【論 文】

地方都市における自家処理の評価

—— 自家処理の実態把握とその環境的・経済的效果の分析 ——

田 畑 智 博*・井 原 智 彦*・中 澤 廣**・玄 地 裕*

【要 旨】 本研究では、岩手県県央地域を対象とし、ごみ細組成調査により自家処理の実施量や実施方法の実態把握を行った。また、地域のごみ排出特性やごみ処理構造を踏まえ、一般廃棄物処理システムからみた自家処理実施の環境的・経済的效果を評価した。ごみ細組成調査の結果、自家処理の方法の大部分は生ごみ類のコンポストであり、年間の家庭ごみ排出原単位は525 g/(人・日)、自家処理原単位は90g/(人・日)であった。自家処理世帯に着目した場合、現状ではごみ処理量の1.9%が自家処理されていること、さらにごみ処理量の6.9%を追加で自家処理可能であることを示した。これらを踏まえ、自家処理の実施方法に関する分析を行った結果、生ごみ処理容器で自家処理を徹底する場合、現状よりもGHG排出量を2.6%、最終処分量を6.2%、コストを6.5%削減できること、電動生ごみ処理機で徹底する場合、堆肥化時の電力消費の変動分が大きく、GHG、SO_x、NO_x、コストで不利になることが示された。

キーワード：循環型社会、自家処理、ごみ細組成調査、ライフサイクルインベントリ分析

1. は じ め に

廃棄物処理計画やごみ処理広域化などの施策を策定する際、どのような対策が廃棄物処理に伴う環境負荷やコストの低減に寄与するかを検討することが必要である。この際重要となるのが、地域内で排出されるごみの量や種類を、可能な限り正確に把握することである。廃棄物処理対策として自家処理に着目すると、環境省¹⁾の実態調査では、ごみ総排出量に占める自家処理量の割合は、全国平均では0.2%であるが、農村部ではその割合が高く、50%を超える自治体もある。このことから、都市部と農村部が混在する地方で循環型社会を論じる際には、自家処理をごみ処理の一部として位置づけるのが適当である。しかしながら、環境省¹⁾の実態調査では自家処理

量の算定方法は一意的に定まっておらず、自家処理の実施量や実施方法など、その実態はほとんどわかっていない。そのため、自家処理の普及が、地域の一般廃棄物処理システムからみて環境的・経済的負担の削減にどれだけ資するか、また、自家処理をやめた場合に自治体の処理の負担がどれだけ増すのかについて、あまり議論されていないのが現状である。このことから、地域における自家処理の実施量を把握することで、自家処理の実施に伴う一般廃棄物処理システム全体での環境・経済的效果を検討する必要がある。

自家処理に関する既往研究はそれほど多くはないが、たとえば山川ら²⁾は滋賀県守山市を対象として、1996年時点での自家焼却ごみ量を推定している。しかし、焼却以外にも自家処理の方法は存在すること、2001年の廃棄物処理法の改正により、現在は家庭での野焼きが原則禁止であることを勘案すると、現在は状況が大きく異なっており、新たな調査が必要である。また、平井ら³⁾、田原ら⁴⁾、山本ら⁵⁾、筑井⁶⁾、劉ら⁷⁾は、生ごみ類の自家処理を環境的・経済的側面から評価しているが、実際の地域のごみ排出特性やごみ処理構造を考慮した評価が十分に行われておらず、地域において自家処理を実施していくことの意義やその効果を論じるには不十分である。

原稿受付 2008.5.7 原稿受理 2008.10.31

* 側産業技術総合研究所 安全科学研究部門

社会とLCA研究グループ

** 岩手大学大学院工学研究科 フロンティア材料機能工学専攻
連絡先：〒305-8569 つくば市小野川16-1

側産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会とLCA研究グループ

田畑 智博

E-mail: tabata.tomohiro@aist.go.jp

そこで本研究では、岩手県県央地域をケーススタディとして、自家処理の実態把握を行うとともに、ライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment, LCA）手法を用いて一般廃棄物処理システムからみた自家処理の環境負荷・コスト削減効果を評価することを目的とする。本研究では、地域のごみ排出特性・ごみ処理構造を加味した分析を実施するため、家庭を対象としたごみ細組成調査を実施するとともに、当該地域の廃棄物処理プロセスを対象としたデータ収集、およびライフサイクルインベントリ（Life Cycle Inventory, LCI）の作成を行った。

2. ごみ細組成調査について

2.1 対象地域と調査の概要

対象地域は、岩手県県央地域の8市町村である（図1）。本地域を選定した理由として、本地域は盛岡市を中心として都市部と農村部が混在した地域であり、ごみ処理広域化の一ブロックとされていることから、本地域を一体として対象とするのが適当であると判断したためである⁸⁾。2005年度における県央地域の総人口は約486,000人、ごみ計画収集量は約176,000 tonであり、それぞれ岩手県全体で3割強の割合を占めている¹⁾。自家処理量は、環境省¹⁾の実態調査では、1998年度は約8,400 ton、2005年度は約290 tonと、年々減少している。

モニターの選定方法としては、自家処理の実態把握に主眼を置いていたため、自治体を通じて自家処理をしている世帯としていない世帯が半々になるように募集した。

図1 研究の対象地域

調査に協力していただいた世帯は各市町村で10世帯程度、計77世帯である。調査は、春期、夏期、秋期、冬期の各2週間でいった。表1に調査の概要を示す。

調査手順を、以下に示す。

- (1) 各期の調査実施前にモニターに、はかり（春期のみ）、袋、調査票等を渡す。
- (2) モニターが期間中に排出したごみを種類別（表2）に分類し、計量してもらう。
- (3) 計量したごみを、処理方法別で分け、重量を調査票に記入してもらう。処理方法は、自治体による処理（焼却ごみ、不燃ごみ、粗大ごみ等）、民間事業者等による処理（集団回収、スーパーでの回収等）、家庭内での処理（自家処理）である。同じごみでも処理方法が異なる場合は、処理方法別に重量を記入してもらう。
- (4) 期間中、(2)と(3)の作業を繰り返す

表1 ごみ細組成調査の概要

調査市町村	岩手県県央地域の8市町村
モニター数	77世帯（春期のみ、1市町村が不参加のため67世帯）
調査期間	春期：2007年6月4日～6月17日（一部6月11日～6月24日） 夏期：同年8月17日～9月2日（一部8月24日～9月9日） 秋期：同年10月22日～11月4日 冬期：同年12月3日～12月16日 ・各期とも2週間
調査項目	(1)世帯属性 世帯数、年齢、住居構造、庭・農地の有無、自家処理の有無、自家処理の方法など (2)ごみ排出特性 ごみ排出量（種類別、処理方法別など）
配布物品	はかり（ごみ計量用）、袋（ごみ分類用）、ごみ細組成調査マニュアル、調査票、アンケート票など
調査票回収数	春期：66世帯（回収率：99%）、夏期：75世帯（回収率：97%）、秋期：73世帯（回収率：95%）、冬期：74世帯（回収率：96%）

表2 ごみの分類

品目	対象となるごみ
a 生ごみ類	野菜くず、果物の皮、残飯など
b 木くず類	枯木、枯葉、割り箸など
c 布類	衣類、タオルなど
d ゴム・皮革類	皮靴、ベルト、ゴム手袋など
e その他可燃物	紙くずなど、その他の可燃物
f 紙製容器包装ごみ	紙袋、お菓子などの包装箱、包装紙、牛乳・ジュースの紙パックなど
g 古紙類	新聞紙、折込広告、雑誌、印刷用紙、DM、パンフレット、ダンボールなど
h PETボトル	PETボトル
i プラ製容器包装ごみ	発砲スチロール製トレイ、カップ麺の容器、菓子袋、包装用紙、洗剤の容器など
j その他プラ類	その他のプラ類
k びん類	ビールびん、一升びんなど
l 缶類	スチール缶、アルミ缶など
m その他不燃物	ガラス類、金属類、陶器、危険ごみなど

なお、計量の頻度は、モニターの負担等を考慮して特に設定せず、モニターの都合のよいタイミングで実施してもらうようにした。表1に調査票の回収数を示す。以上により得られた結果から、年間での、市町村別の1人1日あたりごみ排出原単位を算出した。算出方法としては、まず、各期のごみ排出原単位を、各モニターの世帯構成人員の割合で加重平均して算出した。次に、年間のごみ排出原単位を、各期のモニター世帯数の割合で加重平均して算出した。

2.2 調査結果

表3にモニターの世帯属性を示す。世帯人数別の割合は10~20%と、比較的世帯数の偏りが少ない結果となっている。なお、今回調査した世帯の平均世帯人数は3.7人/世帯であった。これに対し、国勢調査における当該地域の平均世帯人数は3.0人/世帯である⁹⁾。このように平均世帯人数に差がみられるものの、当該地域の大きなごみ排出の傾向は押さえられるものと考え、調査を行った。住居形態は、一戸建住宅に居住する世帯が90%、集合住宅が10%となった。このうち、自家処理を行っている世帯は45%である。これは、前述したモニターの募集方法による。自家処理実施世帯の住居形態をみると、その97%が、一戸建住宅に居住していた。このことから、自家処理は一戸建住宅に居住する世帯で多く実施されていることがわかる。自家処理の方法としては、全体の70%がコンポスト（生ごみ処理容器：63%、電動生ごみ処理機：7%）による処理であり、それ以外は庭・農地に埋める（12%）、ペットのエサにする（2%）等があった。

図2に、県央地域全体での家庭ごみの組成別排出原単位を示す。凡例の記号は、表2のごみの品目と連関している。図2(a)の季節別でみた家庭ごみ排出原単位は484~611 g/(人・日)であり、夏期が最も排出が多く、秋期と冬期が少なかった。年間とは、季節別の結果を季節別の参加世帯数で加重平均した結果であり、525 g/

(人・日)となった。夏期にごみ排出原単位が大きくなる要因としては、生ごみ類が他の季節に比べて多く排出されているためである。組成別では、年間値で生ごみ類が37%、紙類（紙製容器包装 + 古紙類）が24%であった。これらは全体の61%と大きな割合を占めている。参考として、千葉市¹⁰⁾が2005年度に本研究と同様の方法で行った調査では、ごみ排出原単位は683 g/(人・日)であり、県央地域の方が150 g/(人・日)程度少ない結果となっている。千葉市では生ごみ類が全体の22%と県央地域より少ないのに対し、紙類は43%と非常に大きい。プラ類、びん・缶類などその他のごみの割合は、千葉市、県央地域とも大きく変わらないことから、生ごみ類と紙類が両地域のごみ排出量の差に影響を及ぼしているといえる。

図2(b)の世帯人数別でみた家庭ごみ排出原単位は、1人世帯が最も排出原単位が少なく、2人世帯が最も多

(a) 季節別

(b) 世帯人数別

図2 家庭ごみ排出原単位（組成別）

表3 世帯属性

世帯人数	1人 (11%), 2人 (21%), 3人 (13%), 4人 (22%), 5人 (13%), 6人 (12%), 7~9人 (7%)
住居形態	・一戸建住宅 (90%) うち、庭・農地を所有 (92%) ・集合住宅 (10%) うち、庭・農地を所有 (0%)
自家処理の有無	・あり (45%) うち、一戸建住宅 (97%), 集合住宅 (3%) ・なし (55%)
自家処理の方法	生ごみ処理容器 (63%), 電動生ごみ処理機 (7%), 庭・畑に埋める (12%), その他 (18%)

図3 家庭ごみ排出原単位（処理方法別）

くなったが、3人世帯以上は順に減少する傾向がみられた。

図3に家庭ごみのごみ処理方法別排出原単位を示す。自家処理量は、季節別では74～115 g/(人・日)、年間では90 g/(人・日)であり、夏期が最も多かった。これは、後述するように生ごみ類の自家処理量が多いことと関係していると考えられる。前掲の千葉市¹⁰⁾の調査では9 g/(人・日)であり、今回の結果の10分の1と非常に少ない。サンプル数が異なるため単純な比較はできないが、首都圏に近い都市部に比べて、農村部と都市部が混在する地方では自家処理ができる余地があることが伺える。

自家処理されるごみの組成をみると、95%が生ごみ類、5%が木くず類であり、自家処理されるごみの大部分が生ごみ類であることがわかった。

3. 自家処理の環境的・経済効果の評価

3.1 ケースの設定

2.の結果を踏まえ、県央地域の各自治体の一般廃棄物処理システムに対する自家処理の環境負荷面、コスト面の評価を行う。ここでは、自家処理の実施方法に関する以下の3つのケースを作成した。

・ケース1 (Case1; 現状維持)

評価のベースラインであり、現在行われている処理方法を維持し続けるとする。すなわち、生ごみ類は、一部が自家処理され、残りは可燃ごみとして焼却・溶融に回される。なお、ごみ細組成調査では、自家処理の方法として複数の回答があったが、その中でも多く用いられていた、生ごみ処理容器（以下、容器）、電動生ごみ処理機（以下、処理機）の2種類による自家処理を想定する。

・ケース2 (Case2; 自家処理をやめる)

現在実施されている自家処理を中止し、排出される生ごみ類はすべて可燃ごみとして収集、焼却・溶融する。

・ケース3 (Case3; 自家処理を徹底する)

自家処理を可能な限り実施し、残りは可燃ごみとして収集、焼却・溶融する。自家処理を徹底する際の手段として、(1)容器による処理を徹底させる場合 (Case3 (1))、(2)処理機による処理を徹底させる場合 (Case3 (2)) の2種類を、サブケースとして検討対象とする。

3.2 分析の方法

3.2.1 LCA手法について

本研究では、LCA手法を用いて分析を行う。一般に製品をLCAの対象とする場合は、原材料の採掘から生産、消費、廃棄までの一連の流れをライフサイクルと捉える。一般廃棄物処理システムを評価の対象とする場合は、ごみが排出されてから処理されるまでをライフサイクルとして捉え、これを評価範囲（システム境界）と考えるのが一般的である。また、ごみを輸送・処理するためには、車両や施設が必要であることから、これらの製造段階における環境負荷も評価対象とする。LCA手法として、今回はLCI分析を行った。LCI分析とは、製品・サービスのライフサイクル全体で投入される資源やエネルギー、産出される廃棄物等のデータを収集し、これから環境負荷量を目録（インベントリ）として整理する方法である¹¹⁾。ISO14040では、LCI分析に加え、インパクト評価を実施することが定められているが、LCI分析のみを行うだけでも、現状評価等の様々な評価が可能である。LCI分析で計上する環境負荷項目は、直接環境負荷、間接環境負荷、環境負荷削減効果である。表4にそれぞれの詳細を示す。コストについても、LCAの考え方を踏まえ、ライフサイクル全体で発生するコスト

表4 LCI分析で計上する環境負荷項目

	説明および対象とする項目
直接環境負荷	・燃料、廃棄物を燃焼した際に、それ自体の燃焼に伴う直接的な排出分
間接環境負荷	・その場では排出されないが、系統電力会社での電力製造、資材・燃料等の製造に伴う間接的な排出分 ・車両、施設・設備の製造時、建設時に伴う間接的な排出分 ・車両、施設・設備の廃棄時、解体時に伴う間接的な排出分(本論文では対象外)
環境負荷削減効果	・廃棄物発電により得られた電力の売電等を行うことに伴う、系統電力における電力生産量の抑制分 ・溶解スラグ、資源化物等を有効活用することによる、石油等のバージン資源の節約分

図4 システム境界

を評価した。

3.2.2 システム境界・評価年度

図4にシステム境界を示す。本研究では、地域の一般廃棄物処理システムにおける自家処理の効果を評価することを目的としているため、システム境界はごみの排出から自治体、住民により処理されるまでとする。すなわち、自治体は、地域内で排出されたごみを収集・輸送し、焼却・溶融、資源選別、最終処分等の処理を行う。住民は、家庭内で排出された生ごみ類の自家処理を行う。以上のことから、Case1とCase3は、自治体と住民による処理が評価範囲となる。Case2は、自治体による処理のみが評価範囲となる。自家処理では、できた堆肥を家庭菜園や園芸で利用した場合も想定する。再資源化業者が有価物を再商品化や再処理する過程、および集団回収は、評価の対象外とする。

評価年度は、2007年度とする。ただし、後述するが、一般廃棄物処理プロセスの環境負荷、コストデータは2005年度を対象としていることから、2007年度の廃棄物処理技術は2005年度と変化がないと仮定した。

3.2.3 評価項目

評価項目は、GHG[†]、SO_x、NO_x、最終処分量、再資源化量、処理コストとする。うち、GHG、SO_x、NO_xは、直

接環境負荷、間接環境負荷、環境負荷削減効果に分類して評価する。LCI分析では、表4に示す項目を評価の対象とする。なお、車両、施設・設備の解体時、廃棄時の間接環境負荷は、評価の対象外とする。

3.2.4 評価の方法

一般廃棄物処理システムにおける環境負荷排出量は、式(1)により算出する。たとえば、ごみ焼却時の環境負荷は、可燃・混合ごみの焼却量に、焼却施設の環境負荷原単位を乗じて算出する。収集・輸送、他の中間処理施設、最終処分場、自家処理の各プロセスについても同様である。

$$\sum_{p=1} EL_p = \sum_{p=1} (W_p \times e_p) \quad (1)$$

ただし、 EL_p ：処理プロセス p の環境負荷[*]、 W_p ：処理プロセス p のごみ収集量・処理量[ton]、 e_p ：処理プロセス p の収集時・処理時の環境負荷原単位[* / ton-waste]、 p ：処理プロセスの種類。環境負荷の単位*は、[ton-CO₂eq]、[ton-NO_x]、[ton-SO_x]が該当する。

コストは、式(2)により算出する。環境負荷排出量の場合と同様に、各プロセスでの収集量・処理量に、各プロセスの収集時・処理時のコスト原単位を乗じて算出する。

$$\sum_{p=1} Cost_p = \sum_{p=1} (W_p \times c_p) \quad (2)$$

[†] 本研究では、温室効果ガス（GHG：Green House Gas）として、CO₂、CH₄、N₂Oを対象とし、GWP100年値（CO₂：1、CH₄：25、N₂O：298）を用いてGHG排出量を算出している¹²⁾。

ただし、 $Cost_p$ ：処理プロセス p の収集時・処理時のコスト [円]、 c_p ：処理プロセス p のコスト原単位 [円/ton-waste]。

算出時に用いるデータとして、2007 年度における各自治体の処理プロセス別ごみ処理量は、まず、環境省¹⁾より県央地域各自治体の 1998～2005 年度における人口とごみ総排出量から回帰式を作成し、これに 2007 年の各自治体の人口予測結果を用いて算出した¹³⁾。作成した回帰式を式(3)に示す。なお、決定係数は 0.99 と正の相関がみられた。

$$W=0.45Pop \quad (3)$$

ただし、 W ：ごみ総排出量 [ton/年]、 Pop ：人口 [人]。

次に、2005 年度における各自治体の処理プロセス別のごみ処理量を乗じて算出した。家庭における自家処理量は、先のごみ細組成調査の結果を用いて推計した。自家処理量のうち、Case1 では現在の自家処理量を、Case3 では追加で実施可能な自家処理量を推計する必要がある。これを行うため、3.2.5 で容器・処理機の稼働台数を推計するとともに、3.2.6 で現在の自家処理量と追加自家処理可能量を推計した。

一般廃棄物処理プロセス、自家処理プロセスの環境負荷原単位、コスト原単位の作成方法は、3.2.7、3.2.8 で述べる。

3.2.5 容器・処理機の稼働台数の推計

2007 年度における各自治体の容器と処理機の稼働台数は、各自治体の過去の補助実績から容器、処理機の普及台数を算出し、これに耐用年数を勘案して推計した¹⁴⁾。容器の耐用年数は 10 年、処理機は 6 年と設定した。ただし、市町村によっては、補助を実施していないところがあり、稼働台数は不明である。そこで、補助を行っている市町村から、補助台数と畑地面積との回帰式を作成し、これを用いて普及台数を推計した。作成した回帰式を式(4)、式(5)に示す。なお、式(4)、式(5)の決定係数は、0.84、0.57 とそれぞれ正の相関がみられた。

$$Comp^ne=112.72Agri \quad (4)$$

$$Comp^e=21.72Agri \quad (5)$$

ただし、 $Comp^ne$ ：容器普及台数 [台]、 $Comp^e$ ：処理機普及台数 [台]、 $Agri$ ：農地面積 [km²]。

以上より、県央地域における容器、処理機の稼働台数は、それぞれ 18,000 台、3,600 台と推計された。自治体別ではその割合が異なるが、74～97% が容器であった。

3.2.6 現在の自家処理実施量と追加自家処理可能量の推計

各自治体における 2007 年度の自家処理量は、各自治体の容器、処理機の稼働台数に、自家処理原単位を乗じて推計した。容器もしくは処理機の稼働台数は、1 世帯につき 1 台と仮定した。自家処理量原単位は、容器もしくは処理機を有する世帯は、ごみ細組成調査での自家処理実施世帯と同等の分だけ自家処理を行っているとして仮定し、調査世帯を自家処理実施世帯に絞って算出した。結果として、自家処理実施世帯の自家処理原単位は 136 g/(人・日)となった。以上より、県央地域での自家処理量は 3,200 ton/年と推計された。これは、平成 17 年度における県央地区のごみ処理量の 1.9% に相当する。なお、2005 年度における環境省¹⁾の実態調査では、県央地域での自家処理量は 296 ton となっているが、実際には、実態調査の約 10 倍のごみが、自家処理されていると推測される。

次に、県央地域における自家処理可能量のポテンシャルを推計した。ここでは、ごみ細組成調査を行った該地域において、一戸建住宅（持ち家）に居住する世帯のすべてが、自家処理を行うことができると仮定した。これは、今回の組成調査結果で、自家処理をしている家庭の 97% が一戸建住宅に居住していること、また、岩手県全域の平均値ではあるが、県内の持ち家の建設面積を除いた敷地面積は約 320 m² であり¹⁵⁾、これから駐車場や通路等を除いても、家庭菜園や園芸をするスペースを確保できると判断したためである。これを踏まえ、追加自家処理可能量は、各自治体の一戸建住宅数（持ち家）、平均世帯数、上記で推計した自家処理実施世帯の自家処理原単位を乗じ、それから同じく上記で推計した自家処理量を差し引いたものとして推計した。結果として、県央地域での追加自家処理可能量は、11,300 ton/年であった。これは、平成 17 年度における県央地区のごみ処理量の 6.9% に相当する。

3.2.7 自治体の一般廃棄物処理プロセスの LCI・コストデータ

ここでは、2007 年 5～6 月にかけて、県央地域の各自治体が保有する収集・輸送、処理の各プロセスを対象としたヒアリングおよび書面調査を行い、LCI・コストデータを作成した。調査の対象年度は、2005 年度である。調査の概要を以下に記す。

(a) 対象とした処理プロセス

焼却・溶融施設、粗大ごみ処理施設、資源選別施設、高速堆肥化施設、最終処分場

(b) 調査項目

ごみ処理量、燃料・電力・薬剤等の使用量、処理残

渣・有価物発生量、施設建設費、処理費、人件費等

調査結果をもとに、ごみ 1 kg の輸送・処理に伴う環境負荷排出量を算出した。以下に、算出方法を記す。

(c) 車両製造、施設・設備建設時の間接環境負荷

松藤¹⁶⁾の環境負荷排出原単位を 2000 年値に修正し、これに車両の購入費、施設・設備の建設費を乗じて算出した。車両の購入費は、カタログ値を参考とした。ただし、製造時・建設時の環境負荷は、それが製造・建設された時点でしか排出されない。そのため、製造時・建設時の環境負荷を減価償却費で除することで、年間の環境負荷に換算した。減価償却費の算出は、最終処分場には生産高比例法を用い、それ以外は定額法（残価 10%、車両：6 年、施設：20 年、設備：15 年）により行った。ここで、最終処分場のみ異なる算出方法とした理由を述べる。定額法では、施設の種別別に一定の耐用年数が用いられるのに対し、最終処分場は埋立容量が一杯になった時点で運用が終了するため、他施設のように定額法を用いるのは不適切である。これに関連し、環境省¹⁷⁾の通達（環整 134 号、1980 年 10 月 18 日公布）では、最終処分場の使用予定年数を、最終処分場の構造物の耐用年数として減価償却を行っても差し支えないとしている。そこで本論文ではこれを勘案し、最終処分場の使用年数が終了した時点で耐用年数が終了するものと考えた。

(d) 収集・輸送、処理時の直接環境負荷

収集・輸送時の CO₂ 排出量は、商業用トラックのカタログ値から燃費を抽出し、これに軽油の CO₂、SO_x、NO_x の排出原単位を乗じて算出した。これらの原単位は、LCA 実施の際の支援ソフトウェアである JEMAI-LCA Pro の数値を用いた。

処理時の SO_x 排出量、NO_x 排出量は、前述のヒアリングおよび書面調査の結果から算出した。また、燃料由来 CO₂ 排出量は、燃料使用量に JEMAI-LCA Pro に掲載されている CO₂ 排出原単位を乗じて算出した。廃棄物由来 CO₂ 排出量はプラ由来とバイオマス由来に分類される。前者は、各焼却・溶融プロセスにおけるビットベースのプラ含有率に、環境省¹⁸⁾の CO₂ 排出原単位を乗じて算出した。後者については、CO₂ はカーボンニュートラルとしてカウントしないが、まずはグロスの排出量を押さえておくべきという考えからカウントした。バイオマス由来 CO₂ 排出量は、焼却・溶融に伴うごみのガス化分にごみの C 含有率を乗じて廃棄物由来 CO₂ 排出量を算出し、これからプラ由来 CO₂ 排出量を引いて算出した。焼却・溶融、高速堆肥化、最終処分の各プロセスにおける CH₄、N₂O は、環境省¹⁸⁾をもとに算出した。

(e) 収集・輸送、処理時の間接環境負荷

電力製造時の環境負荷は、電力使用量に 2005 年における東北電力¹⁹⁾の CO₂、SO_x、NO_x の排出係数を乗じて算出した。また、燃料・薬剤等の製造時の環境負荷は、燃料・薬剤等の使用量に JEMAI-LCA Pro に掲載されているそれぞれの環境負荷排出原単位を乗じて算出した。

(f) 再資源化量、最終処分量

前述のヒアリングおよび書面調査の結果から、ごみ 1 kg の処理に伴い発生する再資源化量、最終処分量を算出した。

(g) 環境負荷削減効果

売電に伴う環境負荷削減効果は、焼却・溶融施設での発電量に、東北電力¹⁹⁾の CO₂ 排出係数を乗じて算出した。溶融スラグ・メタルの有効利用に伴う環境負荷削減効果は、松藤¹⁶⁾の CO₂ 削減原単位を乗じて算出した。

(h) コスト

環境負荷の場合と同様に、ごみ 1 kg の輸送・処理に伴うコストを算出した。施設建設時の減価償却費、処理費、人件費等は、前述のヒアリングおよび書面調査の結果から整理した。車両購入費はカタログから抽出し、これより減価償却費を算出した。

以上により作成した LCI・コストデータの結果の一例として、図 5 に GHG 排出量の現状評価の結果を示す。

3.2.8 容器・処理機の LCI・コストデータ

一般廃棄物処理プロセスと同様に、容器・処理機の製造段階、使用段階を対象として LCI・コストデータを作

※自治体 A は、合併前の旧 3 地域で清掃地域区分が異なっていた経緯があり、合併後も 3 区分での処理が継続されている。

図 5 処理プロセスの現状評価 (GHG 排出量)

表5 自家処理の基礎データ

生ごみ元素組成	C 分	0.10
	H 分	0.014
	O 分	0.093
	S 分	0.00022
	N 分	0.0054
	その他	0.00043
生ごみの含水率		0.78
堆肥化過程での C 分解率		0.50
分解ガスメタン比率		0.050
堆肥化過程での $N \rightarrow N_2O$ 転換率		0.013
コンポスト C/N 比		12
コンポスト含水率		0.012
堆肥使用過程での C 分解率		0.75
分解した $C \rightarrow CH_4$ 転換率		0.050

unit: [—]

出典: 文献 20)

成する。表5に自家処理の基礎データを示す。

(a) 容器・処理機製造時の間接環境負荷

容器は一般家庭用のスタンダードタイプ(4~6人)を対象とし、販売価格から定額法により減価償却費を算

出した。これに、国立環境研究所²¹⁾の環境負荷原単位データベース(3EID)における「プラスチック製品」の CO_2 , SO_x , NO_x の排出原単位を乗じて算出した。処理機は、2008年3月時点で主要国内メーカーが販売している家庭用処理機(サンプル数15[†])の平均販売価格(43,500円)を算出し、これより定額法を用いて減価償却費を算出した。これに3EIDの「民生用電気機器」の CO_2 , SO_x , NO_x の排出原単位を乗じて算出した²¹⁾。容器と処理機の耐用年数は、カタログ値からそれぞれ10年、6年と設定した。なお、処理機は、その方式から乾燥式、バイオ式、ハイブリッド式と分類されるが、今回はすべてを評価対象とした。

(b) 容器・処理機使用時の直接環境負荷

容器・処理機の使用時に排出される、バイオマス由来の CO_2 , CH_4 , N_2O を対象とし、物質収支を考慮して表5の元素組成、分解率等から算出した。

(c) 容器・処理機使用時の間接環境負荷

容器では使用時の間接環境負荷は発生しないが、処理機では電力消費に伴う負荷が発生する。また、処理機はその処理方式や脱臭機能の有無等により、電力消費量に

表6 ごみ1kg処理あたりの環境負荷、コスト

		単位	生ごみ処理容器	電動生ごみ処理機*		
				中央値	最小値	最大値
生ごみ		kg-生ごみ	1.00	1.00		
堆肥生産量		kg	0.37	0.29		
堆肥化時電力消費量		kWh	0	1.82	0.52	10.14
CO_2	製造時	kg- CO_2	0.000017	0.000067		
	堆肥化時		0	0.93	0.27	5.19
	堆肥化時(バイオ**)		0.19	0.19		
	土中分解時(バイオ)		0.38	0.38		
	化肥代替効果		-0.028	-0.028		
CH_4	堆肥化時(バイオ)	kg- CH_4	0.00026	0.00026		
	土中分解時(バイオ)		0.00052	0.00052		
N_2O	堆肥化時(バイオ)	kg- N_2O	0.000068	0.000068		
	土中分解時(バイオ)		0.000091	0.000091		
NO_x	製造時	kg- NO_x	0.000024	0.00011		
	堆肥化時		0	0.00065	0.00019	0.0037
SO_x	製造時	kg- SO_x	0.000019	0.000066		
	堆肥化時		0	0.00056	0.00016	0.0031
費用	製造時	円	3.62	28.21		
	堆肥化時		0	40.00	11.52	223.11
	化肥代替効果		-0.49	-0.49		

* 消費電力で分類

** バイオ: バイオマス由来

[†] 対象とした製品は7機種11製品であるが、機種によっては乾燥や脱臭機能のオンオフにより消費電力が異なるものがある。そこで、これらの機能をオンにした場合とオフにした場合についても分類し、サンプル数を15とした。

違いがある。そこで本研究では、対象とした15サンプルについて、電力消費量の最小値、最大値、中央値をとり、これに東北電力¹⁹⁾の環境負荷排出係数を乗じることで、それぞれの場合の間接環境負荷を算出した。

(d) 堆肥利用時の直接環境負荷、環境負荷削減効果

容器・処理機でできた堆肥を利用した場合、堆肥は土中で分解し、バイオマス由来のCO₂、CH₄、N₂Oが排出される。これらは、表6の元素組成、分解率等から物質収支を考慮して算出した。また、堆肥を化学肥料の代替として使用することで、その分化学肥料の使用量と肥料の製造に伴うCO₂排出量を削減可能であると考えた。CO₂排出削減効果は、高月²⁰⁾を参考にした。

(e) 再資源化量

自家処理によりできた堆肥を再資源化量としてカウントする。

(f) コスト

環境負荷の場合と同様に、生ごみ1kgの処理に伴うコストを算出した。容器・処理機の減価償却費は平均販売価格から、処理費は電力料金(22円/kWh)から、化学肥料の代替効果は高月²⁰⁾を参考にしてそれぞれ算出した。以上により作成したLCI・コストデータを表6に示す。

3.3 分析の結果

図6に分析の結果を示す。棒グラフで、Case1とCase3(2)は処理機の消費電力を中央値で算出した場合の結果である。Case1とCase3(2)の右横にある線グラフの上限と下限は、消費電力の最大値、最小値を用いた場合である。ただし、Case1では容器に比べて処理機の稼働台数が少ないことから、上限値と下限値で結果に大きな変化はなかった。

図6(a)のGHG排出量をみると、Case1に比べてCase2の方が0.1%少なくなった。これは、ごみ1kgあたりのGHG排出量が焼却・溶融よりも処理機の方が大きいことに起因しており、若干ではあるが現状よりも自家処理をしない方が、GHG排出量が少ないことを示している。Case3(1)の場合は、Case1よりもGHG排出量が2.6%削減された。これは、堆肥化時・堆肥利用時のGHG排出が大きいものの、生ごみの自家処理に伴う収集量や焼却量の減少、堆肥利用過程での化学肥料の代替効果が、排出量削減に貢献しているためである。逆に、Case3(2)は9.7%増加した。これは、容器は動力が必要ないためGHG排出量は少ないが、処理機は上記の理由により多くなってしまったためである。ただし、処理機は脱臭工程等で多くの電力を使用するため、電力消費量を最大限にして使用し続けると、Case1よりもGHG排出

量が66.6%増加してしまうことになる。電力消費量を最小限にした場合でも、Case1よりも1.3%多くなることから、GHG排出量の面からみて処理機は不利である。

図6(b)のSO_x排出量をみると、Case2はCase1に比べて0.7%多くなった。また、Case3(1)はCase1よりも10.0%、Case3(2)は8.3%の削減効果がみられた。SO_xは焼却・溶融プロセスで多く排出されていることから、自家処理を実施することでごみの焼却・溶融量を少なくすることの優位性がみられる。しかし、GHG排出量の場合と同様、Case3(2)で電力消費量を最大限にして使用し続けると、逆に5.4%増加してしまうことになる。図6(c)のNO_x排出量についても同様であり、Case2はCase1に比べて1.0%多くなったが、Case3(1)は9.4%、Case3(2)は6.5%の削減効果がみられた。しかし、Case3(2)では、電力消費量を最大限にして使用し続けると、逆に5.5%増加してしまう。

図6(d)の最終処分量は、不燃ごみ、中間処理施設から排出される不燃性の残渣を対象としている。結果より、Case2はCase1に比べて0.6%多くなったが、Case3(1)とCase3(2)は6.2%の埋立残渣削減効果がみられた。Case2が多くなった原因は、すべての生ごみ類を焼却することになるため、その分焼却灰が多く発生することによるものである。逆に、Case1とCase3では自家処理を実施することが、焼却量と焼却残渣発生量の減少に繋がる。図6(e)の再資源化量は、自家処理により再資源化が促進されるため、Case2はCase1に比べて1.3%少なくなるのに対し、Case3(1)とCase3(2)は13.4%の増加がみられる。

図6(f)の処理コストでみると、Case2はCase1に比べて0.8%多くなった。また、Case3(1)はCase1よりも6.5%削減されたが、Case3(2)は4.6%増加した。さらに、Case3(2)で電力消費量を最大限にして使用し続けると、逆に42.4%増加してしまうことから、コスト面からみて処理機は不利である。

以上の結果より、地域の一般廃棄物処理の観点からみると、自家処理をしないよりも自家処理を実施している現状の方が、環境影響、コストともに低くなることがわかった。また、容器により自家処理を徹底する場合、その効果をさらに高めることが可能であることが示された。ただし、処理機で自家処理を徹底する場合は、SO_x、NO_x、最終処分量、再資源化量の点では有利であるが、運用時の消費電力の影響が大きいため、GHG、コストの面で不利であること、さらに消費電力が大きくなることでより不利な状況が拡大することが示された。

Case1: 現状維持

Case 3(1): 自家処理を徹底する(生ごみ処理容器)

Case 2: 自家処理をやめる

Case 3(2): 自家処理を徹底する(電動生ごみ処理機)

※Case 1 と Case 3 (2) の棒線の上限と下限は、電動生ごみ処理機使用時の消費電力の最小値と最大値を用いた場合である。

図6 分析の結果

4. おわりに

本研究では、岩手県県央地域を対象とし、自家処理の実態調査を行うとともに、一般廃棄物処理システムからみた自家処理の環境面、経済面での効果を LCI 分析により明らかにした。以下に、得られた知見を記す。

(1) ごみ細組成調査を実施した結果、県央地域での

年間の家庭ごみ排出原単位は 525 g/(人・日)、自家処理量原単位は 90 g/(人・日)であった。自家処理の 70% はコンポストで行われており、自家処理されるごみの 95% は生ごみ類であった。

(2) 自家処理実施世帯における 2007 年度の自家処理量を推計した結果、県央地域のごみ処理量の 1.9% に相当することがわかった。また、ポテン

シャルとしての自家処理の実施可能量は、ごみ処理量の6.8%に相当することがわかった。

- (3) 自家処理の環境的・経済的効果を分析した結果、容器で自家処理を徹底した場合は、現状に比べGHGが2.6%、コストが6.5%削減された一方、処理機で徹底する場合は、使用時の消費電力からGHG、 SO_x 、 NO_x 、コストの面で不利となった。

地方都市では、県央地域のように過密都市に比べて自家処理を実施する余地が大きいことから、自家処理が廃棄物処理対策の一つとして十分機能すると考えられる。地方都市の自治体が廃棄物処理計画における自家処理の位置づけを検討する際や、自家処理機器に対する補助の効果を検討する際に、本研究の手法や今回得られた結果は有用である。

実際に自家処理を推進していくには、地域住民等の協力が必要不可欠である。しかしながら、本研究で示したように、まず地域内の自家処理のポテンシャルを把握し、それに基づいて自家処理の環境的・経済的な効果と問題点を定量的に明らかにしておくことは、廃棄物処理計画における地域住民との協働を円滑にするうえで有効である。また、今回の結果では、処理機は環境面・経済面で不利であった。このことから、低消費電力、低コストの機器の開発が求められる。一方、即時処理、脱臭等という処理機が持つ利便性や快適性は、集合住宅に居住する世帯にとって重要である。これらの機能を組み合わせて評価していくことが今後の課題である。また、今回は持ち家の一戸建住宅に居住する世帯のみを対象としたが、マンション等でも自家処理は実施されていることから、各住居形態において自家処理量を把握していくことが必要である。

[謝 辞]

本研究を遂行するにあたり、岩手県環境生活部資源循環推進課、岩手県県央地域の各市町村、モニター世帯の皆様には、ごみ細組成調査に多大なるご協力を頂きました。ここに記して、厚く御礼申し上げます。また、本研究のデータ整理にご協力頂いた㈱キューブシステムの榎野健人氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan
- 2) 山川 肇，神下高弘，寺島 泰：有料化自治体における

自家焼却ごみ総量の推定とその削減可能性，環境システム研究論文集，第29巻，p.263（2001）

- 3) 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，第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.225-227（1999）
- 4) 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，廃棄物学会論文誌，第15巻，第4号，pp.276-282（2004）
- 5) 山本 宙，和田安彦，尾崎 平：生ごみ処理機導入による廃棄物処理システムの環境負荷の定量，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.92-94（2005）
- 6) 筑井麻紀子：地域間廃棄物産業連関分析（IR-WIO）による家庭用生ごみ処理機のLCA，日本LCA学会誌，第3巻，第4号，pp.212-220（2007）
- 7) 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，廃棄物学会論文誌，第19巻，第2号，pp.110-119（2008）
- 8) 岩手県：岩手県ごみ処理広域化計画（1999）
- 9) 総務省：平成17年国勢調査
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001007251>
- 10) 千葉市：千葉市一般廃棄物（ごみ）処理基本計画策定調査報告書（2006）
- 11) 伊坪徳宏，田原聖隆，成田暢彦：LCA 概論，産業環境管理協会，p.305（2007）
- 12) IPCC：Climate Change 2007：Working Group I Report “The Physical Science Basis”（2007）
- 13) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口（平成15年12月推計）（2003）
- 14) 岩手県：平成18年度市町村ごみ減量化推進状況調査（2006）
- 15) 総務省統計局：平成15年住宅・土地統計調査
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 16) 松藤敏彦：都市ごみ処理システムの分析・計画・評価，技報堂，p.97（2005）
- 17) 環境省：廃棄物の最終処分場のコンクリート槽，よう壁及びえん堤の耐用年数について，環整134号（公布日：1980年10月18日）（1980）
<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=11000118>
- 18) 環境省：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（2007）
- 19) ㈱東北電力：はくでんサステナビリティレポート2006（2006）
- 20) 高月 紘：都市内分散型エネルギー需給技術の温暖化抑制効果と都市環境影響に関する研究，平成11年度環境省地球環境研究総合推進費報告書（1999）
- 21) ㈱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/publication/D031/index.html>

Evaluating the Self Disposal of Household Waste in Regional Towns and Cities :

Present Situation and Analysis of Environmental and Economic Effects

Tomohiro Tabata*, Tomohiko Ihara*, Hiroshi Nakazawa** and Yutaka Genchi*

* Advanced LCA Research Group, Research Institute of Science for Safety
and Sustainability, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology

** Frontier Materials and Function Engineering, Graduate School
of Engineering, Iwate University

† Correspondence should be addressed to Tomohiro Tabata :
Advanced LCA Research Group, Research Institute of Science for Safety
and Sustainability, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology
(16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569 Japan)

Abstract

In order to better understand the amount of self disposed waste materials, and what methods are generally being employed, we conducted a survey in central Iwate Prefecture on the composition of household waste. Our survey results indicate that the main method of self disposal is composting; measuring in at approximately 90 grams/person/day by 2.6%. We then evaluated both environmental and economic effects of waste self disposal from the viewpoint of MSW management systems. In this evaluation, regional property of household waste disposal and the waste treatment structure had to be taken into account. Results show that, compared to the current scenario, the promotion of non-electric composters decreases GHG emissions, with final disposal lessened by 6.2% and a decrease of 6.5% in treatment costs seen. By contrast, the promotion of electric composters brings certain disadvantages with regard to GHG emission, SO_x and NO_x emissions, and treatment costs.

Key words : sound material cycle society, self disposal, survey of household waste composition, life cycle inventory analysis