

# バイオガス発電設備導入可能性調査結果 の概要

宝塚市・バイオマスリサーチ株式会社

令和2（2020）年9月30日（水）

1. 調査の概要	・・・ 3
2. 農業の概要	・・・ 4
3. バイオガス事業の概要	・・・ 5
4. バイオマス資源賦存量の把握	・・・ 6
5. メタン発酵システム・バイオガス生産量・発電量等の試算	・・・ 7
6. 原料輸送方法の検討	・・・ 9
7. 生産エネルギーの利用方法の検討（農業ハウスでの余剰熱利用）	・・・ 11
8. メタン発酵消化液（有機農業）の利用方法の検討	・・・ 12
9. 有機農産物の流通に関する検討	・・・ 16
10. 近隣市町村の情報収集・広域モデル可能性の検討	・・・ 17
11. 地域循環共生圏モデルの作成	・・・ 18
12. 事業運営方式の検討	・・・ 19
13. 事業コストの試算	・・・ 20
14. 建設事業における規制	・・・ 24
15. 家畜糞尿処理方法の変更によるCO <sub>2</sub> 削減量の試算	・・・ 25
16. 事業スケジュールの作成	・・・ 26
17. 農家向け勉強会、関係者検討会議の開催	・・・ 28
18. 課題の整理	・・・ 29

# 1. 調査の概要

## (1) 事業概要

西谷地区の酪農における課題として糞尿処理の労力の負担があり、その解決策として、家畜糞尿を利用したバイオガス発電設備の導入が考えられ、平成30年度に市内のNPO団体の呼びかけにより、地域住民、学識者、事業者、兵庫県、宝塚市などを交えた勉強会が実施された。次のステップとして、事業スキームや採算性、液肥活用の具体性などを含めた詳細な検証が必要であると考え、宝塚市は、国（環境省）の補助金を活用し、西谷地区におけるバイオガス発電設備の導入可能性調査を委託により実施し、事業化実現の可能性を探った。

## (2) 国補助金

平成31年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業のうち、地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業）

## (3) 採択額

9,871千円

## (4) 委託先

バイオマスリサーチ株式会社（所在地：北海道帯広市）

## (5) 委託金額

9,812千円

## (6) 委託期間

令和元年（2019年）11月5日  
～令和2年（2020年）2月14日

## 委託業務の内容

- (1) 地域の概要、地域産業・環境の整理
- (2) 廃棄物系バイオマス資源の賦存量の把握
- (3) メタン発酵システム・バイオガス生産量・発電量の試算
- (4) メタン発酵原料輸送方法の検討
- (5) 生産エネルギーの利用方法の検討
- (6) メタン発酵消化液（有機農業）の利用方法の検討
- (7) 有機農産物の流通に関する検討
- (8) 近隣市町村の情報収集・広域モデル可能性の検討
- (9) 地域循環共生圏モデルの作成
- (10) 事業運営方式の検討
- (11) 事業コストの試算
- (12) 家畜糞尿処理方法の変更によるCO2削減量の試算
- (13) 事業スケジュールの作成
- (14) 農家向け勉強会、関係者検討会議の開催

## 2. 農業の概要

### (1) 農業の概要

宝塚市の農業は、水稻をはじめ豆類やイモ類、軟弱野菜などを栽培する都市近郊農業である。そのほか、花きと種苗・苗木類が多いことが特徴である。また、北部地域では畜産業も行われている。

良元・宝塚・長尾の3地区を合わせた南部市街地農業と、西谷地区の北部地域農業に大別でき、南部地域では長尾地区を中心とした花き・植木産業が、北部地域では酪農・畜産のほか、稲作や「西谷野菜」で知られる野菜類を中心とした農業が営まれている。

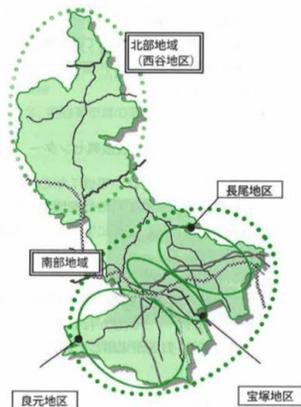


図 宝塚市の農業地域

### (2) 農地面積

農地(経営耕地)は、367ha(2015年農林業センサス)であり、その8割以上が田である。農地面積は昭和60(1985)年から30年間で6割以下になっており、特に樹園地で140.1haから31.0haと2割まで減少しており、近年における南部地域の住宅化が大きく影響している。

### (3) 農家数

農家数は、平成27(2015)年時点では平成7(1995)年時点の約7割まで減少している。平成27年の農家数は598戸で、うち228戸は自給的農家である。販売農家は370戸で、うち専業農家は76戸である。西谷地区の農家数は331戸で全体の55%を占める。うち専業農家は48戸である。経営耕地規模別の農家数は、耕地面積が1ha未満の農家が287戸と全体の8割弱を占める。

### (4) 地域別農業の現状

#### ① 北部地域

北部地域では、稲作を中心とした副業的自給農家が大半を占めている。近年では、高齢化と担い手不足が進行している。

#### ② 南部地域

南部地域では、長尾地区を中心に古くから花き・植木産業が盛んであり、宝塚市立宝塚園芸振興センター「あいあいパーク」などの園芸関連施設が立地している。

表2-1 経営耕地 単位：面積(ha)、農家数(戸)

区分	総数	良元地区	宝塚地区	長尾地区	西谷地区
総面積	367	X	X	60	279
田	307	X	X	38	244
畑	29	X	X	12	15
樹園地	31	X	X	10	20
田のある農家数	351	X	X	72	247
畑のある農家数	163	X	X	38	114
樹園地のある農家数	105	X	X	24	73

出典：2015年農林業センサス

x:個人又は法人その他の団体に関する秘密を保護するため、統計数値を公表しないもの。

表2-2 農家数の推移 単位(戸)

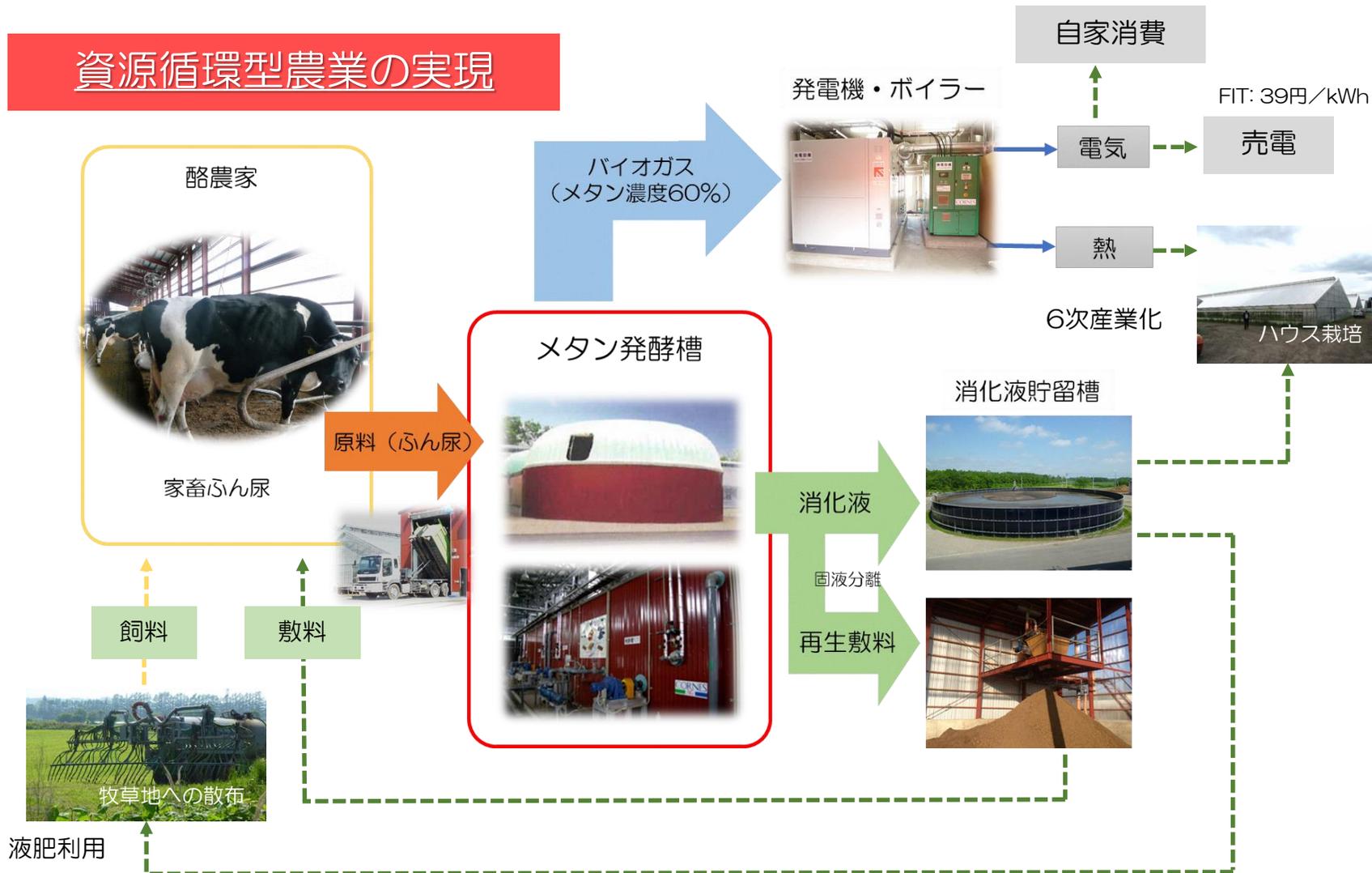
年次 地区別	農家数					
	総数	自給的 農家	販売農家			
			総数	専業農家	兼業農家	
				第1種	第2種	
平成7	834	-	834	104	111	619
平成12	751	217	534	77	67	390
平成17	702	250	452	71	48	333
平成22	676	258	418	70	52	296
平成27	598	228	370	76	55	239
良元地区	22	20	2	X	X	X
宝塚地区	77	47	30	X	X	X
長尾地区	168	82	86	22	18	46
西谷地区	331	79	252	48	33	171

出典：2015年農林業センサス兵庫県結果表

x:個人又は法人その他の団体に関する秘密を保護するため、統計数値を公表しないもの。

# 3. バイオガス事業の概要

図3-1 バイオガスプラントのシステムフロー



# 4. バイオマス資源賦存量の把握

## (1) 家畜糞尿系バイオマス

令和元(2019)年11月、バイオガスプラント導入に関心のある酪農家3戸に対して、ヒアリングを実施した。乳用牛飼養頭数の合計は592頭であり、糞尿量の合計は1日あたり31.98t/日、年間11,673t/年であった。糞尿量を搾乳牛で換算すると、492頭相当となる。

表4-1 家畜糞尿系バイオマスの賦存量

項目	乳用牛飼養頭数			乳用牛飼養頭数の合計	1頭1日あたり糞尿排泄量	1日あたり糞尿量の合計	1年あたり糞尿量の合計	搾乳牛換算頭数
	A	B	C					
酪農家名								
単位	頭			頭	kg/日	t/日	t/年	頭
搾乳牛	140	20	270	430	65	27.95	10,202	430
乾乳牛	30	0	46	76	27	2.05	749	32
育成牛	20	10	56	86	23	1.98	722	30
合計	190	30	372	592	-	31.98	11,673	492
搾乳牛換算頭数	160	23	309					

## (2) 廃棄物系バイオマス

市内の小中学校・養護学校(37校)、食品工場3箇所及びスーパーマーケット7箇所、及び宝塚市を管内に含む農業団体から排出される廃棄物系バイオマスを調査した。

- 学校給食由来の食品廃棄物は、平成30(2018)年度に年間34.4t。
- 民間企業のバイオマス発生量の合計は、3,249.7t/年であった。このうち、食品残渣(生ごみ)の合計は、3,180.6t/年であり、全体の約70%が飼料化されている。
- 廃食用油の合計は、69.1t/年であり、すべてリサイクルされている。
- 宝塚市近隣自治体に所在する農業団体の販売店3店舗からは、98t/年の食品残渣(生ごみ)が発生。
- 本調査で把握した廃棄物系バイオマス賦存量の合計は、食品残渣(生ごみ)が3,313t/年、廃食用油が69.1t/年であった。

表4-2 廃棄物系バイオマスの賦存量

バイオマスの種類	施設の種別	発生量 t/年
食品残渣(生ごみ)	小中学校・養護学校	34.4
	民間企業	3,180.6
	農業団体	98.0
	合計	3,313.0
廃食用油	民間企業	69.1
	合計	69.1

## (3) バイオマス活用状況及び課題

家畜糞尿系及び廃棄物系の活用状況と課題を次表に示す。

表4-3 バイオマス活用状況及び課題

バイオマスの種類	活用状況	課題
家畜糞尿系バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酪農家3戸による発生量合計は、11,673t/年である。</li> <li>・堆肥舎やコンポストなどで全量を処理している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・糞尿処理の労力の負担が大きい</li> <li>・近隣への臭気の低減</li> <li>・5~10月は堆肥を水田に施肥できない。</li> <li>・堆肥を販売しているが、農家の高齢化もあり、余り気味となっている。</li> </ul>
廃棄物系バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本調査で調査した食品残渣発生量は、生ごみが3,313.0t/年、廃食用油が、69.1t/年であった。</li> <li>・生ごみは一部飼料化されている。その他は焼却処理されている。</li> <li>・廃食用油は全量リサイクルされている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理コストの大きい</li> <li>・一部は飼料化されているものの、さらなる資源の有効活用が必要である。</li> </ul>

# 5. メタン発酵システム・バイオガス生産量・発電量等の試算①

## (1) 利活用可能なバイオマス資源量

- 家畜糞尿は、酪農家3戸で合計492頭分(搾乳牛換算)、糞尿量合計は11,673t/年である。搾乳牛換算492頭分の糞尿を処理するプラント規模は、500頭規模を1基、または350及び150頭規模を各1基とする。
- 500頭規模は3戸の酪農家による共同運営または農家・企業等が設立するSPC(Special Purpose Company; 特別目的会社)による運営、350頭規模は2戸の酪農家による共同運営、150頭規模プラントは単独酪農家による運営が想定される。
- 食品残渣(生ごみ)は、飼料化されているケースもあるため、バイオガスプラントへの投入量は賦存量の20%(663t/年)とし、投入受入に労力を要することが想定されるため、大規模で管理者を雇用する500頭規模バイオガスプラントに投入することとした。

表5-1 バイオマス原料量及び事業モデルのパターン

プラント規模	原料		想定される運営方法
	糞尿量 t/年	食品残渣 t/年	
500頭	11,673	—	3戸の酪農家による共同運営
		663	農家・企業等が設立するSPCによる運営
350頭	7,888	—	2戸の酪農家による共同運営
150頭	3,785	—	単独酪農家による運営

## (2) バイオガス、消化液、電気及び熱生産量

- バイオガス生産量：500頭規模(糞尿のみ)は480,705m<sup>3</sup>/年、500頭規模(糞尿+食品残渣)は566,845m<sup>3</sup>/年、350頭規模(糞尿のみ)は324,850m<sup>3</sup>/年、及び150頭規模(糞尿のみ)は155,855m<sup>3</sup>/年である。
- 消化液生産量：500頭規模が10,848t/年、350頭規模が7,330t/年、150頭規模が3,518t/年である。
- バイオガス発電量：500頭規模(糞尿のみ)は1,005,263kWh/年、500頭規模(糞尿+食品残渣)は1,185,520kWh/年、350頭規模(糞尿のみ)は675,735kWh/年、及び150頭規模(糞尿のみ)は273,065kWh/年である。
- 発電機の運転により、発電と同時に熱が発生する。発熱量のうち、バイオガスプラント発酵槽の加温等に40~50%使用され、残りは余剰熱量として利用可能である。500頭規模(糞尿のみ)は2,287GJ/年、500頭規模(糞尿+食品残渣)は2,952GJ/年、350頭規模(糞尿のみ)は1,516GJ/年、及び150頭規模(糞尿のみ)は867GJ/年である。

表5-2 バイオガス、消化液、電気及び熱生産量

プラント規模	原料		バイオガス生産量 m <sup>3</sup> /年	消化液生産量 t/年
	糞尿量 t/年	食品残渣 t/年		
500頭	11,673	—	480,705	10,848
		663	566,845	
350頭	7,888	—	324,850	7,330
150頭	3,785	—	155,855	3,518

プラント規模	発電機出力 kW	発電可能量 kWh/年	発熱量 GJ/年	余剰熱量 GJ/年
500頭	150	1,005,263	4,318	2,287
		1,185,520	5,093	2,952
350頭	100	675,735	2,931	1,516
150頭	50	273,065	1,597	867

## (3) バイオガスプラントの建設に要する敷地面積

- 350~500頭規模では2,220m<sup>2</sup>、150頭規模では1,612m<sup>2</sup>の敷地が必要となることが想定される。
- 余剰熱の利用先として、500頭規模プラントに隣接してハウス(いちご)を設置した場合、2,000m<sup>2</sup>(20a)及び通路などを含めたハウス面積が3,850m<sup>2</sup>必要であり、プラント敷地と合わせて6,070m<sup>2</sup>程度の敷地が必要となる。

表5-3 バイオガスプラントの建設に要する敷地面積

プラント規模	農業ハウス規模	プラント施設敷地計	貯留槽敷地計	農業ハウス敷地計	敷地計
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
500頭×1基	—	572	1,648	—	2,220
	10a×2棟	572	1,648	3,850	6,070
350頭×1基	—	572	1,648	—	2,220
150頭×1基	—	520	1,092	—	1,612

# 5. メタン発酵システム・バイオガス生産量・発電量等の試算②



図3-1 350~500頭規模

# 6. 原料輸送方法の検討 ①

## (1) メタン発酵施設の建設候補地の選定

- メタン発酵施設の主な原料は乳牛糞尿であるため、メタン発酵施設の建設候補地は、酪農家3戸の敷地又は近隣地を想定。
- バイオガスプラントをA牧場に1基、B及びC牧場(共同)に1基、合計2基建設する場合は原料の輸送は発生しない。
- ここでは最も経営規模の大きなC牧場の近隣に500頭規模の集中型バイオガスプラントを建設する場合を想定し、原料輸送方法及び輸送コストの試算。
- 西谷地区の酪農家3戸はいずれも敷料を多く含む糞尿であるため、アームロール車・輸送コンテナにて輸送する。

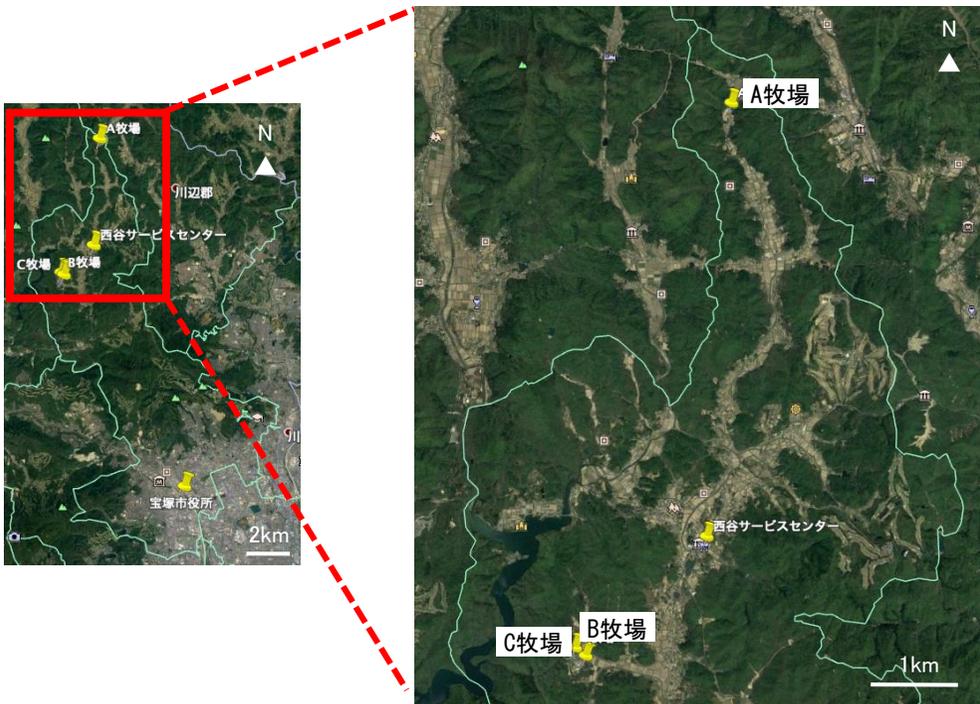


図4-1 酪農家の位置

## (2) アームロール車の必要台数

- 1日の糞尿量及び500頭規模の集中型バイオガスプラント(建設候補地)までの距離等から、輸送に必要なアームロール車台数及び燃料費を算出。
- アームロール車の1日あたりの必要台数が0.18台と算出されたため、必要台数を1台とした。年間の燃料代は343,665円と算出された。

表6-1 原料輸送に必要なアームロール車台数・燃料費(500頭規模集中型)

No.	酪農家名	糞尿量 t/年	糞尿量 t/日	プラント までの 片道 km	燃料量 L/回	片道走行 時間 時間	走行時間 時間/回	作業時間 時間	収集と 運搬時間 時間
1	A牧場	3,785	10.37	8.8	7.33	0.25	0.50	0.70	1.20
2	B牧場	558	1.53	1.0	0.83	0.03	0.06	0.70	0.76
3	C牧場	7,329	20.08	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計		11,673	31.98	3.3	8.17	0.28	0.56	1.40	1.96

No.	酪農家名	コンテナ (15m <sup>3</sup> ) 数 個	1日あたり の充填率 %	充填率 70% となる日 数 日	年間の 収集回数 回	1日あたり 必要時間 時間	年間の 走行距離 km	年間の 燃料量 L	年間の 燃料代 円
1	A牧場	1	69%	1	365	1.2	6,424	2,677	337,260
2	B牧場	1	10%	6	61	0.1	122	51	6,405
3	C牧場	0	0%	0	0	0.0	0	0	0
合計		2	79%	7	426	1.3	6,546	2,728	343,665

1日当たり必要台数 0.18



- 蓋付きコンテナでふん尿を回収
- パークリナーの下に設置
- アームロール車に積載し、運搬

図6-2 アームロール車と輸送コンテナ

## 6. 原料輸送方法の検討 ②

### (3) 糞尿輸送コスト試算

- 原料輸送にかかるイニシャルコストは、収集コンテナ、コンテナ用天蓋及びアームロール車の合計で、39,402千円であった。
- 原料輸送にかかる年間諸経費は、自動車税、各種保険、車検整備費等を含め1,440千円であった。
- 人件費については、車両の点検や洗車等を含めても1日3時間程度と想定されることから、年間2,500千円とした。
- 以上から、乳牛1頭あたりの年間糞尿収集コストは12,711円と試算した。

表6-2 原料輸送にかかるイニシャルコスト

品名	形式	数量	単価 千円	金額 千円
収集コンテナ(各農家に設置)	15m <sup>3</sup> 脱着式	2	3,100	6,200
収集コンテナ(収集用空コンテナ)	15m <sup>3</sup> 脱着式	1	3,100	3,100
コンテナ用天蓋	手動スライド式	3	780	2,340
アームロール車		1	27,762	27,762
合計				39,402

表6-3 原料輸送にかかる年間諸経費(アームロール車の年間諸経費)

費用項目	金額 千円	備考
コンテナの減価償却費の負担分	582	耐用年数を20年とする
車両の減価償却費の負担分	1,388	耐用年数を20年とする
年間諸経費	1,440	年間諸経費の合計
年間燃料費	344	
人件費	2,500	原料収集、プラント管理を各2,500千円とする
合計	6,254	

表6-4 原料輸送にかかる年間諸経費(千円)

費用項目	単価	数量	金額
自動車税	66	1	66
重量税	55	1	55
自賠責保険	39	1	39
任意保険	360	1	360
車検整備費	179	1	179
一般整備費	300	1	300
油脂費	60	1	60
タイヤ	350	1	350
ADブルー費	32	1	32
合計	1440		1,440

表6-5 乳牛1頭あたりの年間糞尿収集コスト

乳牛1頭あたりの年間糞尿収集コスト	
年間糞尿輸送コスト	6,254 千円/年
年間糞尿量	11,673 t/年
糞尿1tあたりの収集コスト	536 円/年
牛1頭あたりの糞尿収集コスト	12,711 円/年

牛一頭あたりの年間糞尿収集コスト  
= 12,711円/年

# 7. 生産エネルギーの利用方法の検討 (農業ハウスでの余剰熱利用)

## (1) いちご (ハウス面積20a、栽培温度15℃)

- バイオガスプラント(500頭規模・原料は糞尿のみ)から供給される余剰熱量は65,450L、うち栽培に使用される余剰熱量は15,145L(1,393千円)
- ただし、1~2月は余剰熱だけでは熱量が不足するため、不足分を灯油で補うと仮定すると、必要となる灯油量は2,725L(250千円)

図7-1 いちご栽培に必要な熱量のイメージ



必要となる年間熱量 (エネルギー収支がマイナスの合計)	灯油換算量 (ℓ)	熱量 (GJ)	灯油価格 92円/ℓ
	2,725	100	250,700



表7-1 いちご栽培の事業収支予測

ハウス仕様：2,000㎡ (20a) 間口10m×奥行100m×2棟 軒高3.7m 設定温度：15℃	栽培に必要な熱量 栽培に使用される余剰熱量 不足する熱量	17,870L (164万円) 15,145L (139万円) 2,725L (25万円)
生産コスト：1,029万円 暖房費：25万円 建設費：303万円 人件費：314万円 その他経費：387万円	予想出荷額：1,323万円 反収：4.0t/10a 生産量：8.0t kgあたり価格：1,654円	粗収益：294万円 環境評価：38t-CO <sub>2</sub> 削減

## (2) トマト (ハウス面積14a、栽培温度19℃)

- バイオガスプラント(500頭規模・原料は糞尿のみ)から供給される余剰熱量は65,450L、うち栽培に使用される余剰熱量は18,936L(1,742千円)
- ただし、12~3月は余剰熱だけでは熱量が不足するため、不足分を灯油で補うと仮定すると、必要となる灯油量は4,424L(407千円)

図7-2 栽培に必要な熱量のイメージ



必要となる年間熱量 (エネルギー収支がマイナスの合計)	灯油換算量 (ℓ)	熱量 (GJ)	灯油価格 92円/ℓ
	4,424	162	407,008



表87-2 トマト栽培の事業収支予測

ハウス仕様：1,400㎡ (14a) 間口10m×奥行70m×2棟 軒高3.7m 設定温度：19℃	栽培に必要な熱量 栽培に使用される余剰熱量 不足する熱量	23,360L (215万円) 18,936L (174万円) 4,424L (41万円)
生産コスト：1,096万円 暖房費：41万円 建設費：206万円 人件費：406万円 その他経費：443万円	予想出荷額：1,476万円 反収：29.5t/10a 生産量：41.3t kgあたり価格：357円	粗収益：380万円 環境評価：47t-CO <sub>2</sub> 削減

# 8. メタン発酵消化液(有機農業)の利用方法の検討 ①

## (1) 農家(主に水稲)へのアンケート調査

- バイオガスと共に生産されるメタン発酵消化液(消化液)の利用が事業の経済性を大きく左右するため、消化液使用の意向を把握する必要がある。
- 令和元年12月～令和2年1月に、市内の耕種農家(主に水稲)向けに消化液の利用に関するアンケートを実施し、化学肥料や堆肥の利用についての課題を調査した。また、消化液の有用性や安全性を紹介し、消化液利用に関する意向調査を取りまとめた。

表8-1 農家向けアンケート回答率

地域	配布数	回答数	回答率
全体	397	177	45%
北部地域(西谷地区)	314	128	41%
南部地域	83	45	54%
未回答	-	4	-

図8-1 消化液がすでに耕種農家で利用されていることの認知度

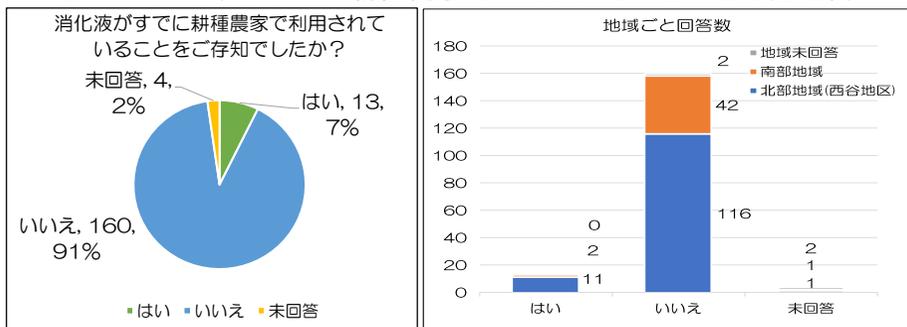


図8-2 消化液の利用に対する関心度

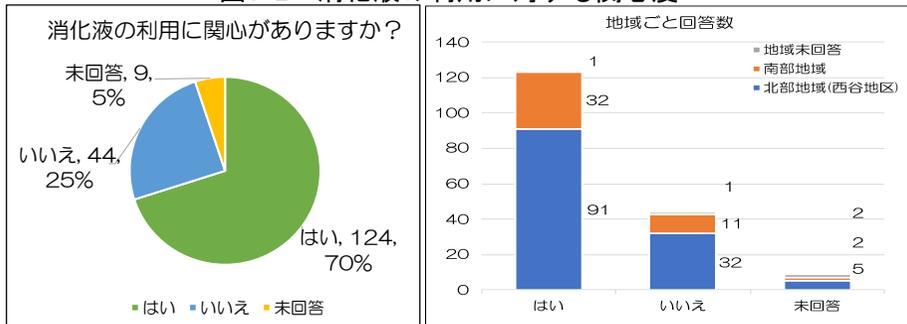


図8-3 肥料の利用について課題と思われる項目

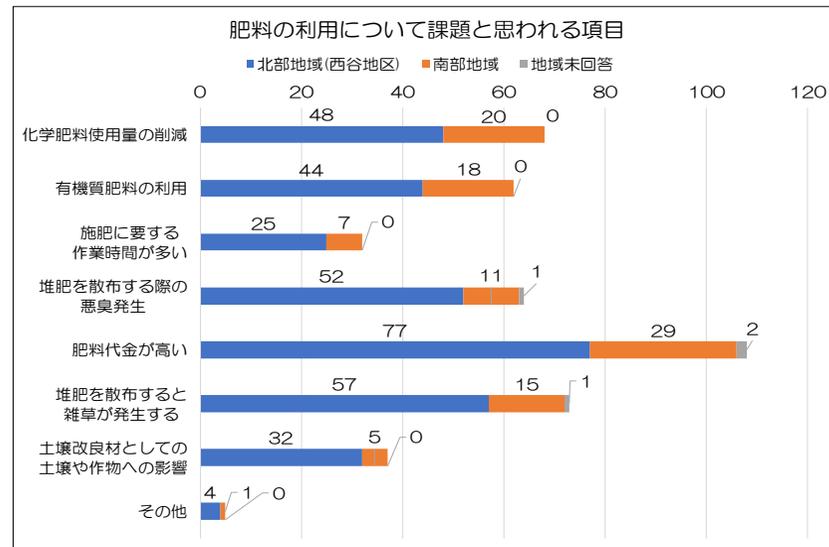
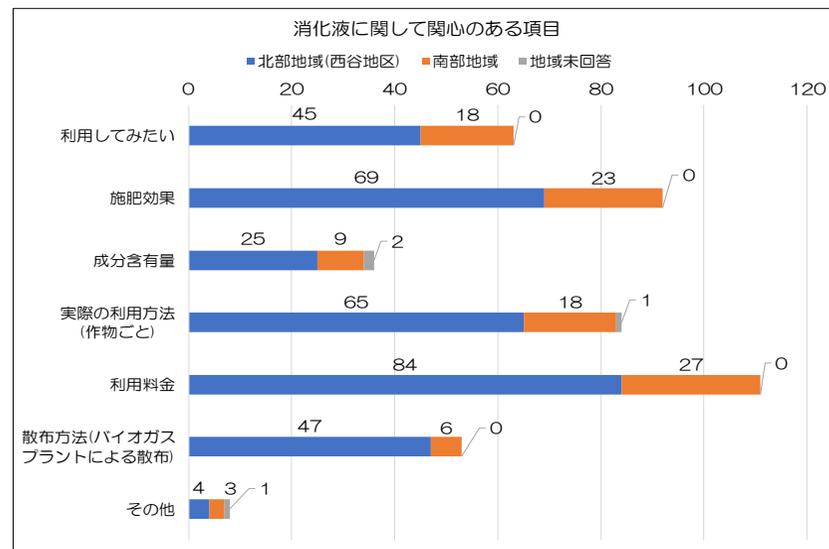


図8-4 消化液に関して関心のある項目



# 8. メタン発酵消化液(有機農業)の利用方法の検討 ②

## (2) 農業での利用

### ① 地帯区分、土壌区分及び肥料成分

- 「環境負荷軽減に配慮した 各種作物の施肥基準(平成15年 兵庫県)」中部山間地域の土壌区分「灰色土壌」の施肥基準から消化液施肥量を試算した。
- 消化液の肥料成分含量は、神戸大学で生成した消化液をオホーツク農業科学センターで分析した値、全窒素0.342%、リン酸0.143%、カリウム0.176%を用いた。
- ①地帯区分：中部山間地域
- ②土壌区分：灰色土壌
- ③肥料成分：表6-2の通り

### ② 消化液の肥料換算係数

- 消化液の肥料成分がわかっているにもかかわらず、その肥効率は気象条件や施用方法によって異なる。表面施用の場合アンモニアは揮散しやすい。また作物が吸収しきれない場合は、溶脱による地下水等に流出し水質汚染の原因となる。
- 消化液の畑作物に対する肥料換算係数を表6-3に示した。小麦については「表面施用」、その他作物については「表面施用混和」による肥料換算係数を用いた。
- 水稲は、水田の灌水前に機械で散布を行う「機械施用」と、稲がある程度生育した状態で主に穂肥や追肥として行う「水口施用」がある。本章では機械施用について検討した。

図8-5 地帯区分：中部山間地域



表8-2 地帯区分：中部山間地域

肥料成分	含有率(%)
全窒素	0.342
リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.143
カリウム (K <sub>2</sub> O)	0.176

表8-3 消化液の畑作物に対する肥料換算係数

施用方法	対象作物	含有成分の肥料換算係数				施用適量 (t/10a)
		T-N	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
表面施用混和	てん菜、ばれいしょ、後作緑肥	0.4	0.7	0.6	1.0	3
表面施用	秋まき小麦(起生期追肥)	0.7	1.0	0.6	1.0	2

出典：北海道施肥基準ガイド2015

写真6-1 消化液の散布方法



(左上)土中散布  
(右上)回転式表面散布機  
(下)バキューム車による水口施用

# 8. メタン発酵消化液(有機農業)の利用方法の検討 ③

## ①各作物の施肥量

表8-4 水稻・日本晴の施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液4.4 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	6.0 kg/10a	6.0 kg/10a	0.0 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.0 kg/10a	3.8 kg/10a	2.2 kg/10a
K <sub>2</sub> O	6.0 kg/10a	7.7 kg/10a	-1.7 kg/10a

養分	必要肥料 養分量
N	3 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/10a
K <sub>2</sub> O	3 kg/10a

表8-8 小豆の施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液2.9 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	4 kg/10a	4.0 t/10a	0.0 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10 kg/10a	2.5 t/10a	7.5 kg/10a
K <sub>2</sub> O	7 kg/10a	5.1 t/10a	1.9 kg/10a

養分	必要肥料 養分量
N	3 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/10a
K <sub>2</sub> O	3 kg/10a

表8-5 飼料米の施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液3.7 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	5 kg/10a	5.1 t/10a	-0.1 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5 kg/10a	3.2 t/10a	1.8 kg/10a
K <sub>2</sub> O	5 kg/10a	6.5 t/10a	-1.5 kg/10a

養分	必要肥料 養分量
N	4 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2 kg/10a
K <sub>2</sub> O	2 kg/10a

表8-9 ばらの施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液34.1 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	56 kg/10a	46.6 t/10a	9.4 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30 kg/10a	29.3 t/10a	0.7 kg/10a
K <sub>2</sub> O	60 kg/10a	60.0 t/10a	0.0 kg/10a

表8-6 小麦の施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液2.1 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	5 kg/10a	5.0 kg/10a	0.0 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7 kg/10a	1.8 kg/10a	5.2 kg/10a
K <sub>2</sub> O	5 kg/10a	3.7 kg/10a	1.3 kg/10a

養分	必要肥料 養分量
N	5 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/10a
K <sub>2</sub> O	5 kg/10a

表8-10 ばらの施肥基準

花の種類 及び栽培型	目標収量 万本/10a	施肥量 kg/10a				備考
		成分	総量	基肥	追肥	
ばら	周年 15.0 冬切 10.2	N	56	3	53	追肥：毎月 土壌適pH：5.0～7.0
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30	10	20	
		K <sub>2</sub> O	60	—	60	

表8-7 大豆の施肥量

養分	必要肥料 養分量	消化液2.2 t/10a から 供給される肥料養分量	化学肥料 施肥量
N	3 kg/10a	3.0 kg/10a	0.0 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7 kg/10a	1.9 kg/10a	5.1 kg/10a
K <sub>2</sub> O	10 kg/10a	3.9 kg/10a	6.1 kg/10a

養分	必要肥料 養分量
N	3 kg/10a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/10a
K <sub>2</sub> O	3 kg/10a

表8-11 消化液の散布に必要な面積

作物名	散布量 t/10a	必要面積 ha
水稻(日本晴)	4.4	247
酒造適合米(山田錦)	3.5	310
飼料米	3.7	293
小麦	2.1	517
大豆	2.2	493
小豆	2.9	374
ばら	34.1	32

- 消化液の年間生産量は10,848t、これを各作物に全量散布した場合に必要な面積は右の通り。
- 宝塚市の経営耕地面積は367haであり、内訳は田が307ha、畑が29ha、樹園地が31haである。畑の大部分が大豆および花き(ダリア等)であることから、消化液をすべて消費するポテンシャルは有している。

## 8. メタン発酵消化液(有機農業)の利用方法の検討 ④

消化液を全量消費することは、採算性や地域循環共生の観点で望ましいため、市域の農地にどの程度散布できるかを試算し、農地面積と消化液散布量の関係性について、以下のとおり示した。

宝塚市の総農地面積367haに対する消化液の必要量は、年間17,108tと試算した。それに対して、500頭規模のプラントにおける年間消化液生産量は10,848tであり、63%に当たる。農地に換算すると、市域の全農地面積367haに対して、63%に当たる233haに散布することになる。このことは、バイオガス事業で生産された消化液全量を消費するポテンシャルは有していると言えるが、全量消費するためには、市内大半の農家に消化液を使ってもらい必要があり、消費しきることの難しさも表している。

以上より、消化液の全量を消費しきれないことを想定し、後の事業コストの試算においては、消化液生産量の70% (7,594t) を浄化し、30% (3,254t) を農業利用することを前提とした。農業利用を30%と仮定した理由は、アンケート調査結果において、調査対象農家の31%が「消化液利用に関心あり」と回答したことからである。

消化液生産量の30% (3,254t) を農業利用する場合には、市内全農地面積367haのうち、70ha (19%) の農地に散布する必要がある。 (表8-12)

表8-12 市内農地に消化液を散布する場合の試算

	市内全農地散布量 ①	消化液生産量 ②	市内全農地への散布割合 ②/①	消化液生産量の30% ③	市内全農地への散布割合 ③/①
	17,108t	10,848t		3,254t	
農地 (ha)	367	233	63%	70	19%

消化液を市全域で散布するには南部市街地への輸送コスト等が生じることから、西谷地区の農地に限定した場合も試算した。

西谷地区の農地に消化液を散布する場合、生産される消化液10,848tは西谷地区の全農地に散布する場合の必要量12,836tの84%に当たる。また、消化液生産量の30% (3,254t) を農業利用する場合には、西谷地区の農地総面積279haのうち、70ha (25%) の農地に散布する必要がある。 (表8-13)

表8-13 西谷地区の農地に消化液を散布する場合の試算

	西谷地区農地散布量 ①	消化液生産量 ②	西谷地区の農地への散布割合 ②/①	消化液生産量の30% ③	西谷地区の農地への散布割合 ③/①
	12,836t	10,848t		3,254t	
農地 (ha)	279	233	84%	70	25%

# 9. 有機農産物の流通に関する検討

## (1) メタン発酵消化液を施肥した有機農産物の販売

- バイオガスプラントの運転に伴い、有機肥料となる消化液が年間10,848 t 生産される見込みであり、西谷地区及び市南部地域の農家に供給し、有機農業の振興を図ることが可能となる。
- 西谷地区の農業は、稲作を中心としつつ、多くの野菜が栽培され、太ねぎや黒大豆枝豆などは、特産野菜としてブランド化が定着しつつある。また、花きの生産も盛んで、中でもダリアの球根出荷量は全国の4分の1を占めている。消化液を西谷地区へ供給し活用することで、化学肥料を削減し、さらにCO<sub>2</sub>を削減することができる。
- 西谷地区の農作物は、南部市街地へ出荷するとともに、地区内の農協市場館「西谷夢市場」で販売されており、需要も高いため、有機野菜生産の活性化はブランドの新たな魅力となるものである。加工品としては、西谷地区の生産者が自ら立ち上げたブランド「宝塚 花の里・西谷」が既にあり、有機農業の振興により、新たな商品開発も期待される。



写真9-1 西谷夢市場

## (2) 有機農産物を利用した6次化製品のブランド化

- 主に家畜糞尿を原料としたメタン発酵によるバイオガス発電については、北海道などにおける規模の大きい先進事例があるが、本構想が実現した場合は、都市近郊型の山間部の酪農におけるモデルケースとなると考える。同じ兵庫県内の丹波市においては現在、同様の課題があり、宝塚市のNPO団体が課題解決に向けて、酪農家や事業者、行政と関わり展開を検討しているところである。
- バイオガス発電設備の導入が実現した場合には、発電に伴い発生した熱のいちごやトマトなどの温室栽培への活用、メタン発酵処理により発生する消化液の主に西谷地区をはじめとする有機農業への活用により、オーガニックブランドを確立し、西谷地区のファーマーズマーケットや新名神高速道路のサービスエリア、近郊都市部の百貨店などで販売展開できる。
- 本調査における関係者検討会議及び農家向け勉強会では、いちごの他にトマト、ベビーリーフや花き(ダリア)等への消化液利用が提案されている。
- また、都市部近郊の立地を生かし、体験農業や再生可能エネルギーの学習を組み合わせたツーリズムが可能となる。



写真9-2 「宝塚 花の里・西谷」の商品

# 10. 近隣市町村の情報収集・広域モデル可能性の検討

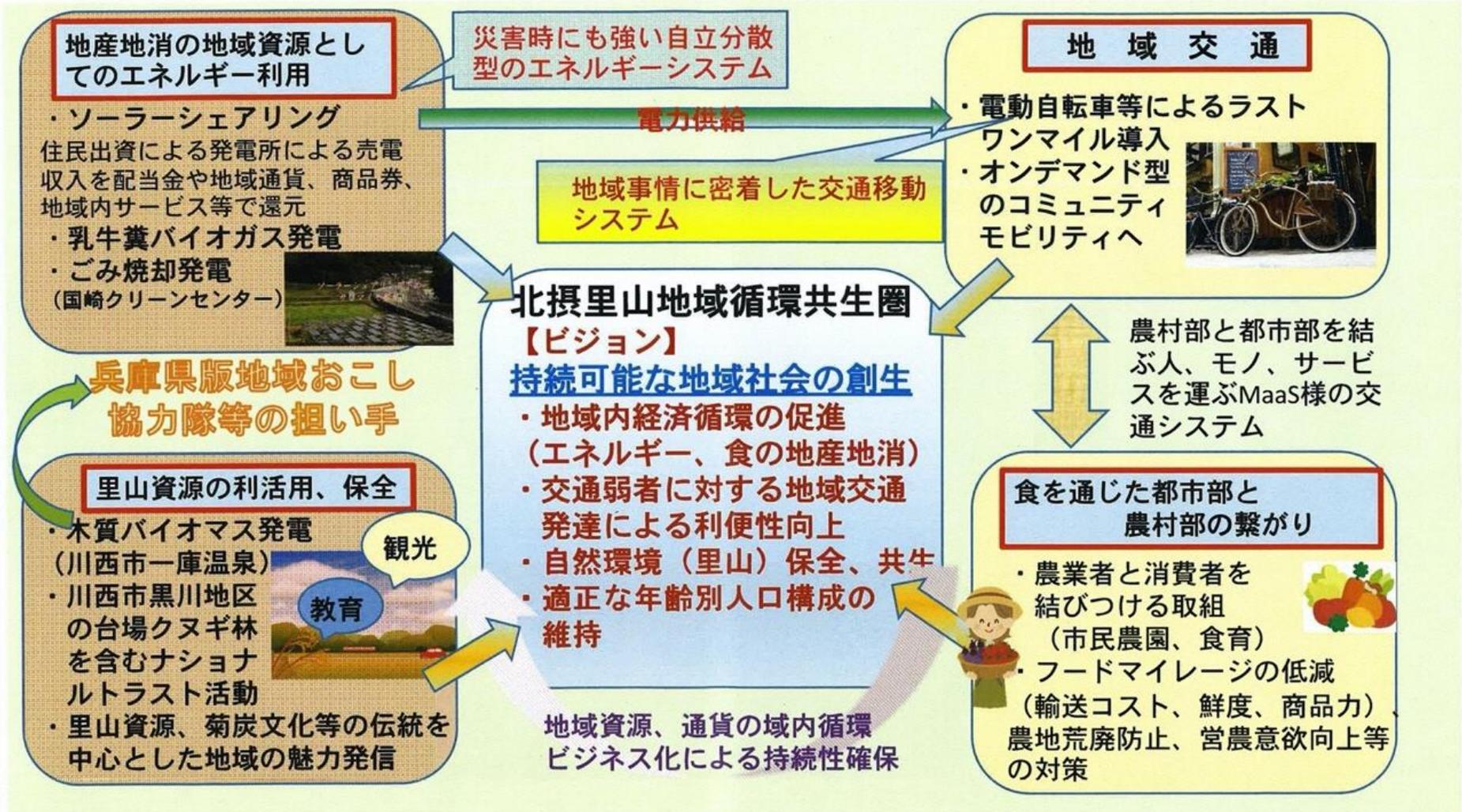


図10-1 北摂里山地域循環共生圏

# 11. 地域循環共生圏モデルの作成

## 宝塚市地域循環共生圏 5つの視点

- 1 バイogas事業の構築
- 2 災害時対応 独立エネルギー源の生産・利用
- 3 消化液による有機農業の展開
- 4 オーガニックブランドプロジェクトの構築
- 5 農福エネ連携・ソーシャルファーム、SDGs



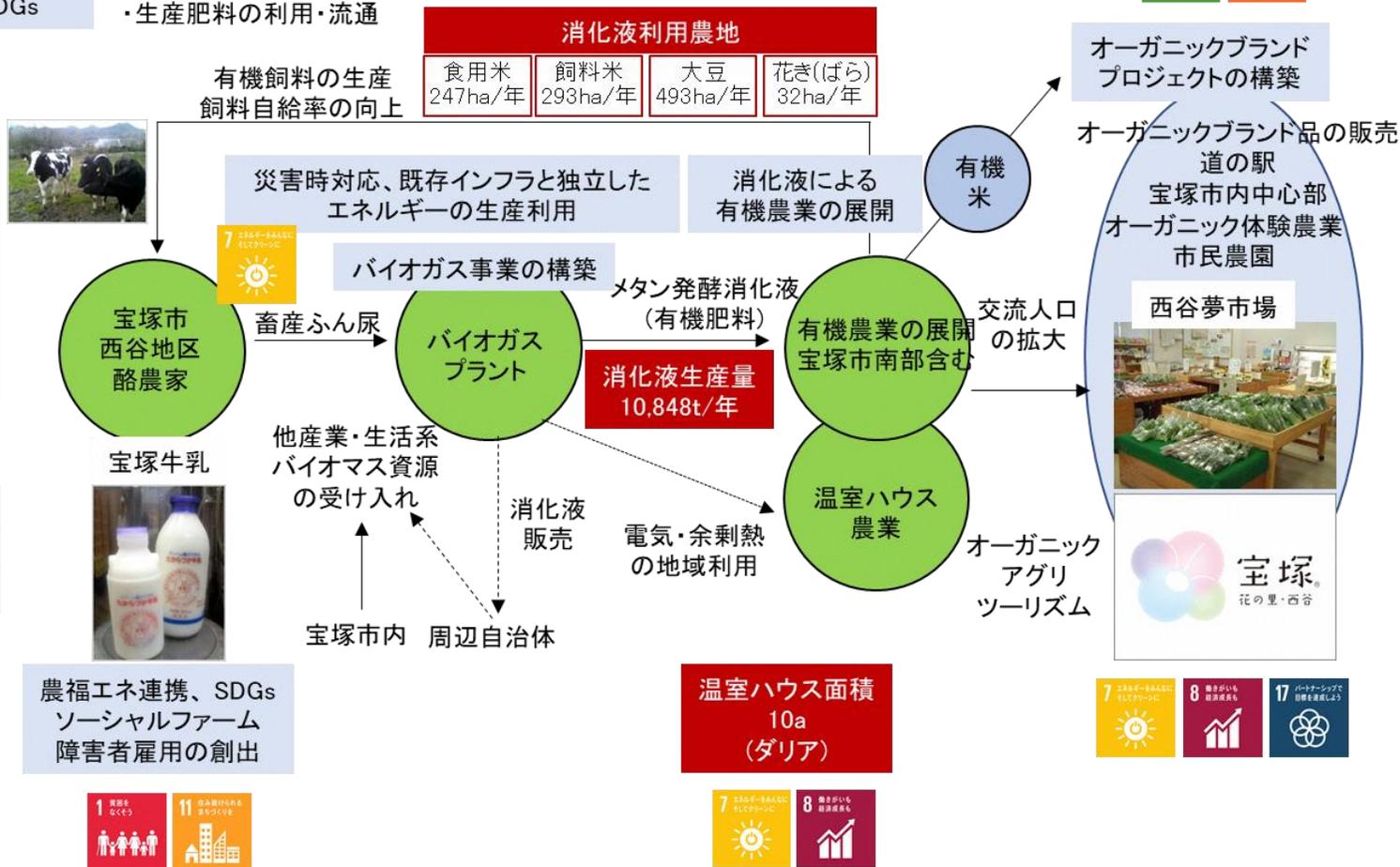
酪農業の課題  
 ・ふん尿処理(コスト・労力)  
 ・ふん尿の悪臭  
 ・生産肥料の利用・流通

バイオガスプラント導入による効果  
 ・エネルギー利用、販売による収入  
 ・メタン発酵処理による悪臭の低減  
 ・メタン消化液による有機農業の展開



項目	乳用牛飼養頭数			合計	糞尿量 (t/年)	経産牛 換算 頭数
	A	B	C			
農家名						
単位	(頭)			(頭)	(t/年)	(頭)
搾乳牛	140	20	270	430	10,202	430
乾乳牛	30	0	46	76	749	32
育成牛	20	10	56	86	722	30
合計	190	30	372	592	11,673	492

バイオガス生産量	480,705	m <sup>3</sup> /年
発電可能量	1,005,263	kWh/年
発熱量	4,318	GJ/年



CO2削減量1,694t/年  
(バイオガス分)



農福エネ連携、SDGs  
 ソーシャルファーム  
 障害者雇用の創出



温室ハウス面積  
 10a  
 (ダリア)



図11-1 宝塚市地域循環共生圏モデルのイメージ図

# 12. 事業運営方式の検討

表12-1 事業運営方式のメリット・デメリット

事業運営方式	メリット	デメリット	
1-1 農家単独による個別型プラントの運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>農家個人による事業判断なので、建設、稼働までの期間が短い。</li> <li>申請手続きが比較的容易。</li> <li>建設面積が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業費の確保も単独で行う必要がある。</li> <li>調査検討を単独で行う必要がある。</li> </ul>	
1-2 公共性の高い事業方式	(1) 複数酪農家による共同型プラントの運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設、稼働までの期間が比較的短い。</li> <li>プラントの大規模化によるスケールメリットで原料あたりの建設費が割安となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>酪農家敷地以外での建設地の確保が必要。</li> <li>原料の広域輸送が必要となる。</li> <li>運転管理、経理業務を酪農家で分担して行う、または委託する必要がある。</li> </ul>
	(2) SPCによる運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラント大規模化によるスケールメリットで処理原料あたりの建設費が割安となる。</li> <li>株主の投資により、事業資金の調達が可能。</li> <li>糞尿処理以外の事業収入が見込める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPCの設立に向けた協議が必要となる。</li> <li>株主・投資家を募集する必要がある。</li> <li>出資金が集まらない場合は、事業が開始できない。</li> </ul>
(3) PFI事業・第3セクター・公共事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>農家個人の労働・経済的負担が少ない。</li> <li>民間の技術・ノウハウによる運営により行政の負担が軽減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイオガス事業は特殊なため、一般企業のPFI参入については不確定な要素がある。</li> </ul>	

1-3 国の支援策  
脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏事業(環境省)

- 脱炭素型地域づくりモデル形成事業
- 地域の自立・分散型エネルギーシステムの構築支援事業 など

## 1-1 酪農家単独による個別型プラントの運営方式

- プラントを各酪農家敷地内または隣接地に建設して、酪農家個人による運営を行う。
- 糞尿収集・投入に要する費用が不要。

## 1-2 公共性の高い事業方式

### (1) 複数酪農家による共同型プラントの運営

- プラントによる糞尿処理を希望する酪農家複数戸が集まり、共同型プラントを建設し、共同による運営を行う。

### (2) 農家・企業等が設立するSPCによる運営

- 糞尿を提供する酪農家、消化液を利用する耕種農家、プラントの建設・運営を行う地元企業、エネルギー関連企業等が出資して運営企業(SPC=特別目的会社; Special Purpose Company)を設立してバイオガス事業を行う。

### (3) PFI・第3セクター・公共事業方式

- 市が設置主体になる方針ではないが、参考に掲載。

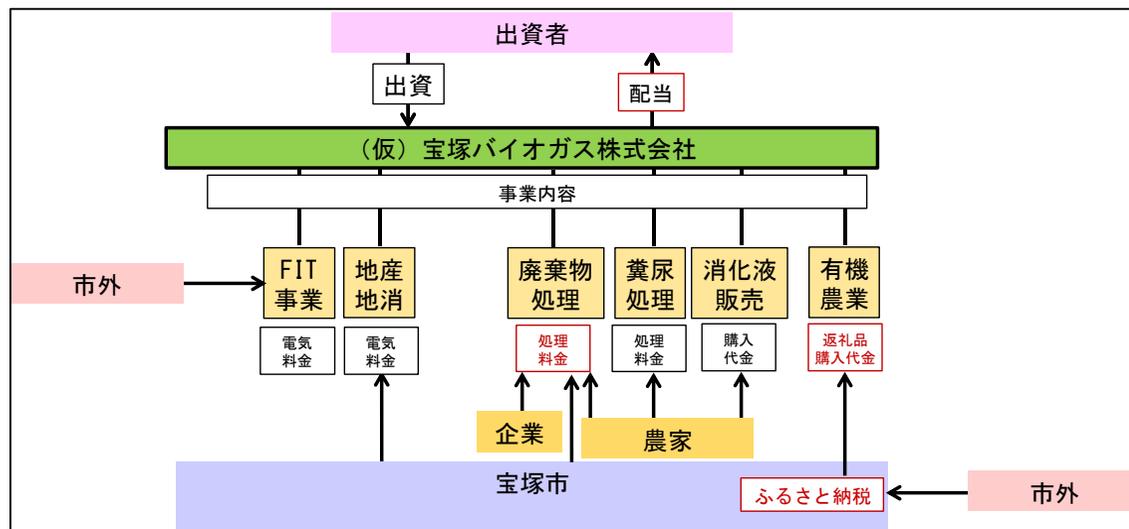


図12-1 SPCによる事業運営の例

# 13. 事業コストの試算 ①

表13-1 バイオマス原料量及び事業モデルのパターン(再掲)

プラント規模	原料		想定される運営方法
	糞尿量 t/年	食品残渣 t/年	
500頭	11,673	—	3戸の酪農家による共同運営
		663	農家・企業等が設立するSPCによる運営
350頭	7,888	—	2戸の酪農家による共同運営
150頭	3,785	—	単独酪農家による運営

表13-2 事業モデルの組合せ

原料		糞尿のみ				糞尿+生ごみ			
		FIT		地域内売電		FIT		地域内売電	
消化液		全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化
500頭	モデル名	500-①	500-②	500-③	500-④	500-⑤	500-⑥	500-⑦	500-⑧
	IRR	11年目 1.6%	20年目 0.2%	10年目 2.6%	—	9年目 3.3%	15年目 1.3%	7年目 4.0%	—
350頭	モデル名	350-①	350-②	350-③	350-④				
	IRR	9年目 1.1%	18年目 1.5%	7年目 3.1%	—				
150頭	モデル名	150-①	150-②	150-③	150-④				
	IRR	12年目 1.6%	—	9年目 3.2%	—				

■モデル500-⑥及び⑧(消化液浄化)の詳細検討(表13-2の赤枠)

- モデル500-⑥(消化液浄化)は、事業開始時には消化液の70%を浄化しても、なお消化液が余剰となる可能性も考慮し、さらに詳細に検討した。
- モデル500-⑧(消化液浄化)は、単年度収支が赤字であり、かつキャッシュフローが回らないため事業性が低いが、公共性の観点では検討すべきモデルと考えられるため、糞尿処理費を増額することにより、さらに詳細に検討した。

(1) 事業モデルのパターン

- バイオガスプラント導入に関心のある酪農家3戸で合計492頭分(搾乳牛換算)、糞尿量合計は11,673t/年である。搾乳牛換算492頭分の糞尿を処理するプラント規模は、500頭規模を1基、または350及び150頭規模を各1基とする。
- 500頭規模は3戸の酪農家による共同運営または農家・企業等が設立するSPCによる運営、350頭規模は2戸の酪農家による共同運営、150頭規模プラントは単独酪農家による運営が想定される。
- 食品残渣(生ごみ)は、飼料化されているケースもあるため、バイオガスプラントへの投入量は賦存量の20%(663t/年)とし、投入受入に労力を要することが想定されるため、大規模で管理者を雇用する500頭規模バイオガスプラントに限定。

(2) 売電方法

①FIT制度による売電事業

- FIT制度を活用し、39円/kWh(税別)で販売
- 発電機、発酵槽やガスバックは発電設備とみなされ補助金の対象外、トータルの補助率は6分の1程度。

②地域内売電事業(FIT制度に頼らない売電事業)

- 1kWhあたりの売電金額は15円と設定
- 発電設備も補助制度の対象となり、補助率は3分の2

(3) 消化液の処理

- 理想は地域内での全量消費である。
- 有識者からの提言及び他の先進地の事例も考慮し、消化液を全量消費できない場合を想定し、消化液の70%を浄化処理した場合についても試算した。

(4) 事業収支の適切な設定の考え方

- 内部利益率法(IRR法; Internal Rate of Return)は、事業化プロジェクトの内部利益率(投資よりもたらされるキャッシュフローの現在価値と投資額の現在価値を等しくするような利率)を算出し、一定の資本コストを上回るかどうかを検討する方法。
- 環境省、農林水産省など関係7府省により構成される「バイオマス産業都市構想」の応募に際しては、IRR(内部利益率)が15年で1%以上になるかどうかの一つの指標となっており、本調査を行ううえで参考とした。

# 13. 事業コストの試算 ②

表13-3 500頭規模バイオガス事業の総合評価

(千円)

プラント規模		500頭規模×1基							
原料		糞尿のみ				糞尿+生ごみ			
売電方法		FIT		地域内売電		FIT		地域内売電	
消化液		全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化
モデル名		500-①	500-②	500-③	500-④	500-⑤	500-⑥	500-⑦	500-⑧
BGP 建設費	総額	478,000				478,000			
	自己負担金	398,333		159,333		398,333		159,333	
	補助率	1/6		2/3		1/6		2/3	
浄化槽 建設費	総額		280,000		280,000		280,000		280,000
	自己負担金		140,000		140,000		140,000		140,000
	補助率		1/2		1/2		1/2		1/2
収入	糞尿処理費	12,300	12,300	12,300	12,300	12,300	12,300	12,300	12,300
	売電	35,285	35,285	12,817	12,817	41,612	41,612	15,115	15,115
	余剰熱販売	0	0	0	0	0	0	0	0
	消化液販売	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627
	消化液散布代	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627
	再生敷料販売	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024
	廃棄物処理	0	0	0	0	5,967	5,967	5,967	5,967
	合計	63,457	55,863	40,989	33,396	75,751	68,157	49,254	41,661
支出	用地賃貸料	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650
	BGP償却費	19,917	19,917	7,967	7,967	19,917	19,917	7,967	7,967
	浄化槽償却費	0	7,000	0	7,000	0	7,000	0	7,000
	BGP維持管理費	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888
	浄化槽維持管理費	0	8,400	0	8,400	0	8,400	0	8,400
	糞尿輸送費	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254
	消化液散布費	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627	5,424	1,627
	管理者の人件費	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
	消費電力(原料槽)	1,005	1,005	0	0	1,186	1,186	0	0
	合計	43,638	55,241	30,683	42,286	43,818	55,421	30,683	42,286
収支		19,819	622	10,307	-8,890	31,933	12,736	18,572	-625
IRR		11年目 (1.6%)	20年目 (0.2%)	10年目 (2.6%)	-	9年目 (3.3%)	15年目 (1.3%)	7年目 (4.0%)	-

※各項目の金額は、単位未滿を四捨五入しているため、各項目の計と合計、収入・支出の合計と収支が一致しない場合があります。

# 13. 事業コストの試算 ③

表13-4 350及び150頭規模バイオガス事業の総合評価

(千円)

プラント規模		350頭規模×1基				150頭規模×1基			
原料		糞尿のみ				糞尿のみ			
売電方法		FIT		地域内売電		FIT		地域内売電	
消化液		全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化	全量消費	70%浄化
モデル名		350-①	350-②	350-③	350-④	150-①	150-②	150-③	150-④
BGP 建設費	総額	328,800				172,000			
	自己負担金	274,000		109,600		143,333		57,333	
	補助率	1/6		2/3		1/6		2/3	
浄化槽 建設費	総額		196,000		196,000		84,000		84,000
	自己負担金		98,000		98,000		42,000		42,000
	補助率		1/2		1/2		1/2		1/2
収入	糞尿処理費	8,312	8,312	8,312	8,312	3,988	3,988	3,988	3,988
	売電	23,718	23,718	8,616	8,616	9,585	9,585	3,482	3,482
	余剰熱販売	0	0	0	0	0	0	0	0
	消化液販売	3,665	1,100	3,665	1,100	1,759	528	1,759	528
	消化液散布代	3,665	1,100	3,665	1,100	1,759	528	1,759	528
	再生敷料販売	3,392	3,392	3,392	3,392	1,628	1,628	1,628	1,628
	廃棄物処理	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	42,752	37,621	27,649	22,518	18,719	16,256	12,616	10,153
支出	用地賃貸料	1,650	1,650	1,650	1,650	1,200	1,200	1,200	1,200
	BGP償却費	13,700	13,700	5,480	5,480	7,167	7,167	2,867	2,867
	浄化槽償却費	0	4,900	0	4,900	0	2,100	0	2,100
	BGP維持管理費	4,654	4,654	4,654	4,654	2,234	2,234	2,234	2,234
	浄化槽維持管理費	0	5,880	0	5,880	0	5,880	0	2,520
	糞尿輸送費	0	0	0	0	0	0	0	0
	消化液散布費	3,665	1,100	3,665	1,100	1,759	528	1,759	528
	管理者の人的費	0	0	0	0	0	0	0	0
	消費電力(原料槽)	676	676	0	0	273	273	0	0
合計	24,345	32,560	15,449	23,664	12,632	19,381	8,059	11,448	
収支		18,407	5,061	12,200	-1,146	6,087	-3,125	4,557	-1,294
IRR		9年目 (1.1%)	18年目 (1.5%)	7年目 (3.1%)	-	12年目 (1.6%)	-	9年目 (3.2%)	-

※各項目の金額は、単位未満を四捨五入しているため、各項目の計と合計、収入・支出の合計と収支が一致しない場合があります。

# 13. 事業コストの試算 ④

表13-5 モデル500-⑥及び⑧(消化液浄化)の詳細検討

(千円)

プラント規模		500頭規模×1基						
原料		糞尿+生ごみ						
売電方法		FIT			地域内売電			
モデル名		500-⑥			500-⑧			
消化液		70%浄化	80%浄化	90%浄化	70%浄化			
BGP 建設費	総額	478,000						
	自己負担金	398,333			159,333			
	補助率	1/6			2/3			
浄化槽 建設費	総額	280,000	320,000	360,000	280,000			
	自己負担金	140,000	160,000	180,000	140,000			
	補助率	1/2	1/2	1/2	1/2			
糞尿処理費(円/頭・年)		25,000			25,000	30,000	35,000	40,000
収 入	糞尿処理費	12,300	12,300	12,300	12,300	14,760	17,220	19,680
	売電	41,612	41,612	41,612	15,115	15,115	15,115	15,115
	余剰熱販売	0	0	0	0	0	0	0
	消化液販売	1,627	1,085	542	1,627	1,627	1,627	1,627
	消化液散布代	1,627	1,085	542	1,627	1,627	1,627	1,627
	再生敷料販売	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024
	廃棄物処理	5,967	5,967	5,967	5,967	5,967	5,967	5,967
	合計	68,157	67,072	65,988	41,661	44,121	46,581	49,041
支 出	用地賃貸料	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650
	BGP償却費	19,917	19,917	19,917	7,967	7,967	7,967	7,967
	浄化槽償却費	7,000	8,000	9,000	7,000	7,000	7,000	7,000
	BGP維持管理費	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888	6,888
	浄化槽維持管理費	8,400	9,600	10,800	8,400	8,400	8,400	8,400
	糞尿輸送費	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254	6,254
	消化液散布費	1,627	1,085	542	1,627	1,627	1,627	1,627
	管理者の person 費	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
	消費電力(原料槽)	1,186	1,186	1,186	0	0	0	0
	合計	55,421	57,079	58,736	42,286	42,286	42,286	42,286
収支		12,736	9,994	7,251	-625	1,835	4,295	6,755
IRR		15年目 (1.3%)	16年目 (1.0%)	18年目 (1.3%)	-	20年目 (1.1%)	17年目 (1.0%)	15年目 (1.1%)

※各項目の金額は、単位未満を四捨五入しているため、各項目の計と合計、収入・支出の合計と収支が一致しない場合があります。

# 14. 建設事業における規制

## (1) 建設事業における規制

- 西谷地区は、市街化調整区域であり、都市計画法では、原則、開発行為を行うことができず、建築物の新築や増築、特定工作物の建設を目的とする土地の区画形質の変更を極力抑える地域となっている。

- 都市計画法上、市街化調整区域に、開発行為としてバイオガスプラントの建設を認める直接的な規定はない。ただし、同法第34条第14号に、「前各号に掲げるもののほか、都道府県知事が開発審査会の議を経て、開発区域の周辺における市街化を促進するおそれがなく、かつ、市街化区域内において行うことが困難又は著しく不相当と認める開発行為」という例外規定があり、この規定の適用を受ける計画内容となるかが重要となってくる。
- 食品残渣を受け入れる場合、受入量やプラントの処理能力により、一般廃棄物処理施設となる可能性もある。その場合、市都市計画審議会の議を経て、都市計画法上支障がないとして許可される必要がある(建築基準法第51条但し書き)。

### バイオガスプラント

開発行為の場合、都市計画法第34条14号に基づく許可

開発審査会の議を経て、開発行為の許可を得る必要

廃棄物処理施設に該当する場合、建築基準法第51条但し書きに基づく許可

都市計画審議会の議を経て、許可を得る必要

#### ①農家個別型

#### ②共同型

1 事業主体	酪農家個人
2 建設地	酪農家内敷地
3 原料輸送	なし
4 原料	家畜ふん尿
5 消化液	農家自家利用
6 エネルギー	自家利用・FIT売電

#### ②共同型

1 事業主体	民間事業者可
2 建設地	酪農家以外の土地
3 原料輸送	あり
4 原料	家畜ふん尿・食品廃棄物
5 消化液	販売
6 エネルギー	自家利用・FIT売電

# 15. 家畜糞尿処理方法の変更によるCO<sub>2</sub>削減量の試算

## (1) CO<sub>2</sub>削減量の試算に用いた係数

- 本事業を実施することにより、西谷地区の家畜糞尿処理方法が、堆肥化方式からバイオガスプラント方式に置き換わるものとする。
- CO<sub>2</sub>削減量の試算に用いた係数は、表15-1のとおり。

表15-1 CO<sub>2</sub>削減量の試算に用いた係数

項目	係数	単位
乳牛100頭分の糞尿処理によるGHG排出量 (Greenhouse Gases)	堆肥化方式	346 t-CO <sub>2</sub> /年
	メタン発酵方式	86 t-CO <sub>2</sub> /年
関西電力のCO <sub>2</sub> 排出係数	0.000435	t-CO <sub>2</sub> /kWh
軽油の燃焼によるCO <sub>2</sub> 排出係数	0.0187	t-CO <sub>2</sub> /GJ

出典：・乳牛100頭の糞尿処理によるGHG排出量 =  
 ・LCA手法を用いたメタン発酵施設による糞尿処理・利用方式の環境影響の評価、日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌 44巻(2008) 1号  
 ・関西電力のCO<sub>2</sub>排出係数=電気事業者別排出係数(経済産業省・環境省)  
 ・軽油の燃焼によるCO<sub>2</sub>排出係数 = 特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令(経済産業省・環境省)

## (2) 500頭規模バイオガスプラントのCO<sub>2</sub>削減量

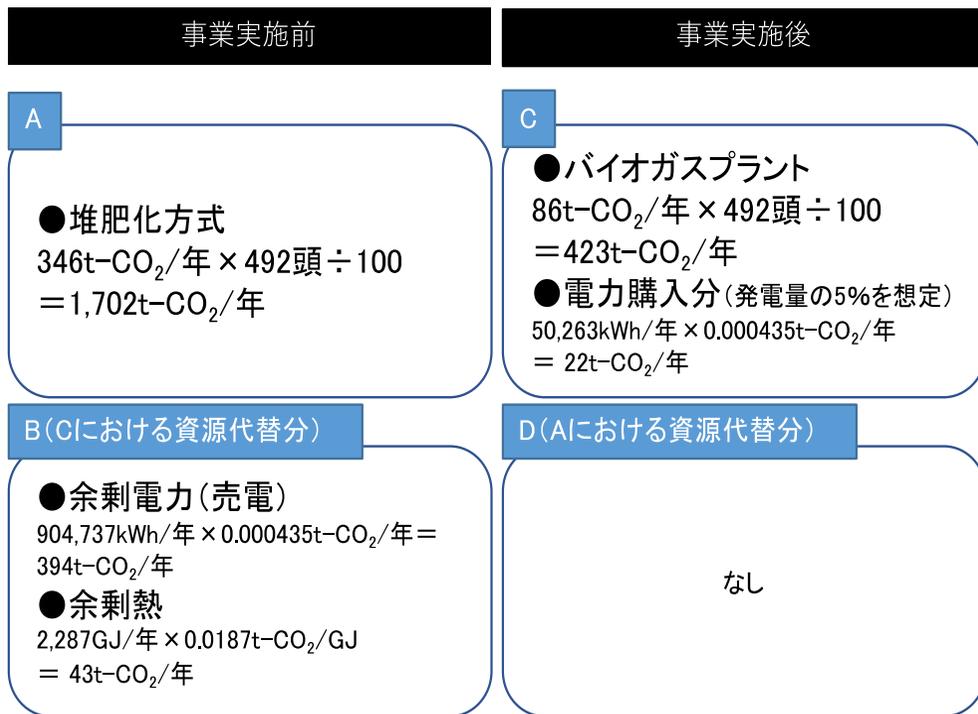
- 従来の堆肥化方式では1,702t-CO<sub>2</sub>/年が排出されている。この糞尿処理をバイオガスプラントに変更することにより排出量は423t-CO<sub>2</sub>/年に低減される。
- さらに関西電力からの電力購入分、余剰電力・熱の販売分を考慮すると、年間1,694t-CO<sub>2</sub>/年の削減効果が見込まれる。
- 同様に350頭規模プラントでは1,141t-CO<sub>2</sub>/年、150頭規模プラントでは533t-CO<sub>2</sub>/年の削減効果が見込まれる。

## (3) その他の波及効果

- 消化液を活用した西谷地区における有機農業の展開
- 消化液の利用による化学肥料の削減
- 本地区と同様の課題を抱える兵庫県内への波及効果

図15-1 500頭規模バイオガスプラントのCO<sub>2</sub>削減量のフローの構造と計算式

### フローの構造



### 計算式

$$\begin{aligned}
 (\text{CO}_2\text{削減効果}) &= (\text{事業実施前のCO}_2\text{排出量}) - (\text{事業実施後のCO}_2\text{排出量}) \\
 &= (A + B) - (C + D) \\
 &= (1,702 + 437) - (445 + 0) \\
 &= 1,694\text{t-CO}_2/\text{年}
 \end{aligned}$$

# 16. 事業スケジュールの作成 ①

## (1) バイオガスプラント事業推進に向けたスケジュール

- **1年次**：環境省「地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」を活用し、農家・市民向け勉強会や、酪農家ヒアリング調査、稲作農家アンケート調査を実施し、2回の関係者会議を開催し、基本構想の策定を行った。
- **2年次**：地域懇談会として、関係団体・行政による懇談会を開催し、事業に関する情報交換を行う。また、運営組織の検討を行う。
- **3年次**：コンセンサス形成と基礎調査として、補助事業説明、セミナー、勉強会の開催を行う。また、アンケート及びヒアリング調査からより詳細な基本構想作成を行う。
- **4年次**：FS調査として詳細調査を行い、事業収支計画、電力会社調査、メーカーへの見積調査及び事業運営方式の検討等を行う。
- **5年次**：建設の前年として準備を行う。基本設計、建設事業申請及びファイナンスの検討として、建設仕様書作成等、補助金申請書作成及びファイナンススキームの検討等を行う。
- **6年次から7年次**：建設及び稼働開始年となるスケジュールである。

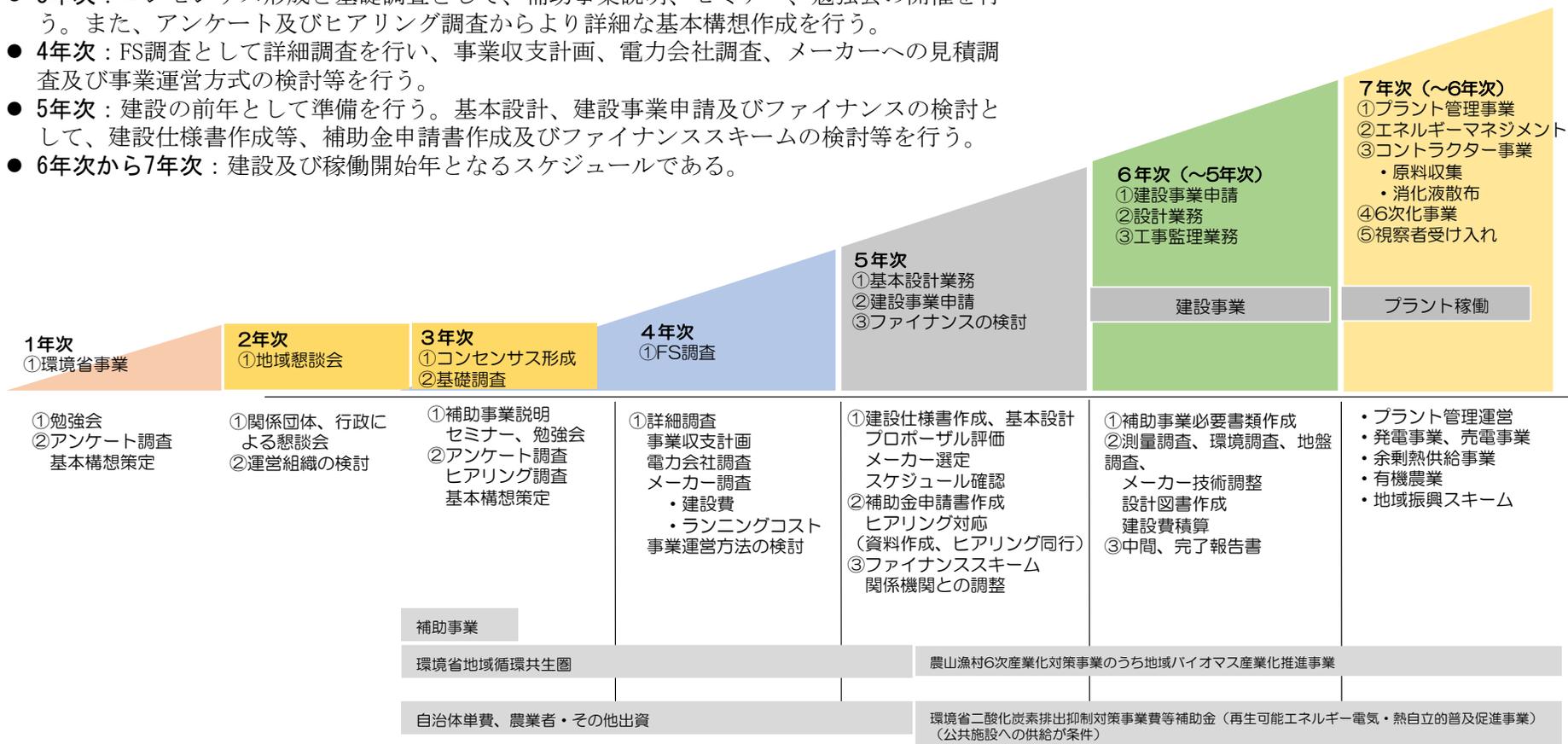


図16-1 バイオガスプラント事業推進に向けたスケジュール



## (1) 農家向け勉強会の開催

- 令和元年12月26日(木)に、次の日時・場所で開催した。
  - ・ 10時～12時、中央公民館。参加16名
  - ・ 19時～20時45分 西谷会館。参加22名
- 講演内容  
メタン発酵消化液の効用と利用について  
～家畜糞尿を原料としたバイオガスプラントによる地域循環共生圏の創造～
- 講師 バイオマスリサーチ株式会社 専務取締役 竹内 良曜氏
- 主な質疑
  - ・ 発電の余剰熱でダリアの温室栽培は可能か。  
→ 熱エネルギー量の点では、5反できるという試算になった。
  - ・ 肉牛や豚の糞尿は原料となるか。  
→ 肉牛の糞尿は固く、想定している湿式バイオガスプラントには向いていない。豚は北海道で事例があり、問題ない。
  - ・ 小規模農地で消化液を機械散布できるか。  
→ 九州では小規模農地で3.5tのクローラー車で散布している事例はある。稲作では水口にタンクを置き流す方法がある。
  - ・ 見学したバイオプラントでは臭いがしたが、大丈夫か。  
→ 糞尿は密閉するので臭いは閉じ込めるが、堆肥化施設併設の場合やメタン発酵が適切でない場合、臭気が発生する。

## (2) 関係者検討会議の開催

- 第1回
  - ①日時・場所  
令和元年12月17日(火)13:00～15:00、宝塚市上下水道局
  - ②出席  
知識経験者、エネルギー分野研究機関、兵庫六甲農協、酪農家、環境省、兵庫県、バイオマスリサーチ(株)、宝塚市が参加。
  - ③内容  
調査概要、実施状況の説明。消化液の効用・使用先の確保、建設候補地、売電方法、熱利用等について意見交換した。
- 第2回
  - ①日時・場所  
令和2年2月7日(金)13:00～15:00、西谷会館
  - ②出席  
知識経験者、エネルギー分野研究機関、エネルギー事業者、NPO団体、兵庫六甲農協、酪農家、地域団体、農会、環境省、兵庫県、バイオマスリサーチ(株)、宝塚市が参加。
  - ③内容  
調査の実施状況の説明。事業の採算性、事業運営方式、農家の消化液利用の可能性、消化液の浄化処理、廃棄物処理法・建築基準法・都市計画法との関係、運搬車通行の懸念等について意見交換した。

## (1) 消化液の利用先確保

500頭規模の場合、採算性を有するモデルでも消化液の7割浄化、3割農業利用が前提である。その場合、西谷地区農地で考えると、279haのうち70ha、つまり25%の農地に散布する換算になり、消化液使用先の確保の目途をつけることができるかどうかは課題である。農家向けアンケートから、農家の消化液に対する認知は低い(7%)ものの関心は高い(70%)と言えるが、利用先の確保においては、理解を深め、研究・実証する過程が必要であると考ええる。

## (2) 採算性

規模、売電方法、消化液の消費・処理等に応じてモデルを設け、採算性を試算したが、収入や支出の各項目について、条件や状況が変われば、計算も変わる。今後さらに詳細に検討する場合においては、各項目の精査も必要となる。

## (3) 市街化調整区域の規制

西谷地区は市街化調整区域であり、都市計画法においては、建築物の新・増築は制限される。同法においてバイオガスプラントを設置できる旨の直接的な規定はなく、建築物である管理棟を建設する場合のハードルは高い。バイオガスプラントを建設する必要性と公共性を有するとの理由から都市計画が決定された上、開発が許可される場合である。また、市街化調整区域においては、建築基準法第51条に基づく廃棄物処理施設となる場合、都市計画において位置が決定していなければ新・増築できない。

## (4) 事業運営方式

350頭・500頭規模の場合は、複数酪農家や特別目的会社（SPC）など、共同型の設置・運営が考えられるが、現在のところ、導入主体は現れていない。単独酪農家で導入する場合は、建設に至るまで判断を単独できるが、事業費の確保も自身で行う必要がある。

## (5) 今後の展開

500頭規模のプラント導入を検討していく場合では、導入に至るまでに、懇談会の実施、検討組織の設置、農家における消化液利用の実験、基本構想策定、詳細調査など数年の準備期間が必要となる。また、その場合においては、地域において、立地や車両の通行に理解を得た上で、臭気の低減や地域振興に資する事業として、受け入れられるよう進めていく必要がある。