

## **第3章**

### **有機性廃棄物（生ごみ・畜糞）バイオガス導入調査**



～ 目 次 ～

第3章 有機性廃棄物（生ごみ・畜糞）バイオガス導入調査	1
1 背景・目的	1
2 バイオガス事業の概要	2
(1) バイオガスプラントの概要	2
(2) バイオガスプラントの導入状況	3
(3) 先進事例	10
3 有機性廃棄物系バイオマス資源のポテンシャル	18
(1) 阿久根市における有機性廃棄物系バイオマス資源	18
(2) 検討対象資源の賦存量	21
(3) 原料としての利用可能量	23
4 エネルギー利用	26
(1) バイオガス利用の概要	26
(2) バイオメタン利用	26
(3) 発電利用	33
(4) 熱利用	40
5 消化液等残渣物の処理	47
(1) 消化液等残渣物の処理方法	47
(2) 消化液等残渣物の有効利用方法	48
6 プラント設計	51
(1) バイオガス発生量の推計	51
(2) バイオガスプラントの方針	54
(3) バイオガスプラントの構成	59
7 物流（原料および液肥）	62
(1) プラント設置場所の可能性	62
(2) 原料の収集	63
(3) 液肥散布	64
8 関係法令	79
(1) 関係法令の概要	79
(2) 廃棄物処理法	79
(3) 家畜排せつ物法	80
(4) 悪臭防止法	80
(5) 大気汚染防止法	80
(6) 水質汚濁防止法	80
(7) 肥料取締法	81
(8) 電気事業法	81
(9) ガス事業法	81
9 事業収支	82
(1) 事業収支の諸条件	82

(2) 資金調達 .....	89
(3) 収支計画 .....	91
<b>10 期待される効果 .....</b>	<b>93</b>
(1) 期待される効果の概要 .....	93
(2) 循環型社会の形成 .....	93
(3) 温室効果ガスの削減 .....	94
(4) 悪臭の削減 .....	94
(5) 市内雇用の増加 .....	96
(6) 税収の増加 .....	96
(7) 廃棄物処理費用の削減 .....	96
(8) 営農経費の削減 .....	96
<b>11 事業実現に向けた課題 .....</b>	<b>98</b>
(1) 原料の精査 .....	98
(2) 系統への連系 .....	98
(3) 熱の利用 .....	99
(4) 液肥の利用 .....	100
(5) 固形分の利用 .....	100
<b>12 事業実現に向けた今後の検討 .....</b>	<b>101</b>
(1) 事業推進体制 .....	101
(2) 今後の計画 .....	102
(3) 将来に向けた方向性 .....	103

## 第3章 有機性廃棄物（生ごみ・畜糞）バイオガス導入調査

### 1 背景・目的

本市では、第5次総合計画が10年間の計画として平成22年11月に策定され、あるべきまちの姿として、自然と人間、人と人の良好な関係をさらに深めた「自然と人が共生するまち」を掲げている。

本市の財産である豊かな自然と、自然からの恵みを将来にわたって享受し続けるため、平成27年12月策定の「笑顔あふれる阿久根市まち・ひと・しごと創生人口ビジョン及び総合戦略」において、本市の目指すべき将来の方向の一つとして「阿久根でお金やエネルギーを含む地域資源の地産地消が進み、自然と人が共生した快適で住みやすいまちができている」と定めた。

さらに平成29年3月策定の「阿久根市再生可能エネルギービジョン」にて、「本市に存する地域資源を最大限活用し、エネルギーの地産地消による地域内での持続可能な自立循環型社会の構築を目指す」としている。本ビジョンでは「有機系廃棄物（生ごみ・畜糞）バイオガス導入プロジェクト」として、鶏糞・牛糞等混合原料からバイオガスを生成し、エネルギーと肥料・敷料等を生み出す事業が検討されている。本調査はバイオガスプラントの概略設計、バイオガスの利用方法検討、事業収支の試算等を行うことで、阿久根市再生可能エネルギービジョンにて挙げられた「有機系廃棄物（生ごみ・畜糞）バイオガス導入プロジェクト」の事業化を推進することを目的とする。

## 2 バイオガス事業の概要

### (1) バイオガスプラントの概要

バイオガスプラントとは、畜産糞尿や食品残渣などの有機性廃棄物を原料として、バイオガスを取り出すシステムを指す。ここでは嫌気性微生物によるメタン発酵を行い、得られたバイオガスを使って発電までを行う工場設備一式を意味するものとする。

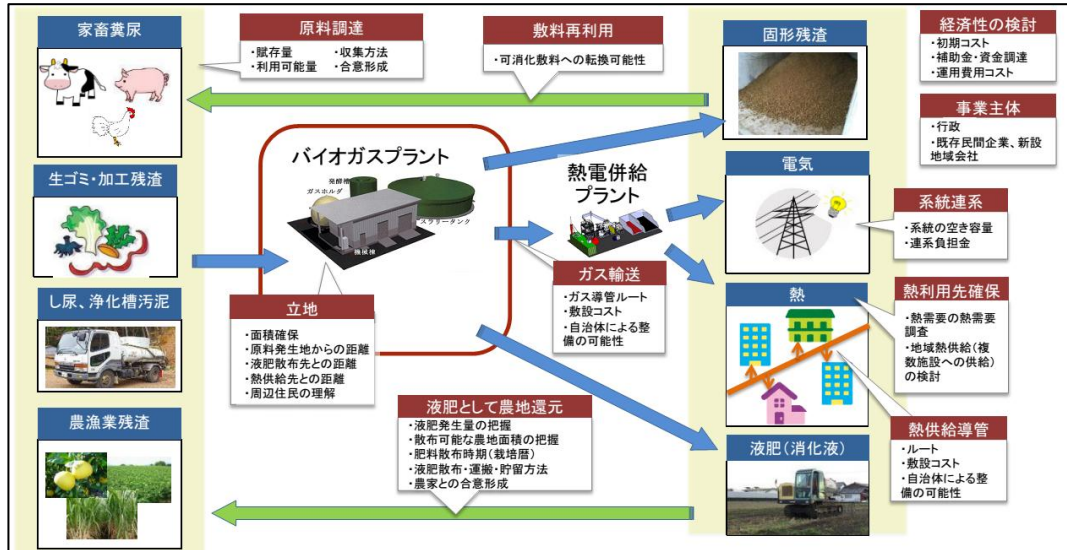


図 3-1 バイオガスプラントの概要

バイオガスプラントでは、原料として幅広い有機性廃棄物を扱うことができる。ただし、有機性廃棄物であっても注意すべきものがある。主なものを以下に挙げる。

1 つめは、リグニン質を含むものであり具体的には木材等である。リグニンはセルロースの分解を妨げるため、メタン発酵には向かない。2 つめには、砂や骨といった発酵しない夾雑物を含むものである。発酵槽の中に有機物以外のものが含まれること自体は問題ないが、砂や骨といったものはポンプや配管を傷つける恐れがあるため、原料から取り除かなければならない。3 つめには、窒素分が多量に含まれるものである。窒素分は発酵の過程でアンモニアとなり、その量が多い場合にはメタン発酵を妨げる。ただし、窒素分に関しては窒素分を除去する仕組みをプラントに組み込む、あるいは窒素分の少ない原料を混合することによって、解決することが可能であり、本件の詳細は後述する。

発酵槽において、バイオガスが生成されるプロセスを示したものが以下の図である。バイオガスが発生するまでのプロセスは大きく分けて3つあり、まず、投入された原料に含まれる有機物は加水分解されることで、より小さな分子の物質となる。次の酸生成の過程において、酢酸等の物質となり、最後に、メタン発酵によってメタンガスが生成されることとなる。

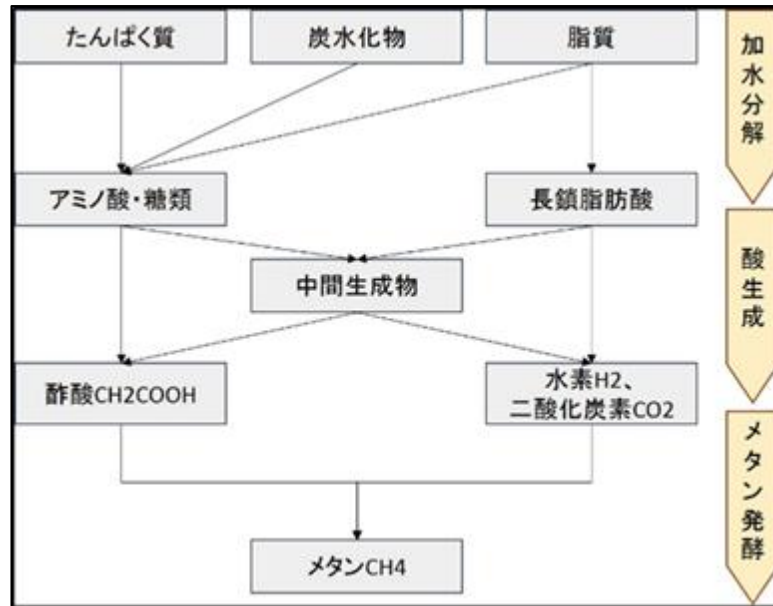


図 3-2 バイオガス生成のプロセス

メタン発酵を通じて得られたバイオガスは約 60%がメタン、残りの 40%近くが二酸化炭素で構成される混合ガスである。メタンガスは都市ガスの主成分であることから、このバイオガスは精製することで燃料ガスそのものとして利用することが可能である。多くのバイオガスプラントではバイオガスを発電機の燃料として利用し、発電が行われている。発電機を介することで、バイオガスは電気エネルギーと熱エネルギーに変わる。電気は送電線を通じて電力会社に売ることが可能であり、熱は温水の形で供給することが可能である。また、吸収式冷凍機を用いることで温熱を冷熱に変換して供給することも可能である。

バイオガスを発生させたあとの残渣物は消化液と呼ばれ、液体肥料として活用することが可能である。原料に含まれる窒素、リン酸、カリといった肥料成分は発酵の過程で失われることなくほぼ全量が消化液に残る。消化液は即効性の肥料として活用することが可能であり、国内でも活用されている事例がある。

## (2) バイオガスプラントの導入状況

### 1) 国内における導入状況

湿潤系の有機性廃棄物の処理方法としてメタン発酵は古くから活用されており、日本国内には 600 以上のバイオガスプラントが存在すると言われている。その半数程度が下水処理施設の汚泥を処理するものであり、残りが畜産糞尿や生ごみ等を処理するものである。

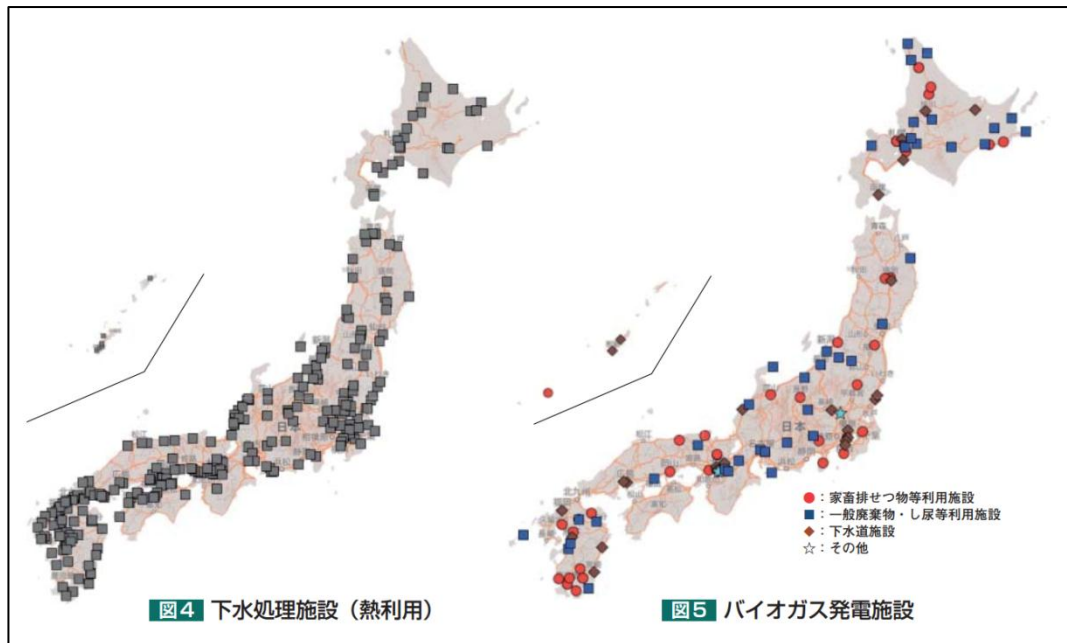


図 3-3 日本のバイオガスプラントの立地状況<sup>1</sup>

畜産糞尿を原料としたバイオガスプラントについては「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が平成 11 年 7 月に制定されたことを受けて増えてきたという背景がある。さらに、平成 24 年 7 月に固定価格買取制度が始まり、畜産糞尿に限らず、多様な廃棄物を原料としてバイオガスプラントが急激に導入されるようになった。以下の図は固定価格買取制度の認定を受け、新規に導入されたプラントの数の推移を表したものである。詳細は後述するが、現行の固定価格買取制度においてはバイオガスプラント由来の電気は 39 円/kWh という買取価格が定められている。この価格は他の再生可能エネルギーと比較しても高く、制度開始以降変わっていない。

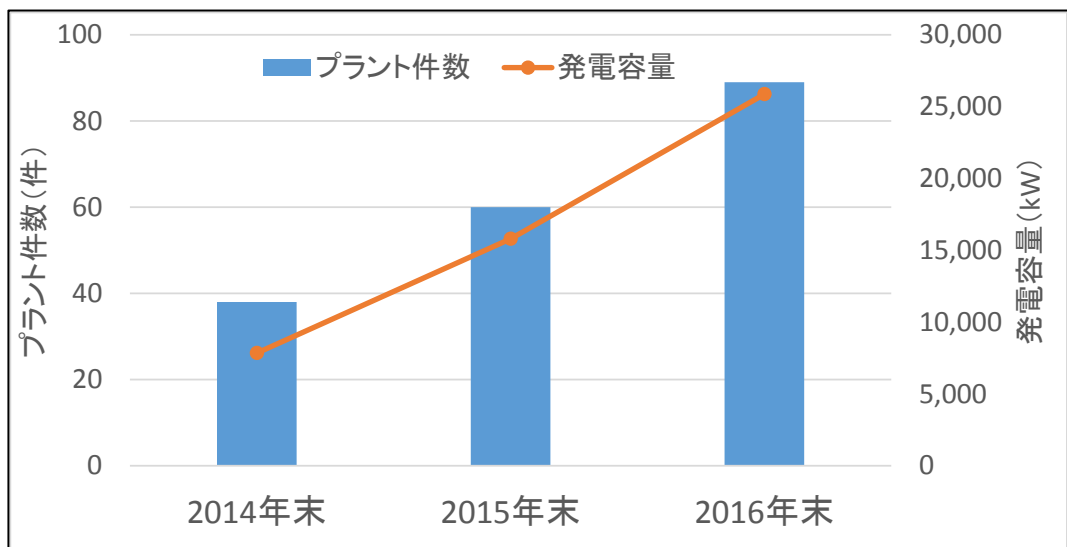


図 3-4 固定価格買取制度下におけるバイオガスプラント導入件数推移

<sup>1</sup> バイオガス事業推進協議会 (2015) 「バイオガス事業の葉 平成 27 年度版」.



経済産業省によると 2030 年度におけるバイオガス発電の導入見通しは 16 万 kW<sup>2</sup>とされている。2016 年末時点で固定価格買取制度を利用した発電容量は約 2.5 万 kW であることから、今後も導入拡大が期待されているものといえる。

## 2) 海外における導入状況

---

海外におけるバイオガスプラントの導入状況として、導入が進んでいる EU の例を取り上げる。以下の図は EU におけるバイオガスプラントの導入状況を示したものである。最もバイオガスの生産量が多い国はドイツであり、2013 年時点で 6716.8ktoe にもなる。以下の図では、2 番目に生産量が多い国はイギリスであるが、その 8 割以上が埋立地から発生するガスを利用したものである。この埋立地由来のバイオガスを除くと生産量が 2 番目に多い国はイタリア、3 番目にチェコと続く。

---

<sup>2</sup> 経済産業省経済産業省資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会・長期エネルギー需給見通し小委員会・平成 27 年 7 月「長期エネルギー需給見通し 関連資料」

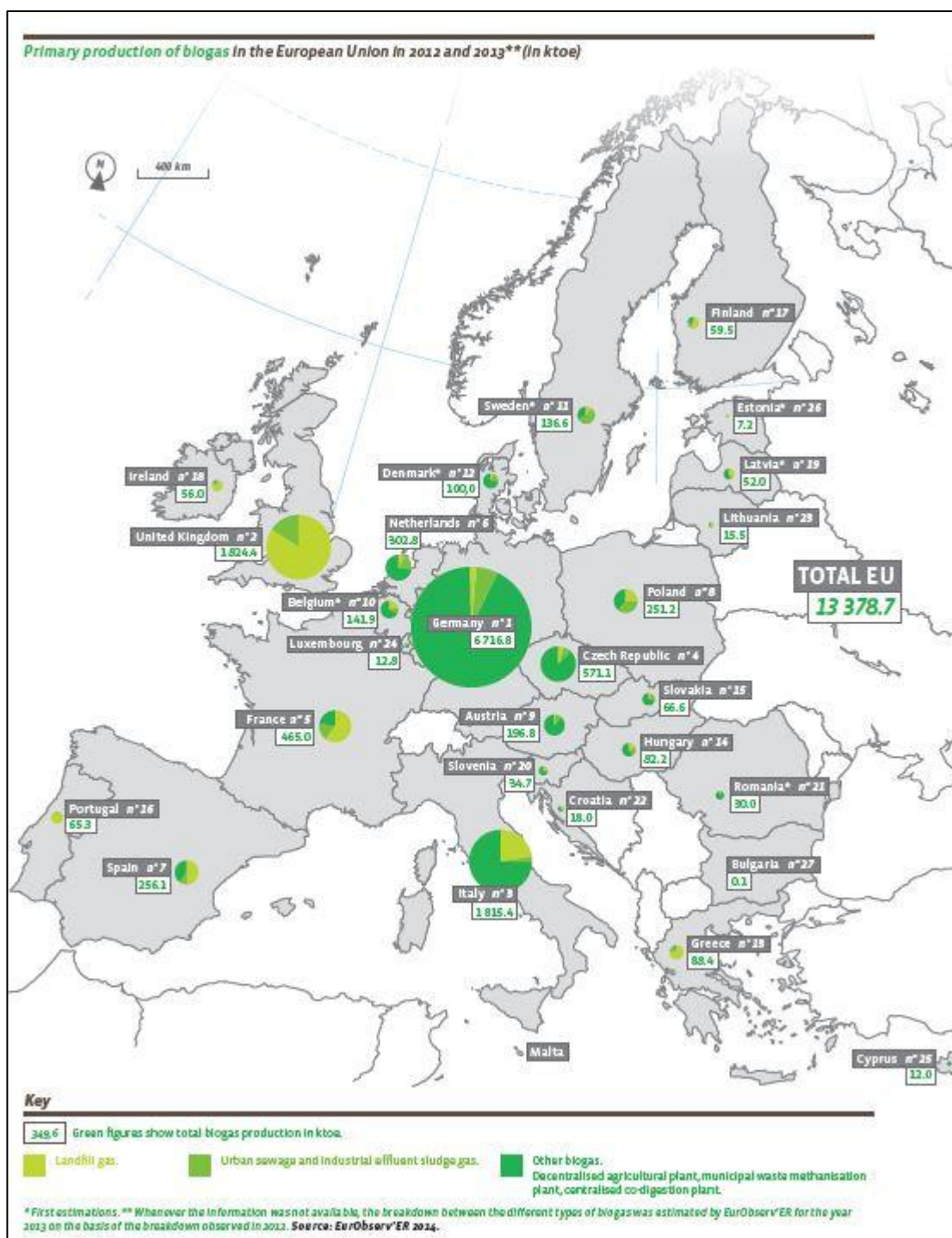


図 3-5 EU 各国におけるバイオガス生産量<sup>3</sup>

以下の表は EU におけるバイオガスによる発電量を示したものである。また、発電だけでなく、熱も供給を行う CHP 施設（熱電併給施設）が全体で 6 割以上占めていることも見て取れる。

<sup>3</sup> EUROBSERV'ER "BIOGAS BAROMETER" November 2014

表 3-1 EU 各国におけるバイオガスによる発電量 (GWh) <sup>4</sup>

Country	2012			2013*		
	Electricity only plants	CHP plants	Total electricity	Electricity only plants	CHP plants	Total electricity
Germany	5 916.0	21 322.0	27 238.0	6 338.0	22 662.0	29 000.0
Italy	2 160.0	2 458.0	4 618.0	3 435.0	4 013.0	7 448.0
United Kingdom	5 249.2	625.0	5 874.2	5 265.7	665.0	5 930.7
Czech Republic	55.0	1 412.0	1 467.0	55.0	2 239.0	2 294.0
France	754.9	530.0	1 284.9	893.6	627.4	1 521.0
Netherlands	68.0	940.0	1 008.0	60.0	906.0	966.0
Spain	765.0	101.0	866.0	802.1	105.9	908.0
Poland	0.0	565.4	565.4	0.0	882.5	882.5
Austria	592.0	46.0	638.0	574.0	41.0	615.0
Belgium	90.4	573.1	663.5	81.5	516.5	598.0
Denmark	2.5	375.7	378.2	1.7	255.3	257.0
Portugal	199.0	10.0	209.0	238.0	10.0	248.0
Hungary	153.4	81.3	234.7	100.3	142.5	242.8
Latvia	0.0	223.0	223.0	0.0	223.0	223.0
Greece	40.0	164.3	204.3	39.2	177.2	216.4
Slovakia	88.0	102.0	190.0	94.0	110.0	204.0
Ireland	175.0	24.0	199.0	175.9	24.1	200.0
Slovenia	4.9	148.2	153.0	4.2	136.8	141.0
Finland	57.0	82.0	139.0	57.4	82.6	140.0
Croatia	0.0	56.8	56.8	0.0	63.2	63.2
Lithuania	0.0	42.0	42.0	0.0	59.0	59.0
Luxembourg	0.0	57.9	57.9	0.0	55.3	55.3
Cyprus	0.0	50.0	50.0	0.0	52.0	52.0
Romania	0.0	19.0	19.0	0.0	25.8	25.8
Estonia	0.0	15.8	15.8	0.0	21.0	21.0
Sweden	0.0	22.0	22.0	0.0	12.0	12.0
Malta	0.0	2.0	2.0	0.0	3.0	3.0
Bulgaria	0.0	0.3	0.3	0.0	0.5	0.5
<b>EU</b>	<b>16 370.4</b>	<b>30 048.8</b>	<b>46 419.1</b>	<b>18 215.6</b>	<b>34 111.6</b>	<b>52 327.2</b>

\*Estimate Source: Eurobserv'ER 2014

また、EU は天然ガス網が充実していることから、バイオガスを精製してバイオメタンを製造する施設も増加している。2014 年 6 月末時点で EU に加盟する 12 カ国において少なくとも 258 のバイオメタン製造施設があるといわれている。電気だけでなく、バイオメタンの供給についても各国で固定価格買取制度が導入され、バイオメタンのガス導管供給流量を追跡管理する権利を与えることができる登録機関がオーストリア、デンマーク、フランス、ドイツ、スイス、イギリスの 6 ヶ国でつくられている。

以下ではバイオガスに関する各国の政策や利用状況を示す。

#### ■ ドイツ

ドイツでは 2000 年 4 月に再生可能エネルギー法（以下、EEG 法という）が施行され、再生可能エネルギーによる発電設備の送配電網への優先的接続や発電した電力の固定価格での買取などが定められた。2004 年に EEG 法が改定され、エネルギー作物を原料とした場

<sup>4</sup> EUROBSERV'ER "BIOGAS BAROMETER" November 2014

合や熱利用を行った場合には電力の買取価格にプレミアムがつけられるようになり、バイオガスプラントは飛躍的に増加した。また、2009年の改正では買取価格が引き上げられたうえで、家畜糞尿を原料とすることでプレミアムがつくようになった。

ドイツにおけるバイオガス事業の特徴として、多くのプラントで原料としてエネルギー作物が使われていることが挙げられる。当初は耕作放棄地の活用や農村地域の活性化を目的として、トウモロコシを中心としたエネルギー作物の栽培が推奨されていたが、後に他作物の作付面積まで減少するなどの問題が顕在化した。2012年の EEG 法改正では、エネルギー作物を原料とする場合には、原料に占める割合が 60 パーセント未満の場合に限ってプレミアムが支払われることとなり、エネルギー作物の増加に歯止めがかけられた。さらに 2014 年の法改正では、エネルギー作物へのプレミアムは撤回されることとなった。加えて、毎年設置されるバイオガスを含むバイオマス発電所の容量を 100MW に限定することとなった。これらはバイオマス発電所の増加に伴う国民負担の増加を抑えるためとされている。

ドイツにおけるバイオガスプラントの件数の推移を示したものが以下である。2015 年時点で 8,856 件のバイオガスプラントがあり、4,018MW の容量となっている。日本の固定価格買取制度が適用された新規導入発電容量が約 25MW であることを鑑みると、ドイツのプラントは日本の 160 倍以上ものバイオガスプラントが存在することになる。

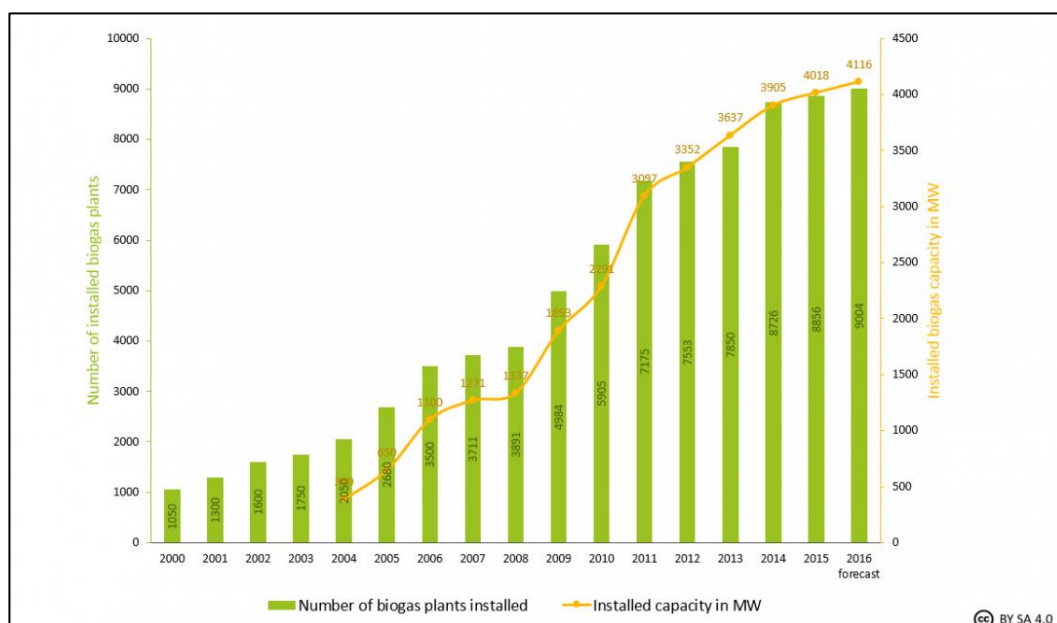


図 3-6 ドイツにおけるバイオガスプラントの件数推移<sup>5</sup>

また、2030 年までに天然ガスの 10%をバイオメタンに置き換えることを目標として、2008 年 3 月にバイオメタンのガス導管管注入に関する新しい法律が制定された。本法律の下では電気と同様、バイオメタンの製造が優遇され、必要となるコストの大部分はバイオメタン製造者ではなく、ガス導管の管理者が負担することとなっている。ドイツにはバイオガスを精製してガス導管に注入するためのバイオメタン製造施設が 2014 年 6 月末時点

<sup>5</sup> Clean Energy Wire CLEW "Bioenergy in Germany – facts and figures on development, support and investment" September 2016

で 151 件ある。

### ■ イタリア

イタリアは埋立地から発生するガスを除くと EU で 2 番目にバイオガスの製造量が多く、2013 年末時点でプラント件数は 1,611 件、発電容量は 1388.4MW にもなる。しかし、ドイツと同様に 2013 年に適用された法令により、その拡大に歯止めがかけられることとなった。毎年設置されるバイオガスを含むバイオマス発電所の容量の上限が 2013 年には 170MW、2014 年および 2015 年には 160MW と限定することとなった。ただし、小型の施設(最大 600kW)や原料にエネルギー作物ではなく廃棄物を使う施設については買取価格の面で優遇し、導入を促進している。

また、イタリア政府は天然ガス車両やガス導管への供給のためのバイオメタン生産に対して固定価格を設定しており、年間のバイオメタン製造量を 80 億 m<sup>3</sup>とすることを目指している。

### ■ デンマーク

デンマークはバイオガスに限らず、再生可能エネルギーの導入に力を入れている国である。2025 年までにエネルギー供給の 30%を再生可能エネルギー由来とすることを 2007 年に計画し、さらに 2011 年には 2050 年までにエネルギー供給のすべてを再生可能エネルギーでまかなうことを目標とした。後者の政策については、与野党・国会議員 9 割以上からの支持を得て決議されたほどである。

バイオガスについては、以下の表のとおり、2014 年時点で 158 のバイオガスプラントが稼働しているといわれる。

表 3-2 デンマークにおけるバイオガスプラント数とエネルギー生産量<sup>6</sup>

	施設数	総生産量 (PJ)
集中型プラント	23	2.865
個別型プラント	48	1.150
下水処理施設プラント	53	1.084
ごみ処理施設	28	0.179
工業プラント	6	0.255
合計	158	5.533

2009 年の「緑の成長戦略」では 2020 年までに 50%の家畜排せつ物を利用し、20PJ のエネルギーを生産すると決定している。2012 年の「エネルギー 2020 合意書」ではバイオガスプラントの建設に対する補助金を 20%から 30%に引き上げるなど、バイオガスプラントは今後も導入拡大に向けて推進されていくものと考えられる。

また、「エネルギー 2020 合意書」ではバイオメタンの製造についても補助金を定めており、バイオガスのガス導管への供給も期待されている。

<sup>6</sup> 浅井・高井「デンマークのバイオガス増産政策と関係主体間の連携」農林水産政策研究 第 27 号 (2017.11)

### (3) 先進事例

九州南三県のバイオガスプラントの事例の一覧を以下に示す。

表 3-3 九州南三県のバイオガスプラント

所在地	プラント名	主な原料	設備規模	ガス利用方法	熱利用先
熊本県山鹿市	山鹿市バイオマスセンター	畜産糞尿	原料処理量： 80t/日	発電利用	発酵槽加温
熊本県熊本市	熊本北部浄化センター	下水汚泥	処理汚水量： 128,700m <sup>3</sup> /日	発電利用	発酵槽加温
熊本県熊本市	中部浄化センター	下水汚泥	処理汚水量： 63,300m <sup>3</sup> /日	発電利用	発酵槽加温
熊本県熊本市	東部浄化センター	下水汚泥	処理汚水量： 51,400m <sup>3</sup> /日	発電利用	発酵槽加温
熊本県菊池市	生命の森	生ごみ、畜産糞尿	原料処理量： 160t/日	発電利用	発酵槽加温
宮崎県宮崎市	宮崎処理場	下水汚泥	処理汚水量： 92,500m <sup>3</sup> /日	発電利用	発酵槽加温
宮崎県都城市	高千穂牧場	畜産糞尿	原料処理量： 6t/日	発電利用	発酵槽加温
宮崎県都城市	本社工場焼酎粕リサイクルプラント	焼酎粕、芋くず	原料処理量： 410t/日	発電利用、ボイラー利用	発酵槽加温、飼料製造時乾燥
宮崎県小林市	小林市バイオマスセンター	畜産糞尿	原料処理量： 5t/日	発電利用	発酵槽加温
宮崎県串間市	串間エコクリーンセンター	し尿・浄化槽汚泥	原料処理量： 2.6t/日	ボイラー利用	不明
宮崎県延岡市	妙田下水処理場	下水汚泥	処理汚水量： 51,200m <sup>3</sup> /日	発電利用	不明
鹿児島県南九州市	サザングリーン協同組合のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 700t/日	ボイラー利用	工場内熱源として利用
鹿児島県薩摩川内市	山元酒造のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 20t/日	ボイラー利用	工場内熱源として利用
鹿児島県薩摩川内市	田苑酒造のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 5,325t/年	ボイラー利用	工場内熱源（温熱・冷熱）として利用

所在地	プラント名	主な原料	設備規模	ガス 利用方法	熱利用先
鹿児島県南さつま市	吹上焼酎のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 250t/年	ボイラー 利用	工場内熱源 として利用
鹿児島県南九州市	本坊酒造のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 60t/日	ボイラー 利用	工場内熱源 として利用
鹿児島県いちき串木野市	西薩クリーンセット事業協同組合のバイオガスプラント	焼酎粕	原料処理量： 300t/日	ボイラー 利用	工場内熱源 として利用
鹿児島県鹿児島市	新南部清掃工場（計画中）	生ごみ、脱水汚泥	原料処理量： 60t/日	バイオメタン製造	—

以下では特徴的なバイオガスプラントの事例について詳細を示す。

### 1) 日田市バイオマス資源化センター

大分県日田市では自治体主導で約9億円をかけて「日田市バイオマス資源化センター」が建設され、平成18年より稼働している。市内で発生している生ごみ、集落排水汚泥、豚糞尿のほか、産業廃棄物も受け入れ、年間約2万tを処理している。発生するバイオガスは340kWの発電機に用いている。消化液については液肥として無償配布しており、年間160t程度が消費されるが、大部分は排水処理設備にて処理している。

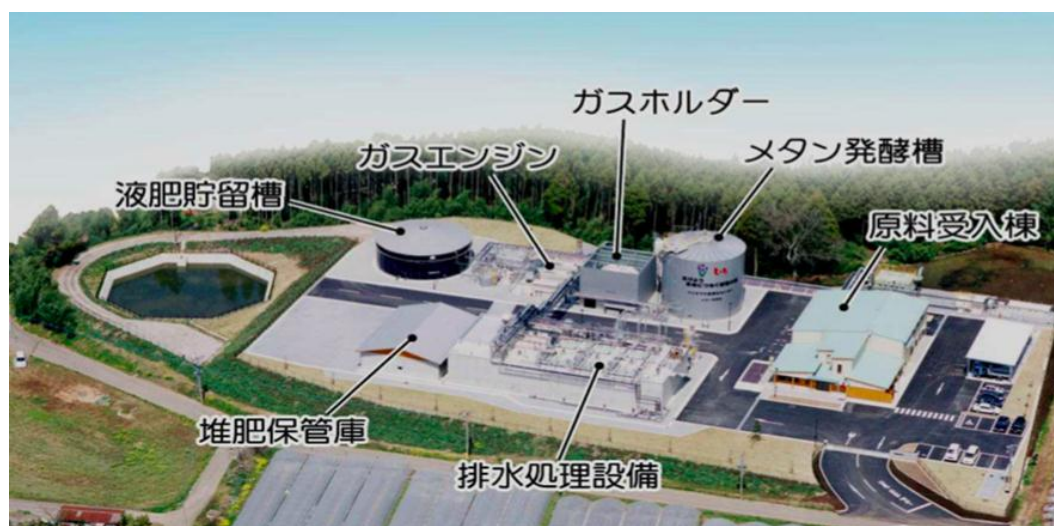


図 3-7 日田市バイオマス資源化センターの全景<sup>7</sup>

<sup>7</sup> 日田市バイオマス資源化センター 視察時資料

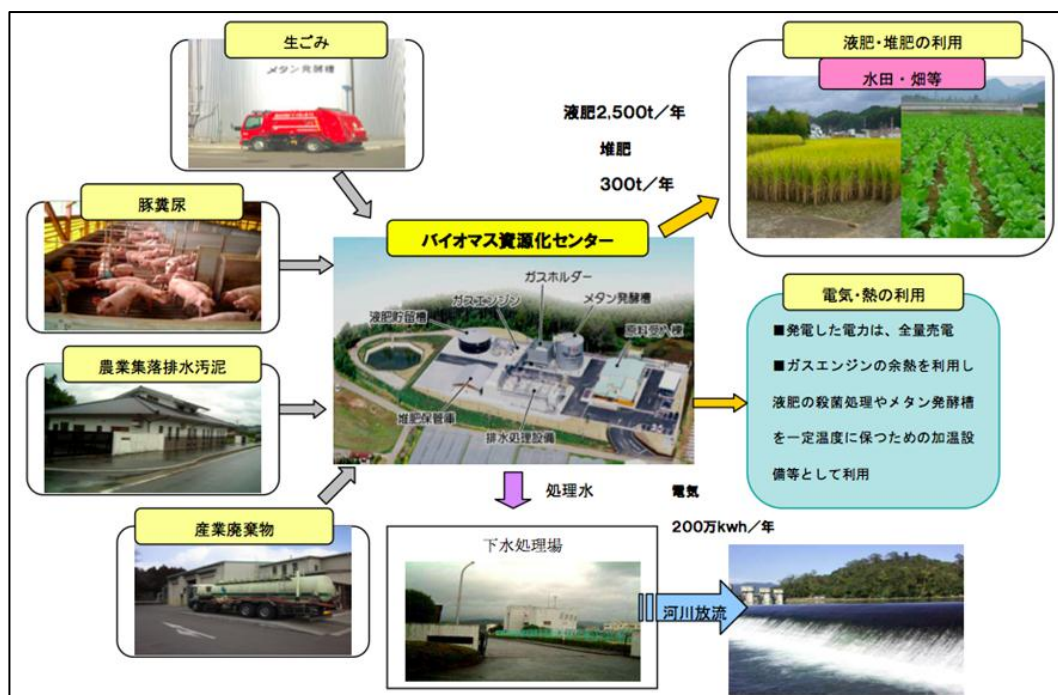


図 3-8 日田市バイオマス資源化センターのシステムフロー図<sup>8</sup>

家庭から排出される生ごみは可燃ごみと分けて回収しており、プラスチック袋に入れられた状態で回収される。袋はバイオマス資源化センターにて取り除かれ、中身の生ごみだけがプラントの発酵槽へと投入される。消化液についてはセンター側で散布を行うということはしておらず、農家の方自身が以下の図のようなタンクより消化液を取り出し、農地に散布するという形になっている。



図 3-9 日田市バイオマス資源化センターの消化液配布用タンク

<sup>8</sup> 日田市バイオマス資源化センター 視察時資料



## 2) おおき循環センター

福岡県大木町にある「おおき循環センターくるるん」は、約9億円をかけて整備されたバイオガスプラントであり、平成18年より稼動している。町内で発生する生ごみとし尿・浄化槽汚泥を原料とし、発生するバイオガスは50kWの発電機に用いている。



図 3-10 おおき循環センターの概要<sup>9</sup>

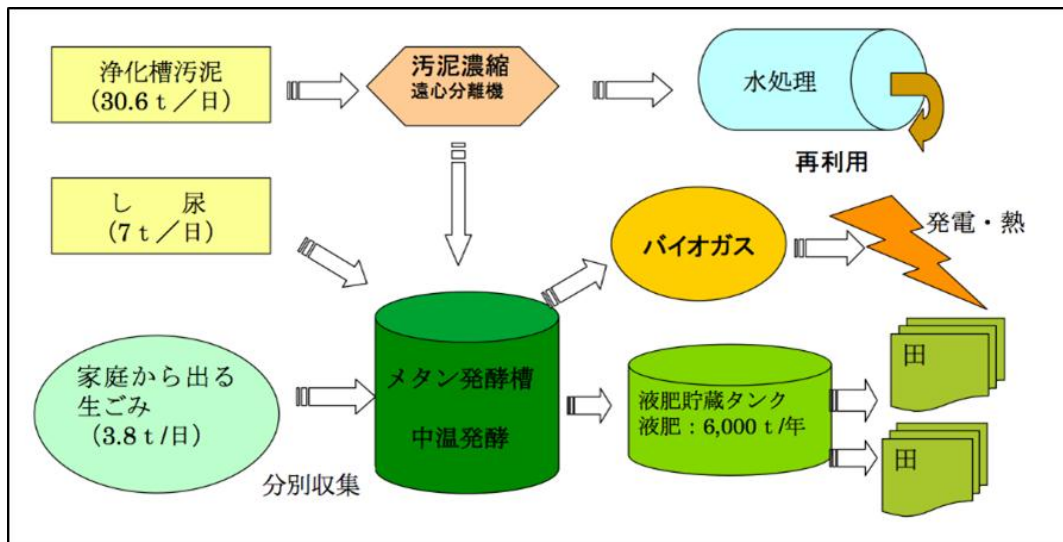


図 3-11 おおき循環センターのシステムフロー<sup>10</sup>

<sup>9</sup> おおき循環センターくるるん パンフレット

<sup>10</sup> おおき循環センターくるるん 視察時資料

大木町では生ごみをバイオガスプラントの原料とするために分別回収を行っている。各家庭では専用のポリバケツに生ごみを入れておき、週 2 回の回収日に 10 世帯に 1 つ程度の割合で設置される収集用バケツに入れる。収集されたバケツはおおき循環センターへと運ばれ、人の手で異物混入の有無をチェックしたうえでプラントに投入される。

バイオガスプラントから発生する消化液は「くるっ肥」と名づけられ、その全量が液肥として活用されている。消化液自体は無料であり、配布をセンター側で行う場合には委託料を農家の方が支払っている。「くるっ肥」を用いて生産されたお米は「環のめぐみ」（大木町産ヒノヒカリ）としてブランド化されて販売されている。

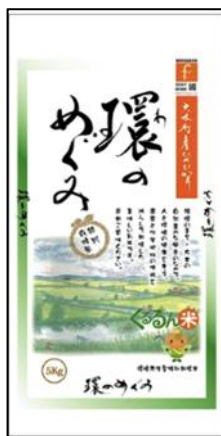


図 3-12 環のめぐみ<sup>11</sup>

おおき循環センターのもうひとつの特徴としてそのロケーションが挙げられる。通常、し尿処理・ごみ処理の施設は迷惑施設としてできるだけ人目につかない所に建設されることが多い。しかし、大木町ではむしろ人が多く集まる道の駅に隣接させ、JA の農産物直売所や地域の食材を使ったレストランを併設させている。集客施設と併設することで町内への循環型まちづくりの情報発信の拠点とし、分別した生ごみを身近に感じてもらう効果を上げている。これらの設備全体で 5 名を直接雇用しているほか、シルバー人材が交代で約 10 名、レストランで約 20 名など全体ではパートタイム含めて 50 名ぐらいの方に仕事の場を提供しており、町の活性化に役立っている。

<sup>11</sup> おおき循環センターくるるん HP <http://kururun.jp/>

### 3) 瀬波バイオマスエネルギープラント

新潟県村上市において民間企業が事業者となっているプラントとして、株式会社開成の瀬波バイオマスエネルギープラントを事例として挙げる。本プラントはバイオガスプラントとしては日本で最初に固定価格買取制度の認定を受けたプラントであり、平成 24 年より稼動している。原料は食品廃棄物を広く受け入れており、日量 4.9t の処理が可能である。得られたバイオガスは 25kW のガスエンジン発電機に用いている。



図 3-13 瀬波バイオマスエネルギープラントの全景

発生する消化液については、関連会社の農業生産法人にて液肥として、水田や畑に散布している。

本プラントにおいて特徴的であるのは、熱も有効に活用している点である。プラントに併設する温室ハウスでは熱を必要とするパッションフルーツやドラゴンフルーツといった南国果樹を栽培している。収穫されたフルーツは果物販売店に卸すほか、温室ハウスの隣ではジェラート等の形でも販売している。

また、比較的小規模な施設であるのに経済的に事業として成立しているのは原料の受け入れの際に廃棄物処理費用を得ていることが大きな要因として考えられる。株式会社開成は産業廃棄物処理業としての認可を受け、液肥の販売や売電収益だけでなく、廃棄物処理でも収益をあげている。



図 3-14 温室ハウスで栽培されているフルーツ<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> 瀬波バイオマスエネルギープラント 視察時資料

#### 4) Leathbridge Biogas LP (カナダ)

---

カナダのアルバータ州にあるLeathbridge Biogas LPは2013年より稼動しているバイオガスプラントであり、畜産糞尿や食品廃棄物等を年間11万t処理している。初期投資額は約3000万カナダドル(約27億円相当<sup>13</sup>)で、発生したバイオガスは発電機の燃料として利用し、2,850kWの発電機を導入している。



図 3-15 Leathbridge Biogas LP の全景

年間の処理量および、複数種の廃棄物を原料としている点は後述する本調査で検討する利用量パターンBに比較的近いものである。発生する消化液は液肥として利用されている。

また、本バイオガスプラントでは、その温室効果ガス削減効果が州のシステムでカーボンオフセットとして認められ、初期投資額の半分の補助金を得ている。

---

<sup>13</sup> 為替レート：1CAD=90円とした場合の金額

### 3 有機性廃棄物系バイオマス資源のポテンシャル

#### (1) 阿久根市における有機性廃棄物系バイオマス資源

本市において発生している代表的な有機性廃棄物系バイオマス資源としては、以下の表のようなものがある。これらを本調査における調査対象資源とし、ヒアリング等を通じてバイオガスプラントの原料として利用できるか、検討を行った。

表 3-4 調査対象資源

分類	資源名	調査方法
畜産糞尿	豚糞	阿久根市農政課の統計値を参照するほか、市内の以下の農家を対象にヒアリング調査を行った。 養豚農家：養豚事業者 1 軒 乳牛農家： 事業廃止予定のためヒアリング実施せず。 肉牛農家：肉牛畜産事業者 4 軒 養鶏農家：養鶏事業者 1 軒
	豚尿+豚舎洗浄水	
	乳牛糞尿	
	肉牛糞尿	
	採卵鶏糞	
	ブロイラー糞	
生ごみ	家庭系生ごみ	廃棄物処理事業者 1 軒
	事業系生ごみ(一般廃棄物)	廃棄物処理事業者 1 軒
し尿・浄化槽汚泥	し尿	廃棄物処理事業者 1 軒
	浄化槽汚泥	廃棄物処理事業者 1 軒
漁業残渣		漁業協同組合 1 軒
農業残渣	えのき茸廃菌床	えのき茸事業者 2 軒
	ヒラタケ廃菌床	ヒラタケ生産事業者 1 軒
	稲わら、籾殻	水稻農家 2 軒
	柑橘類選別クズ	廃棄物処理事業者 1 軒、廃棄物処理事業者 1 軒
食品加工残渣	焼酎粕	酒造 1 軒、廃棄物処理事業者 1 軒
	魚介系食品工場残渣	廃棄物処理事業者 1 軒
	精肉加工残渣	食肉加工事業者 1 軒

各バイオマス資源の発生状況および処理状況について調査を行った結果を以下に整理する。

#### ■ 豚糞・豚尿+豚舎洗浄水

ヒアリングを行った養豚事業者では、発生する豚糞、豚尿は豚舎内で分離されそれぞれ処分をおこなっている。また、豚舎清掃時の洗浄水も豚尿と合わせて処理される。処理は場内で行われ、豚糞は堆肥化し場外搬出、豚尿及び豚舎洗浄水は排水処理後放流されてい

る。

発生時期には季節性はなく、成分の季節変動はあるものの通年一定の発生量がある。

豚糞、豚尿処理にかかる維持管理費および堆肥の販売対応は事業における負担となっており、軽減もしくは解消が望まれる課題といえる。

#### ■ 乳牛糞尿

現在、本市における乳牛農家は1軒のみであるが、将来的には廃業を検討していることから事業化に向けてのバイオガス原料の対象外とし、ヒアリングの対象から除外した。

#### ■ 肉牛糞尿

ヒアリングを行った4軒の事業者は、事業規模や生産方針等により詳細な処理方法には違いがあるものの、いずれの場合も堆肥化処理を行っている。

まず、牧草地や水田などの農地を所有している事業者は農場内にて堆肥化を行い、有機肥料として施肥を行っている。次に、所有する農地への施肥量以上に堆肥が発生する事業者、もしくは堆肥散布可能な農地を所有していない事業者は協力関係にある農業者へ堆肥の譲渡や稲藁との交換などを行っている。堆肥としての処分が困難な事業者は、糞尿を多大規模な堆肥化施設を所有する畜産事業者や協同組合などに堆肥化の委託を行っている。

牛舎では、おがこを主体とした敷料を用いている。敷料に糞尿が混ざることによって自然に発酵が進み、糞尿の減量化が行われる。糞尿を含んだ敷料の管理は家畜の飼育において重要な要素であり、交換頻度は事業者毎に大きく異なる（数週間から3～4ヶ月ほど）。基本的には短い頻度での交換が望まれるが、敷料価格や交換作業負荷、場外搬出量などの影響を受ける。

発生時期には季節性はなく、成分の季節変動はあるものの通年一定の発生量がある。

いずれの事業者においても糞尿処分は経営における大きな負担となっている。農地への散布では農地面積により散布量の上限が決まってしまう。さらに農作物生育に合わせた施肥を行うため、堆肥の需要の季節変動が大きい。地域全体の傾向として、堆肥需要の低い梅雨時期には堆肥の搬出が十分にできず、牛舎の糞尿の交換が頻度を落とすなどの調整を行わざるを得ない状況にある。逆に堆肥需要が高い時期には未完熟の堆肥を施肥し臭気問題などの原因となる事象も起こりうる。

#### ■ 採卵鶏糞

比較的規模の大きな事業者は所有する堆肥化設備での処分を行っている。堆肥化設備を持たない事業者は、前述の事業者や同じく堆肥化設備を所有する協同組合へ処理の委託を行っている。

発生時期には季節性はなく、成分の季節変動はあるものの通年一定の発生量がある。

堆肥化設備の維持管理費用や鶏糞処理委託費用は事業経営上の負担となっており軽減が望まれる状況である。

#### ■ ブロイラー糞

多くの事業者では雛の購入から出荷、餌・敷料の手配、糞の処分など一連の飼育に関わるサービスを協同組合からの提供を受けている。糞は鶏舎ごとに成鳥の出荷後に搬出され、協同組合に処理を行う。

発生時期には季節性はなく、成分の季節変動はあるものの通年一定の発生量がある。

収集された鶏糞は堆肥化処理や燃焼型バイオマス発電施設の原料として利用を行っている

る。処理を行う農業組合は製品としての堆肥販売やバイオマス発電施設までの輸送費用などの負担の軽減が望まれる状況である。

#### ■ 家庭系生ごみ、事業系生ごみ

本市では平成 26 年 10 月から生ごみ堆肥化事業を行っており、一般家庭や事業所から排出される生ごみの堆肥化を行っている。堆肥は農地などで活用しており、循環型車間の推進とごみの減量化に努めている。

家庭系生ごみについては、規模の拡大を進めており収集対象モデル地区は平成 26 年度の 9 地区から平成 29 年度の 63 地区に増加している。

事業系生ごみについては、飲食店、食品販売店、病院・老健施設、食品加工事業所など約 90 箇所から収集している。

発生時期には季節性はなく、成分の季節変動はあるものの通年一定の発生量がある。

#### ■ 漁業残渣

漁業協同組合では、出荷のみで加工は行なっておらず、まとまった量の漁業残渣は発生していない。

#### ■ えのき茸廃菌床

菌床は、おがこ、米ぬか、とうもろこしの芯チップなど主原料としている。えのき茸栽培後の廃菌床は肉牛の敷料として、地域の畜産事業者にて活用されており、現状、処分は経営上の課題とはなっていない。敷料としても通常用いられるおがこに比べ臭気の発生を抑えられるとの意見もあり、畜産家から好評を得ている。

一方で、ヒアリングの中では本調査のバイオガス事業と連携による商品の付加価値向上の可能性について期待の声もあった。

4 月には発生量が減るものの、原則発生時期には季節性はなく、通年一定の発生量がある。

#### ■ ヒラタケ廃菌床

菌床は、おがこを主体に栄養成分を混ぜている。ヒラタケ栽培後の廃菌床は、甲種農家にて堆肥原料として活用されている。えのき茸廃菌床と異なり、牛舎に散布すると残存菌により発生したキノコを誤食した家畜に問題が出ることもあり、敷料としての利用は適さない。

発生時期は 2 月～9 月の 8 ヶ月間で季節性がある。

#### ■ 稲わら、粃殻

比較的規模の大きな水稻農家では、畜産事業者などへの提供を行なっている。規模の小さい農家でも自家での処分や農業にて活用するなど特に処分に困る状況にない。

発生時期は、稲藁は 10 月に集中する。粃殻は逐次脱穀に合わせて発生する。

#### ■ 柑橘類選別クズ

柑橘類の選別は農場での出荷時と選果場での選果時に発生する。農場での発生した選別くずは事業者にて土壌還元を行なっている。

発生時期には季節性があり、生産される柑橘類の収穫・出荷時期に集中する。主なものとして温州みかん、甘夏、大将季など。

作業の手間としても大きな負担とはなっておらず、場外搬出処分の輸送の手間を考慮しても現状の自家処理の方が経済的な状況である。選果場で発生する選別クズは前述の「事



業系生ごみ」の一部として収集・堆肥化されている。

#### ■ 焼酎粕

焼酎の生産に伴い発生する。処分は前述の「事業系生ごみ」の一部として収集・堆肥化されている。処分費用は事業経営場の負担となっており、費用軽減が望まれる状況にある。

発生時期には季節性があり、9～11月に発生が集中する。

#### ■ 魚介系食品工場残渣

加工残渣は前述の「事業系生ごみ」の一部として収集・堆肥化されている。処分費用は事業経営上の負担となっており、費用軽減が望まれる状況にある。

発生時期には季節性はなく、通年一定量の残渣が発生している。

#### ■ 精肉加工残渣

本市内の食肉加工工場ではまとまった量の有機性廃棄物は発生していない。

## (2) 検討対象資源の賦存量

バイオガスの原料として利用するためには季節性がなく、通年で発生していることが望ましい。したがって、以降においては調査対象のバイオマス資源のうち、「季節性のあるもの」および「発生しないもの」を除いたものを本事業における原料として利用できる可能性のあるものとして、検討対象資源とする。

ヒラタケ廃菌床、稲わら・粃殻については季節性があるため、検討対象から除外する。精肉加工残渣については廃棄物がほぼ発生しないことが分かっているため検討対象から除外する。

魚介系食品工場残渣については現状事業系生ゴミとして収集されており、本書では以降事業系生ゴミの一部として扱うこととする。また、柑橘類選別クズおよび焼酎粕については北薩広域行政事務組合にてその他の事業系生ごみ同様回収がなされているため、事業系生ごみに含めてこれらを検討する。

検討対象資源の賦存量の推計の結果が以下である。(推計方法の詳細は添付資料1参照)量としては畜産糞尿が多く、全体の約8割を占めている。また、生ごみやし尿・浄化槽汚泥と比べて、畜産糞尿および農業残渣(えのき茸廃菌床)は1箇所あたりでの発生量が多い点も特徴である。

表 3-5 検討対象資源の発生量

分類	資源名	発生量 (t/年)
畜産糞尿	豚糞	6,224
	豚尿+豚舎洗浄水	23,174
	乳牛糞尿	978
	肉牛糞尿	29,765
	採卵鶏糞	14,617
	ブロイラー糞	16,418
生ごみ	家庭系生ごみ	1,383
	事業系生ごみ ※焼酎粕、柑橘類選別クズを含む	944
し尿・浄化槽汚泥	し尿	5,724
	浄化槽汚泥	11,274
農業残渣	えのき茸廃菌床	2,400
合計		112,899

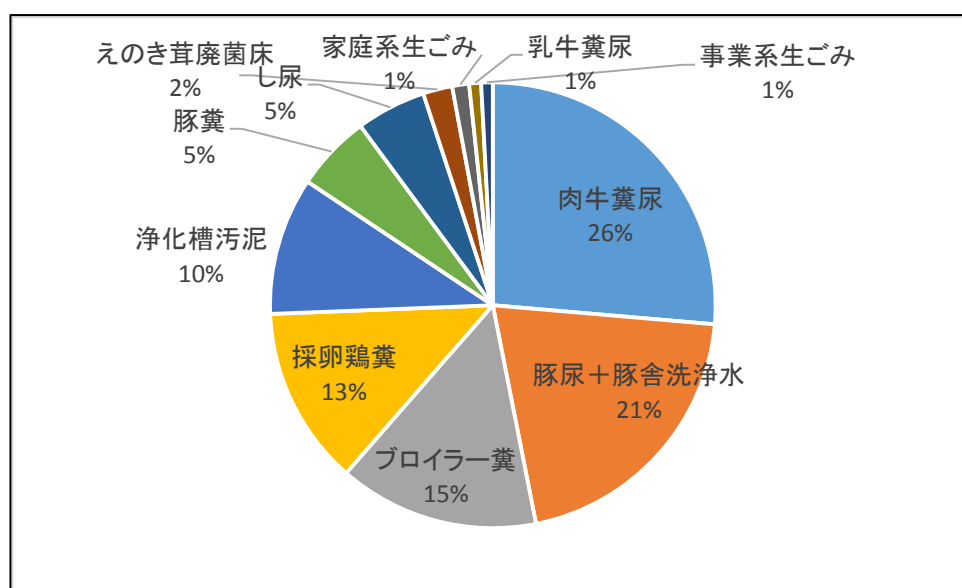


図 3-16 検討対象資源の発生量割合

### (3) 原料としての利用可能量

本調査においては、利用可能量を3つのパターンに分ける。まず、パターンAは検討対象資源の発生量の全量を利用可能と仮定するパターンである。

畜産業については既に廃業が予定されている農家も数多くあり、検討対象資源にはこの畜産糞尿も含んでしまっている。バイオガス事業は長期にわたる事業となるため、当面安定した量を確保する必要がある。パターンBにおいては、この廃業予定の農家由来の畜産糞尿を検討対象資源から除いたものを利用可能と仮定する。

最後のパターンCは1軒の養豚農家を対象として、発生する豚糞、豚尿、豚舎洗浄水を原料とするものである。豚の糞尿は発酵不適物の混入やアンモニア阻害の発生といったリスクが少なく、他のし尿・浄化槽汚泥や乳牛糞尿と比較して単位重量あたりのバイオガス発生量が多く、メタン発酵を行いやすい廃棄物である。こうした特長を加味したうえで、バイオガスプラントを建設する際の最小規模のパターンとして検討を行う。

なお、具体的なバイオガス事業の検討においてはパターンBとパターンCを対象として行うものとする。それぞれのパターンにおける各バイオマス資源の利用量は以下のようになる。

表 3-6 パターン毎の利用量

分類	資源名	利用量 (t/年)		
		パターンA	パターンB	パターンC
畜産糞尿	豚糞	6,224	6,224	2,634
	豚尿+豚舎洗浄水	23,174	23,174	9,842
	乳牛糞尿	978	0	—
	肉牛糞尿	29,765	26,661	—
	採卵鶏糞	14,617	14,617	—
	ブロイラー糞	16,418	16,418	—
生ごみ	家庭系生ごみ	1,383	1,383	—
	事業系生ごみ ※焼酎粕、柑橘類選別クズを含む	944	944	—
し尿・ 浄化槽汚泥	し尿	5,724	5,724	—
	浄化槽汚泥	11,274	11,274	—
農業残渣	えのき茸廃菌床	2,400	2,400	—
合計		112,899	108,817	12,475

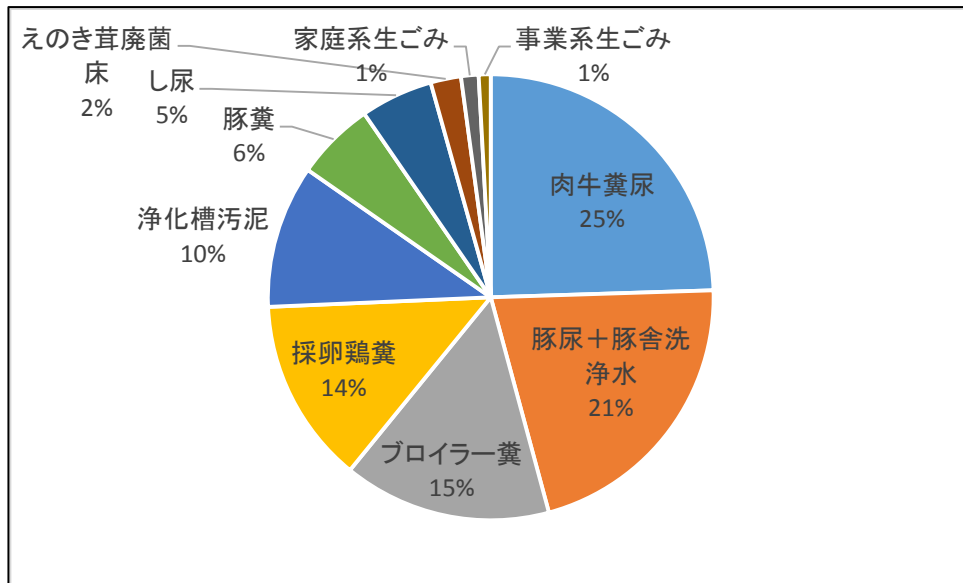


図 3-17 パターン B における利用可能量の割合

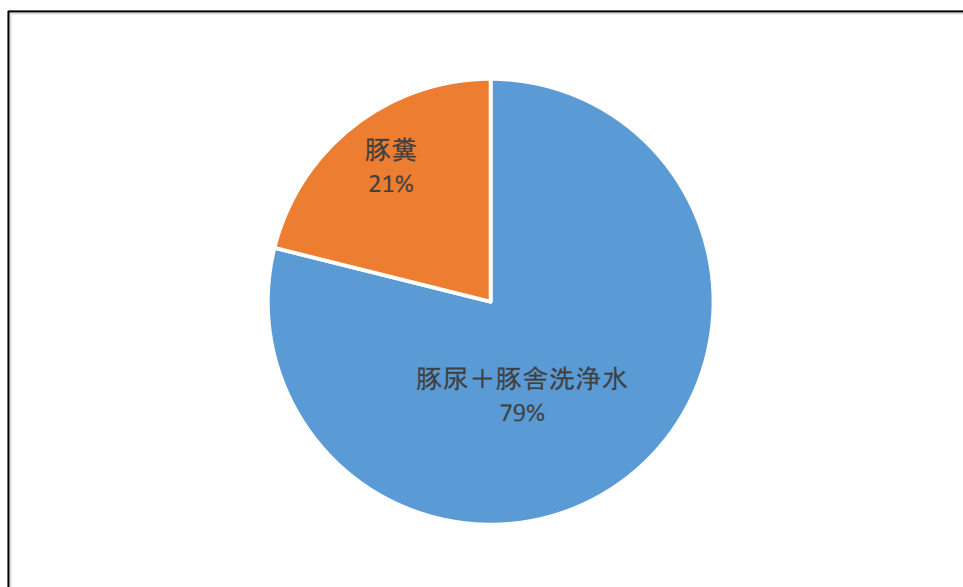


図 3-18 パターン C における利用可能量の割合

プラントの設計においては、各原料の成分を以下であるものとして検討を行った。なお、本市内のバイオマス資源について成分分析を行った結果が添付資料 2 である。また、浄化槽汚泥の成分については、本市では回収時に濃縮しているため、その濃度を文献値の 3 倍としている。

表 3-7 利用する原料の成分

分類	資源名	TS (Total Solid)	VS (Volatile Solid)	窒素	リン酸	カリ
畜産糞尿	豚糞 <sup>14</sup>	30.2%	26.3%	1.40%	0.90%	0.78%
	豚尿+豚舎洗浄水 <sup>15</sup>	1.0%	0.75%	0.12%	0.06%	0.05%
	豚糞尿+豚舎洗浄水 (パターンC) <sup>16</sup>	17.6%	15.3%	1.09%	1.19%	0.75%
	肉牛糞尿 <sup>17</sup>	36.9%	30.5%	0.80%	0.71%	1.20%
	採卵鶏糞 <sup>18</sup>	50.6%	34.1%	2.10%	2.00%	1.00%
	ブロイラー糞 <sup>19</sup>	66.8%	66.8%	3.70%	2.10%	1.90%
生ごみ	家庭系生ごみ <sup>20</sup>	20.0%	16.7%	0.50%	1.10%	0.82%
	事業系生ごみ <sup>21</sup>	20.0%	16.7%	0.50%	1.10%	0.82%
し尿・ 浄化槽汚泥	し尿 <sup>22</sup>	2.2%	1.7%	0.10%	0.11%	0.01%
	浄化槽汚泥 <sup>23</sup>	3.0%	2.3%	2.97%	3.48%	0.24%
農業残渣	えのき茸廃菌床 <sup>24</sup>	30.0%	24.0%	0.94%	3.65%	1.10%

<sup>14</sup> 養豚農家から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>15</sup> 養豚農家から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>16</sup> 養豚農家から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>17</sup> 肉牛農家から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>18</sup> 養鶏農家（採卵鶏）から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>19</sup> 養鶏業者（ブロイラー）から採取したサンプルの成分分析結果に基づく

<sup>20</sup> 柚山ら（2006）「バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価」『農工研技報』204 p.61-103 上越市、京都市の生ゴミの値

<sup>21</sup> 柚山ら（2006）「バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価」『農工研技報』204 p.61-103 上越市、京都市の生ゴミの値

<sup>22</sup> 柚山ら（2006）「バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価」『農工研技報』204 p.61-103 し尿の値

<sup>23</sup> 柚山ら（2006）「バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価」『農工研技報』204 p.61-103 浄化槽汚泥の値

<sup>24</sup> 吉田（1994）「食用キノコ廃培地の堆肥化について」

## 4 エネルギー利用

### (1) バイオガス利用の概要

バイオガスプラントでは、メタン発酵によりバイオガスを得ることができるが、このバイオガスの利用方法としては以下のようなものが考えられる。

#### ■ バイオメタン利用

バイオガスを精製して天然ガスと同等に扱えるようにし、ガス会社のガス導管へ供給する、あるいは、天然ガス自動車（以下、CNG車という）の燃料として利用する方法。

#### ■ 発電利用

ガスエンジン発電機を導入して、バイオガスをその燃料として利用する方法。固定価格買取制度（以下、FITという）を利用して、発電した電気の全量を売電する方法と、FITを使わず、発電した電力のうち自社で消費する電力を差し引いた余りを売電する方法がある。しかし、後者の方法の場合、電力会社が電気を買い取る義務がなく、大きな事業リスクとなるため、本調査においてはFITを利用しない方法は検討対象外とする。

#### ■ 熱利用

バイオガスを燃料として生み出した熱を温水や蒸気といった形で供給する方法。ボイラーを導入してバイオガスを直接燃焼する場合のほか、上記発電利用の場合でも発電機より熱が発生するため、この熱を活用することも可能である。

### (2) バイオメタン利用

前述したとおり、バイオガスを精製し、バイオメタンとして利用する方法は海外で数多く導入されている。海外で普及が進んでいる要因としては、政策による支援の影響が大きいと考えられる。2014年時点で151ものバイオメタン製造施設があるドイツにおいては、バイオメタンの品質基準を国が定め、ガス導管網に接続する費用についてはガス供給業者ではなく、ガス導管網の管理者が負担することが義務付けられている。また、フランスやイタリアにおいては、電力と同様にバイオメタンについても固定価格買取制度が導入され、優遇された金額での買取が保証されている。

一方、日本におけるバイオメタンの利用については、鹿児島県鹿児島市で事業化が決まるなど徐々にその可能性が広まりつつある。バイオメタンの製造を実施している実証実験の事例を以下に示す。

#### ■ 城南島食品リサイクル施設

東京都大田区にある城南島食品リサイクル施設は110t/日の食品廃棄物を処理するバイオガスプラントである。本施設は、「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」として採択を受け、平成22年度よりバイオガスを精製し、東京ガスのガス導管に供給している。299百万円の補助金が交付されて施設整備を行っており、実証事業として初期投資の全額が補助されている。精製したガス2,400Nm<sup>3</sup>/日を売却しているが、その売却益は設備の維持管理費と同程度の金額でしかないことがヒアリングから分かっている。

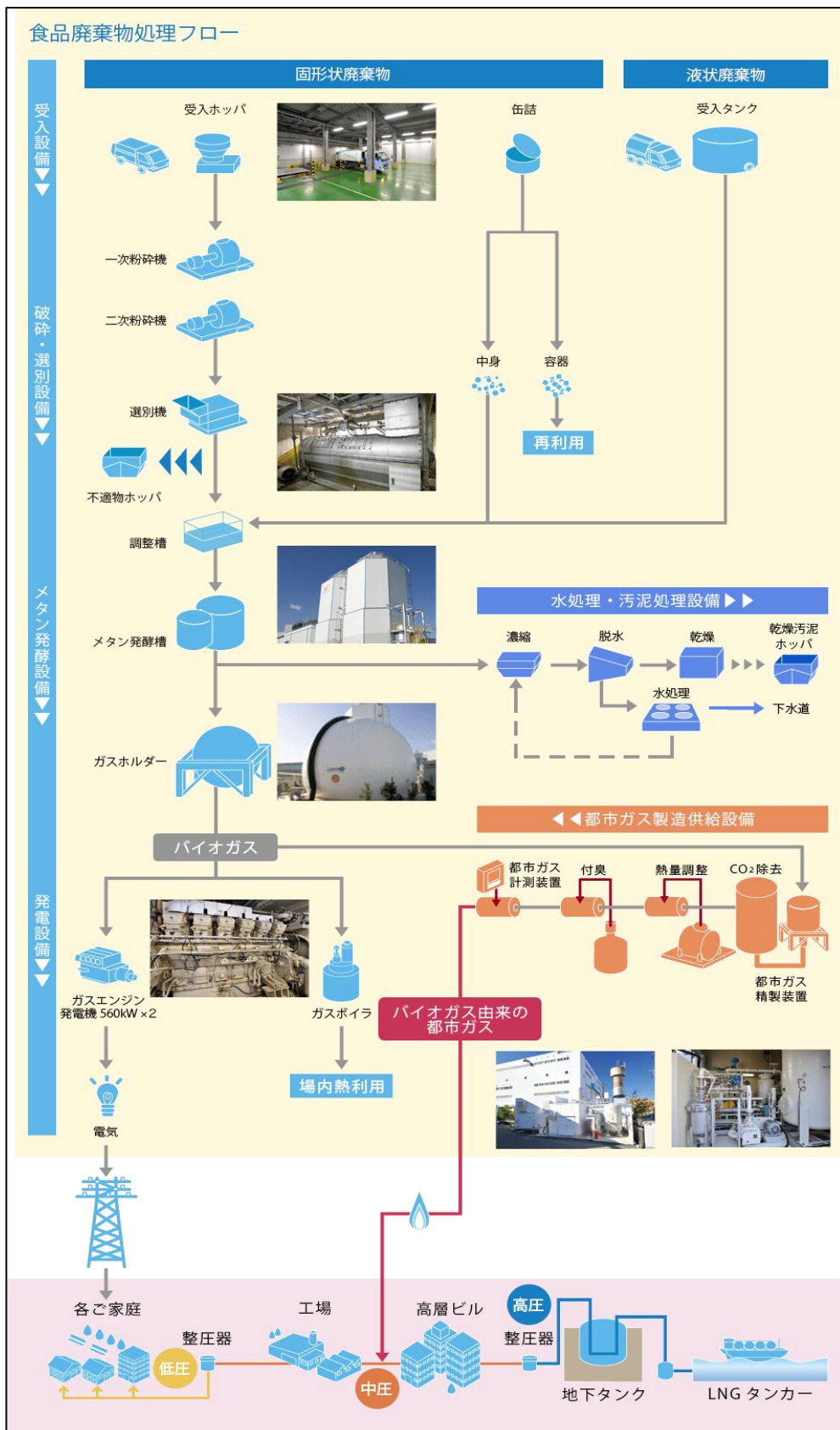


図 3-19 城南島食品リサイクル施設の処理フロー<sup>25</sup>

<sup>25</sup> バイオエナジー株式会社 HP <http://www.bio-energy.co.jp/flow/>

## ■ 東灘処理場

兵庫県神戸市にある東灘処理場は約 38 万人分の下水を処理する施設であり、下水処理汚泥はメタン発酵により処理されている。

平成 20 年より、バイオガスを精製し、1,300Nm<sup>3</sup>/日の CNG 車燃料を製造している。神戸市においてはこの精製ガスを「こうべバイオガス」と呼んでいる。

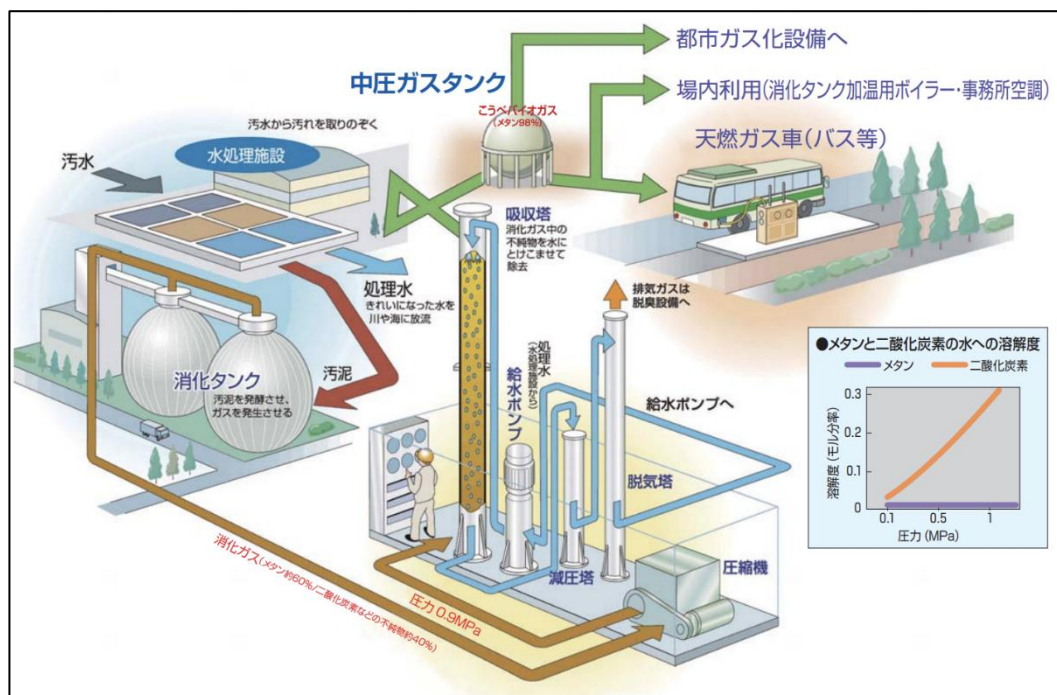


図 3-20 東灘処理場の処理全体像<sup>26</sup>

また、城南島食品リサイクル施設と同様、本施設は、「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」として採択を受け、平成 22 年度よりこうべバイオガスをさらに精製し、大阪ガスのガス導管に供給している。交付金の額は 308 百万円であり、ガス導管に注入しているガス量は 2,200Nm<sup>3</sup>/日である。

<sup>26</sup> こうべバイオガspanフレット



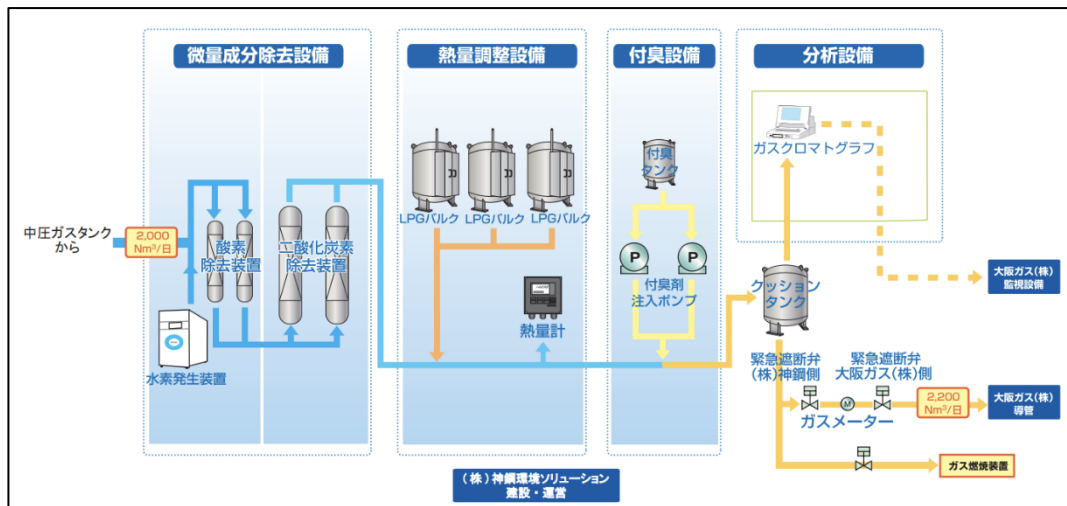


図 3-21 東灘処理場のガス導管注入プロセス<sup>27</sup>

### ■ 新南部清掃工場

鹿児島県鹿児島市では、60t/日の生ごみ・紙ごみを処理する施設を 2021 年に稼働させる予定である。本施設は収集した廃棄物のうち、メタン発酵不適物を焼却処理、それ以外をメタン発酵処理するもので、バイオガスは精製後、日本ガス株式会社に都市ガス原料として売却する予定である。

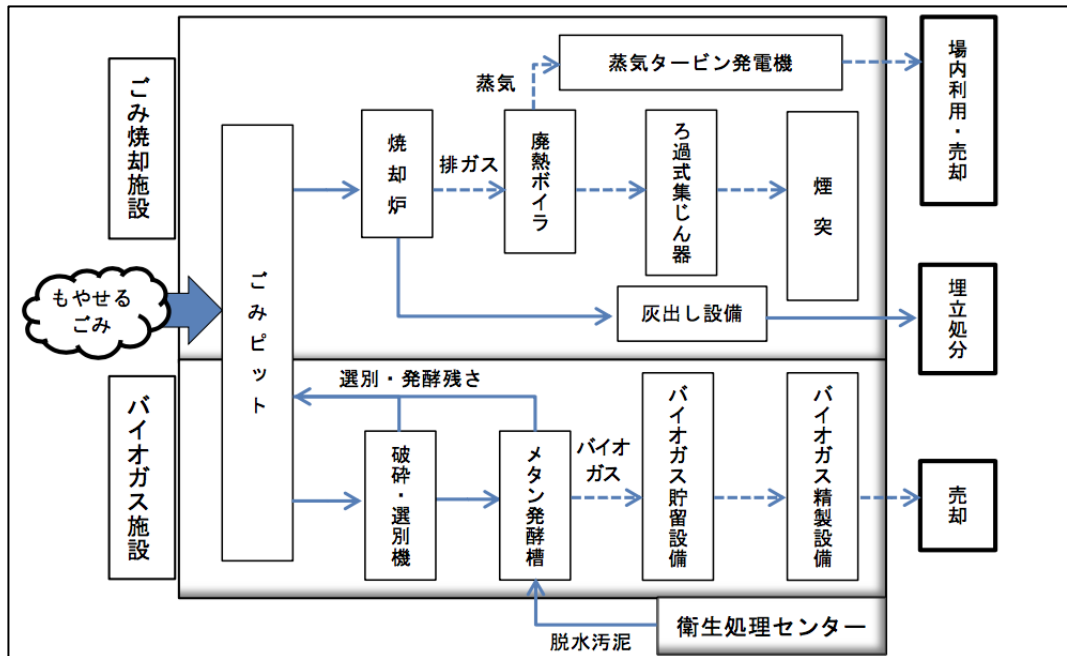


図 3-22 新南部清掃工場の処理フロー図<sup>28</sup>

<sup>27</sup> こうべバイオガspanフレット

<sup>28</sup> 新南部清掃工場（ごみ焼却施設・バイオガス施設）整備・運営事業 事業概要

### ■ 山鹿市バイオマスセンター

熊本県山鹿市にある山鹿市バイオマスセンターは生ごみ、家畜糞尿、下水汚泥を処理する目的で平成 17 年度に作られたバイオガスプラントである。「低炭素社会に向けた技術シーズ発掘・社会システムモデル事業」として採択を受け、平成 21 年度に都市ガス原料とする実証実験が行われた。バイオガスは精製後、圧縮し、トレーラーで山鹿都市ガス株式会社のガス供給設備へと輸送された。実証実験終了後は継続した都市ガス原料の供給は行っておらず、平成 27 年度時点で、バイオガスはボイラーの燃料に使うのみとなっている。

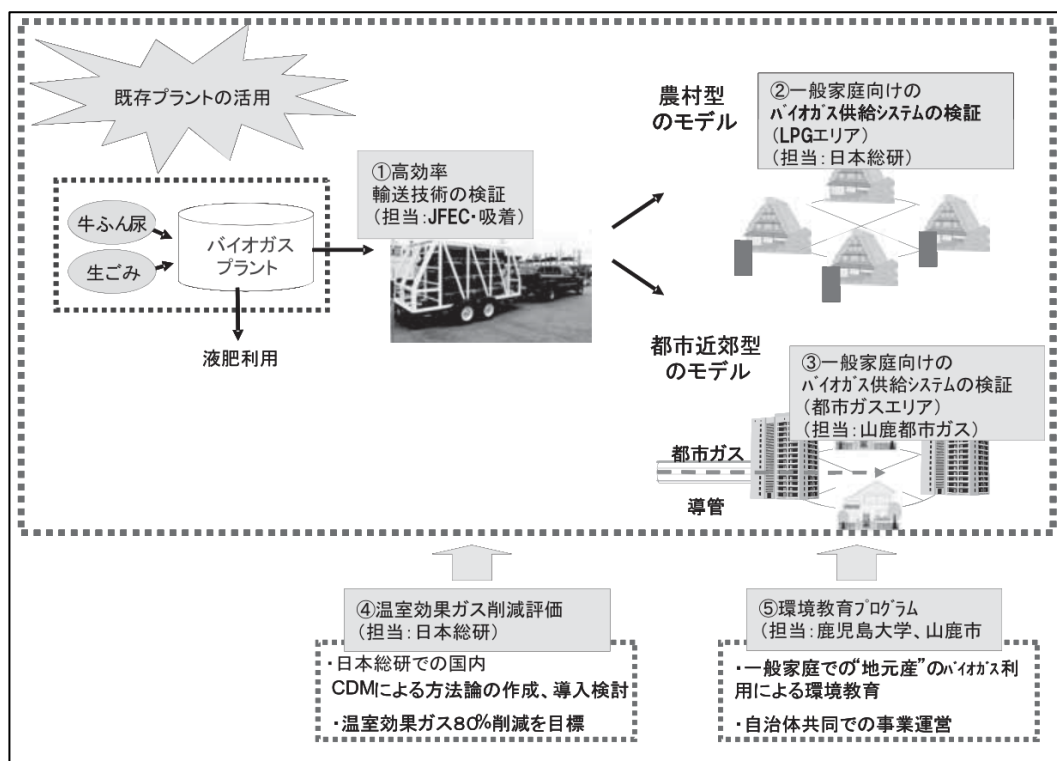


図 3-23 山鹿市バイオマスセンターの事業概要図<sup>29</sup>

### ■ 稚内市バイオエネルギーセンター

北海道稚内市にある稚内市バイオエネルギーセンターは、生ゴミ、紙類、廃食用油、下水汚泥、水産汚泥を 34t/日処理するバイオガスプラントである。平成 24 年より稼働し、発生するバイオガスのうち全体の 3%程度 (35,040Nm<sup>3</sup>) を CNG 車の燃料として利用するために精製している。稚内市では生ゴミ収集車を CNG 車としており、バイオメタンはこの車両に使われている。

<sup>29</sup> 小栗有子 (2010)「バイオメタンガスを利用した地域循環型エネルギーの環境教育・ESD プログラム開発に関する受託研究報告」『鹿児島大学生涯学習教育研究センター年報』。

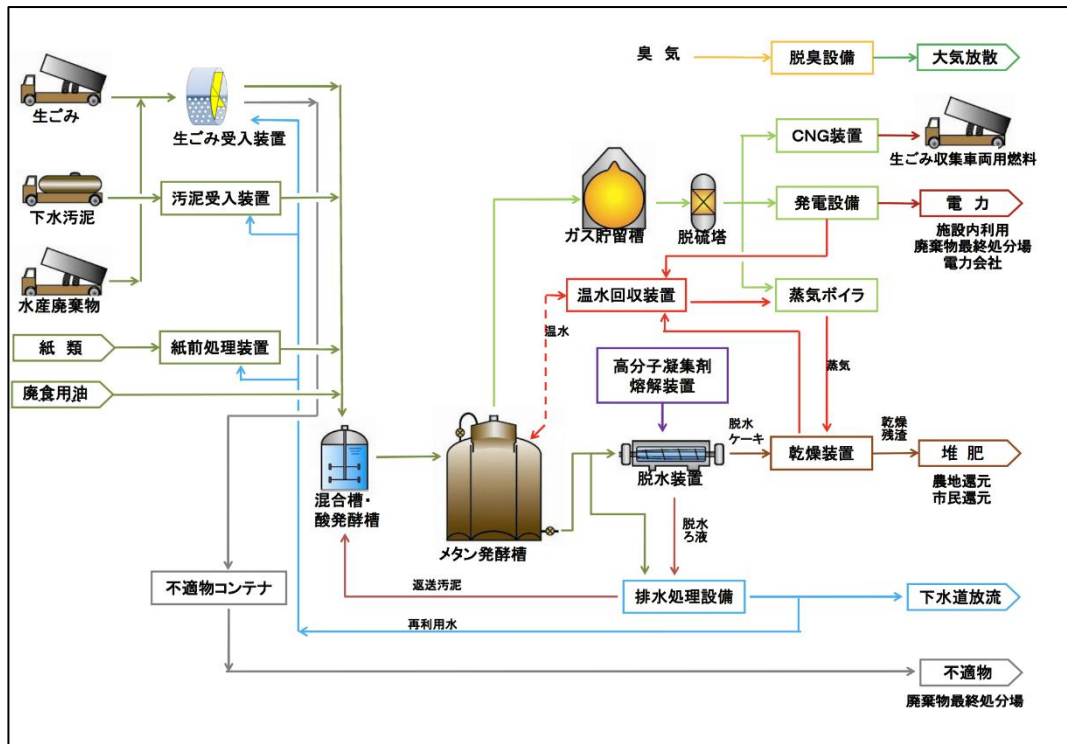


図 3-24 稚内市バイオエネルギーセンターの処理フロー<sup>30</sup>

上記のとおり、日本においてはバイオメタンのガス導管注入は実証実験が中心である。また、CNG 車の燃料としての利用もごく一部の自治体で実施されているのみであり、その利用も発生するバイオガスの一部に限られている。ガス導管へ注入する場合にはその精製に要するコストが、CNG 車の燃料として利用する場合にはインフラ整備が大きな課題となる。NEDO の「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」においても、バイオメタンの利用については「基本的に経済性を確保することは困難である。」とされている。<sup>31</sup>

諸外国では、バイオガスの利用法として、ガス導管注入、CNG 車利用を行っている例もある。その背景としては、再生可能エネルギー由来の電気があまり優遇されない、あるいは再生可能エネルギー由来の熱やガスが優遇される、といった制度による経済性の事情や、ガス導管網が全国的に整備されている、といったインフラの存在の事情、等がある。これらは上記のとおり、今の日本には当てはまらないが、将来的には状況が変わる可能性はある。

しかし、各オプションには以下のようにエネルギー転換、エネルギー利用としての本質の違いがあり、これは制度が変わっても普遍的なものとして知っておく必要がある。

<sup>30</sup> 稚内市「稚内市バイオエネルギーセンター施設概要」

<http://www.city.wakkanai.hokkaido.jp/files/00003000/00003076/jigyogaiyo.pdf>

<sup>31</sup> NEDO (2017) 「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」

## ■ エネルギー転換におけるアップグレード

バイオガスを発電利用する場合、ガスエンジンの希薄燃焼技術が発達しているため、バイオガスそのものを発電に利用できる。

一方、ガス導管注入と CNG 車利用の場合、天然ガスや LNG 由来のガスと同等にするため、バイオガス中のメタン濃度を 99%などにアップグレードする必要があり、それにはエネルギーをかける必要がある。CO<sub>2</sub>の分離には、いくつかの方法が使われているが、最も代表的なアミン吸収法では、プロセスを回すための電力消費、アミンが再び CO<sub>2</sub>を吸着できるように再生(即ち CO<sub>2</sub>の脱着)するために 120~160°C の高温の熱の消費などがかかり、バイオガスの持つエネルギーの 15%程度を自己消費することに当たる。更にガス導管注入では、ガス導管への注入のために中圧(3~10 気圧など)へ圧縮する必要があり、ここでも電力を消費する。また、CNG 車利用では 20MPa など(200 気圧級)の高圧が必要とされ、電力消費がより大きい。

## ■ 利用形態におけるエクセルギー(エネルギーの質)効率・損失

発電では、ガスエンジンという熱機関による燃焼において一定のエクセルギー損失があるものの、発電効率 40%程度と非常に高い効率で電力に変換しており、利用までエクセルギーは高く維持される。同時に発生する熱を温熱または冷熱で活用することで、更に無駄がなくなる。

ガス導管注入の場合には、産業向けでは高温の熱を使うための燃料として、また一部では地域冷暖房のためのコージェネレーション(熱電併給)として使われる場合は、エクセルギーの高い範疇の利用と言える。しかし冷暖房・給湯に代表される、多くの民生業務用や家庭用が阿久根の場合は多く、これらはいずれも低温度帯の利用であり、エクセルギー損失が大きい。元来、利便性と、安い資源値段とから都市ガス利用は普及しているが、そこにわざわざアップグレードした言わば高級なバイオガス由来精製ガスを入れるならば、同じ条件では全く割に合わず、相応な区分と優遇条件を前提とすると言える。

CNG 車利用では、車のエンジンという熱機関による燃焼において相当のエクセルギー損失はあるものの、動力を取りだして走るものであり、利用のエクセルギー効率は維持される。

なお、将来に向けては、発電利用と CNG 車利用の熱機関(エンジン)は燃料電池に変わる方向であり、エクセルギー効率は高まる。ガス導管注入による低温熱利用は、燃焼して熱を得る機器が圧倒的に安いから普及している訳であるが、今は高価なため利用のごく少ない燃料電池がそれら用途に使われるようになると、エクセルギー効率は改善する。

バイオメタンの利用が採算性を伴って広く普及していくためには、民間の力だけでなく、海外のように政策面でも導入を推し進められることが必須と考えられる。将来的な検討の可能性も含め、政策面、技術面でのバイオメタンを取り巻く情報には今後も留意していく。

本調査において検討するバイオガスプラントでは現行の状況を鑑みて、バイオガスをバイオメタンに精製するのではなく、別の利用方法を検討するものとする。

### (3) 発電利用

#### 1) FIT の概要

FIT とは、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法に基づき、再生可能エネルギーの導入促進を目的として再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定期間、固定の単価で買い取ることを国が義務づける制度である。電力会社の買い取り費用は電気の利用者から電気料金と一緒に集め(再エネ賦課金)、補填されている。

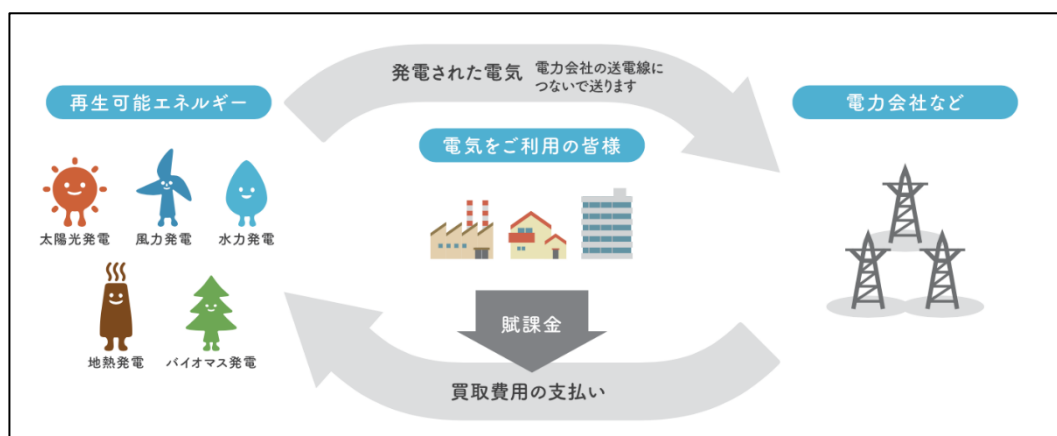


図 3-25 FIT の仕組み<sup>32</sup>

有機性廃棄物を原料とするメタン発酵由来の発電の場合、本制度における「メタン発酵ガス（バイオマス由来）」に該当し、平成 29 年度から平成 31 年度までの間に認定を受けた場合の買取価格は 1kWh あたり 39 円、買取期間は 20 年間である。買取価格は毎年度見直されるが、平成 29 年 12 月 27 日に行われた調達価格等算定委員会（第 34 回）における配布資料<sup>33</sup>では、平成 32 年度においても買取価格は 39 円/kWh とすることが検討されている。

FIT を利用するためには、経済産業省の事業認定と電力会社への接続契約締結が必要となり、この手続きを行うためにはまずプラントの設備の詳細を決めておく必要がある。また、送電線につなぎ、電力会社に売電するためには系統連系工事費負担金を支払う必要がある、この金額は接続契約申込を行った後でないと確定しない。全体の事業費を把握するためにはプラントの設計だけではなく、これらの手続きも並行して行う必要がある。

<sup>32</sup> 経済産業省資源エネルギー庁「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2017(平成 29)年度版」

<sup>33</sup> 経済産業省 調達価格等算定委員会（第 34 回）配布資料 資料 2 太陽光発電・地熱発電・中小水力発電・バイオマス発電について（事務局資料） p.38

## 2) 系統連系に係る制約

九州電力の送電線に接続（系統連系）する場合には、主に2種類の制約があることに注意する必要がある。

まず1つめは系統の空き容量である。送配電線や変圧器には物理的に扱うことのできる電気の量に制限がある。発電設備の規模や場所によっては、接続先の系統に空き容量がなく、改修工事が必要となる場合がある。

系統に空き容量があるのかどうか、また、空き容量がない場合に行うことになる改修工事に費用や期間をどの程度要するのか、については、九州電力に接続検討、接続契約の申込み等を行い、個別に検討してもらう必要がある。負担金を支払い、改修工事を実施してもらえば、FITを活用した売電は原則的には受け入れられるが、負担金が高額となり、採算性のない事業となることもありうる。

2つめの制約は出力制御である。電力の需給は常に一致させておくのが原則であり、電力会社がこれを調整している。しかし、電力の需要の小さいゴールデンウィーク期間などは発電量が需要を上回ってしまう（余剰電力の発生）場合がある。余剰電力の発生を防ぐために、FITにおいては一部の発電所の稼働を停止させる「出力制御」がなされる場合がある。

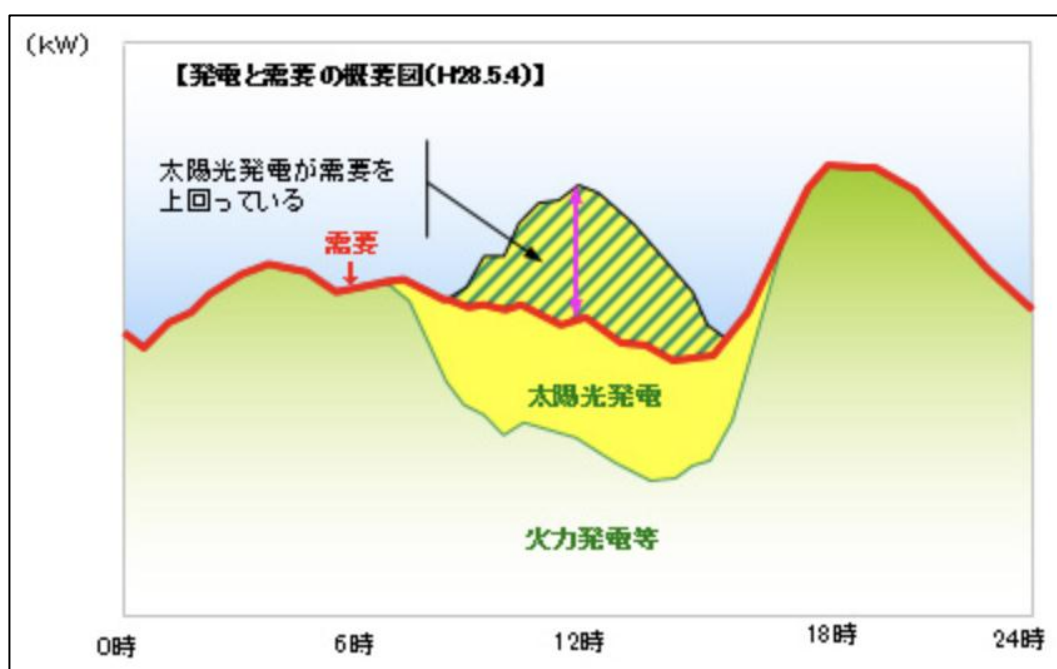


図 3-26 出力制御のイメージ<sup>34</sup>

<sup>34</sup> 九州電力株式会社「再エネ出力制御について知りたい」  
<[http://www.kyuden.co.jp/rate\\_purchase\\_control.html](http://www.kyuden.co.jp/rate_purchase_control.html)>

再生可能エネルギーによる発電設備は、電力会社からの求めがあった場合には、出力を制御しなければならない。出力制御については以下の図のような順序が定められており、バイオガспラントについては「地域資源バイオマス発電設備」に分類されている。火力発電所等よりは出力制御を受けにくい、原則太陽光発電や風力発電よりも先に出力制御の対象となる。しかし、例外として出力制御が困難であると認められた場合には出力制御の対象外となる。

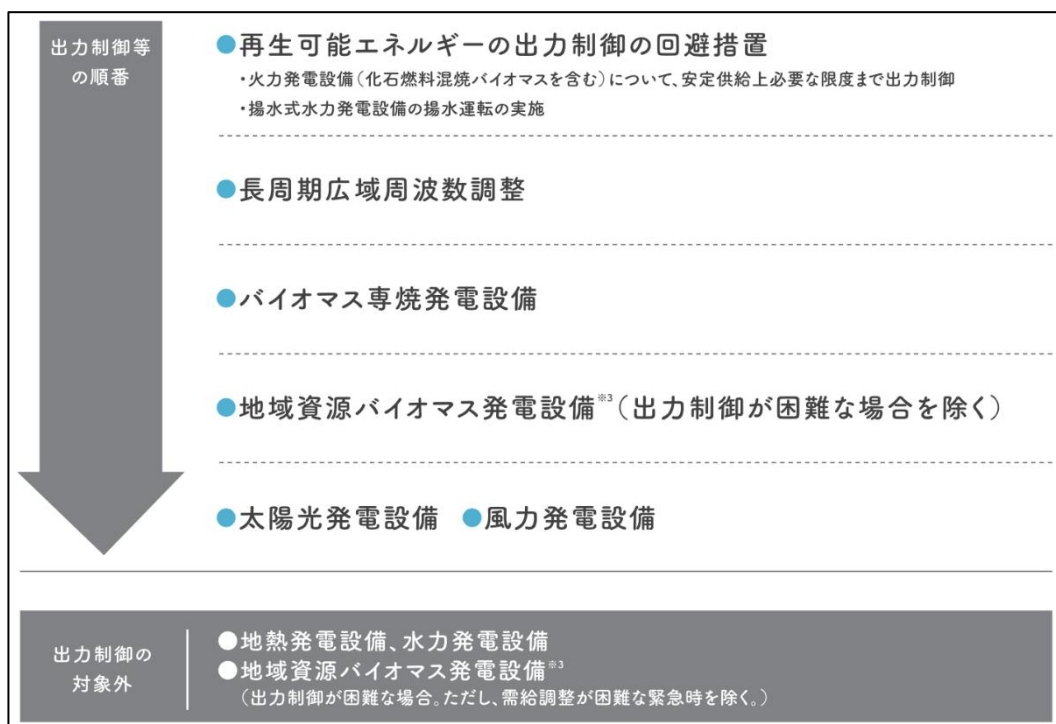


図 3-27 出力制御の優先順位<sup>35</sup>

<sup>35</sup> 経済産業省資源エネルギー庁「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2017(平成 29)年度版」

### 3) 本市における系統事情と対策

#### ■ 系統の空き容量

昨今、FIT の利用普及に伴い送配電線や変電所が対応する容量が一気に増加し、本市の上位系統である出水管内の各設備の空き容量も急激に減少している。系統の空き容量については九州電力にて公開されている。(詳細は添付資料3参照) これをもとに本市周辺の系統状況を表したものが以下の図である。

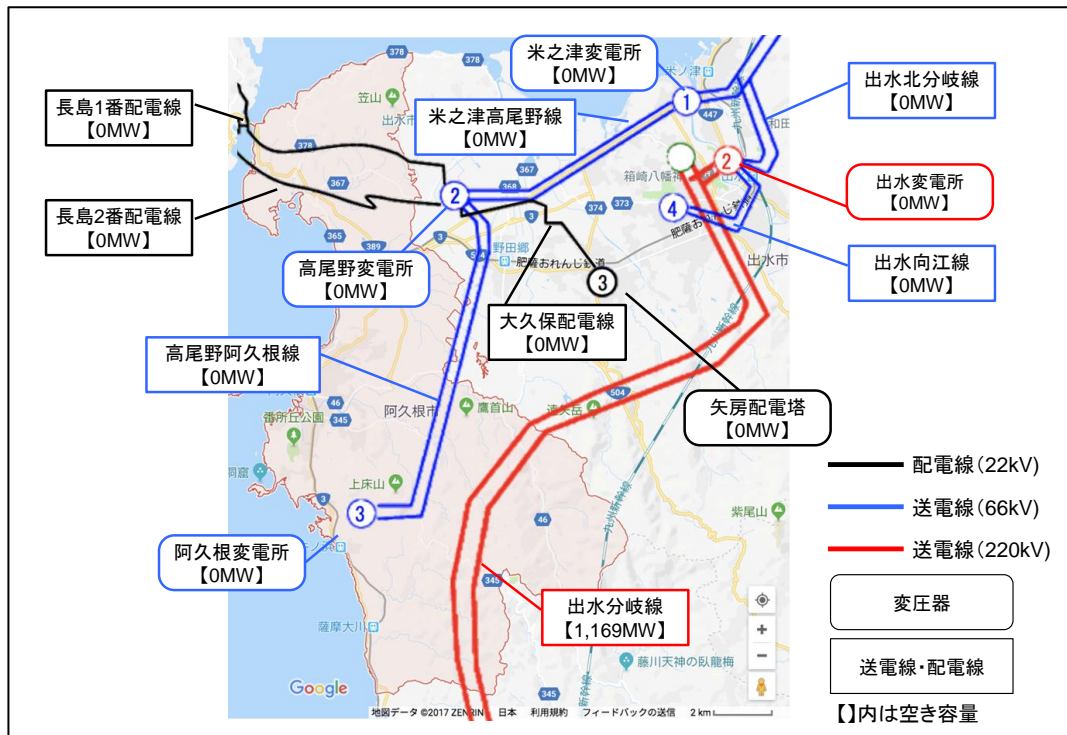


図 3-28 本市周辺の系統の状況 (平成 30 年 1 月 31 日時点)

上図のとおり、本市の南側を通る出水分岐線を除き、本市周辺の送配電線および変電所に空き容量はほぼ存在しない。したがって、新たに本市周辺に発電所を作り、系統に接続する場合には相応の系統連系工事費負担金が求められることが予想される。この負担金の金額は申請を行い、電力会社にて検討を行った後に見積もりを得ることができる。直近の設備に空き容量が無いだけでなく、上位の系統にまで対策工事が必要となった場合には高額な系統連系負担金を要する場合もあり、事業の採算性に大きく影響する。

ただし、系統の状況は他の発電所が系統への接続を取りやめたり、送配電線や変電所の増強工事が行われることで空き容量が増えることもあり得る。

空き容量が不足する場合でも、売電する時間帯を制御することで系統連系工事を省くことができる可能性がある。そもそも現行の送配電線・変電所の空き容量が不足している原因の一因には急速な太陽光発電所の導入拡大がある。離島を除いた九州本土においては、FIT が導入された平成 24 年度においては、111 万 kW であった太陽光発電設備容量が、平成 29 年 10 月末では、757 万 kW と 7 倍以上になっている。



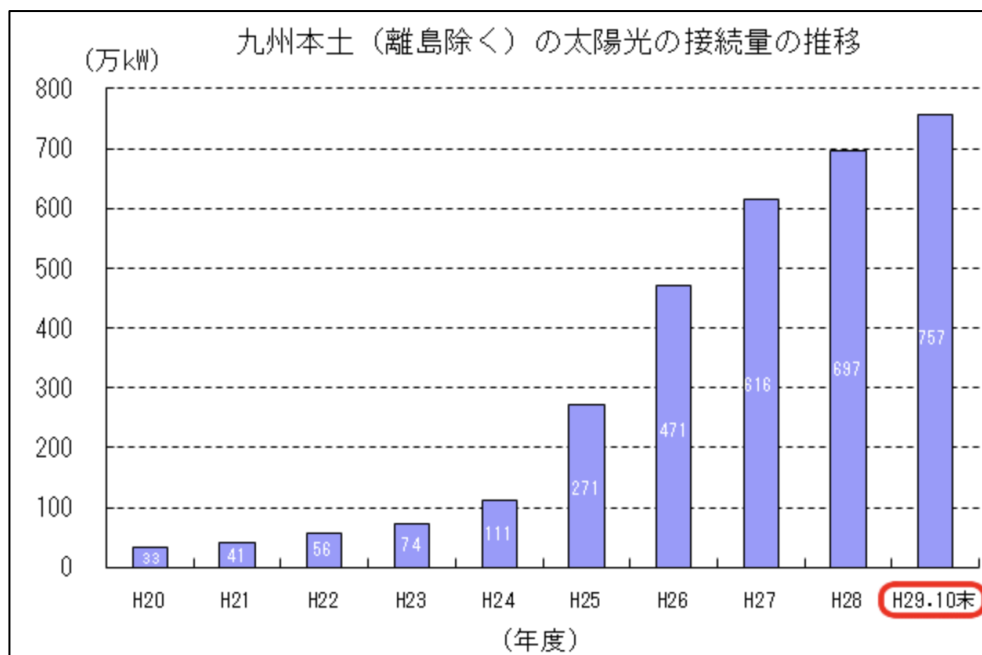


図 3-29 九州本土（離島除く）の太陽光の接続量の推移<sup>36</sup>

太陽光発電所は日射がある昼間の時間帯に発電し、系統の容量を圧迫するが、夜間の時間帯や雨や曇りの日などは発電を行わない。したがって、太陽光発電所が稼動する時間帯においては発電機を止めたり、発電した電力を蓄電池に溜め、日射のない時間帯に送電することで系統の増強工事をせずに済む可能性がある。実際に鹿児島県伊佐市では蓄電池が併設され、午後6時より6時間だけ売電を行う太陽光発電所が稼動している。

また、系統連系工事費負担金が軽減される方法として、電源接続案件募集プロセスというものがある。電源接続案件募集プロセスは、平成27年4月1日に発足した電力広域的運営推進機関により規定（広域機関の業務規程第75条以下及び送配電等業務指針第120条以下に規定）された系統アクセスのルールであり、系統連系工事費負担金を共同で負担する近隣の発電事業者を募るものである。これにより、上位系統の増強工事を自社だけでなく、他の事業者とも共同で負担して工事を進めることができるようになる可能性がある。平成29年11月10日時点での九州地方における電源接続案件募集プロセスの状況を示したものが以下の図である。

<sup>36</sup> 九州電力株式会社「九州本土の再生可能エネルギーの接続状況 他」  
[http://www.kyuden.co.jp/effort\\_renewable-energy\\_application.html](http://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-energy_application.html)



図 3-30 九州地方における電源接続案件募集プロセスの状況<sup>37</sup>

電源接続案件募集プロセスは 14 箇所で行われており、手続きが完了しているのは、長崎市琴海エリアと鹿児島県入来エリアの 2 箇所である。このうち本市の近隣である鹿児島県入来エリアでの電源接続案件募集プロセスは平成 29 年 10 月 25 日に完了し、3.4MW 分の増強工事を行うために 4 社で総額 214 百万円を負担することとなった。

上位系統である出水変電所に関しても、電源接続案件募集プロセスが実施されることで、本市における発電所の系統連系工事費負担金を軽減できる可能性がある。

九州電力へヒアリングを行った結果、出水変電所の改修工事については現在も協議が行われていることが確認できている。また、改修工事に要する費用についても、平成 28 年 6 月より負担の考え方が変更されている。バイオガス発電を含むバイオマス発電については、全額を事業者が負担するのではなく、35,000 円/kW までは九州電力が負担し、残りを事業者が負担する形とされ、事業者の負担が軽減されたといえる。

<sup>37</sup> 九州電力株式会社「電源接続案件募集プロセスの実施状況」  
[http://www.kyuden.co.jp/wheeling\\_dbprocess.html](http://www.kyuden.co.jp/wheeling_dbprocess.html)

## ■ 出力制御

再生可能エネルギーによる発電の出力制御が国内で初めて行われたのは平成27年5月5日の種子島の事例である。その後、種子島および壱岐においてはたびたび出力制御が実施されているが、九州本土における出力制御はこれまでのところ実施されていない。下図は平成28年5月4日時点の需給バランスの実績を表したものであるが、太陽光発電が稼働する日中は需要を大きく超え、火力発電の稼働抑制・停止をしたうえで、揚水発電の動力運転をすることで調整していることが分かる。今後、出力制御が実際に行われるかを予測することは困難であるが、原則、バイオガスによる発電設備は地域資源バイオマス発電設備に該当し、太陽光発電設備よりも優先して出力制御が求められるため、出力制御のリスクを無視することはできない。

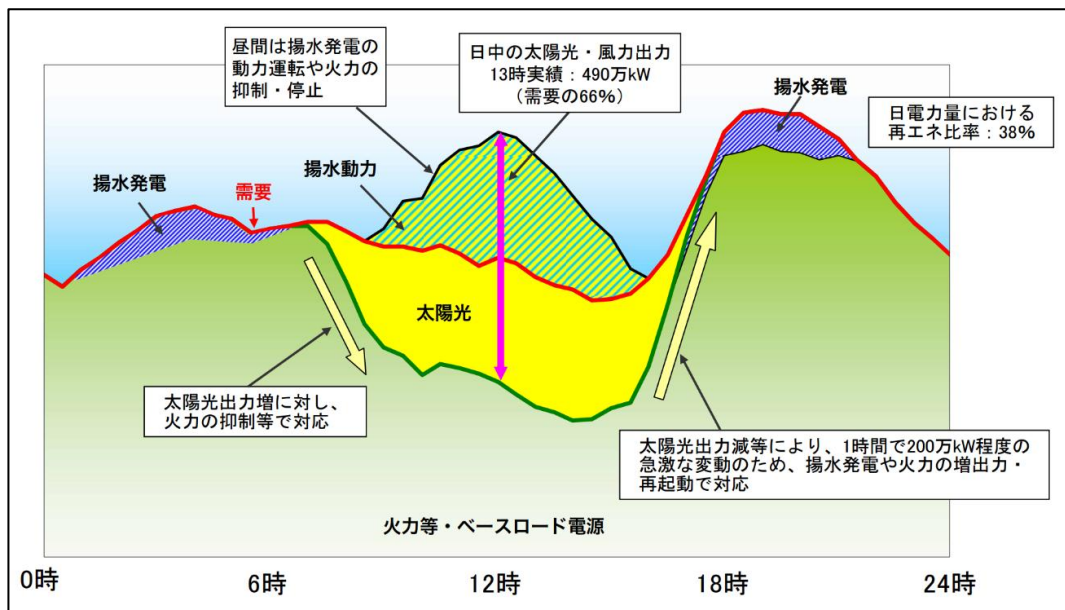


図 3-31 九州における需要と供給のバランス（平成28年5月4日）<sup>38</sup>

ただし、制御が困難であると認められた場合には出力制御の対象外となる。これはバイオガス事業が廃棄物の適正処理の役目も担っているなど、稼働を停止できない理由がある場合が該当すると考えられる。出力制御への備えとしては、制御対象外として認められることが望ましい。

その他に考えられる方策としては、出力制御が行われる場合に、バイオガスの形で燃料を貯蔵することや、蓄電池に電気を溜めることが考えられる。また、発生するバイオガスに対して発電機の規模を大きくして、出力制御が行われたとしても、短い稼働時間でバイオガスを使いきれないようにする方法も考えられる。ただし、これらの方法ではガス貯留槽の増強や蓄電池の新設、発電機の大容量化など設備投資の増額が必要になる。

<sup>38</sup> 九州電力株式会社「再エネの導入状況と至近の需給状況について」平成28年7月21日

## (4) 熱利用

### 1) ガスエンジン排熱の有効利用

バイオガスを燃料とするガスエンジンは発電に伴って高温の排気ガスやエンジン冷却水の形で排熱が発生する。この余剰排熱は追加発電や木質チップ乾燥などの熱源とする事で有効活用が可能である。仮に1,800~2,000kWe級のガスエンジンを用いたモデルケースを考える(図3-32)。

ガスエンジンの排気ガスは300℃から500℃程度であり、この排熱を用いて有機ランキンサイクル発電(ORC)で発電することができる。排気ガスは排熱の全体の約4割、発電規模は120kWe級と想定され、年間で約3,500万円の売電収入の増加が見込まれる。

次に、木質チップ乾燥熱源としての利用を考える。木質チップを原料とするバイオマス事業普及における課題の一つとして、十分に乾燥したチップの確保が困難であることが挙げられる。乾燥チップを原料とすることで効率の優れたバイオマス設備の導入が現実的となるが、まとまった量の木質チップを安定的に確保するためにはエネルギーコストがかかってしまうのが現状である。そこでガスエンジンの排熱を用いて木質チップ乾燥を行うことで、エネルギーコストを削減することができる。ガスエンジンからの排熱全体約3割(冷却水の約5割)を木質チップ乾燥設備で活用した場合、年間約13,000トンの木質チップ(水分50%)から水分10%の乾燥チップを作ることができる。これは250kWe~500kWe級の木質バイオマス熱電併給設備の原料に相当する。

さらに、近隣に熱需要がある場合には熱導管での温水供給により、残る排熱の約3割(650kWth)を温熱として利用できる。

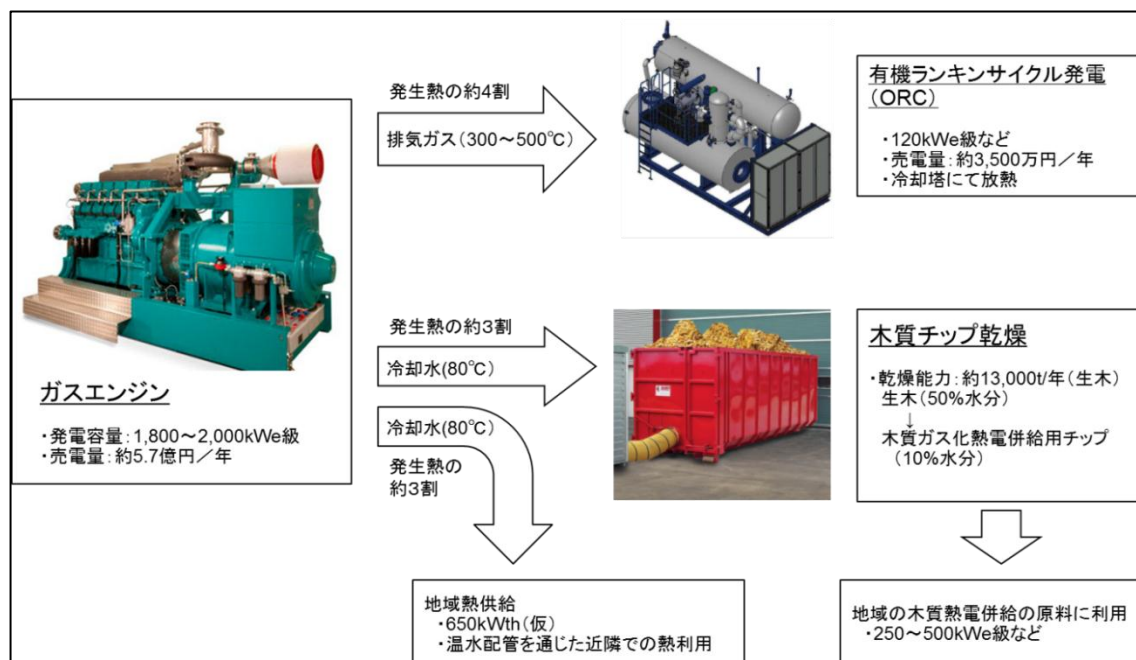


図 3-32 ガスエンジン排熱の有効利用案

## 2) 熱需要調査

---

### ■ 調査の位置づけ

バイオマスのエネルギー変換プロセスではその多くが熱となる。したがって、熱をいかに有効に利用できるかが資源の有効活用及び事業採算において重要な意味を持つ。

プラントで作られた電気は電力系統に接続して売電することができる一方で、熱については発生地点であるプラントから熱需要先まで供給するための熱導管の整備が必要となり、多くのコストを必要とする。熱需要地点の位置情報は事業検討における重要な要素と言える。

また、熱需要は時間帯による変動があり、且つその傾向は需要先の事業所ごとに異なる。そのため、事業所の特性を踏まえた熱需要評価が求められる。

そこで、熱需要調査においては、事業所の熱需要の数値情報と位置情報の整理を行った。

### ■ 対象

調査は本市内全域の事業所を対象として行った。

### ■ 調査の方法

市内の事業者を対象としたアンケート調査を行い、エネルギー消費量の把握を行った。その中で比較的消費量が大きい事業所の絞り込みを行った。さらに主要な事業所については直接ヒアリングを行い詳細情報の精査を行った。

### ■ 調査項目

各施設の熱需要情報および位置情報を明らかにするために、事業所の設備運用やエネルギー使用に関する調査を行った。調査項目は施設基本情報、営業形態、燃料等使用量（使用料）、熱利用設備等とした。

#### ① 施設基本情報

業種情報など最低限必要な情報を収集し、燃料使用量等の詳細情報が得られなかった場合に、熱需要シミュレーションに使用する。

#### ② 営業形態

施設により非営業日には熱需要が少なくなるため、定休日や年末年始休みの日を明らかにし、熱需要シミュレーションに反映させるため、情報を取得した。

#### ③ 燃料等月別使用量（使用料）

各施設で使用されていると考えられる、電気、A重油、灯油、LPG等について月別の使用量（使用料）を回答してもらった。詳細情報が不足する場合は、年間使用量（使用料）を確認するようにした。

#### ④ 熱利用設備等

各施設で使用している燃料等が、実際にどのような機器でどのような用途に使用されているかを確認した。設置されている機器等の型番や銘板情報とともに、それぞれの用途についてヒアリングを行った。

## ■ 熱需要の想定

熱需要を想定する際に必要な一般的事項については、下表に示した値等を使用している。加えて、施設により燃料等の使い方が異なるため、それぞれの施設状況を考慮した。なお、熱需要については、ボイラー等の効率を考慮した後の数値である。

表 3-8 エネルギー換算に関する一般事項

項目	数値等	備考
ボイラー効率	85%	燃料に問わず一定
吸収式冷凍機効率	70%	低温式
A 重油熱量	10.86 kWh /L	
灯油熱量	10.19kWh/L	
LPG 熱量	27.5kWh/m <sup>3</sup>	
LNG 熱量	12.8kWh/m <sup>3</sup>	

### ① 電気

事業所の電気の消費量には、大きくは電灯と動力に分けられ、動力の中に例えば機械を動かす動力や、熱エネルギーとして利用するエアコン等による冷暖房・温熱による乾燥などが含まれる。一般的に、これらを分けて電気使用量を控えている事業者はいないことから、IBEC 等では業種別のエネルギー使用割合の参考などを出してはいるが、事業者ごとに使用割合は大きく異なるため、一概にその割合を決定することは難しい。

そこで、電気については電気消費量のみをエネルギー消費として表現することとした。

### ② A 重油

A 重油は、工場等で使用されていた。主な用途は、給湯・保温、暖房、蒸気による蒸し・蒸留等であった。A 重油については使用量全量を熱需要とした。

### ③ 灯油

灯油は、主に灯油ボイラーに使用されていた。灯油については、使用量全量を熱需要とした。

### ④ LPG

多くの施設で LPG を使用していたが、多くは調理に使用されていた。調理の場合、季節によってメニューが異なることにより使用量が変動し、電気使用量のように中間期という概念を用いることができない。そこで、調理と熱利用に使用されているが、それぞれ切り分けが明確でない場合は熱需要から除外した。

### ⑤ LNG

LNG についても、調理に使用している場合は④LPG と同様の扱いとした。全量をボイラーなどに使用していることが明らかな場合は、すべて熱需要とした。

### 3) 熱需要調査結果

#### ■ ヒアリング有効回答数およびアンケート有効回答数

平成 29 年度は 11 事業者にヒアリングを実施し、6 事業者から熱需要を想定できる有効回答を得た。また、平成 28 年度にヒアリングを行った施設のデータについても活用した。

アンケートは、全回答者 166 者のうち熱需要に関する有効回答を得たのは 34 者であった。

表 3-9 ヒアリング先施設一覧

No.	ヒアリング先	活用データ
1	阿久根市給食センター	平成 29 年度ヒアリング
2	水産施設	平成 29 年度ヒアリング
3	医療施設 A	平成 29 年度ヒアリング
4	医療施設 B	平成 29 年度ヒアリング
5	医療施設 C	平成 29 年度ヒアリング
6	商業施設	平成 29 年度ヒアリング
7	酒造	平成 29 年度ヒアリング
8	水産加工	平成 29 年度ヒアリング
9	農林産加工	平成 29 年度ヒアリング
10	運送	平成 29 年度ヒアリング
11	漁業	平成 29 年度ヒアリング
12	食品工場 A	平成 28 年度ヒアリング
13	食品工場 A	平成 28 年度ヒアリング

表 3-10 アンケート結果一覧（有効回答）

No.	業種	電気消費量 (kwh/年)	熱需要重油換算 (kL/年)
1	工場	1,720,000	0
2	飲食店	195,300	13
3	食品加工	4,191,150	150
4	福祉施設	155,000	5
5	食品加工	9,358,198	614
6	商業施設	729,744	0
7	商店	73,238	13
8	福祉施設	340	108
9	飲食店	87,885	13
10	飲料製造	131,145	80
11	木材加工	205,065	0
12	水産加工	319,258	1
13	個人	27,058	0
14	食品工場	521,988	41
15	幼稚園	378,213	2
16	商店	295,860	0
17	福祉施設	35,779	3
18	飲食店	193,894	10
19	福祉施設	185,232	8
20	食品加工	1,488	28
21	水産加工	300	0
22	水産加工	244,125	0
23	農業	21,305	28
24	廃棄物処理	179,507	1
25	食品加工	3,200,000	522
26	福祉施設	61,757	3
27	水産加工	2,292	0
28	食品加工	34,800	5
29	運送業	119,472	0
30	宿泊施設	208,261	56
31	宿泊施設	438,272	178
32	商業施設	996	0
33	医療施設	48,000	18
34	水産加工	78,120	7



### ■ 電気消費量マッピング

以上の結果をもとに、阿久根市の地図上にプロットした。電気消費量は、食品加工や工場が多く、ついで商業施設や福祉施設が多い。

国道3号線や国道389号線といった国道沿いに分布し、全体的には市の中心部に集中している。他方、山間地が多い内陸部には電気消費量が多い施設は少ない。

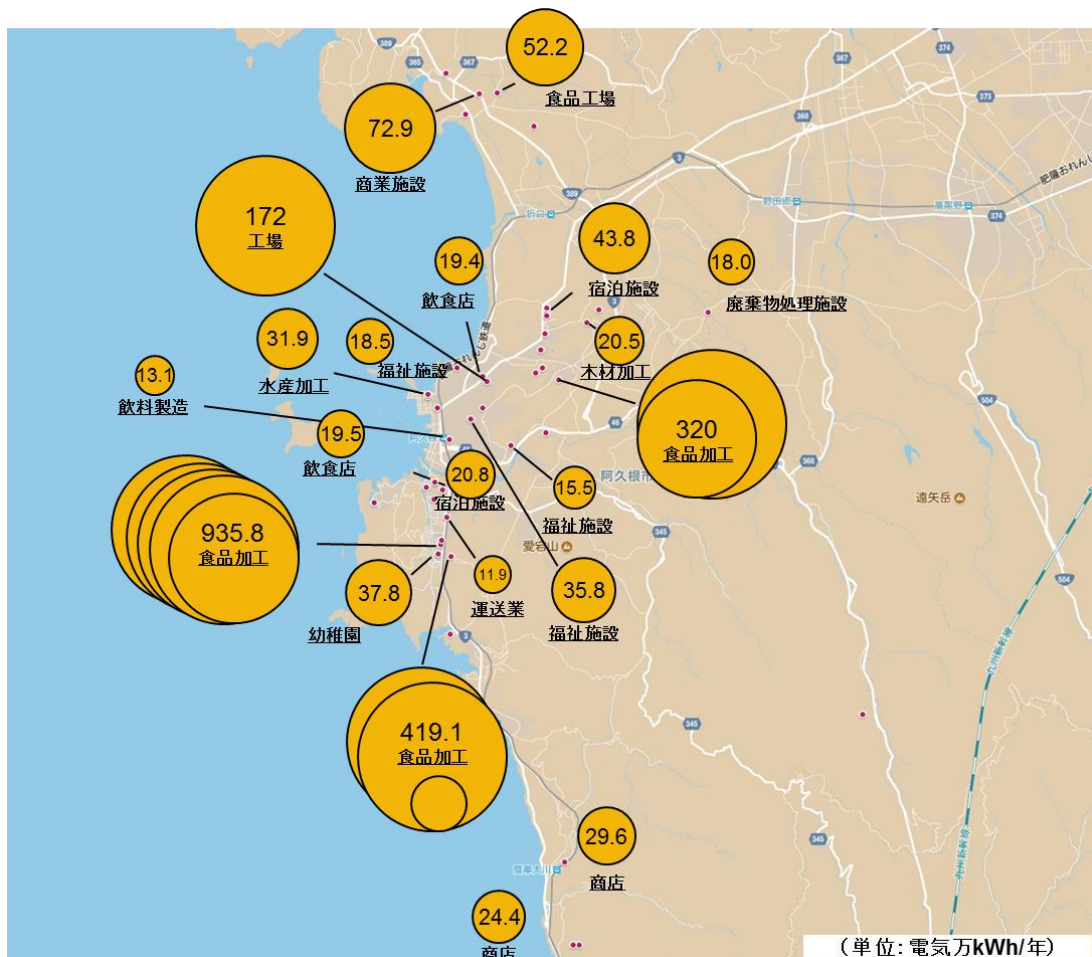


図 3-33 電気消費量マッピング

### ■ 想定熱需要マッピング

各施設の年間A重油、灯油、LPG、LNGのうち、熱利用と想定される分を合計し、A重油換算（kL/年）した。また、熱源設備規模の参考とするため、平均熱量を算出しカッコ内に表示した。

想定される熱需要についても、電気消費量と同様、市内中心部に固まる結果となった。

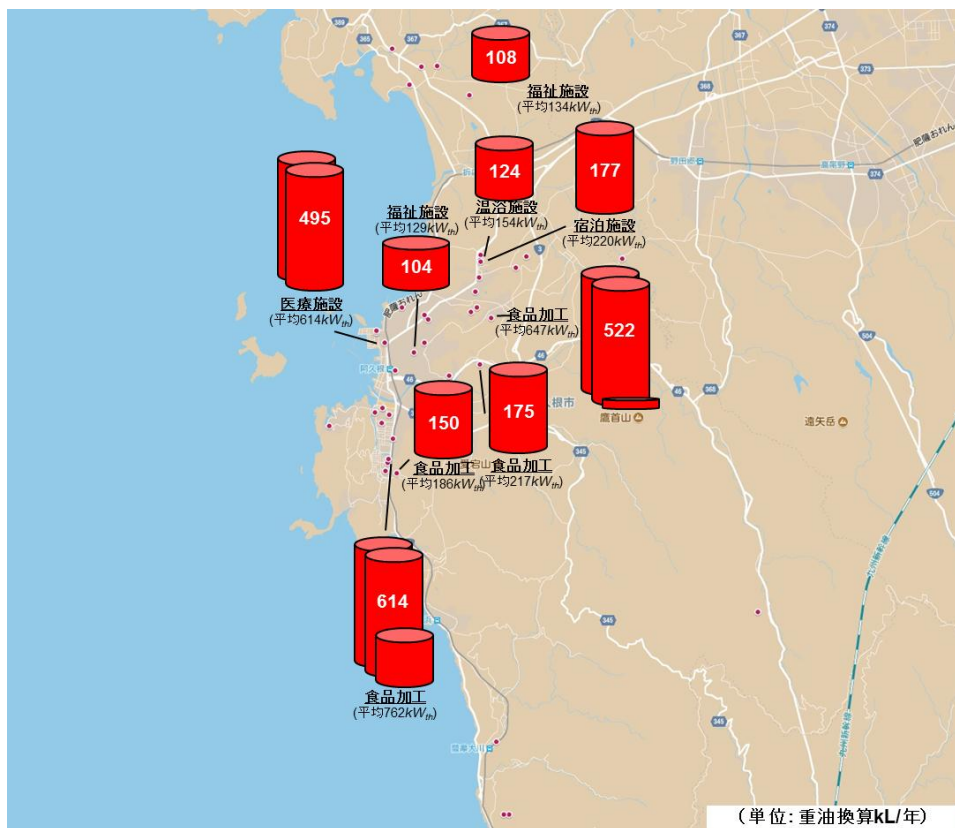


図 3-34 想定熱需要マッピング

今回のアンケートでは、一定数の事業者の協力が得られたが、市内全域のエネルギー消費を把握するにはやや情報が不足していると言わざるを得ない。精度をあげていくためには、今後もこういったアンケート調査を定期的に行い、市内のエネルギー消費の実態を探っていく必要がある。

## 5 消化液等残渣物の処理

### (1) 消化液等残渣物の処理方法

バイオガスプラントより残渣物として発生する消化液は肥料として活用することが可能である。しかし、一般の液肥と比べると濃度が薄く、発生する量も多いといった特徴もあり、散布に手間がかかる。農家の方に了承が得られないこともあるため、消化液を肥料として使うのではなく、排水処理等を行う事例もある。肥料として有効に活用することが求められる一方で、大量に発生する消化液はその処理がバイオガス事業の実現における大きな課題の1つである。この消化液処理の方法としては主に以下の3つの方法が考えられる。

表 3-11 消化液の処理方法

処理方法	詳細
I「加工後有効利用」	固液分離装置や堆肥化設備等を併設し、消化液をそのまま使うのではなく、適宜加工し、資源として有効に利用する。
II「直接肥料利用」	発生する消化液をそのままの形で肥料として利用する。
III「排水処理」	消化液を肥料として利用はせず、全量を排水処理設備にて処理を行う。

消化液を肥料等の形で利用する方法が、I「加工後有効利用」とII「直接肥料利用」である。プラントより排出される消化液をそのままの形で液肥として利用する方法がII「直接肥料利用」であるが、前述したとおり、消化液は大量に発生するため、適宜手を加えて利用の仕方を変えることが望ましい。その方法としては、固液分離装置を利用して液肥だけでなく、堆肥・再生敷料を製造する方法や、後述する窒素除去の過程で硫酸を製造する方法、熱を加えて濃縮する方法などが考えられる。このように消化液を加工した後に製造されたものをそれぞれ有効に活用する方法がI「加工後有効利用」である。I「加工後有効利用」およびII「直接肥料利用」の場合、排水処理設備をなくすことで費用負担を大幅に小さくすることができる。しかし、肥料として利用するためには耕種農家の協力が不可欠であり、事業開始当初などは全ての消化液を肥料として利用することが難しい場合も考えられる。その場合には産業廃棄物として外部に処理を委託する、原料の受け入れを絞る、河川放流・下水道放流できる程度に消化液を水で薄める、などの対応が必要となる。

III「排水処理」は排出される消化液の全量を排水処理設備にて公共用水域あるいは下水道に排出できる状態まで処理するというものであり、最も単純な処理方法といえる。この場合には、排水処理設備が必要となるものの、大きな消化液貯留槽や液肥の散布車等は不要となる。しかし、肥料として使える消化液を廃棄物として処理することになり、また排水処理には初期費用・維持管理費もかかるため、好ましい方法とはいえない。

消化液は肥効の高い肥料となることを考慮すると排水処理をしてしまうことは資源の有効利用という観点で望ましくない。また、一般に排水処理を行うと処理費用が高つくことから、経済的な観点においても消化液は液肥として利用することが望ましい。一方で大

量に発生する消化液をそのままの形で肥料として使うこともまた現実的ではない。本事業においては、第一に消化液を加工し、液肥や硫安等を製造して利用するⅠ「加工後有効利用」を採用することを検討し、これが難しい場合にはⅢ「排水処理」を採用することとして以下検討を進める。

## (2) 消化液等残渣物の有効利用方法

前述のⅠ「加工後有効利用」の場合、消化液は液体分・固形分・硫安分の最大3種類を得ることが可能である。以下にそれぞれについて利用方法を整理する。

### 1) 液体分の利用方法

液体分の利用方法としては原則、液肥として農地に散布することとなる。

本市において、液肥の散布候補となる作付面積が10haを超える主要な作物は以下の表のとおりである。

表 3-12 主要作物の作付面積<sup>39</sup>

作物種	作付面積 (ha)
水稻	289
甘藷	114
その他のかんきつ	108
その他の野菜	41
温州みかん	33
馬鈴薯	19

この主要作物のうち、柑橘類については農家へのヒアリングおよび圃場の確認を行った結果、大規模な液肥利用には不適であることが分かっている。圃場に液肥を散布するための車両が通るスペースがなく、散布する場合には小型の散布機を用いて人力で散布しなければならない。このことを踏まえ、本調査においては、散布が比較的容易で作物も明確である「水稻」「甘藷」「馬鈴薯」に対して液肥を散布することを検討する。

栽培暦に基づき、各作物に必要な肥料成分を表したものが以下の表である。なお、水稻の施肥量については、土作り以外の肥料を液肥で代替する場合に必要な量とした。

<sup>39</sup> 水稻：農林水産省（2016）「作物統計調査平成28年産市町村別データ」

その他：農林水産省（2015）「2015年農林業センサス 第1巻 都道府県別統計書」

表 3-13 1反あたり必要施肥量

作物種		施肥量 (kg/10a)		
		窒素	リン酸	カリ
水稲 <sup>40</sup>	基肥	5.2	7.2	8.0
	7月下旬頃	0.0	1.6	1.0
	追肥	1.7	0.0	1.7
甘藷 <sup>41</sup>		8.0	12.0	20.0
馬鈴薯 <sup>42</sup>		19.2	12.8	12.8

これらを元に、本市におけるそれぞれの年間施肥量を整理すると以下のようになる。液肥の散布については、この数値を元に以降シミュレーションを行う。

表 3-14 本市内全作付面積の必要施肥量

作物種	施肥量 (t/年)		
	窒素	リン酸	カリ
水稲	19.9	25.4	30.9
甘藷	9.1	13.7	22.8
馬鈴薯	3.6	2.4	2.4
合計	32.7	41.5	56.2

液肥を農地に散布する場合、液肥が河川へ流入することが懸念される場合がある。本件については、液肥が河川へ流入するのかどうかと、実際に流入した場合どのような影響が出るか、の2点を検討する必要がある。

まず、河川への流入が生じるか否かについては、液肥を農地に散布したまま放置すると、降雨などによって液肥成分が農地表面を流れて河川域に流入する可能性が考えられる。畑に散布する場合は、散布後に耕うんし、液肥を土中に浸透させることで、表面流出は防ぐことができる。一方、水田へ散布する場合については、水で十分に希釈されること、排水をすることがないので基本的に河川への影響はないと思われる。

ただし、土壌の許容量を超え表面流出や地下浸透を生じさせないように適正な施肥量を守り、降雨前後での施用を行わないなど、河川への流入を防止する運用方法を検討・確立していく必要がある。

他方、実際に流入した場合にどのような影響が出るかについては、一帯の河川の流量と液肥成分などから、排水基準の範囲内であるかどうかといった検証も可能である。もっとも、液肥成分は原料やプラント構成によって変わり、流入する成分も同時に散布する液肥

<sup>40</sup> 鹿児島いずみ農業協同組合（2017）「いずみのうまい米づくり」ヒノヒカリ例1

鹿児島いずみ農業協同組合（2017）「肥料一覧表」

<sup>41</sup> 鹿児島いずみ農業協同組合（2017）さつまいも栽培管理暦」

<sup>42</sup> 鹿児島いずみ農協三笠事業所バレイショ部会（2016）「三笠地区契約バレイショ栽培基準表」

の量や散布方法、梅雨時期と乾燥期、天候等の条件によっても変わってくるため、各条件が整ったうえで検証を始めることが有効である。今後、液肥散布試験などと並行して、次年度以降に検討・検証していくことが想定される。

## 2) 固形分の利用方法

消化液を固液分離することで固形分を得ることができるが、これは乾燥させることで、堆肥や敷料として利用することが可能である。

熊本県山鹿市にある山鹿市バイオマスセンターをはじめ、多くのバイオガスプラントで消化液の固形分を堆肥化した肥料が使われている。ただし、この堆肥は肥料として使うだけでなく、戻し堆肥敷料として使われることも多い。北海道別海町にある国内最大級のバイオガスプラントでは消化液の固形分を堆肥化したものを敷料として畜産農家に提供している。以下は別海町のバイオガスプラントにおける戻し堆肥敷料の評価である。

表 3-15 別海町における戻し堆肥敷料の評価<sup>43</sup>

		敷料	おが粉	麦稈	パーク	結果
吸水性	1位	乾燥再生敷料は、吸水性が高く、ふん尿等の水分を吸い取りやすい	3位	2位	4位	快適で衛生環境を維持しやすい
乾燥性	2位	乾燥再生敷料と麦稈は水分が蒸発しやすく、乾いた状態を保ちやすい	4位	1位	3位	快適で衛生環境を維持しやすい
傷つけにくさ	2位	オガ>乾燥再生敷料>パーク>麦稈の順で傷(摩擦傷)が付きにくい	4位	3位	1位	牛の体に傷ができると、炎症を起こすなどして健康状態が悪くなる
清潔性 (細菌増殖)	1位	55℃の高温発酵処理	2位	4位	3位	病原菌の持ち込み・増殖を防止して、乳房炎等の感染症を予防する

また、別の事例としては、北海道興部町では乳用牛の乳房炎予防効果が大きいとして、バイオガスプラント由来の戻し堆肥敷料が好まれている。固形分の乾燥の仕方にもよるが、戻し堆肥は吸水性が高く、高温処理がされているため、清潔であり、敷料として優れていると言える。

## 3) 硫安分の利用方法

後述するが、本調査にて検討したバイオガスプラントでは窒素分を除去する過程において、硫安の原料を得ることができる。この硫安は窒素分 8%であり、水分が 66%程度あることを除けば、市販の硫安とほぼ同等である。

液肥と異なり、硫安は一般的に利用されている肥料でもあるため、原料として肥料メーカーへと売却することが期待できる。

<sup>43</sup> 別海町バイオガスプラント視察時資料より抜粋

## 6 プラント設計

### (1) バイオガス発生量の推計

#### 1) 発酵試験

プラントの設計を行うにあたっては、バイオガスの発生量を把握することが重要である。本調査においては、以下の2種の原料について、発酵試験を実施した。

表 3-16 発酵試験の原料

		混合原料	豚糞尿
原料の内訳	豚糞	10.7%	50%
	豚尿	39.7%	50%
	生ごみ	4.0%	-
	肉牛糞	45.7%	-
原料の組成	含水率	79.6%	82.4%
	強熱減量	88.4%	86.7%

混合原料については、パターンBの利用量を想定したものであるが、サンプルの採取が困難なものがあり、一部の原料を使った試験にとどまった。特に浄化槽汚泥、し尿については、回収先の設備及び使用状況により性状のばらつきが大きく現状を反映できるサンプルを得るのは今回の調査では困難と判断した。一方で浄化槽汚泥、し尿を原料とする試験報告事例は非常に多く、文献情報を加味することでより実情に近い検討を行えると考えた。鶏糞（採卵鶏、ブロイラー）については、国内事例がないこともあり国内では試験環境が整っていないため、実績のある海外調査機関の協力を得て過去実績情報を踏まえて検討することとした。また、今回試験を行った原料についても発生元の諸般の事情や季節、天候の影響により多少に関わらずその成分や量の変動は発生する。事業化に向けては本調査の結果をもとに原料の絞り込み、原料の成分及び量の変動幅についての検討が課題と言える。

原料の割合については、パターンBの利用量において、発酵試験の対象となった原料種の割合と同等とした。

一方、豚糞尿単独の発酵試験はパターンCの利用量を想定した発酵試験である。

発酵試験における諸条件は以下のとおりである。

表 3-17 発酵試験の諸条件

メタン発酵槽の容量	3.5L
発酵温度	37.5°C±0.5°C
攪拌	常時攪拌
試験期間	試験はバイオガス発生速度が小さくなり、バイオガスの発生がほぼ認められなくなるまで実施。

上記条件のもと、発酵試験を行った結果が以下である。なお、詳細は添付資料4、添付資料5を参照。

表 3-18 発酵試験結果の概要

		混合原料	豚糞尿
メタンガス濃度		65.5%	63.3%
バイオガス 発生量	原料重量あたり	26.5Nm <sup>3</sup> /t	60.0Nm <sup>3</sup> /t
	固形物量あたり	129.9Nm <sup>3</sup> /t-TS	340.9 Nm <sup>3</sup> /t-TS
	有機物量あたり	146.9Nm <sup>3</sup> /t-VS	393.2 Nm <sup>3</sup> /t-VS
炭素分解率		15.9%	52.7%
消化液成分	N	4,700mg/L	9,802mg/L
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,525mg/L	13,116mg/L
	K <sub>2</sub> O	5,787mg/L	8,225mg/L

混合原料については、炭素分解率が15.9%と低く、バイオガスの発生量も非常に低い値となった。この原因としては、発酵試験に利用した肉牛糞尿が発生後1ヶ月以上経過した古いものであったためと考えられる。しかし、実際のプラント運用を想定した場合でも、肉牛の糞尿は敷料の交換時にしか牛舎から排出されないため、新鮮な肉牛糞尿を原料として利用することは困難であると考えられる。ただし、バイオガスプラントから発生する固形物を敷料として提供することなどができれば、畜産農家に敷料の交換頻度を高めてもらい、新鮮な糞尿を提供してもらえる可能性もあり得ると思われる。

一方の豚糞尿については、炭素分解率が50%を超え、バイオガスの量としても比較的良好な結果を得ることができた。

発酵試験を行った原料に関しては、本発酵試験の結果を用いて、バイオガスの発生量を推計する。



## 2) パターン毎のガス発生量

発酵試験の結果をもとにして、各パターンのガス発生量を推計した結果が以下である。なお、以下の図ではバイオガス中のメタンガスの量を表している。

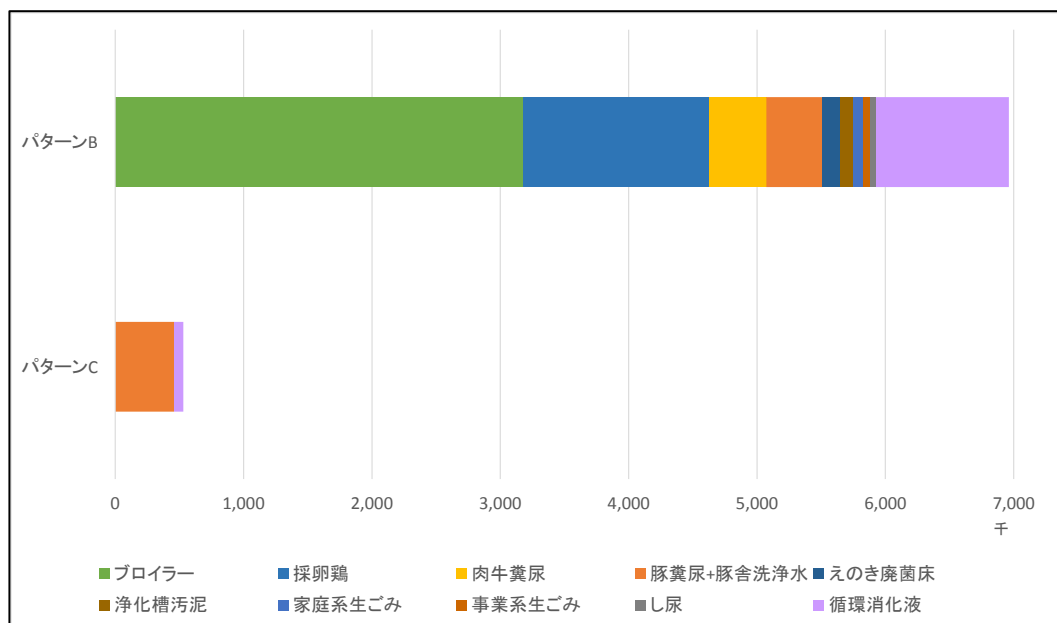


図 3-35 メタンガス発生量 (Nm<sup>3</sup>/年)

パターン B においては鶏糞由来のバイオガス発生量が全体の 66%を占める。鶏糞は含水率が少ないため、単位原料重量あたりのバイオガス発生量が非常に多い。一方で、肉牛糞尿は量としては多いが、前述したとおり、新鮮な状態で発酵させることが難しいため、バイオガスの発生量としては全体の 6%程度である。

一方、パターン C においては豚糞尿のみを原料としているが、原料の量が少ないため、ガスの量としてもパターン B の合計ガス量の 8%程度と少ない。

後述するが、本バイオガスプラントでは発生した消化液の一部を原料と混合する仕組みとしている。ガス発生量の由来のうち、「循環消化液」とはこの原料と混合した消化液を指す。消化液の中には発酵しきっていない成分が含まれており、これが再度時間をかけてメタン発酵を行うことで、ガスが発生する。

上記の推計したバイオガス発生量を用いて、パターン毎にバイオガスプラントの設計を行った。

## (2) バイオガスプラントの方針

### 1) 発酵方法

メタン発酵は温度と扱う原料の水分量により、それぞれ2つの発酵方式に分けられる。

まず、発酵温度により、メタン発酵は主に中温発酵と高温発酵に分けられる。それぞれの特徴を以下の表に示す。

表 3-19 中温発酵と高温発酵の特徴<sup>44</sup>

	中温発酵	高温発酵
発酵温度	約 35℃	約 55℃
有機物負荷	小さい	大きい
発酵期間	20～25 日	10～15 日
必要とするエネルギー	少ない	多い
アンモニア濃度の上限	～4,000ppm	～3,000ppm

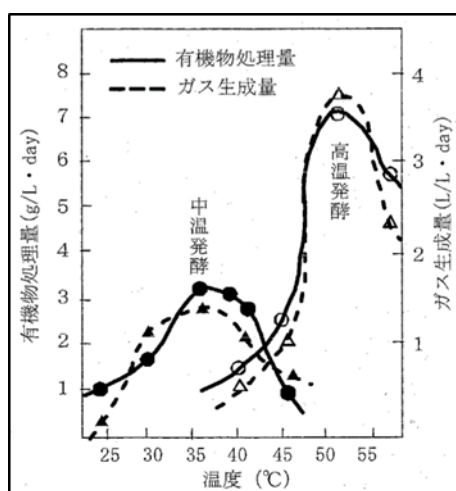


図 3-36 発酵温度と有機物負荷・バイオガス量の関係<sup>45</sup>

中温発酵は 35℃付近で活性化するメタン生成菌によりメタン発酵を行うものであり、高温発酵に比べて負荷変動やアンモニア阻害に強い。一方で有機物の分解速度は遅いため、発酵期間は長く、その分発酵槽の容量も大きくなる。これに対して高温発酵は、55℃付近で活性化するメタン生成菌によりメタン発酵を行うものであり、発酵期間が短く、発酵槽の容量を半分など小さくすることができる。高い有機物負荷にも対応でき、繊維質の分解も進むため発生するガス量も多くなる。しかし、中温発酵に比べて負荷変動やアンモニア阻害にやや敏感という特徴もある。導入されている国によっても違いがあり、ドイツでは中温発酵が一般的であるのに対して、デンマークでは高温発酵が一般的である。

<sup>44</sup> 環境省 (2008) 「メタンガス化 (生ゴミメタン) 施設整備マニュアル」

<sup>45</sup> 環境省 (2008) 「メタンガス化 (生ゴミメタン) 施設整備マニュアル」

本事業では、発酵槽を小さくすることができ、より効率のよい高温メタン発酵を選択する。高温メタン発酵ではアンモニア阻害に敏感という欠点もあるが、後述するアンモニア阻害対策の機器を導入することにより、対策をとる。

また、利用する原料の性状により、湿式メタン発酵と乾式メタン発酵に分けられる。湿式メタン発酵は固形物濃度がおよそ 10%以下のものを扱い、乾式メタン発酵では 25～40%程度のもを扱う。国内に現存するメタン発酵設備のほとんどが湿式メタン発酵設備であり、本事業においても、後述するアンモニア阻害対策のために加水を行うため、湿式メタン発酵を選択する。

## 2) アンモニア阻害対策

---

窒素分の多い原料を利用すると、メタン発酵の過程でアンモニアが発生し、これがメタン発酵を阻害してしまう。これをアンモニア阻害と呼ぶ。本市においては鶏糞の発生量が多く、特にパターン B においては原料として利用するものとしても鶏糞が多い。そのため、メタン発酵を行うにあたっては窒素濃度を下げる工夫が必要である。

窒素濃度を下げる技術として、アンモニアストリッピングがある。アンモニアストリッピングは、固形分を取り除いた消化液から、アンモニア分子を気体として飛ばすものである。原理としては、消化液を昇温してアンモニア気体の溶解度を減らし、スプレーまたは曝気などで空気との接触を増やす、または石灰などで pH をアルカリ性に寄せ、アンモニウムイオンと分子アンモニアの化学平衡を分子アンモニア側に寄せ、より遊離しやすくする場合もある。

気体として遊離したアンモニアは、酸と接触すると反応性が高いので、硫酸をスプレー状にかけ、硫酸アンモニウム(硫安)水溶液として回収する。硫安は尿素に次いで多く使われる代表的な窒素肥料である。水溶液のまま散布利用も可能だが、一般的な化学肥料の硫安は固形粒状で使われるため、量を取り扱うには、肥料会社へ原料として販売するのが第一の選択肢である。

鶏糞を原料として扱ったバイオガスプラントについて、国内では、山形県米沢市にて平成 19 年～平成 23 年に NEDO の実証事業が行われた例がある。この実証事業では鶏糞(採卵鶏)を主原料とした 5t/日処理のアンモニアを除去する設備を付帯したバイオガスプラントを製作している。本実証事業においては、アンモニアの除去に関して、加熱乾燥方式に投入されるエネルギー(灯油)が、全体のエネルギー収支を悪化していることなどが課題として挙げられている。

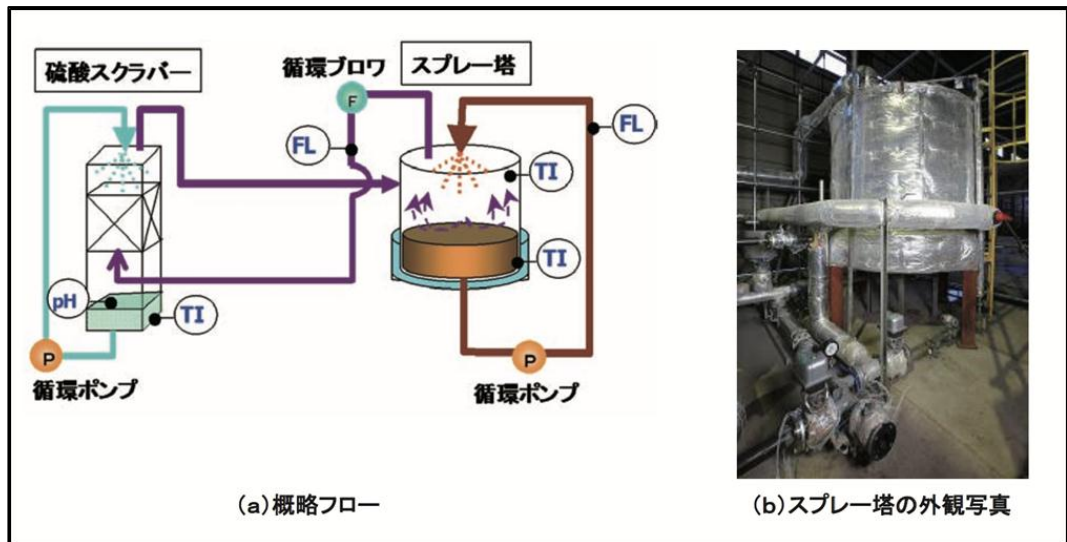


図 3-37 山形県米沢市における鶏糞アンモニア除去システム<sup>46</sup>

上記のように国内においては鶏糞を原料としたバイオガス事業の取り組みは実証実験があるのみであり、商用段階にある技術は存在しない。そこで本事業においては国内ではなく、海外の技術を導入することを検討する。

アンモニアストリッピングをバイオガス用途で商業的に実用化しているのは、オランダの Byosis 社の Byoflex である。反応温度と消費熱量、空気接触と電気消費量、pH 調整の必要性、硫酸の品質等で、実用的な運転条件を実現している。他社への技術提供もなされ、同技術はイタリアの BTS 社やデンマークの Xergi 社といったヨーロッパの大手バイオガスプラントメーカーからも商品提供されている。これまでの商用実績は数例だが、新設も進行中であり、数が増えている。

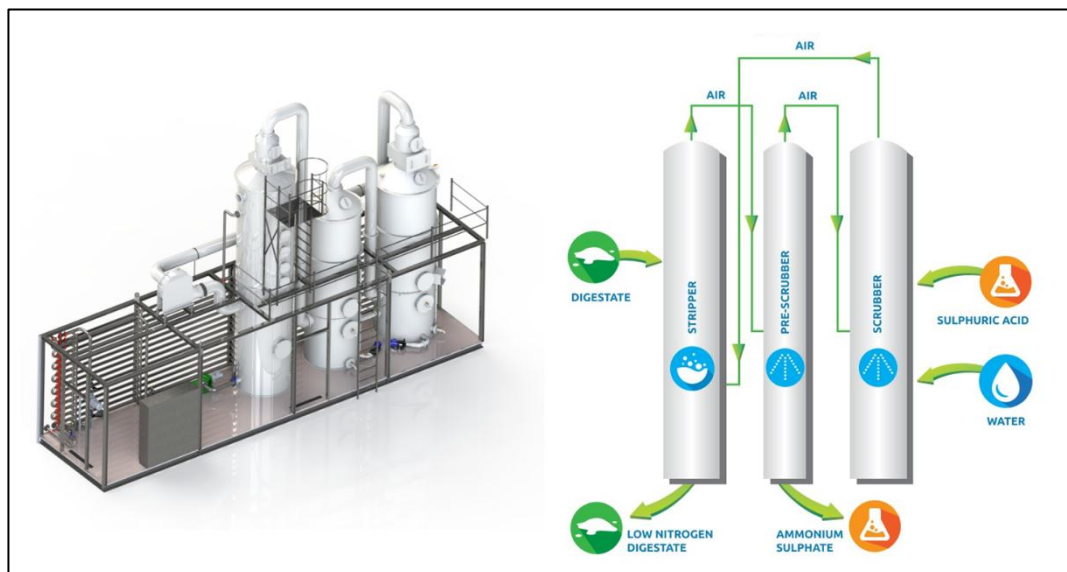


図 3-38 Byoflex の外観と仕組み<sup>47</sup>

<sup>46</sup> 株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス、佐藤千春「高窒素含有廃棄物に対応した無加水循環型メタン発酵システムを目指した脱アンモニアシステムの実用化研究」

また、設備による窒素を除去する方法のほか、メタン発酵菌をアンモニアに慣れさせるということも有効な方法である。事業開始当初は原料を調整し、アンモニア濃度が比較的低い状態に保ち、メタン発酵菌を働かせる。その後、徐々にあるべき原料の組成へと近づけることでメタン発酵菌がアンモニアに慣れ、多少高い濃度のアンモニアが存在する環境においてもメタン発酵を行うことができる。

### 3) バイオガスの利用方法

---

前述のとおり、バイオガスの利用方法としては、バイオメタン利用・発電利用・熱利用の3種類が考えられる。バイオメタンについては、国内事例の示す通り現状は事業構造的に実証試験段階にありで、将来的に期待される選択肢の一つともいえる。熱については本市において大きな需要がない。発電については系統連系に課題はあるものの、事業としての採算性を考えると最も可能性が高いものと考えられる。

したがって、本事業においては、バイオガспラントに発電機を導入し、バイオガスを発電に利用することを検討するものとする。

### 4) 消化液等の残渣物の利用方法

---

前述のとおり、消化液等の残渣物の処理方法としては、加工後有効利用・直接肥料利用・排水処理の3種類が考えられる。

本事業においてはパターンB・パターンCのいずれであっても、直接利用の形では液肥として本市内の農地で使い切ることができない。消化液の発生量が少ないパターンCの場合であっても、その消化液量は年間1万t以上発生し、その窒素濃度は約1.0%になると考えられる。前述したとおり、本市内の主要作物へ散布できる窒素量は年間29.1tしかなく、肥効率を50%としたとしても、発生する消化液の半分程度しか散布することができない。

次に排水処理についてだが、費用負担の観点から採用することは難しい。排水処理に要するランニングコストおよびイニシャルコストについて以下推定を行う。

京都府にある南丹市八木バイオエコロジーセンターでは発酵槽から発生する消化液のほとんどを排水処理している。本バイオガспラントにおける排水処理に要するランニングコストより、本市におけるバイオガспラントでの排水処理に要するランニングコストを推定する。

表 3-20 南丹市八木バイオエコロジーセンターの排水処理に関する概要<sup>48</sup>

排水処理設備より排出される水量	24,336m <sup>3</sup> /年
薬品代	45,000,000 円
発電量	1,095,000kWh/年
電力自給率	106%

排水処理に要するランニングコストとしてはその大部分を占めると考えられる薬品代と電気代を想定する。なお、消化液の量と排水処理設備より排出される水量が同量と仮定する。上記の表より、南丹市八木バイオエコロジーセンターでは処理する消化液量あたり1,849 円/m<sup>3</sup>の薬品代を要していることとなる。また、発電量と電力自給率より、南丹市八木バイオエコロジーセンターでの消費電力量は 1,004,587kWh/年と推定される。排水処理においては曝気を行い、大量の電力を消費するため、試算においてはプラント全体での消費電力量を排水処理に要しているものと仮定する。この仮定の下、南丹市八木バイオエコロジーセンターでは処理する消化液量あたり 41kWh/m<sup>3</sup>の電力を消費していると試算される。

以上より、本市におけるバイオガスプラントでの排水処理のランニングコストを推定すると以下となる。なお、電力単価は 11.44 円/kWh<sup>49</sup>とし、原料の投入量と消化液量は同等とする。

表 3-21 本バイオガスプラントでの排水処理のランニングコスト試算値

パターン	項目	金額
パターン B	薬品代	201 百万円/年
	電気代	51 百万円/年
	合計	253 百万円/年
パターン C	薬品代	23 百万円/年
	電気代	6 百万円/年
	合計	29 百万円/年

「持続的な污水处理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル」では、下水道の処理場建設費についての算定方法が以下のとおり記載されている。

$$C_T = 1468 \times Q_d^{0.49} \quad (Q_d < 300)$$

なお、 $C_T$  は処理場建設費（万円）、 $Q_d$  は日最大汚水量（m<sup>3</sup>/日）である。排水処理設備のイニシャルコストについては本算定方法を用いて推定を行う。本計算式より、本市におけるバイオガスプラントの排水処理設備に要するイニシャルコストを推定した結果が以下である。

<sup>48</sup> 山口ら（2012）「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」

<sup>49</sup> 九州電力株式会社 産業用電力 A（その他季）の価格

表 3-22 排水処理設備のイニシャルコスト試算値

	パターン B	パターン C
日汚水処理量	298m <sup>3</sup> /日	34m <sup>3</sup> /日
排水処理設備建設費	23,943 万円	8,284 万円

後述するが、年間売電収益はパターン B で 809 百万円、パターン C で 62 百万円である。パターン B では 30%以上、パターン C にいたっては 40%以上が排水処理の維持管理費に充てられることとなるため、排水処理を行った場合、事業としての採算性は厳しい。

したがって、本事業においては消化液を加工後有効利用するものとする。アンモニアストリッパーである Byoflex を用いて、消化液より窒素分を除去し、液体分を市内の主要作物にて使い切れるような形とする。窒素分を除去する過程で生じた硫酸分は市外で利用できるよう肥料メーカーに売却する想定とする。また、固液分離の過程で生じた固形分については、乾燥させて敷料とする想定とする。畜産農家からは敷料となるおが粉の価格が上がっていることが課題として挙げられていることから、敷料として固形分を安価に提供することができれば畜産農家の経営状況を改善することにつながる。

### (3) バイオガスプラントの構成

上記の原料、設計方針に基づき、設計した設備仕様の概要を以下に示す。また、本プラント構成における物質およびエネルギーの収支を表した詳細なフロー図については、添付資料 6 のとおりである。

表 3-23 バイオガスプラントの設備構成 (パターン B)

一次発酵槽	18,000m <sup>3</sup>
二次発酵槽	9,000m <sup>3</sup>
消化液貯留槽	14,000m <sup>3</sup>
アンモニアストリッパー (Byoflex)	4 台
発電機	2,800kW
計画処理量	298t/日

表 3-24 バイオガスプラントの設備構成 (パターン C)

一次発酵槽	800m <sup>3</sup>
二次発酵槽	1,500m <sup>3</sup>
消化液貯留槽	5,000m <sup>3</sup>
アンモニアストリッパー (Byoflex)	1 台
発電機	250kW
計画処理量	34t/日

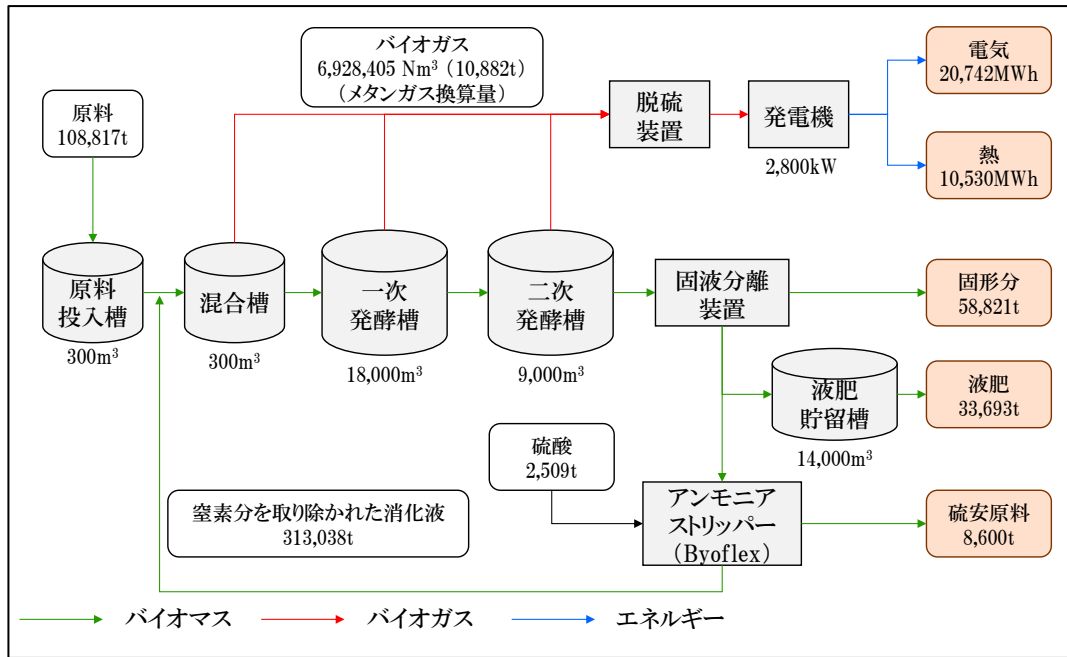


図 3-39 バイオガスプラントの簡易フロー図 (パターン B)

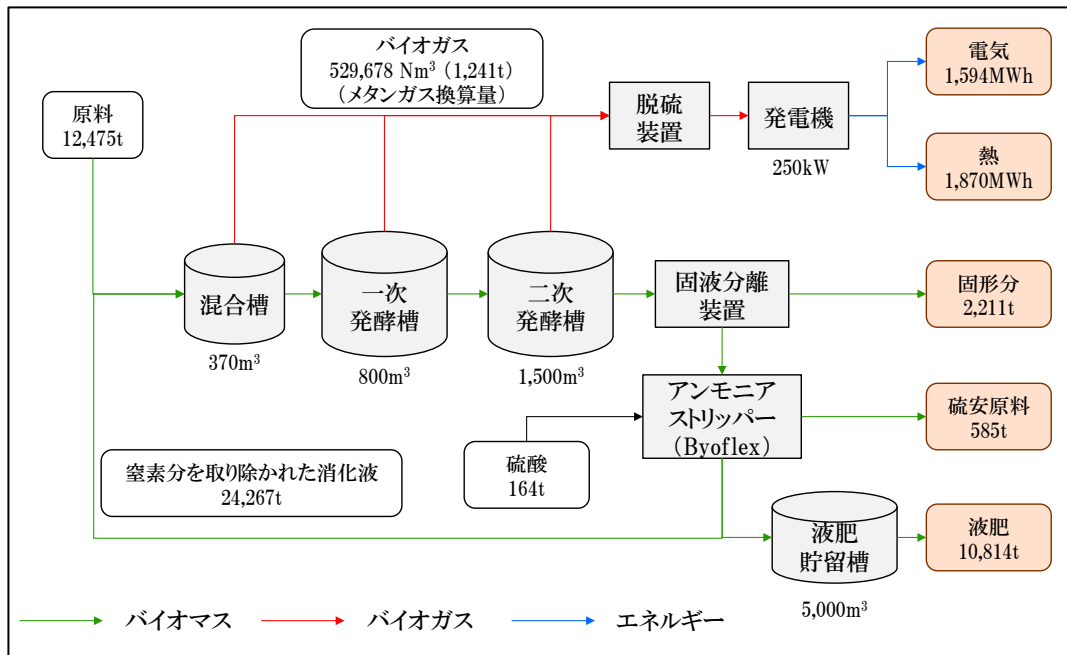


図 3-40 バイオガスプラントの簡易フロー図 (パターン C)



パターン B においては様々な種類の原料を扱うため、原料投入槽を設ける。その後のフローはパターン B、パターン C とともに同様であり、原料は投入された後、アンモニアストリッパーを通して窒素分が取り除かれた消化液と混合槽にて混ぜ合わされ、均一の状態となるように攪拌される。本事業に原料として利用されるバイオマス資源は窒素分が多い。しかし、上記のように窒素分が取り除かれた消化液と混合することで窒素分の濃度が薄まり、アンモニア阻害を起こすことなくメタン発酵を行うことができる。また、原料の投入口はバイオガスプラントにおいて唯一といってよい臭いの発生しやすい箇所であるため、建屋内に設置し、臭気除去装置を設置する。投入口のある建屋へトラックが近付くとシャッターが開き、中に入るとシャッターが閉まる。投入口の開閉は、シャッターを閉めた状態で行われ、臭気が外に解放されない。また、臭いを外に漏らさないためには、この投入口の清掃を欠かさないことも重要である。

混合された原料は一次発酵槽、二次発酵槽へと順次送られる。発酵槽では 50℃前後に保たれてメタン発酵が行われ、バイオガスが生成される。このバイオガスには腐食性のある硫化水素がわずかに含まれるため、脱硫装置により脱硫が行われる。硫化水素が取り除かれたバイオガスは発電機に送られ、その燃料として利用される。

一方、残渣物である消化液は固液分離装置にかけられ、固形分と液体分に分離させる。固形分については乾燥させることで堆肥や再生敷料として利用することが可能である。液体分はアンモニアストリッパーにより、窒素分が削減される。液体分の一部は液肥として利用し、残りは前述したとおり、混合槽にて原料と混合される。アンモニアストリッパーではアンモニアと硫酸と反応させることによって窒素分が固定され、硫酸アンモニウムとなる。これも乾燥させることで、代表的な窒素肥料の 1 つである硫酸アンモニウムと同等のものとなり、固形肥料として利用することができる。

このようにアンモニアストリッパーを利用することで、窒素分の多いバイオマス資源を原料として使用してもアンモニア阻害を起こすことなく、メタン発酵を行うことができる。また、消化液中の窒素分の一部を硫酸アンモニウムの形で利用しやすいものとし、消化液の窒素濃度を下げることで、市内の農地に散布しきれないという事態を避けることができる。

## 7 物流（原料および液肥）

### （1）プラント設置場所の可能性

#### 1) プラント設置場所の要件

---

バイオガスプラントの設置場所の検討を行うにあたり、プラント用地に求められる条件は次のとおりである。

##### ■ 敷地面積

搬入する原料の種類、量、搬入頻度、設備構成などにより必要とする敷地面積は異なる。ここでは、パターンBのプラント構成において必要となると考えられる敷地面積として約10,000 m<sup>2</sup>を基準に検討を行った。

##### ■ 周辺道路条件

バイオガスプラントには、原料の搬入車両、液肥の搬出車両など多くの大型自動車が入り出す。そのためにプラントへアクセスするための周辺道路において、車両が無理なくすれ違えるように十分に広い幅を有していることが求められる。

##### ■ 近隣からの理解

バイオガスプラントの原料は畜産糞尿や生ごみなどが主なものである。そのため、臭気を嫌う一般住宅や衛生的なイメージの確保が重要となる食品関連施設などが近隣にある用地の場合は、これら周辺からの理解を得るために大きな労力と時間を費やす場合が多い。

一方で、基本検討段階から臭気対策や衛生管理について十分に配慮して計画をすることで、おおき循環センターのように近隣からの理解を得られるバイオガスプラントを作り上げることも可能である。

##### ■ 地権調整

用地取得の容易さは、経済性および事業の早期実現のために重要な要素である。

##### ■ 液肥散布の容易さ

バイオガスプラントから製造される液肥は、市内の農地へ肥料としての散布を行う。そのため、農地へアクセスするための時間が少ないほど、液肥散布の効率が向上する。

##### ■ 配電線との距離

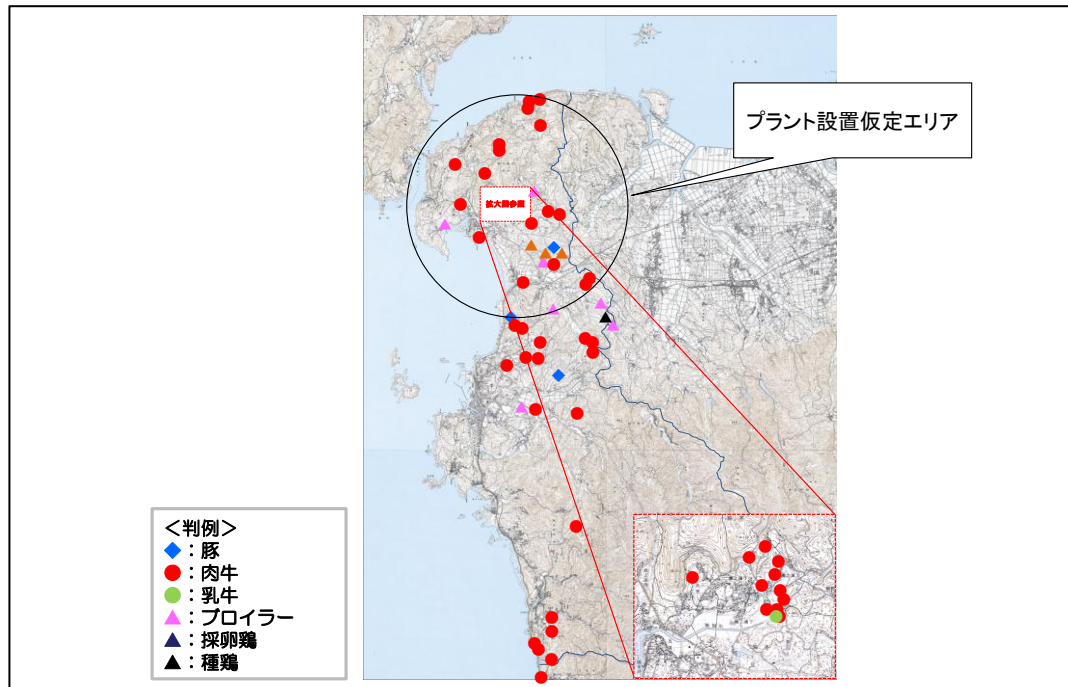
発電した電気を売るためには、バイオガスプラントの発電機から電力会社の配電線へと接続する必要がある。接続に要する費用として系統連系工事費負担金が必要となることは先に述べたとおりであるが、この金額は配電線との距離が短いほど小額になりやすい。したがって、経済的な観点からバイオガスプラントは配電線との距離が近い方が望ましい。

##### ■ 熱需要地との距離

熱を長距離輸送することは困難であるため、ガスエンジン排熱を利用する場合には熱需要が近隣にあることが望ましい。本市においては大きな熱需要がないため、熱利用を行わない方針としているが、熱利用を検討する際には、プラント設置場所にも注意する必要がある。

## 2) プラント設置場所の仮定

本市におけるバイオガスプラントは、主要原料である畜産糞尿の発生拠点が点在する本市北部に設置するものと仮定し、以下検討を行う。



### (2) 原料の収集

原料を収集する方法としては、事業者が回収する方法と排出者がプラントまで運んでくる方法の2つが考えられる。

事例として挙げた新潟県村上市の瀬波バイオマスエネルギープラントでは近隣の旅館等で発生する生ごみ等をバイオガス事業者が引き取りに行き、原料の収集を行っている。また、北海道の鹿追町では、牛糞を投入するためのコンテナが町内に設置されており、酪農家はコンテナに糞尿を投入し、町がそのコンテナを回収して回るという方式で運営されている。原料の収集を事業者が行う場合には廃棄物の運搬業の許可を得る必要があるが、排出者としては廃棄物の処理に関してはほぼ手間をかける必要がなくなるという点で大きなメリットがある。

一方の排出者による運搬が採用されている事例としては、山鹿市バイオマスセンターや南丹市八木バイオエコロジーセンター等があり、多くのプラントでこの方式が採用されている。自身がプラントまで運ぶ必要があるという点で排出者にとって負担ではあるが、排出者自身の都合のよいタイミングで処理ができ、排出者自身で運搬する場合には廃棄物の運搬業の許可も不要となるという点でメリットがある。また、そもそも廃棄物であり、そのほとんどは排出者がコストをかけて運搬・処理を行っていたことを考慮すると、排出者

側としての手間が大きく変わるものではないと考えられる。

本事業においては、排出者に原料をプラントまで持ってきてもらうことを想定する。ただし、原料の種類や排出者の状況によっては事業者が引き取りに行くことなども個別に調整が必要になる可能性もある。

### (3) 液肥散布

#### 1) 製造される液肥

本プラントにおいては、消化液を固液分離する構成としているため、液肥として活用するものは消化液を固液分離したあとの液体分である。前述したとおり、この液体分は全量液肥として活用することを検討する。発生する液肥の量と成分は以下のようにになると推計される。

表 3-25 液肥の諸源値

		パターン B	パターン C
発生量		33,693t/年	10,814t/年
固形分濃度		19.86%	2.6%
肥効成分	窒素	0.13%	0.32%
	リン酸	0.06%	0.13%
	カリ	0.76%	0.28%

なお、先進事例における液肥の成分は以下のようになっている。パターン C の液肥はこれらと比較して大きな違いはない。パターン B の液肥は本市内の農地に散布しきれるように窒素分を除去しているため、窒素濃度が低い。一方、カリについてはかなり高い濃度となっており、施肥設計においてはこれらの点にも留意する必要がある。

表 3-26 先進事例における液肥成分

プラント名	窒素	リン酸	カリ
山鹿市バイオマスセンター <sup>50</sup>	0.21 %	0.02 %	0.24 %
日田市バイオマス資源化センター <sup>51</sup>	0.29 %	0.01 %	0.11 %
おおき循環センター <sup>52</sup>	0.25 %	0.12 %	0.11 %

<sup>50</sup> 岩下 幸司, 岩田 将英「メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル」(1L=1kg と仮定)

<sup>51</sup> バイオマス資源化センター「バイオマス液肥循環の環」チラシ

<sup>52</sup> 大木町視察時配布資料

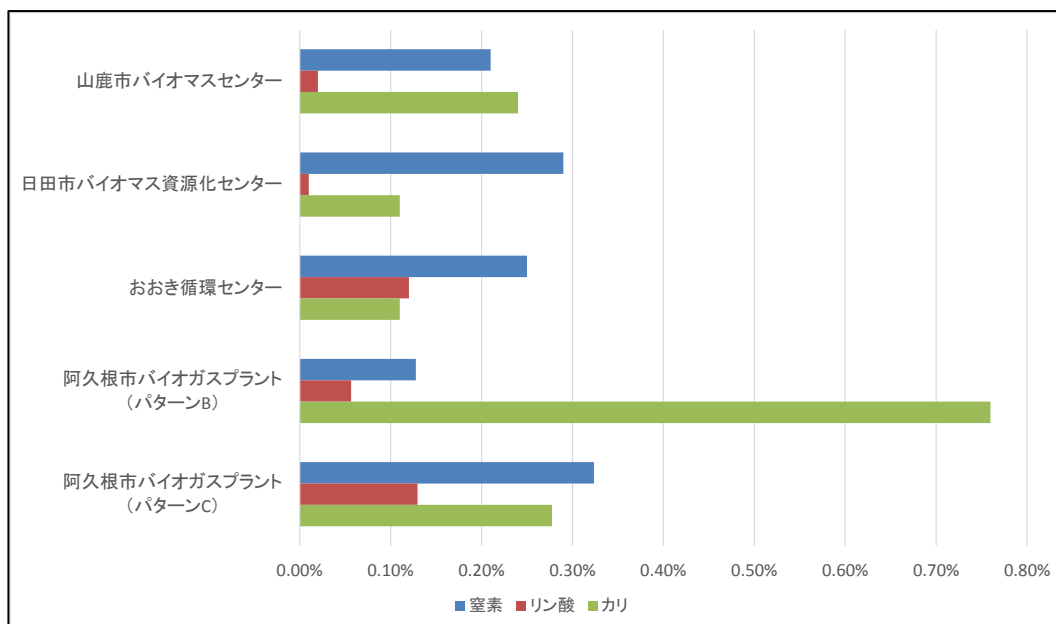


図 3-42 液肥成分の比較

## 2) 液肥散布ポテンシャル

施肥量と液肥の成分より、各作物に散布できる液肥の量を推計する。なお、窒素の肥効率は 50%とし、窒素分が過剰とならない量を散布できる量とした。また、パターン B の液肥は窒素の濃度が希薄であるために、窒素量を基準とした場合、単位面積あたりに散布する量がかかなり大きなものとなる。しかし、甘藷および馬鈴薯のような農地において、一度に大量の液肥を散布するとぬかるみにより農業機械での作業を行うことができなくなってしまふ。したがって、甘藷および馬鈴薯においては 10a あたり 7.5t を散布の上限として以下の推計を行うものとする。

表 3-27 液肥散布ポテンシャル

作物種		パターン B		パターン C	
		10a あたり 散布可能量	全作付面積に 対する 散布可能量	10a あたり 散布可能量	全作付面積に 対する 散布可能量
水稲	基肥	8.1t/10a	23,551t/年	3.2t/10a	9,286t/年
	7月下旬頃	0t/10a	0t/年	0t/10a	0t/年
	追肥	2.7t/10a	7,699t/年	1.1t/10a	3,036t/年
甘藷		7.5t/10a	8,550t/年	4.9t/10a	5,636t/年
馬鈴薯		7.1t/10a	1,425t/年	7.5t/10a	1,425t/年
合計		-	41,225t/年	-	19,383t/年

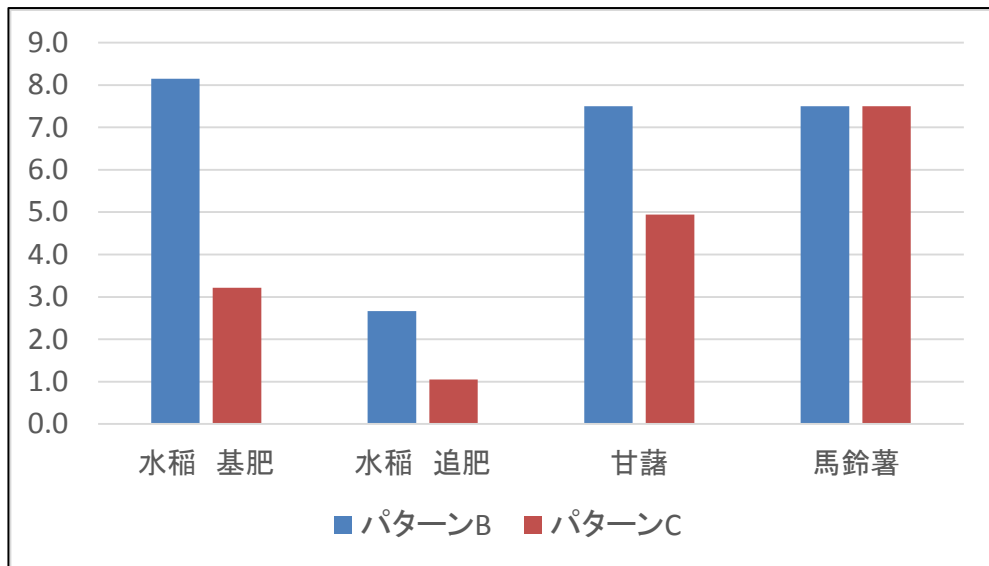


図 3-43 パターン毎の単位面積あたり散布可能量 (t/10a)

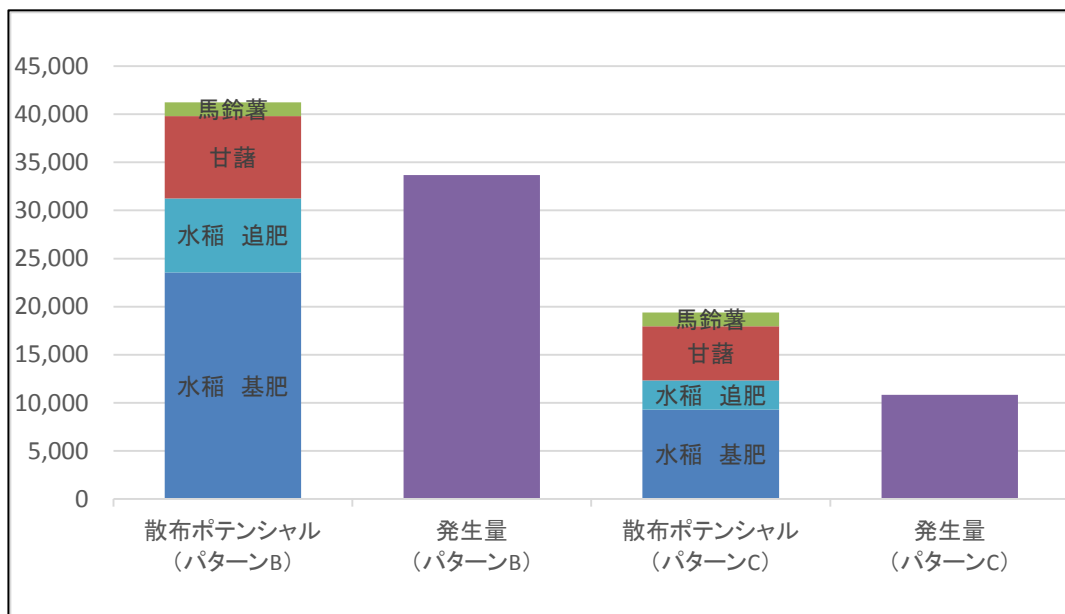


図 3-44 液肥散布ポテンシャルと発生量の比較

パターンBの方が液肥の窒素濃度が低いため、同一面積の農地に対してパターンCよりも多くの液肥を散布することになる。パターンB、パターンCのいずれの場合においても発生する液肥の全量を本市内の農地に散布することで消費できることが分かる。

本調査においては窒素を基準に散布量を算定したが、実際には液肥の利用について、実証実験を行い、最適な散布量を作物ごとに検討していく必要がある。実証試験の計画については後述する。

### 3) 液肥散布に要する設備

発生する消化液を液肥として農地に散布する場合には、固形肥料の散布と異なり、散布車を用いる必要がある。効率良く液肥を散布するためには、散布車だけでなく、液肥を散布車まで輸送するためのバキュームカーも組み合わせる方法が一般的である。以下の図に示したようにバキュームカーが散布車とプラントの間を行き来して、液肥散布車が常に散布を続けられるように液肥の輸送を行う。

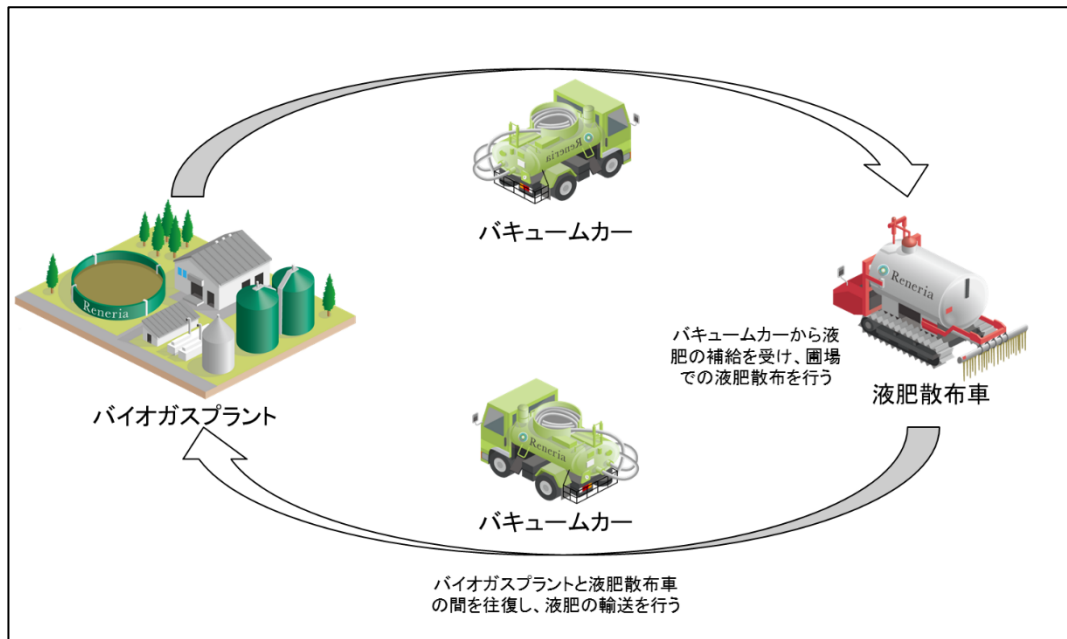


図 3-45 液肥輸送のイメージ

以下においては、この方法で液肥を散布する場合に要する各車両の台数を推計する。

#### ■ 液肥散布時期

各作物において肥料を必要とする時期はごく限られている。また、雨天に液肥の散布を行うことは困難であることを考慮して、散布できる日数を想定する必要がある。施肥時期において、降水量が 1mm 以上ある日<sup>53</sup>については施肥ができないものと想定すると、液肥散布対象とする作物の施肥時期・施肥可能日数は以下のとおりとなる。

表 3-28 作物別施肥可能日数

作物種		施肥時期	施肥可能日数
水稻	基肥	6月上旬～6月下旬	15日
	追肥	8月上旬	7日
甘藷		3月中旬～5月下旬	54日
馬鈴薯		12月下旬～1月上旬	33日

<sup>53</sup> 阿久根特別地域気象観測所における平成 25 年～平成 29 年の平均日数

上記の期間内に液肥を散布することができるように十分な台数のバキュームカー・散布車を用意する必要がある。

#### ■ 車両の容量

バキュームカーおよび散布車は大容量の方が車両の移動に要する時間を省けるため、効率が良い。北海道などでは10t車で散布を行う事例があり、海外においてはそれ以上に大容量の散布車を用いる事例もある。しかし、牧草地等に散布するのであれば、こうした大容量の散布車を使うことも可能と考えられるが、水田や畑では圃場の状態からして小型の散布車とせざるを得ない。大容量の散布車を使って散布した場合、水田や畑では圃場にはまって動けなくなるなどの弊害が考えられる。

一方、バキュームカーについては圃場に入る必要はないため、農道等の状況にもよるが、比較的大きな車両でも利用することが可能と考えられる。10tや20tといった大量の液肥を一度に輸送し、複数の散布車に液肥を供給する形態とすれば、輸送の手間を省き、用意するバキュームカーの台数を減らすことができる。ただし、バキュームカーを大型化し、台数を減らすと融通が利きにくくなるという欠点もある。まったく異なる場所にある複数の圃場に同時に散布したい場合などには、少数の大型バキュームカーよりも多数の小型バキュームカーであった方が割り振りしやすく、結果的に効率的な散布ができることも考えられる。

前述したおおき循環センターの事例では、3.5tの散布車2台と同規模のバキュームカー4台を利用している。本調査においてはおおき循環センターの事例を参考にし、液肥の輸送を行うバキュームカーと散布を行う散布車については、その容量を3.5tとして以降の推計を行うものとする。

#### ■ バキュームカーの輸送能力と散布車の散布能力

前述したとおり、液肥散布を効率良く行うためには、バキュームカーにより液肥の輸送を行うことで、液肥散布車の移動距離を最小とし、常に稼働させ続けることが重要である。そのために、散布車1台に対して、何台のバキュームカーが必要になるのかを、液肥貯留槽のあるバイオガスプラントから農地までの距離ごとに推計する。1台目のバキュームカーから液肥を積み込み、散布すべき圃場まで移動し、散布を行い、液肥を補給するために道路まで戻ってくる、という散布車の1サイクルの作業のうちに2台目のバキュームカーが圃場に到着していなければならない。液肥の積み込み、圃場内移動、液肥散布に要する時間については、沖縄でサトウキビの散布を行った事例を参考に算出する。



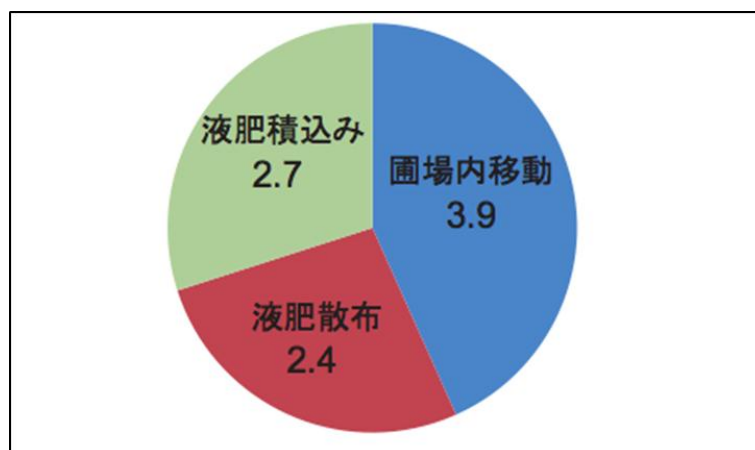


図 3-46 液肥 1.6t の散布に要する時間の内訳 (単位 : 分) <sup>54</sup>

参考とした事例では 1.6t の液肥を散布しているが、本調査においては 3.5t の散布車・バキュームカーを用いる。各所要時間は車両の積載容量に比例するものとして、液肥散布車における各作業の所要時間を推計した結果が以下である。

表 3-29 3.5t 散布車における作業に要する時間

液肥散布	5.3 分
散布車の圃場内移動	8.5 分
液肥積込時間	5.9 分
1 サイクルの所要時間	19.7 分

一方、バキュームカーについては、液肥貯留槽のあるプラントと液肥散布車がある圃場までの距離によって 1 サイクルの所要時間は異なる。移動に要する時間ごとのバキュームカーの 1 サイクルの所要時間を整理したものが以下の表である。

表 3-30 3.5t バキュームカーにおける作業に要する時間

プラントと圃場の片道所要時間	液肥積込時間		1 サイクルの所要時間
	バキュームカーから散布車	貯留槽からバキュームカー	
10 分	5.9 分	5.9 分	31.8 分
20 分	5.9 分	5.9 分	51.8 分
30 分	5.9 分	5.9 分	71.8 分
40 分	5.9 分	5.9 分	91.8 分
50 分	5.9 分	5.9 分	111.8 分

<sup>54</sup> 農研機構 (2015) 「地域バイオマス利活用マニュアル ver1」

これらを基に、液肥貯留槽のあるプラントから農地までの距離ごとに散布車 1 台に対して、何台のバキュームカーが必要となるかを推計した結果が以下の表である。なお、必要となるバキュームカーの台数はバキュームカーが 1 サイクルに要する時間を散布車が 1 サイクルに要する時間で除した値を切り上げて算出した。

表 3-31 1 台の散布車に対して必要となるバキュームカーの台数

プラントと圃場の 片道所要時間	必要となる バキュームカーの台数
10 分	2 台
20 分	3 台
30 分	4 台
40 分	5 台
50 分	6 台

上記のとおり、液肥貯留槽より散布先農地が 10 分離れるごとに 1 台のバキュームカーを追加で用意する必要があることが分かる。

また、散布車の 1 サイクルに要する時間が約 20 分であることから、1 日の作業時間を 8 時間とすると、24 サイクル行うことができることとなり、その液肥散布量は 84t と推計される。

#### ■ 農地の分布

前述したとおり、液肥貯留槽のあるバイオガスプラントから圃場までの距離により、必要となるバキュームカーの台数が異なる。そのため、各作物の農地がバイオガスプラントからどれだけ離れた距離にあるのかを整理する。

本調査においては、バイオガスプラントからの距離ごとに水田全体のうち、どの程度の割合が分布しているかを以下のとおり仮定した。なお、馬鈴薯および甘藷についても水田と同じように分布しているものと仮定した。

表 3-32 バイオガスプラントからの所要時間ごとの農地分布

プラントと圃場の 片道所要時間	割合	作付面積		
		水稻	甘藷	馬鈴薯
10 分	0%	0ha	0ha	0ha
20 分	10%	29ha	11ha	2ha
30 分	50%	145ha	57ha	10ha
40 分	35%	101ha	40ha	7ha
50 分	5%	14ha	6ha	1ha

### ■ 必要となる車両台数

作物毎の液肥散布可能量、施肥時期、距離に応じた散布車 1 台あたりに必要となるバキュームカー台数、そしてプラント設置場所からの所要時間ごとの農地分布の 4 種類の情報をもとに、必要となる車両台数を推計する。なお、推計にあたっては発生する液肥の全量を利用し、かつバキュームカーの台数が最小となるように散布する作物、散布量を決定した。

推計の結果、原料の利用パターン毎に以下の作物を対象として、液肥を散布すればよいことが分かった。

表 3-33 液肥散布対象農地面積 (パターン B)

プラントと圃場の 片道所要時間	水稻(基肥)	水稻(追肥)	甘藷	馬鈴薯
10 分	0ha (0%)	0ha (0%)	0ha (0%)	0ha (0%)
20 分	29ha (100%)	29ha (100%)	11ha (100%)	2ha (100%)
30 分	145ha (100%)	145ha (100%)	57ha (100%)	10ha (100%)
40 分	30ha (30%)	96ha (95%)	40ha (100%)	7ha (100%)
50 分	0ha (0%)	0ha (0%)	6ha (100%)	1ha (100%)

表 3-34 液肥散布対象農地面積 (パターン C)

プラントと圃場の 片道所要時間	水稻(基肥)	水稻(追肥)	甘藷	馬鈴薯
10 分	0ha (0%)	0ha (0%)	0ha (0%)	0ha (0%)
20 分	29ha (100%)	29ha (100%)	11ha (100%)	2ha (100%)
30 分	51ha (35%)	87ha (60%)	57ha (100%)	10ha (100%)
40 分	0ha (0%)	0ha (0%)	40ha (100%)	7ha (100%)
50 分	0ha (0%)	0ha (0%)	6ha (100%)	1ha (100%)

なお、上記において、() 内の数字は当該距離にある農地に対する割合である。

甘藷・馬鈴薯は施肥を行う期間が長く、少ない車両台数でも多くの農地に散布が可能である。したがって、まず甘藷・馬鈴薯への散布を積極的に行うことが望ましい。水稻は基肥・追肥ともに施肥期間が短く、液肥量と台数の関係より、上の表のように一部に散布することで必要となる車両台数が最小化される。

時期別の散布車およびバキュームカーの必要台数を示したものが以下の図である。

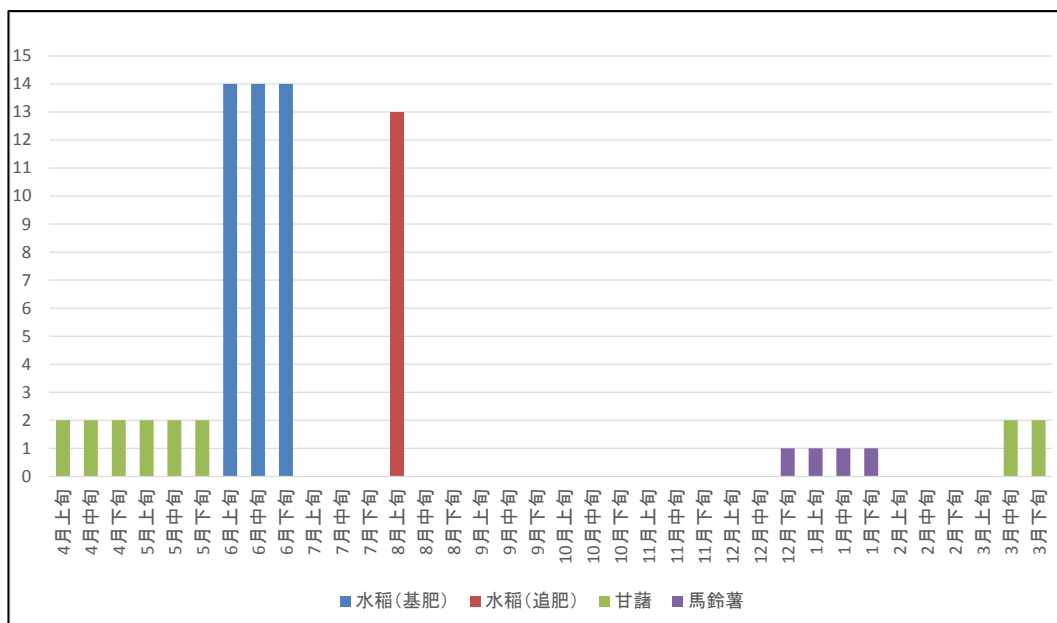


図 3-47 時期別散布車必要台数 (パターンB)

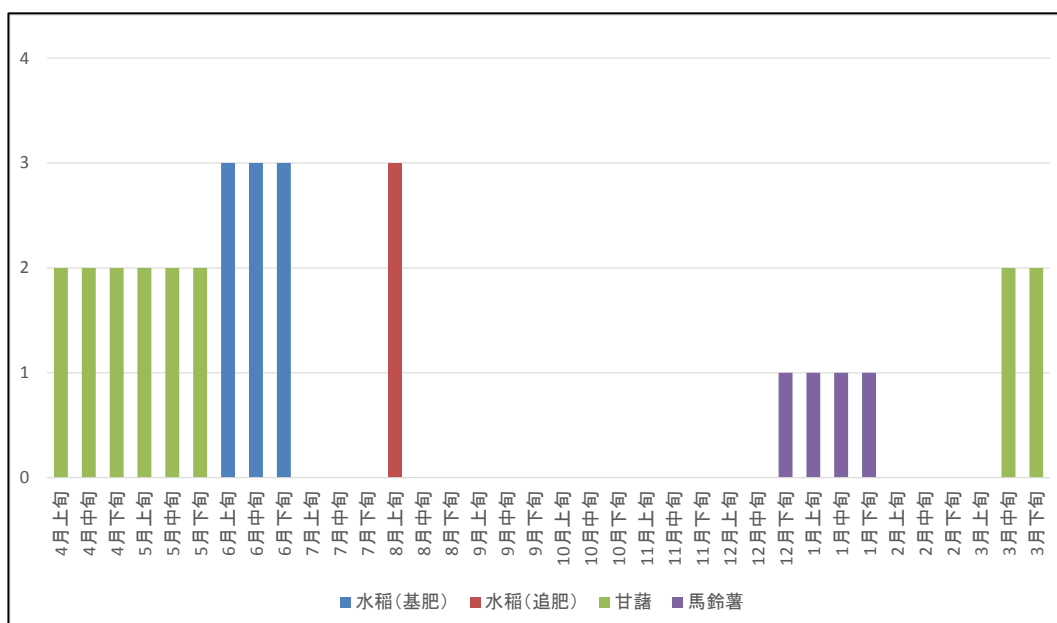


図 3-48 時期別散布車必要台数 (パターンC)

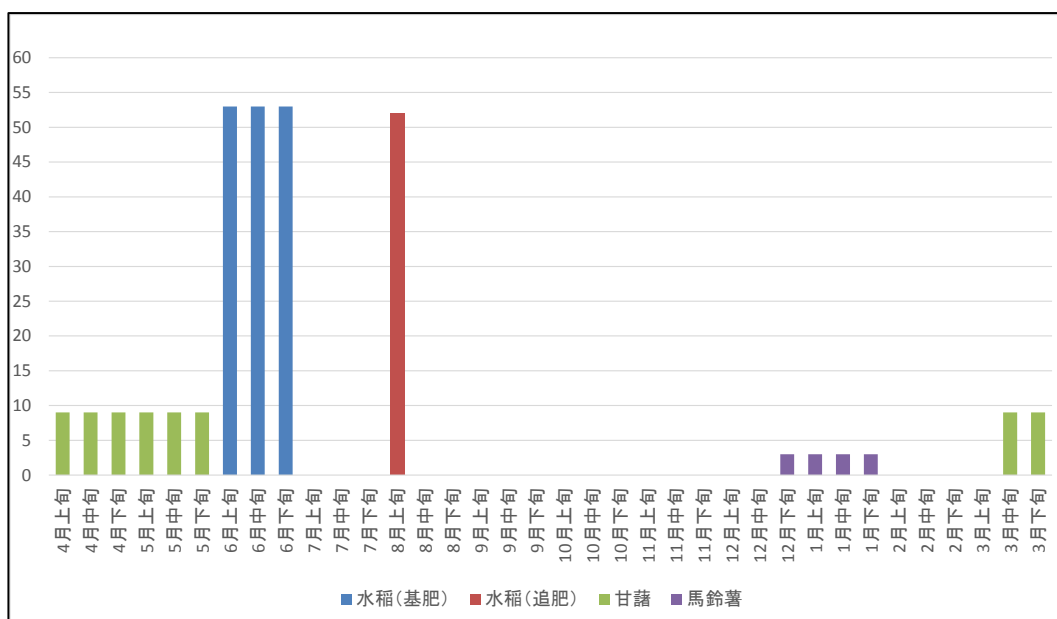


図 3-49 時期別バキュームカー必要台数 (パターン B)

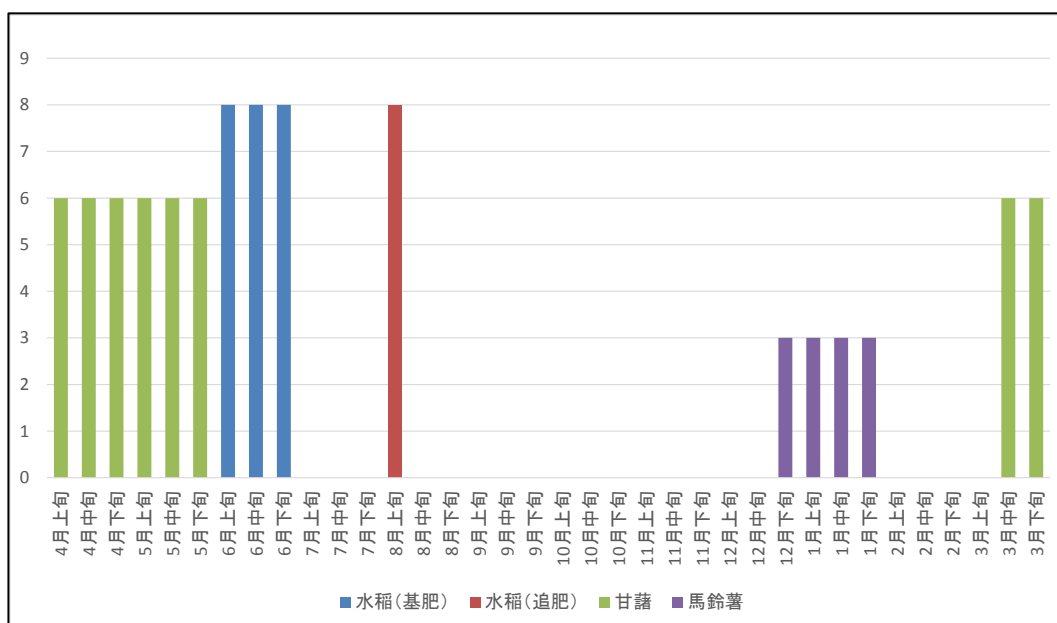


図 3-50 時期別バキュームカー必要台数 (パターン C)

用意すべき車両の台数は1年間のうち必要となる車両台数の最大値である。したがって、パターンごとの必要となる車両台数は以下の表のようになる。

表 3-35 必要車両台数

	パターン B	パターン C
散布車	14 台	3 台
バキュームカー	53 台	8 台

#### 4) 液肥散布に要する費用

以下では液肥散布に要する費用の推計を行う。

まず、液肥散布を行うために必要となる散布車・バキュームカーについての設備投資額は以下のように算出した。車両の単価については大木町へのヒアリングに基づく金額である。また、車両の台数については液肥散布車・バキュームカーともに予備として1台ずつ前述の台数の推計値に追加するものとする。なお、価格については税抜の金額であり、特に記載がない場合、以降金額の表記は全て税抜とする。

表 3-36 液肥散布に要する設備投資 (パターン B)

	散布車	バキュームカー
購入台数	15 台	54 台
単価	12,492 千円/年	7,948 千円/年
投資額	187,394 千円/年	429,193 千円/年

表 3-37 液肥散布に要する設備投資 (パターン C)

	散布車	バキュームカー
購入台数	4 台	9 台
単価	12,492 千円/年	7,948 千円/年
投資額	49,972 千円/年	71,532 千円/年

次に散布車およびバキュームカーの作業員に支払う費用だが、散布車については不整地運搬の資格等が必要であるため、15,000 円/人日とし、バキュームカーについては12,000 円/人日とする。作業工数については、各車両の予備を除く必要台数に散布日数を乗じることで算出した。

表 3-38 液肥散布に要する人件費

		パターン B	パターン C
散布車	作業工数	409 人日/年	174 人日/年
	単価	15,000 円/人日	15,000 円/人日
	小計	6,135 千円/年	2,610 千円/年
バキュームカー	作業工数	1,645 人日/年	500 人日/年
	単価	12,000 円/人日	12,000 円/人日
	小計	19,740 千円/年	6,000 千円/年
合計額		25,875 千円/年	8,610 千円/年

車両のメンテナンス費用については車両の単価同様、大木町へのヒアリングに基づき、散布車 1 台あたり 83,720 円/年、バキュームカー 1 台あたり 315,000 円/年とし、購入台数を乗じることで算出した。

表 3-39 車両のメンテナンス費用 (パターン B)

	散布車	バキュームカー
購入台数	15 台	54 台
単価	83,720 円/年	315,000 円/年
年間費用	1,255,800 円/年	17,010,000 円/年

表 3-40 車両のメンテナンス費用 (パターン C)

	散布車	バキュームカー
購入台数	4 台	9 台
単価	83,720 円/年	315,000 円/年
年間費用	334,880 円/年	2,835,000 円/年

燃料費については、単価を鹿児島県における過去 5 年間の平均軽油価格である 129 円/L<sup>55</sup>とし、液肥散布車、バキュームカーともに 1 台の 1 日あたりの燃料消費量を 30L として推計した。

表 3-41 液肥散布に要する燃料費

	パターン B	パターン C
軽油消費量	30L/台日	30L/台日
車両使用日数	2,054 台日/年	674 台日/年
年間軽油消費量	61,620L/年	20,220L/年
軽油単価	129 円/L	129 円/L
燃料費	7,949 千円/年	2,608 千円/年

また、散布車はキャタピラ車であり、圃場間の移動を自力で行うことができない。この移動については大木町の事例にならい、回送委託を行うものとする。水稻、馬鈴薯、甘藷それぞれの施肥において、予備を除く必要となる散布車が 1 台につき 4 回の回送委託が必要となるものとした。なお、回送委託費については大木町へのヒアリングに基づく。

<sup>55</sup> 経済産業省資源エネルギー庁「石油製品価格調査 1.給油所小売価格調査」鹿児島における 2013 年 1 月 7 日～2017 年 12 月 25 日の各調査日における価格の平均値

表 3-42 散布車の回送委託費

	パターン B	パターン C
委託回数	120 回/年	36 回/年
委託費の単価	146,000 円/回	146,000 円/回
委託費	17,520 円/年	5,256,000 円/年

以上より、液肥の輸送・散布に要するイニシャルコストとランニングコストをまとめると以下の表のようになる。

表 3-43 液肥散布に要するイニシャルコストとランニングコスト

		パターン B	パターン C
イニシャルコスト		616,586 千円	121,503 千円
ランニングコスト	人件費	25,875 千円/年	8,610 千円/年
	燃料費	7,949 千円/年	2,608 千円/年
	車両メンテナンス費	18,266 千円/年	3,170 千円/年
	回送委託費	17,520 千円/年	5,256 千円/年
	合計	69,610 千円/年	19,644 千円/年

また、液肥 1t あたりに要する年間の費用としては、パターン B においては 3,896 円/t、パターン C では 2,940 円/t となる。パターン B は水稻に対する施肥のために多くの車両を要する。そのためにパターン C よりも液費の従量あたりの金額が高くなっている。

### 5) 液肥散布における留意事項

消化液を液肥として農地に散布する際には周辺の環境に配慮が必要である。メタン発酵の過程で消化液の臭いはほぼ無くなるが、全く臭いがしないわけでもない。周辺に住居がある場合には風向き等によっては散布時に住民へ不快な思いを抱かせる可能性がある。大木町では対策として、液肥散布の数日前に周辺の住民に告知を行うようにしており、液肥が散布される当日には当該住民は洗濯物を外に干さないなどの対応をしている。

### 6) 散布方法の工夫

液肥をより効率良く散布できる可能性として、窒素分の除去や液肥の濃縮、プラント外貯留槽の設置が考えられる。以下それぞれの方法について整理する。

#### ■ 窒素分の除去

液肥中の窒素濃度が下がれば、散布時に栄養過多となる恐れが低減し、単位面積あたりに散布することのできる液肥の量が増加する。このようにすることでバイオガスプラントの近くにある農地に限って散布を行うことが可能となる。

本バイオガスプラントにおいては、窒素分を除去するために Byoflex を導入している。



このByoflexの導入台数を増やしたり、稼動条件を変更することで、より多くの窒素分を取り除くことが可能である。消化液から取り除いた窒素分は硫酸の原料となるため、本場外に運搬し、利用することも十分に可能である。

上記の推計においては液肥を市内の農地への散布で消費しきることができているが、実態としては全対象農家が協力してくれるとは限らない。また、実際に原料として使う廃棄物によっては消化液の濃度等が変わりうることもあり得る。そういった条件が変わった場合には、窒素分の除去について再度検討することが有効となる可能性がある。

#### ■ 液肥の濃縮

バイオガスプラントで生産される液肥は一般的に販売されている液肥と比較して、その肥効成分の濃度が1/10以下と希薄なものとなっている。そのため、農地には大量の液肥を散布する必要があり、これが作業上負担となってしまう。この問題の解決策の1つとして液肥の濃縮が考えられる。

液肥を濃縮するためには単純に発電機の廃熱を利用する方法も考えられるが、「自己熱再生」という技術を利用することが考えられる。自己熱再生とは従来のプロセスでは、燃料を燃焼させて熱を発生させ、加熱していたのに対して、一切加熱することなく自己熱を循環利用する省エネルギーなプロセス設計理論のことである。本技術を用いることにより、燃焼加熱に比べてエネルギー消費を1/5～1/20に削減できるとされている。平成24年には新日鉄エンジニアリングと東京大学がバイオエタノール蒸留プロセスの設計に自己熱再生理論を導入し、実証試験によって従来の蒸留プロセスで消費するエネルギーを約85%削減できることを確認している。



図 3-51 新日鉄エンジニアリング北九州環境技術センター内自己熱再生実証実験装置<sup>56</sup>

<sup>56</sup> 東京大学 HP <[http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01\\_240202\\_j.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_240202_j.html)>

また、本技術は液肥の濃縮だけでなく、固液分離後の固形分の乾燥や硫酸原料の乾燥にも活用できる技術である。

#### ■ プラント外貯留槽の設置

液肥貯留槽はバイオガスプラントに隣接して設置するケースが多いが、液肥散布時のことを考え、農地の側に設置することも考えられる。前述したとおり、施肥できる時期は非常に限られており、その期間に農地の遠くから液肥を輸送することは効率的とはいえない。施肥を行わない時期などに空いているバキュームカーを使い、プラントから農地の側に設置した貯留槽に液肥を運び、施肥時期にはその貯留槽から液肥を運ぶことで効率的に散布を行うことが可能となる。

プラント外貯留槽を設置した場合、バキュームカーを使って液肥を運ぶ労力の総量としては増加することになるが、その負荷を平準化することができるため、作業者の通年雇用につながる。また、施肥時期における液肥輸送が省力化されるため、必要となるバキュームカーの台数を減らすことができる。

なお、プラント外貯留槽を設ける場合には1度に大量の液肥を輸送することのできるように、大型のバキュームカーの導入も合わせて検討することが望ましい。

## 8 関係法令

### (1) 関係法令の概要

バイオガス事業を行う上で特に注意すべき法令としては、以下の表のようなものがある。なお、農地法や文化財保護法、道路法など、バイオガス事業に関わらず開発一般で注意すべき法令についてはここでは省略する。

表 3-44 バイオガス事業において注意すべき法令

法令	概要
廃棄物処理法	プラントの原料が廃棄物である場合には処理業の許可や処理施設の設置許可を得る必要がある。
家畜排せつ物法	家畜排せつ物を原料とする場合には、処理施設として管理基準に則った設備設計・管理を行う必要がある。
悪臭防止法	本市が定める臭気指数の規制基準を守る必要がある。
大気汚染防止法	ばい煙発生施設に該当する場合には施設設置の 60 日前までに県に届出を行い、規制基準を守る必要がある。
水質汚濁防止法	公共用水域に排水を行う場合、排水基準を遵守する必要がある。また、指定物質を扱う場合には県に届け出が必要となる。
肥料取締法	製造した肥料を他者に販売・譲渡する場合には、特殊肥料としての届出あるいは普通肥料としての登録が必要となる。
電気事業法	保安規定を規定し、電気主任技術者を選任し、国に届け出る必要がある。
ガス事業法	準用事業者としての届出が必要となる。また、プラント外に 500m 以上のガス導管を有する場合にはガス主任技術者の選任が必要となる。

### (2) 廃棄物処理法

廃棄物処理法は廃棄物の排出抑制、適正な分別・保管・収集・運搬・再生・処分等の処理により、生活環境を保全することを目的として定められたものである。各バイオマス資源を「廃棄物」として処理する場合には廃棄物処理法に則った形での処理が求められる。ただし、プラントに投入する原料が廃棄物処理法上、「廃棄物」ではなく「有価物」と見なされる場合はこの限りではない。

本事業においては、有価物としてバイオガス事業者が購入しない限り、畜産糞尿および事業系生ごみの一部は産業廃棄物、その他は一般廃棄物に該当すると考えられる。廃棄物をバイオガスの原料として処理するためには廃棄物処理業の許可を得る必要がある。

また、廃棄物を排出者がプラントに運ぶ分には問題ないが、他者が運ぶ場合には運搬業の許可が必要となる。

さらに 5t/日以上のご家庭系生ごみやし尿等を原料として扱うパターン B においては、バイオガスプラントについて一般廃棄物処理施設として設置許可を得る必要がある。

### (3) 家畜排せつ物法

家畜排せつ物法では、畜産を営む者は、管理基準に従い、家畜排せつ物を管理しなければならないとされている。家畜排せつ物をバイオガスプラントの原料とする場合には、畜産の側から見て、管理方法の 1 つとして考えられるため、家畜排せつ物法に準拠した形での処理が求められると考えられる。家畜排せつ物法の管理基準では、地下浸透しないように囲われた施設で処理・保管を行うことや、当該施設のメンテナンスを適切に行うことなどが定められている。これらのことはバイオガス事業を行う以上、当然行われるべきものであるが、家畜排せつ物法の観点でも適切な設備設計・管理が求められる。

### (4) 悪臭防止法

悪臭防止法では、22 種類の特定悪臭物質の濃度と臭気指数について規制がされるが、本市においては特定悪臭物質の濃度による規制が定められている。本市における規制基準は添付資料 7 のとおりである。

本事業におけるバイオガスプラントの設置場所として想定した場所は規制地域の外側にあるため、規制基準は B 地域のものが適用されることとなる。

バイオガスプラントにおいては発酵過程が密閉されているため、臭気が外部に漏れることはなく、発酵後の残渣も臭気はさほどないが、原料によってはその受入時には臭気対策を行う必要がある。施設内の清掃を行うほか、脱臭装置の設置、受入設備内を負圧に保つ、といった対策として挙げられる。

### (5) 大気汚染防止法

大気汚染防止法についてバイオガス事業に関連するのは、ばい煙の排出規制である。重油換算で 1 時間あたり 35L 以上の燃焼能力を有するガスエンジン発電機を用いる場合には、ばい煙発生施設に該当するため、設置する 60 日前までに鹿児島県に届け出を行うとともに規制基準を守る必要がある。本事業において、パターン B、パターン C ともにばい煙発生施設に該当するガスエンジン発電機を用いるため、ばいじん  $0.05\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ 、 $\text{NOx}600\text{ppm}$  の排出基準を遵守しなければならない。

### (6) 水質汚濁防止法

水質汚濁防止法では、排水基準に関して、有害物質に係る健康項目と水の汚染状態に係る生活環境項目がある。ただし、本バイオガスプラントにおいては消化液を肥料として利用し、排水を行う予定がないため、排水基準は適用されない。もし、排水を行う場合には添付資料 8 の排水基準を遵守する必要があり、米ノ津川や川内川およびこれに接続する公

共用水域に接続する場合には上乘せ排水基準がある。

また、本バイオガスプラントでは指定物質である硫酸を扱うため、指定施設に該当する。そのため、指定物質が河川等に排出されないように努め、事故時には鹿児島県に届出が必要となる。

なお、水質汚濁防止法とは直接関係がないが、公共下水道に排水を行う場合には下水道法にも留意が必要である。

## (7) 肥料取締法

肥料取締法は特殊肥料と普通肥料の2種類の肥料を定めており、特殊肥料については生産・輸入を行う前に都道府県知事に届出が必要であり、普通肥料については生産・輸入を行う前に農林水産大臣又は都道府県知事に銘柄毎に登録が必要である。バイオガスプラントの消化液を液肥として活用する場合には特殊肥料としての届出あるいは普通肥料としての登録が必要となる。生産者が自身でその肥料を使う分には届出や登録の必要はないが、本バイオガス事業では大量の消化液が発生するため、自身で使いきるということは考えられず、届出・登録は必須と思われる。

特殊肥料と普通肥料のどちらに該当するかは原料の種類によるが、パターンBは凝集剤を使った浄化槽汚泥が含まれるため、普通肥料に該当し、パターンCは豚糞尿のみであるために特殊肥料に該当すると考えられる。

## (8) 電気事業法

本調査にて検討しているバイオガスプラントは電気事業法上、自家用電気工作物に該当し、経済産業省令で定める技術基準に適合するように維持することが求められる。また、保安確保のための保安規定を国に提出し、これを守らなければならない。さらに電気主任技術者を選任し、やはり国に届け出る必要がある。

## (9) ガス事業法

ガス事業法では、家畜排せつ物を原料として発酵槽でバイオガスを発生させ、燃料として利用する場合には「準用事業者」として規定される。準用事業者は事業の開始に際して、経済産業大臣に届出が必要となる。また、1日のガス製造量が300m<sup>3</sup>を超える場合にはガス工作物の技術上の基準を定める省令に適合するように維持しなければならない。さらに、上記に加えて連続して500mを超えるガス導管をプラント外に有する場合にはガス主任技術者を選任し、経済産業大臣に届け出なければならない。

本事業は、パターンB、パターンCのいずれもガス製造量が300m<sup>3</sup>を超えるため、ガス工作物の技術上の基準を定める省令に適合するように維持しなければならない。

## 9 事業収支

### (1) 事業収支の諸条件

#### 1) イニシャルコスト

本事業に要するイニシャルコストについては以下のとおりと見込まれる。

表 3-45 イニシャルコストの内訳

	パターン B	パターン C
バイオガスプラント	5,227 百万円	460 百万円
液肥散布車・バキュームカー	617 百万円	122 百万円
系統連系工事費負担金等	179 百万円	16 百万円
合計	6,023 百万円	598 百万円

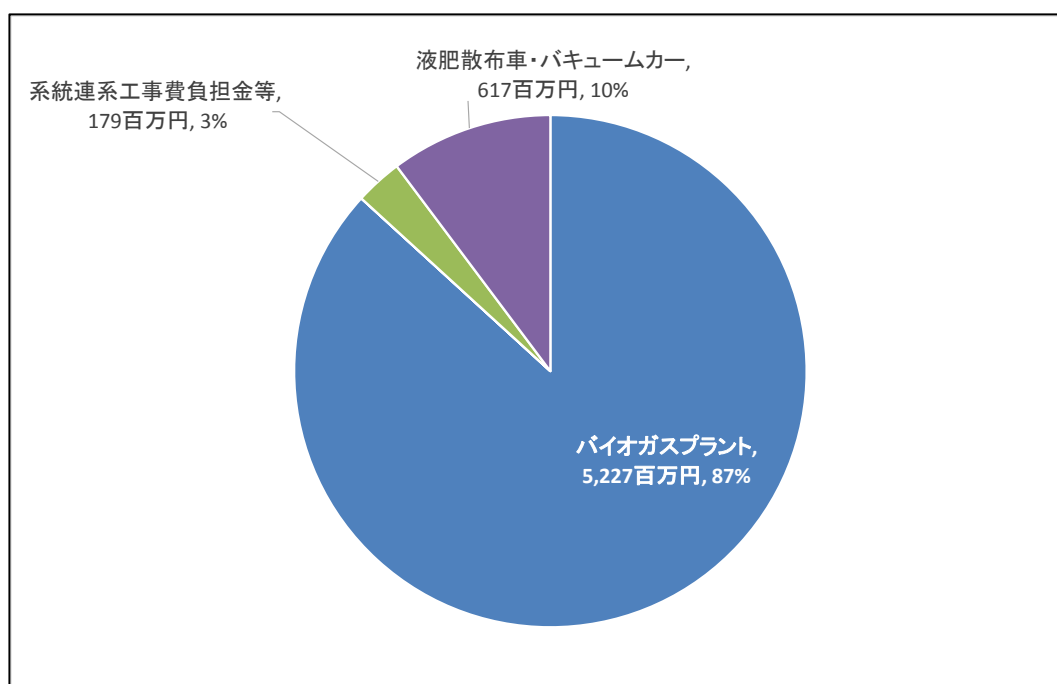


図 3-52 イニシャルコストの内訳割合 (パターン B)

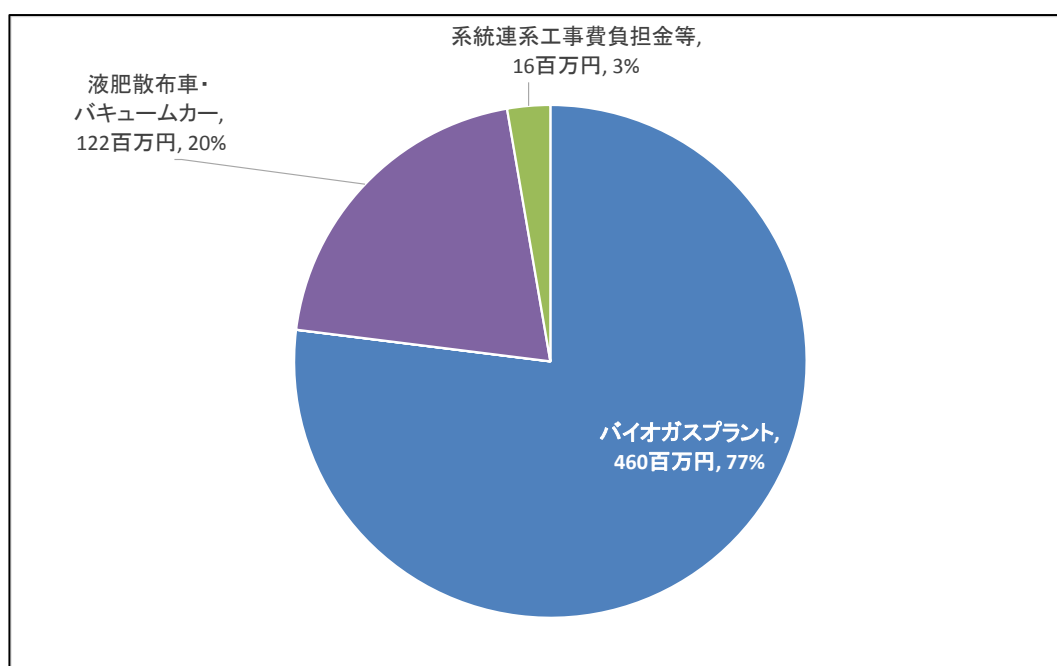


図 3-53 インシヤルコストの内訳割合 (パターン C)

バイオガスプラントの建設費については、メーカーの見積額である。相応の金額となっているが、本調査時点での概算額であり、詳細設計を進めるなかで減額される可能性もある。

液肥散布を行うために必要となる散布車・バキュームカーの購入費については前述したとおりである。

系統連系負担金等としては接続検討費用と系統連系工事費負担金の 2 つがある。接続検討費用とは、電力会社に系統接続を検討するための申請を行う際に支払うもので、一律 20 万円と定められている。系統連系工事費負担金は系統接続するために電力会社に支払うもので、接続検討の結果によって、電力会社側から見積額が提示される。現時点では正確な金額は不明であるが、近隣で行われた鹿児島県入来エリアでの電源接続案件募集プロセスでは、入札の結果、平均入札負担金単価は 6.39 万円/kW<sup>57</sup>となった。本事業においてはこの単価を用いて、系統連系工事費負担金を算出した。

## 2) 売上

次にバイオガス事業によって得られる売上について検討する。本事業にて得られる収益としては電気を売ることによる収益、有機性廃棄物を処理することによる収益、各肥料の販売による収益の 3 種類を想定する。

売電については固定価格買取制度を利用し、39 円/kWh の単価で電力会社に売電するものとする。プラントにおける売電量は発電量からプラント内で消費する電力量を差し引き、以下の表のとおりとなる見込みである。

<sup>57</sup> 電力広域的運営推進機関 (2017) 「鹿児島県入来エリアにおける電源接続募集案件プロセスの結果について」

表 3-46 見込みの売電量

	パターンB	パターンC
発電機による発電量	25,306MWh/年	2,107MWh/年
プラントでの消費電力量	4,564MWh/年	513MWh/年
電力会社への売電量	20,742MWh/年	1,594MWh/年

廃棄物処理については、各バイオマス資源の現行の処理料の半額で受け入れる想定とする。豚および牛の糞尿については、JAの堆肥化センターで1,000円/tで受け入れていることを参考にし、500円/tとした。採卵鶏糞およびブロイラー糞については、4,200円/tで受け入れている業者があることから、2,100円/tとした。生ごみについては、平成27年度および平成28年度における本市での処理費用の平均単価が20,303円/tであることから、10,152円/tとした。し尿・浄化槽汚泥については、平成24年度から平成28年度における処理負担金を処理量で除した値の平均値が2,936円/tであるため、1,468円/tとした。えのき茸廃菌床については無償譲渡されていることから、廃棄物処理費用は課さないこととした。

表 3-47 廃棄物処理の単価

分類	資源名	単価
畜産糞尿	豚糞	500円/t
	豚尿+豚舎洗浄水	500円/t
	乳牛糞尿	500円/t
	肉牛糞尿	500円/t
	採卵鶏糞	2,100円/t
	ブロイラー糞	2,100円/t
生ごみ	家庭系生ごみ	10,152円/t
	事業系生ごみ	10,152円/t
し尿・ 浄化槽汚泥	し尿	1,468円/t
	浄化槽汚泥	1,468円/t
農業残渣	えのき茸廃菌床	0円/t

液肥の散布については、山鹿市バイオマスセンターの値を参考にする。本センターでは窒素濃度0.21%の液肥を500円/tで散布を行っており、本収支計画においては液肥の単価を窒素濃度に比例するものとして算定する。その結果、パターンBの液肥は310円/t、パターンCの液肥は762円/tで販売するものとする。固形分については敷料として利用できるものではあるが、後述する課題のとおり、そのままでは使えない。したがって、敷料の原料として無償で譲渡するものとした。硫酸については、一般的な硫酸20kgが1,200円程度であることを踏まえ、また、バイオガスプラントから得られる硫酸原料は製品とするためには乾燥させる必要があることを考慮し、6,000円/tで販売するものとする。

各売上額について整理すると以下ようになる。



表 3-48 年間売上額

	パターンB	パターンC
売電	808,938 千円/年	62,166 千円/年
廃棄物処理	141,780 千円/年	6,238 千円/年
肥料販売	62,029 千円/年	11,749 千円/年
合計	1,012,747 千円/年	80,153 千円/年

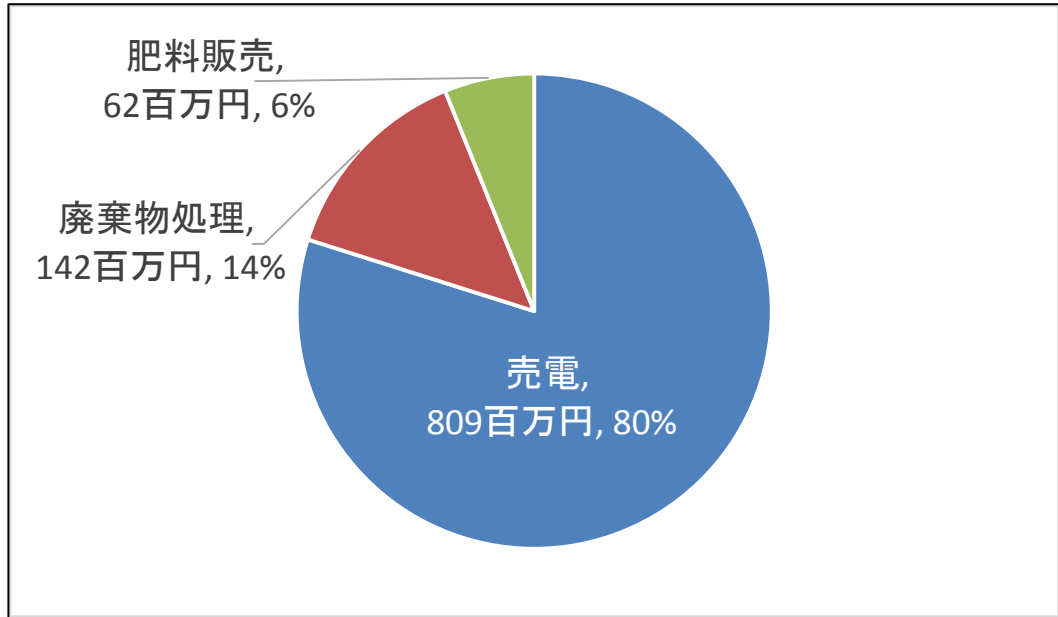


図 3-54 年間売上額の内訳割合 (パターンB)

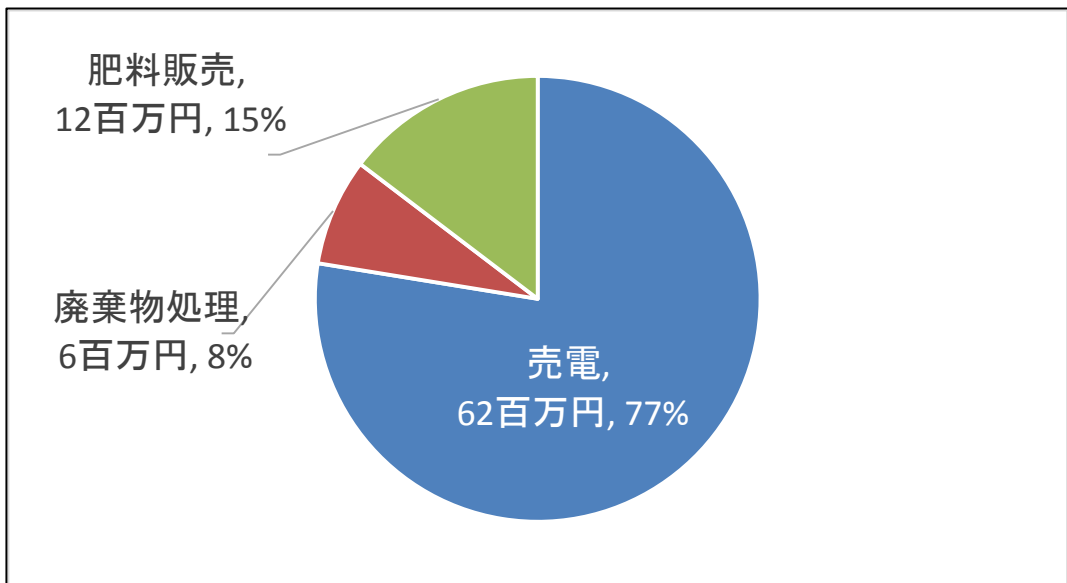


図 3-55 年間売上額の内訳割合 (パターンC)

パターン B、パターン C のいずれの場合でも売上の約 8 割を売電が占める。一方で、それ以外の売上も小さくない金額であるため、無視できる要素ではない。事業として成立させるうえでは売電だけでなく、肥料の有効活用や廃棄物処理としての業務も重要であるといえる。

### 3) ランニングコスト

本バイオガス事業を行ううえで、計上される費用としては以下のようなものがある。

表 3-49 ランニングコストの費目

費目	詳細
減価償却費	バイオガスプラントおよび液肥散布車・バキュームカーの減価償却費。
土地賃料	バイオガスプラント等を設置するために必要となる事業用地の借地料。
運用人件費	バイオガス事業を行うための人件費。
設備メンテナンス費	発電機含めたプラント設備一式に要するメンテナンス費用。
薬品代	アンモニアストリッピングにおいて必要となる硫酸の購入費用。
液肥散布費	消化液の液体分を液肥として散布するために要する費用。
電気保安管理費	法定上必要となる保安管理に要する費用。
保険料	設備一式に対する火災保険の保険料。
固定資産税	バイオガスプラントおよび液肥散布車・バキュームカーに対する固定資産税（償却資産）。
支払利息	資金調達において金融機関融資を利用した場合に、金融機関に対して支払う利息。
法人税等	税法上、法人に課せられる法人税、法人事業税、等の各種税金。

それぞれの費目について、以下のように仮定し、金額を推計する。

#### ■ 減価償却費

バイオガスプラントは法定耐用年数 15 年、液肥散布車・バキュームカーは法定耐用年数 7 年として、残存価格なし、定額減価償却を行うものとした。

#### ■ 土地賃料

面積 10 千 m<sup>2</sup> の土地を年間賃料 38 円/m<sup>2</sup> で借りるものとした。なお、賃料については阿久根市行政財産の使用料徴収条例に定められた使用料の算定基準に基づき、脇本地区の土地評価額 945 円/m<sup>2</sup>（標準宅地）に 100 分の 4 を乗じて算出した。

#### ■ 運用人件費

運用人件費についてはパターンBの場合、一般作業員3名と管理者1名、パターンCの場合、管理者1名を雇用するものとした。なお、それぞれの人件費単価は一般作業員を500万円/年、管理者を800万円/年とした。

#### ■ 設備メンテナンス費

設備メンテナンスについてはメーカーへのヒアリングに基づき、パターンBは169,424千円/年、パターンCは31,797千円/年とした。

#### ■ 薬品代

薬品代はアンモニアストリッピングの過程で用いる硫酸の購入費用である。硫酸の単価はメーカー見積額である26円/kgとして算出した。

#### ■ 液肥散布費

液肥散布に要する必要については、前述したとおりである。

#### ■ 電気保安全管理

電気事業法上、高圧以上の電気を扱う際には電気主任技術者を選任する必要がある。ただし、高圧の区分である場合にはこれを委託することが可能であり、パターンCにおける電気保安全管理費はこの委託費用とする。委託費については概算額として147千円/年とした。一方、パターンBは特別高圧に該当するため、外部委託を行うことができない。パターンBにおいては、800万円/年で資格保持者を1名雇用するものとする。

#### ■ 保険料

バイオガスプラント、液肥散布車・バキュームカーに要した初期投資額の0.5%（千円未満切り上げ）を年間保険料とした。

#### ■ 固定資産税

バイオガスプラントを法定耐用年数15年、液肥散布車・バキュームカーを法定耐用年数7年として、固定資産税を算出した。

#### ■ 支払利息

後述する資金調達における金融機関融資の利息として、利率2.3%で算出した金額を計上した。

#### ■ 法人税等

税法に則り、法人税、法人事業税、地方法人特別税、法人県民税、法人市民税を計上した。

以下に上記仮定のもと算出したランニングコストの20年間の平均額を整理する。なお、売上額に依存する法人税等およびイニシャルコストとしてもその合計額が計上されている減価償却費については、以下の図表では省略する。また、固定資産税、支払利息は年によって金額が異なるため、以下の表の金額が毎年計上されるわけではないことに留意が必要である。

表 3-50 ランニングコストの平均額

	パターン B	パターン C
土地賃料	381 千円/年	381 千円/年
運用人件費	23,000 千円/年	8,000 千円/年
設備メンテナンス費	169,424 千円/年	31,797 千円/年
薬品代	66,565 千円/年	4,351 千円/年
液肥散布費	69,610 千円/年	17,038 千円/年
電気保安管理費	8,000 千円/年	147 千円/年
保険料	29,218 千円/年	2,807 千円/年
固定資産税	23,956 千円/年	2,210 千円/年
支払利息	56,413 千円/年	5,409 千円/年

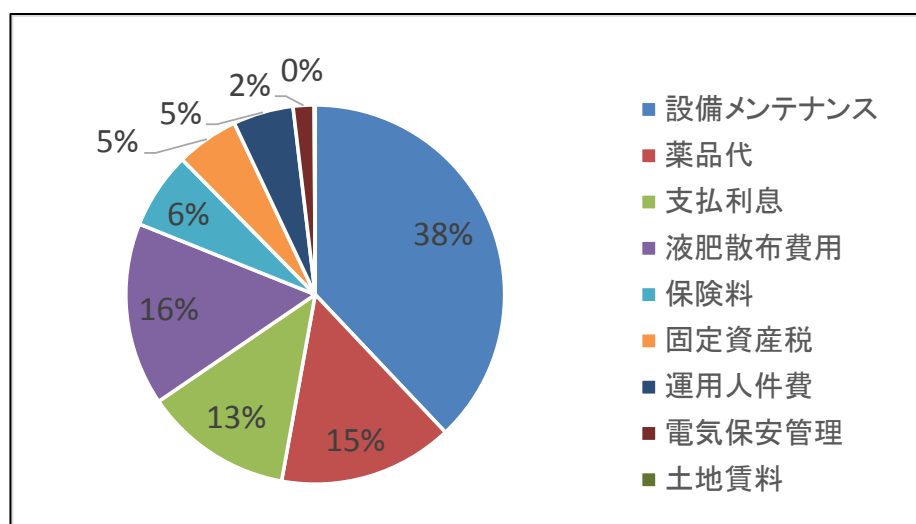


図 3-56 ランニングコストの内訳 (パターン B)

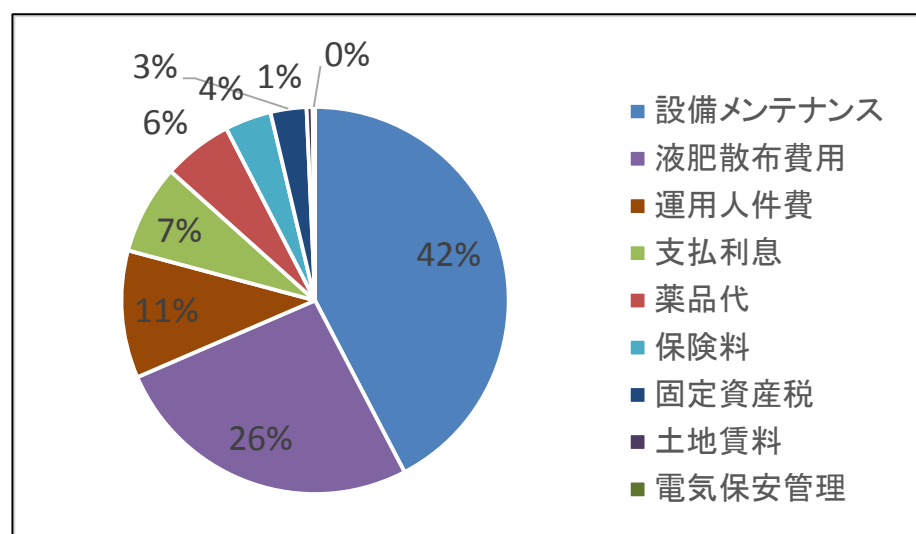


図 3-57 ランニングコストの内訳 (パターン C)

#### 4) 撤去費用

バイオガスプラント自体は20年経過後も利用できるものであるが、固定価格買取制度下での電力買取が終わるタイミングで撤去を行うものと仮定する。経済産業省の調達価格算定委員会において、廃棄費用は建設費の5%程度であるとしている。これを参考とし、廃棄を含めた撤去費用を廃棄費用の2倍と仮定し、プラント建設費の10%とする。

表 3-51 撤去費用

パターンB	パターンC
522,072 千円	46,020 千円

#### (2) 資金調達

固定価格買取制度を利用した場合、原則としてプラントに対して国庫補助金を活用することができない。資金調達の方法としては、地域金融機関からの融資が中心となると考えられる。収支計画の試算においては、必要となる資金の全額について金融機関の融資を受けるものと仮定する。利息は2.3%とし、15年間で元金均等返済を行うものとして試算を行った。

県や国とも協議して、趣旨にあった補助金の活用も積極的に行いたい。公共性の高い取り組みであるため、市民の志を反映させるために、市民ファンドや寄付の形で資金の一部を賄うことも想定される。

活用できる補助金等の候補としては、以下のようなものがある。ただし、以下に記載したものは平成29年度のものであり、実際の活用においては公募後の要領等を確認したうえで、固定価格買取制度との併用可否含めて検討する必要がある。

■ **経済産業省「エネルギー構造高度化・転換理解促進事業補助金」(設備投資/調査・計画策定)**

内外の経済的社会的環境に応じた安定的かつ適切なエネルギーの需給構造の構築を図ることを目的とし、原子力発電施設が立地する自治体等が実施する、エネルギー構造の高度化等に向けた地域住民等の理解促進に資する事業が支援される。

■ **経済産業省「地域で自立したバイオマスエネルギーの活用モデルを確立するための実証実験」(調査・計画策定)**

バイオマスエネルギー導入に係る技術指針/導入要件に合致し、地域特性を生かした事業についての基礎調査と事業性評価が助成対象とされる。

■ **経済産業省「地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金(分散型エネルギーシステム構築支援事業)」(設備投資/調査・計画策定)**

地域に存在する再生可能エネルギーや未利用熱等を一定規模のエリアで面的に利用することで効率的なエネルギーの利用を図る地産地消型のエネルギーシステムの構築に向けた事業化可能性調査及びマスタープラン策定を行う事業並びに分散型エネルギーシステムの構築を行う事業を行う者に対して補助金が交付される。

#### ■ 環境省「低炭素型廃棄物処理支援事業」(設備投資/調査・計画策定)

高効率な廃棄物熱回収や廃棄物燃料製造の廃棄物処理に係るエネルギー利用施設の整備を実施する民間企業等の事業者に対し、以下の事業実施に必要な経費の一部が補助される。

##### ①事業計画策定支援

廃棄物由来エネルギー(電気・熱・燃料)を廃棄物の排出者及びエネルギーの利用者等と協力して用いる事業に係る事業計画の策定を行う事業

##### ②低炭素型設備等導入支援

廃棄物処理に伴う廃熱を有効利用する施設及び廃棄物由来燃料製造施設(油化・メタン化・RPF化等)の設備設置を行う事業

#### ■ 環境省「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」(設備投資/調査・計画策定)

地方公共団体及び民間事業者等の再生可能エネルギー導入事業のうち、地方公共団体等の積極的な参画・関与を通じて各種の課題を適切に対応するもの、営農を前提とした農地への再生可能エネルギー発電設備の導入を中心とした取り組み、蓄エネ等の導入活用事業等について、事業化に向けた検討や設備の導入に係る費用の一部が補助される。

#### ■ 環境省「循環型社会形成促進交付金」(設備投資)

市町村が、廃棄物の3R(リデュース、リユース、リサイクル)を総合的に推進するため、広域的かつ総合的に廃棄物処理・リサイクル施設整備を計画(循環型社会形成推進地域計画)し、当該計画に位置付けられた施設整備に対し交付金が交付される。

#### ■ 環境省「地域低炭素投資促進ファンド(グリーンファンド)」(設備投資)

以下の要件を満たす事業に係る総出資額の2分の1未満が出資される。

- ・事業の実施によりCO<sub>2</sub>排出量が抑制・削減されること。
- ・事業を実施する地域の活性化に資すること。
- ・必要な資金の調達が可能となる見込みがあること。
- ・長期的に採算をとる見込みがあること。
- ・対象事業者が、専ら対象事業を行うことを目的とするものであること。
- ・対象事業者が、自ら主導的に事業を遂行する能力、意思及び体制を有すること。

#### ■ 農林水産省「地域バイオマス産業化推進事業」(設備投資)

バイオマス産業都市構想に位置付けられた事業化プロジェクトの推進に必要なバイオマス利活用施設の整備に係る費用の一部が補助される。

#### ■ 農林水産省「畜産・酪農収益力強化総合対策基金等事業」(設備投資)

畜産農家を始めとする関係者が連携する畜産クラスターの仕組みの活用等により、生産コストの削減、規模拡大、外部支援組織の活用、優良な乳用後継牛の確保、和牛主体の肉用子牛の生産拡大等、地域一体となって行う取組を支援することを趣旨とした事業に対して補助金が交付される。

### (3) 収支計画

これまでの前提条件をもとに 20 年間の収支を計算したものが添付資料 9 である。また、以下の表に収支計画の概要を示した。

表 3-52 収支の概要

	パターン B	パターン C
イニシャルコスト	6,022,717 千円	597,879 千円
平均年間売上	1,012,747 千円/年	80,153 千円/年
平均年間費用	773,838 千円/年	107,277 千円/年
平均経常利益	238,908 千円/年	-27,124 千円/年
IRR	5%	-

20 年間の総合した収入と支出を比較したものが以下の図である。

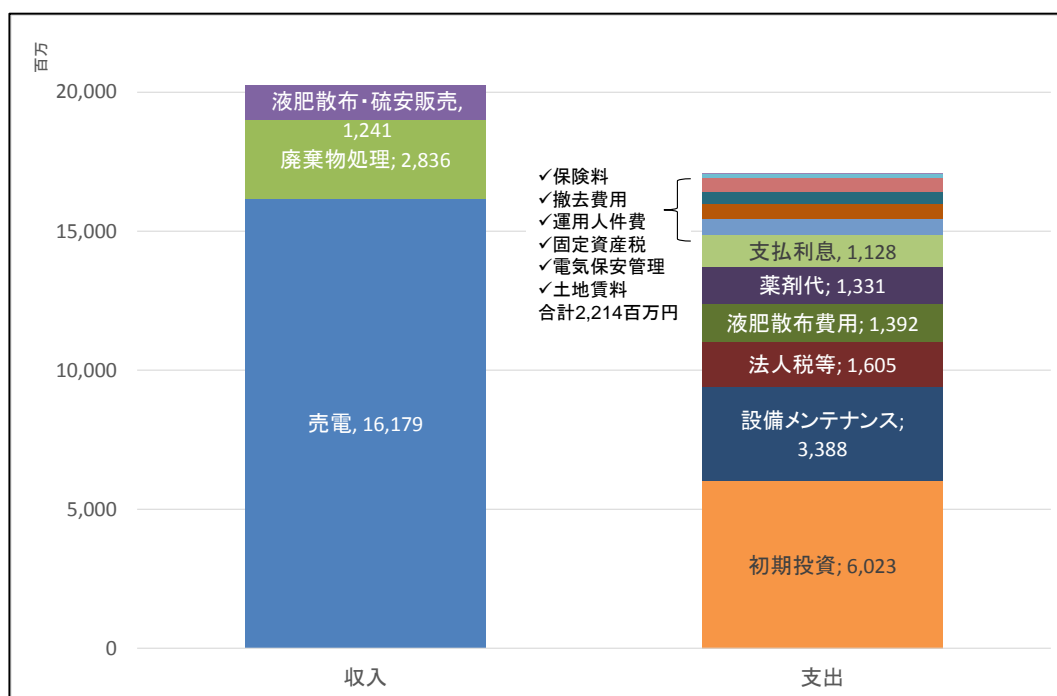


図 3-58 20年間総収入・支出 (パターン B)

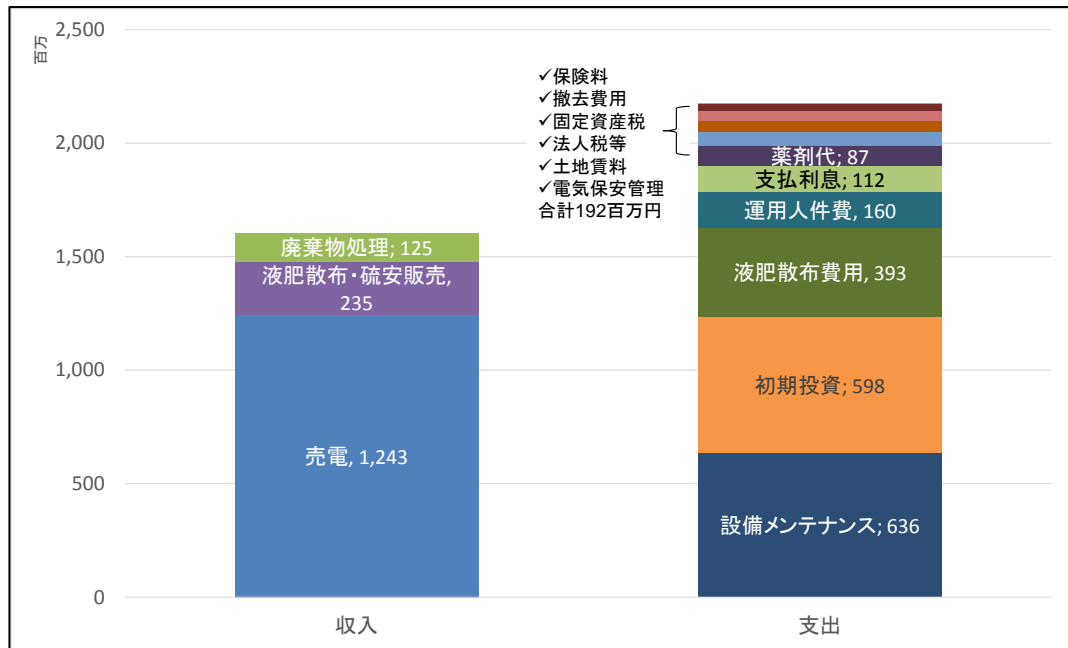


図 3-59 20年間総収入・支出 (パターンC)

上記をみて分かる通り、パターンBについては収入が支出を上回り、投資の効率を示すIRR (内部利益率) も5%となっているため、事業として成立しているといえる。

しかし、パターンCにおいては収入より支出が大きくなっており、民間事業としてこのまま実施することは難しい。バイオガス事業は規模の経済の効果が大きいため、小型のプラントは採算が悪くなる。もし、パターンCのような形で事業を行う場合には、固定価格買取制度の利用を阻害しない形での補助金の活用や、豚糞尿以外の資源を原料として利用することなど、工夫が必要である。



## 10 期待される効果

### (1) 期待される効果の概要

バイオガス事業を行うことによって、事業者が経済的利益を得るほかに、以下の表で表されるような効果を得られるものと考えられる。以降においては、各効果について説明する。

表 3-53 バイオガス事業により期待される効果

循環型社会の形成	従来廃棄物として扱われていたものをバイオマス資源として活用することで循環型社会形成の一助とすることができる。
温室効果ガスの削減	畜産糞尿の自然発酵によるガスの大気放出防止や、化石燃料由来エネルギーの使用量削減により、温室効果ガスの発生量を削減することができる。
悪臭の削減	畜産糞尿をバイオガスプラントの原料とすることで、畜舎から発生する悪臭を抑えることができる。
市内雇用の増加	バイオガスプラントの建設、および運営に伴い市内の雇用を生み出すことができる。
税収の増加	バイオガス事業という新たな事業が生み出されることにより、市の税収増加が期待できる。
廃棄物処理費用の削減	プラントの原料として廃棄物を利用することで、廃棄物処理を安価に行うことができる。
営農経費の削減	消化液を液肥として活用することで耕作における化成肥料の使用量を低減し、収益性を向上させることができる。

### (2) 循環型社会の形成

バイオガス事業では、従来ごみとして捨てられていたバイオマスを資源として活用することにより、物質的・経済的な循環を生み出すことができる。

市内で発生した有機性廃棄物はバイオガスプラントによってエネルギーを生み出すとともに肥料を生成する。肥料は農地に散布され、その作物がまた市内で巡ってプラントの原料となるのである。

資源の有効活用という観点では地域全体でのフローについて鑑みる必要がある。地域への資源の流入としては家畜飼料や肥料といったものがある。家畜飼料は自作ではなく、輸入したものをを使う農家がほとんどであり、飼料の形で資源は地域に流入する。また、肥料も一部は堆肥なども使われているが、ほとんどは地域外から流入したものである。窒素分の肥料である尿素や硫酸は化石燃料と空中窒素から製造されるものであるし、リン酸はリン鉱石を限られた国から輸入して製造されている。カリについても日本には資源がないのでほぼ全量が輸入されたものである。つまり、肥料はほとんどが輸入品であり、費用をかけて地域内に流入させているものである。

ではこれらの費用をかけて流入させた資源を循環させて利用しているかという点必ずしもそうではない。豚の尿などは排水処理されている場合が多く、生ごみなどは焼却処理されている。特にリン鉱石は近年資源の枯渇が危惧されており、資源の産出が期待しにくい日本においては、糞尿や生ごみなどをすぐに最終処理するのではなく、その間にエネルギーや残渣物を取り出して多段的に使用するという、いわゆるカスケード利用をしていくことが求められる。

バイオガスプラントを活用して廃棄物よりエネルギーを取り出し、残渣物も肥料として活用することは資源の循環の観点で非常に好ましい。さらには費用をかけた資源の流入を止めるためには消化液由来の各肥料を活用して農業を行い、また家畜飼料を少しでも自給することができればなお良い。

エネルギーは従来市外より購入していたものであるが、バイオガスプラントにより電気エネルギーと熱エネルギーを生み出し、その購入量を減らすことが可能である。これは市外に流出していた資金を市内で循環させることに他ならない。バイオガス事業により、物質だけではなく、経済的な循環を作り出すことも可能である。

### (3) 温室効果ガスの削減

バイオガス事業では電気エネルギーが生み出されるが、このエネルギーはカーボンニュートラルと考えられるため、温室効果ガスの削減効果が見込める。この削減効果はパターンBでは10,744t-CO<sub>2</sub>/年、パターンCでは826 t-CO<sub>2</sub>/年と推計される。

表 3-54 エネルギー創出による温室効果ガス削減効果

	パターンB	パターンC
売電量	2,0742MWh/年	1,594MWh/年
原単位 <sup>58</sup>	0.000518 t-CO <sub>2</sub> /kWh	0.000518 t-CO <sub>2</sub> /kWh
温室効果ガス削減効果	10,744t-CO <sub>2</sub> /年	826t-CO <sub>2</sub> /年

### (4) 悪臭の削減

バイオガスプラントではバイオマス資源を密閉した槽内で処理し、臭いが外に漏れることがないため、悪臭を発生する廃棄物の処理方法としても有効である。輸送されてきたバイオマス資源をプラントに投入する際には外気に触れうるため、シャッター等を閉めて投入を行う等臭いが漏れないような対策は必要となる。しかし、投入した後は密閉された容器内で嫌気性発酵を行うため、プラントは全て外気と遮断された状態にあり、構造的に臭いが漏れることがない。

発酵した後の消化液を液肥として耕作地に散布する際には多少の臭いがするが、これも糞尿の散布と比較すれば臭いは軽減されている。

<sup>58</sup> 環境省・経済産業省「電気事業者別排出係数平成28年度実績」九州電力株式会社調整後排出係数

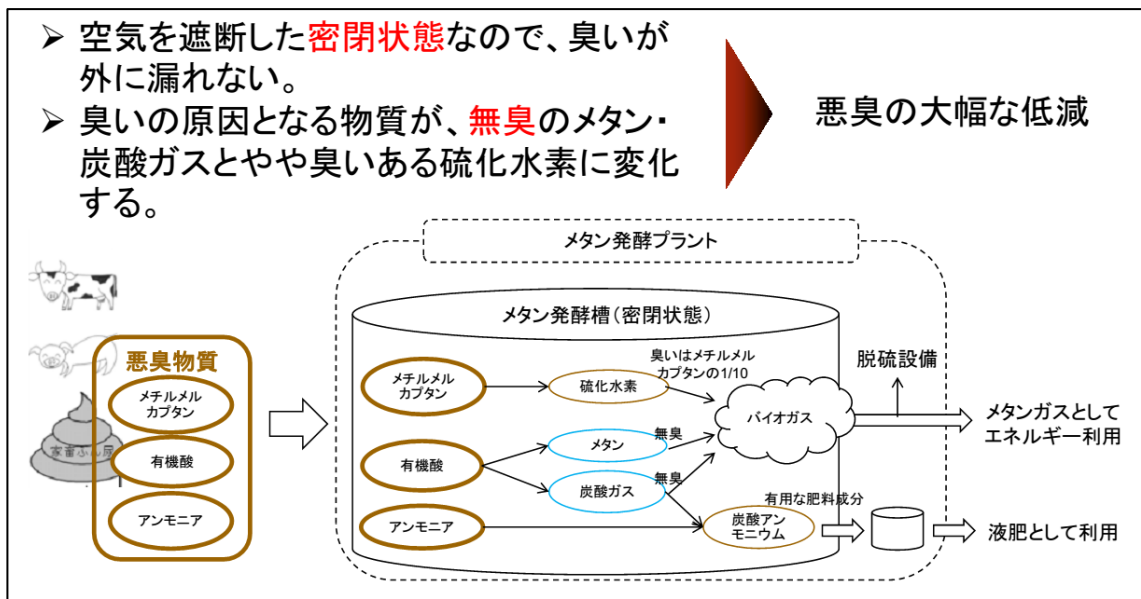


図 3-60 メタン発酵における臭い



図 3-61 臭気対策

## (5) 市内雇用の増加

バイオガスプラントでは、その建設および運営に人手を要する。特に他の再生可能エネルギーの太陽光や風力等と異なり、バイオガス事業では運営に定常的な人手を要することが特徴である。本事業ではプラントの維持管理にパターン B においては 4 人、パターン C においては 1 人の雇用が必要となる。また、時期は限られるものの液肥の散布にはパターン B においては最大 67 人、パターン C においては最大 9 人の人手が必要となり、市内の雇用を生み出すことができると考えられる。

また、プラント建設時には市内の業者を活用することによる経済効果も見込める。

さらには後述する廃棄物処理費用の低減や営農経費の削減により、その他の産業に対しても波及効果を得ることができると期待することができる。

## (6) 税収の増加

バイオガス事業という新たな事業が生み出されることにより、市の税収が増加することが期待できる。法人住民税および固定資産税により、平均してパターン B の場合で 31,004 千円/年、パターン C の場合で 2,358 千円/年が増えることになる。

## (7) 廃棄物処理費用の削減

従来の処理方法からバイオガスプラントに原料として処理を委託することで、各事業者の廃棄物処理費用を削減することが期待できる。

前述したとおり、本調査における収支計画の策定においては、えのき廃菌床を除き、廃棄物処理費用を現行の半額とする想定としている。実際の事業実施においては、廃棄物処理の単価についても精査する必要があるが、特にパターン B においては現行の処理費用と比較してその単価を削減できる可能性は高い。

また、さらに上記の処理費用とは別に運搬にも費用が発生するが、バイオガスプラントは市内にあるため、運搬距離が短くなり、運搬費用も削減できる可能性がある。

特に畜産糞尿についてはその処理費用が経営上の大きな課題となることもあり、この費用が削減されることで当該事業の活性化につながる可能性がある。

## (8) 営農経費の削減

バイオガスプラントで発生する消化液の液体分が良質な液肥として活用できることは前述のとおりである。液肥を活用することで、当該耕作地に施用するはずであった化成肥料の使用量の削減となり、液肥は比較的安価に提供することが可能であるために肥料代の削減につながる。

水稻の基肥および追肥に液肥を使用することによって、どの程度肥料代を削減することができるかを以下に推計する。従来の施肥については JA 鹿児島いずみの「いずみのうまい米づくり」における「ヒノヒカリ例 1」を参照し、バイオガスプラント液肥を利用する

場合については、不足するリン酸を熔成リン肥により補うものとする。

なお、バイオガスプラント液肥を実際に使用する場合には後述する液肥の散布試験等を行い、最適な施肥設計を行うことで施肥量等を検討する必要がある。

表 3-55 液肥利用と従来の施肥量比較

肥料名	価格	施肥量		
		液肥利用 (パターン B)	液肥利用 (パターン C)	従来
バイオガスプラント液肥	パターン B : 310 円/t パターン C : 762 円/t	10.8t/10a	4.3t/10a	-
熔成リン肥	2,000 円/20kg	14kg/10a	16kg/10a	-
いずみ水稲配合	2,085 円/20kg	-	-	40kg/10a
米造り一番	1,960 円/20kg	-	-	20kg/10a
BBNK77	1,505 円/20kg	-	-	10kg/10a

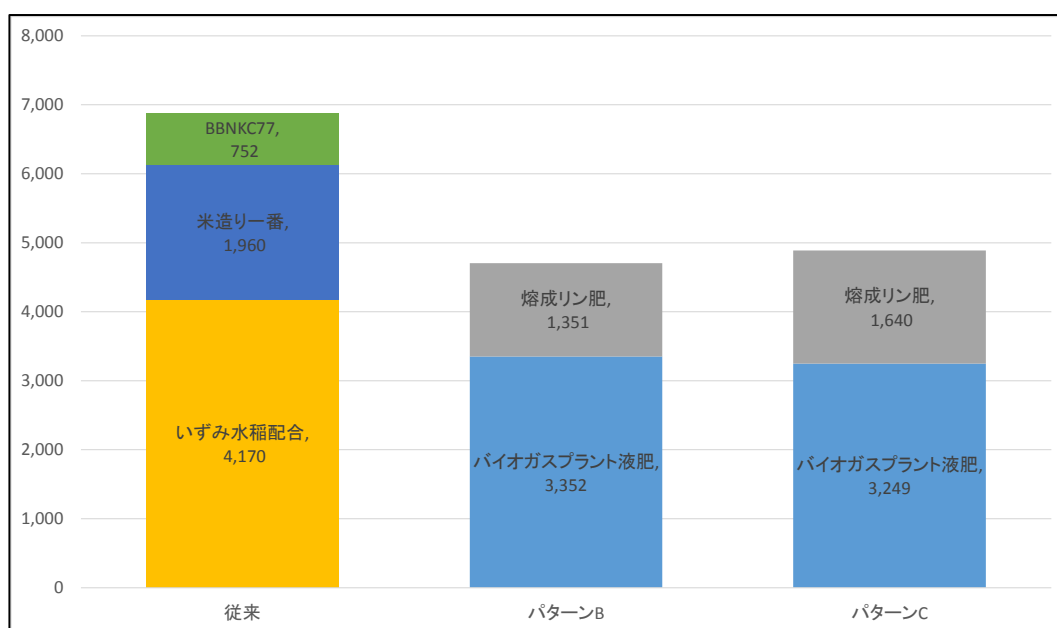


図 3-62 水稲における基肥・追肥の肥料代の比較 (円/10a)

栽培暦に基づいた従来の施肥と比較して、液肥を用いた場合には約 30%の費用削減となった。

## 1 1 事業実現に向けた課題

### (1) 原料の精査

本調査では、バイオマス資源についてヒアリングを基に推計を行っているが、事業実施にあたってはさらなる精査が必要となる。

成分は同一種のバイオマス資源であっても排出者毎に異なる可能性がある。排出されたのち、プラントに投入できるまでにどれだけ時間がかかるのかによっても、バイオガスの発生量が異なることは本調査における発酵試験の結果からも明らかである。また、畜産糞尿などは頭数からその量を推計しているが、実態は異なる可能性がある。資源の回収あるいはプラント投入時点での量・成分を適切に推計することはプラント設計において非常に重要である。原料として提供いただける排出者毎にその成分・量を精査する必要がある。

また、プラント設計にあたっては、長期的な視点も必要である。本調査においては、牛については廃業予定の畜産農家由来の糞尿を原料として利用しない想定としたが、その他のバイオマス資源も長期的には変動する可能性がある。どこまでをバイオガスプラントで処理するのか、先を見据えた設計を行うべきである。

そして、事業の実施にあたっては、原料としての資源提供について、排出者と調整を行わなければならない。本調査においては、排出者がプラントに運搬し、廃棄物処理費用をいただく想定で検討をしているが、排出者ごとに諸条件を詰めていく必要がある。

### (2) 系統への連系

送電系統に連系して電気を売るためには、九州電力に対して系統連系工事費負担金を支払う必要があることは前述したが、この金額は九州電力に申請を行い、見積額を出してもらわない限り決まらない。周辺の発電設備や電力消費状況等にも拠るため、同一の設備であっても、申請を行うタイミングによって金額は変動する。

本調査における収支計画においては、入来エリアでの電源接続案件募集プロセスの結果を参考として金額を算出しているが、電源接続案件募集プロセスとなった場合には入札であるため、周辺の発電事業者によっても大きく価格は変動しうる。

九州電力への申請は厳密には詳細設計等を実施した後でなければできないが、初期投資額が大きく変動する可能性もあることを認識して、詳細設計等を行い、所定の手続きを行わなければならない。

### (3) 熱の利用

バイオガスプラントのガスエンジン発電機からは熱が発生する。この熱の一部は発酵槽の加温等に用いられるが、残りについては利用可能な熱である。利用可能な熱について示したものが以下の表である。

表 3-56 利用可能な熱量

	パターン B	パターン C
利用可能熱量	37,908 GJ/年	6,728 GJ/年
A 重油換算 <sup>59</sup>	970 kL/年	172 kL/年
金額換算 <sup>60</sup>	75,615 千円/年	13,421 千円/年

この熱の金額はパターン B においては売電収入の 9%、パターン C においては売電収入の 22%に相当する。パターン B においては Byoflex にて多くの熱を消費するため、パターン C と比較して規模の割に利用可能な熱の量は少なくなっている。実際に販売する場合には A 重油よりも安価に提供することが考えられるが、相当な量があることに違いはない。

前述したとおり、瀬波バイオマスエネルギープラントではプラントの熱をハウス栽培に利用している。また、北海道鹿追町の鹿追町環境保全センターバイオガスプラントではチョウザメの養殖に利用している。周辺に熱需要がない場合にはこのように熱を利用する設備を新たに設置することも検討の価値がある。

<sup>59</sup> 「エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則別表第一」 A 重油換算係数：39.1GJ/kL を元に算出

<sup>60</sup> 経済産業省資源エネルギー庁「石油製品価格調査 3.産業用価格（軽油・A 重油）」九州・沖縄における 2013 年 1 月～2017 年 11 月の価格の平均値 78 円/L を元に算出

#### (4) 液肥の利用

液肥の利用に関する課題としては、施肥設計と耕種農家との調整が挙げられる。

本調査において、消化液由来の液肥の利用方法については、現行の栽培暦に基づいた窒素の施肥量から推計を行った。しかし、本推計ではカリが過剰となることや農家によって施肥の考え方が異なることもあり、施肥の方法についてはまだ検討の余地がある。後述するが、液肥を使った施肥については、栽培試験等を行い、最適な施肥設計を見出す必要がある。

また、実際に消化液を液肥として利用してもらうためには耕種農家の理解を得なければならない。液肥は既存の肥料とは大きく異なる肥料であるため、その効果・使い方等を耕種農家へ説明し、時間をかけて利用者を増やしていく必要がある。栽培試験はこの耕種農家との合意形成にも役立つものと考えられる。

また、液肥を販売するにあたり、すでに堆肥販売や化学肥料の販売を手掛ける業者間の調整も必要となる。ともすると液肥の導入がこれらの既存肥料との競合が懸念されがちだが、必ずしもそうではない。消化液液肥は現在使われている堆肥と同じ有機肥料ではあるものの、圃場の土作りにおいては堆肥と比較するとその効果は限定的である。また、液肥で不足する栄養素を補填するためには化学肥料の使用を無視することはできない。両者を効果的に活用することによる、農業コストの低下、農作物の高付加価値化を目指すことが重要である。また、液肥の供給についても既存肥料販売事業者との協力体制の検討も視野にいった協議・検討を進めるべきである。

#### (5) 固形分の利用

前述したとおり、消化液を固液分離した結果、発生する固形分は敷料として有効に利用できる。市内の畜産農家において、安価な敷料の需要は大きいため、固形分を敷料として利用することは産業活性化の効果も期待することができる。

しかし、この固形分はパターンBにおいては58,821t/年、パターンCでは2,211t/年が発生するが、含水率が70%程度あり、そのままでは敷料として使うことはできない。敷料として利用するためには含水率40%以下に乾燥させる必要がある。乾燥させる方法として、ガスエンジン発電機の熱を利用する方法が考えられるが、その具体的な設備等については追加の検討が必要である。



## 1 2 事業実現に向けた今後の検討

### (1) 事業推進体制

本調査により、市内のバイオマス資源を原料として利用した場合のバイオガスプラントの概略設計や事業収支、事業を実施するにあたっての課題等を明確にすることができた。しかし、事業を実現するにあたっては、まだ検討が必要な要素が多くあり、今後も継続した検討が求められる。今後の検討における体制案を以下に示す。

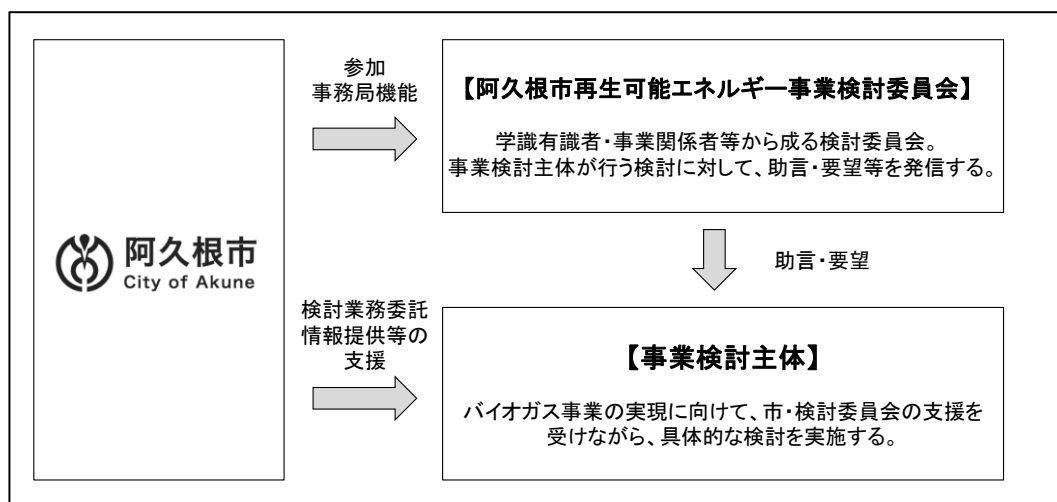


図 3-63 事業の推進体制案

本事業は地域の利益に大きく貢献する可能性のあるものであり、また、そのようにするべきである。したがって、市が本事業の検討に積極的に関与していくことが望ましい。市が事業実施に必要な情報の提供を行い、様々な関係者との調整役を担うことで、検討が円滑に進むものと思われる。

また、本事業にはバイオマス資源の排出者や液肥の利用を行う耕種農家等多くの関係者がいる。こうした関係者が持つ事業に対する要望を汲み取り、協力を得ることが事業成立の重要な要素である。さらにこの事業関係者に学識有識を加えた形で、検討委員会を組成し、具体的な検討への意見をもらうべきと考えられる。

そして、市や検討委員会の支援を受けながら、具体的な事業の検討を進める主体が必要となる。検討主体は専門的な知識を有した者が担い、事業実現に向けた具体的な実務を行うべきである。この検討の中で、事業を実施する主体について改めて検討を行うことになる。

## (2) 今後の計画

バイオガス事業の実施を実現させるための今後の計画の案を示したものが以下の図である。

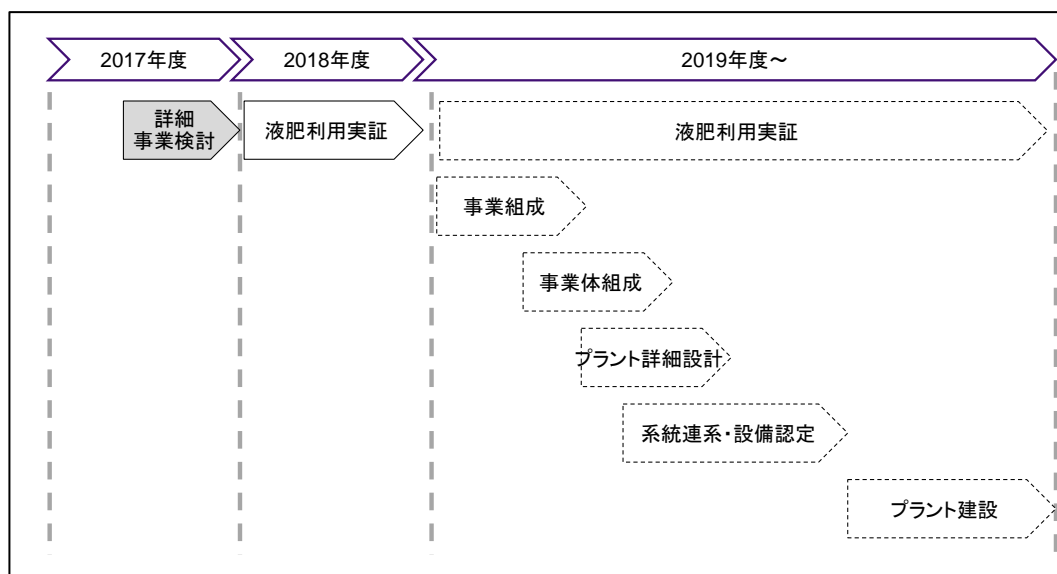


図 3-64 今後の計画案

前述した事業実現に向けた課題の中でも液肥の利用については、実証試験を行うべきである。液肥実証試験の検討フローを以下に示す。また、具体的な実証試験計画の案については添付資料 10 を参照のこと。

液肥の効果を多くの耕種農家の方に実感してもらい、市内のプラント建設後も広く利用してもらえるようにしたい。

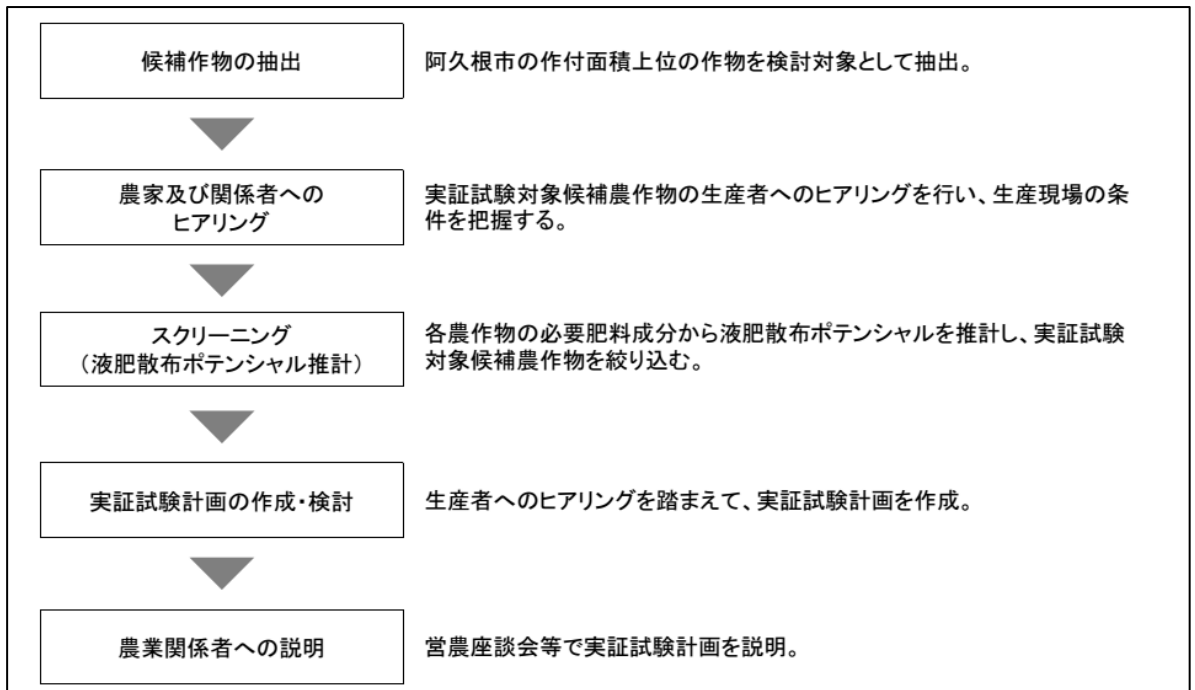


図 3-65 液肥実証試験のフロー

また、事業化に向けた検討は事業の組成として、各種検討を行うことになる。前述した事業実現に向けた課題の解決や事業用地の選定、プラントメーカーの選定等を進める。これらの作業においては各関係者との合意形成を図る必要がある。

そして、誰が実際の事業を行うのか、その主体を検討し、場合によっては新たに法人を設立するなどの手続きを行う。その後、当該事業主体からプラントメーカー等に発注し、プラントの詳細設計を進めるとともに、固定価格買取制度の利用上必要となる手続きを進めることになる。そして、これらが完了した時点でプラントの建設に着手することができる。

こうした検討により、地域関係者の理解と協力を得て、本市にて行われるバイオガス事業を地域への貢献度の高い事業とすることが望ましい。

### (3) 将来に向けた方向性

本調査においては、バイオガス事業の事業化にはより具体的な検討が必要であり、時間を要するとの結論に至った。

しかし、将来に向けては、検討の時間的余裕はなくなりつつある。家畜糞尿の処理、し尿・浄化槽汚泥の処理、生ゴミの処理のいずれについても、現状はベターな方法をとってはいるが、数十年先の将来を見越してベストな方法なのかという点については、今後も協議が必要となるところである。

こうした意見を踏まえ、事業者だけでなく農家や市民一人ひとりが、子や孫といった次世代に胸を張ってバトンを渡していけるよう、バイオガス事業推進の施策、体制の基盤づくりを目指し、検討を継続していく必要がある。