

平成 25 年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業
総合研究報告書

静脈産業のアジア地域への移転戦略の構築に関する研究
(3K113010)

平成 26 年 3 月

独立行政法人国立環境研究所 山田正人

補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 23 年度～平成 25 年度）

所管 環境省

国庫補助金 53,803,000 円（複数年度の総計）

研究課題名 静脈産業のアジア地域への移転戦略の構築に関する研究

研究期間 平成 23 年 6 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日

研究代表者名 山田正人（独立行政法人国立環境研究所）

研究分担者名 石垣智基（独立行政法人国立環境研究所）

大迫政浩（独立行政法人国立環境研究所）

河井紘輔（独立行政法人国立環境研究所）

高畑恒志（独立行政法人国立環境研究所）

山口直久（株式会社エックス都市研究所）

倉澤壮児（株式会社市川環境エンジニアリング）

高野友理（株式会社市川環境エンジニアリング）

和田英樹（株式会社サステイナブルシステムデザイン研究所）

目 次

総合研究報告書概要	1
本文	
1. 研究背景と目的	9
2. 研究方法	9
2.1 静脈産業の技術・管理手法メニューの提示	9
2.2 アジア都市における静脈産業の事業環境の評価	9
2.3 わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定	10
2.4 アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案	10
3. 結果と考察	13
3.1 静脈産業の技術・管理手法メニューの提示	13
3.1.1 わが国の廃棄物処理技術史	13
3.1.2 欧米型廃棄物処理技術の特徴とアジア適用時の優位性	20
3.2 アジア都市における静脈産業の事業環境の評価	28
3.2.1 わが国からの静脈産業のアジア諸国への移転の必要性和課題	28
3.2.2 ベトナム国における事業環境	34
3.2.3 タイ国における事業環境	50
3.2.4 マレーシア国における事業環境	60
3.3 わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定	69
3.4 アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案	85
3.4.1 収益評価ツールの構築	85
3.4.2 ビジネスモデル案	98
3.4.3 アジア都市への静脈産業移転戦略の類型化	107
4. 結論	112
5. 研究発表	113
6. 知的財産権の取得状況	114
7. 研究概要図	115
8. 英文概要	116

環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書概要

研究課題名：静脈産業のアジア地域への移転戦略の構築に関する研究

研究番号：3K113010

国庫補助金清算所要額：50,356,000 円（複数年度の総計）

研究期間：平成 23 年 6 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名：山田正人（独立行政法人国立環境研究所）

研究分担者：石垣智基（独立行政法人国立環境研究所）、大迫政浩（独立行政法人国立環境研究所）、河井紘輔（独立行政法人国立環境研究所）、高畑恒志（独立行政法人国立環境研究所）、山口直久（株式会社エックス都市研究所）、倉澤壮児（株式会社市川環境エンジニアリング）、高野友理（株式会社市川環境エンジニアリング）、和田英樹（株式会社サステイナブルシステムデザイン研究所）

研究目的

アジア地域へ、わが国からの民間投資を基本として、アジア風土に適合した廃棄物資源循環の技術と管理手法を移転し、現地で持続的な運営が可能な静脈産業の事業モデルをアジアの複数都市で立案することで、わが国の静脈産業移転戦略を示す。個別には、アジアに適合し、欧米に対して優位な国産の技術・管理手法の官民の連携手法を含めた戦略をメニュー化する。また、アジア都市における廃棄物資源循環フロー・静脈産業市場、現地パートナーの所在、行政・法制度等の事業環境を示す。先行事例の検証と共に事業の適切な領域を分析する。アジア複数都市において、国産の技術・管理手法の移転手法を資金調達手法や利益化手法、環境改善効果と共に、具体的な事業モデルとして示し、総合して戦略とする。

研究方法

（1）わが国の静脈産業の技術・管理手法メニューの提示：文献調査より、分別収集やスターダスト計画、焼却技術等の一般廃棄物資源循環の技術・管理手法、産業における廃棄物の熱処理利用、MBT（機械生物処理）等の欧米型の技術・管理手法とアジア展開事例をレビューした。

（2）アジア都市における静脈産業の事業環境の評価：現在のわが国やアジア諸国の静脈産業の状況を概観し、わが国の静脈産業のアジア諸国への移転の課題をまとめた。ベトナム国、タイ国、マレーシア国を対象として公文書等の資料調査、平成 23 年度にベトナム国における主にハノイ市周辺、平成 24 年度にタイ国における主にナコンラチャーシマーおよびレムチャバン、平成 25 年度にマレーシア国クアラルンプール市およびペナン州の現地調査により、法体系、廃棄物処理の現状とフロー、静脈産業市場、既存処理業・コンサルタントを含めた現地パートナーの所在や資質、行政・法制度等の事業環境の要素を抽出した。

（3）わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定：①化学系（有害）廃棄物、②建設系廃棄物、③都市ごみの 3 つの分野を想定し、対象とする廃棄物区分ごとに SWOT 分析の手法を活用し、静脈産業移転に関する事業領域を試行的に特定した。具体的には、我が国の静脈産業事業・技術の「強み」「弱み」および、アジアにおける事業環境の「機会」「脅威」を整理し、これらをもとに 2 軸を組み合わせて分析し、①積極的攻勢に出る領域、②差別的戦略を図る領域、③段階的進出を図る領域、④専守防衛に徹する領域の 4 つの事業領域を検討した。

（4）アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案：以上の検討を元に、ベトナム国、タイ国ナコンラチャーシマー（Nakhon Ratchasima）県、マレーシア国をモデルとして、有害廃棄物、建設系廃棄物ならびに都市ごみの事業領域における具体的な事業モデルを例示した。キャッシュフローを指標として、予想され

る事業リスクを定義して、進出する事業者の意志決定に必須な収益性の評価ツールを提案した。また、アジア都市の静脈産業移転戦略を類型化するため、ある廃棄物政策がある国で導入されている（される）、されていない（されない）を決定する要因を、廃棄物政策スコア、世界銀行による“World Governance Indicators”（WGI）および“World Development Indicators”（WDI）の相関により分析し、現在導入されていない廃棄物政策がいつどのような条件で導入されることになるかを考察した。

結果と考察

（１）わが国の静脈産業の技術・管理手法メニューの提示

わが国の分別収集技術の特徴は、資源回収だけではなく収集後の処理や処分を効率よく行うための分別区分の設定がされていること、経済的インセンティブがない状況下で、市民（家事労働）による行政への無償の支援であること、各家庭に配布されている分別区分表、容器等へのラベリング等に裏打ちされて分別の精度が高いこと、また、行政による収集拒否やゴミステーションの地域管理により排出行動が厳しく統制されていることである¹⁾。したがって、他国で分別収集を成立させるためには、技術や経済インセンティブだけではなく、社会規範の中で家事労働として行う面倒を乗り越えるための動機付けが重要である。スターダスト²⁾ 80 で得られた技術³⁾は、焼却以外の欧州の（広義の）機械選別・生物処理（MBT）に対抗しうる技術ストックであると共に、分別収集＋焼却処理というシステムがアジアの風土に適していることを証明したものである。都市衛生の向上から始まったわが国の都市ごみ焼却は、含水率の高い厨芥の安定燃焼が先決の課題であり、発電等の熱利用や乾留ガス等の原料利用等の方向へは進み難かった⁴⁾。次第に燃焼空気の導入や前乾燥、炉の気密、工程の自動化、排ガス処理に改良が加えられ、また都市ごみへのプラスチック混入による高カロリー化が進み、ダイオキシン類対策が講じられ、20 世紀終わりに全連続燃焼式ストーカー炉として完成した^{3),4),5),6)}。都市ごみから分離されたまたは産業廃棄物由来の含水率の低い可燃物については、セメント、石炭火力、製鉄所高炉、またボイラー用固形燃料として産業利用されている。わが国が高度成長期にあった当時の廃棄物の状況より導き出された方針である、処理・処分の広域化と収集・輸送の合理化、中間処理の選択手法、地域特性に依存した処理システム、経営形態や資金調達方法など、現在、東南アジア等の中進国が直面している問題に対する解法が提示されているものと考えられた⁷⁾。特に廃棄物処理を「都市物質代謝」の視点で捉えるべきという大前提⁷⁾は、現在の循環型社会に直結するものである。

欧州では、もともとは、居住エリアが制限されているような小規模の過密国において、焼却を含む中間処理や資源化により廃棄物埋立量を削減することから始まり、リサイクルや温室効果ガス削減などがオプションとして追加され、MBT のような独特の廃棄物処理技術・システムが発展した⁸⁾。北米地域では、都市の居住エリアと廃棄物処分のエリアに一定の距離が確保され、かつ廃棄物埋立地の容量も大きいことから、生活ごみの大部分が直接埋立処分され、家庭や公園で発生する「庭ごみ」と呼ばれる剪定枝類に対しては、発生量がきわめて多いことからコンポスト化での中間処理が発展した⁹⁾。結果として埋立地ガスのエネルギー利用や中型・大型のコンポスト化反応器が発達した。欧米からの技術移転の日本に対する優位性として、熱処理における都市のエネルギー政策パッケージの提案、欧州の MBT におけるごみ由来燃料の生産と埋立前処理に特化した処理運転の実績、欧米型都市構造における建設系廃棄物処理、多様な廃棄物の混合物を原料とする嫌気性処理と都市へのエネルギー供給などが挙げられた。一方、燃焼管理の運転技術、排ガス処理、降水・浸透量の多い埋立地管理の経験、地域の保健衛生・労働問題に対処する都市システムとしての廃棄物管理や信頼を担保にした有害廃棄物処理が日本の優位性であると考えられた。

参考文献

- 1) 山田正人（2006）分別という技術．都市清掃，59(272)，311-314
- 2) 通商産業省（1983）資源利用再生技術システム導入の手引き，(財)日本産業技術振興協会
- 3) 溝入茂（1988）ごみの百年史－処理技術の移り変わり－，學藝書林，東京
- 4) 平山直道（2000）20 世紀の環境衛生を動かした技術ごみ焼却関連技術，生活と環境，45(12)：82-87
- 5) 廃棄物研究財団（2010）日本の 3R 制度・技術・経験の変遷に関する研究，平成 21 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金総合研究報告書
- 6) 長田守弘（2011）廃棄物溶融プロセスにおける有害物質の挙動とライフサイクルアセスメント，京都大学博士論文
- 7) 日本都市センター（1969）経済社会の変貌と清掃事業－清掃事業近代化への道－，日本都市センター，東京

- 8) Alison Smith, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton and Judith Bates (2001) Waste Management Options and Climate Change: Final Report for the European Commission, Environment Directorate General, B4-3040/99/136556/MAR/E3
- 9) U.S. environmental Protection Agency, 2011 National Biennial RCRA Hazardous Waste Report, (2012) <http://www.epa.gov/osw/inforesources/data/biennialreport/>

(2) アジア都市における静脈産業の事業環境の評価

従来の環境装置の販売というかたちでの移転は多くの課題をはらんでおり現実的ではない。廃棄物処理・リサイクル企業はサステナブルな廃棄物処理事業に必要なすべてを持っており、これらのノウハウ・経験をアジア諸国においてもいかに発揮できる潜在力を有しているが、経験不足や人的資源、事業文化の違いなどが課題である。また、事業計画や支援ではなく、廃棄物処理・リサイクル企業が事業主体に参画することで、政府間が中心であったこれまでの事業計画策定のための支援に留まらず、国際貢献策の幅を大きく広げる可能性がある。

ベトナム国では、2005 年環境保護法ならびに「国家戦略」等により、廃棄物問題に対して包括的な取り組みを可能とするような法規制・組織体制の構築が図られている。しかし、2008 年の行政組織法改正や 2009 年 12 月の「国家戦略」など、新しい法規制・組織・戦略が整備されたばかりである。廃棄物管理の所管は 2008 年の組織改正により、建設省 (MOC) に対して都市廃棄物の収集・処理・処分に関する責任を課した一方で、発生抑制から始まる廃棄物ヒエラルキー関連の政策については天然資源環境省 (MONRE) に課しているなど、複数の省庁にわたっている。また、廃棄物に関する施策や事業の展開については、具体的な手順や仕組みなど、その内容は未だに不明な部分も多い。

ハノイ市において都市ごみは、ハノイ市都市環境公社 (URENCO) が管理し、収集後一部をコンポスト化、大部分を埋立処分 (2010 年で 123 万トン) している。有価物については、戸別に買い取りや、市中や処理処分施設で回収、集約・資源化までの流れをインフォーマルセクターが行っている。

ベトナム国において、第 2 次、第 3 次産業のシェアは今後とも拡大し、これら産業からの廃棄物の増加が予想される。これに伴い直轄都市への人口集中と直轄都市圏そのものの拡大が見込まれる。インフレにより値上げ交渉等が頻繁に起きやすいことから契約方式等に留意すべきであり、為替レートは現地で上げた利益を日本円・米ドルベースに換算する際の為替リスクとなりうる。環境分野は様々な省庁に許可・承認が重複しており、組織間調整に留意が必要である。環境関連事業の許可は、法的には外資系 100%でも得ることができるが、当初は現地にパートナーを持って政府との交渉や市場開拓をする方が入りやすいと思われる。また税制優遇策がある。現状で生活廃棄物の処理費は非常に安価であるが、生活廃棄物処理やリサイクルが利権商売になり始めており、事業者土地と事業権を売り渡すパターンが南部から始まり、北部に波及している。日系企業が入りやすい市場は処理費が日本と同等である有害廃棄物処理である。日系企業を含む外資企業はコンプライアンスと CSR の側面から現地法人に要求する環境管理レベルが高いことが一般的である。有害廃棄物処理には天然資源環境省の許可が必要であるが、民間の有害廃棄物処理業者はまだ少ない。次に未開拓の分野は、建設廃棄物の処理・リサイクルである。現状は、解体業者の副業であり、湖・空き地などを投棄場所として利用している。有価物の多くがリサイクル業者に売却されている。すでに市場が出来上がっているため、既存の事業と同じことをやっても参入できる機会は少ないと考えられる。

タイ国において都市ごみを定義し所轄する法律は公衆衛生法であり、工場廃棄物を定義し所轄する法律は工場法である。その他複数の法律に都市ごみ管理主体や有害物質管理等に関する規定が分散している。行政組織としては、経済発展委員会による管理目標のもと、総合的な廃棄物政策、リサイクル政策を天然資源環境省公害管理局 (PCD) と天然資源環境政策企画局 (ONEP) が、産業廃棄物の発生から最終地点までの管理を工業省工業局 (DIW) が、新エネルギー政策をエネルギー省エネルギー政策・計画局 (EPPD) が担当している。

バンコク都では日量 9,500 トンの都市ごみの 89%が中継基地を経て埋立処分される。11%は MBT 施設にて堆肥化処理される。バンコク都以外ではほとんどすべてが埋立処分である。埋立処分地は中心地から 50~100 km 遠方に設置され、埋立処分量の削減が急務である。バンコク郡の都市ごみに含まれる厨芥類は 42%と少なく、紙類、プラスチック類の組成割合が多く、他の東南アジア諸都市に比べて日本等の先進国の状況に近いごみ質で、自然が可能である。

タイ国における事業系の有害廃棄物の発生量は 2005 年で 142 万トン、非有害廃棄物は 1,108 万トンである。事業系の有害・非有害廃棄物は我が国のように許可業者により収集・中間処理ならびに処分されている。有害廃棄物の処理処分は、工業省出資の GENCO 社、民間の PRO 社ならびに焼却炉を運営する Better World Green 社 (BWG) の 3 社、事業系非有害廃棄物では 2 社を加えた 5 社の寡占状態である。リサイクル企業では先の GENCO 社、BWG 社の他、買取拠点を全国に展開する Wongpanit Garbage Recycle Separation Plant など

がある。リサイクルマーケットでは鉄くず、古紙の他に、燃料代替の廃タイヤやプラスチック、廃油等の需要が高まりつつある。タイで活動する日系企業としては DOWA グループが買収した Waste Management Siam として活動する DOWA グループ、日高洋行の鉄リサイクル、AP ホンダのバッテリーリサイクル、富士ゼロックスの製品リサイクルなどがある。

表 1 対象領域区分ごとの事業領域

対象領域	事業領域の概要		
①化学系 廃棄物	- 環境規制への国際的要請を背景に法整備・遵守との一体的な静脈産業の展開。 - 非有害系廃棄物の領域における静脈物流ネットワークの形成や現地企業等とのアライアンス形成による段階的進出。		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
②建設系 廃棄物	アジアの静脈市場に適合する技術改良や「ローテク」を商品化することによるコスト競争力の改善。	参入阻害の圧力を前提としつつ、我が国の静脈産業の技術的強みを活かした現地の処理業者との技術提携。	現地の非鉄金属施設とのビジネス提携による（希少金属濃縮技術の提供とスライム獲得の長期契約）
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
	ODA 事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の構築		
③都市 ごみ	- 欧米型技術に対する日本型技術の優位性理論武装による差別化 - コストダウンを念頭に置いたアジア適合技術の Re-engineering による段階的進出。		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
		自治体の循環システム（都市ごみ総合管理、資源エネルギー化、動脈産業連携）構築検討段階からの参画など、初期の段階からの自治体との連携と、その後の処理事業への展開	- 大規模焼却発電の官民連携によるトップセールス。 - 低発熱量・多灰分ごみの安定焼却と焼却灰リサイクルの一体的展開
④ E-Waste	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
			- 家電メーカーのノウハウを前面に押し出した官民連携によるトップセールス。 - 現地ネットワークを有する処理業者と連携した家電メーカーの進出

タイ国内の廃棄物処理ではエネルギー回収等への関心の高さが伺えた。タイにおける欧米系廃棄物機材メーカーおよび廃棄物管理業者の参入パターンとしては、当初は政府開発援助資金、もしくは国家による補助金制度を利用して機材のみ調達することをエントリーポイントとしている事例を確認することができた。こうした公的制度を活用しながら、地元企業、地方自治体との信頼関係を築き、機材調達から事業運営委託までの一括契約を長期的に狙う戦略である。日本企業は機材調達を強みとするメーカーは多いが、事業運営委託まで包括的に請け負うことが難しく、機材メーカー、コンサルタント等コンソーシアムを組んでパッケージ進出することが望ましい。タイ国政府は廃棄物分野の投資優遇制度も現在設けている他、上記で紹介した小規模エネルギー

一回収事業支援制度 Very-Small-Power-Producer(VSPP)など、エネルギー回収に関する制度の積極利用を促進しており、こうした制度活用を参入機会として市場参入を図ることが一案である。

マレーシア国では、指定（有害）産業廃棄物処理は環境法が、それ以外は固体廃棄物処理・公共清掃法（Act 672）と固体廃棄物処理・公共清掃公社法（Act 673）が管轄している。ペナン州、セランゴール州は州政府が、それ以外は国が直轄し、住宅地方政府省・国家固形廃棄物管理局が国家の廃棄物政策、戦略、計画等政策形成、実施、監理とライセンスの付与を行い、固形廃棄物管理公社が実際の廃棄物処理を行う三社（中央部：Alam Flora 社、北部：Idaman Bersih 社、南部：Southern Waste 社）との契約と監督を行っている。

クアラルンプール市では 2010 年には約 2,200 トン/日の都市ごみが Alam Flora 社によって収集され、中継基地で圧縮された後、スランゴール州にありメタンガス発電が行われている埋立処分場に処分されていた。有価物は政府のサポートを受けた NGO や Alam Flora 社によってリサイクルされている。ペナン州でも行政または民間によって収集された都市ごみは中継基地で圧縮された後に埋立処分されていた。クアラルンプール市における三成分はバンコク都とホーチミン市の中間にあり、発電を前提とした焼却処理を運営するためには水分を低下させる必要がある。

マレーシア国の有害廃棄物処理は、厚生年金資金の運用会社である UEM Environment 社傘下の Kualiti Alam 社の寡占状態にある。有価物市場においては非常に多くのプレイヤーが存在している。また、産業側では、製紙工場のほとんどが古紙を原料としている他、セメント製造業におけるバイオマスや廃タイヤ等の燃料利用、電子製品リサイクル会社があるが、製鉄・非鉄では再生利用の取り組みは進んでいない。

（3）わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定

静脈産業移転に関する事業領域を、対象とする廃棄物区分ごとに試行的に特定した主な結果を表 1 に示した。特に、ベトナム国においては ODA 事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の構築が、タイ国においては都市ごみ領域における資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する自治体への技術提供分野への計画策定初期段階からの関与が、マレーシア国においては都市ごみ領域における大規模焼却発電の官民連携によるトップセールスあるいは低発熱量・多灰分ごみの安定焼却と焼却灰リサイクルの一体的展開および E-Waste 領域における家電メーカーのノウハウを前面に押し出した官民連携によるトップセールスあるいは現地ネットワークを有する処理業者との連携による家電メーカーの進出が有望と考えられる。

（4）アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案

キャッシュフローで事業の収益性を評価するため、収益性に与える種々のリスク要因の取りうる「幅」を最良値、最悪値として設定し、それぞれにおける収益性の幅を当該リスク要因の全体に与える大きさを評価し、収益性の累積確率分布により、事業で収益が得られる可能性を示す手法を提案した。これを用いて、前節で事業領域として特定された事業を評価した。

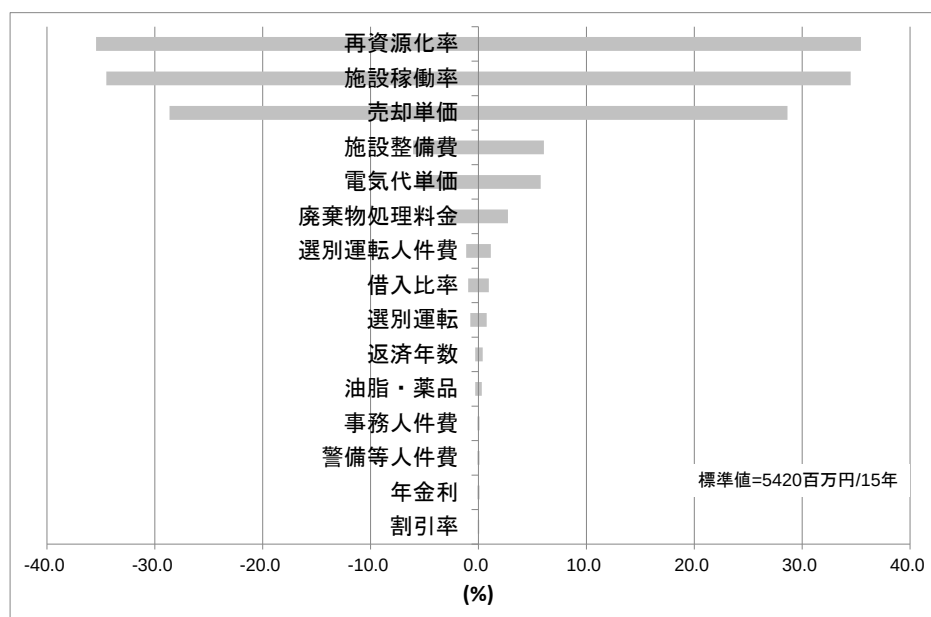


図 1 ベトナム国におけるガリリサイクル事業の収益を左右する要因

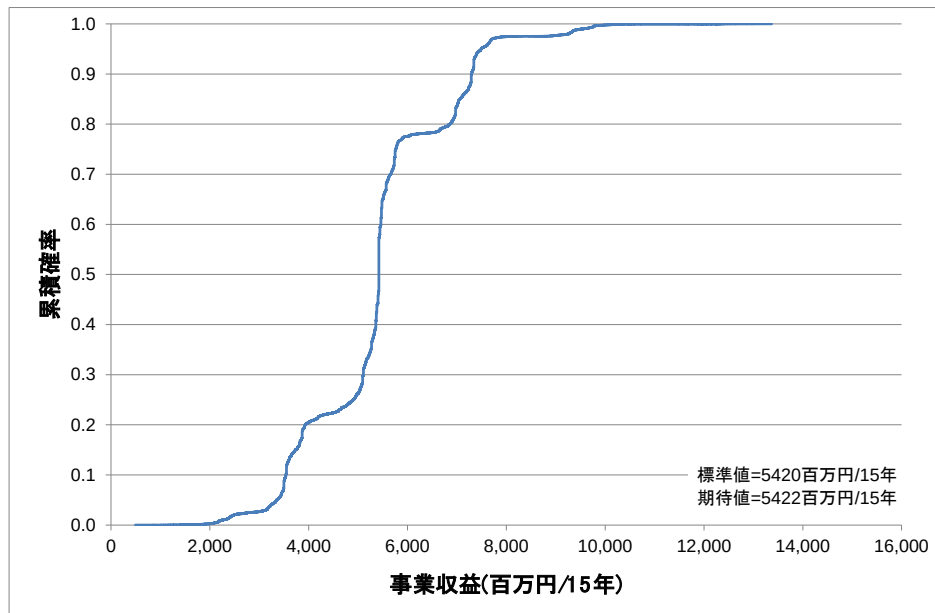


図2 ベトナム国におけるガラリサイクル事業の収益の累積確率分布

ベトナムのガラリサイクル事業では、再資源化率、施設稼働率、ガラスの売却単価が収益に大きな影響を与える（図1）が、収益が期待できる手堅い事業（図2）であると評価された。しかし、タイの都市ごみ前処理事業では、廃棄物処理料金収入、売電単価、可燃分売却単価が収益に大きな影響を与え、設定したパラメータセットでは事業が赤字となる確率は70%であり、本事業が新事業であることを反映してリスクの高い事業であることが示された。また、マレーシアの焼却事業では、住民合意や政府による調達の手配で変動の可能性の高い事業開始準備年数と、廃棄物処理料金、発電関係パラメータ、借入関係パラメータが収益性に大きな影響を与え、すべてのケースが等確率で発生する場合に5%の確率で収益はマイナスになり、国際市場価格並みに施設整備費を抑えることができない場合に事業の採算性は期待できないことが示された。

ベトナム国に対する4つのビジネスモデルを提案した。「有害廃棄物を含む産廃並びにリサイクル品の適正管理による我が国静脈産業の市場参入機会拡大事業」は、日本の事業者による高い管理水準とコンプライアンス順守を元に日系や欧米企業など環境意識の高い排出事業者に対してサービスを提供するものである。「日系有害廃棄物業者への窓口事業」は、また、海外進出の意思を持った異なる品目を取り扱う業者を束ね、一括受注を行う窓口業務体制を整備するものである。「建設廃棄物リサイクル事業モデル」は日越両国で日本からのODA事業へのリサイクル品の基準と利用率を指定することで、リサイクル品が売却・消費される仕組みを作るものである。「中長期的な視野に基づいた地方都市での地元事業者化」は、生活廃棄物については現在のハノイ、ホーチミン等の大都市周辺の小都市が今後成長することが予想されることから、既に関連事業者の力が強いことが明確な既存大都市ではなく、人口が少ない周辺都市において、今のうちから分別収集やアジア適合技術を導入していくなど、中長期的視野に立って早期に地元で根付くべく参入するものである。以上のモデルのうち、建設廃棄物リサイクル事業モデルについては、現地会社等と共同で具体化の検討を進めている。ここでは、混合建廃を破碎・粒度調整後に非焼成レンガの原料とする事業を考え、廃棄物処分費を徴収し、非焼成レンガ製造・販売する迄の事業範囲に限定して、バージン建材に対する価格競争力を得ること、また、リサイクル資材（原料）の品質基準構築を定めて、バージン建材同等の品質を確保することを戦略としている。

タイ国ナコンラチャシーマー県を事例として、製造業連携による資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する事業モデルを検討した。当該地域の産業立地を考えると、既設バイオガス発電プラントにある選別施設・RDF製造施設とセメント工場を利用した都市ごみ中のプラスチックの再利用が有望な事業モデルである。ただし、RDF単価である約4.5円/kgは他東南アジアにおける単価を下回っており、具体的な事業化には工夫を要すると考えられる。

マレーシア国の既存市場におけるプレイヤーとの共存・競争をする場合の事業の進め方として、家電リサイクル等で日本企業に有利な制度設計をすること、有害廃棄物処理で顧客工場のコストダウンとコンプライアンスを確保するユーティリティサービス（廃棄物、水、電力、熱、清掃、緑地整備・・・）として参入すること、生活廃棄物処理焼却事業で用地の有効利用など全く違う事業領域を取り込むこと、あるいはリサイクル事

業で、高値で取引される有価物市場でより高く買い取る、処理費を受け取るもの（廃棄物）を売却可能なバージン品相当の質に高めるなどの限外の事業領域で勝負すること、などが考えられた。

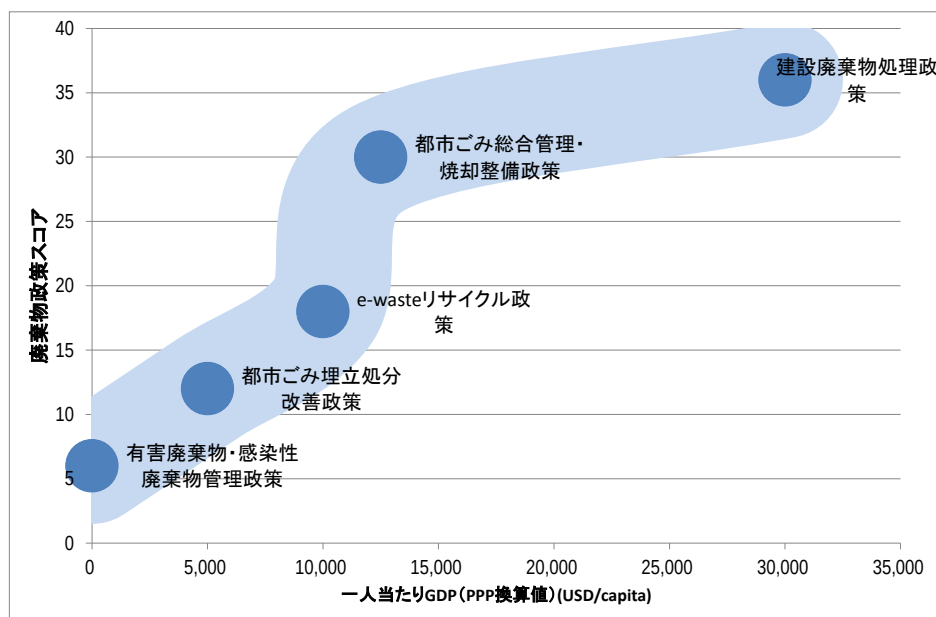


図3 各廃棄物政策が入る一人当たりGDPレベル

各廃棄物管理政策が導入される時点は、その国の経済発展度合いと関連があり、一人当たりGDP¹⁾によって決定できることが示唆された。有害廃棄物・感染性廃棄物管理政策は廃棄物管理政策の中で最も重要であり、経済発展度合いと関係なく展開され、その後一人当たりGDPがUSD5,000程度になると都市ごみ埋立処分状況の改善に着手される。E-wasteリサイクル政策が入る経済発展度合いはまちまちであり、一人当たりGDPがUSD5,000～15,000程度で展開される。次いで、一人当たりGDPがUSD10,000～15,000程度となると、都市ごみ総合管理政策および焼却整備政策が展開される。一人当たりGDPが30,000以上と先進国となると建設廃棄物処理政策が展開される（図3）。

参考文献

1) The World Bank (2013) World Development Indicators,
<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

環境政策への貢献

本研究は環境省が推進する日系静脈産業メジャーの育成・海外展開促進事業を具体化するため、知識および事業の分析手法の提供のみならず、現地調査等により具体的な事業モデルを立案するものである。3ヵ年でベトナム国における建設系廃棄物リサイクル事業、タイにおける都市ごみ前処理事業、マレーシアにおける焼却事業等を有望な事業領域として提示し、各事業のリスク付きの収益性を示したことは、有力な進出プレイヤーである廃棄物処理・リサイクル企業の当該国での事業主体に参画を後押しするものである。また、各種廃棄物管理政策が導入される時期は、当該国の一人当たりGDPによって決定されることを明らかにしたことは、当該事業またアジア3R推進事業等の総合的な戦略策定に極めて有用であると考えられる。

研究成果の実現可能性

本研究では、ベトナム国、タイ国、マレーシア国の制度、廃棄物の処理フロー、処理技術、外資を含めた市場の状況を現地調査により概観し、これらを総合化して、廃棄物区分毎に日本の静脈産業の強みと弱みならびに環境要因としての機会と脅威を分析し、事業領域として特定した。特定した領域の事業についてリスク付きの収益性を示した。併せてこれらの成果を都市に落としこんで事業モデルを立案した。以上により、具体的な静脈産業移転戦略を示したもので、実施する事業者さえあれば短期に実現可能である。実際に、ベトナム国に

における建設系廃棄物リサイクル事業化については事業者による検討が進んでいる。さらに廃棄物政策の導入時期の分析は、東南アジア全体における静脈産業移転戦略で最も基礎的な知見である。

結論

わが国からの民間投資を基本として、アジア風土に適合した廃棄物資源循環の技術と管理手法を移転し、現地で持続的な運営が可能な静脈産業の事業モデルの立案を、ベトナム国、タイ国、マレーシア国を事例として検討した。我が国の静脈産業移転が有望な事業領域は、ベトナム国では化学系（有害）廃棄物、建設系廃棄物および都市ごみ、タイ国では都市ごみ領域における製造業連携を含めた資源循環・廃棄物エネルギー有効活用、マレーシア国では大規模焼却発電の官民連携によるトップセールス等、が特定された。キャッシュフローで事業のリスク要因が収益全体に与える大きさと、事業で収益が得られる可能性を示す手法を提案し、ベトナムのガラリサイクル事業に適用した結果、収益が期待できる手堅い事業であると評価された。各廃棄物管理政策が導入される時点はその国の経済発展度合いと関連があり、一人当たりGDPによって決定できることが示唆された。以上の事業領域において、我が国の静脈産業、とりわけ廃棄物処理企業は、我が国での成功体験・失敗体験を最大限に活用して、アジア諸国での **In Situ Solution** を引き出すための貢献が期待される。

1. 研究背景と目的

従来のわが国の技術移転は政府間の支援であり、普及している施設型技術のみが移転され、個別の民間企業の発意やビジネス機会に裏打ちされたピンポイントの技術は検討されてこなかった。また、廃棄物管理には取り扱う荷の質と量を制御する物流管理の技術が必須であるが、これに長ける廃棄物処理業の参入がなかった。現在アジアでは CDM を契機として、欧米からの民間投資による技術移転が活発であり、わが国は出遅れている。しかし、埋立地メタン回収利用や機械選別・生物処理（MBT）等の欧米型技術は、一見合理的に見えるが、過去に日本で採用・定着されず、アジアの風土には不適合な技術である。また、現地の行政が責務を転嫁する安易な民間委託や、地元企業を買収し、利潤がでないと売却・撤退するという悪しき市場原理が横行している。最も由々しきことは、当然ながら依然として移転技術が現地に根付いていないことである。

ビジネス市場の開拓は、本来は企業固有の活動であるが、資質を有する国内廃棄物処理業は多くが中小企業であり、先行投資をする余力がない上に、海外進出する企業文化・経験を有していない。JICA において開発援助への PPP（民間連携：Public Private Partnership）の導入が進められているが、公共側の資本調達戦略であり、民間がどのように振る舞うべきかについては何も指し示されていない。また、欧米が MBT という技術を膨大な公的資金を投じて開発し、海外展開に利用していることを考えると、国が静脈産業ビジネスの海外展開戦略を指し示すことは、既に後手に回っている現在において急務である。

本研究では、アジア地域へ、わが国からの民間投資を基本として、アジア風土に適合した廃棄物資源循環の技術と管理手法を移転し、持続的な現地での運営が可能な静脈産業の事業モデルをアジアの複数都市で立案することで、わが国の静脈産業移転戦略を示す。個別には、アジアに適合し、欧米に対して優位な国産の技術・管理手法を官民の連携手法を含めてメニュー化する。アジア都市における廃棄物資源循環フロー・静脈産業市場、現地パートナーの所在、行政・法制度等の事業環境を示す。先行事例の検証と共に事業の適切な領域を分析する。アジア複数都市において、国産の技術・管理手法の移転手法を資金調達手法や利益化手法、環境改善効果と共に、具体的な事業モデルとして示し、総合して戦略とする。過去から現在までの日本型の技術・管理システムを、欧米との対峙において精査し、メニュー化することで、これまで分別収集や焼却処理などの漠然としていたわが国の技術の強みや対象国の発展段階を考慮した適用タイミングの具体化を目指す。アジア都市における廃棄物資源循環分野に特化した事業環境を整理することで、企業に対し参入意欲を刺激することを期待する。また、廃棄物資源循環分野に特化した事業領域が分析される。最終産物として、実際に事業展開する国内企業が理解かつ応用しやすい、具体的な事業モデルが付随した移転戦略を示すことを到達点とする。

以上の目的に沿って、東南アジアにおけるベトナム国、タイ国、マレーシア国をターゲットとした検討を行った。

2. 研究方法

2. 1 静脈産業の技術・管理手法メニューの提示

文献調査より、分別収集やスターダスト計画、焼却技術等の一般廃棄物資源循環の技術・管理手法、産業における廃棄物の熱処理利用、高度成長期の廃棄物処理の課題、MBT（機械生物処理）等の欧米型の技術・管理手法とアジア展開事例をレビューした。

2. 2 アジア都市における静脈産業の事業環境の評価

ベトナム国、タイ国、マレーシア国を対象として公文書等の資料調査、平成 23 年度にベトナム国における主にハノイ市周辺、平成 24 年度にタイ国における主にナコンラチャーシマーおよびレムチャバン、平成 25 年度にマレーシア国クアラルンプール市およびペナン州の現地調査により、法体系、廃棄物処理の現状とフロー、静脈産業市場、既存処理業・コンサルタントを含めた現地パートナーの所在や資質、行政・法制度等の事業環境の要素を抽出した。

2. 3 わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定

技術・管理手法および事業環境の整理をもとに、事業の対象領域として①化学系廃棄物、②建設系廃棄物、③都市ごみ、ならびにマレーシア国においては④E-Waste の3つの廃棄物区分を想定し、それぞれ廃棄物区分ごとに、SWOT 分析の手法を活用し、静脈産業移転に関する事業領域を試行的に特定した。具体的には、我が国の静脈産業事業・技術の内部環境（強み、弱み）および、アジアにおける事業環境の外部環境要因（機会、脅威）を分析し、これらをもと2軸を組み合わせるクロス分析することにより、①積極的攻勢に出る領域、②差別的戦略を図る領域、③段階的進出を図る領域、④専守防衛に徹する領域の4つの事業領域を検討した。

なお、SWOT 分析^{1),2),3)}とはマーケティングや企業の戦略立案に用いられる手法であり、自社の強み（Strength）と弱み（Weakness）という内部環境分析と、市場や他社といった自社を取り巻く環境の機会（Opportunity）と脅威（Threat）という外部環境分析の4つのキーワードによって分類される4つの状況を分析する手法である。

表 2.3-1 SWOT 分析の概念（クロス SWOT 分析）^{1),2),3)}

		外部環境	
		機会（Opportunity）	脅威（Threat）
内部環境	強み（Strength）	①積極的攻勢に出る領域	②差別的戦略を図る領域
	弱み（Weakness）	③段階的進出を図る領域	④専守防衛に徹する領域

外部環境分析とは、企業あるいは事業単位が自らの利益をあげる能力に影響を与えるマクロ環境要因（経済、技術、政治、法規制、社会、文化）とミクロ環境要因（顧客、競合他社、流通業者、供給業者）の変化を観察し、関連する機会と脅威を見極めることをいう。内部環境分析とは、魅力的な機会において成功する能力が自社の内部にあるかどうかを強み、弱みとして評価することをいう。

表 2.3-1 に示すように、外部環境分析と内部環境分析の2軸の分析結果をクロス分析によって行うことで、①積極的攻勢に出る領域、②差別的戦略を図る領域、③段階的進出を図る領域、④専守防衛に徹する領域を特定することができ、将来、どのような方向に進むかの明確なビジョンおよび最適な戦略の立案に寄与する。

2. 4 アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案

ベトナム国、タイ国ナコンラチャーシーマー（Nakhon Ratchasima）県、マレーシア国をモデルとして、有害廃棄物、建設系廃棄物ならびに都市ごみの事業領域における具体的な事業モデルを例示した。

また、キャッシュフローを指標として、予想される事業リスクを定義して、進出する事業者の意志決定に必要な収益性の評価ツールを提案した。

アジア都市の静脈産業移転戦略を類型化するため、ある廃棄物政策がある国で導入されている（される）、されていない（されない）を決定する要因を分析し、現在導入されていない廃棄物政策がいつどのような条件で導入されることになるかを考察した。廃棄物政策の種類として有害廃棄物管理政策、感染性廃棄物管理政策、都市ごみ総合管理政策、都市ごみ埋立処分改善政策、都市ごみ焼却整備政策、建設廃棄物処理政策、e-waste リサイクル政策を取り上げた。対象国は中国、インド、タイ、マレーシア、ベトナム、インドネシア、フィリピン、日本、台湾、大韓民国とした。検討対象とした廃棄物政策の毎に表 2.4-1 の基準でスコア化を行った。スコア化は既存文献を踏まえ、研究メンバーによる議論で行った。得られたスコアを表 2.4-2 に示す。各国を特徴づける要因を世界銀行による“World Governance Indicators”（WGI）⁴⁾と“World Development Indicators”（WDI）⁵⁾から選定し、表 2.4-3 のように設定した。WGI は6つの指標を用い、世界各国のガバナンス状況をランキング、WDI は各国の発展段階を整理する目的で各国のさまざまな指標を整理したものである。

表 2.4-1 スコア化の基準

法制度	3 完全にできている	2 個別規定あるが法の運用に課題	1 一般規定のみ存在	0 未着手
管理システムの存在	3 全国に普及している	2 部分的に存在している	1 始まったばかり	0 未着手

表 2.4-2 アジア諸国における廃棄物政策スコア

		中国	インド	インド ネシア	日本	大韓 民国	マレーシア	フィリピン	タイ	ベトナム
有害廃棄物管理	法制度	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	管理システムの実際	2	2	2	3	3	3	2	2	1
感染性廃棄物管理	法制度	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	管理システムの実際	2	2	2	3	3	3	2	2	2
都市ごみ 総合管理	法制度	2	1	1	3	3	1	1	1	1
	管理システムの実際	1	0	0	3	3	1	0	0	0
都市ごみ 埋立処分 状況	法制度	2	2	2	3	3	2	2	2	2
	管理システムの実際	1	1	1	3	2	1	0	0	0
都市ごみ 焼却	法制度	2	0	0	3	3	2	0	0	0
	管理システムの実際	2	0	0	3	2	1	0	0	0
建設廃棄物処理	法制度	0	0	0	3	1	0	0	0	0
	管理システムの実際	0	0	0	3	0	0	0	0	0
e-waste リサイクル 状況	法制度	2	2	0	3	3	2	0	1	1
	管理システムの実際	1	1	0	3	3	1	0	0	0
スコア		23	17	14	42	35	23	13	14	13

表 2.4-3 各国を特徴づける要因 4), 5)

	中国	インド	インド ネシア	日本	大韓 民国	マレー シア	フィリ ピン	タイ	ベト ナム	出典
Voice and Accountability	-1.64	0.41	-0.08	1.02	0.71	-0.44	-0.01	-0.45	-1.48	WGI
Political Stability No Violence	-0.7	-1.2	-0.82	0.97	0.23	0.16	-1.39	-1.02	0.17	WGI
Government Effectiveness	0.12	-0.03	-0.24	1.35	1.23	1	0.00	0.10	-0.28	WGI
Regulatory Quality	-0.2	-0.34	-0.33	0.9	0.95	0.66	-0.26	0.24	-0.61	WGI
Rule of Law	-0.46	-0.08	-0.65	1.27	1.01	0.52	-0.51	-0.24	-0.48	WGI
Control of Corruption	-0.67	-0.56	-0.68	1.5	0.45	0	-0.78	-0.37	-0.63	WGI
耕作可能地比率	11.8	53.1	13	11.8	16.4	5.48	18.10	29.90	20.3	WDI
一人当たりGDP (PPP*換算)	8400	3630	4640	34300	30300	16100	4,120	8,646	3410	WDI

	中国	インド	インド ネシア	日本	大韓 民国	マレー シア	フィリ ピン	タイ	ベト ナム	出典
識字率	94.3	62.8	92.6	100	100	93.1	95.40	93.50	93.2	WDI
都市人口比率 (百万人以上都 市)	17.7	12.2	8.81	49.5	47.4	9.32	14.10	10.10	12.6	WDI
失業率	4.3	4.4	7.1	5	3.7	3.7	7.40	1.20	2.4	WDI

* purchasing power parity : 購買力平価

参考文献

- 1) 環境省中部地方環境事務所 (2012) 環境ソーシャルビジネスを応援したい人のためのマネジメント支援・ノウハウ集 (平成 24 年 3 月 26 日)
- 2) 網倉久永, 新宅純二郎 (2011) 経営戦略入門, 日本経済新聞出版社
- 3) 山本和実 (2009) 「マーケティング」基本の入門書, すばる舎
- 4) The World Bank (2012) Worldwide Governance Indicator,
<http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>
- 5) The World Bank (2013) World Development Indicators,
<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

3. 結果と考察

3. 1 静脈産業の技術・管理手法メニューの提示

3.1.1 わが国の廃棄物処理技術史

3.1.1.1 はじめに

廃棄物の質や量は発生する地域の社会経済を反映しており、廃棄物処理には地域毎の歴史がある。日本はアジアの歴史や文化の中にある一国である。日本の廃棄物処理技術およびシステムは、先験的に、欧米よりはアジア諸国に対する親和性が高いと予想される。経済発展の途上にあるアジア諸国に技術移転をするに当たって、日本が歩んできたこれまで廃棄物処理の歴史を振り返り、発展段階に応じた適正な技術を選択することは重要である。しかし、日本はまたアジアの他国に先んじ、欧米と同調して発展した先進国である。日本が発展段階にあった当時と現在では社会経済の状況は異なる。したがって、現在また過去に廃棄物処理の技術・管理手法が、どのような背景で開発・採用されてきたのかを考慮しなければ、現在の途上国に対する適正技術は選択できない。

静脈産業の技術・管理手法メニューの提示に向けたわが国の廃棄物処理史編纂の一環として、分別収集とスターダスト'80、焼却技術について概観するとともに、経済成長著しい東南アジア中進国と類似した状況にあったと考えられる昭和 40 年代中頃におけるわが国の廃棄物処理に関する課題について報告する。

3.1.1.2 分別収集¹⁾

分別収集はわが国の一般廃棄物処理システムに広く取り入れられている技術であり、排出源、すなわち家庭や事業所が廃棄物を、管理当局（地方自治体）に指定された可燃物や不燃物、資源物などの区分に予め分けておき、それぞれ指定された期日に、指定された荷姿で、指定されたごみステーションや戸口等の場所に排出されたものを、収集車両で集めるものである。

以上のような、管理当局が関与する分別収集の歴史は明治時代に始まる。一般廃棄物の処理に対する公共の関与と最終処分場の始まりは江戸時代である。そもそも資源として使えるものには捨てるものなどなく、リサイクルを生業とする業者によって回収されていたが、都市への人口集中と共に、会所地と呼ばれる空き地や堀・川等に捨てられる生ごみや灰等が増え、障害物として本来の都市機能に支障をきたすようになった。そこで、その始末のために、捨て場所を定め、収集と運搬を司る業者を指定し、それを監視する役人を定めた。明治になり開国すると、コレラやペスト等の伝染病が我が国に輸入されて流行した。防疫ため、都市における廃棄物処理の目的が障害物の除去から、市中の清潔の保持に変化した。民間による廃棄物処理は有価物の回収による利益を重視しており、清潔の保持という機能は十分に果たされていなかった。明治 33 年の汚物掃除法によって、清掃事業が自治体の管理下に置かれた。すなわち、廃棄物処理が都市の統治機能の一つとなり、次第に自治体の事業へと直営化されていった。一般廃棄物の焼却の始まりもこの頃である。汚物掃除法では、ごみについてはなるべくこれを焼却すべしとしていた。これは都市衛生のためでもあるが、もう一つの意味は、処分地の不足と水運の妨げとなる海中投棄の防止であった。

明治の前期から既に廃棄物の区分として、肥料として再利用できるもの、それ以外で利用できるもの、どちらにも利用できないもの（焼却して埋め立てるもの）があったが、収集後に選別していた。公的な分別収集が始まったのは昭和に入ってからであり、昭和 5 年の汚物掃除法改正時に、「地方長官必要あると認むるときは、前項の容器（注：町内に設置されるごみ容器）を厨芥用雑芥用に区別せしむることを得」とされた。その理由は焼却量の削減とハエ発生の防止である。特にハエ発生の防止効果は住民にも好評であり、分別が受け入れられる要因となったようである。ちなみに、我が国の大正時代に、ごみから油を回収していた米国では、厨芥のその他のごみへの混入を禁止する分別が行われていた。その後、我が国は戦時下に入り、物資と廃棄物処理のための人手の不足が深刻となっていた。昭和 16 年の汚物掃除法施行規則の一部改正では、ごみ容器の区分は厨芥用、可燃雑芥用、不燃雑芥用（有価物や紙くず等は資源として別途回収）に増やされ、隣組で相互監視する統制下の中で、ほぼ強制的なごみの排出源分別が行われた。

戦後になるとごみ収集も効率性や機械化の名の下にアメリカナイズされて混合収集に逆戻りし、シビル・ミニマムという概念の下に無料化された。古紙、ビン、缶などの資源の回収は主に民間による巡回収集と町内会等による集団収集に支えられていた。この状態が再び分別収集にシフトしてゆくのは、高度成長時代の終わりを告げる第一次オイルショックの到来、昭和 40 年代後半からである。大きな理由は行政収集するごみの減量である。その他の理由の一つとして、プラスチック製品の登場による焼却炉への負荷の増大があり、焼却不適ごみとしてプラスチック・ゴム類の分別収集が東京都では昭和 48 年から開始された。もうひとつの理由は使

い捨て容器の登場による回収資源の市況価値の低下である。昭和 50 年頃から、沼津市や平塚市等で、例えば集団回収したものを買い上げたり、集積所を自治団体が管理するなど、コミュニティの活動に公共が関与する資源の分別収集が開始され、全国の中小都市を中心に波及し、次第に自治体が集積所より定期収集する「資源ごみ」という区分が形成された。その後、容器包装リサイクル法制定により、平成 9 年にプラスチック（PET ボトル）の分別収集が始まり、平成 12 年にその他プラスチックの分別収集が始まり現在の形が出来上がった。

循環型社会の形成という時代の流れで、わが国では分別収集は資源回収（リサイクル）ための技術であるという認識が一般であるが、以上の歴史を顧みると、分別収集の始まりは、焼却量の削減とハエ発生防止のための区分であり、戦後には焼却不適ごみという区分が設けられ、資源ごみという区分が設けられたのは最近のことである。資源回収は元来民間が担う事業であり、3.2.3 にてベトナムの事例で示すように、多くの途上国では現在も市場の中、収集ステーション、中継基地、最終処分場等の廃棄物の流れの様々な断面で資源回収活動を行っている。すなわち、わが国の分別収集技術の特徴は、収集後の処理や処分を効率よく行うための分別区分の設定である。

言い換えれば、分別収集は、市民（家事労働）による行政への無償の支援でもある。欧州においても DSD 社やエコ・アンバラジュ社による資源の排出源分別・回収システムが存在するが、都市ごみの引き取りが料金制であるという前提で、資源の収集は無料またはデポジット制という排出者（住民）に対する経済的なインセンティブがあって成り立っており、回収後には多大な人手をかけて選別作業を行っている。わが国では都市廃棄物処理が基本的に租税で賄われており、経済的インセンティブがない状況で分別を行っていることになる。

分別の制度が高いことも特徴である。徳島県上勝町の 34 分別は極端な例ではあるが、少なくとも、可燃ごみ、不燃ごみ、古紙、缶、ビン、PET ボトル、有害ごみの分別区分が標準仕様である。精度の高さは、各家庭に配布されている分別区分表、容器等へのラベリング、また、幼年期からの家庭や学校で得られる知識に裏打ちされて成り立っているものと考えられる。

さらに、わが国では廃棄物の排出行動が厳しく統制されている。排出の代行サービスがある集合住宅以外では、決められた曜日と時間に、決められた分別区分の廃棄物を、決められた場所に、決められた荷姿（袋や紐縛など）に出さなければ収集されない。また、収集場所（ごみステーション）は、自治会や町内会によって管理されていることが多く、特に定住者にとって無秩序な排出はやりにくい。

すなわち、分別収集を成立させるためには、収集容器やラベリング等などのハードな技術や、経済的なインセンティブだけではなく、社会規範の中で家事労働として行う面倒を乗り越えるための動機付けが重要である。わが国の場合は、歴史的な、ごみは燃やしてから埋めるものだという臭いやハエの記憶、捨てることはもったいないと恥ずかしいという戦時下の窮乏の記憶、資源回収はコミュニティの利益であり活性化であるという集団回収の記憶が、個人の利益に繋がらなくとも粛々と家庭で分別を進める動機であることを示唆している。このような動機付けを、それぞれの国や地域の社会的な背景の中でどこに求めるかが分別収集のアジアへの技術移転の核心であると考えられる。

3.1.1.3 スターダスト'80

わが国の一般廃棄物の約 8 割（資源物を除くと 9 割以上）は焼却されており、主流の中間処理技術となっている。古くは明治 33 年の汚物掃除法施行規則に「市は掃除義務者の蒐集したる汚物を一定の場所に運搬し塵芥は可成之を焼却すべし」とあり、大阪市などの大都市に焼却炉が設置された。その後、昭和 5 年の汚物掃除法の改正でごみ焼却が義務づけられ、太平洋戦争を経て、昭和 38 年に全連続燃焼式ストーカー炉の開発ならびに焼却施設に対する国庫補助が開始されて²⁾、現在の高い焼却率へと進んでいった。

ちょうどその途上である 1973～82 年に、通商産業省工業技術院が主導し、民間企業が参加して、焼却・埋立のような現行処理方式に代わる技術を確立することを目的として、資源再生利用技術システムの研究開発、スターダスト'80 という技術開発プロジェクトが行われた³⁾。

スターダスト'80 の開発目標は以下の通りである。

- 都市ゴミから、物質またはエネルギー資源を効率よく再生できること
- 公害を出さず、安全で、維持管理が容易であること
- 経済的で社会に適合しやすいこと
- 焼却・埋立のような現行処理方式に代わる技術を確立すること

図 3.1.1-1 に示すように、都市ごみを破碎分別する技術、厨芥類を堆肥化、ガス化する技術、紙類・プラスチック類をパルプ化、熱分解油化、熱分解ガス化する技術、残さを軽量骨材化する技術の開発が進められた。

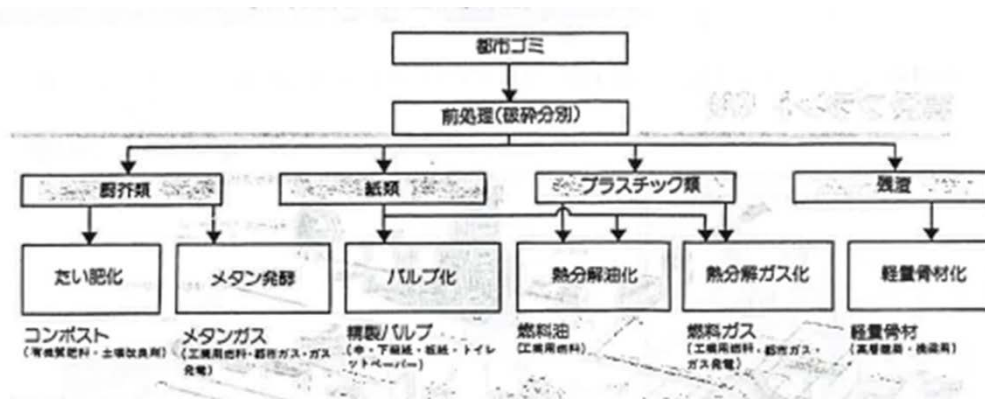


図 3.1.1-1 資源再生利用技術システム

(通商産業省，資源利用再生技術システム導入の手引き，(財)日本産業技術振興協会，p3，(1983)³⁾より)

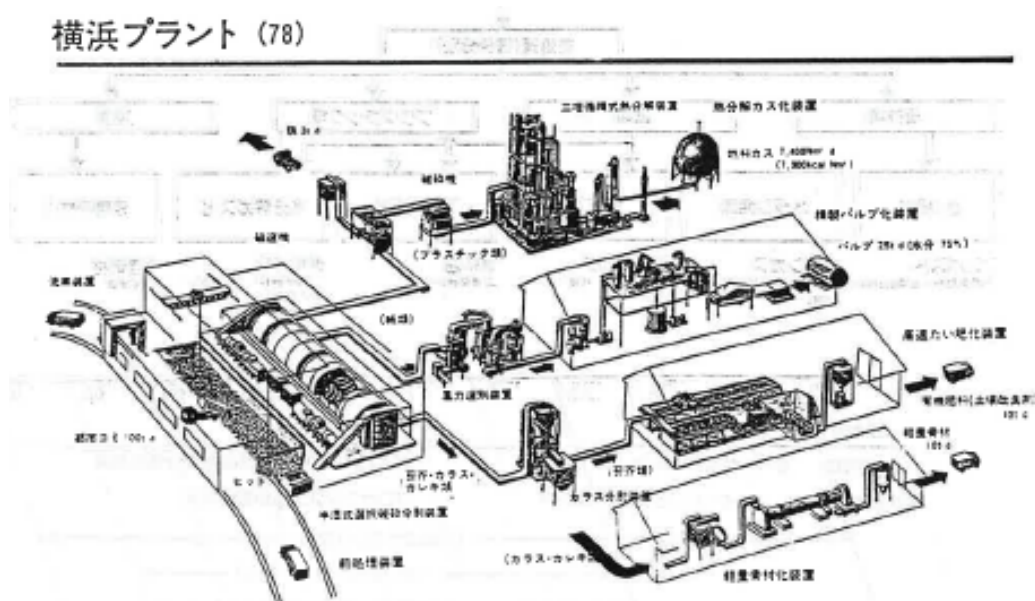


図 2-2 横浜プラント (78)

都市ゴミを前処理装置で厨芥類・紙類・プラスチック類に分別し、それぞれからたい肥・パルプ・燃料ガスを回収し、さらに残渣を軽量骨材にするという意欲的なシステムです。

図 3.1.1-2 横浜プラント (78)

(通商産業省，資源利用再生技術システム導入の手引き，(財)日本産業技術振興協会，p5，(1983)³⁾より)

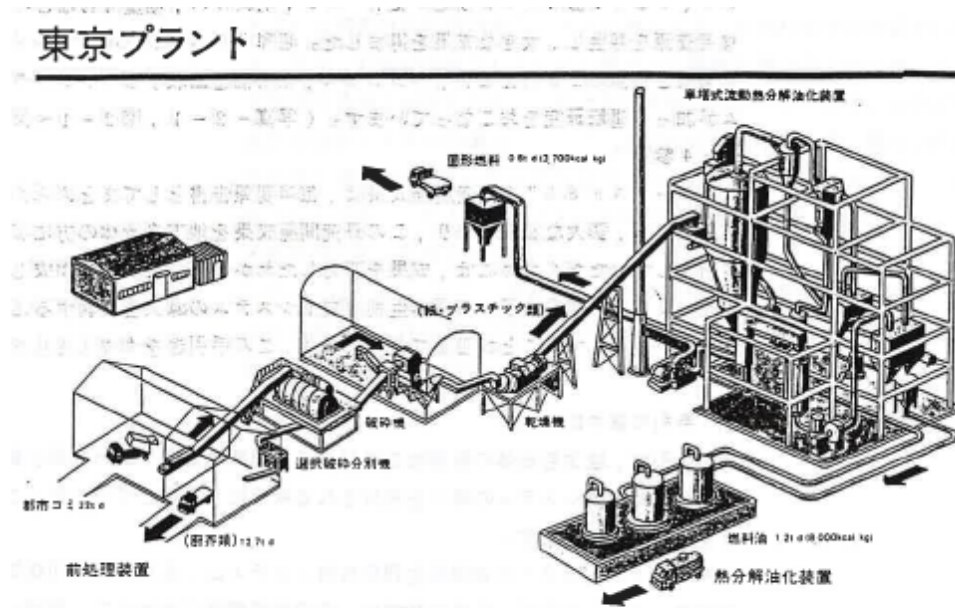
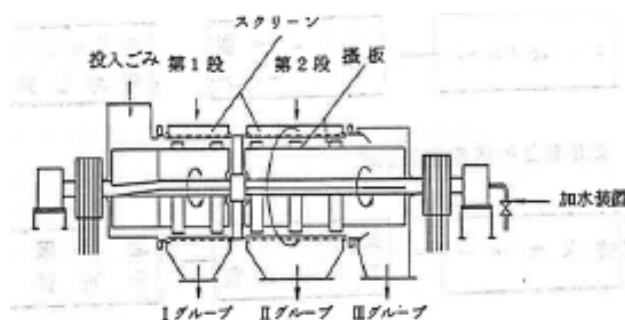


図 2-4 東京プラント

前処理装置で分別された紙・プラスチック類から、熱分解油化装置により、燃料油と固形燃料が回収されます。

図 3.1.1-3 東京プラント

(通商産業省、資源利用再生技術システム導入の手引き、(財)日本産業技術振興協会、p7 (1983) ³⁾より)



分別状況

(乾基準%)

品目	名称	投入ごみ	Iグループ	IIグループ	IIIグループ
紙類		100	47.0	42.2	10.8
野芥類		100	91.5	7.2	1.3
プラスチック類		100	10.4	5.2	84.4
繊維類		100	4.7	6.1	89.2
木・竹		100	36.1	13.4	50.5
金属類		100	11.4	2.4	86.2
ガラス類		100	99.5	0.5	0
土砂・ガレキ		100	92.5	7.5	0
全体		100	54.0	21.7	24.3

図 3.1.1-4 3 分別型選択破碎分別装置 (SPC3) の原理図と分別性能例

(通商産業省、資源利用再生技術システム導入の手引き、(財)日本産業技術振興協会、p23, 25, (1983) ³⁾より)

また、昭和 54～55 年には横浜 (図 3.1.1-2)、昭和 56 年からは横浜と東京 (図 3.1.1-3) でこれら技術を組み合わせたプラント実証が行われた。結果として、大澤 (2012) ²⁾によると、1973 年および 1976 年からのオ

イルショックによる原油価格急騰の見通しが当たらなかったこと、1970年代にはごみの排出量やプラスチックや紙の消費量が想定されたほど増加しなかったこと、ソフト技術開発の風潮に合致しなかったこと、ストーカ式焼却炉普及のまっただ中であったこと、開発者と利用者の連携が十分でなかったこと、などを理由に、現行の分別収集・焼却（スラグ化・発電）のシステムを代替するものとはならなかった。しかし、このプロジェクトで取り上げられた個別技術は、単体として現在に至るまで参照されて、実用化されている。また、失敗研究ではあるが、日本の湿潤な都市ごみに対して機械選別は有効ではないこと（図 3.1.1-4）を実証したプロジェクトであった。

同様な技術開発が、MBT（Mechanical-Biological Treatment）という名称で、2000年代に欧州（特にドイツ）で行われた。機械選別による金属等の有価物と木屑やプラスチック等の熱源の回収と、有機物リッチな残さの生物処理を組み合わせたものであり、技術構成は資源再生利用技術システムと類似している。MBTも、結果として、本国では、特に初期には含水率が高い都市ごみに対して、十分な資源の選別と生物処理における有機物削減は達成できず、大勢は乾燥工程（バイオドライ）の導入やWaste-to-EnergyやMass-Burnと呼ばれる焼却処理へと移行しつつあるが、欧州からのアジアへの廃棄物技術移転の重要なアイテムであると考えられる。それに対抗する技術ストックとしても、スターダスト'80の経験は重要である。

3.1.1.3 焼却技術^{5),6),7)}

わが国において都市ごみの焼却が法令で定められたのは明治33年（1900年）の汚物掃除法施行規則であり、伝染病対策が契機であった。当時は焼却技術に定まったものではなく露天焼却が主流であった。日本最初のごみ焼却炉は明治30年（1897年）に福井県敦賀市に設置された4炉11.5トン/日の自然通風式の「固定バッチ炉」である。当時の固定炉は側方または上方から火格子の上にごみを投入し、人力でかき混ぜながら燃焼する方式であった。明治36年（1903年）には大阪市に13炉26トン/日の焼却炉が完成した。大正7年（1918年）には同市に180トン/日の自然通気ではなく動力を用いた「送風式焼却炉」が設置された。当時、焼却以外に知られていた都市ごみの処理法として、陸上投棄、海中投棄、還元法（脂肪分の溶媒抽出）、養豚法、酒精発酵法、発酵法（堆肥化）、粉碎法（直接肥料化）、乾留法（ガス化・油化）などがあった。

含水率が高いごみを燃焼させるためには余熱でごみを予め乾燥させる技術が必要であった。昭和の初めには、投入したごみが最初に傾斜した乾燥炉格に落ちて燃焼ガスと輻射熱で乾燥され、水平で下部から送風がある燃焼炉格へと下って燃焼する「傾斜炉」が開発された。昭和4年（1929年）には東京市において、有価物回収のためごみを篩等で選別した後に焼却する「選別焼却法」による焼却炉が建設されたが、搬入までの回収業者による抜き取りにより選別は機能しなかった。昭和4年（1929年）には横浜市で最大300トン/日、12,500kWhの「発電」能力を有する焼却炉が竣工したが、焼却量の不足と費用の増加により、翌年には発電が中止された。昭和8年（1933年）には東京市で焼却炉排ガスの煤塵が大きな問題となった。昭和9年（1934年）から東京市旧市域15区で雑芥と厨芥の分別収集が始まり、含水率の高い一定の厨芥は養豚と堆肥化に向かうようになった。炉出口に設けられた回転ダンパーにより炉床を燃焼列と乾燥列に交互に入れ替える「乾留装置炉」が考案され、600℃以上の高温燃焼が達成された。昭和15年（1940年）には東京市においてばいじん対策として「電気集塵機（半乾式）」の実験が行われた。

戦後になると炉の気密（負圧）化と機械化が進んだ。昭和32年（1957年）に仙台市のバッチ式の傾斜炉で「灰出しコンベア」が設置された。昭和34年（1959年）に大阪市の新設焼却炉に「ピットアンドクレーン」による投入装置が設置された。昭和35年（1960年）に岡山県玉島市に、上り勾配の乾燥用給塵機で燃焼ガスによりごみを乾燥し、燃焼用ロストルで燃焼させる「移床式ストーカ炉」が建設された。昭和38年（1963年）には大阪市において24時間燃焼（「全連続式」）でマルチサイクロンと電気集塵機を備え、炉全体を負圧にし、乾燥段が階段式、燃焼段が移床式のストーカ炉が竣工した。昭和40年（1965年）に大阪市でスイスのデ・ロール炉を導入して廃熱ボイラーによる「ごみ発電」が開始され、現在の「ストーカ式焼却炉」の原型がほぼ出揃った。昭和41年（1966年）には兵庫県相生市に都市ごみ用の「流動床炉」が設置された。昭和42年（1967年）には火格子の損傷防止のため、ストーカー裏面の冷却や燃焼空気穴を絞る吹き抜け防止技術が確立した。昭和51年（1976年）には東京都でタービンを復水式にした売電型の焼却炉が竣工した。

昭和52年（1977年）の大防法の規制強化に伴い、塩化水素に対する乾式・湿式の除去法、また窒素酸化物に対する2段燃焼法やアンモニア噴霧による無触媒または触媒還元法が確立された。平成2年（1990年）のNHKによる報道をきっかけにダイオキシン類対策が本格化し、平成9年（1997年）の「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」において、850℃以上の高温燃焼、二次燃焼炉での滞留時間2秒以上、集じん機入り口での温度200℃未満等が示され、技術的対応と100トン/日以上全連続燃焼式への移行が進んだ。1980年代に焼却灰の減量と資源化のため茨城県鹿島町などに設置されていた「灰溶融」（1,200℃以上の高温で焼却灰を溶融）が、平成2年（1990年）に特別管理廃棄物（ばいじん）の無害化処理となり、平成9年（1997年）に国庫補助施設となったことで、広く導入されるようになった。昭和54年（1979年）に一

度実用化されが普及しなかった「ガス化熔融炉」(前段の低酸素加熱によるガス・炭化と後段の 1300℃以上の高温燃焼)が、平成 12 年(2000 年)に福岡県筑後市で竣工し、以降普及が始まった。

3.1.1.4 産業における廃棄物の熱処理利用^{8),9),10),11),12),13)}

わが国のセメントの製造では 1950 年代から高炉スラグの活用が始まり、オイルショックがあった 1970 年代には燃料代替物を受け入れ始めた。現在では年間約 3,000 万トンの廃棄物・副産物を受け入れている。クリンカ製造原材料(石灰石、珪石、酸化鉄、粘土)として石炭灰、上下水汚泥、建設発生土、高炉スラグ、都市ごみ焼却灰、非鉄スラグ、鋳物砂、製鋼スラグ、白土を、クリンカ製造燃料(石炭、コークス、重油)として、動物性固形不要物、廃プラスチック、木くず、廃油、再生油、廃タイヤを、セメント仕上げ工程混合材(石膏)として再生石膏、高炉スラグ、石炭灰をそれぞれ受け入れて利用している。廃棄物・副産物に含まれる塩素による障害を防ぐために塩素バイパスを設けることが特徴である。

石炭火力発電所においては、木くずや下水汚泥等のバイオマスを石炭と混焼する取り組みが進められている。平成 19 年(2007 年)より、東京都で、300 トン/日の下水汚泥を炭化し、石炭火力に供給する事業が始まった。平成 24 年(2012 年)より、中部電力等で木くず等をペレット化して石炭火力に供給(3%程度混合)する事業が始まった。中国では、ストーカー炉より流動床炉を用いた都市ごみの石炭混焼が進められている。

製鉄所高炉では、平成 8 年(1996 年)より廃プラスチックをコークス代替の還元剤として利用している。また、コークス炉における化学原料化もある。製鉄では塩素の含有が忌避されるため、廃プラスチックの利用では、付着する塩分の除去と混在する塩化ビニル樹脂の分離・脱塩素化が必要となる。

古紙や廃プラスチックを破碎造粒成型した固形燃料(RPF)は、木材チップと共に、各種ボイラー用燃料として広範に利用されている。この場合も高炉利用と同様に塩化ビニル樹脂の除去が必要となる。廃プラスチックはフレック状の加工で専焼炉によるボイラー発電も行われている。

3.1.1.5 廃掃法前夜の日本の課題¹⁴⁾

わが国では戦後、高度成長時代が始まった昭和 30 年代から人口の増加を上回って家庭ごみの排出量が増加し始めた。また、工業や建設業、畜産業等からの廃棄物も級数的に増加していた。当時、廃棄物処理を所轄する法律は清掃法であり、家庭ごみ以外の体系的な処分体制が存在しておらず、多くが放置されたままで環境問題を引き起こしていた。また、清掃事業は原則自治体内で行われ、労働生産性は 1 トンの収集輸送にほぼ 1 人を要する低調なものであった。現在、わが国において廃棄物処理を所轄する「廃棄物の処理および清掃に関する法律、昭和 45 年 12 月 25 日法律第 137 号(廃掃法)」の制定の基礎となった報告書によると、以上の状況をもたらした要因として、家庭ごみ以外の廃棄物(報告書では廃物)に対する法制度が未整備であったこと、処理と処分の概念が未分化で焼却等の処理をもって処分が終了したかのように錯覚したことが考えられ、当時の廃棄物処理に対する課題として以下が挙げられている(要約)。

- 1) 都市物質代謝の視点:「膨大かつ多様な廃物の処理・処分を検討するにあたっては、これを都市物質代謝の生産物として把握し、最終的には廃物を海洋・大地等の自然環境に受容させ、環境サイクル系にのせて処分する以外に方法はない」
- 2) 清掃事業の広域化:地下水や海洋の汚染等をきたすことなく廃棄物を処分するためには、適当な処分地を広域に求める必要がある。
- 3) 収集・輸送の合理化:多量の廃棄物を処理・処分するため、収集形態の統一をはかり、収集と輸送を分離し、中継基地を配置する必要がある。
- 4) 土地還元による土地造成:土地還元は廃棄物処分の本命の一つであり、重要な土地造成の手段である。汚泥等を受容し得られるような「都市づくり」が望まれる。陸地の乾式埋立においては臭気や地下水汚染等の防止のため、覆土やドレーンを設置すること。湿式埋立においては護岸・フィルター等をもって公共水域との遮断をはかり、安定化のため冠水や覆土を行うこと。コンポストは土地還元の一つであり都市緑地の育成にも積極的に活用すべきである。汚泥や家畜ふん尿の農地散布等も土地還元の一つである。
- 5) 慎重な海洋還元:海洋還元では海水や海底の汚染を来さないように投棄地点や投棄物を選ぶ必要がある。
- 6) 中間処理の選択:中間処理は輸送コストと環境受容能が対峙する中での経済合理性で選択する必要がある。今後は廃棄物の輸送と処分を予め考慮した工場その他の立地が望まれる。
- 7) 中間処理の大規模化等:焼却は公害防止の観点からも大規模化し、熱エネルギーの回収利用が望ましい。破碎も大規模化して有価物を分別することが望ましい。土地改良を目的としたコンポストや汚泥利用、厨芥の飼料化についても前向きに検討を進める必要がある。
- 8) 技術開発:中間処理、土地還元、海洋還元、収集輸送について技術開発向上と普及を急ぐ必要がある。清掃作業の最適作業量の標準化等に関する研究も促進すべきである。そのために総合的試験研究機関の設置が求められる。

- 9) 地域性：中心都市圏、地方中心都市圏、生活圏中心都市、農漁村地域に分けて、それぞれ段階的な事業規模を適用すべきである。また、観光地、保養地の清掃に対しては以上の四地域とは別に特別な制度と方法論を確立すべきである。
- 10) 経営形態：今後の清掃事業は市町村、都道府県の責任のもとに、民間に委託して実施する方向に進まざるを得ないだろう。
- 11) 施設整備：大規模な施設は社会資本として整備されるべきものであり、作業面は委託民営の形態とすることが合理的かつ能率的と考えられる。また能率的整備のため、清掃事業団等の設置についても検討すべきである。
- 12) 事業の責任：清掃事業の広域化等に伴い、市町村とともに、その連合組織、都道府県および国が清掃事業に積極的に参加する必要がある、各者の責任の範囲と経費の負担区分を確立しなければならない。
- 13) 排出者責任：事業所等の大口の排出者に対しては量・質に応じた有料制と危険な廃棄物の前処理の責を課すべきである。一般家庭についても有料の原則を確立し、少なくとも収集に要する経費は手数料として徴収すべきである。
- 14) 資金調達：施設整備のために必要が多額の資金については国が相当な額を負担すべきである。また地方債の投入や交付金の積み増しなども望まれる。
- 15) 法改正：清掃法と生活環境整備緊急措置法は現状に即さない点が多いので、関連法規との清掃責任の調整のもと、速やかに必要な改正を行うべきである。また、罰則の強化も検討に加えるべきである。

わが国では以上の報告に基づいた生活環境審議会の検討を経た後、産業廃棄物処理を取り入れた昭和 45 年の清掃法全面改正に至った。現在は海洋還元（海洋投棄）が原則禁止されていること、重金属類や感染性廃棄物、廃石綿、POPs 等の有害物質管理に対する視点が小さいこと、汚泥等の有機性廃棄物を用いた土地造成で様々な問題が生じていること、また当然ながら気候変動の視点はなかったことなど、現状に即していない事項がある。しかし、処理・処分の広域化と収集・輸送の合理化、中間処理の選択手法、地域特性に依存した処理システム、経営形態や資金調達方法など、現在東南アジア等の中進国が直面している問題が取り上げられ、現在のわが国で未だ果たされていない事項もあるが、いくつかの解法が提示されているものと考えられる。特に廃棄物処理を「都市物質代謝」の視点で捉えるべきという本報告の大前提は、現在の循環型社会に直結するものである。

3.1.1.6 まとめ

わが国の分別収集技術の特徴は、資源回収だけではなく収集後の処理や処分を効率よく行うための分別区分の設定がされていること、経済的インセンティブがない状況下で、市民（家事労働）による行政への無償の支援があること、各家庭に配布されている分別区分表、容器等へのラベリング等に裏打ちされて分別の精度が高いこと、また、行政による収集拒否やゴミステーションの地域管理により排出行動が厳しく統制されていることである。したがって、他国で分別収集を成立させるためには、技術や経済インセンティブだけではなく、社会規範の中で家事労働として行う面倒を乗り越えるための動機付けが重要である。

スターダスト'80 で得られた技術は、焼却以外の欧州の（広義の）機械選別・生物処理（MBT）に対抗する技術ストックであると共に、分別収集＋焼却処理というシステムがアジアの風土に適していることを証明したものである。

都市衛生の向上から始まったわが国の都市ごみ焼却は、含水率の高い厨芥の安定燃焼が先決の課題であり、発電等の熱利用や乾留ガス等の原料利用等の方向へは進み難かった。次第に燃焼空気の導入や前乾燥、炉の気密、工程の自動化、排ガス処理に改良が加えられ、また都市ごみへのプラスチック混入による高カロリー化が進み、ダイオキシン類対策が講じられ、20 世紀終わりに全連続燃焼式ストーカー炉として完成した。都市ごみから分離された、または産業廃棄物由来の含水率の低い可燃物については、セメント、石炭火力、製鉄所高炉、またボイラー用固形燃料として産業利用されている。

わが国が高度成長期にあった当時の廃棄物の状況より導き出された方針である、処理・処分の広域化と収集・輸送の合理化、中間処理の選択手法、地域特性に依存した処理システム、経営形態や資金調達方法など、現在、東南アジア等の中進国が直面している問題に対する解法が提示されているものと考えられた。特に廃棄物処理を「都市物質代謝」の視点で捉えるべきという大前提は、現在の循環型社会に直結するものである。

（国立環境研究所山田正人）

参考文献

- 1) 山田正人（2006）分別という技術．都市清掃, 59(272), 311-314
- 2) 大澤正明（2012）図表で読み解くニッポンのゴミ，（財）日本環境衛生センターHP

- 3) 通商産業省（1983）資源利用再生技術システム導入の手引き, (財)日本産業技術振興協会
- 4) 溝入茂（1988）ごみの百年史－処理技術の移り変わり－, 學藝書林, 東京
- 5) 平山直道（2000）20 世紀の環境衛生を動かした技術ごみ焼却関連技術, 生活と環境, 45(12): 82-87
- 6) 廃棄物研究財団（2010）日本の 3R 制度・技術・経験の変遷に関する研究, 平成 21 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金総合研究報告書
- 7) 長田守弘（2011）廃棄物溶融プロセスにおける有害物質の挙動とライフサイクルアセスメント, 京都大学博士論文
- 8) アジアバイオマス協力推進オフィス(2010)石炭-木質バイオマス混焼発電の導入が拡大,
http://www.asiabiomass.jp/topics/1010_01.html
- 9) 東京都（2005）「東部スラッジプラント汚泥炭化事業」について,
http://www.gesui.metro.tokyo.jp/oshi/inf0337_1.htm
- 10) NellesM, DornT, WuK, CaiJ, STATUS AND PERSPECTIVES OF WASTE INCINERATION IN CHINA, Proceedings of the International Conference on Solid Waste 2011- Moving Towards Sustainable Resource Management, Hong Kong SAR, P.R. China, 2 – 6 May 2011
- 11) KawaiK, OsakoM (2012) Reduction of natural resources consumption in cement production in Japan by waste utilization, Journal of Material Cycles and Waste Management, 14: 94-101
- 12) 原卓也（2006）セメント産業を中心とする廃棄物のマテリアルリサイクルシステムに関する研究, 東京大学博士論文
- 13) 独立行政法人国立環境研究所, プラスチックと容器包装のリサイクルデータ集,
<http://www-cycle.nies.go.jp/precycle/>
- 14) 日本都市センター（1969）経済社会の変貌と清掃事業－清掃事業近代化への道－, 日本都市センター, 東京

3. 1. 2 欧米型廃棄物処理技術の特徴とアジア適用時の優位性

3.1.2.1 はじめに

廃棄物管理に関するアジア地域への技術・システムの移転を検討する上では、諸外国の技術動向を把握しておき、そのアジアへの適用可能性や歴史的な経緯について情報を収集することが必要である。そこで、欧米諸国の近年の廃棄物管理に係るトレンドや技術評価の結果を踏まえ、技術やシステムをアジア型に適応させるためのビジョンや方法論についてまとめるとともに、日本からの技術移転を検討する際の相対的な優位性や、日本企業がターゲットとすべき技術分野について提案を行った。

3.1.2.2 ヨーロッパにおける技術動向

欧州連合(EU)諸国では、生物分解性廃棄物の埋立量削減に関する指令(1999/31/EC)¹⁾や容器包装廃棄物の削減に関する指令(2004/12/EC)²⁾などを通じて、埋立地の環境改善や廃棄物量減量に関する取り組みを進めてきた。もともとは、居住エリアが土地利用の上で制限されているような小規模の過密国において、焼却を含む中間処理や資源化により廃棄物埋立量を削減することが重要課題であった。この考え方が、比較的埋立地用地に余裕があったその他の欧州先進国にも波及した理由は、酸性雨や地球温暖化などの地球環境問題の影響が直接的に影響したことや、陸上で国境を共有する隣接国が多く、人材移動や経済的な関連性が高かったことなど様々な要因があげられる。いずれにしても、このように廃棄物の中間処理技術が発展する過程で、リサイクルや温室効果ガス削減などがオプションとして追加され、独特の技術・システムが発展した。一方で、EU 域内には依然として発展途上の国もあるなど、域内の成長段階や経済状況に大きな差があるため、EU としての共通指令を発出しながら廃棄物管理の状況を改善していく取り組みには、域内における先進国から途上国への技術移転の促進という側面がある。もちろん、気候条件や生活基盤に類似性が高い EU 域内と、アジアへの技術移転では検討するポイントは異なるが、技術評価や選定のための項目においては参考にできる部分が多い。

たとえば、上記の指令を満たすような各種の廃棄物処理処分システムについて、寿命損失換算によるエンドポイント評価が報告されている³⁾。この報告書内では EU 圏内の廃棄物管理オプションの評価としての記述に留まっているが、他地域への技術移転に際しての技術根拠資料として活用されることが充分想定されるものである。それによると、最も優れていると評価されたのは天然資源の枯渇、自然・生物多様性の消失などの外部不経済を加味した「社会的最適」シナリオであり、発生源分別により、分解性廃棄物はコンポスト化、資源ごみのリサイクル、その他は焼却後の残さ埋立をバランス良く配分するシステムであった。「経済的最適」シナリオは最大限のリサイクルと焼却の組み合わせであるが、エンドポイントの評価では必ずしも最大の効果を示さないことに着目している。これは分解性の湿潤廃棄物（生ごみ等）の利用価値としては、焼却（エネルギー

回収含)よりも集約型の堆肥化の方が高いことに起因しており、逆に生ごみ比率が低くなるほど利用価値は小さくなる。またコンポスト化の過剰な適用は地域の需要の問題から効果が低下することも懸念されており、分散型のコンポスト化では逆効果になる。鉄のリサイクルは天然資源利用回避の不確実性に対して、気候変動、生態影響、作業安全等の点で効果が高くなる。機械選別・生物処理 (MBT)の限界はすでに数年前から欧州内では明らかとなっており、上述のような主要な廃棄物管理オプションとしての評価の際にはほとんど対象とならない⁴⁾⁶⁾。分解性廃棄物の分別が不十分な場合にはMBT 残さ埋立による環境負荷削減効果が増すが、これには炭素隔離(sequestration)の取扱いによる不確実性を考慮する必要がある。現状では、炭素隔離の効果を過大に評価している傾向が見受けられる。また、仮に炭素隔離を最大限評価するとしても、MBTの優位性は温室効果ガス削減に留まることが注記されている⁵⁾。さらに、埋立地ガスのエネルギー利用が廃棄物・気候変動に関する諸問題の本質的な解決に繋がるわけではないことは強く主張されており、このシステムをものはや EU が技術の主眼として評価していないことは明白である。一方で、未分別(混合)ごみの処理方法としては、MBT・残さ埋立・埋立地ガス利用の組み合わせ、および焼却・エネルギー回収(コージェネ)システムが同等の温室効果ガス削減効果を有しており、アジアへの技術移転に際しても未だ評価対象となり得る可能性を考慮すべきといえる。CFC 冷媒や発泡材を含む電機製品のリサイクルについて、処理過程での大気放出の割合が依然として高いことから技術革新が求められている。この辺りが特に EU 圏域から売り込みをかける際の候補として上がってくると予想される。

3.1.2.3 北米における技術動向

北米地域では、都市の居住エリアと廃棄物処分のエリアに一定の距離が確保され、かつ廃棄物埋立地の容量も大きいことから、生活ごみの大部分が直接埋立処分されてきた。唯一の例外は、家庭や公園で発生する「庭ごみ」と呼ばれる剪定枝類であり、その発生量がきわめて多いことからコンポスト化での中間処理が進展した。この動向は概ね現在でも変わらないが、技術が志向する方向性は変化してきている。分解性の廃棄物である庭ごみと食品残さをあわせると、北米の生活ごみの **27%**にまでのぼるとされているが、その分別や中間処理は限定的であり、多くの分解性廃棄物は依然として埋立地に直接投入されている。それには埋立地管理上の以下のような要因が関係しているといえる。

北米の埋立地管理上の最大の特徴は、埋立地ガスのエネルギー利用(LFGTE)の推進である。もともと米国の埋立地では、表層を不透過性の材料でカバーして、浸出水の発生を抑制する方針を採っていたが、埋立地ガス(中のメタン)の発生量を加速化し効率的にエネルギー回収することを目的として、浸出水循環や原位置微生物活性化などに基づくバイオリクター型の管理などが発展した。

米国では気候変動への対策の観点から、国を挙げて再生利用エネルギーの活用に取り組んでおり、その観点から「埋立地メタンアウトリーチプログラム」を通じて、埋立地管理者に対して積極的な LFGTE によるエネルギー生産を推進している⁷⁾。このプログラムはすでに **15** 年以上続けられており、現在では米国内で **600** 件近くの LFGTE プロジェクトが運用されている。これは、年間で **14 億 kWh** 以上の電気供給と、**102 億立方フィート**(約 **2.9 億立米**)の埋立地ガスの熱源等としての直接供給のポテンシャルを有している。さらに、技術革新を通じて、米国内には電気量換算で **1155 MW** を追加的に提供することができる **500** 以上の埋立地があると推測されている。

分解性の廃棄物成分のうち、北米においてほぼ唯一その処理が問題となっているのが、冒頭で挙げた庭ごみであるといえる。主に郊外型の都市を中心に、特にその容積が膨大であることから、収集運搬や処分の上での障害となることが問題となっていた。また、排出者たる住民や公園管理者の側においても、収集日までの保管に頭を悩ませている。こうした背景から、庭ごみに関しては発生源での分別ならびにコンポスト化がすすめられてきた。コンポスト化が実施される場所については、発生源(各世帯)や拠点型で実施されてきたが、日本国内で流通している家庭用のコンポスターや生ごみ処理機のような小さいスケールのもではなく、規模で言うと数Lから数十L程度の中型反応器が家庭に設置されることも珍しくない。庭ごみに特化した“Grasscycling”はこの範疇に含まれるが、ミミズを利用したコンポスト化も家庭レベルでは広く普及している。自治体が拠点的に実施するコンポストについては、より高速反応型で効率的な反応形式が採用される。強制通気や機械式切り返しのついたレーン式コンポスト、大規模な強制通気静置式コンポスト、ならびに回転容器(キルン)等によるコンポストなどが、その技術として挙げられる。北米の郊外型住宅は広大な敷地を有するとはいえ、家庭で生産されたコンポストを家庭で自家消費するのは不可能である。より大規模に余剰コンポストが生産する可能性が高い自治体の場合には、コンポストの消費先に関して十分にマーケティング的な解析をして臨むことが必須である。コンポストの品質を踏まえた市場調査(場所・時期・量)が必要であるが、公共工事に用いられるような大規模な利用先の確保だけでなく、土壌改良などの小規模利用先についても自治体内の部署横断的に十分な需要調査をすることが必要であるとされている。コンポスト利用拡大においては政策的な支援が果たす役割は非常に重要であるが、技術投入とそれに伴う品質向上や機能付加によりエンドユーザーの開拓につなげ

ることも可能である。民間ベースにおいても、汚染環境のバイオレメディエーションの材料に用いるケースや、建設現場での浸食制御材として用いられるケースなどがその例である。また、有機系悪臭に対する脱臭剤としての活用や、水処理施設での濾材としての活用も、機能付加が市場拡大につながった例であり、時期を問わず継続的な需要が見込める大口のエンドユーザーとして期待される。

北米地域における主要な廃棄物管理のトレンドとして、有害廃棄物管理が挙げられる。有害廃棄物の処理方法において熱処理が占める割合はまだ大きくないが、その割合は増加の傾向にある。2005年には米国全土で310万トン以上の有害廃棄物が熱処理されているが、これは有害廃棄物発生量4400万トンの7.2%を占めている。その主要な手法は焼却炉における焼却・熱分解処理である。これは有害廃棄物の無害化を主目的に置いてはいるが、副次的にエネルギーや資源の回収を併行して実施可能である。生活ごみに比較して量が多くないこと、および燃焼効率が高いことから、回転円筒式（ロータリーキルン）や、流動床型の焼却炉が適用されることが多い。廃棄物の焼却処理には長年の理論と経験の蓄積があり、適正に管理されていれば有害物質の化学構造を破壊することで無害化することが可能である。有害性の無機物（金属など）については一部の化学形態を除いて、焼却による無害化の効果は低い。その場合、焼却によって有害廃棄物の減容化が可能であるが、同時に有害性が濃縮することに留意する必要がある。

有害廃棄物の熱処理において用いられるもう一つの主流な処理方法は、ボイラー炉・産業用炉における処理である。これは、産業炉の運転の中での副次的な有害廃棄物の受け入れ、あるいはエネルギー活用を主目的に置いた上での有害廃棄物の処理、というスキームである。特にボイラー炉は、高圧・閉鎖系での熱交換をベースにして蒸気あるいは熱流体（液体およびガス）としてのエネルギー回収および熱源や電源としての供給を目的としており、処理対象となり得る有害廃棄物は限定されるが、エネルギーとしての転換効率は極めて高いことが特徴である。一方、産業用炉は主に製造業での工業プロセスの一部として運用されており、装置自体の有害廃棄物の受け入れ可能性自体は高いが、業態によっては製品の品質に影響を与えることが懸念されるため、受け入れ可能な有害廃棄物の種類や量については十分な検討が必要である。有害廃棄物を受け入れ可能な産業炉としては、セメントキルン、石灰石キルン（生石灰の生産）、リン鉱石キルン（リン酸生産におけるフッ素除去）、コークス炉、溶鉱炉、骨材キルン、鉄溶解・溶融・精製炉、チタン精製における酸化チタンの塩素化プロセス反応器、メタン改質炉、ハロゲン酸製造における溶解炉、パルプ廃液（黒液）の回収ボイラー、使用済み廃硫酸からの硫黄回収炉、などが資源保護回復法(RCRA)によって規定されている。

3.1.2.4 廃棄物処理技術のアジア適用時の欧米型・日本型技術の相違点

（1）熱処理・エネルギー回収

アジア途上国の都市廃棄物の熱処理については、医療廃棄物・有害廃棄物を対象とした小型の炉については比較的広く普及しているが、排ガスや燃焼後の残さ・飛灰等の管理が充分でないケースが多い。また、転用可能な産業炉も広く分布しているわけではないことから、廃棄物専焼炉の導入が第一に検討されるケースが多いと想定される。公害・環境汚染防止のためのモニタリング、防止措置に関する材料調達、運転管理に係る人材等の不足等、解決すべき問題は多様であるが、医療・有害廃棄物に限定した小規模の燃焼炉であれば、比較的容易に導入可能であり、欧米と日本の間に大きな差異はない。むしろ、中国やマレーシアなどの新興勢力によるダンピングが障壁となる可能性が考えられる。

炉の規模を拡大し生活系の都市廃棄物処理に適用することを考えた場合、社会基盤的なキャパシティの拡充が不可欠である。エネルギー回収（発電利用・熱利用）については、仮に外部供給が可能な採算となったとしても、居住地域向けの送電・給熱のインフラは、熱処理施設が立地するような地域においては決して充分でないことが多く、消費ポテンシャルもそれほど多くない。下述するように、工業団地や大口の工場への供給など産業界との連携が鍵を握ると考えられる。すなわち、熱処理施設の導入と同時に、近隣の大消費地とのエネルギー調整・事前交渉などが求められる可能性がある。

途上国の都市域において生活系ごみの熱処理が実施できない技術的な要因としては、燃焼対象となる廃棄物の発熱量が不足することが挙げられる。これは、厨芥や庭ごみなど高含水量成分の割合が高いことと、プラスチックや紙などの割合が少なく土砂などの割合が低いことが挙げられる。前者については、**3500 kJ/kg** 程度以上の発熱量があれば燃焼炉の形式や運転上の工夫で、乾燥させて燃焼効率を高める対応が可能である。ストーカ炉は燃焼物の混合や乾燥に適した炉形式で、幅広い発熱量や含水量を対象とすることができるため、日本をはじめ多くの国で廃棄物処理に採用されてきたが、土砂が多いような場合には適さない。シャフト式のガス化炉も同じく乾燥能力の高い炉であるが、ユーティリティとして酸素、石灰石、コークスなどを要するため運転費用が高くなる。従って、アジア都市での廃棄物専焼という形態は考えにくく、産業との一体利用（工業用炉の活用や副産物の利用）などが必須である。ただ、産業炉で廃棄物を受け入れている事例（インドネシア、フィリピン）の多くが、選別されたプラスチックのみを受け入れている。

一方で、このような燃焼管理で対応できる廃棄物の発熱量にも限界があり、プラスチックや古紙の資源化が非公式セクタを中心にある程度実施されているような地域では、燃料の追加等なしで適切に燃焼させることが困難となる。プラスチックの価格が相対的に高価な国・地域では、自治体が回収する廃棄物中のプラスチック混入量は低く、マテリアルリサイクルの割合が高まる。これを発熱量確保のために熱処理される廃棄物にわざわざ投入することは、望ましいこととはいえない。安定した燃焼のための検討事項としては、近隣の工業団地との協定により、発熱量の高い均質な産業廃棄物を調達することで、発熱量調整を行うことが考えられる。これは同時に、後段のエネルギー回収に伴う電気や熱の利用先を確保することにもつながり、持続的な地域クラスターとして有望視される。

廃棄物の熱処理を導入する際に重視されるのが、排ガスの性状である。多くのアジア地域の国々において、工業由来の排ガスについて実質的な規制は乏しい(基準はあっても、検査や指導体制が整っていない)一方で、廃棄物の熱処理からの排出ガスに関する社会の受容性はきわめて低い。従って、ばいじん、硫酸酸化物、塩化水素、水銀、鉛、ダイオキシン類など有害性および大気汚染防止の観点から、十分な排ガス処理プロセスを採用する必要がある。排ガス処理において、スクラバー集じんや酸性ガスの湿式処理を採用した場合、ばいじん(飛灰)の発生量を抑制できる反面、追加的な廃水処理負荷が生じる。逆に乾式を採用した場合、廃水処理の必要性は低下するが排ガス処理に係る薬品や触媒などのユーティリティや、生じるばいじんの安全な処理について検討する必要がある。アジア都市への熱処理の適用において、それぞれの短所は無視されることもあるが、現地の環境管理の実態にとらわれず、長期的な環境保全上の責任を果たすためにも、地域の環境特性に充分配慮することが肝要である。

適正な廃棄物管理という観点から重要なのは、焼却残さおよび飛灰を環境安全に処分することであり、そのためには埋め立てられる焼却残さや飛灰(および飛灰処理物)の安全性だけではなく、長期的な環境からの隔離と早期の安定化を両立できるような埋立地を有していることも求められる。塩類や有害物質の溶出性、埋立地周囲の土地利用状況や地下水利用状況、埋立地の隔離性能を担保する構造を考慮した上で、廃棄物の熱処理システムの適用性を検討する必要がある。こうした残さの安全性の観点からは、ガス化に伴って生じる溶融スラグの優位性も俚上に載ると考えられる。

以上のように、エネルギー消費主体の確保・調整、燃焼管理の運転技術、排ガス等環境影響の除去、残さ処分の安全性を含めた熱処理のトータルシステムの提案能力、降水・浸透量の多い埋立地管理の経験、などが欧米型と日本型の争点にあると考えられる。

(2) 固形燃料化

生活ごみ由来の固形燃料(RDF)、容器包装由来の固形燃料(PDF)、紙・プラスチック由来固形燃料(RPF)など、廃棄物を固形燃料化することでハンドリング性と保存性を高める方法である。RDF の安定利用の障害となっているのは、発熱量が 20,000 kJ/kg と燃料としては充分ではないことが挙げられる。PDF や RPF ではこれを石炭やコークス並み(30,000-32,000 kJ/kg)に引き上げたことで利用先を開発することに成功したが、途上国での実施可能性は産業廃棄物からの固形燃料化に限定されよう。RDF については、腐敗の進行に伴う悪臭、可燃性ガスの発生や、温度上昇による自然発火など、保管上の安全管理も求められる。特に、元々の生活ごみの含水率が高く、十分な乾燥成形が困難なアジア熱帯地域においては、RDF の性状自体だけでなく、大気中の湿気など保存状況も相まって腐敗の進行速度が速い。多くの既存施設では出荷待ちの RDF が長期間保存される現状があり、火災や爆発等の事故事例は世界で後を絶たないことから、消費先での利用時期と必要量を充分検討した上で、保存期間が長期化しないように RDF 施設を稼働する必要がある。こうした保管上の配慮を無視することは、RDF 生産効率の一時的な改善、あるいは保管コストの削減になったとしても、長期的な RDF 利用促進にはつながらず、火災・事故などによる追加的なコストと責任を負うことになる。湿潤ごみの RDF 化の経験の有無が、持続的で安全な技術導入の成否の決め手となると考えられる。

燃料としての性能を改善した上でも、上述の通り廃棄物専焼炉の普及が進まない状況下では、産業炉での活用が消費の中心となる。タイでは、いくつかの都市でセメント炉での RDF 受け入れがすすめられている他、埋立地を掘削した廃棄物の RDF 化についてもセメント会社主導で実施されている。セメント炉での RDF の利用は、単なる燃料としての価値だけではなく、原料としての効果も加味されたものである。つまり、RDF 化施設運転のための一定量の廃棄物収集量と、セメント炉の近郊立地があって実現可能となっているプロセスであるといえる。

(3) 嫌気性消化

有機性廃棄物の微生物分解により消化ガスを生成させ、エネルギー利用する技術であり、農業系ごみ、産業廃水など幅広い用途で用いられている。エネルギー利用という観点では、特に欧米において十分な実績があるが、発生する残さの減容化や質の改善という点では充分ではないことから、廃棄物処理という観点では後段の追加的な処理が必要となる。

エネルギー的な点で採算がとれるようなシステムを構築する上では、消化ガスの利用方法と、消費先が重要となる。一般的に、混合状態の生活ごみ単独では有機物含有量が低すぎて嫌気性消化は不可能であることから、少なくとも分別された厨芥としての回収が求められる。その上で、エネルギー回収量を増やすための方策としては、他の有機性廃棄物・廃液との混合処理が挙げられる。し尿処理汚泥や下水処理汚泥との混合は効果的な組み合わせであるが、こうした廃水処理汚泥を適正に回収できるような基盤の整った都市に限定される。また規模的な面では、廃水処理汚泥向けの嫌気性消化槽に厨芥を添加する程度のことになるため、受け入れの面で調整が必要となることも想定される。大規模化については、食品製造・加工業から排出される食品廃棄物を原料とすることでも達成可能である。大規模化は消化ガスの発生量・発電・熱利用などの点でスケールメリットを生むとともに、工場や施設での大口消費先を確保できるという面もある。日本国内においても、均一性状の有機物を対象に大規模施設の設置・運転の経験や技術的知見は蓄積されているが、多様な混合廃棄物を原料とする施設については、欧米の方がはるかに技術レベルは進んでいる。

適当な排出源となる水処理施設、工業団地等がないエリアなど、より小規模・地域レベルでの実施を考えた場合、畜産廃棄物との混合の方が適用性は高い。この場合、成立要件は都市近郊で畜産業の集積があるような地域に限定されるが、エネルギーの消費先として地元の農業（畜産および栽培）が確保されており、需要確保とエネルギー輸送の点で優れている。畜産・農業でのエネルギー用途としては、寒冷地やハウス栽培では、暖房や温水製造、温帯・熱帯地域でも牧草や出荷品の乾燥など、消化ガスを熱源として活用できる点で、ガス発電に比べてエネルギーロスも少ないという利点がある。また、処理後の残さの一部を、液肥として牧草地に還元可能であることも利点としてあげられる。なお、農耕地への還元は忌避感も強くポテンシャル的には高くないことから、物量的に期待できず、処理残さの追加的な処理の必要性は残る。これを嫌気性消化から外部化してしまうような事例は、欧米ではほとんど見受けられないのに対して、日本では残さを外部に委託処理したうえで「ゼロエミッション」を謳っているような事例が確認される。

消化ガスの燃焼利用、発電利用の他、ガスの改質による工業利用も先進国では広く普及している。その用途としては、精製・圧縮によりメタンガス濃度を高めて高压ガスとして汎用性を高める方法と、化学的な改質で水素と一酸化炭素、あるいは水素とベンゼンなどの芳香族を生産する方法に大別される。高压メタンおよびベンゼンは広く工業利用されるため、アジア地域においても需要は高い。タイにおいては、自動車のおよそ半数が天然ガス車(NGV)に改造されており高压メタンガスの需要は高いと見込まれるが、NGVを普及する目的で燃料価格が政策的に据え置かれていることから、その点での競争力が求められることになる。水素は化学工業、製鉄、冶金、半導体産業などが主な現状の利用用途であるが、燃料電池等を通じたエネルギー利用も進められており、産業種にとらわれない用途の拡大が期待される。

(4) 機械選別・生物処理(MBT)

MBTは欧州を発祥とする廃棄物からの資源回収・無機化技術であり、有機物埋立量の削減を目的とした生活系廃棄物の処理方法として普及してきた。技術的には、機械的な粒径選別の過程で資源化可能な金属等を回収し、細粒分を含む有機性画分を生物処理するという複合的な技術システムであり、要素技術としては様々な技術が含まれる。すでに上述したとおり、本技術がシステムとして廃棄物管理・地域環境改善に大きく貢献するとは考えられておらず、土中炭素隔離による温室効果ガス削減のみが残されている技術上のメリットである。そこで本項では「機械選別」と「生物処理」の主要技術に分けてそれぞれ評価する。

(a)機械選別・分離：湿潤混合状態の廃棄物から、資源化物を回収するとともに、後段の生物処理不適物を除去するという観点からは、破碎と選別の適切な組み合わせが必要である。庭ごみ・街路樹剪定枝など大型の枝や、一定サイズの硬質プラスチック類が混入する場合、これらを芯にして水分を介して廃棄物同士が接触し絡み合ったような状態となることが多く、破碎プロセスが必須となる。大型金属などの産業廃棄物や、家電、家具などの粗大ごみ様の廃棄物が混入しなければ、圧縮力や衝撃力による強力な破碎機は不要で、切断式の破碎機(カッターやギロチン式)で充分である。その後段には、ふるい選別、比重差選別、磁力選別などを組み合わせた選別システムが続くのが一般的である。ふるい選別には、水分を飛散させ、切断したごみをほどこしながら分離効率を高めると言う点で、トロンメルもしくは振動ふるいとトロンメルの組み合わせが採用されることが多い。含水率の高いアジア地域の廃棄物への適用に際しては、この段階での分離性が低いことが、処理全体の効率低下につながることから、十分な滞留時間をとって選別できるような設計をすることが求められる。比重差選別においても、送風により乾燥させながら選別が可能な風力選別が用いられる。生物処理不適物のうち、状態によっては資源化可能なプラスチック類はここで分離される。より価値の高い金属類等は後段に設置した手選別ラインと磁力選別にて分離される。

(b)生物処理・コンポスト化：MBTにおいて実施される生物処理の大部分は好気性の生物処理であり、技術的にはコンポスト化とほぼ同等である。上述のように大容量での高速コンポスト化が普及している米国などが技術的には先行している。ただし、先進国・途上国を問わずコンポスト利用の成否は、製品の消費地確保の一点に絞られる。特に、熱帯アジアでの廃棄物由来のコンポストは、肥料としてはもちろん土壌改良材としての利

用可能性は極めて乏しい。これは、有機性農業に付加価値を求めるほどの生産性限界には至っていないことと、あるいはより安価に直接的な有機系肥料を調達可能であること、などが挙げられる。ただし、MBT は、埋立処分の前処理であると捉えたうえで、コンポストとしての用途を無視してしまえば、病原菌の衛生的な処理のための高温維持期間や C/N 比を改善するための長期の腐熟期間などを省くことで、運転・維持管理を簡略化することが可能である。

欧州のごく一部では、MBT の生物処理として嫌気性消化を実施する事例もあるが、すでに前節で示したとおり、アジア地域での嫌気性消化については他の廃棄物との混合処理が不可欠である。選別を経ていることである程度原料の品質は向上しているが、それでも単独での処理で十分な消化ガスを得るまでには至らないと考えられる。

(5) 廃棄物埋立処分

アジア地域の廃棄物埋立・投棄は、地価が低く土地の確保が容易である限り、最も安価で維持管理が不要であるという点で、現在でも主要な管理手法として採用されている。ただし、都市化の拡大・進行に伴って、埋立が唯一の選択となる地域は減少してきている。また、投棄地から衛生埋立への移行、浸出水の管理、ガスの管理など、工学的な維持管理の必要性が増しており、資材、施工技術、人材等の調達や育成が喫緊の課題となっている。アジア都市域の埋立地の現状としては埋立地の構造の環境安全性強化、容量増加・安定化促進のための維持管理、浸出水による水環境汚染防止、の三点での高度化が求められている。温帯・熱帯の湿潤地域では、浸出水の管理が重要な課題となるが、寒冷地・乾燥地では水分不足による廃棄物分解の遅延が問題となる。

埋立地内の嫌氣的雰囲気により発生する埋立地ガスの組成は、消化ガスに近い成分であることから、埋立地ガスを回収しエネルギー利用を図ることが欧州を中心に推進されてきた。嫌気性消化とは異なり埋立地では、原料の入れ替えや攪拌混合など嫌気性消化を促進するための措置はとれない。また、長期的な回分培養と見なされるため、ガス転換されず埋立層内に固定化される炭素量も多いことから、ガス化効率を高めるための様々な維持管理上の検討が行われている。炭素の可溶化ならびに浸出水としての系外放出を防止するために、埋立地からの地盤浸透だけでなく、埋立地への降雨浸透を防止するための表面遮水構造を設置するのはその一例である。この工法は、降水量の少ない欧州では効果的であったが、降水量の多い南米や湿潤アジアでの適用では降水浸透の排除率が充分ではなく、埋立層に大量の水分が浸透し、有機性炭素が損失されることが報告されている。アジアでも乾燥地・寒冷地においてはこの工法の適用性は高く、むしろ反応を促進するために浸出水を埋立層に再循環するなどのバイオリクター型埋立の適用も検討対象となる。

この工法では、嫌気性発酵に伴い浸出水の有機性汚濁が著しく水環境負荷が増すことも欠点としてあげられる。大規模なガス回収・エネルギー利用が可能な期間も 10 年前後に限られており、その後の維持管理期間の方が遙かに長いことを鑑みても、短期的・長期的な短所を補うだけの相当の効果が見込まれない限り、アジアにおける持続的な埋立方法としては評価出来ない。

エネルギーの活用方法として発電を検討する場合は、埋立地から消費地までの送電距離、インフラ整備状況、価格などを踏まえて判断すべきである。アジアの都市においても埋立地の立地選定は困難になる一方であり、中心部から埋立地までの距離は増加する傾向にある。埋立地内の複合的な廃棄物処理施設、浸出水処理施設など、ある程度エネルギーを自家消費することが可能であれば、グリッド購入価格との競争ということになる。熱利用であれば、周辺の農業・農産物加工での乾燥用途としての供給など、商業的な活用が可能である。

4.1.2.5 まとめ

途上国への廃棄物管理の方向性として、欧州では発生源の分別からの資源化、熱処理からのエネルギー化、ならびに地球環境に影響を与える物質の処理、などが挙げられており、埋立地ガスのエネルギー利用、機械選別・生物処理、ならびにコンポスト化については、技術の適用性に限界があり、特にアジア諸国の社会・産業特性を考慮した場合には不確実性が高いことが懸念されている。一方、北米では、埋立地ガスのエネルギー利用やコンポスト化などの得意分野で四半世紀前から世界展開を図ってきたが、現地での適用性に限界があり徐々に撤退する方向にある。ただし有害廃棄物の処理については現地産業に特化することで北米資本の撤退後も生き残っていることは注目される。

以上のことを鑑みた場合、欧米からの技術移転の日本に対する優位性（日本からの技術移転が苦戦するポイント）として、以下の点が挙げられる

(1) 熱処理については、電気・熱などのエネルギー消費主体の確保・調整、残さ処分の安全性を含めた熱処理のトータルシステムの提案能力、あるいはこれらを一体化した都市のエネルギー政策パッケージの提案などが、欧州の強みであると考えられる。また、医療・有害廃棄物に絞った小型の専焼炉についても技術的な蓄積はあるが、価格競争ではアジア新興国に利があると考えられる。逆に、日本からは燃焼管理の運転技術、排ガス等環境影響の除去、降水・浸透量の多い埋立地管理の経験において、強みがあると考えられる。また、炉の運転に限れば、技術的にも、導入実績的にも日本企業の強みがあることは言うまでもない。エネルギー化と供

給の部分では、都市エネルギーのセントラル供給・ハイブリッド供給の経験値という点で欧州・北米の企業との厳しい競争が予想される。ただし、施設から一定距離の拠点向けのエネルギー供給であれば、導入実績的にも技術的にも充分競争可能であると考えられることから、大型ショッピングセンターや郊外住宅地域へのエネルギー供給など、地域でのプロジェクト型の提案をすることが必須である。

(2) 廃棄物由来のコンポスト化を主要な処理プロセスと位置づけた場合に、肥料、土壌還元剤としての農業利用、あるいは土木資材として、安定的に消費可能な都市は、欧米、日本、アジア途上国のどこを見ても存在しえない、というのが長年の技術移転の失敗の結果から学んだことである。これを導入するには、農村、もしくは現に持続可能な郊外型農業地域などの地域に限定するか、残さを埋立処分することを前提にシステムを開発するか、のいずれかである。欧州の MBT はこの点で割り切って、ごみ燃料利用と残さ品質を無視した生物処理運転の実績がある点で、一日の長がある。米国では大型容量の高速堆肥化反応槽の開発実績などに強みがあるが、この強みをアジアで活かすためには、大規模に一定品質の原料を調達すること自体が一大案件であると言える。

(3) 分離・選別技術については、MBT のような生物処理への移行成分ではなく、その過程で分離回収される成分の資源価値こそが重要なポイントである。循環利用性の高い素材としては、先進国では金属が考えられるが、アジア途上国においては資源価値の高い金属は廃棄物としての処理に至るまでに回収される割合が高い。より付加価値の高い金属（貴金属やレアメタル）であれば、手選別等の追加的な作業負担を強いてでも回収する価値は高まる。廃棄物量の削減と高い利用用途を両立する成分としては、木くず、コンクリートがら等の建設解体廃棄物が挙げられる。開発途上にあり土木・建設資材としての需要が高いアジア都市においては、建設解体作業によって生じる多様な不要物を、速やかに回収して資源化することが望ましい。アジア地域で発生する建設解体廃棄物の組成は、都市文化の形成条件によって異なり、比較的日本に近いケースと欧米に近いケースが想定される。それ自体が技術の制限を生むものではないが、取り扱いの経験値の高い方が選択されるのが自然であると考えられる。

(4) 嫌気性消化の適用に際しては、大規模排出源での大型装置でエネルギー効率を高めること、もしくは畜産廃棄物等を含む混合廃棄物を投入する小型装置を残さ・廃液の還元可能な農村・郊外地域に適用すること、のいずれかが求められる。均一性状の有機物を対象にした大規模施設の設置・運転の経験や技術上の蓄積は、欧米でも日本でも同様の実績があると考えられるが、多様な廃棄物の混合物を原料とする施設については、欧米の方がはるかに技術レベルは進んでいる。アジア地域では、都市へのエネルギー供給が期待されるケースが多いが、日本国内では自家消費、近隣公共施設や工業施設での消費がせいぜいであり、この点では欧米技術の方に強みがあるといえる。また、日本国内では残さ・廃液を外部的に処理することがほとんどで、有効利用のための品質改善に関しての知見が乏しいことも、本技術の導入において欧米に後れをとる一因と考えられる。

(5) 個別処理の成否を握る重要な要素として、搬入される原料（廃棄物）の規模と性状が挙げられる。こうした意味で、発生源分別・資源化を含む包括的な廃棄物処理は廃棄物・資源循環を円滑に推進する重要な政策であると言える。日本の自治体は、廃棄物回収も含めた技術面でも一定の強みはあるものの、システム・ソフト・サービス面では公共サービスとしての福祉や厚生などの多面性を有してきた歴史的な背景が、アジアでの他国企業との単純な競争においてはハンディとなる可能性がある。ただし、国内自治体と連携した上で雇用の安定創出や地域の福祉事業との連携を強調することで、廃棄物管理に留まらず地域の保健衛生・労働問題に対処する都市システムとして日本発のシステムとしての強みを有することも考えられる。

(6) 有害廃棄物処理

先進国から進出した企業を中心として、排出者負担、社会的責任の観点から、当該地域で明確なルールがないという現状もあり、各自で環境配慮に神経を使っているケースが多く、信頼できる企業に産業廃棄物処理を委託したいという需要は非常に大きい。技術的なオプションだけでなく、環境汚染の予防や社会的なアピールも含めて、日本からの技術移転の成功可能性は比較的高い分野であると言える。工業団地レベルで一括して処理をする方式であれば、開発においても運転においてもスケールメリットが期待できるほか、現地政府・自治体や地元企業への啓発という観点からもインパクトが大きく、需要拡大の副次的な効果も期待される。排出者の安心・信頼や、交渉の容易さを鑑みると、それぞれの出自にあった処理技術・システムを有する企業体が必然的に選択される。

(国立環境研究所 石垣智基)

参考文献

- 1) CEC (1999) Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal of the European Communities L182
- 2) CEC (2004) Directive 2004/12/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004

- amending Directive 94/62/ EC on packaging and packaging waste', Official Journal of the European Communities, L047
- 3) Karol Koneczny, David Pennington (2007) Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part II – Detailed Life Cycle Assessments, JRC 41241, European Commission Joint Research Centre Scientific and Technical Report
 - 4) Harborth P., Fuss R., Munnich K., Flessa H., Fricke K. (2013) Evidence of strong N₂O hot spots on two MBT landfills: Microbial background and operational significance, Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium
 - 5) Jacobs, J. (2009). Blending in with MBT and IVC. Organics Recycling, (2), 26-27.
 - 6) Alison Smith, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton and Judith Bates (2001) Waste Management Options and Climate Change: Final Report for the European Commission, Environment Directorate General, B4-3040/99/136556/MAR/E3
 - 7) 2005 National Biennial RCRA Hazardous Waste Report, (2006) EPA530-R-06-006

3. 2 アジア都市における静脈産業の事業環境の評価

3.2.1 わが国からの静脈産業のアジア諸国への移転の必要性和課題

3.2.1.1 静脈産業の種類

“Organization for Economic Co-operation and Development” (OECD)は環境製品・サービス産業を表 3.2.1-1 のように定義している¹⁾。廃棄物に関しては表中網掛け部分が該当し、

- 廃棄物処理施設・設備・機器の製造
- 廃棄物処理・リサイクルサービスの提供
- 廃棄物処理・設備・機器の据え付け
- 上記のうち古紙など再生資源の資源有効利用に関するもの

に大別される。

表 3.2.1-1 環境製品・サービスの定義 (OECD) ¹⁾

大分類	中分類	小分類	細分類
A.環境汚染防止	装置および汚染防止用資材の製造	1.大気汚染防止用	1.1 配管、バルブ等 1.2 触媒反応器 1.3 化学処理装置 1.4 集塵装置 1.5 分離装置 1.6 焼却装置、スクラバー(焼却ガスを水などで洗浄する装置) 1.7 脱臭装置
		2.排水処理用	2.1 曝気システム 2.2 化学処理装置 2.3 生物処理装置 2.4 沈殿槽 2.5 油水分離装置 2.6 膜、ストレーナ 2.7 下水処理装置 2.8 水質管理、再生水製造装置 2.9 配管、バルブ装置
		3.廃棄物処理用	3.1 有害廃棄物保管・処理装置 3.2 収集運搬装置 3.3 処理・処分用機器類 3.4 収集袋、コンテナ、ボックス等 3.5 選別装置 3.6 リサイクル機器 3.7 焼却装置
		4.土壌、水質浄化用(地下水を含む)	4.1 吸着剤 4.2 浄化装置 4.3 水処理装置
		5.騒音、振動防止用	5.1 マフラー、サイレンサ 5.2 吸音材 5.3 防振装置 5.4 高速道路防音壁
		6.環境測定、分析、アセスメント用	6.1 測定、モニタリング装置 6.2 サンプルング装置 6.3 制御装置 6.4 データ収集装置 6.5 その他の機器、装置
		7.その他	

大分類	中分類	小分類	細分類
A.環境汚染防止	サービスの提供	8.大気汚染防止	8.1 排出モニタリング 8.2 アセスメント/評価/計画策定
		9.排水処理	9.1 下水処理 9.2 処理水供給 9.3 配管施工
		10.廃棄物処理	10.1 緊急時対応、漏洩物処理 10.2 廃棄物収集運搬、処理、処分 10.3 廃棄物処理施設の運転 10.4 リサイクル(分別、梱包、洗浄) 10.5 リサイクル施設の運転(マテリアル・リサイクル) 10.6 有害廃棄物処理 10.7 医療廃棄物管理
		11.土壌、水質浄化(地下水を含む)	11.1 浄化 11.2 水処理施設の運転 11.3 産業向けサービス(施設やタンクの清掃)
		12.騒音、振動防止	12.1 アセスメント、モニタリング
		13.環境に関する研究開発	13.1 環境負荷の低い工程 13.2 排出された負荷の低減
		14.環境に関するエンジニアリング	14.1 設計/仕様作成/プロジェクト管理 14.2 生態系の検討(プロジェクト地点における) 14.3 環境影響評価、監査 14.4 水処理 14.5 環境計画策定 14.6 リスク評価、ハザード評価 14.7 実験室およびフィールドでの研究 14.8 環境経済学的検討 14.9 法務サービス(環境に関する法規制への対応) 14.10 環境管理
		15.分析、データ収集、測定、アセスメント	15.1 測定とモニタリング 15.2 試料採取 15.3 試料の処理 15.4 データ収集 15.5 その他
		16.教育、訓練、情報提供	16.1 環境教育、訓練 16.2 環境情報検索サービス 16.3 環境に関するデータの管理と分析
		17.その他	
	建設および機器の据え付け	18.大気汚染防止設備	
		19.排水処理設備	19.1 下水道システム 19.2 排水処理システム
		20.廃棄物処理施設	20.1 廃棄物処理、保管、処分施設 20.2 有害廃棄物処理施設 20.3 リサイクル施設
		21.土壌、水質浄化設備	
		22.騒音、振動防止設備	22.1 高速道路防音壁

大分類	中分類	小分類	細分類
A.環境汚染防止	建設および機器の据え付け	23.環境測定、分析、アセスメント設備	
		24.その他	
B.環境負荷低減技術および製品 (装置製造、技術、素材、サービスの提供)		1.環境負荷低減および省資源型技術、プロセス	1.1 環境負荷低減/資源有効利用技術 1.2 バイオテクノロジー
		2.環境負荷低減および省資源型製品	2.1 環境負荷低減/資源有効利用製品
C.資源有効利用 (装置製造、技術、素材、サービス提供、建設、機器の据え付け)		1.室内空気汚染防止	
		2.水供給	2.1 携帯型水処理装置 2.2 浄水システム 2.3 携帯型浄水/配水装置
		3.再生素材	3.1 古紙 3.2 その他のリサイクル製品
		4.再生可能エネルギー施設	4.1 太陽光発電プラント 4.2 風力発電プラント 4.3 潮力発電プラント 4.4 地熱発電プラント 4.5 その他
		5.省エネルギーおよびエネルギー管理	
		6.持続可能な農業、漁業	
		7.持続可能な林業	7.1 植林 7.2 森林管理
		8.自然災害防止	
		9.エコ・ツーリズム	
		10.その他	10.1 自然保護、資源管理 10.2 機械・家具等修理 10.3 住宅リフォーム・修繕 10.4 都市緑化等

3.2.1.2 わが国の静脈産業の状況

(1) 静脈産業全体の状況

表 3.2.1-2 は環境省が上記 OECD 分類にしたがって 2003 年に推計したわが国における環境ビジネスの推移である²⁾。2010 年における静脈産業規模推計は 11 兆円となっており、環境産業全体の 35%を占めている。うち、施設等製造は 7000 億円、サービス提供は 7 兆円、機器据え付けは 340 億円、再生資源関連 9 兆円とみられている。

(2) わが国の処理・リサイクルサービス業の構造

図 3.2.1-1 に示すように、わが国の処理・リサイクルサービス業のうち産業廃棄物許可件数は約 11 万社に上るが、処分業許可は 1 万 2 千社に過ぎない。

(3) 処理・リサイクルサービス業大手の状況

表 3.2.1-3 に示すように、わが国最大の処理・リサイクルサービス業トップ 20 の売上高平均は約 91 億円、従業者数平均は約 270 名である。大手企業の進出が進行しており、2004 年においてトップ 20 社中 5 社は大手企業の子会社である。

表 3.2.1-2 わが国における静脈産業の市場規模推移（億円）²⁾

	2000 年	2010 年	2020 年
廃棄物処理施設・設備・機器の製造	6,514	7,037	5,329
廃棄物処理・リサイクルサービスの提供	29,134	69,981	105,586
廃棄物処理・設備・機器の据え付け	490	340	340
上記のうち古紙など再生資源の資源有効利用に関するもの	78,778	87,437	94,039
静脈産業合計	114,916	164,795	205,294
(参考)環境産業全体	299,444	472,266	583,762
(参考)廃棄物関連構成比(%)	38	35	35

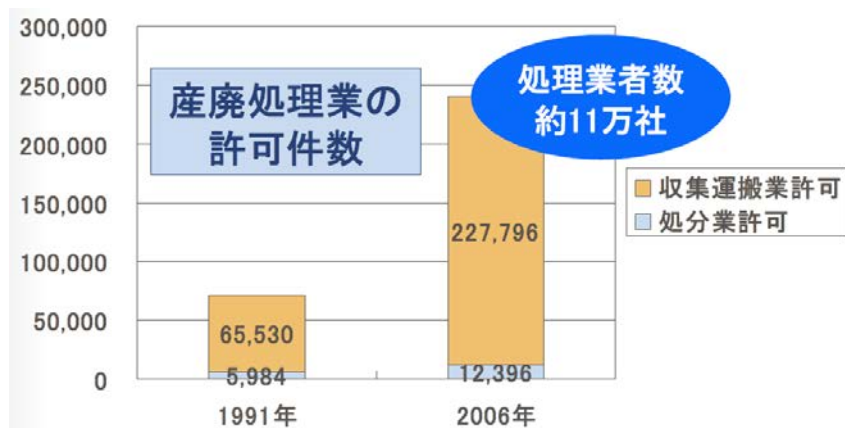


図 3.2.1-1 わが国の処理・リサイクルサービス業の構造³⁾

表エラー! 指定したスタイルは使われていません。-1 わが国処理・リサイクルサービス業大手の売上高および従業者数(2004 年)³⁾

	売上高(百万円)	従業者数(人)	区分
1	21,986	809	大手子会社
2	15,036	379	独立系
3	12,539	340	大手子会社
4	ND	650	独立系
5	11,559	369	大手子会社
6	10,583	296	独立系
7	10,369	230	独立系
8	8,788	139	独立系
9	8,356	276	独立系
10	8,171	150	独立系
11	7,750	165	大手子会社
12	7,724	208	独立系
13	7,372	587	大手子会社
14	6,639	123	独立系
15	5,726	120	独立系
16	5,694	110	独立系
17	5,500	47	独立系
18	5,483	165	独立系
19	ND	120	独立系
20	5,133	29	独立系
平均	9,134	266	-

(4) わが国の静脈産業市場の現状認識

大手を含む他産業からの静脈産業への参入、それによる競争の激化、他方、世界的な経済活動の低調に起因するわが国における廃棄物発生量の頭打ち、円高による国内産業の海外移転の加速、さらには焼却施設をはじめとする静脈インフラ整備が一段落したことなどを背景として、国内の静脈産業は今後楽観的な将来図を描ける状況にないとする。

3.2.1.3 アジア諸国の静脈産業の状況

図 3.2.1-2 に示すように、アジア諸国においては廃棄物発生量の急増および処理インフラ、処理サービスの不足を背景として大きな静脈産業市場が表れてきている。その総計は有に日本の静脈産業規模の 100 倍を超える大きさである。

3.2.1.4 わが国の静脈産業のアジア諸国への移転の必要性

以下の理由からわが国の静脈産業がアジアへ移転することに可能性が高まっていると考える。

①魅力的な市場のポテンシャル

すでに示したとおり、中国をはじめとするアジア諸国における増大しつつある静脈市場はシュリンクしつつあるわが国の静脈産業にとって地の利も活かせる極めて魅力的な市場であるとする。

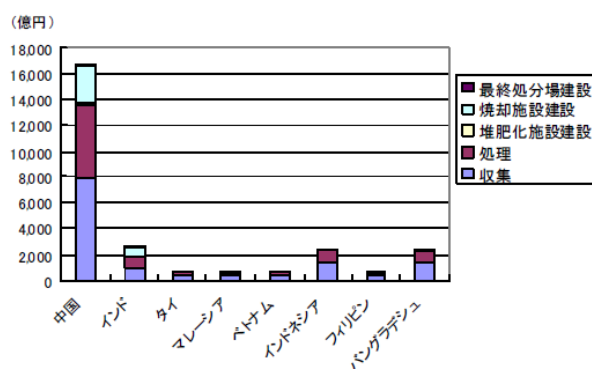


図 都市ごみに関する市場規模推計の国別比較 (2015年)

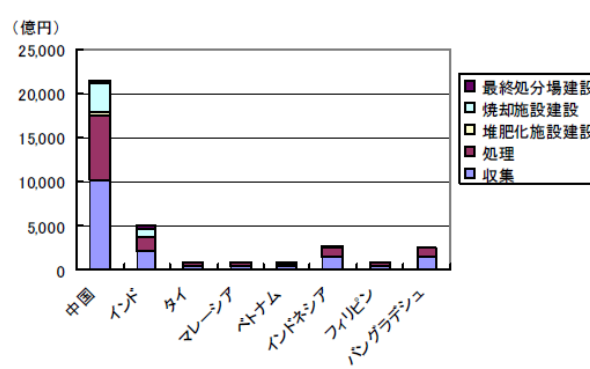


図 都市ごみに関する市場規模推計の国別比較 (2020年)

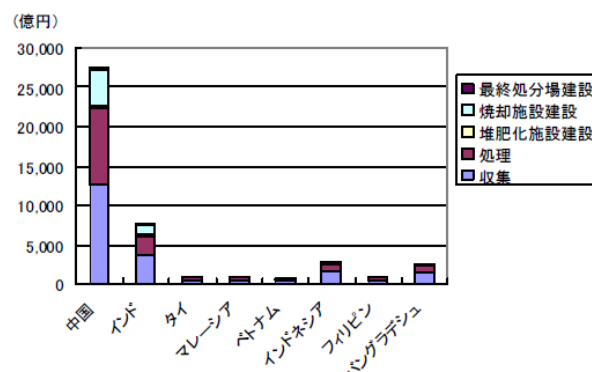


図 都市ごみに関する市場規模推計の国別比較 (2025年)

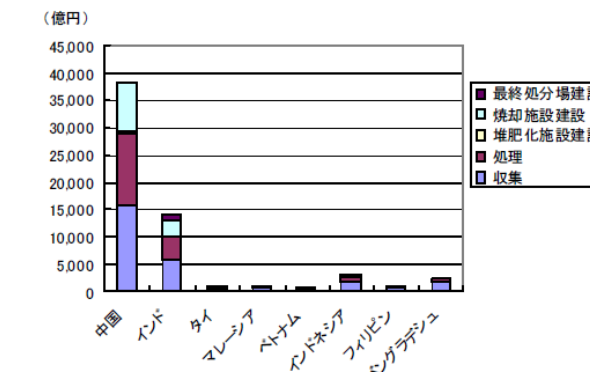


図 都市ごみに関する市場規模推計の国別比較 (2030年)

図 3.2.1-2 廃棄物処理市場規模の試算結果 4)

②アジア諸国へのノウハウ移転の有効性

アジア諸国においては都市ごみについては直接埋立を主とする初歩的な処分が中心となっている。消費型の処分施設である埋立地のひっ迫と新規用地の確保の難しさはアジア諸国においても例外ではなく、さらに安い処理料金による財政力不足、低い住民意識、レントや汚職の存在など問題構造は複雑である。わが国には 1970 年代にこのような複雑な問題に果敢にチャレンジし、少しずつ解決ノウハウを蓄積してきたという経験の蓄積がある。この経験・ノウハウはアジア諸国の問題を解決するために非常に有効であるとする。

③日系企業へのビジネス環境の整備

アジア諸国には多くの日系企業、大手、大手への部品供給のための中小企業群が形成されつつある。静脈産業はこのような日系企業群の一員として、高度なサプライチェーンを担う重要な機能を発揮すべきであると考ええる。

3.2.1.5 わが国の静脈産業のアジア諸国への移転の課題

(1) 環境装置メーカーによる技術販売の限界

わが国における環境装置メーカーには焼却技術に代表されるように大手数社に多数の整備経験が蓄積されており、この意味においてはアジア諸国においてもわが国の環境装置メーカーは技術的な優位性が確かにあるといえよう。しかしながら、わが国における焼却炉建設に伴う国庫補助、ソフトローン制度などを背景理由の一つとして、とりわけ中国で勃興しつつある新生勢力に対して、わが国の環境装置メーカーがアジア諸国において十分な価格競争力を発揮できるかには疑問が残る。勢いこれまでにない価格で先行投資的に受注をしても、後々十分な性能を発揮できないばかりか、受注した当該環境装置メーカーにもかなりの負担が生じ、双方にとって不幸な結果に終わりがねない隘路をはらんでいる。他方、環境装置メーカーの基本的な営業文化は「できるだけ大きく多様な施設・設備を、できるだけ高価に」であり、施設建設後のプロジェクト・サステナビリティの確保などは営業文化の中心にはない。廃棄物処理コストが考えられないぐらいに安価なアジア諸国において、焼却施設などの高度な技術の導入は、排出者に転嫁しきれないかなりの経済的負担を前提とするものであり、導入前にプロジェクト・サステナビリティが確信されていることが不可欠であると考ええる。さらに、アジア諸国においては高度な技術に対する潜在的期待感が非常に高いことがあり、安易な技術的解決を過度に期待する傾向があるが、こと廃棄物問題にあつては導入すればたちどころに廃棄物問題を解決してしまう技術など存在しない。すべての技術は導入される廃棄物ストリームの要件が整って初めて活きるものであり、時には排出源分別など導入に当たっては確信と戦略と時間と労力を伴わなければならないケースもある。このような廃棄物ストリームサイドの要件整備は環境装置メーカーの埒外であり、わが国における経験の蓄積もなされていない。以上のことから環境装置の販売というかたちでの静脈産業へのアジア諸国への移転は多くの課題をはらんでおり、現実的ではないと考える。

(2) 廃棄物処理・リサイクル産業の総合力の活用への期待感

廃棄物処理・リサイクル企業には、上記の環境装置メーカーの課題を超える可能性が備わっている。廃棄物処理・リサイクル企業の営業文化は「効率の良い施設で価格を低減することによって顧客獲得力を発揮し、顧客満足を得る」であり、環境装置メーカーとは大きく異なる。すなわち、過度な投資を避け、投資以降のプロジェクト・サステナビリティ（プロフィットナビリティ）を専ら気にし、事前の計画にこだわらず状況に合わせてしっかりと利益を上げていくといった小まめな企業努力を期待できる。また、わが国の廃棄物処理・リサイクル企業は、顧客や環境装置メーカーとの共同技術開発・ソリューション創出経験、排出者とのコミュニケーション、料金徴収ノウハウ、経営ノウハウ、人事管理ノウハウなど、サステナブルな廃棄物処理事業に必要なすべてを持っており、これらのノウハウ・経験をアジア諸国においてもいかに発揮できる潜在力を有している。ただし、廃棄物処理・リサイクル企業がアジア諸国にビジネス展開する際の課題も少なからずある。まず経験の不足である。業界全体においてアジア諸国をはじめ海外展開した事例があまりにも少ない。また、そのフロンティアに立って新規事例を果敢に作っていくという人的資源の厚みが形成されるのには、廃棄物処理・リサイクル企業が大学新卒の有力な就職先となった今でも、まだまだ時間がかかる。言語の問題、契約文化の違いなども大きな課題である。そして企業規模や組織の問題もアジア諸国への進出を許さない課題として立ちだかっている。先にみたとおり廃棄物処理・リサイクル企業の従業者数はせいぜい200-300人であり、その少なからぬ人員が現業職員であることも考えると、海外進出に割ける人員は極めて少ない。また、オーナー社長がすべての指揮に当たり、社員への権限委譲が進んでいない一般的状況も海外進出の課題となる。

(3) 新たな国際貢献策としてのアジア市場への進出

わが国の国際貢献は国際協力機構などによって積極的に進められ、大きな成果を上げてきた。国際協力機構による工夫あふれた「プロジェクト形成」、「人づくり」のための開発コンサルタントの努力、本邦研修を通じたわが国との友好の形成など、国際協力機構が重視するキャパシティ・デヴェロプメントの成果は大いに発揮されてきた。しかしながら、アジア諸国の経済的発展の進展に伴い、かかる国際貢献が内発的に可能となるにつれ、国際協力機構のGtoGで行われてきたこれまでの役割も薄れつつある。また、キャパシティ・デヴェロプメント効果は、対象政府の人事異動や選挙による政治環境の変化の前にあまりにも脆かったということも指摘できる。国際協力機構も近年では民間連携の強化による貢献策の幅の拡大、数少ない低開発国へのインフラを中心とする集中的援助など新たな試みを開始しているが、廃棄物処理・リサイクル企業の海外進出支援は廃棄物分野におけるかかる新たな試みに合致し、かつ多様な国際貢献策として十分可能性がある。これまでの国際貢献は開発コンサルタント企業が中心となっており、プロジェクトベースで高々数年間に渡り進められてきたが、国際コンサルタント企業は調査、計画策定、部分的実施を支援することはできても事業主体そのものとなった

り、事業の本格実施を継続的に支援する立場にはなかった。新規事業の立ち上げ支援という役割に限定された役割を果たしてきた。これに対して廃棄物処理・リサイクル企業を中心とする支援は国際貢献策の幅を大きく広げることが可能である。例えば、事業会社の株主となり、事業主体そのものに参画すること、対象国の既存企業を買い取ったり、資本注入をすること、人事交流をしながら相互の組織を強化していくこと、ハンズオンなどを通して経営協力することなどである。

(和田英樹 (株)サステイナブルデザイン研究所)

参考文献

- 1) Organisation for Economic Co-operation and Development (1999) The Environmental Goods & Services Industry
- 2) 環境省 (2003) わが国の環境ビジネスの市場規模及び雇用規模の現状と将来予測についての推計について
- 3) 財団法人産業廃棄物処理事業振興財団 (2006) パートナリーシップの時代, 中央環境審議会第 27 回循環型社会計画部会
- 4) 環境省 (2011) 平成 22 年度 3R 情報共有・技術移転・研究推進費報告書

3. 2. 2 ベトナム国における事業環境

3.2.2.1 ベトナム国における廃棄物分野の法的枠組み、組織体系

(1) はじめに

ベトナム国では、その著しい経済・社会の発展に合わせて、法制度等についても、国連や米国等の支援を受けながら、大きく改善・変化してきている。そのため、本節では、最初にベトナム国の法制度の基礎ならびに廃棄物も含めた環境管理に関わる法制度等についても概要を整理してから、廃棄物分野の法的枠組みと組織体系について言及することとする。

なお、ベトナム国の行政用語の中には、漢語から輸入された概念も多く見られるため、可能な限り輸入時の漢語に近い形で用語を日本語化した。そのため、ベトナム国において英訳時に使われている用語と英文の法律用語から和訳時の訳語の対応が異なる点に注意する必要がある。また、ベトナム国の法的文書の位置づけについては、遠藤の報告 [1\),2\)](#) が詳しい。

(2) ベトナム国の法制度の概要

ベトナム国では、1986 年に始まったドイモイ (刷新) 運動以降、対外開放政策ならびに市場自由化等を進めているが、2007 年の WTO 加盟など、国際標準的な法制度の整備が進められている。そのような中で、2001 年に憲法の一部が改正されたのを始めに、2007 年に「2001 年国会組織法」の一部が改正され、また「2008 年法規範文書交付法」が、同 1996 年法ならびに同 2002 年改正法に変わるものとして制定されるなど、国連や米国等の協力を得ながら ³⁾、従来の法律の審議・決定・施行などの仕組みがより規律だったものへと改善されてきている。

1) 立法組織

ベトナム国では、日本のような立法権・行政権・司法権の三権分立はなく、代わりに「民主集中原則」の下で、各国家機関に権限を分配する「三権分業」という仕組みが採用されている。

立法権を有しているのは国会のみであり、人民を代表する最高機関である。国会の中には、民族評議会ならびに 9 つの委員会 (a.法律、b.司法、c.経済、d.財政・予算、e.国防・安全保障、f.文化・教育・青年・少年・児童、g.社会問題、h.科学・技術・環境、i.外務) が常設されている。廃棄物も含めた環境問題を扱う常務委員会は、「科学・技術・環境委員会」である。

2) 法規文書の概要

ベトナム国では様々な法規文書が発行されており、その位置づけも複雑である。そこで、本報告が研究の初年度であり、次年度以降の研究にも行政文書の解析が必要なので、ここでその体系を概括する。

最新の「2008 年法規範文書交付法」に基づく、ベトナム国の行政文書は表 3.2.2.1-1 のように整理できる。なお、2008 年の法改正により、従来からの法規範文書である「指示」(Chi Thi: Directive) は、2009 年 1 月より発効されなくなった。また、他の文書についても種類が削減された。現時点では、このような旧文書が現行制度の中で、どのような位置づけになるのか不明な点も多いが、今後は適宜、改正版文書が発効されるものと考えられる。

表 3.2.2.1-1 ベトナム国における法規範文書の種類

制定者・機関	法規文書 (ベ語：英語)	内容
国会(Quoc Hoi: <i>National Assembly</i>)	憲法 (Hiep Phap: <i>Constitution</i>)	国家の基本法であり、国会が制定・改正の権限を有する また、その起草、採択・公布、改正ならびに解釈の手続き・手順については国会が定める
	法律 (Luat: <i>Law</i>)	内政、外交、経済・集会的課題、国防、安全保障、国家機関の組織および活動、公民の権利および義務の領域に属する基本的事項を規定する
	国会決議 (Nghì Quyet: <i>Resolution</i>)	以下の事項のために発布される a.経済・社会開発計画 b.国家財政および通貨政策 c.民族、宗教、外交および国家安全保障に関する各政策 d.国家予算の決定 e.国際条約の批准 f.国会、国会常務委員会、民族評議会、各委員会および国会議員のおよび国会議員の活動および制度
国会常務委員会	法令 (Phap Lenh: <i>Ordinance</i>)	国会によって付託された問題について定める ※将来、法律として制定されることを想定している
	決議 (Nghì Quyet: <i>Resolution</i>)	a.憲法、法律および法令の解釈 (giai thich: <i>interpret</i>) b.憲法、国会および国会常務委員会の法規規範文書の施行についての監察 (giam sat: <i>supervise</i>) c.政府、最高人民裁判所および最高人民検察院の活動の監督 d.人民評議会の活動に対する監督および指導 e.戦争状態、総動員または部分動員の宣告の決定 f.全国または地方ごとに、非常事態の宣言の決定
国家主席(Chu Tich Nuoc: <i>Country's President</i>)	国家主席令 (Lenh: <i>Order</i>)	上記の法令に規定された国家主席の任務および権限を行使するために発布される
	決定 (Quyet Dinh: <i>Decision</i>)	上記の決議に規定された国家主席の任務および権限を行使するために発布される
政府 ※国家行政(Hanh Chinh: <i>Administration</i>) 機関	議定 (Nghì Dinh: <i>Decree</i>)	a.法律、国会決議、法令、国会常務委員会決議、国家主席令および決定の細則を定める b.内政や外交、公務、幹部および公務員の制度、公民の権利および義務ならびに政府の管理および調整の権限に属するその他の問題に関する政策を実現するための具体的な措置を規定する c.各省、省同格機関、政府直属機関および政府の権限に属するその他の機関の任務、権限および機構の組織を規定する d.国家管理、経済管理および社会管理の要求に応えるために、法律または法令を制定する条件が満たされていない必須の問題を規定する ※d.に際しては、国会常務委員会の同意が必須

法規文書		
制定者・機関	(ベ語：英語)	内容
首相 (Thu Tuong: <i>Prime Minister</i>)	決定	a.中央から基礎組織に至る国家行政体系を指導・調整する措置について、関係機関、人民委員会主席との間の業務制度、首相の権限等について規定する b.国の方針、政策・法律を遂行する上で、政府構成機関の活動を指導・割り当てについて、各機関・責任者の活動を点検する措置について規定する
大臣、省同格機関の長	通知 (Thong Tu: <i>Circular</i>)	a.法律、国会決議、法令、国会常務委員会決議、国家主席令・決定、政府の議定ならびに首相決定の細則を規定する b.自らが責任を担う部門および領域に関する手続き、技術基準および経済・技術規範について規定する c.自らが責任を担う部門および領域ならびに政府より付託された問題に関する管理機能を実現するための措置を規定する
最高人民裁判所判事会議、他	決議、通知	略
国家会計検査院長官	決定	略
上記の機関・者らが合同で発効する 合同法規規範文書	合同 (Lien Tich※連席の 意: <i>Joint</i>)	a.国会常務委員会又は政府と政治社会組織中央機関の間の合同決議は、法律が国家管理に参加する政治・社会組織の業務について規定する場合の問題処理について指導する b.最高人民裁判所長官と最高人民検察委員長との間の合同通知、ならびに大臣または省同格機関長との間の合同通知は、訴訟活動に係る法律の統一的な適用ならびに当該機関の任務および権限に関するその他の問題について指導する c.大臣と省同格機関長との間の合同通知は、当該省および当該機関の職能・任務・権限に関する法律、国会決議、法令、常務委員会決議、国家主席令・決定、政府議定ならびに首相決定の履行について指導する
人民評議会および 人民委員会	-	「人民評議会および人民委員会の放棄規範文書公布法」で規定する内容、権限、形式、手順および手続きに従い公布される

(3) ベトナム国における廃棄物管理に係る法制度ならびに法的文書

ここでは、ベトナム国における廃棄物管理に関わる法律や法的文書について整理する。

1) 環境保護法 (2005)

環境問題全般に関わる法律として 2005 年に発効された環境保護法では、「廃棄物」を定義しており、廃棄物に係る規定をしている法律としては唯一のものである。環境保護法の構成は、表 3.2.2.1-2 の通りであり、「第 8 章 廃棄物管理」において、廃棄物に係る基本的規定がなされている。また、「第 2 章 環境基準」の中にも、廃棄物に関する基準についての記述が見られる。

2) 環境保護法施行細則 (2006)

環境保護法 (2005) の細則を定める政府議定が 2006 年に発効している (表 3.2.2.1-3)。その概要は下記の通りである。施行細則の第 2 章第 3 節においては、「第 19 条 廃品の輸入、一時的輸入、国境を超える輸送および通過における環境保護」という条項があり、廃品の越境移動に関する規定が見られる。また、同章第 4 節においては、「第 20 条 国家機関の有害廃棄物管理に関する責任」、「第 21 条 使用済製品又は廃棄製品の回

収および処分」といった条項があり、廃品の回収ならびに適切な処分についての規定が見られる。なお、第2章第2節においては、環境影響評価報告書が必要な事業として付属書Ⅰのリストに、「24.一般の固形廃棄物を再加工・処理する施設に関する事業」の全て、「25.産業廃棄物処理施設の建設関連事業」の全て、「26.有害廃棄物の処理施設の建設関連事業」などが掲げられている。

表 3.2.2.1-2 環境保護法（2005）の概要

環境保護法（2005）の構成
第1章 総則
第2章 環境基準
第3章 戦略的環境評価、環境影響評価、環境保護公約
第4章 自然資源の保護と合理的利用
第5章 製造業、経営、サービス業における環境保護
第6章 都市・居住地における環境保護
第7章 海・河川その他の水域における環境保護
第8章 廃棄物管理
第9章 環境災害の防止と対応、環境汚染の改善と環境修復
第10章 環境監視と情報
第11章 環境保護のための人材と資金
第12章 環境保護に関する国際協力
第13章 環境保護に関する国の管理機関、ベトナム祖国戦線およびその構成組織の役割
第14章 環境保護に関する違反行為の検査・処理、環境に関する不服申し立ての解決・告訴
第15章 施行規則

表 3.2.2.1-3 環境保護法施行細則（2006）の概要

環境保護法施行細則(2006)の構成
第1章 総則
第2章 特別規定
第1節 環境基準
第2節 戦略的環境評価、環境影響評価、環境保護公約
第3節 製造業、商業、サービス業の諸活動における環境保護
第4節 廃棄物の管理
第5節 その他の規定
第3章 実施規定

（4）廃棄物管理に関わる諸機関の役割

2005年環境保護法や「国家戦略」等で触れられている廃棄物管理に係る役割を、国家レベルに関しては（1）から（10）に、地方レベルに関しては（11）から（13）に整理する。

1) 建設省（MOC: Ministry of Construction）

2008年の組織法改正に伴い、固形都市廃棄物については、MOCが中心となって関係省庁、各省・市の人民委員会などの関係機関と協調しながら、廃棄物管理を進めていくこととされている。また、固形廃棄物に関する研究、廃棄物管理に係る基準等の策定、省の境界を超えた、あるいは都市域界を超えた管理計画の策定などを使命としている。なお、天然資源環境省と協働して、環境影響評価の策定ならびに許可をも担当している。なお、MOCは都市廃棄物の収集から処分までの実際の作業を担当する各地域の都市環境公社（URENCO: Urban Environment Company）等の活動を監督する権利を有している。

2) 天然資源環境省（MONRE: Ministry of Natural Resources and Environment）

固形廃棄物については、MONREもMOCとならんで大きな権限を有しており、関係省庁等と協働して廃棄物の発生抑制・再使用・リサイクル・発生源分別等に係る政策や仕組み作りに中心的役割を果たすこととされている。また、廃棄物に関するデータベースの構築、廃棄物管理に係る技術的基準や環境基準の策定、廃棄物の減量化・再使用・リサイクルに関する技術ガイドラインの策定、全国の廃棄物に由来する環境汚染状況のモニタリングを責任をもって行うとともに、MOCと協働して「国家戦略」を強力に遂行し、廃棄物管理に係る環境影響評価報告などを発表することとされている。

このように、MONRE は MOC とは異なり、実際の都市固形廃棄物等の収集・処理といった実務ではなく、廃棄物管理の全体の枠組についての政策等の検討・立案を担当している。

なお、2008 年の組織法の改正に伴い、MONRE の行政遂行機関として、省の下に新たに環境総局 (Tong Cuc Moi Truong) (VEA: Vietnam Environment Administration) が設立されている。VEA の中には、a.政策法務局、b.企画財務局、c.国際協力・科学・技術局、d.査察局、e.行政局、f.査定・環境影響評価局、g.生物多様性保全局、h.廃棄物管理・環境振興局、i.汚染防止局の他、j.環境監視センター、k.環境管理科学院 (ISEM)、l.環境教育・通信センター、m.環境情報・データセンター、n.環境相談・技術移転センターがあり、環境マガジン発行部署もある。なお、廃棄物問題に関しては、h.以外の局も関与しており、その役割分担の詳細が未だに確定していない面も見られ、関係者へのヒアリングでは、2010 年に再調整のための調査・検討が行われるということであった。

3) 企画投資省 (MPI: Ministry of Planning and Investment)

MPI は、一般には、国家開発計画の策定、海外政府や国際援助機関等からの投資の管理を担当している機関である。同省は、日本における旧経済企画庁あるいは第二次世界大戦後の復興開発の中心的役割を果たした経済安定本部に相当する重要な機関である。そのため、「国家戦略」等でも、統合的廃棄物管理の推進のため、計画的に廃棄物管理に係る資金の投入ならびにその資金源の模索・確保といった責務を課されている。

4) 財務省 (MOF: Ministry of Finance)

MOF は、MOC や MONRE と協働して、統合的廃棄物管理のための国家予算の編成・分配を図り、廃棄物管理に係る予算編成や費用負担の改善を進める責務を課されている。

5) 科学技術省 (MOST: Ministry of Science and Technology)

MOST は、MOC と協働して統合的廃棄物管理に向けて新しい製造施設や処理技術の研究や技術移転を積極的に進める責務を課されている。廃棄物処理に関する新規の技術や廃棄物削減に向けた環境配慮型技術 (Cleaner Production 等) については、主幹省庁としてその評価等を担当している。

6) 産業貿易省 (MOIT: Ministry of Industry and Trade)

MOIT は、廃棄物の発生抑制・削減を図るため、企業における廃棄物削減計画の策定ならびに Cleaner Production や ISO14000 の導入を推進する責務を有するとともに、廃棄物リサイクル産業も含めた環境産業の形成と発展を推進する責務を有している。なお、拡大生産者責任 (EPR: Extended Producers' Responsibility) についても、同省が主たる責任を有することになると考えられるが、現時点ではこれといった際立った活動は見られない。

7) 保健省 (MOH: Ministry of Health)

MOH は、医療廃棄物に関する厳格な約定期を定め、国全体において医療施設の監視・監督を遂行する責務を課されている。なお、ベトナム国では、医療廃棄物が一般廃棄物の流れに混入する例が未だに見受けられる。

8) 農業地方開発省 (MARD: Ministry of Agriculture and Rural Development)

MARD は、MOC や MONRE と協働しながら、主管官庁として農業地方やクラフト村における廃棄物管理の効率向上を図るために、具体的な計画を策定し、関連する事業を遂行する責務を課されている。なお、ベトナム国では、経済的に貧しい農業地方における経済活動の拠点として、クラフト村における廃品等からの資源回収事業等が推進されているものの、その過程から排出される汚水・廃棄物等による環境汚染も問題化している。

9) 情報通信省 (MOIC: Ministry of Information and Communication)

MOIC は、住民レベルでの、環境保護に関する意識、特に統合的な廃棄物管理に関する認識を高めるために、公共メディアを通じた普及啓発の計画策定ならびに遂行の責任を課されている。現在、ベトナム国でも日本と同様に 3R 活動についての普及啓発活動が展開されているところである。

10) 教育訓練省 (MOET: Ministry of Education and Training)

MOET は、教育水準に合わせた廃棄物管理や環境教育に係る教育プログラムの研究・評価・統合・適用に対する責任を課されている。

11) 省・市の人民委員会 (People's Committee)

ベトナム国では、日本の地方自治体に相当する地方行政機関として、各地の人民委員会がある。各人民委員会は、日本の議会に相当する評議委員会 (People's Council) の採決に従い、各種行政課題への対応方針を策定し、その遂行に当たっている。廃棄物管理についても、その予算等の決定、事業の遂行は人民委員会によるところが大きい。なお、人民委員会は日本の地方自治体とは異なり、法的位置づけ上は国家機関である。ちなみに、主な都市では、都市廃棄物の収集・処理・処分の実務は URENCO が担当している。

12) URENCO

ベトナム国では、主な都市において設置されている企業体組織である。その主たる責務は、フランス植民地時代の流れをくみ、道路の清掃と都市廃棄物の収集・輸送とその処分である。実際には、地域の人民委員会と

の契約に基づいて、対象地域の道路清掃ならびに路面に排出されている廃棄物の収集・運搬・処分を担当し、その費用を各家庭から徴収している。

なお、DiGregorio⁴⁾によると、ハノイ URENCO の前身は、フランス植民地時代に同市郊外の貧村から集められ、連れて来られたゴミ拾い (Hawker & Scavenger) の集団とのことであるが、現在ではほぼ公共団体の地位を獲得しており、市街地で廃品回収を行っている民間人・業者とは区別されている。しかしながら、URENCO の清掃作業員が民間回収業者に廃品を譲渡・売却している姿は市街地内でも良く見受けられ、大きな衝突も見られず、両者の関係は良好なようである。また、URENCO にとっては、腐敗槽汚泥の収集作業も重要な使命である。

13) クラフト村 (Craft Village)

8) MARD の項でも触れたが、ベトナム国では農村部において工芸品の製造・販売や廃品の回収等を実施しているクラフト村が約 120 カ所に設置されている。クラフト村では、都市域の市街地にて廃品回収を実施している民間人・業者が集めた物品を、幾つかの取りまとめ役・商社などを経て集積し、クラフト村にて解体・資源回収を実施し、回収された物品を国内外に販売し売却益を得ている。クラフト村の活動については、現金収入の限られた農業地方におけるその経済的存在感は大きく、中央政府においてもある程度の高い評価を得ている。しかしながら、先述した通り、その処理過程を通じて発生している環境汚染問題は大きな課題となっている。

(5) まとめ

ベトナム国で発行されている行政文書・法規規正文書や世界銀行等の国際機関の報告書等を収集するとともに、現地にて関係行政機関等へのヒアリング調査を実施し、同国における廃棄物問題に関わる法制度や組織体系等について明らかにした。

ベトナム国では、前述した通り、2005 年環境保護法ならびに「国家戦略」等により、廃棄物問題に対して包括的な取り組みを可能とするような法規制・組織体制の構築が図られている。しかしながら、2008 年の行政組織法改正や 2009 年 12 月の「国家戦略」など、新しい法規制・組織・戦略が整備されたばかりで、その具体的な取り組みは端緒についたところである。特に、廃棄物に対する取り組みとしては、2008 年の組織改正により、MOC に対して、都市廃棄物の収集・処理・処分に關する責任を課した一方で、発生抑制から始まる廃棄物ヒエラルキー関連の政策については MONRE に課しているなど、複数の省庁にわたっていることが明らかとなった。また、廃棄物に関する施策や事業の展開については、具体的な手順や仕組みなど、その内容は未だに不明な部分も多い。

そこで、今後は新たに発行される各種文書等も含めて、ベトナム国での行政文書に関する情報収集ならびに解析に努め、より具体的な廃棄物も対策の実態を明らかにするとともに、その展開に際しての課題を明らかにし、その解決策の在り方を研究・発信していく必要があると考えられる。

(国立環境研究所河井紘輔・大迫政浩)

参考文献

- 1) 遠藤聡 (2007) ベトナムの国会と立法過程、外国の立法 231 号
- 2) 遠藤聡 (2008) ベトナムにおける法体系の整備、外国の立法 238 号
- 3) The United Nations and the National Assembly of Viet Nam <<http://www.un.org.vn/>>
- 4) DiGregorio MR (1994) Recycling as a Peasant Industry in Northern Vietnam, East-West Center Occasional Papers, Environment Series, No.17

3.2.2.2 ベトナム・ハノイ市における廃棄物・有価物ストリーム

(1) 廃棄物・有価物ストリームの概要

図 3.2.2.2-1 にハノイ市をケーススタディとした廃棄物および有価物ストリームを示す。2010 年にハノイ市人民委員会が承認した、“Regulation on general solid waste management in Hanoi city”によると、「廃棄物は毎日収集されること」、「指定された時間と場所に排出すること」、「事務所や家庭の前の路上に放置しないこと」などと規定されている。Regulation に従い、ハノイ市では廃棄物は通常、夕方から夜にかけて毎日収集されている。大通りに面した、あるいは大通りに近い場所では、大通り沿いに数十 m ごとに設置されたコンテナが廃棄物の収集拠点になる。しかし、大通りから離れた密集地では、住民が大通りまで廃棄物を持参することが困難なため、URENCO の収集作業員が入り組んだ路地をハンドカートを押して歩き、収集を知らせる鐘を鳴らしながら担当地域を隈なく巡回して廃棄物を収集する。収集された廃棄物は運搬トラックに積み替えられ、一部は Cau Dien コンポスト施設へ、その他の大部分はハノイ市の中心から約 55 km 先に位置する Nam Son 埋立処分場へ搬入されている。

一方、新聞紙、段ボール、PET ボトル、ビール瓶、アルミ缶等の有価物は、市民により排出源で経済的動機に従って廃棄物とは分別され、インフォーマルセクターによって回収・再資源化されている。なお、ここでのインフォーマルセクターとは、公共が関与していない業者・業界を指す。インフォーマルセクターによる有価物回収活動は廃棄物の処分量削減に大きく貢献しており、その他の途上国においてもその重要な役割が報告されている。街中で有価物を回収するアクターは Junk buyer、Waste picker、廃棄物収集作業員で、埋立処分場では Waste picker がアクターとなる。Junk buyer とは、家庭などから有価物を買って回収する人を指す。一方、道路などから有価物を拾って回収する人を Waste picker と呼ぶ。(かつては Scavenger と呼ばれることもあったが、差別的表現ということで最近では使われなくなっている)。ハノイ市の街中で有価物を回収する人のほとんどは Waste picker ではなく、Junk buyer が占める。Junk buyer になるための許可や免許は一切不要で、誰でも、いつでもジャンクバイヤーとして活動を始めることが可能である。ハノイ市で活動するジャンクバイヤーの多くは女性で、ハノイから南東約 100 km に位置するナムディン省の出身者が多いのが特徴である。ナムディン省は典型的な農業地域で、農閑期になると田舎に家族を置いて、単身ハノイ市へ出稼ぎに来る。

レストランやホテルで発生する厨芥類は、ハノイ市郊外の養豚農家が飼料利用を目的として回収する。

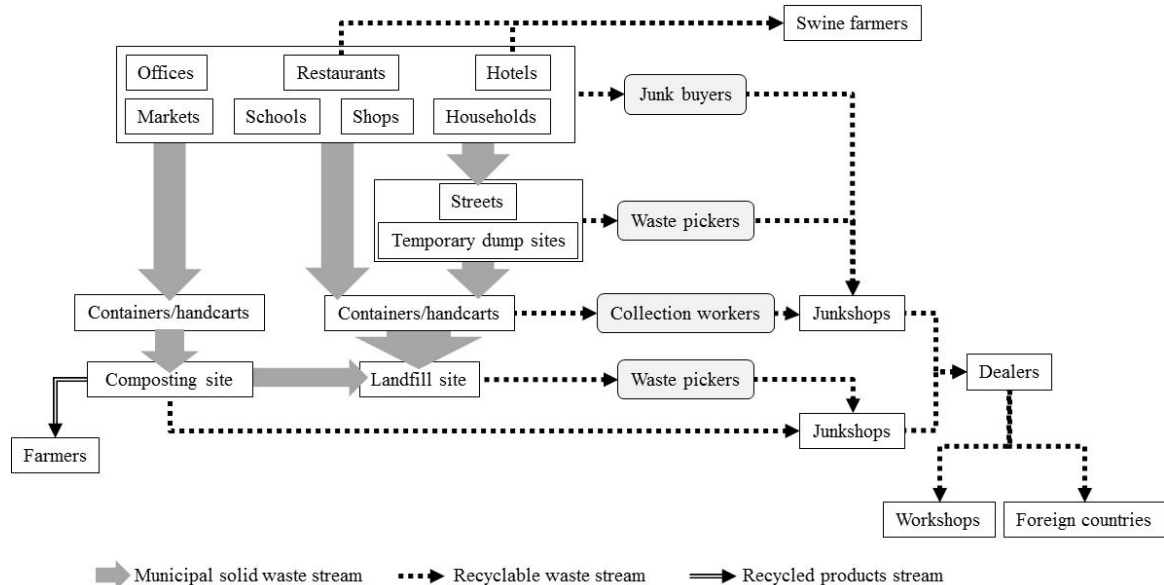


図 3.2.2.2-1 廃棄物・有価物ストリーム

(2) 廃棄物の処理処分量

ハノイ市の中心地区(表 3.2.2.2-1、図 3.2.2.2-2)で発生する廃棄物は通常 Nam Son 埋立処分場に搬入されている。ハノイ市内には、Gia Lam および Son Tay で収集される廃棄物に関しては、Nam Son 埋立処分場には搬入されずに Gia Lam および Son Tay にある埋立処分場へ搬入される。

2010 年の Nam Son 埋立処分場における廃棄物処分量は 123 万トン/年 (3,372 ton/日) で、Cau Dien コンポスト施設における廃棄物処理量は 1.8 万トン/年 (48 トン/日) であった。近年、Nam Son 埋立処分場への廃棄物搬入量が増加傾向である(図 3.2.2.2-3)。その理由としては、郊外地区における人口が急増しており、さらに収集サービス地域も拡大傾向であることが考えられる。一方で、中心 4 地区 (Ba Dinh、Hoan Kiem、Hai Ba Trung、Dong Da) では人口増加は見られず、廃棄物収集量も比較的安定していると言える(図 3.2.2.2-4)。

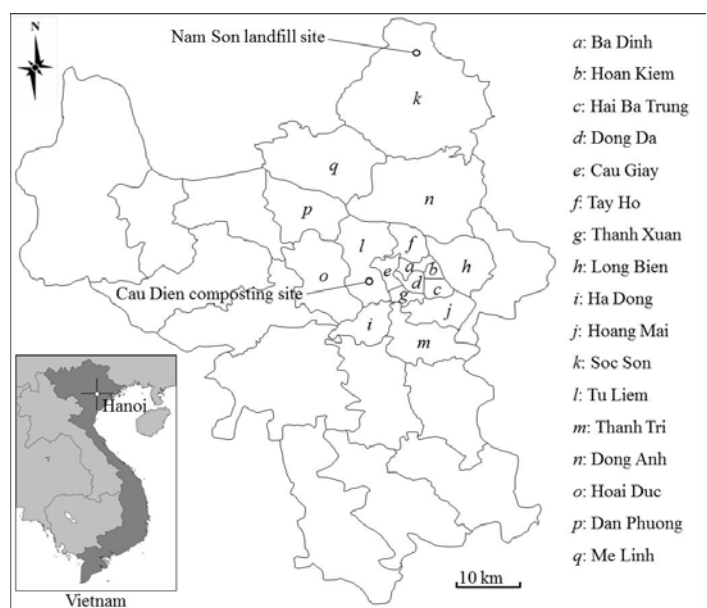


図 3.2.2.2-2 ハノイ市の地図

表 3.2.2.2-1 Nam Son 埋立処分場へ運搬される都市ごみの収集源情報

Districts	Population (thousand)	Area (m ²)
Urban	Ba Dinh	227.5
	Hoan Kiem	148.5
	Hai Ba Trung	303.3
	Dong Da	376.5
	Cau Giay	236.6
	Tay Ho	136.3
	Thanh Xuan	232.6
	Long Bien	233.5
	Ha Dong	238.8
	Hoang Mai	344.1
Rural	Soc Son	290.6
	Tu Liem	419.5
	Thanh Tri	202.1
	Dong Anh	343.6
	Hoai Duc	196.7
	Dan Phuong	143.8
	Me Linh	196.5
		14.51

Hanoi Statistical Office: *Hanoi statistical yearbook 2010*, Hanoi, Vietnam, May 2011.

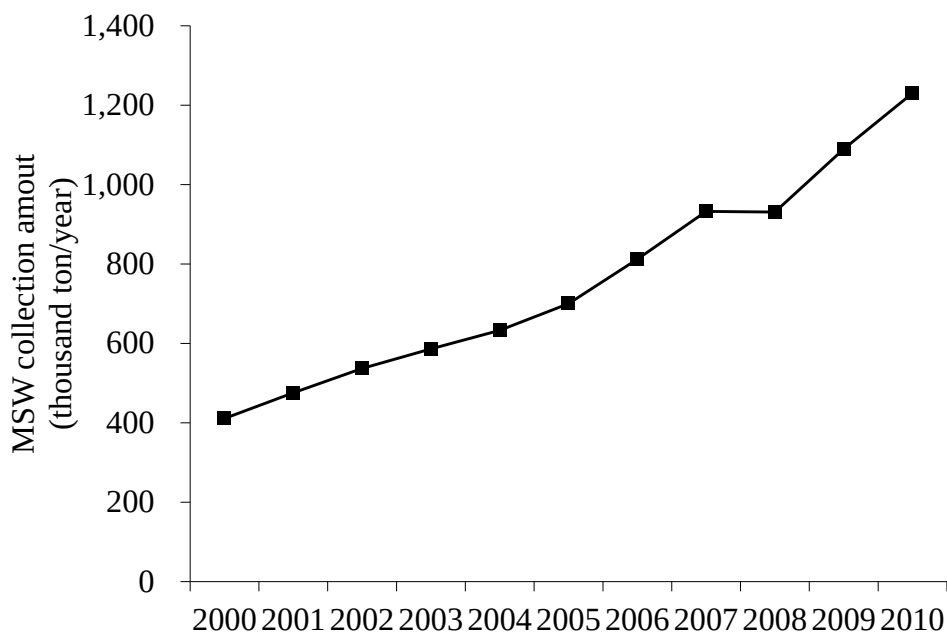


図 3.2.2.2-3 Nam Son 埋立処分場における廃棄物処分量の推移

2011 年 2 月の搬入量データによると、約 300 台の運搬トラックが廃棄物を積替地点から Nam Son 埋立処分場まで約 400 トリップ/日稼働している。廃棄物が Nam Son 埋立処分場に搬入される時間帯のピークは 19～22 時で、これは都市部で夕方以降に廃棄物が収集され、その後即座に Nam Son 埋立処分場へ運搬されることを示している (図 3.2.2.2-5)。この 3 時間の間に毎時約 40 台がトラックスケールを通過していることから、平均すると 1 分強の間隔で途切れることなく運搬トラックが廃棄物を搬入していることがわかる。ただし、2 時～8 時までは廃棄物を搬入する運搬トラックはほとんどない。Nam Son 埋立処分場ではこの時間帯は埋立作業を中断している。また、この時間帯に限って Waste picker の埋立処分場への入場を許可しており、3 時～6 時 30 分ごろまで Waste picker が埋立処分場内で有価物の回収活動を行っている。

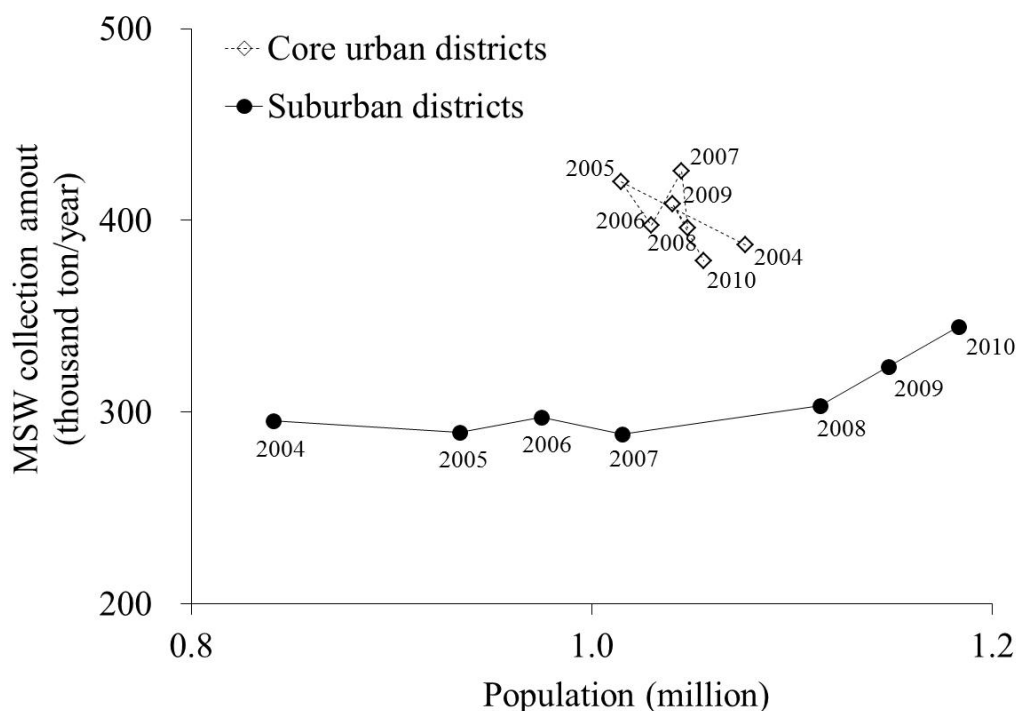


図 3.2.2.2-4 ハノイ市 Nam Son 埋立処分場における年間廃棄物搬入量の推移
 Core urban districts: Ba Dinh, Hoan Kiem, Hai Ba Trung and Dong Da
 Suburban districts: Cau Giay, Tay Ho, Thanh Xuan, Long Bien and Hoang Mai

2011 年の旧暦の元旦は 2 月 3 日であった。旧正月を迎えるにあたって、その直前に廃棄物の収集量が増加することがわかった（図 3.2.2.2-6）。特に旧正月の前々日および前日はそれぞれ平均収集量（2,720 ton/日）の 1.3 倍に増加した。2 月 3 日にも廃棄物の搬入記録があるが、これは 2 月 2 日に収集した廃棄物によるもので、2 月 3 日は廃棄物の収集は実施されていないと思われる。旧正月の元旦以降、徐々に収集量は増加し、1 週間後には通常の収集量に戻った。旧正月以外の時期は、収集量の大きな変動はみられなかった。

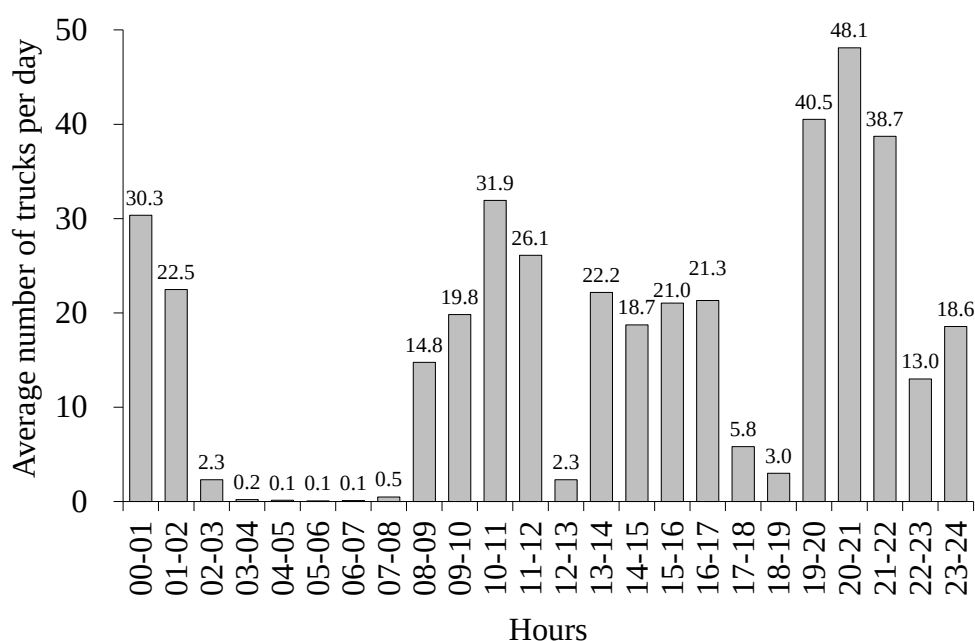


図 3.2.2.2-5 ハノイ市 Nam Son 埋立処分場における収集トラックの搬入頻度
 (2011 年 2 月の搬入量データをもとにした日平均)

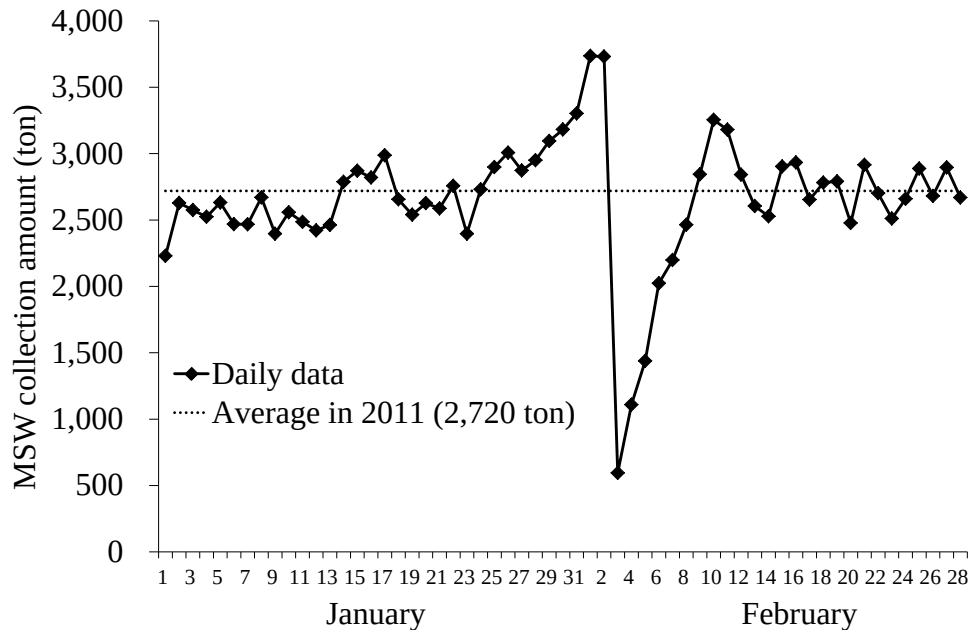


図 3.2.2.2-6 ハノイ市 10 地区における 2011 年 1 月、2 月の廃棄物収集量推移と 2011 年の平均収集量（2011 年 2 月 3 日はベトナムでは旧暦の元旦にあたる）

（3）まとめ

ハノイ市において都市ごみは、ハノイ市都市環境公社（URENCO）が管理し、収集後一部をコンポスト化、大部分、2010 年で 123 万トン埋立処分している。収集量は旧正月前に増加する。有価物については、戸別に買い取りや、市中や処理処分施設で回収、集約・資源化までの流れをインフォーマルセクターが行っている。

（国立環境研究所河井紘輔）

3.2.2.3 ベトナム国の事業環境

（1）事業環境全般

1) ベトナムの産業構造変化と廃棄物排出傾向予想

ベトナムの産業別 GDP 構成比を見ると、1986 年ドイモイ政策による市場経済の導入以降は、第 1 次産業（農林水産業）のシェアが低下し、次第に第 2 次産業（工業・建設業）および第 3 次産業（サービス業）のシェアが拡大している。2009 年（暫定値）では、第 1 次産業が全産業の 20.9%、第 2 次産業が同 40.2%、第 3 次産業が同 38.8%であった。

第 2 次、第 3 次産業のシェアは今後とも拡大すると思われ、これら産業からの廃棄物の増加が予想される。これに伴い第 2 次・第 3 次産業が増加する直轄都市への人口集中と、直轄都市圏そのものの拡大（周辺小規模都市の取り込み）が見込まれており、生活廃棄物も都市圏において著しく増加することが予想されている。

表 3.2.2.3-1 に示すように、2003 年、ベトナムでは、都市ごみ 1280 万トン、非有害産業廃棄物 251 万トン、有害産業廃棄物 12.8 万トン、医療廃棄物 2.1 万トンと合計 1546 万トンの廃棄物が発生したと推定されている¹⁾。産業廃棄物の発生量はごみ全体の 20～25%を占めている。発生地域は、ホーチミン市およびその周辺のメコンデルタ北東部が 48%、ハノイ周辺の紅河デルタが 30%と推定されている。

リサイクルは、市場に任せられており、中小零細企業やインフォーマルセクターを中心に、経済原理に則ったリサイクルが行われている。物価水準と比較して相対的に再生資源の価値が高いため、缶、ビン、アルミ、PET ボトル、ダンボール、廃プラスチック、鉄くずなどは有価で流通している。

2) 経済面

①インフレリスク

政府統計（図 3.2.4-1）によると、2011 年のインフレ率（消費者物価指数＝CPI）は 18.58%と非常に高く、事業を実施する際の不安定要因となりうる。事業実施の際はコスト管理→値上げ交渉が頻繁に起きやすいことから契約方式等に留意すべきである（CPI 連動契約など）。

インフレ率の上昇は、貸出金利を含む金利全般の上昇に繋がる。ベトナム中銀は昨年、2 つある政策金利を 5～6%引き上げて、年率 13～14%にしている。これにより当然ながら企業向けの貸出金利も大幅に上昇した。これを背景に企業の資金調達コストは大幅に膨らみ、それが業績に影響を与え始めているとされる。また、借

り入れ資金の高い金利の返済も増え、企業活動に影響を与える可能性がある。これらは、企業から産業廃棄物の処理を請け負っている場合の処理費の値下げ要請や与信リスクとなる可能性がある。また、物価の上昇は、事業運営の全般的なコストの上昇となり、収益の圧迫要因となりうる。

表 3.2.2.3-1 ベトナムにおける固形廃棄物に関する基本統計 ¹⁾

都市ごみの発生量 (トン/年)	
・ 国	12,800,000
・ 都市部	6,400,000
・ 地方	6,400,000
産業廃棄物 (有害) (トン/年)	128,400
産業廃棄物 (非有害) (トン/年)	2,510,000
有害医療廃棄物 (トン/年)	21,000
農業系有害廃棄物 (トン/年)	8,600
農薬等の貯蔵量 (トン)	37,000
地方自治体の廃棄物の量 (kg/人・日)	
・ 国	0.4
・ 都市部	0.7
・ 地方	0.3
ごみ収集率 (%)	
・ 都市部	71%
・ 地方	<20%
・ 都市貧困層	10-20%
固形廃棄物処理施設の数	
・ ごみ集積所、不適正な埋立場	74
・ 衛生埋め立て処分場	17
医療廃棄物の処理能力(発生量に対する比率)	50%

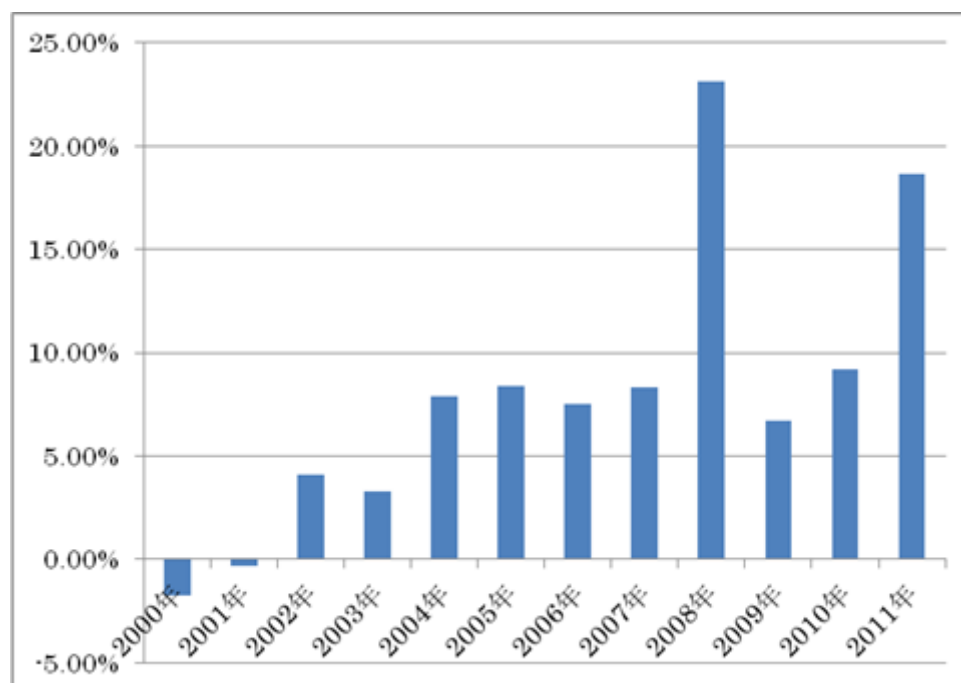


図 3.2.4-1 ベトナムインフレ率推移 (2000 年～2011 年)

②為替リスク

ベトナム通貨ドン(VND)の実勢レートは 2008 年の US\$1=VND16,000 程度から 2012 年 3 月で VND21,000 と下がっている。現地で上げた利益を日本円・米ドルベースに換算する際のリスク要因となりうる。



図 3.2.2.3-2 日本円＝ベトナムドンの為替レート推移（2000年～2011年）

アセアン主要国の中で、唯一ベトナムは経常収支が赤字の状況で、その大きな要因は貿易収支赤字である。貿易赤字体質となっている最大の原因は、ベトナムの産業構造にある。ベトナムの主要な輸出品は、依然として、衣料品等の軽工業品中心で、電子部品や輸送機器の割合は小さい。軽工業品は後発国との価格競争が激しいため、安定した外貨獲得源としては難しい面も多く、輸出競争力を保つ為に今後もベトナム政府は通貨ドン主要通貨に対して低い水準に誘導するものと考えられる。

3) 環境関連事業優遇策

環境関連事業の許可は、法的には外資系 100%でも許可を得ることができる。但しベトナムに限らないが、当初は現地にパートナーを持って政府との交渉や市場開拓をする方が入りやすいと思われる。環境関連事業の実施事業者に対しては立ち上げ当初 5 年間に法人税（25%）がかからず、更に該当事業や地域への進出であればその後の法人税も 10 年の間は 5%や 10%となるような税制優遇策がある。

（2）産業廃棄物

1) 全般

①産業廃棄物の定義

ベトナムでは「固形廃棄物の管理に関する政府議定」（No. 59/2007/ND-CP）において、個人、家庭、公共施設から廃棄される廃棄物を「生活ごみ（Daily-life solid waste）」と定義し、産業、手工芸村、商業、サービス業などから廃棄される廃棄物を、「産業廃棄物（Industrial solid waste）」と定義している。（第 1 条 3 項）

有害廃棄物は「危険をもたらす特性（可燃性、爆発性、毒性、腐食性、伝染性およびその他の毒性）を持つ物質または化合物、あるいは他の物資と相互作用して、環境および人の健康に危険をもたらす可能性のある物質または化合物を含有する廃棄物」と定義され、同政府議定において、ライセンスを保有する、有害廃棄物の収集者、運搬車者、処理者、処分者と契約を結ぶことを義務付けられている。

②産業廃棄物の発生量

世界銀行の 2004 年の報告¹⁾（表 3.2.2.3-3）によると、ベトナムでは、産業廃棄物 251 万 t/年、有害廃棄物 12.8 万 t/年が発生されたと推定されている。

③処理費

平成 21 年度のハノイエリアの企業を対象としたアンケート調査²⁾によると有害/非有害別・処理方法別の産業廃棄物の処理費用は、以下の表 3.2.2.3-4～6 の通りとなっている。有害廃棄物は焼却処理で平均 28,247 円/t、化学処理で 37,371 円/t であり、非有害廃棄物は焼却処理で 2,875 円/t、化学処理で 17,774 円/t となっており、有害廃棄物の処理費が非有害廃棄物の処理費に比べ高くなっている。また、有害廃棄物の焼却処理費は、日本の焼却処理費用（表 3.2.2.3-7）が廃プラスチックで 13,900 円～68,100 円/t であることと比較しても、同等の水準であることが分かる。したがって、有害廃棄物市場は、日系の廃棄物処理業者にとって、現時点のベトナムにおけるビジネス環境においては比較参入しやすいといえる。

表 3.2.2.3-3 ベトナムにおける廃棄物の発生量（2003 年）¹⁾

	発生源	種類	廃棄物発生量（トン/年）		
			都市部	農村部	合計
都市廃棄物	住宅、商業施設	厨芥、プラ、紙、ガラス	6,400,000	6,400,000	12,800,000
産業廃棄物（非有害）	工業	金属、木材	1,740,000	770,000	2,510,000
産業廃棄物（有害）	工業	廃油、有機性汚泥、化学物質	126,000	2,400	128,400
有害医療廃棄物	病院	細胞組織、血液、器具			21,500
非農業系合計			8,266,000	7,172,400	15,459,900
農業	養殖畜産	植物性	NA	64,560,000	64,560,000

産業廃棄物には工業廃棄物、クラフトペレージの産業廃棄物を含む

表 3.2.2.3-4 ベトナム国における処理に係る費用（有害廃棄物）²⁾

(単位:円/t)

種類名	加重平均					単純平均				
	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等
有機汚泥										
動植物性残さ										
厨芥(食堂)										
繊維くず										
木くず										
紙くず										
燃え殻	1,379					1,379				
無機汚泥		9,673	3,650	16,789	1,929		10,345	40,912	27,989	58,144
廃油	45,236		2,553	2,260	8,690	37,241		26,572	26,440	26,737
廃酸・廃アルカリ			47,126	47,126				47,126	47,126	
廃プラスチック			14,526	21,511	13,793			25,862	28,276	13,793
ゴムくず			26,207	26,207				26,207	26,207	
金属くず										
ガラス陶磁器			89,655		89,655			89,655		89,655
鋳さい										
蛍光灯		34,483	18,458		18,458		34,483	24,483		24,483
電池類		34,483	79,310		79,310		34,483	48,276		48,276
その他			33,874	33,874				29,310	29,310	
合計	1,382	9,675	3,884	14,387	1,955	25,287	20,000	32,375	28,247	37,371

*処理費用は、1 VND＝0.005636 JPY で換算。(2008/11/13 時点、
<http://ja.exchange-rates.org/HistoricalRates/P/VND/2008-11-13>) 以下、同様。

表 3.2.2.3-5 ベトナム国における処理に係る費用（非有害廃棄物）²⁾

(単位:円/t)

種類名	加重平均					単純平均				
	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等
有機汚泥	1,379					1,379				
動植物性残さ										
厨芥(食堂)		1,113	602	1,103	375		1,333	736	1,103	552
繊維くず	3,532		690	690		53,448		690	690	
木くず	3,611					11,733				
紙くず	21,429					13,787				
燃え殻		3,448					3,448			
無機汚泥										
廃油	11,562		27,586		27,586	25,862		27,586		27,586
廃酸・廃アルカリ			34,483		34,483			34,483		34,483
廃プラスチック	30,614	2,026	690	690		33,592	1,724	690	690	
ゴムくず	4,138		15,172	15,172		4,138		15,172	15,172	
金属くず	67,034	14,483				234,717	14,483			
ガラス陶磁器	3,448	10,345	31,034		31,034	3,448	10,345	31,034		31,034
鋳さい										
蛍光灯										
電池類										
その他	9,363	976	5,765	9,695	2,621	5,190	1,011	5,839	7,448	2,621
合計	3,416	2,264	7,424	9,425	5,970	65,033	3,524	8,090	2,875	17,774

表 3.2.2.3-6 ベトナム国における処理に係る費用（全種類）²⁾

(単位:円/t)

種類名	加重平均					単純平均				
	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等	再生利用 (売却)	直接埋立 量	中間処理 量	焼却処理	化学処理等
有機汚泥	1,379					1,379				
動植物性残さ										
厨芥(食堂)		1,113	602	1,103	375		1,333	736	1,103	552
繊維くず	3,532		690	690		53,448		690	690	
木くず	3,611					11,733				
紙くず	21,429					13,787				
燃え殻	1,379	3,448				1,379	3,448			
無機汚泥		9,673	3,650	16,789	1,929		10,345	40,912	27,989	58,144
廃油	33,157		2,567	2,260	8,922	31,552		26,674	26,440	26,907
廃酸・廃アルカリ			34,919	47,126	34,483			40,805	47,126	34,483
廃プラスチック	30,614	2,026	13,120	10,195	13,793	33,592	1,724	13,276	13,229	13,793
ゴムくず	4,138		16,305	16,305		4,138		20,690	20,690	
金属くず	67,034	14,483				234,717	14,483			
ガラス陶磁器	3,448	10,345	31,081		31,081	3,448	10,345	60,345		60,345
鋳さい										
蛍光灯		34,483	18,458		18,458		34,483	24,483		24,483
電池類		34,483	79,310		79,310		34,483	48,276		48,276
その他	9,363	976	6,829	11,662	2,621	5,190	1,011	15,228	18,379	2,621
合計	3,123	7,461	4,579	12,408	2,531	63,226	8,672	24,541	19,085	32,095

表 3.2.2.3-7 日本での産業廃棄物の処理費用（参考）³⁾(上段:円/t 下段:円/m³)

	最終処分		破碎選別		焼却	
廃プラスチック類	8,000 (6,500)	16,500 (14,000)	12,300 (6,700)	54,000 (12,000)	13,900 (15,000)	68,100
紙くず	40,000 (12,000)	43,300 (13,000)	13,400 (2,500)	31,200 (10,700)	15,400 (6,000)	49,100 (14,700)
木くず	21,800 (12,000)	23,600 (13,000)	9,000 (4,200)	17,300 (9,000)	5,900 (2,500)	11,000 (6,000)
繊維くず	40,000 (12,000)	43,300 (13,000)	23,800 (4,100)	34,700 (11,100)	10,200 (8,300)	99,500
金属くず	4,000 (6,500)	11,500 (13,000)	4,500 (1,800)	33,100 (5,100)	30,000	100,000
ガラス陶磁器	3,500 (6,500)	12,300 (15,900)	9,200 (9,300)	17,600 (16,100)	1,300	3,900
がれき類	3,600 (6,500)	10,600 (13,000)	2,100 (4,000)	4,500 (12,000)	1,000	30,000
混合廃棄物	14,200	22,000	25,700 (7,100)	48,500 (12,900)	30,000	100,000

※()内は、容量m³で回答にあったデータの加重平均値。

④産業廃棄物の市場の状況

非有害廃棄物の取り扱いについては特にライセンスは必要なく、ベトナム国内においては、現在 50 の民間企業が産業廃棄物処理処分に関っているとされる。³⁾近年は幾分是正されてきている様子だが、地元の排出事業者や民間収集運搬・処理／リサイクル事業者はコストを重視するために、コンプライアンスに反した行動を取っている場合がある。また、廃棄物処理を管轄する行政側にも、監視能力が十分になく、不適正な処理がされている場合がある。グローバル企業はコンプライアンス並びに CSR の観点から、各現地法人に対しても要求する環境管理レベルが高いことが一般的であり、近年ベトナムへの進出数が増加してきた日系企業においても、全般的に既に本国で実施しているレベルから低いレベルにシフトすることは意識として難しく、CSR 上の視点からも、多くの事業者は最低限コンプライアンスに反しないレベルの廃棄物管理体制を整えたいと考えているようである。一方で、これに対処できる（信用できる、確認できる）収集運搬・処理／リサイクル事業者がいない、或いはどこが信用に足る事業者であるかといった情報が不足している状況である。また今後も、ベトナムにおける、グローバル企業や日系企業の増および地元の業者のコンプライアンス意識の向上に伴い、信用できる事業者およびその事業者についての情報への需要は増加すると考えられる。

2) 有害廃棄物

①現状

2004 年の調査では有害廃棄物の発生源は、以下の図 3.2.2.3-3 の通りとなっている。

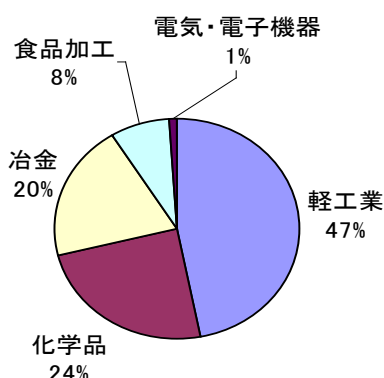


図 3.2.2.3-3 有害廃棄物の発生源¹⁾

「固形廃棄物の管理に関する政府議定（59/2007/ND-CP）」において、有害廃棄物の処理の許可は天然資源環境省（MONRE: Ministry of Natural Resource and Environment）が付与することとなっているが、現地の有害廃棄物処理業者にヒアリングの結果、現状において、許可を保有する民間の有害廃棄物処理業者はまだ数社であるとのことである。現地の有害廃棄物処理業者への視察の結果、許可を持つ処理業者においても日本の有害廃棄物の処理業者のレベルと比較すると、技術的にも、作業者の労働環境の面においても、不十分である様子が分かった。一方で、許可を保有する処理施設が他にないため、処理のレベルが不十分であると感じていても、多くの日系企業が、現状において許可を持っている処理業者に処理を委託せざるを得ない状況があると考えられる。日本の家電リサイクル業者などが進出を検討する際においても、解体・分別などの一次処理を行った結果発生するフロンなどの有害廃棄物の処理先が不十分であるために、参入を控えることも考えられる。

②世界的な規制への動き

有害廃棄物の中には、国際的に気候温暖化や大気汚染の環境影響をもたらすフロンや VOC などといった物質については、製造・使用の禁止のみならず、廃棄の段階においても適正な処理が求められる動きが出てきており、水銀については、大気・環境汚染や人的健康被害防止するために、使用量の削減や大気放出の削減を定める、国際水銀条約も制定される動きが出ている。今後も、大気汚染などの環境への影響をもたらす物質や人的健康被害をもたらす物質については、国際的に廃棄物の処理に関する条約などが制定される可能性があり、ベトナム国内においても法制度の整備等の対策を進めて行くと考えられる。それに伴い、ベトナムにおいてはまだ処理方法に関する規制がなく、現地の企業においては処理技術がない物質についても、処理に対する需要は高まるものと考えられる。

3) 建設廃棄物

①建設廃棄物について

日本における「建設副産物」とは、建設工事に伴い副次的に得られた物品の総称であり、その種類としては、「工事現場外に搬出される建設発生土」、「コンクリート塊」、「アスファルト・コンクリート塊」、「建設発生木材」、「建設汚泥」、「紙くず」、「金属くず」、「ガラスくず・コンクリートくず（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものを除く。）および陶器くず」又はこれらのものが混合した「建設混合廃棄物」などがある。日本における「建設廃棄物」とは、建設副産物のうち、廃棄物処理法第 2 条 1 項に規定する廃棄物に該当するものをいい、一般廃棄物と産業廃棄物の両者を含む概念である。日本における“建設廃棄物”の解釈としては、“再生資源としての原材料にならないもの、或いは排出状態そのままでは原材料とならないもの”であると言える。この点において、現在ベトナムで投棄されている建設廃棄物についても“現状の仕組みでは市場原理に基づいて再生・利用されていないもの”であると言えることから、日本の解釈と同義であると言える。

②ベトナムの建設廃棄物

ベトナムでの建設廃棄物のリサイクルは、同国における他のリサイクルと同様、有価で取引できるものについては自然な活動として有価取引されている。建物内の鉄筋や電線・窓枠や扉などの建具・備品などは解体時見積を行い、解体業者が施主に対して買取価格を支払う、或いは受託金額からリサイクル品相当額を値引きするなどの形で取引されている。ベトナムには日本の様に解体専門業者という分類は無く、建設会社が業務の一環で行っている。こうした背景には都市化の進展や地方開発による新規の建設需要のほうが多いことが挙げられる。また都市中心部では近年再開発が進められており、建物の解体需要が出てきているが、ベトナムには地震が殆ど無いことから、一般的には建物の構造が非常に簡単であり、現在取り壊されている建物もコンクリ

ートの枠組みに煉瓦造りの壁であることが多く、従って廃棄物となるものの多くは煉瓦である。このような建設廃棄物は現状、河川や湖などに埋立材として投棄している。ハノイ URENCO でも紅河河川敷に建設廃棄物処理場を保有・運営している。建物の老朽化と再開発に伴い、建設廃棄物は今後増加することが見込まれており、リサイクルにもビジネスチャンスが見いだせる可能性がある。日本では建設廃材の路盤材利用が行われているが、ベトナムではこうした事業は行われておらずリサイクル品の規格についても未整備である。

4) 非有害産業廃棄物

非有害廃棄物のうち 80%の廃棄物はリサイクル可能であると考えられており¹⁾、実際に多くがリサイクルされていると考えられる。リサイクルできない非有害産業廃棄物は家庭系の廃棄物と同様に、URENCO などによって処理されていることが多いようである。一方で日系企業へのヒアリングの結果、Hai Phong のように工業団地のある地域において、工業団地を管轄する機関によって廃棄物処理・リサイクル先が指定されており、指定された業者に委託せざるを得ないケースもあるようである。そういった業者がリサイクルできない廃棄物をリサイクル品と一緒に買取っているために、廃棄物の処理が適正に行われているかどうかが不明瞭であることが日系企業などから指摘されている。また、他の業者にリサイクル品をより高く販売できるといった理由で業者を変更したいと考えても、引き取り業者が行政機関によって決められているため、変更ができないという状況が発生している。行政機関が廃棄物の処理業者などを指定する背景には、両者の間の癒着が疑われるケースもあるようである。また、上記のような背景で産業廃棄物の処理が、既得権益となっていることが、日系企業などが産業廃棄物処理に参入を検討する際にも障壁になることも指摘されている。

5) リサイクル

ベトナムにおいては、日常的に金属や紙のインフォーマルセクターによる買取が行われている。また、ウェイストピッカーと呼ばれる人々により、埋立処理場などにおいても金属やプラスチックが抜き取られ、売却されている。こういったリサイクルは市場原理によって行われているが、物価水準と比較して相対的に再生資源が高いため、缶、ビン、アルミ、PET ボトル、ダンボール、廃プラスチック、鉄くずなどは現状においては、有価で流通している。回収されたリサイクル品は、農民が農業の傍ら始めたリサイクルビジネスから専門化していった「リサイクル村」などにおいて、リサイクルされる。回収されたもののうち、90%以上がリサイクルされている²⁾。リサイクルはされているものの、多くのリサイクル村の施設においては、水処理施設や排煙装置および排ガス処理施設がないため、環境汚染とそれによる健康被害が問題になっている。一方で、ハノイ近郊の HungYen 省にある Minh Khai 工業団地のように、省によって廃プラスチック類のリサイクルによる汚染防止を目的として、リサイクルのための工業団地を開発し、多くのリサイクル業者が入居を希望しているケースもある。現状において、市場原理によってリサイクル品の売買が成り立つ市場が既に出来上がっているため、日系企業としては、既存の業者やリサイクル方法と同様の事業内容では、参入できる可能性は極めて低いと考えられる。また、参入できると判断できた場合においても、多くのリサイクル業者は零細な業者であり、低所得者層が担っているため、日系企業が参入することで、収入源を奪わないようにする配慮が必要である

(3) まとめ

ベトナムにおいて、第 2 次、第 3 次産業のシェアは今後とも拡大し、これら産業からの廃棄物の増加が予想される。これに伴い直轄都市への人口集中と直轄都市圏そのものの拡大が見込まれる。インフレにより値上げ交渉等が頻繁に起きやすいことから契約方式等に留意すべきであり、為替レートは現地で上げた利益を日本円・米ドルベースに換算する際の為替リスクとなりうる。環境分野は様々な省庁に許可・承認が重複しており、組織間調整に留意が必要である。環境関連事業の許可は、法的には外資系 100%でも得ることができるが、当初は現地にパートナーを持って政府との交渉や市場開拓をする方が入りやすいと思われる。また税制優遇策がある。現状で生活廃棄物の処理費は非常に安価であるが、生活廃棄物処理やリサイクルが利権商売になり始めており、事業者は土地と事業権を売り渡すパターンが南から始まり、北部に波及している。日系企業が入りやすい市場は処理費が日本と同等である有害廃棄物処理である。日系企業を含む外資企業はコンプライアンスと CSR の側面から各現地法人に要求する環境管理レベルが高いことが一般的である。有害廃棄物処理には天然資源環境省の許可が必要であるが、民間の有害廃棄物処理業者はまだ少ない。次に未開拓の分野は、建設廃棄物の処理・リサイクルである。現状は、解体業者の副業であり、湖・空き地などを投棄場所として利用している。有価物の多くがリサイクル業者に売却されている。すでに市場が出来上がっているため、既存の事業と同じことをやっても参入できる機会は少ないと考えられる。

参考文献

- 1) World Bank, MONRE, CIDA (2004) Vietnam Environment Monitor 2004, Solid Waste
- 2) 財団法人日本環境衛生センター (2004) 平成 21 年度東南アジア諸国 (ベトナム) における廃棄物処理フローの作成および L C I データの収集業務報告書

3) 国立環境研究所 (2009) 平成 20 年度廃棄物処理等科学研究報告書破碎選別による建設系廃棄物の地域循環システムの設計に関する研究

((株) 市川環境エンジニアリング 倉澤壮児・高野友理)

3. 2. 3 タイ国における事業環境

3.2.3.1 タイ国における法制度・行政組織

(1) 法制度の概要

タイ国では廃棄物管理に係る統括的な法が未だに制定されていないこともあり、廃棄物の管理は以下の法規則に分散されている；

- ・公衆衛生法 (Public Health Act B.E.2535)：廃棄物に関してもっとも基礎的な法であり、いわゆる一般廃棄物や感染性廃棄物の管理を対象としている。

- ・第 8 次国家社会経済開発計画[The National Social and Economic Plan No.10] (2007-2010)：都市廃棄物は 1 日一人当たり 1 キログラム以下に抑えること、また、コミュニティと産業からすべての有害廃棄物のうち、少なくとも 80 パーセントは適切処分を確保することを目標としている。

- ・国家環境質保全・向上法 (The Enhancement and Conservation of National Environmental Act B.E.2535, 1992 年)：廃棄物、危険物 (有害物) の定義や、排出者の処理責任、行政による監視・監督の枠組みが与えられタイ国における環境管理の基本法である。

- ・都市清潔秩序保全法 (Cleanliness and Orderliness of the Country Act 1992)：自治体の地域内の清潔の維持の責任が規定されている。

- ・地方分権計画および手順法、1999 年 (Act prescribing Plan and Process for Decentralization B.E. 2542)：自治市や自治県等における固形廃棄物処理を含めた公共サービスを組織化する権限が規定されている。

- ・自治市法、1953 年 (Municipal Act B.E.2496)：市条例を制定に関するもの。

- ・県自治体法、1997 年 (Provincial Administration Organization Act, B.E.2540)：県自治の権限義務に関して、県自治体が処分場などの事業主体となりうることを規定している。

- ・有害物質法 (1992)：有害物質の管理の方法、基準、および管理システムについて規定している

- ・工場法 1992 年：工場の活動にともなう廃棄物について、廃棄物処理業、リサイクル業関連の業の登録義務 (工場の設置許可) を含め規定している。

(2) 廃棄物の定義

「公衆衛生法」には以下の廃棄物の定義が与えられている；紙くず／繊維・布くず／塵芥 (食品くず)／廃品／プラスチック袋／食品容器／灰／動物の糞／動物の死骸。その他「道路、市場、動物飼育場またはその他の場所から掃除し集めたものを含む」(第 4 条)であり、産業廃棄物は対象ではない。同法で規定される「廃棄物」の処理は、同法 18 条で地方自治体の責務と規定されている。

「国家環境質向上保全法」にも廃棄物の定義があり、「廃棄物とは、汚染源より放棄された、またはもたらされた固体、液体、また塵芥、汚物、排水、汚染空気、汚染物質またはその他の危険物、並びにそれらの残さ、沈殿物および残留物をいう」とされている。

「工場法」に基づく新たな廃棄物処分に関する工業省通達 (2005) の第 3 条の用語の定義において、「廃棄物とは、不用物、又は、生産活動から発生する、原料からの廃棄物、生産工程で発生する廃棄物、質的に劣化した製品を含む全てのタイプの廃棄物、および有害成分を含み又はその性質をもつ排水をいう」とされている。また有害廃棄物については、「有害成分を含み、有害物質で汚染されている、又は、この公示付録 2 に規定されている有害な性質をもつもの」とされている。同法は、工場法の対象となる工場からの廃棄物を対象としていることから、前者の規定は産業廃棄物の全般的な定義と解釈される。また、工場内で発生する有用副産物を第三者に販売する場合には、不用物、廃棄物なのかについて必ずしも明確な境界が与えられていないが、同公示付則 1 で廃棄物コードを定め、業種、プロセス、廃棄物の種類を規定しており、廃棄物に関する客観的な定義になっていると解釈することが可能である。

(3) 行政組織と政策

1) 内閣府経済発展委員会

経済発展委員会は国家開発計画を所管している。その下部の計画として 1996 年 1 月に制定した国家環境質向上政策・計画[Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Policy and Plan, B.E.2540-2559]では 1997～2016 間の一般廃棄物管理目標を次のように設定している；一般廃棄物の排出量を 1.0kg 以下とする／バンコク、全国の都市の一般廃棄物のリサイクル率を 15%以上とする／全ての市の一般廃棄物を管理し、市内の未処理廃棄物を 10%以下にする／各県ベースで一般廃棄物の衛生管理のマスタープラン

を作成する。持続型経済発展委員会を 2009 年に設立し、循環型経済への移行に向けた政策についての検討を開始している。

2) 天然資源環境省公害管理局 (PCD)

PCD は、総合的な廃棄物政策、リサイクル政策を担当している。そのベースになっているのが、1998 年の「都市ごみ管理施設に関する技術的な基準およびガイドライン」(“Regulation and Guideline of Municipal Solid Waste Management”)である。内容は、表 3.2.3.1-1 の構成になっている。

表 3.2.3.1-1 都市ごみ管理施設に関する技術的な基準およびガイドライン

パート 1 都市ごみ管理のガイドラインと施策

- (1) 都市ごみ管理の問題点
- (2) 緩和施策

パート 2 都市ごみ管理施設の規則とガイドライン

- (1) イントロダクション
- (2) 定義
- (3) 固形廃棄物施設のサイトセレクション
- (4) 中継基地
- (5) 再資源化施設
- (6) 焼却施設
- (7) コンポスト施設
- (8) 埋立施設

添付

関連の環境質基準類

関連図 (埋立処分場の遮水工構造、観測井戸構造、ランドフィルガス回収管などの概念図)

PCD はまた廃棄物 3R 戦略を作成し、2013 年までに都市ごみの発生を 1~5%削減し、地域レベルにおける分別回収を 30%とする 3R の目標を設定している。その達成のために次のような目標を掲げている；3R の実施／国レベルの 3R 会議の開催／3R 規則の立案・施工／有害廃棄物管理 (E-waste のインベントリー調査、有害廃棄物の分別など)／地域社会レベルでの分別回収の推進／政府レベルのグリーン購入。

3) 工業省工業局 (DIW)

DIW は、産業廃棄物の発生から最終地点までを管理するための責任を有している。産業廃棄物管理のサポート促進、産業廃棄物における法順守および産業廃棄物管理に係る協力ネットワークを設立し、行政、廃棄物処理業者、発生源、公衆の協力 (3P cooperation(Public, People and Private)) を得て実施している。

廃棄物管理をリデュース、リユース、リサイクルの順に優先し、その上で、処理・処分することを基本の政策としている。まず 3R の実施を優先することを求め、その上で工場内処理の優先を求めているが、それが困難な場合に工場外への排出を認める。3R に関して 2008 年度には埋立廃棄物の利用を調査し、埋立廃棄物の減量促進プロジェクトを、2009 年度には 5 つの種類の廃棄物を工場内で再利用するプロジェクトを実施した。

工業団地公社 (IEAT) では、参加のインダストリアル・エステートのエコ工業団地化に取り組んでおり、Nortern Region I.E (ランブーン)、Bangpoo I.E (バンブー)、イースタンシーボード (ラヨン) の三つの工業団地で事業を進めている。

4) エネルギー省エネルギー政策・計画局 (EPPO)

EPPO は、新エネルギー政策を担当している。エネルギー分野の重点課題として、国内資源である天然ガスの利用促進、代替エネルギーの研究開発・利用促進、産業の競争力強化に資する様なエネルギー産業構造改革が挙げられている。特に廃棄物熱利用は再生可能エネルギー開発戦略に関係する。

(4) まとめ

タイ国における法制度と行政組織について概観した。タイ国において都市ごみを定義し所轄する法律は公衆衛生法であり、工場 (産業) 廃棄物を定義し所轄する法律は工場法である。その他複数の法律に都市ごみ管理主体や有害物質管理等に関する規定が分散している。行政組織としては、経済発展委員会による管理目標のもと、総合的な廃棄物政策、リサイクル政策を天然資源環境省公害管理局 (PCD) と天然資源環境政策企画局 (ONEP) が、産業廃棄物の発生から最終地点までの管理を工業省工業局 (DIW) が、新エネルギー政策をエネルギー省エネルギー政策・計画局 (EPPO) が担当している。

(国立環境研究所高畑恒志, 研究協力者: 国立環境研究所久保田利恵子)

3.2.3.2 タイ国における都市ごみ処理の状況

(1) はじめに

タイ国では年間約 2,200 万 ton の廃棄物が発生しており、そのうち 67%が都市ごみである (Thailand's Ministry of Natural Resources and Environment et. al., 2003)。また、都市ごみのうち 30%がバンコク都および周辺で発生している。ここでは、タイ国の主要都市を対象としたアンケート調査および文献調査を踏まえてバンコク都の状況を中心にタイ国の都市ごみ処理事情を述べる。

(2) 都市ごみストリーム

バンコク都では 9,500 ton/日の都市ごみが収集されている (2012 年実績)。収集人口を 910 万人とした場合、都市ごみの発生原単位は 1.04 kg/人/日である。

バンコク都で収集される都市ごみの 89%に当たる 8,500 ton/日は、都内 3 ヶ所に設置されている中継施設へ搬入され、大型運搬車両に積み替えられて 2 ヶ所の埋立処分場へ運搬される (図 3.2.3.2-1、表 3.2.3.2-1)。中継施設および埋立処分場の運営は民間業者に委託されているが、中継施設での積み替え、運搬、埋立処分は一括で 512 THB (約 17 USD/ton) という契約となっている。なお、中継施設では Waste picker によって有価物が回収されている。

また、収集された都市ごみの 11%に当たる 1,000 ton/日は MBT 施設 (処理能力: 1,200 ton/日) へ搬入され、堆肥化処理される (堆肥生産量: 250 ton/日)。MBT 施設としては東南アジアでも最大級の規模を誇る。MBT 施設の運営も民間業者に委託されているが、540 THB/ton (約 18 USD/ton) という契約 (5 年間) となっている。堆肥化物を 7 mm の篩にかけ、7 mm 以上はセメント工場の燃料として利用される。堆肥は 2,000 THB/ton (約 68 USD/ton) で販売され、すなわち都市ごみ 1 ton 処理すると 500 THB (約 17 USD/ton) の堆肥販売利益が得られることになる。

MBT 施設にて都市ごみを大規模に中間処理しているのはバンコク都以外には見当たらず、タイ国内の主要都市においてもほぼ全量を埋立処分するのが一般的な都市ごみ処理となっている。ただし、例外として観光地として有名なプーケットでは島内での埋立処分場の残余年数が逼迫しているという理由から、1998 年に焼却施設が建設され (三菱重工・ストーカー炉、250 ton/日)、収集した都市ごみの約半分は焼却処理によって減容化が図られている。プーケットでは昼間に収集した都市ごみは埋立処分場へ、夜間に収集した都市ごみは焼却施設へ搬入されている。引き続き減容化が必要なために、現在新たに 700 ton/日規模の焼却施設 (中国系ブランドメーカー) が建設中である。

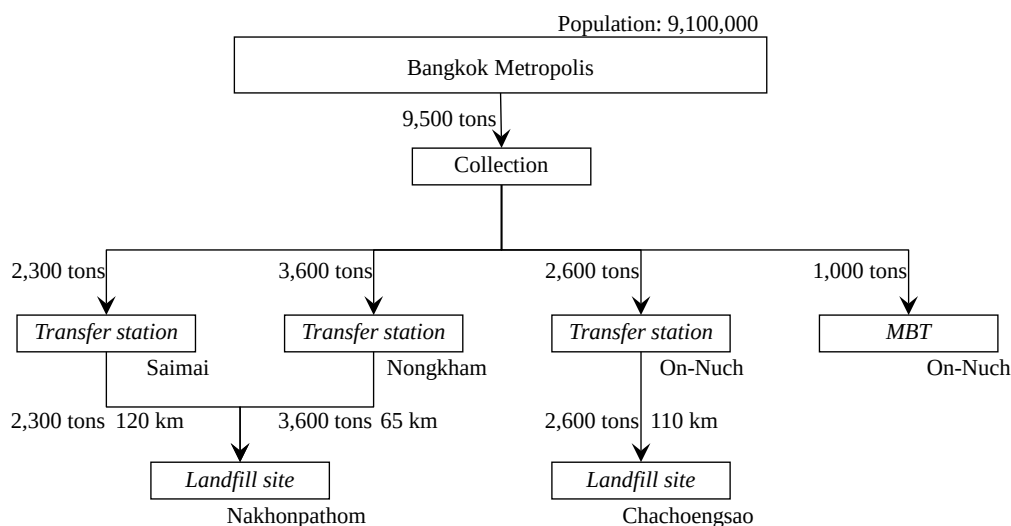


図 3.2.3.2-1 バンコク都における都市ごみストリーム (2012 年実績、/日)
斜体は民間業者に運営を委託しているプロセス

表 3.2.3.2-1 バンコク都における都市ごみ処理施設の所有・運営主体

	Collection	Transfer station	MBT	Landfill
Ownership	Private/Public	Public	Public	Private
Operation	Public	Private	Private	Private

バンコク都では、中継施設は都内に 3 ヶ所設置されているが、2 ヶ所の埋立処分場は都外に位置しており、これは自区域内に埋立処分場の用地を確保するのは容易ではないことを表している。中継施設から最も近い埋立処分場まで 65 km、最も遠い埋立処分場まで 120 km ある（図 3.2.3.2-1）。埋立処分場への長距離運搬はごみ処理経費を押し上げることになるが、これはバンコク都だけが抱えている課題ではなく、運搬距離はチェンマイ市では 115 km、ノンタブリ市でも 115 km に及ぶ。都市ごみの長距離運搬は東南アジア諸都市、特に大都市で共通する課題で、埋立処分場までの距離が 50 km を超える大都市が少なくない。

都市ごみを減容化すべく、バンコク都では以前より中間処理として焼却処理の導入を切望していたことは都市ごみの三成分（水分、可燃分、灰分）および低位発熱量を過去 20 年以上に渡り測定してきたこと（後述）より明らかである。他の東南アジア諸都市においてこのようなデータを継続的に測定しているところは見当たらない。しかし、長年の住民の反対運動によりこれまで焼却施設の建設に至っていなかった。現在、中国系処理業者が BOT にて 300 ton/日の焼却施設をバンコク都内に建設予定である。

（3）都市ごみの性状

バンコク都では都市ごみの物理組成、三成分、低位発熱量に関するデータを長年にわたり測定している。1990 年～2011 年のデータを Bangkok Metropolitan Administration (BMA) より入手した。ただし、1990 年代のデータの信憑性がやや低いと思われることや、刻一刻と社会経済状況が変化する当該都市の現状を踏まえて、ここでは 2000 年から 2011 年のデータに関してのみ検討した。さらに、12 年間のデータの変化は社会経済状況の影響というよりも、サンプリング方法および測定方法の影響が大きいと考えられ、ここでデータの経年変化には言及しないこととする。

東南アジア諸都市では都市ごみの中で最も多くを占めるのは厨芥類であり、概ね 60%前後である。バンコク都の場合、その割合は他都市に比べても低く、平均値は 42.0%であった（図 3.2.3.2-3）。さらに紙類（平均 10.9%）、プラスチック類（平均 24.1%）といった比較的発熱量の高い項目の物理組成が大きいのがバンコク都の都市ごみの特徴と言える。水分、可燃分、灰分の平均値はそれぞれ 51.0%、40.5%、8.1%であり、水分はその他の東南アジア諸都市と比較しても大きな違いは見られないが、可燃分が多く、灰分が少ないことが特徴である（図 3.2.3.2-4）。

また、BMA から入手した低位発熱量の平均値は 1,552 kcal/kg であったが、2000 年から 2011 年までの各項目の物理組成データの平均値をもとに独自に低位発熱量を計算すると、1,943 kcal/kg で、他の東南アジア諸都市の低位発熱量よりも高かった。その理由としては、他の東南アジア諸都市ごみの物理組成と比較して水分を多く含むとされる厨芥類の物理組成が小さかったこと、さらに発熱量の高いプラスチック類の物理組成が大きかったことが挙げられ、他の東南アジア諸都市に比べても日本等の先進国の状況に近いごみ質であることが言える。都市ごみの三成分を三角グラフで表すと、バンコク都における三成分はホーチミン市のものよりも大阪市のものにより近い状況であることがわかる（図 3.2.3.2-5）。仮にこれらデータの信頼性が高いのであれば、バンコク都で収集される都市ごみは自然し、かつ焼却発電も可能である。

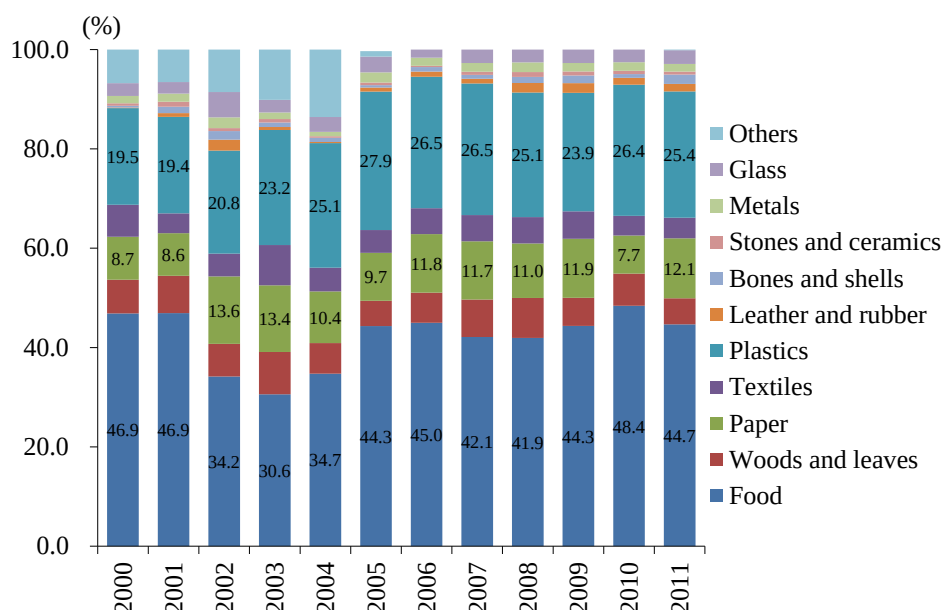
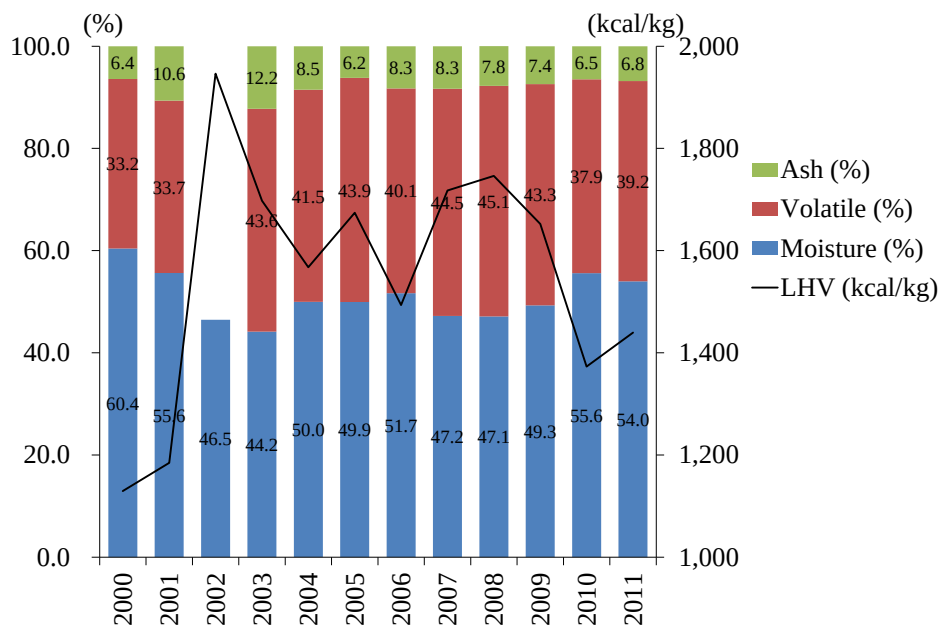


図 3.2.3.2-3 バンコク都における都市ごみの物理組成（2000 年～2011 年、重量比）



LHV: Lower heating value

図 3.2.3.2-4 バンコク都における都市ごみの三成分および発熱量（2000 年～2011 年）

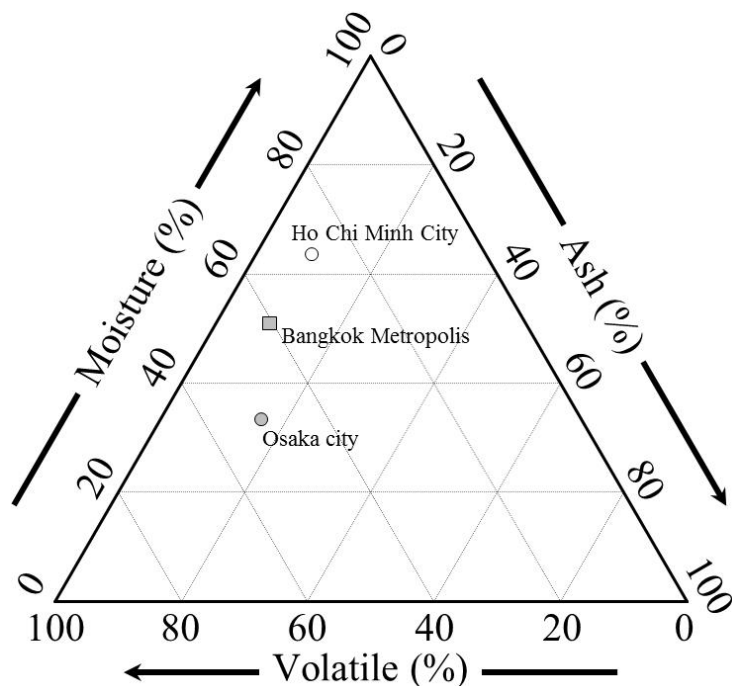


図 3.2.3.2-5 大阪市、ホーチミン市、バンコク都における都市ごみの三成分

(4) まとめ

タイ国における都市ごみ処理の現状を概観した。バンコク郡では日量 9,500 トンの都市ごみの 89%が中継基地を経て埋立処分される。11%は MBT 施設にて堆肥化処理される。バンコク郡以外ではほとんどすべてが埋立処分である。埋立処分地は中心地から 50～100 km 遠方に設置され、埋立処分量の削減が急務である。バンコク郡の都市ごみに含まれる厨芥類は 42%と少なく、紙類、プラスチック類の組成割合が多く、他の東南アジア諸都市に比べて日本等の先進国の状況に近いごみ質で、自燃が可能である。

(国立環境研究所河井紘輔)

参考文献

Thailand's Ministry of Natural Resources and Environment, World Bank, Japan Bank for International Cooperation, United States-Asia Environmental Partnership (2003) Thailand environment monitor 2003.

国立環境研究所（2012）東南アジアにおける廃棄物データベースの構築および廃棄物処理システムの評価。環境研究総合推進費補助金研究事業総合研究報告書。

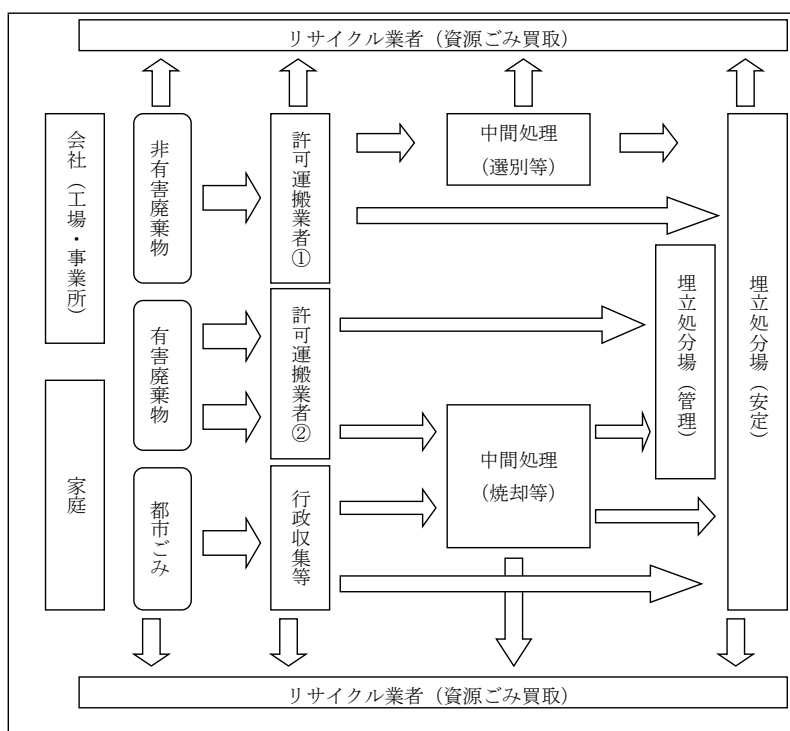
3.2.3.3 タイ国における事業系廃棄物処理の現状

（1）事業系廃棄物（産業廃棄物）および家庭系有害廃棄物

PCD（天然資源環境省公害管理局）によるタイにおける有害廃棄物の発生量は、表 3.2.3.3-1 である。

表 3.2.3.3-1 タイにおける有害廃棄物の発生量

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
有害廃棄物総計 (1,000t/年)	1,719	1,637	1,600	1,650	1,650	1,780	1,808	1,814	1,832
事業系有害廃棄物 (1,000t/年)	1,400	1,305	1,250	1,290	1,280	1,400	1,405	1,409	1,424
家庭系有害廃棄物 (1,000t/年)	318	332	350	360	370	380	400	403	409



許可業者①は、非有害廃棄物の運搬許可を工業省工場局（DIW）から取得している事業者
許可業者②は、有害廃棄物の運搬許可を DIW に加えて運輸省からも取得している事業者

図 3.2.3.3-1 タイ国における廃棄物処理の流れ

事業系の非有害廃棄物の排出量は、2004 年に 1,465 万トンであったものが、2005 年には 1,108 万トンとなっている。現地調査では、建設系廃棄物（コンクリート塊、アスファルトコンクリート塊等）がほとんど処理されずに埋め立てられている等のヒアリング結果もあり、また、タイにおける統計データの精度は必ずしも高くない、更に、不法投棄の可能性もあることから、必ずしも実態を正確に示していないという疑問の声もある。現地調査の結果によると都市ごみを含めた廃棄物処理は概ね図 3.2.3.3-1 の流れにあるといえる。

（２）有害廃棄物の処理

タイ国における有害廃棄物の処理は 2001 年の規制緩和までは、工業省が出資した第三セクターである GENCO 社（General Environmental Conservation Public Company Limited）の独占状態であり、2 箇所の有害廃棄物処理施設は、いずれも当社によって運営されてきた。Map Ta Phut（Rayong）にある処分場（取扱量：275 千トン／年）と Sa Mae Dum（Bangkok）にある処分場（取扱量：300 千トン／年）である。現在では有害廃棄物の受入可能処分場を有する企業には、PRO（Professional Waste Technology Public Co.,Ltd.）と BWG グループ（Better World Green Public Co.,Ltd.）が加わった。

工業省は汚泥や感染性廃棄物等の有害廃棄物の焼却が可能なタイ初の有害産業廃棄物焼却炉を Bangpoo 工業団地内に建設し、運営管理の受託入札を行い、BWG の関連会社である Akkhiye Prakarn Co.,Ltd.が 2008 年 2 月から 20 年間の運営管理の権利を取得した。同焼却炉の運営管理権の入札参加に際して、工業省は焼却炉運営の実績を条件としていたため、BWG グループは、焼却施設の運営管理実績を有する日本の産業廃棄物処理企業へ共同参画の要請を行い、マイノリティシェアでの資本参加を決めた経緯がある。内需対応型産業である日本の廃棄物処理業が海外進出する機会の好例である。

（３）非有害廃棄物の処理

非有害廃棄物を受け入れる埋立最終処分は、前述の有害廃棄物処分場を有する 3 社に加えて ESBWC（Eastern Seaboard Environmental Complex Co.,Ltd.）など 30 数か所ある。特定地域を対象とした小型の焼却炉を除いて広域を対象とする大型焼却設備には、BPEC（Bangpoo Environmental Complex Co.,Ltd.）が運営する設備やブーケット島およびサムイ島で稼働する焼却設備がある。

（４）廃棄物処理・リサイクル業者の状況

産業廃棄物の監督省庁である工業省工場局（DIW）は、2001 年 12 月から有害廃棄物処理およびリサイクル市場の緩和を行った。日本貿易振興機構アジア経済研究所（2007）の報告では、廃棄物処理・リサイクル工場が市場緩和直後の 2001 年 12 月時の 12 か所から 2007 年 2 月 1 日現在で、1,123 工場（焼却・排水処理が 141 工場、分別・埋立が 614 工場、再利用・リサイクルが 368 工場）へと急速に増加している。この中で、廃棄物最終処分施設は数十カ所しかなく、有害廃棄物処理のマーケットシェアおよび非有害廃棄物処理のマーケットシェアは、最終処分場を有する大手 3～5 社のほぼ独占状態である。（図 3.2.3.3-2）

リサイクル分野では 1000 カ所近くの施設があるが、最大手が資源ごみ買取の拠点をタイ国内に 500 カ所超設立し、圧倒的な回収力を収益源にして展開しており、その他は、規模の小さい事業者が多く、こうした規模の小さい事業者や後発組は、短期間で収益を上げようとするため、安い値段で引き取り、適切な処理をせずに、不法投棄等を行っているケースが指摘されている。

現在、タイにおける廃棄物処理リサイクル分野におけるメジャー企業としては、先に示した GENCO 社、BWG 社と、ウェイストピッカーら個人からも購買する拠点を各地に設立するビジネスモデルを構築し、徹底した手選別でリサイクル効率を高める Wongpanit Garbage Recycle Separation Plant、後述する外資の MAEH (Modern Asia Environmental Holdings Inc.)などがある。

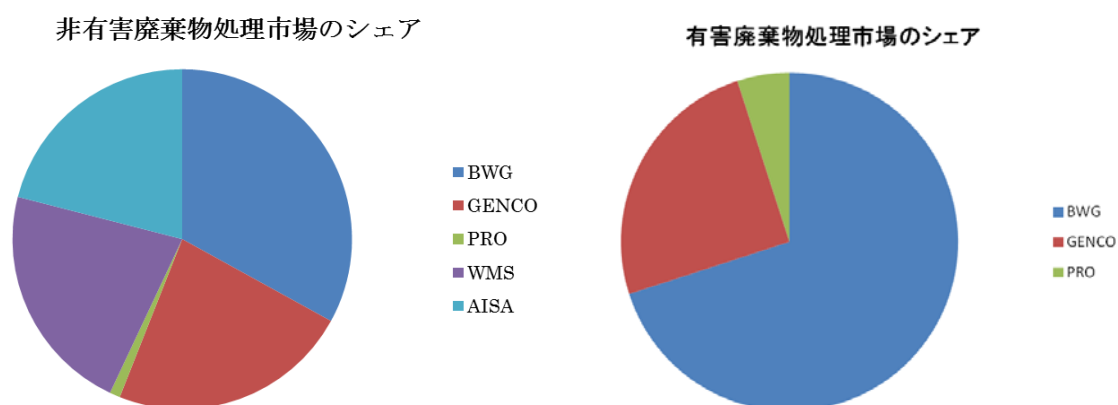


図 3.2.3.3-2 タイ国における非有害・有害廃棄物市場のシェア

（５）リサイクルマーケットの動向

タイは国内資源が豊富ではなく、基本的に資源輸入国である。原油の輸入は、タイの品目別輸入額のトップで、14.5%を占めている（2009 年）。このように、タイでは我が国と同様に資源の有効利用が必要である。PCD によれば、非有害廃棄物発生量およびリサイクル可能物発生量は以下の表 3.2.3.3-2 のとおり。

表 3.2.3.3-2 事業系非有害廃棄物発生量とリサイクル可能物発生量

種類	事業系非有害廃棄物				リサイクル可能廃棄物			
	(1,000t)	%	(1,000t)	%	(1,000t)	%	(1,000t)	%
紙	3,352	23.0	2,225	20.1	1,275	15.3	1,080	15.3
ガラス	2,202	15.1	1,832	16.5	1,423	17.1	1,244	17.6
プラスチック	2,890	19.8	2,078	18.8	604	7.2	457	6.5
鉄	5,153	35.4	4,019	36.3	4,648	55.7	3,793	53.6
アルミニウム	606	4.2	597	5.4	328	3.9	425	6.0
ゴム	362	2.5	329	3.0	68	0.8	84	1.2
総計	14,565	100	11,080	100	8,346	100	7,083	100

リサイクル可能物は鉄が約半分を占め、ガラスと紙を併せると全体の約 87%を占める。タイには高炉がなく、電炉による粗鋼生産が中心であるために鉄くずのリサイクルのニーズが高い。古紙のリサイクルは、国内のバージン原料のみでは製紙業の需要を賄えないことが要因と考えられる。石油価格の高騰や技術の向上等により、廃棄物の代替燃料化が徐々に進みつつある。例えば、生産コストに占めるエネルギーコストが 60%近く占めるセメント工場等において、廃棄物のサーマル・リサイクル（熱回収）が進みつつあり、廃タイヤやもみ殻等の農業系廃棄物、廃プラスチック等が燃料源として活用されている。なお、タイでは未だ本格化していない RPF（Refuse Paper and Plastic Fuel）への関心は非常に高い。また、廃油は、有価買取が一般化し、処理業者数が急速に拡大して過当競争に陥りつつある。廃溶剤は逆有償で引き取られることが多い。

（6）現地日系企業の取り組み事例

日本の DOWA ホールディングス株式会社がタイで焼却炉を有する BPEC や非有害廃棄物の埋立処分場を有する ESBEC を傘下を持つ MAEH グループ（Modern Asia Environmental Holdings Inc.）の全株式を 2009 年 2 月に買収した。新規に許可や用地を獲得するのは容易ではないため、既存の事業を買収するこうした手法は、廃棄物リサイクル分野における新規参入で有効な手段の一つである。

日系企業の工場から鉄スクラップを回収し、処理加工を行い電炉メーカーに供給する鉄リサイクルビジネスで急成長した日高洋行は、現在、年商約 250 億円であり、6 つの工場を有し、タイ南部に集積している工業団地群を 200km 未満で全てをカバーしており、ほとんどの顧客先には 2 か所の工場からのサポートが可能な体制を構築している。また、同社のビジネスモデルは、Triangle Recycle System と呼ばれる、Supplier（自動車・弱電）、と mill（製鉄メーカー）と同社の三角形の鉄スクラップリサイクルの循環の中で、価格の透明化（製品価格＝スクラップ価格＋人件費）を図ることにより、市況の影響を受け難い仕組み作りやコスト削減に大きく貢献していることが大きな特徴である。これにより、ブラックボックスが無くなり、大儲けをすることは出来ない代わりに安定的なビジネスを確保している。

AP ホンダは、2005 年 2 月に ISO14001 を取得したことを契機に、社内の生産工程等での環境対応のみではなく、販売後の製品の環境への影響についても対応することが求められたため、自動車バッテリーの回収・リサイクル事業を開始している。この取り組みは、それまでインフォーマルセクターが回収したバッテリーの廃液を垂れ流しなどの環境問題への対応の側面もある。回収された廃バッテリーは、鉛の 2 次精錬業者の炉で溶解され、鉛のインゴットとしてバッテリーメーカーに売却・再利用されている。

富士ゼロックスのリサイクルの取り組みは、現地でも有名であり、リサイクル事業の好例として紹介されている。富士ゼロックスは、アジア各国の複写機やプリンターを回収し、リサイクルする工場（富士ゼロックス・エコマニファクチャリング）を 2003 年 1 月にチョンブリ県に設立した。なお、チョンブリのリサイクル工場では、タイの労働者による手解体のコスト安を活用し、日本以上の分別を行い（タイ：64 分別、日本：44 分別）、それをリサイクル事業者へ売却又は委託処理をおこなっているが、100%近いリサイクル率を達成している。なお、富士ゼロックスがタイに本工場を設立した理由の一つとして、タイには日本と同等のリサイクル技術をもつ工場があることをあげており、実際、同工場から引き取るリサイクル事業者の約半数がタイの企業である。また、アジア各国のリサイクルをタイに集約することによる規模の経済が強みとなっている。

（7）まとめ

タイ国における事業系（産業）廃棄物処理の状況を概観した。タイ国における事業系の有害廃棄物の発生量は 2005 年で 142 万トン、非有害廃棄物は 1,108 万トンである。事業系の有害・非有害廃棄物は我が国のように許可業者により収集・中間処理ならびに処分されている。有害廃棄物の処理処分は、工業省出資の GENCO、民間の PRO ならびに焼却炉を運営する BWG の 3 社、事業系非有害廃棄物では 2 社を加えた 5 社の寡占状態である。リサイクル企業では先の GENCO、BWG の他、買取拠点を全国に展開する Wongpanit Garbage Recycle Separation Plant などがある。リサイクルマーケットでは鉄くず、古紙の他に、燃料代替の廃タイヤやプラスチック、廃油等の需要が高まりつつある。タイで活動する日系企業としては買取により Waste

Management Siam として活動する DOWA グループ、日高洋行の鉄リサイクル、AP ホンダのバッテリーリサイクル、富士ゼロックスの製品リサイクルなどがある。

(株式会社市川環境エンジニアリング倉澤壮児・高野友理)

参考文献

日本貿易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、
<http://www.jetro.go.jp/world/asia/environment/pdf/environment2006.pdf>

3.2.3.4 タイ国における内外の静脈産業関連企業の動向

(1) はじめに

タイをはじめとするアジア地域では、政府開発援助によるインフラ投資事業による廃棄物関連機材導入、Private-Public Partnership (PPP) 枠組みによるコンセッション契約、BOT、BOO などの契約による実施が増加している。こうした機材調達から運営、維持管理を一括して委託する形態を強みとする欧米系機材、設備売りメーカーの強みであり、これらの企業にとって進出検討しやすい市場といえる。

外資企業がタイに参入する際に留意する点として現地企業が既に持っている人的ネットワークやタイの商習慣に対する理解・対応を非常に重要視する傾向があり、合弁企業による進出が考えられる。また、工業省、環境省が定めている許可制度や環境アセスメント、健康影響アセスメントなど、行政的手続きの多さ、遅さなどが参入障壁となっている。

(2) 欧州企業のタイ市場における廃棄物管理技術参入状況

廃棄物技術移転に際しては、我が国のような一般廃棄物、産業廃棄物といった区分なく、エネルギー回収 (Waste to Energy) を枠組みとして技術営業するやり方が現在の欧州系企業の主流である。以下が今回タイ市場への進出が確認された廃棄物技術である。

1) 電炉ダストリサイクル

スイス系の Global Steel Dust 社は、タイに支社を設立し、電炉ダストリサイクル用のウェルツ炉の建設を計画している。2011 年 6 月には BOI に投資奨励制度申請をしており、年間 11 万トン进行处理する施設建設を計画発表しているが、2013 年 2 月時点ではまだ許可がおりておらず、建設に至っていない。ラヨン県の Amata City 工業団地に建設される予定である。タイにはアーク電気炉は 14 基あり、鉄スクラップを利用した鉄生産がおこなわれており、その際発生するダスト量は年間 8 万トン～10 万トン程度である。ダストに含まれる鉛や鉄は有効活用されておらず、ほぼ全量埋め立てられている。

2) MBT

ドイツ開発サービス公社 (GIZ) の前身である GTZ は 2001 年頃から官民連携プロジェクトとしてタイ・ピサヌルーク市の埋立地に、ドイツ本国の廃棄物管理技術メーカーである FABER-AMBRA 社の MBT 技術を導入し、2005 年からはピサヌルーク市が同社と直接コンサルティング契約を締結して、市内埋立地における MBT を実施している。回収したままのごみ 1500 トンを集積し MBT で処理したところ、9 か月後にはごみ量は 64%減の 535 トンまで削減することが明らかになっている。

(3) 米国企業のタイ市場における廃棄物管理技術参入状況

1) プラズマガス化技術

MPM Technologie 社は、2010 年よりタイ国政府事業 Very-Small-Power-Producer (VSPP) の一環として、Special Project Vehicle (SPV) を結成し、タイ東部の Srakaew 市にプラズマガス化技術を用いた "Skygas" プラントを設置している。

W2 Energy 社は 2008 年にタイ国の廃棄物管理企業 Better World Energy (BWE) 社と合弁企業を組成し、Waste to Energy 施設を建設した。プラントは廃棄物の前処理、合成ガスをディーゼル合成油合成への転換、都市ごみを合成ガスに変換させる反応機や熱や電気に変換させる蒸気タービンなどから構成される。施設容量は都市ごみ 40 トンに対して 1 日あたり 100 バレル程度の合成ディーゼル油の精製が可能、かつ 5 メガワット程度が蒸気タービンから電力生産される。

2) 米国廃棄物管理企業のタイにおける動向

廃棄物管理企業の中でも米国内最大手、かつ世界的にも最大手の一つである Waste Management 社は、2000 年に Waste Management Siam (WMS) 社としてタイ市場に進出しており、タイにおける大手廃棄物処理業者 4 社の一つである。事業内容としては廃棄物の焼却・埋立処分、各種リサイクル、タンクなどの清掃・除染作業、収集運搬なども手がけている。2009 年 2 月には日本企業である DOWA エコシステムが、WMS 社を含む Modern Asia Environmental Holdings 社 (MAEH) の株式を 100% 取得しており、WMS は DOWA エコシステムのグループ傘下企業となった。同社はタイ国内に 2 か所拠点を有しており、Bangpoo Environmental

Complex(BPEC)はバンコク近郊のサムットプラカーン県の工業団地内に位置し、廃棄物の焼却・リサイクル等を行っている。もう一方の Eastern Seaboard Environmental Complex(ESBEC)はチョンブリー県シラチャ市に位置しており、廃棄物の最終処分およびリサイクルを手掛けている。2010 年からは、Waste Electrical and Electronic Equipment(WEEE)のリサイクル事業も行っている。

(4) その他地域廃棄物管理企業のタイにおける動向

1) 都市ごみ焼却装置

バンコク都は 2012 年 11 月 2 日、ノンケム廃棄物管理センター(Nongkaem Waste Management Center)に都市ごみ処分用の新規焼却炉を設置することについて記者発表を行った。バンコク都は一日あたり容量 300 トンの都市ごみ焼却施設をノンケム廃棄物管理センターに設置することで、現在のごみ発生量の 75%~95%を抑えられると試算している。焼却炉は最低温度 850 度のストーカー式焼却炉を導入する予定であり、関係者によれば、既に中国メーカーの焼却炉が導入されることが決定している。

2) 電子ごみ

電化製品等リサイクルび金属スクラップリサイクル企業としてシェア世界トップであるオーストラリアの Sims Recycling Solutions 社は東南アジアの地域拠点をシンガポールに置き、シンガポール、インドを中心に同地域における金属回収事業およびパソコン、モニターなど周辺機器を含む IT 製品リサイクル事業に乗り出している。タイにおいては、同社のパートナー企業でもあるタイ・エコトレード社が 2008 年 12 月に起業しているが、2012 年にタイ工業省からの営業許可を取得し、事業を本格化させる予定である。

3) バイオガス発電

タイ東北部に位置するナコンラチャーシマー県の Sanguan Wongse Industries(SWI)では、Khorat Waste To Energy(KWTE)プロジェクトとして商業目的のバイオガスプロジェクトとしては初の成功を収めた。SWI では日当たり 1000 トンのでんぷんを生産しており、その副産物として発生する汚水、タピオカ皮、繊維などを循環利用している。一例として、SWI から排出されている汚水は嫌気性処理され、発生したメタンガスは SWI 施設に還元されてでんぷん乾燥に利用されている。余剰ガスは 3 メガワット程度の電力に変換されてでんぷん生産に活用されている。なお、汚水の COD は 90%程度減少する。同社のバイオガス施設の開発は Clean THAI 社が行い、設計はニュージーランドの Waste Solutions Limited 社が行った。

(5) 廃棄物管理分野のタイ進出に際した投資優遇制度

タイ国の投資奨励を促進するタイ投資委員会(Board of Investment(以下、BOI))は、廃棄物処理およびリサイクル事業に対する投資奨励(Investment Promotion for Waste Treatment and Recycling Business)として、以下の分野の対タイ投資に対して優遇制度を設けている。

- ・廃棄物処理：廃水処理サービス、ごみ、産業廃棄物、有害化学物質の処理・運搬サービス
- ・未利用材のリサイクルや再利用(不用品の選別、回収、再利用、リサイクル、有価物質の回復)

タイ国内の工業団地内に立地しなければならない、関連政府機関の同意を得る必要があることなどの条件を満たせば優遇が受けられる。優遇措置としては、1)機械輸入税の免除(事業所在地がタイ国内どこでも可能)、2)8 年間の法人所得税免除、3)その他の優遇措置については、事業立地するゾーンによって付与される。これまで廃棄物リサイクル分野においては、廃タイヤ燃料(TDF)、再生ゴム、ごみの分別、リサイクル活性炭などの分野に適用されてきた。

(6) まとめ

タイ国における内外の静脈産業関連企業の動向を概観した。タイ国内の廃棄物処理ではエネルギー回収等への関心の高さが伺えた。タイにおける欧米系廃棄物機材メーカーおよび廃棄物管理業者の参入パターンとしては、当初は政府開発援助資金、もしくは国家による補助金制度を利用して機材のみ調達することをエントリーポイントとしている事例を確認することができた。こうした公的制度を活用しながら、地元企業、地方自治体との信頼関係を築き、機材調達から事業運営委託までの一括契約を長期的に狙う戦略である。日本企業は機材調達を強みとするメーカーは多いが、事業運営委託まで包括的に請け負うことが難しく、機材メーカー、コンサルタント等コンソーシアムを組んでパッケージ進出することが望ましい。タイ国政府は廃棄物分野の投資優遇制度も現在設けている他、上記で紹介した小規模エネルギー回収事業支援制度 Very-Small-Power-Producer(VSPP)など、エネルギー回収に関する制度の積極利用を促進しており、こうした制度活用を参入機会として市場参入を図ることが一案である。

(国立環境研究所石垣智基, 研究協力者: 国立環境研究所久保田利恵子)

3. 2. 4 マレーシア国における事業環境

3.2.4.1 マレーシア国における法制度・行政組織

(1) はじめに

マレーシアはマハティール政権時には1981年に「ルック・イースト政策」と呼ばれる日本や韓国等東アジアに属する国々の経済発展を見習おうとする政策を掲げ、東アジアが遂げた経済成長に雁行して経済発展を遂げてきた。ルック・イースト政策が要因となり、海外からの直接投資の受け皿を制度面等からも整備し、日本等からの製造業を中心とした企業進出が増加の一途を辿ったことから、資本の投下、技術移転が進んだことも同国の経済発展の一因である。こうした背景を受け、同国の法制度も産業よりであることが指摘できる。

(2) マレーシア国の法制度の概要

マレーシア国の法制度の前提としては、英国の植民地であったことからマレーシアはコモンローと呼ばれる英国の判例法が適用されており、現在も英国の判例が用いられている。

マレーシアの法体系をまとめると以下のとおりである。

- i) イギリスの影響を大きく受けてコモンローの法体系であり、成文法のほかに非成文の判例法が含まれる。
- ii) 連邦制に関する立法：連邦憲法、連邦議会で制定された法律（外交・国防・治安・民法・刑法・会社法関係法規・社会保障・都市計画等に関する事項）、その下位規則が含まれる。ただし、社会保障・都市計画に関しては、州議会も立法権限を有している
- iii) 各州の立法：州ごとの憲法、州の法律（社会保障・都市計画・土地・農業・林業・イスラム法などに関する事項）、その下位規則が含まれる
- iv) 以上の成文法のほか、非成文法として判例法とイスラム法（シャリア）がある。イスラム法についてはイスラム教徒に対してのみに適用される

また、同国はマレー系住民が国民全体の60%を占めており、そのほとんどがイスラム教信者である。イスラム教にはシャリアと呼ばれるイスラム法が存在するが、イスラム教徒であるマレーシア人の家族関係や相続関係などを規律しているが、イスラム教以外の中華系、インド系マレーシア人には適用されない他、一般的な契約行為や商務にも適用されていない。

(3) マレーシア国における廃棄物管理に関わる法制度ならびに法的文書

○環境法 (Environmental Quality Act(Act127):1974)

1974年制定、1985年、1996年、1998年、2000年、2001年、2006年改正

○地方自治体法(Local Government Act(Act 171):1976)

1976年執行、2006年に地方自治体の廃棄物管理の管轄権限の削除等を行った改訂版が発行された

○指定廃棄物に関する環境規則 (Environmental Quality(Scheduled waste) Regulation:1989)

2005年改正

○指定廃棄物処理・処分施設に関する環境命令

○指定廃棄物処理・処分施設に関する環境規則

○※固体廃棄物処理・公共清掃法(Solid Waste and Public Cleaning Management Act(Act 672):2007)2011年執行

○※固体廃棄物処理・公共清掃公社法(Solid Waste and Public Cleaning Management Corporation Act(Act 673):2007)2011年執行

なお、上記Act672およびAct673については、マレーシア半島部(Peninsular Malaysia)と連邦政府が直轄するプトラジャヤとラブアン連邦特別区(Federal Territory)に適用される。野党州と通称される野党勢力が優勢なペナン州、セランゴール州については引き続き州政府が州法のもと廃棄物管理の管轄している。

1) 廃棄物を規制した環境法

外資資本導入によって工業化政策が推進されたことから公害問題などに直面し、1974年に環境対策に対する初の基本法として環境法を制定した。廃棄物問題もそれまでは規制されていなかったが、同法内で本格的な規制が開始された。環境法は指定産業廃棄物に関する規程のみ管轄しており、以下の規則が制定されている。指定廃棄物に関する環境規則では指定廃棄物の種類、発生者の責任等について定められており、指定廃棄物処理・処分施設に関する環境命令では指定廃棄物処理・処分施設の種類と取得すべき許可の内容について定めている。また、指定廃棄物処理・処分施設に関する環境規則は、指定処理・処分施設の所有者が変更した場合の手続き内容、受入量や廃棄量等の届出を義務付けることなどが記載されている。

2) 廃棄物管理業務の連邦政府への移管

一般都市廃棄物および指定廃棄物以外の非有害産業廃棄物に関しては、2007年に住宅地方自治省(Ministry of Urban Well-being, Housing and Local Government:MHLG)が管轄するSolid waste and Public Cleansing Management Act(Act 672)およびSolid Waste and Public Cleansing Management Corporation

Act(Act673)を議会が制定し、2011 年 9 月 1 日に執行した。これらの法律が執行されたことにより、これまで地方自治政府が管轄していた廃棄物行政は連邦政府管轄に移行しており、連邦政府機関が廃棄物行政を直接実施し責任強化を図る狙いがある。連邦政府機関の直轄下に置くことで、都市廃棄物と産業廃棄物の両面から 3 R 政策に則った全国リサイクリング・プログラムを確実に実施することで再利用率の低かった資源ごみのリサイクルを促進するため両法を制定するに至った。

両法は MHLG 内の国家固形廃棄物管理局 (National Solid Waste Management Department: NSWMD) が管轄し、中間処理場、埋立地、焼却炉 (導入予定) 等施設管理も含めた運用は、前出の Act673 を根拠法として固形廃棄物管理公社 (Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation: PPSPPA) が行っている。上記 2 つの新法律制定の際には、地方自治体法 Local Government Act (1976 年制定) を改訂し、地方自治体の廃棄物行政責任に関する条項を削除し、連邦政府がこれまで地方自治体が行ってきた業務を実施することとなった (Federalization)。これまで各州ばらばらの廃棄物関連法のもと各州の責任下で財政と専門人材が不足する中で廃棄物管理がなされていたが、連邦政府直下の固形廃棄物管理公社が設立された事により、廃棄物政策の策定等上流から現場における管理、埋立地、焼却施設などの施設増設や改善等、下流の業務まで一貫通貫して担うこととなった。2020 年までに 22% のリサイクル率到達を目標としているマレーシア政府としては、ごみの排出量が多い地域からリサイクルを推進するための収集方式の改善、焼却施設を導入する他、衛生埋立施設を増やし、都市廃棄物と産業廃棄物の両面から資源ごみの回収を強化することが Act672 と Act673 の狙いである。

(4) 廃棄物管理に関わる諸機関の役割

1) 天然資源環境省環境局 (Department of Environment, Ministry of Natural resources and Environment)

同局が指定廃棄物管理を担当し、指定廃棄物 (有害廃棄物を含む) の処理やリサイクルを行う事業者は同局長の許可が必要である。現在、家庭由来の指定廃棄物のうち廃電気・電子機器を対象として拡大生産者責任を基本とする回収・リサイクル促進のためのレギュレーションの導入が検討されており、その骨子が 2014 年 2 月に発表されたところである。今後関係団体との協議を経て成立に向けて手順を踏むことになるが、成立時期は不詳である。

2) 住宅地方政府省・国家固形廃棄物管理局 (Ministry of Urban Well-being, Housing and Local Government, National Solid Waste Management Department: NSWMD)

都市廃棄物および非有害産業廃棄物に関する政策や戦略、国家計画の策定を行う機関である。NSWMD が所轄する地域で新規に建設するごみ処理施設の立地、種類、規模などの計画立案を行い、固形廃棄物や指定有害廃棄物管理を実施する。この他、固形廃棄物管理や公共清掃に関わる全ての規程、標準等を制定する業務も担当する。前出の Act672 内で定められている規制やライセンス付与業務も NSWMD が管轄することとなり、固形廃棄物に関する業務は上流から下流までほぼ全て NSWMD に集約される形となった。NSWMD は現在、クアラルンプール周辺で都市廃棄物用としては初めてとなる焼却施設 (Kepong 地域に建設予定) の入札手続きを開始したところである。現在入札に関心がある業者の事前審査を行っており、2014 年夏頃までには事前審査の結果を受けて 2 社程度に絞り、その後入札が実施される予定である。

3) 固形廃棄物管理公社 (Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation: PPSPPA)

Act673 を根拠法として、2008 年 7 月に設立された。先立って 1995 年からはマレーシア 3 地域に分割し、それぞれ中央部、北部、南部で連邦政府が民間の廃棄物処理業者とコンセッション契約を行い、中央部: Alam Flora 社、北部: Idaman Bersih 社、南部: Southern Waste 社の三社を監理監督している。それまで財政不足等から生じる非効率で管理不行届な地方行政により廃棄物管理を改善するため、民間企業との契約に持ち込んだが、問題が地方政府から民間企業に移行しただけ、という批判もあり、今後 PPSPPA による監理監督が廃棄物管理改善にどの程度の効果を表すか未知数という見方もある。PPSPPA は三社に対して 51 項目の KPI (重要業績評価指標) を用いて評価している。

上記三社以外にも廃棄物処理、リサイクル業者は多く存在するが、それらの業者は上記三社からの下請け、孫請け業者となる場合が多い。

PPSPPA は 1100 名程度の常勤職員を抱えている。上記コンセッション契約の監理業務の他に、主に建設廃棄物などの不法投棄などを取りしめるモニタリングシステムを導入し、一日あたり約 300 名の監視員をパトロールさせている。GIS、カメラ機能を搭載したデバイスを監視員らに配布し、不法投棄の位置や状況を記録し、その場で罰金徴収用の調書が発行できる仕組みである。このシステムはデンマーク国際開発援助活動 (DANIDA) の支援によって導入された。

(5) 廃棄物の定義

廃棄物については環境法の中で「指定廃棄物に指定されたものすべて、または、固体、半固体、あるいは液体、または気体や蒸気の形態をとり、汚染を引き起こす量、構成、方法で環境に排気、排出、堆積されるあらゆるものを含む」と定義されている。固形廃棄物については Act672 の中で「(a) あらゆる過程から生み出され

るスクラップ、余剰物、廃棄品、(b)故障、破損、汚染等の理由で廃棄が必要なもの、(c)本法律に規定されたその他の素材、もしくは政府が定めたその他の法律出廃棄するべきと定められたもの」と定義している。指定廃棄物 (Environmental Quality Act が規程)、下水汚泥(Waste Service Industry Act が規程)、放射性廃棄物 (Atomic Energy Licensing act が規程) は対象ではない。

(6) まとめ

アジア諸国の大半で都市廃棄物管理は地方自治体の管轄下に置かれているが、マレーシアはこの流れと逆行して、連邦政府直轄管理するという舵きりを行った。実際に法律が執行し、組織化が進んだのはここ数年の事であり、この舵きりを評価するのは時期尚早である。行政が国家の廃棄物政策、戦略、計画等政策形成、実施、監理に集中する一方、これらを行う組織が実際の廃棄物処理を行う業者との契約、ライセンスの付与などより現場に近い業務の両方を担当することで、マレーシア国全体で廃棄物分野の達成目標の到達を目指し足並みをそろえた。全体とはいえ、野党州の存在もある他、各自治体の現場をどこまで連邦政府が監理監督できるのか、またガバナンスが機能するかを疑問視される。一方日本の静脈産業進出の観点からは、連邦政府が 3 R 目標達成のため、衛生理立地の増加、焼却炉の建設などこれまで地方政府が行えなかった廃棄物関連施設整備を始めていること、家庭由来の廃電気・電子機器リサイクルに着手し始めたことは日本企業にとって進出可能市場の拡大と受け止められる。

(国立環境研究所高畑恒志、研究協力者：国立環境研究所久保田利恵子)

参考文献

- 1) Mohamad and Keng(2013), Opportunities and Challenges in Sustainable Waste Management Transition in Malaysia: A multi-level socio-technical perspective, University Maraya
- 2) 小島道一(2007), マレーシア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』経済産業省委託

3.2.4.2 マレーシア国における都市ごみ処理の状況

マレーシア国では 30,000 トン/日以上 of 都市ごみが発生しており、95%にあたる 28 500 トン/日の都市ごみが直接埋立処分されている (Agamuthu and Fuziah, 2011)。クアラルンプール市で収集された都市ごみは約 2,200 トンであった (Dewan Bandaraya Kuala Lumpur, 2010)。ここではマレーシア国の主要都市を対象としたアンケート調査および文献調査を踏まえてクアラルンプール市を中心にマレーシア国の都市ごみ処理事情を述べる。

(1) クアラルンプール市の都市ごみ処理事情

クアラルンプール市はマレーシア国の首都であり、最大の都市である。1974 年に連邦直轄地となった。市の面積は 243 平方キロメートル、2010 年の市の人口は約 172 万人でクアラルンプール首都圏全体の人口の約 30%に相当する。また、同年の世帯数は約 41 万世帯、世帯当たり平均人数は約 4.2 人である。東南アジアの他主要都市と同様に、クアラルンプール市では都市ごみが急増傾向で、2010 年には約 2,200 トン/日の都市ごみが収集されている (図 3.2.4.2-1)。都市ごみの発生原単位は 1.27 kg/人/日である。

クアラルンプール市における都市ごみストリームを図 3.2.4.2-2 に示す。連邦政府による家庭ごみ収集運搬業務の民営化方針によって、1997 年からクアラルンプール市の家庭ごみ収集は、アラムフローラ社 (Alam Flora Sdn Bhd) によって行われている。家庭系ごみの収集頻度は概ね週 3 回で、主に Compactor (積載 4 トン) 車両によって収集される。各家庭は収集車両が収集に来るまで家の前にそのままごみを置くか、自身でゴミ箱を用意したりしていたが、2011 年 9 月の固形廃棄物管理・公共清掃法施行後、順次、各家庭に無料で 120 リットルのごみ箱が配布されることになった (共同住宅にはより大きなサイズのごみ箱を配布)。事業系ごみは週 6~7 回の収集である。収集された都市ごみは市内の中継施設 (Taman Beringin) に運ばれる。

中継施設は市内北部にあり、2001 年 12 月に完成、2002 年 4 月から営業開始している。現在は、クアラルンプール市から委託を受けた Umpan Jaya Sdn Bhd が施設運営を行っている。毎日、様々な形式、積載容量のごみ収集車が平均して約 590 台出入りしている。中継施設に搬入された都市ごみは、圧縮機 (4 系統) で圧縮された後、大型のコンテナに積みかえられ、トレーラーでスランゴール州にある埋立処分場 (Bukit Tagar) に運ばれる。施設設計時の処理能力は 1,700 トン/日 (16 時間) であったが、現在は 24 時間体制で、約 2,000 ~ 2,700 トン/日もの都市ごみを受け入れている。

粗大ごみと庭ごみは中継施設に隣接する Transit Station で重機を使って大型コンテナに積みかえられ、都市ごみと同じく埋立処分場に運ばれる。搬入量は 250~300 トン/日である。

中継施設から最終処分場に運搬する際に使用するコンテナは 18 トンもの都市ごみを搭載することができ、これは中継施設に搬入する際に使われる収集車 4～5 台に相当する。同中継施設は、高速道路に隣接しているため、施設を出た後、すぐに高速道路を使用して都市ごみを運搬することができる。なお、同中継施設にはトラックスケールが設置されており、都市ごみの重量が記録されている。

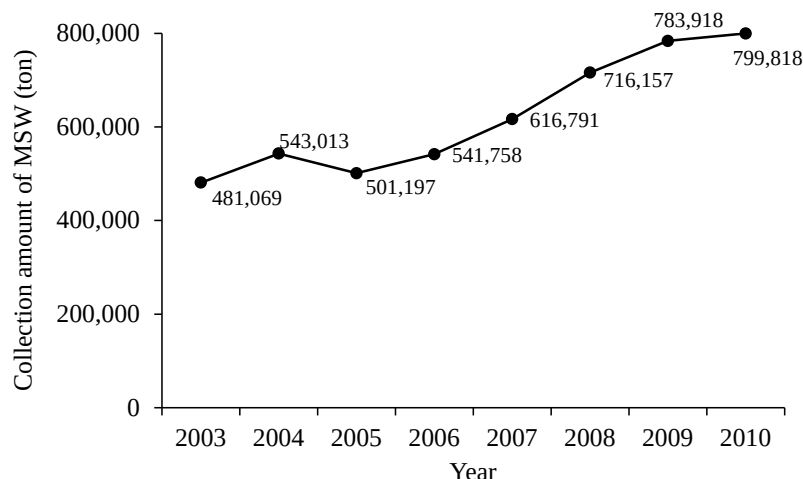


図 3.2.4.2-1 クアラルンプール市における都市ごみ収集量の推移

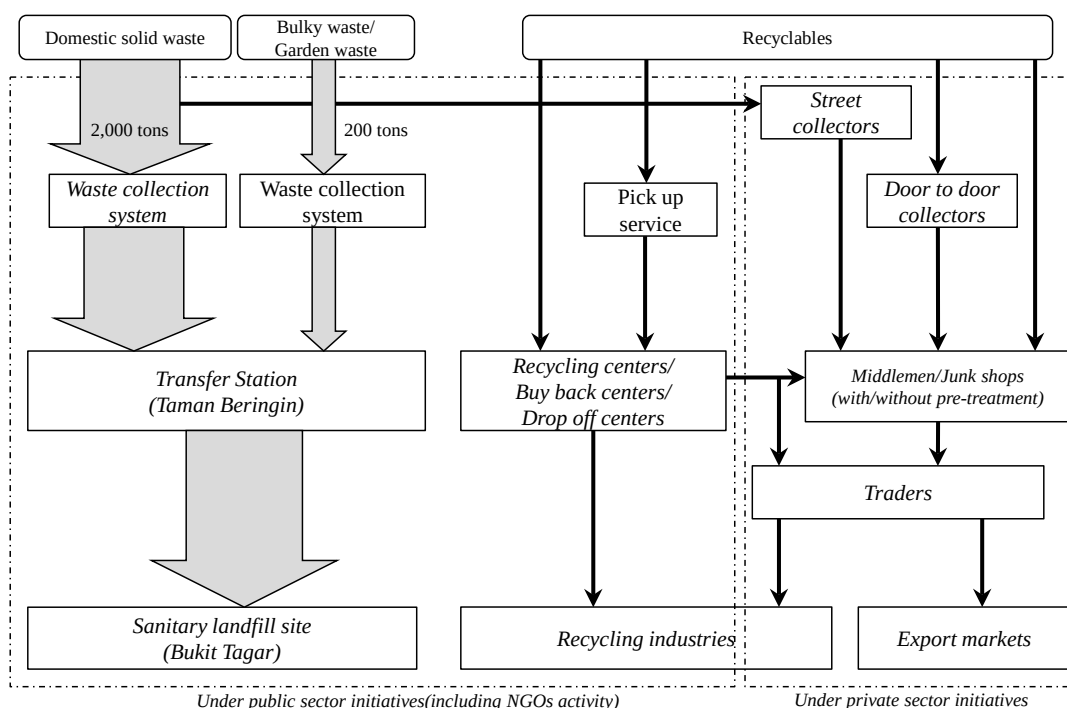


図 3.2.4.2-2 クアラルンプール市における都市ごみストリーム（2010 年実績、/日）

斜体は民間業者が運営しているプロセス

運搬先の最終処分場は、クアラルンプール市から 50～60 km 離れたスランゴール州にある。地元企業により建設され、2005 年 4 月に営業を開始した。1.2 億トンの埋立容量があり、17 のフェーズに分けて 40 年間の埋立が可能とされている。廃棄物はクアラルンプール市他、スランゴール州の地元自治体や民間企業からも受け入れている。クアラルンプール市からは、平均して 18 トンの大型コンテナ 120 個分が搬入されている。日量 1,000 m³ の処理能力を持つ排水処理施設が設けられており、USEPA 基準レベル 4 の衛生埋立処分場である。2009 年 8 月からメタンガス回収が行われ、2011 年 6 月から発電が行われている。マレーシア国で初めての埋立地ガス回収 CDM 事業に登録された。

有価物に関しては、現在、公的な分別収集は行われていないが、政府のサポートを受けた NGO やごみ収集会社（アラムフローラ社）によるリサイクル活動が行われている。具体的には、各家庭が有価物を自宅近くの Drop off center や、Buy back center、移動式の有価物回収拠点に持ち込んだ後、NGO や民間リサイクラーが運営するリサイクルセンターでリサイクルされている。これらの回収拠点持ち込むことが困難な古い家具等の大型のごみは、NGO が提供する回収サービスを利用することも可能である。NGO 等のリサイクルセンターで回収された家電の部品やスクラップ等の一部は、スクラップ業者や中古品ディーラーに売却される。

民間セクターの活動として、各家庭が売却可能な有価物を仲買人や、ジャンクショップ等に持込み、収入を得るほか、古紙回収業者等の回収サービスを利用することも可能である。より小規模な活動としては、各家庭が捨てたごみの中から有価物を回収し、仲買人、ジャンクショップに売却するという個人レベルで行われている。

（２）ペナン州の都市ごみ処理事情

ペナン州は、マラッカ海峡に位置するペナン島（Majlis Perbandaran Pulau Pinang、MPPP）と対岸のマレー半島部分（Majlis Perbandaran Seberang Perai、MPSP）とで構成されている。また、MPSP は中スブラン・プライ郡（SPT）、北スブラン・プライ郡（SPU）および南スブラン・プライ郡（SPS）で構成されている。ペナン州の都市ごみストリームを図 3.2.4.2-3 に示す。

MPPP および MPSP のうち、SPU および SPT で発生する都市ごみは Ampan Jajar Transfer Station に運ばれ、圧縮された後、Pulau Burung Landfill に運搬され、埋立て処分される。Pulau Burung Landfill に運搬され、埋立て処分される。Pulau Burung Landfill の年間埋立処分量の推移を図 3.2.4.2-4 に示す。現地でのヒアリング調査によると 2007 年頃から埋立処分量が減少しているのは、都市ごみの分別および資源物のリサイクルの結果であるとのことであった。MPPP および MPSP で発生する都市ごみの排出源別割合は表 3.2.4.2-1 の通りである。

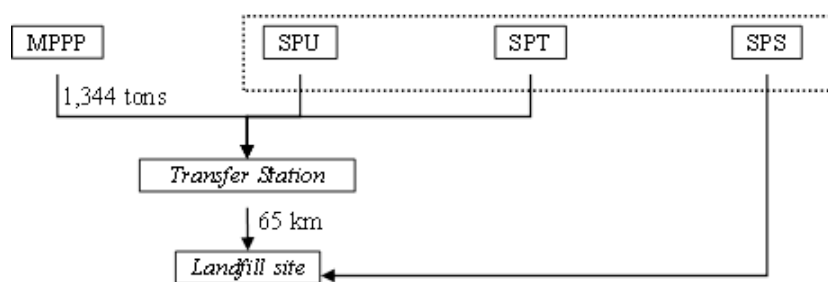


図 3.2.4.2-3 ペナン州における都市ごみストリーム（/日）

斜体は民間業者が運営しているプロセス

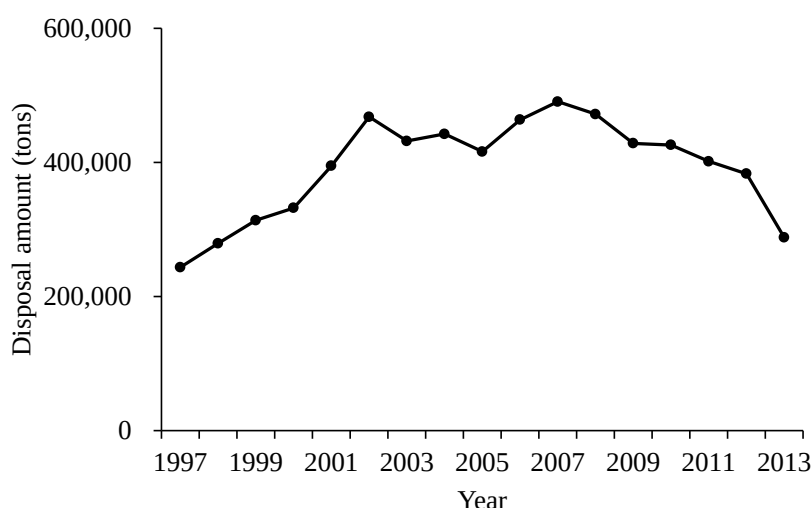


図 3.2.4.2-4Pulau Burung Landfill における都市ごみ処分量の推移

表 3.2.4.2-1 ペナン州における都市ごみの排出源別割合（重量比）

	MPPP	MPSP
Residential	46%	44%
Commercial	11%	8%
Industry	6%	40%
Institutional	8%	7%
C&D	29%	1%

現地調査で訪れた MPSP によると、MPSP の都市ごみは 1970 年代には行政が直接収集業務をおこなっていたが、急速な都市化によるごみ量の増加に対応することが困難となったため、1995 年から民間業者に収集業務を委託した。しかし、民間業者によるサービスの低下が顕著になり始めたため 2013 年から民間業者への委託を減らし、行政による直接収集を増加させた。その結果、現地調査時（2013 年 11 月）では行政による直接収集が 58%、42%が民間業者への委託であった。また、2014 年には 100%行政による直接収集に移行することであった。ごみ収集の頻度は、家庭からは週 3 回、商業施設は毎日、粗大ごみは週 1 回となっている。

（3）イポー市およびプタリンジャヤ市の都市ごみ処理事情

図 3.2.3.4-5 にマレーシア国の主要都市であるイポー市およびプタリンジャヤ市における都市ごみストリームを示す。イポー市は、クアラルンプール市から約 200km 北に位置するマレーシア第 2 の都市である。面積は 643 km²、人口は 700,000 人でペラ州の州都である。中国系住民が多いことで知られている。収集運搬はイポー市によって行われ、市内から 17km 先に位置する Bercham 埋立処分場へ運搬される。埋立処分場はイポー市が所有し、民間業者の LTC Alam Bersih Sdn Bhd が運営する。クアラルンプール市と隣接するプタリンジャヤ市は、スランゴール州に属する特別市のひとつである。一般的に「PJ」と呼ばれることが多い。面積は約 97.2 km²、人口は 563,310 人。都市ごみは委託会社であるアラムフローラ社によって収集運搬され、埋立処分場（Jeram）へ運搬される。この処分場は、民間会社（Worldwide Landfill Sdn Bhd）が所有・運営している。

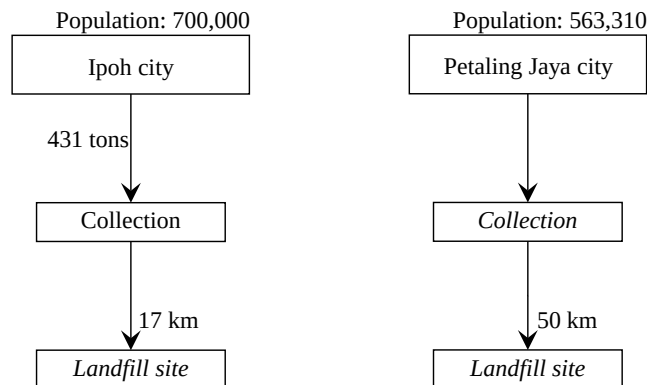


図 3.2.3.4-5 イポー市およびプタリンジャヤ市における都市ごみストリーム（2009 年実績、/日）
斜体は民間業者が運営しているプロセス

（4）都市ごみの三成分

クアラルンプール市における都市ごみの三成分（水分、可燃分、灰分）はそれぞれ 55.0%、31.4%、13.6% であった（Kathirvale et al., 2003）。都市ごみの三成分を三角グラフで表すと、クアラルンプール市における三成分はバンコク都とホーチミン市の中間に位置することがわかる（図 3.2.3.4-6）。経済状況を踏まえると、バンコク都の都市ごみの三成分に類似するものと想定されたが、実際にはより水分を多く含むために発熱量も低下する。クアラルンプール市では 2017 年をめぐりに都市ごみの焼却処理の導入を目指しているが、発電を前提とした焼却処理を運営するためには水分を低下させることが求められる。

（5）まとめ

マレーシア国における都市ごみ処理の現状について、クアラルンプール市を中心に概観した。クアラルンプール市では 2010 年には約 2,200 トン/日の都市ごみがアラムフローラ社によって収集され、中継基地で圧縮された後、スランゴール州にありメタンガス発電が行われている埋立処分場に処分されていた。有価物は政府のサポートを受けた NGO やアラムフローラ社によってリサイクルされている。ペナン州でも行政または民間によって収集された都市ごみは中継基地で圧縮された後に埋立処分されていた。クアラルンプール市における

三成分はバンコク都とホーチミン市の間であり、発電を前提とした焼却処理を運営するためには水分を低下させる必要がある。

(国立環境研究所河井紘輔)

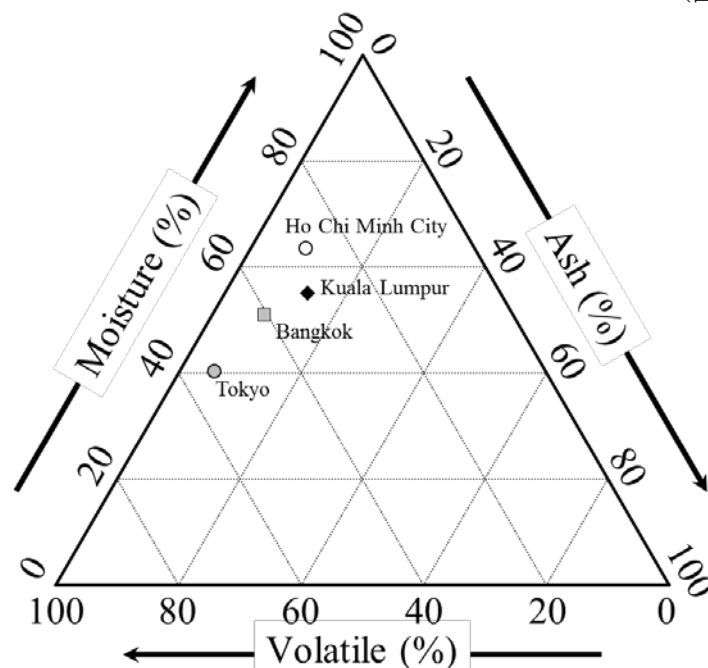


図 3.2.3.4-6 東京都、クアラルンプール市、バンコク都、ホーチミン市における都市ごみの三成分

参考文献

- Agamuthu P, Fauziah SH, 2011. Challenges and issues in moving towards sustainable landfilling in a transitory country – Malaysia. Waste Management and Research 29: 13-19.
- Dewan Bandaraya Kuala Lumpur, 2010. Laporan Tahunan 2010. Kuala Lumpur. (in Malay)
- Kathirvale S, Yunus MNM, Sopian K, Samsuddin AH, 2003. Energy potential from municipal solid waste in Malaysia. Renewable Energy 29: 559-567.

3.2.4.3 マレーシア国における民間静脈産業の現状

(1) UEM グループ

Kualiti Alam を保有する UEM は、Khazanah Nasional の 100% 関連会社としてマレーシアの厚生年金資金の運用を事業の中で行う担い手である。UEM は図 3.2.4.3-1 に示すように高速道路、開発、エンジニアリング/建設、資産/施設管理の 4 事業分野を管理しており、それぞれ以下の通り中核企業を有する。資産/施設管理業務を行う中核企業群の内、UEM Environment 社は北部 4 州の生活系廃棄物収集運搬 Concession を中央政府から得ている E-Idaman 社、国営病院のユーティリティー管理をすべて引き受けている Faber 社、マレーシア国内の危険廃棄物処理の独占権を持つ Kualiti Alam 社、危険廃棄物の管理・収取運搬を行う Kualiti Khidmat Alam 社、危険廃棄物のリサイクルを行う Kualiti Kitar Alam 社等を有する。

Kualiti Alam グループの中核である Negeri Sembilan の主要設備は表 3.2.4.3-1 に示す。

また GPS を活用した収集運搬車両追跡システム情報や集荷物のバーコード情報、搬入情報等の統合システムを導入して管理を行っている。廃油、廃溶剤、廃塗料、廃酸・廃アルカリ、切削屑・廃ドラム缶等はリサイクルしている。一部 E-waste も取り扱っている。

(2) 産廃関連競合会社

有害廃棄物については現在 KA が市場を独占しており現在は競合が無い。また今後市場が開放されても、多様な廃棄物を取り扱うことができる体制や実績、減価償却を終えた設備を有する KA の優位性は高いと考える。産廃に限らないが、有価物市場においては非常に多くのプレイヤーが存在している（半島ペナンだけで登録済ジャンクショップが約 400 件存在）ことから参入そのものの障壁は低いと言えるが、マレーシアに限らず業界の仕組みや慣習に留意し、慎重な事業参入を行うことが求められる。

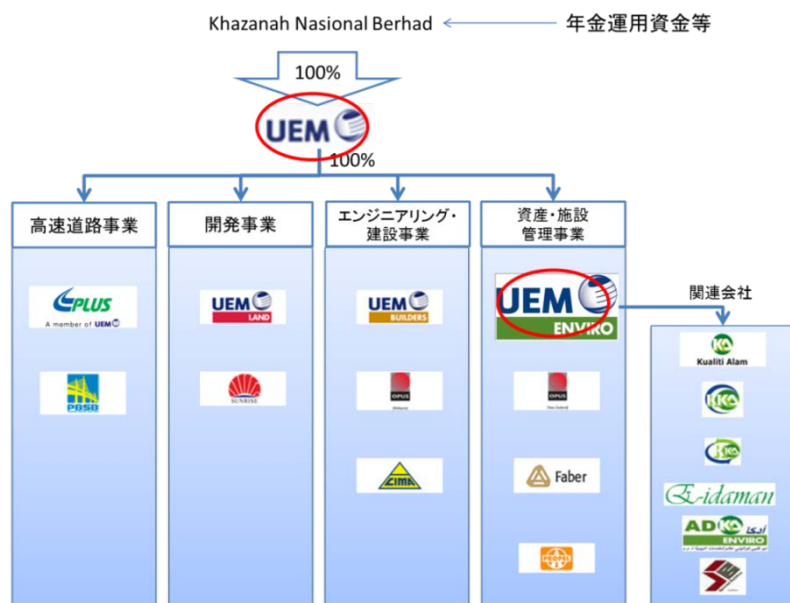


図 3.2.4.3-1 UEM グループ図

表 3.2.4.3-1 : Kualiti Alam 社の主要設備

設備	処理量
焼却設備	40,000mt／年
	10,000mt／年
	5,000mt／年
固化設備	23,000mt／年
物理化学処理	15,000mt／年
	3,000m3／日
管理型処分場	45 エーカー
	150 万トン
廃水処理設備	600m3／日
研究施設	

(3) 再生利用

1) リサイクル企業＞【電子廃棄物リサイクル：Shan Poornam Metals SDN BHD (SP 社)】

SP 社は 1960 年に設立した電子廃棄物 (E-Waste) のリサイクルを行っている民間企業である。SP 社の中核業務は HDD 製造メーカーから廃 HDD を買い取ったうえで分解・選別し、貴金属をインゴット化して販売している。現在平均して月量 100kg の銀、20kg のプラチナを回収・販売しているが、稼働率は 50% 以下の受入状況である。そのため 1 年前に使用済みの HDD の輸入許可を得た。SP 社は今後マレーシアにおける家電リサイクルに参入することを検討しているが、家電製品の分解・選別作業のノウハウが無いため、日本で実績のある企業との協力体制構築を検討したいとの事である。但し、特定のメーカー色を付けたくないと考えている模様。尚、土地も道路を挟んで隣接したところに既に確保済である。

2) ＜産業＞【非鉄金属（錫）精錬業：Malaysia Smelting Corporation Berhad (MS 社)】

MS 社はイギリス統治時代以来の歴史のあるマレーシアで唯一の錫精錬工場である。1,350℃～1,450℃で原錫を取り出し、不純物（～1%程度）をスラグとして排出といった工程を取っている。錫は錫製品メーカーや電器メーカーに販売している。1997 年からタンタルの処理も開始した。

3) ＜産業＞【セメント製造業：Cement Industries of Malaysia Berhad (CIM 社)】

マレーシア国内に 2 つのセメント工場を有する。国内を主な市場としており、2015 年の生産量は 800 万トン強である。セメント生産コストの約 40～45% をエネルギーコストが占め、一部（25%程度）もみ殻を購入して燃料としている。また太平洋セメントの協力により NEDO の資金提供で廃タイヤ、パーム椰子ガラ (EFB)、下水処理汚泥を燃料にする設備を建設中である（完成は 2014 年末の予定）。今後は産業廃棄物の他、生活廃棄

物利用の可能性の調査（セメント製品の要求品質に対する塩素等の成分管理、燃料としての含水率・形状、運搬距離等コストメリット、他）のうえ、生活廃棄物処理業参入の余地があると思われる。

4) <産業>【鉄鋼（電炉）業：Amsteel Mills Sdn. Bhd.（AM 社）】

AM 社は 600MW の発電所を有し、現在の消費は 400MW 程度である。発電所の燃料として、月間 80 万～100 万リットルの重油を消費しており、これの一部にスーパーエコ燃料（再生油？）をテスト中である。スラグは骨材として再利用しており、ダストは亜鉛を含むことから指定廃棄物として処理している。

5) <リサイクル業>【古紙再生業：Muda Paper Mills Sdn Bhd（MPM 社）】

マレーシア国内には 18-9 の製紙工場があるがほとんどが古紙を原料にしており、バージン原料からの製紙はサバに一家のみである。MPM 社は 1964 年にマレーシアで初の製紙工場として誕生した。KL とペナンの 2 か所に古紙再生工場を有しており、マレーシアでは OJI に次ぎ大きな工場である。生産能力は 2 工場合わせて年間 3.5 百万トン程度（KL3 百万トン+ペナン 0.5 百万トン）である。石炭ボイラーで製紙に必要な熱を供給しており、燃料には石炭の他にウッドチップ、パーム椰子ガラ（EFB）等を使用している。燃料の購入価格は、EFB で 100RM、ウッドチップで 150RM（約 3 割）、石炭（インドネシア産）が 70%。もみ殻を試したこともある。また、工場内に天然ガスを燃料としたコージェネ設備（4.8MW）3 台を有し電力を供給している。発生する廃棄物としては、プラスチック、製紙スラッジ、排水処理汚泥が主である。発生廃棄物（廃プラ・製紙スラッジ等）の燃料化、等で我が国静脈産業との協力も可能である。

（4）まとめ

マレーシア国の有害廃棄物処理は、厚生年金資金の運用会社である UEM Environment 社傘下の Kualiti Alam 社の寡占状態にある。有価物市場においては非常に多くのプレイヤーが存在している。また、産業側では、製紙工場のほとんどが古紙を原料としている他、セメント製造業におけるバイオマスや廃タイヤ等の燃料利用、電子製品リサイクル会社があるが、製鉄・非鉄では再生利用の取り組みは進んでいない。

（株式会社市川環境エンジニアリング倉澤壮児・高野友理）

3. 3わが国の静脈産業移転に関する事業領域の特定

3.3.1 各国の廃棄物処理の特徴

3.3.1.1 ベトナム国

現地調査をもとに、ベトナム国における廃棄物処理の特徴を整理した結果は、次のとおりである。

表 3.3.1.1-1 ベトナム国における廃棄物処理の特徴（現地調査をもとに整理）

区分	状況	備考
排出状況	- 生活廃棄物および産業廃棄物は増加傾向 - ドイモイ政策による第一次産業のシェア低下と第二次・第三次産業のシェア増加。 - 直轄都市への人口集中と、直轄都市圏そのものの拡大の見込み。	- 発生量（2003年） 都市ごみ：1,280万t/年 非有害産業廃棄物：251万t/年 有害産業廃棄物：12.8万t/年 医療廃棄物：2.1万t/年 - 人口増加率 13.5%（1999年→2009年） 19.7%（2009年→2030年）
	路上のコンテナに排出し、毎日収集を実施（ハノイ市）。	
家庭ごみの処理・資源化	- 大部分は埋立処分。 - 一部はコンポスト化	- Nam Son 処分場：3,372t/日 400トリップ/日 ※埋立処分量は増加傾向。 - Cau Dien コンポスト施設：48t/日
	インフォーマルセクターによる資源回収・再資源化が進む。	アクターは、Junk buyer, Waste picker, 廃棄物収集作業員。
	回収した資源は、リサイクル村においてリサイクル。	90%以上がリサイクル。 - 公害防止設備の未整備による環境汚染と健康被害が問題。
有害廃棄物	- MONREによる許可制。 - 処理のレベルは不十分。	許可業者は数社。
非有害系廃棄物	ライセンスは必要ない。	民間企業：50社
	多くの非有害系廃棄物はリサイクルされ、リサイクルできない廃棄物は家庭系廃棄物と同様に処理（URENCOなど）。	コスト重視によるコンプライアンス違反あり。
	建設廃棄物は建設会社が業務の一環として実施。	- 建物の解体需要は多い。 - 鉄筋・電線等是有価取引。 - 煉瓦は河川等に埋立材として投棄。 - リサイクル品の規格は未整備。
処理体制	- 政府や公社の事業が民間開放される傾向。 - 生活廃棄物処理やリサイクルが利権商売になり始めている。	- ベトナム系民間事業者がリサイクル事業権の獲得（Nam Son：3,000t/日） - 総合廃棄物管理施設の設置計画（ホーチミン市：米国系民間企業 CWS） 埋立処分場：3,000t/日 MRF：500t/日 コンポスト：1,000t/日 土地の無償貸与や税制優遇等の措置。 廃棄物処理費：16.2USD/t
コスト構造	物価水準と比較して、相対的に再生資源価格は高い。	缶、びん、アルミ、PET、ダンボール、廃プラスチック、鉄くずは有価流通。
	有害廃棄物の処理費用は日本の処理費用とほぼ同程度の水準	焼却処理：28,247円/t 化学処理：37,371円/t

区分	状況	備考
	・非有害廃棄物の処理費用は比較的高水準。	焼却処理：2,857 円/t 化学処理：17,774 円/t
企業 CSR・住民意識	・グローバル企業の CSR 意識は高い。	

3.3.1.2 タイ国

現地調査をもとに、タイ国における廃棄物処理の特徴を整理した結果は、次のとおりである。

表 3.3.1.2-1 タイ国における廃棄物処理の特徴（現地調査をもとに整理）

区分	状況	備考
排出状況	・分別は始まりつつある。	・家庭ごみからの Toxic Waste の分別
	・非登録人口が多い。	・コラート郡 人口約 40 万人（うち登録 15 万人） ・レムチャバン市 人口約 20 万人（うち登録 7 万人）
家庭ごみの処理・資源化	・ほとんどが埋立処分	・1000 箇所以上（行政、企業、個人が経営） ・不適正な処分場が多い
	・リサイクルが始まりつつあるが、ごみ処理システムを試行錯誤中である。	・バイオガス発電＋売電 ・セメント原燃料利用（RDF など） ・堆肥化 ・マテリアル（プラスチック：900THB/t）
非有害系廃棄物	・家庭ごみとともに処理	
	・水処理汚泥の増加	・2000 年代後半～排水規制強化
有害系廃棄物	・国内 5 社のみ。	・BWG（Better World Green） ・前処理→セメント原燃料利用 ・水銀輸出（原油中の水銀）
	・参入障壁は高い	・DIW、MOE の許可 ・環境アセス（住民からの支持）
処理技術	・現地技術	・一定のエンジニアリング技術はある。 ・一般的な設備の現地調達が可能。 ・廃棄物処理に特化した設備については輸入が基本。
	・欧米技術の進出	・嫌気性埋立＋バイオガス発電 ・MBT
	・日本技術に対する評価	・焼却＝高コスト ・準好気性埋立はこれから。
処理体制	・施設の運営ノウハウは乏しい。	
	・民間活用志向がある。	・分別、有価物回収、堆肥化等に関する民間企業との MOU（レムチャバン）
コスト構造	・イニシャルコストへの国支援	・コラートバイオガスプラントの場合、市が 10%、国が 90%負担。
	・処理費用は市場（非有害廃棄物）の処理費用がメインで、家庭系はタダ同然。	・家庭ごみ（回収）：20～30THB/世帯月 ・非有害（回収・処理）：3000THB/t ・病院ごみ（回収・処理）：15THB/kg
	・適正な料金の徴収が課題	
企業 CSR・住民意識	企業 CSR 意識、市民意識の向上	・企業の環境意識は高くなりつつある。 ・住民反対は大きい（特に焼却排ガス）。 ・廃棄物処理のコスト感覚は全く異なると考えられる（安すぎる）。

3.3.1.3 マレーシア国

現地調査をもとに、マレーシア国における廃棄物処理の特徴を整理した結果は、次のとおりである。

表 3.3.1.3-1 マレーシア国における廃棄物処理の特徴（現地調査をもとに整理）

区分	状況	備考
排出状況	・一人あたり排出量は増加傾向。	・ MPSP : 0.7kg/日 (1988～1989) →1.1～1.2kg/人日 (2005～2010) ・ Food Waste : 42% ・ Paper : 18% ・ Plastic : 14%
	・ 家庭ごみ、粗大ごみ・庭ごみ、有価物に分別	
	・ KL の家庭ごみの収集頻度は概ね 3 回/週。	・ KL は各家庭に無料で 120L のごみ箱配布。
	・ KL の事業系ごみは 6～7 回/週。	
	・ 有価物は NGO やごみ収集会社が回収。	・ Drop off center, Buy back center, 移動式有価物回収拠点
家庭ごみの処理・資源化	・ KL や MPSP では、中継施設に搬入し、圧縮の後、埋立処分。	・ KL の中継施設 : 2000～2700t/日。
	・ 一部で焼却処理。	・ KL で 1,000t/日の国際競争入札を検討。250t/日の主灰処理が課題。
	・ RDF 発電 (破袋→選別→乾燥→磁選→破碎(フラフ)→発電。有機物は Bio Dry)	Rcecle Energy Sdn.Bhd. ・ 政府と 30 年契約 ・ 日処理量 : 1,000t/日 (20% : 埋立処分、5～7% : リサイクル) ・ 発電能力 : 8.9MW (420℃, 42bar)
	・ 家庭ごみ+非有害産廃を埋立。 ・ 登録スカベンジャーによる資源回収と民間への売却。	・ Bukit Tagar 処分場 (KL) ・ USEPA 基準レベル 4 ・ 埋立容量 : 1.2 億 t (残余 40 年) ・ 排水処理施設 : 1,000m3/日 ・ 埋立ガス回収 CDM 事業実施。 ・ Pulau Burung 処分場 (MPSP) ・ 埋立量 : 1,700～1,800t/日 ・ 資源回収設備の併設予定。
	・ 廃品回収所に集積された有価物はジャンクショップに販売。	・ MPSP では認定ジャンクショップあり (廃品回収所へのインセンティブ)
	・ 収集の高度化を進めている。	・ 週 1 回資源物収集 (2+1) を目指している。
非有害系廃棄物	・ 家庭系ごみとともに処理	
	・ KL では試験的に建設廃棄物リサイクルを開始 (500t/日)。	・ C&D 廃棄物に関するデータ不足が課題。 ・ レンガは不適 (もともと安く買える)。
	・ セメント原燃料化を実施。	・ クリンカ生産量 : 2000 万 t/年 (9 箇所) ・ セメント生産コストの約 40～45% がエネルギーコスト。 ・ 飛灰はクリンカに戻す。 ・ NEDO 資金で廃タイヤ、パーム椰子がら、下水処理汚泥の燃料化設備建設中。
	・ 電炉 (EAF スラグ→建設資材。EAF ダスト→Zn 製錬 (Zn: 10% 以下))	・ 発電燃料 : 重油 80～100 万 L/月 (Amsteel Mills 社)

区分	状況	備考
	・製紙工場（国内 18～19 工場のほとんどが古紙原料利用）	・燃料は石炭が 70%。
有害系廃棄物	・有害廃棄物の処理体制は概ね構築されている。	・Kualiti Alam Sdn Bhd などによる独占のため、リサイクルは進んでいる。ただし、処理残さの行方は不明。
	・2015 年に独占が解消される予定。	
	・有害廃棄物からの有用金属回収は中国が主役になりつつある。	
	・家庭からの有害廃棄物は今後の課題	
E-Waste	・E-Waste リサイクルの基準案が 2014 年 2 月に出された。	・前払い方式。 ・リサイクル施設に補助。
	・家電メーカーによるリサイクル施設運営の動きあり。	・ノウハウはメーカーにあるが、集荷が課題。
	・現地企業による E-Waste リサイクルが始まっているが、中国に高く買われて、回ってこない状況。	・Shan Poornam Metals (HDD 製造メーカーから受入れ。回収能力は、銀：100kg/月、Pt：20kg/月) ・600t/月の精製許可を有するが、受入状況は 50%以下。
	・錫製錬会社による非鉄金属リサイクルを実施。スライム中のビスマス、金、銀のみが評価される（中国へ売却）。	・焙焼→溶融→電解精錬 ・石炭（無煙炭）はベトナムから輸入。 ・Cd は禁忌物
処理技術	・現地技術	・一定のエンジニアリング技術はある。 ・素材産業施設が豊富。
	・欧米技術の進出	・RDF 発電が進出（システムの考え方だけでなく経営の概念が欧米流）。
	・日本技術への評価	・産業施設を活用したリサイクル技術に興味
処理体制	・都市によるが、民間活用が進んでいる（公設民営、民設民営）。 ・連邦化が進んでいる。	・KL では独占契約の 3 社（Alam Flora SdnBhd など）が都市ごみ処理。 ・ペナン市では品質面から収集運搬を直営に戻した。
	・産業廃棄物・建設廃棄物業者の登録を推進。将来的には許可制に移行する予定。	
	・PPSPPA による廃棄物処理業者、清掃業者の監視を実施。	
コスト構造	・ごみ処理費用は、財政を圧迫。	・MPSP では支出の 25%がごみ処理。 (Total Cleaning Cost：44 百万 MYR)
	・埋立処分費は安価。	・埋立処分費：20.2MYR/t
	・中継施設は埋立ごみ減量化のインセンティブあり	・委託契約金額には埋立処分費を含む。
	・RDF 発電	・RDF 発電受入費：10～15MYR/t ・RDF 残さ処分費：45MYR/t ・売電価格：17 セント/kWh ・収入の 40%が処理費、60%が売電収入
	・リサイクル費用 ・売電価格は EU（42 セント）と比べると安い。	・コンクリート混じり：10～11MYR/t ・木材中心：34MYR/t

区分	状況	備考
	- 燃料価格の高騰が課題。 - 産業施設では燃料代替が加速。	- パーム椰子がら 100MYR/t - ウッドチップ 150MYR/t
企業 CSR・住民意識	- 企業 CSR 意識、市民意識の向上 - 住民の反対運動は大きい。	企業の環境意識は高くなりつつあるが、それでも価格で中国に流れる。

3.3.2 対象領域の想定

前節の整理をもとに、対象領域として①化学系廃棄物、②建設系廃棄物、③都市ごみ、④E-Waste（マレーシア国のみ）の4つの廃棄物区分を想定した。それぞれの廃棄物区分の特徴の概要は表 3.3.2-1 のとおりである。

表 3.3.2-1 対象領域の特徴の概要

対象領域	特徴の概要	備考
①化学系廃棄物	一定の処理体制は構築されているものの、有害廃棄物からの有用金属回収の体制は構築されていない。	有害廃棄物の一部
②建設系廃棄物	- 大量に発生し、さらに都市更新需要に伴い発生量の増加が見込まれる。 - 不法投棄が懸念される。	非有害廃棄物の一部
③都市ごみ	- 都市の発展に伴い発生量の増加が見込まれる。 - 一部では焼却処理の導入が進むものと考えられる。	
④E-Waste	- 今後の発生量の増加が見込まれる。 - Regulation の整備。	マレーシア国のみ

3.3.3 SWOT 分析

a) 内部環境分析

日本の静脈産業がアジア諸国に展開する際において、強み（競争力を有する技術等の要因）と弱み（競争力に劣る要因）を整理する。

a-1) 強み（Strength）

日本の静脈産業の強みは、大きく分けて、技術的優位性、循環システム構築能力、問題解決経験、親和性の4つに整理される（表 3.3.3-1）。

<技術的優位性>

廃棄物の処理に関わる要素技術の優位性である。特に、「計測管理」の技術は優れており、廃棄物の質的・量的管理に関するノウハウは我が国の産業廃棄物処理業者に蓄積されている。これは単に量を計測するだけでなく、質を分析したり、質に応じた処理システムの構築・運営を行っている。電子マニフェストシステムやGPSを活用した廃棄物のトレーサの技術も実用化されており、総合的な廃棄物の管理技術は秀でている。

「破碎選別」、「焼却処理」、「埋立処分」など、各段階ごとの処理技術についても優位性は十分にある。「破碎選別」は、特に建設廃棄物の領域で活用されており、コンクリートがら・アスコン塊等の再生利用や、建設混合廃棄物の選別に活用されている。「焼却処理技術」については、特に都市ごみ領域においては我が国は世界一の焼却大国であり、エネルギー回収（発電）技術も含めて高度な技術とノウハウを有している。「埋立処分」は、我が国は衛生埋立の先駆けでありかつ温室効果ガス排出削減にも効果がある準好気性埋立の技術を有しており、また、遮水技術や浸出水処理技術、漏水検知システムなど非常に優れた環境対策技術が数多く実用化されている。

建設廃棄物に関する「解体技術」も世界最高水準である。積極的な再利用を行い、かつ、コスト合理性も兼ね備えた合理的な解体は、まさにノウハウの塊である。建設廃棄物（コンクリート塊・アスコン塊、木くず等）をはじめとする「再生利用」の技術も我が国は進んでおり、マテリアルリサイクルだけでなく、産業系と連携したケミカルリサイクルや、サーマルリカバリーなど多様な技術メニューがある。

<循環システム構築能力>

我が国は資源循環・廃棄物処理に関する様々なメニューを備えているとともに、廃棄物の性状と再生資源需要を踏まえた最適な資源循環システムを構築する能力がある。

産業廃棄物処理の領域においては、様々な業種からの多様な廃棄物について、それぞれの性状に応じた適正処理を行えるとともに、処理設備の特徴に応じて適切な前処理や、さらには排出者指導を行うことができる。また、再資源化を行う際にも、需要側のニーズに合わせた品質管理を行うことができる。加えて、ストックヤ

ードや中継基地など、受入量と供給量の調整能力もある。特に、産業系施設を活用した処理・リサイクルは我が国に豊富なノウハウがある。また、E-Waste のリサイクルに関しては、我が国では家電メーカーに非常に多くのノウハウがある。

このように、廃棄物の発生から適正処理・再生資源供給に至る全体システムを、良好なバランスでくみ上げる能力は、今後のアジアにおける資源循環型社会の構築に大いに役立つものと考えられる。

<問題解決経験>

我が国はこれまで高度経済成長に伴う公害問題を克服してきた経験がある。これは製造産業にのみ関係するのではなく、廃棄物処理に伴う排ガスや排水等の適正処理とも関連する問題であり、我が国では総合的に環境対策を進めることでこれら問題を克服してきた。産業発展が進みつつあるアジア諸国は、公害対策や環境対策は今まさに直面している問題である。そのため、静脈産業の分野においても、我が国の静脈産業が培ってきた「大気・水・土壌汚染」に関連する環境対策技術とそれに関連する経験やノウハウは非常に大きな強みとなる。

特に、都市ごみ領域では「ごみ戦争・住民反対」についても、技術と対話によって克服してきた経験がある。化学系廃棄物（硫酸ピッチ等）や建設廃棄物に関する「不法投棄」についても我が国は克服してきた。また、「ダイオキシン類」についても、大きな騒動はあったものの克服してきた。これらは、いずれも断片的な対応によって克服したのではなく、製品の製造から廃棄物の発生、分別、処理技術、法規制、教育・啓発など、複数の段階を踏まえた総合的な対策の推進が功を奏してきたものである。アジア諸国が直面する廃棄物問題は我が国のそれとは異なる面も必ずあるが、新たな問題に対して常に総合的な観点から解決を行ってきた我が国のノウハウは絶対的な強みとなる。

<親和性>

アジア諸国には日本の動脈産業が既に多数進出している。例えば、製造業が進出した場合、製造工場からは化学系廃棄物が発生する。これら日系製造業においては CSR の観点からも化学系廃棄物の適正処理が必須である。また、建築業においても我が国のゼネコン等が進出している。ただし、大規模構造物の建設が主体であり、建物解体は必ずしも行っているわけではない。これら「動脈産業進出」との連携を図ることは日本の静脈産業の強みとなる。

また、欧米諸国と比較して、我が国とアジア諸国は温暖（熱帯）多雨であるという「気候風土の類似性」がある。排出される廃棄物も Wet なごみが主体であり、廃棄物は腐敗しやすく、それに対応したごみ処理システムが必須となる。アジア諸国の都市ごみの性状は、我が国の都市ごみの性状に類似することから、我が国のごみ処理システムの適用性が高くなる。

表 3.3.3-1 日本の静脈産業の強み (Strength)

区分	項目	内容	化学系	建設系	都市ごみ
強み Strength	技術的 優位性	・計測管理、廃棄物トレース	◎		
		・破碎選別		◎	
		・油水分離・中和	○		
		・焼却・エネルギー回収	○		◎
		・埋立処分		○	◎
		・再生利用		◎	◎
		・解体		◎	
	循環システム構築能力	・バランスの良いシステム構築能力	◎	○	◎
		・性状分析	◎		○
		・再生製品の品質管理		◎	○
		・物流制御		○	○
	問題解決経験	・公害、大気・水・土壌汚染対策	○		
		・ごみ戦争・住民対策			○
		・不法投棄対策	○	○	
		・ダイオキシン類対策		○	○
	親和性	・動脈産業進出	○		
		・気候風土類似性			○

a-2) 弱み (Weakness)

日本の静脈産業の弱みは、大きく分けて、技術面、コスト競争力、投資余力、ネットワーク、現地経験、政府支援の6つに整理される(表 3.3.3-2)

<技術面>

我が国の静脈産業は、技術面では比較的優位性が高いが、弱みもある。例えば、発電以外のエネルギー回収技術としては、「都市の熱供給システムとの連携した熱回収」があるが、この技術に関しては我が国は必ずしも優位にはない。しかしながら熱供給システムは寒冷地に適用される技術であり、アジア諸国においては需要が大きいことから、決定的な不利になることはないと考えられる。

また、「埋立廃棄物からのメタンガス回収発電」も欧米の方が進んでいる。これは欧米が直接埋立が主体であったのに対し、我が国は焼却処理が主体であり、かつ準好気性埋立を推進してきたことに起因する。

表 3.3.3-2 日本の静脈産業の弱み (Weakness)

区分	項目	内容	化学系	建設系	都市ごみ
弱み Weakness	技術面	・都市の熱供給システムと連携した熱回収			×
		・埋立廃棄物からのメタンガス回収発電			×
	コスト競争力	・対 従来処理技術(現状処理)	×	×	×
		・対 欧米企業		?	×
		・対 中韓企業			×
	投資余力	・大資本系	?	?	?
		・その他	×	?	×
	ネットワーク	・集荷	×	×	×
		・残渣処理	×	×	×
		・再生品販売		×	×
	現地経験	・従業員確保・教育	×	×	×
	政府支援	・大資本系		?	
		・その他	×	?	?

<コスト競争力>

アジア諸国に進出する際には、まず現地の既存の処理業者が行っている「従来処理」とのコスト競争が生じる。その場合は、環境対策の水準が異なることから日本の静脈産業の処理技術の方がコスト高にならざるを得ない。

一方、欧米企業と比較すると、化学系廃棄物の場合は同程度と考えられる。建設廃棄物の場合は欧米企業の進出もこれからであり、比較できない。都市ごみの場合は、日本は自治体が事業主体となることが多いことから、民間主体で行ってきた欧米企業に利があるものと考えられる。また、焼却施設などの施設整備コストに関しては、中国に対抗できていない。過剰設備というわけではないが性能保証の思想に差異があるものと考えられる。

リサイクルの分野では、コスト競争力において中国に圧倒的に負けている。マレーシア現地企業ですらコスト競争力で中国に負けており、有用資源が中国に流れている状況にある。

<投資余力>

投資余力は、大資本系はケースバイケースである。多くの企業は十分な投資余力があるとは言えないが、一方で、積極的な投資を既に行っている静脈産業もある。

大資本でない場合は、我が国の静脈産業の投資余力は乏しい。ただし、建設廃棄物の領域であれば、例えば建物解体など比較的投資金額は少ない場合が考えられることからケースバイケースで投資可能な案件も出てくるものと考えられる。

<ネットワーク>

静脈産業においては「集荷」は生命線である。我が国の静脈産業は海外での経験は乏しく、当然のことながら廃棄物集荷のネットワークは有していない。これは非常に大きな弱みであり、どのように克服するかが課題である。

「残さ処理」や「再生品販路」も静脈産業においては重要な要素となる。廃棄物を集めて処理しても、その残渣や再生品をさばくことができなければ事業の持続性はなくなる。

<現地経験>

静脈産業を営むにおいて「従業員確保・教育」は不可欠である。特に、建設廃棄物や都市ごみの領域では多くの従業員が必要となる。日本の静脈産業は海外における事業展開の経験が乏しく、従業員確保や教育の経験も乏しい。当然のことなら言語の壁もある。

<政府支援>

現状においては、大資本系の場合は日本国政府からの支援が受けられる場合もあるが、大資本系でなければ支援を受けにくい状況にある。

b) 外部環境分析

日本の静脈産業がアジア諸国に展開する際において、それを取り巻く経済・社会や関連企業動向など環境要因としての機会（事業を後押しする要因）と脅威（事業の足かせとなる要因）を整理する。

また、内部環境要因と異なり、外部環境要因は対象国によって異なる部分がある。ここでは、各国に共通な外部環境要因とベトナム国・タイ国、マレーシア国のそれぞれで特徴的な要因を分けて整理する。

b-1) 外部環境要因としての機会（Opportunity）

日本の静脈産業がタイ国に展開する際の外部環境要因としての機会は、大きく分けて、温暖化対策、環境規制、経済発展、資源需要、現地意識の5つに整理される（表 3.3.3-3）

<温暖化対策・再生可能E利用機運>

地球温暖化対策の潮流を踏まえると、アジア諸国においても地球温暖化対策は重要な環境課題である。特に温室効果ガス排出量の多い（廃棄物発生量が多い）建設廃棄物と都市ごみ領域において「GHG 排出抑制」が社会的に求められる。

加えて、自発的な要因として、再生可能エネルギーを積極的に活用していこうという機運がある。これは、ストイックに GHG の排出抑制を進めるようなものでは決してなく、再生可能エネルギーを利用することによるコスト削減が目的となっている。世界的なエネルギー需要の増加に伴い、化石燃料の価格も上昇傾向にある。低コストでのエネルギー確保はアジア諸国においても重要な課題となっており、これを契機に廃棄物資源のエネルギー活用と温室効果ガス排出削減に結果としてつながることとなる。

<循環型社会構築機運>

【タイ国・マレーシア国】途上国においては、人の健康と生活環境の保全の観点からの都市清掃・衛生確保が第一の課題となるが、タイ国やマレーシア国においてはその段階は克服しつつあり、社会・経済の発展とともに地球環境保全や産業との共生などの次の段階の課題に取り組みつつある。廃棄物処理分野においても、衛生処理は一定程度進んでおり、社会システムとして資源の効率的な再生利用・エネルギー利用を組み込むこと目指している。特にマレーシア国においては焼却施設の導入が進む兆しが見られる。しかしながら、経験や技術が不足しており、まだまだ試行錯誤段階にある。

【マレーシア国】有害廃棄物処理の領域では数社の廃棄物処理業者による独占契約が進んでいたが、2015 年に独占契約が解消されるため、新規参入の機会となる。

<環境規制>

アジア諸国においても環境規制は不可欠であり重要な環境課題となっている。具体的には、「重金属・VOC」などの化学物質、ダイオキシン類など「POPs（残留性有機化合物）」、国際条約の制定が予定されている「水銀」、冷房需要が爆発的に増加すると予想される「フロン類」への対応が求められる。

<経済発展・産業発展・資源の受け皿>

アジア諸国は経済発展が進行中である。「アジア諸国の発展」はあらゆる廃棄物の増加につながるものである。

「国内動脈産業の進出」に伴う日系企業からの化学系廃棄物の増加は、日本の静脈産業の進出にとっても後押しとなる。

【ベトナム国】都市開発や交通インフラ整備も活発であり、「建設・更新需要の拡大」は建設廃棄物の増加につながるるとともに、建築資材の大きな需要が生じる。「人口増・都市拡大」によって、都市ごみは増大するとともに、廃棄物の適正処理による環境対策も求められる。

【タイ国】製造業の発展が著しく、セメント製造や製鉄など資源循環の受け皿となる産業も複数立地する。このような素材産業は、循環資源の受け皿として大きな潜在能力を有する。

【マレーシア国】製造業は熟成してきており、セメント製造や製鉄など資源循環の受け皿となる産業も複数立地する。このような素材産業を循環資源の受け皿としたリサイクルは既に始まっており、今後とも大きな潜在能力を有する。

<資源需要>

新興国の台頭によって国際的に「燃料・エネルギー」や「素材」に対する資源需要は高まっている。廃棄物は未利用エネルギーとしての大きなポテンシャルを有している。素材としても、都市ごみからは紙やプラスチックは再生資源としての利用価値は高い。また、建設廃棄物は土石系資材に再生可能である。

<現地意識>

環境対策に対する企業・市民の意識はアジア諸国においても高まっている。特に、日系企業など先進国の企業においては「企業 CSR」の意識は非常に高く、環境対策も重視している。また、「市民意識」としての環境意識も高まっており、廃棄物処理においても適正な環境対策を実施することは社会的要請となりつつある。

表 3.3.3-3 外部環境要因としての機会 (Opportunity)

区分	項目	内容	化学系	建設系	都市ごみ
機会 Opportunity	温暖化対策・再生可能E利用機運	・廃棄物系バイオマスのエネルギー転換		○	◎
		・GHG 排出抑制			○
		・CO2 ビジネス（排出権取引等）			○
	循環型社会構築機運機運	・資源の再生利用		○	○
		・   資源のエネルギー転換			◎
		・  焼却施設の導入促進傾向			◎
		・  有害廃棄物処理の独占契約の解除	◎		
	環境規制	・重金属・VOC	○		
		・POPs（ダイオキシン類）			○
		・水銀	○		○
		・フロン類	○	○	
	経済発展	・アジア諸国の発展	◎	◎	◎
		・国内動脈産業の進出	○		
		・  建設・更新需要の拡大		◎	
		・  人口増・都市拡大			◎
		・   循環資源の受け皿としての素材産業の発展			◎
	資源需要	・燃料・エネルギー			◎
		・素材		○	○
	現地意識	・企業 CSR	◎		
		・市民意識	◎	○	○

b-2) 外部環境要因としての脅威 (Threat)

日本の静脈産業がアジア諸国に展開する際の外部環境要因としての脅威は、大きく分けて、国際競争、基準・規制、状況変化、技術変化の4つに整理される（表 3.3.3-4）

<国際競争>

「諸外国勢との競争」は避けられないものであり、特に化学系廃棄物や都市ごみの領域においては、欧米企業は非常に大きな脅威である。

また、世界的な資源需要の高まりにより、石炭などエネルギー価格が上昇するとともに金属資源の価格も上昇している。資源価格の上昇はアジア諸国の産業にとって大きな転換点になるとともに、コスト競争力で中国に資源が流れることとなる。

また、それ以前に「現地企業との競争」がある。既存の現地企業は廃棄物集荷のネットワークを有するとともに、現地の社会環境との密接な繋がりを有している。諸外国勢との競争とは全く異なる力学での競争が存在する。

<参入阻害>

【タイ国】特に有害廃棄物処理分野への新規参入に対する地元業者からの抵抗は大きい。既得権益の占有を図るためには当然の行動ではあるが、タイ国においては有害廃棄物の許可を有する処理業者が非常に少ないことから、参入阻害は非常に激しいものとなっている。

表 3.3.3-4 外部環境要因としての脅威 (Threat)

区分	項目	内容	化学系	建設系	都市ごみ
脅威 Threat	参入阻害	・  新規参入への参入阻害	×		
	国際競争	・ 欧米勢との競争	△		△
		・ 中国との競争	×		
		・ 現地企業との競争		△	△
	基準・規制	・ 欧米基準による支配	△		△
		・ 基準・規制の形骸化	△	△	
	状況変化	・ 経済危機や不況等	△	△	
		・ 日本企業の撤退、政府方針の変更	△		
		・  反対運動（特に焼却施設）			×
	技術変化	・ 新たな技術の台頭	△		
		・ 欧米技術の国際標準化			△

< 基準・規制 >

我が国においては廃棄物処理の考え方は焼却による減量化が主流となっているが、欧米においては直接埋立からのメタンガス回収や MBP が主流となっており、考え方の相違が見られる。アジア諸国においては廃棄物処理の考え方は定まっているわけではないが、今後、「欧米基準による支配」が進むのであれば、これは日本の静脈産業にとっては大きな脅威となる。

アジア諸国においては環境対策の基準や規制はあるものの必ずしも遵守されているわけではない。このような状況が続くのであれば、廃棄物処理においても真面目に行うことで損をする事態が生じる。「基準・規制の形骸化」が進めば、先進的な廃棄物処理は不要となってしまう。

< 状況変化 >

化学系廃棄物や建設廃棄物の増加は経済発展を前提としたものであるが、「経済危機や不況等」が生じた場合にはその前提が崩れることになる。また、化学系廃棄物は日系企業の製造工場と連携することが多いと考えられるが、「日本企業の撤退」が生じる場合には化学系廃棄物そのものが発生しなくなる。都市ごみの領域においては官民連携した進出が必要な場合もあるが、そのような場合においては「日本政府方針の変更」は致命的である。

【マレーシア国】環境意識の高まりに伴い、廃棄物処理施設（特に焼却処理施設）の立地に対する反対運動も大きくなっている。過去にも、日本企業の技術を活用した焼却施設の建設計画が、反対運動によって中止に追い込まれた経緯がある。

< 技術変化 >

化学系廃棄物の領域においては、日本の従来技術を凌駕する「新たな技術の台頭」が起こりえる。都市ごみの領域においては、MBP など「欧米技術の国際標準化」がおこると我が国の技術が進出しにくくなる。

(4) 内部環境要因と外部環境要因のクロス分析（事業領域の特定）

外部環境分析と内部環境分析の 2 軸の分析結果をクロス分析を行い、①積極的攻勢に出る領域、②差別的戦略を図る領域、③段階的進出を図る領域、④専守防衛に徹する領域を特定し、将来の進むべき方向を試行的に検討する。

a) 化学系廃棄物（表 3.3.3-5）

a-1) 積極的攻勢

日本の静脈産業は技術や問題解決経験は十分なものがある。企業 CSR 意識向上を背景に、国内産業の海外展開と連携した日系工業団地からの廃棄物の処理が考えられる。ただし、これは既に実施されている側面もある（既に現地企業が食い込んでいる）。

また、アジア諸国においては、有害廃棄物管理の枠組みはあるものの実効性が保たれていないのが現状である。そのため、有害廃棄物管理・適正処理が徹底されるよう働きかけることも重要であり、環境規制への国際的要請を背景に、法整備・法遵守との一体的な静脈産業の展開が考えられる。加えて、有害物質の管理やトレースは我が国の強みでもあり、これら廃棄物管理技術を前面に押し出した展開を行うことが考えられる。

a-2) 差別的戦略

諸外国勢との競争において、特に MBP 等の欧米の処理基準の考え方がアジアのスタンダードになってしまうと、いかに日本の技術が優れていたとしても日本の静脈産業の勝ち目は少なくなる。また、そもそも環境対策や基準・規制が形骸化してしまうと、先進国の技術はアジア諸国には導入されなくなる。そのため、アジア諸国に対して基準規制の必要性を訴えるとともに、欧米技術に支配されないように我が国の静脈技術の優位性について十分な理論武装を行い、それをアジア諸国に浸透させていくことが長期的な視点においても重要な戦略となる。

【タイ国】タイ国においては有害廃棄物処理の許可を得ているのは 5 社のみであり、一方でその技術水準は必ずしも十分なものではない。ここに我が国の静脈産業の進出の機会があるものの、一方で参入阻害の圧力は非常に強い。環境アセスにおいて「住民の支持が求められるなど、許可取得は容易ではない。そのため、有害廃棄物処理の市場に参入するためには、適正処理の必要性の観点から正攻法で進めたとしても処理業者単独での勝機は少なく、現地の処理業者との技術提携などが有効と考えられる。なお、その際には欧米の静脈産業との差別化が必要となる。廃棄物の発生から適正処理・再生利用までのトータルマネジメントをとった日本の強みを活かした欧米企業との差別化が必要となる。

【マレーシア国】歴史的に錫製錬が盛んであったものの、近年では錫採掘量の減少等により、錫製錬が縮小していく傾向にある。これらの非鉄製錬施設において E-Waste 等を受け入れることにより施設の収益改善につながるとともに貴金属類や希少金属等の有用金属の回収のポテンシャルを有する。しかしながら現状においてはこれらの有用金属を濃縮する技術が不足しているとともに、有用金属が濃縮したスライムは中国に安価に引き取られている状況にある。そのため、これら非鉄製錬施設とビジネス提携を行い、有用金属濃縮の技術提供を行うとともに同時に長期間のスライム販売契約を締結することにより、有利な条件で有用金属を獲得することが考えられる。これは現地の非鉄製錬施設の事業改善と経営安定化につながるとともに、日本企業（非鉄製錬）にとっても安定的な資源の確保が可能となる Win-Win の関係を築くことができる。また、中国における未熟な資源回収に伴う健康被害や環境影響の抑制にもつながるものと考えられる。なお、そのためにはマレーシア国内での有用金属を含む資源の集荷が鍵であり、そのためには現地の製造業や有害廃棄物処理業者との連携や囲い込みが必要と考えられる。

表 3.3.3-5 化学系廃棄物のクロス SWOT 分析

化学系廃棄物		外部環境分析	
		機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)
		- 循環型社会構築機運 - 環境規制への国際的要請 (POPs、VOC、水銀、フロン等) - 国内産業の海外展開潮流 - 企業CSR意識、市民意識の向上	- 中国による循環資源の安価買い占め - 諸外国勢(欧米豪韓中)との競争 - 基準・規制の形骸化 - 経済危機や不況  参入阻害  反対運動
内 部 分 析	強み (Strength)	積極的攻勢	差別化戦略
	- 技術的優位性 (計測管理、油水分離・中和、焼却) - 循環システム構築能力 - 問題解決経験 - 進出企業との親和性 - 廃棄物管理技術	- 有害廃棄物管理・適正処理が徹底されるよう国際的に要請 - 日系企業が進出している工業団地から発生する廃棄物の処理 - 法整備との一体的展開(パッケージ) - 有害物質管理の標準化(トレース)	- 技術の体系化(優位性理論武装)  現地の有害廃棄物処理業者との技術提携  現地の非鉄金属(錫製錬)施設とのビジネス提携(希少金属濃縮技術の提供とスライム獲得の長期契約)
	弱み (Weakness)	段階的施策	専守防衛(または撤退)
		- 静脈物流ネットワーク構築 - 現地企業等とのアライアンス形成 - アジア適合技術のRe-Engineering  「ローテク」の商品化	- 現地企業・欧米企業等への設備販売 - 処理体制が確立している場合は撤退

a-3) 段階的戦略

外部環境要因として社会的ニーズがあったとしても、有害廃棄物処理の市場には容易には参入できない。また、現地の経験の不足、投資余力の不足やコスト競争力の不足等も懸案材料となる。そのような場合は、まずは非有害系廃棄物の領域において静脈物流ネットワークを徐々に形成し、さらには現地企業等とのアライアンスを形成して協業するなど、段階的に進出する戦略を検討する。

【ベトナム国】十分な処理費用の徴収が難しい場合は、アジアの静脈市場に適合する技術改良や「ローテク」を商品化することによってコスト競争力を高めておくことも重要である。

a-4) 専守防衛（または撤退）

現地での廃棄物処理の事業化が困難な場合は、現地企業や欧米企業等への設備の販売に徹する。

b) 建設系廃棄物（表 3.3.3-6）

b-1) 積極的攻勢

アジア諸国の建設系廃棄物の発生量は、建設需要の拡大に伴い大きく増加するものと考えられる。特に、現在は、湖沼等での埋立処分が一般的であり、適正処理の観点から近い将来に問題が顕在化するものと思われる。一方で、都市インフラ整備も活発化し、建設資材の需要も大きく増加するものと考えられる。そのため、建設廃棄物を積極的に再生資材として利用することが考えられる。また、エネルギー需要も高まることから木くず等の再利用も考えられる。

建設廃棄物のリサイクル推進のためには、法整備との一体的な展開や、官民連携によるトップセールスが有効である。また、不法投棄対策としての廃棄物管理票（マニフェスト）の義務づけなど総合物流管理の普及戦略も有効である。

b-2) 差別的戦略

諸外国勢や現地企業との差別化を図り、基準・規制の形骸化を防ぐためには、日本型建設リサイクルを国際標準化する戦略が考えられる。この場合においても、法整備との一体的な展開は必要となる。

また、廃棄物処理においては最終処分場の確保が事業の明暗を分ける場合がある。そのため、大規模な最終処分場を確保し、他社との差別化を図る戦略が有効と考えられる。

表 3.3.3-6 建設系廃棄物のクロス SWOT 分析

建設系廃棄物		外部環境分析	
		機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)
		- 建設・更新需要の拡大 - 循環型社会構築機運 - 現地意識 (適正処理要請) - インフラ投資拡大 (土石系素材)	- 諸外国勢・現地企業との競争 - 基準・規制の形骸化 - 経済危機や不況等
内 部 分 析	強み (Strength)	積極的攻勢	差別化戦略
	- 技術的優位性 (破碎・選別、解体、再生利用、埋立) - 循環システム構築能力 - 問題解決経験廃棄物管理技術	- 法整備との一体的展開 (パッケージ) - 総合物流管理の標準化 (不法投棄対策、マニフェスト管理の義務づけ)	- 日本型建設リサイクルの国際標準化 - 大規模埋立地確保
	弱み (Weakness)	段階的施策	専守防衛 (または撤退)
		- 現地企業等とのアライアンス形成 - 再生資源製造拠点 (土石系資源・燃料) を複数企業連携で面的展開 ★ ODA事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の段階的構築	現地企業・欧米企業等への設備販売

b-3) 段階的戦略

我が国の建設廃棄物リサイクル技術は非常に先進的であるが、現地でのネットワーク不足など建設廃棄物の処理業者が進出するにはハードルは高い。しかしながらアジア諸国においては建設廃棄物のリサイクルはほとんどなされておらず、また、諸外国勢の進出も進んでいない。一方で、比較的小さな投資額からでも参入できる可能性もある。再生資材の受け皿として大きな建設資材需要も控えている。

そのため、現地企業等とのアライアンスを組むとともに、我が国の静脈産業の複数企業連携による再生資源製造拠点（土石系再生資材、燃料等）の段階的な面的展開が考えられる。

【ベトナム国】特に、ベトナム国においては、建設廃棄物リサイクルの可能性について、誰も気がついていない。そのため、ODA事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の構築を段階的に進めていく戦略が有効と考えられる。具体的には、アジアに適合する簡易なりサイクル技術を核として、現地企業等とのアライアンスを形成し、徐々に除脈産業のネットワークを構築し、やがては土石系再生資材製造の拠点形成について面的に展開する。一方で、再生資源の受け皿の確保が必要であることから、例えば我が国が

らの ODA による道路建設等には再生資源の利用を義務づけることとする。このように受け皿の確保を含めて段階的協業的に進めることにより、建設廃棄物リサイクル体制を構築する。

b-4) 専守防衛（または撤退）

現地での廃棄物処理の事業化が困難な場合は、現地企業や欧米企業等への設備の販売に徹する。特に、建物解体に使用する機材やコンクリートやれんが屑等の破碎設備については需要が高まるものと考えられる。

c) 都市ごみ（表 3.3.3-7）

c-1) 積極的攻勢

アジア諸国の都市ごみの性状は日本のそれとの類似性があり、日本の都市ごみ処理技術の適用性は高いと考えられる。特に、廃棄物処理における廃棄物系バイオマスのエネルギー利用推進や資源循環促進、環境規制への対策、資源需要の拡大、市民意識向上等の要請に対しても、我が国はこれまでの問題解決の経験が蓄積されていることから適用性は高い。

特に、近年のエネルギー価格の上昇を受けて、廃棄物エネルギー利用の潮流は今後高まるものと考えられ、我が国が得意とする大規模な都市ごみ焼却発電のニーズは高まるものと考えられる。

【タイ国】一般に、都市ごみの処理は自治体の意思決定が大きく関与するため、民間企業が単独で進出することは容易ではない。しかしながら、タイ国においては、都市ごみのエネルギー利用や資源循環システムの構築に向けた試行錯誤をそれぞれの自治体が行っている段階であり、そこに我が国の静脈産業の有する資源循環システムの構築ノウハウや運営ノウハウの年から食い込んでいける可能性がある。すなわち、循環システム検討の初期の段階から自治体と密接に連携することによって、その後の処理事業への参画をもくろむ。具体的なメニューとしては、都市ごみ総合管理、資源・エネルギー化、静脈産業連携などが考えられる。なお、それにあたっては、官民連携でまずは事例を作ることが望ましい。

【マレーシア国】経済規模の発展およびエネルギー需要の高まりを受けて、今後、焼却発電が普及するものと考えられる。特に、我が国は大規模焼却発電に関する多くの技術を有していることから、官民連携によるトップセールスにより大規模焼却発電（Waste to Energy）を進めていく。

c-2) 差別的戦略

MBT を推進する欧米諸国との差別化を図るためには、まず日本の焼却技術の優勢をしっかりと理論武装することが重要である。また、アジア型最終処分場技術を標準化することも差別化には有効と考えられる。

【マレーシア国】東南アジア諸国のごみ質は、欧米とは異なり日本のごみ質と近いと言われているが、実際にはマレーシア国のごみ質は、日本よりも水分と灰分が多いとみられる。そのため、無理に発電効率を高めるのではなく、衛生処理を第一に安定的な焼却処理を優先した施設導入を図る。その際には、残渣率 25%と言われる焼却主灰のリサイクルも一体的に進め、焼却処理による廃棄物減容化のメリットを損ねないようにする。具体的には、セメント製造施設における焼却残さの原料利用や、炭酸化により溶出抑制を図った後に建設資材としての有効利用を図ることが考えられる。

c-3) 段階的戦略

日本の都市ごみ処理技術は、現状ではコスト競争力に弱い面があり、一気に進出することが困難な場合がある。その際は段階的な戦略を図る。

また、アジアに適合する技術の開発・導入を行うことや、廃棄物発電に着目し、現地電力会社との連携を図り、廃棄物エネルギー利用推進の観点から現地電力会社と共同で現地政府や自治体に廃棄物発電を働きかける方法が考えられる。

最終処分場については、埋立ガス回収等による CDM スキーム等を活用して、現地に食い込むことが考えられる。

【マレーシア国】産業が発展していることから、エネルギー価格の上昇により産業施設における廃棄物燃料の需要が高まると考えられ、これら産業系施設に対する廃棄物燃料の供給ビジネス展開が考えられる。顧客の要求を満たすブレンドと安定供給を可能とする品質管理が求められるビジネスであり、高度な管理技術が求められる点に我が国の静脈産業の勝機がある。具体的な方法としては、廃品回収所等から紙ごみ・プラスチックごみを調達して RDF を製造する方法と、都市ごみそのものから紙ごみ・プラスチックの選別を行い RDF を製造する方法が考えられる。後者の方がビジネスとしてのスケールは大きいですが、前者の方が市場形成しやすいため、燃料廃棄物を調達しやすい地域においてビジネス拠点を築き、段階的に面的な展開を図ることが考えられる。

c-4) 専守防衛（または撤退）

現地での廃棄物処理の事業化が困難な場合は、現地企業や欧米企業等への設備の販売に徹する。焼却施設そのものの供給だけでなく、排ガス処理設備や排水処理設備などの環境対策設備の供給が考えられる。また、これら設備のメンテナンスも市場としてはある。

表 3.3.3-7 都市ごみのクロス SWOT 分析

		外部環境分析	
		機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)
都市ごみ		- 温暖化対策・再生可能E利用機運 - 循環型社会構築機運 - 環境規制への国際的要請 (POPs、Hg) - 資源需要拡大・エネルギー価格上昇 (燃料、エネルギー、紙・プラスチック) - 素材産業の立地 (資源の受け皿) - 焼却施設の導入促進傾向	- 欧米技術 (MBT) の国際標準化 - 諸外国勢・現地企業との競争 - 中国の安価な焼却技術 - 反対運動 (特に焼却施設)
内 部 分 析	強み (Strength)	積極的攻勢	差別化戦略
	- 技術的優位性 (焼却、埋立、再生利用、産業連携) - 循環システム構築能力 - 問題解決経験 - 気候風土の類似性	- 自治体のごみ処理システム検討段階からの参画 (都市ごみ総合管理、資源・エネルギー化、静脈産業連携) - 大規模焼却発電の官民連携によるトップセールス	- 技術の優位性理論武装 (焼却技術の優位性、MBT理論打破) - アジア型最終処分技術の標準化 - 低発熱量・多灰分ごみの安定焼却と焼却灰リサイクルの一体的展開
	弱み (Weakness)	段階的施策	専守防衛 (または撤退)
	- コスト競争力 - 現地ネットワーク - 現地の経験不足	- コストダウンを念頭に置いたアジア適合技術の Re-engineering - 現地電力会社との連携 (廃棄物発電) - 処分場改善 (CDM) - 産業系施設への廃棄物燃料供給ビジネスの拠点展開	現地企業・欧米企業等への設備販売

d) E-Waste (表 3.3.3-8)

マレーシア国においては E-Waste リサイクルの Regulation が制定される見込みにある。我が国の家電メーカーは、製造者責任の一端を担う立場にあるとともに、国内における豊富な E-Waste リサイクルのノウハウがある。

表 3.3.3-8 E-Waste のクロス SWOT 分析

		外部環境分析	
		機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)
E-Waste		- Regulationの制定 - 環境規制への国際的要請 (有害物質) - 資源需要拡大 (貴金属・希少金属)	- 諸外国勢・現地企業との競争 - 中国による循環資源の安価買い占め
内 部 分 析	強み (Strength)	積極的攻勢	差別化戦略
	- 技術的優位性 (家電メーカー) - 循環システム構築能力 - 問題解決経験	官民連携によるトップセールス	現地処理業者との連携による家電メーカーの進出
	弱み (Weakness)	段階的施策	専守防衛 (または撤退)
	- コスト競争力 - 現地ネットワーク - 現地の経験不足	段階的施策はなじまない。	現地企業・欧米企業等への設備販売

d-1) 積極的攻勢

【マレーシア国】マレーシア国における家電リサイクルシステムの構築は我が国の家電メーカーにも影響を与えることから、我が国の家電メーカーの高度なりサイクル技術を前面に押し出し、家電リサイクルシステムの一翼を我が国の家電メーカーが担えるように官民連携によるトップセールスによる展開を図る。

d-2) 差別的戦略

【マレーシア国】諸外国メーカーや現地企業との競争においては、現地処理業者との連携が必要となる。特に、廃家電の集荷が課題であることから、現地ネットワークを有する現地企業との連携が望ましい。

d-3) 段階的戦略

【マレーシア国】家電リサイクルシステムは一斉に導入されると考えられることから、段階的戦略はなじまない。

d-4) 専守防衛（または撤退）

【マレーシア国】現地での事業化が困難な場合は、現地企業や欧米企業等への設備販売に徹する。

3.3.4 まとめ

静脈産業移転に関する事業領域を、対象とする廃棄物区分ごとに試行的に特定した。主な結果は表 3.3.4-1 のとおり。

表 3.3.4-1 対象領域区分ごとの事業領域

対象領域	事業領域の概要		
①化学系 廃棄物	- 環境規制への国際的要請を背景に、法整備・法遵守との一体的な静脈産業の展開。 - 非有害系廃棄物の領域における静脈物流ネットワークの形成や現地企業等とのアライアンス形成による段階的進出。		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
②建設系 廃棄物	- インフラ整備に伴う資源需要拡大を踏まえた法整備との一体的展開 - 我が国の静脈企業の複数企業連携による再生資源製造拠点（土石系再生資材、燃料等）の段階的な面的整備。 - 差別化戦略の観点からは、大規模埋立地の確保。		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
③都市 ごみ	- 欧米型技術に対する日本型技術の優位性理論武装による差別化 - コストダウンを念頭に置いたアジア適合技術の Re-engineering による段階的進出。		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
④ E-Waste	自治体の循環システム（都市ごみ総合管理、資源エネルギー化、動脈産業連携）構築検討段階からの参画など、初期の段階からの自治体との連携と、その後の処理事業への展開		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 
④ E-Waste	- 家電メーカーのノウハウを前面に押し出した官民連携によるトップセールス。 - 現地ネットワークを有する処理業者との連携による家電メーカーの進出		
	ベトナム国 	タイ国 	マレーシア国 

特に、ベトナム国においては ODA 事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の構築が、タイ国においては都市ごみ領域における資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する自治体への技術提供分野への計画策定初

期段階からの関与が、マレーシア国においては都市ごみ領域における大規模焼却発電の官民連携によるトップセールスあるいは低発熱量・多灰分ごみの安定焼却と焼却灰リサイクルの一体的展開および E-Waste 領域における家電メーカーのノウハウを前面に押し出した官民連携によるトップセールスあるいは現地ネットワークを有する処理業者との連携による家電メーカーの進出が有望と考えられる。

（（株）エックス都市研究所 山口直久）

3. 4 アジア都市における廃棄物資源循環事業モデルの立案

3. 4. 1 収益評価ツールの構築

3.4.1.1 はじめに

静脈産業がアジア諸国において事業を実施する環境は、当該静脈企業にとって未知であり、事業の背景環境は政府の規制の度合いによって大きく影響を受け、また顧客の意向が不詳、さらには労働調達条件が不明で変動含みであるなど、事業化リスクが高いのが一般的である。このような事業化環境下において、静脈企業がアジア諸国への進出を意思決定する際には、ある程度想定可能な国内での事業化に関する意思決定よりもさらに慎重な意思決定が必要となり、その慎重な意思決定を支援するためのツールが必要である。

3.4.1.2 収益性評価ツールの開発

(1) 収益性指標

一般に収益性の多寡を評価するためには内部利益率（IRR）などが用いられるが、内部利益率は、事業投資を行う側の最大の関心である期待できる収益の大きさを表現できないなど課題もある。そこで、ここでは収益の大きさを評価するために、キャッシュフローそのものを収益性の指標として用いることとする。ただし、事業期間の各年のキャッシュフローは現在価値に換算して、事業の寿命全体にわたって足し上げなければならないことは言うまでもない。

(2) 収益性評価ツールの要件

事業化リスクの高さを定量的に表現できる収益性評価ツールが必要と考える。

- 対象国の政策によって廃棄物の受注見込み・額がどのように変動し、それが収益性にどの程度の影響を与えるかを評価できること
- 対象国における資機材調達コストの幅によって収益性がどのように変動するかを評価できること
- 対象国における労働、ユーティリティ調達コストの幅によって収益性がどのように変動するかを評価できること
- 対象国における廃棄物受注見込み・額、再生品精算量・売却額に関するデータの幅によって収益性がどのように変動するかを評価できること
- 対象国からわが国に利益移転をするためのコストの幅によって収益性がどのように変動するかを評価できること

(3) 重要リスクの選出

前述した数々のリスクは、収益性に与える影響の大きさによって並び替えが可能で、収益性にとりわけ大きな影響を与えるいくつかのリスク要因を重要リスクとして選出することができる。言い換えれば、収益性に大きな影響を与えないリスクを検討から切り捨てることによって、評価のための手間を一部のリスクに集中させることができるので、検討効率が向上する。

すなわち収益性に与えるリスク要因の感度を評価して、感度の大きなリスク要因を選出する。感度は一般にリスク要因の代表値において収益性に対する微係数として与えられるが、代表値近傍の微係数は代表値近傍に遠く急激な収益性の変化を反映しないという課題があり、ここではリスク要因の取りうる「幅」を設定し、最良値、最悪値とし、それぞれにおいて収益性を計算してその幅を当該リスク要因の感度として定義する。感度が大きなリスク要因を重要リスク要因として選出する。

(4) 収益性の確率分布

仮にある重要リスク要因の確率分布が、簡単のために離散的に最良値、標準値、最悪値のいずれかが生じると考え、それぞれの発生確率が

- $p(i, w), p(i, s), p(i, b)$

ここで

i は重要要因の番号 ($i = 1, 2, \dots, n$)

$p(*, w), p(*, s), p(*, b)$ はそれぞれ最良、標準、最悪ケースが生じる確率

と想定する。なお、

- $p(*, w) + p(*, s) + p(*, b) = 1$

である。ここで簡単のために $p(*, w) = 10\%, p(*, s) = 80\%, p(*, b) = 10\%$ などと便宜的に設定できる。この場合、逆に最悪ケースと最良ケースのパラメータは発生確率 10% を想定して設定することになる。

また、すべての重要リスク要因に渡り、ある事象が生じる確率を足し上げると

- $\sum_{w,s,b} \prod_{i=1}^n p(i, *) = 1$

となる。

この時、あるケースの収益 T は

$$\blacksquare T(k) = \sum_{i=1}^n p(i,*) * T(i,*)$$

と記述でき、これが生じる確率は

$$\blacksquare P(k) = \prod_{i=1}^n p(i,*)$$

となる。なお、ケースの数 k は 3^n 通りとなる。

ここで期待収益は $\sum_{k=1}^{3^n} P(k) * T(k)$ として得られる。

これらを用いて横軸に $T(k)$ 、縦軸に $P(k)$ を取ると収益性の確率分布が得られる。また、 $P(k)$ を累積確率分布として図を描くと理解がしやすい。

(5) 収益性の確率分布の解釈

収益性の累積確率分布の結果の例を図 3.4.1.2-1 に示す。事業 A は事業 B よりもなだらかな累積確率分布を持ち、うまくいけば大きな収益を産む可能性もあるが、マイナスとなる可能性も低くなく、ハイリスクハイリターンの事業である。事業 B はマイナスとなる確率は少ないが、事業 A と比べると大きな収益は期待できず、手堅い事業である。ほかにも収益がゼロとなる確率、収益の期待値などを計算によって求めることが可能である。

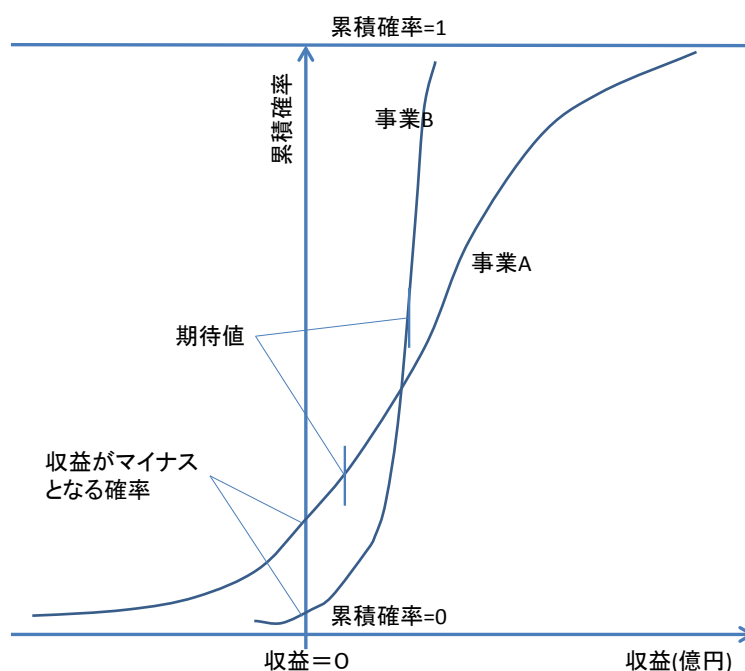


図 3.4.1.2-1 収益性の累積確率分布の概念図

3.4.1.3 各国事例への適用

SWOT 分析結果、廃棄物政策からみたアジア諸国の類型化、現地調査結果を踏まえて、ベトナム、タイ、マレーシアそれぞれにおける可能性の高い事業の採算性を分析した。

(1) ベトナム国など新興国家におけるガラリサイクル事業

①背景と趣旨

ベトナムなど新興国家においては活発な建設事業を背景としてガラ等が大量に発生している。ガラ等は有害性が低いため、町中に集積されたり、湿地の埋め戻し材として利用されているが、利用に回らないガラ等は都市ごみ処分場にも搬入されており、埋立容量を無用に消費している。他方、道路敷設にあつては山砂、川砂が建設資材として有償で用いられている。わが国で盛んに行われているように双方をマッチングできればガラ等を有効に利用することが可能である。そこでベトナムを想定したガラ等のリサイクル事業の収益を検討した。

②収益性の定義

15 年間の収益性を計算した。

③コスト構成

以下のコストと収入から収益を計算した。

- 施設整備費
- 借入金利
- 人件費

- ユーティリティ費
- 補修費
- 廃棄物処理料金収入
- ガラ売却収入

④計算式

- 年間処理量 $q = \text{処理能力 } ps * \text{施設稼働率 } or * \text{年間稼働日数 } dy$
- 借入金 $aml = \text{施設整備費 } cc * \text{借入比率 } rl$
- 人件費 $Cs = \text{管理者数 } nw1 * \text{管理者人件費 } ps1 + \text{事務員数 } nw2 * \text{事務員人件費 } ps2 + \text{警備等人数 } nw3 * \text{警備等人件費 } ps3 + \text{選別人員数 } nw4 * \text{選別人員人件費 } ps4$
- 電気代 $Ce = \text{電気代単価 } Pe * q / 1000$
- 消耗品費 $Cc = cc * \text{機械設備費率 } rmcn * \text{対機械設備費消耗品費率 } rc$
- 補修費 $Cm = cc * \text{機械設備費率 } rmcn * \text{対機械設備費補修費率 } rm$
- 廃棄物処理収入 $Rswm = q * \text{廃棄物処理料金 } Pswm / 1000$
- 資源売却収入 $Rrs = q * \text{再資源化率 } rs * \text{売却単価 } Prs / 1000$
- 対象期間施設整備費 $C1 = cc / 1000$
- 対象期間借入金金利 $C2 = pvInterest(aml, \text{返済年数 } ri, \text{年金利 } ir, \text{割引率 } dr)$
 なお、 $pvInterest$ は借入額 aml を利率 ir で借り入れ、 ri 年で返済した時の元利均等返済における利息分を算出する関数とした。各年の支払利息分を割引率 dr で初年度価値に換算して考慮した。
- 対象期間人件費 $C3 = Cs * \text{計算対象期間 } n / 1000$
- 対象期間ユーティリティ費 $C4 = (Ce + \text{軽油代 } C1 + \text{油脂・薬品代 } Cmd + \text{水道代 } Cw + Cc) * \text{諸経費率 } Cad$
- 対象期間補修費 $C5 = Cm * n / 1000$
- 対象期間一般管理費 $C6 = (C3 + C4 + C5) * n / 1000$
- 対象期間処理料金収入 $S1 = Rswm * n / 1000$
- 対象期間ガラ売却収入 $S2 = Rrs * n / 1000$
- 収益 = $(S1 + S2) - (C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6)$

⑤パラメータ

ベトナムにおけるガラリーサイクル事業の収益を分析するためのパラメータを表 3.4.1.3-1 に示した。

表 3.4.1.3-1 ベトナム国におけるガラリーサイクル事業の収益性分析のためのパラメータ

区分	パラメータ	単位	記号	最低値	標準値	最高値
全体	計算対象期間	年	n	15	15	15
	割引率	-	dr	0.085	0.105	0.125
	処理能力(24hr)	t/d	ps	1,000	1,000	1,000
	施設稼働率	-	or	0.9	0.7	0.5
	年間稼働日数	d/y	dy	282	282	282
	年間処理量	t/y	q	253,414	197,100	140,786
施設	施設整備費	千円	cc	350,000	250,000	150,000
	機械設備費率	-	rmcn	0.7	0.7	0.7
	借入比率	-	rl	0.8	0.4	0.0
	借入金	千円	aml	280,000	100,000	0
	年金利	-	ir	0.13	0.12	0.11
	返済年数	年	ri	5	10	15
運転	管理者人数	人	nw1	1	1	1
	事務人数	人	nw2	2	2	2
	警備等	人	nw3	2	2	2
	選別運転人数	人	nw5	30	25	20
	管理者人件費	千円/人年	ps1	856	856	856
	事務人件費	千円/人年	ps2	650	500	350

区分	パラメータ	単位	記号	最低値	標準値	最高値
	警備等人件費	千円/人年	ps3	650	500	350
	選別運転人員人件費	千円/人年	ps5	650	500	350
	人件費	千円	Cs	22,956	15,356	9,256
	電気代単価	円/ton	Pe	288	192	96
	電気代	千円	Ce	72,983	37,843	13,515
	軽油代	千円	Cl	500	500	500
	油脂・薬品	千円	Cmd	3000	2000	1000
	水道代	千円	Cw	500	500	500
	対機械設備費消耗品費率	-	rc	0.08	0.08	0.08
	消耗品費	千円	Cc	19,600	14,000	8,400
	対機械設備費補修費率	-	rm	0.10	0.10	0.10
補修	補修費	千円	Cm	24,500	17,500	10,500
管理	諸経費率	-	Cad	0.1	0.1	0.1
売上	廃棄物処理料金	円/トン	Pswm	100	150	200
	廃棄物処理収入	千円	Rswm	25,341	29,565	28,157
	再資源化率	-	rs	0.5	0.7	0.9
	売却単価	円/ t	Prs	2500	3250	4000
	資源売却収入	千円	Rrs	316,768	448,403	506,829
支出の部	対象期間施設整備費	百万円/15年	C1	350	250	150
	対象期間借入金利	百万円/15年	C2	97	52	0
	対象期間人件費	百万円/15年	C3	344	230	139
	対象期間ユーティリティ費	百万円/15年	C4	1,449	823	359
	対象期間補修費	百万円/15年	C5	368	263	158
	対象期間一般管理費	百万円/15年	C6	216	132	66
収入の部	対象期間処理料金収入	百万円/15年	S1	380	443	422
	対象期間ガラ売却収入	百万円/15年	S2	4,752	6,726	7,602
事業収益		百万円/15年	Profit	2,308	5,421	7,154

⑥重要なパラメータの選出（感度分析）

図 3.4.1.3-1 に示したように設定されたパラメータはアジア諸国における事業リスクの大きさを反映して大きく変動している。標準値を用いて計算した 15 年間収益合計は 54 億であるが、不確定なパラメータが多く、収益は大きく振れる可能性がある。大きく影響を与えるのは再資源化率、施設稼働率、ガラの売却単価であり、収入の多寡が収益に大きく影響を与えることが分かった。ガラの不法投棄などへの規制、良質なガラの生産と需要の確保がキーポイントとなる。

⑦収益性の確率分布

図 3.4.1.3-2 に示すように期待収益は約 54 億円で最悪の場合でも 10～20 億円の収益を期待できる。手堅い事業と評価できる。

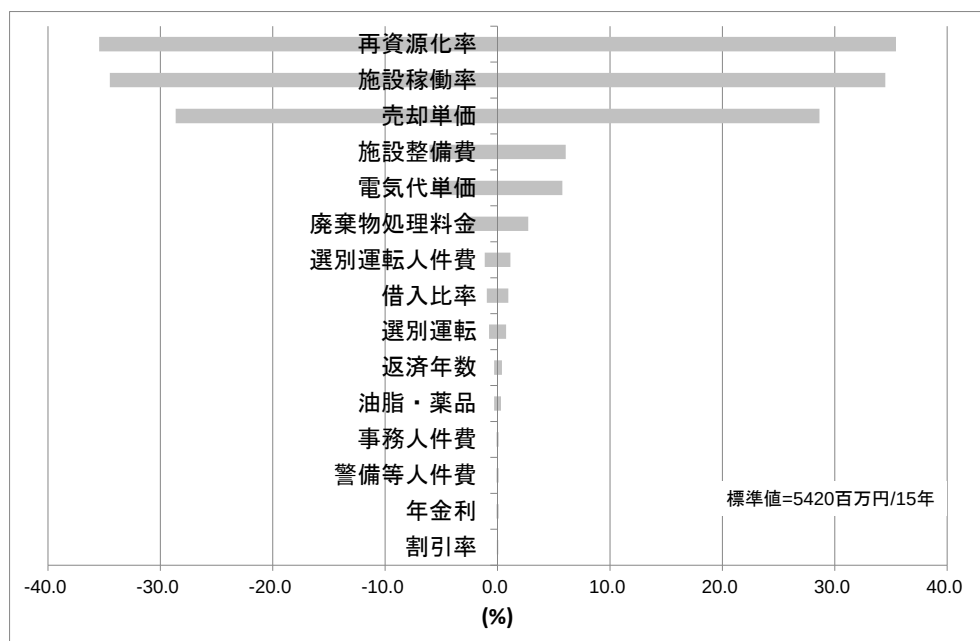


図 3.4.1.3-1 ベトナム国におけるガラリサイクル事業の収益を左右する要因

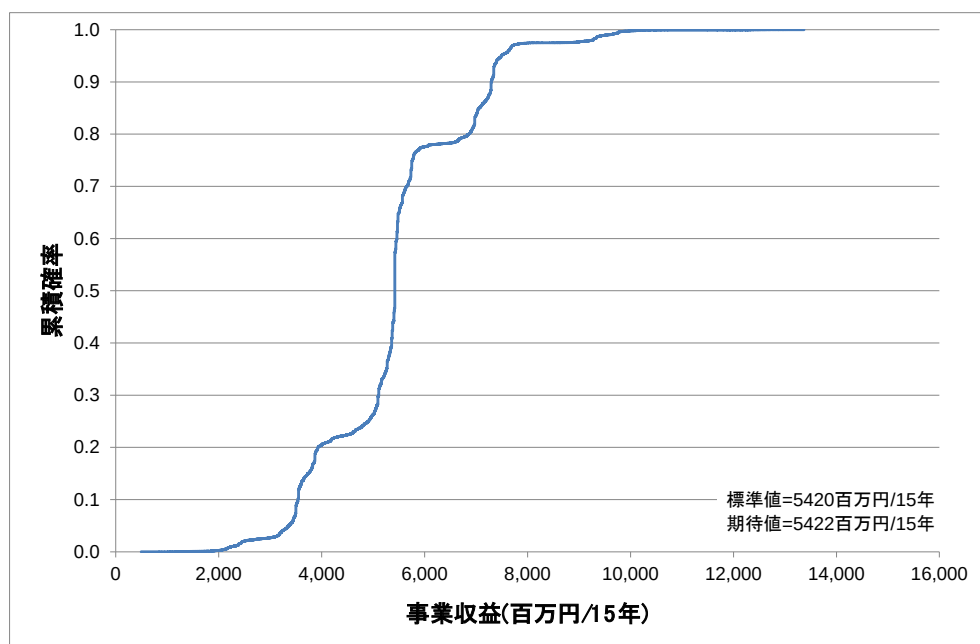


図 3.4.1.3-2 ベトナム国におけるガラリサイクル事業の収益の累積確率分布

(2) 産業が発達したタイ等の中堅国における産業との連携による都市ごみ処理

①背景と趣旨

社会経済の発展に伴い都市ごみ管理への要求水準が高まり、中間処理の高度化による脱埋立の方策が模索され始める。しかしながら、一般的に安定的な中間処理を行うためのコスト負担が課題となる。我が国ではコンポスト化と焼却処理から取り組みを始め、最終的には焼却技術が一般化していった。他方高度経済成長を路線にあった産業界では廃棄物由来のセメント原料、代替エネルギーなどは見向きもされず、廃棄物が資源として注目するのは 21 世紀を迎えてからである。

仮に我が国の産業界が当初から廃棄物の資源性に着目し、またその利用促進のための政策が早くから入っていたらどのような都市ごみ処理システムが形成されていたのだろう。タイなど中堅国では日系企業をはじめ多くの産業集積がすでにある。他方我が国には廃棄物を資源として活用するための技術が集積されている。これ

らを組み合わせることによって、図 3.4.1.3-3 に示すような産業と連携した都市ごみ処理システムが可能である。

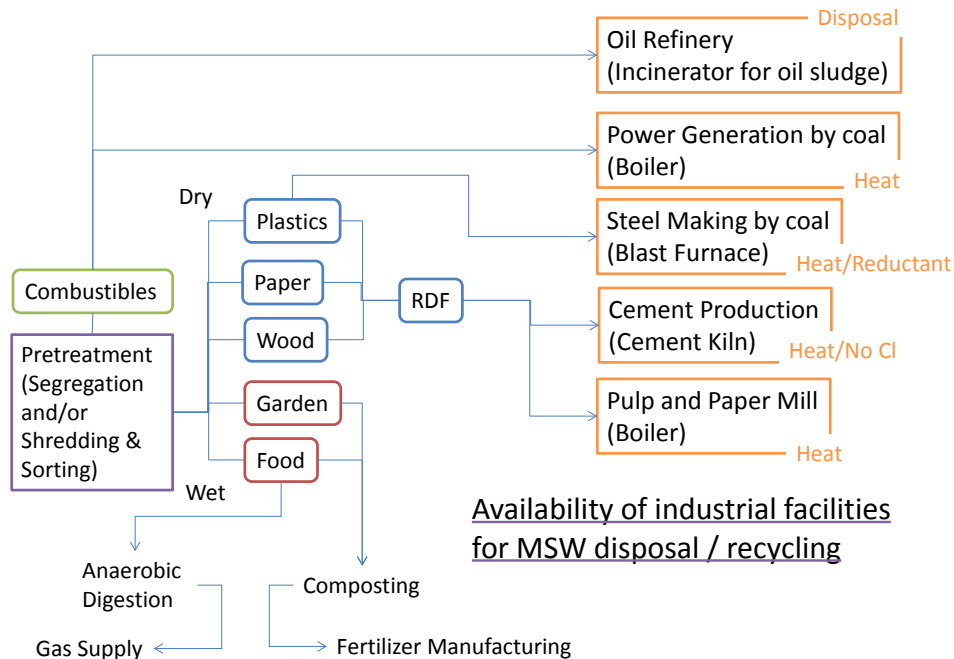


図 3.4.1.3-3 産業と連携した都市ごみ処理システム

②収益性の定義

15 年間の収益性を計算した。

③コスト構成

以下のコストと収入から収益を計算した。

- 施設整備費
- 借入金利
- 人件費
- 補修費
- 廃棄物処理料金収入
- 資源売却収入

④計算式

- 年間処理量 $q = \text{処理能力 } ps * \text{施設稼働率 } or * \text{年間稼働日数 } dy$
- 施設整備費 $cc = \text{処理能力 } ps * \text{トン当たり施設整備費 } Pcc$
- 借入金 $aml = \text{施設整備費 } cc * \text{借入比率 } rl$
- 人件費 $Cs = \text{管理者数 } nw1 * \text{管理者人件費 } ps1 + \text{事務員数 } nw2 * \text{事務員人件費 } ps2 + \text{警備等人数 } nw3 * \text{警備等}$
人件費 $ps3 + \text{選別人員数 } nw4 * \text{選別人員人件費 } ps4$
- 補修費 $Cm = \text{施設整備費 } cc * \text{機械設備費率 } rmcn * \text{対機械設備費補修費率 } rm$
- 廃棄物処理収入 $Rswm = \text{廃棄物処理料金 } Pswm * \text{年間処理量 } q$
- RDF 売却収入 $s1 = \text{RDF 率 } r1 * \text{年間処理量 } q * \text{RDF 売却単価 } p1$
- プラスチック売却収入 $s2 = \text{プラスチック率 } r2 * \text{年間処理量 } q * \text{プラスチック売却単価 } p2$
- コンポスト売却収入 $s3 = \text{コンポスト率 } r3 * \text{年間処理量 } q * \text{コンポスト売却単価 } p3$
- 売電収入 $s4 = \text{発電原単位 (売電) } r4 * \text{年間処理量 } q * \text{売電単価 } p4$
- 可燃分売却収入 (コスト) $s5 = \text{可燃分率 } r5 * \text{年間処理量 } q * \text{可燃分売却単価 (コスト) } p5$
- 対象期間施設整備費 $C1 = cc / 1000$
- 対象期間借入金利 $C2 = \text{pvInterest}(aml, \text{返済年数 } ri, \text{年金利 } ir, \text{割引率 } dr)$
なお、 pvInterest は借入額 aml を利率 ir で借り入れ、 ri 年で返済した時の元利均等返済における利息分を算出する関数とした。各年の支払利息分を割引率 dr で初年度価値に換算して考慮した。
- 対象期間人件費 $C3 = Cs * \text{計算対象期間 } n / 1000$
- 対象期間補修費 $C4 = Cm * n / 1000$

- 対象期間一般管理費 $C6=(C3+C4)*n/1000$
- 対象期間処理料金収入 $S1=R_{swm}*n/1000$
- 対象期間ガラ売却収入 $S2=R_{rs}*n/1000$
- 収益 = $(S1+S2) - (C1+C2+C3+C4+C5)$

⑤パラメータ

タイにおける都市ごみ選別事業の収益を分析するためのパラメータを表 3.4.1.3-2 に示した。

表 3.4.1.3-2 タイ国における都市ごみ選別事業の収益性分析のためのパラメータ

区分	パラメータ	単位	記号	最低値	標準値	最高値
全体	計算対象期間	年	n	15	15	15
	割引率	-	dr	0.02	0.03	0.04
	処理能力(8hr)	t/d	ps	180	180	180
	施設稼働率	-	or	0.8	0.8	0.8
	年間稼働日数	d/y	dy	282	282	282
	年間処理量	t/y	q	40,546	40,546	40,546
施設	トン当たり施設整備費	千円/t	Pcc	5,150	5,150	5,150
	施設整備費	千円	cc	927,000	927,000	927,000
	機械設備費率	-	rmcn	0.7	0.7	0.7
	借入比率	-	rl	0.8	0.8	0.8
	借入金	千円	aml	741,600	741,600	741,600
	年金利	-	ir	0.05	0.06	0.07
	返済年数	年	ri	15	15	15
運転	管理者人数	人	nw1	3	3	3
	事務人数	人	nw2	6	6	6
	警備等	人	nw3	2	2	2
	選別運転人数	人	nw5	33	33	33
	管理者人数人件費	千円/人年	Ps1	1,044	1,044	1,044
	事務人数人件費	千円/人年	ps2	408	408	408
	警備等人件費	千円/人年	ps3	240	240	240
	選別運転人数人件費	千円/人年	ps5	138	138	138
	人件費	千円	Cs	10,614	10,614	10,614
補修	対機械設備費補修費率	-	rm	0.03	0.03	0.03
	補修費	千円	Cm	19,467	19,467	19,467
管理	諸経費率	-	Cad	0.1	0.1	0.1
売上	廃棄物処理料金	円/トン	Pswm	1000	1500	2000
	廃棄物処理収入	千円/年	Rswm	40,546	60,819	81,093
	RDF 率	-	r1	0.075	0.075	0.075
	RDF 生産量	トン/年	x1	3,041	3,041	3,041
	RDF 売却単価	円/トン	p1	2,520	2,800	3,080
	RDF 売却収入	千円/年	s1	7,663	8,515	9,366
	プラスチック率	-	r2	0.084	0.084	0.084

区分	パラメータ	単位	記号	最低値	標準値	最高値
	プラスチック回収量	トン/年	x2	3,406	3,406	3,406
	プラスチック売却単価	円/トン	p2	2,520	2,800	3,080
	プラスチック売却収入	千円/年	s2	8,583	9,536	10,490
	コンポスト率	-	r3	0.105	0.105	0.105
	コンポスト生産量	トン/年	x3	4,257	4,257	4,257
	コンポスト売却単価	円/t	p3	900	1,000	1,100
	コンポスト売却収入	千円/年	s3	3,832	4,257	4,683
	発電原単位（売電）	MWh/t	r4	0.11	0.11	0.11
	売電可能量	MWh/年	x4	4,460	4,460	4,460
	売電単価	円/kWh	p4	12.5	12.5	15
	売電収入	千円/年	s4	55,751	55,751	66,901
	可燃分率	-	r5	0.245	0.245	0.245
	可燃分回収量	トン/年	x5	9,934	9,934	9,934
	可燃分売却単価	円/t	p5	-1000	-1500	-2000
	可燃分売却収入	千円/年	s5	-9,934	-14,901	-19,868
	資源売却収入	千円	Rrs	58,232	54,644	62,207
支出の部	施設整備費	百万円/15年	C1	927	927	927
	借入金利	百万円/15年	C2	294	340	382
	人件費	百万円/15年	C3	159	159	159
	補修費	百万円/15年	C4	292	292	292
	一般管理費	百万円/15年	C5	45	45	45
収入の部	処理料金収入	百万円/15年	S1	608	912	1,216
	資源売却収入	百万円/15年	S2	873	820	933
事業収益		百万円/15年	Profit	-236	-31	344

⑥重要なパラメータの選出(感度分析)

図 3.4.1.3-4 に示すように当該事業は廃棄物処理料金収入、売電単価、可燃分売却単価によって大きく影響を受ける。廃棄物処理料金と可燃分売却単価は当該事業が新たな事業であることから単価を正確に見積もることができないパラメータである。今後、ごみ処理水準の高度化によって廃棄物処理料金は値上がりする可能性が高い。可燃分売却単価については受入先となる産業との具体的な調整を通じて事業の不確実性を下げる努力が必要である。売電単価は政策的な外生因子であり、今後の再生可能エネルギー政策いかんによっては値上がりが期待できる。

⑦収益性の確率分布

図 3.4.1.3-5 に示すように設定したパラメータセットでは事業が赤字となる確率は 70%であり、期待収益は -500 百万円/15年から+600 百万円/15年まで緩やかに分布しており、本事業が新事業であることを反映して、リスクの高い事業であることを示している。実施に当たっては関係する産業との十分な調整がリスクを下げるために不可欠である。

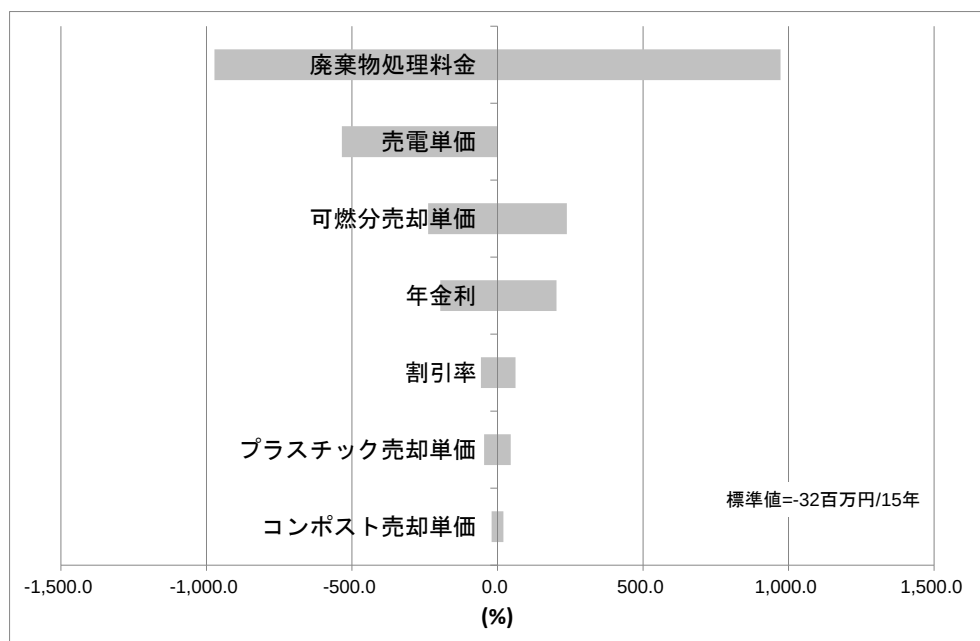


図 3.4.1.3-4 タイ国における都市ごみ前処理事業の収益を左右する要因

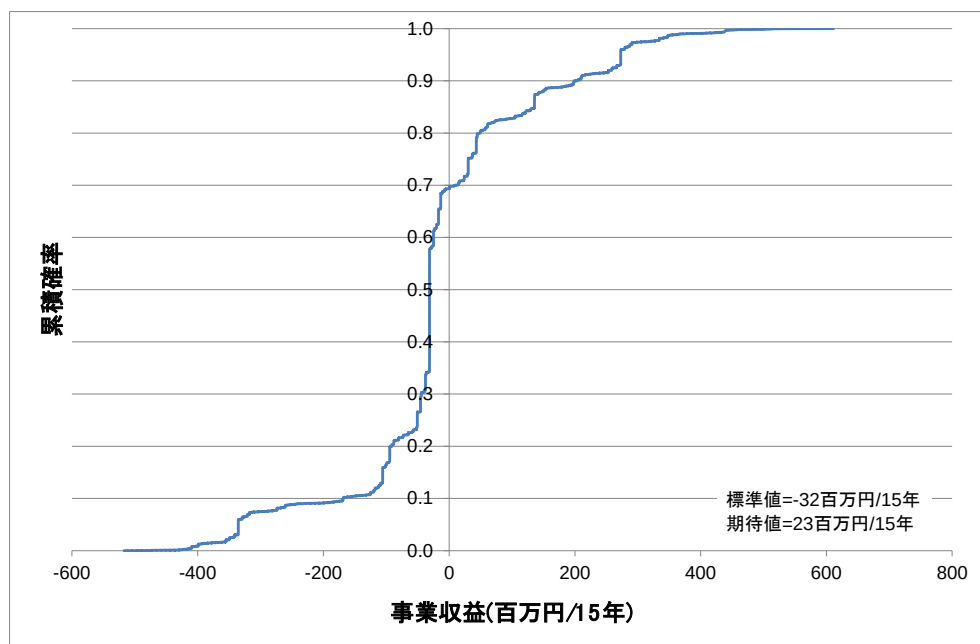


図 3.4.1.3-5 タイ国における都市ごみ前処理事業の収益の累積確率分布

(3) マレーシア国等中進国における焼却事業

①背景と趣旨

直接埋立を中心的な処理方法とするアジア諸国においては、処分場の管理の難しさから、かねてから焼却処理に期待がもたれてきたが、主として財政的な理由から導入事例はプーケットなど財政力があり、島しょであるといった特殊な条件下のみに限られてきた。しかしながら、近年マレーシアなどアジア諸国の中でも比較的経済力を持つ国々で焼却施設を導入しようとする動きが活発化してきている。焼却処理の経験を豊富に有するわが国も大いに注目しているものの、西欧諸国、韓国、中国などコンペティターも少なくなく、分別収集との組み合わせを強調してトータルソリューションを提供するなど、わが国ならではの提案が求められているが、依然、価格競争力は最も重要な論点であることに変わりはない。ここではマレーシア等を想定した焼却事業の収益性分析を行う。

②収益性の定義

25年間の収益性を計算した。

③コスト構成

以下のコストと収入から収益を計算した。

- 施設整備費
- 借入金利
- 人件費
- ユーティリティ費
- 整備補修費
- 庶務費
- 廃棄物処理料金収入
- 売電収入

④計算式

- 年間処理量 $q = \text{施設規模 } ps * 365 * \text{施設稼働率 } r$
- 施設整備費 $cc = ps * \text{施設規模当たり建設費単価 } ccps$
- 自己資金 $ib = cc * \text{自己資金比率 } rib$
- 借入金 $aml = cc - ib$
- 人件費 $Cs = \text{必要人員 } nw * \text{人件費単価 } Ps$
- 水道代 $Cw = q * \text{トン当たり水使用量 } wc * \text{水道代単価 } Pw / 1000$
- 洗煙排水必要量 $wwc = q * \text{トン当たり洗煙排水必要量 } wwct$
- 薬剤費 $cmd = wwc * \text{洗煙排水当たり薬液単価 } Pmd / 1000$
- 消費電力量 $Cel = q * \text{トン当たり消費電力量 } Pel / 1000$
- 補修費 $Cm = cc * \text{補修費率 } rm$
- 廃棄物処理収入 $Rswm = q * \text{廃棄物処理料金 } Pswm / 1000$
- 発電量 $mwh = \text{廃棄物発熱量 } c * q * 1000 / 860 / 1000 * \text{発電効率 } ee$
- 売電量 $Sel = mwh - Cel$
- 売電収入 $Res = Sel * \text{売電単価 } Pes$
- 対象期間施設整備費 $C1 = cc / 1000$
- 対象期間借入金利 $= pvInterest(aml, \text{計算対象期間 } n, \text{年金利 } ir, \text{割引率 } dr)$

なお、 $pvInterest$ は借入額 aml を利率 ir で借り入れ、 n 年で返済した時の元利均等返済における利息分を算出する関数とした。各年の支払利息分を割引率 dr で初年度価値に換算して考慮した。

- 対象期間人件費 $C1 = Cs * (n - \text{事業開始準備年数 } np) / 1000$
- 対象期間ユーティリティ費 $C4 = (Cw + Cmd) * (n - np) / 1000$
- 対象期間補修費 $C5 = Cm * (n - np) / 1000$
- 対象期間庶務費 $C6 = \text{管理費 } Aga * (n - np) / 1000 + \text{準備段階管理費 } Agap * np / 1000$
- 対象期間処理料金収入 $S1 = Rswm * (n - np) / 1000$
- 対象期間売電収入 $S2 = Res * (n - np) / 1000$
- 収益 $Profit = (S1 + S2) - (C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6)$

⑤パラメータ

アジア諸国における焼却処理事業の収益性分析のためのパラメータを表 3.4.1.3-3 に示す。

表 3.4.1.3-3 マレーシア国における焼却処理事業の収益性分析のためのパラメータ

パラメータ		単位	記号	最悪値	標準値	最良値
全 体	計算対象期間	年	n	25	25	25
	割引率	-	dr	0.05	0.06	0.08
	施設規模	t/d	ps	1,000	1,000	1,000
	施設稼働率	-	r	0.70	0.80	0.80
	廃棄物発熱量	kcal/kg	c	1,000	1,200	1,400
	年間処理量	t/y	q	255,500	292,000	292,000
	事業開始準備年数	年	np	10	6	3
施設	施設規模当たり建設費単価	千円/t	ccps	12,000	12,000	12,000

パラメータ		単位	記号	最悪値	標準値	最良値
	施設整備費	千円	cc	12,000,000	12,000,000	12,000,000
	自己資金比率	-	rib	0.10	0.10	0.30
	自己資金	千円	ib	1,200,000	1,200,000	3,600,000
	借入金	千円	aml	10,800,000	10,800,000	8,400,000
	年金利	-	ir	0.09	0.085	0.08
運 転	必要人員	人	nw	80	50	50
	人件費単価	千円/人年	Ps	360	324	288
	人件費	千円	Cs	28800	16200	14400
	トン当たり水使用量	m3/t	wc	0.6	0.6	0.6
	水道代単価	円/m3	Pw	68.4	65.25	62.1
	水道代	千円	Cw	10485.72	11431.8	10879.92
	トン当たり洗煙排水 必要量	m3/t	wwct	0.3	0.3	0.3
	洗煙排水必要量	m3/年	wwc	76650	87600	87600
	洗煙排水当たり薬液 単価	円/m3	Pmd	1176	1176	1176
	薬剤費	千円	Cmd	90,140	103,018	103,018
	トン当たり消費電力 量	kWh/t	Pel	110	110	110
	消費電力量	MWh/年	Cel	28,105	32,120	32,120
補 修	補修費率	-	rm	0.020	0.015	0.015
	補修費	千円	Cm	240,000	180,000	180,000
売 上	廃棄物処理料金	円/t	Pswm	4500	5250	6000
	廃棄物処理収入	千円	Rswm	1,149,750	1,533,000	1,752,000
	発電効率	-	ee	0.1	0.15	0.15
	発電量	MWh/年	mwh	29,709	61,116	71,302
	売電量	MWh/年	Sel	1,604	28,996	39,182
	売電単価	円/kWh	Pes	12.501	12.501	12.501
	売電収入	千円	Res	20,055	362,482	489,818
管 理 費	準備段階管理費	千円/年	Agap	20,000	15,000	10,000
	管理費	千円/年	Aga	50,000	50,000	50,000
支 出 の 部	対象期間施設整備費	百万円/25年	C1	12,000	12,000	12,000
	対象期間借入金利	百万円/25年	C2	10,567	9,146	5,740
	対象期間人件費	百万円/25年	C3	432	308	317
	対象期間ユーティリ ティ費	百万円/25年	C4	1,509	2,175	2,506
	対象期間補修費	百万円/25年	C5	3,600	3,420	3,960
	対象期間庶務費	百万円/25年	C6	950	1,040	1,130
収 入 の 部	対象期間処理料金収 入	百万円/25年	S1	17,246	29,127	38,544
	対象期間売電収入	百万円/25年	S2	301	6,887	10,776

パラメータ	単位	記号	最悪値	標準値	最良値
事業収益	百万円/25年	Profit	-11,511	7,925	23,667

⑥重要なパラメータの選出（感度分析）

表 3.4.1.3-3 におけるパラメータの標準値を最低値、最高値へと振って各ケースにおいて収益を計算し、収益がどの程度変化するかを計算し、図 3.4.1.3-6 に示した。設定されたパラメータはアジア諸国における事業リスクの大きさを反映して大きく変動している。標準値を用いて計算した 25 年間収益合計は 79 億であるが、不確定なパラメータが多く、収益は大きく振れる可能性がある。中でも事業開始準備年数、廃棄物処理料金、発電関係パラメータ、借入関係パラメータは収益性に大きな影響を与える。事業開始準備年数は住民合意や政府による調達の都合で大きく振れる可能性の高いパラメータである。事業の開始が遅れるとそれだけ売り上げが立つまでの期間が長くなり、経費のみがかさむため重要である。廃棄物処理料金単価は直接収益に大きな影響を与えるパラメータである。廃棄物の発熱量や発電効率などによっては、売電収入は大きく影響を受け、結果として事業収益に大きな影響を与える。また、自己資金比率、金利、割引率も借入利息に与える影響を通じて収益性に大きな影響を与える。

⑦収益性の確率分布

a) ベースケース(トン当たり施設整備費 1200 万円)

図 3.4.1.3-7 に示すようにすべてのケースが等確率で発生する場合の期待収益は約 49 億である。5%の確率で収益はマイナスになる。すべてがうまくいった場合には 200 億円もの収益が上がるケースもあるが、最悪のケースでは 100 億円の損失も覚悟しなければならない。

b) 施設整備費を抑えられなかったケース（トン当たり施設整備費 2000 万円）

先のベースケースでは施設整備費の国際競争を考慮してトン当たり施設整備費を 1200 万円としているが、ここでは施設整備費を抑えることができない場合に事業収益にどのような影響が出るのかを検討した。試算したトン当たり施設整備費は 2000 万円である。試算結果は図 3.4.1.3-8 のとおりであり、事業の採算性は期待できない。施設整備費の低減が事業を成立させる重要な課題であることが分かる。

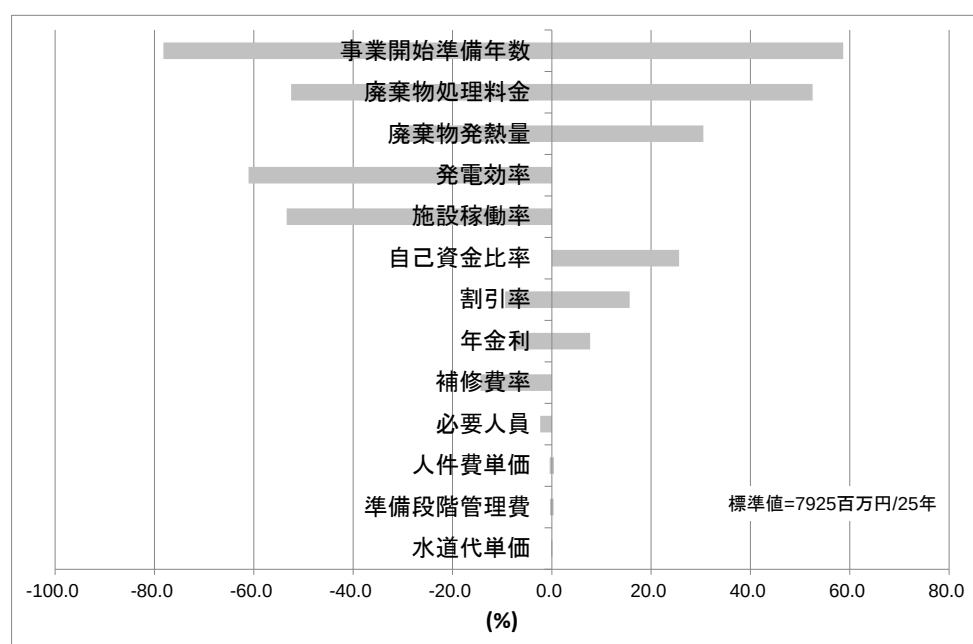


図 3.4.1.3-6 マレーシア国における焼却事業の収益を左右する要因

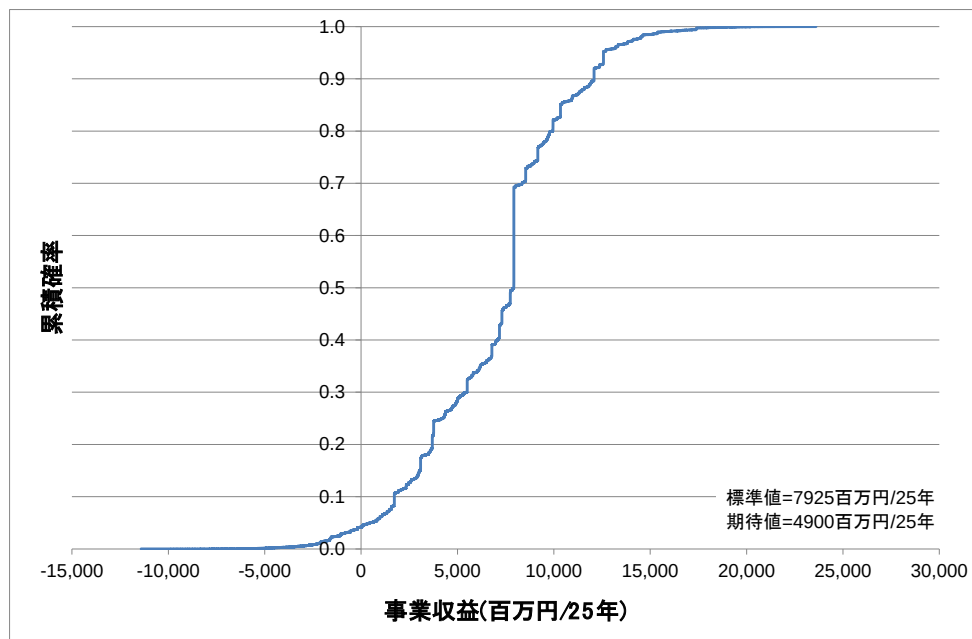


図 3.4.1.3-7 マレーシア国における焼却事業の収益の累積確率分布
(ベースケース：トン当たり施設整備費 1200 万円)

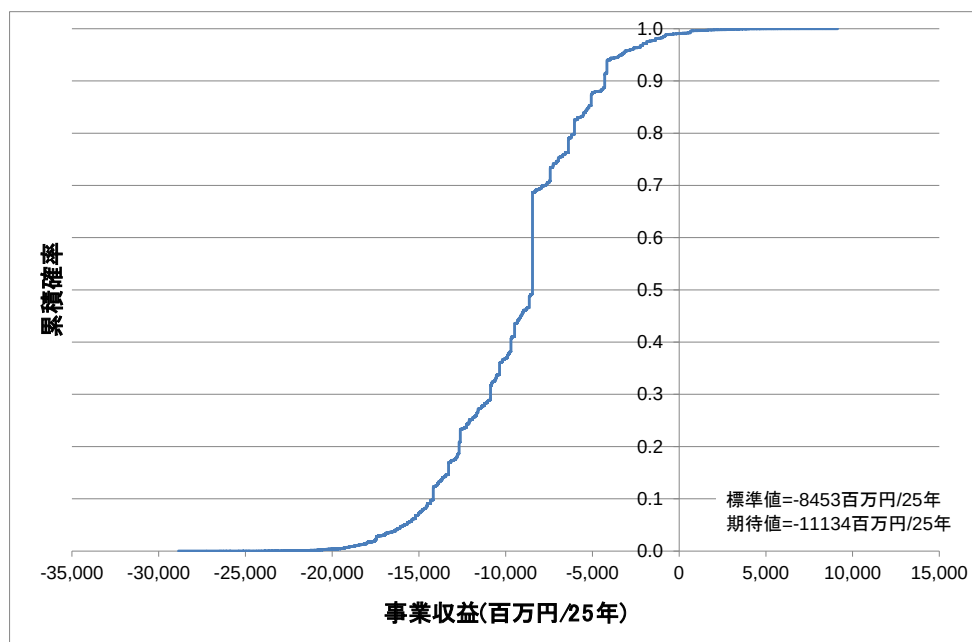


図 3.4.1.3-8 マレーシア国における焼却事業の収益の累積確率分布
(ケース：トン当たり施設整備費 2000 万円)

3.4.1.4 まとめ

キャッシュフローで事業の収益性を評価するため、収益性に与える種々のリスク要因の取りうる「幅」を最良値、最悪値として設定し、それぞれにおける収益性の幅を当該リスク要因の全体に与える大きさを評価し、収益性の累積確率分布により、事業で収益が得られる可能性を示す手法を提案した。これを用いて、前節で事業領域として特定された事業を評価した。ベトナムのガラリサイクル事業では、再資源化率、施設稼働率、ガラの売却単価が収益に大きな影響を与えるが、収益が期待できる手堅い事業であると評価された。タイの都市ごみ前処理事業では、廃棄物処理料金収入、売電単価、可燃分売却単価が収益に大きな影響を与え、設定したパラメータセットでは事業が赤字となる確率は 70%であり、本事業が新事業であることを反映してリスクの高い事業であることが示された。マレーシアの焼却事業では、住民合意や政府による調達の都合で変動の可能

性の高い事業開始準備年数と、廃棄物処理料金、発電関係パラメータ、借入関係パラメータが収益性に大きな影響を与え、すべてのケースが等確率で発生する場合に5%の確率で収益はマイナスになり、国際市場価格並みに施設整備費を抑えることができない場合に事業の採算性は期待できないことが示された。

((株) サステナブルシステムデザイン研究所和田英樹)

参考文献

1) 籠屋邦夫：戦略意思決定、ダイヤモンド社、1994

3. 4. 2 ビジネスモデル案

3.4.2.1 ベトナム国におけるビジネスモデル案

ベトナム国を対象とした廃棄物資源循環ビジネスモデルを、事業の成立までの期間により短期～中期～長期に分けて検討した。

(1) 危険廃棄物を含む産廃並びにリサイクル品の適正管理による我が国静脈産業の市場参入機会拡大事業【短期～中期】

1) 事業概要

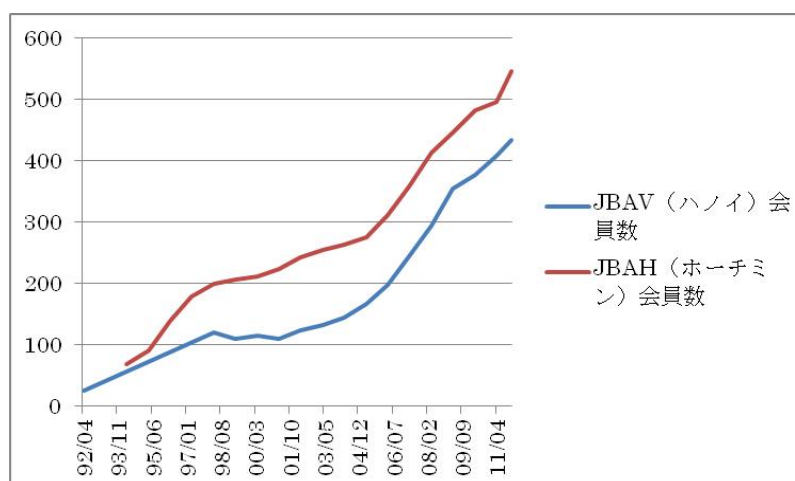
日本の産廃事業者が地元の廃棄物事業者と勝負できる分野は、資金力を除いた場合、“高い管理水準、コンプライアンスの順守”といった、安心・安全・信頼の背景となる廃棄物処理に対する“モラル”や“姿勢”であると考えられる。従ってこれら安心・安全・信頼を求める日系や欧米企業など環境意識の高い排出事業者に対して、廃棄物の適正管理サービスの提供をおこなうことができると考えられる。

2) 背景

日本においては、排出事業者が産業廃棄物の処理を委託する際に、マニフェストを使用することによって、収集運搬・中間処理場・最終処理場において処理されたことを確認できるが、ベトナムにおいては、現状マニフェストは有害廃棄物廃棄時にのみ義務付けられている。また、有害廃棄物の廃棄時も実際には、マニフェストが適正に運用されていないケースもあるという。将来的に国際的な廃棄物管理の適正化の流れにより、ベトナム国内の廃棄物管理がより厳しくなり、非有害廃棄物についても排出事業者の廃棄物管理責任が厳しくなることも考えられる。また、ベトナムにおけるコンプライアンス意識の高まりと共に、企業の情報管理・個人情報の保護などの観点からも、廃棄物の適正管理に対する需要は高まると考えられる。

3) 対象顧客

図 3.4.2.1-1 に示すように、ベトナムにおける日系企業数は、年々増加しており¹⁾、今後も日本の大手製造業者の海外展開に伴う裾野産業の進出・日本国内の不景気とベトナムにおける内需の拡大・既に中国やタイに進出している会社のリスク分散などといった要因で増加するものと考えられる。また、現在ベトナムにおいては、日系企業のみならず、欧米系や韓国系のグローバル企業および、シンガポール・香港・台湾系の工業団地も多数進出している。



(<http://www.jcci.or.jp/news/2012/0120212606.html>)

表 3.4.2.1-1 ベトナムにおける日本商工会会員数¹⁾

4) 事業内容（図 3.4.2.1-2）

【廃棄物の適正管理サービス】

有害・非有害にかかわらず工場などから廃棄される廃棄物、またリサイクル品について、収集運搬から中間処理、最終処分またはリサイクル品となるまでの過程を明らかにし、排出事業者が廃棄の委託・リサイクル原料の販売を行う都度、最終処分およびリサイクルまでを管理し、顧客が確認できるようにする。また、適正に収集運搬・処分・リサイクルされたことを顧客の要望に応じて報告などができるようなサービスを提供する。

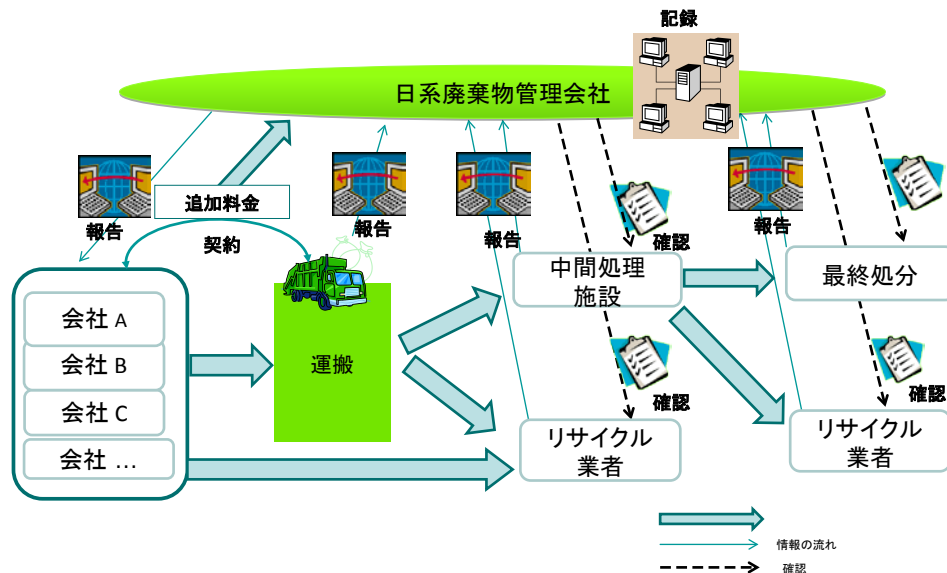


図 3.4.2.1-2 産廃並びにリサイクル品の適正管理に関する事業内容案

【ネットワーク作り】

収集運搬・処分・リサイクルを行う業者に対し、独自の基準を作り、基準をクリアできるような企業のネットワーク作りをし、自社の取り組む管理システムへの協力を求める。このことにより、顧客の廃棄物管理に対する信頼性を確保できるように努める。

【廃棄物管理の方法】

廃棄物管理会社としては、排出事業者と契約を結び、収集運搬業者および買取業者から先の業者との仲介業者としての役割を果たす。顧客の必要に応じて、追跡できるような電子ベースもしくは、紙ベースの報告書を運用する。

5) 条件・考察

現地のパートナーなどがいれば、大きな設備投資はなく、既存の事業の付加価値を高めることができるので、比較的短期で開始できると考える。顧客にどの程度、廃棄物処理の信頼性に対する付加価値を価格的に評価してもらえるかが、事業として成立するかどうかのポイントとなる。

6) 事業展開による効果

顧客へのサービスはすぐに始められるものの、環境改善への効果が現れるのは中長期的であると考えられる。現在では非有害廃棄物について、排出事業者がマニフェストを使用することなどは、法律では規定されていないが、先行して廃棄物管理ができるサービスを提供することにより、ベトナム国内の処理業者の廃棄物管理に関する意識を向上させることができるようになり、長期的にベトナム国内の環境に貢献できるものと考えられる。今後ベトナムの法制度上で非有害廃棄物の処理についても、マニフェストなどを運用するよう義務付けることになって、スムーズに各排出事業者が取り組めるようになることに貢献できると考えられる。

将来には、日系企業など以外も企業が廃棄物処理業者の選定に対し、「信頼性」を重視するようになり、廃棄物管理において信頼性の高い日系廃棄物処理業者が選ばれるような環境ができるようになると考えられ、進出しやすい環境が整えることも期待できる。

（2）有害廃棄物：日系有害廃棄物業者への窓口事業【短期】

1) 概要

海外進出の意思を持った日系企業の窓口業務を受け、一括受注を行うことにより、日系企業をなるべく活用しつつ、ベトナム国内において有害廃棄物を処理できる体制を整えてゆく。

2) 背景

現状においてベトナムの有害廃棄物処理業者は顧客から一社との契約で、処理を請け負うことが求められるため、顧客からの受注を得るために、利益の薄い品目についても、一括で請け負わなければならない状況にある。一方で日本には有害廃棄物を処理する技術を持ちつつも、一定の品目に限って事業を行っている業者が多数あるが、ベトナムでの展開を検討しても一定の品目のみで事業展開することを検討しても、受注を得ることが難しいと考えられる。また、多くの日本の有害廃棄物処理業者は規模が小さく、海外で事業を新規に調査する体力が不足しているとみられる。そういった日系企業がベトナムへの進出をする際に、例えばベトナムの法律に対応する部門や営業の部分を共通化することによって効率化できる部分も多いと考えられる。

3) 対象顧客

日系有害廃棄物処理業社と現地有害廃棄物排出事業者を想定する。

4) 事業内容

【窓口会社】

日系有害廃棄物処理業者がベトナムに進出を検討する際にベトナムの法律・制度・基準などについての情報提供およびを行う。コンサルタント的な立場で市場調査や事業展開についてのアドバイス、手続きの代行などを行う。

【一括受注】

顧客が、多岐に渡る品目の有害廃棄物を排出する際に、顧客から一括で処理を受託し、処理できる品目ごとに、適切な処理会社に処理を委託する仲介業。また、それにより、それぞれの日系有害廃棄物処理企業の営業部門の負担を軽減することができる。

5) 効果

それぞれの企業が得意分野の品目を処理することにより、有害廃棄物の処理を効率よく受注できるようになり、日系有害廃棄物処理業者の展開を促進することができるようになる。また、窓口となる業者が国際的な動きの中で排出削減が求められるような物質についても、ベトナム政府に規制制度や回収制度をつくるように働きかけ、日本政府と共同で制度の策定に協力することで、法制度と、処理できる日本の業者を一体として展開できるように、働きかけることができるようになるものと考えられる。さらに、家電リサイクルなど、一次処理を行った後に有害廃棄物が発生するような中間処理を行うような、適正な二次処理先の環境が整うことにより、ベトナムにおける展開の可能性が高まるものと考えられる。

（3）建設廃棄物：建設廃棄物リサイクル事業モデル【中期】

1) 概要

日本からの ODA 事業について、日本で既に設定している基準等一定の品質を満たしたリサイクル製品（路盤材等）を一定の割合で使用することを工事仕様に取り入れることで、日系企業が先行できる建設廃棄物リサイクル品市場の形成と流通ルートを作る。日本の ODA 事業から徐々にすそ野を広げ、将来的にはベトナムの公共事業全般への適用につなげることが日本としての支援の意義も高まると思われる。

2) 背景

ベトナムには現在、建設廃棄物リサイクル法等、市場原理に基づいてリサイクルできない建設副産物についてはリサイクルする動機付けが無い。従って有価取引されていない副産物については廃棄されている。

収益評価ツールを用いた分析にもあるように、大きく影響を与えるのはガラ売単価、施設稼働率、廃棄物処理料金、ガラ売却比率であり、収入の多寡が収益に大きく影響を与える。また、焼却事業との比較の結果、ガラリサイクルは焼却事業よりも収益規模が一けた小さく、小回りの利いた事業展開が可能である反面、ガラリサイクルはガラの売却単価などに鋭く影響を受けるので、焼却事業よりも事業収益がマイナスになる確率が 5%大きく、若干リスクであり、十分なマーケティングが重要であることがわかった。この点を解決して行くための契機として、「日本からの各種 ODA 事業」とリンクさせた“建廃リサイクル市場創出”というアプローチが考えられる。ベトナムは現在の DAC リストでは低所得層に位置付けられている。GNI は 1110 ドル（2010 年、DAC）であり、当面は ODA を経済成長のための一つの原資として利用を図るものと思われ、現在も ODA 資金の 40%程度をインフラ投資に充てている。国別援助実績では日本はベトナムにとって最大の援助国で、2008 年度の援助供与額は、円借款、無償資金協力、技術協力合わせて総額約 918 億円、2009 年度は過去最高の約 1,553 億円となった。

日本のベトナムに対する支援コンセプトは、バランスの取れた経済成長の促進に向けた持続的な経済成長のための基盤造りと貧困削減への努力に対する支援を行うこととされている。特にバランスのとれた経済成長には、工業開発の促進に資する支援や投資の効率性向上に繋がる基礎インフラ整備に対する支援を含んでいる。特に重点を置かれている分野は以下の 5 分野で、特に“輸送等のインフラ整備”においては建設廃材のリサイクル市場として有望視している。

（イ）人作り・制度作り（特に市場経済化移行支援）

- (ロ) 電力・運輸等のインフラ整備
- (ハ) 農業・農村開発
- (ニ) 教育、保健・医療
- (ホ) 環境

運輸分野では、ベトナム国内の都市間および都市と農村を結ぶ基幹輸送網や地方道路や都市公共交通基盤の整備を図りつつ、また域内や国内の物流の増加に貢献する港湾・空港・鉄道等の物流基盤施設、および東西回廊等の広域プロジェクトにも配慮し、効率的な運輸インフラ整備の検討と推進を念頭に置いている。今後も数多くの幹線道路・高速道路建設の他、地下鉄や新幹線、橋梁等大型の交通インフラ案件への日本の ODA 適用が予想される。

3) 顧客

収入源①：施主からの解体作業費並びに廃棄物運搬／処理収入

収入源②：建設資材会社への再生建設資材売却収入

4) 内容

本事業は、日本の JIS 規格をベトナムの規格として使っていくこと、企画に基づいて製造されたリサイクル品を日本の ODA 事業で使い、証明していくことがポイントである。

<活動ステップ案>

Step1: FS 実施（事業性、JIS 規格のベトナム規格流用検討）

Step2: 日本の再生建設資材規格（JIS）を参考に、ベトナム規格を設定する。

Step3: 民間事業若しくは ODA 事業の一環としてモデルプラント設置

Step4: モデルケースとして、日本の ODA 案件（道路・橋・鉄道等）で利用開始

Step5: 他国/機関の国際協力案件やベトナム自己資金案件への再生建設資材利用

5) 条件・考察

規格作りや ODA 事業への適用など、顧客との当事者間だけでは定まらない重要事項が絡むことから、中期的（3 年程度）な期間を要するビジネスモデルであると言える。

（4）生活廃棄物：中長期的な視野に基づいた地方都市での地元事業者化

1) 概要

既存大都市ではなく、中長期的視野に立って大都市周辺都市へいち早く地元事業者となるべく参入する事業モデル。人口が少ない今のうちから分別収集などの仕組みを構築していくことなど同都市行政府の支援を取り付けやすくなるなどビジネス環境を整えつつ、将来の大きな市場を取り込む。排出権取引など、日本の責任の範囲において何らかの追加的収入を得られる方法を構築し、日系企業の競争力を補う。

2) 背景

大都市周辺にはベッドタウンとしての衛星都市が周辺 10 数キロ~20 数キロに存在する。こうした都市では基本的には公社が廃棄物収集運搬並びに最終処分活動を行っている。これら衛星都市の規模がまだ小さく、廃棄物量・財政規模ともに小さいことから、諸外国を含む民間廃棄物事業者にとって魅力的でないため、民間投資のアプローチは少ない。一方、大都市への人口集中に伴い、ハノイ・HCMC 等の周辺衛星都市が今後成長することが予想されている。大都市は規模が大きいことに比例して競争も激しいことから日本企業が優位に事業を進めることは経済的・政治的にも相当の競争力を要する。

3) 顧客

各省・都市等の人民委員会

4) 内容

生活廃棄物の中間処理事業（分別回収、焼却処理、メタン発酵処理等）若しくは最終処分事業の実施。

5) 条件・考察

本事業のポイントは多岐に渡り、資金力とコスト競争力に加え、長期の事業権付与並びに土地無償貸与、物価上昇に連動した料金徴収システム設定、情報公開を通じた信頼の取り付けと地場産業化、更には長期ビジョンと臨機応変な計画変更を受け入れる体質が必要となり、これまで守られた市場で事業展開を行ってきた日系企業にはハードルが高い要素が多分に含まれていると考える。

<情報公開と信頼関係の醸成>

ホーチミン市における VWS のケースでは、廃棄物について知見の深くないベトナム政府やホーチミン市監査組織から廃棄物処理単価が高すぎるという指摘を受けており、マスコミもこれを問題視している。

先行した VWS が、残念ながら浸出水の河川流入問題を起こしたこともあり、これを契機に民間への委託事業において今後あらゆる点でベトナム側から疑念の目で見られてしまうことになるように考えるべきである。一方で一般的にベトナム側も廃棄物処理費は安く当たり前で、単価のみが先行し、活動内容の評価について広く議論する土壌が育っていないことがいえる。例えば現在ハノイ市人民委員会の傘下組織のハノイ URENCO(環境公社)では、収集運搬費としてハノイ市人民委員会より 4 米ドル/t を受け取って運営している。4 ドルという数字が先行しがちであるが、実際は処分場の運営等について必要に応じて市政府に要求することが表に出てきていない為、本来の費用については広く知られていない。

< 廃棄物処理だけに囚われない考え方 >

ホーチミン市天然資源環境局やハノイ URENCO などは VWS に設定している処理単価を妥当とする見方が大半である。ハノイ市ではこれを受けて市の南部にホーチミン市と同様の契約方式で 2,000t/日の廃棄物を 18 米ドル/t で民間委託することを検討している。この金額レベルでは焼却等の中間処理を導入することは難しいと考えるため排出権や土地の有効利用など何らかの追加収入源の確保が必要であるとする(都市においては、技術的な制約はあるにせよ、年々高騰する土地利用権を 50 年間無償で借りられることを有効活用し、焼却処理等の導入で埋立処分としての土地利用を最小化し、土地開発を早めることで、低額な廃棄物処分費を補おうというアイデアがある)。事業者側としては単に廃棄物処理だけを生業にするという限定された考え方に囚われずに、柔軟な発想が求められる。

(5) 建設廃棄物リサイクル事業モデルの展開

1) 事業可能性調査

我が国静脈産業のベトナムにおける建廃リサイクル事業への参入について可能性調査を進めた。まず、ベトナム建設省傘下の Vietnam institute for Building Materials (以下 VIBM) 並びに VIBM と共同で建廃プロジェクトを行い、施設の運営を行っていたハノイ市人民委員会の 100% 関連会社である Mechanical Engineer Service Limited Liability Company (以下 MESC) 社から両社が 2009 年にハノイ市人民委員会の予算を得て行った建廃リサイクルのパイロットプロジェクトについての情報を入手した。事業化については MESC と日本の建設廃棄物会社の協力を得た。またリサイクル製品の調達推進制度やリサイクル製品品質基準作成については、MESC と日本で建材の規格の認証および作成を行っている一般財団法人建材試験センター、並びに日本の大学機関の有識者からなるベトナムにおける建廃リサイクル資材の基準作成に係る調査研究委員会(以下、基準・制度作成委員会)を組織し、ハノイ市人民委員会建設局の協力を得た。

現地調査では、ハノイ市の建廃性状を確認するため、建築物解体現場および埋立処分場における建廃の排出状況調査を行ったほか、リサイクル製品の比較対象となるバージン原材料調査としてバージン建築資材製造工場(セメント、レンガ/ブロック等)や碎石・セメント原料となる石灰岩採石場等の視察を行った。また、建材の使用を決める立場にある設計事務所やゼネコンのほか、地方自治体としてのハノイ市の建廃行政管轄組織にあたるハノイ市人民委員会建設局に対する建廃廃棄/リサイクル状況、ハノイ市の建設市場/建廃処理の展望等に関するヒアリングを行った。

現地の建築物解体現場における廃棄物排出状況の特徴としては、排出される建廃の多くがコンクリートとレンガが多く混じった混合建設廃棄物(以下混合建廃)であること、また、有価物は現場で分別・販売され、廃棄物としては排出されないことがわかった。またこれら建廃の処理状況としては沼地などに安価な処理費で埋立されること、指定されている埋立処分場に搬入されるものの多くは造成に起因する建設発生残土であることがわかった。

建材の市場としては次の 3 点が挙げられ、市場の伸びは期待されるものの品質と価格においてバージン原材料に対して競争力があるリサイクル製品を市場に供給する仕組みや能力が要求されることがわかった。

- ①天然資源に恵まれ、輸送距離も短いため、日本に比べ安価で建材が手に入る、
- ②設計事務所やゼネコン等の建材採用権限者は品質に対し非常にセンシティブである、
- ③ハノイ市の予測では今後も建設需要は伸び続け、それに伴い建材の需要も伸び続けるということ

2) 事業検討の方向性

以上の調査の結果、建廃リサイクル事業を行う上での課題としては、次の 3 点が考えられた。

- ①強度が異なるレンガとコンクリート等が混ざった混合建廃のリサイクル方法
- ②価格・品質面におけるバージン原料に対するリサイクル建材競争力の向上
- ③リサイクル資材の使用に対してインセンティブを与える制度構築

上記を踏まえて次の 3 つの事業パターンを検討することとした。

- ①建設発生残土をセメント原料として活用する事業
- ②混合建廃を破碎・粒度調整後、路盤材等の原料とする事業
- ③混合建廃を破碎・粒度調整後、非焼成レンガの原料とする事業

“非焼成レンガ”は従来製法の焼成レンガとは異なり、製造過程に焼成工程を持たず、砕石等とセメントを圧密・成形・養生して製造するレンガ（コンクリートブロック）であり、短期的に参入検討ができる事業として位置づけている。背景としては、焼成レンガ製造の際に起こる SO_x 等の環境影響から、ベトナム政府が非焼成レンガの使用を推奨する指針を出しているほか、バージン原料から製造される非焼成レンガについては、既に入札仕様に盛り込まれはじめている等市場が形成されつつあることから、比較的参入しやすいと考えた。

ビジネスモデルとしては、現在排出事業者が埋立処分場に支払う建廃処理費同等の廃棄物処分費を受けられる仕組みを構築したうえで、リサイクル原料だけでなく非焼成レンガ製造・販売迄を事業範囲として行うことにより（例：埋立処分場運営業の傍らでリサイクル事業を行う）、収入源として建廃処分費とリサイクル製品販売費を確保し、バージン建材メーカーがバージン原材料を購入する価格未満で混合建廃を製品原料化できれば価格競争力は確保できると考えている。

3) 制度づくりの方向性

事業展開の上で必要な基準・制度を基準・制度作成委員会で検討した。建廃リサイクル事業の後押しには、

①行政側が建廃関連事業者に対して示す、建廃処理/リサイクルに対する包括的なガイドラインの作成

②建廃を破碎・分級することによって再資源化する、建廃リサイクル資材（原料）の品質基準作成

③建廃リサイクル資材（原料）を用いて製造する建廃リサイクル製品の品質基準作成

④建廃リサイクル資材（原料）や建廃リサイクル製品の利用が促進される（例：公共工事等で使われる）ようにするためのグリーン調達制度等の構築

が有効であるということが示された。

（6）まとめ

ベトナム国に対する 4 つのビジネスモデルを提案した。「有害廃棄物を含む産廃並びにリサイクル品の適正管理による我が国静脈産業の市場参入機会拡大事業」は日本の事業者による高い管理水準とコンプライアンス順守を元に日系や欧米企業など環境意識の高い排出事業者に対してサービスを提供するものである。「日系有害廃棄物業者への窓口事業」は、また、海外進出の意思を持った異なる品目を取り扱う業者を束ね、一括受注を行う窓口業務体制を整備するものである。「建設廃棄物リサイクル事業モデル」は日越両国で日本からの ODA 事業へのリサイクル品の基準と利用率を指定することで、リサイクル品が売却・消費される仕組みを作るものである。「中長期的な視野に基づいた地方都市での地元事業者化」は生活廃棄物について、現在のハノイ、ホーチミン等の大都市周辺の小都市が今後成長することが予想されることから、既にプレイヤーが強く明確な既存大都市ではなく、中長期的視野に立って周辺都市へ、人口が少ない今のうちから分別収集やアジア適合技術を導入していくなど、早く地元事業者となるべく参入するものである。

以上のうち、建設廃棄物リサイクル事業モデルについて現地会社等と共同で具体化の検討を進め、混合建廃を破碎・粒度調整後に非焼成レンガの原料とする事業について、廃棄物処分費を徴収し、非焼成レンガ製造・販売迄を事業範囲することで、バージン建材に対する価格競争力を得て、リサイクル資材（原料）の品質基準構築を定めることでバージン建材同等の品質を確保する戦略を示した。

参考文献

1) 日本商工会議所（2012）【海外情報レポート】2012 年も続く日系企業の進出（ベトナム），
<http://www.jcci.or.jp/news/2012/0120212606.html>

3.4.2.2 タイ国におけるビジネスモデル案

（1）ナコンラチャーシーマー県の概況

ナコンラチャーシーマー県の登録人口は 150,000 人であり、非登録の人口も合わせると 400,000 人程度である。都市ごみの処理は郡が行なっている。家庭からの廃棄物の収集料金は 1 カ月あたり 20～30 バーツであり、収集は夜間おこなっている。非有害廃棄物の処分費は 1 トンあたり THB 3,000 である。80 地区で排出源分別の計画があり、20 地区ではすでに開始している。1 日あたり 150 トンの都市ごみが埋立処分場に運び込まれている。また、バイオガス発電プラントを有し、バイオガスによる発電、プラスチック等の RDF 製造、および残渣の堆肥化を行なっている。現在の受け入れは 1 日あたり家庭ごみ 180 トン、市場 30 トン、県外から 200 トンの合計約 400 トンである。

ナコンラチャーシーマー県において過去に行った組成調査は表 3.4.2.2-1 の通りで、紙類並びに廃プラスチック類の比率が高い。ナコンラチャーシーマー県において廃棄物の受け皿となりうる工場（企業）を表 3.4.2.2-2 に示す。この地域には、廃棄物の受け皿産業として念頭に置いていた石炭火力発電所や製鉄所はなかった。また廃オイルのリサイクル業を行っている企業があった。

表 3.4.2.2-1 ナコンラチャーシーマー県における 201 年 1 月 7 日～12 日の生活廃棄物組成

No.	種類	重量比 (%)
1	紙類	13.89
2	鉄	2.92
3	ガラス	3.56
4	布	10.25
5	硬質プラ	6.29
6	軟質プラ	20.96
7	生ごみ	42.14
8	危険廃棄物	0.00
9	その他	0.00
	合計	100.00

表 3.4.2.2-2 ナコンラチャーシーマー県の廃棄物受け皿候補企業一覧

工場名	業務内容	立地場所	従業員数	電気規模(kW)
Tee Taruni Pack Co., Ltd.	包装紙製造	Muang	77	494.70
Thai Lime 2555 Co., Ltd.	石灰製造(8,000t/年)	Pak-Chong	58	2,848.81
Thongpol Co.,Ltd	石灰製造	Pak-Chong	34	2,310.74
Classy Consultant Co., Ltd	廃オイルリサイクル業	Pak-Chong	30	2,234.12
United Poonkhao Co.,Ltd.	石灰製造	Pak-Chong	0	2,934.30
Samukkee Cement Co., Ltd.	セメント製造、800t/日	Pak-Chong	35	1,541.52

(2) 廃棄物の各産業熱源としての適合性評価

当該地域の生活廃棄物既存処理システム（埋立処分、バイオガス発電プラント（RDF 製造、堆肥化、メタンガス回収発電）の運用状況）に上記の産業情報を重ね合わせ、図 3.4.1-1 のような廃棄物処理システムを立案した。

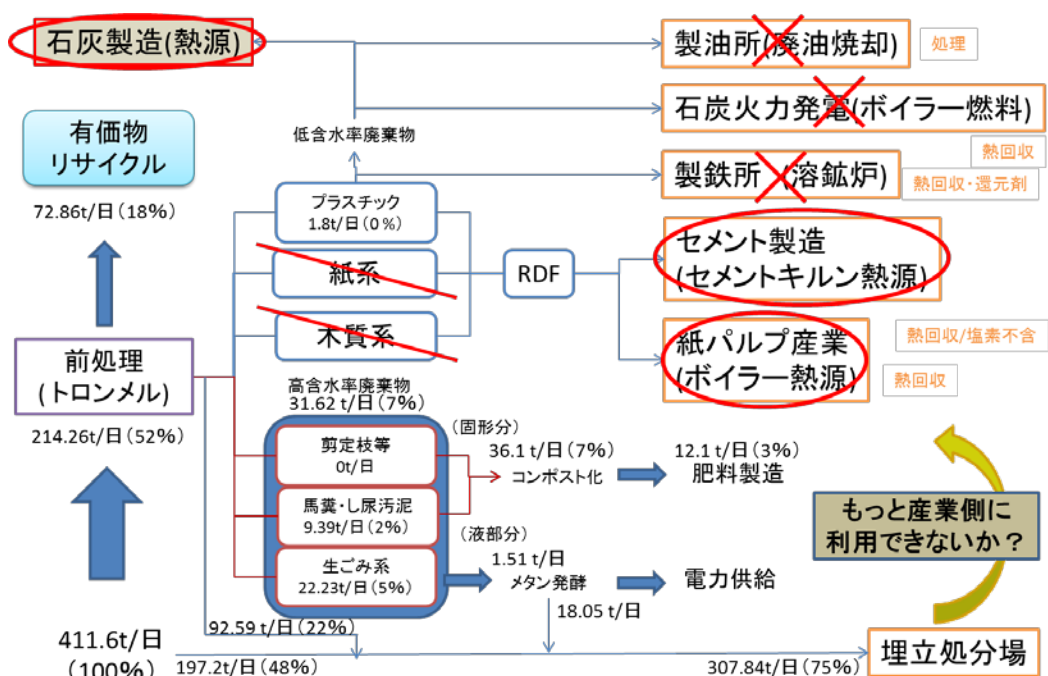


図 3.4.2.2-1 ナコンラチャーシーマー県の廃棄物管理システム

この地域には 30 万トン／年程度のセメント工場が 1 か所ある。セメント製造の代替燃料には 4,500kcal/kg 以上の発熱量と低塩素分が求められる。また、小さな段ボールメーカーが数件と、比較的大きい包装紙製造メ

ーカーがある。この産業では製造工程において蒸気を利用することから必ずボイラーが設置されている。しかし、タイにおける既存ボイラー燃料は重油であることが多く、RDFは使用されない。さらに、規模の比較的小さい石灰製造工場が複数存在する。石灰製造の代替燃料には低い硫黄分や灰分のほか、油に近い発熱量が求められるが、プラスチック主体のRDFであれば使用は可能であると考えられる。

既存の施設を活用して埋立処分量の削減を目指すためには、生ごみの活用が不可欠である。同地域では生ごみが都市ごみ組成の43%強を占めている。既設のバイオガス発電プラントでは7%しか再利用されていないことから、依然として埋め立てられる75%のうちの相当量を生ごみ系が占めると考えられる。今後は排出源分別の徹底、バイオガス発電プラント入り口の選別方法等の再検討が必要である。

（3）事業モデルの検討

RDFは条件が整えば石灰製造並びにセメント製造においての利用が可能である。現在埋立処分されている紙屑やレジ袋等の廃プラスチックなどが既設バイオガス発電プラントで回収可能であり、塩素が低ければRDF原料として利用できる。

その可能性を探るため、タイのセメント製造最大手であるSIAMセメントの関連会社であるSCI-ECOへのヒアリング調査を行った。同社Kaeng Khoi工場はナコンラチャーシーマー県に隣接する県に位置している(図3.4.2.2-2)。RDFの要求品質は、カロリーが4,500kcal以上、含水率が25%以下、大きさが50mm、塩素含有量が0.8%以下であった。また同社では、現在、埋立処分場から掘り起こしたものを、工場渡りでTHB 1,000パーツ/トンで買取り、破碎→分別の後、燃料として利用している。使用量は熱量ベースで全燃料の2%程度(4,000トン/年前後)である。現在タイ国内に5箇所あるセメント工場のうち、RDFは南部、中部、北部の各1か所(計3か所)で利用している。将来的には熱量ベースで18%を廃棄物由来の燃料でまかなうことを目指しており、30,000~40,000トン/年の燃料が必要になる見込みである。また、固形燃料化されたRDFはTHB 1,500/トン程度で買い取ることを検討している。

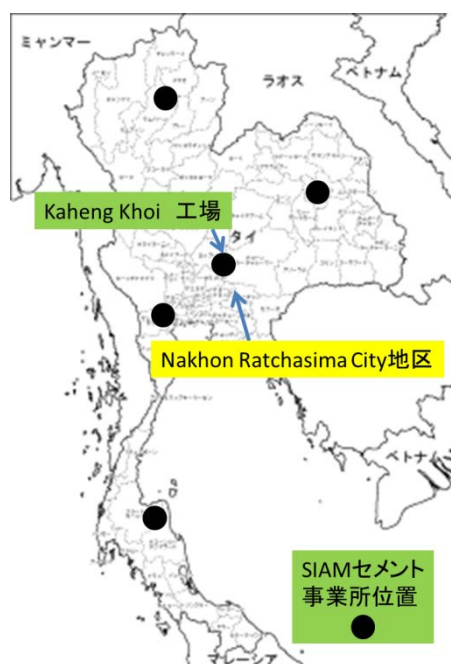


図 3.4.2.2-2SIAM セメント事業所位置図

（4）まとめ

タイ国ナコンラチャーシーマー県を事例として、製造業連携による資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する事業モデルを検討した。当該地域の産業立地を考えると、既設バイオガス発電プラントにある選別施設・RDF製造施設とセメント工場を利用した都市ごみ中のプラスチックの再利用が有望な事業モデルである。ただし、RDF単価である約4.5円/kgは他東南アジアにおける単価を下回っており、具体的な事業化には工夫を要すると考えられる。

3.4.2.2 マレーシア国におけるビジネスモデル案

基本的には中小規模が多い日系廃棄物管理サービス事業者が、マレーシア国の既存市場におけるプレイヤーとの共存・競争をする場合の事業の進め方について考察を行った。

(1) 家電リサイクル【制度設計の重要性】

日本には解体・分別技術に関する豊富な経験（ノウハウ、効率性、環境面での優位性等）がある。課題は入口（集荷能力）と出口（競争力のある販売ルートの確保）である。マレーシア国において家電取引に新規参入する場合、廃家電買取り価格が既存の市場価格より少しでも高く設定できれば自ずと対象物は集荷されるだろう。家電リサイクル制度を成立させるためには、制度が要求するフローに対象物を乗せなければならないため、単なる価格勝負となる制度にしないことが重要であり、リサイクル料金を支払う家電メーカーの姿勢が問われる。さらに、リサイクル施設（解体・選別）の認定制度が存在し、その要件が日本並みであり、施設が日本の家電グループと協業することが重要である。認定施設であることで初めてリサイクル料金が流れる仕組みが構築されるからである。そして、家電業界が払うことになるリサイクル料金が既存業者買い取り価格より高額であること、あるいはリサイクル料金に加えて出口のリサイクル原料の販売単価に競争力があることが重要である。リサイクル原料の価格は市場によって変動するため、長期安定のルート確保と販売ルートの多様化を検討する必要がある。または、コストアップになるにしても、日本のメーカーが応分のリサイクル原料を買い取るルートを作る等の差別化策の構築も考えられる。

(2) 有害廃棄物【競争に対する大手の戦略と勝負時の見極め】

Kualiti Alam (KA) の1社独占がくずれることにより、処理業・収集運搬業における新規参入機会が増えると予想される。但し KA は既に多様な廃棄物に対応する様々な投資において減価償却が進んでいる。修繕費用の増加はあると思われるが、全体的なコストは新規参入に対して優位に働く可能性が十分あり、防衛戦略（＝値下げ）される恐れがある。よって、例えば KA の既存設備に対して新規投資を行っても勝負できる新技術がある、若しくは新規に投資する立地条件で KA に対して圧倒的に優位である（これまで運搬費が処理金の大部分であった契約に対して処理施設を近接することによって競争する）など大手と対抗できる武器や状況を作ることができるかが問われる。なければ、地道に顧客の下流（＝廃棄物市場の上流）に入り込む廃棄物の荷仕分け業からスタートすることが一縷の望みとなる。但し KA は当該部分も Kualiti Khidmat Alam 社の機能として一部の顧客で実施している模様である。従ってこの方法で新規参入者が勝負するには、廃棄物だけではなく、企業連合的に、顧客工場のコストダウンとコンプライアンスを確保するユーティリティーサービス（廃棄物、水、電力、熱、清掃、緑地整備・・・）への参入が考えられる。取り扱う廃棄物が一定量集まるまでは顧客側に立って KA や新規参入組等の価格やサービスを比較しながら廃棄物の処理委託を行い、数が集まれば自社で処理施設に投資する。最終処分場は KA や新規参入者のいずれにとっても需要がある。参入機会（土地と住民同意）が得られるのであれば参入すべきである。

(3) 生活廃棄物処理焼却事業【事業の多様化等】

廃棄物事業においてはコストに加え環境優位性が社会的に求められる。マレーシアにおいても環境優位性は求められているが、生活廃棄物の適正処理コストの負担はなく、民間の創意工夫にそれを求める傾向にある。日本は焼却に関する技術やノウハウは世界トップレベルにある。課題は優れた環境優位性を担保するためのコスト競争力が無い点である。従ってこの場合は民間の創意工夫の在り方を追求してコストを補うことで、環境優位性の評価で勝ち取ることを考えたい。すなわち、廃棄物処理＋発電＋有価物販売だけではなく、全く違う事業領域の取り込みも検討すべきである。例えば焼却事業に与えられる土地の有効利用は全体事業の収益性をあげるための重要な手段である。追加費用は発生するが収益を生むことができる事業（駐車場、イベントホール、レクリエーション施設）を企業連合／異業種連合で取り組むことが考えられる。

(4) どこで収益を出すか【リサイクル事業：限外領域からのコア市場参入】

日本企業は一部の市場（古紙、非鉄金属等）を除きリサイクルのコア市場で競争するノウハウや体力が無い。マレーシアに限らず、途上国のリサイクル事業に日本企業が新規に入り込むためには、既存の事業者が存在するコア市場の外側で勝負することが有効である。質の高いところでより高額な勝負をするためには、高値で取引される有価物市場でより高く買い取れる仕組み、中国に素材として売るより、日本に半製品で売った方がいい、家電リサイクルで示したような日系家電メーカーと仕組みを作る、等が考えられる。質の低いところでより安価な勝負をするためには、処理費を受け取るもの（廃棄物）を売却可能なバージン品相当の質に高めるためのコストに対する技術的な競争力が重要であり、例えば、バージン品で 50 円/kg のところを、廃棄物として処理費を 25 円/kg で受け取ることができれば最大 75 円/kg の加工費を掛けることができる。品質に対する加工費を以下に下げられるかが収益を生み出す。これら限外の事業領域で一定の勝負ができるようになれば、コア市場における競争力も高まるが、中長期ビジョンと一定の体力を要することは言うまでもない。

(5) まとめ

マレーシア国の既存市場におけるプレイヤーとの共存・競争をする場合の事業の進め方として、家電リサイクル等で日本企業に有利な制度設計をすること、有害廃棄物処理で顧客工場のコストダウンとコンプライアンスを確保するユーティリティサービス（廃棄物、水、電力、熱、清掃、緑地整備・・・）として参入すること、生活廃棄物処理焼却事業で用地の有効利用など全く違う事業領域を取り込むこと、また、リサイクル事業で、高値で取引される有価物市場でより高く買い取る、処理費を受け取るもの（廃棄物）を売却可能なバージン品相当の質に高めるなどの限外の事業領域で勝負することなどが考えられた。

(株式会社市川環境エンジニアリング倉澤壮児・高野友理)

3. 4. 3 アジア都市への静脈産業移転戦略の類型化

3.4.3.1 廃棄物政策から見た各国のグループ化

廃棄物政策スコアを用いクラスター分析（“R”を使用）を行い、図 3.4.3-1 を得た。分析対象とした国はほとんどすべての政策をすでに展開しているグループ：大韓民国、日本、E-waste 政策、焼却に着手しているグループ：中国、マレーシア、廃棄物管理水準向上のために多くの課題を残しているグループ：インド、ベトナム、タイ、フィリピン、インドネシアの3グループに大別できることが分かった。

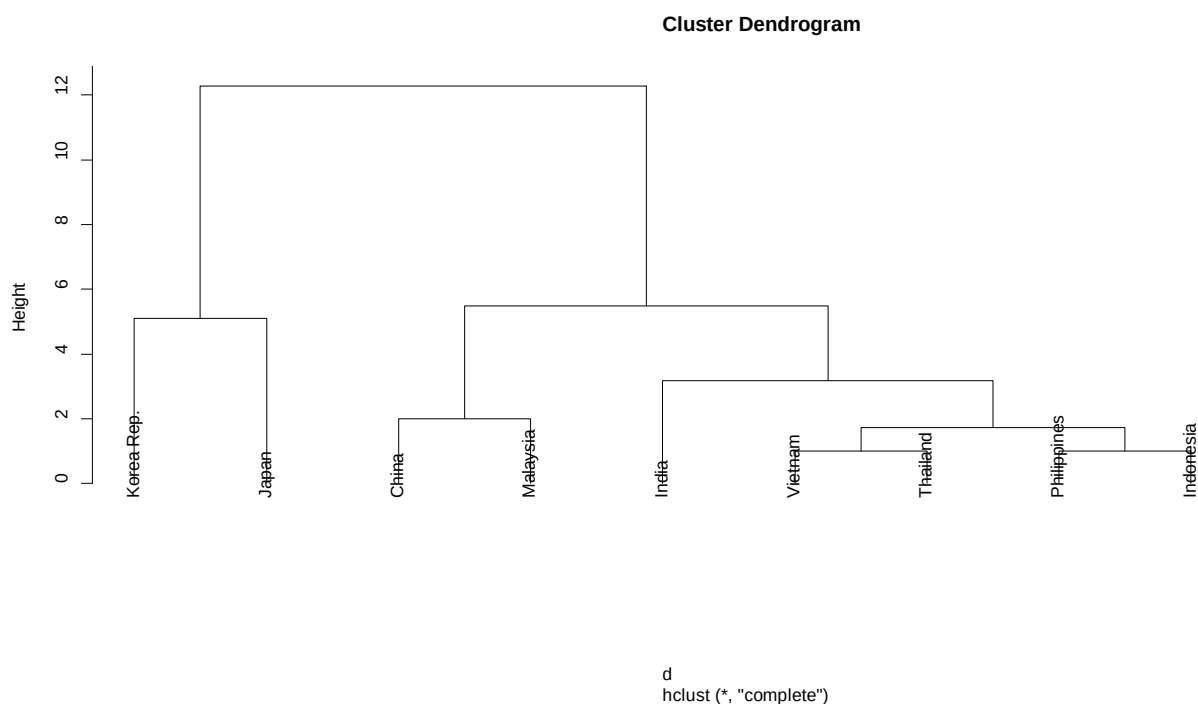


図 3.4.3.1-1 廃棄物政策スコアを用いたアジア諸国のグループ化

3.4.3.2 廃棄物管理政策を決定する要因

WGI と WDI それぞれについて廃棄物管理水準スコアとの相関を見たところ、WGI についてはほとんど相関は見られなかったが、WDI の指標を廃棄物管理水準スコアと回帰したところ、ほとんど経済成長（一人当たり GDP）で決定されることが分かった。図 3.4.3.2-1 に示す。これは先の 0 で試みた対象国のグループ化の結果とも比較的符合するものであり、先のグループ化は一人当たり GDP によるグループ化とほぼ同じ構造を取っていると理解できる。

しかしながら、もちろん各国の廃棄物政策は一人当たり GDP だけによって決定されるものではなく、国の重点政策によって少しずつ偏りを見せている。例えば中国は同程度の一人当たり GDP を持つタイと比べ e-waste 政策、焼却政策を展開するなど比較的優位にある。インドは一人当たり GDP が低いグループの中では e-waste 政策をいち早く展開しつつある点において一歩先に出ている。

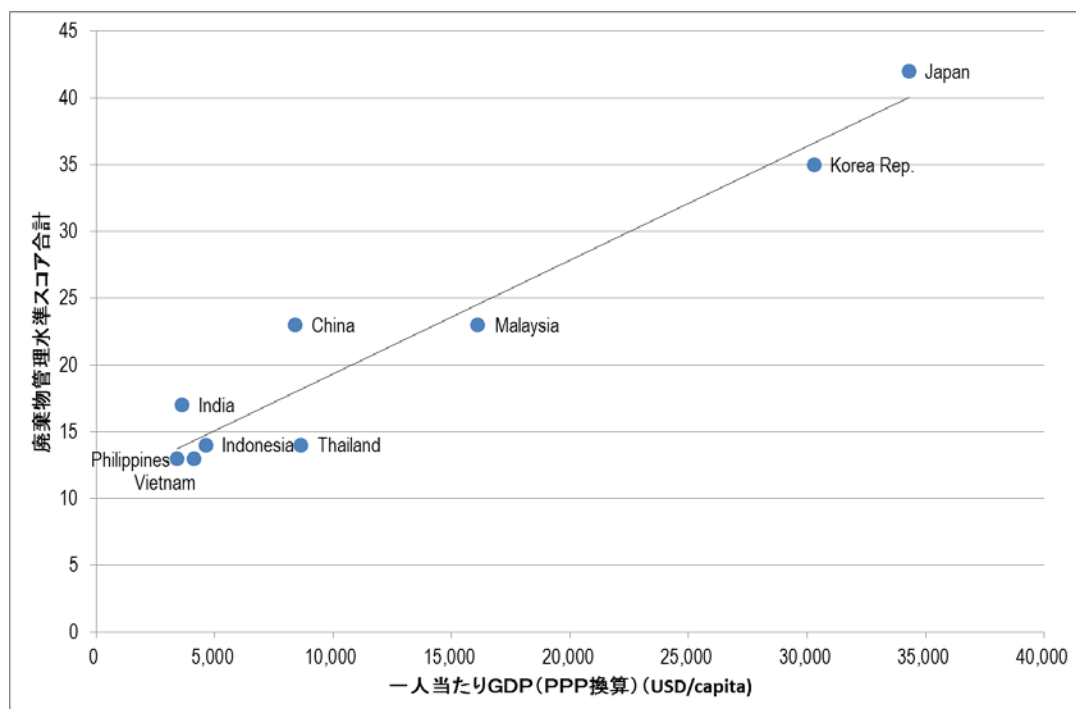


図 3.4.3.2-1 廃棄物管理水準スコアと一人当たりGDPの相関

3.4.3.3 政策が導入される時期と順位

各国における各廃棄物政策への取り組み状況と一人当たりGDPの関係を見ることによってどの程度の一人当たりGDPレベルになれば当該廃棄物政策が入るかを見ることができる。一人当たりGDPレベルと関係なく各国において共通に取り組まれている有害廃棄物政策、感染性廃棄物管理政策を除く、都市ごみ総合管理政策（図 3.4.3.3-1）、都市ごみ埋立処分改善政策（図 3.4.3.3-2）、都市ごみ焼却整備政策（図 3.4.3.3-3）、建設廃棄物処理政策（図 3.4.3.3-4）、e-waste リサイクル政策（図 3.4.3.3-5）について分析を試みた。

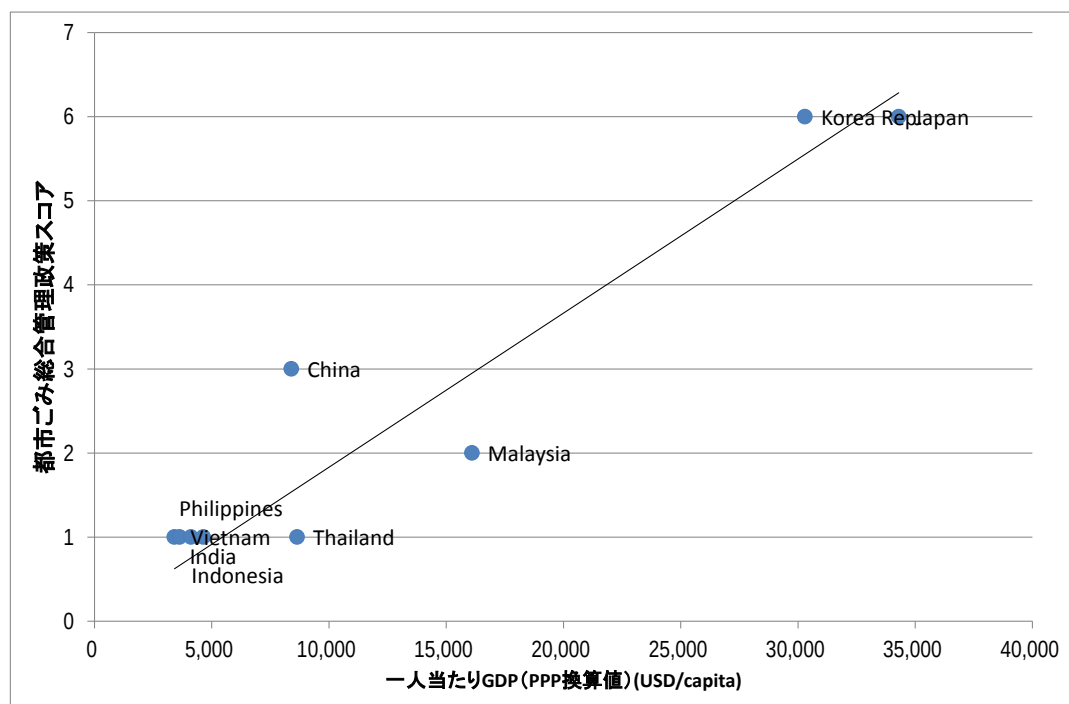


図 3.4.3.3-1 都市ごみ総合管理政策スコアと一人当たりGDP

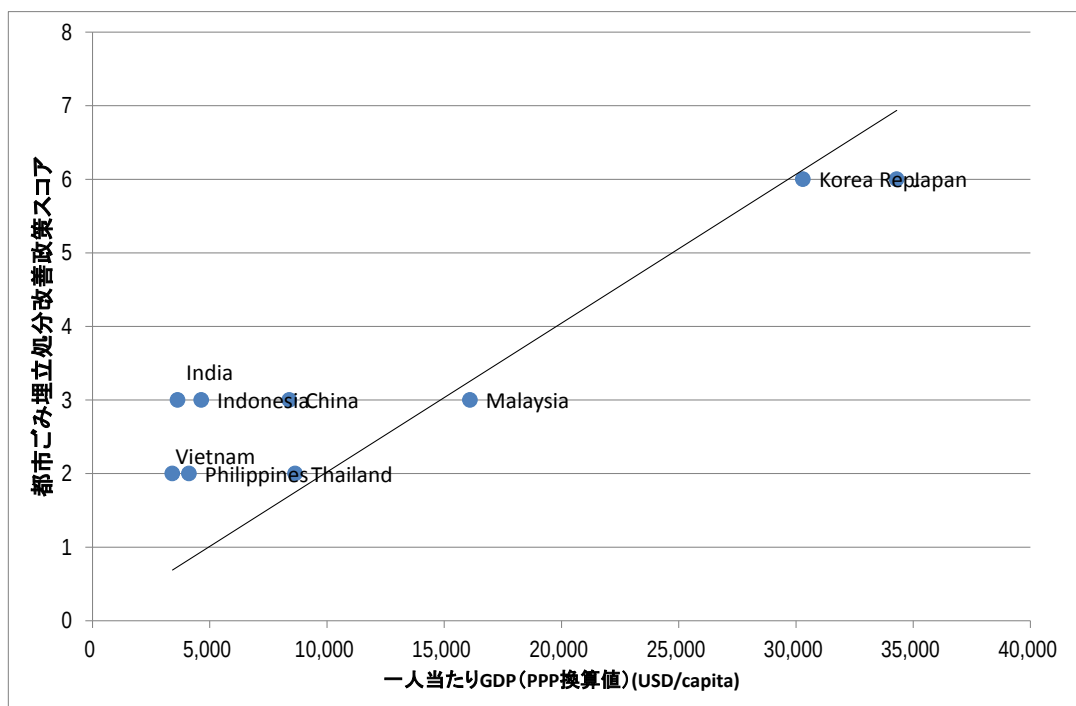


図 3.4.3.3-2 都市ごみ埋立処分改善政策スコアと一人当たり GDP

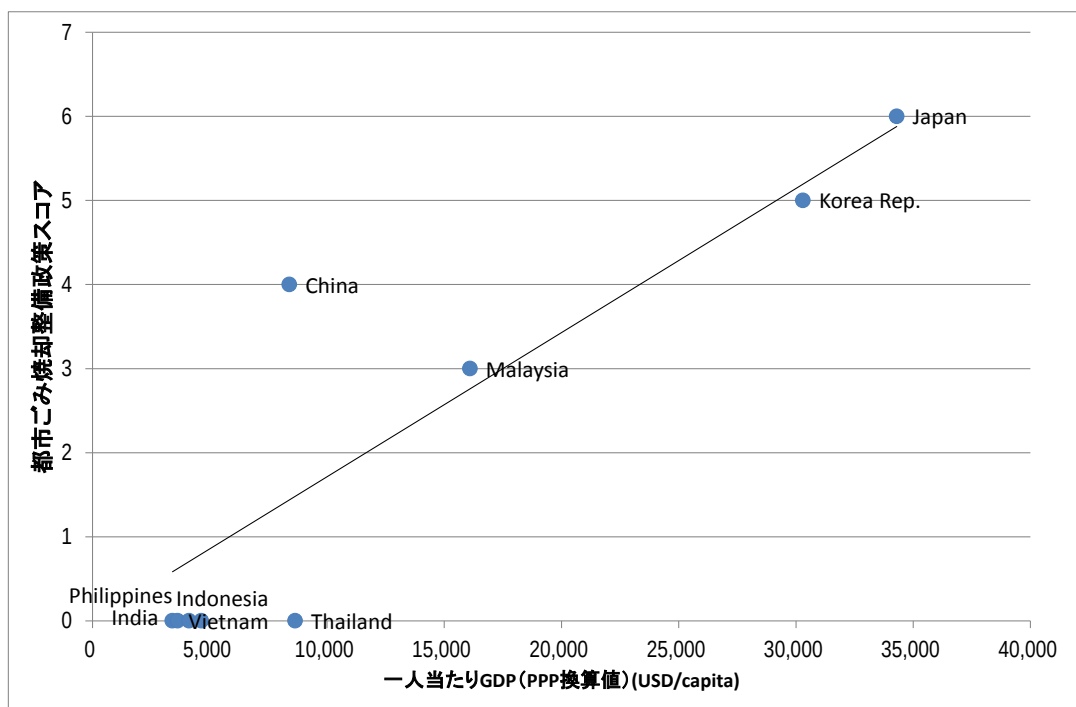


図 3.4.3.3-3 都市ごみ焼却整備政策スコアと一人当たり GDP

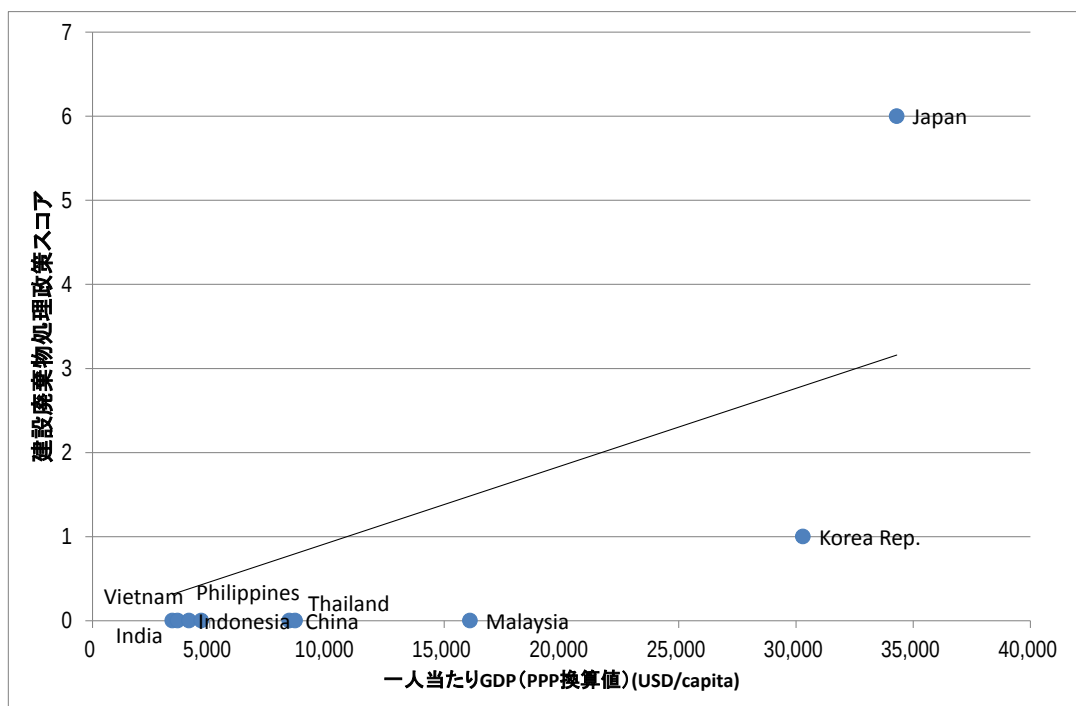


図 3.4.3.3-4 建設廃棄物管理政策スコアと一人当たりGDP

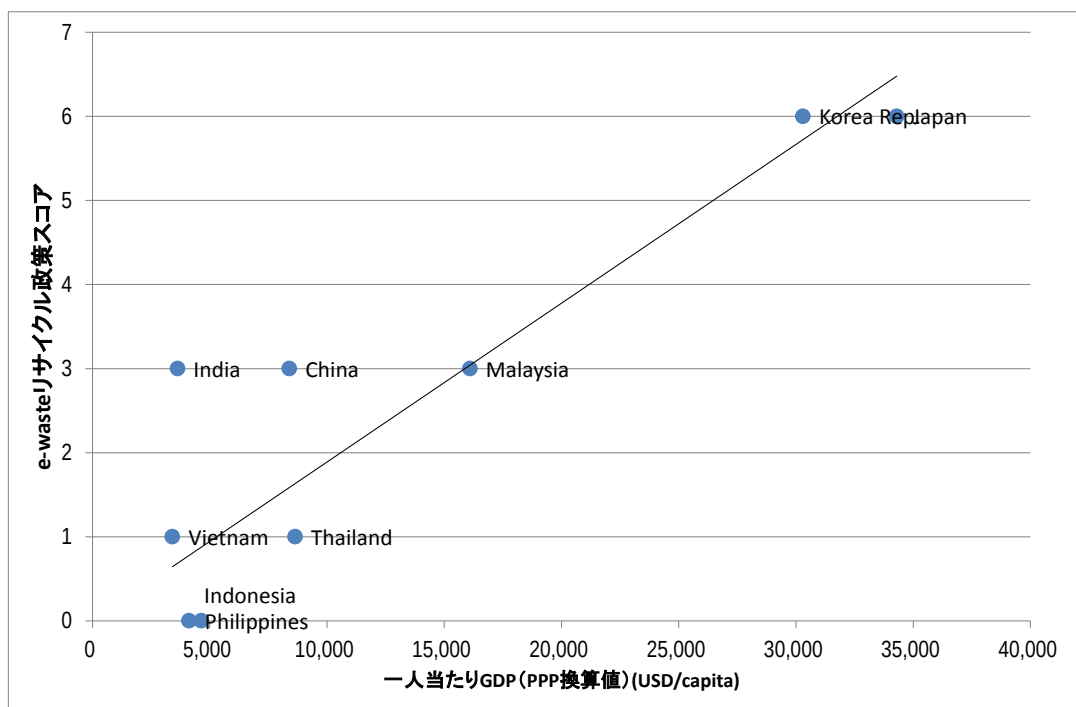


図 3.4.3.3-5 e-waste リサイクル政策スコアと一人当たりGDP

以上の相関関係を基に各廃棄物政策がいつ入るかを一人当たりGDPのみを用いて表現すると表 3.4.3.3-1 および図 3.4.3.3-6 のとおりとなる。

表 3.4.3.3-1 各廃棄物政策が入る一人当たりGDPレベル

廃棄物政策種類	政策が入る一人当たりGDPレベル
都市ごみ総合管理政策	USD10,000～15,000
都市ごみ埋立処分改善政策	USD5,000 程度
都市ごみ焼却整備政策	USD10,000～15,000
建設廃棄物処理政策	USD30,000 以上
e-waste リサイクル政策	USD5,000～15,000

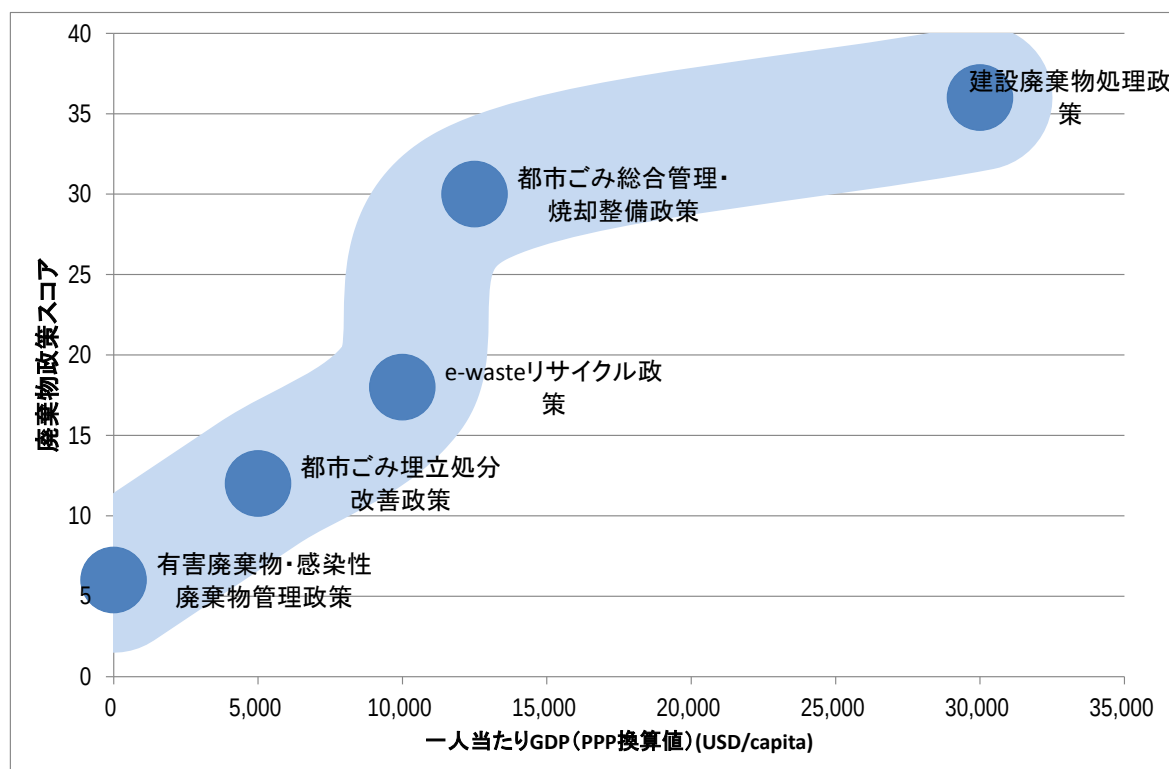


図 3.4.3.3-6 各廃棄物政策が入る一人当たりGDPレベル

3.4.3.4 まとめ

各廃棄物管理政策が導入される時点は、その国の経済発展度合いと関連があり、一人当たりGDPによって決定できることが示唆された。有害廃棄物・感染性廃棄物管理政策は廃棄物管理政策の中で最も重要であり、経済発展度合いと関係なく展開され、その後一人当たりGDPがUSD5,000程度になると都市ごみ埋立処分状況の改善に着手される。E-wasteリサイクル政策が入る経済発展度合いはまちまちであり、一人当たりGDPがUSD5,000～15,000程度で展開される。次いで、一人当たりGDPがUSD10,000～15,000程度となると、都市ごみ総合管理政策および焼却整備政策が展開される。一人当たりGDPが30,000以上と先進国となると建設廃棄物処理政策が展開される。

4. 結論

わが国からの民間投資を基本として、アジア風土に適合した廃棄物資源循環の技術と管理手法を移転し、持続的な現地での運営が可能な静脈産業の事業モデルの立案を、ベトナム国、タイ国、マレーシア国を事例として検討した。以下に結論を述べる。

わが国の分別収集技術を他国で成立させるためには、技術や経済インセンティブだけではなく、社会規範の中で家事労働として行う面倒を乗り越えるための動機付けが重要である。スターダスト'80で得られた技術は、焼却以外の欧州の（広義の）機械選別・生物処理（MBT）に対抗しうる技術ストックであると共に、分別収集＋焼却処理というシステムがアジアの風土に適していることを証明したものである。都市衛生の向上から始まったわが国の都市ごみ焼却は、含水率の高い厨芥の安定燃焼が先決の課題であり、20世紀終わりに全連続燃焼式ストーカー炉として完成した。都市ごみから分離されたまたは産業廃棄物由来の含水率の低い可燃物については、セメント、石炭火力、製鉄所高炉、またボイラー用固形燃料として産業利用されている。わが国が高度成長期にあった当時の廃棄物の状況より導き出された方針は、現在、東南アジア等の中進国が直面している問題に対するいくつかの解法を提示しているものと考えられた。

欧米からの技術移転の日本に対する優位性として、熱処理における都市のエネルギー政策パッケージの提案、欧州のMBTのごみ由来燃料の生産と埋立前処理に特化した処理運転の実績、欧米型都市構造における建設系廃棄物処理、多様な廃棄物の混合物を原料とする嫌気性処理と都市へのエネルギー供給などが挙げられた。一方、燃焼管理の運転技術、排ガス処理、降水・浸透量の多い埋立地管理の経験、地域の保健衛生・労働問題に対処する都市システムとしての廃棄物管理や信頼を担保にした有害廃棄物処理が日本の優位性であると考えられた。

従来の環境装置の販売というかたちでの移転は多くの課題をはらんでおり現実的ではない。廃棄物処理・リサイクル企業はサステナブルな廃棄物処理事業に必要なすべてを持っており、これらのノウハウ・経験をアジア諸国においてもいかに発揮できる潜在力を有しているが、経験不足や人的資源、事業文化の違いなどが課題である。また、事業計画や支援ではなく、廃棄物処理・リサイクル企業が事業主体に参画することで、政府間中心であったこれまでの国際貢献策の幅を大きく広げる可能性がある。

ベトナム国では、廃棄物への対応が複数の省庁にわたっており、施策や事業の展開については、具体的な手順や仕組みなど、その内容は未だに不明な部分も多い。当初は現地にパートナーを持って政府との交渉や市場開拓をする方が入りやすいと考えられる。インフレによる値上げ交渉等や為替リスクに注意すべきである。生活廃棄物の処理費は安価であるが、処理事業が利権商売になり始めている。日系企業が入りやすい市場は処理費が日本と同等である有害廃棄物処理であると考えられる。未開拓の分野は建設廃棄物の処理・リサイクルである。有価物の多くがインフォーマルセクターであるリサイクル業者に売却され、すでに市場が出来上がっている。ベトナム国で我が国の静脈産業移転が有望な事業領域は、化学系（有害）廃棄物、建設系廃棄物および都市ごみであると特定された。化学系（有害）廃棄物では、日系および欧米企業を当初のターゲットとし、法整備との一体的展開や段階的な「ローテク」の商品化、建設廃棄物では、ODA事業によるリサイクル品の基準と利用率の指定を契機とした、法整備との一体的展開による土石系資源の循環利用事業や段階的な再生資源製造拠点整備の複数企業連携、大規模埋立地の確保による差別化、都市ごみでは、大都市の周辺都市へアジア適合技術を導入していくことを契機とし、都市ごみ総合管理や資源化・エネルギー化総合拠点整備に関する官民連携による事業展開や、日本型技術の優位性理論武装による差別化、コストダウンを念頭に置いたアジア適合技術のRe-engineeringによる段階的進出が戦略として考えられた。

タイ国において都市ごみを定義し所轄する法律は公衆衛生法であり、工場（産業）廃棄物を定義し所轄する法律は工場法である。バンコク郡では日量9,500トンの都市ごみの89%が中継基地を経て埋立処分されるが、含まれる厨芥類は42%と少なく、紙類、プラスチック類の組成割合が多く、自然が可能である。有害廃棄物の処理処分は、工業省出資のGENCO、民間のPROならびに焼却炉を運営するBWGの3社、事業系非有害廃棄物では2社を加えた5社の寡占状態である。タイにおける欧米系廃棄物機材メーカーおよび廃棄物管理業者の参入パターンとしては、当初は政府開発援助資金、もしくは国家による補助金制度を利用して機材のみ調達することをエントリーポイントとしている事例を確認することができた。タイ国で我が国の静脈産業移転が有望な事業領域は、都市ごみ領域における製造業連携を含めた資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する自治体への技術提供分野への計画策定初期段階からの関与と特定された。タイ国ナコンラチャーシーマー県に当てはめると、当該地域の産業立地より、既設バイオガス発電プラントにある選別施設・RDF製造施設とセメント工場を利用した都市ごみ中のプラスチックの再利用が有望な事業モデルである。

マレーシア国では、指定（有害）産業廃棄物処理は環境法が、それ以外は固体廃棄物処理・公共清掃法（Act 672）と固体廃棄物処理・公共清掃公社法（Act 673）が管轄している。ペナン州、セランゴール州は州政府が、それ以外は国が直轄し、住宅地方政府省・国家固形廃棄物管理局が国家の廃棄物政策、戦略、計画等政策形成、

実施、監理とライセンスの付与を行い、固形廃棄物管理公社が実際の廃棄物処理を行う中央部：Alam Flora 社、北部：Idaman Bersih 社、南部：Southern Waste 社の三社との契約と監督を行っている。クアラルンプール市では 2010 年には約 2,200 トン/日の都市ごみが Alam Flora 社によって収集され、中継基地で圧縮された後、埋立処分場に処分されていた。有価物は政府のサポートを受けた NGO や Alam Flora 社によってリサイクルされている。クアラルンプール市における三成分はバンコク都とホーチミン市の中間にあり、発電を前提とした焼却処理を運営するためには水分を低下させる必要がある。マレーシア国の有害廃棄物処理は Kualiti Alam 社の寡占状態にある。マレーシア国で我が国の静脈産業移転が有望な事業領域として、現地の非鉄金属施設とのビジネス提携による希少金属濃縮技術の提供とスライム獲得の長期契約、大規模焼却発電の官民連携によるトップセールス、低発熱量・多灰分ごみの安定焼却と焼却灰リサイクルの一体的展開、家電メーカーのノウハウを前面に押し出した官民連携によるトップセールス、現地ネットワークを有する処理業者との連携による家電メーカーの進出が考えられた。また、マレーシア国における具体的な事業の進め方として、家電リサイクル等で日本企業に有利な制度設計をすること、有害廃棄物処理市場に顧客工場へのユーティリティサービスとして参入すること、生活廃棄物処理焼却事業で用地の有効利用など全く違う事業領域を取り込むこと、また、リサイクル事業で、高値で取引される有価物市場でより高く買い取るなどの事業領域で勝負することなどが考えられた。

キャッシュフローで事業の収益性を評価するため、収益性に与える種々のリスク要因の取りうる「幅」を最良値、最悪値として設定し、それぞれにおける収益性の幅を当該リスク要因の全体に与える大きさを評価し、収益性の累積確率分布により、事業で収益が得られる可能性を示す手法を提案した。これを用いて、前節で事業領域として特定された事業を評価した。ベトナムのガラリサイクル事業では、再資源化率、施設稼働率、ガラの売却単価が収益に大きな影響を与えるが、収益が期待できる手堅い事業であると評価された。タイの都市ごみ前処理事業では、廃棄物処理料金収入、売電単価、可燃分売却単価が収益に大きな影響を与え、設定したパラメータセットで事業が赤字となる確率は 70%であり、本事業が新事業であることを反映してリスクの高い事業であることが示された。マレーシアの焼却事業では、住民合意や政府による調達の都合で変動の可能性の高い事業開始準備年数と、廃棄物処理料金、発電関係パラメータ、借入関係パラメータが収益性に大きな影響を与え、すべてのケースが等確率で発生する場合に 5%の確率で収益はマイナスになり、国際市場価格並みに施設整備費を抑えることができない場合に事業の採算性は期待できないことが示された。

各廃棄物管理政策が導入される時点は、その国の経済発展度合いと関連があり、一人当たり GDP によって決定できることが示唆された。有害廃棄物・感染性廃棄物管理政策は廃棄物管理政策の中で最も重要であり、経済発展度合いと関係なく展開され、その後一人当たり GDP が USD5,000 程度になると都市ごみ埋立処分状況の改善に着手される。E-waste リサイクル政策が入る経済発展度合いはまちまちであり、一人当たり GDP が USD5,000～15,000 程度で展開される。次いで、一人当たり GDP が USD10,000～15,000 程度となると、都市ごみ総合管理政策および焼却整備政策が展開される。一人当たり GDP が 30,000 以上と先進国となると建設廃棄物処理政策が展開される。

以上の事業領域において、我が国の静脈産業、とりわけ廃棄物処理企業は、我が国での成功体験・失敗体験を最大限に活用して、アジア諸国での In Situ Solution を引き出すための貢献が期待される。このとき国の補助制度などを最大限に活用して、海外進出へのハードルを低くすることも得策である。我が国の静脈産業に常にアジアの状況を意識させるためのインキュベーション的な社会的装置の立ち上げも意義がある。

5. 研究発表

山口直久,和田英樹,山田正人,倉澤壮児,高野友理 (2012) ベトナム北部へのわが国の静脈産業の移転戦略について, 第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 仙台, 講演論文集, 151-152

和田英樹,山田正人,石垣智基,大迫政浩,河井紘輔,高畑恒志,山口直久,倉澤壮児,高野友理 (2014) 東南アジア諸国における廃棄物政策の段階的発展モデル, 第 35 回全国都市清掃研究・事例発表会, 盛岡, 講演論文集, 37-39

山田正人,石垣智基,大迫政浩,河井紘輔,高畑恒志,山口直久,倉澤壮児,高野友理,和田英樹 (2014) 東南アジア都市への静脈産業移転戦略について, 第 35 回全国都市清掃研究・事例発表会, 盛岡, 講演論文集, 40-42

山田正人 (2013) 東南アジアにおける静脈産業と市場の潜在可能性,「静脈産業東南アジア市場参入促進に関するワークショップ (環境省研究総合推進費補助金 K113010 成果発表会)」2013 年 5 月 14 日, 東京

山口直久 (2013) ベトナムとタイにおける実態調査結果を踏まえた静脈産業移転の可能性,「静脈産業東南アジア市場参入促進に関するワークショップ (環境省研究総合推進費補助金 K113010 成果発表会)」2013 年 5 月 14 日, 東京

和田英樹（2013）ベトナムとタイにおける静脈産業移転プロジェクトの採算性,「静脈産業東南アジア市場参入促進に関するワークショップ（環境省研究総合推進費補助金 K113010 成果発表会）」2013 年 5 月 14 日, 東京

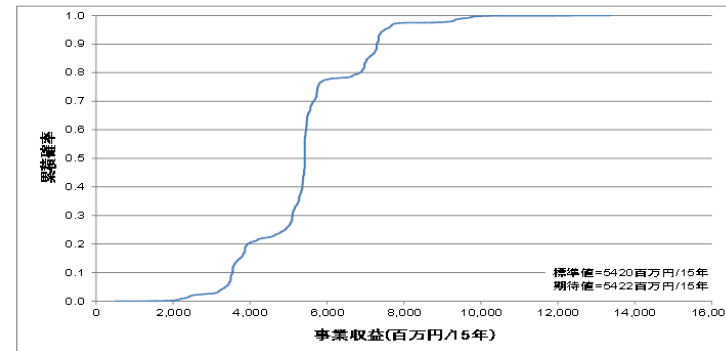
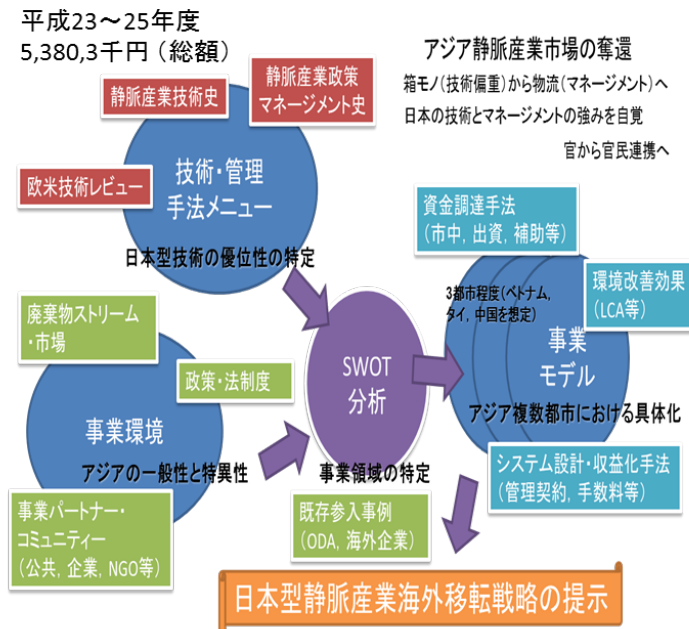
6. 知的財産権の取得状況

なし

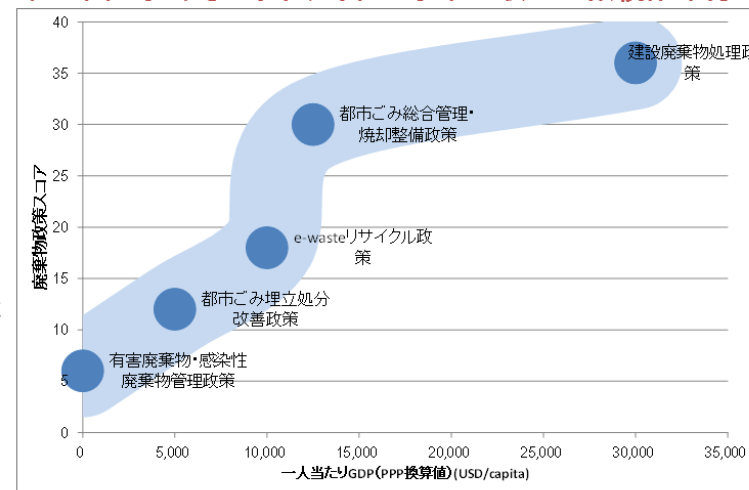
7. 研究概要図

静脈産業のアジア地域への移転戦略の構築に関する研究

日本がアジアという風土で培ってきた静脈産業の途上国への持続的な移転を促すため、先行事例や日本型技術、事業環境を精査し、日本の廃棄物処理業等が廃棄物・資源管理事業をアジア地域で事業を展開する際の戦略を提示する。



ベトナム国におけるガリリサイクル事業の収益の累積確率分布



各廃棄物政策が入る一人当たりGDPレベル

本件研究で得られた事業領域およびモデル

ベトナム国: ODA事業と連携した建設廃棄物リサイクル体制の構築

タイ国: 都市ごみ領域における資源循環・廃棄物エネルギー有効活用に関する自治体への技術提供分野への計画策定初期段階からの関与

マレーシア国: 都市ごみ領域における大規模焼却発電の官民連携によるトップセールス等

8. 英文概要

Development of Strategy on Transfer of Japanese Venous Industry to Asia

Masato YAMADA (National Institute for Environmental Studies)

Tomonori ISHIGAKI, Masahiro OSAKO, Kosuke KAWAI, Koshi TAKAHATA (National Institute for Environmental Studies), Naohisa YAMAGUCHI (EX Research Institute Ltd.), Soji KURASAWA, Yuri TAKANO (Ichikawa Kankyo Engineering Co. Ltd.) and Hideki WADA (Sustainable System Design Institute Ltd.)

Strategies on transfer of the Japanese private venous (or waste management and recycling) industries to Vietnam, Thailand and Malaysia were investigated.

Potential business domains in Vietnam were identified as “chemical hazardous waste”, “construction and demolition (C&D) waste” and “municipal solid waste (MSW)”. For C&D waste, industrial transfer will be begun from specification of standards and utilization ratio of recycled materials in ODA projects. Expansion of this manner to the domestic registration, establishment of the recycling bases by collaboration of companies and acquisition of the large scale disposal site for differentiation from competitors will be followed. In Thailand, energy production from MSW in conjunction with heavy industries such as steel making, cement production and oil refinery is a potent business domain. Since this will lead to the reconstruction of whole MSW management system in a region, business providers should be involved in regional waste management planning in the early stage. Malaysia is now trying to introduce incineration plants and the E-Waste recycling system in their MSW management. These business domains should be attractive, however highly competitive to foreign companies. Therefore top sales strategies supported with the Japanese government and/or differentiation strategies with the background higher experiences in related Japanese companies should be need.

A profitability estimation tool for the waste management business in developing countries had been developed. This tool shows the effectiveness of several risks to the total profit in a specific bussuness and expected total profits at each probability as cash flow. For construction and demolition (C&D) debris recycling in Vietnam, this tool estimated that recycling rate, operation rate of facility and selling price of recycled products will significantly affect to total profit. These measns that regulation to illegal dump of C&D debris, procution of higher quality products and ensuring of demend should be keys to success. However, whole profit will be surplus through whole probability range. Then this business estimated as a sound business.

Timing and order introducing several modern waste management policies, such as policies for hazardous waste management, infectious waste management, integrated MSW management, improvement of land disposal site, introduction of incineration plant and C&D waste management, into an Asian country was related to GDP per capita of the country (**Fig. 1**).

Keywords: Venous Industry, Transfer Strategy, Southeast Asia, Bussiness Domain, Bussiness Model

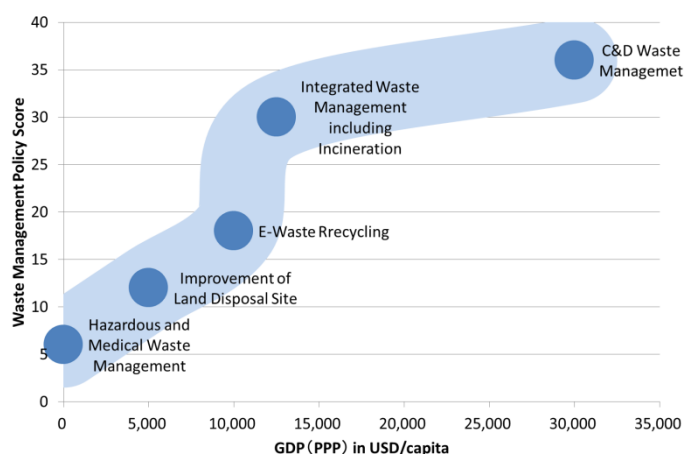


Figure 1 Economic growth and waste management policy