

分別協力度を考慮した事業系生ごみ資源化の環境評価 ： 不良生ごみの覆土助材利用シナリオの検討

工藤, 亜美
九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻環境・遺産デザインコース

近藤, 加代子
九州大学大学院芸術工学研究院環境デザイン部門

松藤, 康司
福岡大学大学院工学研究科

<https://doi.org/10.15017/1500389>

出版情報：芸術工学研究. 22, pp. 45-58, 2015-03-26. 九州大学大学院芸術工学研究院
バージョン：
権利関係：



分別協力度を考慮した事業系生ごみ資源化の環境評価 不良生ごみの覆土助材利用シナリオの検討

Environmental Assessment of Business-related Garbage Recycling System on Consideration of Degree of Segregating Garbage.

Taking in a Scenario of Using Unrecyclable Garbage as Auxiliary Cover Material

工藤亜実¹

KUDO Ami

近藤加代子²

KONDO Kayoko

松藤康司³

MATSUFUJI Yasushi

Abstract

Given the recycling of business-related garbage haven't progressed so much, we need to evaluate the recycling system based on the specific problems in business-related garbage. We did LCA analysis not only based on each recycling methods, but also on regional practical conditions recycling rate and garbage properties are caused by different policies, under an assumption that multiple of recycling methods could coexist in an actual regional. We also considered scenarios with a high rate by using garbage, with a bad quality and unrecyclable, as cover soil in landfills. The best recycling methods were composting and methanation, with the worst was incineration according to the LCA analysis on each recycling methods. While in the LCA analysis on the practical conditions, the scenario using unrecyclable garbage was the best.

1. はじめに

「食品リサイクル法」が 2000 年に制定され、改訂を繰り返しながら、生ごみの資源化が進められてきた。しかし、食品工場等から排出される産業廃棄物系の生ごみについては 95 %の資源化率が達成されたが、市町村が処理に関わる一般廃棄物の事業系生ごみについては、食品卸売業は 58 %、食品小売業は 45 %、外食産業は 24 %と資源化が遅れている¹⁾。

家庭系生ごみの資源化については、これまで自治体の取り組みに関する多くの研究があるが、事業系の生ごみについては、食品リサイクル法に基づき、大口排出事業者の自己処理責任で進められてきた経緯があるため、自治体の独自の取り組みとしては遅れている。しかし、近年資源化が全体と進む中で、残された課題として、事業系生ごみの資源化、特に小口の排出事業者がクローズアップされ、自治体は何らかに関与する形で、事業系生ごみの資源化を推進するための調査研究や取り組みが各地で始まっている。停滞した状況を変えるためには自治体は何らかのイニシアティブを取る形で、事業系生ごみの排出実態に即して、効果的な生ごみ資源化システムを都市において確立していくことが望ましい。そのためには資源化のシステムや政策のあり方について、一定の評価軸を有する必要がある。

生ごみの資源化は、環境負荷の低減を主目的としており、生ごみの資源化をめぐる異なる方法の中で、どのような方法を選択するかは、それら方法を採用した地域循環システム全体の環境負荷に関する比較考量に基づく必要がある。それゆえ、これまで生ごみの資源化をめぐ

連絡先：工藤亜実, ami.kudo3@gmail.com

¹ 九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻環境・遺産デザインコース
Environment and Heritage Design Course, Department of Design,
Graduate School of Design, Kyushu University

² 九州大学大学院芸術工学研究院環境デザイン部門
Department of Environmental Design, Faculty of Design, Kyushu
University

³ 福岡大学大学院工学研究科
Graduate School of Recycling and Eco-Technology, Fukuoka University

って多くの環境評価研究がなされてきたが^{2),3),4),5)}、家庭系生ごみの資源化を対象とするものが主である。先に述べたように、事業系生ごみの資源化は政策的対応が遅れていることもあって、環境評価研究は現在非常に少ない。事業系生ごみの地域循環システムを構築するためには、まず環境評価がなされる必要がある。

事業系生ごみの資源化の地域システムを環境評価する場合、家庭系生ごみは、自治体が採用した方法で一元的に地域循環システムを構築する場合が多いが、事業系生ごみの場合、基本的に排出者責任で資源化されるため、地域内に複数の資源化方法が並立することが一般であることが考慮される必要がある。

さらに事業系生ごみの質は、事業者がどのくらいの分別の手間を許容できるかによって決まるだろう。それにより、分別の際どのくらい精密に異物を除去可能かわってくる。よって、事業系生ごみの質は排出事業者の事業特性と分別協力の対応によって大きく異なり、それによって、適用可能な資源化方法も異なってくる。

例えば、腐敗物を除去可能な分別レベルであれば、新鮮な生ごみを必要とするエコフィード化が可能であろう。小さい異物を除去できれば、堆肥化およびメタン発酵が可能であろう。大きい異物を除去可能であれば、覆土助材化が可能であろう。そして除去不可能、すなわち分別できないのであれば、焼却処理されるであろう。

こうした事業系生ごみに特有の社会的事情を踏まえた

うえで地域の循環システムは構築される必要がある。

事業系生ごみの地域循環システムの研究においては、家庭系生ごみの場合以上に、地域的事情を組み込んだ環境評価（LCA = Life- Cycle Assessment）を行う必要があり、そのためには、事業者の実際的な行動の傾向性等を社会調査によって把握して、その結果を反映させていく必要がある。社会調査の結果を反映させていく生ごみ資源化のLCAは従来ないもので、本研究の意義と特徴をなす。

本研究のさらなる特徴は、生ごみ資源化の方法の一つに覆土助材を取り上げたことである。事業系生ごみの問題として、排出される生ごみの形状が事業者によって異なるうえ、小口排出事業者の分別協力が不十分であるため、資源化に利用できる生ごみの量が限られるという問題がある。堆肥などの資源化が不可能な不良生ごみの大量発生が予想されるのである。覆土材は通常は土であり、埋立場で焼却灰などを一定量埋め立てた上に敷き、その上にさらに焼却灰を入れていくというサンドイッチ型の埋立方式に利用される。生ごみの覆土助材化は、福岡大学工学部松藤研究室が開発した生ごみの資源化方法で、不良生ごみを埋立場の脇で野積方式で簡易に堆肥化し、そのまま埋立場で、覆土材に代替して利用するというものである^{6),7)}。この覆土助材という新しい資源化方法を、従来の資源化方法に追加して採用することによって、飛躍的に事業系生ごみの資源化率の上昇を想定できる。こ

目的

- ・事業系生ごみ資源化において、社会調査を組み込んで事業者行動の特徴を踏まえた実際的なシナリオのLCAの方法を提示する。
- ・覆土助材化という新しい資源化方法を加味して、都市が地域的事情に応じて事業系生ごみの資源化の効率的なシステムを構築するうえで考慮すべき事柄を明らかにする。

研究方法

【基礎バージョンのLCA】
・資源率100%
・各資源化方法でシナリオ設定

【実際バージョンのLCA】
・資源化率変化
・不良生ごみの回収・処理の仕方でシナリオ設定

【考察】
事業系生ごみ資源化を推進する方策を提示

【社会調査分析】
排出事業者の行動特性を調査によって把握

図1 研究の構成

の LCA は本研究が初めての試みとなる。

かくして本研究の目的は、地域的事情と排出事業者の特性の考慮が強く要求される事業系生ごみの資源化方法において、社会調査を組み込んで資源化の方法的特性と事業者行動とをリンクさせて課題をより明確にできる LCA の方法を試みることであり、同時に、それを通して、覆土助材化という新しい資源化方法を加味して、都市が地域的事情に応じて事業系生ごみの資源化の効率的なシステムを構築するうえで考慮すべき事柄を明らかにすることである。

2. 研究の方法と構成

本研究では、事業系生ごみの資源化システムの環境評価には LCA を用いる。そして生ごみを排出する事業者に関する社会調査を実施し、その結果の分析を LCA に反映させていく (図 1)。

LCA は、2 つのプロセスに分かれる。第 1 は、事業系生ごみが 100 % 資源化されるという仮定を置き、数種類の資源化方法ごとに地域システムの LCA を実施する。資源化方法によって、処理プロセスが異なるために、それぞれに評価を確定しておく必要があるからである。この LCA を基礎バージョンと呼ぶことにする。基礎バージョンでは、生ごみの収集→資源化→利用、あるいは生ごみの収集→焼却→埋立などの地域内での生ごみの発生から最終処理までの流れを地域システムとして捉えて、焼却処理、エコフィード化、メタン発酵、堆肥化、覆土助材化という 5 つの処理・資源化方法をシナリオとして設定して、LCA を行う。

LCA の第 2 のプロセスは、生ごみの排出事業者に対する社会調査の結果を反映させたものである。前述したように、事業者によって、生ごみ分別収集への協力の有無および異物除去の程度が異なるために、収集される生ごみの質によって、対応する資源化方法が異なること、単一の資源化方法ではなく、複数の資源化方法が地域内で併存している等の条件を考慮して、社会調査の結果を踏まえた地域システムについて LCA を実施する。この LCA を実際バージョンと呼ぶことにする。

したがって本研究の流れは次のようになる。

- ① 基礎バージョン LCA
- ② 社会調査の結果分析
- ③ 実際バージョン LCA

3. 基礎バージョン LCA

3.1 目的・調査範囲およびシナリオ等の設定

LCA は、周知のように製品を構成する原料採取から材料入手、製品製造、使用、廃棄、資源化に至るすべてのライフサイクルステージを範囲として、対象が及ぼす環境負荷や環境影響を定量的に整理、評価する手法である。

本研究では、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターが開発した、日本版被害算定型影響評価手法 (LIME = Life-cycle Impact Assessment Method based on Endpoint modeling)⁸⁾の手法を用いた。

3.1.1 前提諸条件の設定

まず LCA の目的に合わせて評価プロセスの範囲、環境負荷物質、影響領域など前提条件を設定する。

(1) 検討対象

本研究では、事業系生ごみを対象として、生ごみを含む一般可燃ごみ 1 t 当たりの処理について、つまり生ごみが資源化される部分と資源化されずに焼却処理される部分とを総合して評価を行う。

シミュレーションモデル地区として、福岡県福岡市を選んだ (表 1)。福岡市は、人口約 150 万の商業都市であり、事業系廃棄物が多い。近年、福岡市は事業系生ごみの資源化を促進するために独自に研究会を立ち上げて検討を行っており、事業系生ごみの資源化に関する社会的ニーズが高い地域である。福岡市内で発生する事業系食品残渣の発生量は、約 8 万 t/年 (平成 20 年度)⁹⁾である。

評価対象となる生ごみの組成については表 2 に示す。

(2) システム境界

本研究では、処理施設等の施設建設、収集や運搬に使

表 1 福岡市データ¹²⁾

人口		1,463,743 人	平成22年度
面積		340.6 km ²	国勢調査
全可燃ごみ排出量		628,280 t/年	
内 訳	家庭系(43%)	271,90 t/年	平成24年度 実績値
	事業系(38%)	239,721 t/年	
	生ごみ(29%)	184,086 t/年	

表 2 ごみの組成^{2), 10)}

	可燃ごみ	生ごみを除いた 可燃ごみ	生ごみ
水分	42.47%	21.90%	80.93%
灰分	5.80%	5.94%	2.84%
可燃分	51.73%	72.16%	16.23%
低位発熱量	2133 kcal/kg	3108 kcal/kg	282 kcal/kg

う運搬車や埋立場の作業車の製造を考慮に入れた（詳細は 3.1.3(9)を参照）。また堆肥については化学肥料代替効果を考慮に加え、エネルギーについては、発電や製油されるまでの年間環境負荷を考慮に入れた²⁾。また、生ごみ資源化に関する他の LCA 研究と同様に、厨芥類起源の CO₂と化石燃料起源の CO₂を区別し、前者を温暖化影響要因としない¹¹⁾。

(3) 影響領域

本研究で採用した影響領域は、「地球温暖化評価」、「酸性化評価」、「廃棄物（廃棄物の埋立による影響）評価」である。施設建設や運搬車などの製造及び各プロセスにおいて温室効果ガスや窒素酸化物、硫黄酸化物が排出されることから、地球温暖化評価と酸性化評価に関する考察は必要である。さらに、近年の埋立場の用地確保が困難になってきていること、埋立場建設による生態系への被害が問題とされていることから、廃棄物評価を考慮することが必要である。

(4) インベントリ項目

各影響領域におけるインベントリ項目は、地球温暖化評価は CO₂、CH₄、N₂O、酸性化評価は NO₂、SO₂、廃棄物評価は埋立量である。そのうえで中・長期までの影響を想定してインベントリを作成した（例：GWP は 100 年値、埋立場の回復年数を考慮等）。

3.1.2 シナリオの設定

本研究における基礎バージョンで設定したシナリオの種類は、生ごみを一般可燃ごみとして焼却する現状処理と 4 種類の生ごみ資源化地域システムについて各 1 種類ずつ、計 5 種類である（表 3）。

① 焼却処理シナリオ

生ごみを可燃ごみと一緒に収集して焼却し、焼却時にエネルギー回収し発電する。

② エコフィード化シナリオ

生ごみを分別収集し、エコフィード化施設で蒸気加熱乾燥をしてエコフィードにし、畜産農家に搬出する。

表 3 評価シナリオとプロセス

シナリオ		プロセス
資源化	焼却処理	収集→焼却→搬出→埋立
	エコフィード化	収集→エコフィード化→搬出
	メタン発酵	収集→メタン発酵→堆肥化→搬出→農地還元
	堆肥化	収集→堆肥化→搬出→農地還元
	覆土助材化	収集→覆土助材化→搬出→埋立

③ メタン発酵シナリオ

生ごみを分別収集して、バイオエネルギー化施設でメタンを発生させて発電し、その後メタン残渣を堆肥化し、農地に還元する。

④ 堆肥化シナリオ

生ごみを分別収集後、堆肥化施設で堆肥化し、堆肥を農地に還元する。

⑤ 覆土助材化シナリオ

生ごみを分別収集後、野積方式で堆肥化し、それを覆土助材として埋立場の覆土として利用し、埋立場の土壤還元化を促す。従来の資源化に不適切な質の悪い生ごみでも利用可能である（福岡大学が実証実験^{6),7)}。

3.1.3 プロセス(過程)

評価対象の各シナリオを構成する各プロセス（過程）は、表 4 の通りである。以下、個別の設定について説明する。

(1) 収集・搬出過程

収集過程の設定は、パッカー車が一般可燃ごみまたは生ごみを収集し、焼却施設または資源化施設に搬入する過程である。①運搬は、4 t パッカー車で、事業系生ごみの収集を行っている会社から提供されたデータより軽油燃費 2.396 km/L ②各資源化施設は、市の焼却施設（東部工場、臨海工場、南部工場、西部工場）に隣接。

搬出過程では 4 t トラックで軽油燃費は 5 km/L²⁾を用いて焼却灰や生成物（堆肥やエコフィード）を埋立場や農地へ輸送する。埋立場までの距離は、各焼却施設から各埋立場までの自走距離（東部工場—伏谷埋立場 3.29 km、臨海工場—東部埋立場 10.97 km、南部工場—伏谷埋立場 22.98 km、西部工場—中田埋立場 10.42 km）とした。福岡市および周辺市町村における土地利用状況を踏まえ、生産された堆肥の農地への還元地としては福岡市の各焼却施設（東部工場、臨海工場、南部工場、西部工場）の半径 10 km 先、エコフィードの還元地としては半径 20 km 先と設定した。1 日のごみ 1 t あたりの走行距離は、ごみの投入量を加味して算定した。

なおメタン発酵シナリオにおいてメタン発酵施設と堆肥化施設は隣接すると仮定し、発酵残渣の堆肥化施設への搬出は考慮に入れない。

(2) 焼却過程

焼却過程の仮定は、全連続式ストーカー炉を用いて、完全燃焼効率は 98.9 %^{2),3)}で、一般可燃ごみの低位発熱

表 4 各プロセス条件

収集過程		
積載重量	4 t/台	
収集距離	各資源化施設は各焼却施設に隣接	
軽油燃費	2.396 km/L	
搬出過程		
積載重量	4 t/台	
搬出距離	埋立地	各焼却場から各埋立地 (3.3 km、23 km、11 km、10 km)
	農地	10 km
	畜産農家	20 km
軽油燃費	5 m/L	
焼却過程		
方法	全連続式ストーカー炉	
完全燃焼効率	98.9%	
発電効率	13.5 % (各焼却施設の平均値)	
NO _x の排出抑制(無触媒脱硝法)	0.71 kg/t	
余熱利用	発電(自家消費、売電)および場外供給 (灯油換算)	
灯油の低位発熱量	8900 kcal/L	
熱回収率	10%	
灯油使用量(各焼却施設の平均値)	1.75 L/t-ごみ	
受電電力(各焼却施設の平均値)	3.75 kwh/t	
発電電力(各焼却施設の平均値)	418 kwh/t	
生ごみを除いた低位発熱量	488 kwh/t	
エコフィード過程		
方法	蒸気加熱乾燥	
処理能力	9.6 t/日	
生産量	2.3 t/日	
天然ガス消費量	679 m ³ /日	
電気消費量	1418 kwh/日	
メタン発酵過程		
方法	連続押し出し流れの横型タンク (ドライ式、高温発酵)	
メタン発生量	73.2 Nm ³ /t	
メタン低位発熱量	8550 kcal/Nm ³	
発電効率	30%	
消費電力	80 kwh/t	
発酵残渣の発生量	生ごみの元素組成によって算出し、残渣からの 脱離水処理に伴うN ₂ Oの排出は、排水処理施設 への流入窒素量にN ₂ 排への変換率(0.1 %)を乗 じて算出。	
脱水残渣の含水率	62%	
ガス燃焼時	10 g-NO _x /t 2.5 g-SO _x /t	
発酵残渣搬出	メタン発酵施設と堆肥化施設は隣接すると仮定	
堆肥化過程		
方法	ピン型スクープ式	
処理能力	17 t/日	
電気消費量	50 kwh/t	
分解ガス中メタン比率	5%	
窒素のN ₂ Oへの転換率	1.25%	
堆肥含水率	30%	
生ごみ原料の分解率	50%	
メタン発酵残渣原料の分解率	15%	
覆土助材化過程		
方法	ホイールローダーによる野積	
処理能力	32 t/日	
軽油消費	0.46 L/t	
堆肥時の環境負荷	堆肥化過程と同値	
埋立過程		
焼却灰重量体積換算係数	0.588 m ³ /t	
軽油消費量	0.736 L/t	
電力消費(浸出水処理)	6.38 kwh/t	
農地還元過程		
化学肥料製造時	3.1 kg- CO ₂ /kg-N 0.176 g-N ₂ O/kg-N 5.98 g-NO _x /kg-N 3.32 g-SO _x /kg-N	
施設、設備に関する算出方法		
粗利益率	建設業: 18 % 製造業: 24.8 %	
年間tあたり環境負荷排出量(kg/t-ごみ・年) ＝施設・機器・基材コスト(千円)÷償却年数(年) ×排出原単位(CO ₂ ・NO _x ・SO _x)(kg/千円)÷ 処理規模(t-ごみ/年)		
年間環境負荷排出量(kg/年) ＝年間tあたり排出量(kg/t-ごみ・年)×年間処理量(kg/t-ごみ・年)		

量は 2570 kcal/kg²⁾、発電効率は 13.5 % (各焼却施設の平均値)¹¹⁾ である。余熱の利用としては、発電および場外供給が行われ、発電量の一部はまず自家消費に充当され、残りが売電されるものとした。場外給湯に利用する余熱は灯油換算を示す。灯油の低位発熱量は 8900 kcal/L²⁾、熱回収率は 10 %²⁾ である。発電量は、対象ごみの低位発熱量に発電効率を乗ずることにより求めた(一般可燃ごみ: 441.1 kwh/t、生ごみを除いた可燃ごみ: 488.0 kwh/t)^{2), 10)}。受電電力(実測値: 8.4 kwh/t)^{16), 17)}、灯油消費量(実測値: 1.91 L/t)^{16), 17)}、焼却由来 CH₄およびN₂O排出量は、ごみ重量に比例する(0.079 g-CH₄/t、0.0493 kg-N₂O/t)^{13), 18)} とした。NO_xの排出抑制は、無触媒脱硝法を用いて、0.71 kg/t²⁾ とした。電力のCO₂排出係数は、平成 24 年度九州電力実排出係数¹⁹⁾を用いた(表 5)。

(3) エコフィード化過程

エコフィード製造方法は、蒸気加熱乾燥で、処理能力は 9.6 t/日とする²⁰⁾。エコフィード生産量は 2.3 t/日²⁰⁾ である。エコフィード製造時の天然ガス消費量は 679 m³/日、電気消費量は 1418 kwh/日である¹⁷⁾。エネルギー消費による CO₂、NO_x、SO_xの排出量はエネルギー消費量に排出原単位(表 5)を乗じて算出した。

(4) メタン発酵過程²⁾

メタン発酵の形式はドライ式(固形分比率約 35 %)、高温発酵(約 55 °C)、連続押し出し流れの横型タンクである。発電量は、メタン発生量(73.2 Nm³/t)、メタン低位発熱量(8550 kcal/Nm³)および発電効率(30 %)を用いて算出した。発電効率は、関連文献およびメーカー情報等を参考にして設定し、規模による効率の変化は軽微なので考慮しない。生成エネルギーおよび電力は所内で使われる。余剰電力は売電される。消費電力は 80 kwh/t とした。発酵残渣の発生量は生ごみの元素組成によって算出し、残渣からの脱離水処理に伴う N₂O の排出は、排水処理施設への流入窒素量に N₂O への変換率(0.1 %)を乗じて算出した。その他の廃水処理負荷は考慮に入っていない。脱水残渣の含水率は 62 %とした。ガス燃焼時 NO_x、

表 5 燃料の排出原単位^{13), 14)}

燃料	単位	排出係数		
		CO ₂	NO _x	SO _x
購入電力	kg/kwh	0.612	0.0003	0.0002
重油A	kg/L	2.71	-	-
灯油	kg/L	2.49	-	-
軽油	kg-CO ₂ /L	2.58	4.74	0.95
天然ガス	kg-CO ₂ /1,000Nm ³	2220	-	-

SO₂の排出量はごみ重量に比例する（10 g-NO₂/t、2.5 g-SO₂/t）とした。

(5) 堆肥化過程²⁾

堆肥化施設の装置は、国内で多く使用されているビン型スクープ式で、処理能力は 17 t/日とする。電気消費量については、堆肥化施設は 50 kwh/t とした。堆肥化の過程で、分解による CH₄、N₂O の排出を考慮した。CH₄の排出量は、分解ガス中メタン比率（5 %）から、N₂O は、厨芥類中窒素量と堆肥化過程での窒素の N₂O への転換率（1.25 %）から算出した。堆肥の生成量については、施設処理の場合では、生ごみの投入量と分解率、堆肥含水率（30 %）を用いて求めた。生ごみを原料とした場合と、メタン発酵残渣を原料とした場合とでは、後者で分解率が低いと考え、C/N 比を勘案してそれぞれに分解率を設定した（生ごみ原料 50 %、残渣原料 15 %）。

(6) 覆土助材化過程

覆土助材化過程では、直径 3 m、高さ 2 m 程度で生ごみ 1 t を含む土饅頭をホイールローダーを用いてひと山 15 分で作り、8 時間稼働すると仮定した。ホイールローダーの燃料消費量は 7.4 L/hour とした。野積堆肥化時に分解による CH₄、N₂O の排出は、上記の堆肥過程の排出量と同値とした。

(7) 埋立過程

埋立場については、地表を埋立場に転換する環境負荷においては、影響領域の廃棄物（生物多様性、一次生産被害、社会資産）として LCA の中で評価されるため、初期造成に関する地表の開発を別途評価しない。ただし地球温暖化評価と酸性化評価については、廃棄物評価とは別として扱い、施設の建設、埋立作業時の重機の使用に伴う軽油消費（0.736 L/t）^{2), 18)}、浸出水処理に関わる電力の消費（6.38 kwh/t）^{2), 18)}について、温暖化効果および酸性化効果の点で評価に際して考慮した。これ以外の環境負荷は考慮していない。CH₄、N₂O の排出は、パラメータの標準値ではゼロとした。

(8) 農地還元過程

堆肥による化学肥料の代替効果として、化学肥料製造時 3.1 kg-CO₂/kg-N¹⁸⁾、0.176 g-N₂O/kg-N¹⁸⁾、5.98 g-NO₂/kg-N¹⁵⁾、3.32 g-SO₂/kg-N¹⁵⁾を計上した。また堆肥の使用場所を畑（酸化的雰囲気）として、CH₄発生はなく、N₂O 排出は堆肥化過程で計上済みとした。

(9) 施設、設備に関する算出方法

処理施設、処理機、運搬車等の建設・製造、および基

材の製造時の環境負荷（温暖化効果・酸性化効果）は、次の計算式で求めた。

年間 t あたり環境負荷排出量 (kg/t-ごみ・年)
＝施設・機器・基材コスト（千円）÷償却年数（年）
×排出原単位 (CO₂・NO₂・SO₂) (kg/千円)
÷処理規模（t-ごみ/年）

年間環境負荷排出量 (kg/年)
＝年間 t あたり排出量 (kg/t-ごみ・年)
×年間処理量（t-ごみ/年）

なお、生産者価格は、表 6 に示した購入価額を粗利益率（建設業：18 %、製造業：24.8 %）⁵⁾で除して計算を行った。施設、設備の製造コストによる排出原単位は「産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）」¹⁵⁾（表 7）を用いた。

3.2 ライフサイクルインベントリ分析 (LCI)

ライフサイクルインベントリ分析 (LCI) とは、各プロセスにおける環境負荷データ、すなわちインプットデータ（投入エネルギーなど）とアウトプットデータ（環境負荷物質の排出）をライフサイクル全体で算出する分析である。

対象とするプロセスにおける、対象の環境負荷を算定

表 6 施設・設備製造データ

	購入費 千円	耐久年数 年	処理能力 t
焼却施設	24,400,000	30	750 / 日
埋め立て施設	21,222,515	30	3,400,000 / 30年
浸出水処理施設	4,798,272	30	3,400,000 / 30年
堆肥化施設	460,476	30	24 / 日
メタン発酵施設	3,279,297	30	55 / 日
ホイールローダー	8,800 / 台	10	31360 / 年
トラック	5,000 / 台	10	4 / 台
パッカー車	10,000 / 台	10	4 / 台

表 7 施設・設備の排出原単位（3EID）¹⁵⁾

3EID部門名	対象施設・設備	排出原単位		
		Mg-CO ₂ /百万円	kg-Nox /百万円	kg-SOx /百万円
299 廃棄物処理(公営)	焼却施設	10.884	15.001	2.587
286 河川・下水道・その他の公共事業	埋立施設	3.650	9.696	2.352
298 下水道	浸出水処理施設	5.994	6.222	14.333
206 その他の一般産業機械及び装置	堆肥化施設	3.592	4.947	2.926
206 その他の一般産業機械及び装置	メタン発酵施設	3.592	4.947	2.926
199 ボイラ	エコフィード化設備	2.967	4.458	2.522
283 非住宅建築(非木造)	エコフィード化施設上屋	3.021	6.014	2.206
202 運搬機械	ホイールローダー	3.102	4.321	2.508
250 トラック・バス・その他の自動車	4tトラック・パッカー車	2.843	4.724	2.924

し、ライフサイクル全体の環境負荷を求める。この実施手順は、システム境界の設定、データ収集、データ処理、インベントリ分析結果の算出である。結果は環境負荷物質ごとに質量等の物量で表される。集計方法は、「積み上げ方式」とする。

3.3 ライフサイクル影響評価(LCA)

次に、以下の手順で LCI を LCA へ転換する。

(1) 分類化

各インベントリデータを影響領域ごとに分類する。今回は、「地球温暖化評価」、「酸性化評価」、「廃棄物評価」の3領域とする。

(2) 特性化

特性化とは、「地球温暖化評価」、「酸性化評価」、「廃棄物評価」といった影響領域ごとに、環境負荷物質のインベントリ分析 (LCI) を単一指標に転換することである。評価算定には、寄与度 (潜在的影響量) を示す特性化係数を用いる。

本研究において地球温暖化評価は GWP100 年値 (CO_2 : 1、 CH_4 : 25、 N_2O : 298)⁸⁾を、酸性化評価は DAP 値を (NO_x : 0.7、 SO_x : 1)⁸⁾、廃棄物評価は単位当たりの容積はシナリオによって変化しないと仮定し、埋立場に占める kg 当たりの容積を用いて特性化を行った。

(3) 統合化

統合化とは、特性化によって導かれた異なる影響領域における環境負荷指標を単一指標に統合することである。ここでは各影響領域の特性化結果に統合化係数を乗じたものの和で算定した。

本研究において地球温暖化評価に対する統合化係数は CO_2 : 6.24⁸⁾、 CH_4 : 167⁸⁾、 N_2O : 1995⁸⁾、酸性化評価に対する統合化係数は、 NO_2 : 0.72⁸⁾、 SO_2 : 1⁸⁾、廃棄物評価に対する統合化係数は、68.03⁸⁾を用いて統合化を行った。

なお、覆土助材化シナリオでは、覆土助材として使用される生ごみ堆肥の微生物の作用によって、表層土壌の改質で3倍程度速く促進された実験結果⁷⁾に基づき、150年間で緑地が復元するという LIME2 の想定に対して3倍程度速く表層面の回復が進むと仮定し、統合化係数(150年で緑地復元: 68.03、50年で緑地復元: 23.95)⁸⁾を設定した。

3.4 基礎バージョン LCA 結果

3.4.1 特性化評価

特性化評価のうち、地球温暖化評価の結果を示す図 2 によると、発電を行うメタン発酵シナリオが最も負荷が小さく、次いで覆土助材化シナリオ、堆肥化シナリオ、焼却処理シナリオ、エコフィード化シナリオの順であった。生ごみが資源化されると、焼却過程でのエネルギー回収が増え、負荷が低減される。しかし、エコフィード過程における運転エネルギーが大きいと、焼却処理シナリオよりもエコフィード化シナリオの方が環境負荷が大きい。

酸性化評価(図 3)では、搬出過程の負荷の割合が大きい。搬出距離が長く軽油消費量の多いエコフィード化シナリオが最も負荷が大きい。負荷が小さい順に覆土助材化シナリオ、メタン発酵シナリオ、堆肥化シナリオ、焼却処理シナリオ、エコフィード化シナリオであった。

廃棄物評価(図 4)では、生ごみの資源化によって埋立場が減るため、資源化シナリオが総じて環境負荷が小さくなっている。

3.4.2 統合化評価

特性化評価結果を踏まえた統合化評価が図 5 である。生ごみ資源化シナリオはすべて焼却処理シナリオより優れていた。これは埋立場における負荷(埋立場消費)が大きく評価されているためである。そして生ごみ資源化の中では、メタン発酵シナリオが最も優れ、以下、堆肥化シナリオ、覆土助材化シナリオ、エコフィード化シナリオの順で負荷が小さい。

4. 社会調査

4.1 社会調査の方法

今回、2014 年 8 月～10 月に福岡市の食品小売業と外食産業に訪問留め置き方式でアンケート調査を行った。配布数は 111 件、回収数 99 件、回収率 89.2 %であった。業種の構成は、食品小売業が 42.9 %、外食産業が 57.1 %であり、規模の構成は、10 人以下の店舗が全体の 50.5 %、11～20 人が 27.5 %、21～30 人が 11.0 %であった(表 8)。

アンケートでは、規模や業種などの基本属性のほか、5 段階評価で生ごみ分別への協力意思(1. 将来的にも分別を検討しない、2. 将来的に分別を協力しても良い、3. 義務化されれば分別協力する、4. 条件が整えば分別協力しても良い、5. 現状で既に分別を行っている)、分別の程

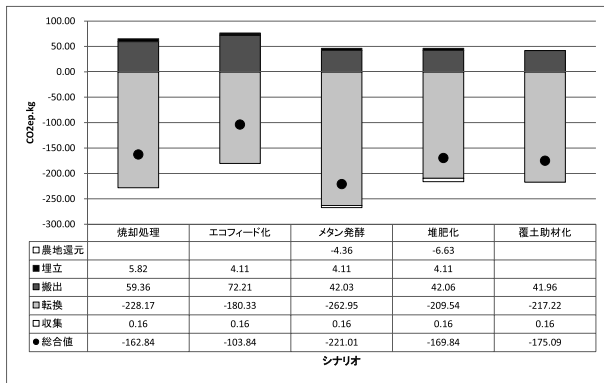


図2 基礎バージョン地球温暖化評価（特性化）

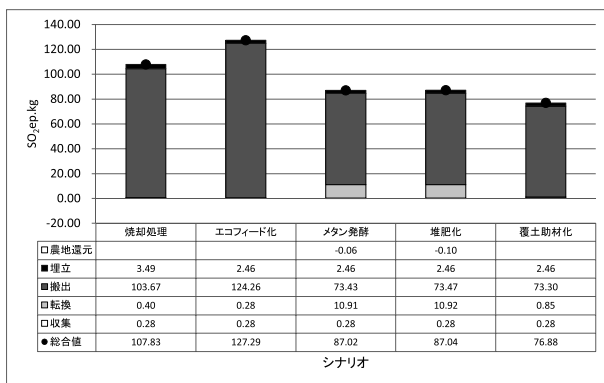


図3 基礎バージョン酸性化評価（特性化）

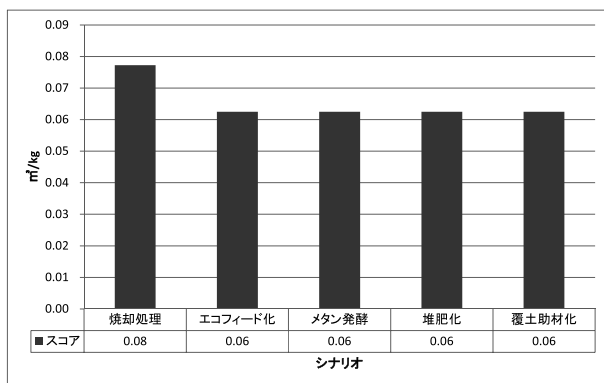


図4 基礎バージョン廃棄物評価（特性化）

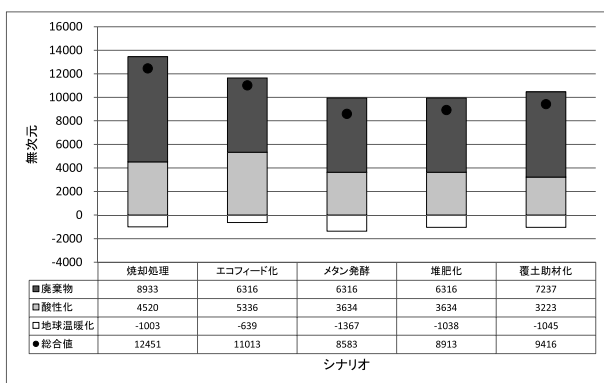


図5 基礎バージョン統合化評価

度に応じた協力意思（生ごみ分別をすると仮定して、どの程度の異物混入を防ぐこと可能か。1. 大きな異物（例：弁当、容器、箸、プラスチックの袋など）、2. 小さい異物（例：紙屑、たばこ、弁当の仕切りなど）、3. 水分（水切り）、4. 腐ったごみ、5. その他）をたずね、それに関連した生ごみ資源化に取り組む場合の条件等をたずねた。

4.2 社会調査の結果

4.2.1 分別協力意思

生ごみ排出事業者の資源化における分別への協力意思に関する結果が表9である。

生ごみ分別の協力意思について、現在生ごみ分別に取り組んでいるのは12.2%であった。そして条件が整えば分別協力しても良いが26.7%、将来的に分別協力しても良いのが17.8%であった。義務化されれば協力してよいと答えたのが35.6%であり、協力しないと答えたのが7.8%であった。義務化されれば協力する、あるいは協力しない事業者は、法的な義務（強制）が発生した場合は生ごみの分別排出をせざるを得なくなる。この義務化された場合に分別する層は、43.3%となる。この義務化で協力する層と現状で実行している層を除いた層は、法的義務をしなくても何らかの政策的対応次第で協力する可能性がある層である。これらは44.4%であった。この調査結果の X^2 （カイ二乗）検定結果は1%水準で有意であった。

4.2.2 分別程度

生ごみを分別すると仮定して、どの程度の異物の混入

表8 アンケート概要

調査方法			業種	
期間	2014.8～2014.10	配布 111件 回収 99件	食品小売業	外食産業
訪問留置法			(回収率89.2%)	
			42.9%	57.1%
従業員数（調査店舗）				
1～10人	11～20人	21～30人	31～40人	40～50人
50.5%	27.5%	11.0%	2.2%	3.3%
				51～人
				5.5%

表9 資源化協力意思

		p<0.01
① 将来的にも分別協力しない	7.8%	x
② 義務化されれば分別協力する	35.6%	
③ 条件が整えば分別協力しても良い	26.7%	y
④ 将来的に分別協力しても良い	17.8%	
⑤ 現状で既に分別を行っている	12.2%	z

①+②→ x 43.3% : 義務化で分別参加

③+④→ y 44.4% : 条件次第で分別参加

⑤→ z 12.2% : 現状で分別参加

を防ぐことが可能か、という分別程度に関する設問の回答が、表 10 である。腐敗物を除去可能としたのは 19.8 %、小さい異物（紙屑、たばこ、弁当の仕切りなど）を除去可能としたのは 33.0 %、大きい異物（弁当、容器、箸、プラスチックの袋など）であれば除去可能としたのは 37.4 %、大きい異物も除去できないとしたのは 9.9 %であった。この調査結果の X^2 (カイ二乗) 検定結果は 1 %水準で有意であった。

分別程度によって資源化方法の利用割合が異なると考えられる。分別程度が腐敗物を除去可能なレベルであれば、新鮮な生ごみを必要とするエコフィード化が可能、小さい異物を除去できるレベルであれば堆肥化およびメタン発酵が可能、大きい異物を除去可能なレベルであれば覆土助材化が可能、除去不可能、すなわち分別できないのであれば、焼却処理されると考えられる（図 6）。

覆土助材化を採用しない従来の資源化方法では、腐敗物の除去、あるいは小さい異物の除去が必要とされるため、腐敗物と小さい異物が除去可能とした 52.7 %の事業者が、資源化の対象となると考えられる。大きい異物だけの除去が可能と答えた 37.4 %の事業者の生ごみは、覆土助材化が採用されれば資源化の対象となる（表 10）。こうして事業系生ごみの資源化率は、資源化に参加する事業者の割合（分別協力意思）を前提とした上で、さら

にその生ごみが実際に資源化できるかどうかという分別程度と採用する資源化方法によって実際には決まる。

5. 実際バージョン LCA

5.1 実際バージョンのシナリオの設定の方法

社会調査の節で説明したように、分別協力意思と分別程度から、資源化率と資源化方法の利用割合が異なってくるために、それらの条件を踏まえて実際バージョンで比較検討するシナリオを設定する。

まず分別協力意思（表 9）から、どのような施策レベルで分別協力するかを想定し、分別程度（表 10）から対応する資源化方法を想定した。それらの対応関係から、資源化に協力する事業者を a b c の 3 つのグループに分類し（表 11）、それらからシナリオを導いた。

まず 3 つの資源化のグループを説明する。

実線枠 a は、事業者が生ごみの分別義務を課さなくとも、条件付きでエコフィード化、メタン発酵、堆肥化に協力する可能性のある事業者の割合を示す。資源化協力意思において、条件次第で分別に参加する可能性があると考えられる「条件が整えば分別協力しても良い」、「将来的に分別協力しても良い」、「現状で既に分別を行っている」からなり、分別程度において、現状の資源化方法の対象である「腐敗物を除去」と「小さい異物を除去」からな

表 10 分別程度 p<0.01

腐敗物を除去可能	19.8%	→	エコフィード化
小さい異物を除去可能	33.0%*1	2.0% →	メタン発酵
		31.0% →	堆肥化
大きい異物を除去可能	37.4%	→	覆土助材化
除去不可能	9.9%	→	焼却処理

*1 現状の資源化割合からメタン発酵と堆肥化に割り振る

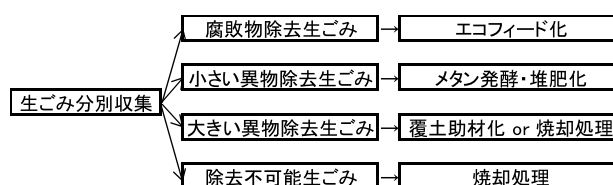


図 6 分別程度と資源化方法の関係

表 11 資源化協力意思と分別程度のクロス集計

p<0.2

		資源化協力意思					合計
		将来的にも分別協力しない	義務化されれば分別協力する	条件が整えば分別協力しても良い	将来的に分別協力しても良い	現状で既に分別を行っている	
分別程度	腐敗物を除去可能 (エコフィード化)	0.0%	9.3%	1.2%	3.5%	3.5%	17.4%
	小さい異物を除去可能 (メタン発酵・堆肥化)	3.5%	14.0%	9.3%	2.3%	3.5%	32.6%
	大きい異物を除去可能 (覆土助材化)	2.3%	8.1%	12.8%	11.6%	4.7%	39.5%
	除去不可能 (焼却処理)	2.3%	3.5%	2.3%	1.2%	1.2%	10.5%
合計		8.1%	34.9%	25.6%	18.6%	12.8%	100.0%

る。

点線枠 b は、事業者にごみの分別義務を課さなくとも、条件付きでエコフィード化、メタン発酵、堆肥化、さらに覆土助材化に協力する可能性のある事業者の割合を示す。資源化協力意思において、条件次第で分別に参加する可能性があると考えられる「条件が整えば分別協力しても良い」、「将来的に分別協力しても良い」、「現状で既に分別を行っている」からなり、分別程度において、現状の資源化方法の対象である「腐敗物を除去」と「小さい異物を除去」、さらに「大きい異物を除去」からなる。

点線枠 c は、事業者にごみの分別義務を課したときの、エコフィード化、メタン発酵、堆肥化、さらに覆土助材化に協力する可能性のある事業者の割合を示す。義務化によりすべての資源化協力意思で参加する「将来的にも分別協力しない」、「義務化されれば分別協力する」、「条件が整えば分別協力しても良い」、「将来的に分別協力しても良い」、「現状で既に分別を行っている」からなり、分別程度において、現状の資源化方法の対象である「腐敗物を除去」と「小さい異物を除去」、さらに「大きい異物を除去」からなる。

標本数が限られるために、表 11 のクロス集計は χ^2 (カイ二乗) 検定で統計有意とならなかった。しかしながら表 11 のもととなる表 9 と表 10 は有意であったことを踏まえ、本研究では、この調査結果について、限界はあるが一定の意味を有する数字として捉え、以下の実際バージョンの LCA に用いることとする。

資源化方法の利用割合の設定については、現状シナリオでは現在の福岡市の状況⁹⁾を反映することとし、その他のシナリオは(表 10)の比率から設定を行った(図 7)。

以上を踏まえて、「現状シナリオ」、「条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ」、「条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ」、「義務化シナリオ」の 4 種を設定した(図 8)。設定については「5.2 実際バージョンのシナリオの設定」で述べる。

なお、表 9、表 10 の値と、表 11 の合計値が一致していないが、それはクロス集計にしているために、表 11 は資源化協力意思(表 9)の設問と分別程度(表 10)の設問の両方を同時に回答している事業者が対象となっているからである。シナリオは表 11 の枠線内の値を用いている。

5.2 実際バージョンのシナリオの設定

実際バージョンのシナリオの設定を以下のように行った。

① 現状シナリオ

表 9 の現状で既に分別を行っている割合より資源化率 12.2 %とし、残りは焼却処理されるとした。現在の福岡市の資源化方法を踏まえ、80.0 %がエコフィード化、

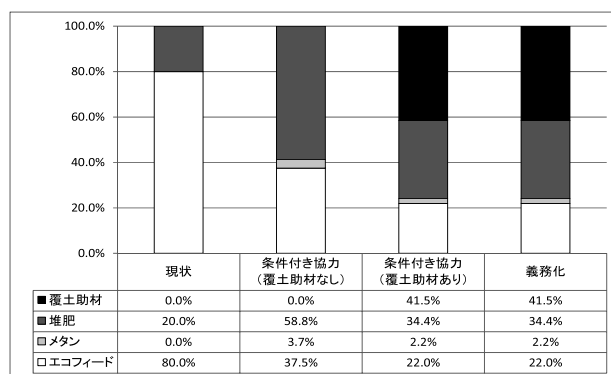


図 7 各シナリオの資源化方法の利用割合

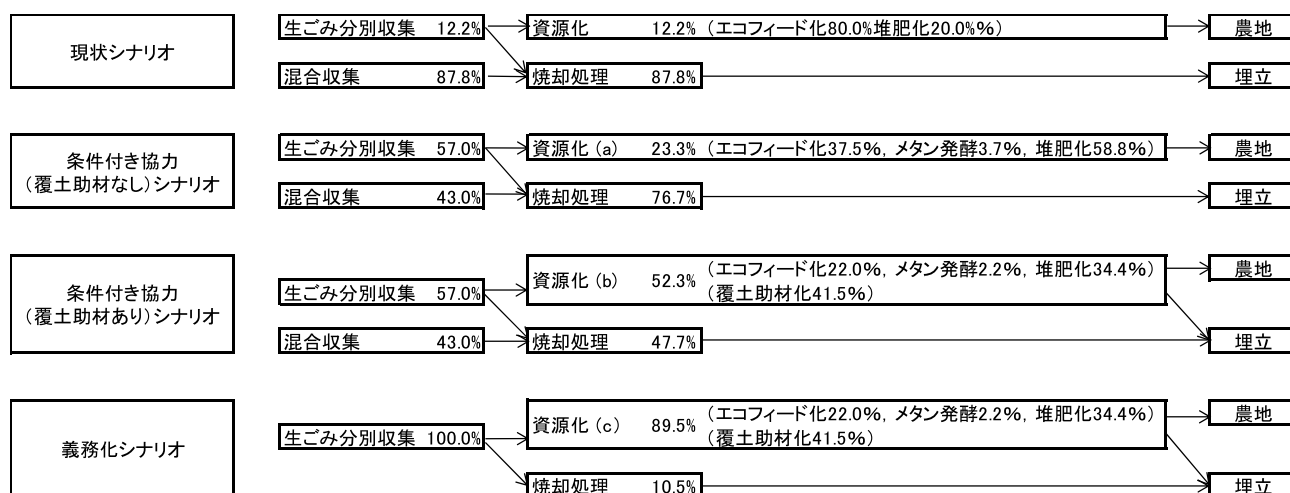


図 8 実際バージョンのシナリオとプロセス

20.0 %が堆肥化とした（図7、図8）。

② 条件付き協力（覆土助材なし）シナリオ

「腐敗物」と「小さい異物」を除去可能でかつ、「現状で既に分別を行っている」、「条件が整えば協力しても良い」、「将来的に分別協力しても良い」事業者割合より資源化率 23.3 %（表 11）とし、残りは焼却処理されとした。資源化方法の利用割合は、37.5 %がエコフィード化、3.7 %がメタン発酵、58.8 %が堆肥化とした（図7、図8）。

③ 条件付き協力（覆土助材あり）シナリオ

「腐敗物」、「小さい異物」、「大きい異物」を除去可能でかつ、「現状で既に分別を行っている」、「条件が整えば協力しても良い」、「将来的に協力しても良い」事業者割合より資源化率 52.3 %（表 11）とし、残りは焼却処理されとした。資源化方法の利用割合は 22.0 %がエコフィード化、2.2 %がメタン発酵、34.4 %が堆肥化、41.5 %が覆土助材化とした（図7、図8）。

④ 義務化シナリオ

全事業者で分別収集を行う仮定で、資源化率 89.5 %（表 11）とした。9.9 %は、義務化されても、大きい異物を分別せずに生ごみを排出すると想定される事業者の割合で、それらの生ごみは焼却せざるを得ない。資源化方法の利用割合は 22.0 %がエコフィード化、2.2 %がメタン発酵、34.4 %が堆肥化、41.5 %が覆土助材化とした（図7、図8）。

5.3 実際バージョン LCA 計算方法

実際バージョンの LCA は、100 %資源化の前提での各資源化方法の LCA である基礎バージョン（資源化率 100 %で資源化方法ごと）を前提に、想定される資源化率（図8）と各資源化方法の利用割合（図7）とを乗じて総計した。

なお焼却過程においては、生ごみ資源化率の増加につれ、可燃ごみの低位発熱量が上がっていくことを考慮に入れた。

5.4 実際バージョン LCA 結果

5.4.1 特性化

地球温暖化評価(図9)では、最も負荷が小さかったのは、条件付き協力（覆土助材あり）シナリオであり、次に条件付き協力（覆土助材なし）シナリオ、義務化シナリオ、現状シナリオの順となった。資源化率が最も高い義務化シナリオが最も負荷が小さくならなかった理由は、資源化率が上昇するほど、焼却処理とメタン発酵の負荷は小

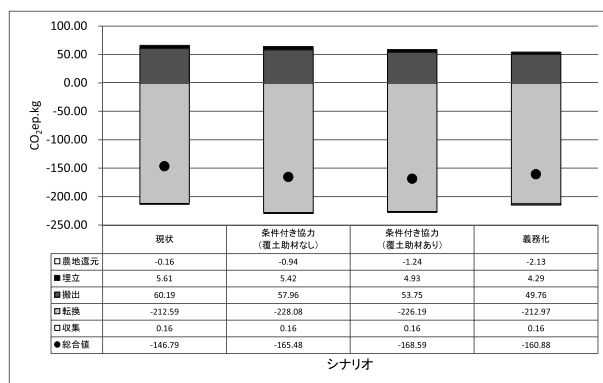


図9 実際バージョンの地球温暖化評価（特性化）

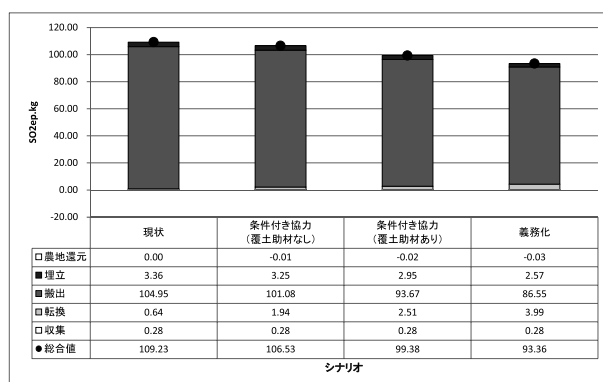


図10 実際バージョンの酸性化評価（特性化）

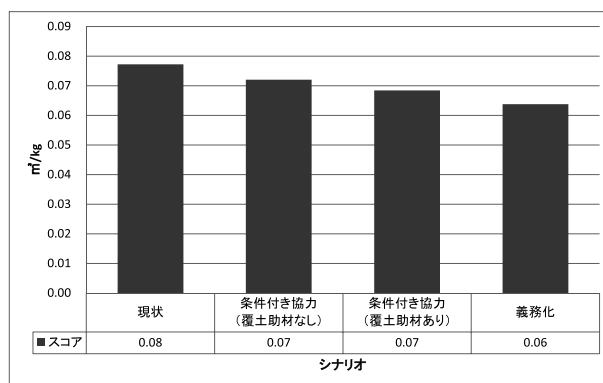


図11 実際バージョンの廃棄物評価（特性化）

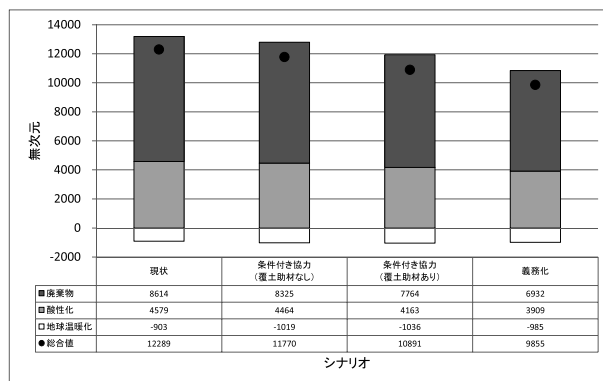


図12 実際バージョンの統合化評価

さくなるが、エコフィード化、堆肥化、覆土助材化は資源化率が上昇するほど負荷が大きくなることから、義務化シナリオにおいて、資源化率の上昇による焼却処理とメタン発酵の負荷低減効果よりも、エコフィード化、堆肥化、覆土助材化の負荷増加が大きくなったためである。

酸性化評価(図 10)では、最も負荷が小さいのが義務化シナリオ、次に条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ、条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ、現状シナリオの順となった。この理由は、資源化率が上昇するほど、すべての処理方法において負荷が低減されるため、資源化率が高いシナリオほど負荷が小さくなったためである。

廃棄物評価(図 11)では、最も負荷が小さいのが義務化シナリオ、次に条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ、条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ、現状シナリオの順となった。この理由は、資源化率が上昇し、埋立量が減るほど負荷が小さくなるためである。

5.4.2 統合化

統合化評価(図 12)では、最も負荷が小さいのが義務化シナリオ、次に条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ、条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ、現状シナリオの順となった。この理由は、資源化率が上昇し埋立量が減るほど負荷が低減されることに加え、覆土助材利用により埋立場の表層回復が早まるからである。

6. 考察

以上の結果から以下のことが分かった。

(1)基礎バージョン LCA について

基礎バージョンの特性化評価における地球温暖化評価では、負荷が小さい順にメタン発酵シナリオ、覆土助材化シナリオ、堆肥化シナリオ、焼却処理シナリオ、エコフィード化シナリオであった(図 2)。酸性化評価では、負荷が小さい順に覆土助材化シナリオ、メタン発酵シナリオ、堆肥化シナリオ、焼却処理シナリオ、エコフィード化シナリオであった(図 3)。廃棄物評価では、焼却処理シナリオが最も負荷が大きく、その他生ごみ資源化シナリオは同値で焼却処理シナリオより負荷が小さかった(図 4)。統合化した結果では、では生ごみ資源化シナリオはすべて焼却処理シナリオより優れており、資源化方法では負荷が小さい順にメタン発酵シナリオ、堆肥化シナリオ、覆土助材化シナリオ、エコフィード化シナリオであった(図 5)。覆土助材化シナリオは、化学肥料代替

効果やエネルギー回収等がないにもかかわらず、施設等の建設・運用負荷がないために、地球温暖化評価や酸性化評価において、焼却処理よりも優れているだけでなく、堆肥化シナリオ等よりも優れた位置にあることが分かった。

(2)社会調査について

福岡市の生ごみを排出する小口事業者へのアンケート結果から、生ごみ資源化への分別協力意思(表 9)は、現状で取り組んでいる層(12.2%)、条件次第で取り組む可能性がある層(44.4%)、義務化されれば取り組む層(43.3%)に分かれ、さらに分別程度(表 10)も、エコフィード化に適した腐敗物を除去した生ごみを出せる層(19.8%)、堆肥化・メタン発酵に適した小さい異物を除去した生ごみを出せる層(33.0%)、覆土助材化に適した大きい異物を除去した生ごみを出せる層(37.4%)、異物除去ができず焼却処理のみ可能な層(9.9%)に分かれることが分かった。つまり、地域の実際的な資源化率は事業者の分別協力意思と分別程度で決まると考えられ、地域の生ごみ資源化を上げていくには、排出事業者が分別に協力するための条件を整えたり、分別に法的義務を課したりすることに加え、分別程度の「大きい異物除去」の層を取り込む覆土助材化を加えることが有効であることが分かった。

地域で事業系生ごみの資源化計画を立案する場合には、こうした事業者の協力意思(資源化参加と分別程度)について把握しておくことが重要であると考えられる。今後事業系生ごみの資源化を進めていく際には、再生資源化業者の誘致や排出事業者のネットワーク形成が課題となるであろう。そこにおいて、再生資源化業者が採用している資源化方法に適した生ごみの潜在量把握が必要となり、さらには排出事業者のネットワークの形成によって効率的な収集・資源化システムの構築が必要となる。今回実施したアンケートによる排出事業者の分類は、こうした意味で事業系生ごみ資源化の地域システムの構築にとって基盤となる情報となると考えられる。

(3)実際バージョン LCA について

本研究では社会調査結果から、資源化率と資源化方法の利用割合を求めて、実際バージョン LCA を実施した。その結果、環境負荷が小さい順に「義務化シナリオ」、「条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ」、「条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ」、「現状シナリオ」となった。

今回の実際バージョン LCA において、資源化率が上が

るほど、環境負荷は低減することが示され、最も環境負荷が少ないのは、資源化を事業者に義務付けるシナリオであった。事業系生ごみの資源化を強力に進めていくことが環境面からは重要であろう。この義務化シナリオが現実性を持ちうるのは、今まで資源化できなかった不良生ごみの資源化が、覆土助材を採用することによって可能になるからである。

そして覆土助材化を採用しなかった「条件付き協力(覆土助材なし)シナリオ」と、覆土助材化を採用した「条件付き協力(覆土助材あり)シナリオ」を比べると、覆土助材化を採用した方が、環境負荷が低減することが示された。すなわち、粗い分別でも資源化が可能な覆土助材化を採用すれば、生ごみの資源化率を上げる様々な政策の幅が広がり、環境負荷が低減される。さらに覆土助材利用は、再生資源化業者が利用できなかったものを、覆土助材化の処理場に持ち込むことを可能にするので、再生資源化業者が不良生ごみを抱えるリスクを低減し、さまざまな排出事業者を積極的に自らの資源化ネットワークに取り込むことを促進する可能性がある。それによって再生資源化業者の経営上の負担の軽減となることも予想される。したがって、生ごみ資源化を進める政策的な展開が何らかの事情で停滞した場合でも、民間レベルで事業系生ごみの資源化を促進する効果を持ちうる可能性がある。

7. まとめ

家庭系生ごみは自治体が一元化して処理するため、一つの資源化方法を地域全体に適用してシステム構築を行うが、事業系生ごみの場合は、基本的に民間事業者ベースで資源化が行われるため、複数の資源化方法が並立する上、事業者によって排出生ごみの質が大きく異なり利用対象の資源化方法が異なるなど、家庭系生ごみとは事情が全く異なる。これまでそうした事情を踏まえた研究および地域政策が十分展開されてこなかった。

したがって、本研究では社会調査を実施し、排出事業者の行動特性と資源化方法との関係を分析し、それらに基づいた地域システムのシナリオについてLCAを行うという方法を提案した。

今回、小口の生ごみ排出事業者の行動特性に焦点を当て、事業者によって生ごみ分別収集への協力の有無および異物除去の程度が異なること、収集される生ごみの質によって対応する資源化方法が異なること、単一の資源

化方法ではなく複数の資源化方法が地域内で併存している等の条件を考慮した、現実的な地域の事情を組み込んだLCAのシミュレーションを行った。

生ごみ排出事業者は、現状で生ごみ分別をしている層、条件次第で分別を行う層、義務化されれば分別に参加する層に分かれていることが分かり、分別程度も細かい分別が出来る層と、粗い分別なら出来る層、分別不可能な層に分かれていることが分かった。そして、生ごみの形状によって、可能な資源化方法は異なるため、地域で事業系生ごみの資源化計画を立案する場合に、事業者の資源化参加と分別程度について把握しておくことが重要であることが分かった。これは、方法および結果の両面において、地域の資源化システムの構築を進める上で有益と考えられる。

さらに本研究は、不良生ごみの資源化方法として覆土助材利用を取り上げて、はじめて環境評価を実施した。

覆土助材利用は、粗い分別しかできない事業者を資源化協力の枠組みに取り込むことを可能にし、さらに環境負荷の低減を可能にすることが判明した(表10、図5)。粗い分別を認める覆土助材化を入れなければ、小口事業者の資源化率を上げていくことは難しいであろう。すなわち、質の悪い生ごみの資源化先の確保は重要である。

細かい生ごみの分別の義務を事業者に貸すことは現実的には難しい。しかし、既存の資源化方法に加え、大きな異物を除去するだけでよい覆土助材化を採用すれば、事業者が粗い分別を許容することになり、ほとんどの事業者が分別に協力し、ほとんどの生ごみを資源化することができる。今回、実際バージョンLCAにおいて覆土助材利用を組み込んだ「義務化シナリオ」が最も環境負荷が小さかった。つまり、義務化という強力な施策を推進することは環境面から意義がある。義務化がされない場合も、インセンティブを含め積極的な政策展開で資源化を進めて行くうえで、覆土助材化が優位であることが分かった。

覆土助材化は、環境評価で優位であるだけでなく、生ごみの質の確保という、資源化を進めるうえでのハードルを下げ、政策を大胆に進めることを可能にするであろう。

事業系生ごみの資源化は、複数の再生資源化業者、さまざまな排出業者、自治体が協力する中で、地域の資源化システムを複数立ち上げていくこととなろう。排出事

業者の特性と資源化事業者の特性とをうまくつなぐ地域ネットワークの形成が課題となろう。

本研究は事業系生ごみの資源化を前進させていくために実際の地域条件を考慮したLCA研究として一定の意味があると考えられる。今後は小口排出事業者へのアンケート調査の標本数を拡充して、今回の結果を検証していく必要があろう。

最後に、本研究に対して丁寧にご助言をいただいた、ふくおか環境財団、福岡大学立藤（田中）綾子教授に謝意を表したい。

参考文献

- 1) e-Stat 政府統計の総合窓：食品ロス統計調査確報平成24年度食品循環資源の再生利用等実態調査報告，2012，
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001119725>
- 2) 高月紘：廃棄物の処理・処分に伴う温暖化ガス発生量のライフサイクル分析手法による定量化，科研費補助金基盤研究(C)(2)課題番号10680543，2000
- 3) 平井康宏，村田真樹，酒井伸一，高月紘：食品残渣を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント，廃棄物学会論文誌，2001，12巻，5号，pp.219-228
- 4) 平井康宏，酒井伸一，高月紘：温室効果ガスの視点から見た厨芥処理方式の評価，京都大学環境保全センター，1999
- 5) 劉玉紅，近藤加代子：LCA手法による家庭系生ごみ処理の地域システム評価-コンポストの普及率等の実際の条件を考慮した分析，廃棄物学会論文誌，2008，19巻2号，pp.110-119
- 6) 松藤康司，立藤綾子：食品循環資源のバックアップとしての覆土助材化，土と微生物/日本土壌微生物学会，2005，巻59，2号，pp.103-107
- 7) 立藤綾子，松藤康司：堆肥化物の覆土利用による焼却残渣主体の埋立場の土壌還元化，環境技術，2009，巻38，4月号，pp.262-268
- 8) 伊坪徳宏，稲葉敦：LIME2-意思決定を支援する環境影響評価指標，(社)産業環境管理協会，2010
- 9) 福岡市事業系食品循環資源リサイクル研究会：福岡市における食品リサイクルの現状、課題および対応策，2010
- 10) 田原聖隆，稲葉敦，坂根優，小島紀徳：都市ごみ処理における生ごみ分別処理の効果，2004，廃棄物学会論文誌，15巻，4号，pp.276-282
- 11) 環境省：一般廃棄物処理実態調査 平成24年度調査結果，
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h24/index.html
- 12) 福岡市環境局：ふくおかの環境・廃棄物データ集平成25年度報告書，2013
- 13) 環境省：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(試案ver1.6)(平成17年7月28日一部改定)，2005
- 14) 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数覧，
<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran.pdf>
- 15) 国立環境研究所：産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)，
<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/datafile/embodied/1995/399.htm>
- 16) 福岡市環境局施設部：平成24年度施設部 環境報告書，2014
- 17) 福岡市環境局施設部：平成24年度西部工場 環境レポート，2014
- 18) 酒井伸一，平井康宏，吉井克彦，出口晋吾：バイオ資源・廃棄物の賦存量分布と温室効果ガスの視点からみた厨芥利用システム解析，廃棄物学会論文誌，2005，16巻，2号，pp.173-18
- 19) 環境省報道発表資料：平成24年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について(お知らせ)，2013，
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17512&mode=print>
- 20) 川島知之：食品残さの飼料化による環境負荷低減化，農業・食品産業技術総合研究機構，2008
- 21) 財団法人東京市町村自治調査会：LCAとコストからみる市町村廃棄物処理の現状(全6回)，都市と廃棄物，2004，34巻3-10号
- 22) 近藤加代子：家庭系生ごみ資源化の経済効率にかんする調査，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，2005，pp.123-125