

平成 27 年度環境研究総合推進費

「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

マテリアルフロー分析に基づく自治体
廃棄物処理のデータ管理・システム分析・
評価手法に関する研究

平成 28 年 3 月

北海道大学大学院工学院

環境創生工学部門廃棄物処分工学研究室

松藤敏彦

目次

第1章 序論.....	4
1.1 ごみ処理目的の変化.....	4
1.2 一般廃棄物処理システム評価支援ツール.....	6
1.3 本研究の目的と構成.....	11
第2章 データマネジメント手法の提案.....	14
2.1 自治体におけるごみ処理データの管理の現状.....	14
2.2 ごみ処理データマネジメント手法の提案.....	19
2.3 分別区分ごとのごみ・資源収集量.....	22
2.4 処理施設への搬入量・搬出量.....	23
2.5 ごみ処理フロー図.....	24
第3章 マテリアルフロー分析.....	27
3.1 分析対象自治体.....	27
3.2 ごみ収集量.....	28
3.2.1 収集方法の表記.....	28
3.2.2 ごみ収集量の比較.....	29
3.2.3 特徴的な自治体.....	30
3.3 資源収集量.....	33
3.3.1 資源収集量の比較.....	33
3.3.2 自治体に関与しない資源収集.....	34
3.3.3 品目別・収集方法別の資源収集量.....	36
3.3.4 資源収集システムの整理.....	38
3.4 組成分析の整理.....	40
3.4.1 概要.....	40
3.4.2 結果の整理.....	41
3.4.3 組成分析に対する提案.....	45
3.5 ごみ組成データを用いた資源回収量の分析.....	46
第4章 ごみ処理施設の評価.....	48
4.1 ごみ処理施設におけるパフォーマンス評価.....	48
4.1.1 資源選別施設の効率.....	48
4.1.2 焼却施設のエネルギー収支分析.....	52
4.2 ごみ処理施設における LCA 評価.....	58
4.2.1 評価概要と評価対象.....	58
4.2.2 使用したデータ・原単位.....	59

4.2.3	計算方法	65
4.2.4	計算結果	66
4.2.5	全体評価フロー図.....	69
第 5 章	結論.....	72

第1章 序論

1.1 ごみ処理目的の変化

ごみ処理の目的は都市清掃、すなわち町中を清掃し、ごみなどの汚物を収集し、適正に処分することである。我が国最初の廃棄物に関する法律「汚物清掃法（1900年制定）」においては伝染病対策として汚物の焼却が奨励された。以降、国土が狭く埋立地の用地確保が難しい我が国においては、焼却を中心としたごみ処理が行われてきた。「清掃法（1954年制定）」において焼却を衛生的処理と位置づけ、さらに焼却施設建設に際し自治体に財政的な援助を与える旨を明記した。高度経済成長期にはごみ量の増加に伴い、ごみを大量に処理できる焼却施設が必要となり、焼却施設建設の補助金の交付も開始された。その結果、焼却炉数は1952年の562から1975年には1964となった。現在においても我が国における主要なごみ処理方法は焼却であり、一般廃棄物のおよそ8割が焼却されている。

分別は処理方法に準ずるため、分別区分は可燃、不燃、粗大が一般的であった。これにびん、缶などの一部の有価物を資源ごみとして分別収集するという、全国で画一的な収集・処理が1990年代前半まで行われていた（図1-1）。家庭から発生した不要物は、一部が集団回収などのプレリサイクル、また一部は自家処理を経て、残余ごみが自治体によって収集・処理される。さらに自治体のごみ処理施設には事業系ごみも搬入され、家庭系ごみへの混入もある。

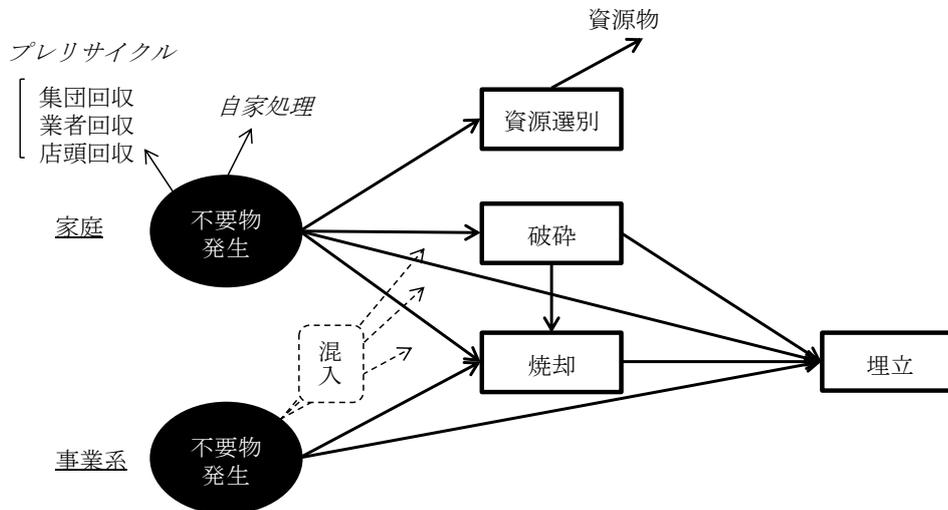


図 1-1 自治体が行う一般廃棄物の処理

しかし、21世紀に入り、地球温暖化、資源浪費、生態系危機という地球規模での環境問題が深刻化した。これらの危機に対し、「低炭素社会」、「循環型社会」、「自然共生社会」を目指すべき社会として追求していたが、21世紀環境立国戦略（平成19年6月1日閣議決定）において、上記3つの社会が図1-2のように統合され「持続可能な社会」を目指すべき社会とし、ごみ処理においても持続可能な社会への貢献が求められるようになった。



図 1-2 持続可能な社会に向けた取組み¹⁾

具体的には、2000年に循環型社会形成推進基本法が制定されると、廃棄物のリデュース・リユース・リサイクルによる資源循環を通じて、天然資源の消費抑制を目指すようになった。特にリサイクルに重点が置かれ、容器包装や家電などは個別にリサイクル法が制定された。さらに2007年、環境白書において低炭素社会が提唱されてからは、低炭素社会実現のため、家庭から発生するごみを用いてメタン発酵を行う、高効率ごみ発電施設を整備するなど、廃棄物からのエネルギー回収を行うこともごみ処理の役割となった。

表 1-1 に 1985 年以降のごみ処理施設数の変化を示す。本表は日本の廃棄物処理²⁾を基に作成したが、1992 年以前の資源化等を行う施設数は不明であり、2005 年より「資源化等を行う施設」を「選別施設」、「圧縮梱包」、「ごみ堆肥化」、「ごみ飼料化」、「その他」に分類し、さらに「ごみ燃料化施設」の項目を新設している。また、資源化等を行う施設数が内訳の施設数の合計数と合わないのは、選別と圧縮梱包両者にカウントされる施設があるためである。

表 1-1 1985 年以降のごみ処理施設数の変化（日本の廃棄物処理²⁾より作成）

処理施設	2013年	2010年	2005年	2000年	1995年	1990年	1985年
焼却施設	1172	1221	1318	1715	1880	1847	1900
うちガス化溶融	97	92	77	17			
資源化等を行う施設	1070	1088	1038	882	565		
選別施設	863	877	804				
圧縮梱包	844	855	799				
ごみ堆肥化	96	102	86	40	32	26	36
ごみ飼料化	1	1	4				
その他	141	140	126				
ごみ燃料化施設	71	69	66	32	8		
メタン化	5	3	6				
固形燃料化	57	58	56	32	8		
BDF	8	8	4				
その他	1	0	0				
その他施設	54	56	63	35	49		
粗大ごみ処理施設	649	653	680	695	654	638	538
最終処分場	1723	1775	1843	2077	2361	2336	2431

焼却施設が減少しているのは、ダイオキシン問題のため小規模施設が減少したこと、発電効率向上のために施設の大規模化が進んでいるためと考えられる。一方で、図中網掛け部の資源化等を行う施設数とごみ燃料化施設は増加傾向にある。特にごみ燃料化施設においては、従来は固形燃料化のみであったが、現在ではメタン化やBDF（Bio Diesel Fuel）など多岐にわたる。現在のごみ処理は、適正処理を前提として、不要物からできるだけ資源を取り出すこと、および処理の過程でエネルギーを取り出すことが目的となっている。

1.2 一般廃棄物処理システム評価支援ツール

ごみ処理が多様化・複雑化することによって、「環境にやさしいか」、「効率的か」などといったごみ処理全体の評価が必要となった。そのため、ごみ処理においてベンチマーク手法（以下 BM 手法）の導入が図られた。

BM 手法とは、ビジネスの分野で経営改善のために発達してきたツールである。BM 手法とは、「優れた実践」と比較して現状とのギャップを数字で認識し、それを埋めるためにその事例の優れた点を学ぶことを通して、現状を根本的に改革することを目指す³⁾手法である。以下では、自治体のごみ処理への BM 手法導入の流れを説明する。

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」第 5 条の 2 第 1 項の規定に基づき定められている、「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」が 2005 年に改正され、市町村は次の内容を求められるようになった。

分別収集区分や処理方法等の一般廃棄物処理システムの変更や新規導入を図る際に、変更や新規導入の必要性和環境負荷面、経済面等に係る利点を、住民や事業者に対して明確に説明するよう努めるものとする。

これに応えるために環境省は 2007 年に、「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針」⁴⁾を公表した。この指針では、市町村に対して、住民や事業者への説明を行うための評価指標を公表することを求めている。また、これらの数値は単に公表するだけでなく、各市町村の目標値や国の目標値と比較して、目標達成度を評価するとともに、全国あるいは都道府県内の平均値や類似自治体の平均値と比較し、その水準を「市町村一般廃棄物処理システム比較分析表」により公表することを求めている。

「市町村一般廃棄物処理システム比較分析表」は市町村間での比較分析を容易にするために作成される。図 1-3 で示すようフォーマットを定めており、基準値（例えば類似自治体の平均値）と評価項目をレーダーチャートで示すよう求めている。

市町村一般廃棄物処理システム比較分析表

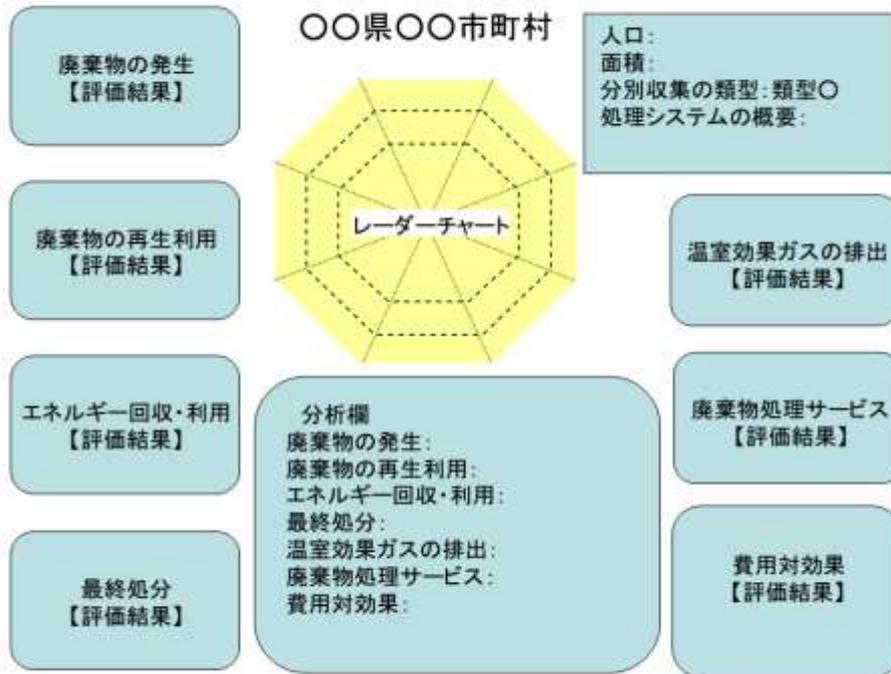


図 1-3 市町村一般廃棄物処理システム比較分析表フォーマット

「市町村一般廃棄物処理システム比較分析表」の作成を支援するために、環境省のホームページにおいて、「市町村一般廃棄物処理システム評価支援ツール」⁵⁾が公開されている。本ツールは Excel で作成されており、自治体名を選択するだけで、選択した自治体の評価結果が表示される。評価指標は、5つの標準的な指標と40の補足指標であり、これらの指標は一般廃棄物処理実態調査の結果より算出されている。また本ツールでは、人口類似自治体との比較、都道府県内平均値との比較も可能である。図 1-4 は結果表示画面、図 1-5 はごみフローに沿った評価指標のイメージである。

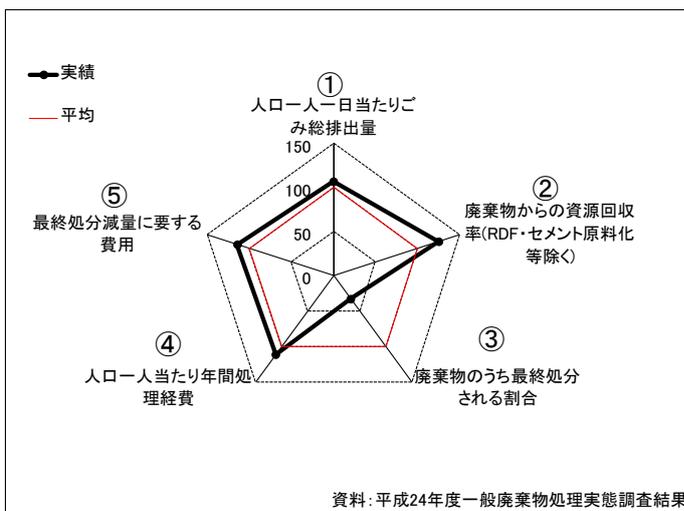


図 1-4 支援ツール結果画面
(北海道旭川市の例)

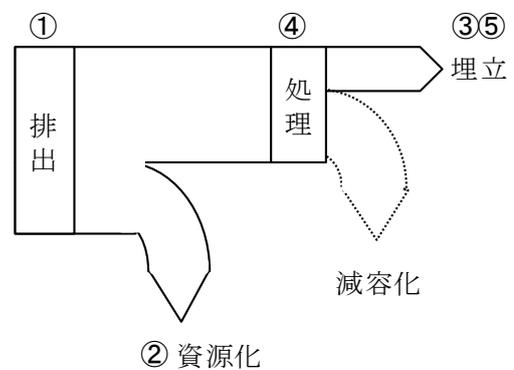


図 1-5 ごみフローにおける指標の位置づけ

図 1-5 は家庭から発生したごみが中間処理または資源化を経て最終処分されるまでの流れを表す。図中の数字は図 1-4 の各指標と対応している。例えば、②は家庭から分別収集した資源ごみの総量を、④は中間処理に要するコストを評価している。このようにごみ処理における収集から最終処分までの各段階での指標化を行っている。

本ツールは①～⑤の評価指標の内訳として補足指標の表示も可能である。表 1-2 は本ツールにおいて表示される補足指標である。

表 1-2 市町村一般廃棄物処理システム評価支援ツール補足指標

	項目	単位	
排出形態別単位排出量	一人一日当たり生活系排出量	(kg/人・日)	
	一人一日当たり事業系排出量		
	従業者一人一日当たり事業系排出量		
	一事業所当たり事業系排出量		(kg/事業所・日)
	集団回収・資源ごみを除く一人一日当たり生活系排出量		(kg/人・日)
一人一日当たり生活系ごみ種別排出量	可燃ごみ	(kg/人・日)	
	不燃ごみ		
	資源ごみ		
	その他		
	粗大		
品目別資源回収率	01紙類(02、03を除く)	(t/排出量t)	1,2
	02紙バック		
	03紙製容器包装		
	04金属類		
	05ガラス類		
	06ペットボトル		
	07白色トレイ		
	08容器包装プラスチック類(07を除く)		
	プラスチック類(07, 08を除く)		
	09布類		
	10肥料		
	11飼料		
	12熔融スラグ		
	13固形燃料 (RDF, RPF)		
	14燃料 (13を除く)		
	15焼却灰・飛灰のセメント原料化		
	16セメント工場へ直接投入		
	17飛灰の山元還元		
	18廃食用油 (BDF)		
19その他			
埋立形態別最終処分される割合	直接埋立最終処分量	(t/t)	
	焼却残さ最終処分量		
	処理残さ最終処分量		
取扱量当たり処理経費	収集 1 t 当たり経費(建設費除く)	(円/t)	3
	中間処理 1 t 当たり経費(建設費除く)		4
	最終処分 1 t 当たり経費(建設費除く)		
過程別人口一人当たり年間処理経費	人口 1 人当たり収集経費	(円/人)	3
	人口 1 人当たり中間処理経費		4
	人口 1 人当たり最終処分経費		
	人口 1 人当たりその他経費		

補足指標では、例えば①人口一人当たり総排出量では発生源や分別区分の内訳として、排出形態別単位排出量、一人一日当たり生活系ごみ種別排出量がある。このように本ツールは複数の指標によって自治体が行うごみ処理全体を評価している。しかし、これらの指標および後述する「日

本の「廃棄物処理」において掲載される指標には以下の5つの問題点がある。

1. 資源収集量が家庭系と事業系の和となっている
2. 資源の収集方法が不明
3. 分別区分ごとのコストが不明
4. 中間処理方法が不明
5. 中間処理施設のパフォーマンス評価が欠けている（表 1-2 には示していない）

表 1-2 の最右欄には該当する問題の番号を示した。図 1-6、図 1-7 を用いて、これらの問題がどのようなものかを具体的に説明する。

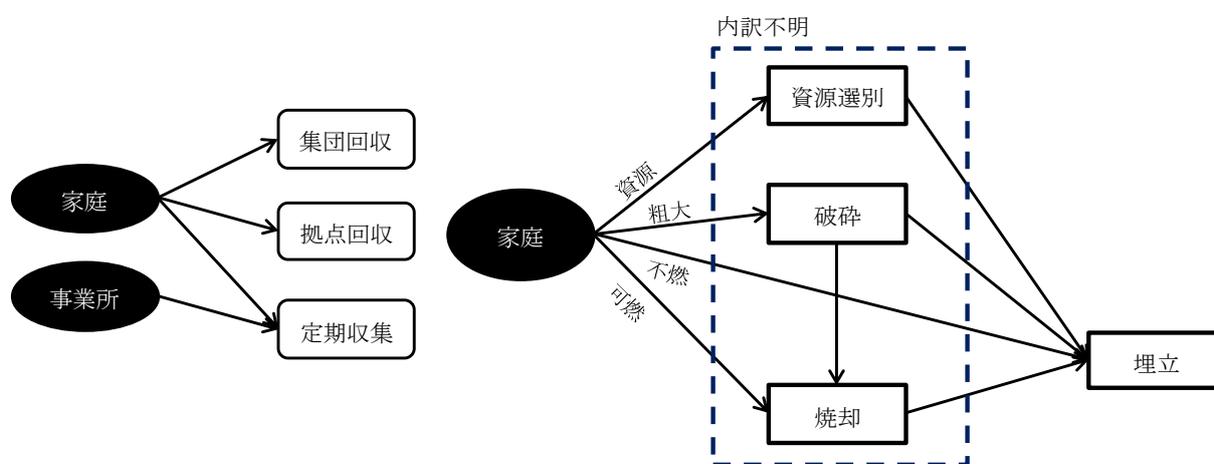


図 1-6 資源収集方法例

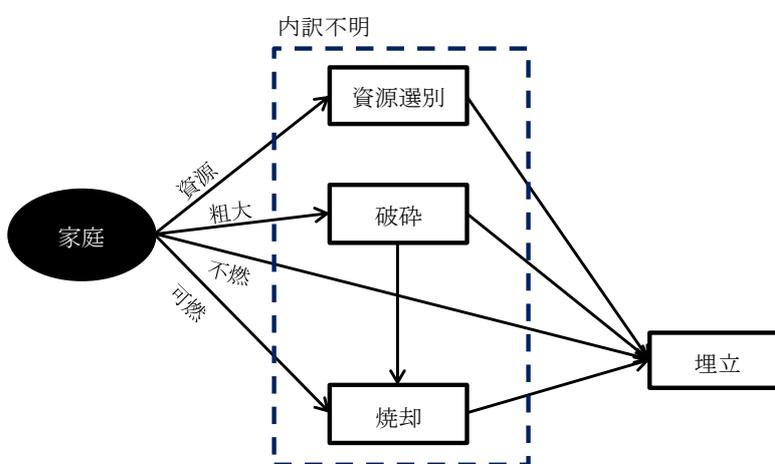


図 1-7 ごみ処理システム例

図 1-6 は自治体が行う典型的な資源収集方法を示しているが、自治体によっては事業系の資源を収集している場合があり回収率が見かけ上高くなる。[問題 1] 自治体の施策は家庭系ごみを対象に行うため、他自治体との資源回収率の比較を行うには、家庭系と事業系を区別しなければならない。また、家庭からの資源収集には自治体が行う定期収集の他に集団回収や拠点回収がある。資源収集量の違いは収集方法の違い、または複数の収集方法を用いているためかもしれない。[問題 2] どのような方法により回収しているかを知る必要がある。

図 1-7 は、分別されたごみの処理システム例である。中間処理といっても自治体によっては処理方法が異なる、さらには複数の処理施設を有していることも考えられる。本指標においては図中点線部の合計であり内訳は不明である。[問題 4] 表 1-2 には焼却残渣量が示されているが、焼却処理量が不明であり、搬入量と搬出量関係も不明である。同様に、資源化施設においては、資源回収率が不明であり、個々の処理が効率的かどうかの判断ができない。[問題 5] 同じく収集に関しても収集全体のコストのみであり、分別区分ごとのコストは不明である。[問題 3]

以上の問題を要約すると、発生源～分別～収集～処理の過程が、個別に集計されており、それらのつながりが不明であるということである。そのため、具体的にどのような改善をするべきかを検討するために十分な情報とはなっていない。例えば、「一般廃棄物処理事業の 3R 化に向けて、3つのガイドラインに関する説明会資料」⁶⁾中には、本ツールの活用方法として、ごみ量が多いた

めごみ有料化導入を検討するという例が示されている。有料化導入によるごみ減量化は、資源物回収が増加するためだが、問題 1,2 のため、どの資源物を回収するべきか、どれだけの効果が期待できるかという施策が提案できない。

本ツール以前にも、一般廃棄物処理実態調査の結果を取りまとめている「日本の廃棄物処理」では以下の 3 つの評価指標が算出され、それぞれ上位 10 自治体が記載されている。

(1) リデュース(1人1日当たりのごみ排出量) [g/人/日]

(2) リサイクル(リサイクル率)

$$= \frac{\text{直接資源化量} + \text{中間処理後再生利用量} + \text{集団回収量}}{\text{ごみの総排出量} + \text{集団回収量}} \times 100 \quad [\%]$$

(3) エネルギー回収(ごみ処理量当たりの発電電力量)

$$= \frac{\text{焼却施設における年間総発電量}}{\text{焼却施設における年間処理量}} \quad [\text{kWh/t}]$$

ここにも、前述の問題がみられる。(1)は資源化を進めた結果ごみとしての排出量が少ないことを示す指標だが、事業系を含めた一般廃棄物の量であり、家庭系ではない。従って、家庭系の資源回収効果とは言えない [問題 1]。(2)のリサイクル率は自治体関与の資源収集量から算出している。図 1-6 には定期収集、拠点回収、集団回収を示したが、本文で述べるように自治体以外の資源収集(新聞販売店の古紙回収など)もあり、自治体によっては、集団回収量を把握していないこともある。このため、自治体が集計している範囲での見かけのリサイクル率にすぎない [問題 2]。(3)は年間総発電量から算出しているが、多くの焼却施設では発電した電気の所内利用があり、外部供給量は発電量より少なくなる。また電力以外に、蒸気による熱供給もエネルギー利用として重要だが、それらの評価が行われていない。これは施設の効率(パフォーマンス)の評価が欠けているということである [問題 5]。焼却施設をエネルギー回収施設として見るなら、正味のエネルギー回収率を算出するため、電力・熱両方の外部供給量を用いた指標が必要である。

このように現状におけるごみ処理事業の評価指標は、部分的な指標化に留まり、自治体間比較を通じた問題抽出にはいたらない。ごみ処理を理解するためには、ごみの流れにもとづき発生源から処理、最終処分までを一貫して抑えることが重要である。

これまでに述べたことを、もう一度整理してみる。

従来のごみ処理は、図 1-1 に示したように可燃、不燃、粗大の 3 分別であり、資源物としてはガラスびん、スチール缶・アルミ缶、古紙が対象であった。資源物の自治体回収は先進的とされていたので、事業系と家庭系の区別さえできれば、これらの「量」を比較することによって、資源化あるいは減量化の程度を評価することが可能であった。可燃、不燃、粗大ごみの量は、自治体ごとの分別指定によると考えることができた。

ところが、1990 年代以降の循環型社会、低炭素社会などの新たな目的によって、ごみ処理は「多様性」が著しく高まった。

①分別方法：容器包装リサイクル法によって、ペットボトル、プラスチック製容器包装、紙製容器包装の分別収集が始まった。さらには品目別収集、混合収集の方法は、自治体独自に決められた。従来はプラスチックを可燃とするか不燃とするかが最も大きな分別方法の違いであったが、現在では全ての自治体の分別区分は異なる。(そのため、分別区分の統一が必要との議論もあった)

②収集方法：資源物の収集を最初に自治体として行ったのは、1975年の静岡県沼津市であった。古紙は集団回収が1960年代から行われていたため、自治体の定期収集と集団回収が、資源収集の主な方法であった。さらにスーパーなどの店頭における食品トレイ、牛乳パック回収が自主的に行われていたのに対して、自治体のリサイクル施設等を拠点として古紙やその他の資源物を収集する拠点回収が増えている。またあとで述べるように、新聞販売店が住民サービスとして古紙収集を行う例もあり、店頭でのペットボトル、空き缶回収など、自治体が把握できていない収集方法も併用されている。

③処理方法：資源物の分別方法の多様さに対応して、収集後の選別方法は異なる。単品目収集ならば積み替えと異物の手選別程度であるが、びん、缶、ペットボトルを混合収集すると、破袋、磁力選別、アルミ選別、ふるい選別、風力選別、手選別等が組み合わされた複雑な施設となる。低炭素化のため生ごみの資源化を行うときには、家庭での分別か、収集後の機械選別か、処理方法は堆肥化かメタン発酵か、メタン発酵について乾式か湿式かなど、多くの方法がある。また可燃ごみを焼却する場合にも、従来はバッチ式か連続か、発電ありかどうかが主な違いであったが、灰溶融施設の設置、ガス化溶融の採用、ガス化溶融については流動床式、キルン式、シャフト式のいずれか、埋立についても屋根付きかどうかなど、中心的な処理方法である焼却、埋立も様々な方法がある。

一言で言うならば、ごみ処理は分別、収集、処理が大変に多様化したということである。1.2節のもととなっているのは環境省が行う一般廃棄物処理実態調査であり、ごみ処理の多様化に対して、例えば資源化処理品目の種類を増やすなど、項目を細分化、あるいは追加してきた。しかし、分別～収集～処理の流れがそれぞれの選択肢の増大と分別の詳細化のため大変に複雑となっているのだが、依然としてデータの取得は、従来の単純な処理(図1-1)を前提とし、ごみの流れにおける断面において行われている。図1-3、図1-4、表1-2のような評価ののち、なぜ異なるかを分析すれば良いかもしれないが、一旦集計されたデータから、集計前の分別、収集、処理の関係を探ることは、作業の困難さと推定の誤差を伴う。また多様な対象に対し、共通のフォーマットでデータ収集できればよいが、割り当て方法の誤差と、情報のロスが生じ、その後逆方向への解析は難しくなる。ベンチマーキングは自治体間の比較の手法として有効だが、そのデータがこうした問題を含むならば、データ収集、管理方法から考え直す必要がある。

1.3 本研究の目的と構成

繰り返しとなるが、以上の問題は、ごみフローの複雑さが十分に理解されていないことによって生じている。すなわち、発生源は複数あり、分別によって異なる区分に分かれ、それぞれの収集方法にも複数の種類があり、さらに対象物や分別区分により処理方法が異なっている。ごみフローはこうした一連の流れとしてあるが、従来はある断面(段階)に注目しており、これらの関

係は考慮されていなかった。このような背景を受けて本研究の目的を以下のように構成した。

1) 自治体における分別区分別あるいは素材別のマテリアルフローを明らかにする。家庭から発生した不要物の一部は資源化を目的として収集され、残りはごみ処理施設に運ばれる。このフローを明らかにすると各処理間との関係が理解できる。

2) マテリアルフローに基づくデータ整理の手法を提供する。発生源、分別区分、処理の関係を明示的に表すデータ管理表を提案する。

3) マテリアルフロー、エネルギー収支、ライフサイクル CO₂、ライフサイクルエネルギーを指標とした評価手法を提供する。複数自治体の事例を示し、相対的な比較を可能とする。また、各自治体がなぜそのような評価となるのか原因を併記する。各自治体の問題を発見し、改善方法を考えるためのきっかけを提供する。

本論文は以下のように構成されている。

第1章：ごみ処理システム評価の必要性と現状の評価指標の問題点を示し、それに基づき本研究の目的を構成した。

第2章：マテリアルフローに沿ったごみ処理データの整理の必要性を述べ、自治体のごみ処理全体を記述する表の提案を行った。その後、提案する表によって可能となる分析例を示した。

第3章：第2章で示した分析方法を用いて複数自治体間でのごみ、資源収集量の分析を行った。ごみの中身を調査する方法として組成分析があるが、組成分析の内容を整理し、その結果を用いて資源回収率を算出した。

第4章：施設ごとの分析。資源選別施設と焼却施設においてパフォーマンス指標を算出し、ごみからどれだけ資源、エネルギーを取り出しているかを評価した。また、LCA 評価を通じて旭川市全体のごみ処理が環境に与える影響を評価した。

第5章：まとめの章として得られた知見を整理し、今後の課題を示した。

参考文献

- 1) (パンフレット) 21世紀環境立国戦略(平成19年6月1日 閣議決定)
- 2) 環境省廃棄物処理技術情報「日本の廃棄物処理」
- 3) 山川肇・植田和弘「ベンチマーキングで変える!自治体のごみ管理」中央経済社 p.5
- 4) 環境省リサイクル対策部「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針」(平成19年6月) p.4
- 5) 環境省「市町村一般廃棄物処理システム評価支援ツール」
https://www.env.go.jp/recycle/waste/tool_gwd3r/gl-mcs/index.html
- 6) 環境省「平成26年度3つのガイドライン説明資料」 p.72
https://www.env.go.jp/recycle/waste/tool_gwd3r/gl-mcs/gl-mcs-guide02.pdf

第2章 データマネジメント手法の提案

第1章において、現状の指標はごみ流れ（マテリアルフロー）を把握していないため、部分の指標化にとどまっていること、さらに現状のデータ管理方法は比較のためにフォーマットを統一しているが、統一されたフォーマットではガラパゴス化した自治体のごみ処理を表現することができず、そのためにごみ処理全体が分からなくなっていることを述べた。

マテリアルフローに基づくごみ処理システムの評価のためには、マテリアルフローに基づくデータが必要となる。そのため第2章では、ごみ処理データマネジメント手法について説明する。2.1では旭川市が行うごみ処理データの管理手法を例に、現状のデータ管理の問題点を指摘する。2.2では、ごみ流れを考慮したデータマネジメント手法を提案する。次に、提案するデータマネジメント手法によって可能となる分析例を示す。2.3はごみ、資源物の収集量についての分析、2.4は、施設搬入量についての分析である。2.5は自治体の一般廃棄物処理フローを示した。

2.1 自治体におけるごみ処理データの管理の現状

1.2節において、分別～収集～処理の流れが複雑化・多様化しているにも関わらず、データの集計が各段階で行われていることを述べた。この問題は一般的に見られるが、本節では北海道旭川市の例を用い、具体的に説明する。

自治体は清掃事業の概要および諸統計を公開する清掃事業概要を毎年発行している。表2-1～2-3は旭川市清掃事業概要¹⁾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年度の実績値で単位はt/年である。図2-1は旭川市におけるごみ処理フローであり、各表がこの断面における集計であることを以下で説明する。

表 2-1 ごみ処理実績集計表（収集実績） 単位：t/年

区分		収集量		
家庭ごみ	計画収集	燃やせるごみ	44,614	
		燃やせないごみ	8,374	
		びん・缶・紙パック	4,808	
		ペットボトル	1,243	
		段ボール	1,780	
		乾電池等	74	
		蛍光灯	18	
		プラスチック製容器包装	5,902	
		紙製容器包装	2,107	
		剪定枝	342	
		布類	176	
		廃食用油	9	
		(資源ごみ回収拠点)	小型家電	177
			再生可能な古紙	167
			金属類	9
			布類（障害者施設分）	21
			リターナブルびん	1
プラスチック製品	15			
	傘	1		
(町内会)	廃食用油	7		
	粗大ごみ	1,462		
	その他	10		
廃棄物処分場自己搬入		1,041		
事業系ごみ	清掃工場	許可業者搬入	31,360	
		自己搬入	1,071	
	廃棄物処分場	許可業者搬入	2,010	
		自己搬入	167	
	資源物	びん	0	
		ペットボトル	418	
プラスチック製容器包装		106		

表 2-2 ごみ処理実績集計表（施設搬入量） 単位：t/年

搬入施設	搬入量
埋立処分量	20,914
清掃工場搬入量	77,228
リサイクルプラザ搬入量	4,824
ペットボトル中間処理センター搬入量	1,672
段ボール中間処理施設搬入量	1,783
プラスチック製容器包装中間処理施設搬入量	6,150
紙製容器包装中間処理施設搬入量	2,107
剪定枝中間処理場搬入量	342
布類中間処理場搬入量	176
廃食用油中間処理場搬入量	9

表 2-3 ごみ処理実績集計表（残渣搬入・搬出量） 単位：t/年

施設名称		実績値
焼却残渣	近文清掃工場	7,691
可燃性残渣	紙製容器包装中間処理施設	60
	布類中間処理場	13
	処分場	0
	プラスチック製容器包装中間処理施設	110
不燃性残渣 (搬出施設)	リサイクルプラザ	789
	ペットボトル中間処理センター	23
	プラスチック製容器包装中間処理施設	145
	紙製容器包装中間処理施設	5
資源化処理残渣 (搬入施設)	リサイクルプラザ	16
	ペットボトル中間処理センター	11
	段ボール中間処理施設	3
	プラスチック製容器包装中間処理施設	142
	クリーンセンター	1

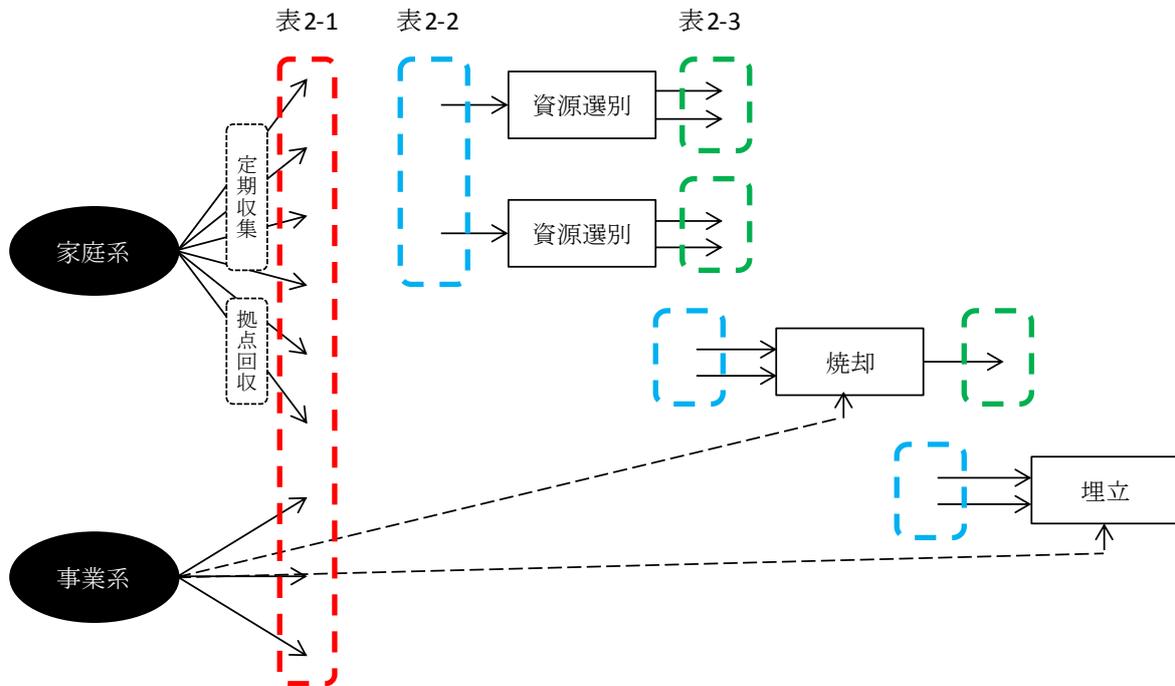


図 2-1 旭川市におけるごみ処理フロー

※図中には書かれていないが、各選別施設では資源の回収がある。

表 2-1 は、一般廃棄物の収集量であり、表の上部が家庭ごみ、下部が事業系ごみとなっている。家庭ごみは分別区分ごとに拠点回収も含めてまとめられているが、どの施設へ搬入されるかが分からない。ただし、事業系については処理施設が示されている。

逆に、表 2-2 は一般廃棄物処理施設の搬入量であるが、どこから何が搬入されているかが不明である。ペットボトル、プラスチック製容器包装は、名称からそれぞれペットボトル中間処理センター、プラスチック製容器包装中間処理施設へ搬入されることは推定できるが、リサイクルプ

ラザへは家庭系のびん・缶、紙パック、家庭金物が搬入されており、表 2-2 にはその合計量の記載しかない。焼却施設では家庭系の可燃ごみ、事業系ごみ、資源化施設から発生する残渣が処理されるが、その内訳も分からない。すなわち、分別収集区分と、処理とを結びつけることができない。

表 2-3 の上部は、施設からの残渣搬出量である。焼却残渣、不燃性残渣は埋立地に、可燃性残渣は焼却施設へ搬入されることは推定できる。しかし、紙製容器包装、プラスチック製容器包装の施設は可燃性、不燃性両方の残渣が発生し、各施設からの搬出物を知るには表の再整理が必要である。

例えば、「ペットボトル中間処理センター」の 11t とは、プラスチック製容器包装中間処理施設で選別されたペットボトルを含んでいる。表 2-3 からは、どの施設から搬出された資源かを読み取ることはできない。さらに、資源選別施設においては資源として回収された量が重要であるが、残渣量しか記載されていない。

図 2-2 は、旭川市のごみ処理システム詳細フロー図である。発生源、分別区分、処理施設、最終的な行き先が詳細に記載されており、さらにごみ量も明記されている。つまり、蒸気のデータでは不明であった分別収集～処理までの流れを表したものとなっている。焼却施設は処理対象となる分別区分と残渣のフローが分かる。しかし、資源選別施設は複数あるが、図ではひとつにまとめられているため、焼却される可燃性残渣がどの施設から発生したのか、また分別された資源がいずれの施設で処理されているかという、施設の出入りを読み取ることはできない。また、集団回収も自治体における資源収集方法として重要な役割を担っているが、図の下部においてリサイクル率の算出のために合計量が記載されているだけにすぎず、内訳は不明である。

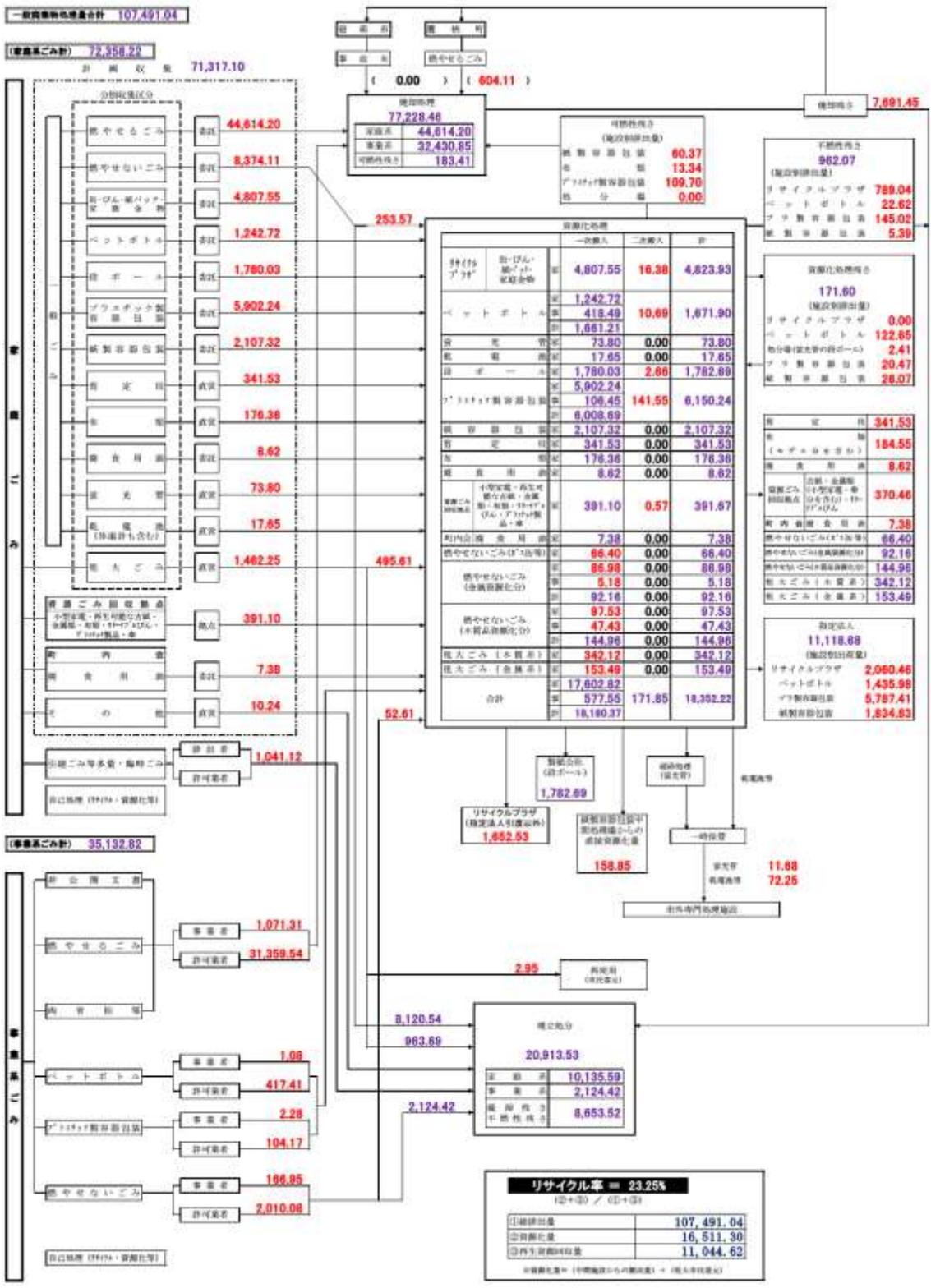


図 2-2 旭川市のごみ処理基本体系

2.2 ごみ処理データマネジメント手法の提案

発生源～分別～収集～処理の関係が断片的であるとの問題は、最初からものの流れを追うことができるデータ管理を行うことで解消できる。すなわち、①分別区分または資源物、②収集方法（定期収集、拠点回収など）、③それらの発生源別（家庭系と事業系）の収集量、さらに④各施設への搬入量、⑤各施設からの搬出量、⑥搬出物の行き先（二次搬入）までを、ひとつの表に統合すれば良い。図 2-3 はそのイメージを示すもので、横方向に見ると分別区分、資源物ごとに収集から処理、最終的な行き先までの流れを追うことができ、④⑤⑥は縦方向に合計すると、各施設における搬入量、搬出量、二次搬入量となる。表 2-1～2-3 のような従来の集計は、この一部を取り出せば容易に得られる。

① 分別	② 収集方法	③ 収集量 発生源別	④ 搬入 施設別	⑤ 搬出 施設別	⑥ 二次搬入 施設別
ごみ 資源物 等					

図 2-3 ごみ処理フローに沿ったデータ集計表の構成

表 2-4 はこの考えに従って、旭川市におけるデータを整理したものである。表の作成にあたっては、清掃事業概要記載のデータ以外に市への追加情報依頼を行ったが、特別な調査を要求したのではなく、施設に出入りに関する、日常的に集計されている施設の運転管理データにすぎない。なお、数値は他自治体との比較が可能なように一人一日あたり量 (g/人/日) とした。

①の分別区分は、ごみと資源物を収集方法で区別した。1～11 は市の定期収集であり、1～3 がごみ、4～11 が資源物、有害物である。13～19 は市内 5ヶ所に設置されている拠点での回収、22～32 は集団回収による回収量である。②は定期、拠点、集団のほか、定期収集についてはステーションと戸別の区別をした。③の収集量は、家庭系か事業系かの区別である。1～32 は自治体が把握しているものであり、後述のように自治体が関与しない資源収集がある場合には、①の区分、③の区分にそれらを加えることになる。

④～⑥は、各施設への④搬入量（直接搬入量）、⑤搬出量、そして⑥二次搬入量（他施設への搬出）である。これらを追うと、施設への出入りとなっており、さらにはごみ、資源物ごとの流れが把握できる。例えば、びん・缶・紙パックは家庭系のみステーションで定期収集され、収集量は 38g であり、全量がリサイクルプラザへ搬入される。リサイクルプラザからの搬出量は 36g であり、内訳は資源として回収される量が 29g、リサイクルプラザの残渣は埋立処分されるが、その量は 6g である。ここで、搬入量は一次搬入量であるのに対して、搬出量は施設からの総排出量となっている。搬出量に関しては、一次搬入量由来と二次搬入量由来を区別できないためである。

表 2-4 は自治体におけるごみ流れ、すなわち分別区分、資源ごとの収集から処理、最終処分または資源回収の流れを表す総括的データ管理表である

ここで重要なのは、ごみ処理は自治体ごとに同一のものはないので、図 2 はそれぞれ独自の形式となってよいということである。分別区分、収集方法も、施設の種類や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、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、搬出物に行き先を並べれば良い。従来は、統一の集計区分とするため、縦方向、横方向ともに無理に所定のフォーマットに集約しなければならず、そこで細部情報のロスと集計の誤り（集計区分が実際より多い場合には按分もある）が生じていた。これに対して表 2-4 は、得られたデータをそのまま、順に並べているにすぎない。ごみ処理の計画・実施においてもっとも重要な事は、自治体のごみ処理の現状を正しく理解することである

以下の節では、表 2-4 からどのような情報を整理できるかを示す。

2.3 分別区分ごとのごみ・資源収集量

図 2-4 は、表 2-4 の収集量 (③) より数値を抽出して作成した、ごみと資源の分別区分別収集量である。

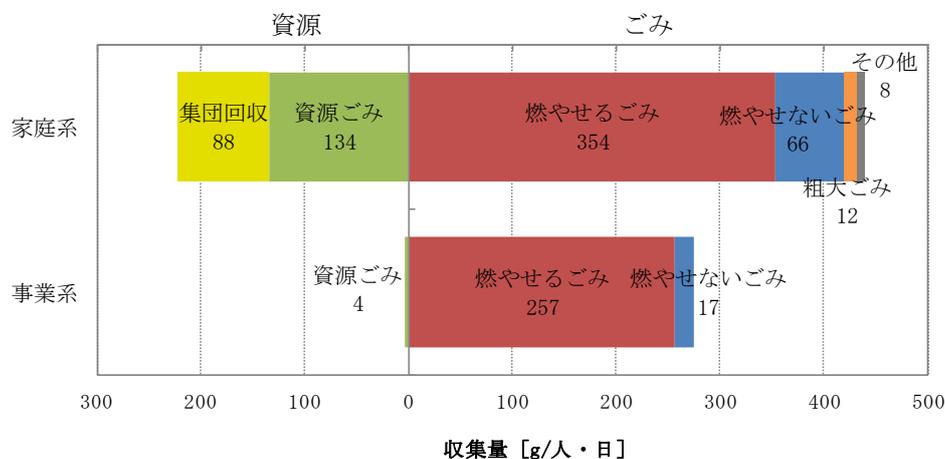


図 2-4 収集区分別のごみ・資源収集量

上下に、家庭系と事業系の発生源を区別している。横方向は右方向にごみ、左方向に資源を、分別区分ごとに示した。資源は、自治体が直接収集する「資源ごみ」と町内会等が中心となる「集団回収」に分けた（この内訳は図 2-5 に示す）。図 2-4 より、家庭系と事業系の収集量は大きく異なること、収集される資源のほとんどが家庭より排出されていることが分かる。また、家庭系の資源収集量 221g のうち集団回収量が 88g と、自治体が直接収集しない集団回収においても相当量の資源が収集されていることが分かる。

一般的に、集団回収において収集された資源は、市の処理施設に搬入されず、直接民間の資源化施設に売却される。集団回収は町内会主体であるが、収集量に応じた奨励金が自治体から交付するなど、計画的収集の側面もある。こうした収集形態の違いは量的あるいは経済的効率性や市民との協働にかかわるため方法の区別が必要である。

図 2-5(a)に資源ごみの内訳を、図 2-5(b)に集団回収の内訳を示した。縦軸はどちらも収集量 (g/人/日) であり、横軸は分別区分または資源品目となっている。(a)と(b)を比較すると、例えば段ボールは(a)14g、(b)で 13g であり、段ボールは両方の収集方法によって収集されていることが分かる。一方で、容器包装プラスチックは(a)のみでの収集である。従って、資源収集量は合計量ではなく、品目・収集方法を区別する必要がある。

図 2-4、図 2-5 はともに一人一日あたりの量のため、他自治体との比較が可能である。比較を通じた分析は第 3 章で行う。

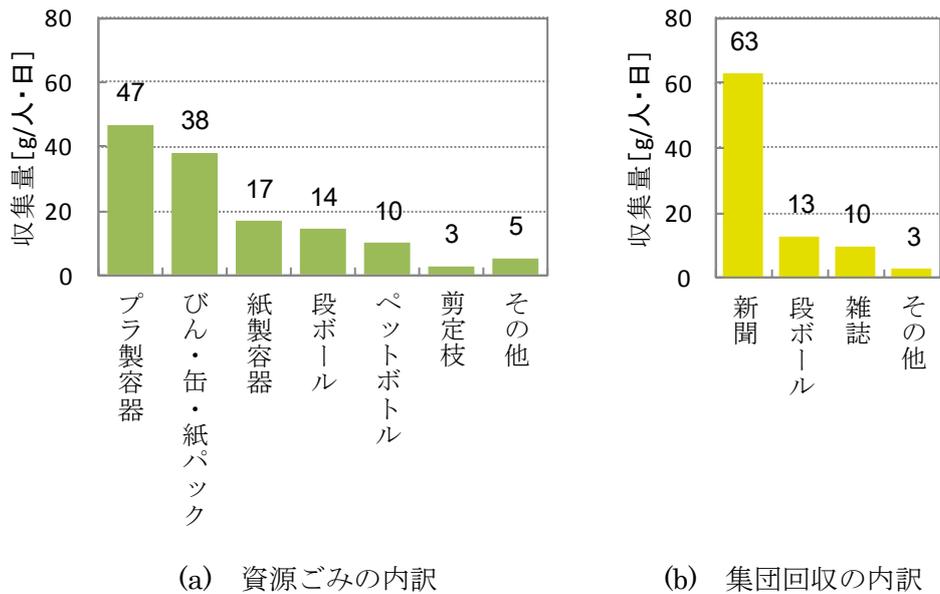


図 2-5 資源収集量

2.4 処理施設への搬入量・搬出量

分別区分に従って収集されたごみ・資源は、表 2-5 に示すようにそれぞれ異なる処理施設へと搬入される。表に記載のさい資源（段ボール、剪定枝、集団回収収集物など）と有害ごみは、旭川市では資源選別施設を所有しておらず、民間の施設（ユーザー）へと直接搬入される。図 2-7 は、表 2-4 の搬入量（④）、二次搬入量（⑥）を施設別に（縦方向に）集計して作成した。

表 2-5 処理施設と一次搬入物の対応表

施設名称	一次搬入物
清掃工場	可燃ごみ
リサイクルプラザ	缶・びん・紙パック（混合収集）
ペットボトル中間処理センター	ペットボトル
REPLA ファクトリー	プラスチック製容器包装
ACPR ファクトリー	紙製容器包装
廃棄物処分場	不燃ごみ、粗大ごみ

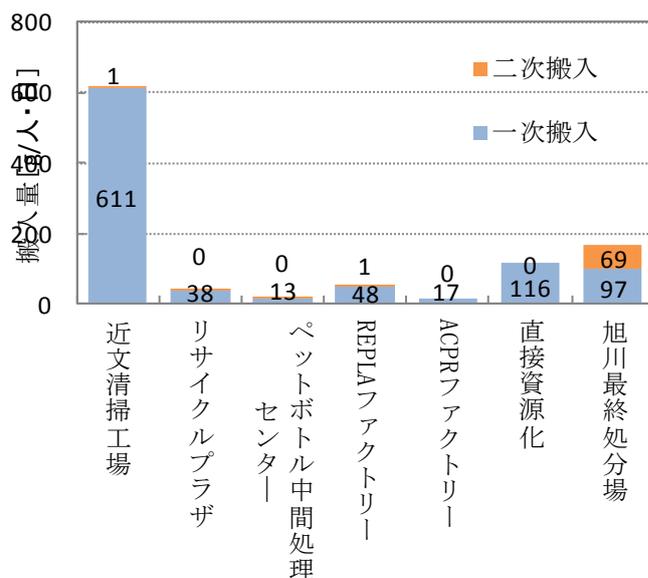


図 2-7 ごみ処理施設別の搬入量

旭川市廃棄物処分場は他施設からの二次搬入量が多いこと分かり、これは焼却施設で生じた焼却残渣や資源選別施設の処理残渣が搬入されているためである。また、資源選別施設においても搬入量に差があることが読み取れ、施設別に集計する必要があることが分かる。施設での資源回収率（＝資源として搬出された量/搬入量）やエネルギー消費量といった分析は第4章で述べる。

2.5 ごみ処理フロー図

図 2-8 は、表 2-4 を図示したものであり、図中の丸数字は図 2-3 と対応している。①の項目は上から、定期収集、拠点回収、集団回収、自治体関与外の収集と収集方法ごとに縦に並べている。図中に示したのは定期収集のみであり、拠点回収以下の流れは単純なので省略した。また、収集量（③）は家庭系と括弧内に事業系とし、両者の区別を示している。④⑤⑥は同一処理についてはすべての施設を合計し、④搬入量は収集量と同じのため、記載を省略した。搬出量は内訳が分かるよう、⑥の数値を記載し、そのうち赤字は、資源として回収された量を示す。びん・缶・紙パックは搬出物が細かく分かれるため、それも記載した。

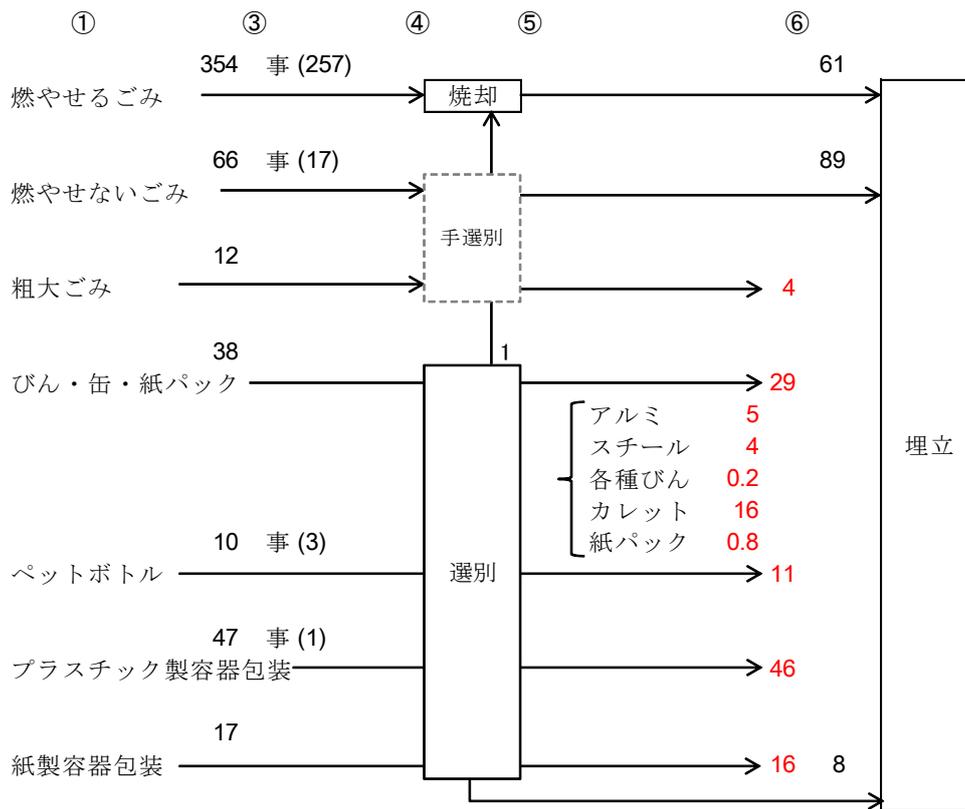


図 2-8 旭川市一般廃棄物処理フロー図 (家庭系定期収集の一部)

図 2-8 の特長は、収集方法、処理施設の違いを無視し、モノと処理の関係のみをまとめた点にあり、分別区分、資源ごとにどのような処理がなされ、最終的にどうなるかが分かる。同一処理を行う施設が複数ある場合は、施設別の図を作成すれば良い。図 2-9 は旭川市の資源選別施設間の資源の移動を示す。数値の単位は t/年である。なお、残渣量は省略している。

例えば、容器包装プラスチックの資源選別施設である、REPLA ファクトリーには 6,009t の搬入があり、そのうち 5,788t を資源として搬出している。しかし、この 5,788t という数値はすべて REPLA ファクトリーに搬入されたものであるとは限らない。ペットボトル中間処理センター、ACPR ファクトリーよりそれぞれ 116t、26t の容器包装プラスチックが持ち込まれそれらを合計したものである。従って、REPLA ファクトリーに搬入された資源のうち、資源として搬出される量は、5.647t (図中括弧内) となる。図 2-9 のように旭川市における資源選別施設は、複雑な資源の二次搬入があることが分かる。この二次搬入の効果の検討は第 4 章にて行う。

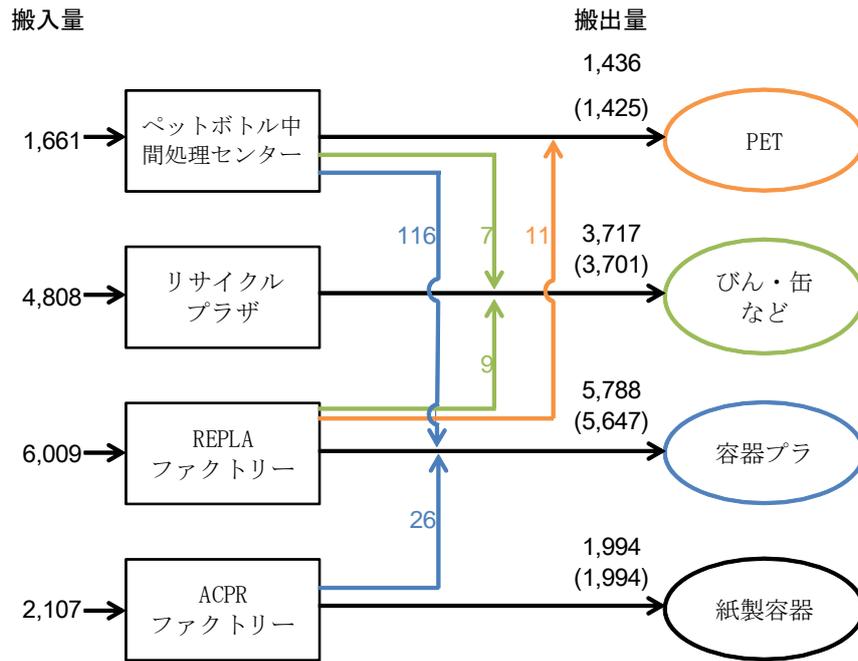


図 2-9 資源選別施設間の資源のやり取り

参考文献

- 1) 平成 26 年度旭川市清掃事業概要

第3章 マテリアルフロー分析

1.2節で述べたように、発生源～分別～収集～処理の過程は自治体ごとに異なっている。すなわち事業系の扱い、ごみの分別方法、資源物回収品目、それらの収集方法、選別・中間処理の方法のいずれか（あるいはすべて）に違いがあるため、自治体によってごみ処理システムは異なる。本章では、第2章に示した分析方法をもとに、各自治体の現状を分析・理解し、システムの違いによるパフォーマンスを比較し、改善の方向性を見出す試みを紹介する。

3.1 分析対象自治体

表3-1に分析対象とした8自治体を示す。メタン発酵、堆肥化、ごみ燃料化などの実施自治体、資源回収率の高い自治体といった選択方法が考えられたが、前者は数が少なく、後者は資源収集方法などに違いが見られ、単純に比較できないことがわかった。そこで、「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研究財団の協力のもとで抽出し、参加を依頼した。表3-1には、資源分別数、有料化の有無のみを示した。分別数の括弧内の数値は、分別区分のうち資源ごみの分別数である。松本市は分別数が少ないように見えるが、5分別24区分であり、そのうち資源物は20区分に分別されている。旭川市、熱海市、相模原市、武蔵野市はごみ有料化を導入している。収集方法は、武蔵野市の戸別収集を除いてステーション収集である。

研究は、データの提供依頼、データ分析、結果のフィードバックと追加データの依頼を繰り返して進めた。全員が集まる検討会を平成27年10月14日（東京）、平成28年1月7日（札幌）の2回開催して、議論を進めた。第2章のデータ管理方法等は、2回の検討会を経てまとめたものである。なお、ごみ処理には、自治体以外に、メーカー、コンサル、処理業者など、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、広い知識を集約することとした。

表 3-1 検討会参加自治体

自治体名	人口（人）	分別数	特徴
北海道旭川市	345,687（H27年9月1日）	13（10）	ごみ有料化
静岡県熱海市	38,539（H26年9月末日）	8（5）	ごみ有料化
埼玉県川口市	591,956（H27年9月1日）	11（9）	
神奈川県相模原市	723,732（H27年8月1日）	13（11）	ごみ有料化
愛知県豊田市	422,784（H27年9月1日）	10（7）	
北海道富良野市	23,044（H27年8月末日）	14（12）	
長野県松本市	241,919（H27年9月1日）	5（1）	
東京都武蔵野市	143,229（H27年9月1日）	12（9）	ごみ有料化、戸別収集

3.2 ごみ収集量

3.2.1 収集方法の表記

分別区分や収集方法は自治体によって異なり、清掃事業概要において一覧を作成している自治体も多い。表 3-2 は旭川市の「ごみの排出区分及び処理方法等」より作成した。

表 3-2 ごみの排出区分及び処理方法等（旭川市清掃事業概要より作成）

区分	排出方法	収集方法	収集回数	処理	
				方法	手数料
燃やせるごみ	指定ごみ袋を使用または指定シールを貼付	ステーション収集	週2回	焼却処理	有料
燃やせないごみ			週0.5回	埋立処分	
ガス缶・スプレー缶・ライター	透明または半透明の袋を使用			週1回	資源化処理
缶、びん、家庭金物					
紙パック	ひもで縛り、袋に入れない		週0.5回	委託処理	
ペットボトル	透明または半透明の袋を使用				
プラスチック製容器包装	ひもで縛り、袋に入れない		週1回程度	資源化処理	
段ボール	透明または半透明の袋を使用				
紙製容器包装	購入時の箱などを使用		週1回程度	委託処理	
蛍光管	透明または半透明の袋を使用				
乾電池（体温計を含む）	事前に電話による申し込みを行い、ひもで縛る	戸別収集	臨時	資源化処理	
剪定枝	拠点に設置している回収容器に排出	拠点収集	週1回程度		
廃食用油	事前に電話による申し込みを行い、指定シールを貼付	戸別収集	臨時	埋立処分	有料
布類			資源化処理		
粗大ごみ	拠点に持込	拠点回収	月1回程度	資源化処理	無料
再生可能な古紙 小型家電 金属類 リターナブルびん プラスチック製品 傘（金属）					
引越しごみ等 多量・臨時ごみ	排出者が自ら市の処理施設へ搬入または市の許可業者に処理を依頼			埋立処分	有料

表 3-2 は、分別区分ごとにまとめられており、排出方法、収集方法、収集回数、処理方法とごみの収集に関する情報が集約されている。しかしこの表は排出方法を中心としている。収集作業、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る。例えば、「週 0.5 回」収集のうち、「段ボール、紙製容器包装」、「蛍光管、乾電池」の収集は別の日であり、後者と同時に「燃やせないごみ、ガス缶・スプレー缶・ライター」が一緒に集められている。これらのことは、表からは読み取ることができない。

そのため、表 3-3 は、実際の収集作業を区別して作成したものである。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管等は、同一日に収集されている。表 3-3 によって、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。

表 3-3 分別区分ごとの収集・処理方法

	区分	収集方法	収集回数	処理方法	主体
ごみ	燃やせるごみ	ステーション収集	2回/週 有料	焼却	委託
	燃やせないごみ	ステーション収集	2回/月 有料	埋立	委託
	粗大ごみ	戸別収集	随時 有料	埋立	直営
	引っ越し・多量・臨時ごみ	戸別収集	随時 有料	埋立	許可
資源	蛍光管 乾電池・体温計 ガス缶・スプレー缶・ライター	ステーション収集	2回/月	破碎 資源化	直営 委託
	缶・ビン・家庭金物 紙パック	ステーション収集	1回/週		
	ペットボトル プラ容器包装	ステーション収集	1回/週		委託
	段ボール 紙製容器包装	ステーション収集	2回/月		
	剪定枝	戸別収集	随時		直営
	布類 再生可能な古紙 金属類			資源化	
	リターナブルびん プラ製品 傘（金属） 小型家電 廃食用油	拠点回収	随時		直営 委託

網掛け部は同じ日に収集される品目を示す

3.2.2 ごみ収集量の比較

2.3 節で示した収集量の分析方法に従って、8 自治体におけるごみ収集量の比較分析を行った。図 3-1 は、8 自治体における発生源別のごみ、資源収集量である。図中の単位は一人一日あたりの収集量としている。図 3-1 の左は家庭系、右は事業系である。収集量は家庭系がおおよそ 600～750g、そのうち資源ごみが 100～250g、事業系が 200～250g 程度となっている。表 3-1 にも示したように、どの自治体も細かい資源の分別がなされており、資源の収集に力を入れているため、グラフもおおよそ似たような傾向を示している。富良野市は資源として収集されるものの割合が非常に高いが、固形燃料ごみは他自治体における可燃ごみから生ごみを除いたものと同程度であるため、可燃ごみをごみとして収集しているか資源として収集しているかの違いである。しかし、熱海市の家庭系および事業系ごみ量と松本市の事業系ごみ量は他自治体と大きく異なる。以下でこの原因を検討する。

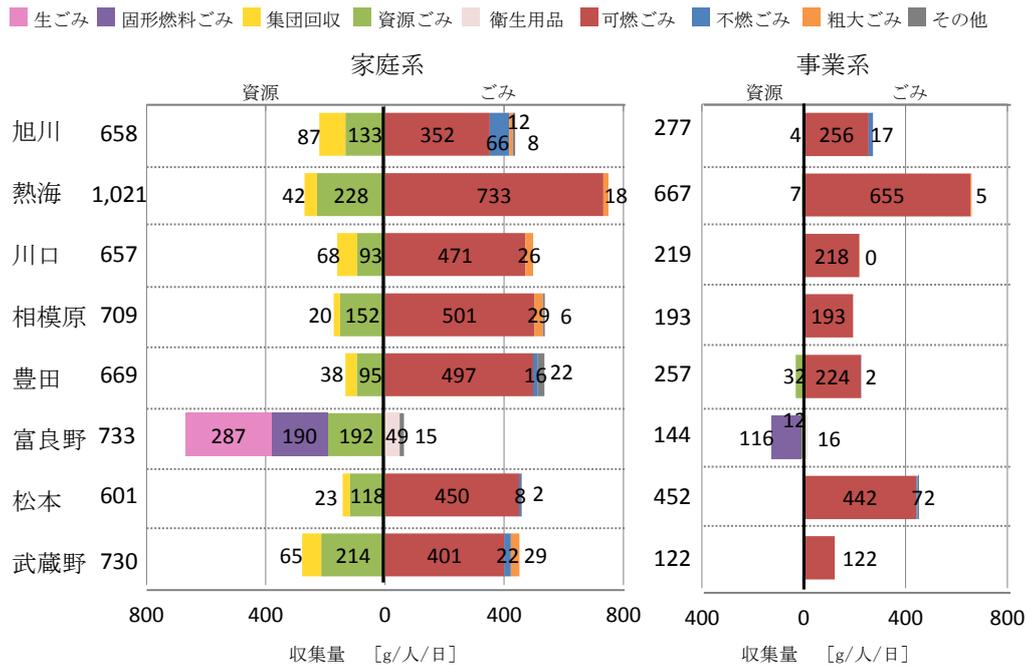


図 3-1 発生源別のごみ・資源収集量

3.2.3 特徴的な自治体

①静岡県熱海市における家庭ごみ、事業系ごみ

熱海市は、静岡県の最東部に位置し、神奈川県と接する市である。古くから湯治の地として知られており、平成 24 年度における観光客数は 5,607,963 人¹⁾と日本でも有数の観光地である。熱海市の家庭系ごみ、事業系ごみが多い理由は「熱海市は観光業に携わる家庭が多いため、家庭系と事業系の切り分けができていない。事業系ごみが家庭系に混入しているため家庭ごみが多くなっている。」²⁾と説明されている。また、観光客やビジネス客などの影響は事業系ごみ量に現れると考えられ、事業系ごみ量と旅行客数など観光に関する指標との関係を調べることにした。しかし、旅館数や宿泊客数は統一した統計データが存在しなかったため、昼夜人口比と事業系ごみの関係を調べた。

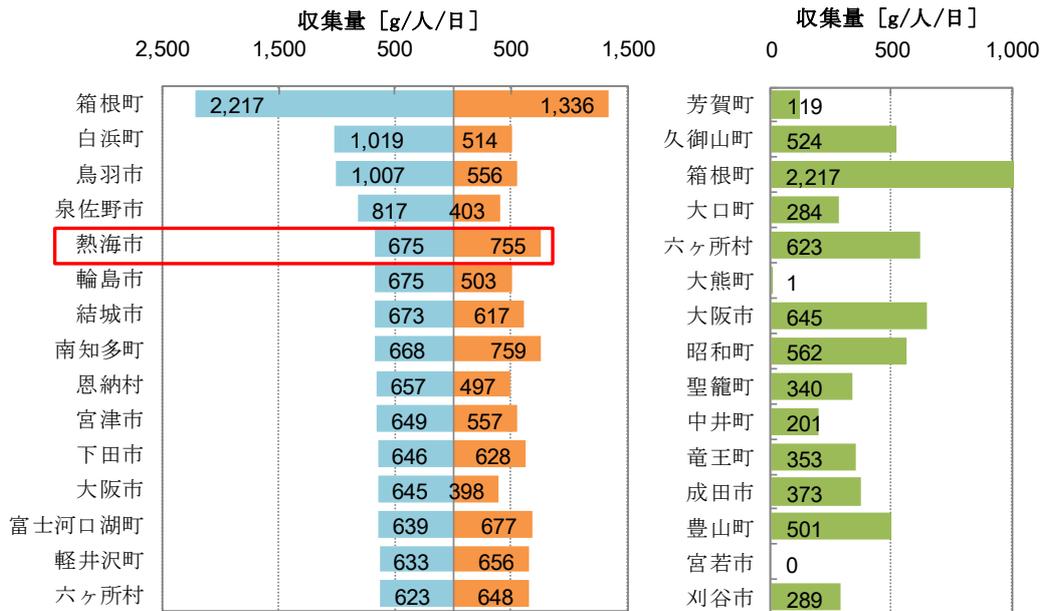


図 3-2 事業系一廃量順の家庭系残余ごみ量³⁾

図 3-3 昼夜人口比順の事業系一廃量³⁾⁴⁾

図 3-2 は人口 1 万人以上の自治体における事業系一般廃棄物量順（上位 15 自治体）の家庭系残余ごみ量である。右のグラフは事業系一般廃棄物量、左は家庭系残余ごみ量である。家庭系残余ごみ量（家庭系のごみ量と資源ごみ量の差）である。箱根町や熱海市は事業系一般廃棄物量、家庭系残余ごみ量ともに多く、事業系の家庭系への混入が考えられる。しかし、泉佐野市や恩納村の家庭系残余ごみ量が少ない自治体もあり、事業系ごみ、家庭系残余ごみ量の間には明らかな関係が見られない。また図 3-3 は昼夜人口比順（上位 15 自治体）の事業系一般廃棄物量であるが、昼夜人口比と事業系一般廃棄物量には関係がない。昼間人口は従業地・通学地より算出しているが、これらは事業系一般廃棄物量に影響を与えないことが分かった。

以上より、家庭系残余ごみが多いのは事業系ごみが混入しているためとは言えないこと、昼間の人口と事業系一般廃棄物量には関係がないことがわかった。また昼夜人口比では観光やビジネスなどの不定期な移動は反映されないため、観光によるごみ量の影響を見るためには、観光客数などのデータが必要である。

②長野県松本市における事業系一般廃棄物量

事業系一般廃棄物量が多い理由は、「集合住宅居住者は町内会のごみ集積所を利用しておらず、事業系一般廃棄物として排出しているためではないか」⁵⁾という説明があった。後日、集合住宅居住者のごみ集積所を利用しているかどうかを尋ねたアンケート結果を松本市より入手し、集合住宅由来のごみ排出量を推定した。推定結果を表 3-4 に示す。

表 3-4 ごみ集積所を利用していない人数の推定とごみ量の補正結果

A 現状の整理			計算方法など
① 松本市人口	人	241,885	平成27年9月1日現在
② 平均世帯人口	人	2.3	平成27年9月1日現在
③ 家庭系一般廃棄物量	t/年	39,843	平成26年度実績
④ 事業系一般廃棄物量	t/年	39,113	平成26年度実績
⑤ 一人一日当たり家庭系一般廃棄物量	g/人・日	451	③×106/365/①
⑥ 一人一日当たり事業系一般廃棄物量	g/人・日	443	④×106/365/①
B ごみ集積所を利用していない人数（推定）			
⑦ ごみ集積所を利用していない世帯数	世帯	8,735	別表より算出
⑧ ごみ集積所を利用していない人数	人	20,092	②×⑦
⑨ 人口に占める割合	%	8	⑧/①
C Bが家庭系に排出した場合のごみ量（ごみ量の補正）			
⑩ 集合住宅居住者の年間排出量	t/年	3,309	⑤×⑧×365/106
⑪ 家庭系一般廃棄物量	t/年	43,152	③+⑩
⑫ 事業系一般廃棄物量	t/年	35,804	④-⑩
⑬ 一人一日当たり家庭系一般廃棄物量	g/人・日	489	⑪×106/365/①
⑭ 一人一日当たり事業系一般廃棄物量	g/人・日	406	⑫×106/365/①

表 3-4A は現状の整理であり、一人一日あたりの家庭系および事業系一般廃棄物量が示されており、以下で 443g 中にどの程度集合住宅由来のごみかを推定する。表 3-4B はごみ集積所を利用していない人数の推定である。⑦ごみ集積所を利用していない世帯数は、附表より算出した。算出方法は附表に示す。⑦に②平均世帯人口を乗じて⑧ごみ集積所を利用していない人数とした。松本市全人口に占める割合は 8%となった。

表 3-4C は、⑧を用いた一人一日あたり事業系一般廃棄物量の補正である。⑧に一人一日あたり家庭系一般廃棄物量を乗じることによって、⑩集合住宅者の排出量を推定した。現状は、⑩が事業系一般廃棄物量として計上されているため、⑩を家庭系一般廃棄物として補正した。その結果、⑭一人一日あたり事業系一般廃棄物量は 406g となったが、図 3-1 より、それでもまだ他自治体より多いことが分かる。ごみ集積所を利用していない人数の推定に大きな誤差がない（アンケートの結果が信頼できる）ならば、松本市における事業系一般廃棄物量の多さと集合住宅由来のごみが事業系一般廃棄物量として計上されていることはあまり関係がないという結果となる。

3.3 資源収集量

3.3.1 資源収集量の比較

2.3 節で述べた資源収集量の分析方法に従って、表 3-1 に示す 8 自治体の比較分析を行った。図 3-4(a)は資源ごみ収集量、図 3-4(b)は集団回収量であり、それぞれ収集量の多い 5 品目を示している。図中の単位は一人一日あたりの収集量であり、右上の青数字は合計量を表す。

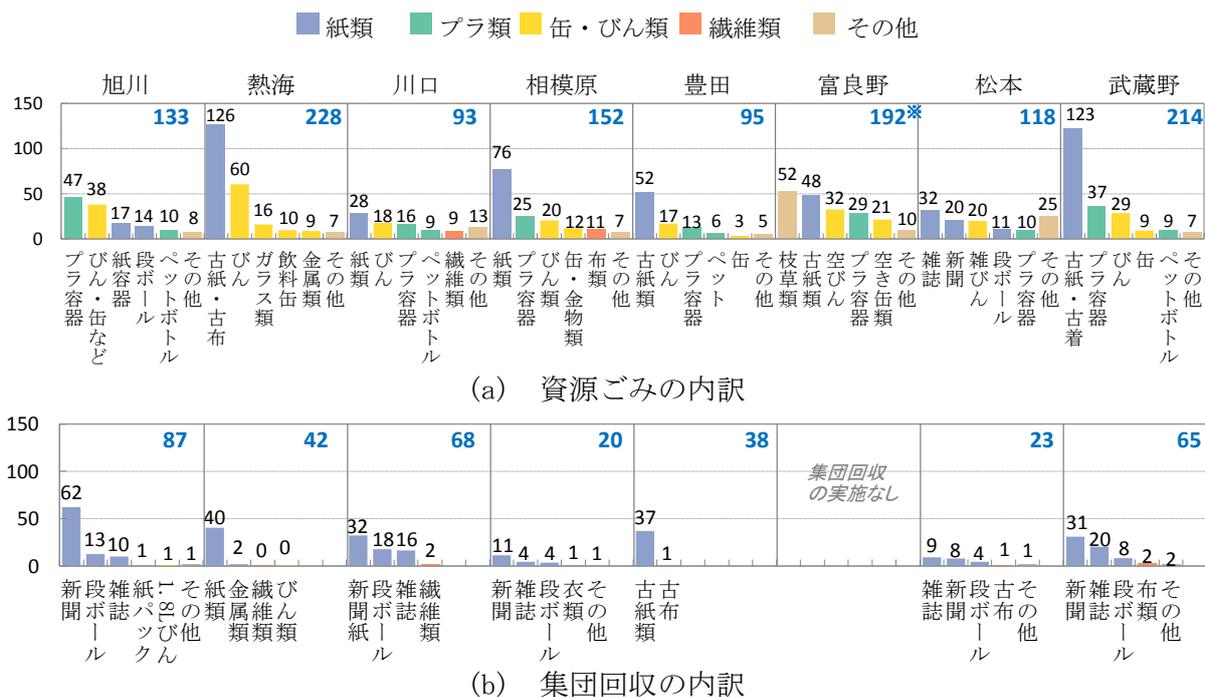


図 3-4 資源物収集量

富良野市は固形燃料ごみ（190g）と生ごみ（287g）も資源として収集されているが、他自治体との比較のため図 3-4(a)では省略した。また富良野市は集団回収を実施していない。

図 3-4(a)より熱海市と武蔵野市の資源収集量が多いが、熱海市は図 3-1 から分かるようにその発生量が多いためであり、武蔵野市は戸別収集によると考えられる。自治体が収集する資源は多岐にわたり、古紙だけでなく、缶・びん類、プラスチック製容器包装、ペットボトルといった品目が収集されている。また、熱海市、相模原市、武蔵野市など資源ごみ収集量が多い自治体は、古紙の収集量が多いことが分かる。資源収集量は古紙の収集量によって大きく変動する。

一方で、図 3-4(b)は集団回収の内訳であるが、集団回収では主として古紙が収集されていることが分かる。旭川市や川口市は資源ごみとしての古紙の収集量は少ないが、集団回収での古紙収集量は多い。このように資源は複数の収集方法によって回収されているため、ある単一収集方法のみに着目するのではなく、品目別の合計収集量を比較する必要がある。

3.3.2 自治体に関与しない資源収集

資源の収集方法には上述したように自治体による収集方法、町内会などが行う集団回収のほか、自治体に関与せずに、新聞販売店や、スーパーなどが独自に行う資源収集がある。以下では、①豊田市の新新聞販売店が行う古紙収集、②松本市における民間業者の古紙拠点回収を例に自治体に関与しない資源収集について説明する。

①豊田市の新新聞販売店が行う古紙の巡回回収

豊田市が関与する古紙の収集方法には、拠点回収と集団回収の2種類がある。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ヶ所に設置されている。収集品目は古紙の他にペットボトル、びん、缶なども回収されている。拠点は年中無休であり、市民はいつでも資源を排出することができる。一方で、集団回収は町内会などが主催する方法であり、回収日が決められている。収集品目は古紙が中心であるが古布も収集されている。

新聞販売店が行う古紙の収集は、複数の新聞販売店が実施しており、実際の収集は新聞販売店が委託した古紙回収業者が行っている。収集方法は回収業者が各家庭を回る巡回回収であり、各家庭に回収日の前々日に、回収を行う旨を記したチラシが広告と一緒に配布される。回収日に玄関前に古紙を置いておくと回収される。図3-5は古紙の収集方法、表3-5は収集量である。

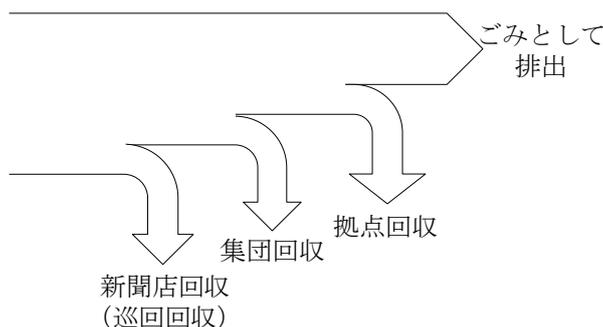


図 3-5 豊田市内における古紙収集方法

表 3-5 収集方法別の資源収集量

	計画収集外		計画収集内		合計
	新聞店回収	集団回収	拠点回収		
回収量	29	37	52	118	
新聞紙	19	19	21	59	
雑誌	7	10	19	36	
段ボール	4	8	11	23	
紙パック		0.4	0.5	1	

表3-5中の数値は一人一日あたりの収集量であり、一番上に合計量を、下欄にその内訳を示している。新聞紙の収集量(表中オレンジ網掛け)を見ると新聞販売店回収、集団回収、拠点回収がそれぞれ同程度であり、豊田市においては自治体に関与しない新聞販売店の回収も重要な回収方法であることが分かる。

②松本市の民間業者が行う古紙の拠点回収

松本市が関与する古紙の収集は、定期収集と集団回収の2種類である。定期収集における収集品目は、新聞、雑誌、段ボール、紙パックの他に雑紙も紙袋に入れることで排出することができる。収集頻度は地域により異なるが週0.5回程度である。一方で、集団回収では古紙（新聞、雑誌、段ボール）が主に収集されているが、缶、びん、古布の収集もある。

表 3-6 民間業者における古紙回収状況

区分	実施業者	拠点数	回収方法	処理方法（売却先）	市による回収量の把握
小売店舗	デリシア	5	店頭等でのボックス回収	各店舗で資源回収業者に売り払い	○
	綿半ホームエイド	2			○
	カインズホーム	1			-
	ネオパーク松本	1			-
資源回収業者	(有) ヤマカ資源回収	1		製紙会社等に売り払い	-
	(有) 百瀬商店	1			-
製紙工場	王子マテリア(株)松本工場	1		自社で処理	○
資源回収業者 + 小売店舗 + 山雅試合	YELL事業	7	店頭等+松本山雅FC試合会場でのボックス回収	資源回収業者に売り払い	○

表 3-6 は松本市内の民間業者における古紙回収状況で、小売店、回収業者、製紙工場が設置する拠点の他、松本山雅FC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。「処理方法」には、回収した古紙の売却先を示している。製紙工場の拠点で回収された古紙は自社で処理され、その他の拠点で回収された古紙は資源回収業者や製紙会社へ売却されている。表 3-6 にある回収方法は民間業者が行っており松本市は関与していないが、「市による回収量の把握」に○がついている収集量は松本市も把握している。それをもとに古紙収集量の推移を図 3-6 に示す。



図 3-6 古紙収集量の推移

定期収集と集団回収の和、民間業者を区別したが、全体の回収量はほとんど変化せず、古紙が民間業者に流れていることが分かる。松本市の古紙収集システムと民間業者の収集システムの違いは、3.2.4 で説明する。

図 3-7 に収集方法別の古紙収集量を示す。図中の数値は一人一日あたりの収集量である。定期収集が一番多いが、集団回収と拠点回収は同程度の収集量であり、松本市においても、自治体が関与しない拠点回収も重要な回収方法であると言える。

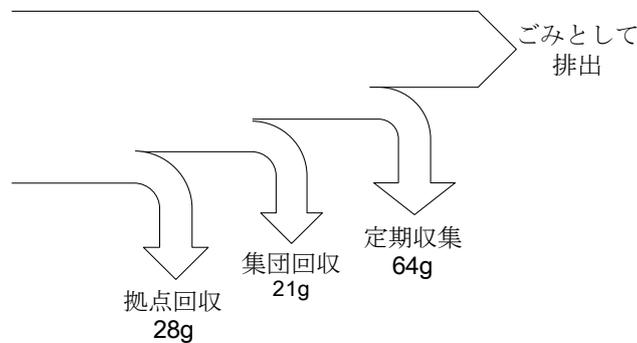


図 3-7 収集方法別の古紙収集量

3.3.3 品目別・収集方法別の資源収集量

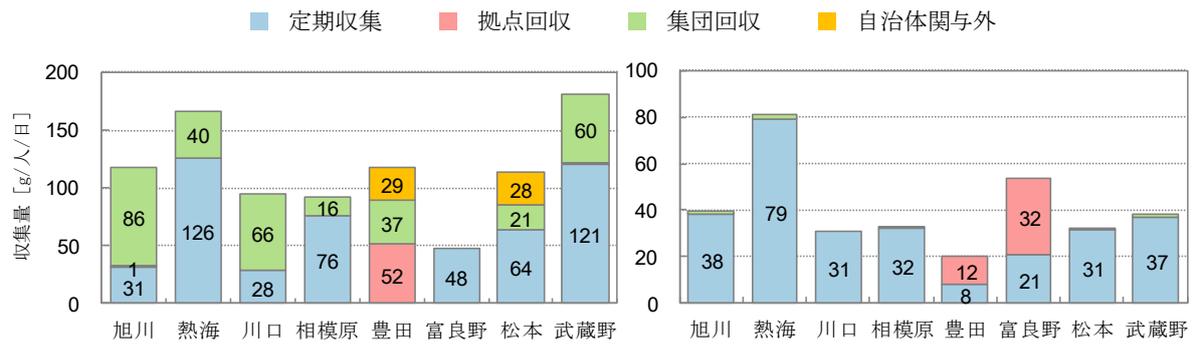
本節では、自治体における資源収集量を品目別に集計する。表 3-7 は各自治体における資源収集方法であり、定期収集の方式は、武蔵野市は戸別収集、その他の自治体はステーション収集である。豊田市における巡回回収と松本市における拠点回収が上述した自治体関与外の収集に該当する。

表 3-7 資源収集方法

収集方法	旭川	熱海	川口	相模原	豊田	富良野	松本	武蔵野	自治体関与外
定期収集	○	○	○	○	○	○	○	○	
拠点回収	○				○	○			民間業者
集団回収	○	○	○	○	○		○	○	
巡回収集					○				新聞販売店

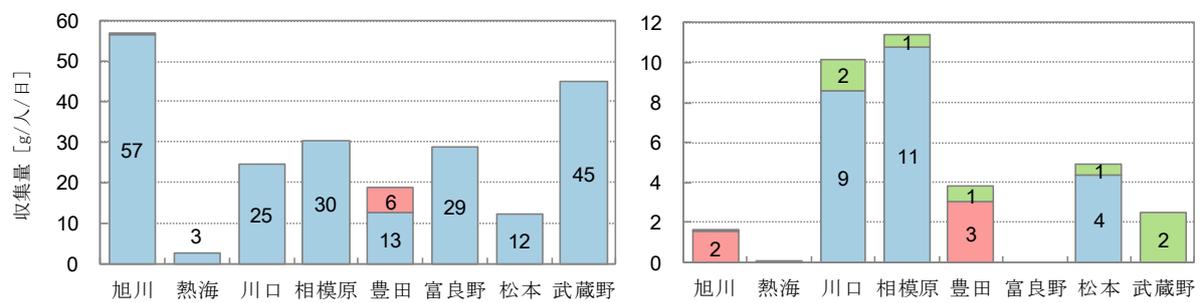
図 3-8 は品目別に、収集方法がわかるようにした積み上げグラフである。単位は一人一日あたりの収集量である。分別区分は自治体によって異なるため、各自治体の分別区分を、(a)古紙、(b)缶・びん、金属類、(c)プラ類、(d)繊維類に分類しなおし集計した。

「自治体関与外」の収集は、古紙のみで行われている。缶・びん、金属類、ペットボトル、プラ類、繊維類は一部拠点回収での収集もあるが、主として定期収集で収集されている。一方、古紙は様々な方法を用いて収集している。例えば旭川市においては定期収集よりも集団回収量の方が多。また、豊田市は古紙の収集に定期収集を用いていないが、他の自治体と同程度の収集量であり、定期収集を用いなくても古紙の収集は可能であることが分かる。



(a) 古紙 (新聞、雑誌、段ボール、紙製容器)

(b) 缶・びん、金属類



(c) ペットボトル、プラ製容器

(d) 繊維類

図 3-8 品目別・収集方法別の資源収集量

3.3.4 資源収集システムの整理

図 3-9 は 8 自治体が用いている古紙収集システムを、ものの流れとお金の流れによって整理したものである。青い矢印はもの（資源）の流れを、オレンジの矢印はお金の流れを示す。

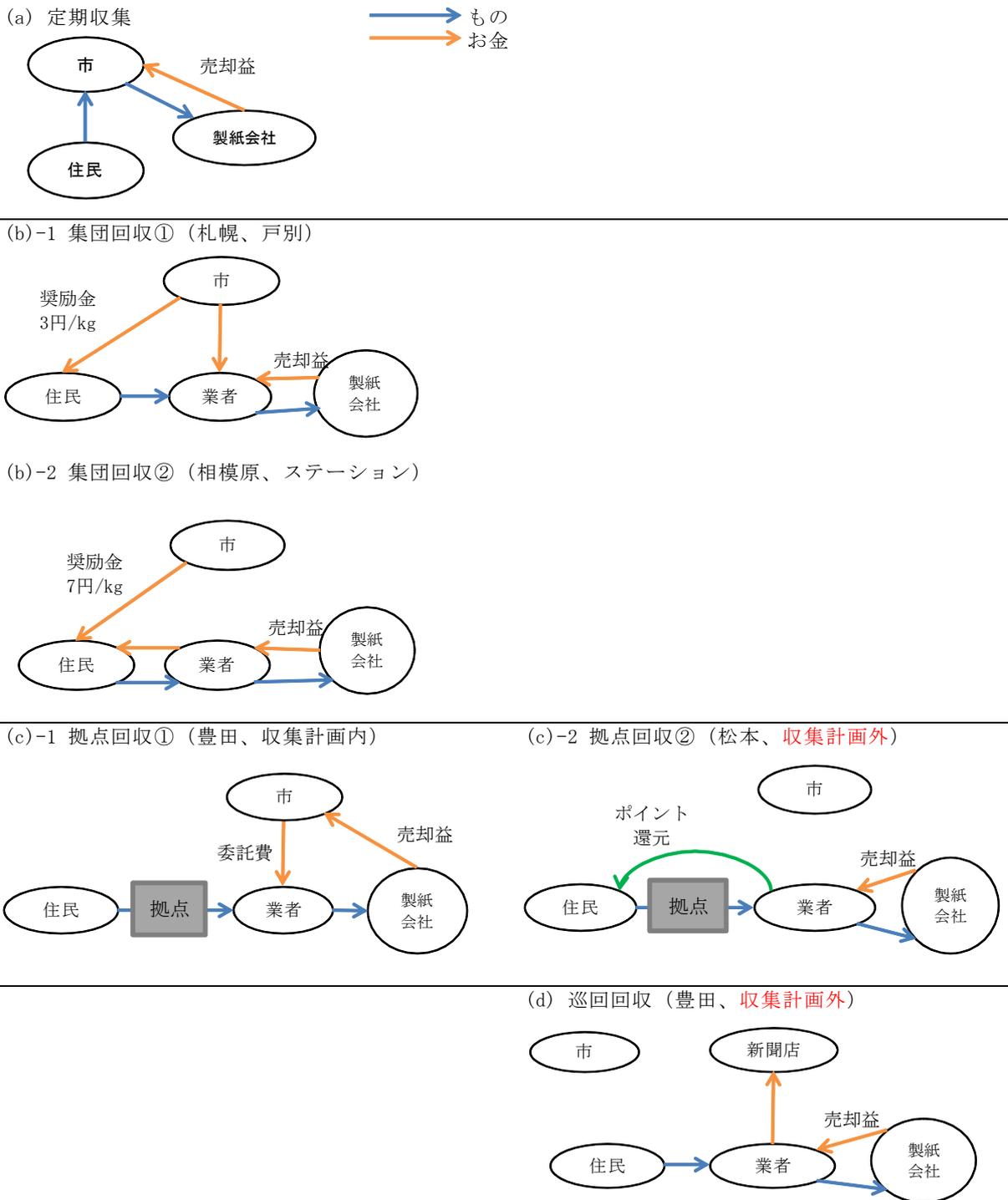


図 3-9 資源収集システムの整理

図 3-9 の左側は自治体が行う（関与する）収集システムである。(a)の定期収集は自治体が集め、製紙会社に売却して売却益を得る。(b)の集団回収は業者が収集して製紙会社へ売却するが、自治体から住民への奨励金がある。(b)-2 ではさらに業者から住民へのお金の流れがあり、(b)-1 では自治体から業者への奨励金がある。どちらも自治体が関与している。(c)-1 は、住民が拠点に古紙を排出し、自治体から委託された業者が収集して、製紙会社に売却する。売却益は自治体を受け取り、自治体から業者に対して委託費が支払われる。住民へのお金の流れがないのは、(a)と同じで定期収集か拠点かの違いである。

一方、図 3-9 の右側は自治体が関与しない収集システムである。松本市が行う(c)-2 は(c)-1 と似ているが、自治体は関与せず、住民が古紙をスーパーの拠点に排出することで、当該スーパーで使用可能なポイントを得ることができる。最後に豊田市の新聞販売店が行う巡回収集は、新聞販売店が業者に委託して古紙を収集しており、売却益の一部が新聞販売店に入っている。

上述の通り、資源の収集システムはものの流れ、お金の流れともに様々であるが、これは資源収集の目的や位置づけが自治体によって異なるためである。資源収集をごみ減量化と（地域または住民への）還元の 3 つの視点で整理する。

①ごみ減量化：巡回回収（豊田）

新聞販売店が行う古紙の収集には自治体は全く関与しない。しかし、図 3-8(a)からも分かるように、集団回収量とほとんど同量の収集が行われており、住民からすると主要な収集方法であることが分かる。豊田市にとっては、民間に流れる量が多くなるほど、資源収集の負担が減少する。

②町会への還元：定期収集（松本）

松本市においては古紙の売却益は一旦自治体に入るが、これをそれぞれの町会に活動費として還元している。そのため、定期収集による古紙の収集量が増えるほど、町会は潤うことになる。定期収集はステーション収集であり、各ステーションの管理を町会が実施しているため、この町会の活動に対する報酬という意味合いもある。自治体の資源収集量が増えるほど、自治体から町会への還元が増加する。

③個人への還元：拠点回収（松本）

一方で、松本市はスーパーなどでの拠点回収があり、住民は、スーパーの回収ボックスに古紙を排出するとスーパーで使用可能なポイントを得ることができる。②の町会への還元の場合は、町会へお金は入るが、個人には入らない。一方で、スーパーでの回収の場合には個人にポイント付与があり、個人に働くインセンティブは拠点回収の方が強い。しかし、民間に古紙が流れてしまうと、町会の運営資金が減ってしまう。

3.4 組成分析の整理

3.2 節までは資源として収集されたものについての分析を行った。しかし、家庭から排出される資源のうち全てが資源ごみに排出されているとは考えられず、一部の資源はごみとして捨てられている。ごみ減量化、資源化促進のためにはごみ中の資源量を知る必要があり、組成分析を行わなければならない。組成分析は広く行われているが、その信頼性は高いのか、本節では対象とした8自治体の例を整理し、ごみフローの精度を上げるための条件・項目を検討した。

3.4.1 概要

表 3-8 は各自治体が行う組成分析の概要である。「条件など」の欄にあるのは、各自治体が考慮している組成分析におけるパラメータであり、例えば「時間」の項目は経年で分析している自治体を指す。

表 3-8 組成分析方法の整理

自治体	調査年度	サンプリング方法		条件など			
		ステーション	ピット	地区	ごみ	時間	一人当たり
富良野	H24～H27		[夏, 冬]×4年間	/		○	
松本	H22～H27		月別×6年間	/		○	
熱海市	H22～H27		年4回×6年間	/		○	
相模原	H25	10地区		○			
川口	H22	3住居形態×[夏, 冬]		○		△	
武蔵野	H25	3住居形態×[可燃, 不燃]		○	○		
豊田	H24～H26	地区固定×経年×[燃やす, 埋める]			○	○	
旭川	H21, H26	8地区×[可燃, 不燃]×[夏, 冬]		○	○	○	
豊田		12地区, 一人当たり量		○			○

自治体が行う組成分析方法は、①焼却施設のピットからのサンプリング、②ステーションからのサンプリングの2種類である。以下では、それぞれの概要を説明する。

①焼却施設のピットからのサンプリング

焼却施設では維持管理基準によって、処理ごみの性状把握のために組成分析が義務付けられており、分析方法は「一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について」⁶⁾で定められている。試料の採取方法は、200kg以上をごみホッパーからサンプリングし、縮分を繰り返したのち、約10kgを試料とするよう定められている。分析項目を表3-9に示す。

表 3-9 分析項目

水分	灰分
可燃分	単位容積重量
ごみ種別組成	元素組成
低位発熱量	

ごみ種別組成は「ごみ焼却施設各種試験マニュアル」⁷⁾で定められており、紙類、プラ類などの10項目とされている。水分の計測は試料を乾燥させてその前後の重量から算出する。乾燥後の試料からごみ種別の組成分析を行うため乾ベースの値となるが、乾燥前に組成に分ける湿ベース分析を行っている自治体も多い。

②ステーションからのサンプリング

①の焼却施設で行わなければならない組成分析と異なり、ステーションからのサンプリング方法には標準的なものはなく、自治体によって実施の自由度がある。そのため目的も方法も様々である。例えば、旭川市の場合は、一般廃棄物処理基本計画を自治体は5年毎に策定しなくてはならないが、策定する前年に組成分析を行っており、組成分析の目的は、ごみ中にどれだけの資源化可能物があるかを調査するためである。また、相模原市や豊田市のように同時に複数の地区を調査する場合もある。このような調査の目的は、自治体内の地域間での差を調査することにある。

3.4.2 結果の整理

①ピットからのサンプリング

図 3-10 にごみ種別組成のデータを挙げる。熱海市と松本市のサンプリング地点はそれぞれエコプラント姫の沢、松本クリーンセンターでありどちらも焼却施設である。松本市は毎月、熱海市は年4回測定している。松本市は平成27年分を、熱海市は平成25、26年度分のデータである。

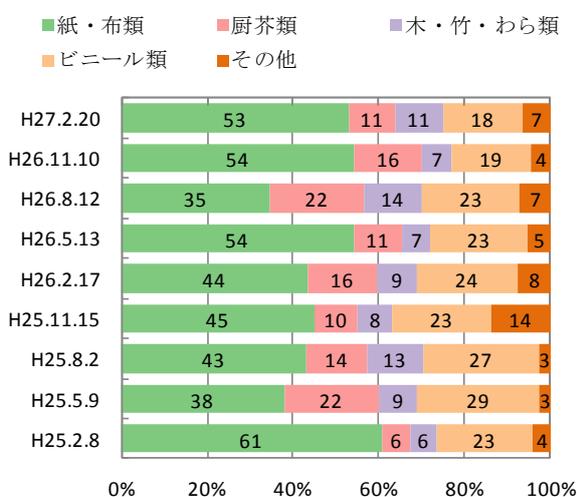


図 3-10(a) エコプラント姫の沢 (熱海)

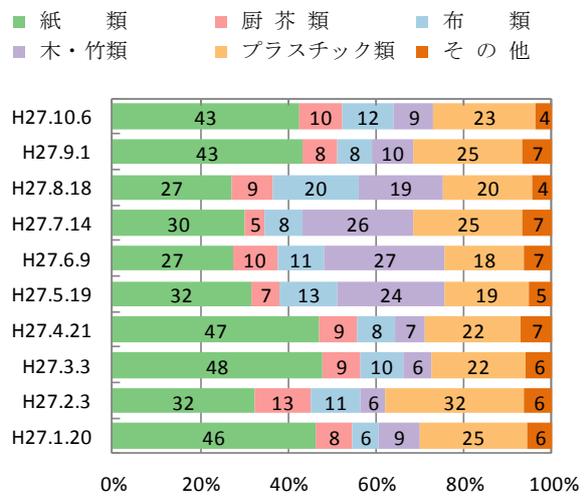


図 3-10(b) 松本市クリーンセンター (松本)

図 3-10 は値が乾ベースのため厨芥類の値が小さくなっている。サンプリング地点は常に同じにも関わらず、組成のばらつきが大きいことが分かる。これは、ごみピットからクレーンで掴んだごみをサンプリング試料としているが、クレーンで掴むごみが全体を代表としているとは限らないこと、実際の分析量が 10kg と少ないためであると考えられる。

②ステーションからのサンプリング

上述したとおりステーションからのサンプリングによる組成分析は自治体によって方法や目的が異なる。そのため組成分析を、1.可燃ごみの分析、2.可燃ごみ、不燃ごみの分析、3.人口既知であるごみの分析と 3 分類した。またサンプリング量や分析量も自治体によって異なるため表 3-10 に分析量を整理した。

表 3-10 各自治体の分析量

自治体	分析量
(1) 相模原	107～223kg
川口	69～210kg
武蔵野	400～500kg サンプリング、その後 50～100kg に縮分
(2) 豊田①	53～297kg
旭川	1,490～6,080kg サンプリング、その後 184kg～2,574kg に縮分
(3) 豊田②	72～97kg

②-1 可燃ごみの分析

可燃ごみのみを対象に分析しているのは相模原市と川口市である。相模原市は毎年市内 10 地区を対象に実施している。平成 25 年度調査におけるサンプリング量は 107～223kg である。川口市は相模原市と同様に可燃ごみを対象にしているが、住居形態も考慮し、一戸建て、集合住宅、商業施設が多い地域を対象に実施している。サンプリング量は 69～210kg である。図 3-11 に相模原市と川口市の結果を示す。

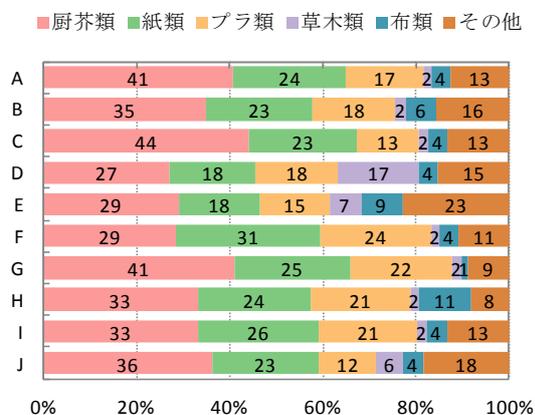


図 3-11(a) 相模原の結果

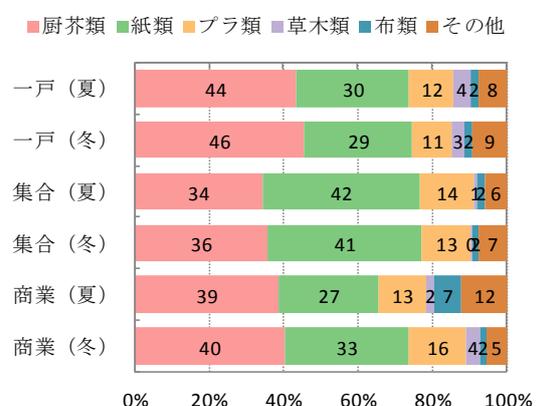


図 3-11(b) 川口の結果

相模原市は地域間のばらつきが大きいことが分かる。川口市の場合は、一戸建ては厨芥類が多く、集合住宅では紙類が多いようにも見えるが、はっきりとした違いは認められない。

②-2 可燃ごみ、不燃ごみの分析

可燃ごみ、不燃ごみ両方の分析を行っているのは、武蔵野市、豊田市、旭川市である。武蔵野市は戸建住宅、単身の集合住宅、世帯の集合住宅が多い地域と住居形態が異なる地域を選定している。豊田市は地区を固定して夏と冬に分析している。旭川市は8地区を夏と冬に分析している。図 3-12(a)(b)(c)はそれぞれ、武蔵野市、豊田市、旭川市の結果である。

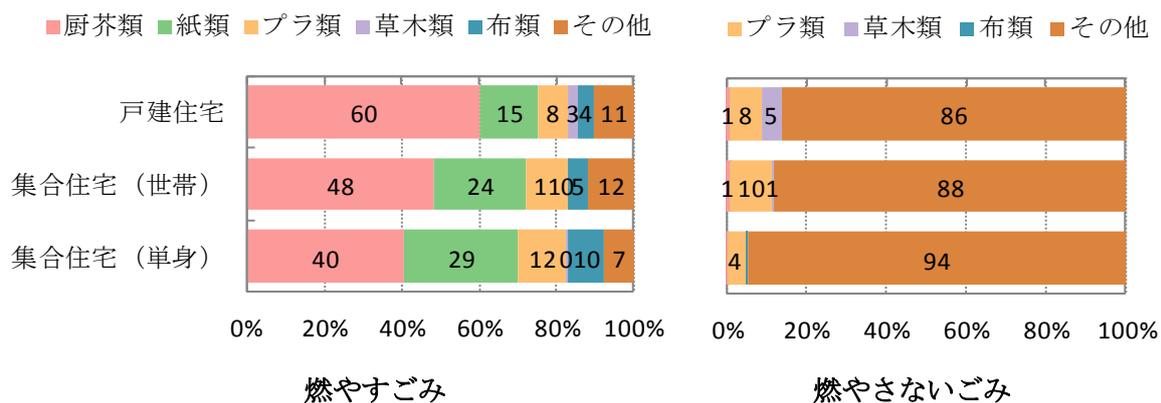


図 3-12(a) 武蔵野の結果

燃やすごみは住居形態によって違いがあるように見えるが、サンプリングの仕方によっては変わるかもしれない。そのため、単年の結果ではなく複数年の結果を比較する必要がある。

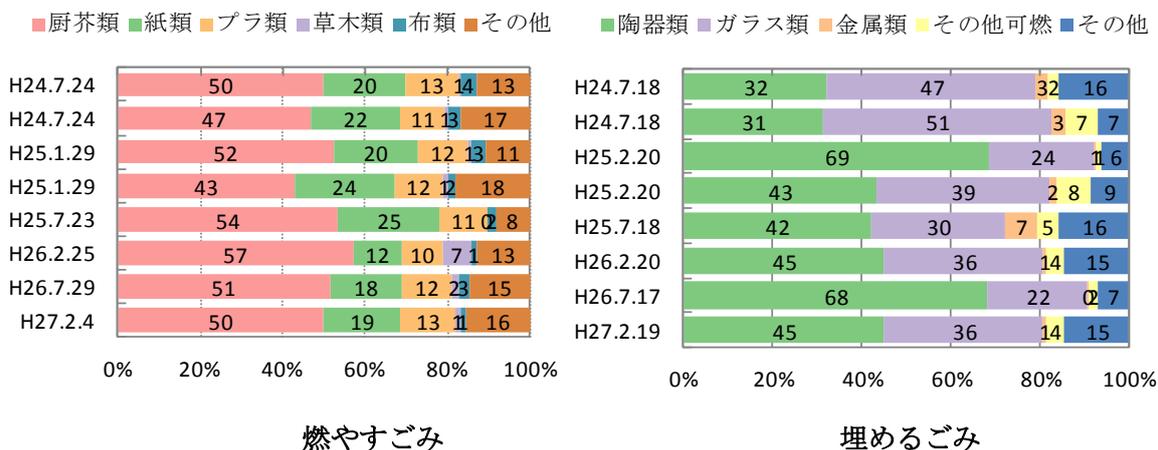


図 3-12(b) 豊田の結果

同じ地区での分析にも関わらず、特に埋めるごみは年によるばらつきが大きい。サンプリング量は最大でも 300kg である。

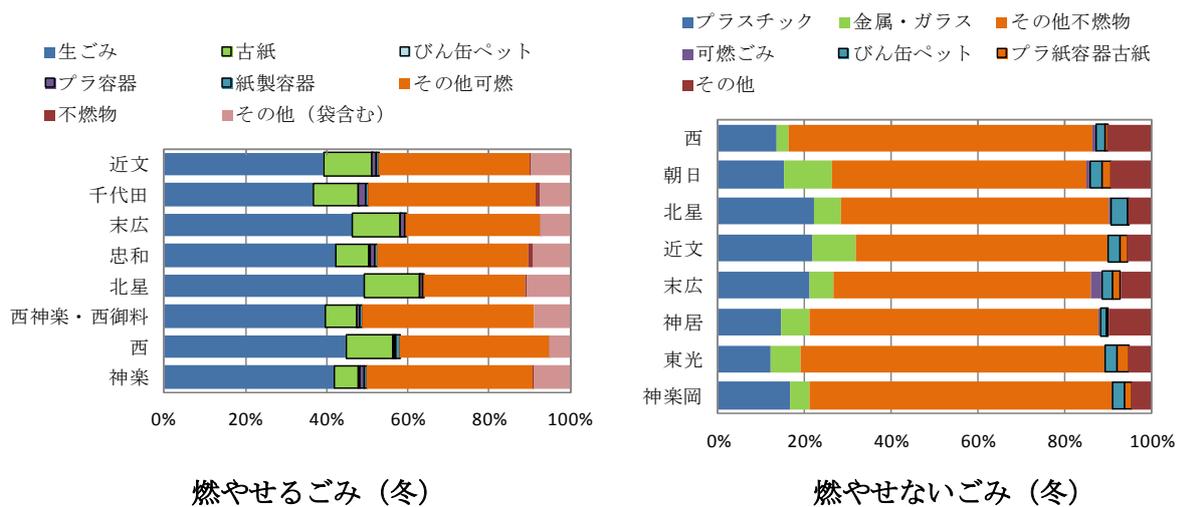


図 3-12(c) 旭川の結果

旭川市は夏と冬に分析しているが、図 3-6(c)では冬の結果を示した。サンプリング量が他自治体と比較して多いためばらつきが小さい。

②-3 人口既知の分析

最後にサンプリングした地域の人口が既知の分析を示す。豊田市は 6 地区を対象として分析を行っているが、分析対象地域の人口と、ごみの排出量から、1 人 1 日あたりのごみ排出量を推定している。各地区の推定ごみ排出量を表 3-11 に示す。

表 3-11 地区別の推定ごみ排出量

地区	排出量 [g/人/日]
益富地区	533
井郷地区	482
朝日ヶ丘地区	524
前林地区	459
梅鉢台地区	416
末野原地区	427

組成分析によって得られた割合のデータに表 3-11 の排出量を乗じることによって、1 人 1 日あたりの品目別の排出量を推定することができる。図 3-13(a)は組成分析の結果を、図 3-13(b)は推定結果である。

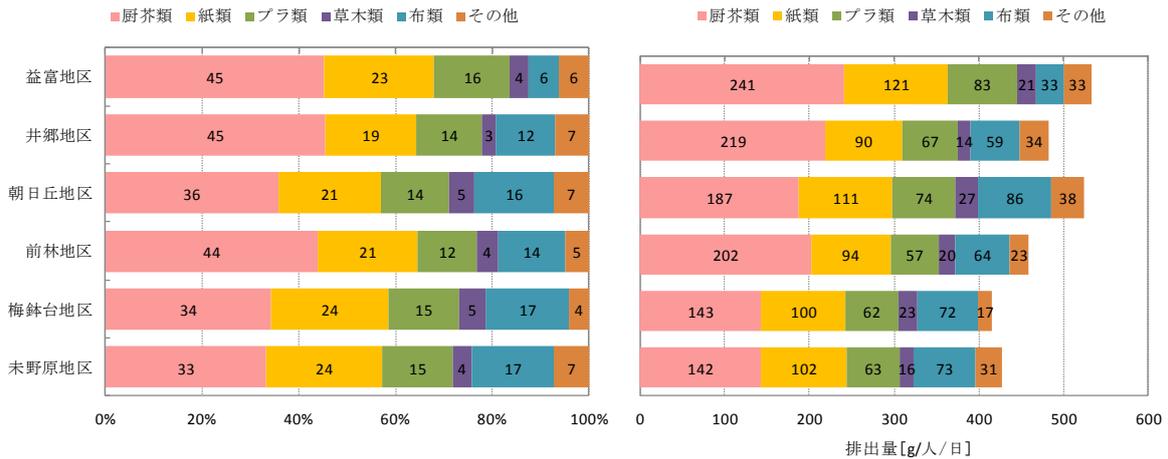


図 3-13(a) 豊田の結果

図 3-13(b) 1人1日あたり排出量の推定

割合のデータと異なり、量のデータであれば、資源化可能量の推定など施策に使用することができる。

3.4.3 組成分析に対する提案

以上の組成分析結果をまとめると、①のピットからのサンプリングは乾ベースであり、分析量が小さいためばらつきが大きい。②のステーションからのサンプリングにおいても分析量が小さい調査ではばらつきが大きくなっている。また、割合のデータは施策に使用することができない。以上を踏まえると望ましい組成分析は以下ようになる。

1. 分析量を大きくする
2. 縮分をしないで全量分析する
3. 資源化可能かどうかで分析項目を分ける
4. 可燃ごみだけでなくごみ全部を同じ週に分析する
5. 地区を固定して人口を把握する

このようにコントロールされた地域において全てのごみを分析することで、ごみの流れを明らかにすることができる。また、人口を把握した地域を対象とすることによって、1人1日あたりの排出量のデータとすることができる。割合のデータと異なり、量のデータであれば、将来の排出量の推定など、施策に使用可能なデータとなる。

3.5 ごみ組成データを用いた資源回収量の分析

組成分析によって、家庭から排出されるごみの内訳が分かるため、ごみとして排出されているもののうち資源化可能なものの量が把握できる。図 3-8 の資源収集量と合わせることで、家庭から排出される量のうち、どの程度が資源として回収されているかが分かる。図 3-14 に豊田市と旭川市の資源品目別の収集量を、表 3-12 に回収率を示す。ごみとして排出される量は、1人1日あたりの可燃ごみ収集量に、組成分析より得られた品目別の割合を乗じることで算出した。図中の単位は1人1日あたりの排出量 (g/人/日) である。

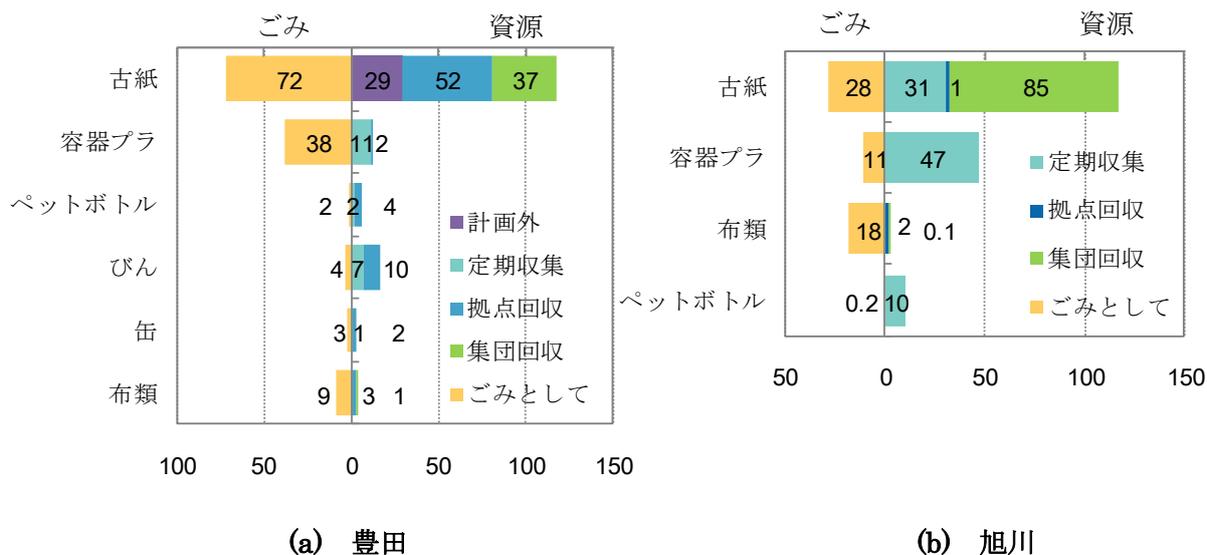


図 3-14 分別区分ごとのごみ・資源の割合

表 3-12(a) 豊田における資源回収率

品目	計画外	定期収集	拠点回収	集団回収	ごみ	合計	回収率
古紙	29		52	37	72	190	62%
容器プラ		11	2		38	51	25%
ペットボトル		2	4		2	7	79%
びん		7	10		4	20	82%
缶		1	2		3	6	52%
布類			3	1	9	13	29%

表 3-12(b) 旭川における資源回収率

品目	定期収集	拠点回収	集団回収	ごみ	合計	回収率
古紙	31	1	85	28	145	81%
容器プラ	47			11	58	81%
布類		2	0.1	18	20	8%
ペットボトル	10			0.2	10	98%

旭川市の定期収集においては、缶・びん・紙パック・金属類を混合収集しており、他の収集方法（拠点回収、集団回収）との比較ができないため、図 3-14(b)、表 3-12(b)からは除外した。

表 3-12 より、分別区分によって回収率が大きく異なることが分かる。びん、ペットボトルは回収率が高いが、容器プラや布類の回収率は低い。また、豊田市は様々な方法で古紙を収集しているが、それでもまだ多くの古紙がごみとして捨てられていることが分かる。豊田市と旭川市を比較すると、容器プラの回収率に大きな差がある。これはプラスチック製容器包装の収集方法が、旭川市は袋の指定が無いのに対して、豊田市は指定袋（有料）のためであると考えられる。

このように、発生源における分別の徹底度合いは資源品目によって異なる。組成分析の精度の問題はあるが、ごみとして排出されている資源化可能物量がわかれば、図 3-14 のような素材別のフロー図を書くことができる。品目別の回収率を見ても分かるように、発生源における分別の徹底度は資源品目ごとに異なる。そのため回収率の低い品目が当該自治体における弱点となり、資源収集量を増加させる上でのターゲットとなりうる。

参考文献

- 1) 熱海市観光建設部観光経済課： 「平成 26 年度板 熱海市の観光」
- 2) 熱海市市民生活部 山田賢二氏 ヒアリング
平成 27 年 10 月 14 日（水）第 1 回検討会において
- 3) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果（平成 25 年度）
- 4) 総務省統計局：国勢調査（平成 22 年度）
- 5) 松本市市民環境部 羽田野雅司氏 ヒアリング
平成 27 年 10 月 14 日（水）第 1 回検討会において
- 6) 一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について（昭 52.11.4 環整第 95 号）
- 7) ごみ焼却施設各種試験マニュアル （厚生省環境衛生局水道環境部環境整備課編集）

第4章 ごみ処理施設の評価

1.2 で述べたように、現状は中間処理をひとまとめにして評価しており、そのため施設ごとの効率が不明となっている。第2章で提案したデータ管理方法によって分別区分とごみ処理施設の対応付けができたため、本章では効率に加えて環境の視点からごみ処理施設の評価を行う。4.1 では資源選別施設、焼却施設における効率、すなわちどの程度資源、エネルギーを回収しているかを評価する。

また、低炭素社会や循環型社会構築のためにごみ処理からのエネルギー回収や資源回収を行っているが、処理するためにはエネルギー投入が必要であり、処理中には二酸化炭素が発生する。また、リサイクルの種類は多種多様であり、現在ではリサイクルをするだけでなくリサイクルの質も重要視されている。正味のエネルギー消費量の算出や、リサイクルの種類別の環境負荷削減量の算定には LCA が有効である。そのため、4.2 ではごみ処理施設別の LCA 評価によって、各施設での正味のエネルギー消費量・二酸化炭素排出量を算出する。最後に、施設ごとの結果を統合することにより、自治体の行うごみ処理が環境に与える影響を評価する。

4.1 ごみ処理施設におけるパフォーマンス評価

4.1.1 資源選別施設の効率

1.2 節の問題 5 で示したように、現在の評価指標においては中間処理の効率の評価がなされていない。資源選別施設には、自治体の定める分別区分に従って分別された資源が搬入され、資源と不適物に選別される。そのため、資源選別施設における効率とは搬入された量のうちのどれくらいを資源として回収できたかである。評価対象は北海道旭川市であり、表 4-1 に旭川市にある資源選別施設と対象物、おもなプロセスを示す。

表 4-1 資源選別施設の対象物と処理プロセス

施設名称	処理品目	プロセス
旭川市近文リサイクルプラザ	缶、びん、家庭金物 紙パック	缶・金属：選別、圧縮 びん：手選別 紙パック：保管
旭川ペットボトル中間処理センター	ペットボトル	選別・圧縮/梱包・保管
REPLA ファクトリー	プラスチック製容器包装	選別・圧縮/梱包・保管
ACPR ファクトリー	紙製容器包装	選別・圧縮/梱包・保管

缶、びん、紙パック、家庭金物は混合収集され、リサイクルプラザに搬入される。そのためリサイクルプラザではまずびんを手選別で取り除き、その後磁選機で金属類の回収を行う。それ以外の施設は対象品目が単一であるため、異物除去が主なプロセスとなる。図 4-1 は各資源選別施設における資源回収量、図 4-2 はリサイクルプラザからの搬出物の内訳を示す。

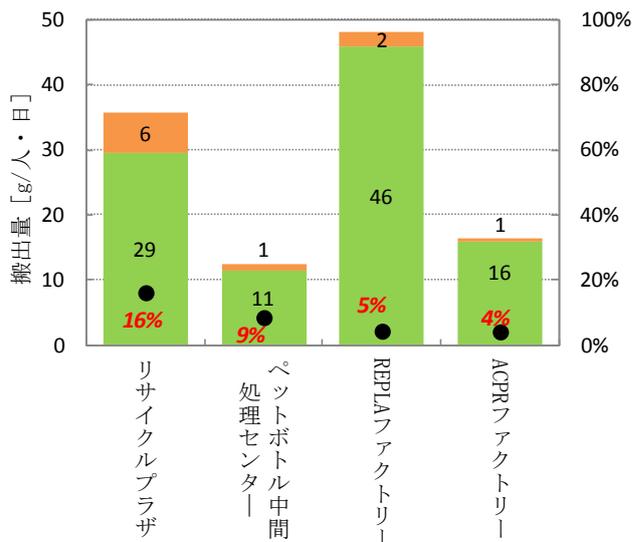


図 4-1 資源選別施設における搬出量内訳

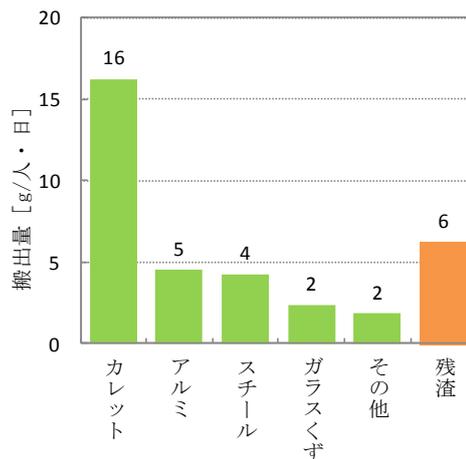


図 4-2 リサイクルプラザ搬出物の内訳

図 4-1 は左の軸は 1 人 1 日あたりの搬出量、右の軸は残渣率（搬入量に対する残渣量）である。緑のグラフは資源として搬出された量であり、オレンジのグラフは残渣として処理された量である。また黒い丸で示したのは残渣率であり、赤文字で各施設の残渣率を示した。

リサイクルプラザの残渣率が 16% と高いのは、リサイクルプラザに搬入されるものが、びん・缶・紙パック・家庭金物の混合物であり、それらを選別する必要があるためである。また、これらの収集はパッカー車で行われているため、収集の段階でびんが割れる。びんはカレット化して色別に搬出しているが、割れたびんは埋立処分される。ペットボトル中間処理センターにおいて残渣率が高いのは、ペットボトルのラベルとキャップが異物となるためである。異物として混入したラベルとキャップは REPLA ファクトリーへ資源として搬出される。このような二次搬入の効果は後述する。

上記のように選別施設によっては残渣に移行する割合が高いこともあるため、資源として収集された量だけでなく、資源として搬出された量を施設別に評価する必要がある。また、図 4-2 のように収集された資源ごとに異なるリサイクルをされる場合もある。このようなリサイクルの質についての評価は 4.2 節の LCA 評価にて行う。

旭川市においては資源ごとに選別施設が分かれているが、異物として別の施設で対象としている資源が搬入されることがある。旭川ではこの異物として搬入された資源を、該当する施設へ搬入している（これを二次搬入と呼ぶ）。図 4-3 は旭川市の資源選別施設間の二次搬入をまとめたものである。表 4-2 は各施設における残渣量、資源回収率と施設別の寄与である。図表中の単位は t/年である。四捨五入のため、合計は合わないことがある。

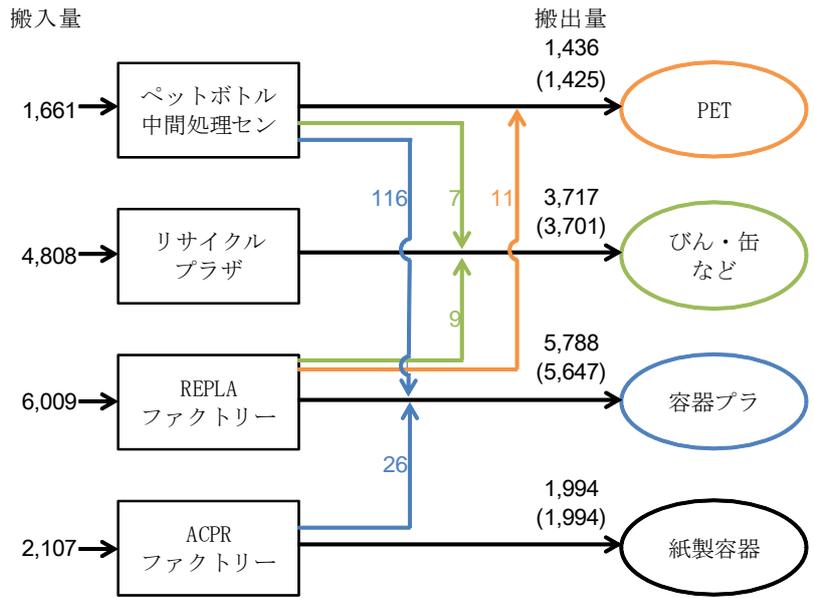


図 4-3 資源選別施設フロー

表 4-2 資源回収率と別施設の寄与

	残渣移行分		施設から見た回収率	品目別回収率	施設別の寄与		
	焼却	埋立			ペットボトル	REPLA	ACPR
ペットボトル中間処理センター	0	23 145	85.8%	86.5%		11 0.6%	
リサイクルプラザ	0	789	77.0%	77.3%	7 0.1%	9 0.2%	
REPLAファクトリー	110 130	145	94.0%	96.3%	116 1.9%		26 0.4%
ACPRファクトリー	60 86	5	94.6%	94.6%			

施設からみた回収率 = (当該施設回収量) ÷ (処理量)

品目別回収率 = (全施設からの回収量) ÷ (当該品目の主回収施設における処理量)

例としてペットボトル中間処理センターへの資源の搬入と搬出を考える。ペットボトル中間処理センターからリサイクルプラザへ 7t、REPLA ファクトリーへ 116t の搬出がある。一方で REPLA ファクトリーから 11t の搬入がある。REPLA ファクトリーからペットボトルの搬入があるため、ペットボトル中間処理センターにおける回収率は 0.6% 上昇する。

表 4-3 を見ると各施設における資源移動の効果は大きくないことが分かる。ペットボトル中間処理センターから REPLA ファクトリーへの移動以外は、貢献度は 1% に満たない。残渣移行分の下に赤字は、他施設への移動をやめ、残渣として処理した際の処理量を示す。残渣として処理する場合を考えると、旭川市の焼却量は 77,228t、埋立量は 20,913t であるため、処理量はほとんど変化しないことが分かる。二次搬入を行う目的が、資源回収量を増やすためであるならば、他の施策（資源回収品目を増やす、収集車両を変更する）のほうが効果的かもしれない。

4.1.2 焼却施設のエネルギー収支分析

図 4-4 に一般的な焼却施設の電力・熱利用フローを示す。

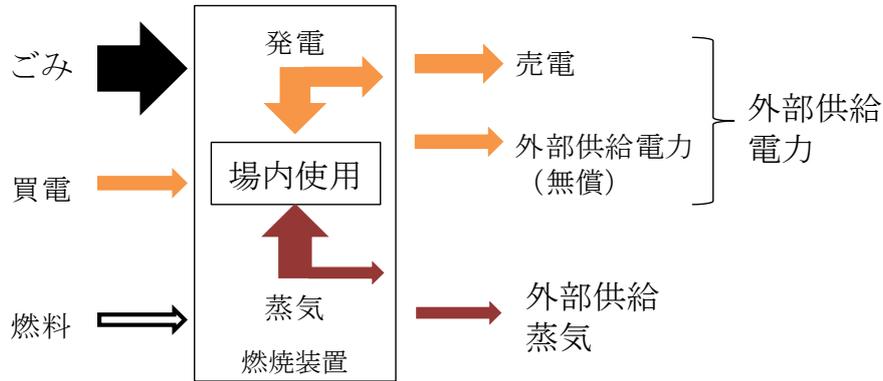


図 4-4 焼却施設の電力・熱利用フロー

焼却施設では、ごみ、電気、燃料を投入エネルギーとし、発電と熱回収によって電気と蒸気を生産する。発電で得られた電力は場内利用、売電、外部へ無償提供の形で、蒸気は場内利用と外部供給の形で行われる。つまり、発電と熱回収が行われており、それぞれ算出、場内利用、外部供給がある。以下、この図にもとづいて、電力収支、エネルギー回収、エネルギー投入あたりのエネルギー生産を検討する。表 4-3 に対象とした施設の概要を、表 4-4 に本節で使用する値を示す。単位は表中に示したが、赤字の単位は GJ/年とする。

表 4-3 対象とした施設

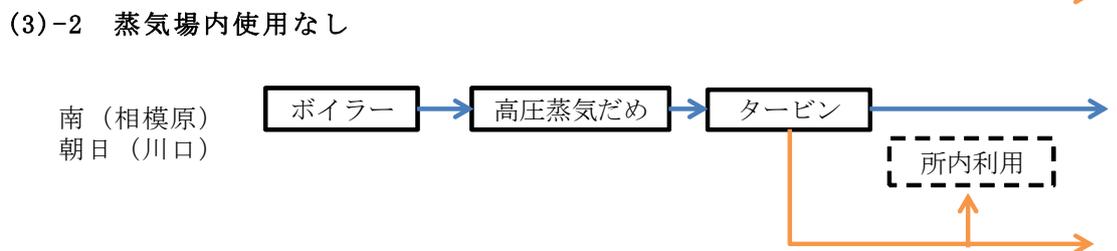
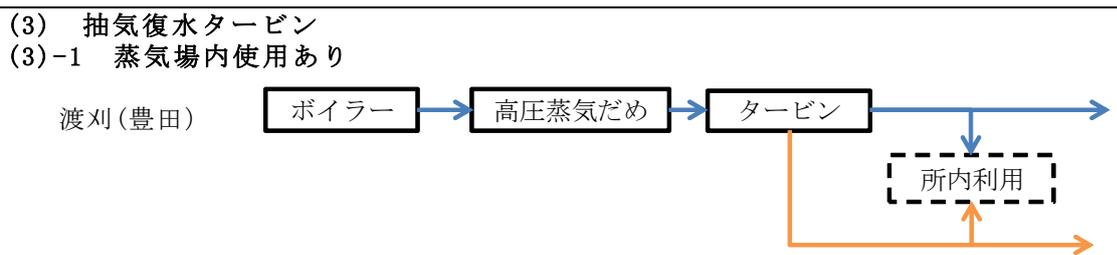
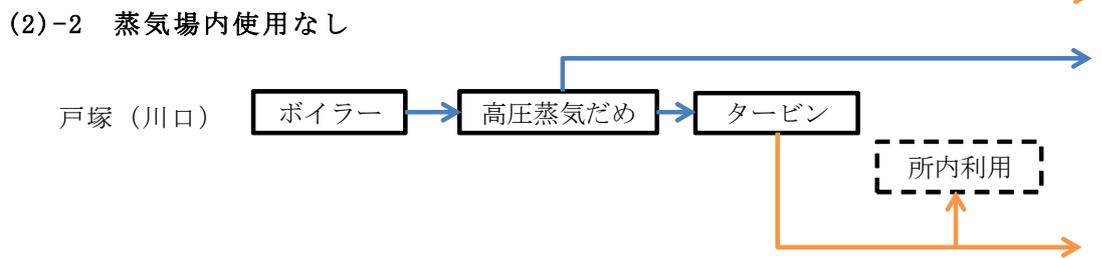
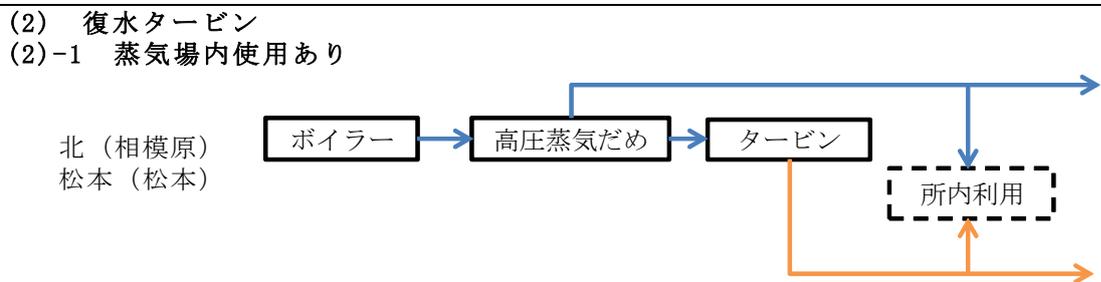
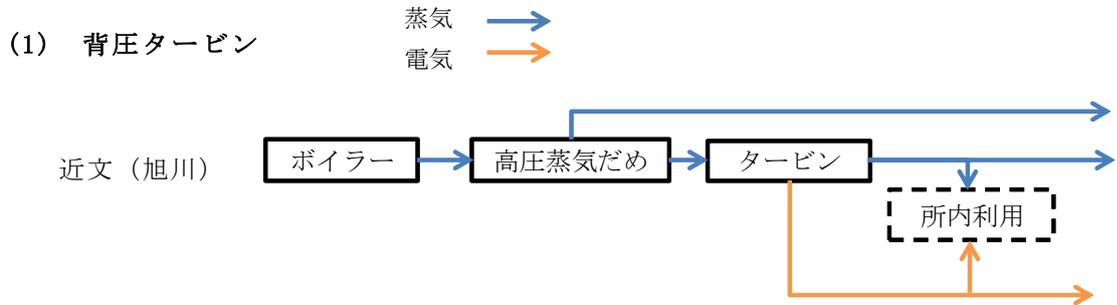
施設概要	単位	旭川	川口		相模原		豊田	松本
		近文清掃工場	朝日環境センター	戸塚環境センター	南清掃工場	北清掃工場	渡刈クリーンセンター	松本クリーンセンター
処理方式	-	ストーカ炉	流動床式ガス化熔融	ストーカ炉	流動床式ガス化熔融	ストーカ炉	流動床式ガス化熔融	ストーカ炉
処理品目	-	燃やせるごみ	一般ごみ	一般ごみ	一般ごみ・北工場からの主灰等	一般ごみ	燃やすごみ、残渣等	可燃ごみ
稼働開始日	-	H8	H14	3号炉:H6 4号炉:H2	H22	H3	H19	H10
処理能力	t/日	280	420	300	525	450	405	450
炉数	炉	2	3	2	3	3	3	3
発電効率	%	6.8	15.2	13.0	17.1	9.2	18.8	14.2

対象とした施設は、第 3 章で対象とした自治体が所有する発電を行っている焼却施設のうちデータを頂けた上記 7 施設とした。川口市朝日環境センター、相模原市南清掃工場、豊田市渡刈クリーンセンターは流動式ガス化熔融、それ以外はストーカ式である。発電効率は 1.2 節で示した計算式により計算されたものであり、川口市戸塚環境センターは「川口市循環型社会形成推進基本計画」を、それ以外は「一般廃棄物処理事業実態調査（平成 25 年度）」を参照した。

表 4-4 本節で使用するデータ

		単位	旭川	川口	川口	相模原	相模原	豊田	松本
			近文清掃工場	朝日環境センター	戸塚環境センター	南清掃工場	北清掃工場	渡刈クリーンセンター	松本クリーンセンター
施設概要	処理方式	-	ストーカ炉	流動床式ガス化溶融	ストーカ炉	流動床式ガス化溶融	ストーカ炉	流動床式ガス化溶融	ストーカ炉
	処理品目	-	燃やせるごみ	一般ごみ	一般ごみ	一般ごみ・北工場からの主灰等	一般ごみ	燃やすごみ・可燃粗大・硬質プラ・焼却残渣・破碎残渣	可燃ごみ
	稼働開始日	-	平成8年	平成14年	3号炉：平成6年	平成22年	平成3年	平成19年	平成10年
	処理能力	t/日	280	420	300	525	450	405	450
	炉数	炉	2	3	2	3	3	3	3
	発電機能力	kW	1,800	12,000	4,200	10,000	2,500	6,800	6,000
	ボイラー温度	℃	272	400	260	400	245	400	262
	ボイラー圧力	MPa	2.1	3.9	1.7	4.0	1.8	4.0	2.2
ごみ	家庭系	t/年	44,614	60,538	42,239	84,168	71,060	66,799	50,192
	事業系	t/年	32,431	32,345	15,839	27,725	867	24,842	47,429
	中間処理残渣	t/年	183	0	0	9,427	0	4,186	0
	ごみ発熱量	kJ/kg	8,529	9,326	10,327	9,961	11,340	8,845	9,331
燃料	A 灯油・軽油	L/年	28,584	0	34,000	8,700	80,737	20,492	24,000
	B 都市ガス	m3/年	0	763,700	0	362,416	0	549,705	0
熱	① 蒸気発生量	t/年	182,653	326,416	238,933	382,178	254,501	NA	356,863
	⑥ 外部供給量	t/年	6,355	NA	NA	29,430	4,568	28,572	29,536
	⑤ 場内使用量	t/年	973	0	0	NA	NA	60,644	NA
	比エンタルピー	kJ/kg	2,955	3,216	2,936	3,214	2,901	3,214	2,926
電力	② 発電量	MWh/年	11,777	40,356	23,865	55,031	18,180	46,398	33,826
	④ 外部供給量（売電）	MWh/年	4,722	11,832	14,523	26,178	4,092	23,229	19,518
	④ 外部供給量（無償）	MWh/年	678	0	0	134	0	0	3,856
	③ 場内使用量	MWh/年	6,464	28,525	9,342	28,853	14,109	24,080	14,308
	C 買電量	MWh/年	79	1,795	262	753	311	911	2,015

図 4-4 には一般的な熱利用形態を示したが、図 4-5 では対象施設での蒸気タービン形式によって、熱利用形態を分類した。焼却施設における熱利用は、燃焼時の排ガスをボイラーで蒸気として回収することによって行われるため、ボイラー以降を図示した。



焼却施設で用いられるタービンは、(1)背圧タービン、(2)復水タービン、(3)抽気復水タービンの3種類である。「熱回収施設における余熱利用状況」¹⁾によると各タービンの特長は以下のとおりである。

(1) 背圧タービン

蒸気タービン出口圧力は正圧であり、高い発電効率は得られない。発電後の蒸気を所内で他の目的に使用することができる。また、設備がほかのタービンと比較して簡易である。

(2) 復水タービン

蒸気タービン出口圧力は負圧である。背圧タービンと比較して高い発電効率が得られる。大規模で安定した発電を行う場合に採用される。設備がやや複雑になる。

(3) 抽気復水タービン

復水タービンにおいて一部の蒸気が抜き出される構造となっている。抽気された蒸気は地域熱供給など発電以外の目的に利用される

図4-5は(1)~(3)のタービン分類に加えて、(2)、(3)は蒸気場内利用の有無で分類した。どの施設においても発電した電気の一部を内部で利用している。また、蒸気の取り出し方は、(1)の場合は、高圧蒸気溜めに入った蒸気の一部と、発電に使われた後のタービンから出てきた蒸気が利用される。(2)の場合は、高圧蒸気溜めに入った蒸気の一部が発電に使われ、残りは蒸気として利用される。(1)と異なりタービンから出てきた蒸気は利用されない。(3)は(2)のタービンに入った蒸気のうち、一部をタービンから抜き出し(抽気)利用している。このように、蒸気の取り出し方は異なるがどの施設においても場外に蒸気を供給している。

1) 電力収支

図4-6にごみ保有熱量を100とした発電効率を示す。軸の右は発電量を、左はマイナスとして買電量を示した。また焼却形式は、上部4施設はストーカ式であり、下部の3施設は流動床式ガス化溶融となっている。発電量の内訳は、枠線で囲んでいるグラフは外部供給量であり、オレンジのグラフは場内使用量である。図中の数値は電力量を熱量換算し、ごみ保有熱量で除したものである。ごみ保有熱量は施設搬入量に低位発熱量を乗じることによって求めた。表4-4中の発熱量は、旭川市以外は平成25年度の一般廃棄物処理事業実態調査を参照した。旭川市の近文清掃工場においては炉内の熱収支からごみの発熱量を自動演算しており、平成26年度の平均値を用いた。電力は外部供給量(売電、無償とも)、場内使用量は熱等価値3,600kJ/kWhを、買電の熱量は発電効率を考慮した一次換算熱量8,810kJ/kWhを用いた。

焼却温度が高いため、ガス化溶融の方が総発電量は大きい。しかし、焼却形式に関わらず、どの施設でも発電した電力のおおよそ半分程度を場内で使用しており、外部供給量は低いことが分かる。例えば旭川市の近文清掃工場においては総発電効率7%のうち、4%を場内で使用しており、3%しか外部供給していないことが分かる。また川口市朝日環境センターや松本市松本クリーンセンターは発電量に占める買電量の割合が高く、外部供給電力量から買電量を引いた、正味の外部供給量は朝日環境センターが3%、松本クリーンセンターは7%となる。

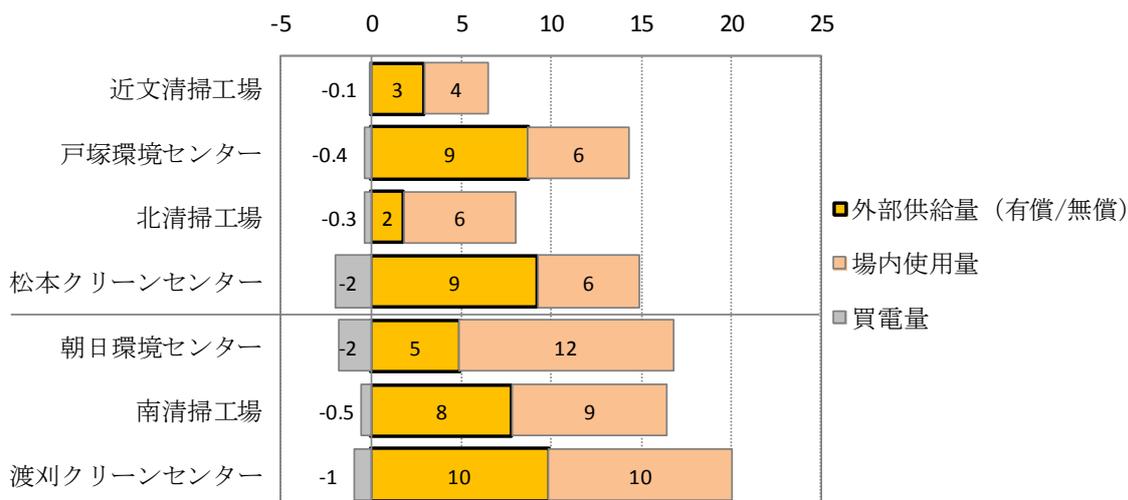


図 4-6 発電効率（ごみ保有熱量を 100 とする）

2) エネルギー生産効率

図 4-4 に示したように、焼却施設にはごみ、燃料、電気が投入され、電力と蒸気を生産する。すなわち焼却施設をエネルギー生産施設として見るならば、電力と蒸気の両方を含めた評価が必要となる。図 4-7 にごみ保有熱量を 100 としたエネルギー生産効率を示す。軸より右側は電力と蒸気の外部供給量、軸より左は買電量、燃料使用量とした。また焼却形式は図 4-6 同様に、上部 4 施設はストーカ式であり、下部の 3 施設は流動床式ガス化溶融となっている。図中の数値は電力収支同様に、電力量、蒸気量、燃料使用量を熱量換算して、ごみ保有熱量で除した。ただし、川口市の朝日環境センター、戸塚環境センターの 2 施設は蒸気外部供給をしているが、供給量は不明である（図中点線部）。松本クリーンセンター、渡刈クリーンセンターから頂いた蒸気外部供給量データの単位は MJ/年であったが、近文清掃工場の単位は t/年であったため、比エンタルピーから換算した。灯油の発熱量は 36.7MJ/L、軽油の発熱量は 38.2MJ/L、都市ガスの発熱量は 41.1MJ/Nm³としたが、これらは「事業者からの温室効果ガス排出量 算定方法ガイドライン」²⁾を参照した。

図 4-7 はどれだけごみからエネルギーを外部に供給できたかを示している。例えば近文清掃工場は電力外部供給量と同等のエネルギーを蒸気として外部に供給していることが分かる。また、焼却施設には燃料の投入があるため、外部供給量から燃料投入量を引いた正味のエネルギー生産効率として見る必要がある。燃料使用量はガス化溶融炉である朝日環境センター、南清掃工場、渡刈クリーンセンターで多いことが分かる。燃料使用量の分だけ外部取り出し量は減少する。例えば渡刈クリーンセンターと松本クリーンセンターを比較すると、エネルギー生産効率は渡刈クリーンセンターが 13.2%、松本クリーンセンターが 12.5 と前者の方が高いが、正味のエネルギー生産効率は渡刈クリーンセンターが 9.5%、松本クリーンセンターが 10.4%と後者の方が高くなる。この逆転は、渡刈クリーンセンターはガス化溶融炉であり、高圧蒸気を生産できるため総発電量は多いが、高温で焼却するために電力や外部燃料を使用するためである。

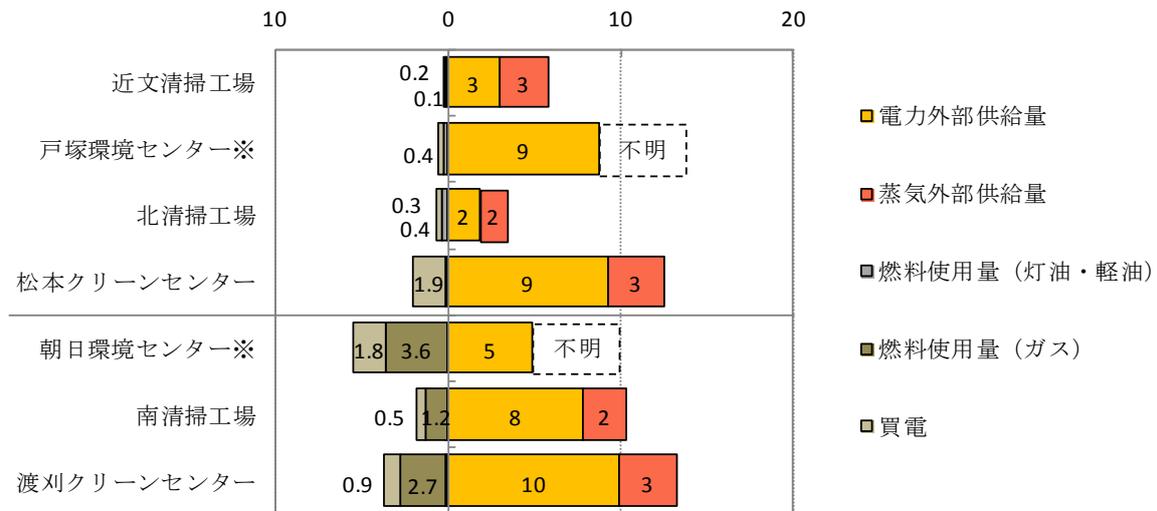


図 4-7 エネルギー生産効率（ごみ保有熱量を 100 とする）

「循環型社会形成推進交付金制度」³⁾では、自治体が廃棄物の 3R を推進するために整備した廃棄物処理・リサイクル施設に対し交付金を交付している。焼却施設は、高効率ごみ発電施設とエネルギー回収型廃棄物処理施設が交付対象事業となる。どちらの交付金も、ごみの持つエネルギーを可能な限り取り出すことを目的とした事業に対して交付される。交付対象は、それぞれ発電効率 23%以上⁴⁾、エネルギー回収率 24.5%以上⁵⁾（どちらも規模により異なる）である。各効率の計算式を以下に示す。

$$\text{発電効率} [\%] = \frac{\text{発電出力} \times 100 [\%]}{\text{投入エネルギー (ごみ + 外部燃料)}} \quad (1)$$

$$\text{エネルギー回収率} [\%] = \frac{(\text{発電出力} + \text{有効熱量} \times 0.46) 100}{\text{投入エネルギー (ごみ + 外部燃料)}} \quad (2)$$

(1)式の分子は総発電量であり、外部供給量と場内使用量である。しかし、図 4-6 で示したように発電電力量のうち場内使用量の割合は大きく、外部供給量は総発電量の半分程度である。同様に(2)式の分子の発電出力および有効熱量のなかには場内使用量が含まれている。すなわち(1)(2)式は場内利用分を含むため、実際にどれだけのエネルギーを取り出せるかという指標にはなっていない。焼却施設をごみからエネルギーを取り出すエネルギー生産施設として見るならば、正味の外部供給量で評価する必要がある。

4.2 ごみ処理施設における LCA 評価

4.2.1 評価概要と評価対象

ごみ処理においてどの程度の環境負荷削減効果があるか、エネルギーを回収しているかを評価するために LCA 評価を行う。LCA とは「『天然資源の採取から、製造、流通、消費を経て廃棄されるまで』の製品のライフサイクルにわたる全ての環境影響を評価することで、環境へのやさしさを総合的に評価しようとする手法である。」⁶⁾これを一般廃棄物処理システムの評価に適用する。すなわち収集、中間処理を経て、最終処分に到るまでの正味の環境影響を計算する。

具体的には処理施設ごとに正味のエネルギー消費量と正味の二酸化炭素排出量を算出する。エネルギー消費量、二酸化炭素排出量は、運転に必要な電力、燃料に関するものを直接消費量（排出量）とし、施設建設、使用薬剤製造などに関するものを間接的消費量（排出量）とした。二酸化炭素の直接排出量は、電力、燃料に由来するもののほか、有機物の燃焼、分解に伴う排出量も含めるが、バイオマス由来とその他を区別する。エネルギー、二酸化炭素の削減としては焼却施設における発電と資源の再生利用による回避を考えた。焼却施設で発電をすることで、外部で発電する際に排出される二酸化炭素量を削減できる。また、資源の再生利用によって素材製造にかかるエネルギー消費量と二酸化炭素排出を回避できる。資源の再生利用による削減効果は当該施設の貢献とした。

対象とした地域は旭川市であり、旭川市が所有するごみ処理施設ごとに計算を行った。表 2-5 によってごみ・資源と施設の対応付けがなされているため、施設を対象に LCA 計算を行い、最後に足し合わせれば、一般廃棄物処理システム全体の評価計算を行ったことになる。計算対象外としたものを表 4-5 に示す。これらは原単位の不足や、データの収集ができなかったためである。

表 4-5 計算対象外としたプロセスなど

委託収集	残渣・資源の輸送
一部の資源・薬品	資源選別プロセス
中園最終処分場の直接排出	

4.2.2 使用したデータ・原単位

表 4-6 にエネルギー消費量計算に必要なデータを、表 4-7 に二酸化炭素排出量計算に必要なデータをそれぞれまとめた。直接消費量（排出量）、間接消費量（排出量）の計算には電力や薬品などの使用量が、建設由来の間接消費量（排出量）には建設費用が必要となる。

表 4-6 エネルギー消費量計算に必要なデータ

計算項目	必要となるデータ
直接消費量	電力、重油、軽油、灯油
間接消費量	水、薬品
間接消費量（建設）	建設費用
▲削減量	（回収した）電力、蒸気、資源

表 4-7 二酸化炭素排出量計算に必要なデータ

計算項目	必要となるデータ
直接排出量	処理由来（焼却、埋立）電力、重油、軽油、灯油
間接排出量	水、薬品
間接排出量（建設）	建設費用
▲削減量	（回収した）電力、蒸気、資源

表 4-8 に実際に計算に使用したデータを示す。本表において施設を横に並べており、インプットの欄は施設への投入量を、アウトプットは施設からの搬出量（主として資源回収量）としている。また、電力使用量、発電量、熱回収量は電力と熱の欄にまとめた。直接資源化には処理施設は存在しないが、削減効果を計算するために入れてある。

表 4-8 施設別の用役使用量、コスト

		近文清掃工場	資源選別施設				直接資源化	最終処分場	
			リサイクル プラザ	ペットボトル中 間処理センター	REPLA ファクトリー	ACPR ファクトリー		中園	旭川
処理方式		全連続式ス トローカ炉	選別・保管		選別、圧縮・梱包、保管				
処理品目			缶・びん・紙 パック	ペットボトル	プラ製容器包装	紙製容器包装			
特記事項			清掃工場の余 熱・発電電力を 利用					埋立終了	
インプット									
搬入量	家庭系	t/年	44,614	4,808	1,243	5,902	2,107	2,707	10,136
	事業系	t/年	32,431	0	418	106	0		2,124
	中間処理残渣	t/年	183	16	11	142	0		8,654
人員数	職員	人	9	16	0	0	0		6
	その他	人	43	0	14	45	13		25
イニシャルコスト	建設費	千円	9,882,850	602,305	53,500	530,000	16,000		9,606,848
	大規模工事	千円	1,113,903	24,686	29,000	16,150	3,623	2,044,168	
耐用年数		年						20	
ランニングコスト	人件費	千円/年	65,784	14,619	6,800	21,000	13,400		46,718
	職員	千円/年						0	
	その他	千円/年	5,843	34,336	27,120	25,000	17,600	0	0
	電力費	千円/年	9,752	1,596	2,020	8,500	810	11,453	23,223
	燃料費	千円/年	2,240	423	1,800	2,300	1,060	252	6,064
	用水費	千円/年	6,731	241				0	62
	薬品費	千円/年	9,408	0				16,825	32,778
	その他	千円/年	19,554	5,917				10,349	8,952
委託費	千円/年	419,821	8,830	51,822	139,604	46,532	75,092	291,869	
燃料使用量	重油	L/年	0	4,485	0	0	0	0	76,000
	軽油	L/年	0	7,881	5,956	17,667	47,747	6,551	93,619
水道使用量	その他	L/年	28,584	838	10,830	0	0	4,625	7,398
ユーティリティ	水道使用量	m ³ /年	12,462	835				4,230	2,575
	消石灰	t/年	118						
	セメント	t/年	168						
	塩酸	t/年	2						
	苛性ソーダ	t/年	7						
	清缶剤	t/年	0						
	脱酸剤	t/年	0						
	復水処理剤	t/年	0						
	井水処理剤	t/年	0						
	冷却塔添加薬品	t/年	1						
	薬品使用量	スケールコントロール剤	t/年						4
	塩化第二鉄	t/年							155
	凝集助剤	t/年							1
	脱水助剤	t/年							1
	固形塩素剤	t/年							1
	炭酸ナトリウム	t/年							35
	苛性ソーダ	t/年							31
	塩化第二鉄	t/年							122
	硫酸	t/年							39
	メタノール	t/年							104

表 4-8 施設別の用役使用量、コスト (つづき)

		近文清掃工場	資源選別施設				直接資源化	最終処分場	
			リサイクル プラザ	ペットボトル中 間処理センター	REPLA ファクトリー	ACPR ファクトリー		中園	旭川
アウトプット									
中間処理残渣	t/年	7,691	789	146	275	91			
資源回収量	スチール缶プレス成型物	t/年		576					
	アルミ缶プレス成型物	t/年		559					
	金属くず	t/年		104					
	生きびん	t/年		48					
	ガラスカレット	t/年		2,079					
	ガラスくず	t/年		366					
	紙パック	t/年		104					
	ペットボトル	t/年			1,461				
	プラ製容器	t/年				5,770			
	紙製容器包装	t/年					1,899		
	段ボール	t/年						1,842	
	剪定枝	t/年						327	
	布類	t/年						62	
	廃食用油	t/年						17	
	金属類	t/年						30	
	再生可能な古紙	t/年						154	
プラ製品	t/年						31		
リターナブルびん	t/年						1		
電力と熱									
買電量	kWh/年	79,169	1,775	64,520	426,580	70,364		598,350	1,341,271
売電量	kWh/年	4,721,688							
蒸気売却量	t/年	6,335							

表 4-9 に燃料、電力、蒸気、薬品使用量に関する原単位を示す。ただし*は各項目の単位を表している。表 4-9 は「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」⁷⁾を参照した。例えば 1 の電力の項目は、電力を作るのに必要なエネルギー消費量と二酸化炭素排出量である。電力を使用した施設で 1kWh あたり 9MJ のエネルギー消費が、0.5kg の二酸化炭素排出があるとする。

表 4-9 排出原単位

品目	*	エネルギー消費 ε MJ/*	CO ₂ 排出 θ kg-CO ₂ /*
1 電力	kWh	9	0.5
2 重油	L	39	3
3 軽油	L	38	3
4 苛性ソーダ	t	9,824	550
5 硫酸	t	1,992	103
6 次亜塩酸ソーダ	t	3,761	191
7 集塵灰処理用キレート	t	102,378	2,658
8 洗煙排水処理用薬品	t	9,745	499
9 アンモニアガス	t	9,958	678
10 セメント	t	3,799	825
11 消石灰	t	2,218	1,096
12 水道水	m ³	13	1
13 浸出水処理薬品	m ³	2	0.1
14 土木工事	千円	78	6
15 土木・建築工事	千円	63	4
16 水硫／酢酸ソーダ	t	3,761	191
17 塩化鉄、高分子凝集剤	t	9,745	499
18 塩酸	t	9,824	550
19 石灰石	t	741	367
20 都市ガス	m ³	42	2

削減量の計算に使用する原単位を表 4-10、プラスチック製容器包装のリサイクル方法別削減原単位を表 4-11 に示す。表 4-10 と表 4-11 で考慮しているプロセスが異なる。それぞれ図 4-8、図 4-9 にこれらの原単位のシステム境界を示す。なお表 4-10 の出典は「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」、表 4-11 の出典は「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討」⁸⁾である。

表 4-10 削減原単位

回収物	*	ϵ MJ/*	θ kg-CO2/*
1 紙類	t	9,623	1,126
2 布類	t	2,218	147
3 PETボトル	t	11,799	1,606
4 びん	t	8,159	29
5 スチール缶	t	12,259	1,628
6 アルミ缶	t	210,037	5,588
7 堆肥	t	1,381	44
8 RDF	t	18,828	1,247
9 電力	KWh	9	0.5
10 熱（蒸気、温水）	MJ	1	0.07
11 熔融スラグ	t	92	6
12 回収Zn、Pb	t	13,552	822
13 生成油	L	39	3
14 セメント原料	t	741	367
15 エコセメント	t	3,799	825
16 メタンガス回収	m3	42	2
17 塩酸回収	L	10	1

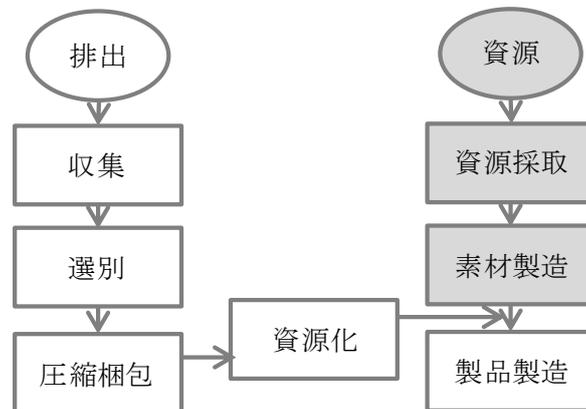


図 4-8 削減原単位のシステム境界

表 4-10 の削減原単位で評価しているプロセスは図 4-8 中網掛け部分である。つまり、資源として収集されたものを素材製造の原料として用いることで、バージン原料の消費を削減することができる。しかしながら、資源を収集してから、資源化プロセスまでのエネルギー消費量と二酸化炭素排出量は考慮されていない。

表 4-11 容器プラのリサイクル方法別削減原単位

容器プラリサイクル方法		ε MJ/t	θ kg-CO ₂ /t
18 パレット（新規樹脂）	t	13,220	1,330
19 パレット（木材）	t	750	440
20 リターナブルパレット（新規樹脂）	t	24,570	2,190
21 リターナブルパレット（新規樹脂） 木材）	t	-150	380
22 コンクリート型枠用パネル	t	-2,700	40
23 再生樹脂（コンパウンド）	t	31,090	2,810
24 油化	t	16,900	1,260
25 ガス化（アンモニア製造）	t	39,710	2,630
26 ガス化（燃焼）	t	19,380	1,480
27 高炉還元（コークス代替）	t	28,500	3,310
28 高炉還元（微粉炭代替）	t	21,980	2,590
29 コークス炉化学原料化	t	39,420	3,240
30 RPF利用（収率75%）	t	29,110	2,850
31 RPF利用（収率90%）	t	34,180	3,330
32 セメント焼成（収率75%）	t	29,760	2,910
33 セメント焼成（収率90%）	t	34,940	3,410
34 焼却エネルギー回収（10%）	t	9,620	410

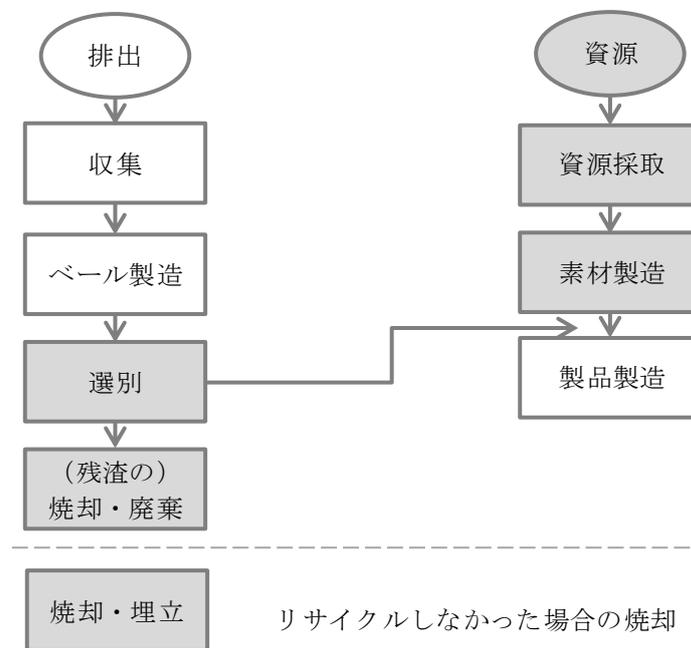


図 4-9 容器プラ削減原単位のシステム境界

表 4-11 の削減原単位で評価しているプロセスは図 4-9 中の網掛け部である。リサイクルシステムとオリジナルシステムの環境負荷の差によって削減効果を算出している。リサイクルシステムとはベールから再商品化製品、または利用製品を原料とする利用製品までの一連のプロセスのことを指し、オリジナルシステムとは再商品化製品または利用製品が代替している既存の製品を新規生産するプロセスに、ベールの処分を加えたものを指す。しかしながら、ベール製造プロセスにおけるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量は考慮されていない。なお、旭川市において容器包装プラスチックはコークス化されているため、表 4-11 中の 27、「高炉還元（コークス代替）」の値を採用した。

4.2.3 計算方法

計算方法は全て「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」に準じている。

(1) エネルギー消費量・二酸化炭素排出量、エネルギー消費削減、二酸化炭素排出削減

直接・間接エネルギー消費量、直接・間接二酸化炭素排出量は電力使用量や薬品使用量などに表 4-9 の原単位を乗じることによって求めた。また、建設由来のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量はイニシャルコストに表 4-9 の原単位を乗じることによって求めた。一方で、エネルギー・二酸化炭素排出の削減効果は、プラスチック製容器包装のリサイクルに関しては、プラスチック製容器包装の回収量に表 4-11 の原単位を、その他のリサイクルや電力、熱の回収分は表 4-10 の原単位を乗じることで求めた。

(2) 焼却・埋立における直接二酸化炭素排出量

(2)-1 G_{D1} : 焼却由来の直接二酸化炭素量

焼却由来の二酸化炭素排出量は炭素収支より計算される。すなわち、バイオマスを除く搬入ごみに含まれる炭素と、強熱減量の差分が排出される炭素量となる。

$$G_{D1} = (1 - b_1)CQ \times \frac{44}{12} \quad [\text{t} - \text{CO}_2/\text{年}]$$

Q : 施設搬入量 [t/年]

b_1 : 強熱減量 [t/t]

C : バイオマスを除く炭素割合（プラスチック製品の炭素割合）[—]

44/12 : 炭素量から二酸化炭素量への換算 [—]

(2)-2 G_{D2} : 埋立由来の直接二酸化炭素排出量

埋立地においてはバイオマスの分解により二酸化炭素とメタンガスの排出がある。二酸化炭素はカーボンニュートラルとして区別するため、バイオマス分解によって生じるメタンガスを二酸化炭素に換算した値が埋立由来の二酸化炭素排出量として計算される。

$$G_{D2} = Q \times C_{mb} \times b_2 \times (1 - b_3) \times b_4 \times \frac{44}{12} \quad [\text{t} - \text{CO}_2/\text{年}]$$

Q : 埋立量 [t/年]

- Cmb : バイオマス由来の炭素割合 [—]
- b2 : バイオマスのガス化率 [—]
- b3 : b2 のうち二酸化炭素転換率 [—]
- b4 : メタンの二酸化炭素に対する換算係数 [—]
- 44/12 : 炭素量から二酸化炭素量への換算 [—]

計算で用いたごみの特性値のデータを表 4-12 にまとめる。これらは「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」を参照した。

表 4-12 処理由来の直接二酸化炭素排出量計算に使用した値

焼却施設	C	バイオマスを除く炭素割合	0.055
	b ₁	強熱減量	0.05
最終処分場	C _T	埋立物中の炭素割合	0.113
	C _{mb}	うちバイオマス割合	0.068
	b ₂	バイオマスのガス化率	0.5
	b ₃	うち二酸化炭素転換率	0.88
	b ₄	CH ₄ の CO ₂ に対する換算係数	21

4.2.4 計算結果

図 4-10、表 4-13 はトータルのエネルギー消費量 (TJ/年)、二酸化炭素排出量 (千 t-CO₂/年)、図 4-11、表 4-14 は処理量あたりのエネルギー消費量 (MJ/t)、二酸化炭素排出量 (kg-CO₂/年) である。

図 4-10、表 4-10 より、直接・間接ともにエネルギー消費量は少なく、内訳を見るとほとんどが建設由来であることが分かる。エネルギー削減効果が大きいので、資源・エネルギー回収のない最終処分場以外においては、正味のエネルギー消費はマイナスになることが分かる。リサイクルプラザ、REPLA ファクトリー、集団回収の削減効果が大きいのは、それぞれ、アルミ缶、プラスチック製容器包装、紙類のエネルギー削減効果が大きいためである。二酸化炭素排出量もエネルギー消費量とおおよそ同様に、削減効果の方が大きい、焼却施設における直接二酸化炭素排出量が大きく、焼却施設における正味の二酸化炭素排出量がプラスになることが異なる。

表 4-10 の削減原単位を見るとペットボトルの削減効果は大きいことが分かるが、図 4-10 においてペットボトル中間処理センターの削減効果は小さく見える。一方で、処理量あたりの図 4-10、表 4-14 より集団回収とほぼ同等の削減効果があることが分かる。これはペットボトルの回収量 (1,461t) がプラスチック製容器包装の回収量 (5,770t) や集団回収における古紙の回収量 (10,824t) と比較して小さいためである。また、処理量の多い焼却施設や最終処分場においては、処理量あたりにすると値が小さくなることが分かる。

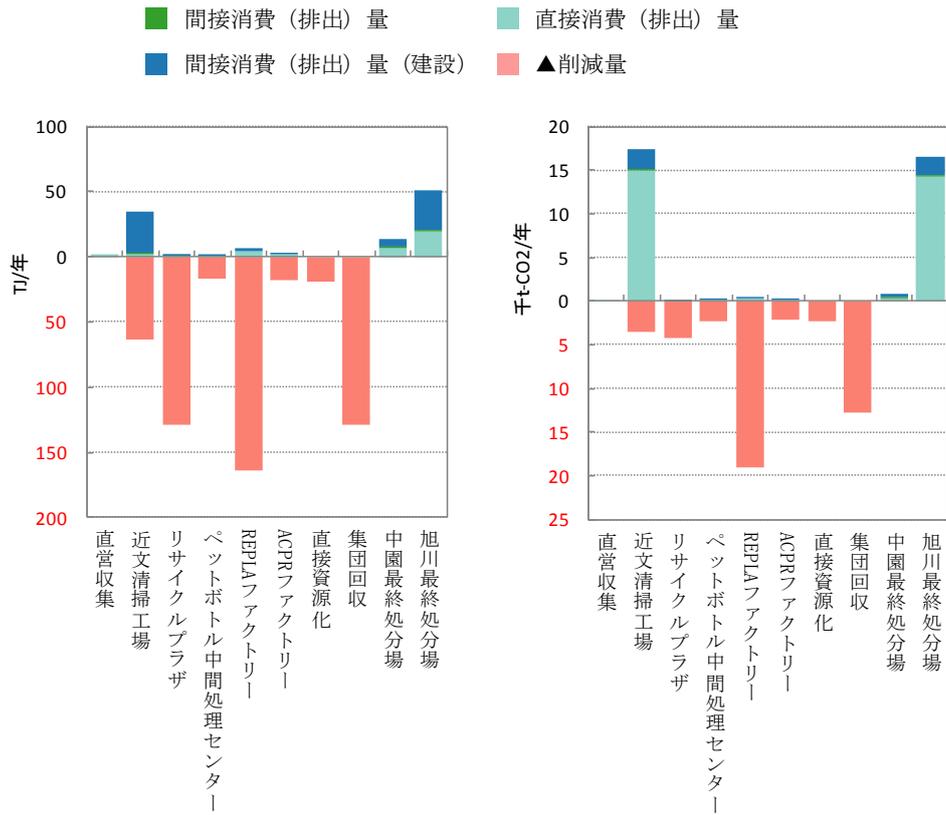


図 4-10(a) 正味エネルギー消費量

図 4-10(b) 正味二酸化炭素排出量

表 4-13 処理施設ごとのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

項目	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ペットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	
エネルギー	直接消費量	2	2	1	1	5	3		6	19	
	間接消費量		1	0.01						2	2
	間接消費量（建設）		31	2	0	2	0			6	30
	▲削減分		-63	-128	-17	-164	-18	-19	-129		
	正味	2	-29	-126	-16	-158	-16	-19	-129	14	51
二酸化炭素	直接排出量	0.12	15	0.04	0.08	0.25	0.16		0.3	14	
	間接排出量		0.28	0.001						0.1	0.1
	間接消費量（建設）		2	0.13	0.01	0.12	0.004			0.4	2
	▲削減分		-3	-4	-2	-19	-2	-2	-13		
	正味	0.12	14	-4	-2	-19	-2	-2	-13	1	17

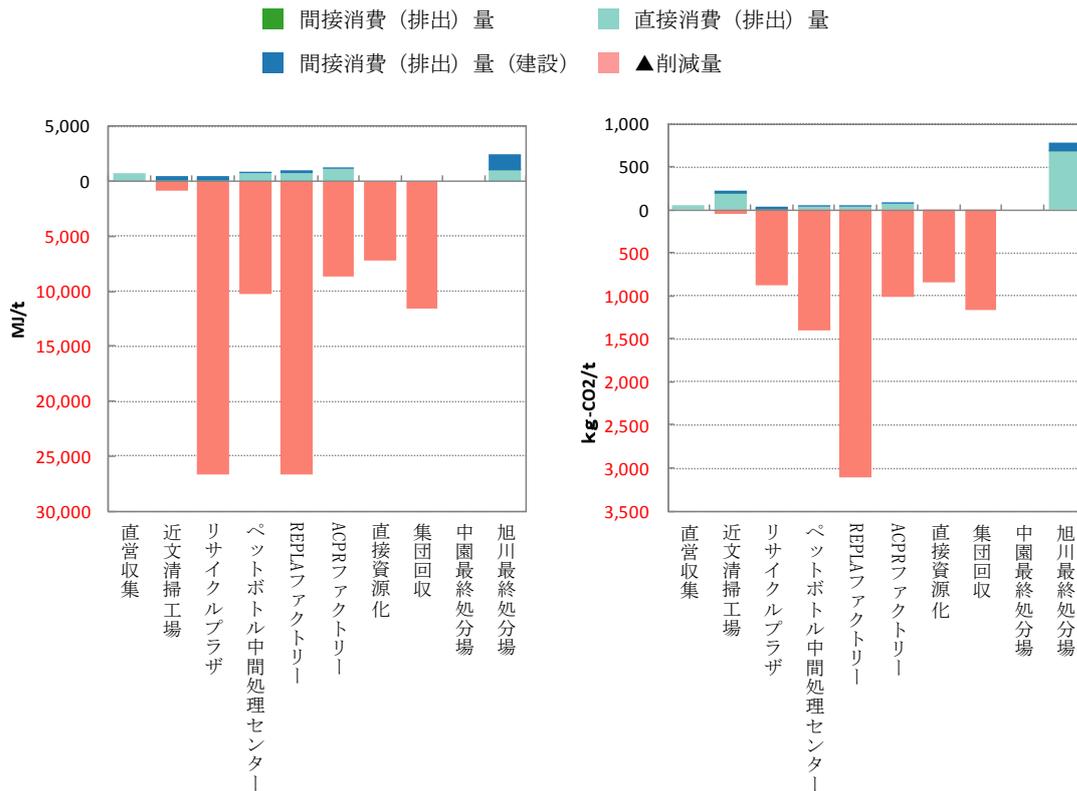


図 4-11(a) 処理量あたりのエネルギー消費量

図 4-11(b) 処理量あたりの二酸化炭素排出量

表 4-14 処理量あたりのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ペットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	
エネルギー	直接消費量	690	24	109	750	764	1,187			931	
	間接消費量		14	2						76	
	間接消費量（建設）		404	394	101	272	24			1,451	
	▲削減分		-818	-26,633	-10,313	-26,740	-8,675	-7,150	-11,623		
	正味	690	-376	-26,127	-9,462	-25,705	-7,464	-7,150	-11,623		2,459
二酸化炭素	直接排出量	49	193	7	45	41	77			685	
	間接排出量		4	0						4	
	間接消費量（建設）		28	27	7	19	2			101	
	▲削減分		-45	-867	-1,404	-3,106	-1,015	-833	-1,158		
	正味	49	180	-832	-1,351	-3,046	-936	-833	-1,158		790

4.2.5 全体評価フロー図

ごみ処理フローに沿って、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量を記述すると図 4-12 のようになる。図 4-12 中の箱が施設を表し、箱中の上の数値が正味のエネルギー消費量 (TJ/年)、下の数値が正味の二酸化炭素排出量 (千 t-CO₂/年) であり、斜体の数値は搬入・搬出量である。また、右下の廃棄物処理システム全体評価にはそれぞれ施設ごとに正味エネルギー消費量と正味二酸化炭素排出量を積み上げた。これによって、施設別に正味の消費・排出がどの程度寄与あるかが分かる。

旭川市全体では正味エネルギー消費量は-425TJ/年、正味二酸化炭素排出量は-11 千 t-CO₂/年となり、エネルギー、二酸化炭素ともに消費（排出）ではなく削減しているという結果になった。エネルギー消費量に関して言えば、排出に寄与するのは最終処分場だけであり、焼却施設における電力・熱回収の効果と資源化による削減効果によって正味はマイナスになっている。また、焼却施設におけるエネルギー回収によるエネルギー消費削減効果よりも、リサイクルによるエネルギー消費削減効果の方が大きいという結果となった。一方で二酸化炭素排出量に関しては、最終処分場と焼却施設が排出に寄与するが、こちらもリサイクルによる削減効果の方が大きく、全体で見るとマイナスとなる。

資源の再生利用は旭川市内で行われているわけではないが、-425TJ/年、-11 千 t-CO₂/年という数値を旭川市の世帯におけるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量と比較する。旭川市の世帯数は 177,321 (平成 27 年 12 月 1 日現在) である。また年間の世帯あたりのエネルギー消費量は 37GJ/世帯⁹⁾、二酸化炭素排出量は 3,686kg-CO₂/世帯¹⁰⁾ であるため、6.5%の世帯のエネルギー消費量、2.7%の二酸化炭素排出量に相当する。

今回設定したシステム境界は、資源選別のプロセスが含まれていないため、資源化の効果は過大評価となっている。また、ほとんどの資源物の再生利用先は旭川市内ではないため、リサイクルによる削減効果は旭川市とは限らない。資源化プロセスの原単位の統一、削減効果の貢献をどのように示すかは今後の課題となる。

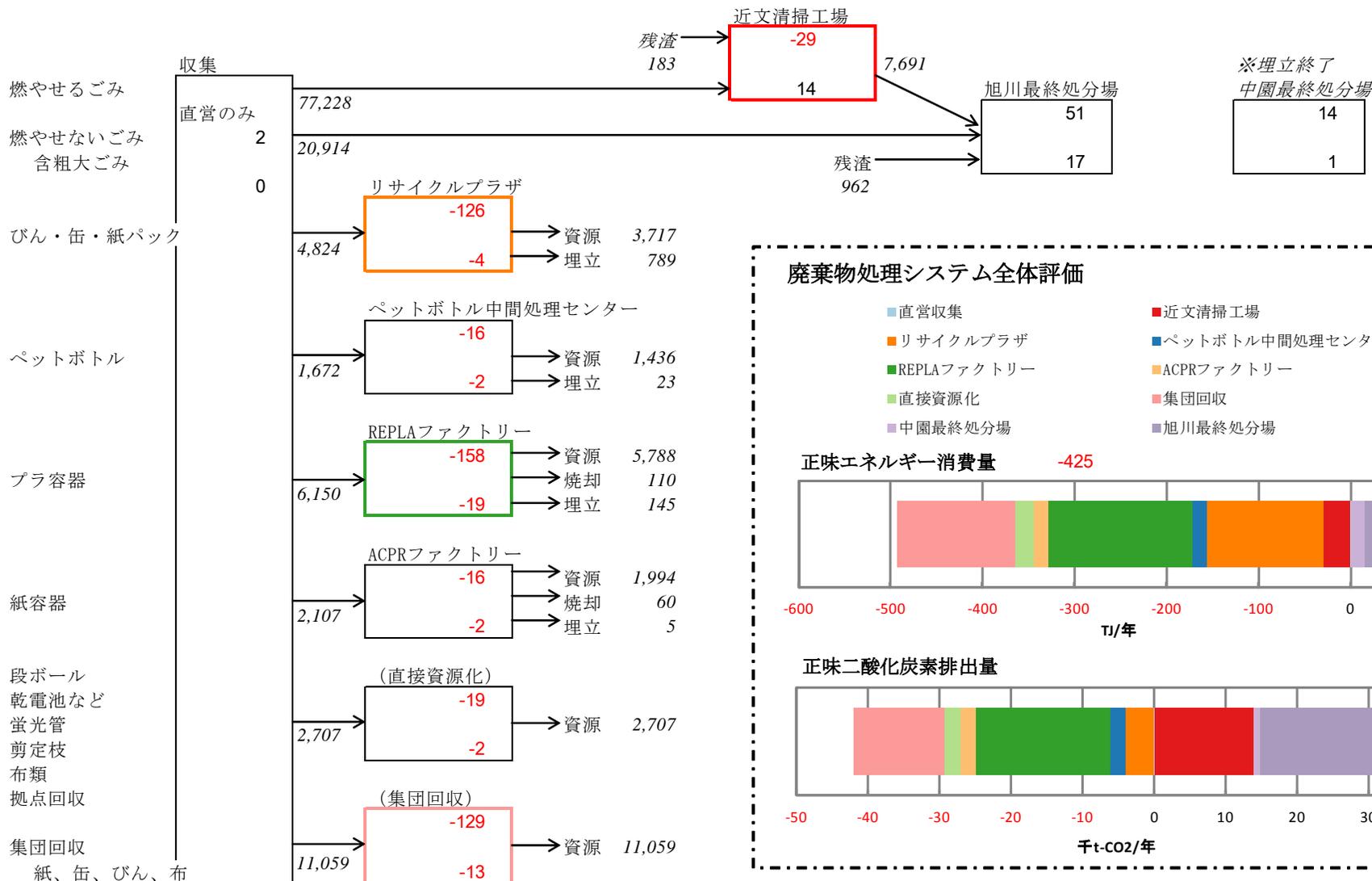


図 4-12 旭川市全体評価フロー図

参考文献

- 1) 速水章一:「熱回収施設における余熱利用状況」、第3回促進協議会、平成23年1月26日(水)
- 2) 環境省地球環境局:事業者からの温室効果ガス排出量 算定方法ガイドライン、平成15年7月
- 3) 環境省:循環型社会形成推進交付金サイト
http://www.env.go.jp/recycle/waste/3r_network/ (閲覧日:平成28年2月3日)
- 4) 環境省リサイクル対策部廃棄物対策課:高効率ごみ発電施設整備マニュアル、平成21年3月
http://www.env.go.jp/recycle/misc/he-wge_facil/cover.pdf (閲覧日:平成28年2月3日)
- 5) 環境省リサイクル対策部廃棄物対策課:エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル、平成26年3月
<http://www.env.go.jp/recycle/misc/energy/hyoshi.pdf> (閲覧日:平成28年2月3日)
- 6) 田中信壽:リサイクル・適正処分のための廃棄物工学の基礎知識、p.79(2003)技報堂出版
- 7) 松藤敏彦:都市ごみ処理システムの分析・計画・評価、(2005)技報堂出版
- 8) 日本容器包装リサイクル協会:プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討、(2007)
- 9)10) 環境省:2013年度温室効果ガス排出量 2.7 家庭部門、p.3,4
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2013yoin2_7.pdf (閲覧日:平成28年1月15日)

第5章 結論

従来の一般廃棄物の処理は焼却を中心とし、全国で画一的な処理が行われてきた。しかし、ごみ処理からも低炭素社会や循環型社会構築への貢献が求められるようになると、ごみ処理においてできるだけエネルギー・資源を取り出すことも目的となった。その結果、焼却施設における発電をはじめとするエネルギー回収や、各種リサイクル法が制定されるなど自治体のごみ処理は多様化し、自治体ごとに独自のものとなっていった。

ごみ処理の目的が拡大したことでシステム評価の必要が生まれ、環境省は市町村一般廃棄物処理システム評価支援ツールを作成している。しかし、評価指標はごみ処理断面ごとの部分的な指標化に留まり、自治体間比較を通じた問題抽出にはいたらない。これは発生源～分別～収集～処理の過程が、個別に集計されておりそれらのつながりが不明であること、また画一的な集計のため内訳が不明であることに起因する。本ツールのもとになっている環境省の一般廃棄物処理実態調査が、全国の自治体を同一のフォーマットで調査しているため、各自治体のごみ処理の内訳を表すことができないためである。マテリアルフローに基づく評価のためには、マテリアルフローに基づくデータが必要である。従って、本研究ではデータの管理方法を提案から始めた。

第2章では、マテリアルフローに基づくデータ管理表の提案を行った。本表では分別区分、収集方法別に、発生源、収集量、施設別の搬入・搬出量、搬出物の行き先を記載することで、自治体のごみ処理全体を表現することができる。先にも述べたように1つとして同じ処理システムはなく、統一したフォーマットを作り当てはめることはそれだけ按分や合算などが必要となり、本来の自治体のごみ処理と異なる表現となってしまう。従って本表には分別区分や施設の記載方法に規制はなく、細部は自治体ごとに異なる。ごみ処理の計画・実施においてもっとも重要なことは、自治体のごみ処理の現状を正しく理解することである。最後に本表において整理できる情報を示したが、これは後の自治体間での比較分析に用いる。

第3章では各自治体の資源収集量を分析し、システムの違いによるパフォーマンスを比較し、改善の方向性を見出す試みを紹介した。また、自治体が行わない資源収集方法にも触れ、できるだけ自治体内部の資源の流れを把握した。ここでは自治体間比較を可能とするため、資源品目を大きく4つに分けたが、なかでも古紙類は収集量も多く複数の収集方法を用いていることが分かった。主となる収集方法は定期収集と集団回収であるが、豊田市を見てみると拠点回収と集団回収の組み合わせであり、定期収集を用いなくても古紙が収集できることが分かった。

発生源での資源選別は不完全であり、ごみ中にも資源化可能物が含まれるが、これらの量は組成分析によって分かる。現在、組成分析は大きく分けてピットからのサンプリングとステーションからのサンプリングの2種類がある。ピットからのサンプリングの場合、サンプリング誤差が大きく、代表値を決めることが難しい。またステーションからのサンプリングの場合でもサンプリング量や方法によっては誤差が大きくなる。そのため、組成分析は1)サンプリング量をできるだけ大きくする、2)コントロールされた地域で行い人口を把握する、3)可燃ごみだけでなくごみ全部を同じ週に分析することが望ましい。コントロールされた地域で分析することでごみの流れを明らかにすることができる。

組成分析によってごみ中に含まれる資源化可能物量が分かると、素材別のフロー図を書くこと

ができる。これは発生源においてどれだけ資源として収集しているかを表し、自治体が資源収集量を増加させる上で重要な指標となる。

第4章ではごみ処理施設ごとの評価を行った。資源選別施設の効率、焼却施設のエネルギー収支分析を通じて、ごみ処理からどれだけ資源、エネルギーを回収できているかの考察をした。最後に、自治体の行うごみ処理が環境に与える影響を評価するために旭川市のごみ処理施設を対象にLCAを行った。その結果、正味のエネルギー消費は埋立地だけであり、他の施設は削減効果があることがわかった。また、焼却施設のエネルギー回収効果よりもリサイクルの効果の方が大きい。一方で二酸化炭素排出は、焼却施設と埋立地から排出があるが、リサイクルにはそれを上回る削減効果があることがわかった。

本年度はマテリアルフローに基づくデータ管理および分析手法を示した。ごみ処理においてはコストも重要な指標であるが、これは来年度以降の課題である。また、LCAでは支配的なもののみを計算したが、原単位がそろっていないことや、中継輸送が計算対象外であるなど精度に関しても今後の課題となる。

付表

1. ごみ集積所を利用していない世帯数の概算 (第 3 章)
- 2-1 正味エネルギー消費量の内訳 (第 4 章)
- 2-2 正味二酸化炭素排出量の内訳 (第 4 章)

附表1 ごみ集積所を利用していない世帯数の概算（平成22年度調査）

ごみ集積所を利用していない世帯数の概算（平成22年度調査）

地区名	町会数	調査票 提出町会数	集合住宅 戸数	入居世帯数	棟数合計	町会加入			町会ごみ集積所利用			町会加入 世帯数	1棟あたり の入居世帯 数	ごみ集積所 を利用して いない世帯
						(棟数)			(棟数)					
						加入	未加入	不明	有	無	不明			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M (D/E)	N (M×J)	
第1地区	19	18	542	477	26	17	9	0	10	15	1	204	18	275
第2地区	18	16	533	353	45	36	9	0	29	15	1	469	8	118
第3地区	12	11	658	545	61	52	7	2	51	9	1	389	9	80
東部地区	14	14	781	615	72	51	21	0	59	11	2	421	9	94
中央地区	16	15	635	536	23	21	2	0	20	1	2	449	23	23
城北地区	15	15	1,319	1,171	180	150	28	2	110	25	45	1,017	7	163
安原地区	11	11	1,439	1,347	172	127	43	2	89	69	14	972	8	540
城東地区	12	11	1,220	1,060	128	84	44	0	66	58	4	720	8	480
白板地区	14	14	1,173	926	109	88	20	1	75	29	5	802	8	246
田川地区	12	12	1,078	939	82	76	5	1	59	16	7	886	11	183
庄内地区	15	15	3,704	2,863	335	228	95	12	159	145	31	2,106	9	1,239
鎌田地区	17	16	3,245	2,295	357	260	79	18	164	166	27	1,943	6	1,067
松南地区	9	8	784	612	50	32	18	0	34	14	2	544	12	171
島内地区	20	20	1,085	815	136	87	49	0	94	42	0	455	6	252
中山地区	6	6	8	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
島立地区	10	10	641	521	85	69	16	0	65	18	2	440	6	110
新村地区	14	14	316	260	34	6	28	0	23	11	0	47	8	84
和田地区	10	10	22	21	4	3	1	0	4	0	0	15	5	0
神林地区	7	7	128	34	25	3	22	0	9	13	3	6	1	18
笹賀地区	14	13	1,205	735	184	78	106	0	114	64	6	301	4	256
芳川地区	8	8	2,632	2,099	281	207	65	9	173	89	19	1,566	7	665
寿地区	12	11	1,115	821	148	91	49	8	86	56	6	335	6	311
寿台地区	8	8	2	5	2	2	0	0	2	0	0	0	3	0
岡田地区	7	7	1,318	977	148	126	22	0	62	78	8	829	7	515
入山辺地区	13	13	10	10	2	0	2	0	0	2	0	0	5	10
里山辺地区	16	16	1,810	1,230	229	149	76	4	121	101	7	760	5	542
今井地区	15	15	57	46	14	2	12	0	7	7	0	15	3	23
内田地区	9	9	180	58	30	16	14	0	16	13	1	69	2	25
本郷地区	26	25	2,625	2,361	313	117	184	12	210	87	16	764	8	656
松原地区	7	6	186	130	32	6	26	0	13	8	11	15	4	33
四賀地区	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安曇地区	9	9	58	51	7	4	3	0	5	1	1	50	7	7
奈川地区	14	14	50	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
梓川地区	31	30	441	382	47	22	25	0	7	38	2	264	8	309
波田地区	27	26	754	483	95	39	56	0	48	47	0	282	5	239
合計	494	480	31,754	24,778	3,458	2,249	75	71	1,986	1,248	224	17,135	237	8,735

附表 2-1 正味エネルギー消費量の内訳

	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ベットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	備考
耐用年数		20	20	20	20	20	0		20	20	
買電量		745	17	607	4,016	662	0		5,633	12,627	
燃料使用量	重油	0	175	0	0	0	0		0	2,957	
	軽油	1,653	0	303	229	680	1,838	0	252	3,604	
	その他		1,100	32	417	0	0	0	178	285	灯油の原単位不明のため軽油で算出
水道使用量		167	11	0	0	0	0		57	34	
排出側	消石灰		261								排ガス処理
	セメント		639								飛灰処理
	塩酸		17								純水作製時の不純物除去。密度1.02kg/Lとして換算
	苛性ソーダ		10								純水作製時の不純物除去。密度1.27kg/Lとして換算
	清缶剤										防錆, 防スケール
	脱酸剤										防錆, 防スケール
	復水処理剤										復水のpH調整
	井水処理剤										井水の藻等の除去
	冷却塔添加薬品										防錆, 防スケール
	スケールコントロール剤										配管機器類へのスケール付着抑制用
	塩化第二鉄									1,506	凝集沈殿処理用
	凝集助剤										凝集沈殿処理用
	脱水助剤										汚泥脱水処理用
	固形塩素剤										滅菌用
炭酸ナトリウム										カルシウム除去用	
苛性ソーダ									300	pH調整用	
塩化第二鉄									1,185	凝集沈殿処理用(カルシウム除去, 膜分離処理)	
硫酸									78	pH調整用	
メタノール											脱窒用
建設費		31,219	1,903	169	1,674	51			6,457	30,347	

附表 2-1 正味エネルギー消費量の内訳（つづき）

	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ペットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	備考
削減側	スチール缶プレス成型物		7,062								製鉄・アルミ原料
	アルミ缶プレス成型物		117,495								製鉄・アルミ原料
	金属くず										製鉄・アルミ原料
	生きびん		392								生きびん
	ガラスカレット										ガラスびん、舗装用骨材
	ガラスくず										舗装用骨材
	紙パック		3,526								製紙原料
	ペットボトル				17,243						繊維、シート、ボトル、成形品、その他
	プラ製容器					164,454					コークス化
	紙製容器包装						18,277				段ボール、板紙など
	段ボール							17,729			段ボール、板紙など
	剪定枝										チップ(燃料用)
	布類							136			工業用ウエス
	廃食用油										軽油代替燃料(BDF)
	金属類										
	再生可能な古紙							1,478			
	プラ製品										
	リターナブルびん							10			
	紙類								104,162		新聞、雑誌、段ボール、紙パック(集団回収)
	ビン類								948		集団回収由来びん類
缶類								23,408		アルミ缶(集団回収)	
布類								16		集団回収由来布類	
熱・電気外部供給		44,450									
蒸気供給量		18,723									蒸気量×比エンタルピー×原単位

附表 2-2 正味二酸化炭素排出量の内訳

	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ペットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	備考	
特性	搬入ごみのプラ由来炭素率		0.055								バイオマス由来を除く。H-IWMから	
	強熱減量		0.05								焼却施設台帳より	
	埋立ごみ中の炭素ガス化率									0.5	出典：H-IWM	
	ガス化する炭素の二酸化炭素転換率									0.88	出典：H-IWM	
	埋立物の炭素割合									0.113	出典：H-IWM	
	埋立物のバイオマス以外の炭素割合									0.068	出典：H-IWM	
耐用年数		20	20	20	20	20			20	20		
処理プロセス		14,796								13,212	焼却、埋立とも炭素バランスより算出	
買電量		37	1	31	202	33	0		283	634		
燃料使用量	重油		0	12	0	0	0		0	196		
	軽油	117	0	21	16	48	130	0	18	254		
	その他		78	2	29	0	0		13	20		
水道使用量		8	1						3	2		
排出側	消石灰		129								排ガス処理	
	セメント		139								飛灰処理	
	塩酸		1								純水作製時の不純物除去。密度1.02kg/Lとして換算	
	苛性ソーダ		4								純水作製時の不純物除去。密度1.27kg/Lとして換算	
	清缶剤										防錆、防スケール	
	脱酸剤										防錆、防スケール	
	復水処理剤										復水のpH調整	
	井水処理剤										井水の藻等の除去	
	冷却塔添加薬品										防錆、防スケール	
	薬品使用量											配管機器類へのスケール付着抑制用
	塩化第二鉄									77		凝集沈殿処理用
	凝集助剤											凝集沈殿処理用
	脱水助剤											汚泥脱水処理用
	固形塩素剤											滅菌用
	炭酸ナトリウム											カルシウム除去用
	苛性ソーダ										17	pH調整用
塩化第二鉄										61	凝集沈殿処理用(カルシウム除去、膜分離処理)	
硫酸										4	pH調整用	
メタノール											脱窒用	
建設費		2,174	133	12	117	4			450	2,114		

附表 2-2 正味二酸化炭素排出量の内訳（つづき）

	直営収集	近文清掃工場	リサイクルプラザ	ペットボトル中間処理センター	REPLAファクトリー	ACPRファクトリー	直接資源化	集団回収	中園最終処分場	旭川最終処分場	備考
削減側	回収資源										
	スチール缶プレス成型物			938							製鉄・アルミ原料
	アルミ缶プレス成型物			3,126							製鉄・アルミ原料
	金属くず										製鉄・アルミ原料
	生きびん			1							生きびん
	ガラスカレット										ガラスびん、舗装用骨材
	ガラスくず										舗装用骨材
	紙パック			117							製紙原料
	ペットボトル				2,347						繊維、シート、ボトル、成形品、その他
	プラ製容器					19,100					コークス化
	紙製容器包装						2,138				段ボール、板紙など
	段ボール							2,074			段ボール、板紙など
	剪定枝										チップ(燃料用)
	布類							9			工業用ウエス
	廃食用油										軽油代替燃料(BDF)
	金属類										
	再生可能な古紙							173			
	プラ製品										
	リターナブルびん										
	紙類								12,184		
ビン類								3			集団回収由来びん類
缶類								623			アルミ缶(集団回収)
布類								1			集団回収由来布類
熱・電気外部供給											
売電量		2,233									
蒸気供給量		1,247									蒸気量 × 比エンタルピー × 原単位

