

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費補助金 総合研究報告書

**廃棄物処理システムの持続可能性評価手法と改善戦略に関する研究
(3K153002)**

平成 27 年度～平成 29 年度

Study on Sustainability Assessment and Strategy for Improvement of Solid Waste Management System

北海道大学 松藤 敏彦

平成 30 年 5 月

目 次

I. 成果の概要	-----1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	
II- 1 廃棄物処理システムの定量的把握・問題発見手法に関する研究	-----11
要旨	
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II- 2 廃棄物処理システムの制約・境界条件を踏まえた改善戦略に関する研究	-----28
要旨	
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
III. 英文 Abstract	-----43

I. 成果の概要

補助事業名 環境研究総合推進費補助金 循環型社会形成推進研究事業（平成 27 年度～平成 29 年度）

所管 環境省 及び 独立行政法人 環境再生保全機構

研究課題名 廃棄物処理システムの持続可能性評価手法と改善戦略に関する研究

課題番号 3K153002

研究代表者名 松藤 敏彦（国立大学法人北海道大学）

国庫補助金 33,537,000 円（うち平成 29 年度：10,260,000 円）

研究期間 平成 27 年 5 月 29 日～平成 30 年 3 月 31 日

本研究のキーワード ごみ処理、マテリアルフロー、定量的評価、制約条件、改善戦略

研究分担者 大迫 政浩（国立研究開発法人国立環境研究所）
河井 紘輔（国立研究開発法人国立環境研究所）

1. はじめに（研究背景等）

一般廃棄物処理を担当する自治体は、分業化・縦割り化と定期的人事異動によって、「プロが育ちにくい。全体的視点を持ってない（他の分野に関心を持ってない）、事業の継続・実施が仕事となる（部分が目的化する）」傾向が強く、その結果事業評価、見直し、改善が行われないとの問題がある。ごみ処理を担当する自治体は、個人としても組織としても知識の蓄積が不十分である。そのため、誰でもが容易にデータを分析し、ごみ処理の現状を理解し、問題点を発見し、さらには改善策を見いだすことのできるツールが必要である。

少子高齢化や財政逼迫などの社会条件の変化や、環境面においても地球温暖化等の気候変動、資源枯渇等の長期的な環境リスク要因、また東日本大震災のような突発的な災害によるリスクなど、これからの廃棄物処理システムを考えるうえでの境界条件・制約条件が大きく変化すると予想される中で、持続可能な廃棄物処理システムの描出とそれに至る改善戦略づくりが急務である。

2. 研究開発目的

マテリアルフローを基礎とすることごみ処理データ管理を提案する。モノの流れ図は、作成が難しくなく、誰にも理解が容易である。ごみ処理システム全体のマテリアルフローを明らかにすると各処理間の関係が理解でき、同時にエネルギー、コストを見ることで、問題点が明らかとなり、改善策の発見につながる。行政にとって、定量的情報からなる強力な意思決定ツールとなる。

廃棄物処理システムを取り巻く社会情勢、すなわち将来の制約・境界条件を踏まえて、一般廃棄物処理事業の将来像とそれに向けた戦略を提示することを最終目的として、ワークショップによる将来像抽出と先進事例調査に基づく類型化・共通項整理により、事業形成のモデル化を行い、持続可能性の評価軸の観点を含めて将来の廃棄物処理システム形成のスキームを提示する。

3. 研究方法

「廃棄物処理システムの定量的把握・問題発見手法に関する研究」を対象とするサブテーマ I は、具体的な自治体の分析、ツールの開発を、多様な視点・経験をもつメンバーからなる検討会を組織して進めたところ

るに第一の特徴がある。まず、「ごみ処理部門で経験と知識のある自治体職員」を8自治体から抽出した。さらにごみ処理には、自治体以外に、メーカー、コンサルなど、多様なセクターが関与しており、保有する知識・経験や観点が異なると思われる。そのため、メーカー、コンサルのメンバーも加え、環境省担当者にも参加してもらい、年2回の検討会を開催した。1年目は検討会参加自治体のデータを収集し、発生源・種類別のごみ・資源のフロー、施設における収支などを分析の結果、発生から処分までのデータ管理表作成に至った。自治体間の比較を試み、処理の改善のための情報整理をおこなった。2年目は次期処分場の整備に向けた検討を開始し、中間処理を含めたごみ処理システム全体の見直しを図ることになった旭川市を対象とし、考えられた複数の処理シナリオに対してマテリアルフロー分析を実施し、定量的分析結果を提供した。3年目は、ごみ処理分析のガイドライン案作成を目標とし、新たにモニターとして8自治体を選び、ごみ処理の多様性への対応、手法の一般化、利用可能性についてのヒアリング等を行った。

「廃棄物処理システムの制約・境界条件を踏まえた改善戦略」を対象とするサブテーマⅡは、以下のよう
に実施した。(1)文献をレビューし、持続可能な廃棄物処理システムの概念を整理し、(2)マクロ環境を網羅
的に見ていくためのフレームワークである PEST (P: Political、E: Economic、S: Social、T: Technological)
に着目し、これからの廃棄物処理システムに影響を及ぼす制約・境界条件を整理した。(3)これからの廃棄物
処理システムに影響を及ぼす制約・境界条件、および持続可能な廃棄物処理システムにおいて軸となる検討
項目を抽出した。「持続可能な廃棄物処理システムの将来像と実現戦略の検討ワークショップ (以下、「将来
像 WS」という。)」を開催し、施設整備に着目して持続可能な廃棄物処理事業の将来像を描出した。(4)廃棄
物処理システムの改善戦略を提示する上で参考となる廃棄物処理システムの先進的な事例を25ヶ所抽出し、
ヒアリング調査及び文献資料等を通じて特徴を整理した。(5)社会経済活動が行われる地域の持続可能性の指
標化が試みられている研究を参考に、持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームとして、事業形成の元
になる地域が有する資本と、資本を活用した事業形成のメカニズムについて考察した。(6)主体間連携による
付加価値形成について、環境、社会、経済との関係を含めてモデル化し、自治体の統括的責任を踏まえて効
率的な付加価値形成を可能とする一般廃棄物処理の事業スキームを提示した。さらに、事業スキームの要件
を満たす可能性あるドイツのシュタットベルケについて考察した。

4. 結果及び考察

4-1 廃棄物処理システムの定量的把握・問題発見手法に関する研究

(1) ごみ処理データの現状

各自治体は、一般廃棄物処理基本
計画等においてごみ処理の方針や
目標とともに数値目標を示してい
る。それらを分類すると表Ⅰ-1とな
り、排出量およびリサイクル率に関
するものが多い。この両者は、「日
本の廃棄物」の中でリデュース取組、

表Ⅰ-1 自治体の数値目標の分類

		総量	削減割合 基準年に対し	リサイクル率 処分率	その他
処理 段階	排出	ごみ総排出量			
		1人1日当たりごみ排出量			
	資源化	資源物回収量		リサイクル率	
	焼却	焼却量			発電効率
	埋立	最終処分量		最終処分率	残余年数

自治体がHP上で公開している一般廃棄物処理基本計画等の数値目標を分類した。

リサイクルの取組の上位10市町村を「一人一日あたりごみ排出量」「リサイクル率」から挙げていることと
対応している。このときの排出量とは家庭系と事業系を併せた一般廃棄物量であり、家庭系、事業系を特定
している場合もある。一方でコスト、温室効果ガス排出量は、文章での表現にとどまっている。

ある施策によって目標を達成するには、①何を(対象)、②なぜ(根拠)、③どうやって(方法)、が必要で
ある。例えばリサイクル率の増加を目的とするときには、①回収対象を定め、②ごみ中にどれだけ存在する

かという根拠があり、③どのような方法によって回収するかを決めなければならない。②と③によって、ごみ中の何パーセントを回収するかとの目標も設定できる。しかし、大半の自治体においてはそれらが明確ではなかった。例えばマイバッグ持参の働きかけはレジ袋削減を対象とするが、効果と目標が不明であり、埋立処分減量化は、何をどのように減量するが明確でない、などである。表 I-1 の目標値を達成するには処理プロセスへの搬入量の内訳（例：処分量の内訳）、あるごみの中身（例：ごみ中の資源物）、回収物の方法別回収量（例：計画収集、民間収集の古紙回収量）、発生源のちがいを（例：焼却ごみに占める家庭系と事業系の内訳）などの情報、すなわち「マテリアルフロー」の把握が施策の定量的な根拠となる。

自治体は、清掃事業の概要および諸統計を清掃事業概要等としてまとめ公開している。図 I-1 は旭川市清掃事業概要中の処理実績をもとに、要点を抽出して作成したものであるが、収集、処理（搬入）、処理（搬出）の表が別々に示されている。焼却、埋立に該当する項目を色付けすると、家庭ごみの「燃やせるごみ」と事業系の「清掃工場」が直接搬入される「清掃工場搬入量」であり、中間処理の「可燃性残渣」も焼却されていることが理解できるが、こうした分析をしなければ流れを理解できない。数値の整合性は、それぞれを足し合わせて確認するしかないし、処理量の内訳を他の表から関連付けることも簡単ではない。

分別数と処理方法が多様化している現在、データが多く箇所に分散し、分別～収集～処理の流れを追うことが困難となっている。そのため、本研究では収集から最終処分までをただひとつの表にまとめることを提案した。これをデータ管理表と呼ぶ。

（２）データ管理表の提案

ごみ処理データ管理表の考え方を、図 I-2 にまとめる。分別区分、処理施設の種類の数は自治体ごとに同一のものはないので、表はそれぞれ独自の形式となつてよい。分別区分、収集方法も、施設の種類の数も異なるであろうが、まず縦方向の項目は定期収集、拠点回収、集団回収など収集方法別とし、次にごみと資源物に分ける。自治体が関与しない資源収集、例えば新聞販売店による古紙の自主回収、スーパー等における資源物回収なども、情報があれば加える。すべてのルートとモノである。

横方向には処理の現状に合わせて施設の列を設け、搬入量、搬出量を並べる。中

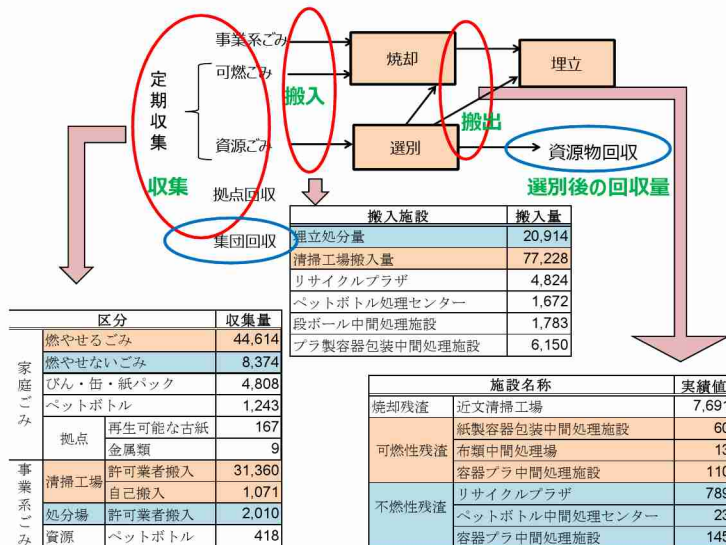


図 I-1 分散しているごみ処理情報（旭川市）

分別区分	収集方法	施設搬入量				搬出物の行き先			
		家庭系	事業系	焼却	破砕	資源	焼却	埋立	資源
1 可燃ごみ	戸別	334	72	406					61
2 不燃ごみ		8							11
3 粗大ごみ		1							
2 不燃ごみ	持込								
3 粗大ごみ									
4 ペットボトル		5				5			
5 トレー類	戸別	2				2			
6 缶類		6							
7 びん類		19							
8 新聞紙	集団	8							
20 新聞		11							
21 雑誌・雑紙類		8				8			
22 段ボール						5			
25 全てのルートとモノ									
26 焼却灰				4					
27 焼却灰				57					
28 鉄						11			
29 アルミ						0			
31 焼却						78			
32 不燃残渣						0			

収集区分別の流れ
(収集→搬入→搬出物の行き先)

保有施設が異なる。
数が異なる

施設の収支

分別方法が異なる 収集方法が異なる

図 I-2 ごみ処理データ管理表の考え方

間処理を経ない直接の埋立、中間処理、資源化施設、選別施設等を経由しない資源物は「直接資源化」とする。施設の下部には搬出物の種類と行き先を書く。これによって施設の収支を表すことができる。

この表には、分別区分ごとの収集・処理方法だけでなく実際の収集作業と、収集に関する情報すべてが要約される。そして、部分的に見ると、収集量、施設搬入量、施設搬出量、資源回収量など、従来別々の表にまとめられていた情報を、容易に抜き出すことができる。また表はトン単位で作成するが、分析には人口で割って一人一日当たりの表を用いる。これによって、自治体間の相対的な比較が容易に行える。

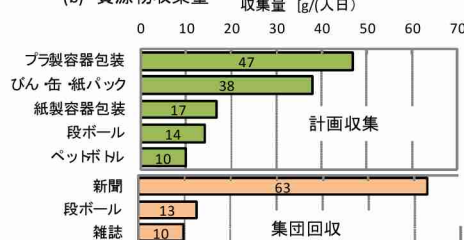
(3) 自治体の分析例

図 I-3 に、データ管理表にもとづく分析例を示す。図 I-2 の分別方法を縦方向に集計すると、(a) のように家庭系と事業系の比較となる。資源ごみ、集団回収量は品目の区別なしの合計量である。右にごみ、左に資源としており、家庭系と事業系のごみ量の違い、ごみと資源物の比較、資源物の

(a) ごみと資源物の収集量



(b) 資源物収集量



(c) 資源選別施設の回収量と残渣量

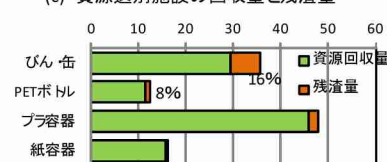


図 I-3 データ分析例 (旭川市)

の方法別内訳を知ることができる。家庭系の図より、資源物回収量が多いほどバーが左へ移動してごみ量が減るであろうこと、自治体内の一般廃棄物処理としてどのごみに注目すべきかを見出すことができる。

(b) は資源物の品目別回収量を、計画収集、集団回収をならべて比較した。リサイクル率に対する品目別の割合、すなわちどの品目を集めるとリサイクル率が向上するかがわかる。(c) は、資源選別施設の回収量と残渣発生量である。びん・缶・紙パックの選別施設は、16%が残渣として埋め立てられている。選別施設は回収量にのみ注目されがちだが、残渣率 (= 1 - 回収率) が高いことは望ましくない。分別方法の改善など、次の施策につながる情報である。

(4) 複数自治体の比較

ひとり当たりの量とすることで、自治体間の比較が容易にできる。図 I-4 はペットボトル、古紙の収集量を比較した。(b) 中の豊田市における古紙回収には、集団回収のほか拠点回収と民間回収がある。回収拠点はクリーンセンターや大手スーパーなどを中心に市内に 20 ヶ所に設置され、古紙の他にペットボトル、びん、缶なども回収されている。民間回収とは、新聞販売店に委託された古紙回収業者が家庭を回る巡回回収であり、各家庭に回収日の前々日にチラシが広告と一緒に配布され、回収日に玄関前から回収される。図にはないが 松本市では小売店、回収業者、製紙工場

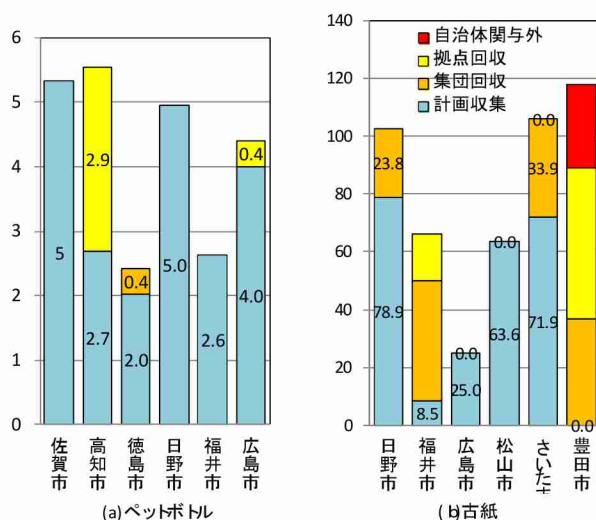


図 I-4 方法別の回収量

が設置する拠点の他、サッカーの試合会場においても拠点を設置し古紙回収を行っている。(a)の高知市は、拠点回収によるペットボトル回収が多い。このように、定期収集以外で資源回収できる可能性が示された。

(5) 品目別のフロー

ごみの組成分析からごみ中に未回収で残る量を知ることができる。図 I-5 は、旭川市の推定結果である。図左の量は、燃やせるごみ、燃やせないごみ中

の割合から算出した。布類を除き、回収率が高いと推定された。ただし、この推定は組成分析の精度に大きく影響される。旭川市は年 2 回組成分析を行っているが、8 地区よりごみステーションからごみをサンプリングし、縮分は行いが分析量が多いことが特徴である。平成 26 年度の調査ではサンプリング量、分析量の平均は燃やせるごみ 3.1 トン、530kg、燃やせないごみ 3.1 トン、400kg であった。組成分析は一般ごみピットからのサンプリングによるが、クレーンの採取量が 200kg、縮分後の分析量が 5~ 10kg であるため、サンプリング誤差が大きい。縮分操作が適正に行われたとしても、クレーンで「ピット内の平均的なごみ」がつかめる確率は高くない。

(6) 望ましいごみ処理の指標

表 I-1 に示したように、自治体はごみの

排出量とリサイクル率を数値目標に掲げているところが多い。家庭における不要物の発生からのフローを概念的に描くと、図 I-6 となり、A の排出量（一人一日あたり）、およびリサイクル率=資源化量/排出量となる。しかし以下の問題がある。

- 1) 排出量は、家庭系と事業系の合計である。(発生源の区別がない)
- 2) 排出量は、資源化されるものを含む（ごみと資源の区別がない)
- 3) リサイクル率は、家庭系と事業系の合計で計算される
- 4) 図中になく資源回収（民間ルート）はリサイクル率に計上されない（実質的でない)

図 I-6 の、資源を分別したあとに残る「ごみ」を欧米では Residual waste と呼んでいる。「資源化努力のあとに残った残留ごみ、残余ごみ」の意であり、さまざまな資源化の結果として現れる。したがって一人当たり残余ごみ量は、資源化の方法を考えることなしに、最終的な成果としての指標となる。図 I-3(a) の右が残余ごみであり、自治体を比較して最小値（=現実に達成可能なごみ量）を見出し、それを Best Practice としてどのような施策によって達成されているかを学べば同様の効果が期待できる。

残余ごみ量を減らすには品目別の回収率の最大化、すなわち「残余ごみへの移行量」の最小化をめざせばよい。それには、現時点でどれだけごみ中に未回収となっている可能資源があるかを知るために、ごみ組成分析の精度向上、残余ごみすべての組成分析が必要である。また資源ごみとして回収しても選別施設での残渣率が高ければ、実質的な残余ごみ増となる。収集段階だけではなく、利用に至るまでの有効回収率を意識することが必要である。

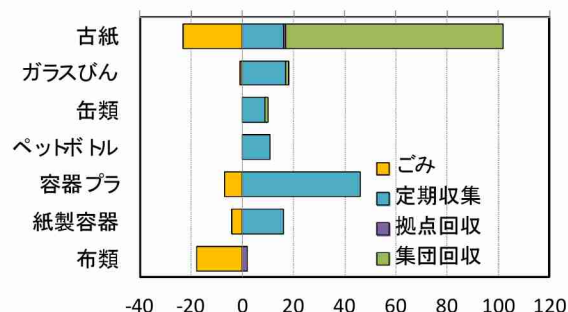


図 I-5 品目別の回収率方法別の回収量

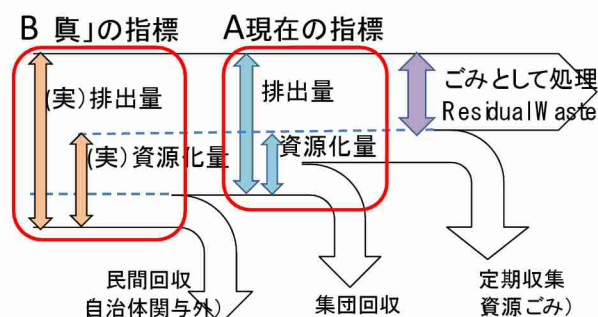


図 I-6 ごみの流れ

4-2 廃棄物処理システムの制約・境界条件を踏まえた改善戦略に関する研究

(1) 持続可能な廃棄物処理システムの概念整理

より一層の3Rの促進や、世界的な資源制約の顕在化、災害の頻発化・激甚化など、取り巻く状況の変化に対応した廃棄物処理・リサイクルが今後求められている。廃棄物処理の持続可能性は「環境効率性」、「適正コスト」、「社会的受容性」の3つの評価軸によって判断されるが、環境×経済、経済×社会、社会×環境といったそれぞれの側面を掛け合わせた側面も含めた6つの側面に分類できる。これらが特に東日本大震災を契機として、単なる環境負荷低減のための廃棄物処理だけでなく、災害などの緊急時においても最低限の住民生活や経済活動を保証するセーフティネットとして役立つことが再認識された。

(2) これからの廃棄物処理システムを取り巻く制約・境界条件の検討

廃棄物処理システムは、刻々と変化する制約・境界条件に対応していかなければならない。社会情勢にどのような将来の社会変化があり、どのように廃棄物処理に影響を及ぼすかについて、PEST分析によって整理した結果を以下の8つに整理した。

- ①人口減少・人口の偏在化による廃棄物処理量の減少と処理効率の低下
- ②財源不足による廃棄物政策への投資制約
- ③資源獲得競争の激化、静脈産業の経営不安定化、新たな資源集約の可能性
- ④少子高齢化によるごみ質の変化とごみ排出方法、処理体制の見直し
- ⑤環境意識、安全・安心意識の先鋭化による廃棄物処理施設立地の困難化
- ⑥エネルギーシステム改革に伴う廃棄物処理施設におけるエネルギー供給事業の変化
- ⑦情報通信技術の活用
- ⑧新たな物流インフラの活用

(3) ワークショップ手法による将来像の描出

上記8つの制約・境界条件を踏まえ、持続可能な廃棄物処理事業において軸となる4つの検討項目（エネルギー供給、都市機能高度化、コミュニケーション、地域振興）を抽出した。それぞれ異なる4つのテーマをもとにグループワークを行ったが、いずれも事業実施地域が都市／地方によらず人が集まる仕組みを作り、迷惑施設（NIMBY、Not In My Back Yard）ではなく、誘致型のPIMBY（Please In My Back Yard）となる廃棄物処理施設を整備することは、実現可能性及び社会的インパクトが高いと結論づけた。また、処理施設で産み出される電気や熱を付帯施設へ供給・有効利用することを必要条件とした。ただし、様々なステイクホルダーを事業に巻き込むことが必須であり、地域住民との合意形成や事業のための資金調達スキームづくり、廃棄物処理という公共性の高いサービスへの多様な民間事業者の積極的な関与などが求められ、それらをコーディネートする自治体の主導性や人材が必要であるといえる。また、電力自由化を契機としたエネルギー供給拠点、防災拠点などの新たな価値を組み込むことが重要である。

(4) 先進事例調査による特徴整理

制約・境界条件への対応を契機として抜本的に廃棄物処理システムを見直す自治体を先進事例と考えた。事例を調査すると、処理方法や規模を工夫することによってエネルギー効率を高めたり、処理コストを抑制したり、さらには様々な産業、農業、防災、福祉等に副次的に貢献するなど、新たな付加価値を形成したり価値生産を効率化していることがわかった。

焼却処理に関連する新たな価値形成の事例としては、学校への電力小売事業（東京二十三区清掃一部事務

組合、佐賀県佐賀市）や災害時の防災拠点（東京都武蔵野市）が挙げられた。これらは自治体による資金調達及び施設整備を前提とした価値形成である。また処理コストの削減といった価値生産の効率化は昨今では民間事業者との連携が有効な手段として活用されている。自治体が焼却施設を新たに設置する代わりに、民間のセメント工場の遊休キルンを利活用して可燃ごみを処理・セメント原料化する事例（埼玉県日高市）や、民間事業者へ可燃ごみを搬入し、生物乾燥後に機械選別を経て可燃物を別の施設で産業廃棄物と混合して廃棄物固形燃料を製造する事例（香川県三豊市）もあり、自治体の施設整備及び運営に係るコストを削減できている。経済的原理で民間事業者と連携できる状況ではない場合は、例えば自治体の中心部に焼却処理施設を整備した東京都武蔵野市では、長年に及ぶ地域住民との合意形成をもとに、焼却処理施設を迷惑施設ではなく、地域の拠点として確立し、早期の処理事業復旧や近隣公共施設への熱電併給により災害時にも対応できるシステムを構築している。

（５）持続可能な廃棄物処理システム形成のフレーム

社会経済活動が行われる地域の持続可能性の指標化が試みられている研究などを参考にしつつ、持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームを図Ⅱ-1のように構造化し、提案する。最初の４つは持続可能な社会を支えるために必要な資本であり、これに金融資本を加えた。これらの事業形成メカニズムへの投入、維持・再生産が何度も繰り返されることによって持続可能な廃棄物処理システムが形成されるとした。以下は、各々の資本について、維持・再生産のための具体的要件を記載した。

（人的資本）＝他人に人的サービスという有用性を与えることができる人間の能力

人材確保・育成と継承（事業体）、民間連携による人材・ノウハウ

（人工資本）＝人に人工物サービスという有用性を与えることができる人工物

地域内産業連携、社会インフラ基盤の活用・維持、

（社会関係資本）＝人々に共有された規範・価値・認識であって人々の協力関係を促進させるもの

主体間交流・ネットワーク化、情報共有と見える化、地域内雇用創出、社会的弱者等への配慮、排出者責任行動促進

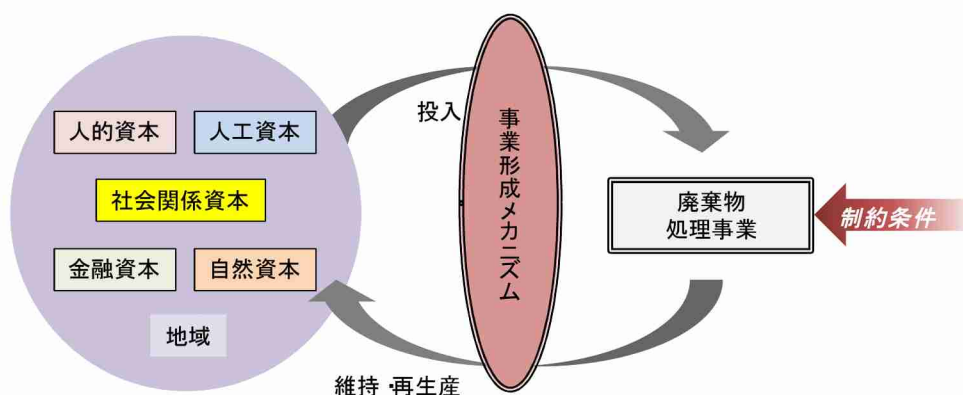
（自然資本）＝人に生態系サービスという有用性を与えることができる物理的環境の機能

低環境負荷、自然・文化等の活用・保護

（金融資本）

好条件での資金調達、安定した事業収入、事業多様化による相互補てん性

また、図Ⅱ-1の中の事業形成メカニズムについては、先述のワークショップの結果や先進事例調査におけ



図Ⅱ-1 持続可能な廃棄物処理システム形成のフレーム

る特徴の類型化により、以下のように主体間連携などによって新たな付加価値を形成していることが理解できた。

- ①周辺自治体との広域連携（規模拡大による効率化、役割分担等）
- ②資源化・エネルギー化・適正処理の観点からの動脈産業との連携
- ③下水道事業など他分野の静脈産業との連携
- ④産業廃棄物処理事業との連携
- ⑤民間活力利用による事業効率化
- ⑥地域コミュニティ等の市民力の活用
- ⑦排出者責任の徹底など規制的手法の活用
- ⑧エネルギー供給・地域振興・産業創成（地域振興策、まちづくりとの連携含む）
- ⑨高齢化社会における社会福祉的観点での付加価値化、社会福祉部門との連携
- ⑩環境教育の観点からの付加価値化、学校教育等との連携
- ⑪防災拠点としての付加価値化

（６）持続可能な一般廃棄物処理の事業スキームの提示

先述の先進事例における類型化された特徴は、さらに以下の３点に集約整理できる。

- ①新たなニーズに対する付加価値形成・効率化
- ②事業効率化のための手段としての主体間連携
- ③経済的原理が作用しない場合の制度化・マネジメント

これら三項目を内包できる持続可能な事業スキームの仕組みとして、自治体の一般廃棄物に対する統括的処理責任の下に、事業のバウンダリー拡張と主体間（公民・自治体間）連携により形成した「自治体関与事業者連携体」を提案する。この連携体制の構造は、近年、電力システム改革、小売自由化の動きの中わが国で注目されている、ドイツのエネルギー地域インフラを中核に据えた「シュタットベルケ」に類似していると言え、その取組みには３つの特徴がある。

- ①地域資源の活用 ②地域雇用の創出 ③地域に密着したサービス

これまでの議論をシュタットベルケの特長を踏まえて自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件として纏めると以下の４点に集約できる。

- ①多様な付加価値形成と効率化による事業性確保
- ②主体間コミュニケーションによる相互信頼性確保
- ③地域還元による地域社会のロイヤリティ確保
- ④人的キャパシティの確保と継承性確保

さらに、ここで持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームに立ち返ると、上記４つの基本要件は、各資本と関連付けることが可能であり、基本要件の確保が各地域資本を維持・再生産するための具体的要件の確保を通じて達成されるともいえる。その意味では、それらの具体的要件は、将来目指すべき自治体関与事業者連携体の持続可能性を評価するための指標として位置付けることも可能である。

５．本研究により得られた主な成果

（１）科学的意義

一般に、ごみ処理については収集、処理、資源化等の段階別、可燃ごみ、大型ごみ、容器包装などの品目・組成別に注目することが多い。しかし容器包装プラスチックの収集によって可燃ごみの質が変化するように、

すべてのモノと処理は互いに影響を及ぼす関係にある。本研究の科学的意義は、①自治体内のすべての発生源、すべてのごみ、すべての処理を総合的にとらえ、②マテリアルフロー（モノの流れ）を分析し、③物質収支、エネルギー収支などの評価を定量的に行うことにある。

持続可能な廃棄物処理システム及び廃棄物処理施設整備事業について、「持続可能性」の視点から概念整理し、経営学的視点から持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームを構造化できたことは、今後の事業スキーム設計における普遍性の高い科学的基盤となりうる。さらに、廃棄物処理システムの持続可能性指標となる各資本の具体的要件を提示できた。

（２）環境政策への貢献

＜行政が既に活用した成果＞

サブテーマⅠ：研究の２年目に新処分場建設計画に向けて中間処理を含めて検討を開始した旭川市に適用した。破碎選別、メタン発酵の導入を含む３つのシナリオを、組成分析と破碎選別モデルを用いてマテリアルフローの変化を予測し、エネルギー収支をとり、コスト推定を行った。旭川市最終処分場整備検討委員会の最終処分場整備基本構想答申（平成 29 年 4 月）を行った。

サブテーマⅡ：以下の委員会において本研究の成果が反映された。

- ・平成 27 年度市町村等による廃棄物処理施設整備の適正化推進事業検討委員会
- ・平成 28 年度市町村等による廃棄物処理施設整備の適正化推進業務検討会
- ・平成 29 年度廃棄物処理等に関わる中長期行動指針等策定検討委員会

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

サブテーマⅠ：基本計画策定の際に最も役立てられるため、三重県に依頼して自治体を選定中。30 年度中にボランティアで支援を行う予定である。また本手法はホームページ上でガイドラインを公開する。マテリアルフローを基礎とするが、モノの流れ図は作成が難しくなく、誰にも理解が容易である。ごみ処理システム全体のマテリアルフローを明らかにすると各処理間の関係が理解でき、同時にエネルギー、コストを見ることで、問題点が明らかとなり、改善策の発見につながる。行政にとって、定量的情報からなる強力な意思決定ツールとなる。自治体における処理の適正化はもちろん、廃棄物処理にかかわるすべてのセクターの知識啓発、人材育成、キャパシティビルディング、各セクター間のネットワークづくりに貢献する。

サブテーマⅡ：

将来の廃棄物処理に影響を与える境界条件・制約条件となる要因の整理は、国や自治体等の中長期的な廃棄物処理システムづくりの政策設計に役立てることが期待される。また、持続可能な廃棄物処理施設整備事業の将来像の描出は、自治体が将来的に目指すべきチャレンジングな方向性になるものと期待される。

なお、本研究で採用した経営学的な視点を組み込んだワークショップ手法により、様々なステイクホルダーの知恵を結集し、新たな事業スキームを描くことが可能になったことから、今後の国や自治体等が中長期的な廃棄物政策を立案する際にも活用可能なアプローチとして応用可能であると考えられる。

中小規模の自治体では人口減少、高齢化、経済停滞といった社会経済要因によって将来的に財政が一層逼迫することが危惧されている。本研究で得られた成果は、中小規模の自治体が中長期的な廃棄物政策を立案する際にも有効であると考えられる。特に、廃棄物処理事業の運営は自治体直営でなければならないという固定観念を見直し、各種民間事業者と連携することによって様々な付加価値が形成され、効率的な廃棄物処理システムを構築できることを本研究では示唆している。さらに、制度や住民意識などの成熟度の違いは十分に認識した上で、ドイツやオーストリアにおけるシュタットベルケをモデルとして廃棄物処理分野における日本版シュタットベルケのあり方を提示した。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 大迫政浩, 河井紘輔 (2016) 三社会統合による地域の持続可能な廃棄物処理施設整備事業の形成. 生活と環境, 61 (5), 11-14
- 2) 大迫政浩 (2017) 将来の持続可能な一般廃棄物処理事業の姿(試案). タクマ技報, 25 (2), 63-68

(2) 主な口頭発表（学会等）

- 1) 松藤 敏彦, 根本 泰明: 自治体におけるごみ処理のマテリアルフロー分析手法, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2016. 9. 27-29
- 2) 根本 泰明, 松藤 敏彦: マテリアルフローを中心とした自治体廃棄物処理のデータ管理・システム分析に関する研究, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2016. 9. 27-29
- 3) 藤原 孝, 松藤 敏彦: 産業廃棄物処理におけるマニフェスト分類の実態と施設設置手続き長期化に関する研究, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 和歌山大学, 2016. 9. 27-29.
- 4) 河井紘輔, 大迫政浩 (2017) 持続可能な廃棄物処理施設整備事業に関する一考察. 第 38 回全国都市清掃研究・事例発表会, 講演論文集, 1-3
- 5) 2) 河井紘輔 (2017) 生ごみ堆肥化促進シナリオによる全国レベルでの一般廃棄物処理に係る再生利用率推計モデル. 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 23-24
- 6) 3) 山口直久, 河井紘輔, 大迫政浩 (2017) 集約型還元溶融施設による焼却灰の再資源化事業に係る環境評価. 第 38 回全国都市清掃研究・事例発表会, 講演論文集, 34-36
- 7) 楠部孝誠, 河井紘輔 (2017) ポスト RDF を見据えたごみ処理と広域化に関する研究. 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 69-70
- 8) 稲葉陸太, 田崎智宏, 河井紘輔, 松橋啓介, 西村 想, 山口直久 (2017) 広域処理を考慮した廃棄物処理施設の稼働率と容量削減率の推計. 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 65-66
- 9) 河井紘輔, 大迫政浩, 秦三和子, 吉川克彦, 村上友章 (2018) 一般廃棄物処理事業の新たな価値形成や価値生産の効率化に向けた連携. 第 38 回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 1-3
- 10) 稲葉陸太, 田崎智宏, 河井紘輔, 西村 想, 山口直久 (2018) 生ごみと下水汚泥の集約処理による環境面および経済面での効果. 第 13 回日本 LCA 学会研究発表会, 同要旨集, 174-175

7. 研究者略歴

研究代表者: 松藤敏彦

北海道大学工学部卒業, 工学博士, 現在北海道大学工学研究院・教授

研究分担者

- 1) 大迫政浩 京都大学工学部卒業, 工学博士, 現在 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター長
- 2) 河井紘輔 京都大学工学部卒業, 博士 (地球環境学),
現在 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 主任研究員

Ⅱ．成果の詳細

Ⅱ－ 1 廃棄物処理システムの定量的把握・問題発見手法に関する研究

[要旨]

わが国一般廃棄物処理の現場は自治体であるが、定期的人事異動と縦割り・分業化によって、「プロが育ちにくい。全体的視点を持ってない（他の分野に関心を持ってない）、事業の継続・実施が仕事となる（部分が目的化する）」傾向が強く、その結果事業評価、見直し、改善が行われないとの問題がある。一方で、ごみ処理は循環型社会、低炭素化社会に対応するために分別数が増え、使用する技術が多様化し、複雑さを増している。本研究は、経済分析、LCA 評価、事業評価など、すべての基礎となるマテリアルフローを基礎とするごみ処理データ管理手法を提案した。

研究の実施にあたっては、多様な視点・経験をもつメンバーからなる検討会を組織して進めたところに大きな特徴がある。まず、「ごみ処理部門で経験と知識のある自治体職員」を 8 自治体から抽出し、メーカー、コンサルのメンバーも加えた。環境省担当者にも参加してもらい、メンバーを固定して、年 2 回の検討会を開催した。検討会では自治体のデータを分析して比較することから始め、共通の分析が可能となるようなデータ管理表を作成した。自治体間の比較を試み、処理の改善のための情報整理をおこなった。議論の過程では各々の経験、意見を自由に述べ合い、新たな見方や問題点の発見が多くあった。最終的には、ごみ処理分析のガイドライン案を作成して公開することとした。

1. はじめに

この 20 年間、廃棄物をとりまく条件は大きく変化した。ダイオキシン問題、循環型社会、低炭素化社会など、問題や課題が取り上げられるたびに新たな技術や法律が登場してきた。それに伴って、自治体は従来型のごみ処理に新たな分別区分や処理技術・資源化技術を加えてきたが、全体の見直しなしの「追加」となるため、非効率性が生まれる。

しかし一般廃棄物処理を担当する自治体は、分業化・縦割り化と定期的人事異動によって、「プロが育ちにくい。全体的視点を持ってない（他の分野に関心を持ってない）、事業の継続・実施が仕事となる（部分が目的化する）」傾向が強く、その結果事業評価、見直し、改善が行われないとの問題がある。ごみ処理事業へのベンチマーキング手法の適用が試みられたことがあるが、部分の数値化にとどまり、システム全体を評価するには至っていない。

ごみ処理を担当する自治体は、個人としても組織としても知識の蓄積が不十分である。そのため、誰でもが容易にデータを分析し、ごみ処理の現状を理解し、問題点を発見し、さらには改善策を見いだすことのできるツールが必要である。

2. 研究開発目的

本研究は、マテリアルフローを基礎とするごみ処理データ管理を提案する。モノの流れ図は、作成が難しくなく、誰にも理解が容易である。ごみ処理システム全体のマテリアルフローを明らかにすると各処理間の関係が理解でき、同時にエネルギー、コストを見ることで、問題点が明らかとなり、改善策の発見につながる。行政にとって、定量的情報からなる強力な意思決定ツールとなる。

3. 研究開発方法

本研究は、具体的な自治体の分析、ツールの開発を、多様な視点・経験をもつメンバーからなる検討会を組織して進めたところに大きな特徴がある。まず、「ごみ処理部門で経験と知識のある自治体職員」を公益財団法人廃棄物・3R 研究財団の協力により 8 自治体より抽出した。さらにごみ処理には、自治体以外に、メーカー、コンサルなど、多様なセクターが関与しており、保有する知識・経験や観点が異なると思われる。そのため、メーカー、コンサルのメンバーも加え、環境省担当者にも参加してもらい、年 2 回の検討会を開催した。

1 年目は検討会参加自治体のデータを収集し、発生源・種類別のごみ・資源のフロー、施設における収支などを分析の結果、発生から処分までのデータ管理表作成に至った。自治体間の比較を試み、処理の改善のための情報整理をおこなった。2 年目は次期処分場の整備に向けた検討を開始し、中間処理を含めたごみ処理システム全体の見直しを図ることになった旭川市を対象とし、考えられた複数の処理シナリオに対してマテリアルフロー分析を実施し、定量的分析結果を提供した。3 年目は、ごみ処理分析のガイドライン案作成を目標とし、新たにモニターとして 8 自治体を選び、ごみ処理の多様性への対応、手法の一般化、利用可能性についてのヒアリング等を行った。

4. 結果及び考察

4-1 自治体の現状

(1) 数値目標の設定

各自治体は、一般廃棄物処理基本計画等においてごみ処理の方針や目標を示している。基本理念、基本方針としては、「環境負荷の少ない循環型社会の形成、3R の推進、再資源化の推進、リサイクルの推進、経済性・効率性に優れた施設、地域循環システムの確立」などといった概念的な記述が多用されている。さらに数値目標が設定され、それらを分類すると表 I-1 となり、排出量およびリサイクル率に関するものが多い。この両者は、「日本の廃棄物」の中でリデュース取組、リサイクル取組の上位 10 市町村を「一人一日あたりごみ排出量」「リサイクル率」から挙げていることと対応している。このときの排出量とは家庭系と事業系を併せた一般廃棄物量である。排出量は総量・一人当たりの量、削減割合・削減量などの表記の違いがあり、

表 I-1 自治体の数値目標の分類

		総量	削減割合 基準年に対し	リサイクル率 処分率	その他
処理 段階	排出	ごみ総排出量			
		1人 1 日当たりごみ排出量			
	資源化	資源物回収量		リサイクル率	
	焼却	焼却量			発電効率
	埋立	最終処分量		最終処分率	残余年数

自治体がHP上で公開している一般廃棄物処理基本計画等の数値目標を分類した。

表 I-2 具体的な施策とその根拠

施策	何を	根拠 (なぜ)	どのように
環境学習・イベント時の啓発	雑がみ	燃やすごみ中17%が古紙。	分別の呼びかけ
生ごみ発生抑制・資源化	生ごみ	可燃ごみ中生ごみが30%	定期的な冷蔵庫点検
集団回収によるリサイクル率向上	??	??	集団資源回収の推進
マイバッグ運動	レジ袋	効果は??	マイバック持参の働きかけ
埋立処分量の減量化	??	??	??

一般廃棄物のうち家庭系、事業系を特定している場合もある。一方、にコスト、温室効果ガス排出量は、文章での表現にとどまっている。

ある施策によって目標を達成するには、①何を（対象）、②なぜ（根拠）、③どうやって（方法）、が必要である。例えばリサイクル率の増加を目的とするときには、①回収対象を定め、②ごみ中にどれだけ存在するかという根拠があり、③どのような方法によって回収するかを決めなければならない。②と③によって、ごみ中の何パーセントを回収するかとの目標も設定できる。各自治体の具体的施策内容を、自治体の基本計画等から抽出した例を表 I-2 に示す。上の 2 つは対象、根拠、方法が明確な例であるが、大部分は下の 3 つのように根拠が不明であった。例えばマイバッグ運動は効果と目標が不明だし、埋立処分については何を減量するか対象が明確でなく、したがって方法も不明である。

表 I-1 の目標値を達成するには表 I-3 のような情報が必要であろう。これらは

- i) 処理プロセスへの搬入量の内訳（例：処分量の内訳）
- ii) あるごみの中身（例：ごみ中の資源物）
- iii) 回収物の方法別回収量（例：計画収集、民間収集の古紙回収量）
- iv) 発生源のちがい（例：焼却ごみに占める家庭系と事業系の内訳）

であり、すなわち「マテリアルフロー」の把握が施策の定量的な根拠となる。

表 I-3 施策が効果的であるために必要な情報

表 I-1 の数値目標	具体的施策のために必要な情報
ごみ総排出量〇〇トン以下	減らしたいのはごみか、資源物を含むのか。家庭系と事業系の両方かどちらか一方か。
一人一日あたりごみ排出量〇〇g削減	
資源回収量〇〇トン	現時点で、まだ何が回収されていないか。ごみ中にどれだけ資源物が残されているか。どのような方法で回収すればよいか。事業系からも回収可能か。
リサイクル率〇〇%以上	
焼却量〇〇%削減	焼却処理（埋立処分）量のうち、どのごみが多くを占めるか。焼却（埋立）回避できるごみはどれか。その方法は資源化か中間処理か。事業系と家庭系、どちらが削減が容易か。
最終処分量〇〇%削減	
最終処分率〇〇%	

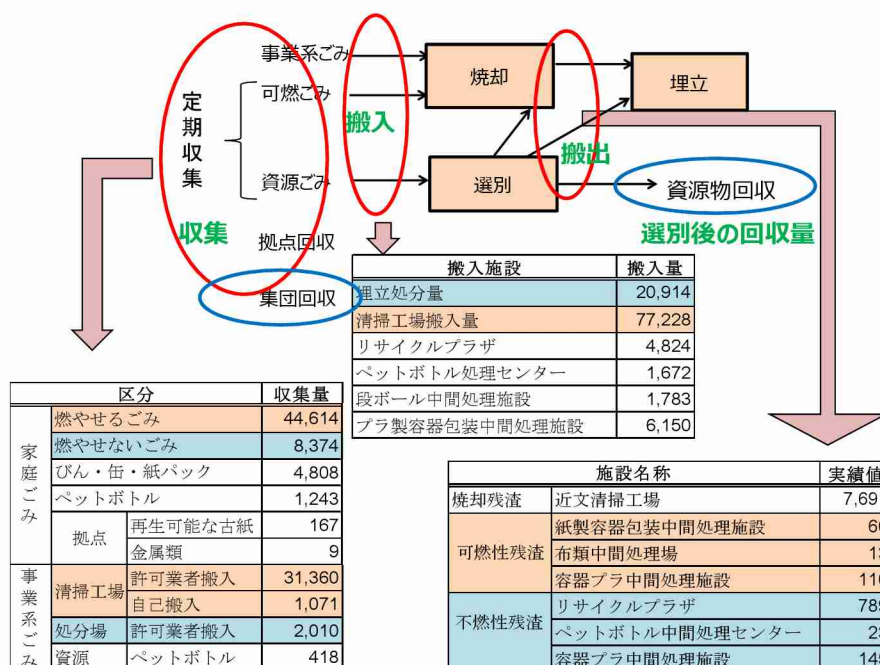


図 I-1 分散しているごみ処理情報（旭川市）

(2) 自治体のデータ管理の状況

自治体は、清掃事業の概要および諸統計を、清掃事業概要等としてまとめ公開している。図 I-1 は旭川市清掃事業概要中の処理実績をもとに、要点を抽出して作成したものである。数値は全て平成 26 年度の実績値であるが、それぞれ収集、処理（搬入）、処理（搬出）の表が別々に示されている。焼却、埋立に該当する項目を色付けすると、家庭ごみの「燃やせるごみ」と事業系の「清掃工場」が直接搬入される「清掃工場搬入量」であり、中間処理の「可燃性残渣」も焼却されていることが理解できる。数値の整合性は、それぞれを足し合わせて確認するしかない。資源物については品目が多いため、さらに難しい。図中の表のほかに集団回収による資源物回収が、新聞、雑誌、段ボール、1.8 リットルびん、ビールびん、雑びんなどの種類別に集計されているが、図 I-1 中の表では再生可能な古紙とあるだけで種類別内訳がなく、びん・缶・紙パックは合計量しかないなど、品目別の比較も困難である。さらに、ペットボトルは選別施設で処理され一部が不適物となるが、実際の回収量は別の表を参照しないとわからない。また、収集量には家庭系と事業系の区別がなされているが、処理量における内訳はすぐにはわからない。

循環型社会、低炭素社会をめざし、分別数と処理方法が多様化している現在、データが多く箇所に分散し、分別～収集～処理の流れを追うことが困難となっている。データ利用が困難な理由はデータが分散し、関連を把握できないことにあるので、これを解消するため収集から最終処分までをただひとつの表にまとめることを提案した。これをデータ管理表と呼ぶこととした。

4-2 データ管理表の提案

(1) 管理表の構造

図 I-2(a) は仮想的な処理システムであり、焼却、破碎選別施設、資源選別施設および埋立地からなる、最も一般的な構成である。資源選別施設としてはガラスびん・ペットボトルを混合収集し選別する施設と、容器包装プラスチック選別の 2 つを考える。計画収集による資源回収の代表として古紙を、また集団回収での古紙回収を別に考える。図の実線は施設への搬入を、破線は搬出物を表す。焼却施設、埋立地には、直接搬入されるものと中間処理後に搬入されるものがある。古紙は選別施設を経ずに、直接資源化され、びん、ペットボトル、容器包装プラは中間処理後の資源化である。以下では、焼却、埋立、破碎、資源選別、回収資源を、色でも区別する。

この処理システムのデータを、図 I-2(b) のように整理する。タテ方向には分別ごみ種を、ヨコ方向は収集、施設への搬入、搬出を施設別とした。これは、「分別区分ごとに別々の処理が行われる」ことを想定している。手順は次のとおりである。

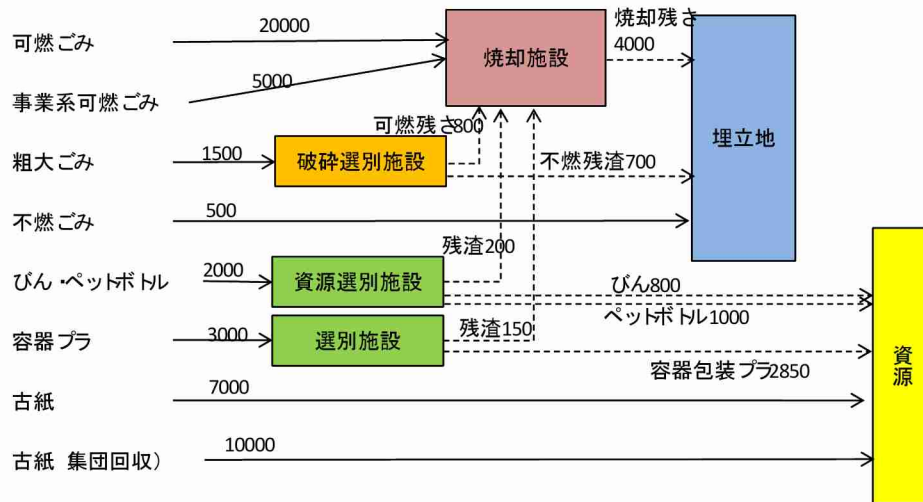
- 1) 収集量を、家庭系か事業系かを区別して記入する。[B, C 列]
- 2) 図 I-2(a) の実線部分は収集後に向かう施設であり、[D~ G 列] の施設搬入量に記載する。選別のない資源物、直接埋立は「直接」の項[H, I 列]に記載する。
- 3) 処理・選別施設の搬出物を該当する列の下部に、[D~ G 列の 11~ 18 行] 名称は A 列に記載する。
- 4) 図 I-2(a) の破線で示す搬出物量を、「搬出物の行き先」J~ L 列の該当施設に記入する。L 列の回収される資源物は「処理後回収資源」である。11~ 18 行の色は、J~ L 列に対応している。

図 I-2(b) のもととなるのは、図 I-2(c) の各施設における搬入・搬出量である。D~ G 列の数値は、図 I-2(c) をそのまま転記しただけであり、特に新たなデータは必要ではない。したがって図 I-2(b) は

- D~ G 列の 1~ 7 行、11~ 18 行は、施設の搬入、搬出量を示す。
- D~ H 列のうち焼却、埋立は残渣処理量があるため、焼却は J 列、埋立は K 列を加えて処理量となる。焼却の搬入量のうち図 I-2(c) の色つき部分（3~ 5 行）が、J 列である。

- 資源物は、直接（I 列）と中間処理後（L 列）の和が総資源化量となる。
- ヨコ方向は、分別区分ごとの流れを表す。

(a) ごみ処理フロー



(b) データ管理表

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
分別区分		収集量		施設搬入量				施設未搬入)		搬出物の行き先		
		家庭系	事業系	焼却	破碎選別	資源選別	選別	埋立(直接)	資源(直接)	焼却	埋立	資源(処理後)
1	可燃ごみ	20,000	5,000	25,000							4,000	
2	不燃ごみ	500						500				
3	粗大ごみ	1,500			1,500					800	700	
4	びん・ペットボトル	2,000				2,000				200		1,800
5	容器包装プラ	3,000					3,000			150		2,850
6	古紙	7,000							7,000			
7	古紙類	10,000							10,000			
11	焼却残さ			4,000								
12	可燃残さ 粗大ごみ処理)				800							
13	不燃残渣 粗大ごみ処理)				700							
14	びん					800						
15	ペットボトル					1,000						
16	選別残渣					200						
17	容器包装 プラスチック						2,850					
18	選別残渣 容器プラ						150					

(c) 処理施設の搬入量・搬出量

焼却施設		
1	搬入	家庭系可燃ごみ 20,000
2	搬入	事業系可燃ごみ 5,000
3	搬入	粗大ごみ可燃残さ 800
4	搬入	びん・ペットボトル選別残渣 200
5	搬入	容器包装プラ選別残渣 150
6	搬出	焼却残さ 4,000
粗大ごみ破碎選別施設		
1	搬入	粗大ごみ 1,500
2	搬出	可燃残さ 800
3	搬出	不燃残渣 700
びん・ペットボトル選別施設		
1	搬入	びん・ペットボトル 2,000
2	搬出	びん 800
3	搬出	ペットボトル 1,100
4	搬出	選別残渣 100
容器包装プラ選別施設		
1	搬入	容器包装プラ 3,000
2	搬出	容器包装プラスチック 2,850
3	搬出	選別残渣 150

図 I-2 典型的なごみ処理のデータ管理表（仮想例，単位トン/年）

実際のごみ処理システムは、図 I-2 のように単純な場合ばかりではない。しかし搬入物の種類が多い場合（タテの行数を増やして対応）、処理施設が複数ある場合（施設ごとに列を増やす）などの対応方法は、検討済みである。

(2) ごみ、資源の区分の多様性

図 I-2(b) のタテ方向の記載方法はどうか。一般に、分別区分は「分別数」の多少に注目しがちである。しかし資源物については多品目を同時に収集することで経済的効率は向上するため、作業、その後の処理を考えると、どの品目を一度に収集するかが重要であり、品目別と混合の区別もある。また計画収集以外に、集団回収、拠点回収などの方法もある。表 I-4 は旭川市における排出区分を、実際の収集作業を区別して作成した。上部にごみ、下部に資源として収集されるものとし、実線内の品目が一度に集められる品目を示す。ただし、網掛けで示した燃やせないごみと蛍光灯等は、同一日に収集されている。

表 I-4 の形式は、すべての自治体で同一のものはないと思われる。自治体ごとの収集区分は、それぞれ独自と言ってよいほどに異なっている。集計の単位は

品目	→	新聞・雑誌	スチール缶・アルミ缶	ペットボトル・容器プラ
素材種類	→	古紙	缶類	プラスチック

のようにさまざまである。びん・缶・ペットボトルの混合収集、びんと缶が別々の品目別収集もある。集団回収は品目、定期収集は素材と同一自治体内で表記が異なる場合もある。また定期収集はびん・缶・ペットボトル、古紙・古着など、混合収集のため異質のものの合計である場合もある。

またごみの呼び名も様々である。人口順に 60 自治体のごみ区分名称を調べると

(物性)	可燃ごみ・燃えるごみ	不燃ごみ・燃えないごみ
(処理可能性)	燃やせるごみ	燃やせないごみ
(処理)	燃やすごみ、焼却ごみ	燃やさないごみ・埋めるごみ・埋立ごみ

のようであった。ここにも自治体の独自性があらわれている。不燃ごみ区分がなく陶磁器・ガラスなど、小

表 I-4 収集作業から整理した家庭系ごみの排出区分（旭川市）

	区分	収集方法	収集回数	主体	処理施設	方法
ごみ	燃やせるごみ	ステーション収集	2回/週	有料	委託	焼却施設
	燃やせないごみ	ステーション収集	2回/月	有料	委託	埋立地
	粗大ごみ	戸別収集	随時	有料	直営	埋立地
	引っ越し・多量・臨時ごみ	戸別依頼		有料	許可	埋立地
資源	缶・ビン・家庭金物	ステーション収集	1回/週		委託	リサイクルプラザ
	紙バック					機械選別・圧縮 手選別 びん)
	ペットボトル	ステーション収集	1回/週		委託	ペットボトル選別
	プラ容器包装					選別・圧縮・保管 プラ容器選別
	段ボール	ステーション収集	2回/月		委託	
	紙製容器包装					紙製容器選別
	剪定枝	戸別収集	随時		直営	選別・圧縮・保管
有害	蛍光灯	ステーション収集			直営	
	乾電池・体温計	燃やせないごみ	2回/月			破碎・資源化
	ガス缶・スプレー缶・ライター	と同日)			委託	
資源	布類					
	再生可能な古紙					
	金属類					
	リターナブルびん	拠点回収				
	プラ製品					
	傘(金属)					
	小型家電					
	廃食用油				委託	

型複雑ごみなどの名称とする自治体もある。混合ごみについては一般ごみ、家庭ごみ、生活ごみなどの名称がつかわれている。

(3)統一区分の危険性

全国の自治体の状況を整理する際には、統一したフォーマットが使用される。しかし、びん・缶のように混合収集の場合は、びん、缶の量の推計には何らかの「按分」が必要となる。逆に古紙の種類別データがあっても、「古紙」が集計単位であると、内訳の量を生かすことができない。前者は推計・按分の誤差、後者は情報のロスである。中間処理残渣では、どのような施設からの残渣かわからなくなるし、民間主導の資源物拠点回収があったとしても、「その他」に集計される。ごみの名称には、自治体の考え方があらわれている。上記のような可燃ごみ、燃やせるごみ、燃やすごみという自治体ごとのニュアンスの違いも失われる。

ごみ処理の状況を「評価」するには、他自治体との比較が必須である。しかし統一フォーマット化は、上記のような情報のロスや誤差が伴うことに注意すべきである。最大の問題は、一旦合計あるいは按分されてしまうと、元のデータに戻すことはほとんど不可能ということにある。

ごみ処理の計画・実施において第一に必要なのは、現状を正しく把握・理解することである。比較を優先するために元のデータがあいまいになることの損失は大きい。比較は違いがあることを踏まえたうえで、必要に応じて行えばよい。

ごみ処理データ管理表の考え方を、図 I-3 にまとめる。分別区分、処理施設の種類の数は自治体ごとに同一のものはないので、表はそれぞれ独自の形式となつてよい。分別区分、収集方法も、施設の種類の数も異なるであろうが、まず縦方向の項目は定期収集、拠点回収、集団回収など収集方法別とし、次にごみと資源物に分ける。自治体が関与しない資源収集、例えば新聞販売店による古紙の自主回収、スーパー等における資源物回収なども、情報があれば加える。すべてのルートとモノである。

横方向には処理の現状に合わせて施設を並べ、搬入量、搬出量を並べる。中間処理を経ない直接の埋立、中間処理、資源化施設、選別施設等を経由しない資源物は「直接資源化」とする。施設の下部には搬出物の種類と行き先を書く。これによって施設の収支を表すことができる。

この表には、分別区分ごとの収集・処理方法だけでなく実際の収集作業と、収集に関する情報すべてが集約される。そして、部分的に見ると、収集量、施設搬入量、施設搬出量、資源回収量など、従来別々の表に

分別区分	収集方法	施設搬入量					搬出物の行き先		
		家庭系	事業系	焼却	破碎	資源	焼却	埋立	資源
1 可燃ごみ	戸別	334	72	406					61
2 不燃ごみ									11
3 粗大ごみ									
2 不燃ごみ	持込								
3 粗大ごみ									
4 ペットボトル			5				5		
5 トレー類	戸別	2				2			
6 缶類		6				6			
7 びん類		19				19			
8 新聞紙	集団	8				8			
20 新聞		11				11			
21 雑誌・雑紙類		8				8			
22 段ボール						5			
25 全てのルートとモノ									
26 焼却鉄	(事業系も)			4					
27 焼却灰				57					
28 鉄						11			
29 アルミ						0			
31 焼却						78			
32 不燃残渣						0			

分別方法が異なる

収集方法が異なる

保有施設が異なる。
数が異なる

収集区別の流れ
(収集→搬入→搬出物の行き先)

施設の収支

図 I-3 ごみ処理データ管理表の考え方

まとめられていた情報を、容易に抜き出すことができる。また表はまずトン単位で作成するが、分析には人口で割って一人一日当たりの表を用いる。これによって、自治体間の相対的な比較が容易に行える。

4-3 自治体の分析例

図 I-4 に、データ管理表にもとづく旭川市の分析例を示す。

図 I-3 の分別方法を縦方向に集計すると、(a)のように家庭系と事業系の比較となる。資源ごみ、集団回収量は品目の区別なしの合計量である。右にごみ、左に資源としており、家庭系と事業系のごみ量の違い、ごみと資源物の比較、資源物の方法別内訳を知ることができる。家庭系の図より、資源物回収量が多いほどバーが左へ移動してごみ量が減るであろうこと、自治体内の一般廃棄物処理としてどのごみに注目すべきかを見出すことができる。

(b)は資源物の品目別回収量を、計画収集、集団回収をならべて比較した。計画収集はプラスチック製容器包装が最大であり、びんと缶は混合収集であるが、施設での回収量の内訳はおおよそ2：1である。集団回収は、新聞が圧倒的に多く約7割を占める。この図より、リサイクル率に対する品目別の割合、すなわちどの品目を集めるとリサイクル率が向上するかがわかる。

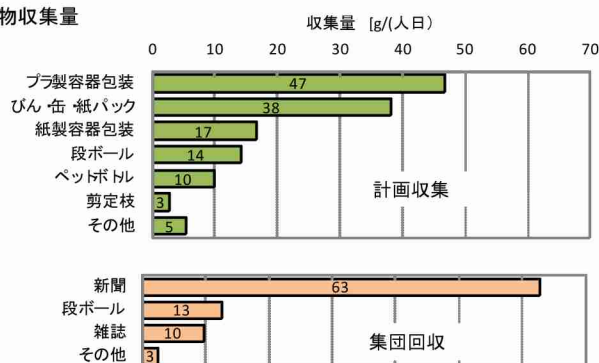
(c)は、資源選別施設の回収量と残渣発生量である。一般に収集量と施設における回収量は別の表に集計されているが図 I-3 のデータ管理表より、収支を容易に図化できる。リサイクルプラザはびん・缶・紙パックの選別施設であるが、16%が残渣として埋め立てられている。選別施設は回収量にのみ注目されがちだが、残渣率（＝1－回収率）が高いことは望ましくない。分別方法の改善など、次の施策につながる情報である。

図 I-5 は広島市のデータ管理表である。焼却が4施設、資源選別が5施設あるのが特徴で、焼却施設数

(a) ごみと資源物の収集量



(b) 資源物収集量



(c) 資源選別施設の回収量と残渣量

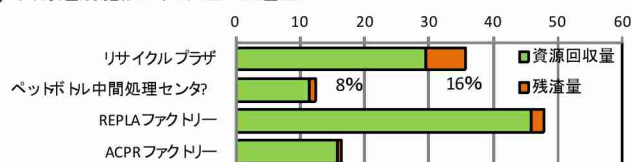


図 I-4 旭川市の分析例

が多いので、排出源である可燃ごみを家庭系と事業系で別の行として、それぞれどこへ搬入されるかわかるようになっている。持ち込みも家庭系と事業系、資源ごみは家庭系の定期収集と自己搬入、事業系の紙類があるため行を増やしている。

施設数が多くて複雑だが、表の下に搬出物とその搬入先を記載し、Q~T列との対応を色分けすることで、流れを追うことができる。図 I-6 は焼却、資源選別施設を合計して描いた処理フローである。収集量は家庭系と事業系の数値を並べた。資源選別施設の左は分別区分ごとの搬入量、右は回収品目別の量であり、矢印は連続していない。この図は、自治体内の物質フローをわかりやすく表している。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
分別区分	収集方法	収集量		施設搬入量										(施設未搬入)		搬出物の行き先					
		家庭系	事業系	焼却1	焼却2	焼却3	焼却4	破碎	選別1	選別2	選別3	選別4	選別5	埋立 (直)	資源 (直接)	焼却1	焼却2	焼却3	焼却4	埋立	資源 (処理)
1 可燃ごみ		337.6		105.4	80.4	77.7	68.4													80.2	2.0
2 可燃ごみ			313.8	181.7	35.0	60.4	23.2														
3 可燃ごみ	持込	1.4		0.6	0.1	0.3	0.4														
4 可燃ごみ	持込		21.7	10.6	1.6	5.5	4.0														
5 その他プラ		12.4		12.4																	
6 不燃ごみ		13.8	34.1											47.9							
7 大型ごみ		4.6						4.6										17.2		6.0	3.2
8 大型ごみ			5.8					5.8													
9 大型ごみ家庭系	持込	14.1						14.1													
10 大型ごみ事業系	持込		1.9					1.9													
11 ペットボトル		5.0							5.0								0.8			0.8	4.1
12 リサイクルプラ		41.3							41.3								5.8				34.7
13 資源ごみ		62.0								40.3	21.7						4.5	0.0	0.2	0.8	5.3
14 資源ごみ	自己搬入	0.8								0.4	0.4										
15 資源ごみ(紙類)			0.1							0.1	0.0										
16 有害ごみ		0.5								0.5											
17 せん定枝			1.9											1.9							
18 都市美化 可燃ごみ			3.1	3.1																	
19 都市美化 不燃ごみ			1.1											1.1							
20 ペットボトル	店頭回収	0.4										0.4					0.2				0.2

図 I-5 広島市のデータ管理表（一人一日あたり）

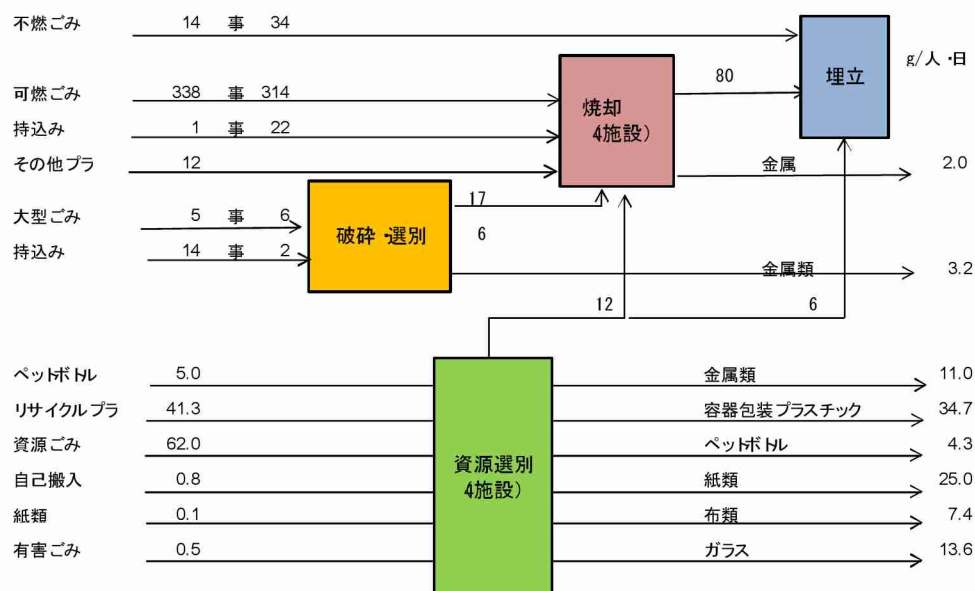


図 I-6 広島市の処理フロー（一人一日あたり）

4-4 複数自治体の比較

(1) 施設の収支

自治体間の比較を行うことで、違いに気づくことができる。図 I-7(a) は埋立量の内訳を、一人一日あたりで示した。直接埋立量（不燃ごみ）は旭川市が大きく、これはプラスチック製品を燃やせないごみとしているためである。焼却残渣量は広島が大きい、事業系を含めた焼却処理量の多さなどの原因が考えられる。

図 I-7(b) は焼却施設の焼却残渣発生率（焼却量に対する比）、選別施設の残渣発生率を示す。焼却残渣の割合は 11～14% であるが、飛灰と焼却灰の比率には施設によって差がある。選別施設における残渣率は 15～19% であり、旭川市と同程度（図 I-4 参照）である。選別 4 は店頭回収のペットボトルであり、異物混入率が高いと考えられる。

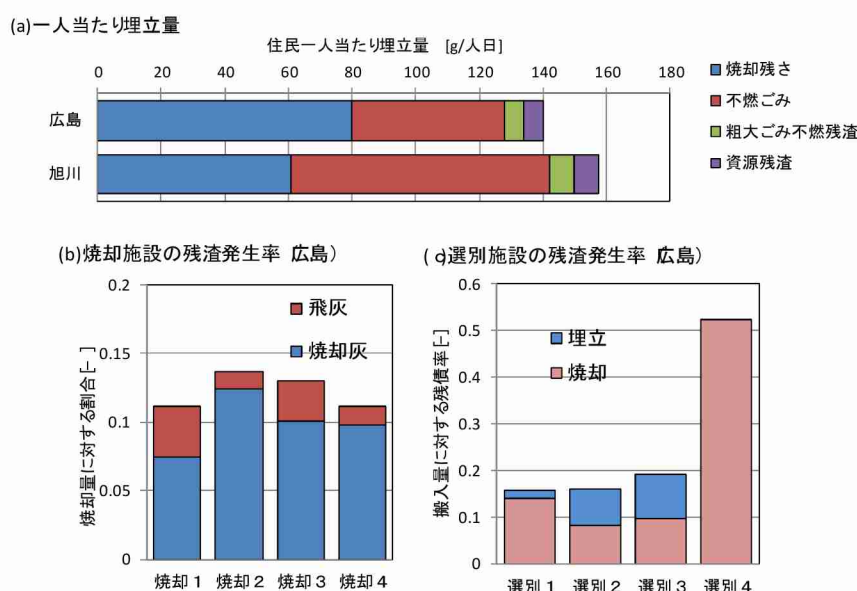


図 I-7 広島市の処理フロー（一人一日あたり）

(2) 種類別資源回収量

図 I-8 に、品目別の資源回収量を示す。集団回収はおおよそ新聞、雑誌、スチール缶、アルミ缶など種類別に集計されているが、定期収集は古紙、缶類などのように種類別合計が多い。図は、定期収集、集団回収ともに品目別の回収量があるデータを用いた。集団回収で新聞、雑誌、段ボール、アルミ缶、スチール缶の回収量がわかっているが、定期収集における収集区分が古紙、缶類だと、新聞、アルミ缶といった品目別合計量が算出できない。図 I-8 では缶類、びん類、古紙の数値がないのはこのためである。（ただしデータ管理表を作成すると、混合収集でも選別収集後の回収量を用いるとデータを増やせる。）

個々の品目のマテリアルフローは、生産→消費→回収または廃棄の順である。したがって、輸出入はあるものの、生産量以上に回収されることはない。そこで、図 I-9 に品目別の生産量（消費量、出荷量）を国民一人当たりで示した（アルミ缶は 2015 年度、それ以外は 2016 年度）。ペットボトル、スチール缶、ガラスびんについては、図 I-8 において回収量の多い自治体は図 I-9 の数値に近く、古紙のうち旭川市の新聞紙回収量は生産量に近い（ただし、回収量にはチラシも含まれている）。アルミ缶の回収量は低い、民間主導の店頭回収などによる可能性がある。プラスチックは排出段階で一般系廃棄物と産業系廃棄物も分けて推計しており、図 I-9 には一般系家庭系の容器・容器等、家庭用品・玩具等を示した。図 I-8 の数値は包装・容器等に近い数値となっている。図 I-9 は地域的ばらつきを無視した数値であるが、回収量の目安として用いることができる。

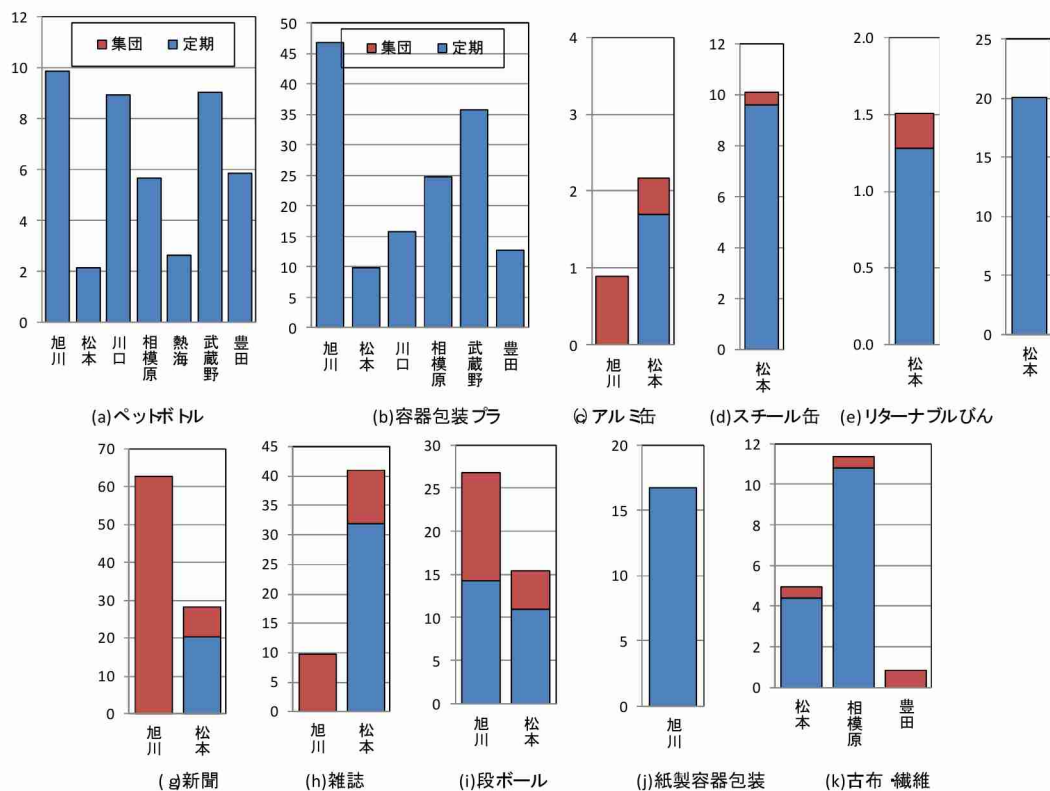


図 I-8 広島市の処理フロー（一人一日あたり）

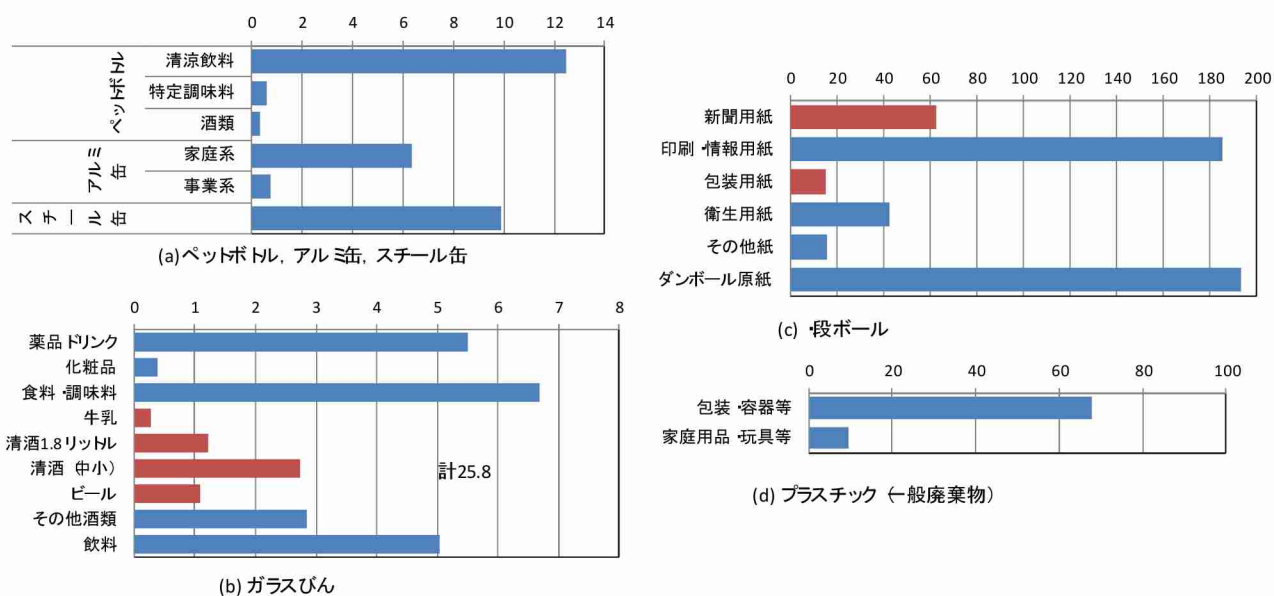


図 I-9 品目別生産量（国民一人一日あたり [g/(人日)]）

(3) 自治体関与外の収集

図 I-10 はペットボトルと古紙の収集量を自治体間で比較した。豊田市における古紙回収には、集団回収のほか拠点回収と民間回収がある。回収拠点はクリーンセンターや大手スーパーなどを中心に市内 20 ヶ所に設置され、古紙の他にペットボトル、びん、缶なども回収されている。民間回収とは、新聞販売店に委託された古紙回収業者が家庭を回る巡回収集であり、各家庭に回収日の前々日にチラシが広告と一緒に配布され、回収日に玄関前から回収される。

図には示していないが松本市も民間業者における古紙回収を行っている。小売店、回収業者、製紙工場が設置する拠点の他、サッカーの試合会場においても拠点を設置し古紙回収を行っている。市では、民間の割合が徐々に増加している。図 I-10(a)の高知市は、拠点回収によるペットボトル回収が多い。このように、定期収集以外で資源回収できる可能性が示された。

4.5 品目別回収率

ごみの組成分析からごみ中に未回収で残る量を知ることができる。図 I-11 は、旭川市における推定結果である。表右欄の「組成分析」は、燃やせるごみ、燃やせないごみ中の割合である。布類を除き、回収率が高いと推定された。

ただし、この推定は組成分析の精度に大きく影響される。旭川市は年 2 回組成分析を行っているが、8 地区よりごみステーションからごみをサンプリングし、縮分は行うが分析量が多いことが特徴である。平成 26 年度の調査ではサンプリング量、分析量の平均は燃やせるごみ 3.1 トン、530kg、燃やせないごみ 3.1 トン、400kg であった。組成分析はごみピットからのサンプリングによるが、クレーンの採取量が 200kg、縮分後の分析量が 5~10kg であるため、サンプリング誤差が大きい。縮分操作が適正に行われたとしても、クレーンで「ピット内の平均的なごみ」がつかめる確率は高くない。図 I-12 は仙台市における組成分析結果である。清掃工場ごとに家庭系ごみを搬入した位置からごみを採取し、月一回の分析を行っている。しかし季節別にも場所別にも傾向が見られない。ごみピットからのサンプリングは環整 95 法とよばれる標準法だが、このように誤差が大きい方法は見直すべきである。各自治体の結果より、ごみの混合、水分移行のないステーションからのサンプリングを行い、500~1,000kg の分析を行うことが望ましい。また、焼却対象のごみだけでなくすべての分別ごみの組成分析も必要である。

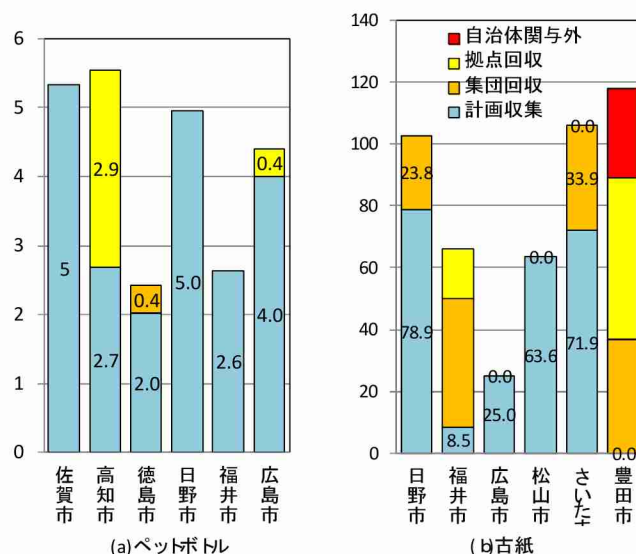


図 I-10 方法別の回収量

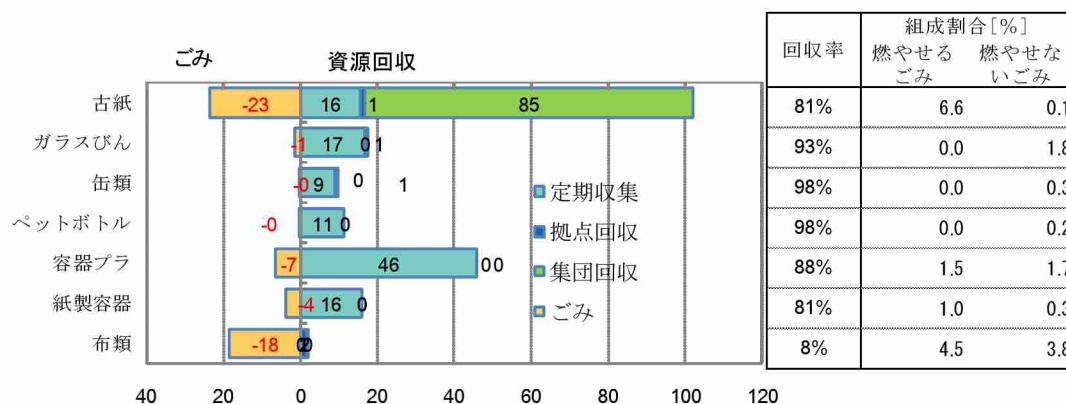


図 I-11 品目別の回収率方法別の回収量

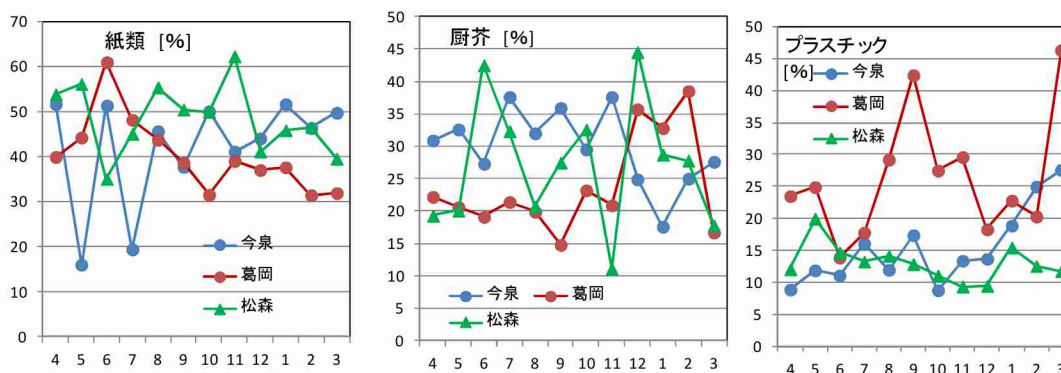


図 I-12 仙台市（平成 28 年度）の組成分析結果

もうひとつは、組成分析の項目である。資源品目を区別せずに、単に紙類、プラスチック類としてのみ選別されていたら、図 I-11 のような考察を行うことはできない。

4.4 望ましいごみ処理の指標

(1) 国におけるリサイクル率と排出量

表 I-1 に示したように、自治体はごみの排出量とリサイクル率を数値目標に掲げているところが多い。図 I-13 は平成 27 年度における一般廃棄物のフローを、国民一人一日あたりとして示したものであり、

$$\text{一人一日あたり排出量} = A + B \quad \text{リサイクル率} = C / (A + B)$$

と計算される。

家庭における不要物の発生からのフローを概念的に描くと、図 I-14 となる。ただし、図 I-13 の中間処理後の資源回収は省略した。上記指標は「国全体」としては妥当であっても、自治体がこれらの指標を用いるには、それぞれ異なった状況にあることから以下の問題がある。

- 1) 排出量は、家庭系と事業系の合計である。（発生源の区別がない）
- 2) 排出量は、資源化されるものを含む（ごみと資源の区別がない）
- 3) リサイクル率は、家庭系と事業系の合計で計算される
- 4) 図中になく資源回収（民間ルート）はリサイクル率に計上されない（実質的でない）

従来の排出量、リサイクル率は、図中の排出量と、資源化量÷排出量で算出されているが、豊田市、松本市の例のように自治体が関与しない回収がある。図中の（実）排出量、実（資源化量）を用いればよいが、す

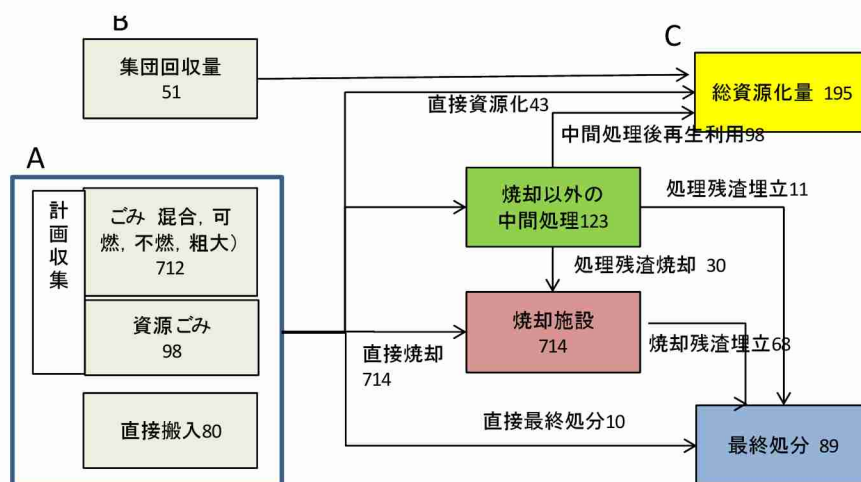


図 I-13 一般廃棄物のフロー（平成 27 年度，数値一人一日あたり）

べてを把握することは困難である。代表的な例はスーパー等の店頭回収であって、数多くの事業者の回収量を調査・集計する仕組みが、新たに必要となる。

さらには、どの時点での量を「リサイクル」とするかとの問題もある。図 I-15 の例では、古紙は回収量＝利用量であるが、びんとペットボトルの混合収集のときは選別施設において残渣（ロス）が発生するため、収集量と回収量は異なる。さらに、生ごみの堆肥化の際は、水分蒸発、有機物分解によって量が減るので、資源化量＜収集量となる。副資材投入があると資源化量は見かけ上増加するとの問題もある。ペットボトルやガラスびんは、それぞれフレーク化、カレット化などの2次プロセスを経る可能性があり、さらには残渣発生により回収量は低下する。

(2) 現在の自治体指標の評価

図 I-16 は自治体におけるごみのフローである。表 I-1 でまとめた指標がどのような意味を持つか、指標として適当かを考えると、以下ようになる。

リサイクル率（または資源回収量）

- (×) 収集方法などの違い（民間回収の存在など）のため、自治体間で比較可能な指標とはならない
- (△) 基準年からの変化など、自治体固有の指標にはなりうる。
- (×) 数値を上げるには、自治体関与分を大きくする必要がある（方法によるが収集費増加を伴う）。民間回収は自治体の負担を減少する効果がある。

排出量

- (×) 資源物まで減らす必要はないし、製品販売以前の問題である。

焼却率・埋立率

- (×) 家庭系と事業系の合計であり、産業構造等の違いのため、自治体間で比較可能な指標とはならない。
- (△) 自治体固有の指標にはなりうる。
- (△) 焼却量と埋立量は、相反関係にある（焼却増→埋立減）。

(3) マテリアルフローに基づく指標

図 I-14 の、資源を分別したあとに残る「ごみ」を欧米では Residual waste と呼んでいる。資源化努力のあとに残った「残留ごみ」、「残余ごみ」の意であり、さまざまな資源化の結果として現れる。したがって一人当たり残余ごみ量は、どのような資源化を考えることなしに、最終的な成果としての指標となる。図 I-17

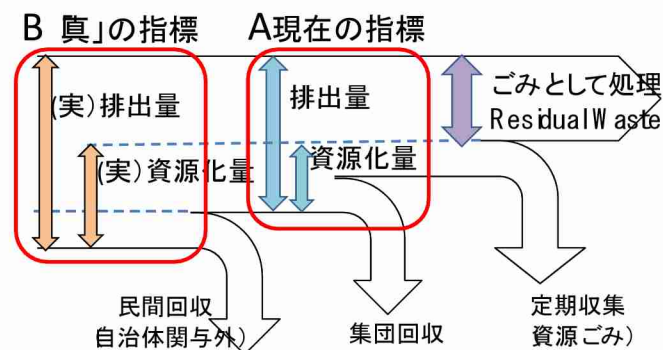


図 I-14 ごみの流れ

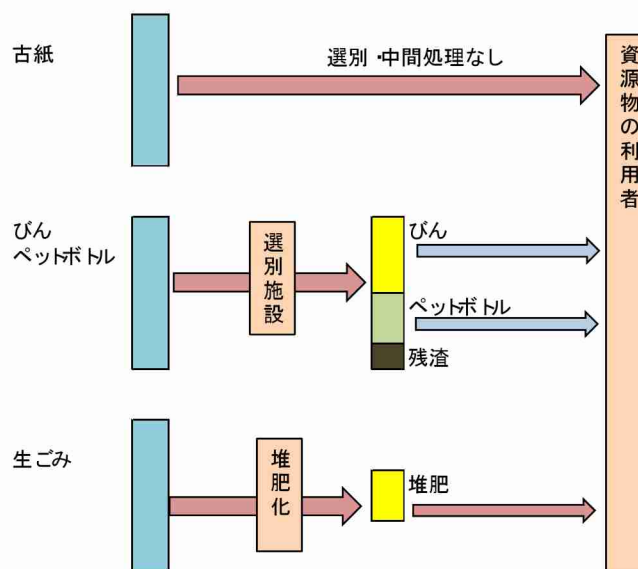


図 I-15 リサイクル量をどの時点で見るか

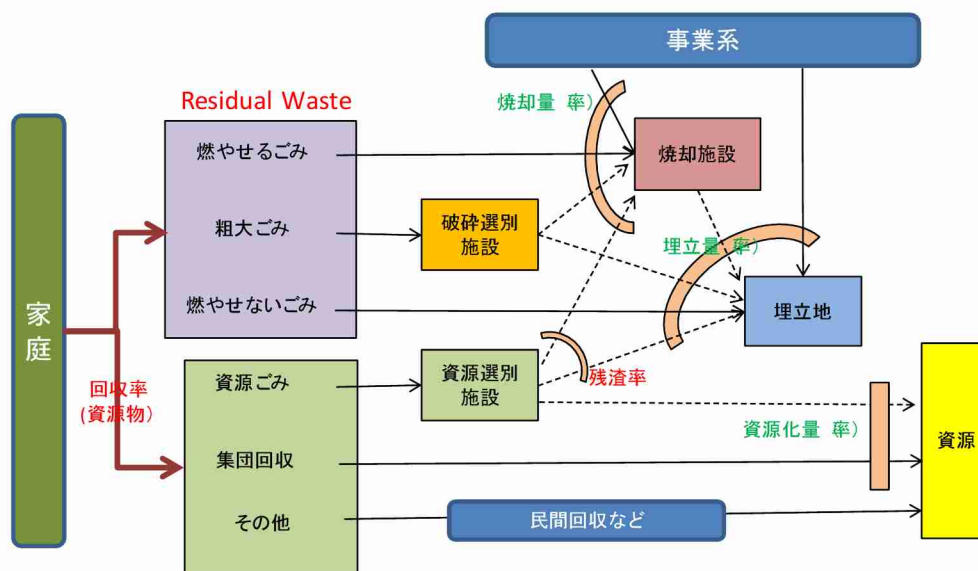


図 I-16 考えられるマテリアルフロー指標

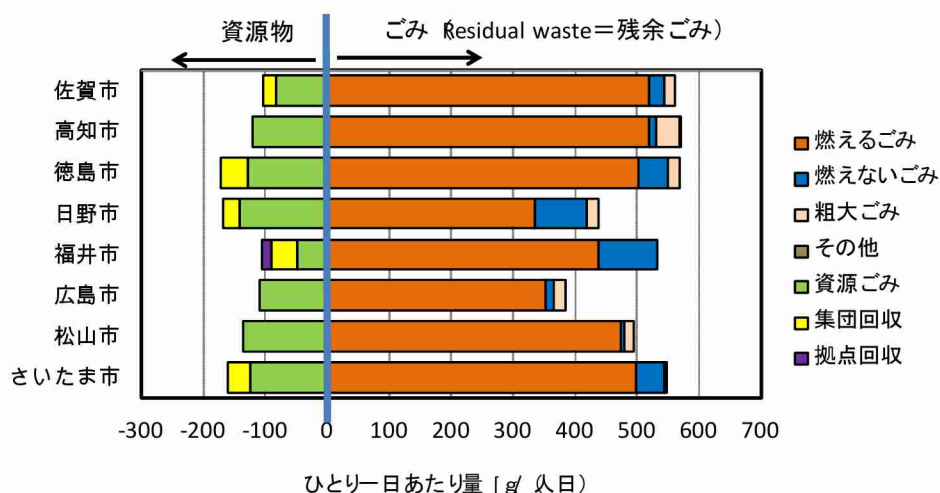


図 I-17 指標としての Residual waste

のように較べると、最小値（＝現実に達成可能なごみ量）を見出すことができ、それがどのような施策によって達成されているかを学べば同様の効果が期待できる。

残余ごみ量を減らすには品目別の回収率の最大化、すなわち「残余ごみへの移行量」最小化をめざせばよい。それには現時点でどれだけごみ中に未回収な可能資源があるかを知るために、ごみ組成分析の精度向上、残余ごみすべての組成分析が必要である。また資源ごみとして回収しても選別施設での残渣率が高ければ、実質的な残余ごみ増となる。収集段階だけではなく、利用に至るまでの有効回収率を意識することが必要である。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

一般に、ごみ処理については収集、処理、資源化等の段階別、可燃ごみ、大型ごみ、容器包装などの品目・組成別に注目することが多い。しかし容器包装プラスチックの収集によって可燃ごみの質が変化するように、すべてのモノと処理は互いに影響を及ぼす関係にある。本研究の科学的意義は、①自治体内のすべての発生

源、すべてのごみ、すべての処理を総合的にとらえ、②マテリアルフロー（モノの流れ）を分析し、③物質収支、エネルギー収支などの評価を定量的に行うことにある。

（２）環境政策への貢献

循環型社会、低炭素化社会など、問題や課題が取り上げられるたびに新たな技術や法律が登場してきた。それに伴って、自治体は従来型のごみ処理に新たな分別区分や処理技術・資源化技術を加え、ごみ処理は複雑化してきた。しかし一般廃棄物処理を担当する自治体は、分業化・縦割り化と定期的人事異動によって、「プロが育ちにくい。全体的視点を持ってない（他の分野に関心を持ってない）、事業の継続・実施が仕事となる（部分が目的化する）」傾向が強く、その結果事業評価、見直し、改善が行われないとの問題がある。ごみ処理事業へのベンチマーキング手法の適用が試みられたことがあるが、部分の数値化にとどまり、システム全体を評価するには至らない。

本研究システムはマテリアルフローを基礎とするが、モノの流れ図は作成が難しくなく、誰にも理解が容易である。ごみ処理システム全体のマテリアルフローを明らかにすると各処理間の関係が理解でき、同時にエネルギー、コストを見ることで、問題点が明らかとなり、改善策の発見につながる。行政にとって、定量的情報からなる強力な意思決定ツールとなる。自治体における処理の適正化はもちろん、廃棄物処理にかかわるすべてのセクターの知識啓発、人材育成、キャパシティビルディング、各セクター間のネットワークづくりに貢献するものである。

＜行政が既に活用した成果＞

本手法を研究の２年目に新処分場建設計画に向けて中間処理を含めて検討を開始した旭川市に適用した。破碎選別、メタン発酵の導入を含む３つのシナリオを、組成分析と破碎選別モデルを用いてマテリアルフローの変化を予測し、エネルギー収支をとり、コスト推定を行った。旭川市最終処分場整備検討委員会の最終処分場整備基本構想答申（平成 29 年 4 月）に反映した。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

基本計画策定の際に最も役立てられるため、三重県に依頼して自治体を選定中。30 年度中にボランティアで支援を行う予定である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

＜査読付論文に準ずる成果発表＞

特に記載すべき事項はない。

＜その他誌上発表（査読なし）＞

- 1) 松藤敏彦：アセス制度を含めた事前協議長期化に関する調査 -施設設置における行政の役割とは何か、いんだすと、Vol.32 No.6, 8-13, 2017
- 2) 松藤敏彦：自治体の指導によって生じる産業廃棄物処理の非効率化、いんだすと、Vol.32 No.9, 2-7, 2017
- 3) 松藤敏彦：廃棄物の区分とマニフェスト分類にみられる不合理 - 柔軟、効率的な廃棄物処理のカ

タチとは、いんだすと, Vol.32 No.11, 18-27, 2017

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 松藤 敏彦, 根本 泰明: 自治体におけるごみ処理のマテリアルフロー分析手法, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2016. 9. 27-29
- 2) 根本 泰明, 松藤 敏彦: マテリアルフローを中心とした自治体廃棄物処理のデータ管理・システム分析に関する研究, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2016. 9. 27-29
- 3) 藤原 孝, 松藤 敏彦: 産業廃棄物処理におけるマニフェスト分類の実態と施設設置手続き長期化に関する研究, 第 27 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 和歌山大学, 2016. 9. 27-29.

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

Ⅱ- 2 廃棄物処理システムの制約・境界条件を踏まえた改善戦略に関する研究

[要旨]

廃棄物処理システムを取り巻く社会情勢、すなわち将来の制約・境界条件を踏まえて、一般廃棄物処理事業の将来像とそれに向けた戦略を提示することを最終目的として、ワークショップによる将来像抽出と先進事例調査に基づく類型化・共通項整理により、事業形成のモデル化を行い、持続可能性の評価軸の観点を含めて将来の廃棄物処理システム形成のスキームを提示することを目的とした。

人口減少・人口の偏在化、少子高齢化、財政不足、資源獲得競争など、これからの廃棄物処理システムに影響を及ぼす8つの制約・境界条件を抽出した。廃棄物分野の専門家25名を招聘して「持続可能な廃棄物処理システムの将来像と実現戦略の検討ワークショップ」を開催し、施設整備に着目して持続可能な廃棄物処理事業の将来像を描出した結果、誘致型の廃棄物処理施設を整備することが実現可能性及び社会的インパクトが高いと結論づけた。廃棄物処理システムの先進的な事例を25ヶ所抽出し、ヒアリング調査及び文献資料等を通じて特徴を以下の3つに集約整理した；①新たなニーズに対する付加価値形成・効率化、②事業効率化のための手段としての主体間連携、③経済的原理が作用しない場合の制度化・マネジメント。5つの地域資本（人的資本、人工資本、自然資本、社会関係資本、金融資本）の事業形成メカニズムへの投入、維持・再生産が何度も繰り返されることによって持続可能な廃棄物処理システムが形成されると導き出した。持続可能な事業スキームの仕組みとして、自治体の一般廃棄物に対する統括的処理責任の下に、事業のバウンダリー拡張と主体間（公民・自治体間）連携により形成した「自治体関与事業者連携体」を提案した。さらに自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件として以下の4つを抽出した；①多様な付加価値形成と効率化による事業性確保、②主体間コミュニケーションによる相互信頼性確保、③地域還元による地域社会のロイヤリティ確保、④人的キャパシティの確保と継承性確保。これら4つの基本要件は、各資本と関連付けることが可能であり、基本要件の確保が各地域資本を維持・再生産するための具体的要件の確保を通じて達成されるともいえる。

1. はじめに

少子高齢化や財政逼迫などの社会条件の変化や、環境面においても地球温暖化等の気候変動、資源枯渇等の長期的な環境リスク要因、また東日本大震災のような突発的な災害によるリスクなど、これからの廃棄物処理システムを考えるうえでの境界条件・制約条件が大きく変化すると予想される中で、持続可能な廃棄物処理システムの描出とそれに至る改善戦略づくりが急務である。

2. 研究開発目的

廃棄物処理システムを取り巻く社会情勢、すなわち将来の制約・境界条件を踏まえて、廃棄物処理システムの将来像とそれに向けた改善戦略を提示することを最終目的として、ワークショップによる将来像抽出と先進事例調査に基づく類型化・共通項整理により、事業形成のモデル化を行い、持続可能性の評価軸の観点を含めてこれからの廃棄物処理システム形成のスキームを提示することを目的とする。

3. 研究開発方法

（1）持続可能な廃棄物処理システムの概念整理

文献をレビューし、持続可能な廃棄物処理システムの概念を整理した。

（2）これからの廃棄物処理システムを取り巻く制約・境界条件の検討

廃棄物資源循環学会が平成27年5月29日に開催した「廃棄物資源循環分野の将来像抽出ワークショップ

(以下、「学会 WS」という。))」の結果¹⁾を踏まえ、マクロ環境を網羅的に見ていくためのフレームワークである PEST (P: Political、E: Economic、S: Social、T: Technological) に着目し、これからの廃棄物処理システムに影響を及ぼす制約・境界条件を整理した。P のフレームでは法規制や政府の安定性などに係る要因、E のフレームでは景気や経済成長、金利、雇用、コスト等の要因、S のフレームでは人口動態や、ライフスタイルの変化など要因、T のフレームでは政府の研究開発に係る政策、技術の実用化・普及の動向が扱われる²⁾。

(3) ワークショップ手法による将来像の描出

PEST 分析結果を踏まえ、これからの廃棄物処理システムに影響を及ぼす制約・境界条件を抽出し、さらに持続可能な廃棄物処理システムにおいて軸となる検討項目を抽出した。抽出した検討事項をテーマとして、「持続可能な廃棄物処理システムの将来像と実現戦略の検討ワークショップ (以下、「将来像 WS」という。))」を平成 27 年 11 月 18 日に開催し、施設整備に着目して持続可能な廃棄物処理事業の将来像を描出した。将来像 WS では、国内の廃棄物処理に関係する 25 名の専門家 (行政 5 名、大学・研究機関 3 名、プラントメーカー 4 名、ゼネコン 4 名、コンサルタント 5 名、エネルギー関係 1 名、IT 関係 1 名、物流関係 1 名、デベロッパー 1 名) を幅広く招聘し、より多面的に廃棄物処理施設整備の方向性を検討する体制を整えた。これからの廃棄物処理システムに影響を及ぼす制約・境界条件に関する情報を参加者に提供した上で、4 つのグループに分かれてグループディスカッションをそれぞれ行い、実現可能性及び社会的インパクトの高いと想定される事業を選んで、グループごとに将来像を描出した。

(4) 先進事例調査による特徴整理

持続可能な廃棄物処理システムの改善戦略を提示する上で参考となる廃棄物処理システムの先進的な事例を 25 ヶ所抽出し、ヒアリング調査及び文献資料等を通じて特徴を整理した。

(5) 持続可能な事業形成のフレーム構築

持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームとして、事業形成の元になる地域が有する資本と、資本を活用した事業形成のメカニズムについて、社会経済活動が行われる地域の持続可能性の指標化が試みられている研究を参考にするとともに、先進事例の特徴の類型化等による分析を踏まえて考察した。

(6) 持続可能な一般廃棄物処理の事業スキームの提示

将来像 WS による将来像の描出や先進事例の特徴分析から得られた主体間連携による付加価値形成について、環境、社会、経済との関係を含めてモデル化するとともに、一般廃棄物処理における自治体の統括的責任を踏まえて効率的な付加価値形成を可能とする将来の持続可能な一般廃棄物処理の事業スキームを提示した。さらに、事業スキームの要件を満たす可能性あるドイツのシュタットベルケについて考察した。

4. 結果及び考察

4-1 持続可能な廃棄物処理システムの概念整理

持続可能性に関してこれまで様々な定義がなされているが、矢口 (2010) によると、環境的側面を基盤としつつ経済的及び社会的側面の 3 つの側面が均衡した定常状態のことを言う³⁾。持続可能性を測る指標としては、環境、経済、社会の 3 つの側面だけでなく、環境 X 経済、経済 X 社会、社会 X 環境といったそれぞれの側面を掛け合わせた側面も含めた 6 つの側面に分類できる⁴⁾。ただし、持続可能性そのものを計測する指標はほとんどなく、現在世代において持続可能性を達成する上で重要なものに関する指標もしくは持続可能性を損なう可能性があるものに関する指標が大多数である⁵⁾。また、環境省 (2002) は持続可能な地域を①環境への負荷が少なく、自然と人間との共生が確保された地域、②地域自らが主体となって、継続的な活動

を進める地域と定義しており、環境だけでなく歴史・文化、人材などといった地域の資源を十分に活用し、地域での取組が継続的に行われていくことを、地域が持続可能であるとしている⁶⁾。

続いて廃棄物処理システムの持続可能性について整理した。McDougall ら（2001）は「Integrated Waste Management（総合的廃棄物処理）の概念が廃棄物処理を持続可能とする方法である」⁷⁾と主張しており、その訳書では廃棄物処理の持続可能性は「環境効率性」、「適正コスト」、「社会的受容性」の3つの評価軸によって判断されると述べられている⁸⁾。より一層の3Rの促進や、世界的な資源制約の顕在化、災害の頻発化・激甚化など、取り巻く状況の変化に対応した廃棄物処理・リサイクルが今後求められているが⁹⁾、特に東日本大震災を契機として、単なる環境負荷低減のための廃棄物処理だけでなく、災害などの緊急時においても最低限の住民生活や経済活動を保証するセーフティネットとして役立つことが再認識された¹⁰⁾。

4-2 これからの廃棄物処理システムを取り巻く制約・境界条件の検討

廃棄物処理システムは制約・境界条件に影響されるものであり、持続可能性を求めるためには刻々と変化する制約・境界条件に対応していかなければならない。これまで様々な制約・境界条件が廃棄物処理システムに影響を及ぼしてきた。土地の制約がある日本では埋立地の逼迫は従来より深刻な問題で、それゆえに多種多様な廃棄物を処理することができ、大幅な減容化が可能な中間処理である焼却処理が普及してきた。現在でも廃棄物の焼却率はOECD加盟国の中でも突出して高い¹¹⁾。廃棄物の焼却処理に係るダイオキシン類が問題になった1990年代には、その対策として焼却処理の広域化の動きへとつながり、平成の大合併とも相まって焼却処理施設の集約化（大型化）が進むことになった。近年では容器包装廃棄物、使用済家電製品、食品廃棄物などの問題に対応する形で容器包装リサイクル法、家電リサイクル法、小型家電リサイクル法、食品リサイクル法などの個別リサイクル法が制定され、各自治体でも分別収集及び中間処理を見直すこととなった。また、気候変動枠組条約、ロンドン条約、バーゼル条約、水俣条約などの国際条約の国内法化も制約・境界条件として少なからず廃棄物処理事業に影響を及ぼしている。このような法律に関する制約・境界条件は全国普遍的に影響を及ぼすものであるが、地域に目を向けると様々な個別の制約・境界条件が存在している。

以上のような廃棄物処理を取り巻く社会情勢の過去からの経緯の延長上に、どのような将来の社会変化があり、それがどのように廃棄物処理に影響を及ぼすかについて、学会WSにおいて取りまとめられた廃棄物処理事業に影響を及ぼす要因をベースに、PEST分析によって整理した結果を以下に示す。

1) 政治的影響 (Political)

政治的影響としては、再生可能エネルギーの利用促進政策の充実や、エネルギーシステム改革が挙げられる。また、廃棄物の有効利用の障害となっている国内外の越境移動に対する規制（移動先の国や地域の許可取得手続き等）の緩和や、廃棄物そのものの定義の見直しは、資源循環や廃棄物処理の広域化や新たなビジネス創出に繋がる可能性がある。一方で、各種の個別リサイクル法の整備が進んだことにより、複数の法制度に係る素材別のリサイクルなど新たな取組にとっては、それらの既存法制度が阻害要因（障壁）になる可能性が出てきている。また、国土強靱化・災害対策の充実は、廃棄物処理分野においても大きな潮流となっている。

2) 経済的影響 (Economic)

経済的影響としては、国や地方自治体の財政状況の悪化により、大規模な公共投資が困難になってきている。一方で、社会インフラの老朽化に対応すべく、インフラの長寿命化や、新たなインフラ投資の選択と集中が必要になってきている。また、近隣諸国の経済発展に伴い、海外も含めた資源循環が無視できなくなっており、動脈産業の海外移転がその傾向に拍車をかけている。さらに、プラスチックや金属など越

境移動する再生資源の市況は、化石燃料や天然資源の世界的な相場変動の影響を大きく受けることになる。

3) 社会的影響 (Social)

社会的影響として最も大きな中長期的影響は、人口減少による廃棄物の量の減少及び質の変化である。また、人口減少により、コミュニティの縮小・分散も廃棄物収集・処理体制の効率に大きな影響を及ぼすと考えられる。さらに、自治体レベルでの人口の偏在化は、行政機能の破たんに繋がる可能性がある。また、東日本大震災の影響により、環境意識や安全安心意識が向上、先鋭化しており、廃棄物処理施設の立地は今まで以上に難しくなっている。

4) 技術的影響 (Technological)

技術的影響としては、レアメタル等の都市鉱山資源の活用技術・システムへの期待は高く、リニア新幹線や充電・水素ステーションなどの物流インフラの充実も廃棄物処理システムの選択肢を広げる期待がある。情報通信技術の発展も同様に、システムの効率化等の影響が期待される。一方で、原子力発電所の廃炉問題など負の遺産の処理について、より安全・安心な技術の適用が期待される。

上記 PEST 分析を踏まえ、これからの廃棄物処理事業に影響を及ぼすと想定される制約・境界条件を以下の 8 つに整理した。

- ①人口減少・人口の偏在化による廃棄物処理量の減少と処理効率の低下
- ②財源不足による廃棄物政策への投資制約
- ③資源獲得競争の激化、静脈産業の経営不安定化、新たな資源集約の可能性
- ④少子高齢化によるごみ質の変化とごみ排出方法、処理体制の見直し
- ⑤環境意識、安全・安心意識の先鋭化による廃棄物処理施設立地の困難化
- ⑥エネルギーシステム改革に伴う廃棄物処理施設におけるエネルギー供給事業の変化
- ⑦情報通信技術の活用
- ⑧新たな物流インフラの活用

4-3 ワークショップ手法による将来像の描出

上記 8 つの制約・境界条件を踏まえ、持続可能な廃棄物処理事業において軸となる 4 つの検討項目（エネルギー供給、都市機能高度化、コミュニケーション、地域振興）を抽出した。

将来像 WS ではグループワークを I、II、III と分けてグループディスカッションを行った。各グループワークのテーマは上記 4 つの検討項目を掛け合わせ、ビジネスモデルキャンパス¹²⁾の手法を用い、4 つの持続可能な廃棄物処理施設整備事業の将来像を描出した（図 II-1）。以下に各将来像に関して記す。

ア) グループ A

価値提案として、従来、人があまり集まらない地域にごみ処理施設を置き、「廃棄物ランド(テーマパーク)」を建設する。エネルギーを低価格で提供することを武器に商業施設や娯楽施設を誘致したり、エネルギーを供給できるスタンド（電気、天然ガス、水素）を用意したりすることで施設利用者にとって便利な施設を造

表 II-1 グループワークのテーマ

	グループワーク I	グループワーク II、III
グループ A	エネルギー供給	エネルギー供給×都市機能高度化
グループ B	都市機能高度化	都市機能高度化×コミュニケーション
グループ C	コミュニケーション	コミュニケーション×地域振興
グループ D	地域振興	地域振興×エネルギー供給

る。

本コンセプトの本質は、その地域に住んでいる人々への便益を目的とした施設を造るだけではなく、積極的にその地域に住んでいない人を呼び込むことで、自治体の価値が上がり地域振興に役立てることを目指すことにある。ただ、このような施設を現時点で造るのは規制上のハードルがまだ多いため、前例を作るために経済特区の中で建設することが有望である。

また、議論の中で自治体の事業形成に対する関与への期待とその重要性が指摘され、ごみ処理施設を地域になくしてはならないものにしていくためには、自治体の考え方の転換が必要である。

イ) グループ B

ビジネスモデルキャンパスの核となる価値提案としては、都市計画を見直すという発想から、「自立したコンパクトシティの建設」が挙げられた。これを事業の価値として提供するためには、自治体職員のコミュニケーション能力やマネタイズ能力の向上が重要であり、ハード面では、「廃棄物処理施設の防災拠点として整備」や、「廃棄物処理施設整備・運転管理と社会福祉とがセットのビジネス創出」、「電気代等、ライフライン費用を居住者には無料とする、廃棄物処理施設に隣接するマンションの提供」などのアイデアが挙げられた。

今後、少子高齢化社会を迎えることになり、福祉という観点は公共サービスとして無視できない。このビジネスの顧客の獲得は２段階に分かれ、第１段階では、廃棄物処理施設に隣接するマンションを介護サービスとセットに販売するが、第２段階では、第１段階のサービスを購入した高齢者等からの口コミや街全体の豊かさに着目して移住してくる人々（市民全体）の増加を期待する。

なお、従来では嫌悪されがちであった廃棄物処理施設の整備を起点として、同施設が提供できる機能やサービスを活用していく住環境が徐々に整っていくことで、廃棄物処理施設が実質的にも、イメージ的にも街の中心となることが本コンセプトの最重要点と言える。

ウ) グループ C

地方の中心部をイメージした、「エネルギー自給型・超コンパクトシティ」の建設を主な活動として議論を行った。地方の中心部にある鉄道駅に隣接する場所に、熱供給を行う廃棄物処理施設を建設する。当該自治体の一般廃棄物に加えて、産業廃棄物及び周辺自治体の一般廃棄物を受入れることで、一定程度の熱供給量を確保する。廃棄物の輸送手段として鉄道輸送も有効との意見があった。加えて、熱を供給できる施設（例：給食センター、温水プール、病院、高齢者施設）を誘致する。また、人が集まるために、市役所、図書館、カフェといった施設も融合し、利便性の高い「超コンパクトシティ」を構想した。コミュニケーション促進のためには、施設建設段階・施設稼働後の両段階にて情報提供を進めてゆくとともに、稼働後には、積極的な見学の受け入れを行うこととされた。

「価値提案」としては、産業廃棄物及び他自治体の一般廃棄物の処理料収入が得られることから税負担が少ない、また、生活に必要な施設が隣接していることから自動車による移動が不要となり、利便性が高く住民の満足度が向上することが挙げられた。

このような施設の建設にあたっては、首長によるリーダーシップが不可欠であるとともに、文化事業者・飲食関係事業者・産廃業者等との連携が不可欠であり、複数の専門企業をまとめる主体も必要とされた。さらに、コンセプト・マーケティングが必要であるため広告代理店の役割も大きい。ただし、このような施設を現時点で建設するためには、都市計画法、廃掃法等規制上のハードルが高いことや、自治体が負担する建設費を削減するためには、交付金の対象範囲の検討が必要であると言える。

エ) グループ D

価値提案として、過疎傾向にある地域に魅力的なサービスを用意し、人が集まる地域へ再生する、というテーマを掲げた。具体的には、廃棄物処理プロセスの排熱を利用し、野菜工場でできた野菜を特産物として

販売、排熱を利用した格安住宅を販売、廃棄物発電等を組み合わせて交通網を整備といった事業プランが提案された。

議論の中で、特に着目したポイントのひとつが、廃棄物の収集スキームであった。例えば、酒屋の空き瓶回収や新聞回収と同様に、各戸への配達を主たる業務とする業者が家庭ごみの回収を請け負う、というものであった。業者にとって新規顧客開拓のきっかけとなり得る上に、追加のコストが小さいのがメリットである。この際、廃棄物収集費用を含めて公共料金をパッケージ化したサービスを提供することで、追加で発生するコストを賄うというアイデアも出された。

各グループとも実現可能性及び社会的インパクトの高いと想定される廃棄物施設整備事業の将来像を描出したが、実現可能性及び社会的インパクトの定義については以下の通りである。実現可能性とは、その事業アイデアの実現可能性そのものであるが、事業化が実現した場合の長期的な継続可能性（事業採算性、人員確保など）や事業の拡大・派生の可能性が期待できるかなどを意味している。また、社会的インパクトとは、事業が直接的に生み出す経済的な付加価値の大きさ、将来において新たな価値創造の源泉となる社会関係資本の大きさ、社会的コストの低減効果の大きさなどを意味している。

各グループでは異なる4つのテーマをもとにグループワークを行ったが、結果的にはどのグループも事業実施地域が都市であっても地方であっても人が集まる仕組みを作り、NIMBY (Not In My Back Yard) と言われる迷惑施設ではなく PIMBY (Please In My Back Yard) と言われる誘致型の廃棄物処理施設を整備するこ

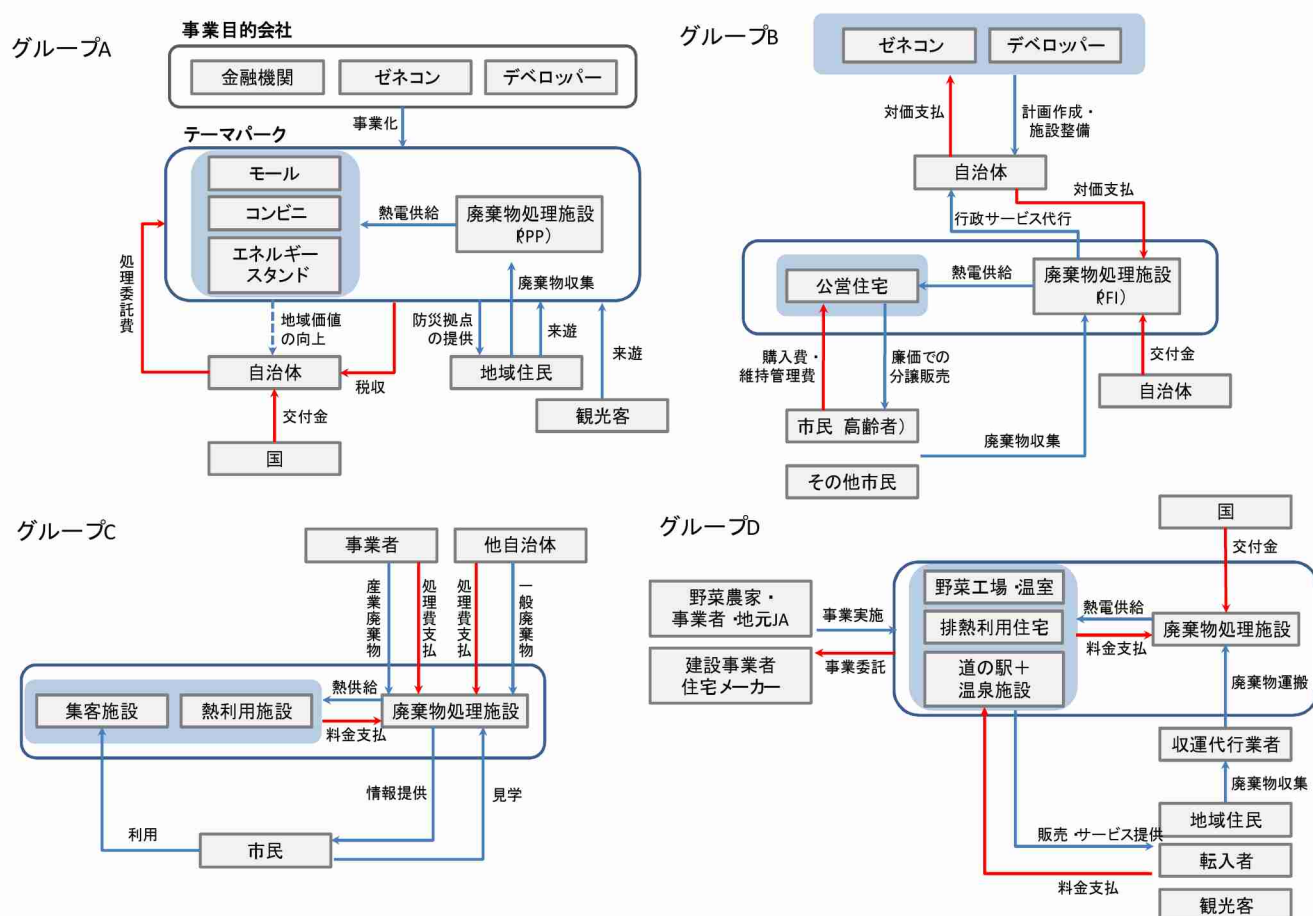


図 II-1 グループワークで抽出した廃棄物処理施設整備事業の将来像

とは実現可能性及び社会的インパクトが高いと結論づけた。また、いずれの将来像においても廃棄物処理施設で産み出される電気や熱を付帯施設へ供給・有効利用することを必要条件とした。ただし、そのような廃棄物処理施設整備の実現には様々なステイクホルダーを事業に巻き込むことが必須であり、地域住民との合意形成や事業のための資金調達スキームづくり、廃棄物処理という公共性の高いサービスへの多様な民間事業者の積極的な関与などが求められ、それらをコーディネートする自治体の主導性や人材が必要であるといえる。また、電力自由化を契機としたエネルギー供給拠点、防災拠点などの新たな価値を組み込むことが重要である。

4-4 先進事例調査による特徴整理

制約・境界条件に対応するために各自治体では廃棄物処理システムを見直す必要が生じるが、必要最低限の対応にとどめるのが一般的と考えられる。しかし、制約・境界条件への対応を契機として抜本的に廃棄物処理システムを見直す自治体もあり、そのような事例を調査すると、処理方法や規模を工夫することによってエネルギー効率を高めたり、処理コストを抑制したり、さらには様々な産業、農業、防災、福祉等に副次的に貢献するなど、新たな付加価値を形成したり価値生産を効率化していることがわかった。このような事例を以下、先進事例と言い、先進事例における廃棄物処理システムの主な特徴を表Ⅱ-2に示す。

焼却処理に関連する新たな価値形成の事例としては、学校への電力小売事業（東京二十三区清掃一部事務組合、佐賀県佐賀市）や災害時の防災拠点（東京都武蔵野市）が挙げられた。これらは自治体による資金調達及び施設整備を前提とした価値形成である一方で、処理コストの削減といった価値生産の効率化は昨今で

表Ⅱ-2 先進事例における廃棄物処理事業の主な特徴

No.	調査対象	事業の主な特徴
1	東京二十三区	焼却処理施設における高効率発電及び売電事業(清掃一部事務組合)、東京エコサービス(株)組合と東ガスの共同出資、電力小売事業等)
2	埼玉県日高市	民間セメント工場(太平洋セメント)における可燃ごみの処理及びセメント原料化
3	和歌山県和歌山市	廃棄物の自区内処理(容器包装プラスチック類の混合収集・焼却処理への転換)
4	兵庫県三木市	平成37年度より民間事業者への一廃処理全面委託、既設産廃施設活用、バイオマス発電施設混焼(注 新市長が全面委託見直しを表明)
5	香川県観音寺市	民間事業者への可燃ごみの処理委託(焼却処理)
6	香川県三豊市	民間事業者への可燃ごみの処理委託(生物発酵乾燥(トンネルコンポスト)・RDF化)
7	北海道富良野市	生ごみ分別収集、RDF化・製紙業への供給
8	北海道岩見沢(美瑛市、月形町)	中核自治体が整備した焼却処理施設への周辺自治体からの処理委託
9	北海道恵庭市	生ごみ、し尿・浄化槽汚泥、下水汚泥の混合処理(メタン発酵)
10	宮城県南三陸町	民設民営((株)アミタ)による生ごみ、し尿・浄化槽汚泥の混合処理(メタン発酵)
11	東京都武蔵野市	中心部での焼却処理及び住民との合意形成、災害時の自立始動による公共施設へのエネルギー供給、防災拠点化
12	福岡県大木町	生ごみ、し尿・浄化槽汚泥の混合処理(メタン発酵)及び液肥利用、ふれあい収集、可燃ごみの他自治体への処理委託
13	佐賀県佐賀市	焼却処理施設における発電及び売電事業、CO ₂ 利活用
14	北海道夕張市	財政破たん、コンパクトシティ化による行政サービス効率化
15	秋田県大館市	焼却処理のPFI事業
16	石川県珠洲市	複合バイオマスメタン発酵施設、液肥利用
17	石川県中能登町	小規模下水処理場での脱水汚泥集約と地域バイオマスの混合メタン発酵、いしかわモデル
18	奈良県	広域連携の推進、災害対応力(支援データベース、マニュアル)
19	岡山県倉敷市	民間活力を利用した一般廃棄物と産業廃棄物の併せ処理
20	愛媛県今治市	民間活力を利用した事業の効率化及び防災拠点化
21	北九州市	北九州市出資、電力小売事業((株)北九州パワー)、焼却施設等からの電力小売り事業)
22	鹿児島県志布志市	紙おむつの分別収集、ゴミ出し支援
23	鹿児島県大崎町	多品目分別、菜の花プロジェクト
24	羊蹄山麓地域	民間事業者への可燃ごみの処理委託(RDF化)
25	かずさクリーンシステム	民間事業者への可燃ごみの処理委託(シャフト炉式ガス化溶融炉)

は民間事業者との連携が有効な手段として活用されている。自治体が焼却施設を新たに設置する代わりに、民間のセメント工場の遊休キルンを活用して可燃ごみを処理・セメント原料化する事例（埼玉県日高市）や、民間事業者へ可燃ごみを搬入し、生物乾燥後に機械選別を経て可燃物を別の施設で産業廃棄物と混合して廃棄物固形燃料を製造する事例（香川県三豊市）もあり、新たな価値形成を達成する手段として民間事業者と連携する事例がある。そのような事例では、焼却処理施設を自治体が整備しないために整備及び運営に係るコストを削減できている。しかし、経済的原理で民間事業者と連携できる状況ではない場合もあり、例えば自治体の中心部に焼却処理施設を整備した東京都武蔵野市では、長年に及ぶ地域住民との合意形成をもとに、焼却処理施設を迷惑施設ではなく、地域の拠点として確立し、早期の処理事業復旧や近隣公共施設への熱電併給により災害時にも対応できるシステムを構築している。

4-5 持続可能な廃棄物処理システム形成のフレーム

社会経済活動が行われる地域の持続可能性の指標化が試みられている研究などを参考にしつつ、持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームを図Ⅱ-2のように構造化し、提案する。持続可能な社会を支えるには様々な資本が必要とされ、大石ら（2012）によると人的資本、人工資本、自然資本、社会関係資本の4つの資本が持続可能性に必要とされている¹³⁾。人的資本とは他人に人的サービスという有用性を与えることができる人間の能力、人工資本とは人に人工物サービスという有用性を与えることができる人工物、自然資本とは人に生態系サービスという有用性を与えることができる物理的環境の機能、社会関係資本とは人々に共有された規範・価値・認識であって人々の協力関係を促進させるものを意味する。上記4つの資本に、金融資本を加え、これらの5つ資本の事業形成メカニズムへの投入、維持・再生産が何度も繰り返されることによって持続可能な廃棄物処理システムが形成されるとした。

各資本の維持・再生産のための具体的要件としては以下のものが考えられる。

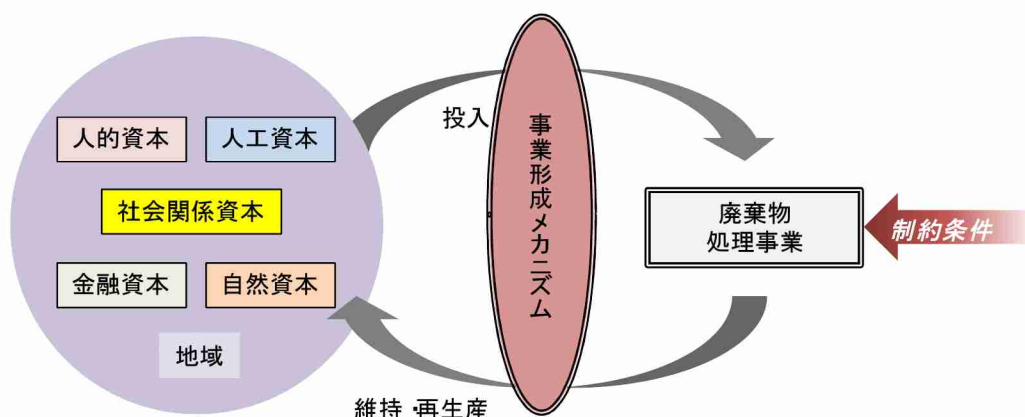
（人的資本）：人材確保・育成と継承（事業体）、民間連携による人材・ノウハウ

（人工資本）：地域内産業連携、社会インフラ基盤の活用・維持

（社会関係資本）：主体間交流・ネットワーク化、情報共有と見える化、地域内雇用創出、社会的弱者等への配慮、排出者責任行動促進

（金融資本）：好条件での資金調達、安定した事業収入、事業多様化による相互補てん性

（自然資本）：低環境負荷、自然・文化等の活用・保護



図Ⅱ-2 持続可能な廃棄物処理システム形成のフレーム

また、図Ⅱ-2の中の事業形成メカニズムについては、先述のワークショップの結果や先進事例調査における特徴の類型化により、以下のように主体間連携などによって新たな付加価値を形成していることが理解でき、それぞれの特徴と資本との関係性は表Ⅱ-3のように整理することができる。

①周辺自治体との広域連携（規模拡大による効率化、役割分担等）

一部事務組合方式による広域化だけでなく、焼却施設を有しない小規模自治体の可燃ごみを周辺の中核都市が処理受託するケースなど（北海道岩見沢市・美瑛市・月形町、福岡県北九州市、福岡県大木町など）

②資源化・エネルギー化・適正処理の観点からの動脈産業との連携

資源化やエネルギー化、適正処理の観点からの電力、セメント産業、製紙産業、鉄鋼産業等と連携（埼玉県日高市、北海道富良野市など）

③下水道事業など他分野の静脈産業との連携

下水汚泥と生ごみの混合処理（メタン発酵）、下水汚泥と可燃ごみの混合処理（焼却処理）（北海道恵庭市、石川県珠洲市など）

④産業廃棄物処理事業との連携

民間処理業者への委託、産業廃棄物の合わせ処理など（石川県、兵庫県三木市、香川県観音寺市、香川県三豊市、岡山県倉敷市など）

⑤民間活力利用による事業効率化

表Ⅱ-3 先進事例における特徴と資本との関係性

連携の形に基づく事業の 類型	人的資本	人工資本	社会関係資本	金融資本	自然資本
	（人材育成・キャリア）	（基盤・インフラ）	（信頼関係・愛着）	（資金調達・財政）	（里地里山・農林業）
①周辺自治体との広域連携	現状の施設を用いた技術継承・人材育成、行政による	既存の施設・インフラを使うことで新たな資源の投入	行政協定、一部事務組合、事務委託、都道府県・市	環境基金	
②資源化やエネルギー化、適正処理の観点からの動脈産業との連携	民間との連携	製造設備（セメントキルン等）、農山村（農地）、道	ゼロエミ団地、企業による地域貢献	民間の技術やノウハウを活用した効率化・コストダウン	農地、里地里山
③下水道事業など他分野の静脈産業との連携	行政内部局間連携	下水処理場		補助事業等の効果的な活用	
④産業廃棄物処理事業との連携	民間との連携	産廃処理施設、再生利用施設	再生利用事業者による地域協議等	地域金融機関の出資、国の助成金	
⑤民間活力利用による事業効率化	民間との連携（処理委託、ビジネス創出・雇用創出）	焼却施設、メタン化施設、施設の集約・統合	災害時にも機能する地域協力体制	処理費削減（節約）、地域金融機関の出資、国の助	
⑥地域コミュニティ等の市民力の活用	環境人材育成	道の駅、地産地消レストラン	交流・ネットワーク化、情報共有・見える化による信	構成自治体の負担金、民間委託、（施設の統合）	
⑦排出者責任の徹底など規制的手法の活用				罰金、有料化	
⑧エネルギー供給・地域振興・産業創成		PPSとの連携	規制（展開検査でゴミ減量化（有料化しない））		
⑨高齢化社会における社会福祉的観点での付加価値化、社会福祉部門との	福祉部門との連携		高齢者支援、見守りサービス	NPO等によるコミュニティビジネス	環境税（環境保全協力金）
⑩環境教育の観点からの付加価値化、学校教育等との連携	市民（分別等への協力、協議会への参加、啓発の仕組	産業集積	まちづくり、地域住民の憩いの場、環境学習拠点	市民出資、クラウドファンディング	地域循環（肥料・飼料）、レストラン
⑪防災拠点としての付加価値化	BCPマニュアル作成	避難スペース、情報発信拠点	災害時の相互支援体制		

自治体出資民間事業、DBO 事業、長期包括委託事業等の PPP 事業等（東京都二十三区清掃一部事務組合、福岡県北九州市、宮城県南三陸町、その他多数）

⑥地域コミュニティ等の市民力の活用

多分別、集団回収拡大等（鹿児島県大崎町など）

⑦排出者責任の徹底など規制的手法の活用

有料化、分別非協力への過料（福岡都市圏南部環境事業組合、羊蹄山麓地域、その他多数）

⑧エネルギー供給・地域振興・産業創成（地域振興策、まちづくりとの連携含む）

電力システム改革・小売自由化に伴うごみ発電施設からの電力供給、農業利用・まちづくり活用など地域振興策など（東京都二十三区清掃一部事務組合、北九州市、宮城県南三陸町、その他多数）

⑨高齢化社会における社会福祉的観点での付加価値化、社会福祉部門との連携

ごみ出し支援事業など（鹿児島県志布志市、その他多数）

⑩環境教育の観点からの付加価値化、学校教育等との連携

施設見学の工夫、バリアフリー、食材供給など（東京都武蔵野市、福岡県大木町、その他多数）

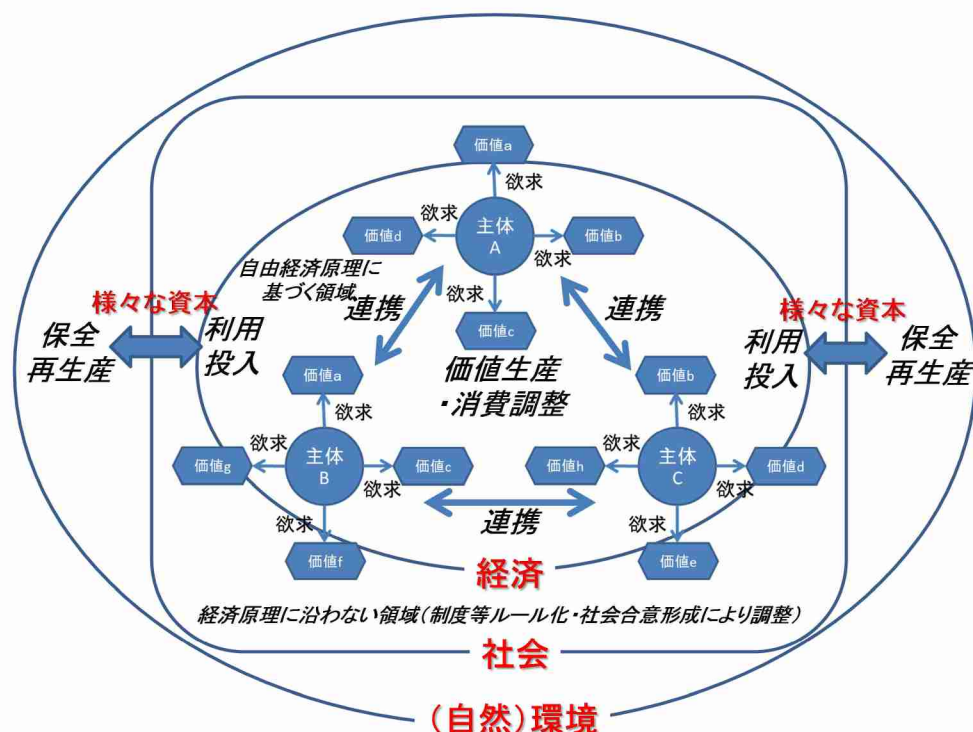
⑪防災拠点としての付加価値化

災害時における公共施設等への焼却施設からのエネルギー供給など（東京都武蔵野市など）

4-6 持続可能な一般廃棄物処理の事業スキームの提示

先述のとおり、先進事例における事業形成メカニズムの主なものとして主体間連携が重要であるとしたが、付加価値形成の過程を環境、社会、経済との関係を含めて図Ⅱ-3のようにモデル化した。すなわち、地域に存在する各主体が付加価値を形成し、それらが連携することで、経済、社会、そして環境のシステムの中で相互に調整し合い、効率化が図られることを示している。

そこで、このモデルを用いると、先述の先進事例における類型化された特徴が、さらに以下の3点に集約



図Ⅱ-3 環境・経済・社会と付加価値形成の関係性

整理できる。

①新たなニーズに対する付加価値形成・効率化： エネルギー利活用、防災拠点化、福祉的視点

②事業効率化のための手段としての主体間連携： 広域処理、動脈・静脈連携

③経済的原理が作用しない場合の制度化・マネジメント： 多分別、有料化、市民参画による合意形成

社会の新たなニーズに応えるために、価値形成や価値生産の効率化を達成するための手段として主に異種の「主体間連携」、すなわち「新たな利害関係者の巻き込み」が挙げられる。各主体には生み出す複数の付加価値があるが、異種の主体が連携し、新たなニーズに応える「連携主体」になることで、生み出す付加価値は多様化又は増大し、投入する資本に対して生み出せる付加価値の多様性と量が大きくなり、付加価値生産の経済効率性も高まる。エネルギー利活用、防災拠点化、福祉的視点などが挙げられる。

もちろん、事業効率化のための手段として同種の主体間連携も考えられる。空間的な広がりの中で連携し、スケールメリットによって付加価値生産の効率化が図れる。ここでの連携は、主に経済的原理を前提として成立するものである。広域処理、動脈・静脈連携が挙げられる。

新たな付加価値形成やその効率化を経済的原理で達成できない場合、制度やマネジメントシステムなどによって達成する手段もある。例えば多分別、有料化、市民参画による合意形成が挙げられる。

そして、上述の三項目を内包できる持続可能な事業スキームの仕組みとして、図Ⅱ-3の付加価値形成モデルにある連携体制を、自治体の一般廃棄物に対する統括的处理責任の下に、事業のバウンダリー拡張と主体間（公民・自治体間）連携により形成した「自治体関与事業者連携体」を提案する。実は、この連携体制の構造は、近年、電力システム改革、小売自由化の動きの中わが国で注目されている、ドイツのエネルギー地域インフラを中核に据えた「シュタットベルケ」に類似していると言える。文献資料等¹⁴⁾によれば、シュタットベルケとは、19世紀後半以降、水道、交通、ガス供給、電力事業（発電・配電・小売）など、ドイツ国内のインフラ整備・運営を行うために発達してきた、自治体出資による事業者をいう。その数は、ドイツ全体で約1,400に上り、電力事業を手がけるシュタットベルケは900を超える。2000年前後のドイツの電力・ガス自由化後も、大手電力・ガスが再編する中、地域密着のサービス提供と一定以上のコスト力により、大手に負けない競争力を維持し、地域顧客を獲得してきた。その取組みには3つの特徴がある。

①地域資源の活用

地域に存在する水力発電所やバイオマス発電所、廃棄物処理炉やコジェネレーションから発生する電力や熱の利用

②地域雇用の創出

直接雇用、間接雇用、誘発雇用合わせて多くの雇用を地域に創出

③地域に密着したサービス

単独では不採算事業でも地域に密着したきめ細やかなサービスを合わせて提供

以上のような取組みによる付加価値の形成が、地域のロイヤリティ（地域愛）を高めることに繋がっている。このようなシュタットベルケの事業スキームは、地域の生活環境保全を図るための重要な地域インフラであり、基礎自治体が処理責任を有する一般廃棄物処理事業に十分応用可能である。収集運搬から処理・リサイクルまでの全体の事業費は、エネルギーインフラ事業に比較しても決して小さいものではない。また、廃棄物処理事業を中核として、焼却施設からのエネルギー供給サービス、防災や福祉、環境教育などの付加価値提供、さらにはエネルギーの温浴施設利用や農業利用による地域振興まで、地域雇用の創出や地域に密着したサービスを提供することが可能である。それらの多様な付加価値提供は、廃棄物処理事業への信頼やイメージ払しょくにもつながるものと考えられる。市民出資を可能にして利益還元を行えば、発生抑制や分別リサイクルへの市民協力のインセンティブになり、市民も事業経営の参加者として「新自治体経営（New

Public Management)」(民間企業の経営理念や手法を公共部門に適用して、効率的で質の高い公共サービスを提供する考え方)の実現にも寄与するであろう。

もちろん、行政単位(市町村又は一部事務組合等の広域行政体)が同一であれば、他の地域インフラである上下水道事業や地域電力・ガス供給事業も取り込めれば、一層の事業の最適化が図れるであろう。行政単位の違いなどにより一つの自治体(又は一部事務組合のような広域行政体)の関与事業者に統合できない事業は、異種の自治体関与事業体どうしでの連携や、産廃処理事業者との連携等によるネットワーク化によって、相互の補完やさらなる最適化を追求することも可能である。

さらにもう一つ付け加えるとすれば、人材の確保と育成の側面からの可能性である。多少の偏見もあるかもしれないが、旺盛な構想力や創造力、実行力等によるチャレンジが必要な事業に対して、自治体職員は総体的には保守的な傾向にある。短期間でめまぐるしく代る人事異動も影響している。自治体関与事業体になれば、官民融合により多様な人材確保が可能であり、独自の柔軟な人材採用も可能である。また、長期的かつ戦略的な人材育成も可能になるのではないだろうか。

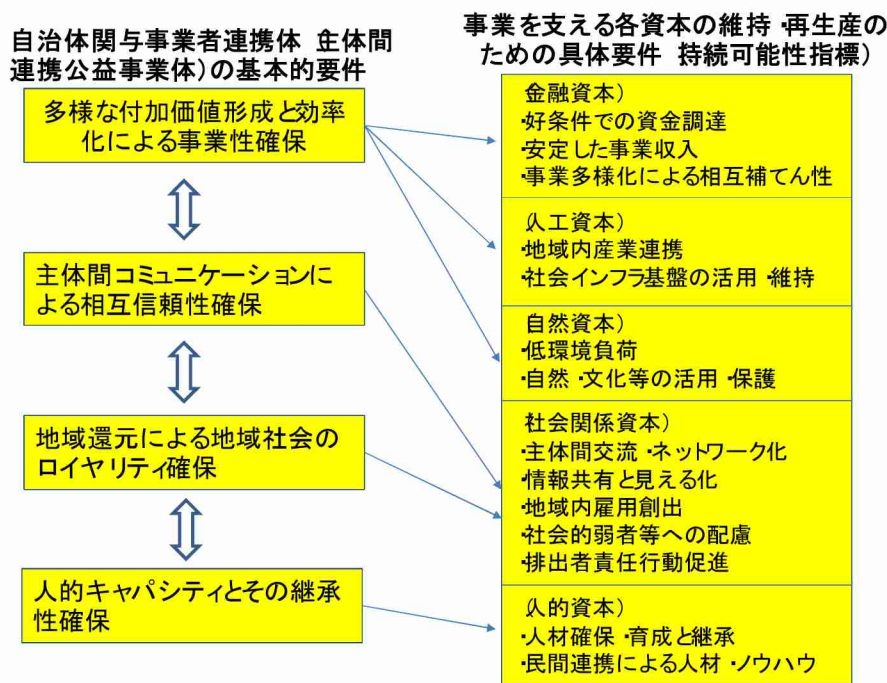
以上が一般廃棄物処理事業の文脈で構想する「自治体関与事業者連携体」であり、将来のあるべき姿の試案として提案したい。そして、これまでの議論をシュタトベルケの特長を踏まえて自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件として纏めると以下の4点に集約できる(図Ⅱ-4)。

- ①多様な付加価値形成と効率化による事業性確保
- ②主体間コミュニケーションによる相互信頼性確保
- ③地域還元による地域社会のロイヤリティ確保
- ④人的キャパシティの確保と継承性確保

さらに、ここで持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームに立ち返り、自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件と事業形成に必要な5つの資本との関係性を整理したものが図Ⅱ-5である。4つの基本要件は、各資本と関連付けることが可能であり、基本要件の確保が各地域資本を維持・再生産するための具体的要件の確保を通じて達成されるともいえる。その意味では、それらの具体的要件は、将来目指すべき自治体関与事業者連携体の持続可能性を評価するための指標として位置付けることも可能である。



図Ⅱ-4 自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件



図Ⅱ-5 自治体関与事業者連携体の成立のための基本要件と事業形成に必要な5つの資本との関係性

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

持続可能な廃棄物処理システム及び廃棄物処理施設整備事業について、「持続可能性」の視点から概念整理し、経営学的視点から持続可能な廃棄物処理システム形成のフレームを構造化できたことは、今後の事業スキーム設計における普遍性の高い科学的基盤となりうる。さらに、廃棄物処理システムの持続可能性指標となる各資本の具体的要件を提示できた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

以下の委員会において本研究の成果が反映された。

- ・平成27年度市町村等による廃棄物処理施設整備の適正化推進事業検討委員会
- ・平成28年度市町村等による廃棄物処理施設整備の適正化推進業務検討会
- ・平成29年度廃棄物処理等に関わる中長期行動指針等策定検討委員会

<行政が活用することが見込まれる成果>

将来の廃棄物処理に影響を与える境界条件・制約条件となる要因を整理できたことで、国や自治体等の中長期的な廃棄物処理システムづくりの政策設計に役立てることが期待される。また、持続可能な廃棄物処理施設整備事業の将来像の描出は、これまでの発想を超えて自治体が将来的に目指すべきチャレンジングな方向性になるものと期待される。

なお、本研究で採用した経営学的な視点を組み込んだワークショップ手法により、様々なステイクホルダーの知恵を結集し、新たな事業スキームを描くことが可能になったことから、今後の国や自治体等が中長期的な廃棄物政策を立案する際にも活用可能なアプローチとして応用可能であると考えられる。

中小規模の自治体では人口減少、高齢化、経済停滞といった社会経済要因によって将来的に財政が一層逼迫することが危惧されているが、そのような自治体においても健全な廃棄物処理が継続できるよう、従来型の廃棄物処理システムを見直す時期にきている。本研究で得られた成果は、中小規模の自治体が中長期的な廃棄物政策を立案する際にも有効であると考えられる。特に、廃棄物処理事業の運営は自治体直営でなければならないという固定観念を見直し、各種民間事業者と連携することによって様々な付加価値が形成され、効率的な廃棄物処理システムを構築できることを本研究では示唆している。さらに、制度や住民意識などの成熟度の違いは十分に認識した上で、ドイツやオーストリアにおけるシュタットベルケをモデルとして廃棄物処理分野における日本版シュタットベルケのあり方を提示した。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 大迫政浩, 河井絃輔 (2016) 三社会統合による地域の持続可能な廃棄物処理施設整備事業の形成. 生活と環境, 61 (5), 11-14
- 2) 大迫政浩 (2017) 将来の持続可能な一般廃棄物処理事業の姿(試案). タクマ技報, 25 (2), 63-68

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 河井絃輔, 大迫政浩 (2017) 持続可能な廃棄物処理施設整備事業に関する一考察. 第38回全国都市清掃研究・事例発表会, 講演論文集, 1-3
- 2) 河井絃輔 (2017) 生ごみ堆肥化促進シナリオによる全国レベルでの一般廃棄物処理に係る再生利用率推計モデル. 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 23-24
- 3) 山口直久, 河井絃輔, 大迫政浩 (2017) 集約型還元溶融施設による焼却灰の再資源化事業に係る環境評価. 第38回全国都市清掃研究・事例発表会, 講演論文集, 34-36
- 4) 楠部孝誠, 河井絃輔 (2017) ポスト RDF を見据えたごみ処理と広域化に関する研究. 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 69-70
- 5) 稲葉陸太, 田崎智宏, 河井絃輔, 松橋啓介, 西村 想, 山口直久 (2017) 広域処理を考慮した廃棄物処理施設の稼働率と容量削減率の推計. 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同講演論文集, 65-66
- 6) 河井絃輔, 大迫政浩, 秦三和子, 吉川克彦, 村上友章 (2018) 一般廃棄物処理事業の新たな価値形成や価値生産の効率化に向けた連携. 第38回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 1-3
- 7) 稲葉陸太, 田崎智宏, 河井絃輔, 西村 想, 山口直久 (2018) 生ごみと下水汚泥の集約処理による環境面および経済面での効果. 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 同要旨集, 174-175

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4)「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) 大迫政浩 (2015) 廃棄物資源循環分野における将来像描出ワークショップ, 廃棄物資源循環学会誌, 26, 318-327
- 2) 有馬賢治 (2003) マーケティングにおける環境要因の再考, 立教経済学研究, 57, 31-52
- 3) 矢口克也 (2010) 「持続可能な発展」理念の論点と持続可能性指標, レファレンス, 4 1-27
- 4) 白井信雄, 田崎智宏, 田中充 (2013) 地域の持続可能な発展に関する指標の設計, 及び地域の持続可能性と幸福度の関係の分析, 土木学会論文集 G (環境), 69 II_59-II_70
- 5) 国立環境研究所: 第3章持続可能な発展にかかる指標研究, 中長期を対象とした持続可能な社会シナリオの構築に関する研究 (特別研究), 国立環境研究所特別研究報告 SR-92, 34-63, 2009
- 6) 環境省 (2002) 持続可能な地域づくりのためのガイドブック
- 7) McDougall F, White P, Franke M, Hindle P (2001) Integrated solid waste management: a life cycle inventory, 2nd edition
- 8) 松藤敏彦 (2004) 持続可能な廃棄物処理のためにー総合的アプローチと LCA の考え方ー, 技報堂出版
- 9) 環境省 (2016) 廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針, 環境省告示第7号
- 10) 中口毅博 (2011) “脱”温暖化対策による持続可能な地域社会の実現への視座, 資源環境対策, 47, 48-53
- 11) OECD. Municipal waste generation and treatment.
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MUNW>
- 12) 森下桂嗣, 増田靖 (2014) ビジネスモデルキャンバスを活用した対話型マーケティングにおける創発的ストーリーテリングの適用, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, 288-291
- 13) 大石亜希子, 岡部明子, 倉阪秀史, 広井良典, 宮脇勝 (2012) 人口減少・環境制約下で持続するコミュニティづくりー南房総をイメージエリアとしてー, 千葉の政治経済 3, 千葉大学ブックレット, 千葉日报社
- 14) 瀧口信一郎 (2015) 地方創生とエネルギー自由化で立ち上がる地域エネルギー事業ードイツ・シュタットベルケからの示唆と地域経済への効果ー. J R I レビュー 7 (26), 97-110

Ⅲ. 英文 Abstract

Study on Sustainability Assessment and Strategy for Improvement of Solid Waste Management System.

Principal Investigator: Toshihiko MATSUTO

Institution: Graduate school of Hokkaido University

North 13 West 8, Kita-ku, Sapporo-City, 060-8628, JAPAN

Tel: +81-11-706-6827 / Fax: +81-11-706-6827

E-mail: matsuto@eng.hokudai.ac.jp

Cooperated by: National Institute for Environmental Studies

[Abstract]

Key Words: Solid waste management, material flow, vision, capital, stakeholder, stadtwerke

Waste management became difficult and complex system under the goal of Low carbon society and Sound-Material cycle society, which forced municipality to increase options of recycling activity and energy recovery from waste. On the other hand, knowledge building both on personal and institutional basis due to regular and frequent reshuffling of staff member and strict sectionalism. The first sub-theme of this study focuses on the development of data management tool based on material flow analysis. Data related to waste management exist in all municipalities, but they are separately tabulated in the stage of collection, input amount in disposal system, output from each, and recovered material. This study integrates all data into only one table, which include collection of all waste and recyclables, source identification (household and commercial), input and output in all disposal facilities, and final destination of waste. Based on this data sheet, various analyses including comparison between municipalities can be easily conducted. User can understand the material flow of waste and recyclables in his/her municipality, find problems, and get knowledge to improve the situation.

The latter part of the study aimed to propose the future visions of municipal solid waste management and strategies to achieve the visions. Decrease in population, aging population, competition for natural resources, lack of budget at rural municipalities, etc. will have an effect on municipal solid waste management in the future. We held the workshop and discussed the future visions of municipal solid waste management focusing on the facility management with 25 experts on waste sector and concluded that we should develop waste management facilities where citizens would be willing to visit. We surveyed 25 case studies of unique waste management in Japan, all of which created additional values in cooperation with various stakeholders in other sectors. We discussed how we should develop sustainable waste management systems at the local level and concluded that local capitals were necessary for the sustainability. We pointed out that Stadtwerke, a small-scale communal business entity responsible for regional energy and lifestyle infrastructure in Germany, could be applied to facilitate sustainable waste management in the local areas of Japan.