

### S - 3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案 手法の確立に関する総合研究プロジェクト

#### 3．都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価

#### ( 6 ) 都市系バイオマスと未利用エネルギーの活用によるエネルギー削減効果

東京大学

大学院工学系研究科都市工学専攻 長谷川聖

<研究協力者> 東京大学

大学院工学系研究科都市工学専攻

石井 暁

#### [ 要旨 ]

都市における未利用エネルギーとして、家庭及び事業所からの有機系食品廃棄物（以下、厨芥類とする）に着目し、その利用価値を二酸化炭素の削減効果に焦点を当て定量的に計算した。検討にあたり、都市計画基礎調査および平成13年度の事業所企業調査の統計データ、地理情報システム(GIS)を用いることにより、各建物レベルでの厨芥類排出量を推定する方法を立案した。これにより、従来3次メッシュ（1km×1km）等を用いて流域圏や都道府県レベルの精度でしか検討されることのなかった資源利用の空間解析を、都市レベルにまで落とし込み、道路地図等を用いることにより、木目の細かな空間分布と輸送を考慮した検討が可能となった。

ここでは、横浜市の北部污泥センターにて事業系および家庭系厨芥を受け入れ、メタン発酵により電力および熱を回収する場合を想定し、7通りの距離圏別、8つの収集シナリオ別の計56通りについて、厨芥類の受け入れポテンシャルとそれによるエネルギー回収およびCO<sub>2</sub>削減のポテンシャルの推定を行った

検討の結果、食品リサイクル法対象の事業系および家庭由来の厨芥類を全て収集、運搬、利用した場合、最大で54118 t-CO<sub>2</sub>/yearの二酸化炭素削減効果があることが明らかとなった。また、収集距離圏の拡大と共に増加していた二酸化炭素の削減効果は15km圏、20km圏で傾向が逆転し、10-12km圏における収集範囲において最も安定的にCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれることが明らかとなった。

[ キーワード ] 二酸化炭素、未利用エネルギー、有機系食品廃棄物、污泥処理センター、GIS

#### 1．はじめに

近年地球温暖化および廃棄物対策という理由から、厨芥類の利用を取り巻く環境は大きく変化している。数年前まで大きく取り上げられることの少なかったこの資源は、メタン発酵技術によ

るバイオガスの回収と利用という視点から、最近特に注目を浴びている。その背景にある推進力の変化については、李ら<sup>1)</sup>を始め多くの研究者<sup>2)、3)</sup>が指摘するとおり、(a) 汚泥再生処理センター事業の推進 (1998) (b) 食品リサイクル法の施行 (2000-2001) (c) 廃棄物処理計画へのバイオガス施設の追加 (2001) (d) 「バイオマスニッポン」の閣議決定 (2002) (e) 電力会社を対象とした RPS 法 (新エネルギー等の利用に関する特別措置法) の成立 (2003) に加え、(f) 京都議定書の第一次約束期間での削減目標の発効 (2005) などが大きく影響しているものと思われる。現在、食品系バイオマスの利用を困難にしている一因は、バイオマス資源の持つ少量分散型の排出形態<sup>4)</sup>であるが、今後の脱温暖化社会への関心の高まりを受けて、それらの弱点を詳細な分析で克服しつつわが国における二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の主要な排出源である都市においてその有効利用を図ることは重要である。

本研究の目的は、廃棄物削減と都市由来の CO<sub>2</sub> 排出を戦略的に削減していくという視点から、横浜市臨海部の汚泥処理センターにおける有機性食品廃棄物の利用によるエネルギー回収および CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルを空間分布に考慮しつつシナリオ分析を用いて推定する。資源の空間分布を考慮した研究は、田畑ら<sup>5)</sup>の愛知県における古紙回収利用を検討した例や、丹治ら<sup>6)</sup>が武庫川流域圏をケースとして有機循環シナリオ分析を行った例がある。しかし、これらの研究対象はいずれも都道府県や流域圏など比較的広域なスケールにおける空間情報を扱ったものであり、同様の手法は都市スケールでの分析には適用しにくいという問題がある。しかしながら、自治体の環境政策への一層の努力の必要性の高まりを受けて、今後都市における二酸化炭素排出量の削減、資源循環、廃棄物管理を戦略的に進めてゆく必要があり、そのためには空間的分解能を上げた、より木目の細かな検討が不可欠となる。本研究では、既存の統計データおよび地理情報システムを用いることにより、都市における個別建物スケールの厨芥類賦存量を推定する方法を確立し、横浜市の汚泥処理センターでの厨芥類の受け入れポテンシャルとそれによるエネルギー回収および CO<sub>2</sub> 削減のポテンシャルの推定を行った。

## 2. 有機性食品廃棄物空間分布の推定方法

### (1) 調査対象およびデータの種類

本研究の対象である横浜市は人口360.1万人、総世帯数は158.1万世帯、都市計画基礎調査による平成15年度現在の総建物数は82.9万棟である。各建物における厨芥類発生量を空間的に把握する方法として、平成15年度横浜市都市計画基礎調査の建物現況調査（以下、建物現況調査）の一部である建物用途別床面積をベースとした。なお、建物は業務民生系を主な対象とし、工業施設は廃棄物の排出形態が業種、土地利用、稼働状況により大きく異なることが予想されることから対象外とし、産業廃棄物を除く一般廃棄物と事業系廃棄物を考慮した。

### (2) 事業系厨芥類発生量の推計

市内の特定事業所からの厨芥類賦存量の推定には、建物現況調査、平成13年度事業・企業統計調査区別集計（以下、事業所企業統計）を用いた。横浜市には合計5630の事業所企業統計調査区があり、それぞれに産業中分類業種別従業員数が与えられている。推計には、まず羽原ら<sup>7)</sup>の原

単位を用いて従業員数から調査区ごとに事業系ごみおよび厨芥類の発生量を推定した。次に建物現況調査を用いて各調査区における、食品小売業、飲食店、病院、ホテルおよび学校の床面積を求め、調査区における床面積あたりの産業別厨芥発生量を計算し、用途別床面積を用いて各建物への割り振りを行った。

羽原らの方法で求められる組成は、他の東京都の調査ともよく一致していることが確認されている<sup>7)</sup>。また、この方法を用いて平成 15 年度の横浜市の事業系由来の食品系有機性廃棄物の排出量を推計したところ、各処理場における湿ベースの実測値<sup>8)</sup>と一般ごみの組成から求められる事業系厨芥類の合計値とほとんど差がないことを確認した (誤差 = 3.3%)。

### (3) 家庭系厨芥類発生量の推計

家庭系厨芥類の発生量は戸建住宅と集合住宅を分けて推計した。戸建住宅は、はじめに家庭から排出される廃棄物量、廃棄物組成<sup>8)</sup>および人口から各区における一人当たりのごみの排出量を求めた。横浜市の世帯数と人口<sup>9)</sup>より一世帯あたりの平均人口<sup>9)</sup>を求め戸建住宅あたりの厨芥類排出量を求めた。このとき、戸建住宅には一世帯が暮らすと仮定したが、単身世帯は生ごみの排出量が4人世帯の約2.4倍<sup>2)</sup>であることから誤差の原因になると判断し、すべて集合住宅に住むと仮定して世帯当たりの平均人口を補正した。単身世帯の割合は平成12年国勢調査<sup>9)</sup>より求めた。世帯数と人口は、廃棄物データと整合性を取るために平成15年度のものをを用いた。

集合住宅は部屋数および世帯数が不明確であるため、床面積による推計方法を用いた。集合住宅からの排出量は、家庭系一般廃棄物厨芥量の総排出量から戸建住宅分の排出量を差し引いた量とし、各区における集合住宅の床面積から、建物あたりの排出量を求めた。

表-1 北部汚泥処理センター稼働実績

(H15 年度)<sup>10)</sup>

パラメータ	実績
消化タンク投入量	936304 m <sup>3</sup> /year (TS 4.7%)
消化ガス発生量	16190240 Nm <sup>3</sup> /year
消化汚泥量	917650 m <sup>3</sup> /year (TS 2.6%)
消化ガス使用量 (ガスエンジン)	11676366 Nm <sup>3</sup> /year
消化ガス発電量 (ガスエンジン)	23918.3 MWh/year
消化ガス使用量 (燃料電池)	646947 Nm <sup>3</sup> /year
消化ガス発電量 (燃料電池)	1575.5 MWh/year
消化ガス利用率 (汚泥焼却)	23.8%

表-2 バイオガス施設のシステム概要

パラメータ	設定値
メタンガス含有率 <sup>11)</sup>	60 %
バイオガス発生率 <sup>12)、13)、14)</sup>	厨芥類 : 0.58 Nm <sup>3</sup> /kg-TS (厨芥類 20.7 %TS) 下水汚泥 : 0.37 Nm <sup>3</sup> /kg-TS <sup>*1</sup>
追加施設消費電力	Y=29.84X+704.46 <sup>*2</sup> Y:消費電力(kWh)、X:日投入量(t)
熱利用率	53% <sup>*3</sup>

\*1: 横浜市北部汚泥処理センター実績値<sup>10)</sup>より計算

\*2: 文献およびヒアリングより求めた近似式 (r<sup>2</sup>=0.996)

\*3: ヒアリングより

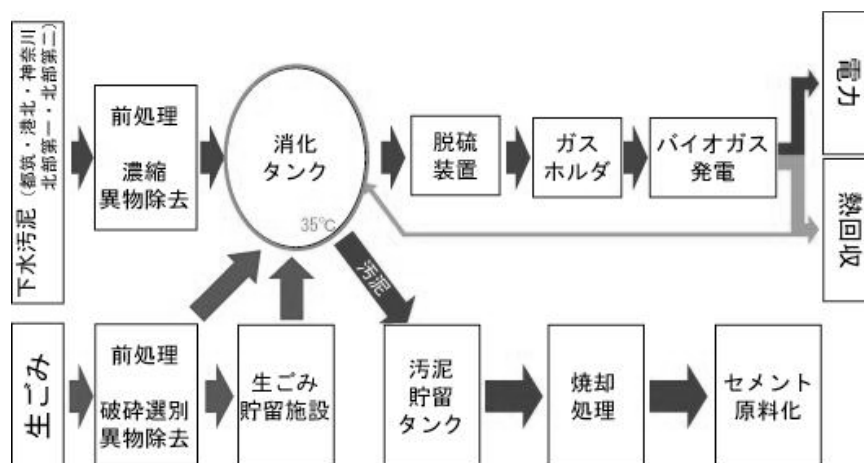


図-1 厨芥類受け入れシステムフロー

### 3．汚泥処理センターにおける厨芥類受入れと廃棄物収集シナリオ

#### (1) システム概要および収集シナリオ

北部汚泥処理センターの平成15年度稼働実績を表-1 に示す。また、本研究において追加導入を検討する厨芥類受け入れシステムのシステムフローを図-1に示す。施設の運転条件は、ヒアリングや文献を用いて表-2のように仮定した。追加システムにより収集運搬された厨芥類からより多くのバイオガスと熱の利用が可能になると考えられる。システムの効果は現状の実績値と比較し追加発電量（MWh/year）および追加回収熱量（GJ/year）で評価することとした。CO<sub>2</sub>削減量を求めるために、電力はから単位ワット時あたりの二酸化炭素排出原単位として2001年における東京電力のヒアリング値（0.32 kg-CO<sub>2</sub> /kWh）を用いた。また、余剰熱は給湯および暖房に限定して利用すると仮定し、都市ガスの原単位（2.28 kg-CO<sub>2</sub> /Nm<sup>3</sup>）を用いた。

#### (2) 厨芥類収集シナリオ

本研究では、8通りの収集シナリオ（Scenario）を設定した（表-3）。シナリオ1～3は、食品リサイクル法の対象となっている業種を段階的に加えてゆくシナリオとした。これら事業系の収集は100%としたが、家庭系厨芥類は収集が困難なことを考慮して5%～100%まで、5段階に変化させてシナリオを作成した。

Scenario1	食品小売業
Scenario2	食品小売業＋飲食店
Scenario3	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院
Scenario4	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院＋5% 家庭厨芥
Scenario5	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院＋10% 家庭厨芥
Scenario6	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院＋20% 家庭厨芥
Scenario7	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院＋50% 家庭厨芥
Scenario8	食品小売業＋飲食店＋ホテル＋学校＋病院＋100% 家庭厨芥

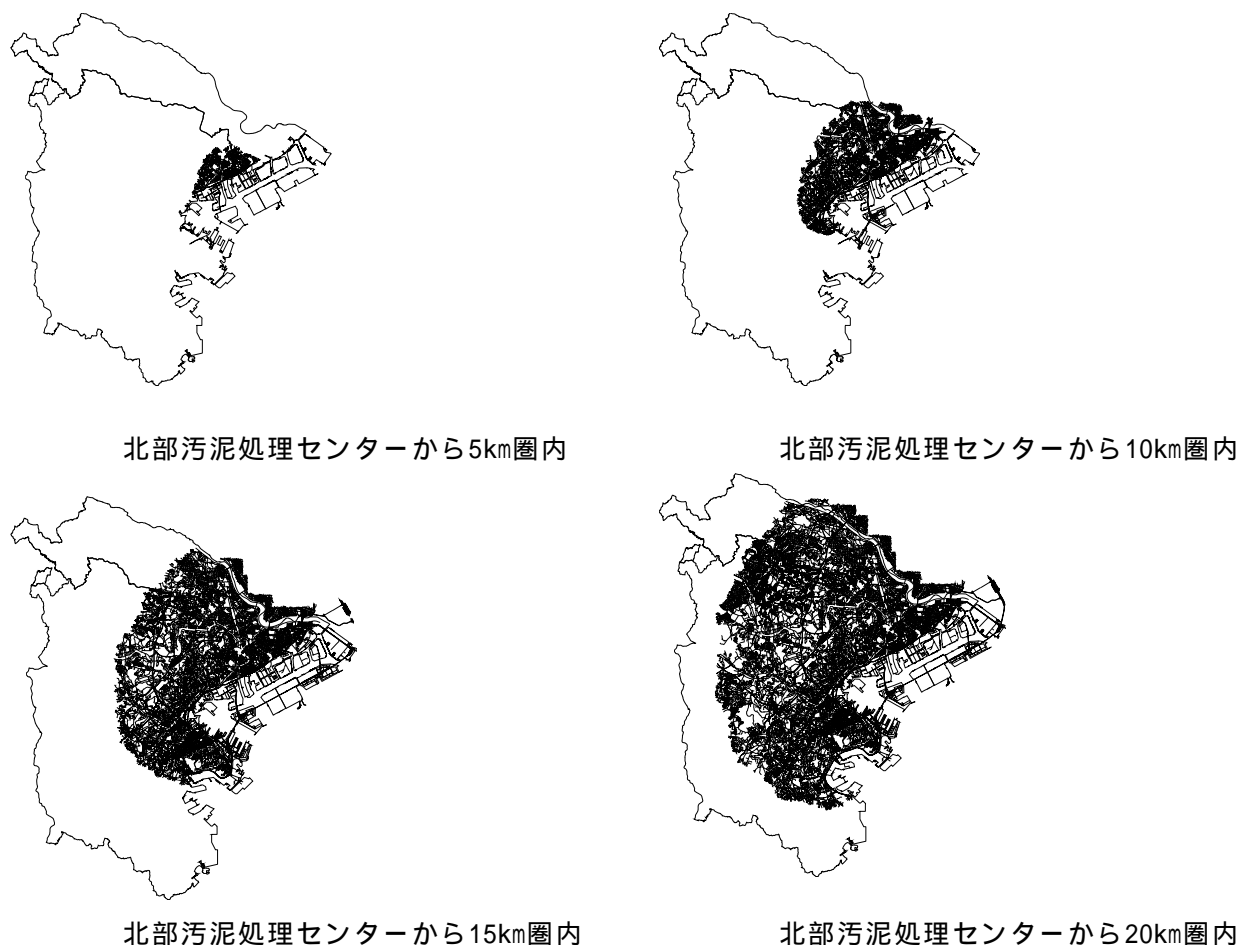


図-2 北部汚泥処理センターからの収集距離圏(5km、10km、15km、20km圏内)

### (3) 収集範囲および厨芥類輸送由来のCO<sub>2</sub>排出量

収集範囲を3km、5km、8km、10km、12km、15km、20km圏内(図-2)とし、実際の道路網でカバーされるエリアにある全建物からの厨芥量を対象とした。輸送は最も一般的である中型ごみ収集車(容量2.2t)を用い、3km以下、3-5km、5-8km、8-10km、10-12km、12-15km、15-20kmの各距離圏に分けて検討した。

走行距離の決定には、まずそれぞれの距離圏において、排出される厨芥量と中型ごみ車の容量から、必要な収集車台数を決定した。次に各距離圏の面積から収集車一台が管轄する面積(管轄エリア)を計算した。各収集車の走行距離は管轄エリアまでの走行距離を各距離圏の中間地点(例 3-5km圏 = 4km)とし、往復走行距離に各管轄エリア内の走行距離を加えて算出した。管轄エリア内の道路長は道路密度(道路長km/面積km<sup>2</sup>)により求め、収集運搬車は管轄エリア内全ての道路を走るものと仮定した。道路密度は川崎市各区の平均値である18.5km/km<sup>2</sup><sup>15)</sup>を用い、中型ごみ収集車の単位あたりの距離に対する平均燃料消費量は、川崎市の実測値より2.68L/km<sup>16)</sup>、揮発性油(ガソリン)の原単位は2.36 kg-CO<sub>2</sub>/Lとした。

### (4) 一般廃棄物運搬量のCO<sub>2</sub>削減効果

汚泥処理センターへ運搬処理される厨芥量分だけ一般廃棄物としての排出・運搬量が減少し、

燃料使用量が削減できる。この減量にともなうCO<sub>2</sub>の算出は、川崎市における中型ごみ収集車一車あたりの日平均処理量(2.2t)、走行距離(55.7km)、消費燃料(20.8L)を用いて計算した<sup>16)</sup>。

#### 4. 結果および考察

##### (1) 厨芥類発生量

横浜市各区の厨芥類賦存量推定値を表-3に示す。区面積は小さいながらも横浜市の中心街である中区、西区において事業系厨芥類発生量が多い。また、旭区、青葉区、戸塚区といった市東部の住宅地での家庭系厨芥類の発生が比較的多くなっている。空間分布に着目すると(data not shown)シナリオ1~3では業務系の発生が中心街や主要道路に沿って分布している。一方、シナリオ4以降では家庭系厨芥が市全体から比較的均一に排出され、シナリオ7やシナリオ8(家庭系厨芥50%または100%収集)では、排出量に業務系および家庭系による地域差はあまり見られなくなっている。これは将来的に厨芥類の回収利用がすすむと仮定した場合、より地域分散型のシステムを導入しやすくなる可能性を示している。

##### (2) バイオガス追加生成によるエネルギー回収量

収集距離圏別シナリオ別の発電量を表-4に示す。収集距離圏が広域になるほど、また収集シナリオ1から8へと向かうほど多くの厨芥類が利用可能となる。導入システムによる発電量の追加分は3km圏シナリオ1(食品小売業のみ)の162.8MWhから、半径20km圏シナリオ8の68.4GWhであった。発電による施設自給率は、追加システムなしの平成15年度現在では約76%であったが、100%以上にするためには少なくとも8km圏以上の範囲から厨芥類を収集しなくてはならないことが明らかとなった。熱は利用価値の高い、いわゆる「高温の熱」ではないものの、電力に比べ、その多くをシステム外で利用できることがわかっている(表-5)。本研究の試算では、導入システムにより346.9GJ/year(3km圏シナリオ1)から135.1TJ/year(20km圏シナリオ8)までの追加回収ポテンシャルがあることが明らかとなった。本推定では北部汚泥処理センター周辺建物の熱需要は考慮していないが、同様の研究を川崎市の入江崎下水処理場で試算した場合、シナリオ6~8で半径500m以内の建物の熱需要を満たすだけの余剰熱が回収できることがわかっている<sup>17)</sup>。これは、熱の輸

表-3 横浜市各区における厨芥類排出量(t/year)

	鶴見	神奈川	西	中	南	港南
事業系	10689.9	9692.66	13917.05	19953.63	6219.17	7456.34
家庭系	21993.8	18172.5	6912.5	12532.8	16061.6	17788.3
合計	32683.7	27865.16	20829.55	32486.43	22280.77	25244.64
	保土ヶ谷	旭	磯子	金沢	港北	緑
事業系	6053.05	7174.93	5133.04	8707.45	12731.44	5055.19
家庭系	16301.9	20259.9	14126.9	15980.9	24275.5	12867.6
合計	22354.95	27434.83	19259.94	24688.35	37006.94	17922.79
	青葉	都筑	戸塚	栄	泉	瀬谷
事業系	8599.02	8930.67	9675.29	2729.76	3571.78	3823.53
家庭系	22368.3	12966.4	20111.9	9216.9	12218.6	10155.9
合計	30967.32	21897.07	29787.19	11946.66	15790.38	13979.43

表-4 バイオガスプラント追加導入による追加発電量(MWh/year)

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8
現状								
発電量	25444.4	25444.4	25444.4	25444.4	25444.4	25444.4	25444.4	25444.4
自給率 (%)	78.5%	78.5%	78.5%	78.5%	78.5%	78.5%	78.5%	78.5%
3km圏								
追加発電量	162.8	227.3	264.4	308.8	353.2	486.4	708.3	1152.2
自給率 (%)	78.4%	78.6%	78.7%	78.8%	78.9%	79.3%	79.9%	81.1%
5km圏								
追加発電量	411.8	603.5	705.8	877.9	1050.1	1566.6	2427.5	4149.2
自給率 (%)	79.1%	79.6%	79.9%	80.3%	80.8%	82.2%	84.5%	89.1%
8km圏								
追加発電量	986.3	2937.6	3182.8	3598.5	4013.6	5259.0	7334.5	11485.6
自給率 (%)	80.6%	85.9%	86.5%	87.6%	88.7%	92.0%	97.4%	108.0%
10km圏								
追加発電量	1839.6	5400.1	6005.8	6669.7	7332.6	9321.2	12635.4	19264.0
自給率 (%)	82.9%	92.4%	94.0%	95.7%	97.4%	102.5%	110.8%	126.8%
12km圏								
追加発電量	2810.8	7969.2	9070.5	10059.4	11048.2	14014.9	18959.3	28848.0
自給率 (%)	85.5%	99.1%	101.9%	104.4%	106.9%	114.2%	126.1%	148.5%
15km圏								
追加発電量	3601.9	9696.3	11035.0	12490.2	13945.5	18311.2	25587.5	40140.0
自給率 (%)	87.7%	103.5%	106.8%	110.5%	114.0%	124.5%	141.3%	172.2%
20km圏								
追加発電量	5057.2	14922.9	16662.7	19000.0	21337.3	28349.2	40035.8	63409.0
自給率 (%)	91.5%	116.4%	120.6%	126.2%	131.6%	147.4%	172.0%	215.4%

送が一般的に半径1km以内であれば可能とされていることを考えても、地域連携の大きなポテンシャルであると考えられる<sup>18)</sup>。

### (3) 施設運用に関する二酸化炭素削減効果

導入システムの環境への影響を包括的に分析するためには、バイオガスの追加生成によるエネルギー回収分（電力・熱）のCO<sub>2</sub>削減効果、一般廃棄物回収の減量化に伴うCO<sub>2</sub>削減効果、そして厨芥類収集および輸送から新たに発生するCO<sub>2</sub>を総合的に検討する必要がある。今回のケースにおいては、収集距離圏を広げることによる厨芥類利用量の増加と収集に必要なエネルギーによるCO<sub>2</sub>の増減はトレードオフの関係になっている。図-3に距離圏別のCO<sub>2</sub>収支の内訳を示す。削減効果は、発電による代替効果が最も大きく、次いで回収熱である。また、一般廃棄物の輸送削減による効果はあまり大きくない。また、厨芥類の輸送にかかるCO<sub>2</sub>が距離圏の拡大とともに大きく増大していく様子が明らかである。

表-6に距離圏別シナリオ別のCO<sub>2</sub>収支を、図-4にその比較を示す。全体ではシナリオ8の15km圏における収集で最大5411.8 t-CO<sub>2</sub>/yearのCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれる。距離圏別では、3km圏、5km圏は効果が明確でないが、わずかにマイナス（削減効果）傾向がシナリオ4あたりから見られる。これに対して、8km圏、10km圏、12km圏、15km圏においては、CO<sub>2</sub>収支がシナリオ2から安定的にマイナス（削減効果）となっている。一方、20km圏は収集運搬から排出されるCO<sub>2</sub>のため、シナリオ

5の収集量を確保するまでCO<sub>2</sub>削減は見込まれない。安定的なCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれる4つの距離圏においても、15km圏は他の3つの距離圏と比較して収集量の多い領域（シナリオ6、7、8）において、収集量の増加に敏感である。これらの結果より、シナリオ2からシナリオ7までの広範囲の収集シナリオについて最も安定的にCO<sub>2</sub>削減効果を得るためには10-12km圏の収集を目標とすればよいことになる。

本研究は北部汚泥センターのみの推定であるが、南部汚泥処理センターでも同様の施設導入を検討する場合、広範囲にわたる収集は厨芥資源の競合の原因となることが予想される。これからも、10-12km圏は南部汚泥処理センターと競合を避けることが出来る限界距離圏だと思われる（図-2）。また一方で、北部再生汚泥センターの立地として、8-10km圏に川崎市の中心部が位置しており、そこからの厨芥類を搬入することができれば、更に大きな効率化とCO<sub>2</sub>削減が期待できる。

## 5. 本研究により得られた成果

本研究では、横浜市の北部汚泥処理センターにて市内で発生する有機性食品廃棄物（厨芥類）を受け入れた場合のエネルギー回収および二酸化炭素の削減効果のポテンシャルを推定した。7つの距離圏（3-20km）と8つの収集シナリオを検討した結果、食品リサイクル法対象の事業系および家庭由来の厨芥類を全て収集、運搬、利用した場合、最大で5411.8 t-CO<sub>2</sub>/yearの二酸化炭素削減効果があることが明らかとなった。また、収集距離圏の拡大と共に増加していた二酸化炭素の削減効果は15km圏、20km圏で傾向が逆転し、10-12km圏における収集範囲において最も安定的にCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれることが明らかとなった。

表-5 バイオガスプラント追加導入による熱回収量（GJ/year）

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8
現状								
回収可能熱量	53691.4	53691.4	53691.4	53691.4	53691.4	53691.4	53691.4	53691.4
3km圏								
追加回収熱量	346.9	484.2	563.4	658.0	752.6	1036.4	1509.3	2455.2
5km圏								
追加回収熱量	877.6	1285.9	1503.9	1870.7	2237.6	3338.2	5172.6	8841.4
8km圏								
追加回収熱量	2101.6	6259.6	6782.1	7667.9	8552.4	11206.0	15628.7	24474.1
10km圏								
追加回収熱量	3919.8	11506.8	12797.5	14212.1	15624.6	19861.9	26924.1	41048.6
12km圏								
追加回収熱量	5989.4	16981.1	19327.8	21434.9	23542.1	29863.5	40399.2	61470.7
15km圏								
追加回収熱量	7675.1	20661.3	23513.8	26614.7	29715.6	39018.3	54522.9	85532.1
20km圏								
追加回収熱量	10776.2	31798.5	35505.5	40486.0	45466.5	60407.8	85310.1	135114.6

表-6 距離圏別シナリオ別のCO<sub>2</sub>収支（t-CO<sub>2</sub>/year）

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8
3km圏	47.72	21.88	9.20	-8.78	-25.25	-76.72	-160.19	-330.52
5km圏	91.59	41.03	15.60	-27.25	-71.04	-199.60	-409.83	-841.17
8km圏	161.51	-356.83	-426.36	-547.91	-668.53	-1029.18	-1629.24	-2835.35
10km圏	232.20	-596.30	-737.70	-909.73	-1075.75	-1583.19	-2425.76	-4116.87
12km圏	448.36	-614.61	-824.12	-1040.92	-1254.58	-1909.40	-2985.24	-5149.82
15km圏	1053.08	-87.01	-320.46	-570.93	-826.75	-1593.52	-2865.63	-5411.80
20km圏	1970.57	890.30	663.60	428.35	187.75	-528.46	-1722.02	-4124.58



地球環境研究総合推進費 S-3(脱温暖化 2050 研究プロジェクト)  
平成 17 年度成果(S-3-3(6))

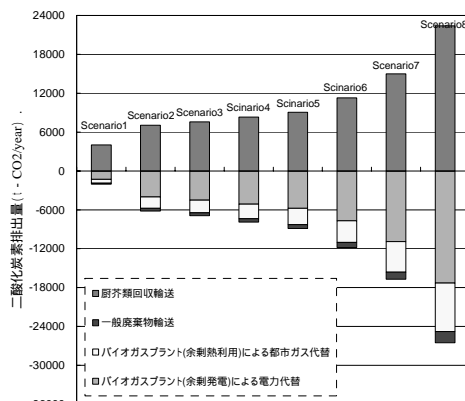
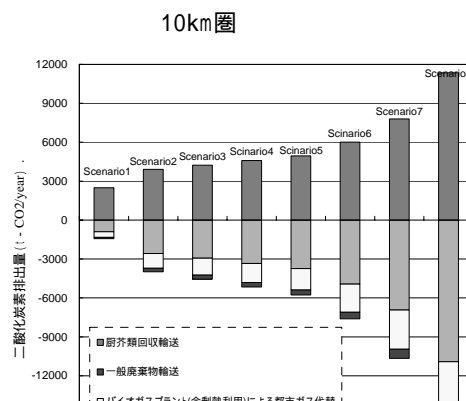
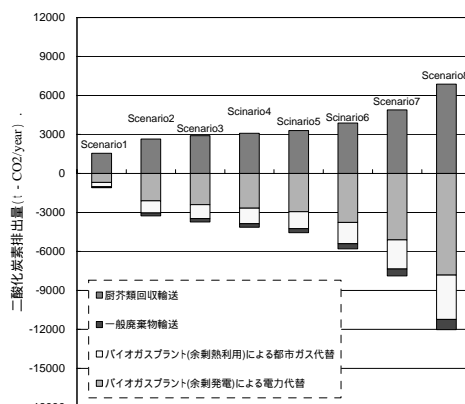
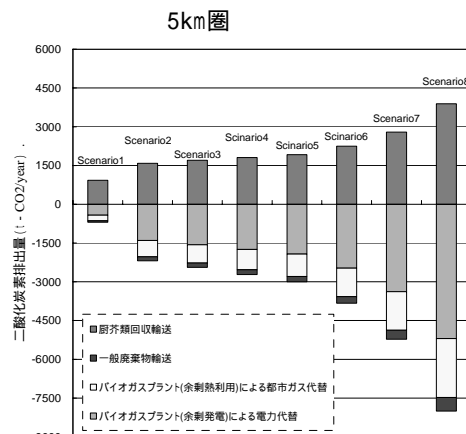
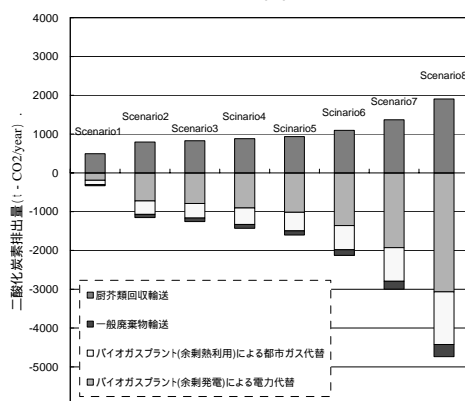
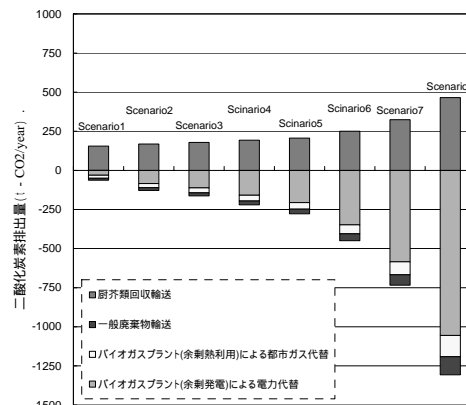
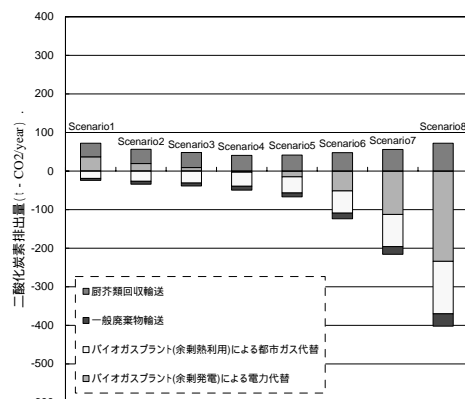


図-3 距離圏別シナリオ別CO<sub>2</sub>収支の内訳

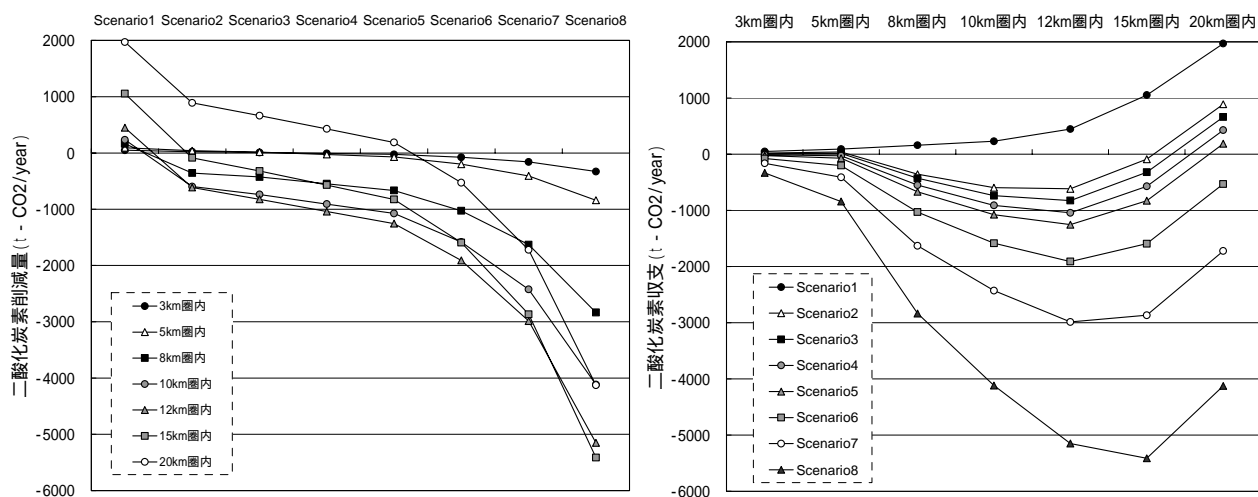


図-4 距離別シナリオ別CO<sub>2</sub>収支

今回の分析では、厨芥類の収集運搬由来のCO<sub>2</sub>排出が大きな制約となったが、依然として試算部分で仮定が多く、今後の計算精度の向上が不可欠である。一方で、この要素は効率的収集や低公害車の利用等を想定することにより、さらに大幅にCO<sub>2</sub>排出を改善することができる可能性を秘めている。

## 6.参考文献

- 1) 李玉友：メタン発酵技術を用いた資源循環の動向，pp. 13-23，第20回環境システムシンポジウム循環型社会の未来～都市における資源循環の再構築～，土木学会環境システム委員会・地盤工学委員会，2005.
- 2) 谷川昇，古市 徹：生ごみバイオガス化普及への課題，資源環境対策，Vol.40，No.2，2004
- 3) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：循環型社会の形成とし尿処理について，都市清掃，Vol.54，No.244，2001
- 4) 山本景一：食品リサイクルの推進について，pp. 42-43，バイオマス利活用への技術開発，政策総合研究所，2004.
- 5) 田畑智博，後藤尚弘，藤江幸一，井村秀文，薄井智貴：発生源空間分布から見た廃棄物輸送・再資源化施設の適正配置に関する研究，土木学会環境システム研究論文集，Vol.30，pp.315-322，2002
- 6) 丹治三則，盛岡 通，藤田 壮：流域圏でのシナリオ誘導型施策立案と評価を支援する地理情報システムに関する研究，土木学会環境システム研究論文集，Vol.31，pp.367-377，2003
- 7) 羽原浩史，松藤敏彦，田中信壽：事業系ごみ量と組成の事業所種類別発生・循環流れ推計法に関する研究，廃棄物学会論文誌，13(5)，pp.315-324，2002
- 8) 横浜市資源循環局：平成16年度横浜市環境事業概要，横浜市，2004
- 9) 横浜市の統計（ポータルウェブサイト）
- 10) 横浜市下水道局：平成15年度下水処理場等運転管理年報，横浜市，2004

- 11) 日本エネルギー学会(編): バイオマスハンドブック, オーム社, 2002
- 12) 竹野勝彦: メビウスシステム～生ごみとし尿汚泥の高速メタン発酵処理技術～, 都市清掃, Vol.54, No.244, 2001
- 13) 菊池理, 毛塚博明, 久芳良則: REMシステム, 都市清掃, Vol.54, No.244, 2001
- 14) 吉田隆: 生物系廃棄物資源化・リサイクル技術, pp.15-31, 晃栄社, 2000
- 15) 川崎市建設局: 川崎市道路統計書, 川崎市, 2004
- 16) 川崎市環境局: 生活環境事業年報 平成15年度版, 川崎市, 2004
- 17) 石井暁, 花木啓祐: 川崎市下水処理場における有機性食品廃棄物を利用したエネルギー回収および二酸化炭素削減ポテンシャルの推定, 土木学会環境システム投稿中
- 18) 新エネルギー産業技術総合開発機構: 技術情報データベース 温度差エネルギー理論的賦存量資料より, 2001 <http://www.nedo.go.jp/nedata/14fy/07/0007blst.htm>

## 7.国際共同研究等の状況

該当なし

## 8.研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

池上貴志, 荒巻俊也, 花木啓祐 (2005): 下水熱利用地域冷暖房システムの戦略的導入による環境負荷低減効果の解析, 環境システム研究論文集, Vol. 33, 343-354.

注: 荒巻俊也は16年度研究担当者

<その他誌上発表(査読なし)>

なし

### (2) 口頭発表(学会)

なし

### (3) 出願特許

なし

### (4) シンポジウム, セミナーの開催(主催のもの)

なし

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

## 9.成果の政策的な寄与・貢献について

本研究の成果は, 都市未利用バイオマスの利用促進における二酸化炭素の削減効果を具体的な例とシナリオ分析を用いて示したのに加え, 都市レベルでの資源の空間分布を考慮した推定方法確立したことに意義がある。この方法を用いて, 今後その他の未利用バイオマスについてより現実的な検討を進めることが可能となる。