

## 八木バイオエコロジーセンターにおけるバイオガス化施設の実態とその評価に関する研究

A study on the actual conditions and the evaluation of a Biogasification Facility: A case study of Yagi Bio Ecology Center

山口 奈保実\* 浦出 俊和\*\* 上甫木 昭春\*\*

Naomi YAMAGUCHI Toshikazu URADE Akiharu KAMIHOGI

**Abstract:** In this study, we considered the potentiality of Biogasification Facility based on evaluating Yagi Bio Ecology Center, that is Biogasification Facility using livestock waste, on the material flow, economic performance and environmental load. On the material flow, the liquid fertilizer was not consumed as planned. On the economic performance, the payback period of construction investment calculated based on abatement cost by biogasification is less than the period of durability of this facility. Moreover there carbon dioxide emission is lower than traditional disposal of livestock waste. In conclusion, Biogasification has advantage compared with traditional disposal from the viewpoint of economic and environment. However this facility has some problems about material flow and running cost. It is important to improve material flow and running cost with increasing consumption of liquid fertilizer and setting up higher unit price of biogas energy.

**Keywords:** *biogasification, livestock waste, biomass energy, biomass recycling system*

キーワード：バイオガス化、畜産廃棄物、バイオマスエネルギー、資源循環

### 1. はじめに

バイオガス化（メタン発酵）は、畜産廃棄物、生ごみ、および下水汚泥等の廃棄物系バイオマス中の有機物を嫌気性細菌によって分解し、バイオマスを減量するとともに、バイオガスを発生させることである。

バイオガス利用時に発生する CO<sub>2</sub> はカーボンニュートラルであるので、生産したバイオガスを化石燃料に代替することで CO<sub>2</sub> 削減が期待できる。また、副産物として発生する肥料を適切に農地へ還元することにより、不活性な炭素の形態で土中に埋没することができ、二重の CO<sub>2</sub> 削減効果がある。以上より、バイオガス化は、循環型社会の形成に寄与し、地球温暖化の防止にも貢献し、さらには、廃棄物を減量する等様々な効果が期待できる<sup>1)</sup>。

日本の有機廃棄物の年間発生量は、畜産廃棄物 8,900 万 t、食品廃棄物 2,200 万 t、下水汚泥 7,800 万 t であり、これらをすべてメタン発酵によってメタンを生成すると、原油換算でそれぞれ 160 万 kl、172 万 kl、63 万 kl となり、計 395 万 kl ものエネルギー回収の可能性を有している<sup>2)</sup>。しかし、日本におけるバイオガス化施設は約 450 施設<sup>3)</sup> であり、これはドイツでの約 3,500 施設<sup>4)</sup> の約 8 分の 1 しかなく、日本は欧州と比較してもバイオガス化の導入が遅れているのが現状である。そのため、近年、バイオマスタウン構想により施設数は増加傾向にあるものの、2005 年の統計では、原油換算でわずか 15 万 kl 分しか生成できていない。

既往論文<sup>5)</sup> によると、受け入れ量や生産量が計画値より下回るなど計画通りに運営できていない施設が多いことが指摘されているものの、経済面と環境面の個々の評価だけであり、総合的な評価に基づいてバイオガス化の意義を明らかにしたものは少ない。

そこで、本論文では、日本の廃棄物系バイオマスの中で廃棄物の年間発生量の最も多い畜産廃棄物を受け入れており、地域農業と連携して、地域内循環を実現したバイオガス化施設としては先駆的である八木バイオエコロジーセンターに着目して、物質フロー・経済面・環境面の総合的な評価からバイオガス化の有用性を

明らかにするとともに、施設の普及が遅れている要因について考察する。

### 2. 研究方法

本論文では、ヒアリング調査及び既存の文献資料のデータを用いて、以下の分析を行った。

#### (1) 物質フロー

八木バイオエコロジーセンターにおける物質のフローを把握し、計画値と実際値の較差の実態とその要因を明らかにした。

#### (2) 経済面

バイオマスの適正処理である焼却処理及び排水処理（以下、従来処理）の収支とバイオガス化の収支の差額（以下、従来処理削減費用）を求め、収益性を評価した。さらに、従来処理削減費用を収益とみなし、割引率を年利 3% として、次式によって現在割引価値になおして積算したものをを用いて、建設費の投資額の回収年数を試算した<sup>6)</sup>。

$$y = \sum_{r=1}^n \frac{x}{(1 + 0.03)^r}$$

(n: 回収年数, x: 従来処理削減費用, y: 建設費用)

また、他のバイオマス利用施設との比較のため、受け入れバイオマス全量を堆肥化施設として処理した場合の運営収支（減価償却費含む）を推計し、現状のバイオガス化施設の運営収支（減価償却費含む）と比較した。

#### (3) 環境面

環境面の評価として、バイオマスの収集から利活用までの物質フローを基に、従来処理及び堆肥化とバイオガス化を比較して、環境負荷が削減あるいは増加する過程における CO<sub>2</sub> 排出量を算出することによって、環境負荷削減効果を明らかにした。さらに、代替法を適用して CO<sub>2</sub> 削減量の貨幣評価額を求め、その評価額を収入として計上したときの運営収支を再計算した。代替法では、火力発電における化学吸着法による CO<sub>2</sub> 回収コストを用いた<sup>7)</sup>。

\*公立大学法人大阪府立大学

\*\*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

### 3. 結果

#### (1) 物質フロー

図-1より実際の物質フローを見ると、バイオガス化施設に2.6万tの畜産廃棄物を受け入れ、バイオガス化により、約75万m<sup>3</sup>のバイオガスを生成し、約110万kWhの電力を発電している。また、副産物である液肥約827tを無償で農家に提供している。さらに、発電機で発生した熱は、温水として約344万MJ使用するが、約446万MJ放熱している。堆肥化施設では、約1万1,378tの畜産廃棄物を受け入れ、これとバイオガス化施設での固形残渣約4,665tを混ぜ合わせて約8,300tの堆肥を生産している。

図-2の計画値との差が大きかった項目は、電力生産量であり、計画値約185万kWhに対して、実際値が約110万kWhと減少している。これは、受け入れバイオマス量の減少による、バイオガス発生量の減少に加えて、ヒアリング調査より、発電機の故障回避を目的とした抑制運転の結果、発電機の稼働率が低くなっていることも原因であることが明らかとなった。また、発酵残渣は一部を液肥として3,650tを消費する計画が、実際は、その約4分の1である約827tしか消費していない。受け入れバイオマス量は計画値の約0.84倍の減少であったのに対し、液肥の実際の消費量はそれ以上に大きく減少している。これは、液肥の還元先が少ないためである。その原因として、液肥の運搬が困難で遠くに運べないこと、液肥の散布車への注入に時間がかかること、必要時期が決まっている水田への散布が主であることから農家の需要が少ないこと、さらに、そもそも液肥に対する農家の認知度が低いことがあげられる。発電機の排熱については、施設内の利用しなく、発生する熱量の半分以上を有効活用できていない。

#### (2) 経済面

##### 1) 収益性の評価

年間の支出(減価償却費除く)は9,272万円である<sup>8)</sup>(表-1)。内訳をみると、排水処理のための薬品費が4,500万円と最も高く、支出の約49%を占める。これは、畜産廃棄物は含水率が高く、多くの液体残渣が発生するが、前述の物質フローで述べたように、液肥として消費できていない分を排水処理する必要があるためである。

年間の収入は約7,666万円である<sup>9)</sup>。畜産廃棄物処理代としての徴収費が約4,969万円であり、収入の約65%を占めている。売電収入は884万円であり<sup>10)</sup>、そのうち、関西電力への売電が34万円、グリーン電力補助金が200万円である。収入に占める関西電力への売電の割合は、約0.4%と非常に低い割合である。このように収入は、畜産廃棄物処理代としての徴収費が主で、売電による収入割合が少ないといえる。これは、バイオマス発電による電力が、現行では余剰分のみを買い取りであり、価格も購入電気料金より安いためである。

以上より、年間の収支は約1,606万円の赤字であり、それを国や市からの補填でまかなっているのが実情である。このように、収益性が低い要因としては、液肥の散布が少なく、排水処理のための薬品費が支出割合の半分を占めていること、売電収入は、現状のバイオガスエネルギー買い取り制度では買い取り価格が低く、大きな収入とならないことがあげられる。

収益性向上のためには、液肥の消費を増やすこと、売電収入を上げることが考えられる。そこで、液体残渣の全量を液肥として消費できた場合を試算すると、堆肥販売収入はなくなるが、年間

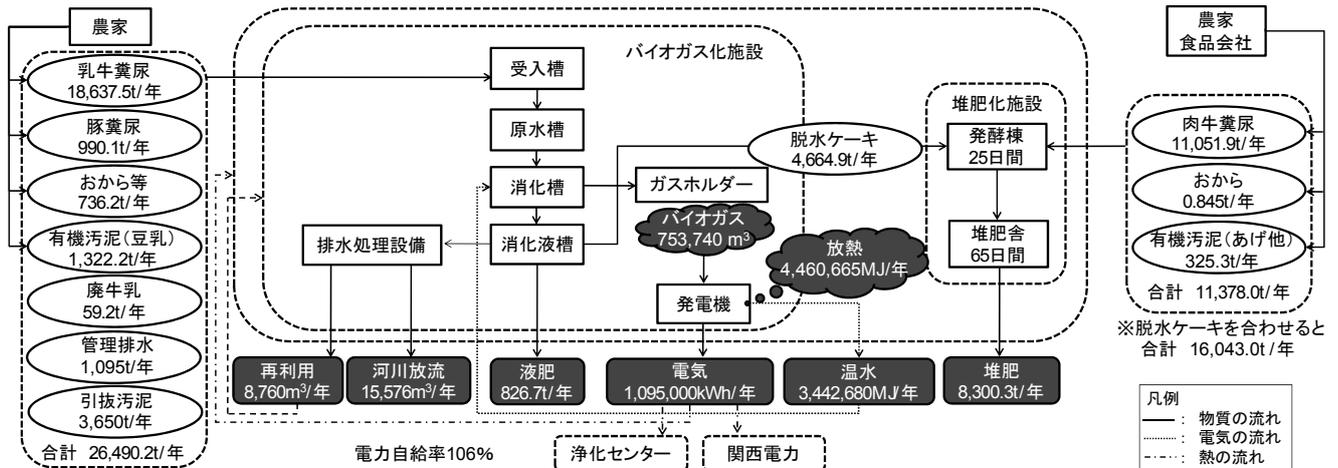


図-1 実際(2008年)の物質フロー図

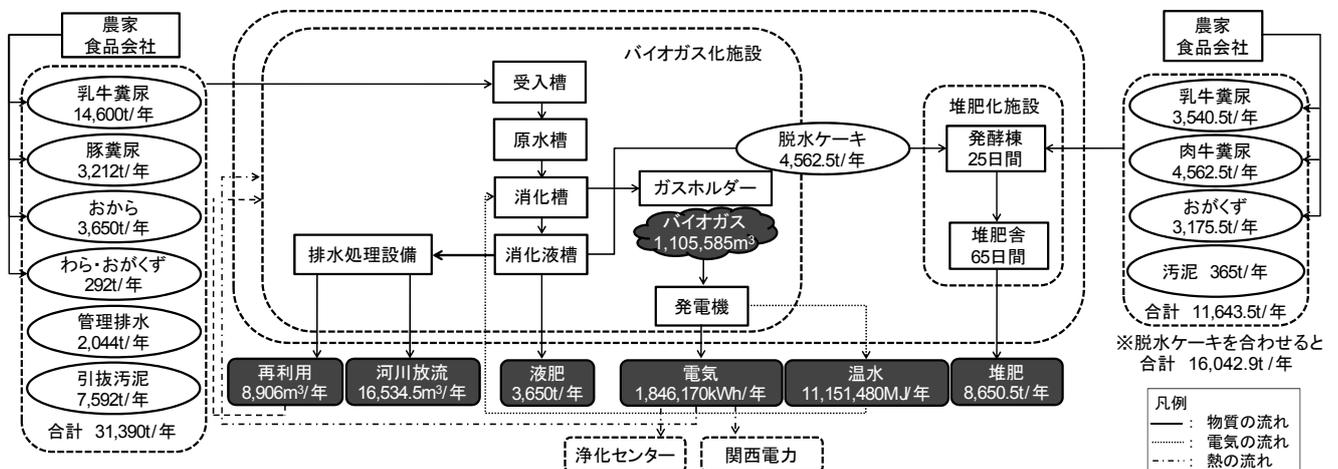


図-2 計画の物質フロー図

表-1 建設費、運営収支

	支出		収入		収支
	項目	円	項目	円	
建設費	バイオガス化施設	1,048,000,000	バイオガス化施設助成金	566,290,000	-481,710,000
	堆肥化施設	675,769,000	堆肥化施設助成金	450,512,000	-225,257,000
	合計	1,723,769,000	合計	1,016,802,000	-706,967,000
運営費	薬品費	45,000,000	処理費用徴収	49,689,532	
	電気料金	7,420,000	売電	8,840,000	
	発電機メンテナンス費	5,790,000	堆肥販売収益	17,541,730	
	その他メンテナンス費	5,850,000	液肥販売収益	587,343	
	消耗品費	1,440,000			
	燃料費	1,700,000			
	袋代(堆肥販売用)	4,400,000			
	労務費	14,960,000			
	その他	6,160,000			
	合計	92,720,000	合計	76,658,605	-16,061,395

で約 1,750 万円の利益が発生し<sup>11)</sup>、赤字が解消されることから、液肥の還元先の確保が重要な課題の一つとなる。また、電力全量買い取り制度になった場合、赤字がなくなるためには、売電価格は最低 22.4 円/kWh である必要がある<sup>12)</sup>。

次に、畜産廃棄物処理施設としてみなした場合の従来処理費用を試算した。具体的には、受け入れバイオマスの含水率から焼却処理量または排水処理量を推計し、それにかかる費用を算出した。焼却処理は、焼却処理施設における受け入れバイオマスあたりの維持管理運営費用<sup>13)</sup>、排水処理費用は全国のし尿の処理費用<sup>14)</sup>を用いた。従来処理においては、肉牛糞尿、おから、あげ他は焼却処分、乳牛・豚糞尿、豆乳、廃牛乳は排水処理するとした。算出した結果、従来処理費用は約 1 億 6,414 万円となり、バイオガス化が従来処理費用と比べて約 7,142 万円の削減効果があることになる。したがって、バイオガス化施設は、畜産廃棄物処理施設としては従来処理と比較して費用削減の効果が大きいといえる。

2) 施設投資の回収年数の試算

従来処理削減費用を収益とみなして、バイオガス化施設の建設費の回収年数を計算した。その際、バイオガス化施設の耐用年数は 20 年とした。

従来処理における徴収費を八木バイオエコロジーセンターと同じ価格と考えると、収入は約 4,969 万円となり、これを前述の従来処理費用 1 億 6,414 万円から差し引けば、年間の従来処理収支は約 1 億 1,445 万円の赤字と試算された。よって、バイオガス化施設を運営することによる従来処理削減費用は、年間約 9,840 万円となる。建設費は、バイオガス化施設・堆肥化施設を合わせて約 17 億 2,377 万円であり、そのうち、助成金により減じられた負担額は、約 7 億 700 万円である(表-1)。これらより建設費負担額の回収年数を計算すると、耐用年数を下回る 9 年となることから、十分な削減効果を有するといえる。しかし、助成金を入れない場合、回収年数は 26 年となり、建設費を回収するための削減費用としては不十分であり、経済面では助成金に頼っている現状にある。

次に、バイオマス利用施設として、バイオガス化施設と堆肥化施設の運営収支を比較した。堆肥化施設において、受け入れバイオマスの含水率から堆肥化が不可能なものは、排水処理するものとした。堆肥化施設の建設費および運営費は、受け入れバイオマスあたりの建設費(3,000 万円/(t/日))、維持管理費(350 万円/(t/日))を用いて算出し<sup>15)</sup>、排水処理費は、従来処理と同様にし尿のもので代替した。収入は、処理代の徴収費を八木バイオエコロジーセンターと同じ価格とし、堆肥販売価格は、食品廃棄物・畜産廃棄物により生産する一般的なケースとして、1t あたり 4,000 円とし<sup>16)</sup>、全量が販売できるとした。

堆肥化施設の建設費約 26 億円に対して、残存価格を 10%とし、耐用年数の 20 年で除する定額法によって算出した減価償却費は

表-2 環境負荷削減効果

	項目	増加(tCO <sub>2</sub> /年)	計(tCO <sub>2</sub> /年)
環境負荷増加	八木バイオエコロジーセンターの買電(関西電力)	59.4	99.3
	八木バイオエコロジーセンターの燃料代(軽油)	39.9	
	従来処理の焼却施設重油	1,132.6	
環境負荷減少	従来処理の排水処理	238.2	1,833.2
	八木バイオエコロジーセンターの発電	327.4	
	化学肥料の製造・輸送(堆肥)	132.8	
	化学肥料の製造・輸送(液肥)	2.1	
	環境負荷削減分	1,733.9	

1 億 1,740 万円となる。維持管理費と排水処理費の合計約 3 億 437 万円と合わせて年間の運営支出は約 4 億 2,182 万円と試算され、収入が 1 億 1,538 万円であることから、収支は約 3 億 644 万円の赤字となる。

一方、バイオガス化施設は、年間支出(減価償却費を除く)9,272 万円に、減価償却費 7,757 万円を加えた年間の運営支出が約 1 億 7,029 万円となる。収入が 7,666 万円であるので、運営収支は約 9,363 万円の赤字となる。つまり、バイオガス化施設の方が堆肥化施設と比較して、年間約 2 億 1,281 万円赤字が少ない。

このように、バイオガス化施設は、他のバイオマス利用施設である堆肥化施設と比較しても費用削減効果が大きく、施設投資額の回収年数も短くなるという結果になった。

(3) 環境面

従来処理と比較して環境負荷が削減あるいは増加した過程の CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。CO<sub>2</sub> 排出係数は環境省排出係数一覧<sup>17)</sup>を参考とした<sup>18)</sup>。また、CH<sub>4</sub> や N<sub>2</sub>O の排出量は地球温暖化係数により CO<sub>2</sub> 排出量に換算し直し算出した。ただし、バイオガス化で得られたバイオガスはすべて発電に使われるものと考え、CH<sub>4</sub> や N<sub>2</sub>O の排出は考慮していない。また、液肥・堆肥は八木町内で還元されるとし、輸送による CO<sub>2</sub> 増加は考慮しない<sup>19)</sup>。

環境負荷の増加項目としては、バイオガス化施設における電気 の購入、燃料の使用による増加が考えられ、減少項目としては、焼却処理の際に燃焼補助として使用していた重油の削減、排水処理量の減少による窒素酸化物排出量の減少、バイオガスによる発電、堆肥および液肥の生産による化学肥料の削減が考えられる。

従来処理と比較して増加した年間 CO<sub>2</sub> 排出量は、99.3 t と試算される。主に施設運営のための買電により 59.4 t 増加し、燃料使用からも 39.9 t 増加した(表-2)。

減少した年間 CO<sub>2</sub> 排出量は、1,833.2 t と試算される。最も効果が高いのは、従来処理である焼却処理の際の重油<sup>20)</sup> を使用しなくなったことの効果であり、1,132.6 t となる。次いで大きい効果はバイオガスによる発電 327.4 t である。堆肥の化学肥料代替効果は 132.8 t、液肥の化学肥料代替効果は 2.1 t<sup>21)</sup> と少ない。

よって年間の CO<sub>2</sub> 削減効果は 1,733.9 t となり、バイオガス化は、従来の廃棄物処理よりも環境面において優れているといえる。

環境負荷削減効果を考慮してバイオガス化施設の収益性を総合的にみるために、環境負荷削減効果の貨幣評価額を収入として計上した。代替法により求めた収入増加分は、約 728 万円/年となり、これにより運営収支(減価償却費除く)は、赤字が約 878 万円と約半分近くまで削減される。つまり、バイオガス化施設は、環境負荷削減効果を考慮すると、収益性が飛躍的に改善されるという結果が得られた。

同様に、受け入れバイオマスを全量堆肥化した場合と比較すると、表-2 の環境負荷増加項目に、堆肥化施設における堆肥生産量 16,423 t に対応する化学肥料の製造・輸送段階の CO<sub>2</sub> 排出量として、新たに 262.8 t CO<sub>2</sub> が追加され、一方、環境負荷減少項目の「焼却施設重油」が 0 となるので、環境負荷削減効果は 338.5

tCO<sub>2</sub>となる。このことから、バイオガス化は堆肥化施設よりも環境負荷削減効果を有するものの、その効果の大きさは非常に小さいことが明らかとなった。

#### 4. まとめ

バイオガス化施設は、物質フローの評価より、液肥を計画通りに消費できていないために、その排水処理費用が運営収支を圧迫している。しかし、経済面において、従来処理として比較して年間約9,840万円、堆肥化処理と比較して年間約2億1,281万円の赤字が削減できることから費用削減効果は大きく、優れているといえる。環境面の評価においても、バイオガス化は、環境負荷削減効果が最も大きい。堆肥化処理と比較すると、その削減効果は小さいことが明らかとなった。このように、バイオガス化は、経済面でも環境面でも従来処理や堆肥化処理よりも優れているといえる。さらに、環境面を考慮した総合的な評価から明らかのように、環境負荷削減効果を貨幣価値として収支に組み入れることによって、経済性が飛躍的に向上するといえる。このことは、費用分析における環境負荷の経済的評価の重要性を示唆している。

以上のことより、バイオガス化施設は、畜産廃棄物施設やバイオマス利用施設としては、環境に優しく経済性を有する点において、その有用性が高く、意義が認められる一方で、液肥や発電機の排熱利用に見られるように、物質循環が不完全であるため、収益性が低いという課題を有している。これらの有効利用は、経済面のみならず、環境面への効果が期待できる。

収益性を向上させ、施設のより一層の普及を目指すには、物質循環の仕組みを整えることが、重要である。そのために、液肥の利用を促進する必要がある。液肥の認識度を上げ、水田の他にも耕作地への散布を増やす等、住民の理解・協力のもと、還元先のさらなる確保が不可欠である。化学肥料より優先的に消費できる仕組み作りなども有効であると考えられる。液肥を全て還元できた場合、運営収支は黒字となる。しかし、全てを循環させるのは難しく、全量買い取りや、買い取り価格の改善も必要である。

さらに、施設増加により、建設費のコストダウンが期待でき、バイオガス化導入の追い風となると考えられる。このように、制度が改善されることで、二重の効果により収益性が改善され、施設の導入が進んでいくと思われる。

経済産業省の再生可能エネルギーの全量買い取り制度の大枠において、将来的に買い取り価格は15~20円/kWhになる予定だが、これは新設の場合のみであり、既設については、何らかの考慮をするとの記述だけである。八木バイオエコロジーセンターでのシミュレーションによると、全量買い取りになった場合、22.4円/kWhの買い取り価格で運営費の赤字がなくなると試算され、既設も新設並の措置がないと厳しいといえる。また、この大枠では、新エネルギーによる買い取り価格は一律とするとしているが、新エネルギーの発電コストはそれぞれで異なり、バイオガス化施設は建設費にお金がかかるため、それぞれの事情に合わせて個別に価格設定することが望ましいと考えられる。

このように、物質循環の仕組みを整え、制度の改善をしていくことで、バイオガス化施設の収益性の向上につながり、普及が進んでいくと考えられる。

#### 補注及び引用文献

- 1) 野池達也 (2009) : メタン発酵 : 技報堂出版, p. 1
- 2) 野池ら試算
- 3) 株式会社 富士キメラ総研 (2010) : バイオガス化システムの動向 : 環境マーケティングレポート, <<https://www.fcr.co.jp/mr/emr1012.htm>>, 2011.1.10 参照
- 4) 値は Biogas Barometer, EurObserver, 2007 より引用
- 5) 二渡了・坂本直子・乙間末廣 (2009) : バイオマスタウン構想実施事例における循

環システムの評価 : 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp. 141- 149

- 6) 手法は文献5) より参考。
- 7) 下記文献より、値 (4,200 円/t) を引用。経済産業省 : 技術ロードマップ 2008, <[http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkyu\\_kaihatu/str2008download.html](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008download.html)>, 2010.12.11 参照
- 8) 年間支出は、下記文献を基に、薬品費は、ヒアリングを基に作成した。社団法人 地域資源循環技術センター (2005) : 平成 16 年度 農村資源利活用検討調査委託業務報告書 -メタン発酵利活用施設技術指針 (案) 一, p. 参考 2-4
- 9) 年間収入は、下記文献及びヒアリングをもとに作成した。京都府八木町 (2004) : 平成 15 年度バイオマス等未活用エネルギー実証実験事業・同事業調査バイオマス・メタン発酵設備からのエネルギー有効利用事業調査 成果報告書, p.28
- 10) 八木バイオエコロジーセンターの売電収入には、隣接する浄化センターへの電力供給分が含まれている。
- 11) 全量が液肥として消費できた場合を、以下のようにシミュレーションした。まず、支出において、薬品費分 45,000,000 円/年が不要になる。そして、脱水ケーキがなくなるため、重量比で堆肥化施設において 29%にあたるコストが削減できると考えると、さらに 6,725,100 円/年が削減できる。よって支出合計は 40,994,900 円/年となる。次に、収入において、堆肥販売収益 17,541,730 円/年はなくなる。概算のため、液肥散布料 587,343 円/年を考慮しないと、収入合計は 58,529,532 円/年となる。ゆえに収支は 17,534,632 円/年の黒字となる。
- 12) 全量買い取り制度となった場合に、赤字がなくなる売電価格を以下のようにシミュレーションした。まず、全量買い取りのため、年間施設使用電気量 1,036,250kWh を全て購入すると、基本料金は 5,142,213 円/年、電力量料金は 10,429,856 円/年が必要となり、年間支出は 100,872,069 円となる。よって収支は、発電への売電を除くと 24,553,465 円/年の赤字となる。年間電力生産量は 1,095,000kWh であるので、赤字がなくなる売電価格は 22.4 円/kWh と試算される。
- 13) 下記文献より、60t/日の中規模焼却施設の値 (13,491 円/t) を引用。環境省 (2006) : 第 5 回生ごみ等の 3R・処理に関する検討会 : 参考資料 1 メタン発酵に関する経済性の検討例, <[http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf\\_raw\\_g/05/ref01.pdf](http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/05/ref01.pdf)>, 2011.1.6 参照
- 14) 下記文献より、値 (33.8 円/t) を引用。環境省廃棄物処理技術情報 : 平成 20 年度全体集計結果 (経費), <[http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/h20/index.html](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h20/index.html)> 2011.1.4 参照
- 15) 下記文献より建設費、維持管理費の数値を引用。ただし、受け入れバイオマス 87t/日に対し、処理規模 20~50t/日の原単位を用いたため、実際の費用は、この数値よりも若干低減する可能性がある。社団法人 日本廃棄物コンサルタント協会 (2005) : 生ごみリサイクル調査報告, p.42
- 16) 値は文献 9) p.42 より引用。
- 17) 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 平成 22 年 3 月改正後, <<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>>, 2010.11.1 参照
- 18) 手法は文献 5) より参考。
- 19) 堆肥及び液肥はバイオガス化施設と同一町内の農地へ還元すると仮定しているの、その範囲は狭く、また還元時期も限られていることから、輸送に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を計上しないこととした。
- 20) 生ごみに必要な重油量は「小川地区衛生管理組合 H19 決算説明資料」を参考にした。
- 21) 化学肥料代替 CO<sub>2</sub> 削減効果は、製造・輸送過程に排出される CO<sub>2</sub> が削減されると考え、以下のように計算した。年間堆肥生産量は 8,300.30t、堆肥の窒素含有率 2.5% であることから含有窒素量は 207.5 tN となる。これに下記文献より算出した CO<sub>2</sub> 排出原単位 0.64tCO<sub>2</sub>/tN を乗じて 132.8tCO<sub>2</sub> の削減効果があると試算した。年間液肥生産量は 826.685t、液肥の窒素含有率 0.4% であることから窒素含有量は 3.3tN として同様に計算し、2.1 tCO<sub>2</sub> の削減効果があると試算した。なお、堆肥及び液肥の施肥による N<sub>2</sub>O 発生量は、化学肥料の施肥による発生量を有意差が無いとみなし、削減効果に計上しなかった。天野耕二・宮川征樹 (2008) : 産業廃棄物の再資源化・有効利用による環境負荷削減ポテンシャルの評価 : 土木学会論文集 G, Vol. 64, No. 1, pp.26-452