における地域間の相関分析結果からは、同一年における日本の都道府県の間での経済水準（一人当たり県民所得）と都道府県間の焼却率の違いに関して相関が見られないことがわかった。中国についても、先行地域に限定した場合には、一人当たりGRPと焼却率との間に相関が見られないことが明らかになった。この背景として、定性分析によれば、日本と中国先行地域、韓国、シンガポールの分析から経済成長以外の地理的要因や文化的要因、組織的要因などが廃棄物処理手法の選択に影響を与えることが示された。地理的要因としては、例えば日本やシンガポールでは国土が狭く、新規の土地確保が困難であることが挙げられる。文化的要因としてはごみの分別に対する意識などが挙げられる。組織的要因については、ごみ処理に対する民営化の度合いなどが挙げられる。アジア3R推進フォーラムやSWAPIに参加している専門家や政府関係者に対するインタビューを実施した<sup>6</sup>ところ、中央政府が当該国の廃棄物政策全体の方向性を決めてはいるものの、実際には地方自治体が廃棄物処理手法の選択を決めているとの意見が得られた（中国の研究者1名、タイの政策担当者1名及び研究者1名、ベトナムの政策担当者1名、韓国の研究者1名からそうしたコメントを頂いた）。つまり、地方自治体の政策担当者が、当該地域の条件を考慮しながら、当該地域における関係者と意見を交わしつつ廃棄物処理の適切な手法を選択しているという状況にある。したがって、処理手法選択は特定の地域の条件を受けやすくなり、地域間で横並び比較をすると、経済水準と廃棄物処理手法との間に明確な関係性が見出せないことの説明ができる。

ただし、異なる地域別に一人当たり県民所得もしくは一人当たりGRPと焼却率や堆肥化率との関係を時系列的に分析すると、一人当たり県民所得もしくは一人当たりGRPと焼却率との間には各地域で相関が見られることがわかった。地理的要因や文化的要因、組織的要因が異なると地域ごとに焼却率に差が見られるが、時系列的に見た場合には、各地域で一人当たり県民所得もしくは一人当たりGRPの増加に伴って焼却率が増加する傾向にあると言える。すなわち、焼却率は地理的要因や文化的要因、組織的要因の差

---

<sup>6</sup> 4章でAHP調査を実施する際にインタビューを実施。調査対象者は31名である。具体的には表4-1を参照

によって地域ごとに異なるものの、その増減の傾向については、国全体の傾向と似通っていることが明らかになった。中国で導入された、焼却からの売電の強制買上げ、廃棄物発電による売電への上乗せ価格の適用や減税などの施策は国全体に対してのものであり、これが中国の各地域における焼却率の時系列的な増加につながっているものと考えられる。

## 2.6 章括

本章では、アジアの経済発展先行国である日本・中国（特に沿岸部の先行地域）・韓国・シンガポールにおいて、経済成長が廃棄物処理手法の選択に影響を与えてきたことを、定量的及び定性的に明らかにした。

まず、各国・地域とも一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP の増加に伴って焼却率が増加したことが明らかになった。その背景には、各国で経済発展に伴いごみ発生量が増加し、最終処分場が逼迫して最終処分場の建設が困難になり、埋立以外の処理手法の推進につながったことなどがあることが明らかになった。

また、各国で一人当たり GDP に伴う堆肥化率の増減の傾向が異なることが明らかになった。定性分析の結果から、政府が打ち出す廃棄物政策がその後の廃棄物処理手法の選択に大きな影響を与えていることが明らかになった。

さらに、同一年における日本の都道府県の間での経済水準（一人当たり県民所得）と都道府県間の焼却率の違いに関して相関が見られないことが明らかになったが、経済成長以外の地理的要因や文化的要因、組織的要因などが廃棄物処理手法の選択に影響を与えることも示された。ただし、地域別に時系列的に分析した場合には、一人当たり県民所得もしくは一人当たり GRP と焼却率の間には各地域で相関が見られることも明らかになった。

では、アジアの経済発展先行国である日本、沿岸部の中国先行地域、韓国、シンガポールにおいて明らかになったこうした傾向が、急速に経済発展している他のアジアの諸国でも同じように見られるのであろうか。2章で得られた知見を活用しつつ、5章ではバンコクを対象にケーススタディを行い、アジアの後発国においても経済発展とともに廃棄物処理手法の変化が生じることについて明らかにする。

## 参考文献

1. Bertolini G. (2003) Worldwide variations in municipal waste combustion and the reasons for them. *Waste Management World*, pp.31-37
2. 田米智加之 (2003) 日本の環境・医療を中国で活かす、日中経済討論会 2003 プログラム 講演録 [http://www.iist.or.jp/jc2004/j/pdf-j-all/bunka/3-C\\_1128-a.pdf](http://www.iist.or.jp/jc2004/j/pdf-j-all/bunka/3-C_1128-a.pdf)
3. World Bank, World DataBank Outlook Databases

- <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx> (2014年7月8日アクセス)
4. 環境省一般廃棄物実態調査各年アーカイブ
  5. 中華人民共和国国家統計局 (2004–2014) 中国統計年鑑
  6. Ministry of Environment, Korea (2013) National Waste Generation and Disposal
  7. National Environment Agency of Singapore, Waste Management  
<http://www.nea.gov.sg/energy-waste/waste-management/overview#Individuals> (2015年12月31日アクセス)
  8. 内閣府県民経済計算
  9. 環境省 (2014) 日本の廃棄物処理の歴史と現状
  10. 武田信生 (1998) 本格的なダイオキシン対策のはじまり、ビニリデン協だより No.54
  11. 環境省環境統計
  12. Zheng L., Song J., Li C., Gao Y., Geng P., Qu B., Lin L. (2014) Preferential policies promote municipal solid waste (MSW) to energy in China: Current status and prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 36 135–148
  13. Long J. (2012) Trend of construction of Municipal waste incinerators in China, presentation in second subcommittee meeting of Forum for promoting oversea activities of Japanese waste management and recycling companies
  14. World Bank (2005) Waste Management in China: Issues and Recommendations, Urban Development Working Papers, East Asia Infrastructure Department, Working Paper No. 9
  15. Nie Y. (2008) Development and prospects of municipal solid waste (MSW) incineration in China. *Front. Environ. Sci. Engin. China*, 2(1): 1–7. doi: 10.1007/s11783-008-0028-6
  16. 高橋若菜(2007)釜山広域市における生活系廃棄物管理  
—生ごみリサイクルを中心に—、宇都宮大学国際学部研究論集第24号、11–24
  17. Jang D. (2009) Food waste utilization policy of Jeju-do in Korea, *Bulletin of Minamikyushu University*, 39B: 1 – 17
  18. Kim J., Hwang Y., Park K. (2009): An assessment of the recycling potential of materials based on environmental and economic factors; case study in South Korea. *Journal of Cleaner Production* 17 1264–1271. doi:10.1016/j.jclepro.2009.03.023
  19. Lee S., Choi K., Osako M., Dong, J. (2007), Evaluation of environmental burdens caused by changes of food waste management systems in Seoul, Korea. *Science of the Total Environment*, Volume 387, Issue 1-3, Page 42-53, doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.06.037
  20. Zhang D., Keat T. S., Gersberg R. M. (2010) A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore, *Waste Management* 30 921–933, doi:10.1016/j.wasman.2009.11.017

### 3. アジア各国の経済発展度合いと廃棄物処理の状況・課題との関係

#### 3.1 3章の目的

2章では、経済成長が廃棄物の選択に影響を与えるという仮説を支持する結果が得られた。ただし、日本と中国に関する地域別の相関分析結果並びに同一国内における地域ごとの経年データ分析の結果から、そうした経済成長と廃棄物処理選択との相関関係は時系列的にみた場合に限定されることがわかった。また、日本と中国では経済成長に伴って堆肥化率が減少してきたのに対して、韓国では経済成長に応じて堆肥化率が上昇したように、経済成長によって廃棄物処理手法の変化が生じることは明らかだが、変化の方向性は国によって異なることが示された。廃棄物処理手法の変化の背景には、経済発展に伴う廃棄物の発生量の増加や組成の変化や、各国の政策立案の状況等が影響していると思われる。また、経済成長に伴って、廃棄物処理の管理体制作りや予算等の確保も進むとともに、廃棄物政策担当者が抱える課題なども変わってきていると思われる。

3章では、2章で示したマクロデータの分析で得られた経済発展に伴う廃棄物処理手法の変化の背景にある、①経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係や、②経済発展度合いと廃棄物処理の状況及び各国が抱える課題との関係を明らかにすることを目的とした整理・分析を行う。これは、アジアの経済発展下における廃棄物処理手法変化の要因構造の解明を図るといった本研究の目的②に対応したものである。2章では、データの制約上、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールについて分析を行ったが、3章ではこれらの国・地域に加えて、経済が急速に発展している東南アジア諸国も対象に加えて分析を行うこととする。

#### 3.2 分析手法

分析対象は、広く東アジア・東南アジア諸国とした。具体的には、2014年の一人当たり国民総所得（Gross National Income : GNI）が高い順に、シンガポール、日本、ブルネイ、韓国、マレーシア、中国、タイ、モンゴル、インドネシア、フィリピン、ベトナム、ラオス、ミャンマー、カンボジアを対象とした。

各国政府の統計や発表資料、先行研究等から廃棄物の発生量や処理・処分の状況等に関する様々なデータを集めて分析を行った。本論文で記載した数値の多くは、各国政府の廃棄物管理担当部署が公表している数値である。アジアの多くの国では本研究の対象としたデータを収集する体制が整っておらず、多くの数値が推計に依存している。従って、今回使用した統計値について、統計的な信頼性が高いとは言えないが、大まかな傾

向は把握できると考えて可能な限り各国政府の公表数値を採用することとした<sup>7</sup>。

分析の際は、経済発展度合いに応じて国を分類して論じることとした。世界銀行の定義に基づき、低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国と分けて分析することとした。なお、世界銀行の定義は以下のとおり。

低所得国（LICs : Low Income Countries）：2011 年の国民一人当たりの GNI が 1,025 ドル以下の国・地域（世銀アトラスベース）。

低中所得国（LMICs : Lower Middle Income Countries）：2004 年の国民一人当たりの GNI が 1,026 ドル以上 4,035 ドル以下の国・地域（世銀アトラスベース）。

高中所得国（UMICs : Upper Middle Income Countries）：2004 年の国民一人当たりの GNI が 4,036 ドル以上 12,475 ドル以下の国・地域（世銀アトラスベース）。

高所得国（HICs : High Income Countries）：2004 年の国民一人当たりの GNI が 12,476 ドル以上の国・地域（世銀アトラスベース）。

その上で、①経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係や、②経済発展度合いと廃棄物処理の状況及び各国が抱える課題との関係のそれぞれについて以下の 2 つの方法に基づき分析を行った。

#### ①経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係の分析方法

分析対象国について、一人当たり GNI と廃棄物の 1 日一人当たり発生量もしくは収集量との相関係数を算出し、その統計的有意性を確認した。

また、一人当たり GNI と廃棄物の組成について相関係数を算出し、その統計的有意性を確認した。なお、組成の区分については、各国の統計を比較してある程度共通して集計可能な厨芥・紙・プラスチック・金属・ガラス・その他とした。

なお、今回用いた一人当たり GNI は、ドル建ての値であり、為替レートの変動の影響を受ける可能性がある点に留意が必要である。したがって、一人当たり GNI と 1 日一人当たり発生量もしくは収集量や廃棄物の組成の関係については、単なるデータだけで分析するのではなく、以下の②において文献調査で十分な情報を得て、実態と大きく異なる結果が出ていないかを確認しつつ分析を行った。

#### ②経済発展度合いと廃棄物処理の状況及び各国が抱える課題との関係の分析方法

まずは国別に収集・処理・処分の状況を整理した上で、分析対象国を低所得国、低中

---

<sup>7</sup> なお、こうしたデータ収集体制の構築に関する問題点は、アジア 3R 推進フォーラム等の問題等様々な場で提起されている。大迫等[58]は、ベトナムを中心とした東南アジア諸国のデータ整備に関する研究を行っている。

所得国、高中所得国、高所得国に分けて経済発展度別グループ間の比較を行った。

同じく、廃棄物政策及び廃棄物処理手法の選択プロセスについても同様に国別に情報を整理した後、分析対象国を低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国に分けた上で、経済発展度別グループ間の比較を行った。

さらに、各国の課題についても経済発展度別グループ間の比較を行った。課題に関する情報について、筆者は国際会議（アジア 3R 推進フォーラム）に参加し、こうした国際会議の場で各国が提示したプレゼンテーション及び発言に基づいて情報を集めた。アジア 3R 推進フォーラムでは、各国の政策担当者がプレゼンテーションを行う機会が設けられていたが、各国の政策担当者が自国の廃棄物・リサイクルの状況・政策について説明する際に、直面している課題についても紹介していた。本研究ではこうした情報を有効に活用することとした。課題は人、物、技術・情報、金、制度、その他の観点に分けて整理した。さらに、各国政府が提示する課題について、各国の課題が経済水準に応じてどのように異なるのか、上記の整理軸（人、物、技術・情報、金、制度、その他）に沿って差が見られるかどうかを検証した。

### 3.3 各国の経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成との関係に関する分析結果

各国の一人当たりの家庭からの廃棄物の発生ないしは収集量について情報を集め、低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国別に整理した結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 アジアにおける廃棄物の 1 日一人当たり発生量

		2014 年の 一人当たり GNI (ドル)	廃棄物の 1 日一人あたり発生量・収集量 (kg/人/日)	
			発生量	収集量
高所得国	シンガポール	54,040	1.52 (2014 年)	
	日本	46,330	-	0.96 (2013 年)
	ブルネイ	31,590 <sup>*1</sup>	1.40 (2012 年)	-
	韓国	25,920	0.95 (2012 年)	-
高中所得国	マレーシア	10,430	0.80 (2012 年)	-
	中国	6,560	-	0.35 (2013 年)
	タイ	5,340	1.01 (2012 年)	-
低中所得国	モンゴル	3,770	-	-
	インドネシア	3,580	0.35-0.40(2010 年) <sup>*2</sup>	-
	フィリピン	3,270	0.40 (2010 年)	-
	ベトナム	1,740	0.32 (2012 年)	-
低所得国	ラオス	1,450	0.28-0.65(2010 年) <sup>*2</sup>	-
	ミャンマー	1,113 <sup>*2</sup>	-	-
	カンボジア	1,104	-	-
一人当たり GNI との相関係数		-	0.82 (5%有意)	

注: シンガポール、ブルネイ、韓国、マレーシア、タイ、モンゴル、フィリピン、ベトナムについては 1 日一人当たりの家庭からの廃棄物の発生量を、日本、中国については 1 日一人当たり収集量を用いて一人当たり GNI との相関係数を算出した

\*1:ブルネイについては、2013 年のデータがなかったため、2009 年のデータを用いている。

\*2:ミャンマーについては、一人当たり GNI のデータがなかったため、一人当たり GDP の値を用いた。

\*3:相関係数の算出の際は、インドネシアについては中間値の 0.38kg/人/日、ラオスについては都市の平均値 0.46kg/人/日を用いた。

出所: 一人当たり GNI は、World Data Bank[1]

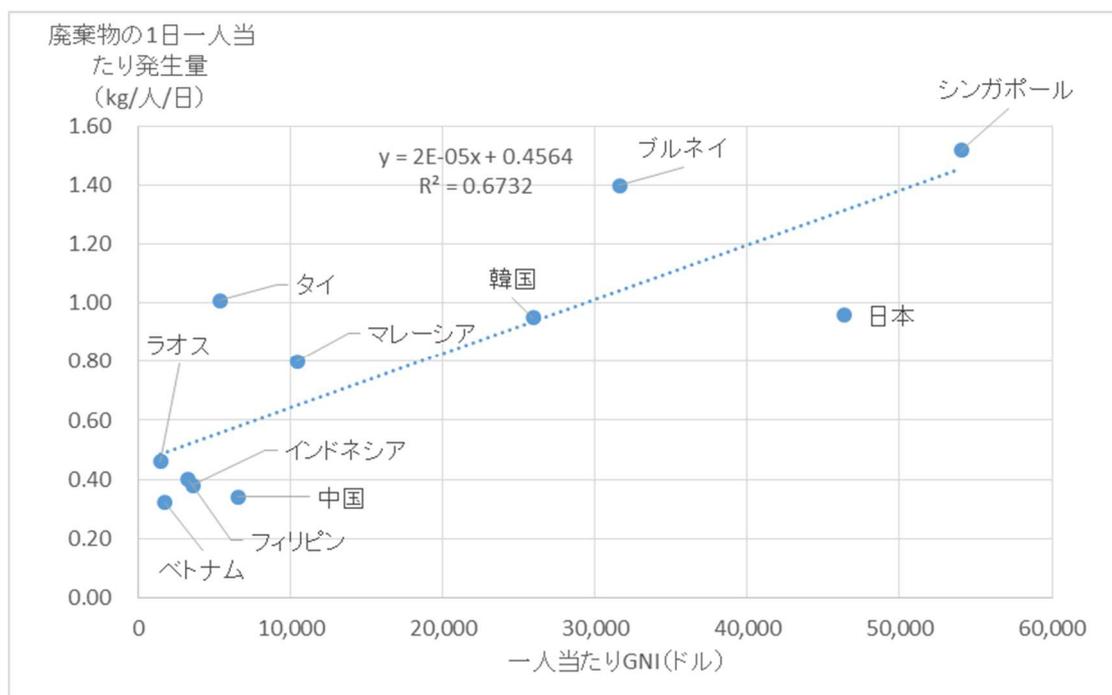
一人当たり GDP (ミャンマー) は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014[2]

都市ごみの一人あたり発生量及び収集量は、各国の政府機関等が公表している統計もしくは各国政府からの提供情報に基づく [3-13]。廃棄物発生量及び収集量のみ入手できた場合は筆者が一人当たり廃棄物発生量及び収集量を算出した (中国は [8]、タイは World Data Bank[1] の人口で除した)。インドネシアについては、一人当たり廃棄物発生量 2.1kg/人/日のうち家庭系由来の割合が 48%であるため、48%を乗じて算出)

国によって、廃棄物発生量としてデータを集計している国もあれば、廃棄物収集量としてデータを集計している国もある。表 3-1 では廃棄物の 1 日一人当たり発生量ないしは 1 日一人当たり収集量に関して入手できた最も新しいデータを記載した。廃棄物の発生量は、シンガポールが最も多く 1.52kg/人/日であり、最も少ないのはベトナムで 0.32kg/人/日であった。廃棄物の収集量は収集率に依存するところが大きい、日本は 0.96kg/人/日、中国は 0.35kg/人/日であった。1 章で述べたとおり、経済成長度合いが高まるにつれて、初めは環境汚染が増大し、一定レベルに達した後、やがて低下に転ずるとい

傾向（環境負荷の曲線が逆 U 字型を描く）は、環境クズネッツ曲線と呼ばれる[14]。

表 3-1 に示したデータのうち、シンガポール、ブルネイ、韓国、マレーシア、中国、モンゴル、フィリピン、ベトナムについては 1 日一人当たり発生量を、日本、タイについては 1 日一人当たり収集量を用いて一人当たり GNI との相関係数を算出したところ、0.82 と正となり 5% 有意であった。これらの国については、一人当たり GNI が大きいほど、一人当たり廃棄物発生量もしくは一人当たり収集量が多いことが確認できた（図 3-1）。



出所：一人当たり GNI は、World Data Bank[1]  
一人当たり GDP（ミャンマー）は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014[2]  
廃棄物の一人あたり発生量もしくは収集量は各国の政府機関等が公表している統計に基づく [3-13]。

図 3-1 一人当たり GNI と廃棄物の一人当たり発生量との関係

今回対象とした東南アジア・東アジア諸国の一人当たり廃棄物発生量もしくは収集量のデータについて、国別に比較した場合には環境クズネッツ曲線は当てはまらないと言える。これは、今回対象とした東南アジア・東アジア諸国の、一人当たり GNI 以外の様々な経済的、社会的条件が異なるためであると考えられる<sup>8</sup>。

なお、タイは一人当たり GNI の水準と比較して廃棄物の 1 日一人当たり発生量が高

<sup>8</sup> なお、内藤が行った環境クズネッツ曲線に関する先行研究分析によると、初期の環境クズネッツ曲線の分析はクロスカントリーデータの分析が多かったが、その後は一カ国に絞って時系列的な分析を行うような研究が行われるようになってきたとのことである[14]。

いが、これは、共働きが多く外食が多かったりすること<sup>9</sup>などが理由と考えられる。ブルネイも一人当たり GNI の水準と比較して廃棄物の 1 日一人当たり発生量が高いが、これについては、資源国で生活水準が高いためとされている[16]。逆に中国は一人当たり GNI の水準と比較して廃棄物の 1 日一人当たり発生量が低い、中国では、一人当たり発生量の公的な数値がなく、一人当たり収集量を用いているからである。日本も、一人当たり GNI の水準と比較して廃棄物の 1 日一人当たり発生量が低い、国民による発生抑制の取り組みが進んでいること、及び、一人当たり収集量の値を用いているからである。

---

<sup>9</sup> 外食の頻度について尋ねたアンケート調査によると、ほぼ毎日外食すると答えた人は、中国で 16%、タイで 14%、インドネシアで 6%、ベトナムで 8%、フィリピンで 2%、シンガポールで 28%、日本で 2%と、シンガポールや中国、タイで外食の比率が高い[15]。

各国の一人当たり廃棄物の発生ないしは収集と廃棄物の組成、含水率、熱量について情報を集め、低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国別に整理した結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 廃棄物の組成及び含水率、熱量

	2014 年の一人 当たり GNI (ドル)	廃棄物の組成 (%)						廃棄物の 含水率 (%)	廃棄物の 熱量 (kcal/kg)	
		厨芥	紙	プラス チック	金属	ガラス	その他			
高所得国	シンガポール	54,040	22.6	19.4	25.9	2.7	2.1	27.3	48.6	1,607
	日本	46,330	39.5	30.9	10.2	2.7	3.8	12.9	46.0	2,112
	ブルネイ	31,590*1	36.0	18.0	16.0	4.0	3.0	23.0	-	-
	韓国	25,920	26.3	21.4	8.9	8.0	4.7	30.7	30.3	3,093
高中所得国	マレーシア (組成・含水率・熱量はマ レー半島のデータ)	10,430	44.4	9.4	12.6	2.6	3.2	27.8	52.1	1,660
	中国 (組成・含水率・熱量は北 京のデータ)	6,560	64.9	12.9	15.1	NA	NA	7.1	61.0	1,276
	タイ (組成・含水率・熱量はバ ンコクのデータ)	5,340	48.4	7.7	24.8	1.7	2.6	14.9	55.6	1,775
低中所得国	モンゴル	3,770	74.3	3.4	3.4	0.1	3.5	15.3	-	-
	インドネシア	3,580	63.0	11.0	10.0	1.0	1.5	13.5	55.6	1,722
	フィリピン	3,270	32.7	12.5	24.7	5.0	3.1	22.0	-	-
	ベトナム	1,740	41.9	1.9	15.6	6.0	7.2	27.4	63.5	1,190
低所得国	ラオス	1,450	30.1	6.3	13.1	2.5	5.7	42.3	41.1	1,610
	ミャンマー	1,113*2	73.3	2.2	17.8	0.2	0.5	6.1	60.7	1,500
	カンボジア	1,104	63.3	6.4	15.5	0.6	1.2	13.0	-	-
一人当たり GNI との相関係数		-	-0.58*3	0.85*3	0.13	0.26	-0.02	0.15	-0.46	0.35

注: シンガポール、ブルネイ、韓国、マレーシア、タイ、モンゴル、フィリピン、ベトナムについては 1 日一人当たり発生量を、日本、中国については 1 日一人当たり収集量を用いて一人当たり GNI との相関係数を算出した

\*1:ブルネイについては、2013 年のデータがなかったため、2009 年のデータを用いている。

\*2:ミャンマーについては、一人当たり GNI のデータがなかったため、一人当たり GDP の値を用いた。

\*3:5%有意

出所: 一人当たり GNI は、World Data Bank

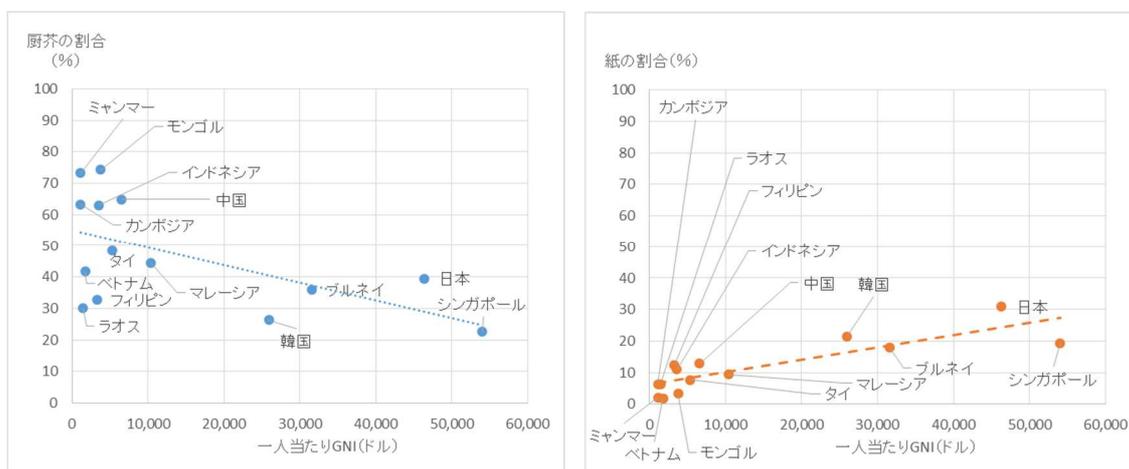
一人当たり GDP (ミャンマー) は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014

組成、含水率・熱量は[17-25]

組成については、各国によって定義が若干異なることや、各国の文化の違いなどによって値に差が生じる。例えば、中国などで、厨芥の比率が高くなっているが、レストラン等での食べ残しに対する嫌悪感が低かったり[26]、共働きが多く外食が多かったり

すること<sup>10</sup>などが理由と考えられる。他方で、政策等の影響も考えられる。韓国の場合にはレジ袋税が導入され、レジ袋の使用抑制が積極的に進められていることなどが、プラスチックごみの比率が低いことの理由と考えられる。また、日本では食べ残しを減らす取り組みなどが進んでいることも、厨芥の比率が低いことにつながっていると考えられる<sup>11</sup>。また、組成については同じ地域であってもサンプリングによってばらつきが生じやすいため、低開発国において組成のばらつきが見られるのは、サンプリングのばらつきも影響していると考えられる[27]。

ただし、厨芥の割合や紙の割合などについては、経済発展度合いと比較して有意な相関がみられる。一人当たり GNI と厨芥の割合との相関係数は $-0.58$  で 5%有意であった。すなわち、一人当たり GNI が増えると厨芥の割合は減少すると言える。一人当たり GNI と紙ごみの割合との相関係数は  $0.85$  であり、これも 5%有意であった。一人当たり GNI が増えると紙ごみの割合は増える (図 3-2)。



出所：一人当たり GNI は、World Data Bank、一人当たり GDP (ミャンマー) は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014、廃棄物の組成は[17-25]

図 3-2 一人当たり GNI と厨芥・紙の割合との関係

含水率や熱量については、経済発展度合いとの相関関係が見られなかった。含水率は、各国の食文化とも関係があると思われる。また、熱量は含水率や、消費する商品や発生源における分別の度合いでも変わってくるため、単純に経済発展度合いと相関しないと考えられる。

<sup>10</sup> 外食の頻度について尋ねたアンケート調査によると、ほぼ毎日外食すると答えた人は、中国で 16%、タイで 14%、インドネシアで 6%、ベトナムで 8%、フィリピンで 2%、シンガポールで 28%、日本で 2%と、シンガポールや中国、タイで外食の比率が高い[15]。

<sup>11</sup> 世帯における食品ロス率は、2003 年は 4.8%であったが、2004 年は 4.2%、2005 年は 4.1%、2006 年は 3.7%、2007 年は 3.8、2009 年は 3.7%と減少傾向にある[28]。

## 3.4 各国の経済発展度合いと廃棄物処理の状況・課題との関係に関する分析結果

### 3.4.1 収集・処理・処分の状況

収集・処理・処分の状況について、低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国と分けて情報を集めた結果を示す。

#### (1) 収集の状況

シンガポールでは、環境庁（National Environment Agency：NEA）が廃棄物の収集・処理・処分を管掌している。リサイクル品の収集などを行う公共廃棄物収集事業では、9つの地区それぞれについて入札で公共廃棄物収集事業者を決定し、7年契約で廃棄物収集を担当する。その他の一般廃棄物収集はNEAによるライセンス（無機物、有機物、スラッジ・油の3種）を受けた民間事業者が担当し、主に商業、産業からの廃棄物を収集する[28]。

ブルネイでは、ごみ収集は市町村による委託により実施されており、登録された業者が地区別に収集している[30]。

日本では収集は地方自治体が実施しており、収集したごみを直接焼却炉に搬送して焼却するケースが大半である[4]。

韓国では、ごみ収集は地方自治体により行われている。実際には収集業者に対する委託にて実施されている[31,32]。

マレーシアでは、地方政府による廃棄物収集が人的資源・予算不足で機能不全に陥っていた。地面や河川への廃棄物の投棄は蔓延し、クアラルンプールでは31.9%の廃棄物が野外で燃焼、6.5%が河川系に投棄されていた[33]。2007年の法改正により、マレー半島のごみの収集については、地方政府から国への移管が進んでいる<sup>12</sup>。

中国では、固体廃棄物（危険廃棄物含む）の収集、処理、処分には地方政府が発行する廃棄物処理行政許可がある企業が実施する。中国における固体廃棄物は危険固体廃棄物、生活ごみと工業固体廃棄物（危険性がない一般固体廃棄物）を含み、それぞれの収集、処理、処分方式が違って、監督管理責任者も異なる[34]。

タイでは、家庭からの廃棄物については、「サレーン（三輪車）」によるウェイストピッカーの有価物の買い取りや地方政府による公共収集サービスで収集されるが、最終処分場ではさらに「スカベンジャー」が有価物を抜き取る。有価物は、都市の「ジャンクショップ」に集められて再利用される[35]。

モンゴルでは、廃棄物収集は地方政府に任命される民間企業が行っている[36]。

インドネシアでは、ほとんどの地方で地方政府が廃棄物収集を行っているが、大都市

<sup>12</sup> 筆者も2010年に現地を訪問。その状況を確認した。

では民間企業の廃棄物収集を認可している。地方政府の廃棄物収集は主に小型の手押し車で行われ、中間収集地へと運ばれる。中間収集地での違法な有価物回収、腐敗などが問題になっている。中間収集地からは97%を地方政府が所有しているトラックで埋立地や処理場といった中心廃棄場へと輸送されるが、遮水シートが無いことが多く土壌や地下水の汚染が問題である。これを解決するため政府は地方衛生埋立地の整備を進めている[37]。

フィリピンでは、廃棄物収集は都市部を除いて地方政府が行い、都市部では入札により民間に委託している。有害廃棄物の輸送や処理には「危険物質と有害・放射性廃棄物法」(RA6969法)に基づく認可・登録が必要で、廃棄物移動記録も義務付けられている。対して非有害産業廃棄物については、環境適合証書等しか要求されない。有価物は、ウェイストピッカーが各家庭から購入したり集積場で抜き取られたりすることで、ジャンクショップを通じ専門問屋に集積され、再利用される。貧困のために住民は河川や海への投棄や野焼きをしばしば行って、環境問題が深刻化している[39]。

ベトナムでは、技術、人的資源、管理、車輛、資金の不足により収集率が低く、廃棄物の分別が発生段階でも収集段階でもなされずに有害廃棄物が一般廃棄物と一緒に埋め立てられているという問題がある。回収されなかった廃棄物は廃棄場に投棄、河川に投棄、あるいは野外で燃焼され水質汚染や環境汚染を引き起こす。都市部でも回収率は低く、非認可の違法な回収業者による有価物の回収も蔓延している[40]。

ラオスでは、自治体自身が収集を行っている。首都ビエンチャン、ルアンパバン、サヤブリの廃棄物収集率はそれぞれ20%以下、約60%、約40%であり、未収集廃棄物は、単に野積みされるか、もしくは野焼きされるものがほとんどであり、病虫害や悪臭が発生している。この要因は廃棄物収集・輸送方法が非効率的であることであり、現在対象都市で利用されている収集車両は、ビエンチャンが47台、ルアンパバンが8台、サヤブりが3台であるが、その多くは廃棄物収集専用車両ではなくダンプトラックを流用している[41]。

ミャンマーでは自治体のごみ収集を実施している。収集・運搬については、4種類の収集システム（ベル収集、コンテナ収集、路上収集、個別収集）を適用しており、古い機材も含めると290台の収集車両を保有している[42]。車輛、人数、資金不足により、開発委員会は廃棄物投棄の問題に苦しんでいる。

カンボジアでは、市町村で発生する廃棄物の集積作業は、民間企業が自治体を代行しているか、自治体が直接行っている[43]トラックによる収集が中心であり、中継施設は整備されていない[45]。

以上の状況を低所得国、低中所得国、高中所得国、高所得国別に、収集率と収集方法、運搬方法について整理すると表3-3のとおり。

表 3-3 アジアにおける経済発展度別の各国の収集状況

区分	収集の状況	
高所得国	収集率	・ ほぼ 100%に近い収集率となっている。
	収集・運搬方法	・ パッカー車等による収集が中心である。
高中所得国	収集率	・ 都市部では 100%近い収集が行われている。 ・ 地方部ではまだ収集が十分行われていない。 ・ 焼却等を行わず、埋立処分場に運ばれて処理されている。
	収集・運搬方法	・ パッカー車による収集が中心である。 ・ 輸送を効率化するために都市部に中継拠点が設けられている。中継地点でコンテナ車に積み替えられている。
低中所得国	収集率	・ 都市部における収集率は 70%程度である。 ・ 地方部では収集が行われていない。 ・ インフォーマル・セクターによる有価物回収も多い。
	収集・運搬方法	・ パッカー車、ないしはトラックにて廃棄物が収集されている。 ・ 首都圏では、中継地点でコンテナ車に積み替える事例もみられる。
低所得国	収集率	・ 都市部における収集が進みつつあるが、まだ十分進んでいない。
	収集・運搬方法	・ 多くは廃棄物収集専用車両ではなくトラックを流用して収集・運搬している。 ・ 中継施設の整備は進んでいない。

出所：参考文献に基づき筆者作成[4, 46, 47]

シンガポールや日本、韓国等の高所得国では、ほぼ 100%に近い収集率となっている[46,4]。パッカー車等による収集が中心である（日本の状況は[47]、シンガポールについては、筆者が 2011 年に現地を訪問して確認した）。

マレーシアや中国、タイ等の高中所得国では、収集率は都市部では 100%近い収集が行われているものの、地方部ではまだ収集が十分行われていない[48]。焼却等を行わず、埋立処分場に運ばれて処理されており、輸送を効率化するために都市部に中継拠点が設けられている。中継地点まではパッカー車を利用、中継地点でコンテナ車に積み替えが行われて、埋立処分場へと廃棄物が輸送されている<sup>13</sup>[48,49]。

モンゴル、インドネシア、フィリピン、ベトナムなどの低中所得国では、都市部における収集率は 70%程度<sup>14</sup>であるが、地方部では収集が行われていない[36,50,58]。これらの国ではパッカー車、ないしはトラックにて廃棄物が収集されている。首都圏では、中

<sup>13</sup> タイについては 2008 年に筆者が現地視察を実施、マレーシアについては 2009 年に現地視察を実施

<sup>14</sup> ウランバートルなどでは急速に収集率が改善し、83%に達している[36]。

継地点でコンテナ車に積み替える事例もみられる（フィリピン、インドネシア）[51]。インフォーマル・セクターによる有価物回収も多い（フィリピン、インドネシア）[52, 53]。

ラオス、ミャンマー、カンボジアの低所得国では、都市部における収集が進みつつあるが、まだ十分進んでいるとはいえず、都市部の収集率もまだまだ高いとは言えない状態にある[41-43]。

## (2) 処理・処分の状況

まず、処理・処分の状況について個々の国の情報を集めた結果を以下に示す。

シンガポールでは、収集した家庭からのごみのうち、94.4%が焼却されている（2014年）[54]。焼却が不可能なごみ及び焼却灰はセマカウ島の海面埋立処分場へと運ばれて処分されている。

日本では、収集した都市ごみの80%弱が焼却されており、0.5%が堆肥化され、残りの1.4%が直接埋め立てされている[4]。

ブルネイについてはブルネイの中心部である Brunei Muara 地区で発生する都市ごみは、ほぼ全量が Sungai Akar 埋立処分場で処分されている[30]。

韓国では、25%が焼却されている。韓国では堆肥化が推進されていることもあり、都市ごみの27%が堆肥化されている[31]。

マレーシアでは、過去に焼却炉の導入が検討されたが、建設費用及び運転管理費用が高いということ及び環境非政府組織（Non Governmental Organization : NGO）からの批判を受けたことにより焼却炉の導入が見送られた<sup>15</sup>。発生した都市ごみの75%は、一旦中継施設に運ばれた後、民間企業が運営する埋立処分場に運ばれ、そこで衛生的に埋立処分されている[55]（筆者は2009年にマレーシアを訪問し、確認）。ただし、マレー半島以外の地方部ではごみの収集はほとんど行われていないとのことである。

中国では、沿岸部において焼却炉の導入が進んでいる。2013年において、都市ごみの30.1%が焼却されている。また、68.2%が埋立処分されている。堆肥化については、現在統計に項目が出てこないことから、1%以下であると想定される[8]。

タイでは、収集された都市ごみは基本的には埋立処分されている。サムイ島などの島嶼部において焼却炉が導入されており、4%ほどが焼却処分されている。都市ごみの7%程度が堆肥化されている。最終処分場の不足や法令の不備により、その埋め立てのうち63%が野焼きや投棄といった不適切な処理となっており、またリサイクル可能な有価物も多くが廃棄されてしまっている[56]。

モンゴルの場合、広大な土地を有しており、かつ、人口が首都のウランバートルに集中している（2013年の人口293万人中、ウランバートルの人口は137万人と半分近く

---

<sup>15</sup> 2003年には、荏原製作所がマレーシアのハルタマス社と共同でガス化熔融炉を受注、2005年10月に総額5百数十億円で正式契約したが、NGOや住民の反対運動を受けて、2006年1月に解約された。

の国民が首都に居住している) ため、廃棄物の問題はウランバートルにおいて顕在化している。2008 年には独立行政法人国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency : JICA) の支援の下、ウランバートル市で新処分場 (ナランギンエンゲル処分場) が建設され、ウランバートル市で収集された都市ごみは、本処分場で埋め立てられている。なお、2011 年の収集率は 83% である[36]。

インドネシアは、都市ごみの 2.1% 程度が野焼きされており、3.1% が堆肥化されている[37]。著者が 2015 年 3 月にインドネシアを訪問した際も、ジャカルタ周辺にて野焼きが行われている実態を確認できた。また、インドネシアでは、管理埋立方式の埋立地はジャカルタの 1 箇所のみで、残りはオープン・ダンピングである。数少ない焼却施設も稼働状態が少ない。そして、行政の役割不足、インフラ不足、リサイクルの不足により、処理場に運搬されず処理されないまま投棄される廃棄物が多い。有害廃棄物は発生量の 2/3 程度が有効利用されているとされるが、実際には届出されていない分が多いとみられている[34]。

フィリピンでは、大気汚染防止法により焼却炉の導入が禁止されている。埋立については、2001 年に固形廃棄物管理法 (RA9003) が施行され、地方自治体が分別収集や資源の有効利用・リサイクルを推進し、固形廃棄物の最終処分量を削減し、全てのダンピングサイトを衛生埋立てに移行することが決定された。特に、バランガイが堆肥化を推進することを定めている[38]。ただし、RA9003 で定められた要求事項を実現している地方自治体は極めて少ない (全国に約 1,600 存在する 地方自治体 (Local Government Unit : LGU) のうち、廃棄物管理計画を国家廃棄物管理委員会に提出して承認を得たのは 2010 年末において 20 地方自治体に過ぎない)。従って、収集された都市ごみの多くが不適切な形で処分されていると思われる。また、フィリピンでは、2,361 箇所もの有価物回収施設 (MRF) があり、主に堆肥化を行っている。リニス・ガンダ・プログラムによると MRF はマニラ首都圏で 25% のリサイクル率を出している。そのほとんどは非認可で、不健康な労働条件が問題になっている[57]。

ベトナムについては、大迫等[39]が廃棄物の収集・処分を担当する都市環境公社 (Urban Environment Company : URENCO) に対するアンケート調査を行っている。90 の URENCO のうち、83 の URENCO から回答を得ており、83 の URENCO が収集する廃棄物に関して、96% にあたる約 520 万 t/年が直接埋立処分され、4% にあたる約 22 万 t/年が堆肥処理されているとの回答であった。ただし、回答を得た URENCO の総収集人口は約 1,890 万人でベトナム国人口約 8,621 万人の 21.9% であり、上記の数値はあくまでも回答が得られた地域の状況を整理したに過ぎず、全国的な廃棄物関連統計の整備が待たれている。

また、ベトナムでは、有害廃棄物の最終処分施設が存在しない。85 ヶ所ある埋立処分場のうち 56 ヶ所の埋立処分場では野焼きなども行われるなど処分が不完全であり、有害廃棄物も処理されず埋められてしまっている。非有害産業廃棄物は民間でのリサイ

クルが盛んだが、家内工業村でのリサイクルは公害対策が不十分で環境被害も起きている。

ラオスについては、データが限られているが、まだ処理・処分よりも廃棄物の収集をいかに向上させるかが課題となっている模様である。首都ビエンチャン、ルアンパバン、サヤブリでは、廃棄物管理能力強化を目標に掲げている [41]。

ミャンマーは、都市部でも処分場がオープン・ダンピングの状態である。ヤンゴンでは、総計で 1 日約 1,400 t の廃棄物が投棄されている。オープン・ダンピングであるため、処分場では水質汚濁、大気汚染、温暖化ガスの発生等の問題が生じている[59]。

カンボジアの場合、都市部と農村部で状況が異なる。プノンペン市では、70 %が埋め立てされ、15 %が自家処理、9 %がリサイクルされ、8 %が不法投棄されている。農村部では、66%が野焼きされ、11%が近隣で購入され、9%が農地や道路等に投棄され、5%が河川等に投棄されている[60]。

以上の処理・処分の状況を状況を、高所得国、高中所得国、低中所得国、低所得国に分けて整理した結果を表 3-4 に示す。

表 3-4 アジア各国の処理・処分の状況

		2014年の 一人当たり GNI(ドル)	都市ごみの一人あたり発生量 もしくは一人あたり収集量		廃棄物処理・処分				
			一人あたり 発生量	一人あたり 収集量	焼却 (%)	野焼き (%)	堆肥化 (%)	(直接)埋立 (%)	その他 及び不明 (%)
高所得国	シンガポール	54,040	1.52 (2014年)		94.4% (2014年)	-	-	2.0% (2014年)	-
	日本	46,330	-	0.96 (2013年)	79.6% (2013年)	-	0.5% (2013年)	1.4% (2013年)	-
	ブルネイ	31,590*1	1.40 (2012年)	-	-	-	-	100% (Brunei Muara地区) (2006年)	-
	韓国	25,920	0.95 (2012年)	-	25.0% (2012年)	-	26.5% (2012年)		-
高中所得国	マレーシア	10,430	0.80 (2012年)	-	極めて 少ない	-	極めて 少ない	75.0% (2009年)	25.0% (2009年)
	中国	6,560	-	0.35 (2013)	30.1% (2013)	-	1%以下 (2013年)	68.2%*3 (2013年)	-
	タイ	5,340	1.01 (2012年)	-	4.0% (2010年)	-	7.0% (2010年)	37.0%*4 (2010年)	52.0% (2010年)
低中所得国	モンゴル	3,770	-	-	-	-	-	-	-
	インドネシア	3,580	0.35-0.40 (2010年)	-	-	2.1% (2006年)	3.1% (2006年)	30.1% (2006年)	64.7% (2006年)
	フィリピン	3,270	0.40 (2010年)	-	-	-	-	61.9% (2007年)	38.1% (2007年)
	ベトナム	1,740	0.32 (2012年)	-	-	-	4.0%*5 (2009年)	96.0%*5 (2009年)	
低所得国	ラオス	1,450	0.28-0.65 (2010年)	-	-	-	-	-	
	ミャンマー	1,113*2	-	-	-	-	-	-	
	カンボジア	1,104	-	-	-	-	-	70.0% (都市) (2014年)	30.0% (都市) (2014年)
					66.0% (農村) (2014年)		-	34.0% (農村) (2014年)	

\*1: ブルネイについては、2013年のデータがなかったため、2009年のデータを用いている。

\*2: ミャンマーについては、一人当たりGNIのデータがなかったため、一人当たりGDPの値を用いた。

\*3: 都市部のごみ収集率は2000年の71%から2009年の80%に上昇した。ただし、地方では依然として20-30% (2009)と低い。

\*4: 衛生的埋立された量

\*5: 83社の公社 (URENCO) から回答を得た数値に基づく

出所: 一人当たりGNIは、World Data Bank、一人当たりGDP (ミャンマー)は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014、都市ごみの一人あたり発生量/収集量は、各国の政府機関等が公表している統計もしくは各国政府からの提供情報に基づく [3-13]。廃棄物発生量のみ入手できた場合は筆者が算出 (中国は [8]、タイは World Data Bank [1] の人口で除した)。インドネシアについては、一人当たり廃棄物発生量 2.1kg/人/日のうち家庭系由来の割合が 48%であるため、48%を乗じて算出)、処理・処分の比率は [4, 8, 30, 31, 37, 39, 46, 55, 56, 58, 60]

表 3-4 からは、低所得国、低中所得国では処理状況に関する情報が少ないが、高中所得国になると情報が入手可能である。さらに、高中所得国では埋立が中心だが、高所得国では焼却や堆肥化の率が高いという傾向が確認できる。

### 3.4.2 各国の廃棄物政策及び廃棄物処理手法の選択プロセス

各国の廃棄物政策及び廃棄物処理手法の選択プロセスについても、まずは国別の状況を示す。

シンガポールでは、環境庁（NEA）が廃棄物の処理計画を立てている。廃棄物に関する基本法はないが、廃棄物に関する規制は環境保護の基本法である環境保護管理法（Environmental Protection and Management Act (Cap 94A)）の中に含まれている。有害廃棄物については、バーゼル条約の国内法である有害廃棄物（輸出入・移転管理）法（Hazardous Waste (Control Of Export, Import And Transit) Act (Cap 122A)）が策定されている。個別リサイクル法は定められていないが、容器包装や E-waste については、様々なプログラムが推進されている。シンガポールでは焼却炉による処理が中心であるが、その発注ならびに事業権付与もシンガポール環境庁が担当している[54]。

ブルネイは、廃棄物に関する基本法はなく、基本的には開発省が全体的な計画を策定し、地方自治体が収集・処分を行うことになっている。現在、開発省が、新規処分場の整備や焼却炉の導入の提案などを行っている。その他、開発省の環境・公園・レクリエーション部（the Department of Environment, Parks and Recreation (DEPR), Ministry of Development）がプラスチック廃棄物の発生抑制のために、「週末のレジ袋拒否（No Plastic Bag Weekend）」といったプログラムを実施している[5]。

日本では、高度成長期に廃棄物量が増加し、廃棄物の処理責任や処理基準等を規定する廃棄物処理法が制定された。廃棄物処理法の下、市町村が生活環境の保全と公衆衛生の向上を図りつつ、一般廃棄物の適正な処理を行うため、当該市町村の区域内の一般廃棄物処理に関する計画（一般廃棄物処理計画）を定めることが決定された。さらに、最終処分場の逼迫が深刻化し、1991年に、資源の有効活用と廃棄物の発生抑制及び環境保全を図るために、「再生資源利用促進法」が制定された。最終処分場の逼迫の問題はそれでも続き、2000年以降、循環型社会形成促進基本法という枠組み法と、個別リサイクル法の整備が進められた。こうした法規制の下、日本の廃棄物の収集・処理は市町村の責務で進められており、市町村が一般廃棄物処理計画の下で廃棄物処理手法を選択している。

韓国は、廃棄物管理関連の主要法律として、「廃棄物管理法（1986年）」、「資源節約及び再利用促進関連法（1992年）」、「韓国資源再生公社法（1993年）」、「廃棄物処理施設推進及び地方住民支援法（1995年）」、「廃棄物の国境を越える移動と処分に関する規制法（1992年）」がある。「廃棄物管理法」は廃棄物管理に関する基本的な法律である。目的は家庭、商業及び工業廃棄物を効率的に規制することであり、廃棄物管理、廃棄物管理計画、廃棄物管理基準及び廃棄物処理事業に関する諸規定を定めている。「資源節約及び再利用促進関連法」は資源リサイクルのための基本法であり、デポジット・リファンド制度の導入、並びに生産者責任に基づく包装規制の導入に関する問題を取り扱っている。廃棄物管理法第8条に基づいた「国家廃棄物管理総合計画(10

年単位)」の下、「資源再活用基本計画(5年単位)」、「生ゴミ資源化基本計画(5年単位)」、「市・道廃棄物処理基本計画(10年単位)」が策定され、市・道廃棄物処理基本計画の下で、地方自治体が最終的な廃棄物処理手法を選択して廃棄物の収集・処理・処分を行っている[62]。

マレーシアでは、2007年の「固形廃棄物・公共清掃管理法」及び「固形廃棄物・公共清掃管理公社法」に従って、地方政府による廃棄物管理が連邦政府に完全に移管された。「天然資源環境庁環境局」が有害物質などの有害廃棄物を担当し、産業や家庭からの一般廃棄物は地方政府から住宅・地方政府省への移権が進んでいる<sup>16</sup>。「環境質法」に従って有害な指定廃棄物の処理に関する数々の政令が発行されている。国家計画としては2000年の「国家リサイクル計画」や「廃棄物管理のための国家戦略計画(National Strategy Plan : NSP)」があり、これに基づいて家庭系廃棄物、事業系廃棄物、公共施設廃棄物に焦点を当てたマスタープランが策定されている。なお、個別品目に対するリサイクル法は存在しない。

中国では、廃棄物関連の基本法として「固形廃棄物環境汚染防止法(1995年制定、1996年施行)」が制定されている。「固形廃棄物環境汚染防止法」に基づき、国务院の管轄下にある「国家経済貿易委員会」、「国家環境保護総局」、「建設部」、「各省、直轄市政府」がそれぞれの職務権限内において、固形廃棄物による環境汚染の防止及び管理に関する責任を担っている[63]。中国も廃棄物の収集・処理・処分は地方自治体の管轄となっている。地方自治体が政策を立て、入札によって収集・処理・処分業者を決めている。しかし、廃棄物の処理・処分施設の建設に対しては中央政府や省政府から補助金が出ているため、廃棄物処理手法の選択は中央政府の政策の影響を受けている[34]。

タイでは、都市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、有害一般廃棄物の5つに分けている。国家環境保全推進法、工場法、有害物質法、工業団地法といった複数の法律が策定されており、内務省、公害管理局、環境質促進局、科学技術省、厚生省といった複数の政府機関が廃棄物処理に関与している。「国家環境質向上政策・計画(1997~2016年)」が環境関連の国家政策をまとめており、その廃棄物分野にあたる「国家統合廃棄物管理計画案」が作成されている。タイの家庭からの廃棄物収集・処理・処分は地方自治体の責務となっており、地方自治体が廃棄物の処理手法の決定権限を有する。ただし、廃棄物の処理・処分施設の建設等、地方自治体に対して内務省が補助を出しているため、地方自治体における廃棄物処理手法の選択は内務省の政策の影響を受けている[64]。

モンゴルでは、廃棄物政策に関する基本法はないが、「ミレニアム開発目標に基づくモンゴル国家開発総合政策 2008~2021年」の第6章「環境政策」の中で、廃棄物管理の改善を掲げている。ウランバートル市では、開発政策である「ウランバートル市開発

---

<sup>16</sup> 筆者は2010年に環境省の専門家としてマレーシアを訪問。住宅・自治省を訪問して意見交換を実施した。

戦略」(2001～2020年)の中で固形廃棄物管理計画システムの構築を掲げて、廃棄物の収集・処分体制の構築を進めている[36]。

インドネシアでの廃棄物管理関連法は、廃棄物の量を最小化するべく作られた「廃棄物管理に関する2008年法律第18号」や、「廃棄物処理・リサイクルに関する国家計画」、「環境保護管理法(2009年法律第32号)」などがある[34]。個別リサイクル法はない。関連官庁は環境省、工業省、公共事業省、技術評価応用庁(インドネシア語の略語でBPPTと呼ばれる)である。インドネシアも廃棄物の収集・処理・処分は地方自治体が行っているが、覆土や浸出水処理を行わない最終処分場の閉鎖や、衛生埋立による最終処分場の整備、複数の地方自治体を対象とした広域廃棄物管理体制の導入などの政策を中央政府が掲げて円借款等を進めていることから、廃棄物処理手法の選択は、地方自治体の決定だけでなく、中央政府の方針の影響も受けているものと思われる。

フィリピンでは、廃棄物管理の法規制は、大統領令1152「フィリピン環境規則」による環境規制、「固形廃棄物エコ管理法」(RA9003)、大気汚染防止法(RA8749)などがある[39]。環境管理局や有害廃棄物管理課をかかえる環境天然資源省(Department of Environment and Natural Resources: DENR)、国家固形廃棄物管理委員会(National Solid Waste Management Commission: NSWMC)、商工省(Department of Trade and Industry: DTI)が主な当局である。フィリピンも、廃棄物の収集・処理・処分に関わる政策は地方自治体(Local Government Unit: LGU)が策定している。しかし、各地方自治体とも廃棄物の収集・処理・処分の予算不足に悩まされており、先述したとおり「固形廃棄物エコ管理法」(RA9003)が求める衛生埋立への移行も進んでいない[57]。

ベトナムでは、2006年7月に改正法が施行された環境保護法(Law on Environmental Protection: Law No.52/2005/QH11)を基本法とし、建設省、天然資源環境省、工業省が所管している[40]。この他ベトナム都市環境連盟(Vietnam Urban Environment Association: VUREA)、ベトナム自然環境保全連盟(Vietnam Association for Conservation of Nature and Environment: VACNE)、ベトナムサイゴンプラスチック連盟といった業界団体、NGOにも発言力がある。天然資源環境省(Ministry of Natural Resource and Environment: MONRE)及び環境総局はリサイクル法として「廃棄物の回収及び処理に関する規定: No 50/2013/QD-TTg」を作成し、2013年8月9日に首相通達を公表、2013年9月25日より同規定を有効とした。同規定の第4条では、製造会社及び輸入会社が廃棄物の回収拠点を設置し、回収した廃棄物の運搬及び処理の責任を負うことが明言されている[65]。ベトナムの廃棄物収集・処理・処分は地方自治体の責務となっており、地方自治体ごとに設立されている都市環境公社(URENCO)が担当している。ただし、筆者が2010年に経済産業省事業の一環としてベトナムで聞き取り調査をした結果によると、地方自治体の廃棄物処理手法の選択には、省の天然資源環境局の方針がかなり強く影響を及ぼしているとのことである。

ラオスでは、天然資源環境省(Ministry of Natural Resource and Environment: MONRE)

による「環境管理アクションプラン（2011-2015年）」において、廃棄物管理能力強化の必要性をあげている。ラオスの廃棄物収集・処理・処分は地方自治体が実施しているが、予算不足で十分な実施ができていない[41]。

ミャンマーでは、国レベルでの廃棄物管理に関する法、政策は存在しない。ヤンゴン、マンダレー、ネピドーの主要3都市の開発委員会及びその他の市開発委員会が廃棄物管理を管掌している[59]。

カンボジアでは、廃棄物に関する規制として廃棄物を家庭廃棄物と危険廃棄物に分類する固形廃棄物管理補足令（Sub-Decree on Solid Waste Management）（1999年）が定められている。環境省はこの法令の施行について責任を担っており、ガイドラインやライセンスの発行等を担当している[43]。

低所得国では法規制（基本法ないしは基本計画）も体制も整っていないが、低中所得国ではその整備が進められ始めており、高中所得国では法規制が整っているという傾向が確認できる。ただし、法規制のあり方、廃棄物管理の体制のあり方は国によって異なることがわかる（例：マレーシアのような中央集権か日本やタイのような地方自治体重視か）。さらに、廃棄物管理体制のあり方に応じて誰が廃棄物処理手法を決定するかも国によって異なっていることも明らかになった。

### 3.4.3 経済水準と廃棄物処理の課題との関係

アジア3R推進フォーラムの第1回会合（2009年に日本にて開催）、第2回会合（2010年にマレーシアにて開催）、第3回会合（2011年にシンガポールにて開催）、第4回会合（2013年にベトナムにて開催）において、各国から挙げられた課題を種類別に整理したものが、表3-5である。

表 3-5 アジアの発展途上国の廃棄物収集・処理・処分の課題

		2014 年の 一人当たり GNI (ドル)	人			物 インフラ・設備不足	技術・ 情報		金		制度			その他	
			低い発生抑制意識	低い分別意識	人材不足		技術不足	情報不足	予算不足	民間投資不足	関連規制の未整備	関連規制の実施能力の欠如	組織間の調整の不足	再生品の市場の確保	インフォーマル・セクターによる不適切回収
高所得国	シンガポール	54,040	▲												
	日本	46,330	▲												
	ブルネイ	31,590*1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	韓国	25,920	▲												
高中所得国	マレーシア	10,430	●				●							●	
	中国	6,560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	タイ	5,340	●	●		●	●		●	●				●	●
低中所得国	モンゴル	3,770	●			●									
	インドネシア	3,580	●	●	●		●		●					●	●
	フィリピン	3,270		●		●	●		●		●	●	●		
	ベトナム	1,740	●	●		●	●		●	●	●	●			
低所得国	ラオス	1,450				●									●
	ミャンマー	1,113*2				●			●						
	カンボジア	1,104				●					●	●			

表：●政策担当者が課題（問題）としてあげているもの。

▲政策担当者がさらに推進すべき事項としてあげているもの。

\*1:ブルネイについては、2013年のデータがなかったため、2009年のデータを用いている。

\*2:ミャンマーについては、一人当たり GNI のデータがなかったため、一人当たり GDP の値を用いた。

出所：一人当たり GNI は、World Data Bank、一人当たり GDP（ミャンマー）は International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014

課題はアジア 3R 推進フォーラムの第 1 回会合（2009 年）、第 2 回会合（2010 年）、第 3 回会合（2011 年）、第 4 回会合（2013 年）のプレゼンテーション及び発言

まず、低所得国では、課題がインフラ・設備不足に集中している。それ以外の課題について、低所得国のうちの複数の国が課題としてあげていない。これは、一人当たり GNI が低く、一人当たりのごみ排出量も少ないため、廃棄物の問題がまだ社会問題として顕在化していないことが影響していると思われる[66]<sup>17</sup>。また、収集のインフラ・設備が整っておらず、収集率が低いためにごみが集まらずに、収集されたごみの処理・処

<sup>17</sup> わが国でも、ごみ問題が深刻化し、本格的に社会課題として取り上げられるようになったのは、1955 年の高度成長期以降である[66]

分というところまで関心がないことも考えられる。また、収集・処分についても、まずはインフラ・設備の不足が喫緊の課題になっていると思われる。

低中所得国では、一人当たりのごみ排出量が増えてきて、また、人々の環境意識も高まる中で、人、物、技術・情報、金、制度と様々な問題が生じるようになる。特に、低い発生抑制意識や低い分別意識といったことは、低所得国では課題としてあげられなかった問題である。ごみの発生量の急増が問題となって、発生抑制が喫緊の課題となっているとともに、リサイクルに取り組もうとした際に分別の問題などが発生していると思われる。また、技術不足といった回答が多いこと、関連規制の未整備や規制の実施能力の欠如といった制度の問題が挙げられていることなども低中所得国の特徴である。

高中所得国も、低中所得国同様に課題は多いが、その範囲は低中所得国よりも狭くなっている。例えば、制度の整備は進んでいると思われるように、制度に関連する課題を挙げた国はなかった。制度の改善によって、廃棄物問題が緩和していくものと想像される。低中所得国と同様に、廃棄物の発生量は増え続けていると思われ、マレーシア、タイともに低い発生抑制意識が課題としてあげられていた。

高所得国では、廃棄物の処理・処分に関わる制度がインフラも整い、課題の種類も少なくなっている。ただし、日本、シンガポール、韓国ともに依然として一人当たりの廃棄物の発生量は高い水準にあり、廃棄物の最終処分場の確保が課題となっている。そのため、発生抑制の意識をさらに広めることが課題となっている。

表 3-5 からは、低所得国では課題の種類が少ないが、低中所得国、高中所得国では課題の種類が多く、高所得国では課題の種類が少ないという傾向が確認できる<sup>18</sup>。つまり、低所得国では一人当たり GNI が低く、ごみの量も少ないために、廃棄物問題がそれほど顕在化していないが、一人当たり GNI が高まって低所得国から低中所得国へと成長すると、低い発生抑制意識、低い分別意識、人材不足といった人的面での問題や、技術不足・情報不足といった技術や情報の問題、関連規制の未整備、関連規制の実施能力の欠如、組織間の調整の不足といった制度問題など、廃棄物に関わる様々な問題が発生してくると想定される。さらに一人当たり GNI が高まって高中所得国へと成長すると、

---

<sup>18</sup> なお、廃棄物分野国際協力研究会[66]は、収集率の向上や国の経済発展度による課題の変化を整理している。収集率については、①収集サービスが都市中心部でも不十分な段階(収集率が20%以下)では、収集事業の整備による都市域の公衆衛生の確保が最優先課題となり、②収集サービスが都市中心部から周辺部に拡大する段階(収集率は20%~80%)では、都市周辺地域への収集サービスの提供、処分場の環境対策とその確保が優先課題となり、③収集サービスが市全域をカバーしている段階(収集率は80%以上)では新たな埋め立て処分場の確保がより一層困難な状況となるため、中間処理施設(再使用・リサイクル施設を含む)の整備による、処分量の減量化と安定化が優先課題となるとしている。また、国の経済発展度については、①LDCsでは、廃棄物以前の問題が山積しており、廃棄物セクターに特化した問題解決のアプローチよりは、むしろ総合的な地域開発計画がまず必要となり、②低所得国では、廃棄物管理の低コスト手法の開発努力が必要であり、段階的改善の名目のサブスタンダード手法の導入も視野に入れるべきとしており、③中所得国では、経済成長に伴い廃棄物の量が増大し、その処分が喫緊の課題となるとしている。

廃棄物問題に対する様々な対策が導入されて改善が進み、高所得国では元々課題として挙げられていたものの多くが解決してくると思われる。

### 3.5 章括

アジアの高所得国（シンガポール、ブルネイ、日本、韓国）、高中所得国（マレーシア、中国、タイ）、低中所得国（モンゴル、インドネシア、フィリピン、ベトナム）、低所得国（ラオス、ミャンマー、カンボジア）について分析した結果、アジアでは経済発展とともに一人当たり発生量が増加するという傾向を確認できた。ただし、今回の研究では、経済発展と一人当たり発生量の増加との関係は直線的な関係であり、環境クズネッツ曲線のような、経済発展がある程度の水準まで進むと一人あたり発生量が減少するといった傾向は確認できなかった。

一人当たりGNIと、廃棄物の組成や含水率や熱量について相関分析を行った結果、組成に関しては、厨芥や紙ごみは経済発展度合いとの相関が確認できた。他方で、含水率や熱量については、経済発展度合いとの関係が見られないことが明らかになった。

また、低所得国では、ごみの一人当たり発生量が低く廃棄物処理の問題が顕在化していないが、中低所得国・高中所得国では様々な種類の課題が発生して課題が多様化し、高所得国になると法制度整備により課題の解決が進むという環境クズネッツ曲線と同種の傾向が示唆された。特に、低中所得国において低い発生抑制意識や低い分別意識といった人に関連する課題や、技術不足、関連の未整備や関連規制の実施能力の欠如といった制度の問題が挙げられており、低中所得国における課題の幅広さが伺える。

ただし、今回対象としたのはあくまでもアジア3R推進フォーラムの第1回会合（2009年）、第2回会合（2010年）、第3回会合（2011年）、第4回会合（2013年）で、参加者から提示された課題を整理したものにとどまっている。2章で実施した課題の整理について、より正確な結果を得るには、アンケート調査を実施する必要がある。しかし、各国の政策担当者向けアンケート調査を行うには各国政府の協力が必要になる。個人研究者がこうしたアンケート調査を実施するのは難しいため、東アジア・ASEAN経済研究センター(Economic Research Institute for ASEAN and East Asia : ERIA)等、国際的な研究機関がこうした研究を行うことを期待する。

### 参考文献

1. World Bank, World DataBank Outlook Databases  
<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>（2014年7月8日アクセス）
2. IMF International Monetary Fund (IMF) World Economic Outlook Databases  
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/index.aspx>、  
（2014年7月8日アクセス）

3. National Environment Agency of Singapore, Waste Management  
<http://www.nea.gov.sg/energy-waste/waste-management/overview#Individuals> (2015年12月31日アクセス)
4. 環境省 (2015) 日本の廃棄物処理 平成25年度版
5. Brunei Darussalam (2013) Country Analysis Paper, Fourth Regional 3R Forum in Asia“3Rs in the Context of Rio+20 Outcomes – The Future We Want” Ha Noi, Viet Nam, 18-20 March 2013.
6. Ministry of Environment, Korea (2013) National Waste Generation and Disposal
7. National Solid Waste Management Department, the Ministry of Urban Wellbeing, Housing and Local Government (2013) Survey on Solid Waste Composition, Characteristics & Existing Practice of Solid Waste Recycling in Malaysia
8. 中華人民共和国国家統計局 (2014) 中国統計年鑑
9. Pollution Control Department (2012) Thailand State of Pollution Report 2012
10. Department of Indonesia (2010) IMPLEMENTATION OF 3R IN INDONESIA The 2nd Meeting of the 3R Regional Forum in Asia Kuala Lumpur, 4-6 October 2010
11. Republic of the Philippines Department of Environment and Natural Resources Environmental Management Bureau National Solid Waste Management Commission (2015) National Solid Waste Management Status Report (2008 – 2014)
12. Nguyen Thanh Lam (2014) Waste Management in Vietnam Potential for power generation
13. Ministry of Natural Resources and Environment (2012) National Environment Report 2012
14. 内藤登世一 (2006) 「環境クズネッツ曲線仮説」に関する論文サーベイ Journal of the Faculty of Economics, KGU, Vol. 15
15. 株式会社エヌ・エヌ・エー (2013) 8カ国×100人アンケート アジア消費者ラボ、2013年10月、第7号
16. Shams S., Juani R.H.M., Guo Z. (2014) Integrated and sustainable solid waste management for Brunei Darussalam, Conference: 5th Brunei International Conference on Engineering and Technology (BICET 2014), DOI: 10.1049/cp.2014.1066
17. National Environment Agency of Singapore, Waste Statistics and Overall Recycling  
<http://www.nea.gov.sg/energy-waste/waste-management/waste-statistics-and-overall-recycling> (2015年12月31日アクセス)
18. 環境省 (2015) 容器包装廃棄物の使用・排出実態調査 (平成25年度)
19. Borongan G., Okumura S.(2009) Municipal Waste Management Report: Status - quo and issues in the Southeast and East Asian Countries.
20. Zhou H., Meng A. H., Long Y. Q., Li Q. H., Zhang Y. G.(2014) An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heating value, Renewable and Sustainable Energy Reviews 36, 107–122

21. Delgermaa G., Matsumoto T. (2015) A Study of Waste Management of Households in Ulaanbaatar Based on Questionnaire Surveys, *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 7, No. 5
22. Phonekeo T., Inthavong P. (2010) Solid Waste Management in Laos
23. Koe L., Wang J., Ding H. (2004) Waste Management and Waste-to-Energy Status in Singapore
24. 小野雄策 (2009) ごみ質の管理 (ごみの分別) ー資源回収とエネルギー回収ー
25. Ryu C. (2010) Potential of Municipal Solid Waste for Renewable, Energy Production and Reduction of Greenhouse Gas Emissions in South Korea, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60:2, 176-183, DOI: 10.3155/1047-3289.60.2.176
26. 王舟・杜歆政・銭学鵬 (2012) 中国の食品廃棄物循環利用の現状と課題、*政策科学* 20-1, Oct. 2012
27. 酒井護、山本攻 (2008) ごみ分析において発生する"ばらつき"の要因解析 大阪市立環  
科研報告、平成 19 年度 第 70 集、53~58
28. 農林水産省 (2007-2015) 2003-2014 年度食品ロス統計調査
29. 道田悦代、小島道一 (2007) シンガポールにおける産業廃棄物・リサイクル政策、日  
本貿易振興機構アジア経済研究所『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』
30. Department of Environment, Parks and Recreation, Ministry of Development (2006) SOLID  
WASTE MANAGEMENT IN NEGARA BRUNEI DARUSSALAM
31. Ministry of Environment, Rep. of KOREA, Waste  
<http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=364&findDepth=1>  
(2015 年 5 月 6 日アクセス)
32. Park Y. (2011) SPPI for Sewerage and Waste Management Services in Korea, The 26th  
Voorburg Group Meeting on Service Statistics Newport, U.K.
33. Murad M., Siwar C. (2007) Waste management and recycling practices of the urban poor: a  
case study in Kuala Lumpur city, Malaysia., *Waste Manag Res.* 2007 Feb;25(1):3-13.
34. 三菱総合研究所 (環境省委託事業) (2012) 「平成 23 年度 日系静脈メジャーの海  
外展開促進のための戦略策定・マネジメント業務報告書」
35. 藤井美文、平川慈子 (2008) 日本の分別収集システム構築の経験と途上国への移転  
可能性ータイにおける実験的調査からの検討ー、アジアにおけるリサイクル
36. 国際協力機構 (2009) ウランバートル市廃棄物管理能力強化プロジェクト 終了時評  
価
37. DHV B.V. (2012) SCOPING STUDY FOR SOLID WASTE MANAGEMENT IN  
INDONESIA
38. 独立行政法人国際協力機構. 国際協力総合研修所 (2005) 開発途上国廃棄物分野の

キャパシティ・ディベロップメント支援のために-社会全体の廃棄物管理能力の向上をめざして-

- 39.小島道一 (2007) フィリピンにおける産業廃棄物・リサイクル政策、日本貿易振興機構アジア経済研究所『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』
- 40.小島道一、吉田綾(2006)ベトナムにおける産業廃棄物・リサイクル政策、日本貿易振興機構アジア経済研究所『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』
- 41.国際協力機構 (2013) 案件概要書 国名：ラオス人民民主共和国 案件名：環境的に持続可能な都市における廃棄物管理改善計画 (Project for Improvement of Solid Waste Management in Environmental Sustainable Cities)
- 42.山内 尚 (2013) OECC 活動/ミャンマー環境調査報告 OECC 会報第 70 号
- 43.日本貿易振興機構 海外調査部 (2011) カンボジアの環境に対する市民意識と環境関連政策
- 44.環境省(2011)平成 22 年版環境白書
- 45.東京都(2010)アジア 20 都市の廃棄物処理状況の基礎調査
- 46.National Environment Agency of Singapore, Waste Statistics and Overall Recycling Waste Statistics and Recycling Rate for 2014  
<http://www.nea.gov.sg/energy-waste/waste-management/waste-statistics-and-overall-recycling> (2015 年 5 月 30 日アクセス)
- 47.環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課循環型社会推進室 (2013) 日本の廃棄物処理・リサイクル技術-持続可能な社会に向けて-
- 48.経済産業省 (2010) アジア大の 3 R ネットワーク構築プロジェクト-タイにおけるエコタウン整備に係る検討調査事業報告書
- 49.JFE エンジニアリング株式会社、住友商事株式会社、(株)佐野環境都市計画事務(2011) マレーシア国クアラルンプール首都圏における都市ごみによる再生可能エネルギー発電プラント建設・運営事業及びリサイクル社会形成に向けての提言
- 50.EJ ビジネスパートナーズ (2011) 静脈産業の海外展開促進のための実現可能性調査等支援事業：フィリピン国イサベラ州における固形廃棄物の広域収集・エネルギー回収・衛生埋立事業 報告書
- 51.東京都 (2011) アジア 20 都市の廃棄物処理状況の基礎調査
- 52.JETRO (2012) Review of the Philippines' Waste Segregation and Collection System and the Trading of Recyclables
- 53.Ali A. M., Sakano T.(2009) Study of informal recycling business in Bandung west Java Indonesia
- 54.National Environment Agency of Singapore, Refuse Disposal Figures: Refuse Disposed of at

- Disposal Sites 1999 – 2014.  
<http://www.nea.gov.sg/energy-waste/waste-management/refuse-disposal-figures> (2015年5月6日アクセス)
55. Agamuth P., Khidzir K., Hamid F.S. (2009) Evolution of solid waste management in Malaysia: impacts and implications of the solid waste bill, 2007, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Volume 11, Issue 2, pp 96-103
  56. Pollution Control Department (Supat Wangwongwatana) (2010) 3Rs and Waste Management in Thailand, presentations provided by central and local governmental officials in Asian countries in conferences of Asia 3R Promotion forum
  57. 朝戸恵子 (2013) フィリピン地方都市における適正固形廃棄物管理プロジェクト国際協力機構終了時評価
  58. 大迫政浩、河井紘輔、福岡雅子、松井康弘、平田修、原田英典、阿部直也、渡辺浩平 (2012) 『東南アジアにおける廃棄物データベースの構築及び廃棄物処理システムの評価』
  59. 日本工営株式会社, 株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ, 八千代エンジニアリング株式会社, 株式会社国際開発センター, アジア航測株式会社, 株式会社アルメック (2013) ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査 ファイナルレポート
  60. Sethy S., Sothun C., Wildblood R. (2014) Municipal Solid Waste Management in Cambodia. *Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands Environmental Science and Engineering*, pp 77-94.
  61. Legislative Council Secretariat (2013) South Korea's waste management policies INC04/12-13.
  62. 鄭城尤 (2007) 韓国における産業廃棄物・リサイクル政策、日本貿易振興機構アジア経済研究所『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』
  63. 奥村重史、高田直弘 (2003) 「アジアにまたがる循環型社会の構築に向けて」、株式会社三菱総合研究所所報 No.41
  64. アンソン・デチャンチャイ 内務省地方自治局行政システム開発部政策計画調査官 (2009) タイ：廃棄物処理分野の PPP、日本地域開発センター『地域開発』9月号
  65. 日本磁力選鉱株式会社 (2013) ベトナムにおける電気電子機器廃棄物のリサイクル事業に関する実施可能性調査報告書
  66. 廃棄物分野国際協力研究会(社団法人 海外環境協力センター)(2004) 廃棄物分野における国際協力のあり方 配慮すべき基本的事項について
  67. 環境省 (2014) 日本の廃棄物処理の歴史と現状

## 4. AHP 分析による廃棄物処理手法選択の評価軸の重要度の分析

### 4.1 4章の目的

3章でも示したとおり、廃棄物政策の立案プロセスや廃棄物処理手法の選択のプロセスは国によって異なる。廃棄物処理手法の選択を含めた廃棄物管理政策が完全に地方自治体に一任されている国もあれば、国が全体的な方向性を示し、それに沿って地方自治体が廃棄物処理手法を選択している場合もある。特に、国が焼却炉や堆肥化施設に対する設備導入補助金を拠出している場合などは、地方自治体の廃棄物処理手法の選択はその補助金に大きく左右されることとなる。

アジアの途上国では、廃棄物管理政策は主に中央政府の政策担当者が有識者の意見を聞きつつ全体的な方針を決めて法規制を策定し、地方自治体が個々の地方自治体の廃棄物処理の責任を負い、地方政府の政策担当者が具体的な廃棄物処理計画を策定するケースが多い[1]。政策担当者・有識者以外にも、廃棄物管理には、住民、収集・処理事業者、プラントメーカー等、様々な関係者が関与する[1]。さらに、インフォーマル・セクターなど、従来は正規の関係者として見なされていなかった関係者の存在も見直されるようになってきており、関係者の範囲が広がっていると言える[1]。また、各国で環境 NGO 等の発言力も強くなってきており、廃棄物問題を当該地域だけの環境問題として扱うだけでなく、地域を超えて関係者が関与するようなケースも増えてきている[2]。

政策担当者が廃棄物管理の施策オプションを決定する際には、住民、収集・処理事業者、プラントメーカー等の意見を取り入れた方が、より実効性の高い政策を導入できる。しかし、多数の意見を考慮することは、政策決定において考慮すべき要素が増えることにもなる。地方自治体が廃棄物の適正処理・処分とそのため費用を問題にしたり、住民が雇用効果を期待したり、事業者が収入増加を期待したり、環境 NGO 等が大気汚染や温室効果ガスなどの発生抑制、浸出水による水や土壌の汚染防止を訴えたりなど、意思決定に際して様々な関係者が様々な要望を出すために、意思決定が複雑で難しくなる。従来の廃棄物政策立案の中では見落とされがちであったインフォーマル・セクターの生活を支える効果（廃棄物の回収によって、インフォーマル・セクターが収入を得ていること）や、インフォーマル・セクターが資源を回収することによるリサイクル効果なども考慮する必要がある。

異なる意見を持った様々な関係者を納得させるためには、さまざまな評価軸から評価した客観的なデータを関係者に示す必要がある。すなわち、定量・定性を問わず、十分な客観データがあれば、それはより合理的な選好につながるが、現状ではそれが十分得られているとは言えない。廃棄物処理に関わる費用や温室効果ガス発生抑制量であれば、LCA 等によって定量化することが可能である。その他、環境負荷削減効果も同様であ

るが、そうした情報以外は定量化することが難しい。

また、廃棄物処理の発生状況や組成、廃棄物処理に関わる費用など、廃棄物処理手法の選択に影響する様々な要因は、文化的条件、経済発展等、外的要因が変化すると、それに伴い変化することが考えられる。例えば、外食産業が発展して外食が増えたり、家庭で冷凍食品が普及したりすると、都市ごみの中の厨芥の比率やその組成等も変わってくると思われる。経済発展によって、それぞれの廃棄物処理手法の初期費用や運転管理費用も変わってくると思われる。こうした文化的条件、経済発展等の外的要因の変化は、政策担当者の意識の変化にもつながるのではないかと考える。

以上のような背景を踏まえ、4章では、アジア地域の専門家・政策担当者が評価指標（環境・経済・社会要因に関する評価指標）のうち、何を重視するのかを明らかにすることを旨すとともに、国の経済水準の差によって、人々の評価指標（環境・経済・社会要因に関する評価指標）に関する重み付けがどのように変わるのかを明らかにすることを旨とする。

## 4.2 分析手法：AHPによる重み付けの分析

### 4.2.1 AHP 手法とは

分析手法としては、階層分析法（Analytic Hierarchy Process：AHP）を用いた。AHPは、米国ピッツバーグ大学の Saaty 教授により提唱された手法であり、回答者がそれぞれの評価項目をどの程度重視するか、その比重を尋ねることで、評価項目の重み付けを行い、意思決定に用いる手法である[3, 4]。

AHPは、図4-1の手順で実施する。

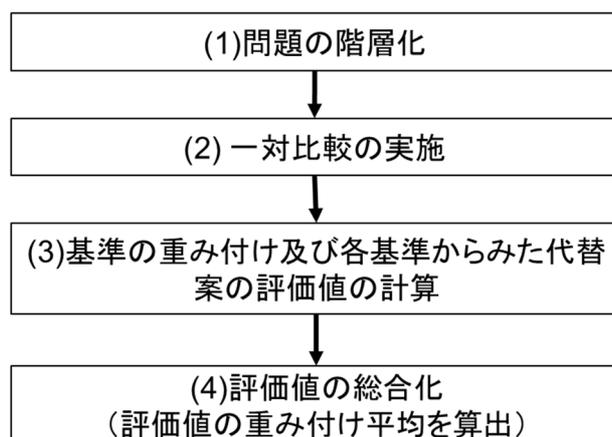


図 4-1 AHP の手順

まず、問題に関連する要素を抽出し、その抽出された要素を階層構造に表現する。その上で、階層構造の各レベルの要素間の一対比較を行い、各レベルの要素間の重み付けの計算を行う。なお、その際、一つ上のレベルにある要素に照らし合わせた要素間の重み付けを行う（和が1となる重み付け）。すなわち、例えば下図において、Level 2のEconomic Factorsに関連した要素については、Costs of waste management、Benefits of waste managementを比較し、 $D+E=1$ になるように重み付けする。

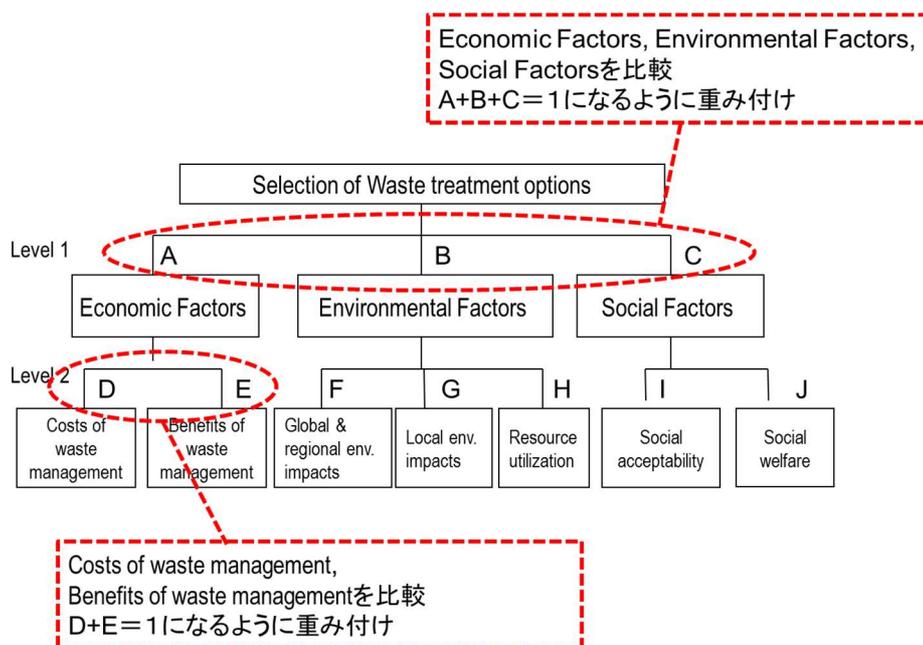


図 4-2 一対比較の構造

重み係数の算出にあたっては、固有値法を用いた。固有値法とは、一対比較行列の性質から固有値と固有ベクトルを求め、その固有ベクトルを重みとみなす方法である。

3つ以上の要素間の比較については、回答が整合しない（矛盾を生じる）場合があるため、整合度指数（Consistency Index : CI）<sup>19</sup>の比較を行う。CIが0.1（もしくは0.15）より大きい場合は、要因を見直し、改めて要因を設定し直した上で再度一対比較を行う。もし、再度一対比較が困難な場合は、外れ値（欠損値）扱いにする等の処理を行い、欠損データのある場合のウェイト推定法を使用する等の処理を行う[1]。

<sup>19</sup>一対比較行列の最大固有値を  $\lambda_{max}$ 、サンプル数を  $n$  とした場合、 $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$

#### 4.2.2 本研究における分析手法

本研究では、意思決定の手前の重み付けの変化に着目しており、具体的な代替案の評価までは行わず、各基準の重み付けについて分析を行った。

廃棄物の処理手法の選択に関して AHP を用いて分析した様々な先行研究がある。例えば、Contreras et al. [2] は AHP を用いて、ボストンにおける Refuse Derived Fuel (RDF) とバイオガスの導入について分析を行った。小泉等[6]は AHP を用いてグローバルなりサイクルモデルの政策の選択肢を評価した。藤田等[7]は、都市ごみ焼却炉の建設に関する土地の選択について AHP を用いて分析した。

先行研究では、様々な指標を用いている。Contreras et al. [5]は、環境指標として GHG を、社会指標として健康リスクを用いている。小泉等[6]はエネルギー利用と資源利用・資源消費を用いている。藤田等[7]は、大気、騒音、悪臭、景観への負の影響、電力への影響、建設費用、土地代、環境効果、文化的遺産への影響、交通の容易さ、輸送の容易さなど、他の先行研究ではあまりみられないユニークな指標を用いている。

これらの先行研究では、対象とした指標が異なるだけでなく、それぞれの指標の重み付けの結果も異なる。さらに、一つの研究だけを見ても、回答者のグループによって結果が異なる。例えば、Contreras et al. [5]が示すように、市民、地方自治体、非政府組織 (Non-governmental Organizations : NGO) で異なる重み付けのパターンが得られる。

本研究では、専門家・政策担当者の重み付けが経済成長によって変化するという仮定をおいた。その仮定を AHP によって分析するために、地方自治体と中央政府の政策担当者及び研究者に対してアンケート調査を実施した（調査票は、本論文の参考資料として添付してある）。アンケート調査は、中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムの 10 カ国の東南アジア・東アジアの地方自治体と中央政府の政策担当者 17 人、研究者 14 人を対象に実施した。対象者の国別配分を表 4-1 に示す。

対象者の多くは、アジア 3R 推進フォーラム、SWAPI、2011 年の ISWA 世界会議 (World Congress of International Solid Waste Association) 等、廃棄物管理・技術に関する国際会議に参加した人物である。本研究では、これらの会議の参加者に対してアンケート調査票を配布して回答してもらった形で実施した。回答者には、基本的に当該国全体の廃棄物管理に関する政策立案を担当したと想定して、その際にどのように考えるかをイメージしてもらいながら、重み付けを行ってもらった<sup>20</sup>。

---

<sup>20</sup> 重み付けをする際に、国レベルの廃棄物政策を考えるのか、地域レベルの廃棄物政策を考えるのかによって、重み付けも変わる可能性がある。今回対象とした政策担当者は地域レベルの廃棄物政策立案を担当することもあるが、地域レベルの廃棄物政策ではなく、国全体の廃棄物政策を考えた場合という前提の下で重み付けをしてもらった。

表 4-1 AHP 分析の対象者

	地方自治体と中央政府の政策担当者	研究者	合計
<b>高所得国</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
シンガポール	5	-	5
日本	1	-	1
韓国	2	1	3
<b>高中所得国</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>12</b>
マレーシア	4	4	8
タイ	1	2	3
中国	-	1	1
<b>低中所得国</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
インドネシア	2	1	3
フィリピン	-	3	3
ベトナム	1	2	3
ラオス	1	-	1
<b>合計</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>31</b>

注：今回の研究に当たっては、太字で示した、高所得国・高中所得国・低中所得国に切り分けて分析を行っている。

出所：筆者作成

なお、国別に分析するとサンプル数が少なく十分な分析ができなくなるため、高所得国、高中所得国、低中所得国のカテゴリーで分析を行うこととした。さらに、サンプル数の少なさをカバーするために、アンケートの回答者に対してヒアリングを実施することによって、その背景をより細かく分析することとした。

本研究では、持続可能な開発を支える3つの柱<sup>21</sup>である、経済・環境・社会の視点からそれぞれ要因を抽出した。これらの要因は、先行研究で用いられている指標をまずはすべて抜き出した（表 4-2）。

<sup>21</sup> 1992年の地球サミットにおいて、持続可能な開発における環境・経済・社会の視点が盛り込まれ、2002年に開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議（ヨハネスブルグ・サミット）で取りまとめられた実施計画において、持続可能な開発の三つの構成要素が「経済開発」、「社会開発」、「環境保全」とされ、これらを「相互に依存し補強し合う支柱として統合することを促進する」ことが盛り込まれ、提唱された。

表 4-2 先行研究における評価の視点

先行研究	評価の視点																				
	環境								経済				社会			その他					
	GHG	Energy use	Resource utilization/Resource consumption	Air	Water	Land/Soil	Noise	Odor	Ecological Impact	Construction Cost	Operation Cost	System benefit	Easiness of transfer	Social acceptability	Health risk	Political support	Community involvement	Management Capacity/Administrative feasibility	Technological availability		
Contreras et al. (2008)	○										○				○			○			
Hsu et al. (2008)																					Contractors' equipment, etc.
小泉等 (2005)		○	○											○							
藤田等 (2002)				○			○	○		○			○								Easiness of transportation, etc.
星田 (2006)					○	○							○		○						Supply of waste, etc.
Lin et al. (2009)																		○	○		Hazardousness of end of life products
Hung et al. (2009)			○						○	○	○	○		○	○					○	The marketing, social justice, etc.
Kim et al. (2009)	○										○				○						Abiotic Resource Depletion, etc.
Chung (1996)	○	○	○	○	○	○	○			○				○	○				○		
Samah et al. (2010)																○	○				Markets, etc.
Gemitzi et al. (2007)					○	○							○								Residential areas, land uses. highways and railways, etc.
Khan et al. (2008)										○	○			○	○					○	Operation and maintenance, etc.

出所：先行研究[5-16]に基づき筆者作成

さらに、表 4-2 で用いられている評価の視点を幅広く採用し、似通った視点を統合した上で、指標の素案を表 4-3 のとおり作成し、2010 年 7 月に韓国で開催された南東アジア・東アジア環境と保健フォーラムにおいて、インドネシア、モンゴル、カンボジア、国連環境計画 国際環境技術センター (United Nations Environmental Programme・International Environmental Technology Centre:UNEP/IETC)からの参加者に対して当該案を示し、選択肢の妥当性について検討した。

インドネシア、モンゴル、カンボジア、UNEP/IETC からの参加者には、社会革新 (Social innovation) の選択肢、関連する活動の民営化 (Privatization of related activities) とインフォーマル・セクターの統合 (Integration of informal sector) の意味が分かりにくいというコメントを頂いた。また、技術的及び地理的制約 (Technological/geographical restriction) は、内容が分かりにくいに加え、廃棄物処理の選択時に考慮する可能性の低い選択肢が並んでいるとの意見があった。それ以外の選択肢については、おおむね廃棄物処理手法の選択時に考慮している内容との見解であった。

表 4-3 有識者との意見交換用に作成した AHP 分析の素案

Economic Factor			
Economic Factor	Cost	Reduction of cost for waste management	
	Construction cost	Includes land costs, construction costs for building, equipment cost.	
	Operation and management cost	Includes labor cost, expense for consumable supplies and materials	
	Benefit	Increase of benefit form waste management	
	Revenue from reuse / recycling	Revenue from selling reusable / recyclable material, second hand commodities, recycled material etc.	
	Co-benefit from waste management (energy from waste)	Heat, biofuel etc. from waste	
Environmental Factor			
Environmental Factor	Global environmental impact	Negative impact on global environment	
	GHG	Amount of generation of green house gasses (e.g. CO <sub>2</sub> , methane, etc.)	
	Transboundary movement of hazardous waste	Control of export / prevent of import of hazardous waste restricted by Basel Conventions.	
	Regional environmental impact	Negative impact on local environment in the region including impact on people in the region	
	Air pollution	Amount of generation of air pollution like NO <sub>x</sub> /SO <sub>x</sub> from incineration.	
	Water / land pollution	Amount of generation of water / land pollution caused by leached from disposal site, etc.	
	Health risk	Threat to health of local people in the region	
	Resource utilization	Increase of resource efficiency	
	Amount of reduction of waste disposal	Amount of reduction of waste by prevention of generation, utilization of waste, etc.	
	The amount of reused/recycled material	Amount of reduction of used material separated by waste flow and recycled material made by recycling companies, etc.	
	Social Factor		
	Social Factor	Social acceptability	Whether waste policy, procedure, technology, etc. are socially accepted.
Opinion from local people		Support / opposition from local people	
Political acceptability		Whether waste policy, procedure, technology, etc. are politically accepted. e.g. collaboration between ministries related to policy options.	
Opinion from NGO		Support / opposition from NGO	
Social innovation		Change of social situation by introduction of appropriate waste management scheme for the countries	
Privatization of related activities		Promotion of privatization of waste collection, treatment (in particular recycling), disposal, etc.	
Integration of informal sector	Promotion of capacity building of informal sector for recycling.		
Technological /geographical Restriction	Technological / geographical restriction cannot be controlled by policy makers		
Mature of technology / infrastructure	Existence of required technology.		
Skill of worker	Existence of trained workers, know-how.		
Characteristic of land	Land scarcities, etc.		

このような意見を踏まえて見直した経済・環境・社会要因を表 4-4 に示す。

表 4-4 AHP 分析に用いた経済・環境・社会要因

Economic factors		
	Cost of waste management	Cost required for waste management
	Initial cost	Reduction of initial investment on waste management, e.g., land cost, construction cost for building, equipment cost.
	Operation and management cost	Reduction of operation and management costs for waste management, e.g., labor cost, expenses for consumable supplies and materials
	Benefits of waste management	Benefits of waste management
	Revenue from energy recovery	Revenue from selling electricity/heat from waste incineration
	Revenue from composting	Revenue from selling compost to farmers
Environmental factors		
	Global and regional environmental impacts	Negative impact on global and regional environments
	Greenhouse gases (GHG) emissions	Amount of greenhouse gases generated (e.g. CO <sub>2</sub> , methane, etc.)
	Transboundary movement of hazardous wastes	Amounts of exports/imports of hazardous wastes restricted by Basel Conventions.
	Local environmental impacts	Negative impact on local environment in the region (this environmental impact also includes health impact on people in the region)
	Air pollution	Amount of air pollutants generated such as dust, aldehyde, and formaldehyde from recycling, and NO <sub>x</sub> /SO <sub>x</sub> from incineration.
	Water pollution	Amount of water pollutants generated by leaching from disposal sites, etc.
	Soil pollution	Amount of soil pollutants generated by leaching from disposal sites, etc.
	Resource utilization	Increased resource efficiency
	Amount of reduction of waste disposal	Amount of waste reduced by preventing generation, using waste materials, etc.
	Amount of reused/recycled materials	Amount of used material reduced by separating waste flows and recycled materials made by recycling companies, etc.
Social factors		
	Social acceptance	Whether waste policy, procedure, and technology, are socially accepted.
	Acceptance by local residents	Degree of support/opposition from local residents
	Political acceptance	Degree of political acceptance of waste policy, procedures, and technologies, e.g., collaboration among ministries on policy options.
	Social welfare	Social benefits of waste management
	Creating jobs	Number of new jobs created relating to waste management. Jobs in informal sector are also included in this category.
	Promoting decent work	Progress of decent work <sup>22</sup> for workers involved in waste management (collection, separation, treatment etc.)

出所：筆者作成

経済要因については、まず大枠として廃棄物管理費用（Cost of waste management）と廃棄物管理の便益（Benefits of waste management）を採用した。さらに、廃棄物管理費用（Cost of waste management）のより詳細な項目として初期費用（Initial cost）と運転管

<sup>22</sup> Decent work は、生産的で、かつ、公正な収入、職場での安全、家族の保護、個人の能力開発や社会的統合のより良い見通し、生活や男女に関する機会・扱いの平等に影響を与える決定に関心を持ち、結社し、参加する自由などを提供してくれるような雇用機会を含む (ILO ウェブサイト: <http://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--en/index.htm>).

理費用 (Operation and management cost) を採用した。廃棄物管理の便益 (Benefits of waste management) のより詳細な項目としては、エネルギー回収からの収益 (Revenue from energy recovery) と堆肥化からの収益 (Revenue from composting) を選定した。

環境要因については、まず大枠としてグローバル・リージョナルな環境への影響 (Global and regional environmental impacts)、当該地域への環境インパクト (Local environmental impacts)、資源有効利用 (Resource utilization) を選んだ。グローバル・リージョナルな環境への影響 (Global and regional environmental impacts) の詳細な項目として、温室効果ガスの排出量 (GHG emissions) と有害廃棄物の越境移動 (Transboundary movement of hazardous wastes) を採用した。当該地域への環境インパクト (Local environmental impacts) の具体的な項目として、大気汚染 (Air pollution)、水質汚濁 (Water pollution)、土壌汚染 (Soil pollution) を選んだ。資源有効利用 (Resource utilization) の具体的な項目として廃棄物処分の削減量 (Amount of reduction of waste disposal) と再利用・リサイクルされた物質の量 (Amount of reused / recycled materials) を選んだ。

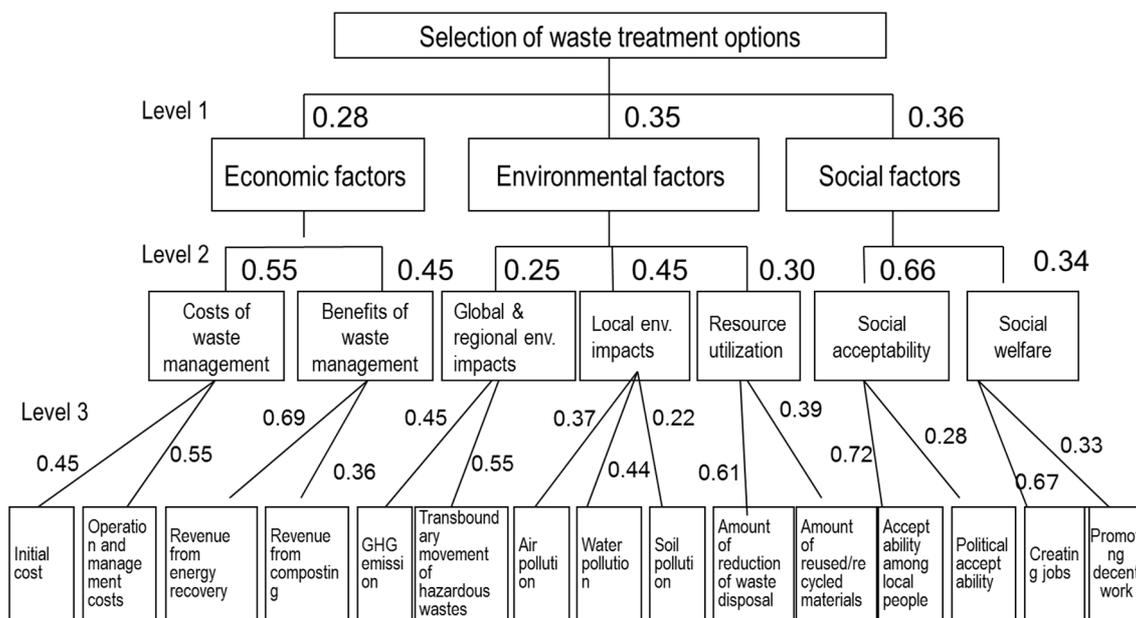
社会要因について、まず大枠として社会的な受容可能性 (Social acceptance) と社会的厚生 (Social welfare) を選んだ。さらに、社会的な受容可能性 (Social acceptance) の具体的な項目として、地域住民による受容可能性 (Acceptance by local residents) と政治的な受容可能性 (Political acceptance) を選択した。社会的厚生 (Social welfare) の具体的な項目として雇用創出 (Creating jobs) と働きがいのある人間らしい仕事の促進 (Promoting decent work) を選んだ。

これらの要因に対する重み付けが経済成長によって変化するかどうかを分析するために、対象者が属する国を世界銀行の分類にそってグループ分けを行った。3章でも示したとおり、世界銀行は、一人当たり収入が 1,025 ドル以下の国を低所得国と分類している。1,026~4,035 ドルは低中所得国、4,036~12,475 ドルは高中所得国、12,476 ドル以上は高所得国と分類している。この研究では、購買力平価 (PPP) 換算した一人当たり収入に基づき、対象者の属するグループを低中所得国 (Lower Middle Income Countries : LMIC)、高中所得国 (Upper Middle Income Countries : UMIC)、高所得国 (High Income countries : HIC) に分けることとした。インドネシア、ラオス、フィリピン、ベトナムは低中所得国 (LMIC) に分類し、中国、マレーシア、タイは高中所得国 (UMIC) に、日本、韓国、シンガポールは高所得国 (HIC) に分類した。

なお、CI が 0.15 より大きい場合は、すべての回答を欠損値にするのではなく、矛盾を生じさせている一対比較の回答のみを欠損値扱いとして、欠損データのある場合のウェイト推定法を採用して一対比較を行った。

### 4.3 アジアの専門家・政策担当者を対象とした調査結果

アンケート調査結果の回答を踏まえて、表 4-4 で示した経済・環境・社会要因について、階層別に (Level 1~3) 重み係数<sup>23</sup>を計算した。その結果を図 4-3 及び表 4-5 に示す。



出所：筆者作成

図 4-3 AHP による分析の結果

第1階層 (Level 1) では、経済・環境・社会要因に対する重み係数はほぼ同じであった。経済要因 (Economic factors) は0.28、環境要因 (Environmental factors) は0.35、社会要因は0.36であった。国のグループ別にみた場合でも重み係数はほぼ同じであった。重み係数は経済：環境：社会要因として、高所得国 (HIC) の場合は0.27 : 0.40 : 0.37、UMICの場合は0.30 : 0.37 : 0.33、LMIC の場合は0.28 : 0.33 : 0.39であった (表4-5)。ただし、Level 1の一対比較は、CIが高かった回答が6件 (HIC3件、UMIC2件、LMIC1件) があるため、信頼度は他の重み係数よりも下がる。

第2階層 (Level 2) では、社会要因に関して社会的な受容可能性 (Social acceptability) が、社会的厚生 (Social welfare) よりも高いという結果が得られた。その他、経済要因に関しては、廃棄物管理の費用 (Cost of waste management) と廃棄物管理の便益 (Benefit of waste management) はほぼ同じ重み係数であり (0.55 : 0.45) であった。環境要因については、地域のインパクト (Local environmental impacts) が地球・地域環境インパクト

<sup>23</sup> 重み係数とは、対象者が当該要因を他の要因と比べてどれだけ重視しているかを示す。

ト（Global and regional environmental impacts）と資源有効利用（Resource utilization）よりも若干高いといった結果が得られた。ただし、環境要因に関する比較は、CIが高かった回答が8件（UMIC5件、LMIC3件）あるため、信頼度は他の重み係数よりも下がる。

表 4-5 AHP による分析の結果（国グループ別）

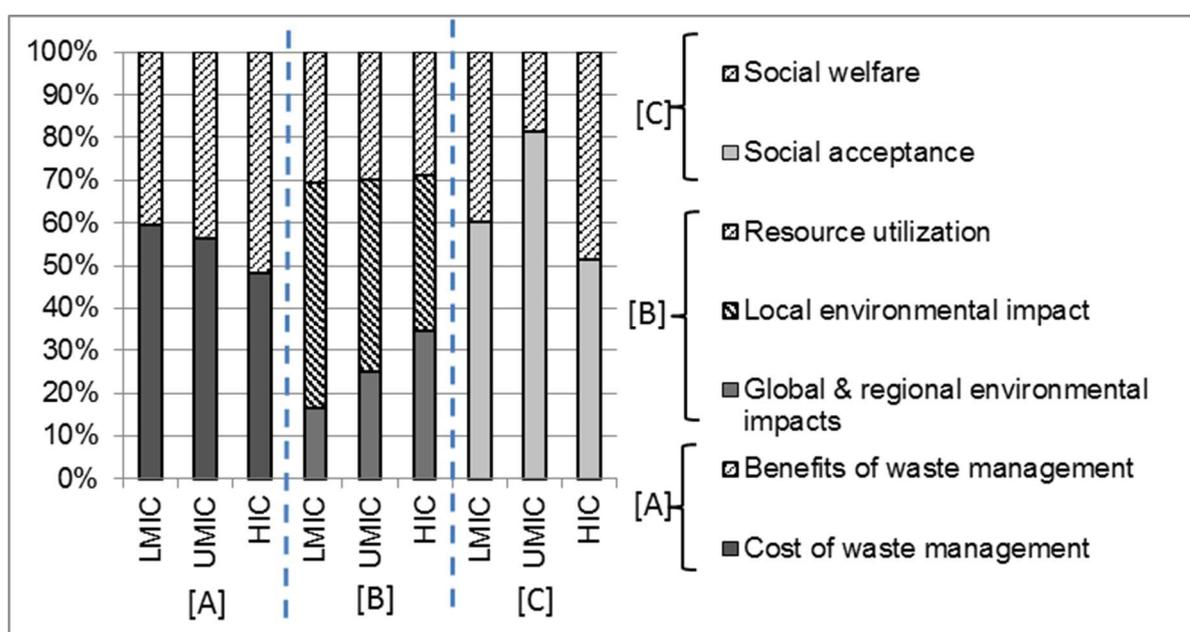
	平均			標準偏差		
	先進国	高中所得国	低中所得国	先進国	高中所得国	低中所得国
<b>Level1</b>						
Economic factor	0.27	0.30	0.28	0.25	0.22	0.18
Environmental factor	0.40	0.33	0.33	0.25	0.20	0.21
Social factor	0.33	0.37	0.38	0.24	0.27	0.22
<b>Level2</b>						
Cost of waste management	0.48	0.56	0.60	0.30	0.26	0.28
Benefits of waste management	0.52	0.44	0.40	0.30	0.26	0.28
Global and regional environmental impacts	0.34	0.25	0.17	0.22	0.21	0.17
Local environmental impact	0.37	0.45	0.53	0.20	0.25	0.29
Resource utilization	0.29	0.30	0.31	0.18	0.25	0.23
Social acceptability	0.51	0.81	0.60	0.31	0.11	0.34
Social welfare	0.49	0.19	0.40	0.31	0.11	0.34
<b>Level3</b>						
Initial investment	0.26	0.49	0.50	0.14	0.30	0.36
Operation and management costs	0.74	0.51	0.50	0.14	0.30	0.36
Revenue from converting waste into energy	0.66	0.82	0.57	0.18	0.11	0.27
Revenue from composting	0.34	0.18	0.43	0.18	0.11	0.27
GHG	0.42	0.53	0.39	0.25	0.30	0.31
Transboundary movement of hazardous waste	0.58	0.47	0.61	0.25	0.30	0.31
Air pollution	0.43	0.39	0.30	0.10	0.17	0.23
Water pollution	0.41	0.42	0.49	0.13	0.14	0.24
Soil pollution	0.16	0.27	0.21	0.08	0.19	0.15
Amount of reduction of waste disposal	0.59	0.63	0.61	0.26	0.28	0.33
Amount of reused/recycled materials	0.41	0.37	0.39	0.26	0.28	0.33
Acceptability among local people	0.68	0.77	0.71	0.25	0.22	0.27
Political acceptability	0.32	0.23	0.29	0.25	0.22	0.27
Creating jobs	0.77	0.65	0.59	0.10	0.21	0.31
Promoting decent work	0.23	0.35	0.41	0.10	0.21	0.31

出所：筆者作成

第3階層（Level 3）では、エネルギー回収からの収益（Revenue from energy recovery）

が、堆肥化からの収益 (Revenue from composting) よりも高いという結果が得られた<sup>24</sup>。これは、地方自治体・中央政府の政策担当者や専門家が、廃棄物発電技術に高い関心を示していることを反映したものである。社会要因に関して、地域住民による受容可能性 (Acceptance by local residents) は、政治的な受容可能性 (Political acceptance) よりも重み係数が高かった。ただし、大気汚染 (Air pollution)、水質汚濁 (Water pollution)、土壌汚染 (Soil pollution) の比較は、CIが高かった回答が5件 (HLC1件、UMIC3件、LMIC1件) あり、若干信頼度が落ちる。

第2階層 (Level 2) の重み係数を、国の発展度グループ別にみた場合の結果を図4-4に示す。



出所：筆者作成

図 4-4 国の発展度グループ別に見た第 2 階層 (Level 2) の重み係数

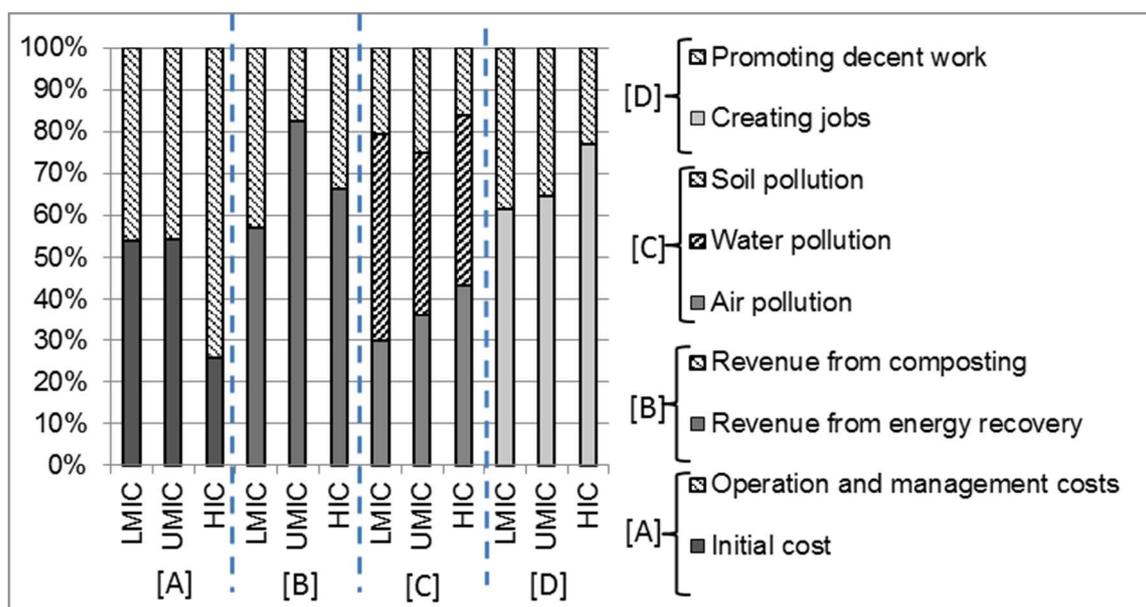
廃棄物管理の便益 (Benefits of waste management) は、低中所得国から高中所得国、高所得国となるにつれて重み係数が高くなっており、経済発展によって重み付けが増していると言える。

地球・地域環境インパクト (Global and regional environmental impacts) の重み係数も、低中所得国 (LMIC) から高中所得国 (UMIC)、高所得国 (HIC) となるにつれて値が

<sup>24</sup> 収益は実際には廃棄物の量や組成によって変わるものであり、実際には収益が得られないケースもある (例えば、熱量が低くて焼却による発電が不可能なケースなどがある)。ここでは、両者の収益が両方とも得られるという仮定の下で、2つの一般的な印象に基づき回答者に選択してもらった。

高くなる。ただし、これについては、CIが高く矛盾した回答が、UMIC及びLMICで多いことから、UMICやLMICではこれら3者間の評価がHICと比べて明確にしにくいと考えている回答者が多かったことも影響していると考えられる。社会的な受容可能性 (Social acceptance) は、低中所得国 (LMIC) では0.60であるが、高中所得国 (UMIC) で0.81、高所得国 (HIC) で0.51と逆U字型になっている。表3-5で示したように、急速に産業化している高中所得国 (UMIC) では、廃棄物に関連して様々な問題が発生しており、4.4の考察で後述するが、社会的な受容可能性 (Social acceptance)などをより考慮する必要が生じていると考えられる。

第3階層 (Level 3) に関する重み付けの計算結果を図4-5に示す。初期費用 (Initial cost) に関する重み係数は、低中所得国 (LMIC) と高中所得国 (UMIC) の0.54から、高所得国 (HIC) では0.26に低下している。機器の費用は同じでも、運転管理の人件費等が高くなっているため、高所得国 (HIC) では初期費用 (Initial cost) よりも、運転管理費用 (Operation and management costs) の方を重視するようになっているものと思われる。エネルギー回収からの収益 (Revenues from energy recovery) は低中所得国 (LMIC) では0.57であったが、これが高中所得国 (UMIC) では0.82に増え、逆に高所得国 (HIC) では0.66に減少している。また、大気 (Air pollution)、雇用創出 (Creating jobs) に関する重み係数は経済水準の上昇とともに増加している。



出所：筆者作成

図 4-5 国の発展度グループ別に見た第 3 階層 (Level 3) の重み係数

グループ間の回答の差について、分散の差並びに平均の差を検定するため、F検定及びt検定を行った。t検定については両側検定を行い、F検定の結果に応じて等分散か非等分散かを設定してt検定を行った。

今回の研究では、AHPの対象者の数が限られていたため、グループ間の回答の差について統計的な有意性を示すことは難しかった。十分な対象者の数がないために、グラフからはグループ間で差があることが読み取れても、統計的には棄却されてしまうことが多かった。高所得国（HIC）、高中所得国（UMIC）、低中所得国（LMIC）とそれぞれのグループごとに比較した結果を表4-6に示す。

表 4-6 分散及び平均の差の検定結果（F 検定及び t 検定）（個々のグループ間比較）

	F 検定 (P 値)			T 検定 (P 値)		
	先進国に対する高中所得国	高中所得国に対する低中所得国	先進国に対する低中所得国	先進国に対する高中所得国	高中所得国に対する低中所得国	先進国に対する低中所得国
<b>Level1</b>						
Economic factor	0.664	0.609	0.376	0.777	0.893	0.862
Environmental factor	0.416	0.806	0.586	0.534	0.993	0.564
Social factor	0.757	0.561	0.808	0.776	0.907	0.673
<b>Level2</b>						
Cost of waste management	0.600	0.802	0.790	0.533	0.788	0.425
Benefits of waste management	0.600	0.802	0.790	0.533	0.788	0.425
Global and regional environmental impacts	0.826	0.509	0.410	0.357	0.345	0.077
Local environmental impact	0.569	0.635	0.332	0.443	0.537	0.208
Resource utilization	0.326	0.788	0.480	0.919	0.943	0.854
Social acceptability	0.002*	0.001*	0.835	0.028*	0.103	0.589
Social welfare	0.002*	0.001*	0.835	0.028*	0.103	0.589
<b>Level3</b>						
Initial investment	0.038*	0.539	0.012*	0.039*	0.931	0.086
Operation and management costs	0.038*	0.539	0.012*	0.039*	0.931	0.086
Revenue from converting waste into energy	0.111	0.006*	0.288	0.026*	0.022*	0.421
Revenue from composting	0.111	0.006*	0.288	0.026*	0.022*	0.421
GHG	0.649	0.882	0.568	0.389	0.313	0.844
Transboundary movement of hazardous waste	0.649	0.882	0.568	0.389	0.313	0.844
Air pollution	0.152	0.293	0.025*	0.543	0.311	0.139
Water pollution	0.985	0.066	0.104	0.830	0.395	0.372
Soil pollution	0.032*	0.490	0.126	0.109	0.412	0.465
Amount of reduction of waste disposal	0.876	0.616	0.544	0.795	0.933	0.882
Amount of reused/recycled materials	0.876	0.616	0.544	0.795	0.933	0.882
Acceptability among local people	0.651	0.493	0.843	0.391	0.557	0.819
Political acceptability	0.651	0.493	0.843	0.391	0.557	0.819
Creating jobs	0.063	0.197	0.005*	0.141	0.647	0.144
Promoting decent work	0.063	0.197	0.005*	0.141	0.647	0.144

注：\*は5%有意（差があると認められる）

出所：筆者作成

社会的受容性については、先進国と高中所得国の間で差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.028）。また、初期投資と運転管理費用についても先進国と高中所得国の間で差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.039）。廃棄物発電からの収入とコンポストからの収入については、先進国と高中所得国、高中所得国と低中所得国との間で、差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.026と0.022）。

回答者を1つのグループと、残りのグループを足したものとで比較した結果を表4-7に示す。

社会的受容性については、先進国と低中所得国を合わせたものと、高中所得国との間で差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.006）。また、初期投資と運転管理費用についても先進国と、高中所得国と低中所得国を合わせたものの間で差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.011）。廃棄物発電からの収入とコンポストからの収入については、先進国と高中所得国をあわせたものと低中所得国、先進国と低中所得国とをあわせたものと、高中所得国との間で差が5%有意で認められた（t検定のP値が0.030と0.003）

従って、東南アジア・東アジア諸国(中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム)において、社会的な受容可能性（Social acceptability）、初期費用（Initial cost）、エネルギー回収による収益（Revenues from energy recovery）に関して、経済水準に応じて廃棄物処理手法に関する重み付けの差が見られた。

表 4-7 分散及び平均の差の検定結果（F 検定及び t 検定）  
（グループを 2 つに分けて分析）

	F 検定 (P 値)			T 検定 (P 値)		
	先進国に 対する高 低中所得 国	先進国・高 中所得国 に対する 低中所得 国	先進国・低 中所得国 に対する 高中所得 国	先進国に 対する高 低中所得 国	先進国・高 中所得国 に対する 低中所得 国	先進国・低 中所得国 に対する 高中所得 国
<b>Level1</b>						
Economic factor	0.380	0.521	0.868	0.778	0.993	0.800
Environmental factor	0.340	0.952	0.618	0.469	0.744	0.719
Social factor	0.965	0.715	0.477	0.691	0.777	0.922
<b>Level2</b>						
Cost of waste management	0.544	0.904	0.727	0.402	0.547	0.842
Benefits of waste management	0.544	0.904	0.727	0.402	0.547	0.842
Global and regional environmental impacts	0.542	0.448	0.956	0.124	0.138	0.993
Local environmental impact	0.450	0.367	0.948	0.262	0.276	0.999
Resource utilization	0.407	0.805	0.378	0.878	0.890	0.992
Social acceptability	0.437	0.292	0.001*	0.087	0.479	0.006*
Social welfare	0.437	0.292	0.001*	0.087	0.479	0.006*
<b>Level3</b>						
Initial investment	0.019*	0.223	0.946	0.011*	0.361	0.383
Operation and management costs	0.019*	0.223	0.946	0.011*	0.361	0.383
Revenue from converting waste into energy	0.525	0.052	0.014*	0.583	0.030*	0.003*
Revenue from composting	0.525	0.052	0.014*	0.583	0.030*	0.003*
GHG	0.603	0.646	0.754	0.683	0.433	0.254
Transboundary movement of hazardous waste	0.603	0.646	0.754	0.683	0.433	0.254
Air pollution	0.048*	0.056	0.681	0.153	0.127	0.675
Water pollution	0.304	0.019*	0.186	0.522	0.369	0.634
Soil pollution	0.047*	0.887	0.095	0.111	0.777	0.152
Amount of reduction of waste disposal	0.768	0.422	0.931	0.795	0.982	0.845
Amount of reused/recycled materials	0.768	0.422	0.931	0.795	0.982	0.845
Acceptability among local people	0.804	0.531	0.611	0.391	0.804	0.404
Political acceptability	0.804	0.531	0.611	0.391	0.804	0.404
Creating jobs	0.063	0.033*	0.552	0.141	0.358	0.749
Promoting decent work	0.063	0.033*	0.552	0.141	0.358	0.749

注：\*は5%有意（差があると認められる）

出所：筆者作成

さらに、地方自治体と中央政府の政策担当者と研究者との結果を比較したものを表4-8に示す。

表 4-8 AHP による分析の結果（政策担当者、研究者別）

	平均		標準偏差		差の検定	
	地方自治体と中央政府の政策担当者	研究者	地方自治体と中央政府の政策担当者	研究者	F 検定 (P 値)	T 検定 (P 値)
<b>Level1</b>						
Economic factor	0.32	0.24	5.49	0.19	0.611	0.285
Environmental factor	0.35	0.36	5.96	0.22	0.932	0.947
Social factor	0.33	0.41	5.55	0.26	0.493	0.378
<b>Level2</b>						
Cost of waste management	0.59	0.50	10.05	0.27	0.957	0.386
Benefits of waste management	0.41	0.50	6.95	0.27	0.957	0.386
Global and regional environmental impacts	0.32	0.16	5.45	0.13	0.037*	0.037*
Local environmental impact	0.41	0.51	6.96	0.27	0.609	0.324
Resource utilization	0.27	0.33	4.60	0.26	0.268	0.479
Social acceptability	0.69	0.62	11.72	0.33	0.349	0.533
Social welfare	0.31	0.38	5.28	0.33	0.349	0.533
<b>Level3</b>						
Initial investment	0.43	0.43	7.26	0.30	0.984	0.999
Operation and management costs	0.57	0.57	9.74	0.30	0.984	0.999
Revenue from converting waste into energy	0.70	0.69	11.84	0.26	0.260	0.959
Revenue from composting	0.30	0.31	5.16	0.26	0.260	0.959
GHG	0.46	0.44	7.88	0.29	0.837	0.826
Transboundary movement of hazardous waste	0.54	0.56	9.13	0.29	0.837	0.826
Air pollution	0.43	0.30	7.37	0.20	0.275	0.047*
Water pollution	0.37	0.53	6.22	0.22	0.004*	0.021*
Soil pollution	0.20	0.24	3.41	0.17	0.635	0.501
Amount of reduction of waste disposal	0.62	0.60	10.55	0.33	0.316	0.868
Amount of reused/recycled materials	0.38	0.40	6.45	0.33	0.316	0.868
Acceptability among local people	0.72	0.72	12.30	0.27	0.588	0.987
Political acceptability	0.28	0.28	4.70	0.27	0.588	0.987
Creating jobs	0.68	0.65	11.51	0.28	0.156	0.775
Promoting decent work	0.32	0.35	5.49	0.28	0.156	0.775

注：\*は5%有意（差があると認められる）

出所：筆者作成

地方自治体と中央政府の政策担当者と研究者とではあまり結果に差が見られなかった。具体的には、差が見られたのは地域のインパクト（Local environmental impacts）が

地球・地域環境インパクト（Global and regional environmental impacts）と資源有効利用（Resource utilization）比較と、大気汚染(Air pollution)、水質汚濁（Water pollution）、土壌汚染（Soil pollution）の比較のみであった。

ただし、前者はCIが高かった回答が6件（地方自治体と中央政府の政策担当者5件、研究者1件）、後者はCIが高かった回答が8件（地方自治体と中央政府の政策担当者3件、研究者5件）あるため、信頼度は他の重み係数よりも下っているため、差が生じたのは、そもそもこの設問が比較をしにくい回答であった可能性もある。

#### 4.4 考察

AHPによる分析ではいくつかの傾向が示されたが、その背景について考察する。

まず、廃棄物管理の便益（Benefits of waste management）は、低中所得国から高中所得国、高所得国となるにつれて重み係数が高くなっていることが示されたが、経済発展によって、人々の意識が高まり、人々がリサイクルによる便益をより重視するようになってきたと考えれば、この結果も妥当と言える。

グローバル・リージョナルな環境影響（Global and regional environmental impacts）の重み係数も、低中所得国（LMIC）から高中所得国（UMIC）、高所得国（HIC）となるにつれて値が高くなっていた。これは、収入によって、人々の環境意識が高まることが考えられる。また、収入が高くなるにつれてインターネット等をより利用する機会が増えることなどから、国際的な情報に接する機会も多くなると思われる。そうしたことがグローバル・リージョナルな環境影響（Global and regional environmental impacts）の重み係数が経済水準に応じて高くなることの原因になっていると考えられる。

社会的な受容可能性（Social acceptance）は、低中所得国（LMIC）から、高中所得国（UMIC）、高所得国（HIC）で逆U字型の傾向を示した点については、環境問題は、急速に産業化している高中所得国（UMIC）のような国で最も深刻であると考えられる。日本でも、高度成長期に様々な深刻な問題が発生した。例えば、熊本県では工場排水によって海域が汚染され水俣病が発生した。富山県でも河川の水質汚濁からイタイイタイ病が発生した。また、三重県、千葉県、岡山県などで、工場排煙による大気汚染によって、喘息等の問題が発生した[17]。これらはテレビや新聞などで報道され、人々の環境意識を高めることにつながった。中国、マレーシア、タイなどの高中所得国（UMIC）でも経済発展とともに、同じような状況が発生している[18]。中国でも近年大気汚染の問題が深刻化し、人々の環境意識が高まっている[18]。タイでも、マプタプット工業団地による水質汚染の問題などがニュースとなり、抗議運動なども発生している[20]。高中所得国（UMIC）では、人々の環境意識の高まりに対応し、廃棄物処理・処分施設の建設の際には、人々の批判を受けないように社会的な受容可能性（Social acceptance）が極めて重要になっていると思われる。この点については、AHPの結果だけでなく、フォローのために実施した専門家及び政府担当者へのインタビューの中でも指摘された。

初期費用 (Initial cost) に関する重み係数が経済水準に応じて低下することについては、機器の費用は同じでも、運転管理の人件費等が高くなっているため、高所得国 (HIC) では初期費用 (Initial cost) よりも、運転管理費用 (Operation and management costs) の方を重視するようになっているものと思われる。また、2章で示したとおり、高所得国 (HIC) では、廃棄物処理に関わる様々な法制度整備が進んでいるが、廃棄物処理施設の導入に対しても補助金等のインセンティブが導入されており、初期費用が補助金の分だけ低減する。このことも高所得国 (HIC) において初期費用よりも運転管理費用を重視することにつながっていると思われる。

エネルギー回収について、中国、タイ、マレーシアといった高所得国 (UMIC) において、エネルギー回収からの収益に対する重み付けが高くなっている。経済成長が進むと、エネルギーに対する需要が高くなり、化石燃料由来のエネルギー以外の代替エネルギー資源に対する開発政策が進められる。これらの国では、廃棄物発電の技術に対する期待が大きいですが、実際に導入されるかどうかはごみの熱量の問題などにも依存するため、実際の導入状況は国によって異なるのが実情である (タイやマレーシアでは、文化的に水分を多く含んだ食事が多く、ごみの中の水分量も高くなる)。

中国では、廃棄物発電が重要な再生可能エネルギー政策になっている[22]。中国政府担当者が発電設備付きの焼却炉の製造を重要な産業と考えており、焼却を進めるための様々なガイドラインを発行している。この焼却炉の重視が、中国における焼却炉普及の原動力になっている。

また、大気 (Air pollution) に関する重み係数は経済水準の上昇とともに増加している。この理由について推測することは難しいが、経済水準が高い国ほどダイオキシン問題などによる知識を有する人が多いことなどが考えられる。

働きがいのある人間らしい仕事の促進 (Promoting decent work) に関する重み係数が経済水準の上昇とともに低下しているのは、経済発展が進むと、廃棄物処理施設・埋立処分場等における作業環境の改善が図られるためと考えられる。また、経済水準が高い国ではインフォーマル・セクターの数が減少するため、インフォーマル・セクターの人々が劣悪な環境で作業をするといったことが少なくなるからと考えられる (補論2を参照)。

## 4.5 章括

東南アジア・東アジアの地方自治体・中央政府の政策担当者及び専門家に対するAHPによる分析の結果、経済成長が経済・社会・環境要因に対する重み付けに影響を与えることが示された。経済・環境・社会要因の重み係数はほとんど同水準であり、0.28~0.36の範囲に収まっていた。他方、経済・環境・社会要因のバランスが、経済水準の変化によって変わることも確認できた。本研究によって、経済成長にともなって選択される廃棄物処理手法の変化の傾向を、地方自治体・中央政府の政策担当者及び専門の経済・社

会・環境要因に対する重み付けの変化という形でも示すことができた。

まず、特徴的な傾向が示されたものは、社会的な受容可能性 (Social acceptance) である。本研究では、社会的な受容可能性 (Social acceptance) の重み係数は、低中所得国 (LMIC) で0.60であり、これが高中所得国 (LMIC) になると0.81まで上昇するが、高所得国 (HIC) になると逆に0.51まで減少するという結果が得られた。これは、低中所得国 (LMIC) から高中所得国 (LMIC) になるにつれ、急速に産業化する中で環境問題が深刻化し、環境問題に関する人々の関心が急速に高まり、環境汚染が発生することによる政策担当者への批判が生じる事例などが出てくる<sup>25</sup>ことから、社会的な受容可能性 (Social acceptance) をより強く意識するようになるものと思われる。他方で、経済成長が進んで高中所得国 (LMIC) から高所得国 (HIC) になると、汚染管理制度の整備が進み社会的な受容可能性の重要度が減少する。こうして、社会的な受容可能性 (Social acceptance) の重み係数が逆U字型の曲線を描く、すなわち環境クズネツ曲線の減少が社会的な受容可能性 (Social acceptance) の重み付け係数に生じていると言える。

その他、経済成長と廃棄物処理手法との関係を示す結果として、初期費用 (Initial cost) と運転管理費用 (Operation and management cost) との間の重み付けの関係の変化が明らかになった。運転管理費用 (Operation and management cost) の重み係数は、低中所得国 (LMIC) 及び高中所得国 (UMIC) で0.46であったのが、高所得国 (HIC) になると0.74まで上昇する。このことは、機材の費用は経済水準に関わらず一定であるが、設備の運営管理に必要な人件費は経済成長に伴い上昇するなどして、経済成長に伴い運転管理費用がより重要になってくることを示していると考えられる。

こうした経済水準に伴う対象者の重み係数に関する逆U字型の傾向や直線的な変化の傾向は、単純に費用の変化だけでなく、要因に対する関係者の選好 (要因に対する重み付け) の変化によって、経済成長が廃棄物処理手法の選択に影響を与えるといったことを示す。アジアの多くの国では経済成長が急速に進んでおり、こうした関係者の選好も急速に変化しているものと想定される。こうした急速に経済成長が進む国において廃棄物政策を作成する際は、本研究で示されたような逆U字型の傾向や直線的な変化の傾向を考慮することが望まれる。その具体的な方法については、6章において検討する。

## 参考文献

1. 独立行政法人国際協力機構. 国際協力総合研修所(2005)開発途上国廃棄物分野の  
キャパシティ・ディベロップメント支援のために-社会全体の廃棄物管理能力の向  
上をめざして-

---

<sup>25</sup> タイでは、マプタプット工業団地の環境汚染問題や GENCO 社による不法投棄問題などが報道されるようになり、政府に対する批判も行われた[20]。中国でも環境汚染対策が不十分であったとして、環境保護相が退任する事態が発生している[21]

2. アジア 3R 推進市民フォーラムウェブサイト  
<http://www.asia3r.net/> (2015 年 7 月 22 日アクセス)
3. Saaty T (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 2008 83. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590
4. 高萩栄一郎、中島信之 (2005) Excel で学ぶ AHP 入門
5. Contreras F., Hanaki K., Aramaki T., Connors S. (2008) Application of analytical hierarchy process to analyze stakeholders preferences for municipal solid waste management plans, Boston, USA. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 52, Issue 7, Pages 979-991. doi: 10.1016/j.resconrec.2008.03.003
6. 小泉國茂、周生、小幡範雄 (2005) 廃棄物のグローバルリサイクルシステムに関する AHP (階層分析法) による評価、立命館大学 政策科学 12-2
7. 藤田眞一、田村坦之(2002) 一般廃棄物焼却場の立地選定に対する改良型 AHP の適用, *Journal of the Operations Research Society of Japan* 45(1), 1-12
8. Hsu P., Wu C., Li Y. (2008) Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Waste Management* 28 1386–1394. doi: 10.1016/j.wasman.2007.05.016
9. 星田侑久 (2006) 階層分析法の新しい適用方法：多数の観点の定量化と評価得点行列の吟味に焦点をあてて *Theory and Applications of GIS*, 2006, Vol. 14, No.2, pp.63-72
10. Lin C., Wen L., and Tsai Y. (2009) Applying decision-making tools to national e-waste recycling policy: an example of Analytic Hierarchy Process. *Waste Management* 30, 5, 863-869. doi:10.1016/j.wasman.2009.11.012
11. Hung M., Ma H., Yang W. (2006) A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. *Waste Management* 27, 209–219. doi:10.1016/j.wasman.2006.01.008
12. Kim J., Hwang Y., Park K. (2009): An assessment of the recycling potential of materials based on environmental and economic factors; case study in South Korea. *Journal of Cleaner Production* 17 1264–1271. doi:10.1016/j.jclepro.2009.03.023
13. Chung S. S., Peon C.S. (1996) Evaluating waste management alternatives by the multiple criteria approach. *Resources, Conservation and Recycling* 17, 189-210
14. Samah M. A. A., Manaf L. A. and Zukki N. L. M.(2010) Application of AHP Model for Evaluation of Solid Waste Treatment Technology. *Int J Engg Techsci* Vol 1(1),35-40
15. Gemitzi A., Tsihrintzis V. A., Voudrias E., Petalas C., Stravodimos G. (2007) Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. *Environ Geol* (2007) 51: 797–811. DOI 10.1007/s00254-006-0359-1
16. Khan S., Faisal M. N. (2008) An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Manag.* 28(9):1500-8.

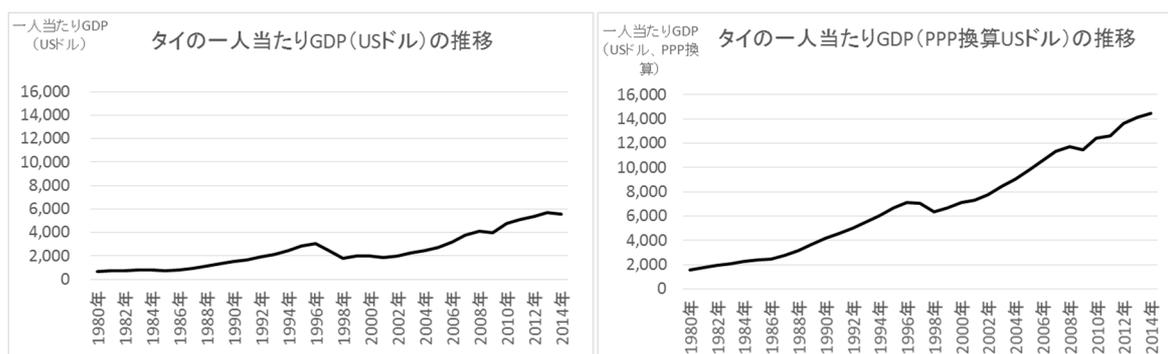
17. 環境省 (1999) 平成 11 年版環境白書
18. 外務省 (2013) ODA 過去案件共同レビューで対象とすべき案件  
[http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2013fy/E003182.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E003182.pdf)
19. 中華人民共和国環境保護部 (2014) 全国生態文明意識調査研究報告  
[http://www.mep.gov.cn/zhxx/hjyw/201403/t20140325\\_269661.htm](http://www.mep.gov.cn/zhxx/hjyw/201403/t20140325_269661.htm)
20. 佐々木創 (2013) 循環型社会構築に向けたタイの産業廃棄物管理の現状と課題、中央大学経済学部 年報 タイ研究 No.13, 43 - 60.
21. ロイター (2015) 中国の周生賢・環境保護相が退任、汚染悪化で批判 (2015 年 01 月 29 日 12:02 JST)  
<http://jp.reuters.com/article/2015/01/29/china-environment-idJPKBN0L207D20150129>  
(2015 年 7 月 23 日アクセス)
22. Nie Y. (2008) Development and prospects of municipal solid waste (MSW) incineration in China. *Front. Environ. Sci. Engin. China*, 2(1): 1–7. doi: 10.1007/s11783-008-0028-6

## 5. 経済発展と廃棄物処理手法の変化に関する具体事例に基づく考察 (バンコクを対象としたケーススタディ)

### 5.1 5章の目的

1章で示したとおり、先行研究では、経済成長が廃棄物処理の手法の選択に影響を与える具体的な要因構造は明確にされていない。その具体的な要因構造を明らかにすることで、経済発展度合いを考慮した廃棄物処理手法の望ましいあり方の議論が可能になると考えられる。廃棄物処理手法の望ましいあり方の議論の前に、まずは、この具体的な要因構造を明らかにする必要がある。しかし、具体的な要因構造を明らかにするには、より具体的なケースを分析してその知見を集める必要がある。こうしたことから、本研究では、バンコクを事例としてケーススタディを行うこととした。以下では、タイならびにバンコクの経済発展の状況及び廃棄物処理の現状を概説した上で、本章の目的を述べる。

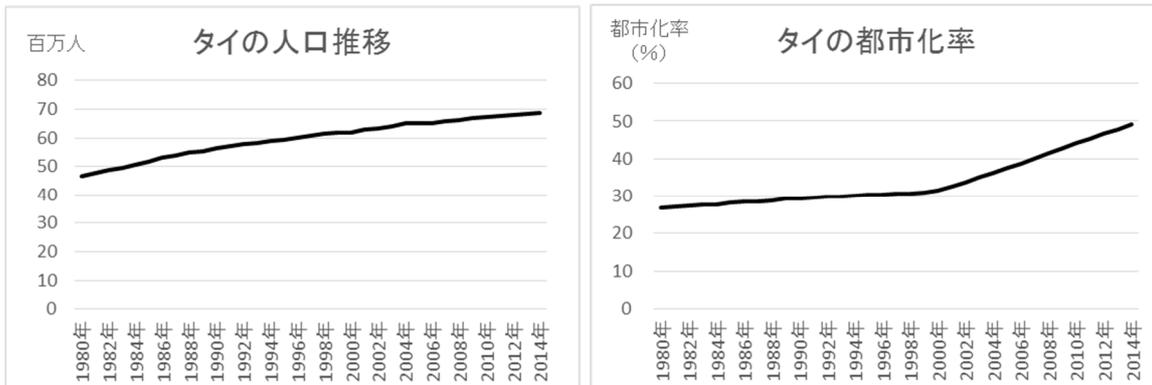
まず、経済発展の状況であるが、タイの一人当たり GDP (名目ドル) は、1980 年では 696 ドルであったものが、1990 年には 1,521 ドル、2000 年には 1,983 ドル、2013 年には 5,676 ドルまで上昇した。一人当たり GNI (アトラス手法、名目ドル) は、1990 年では 1,490 ドルであったものが、2000 年には 1,960 ドル、2013 年には 5,370 ドルまで上昇した。購買力平価 (PPP) で換算すると、2013 年のタイの経済水準は 14,136 ドルと先進国と比べても高い水準まで成長している。



出所：International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014

図 5-1 タイにおける一人当たり GDP の推移

また、図5-2に示すとおり、タイでは人口も伸び、都市化も進んでいる。タイの人口は1980年には46.5百万人であったのが、1990年には56.3百万人、2000年には61.9百万人、2013年には68.2百万人と、30年強で約1.5倍になっている。



出所：International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2014

図 5-2 タイにおける人口と都市化率の推移

こうした経済成長、人口の伸び、都市化の進展を受けて、バンコクの廃棄物発生量も急増している。1990年は発生量の統計がなく収集量のデータのみ存在するが、1990年に5,240t/日であったものが、2000年には発生量ベースで9,500 t/日、2012年には12,600t/日まで上昇している[2-6]。

表 5-1 バンコクにおける廃棄物の発生・収集・組成（1990年、2000年、2012年）

		1990年	2000年	2012年
廃棄物の発生量 (t/日)		N. A.	9,500	12,600
廃棄物の収集量 (t/日)		5,240	8,988	9,748
組成	厨芥	13.70%	46.88%	48.41%
	木・葉	4.93%	6.77%	6.46%
	紙	16.20%	8.66%	7.67%
	プラスチック	10.90%	19.47%	24.83%
	発泡スチロール	-	-	1.55%
	ガラス	7.63%	2.57%	2.56%
	ゴム	1.80%	0.11%	1.40%
	衣類・繊維	4.53%	6.43%	3.99%
	石・セラミック	-	0.51%	0.65%
	金属	4.13%	1.49%	1.72%
	骨・貝殻	-	0.35%	0.76%
	その他	36.17%	6.76%	0.00%

出所: 1990年は[2]、2000年は[3、4]、2012年は[5、6]

バンコクにおける廃棄物問題が深刻化する中、2013年に、バンコクの地方自治体であるバンコク市役所（Bangkok Metropolitan Administration : BMA）は、香港の企業であるC&G Environmental Protection Holdings Co.（以下、C&Gとする）と廃棄物発電技術の導入に関する契約を結んだ[4]。契約は、発電能力付きの処理能力500t/日の焼却炉をNong Khaemに導入する20年間の建設・運営・譲渡契約（Build-operation-transfer : BOT）<sup>26</sup>契約である。

過去、バンコクにおいて、焼却炉の導入は幾度も検討がなされてきた。例えば、1990年代には、国際協力機構（JICA）の調査団が焼却炉の導入を提案したが、建設費用及び運転管理費用が高いということで実現しなかった[2]。2000年代には、バンコク市役所（BMA）が焼却炉の導入を検討したが、やはり建設費用及び運転管理費用が高いということ、また、環境NGOがダイオキシンの発生を懸念して焼却炉の導入に反対したことから、焼却炉の導入は見送られることとなった[8,9]。しかし、2013年のC&Gのケースでは、バンコク市役所（BMA）が契約を結ぶに至っている。このバンコクの事例を分析することで、経済成長の結果生じる社会経済の変化が廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えるのか分析することが可能になるのではないかと考えた。経済成長に伴い廃棄物発生量が増加し、焼却炉の導入を検討することは、マレーシアのような他のアジアの途上国でも見られる事例である。バンコクをケーススタディとして分析することで、こうした他の国の政策担当者が廃棄物処理手法を選択する際の示唆を提示することができるのではないかと考えた。

以上のことから、本研究では、バンコクを事例として選択し、なぜ、バンコク市役所（BMA）が2013年に焼却炉を導入したのかその背景を分析し、経済発展によって環境・経済・社会要因がどのように変化し、環境・経済・社会要因の変化が廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えたのか、それらの要因の特定とそれらの要因が手法選択に作用する過程（要因構造）を解明することを目指す。

## 5.2 分析手法：専門家・政策担当者インタビューと要因変化の定量分析

経済成長が廃棄物処理手法の選択の決定にどのような影響を与えるのか、その全体的なプロセスを示すことを目的として、本研究は図 5-3 のような手順で、専門家・政策担当者インタビューと要因変化の定量分析を行った。

---

<sup>26</sup> 民間企業が施設を建設 (Built) して、一定期間操業 (Operate) した後、公的機関に所有権を移転する (Transfer) 契約方式

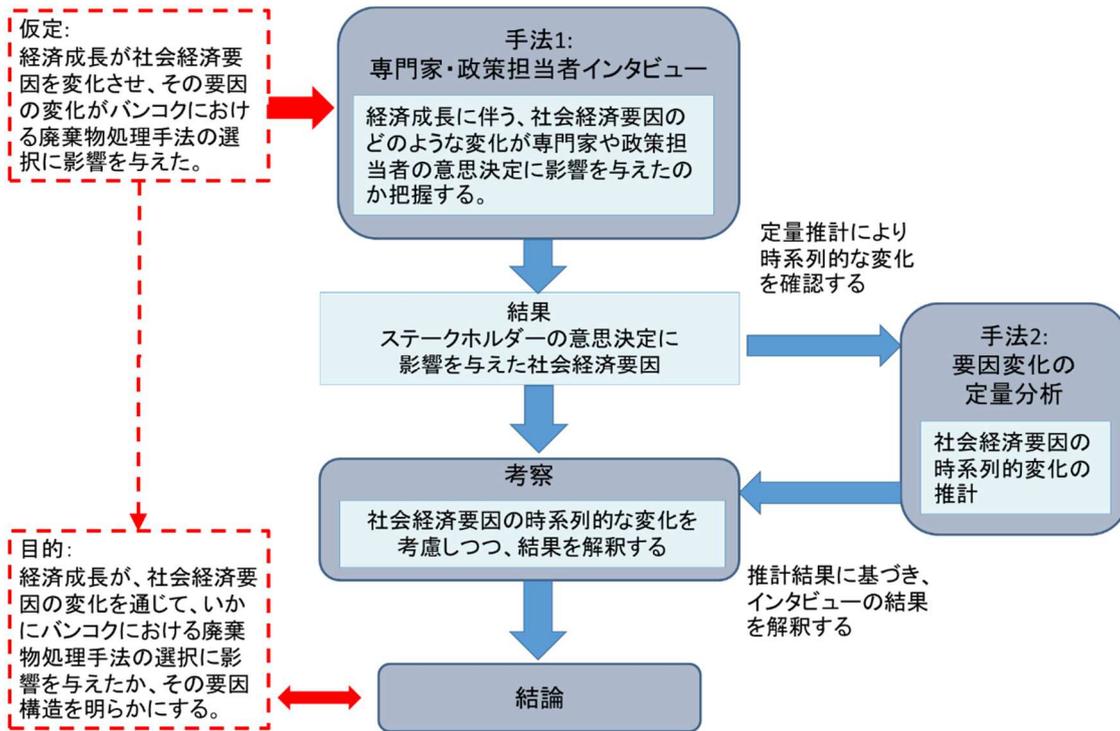


図 5-3 分析の全体的な枠組み

分析対象については、経済が急成長した期間であり、JICAが最初に廃棄物のマスタープラン策定を支援した1990年以降の期間、1990年～2012年のバンコクを対象とした。なお、1990年のマスタープランの目標年が2000年となっていたため、1990年～2012年のうち、1990年、2000年、2012年を節目の年として設定し、その年の状況を比較することに重点を置くこととした。廃棄物の処理手法は、過去のバンコクにおける廃棄物処理計画策定の議論において、最終処分、焼却、堆肥が最も有望な手法として議論されていたことから、最終処分、焼却、堆肥に絞ることとした。

まず、経済成長に伴って生じる社会経済要因の変化がどのように専門家や政策担当者の意思決定に影響を与えたのか把握するため、専門家・政策担当者インタビューを行った（手法1）。インタビューによって、社会経済要因が変化することで廃棄物処理手法間の優位性が変化し、それがどのように廃棄物処理手法の選択に影響を与えたのか明らかにすることを試みた。

その上で、インタビューの結果を解釈するために、LCAや費用の推計等を行って、各廃棄物処理手法の環境・財務・社会要因の変化を定量的に推計した（手法2）。1990年、2000年、2012年を対象年として推計した。

なお、定量推計に際して、手法別の比較を行う際は全量埋め立ての値を基準として差分を算出した。埋め立てを基準としたのは、現在のバンコクにおいて主流となっている

処理・処分手法であり、埋め立てを基準とすることで、焼却と堆肥化の違いをより明確に示せると考えたからである。

インタビューに加えて定量分析も実施した理由は、インタビューだけだと専門家・政策担当者の回答の背景にある社会経済要因の変化を客観的に確認して解釈することができなくなってしまうからである。したがって、経済成長が廃棄物処理手法の選択の決定に影響を与える全体的なプロセスを明らかにするために、インタビューと定量分析の両者を実施することとした。

最後に、これら成果を図式化し、要因がどのように手法選択に作用するか、その要因構造を考察した。

### 5.2.1 手法1：関係者に対するインタビュー

#### 1) インタビューの実施時期及びインタビュー対象者の選定

インタビューは2014年の8月に実施した。インタビュー対象者はバンコクの廃棄物管理政策決定に関わるキーパーソンをカバーできるように選定した。バンコクでは、バンコク市役所（BMA）の固形廃棄物課と政策・計画課が廃棄物処理政策の立案を担当しており、まずはバンコク市役所（BMA）から廃棄物政策の決定権限を持つ課長級責任者2名をインタビューの対象者として選定した。また、バンコク市役所（BMA）の政策は、中央政府の方針に沿っている。その点を踏まえて、中央政府の廃棄物政策担当部署であるタイ政府汚染管理局（PCD）から、廃棄物の処理手法の選択に関する施策の立案に携わっている担当者2名を選定した。さらに、バンコク市役所（BMA）に対し、委員会等に参加したり、バンコク市役所（BMA）の依頼でFS調査を実施したりして、バンコクの廃棄物決定に関与している学識経験者も2名選定した。また、バンコクの1990年時点の廃棄物処理の状況について確認するため、JICAの1990年調査の調査団に参加したメンバーにもインタビューを実施した。インタビュー対象者の数は限られているものの、現在のバンコクの廃棄物処理手法の選択を考えた際に、当該選択の決定権限を有するキーパーソンをカバーしている。

#### 2) インタビューの質問項目

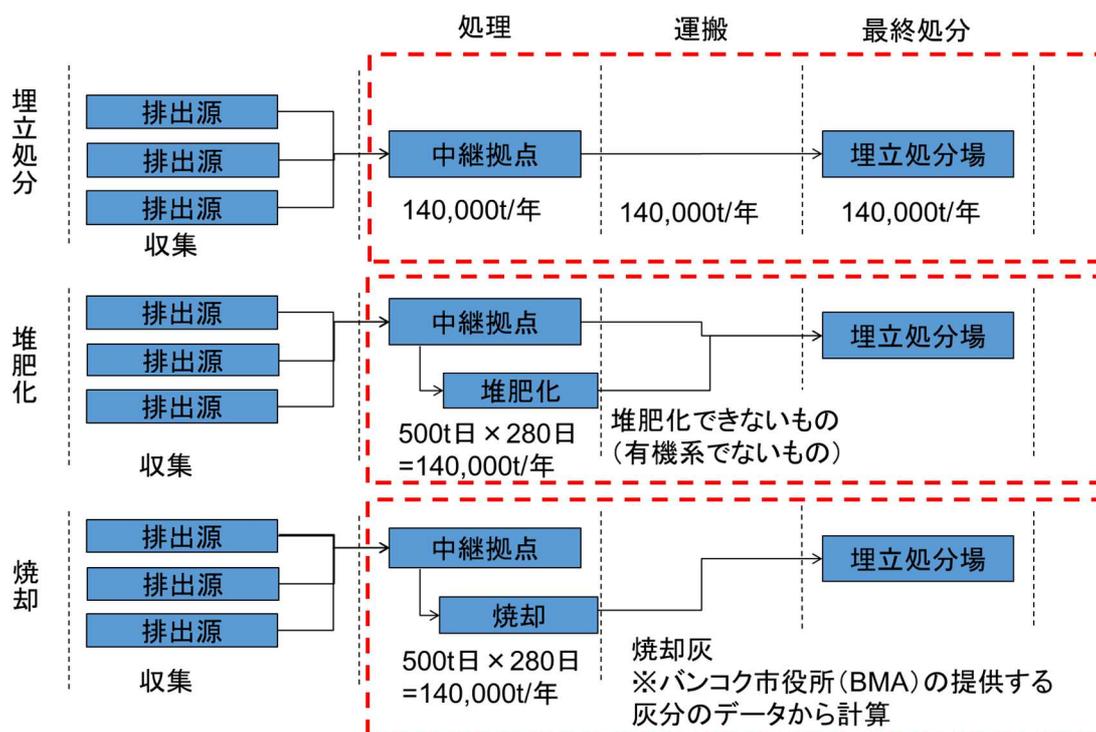
インタビューの質問項目は、①バンコクの廃棄物処理の現状と課題（廃棄物発生の傾向、廃棄物処理の傾向、市民の廃棄物処理に関する意識、市民の分別に関する協力、廃棄物処理の課題）；②バンコクの廃棄物政策（過去の傾向と将来の展望）；③廃棄物処理政策立案時に考慮するポイント（環境要因、経済要因、社会要因、その他の要因、特に、定量的に推計できない臭気や水質汚染、住民の受容可能性等）；④バンコク市役所（BMA）が廃棄物発電の導入を決めた理由・そのプロセスとした。また、グローバルな要因がどのように廃棄物手法の選択決定に関わるのか、その構造を明らかにするため、特にグローバルな影響（例えば、GHG排出量の削減によって地球温暖化問題の解決に

貢献する等) については丁寧に尋ねることとした。

## 5.2.2 手法 2 : バンコク市役所 (BMA) の決定に影響を与えた要因の推計

### 1) 分析対象の範囲と定量分析の対象となる要因の選定

図 5-4 に示すとおり、廃棄物の発生・収集・処理・処分の過程のうち、本研究では、分析対象の範囲は中継拠点への搬入後から処分までを対象とすることにした。比較を容易にするため、焼却炉と堆肥化の能力は 500t/日とし、280 日稼働と設定した。処理能力は、C&G の焼却炉の能力と等しく設定している。また、研究対象とする廃棄物の量も、年 14 万 t と設定した (500t/日×280 日=14 万 t)<sup>27</sup>。こうすることで、埋立処分と焼却・堆肥化との比較も容易になるからである。バンコクの場合、収集された廃棄物は、一旦中継拠点に搬送される。収集から中継拠点までの搬送ルートは、廃棄物処理手法によらずに一定である。従って、本研究では、収集のプロセスを推計の分析対象から外すこととした。



出所：筆者作成

図 5-4 分析対象とした廃棄物処理手法と分析の対象範囲

<sup>27</sup>廃棄物処理手法は規模の経済が働く場合が多いが、全体的な発生量と処理量が変化することで生じる影響について、定量的に評価することが難しかったため、インタビューによって分析することとした。

要因については、持続可能な開発を支える3つの柱である、経済・環境・社会の視点から抽出した。まず、Life cycle assessment (LCA)や Life cycle inventory (LCI) を用いてアジアの廃棄物処理手法の定量的な評価を行っている先行研究 Dong et al. [10]、Chen et al.[11]、Hassan et al.[12]の対象としている要因のうち、バンコクのデータ入手可能性を考慮して分析可能なものを抽出することとした。ただし、これらのLCAやLCIの分析は、環境面の分析に重点が置かれていて、経済社会面の分析が薄い。AHPに関する先行研究 Contreras et al. [10]、藤田等[14]、小泉等[15]、Okumura et al. [16]等で分析対象としている経済・社会要因も考慮しながら最終的に分析することとした。

環境要因は、廃棄物処分量とGHG排出量を選んだ。バンコクでは埋立処分場の逼迫が長年課題となっており、埋立処分量の削減が常に課題として取り上げられていた[2]ことから、埋立処分量を分析対象とした。GHG排出量については、グローバルな問題に関わる要因であるものの、専門家や政策担当者が廃棄物政策を作る上で考慮する重要な要因であると認識しているため、GHG排出量も分析対象として追加した[6]。

経済要因は、廃棄物処理手法ごとの、建設費用、運転管理費用、売電収入もしくは堆肥販売収入、最終処分場の新規建設回避額とした。建設費用、運転管理費用は廃棄物処理手法の選定に関わる基本的要因として、政策担当者が主張する指標である。売電収入もしくは堆肥販売収入についても政策担当者の関心事項と考え、追加することとした。バンコク市役所 (BMA) にとって、廃棄物管理予算の逼迫が重要な問題となっているため、最終処分場の新規建設回避額も分析対象の要員として追加した (Muttamara [17]、JICA 調査 [2,18]を参照)。

社会要因は、公的セクターにおける雇用者数、インフォーマル・セクターの労働者数、インフォーマル・セクターの収入に与える影響とした。社会要因は定量的な推計が困難なものが多い。社会要因に関して定量的に推計できる要因として公的セクターにおける雇用者数、インフォーマル・セクターの労働者数がまず考えられたため、これらを要因として追加した。インフォーマル・セクターはアジアの廃棄物処理について研究している研究者等には重視されている問題であり、バンコクについても佐々木 [8]等の研究事例が見られる。4章でも示されたとおり、地域住民の受容可能性は重要な社会要因ではあるものの、定量的な推計が難しい要因である。従って、地域住民の受容可能性がどのように重視されるのかといった点については、インタビューの結果を中心に分析することとした。

## 1) 要因の定量的推計方法

環境・経済・社会要因は以下の方法に基づき推計した。

### a) 環境要因

上述したとおり、環境要因は埋立処分量とGHG排出量である。

[埋立処分量]

堆肥化の場合は、埋立処分量は「収集した廃棄物の量－堆肥化された量」とした。堆肥化された量は、都市ごみ中の有機系廃棄物の量に等しいと仮定した。焼却の場合は、埋立処分量は、「収集された処分量－焼却された量＋焼却残渣（焼却灰）の量」とした。

[GHG 排出量]

GHG 排出量は、(a)埋立処分場からのメタンガス発生量、(b)堆肥化の過程からのメタンと亜酸化窒素発生量、(c)プラスチックの焼却に伴う CO<sub>2</sub> 発生量、(d) 電力代替による CO<sub>2</sub> 削減量から推計することとした。

$$y \text{ 年の GHG 排出量} = E_{\text{option},y} + CE_{\text{comp},y} + CE_{\text{inc},y} - CE_{\text{el},y} \dots\dots\dots (5-1)$$

ここで、 $E_{\text{option},y}$  は y 年の埋立処分場からのメタンガス発生量であり、 $CE_{\text{comp},y}$  は y 年のコンポストからのメタンガスと N<sub>2</sub>O 発生量であり、 $CE_{\text{inc},y}$  は y 年のプラスチック焼却からの CO<sub>2</sub> 発生量であり、 $CE_{\text{el},y}$  は y 年の電力代替による CO<sub>2</sub> 削減量である。下付き文字「option」は、埋立処分、コンポスト、焼却のいずれかを指す。

埋立処分場からのメタンガス発生量は(5-2)式に基づき求める。(5-2)式は、国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC）の手法ツール（methodological tool）に基づく [19]。

$$E_{(y)} = \varphi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{\text{CH}_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-kj(y-x)} \times (1 - e^{-kj}) \dots\dots\dots (5-2)$$

ここでは、

$y$  = メタンガス発生量算定対象年

$\varphi_y$  = 不確実性を考慮する場合に、その不確実性を修正する因数（特定年y年に関して修正）

$f_y$  = メタンガスが埋立処分場で回収され、焼却される率（y年の値）、もしくはメタンガスが大気中へのメタンの放出を防ぐその他の手法によって利用される率（y年の値）

$GWP_{\text{CH}_4}$  = メタンの地球温暖化係数

$OX$  = 酸化係数（土壌中で酸化される埋立処分場からのメタンの量ないしはその他の廃棄物からの物質の量を反映している）

$F$  = 埋立された廃棄物からのメタンガスの率（体積比）

$DOC_{f,y}$  = y年の埋立処分場の特定の条件下における分解可能な分解性有機炭素の割合（重量比）

$MCF_y$  = y年のメタン回収係数（埋立処分場の形式ごとの係数）

$x$  = 廃棄物が埋立されている期間（年）（初年（ $x=1$ ）から排出量の計算対象年（ $x=y$ ）までを範囲とする）

$j$  = 廃棄物の種類

$W_{j,x}$  = 固形廃棄物の種類  $j$  のある年  $x$  に最終処分場に投棄された量もしくは投棄するのを回避された量

$DOC_j$  = 廃棄物種類  $j$  の分解可能な分解性有機炭素（DOC）の割合（重量比）

$k_j$  = 廃棄物種類  $j$  の腐敗率

なお、 $\phi_y$  については、UNFCCC の手法ツールでは特に不確実性を検討しない場合はデフォルト値の 1 を使うことを推奨しているため、本研究でも 1 を用いた。

$OX$  は、UNFCCC の手法ツールで設定されている、東南アジアに関する設定値である 0 を用いた。

$F$  は UNFCCC の手法ツールでは Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [20] に基づき 0.1 を用いることとしているため、それに従って 0.1 を用いた。

$DOC_{fy}$  は、UNFCCC の手法ツールでは IPCC [20] に基づき 0.5 を用いることとしているため、それに従って 0.5 を用いた。

$MCF_y$  は UNFCCC の手法ツールにしたがって、東南アジアの嫌気性管理型処分場の値を使用した。

$k_j$  については、気候区分“Moist and wet tropical”のデフォルト値を用いた（表 5-2 参照）。

表 5-2 廃棄物種類  $j$  の腐敗率

Type of Waste		Temperate				Tropical			
		Dry		Wet		Dry		Moist and Wet	
		Default Value	Range						
Slowly degrading waste	Paper/textile waste	0.04	0.03–0.05	0.06	0.05–0.07	0.045	0.04–0.06	0.07	0.06–0.085
	Wood/ straw/ rubber waste	0.02	0.01–0.03	0.03	0.02–0.04	0.025	0.02–0.04	0.035	0.03–0.05
Moderately degrading waste	Garden and park waste	0.05	0.04–0.06	0.1	0.06–0.1	0.065	0.05–0.08	0.17	0.15–0.2
Rapidly degrading waste	Food waste/ sewage sludge	0.06	0.05–0.08	0.185	0.1–0.2	0.085	0.07–0.1	0.4	0.17–0.7
Bulk MSW or Industrial Waste	Mixed composition	0.05	0.04–0.06	0.09	0.08–0.1	0.065	0.05–0.08	0.17	0.15–0.2

出所：IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [20]

$DOC_j$  については、UNFCCC の手法ツールのデフォルト値（IPCC[20]の値を活用）のうち、気候区分“Moist and wet tropical”のウェット廃棄物の値（表 5-3）を用いることとした。

表5-3 廃棄物種類jの分解可能な分解性有機炭素（DOC）の割合（重量比）

	Default Value	Range
Food waste	0.15	0.08-0.20
Garden	0.20	0.18-0.22
Paper	0.40	0.36-0.45
Wood and straw	0.43	0.39-0.46
Textiles	0.24	0.20-0.40
Disposable nappies	0.24	0.18-0.32
Sewage sludge	0.05	0.04-0.05
Rubber	0.39	0.39
Bulk MSW waste	0.18	0.12-0.28
Industrial waste	0.15	0.00-0.54

出所：IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[20]

堆肥化からのメタンガスと N<sub>2</sub>O の発生量は(5-3)式に基づき求めた。(5-3)式は、UNFCCC の手法ツール（methodological tool）に基づく [19]。

$$CE_{\text{comp},y} = M_y \times EF \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5-3)$$

ここでは、 $M_y$  は y 年に堆肥化された有機性廃棄物の量を指す。 $EF$ は堆肥化による CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O の発生係数の和である。本研究において  $EF$  は 189.4 とする (4 g CH<sub>4</sub>/kg × 25 + 0.3 g N<sub>2</sub>O/kg × 298)。

プラスチックの焼却による CO<sub>2</sub> 発生量は(5-4)式に基づき求めた。(5-4)式は、UNFCCC の手法ツール（methodological tool）に基づく [19]。

$$CE_{\text{inc},y} = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12 \dots\dots\dots (5-4)$$

ここでは、

- $CE_{\text{inc},y}$  = y 年の焼却からの CO<sub>2</sub> 排出量 (Gg/year)
- $SW_i$  = 焼却もしくは野焼きされた種類iの固形廃棄物の量 (湿重量)、Gg/year)
- $dm_i$  = 焼却もしくは野焼きされた廃棄物中の乾物含量 (湿重量)
- $CF_i$  = 乾物中の炭素の割合 (総炭素量)
- $FCF_i$  = 総炭素量に占める化石由来の炭素の割合
- $OF_i$  = 酸化係数
- 44/12 = 炭素を二酸化炭素に換算する係数

電力代替による CO<sub>2</sub> 削減量は(5-5)式に基づきもとめる。(5-5)式は、UNFCCC の手法

ツール (methodological tool) に基づく [19]。

$$CE_{el,y} = EG_y \times EF_y \dots\dots\dots (5-5)$$

ここで  $CE_{el,y}$  は y 年の電力代替による CO<sub>2</sub>削減量を示す (t-CO<sub>2</sub>/year)。EG<sub>y</sub> は y 年に代替した電力量を指す(MWh/year)。EF<sub>y</sub> はタイにおける電力消費の CO<sub>2</sub> 排出係数を指す (t-CO<sub>2</sub>/MWh)。なお、EF<sub>y</sub> は International Energy Agency (IEA) が公表されている情報に基づき 0.593 とした [21]。

#### b) 経済要因

廃棄物処理施設の建設費用、廃棄物処理施設の運転管理費用、売電収入/堆肥販売収入、最終処分場の新規建設回避額について、以下の手順で推計した。なお、推計にあたり、既存の施設の建設費用、運転管理費用の単価に関する情報を集め (表 5-4) 、その数値と推計に用いる単価とを比較しつつ、推計結果の妥当性を確保することとした。

表 5-4 既存のプラントの建設費用及び運転管理費用

No.	Year	Area	Country	Construction cost of a corresponding waste treatment facility			O&M cost of a corresponding waste treatment facility			Remarks	Source
				Incineration (million baht/t/day)	Compost (million baht/t/day)	Landfill (baht/t)	Incineration (baht/t/year)	Compost (baht/t/year)	Landfill (baht/t/year)		
1	1990	Bangkok (unit cost used for this study)	Thailand	3.1*	0.4	193*	564*	243*	79*		
2	2000	Bangkok (unit cost used for this study)		3.1*	0.6*	364*	871*	371*	114*		
3	2012	Bangkok (unit cost used for this study)		1.8*	1.8*	471*	1,129*	486*	150*		
4	1998	Phuket		3.2						788million baht, 250t/day	Greenpeace Southeast Asia – Briefing Paper: Incinerators in Thailand: Profile of Koh Samui incinerator <a href="http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/incinerators-in-thailand.pdf">http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/incinerators-in-thailand.pdf</a>
5	2010	Phuket		1.6						940 million baht, 300t/day*2	Phuket Gazette (2010) Construction of new Phuket incinerator underway
6	1998	Phuket		3.1						Construction:780million baht, 250t/day	E&E Solution (2012) Feasibility study for expanding waste recycling industry in the world, integrated waste treatment facilities for waste from BMR, Thailand.
7	2012	Phuket					857			O&M:60million baht/year	
8	1997	Samui		3.6			1,276			501million baht, 140t/day, 50 million baht per year	Greenpeace Southeast Asia – Briefing Paper: Incinerators in Thailand: Profile of koh samui incinerator <a href="http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/incinerators-in-thailand.pdf">http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/incinerators-in-thailand.pdf</a>
9	1998-2003	Seansuk				632					JICA external review (2006) The Environmental Fund Project (1) (L/A No. TXVIII-11)
10	1998-2003	Sadao				1,037					
11	1998-2003	Samut				337					
12	1998-2003	Nakhon Panom				108					
13	1998-2003	Bang Kla				177					
14	1998-2003	Warin Chumrab				687					
15	1998-2003	Buri Ram				400					
16	1998-2003	Kohn Kaen				46					
17	1998-2003	Yasothon				334					
18	1998-2003	Si Sa Ket				332					
19	1998-2003	Sena				511					
20	1998-2003	Maha Sarakham				44					
21	1998-2003	Chumpon				211					
22	1998-2003	Pattaya				64					
23	1998-2003	Sukhothai Thani				235					
24	1998-2003	Taklee				526					

表 5-4 既存のプラントの建設費用及び運転管理費用（続き）

No.	Year	Area	Country	Construction cost of a corresponding waste treatment facility			O&M cost of a corresponding waste treatment facility			Remarks	Source
				Incineration (million baht/t/day)	Compost (million baht/t/day)	Landfill (baht/t)	Incineration (baht/t/year)	Compost (baht/t/year)	Landfill (baht/t/year)		
25	1998-2003	Chiang Yun	Country			932				JICA external review (2006) The Environmental Fund Project (1) (L/A No. TXVIII-11)	
26	1998-2003	Bethong				2,562					
27	1998-2003	Pattani				274					
28	1998-2003	Trat				330					
29	1998-2003	Klang				310					
30	1998-2003	Yala				500					
31	2006	Puket					623*1			Chanchampee P. (2010) Methods for Evaluation of Waste Management in Thailand in Consideration of Policy, Environmental Impact and Economics	
32	2006	Bangkok						435*1			
33	2010	Surat Thanit							227		
34	2010	Ang Thong							120		
35	2010	Wiang Fang						311			
36	2010	SDA- Kud Khao, Khonkaen						24			
37	2010	Bantar Gebang	Indonesia		0.4			326	10,859USD/t/day, exchange rate is 0.027 (USD/baht) Tipping fee is 11 USD/t and 80% of it is used for operation	Pandyaswargo A. H. and Premakumara D. G. J (2014) Financial sustainability of modern composting: the economically optimal scale for municipal waste composting plant in developing Asia. Int J Recycl Org Waste Agricult 3:66 DOI 10.1007/s40093-014-0066-y	
38	2012	Nangong	China		2.1			587	72,282 USD/t/day, exchange rate is 0.027 (USD/baht) O&M cost is 15.86 USD/t		
39	2012	Vientiane	Lao PDR		0.3	120-158		26	4.6-5.8	EX Research Institute Ltd. (2012) Introduction of Mechanical Biological Treatment (MBT) of Municipal Solid Waste, and Landfill Gas (LFG) Capture, Flaring and Utilization in Lao PDR	
Average				2.9	0.9	382 <sup>2</sup>	919	344	171		
Average × 1.5				4.3	1.4	573	1,378	515	256		
Average × 0.5				1.4	0.5	191	459	172	85		

\* The estimates fall within plus or minus fifty percent to the average of unit cost of existing plant.

\*1 Except Capital Asset

\*2 Except Bethong

\*3 USD: US dollar

#### [建設費用]

焼却炉の建設費用について、1990年と2000年はJICAの1990年の調査[2]に基づき推計した(3.1百万バーツ/t/日)。2012年の建設費用はC&Gが実際にバンコク市役所(BMA)に提示した9億バーツとした[4](1.8百万バーツ/t/日)。これらは、既存のプラントに関する建設単価の平均(2.9百万バーツ/t/日)[34-36](表5-4参照)のプラスマイナス50%以内になるため、推計の単価として妥当であると判断した。

堆肥化施設の建設費用に関する情報が限られていたため、堆肥化施設の建設費用は次のように推計した。まず、パシフィックコンサルタンツがバンコクの堆肥化施設建設費用を推計した結果[30]に基づき、2012年の堆肥化施設の建設費用を1,780千バーツ/tとした。この数値に基づき単位当たり建設費用を求め、物価のインフレーションを見込みながら1990年と2000年の単位あたり建設費用を計算した(インフレ率で割り戻して推計した)。2000年と2012年の単位あたり建設費用は、既存のプラントに関する建設単価の平均(0.9百万バーツ/t/日)[31-32](表5-4参照)のプラスマイナス50%以内になる。1990年の単位あたり建設単価は既存のプラントに関する建設単価の平均のプラスマイナス50%以下となるが、インドネシア(0.04百万バーツ/t/日、2010年)やラオス(0.03百万バーツ/t/日、2012年)[31-32]とほぼ等しいため、推計の単価として妥当であると判断した。

埋立処分場の建設費用は、1990年はJICAの1990年の調査[2]に基づき推計した。1998年から2003年にかけて、タイでは環境基金の支援を受けて、多くの埋立処分場が建設された。その単価は44バーツ/tから2,562バーツ/tであり、平均310バーツ/tである[33]。今回の推計では、埋立処分場の建設単価として、193バーツ/t、2000年は364バーツ/t、2012年は471バーツ/tを用いることとした。これらは、既存の施設に関する建設単価の平均(382バーツ/t)(表5-4参照)のプラスマイナス50%以内になる[32-33]ため、推計の単価として妥当であると判断した。

#### [運転管理費用]

焼却炉の運転管理費用は、JICAの1990年調査[2]を基準として、物価のインフレーションを考慮して推計した。これは、タイのサムイ島の焼却炉の1997年の運転管理費用の半分であるが、JICA調査では当時の様々な費用を積み上げて推計しており、実際の物価の上昇等も考慮して妥当であると考え、本数値を推計に採用した。2000年と2012年は、物価上昇率を考慮して推計した(2000年は871バーツ/t/年、2012年は1,129バーツ/t/年)。これらの数値は既存の施設の平均(919バーツ/t/年)のプラスマイナス50%以内に納まるため、この数値を推計に用いることとした。[34, 36]。2012年の堆肥化施設の運転管理費用はパシフィックコンサルタンツの推計値を用いた[30]。1990年と2000年の単価は、物価上昇率を考慮して設定した。これらの数値は既存の施設の平均(344バーツ/t/年)のプラスマイナス50%以内に納まるため、この数値を推計に用いることとした。

[31,32,37]。1990年の埋立処分場の運転管理費用はJICAの1990年調査[2]を用いており、2000年と2012年の数値は物価のインフレーションを考慮して推計した。現在、タイの運転管理費用は（24 パーツ/t/年～311 パーツ/t/年）である[37]。これらの数値は既存の施設の平均（171 パーツ/t/年）のプラスマイナス 50%以内に納まるため、この数値を推計に用いることとした[37]。

[売電収入/堆肥の販売収入]

売電収入は、売電量と電力の卸売価格に基づき推計した。卸売の基本料金は 2.71<sup>28</sup> パーツ/kWh であり、廃棄物発電の場合はこれに 3.5 パーツ/kWh の上乗せ料金が設定されている。これは、再生可能エネルギーの上乗せ料金に関する 2010 年 6 月 20 日付け首相決定に基づくものである。

$$\text{売電収入} = (PG - SC) \times (2.71 \text{ パーツ/kWh} + 3.5 \text{ パーツ/kWh}) \dots\dots\dots (5-6)$$

ここで

$$PG = \text{発電量(MWh/year)}$$

$$= \text{焼却量(t/year)} \times \text{熱量(kJ/kg)} \times \text{発電効率(\%)} \div 100 \times 3600 \text{ (kJ/kWh)} \times 1000^{29}$$

$$\text{熱量} = 7,188 \text{ kJ [38]}$$

$$\text{発電効率(\%)} = 20\% [39]$$

$$SC = \text{電力の自家消費量 (MWh/year)} = 150 \text{ kWh/t} \times 140,000 \text{ t/年} = 21,000 \text{ MWh/年}$$

運転管理に伴う電力の自家消費量は 100～200kWh/t for 1700kJ/kg、300-600t/日 [40]。したがって、150kWh/t を計算に用いることとした。

堆肥の販売収入については、堆肥の生産量にバンコクにおける堆肥の販売価格(63 ドル/t ≒ 2,016 パーツ/t [41])を乗じることにより推計する。堆肥の生産量については、堆肥化された量の 30%に相当する堆肥が生産されるとした。これは、実際にバンコクで稼働している堆肥化施設の実績に基づく数値である [41]。

[最終処分場の新規建設回避額]

最終処分場の新規建設回避額は、埋立処分の削減量に、埋立処分場の単位当たり建設費用を乗じることによって推計した。埋立処分場の単位あたり建設費用は JICA の 1990 年調査[2]を参考に、土地価格の上昇率と、機材価格の上昇率、人件費の上昇率を考慮して 2000 年と 2012 年の単位当たり建設費用を算出して推計した。

<sup>28</sup> 小規模発電業者 (Very Small Power Producer : VSPP) の 2013 年の平均卸売価格 (補助金の適用前価格)。なお、VSPP は、発電能力 10,000KW 以下の事業者と定義されている。

<sup>29</sup> Nation の記事に基づく [7]。C&G のプラントは 7-8MWh である。推計結果もほぼこれに近い値となっている。

c)社会要因

まず、労働者数（公的セクターにおける雇用者数及びインフォーマル・セクターの労働者数）、及びインフォーマル・セクターの収入に与える影響を以下の手順で推計した。その際、推計するための根拠として、既存の廃棄物処理・処分施設における関連統計を、次々ページの表 5-5 のとおり整理し、活用した。

[労働者数]

労働者数は、埋立処分量の削減に伴う埋立処分場の雇用者の減少数並びにインフォーマル・セクターの労働者数の減少数と、廃棄物処理施設（堆肥化施設/焼却施設）の建設に伴う雇用増の合算値として推計する。埋立処分場の雇用者数は JICA の 1990 年調査 [2] に基づく。現在、約 700 人のスタッフが埋立処分場で雇用されていると想定すると、処分量あたりの雇用者数は  $700/8,800\text{t/日} = 0.08$  人/t/日となる。インフォーマル・セクターの雇用者数は Muttamara et al. [17] に基づく。Muttamara et al. によると、現在、2,584 人のインフォーマル・セクターがバンコクの埋立処分場で働いている。5,240 t/日が処分されており、これらがすべて埋め立てられたとすると、埋立処分量あたりのインフォーマル・セクターの雇用者数比率は 0.49 人/t/日となる。この数値は、インドネシアの Greater Malan の数値やフィリピンの San Carlos と同程度の値になっている（次々ページ表 5-5） [42-44]。

この上で、上記の想定の下、以下の式を用いて、埋立処分量に比例した埋立処分場における雇用者数を求めることとした。

$$\text{公的セクターの雇用者数} = 0.08 \cdot L_{\text{options}} + E_{\text{options}} \dots \dots \dots (5-7)$$

$$\text{インフォーマル・セクターの労働者数} = 0.02 \cdot L_{\text{options}} \dots \dots \dots (5-8)$$

ここで、 $L_{\text{options}}$  はそれぞれの廃棄物処理手法ごとの埋立量（t/日）とする。 $E_{\text{options}}$  は堆肥化施設もしくは焼却炉で雇用されたスタッフの数を指す。

[インフォーマル・セクターの収入に与える影響]

インフォーマル・セクターの収入に与える影響は、Muttamara et al. [17] 及び佐々木 [8] に基づき推計した。インフォーマル・セクターの一日一人当たりの収入は、1990 年は Muttamara et al. [17] に基づき 75 バーツとした。2000 年は、佐々木 [8] に基づき 100 バーツとした。2012 年はインフレ率を考慮して 137 バーツとした。なお、1990 年の数値は、インドネシアの数値に近い（次々ページ表 5-5） [42-44]。

埋立処分場におけるインフォーマル・セクターの収入

$$= IF_{\text{options}} \times IN_{\text{options, year}} \times 280 \text{ day} \dots \dots \dots (5-9)$$

ここで  $IF_{\text{options}}$  は インフォーマル・セクターの労働者数、 $IN_{\text{options, year}}$  は 1 日一人当たり収入とする。options は焼却、堆肥化、埋立処分のいずれか、year は 1990 年、2000 年、2012 年のいずれかであり、それらの条件の変化で変数の値が変わる。

表 5-5 社会要因の推計に用いた既存の施設の関連情報

No	Year	Area	Country	Waste landfilled (or collected) (t per day)	The number for formal sector in landfill site per waste landfilled		The number for informal sector in landfill site per waste landfilled		Income of informal sector in landfill site (baht/person/day)	Remarks	Sources
					The number for formal sector in landfill site (persons)	The number for formal sector in landfill site (persons/t)	The number for informal sector in landfill site (persons)	The number for informal sector in landfill site per waste landfilled(persons/t)			
1	1990	Bangkok (unit cost used for this study)	Thailand	5,240		0.08	2,584	0.49	75		Muttamara S., Visvanathan C., Alwis K.U. (1994) Solid waste recycling and reuse in Bangkok,
2	2000	Bangkok (unit cost used for this study)	Thailand			0.08		0.49	100		Sasaki S. (2005) Status quo of municipal waste management in Thailand: mainly on case study in Bangkok.
3	2012	Bangkok (unit cost used for this study)	Thailand	8,800	700	0.08		0.49	137	100 baht/person/day ×accumulated inflation rate	-
4	2012	Greater Malan,	Indonesia	441.5	49	0.11	300	0.68	50-75	The number for formal sector related to waste disposal is 38 in Malan City and 11 in Malan district Income is 20,000-30,000IDR per person (20,000-30,000)×0.0025 (baht/IDR)=50-75	Hitachi Zosen Corporation, EX Research Institute Ltd., Smart Energy Co., Ltd (2012) Study On The Integrated Waste To Energy Project In Greater Malang, The Republic Of Indonesia, Final Report
5	2012	Bandung,	Indonesia						80	31,957 IDR per person ×0.0025 (baht/IDR)	Ali A. M. Sakano T.(2009) Study of informal recycling business in Bandung west Java Indonesia
6	2012	San Carlos	The Philippines	18			9	0.5			JETRO (2012) Review of the Philippines' Waste Segregation and Collection System and the Trading of Recyclables
7	2012	Quezon	The Philippines	1,200			3,000	2.5			
8	2012	San Fernando	The Philippines	54			45-55	0.8-1.2		The number of Informal sector: accredited 20, non-accredited 25-35	

## 5.3 インタビュー及び定量分析の結果

### 5.3.1 ステークホルダーのインタビュー結果

ステークホルダーのインタビュー結果の主なポイントを表 5-6 に示す。

表 5-6 インタビュー結果の主なポイント

発言者	発言の主なポイント
①バンコクの廃棄物処理の現状と課題	
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物の発生量に伴い、埋立処分場が逼迫してきた。</li> <li>・ 埋立処分を民間企業が担当していたが、民間企業 2 社のみ依存する体制にリスクを感じるようになってきている。</li> </ul>
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発生源において市民が分別に協力しないので、堆肥化は難しい。</li> </ul>
②バンコクの廃棄物政策 (過去・現状)	
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 埋立処分を 2 社のみ依存するリスク低減のために、処理手法の選択肢を増やしている。</li> <li>・ 廃棄物処分量を減らせる処理手法のメリットが大きい。</li> </ul>
③廃棄物処理政策立案時に考慮するポイント	
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境要因の中でも、埋立処分量 (の削減) が最も重要。</li> </ul>
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設費用 (初期費用) は様々な要因の中でも最も大きい。</li> <li>・ PPP 法によって、建設費用が 10 億バーツ以上のプロジェクトは国会の承認を得なければならず、実施が難しい。</li> </ul>
バンコク市役所 (BMA) 、 学識経験者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雇用やインフォーマル・セクターの収入等、社会要因はあまり考慮しない。</li> <li>・ ただし、周辺住民による同意は重要である。</li> </ul>
バンコク市役所 (BMA) 、 汚染管理局 (PCD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ GHG 等グローバルな要因も廃棄物処理手法の選択に影響を与えるようになってきている。</li> <li>・ タイ国首相やバンコク市長が地球温暖化問題を重視するようになり、廃棄物発電の推進がトップダウンで進められている。</li> </ul>
バンコク市役所 (BMA) 、 汚染管理局 (PCD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ソーシャルメディアの発展も廃棄物処理手法の選択に影響を与えるようになってきている。処分場における火災事故などの情報がより多くの人に広まるようになり、NIMBY の問題がさらに深刻になってきている。</li> <li>・ インターネットの普及により、市民が正確な技術情報を得られるようになってきている。</li> </ul>
④バンコク市役所 (BMA) が廃棄物発電の導入を決めた理由・そのプロセス	
バンコク市役所 (BMA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ タイ国首相が廃棄物発電に対する高い価格プレミアムを導入したのが大きい。</li> <li>・ 中国製焼却炉の導入により、焼却炉の建設費用が 10 億バーツ以下になったことが大きい。</li> </ul>

出所：筆者作成

まず、質問「①バンコクの廃棄物処理の現状と課題について」は、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者が、廃棄物の発生量の増加に伴い、処分場が逼迫されている点を強調していた。バンコク市役所（BMA）及び学識経験者によると、バンコクでは、1980年代に埋立処分場の逼迫が深刻化していた。バンコク市役所（BMA）は民間企業にこれまでバンコク市役所（BMA）が実施していた廃棄物処分の業務を委託することで、この事態の回避を図った。民間企業はバンコク市外で処分場を確保して埋立業務を始めたため、1990年代にいったん埋立処分場の逼迫の問題は緩和した。しかし、バンコクの廃棄物発生量はその後も増加を続けた。2000年代後半から、バンコク市役所（BMA）の政策担当者は、民間企業2社のみ依存する体制はリスクが大きいと感じるようになってきた。もし、これら2社が廃棄物の受け入れを突然拒否した場合、バンコクで発生する廃棄物の処分先がなくなり、大量の廃棄物がバンコク市内に回収されずに溜まってしまうことになる。この状態は極めて危険であり、こうした自体が発生する対策を打っておくことが必要である。対策の一つが堆肥化であるが、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者は、人々の分別に対する意識が低く、堆肥の質が低下してしまうと指摘していた。結果として堆肥の売り先を見つけることがきわめて困難になってしまい、これ以上、バンコクで堆肥化を適用するのは難しいとのことである。

質問「②バンコクの廃棄物政策（過去・現状）について」は、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者によると、バンコク市役所（BMA）は民間企業2社が受け入れを急に止めることで生じる廃棄物問題のリスクを低減するために、処理手法の選択肢を増やそうとしているとのことであった。バンコク市役所（BMA）及び学識経験者は、廃棄物処分量を減らせる処理手法は、バンコク市役所（BMA）にとってメリットが大きいとも指摘していた。

「③廃棄物処理政策立案時に考慮するポイント」について、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者は、環境要因の中でも処分量の削減が最も重要と言及していた。処分量の削減は、バンコク市役所（BMA）にとって、長年の課題であったとのことである。臭気や浸出水中のCODの改善等、他の環境要素はあまり重視していないとのことであった。

また、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者は、廃棄物処理手法の選択に際して、建設費用（初期費用）は様々な要因の中でも最も重要と指摘した。バンコクの場合、廃棄物処理手法の初期費用は廃棄物処理手法の選択に複雑な形で影響を与えるとのことであった。タイの場合、民間投資に関する国の承認法（Private Investment in State Undertaking Act. なお、バンコク市役所（BMA）及び学識経験者はPPP法と称していた。以下、「PPP法」とする）が、国が関与する巨額の投資プロジェクトを規制している。廃棄物処理施設の場合、施設を建設運営する民間企業に対して地方自治体が土地を貸与することになる。PPP法によると、この土地の貸与が公的機関による民間事業に対する投資行為とみなされる。PPP法によると、建設費用が10億バーツ以上のプロジェクト

は、事業開始前にタイの国会の投資許可の承認を得なければならない。承認のためには、民間事業者が詳細な FS 調査を実施する必要がある。このプロセスは少なくとも 2〜3 年を要する。焼却炉の建設費用は、1990 年代や 2000 年代は、10 億バーツ以上であった。もし、1990 年及び 2000 年にバンコク市役所 (BMA) が焼却炉を導入しようとしても、PPP 法の関係上、導入は難しかったと考えられる。しかし、中国の焼却炉メーカーは 10 億バーツ以下の焼却炉を提案してきた。これによって、バンコク市役所 (BMA) は PPP 法によって定められる長期の複雑なプロセスを経ずとも焼却炉を導入することが可能になった。

バンコク市役所 (BMA) は、運転管理費用や新規処分場の建設回避額はあまり考慮しないとのことであった。処理施設の運営や埋立処分場の運営は、民間企業に任せた方が良いとの考えであったからである。その方が費用効率的であり、バンコク市役所 (BMA) 内で人材が足りない点もカバーできるとのことである。埋立処分と堆肥化は、焼却よりも運転管理費用の点で有利であるが、この有利さはバンコクの廃棄物処理手法選択では考慮されないとのことであった。バンコク市役所 (BMA) は、廃棄物発電による売電や堆肥の販売額も考慮しないとのことであった。それらは彼らの責任範囲を超えるからである。廃棄物発電による売電や堆肥の販売額は、廃棄物処理ビジネスを行う民間投資家が考慮すべきものとバンコク市役所 (BMA) は考えていた。ただし、運転管理費用や廃棄物発電による売電や堆肥の販売額は廃棄物の搬送・処理・処分の委託費用を決定する際に大きく左右すると思われる。従って、運転管理費用や廃棄物発電による売電や堆肥の販売額については、バンコク市役所 (BMA) は直接的に考慮しないものの、民間企業に廃棄物の処理・処分を委託する場合には、委託費の交渉を通じて間接的に影響するものと思われる。

バンコク市役所 (BMA) 及び学識経験者によると、廃棄物処理手法の選択において、雇用に対する影響やインフォーマル・セクターの収入等、社会要因はあまり考慮しないとのことである。ただし、バンコク市役所 (BMA) によると、処理施設を建設する際に、その周辺の住民による同意は極めて重要であるとも指摘していた。

バンコク市役所 (BMA) 及び汚染管理局 (PCD)によると、GHG 等グローバルな要因も廃棄物処理手法の選択に影響を与えるようになってきているとのことである。タイ国首相やバンコク市長が地球温暖化問題を重視するようになり、廃棄物発電の推進がトップダウンで進められている。焼却により発電する電力に高い上乗せ価格が適用されるようになり、廃棄物発電の事業者にとって大きなインセンティブを与えている。

バンコク市役所 (BMA) 及び汚染管理局 (PCD)は、ソーシャルメディアの発展も廃棄物処理手法の選択に影響を与えるようになってきていると指摘した。以前は、タイの埋立処分場における火災事故が生じて、その情報は周辺住民にしか伝わらなかった。しかし、最近では、このような事件が生じると、そのニュースが Facebook や Twitter 等のソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS)を通じて広まるようになり、多く

の人がその情報を即座に得られるようになった。この結果多くの人が埋立処分場の近隣への新規建設に反対するようになり、NIMBYの問題がさらに深刻になった。他方で、過去、バンコクではダイオキシンの発生に対する懸念が焼却施設の建設の障害となっていた。過去は NGO のみが焼却技術に関する情報を市民に伝える唯一の情報源であったため、NGO によってダイオキシン問題が誇張されて市民に伝わっていた。しかし、インターネットが普及した結果、市民が直接より正確な技術情報を得られるようになってきた。このことは、バンコクにおける焼却の導入を後押ししているものと思われる。

「④バンコク市役所（BMA）が廃棄物発電の導入を決めた理由・そのプロセス」について、バンコク市役所（BMA）が強調していたのは、廃棄物発電の導入の決定がタイ国首相及びバンコク市長によるものであるとのことであつた。バンコク市役所（BMA）によると、仮にトップダウンの決定がなかった場合、焼却炉の導入は困難であつたとのことである。また、バンコク市役所（BMA）は、タイ国首相が廃棄物発電に対する高い上乗せ価格を導入したことが、バンコク市役所（BMA）が焼却炉の導入を決めた上で大きな影響を与えているとのことであつた。また、過去は PPP 法が焼却炉の導入上の障害となっていたが、中国製焼却炉の導入により 10 億バーツ以下で焼却炉を導入できるようになり、PPP 法の問題を解決できるようになったことも、焼却炉の導入を決めた大きな要因とのことであつた<sup>30</sup>。

### 5.3.2 バンコク市役所（BMA）の決定に影響を与える要因の推計結果

環境・経済・社会要因の推計結果を表 5-7 に示す。

---

<sup>30</sup> ただし、PPP 法によって、初期費用を減らしてその分運転管理費用を増やして事業を行うようなことも考えられ、PPP 法が廃棄物焼却事業をゆがめてしまっている可能性もある。

表 5-7 廃棄物処理手法ごとの要因の定量的推計結果（1990年～2012年の間）

	Environmental		Financial				Social		
	Amount of waste landfilled (thousand ton/year)	GHG emissions (thousand t-CO <sub>2</sub> / ten years)	Construction cost of a corresponding waste treatment facility (million baht)	Operation and maintenance cost of a corresponding waste treatment facility (million baht/year)	Revenue from sales of electricity/ compost (million baht/year)	Cost saving by avoiding new landfill construction (thousand baht/year)	Impact on employment		Income of Informal sector in landfill site (million baht)
							Number of employees in the formal Sector (persons for a facility)	Number of employees in the waste picker in landfill site (persons for 500 t/day)	
Landfill (1990)	140	1,162	27	11					5.2
Landfill (2000)	140	3,392	51	16	0	0	40	245	7.0
Landfill (2012)	140	3,471	66	21					9.6
Composting (1990)	114	5	185	34	16	7	33 +A few workers	200	4.3
Composting (2000)	65	14	287	53	45	36	19 +A few workers	114	3.2
Composting (2012)	63	15	890	68	46	48	18 +A few workers	110	4.3
Incineration (1990)	23	96	1,535	79	Electricity cannot be generated	32	92	40	0.9
Incineration (2000)	9	96	1,535	122	Electricity cannot be generated	63	88	16	0.4
Incineration (2012)	9	75	900	158	Max 217	82	88	16	0.6

出所：筆者作成

a)環境要因

堆肥化のケースでは、500t/日の廃棄物のうちの有機性廃棄物が堆肥化され、残りが埋立処分されるため、1990年の埋立処分量は114千tとなり、2000年は65千t、2012年は63千tとなった。焼却の場合は、年間9～23千tの残渣（焼却灰）が埋立処分場に運ばれるとの推計結果が得られた。焼却の場合の埋立処分量は、1990年、2000年、2012年のいずれにおいても堆肥化と比べて極めて小さいという結果が得られた。

堆肥化の場合のGHGの排出量は埋立処分や焼却と比べて小さいという結果が得られた。埋立処分の場合、GHGの排出量は埋立処分場からのメタンガスの排出量である。1990年～2012年にかけて厨芥の比率が高まるとともに、メタンガスの排出量が増加するといった結果が得られた。ただし、1990年は、「その他」という項目の比率が高い。「その他」の比率は1990年で36.17%、2000年は6.76%、2012年は0%という結果が得られた。

1990年は組成の調査が十分でなく、有機性の廃棄物が「その他」に分類されてしまっている可能性も高いと考えられる。その場合、埋立処分場から排出されるメタンガスの量は、表5-7よりも高い可能性がある。その場合は、堆肥化や焼却によるGHG削減効果も大きくなる。

#### b) 経済要因

埋立処分場と堆肥化施設の建設費用は、1990年から2012年にかけて、土地価格、設備価格の上昇に伴い増加している。他方で、焼却炉の建設費用は2000年から2012年にかけて低下している。これは、中国の焼却炉メーカーの市場参入によるものである。1990年には、焼却炉の建設費用は堆肥化施設の建設費用の8倍程度であった。しかし、2012年には焼却炉の建設費用は、堆肥化施設の建設費用とほぼ同程度まで低下した。

運転管理費用は、埋立処分、堆肥化、焼却のすべてのケースで1990年から2012年にかけて倍増した。これは、燃料価格、設備費用、人件費の上昇による。堆肥化施設の運転管理費用は埋立処分の約3倍となっている。焼却の運転管理費用は、埋立処分の約8倍である。焼却の運転管理費用は、堆肥化の運転管理費用の約2.3倍である。

焼却からの売電収入については、1990年及び2000年は、ごみの熱量が1,500 kcal/kg以下であり、効率的な発電に十分な熱量でなかったため、1990年及び2000年には発電は不可能であった。従って、1990年と2000年の売電収入はゼロという推計結果になっている。しかし、1990年代及び2000年代を通じて廃棄物中のプラスチックの比率が高まった結果、ごみの熱量が上昇した。1980年代は、熱量が1,000kcal/kg以下であったのが、1990年代から1,000～1,500 kcal/kgになり、2000年以降は1,500 kcal/kg以上に達することとなった。2012年には、プラスチックの比率の上昇に伴う熱量の上昇によって、廃棄物発電が可能になった（1,700 kcal/kg以上）。堆肥の販売収入も増加したが、その増加比率は2000年から2012年の焼却による売電収入の増加に比べると小さい。2012年には、焼却は堆肥化に比べて5倍以上の収入を得られるようになった。

インフレに伴い最終処分の建設費用が増加したことによって、最終処分場の新規建設回避額の原単位が増加し、堆肥化及び焼却とも年々増加するという結果が得られた。最終処分場の新規建設回避額については、焼却による最終処分場の新規建設回避額は堆肥化による最終処分場の新規建設回避額よりも大きいという結果が得られた。

#### c) 社会要因

500t/日の埋立処分の場合の公的セクターの雇用者数は40人という推計結果が得られた。堆肥化と焼却の場合、埋立処分量の減少に応じて、この数値が小さくなる。堆肥化施設の新規建設によって得られる雇用効果は、日本の事例（鶴岡市や大館市等）のケースをみるとそれほど大きくなく、数名程度にとどまる[21、22]。JICAの1990年調査[2]によると、600t/日の焼却炉の導入によって85名の従業員が新たに雇用される。焼却の

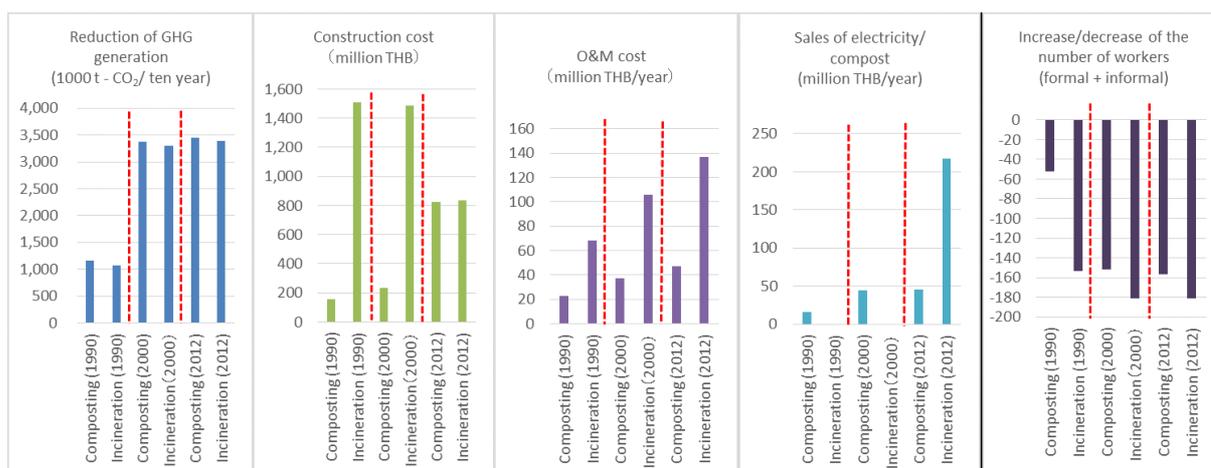
方が、堆肥化よりも雇用増加に与える効果は大きい。特に堆肥化の場合は、埋立処分に比べて雇用者数が減少するという結果になってしまう。

インフォーマル・セクターの労働者数については、500t/日の埋立処分の場合、埋立処分場で245人が活動していると想定する。最終処分量の減少に比して、堆肥化の場合は110~200人、焼却の場合は16~40人が働く想定される。

インフォーマル・セクターの収入は、埋立処分の場合は5.2百万バーツ~9.6百万バーツと想定される。これが、堆肥化の場合は3.2百万バーツ~4.3百万バーツまで低下する。焼却の場合はもっと減少度合いが大きい。焼却の場合、インフォーマル・セクターの収入は1990年で0.9百万バーツ、2000年で0.4百万バーツ、2012年で0.6百万バーツとなる。

#### d) 廃棄物処理手法の変化に伴う長所と短所の変化

埋立処分を基準として、堆肥化と焼却の環境・経済・社会要因の差と、その時系列に伴う変化を図5-5に示す。



出所：筆者作成

図5-5 埋立処分と比較した廃棄物処理手法間の要因の差とその時系列変化

1990年は、堆肥化は多くの要因で焼却よりも有利であった。具体的には、堆肥化は、GHG排出量の削減、建設費用、運転管理費用、売電/コンポスト、労働者数の増減（公的セクターの雇用者数とインフォーマル・セクターの労働者数の増減の合算）等で有利であった。

しかし、2000年、2012年と時が経つにつれて、コンポストの有利さが低下してきた。中国企業の参入により、2012年には焼却の建設費用は堆肥化と同じ水準となった。また、2012年には焼却による売電が可能になった結果、焼却の場合は売電によって大きな利益を得られるようになった。2012年の焼却のメリットは堆肥化の約5倍にまで大

きくなった。

なお、事業期間を 25 年<sup>31</sup>、処理費の単価を 800 パーツ/t[24]と割引率を 3.6%として、内部収益率(Internal Rate of Return : IRR)と正味現在価値 (Net Present Value : NPV) を計算してみた結果を表 5-8 及び表 5-9 に示す。なお、NPV の算出には以下の式を活用しており、IRR は以下の式が 0 になる割引率  $r$  を算出している。

(1) 焼却 (発電あり) の NPV

$$NPV_{\text{inc}} = -IN_{\text{inc,year}} - LF_{\text{inc,year}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{inc,year,t}} - C_{\text{inc,year,t}})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (5-10)$$

ここで

Year=分析対象年 (1990 年、2000 年、2012 年のいずれか)

$IN_{\text{inc,year}}$  = 焼却の投資額

$LF_{\text{inc,year}}$  = 焼却残渣分の埋立処分場建設費

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量(t)当たりの土地購入費用 + 処分量(t)当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数 (開始年を 1 とする)

$I_{\text{inc,year,t}}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理費用による収入 +  $t$ 年の売電収入

$C_{\text{inc,year,t}}$  =  $t$ 年の費用 =  $t$ 年の焼却の運転管理費用 +  $t$ 年の焼却残渣の埋立処分費用

$r$  = 割引率

(2) 堆肥化の NPV

$$NPV_{\text{comp}} = -IN_{\text{comp,year}} - LF_{\text{comp,year}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{comp,year,t}} - C_{\text{comp,year,t}})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (5-11)$$

ここで

Year=分析対象年 (1990 年、2000 年、2012 年のいずれか)

$IN_{\text{comp}}$  = 堆肥化の投資額

$LF_{\text{comp}}$  = 堆肥化残渣分の埋立処分場建設費

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量(t)当たりの土地購入費用 + 処分量(t)当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数 (開始年を 1 とする)

$I_{\text{comp,t}}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理費用による収入 +  $t$ 年の堆肥の販売収入

$C_{\text{comp,t}}$  =  $t$ 年の費用 =  $t$ 年の堆肥化の運転管理費用 +  $t$ 年の堆肥化残渣の埋立処分費用

$r$  = 割引率

---

<sup>31</sup>尾崎[23]の調査では、予定供用年数は 25 年以上の施設が約 70%と多いため、事業期間として 25 年を設定した。

廃棄物発電による売電収入の効果は極めて大きい。特に IRR に関して、焼却は 1990 年、2000 年ともに算出不能であったのに対して、2012 年は売電が可能になったことにより収支が改善、IRR は最終処分場の削減効果込みで 25%、最終処分場の削減効果を含まなかった場合でも 13%となった。NPV についても、1990 年、2000 年は、焼却よりも堆肥化の方が良い数値であったが、2012 年は、最終処分場の削減効果を含む場合も含まない場合も、焼却の方が良い値となっている。

表 5-8 算出された IRR 及び NPV（最終処分場の削減効果込み）

	堆肥化 1990 年	堆肥化 2000 年	堆肥化 2012 年	焼却 1990 年	焼却 2000 年	焼却 2012 年
IRR	13%	38%	18%	算出不能	算出不能	25%
NPV	195	1,042	1,441	-1,915	-1,693	2,107

表 5-9 算出された IRR 及び NPV（最終処分場の削減効果含めず）

	堆肥化 1990 年	堆肥化 2000 年	堆肥化 2012 年	焼却 1990 年	焼却 2000 年	焼却 2012 年
IRR	算出不能	0.016%	2.7%	算出不能	算出不能	13%
NPV	-777	-284	-148	-2,597	-2,851	1,376

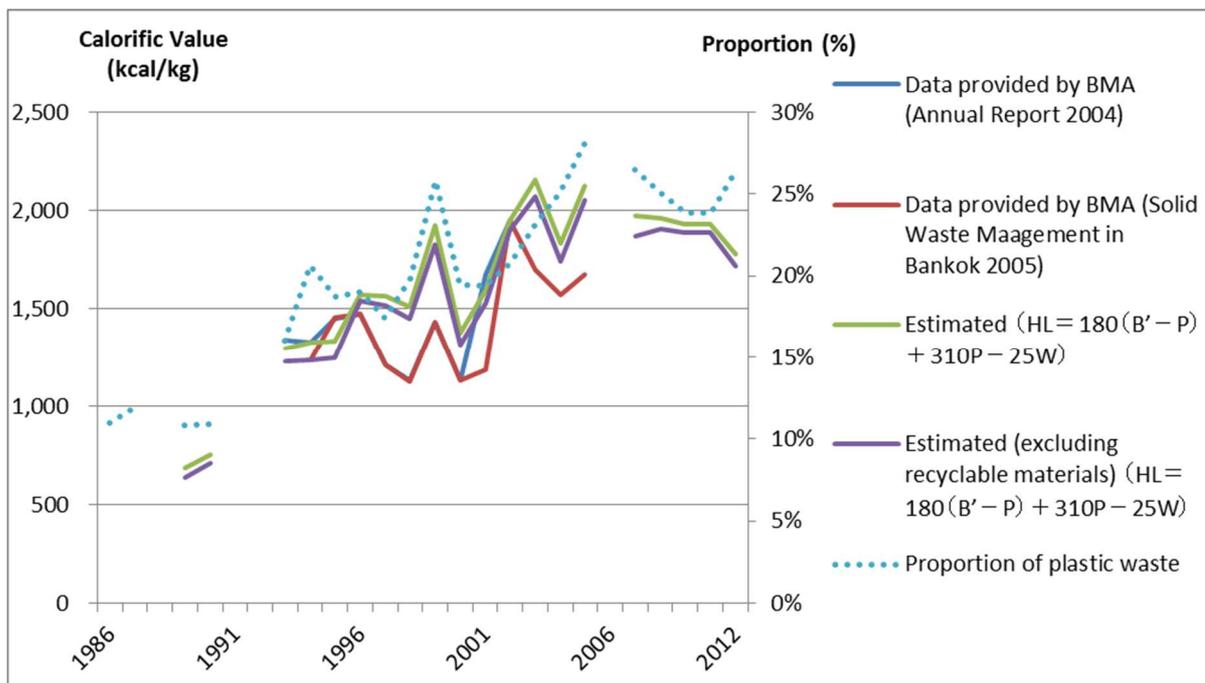
## 5.4 考察

本研究の目的は、経済成長に伴う環境・経済・社会的な状況の変化が、廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えているかを解明することである。定量的推計結果とインタビューの結果に基づき、経済発展と社会経済要因の変化、廃棄物処理手法の選択の関係を次ページの図 5-8 のように整理した。

左上の「経済発展」から右へと説明することで図5-8を説明する。

まず、バンコクにおける人件費と燃料価格の上昇（図5-7参照）は、ごみの輸送費用を増加させるとともに、堆肥化、焼却の費用を上昇させた。

都市化の進展と収入の増加、人口の増加（前出の図5-2を参照）は、プラスチックの消費の増加につながり、ごみの熱量を増加させた。図5-6はバンコクにおけるごみの熱量の推移を示したものである。バンコクでは1980年代後半から1990年代、2000年代と、廃棄物中におけるプラスチックの比率の増加に伴い、熱量が増加した。熱量が増加したことにより、ごみの焼却からの発電が可能になった。売電による収益が得られるようになったことで、焼却によるメリットは高まった。



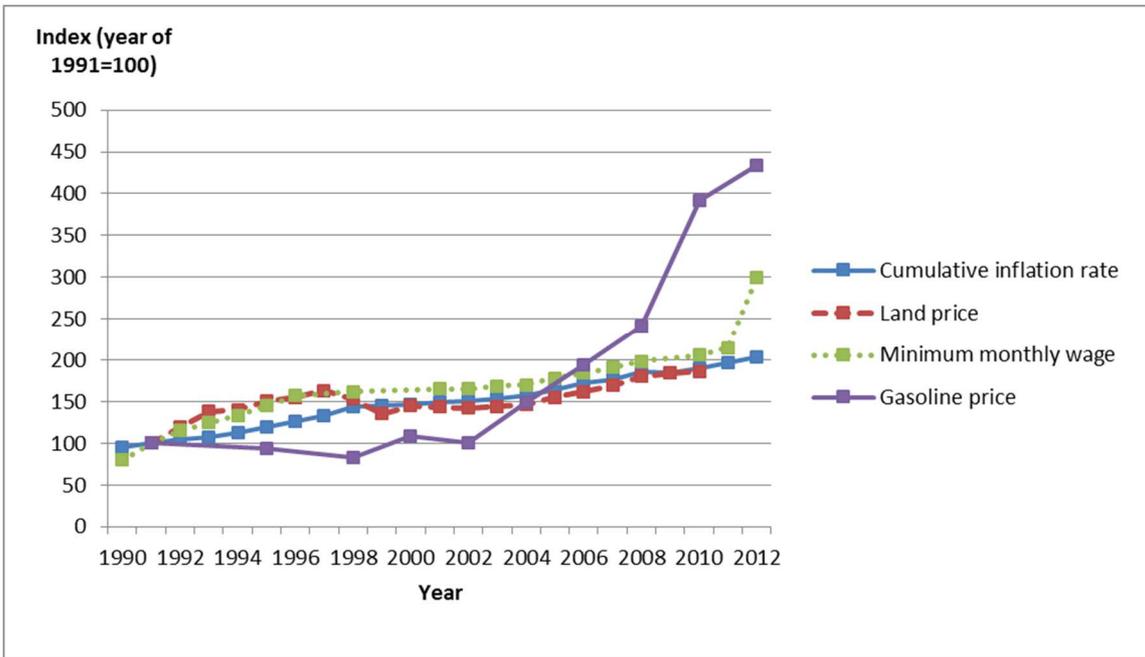
注： $HL = 180(B' - P) + 310P - 25W$ ：物理組成による熱量の推定式による推計値（狩郷の式を活用）。推計方法は巻末の補論3を参照

HL：低位発熱量(kJ/kg)、B'：ごみ中の可燃物割合(%)、P：プラスチック類割合(%)、ごみ中の水分W(%)

出所：バンコク市役所（BMA）の公表値はバンコク市役所資料[30、39-48]、推計値については筆者推計

図 5-6 バンコクにおける廃棄物中のプラスチック廃棄物の比率と熱量の傾向

土地価格の上昇（図5-7参照）は、新たな埋立処分場用地の確保を困難にした。都市化の進展と人口の増加（前出の図5-2を参照）もまた新たな埋立処分場用地の確保を困難にした。経済発展に伴う人々の環境意識の変化によって、NIMBY問題が生じ、新たな埋立処分場の建設を困難にし、その結果埋立処分場の建設費用がさらに増加した。なお、堆肥化施設や焼却施設の場合、既存の中継施設の敷地内に建設されるために、新たな追加的土地の確保は必要としないとのことである。そのため、NIMBYの問題は、埋立処分と比較した堆肥化や焼却のメリットを相対的に向上させた。

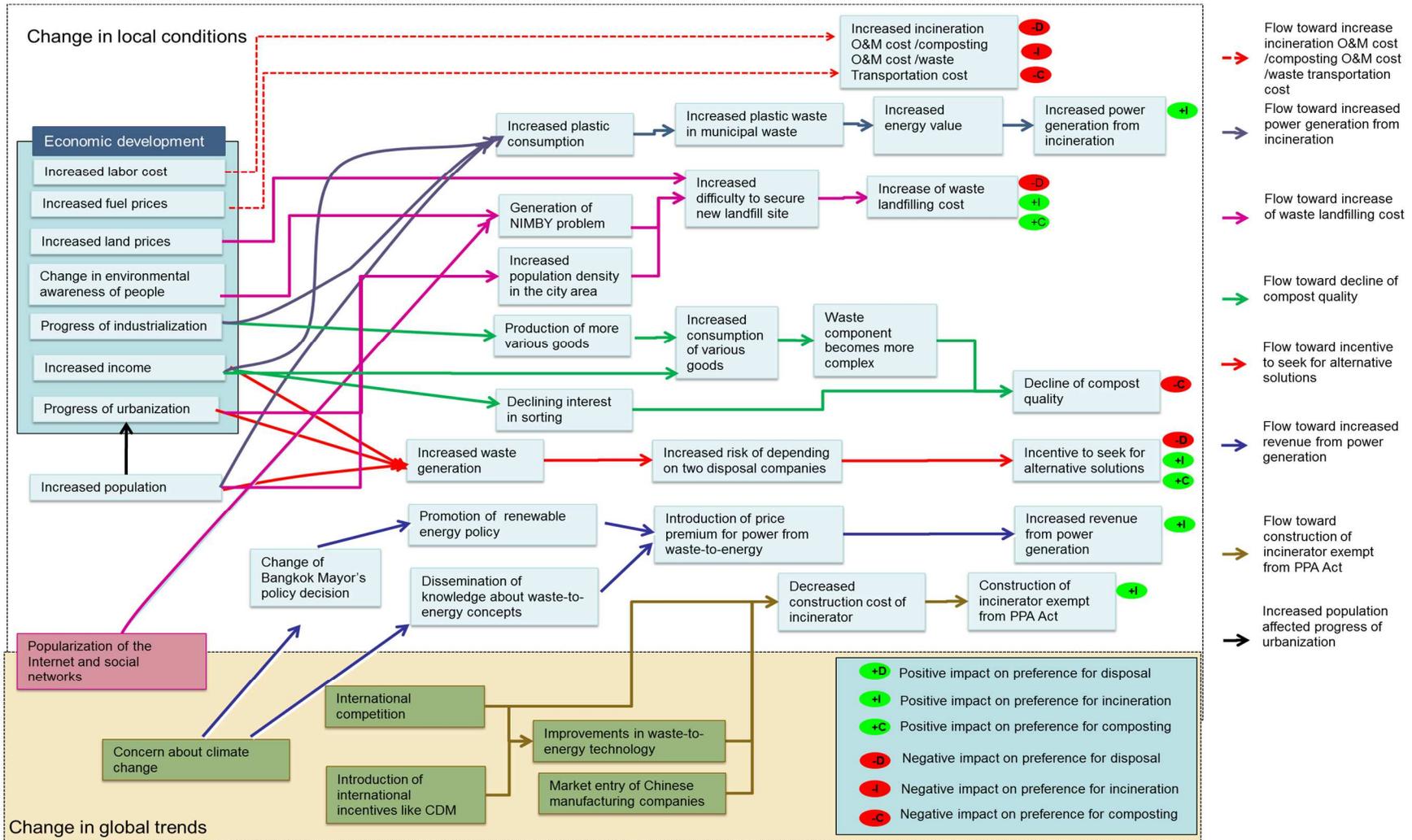


注：同年に2つのデータが公表されている場合はその平均値を用いた。

出所：累積インフレ率はIMF World Economic Outlook Database [1]より筆者計算

土地価格はBank of Thailand [25]、最低賃金はタイ賃金委員会の公表値 [26]、ガソリン価格はWorld Bank Worldatabank [27]。

図 5-7 インフレ率、土地価格及び最低賃金に関する傾向



出所：筆者作成

図 5-8 バンコクにおける廃棄物処理手法の選択に関する要因構造図

産業化の進展と収入の増加、人口の増加によって様々な製品の生産が増加し、そのことにより様々な製品の消費が進んで廃棄物の組成が複雑化した。他方で、収入の増加は有価物を分別して収入を得るメリットを低下させて人々の分別意欲を弱めた。こうした結果、堆肥の質が低下することになり、堆肥化のメリットが低下した。

収入の増加や都市化の進展、人口の増加はバンコクの廃棄物発生量を増加させた。これによってバンコクで民間企業2社に処分を依存するリスクがより高まった。インタビューの結果でも示されたとおり、もし、この2社が廃棄物の受け入れを拒否した場合、大量の廃棄物がバンコク市内に収集されずに蓄積されてしまうことになる。

また、本研究では、ローカルの変化だけでなくグローバルな変化もバンコクにおける廃棄物処理手法の選択に影響を与えたことが明らかになった。

地球温暖化問題に関する関心が世界だけでなくタイでも高まり、バンコク市長の意思が変わり、再生可能エネルギーの推進を考えるようになった。また、地球温暖化問題の関心が、廃棄物発電技術に関する知識の普及を進めるのに貢献した。再生可能エネルギー施策の推進と知識の普及によって、再生可能エネルギーによる発電に電力価格の上乗せ制度が導入されるようになった。電力価格の上乗せ制度によって発電による収益が増加し、焼却のメリットが高まり、焼却が選択されやすくなった。

また、地球温暖化の緩和として導入されたCDMも廃棄物発電技術の向上に貢献し、その結果、焼却炉の建設費用の低減につながり、焼却の導入を促すことになった[49]。

中国企業の市場参入も、廃棄物発電の建設費用（初期費用）の低減に寄与した。現在、中国はさまざまなエンジニアリング分野において、輸出を伸ばしており、エンジニアリング分野におけるコスト競争の進展に影響を与えている[50、51]。従来はPPP法がバンコク市役所（BMA）にとって焼却導入の障壁となっていた。しかし、焼却炉の建設費用の低下によって、焼却炉の建設がPPP法の対象から外れることになり、バンコク市役所（BMA）は従前よりも焼却炉をより容易に導入できるようになった。ただし、中国の焼却炉は安価である反面、環境対策が十分でなく、ダイオキシンや重金属などの問題が発生するケースもみられ[52、53]、住民の反対行動等も発生している[54、55]。もし、バンコクで導入された焼却炉の環境対策がしっかりしていない場合、汚染等が発生して住民の反対が生じ、焼却の推進が止まることが予想される。

SNSの普及等の他のグローバルな技術傾向も、知識や情報の普及といったプロセスを通じてNIMBY問題の発生などに影響を与えていることがわかった。SNSの普及は新たな埋立処分場の確保を困難にさせ、埋立処分費用の増加に寄与したと言える。

## 5.5 章括

バンコクのケーススタディを通じて、経済成長に伴う環境・経済・社会的条件の変化が、廃棄物処理手法の選択に部分的に影響を与えることを示すとともに、その具体的な構造を説明した。

各廃棄物処理・処分手法の環境・経済・社会的なメリット、デメリットも変化し、その結果、バンコクにおいて焼却が選択されることとなった。そのプロセスは複雑であり、経済変化が燃料価格、人件費、土地価格等の様々な価格を変化させ、人々の行動や考え方を変化させ、廃棄物の質や量を変化させ、さらには各手法の環境・経済・社会要因（GHG排出量や建設・運転管理費用、インフォーマル・セクターの収入等）の値を変化させた。経済成長は、こうした複雑なプロセスを通じて廃棄物処理手法の選択に影響を与えていることがわかった。

ローカルな特殊条件が大きく影響している場合でも、経済発展がその特殊条件にも影響を与えることがわかった。例えば、バンコクにおける廃棄物処分は2つの企業に依存しているが、その依存リスクは経済発展によって高まったこともわかった。結果としてバンコク市役所（BMA）はそのリスクを回避するために、焼却炉の導入を決めることとなった。

また、廃棄物問題はローカルな問題として捉えられがちであるが、廃棄物処理手法の選択も、グローバルな変化の影響を受けていることもわかった。具体的には、地球温暖化問題やそれに対処するための廃棄物発電の技術開発や中国の経済成長による中国企業の焼却への市場参入などによって焼却炉の価格が下がり、バンコク市役所（BMA）が焼却炉を導入しやすくなったことがわかった。

5章では、経済発展によって廃棄物処理手法の選択が変化することが示された。経済発展により様々な要素が変わり、それぞれの要素に対する受け止め方も経済発展によって変わることが明らかになった。従って、経済発展によって最も経済・社会・環境的に有利な廃棄物手法が現状のものから変わったとしても、予め経済発展を見込んで廃棄物処理手法を選択しておくことで、将来でも有利な（例えば経済面で最も利益の得られる）廃棄物処理手法を選択できる。6章では、経済発展を見込むと、アジアの廃棄物処理手法がどのように変化するかを考察する。

## 参考文献

1. International Monetary Fund (IMF) World Economic Outlook Databases  
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/index.aspx>、  
(2014年7月8日アクセス)
2. Japan International Cooperation Agency (1991) The study on Bangkok Solid waste management Final report.
3. Solid Waste Hazardous Waste and Night soil Management Division/ Bangkok Metropolitan Administration(BMA) (2005) 組織説明資料  
<http://office.bangkok.go.th/environment/pdf/shwasteandnightsoildiv.pdf>  
(2015年8月23日アクセス)
4. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2006) State of

Environment 2006

5. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2012) State of Environment 2012
6. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2012) Solid Waste Management in Bangkok
7. The Nation (2013) C&G to spend Bt900 million building a waste-to-energy plant in Bangkok, April 22
8. Sasaki S. (2005) Status quo of municipal waste management in Thailand: mainly on case study in Bangkok. The Report of the chamber, No. 523, Japanese Chamber of Commerce, Bangkok
9. Udomsri S., Martin A., and Fransson T. (2005) Municipal Solid Waste Management and Waste to Energy Alternatives in Thailand. Proceedings of WasteEng05 – 1st International Conference on Engineering for Waste Treatment, Albi, France, Paper Nr. C-198
10. Dong J., Zou D., Fu C., Huang Q., Ni M. (2014) Energy–environment–economy assessment of waste management systems from a life cycle perspective: Model development and case study, *Applied Energy* 114 (2014) 400spec
11. Chen, D., Christensen, T.H. (2010) Life-cycle assessment (EASEWASTE) of two municipal solid waste incineration technologies in China. *Waste Manage. Res.* 28, 508–519.
12. Hassan, M.N., Awang, M., Chong, T.L., Zakaria, Z., Lay, L.B., Yusoff, N., Sino, H. (1999) The application of an life cycle inventory (LCI) model for solid waste disposal systems in malaysia. *Int. J. Life Cycle Assess.* 4, 188–190. 10.1007/BF02979493
13. Contreras F., Hanaki K., Aramaki T., Connors S. (2008) Application of analytical hierarchy process to analyze stakeholder’s preferences for municipal solid waste management plans, Boston, USA. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 52, Issue 7, Pages 979-991. doi: 10.1016/j.resconrec.2008.03.003
14. Fujita S., Tamura H. (2002) An application of descriptive Analytic Hierarchy Process to siting a municipal waste disposal plant (in Japanese). *Journal of the Operations Research Society of Japan* 45(1), 1-12
15. Koizumi K., Zhou W., Obata N. (2005) Evaluation by AHP (Analytic Hierarchy Process) on Global-recycle System of End-of-life Products and Waste (In Japanese). *The Policy Science Association of Ritsumeikan University* 12-2
16. Okumura S., Tasaki T., Moriguchi Y. (2014) Economic growth and trends of municipal waste treatment options in Asian countries. *J Mater Cycles Waste Management*, 16:335–346. doi: 10.1007/s10163-013-0195-9
17. Muttamara S., Visvanathan C., Alwis K.U. (1994) Solid waste recycling and reuse in Bangkok, *Waste management & Research* 12. 151-163. doi: 10.1177/0734242X9401200205

18. Japan International Cooperation Agency (1982) The Bangkok solid waste management study Final report.
19. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2012) Methodological Tool Emissions from solid waste disposal (Version 06.0.0).
20. Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
21. 庄内産業振興センター 企業情報データベース 鶴岡市コンポストセンター  
<http://www.shonai-sansin.or.jp/egg/k-search/0060/> (2015年8月23日アクセス)
22. 経済産業省 エコタウン事業者データベース (秋田県)  
[http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r\\_policy/policy/html/pdf1/akita.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r_policy/policy/html/pdf1/akita.pdf),  
(2015年8月23日アクセス)
23. 尾崎平、盛岡通 (2014) ごみ焼却施設 (全連続式ストーカー炉方式) の維持・更新に関する実態調査、第25回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿
24. イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社 (2003) 平成24年度 静脈産業の海外展開促進のための実現可能性. 調査等支援事業 (タイ王国バンコク特別市周辺発生廃棄物の. 集中中間処理設備プロジェクト) に係る業務報告書
25. Bank of Thailand、Property Indicators  
<https://www.bot.or.th/English/Statistics/EconomicAndFinancial/Pages/StatPropertyIndicators.aspx> (2015年5月5日アクセス)
26. タイ賃金委員会、最低賃金  
[http://www.mol.go.th/en/employee/interesting\\_information/6319](http://www.mol.go.th/en/employee/interesting_information/6319) (2015年5月5日アクセス)
27. World Bank, World DataBank Outlook Databases  
<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx> (2014年7月8日アクセス)
28. International Energy Agency (2009) CO2 Emissions from fuel consumption 2009 edition.
29. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand 資料  
[http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder\\_2010.pdf](http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder_2010.pdf) (2015年8月14日アクセス)
30. Pacific Consultants (2012) Report of New Mechanism Feasibility Study for Waste Management Activities in Thailand, FY 2011.
31. Pandyaswargo A. H. and Premakumara D. G. J (2014) Financial sustainability of modern composting: the economically optimal scale for municipal waste composting plant in developing Asia, Int J Recycl Org Waste Agricult 3:66, DOI 10.1007/s40093-014-0066-y
32. EX Research Institute Ltd. (2012) Introduction of Mechanical Biological Treatment (MBT) of Municipal Solid Waste, and Landfill Gas (LFG) Capture, Flaring and Utilization in Lao PDR
33. JICA external review (2006) The Environmental Fund Project (1) (L/A No. TXVIII-11)

34. Greenpeace Southeast Asia, Briefing Paper: Incinerators in Thailand: Profile of Koh Samui incinerator  
<http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/incinerators-in-thailand.pdf>
35. Phuket Gazette (2010) Construction of new Phuket incinerator underway
36. E&E Solution (2012) Feasibility study for expanding waste recycling industry in the world, integrated waste treatment facilities for waste from BMR, Thailand.
37. Chanchampee P. (2010) Methods for Evaluation of Waste Management in Thailand in Consideration of Policy, Environmental Impact and Economics
38. Jungrungrueng, S (Director of Air Quality and Noise Management Division/ Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration) (2010) Solid Waste Management in Bangkok
39. Ministry of Environment, Japan (2009) Manual for launching high-efficient waste incinerator
40. Yoshida N., Nagaoka, K, Kaneko H., Yamamoto S., Seko S. (2011) Analysis of effects on power consumption in waste incineration plants due to changes in quantity and quality of domestic waste
41. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2012) Solid Waste Management in Bangkok
42. Hitachi Zosen Corporation, EX Research Institute Ltd., Smart Energy Co., Ltd (2012) Study On The Integrated Waste To Energy Project In Greater Malang, The Republic Of Indonesia, Final Report
43. JETRO (2012) Review of the Philippines' Waste Segregation and Collection System and the Trading of Recyclables
44. Ali A. M., Sakano T. (2009) Study of informal recycling business in Bandung west Java Indonesia
45. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2009) Solid Waste Management In Bangkok
46. Jungrungrueng S. (Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration) (2008) Bangkok: Environmental Infrastructure
47. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (2007) Thailand Country Report Solid Waste Management: The Case of Bangkok
48. Solid Waste Hazardous Waste and Night soil Management Division/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2005) 組織説明資料  
<http://office.bangkok.go.th/environment/pdf/shwasteandnightsoildiv.pdf>  
 (2015年8月23日アクセス)
49. Global Environment Centre Foundation Reports of CDM/JI Feasibility Studies.

[http://gec.jp/main.nsf/en/Activities-CDMJI\\_FS\\_Programme-List](http://gec.jp/main.nsf/en/Activities-CDMJI_FS_Programme-List),

(2015年4月29日アクセス)

50. 経済産業省 (2009) プラントエンジニアリング業の活力の再生に向けた基本指針 (事業分野別指針) (平成二十年経済産業省令第百七十二号) (最終改正平成二十一年六月二十二日)
51. 日本機械輸出組合 (2009) 中国エンジニアリング企業調査報告書 ～中国プラント・エンジニアリング企業の海外進出動向と中国政府の支援策～
52. Zeng, L., Li, N., Shao, D., Kang, Y., Zhang, Q., Lu, P., Li, L., Luo, J., Guo, X. (2014) Concentrations, Sources, and Risk Assessment of Polychlorinated Biphenyls in Vegetables Near a Waste-Incinerator Site, South China, *Arch Environ Contam Toxicol* 67:78–86, DOI 10.1007/s00244-014-0045-3
53. Li, N., Kang, Y., Pan, Y., Zeng, L., Zhang, Q., Luo, J. (2015) Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China, *Science of the Total Environment* 521–522, 144–151, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.081>
54. Thomas Johnson (2013). The Health Factor in Anti-Waste Incinerator Campaigns in Beijing and Guangzhou. *The China Quarterly*, 214, pp 356-375 doi:10.1017/S0305741013000660
55. Huang, Y., Ning, Y., Zhang, T., Fei, Y. (2015) Public acceptance of waste incineration power plants in China: Comparative case studies, *Habitat International* 47, 11e19, <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.12.008>

## 6. 経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法の選択モデルの構築

### 6.1 6章の目的

2章では、アジアの先行国・地域において、経済成長によって廃棄物処理手法が変化することを示すことができた。一人当たり GDP もしくは一人当たり GRP を指標として国別比較をした場合には、焼却化については日本、中国先行地域、韓国、シンガポールともに正の相関関係が見られるが、堆肥化については日本と中国先行地域の場合は負の関係が、韓国については正の関係がみられるという結果が得られた。また、文献情報に基づく定性分析の結果からは、各国・地域ともに、経済変化に伴って廃棄物問題が深刻化する中で、政府が新たな対策を講じて廃棄物処理手法が変化してきたことが示される一方で、政府が打ち出す廃棄物政策がその後の廃棄物処理手法の選択に大きな影響を与えていること、そのことが堆肥化の変化の違いを生じさせていることも明らかになった。

3章では、アジアでは経済発展度合いに応じて廃棄物の発生量・組成が異なるという傾向を確認できた。他方で、含水量や発熱量については、経済発展度合いとの相関関係を見出すことができなかった。また、低所得国では廃棄物の問題が顕在化していないが、中低所得国・高中所得国では多様な課題が生じており、高所得国では法制度整備により課題の解決が進んだ結果、高所得国では政策担当者が挙げる課題の種類が少なくなるという傾向も確認できた。

4章では、東南アジア・東アジアの地方自治体・中央政府の政策担当者及び専門家に対するAHP分析の結果、経済発展度合いが経済・社会・環境要因に対する重み付けに影響を与えることが示された。アジアの多くの国では経済成長が急速に進んでおり、こうした関係者の選好も急速に変化していることが想定される。

5章では、バンコクのケーススタディを通じて、経済成長に伴う環境・経済・社会的条件の変化が、廃棄物処理手法の選択に部分的に影響を与えることを示した。また、ローカルな特殊条件が大きく影響している場合でも、経済発展がその特殊条件にも影響を与えることや、また、廃棄物問題はローカルな問題として捉えられがちであるが、廃棄物処理手法の選択も、グローバルな変化の影響を受けていることもわかった。

このように、2章～5章の結果により、廃棄物の処理手法は経済発展に伴う影響を受けることが示された。これまで、廃棄物の処理手法の選択は、長期的な変化を考慮せずに実施されてきた。また、廃棄物処理手法選択の際に参考とする処理手法の定量評価についても、長期的な経済・社会変化を考慮することがなかった。しかし、経済発展によって、前提条件が変わることにより定量評価の結果が変わることは、5章で示したとおりである。具体的には、図5-8のとおり、経済発展に伴う社会環境が変化することで、エ

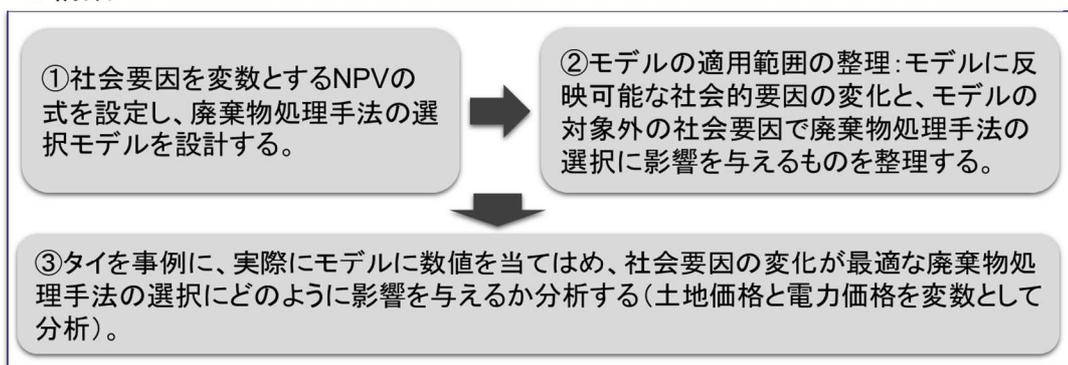
エネルギー政策や環境保全政策等の廃棄物以外の政策も変化し、廃棄物の量や質など廃棄物問題も変化し、廃棄物政策も変化することによって、廃棄物処理手法の定量評価の前提条件が大きく変化し、焼却や堆肥化等の廃棄物処理手法の想定的なメリット・デメリットが変化する。

6章では、2～5章で得られた結果に基づき、アジアの廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因が変化した場合に、廃棄物処理手法の優位性がどのように変化するか分析するための選択モデルを構築する。さらにその結果を踏まえて、廃棄物処理手法を選択する際に留意すべき点を提示する。

## 6.2 方法

6章の分析手法を図6-1に示す。本章の分析は、大きく、(1) 経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法の選択モデルの構築と(2) 廃棄物処理手法を選択する際の留意点の提示の2つに分かれている。

### (1) 経済発展に伴う社会要因の変化を考慮した廃棄物処理手法の選択モデルの構築



### (2) 廃棄物処理手法を選択する際の留意点の提示

上記のモデルを踏まえて、廃棄物処理手法を選択する際の留意点を提示する。

出所：筆者作成

図6-1 本章の分析手法

## 6.2.1 選択モデルの構築

### (1) 廃棄物処理手法の選択モデルの設計

社会要因を変数とする NPV の式を設定し、廃棄物処理手法の選択モデルを設計する。

### (2) モデルの適用範囲の整理

モデルに反映可能な社会的要因の変化と、モデルの対象外の社会要因で廃棄物処理手法の選択に影響を与えるものを整理した。モデルに反映可能な社会的要因については、NPV の計算上に用いた様々なデータについて、その値に影響を与える社会的要因を洗い出した。さらに、NPV の計算には直接影響しない、すなわち、本選択モデルでは考慮されないが廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因を整理した。

### (3) 選択モデルの適用

さらに、タイを事例に、実際にモデルに数値を当てはめ、社会要因の変化が最適な廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えるか分析した。具体的には、土地の確保費用（パーツ/t）と電力の卸売価格（パーツ/kWh）を変数とし、各廃棄物処理手法の NPV を比較し、それぞれが有利になる土地の確保費用と電力の卸売価格の範囲を分析した。

## 6.2.2 廃棄物処理手法を選択する際の留意点の提示

(1) で行った分析を踏まえ、各国が廃棄物処理手法の選択をする際にどのような点に留意すべきか考察し、提示した。

## 6.3 選択モデルの構築結果

### 6.3.1 廃棄物処理手法の選択モデルの設計

5章の分析で得られた結果を踏まえ、焼却（発電あり）、堆肥化、埋立処分（メタンガス回収発電あり）、埋立処分（発電なし）の4つについて、正味現在価値（Net Present Value : NPV）の式を、(6-1)～(6-4)式のとおり設定した。なお、NPV の計算にあたり、事業期間は5章と同様に25年<sup>32</sup>とした。

---

<sup>32</sup>尾崎[23]の調査では、日本における焼却炉の予定供用年数は25年以上の施設が約70%と多い。タイで導入が決まっている焼却炉は最新の焼却炉であり、タイでも日本と同様の供用年数が期待できると考え、事業期間として25年を設定した。

①焼却（発電あり）の NPV

$$NPV_{\text{inc}} = -IN_{\text{inc}} - LF_{\text{inc}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{inc},t} - C_{\text{inc},t})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (6-1)$$

ここで

$IN_{\text{inc}}$  = 焼却の投資額

$LF_{\text{inc}}$  = 焼却残渣分の埋立処分場建設費

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量(t)当たりの土地購入費用 + 処分量(t)当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数（開始年を 1 とする）

$I_{\text{inc},t}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理による収入 +  $t$ 年の売電収入

$C_{\text{inc},t}$  =  $t$ 年の費用 =  $t$ 年の焼却の運転管理費用 +  $t$ 年の焼却残渣の埋立処分費用

$r$  = 割引率

②堆肥化の NPV

$$NPV_{\text{comp}} = -IN_{\text{comp}} - LF_{\text{comp}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{comp},t} - C_{\text{comp},t})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (6-2)$$

ここで

$IN_{\text{comp}}$  = 堆肥化の投資額

$LF_{\text{comp}}$  = 堆肥化残渣分の埋立処分場建設費

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量(t)当たりの土地購入費用 + 処分量(t)当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数（開始年を 1 とする）

$I_{\text{comp},t}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理による収入 +  $t$ 年の堆肥の販売収入

$C_{\text{comp},t}$  =  $t$ 年の費用 =  $t$ 年の堆肥化の運転管理費用 +  $t$ 年の堆肥化残渣の埋立処分費用

$r$  = 割引率

③埋立処分（メタンガス回収発電あり）の NPV

$$NPV_{\text{meth}} = -IN_{\text{meth}} - LF_{\text{meth}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{meth},t} - C_{\text{meth},t})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (6-3)$$

ここで

$IN_{\text{meth}}$  = メタンガス回収発電施設の投資額

$LF_{\text{meth}}$  = 埋立処分場建設費

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量(t)当たりの土地購入費用 + 処分量(t)当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数（開始年を 1 とする）

$I_{\text{meth},t}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理費用による収入 +  $t$ 年のメタンガス回収発電の売電収入

$C_{meth,t}$  =  $t$ 年の費用

=  $t$ 年のメタンガス回収発電施設の運転管理費用 +  $t$ 年の埋立処分場の運転管理費用

$r$  = 割引率

④埋立処分（発電なし）の NPV

$$NPV_{lf} = -LF_{lf} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{lf,t} - C_{lf,t})}{(1+r)^{t-1}} \dots\dots\dots (6-4)$$

ここで

$LF_{lf}$  = 埋立処分場建設費<sup>33</sup>

= 毎年の埋立量 × 25 年

× (処分量( $t$ )当たりの土地購入費用 + 処分量( $t$ )当たりの建設費用)

$t$  = 事業開始からの年数 (開始年を 1 とする)

$I_{lf,t}$  =  $t$ 年の収入 =  $t$ 年の処理費用による収入

$C_{lf,t}$  =  $t$ 年の費用 =  $t$ 年の埋立処分場の運転管理費用

$r$  = 割引率

(6-1)～(6-4)式の変数を変化させると、焼却（発電あり）、堆肥化、埋立処分（メタンガス回収発電あり）、埋立処分（発電なし）の 4 つの廃棄物処理手法のいずれが有利になるかを NPV の大小により判別することができる。そこで、(6-5)～(6-10)式を用いて、各廃棄物処理手法の NPV の一対比較を行い、有利となる廃棄物処理手法とその条件を分析した。

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{堆肥化の } NPV_{comp} \dots\dots\dots (6-5)$$

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{埋立処分（メタンガス回収発電あり）の } NPV_{meth} \dots\dots\dots (6-6)$$

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{埋立処分（発電なし）の } NPV_{lf} \dots\dots\dots (6-7)$$

$$\text{堆肥化の } NPV_{comp} = \text{埋立処分（メタンガス回収発電あり）の } NPV_{meth} \dots\dots\dots (6-8)$$

$$\text{堆肥化の } NPV_{comp} = \text{埋立処分（発電なし）の } NPV_{lf} \dots\dots\dots (6-9)$$

$$\begin{aligned} \text{埋立処分（メタンガス回収発電あり）の } NPV_{meth} \\ = \text{埋立処分（発電なし）の } NPV_{lf} \dots\dots\dots (6-10) \end{aligned}$$

### 6.3.2 選択モデルの適用範囲の整理

選択モデルを適用する前に、選択モデルの変数に影響を与える社会的要因とモデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因について整理した。そ

<sup>33</sup> 5 章においては、2012 年の土地購入価格は 382.8 パーツ/t、処分量当たりの建設費用は 282.6 パーツ/t としている。

の結果を以下で述べる。

①モデルの変数に影響を与える社会的要因

本モデルの変数に影響を与える要因を整理すると、表 6-1 のようになる。

まず、人口密度が高くなると、土地価格が上昇し、最終処分場の建設費用が上昇する。電力価格の上昇も、各廃棄物処理手法の売電収入の上昇につながる。廃棄物発電への価格プレミアムが導入されることも、各廃棄物処理手法の売電収入の上昇につながる。廃棄物の組成が変化することによって、熱量が変化し、発電が可能になったり不可能になったり、また、発電量が変化したりすることによって、売電収入が変わる。特に、組成の中でも有機分が変化することは、堆肥の生産量が違って、堆肥の販売収入に影響したり、メタンガスの発生量が違って埋立処分場のメタンガス回収発電からの収入に影響を与えたする。堆肥化については残渣の量も変化する。含水率が変わると熱量が変化し、売電収入に影響する。廃棄物処理料金も、廃棄物処理収入に影響するため、ベトナムのように処理手法ごとに異なる処理料金が設定されると廃棄物処理手法の NPV が大きく影響を受ける。廃棄物処理・処分施設に対する補助金は、焼却炉や堆肥化施設、埋立処分場の建設費に影響する。

表 6-1 提示した選択モデルの変数に影響を与える社会的要因

社会的要因	モデルの変数への影響
人口密度の増加	・ 土地価格が増大する。→最終処分場の建設費用が高くなる。
電力価格の変化	・ 各廃棄物処理手法の売電収入に影響する。
廃棄物発電への価格プレミアムの大きさ	・ 各廃棄物処理手法の売電収入に影響する。
廃棄物の組成変化	・ 熱量が変化する。→売電収入に影響する。 ・ 有機分が変化する。 →売電収入に影響する。 →堆肥の販売収入に影響する。 →メタン発生量が増える。 →埋立処分場のメタンガス発電の売電収入に影響する。 →最終処分費用に影響する。
含水率	・ 熱量が変化する。→売電収入に影響する。
廃棄物処理料金の改訂	・ 廃棄物処理収入に影響する。
廃棄物処理・処分施設の建設に対する補助金の大きさ	・ 焼却炉や堆肥化施設、埋立処分場の実質的な建設費に影響する。

表 6-1 に示した要因が実際に国によって異なることを示すために、タイ、マレーシア、インドネシア、フィリピン、ベトナム、ミャンマーのそれぞれの表 6-1 に関する状況を

整理すると表 6-2 のようになる。

人口密度は、ミャンマーの 76 人/km<sup>2</sup> からフィリピンの 308 人/km<sup>2</sup> まで、同じ ASEAN の国でも差がある。廃棄物発電への価格プレミアムは、ミャンマーを除いて導入されており、廃棄物処理手法の売電収入に大きく影響を与えると予想される。廃棄物の組成については、基本的に表 6-2 で対象とした国は厨芥が多い。含水率も同様に高い。廃棄物料金は 1 ドル/t から 22 ドル/t まで幅がある。

表 6-2 提示した選択モデルの変数に影響を与える社会的要因の各国の状況

社会的要因	タイ	マレーシア	インドネシア	フィリピン	ベトナム	ミャンマー
人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	132	91	130	308	271	76
廃棄物発電への価格プレミアム	価格上乘せ制度あり(FIT 制度に移行中)	固定価格買取制度(FIT)あり	固定価格買取制度(FIT)あり	メタンガス発電への固定価格買取制度(FIT)あり	固定価格買取制度(FIT)あり	なし
廃棄物の組成	厨芥多い (43.0%)	厨芥多い (47.0%) 熱量高い (2,200 kcal/kg; 日本と同程度)	厨芥多い (63.0%)	熱量低い(1,190 kcal/kg)	厨芥多い (41.9%) 熱量低い (1,190 kcal/kg)	厨芥多い (73.3%) 熱量低い (1,500 kcal/kg)
含水率	含水率高い (55.6%)	含水率高い (55.0%)	含水率高い (55.6%)	含水率高い (68.6%)	含水率高い (63.5%)	含水率高い (60.7%)
廃棄物料金*	22 ドル/t	7~8 ドル/t	9 ドル/t	15 ドル/t	埋立 1~3 ドル/t 堆肥化 1~16 ドル/t 焼却 9~18 ドル/t	3 ドル/t
補助金	有り	関連情報なし	関連情報なし	関連情報なし	関連情報なし	関連情報なし

\*各国とも埋立が中心であるため、特に明記していない場合は埋立処分の処理料金を前提とした。

出所：Demographic Yearbook 2013 (Web データ)、その他各国情報[11-16]

## ② 選択モデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因

選択モデルで分析可能な社会的要因は、表 6-2 で示したとおりであるが、これらの社会的要因以外にも、廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因が考えられる。2 章では、廃棄物政策や法規制が廃棄物処理手法の選択に大きな影響を与えることが示された。また、発生源における分別が、中国において堆肥化の阻害になることなども示された。また、NPV 分析は事業主体が誰かによってもその結果の解釈が異なる。このように 2 章及び 5 章で得られた知見をもとに、3 章で整理した情報を参考にしながら、モデル分析で分析できない社会的要因を表 6-3 に整理した。

他国では見られない特筆すべき点として、マレーシアでは、中央政府が一括して廃棄物処理を行うため、自治体を超えて広範囲から廃棄物を集めることがより容易になり、埋立処分場の確保がより容易になる。インドネシアでは、最終処分場におけるごみの崩落による 100 人規模での死亡事故が発生、その影響でもあって、新規の最終処分場を計画することが極めて困難な状態にある[17]。フィリピンでは、ごみの単純焼却が大気

汚染防止法で禁止されており、焼却炉の導入が困難である[13]。ベトナムでは、処理料金に関して国として水準が設定されており、それが安く設定されていて、焼却炉の導入の障害となっている [15]ミャンマーでは、個別の法規制がなく、廃棄物の不法投棄を生み出しており、そもそも適切な廃棄物処理手法の選択が困難な状況にある[16]。

表 6-3 提示したモデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因

国	社会的要因	焼却	堆肥化	埋立処分 (発電あり)	埋立処分 (発電なし)
タイ	廃棄物の分別		分別が十分でなく、 堆肥の品質悪い (-) *1		
	廃棄物政策及び法規制	中央政府による廃棄物発電の推進施策 (+) *1			
	事業主体	民間委託の形態を採用	民間委託の形態を採用	民間委託の形態を採用	民間委託の形態を採用
	その他	10 億パーツ以上の場合、PPP 法が適用になって手間がかかる。 (-) *1 ダイオキシンに対する NGO の反対がまだ残っている。 (-) *1		堆肥の需要が見つかりにくい (農家が使用を嫌がる) (-) *1	
マレーシア	廃棄物の分別		分別が十分でなく、 堆肥の品質悪い (-)		
	廃棄物政策及び法規制			中央が一括して行うことにする法律があり、広域化が進んで埋立処分場用地の確保が容易になる [+]	中央が一括して行うことにする法律があり、広域化が進んで埋立処分場用地の確保が容易になる [+]
	事業主体	-	-	中央の公社が民間に委託	中央の公社が民間に委託
	その他				
インドネシア	廃棄物の分別			分別処理されない生ごみ等の有機物が積み重なって嫌気状態になっていて、メタンガスが大量に発生 (+) [17]	
	廃棄物政策及び法規制				
	事業主体			民間委託されている地域もある [17]	民間委託されている地域もある [17]
	その他			最終処分場におけるごみの崩落による 100 人規模での死亡事故が発生、その影響でもあって、新規の最終処分場を計画することが極めて困難 [17] ウェイトピッカーが多数いるため、日々、衛生的な覆土を行うことが困難 [17]	最終処分場におけるごみの崩落による 100 人規模での死亡事故が発生、その影響でもあって、新規の最終処分場を計画することが極めて困難 [17]
フィリピン	廃棄物の分別				

国	社会的要因	焼却	堆肥化	埋立処分 (発電あり)	埋立処分 (発電なし)
ン	廃棄物政策及び法規制	ごみの単純焼却が大気汚染防止法で禁止されている(－) [13]	生態的固形廃棄物管理法 (RA9003) によりコンポストの推進が定められている (+) [13]	生態的固形廃棄物管理法 (RA9003) により衛生埋立に移行中 (+) [13]	生態的固形廃棄物管理法 (RA9003) により衛生埋立に移行中 (+) [13]
	事業主体		地方自治体もしくは民間企業 [13]	地方自治体 [13]	地方自治体 [13]
	その他	島嶼国であるため、地理的な隔絶性があり、広域収集が困難であり、焼却に必要な量を収集できない (－) [14]	堆肥の受容可能性が高い (+) (後述する表 6-6 参照)	島嶼国であるため、地理的な隔絶性があり、広域収集が困難で、埋立処分場までの輸送が困難 (－) [14]	島嶼国であるため、地理的な隔絶性があり、広域収集が困難で、埋立処分場までの輸送が困難 (－) [14]
ベトナム	廃棄物の分別				
	廃棄物政策及び法規制				
	事業主体	公社ないしは民間委託 [15]	公社ないしは民間委託 [15]	公社ないしは民間委託 [15]	公社ないしは民間委託 [15]
	その他	処理手法別に国が処理料金の水準を定めており、それが低く設定されている (－) [15]	処理手法別に国が処理料金の水準を定めており、それが低く設定されている (－) [15] 豊富な降水によりごみの含水率が高くなり、MBT が機能しない (－) [15]	一部都市で埋立処分場に対する住民反発が発生 (－) [15]	一部都市で埋立処分場に対する住民反発が発生 (－) [15]
ミャンマー	廃棄物の分別		分別が十分でない (－) [16]		
	廃棄物政策及び法規制	個別の法規制なし [16]	個別の法規制なし [16]	個別の法規制なし [16]	個別の法規制なし [16]
	事業主体		自治体 [16]	自治体 [16] 民間委託の検討中	自治体 [16] 民間委託の検討中
	その他		化学肥料価格が堆肥に比べて安い (－) [16]		

\*1: 5章で実施したインタビュー結果

注: 「+」、「-」はそれらの要因が各廃棄物処理手法の選択を促進 (+) ないしは回避 (-) する影響を与えることを示す。

表 6-3 で国別に示した提示したモデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因を一般化して整理した結果は表 6-4 のとおりである。

選択モデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因としては、まず、廃棄物の分別の状況が挙げられる。廃棄物の分別が十分であると、堆肥化などがうまく行えず、堆肥が販売できなくなる可能性が生じる。特に、実際に事業を進めてから農家が堆肥の受け入れを拒否する場合などもあるため、前もって予測して選択モデルに反映することが難しい。

廃棄物政策及び法規制に関して、廃棄物発電に対する推進施策があると、焼却や埋立処分 (発電あり) の促進がされ、NPV で算出される結果よりもこれらの導入が進みうる。また、フィリピンで焼却の導入が禁止されているように、法的にいずれかの手法が規制されている場合は、そもそも当該手法の導入ができない [13]。

事業主体に関して、事業主体が民間の場合は、政治的に不安定であって事業環境が変わる可能性があったり、十分な NPV が確保できないなど事業リスクがあると認識すると、実際の NPV が正であっても事業を立ち上げない。

その他、NGO による焼却処理に対する批判が強いと、焼却処理が選択されにくくなる。また、過去に事故があると周辺住民等の反対により、事故を生じた手法の導入が困難になる。ウェイトピッカーが存在すると、覆土が困難になり、埋立（発電あり）における発電効率が下がり、期待どおりの NPV を得ることができなくなる。堆肥の需要が少なかったり、競合する化学肥料の流通価格が安いと、期待するほど堆肥の売却益が得られず、堆肥化の NPV が低下する。事前に堆肥の需要や化学肥料との競合を予想できる場合は選択モデルに反映して分析できるが、予想が難しい場合は選択モデル上の分析が難しい。さらに、降水量が多いと、原料の通気性が確保されずに酸素が供給されにくく、堆肥化がうまく進まなくなる。

このように、選択モデルを適用して廃棄物処理手法の選択を検討する場合は、こうした選択モデルでは分析できない社会的要因にも留意しておくことが望ましい。

表 6-4 提示したモデルでは分析できない  
廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因（まとめ）

社会的要因	廃棄物処理手法の選択への影響
廃棄物の分別度	・ 分別が不十分だと、堆肥化などがうまく行えず、堆肥が販売できなくなる。
廃棄物政策及び法規制	・ 廃棄物発電に対する推進施策があると、焼却や埋立処分（発電あり）の促進がされ、NPV で算出される結果よりもこれらの導入が進みうる。 ・ 法的にいずれかの手法が規制されていると、そもそも当該手法の導入ができない。
事業主体の事業リスクの認知	・ 事業主体に関して、事業主体が民間の場合は、政治的に不安定であって事業環境が変わる可能性があったり、十分な NPV が確保できないなど事業リスクがあると認識すると、実際の NPV が正であっても事業を立ち上げない。
その他	・ NGO による焼却処理に対する批判が強いと、焼却処理が選択されにくくなる。 ・ 過去に事故があると周辺住民等の反対により、事故を生じた手法の導入が困難になる。 ・ ウェイトピッカーが存在すると、覆土が困難になり、埋立（発電あり）における発電効率が下がり、期待どおりの NPV を得ることができなくなる。 ・ 堆肥の需要が少なかったり、競合する化学肥料の流通価格が安いと期待するほど堆肥の売却益が得られず、堆肥化の NPV が低下する。 ・ 降水量が多いと、原料の通気性が確保されずに酸素が供給されにくく、堆肥化がうまく進まなくなる。

### 6.3.3 選択モデルの適用～タイを事例に

2章では、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールについて、廃棄物処理手法の変化の要因について分析したが、これらの国・地域では、最終処分場の逼迫と、廃棄物発電の売電価格が廃棄物処理手法の選択に影響を与えていた。そこで、最終処分場の逼迫と、廃棄物発電の売電価格がアジアの廃棄物処理手法の選択に影響を与える“主要な”社会変化とし、これらの変化に伴って生じる廃棄物処理手法の優位性の変化を NPV の比較という視点で分析する。

ただし、最終処分場の逼迫については、そのまま直接変数として扱うのは難しい。そこで、今回は最終処分場の建設コストのうち、土地の確保費用（パーツ/t）に着目して分析を行うこととした。もう一つの社会要因の変数である売電価格は、電力の卸売価格（パーツ/kWh）とした。

5章で実施した単位コストを基準とし、土地の確保費用  $L$ （パーツ/t）と電力の卸売価格  $P$ （パーツ/kWh）を変数とすると、(6-1)～(6-4) 式の NPV は (6-11)～(6-14) 式で計算できる。なお、計算を容易にするために、乗数については、最終的には四捨五入等で近似値を取ることとした。また、収入に占める処理費の単価は 800 パーツ/t[8]とし、割引率  $r$  はインフレ率と等しいと仮定し、タイの 1990 年～2012 年の平均インフレ率である 3.6%[9]と設定した。

(1) 焼却（発電あり）の NPV（単位：百万パーツ）

$$NPV_{inc} = -IN_{inc} - LF_{inc} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{inc,t} - C_{inc,t})}{(I+r)^{t-1}}$$

$$\doteq 873P - 0.225L - 2148 \dots\dots\dots (6-11)$$

ここで、

$$IN_{inc}(\text{百万パーツ}) = 900 \text{ 百万パーツ}$$

$$LF_{inc}(\text{百万パーツ}) = 9 \text{ 千 t} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6 \text{ パーツ/t}) \times 0.001 = 0.225L + 64$$

$$I_{inc,t} - C_{inc,t} = t \text{ 年の処理による収入} + t \text{ 年の売電収入} - t \text{ 年の焼却の運転管理費用} \\ - t \text{ 年の焼却残渣の埋立処分費用}$$

$$t \text{ 年の処理による収入(百万パーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times 800 \text{ パーツ/t} = 112 \text{ 百万パーツ/年}$$

$$t \text{ 年の売電収入(百万パーツ/年)} = P \times 34,907 \text{ MWh}$$

$$t \text{ 年の焼却の運転管理費用(百万パーツ/年)} = 158 \text{ 百万パーツ/年}$$

$$t \text{ 年の埋立の運転管理費用(百万パーツ/年)} = 21 \text{ 百万パーツ/年} \times \frac{9}{140} = 1.35 \text{ 百万パーツ/年}$$

(2) 堆肥化の NPV(単位：百万バーツ)

$$NPV_{\text{comp}} = -IN_{\text{comp}} - LF_{\text{comp}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{comp},t} - C_{\text{comp},t})}{(1+r)^{t-1}} \div -1.575L + 679 \dots \dots \dots (6-12)$$

ここで、

$$IN_{\text{comp}}(\text{百万バーツ}) = 890 \text{ 百万バーツ}$$

$$LF_{\text{comp}}(\text{百万バーツ}) = 63 \text{ 千 t} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6) = 1.575L + 445$$

$$I_{\text{comp},t} - C_{\text{comp},t} = \text{t 年の処理による収入} + \text{t 年の堆肥の販売収入}$$

$$- \text{t 年の堆肥化の運転管理費用} - \text{t 年の堆肥化残渣の埋立処分費用}$$

$$\text{t 年の処理による収入(百万バーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times 800 \text{ バーツ/t}$$

$$\text{t 年の堆肥の販売収入(百万バーツ/年)} = 46 \text{ 百万バーツ}$$

$$\text{t 年の堆肥化の運転管理費用(百万バーツ/年)} = 68 \text{ 百万バーツ/年}$$

$$\text{t 年の堆肥化残渣の埋立処分費用(百万バーツ/年)} = 21 \text{ 百万バーツ/年} \times \frac{63}{140}$$

(3) 埋立処分 (メタンガス回収発電あり) の NPV

$$NPV_{\text{meth}} = -IN_{\text{meth}} - LF_{\text{meth}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{meth},t} - C_{\text{meth},t})}{(1+r)^{t-1}}$$

$$= -892 \text{ 百万バーツ} - 140 \text{ 千 t} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6 \text{ バーツ}) +$$

$$(\text{t 年の処理費用による収入} - \text{t 年のメタンガス回収発電の運転管理費用} - \text{t 年の埋立処分費用}) \times 25 \text{ 年} + \text{売電収入 (25 年分)}$$

$$\div -1.75L - 206 + 422P \dots \dots \dots (6-13)$$

ここで

$$IN_{\text{meth}}(\text{百万バーツ}) = 892 \text{ 百万バーツ} \times 60\%$$

処理量が半減した場合に 40% だけ低減したと想定すると、

$$LF_{\text{meth}}(\text{百万バーツ}) = 140 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6 \text{ バーツ/t}) = 1.75L + 495$$

$$\text{処理による収入(百万バーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times 800 \text{ バーツ/t}$$

$$\text{メタンガス回収発電の運転管理費用(百万バーツ/年)} = 24 \text{ 百万バーツ/年}$$

$$\text{埋立の運転管理費用(百万バーツ/年)} = 21 \text{ 百万バーツ/年}$$

$$\text{売電収入 (25 年分) (百万バーツ)} = 422,078,416 \times \frac{1}{2} \text{ kWh} \times P$$

なお、メタンガス回収施設の投資額は大林組[10]の試算結果をベースに、892 百万バーツとした (1 施設あたり 285.3 百万円 ÷ 3.2 円/バーツ = 89.2 百万バーツの、317kW 規模

のメタンガス回収設備と発電設備を 10 台導入すると想定)。また、メタンガスの発生量が毎年異なるため、その値は年によって異なる。運転管理費用は(人件費 3.1 百万円/年+定期メンテナンス費用 7.4 百万円/年×10 基)÷3.2 円/パーツ=24 百万パーツとした。

t 年の処理費用による収入-t 年のメタンガス回収発電の運転管理費用-t 年の埋立処分費用は、すべてその上昇率とインフレ率と割引率 (r) が 3.6% と等しいと仮定しているため、25 年の合計値には、その合算値に 25 を乗じたものを用いた。

その発電量は設備の導入規模にも依存する。表 6-5 のとおり、合計の発電額は 422.0 百万 kWh とする。電力価格のインフレ率と割引率 (r) が 3.6% と等しいと設定しているため、売電収入の現在価値の合計は 422.0 百万 kWh に 2012 年の電力価格を乗じた額となる。

表 6-5 タイにおけるメタンガス回収・発電設備の整備状況

	メタン発生量 (10 億 t)	発生量 (百万 m <sup>3</sup> )	回収量 (百万 m <sup>3</sup> )	発電機 導入基数	メタンガス 最大消費量 (百万 m <sup>3</sup> )	稼動 効率	発電量 (百万 kWh)
1	0						
2	7.6	10.6	5.3	10	15.3	35%	6.5
3	12.8	17.8	8.9	10	15.3	58%	10.9
4	16.3	22.7	11.3	10	15.3	74%	13.9
5	18.7	26.0	13.0	10	15.3	85%	16.0
6	20.3	28.3	14.2	10	15.3	92%	17.4
7	21.4	29.9	14.9	10	15.3	100%	18.8
8	22.2	31.0	15.5	10	15.3	100%	18.8
9	22.8	31.8	15.9	10	15.3	100%	18.8
10	23.2	32.4	16.2	10	15.3	100%	18.8
11	23.5	32.8	16.4	10	15.3	100%	18.8
12	23.7	33.1	16.6	10	15.3	100%	18.8
13	23.9	33.4	16.7	10	15.3	100%	18.8
14	24.1	33.6	16.8	10	15.3	100%	18.8
15	24.2	33.7	16.9	10	15.3	100%	18.8
16	24.3	33.9	16.9	10	15.3	100%	18.8
17	24.4	34.0	17.0	10	15.3	100%	18.8
18	24.5	34.1	17.1	10	15.3	100%	18.8
19	24.5	34.2	17.1	10	15.3	100%	18.8
20	24.6	34.3	17.1	10	15.3	100%	18.8
21	24.7	34.4	17.2	10	15.3	100%	18.8
22	24.7	34.5	17.2	10	15.3	100%	18.8
23	24.8	34.5	17.3	10	15.3	100%	18.8
24	24.8	34.6	17.3	10	15.3	100%	18.8
25	24.9	34.7	17.3	10	15.3	100%	18.8
合計							422.0

出所：筆者作成

(4) 埋立処分（発電なし）の NPV(単位：百万バーツ)

$$NPV_{IfN} = -LF_{If} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{If,t} - C_{If,t})}{(I+r)^{t-1}}$$

$$\Rightarrow -3.5L + 1286 \dots\dots\dots (6-14)$$

ここで、埋立処分の投資額は

$$LF_{If}(\text{百万バーツ}) = 140 \text{ 千 t} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6) = 3.5L + 989$$

$$I_{If,t} - C_{If,t} = \text{処理による収入} - \text{埋立の運転管理費用} = 91 \text{ 百万バーツ}$$

$$\text{処理による収入(百万バーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times 800 \text{ パーツ/t}$$

$$\text{埋立の運転管理費用(百万バーツ/年)} = 21 \text{ 百万バーツ/年}$$

したがって、(6-5) ~ (6-10) 式は以下のように表される。

(6-5) 式は、

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{堆肥化の } NPV_{comp}$$

$$\Rightarrow 873P - 0.225L - 2,148 = -1.575L + 679$$

$$\Rightarrow P = -0.00155L + 3.24 \dots\dots\dots (6-15)$$

(6-6) 式は、

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{埋立処分（メタンガス回収発電あり）の } NPV_{meth}$$

$$\Rightarrow 873P - 0.225L - 2,148 = -3.5L - 206 + 422P$$

$$\Rightarrow P = -0.00726L + 4.31 \dots\dots\dots (6-16)$$

(6-7) 式は、

$$\text{焼却の } NPV_{inc} = \text{埋立処分（発電なし）の } NPV_{If}$$

$$\Rightarrow 873P - 0.225L - 2,148 = -3.5L + 1286$$

$$\Rightarrow P = -0.00375L + 3.93 \dots\dots\dots (6-17)$$

(6-8) 式は、

$$\text{堆肥化の } NPV_{comp} = \text{埋立処分（メタンガス回収発電あり）の } NPV_{meth}$$

$$\Rightarrow -1.575L + 679 = -3.5L - 206 + 422P$$

$$\Rightarrow P = 0.00456L + 2.10 \dots\dots\dots (6-18)$$

(6-9) 式は、

$$\text{堆肥化の } NPV_{comp} = \text{埋立処分（発電なし）の } NPV_{If}$$

$$\Rightarrow -1.575L + 679 = -3.5L + 1286$$

$$\Rightarrow 1.925L = 607$$

$$\Rightarrow L = 315 \dots\dots\dots (6-19)$$

(6-10) 式は、  
 埋立処分（メタンガス回収発電あり）の  $NPV_{meth}$  = 埋立処分（発電なし）の  $NPV_{if}$   
 $\Rightarrow -3.5L - 206 + 422P = -3.5L + 1286$   
 $\Rightarrow 422P = 1128$   
 $\Rightarrow P = 3.54 \dots\dots\dots (6-20)$

(6-15) ~ (6-20) 式に基づき、土地の確保費用  $L$  (パーツ/t) と電力の卸売価格  $P$  (パーツ/kWh) を変化させた場合の各廃棄物処理手法の NPV からみた優位性を図示すると、図 6-2 のとおりとなった。

(6-15) ~ (6-20) 式を図示したもの

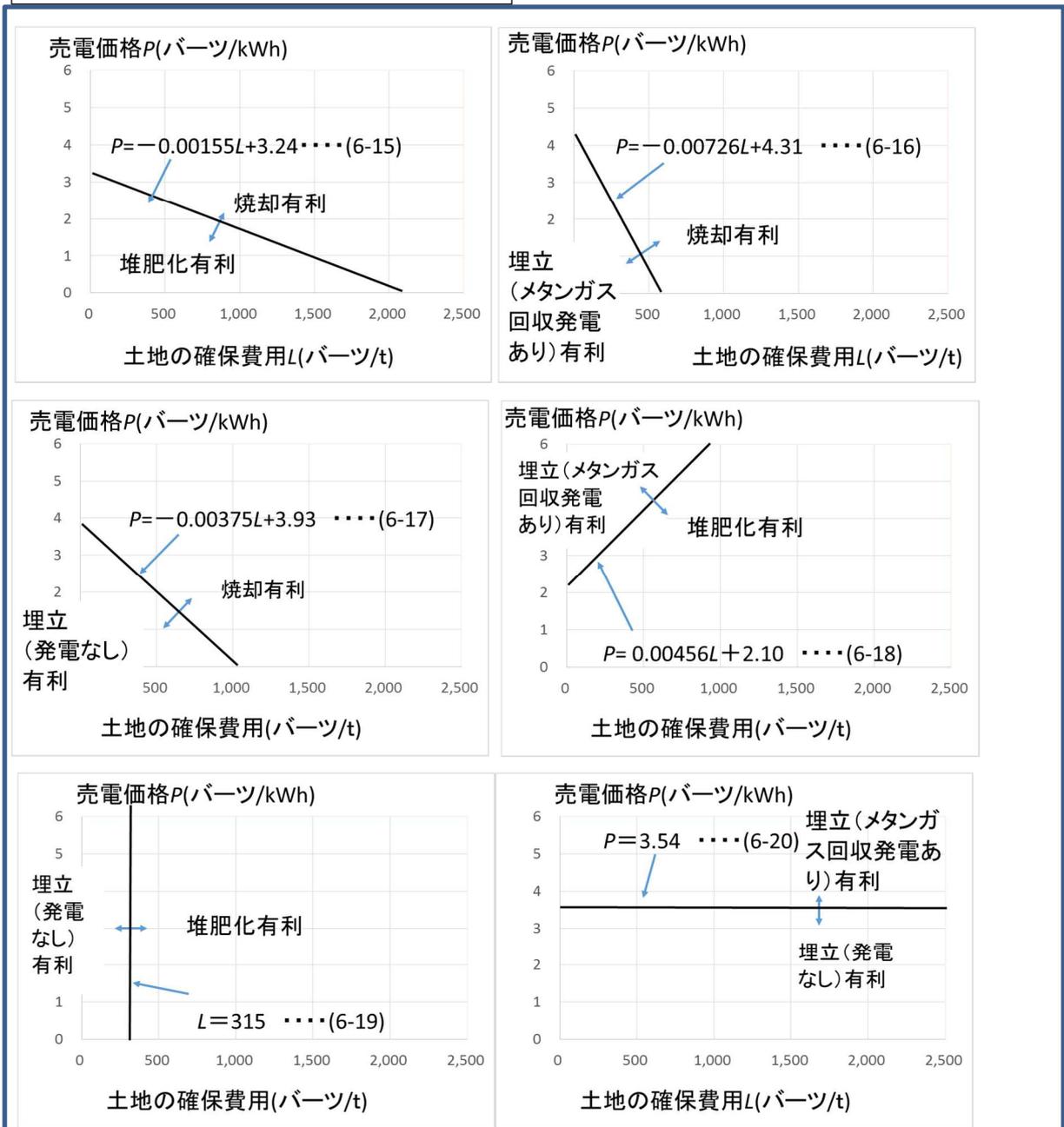


図 6-2 各手法間で一対比較した場合に NPV が等しくなる境界線

これら、6つの式及び、廃棄物処理手法間の優位性を比較した結果をまとめると、次ページの図 6-3 が得られる。

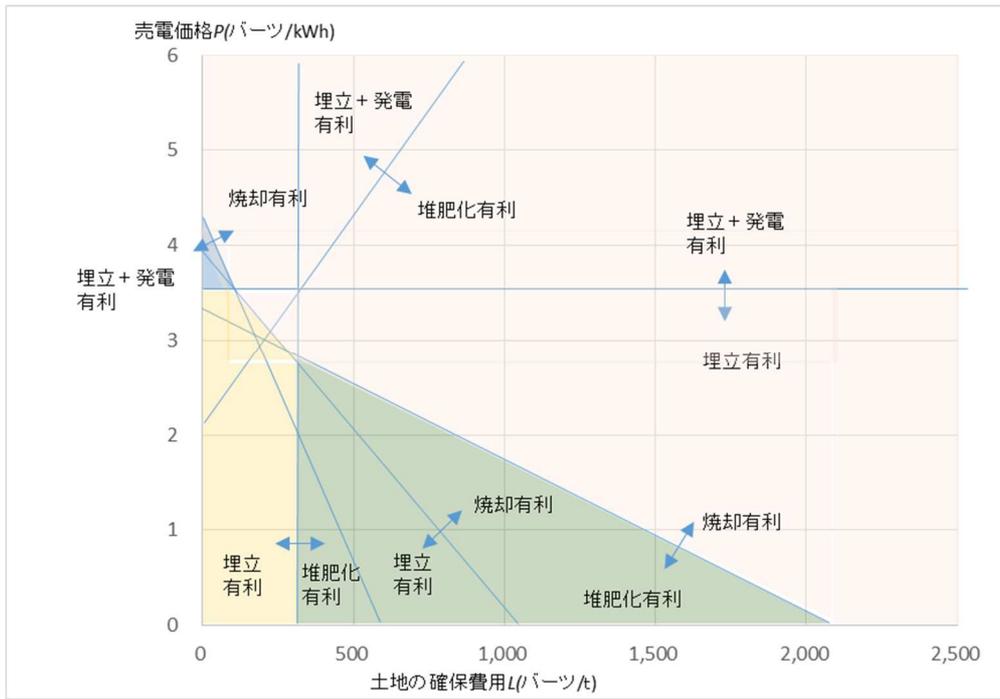


図 6-3 一対比較によって得られた境界線のまとめ

さらに図 6-3 を整理して、各手法が最も有利になる領域をまとめると、図 6-4 のようになる。

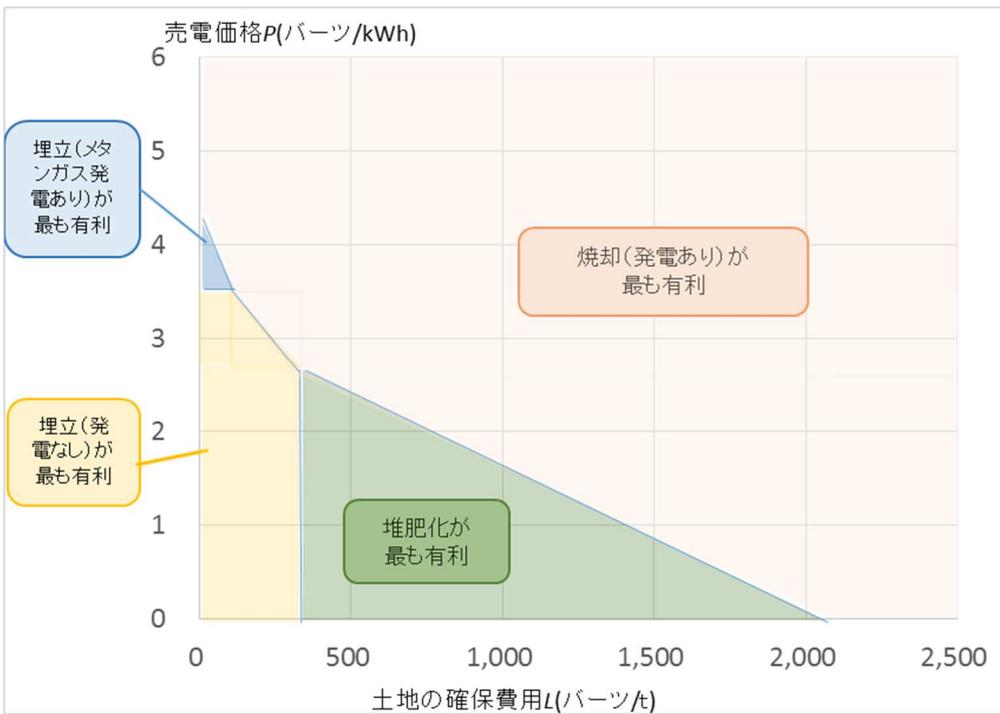


図 6-4 NPV の一対比較から得られた最も優位な廃棄物処理手法の領域 (タイ)

図 6-4 の右上の部分、土地の確保費用  $L$  (パーツ/t) と電力の卸売価格  $P$  (パーツ/kWh) が高い領域は、焼却が最も有利になる。

また、右下の部分、土地の確保費用  $L$  (パーツ/t) はある程度高く (325 パーツ/t 以上)、電力の卸売価格  $P$  (パーツ/kWh) が低い場合には、堆肥化が最も有利になる。

左上の部分、土地の確保費用  $L$  (パーツ/t) が低く、電力の卸売価格  $P$  (パーツ/kWh) が一定程度高い (3.54 パーツ/kWh 以上) 場合には、埋立処分 (メタンガス回収発電あり) が最も有利になる。

左下の部分、土地の確保費用  $L$  (パーツ/t) も電力の卸売価格  $P$  (パーツ/kWh) も低い場合は、埋立 (発電なし) が最も有利になる。

5章では、バンコクにおいて焼却が導入された要因について様々な観点から分析を行ったが、経済的な要因という視点からは、図 6-5 の赤字の点線矢印で示したように (具体的な価格推移は補論 4 を参照)、バンコクにおける過去の経済発展に伴う土地価格、電力価格の上昇によって、土地の確保費用も電力の卸売価格も十分に高い水準にあり、すでに焼却が十分進む環境が整っていたと言える。さらに、図 6-5 の赤字の実線矢印で示したように、廃棄物発電の売電価格に対する上乘せ制度は、他の処理手法に対して焼却を経済的に極めて有利な状況に変化させたのである。

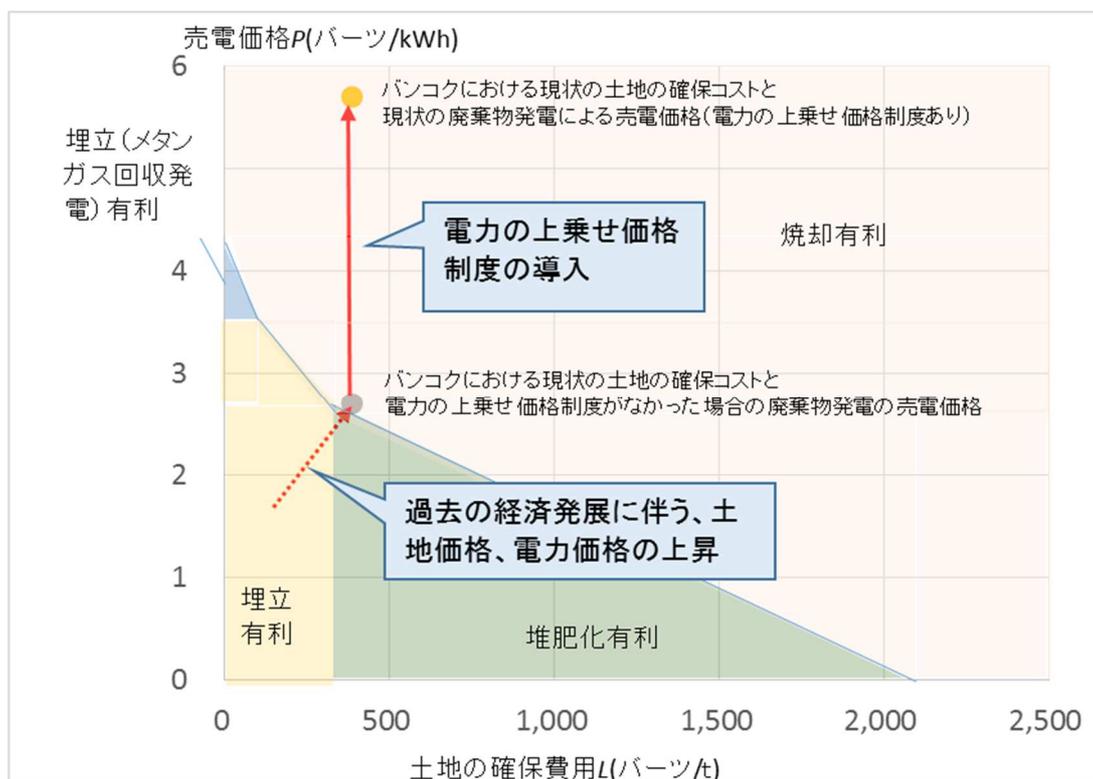


図 6-5 タイバンコクにおける電力の上乗せ価格制度の導入効果

なお、仮にバンコクにおいて、フィリピンのように焼却が禁止されていた場合は、(6-15)～(6-17)式を考慮する必要がなくなるので、各廃棄物処理手法間の優位性は図 6-6 のようになる。焼却が禁止されることにより、焼却が優位になる領域が無くなり、他の廃棄物処理手法が有利になる領域が広がる。本選択モデルは、こうした想定にも対応できるモデルである。

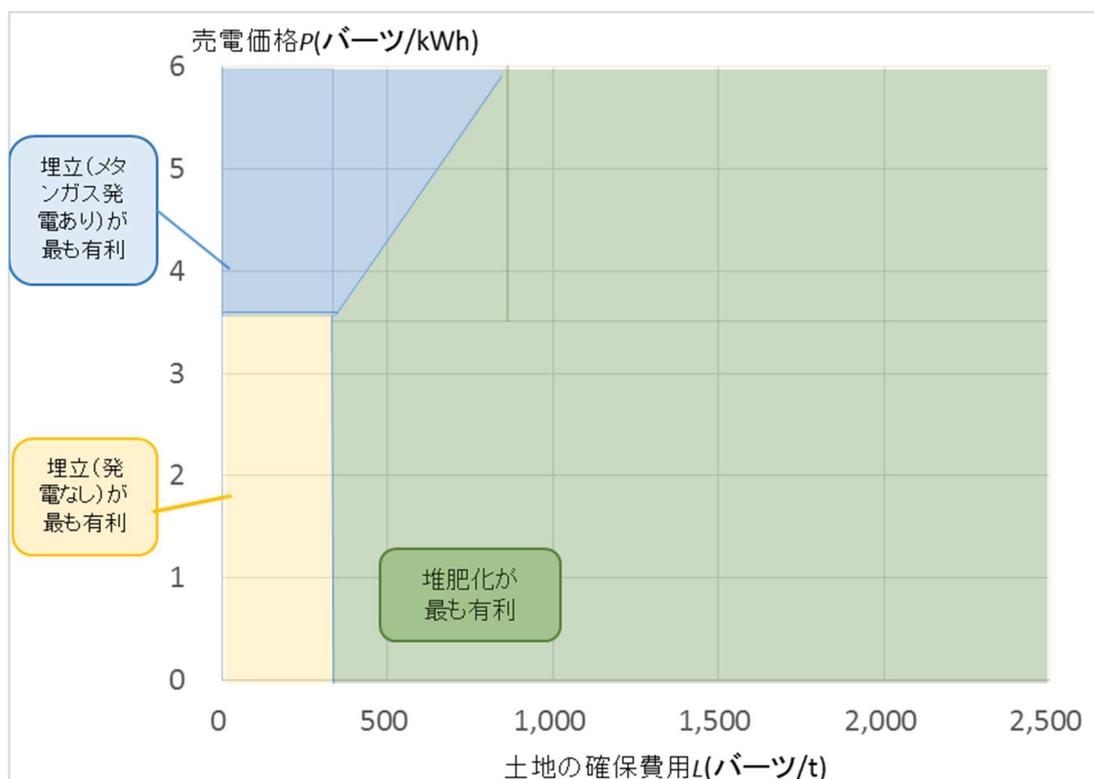


図 6-6 焼却が禁止されていた場合の各廃棄物処理手法の優位性

また、(6-15)～(6-20)式を算出する際に、本研究では前提となる諸条件、例えば建設単価を一義的に定めたが、日本等。既存のプラントが多数存在する場合など、既存のデータがある程度多く集められる場合は、諸条件となる建設単価の信頼区間を求めらることによって、(6-15)～(6-20)式に信頼区間を設定して幅を持たせて分析することも可能である。

### 6.3.4 各国における廃棄物処理手法選択上の留意点

選択モデルによる分析結果をふまえ、廃棄物処理手法を選択する際の留意点を5点に集約して、以下のとおり提示する。

#### ①土地価格・電力価格の見通しを踏まえた廃棄物処理手法の選択

6.3 で示したとおり、土地の確保費用と電力価格の変化によって、経済的な観点から最も有利な廃棄物処理手法が変化する。したがって、これらの将来的な見通しを踏まえて分析することが重要になる。

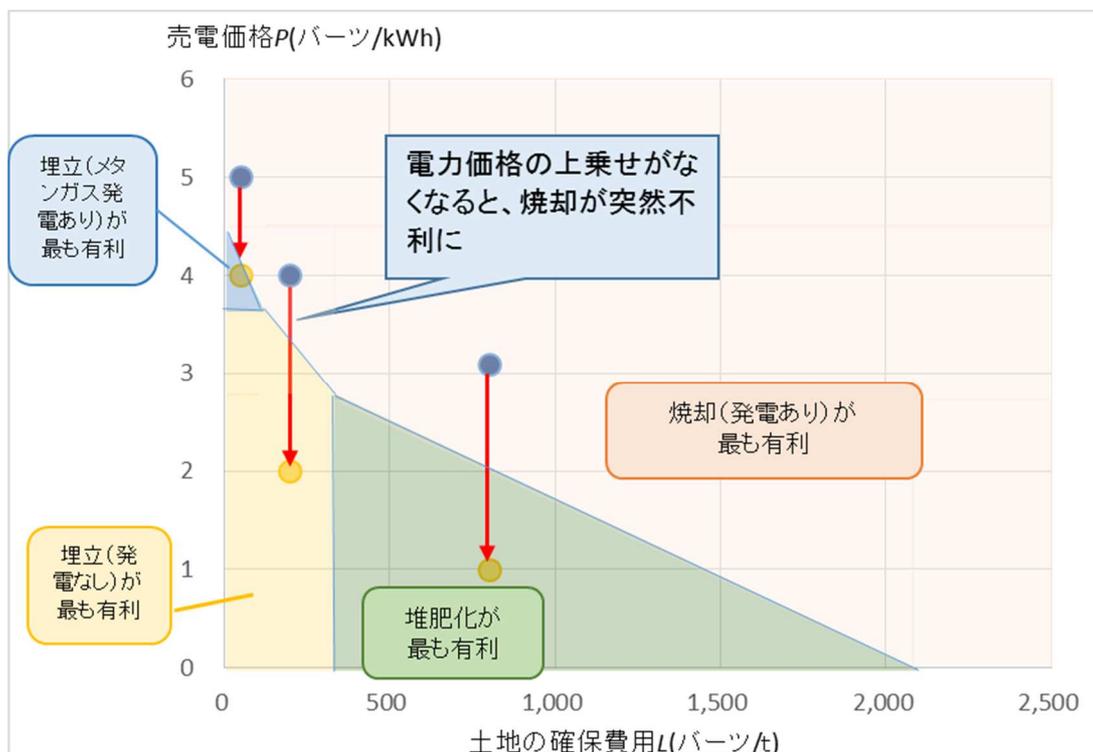
経済発展に伴って人々の意識が高まると、NIMBYの問題などが発生して土地の確保費用が高騰することなども予想される。土地の確保費用は、単なる過去の傾向から分析するのではなく、他国の事例等も踏まえて分析を行う必要がある。また、電力価格についても、途上国の場合は、政治的に電力補助金が導入される<sup>34</sup>ことなどによって、電力価格が適正な水準に設定されていないことが多い。したがって、急に電力価格が引きあがったり、引き下がったりする可能性もあるため、留意が必要である。

#### ②再生可能エネルギー施策の適切な考慮

2章及び5章の分析の結果、焼却や埋立処分場からのメタンガス発電の導入に関して、再生可能エネルギー政策が大きな影響を与えていることが明らかになった。もし、固定買取価格が引き上げられると、焼却や埋立処分場からのメタンガス発電が導入しやすい方向に動くであろうし、逆に、図6-7に示すように、突然固定価格買取制度がなくなった場合に、焼却や埋立処分場からのメタンガス発電が突然不利になる（プロットが下方に移行する）可能性もある。特に、独立系発電事業者（Independent Power Producer：IPP）等、民間企業が焼却による発電事業を担っている場合には、そうした企業が倒産し、突然廃棄物が処理できなくなるといった問題も考えられ、注意が必要である。

---

<sup>34</sup> 例えば、バングラデシュなどでは、Bangladesh Power Development Board（BPDB）に対する巨額の補助金が長期融資の形で提供されており、BPDBの財務状況が極めて悪い状況にある。[21]



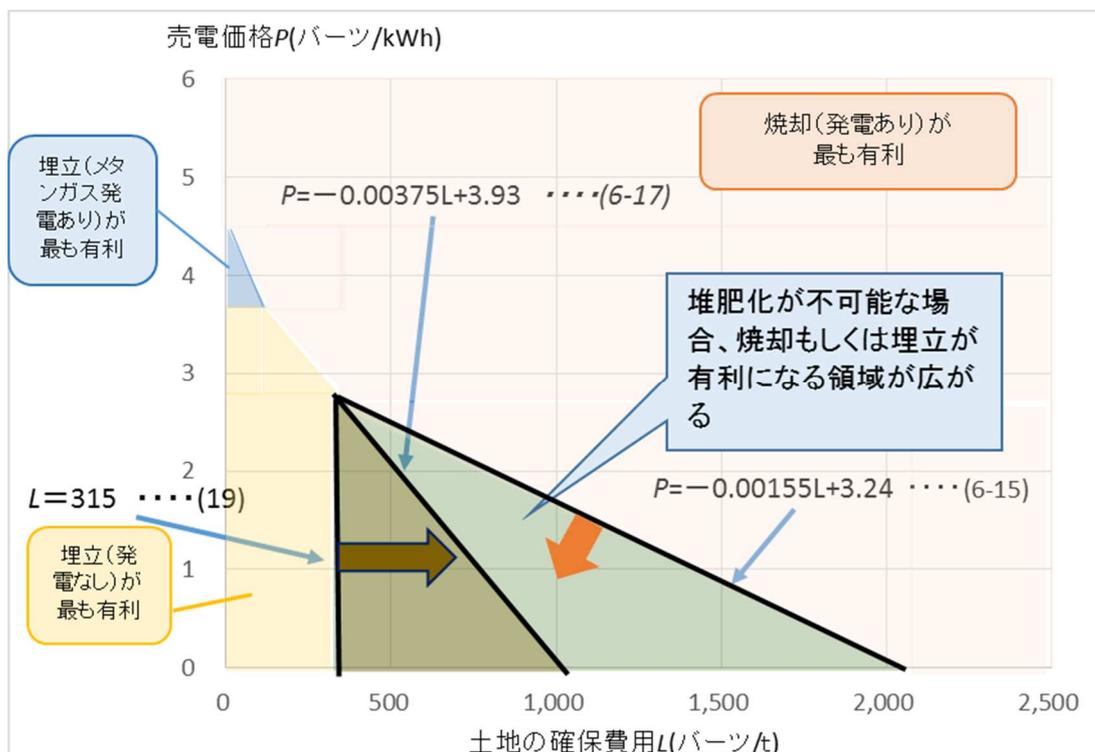
出所：筆者作成

図 6-7 上乗せ価格制度の撤廃に伴う廃棄物処理手法の優位性に対する影響

廃棄物処理手法の選択は、通常は自治体の関係部局が担当しているが、当該担当部署に対して、中央政府が再生可能エネルギーの施策に関する情報を十分提供していくことが、再生可能エネルギー政策の変更による廃棄物施策への影響を最小限にすることにつながる。

### ③堆肥化のポテンシャルの慎重な考慮

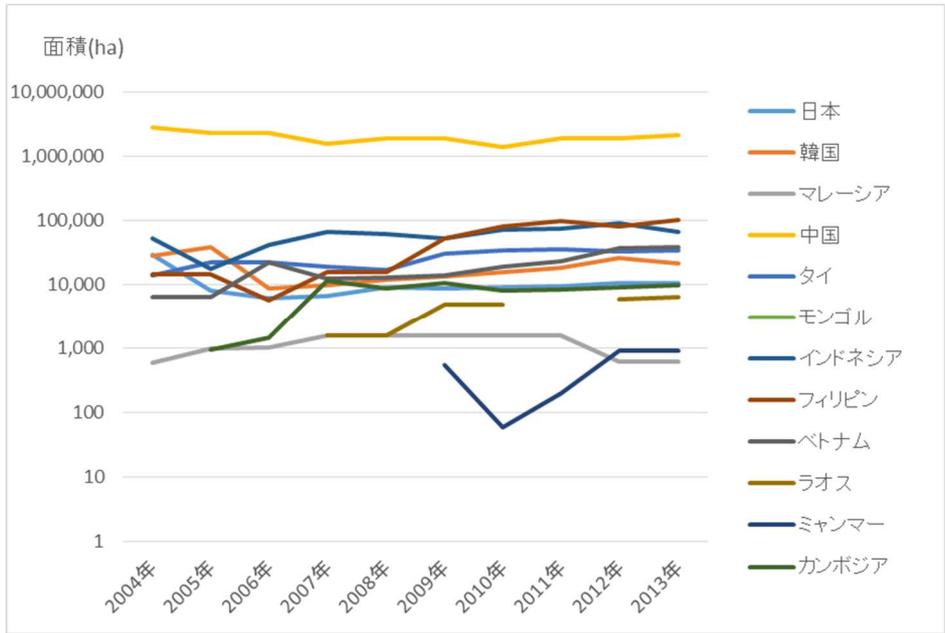
5章でも、バンコク市役所の関係者からのコメントとして述べたとおり、バンコクでは堆肥化を進める上で、堆肥の受け入れ先の確保が課題となった。中国でも同様の課題が指摘されている。したがって、堆肥が全量販売可能な前提の下では堆肥化を進めることが最も有利になる場合でも、堆肥化の受け入れ先が見つからない場合は図 6-8 に示されるように堆肥化が優位な領域が小さくなるため、堆肥化の有利さが薄れ、焼却もしくは埋立が有利になる。



出所：筆者作成

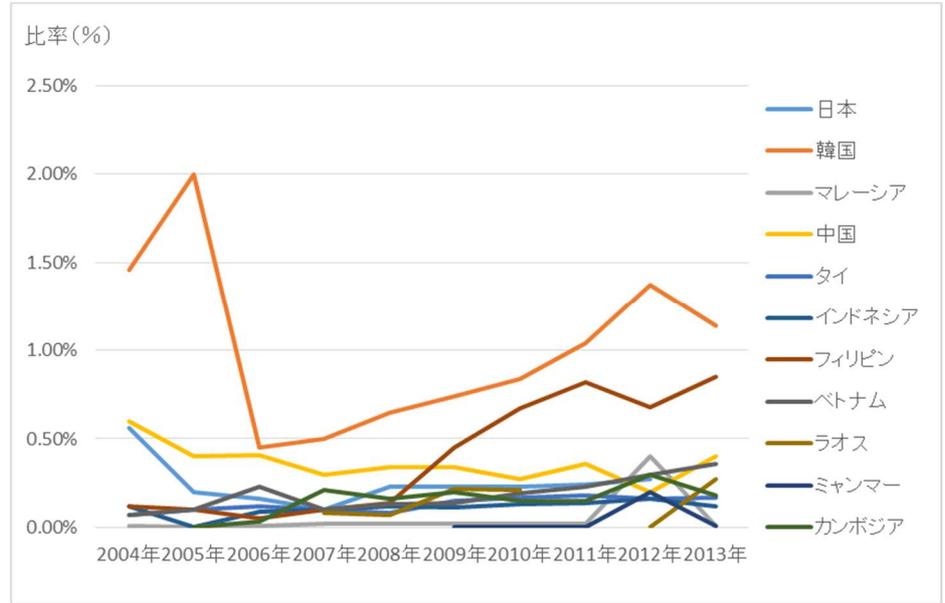
図 6-8 堆肥の受け入れ先がなかった場合の廃棄物処理手法の優位性に対する影響

実際の推進の際は堆肥化のポテンシャルを考慮して進める必要があることが示されたが、ポテンシャルに関する各国の実情はどのようになっているのであろうか。図 6-9 は有機農業が行われている農地の面積である。中国が突出しており、次にフィリピン、インドネシアの面積が大きい。また、図 6-10 は、全農地に占める有機農業栽培面積の比率である。韓国、フィリピンで上昇傾向が見られるものの、その他の国は緩やかな変化にとどまっている。



出所：IFOAM「World of Organic Agriculture」各年版より筆者作成

図 6-9 アジア各国における有機農業が行われている農地の面積（対数表示）



出所：IFOAM「World of Organic Agriculture」各年版より筆者作成

図 6-10 アジア各国における有機農業が行われている農地の比率

使用可能堆肥量を施肥可能面積×10 (t/ha) [22] とし、有機農業栽培の土地ですべて堆肥を受け入れると仮定し、各国の厨芥の比率を表 3-1 として、さらにごみの堆肥

化率をバンコクのケースと同様に 30%と設定し、堆肥の投入可能量と各国のごみをすべて堆肥化した際の受入可能率（堆肥の投入可能量/堆肥生産量）を推計してみると表 6-6 のようになる。

受入可能率を見ると、フィリピンが 84.7%と最も高く、次が中国で 80.9%である。韓国は、有機農業が行われている農地の比率は高いものの、有機栽培面積の絶対量は大きくないため、受入可能率は 15.0%にとどまる。

表 6-6 有機農業栽培面積に基づくアジア各国の堆肥の投入可能量と受入可能率

	有機農業 栽培面積(千 ha)	堆肥の投入可能 量(万 t/年)	ごみ発生量 (万 t/年)	堆肥生産量 (万 t/年)	受入可能率*
日本	11	11	4,487	267	4.0%
韓国	21	21	1,788	141	15.0%
マレーシア	1	1	1,177	166	0.4%
中国	2,094	2,094	17,618	2,590	80.9%
タイ	34	34	1,517	196	17.3%
モンゴル	13	13	—	—	—
インドネシア	66	66	5351	1,011	6.5%
フィリピン	101	101	1,219	120	84.7%
ベトナム	37	37	2,099	206	18.2%
ラオス	6	6	—	—	—
ミャンマー	1	1	—	—	—
カンボジア	10	10	—	—	—

\*受入可能率＝堆肥の投入可能量／堆肥生産量

出所：有機農業栽培面積は IFOAM 「World of Organic Agriculture」各年版より筆者作成

例えば、ミャンマーにおいて堆肥化を進めることを考えた場合、ヤンゴンの廃棄物発生量だけに限定しても、その発生量は約 1,700 万 t/日であり、年間にすると、62 万 t である。したがって、堆肥の生産量は 14 万 t/年となる。これに対して、堆肥の受入可能量は 8,970t/年であり、堆肥の生産量が堆肥の受入可能量を超えてしまう。したがって、現状ではミャンマーにおいて堆肥化を進めたとしても、その堆肥の受入先を見つけるのが困難になると思われる。ミャンマーにおいて堆肥化が進展するには、ミャンマーにおける有機農業の進展が前提になると考えられる。

以上、堆肥化の推進は、堆肥の受入先の確保が前提となる。土地価格が一定程度高く、電力料金が低いケースでは、堆肥化が一見有利になるものの、堆肥の受け入れ先があるか十分確認しないと、結果として堆肥化を選択したことが、経済性の低い廃棄物処理手法を選択したことになる。

#### ④上流側の施策の影響の適切な考慮

今回本研究で対象としたのは、処理・処分という廃棄物の流れの下流側の取り組みであるが、排出抑制や再利用などの上流側の取り組みの影響も考慮する必要がある。上流側の取り組みによって、廃棄物の発生量を大幅に減らせる場合はこういった効果が期待できるのであろうか。

まず、処理・処分量の減少に伴い、各廃棄物処理手法の有利な領域が変化する可能性がある。特に、埋立処分（発電なし）が有利になる可能性が考えられる。焼却や堆肥化、メタンガス回収発電などは、処理量が 500t/日から 250t/日になったとしても、建設費用が半減するわけではない（規模が小さくなると処理能力あたりの建設単価が増える）[24、25]<sup>35</sup>。

他方で、埋立処分は、埋立処分場の施設規模を一定として使用年数だけを増やした場合には、処分量に関わらず処理能力あたりの建設単価は変動しない（処分量が増えても埋立処分場の容量は同じと想定した場合）。

表 6-7 焼却炉の規模と建設単価

	件数	建設単価 (契約額(百万円) / 処理能力(t))
100t 未満	25	63.8
100t 以上、200t 未満	34	53.1
200t 以上、300t 未満	19	49.6
300t 以上	22	44.0

注) 平成 11 年～13 年との調査結果と平成 14 年の調査結果を重み付けして算出  
出所: 環境省、廃棄物処理施設整備の入札状況等に係る調査[24]

<sup>35</sup> メタンガス回収発電施設については、施設規模と建設費用との関係を分析した先行研究が見つからなかったが、メタン発酵施設に関して施設規模が大きくなると、処理能力あたりの建設費用は下がるため、メタンガス回収発電についても同様のことが言えると想定した。

表 6-8 堆肥化とメタン発酵施設の規模と建設単価

	規模 (t/日)	建設費 (百万円)	建設単価 (百万円/t/日)
堆肥化(生ごみ)	25	960	38.4
	50	1,350	27.0
	100	2,000	20.0
生ごみ(液肥利用)メタン発酵	25	1,090	43.6
	50	1,898	38.0
	100	3,304	33.0

出所：規模及び建設費は農林水産バイオリサイクル研究[25]、建設単価は筆者計算

仮に、焼却や堆肥化、メタンガス発電の建設費用が、処理量が 500t/日から 250t/日になった場合に費用が 40%だけ低減したと想定すると、それぞれの NPV は以下のように変化する。

(1) 焼却(発電あり)の NPV (百万パーツ)

$$NPV \text{ (百万パーツ)} = -IN_{inc} - LF_{inc} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{inc,t} - C_{inc,t})}{(1+r)^{t-1}}$$

$$\doteq 437P - 0.113L - 1,164 \dots\dots\dots (6-27)$$

なお、

$$IN_{inc} \text{ (百万パーツ)} = 900 \text{ 百万パーツ} \times 60\%$$

処理量が半減した場合に 40%だけ低減したと想定。

$$LF_{inc} \text{ (百万パーツ)} = 9 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6) = 0.113L + 32$$

$$I_{inc,t} - C_{inc,t} = t \text{ 年の処理による収入} + t \text{ 年の売電収入} - t \text{ 年の焼却の運転管理費用} \\ - t \text{ 年の焼却残渣の埋立処分費用}$$

$$t \text{ 年の処理による収入 (百万パーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 800 \text{ パーツ/t} = 56 \text{ 百万パーツ/年}$$

$$t \text{ 年の売電収入 (百万パーツ/年)} = P \times 34,907 \text{ MWh}$$

$$t \text{ 年の焼却の運転管理費用 (百万パーツ/年)} = 158 \text{ 百万パーツ/年} \times \frac{1}{2} = 79 \text{ 百万パーツ/年}$$

$$t \text{ 年の埋立の運転管理費用 (百万パーツ/年)} = 21 \text{ 百万パーツ/年} \times \frac{9}{140} \times \frac{1}{2} = 0.675 \text{ 百万パーツ/年}$$

(2) 堆肥化の NPV (百万パーツ)

$$NPV \text{ (百万パーツ)} = -IN_{comp} - LF_{comp} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{comp,t} - C_{comp,t})}{(1+r)^{t-1}} \doteq -0.788L + 251 \dots\dots (6-28)$$

なお、

$$IN_{\text{comp}} \text{ (百万パーツ)} = 890 \text{ 百万パーツ} \times 60\%$$

処理量が半減した場合に 40% だけ低減したと想定

$$LF_{\text{comp}} \text{ (百万パーツ)} = 63 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6)$$

$$I_{\text{comp},t} - C_{\text{comp},t} = 140 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 800 \frac{\text{パーツ}}{\text{t}} + 46 \text{ 百万 パーツ} \times \frac{1}{2} - 68 \text{ 百万 パーツ} \times \frac{1}{2} - \frac{63}{140} \times \frac{1}{2} \times 21 \text{ 百万 パーツ}$$

(3) 埋立処分 (メタンガス回収発電あり) の NPV (百万パーツ)

$$\text{NPV (百万パーツ)} = -IN_{\text{meth}} - LF_{\text{meth}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{meth},t} - C_{\text{meth},t})}{(I+r)^{t-1}}$$

$$= -446 \text{ 百万 パーツ} - 140 \text{ 千 t} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6 \text{ パーツ}) +$$

(t 年の処理費用による収入 - t 年のメタンガス回収発電の運転管理費用 - t 年の埋立処分費用) × 25 年 + 売電収入 (25 年分)

$$\approx -1.75L - 193 + 211P \dots \dots \dots (6-29)$$

ここで、

$$LF_{\text{meth}} \text{ (百万パーツ)} = 892 \text{ 百万 パーツ} \times 60\% = 535$$

処理量が半減した場合に 40% だけ低減したと想定

$$LF_{\text{meth}} \text{ (百万パーツ)} = 140 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6 \text{ パーツ/t}) = 1.75L + 495$$

$$\text{処理による収入 (百万パーツ/年)} = 140 \text{ 千 t} \times 800 \text{ パーツ/t} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{メタンガス回収発電の運転管理費用 (百万パーツ/年)} = 24 \text{ 百万パーツ/年} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{埋立の運転管理費用 (百万パーツ/年)} = 21 \text{ 百万パーツ/年} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{売電収入 (25 年分) (百万パーツ/年)} = 422,078,416 \text{ kWh} \times P \times \frac{1}{2}$$

(4) 埋立処分 (発電なし) の NPV (百万パーツ)

$$\text{NPV (百万パーツ)} = -LF_{\text{lf}} + \sum_{t=1}^{25} \frac{(I_{\text{lf},t} - C_{\text{lf},t})}{(I+r)^{t-1}}$$

$$\approx -1.75L + 643 \dots \dots \dots (6-30)$$

ここで、埋立処分の投資額は

$$LF_{\text{lf}} \text{ (百万パーツ)} = 140 \text{ 千 t} \times \frac{1}{2} \times 25 \text{ 年} \times (L + 282.6)$$

$$I_{f,t} - C_{f,t} = 112 \text{ 百万バート} \times \frac{1}{2} - 21 \text{ 百万バート} \times \frac{1}{2} = 45.5 \text{ 百万バート}$$

したがって、(6-5) ~ (6-10) 式は以下のようにになる。

(6-5) 式は、

焼却の NPV = 堆肥化の NPV

$$\Rightarrow 437P - 0.113L - 1,164 = -0.788L + 251$$

$$\Rightarrow P = -0.00154L + 3.24 \dots \dots \dots (6-31)$$

係数が (6-15) 式の係数とわずかに異なる。

(6-6) 式は、

焼却の NPV = 埋立処分 (メタンガス回収発電あり) の NPV

$$\Rightarrow 437P - 0.113L - 1,164 = -1.75L - 193 + 211P$$

$$\Rightarrow P = -0.00724L + 4.30 \dots \dots \dots (6-32)$$

係数と切片が (6-16) 式とわずかに異なる。

(6-7) 式は、

焼却の NPV = 埋立処分 (発電なし) の NPV

$$\Rightarrow 437P - 0.113L - 1,164 = -1.75L + 643$$

$$\Rightarrow P = -0.00375L + 4.14 \dots \dots \dots (6-33)$$

(6-8) 式は、

堆肥化の NPV = 埋立処分 (メタンガス回収発電あり) の NPV

$$\Rightarrow -0.788L + 251 = -1.75L - 193 + 211P$$

$$\Rightarrow P = 0.00456L + 2.10 \dots \dots \dots (6-34)$$

(6-9) 式は、

堆肥化の NPV = 埋立処分 (発電なし) の NPV

$$\Rightarrow -0.788L + 251 = -1.75L + 643$$

$$\Rightarrow 1.925 L = 607$$

$$\Rightarrow L = 407 \dots \dots \dots (6-35)$$

(6-10) 式は、

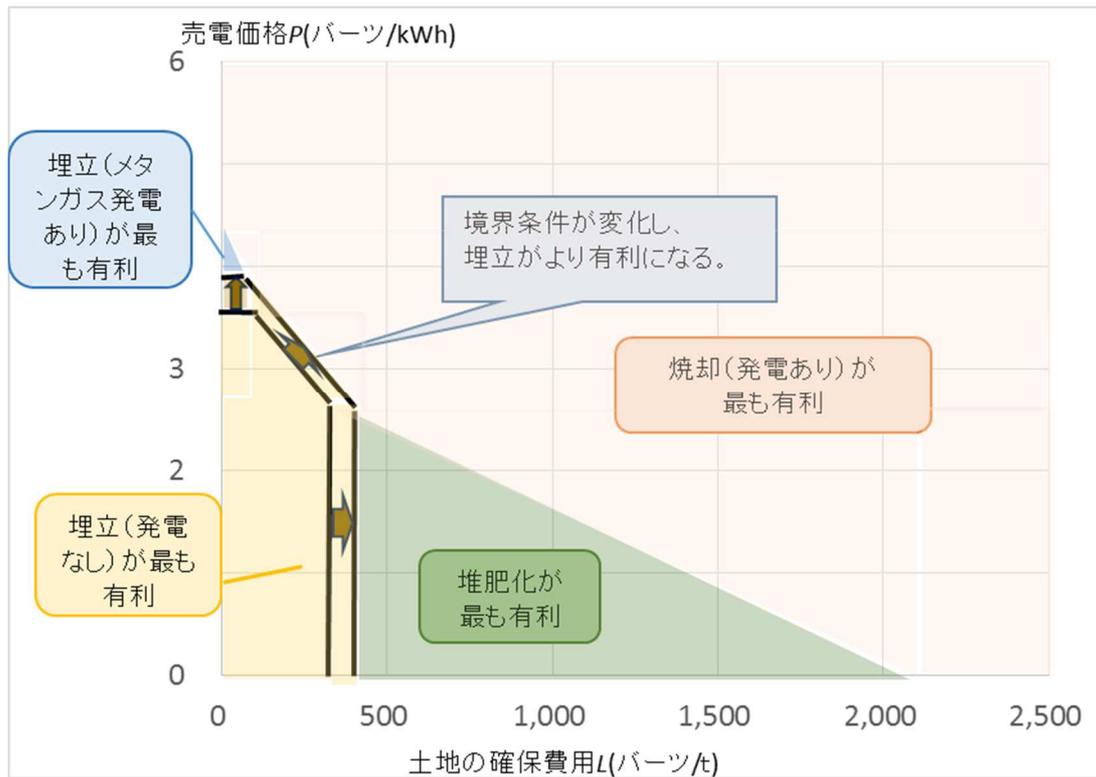
埋立処分 (メタンガス回収発電あり) の NPV = 埋立処分 (発電なし) の NPV

$$\Rightarrow -1.75L - 193 + 211P = -1.75L + 643$$

$$\Rightarrow 422P = 1128$$

$\Rightarrow P=3.96$  ..... (6-32)

(6-17) 式と (6-33) 式、(6-19) 式と (6-35) 式、(6-20) 式と (6-36) 式とを比較すると、それぞれ切片が変化していることがわかる。この変化を図に示すと図 6-11 のようになる。



出所：筆者作成

図 6-11 処分・処理量の減少に伴う効果（建設費用の低下を介した効果）

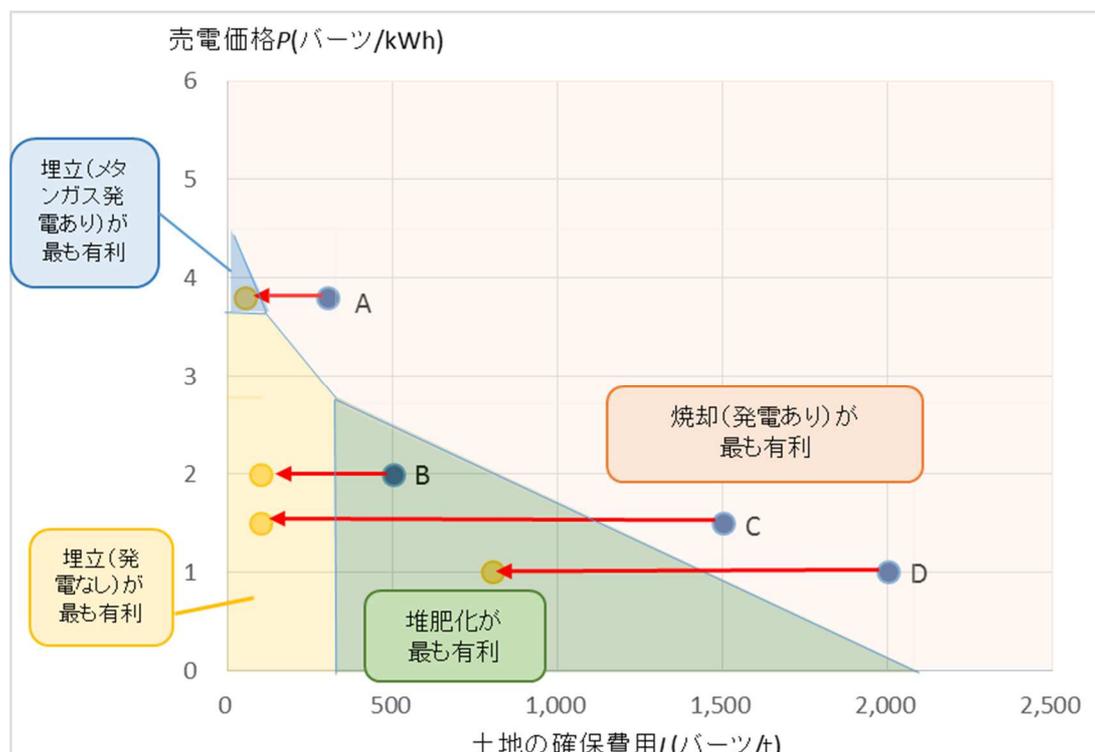
したがって、廃棄物の発生抑制といった上流側の取組の推進を NPV で評価した場合には、埋立処分（発電なし）が有利になる領域が広がる可能性が高い。

また、埋立処分量が減少することにより、確保する土地の面積が少なくなり、より安く土地を確保する機会が増えたりなどして、処分量あたりの土地コストを下げる可能性もある（土地価格は安い面積が小さいといった土地を購入する場合など）。その場合、図 6-12 に示すとおり、最も有利な廃棄物処理手法が、焼却から埋立処分（メタンガス回収発電あり）に（図中の A）、堆肥化から埋立処分に（図中の B）、焼却から埋立処分（発電なし）に（図中の C）、焼却から堆肥化に（図中の D）変化する可能性も考え

られる。上流側の取組が下流側でどのような影響があるのか見極めつつ、廃棄物処理手法の選択を行うことが必要である。

また、逆に考えると、現状埋立（発電なし）が有利だが、将来的に土地の確保コストや電力価格の上昇によって、焼却（発電あり）が有利になることが見込まれる場合でも、積極的な上流対策を行うことによって、土地のコストを下げ、埋立が有利な状況を維持するといったことも考えられる。

いずれにせよ上流対策と下流対策を有効に組み合わせることが、廃棄物処理を効果的に実施する上で重要である。



出所：筆者作成

図 6-12 処分・処理容量の減少に伴う効果（土地の確保費用の低減を介した効果）

#### ⑤各国の食文化等の文化的特性の考慮

食事のスタイル等は、廃棄物の組成や含水率に影響を及ぼし、熱量に影響を与えることにより、各廃棄物処理手法の優位性に影響を与える。例えば、物理組成による低位発熱量の計算式は、以下のとおりである。

物理組成による熱量の計算式(狩郷の式)

$$HL = \beta \cdot (B' - P) + \gamma \cdot P - 25 \cdot W$$

ここで、

HL : 低位発熱量 (kJ/kg)

$\beta$  : 可燃物の低位発熱量 (kJ/kg) を 100 で除した値

B' : ごみ中の可燃物割合(%)

$\gamma$  : プラスチック類の低位発熱量 (kJ/kg) を 100 で除した値

P : プラスチック類割合(%)

W : ごみ中の水分 W(%)

25 : 水の蒸発潜熱(2500kJ/kg) を 100 で除した値

$\beta$  は通常 180~190kJ/kg/100 であり、 $\gamma$  は通常 310~340kJ/kg/100 であるから、

$\beta = 180$ kJ/kg、 $\gamma = 310$ kJ/kg/100 とすると、

$$HL = 180 (B' - P) + 310P - 25W$$

また、焼却による発電量は、5章で示したとおり、以下のとおりである。

$$\text{発電量(MWh/year)} = \text{焼却量(t/year)} \times \text{熱量(kJ/kg)} \times \text{発電効率(\%)} \div 100 \times 3600(\text{kJ/kWh}) \times 1000$$

ごみ中のプラスチック類割合が下がり、ごみ中の水分が上がると、低位発熱量が低下する。低位発熱量の低下は、焼却によるごみの単位あたりの発電量を下げることになり、結果として、焼却による売電収入が低下することになる。3章で示したとおり、含水率や熱量は経済発展度合いと相関がないため、各国の食文化等の文化的特性に伴う含水率や熱量の差異には十分な配慮が必要である。

## 6.4 章括

本章では、まず、社会要因を変数としながら、各廃棄物処理手法の収入及び費用を設定し、NPVの式にとりまとめて、廃棄物処理手法の選択モデルを設計した。

次に、モデルに反映可能な社会的要因の変化と、モデルの対象外の社会要因で廃棄物処理手法の選択に影響を与える要因を整理した。

さらに、タイを事例に、実際にモデルに数値を当てはめ、社会要因の変化が廃棄物処理手法の選択にどのように影響を与えるか分析した。具体的には2章の日本、中国先行地域、韓国、シンガポールの分析結果を踏まえ、土地の確保コストと電力の卸売料金を重要な社会変化ととらえ、これらの変数の変化が各廃棄物処理手法のNPVにどのように影響を与え、廃棄物処理手法をどの方向に変化させるのか分析を行った。その結果、土地の確保コストと電力の卸売料金が変わると、NPVの観点から最も有利な廃棄物処

理手法が変化することが明らかとなった。具体的には、土地の確保コストと電力の卸売料金が低いと埋立（発電なし）が有利であるが、土地の確保コストが高くなるとまずは堆肥化が有利になり、電力の卸売料金が高くなるとまずは埋立（メタンガス回収発電あり）が、さらに土地の確保コストと電力の卸売料金の両者が十分高くなると焼却が有利になることが明らかになった。

最後に、これらの結果を踏まえた廃棄物処理手法の選択に際して留意すべき5つの点を示した。第一の留意点は、土地価格・電力価格の見通しを踏まえた廃棄物処理手法の選択であり、土地の確保費用と電力価格の将来的な見通しを踏まえて分析することが重要である。第二の留意点は、再生可能エネルギー施策の適切な考慮である。特に固定買取価格等の電力の卸売料金の上乗せ制度は、廃棄物処理手法間の優位性に大きな影響を与える。こうした政策の変更に関する情報を適切に共有することが重要になる。第三は、堆肥化のポテンシャルの慎重な考慮である。堆肥化の推進は、堆肥に対する需要が十分存在することが前提となる。土地価格が一定程度高く、電力料金が低いケースでは、堆肥化が一見有利になるものの、堆肥の受け入れ先があるか十分確認した上で堆肥化を進めないと、結果として堆肥化を選択したことが、経済性の低い廃棄物処理手法を選択したことになる。第四は、上流対策と下流対策との有効な組み合わせの検討が求められる。上流側の取組の結果によっては、有利な廃棄物処理手法が変わってくる可能性もあるため、上流側の取組が、下流側でどのような影響があるのか見極めつつ、上流対策と下流対策とを有効な組み合わせながら、廃棄物処理手法の選択を行うことが必要である。第五の留意点は、各国の食文化等の文化的特性の考慮である。食事のスタイル等は、廃棄物の組成や含水率に影響を及ぼし、その結果として廃棄物処理手法間の優位性に影響する。したがって、廃棄物処理手法の選択の際には、経済発展度だけでなく当該国や地域の文化の状況や、それが今後どのように変化するかといった点にも考慮して政策立案を進める必要がある。

## 参考文献

1. 尾崎平、盛岡通（2014）ごみ焼却施設（全連続式ストーカー炉方式）の維持・更新に関する実態調査、第25回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿
2. Zheng, L., Song, J., Li, C., Gao, Y., Geng, P., Qu, B., Lin, L. (2014) Preferential policies promote municipal solid waste (MSW) to energy in China: Current status and prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 36 135–148
3. 高橋若菜(2007)釜山広域市における生活系廃棄物管理—生ごみリサイクルを中心に—、宇都宮大学国際学部研究論集第24号、11–24
4. Aja O.C., Al-Kayiem, H., (2014) Review of municipal solid waste management options in Malaysia, with an emphasis on sustainable waste-to-energy options, *J. Mater Cycles Waste Manag.* (2014) 16:693–710

DOI 10.1007/s10163-013-0220-z

5. Kadir, S. A., Yin C., Sulaiman M. R., Chen. X., El-Harbawi M., (2013) Incineration of municipal solid waste in Malaysia: Salient issues, policies and waste-to-energy initiatives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24, 181–186
6. Rahmat M. H., (2014) Japan incinerator technology not suited to Malaysia the SUNDAILY. Posted on 6 July 2014
7. Zhang D., Keat T. S., Gersberg, R. M. (2010) A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore, *Waste Management* 30 921–933, doi:10.1016/j.wasman.2009.11.017
8. イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社 (2003) 平成 24 年度 静脈産業の海外展開促進のための実現可能性. 調査等支援事業 (タイ王国バンコク特別市周辺発生廃棄物の. 集中中間処理設備プロジェクト) に係る業務報告書
9. IMF International Monetary Fund (IMF) World Economic Outlook Databases  
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/index.aspx>,  
(2014 年 7 月 8 日アクセス)
10. (株) 大林組(2004)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
11. Zhin C., Low C. (2014) The future of waste disposal  
<http://www.thestar.com.my/news/community/2014/01/08/the-favoured-option-waste-management-experts-believe-landfills-most-viable-method-for-future/>
12. 東信太郎(2015)本格化する廃棄物処理・リサイクルビジネスの海外展開 (2) インドネシアの一般廃棄物処理／PPPによる「ごみ発電事業」に注目
13. 日本貿易振興機構アジア経済研究所(2007) 『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』
14. 独立行政法人 国際協力機構(2015)『小さな島の循環型社会に向けて 大洋州における日本の廃棄物管理分野の協力』
15. 株式会社アクトリー、株式会社サステイナブルシムデザイン研究所、株式会社サティスファクトリーインタナショナル共同企業体 (2014) 平成 25 年度外務省政府開発援助海外経済協力事業 (本邦技術活用等途上国支援推進事業) (本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費「案件化調査」ファイナル・レポートベトナム国都市ごみ埋立地再生事業案件化調査
16. JFE エンジニアリング株式会社、日本工営株式会社、株式会社コーエイ総合研究所 (2013) ミャンマー国グレーターヤンゴンにおける循環型社会形成支援及び廃棄物発電事業の実現可能性調査報告
17. 日立造船株式会社、株式会社エックス都市研究所、株式会社スマートエナジー(2012) 平成 23 年度 民活インフラ案件形成等調査 インドネシア東ジャワ州マラン市及

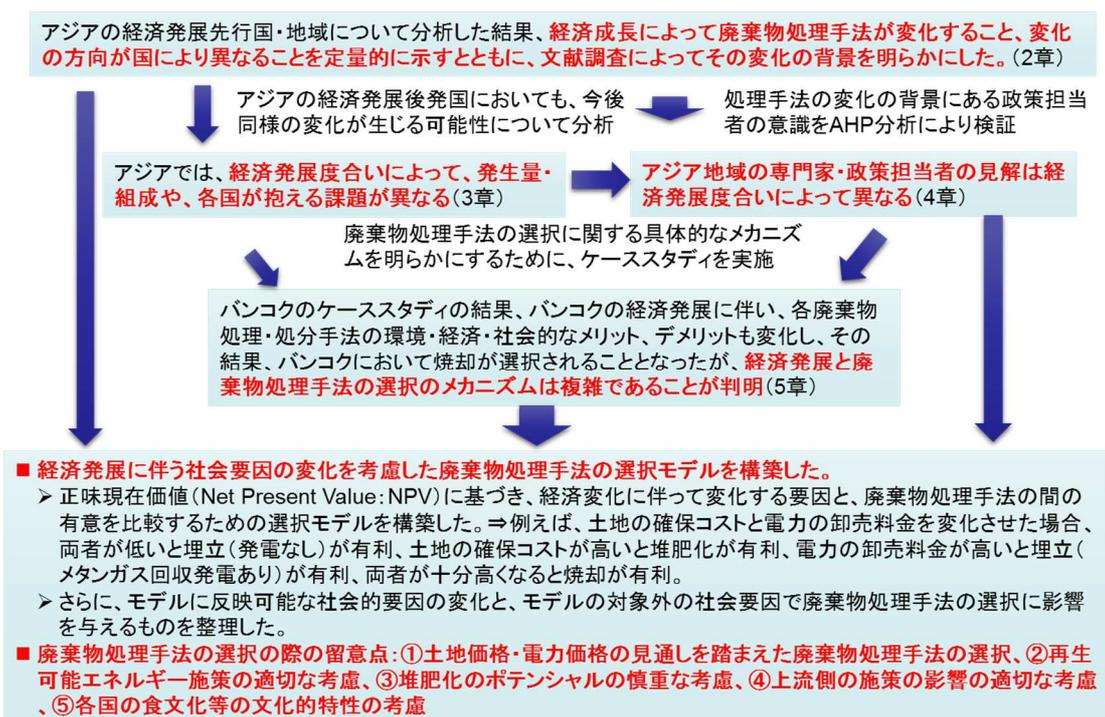
び周辺地域での統合型廃棄物発電事業調査報告書

18. キャピタル・パートナーズ証券株式会社(2013)ファーライ火力発電株式会社(コード：PPC)」
19. 江橋正彦(2002)中緬および泰緬国境貿易視察報告
20. J F Eエンジニアリング株式会社等(2015)二国間クレジット制度（JCM）実現可能性調査 最終報告書 ヤンゴン市における廃棄物発電
21. Bangladesh Power Development Board (2014) Annual report. Annual Report 2013\_2014
22. 恵庭市(2013)恵庭市ごみへらし市民会議第4回WS配布資料
23. IFOAM(2004-2015)「World of Organic Agriculture」
24. 環境省(2012)廃棄物処理施設整備の入札状況等に係る調査
25. 農林水産バイオリサイクル研究(2006)システム化サブチーム編:バイオマス利活用システムの設計と評価

## 7. 総括

### 7.1 本研究の成果の総括

本研究で得られた成果を図 7-1 に示す。



出所：筆者作成

図 7-1 本研究で得られた成果

まず、2章では、日本、中国先行地域、韓国、シンガポールの経済及び廃棄物に関する国レベルのデータ、都道府県、省等といった地域レベルデータを分析することにより、経済成長によって廃棄物処理手法が変化すること、さらにその変化が国によって異なることを定量的に示すとともに、文献調査によってその変化の背景を明らかにした。

3章では、2章の背景にある、経済発展度合いと廃棄物の発生量や組成、課題との関係について分析を行った。アジアの高所得国(日本、シンガポール、ブルネイ、韓国)、高中所得国(マレーシア、タイ、中国)、低中所得国(フィリピン、インドネシア、モンゴル、ベトナム)、低所得国(ラオス、カンボジア、ミャンマー)について一人当たりGDPと1日一人当たり廃棄物発生量もしくは一人当たり廃棄物収集量や組成との間の相関分析を行った結果、経済発展度合いが高いほど、一人当たりの廃棄物の発生量が多く、厨芥の割合が低く、紙の割合が高いといった傾向が確認できた。また、低所得国で

は様々な廃棄物の問題が顕在化していないが、中低所得国・高中所得国では様々な種類の課題が生じており、高所得国では法制度整備により課題の解決が進んで課題の種類が少なくなるといった傾向も確認できた。

4章では、廃棄物処理手法の選択の変化の背景にある政策担当者の意識の変化について AHP を用いて検証した。中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムの東南アジア・東アジアの地方自治体と中央政府の政策担当者、研究者を対象に AHP による分析を実施した結果、経済発展度合いが異なると、アジア地域の専門家・政策担当者の見解も異なることが示された（例：低中所得国から高中所得国では、高所得国と比べて社会的な受容可能性をより重視している）。

さらに、5章では、3章と4章で示された変化を生み出す構造、廃棄物処理手法の選択に関する具体的な要因構造を明らかにするために、ケーススタディを実施した。バンコクのケーススタディにより、バンコクの経済発展に伴って各廃棄物処理・処分手法の環境・経済・社会的なメリットやデメリットも変化し、その結果、バンコクにおいて焼却が選択されることとなったが、経済発展と廃棄物処理手法の選択との関係は複雑であることが判明した。経済変化が燃料価格や人件費、土地価格等の様々な価格を変化させ、人々の行動や考え方を変化させ、廃棄物の質や量を変化させ、されには環境・経済・社会要因の値を変化させるといった形で複雑なプロセスを通じて経済成長が廃棄物処理手法の選択に影響を与えていることがわかった。

6章では、社会要因を変数としながら、各廃棄物処理手法の収入及び費用を設定し、正味現在価値（Net Present Value : NPV）の式にとりまとめて、経済変化に伴って変化する要因と、廃棄物処理手法の間の有意を比較するための選択モデルを構築した。また、本モデルを用いて土地の確保コストと電力の卸売料金を変化させ、その効果を分析した。さらに、モデルに反映可能な社会的要因の変化と、モデルの対象外の社会要因で廃棄物処理手法の選択に影響を与えるものを整理した。

最後に、これらを踏まえ、①土地価格・電力価格の見通しを踏まえた廃棄物処理手法の選択、②再生可能エネルギー施策の適切な考慮、③堆肥化のポテンシャルの慎重な考慮、④上流側の施策の影響の適切な考慮、⑤各国の食文化等の文化的特性の考慮といった廃棄物処理手法の選択の際の留意点をとりまとめた。

これらの留意点を実際の政策の中で取り入れていくためには、廃棄物行政とエネルギーや農業政策等との政策調整も重要になる。2章や5章で分析した結果からは、廃棄物行政担当部署がエネルギー行政や農業行政に積極的に働きかけたりした事例や、廃棄物行政以外の政策を見込んで先行して廃棄物政策を打ち出すような事例を見つけることはできなかった。こうした、過去の教訓を踏まえて、今後は、廃棄物行政の担当部署がエネルギー担当部署や農業政策の担当部署と事前に協議し、長期的にみて非効率的な（NPV から評価して不利になるような）政策を採ることを回避したりするなど、より

統合的な政策調整を図ることが望まれる。

## 7.2 今後の課題

3章については、章括でも述べたとおり、今回対象としたのはあくまでもアジア 3R 推進フォーラムの第1回会合（2009年）、第2回会合（2010年）、第3回会合（2011年）、第4回会合（2013年）で、参加者から提示された課題を整理したものにとどまっている。より正確な結果を得るために、大規模なアンケート調査を実施することも考えられる。

4章では、中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムの東南アジア・東アジアの地方自治体と中央政府の政策担当者17人、研究者14人を対象にAHP分析を実施した。経済水準が回答の差異に影響を与えるかどうかという検証について、一定の妥当性のある結果は得られたものの、統計的な有意性まで示せたものは限定された。サンプルを増やすことで、有意性がより判断できるようになると思われる。

また、本研究では、実際の廃棄物政策決定に影響を与える政府担当者や研究者を対象を絞ってAHP分析を実施した。もし、実際の政策決定に影響を与える可能性のある市民や産業界等、異なる関係者を含めて分析した場合は異なる結果が得られた可能性もある。特に、実際に、そうした関係者を含めて政策決定がなされているような国の場合は、これら市民や産業界の意見も重要になってくると思われる。ただし、そうした調査をするには、アンケートの質問を正確に理解してもらい正しい回答を得るために、質問票をローカルの言語に翻訳する必要があるだけでなく、用語に関する知見がない市民等に対して十分な説明を行うプロセスが必要になる。

5章では、タイのバンコクを対象にケーススタディを実施したが、期間的な問題、また現地調査の費用的な問題から、ケーススタディの対象国がバンコクのみにとどまった。しかし、他の国についても分析を行うことで、廃棄物処理手法変化の要因構造をより正しく解明できる可能性がある。さらに、バンコクのケーススタディの中でも、今回定量化できなかった環境・経済・社会要因を定量化して議論すれば、もっとより現実に近い考察ができたものと思われる。今回定量化できなかった環境・経済・社会要因について定量化分析手法を開発する必要がある。

最後に、6章に関して、モデルの変数に影響を与える社会的要因とモデルでは分析できない廃棄物処理手法の選択に影響を与える社会的要因について、主に文献に基づいて分析を加えたが、インタビュー等を実施して、これらをさらに深める必要がある。また、タイを事例として選択モデルの適用可能性を検証した。同様の分析をタイ以外の国についても実施することで、今回作成した選択モデルの有効性がより示せると考えられる。

## 参考文献

1. Martinez-Sanchez V., Kromann, M. A., Astrup T. F., (2015) Life cycle costing of waste management systems: Overview, calculation principles and case studies, *Waste Management* 36 343–355, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.10.033>
2. Reich M. (2005) Economic assessment of municipal waste management systems—case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) , *Journal of Cleaner*, doi:10.1016/j.jclepro.2004.02.015Production 13 (2005) 253–263

## 研究発表リスト

### 研究論文（査読あり）

1. Shigefumi Okumura, Tomohiro Tasaki, Yuichi Moriguchi, Economic growth and trends of municipal waste treatment options in Asian countries, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16 (2), pp. 335-346.
2. Shigefumi Okumura, Tomohiro Tasaki, Yuichi Moriguchi, Wassana Jangprajak, Economic Growth and Selection of Municipal Waste Treatment Options in Bangkok, *Journal of Material Cycles and Waste Management*. (2016年1月18日受理)

### 口頭発表

1. Shigefumi Okumura, Economic Development and Selection of Waste Management measures. ISWA Annual Congress 2011, Daegu, South Korea. October 2011.

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、熱心なご指導、ご鞭撻を頂きました、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム工学専攻循環型社会創成学分野 客員教授 田崎智宏博士、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 教授 森口祐一博士、国立環境研究所 社会環境システム研究センター 持続可能社会システム研究室長 亀山康子博士、立命館大学理工学部環境システム工学科 教授 橋本征二博士、国立環境研究所社会環境システム研究センター 主任研究員・東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム工学専攻循環型社会創成学分野 客員准教授 松橋啓介博士、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター 主任研究員・東京大学大学院新領域創成科学研究科客員准教授 中島謙一博士には、深く感謝しております。

特に、田崎博士には、投稿論文の執筆や博士論文のとりまとめに際し、熱心かつ丁寧にご指導頂きました。投稿論文の執筆に際しても、論文原稿を細かく確認して頂き、より良い論文にするためのアドバイスを数多く頂きました。博士論文についても、全体構成から最後の仕上げまで丁寧なご指導を頂きました。田崎先生のご指導なしには、私の論文誌への論文掲載や博士論文の審査の合格は達し得なかったと思います。心から感謝申し上げます。

森口博士には、休学期間も含め、6年半という長い期間にわたってご指導頂きました。東京大学大学院工学系研究科に移られてからも、新領域創成科学研究科環境システム工学専攻兼担として残って頂き、私のことを見捨てることなくご指導頂いたことは大変感謝しております。博士論文の全体の進め方の見直しなど、研究を進める上で色々な課題等に直面しましたが、森口博士からはその課題の解決に関して貴重なアドバイスを頂き、何とか最後までたどり着くことができました。大変感謝しております。

また、学位論文審査において、貴重なご指導とご助言を頂いた、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム工学専攻教授 大島義人博士、同 徳永朋祥博士、東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻准教授 阿部直也博士に心より感謝申し上げます。審査の過程を通じて、細やかな説明の必要性や推計の透明性の確保など、私が今後もシンクタンクの研究者として活躍する上で必要な心構えを改めて教えて頂いたと感じております。

タイにおける現地調査では、タイ汚染管理局の **Chaiya Boonchit** 氏、**Vuttichai Kaewrajang** 氏、**Wassana Jangprajak** 氏には、調査への協力等、大変お世話になりました。タイという異国の地で無事に調査を進めることができたのも、こうしたタイにおける友人達の協力があったからこそだと思っております。

ゼミの先輩もしくは博士号を先にとられた栗林美紀博士、行木美弥博士、白木裕斗博士にも、研究の進め方や博士論文の取りまとめ等に関して色々アドバイスを頂き、感

謝しております。

また、研究を進めるにあたり、ご支援、ご協力を頂きながら、ここにお名前を記すことが出来なかった多くの方々に心より感謝申し上げます。

最後に、6年半の長期間に亘り、週末や祝日を研究に費やすことになっても我慢して支えてくれた家族に心から感謝したいと思います。

## 補論1 アジアにおける廃棄物発生量

### 目的

ここでは、アジアにおける廃棄物発生量について、中国、インドネシア、ベトナム、フィリピン、タイ、マレーシアを対象に予測を行う。各国の廃棄物発生量の推計方法は以下のとおり。

### 方法

#### ① 中国

中国国家统计局「中国統計年鑑」には、廃棄物の発生量に関するデータは掲載されていないが、廃棄物の収集量に関するデータは掲載されている。中国については発生量に関する信頼できるデータが入手できなかったため、収集量のデータを用いた。

中国国家统计局「中国統計年鑑」のデータに基づき、過去5年(2009年から2013年)の平均伸び率1.5%で2014年以降も伸び続けると想定し、2014年以降の収集率を推計した。

表 9-1 中国における廃棄物の収集量の推移

単位：百万t

2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
135	137	149	155	156	148	152
2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	
154	157	158	164	171	172	

#### ① インドネシア

Environmental Status of Indonesia 2008 及び Indonesian Domestic solid waste statistics year 2008 によると、インドネシアにおける廃棄物の発生量の2000年から2006年の平均伸び率は4.2%となる(なお、2006年については、Indonesian Domestic solid waste statistics year 2008 の値を採用)。2007年以降も4.2%で成長すると想定し、廃棄物の発生量を推計した。

表 9-2 インドネシアにおける廃棄物発生量（2000～2006 年）

単位：百万 t

	2000 年	2002 年	2004 年	2006 年
West Java	10.00	10.37	10.75	11.13
East Java	9.73	9.82	9.91	9.99
Central Java	8.74	8.82	8.89	8.96
North Sumatra	3.26	3.35	3.44	3.53
Jakarta	2.34	2.38	2.42	2.45
	34.07	34.74	35.41	36.06

出所：State Ministry of Environment, The Republic of Indonesia (2008)  
Environmental Status of Indonesia 2008

表 9-3 インドネシアにおける廃棄物発生量（2006 年）

単位：百万 t

	2006 年
Sumatera	8.7
Java	21.2
Balinusra	1.3
Kalimantan	2.3
Sumapapua	5
	38.5

出所：State Ministry of Environment, The Republic of Indonesia (2008)  
Indonesian Domestic solid waste statistics year 2008

② ベトナム

ベトナム環境総局（Vietnam Environmental Administration：VEA）によると、2008 年の廃棄物発生量は 15 百万 t/年。また、National Strategy on Integrated Solid Waste Management up to 2025 and Vision to 2050 によると、2015 年は 22.2 百万 t、2020 年は 35.2 百万 t、2025 年は 51.7 百万 t と予測しており、この予測値を活用する。2030 年の値については、2020 年から 2025 年までの平均伸び率 8.0% で伸びるとして推計した。

③ フィリピン

国家廃棄物管理委員会（National Solid Waste Management Committee：NSWMC）によると、2000 年のごみ発生量は 19,700t/日、2005 年は 24,059t/日、2010 年は 28,875t/日。2011 年以降は、2005 年から 2010 年の平均伸び率、3.7% で増加すると想定して推計した。

④ タイ

汚染管理局（Pollution Control Department : PCD）によると、2003年のタイ全国の廃棄物の発生量は39,240t/日、2004年は39,956t/日、2008年は41,012t/日、2009年は41,410t/日。2010年以降は2003年から2009年の平均伸び0.9%で増加すると想定して推計した。

⑤ マレーシア

Agamuthu & Fauziah (2011) によると、マレーシアの廃棄物発生量は以下のとおり。2010年以降は2004年から2009年の平均伸び率3.4%で成長すると想定して推計を行った。

表 9-4 マレーシアの廃棄物発生量

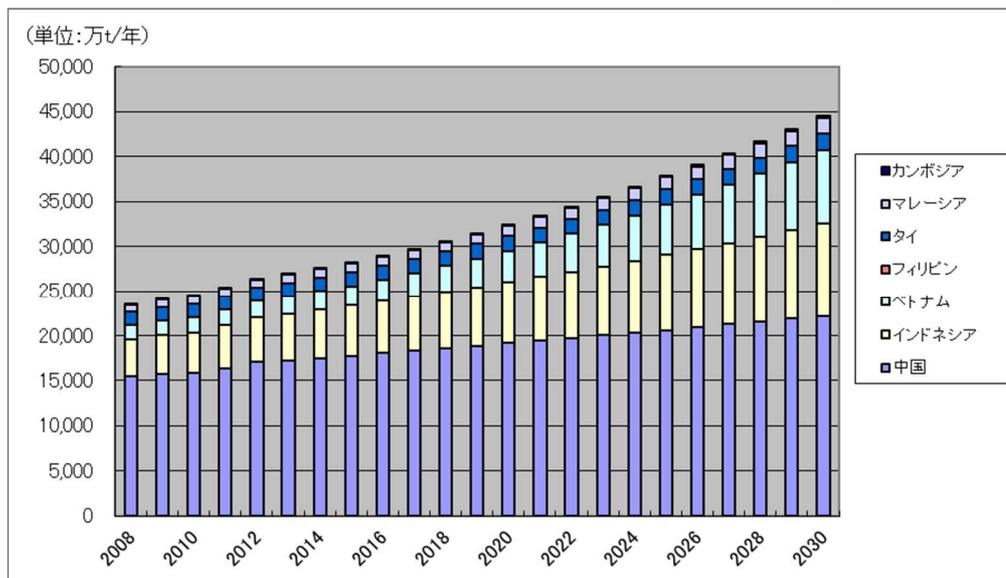
単位：t/日

1996年	1998年	2000年	2002年	2004年	2006年	2008年	2009年
13,070	14,589	15,587	21,452	23,073	24,969	26,489	27,284

出所：Agamuthu & Fauziah (2011) Challenges and issues in moving towards sustainable landfilling in a transitory country- Malaysia. Waste Management and Resources, 29, 13-19.

結果

推計結果を下図に示す。各国ともに廃棄物の発生量は増加し、2008年の発生量約2.5億tから、2030年にはその2倍の約5億tまで増加が見込まれる。



出所：各国の排出量データに基づき筆者推計

図 8-1 アジアの廃棄物発生量予測

## 参考文献

1. 中国国家统计局「中国统计年鉴」各年版
2. State Ministry of Environment, The Republic of Indonesia (2008) Environmental Status of Indonesia 2008
3. State Ministry of Environment, The Republic of Indonesia (2008) Indonesian Domestic solid waste statistics year 2008
4. Nga P. (Vietnam Environment Administration, Vietnam Ministry of Natural Resources and Environment) (2012) Mapping Needs Andactivities On Waste Management In Vietnam
5. Government of Vietnam,(2009) Decision 2149/QD-TTg Decision on approving the National Strategy on Integrated Solid Waste Management up to 2025 and Vision to 2050
6. National Solid Waste Management Committee (NSWMC)(2004) National Solid Waste Status Report
7. The National Solid Waste Management Commission (2005) National Solid Waste Management Framework, Pre-final Draft, March 2005
8. Agamuthu P., Fauziah S. H. (2011) Challenges and issues in moving towards sustainable landfilling in a transitory country- Malaysia. Waste Management and Resources, 29, 13-19.  
<http://dx.doi.org/10.1177/0734242X10383080>

## 補論2 経済発展とインフォーマル・セクター

### 目的

途上国の廃棄物問題について議論する上で、インフォーマル・セクターの問題は常に論点となってきた。

例えば、国際協力機構は、地方自治体当局が十分な予算を投じて収集運搬、処理のサービスを提供できないとすれば、ウェイストピッカーなどのインフォーマル・セクターに一定の役割を担わすことも現実的に必要であると認識し、その適切な関与のあり方を論じている[6]。

インフォーマル・セクターに関わる政策の方向性として、内部化があげられる。吉田はインフォーマル・セクターの活動を廃棄物管理システムへ適切に「内部化」する包括的なキャパシティ・ディベロップメント支援の必要性を主張している[2]。実際に筆者が2010年にマレーシアを視察した際に、クアラルンプールの中継施設ではインフォーマル・セクターの内部化が進められていた。わが国でも、歴史的にインフォーマル・セクターが資源回収に携わっていた[3, 4]。

では、インフォーマル・セクターはアジアにおいて今後もずっと重要なアクターなのであろうか。日本も旧来はインフォーマル・セクターが存在したが、経済成長とともに消えていった[3, 4]。アジアでも、インフォーマル・セクターが経済成長とともに消える可能性もある。各国においてインフォーマル・セクターが今後どの程度存在し続けるか、その可能性を分析するために、データを集め分析してみた。

### 方法

各国のインフォーマル・セクターの1日一人当たり収入以上の収入が当該国で得られるようになれば、わざわざインフォーマル・セクターとして活動する理由はない。埋立処分場や中継施設などで活動しているインフォーマル・セクターは、悪臭や健康被害など極めて劣悪な環境で活動しており、他の職業で十分な労賃が得られるようになれば、それらの職業に就くインセンティブは極めて高いと思われる。

1日一人当たり収入以上の収入に関する情報の入手を試みて、その水準に関する人口比率がどの程度で推移しているか分析することにより、インフォーマル・セクターが当該国でこれまでと同じような活動を続けるかどうかの予想を試みた。すなわち、1日一人当たりのインフォーマル・セクター収入以下の人口がゼロになると、その国では廃棄物に関わるインフォーマル・セクターがいなくなると想定した。これらの手順を整理すると、以下のとおり。

- ①各国のインフォーマル・セクターの1日一人当たり収入の確認
- ②上記の金額以下の収入人口の推移に関する情報を入手
- ③上記の金額以下の収入人口が近い将来ゼロになる見込みがあるかどうかを判断
- ④ゼロになる見込みがある場合は、当該国では近い将来廃棄物分野に関わるインフォーマル・セクターがいなくなるものと想定

## 結果

各国のインフォーマル・セクターの1日一人当たり収入は表9-1のとおり。

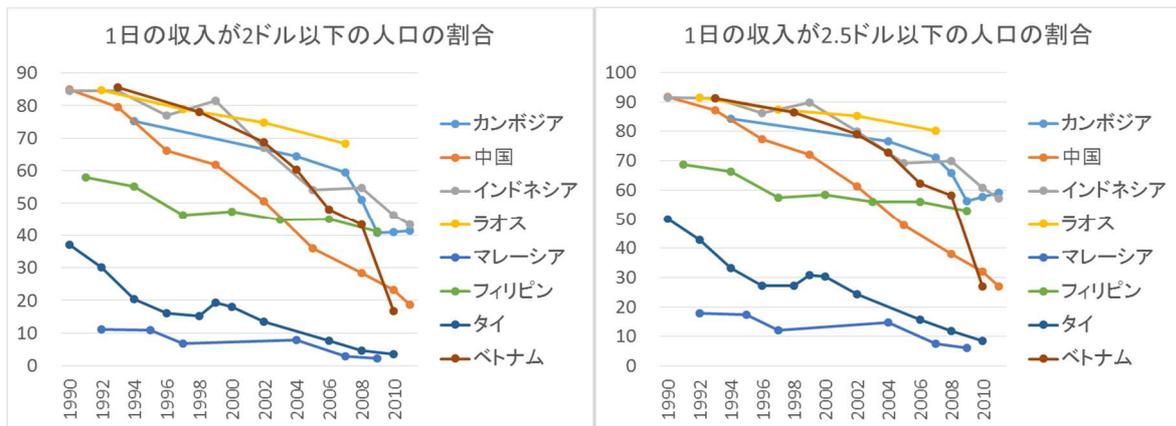
ベトナムの下端のみ極端に低い値となっているが、おおむね1.5～3ドル程度である。一人当たりGDPが高い国ほど、インフォーマル・セクターの1日一人当たり収入が高いという傾向が見られる。

表 9-1 各国のインフォーマル・セクターの1日一人当たり収入

国	1日一人当たり収入	ドル換算
タイ	100 バーツ(2005年)	3 ドル
インドネシア	31,957 ルピア (2009年)	2.46 ドル
フィリピン	100 ペソ(2010年) なお、パヤタスのインフォーマル・セクターの収入について、様々な聞き取り調査があるが、おおむね50～150ペソである。	2.24 ドル
ベトナム	5,000-40,000VND (Waste picker) (2010年) なお、Junk buyer の収入は20,000-50,000VND, Junk shop は80,000-100,000VND	0.23 ドル ～1.83 ドル

出所：タイは佐々木(2005)[5]、インドネシアはAli (2009)[1]、フィリピン(100ペソ)は国際協力機構(2010)[1]、ベトナムは大迫等(2013)[7]

インフォーマル・セクターの1日一人当たり収入が1.5～3ドルとして、一日の収入が2ドル以下、1日の収入が2.5ドル以下の人口の割合を図9-1に示す。



出所：世界銀行貧困データベース

図 9-1 一日の収入が 2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合

カンボジア、ラオス、インドネシア、フィリピンは、2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合が低下傾向にはあるものの、最も直近のデータを見る限りでは、2 ドル以下では 40%以上、2.5 ドル以下では 50%以上を占めている。特に、ラオスは最新データが 2007 年ではあるものの 2 ドル以下で 7 割、2.5 ドル以下で 8 割程度を占めており、まだまだ貧困が改善されていないと思われる。

低所得国であるタイ、マレーシアでは、2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合が 2009 年ないしは 2010 年で 10%以下となっている。中国とベトナムの低下も顕著である。1990 年代初頭では 90%に近かった 2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合が、2009 年ないしは 2010 年には 2 ドル以下で 20%以下、2.5 ドル以下で 30%以下まで低下した。

## 考察

タイ、マレーシアでは、2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合が 2009 年ないしは 2010 年で 10%以下となっている。この率は低下傾向にあるため、近い将来、タイ、マレーシアでは 2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合がゼロに近づくことが考えられる。5 章において、バンコク市役所 (BMA) の関係者に対して廃棄物処理手法の選択にあたりインフォーマル・セクターを考慮するかどうか尋ねたところ、インフォーマル・セクターを考慮しないという回答が得られた。タイでは 2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口が急速に減少してきて、今後はタイのインフォーマル・セクターはいなくなるため、考慮する必要がないということも考えられる。

他方で、カンボジア、ラオス、インドネシア、フィリピンは、2 ドル以下及び 2.5 ドル以下の人口の割合がまだ高いことから、しばらくはインフォーマル・セクターが廃棄物処理において重要な役割を果たすものと予想される。特に、フィリピンは貧富の格差

が激しく、2ドル以下及び2.5ドル以下の人口の割合の低下が緩やかであることから、インフォーマル・セクターは他国と比べて比較的長期間存在し続けるものと思われる。

## 結論

インフォーマル・セクターの1日一人当たり収入と2ドル以下及び2.5ドル以下の人口の割合の推移を比較した結果、タイやマレーシアでは近い将来インフォーマル・セクターがいなくなることが予想される。他方で、カンボジア、ラオス、インドネシア、フィリピンは、今後しばらくはインフォーマル・セクターが廃棄物処理において重要な役割を果たすものと予想される。特に、フィリピンは、今後もインフォーマル・セクターを考慮した廃棄物処理政策が必要になってくるものと思われる。

## 参考文献

1. JICA 国際協力総合研修所・JBIC 開発金融研究所 (2005) 開発途上国廃棄物分野のキャパシティ・ディベロップメント支援のために ―社会全体の廃棄物管理能力の向上をめざして―
2. 吉田充夫 (2010) 廃棄物リサイクルに従事するインフォーマル・セクターへの支援の課題、国際開発学会第11回春季大会報告論文集
3. 溝入茂 (1987) 『ごみの百年史―処理技術の移り変わり』
4. 溝入茂 (1987) 『廃棄物法制 半世紀の変遷』
5. 佐々木創 (2005) タイにおける一般廃棄物処理の現状：バンコク都のケーススタディを中心に、所報 523号 バンコク日本人商工会議所, pp.1-10
6. Ali A. M., Sakan T. (2009), Study of Informal Recycling Business In Bandung, West Java, Indonesia, Tokyo Institute of Technology
7. 大迫政浩、河井紘輔、福岡雅子、松井康弘、平田修、原田英典、阿部直也、渡辺浩平(2012) 『東南アジアにおける廃棄物データベースの構築及び廃棄物処理システムの評価』
8. 国際協力機構 (2010) 国際協力機構年報
9. World Bank Povertydata  
<http://povertydata.worldbank.org/poverty/country/> (2015年5月5日アクセス)

## 補論3 バンコクのごみ熱量の推計

### 目的

2章では、経済発展度に応じて、廃棄物の組成が変化することを示した。実際に、バンコクでも廃棄物の組成が変化した。5章では、熱量の増加がバンコクの焼却炉導入を後押ししたということを論じたが、より根拠のある結論を導くには、廃棄物の熱量のデータが必要になる。バンコクのごみ熱量については、一部バンコク市役所（BMA）が公表しているが、毎年データを入手することができなかった。そのため、本研究では、バンコクの廃棄物の熱量の推移について推計を行うこととした。

### 方法

まず、バンコク市役所（BMA）が公表している廃棄物の熱量データを収集した。さらに、データの欠損を補うため、廃棄物の組成に関するデータから廃棄物の熱量の推計を行った。組成から熱量を推計する方法にはいくつかの方法がある[1-3]。

#### ①三成分による推定

$$HL = \alpha \cdot B - 25 \cdot W$$

ここで、

HL：低位発熱量（kJ/kg）

B：ごみ中の可燃物割合(%)

$\alpha$ ：可燃分の平均発熱量（kJ/kg）を100で除した値

W：ごみ中の水分 W(%)

#### ②物理組成による推定（狩郷の式）

$$HL = \beta \cdot (B' - P) + \gamma \cdot P - 25 \cdot W$$

ここで、

HL：低位発熱量（kJ/kg）

$\beta$ ：可燃物の低位発熱量（kJ/kg）を100で除した値

B'：ごみ中の可燃物割合(%)

$\gamma$ ：プラスチック類の低位発熱量（kJ/kg）を100で除した値

P：プラスチック類割合(%)

W：ごみ中の水分 W(%)

25：水の蒸発潜熱(2500kJ/kg)を100で除した値

$\beta$  は通常 180~190kJ/kg/100 であり、 $\gamma$  は通常 310~340kJ/kg/100 であるから、  
 $\beta = 180\text{kJ/kg}$ 、 $\gamma = 310\text{kJ/kg/100}$  とすると、  
とすると、 $\Rightarrow HL = 180 (B' - P) + 310P - 25W$

### ③元素組成による推定

<Dulong の式>

$$Hh = 339.4 \cdot c + 1435.1 (h - o/8) + 94.3 \cdot s$$

ここでは、

Hh : 高位発熱量 (kJ/kg)

c : 炭素(%)

h : 水素(%)

s : 硫黄(%)

o : 酸素(%)

<Steuer の式>

$$Hh = 339.4 \{c - (3/8) o\} + 238.8 (3/8) o + 1435.1 (h - o/16) + 94.3s$$

ここでは、

Hh : 高位発熱量 (kJ/kg)

c : 炭素(%)

h : 水素(%)

s : 硫黄(%)

o : 酸素(%)

<Steuer-Kestner の式>

$$Hh = 339.4 \{c - (3/4) o\} + 1435.1h + 238.8 (3/4) o + 94.3s$$

ここでは、

Hh : 高位発熱量 (kJ/kg)

c : 炭素(%)

h : 水素(%)

s : 硫黄(%)

o : 酸素(%)

### ④熱量計を用いた実測

サンプリングしたごみ(検体)を乾燥させ、組成ごとに分けたものを個々に粉碎し、元の組成割合で混合したものの発熱量を実際に測定し、低位発熱量を計算する。

#### ⑤炉熱精算による推定

ごみ焼却量、蒸気発生量、排ガス量などの運転データを用いて、焼却炉における定常状態を仮定して熱収支からごみの低位発熱量を求める。

本研究では、得られた組成データを最も活用できる方法として、②を採用した。

また、熱量の推計に当たって、リサイクル可能物が含まれた状態での熱量と、リサイクル可能物がごみから取り除かれたと仮定した熱量の2種類を推計した。

### 結果

バンコク市役所が公表している組成データ及び熱量データを収集した結果を表 10-1 に示す。1993年～2005年はバンコク市役所が熱量データを公表しているが、文献によってその値が異なる。

表 10-1 バンコクの廃棄物の組成の変遷

組成	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Food Waste	10.88%	8.63%	N.A.	11.67%	13.70%	N.A.	N.A.	15.76%	14.72%	20.72%	28.74%	44.28%	35.54%	35.41%
Wood and Leave Waste	10.64%	15.85%		10.87%	4.93%			4.24%	5.89%	5.39%	2.98%	5.77%	14.51%	7.89%
Paper	15.56%	17.90%		15.87%	16.20%			15.40%	13.99%	14.49%	11.25%	11.39%	11.58%	9.57%
Plastic	10.94%	11.95%		10.80%	10.90%			16.02%	20.66%	18.72%	19.06%	17.43%	19.80%	25.84%
Foam	—	—		—	—			—	—	—	—	—	—	—
Glass	6.27%	3.75%		5.13%	7.63%			4.65%	4.64%	3.86%	6.72%	4.47%	4.17%	1.67%
Rubber	3.44%	2.13%		0.60%	1.80%			2.17%	0.15%	0.82%	2.36%	0.62%	0.82%	2.15%
Clothes/Textiles	6.76%	5.05%		4.90%	4.53%			4.50%	3.49%	1.95%	7.34%	6.17%	3.71%	11.01%
Stone and Ceramic	—	—		—	—			0.61%	1.11%	1.77%	0.46%	0.00%	0.00%	0.00%
Met al	2.93%	3.83%		4.07%	4.13%			2.52%	2.00%	1.28%	2.76%	2.30%	2.00%	0.96%
Bone and Shell	—	—		—	—			1.21%	0.62%	0.78%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%
Others	36.16%	30.93%		36.10%	36.17%			32.92%	32.73%	30.22%	17.93%	7.57%	7.87%	5.50%
BMA Annual Report 2004								1,337	1,325	1,451	1,471	1,210	1,130	1,430
BMA Solid Waste Management in Bangkok 2005							1,234	1,452	1,472	1,211	1,124	1,430		

出所；バンコク市役所資料（環境統計、プレゼン資料等）から作成

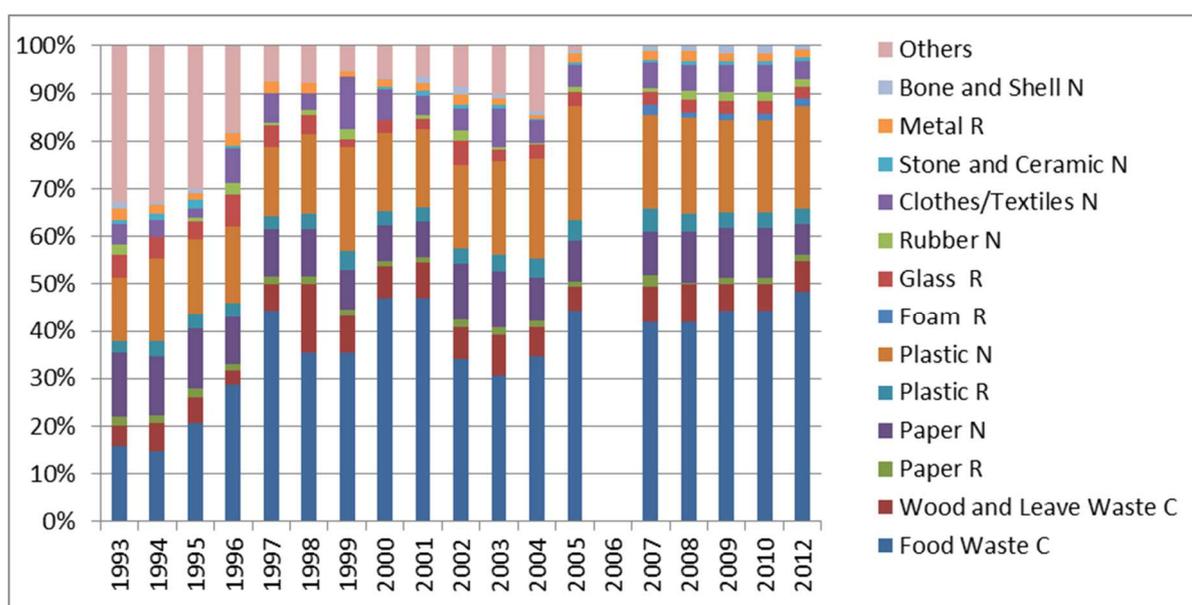
表 10-1 バンコクの廃棄物の組成の変遷（続き）

組成	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012
Food Waste	46.88%	46.92%	34.16%	30.59%	34.74%	44.32%	N.A.	42.11%	41.95%	44.34%	44.34%	48.41%
Wood and Leave Waste	6.77%	7.52%	6.59%	8.53%	6.17%	5.11%		7.55%	8.07%	5.67%	5.67%	6.46%
Paper	8.66%	8.58%	13.58%	13.41%	10.40%	9.65%		11.72%	10.97%	11.89%	11.89%	7.67%
Plastic	19.47%	19.41%	20.76%	23.18%	25.08%	28.21%		24.50%	23.86%	22.43%	22.43%	24.83%
Foam								2.01%	1.22%	1.44%	1.44%	1.55%
Glass	2.57%	2.30%	5.07%	2.55%	2.97%	3.16%		2.72%	2.55%	2.70%	2.70%	2.56%
Rubber	0.11%	0.78%	2.19%	0.58%	0.22%	0.83%		0.95%	1.93%	1.95%	1.95%	1.40%
Clothes/Textiles	6.43%	4.00%	4.58%	8.10%	4.77%	4.58%		5.28%	5.31%	5.52%	5.52%	3.99%
Stone and Ceramic	0.51%	1.00%	0.58%	0.68%	0.34%	0.53%		0.61%	0.99%	0.81%	0.81%	0.65%

出所；バンコク市役所資料（環境統計、プレゼン資料等）から作成

組成の内訳は年次によって異なる。2005年まではFoamという区分がなかったが、2007年以降新たに追加された。また、1992年まではStone and Ceramic及びBone and Shellという区分がなかったが、これらも1993年以降追加されている。

バンコクの廃棄物の組成の推移をグラフに示したものが図10-1である。1993年から2000年にかけて、厨芥 (Food waste) の比率が増加していることがわかる。また同時に、その他 (Others) が減少していることもわかる。なお、バンコク市役所 (BMA) が公開しているデータでは、2007年以降は紙とプラスチックをリサイクル可能と不可能に分けている。図10-1では、2005年以前の紙とプラスチックの割合について、紙とプラスチックに関し、リサイクル可能なものと不可能なものの比率を2007年～2012年の平均と仮定した上で、紙とプラスチックをリサイクル可能なものと不可能なものに分けて表示している。



注：廃棄物の種類の後の英語の意味は以下のとおり。

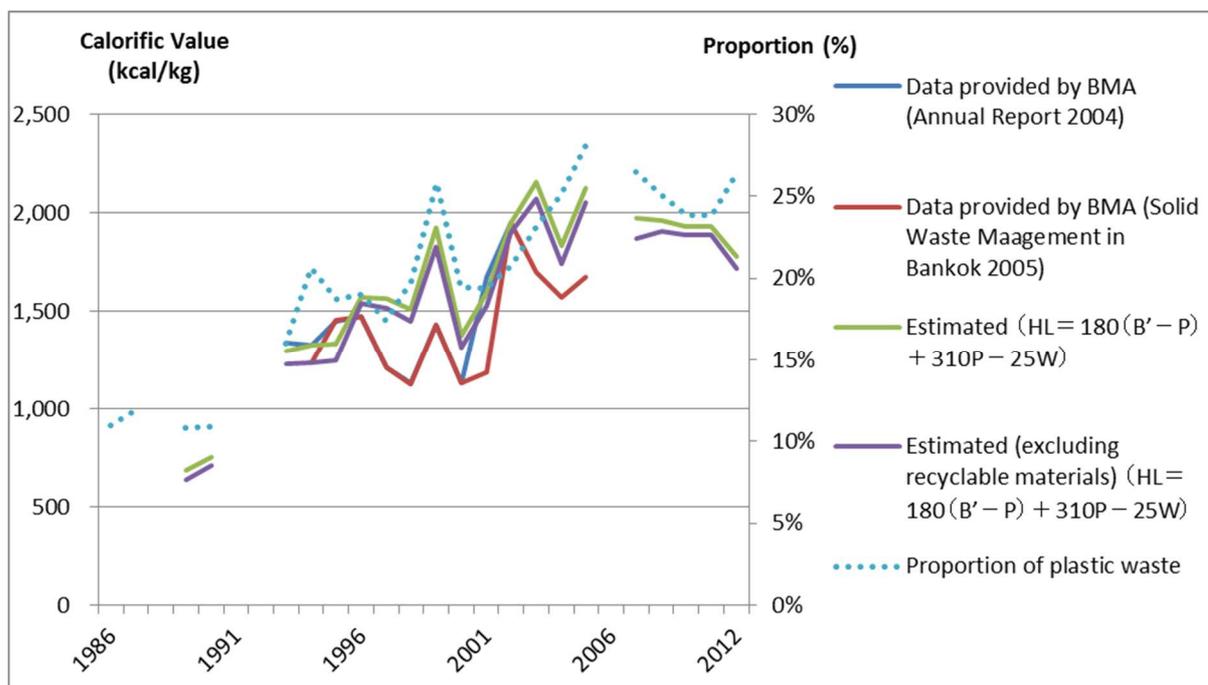
C：堆肥化可能、R：リサイクル可能、N：リサイクル不可能

出所：バンコク市役所 (BMA) の公表値及び一部筆者推計

図10-1 バンコクの廃棄物の組成の変化

推計結果は図10-2のとおり。1993年～2005年の推計結果は、リサイクル可能物を含めた推計、除いた推計ともに、バンコク市役所 (BMA) が公表している値とおおむね似通った数値が得られた。1989年～1990年頃は、700kcal/kg前後と推定された。2007年以降は若干低下傾向にあるものの、1700～2000kcal/kgで推移すると推計された。1993年～2005年は全体的に増加し、1993年は12,00～1,350 kcal/kgごろと推計される。これ

が 2005 年には、1,674～2,129 kcal/kg まで増加した。



出所：バンコク市役所（BMA）の公表値及び一部筆者推計

図 10-2 バンコクにおける廃棄物中のプラスチック廃棄物の比率と熱量の傾向

## 考察

1993 年～2005 年の推計結果がリサイクル可能物を含めた推計・除いた推計ともに、バンコク市役所（BMA）が公表している値とおおむね似通った数値が得られたことから、1989 年～1990 年頃の値、2007 年以降の推計結果もおおむね実態に近い値になっているものと期待される。

また、プラスチック廃棄物の推移と熱量の推移はおおむね似たような動きをしている。バンコクの廃棄物の熱量は、廃棄物に含まれるプラスチックに大きく依存していることがわかる。2008 年度の東京都のごみ組成（区部）において、プラスチック類の割合が 11%ということを考えて、今後、バンコクにおいてプラスチック廃棄物の比率が高くなることはないと考えられ、バンコクの熱量が今後劇的に上昇するといったことは考えられないと思われる。

## 結論

結果と考察から得られたポイントをまとめると、以下のとおり。

物理組成に基づき熱量を推計した結果は、バンコク市役所（BMA）が公表している値とおおむね似通った推計結果が得られた。1989年～1990年頃は700kcal/kg前後、1993年は1,200～1,350 kcal/kgであったものが2005年には、1,674～2,129 kcal/kgまで増加した。2007年以降は若干低下傾向にあるものの、1,700～2,000kcal/kgで推移すると推計された。

バンコクの廃棄物の熱量は、廃棄物に含まれるプラスチックに大きく依存しているが、今後劇的にバンコクにおいてプラスチック廃棄物の比率が高くなることはないと考えられ、バンコクの熱量が今後劇的に上昇するといったことは考えられないと思われる。

## 参考文献

1. 三鷹市・調布市(2006)新ごみ処理施設整備基本計画資料編
2. 酒田地区広域行政組合(2014)可燃ごみ及びスラグ等分析業務委託仕様書
3. 今井剛(2015)リサイクル工学特論(講義資料)
4. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (BMA) (2012) Solid Waste Management in Bangkok
5. Jungrungrueng S. (Director of Air Quality and Noise Management Division/ Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration) (2010) Solid Waste Management in Bangkok
6. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration(BMA) (2009) Solid Waste Management In Bangkok
7. Jungrungrueng S. (Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration) (2008) Bangkok: Environmental Infrastructure
8. Department of Environment/ Bangkok Metropolitan Administration (2007) Thailand Country Report Solid Waste Management: The Case of Bangkok
9. Solid Waste Hazardous Waste and Nightsoil Management Division/ Bangkok Metropolitan Administration(BMA) (2005) 組織説明資料  
<http://office.bangkok.go.th/environment/pdf/shwasteandnightsoildiv.pdf>  
(2015年8月23日アクセス)

## 補論4 ASEAN 諸国の土地価格、電力価格の変化

### 目的

6章では、選択モデルに影響を与える要因について、土地の確保費用、電力価格に着目した。タイ以外のアジア諸国、マレーシア、フィリピン、インドネシア、ベトナム、ミャンマーにおける廃棄物処理手法の今後の変化について示唆を得るため、これらの国における土地の確保費用、電力価格の傾向を明らかにする。

### 方法

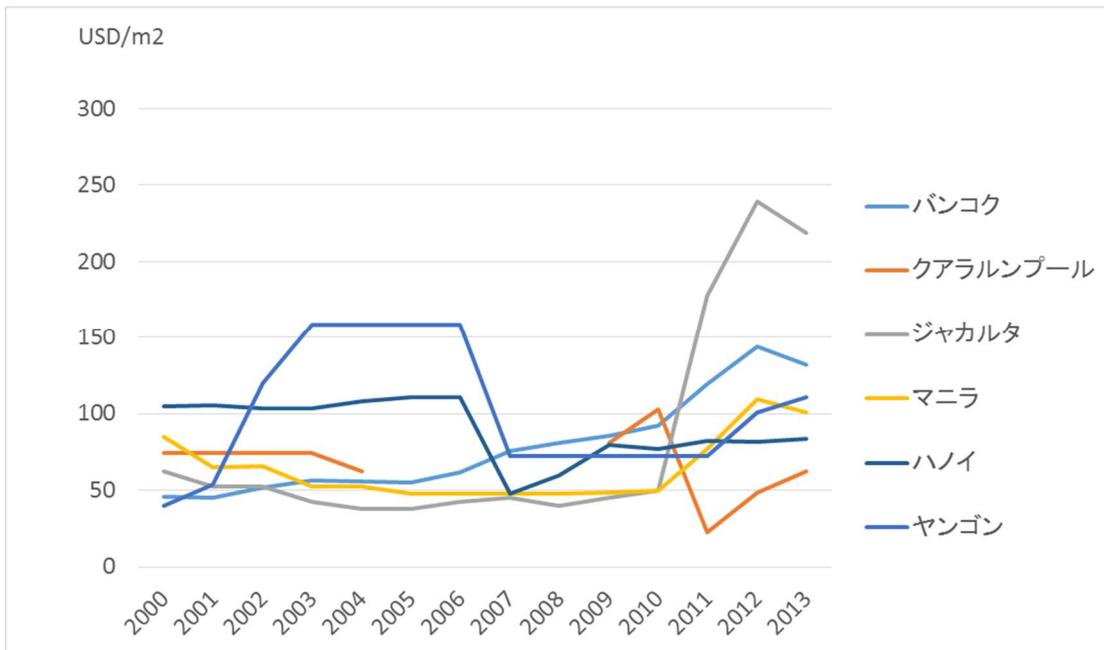
土地の確保費用（ここでは土地価格とした）、電力価格の変化と廃棄物発電への価格プレミアムについて、タイ（バンコク）、マレーシア（クアラルンプール）、インドネシア（ジャカルタ）、フィリピン（マニラ）、ベトナム（ハノイ）、ミャンマー（ヤンゴン）のデータを集め、比較分析を行った。

### 結果

#### a) 人口密度と土地価格

タイやベトナム等の一部の国を除き、地価の分析を政府が行っている国は少ないために、土地価格の推移を分析するのは難しい。したがって、工業団地の用地価格を指標とすると、その推移は図 11-1 のようになる。

ハノイやヤンゴンでは、2007年の世界金融危機、2008年のリーマンショックによって大きく価格を下げたが、現在では上昇傾向にある。ジャカルタは、FTAをにらんで自動車産業の進出が進み、工業団地用地が逼迫して価格が高騰した。



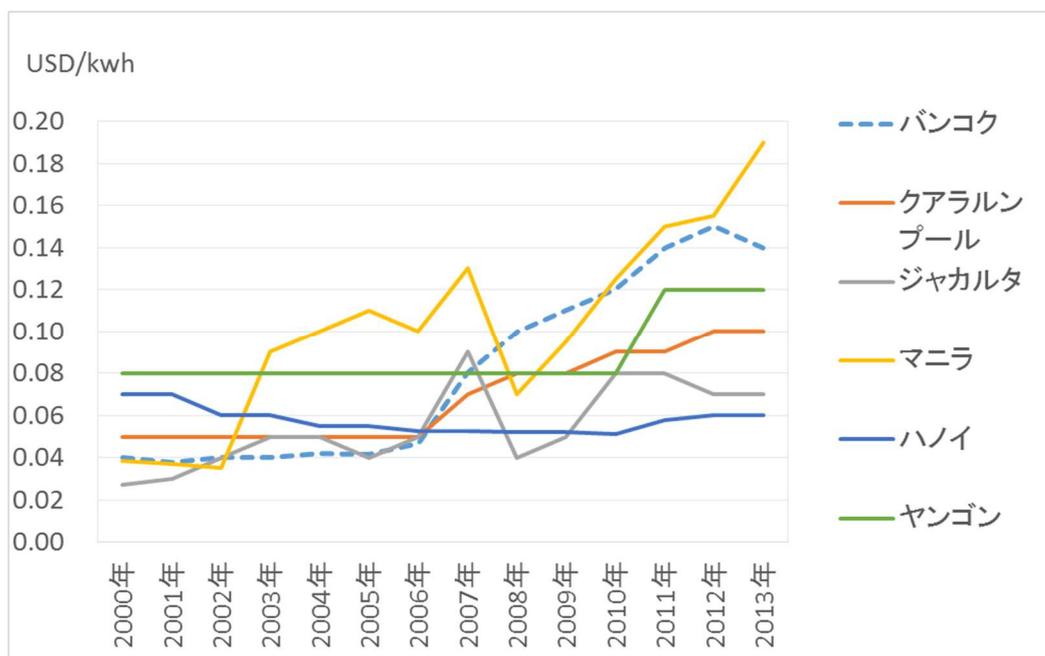
注：ハノイ、ヤンゴンについては、40年間賃借したとして計算出所：JETRO，アジア・オセアニア主要都市・地域の投資関連コスト比較 各年版[1]

図 11-1 分析対象とした都市における工業団地用土地価格の推移

b) 売電価格と廃棄物発電に関する価格プレミアム

売電価格については、一部の国の一部の年のデータしか入力できなかったため、まずは、産業（製造業）用の電力価格について比較し、電力価格の変化の傾向について分析を行った。その結果を図 11-2 に示す。

産業（製造業）用の電力価格は、バンコク、マニラ、ヤンゴンで上昇し、日本の水準もしくはそれ以上の水準にある。クアラルンプールは緩やかな上昇、ジャカルタ、ハノイは横ばいにある。



出所：JETRO アジア・オセアニア主要都市・地域の投資関連コスト比較 各年版[1]より作成

図 11-2 分析対象とした都市における電力価格の推移

さらに、焼却による廃棄物発電や埋立処分場からのメタンガス回収発電については、各国の再生可能エネルギーに関する固定価格買取制度（FIT）や買取額の上乗せ制度に該当する。各国の制度は表 11-1 のとおり。

インドネシア、ベトナムは、焼却に対する上乗せの程度がタイと同様に大きい。ただし、絶対水準で見ると、売電価格は低い。フィリピンは焼却が禁止されているため、焼却に対する上乗せ価格はない。

表 11-1 アジア各国の固定価格買取制度（FIT）の導入状況

		各国における FIT の導入状況			
高中所得国	マレーシア	2011 年 4 月に固定価格買取の導入を盛り込んだ再生可能エネルギー法を可決、2011 年 10 月から導入			
	タイ	2006 年 12 月、国家エネルギー政策委員会(NEPC)が Adder 制度（価格上乘せ制度）の導入を決定、2015 年から FIT 制度に移行中			
	インドネシア	地熱について固定買取制度が導入されている（2011 年 3 月、エネルギー鉱物資源大臣令 20/2011 号）。 地熱以外には、中小規模再生可能エネルギー及び余剰電力からの電力購買に関するエネルギー鉱物資源大臣令 04/2012 号により、2012 年 6 月、固定価格買取制度における買取価格の区分が新たに導入された。対象となるのは、発電能力 10MW 未満のバイオマス、バイオガス、都市廃棄物と水力発電所である。			
	フィリピン	2008 年に再生可能エネルギー法で定められ、2012 年 7 月に買取価格が設定された。			
		種類	NREB 原案	第 1 次認可価格	改訂価格
水力		6.15 ペソ	5.90 ペソ	-	
バイオマス		7.00 ペソ	6.63 ペソ	-	
	風力	10.37 ペソ	8.53 ペソ	-	
	太陽光	17.95 ペソ	9.68 ペソ	8.69 ペソ	
	ベトナム	導入時期：2011 年 6 月（風力）、2014 年 5 月（固形廃棄物発電） 買取価格：固形廃棄物発電（直接焼却する場合）：2,114 [VND /kWh] 固形廃棄物発電（埋立場から回収したガスを燃焼する場合）：1,532 [VND /kWh] 買取期間：20 年			
低所得国	ラオス	なし			
	ミャンマー	なし			
	カンボジア	なし			

出所：マレーシアはマレーシア政府官報[2]、タイはEnergy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand[3]、インドネシアは[4]、フィリピンは[5]、ベトナムは[6]、ミャンマーは[7]、ラオス、カンボジアはREN21[8]

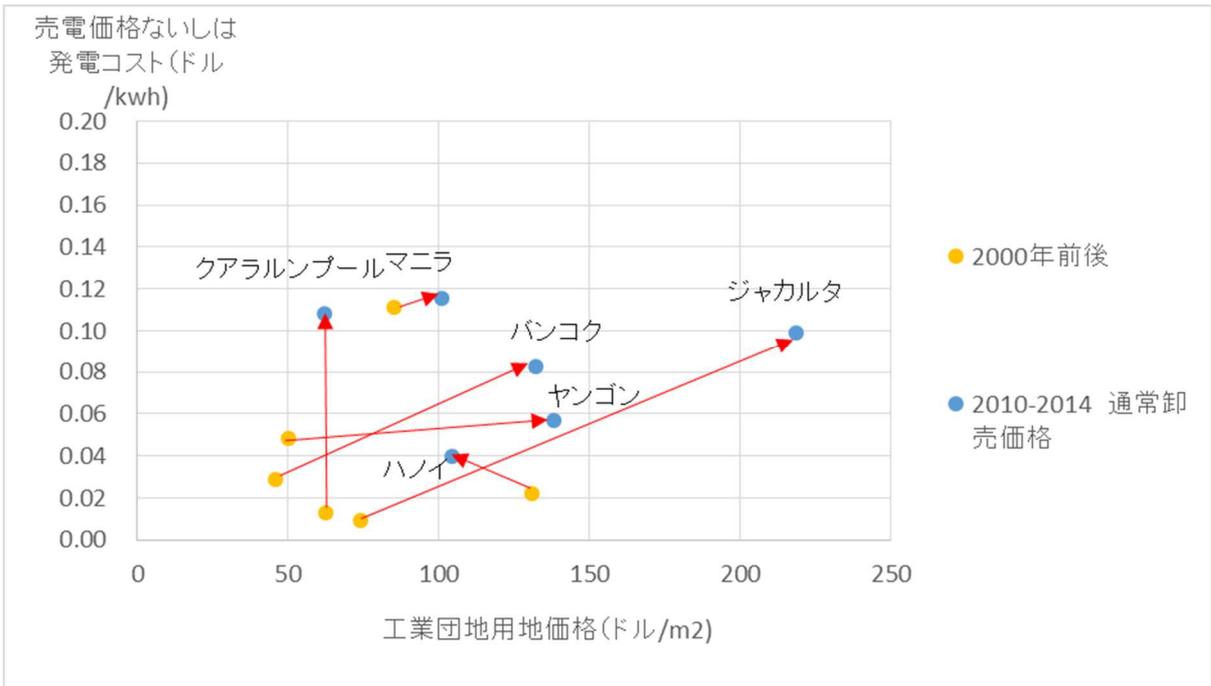
以下、埋立処分場の建設費用（土地価格で代替）と売電価格の傾向を整理すると図 11-3 及び図 11-4 のようになる。

図 11-3 は、土地価格を横軸に、FIT が適用されなかった場合の通常の売電価格<sup>36</sup>ないしは発電コスト<sup>37</sup>を縦軸に示したものである。クアラルンプールは土地価格が同水準なのに対して、売電価格ないしは発電コストが上昇している。バンコクは、土地価格、売電価格ないしは発電コストともに上昇傾向にある。マニラはほとんど変化がないが、他国と比較して、もともと 2000 年前後から売電価格ないしは発電コストが高い。ジャカルタは、土地価格が急激に上昇していることがわかる。ハノイは、土地価格が低下傾向にある。ヤンゴンには、売電価格ないしは発電コストがそれほど上昇していないのに対

<sup>36</sup>送配電会社が IPP から電力を購入する際の電力購入契約価格を想定

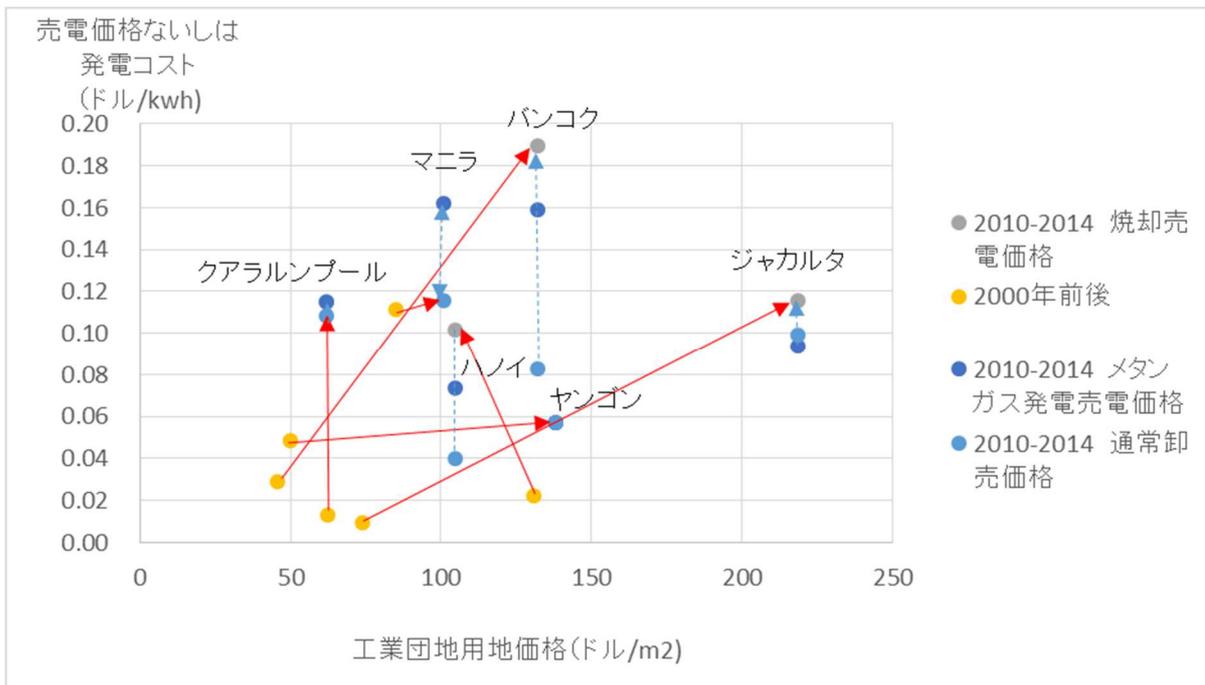
<sup>37</sup>送配電会社が火力発電等により自ら発電する場合の費用

して、土地価格が上昇している。



出所：工業団地用地価格はJETRO，アジア・オセアニア主要都市・地域の投資関連コスト比較 各年版[1]  
 売電価格は、マレーシアの1999年は[9]、マレーシアの2012年は[10]、タイの2000年は[11]、タイの2012年は[12]、  
 インドネシアの2002年は[111]、2012年は[13]、フィリピンの2001年は[14]、2012年は[15]、ベトナムの2000年は[16]、  
 2013年は[17]、ミャンマーの2000年は[18]、2012年は[19]。

図 11-3 分析対象とした都市における土地の価格と売電価格の傾向  
 (通常の卸売価格に関する時系列的な変化を赤字の矢印で示したもの)



出所：工業団地用地価格はJETRO，アジア・オセアニア主要都市・地域の投資関連コスト比較 各年版[1]  
 売電価格は、マレーシアの1999年は[9]、マレーシアの2012年は[10]、タイの2000年は[11]、タイの2012年は[12]、  
 インドネシアの2002年は[1111]、2012年は[13]、フィリピンの2001年は[14]、2012年は[15]、ベトナムの2000年は[16]、  
 2013年は[17]、ミャンマーの2000年は[18]、2012年は[19]。

図 11-4 分析対象とした都市における土地の価格と売電価格の傾向  
 (焼却の売電価格の時系列的な変化を赤字の矢印で示したもの)

図 11-4 は電力料金の上乗せ価格を考慮していない。図 11-4 は、電力料金の上乗せ価格を考慮し、土地価格を横軸に、①焼却による発電に対して上乗せ価格 (FIT 等) が適用された価格、②埋立処分場からのバイオガス発電に対して上乗せ価格 (FIT 等) が適用された価格、③FIT が適用されなかった場合の通常卸売価格ないしは発電コストを縦軸にしたものである。図 11-4 の矢印は、焼却による発電に対して上乗せ価格 (FIT 等) が適用された価格について、2000 年前後及び 2010～2014 年ごろの価格の変化を示したものである。

## 考察

図 11-3 と図 11-4 に基づくと、バンコクは、土地価格も高いが、FIT による上乗せ制度の効果が他の国と比べて大きいことがわかる。売電価格 2.71 バーツ/kWh に対して、焼却の場合は 3.5 バーツ/kWh、メタンガス発電の場合は 2.5 バーツ/kWh という高い上乗せ価格が適用されるため、2000 年前後から 2010 年～2014 年の売電価格の変化について、通常卸売価格の変化と比べて、焼却やメタンガス発電の場合の売電価格の変化が大きくなっている。実際にバンコクで焼却炉の導入が進められたとおり、

クアラルンプール、ジャカルタ、ハノイ、マニラ、ヤンゴンと比較して、焼却炉の導入が進みやすい位置にあると言える。また、クアラルンプールは、何度も焼却炉の導入が検討されたが実現しないのは、図における位置づけからみて、他の国よりも左に位置づけられることなどからその理由が想像できる。ただし、タイにおける建設単価や運営管理費用の単価、割引率を前提とすると、焼却が有利な領域に移りつつあり、今後は焼却の導入も見込まれる。

また、ジャカルタは、土地価格が高い。発電コストも、通常の卸売価格はバンコクよりも高い水準にある。

マニラは、売電価格と工業団地用地価格ともに現状でも高く、上昇傾向にある。

ハノイは、まだまだ土地価格も売電価格も低い。土地価格については、2007年以降の急落の後、直近では上昇傾向にあると言われている。電力価格もバンコクと比べると緩やかであるが、上昇傾向にある。

ヤンゴンについては、電力価格が今後も上昇しない一方で、土地の価格は上昇している。

## 参考文献

1. JETRO(1995-2015)アジア・オセアニア主要都市・地域の投資関連コスト比較 各年版
2. マレーシア官報(2011) Laws of Malaysia Act 725 Renewable Energy Act 2011
3. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand 資料  
[http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder\\_2010.pdf](http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder_2010.pdf)(2015年8月14日アクセス)
4. 国立国会図書館(2014)第I部再生可能エネルギーをめぐる科学技術の動向と各国政策
5. 財務省(2003)第22回MOF・NGO定期協議議事録
6. 株式会社大原鉄工所、株式会社PEAR(2014)平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業(本邦技術活用等途上国支援推進事業)委託費「案件化調査」ファイナル・レポート、フィリピン国バイオガス発電技術普及案件化調査
7. ジェトロ(2015)「アジア・オセアニア各国の電力事情と政策」
8. REN21(2013)Renewables 2013 Global Status Report
9. 日本エネルギー経済研究所(1999)国際エネルギー動向分析
10. マレーシアナビ(2012)マレーシアニュース  
<http://www.malaysia-navi.jp/news/?mode=d&i=1201>
11. 長山 浩章(2008)ベトナム及びスリランカにおける環境を配慮した電源政策に関わる分析
12. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand 資料  
[http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder\\_2010.pdf](http://www.eppo.go.th/power/renew/docx/Adder_2010.pdf)(2015年8月14日アクセス)

13. 国立国会図書館(2014)第 I 部再生可能エネルギーをめぐる科学技術の動向と各国政策
14. 財務省 (2003) 第 22 回 MOF・NGO 定期協議議事録
15. 株式会社大原鉄工所、株式会社 PEAR(2014)平成 25 年度外務省政府開発援助海外経済協力事業 (本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費「案件化調査」ファイナル・レポート、フィリピン国バイオガス発電技術普及案件化調査
16. Nguyen Anh Tuan (2012) A Case Study on Power Sector Restructuring in Vietnam
17. キャピタル・パートナーズ証券株式会社(2013)ファーライ火力発電株式会社(コード：PPC)」
18. 江橋正彦 (2002) 中緬および泰緬国境貿易視察報告
19. J F E エンジニアリング株式会社等(2015)二国間クレジット制度 (JCM) 実現可能性調査 最終報告書 ヤンゴン市における廃棄物発電 調査実施団体

## 参考資料

AHP 分析で用いたアンケート調査票

**Municipal Waste Management Priorities  
In Southeast and East Asian Countries  
- Questionnaire survey -**

Waste management is one of the most important issues for the sustainable development of Asian countries. However, waste management priorities differ according to the situations of individual countries. Some countries prioritize social factors, while others prioritize economic or other factors. The aim of these questionnaires is to identify what factors (economic, environment, or social) individual countries and experts prioritize for Municipal waste management, and which policy options (promotion of informal sector involvement or not, promotion of incineration or not, promotion of source separation or separation at transfer station) are preferred by stakeholders.

I would very much appreciate your cooperation in responding to these questionnaires

Please send your answer to the following address by e-mail or FAX.

Also, in case you have any questions, contact the same address.

Shigefumi Okumura

Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo.

*\*Contact information was deleted*

## QUESTIONNAIRE

### Priority given to economic, environment, or social factors in Municipal waste management

< Purpose of QUESTIONNAIRE >

- It is desirable for decision-making on waste management policy to take account of assessments based on multiple aspects such as economic, environmental, and social factors.
- QUESTIONNAIRE is intended to clarify which factors are more important for your country when you plan waste management.

< How to respond >

Compare the descriptions at (A) to the left and (B) to the right, and enter your response to the question: "Which item do you think should be important on and how important" in terms of waste management in your country.

Example

If you think the item to the left is more important than the one to the right, check the appropriate box. For example, if you think that Economic Factors are more important than Environmental Factors to the extent indicated by 5, circle the number "5".

< A >	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">9 A is a lot more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">7 A is much more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">5 A is somewhat more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">3 A is a little more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">1 About equally important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">3 B is a little more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">5 B is somewhat more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">7 B is much more important</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">9 B is a lot more important</div> </div>	< B >									
Economic Factors	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">9</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">7</td> <td style="width: 20px; text-align: center; border: 2px solid black;">5</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">7</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">9</td> </tr> </table>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Environmental Factors
9	7	5	3	1	3	5	7	9			

The meaning of each description is also explained in Table 1. Please refer to these explanations as necessary.

Table 1 : Definitions of Assessment Items

Economic factors		
	Cost of waste management	Cost required for waste management
	Initial cost	Reduction of initial investment on waste management, e.g., land cost, construction cost for building, equipment cost.
	Operation and management cost	Reduction of operation and management costs for waste management, e.g., labor cost, expenses for consumable supplies and materials
	Benefits of waste management	Benefits of waste management
	Revenue from energy recovery	Revenue from selling electricity/heat from waste incineration
	Revenue from composting	Revenue from selling compost to farmers
Environmental factors		
	Global and regional environmental impacts	Negative impact on global and regional environments
	Greenhouse gases (GHG) emissions	Amount of greenhouse gases generated (e.g. CO <sub>2</sub> , methane, etc.)
	Transboundary movement of hazardous wastes	Amounts of exports/imports of hazardous wastes restricted by Basel Conventions.
	Local environmental impacts	Negative impact on local environment in the region (this environmental impact also includes health impact on people in the region)
	Air pollution	Amount of air pollutants generated such as dust, aldehyde, and formaldehyde from recycling, and NO <sub>x</sub> /SO <sub>x</sub> from incineration.
	Water pollution	Amount of water pollutants generated by leaching from disposal sites, etc.
	Soil pollution	Amount of soil pollutants generated by leaching from disposal sites, etc.
	Resource utilization	Increased resource efficiency
	Amount of reduction of waste disposal	Amount of waste reduced by preventing generation, using waste materials, etc.
	Amount of reused/recycled materials	Amount of used material reduced by separating waste flows and recycled materials made by recycling companies, etc.
Social factors		
	Social acceptance	Whether waste policy, procedure, and technology, are socially accepted.
	Acceptance by local residents	Degree of support/opposition from local residents
	Political acceptance	Degree of political acceptance of waste policy, procedures, and technologies, e.g., collaboration among ministries on policy options.
	Social welfare	Social benefits of waste management
	Creating jobs	Number of new jobs created relating to waste management. Jobs in informal sector are also included in this category.
	Promoting decent work	Progress of decent work for workers involved in waste management (collection, separation, treatment etc.)

## Template for Answering Questionnaire

### Profile

Organization/affiliation:	
Name:	
E-mail	
TEL NO:	

### Level 1

	<i>9 A is a lot more important</i>	<i>7 A is much more important</i>	<i>5 A is somewhat more important</i>	<i>3 A is a little more important</i>	<i>1 About equally important</i>	<i>3 B is a little more important</i>	<i>5 B is somewhat more important</i>	<i>7 B is much more important</i>	<i>9 B is a lot more important</i>	
< A >										< B >
Economic factors	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Environmental factors
Economic factors	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Social factors
Environmental factors	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Social factors

### Level 2

#### <Economic factors>

Cost of waste management	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Benefits of waste management
--------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------

#### <Environmental factors>

Global and regional environmental impacts	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Local environmental impact
Global and regional environmental impacts	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Resource utilization
Local environmental impact	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Resource utilization

#### <Social Factor>

Social acceptance	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Social welfare
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------

Level 3

< Cost of waste management >

Initial cost	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Operation and management cost
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

< Benefits of waste management >

Revenue from energy recovery	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Revenue from composting
------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------

< Global and regional environmental impacts >

Greenhouse gases (GHG) emissions	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Transboundary movement of hazardous waste
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

< Local environmental impact >

Air pollution	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Water pollution
Air pollution	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Soil pollution
Water pollution	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Soil pollution

< Resource utilization >

Amount of reduction of waste disposal	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Amount of reused/recycled materials
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------------

< Social acceptance >

Acceptance by local residents	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Political acceptance
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

< Social welfare >

Creating jobs	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Promoting decent work
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------------------