

事業系一般廃棄物としての食品廃棄物処理を 対象としたインベントリ分析

古崎 康哲¹・妹尾 一成²・天白 龍昇³・石川 宗孝⁴

¹正会員 大阪工業大学講師 工学部環境工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)
E-mail:kosaki@env.oit.ac.jp

²非会員 大阪工業大学大学院 工学研究科環境工学専攻 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

³非会員 ダイキン工業株式会社 (〒530-8323 大阪市北区中崎西 2-4-12 梅田センタービル)

⁴正会員 大阪工業大学教授 工学部環境工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

本研究では食品小売業や外食産業などから発生する食品廃棄物のメタン発酵処理を対象とし、焼却や堆肥化との詳細な比較が可能なデータ構築を目的として、環境負荷に関するインベントリデータ算出を行った。得られた知見は以下の通りである。(1)メタン発酵処理システムに関する単位プロセスのインベントリデータ算出を行った。環境負荷は、CO₂、CH₄、N₂O、SO_x、NO_x等とし、食品廃棄物量当たりで整理した。(2)モデル地区を設定し、メタン発酵、堆肥化、焼却について、施設整備を都市部(廃棄物発生地域)および農村部(堆肥等利用地域)で行った場合における環境負荷算出、統合化を行った。その結果、バイオガス利用により得られたエネルギーを環境負荷削減量に考慮した場合はメタン発酵が有利になり、考慮しない場合は焼却処理が有利になることがわかった。

Key Words : Food waste, Methane fermentation, Environmental load, Inventory analysis, collection service area, utilization of liquid manure

1. はじめに

近年、循環型社会の構築および地球温暖化対策の推進といった視点から、未利用有機資源(バイオマス)の活用が求められている。食品廃棄物はバイオマスの中でも家畜排せつ物、汚泥に次いで発生量が多いにも関わらず、利用率は約20%¹⁾と低いのが現状である。食品廃棄物は産業廃棄物と一般廃棄物に大別され、一般廃棄物は家庭系と事業系に分類される。平成12年に制定された食品リサイクル法により、食品製造業での再生利用率は向上しており、産業廃棄物としての再生利用率は平成17年度で85%²⁾となっている。一方で一般廃棄物としては16%といまだ低いのが現状である。

本研究では一般廃棄物のうち、事業系の食品廃棄物を対象とする。事業系は家庭系と比べて一般に混合物が少なく再生利用に適した状態で発生するにもかかわらず、産業廃棄物に比べて再生利用率が低い。この傾向は特に食品小売業および外食産業で顕著である³⁾。その理由としては、異物混入等のリスクが高いため飼料化に適さないこと、個々の排出量が少量であるため、収集等の効率

が良くないことなどが挙げられる。このような中で事業系の食品廃棄物の多くは焼却処理されていると考えられる。

以上のような状況の中で、メタン発酵は廃棄物減量化手段およびバイオガスによるエネルギー利用の両面から有効であると考えられる。バイオマスタウン事業等の推進もあって、近年その導入数は増加している⁴⁾。しかしながら、どのようなフローとすればエネルギー面および環境負荷の面で有利となるか、どのような地域であれば有利となるかについてを検討しようとした場合、詳細なデータの積み重ねと対象地域の設定がなければ、客観性が薄い結果となり比較検討の意義が薄れてしまう。しかしながら、地域特性等を多分に含んでいる事情により、実施設同士の比較は困難である。そのため、単位プロセスの積み上げによるシミュレーションが必要であると考えられる。

以上のことから本研究では、食品廃棄物を処理対象としたメタン発酵について、各単位プロセスにおけるインベントリデータの算出を行い、それらを使用して複数のシナリオを設定してエネルギー、環境負荷の比較検討

を行った。さらに、現在実施数の多い堆肥化、焼却処理についても算出し、各処理フローの優位性を比較した。また、シナリオ設定当たっては、収集対象地域を都市部、堆肥・液肥施用地域を農村部と設定し、施設をどちらに整備する方が有利かについても比較検討した。

2. 検討方法

(1) 評価シナリオとシステム境界の設定

図-1に本研究で対象とした評価シナリオおよびシステム境界を示す。食品廃棄物の収集地域は都市部、堆肥または液肥の施用を農村部と設定した。処理施設の整備を都市部としたシナリオを1~6、農村部としたシナリオを1'~6'として合計12通りのシナリオを設定した。このうち、メタン発酵処理を含むシナリオは1~4と1'~4'であり、比較対象として全量堆肥化を5、5'、全量焼却処理を6、6'と設定した。

都市部での処理施設整備を想定したシナリオでは、平均収集距離を38km、堆肥または液肥の運搬距離を100kmと設定した。メタン発酵処理のシナリオでは、消化液を農地還元（シナリオ1）する場合、脱離液は水処理後下水放流し（下水処理も検討範囲とした）、固形分は堆肥化（シナリオ2）または焼却（シナリオ3）する場合とした。またその際のバイオガスの利用方法は、堆肥化を導入する場合は熱源としてボイラ利用（シナリオ2、3）を優先させた。

農村部での処理施設整備を想定したシナリオでは、平均収集距離を135km、堆肥または液肥の運搬距離を50kmと設定した。メタン発酵処理のシナリオの考え方は上記

と同様であるが、河川放流等として活性炭吸着等を考慮した。

システム境界については、いずれのシナリオも収集から最終的に処理、または利用されるまでとした。

(2) 前提条件

処理対象は事業系の食品廃棄物（含水率80%）とし、処理規模を10t-wet/日、供用率を100%とした。ライフステージは建設段階では機械、車両の製造とし、運用段階では電力、燃料、薬剤、水道等の使用に伴う排出量等を算出し、下水処理および焼却、埋立てについては運用段階のみを対象とした。

メタン発酵処理と堆肥化では、計画・設計要領⁹および聞き取り調査等から各単位プロセスの機器類の構成と仕様、それらの運転時間や薬剤の添加率等を設定した。ここで、電力使用量については負荷率を80%、バイオガス利用についてはボイラ効率を90%、ガスエンジン発電効率を35%、エンジン排熱の回収効率を37%とした。バ

表-1 処理プロセスの分類

	処理プロセスの分類	主な処理内容
共通	収集プロセス	収集
	前処理プロセス	破碎、分別
	メタン発酵プロセス	濃度・流量調整、メタン発酵
	汚泥処理プロセス	脱水、堆肥化、焼却・埋立
	農地還元プロセス	液肥および堆肥の運搬・散布
	残液処理プロセス	残液処理
	脱臭プロセス	脱臭
	バイオガス利用プロセス	脱硫、発電・熱回収
堆肥化		堆肥化、堆肥の運搬および散布
焼却処理		焼却（発電）、焼却灰の運搬、埋立、浸出水処理

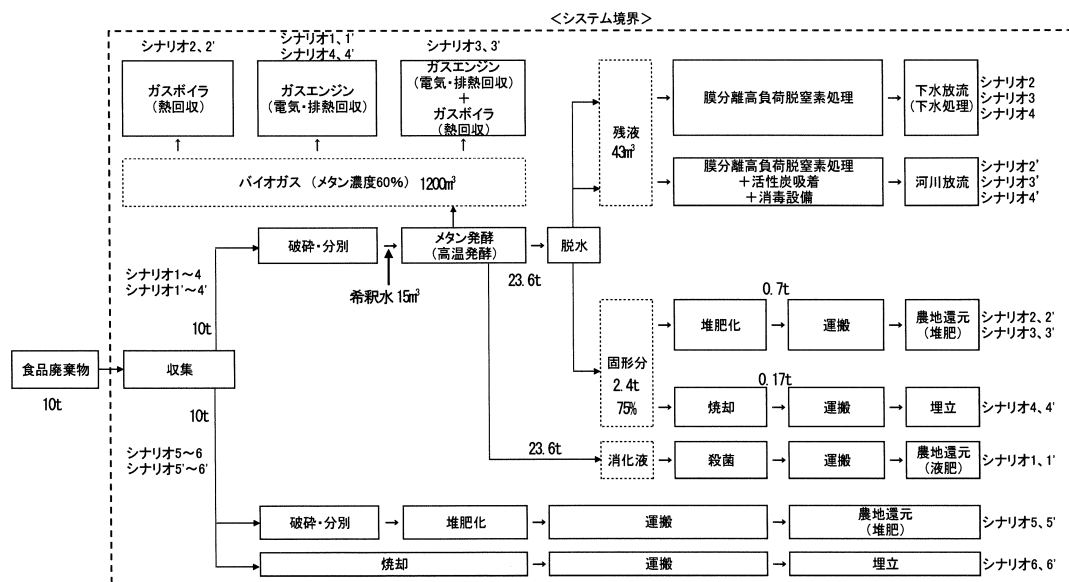


図-1 評価シナリオおよびシステム境界

エネルギー・環境負荷排出量は、表-1に示す処理内容ごとのプロセスに分類するものとした。特にメタン発酵については7項目に分類した。

表2に本研究で評価対象とした環境負荷物質と排出源を示す。本研究で対象とした環境負荷物質は、CO₂、CH₄、N₂O、SO_x、NO_x、SPM、T-N、T-P、CODとした。この中で化石燃料由来の環境負荷原単位のうち、建設段階は建築学会⁸⁾を、運用段階においては主に産業環境管理協会⁹⁾の数値を使用した。また、輸送に伴うNO_x、SPMの排出は国環研¹⁰⁾の数値を使用した。非化石燃料由来については、消化液および堆肥の分解に伴うN₂O¹¹⁾¹²⁾、脱離液の処理に伴う消化脱離液の処理に伴うCH₄、N₂O¹³⁾、放流水水質については大阪府における各下水処理施設の放流水質の平均値¹⁴⁾および設計指針値⁵⁾から設定した。算出結果は機能単位を10t・食品廃棄物として整理した。

			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO _x	NO _x	SPM	T-N	T-P	COD
化石 燃料 由来	建設 段階	車両の製造	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		機械の製造	○	○	○	○	○	-	-	-	-
	運用 段階	電力	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		燃料	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		薬剤	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		活性炭	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		水道	○	○	○	○	○	-	-	-	-
		輸送	-	-	-	-	-	○	-	-	-
		堆肥および液肥 の分解	-	-	○	-	-	-	-	-	-
非化石 燃料 由来	残液処理	-	○	○	-	-	-	-	-	-	
	放流水	-	-	-	-	-	-	○	○	○	

特性化および統合化手法の係数はLIME¹⁵⁾を用いて行った。統合化係数についてはコンジョイント分析に基づいた推計結果（無次元評価用）を用いた。

[illegible][illegible]

図4にメタン発酵導入シナリオにおける電力消費量および発電量を示す。ガスエンジンを導入したシナリオ13.4においていずれも電力の余剰が発生することがわか

表-3 メタン発酵導入シナリオにおける単位プロセスの環境
負荷物質排出量

項目	単位 (*/10t-食品 廃棄物)	収集プロセス		前処理 プロセス	メタン発酵 プロセス	バイオガス利用プロセス			
		農村部 (135km)	都市部 (38km)			ガスボイラ	ガス エンジン	ガス タービン	ガスエン ジン+ガスボ イラ
CO ₂	kg-CO ₂	390	120	130	430	73	75	67	81
SO _x	g-SO _x	37	17	47	200	32	44	34	39
NO _x	g-NO _x	2300	870	110	170	68	88	67	82
CH ₄	g-CH ₄	14	5	4	11	4	7	5	6
N ₂ O	g-N ₂ O	7	2	0	6	1	1	1	1
SPM	g-SPM	360	100	0	0	0	0	0	0
T-N	kg-T-N	0	0	0	0	0	0	0	0
T-P	kg-T-P	0	0	0	0	0	0	0	0
COD	kg-COD	0	0	0	0	0	0	0	0

項目	単位 (*/10t-食品 廃棄物)	残液処理プロセス					
		標準 脱窒素	標準脱窒素 +活性炭	膜分離 高負荷	液肥運搬・ 散布(農村部)	液肥利用 (農村部)	液肥利用 (都市部)
CO ₂	kg-CO ₂	380	400	260	280	280	510
SO _x	g-SO _x	120	140	89	100	22	35
NO _x	g-NO _x	270	290	200	220	100	170
CH ₄	g-CH ₄	700	710	220	220	9	15
N ₂ O	g-N ₂ O	17	17	260	260	150	8
SPM	g-SPM	0	0	0	0	220	440
T-N	kg-T-N	0.91	0.88	0.13	0.13	0	0
T-P	kg-T-P	0.061	0.088	0.009	0.013	0	0
COD	kg-COD	0.9	2.2	0.1	0.4	0	0

項目	単位 (*/10t-食品 廃棄物)	汚泥処理プロセス			農地還元プロセス					脱臭プロセス
		堆肥化	焼却	液肥	堆肥運搬・ 散布(農村部)	堆肥運搬・ 散布(都市部)	液肥運搬・ 散布(農村部)	液肥運搬・ 散布(都市部)	液肥利用 (都市部)	
CO ₂	kg-CO ₂	330	160	110	7	11	55	100	120	
SO _x	g-SO _x	200	100	56	3	4	3	6	50	
NO _x	g-NO _x	210	150	35	31	54	330	600	97	
CH ₄	g-CH ₄	23	16	3	1	1	1	3	3	
N ₂ O	g-N ₂ O	16	12	2	14	14	160	160	1	
SPM	g-SPM	0	1	0	3	7	42	84	0	
T-N	kg-T-N	0	0	0	0	0	0	0	0	
T-P	kg-T-P	0	0	0	0	0	0	0	0	
COD	kg-COD	0	0	0	0	0	0	0	0	

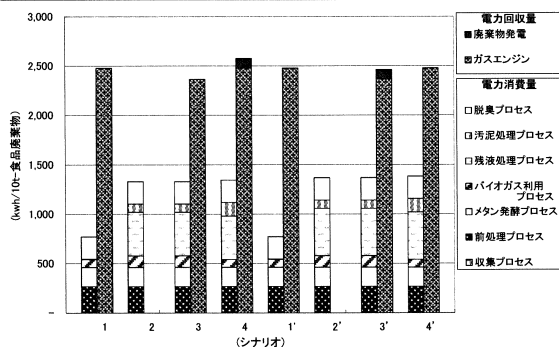


図-4 メタン発酵導入シナリオにおける電力消費・回収
量

った。特に消化液を農地利用するシナリオ1は、施設使用分の2倍以上の余剰電力を得ることができ、最も有利な結果となった。図-5に熱消費量および熱回収量を示す。熱回収量はガスボイラおよびガスエンジン排熱によるもので、ガスボイラを導入したシナリオ2が最も余剰熱が得られることがわかった。また、堆肥化を導入したシナリオ23の消費量が大きくなり、堆肥加温に比較的大き

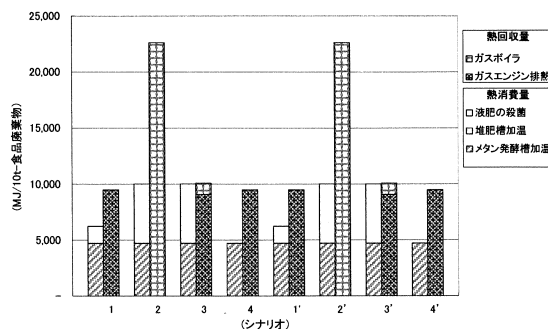


図-5 メタン発酵導入シナリオにおける熱消費・回収量

な熱量が必要であることがわかった。またいずれのシナリオにおいても必要な熱量を全てバイオガスで賄うことが可能とわかった。

(2) CO₂排出量について

図-6に各シナリオにおけるCO₂排出量を示す。図において、排出されるCO₂を正の値とした。また、バイオガスから得られた電力および熱量の余剰分、化学肥料代替量をCO₂に換算し、負の値として示した。CO₂排出量が最も大きくなるのは、施設を都市部に整備した場合も農村部に整備した場合もシナリオ2であり、他の2~3倍となった。このシナリオでは、メタン発酵の残液処理が最も大きくなることがわかった。シナリオ3,4でも残液処理を行っているが、ガスエンジンによる発電で賄ったために排出量が小さくなっている。最もCO₂排出量が小さくなるのは、廃棄物全てを焼却処理するシナリオ6であり、都市部整備では他のシナリオの半分以下となった。また、農村部に施設を整備するシナリオでは、収集プロセスでの排出量が大きくなることがわかった。

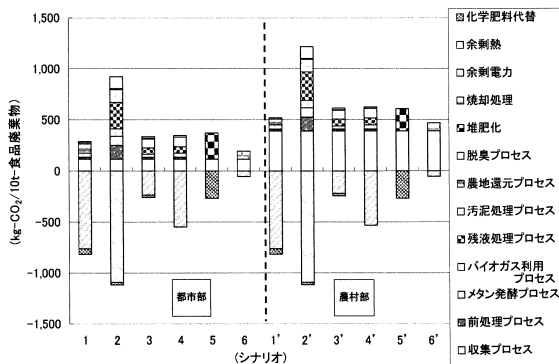


図-6 各シナリオにおけるCO₂排出量

(3) その他の環境負荷物質排出量について

表-4に各シナリオにおける環境負荷物質の排出量を示す。施設整備を農村部としたシナリオの方が収集距離が長いことからCO₂、NO_x、SO_xの値が大きくなることが

わかった。また、水質項目のうちT-P、CODについては都市部としたシナリオの方が小さくなった。これは、下水放流された処理水が下水処理場で再度処理されると設定したためである。

表-4 各シナリオにおける環境負荷物質排出量および余剰量

環境負荷 */10t-食品廃棄物	内容	施設整備を都市部としたシナリオ					
		1	2	3	4	5	6
CO ₂ (kg-CO ₂)	排出量	290	920	340	350	370	190
	余剰量	820	1100	260	550	270	54
CH ₄ (g-CH ₄)	排出量	20	260	250	250	12	6
	余剰量	10	30	3	7	0	1
N ₂ O (g-N ₂ O)	排出量	160	290	290	280	700	3
	余剰量	2	18	1	1	0	0
SO _x (g-SO _x)	排出量	88	370	200	200	41	23
	余剰量	220	470	61	150	0	16
NO _x (g-NO _x)	排出量	1400	1400	980	930	730	680
	余剰量	520	0	130	360	0	40
SPM (g-SPM)	排出量	190	110	110	110	140	100
	余剰量	-	-	-	-	-	-
T-N (g-T-N)	排出量	0	34	34	34	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-
T-P (g-T-P)	排出量	0	8.7	8.7	8.7	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-
COD (g-COD)	排出量	0	0.12	0.12	0.12	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-

環境負荷 */10t-食品廃棄物	内容	施設整備を農村部としたシナリオ					
		1'	2'	3'	4'	5'	6'
CO ₂ (kg-CO ₂)	排出量	520	1200	610	630	610	470
	余剰量	820	1100	240	530	270	54
CH ₄ (g-CH ₄)	排出量	28	270	260	260	21	15
	余剰量	10	30	3	7	0	1
N ₂ O (g-N ₂ O)	排出量	170	300	300	280	710	8
	余剰量	2	18	1	1	0	0
SO _x (g-SO _x)	排出量	106	400	220	220	59	43
	余剰量	220	470	56	150	0	16
NO _x (g-NO _x)	排出量	2800	3100	2600	2600	2500	2300
	余剰量	520	0	120	350	0	40
SPM (g-SPM)	排出量	400	360	360	360	430	360
	余剰量	-	-	-	-	-	-
T-N (g-T-N)	排出量	0	33	33	33	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-
T-P (g-T-P)	排出量	0	13	13	13	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-
COD (g-COD)	排出量	0	0.38	0.38	0.38	0	0
	余剰量	-	-	-	-	-	-

5. 各シナリオにおける統合化結果

図-7に各シナリオにおけるコンジョイント分析結果を示す。図において、環境負荷量を正の値、削減量を負の値として示す。全体の60~80%と、最も環境への影響が

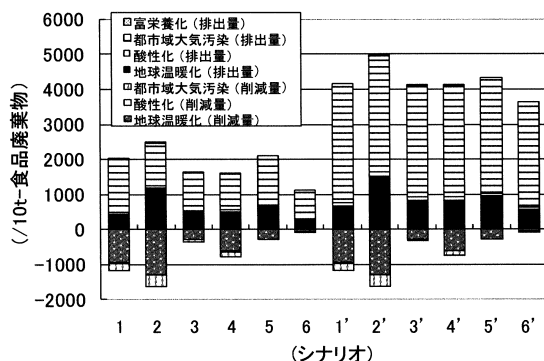


図-7 コンジョイント分析による統合化結果

大きくなったのが都市域大気汚染であり、次いで地球温暖化となった。算出結果の大部分はこの2項目が占めることがわかった。また、施設整備を農村部で行う場合の環境負荷は都市部整備の場合の2~3倍となることがわかった。これは収集距離の負荷量が大きいためであり、収集が環境負荷に大きく影響することがわかった。削減量は発電・排熱の余剰分もしくは肥料代替効果に由来しており、大部分が地球温暖化に関する削減量であり、シナリオ1,2が大きく分かった。

図-8に環境負荷量から削減量を差し引いて統合化を行った値を「環境影響削減ポテンシャル」と定義した結果を示す。これはバイオガスによる発電量や熱回収の余剰量などを全て有効に活用できた場合の値である。結果はいずれのシナリオも値が負となり、排出による影響の方が削減よりも大きくなることが分かった。また、施設整備を都市域で行ったシナリオ1-6の方がいずれも農村部整備の半分以下となることが分かった。都市部整備、農村部整備ともメタン発酵を含むシナリオ1,2,4の方が、焼却処理であるシナリオ6よりも有利であることがわかった。

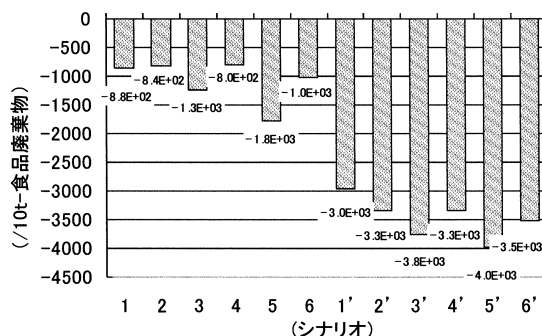


図-8 環境影響削減ポテンシャル

表5は上記の結果を整理したもので、削減量を考慮せずに排出量のみを考慮した場合と削減量も考慮した場合の2通りについて比較した。削減量を考慮しない場合は環境負荷で比較を行い、施設整備を行うのが都市部・農村部とも全量焼却（シナリオ6）が最も影響が小さくなり、ついでメタン発酵となった。削減量を考慮する場合は削減ポテンシャルの値から比較を行い、メタン発酵シナリオ（1,2,4,1',2',4'）の環境影響が小さいことがわか

表-5 各シナリオにおける環境影響度の順位付け

		統合化結果 (削減量を考慮せず)		統合化結果 (削減量を考慮)	
		都市部	農村部	都市部	農村部
		シナリオ6	シナリオ6'	シナリオ4	シナリオ4'
環境への影響 	シナリオ4	シナリオ3'	シナリオ2	シナリオ2'	
	シナリオ3	シナリオ4'	シナリオ1	シナリオ4'	
	シナリオ1	シナリオ1'	シナリオ6	シナリオ6'	
	シナリオ5	シナリオ5'	シナリオ3	シナリオ3'	
	シナリオ2	シナリオ2'	シナリオ5	シナリオ5'	

った。またその場合のメタン発酵残液の処理は、都市部整備では残渣を焼却、農村部整備では液肥利用が有利であることがわかった。全量堆肥化（シナリオ5）はいずれも環境影響の面で不利であることが分かった。

6. おわりに

本研究では食品小売業や外食産業などから発生する食品廃棄物のメタン発酵処理を対象とし、焼却や堆肥化との詳細な比較を行うことが可能なデータ構築を目的として、環境負荷に関するインベントリデータ算出を行った。本研究で得られた知見は以下の通りである。

(1)メタン発酵処理システムに関する単位プロセスのインベントリデータ算出を行った。算出方法はメーカー聞き取り値を中心に、廃棄物収集、脱水、堆肥化、焼却、メタン発酵、残液処理、堆肥・液肥運搬、バイオガス利用、脱臭等の単位プロセスでまとめた。環境負荷は、CO₂、CH₄、N₂O、SO_x、NO_xとした。各プロセスのインベントリデータは食品廃棄物量当たりで整理した。

(2)モデル地区を設定して食品廃棄物処理フローの比較検討を行った。メタン発酵、堆肥化、焼却について、施設整備を都市部（廃棄物発生地域）および農村部（堆肥等利用地域）で行った場合について、それぞれ建設・運用時の環境負荷を算出し、統合化を行った。その結果、施設整備を農村部とした場合、環境負荷が都市部整備の2〜3倍となることがわかった。また、バイオガス利用により得られたエネルギーを環境負荷削減量に考慮する場合はメタン発酵が有利になり、その場合の発酵残渣の処理は、都市部では焼却、農村部では液肥利用が適していることがわかった。一方、バイオガス利用を環境負荷削減量として考慮しない場合は、全量焼却処理が最も有利になることがわかった。

以上のことから、本研究で得られたインベントリデータを使用し、シナリオを設定することで、様々な条件における環境影響を比較検討することが可能となる。実際の施設整備・運用では用地、余剰エネルギーの利用等で様々な制約がかかったり、当事者らの主観が重要となるが、本研究の手法で得られるデータは必要最小限の客観データとして有用であると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたって、アタカ大機株式会社、

コーンズ・アンド・カンパニー・リミテッドの方々に多大なご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 閣議決定：バイオマス・ニッポン総合戦略（参考資料）、<<http://www.maff.go.jp/j/biomass/>>, 2006.
- 2) 環境省：環境循環型社会白書（平成 20 年版）、株式会社ぎょうせい, 2008.
- 3) 牛久保明邦：食品関連事業から排出される食品廃棄物の現状と課題ー改正食品リサイクル法ー、廃棄物学会誌, Vol.19, No.4, pp.160-165, 2008.
- 4) 財団法人廃棄物研究財団メタン発酵研究会：メタン発酵情報資料 2006、財団法人廃棄物研究財団, 2006.
- 5) 社団法人全国都市清掃会議：汚泥再生処理センター等施設整備の計画設計要領 2006 改訂版, 2006.
- 6) 田原聖隆、稲葉敦、坂根優、小島紀徳：都市部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, Vol.15, No.4, pp.276-282, 2004.
- 7) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：平成 14 年度製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書, 2003.
- 8) 社団法人日本建築学会：建物の LCA 指針-温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール-, 丸善株式会社, 2006.
- 9) 社団法人産業環境管理協会：ライフサイクルアセスメント実施支援ソフト“JEMAI-LCA Pro”, 2006.
- 10) 南齋規介、森口祐一、東野達：産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID) -LCA のインベントリデータとして-, 独立行政法人国立環境センター地球環境研究センター, 2002.
- 11) 藤川智紀、中村真人、柚山義人：メタン発酵硝化液の施用による土壌から大気への温室効果ガス発生量の変化、農業農村工学会論文集, No.254, pp.85-95, 2008.
- 12) 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処理システム解析、廃棄物学会論文誌, Vol.16, No.2, pp.173-187, 2005.
- 13) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧、<<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>>
- 14) 菱沼竜男、井原智彦、志水章夫、楊翠芬、玄地裕：LCA 手法を用いた肥育豚糞尿処理システムの環境影響の比較、農業施設, vol.28, No.1, pp.43-56, 2007.
- 15) 伊坪徳宏、稲葉敦：ライフサイクル環境影響評価手法 LIME-LCA、環境会計、環境効率のための評価手法・データベース、社団法人産業環境管理協会, 2005.

INVENTORY ANALYSIS ON TREATMENT OF FOOD WASTE FROM COMMERCIAL ESTABLISHMENT

Yasunori KOSAKI, Kazunari SENOO, Tatsunori TENPAKU, Munetaka ISHIKAWA

Inventory data concerning environmental impact of methane fermentation of food waste from the food retail and restaurant industries was calculated to provide data that enables detailed comparison of methane when incinerated or used as compost. The following results were obtained: (1) Inventory data of unit process for methane fermentation system was calculated. CO_2 , CH_4 , N_2O , SO_x , NO_x are considered to have a negative impact on the environment. Inventory data of each process was arranged for certain amounts of food waste. (2) A model area was established, and the environmental impact of methane fermentation, incineration and composting when treatment facility was constructed on urban area or rural area was calculated. The study showed that methane fermentation system was advantageous when energy from biogas reducing environmental impact was taken into account; incineration was found to be more advantageous when this was not taken into account.