JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	家庭生ごみの再資源化ビジネスの可能性：サーキュラーエコノミーから考察するコンポスト
Author(s)	八神, 実優; 妹尾, 堅一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 38: 1046-1051
Issue Date	2023-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19277
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｆ１８

家庭生ごみの再資源化ビジネスの可能性
～サーキュラーエコノミーから考察するコンポスト～

○八神実優，妹尾堅一郎（産学連携推進機構）
miyuuyagami@nposangaku.org

キーワード：コンポスト、堆肥化、生ごみ再資源化、サーキュラーエコノミー

1. はじめに

家庭から排出される生ごみ（食品廃棄物）は年間約 750 万トン（2021 年度、環境省）と推計される。その多くは可燃ごみとして焼却処理されているが、水分を含む生ごみの焼却はエネルギー効率が悪く、また CO2 の排出量も多い。だが、家庭生ごみは堆肥として再資源化することが可能だ。その方法は各家庭で実施できるものから、下水処理施設で一括して堆肥化・肥料化処理をおこなうものまで、多様な方法や形態が試みられている。

本論では、家庭生ごみの再資源化ビジネスの現状を俯瞰的に整理し、今後の可能性を検討する。またサーキュラーエコノミーに向けて、家庭生ごみの再資源化ビジネスがどのような役割・機能・意味を持つかに関して考察を行う。

2. 家庭生ごみの処理の現状

2-1. 家庭生ごみの定義

家庭から排出される生ごみは、一般廃棄物として市町村の廃棄物処理場にて処分されるものと、生活雑排水として下水に流れ込み、下水処理場にて処分されるものがある。一般廃棄物として処理される場合、一般廃棄物の中でも家庭系廃棄物の回収分類は自治体ごとに異なるが、多くの場合は可燃ごみの分類の中に食品廃棄物として含まれると考えられる。他方、下水処理場で処理される下水は、生活雑排水のみならず、雨水や工場排水など家庭由来以外のものも含まれる。

本論では、家庭から排出される生ごみのうち、処分する過程で再資源化して循環利用するものを対象とし、その中で可燃ごみにならずに家庭で堆肥化されるもの、下水処理場で堆肥化・肥料化されるものに照準を当てて考察を行うこととする。

2-2. 家庭生ごみの量

環境省の推計調査 [1]によると、家庭から排出される一般廃棄物のうち、食品廃棄物の推計は、2021 年度で約 730 万 t。そのうち可食部と考えられる食品ロスは約 240 万 t と推計される。環境イノベーション情報機構の試算によると、生ごみ 1t を焼却するのに 512,000kcal が必要となり、そのエネルギー量を灯油でまかなう場合、必要な量は 94.2L となる [2]。

また環境省によれば、一般廃棄物の最終処分場の残余年数は 21.4 年（2019 年度）、産業廃棄物の最終処分場の残余年数は 17.4 年（2018 年度）と試算 [3]されている。最終処分場の容量から考えても、できるだけ廃棄物を減らす努力が必要とされていることが見て取れる。

3. 家庭で処理する生ごみの再資源化

3-1. 家庭の生ごみ処理の３方法

家庭における生ごみ処理の方法は、使用する処理機（コンポスター、生ごみ処理機、ディスポーザー）によって 3 つに大別できる。

コンポスターによる処理は、土やチップなどの基材をバケツや専用バッグ等に準備し、生ごみを混ぜ込み、基材に含まれる微生物に数か月ほどで分解させる方法である。ベランダや庭に設置することができ、自治体によっては購入の際に補助金を出しているところもある。

生ごみ処理機による処理は、機械により生ごみを熱で乾燥させる方法である。基本的には室内に設置し、運転に電力を消費する。自治体によっては購入の際に補助金を出しているところもある。

ディスポーザーによる処理は、キッチンのシンク下に野菜屑などを砕く装置を設置し、シンクの排水と一緒に生ごみを流すと、生ごみを破砕したのちに水とごみを分離し、ごみのみを乾燥させる機械を使

う方法である。こちらも運転に電力を消費する。また排水に生ごみが混入する可能性があるため、自治体の下水処理施設の性能によっては処理ができない場合があり、設置する際には必ず自治体の許可が必要である。

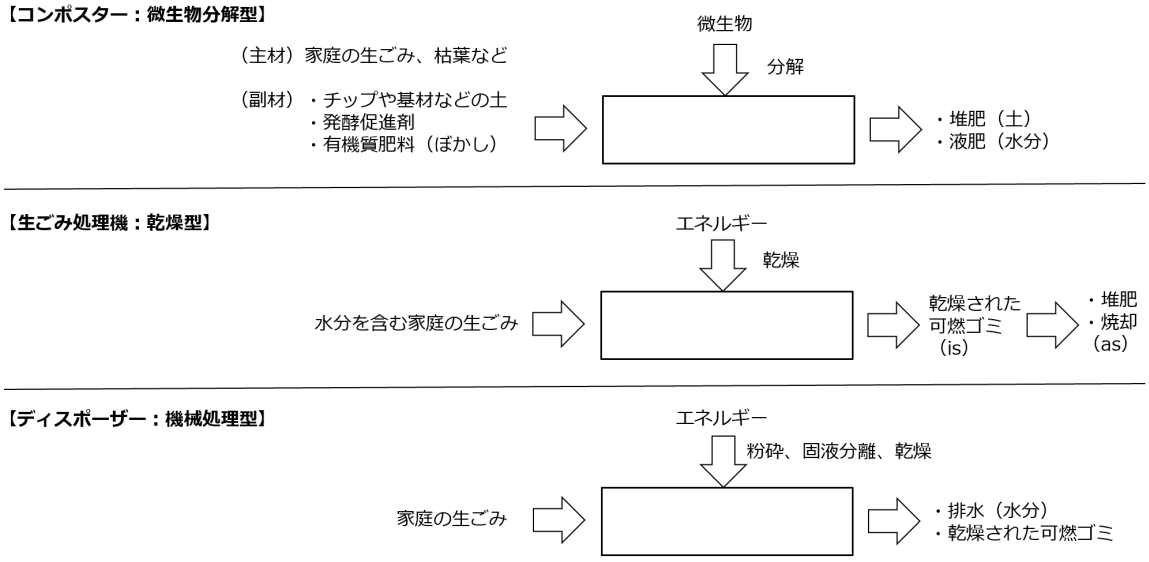
図表 1：家庭における生ごみ処理の方法

商品区分	コンポスター（composter）	生ごみ処理機 （food waste dryer）	ディスポーザー（disposer）
処理方法	微生物分解型	乾燥型	機械処理型
処理方法 （詳細）	・微生物を含む土に生ごみを混ぜ込む or ・生ごみを嫌気発酵したのち、土に混ぜ込む	・熱を加えて生ごみを乾燥	・生ごみを破砕したのち、水とごみを分離し、ごみを乾燥
設置場所	・ベランダ ・室内 ・庭、畑など土の上	・室内 ・雨の当たらない屋外	・キッチンのシンク下
生ごみ処理量	・24kg～100kg／回 ・15L～20L／回	・1kg～2kg／回 ・6L～15L／回	・1kg／日
消費電力	・なし	・約200～800W	・約300W
自治体の関与	・設置に補助金を出す自治体もある	・設置に補助金を出す自治体もある	・設置に自治体の許可が必要（日本）

3-2. システムモデルで表現する家庭の生ごみ処理

家庭における生ごみ処理の方法を、インプット/アウトプット型のシステムモデルによって表現をしてみよう。

図表 2：家庭の生ごみ処理のシステムモデル



微生物分解型であるコンポスターでは、インプットの主材は家庭における生ごみや庭木の枯葉・落ち葉である。副材として、チップや土、発酵促進剤、有機肥料などを入れ、微生物が活性化する環境を整える。システム内部では微生物による分解があり、アウトプットとして堆肥として利用できる土、液肥として利用できる水分が排出される。

乾燥型である生ごみ処理機では、インプットとして家庭の生ごみを投入する。この時点で生ごみは水分を多分に含むものである。システムではエネルギーをかけた乾燥が行われる。アウトプットは乾燥された可燃ごみである。これを堆肥とみなして再利用する人もいれば、可燃ごみとみなして焼却処

分にまわす人もいる。

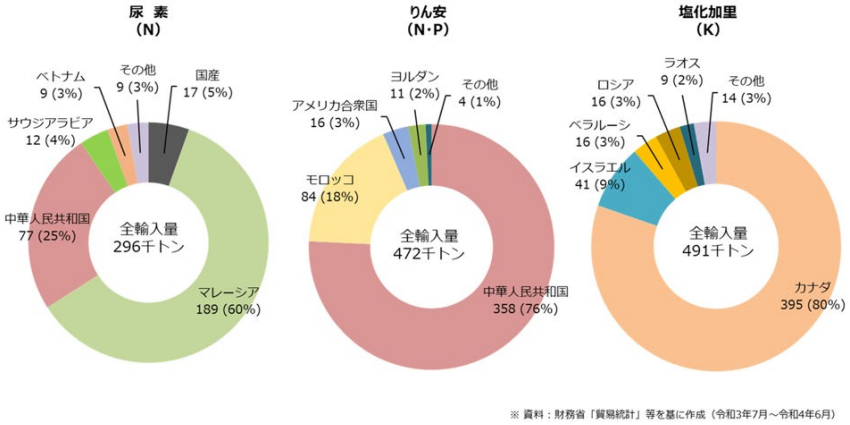
機械処理型のディスポーザーでは、インプットとして家庭の生ごみをキッチン排水とともに投入する。システムではエネルギーをかけた生ごみを粉砕、水分と粉砕した生ごみを分離（固液分離）、分離した生ごみだけの乾燥が行われる。アウトプットは、排水として下水に流れていく水分と、乾燥された可燃ごみになる。この可燃ごみを堆肥とみなして再利用することも、可燃ごみとみなして焼却処分することもできる点は、乾燥型生ごみ処理機と同じである。

4. 処理場で処理する生ごみの資源化

4-1. 下水汚泥の再資源化の背景

現在日本で使用されている化学肥料の成分は、全量を輸入依存しており、かつその産出国および輸入先の国は偏在している [4]。また穀物需要の増加や、原油・天然ガスの価格上昇に伴い、肥料原料の国際価格は高騰している。さらに 2021 年より中国は肥料原料の輸出を厳格化し、日本では肥料原料（主にリン）の輸入が停滞するようになった。これにより肥料価格は高騰し、農家等の経営を圧迫する要因となっている。

図表 3：化学肥料成分の輸入量



※ 資料：財務省「貿易統計」等を基に作成（令和3年7月～令和4年6月）

これらの問題に対し、農林水産省において「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討会」が開催された（2022 年 10 月 17 日～12 月 23 日）。これは肥料の輸入依存を脱却し、国内資源の再活用によって肥料を確保できないかという試みである。2022 年 9 月には岸田総理大臣が記者会見でも当問題に言及し、下水汚泥資源を再利用する肥料を国内展開することに前向きな姿勢を示している。

下水に流れてくる生活雑排水やし尿、食品工場排水には、有機物や貴金属が含まれており、そのまま河川に放流すると水質の悪化や汚染を引き起こす可能性がある [5]。下水処理場でこれらの排水を浄化する過程で、微生物の死骸が集まって沈殿し、汚泥となる。ただしこの状態では植物の栄養となる窒素やリンとともに、有害物質も含んでいる。下水汚泥肥料は、ここからさらに汚泥を乾燥、粉砕、発酵させることを通じて肥料として再資源化するものである。排水に含まれる有害な重金属（カドミウム、水銀など）については、農林水産省が汚泥肥料中の有害重金属の基準を設定しており、これを超える濃度の有害重金属を含む汚泥肥料の生産・販売は規制されている。下水汚泥肥料は一般向けとしてはほとんど流通しておらず、主に農家に直接販売される形がとられている。

下水汚泥資源の肥料利用には、「汚泥の堆肥化」「リン回収」の 2 種類の利用方法がある [6]。農林水産省の検討会を経て、2030 年までに下水汚泥資源の堆肥・肥料利用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を 40%まで拡大することが掲げられた（2023 年 12 月 27 日決定）。下水汚泥は、年間汚泥発生量あたり約 5t のリンを含有している。ただし、現在は下水汚泥の多くが焼却処理をされており、堆肥・肥料利用は 1 割にとどまっている。

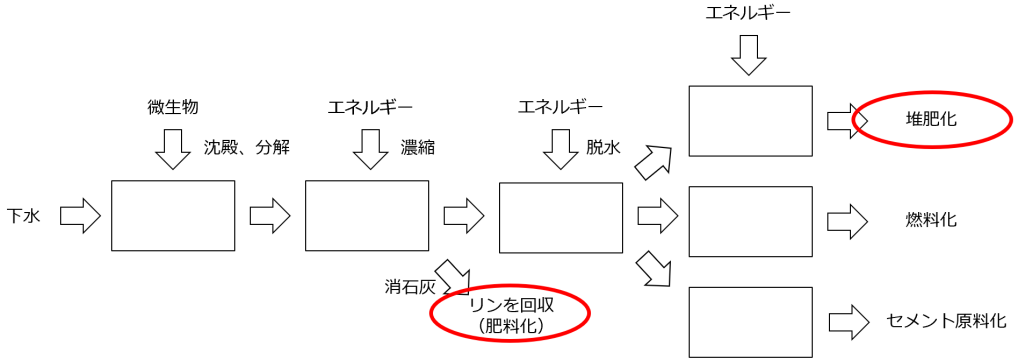
4-2. システムモデルで表現する下水処理場の生ごみ処理

下水処理場における生ごみ処理をシステムモデルで表現してみよう。

インプットは、家庭雑排水や工場排水、雨水として流入した下水である。システム内部では微生物の分解・沈殿、そして下水浄化が行われる。その後エネルギーをかけて濃縮、脱水する。この過程で消石

灰等を利用してリンを回収することができる 7。この回収したリンがアウトプットの一つであり、その後の加工を経て肥料となる。またさらにエネルギーを投入し、堆肥化、燃料化、セメント原料化などのアウトプットとして取り出すことができる。

図表 4：下水処理場の生ごみ処理のシステムモデル



5. サーキュラーエコノミーに向けた家庭生ごみの再資源化の意義

5-1. 食の 9 ステージモデルにおける再資源化の位置づけ

共著者の妹尾は「食の 9 ステージモデル」[8]を提唱している。このモデルは、生産、加工、流通、調達、調理、食事、片付け、残渣処理、リサイクルの各工程が連なり、循環するというモデルである。家庭生ごみの再資源化はこの 9 ステージモデルにおいて、主に調理、片付け、残渣処理、リサイクルの 5 次、7 次、8 次、9 次のステージにあたる。調理により野菜の皮などの不可食部である食品ウェイストが発生し、片付けにより食べ残しなどの食品ロスが生じる。残渣処理を通じて再資源化するものと廃棄するものを分別し、リサイクルにおいて微生物発酵や乾燥の過程を経て堆肥化・肥料化する。堆肥や肥料は土壌に混ぜ込むことで次の食資源生産における栄養素となる。

生ごみの再資源化は、サーキュラーエコノミーのみならず、もう一つの国際的な環境対策の動向であるネイチャーポジティブにも寄与できるのではないか、と考えられる。これまで焼却処分されることが多かった家庭生ごみを堆肥化・肥料化することにより、次の食資源生産に活かすことは、廃棄を減らして再利用するサーキュラーエコノミーにかなうとともに、土壌の微生物を活性化する作用もあり、生物多様性の回復にも貢献することができるだろう。前述したように食品廃棄物の推計量が 730 万 t（2021 年）にのぼる現状において、堆肥化・肥料化することは、大量の廃棄物を減らし、資源として有効に再利用することにつながると考えられる。

5-2. 堆肥の利用方法の分類

図表 5：コンポスターの所有者と堆肥の利用者

		堆肥の利用方法	
		単独	共同
コンポスターの所有者	単独	家庭用コンポスター 生ごみ処理機 ディスポーザー	
	共同		リン回収 下水汚泥由来コンポスト

生ごみの再資源化を通じて堆肥や肥料を生産しても、それを利用する人がいなければ循環は成立せず、結局は廃棄物と化すことになってしまう。そこでサーキュラーエコノミーにおける再資源化を考える上では、資源の利用者についての考察も必要である。

家庭生ごみの再資源化において、堆肥化装置であるコンポスターを所有する者と、堆肥を利用する者で分類し、整理してみよう。家庭用のコンポスター、生ごみ処理機、ディスポーザーは各家庭で所有することが前提となっており、コンポスターの所有者は単独である。他方、下水処理施設のリン回収、下水汚泥の堆肥化をする施設は自治体所有もしくは民間企業所有となっており、共同所有となっている。

では堆肥の利用者は誰か。生ごみ処理機、ディスポーザーについては所有している家庭が利用者だ。利用しない場合は可燃ごみで廃棄されてしまう。家庭用コンポスターの堆肥は自治体で回収したり、コ

ンポスターメーカーが回収したりする。また家庭で堆肥利用をしない場合でも近隣の提携農家に提供している場合がある。よって堆肥利用は単独の場合と共同の場合が考えられる。他方、下水処理施設におけるリン回収および堆肥化によって生産された堆肥・肥料は、肥料メーカーによって市場販売されており堆肥・肥料の利用者は複数存在するので、生産された堆肥・肥料は共同利用されていることになる。

5-3. 生ごみの再資源化の循環圏

共著者の妹尾は、「資源循環圏」という概念を提唱している[9]。資源の循環に際して、例えばPETボトルと衣類と自動車とでは適切な循環範囲が異なるはずである。モノの種類によって、その循環圏のレイヤーを見極め、回収・分別・再資源化等の拠点と連携を行わなければならない、という議論である。

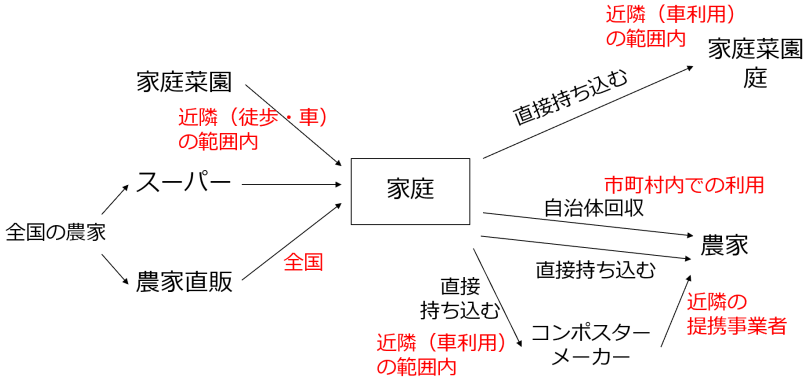
生ごみ再資源化の循環圏を考えてみよう。家庭で再資源化する場合と処理場で再資源化する場合を分けてそれぞれ検討する。また、生ごみとなる前の素材がどこから来るのか、再資源化して堆肥になったものがどの範囲で利用されるのか、その範囲を決める条件を整理していく。

まず、家庭で処理する生ごみ再資源化の循環圏を見てみよう。家庭で生ごみとなる前は野菜や果物の形をとっており、家庭菜園から採取するもの、スーパーで購入するもの、農家から直接購入するものなどが考えられる。家庭菜園やスーパーの立地としては主に自宅から徒歩圏内もしくは車利用の範囲内の近隣である。スーパーに並ぶ野菜・果物や農家からの直接購入の場合は、日本全国、場合によっては海外から仕入れる形となる。

家庭で再資源化された堆肥は、家庭菜園や庭で利用する場合と農家で利用してもらう場合がある。家庭菜園や庭で利用する場合は、自ら直接持ち込む形となるため、車で持っていくことができる範囲内となるだろう。農家に利用してもらう場合は、自治体が回収して農家に展開する場合、知り合いの農家に直接持ち込む場合、コンポスターメーカーが回収して提携している農家に展開する場合が考えられる。自治体回収の場合は、市町村がその単位となることが多く、展開先の農家も同市町村内にとどまる。直接知り合いの農家に持ち込む場合は、車で持ち込める範囲内となる。コンポスターメーカーが回収する場合は車で持ち込める範囲内にコンポスターメーカーが回収拠点を設置し、コンポスターメーカーの提携する農家へ堆肥を展開するという形となる。

このように家庭で処理する生ごみ再資源化の場合は、自宅を中心として主に近隣での循環が行われ、車利用で運べる範囲内かどうか、同じ市町村内かどうかなどの点がその範囲を規定する条件となる。

図表 6：家庭で処理する生ごみ再資源化の循環圏

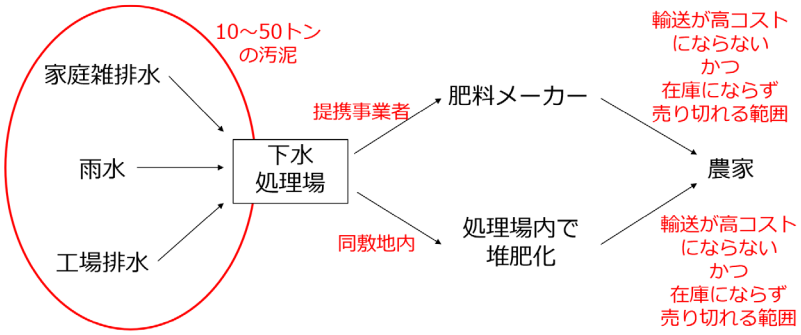


続いて、処理場で処理する生ごみ再資源化の循環圏について検討する。下水処理場に流入する前は家庭雑排水、雨水、工場排水などの形をとっている。下水処理場の汚泥処理方法として、採算性を鑑みて堆肥化が有効であるのは汚泥の量が 10～50 トンの規模になる処理場である[7]。6 大都市圏のような生活者が多い地域の処理場では汚泥量が 50 トンを超えることが多く、このような処理場では採算上、焼却処分することが多い。よって流入量に着目した循環圏としては、大都市圏を除き 10～50 トン程度の汚泥が集まる立地の処理場が中心となるだろう。

処理場で発生した汚泥は、肥料メーカーに販売して肥料化・堆肥化する場合と、処理場内で堆肥化する場合がある。肥料メーカーに販売する場合は提携事業者への輸送となり、処理場内で堆肥化する場合は同敷地内となる。肥料や堆肥として再資源化されたものを市場で販売する際には、輸送が高コストにならない範囲かつ在庫として残らず売り切れる範囲内の農家への販売となる。

このように処理場で処理する生ごみ再資源化の場合は、処理場に入る汚泥量と肥料・堆肥販売における採算性が循環圏を規定する条件であると考えられる。

図表 7：処理場で処理する生ごみ再資源化の循環圏



5-4. サーキュラーエコノミーにおける家庭生ごみ再資源化の役割・機能・意味

最後に、サーキュラーエコノミーにおける家庭生ごみ再資源化の役割・機能・意味を検討する。家庭生ごみ再資源化の役割は、これまで廃棄物となっていた生ごみを堆肥という形で資源化することである。そのために必要な機能は堆肥化の処理方法と装置によって異なる。家庭用コンポスターでは微生物による分解機能、生ごみ処理機では乾燥機能、ディスポーザーでは乾燥機能、固液の分離機能、回収機能がある。下水処理施設では微生物による分解機能、乾燥機能、分離機能、回収機能のどれも有している。サーキュラーエコノミーへの貢献としては、廃棄物の削減、焼却処分の際のエネルギー使用と二酸化炭素排出量の削減がまず挙げられる。さらに堆肥として再利用することにより土壌改良による食資源の生育支援、土中の生物多様性に貢献することができ、ネイチャーポジティブにも寄与する可能性があると考えられる。

6. むすび

本論では、家庭生ごみの再資源化について、サーキュラーエコノミーの観点から検討を行った。再資源化の処理を行う場所により、家庭で処理するものと下水処理場で処理するものに分類した上で、食の 9 ステージモデルにおける再資源化の位置づけ、堆肥の利用方法、生ごみ再資源化の循環圏、サーキュラーエコノミーにおける生ごみ再資源化の役割・機能・意味について検討した。

今後、家庭生ごみの再資源化がより拡大するには、家庭で処理する装置の普及と農家における堆肥・肥料利用の拡大が必要であると考える。身近で実践できるサーキュラーエコノミーとして家庭での処理が広まること、肥料高騰の背景から再資源化された汚泥肥料・堆肥が普及することを期待している。

参考文献（ウェブサイトについては最終アクセス日 2023 年 9 月 20 日）

[1] 環境省「令和 4 年度食品廃棄物等の発生抑制及び再生利用の促進の取組に係る実態調査」、https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/pdf/houkokusyo_r04.pdf

[2] 一般社団法人環境イノベーション情報機構「環境 Q&A」、https://www.eic.or.jp/qa/?act=view&serial=7056#:~:text=%E7%94%9F%E3%81%94%E3%81%BF%E3%81%AE%E6%B0%B4%E5%88%86%E3%82%92,%E7%86%B1%E9%87%8F%E3%81%8C%E5%BF%85%E8%A6%81%E3%81%A8%E3%81%AA%E3%82%8A%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82

[3] 環境省「令和 3 年度版環境・循環型社会・生物多様性白書」、https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r03/html/hj21020301.html#n2_3_1_2

[4] 農林水産省「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討会第 1 回検討会、農林水産省提出資料」、https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/221018-12.pdf

[5] 農林水産省「汚泥肥料に関する基礎知識（一般向け）」、https://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/odei_qa.html

[6] 農林水産省「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討会、第 1 回検討会、国土交通省提出資料」、https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/221018-14.pdf

[7] 月島アクアソリューション株式会社　ヒアリング　2023 年 9 月

[8] 産学連携推進機構『農水省補助事業 医食農連携グランドデザイン策定調査報告書(平成 25 年度)』、2014 年

[9] 妹尾堅一郎「資源循環経済は地消地産を自給自足～資源循環圏の構築を目指す～」「新潮流のビジネス航海術」『時局』No.69、2023 年 1 月、時局社