

B-17 製品利用と温室効果ガス発生量からみた関東圏 の食品系廃棄物リサイクルシステムの評価

○山口 雅博^{1*}・栗栖(長谷川) 聖²・花木 啓祐¹

¹東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

²東京大学先端科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1)

* E-mail: yamaguchi@env.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

食品系廃棄物リサイクルの推進に伴い、有効な利用法の提案が求められている。本研究では、製品の利用に注目し、需給量に沿ったシナリオを設定し、需給バランスが食品リサイクルを進めるにあたり制約因子となるのかを検討した。その上で、それぞれの温室効果ガス発生量の変化を推定し、条件・利用技術の違いによる温室効果ガス発生量への影響を検討することとした。

2. 評価手法

(1) 対象地域および適用技術

本研究では対象地域として、関東圏の各都県を、対象とする食品系廃棄物として、事業系ならびに生活系一般廃棄物として扱われる厨芥類を、再生利用技術として飼料化、堆肥化、メタン発酵を取り上げることとした。また、飼料化では、衛生面の観点から事業系食品系廃棄物のみを対象とした。

(2) 需給バランスの評価

食品系廃棄物の発生量は、八都県市廃棄物問題検討委員会¹⁾、環境省によるごみ組成調査²⁾の結果を用い推定した。前者から事業系一般廃棄物と生活系一般廃棄物は同組成であると仮定し、後者から一般廃棄物における厨芥類の割合を 30.3%と設定した。

需給バランスの推計にあたっては、各技術における制約因子を検討した上で、需要量と供給量の推計を行った。「食品残さ等利用飼料における安全性確保のガイドライン」³⁾に基づき、豚、鶏に対する飼料としてのみ、利用可能であるとした。

豚による飼料の需要に関しては、家畜頭数に「日本飼養標準」⁴⁾における肥育豚の飼料要求量の加重平均である飼料一日平均給与量 3.01kg/頭/日 を乗ずることにより推計した。採卵鶏の場合には、採卵率

を 80%⁵⁾とした場合の飼料一日平均給与量 0.11kg/羽/日を家畜頭数に乗ずることにより求めた。ブロイラーによる飼料消費については、出荷時の体重を 2.5 kg、飼料要求率を 2.2⁵⁾とした場合の飼料消費量 5.5 kg/羽を出荷頭数に乘以推計した。

飼料の供給量は、食品系廃棄物から生成される飼料を市販の配合飼料に混合した後の量として評価した。混合率は、給餌試験報告⁶⁾、粗脂肪濃度の制約⁷⁾より 10%とすることとした。また、粗脂肪濃度の観点から、より低混合率である、5%の場合の評価も行った。

堆肥需要量は、神奈川県施肥基準⁸⁾を参考に、さらに食塩濃度の制約⁹⁾を検討した上で、施用量を畑 10a あたり 1 t と設定した。堆肥供給量は、袖山¹⁰⁾が行った試算結果に基づき、食品系廃棄物 1 t から 0.36 t の堆肥が生成されるものとした。

3. 需給バランスの評価に基づくシナリオ設定

(1) 発生量および各利用技術に基づく需給バランス

2. (2) にて示した発生量推計に基づく推計結果では、食品系廃棄物発生量は、関東全域で、事業系が 1324 千 t/年、生活系が 3371 千 t/年と算出された。特に東京都では、それぞれ 425 千 t/年、1078 千 t/年と、人口が多いことに伴い、他県に比べ、多量の食品系廃棄物発生が見られた。

飼料化の需給バランス算定結果を図 1 に示す。混合率が 10%の場合には、都県により余剰がでるものの関東全域ではすべての製品を利用できるという推計結果となった。一方で、混合率を 5%とした場合には関東全域でも供給過剰となった。堆肥化の場合には、図 2 に示すように、都県により余剰がでるものの、関東全域では製品のすべてを利用できると推計された。

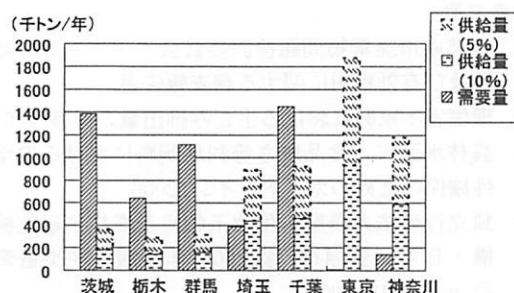


図1 関東圏における飼料の需給バランス

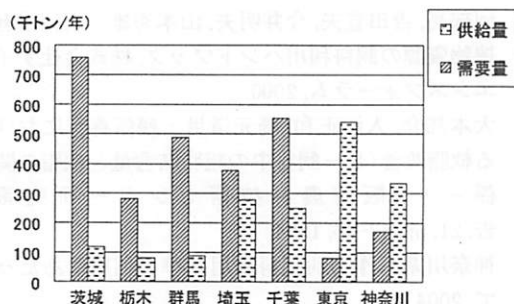


図2 関東圏における堆肥の需給バランス

(2) シナリオ設定

需給バランス及び技術の優先順位を飼料化、堆肥化、メタン発酵の順とし、表1に示す11のシナリオを作成した。製品の利用範囲は各都県と関東全域の2つを設定した。利用範囲が県の場合、県内で製品の余剰が出ないよう分配した。一方、関東全域の場合には、製品を関東全域で利用することを考え、都県内での余剰分は近県から分配することとした。飼料化5%の場合は、関東全域でも供給過剰となるため、特に搬出距離が長い神奈川県での飼料化を縮小することで需要量と合致するよう調整した。また、食品系廃棄物は事業系から利用していくこととした。さらに飼料化に用いる技術として乾熱乾燥方式、油温減圧乾燥方式を、メタン発酵の条件としてメタン発酵廃液の液肥利用の有無を考慮することとした。

4. 温室効果ガス発生量の推定

(1) 温室効果ガス算定手順

電力、燃料の消費に伴う温室効果ガス発生原単位としては、環境省の「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」¹¹⁾の値を用いた。

廃棄物の収集プロセスにおいては、ごみ収集車の軽油消費に伴うCO₂排出を計上した。収集は2tトラックで行うこととし、燃費は4.58 km/L¹¹⁾、収集距

表1 設定したシナリオ

シナリオNo.	利用範囲	プロセス
1	各都県	飼料化10% → 堆肥化 → メタン発酵
2	各都県	飼料化10% → → メタン発酵
3	各都県	飼料化5% → 堆肥化 → メタン発酵
4	各都県	飼料化5% → → メタン発酵
5	各都県	堆肥化 → メタン発酵
6	関東圏	飼料化10% → 堆肥化
7	関東圏	飼料化10% → → メタン発酵
8	関東圏	飼料化5% → 堆肥化
9	関東圏	飼料化5% → → メタン発酵
10	関東圏	堆肥化
11	関東圏	メタン発酵

離は20 kmと設定した。製品の搬出については、4 tトラックを用いることとし、燃費は3.79km/L¹¹⁾、搬出距離は、県内での搬出の場合には50km、他県への搬出の場合は、県庁間の距離と設定した。

飼料化プロセスについては、乾熱乾燥方式の燃料消費として、トウモロコシを飼料化する際の燃料消費量⁶⁾を、油温減圧乾燥方式の場合には、下水汚泥(脱水ケーキ)を油温減圧乾燥する際の燃料消費量¹²⁾を用い、工程における電力・燃料消費に伴うCO₂排出を計上した。また、生成される製品が輸入飼料を代替するものとして、小林ら¹³⁾より、製品1 tあたり328.2kg-CO₂eqの削減効果があるとした。

堆肥化プロセスにおける燃料消費量は、袖山ら¹⁰⁾の試算結果を利用した。また堆肥が窒素肥料を代替するものとし、窒素肥料製造時の温室効果ガス排出が削減されることとした。その算定は酒井ら¹⁴⁾の手法に依拠して行った。

メタン発酵プロセスにおける電力消費は、袖山ら¹⁰⁾の試算結果を利用した。また、廃熱は発酵槽の加温にのみ利用することとした。ガスエンジン発電により生成される電力は全量売電されるものとし、代替される電力に伴うCO₂排出の削減効果を計上した。

焼却プロセスからの温室効果ガス排出としては、施設における電力消費量¹⁵⁾、補助燃料消費量、焼却過程¹¹⁾、ごみ発電、の変化に伴う温室効果ガス排出量の変化を計上した。分別収集前後の焼却ごみの低位発熱量は「一般廃棄物処理事業実態調査結果」¹⁶⁾を利用し、それぞれの組成を推定することにより設定した。電力消費量、補助燃料消費量、焼却由来のCH₄、N₂O発生量はごみ重量に比例するものとした。また、低位発熱量の変化に伴うごみ発電効率の変化はないものとした。

埋立プロセスからは、浸出水処理時の電力消費と重機使用に伴う軽油消費によるCO₂排出¹⁷⁾の削減量を計上した。

シナリオ

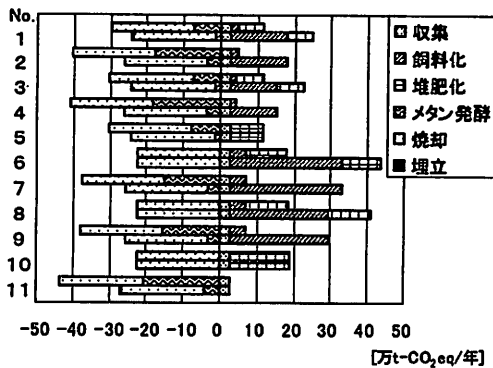


図3 温室効果ガス発生量の推定結果

上段：条件Ⅰ（乾熱乾燥方式、液肥利用有）

下段：条件Ⅱ（油温減圧乾燥方式、液肥利用無）

(2) 推定結果

各シナリオにおける温室効果ガス発生量の推定結果を図3に示す。結果は、全量焼却の場合からの変化量として表した。飼料、化学肥料、電力の代替効果および製品の搬出に伴う排出、削減はそれぞれ対応する工程に含めて示してある。

全シナリオにおいて、焼却量が減少することによる温室効果ガス削減効果が大きく現れた。条件Ⅰ（乾熱乾燥方式、液肥利用有）においてはすべてのシナリオで、とくにメタン発酵を行うシナリオにおいて温室効果ガスが大幅に削減されると推定された。しかし、条件Ⅱでは飼料化による温室効果ガス発生量が大きく、増加に転じるシナリオもみられた。各都県での利用と関東全域での利用を比較すると、より多くの製品を利用することができる後者の温室効果ガス発生量が大きくなると推定された。

5. まとめ

製品利用、技術・条件による温室効果ガス発生量に焦点をあて、食品系廃棄物リサイクルシステムの評価を行った。飼料化、堆肥化については、製品の需給バランスを評価し、製品需要が食品系廃棄物リサイクルを進める上での制約因子の一つと考えられた。これに基づきシナリオ設定を行い、条件を変化させることによる温室効果ガス発生量への影響を検討した。その結果、用いる技術、おかれた条件によっては、温室効果ガス発生量が増加する可能性があることが明らかになった。

参考文献

- 1) 八都県市廃棄物問題検討委員会：生ごみ等の処理及び有効利用に関する調査報告書, 2000.
- 2) 環境省：家庭における生ごみ排出量の推移, 2007.
- 3) 農林水産省：食品残さ等利用飼料における安全性確保のためのガイドライン, 2006.
- 4) 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構：日本飼養標準 豚(2005 年度版), 中央畜産会, pp. 12-15, 2005.
- 5) 木村唯一：最新養鶏ハンドブック, 日本養鶏協会, pp. 136-139, pp. 224-227, 1998.
- 6) 阿部亮, 吉田宣夫, 今井明夫, 山本秀雄：未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック, 株式会社サイエンスフォーラム, 2000.
- 7) 大本邦介, 入江正和, 崎元道男：残飯養豚における軟脂改善(4)－飼料中の粗脂肪含量と軟脂の関係－, 大阪府農林技術センター研究報告, 21, pp. 43-46, 1984.
- 8) 神奈川県：作物別肥料施用基準の利用にあたって, 2004.
- 9) 高橋栄一：植物における塩害発生の機構と耐塩性, 塩集積土壌と農業, 博友社, pp. 123-154, 1991.
- 10) 柚山義人, 生村隆司, 小原章彦, 小林久, 中村真人：バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価, 農工研技報, 204, pp. 61-103, 2006.
- 11) 環境省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル, 2007.
- 12) 深野廣和：油温減圧式乾燥技術について, 産業と環境, Vol. 29. No. 6, pp. 85-87, 2000.
- 13) 小林久, 柚山義人：輸入飼料の供給地域別ライフサイクル・エネルギー消費量および GHG 排出量の推計, 環境情報科学, Vol. 35, No. 3, pp. 45-53, 2006.
- 14) 酒井伸一, 平井康宏, 吉川克彦, 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, Vol. 16, No. 2, pp. 173-187, 2005.
- 15) 松藤敏彦：都市ごみ処理システムの分析・計画・評価－マテリアルフロー・LCA 評価プログラム－, 技報堂出版, 2005.
- 16) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果, 2008.
- 17) 土手裕, 倉田幸善, 丸山俊郎：一般廃棄物処分場の運用による CO₂ 排出量に関する研究, 第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 1048-1050, 1999.