1. バイオガス回収施設の費用対効果と事業実施に伴うCO_2削減効果に関する研究

山口　工[1*]・竹内　恒夫[1]

[1]名古屋大学大学院環境学研究科（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）
＊ E-mail:takumi-yamaguchi@nifty.ne.jp

循環型社会を構築するためには，化石燃料からの脱却を果たし，再生利用可能エネルギーの有効活用が欠かせない．本研究は，東海3県（131市町村）における廃棄物系バイオマス賦存量を調査し，それらから回収したバイオガスの有効利用法及びその費用対効果を予備フィージビリティスタディによってマクロ的に検証し，施設整備の優先順位を評価するものである．研究方法は，バイオガス回収施設のライフサイクルコストを15年と仮定し，カテゴリⅠ（今後10年以内に施設整備すべき自治体），カテゴリⅡ（2020～2030にかけて施設整備すべき自治体），カテゴリⅢ（投資回収が見込めない自治体）に分類する．CO_2削減効果を効率的に推進するためのロードマップ作成の一助となる．カテゴリⅠ及びⅡの自治体でバイオガス回収装置の施設整備を行った場合，2030年におけるCO_2削減効果は1,242,269t/年となる．

Key Words : *biogas, methane, feasibility study, life cycle cost, investment collection, population density, CO_2 reduction effect*

1. はじめに

わが国においては，CO_2削減に資する施策として，環境省が推進する「循環型社会形成推進交付金：地方自治体対象」，「廃棄物処理施設における温暖化対策事業：民間事業者対象」では，高効率原燃料回収施設“メタン回収ガス発生率：150Nm^3/ごみトン以上，メタン回収ガス発生量：3,000Nm^3/日以上”の場合は建設費の1/2を，これに該当しない施設でも建設費の1/3を交付するとして，事業推進を促している．農林水産省では「地域バイオマス利活用交付金」を創出している．しかし，これらの交付金を活用する自治体・事業者は少ない．これは，廃棄物系バイオマスからバイオガスを回収し，費用対効果（本研究における効果とは事業実施において発生する便益を指す）の算出が複雑で，かつバイオガス回収装置製造メーカーによってばらつきがあるため，実施行に移せないという現状がある．

本研究は，東海3県における全ての自治体が廃棄物系バイオマスからバイオガスを回収した場合の費用対効果検証と，それによるGHG削減効果を確認するものである．

効果的に廃棄物系バイオマスの循環利用を推進するため，すべての自治体・事業者がバイオガス利活用の可能性を評価するために利用できる統一のパラメータを設定した．また，現状の廃棄物系バイオマスをデータシートに入力し，利用できるシステムをメニュー方式で選択することによって，最も効率的に事業を実施した場合の事業の可能性を評価した．

なお，本研究は，環境省の地球環境研究総合推進費（研究番号：Hc-086）「低炭素都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」（代表：井村秀文）の一環として行ったものである．

2. 先行研究レビュー

これまで、独立行政法人農研機構畜産草地研究所の羽賀清典[1]，独立行政法人産業技術総合研究所の神本正行[2]らの研究では，バイオガスを個別利用した場合の事例にとどまっており，これに類する研究事例は数多く発表されている．利活用システムの研究事例として，社団法人域資源循環センターの岡庭良安らは，総合的な利用方法について，個々のバイオマスの利用方法や農村地域向けの小規模利活用施設の実証実験にまで踏み込んだ研究[3]を行い，先進的な事例の紹介をしている．

また，メタン利活用のCDMプロジェクトをベトナムのプーコック島で実施する際，A. KaragiannidisらがFSを

用いて，最適手法[4]を導き出した実績もある．

スウェーデンでは，NSR（Nordvastra Stanes Renhallnings）のBjorn Larssonが，Helsingborg;Swedenにおいて，家庭からの生ごみを湿式メタン発酵させ，自動車燃料代替を行っている報告[5]をCOP15で報告している．この研究も，バイオガス利活用に関する研究であるが，自動車燃料代替という特定された分野の研究である．

ただし，これらの先行研究は，いずれも単体の技術や特定の利活用システムの有効性を示す内容にとどまっており，地域全体におけるバイオマスの利活用の可能性について，経済性をも視野に入れた技術的及び政策的観点からの研究とはなっていない．

3. 費用対効果検証（FS / feasibility study）

(1) フィージビリティスタディ

フィージビリティスタディは，企業が新たな組織やプロジェクトを立ち上げる際に，リスク回避の観点から予め既知のデータや研究内容を基に，様ざまなプロセスを選択した場合に変化する予測結果によって，事業実施の可否を決定する科学的手法であり，多くの企業が利用している．

(2) 本研究での適用

廃棄物系バイオマスからバイオガス（組成CH_4：CO_2≒6：4）を回収する方法は，財団法人廃棄物研究財団メタン発酵研究会の「メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル」[6)7)]（以下：「マニュアル」という）によって詳しく紹介されている．

バイオガスの回収方法は，従来から下水処理場等で利用されている「湿式バイオガス回収プロセス」と，近年，開発が進んでいる「乾式バイオガス回収プロセス」の2種類があり，図-1に示す通り，投入する廃棄物系バイオマスの種類と量から概ねのガス回収量[8)]は把握できる．

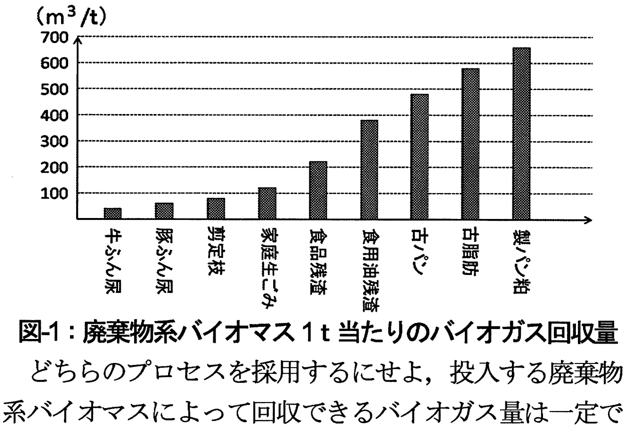


図-1：廃棄物系バイオマス１ｔ当たりのバイオガス回収量

どちらのプロセスを採用するにせよ，投入する廃棄物系バイオマスによって回収できるバイオガス量は一定である．ただし，乾式では高温発酵(55℃)により発酵速度を速めるため，発酵槽の滞留時間が10～15日間程度になる．一般的な乾式バイオガス回収プロセスを図-2に示す．

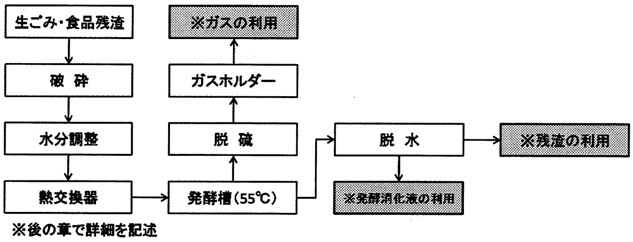


図-2：乾式バイオガス回収プロセス

湿式では一般的に中温発酵(35℃)を採用している例が多く，発酵槽における滞留時間が20～25日間程度となるため，見かけの回収量は乾式の方が多くなる．湿式メタン回収の一般的なプロセスを，図-3に示す．

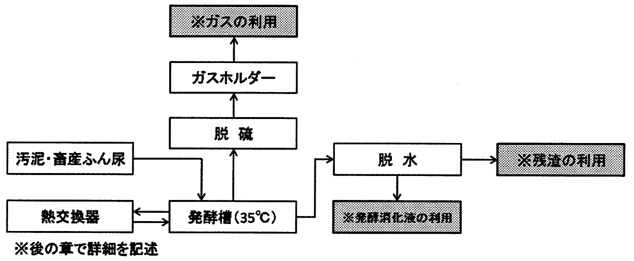
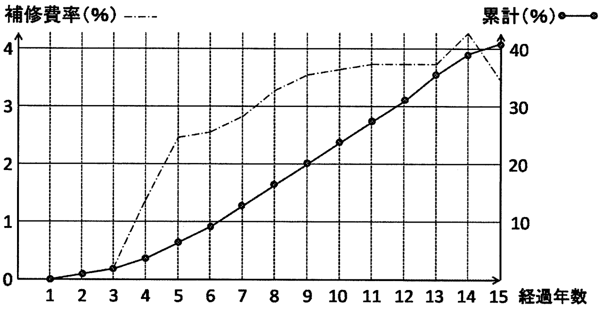


図-3：湿式バイオガス回収プロセス

ガスの利用法，残渣の利用法等によって投資回収年数とCO_2削減効果が変化する．そのため，それぞれの自治体で採用できる利用方法をパソコン上のデータシートにメニュー方式で入力することによって，最も効率的な結果を導き出すこととした．さらに，バイオガスを回収利用することによって，費用対効果・CO_2削減効果の大きな自治体から“カテゴリⅠ（2010～2020年まで積極的にバイオガスの利用を推進），カテゴリⅡ（2021～2030年以降バイオガス利用を推進），カテゴリⅢ（バイオガス利用を見送り）”の自治体に分類し，中期目標（1990年比－25%）達成に寄与するために優先順位を付ける．

4. 検証方法

前提条件として，ここでは，バイオガス回収装置の耐久年数を15年と仮定する．



※補修費：定期的な点検整備，補修工事，突発的な補修，予備品・消耗品，法定点検等を含む

※補修費率：補修費／(本体工事費×100)

図-4：補修費率と累計

これは，図-4 に示したように，運転経過年数とともに補修費の割合が増加し，15年目で初期投資額の40%に

到達[9]し，更新の必要性が生じるためである．

したがって，ここで用いる費用は15年分のライフサイクルコスト（以下LCCと略す）で評価する．

次に，全ての自治体に共通する基準を述べる．**図-5**に示すとおり，下水汚泥のリサイクル率（マテリアルリサイクル）は全国平均で70%[10]となっている．残り30%は，産業廃棄物として16,000円/t[11]で処分しているものと仮定し，現状の下水処理場の運営費と，新システムのLCCを比較検証することとした．

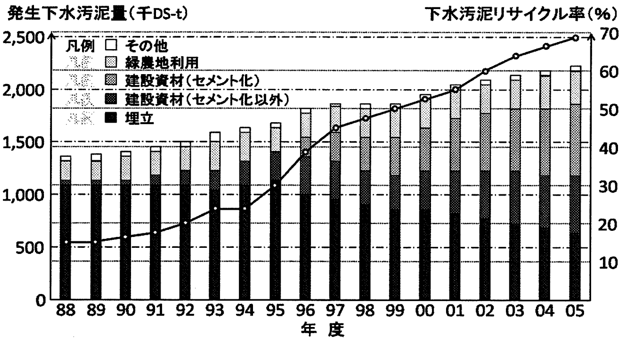


図-5：下水汚泥リサイクル率の推移

また，乾式･湿式バイオガス回収装置のLCCを現在の各自治体におけるごみ処理経費（家庭系・事業系可燃ごみ，し尿・浄化槽汚泥処分費）[12]と比較検証し，その優位性を確かめた．

(1) 乾式・湿式プロセスの決定

まず，当該自治体で発生している廃棄物系バイオマス量（生ごみ・食品残渣，下水汚泥，浄化槽汚泥，畜産ふん尿）をデータシートに入力する．

今回開発したデータシートでは，バイオガス回収ポテンシャルの高い厨芥類・食品残渣と，含水率の低い剪定枝は乾式プロセスを用い，下水・浄化槽汚泥，畜産ふん尿は，その発生量の全量を湿式で回収することとした．

(a)乾式バイオガス回収プロセス： 1994～2005年の平均値[13]では，家庭系可燃ごみの40.0%，事業系可燃ごみの35.9%が厨芥類・食品残渣である．また，事業系可燃ごみは，都市可燃ごみ総量の約1/3を占めるため，家庭系と事業系を合わせた可燃ごみ厨芥比の平均は概ね38.6%となる．

その内訳を**図-6**及び**図-7**に示す．

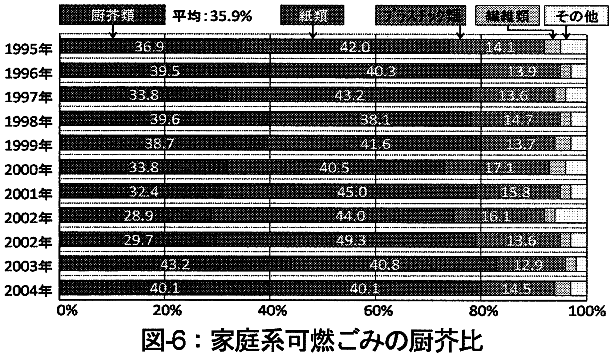


図-6：家庭系可燃ごみの厨芥比

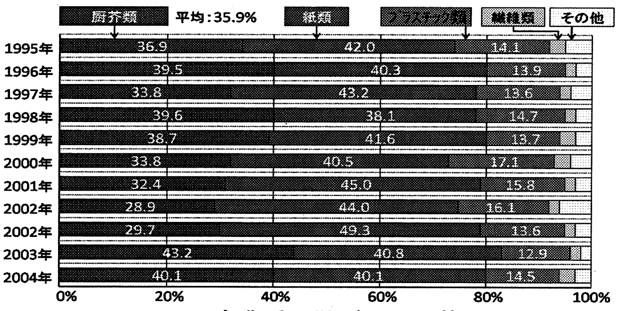


図-7：事業系可燃ごみの厨芥比

なお，分別が義務付けられている金属類，ガラス類は除き，メタン発酵できる木竹類は厨芥類に含んだ．したがって，装置規模の算定に当たっては，現状の焼却処分量の38.6%を目安とする．ただし，長期休暇明けにごみ量が急増するという実態から，平均投入量に月変動係数1.15を乗じることがマニュアルに規定されているため，これに準ずることとした．

例えば，可燃ごみ総量が100t/日発生している自治体において，「生ごみ分別：する，しない」のチェックボックスで，「しない」を選択すると，処理量60t/日クラスの超大型乾式バイオガス回収装置が2基必要ということになり，15年間での投資回収は見込めない．したがって，廃棄物系バイオマスからバイオガスを回収する事業は，生ごみ（厨房で利用した紙や、油を吸着させた紙は生ごみとして扱う）と，その他の可燃ごみを分別するということが前提となる．逆に，「する」というチェックボックスを選択すると，100t当たりの厨芥は38.6tであるため，装置数は45t/日クラス1基の設置で可能になる．

乾式バイオガス回収装置で回収できるバイオガス量は，投入するごみの性状によって変化するが，家庭系可燃ごみ・事業系可燃ごみに含まれる厨芥（生ごみ・食品残渣）1tから回収できる266Nm^3（メタン換算：160Nm^3）を採用した．なお，このバイオガス回収量は，本研究に先立って確認したカンポリサイクルプラザ株式会社（京都府南丹市園部町高屋西谷1番地）の実績値（300 Nm^3/t 以上）から考慮しても妥当なものと考えた．

なお，乾式バイオガス回収装置のインプットは生ごみ･食品残渣のみではなく，紙や段ボールを投入することによって，高効率にバイオガスを回収することができるが，紙の混入量を市民に委ねると，バイオガス回収装置の建設規模が増大傾向となり，ごみの混成比が把握できなくなる．したがって，紙・段ボールの混入は，回収ガス量の確認を行いつつ，月変動係数1.15の余裕の中で処理事業者（自治体や委託事業者）の運用に任せることとし，本研究では，別途回収した紙や段ボールの投入を行う場合のバイオガス回収量を算出し，費用対効果分析に用いることとした．

(b)湿式バイオガス回収プロセス：湿式の採用に当たっては，下水汚泥，浄化槽汚泥，畜産ふん尿のうち，チ

エックボックスの「する，しない」を選択することによって費用対効果が変動するため，その自治体の現状に合致させた組合せを考える．下水汚泥から得られるバイオガス量は以下の**式**[14)]を利用できる．

式：下水汚泥からのバイオガス回収量
ガス発生量(m^3)**＝有機物量**(VTS-t)**×450**(m^3/t-VTS)
※濃縮汚泥固形物量(DS-t)＝濃縮汚泥(m^3)×固形物濃縮度(1－平均含水比)
※有機物量(VTS-t)＝濃縮汚泥固形物量(DS-t)×平均有機分

例えば，含水率80％の下水・浄化槽汚泥1,000t/年発生している自治体を仮定すると，固形分は200tである．ただし，固形分のうち，有機物含有量は約80％であり，160tの有機汚泥が得られることとなる．したがって，下水・浄化槽汚泥1,000t/年（含水率80％）から得られるバイオガスは以下の通りとなる．

1,000t/年×0.2×0.8×450＝72,000 Nm^3/年

畜産ふん尿からバイオガスを回収する場合は，投入する畜産ふん尿の種類（乳牛，肉牛，豚，鶏）によって回収量が変化する．ただし，本研究では，投入するふん尿の種類に係わらず，一律に30 Nm^3/t[15)]として計算した．

(2)LCCの評価

ここでは，設置規模に関わらず，バイオガス回収施設，排水処理施設と焼却施設を併設するものとした．LCCの内訳は，初期投資に加え，**図-4**に示した補修費・人件費・運転費（消費電力等）の全てを含んでいる．また，乾式バイオガス回収装置は，既存の清掃工場（ごみ焼却施設）に，湿式バイオガス回収装置は既存の下水・浄化槽汚泥処理場内に設置するものと仮定した．したがって，ごみの収集運搬費は，既存システムをそのまま利用するため，ごみ処理経費には変動が生じない．

バイオガス回収施設を建設する場合，施設規模が大きくなるほどスケールメリットが生じる．マニュアルでは，それぞれ10万人・20万人・30万人の都市をケースとして取り上げており，東海3県における類似都市で検証する．

(a)10万人の都市：この規模に該当する自治体と発生している代表的な廃棄物系バイオマスを**表-1**に示す．

表-1：10万人都市の廃棄物系バイオマス発生量

都市名(人口)	生ごみ・食品残渣	下水・浄化槽汚泥
愛知県江南市(100,355人)	13,419 t/年	38,711 t/年
同　西尾市(107,246人)	17,724 t/年	42,052 t/年
同　東海市(107,998人)	17,511 t/年	14,932 t/年
同　半田市(118,537人)	20,383 t/年	31,729 t/年
岐阜県可児市(98,585人)	13,138 t/年	20,561 t/年
同　関市(91,862人)	13,461 t/年	23,139 t/年
三重県伊賀市(98,213人)	13,463 t/年	57,311 t/年
10万人平均	15,094 t/年	31,606 t/年

乾式バイオガス回収装置の設置に関しては，対象となる生ごみ・食品残渣の日発生量が，平均して41.4t/日であり，月変動係数1.15を乗じると47.6t/日が算出され，これらの都市では，処理量50t/日クラス1基の設置となる．

また，マニュアルでは，15年間の総コストを11,137百万円としているため，これを10万人の平均排出量で除すると≒738,000円/tとなるので，この数値を基準とすることとした．ただし，この金額は，交付金を考慮していない．1/2交付の対象となった施設は7,461百万円となるため，≒494,000円/tを採用する．

なお，復建調査設計㈱の網田大輔らの研究[16)]によると，本システム設置の目安を，人口密度：2,200人/km^2以上としているため，人口密度がこれを下回る場合は，上記コストを**表-2**に示す通りの割増率を乗じる．これは，20万人以上の都市についても同様とする．

表-2：人口密度係数

人口密度	人口密度係数
2,200人/km^2以上	1.0
1,600～2,199人/km^2以上	1.1
1,000～1,599人/km^2以上	1.2
1,000人/km^2未満	1.3

(b)20万人の都市：(a)と同様に，**表-3**において，東海3県の都市を比較検証する．

表-3：20万人都市の廃棄物系バイオマス発生量

都市名(人口)	生ごみ・食品残渣	下水・浄化槽汚泥
愛知県安城市(178,299人)	27,369 t/年	45,381 t/年
同　豊川市(160,961人)	27,384 t/年	24,422 t/年
岐阜県大垣市(160,973人)	30,276 t/年	45,553 t/年
三重県鈴鹿市(198,087人)	31,183 t/年	49,961 t/年
同　松阪市(169,256人)	26,819 t/年	63,287 t/年
20万人平均	32,993 t/年	52,699 t/年

20万人都市の生ごみ・食品残渣の日発生量は，平均して90.4t/日であり，月変動係数1.15を乗じると104.0t/日となる．したがって，これらの都市では，処理量50t/日クラス2基の設置が目安となる．

マニュアルでは，15年間の総コストを19,008百万円としているため，これを20万人の平均排出量で除すると≒57.6万円/t（1/2交付：38万円/t）となり，この値をを採用する．湿式は，乾式の0.8（≒46.1万円/t，1/3交付がある場合は35.6万円/t）を用いる．

(c)30万人の都市：30万人都市における生ごみ・食品残渣の日発生量は，平均して119.8tであり，月変動係数1.15を乗じると，137.7t/日となる．したがって，これらの都市では，処理量50t/日クラス3基の設置が概ねの目安となる．

下水・浄化槽汚泥発生量については，下水道敷設エリ

アか，もしくは県による広域下水道事業地域によって発生量は大きく左右するものの，現時点でも集約的に回収されているため，乾式のような割増率は用いない．

マニュアルでは，乾式バイオガス回収装置のLCCは，25,159（百万円）としているため，これを生ごみ・食品残渣の平均値で除すると，価格は≒57.6万円/tとなり，20万人都市とほぼ同一のLCCとなる．30万都市の廃棄物系バイオマスのポテンシャルを表-4に示す．

表-4：30万人都市の廃棄物系バイオマス発生量

都市名(人口)	生ごみ・食品残渣	下水・浄化槽汚泥
愛知県一宮市(378,860人)	59,870 t/年	89,273 t/年
同　春日井市(303,140人)	55,425 t/年	66,352 t/年
同　岡崎市(373,589人)	56,613 t/年	92,446 t/年
同　豊橋市(376,914人)	61,339 t/年	103,988 t/年
三重県　津市(287,342人)	48,947 t/年	96,391 t/年
同　四日市市(307,486人)	50,502 t/年	89,516 t/年
30万人平均	43,712 t/年	79,608 t/年

10万人～30万人都市におけるバイオガス回収施設のLCCを**図-8**に示す．なお，湿式に投入する汚泥量は，実発生量の固形分（20%）とした．また，今回のケーススタディにおいて，湿式のインプットは汚泥と畜産ふん尿を対象としており，この場合“150Nm^3/ごみトン以上”に該当しないため，1/3補助で設定している．

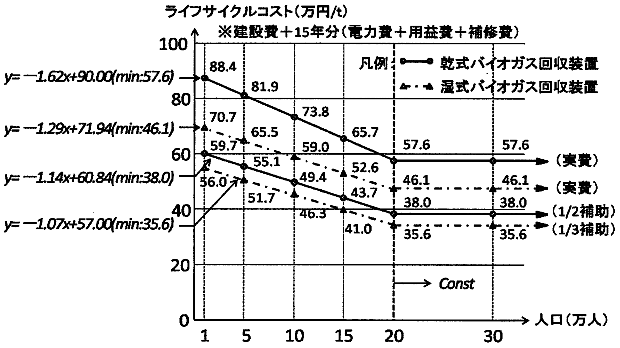


図-8：都市人口とLCC

図-8においても判断できる通り，スケールメリットが出るのは，20万人未満の都市であり，20万人都市以上では，廃棄物系バイオマス1t/年に対するLCCは一定として設定した．一方，マニュアルに加え，他の実施例から，20万人未満の自治体におけるLCCを調査し，平均値を用いた．

(3)　本研究で考慮した費用対効果に及ぼす影響要因

バイオガス回収方法決定と併せて，費用削減策及び収益確保策を検討する必要があり，これによって費用対効果が変動する．以下に，今回のデータシートにプログラムされた項目と期待できる効果を記述する．

(a)家庭系可燃ごみの有料回収の可能性評価：「する」にチェックを入れた場合，各自治体指定ごみ袋の価格設定をデータを入力する．この作業では，GHG削減効果に変動はないが，投資回収年数が変化する．今回の研究では，生ごみ用袋（50ℓ：ポリ乳酸樹脂製）を50円/枚，その他の可燃ごみ用袋（50ℓ：高密度ポリエチレン製）を30円/枚と設定した．

生ごみを分別した場合，現在の可燃ごみの含水比が大きく下がり，助燃材を投入しなくても自燃するようになる．その分のCO_2削減効果も考慮した．具体的には，従来用いていた助燃材（灯油換算：CO_2排出量計数～2.49t/千ℓ）は不要となり，現状の可燃ごみ1t×0.614（生ごみ・食品残渣を除した残り）×0.00747tのCO_2削減効果を見込むことができる．

(b)直接売却の可能性評価：新たにバイオガス回収施設を建設する場合，処理地域内に工業団地が有るか否かをチェックする．熱需要量の大きな工業団地が有る場合は，企業への直接売却の可能性を評価する必要がある．

一般的に，ガス管は公道下へ開削埋設される．ただし，バイオガス回収施設と大規模な熱需要施設が，比較的隣接して存在する場合は，**図-9**に示すように，小口径推進管を敷設し，専用管路による直接売却を考える．

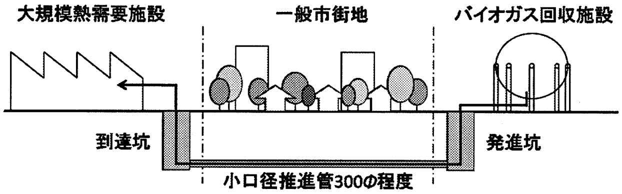


図-9：小口径推進管を用いたバイオガスの直接売却

この場合は，ガス事業法に捉われないため，回収したバイオガスからCO_2を除去せずに販売できる可能性があり，ガス需要組織と発熱量に応じた売却価格を設定する．

CO_2は不活性ガスであり，バイオガスの約40%を占める．メタンの発熱量は（HHV）39.8MJ/Nm^{3}であり，バイオガスに含有するCO_2を除去せずに燃焼させた場合の発熱量はその60%（23.8MJ/Nm^3）と考えて差し支えない．

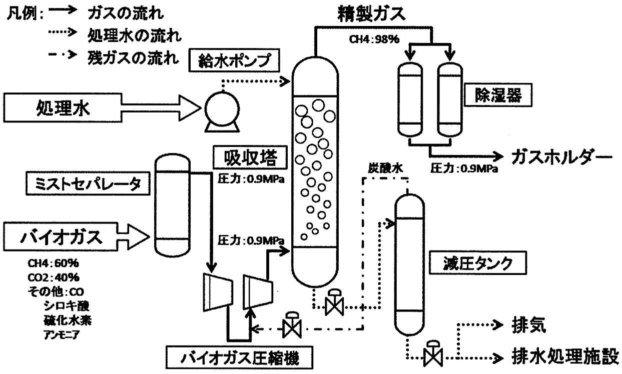


図-10：「高圧水吸収法」による処理フロー

バイオガスを純度の高いメタン（98%程度）に精製するためには，「高圧水吸収法」[17)]（神戸市東灘下水処理場で採用：**図-10**）などの設備を用いてCO_2を除去する．

直接売却が成立する場合や，バイオガス回収施設が利用施設内に建設できる場合等は，硫化水素とシロキ酸を除去するのみで売却できる可能性もある．

LPGは原油価格と連動しているため，その価格変動が大きく，LPGを熱源としている企業の利益を大きく左右している．近年のプロパン価格の推移を**図-11**に示す．

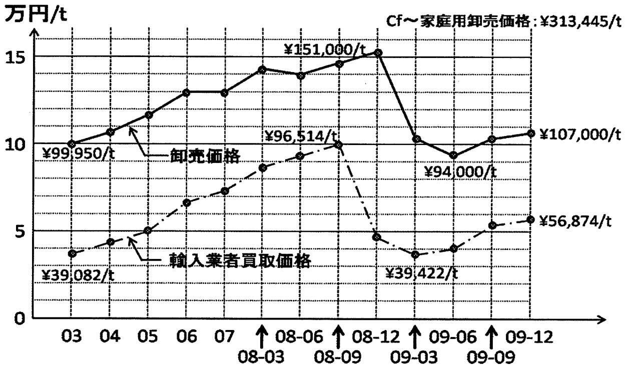


図-11：プロパン価格の推移

2009年12月段階のプロパン卸売価格は107,000円/tであり，これを1Nm^{3}に換算すると，約208円/Nm^{3}となるが，LPG製造には，プロパン以外のアルカンも微量に混合するため，実際の価格は230～240円/Nm^{3}で取り引きされる場合が多い．LPGを熱源としている企業等は，タンクローリー購入しており，大型バルクに貯蔵し利用するのが一般的である．

LPGの発熱量は98.6MJ/Nm^{3}に対し，精製バイオガスの発熱量は39.0MJ/Nm^3（98%メタン）となり，LPGと比較して，約39.5%の発熱量である．したがって，精製バイオガスの販売価格は230円/Nm^3×0.395≒90円/Nm^{3}で売却できるものとする．

今回の研究における東邦ガスの中圧導管敷設地域では回収したバイオガスをメタン純度98%超にまで精製し，全量売却することを前提とした．ただし，都市ガスサービスエリア以外の地域においても，人口密度2,200人/km^{2}以上の場合は，大規模熱需要施設の連担の可能性が高いため，回収ガス全体の20%が売却できるものと仮定した．（今回の設定で，この条件に合致した自治体は，愛知県海部郡の蟹江町のみであった．）

廃棄物系バイオマスから回収できるバイオガスは，比較的安定して供給できるため，現在LPGを熱源としている企業にとってもメリットが生じるとともに，将来，排出量取引制度が適用された場合のトレード材料としても機能する．

また，名古屋市のように，都市交通システム（市バス等）が発達した自治体では，精製したバイオガス（メタン純度98%以上）を燃料として用いるCNGバスが，現状の軽油ディーゼルに代替していくものとして，その評価結果を反映させた．例えば，名古屋市交通局では，市バスの運行に16,129kℓ/年[18]の軽油（CO_2排出係数：2.62kg/ℓ）を用いており，これを廃棄物系バイオマスからのCNGに転換することによって，42,258t/年のCO_2削減効果が得られる．

(c)ガス会社への売却の可能性評価：バイオガス回収施設の近傍にガス会社の中圧導管が敷設されている場合は，バイオガスからCO_2を除去し，**表-6**[19]に示す性状が確保できた場合、ガス会社への全量売却が可能となる．

ただし，前項で説明した通り，純メタンの高位発熱量（HHV）は39.8 MJ/Nm^{3}であり，バイオガスに含有されるCO_2を完全に除去しても，ガス会社が規定する45.63～46.47 MJ/Nm^{3}には及ばず，プロパンを混合しなければならない．そのため，東邦ガス㈱への売却価格はLPG価格を上乗せし115円/m^{3}に設定した．

表-6：バイオガス性状の基準値（東邦瓦斯株式会社）

項　目	基　準　値
標準熱量	46.04655MJ/Nm^3(ガス事業法の熱量定義)
総発熱量	45.63～46.47 MJ/Nm^3
ｳｫｯﾍﾞ指数	52.7～57.8（成分含有率より算定)
燃焼速度	35～47（成分含有率より算定)
比重	1.0未満
全硫黄	0.00g/Nm^3（付臭剤中の硫黄分は除く）
H_2S･ｱﾝﾓﾆｱ	検出せず
一酸化炭素	0.05 vol %以下
受入温度	5～30℃

(d)コンポスト売却の可能性評価：現状分析では，乾式及び湿式バイオガス回収システムからアウトプットされる固形残渣を原料としたコンポストには分解しにくい有機物質（セルロースやリグニン）を核として栄養塩が豊富に残っている．

切り返し等で1ヶ月程度好気性状態に保持することで，熟成した良質のコンポストが得られる．発酵残渣の揮発性有機物は分解され少なくなっているため，農地還元に適したコンポストが製造できる．ただし，下水汚泥を原料としたコンポストは，山形県鶴岡市において，出荷後に規定値を超える重金属が検出され，全量回収している事故例がある．そのため，下水汚泥残渣からのコンポスト製造は行わないことを原則とした．

静岡県湖西市の例[20]を見ると，製造したコンポストを￥2,167/t（農家による引取り）～￥2,983（業者による農地散布）によって販売している．この実績値より，コンポスト販売できる自治体の場合は，￥2,100/tで売却できることとした．

本研究では，各自治体の耕地面積[21]を人口で除した値を「耕地率：農林水産省が用いる耕地率とは異なる」とし，住民1人当たり100m^{3}以上を有する自治体においてコンポスト製造が可能とした．

(e)畜産ふん尿処理の評価：**図-1**に示した通り，畜産ふん尿から回収できるバイオガス量は一般家庭ごみのそれ

と比較して半分以下と少なく，それを原料としたバイオガス回収施設を建設するか否かは，多分に政策的要素によって左右される．

わが国の2008年における畜産ふん尿の再生利用率は94.7%[22]であり，マテリアルリサイクルされている．前述した静岡県湖西市の例では，農家が畜産ふん尿を，コンポスト製造業者に2,200円/tで引き取ってもらっており，これと同額の処理費用を農家から回収できる場合は，処理実現の可能性は高くなる．また，本研究においても，畜産ふん尿の運搬費は2,200円/tに含むものとした．

図-12にコンポスト製造プロセスの概要を示す．

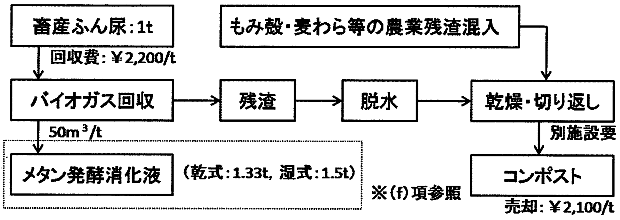


図-12：コンポスト製造プロセス

バイオガス回収に伴う固液分離後の固形残渣は，投入量の30%程度に減量しているが，それをさらに脱水・乾燥を行うため，農業残渣（副資材）を新たに投入しても，最終的には，当初インプット量（重量比）の20%程度となる．

したがって，データシートで「コンポスト売却を行う」にチェックが入れられた場合は，受け入れ量に対し，2,200円/tを乗じ，受け入れ量の20%に対し2,100円/tを乗じた運用費が加算できるものとした．

なお，コンポスト製造施設を併設させる場合のLCCは，**図-6**で示した価格に2.5%を上乗せして計算する．（交付金対象外）また，湿式バイオガス回収施設は乾式の80%と仮定したが，コンポスト製造施設のコストは同等であるため，乾式の差額をそのまま上乗せする．

(f)メタン発酵消化液の利用の可能性評価：メタン発酵を行う場合は大量の消化液が排出される．概ねの数値として，乾式の場合は，投入ごみ1t当たりで，乾式の場合の平均で1.33ｔ，湿式の場合で1.5t程度である．これを，施設付帯の水処理施設で処理した場合，60%程度がバイオガス発酵のためのプロセス水として再利用できるが，残りの40%程度（0.53～0.6t）は，流域の排水基準に合った濃度にして放流するか，もしくは，農地還元の可能性を考慮する．

北海道士幌町では，メタン発酵消化液を250円/tで売却し，20tの専用散布車を用いて牧草地に散布している．これを散布できない冬季は，貯留槽を建設したうえで，翌春に利用する．ただし，士幌町におけるインプットは畜産ふん尿15t/日であり，そこからアウトプットされるメタン発酵消化液（10.1t/日）を15,500ha（耕地率：23,410m²/人）の耕地に散布している．これを年間に換算すると，散布面積は4.2ha/tとなり，このシナリオを実現するためには，周囲に広大な農地がある地域でしか成立しない．

東海3県下で最も耕地率の高い愛知県飛島村で同様の散布方式を採った場合，発生するメタン発酵消化液（511t/年）を634haの水田に散布（1.2ha/t）となり，過剰供給になる．

図-13に示した通り，生ごみ1t当たり0.59tのメタン発酵消化液がアウトプットされる．したがって，有償によるメタン発酵消化液の農地還元（農地への直接散布）は，東海3県においてはできないものと結論づけた．

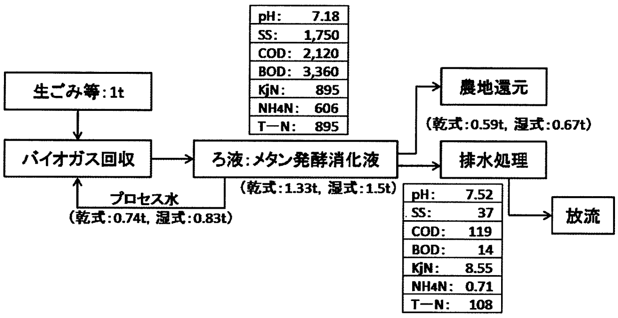


図-13：メタン発酵消化液の処理プロセス

図-13に示した排水処理能力は，畜産環境技術研究所の亀岡らの研究[23]データを引用した．

メタン発酵消化液の農業利用は，近年盛んに研究されているが，10万人規模の都市の平均的なインプット（生ごみ・食品残渣）の乾式投入量は41.4t/日，湿式に投入する下水・浄化槽汚泥は86.6t/日であり，ここからアウトプットされるメタン発酵消化液は，乾式で23.2t/日，湿式からは58.0t/日となり，合計で81.2t/日に及ぶ．これを利用したい農家がある場合は，地域の農業協同組合との連携等によって，無償供与することとし，投資回収費用には計上できないものとした．

(g)炭化処理の可能性評価：最終アウトプット（固形残渣）をコンポストとして有価販売できない事情がある場合（耕地率が低く，コンポストが過剰供給となる場合等）は，これを還元燃焼し，細粒状工業用木炭として売却することを考える．

図-14に固形残渣を工業用木炭に変換する場合の製造プロセスを示す．

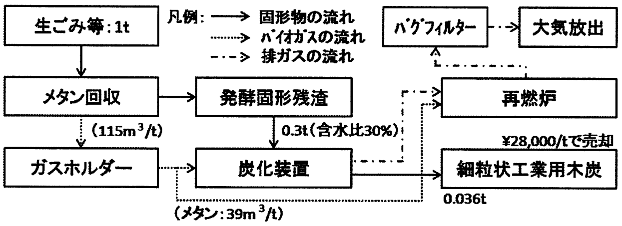


図-14：工業用細粒状木炭製造プロセス

ここからも判断できる通り，一般的な都市ごみ残渣1tから0.12tの工業用木炭（原料は木ではないが，あえて木炭と定義した）を製造することができる．ただし，炭化

装置の助燃材として回収したメタンを利用するため，回収ガスから炭化装置で利用する燃料分を差し引く必要（精製バイオガス39m^3）があることを実証事件によって確認した．なお，コージェネレーションシステム（以下，CGSと略す）の熱を利用して，残渣の含水比を10%前後とした場合は自燃するため，助燃用メタンは不要となる．

一般的木炭（総発熱量：Av31,500MJ/t）は，総発熱量19,080MJ/tの原料木から製造される．還元燃焼のプロセス（焼成方法・温度・時間）が同じ場合は，原材料の総発熱量に比例した木炭が製造できる．畜産ふん尿（肉牛）の乾燥総発熱量[24)]と下水汚泥の乾燥総発熱量[25)]は，共に等しく18,830MJ/tであり，木炭原料のそれとほぼ等しい．

次に，一般的可燃ごみのHHVは，RDFの総発熱量[26)]：12,000～20,000MJ/tの中間値（16,000MJ/t）を採用することとした．これらの条件から，ごみを炭化して製造できる工業用木炭の総発熱量は，一般工業用木炭の84%程度と見積もった．

現在，国内における工業用木炭の最安値は，39,900円/t（インドネシア産：20tコンテナ主要港渡し）である．ごみから製造する工業用木炭は細粒状であることと，発熱量がやや低いことを勘案し，上記のインドネシア産木炭価格の約70%：28,000円/tで販売できるものと仮定した．なお，炭化装置を設置する場合のLCCは，複数社からの見積りを基に，8%上乗せして計算した（交付金対象）．

(h)CGS採用の可能性評価：CGSを採用する場合は，バイオガス回収施設の熱利用（発酵槽の保温，施設の暖房及び熱交換による冷房の利用）を最優先とする．CGSによる一般的なプロセスフローを**図-15**に示す．

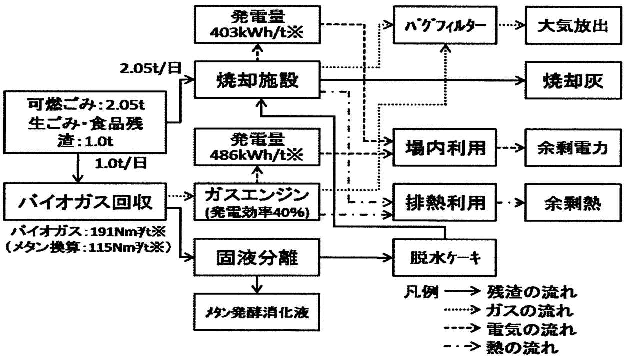


図-15：CGS プロセス

計算に先立ち，ここでの精製バイオガス（メタン濃度98%）のHHVを39.0MJ/Nm^3，LHVを35.2MJ/m^{3}とした場合，有効利用できる発熱量を38.0 MJ/Nm^{3}と仮定する．

次に，乾式バイオガス回収装置に投入される生ごみ・食品残渣1tから得られる電力は，115m^3/t×38.0MJ/m^3×0.278kWh×0.4(発電効率)＝486kWh/tとなる．投入インプットを下水・浄化槽汚泥の場合は，43.2m^3/t×38.0MJ/m^3×0.278kWh×0.4(発電効率)＝183kWh/t 畜産ふん尿の場合は，30m^3×0.6＝18m^3（CH_4）となり，18m^3/t×38.0MJ/m^3×0.278kWh×0.4(発電効率)＝76kWh/t で計算する．なお，排熱回収効率を40%（総エネルギー効率80%）と設定した場合，メタン1Nm^{3}から供給できる発熱量は発電量（40%）と同じ38.0MJ/Nm^3×0.4＝19.0MJ/Nm^{3}である．

余剰電力を売却する場合の計算方法は，購入電力“季節別高圧業務用電力”夏季・冬季の中間値の20円/kWhと同額で電力会社に売電できるものと設定した．

本研究では，CGSを採用する条件として，高効率ガスエンジン（発電効率40%：2基パラレル）を採用した場合を考えた．ガスエンジンの価格は1kWh当たり25万円～35万円が相場である．10万人規模の都市において，乾式と湿式から得られるメタンから電力を求める場合のエンジン出力は以下より求める．

生ごみ・食品残渣(41.4t/日×191m^3＝7,907m^3/日)，下水・浄化槽汚泥(86.6 t/日×72m^3＝6,235m^3/日)となり，合計のバイオガス量は14,142m^3/日(CH_4：8,485m^3/日)である．

∴8,485m^3/日(CH_4)÷24h×8,552kcal/m^3(CH_4発熱量)×0.4(発電効率)÷86kW/kcal(電力換算)＝1,400kWhとなる．

また，CGS設備に必要となるイニシャルコストは，概ねガスエンジンの3倍となる．乾式及び湿式バイオガス回収装置にCGS施設を付帯させた場合のLCCを**表-7**に示すように設定した．（なお，ここで採用したデータは，東邦ガス㈱の実績値を引用している．）

表-7：都市人口と CGS のコスト設定

都市人口	ｶﾞｽｴﾝｼﾞﾝ価格	補修費率	用益費
20万人超都市	25万円/kW	40%/15年	12%/15年
10万人都市	30万円/kW	40%/15年	17%/15年
10万人未満	35万円/kW	40%/15年	20%/15年

表-7の結果（都市人口とLCCの関係）を**図-16**に示す．

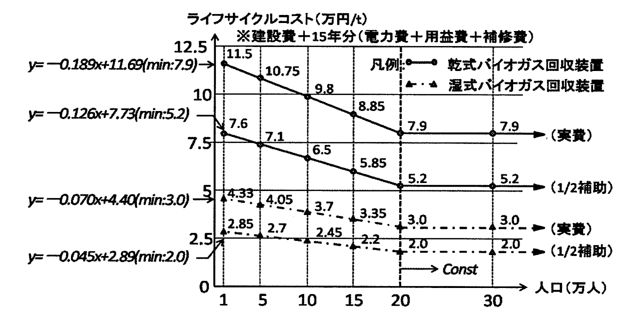


図-16：CGS の LCC

バイオガスを熱源として売却できない自治体には，このシステムを用いるものと設定した．

次に，余剰熱量の売却による投資回収年数短縮の可能性の評価を行う．

東邦ガス㈱では，名駅南地区において都市ガスコンバインドサイクル発電施設によってCGSを実施している．この施設では，余剰熱を2.33円/kWhで売却しているが，本地区における人口密度は，8,290人/km^{2}であり，このような人口密集地区でさえも，中間期（春，秋）には，余剰熱を売却することが難しいという課題を抱えている．

ただし，CGSは，エネルギーの有効活用という観点から積極的に推進しなければならない技術である．したがって，人口密度2,200人/km^{2}の地域では，一律に2円/MJで売却でき，2,199人/km^{2}に該当する自治体では1円/MJと設定した．2,199人/km^{2}の地域において，外部に熱供給できない場合でも，施設内空調や，メタン発酵槽の保温として用いることができ，それを電力で補った場合と比較して妥当な数値と判断した．

5. CO_2削減効果の検証方法

今回の研究において採用したCO_2削減効果の諸元を以下に記述する．

(1) 精製バイオガス売却による削減効果

(a)メタンのガス会社への売却による削減効果：メタンを完全燃焼させた場合の化学式は以下の通りである．

$CH_4(16.04g/mol)+2O_2 \rightarrow 2H_2O+CO_2(44.01g/mol)$

メタン22.4ℓ (16.04g)を燃焼させると，同量の二酸化炭素(44.01g)に変換されるため，CO2排出係数は，化学的根拠から，44.01/16.04≒2.74とした．

(b)自動車燃料としての軽油代替による削減効果：軽油のCO_2換算係数は2.59[27]を採用した．メタン1Nm^3≒軽油1ℓ となるため，メタン1Nm^{3}を軽油1ℓ 代替させることによって，2.59kgのCO_2削減効果が発現する．

(c)電力代替による削減効果：2009年における中部電力㈱のCO_2排出量算定係数は，0.470kg-CO_2/kWh[28]であり，CGSによって発電された電力量にこのCO_2排出係数を乗じる．

(d)熱利用による削減効果：CGSの熱利用によるCO_2削減効果は，その利用方法によって効果が大きく変化し，定められた原単位はない．実際のプロジェクトでは，今回開発したデータシートに地域特有の詳細値を入力して，CO_2削減効果を求めることとなるが，予備フィージビリティスタディに用いる131市町村共通のパラメータ（熱供給によるCO_2削減効果）は，CGSの発電電力量の10%と設定した．

(e)工業用木炭による削減効果：今回のケーススタディで製造される工業用木炭の発熱量は，一般的工業用木炭の中位発熱量（31,500MJ/t）の84%に相当するため，26,460MJ/tとなる．次に，一般工業炭（石炭）の発熱量は25,700MJ/tであることから，工業用木炭1tは，一般工業炭1.03tに代替するものとした．

石炭のCO_2排出原単位は，2.33t-CO_2/tであり，製造できる工業用木炭の重量×1.03×2.33 t-CO_2/tが計上できる．

6. 研究結論

費用対効果が最も高くなる選択肢は，バイオガス回収ポテンシャルが最も高い厨芥・食品残渣を主なインプットとする乾式バイオガス回収システムのみを採用した場合となる．ただし，各自治体における現状の廃棄物処分費（家庭系・事業系可燃ごみ処理経費及び下水・浄化槽汚泥処理経費）と，新システム導入によるLCCを相殺した後において余裕がある場合は，下水・浄化槽汚泥からのバイオガス回収を考慮し，さらに余裕が残る場合は，畜産ふん尿からのバイオガスを回収することとした．

今回の研究で検証した東海3県の131自治体の費用対効果とCO_2削減効果を以下にまとめる．

(1)カテゴリⅠの自治体

このカテゴリに属する自治体は，15年間のLCCにおいて，賦存する廃棄物系バイオマスの全て（家庭系・事業系可燃ごみ，下水汚泥，浄化槽汚泥，畜産ふん尿）からメタンを回収したうえで，現在の廃棄物処分経費と比較しても費用対効果が1.0以上となる．東海3県の結果を**表-8**にまとめる．これらの自治体の特徴は，回収したバイオガスをメタン精製した後に，全量を東邦ガス㈱へ売却でき，都市ガスにおける天然ガスに代替する．

表-8：カテゴリⅠの自治体数とCO_2削減効果

県	自治体名	CO_2削減効果
愛知県	名古屋市，一宮市，犬山市，小牧市，春日井市，津島市，知多市，東海市，みよし市，安城市，知立市，豊田市，北名古屋市，豊山町，大治町，美和町，東郷町	411,275 t/年
岐阜県	岐阜市，多治見市，笠松町	71,868 t/年
三重県	桑名市，東員町，朝日町	19,496 t/年
Sub Total	16市，7町	502,639 t/年

カテゴリⅠの自治体には以下のような特徴がある．

(a)畜産ふん尿比率が少ないこと：今回，カテゴリⅠと評価された16市7町は，廃棄物系バイオマスとしてカウントした畜産ふん尿の比率が著しく低い．

下水・浄化槽汚泥は1tと，畜産ふん尿1tから回収できるメタンの割合は，概ね1：0.42となり，費用対効果は半分以下となる．今回の研究で取り上げた自治体において，畜産ふん尿比率が最も高くカテゴリⅠが成立した自治体は，岐阜県笠松町の187.82kg/人で，その場合の費用対効果が1.01であった．次に成立した自治体は，愛知県東海市の187.65kg/人で，その場合の費用対効果が1.09であった．これらの評価結果から，概ねの目安として，畜産ふん尿比率が190kg/人以上となった場合，全ての廃棄物系バイオマスからのメタン回収をしたうえで，費用対効果1.0以上は見込めないものと考えられる．なお，岐阜県笠松町以外でカテゴリⅠと評価された町（愛知県豊山町・大治町・美和町，三重県東員町・朝日町）の畜産ふん尿比率はいずれも0であった．

(b)人口密度が高いこと：次に，カテゴリⅠと判定された自治体において，最も人口密度が低かったのは，三重県桑名市の1,030人/km^{2}である．カテゴリⅠとして評価された自治体の平均人口密度は，4,870人/km^{2}であり，突出する名古屋市を除いた場合の平均人口密度は，2,800人/km^2（人口加重平均）となり，この人口密度が一つの指標となるものと考えられる．

図-17に畜産ふん尿比率と人口密度の関係を示す．

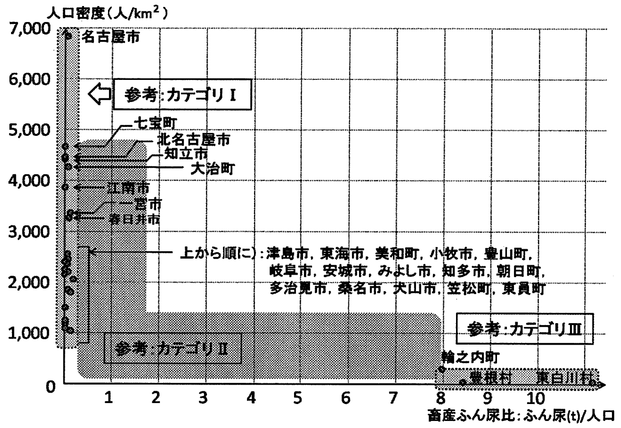


図-17：畜産ふん尿比率と人口密度

これらの自治体では，賦存する廃棄物系バイオマスをメタンに変換させることによって，実質的な利益とCO_2削減効果が発現する．そのため，事業着手は最優先され，本研究のシナリオでは2011～2020年までの10箇年で整備されるものとした．

(2)カテゴリⅡの自治体

全ての廃棄物系バイオマスをメタン代替させた場合は，無条件に「費用対効果＝1.0以上」とはならないが，ある種の廃棄物系バイオマスのみを対象とした場合や，そのアウトプット利用（都市ガス代替，電力代替，熱代替，自動車燃料代替等）方法，また可燃ごみに課金する金額等を変化させることによって，結果的に費用対効果が1.0以上となる自治体をこのカテゴリの定義とした．

具体的には，以下のStep 1.～Step 5.の順番で検討し，費用対効果が1.0を超えた段階で，当該市町村のシステムを決定する．

Step 1. 自動車燃料代替の可能性評価：バイオガス回収施設から半径5km以内に，公共交通機関や運送業者の車両基地がある場合は，自動車燃料代替としてCNG売却の可能性を評価し，超高圧ボンベ（20MPa）によって現状の実使用量を￥120/m^{3}で売却できるものとする．

Step 2. ガスと熱の直接売却の評価：バイオガス回収施設から半径1km以内に大型熱需要施設（窯業等の製造工場，病院，ホテル等）が存在する場合は，小口径推進管を敷設することによって，バイオガス（CH_4：CO_2＝6：4）若しくは精製ガス（CH_4＝98%超）が売却できるものとする．

Step 3. ごみ回収価格の検討：家庭系可燃ごみは100円/10kgを超えない範囲で，事業系可燃ごみは200円/10kgを超えない範囲でごみ回収価格を変更する．

Step 4. バイオマス受入量の変更（その1）：バイオガス回収ポテンシャルの最も小さい畜産ふん尿からの回収を断念する．

Step 5. バイオマス受入量の変更（その2）：下水若しくは浄化槽汚泥のどちらか一方からの回収を断念する，若しくはその両方を断念する．

上記Step 1.からStep 5.の評価結果を**表-9**にまとめる．

表-9：カテゴリⅡの自治体数とCO_2削減効果

レベル	自治体名	CO_2削減効果
Step1	該当市町村なし	0 t/年
Step2	該当市町村なし	0 t/年
Step3	愛知県（1市）：稲沢市	11,838 t/年
	岐阜県（1町）：北方町	2,502 t/年
Step4	愛知県（11市，2町） 岩倉市，豊明市，大府市，岡崎市，蒲郡市， 刈谷市，高浜市，新城市，田原市，豊川市， 豊橋市，南知多町，小坂井町	181,444 t/年
	岐阜県（1市，1町）：可児市，大野町	8,856 t/年
	三重県（6市） 津市，松阪市，伊賀市，亀山市，鈴鹿市， 熊野市	74,212 t/年
Step5	愛知県（11市，17町，1村） 愛西市，清須市，江南市，瀬戸市，日進市， 弥富市，常滑市，半田市，西尾市，碧南市， 尾張旭市， 大口町，扶桑町，蟹江町，七宝町，武豊町， 東浦町，美浜町，一色町，吉良町，幡豆町， 設楽町，東栄町，幸田町，長久手町， 甚目寺町，阿久比町，飛島村	121,936 t/年
	岐阜県（18市，14町） 大垣市，海津市，羽島市，瑞穂市，本巣市， 山県市，恵那市，土岐市，美濃市，瑞浪市， 関市，各務原市，郡上市，下呂市，高山市， 美濃加茂市，中津川市，飛騨市， 岐南町，養老町，安八町，神戸町，垂井町， 池田町，御嵩町，川辺町，坂祝町，白川町， 富加町，関ケ原町，揖斐川町，八百津町	234,064 t/年
	三重県（7市，13町） 名張市，伊勢市，尾鷲市，志摩市，鳥羽市， 四日市市，いなべ市， 大台町，多気町，明和町，川越町，菰野町， 大紀町，玉城町，度会町，紀北町，紀宝町， 御浜町，木曽岬町，南伊勢町	104,778 t/年
Total	55市，47町，1村	739,630 t/年

カテゴリⅠにはならなくとも，メニューに幅をもたせているため，ほとんどの自治体がこれに属することが判った．対象とする廃棄物系バイオマスから畜産ふん尿を除くことによってLCC15年の投資回収は成立する自治体が18市3町あり，36市43町1村は，乾式バイオガス回収施設による家庭系・事業系可燃ごみのみを対象とした場合に限り費用対効果1.0以上が成立した．

ただし，本研究における検証結果は，あくまでも現状

で用いることのできる交付金と，各地方自治体における現状のごみ処理経費から算出したものであり，交付金対象のフレームワークが変更された場合や，市民の合意形成によって，ごみ処理経費が上乗せされた場合のバイオガス回収ポテンシャルは大きく変わる可能性を持っている．なお，バイオガス回収の対象とならなかった廃棄物系バイオマスは，従来からのマテリアルリサイクルを一層強力に推進していくことものとして「地域循環型社会」の形成を促していく．

(3)カテゴリⅢの自治体

このカテゴリに属する自治体の定義は，カテゴリⅡのように，Step1からStep5を検討しても，15年間のLCCにおける費用対効果が1.0以上とならなかった自治体である．その結果を**表-11**に示す．

表-11：カテゴリⅢの自治体数

県	自治体数
愛知県	豊根村
岐阜県	輪之内町，七宗町，白川村，東白川村
三重県	—
Sub Total	2町，3村

今回の予備フィージビリティスタディでは，バイオガス回収施設のLCC最低額を15億円と設定した．カテゴリⅢの町村は，その自治体規模が小さく，15年間に必要とされるごみ処理経費が15億円に至らなかったことに起因している．ただし，今後の需要増に伴うコストダウンによって，今回，カテゴリⅢと判定された自治体も採用の可能性はでてくるものと考える．

7. まとめ

今回の研究では，東海3県の廃棄物系バイオマスによるCO_2削減効果は，総ポテンシャル1,760,983t/年のうち，1,242,269t/年（70.5%）が，現在のごみ処理経費の中でシフトできることを示した．この研究結果によって，これまで明確にされていなかった「CO_2削減の政策的ロードマップの“廃棄物系バイオマス利用”に関する項目」が明確になり，今後，わが国が推進すべき展開方向を示す一助となる．

FSによって，各自治体が運用可能なバイオマス利用を提案することにより，国の交付金が有効に利用され，今後のCO_2削減対策に拍車がかかることが期待できる．

次に，本稿ではFSという研究の性質から，131市町村を一律の基準（三種類のパラメータ：人口・人口密度・耕地率）で評価したが，コージェネレーションを採用する自治体においては，中間期の余剰熱を利用して，メタン発酵消化液から濃縮液肥を製造し，その売却利益を費用対効果のプラスの側面としてパラメータに加える必要も出てくるであろう．

また，東京大学の鮫島正浩ら[29]の研究グループでは，エタノール発酵菌の遺伝子組換えによって，セルロース系バイオマスから，2009年の発表と比較して2倍以上のバイオエタノールの抽出に成功している．バイオガス回収後の固形残渣には，バイオエタノール製造の原料となるセルロースやリグニンが豊富に含まれており，今後の研究では，単なるコンポスト化・炭化にとどまらず，バイオエタノール製造による便益もパラメータの一つに加える必要もでてくるものと考えられる．

最後に，地球温暖化問題とともに，化石燃料の枯渇が進展し，運輸部門におけるバスやトラックのCNG転換が進むことが容易に推測できる．バイオマス由来の燃料が，現在の化石燃料にシフトしていくものと考えた場合，バイオガス回収施設は重要な燃料製造拠点となり得る．

今後は，本稿で開発したFS手法を広く普及させることによって，地方自治体の費用対効果を最大限にまで発現させる．また，この手法をCDM等において，廃棄物系バイオマスが豊富な途上国に活用することで，CO_2削減に否定的な途上国のパラダイムシフトにもつながることが期待できる．

参考文献

1) 羽賀清典：畜産廃棄物バイオマスとしての家畜ふん尿メタン発酵（廃棄物学会誌Vol.19 No.6 2008）p.257～262
2) 神本正行：再生可能エネルギーの賢い使い方（クリーンエネルギー2010 Vol.10 No.3） p .18～23
3) 岡庭良安，濱井和博，熊谷徹：バイオマスタウン形成促進への取組み～日本エネルギー学会誌　p.95～101　2010.2
4) A. Karagiannidis, M. Wittmaier, S. Langer, B. Billitewski, and A. Malamakis :Thermal processing of waste organic substrates : Developing and applying an integrated framework for feasibility assessment in developing countries 2008.9
5) Bjom Larsson（NSR AB, Department of Marketing）：Local Government Climate Roadmap　2009.12 (www.iclei.org/climate-roadmap/localation)
6) 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集 2006，同資料「メタンガス（生ごみメタン）施設整備マニュアル」2006.4
7) 財団法人 廃棄物研究財団 メタン発酵研究会：メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル及び平成 19 年度メタン発酵研究活動報告書，同資料「メタン発酵情報資料集 2008」2008.7
8) 社団法人 日本有機資源協会：バイオガス化マニュアル 2006.8
9) 財団法人 日本環境衛生センター 西日本支局：「廃棄物のここが知りたい」2006.11
10) 国土交通省：資源のみちの実現に向けて p.8　2008.3 (http://www.mlit.go.jp/common/000038167.pdf)
11) 国土交通省：第 1 回資源のみち委員会（資料 4；下水

汚泥資源利用の現状と課題)
(http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/gyosei/sigen1st/04.pdf)
12) 環境省情報総合データベース：一般廃棄物処理実態調査結果（平成 19 年度）
(http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h19/index.html)
13) 環境省：生ごみの分類と発生・処理状況　資料 3p.4
(http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/01/mat03.pdf)
14) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：下水汚泥賦存量・利用可能量の推計方法 2006
(http://app1.infoc.nedo.go.jp)
15) バイオマスエネルギー導入ガイドブック p.127～129
(http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/shinene/biomass.)
16) 網田大輔，井上陽仁，高濱繁盛：可燃性一般廃棄物処理システムとしてのメタン発酵処理の有効性に関する研究（第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集）p214～216
17) ㈱神鋼環境ソリューションホームページ
(http://www.kobelco-eco.co.jp/product/gesui/bio.html)
18) 平成20年度 第3次名古屋市庁内環境保全率先行動計画の取組実績
http://www.city.nagoya.jp/_res/usr/19844/20jisseki-ekoaku.pdf
19) 東邦瓦斯㈱：バイオガス購入要領　2008.3
(http://www.tohogas.co.jp/press/677.html)
20) 静岡県湖西市：湖西市循環型社会のまちづくり構想(地域新エネルギービジョン)p.68～79, 2006.2
21) 農林水産省東海農政局：平成21年耕地面積（東海）
(http://www.maff.go.jp/tokai/tokei/sokuhou/pdf/2009_kouchi.pdf)
22) 環境省：産業廃棄物排出・処理状況調査(平成18年度実績) p .19
(http://www.env.go.jp/recycle/waste/sangyo/sangyo_h18a.pdf)
23) 亀岡俊則，長峰孝文，伊藤稔，古谷脩：メタン発酵の効率及びメタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発（畜産環境技術研究所）
(http://www.chikusan-kankyo.jp/)
24) 福島正人：平成 18 年度「関東東海北陸農業」～研究成果情報（牛ふん堆肥の塩類及び重金属集積の実態と対策）
(http://www.affrc.go.jp/ja/agropedia/seika/data_kanto/h18/03_84)
25) 国土交通省：第 4 回資源のみち委員会～資料 2-2；下水道の有するポテンシャルとその活用状況について 2006.11
(http://www.mlit.go.jp/crd/sewerge/gyosei/sigen4th/02-2.pdf)
26) 川本克也：国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究オンラインマガジン；RDF の発熱量　2008.9
(http://www.nies.go.jp/magazine/name/20090908htm)
27) 2007 年度 CO2 排出量調査結果：㈳日本建設業団体連合会，㈳日本土木工業協会，㈳建築業協会；地球温暖化防止対策ワーキンググループ　p.3
(http://www.nikkenren.com/kankyou/ondanka/co2/pdf/2007_co2.pdf)
28) 平成19年度電気事業者別CO_2排出係数：環境省
(http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=10574)
29) 鮫島正浩：セルロース系バイオマス酵素糖化の高効率化をめざした新規セルラー是の取得と大量生産技術の研究開発（NEDO平成21年度バイオマスエネルギー関連事業成果報告会予稿集）p.102～116

(2010. 3. 6 受付)
(2010. 5. 31 受理)

RESEARCH ON THE COST-PERFORMANCE OF BIOGAS COLLECTION FACILITIES AND CO2 REDUCTION THROUGH THE PROJECT'S IMPLEMENTATION

Takumi YAMAGUCHI and Tsuneo TAKEUCHI

In order to create a sound material-cycle society, it is necessary to grow out of using fossil fuels and to utilize recyclable energy sources. This research investigates the amount of biomass from the waste in the three prefectures in the Tokai Region (Aichi, Gifu and Mie, totaling 131 municipalities). Technology for the effective utilization of collected biogas and their cost-performance were verified through feasibility studies, and the order of priority in establishing biogas collection facilities was evaluated.

The research is based on the assumption that the life cycle cost of biogas collection facilities is 15 years. Three categories were made on this assumption. The municipalities that are recommended to establish a biogas collection within the next 10 years are defined as "Category I." The municipalities with lower cost performance facilities and that will be able to establish an effective facility 10-20 years from now are defined as "Category II." The municipalities that are not expected to be cost-efficient are defined as "Category III." It is hoped that this study will aid in establishing a roadmap for creating a low-carbon society. If these facilities are built according to this roadmap, it is calculated that by 2030, the amount of CO_2 will be reduced by 1,242,269 tons per year.