

武庫川流域圏における有機物資源リサイクルシステムの構築と評価

栗栖 雅宜¹・藤田 壮²・盛岡 通³

¹大阪大学大学院工学系研究科 環境工学専攻 E-mail:kurusu@ecolonia.env.eng.osaka-u.ac.jp

²博士(工学) 東洋大学工学部 環境建設工学 教授 E-mail:fujita@eng.toyo-u.ac.jp.

³工学博士 大阪大学大学院工学系研究科 環境工学専攻 教授 E-mail:morioka@env.eng.osaka-u.ac.jp

自然共生型の流域管理を行っていく上で、物質循環を制御することは重要な意味を持つ。本研究では循環制御の対象として有機物資源を取り上げ、武庫川流域圏をケーススタディの対象として有機物資源リサイクルシステムの構築を支援する方法を提案した。具体的には地域特性に適合する有機物資源再資源化技術の指標として量的指標、質的指標、需給指標の3つをあげ、それらの指標から示される資源循環区に対して再資源化技術を導入することによる二酸化炭素排出量の削減効果を評価した。それによると、適合度分析により示される流域リサイクルシステムは、対象区域全域に画一的な単一の再資源化技術を導入した場合よりも環境影響が少ないことが示された。これにより流域管理において、地域特性を見た上で再資源化施策を決定するプロセスを試行的に構築することができた。

Key Words : basin-wide management, organic waste, biomass, sutability analysis

1. 研究の背景と目的

流域圏で人間は、水循環によって維持される自然生態系からのサービスを長期間にわたって享受してきた。その一方で産業化と都市化に伴い人間活動が拡大してきた結果、海面の埋立や汚濁物質の排出などの大きな環境負荷が流域内外にもたらされている。これらの事象が複雑な相互作用を伴いつつ影響を及ぼし合うことにより赤潮の発生や干潟の減少といった地域生態系が損なわれる状況を招き、人間社会が健全な都市生活を流域圏で将来にわたって持続可能な形で起こっていくための不都合が大きくなりつつある¹⁾。

自然環境と共生し、持続可能な流域圏の構築・管理をおこなうためには、有機系をはじめとする物質の循環を持続可能な形で制御することが重要である。そのためには処理基盤の建設と高度化だけではなく、物質回収領域や再資源化施設立地点の再編、さらに社会的システムを改変すること等も視野に入れて多様な政策プログラムを流域特性に応じて統合的に設計・推進することが必要である。

そこで本研究では、流域圏を流域の土地利用や産業活動を面的に分布した形で捉えるアプローチを支えるための空間単位として定義し、その圏域での有機性物質循環利用のための技術の選択肢を用意する。その上で、有機性廃棄物の発生特性と物質転換の効率、および再資源化された技術の需要特性を考慮して、物質循

環効率を高める流域圏での有機性物質循環システム設計の方針を決定する論理プロセスを構築する。

2. 有機物循環の既存研究の類型化

(1) 有機物循環技術の適用に関する研究の類型

有機系廃棄物の循環に関する研究を対象とする廃棄物種類及び再資源化技術のカテゴリーにより分類する。増田ら(2002)²⁾らは単一種の廃棄物を対象として単一の再資源化技術を適用した場合の環境負荷削減効果に関する研究をおこなっている。すなわち、家庭生ごみを対象として堆肥化による二酸化炭素排出量削減効果を種々のシナリオに対して検討をおこなっている。次に平井らの研究(2002)では³⁾、単一種の廃棄物に対して複数の再資源化技術を導入した場合の効果を比較している。標準生ごみについて、焼却埋立、メタン発酵-残渣焼却、メタン発酵-残渣堆肥化、堆肥化の4種の再資源化技術を適用した効果を地球温暖化、酸性化、埋立地消費、有害物質による健康影響の4つの影響領域に対して評価を行っている。これに対して盛岡ら(2002)⁴⁾は神戸東部第四工区食品コンビナートから発生する多様な食品廃棄物を対象として、その循環システムを変化させることによるメタン発酵の効果を検討している。また松本ら(2000)⁵⁾は、複数の有機性廃棄物に対して、多様な再資源化技術を適用した際

の環境影響評価を行っており、ディスパーザーにより厨芥と下水汚泥を統合的に扱うことを想定して、処理後にコンポスト化あるいは乳酸化する場合の環境影響評価を行っている。

以上の有機物循環に関する研究を表1のように整理する。

表1 有機物循環に関する研究の整理

		対象廃棄物種数	
		単一	複数
再資源化技術種数	単一	増田ら (2002) ²⁾ 家庭生ごみを堆肥化	盛岡ら (2002) ⁴⁾ 複数種の食品廃棄物をメタン発酵
	複数	平井ら (2002) ³⁾ 標準生ごみをメタン発酵及び堆肥化	松本ら (2000) ⁵⁾ 厨芥と下水汚泥を堆肥化及び乳酸化

(2) 施設立地の環境影響評価を行った既存研究

地域特性との適合性から見た施設の面的配置に関する研究として、原沢ら (1992) ⁶⁾ は独自に開発した流域管理システムの適用例として、生活排水処理方式(下水道や合併浄化槽)の地域的な組み合わせや緊急度の高

い地域の選定などの問題に対して有効な分散度といった指標を提案している。また近年はその操作性の高さから GIS(地理情報システム)が多く利用されている。例えば荒巻ら (2000) ⁷⁾ は CGS と清掃工場廃熱を利用した地域冷暖房システム (DHC) を東京都区部の各250mメッシュにおいて評価し、そのシステムを導入した場合の二酸化炭素排出削減効果を都区部全体で推定している。また一ノ瀬ら (2000) ⁸⁾ は下水から得られる温熱エネルギーを都市内で有効に再利用するための地域熱供給施設の立地について、専用に開発されたGISにより、東京23区内の全11下水処理区を対象とした温熱需要と熱供給事業における排熱利用とのバランスに対する解析を行っている。(表2)

表2 地域特性からみた施設配置に関する研究

研究者	空間配置検討施設	特徴
荒巻ら (2000)	CGプラント	エネルギー需要を元にシステム構築
一ノ瀬ら (2000)	ヒートポンプ施設	熱の需給関係やHP1基当たりの利用可能熱量からDHC事業適正評価
原沢ら (1992)	生活排水処理施設	分散度を定義

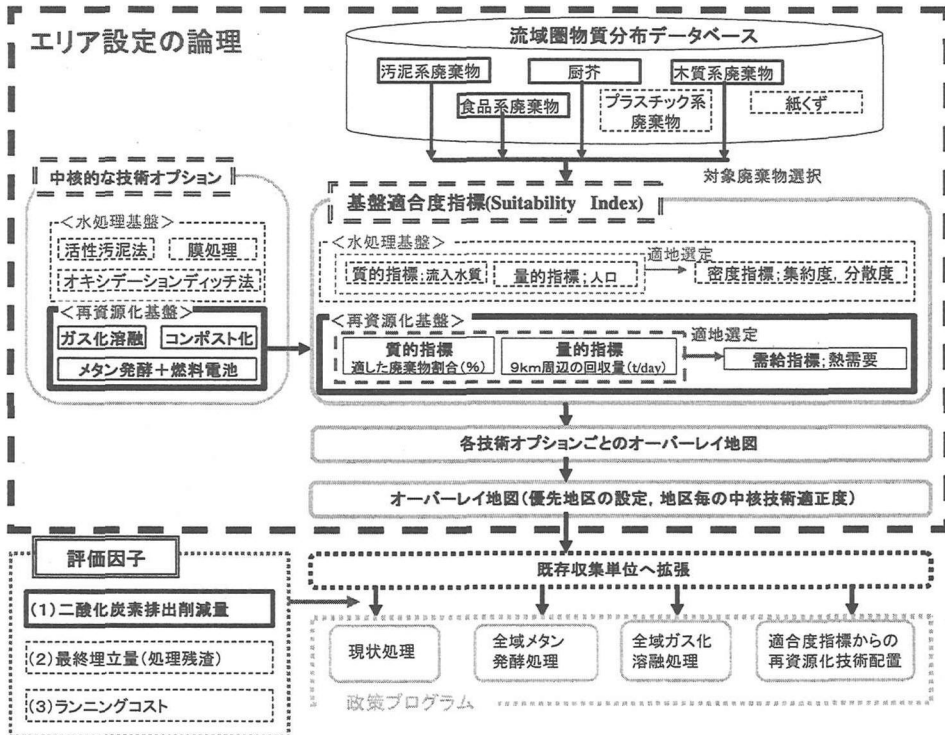


図1 研究のフロー

3. 基盤適合度指標を用いた循環システムの設計

本研究では複数の有機系廃棄物や代替的な循環技術を視野に入れたうえで、都市や農村、あるいは上流域・下流域といった多様な特徴を包含する流域圏において発生する有機性廃棄物の特性と分布に応じて適正に循環制御システムを計画する論理プロセスを構築することをめざす。その際に対象とする有機性廃棄物として、汚泥、食品廃棄物、厨芥、木質廃棄物を挙げ、プラスチック系廃棄物や紙くず、シュレッダーダスト等は本研究では対象としないこととした。

各地域の特性に応じた制御技術及び施設配置を選定するために、対象流域をGIS上で1kmグリッドを最小単位として区分し、経済圏や行政区に影響を受ける形で捉えられる有機性廃棄物の発生量や性状を各グリッドに配分し、それを活用することによって効率的な制御技術と地域特性との適合性を示す指標（基盤適合度指標）を算定するプロセスを構築する。次いで実際の流域を対象として算定された指標にもとづいて、有機系物質を循環するシステムの環境負荷の削減効果を定量的に評価する。

（1）有機物循環の技術システムの適合度評価プロセス

短中期的に実現が予想される、有機物循環の技術オプションとして「メタン発酵と燃料電池の組合せ」「ガス

化溶解」「コンポスト化」を選定して、それぞれに質的指標、量的指標、需給指標を定義して、その地区ごとの算定によって、地域特性に応じた循環技術を選択する。第一に質的指標と量的指標から、基盤の処理技術特性からの適地を選定し、第二に需給指標により社会特性からのソーティングする。各オプション技術に対してこのプロセスを適用し、その結果得られた技術導入の適地をオーバーレイすることで、再資源化技術ごとに整備の優先候補地区が決定される。その候補地区をもとに、実際の処理基盤網の整備状況を考慮した計画処理区を設定することにより、流域圏において循環技術ごとの適用エリアを決定する。そのうえで環境への影響を評価する。以上の作業フローを図1に示す。

（2）基盤適合度指標の設計

循環制御技術の地域特性との適合性を見る指標を設定する。この指標には、発生廃棄物量や廃棄物性状だけではなく、廃棄物発生密度や費用、あるいは地域生態系との関連から純自然的な要素なども包括しているべきであるが、本研究ではこうした要素群の内、発生する有機系廃棄物性状（質的指標）、発生廃棄物量（量的指標）、再資源化物の需給関係（需給指標）を選択した。

質的指標として、再資源化過程における効率に影響を与える要素を取り上げる。含水率は生物反応・物理化学的反応を問わず大きな影響をもたらす要因であることか

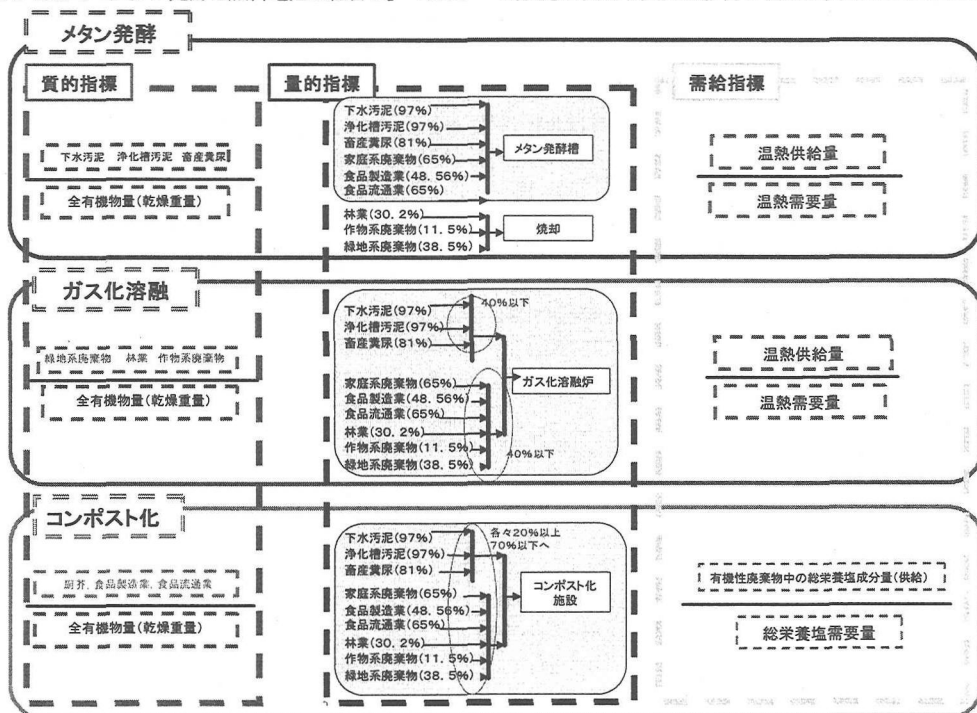


図2 各指標の整理

ら、質的指標として発生廃棄物の含水率に着目する。再資源化技術ごとの適正な含水率をもつ有機廃棄物が、発生状態で有する有機性廃棄物の全有機性廃棄物に占める割合を乾燥重量で算定したものを質的指標として算定した。

量的指標については、廃棄物に対して再資源化処理を適用する上で、処理量による規模効果も考慮して、有機系廃棄物の乾燥重量を設定した。

需給指標については、再資源化物が有効に利用され新規資源を代替して初めて循環形成が意義を持つとの前提で算定する。有機性廃棄物の再資源化は、循環制御という側面を持っていると同時に廃棄物処理の側面も有しているため、需要に応じた再資源化物供給量の変化には困難さが伴う。また再資源化物の供給地点と需要地点との距離が大きき場合、遠方から供給することは非効率かつ安定性に欠き、経済的にも不利になる。したがって需給指標としては、需要と供給との空間的バランスを考えて再資源化物供給量の需要量に対する割合として設定する。

なお、各指標とも周辺9 kmメッシュの属性を中心メッシュに帰属させることにより算定している。以上の有機物循環技術システムの適合度評価を行う手順を図2に整理する。

4. 有機性廃棄物再資源化技術の定義

(1) メタン発酵と燃料電池の組合せ技術の算定手順

本技術オプションは、物質の小規模循環を支えるもので、現時点での技術的完成度はそれほど高くないが、将来における最も有望なリサイクル技術として位置付けられる。その効果の算定にあたっては、既存研究⁹⁾を参考にメタン発酵により発生する単位投入物質当たりのバイオガス発生量は、投入物質中の固形物量におよそ比例するものとして算定した。発酵プロセスに必要なエネルギーについては、厨芥や食品製造業由来の有機性廃棄物などの低含水率廃棄物をメタン発酵によって再資源化するために前処理によってスラリー化することを想定する¹⁰⁾。続いてメタン発酵を行う際には発酵槽を加温する必要があることから、低含水率の廃棄物(含水率90%以下)に対しては高温メタン発酵、高含水率の廃棄物(含水率90%以上)に関しては中温メタン発酵法を行うものと仮定してそれに応じた槽加温熱エネルギー計上した。またメタン発酵を行った後の脱離液は、窒素やリンが豊富であり水域における富栄養化現象などを考えると十分に除去する必要がある。そこで後処理としての水処理に必要なエネルギーも考慮することにする¹⁰⁾。メタン発酵により得られる残渣は通常コンポスト化が行われることもあ

り、循環形成にさらに貢献することが可能であるが、コンポストの需要が限定され余剰に製造してしまう事例も多く、また本研究では単一の再資源化技術の効果を算定するものであるから、残渣は脱水の後焼却されるものとして算定した。

図3にメタン発酵システムのフローを示す。以上のプロセスを経て生成されるメタンガスを中心とするバイオガスを近年発展の著しい燃料電池に供給することにより、電力及び温熱を供給するものとする。

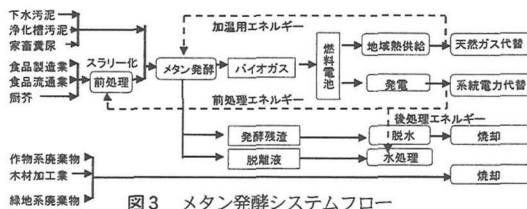


図3 メタン発酵システムフロー

表3 メタン発酵技術諸元

メタン発酵	値	出典
バイオガス発熱量	23MJ/Nm ³	11)
燃料電池効率	電力効率38%、熱効率43%	12)
メタン発酵槽加温エネルギー(中温)	100MJ/t	13)
メタン発酵槽加温エネルギー(高温)	326.57MJ/t	14)
前処理エネルギー	85kWh/t	10)
水処理エネルギー	56.7kWh/t	10)
残渣排出エネルギー	3.84kWh/t	10)
残渣発生量	0.02t/t	10)
焼却エネルギー	150kWh/t	15)

* 冬季のみのエネルギー消費量を年平均に換算した。

(2) ガス化溶融技術適用の算定手順

ガス化溶融に関しては、下水汚泥や浄化槽汚泥など高含水率廃棄物を処理する際には含水率を40%まで低減させた上でガス化溶融炉に投入することを仮定して、あらかじめ含水率を低減させておくことによりガス化溶融の効率を改善できるとの前提に立つ。含水率を低減させる工程に2段階を設定しており、含水率80%以上のものを含水率80%まで低下させるためには脱水工程を、含水率が80%以下のものを含水率40%まで低下させるためには乾燥工程を導入することとしている。脱水工程のエネルギーは花木らの値¹⁰⁾を用い、乾燥工程のエネルギーは乾燥機効率を60%として計算した。その他にガス化溶融処理自体に必要な電力も考慮して計算を行った。廃棄物を熱分解ガス化することによって発生する燃焼ガスをガスエンジンに投入することによって電力及

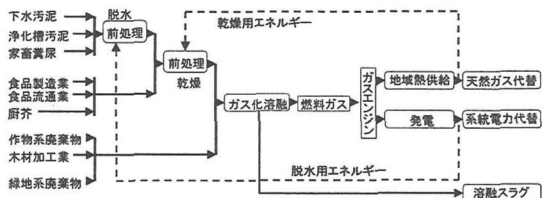


図4 ガス化溶融システムフロー

び温熱を供給するものとする。尚、燃烧ガスの有するエネルギー量を投入廃棄物の低位発熱量から計算した。図4にガス化溶融システムのフローを示す。

表4 ガス化溶融技術諸元

ガス化溶融	値	出典
ガスエンジン発電効率	電力効率37%, 熱効率29%	16)
ガス化消費電力	150kWh/t(投入) *	15)
汚泥脱水消費電力	576MJ/t	17)
乾燥機効率	60%	18)
絶対乾燥汚泥比熱	0.6	18)
蒸発温度	70℃	18)
流入クーキ温度	20℃	18)

* ガス化溶融の必要電力は、焼却段階の必要電力で代用した

(3) コンポスト技術の算定手順

コンポストの需要量としては、土地利用ごとに算定した肥料成分吸収量だけを考えればよいのではなく、土壌に吸着され不活性化する又は微生物に餌として取り込まれる等により土壌に残存するもの、微生物に分解され土壌から放出されるもの(脱窒が該当)、降雨などにより流出、溶脱する場合などを考慮に入れる。吸収される割合(利用率)は、作物の根の活力や量、施肥方法、肥料の製剤形態などにより大きく異なるが、本研究では肥料成分の利用率を窒素 50%、りん酸 15%、カリウム 60%と仮定した¹⁹⁾。さらに現在の化学肥料による栄養素を全量堆肥による栄養素に転換することは現実的ではないため、栄養素の50%を堆肥により代替するものと仮定した¹⁹⁾。コンポスト製造時における窒素揮散率は30%と仮定した¹⁹⁾。またコンポスト製造時のエネルギー消費量も考慮した。図5にコンポストシステムの設定フローを示す。コンポスト化に関しては、3大栄養素である窒素、リン、カリウムを供給可能であるとした。

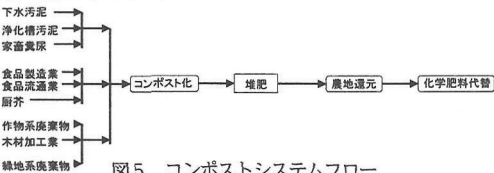


図5 コンポストシステムフロー

表5 コンポスト化技術諸元

コンポスト化	値	出典
窒素揮散率	30%	19)
肥料成分利用率	窒素50%, リン15%, カリウム60%	19)
化学肥料代替率	50%	19)
電力消費量	50kWh/t(投入)	20)
化学肥料製造エネルギー	39.8MJ/kg	21)

5. 武庫川流域圏におけるケーススタディ

兵庫県の武庫川流域圏を対象として、有機系物質循環技術の適合度を算定し、流域圏での効率的な有機物循環の整備の方針を構築した。その後有機物循環施策の環境効果の算定を行った。

(1) 武庫川流域圏の特徴

武庫川流域は兵庫県の東部に位置する流域面積496km²、流路延長260kmの本川と45の支川・小支川からなる二級河川で、同流域は尼崎市、西宮市、宝塚市、伊丹市、神戸市北区、三田市、篠山市、猪名川町、大阪府能勢町の6市1区2町の、約150万人の流域人口を数える。

武庫川流域は過去20年間で兵庫県の県内総生産の約30%を占めており、兵庫県において経済的に重要な部分を担っている。過去20年間で平均約3%の経済成長を続けてきたが、最近の5年間はマイナス成長となっている。その産業構造はほぼ第2次産業と第3次産業とから構成されている。

武庫川流域は上下流に1箇所ずつ流域下水道が整備されており、1976年に武庫川下流流域下水道が、1985年に武庫川上流流域下水道が供用開始されている。また処理に伴い発生する下水汚泥(生汚泥)は下流に位置する兵庫東エースセンター(1989年供用開始)で、焼却処理されている。尼崎沖の広域最終処分場フェニックスに近接しており、廃棄物の多くは焼却、埋立て処分されている。



図6 対象流域圏の土地利用状況

有機性廃棄物発生量推定については、筆者ら(盛岡・藤田・岡寺・丹治)^{22), 23)}がおこなった、7つの活動セクターごとに固形廃棄物系と下水系の有機廃棄物を算定する方式を採用した。1kmグリッドごとの活動量の分布を下に、セクターごとの原単位を用いて発生分布を算定している(図7)。

(2) 循環技術の適合度分析の算定

a) メタン発酵技術の適合地区の選定

メタン発酵適合度の分析においては、質的指標では発生段階での含水率が70%以上の有機性廃棄物である下水汚泥、浄化槽汚泥と家畜糞尿の全有機性廃棄物に占める割合を算定した。これは文献²⁴⁾により、メタン発酵槽に有機性廃棄物を投入する際には、流動性や

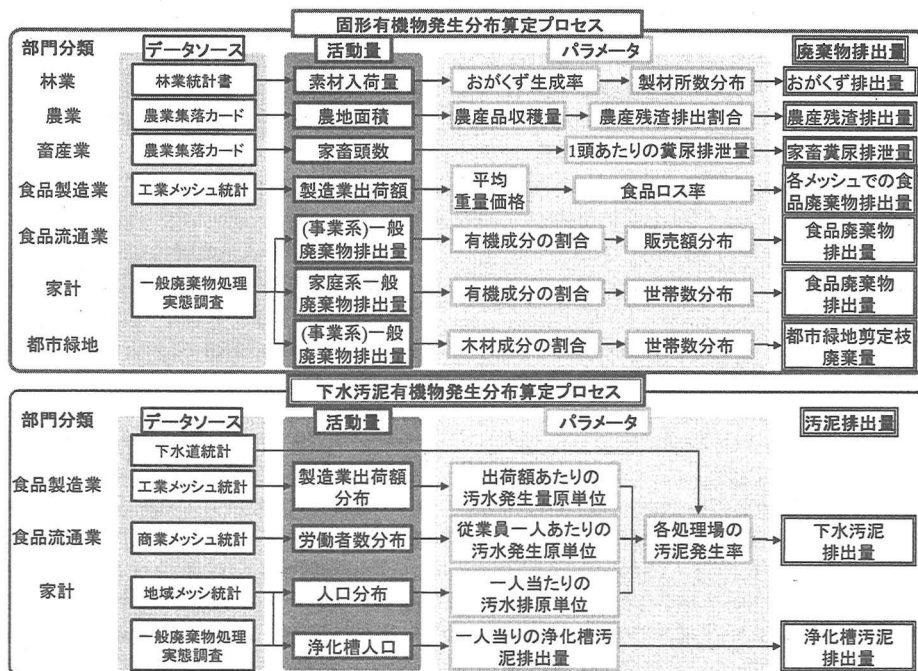


図7 有機性廃棄物分布算定プロセス^{2,3)}

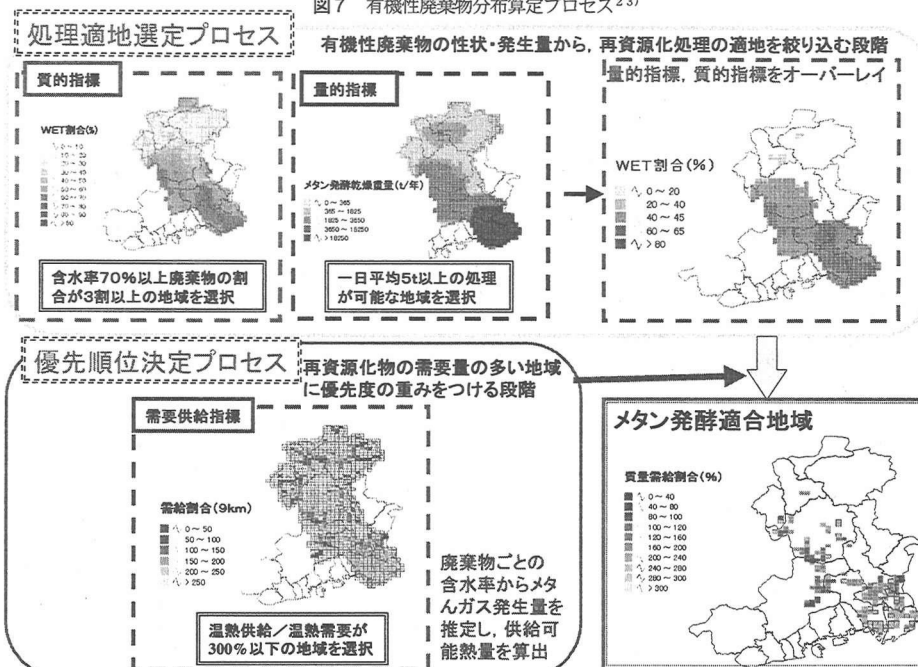


図8 メタン発酵適合度分析

混和性の問題から廃棄物含水率を70%以上に高める必要があるため、前処理に必要なエネルギー消費が少ない有機性廃棄物をここでは質的にメタン発酵に

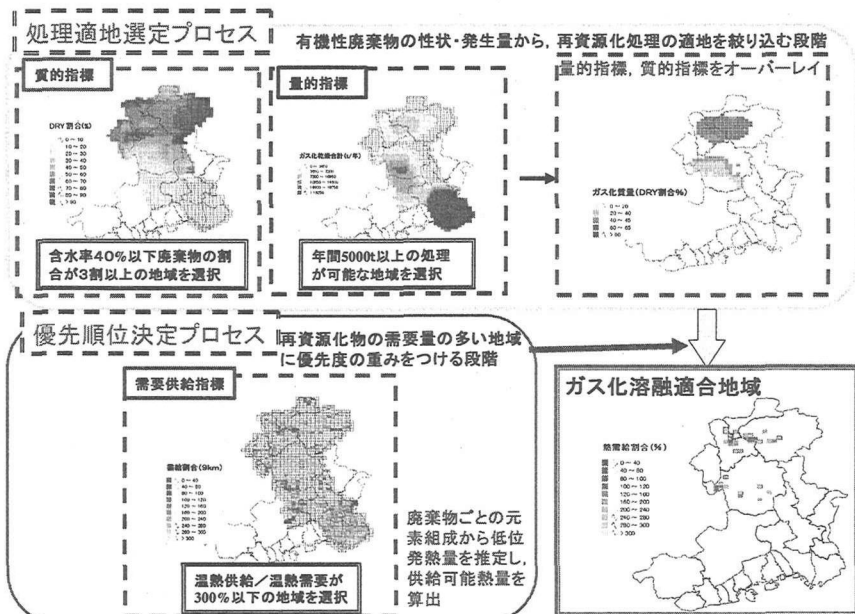
適した廃棄物として選択している。続いて量的指標によって、プラントでの実績値を参考に一日平均のメタン発酵槽投入予定物質乾燥重要量が5t以上の地域を

選択した。最後に需給指標に関しては、燃料電池を経由して発生する温熱量を熱供給ポテンシャルとして、その地域熱需要（住居系の暖房及び給湯における熱需要）に占める割合が300%以下の地域を選択した。ここで熱量の需給にのみ限定して需給指標を議論する理由としては、熱量の場合供給可能範囲が限定され、地域

管理を行う上で電力よりも制約になると考えたためである。以上の質的指標、量的指標、需給指標により得られた地図をオーバーレイした結果を図8に示す。

b) ガス化溶融適合度分析

ガス化溶融適合度分析においては、質的指標では発



生段階での含水率が40%以下の有機性廃棄物(林業、作物系廃棄物、緑地系廃棄物)の全有機性廃棄物に占める割合を算定した。これは含水率の高い廃棄物によるエネルギー損失が技術選択に不利になる構造を考慮している。続いて量的指標について、プラントでの実績値を参考に平均のガス化炉投入予定物質乾燥重量が20t以上の地域を選択した。最後に需給指標に関しては、ガスエンジンを経由して得られる熱量をポテンシャルとして、その地域熱需要(住居系の暖房及び給湯における熱需要)に占める割合が300%以下の地域を選択した。この手順は図9に示す。

c) コンポスト化適合度分析

コンポスト化適合度分析においては、質的指標で発生段階での含水率が45~65%の有機性廃棄物(厨芥、食品製造業、食品流通業)の全有機性廃棄物に占める割合を算定した。これは微生物反応である堆肥化においては水分の適値が存在している²⁵⁾が、その値により判断した。続いて量的指標では、プラントでの実績値を参考に一日平均のコンポスト化装置投入予定物質乾燥重量が5t以上の地域を選択した。最後に需給指標に関しては、コンポスト化により得られる肥料成分である窒素・リン・カリウムの供給量(窒素揮散率は考慮)の地域肥料成分需要に占める割合を算定した。肥料投入対象地としては、田、畑、果樹園、公園緑地とした。なお、全栄養素需要に対するコンポスト投入可能割合を50%と設定している。この手順は図10に示す。

(4) 再資源化技術の適合地区の設定

各再資源化技術の適合地区を重ね合わせた結果を図11に示す。流域北部の篠山市周辺ではガス化溶融技術による有機性廃棄物再資源化が有利であると示され、同様にメタン発酵は尼崎・西宮などの武庫川下流域及び三田の周辺が候補地として示された。コンポスト化

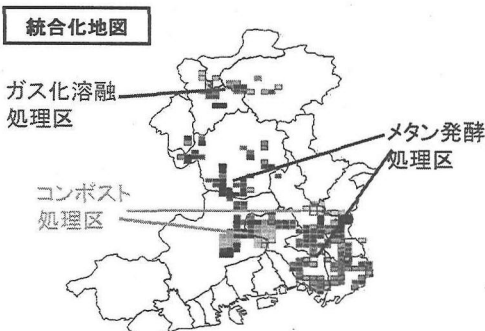


図11 各指標の統合化

に関しては、神戸市北区の西部が候補地として示されている。

続いて事業を実際に行うためのスケールとして、有機性の廃棄物循環の最小単位を処理分区に設定しエリアの決定を行った。既存の各処理分区について、メッシュごとの適合度が高いと判断されたメッシュの数によって当該処理分区に対して適用する循環技術オプションを設定した。二つの技術に関する評価が同じ場合には、供給量/需要量の値が小さい方の再資源化技術を選択することにした。

再資源化技術の適合地区を処理分区でと重ね合わせた結果を図12に示す。

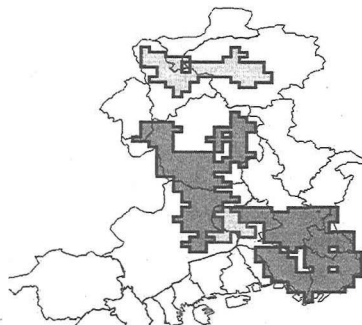


図12 処理分区との結合

6. 流域環境影響削減効果の算定

1) 代替的な政策プログラムの設定

基盤適合度指標により導出される循環技術及びその空間配置の環境負荷削減効果を比較評価するための代替的な政策プログラムとして、本研究では図12の処理分区全域にメタン発酵及びガス化溶融を導入した政策プログラムについて比較を行った。これらは計画立案段階における技術選択及びエリア設定の論理を欠いた代替案として位置付けられる。尚、評価指標としては二酸化炭素排出量や最終処分量などが存在しているが、本研究では二酸化炭素排出量とした。

2) 再資源化施設設立地点の決定

図12の処理分区ごとに循環技術を導入した場合の効果を算定するために、需給指標導出の場合には考慮しなかったプロセスエネルギーも考慮して計算を行う。また実質的な環境負荷削減効果を算定する場合、電気に関しては系統電力に投入することにより全量有効利用されるものとするが、温熱に関しては対象メッシュ内のみの供給を考えた。この場合供給量が需要量を上

回ることも考えられる。そのため実質的な環境負荷削減効果に資する熱量は、対象メッシュ内での温熱需要量と供給可能量の小さい方である。従って温熱を供給するメタン発酵区及びガス化溶融区に関しては、施設立地点を決定する必要が生じる。そこで、1) で設定した各代替案に対して、施設立地点を以下のように設定する。

a) 全域にメタン発酵を導入する政策プログラム

流域全域にメタン発酵技術を導入する場合、最小規模の循環区とした処理区分内の立地点としては、現在のポンプ場の立地点とし、処理区分内にポンプ場が存在していない場合には処理区分内の最も標高の低い点とした。

b) 全域ガス化溶融施設を導入する政策プログラム

全域にガス化溶融施設を導入する場合、既存の焼却場をガス化溶融システムの立地点とし、各処理区分内の廃棄物は最寄りのガス化溶融施設に搬入されるものとした。

c) 地域の適合度技術を採用する政策プログラム

適合度分析を行った際のメタン発酵区においては、全域にメタン発酵を導入した場合と同様、各処理区分内のポンプ場あるいは処理区分内の最も標高が低い地点とした。ガス化溶融炉に関しては、ガス化区内部の焼却場を立地点とした。

3) 代替プログラムの効果の比較

1), 2) で述べた政策プログラムの二酸化炭素排出量削減効果を比較する。その際、再資源化物の供与を受ける部門として民生家庭部門を想定し、その部門からの二酸化炭素排出量の増減で比較を行った。比較結果を図13に示す。これによると適合度分析により得られた再資源化施設の配置を行う代替案と対象処理区分に一律にメタン発酵施設を導入した場合の二酸化炭素排出削減量が大きい。効果をもっとも大きい適合度指標を用いた再資源化システムを導入した場合、1万t-Cの炭素排出が削減されるとの結果になった。ガス化溶融技術に関して

は、含水率の高い廃棄物を投入するため、その乾燥工程に多大なエネルギーが投入されていることが結果に反映された。

7. 結論及び今後の課題

本研究では、多様な地域特性を有する流域の管理において有機性資源リサイクル基盤技術の地域との適合度指標を提案し、その指標を用いることによって再資源化施設立地候補選択システムを構築した。そしてその選択システムを実流域に適用することによって、二酸化炭素を評価指標として環境への影響を評価した。これによってケーススタディとして武庫川流域圏を設定した場合では、質的指標、量的指標、需給指標による適合度分析を行いそれに応じた施設立地を行うことは、地域特性を考慮せず対象処理区分に画一的な処理を施した場合と比較して、環境負荷削減に有利である可能性が存在することが示された。つまり適合度分析から示される再資源化処理システムは、同一処理領域に一意的にメタン発酵処理を行った場合よりも若干二酸化炭素排出量を抑制し、さらに一意的にガス化溶融処理を行った場合と比較すると極めて大きな環境負荷削減効果が得られることが分かった。

この結果からはガス化溶融処理技術の環境へのマイナスのインパクトが読み取れるが、これは、本研究では再資源化対象廃棄物として相対的に発熱量の低い有機性廃棄物（下水汚泥、厨芥など）のみを対象としたためであると考えられる。したがって本研究で取り挙げた廃棄物の移動に伴い発生するプラスチックや紙くずなど発熱量の高い廃棄物を再資源化処理対象物として追加することが今後の課題である。

本研究では、土地利用や産業活動が面的に分布した流域圏において、有機物循環の観点から流域管理を行う際のプロトタイプを構築し、その効果も確認することができた。以上のことから廃棄物の性状、発生量、再資源化物の需給などに代表される流域特性を考慮した上で、流域圏における多様な循環システムを構築することの重要性が認識された。

謝辞：本研究は平成14年度自然共生型流域圏・都市再生技術研究（代表 独立行政法人国立環境研究所渡辺正孝水士壌領域長）の一環として行われたものである。研究を遂行するにあたり、国立環境研究所流域圏環境管理研究プロジェクト研究者並びに兵庫県職員、下水道事業団職員の方々に多大なご支援・ご協力いただいた。ここに記して深く感謝する。

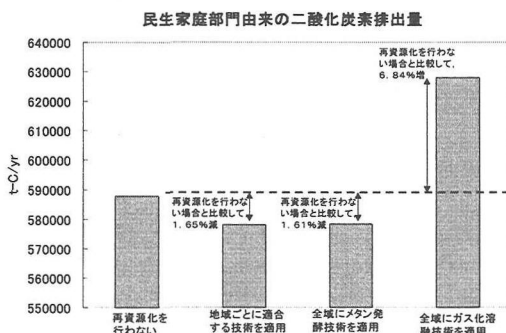


図13 政策プログラムの比較

参考文献

- 1) 渡辺正孝：流域論とローカルガバナンス エコシステム・アプローチにもとづく持続可能な流域圏のための環境管理, 環境情報科学, Vol.31, No.4, 29-35, 2002
- 2) 増田貴則, 細井由彦, 相良拓男：家庭生ゴミ堆肥化とその利用を考慮した環境調和型市民農園による環境負荷削減効果, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 87-89, 2002
- 3) 平井康宏, 高月紘, 村田真樹, 酒井伸一：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, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 87-89, 2002
- 4) 盛岡通編：社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発 研究実施最終報告書 第3編 農工連携による循環複合体の構築, 2001年
- 5) 松本亨, 鮫島和範, 井村秀文：デスポーザー導入による家庭の生ゴミ処理・再資源化システムの評価, 環境システム研究論文集, Vol.28, 2000年10月
- 6) 荒巻俊也, 飯濱美夏, 花木啓祐：東京都区部における民生用エネルギー供給由来のCO₂排出削減可能性の検討～コージェネレーションシステムと清掃工場廃熱利用の地域冷暖房システムの導入～, 環境システム研究論文集, Vol.28, 85-93, 2000年10月
- 7) 一ノ瀬俊明, 川原博満：GISによる下水熱源地域熱供給事業の地域別適正評価, 土木学会論文集, No.643/VII-14, 29-36, 2000年2月
- 8) 原沢英夫, 福島武彦, 天野耕二：流域管理とその支援システム (第2報), 環境システム研究論文集, Vol.20, 93-99, 1992年8月
- 9) 益田光信：KOMPOGASシステム(メタンガス化), 環境技術, Vol.29, No.9, 669-675, 2000年
- 10) 神戸市ポートアイランド生ゴミバイオガス化燃料電池発電施設資料
- 11) 町井光吉, 新井徹, 津久井裕己, 篠崎功, 草間伸行：汚泥消化ガス燃料電池発電システムの開発と実用化, 環境研究, No.119, 2000年
- 12) 高橋元洋, 草間伸行, 和田克也：燃料電池発電プラントの燃料多様化への取組み, 東芝レビュー, Vol.53, No.8, 1998
- 13) 京都府八木町八木バイオエコロジーセンター資料
- 14) 矢田美恵子, 川口博子, 佐々木健：廃棄物のバイオコンバージョン, 地人書館, 1996年
- 15) ヒヤリング調査
- 16) 尾前純也, 小沢昇, 清水益人, 山田純夫：廃棄物ガス化溶融設備からの熱分解ガスによるガスエンジン運転状況, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 796-798, 2002
- 17) 稲葉陸太, 花木啓祐：下水汚泥と都市ごみのゼロエミッション, 環境システム研究-全文審査部門-, Vol.27, 365-374, 1999年10月
- 18) 藤田賢二：下水道工学演習, 学献社, 2001年
- 19) 生物系廃棄物リサイクル研究会：生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題, 1998
- 20) 平井康宏：温室効果ガスの観点から見た廃棄物処理システムの評価～生ごみを中心として～, 京都大学修士論文, 1999年
- 21) 小林久, 佐合隆一：窒素・リン肥料製造のエネルギー消費・CO₂排出のライフサイクル分析, 第4回エコパランス国際会議講演集, 2000
- 22) 岡寺智大：環境負荷の排出と産業連関に着目した流域管理に関する研究, 大阪大学博士論文, 2003年
- 23) 丹治三則, 藤田壮, 盛岡通：流域圏のシナリオ誘導型の施策立案と評価を支援する地理情報システムの設計と運用に関する研究, 環境システム研究 (投稿中)
- 24) 財団法人 食品産業センター：資源循環型食品産業モデル展開事業神戸地区ゼロエミッション推進委員会報告書, 2002年3月
- 25) 藤田賢二：コンポスト化技術-廃棄物有効利用のテクノロジー-, 技報堂出版, 2000年

INTEGRATED PLANNING SUPPORT SYSTEM OF ORGANIC MATTERS RECYCLING INFRASTRUCTURE IN MUKO RIVER BASIN

Masayoshi KURISU, Tohru MORIOKA and Tsuyoshi FUJITA

In managing the river basin, it is important to control the circulation of matters. So in this paper, we highlight the organic matters as the target for controlling the matters, and propose the system to aid the construction of organic matters recycling system in Muko River Basin. Concretely we make three indicators, quality-indicator, quantity-indicator, and demand-supply indicator, and evaluate the reduction effect of carbon dioxide by adapting the recycling technology on the shown recycle district. According to the result, recycling system in river basin shown by the suitability index reduces more CO₂ emission than the recycling system of one technology. So in managing the river basin, the importance of surveying the regional properties in deciding the recycling technology is shown.