

平成29年度 福島県大熊町
「メタン発酵によるバイオマス活用事業
実現可能性調査業務委託業務」

成 果 報 告 書

平成30年 3月

鹿島建設株式会社

免責事項：本報告は、文献やヒアリング、当社の保有するデータや実績に基づいた調査結果をまとめたもので、大熊町における本事業の検討に対する基礎資料を提供するものです。従って、内容がそのまま実行可能であることを保証するものではありません。

要 旨

大熊町が実施する「メタン発酵によるバイオマス活用事業実現可能性調査業務」の委託（平成 29 年 11 月 1 日～平成 30 年 3 月 20 日）を受け、以下の調査を行っている。なお、発生したバイオガスによるエネルギーは、主に「別添資料 大熊町栽培施設等に必要となるエネルギー量等収支」に示される施設に対して、供給することを前提としている。

- ① 大熊町でバイオマスを活用したメタン発酵事業を行うにあたり、大熊町内より調達可能な原料の検討
- ② バイオマスを活用したメタン発酵事業を継続するにあたり、必要な量の原料を調達する方法の検討
- ③ バイオマスを活用したメタン発酵事業を行う施設等の整備費用、及びこれらの施設の運営、維持、管理に掛かる費用の検討
- ④ バイオマスを活用したメタン発酵事業に活用可能な補助金の検討
- ⑤ 大熊町におけるバイオマスを活用したメタン発酵事業の事業化可能性の分析

これまでの調査の結果、以下の事項が明らかになってきた。

①大熊町内より調達可能な原料

- ✓ 大熊町内より調達可能な原料として、現在耕作を行っていない水田などの農地におけるエネルギー作物の栽培が最も有望と考えられる。エネルギー作物としては、コメ、イモなどの食用の作物と飼料用トウモロコシなどの飼料用作物、エリアンサスなどの非食用の草本類などが挙げられる。
- ✓ 飼料用トウモロコシは、大規模栽培に向いており、サイレージにしてあらかじめ乳酸発酵させておくことでメタン発酵に有利に働き、ドイツなどでメタン発酵原料としての利用実績も見られる。一方、ジャガイモ（バイレシヨ）やサツマイモ（カンシヨ）は、有機物含有量が多く分解率も高いが、サツマイモについては寒冷地では収量が減ることが予想される。エリアンサスは、ガス発生量が少なくメタン発酵に時間を要するといった欠点はあるが、施肥量が非常に少なく、荒地や水分の多い土壌でも育ち収量も多い、更に生育に人手が掛からないという特長がある。
- ✓ エネルギー作物の収量やメタン発酵特性については、表 1 に示す通り。
- ✓ その他の原料として、生ごみ、食品加工工場からの残渣、下水道汚泥・浄化槽汚泥やし尿が考えられる。これらは処理費用を収入として得られる利点があるが、現状発生量が見込めないため、町の復興の進展に合わせて適宜調達の検討を行うのがよい。

②必要な量の原料を調達する方法

- ✓ エネルギー作物の栽培は、田畑を集約し、農業生産法人などを設立するなどして、農業機械を導入した集約的な農業生産が期待できる。
- ✓ 耕作場所としては、現地踏査の結果、先行除染区域と大熊町特定復興再生拠点地区に指定された 860ha の区域のうち、野上地区と熊地区がそれぞれ 70ha 程度（合計 140ha 程度）の農地がまとまって利用可能であることが確認された（図 1）。今後、除染エリアが更に拡大され、利用可能な農地が拡大することが期待される。
- ✓ 連作障害を防ぐ観点から、ジャガイモは 3 年に 1 回しか栽培ができず、サツマイモは毎年栽培が可能である。連作障害対策として、ムギや大豆などエネルギー作物の栽培や、地力回復に主眼をおいた非エネルギー作物の栽培が考えられる。エريانサスは一度定植すると長期間、同じ株から収穫が見込まれる。

③メタン発酵施設整備費用および維持管理費用

- ✓ メタン発酵方式としては、国内での実績が十分あり、分解効率が高くコンパクトな施設計画が可能な湿式高温固定床方式を基本とした。なお、乾式メタン発酵は、現段階では国内で実用化されている事例システムが少なく、十分なデータが得られていないことから、分解効率が高くコンパクトな施設計画が可能な湿式高温固定床方式を基本とした。
- ✓ コストダウンの観点から工場で製作可能な直径 3m×高さ 9.5m（担体充填高さ 6.5m）、有効容積約 60m³（担体充填容積 46m³）の発酵槽を基本として検討を行った。検討した施設規模に対し、フロー図、平面図、機器リストを作成した。建設費は、発酵槽 1 槽のみの場合で 59,000 万円、5 槽の場合で 100,000 万円と試算された（水処理施設を含まない）。
- ✓ 維持管理費については、人件費、薬品費、光熱費、機器保守費などで、発酵槽 1 槽のみの場合で年間 3,550 万円程度と試算された。

④活用可能な補助金

- ✓ 活用できる各省庁及び福島県の補助金については、FS 段階から、実証、事業化とそれぞれのフェーズで活用可能なものを選定した（表 3）。事業化の補助金としては、最大 2/3 の補助率適用が可能である。

⑤事業化可能性分析

- ✓ 建設費は全て補助金等から賄われるものとして、売電・売熱収入で毎年の維持管理費を賄えるかどうかの検討を行ったところ、事業性の高いジャガイモで 12t/d（発酵槽 5 基分）、飼料用トウモロコシで 10 t/d（発酵槽 14 基分）の処理規模が必要であることが判明した（表 2、ジャガイモの方が加水率、HRT とも小さいため、同じ発酵槽容量でも処理量を大きくできる）。なお、農業に係る費用については別途手当が必要である。
- ✓ 上記のケースにおいて、必要な農地面積は、飼料用トウモロコシが 61ha、ジャガイ

モが 92ha となったが、実際は、連作障害を避けるためにジャガイモは 2 年おきにしか耕作できないため、3 倍の面積が必要となる。

- ✓ 連作障害を回避するため、ムギ類の栽培が考えられるが、ムギはメタン発酵特性としては、 $37\text{m}^3/\text{t}$ と比較的lowめであるため、エネルギー化を目的とすべきか、農地の地力回復を目的とすべきかなど、幅広い観点から適切な作物を選定する必要がある。
- ✓ ジャガイモの連作障害対策として、ムギを栽培するケースでは、必要な農地面積が 247ha と大きくなるが、事業性を上げるため生ごみを日 1 トン受け入れることとすると、事業性を成立させるための発酵槽数は 4 と最少となり、必要な農地面積が 145ha となった。
- ✓ 上記のケースの場合、大熊町栽培施設で必要とされる電力の 68%、熱量の 13%を供給できる規模である。
- ✓ エリアンサスについては、湿式メタン発酵の原料としては適していないこと、また乾式メタン発酵の試験データが日本国内においてはほとんどないことから、今回の報告書ではメタン発酵原料としての検討は見送った。
- ✓ 比較のため、固定価格買取制度を活用した場合の事業性を NPV（賞味現在価格）と IRR（内部収益率）から検討したが、日 10 トン規模の処理量では、どちらもマイナスとなることが分かった（これらがプラスとなるためには日 50 トン規模以上が必要）。

まとめ

大熊町が目指す農業の復興に向けた農業生産の早期再開の方策として、エネルギー作物の栽培とメタン発酵によるエネルギー利用は、同町が抱える特殊な事情を勘案した取り組みとして、全国に類を見ない先進的な取り組みと言える。

これまでの検討の結果、いくつかのエネルギー作物の候補が示され、それぞれの特徴についての分析を行ったが、今後は実証（3 年程度）を行うことで収量や生産コスト、連作障害への対応などの検証を行いながら適切な絞り込みを行う必要がある。

メタン発酵についても、候補となるエネルギー作物のメタン発酵特性について、文献レベルの調査から、事業を成立させることが可能なエネルギーが得られることが示されたが、今後は、室内試験によりそれぞれの作物のメタン発酵特性の確認を行うこと、一日当たり数トンレベルの小規模な実証により建設や運転に関するデータを蓄積することが本格的な事業に向けた課題といえる。

表 1 エネルギー作物別の収量、メタン回収量、発電量及び熱回収量

項目	作物種	トウモロコシ (サイレーシ)	ソル ガム	サツマ イモ	ジャガ イモ	ムギ (サイレーシ)	生ごみ
①現物収量[kg/ha・年]		60,000	60,274	15,900	49,000	5,500	—
②生産コスト[万円/ha・年]		37			75	43	—
③現物あたりメタン回収量[m ³ /t]		116	81.8	104	62.0	36.8	—
①×③		6,960	4,930	1,654	3,038	202	—
④加水率		200%	200%	200%	100%	100%	100%
⑤設計 HRT[日]		15	30	10	10	10	10
1発酵槽当たり(最大投入量当たり)							
⑥投入原料[kg/日]		714	357	1,653	2,480	1,607	1,492
⑦メタン回収量[m ³ /日]		82.5	29.2	172	154	154	127
⑧発電量[kWh/日]		264	93.6	649	568	568	406
⑨熱回収量[MJ/日]		1,546	547	3,797	3,322	3,322	2,372

表 2 事業収支を確保できる施設規模

項目	作物種	トウモロコシ (サイレーシ)	ソル ガム	サツマイ モ	ジャガ イモ	生ごみ	ジャガイモ +ムギ	ジャガイモ+ ムギ+生ご み 1t/d
⑩必要発酵槽数量[槽]		14	1	4	5	3	6	4
現物投入原料[kg/日](⑥×⑩)		10,001	357	6,613	12,399	4,477	13,532	8,510
メタン回収量[m ³ /日](⑦×⑩)		1,155	29.2	689	768	380	818	541
発電量[kWh/日]		4,569	116	2,726	3,040	1,503	3,236	2,139
熱回収量[MJ/日]		15,914	402	9,494	10,587	5,234	11,271	7,451
必要農地面積[ha]		61	2.2	152	92	—	247	145

注 1)ソルガムは施設規模(処理量)を大きくするほど収益が悪化するため、最小規模を示す。

注 2)生ごみ単体の検討は、実際の発生量に限定せずに試算している。

注 3)ジャガイモは連作障害を考慮し、ジャガイモ1年、ムギ2年を繰り返す3年輪作とする。

注 4)発電量及び熱回収量はメーカーカタログ値から算出した数値とし、エネルギー供給等に伴うロスを見込まない。



図 1 エネルギー作物作付け候補地

表3 事業フェーズ毎の利用可能な財政支援策

	管轄	事業名称	補助率	H29年度公募締切
プレFS	福島県	福島県スマートコミュニティ構築支援事業（エネルギー需給ポテンシャル調査事業）補助金	定額補助 上限500万円	7月中旬、10月下旬
FS	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第2号事業：事業化計画策定事業）	1/1以内 上限1,000万円	6月上旬、9月上旬
	農林水産省	食料産業・6次産業化対策事業（食品リサイクル促進等総合対策事業）	定額 上限1,570万円	2月下旬
	福島県	福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金	1/2以内 上限150万円	12月中旬
マスタープラン策定	総務省	地域経済好循環推進プロジェクト（分散型エネルギーインフラプロジェクト）	1/2以内 上限2,000万円	6月下旬 10月下旬
実証	福島県	福島県再生可能エネルギー関連技術実証研究支援事業	2/3以内 上限3億円	5月中旬
	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事業（地域自立システム化実証事業）	2/3以内	5月上旬
	農林水産省	食料産業・6次産業化対策事業（食品リサイクル促進等総合対策事業）	1/2以内 上限1,570万円	2月下旬
設備導入	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第1号事業：再生可能エネルギー発電・熱利用設備導入促進事業）	2/3以内	6月上旬 9月上旬
	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第6号事業：再生可能エネルギー事業者支援事業費）	1/3以内	6月上旬 9月上旬
	経済産業省	エネルギー構造高度化・転換理解促進事業費補助金	10/10 上限5億円	1月上旬
	福島県	福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金	1/3以内 上限5,000万円	12月中旬

※上記に記載する国の補助事業と県の補助事業は同時に利用可能

目次

要旨	i
1. 実施計画	1
1-1 調査の目的	1
1-2 調査内容	1
1-3 実施体制	2
1-4 調査スケジュール	2
2. 調査結果	4
2-1 大熊町内より調達可能な原料の検討	4
2-1-1 農地（エネルギー作物）の活用	4
2-1-2 その他のメタン発酵原料	19
2-2 必要な量の原料を調達する方法の検討	22
2-2-1 エネルギー作物生産方法の検討	22
2-3 メタン発酵施設等の整備費用、運営、維持、管理に掛かる費用の検討	28
2-3-1 メタン発酵方式の選択	28
2-3-2 メタン発酵施設の規模想定	31
2-3-3 メタン発酵施設の整備費用	34
2-3-4 メタン発酵施設の運営及び維持管理費用	39
2-4 メタン発酵事業に活用可能な補助金の検討	40
2-4-1 各省庁や福島県における財政支援策	40
2-4-2 事業フェーズ毎の利用可能な財政支援策	48
2-5 大熊町におけるバイオマスを活用したメタン発酵事業の事業化可能性の分析	50
2-5-1 前提条件	50
2-5-2 事業性の検討	52
2-5-3 今後の進め方（案）	59
参考文献	61

1. 実施計画

1-1 調査の目的

「メタン発酵によるバイオマス活用事業実現可能性調査業務委託仕様書」による。すなわち、大熊町でバイオマスを活用したメタン発酵事業を行うにあたり、「別添資料 大熊町栽培施設等に必要となるエネルギー量等収支」に示される施設に対して、エネルギー等供給事業として継続するために必要な原料の量、種類、調達先、調達方法、調達価格、及びそれに必要な設備の規模、整備費用等について調査し、事業化可能性を検討する。

1-2 調査内容

(1) 大熊町でバイオマスを活用したメタン発酵事業を行うにあたり、大熊町内より調達可能な原料の検討

大熊町の気候、地形等の自然条件、及び現状の避難指示区域、今後の復興計画等を総合的に鑑み、バイオマスを活用したメタン発酵事業を継続的に行うために適したバイオマス原料について検討する。

具体的には、以下の内容について検討する。

- ① 農地（エネルギー作物）の活用
- ② 木質バイオマスの活用
- ③ 汚泥・し尿の活用
- ④ 食品工場等から排出される残渣の活用

なお、①については、福島大学石井准教授の指導の下、飼料作物としても利用可能で耕畜連携にも供することができる飼料用トウモロコシやソルガムを中心とする。

(2) バイオマスを活用したメタン発酵事業を継続するにあたり、必要な量の原料を調達する方法の検討

上記（1）のうち①で検討した原料の調達方法およびコストの検討を行う。原料の生産が必要となる場合は、一般的なデータに基づき、具体的な生産計画、必要な生産面積、設備投資額、人件費等を併せて検討する。

(3) バイオマスを活用したメタン発酵事業を行う施設等の整備費用、及びこれらの施設の運営、維持、管理に掛かる費用の検討

(1)(2)の検討結果を受け、メタン発酵施設の規模を想定し、同施設の整備に掛かる費用、及びこれらの施設で得たエネルギー等を利用施設まで供給するための方法、整備費用を検討する。これらの施設を運営し、維持・管理するのに必要なコストの試算を行う。また、コストダウンする方法についても併せて検討する。

(4) バイオマスを活用したメタン発酵事業に活用可能な補助金の検討

本検討事業内容が補助対象となる国等の補助金について調査し、補助率について検討する。主な調査対象としては、農林水産省、環境省、経済産業省、総務省他とし、比較検討する。

(5) 大熊町におけるバイオマスを活用したメタン発酵事業の事業化可能性の分析

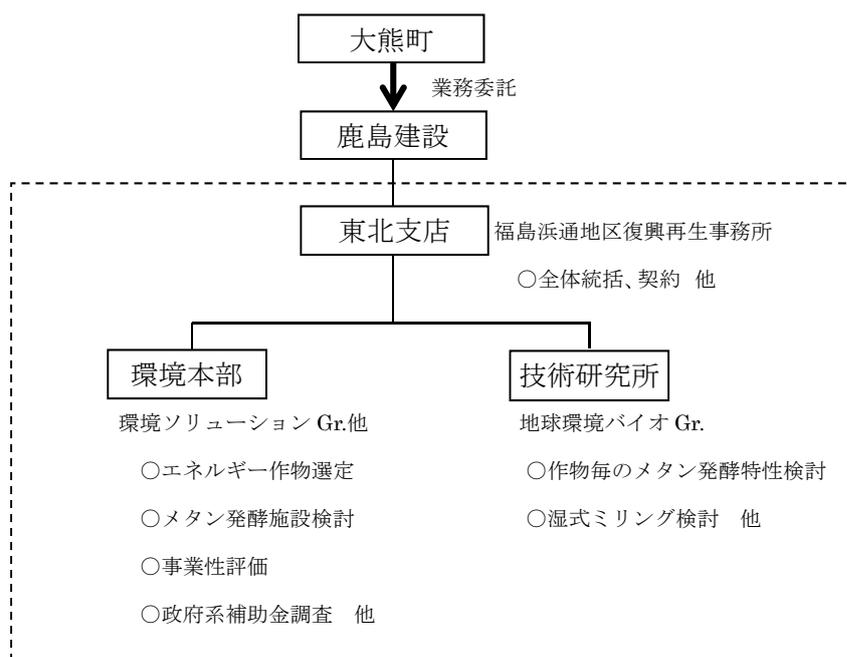
大熊町でバイオマスを活用したメタン発酵事業を行った場合の物質収支、エネルギー収支、並びにコストバランスを試算し、事業化の可能性及び課題等についてまとめる。

さらに、事業の持続性と将来展開を見据えた今後の進め方についても検討する。

1-3 実施体制

管理技術者： 寺西 智博

照査技術者： 三浦 一彦



1-4 調査スケジュール

調査スケジュールは、おおむね以下の通りとする。なお、大熊町との打ち合わせは月1回程度実施するものとする。

項 目	平成29年度				
	11	12	1	2	3
(1) 町内で調達可能なメタン発酵原料の検討					
① 農地(エネルギー作物)の活用					
② 木質バイオマスの活用					
③ 汚泥・し尿の活用					
④ 食品工場等から排出される残渣の活用					
(2) メタン発酵事業に必要な量の原料を調達する方法の検討					
(3) メタン発酵施設等の整備費用及び運営、維持・管理費用の検討					
① メタン発酵施設の検討					
② 製造したエネルギーを利用施設まで供給する方法の検討					
③ 整備費用、維持・管理費用及びそれらのコストダウンに向けた検討					
(4) メタン発酵事業に使える補助金の検討					
(5) メタン発酵事業の事業化可能性の分析					
① 事業性評価指標を用いた事業化可能性の検討					
② 事業化に向けた課題の整理					
③ 事業の持続性と将来展開を見据えた今後の進め方の検討					
打合せ	● (11/15)	● (12/1)	● (1/16)	● (2/22)	● (3/19)
成果報告書の提出					● (3/20)

以 上

2. 調査結果

2-1 大熊町内より調達可能な原料の検討

2-1-1 農地（エネルギー作物）の活用

(1) 農地の現状と課題

福島県統計年鑑 2017[30]によると、大熊町の田の面積は 853ha、畑の面積は 259ha となっており、熊川、境川、夫沢川、大川原川などの河川周辺に水田が分布している。こうした農地は、地震による被害に加えて、長期に及ぶ生産活動の停止により、すぐには復旧・営農再開が困難な状況にある。

福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターでは、地震と放射能汚染の被害を受けた農地において、営農再開・農地再生に向けた実証試験を行っている。「平成 25～27 年度福島県営農再開支援事業（県の作付実証）報告書」[18]には、放射性セシウム吸収抑制技術の実証および試験に用いた作物の収穫量などの結果が記載されており（表 1-1）、平成 28 年度以降も継続して実証試験は行われている。実証試験は、川俣町、田村市、南相馬市、飯館村、広野町、檜葉町、富岡町、川内村、浪江町、葛尾村で実施され、平成 28 年度から大熊町でも大川原地区の水田で、ソルガム、ひまわりなどを栽培して除染後農地の効果的な農地保全方法の検討が開始された。

大熊町では、大熊町地域農業再生協議会水田フル活用ビジョン[32]を策定し、園芸作物栽培への転換なども含めて除染後の水田の活用に向けた方針を策定している。ただし、営農を希望する帰還予定者の数や風評被害の問題なども考えられることから、エネルギー作物への転換は有望な選択肢と言える。

表 1-1 福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターによる主な成果[18]

場所	実施年度	試験作物	主な成果
南相馬市 原町区	H25 H26	加工用バレイショ	収穫物のバレイショの放射性 Cs 濃度は、国の基準 100Bq/kg を大幅に下回る。
南相馬市	H26	飼料用トウモロコシ	収穫物の飼料用トウモロコシの放射性 Cs 濃度は、 土壌中の交換性カリ含有量が低いほど高くなり、 最大で 50Bq/kg 程度。
富岡町	H26	ソルガム	ハイグレンソルゴの全乾物重は、2,210kg/10a、 放射性 Cs 濃度は 100Bq/kg 以下。
南相馬市	H26	資源用トウモロコシ	収量 4,670kg/10a、放射性 Cs 濃度は 4.3Bq/kg。
檜葉町・ 葛尾村	H27	牧草	乾物収量 1,052kg/10a（檜葉町）、706kg/10ha（葛尾村）。放射性 Cs 濃度は全て 10Bq/kg 以下。
田村市	H27	牧草	収量 1,000kg/10a 前後、放射性 Cs 濃度は 30Bq/kg 以下。
南相馬市	H27	飼料用トウモロコシ	慣行施肥区の現物収量 5.980kg/10a、乾物収量

			2.102kg/10a、放射性 Cs 濃度 2.3Bq/kg。
浪江町	H27	飼料用トウモロコシ	5/16 に播種、8/19 に収穫した。 現物収量 7,680kg/10a、乾物収量 1,930kg/10a、放射性 Cs 濃度 3.4Bq/kg。
富岡町	H27	バレイショ	収量は、メークイン 4.9t/10a、きたあかり 4.5 t/10a、 タワラムラサキ 3.6 t/10a、グランドペチカ 4.7 t/10a、放射性 Cs 濃度は 15Bq/kg 以下。

浜地域農業再生研究センターへのヒアリングによると、営農再開へ向けた大きな課題として、除染後の農地は地力が大きく低下しており、かつ同じ農地内で栽培した作物の生育が不均一でバラツキが大きいとのことであった。

農地の除染作業では、放射性物質による汚染を除去するために表土を厚さ 5cm 除去し、山砂で同等の厚さの客土を行っている。表土の除去により肥沃な土壌が失われ、肥料分が少ない山砂が客土に使用されることにより地力が低下している。また、地震による不陸が生じているため、除去する表土の厚さが不均一になり客土の厚さも不均一になってしまうため、栽培した作物の生育にバラツキが生じている。このため、収穫量の予測に誤差が生じ、収穫作業などの効率が低下する恐れがある。地力の回復には、多量の堆肥などの施肥が必要なため多額の費用が掛かり、地力の均一化には繰り返し行う耕うん作業のための期間が必要になる。

また、福島大学うつくしまふくしま未来支援センターの石井特任准教授へのヒアリングによると、水田の復旧には、地震による地盤沈下、水路などの施設の損傷などの対策工事の実施により、長い時間と多額の費用が掛かることが指摘された。地盤沈下対策事業は、農地の復旧と同時に将来の大規模稲作のために水田の大区画化を行うことで 10 年程度かかる見込みの案件もあることから詳細な調査が必要である。

水田の復旧までに長期間かかると、復旧作業への着手が周辺の市町村より遅れている大熊町では、農業の担い手が地域に戻ってくることが、より困難になってくるのが容易に考えられる。コメの消費が減少していく状況下、水田を水田として復旧するのではなく、畑作を行う農地として早期に復旧して農業の担い手を確保することが、地域の農業を再生するために重要であると示唆された。水田を畑地として復旧させることで、早い営農再開と復旧費用の削減を行うが、その際、排水性を向上させ、圃場を大規模化し、大型機械を運用できるようにする。大規模化・大型機械の運用による合理化で、少人数の担い手による対応を可能にし、全国の減反による水田の耕作放棄地の再生にもつながる農業を大熊町から提案することを目指す。

(2) エネルギー作物の検討

大熊町や福島大学との意見交換の中で大熊町の将来の農業再生に向けて、継続的な栽培、

資源循環、耕畜連携などがキーワードとして示唆された。これらを考慮しながら、今回のメタン発酵によるバイオマス活用事業実現可能性を調査するために、バイオガスの回収量が推定できること、放射性物質による汚染を除去した後に復旧した農地における収穫量のデータがあること、メタン発酵施設へ供給するために貯蔵方法があること、少ない担いで栽培できる機械化された栽培体系があることなどを条件に、エネルギー作物の候補を選定した。

①飼料用トウモロコシ／ソルガム

トウモロコシには多くの品種があり幅広く利用されている。スイートコーン（甘味種）は、他の品種よりも糖度が高いのが特徴で、生で食べられるものもある。ポップコーン（爆裂種）は、お菓子のポップコーンの原料である。デントコーン（馬歯種）は、家畜の飼料やコーンスターチの原料になり、最も多く栽培されている品種である。福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターの作付実証では、デントコーンである飼料用トウモロコシが用いられている。

デントコーンは、北海道から九州まで広く栽培が行われており、大熊町での栽培についても気候的な問題はないものと考えられる。福島県では、播種を5月中旬から下旬に行い、収穫を8月下旬から9月上旬に行う。

収量は、福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターが南相馬市で実施した作付実証の結果より[18]、現物収量で約60t/ha、乾物収量で約21t/haが収穫されており、同等の収量が見込まれる。本データの作付実証における施肥は、福島県施肥基準に準じて行われている。

管理作業は、耕起→整地→施肥・播種→鎮圧→除草剤散布などの栽培管理から、生育した作物を収穫した後に飼料として貯蔵するまでの作業が機械化されており、少人数で実施することができる。

生産費は、「水田を利用した飼料用トウモロコシ栽培の可能性」（農研機構畜産草地研究所）[20]によると、栽培から貯蔵まで含めて約37万円/haが見込まれる。



図 1-1 トウモロコシの収穫機械 [19] 出典：㈱タキカタカタログ

飼料用トウモロコシの栽培では、緑肥植物を畝間に同時に栽培し、飼料用トウモロコシの収穫後に緑肥植物を農地に鋤き込むことにより地力を維持する。

一方、トウモロコシと同様、飼料用作物として用いられるソルガムは、飼料用トウモロコシと栽培期間や栽培の機械体系もほぼ同様である。飼料用トウモロコシより湛水耐性があるが、強い連作障害を示すことがあるので輪作に注意することが必要である。



図 1-2 飼料用トウモロコシ[18]

②ジャガイモ

ジャガイモは、芋類の中で最も多く栽培され、全国で栽培されており、播種から収穫までの栽培管理作業は機械化され、少人数での耕作が可能である。排水が良く、酸性側の土壌を好む。

福島県では、種イモの植付けを4月中旬から下旬に行い、収穫を7月中旬から下旬に行う。種イモは、10a 当たり 150kg～200kg 程度とする。

収量は、福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターが富岡町で実施した作付実証によると、現物収量で 49t/ha の収穫が収穫されており、同等の収量が見込まれる。本データの作付実証における施肥は、福島県施肥基準に準じて行われている。

生産費は、農林水産省大臣官房統計部農業経営統計調査 平成 28 年産 原料用ばれいしょ生産費[21]によると約 75 万円/ha が見込まれる。なお、ここで示す生産費は植付けから収穫までで、貯蔵は含まれていない。



図 1-3 ジャガイモの収穫機

出典：サンエイ工業(株)カタログ

ジャガイモは、連作障害を防ぐため北海道の大規模な産地ではムギ類や大豆などと組み合わせで三年輪作が行われている。飼料トウモロコシと同様に、これらの作物のバイオガスの発生量の把握、またはバイオガスの発生量の多い作物との輪作の組み合わせの検討が課題となる。

ジャガイモ以外のイモ類もメタン発酵に適しており、特にサツマイモはメタン発酵の原料に多く用いられて経験やデータが蓄積しているが、代表的な産地である鹿児島県の収穫量 24t/ha と比較して、福島県の気候では収穫量は 16t/ha[22] と少ない。ただし、ジャガイモはナス科に属し、サツマイモはヒルガオ科に属していることから、ジャガイモとサツマイモの連作も考えられる。連作した場合の影響について実証試験を行い、収穫量などを確認することが望ましい。

③ エリアンサス

エリアンサスは、タイ原産のイネ科の大型の多年草で、根が深層まで達し、乾季にも深下層の土壌水を利用でき乾燥に強い。草丈が 4m にもなり、福島県の気候でも越冬することができる。水分が多く含まれる土でも育つため、河川沿いの冠水の危険のある場所でも栽培が可能である。

福島県では、5月上旬から中旬に苗を植え、10月中旬から下旬に刈り取った後の株から、翌年の5月上旬から中旬には再芽するため毎年苗を植える必要が無く、複数年は同じ株のまま粗放管理で栽培できるため、栽培コストを抑えることができる。粗放管理でも数年間は安定した収量が見込まれ、収量が低下してきたら植替えの検討を行う。数年間継続して栽培したエリアンサスの株の除去方法は確立しており、容易に除去して他の作物の栽培をすることが出来る。現在は品種登録に向けた品種改良が進められており、機械化に適した品種の開発が待たれる。

エリアンサスの収量は農研機構へのヒアリングより、福島県では約 25t/ha が見込まれる。生産費についての実績データはないものの、苗の植え付けは初年度のみ実施し

5,000本/haの植え付けで50,000円/10aの種苗費が見込まれ、施肥もトウモロコシに比べて少量で済む(3,000円程度と推定)ことから、労務費を5,000円/10aとして、合計で初年度：65,612円/10a、2～5年度：15,612円/10aが見込まれる。



図1-4 エリアンサス

エリアンサスは大型であるためトウモロコシ用の収穫機械では対応できず、茎の固いサトウキビ用の収穫機械を用いて収穫を行う。国内にサトウキビの収穫機械メーカーは3社(鹿児島県の松元機工、文明農機、奈良県の魚谷鉄工)あるが、ユーザーが沖縄・奄美地方のため、福島に導入した場合に機械のサポート体制に不安がある。



図1-5 サトウキビの収穫機

以上の検討より、表1-2に主なエネルギー作物の収量と生産費を、表1-3に生産費の内訳をまとめて示す。

表1-2 エネルギー作物候補と収量および生産費

作物種	現物収量 t/ha	乾物収量 t/ha	生産費 万円/ha	特徴他
飼料用トウモロコシ	60	21	37	サイレージにして保存する

ソルガム	—	22	—	
ジャガイモ	49	—	75	
サツマイモ	16	—	—	
小麦	17	—	43	
エリアンサス	—	30	—	多年生で越冬できる

注1) 飼料用トウモロコシ、ソルガム、ジャガイモの現物収量および乾燥収量の値は、「平成 25～27 年度福島県営農再開支援事業（県の作付実証）報告書」[18]から引用した。

注2) サツマイモ、小麦の現物収量は、「東北農政局第 57 次福島農林水産統計年報」[22]から引用した。

注3) エリアンサスの乾物収量は、農研機構中央農業研究センターの我有氏へヒアリングによる。

表 1-3 エネルギー作物の候補の生産費内訳

単位：円／10 a 当たり

費目		作物種	飼料用 トウモロコシ	ジャガイモ	小麦	エリアンサス
物財費	種苗費		2,754	14,132	2,874	50,000
	農機具費		4,612	14,085	6,864	4,612
	肥料費		12,340	11,370	8,424	3,000
	農業薬剤費		3,509	10,801	2,744	—
	その他		4,995	10,229	13,614	3,000
労務費			9,245	14,555	8,411	5,000
費用合計			37,454	75,172	42,931	初年度 65,612 翌年以降 15,612

注 1) 飼料用トウモロコシの生産費内訳は、「農研機構畜産草地研究所水田を利用した飼料用トウモロコシ栽培の可能性」[20]をもとに一部修正。

注 2) ジャガイモの生産費内訳は、「農林水産省大臣官房統計部農業経営統計調査 平成 28 年産 原料用ばれいしょ生産費」[21]から引用した。

注 3) 小麦の生産費内訳は、「東北農政局第 57 次福島農林水産統計年報」[22]から引用した。

注 4) エリアンサスについては、飼料用トウモロコシのものをベースにヒアリング結果等から予測。

注 5) エリアンサスは、5 年毎に植え替えるものとする。

(3) エネルギー作物のメタン発酵特性の検討

メタン発酵、バイオエタノール、バイオマス燃料の原料とすることを目的に栽培される作物がエネルギー作物と呼ばれている。エネルギー作物は、栽培地の気候、単位面積当たりの収量、利用用途、栽培に必要な手間、コストなどを総合的に判断し、適切なものを栽培する必要がある。

メタン発酵は、もともとは破棄物を処理するために利用されてきた技術であるが、再生可能エネルギーの利用促進の観点から、1990 年代後半からエネルギー作物を原料としたエネルギー生産技術としても使用されている。メタン発酵に使用されるエネルギー作物は、

トウモロコシ、牧草、ライムギなどの飼料用作物と、ソルガム、ネピアグラスなどの単位面積当たりの収量が多い作物に大別される。以下では、代表的なエネルギー作物について述べる。

①飼料用トウモロコシ

飼料用トウモロコシ (Maize) は、栽培期間が限られること、分解性の向上などの観点から、サイレージとして保管されたもの (Maize silage) が使用される。もともとは飼料用に栽培された一部をメタン発酵の原料としていたが、固定価格買い取り制度の導入で、ドイツを中心に、EU ではメタン発酵の原料として飼料用トウモロコシを栽培する事例が増えている[1][2])。

a. トウモロコシサイレージからのメタン回収量

トウモロコシサイレージのメタン発酵に関する研究は数多くおこなわれている。栽培地、実験条件によるばらつきはあるが、質重量 1 トン当たり 120m³、乾有機物 1 トン当たり 395m³程度のメタンが回収可能である (表 1-4) [1][3][4][5][6]。Neureiter らの報告から、トウモロコシサイレージの含水率は 65%程度であると推定される。

表 1-4 トウモロコシサイレージからのメタン回収量 (中温メタン発酵)

			参考文献				
			1	3	5	6	7
メタン	質重量当たり	[m ³ /t]	105	N.D.	131	N.D.	N.D.
回収量	乾物あたり	[m ³ /t VS]	N.D.	400	383	316	314

N.D. : データなし

b. 高温メタン発酵の優位性

Ward らは、トウモロコシサイレージのメタン発酵において、中温 (35℃) と高温 (55℃) で比較実験を行っている (図 1-6) [8]。中温メタン発酵、高温メタン発酵ともバイオガス発生が収束するまでの期間はほぼ変わりなく、30 日程度である。バイオガス発生量は、中温メタン発酵が 400m³/t VS (メタン濃度 : 57%、メタン回収量 : 228m³/t VS) であるのに対し、高温メタン発酵では 611m³/t VS (メタン濃度 61%、メタン回収量 : 373 m³/t VS) であり、65%程度回収量が改善する。このことから、高温メタン発酵により、大幅な分解率の向上、メタン回収量の増加が見込めることがわかる。

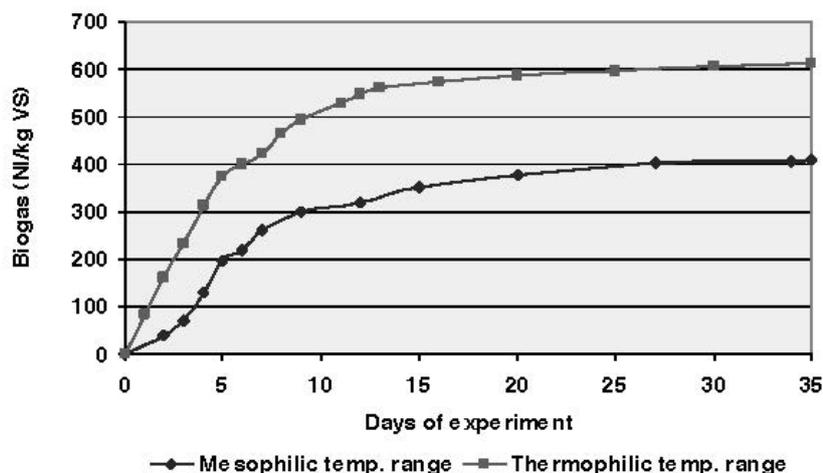


図 1-6 中温，高温メタン発酵におけるバイオガス発生量の経日変化

c. 連続処理実験

Ziganshin らは、中温メタン発酵連続実験により、牛糞尿とトウモロコシサイレージの混合原料の処理について検討を行っている [9]。低濃度原料を用いた場合、有機物負荷 (OLR) 1.5gVS/L/day (牛糞：トウモロコシサイレージ=1：0.1)、HRT：25 日の処理で、メタン回収量が 196 m³/t VS であった。高濃度原料を用いた場合、OLR 2.0 VS/L/day (牛糞：トウモロコシサイレージ=1：0.46)、HRT：68 日の処理で、メタン回収量が 368 m³/t VS であった。OLR と HRT から換算すると、高濃度原料は、低濃度原料に比べ、3.6 倍の VS を含んでいる。本実験で使用した原料はトウモロコシサイレージの割合が異なるため、単純な比較はできないが、高濃度の有機物を長い HRT で処理することで、低濃度の有機物を短い HRT で処理する場合に比べ、メタン回収率は 1.9 倍増加することがわかる。両条件でのリアクタ容積は、高濃度原料を処理した場合のほうが小さいことから、施設規模の面からみても、高濃度原料を長い HRT で処理するほうが有効である。ただし、高濃度原料の場合、アンモニア阻害に注意する必要がある。

d. 実施設の稼働状況

和泉らは、南ドイツの農家で、実際にトウモロコシサイレージをメタン発酵している農家の調査を行っている [2]。その中の一つであるブルガー農場では、現在はトウモロコシサイレージのみをメタン発酵原料として使用している。1日に 13～14 トンのトウモロコシサイレージを HRT:150 日で処理している。消化液量が年間 6,000m³であることから、原料に 0.5 倍の水を加え、メタン発酵していると推測される。

もう一つのハングマン農家では、トウモロコシサイレージ、グラスサイレージ、ムギ、その他サイレージを 7:1:1:1 の割合で混合し、メタン発酵している。発酵槽容積は 1、200m³×2 基であり、1日 20 トンの原料を HRT：70～80 日で処理していることから、

こちら原料に 0.5 倍程度の加水を行っているとは推察される。

両施設とも、ドイツの FIT 制度で売電 (25 円/kWh) を行っており、黒字経営となっているようである。現在のドイツの FIT 制度は、トウモロコシサイレージなどの農作物を使って発電した電力の買い取り価格は制度開始時より低く設定されており、メタン発酵元来の目的であった畜産ふん尿などの有機性廃棄物のメタン発酵に回帰しているようである。

e. 収穫量とメタン回収量

栽培した作物を原料としたメタン発酵の場合、単位面積あたりの収穫量と乾重量当たりのメタン回収量を総合的に加味して検討する必要がある。表 1-5 に、文献データをまとめた。これによると、ソルガムよりもトウモロコシサイレージのほうが、栽培面積当たりのメタン回収量が多くなるのがわかる。ただし、収穫量は、栽培地の気候によって左右されるため、栽培地に合った作物を検討する必要がある。

表 1-5 ソルガムからのメタン回収量 (中温メタン発酵)

原料	収穫量		メタン回収量 [m ³ /t VS]	単位面積当たりの メタン回収量
	湿重量 [t/ha]	乾重量 [t/ha]		乾重量当たり [m ³ /ha]
Maize silage ³⁾	N.D.	25	405	10,100
Maize silage ⁶⁾	95.7	27.8	316	8,780
Maize silage ⁷⁾	40~60	N.D.	291~338	N.D.
ソルガム ⁶⁾	45.6~89.4	18.2~29.2	251~271	6,190
ソルガム ⁷⁾	40~80	N.D.	286~319	N.D.

N.D. : データなし

f. 栽培期間

Amon らは、トウモロコシサイレージのメタン発酵において、収穫時期によるメタン回収量について検討を行っている[3]。これによると、144 日以上栽培したトウモロコシサイレージは、乾重量当たりのメタン回収量が減少する傾向を示している (図 1-7)。このことから、メタン発酵でメタンを回収する場合、作物による適切な栽培期間があると考えられる。トウモロコシサイレージの場合、農地面積当たりのメタン回収量 (図中の白地棒グラフ) が最大になる 150 日程度が適切と考えられる。年間を通した作物の栽培を検討する場合、二期作、二毛作、輪作などを含め、検討する必要がある。

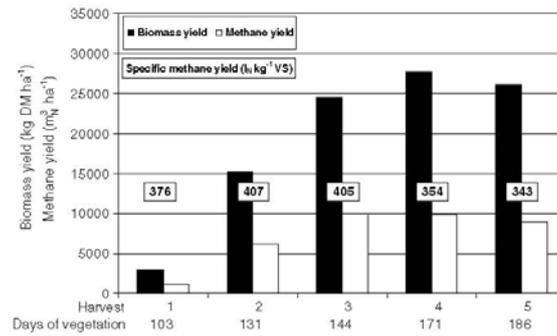


図 1-7 トウモロコシサイレージの収穫時期とメタン回収量

②ソルガム

ソルガムのメタン発酵に関しては、近年ではあまり研究がされていないようであるが、ヨーロッパで数件の実験例が報告されている。その結果を表 1-6 にまとめる。乾物あたりのメタン回収量は、262~303m³/t VS であり、トウモロコシサイレージよりも少ない。Barbanti によると、ソルガムのメタン発酵は、50 日程度でバイオガス発生が収束している (図 1-8) [6]。このことから、中温メタン発酵の場合、効率的な連続処理を行う場合、HRT が 40~50 日必要であることがわかる。

表 1-6 ソルガムからのメタン回収量 (中温メタン発酵)

			参考文献		
			1	6	7
メタン	質重量当たり	[m ³ /t]	58	N.D.	N.D.
回収量	乾物あたり	[m ³ /t VS]	N.D.	262	303

N.D. : データなし

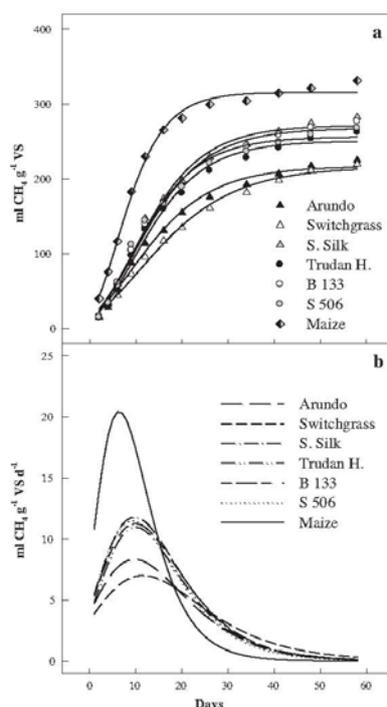


図 1-8 作物のメタン発酵特性 (ソルガムは S.Silk, Trudan H., B133 の 3 種類)

③ ジャガイモ

当社では、廃ポテトについて、当社保有の高温メタン発酵処理システムを用いて基礎実験を実施した実績がある。ジャガイモの処理特性として、以下の知見を得ている。なお、加水率は 300%となっているが、実験に用いた原料が含水率の小さい廃ポテトであることを踏まえると、ジャガイモ現物の加水率 100%と同等と考えられる。

a. 高温メタン発酵実験による知見

- ・ 対象原料中には、著しいメタン発酵阻害物質は存在しない。
- ・ 実施設でのスタートアップとして、40～60 日程度必要である。
- ・ 原料は 3 倍量の水（重量比）で希釈した場合、最も効率的に処理される。
- ・ COD_{Cr} 容積負荷 15kg/m³/日では、安定した処理性能が得られる。
- ・ その場合の SS 除去率は 90%、T-COD_{Cr} 除去率は 85%以上の処理性能が安定的に得られる。

b. 高温メタン発酵再現性実験による知見

- ・ COD_{Cr} 容積負荷 20kg/m³/日では、安定した処理性能が得られる。
- ・ しかし、一時的なショックロードに耐えることができず、一旦不調に陥った場合、アルカリ度が低いため回復が非常に遅いことから、実施設に適用する場合の設計負荷は、負荷変動を考慮し COD_{Cr} 容積負荷 15 kg/m³/日での処理が適切であると考えられる。

- ・ COD_{Cr} 容積負荷 20 kg/m³/day で定常運転した場合、SS 除去率は 85%、T-COD_{Cr} 除去率は 80%以上の処理性能が得られる。

表 1-7 にジャガイモの組成を示す。ジャガイモの湿重量当たりの COD は 238g-COD/kg、乾重量当たりの COD は 1,086g-COD/kg であることから、高温メタン発酵で処理可能な含水率 90%に換算した場合の T-COD_{Cr} は 10,860mg/L である。上述した知見より、COD_{Cr} 容積負荷 15kg /m³/日で処理可能であることから、HRT : 8~10 日での運転が可能であると考えられる。その場合の分解率を 80%と想定すると、バイオガス発生量は 590Nm³/t-VS、メタンガス発生量は 307Nm³/t-VS と考えられる。

表 1-7 ジャガイモの組成

成分	含有率
水分	78.1%
タンパク質	1.5%
脂質	0.1%
炭水化物	19.7%
その他	0.6%
合計	100%

出典：食品分析表

④ムギ

先述したように、ジャガイモは連作障害が懸念されるため、3年輪作で栽培されることが一般的である。そのジャガイモの裏作に栽培される作物としては、ムギや大豆などが考えられ、ここではムギについて検討する。

表 1-8 に、バイオマス原料の収量とバイオガス回収量の特性を示す[7]。ムギの収量は、4~7t FM (現物) /ha とされており、バイオガス回収量は 560~780 Nm³/t-VS、バイオガス中のメタン濃度は 53%であることからメタン回収量は 297~413 Nm³/t-VS とされている。

また、図 1-9 に、酵素処理の有無によるムギサイレージからのバイオガス発生量の経日変化を示す[10]。酵素による前処理を行わない場合 (◆) の特性を参考にすると、メタン回収量は HRT30 日で 350~360 Nm³/t-VS となっている。ただし、ムギの標準 HRT は 30 日とされているが、ジャガイモの裏作としての役割を考慮して、ここではジャガイモと同じ HRT (10 日) で処理したケースで検討を進める。HRT10 日のメタン回収量は 200Nm³/ton ODM (乾燥有機物) であり、表 1-9 より FM (現物) に換算すると[10]、153 Nm³/ton FM と推察される。

表 1-8 バイオマス原料の収量とバイオガス回収量の特性

Crop	Crop yield (t FM/ha)	Biogas yield (Nm ³ /(t VS))	Methane content (%)
Sugar beet	40-70	730-770	53
Fodder beet	80-120	750-800	53
Maize	40-60	560-650	52
Com cob mix	10-15	660-680	53
Wheat	30-50	650-700	54
Triticale	28-33	590-620	54
Sorghum	40-80	520-580	55
Grass	22-31	530-600	54
Red clover	17-25	530-620	56
Sunflower	31-42	420-540	55
Wheat grain	6-10	700-750	53
Rye grain	4-7	560-780	53

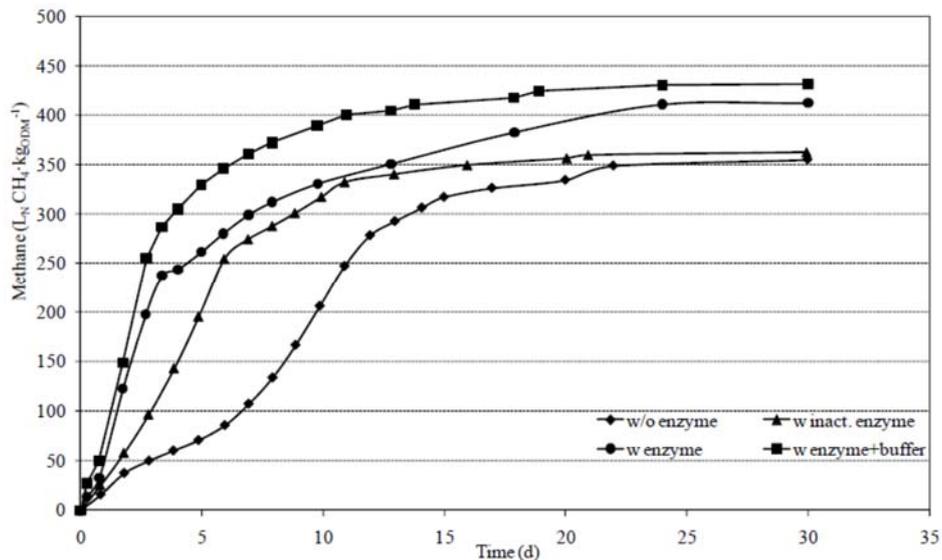


図 1-9 酵素処理の有無によるムギからのメタン発生量の経日変化
(◆が未処理のもの)

表 1-9 バイオマス原料の物性

Feedstock	pH	EC	DM	ODM	Volatile org. acids	NH ₄ -N	N _{tot}
		mS·cm ⁻¹	g·kg _{FM} ⁻¹				
Rye grain silage	6.2	0.8	808.1	766.2	1.27	0.1	15.4
Maize silage	3.8	1.5	308.8	285.1	3.4	0.3	4.2
Grass silage	5.3	3.7	366.3	321.4	5.1	0.9	9.5
Feed residue	4.7	2.9	415.4	385.2	2.2	0.5	9.7
Solid cattle manure	8.8	2.1	250.7	227.7	0.6	0.4	3.4
Inoculum 1	8.5	18.0	38.2	23.4	1.3	1.3	2.9
Inoculum 2	8.2	28.8	57.5	37.4	1.9	3.2	5.1
Inoculum 3	7.7	19.2	46.0	32.8	2.3	2.0	3.7

EC = electric conductivity; DM = dry matter; ODM = organic dry matter; NH₄-N = ammonium nitrogen; N_{tot} = total nitrogen
FM = fresh matter

⑤ エリアンサス

エリアンサスのメタン発酵特性試験に関する論文の検索を行ったが、海外文献も含めて適当なものが見つからなかったため、エリアンサスとほぼ同等の特性を示すと考えられるネピアグラスのメタン発酵特性について調査した。

メタンガス発生量に関して、7編の論文 ([11] ~ [17]) をとりまとめたものを表 1-10 に示す。メタンガス発生量としては、中温メタン発酵で 100-400L-CH₄/kg-VS と幅はあるものの一定の結果は得られており、滞留時間については参考文献[12]のみであったが 40-50 日という結果が示されている。

これらは、当社の研究所において乾燥したネピアグラスの高温メタン発酵試験から得られているものとほぼ同等であり、現状では高温と中温の差を論じられるレベルとはなっていない。

表 1-10 文献によるネピアグラスのメタンガス発生量調査結果

	発酵温度	ガス発生量	メタン 濃度	試験方法
1	37°C	葉身 542、稈 352、枯死部 342 (単位 : L/kg 乾物)	58.5%	フラスコまたは 5L ジャー ファーメンター
2	35°C	342-419L-CH ₄ /kg-VS	不明	135mL
3	不明	47L-CH ₄ /kg-TS	不明	500mL
4	不明	190-340L-CH ₄ /kg-VS	不明	
5	35°C	221-294L-CH ₄ /kg-VS	不明	100mL
6	37°C	230L-biogas/kg-VS 122L-CH ₄ /kg-VS	53%	500ml バイアル試験

7	37°C	92.4L-biogas/kg-VS	2L バッチ試験
---	------	--------------------	----------

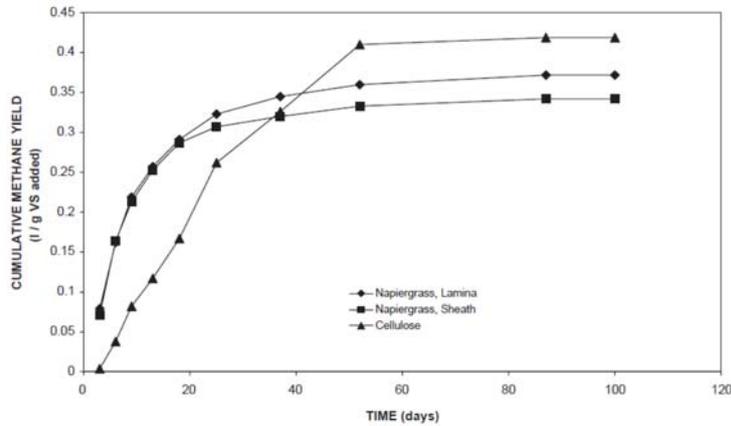


図 1-10 メタンガス発生量の経日変化[12]

2-1-2 その他のメタン発酵原料

エネルギー作物以外のメタン発酵原料としては、生ごみ、食品加工残渣などが考えられる。これらは、処理費用を受け取ることができるため、メタン発酵事業の採算性を大きく向上させることができるが、町の復興に合わせた人口増加や食品加工工場の立地などに関係してくる。

(1) 生ごみ・食品加工残渣

生ごみは、家庭から排出されるものであり、一人あたりの排出量は日平均 400g と言われている。大熊町の当面の人口を 3,000 人（大熊町人口ビジョン、平成 28 年 3 月）とすると、一日の生ごみ発生量は約 1.2 トンと推定できる。

食品加工残渣については、食品加工工場の立地に依存するが、今後例えば、福島第一原子力発電所で働く約 6,000 人と言われる職員・作業員用の弁当工場や、町の特産物を用いた焼酎工場などの誘致により残渣が発生し、これを受け入れることが考えられる。

なお、「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル（詳細版）（案）平成 28 年 3 月」による食料品製造業等からの発生残渣原単位の目安は、表 1-11 の通りである。弁当製造の場合、売り上げ百万円当たり一日 224kg の残渣が発生すること。例えば、500 円の弁当を一日 100 個製造する場合、年間の売り上げは 1,825 万円となり、1 日 4 トンの残渣が発生するものと予想される。弁当製造は雇用の面からもメタンガス原料確保の面からも有望と言える。

表 1-11 食料品製造業等からの発生残渣原単位の目安

(食品廃棄物等の発生抑制の目標値)

業種	業種区分	原単位の分母の名称	目標値	
食品製造業	肉加工品製造業	売上高	113	kg/百万円
	牛乳・乳製品製造業	売上高	108	kg/百万円
	醤油製造業	売上高	895	kg/百万円
	味噌製造業	売上高	191	kg/百万円
	ソース製造業	製造量	59.8	kg/t
	パン製造業	売上高	194	kg/百万円
	めん類製造業	売上高	270	kg/百万円
	豆腐・油揚げ製造業	売上高	2,560	kg/百万円
	冷凍調理食品製造業	売上高	363	kg/百万円
	そう菜製造業	売上高	403	kg/百万円
食品卸売業	すし・弁当・調理パン製造業	売上高	224	kg/百万円
	食料・飲料卸売業(飲料を中心とするものに限る)	売上高	14.8	kg/百万円
食品小売業	食料・飲料卸売業(飲料を中心とするものを除く)	売上高	4.78	kg/百万円
	各種食料品小売業(スーパー)	売上高	65.6	kg/百万円
	菓子・パン小売業	売上高	106	kg/百万円
	コンビニエンスストア	売上高	44.1	kg/百万円

(出所)農林水産省・環境省『食品リサイクル法における発生抑制』(平成 24 年 4 月)

(2) 下水汚泥・浄化槽汚泥

下水道汚泥、消化槽汚泥、し尿については、町の下水道整備計画や人口の回復との関連で検討されるべきものである。

大川原地区の人口想定が 3,000 人であることから、汚泥発生量は $3,000 \text{ 人} \times 400\text{g} / \text{人} \cdot \text{日} \times 0.3\% \times 0.001\text{t} / \text{g} = 3.6\text{t} / \text{日}$ 程度と想定される。大熊町では、従前 9ヶ所の下水処理施設を運営しており、現在は一部の稼働を再開しているものと想定される。従前の汚泥処理については、汚泥リサイクルセンターにおいて炭化処理していたとのこと(処理能力 20t/日)であるが、汚泥をメタン発酵原料とすることで同施設の再稼働は不要となる。

ただし、汚泥は有機分が豊富に含まれるものの、分解性に乏しいため通常滞留時間が 30 日程度と長いため、エネルギー作物と混合消化を行うことは難しいため、水熱処理などの前処理が必要となることに注意が必要である。

また、臭いの問題もあることから、周辺に民家等がある場所への立地に際しては詳細な検討が必要となる。

(3) 木質バイオマス

木質バイオマスは、そのままでは難分解性であり、メタン発酵を行う場合は何らかの前処理が必要である。森林総研を中心とするグループでは、福島県の委託により「メタン発酵による木質バイオマス活用実証事業」を実施した。これによると、コストに課題はあるものの、酵素を用いた湿式ミリング法により、木質バイオマスをメタン発酵可能なものに糖化することが可能である。

本事業では、セシウムの移動を防ぐ観点から木質バイオマスの活用は除外することとなったが、将来的にはコストダウンを図ることで有望な技術になりうるものと考えられる。

2-2 必要な量の原料を調達する方法の検討

2-2-1 エネルギー作物生産方法の検討

(1) 生産場所の検討

復旧する農地の候補地は、平成 29 年 10 月 20 日に大熊町特定復興再生拠点地区に指定された 860ha の区域（図 2-1）及び既除染エリアの中から、大規模化・大型機械の運用のために農地の集約を行えること、かつ平坦なことを条件として、大熊町との現地確認で示唆された野上地区と熊地区の 2ヶ所を抽出した。示唆された農地は何れも水田で、現状は草本類のセイタカアワダチソウなどが繁茂し、木本類のヤナギなどの侵入も一部に確認される状況であった。なお、複数の地主がいる農地の集約には、組合を組織するなど農地の集約化手法の検討が必要と考える。

候補地の検討では、大型機械が使用できるように平坦で連続している農地の範囲を地図上で判断し、面積を算出した。具体的な農地の復旧の方法は、放射性物質による汚染が除去された後に土壌調査を行い、地力や排水性などを確認して立案することが必要である。

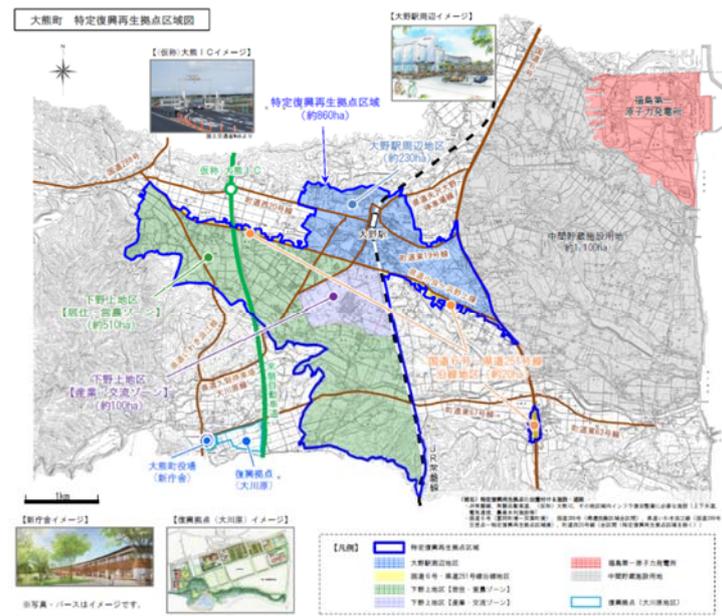


図 2-1 大熊町特定復興再生拠点地区

表 2-1 エネルギー作物作付候補エリア

候補地	面積	備考
野上地区	約 71ha	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速道路より西側で、山裾に沿ったエリア ・ 農地内に住宅が点在しているため、避ける必要がある
熊地区	約 73ha (河川敷含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速道路より東側で、熊川に沿いに鉄道までのエリア ・ 熊川により農地が左岸と右岸に分割されてしまうため、農作業の効率に影響がある

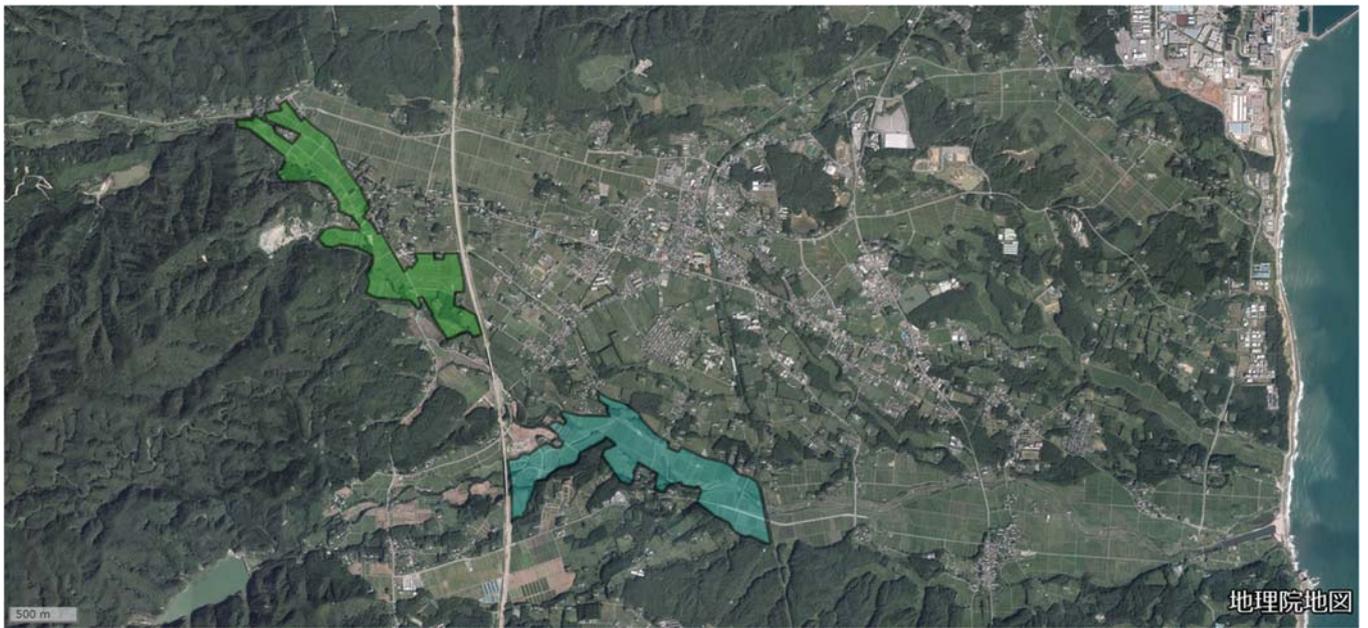


図 2-2 エネルギー作物作付け候補地

候補地の現況確認を 2017 年 12 月 1 日に実施した。以下に現況写真を示す。



図 2-3 野上地区



図 2-4 熊地区

(2) エネルギー作物の貯蔵方法と周年供給

エネルギー作物は年 1 回の収穫のため、メタン発酵施設へ原料として周年供給するためには、長期間の貯蔵が必要となる。

飼料用トウモロコシ、ソルガムおよびエリアンサスは、サイレージにより 1 年以上の長期貯蔵が可能なので、周年供給を行うことができる。サイレージの方法は、表 2-5 に示すように 3 種類程度存在するが、大熊町の農業が再生されるまでのメタン発酵施設の稼働期間を考慮すると、サイレージの方法としては、初期投資が少なく、メタン発酵事業の終了後もラッピングしたサイレージを牛の粗飼料として 1 個単位で容易に運搬、販売することも可能なロールベールラップサイロが適当と考える。ロールベールラップサイロの作業体系は、飼料用トウモロコシの収穫から・梱包・密封・運搬・貯蔵作業にいたるまで、トラクタをベースにした各種作業機を使用することで、機械化した一貫作業が可能で全ての作業を一人で行うことができる。

表 2-2 サイレージの方法

方式	特徴
タワーサイロ	<ul style="list-style-type: none"> ・タワーサイロは建設費用が高額になり、サイロ内に収穫物を投入するための多くの労力が必要である。 ・メタン発酵施設に隣接して設置すれば、原料（サイレージした収穫物）をコンベアで自動的に供給できる。 ・サイロ内に飼料が保管されるので獣害被害を受けない。
バンカーサイロ スタックサイロ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートで床と側壁を構築したバンカーまたは床を構築した上に収穫物を堆積させ、シートで被覆してサイレージを行う。 ・施設は必要だが簡易な構造なので、建設費用は高額にはならない。 ・サイロ内に飼料が保管されるので獣害被害を受けない。
ロールベールラップサイロ	<ul style="list-style-type: none"> ・収穫物をロール状に成型し、ラッピングフィルムで梱包してサイレージを行うため、施設が不要になり初期費用が少ない。 ・梱包した後は農地に置いておくため、保管庫も不要になる。 ・獣害被害が懸念される場合は、集積して電気柵などで囲むなどの対策が必要となる。



図 2-5 ロールベールラップサイロの作業体系 [23]

飼料用トウモロコシは収穫時に細断し、ロールベーダーで $\phi 0.85\text{m} \times \text{h}0.85\text{m}$ の円柱に圧縮成型した場合は、容積が $0.48\text{m}^3/\text{個}$ 、重量は $350\text{kg}/\text{個}$ になる。圧縮成型した後にラップしてサイレージが行われる。ロールラップしたサイレージを集積保管する場合は、間隔を 0.2m 程度空けて1段または2段積みとする。1haから約 60t の現物収量が得られるので、172個のロールラップサイレージが製作できる。これを2段積みで保管する場合、2段目は1段目に半分ずつ重ねていき、1段目は $10\text{個} \times 10\text{個} = 100\text{個}$ 、2段目は $9\text{個} \times 9\text{個} = 81\text{個}$ とすると合計181個となり、1ha分の収穫量の172個を約 $11\text{m} \times 11\text{m}$ の敷地で保管できる。なおロールベーダーの種類により、円柱の寸法は $\phi 85\text{cm}$ 、 $\phi 100\text{cm}$ 、 $\phi 115\text{cm}$ などの大きさで成形される。

ジャガイモは、低温で二酸化炭素の濃度を調整した暗黒下の貯蔵施設で保管を行う。保存できる期間は3~4か月が一般的で、最長でも6か月の貯蔵期間であるため、ジャガイモだけで周年供給を行うことができない。ただし、これは加工用ジャガイモの貯蔵期間の実績であるので、貯蔵時の品質の制約が少ないエネルギー用の長期貯蔵方法が今後の検討課題である。

(3) 農業機械の選定

大規模な農地を少ない担い手で、集約的に農業生産を行うためには、機械された栽培体系の構築が必要となる。そのために必要な農業機械の一例として、飼料用トウモロコシを対象に100haの農地で栽培する場合を想定した農業機械体系を以下に示す。

農地の形状や栽培作物などが具体的に変わった段階で、汎用性のある農業機械と効率の良

い専用機の組み合わせ、農業機械のメンテナンス体制などについて詳細な検討を行う必要がある。

表 2-3 飼料用トウモロコシの農業機械体系の例（農地 100ha を想定）

作業	農業機械の名称	性能	価格×必要台数	備考
牽引	トラクタ	100PS（馬力）	1,100 万円/台×2 台	汎用機械
	トラクタ	50PS（馬力）	700 万円/台×2 台	汎用機械
耕耘	ロータリープラウ	作業幅 260cm	170 万円/台×2 台	100PS トラクタに連結
	ロータリープラウ	作業幅 200cm	110 万円/台×2 台	50PS トラクタに連結
播種	播種作業機	作業能率 140 分/ha	230 万円/台×2 台	50PS トラクタに連結
除草	雑草刈り作業機 ブームモア	作業幅 100cm	320 万円/台×2 台	50PS トラクタに連結
施肥	液肥散布作業機 バキュームカ	容量 11,500ℓ	640 万円/台×2 台	100PS トラクタに連結
収穫	自走式飼料刈取り 梱包作業機	収穫 1.5ha/hr ロール 80 個/ha	2,000 万円/台×2 台	専用機械
	刈取部ヘッダ		240 万円/台×2 台	刈取り機に連結
保存	ラッピング作業機 ラップマシン	ロール 20 個/hr	360 万円/台×2 台	専用機械
合 計			1 億 1,740 万円	

（４）農業関連の補助金について

福島県農林水産部農業振興課へのヒアリングによると、福島県営農再開支援事業においては、メタン発酵の原料に利用する場合は営農再開支援事業の補助金は助成されない、という一方で、実際に栽培する農作物が決まった時点で相談に来るとよい、というコメントを得ている。

福島県営農再開支援事業(ソフト事業)の実施イメージ

平成29年4月 農業振興課

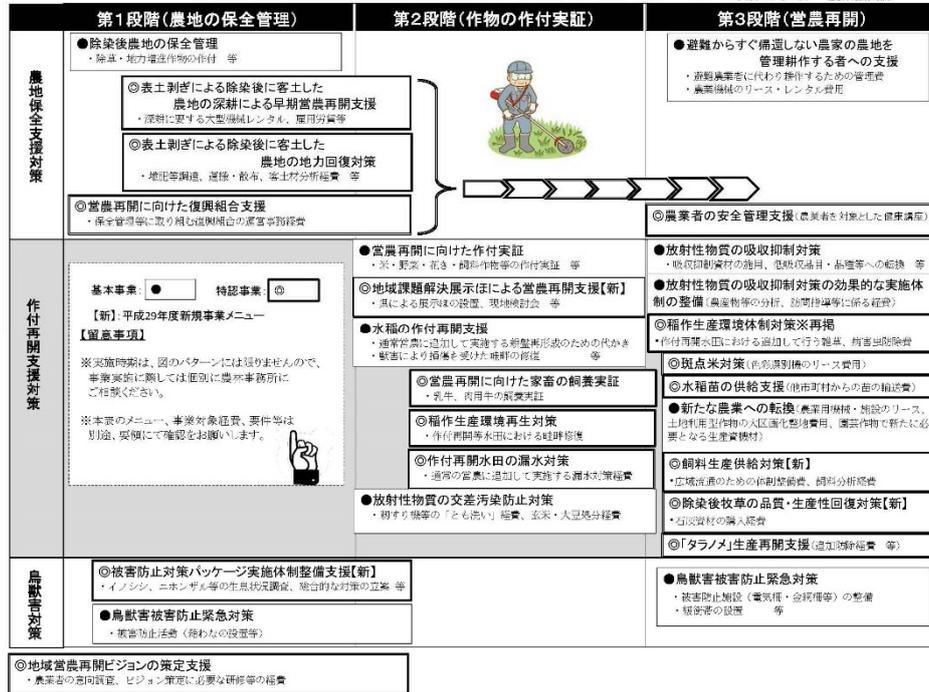


図 2-6 福島県営農再開支援事業(ソフト事業)の実施イメージ

農地保全支援対策では、除染後農地等の保安全管理へ補助率は定額で 35,000 円/10 a が上限とされ、補助対象経費は、種苗代、肥料代、農業機械のリース代、作業委託費など幅広い対象となっている。一方で、リースにより導入する農業機械の利用面積が 20ha 以上必要となっているなど注意が必要である。

また、大熊町ではこれから表土剥ぎによる除染作業が行われ、農地の地力回復が大きな課題となるが、この課題に対して 2 つの支援が用意されている。①表土剥ぎによる除染後に客土した農地の深耕による早期営農再開支援では、単年度に限られるが、補助率は定額で 25,000 円/10 a が上限とされている。②表土剥ぎによる除染後に客土した農地の地力回復対策では、最大 2 年間で年度ごとに 3t/10 a の堆肥等調達費用、堆肥等運搬・散布費用、おおむね 5 点を上限に客土材の分析費用などが助成される。

以上のように、幅広く柔軟な営農再開支援事業(ソフト事業)が用意されているので、補助金を得ることができるような営農再開へのシナリオを大熊町が構築していく必要がある。

(5) エネルギー作物栽培実証

実証事業においては、エネルギー作物を植え付ける前に、除染作業した水田の地力低下の状況を土壌分析などで把握し、その分析結果と福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターの作付実証ので得た知見、福島県施肥基準などより栽培作物毎に肥料設計を

行い、施肥などの栽培計画を立案する必要がある。

屋外における植物の栽培試験は、毎年の気象条件の変動の影響を受けるため、同一場所、同一作物で3年間程度の継続した実証試験により、植付け時期および収穫時期の確認、播種密度、施肥の種類および量、植付け・除草・収穫などの管理作業に係るコストなどのデータの蓄積を行うことが望ましい。

また、大型機械による栽培体系の確立のために、栽培する作物に適した汎用性のある農業機械と効率の良い専用機の組み合わせの検討、導入費用、メンテナンス費用など、農業機械に係るコストについて確認を行う必要がある。

エネルギー作物栽培実証でエネルギー作物の組合せや絞り込みの検討を迅速に行うために、収量や経費、農業機械の組合せなどの栽培データを同時に取得しなければならず、そのためには10ha規模以上の面積が必要となる。

2-3 メタン発酵施設等の整備費用、運営、維持、管理に掛かる費用の検討

2-3-1 メタン発酵方式の選択

(1) 湿式メタン発酵と乾式メタン発酵の比較

メタクレスは、スラリ状の原料を処理する湿式メタン発酵方式を採用している。固形物濃度が高い原料は、加水し、スラリ状とする必要がある。一方、固形物のまま処理を行う乾式メタン発酵は、国内ではコンポガス、ドラムコ方式が主流である。各方式の比較を表3-1にまとめた。表からわかるように、各方式ともメリット、デメリットがあるが、国内では、乾式メタン発酵の採用例は少なく、ほとんどが湿式メタン発酵である。

乾式メタン発酵の最大の特長は、加水しないため、廃液量が少ないことである。一方の湿式メタン発酵は、廃液量が多いが、分解効率が良いため残渣量(脱水後の固形物排出量)が少ないメリットがある。そのため、廃液を液肥として農地に還元可能な立地の場合、湿式メタン発酵が有利となると考えられる。ただし、常時農地還元できない場合、廃液を貯留する大容量の貯留槽が必要となる。

多くの文献では、廃液量の差を乾式メタン発酵の優位点として挙げているが、注意すべきは、量が少ない分、濃縮された廃液が排出されることである。廃水処理が必要な場合、施設の大きさは有機物や窒素の量(濃度×廃液量)で決まるため、マテリアルバランスを試算し、施設規模を設定する必要がある。

表 3-1 湿式と乾式の比較

方式	湿式	乾式
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・設置費用が少ない ・稼働実績が多い ・可動部が少ないため、故障が少なく、メンテナンスコストが低い ・均一攪拌が可能なため、処理効率が高い(脱水残渣が少ない) ・縦型のため、設置スペースが小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ・排水量が少ない ・異物選別の精度が低くても処理可能

デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・排水量が多い ・異物選別が必要 ・固形物の粉碎が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・押し出し流れ式のため、攪拌が十分行われず、菌の拡散が不十分になり、分解にむらがある ・駆動部が多いため、電力消費が大きく、メンテナンスコストが高い ・固形物の粒径が大きいため、分解に時間がかかる ・発酵残渣が多い（固形物として） ・希釈しないため、アンモニアなどの阻害を受けやすい
-------	---	---

（２）高温固定床式メタン発酵

高温固定床式メタン発酵技術は、有機物の分解率が高く、分解に要する時間も短いことから設備規模がコンパクトにできるメリットがあるが、一方で固定床を設置するためインシヤルコストが上がり、55℃の高温状態を維持するための費用が必要である。図 3-1 にメタン発酵の基本フローを示す。

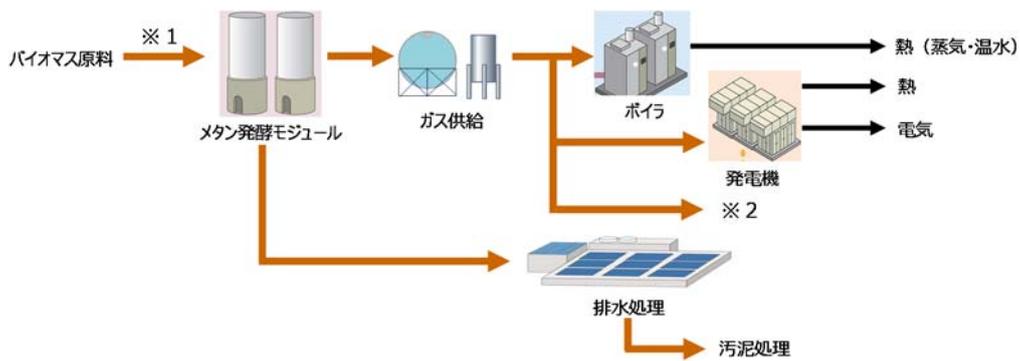


図 3-1 メタン発酵の基本フロー

表 3-2 メタン発酵施設の主な導入実績

施設	対象物	処理量	バイオガス発生量	バイオガス利用	納入年
砂川クリーンセンター	家庭系生ごみ 事業系生ごみ	22t/日	3,000Nm ³ /日	マイクロガスタービン	2003年
富山グリーンフードリサイクル	事業系生ごみ 家庭系生ごみ	44t/日	5,000Nm ³ /日 2,500Nm ³ /日	マイクロガスタービン	2003年 2009年増設
霧島酒造本社工場	焼酎粕 芋くず	800t/日 10t/日	36,000Nm ³ /日	蒸気ボイラ ガスエンジン	2006年 2012年増設
霧島酒造志	焼酎粕	400t/日	19,600Nm ³ /	蒸気ボイラ	2018年（予

比田工場			日		定)
長崎東部下 水処理場	下水汚泥	79t/日	1,160Nm ³ /日	熱	2013年



富山グリーンフードリサイクル



霧島酒造本社工場



長崎東部下水処理場

写真 3-1 主な高温固定床式メタン発酵施設

当社では、技術研究所にメタン発酵関連の試験施設を整備し、多くの食品廃棄物でメタン発酵試験を行っている。これまで 60 種類以上の食品廃棄物のメタン発酵実験データ、200 種類以上の食品廃棄物性状データを保有している。図 3-2 から焼酎粕や生ごみの分解性能が高いことが読み取れ、図 3-3 からは高温メタン発酵が中温メタン発酵に較べて、**分解率と分解時間(HRT)**の両面から有利であることが分かる。メタン発酵は、材料ごとに発酵特性が異なり、2 種類以上の材料を混合する場合にも発酵特性が変わってくることから、大熊町で使用する材料を用いた**特性試験**の実施は必須である。



写真 3-2 メタン発酵試験施設 (左: バッチ試験、右: 連続試験)

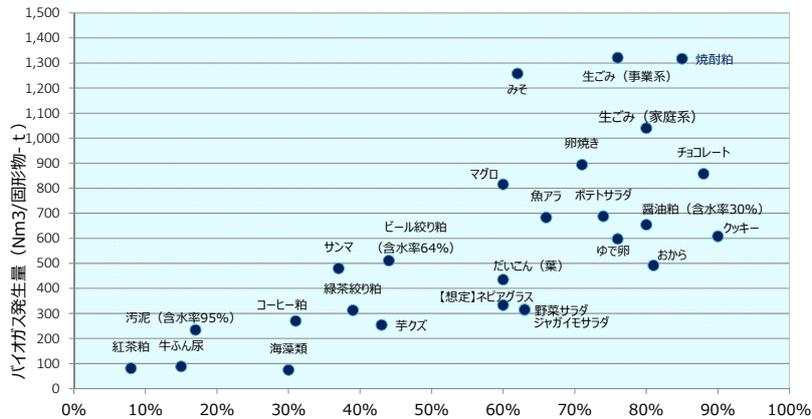


図 3-2 様々な原料と高温固定床式メタン発酵による発生ガス量

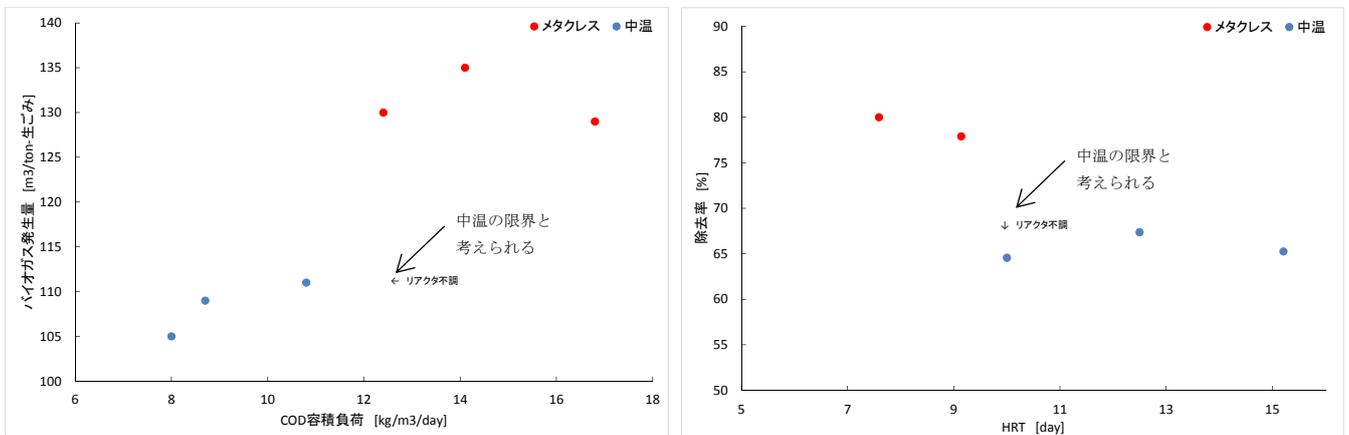


図 3-3 高温と中温タン発酵の比較 (左: バイオガス発生量、右: HRT 及び除去率比較)

※生ごみスラリーを対象とした当社試験結果。中温は、ガス発生量や除去率が小さく HRT が長く必要であるだけでなく、負荷が高くなると発酵不全になることが分かる。

2-3-2 メタン発酵施設の規模想定

表 3-3 に、トウモロコシ (サイレージ)、ソルガム、サツマイモ、ジャガイモの収量とメタン回収量、発電量及び熱回収量を示す。単位面積あたりの収量は、ソルガム、トウモロコシ (サイレージ)、ジャガイモ、サツマイモ、ムギの順に多く、ライ麦は 1 桁小さくなる。

一方、メタン発酵処理の観点から見ると、メタン発酵処理に必要な設計上の HRT (滞留時間) [日]は、ジャガイモとサツマイモとムギが 10 日、トウモロコシ (サイレージ) が 15 日、ソルガムが 30 日となっており、同規模のメタン発酵槽で処理できる量は、ジャガイモ、サツマイモ、ムギが最も多く、含水率が同じであればソルガムの 3 倍量を処理することができる。実際は、ジャガイモの含水率が他の 3 作物に比べて高いことからジャガイモの加水量は少なく済み、結果としてジャガイモはソルガムの 6 倍量をも処理することができる。

乾燥重量あたりのメタン回収量は、トウモロコシ (サイレージ) : 330[m³/t-VS]、ジャガイモ : 307[m³/t-VS]、サツマイモ : 303[m³/t-VS]、ソルガム : 224[m³/t-VS]の順に多い。一

方、現物収量あたりのメタン回収量は、トウモロコシ（サイレージ）：116[m³/t]、サツマイモ：104[m³/t]、ソルガム：81.8[m³/t]、ジャガイモ：62.0[m³/t]、ムギ：36.8[m³/t]の順に多い。また、農地面積あたりのメタン回収量は、トウモロコシ（サイレージ）：19.0[m³/日/ha]、ソルガム：13.5[m³/日/ha]、ジャガイモ：8.3[m³/日/ha]、サツマイモ：4.5[m³/日/ha]、ムギ：0.6[m³/日/ha]の順に多い。実際には、メタン発酵槽の容量で考える必要があるため、その場合のメタン回収量は、メタン発酵槽への投入量を大きくできるサツマイモやジャガイモが多くなる。

以上のことから、同規模のメタン発酵処理設備で得られるエネルギー量が大きいサツマイモやジャガイモが事業的にも優位になりやすいと予想できる。

なお、上記については、文献調査における結果であり、今後、メタン発酵特性試験により把握する必要がある

表 3-3 エネルギー作物別の収量とメタン回収量、発電量及び熱回収量

エネルギー作物等	トウモロコシ (サイレージ)	ソルガム	サツマイモ	ジャガイモ	ムギ (サイレージ)	生ごみ	
特性	T-CODcr[mg/L]	データなし	データなし	367,000	217,000	データなし	217,000
	含水率	65%	64%	66%	80%	76%	8%
原単位	乾燥収量[kg/10a]	2,100	2,200	データなし	データなし	データなし	—
	想定水分量[kg/10a]	3,900	3,827	データなし	データなし	データなし	—
	想定現物収量[kg/10a]	6,000	6,027	1,590	4,900	550	—
年間現物収量	1ha あたり [kg/年]	60,000	60,274	15,900	49,000	5,500	—
	10ha あたり [kg/年]	600,000	602,740	159,000	490,000	55,000	—
	50ha あたり [kg/年]	3,000,000	3,013,699	795,000	2,450,000	275,000	—
	100ha あたり [kg/年]	6,000,000	6,027,397	1,590,000	4,900,000	550,000	—
	200ha あたり [kg/年]	12,000,000	12,054,795	3,180,000	9,800,000	1,100,000	—
日現物収量	1ha あたり [kg/日]	164	95	44	134	15	—
	10ha あたり [kg/日]	1,644	949	436	1,342	151	—
	50ha あたり [kg/日]	8,219	4,746	2,178	6,712	753	—
	100ha あたり [kg/日]	16,438	9,492	4,356	13,425	1,507	—
	200ha あたり [kg/日]	32,877	18,984	8,712	26,849	3,014	—
設計条件	加水率	200%	200%	200%	100%	100%	100%
	加水後 (スラリー) 含水率	88%	88%	89%	90%	88%	90%
	設計 HRT[日]	15	30	10	10	10	10
	バイオガス回収量[m ³ /t-VS]	550	データなし	594	590	289	700
	メタン濃度	60%	データなし	51%	52%	53%	60%
	メタン回収量[m ³ /t-VS]	330	224	303	307	153	420
	残渣率	50%	50%	20%	20%	50%	50%
	残渣含水率 (脱水前)	97%	97%	97%	97%	97%	97%
	残渣含水率 (脱水後)	85%	85%	85%	85%	85%	85%
発酵槽あたりの設計計算	発酵槽 (充填部) 容量[m ³]	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92
	スラリー投入量[m ³ /日]	3.06	1.53	4.59	4.59	4.59	4.59
	加水量[m ³ /日]	2.04	1.02	3.06	2.30	2.30	2.30
	投入原料[m ³ /日]	1.02	0.51	1.53	2.30	2.30	2.30
	残渣発生量 (脱水前) [m ³ /日]	0.51	0.26	0.31	0.46	1.15	1.15
	残渣発生量 (脱水後) [m ³ /日]	0.102	0.051	0.061	0.092	0.230	0.230
	比重 [t/m ³]	0.7	0.7	1.08	1.08	1.08	0.65
	投入原料[kg/日]	714	357	1,653	2,480	1,607	1,492
	バイオガス回収量[m ³ /日]	138	データなし	338	296	296	211
	メタン回収量[m ³ /日]	82.5	29.2	172	154	154	127
	発電量[kWh/日]	264	93.6	649	568	568	406
	熱回収量[MJ/日]	1,546	547	3,797	3,322	3,322	2,372
	現物あたりメタン回収量[m ³ /t]	116	81.8	104	62.0	36.8	—
	ha あたりメタン回収量[m ³ /日 ha]	19.0	13.5	4.5	8.3	0.6	—

注 1)ムギの HRT は 15 日が望ましいが、ジャガイモと一緒に処理することを前提に 10 日としている

注 2)メタン発酵槽は内径 3m、充填高さ 6.5m、全長 9.5m と想定 (検討中)

注 3)トウモロコシ (サイレージ) とソルガムの比重は 0.8 と想定

注 4)小型バイオガス発電機 (25kW) のバイオガス (60%メタン) 消費量は 13m³/h、
発電効率は 32%、熱回収効率は 52%と想定

2-3-3 メタン発酵施設の整備費用

(1) 設備構成及びフロー

図 3-4 に本システムの PFD (Process Flow Diagram : フロー図)、図 3-5 に本システムの想定平面図、図 3-6 に発酵槽の平断面図を示す。また、主な機器は、表 3-4 の通りである。

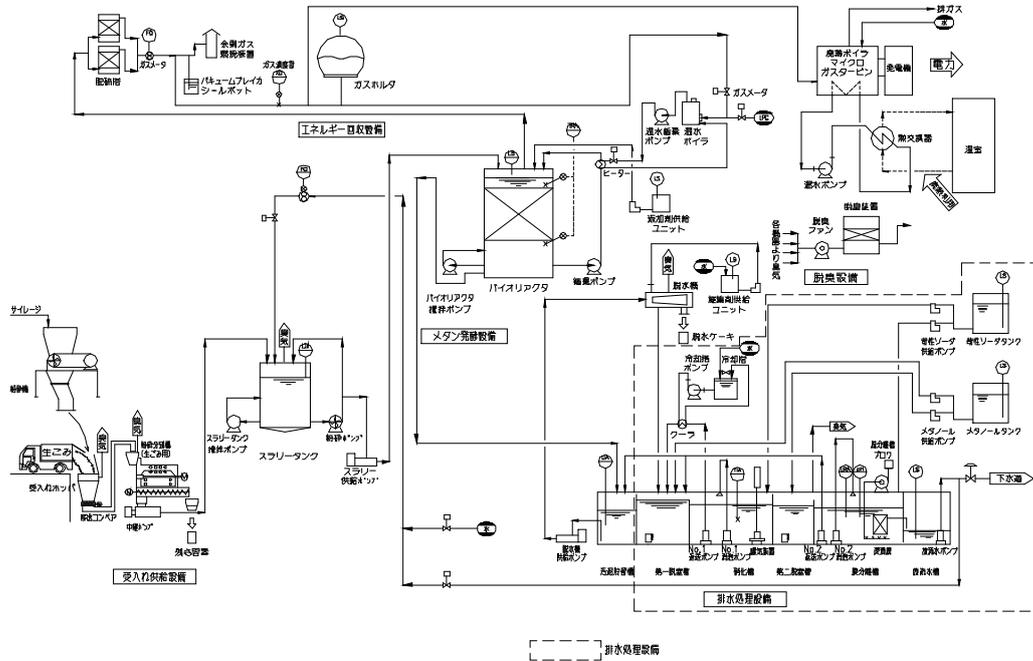


図 3-4 本システムの PFD

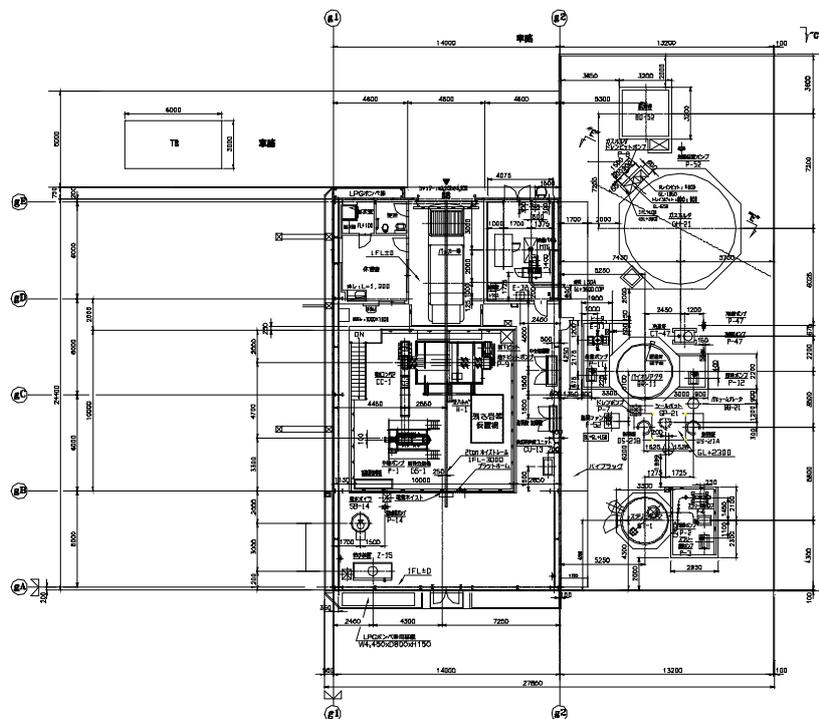


図 3-5 本システムの平面図 (反応槽 1 基の場合)

メタン発酵槽の大きさは、工場製作が可能な最大サイズとし、ヒアリングの結果、外形 3.7m、全長 9.55m とした。

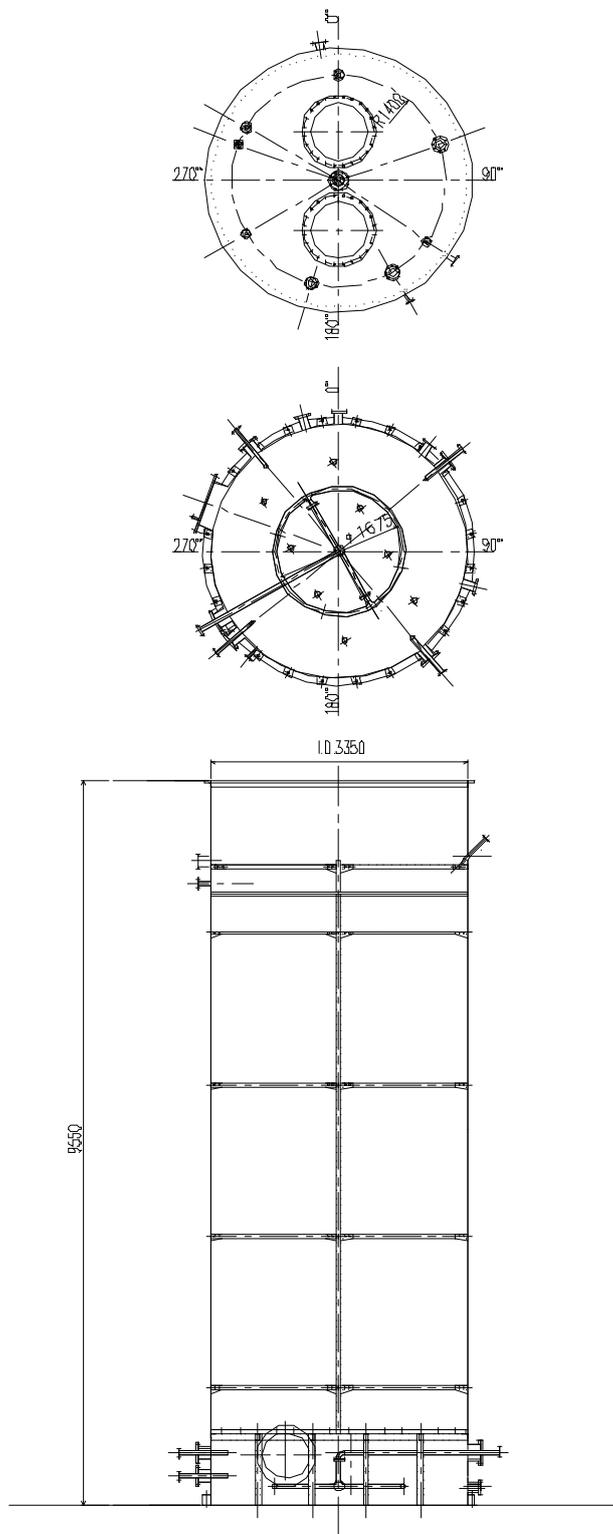


図 3-6 発酵槽の平断面図

表 3-4 主要機器リスト

1	名称	仕様	数量
1	計量機	トラックスケール (4トン車用)	1台
2	受入れホッパ	必要容量:7m ³ (幾何容積 10m ³) 0.84t/hr 材質:鋼製+内面塗装、スクリーフイーガ:1.8t/hr(可変速 VVVF) 3.7kW、フタ開閉用シリンダ:現場スイッチ光電管センサー 2.2kW	1基
3	移送コンベア	チェーンコンベア 搬送能力:0.84トン/hr(可変速):3.7kW	1基
4	粉砕分別機	横型重力分級式 処理量:0.84トン/hr インバーター付 5.5kW 材質:SUS304 供給装置:2.2kW x 2基(可変速 VVVF) 回収スクリュー:1.5kW 中継ポンプ:スネークポンプ 材質 CSM/SCS13 100ℓ/min×20mAq(可変速 VVVF) 1.5kW (P-1)	1基
5	地下ヒートポンプ	水中ポンプ 40ℓ/min×12mAq フロート付 0.75kW 材質:SUS+樹脂	1台
6	スラリータンク	有効容量:16.8m ³ (幾何容量:28.9m)、3mφ x 5.1mH (スカート長含) 材質:SUS304	1基
7	粉砕ポンプ	カッターポンプ 空引き検知機付 ダブルメカニカル、130ℓ/min×13mAq:5.5kW 材質:SCS14	1台
8	スラリータンク攪拌ポンプ	スラリー用渦巻ポンプ 空引き検知機付 ダブルメカニカル、外部注水無し 500ℓ/min×2.8(5.2)mAq:3.7kW、材質:SCS13	1台
9	スラリー供給ポンプ	スネークポンプ 3.5~17ℓ/min×20mAq シングルメカニカル、(可変速 VVVF) 0.75kW、材質:CSM/SCS13	1台
10	ハイドリアクタ	ID 3,350×9,550H 材質:SS400、内部金物SS400 外面:保温(充填材:ポリプロピレン繊維担体 充填高 6,000mm=60m ³)	1基
11	ハイドリアクタ		
12	循環ポンプ	スラリー用渦巻ポンプ ダブルメカニカル 200ℓ/min×9.9(14.0)mAq 3.7kW 材質:SCS13	1台
13	ハイドリアクタ攪拌ポンプ	スラリー用渦巻ポンプ ダブルメカニカル 200ℓ/min×3.2(6.0)mAq 2.2kW 材質:SCS13	1台
14	ヒータ	スワイヤル熱交換器 ステンレス無し 交換熱量:25,000kcal/hr 材質:SUS304	1台
15	添加剤供給ユニット	200ℓ PVCタンク、レベルスイッチ付 0.1kW 添加剤供給ポンプ:ダイヤフラムポンプ (P-13) 160~1600ℓ/min×5.0kgf/cm ² 0.1kW 材質:PP	1式
16	温水ボイラ	給湯用ボイラ(ハイドロガスLGP ガス切替) 材質:SS400 熱量:90,000kcal/h(消火ガススペース)、現場制御盤、膨張タンク、電気防食機構付 0.4kW	1台
17	温水循環ポンプ	インラインポンプ シングルメカニカル+MIN 100ℓ/min×23mAq 3kW、材質:SCS13/SUS304 膨張タンク:SS400 (TK-14)	1台
18	脱硫酸	円筒型充填塔 ID750mm×H2,650mm 充填高:酸化鉄 1,400mm 材質:SUS304	2基
19	ガスホルダ	マンフラン製ドライカスホルダ 容量:100m ³ 、材質:マンフラン、シール用パワー付属:0.75kW×2台	1台
20	シールボット	円筒型槽 ID700mm×H1,000 材質:SS400+内面タルボット	1基
21	余剰ガス燃焼装置	グランドプレーシステム 能力 20m ³ /h フレアバーナー/点火装置、現場パネル 0.1kW 材質:SUS304+SS400	1台
22	トレンポンプ	水中ポンプ 50ℓ/min×9mAq フロート付 0.4kW	1台
23	マイクロカスターヒン	30kW マイクロカスターヒン 電気出力 27kWh、19.3Nm ³ /h 除湿機	1台
24	往復動コンプレッサユニット	スクロール式 5.5kW 除湿機共	1基
25	廃熱ボイラ	貫流式ボイラ 42,400kcal/h、廃熱ボイラ用膨張タンク	1台
26	温水回収熱交換器	プレート式熱交換器 熱量:42,400kcal/hr 材質:SUS304	1台
27	温水ポンプ	インラインポンプ 材質:SCS13/SUS304 141+27ℓ/min×20mAq:1.5kW	1台
28	脱水機供給ポンプ	スネークポンプ 0.5~1.0m ³ /h(可変速 VVVF) メカニカル 0.4kW	1台

		材質：CSM/SCS13	
29	凝集剤供給ユニット	自動溶解装置 現場パネル 0.6kW	1台
30	凝集剤供給ポンプ	ダイヤフラムポンプ 材質：PVC 180m ³ /min(70~270m ³ /min) (可変速手動)0.2kW	2台
31	脱水機	遠心式(テカンター) 処理量：0.5~1.0m ³ /hr 現場パネル 2.2+0.75kW 材質：SUS316	1台
32	脱臭ファン	ターボファン 材質：FRP 20m ³ /min×300mmAq 3.7 kW	1台
33	脱臭装置	生物脱臭装置 材質：SUS304 処理能力：20m ³ /min 2.7m×2.7m×3.8mH	1台
34	脱臭装置循環ポンプ	渦巻ポンプ (自吸式) 3m ³ /h×25m 1.5kW 材質：SUS304/SCS13	1台
35	バキュームブレイカ	円筒型槽 ID700mm×H1,100mm 材質：SUS304	1基
36	ガスホルダ・ドレンピットポンプ	水中ポンプ 50m ³ /min×10mAq フロート付 0.75kW 材質：SUS+樹脂	1台
37	自動給水ユニット	タンク(750L)+ポンプ 単独・交互運転方式 0.4kW 材質：FRP	1台
38	屋外消火栓ポンプユニット		1台
39	サイレージ粉碎機	7.5kW	1台
40	浸漬膜	ユニット品 60m ² ×1セット架台付(SUS304) 材質：FRP/SUS304 浸漬膜チェーンブロック (Z-43)：手動、1.5t 用自動昇降横行機能付 材質：SS400	1式
41	放流水ポンプ	水中ポンプ 40+80m ³ /min×20mAq 1.5 kW 材質：FC	2台
42	No.1 返送ポンプ	水中汚物ポンプ 100+100m ³ /min×15mAq 2.2 kW 着脱装置付 材質：FC	2台
43	No.2 返送ポンプ	水中汚物ポンプ 4+100m ³ /min×10mAq：1.5kW、着脱装置付 材質：FC	2台
44	No.1 消泡ポンプ	水中汚物ポンプ 200m ³ /min×15mAq：2.2 kW 着脱装置付 材質：FC	1台
45	No.2 消泡ポンプ	水中汚物ポンプ 60+70m ³ /min×15mAq：1.5 kW 着脱装置付 材質：FC	1台
46	硝化槽ローラ	ルーツローラ 3.07Nm ³ /min×4,500mmAq 5.5 kW 材質：FC	2台
47	膜分離槽ローラ	ルーツローラ 0.9Nm ³ /min×4,500mmAq：2.2 kW 材質：FC	1台
48	第1脱室槽攪拌機	水中ミキサー 着脱装置付 0.75 kW 材質：FC	1台
49	第2脱室槽攪拌機	水中ミキサー 材質：FC 0.4 kW 材質：FC	1台
50	曝気装置	水中バブブレイカー(硝化槽用) 6.14Nm ³ /min 酸素溶解度 8.3kg・O ₂ /hr at40℃ 3.7 kW 材質：FC	1台
51	メタノール貯留タンク	2,000m ³ 材質：PE	1台
52	メタノール供給ポンプ	0.02~0.1m ³ /min at 5kgf/cm ² G 0.2kW 材質：PVC	2台
53	苛性ソーダ貯留タンク	4,000m ³ 材質：PE	1台
54	苛性ソーダ供給ポンプ	0.07~0.26m ³ /min at 5kgf/cm ² G 0.2 kW 材質：PVC	2台
55	クーラ	スプレッド熱交 熱量：10,000 kcal/h 材質：SUS304/CS	1台
56	冷却塔	冷却塔 開放型 交換熱量：10,000 kcal/h 0.4 kW 材質：FRP	1台
57	冷却塔ポンプ	インラインポンプ 材質：SCS13/SUS304 100+21m ³ /min×15mAq 0.75kW 材質：FC/SUS304	1台

※灰色のハッチングは、排水処理関連の機器を示す。

(2) 整備費用

メタン発酵施設の整備費用を発酵槽数量別に表 3-5 に示す。消化液や汚泥を肥料相当として農地に還元する場合は排水処理費用が不要になるため、排水処理の有無別に整備費用を示している。ただし、消化液や汚泥を農地に還元する場合は、運営費用として作業員人件費、運搬車両費等が発生することになる (図 3-7)。

表 3-5 メタン発酵施設の整備費用（発酵槽数量別）

項 目	発酵槽数量	1 基		5 基	
		排水処理あり [円]	排水処理なし [円]	排水処理あり [円]	排水処理なし [円]
A.直接工事費		607,000,000	495,000,000	1,183,000,000	839,000,000
1.メタン発酵施設建築工事		130,000,000	130,000,000	130,000,000	130,000,000
2.排水処理施設躯体工事		26,000,000	0	77,000,000	0
3.屋外設備基礎工事		7,000,000	7,000,000	35,000,000	35,000,000
4.外構工事		13,000,000	13,000,000	21,000,000	21,000,000
5.プラント設備工事		403,000,000	317,000,000	892,000,000	625,000,000
6.温室設備工事		7,000,000	7,000,000	7,000,000	7,000,000
7.熱供給工事		21,000,000	21,000,000	21,000,000	21,000,000
B.共通費		73,000,000	62,000,000	142,000,000	104,000,000
C.特殊勤務手当		12,000,000	10,000,000	21,000,000	17,000,000
D.設計監理費		28,000,000	23,000,000	54,000,000	40,000,000
合 計（税抜）		720,000,000	590,000,000	1,400,000,000	1,000,000,000

注 1)温室設備工事、熱供給工事は詳細条件が不明なため、規模に伴う検討は実施していない。

注 2)共通費とは、共通仮設費、現場管理費、一般管理費を示す。



図 3-7 液肥の散布作業

出典：㈱タカキタカタログ

（3）発酵廃液及び残渣を農地還元する場合の留意事項用[24][25][26]

メタン発酵廃液及び残渣を農地還元することにより、排水処理施設が不要となり建設・運転コストの面で有利であるが、以下の点に留意する必要がある。

① 肥料取締法における取り扱い

肥料を生産、輸入、販売する際には、肥料取締法によりその種類に応じて農林水産大臣または都道府県知事への登録や届け出を行わなければならない。なお、無償であっても他者に譲渡する場合は、登録や届け出が必要となる。ただし、肥料を自らが使用するために生産、

輸入する場合は、登録や届け出の必要はない。

また、液肥やたい肥の成分を分析し、肥料法に基づき肥料登録をすることは、肥料の品質等を保全し、肥料に含有される成分量が確保され、有害物が許容量以下であることを証明するものとして有益である。

② 消化液の成分と肥料設計

肥料として必要な成分である窒素・リン酸・カリウムは、作物毎に適切な量の目安が示されており、施肥量が多すぎると、こうした成分が地下水に流出することが考えられる。従って、農地還元する場合には、消化液の成分および還元する農地の土壌を分析し、栽培する作物に適切な肥料設計を行う必要がある。

2-3-4 メタン発酵施設の運営及び維持管理費用

発酵槽 1 基とした場合のメタン発酵施設の運営及び維持管理費用を表 3-6 に示す。年間 3,550 万円の運営及び維持管理費用を要する。事業規模によって、金額は変動するため、事業規模別の運営及び維持管理費は、2-5-2 大熊町におけるバイオマスを活用したメタン発酵事業の事業化可能性の分析の中で記述する。

表 3-6 メタン発酵施設（発酵槽 1 基）の運営及び維持管理費用（年間）

項目	金額[円/年]	備考
電気料金	6,000,000	東北電力高圧電力（基本料金 1,944.00 円/kW、従量料金（夏季 14.47 円/kWh、その他 13.50 円/kWh）からフラットレート 16.4425 円/kWh から算出
上水道料金	—	井戸水から供給するものとし、ここでは考慮しない
下水道料金	—	メタン発酵残渣である消化液と汚泥は、肥料相当として農地に還元
薬品代	2,200,000	メタン発酵に関するものに限定し、排水処理の分は含まない
水質分析費	2,000,000	メタン発酵に関するものに限定し、排水処理の分は含まない
汚泥処分費 （産廃処分費）	—	メタン発酵残渣である消化液と汚泥は、肥料相当として農地に還元
機器保守費用	5,850,000	弊社実績として、イニシャルコストの 1%相当/年
人件費	16,000,000	運転管理体制は 2 名体制（事業者負担分として、所長 1,000 万円/年、運転担当 600 万円/年）
合計	35,500,000	

2-4 メタン発酵事業に活用可能な補助金の検討

大熊町でバイオマスを活用したメタン発酵事業を行うにあたり、補助対象となり得る国や福島県の補助金について調査を実施したので、以下に報告する。

2-4-1 各省庁や福島県における財政支援策

平成 29 年度の事業実績及び平成 30 年度の概算要求、各省庁や県へのヒアリングを基に、各省庁及び福島県によるそれぞれの財政支援策を取りまとめた。別紙 1 に、事業概要、補助率、補助対象となる実施フェーズ、対象事業者等を比較した、バイオマス（メタン化）エネルギー利活用で利用可能な補助金候補リストを示す。

(1) 農林水産省による財政支援策

農林水産省では、農林水産業の発展に資する施策を本業として、本業に付帯して発生するバイオマス資源の活用も本業のサポート役と位置付け、各種支援を行っている。メタン発酵によるバイオマス活用事業に係る財政支援策の候補は以下の 3 事業である。

- ① 農山漁村 6 次産業化対策事業のうち地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用支援事業〈地域段階〉）
- ② 農山漁村 6 次産業化対策事業のうち地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用施設整備事業）
- ③ 農山漁村 6 次産業化対策事業のうち食品リサイクル促進等総合対策事業

まず、地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用支援事業〈地域段階〉）と地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用施設整備事業）の 2 事業は、バイオマス産業都市として選定されていることが要件である。バイオマス産業都市として選定された地域の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向けて、地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用支援事業〈地域段階〉）は調査、基本設計、実施設計、協議・手続を支援、地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用施設整備事業）はバイオマス利活用施設の整備を支援する事業である。言い換えれば、前者が FS とマスタープラン策定、後者が設備導入を支援する事業である。

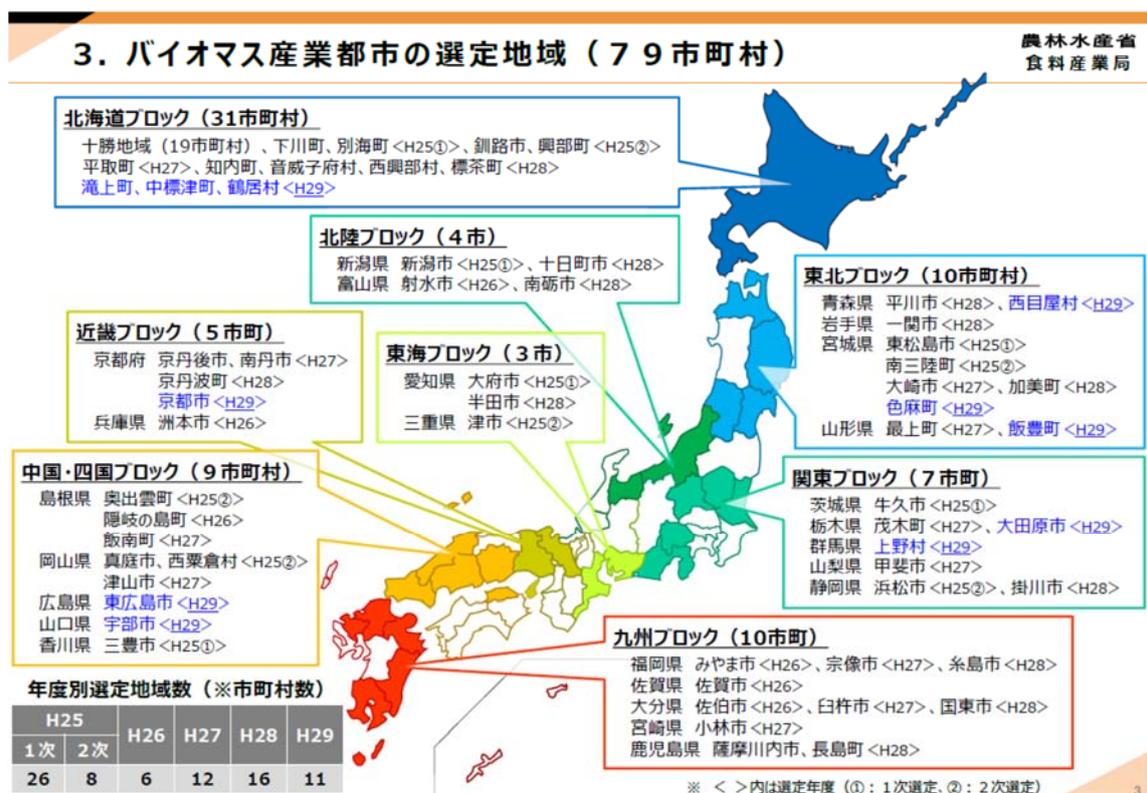
地域バイオマス利活用推進事業（地域バイオマス利活用施設整備事業）の特徴として、ほとんどの国庫補助金は、FIT を活用している場合は補助対象外となるが、本事業では補助率は低下するものの、FIT 活用施設も補助対象としている（FIT 活用施設は 1/3 以内、それ以外は 1/2 以内）。その他、ほとんどの補助金で補助対象外とされているエネルギー原料保管庫も補助対象とされている。いずれにしても、本補助事業を利用するためには、まずはバイオマス産業都市として選定される必要がある。平成 30 年度から、バイオマス産業都市構想の策定支援補助金が打ち切られることになったが、総務省の補助事業「地域経済好循環推進

プロジェクトのうち分散型エネルギーインフラプロジェクト」を活用してバイオマス産業都市構想を検討することができる。

食品リサイクル促進等総合対策事業は、食品廃棄物のメタン発酵及びメタン発酵消化液の肥料利用を行う事業の具体化や、メタン化による食品リサイクルループの構築に向けて、検討会・研修会の開催、調査研究、メタン発酵消化液の利用促進に向けた取組（実証試験）の実施等を支援する事業である。FS と実証試験が対象事業であり、特に実証試験はメタン発酵消化液の肥料利用またはメタンガス発電に伴い発生する余熱もしくは CO₂ の利用に資する取り組みが対象とされている。

【ポイント】

- ・ 福島県では、これまでにバイオマス産業都市が選定されていないので、バイオマス産業都市に立候補すれば選定されやすいと思われる（図 4-1）。
- ・ 「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」で、現状すでに実用化されていると位置付けられている技術の補助率が 1/3 以内であるのに対し、5 年後に実用化可能と位置付けられている技術の補助率は 1/2 以内に嵩上げされる。



出典：農林水産省ホームページ

図 4-1 バイオマス産業都市の選定地域

(2) 総務省による財政支援策

総務省では、地域に「雇用」を生みだし、「為替変動にも強い地域経済構造」を構築するため、「地域経済好循環推進プロジェクト」の更なる展開を推進している。地域経済好循環推進プロジェクトはさらに 4 つの事業に区分されており、そのうちメタン発酵によるバイオマス活用事業に関する財政支援策の候補は以下の 2 事業である。

- ① 地域経済好循環推進プロジェクトのうち分散型エネルギーインフラプロジェクト
- ② 地域経済好循環推進プロジェクトのうちローカル 10,000 プロジェクト

分散型エネルギーインフラプロジェクトは、地方公共団体を核として、需要家、地域エネルギー会社及び金融機関等、地域の総力を挙げて、バイオマス、廃棄物等の地域資源を活用した地域エネルギー事業の立ち上げを支援する事業である。マスタープラン策定が対象事業であり、補助対象額は 2,000 万円（他の地方公共団体と共同実施する場合は 4,000 万円）が上限、補助率は原則 1/2 以内（すなわち補助額としては 1,000 万円（共同実施 2,000 万円）が上限）とされているが、自治体の財政力指数や新規性・モデル性によって嵩上げされる。さらに、事業実施地域が福島県内である場合は加点要素とされている。なお、マスタープラン策定後の設備導入については経済産業省の補助事業「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」、あるいは環境省の補助事業「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」に繋がっていくことが期待されている。実際に、総務省、資源エネルギー庁、林野庁、環境省の 4 省庁が関係省庁タスクフォースを構築し、自治体を核として、地域の総力を挙げて、木質バイオマス等の地域資源を活用した地域エネルギー事業を立ち上げる「分散型エネルギーインフラプロジェクト」の推進にあたっている。

一方のローカル 10,000 プロジェクトは、産学金官の連携により、地域の資源と資金を活用して、雇用吸収力の大きい地域密着型企業の立ち上げを支援する事業である。こちらはソフト面ではなくハード面を対象事業としており、補助対象額は 2,500 万円（融資比率が 1 対 2 以上の場合 4,000 万円）が上限、補助率は原則 1/2 以内（すなわち補助額としては 1,250 万円（高融資比率 2,000 万円）が上限）とされているが、自治体の財政力指数や新規性・モデル性によって嵩上げされる。なお、大熊町の財政力指数は 1 を超えているため、嵩上げの対象にはならない。バイオマス活用事業を始めるにあたって農業法人を立ち上げるといったような周辺部に本補助事業を活用できるものと考えられる。

【ポイント】

- ・ 分散型エネルギーインフラプロジェクトは、マスタープラン策定を支援。バイオマス産業都市構想にも活用できる。設備導入については、経済産業省や環境省等の補助事業の活用が期待されている。
- ・ 分散型エネルギーインフラプロジェクトでは、実施地域が福島県の場合は加点要素とな

り、採択されやすい。

- ・ ローカル 10,000 プロジェクトは、企業の新規事業、新分野展開を支援。バイオマス活用事業そのものよりも、周辺部の新しい事業の立ち上げ等で活用できる可能性がある。民間重視の取り組みであるため、町が実施する事業は対象とならないが、町を含む第三セクターであれば対象となる。

(3) 経済産業省による財政支援策

経済産業省では、従来の大規模集中電源に依存した硬直的なエネルギー供給システムを脱却するとともに、急速に普及する再生可能エネルギーや未利用熱等を一定規模のリアで面的に利用することで、地域の特性に応じた効率的なエネルギーの利用を図る地産消型のエネルギーシステム（分散型エネルギーシステム）の構築を推進している。メタン発酵によるバイオマス活用事業に関係する財政支援策の候補は以下の4事業である。

なお、エネルギーを管轄する経済産業省と温室効果ガス対策を管轄する環境省で事業範囲が重なっている事態が散見されていたが、平成28年度からは、経済産業省は主に民間事業者、環境省は主に地方公共団体を対象とすることで棲み分けが行われている。

- ① 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）
- ② 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（再生可能エネルギー熱事業者支援事業）
- ③ 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事業
- ④ 福島県における再生可能エネルギーの導入促進のための支援事業費補助金
- ⑤ エネルギー構造高度化・転換理解促進事業費補助金

分散型エネルギーシステム構築支援事業は、分散型エネルギーシステムの構築に関するノウハウの共有化及び他地域への展開を図ることを目的とした事業であり、本事業の中で「構想普及支援事業」として事業化可能性調査（FS）及びマスタープラン策定、「システム構築事業」として分散型エネルギーシステムの構築を支援する事業に分かれている。システム構築事業は地方公共団体と連携することで補助率は2/3以内となるが、あくまでも民間事業者が主体（出資比率ではない）であることが要件である。ただし、化石燃料を使用するコージェネレーションシステムにおける設備費及び工事費の補助率は1/3以内となる。その他に、エネルギーの面的利用を目的としているため、エネルギーマネジメントに取り組む必要があり、掘削費を含む熱導管が補助対象になることも特徴である。本補助事業は、民間事業者が再生可能エネルギーや未利用エネルギーを活用した熱電併給事業に取り組む場合に期待する補助事業の本命と言える。さらに、事業実施地域が福島県内である場合は加点要素と

されている。

同じ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として、再生可能エネルギー熱事業者支援事業がある。本補助事業は、民間事業者等が行う再生可能エネルギー熱利用設備の導入を支援する事業である。前述した分散型エネルギーシステム構築支援事業のうちシステム構築事業との違いとしては、前者が再生可能エネルギーを面的利用する実証要素を伴う高度事業であることに対して、本事業は再生可能エネルギーの普及を目的として設備の導入支援を後押しする事業であることから採択のハードルは低く、補助率も1/3以内となっている。

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事業は、バイオマスエネルギー利用の地域自立システムの構築に向け、事業性評価（FS）と実証事業が対象となる「地域自立システム化実証事業」や、実用的な技術を開発する「地域自立システム化技術開発事業」等に分かれている。バイオマスは、国として2002年から取り組んできた分野であるため、本補助事業は技術実証ではなく、地域ビジネスとして自立できるかを検証するビジネス実証として位置付けられている。

福島県における再生可能エネルギーの導入促進のための支援事業費補助金は、阿武隈山地や福島県沿岸部における再生可能エネルギー導入のために共用送電線に接続し、発電事業収益の一部を復興支援事業に活用することを目的とした、再生可能エネルギー発電（太陽光、風力、バイオマス、水力、地熱）設備及びそれに付帯する蓄電池及び送電線等を導入する事業である。共用送電線に接続することが要件となっており、メタン発酵によるバイオマス活用事業においては部分的であれば活用可能といった位置付けである。

エネルギー構造高度化・転換理解促進事業費補助金は、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を支援することにより、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た事業である。原発依存度低減という方針の下、原発立地自治体等において、エネルギー構造の高度化などに向けた取組を進め、地域の理解を図る地域理解促進事業や技術開発事業に対して、定額（10/10、原子力発電施設がその区域内に立地する道県や市町村は5億円/年度が上限）の補助を受けられる。

【ポイント】

- ・平成28年度から、経済産業省は主に民間事業者を補助対象事業者としている。地方公共団体を排除するわけではないが、民間事業者と連携した上であくまでも主体は民間事業者である必要がある。
- ・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では、EMS（エネルギーマネジメントシステム）の導入、エネルギー事業者の参画が必須である。
- ・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では、実施地域が福島県

の場合は加点要素となり、採択されやすい。

- ・ 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事業は、技術実証でなくビジネス実証事業。予算からすると、採択枠は残り 1~2 件。
- ・ エネルギー構造高度化・転換理解促進事業費補助金は、原子力発電施設が立地する自治体等に特化した補助事業であり、上限はあるものの全額補助と補助率も高い。自治体として原発依存度の低減シナリオが必要。

(4) 環境省による財政支援策

環境省では、日本の地球温暖化対策計画（平成 28 年 5 月 13 日閣議決定）に掲げる我が国の 2030 年度の温室効果ガス排出削減目標（2013 年度比で 26%減）達成への貢献を通じた低炭素社会の実現に資する支援を行っている。メタン発酵によるバイオマス活用事業に関係する財政支援策の候補は以下の 3 事業である。

なお、先述したように、平成 28 年度から、環境省は主に地方公共団体を対象事業者として位置付けている。

- ① 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 1 号事業：再生可能エネルギー発電・熱利用設備導入促進事業）
- ② 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 2 号事業：事業化計画策定事業）
- ③ 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 6 号事業：再生可能エネルギー事業者支援事業費）
- ④ 低炭素・資源循環「まち・暮らし創生」FS 委託事業
- ⑤ CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業

再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業は、地域における再生可能エネルギー普及・拡大の妨げとなっている課題への対応の仕組みを備え、かつ二酸化炭素の削減に係る費用対効果の高い取組に対し、再生可能エネルギー設備を導入する事業等を支援する補助事業である。本補助事業は、第 1 号事業：再生可能エネルギー発電・熱利用設備導入促進事業、第 2 号事業：事業化計画策定事業、第 6 号事業：再生可能エネルギー事業者支援事業費の他、全部で 6 つの事業に区分されている。

第 2 号事業：事業化計画策定事業は、第 1 号、第 4 号、第 5 号の設備等の導入に係る事業化計画策定事業（FS）を支援する事業であり、補助額の上限を 1,000 万円とする定額を補助している。本補助事業は、経済産業省の補助事業「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のうち構想普及支援事業）」の自治体版に該当する補助事業である。

第1号事業：再生可能エネルギー発電・熱利用設備導入促進事業は、再生可能エネルギー設備として、①発電設備、②熱利用設備、③発電・熱利用設備、の導入を行う事業である。太陽光発電設備への補助は1/3以内に留まるが、太陽光発電設備以外で政令指定都市以外の市町村への補助は2/3以内と嵩上げされる。本補助事業は、経済産業省の補助事業「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のうちエネルギーシステム構築事業）」の自治体版に該当する補助事業である。地方公共団体が再生可能エネルギーや未利用エネルギーを活用した熱電併給事業に取り組む場合に期待する補助事業の本命と言える。

第6号事業：再生可能エネルギー事業者支援事業費は、再生可能エネルギー設備として、①発電設備、②発電・熱利用設備の導入を支援する事業である。第1号事業との違いとしては、第6号事業は補助対象事業者を民間事業者としている点である。先に、環境省の補助対象事業者は原則、地方公共団体であると述べたが、経済産業省の補助事業「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（再生可能エネルギー熱事業者支援事業）」で対象とされていない民間事業者向けの再生可能エネルギー電気事業をカバーする事業でもある。

低炭素・資源循環「まち・暮らし創生」FS事業は、福島復興再生特別措置法に基づく特定復興再生拠点区域を対象に、地域全体の「復興」と「低炭素化」の両立に向けた取組を推進するため、環境再生業務と連携しつつ低炭素の視点を最大限ビルトインした地域復興の絵姿（「復興×低炭素まちづくり」計画）を描くことを目的とする委託事業である。応募できる者の要件としては、法人格を有していることが挙げられている。また、業務要件の一つに、「低炭素技術等の適切な実現可能性調査方法」があり、調査に当たって、実現可能性が高いと考えられるものについては小規模実証試験を実施し、実現可能性調査の精緻化のためのデータ等を取付することができる。

CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業は、CO₂排出削減量の拡大及び地球温暖化対策コストの低減を促すとともに、当該技術が社会に広く普及することにより、低炭素社会の創出に資する事業である。将来的な地球温暖化対策の強化につながり、各分野におけるCO₂削減効果が相対的に大きいものの、民間の自主的な取組だけでは十分に進まない技術開発・実証研究を対象として、①交通低炭素化技術開発分野、②建築物等低炭素化技術開発分野、③再生可能エネルギー・自立分散型エネルギー低炭素化技術開発分野、④バイオマス・循環資源低炭素化技術開発分野、の4つの分野が指定されている。なお、④バイオマス・循環資源低炭素化技術開発分野については、入手から最終的な利用までのライフサイクル全体での温室効果ガス削減率がベースラインシナリオと比較し50%以上と想定されるものに限定されている。

【ポイント】

- ・平成28年度から、環境省は主に地方公共団体を補助対象事業者としている。地方自治体

が出資した地域新電力会社、第三セクター等も補助対象事業者である。

- ・ 経済産業省の補助事業「再生可能エネルギー熱事業者支援事業」で対象とされていない再生可能エネルギー電気事業をカバーしている。

(5) 福島県商工労働部産業創出課による財政支援策

福島県商工労働部産業創出課では、再生可能エネルギー関連の補助事業を支援しており、メタン発酵によるバイオマス活用事業に係る財政支援策の候補は以下の2事業である。

- ① 再生可能エネルギー関連技術実証研究支援事業
- ② 産総研連携再生可能エネルギー等研究開発補助事業

再生可能エネルギー関連技術実証研究支援事業は、県内の民間企業等が東日本大震災後に新たに研究開発を進めてきた再生可能エネルギー関連技術について、その事業化・実用化のための実証研究事業を支援する事業である。補助率は2/3以内、上限は最長3年間で3億円と県による財政支援としては比較的手厚いため、実証を行う際に使いやすい補助事業であると考えられる。

産総研連携再生可能エネルギー等研究開発補助事業は、再生可能エネルギー関連産業の育成・集積を促進するため、国立研究開発法人産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所と連携し、再生可能エネルギー等の技術に関する研究開発を行う県内の事業者及び大学等を支援する事業である。研究開発フェーズを補助対象とする、補助率2/3以内、上限1,000万円の補助事業である。

(6) 福島県企画調整部エネルギー課による財政支援策

福島県企画調整部エネルギー課では、再生可能エネルギーの導入・普及促進を推進しており、メタン発酵によるバイオマス活用事業に係る財政支援策の候補は以下の2事業である。

- ① 福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金
- ② 福島県スマートコミュニティ構築支援事業（エネルギー需給ポテンシャル調査事業）補助金

福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金は、再生可能エネルギーの普及拡大及びエネルギーの地産地消を推進するため、食物残渣等由来のバイオガス発電事業を支援する事業である。実施フェーズとしては、導入可能性調査（FS）と設備導入が補助対象であり、導入可能性調査（FS）の補助率は1/2以内（上限150万円）、設備導入の補助率は1/3以内

(上限 5,000 万円) と補助額としては大きいものではない。

福島県スマートコミュニティ構築支援事業(エネルギー需給ポテンシャル調査事業)補助金は、再生可能エネルギーの普及拡大及びエネルギーの地産地消を推進するため、スマートコミュニティの構築を検討する上で必要となる地域のエネルギー需給に関する基礎調査事業について支援する事業である。補助事業の分類としてはスマートコミュニティ系であり、経済産業省の補助事業「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)」、環境省の補助事業「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」、総務省の補助事業「地域経済好循環推進プロジェクト(分散型エネルギーインフラプロジェクト)」と同じ分類である。経済産業省、環境省、総務省の FS に応募するためには、事業内容が一定レベル以上に固まっている必要があるのに対し、本補助事業はそれら FS の基礎調査(プレ FS)として利用することができる。補助額は定額補助(上限 500 万円)である。

なお、県の補助事業の財源が国の予算でない場合は、同じ補助対象に対して、国の補助金と県の補助金を重複して利用することができる。

【ポイント】

- ・ 県の予算に対して応募事業が超過しているわけではないので、応募要件を満たしていれば採択されやすい状況にある。

2-4-2 事業フェーズ毎の利用可能な財政支援策

4-1 では、各省庁や福島県別にそれぞれが取り扱っている補助事業について紹介したが、ここではメタン発酵によるバイオマス活用事業の実施フェーズ別に利用可能な補助事業を整理した。

表 4-2 に、事業の実施フェーズ別に利用可能な補助事業を示す。県の補助事業の財源が国の予算でない場合は、同じ補助対象に対して、国の補助金と県の補助金を重複して利用することができるため、本表の中では、FS・実証・設備導入の各フェーズでどの国庫補助金を使うか選択しさえすれば、本事業において、本表に記載する多くの補助事業を利用できる。ただし、補助事業を利用する場合は、補助対象経費を管理する実績報告書、技術情報を整理する成果報告書の作成が必要になり、多大な労力を要するため、得られる補助額と労務を勘案して利用する補助事業を取捨選択することが望ましい。

表 4-1 事業フェーズ毎の利用可能な財政支援策

フェーズ	管轄	事業名称	補助率	H29 年度 公募締切	推奨度
プレ FS	福島県	福島県スマートコミュニティ構築支援事業（エネルギー需給ポテンシャル調査事業）補助金	定額補助 （上限 500 万円）	7 月中旬、10 月下旬	○
F S	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 2 号事業：事業化計画策定事業）	1/1 以内 （上限 1,000 万円）	6 月上旬、9 月上旬	○
	農林水産省	食料産業・6 次産業化対策事業（食品リサイクル促進等総合対策事業）	定額 （最大 1,570 万円）	2 月下旬	△
	福島県	福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金	1/2 以内 （上限 150 万円）	12 月中旬	○
マスタープラン策定	総務省	地域経済好循環推進プロジェクト（分散型エネルギーインフラプロジェクト）	1/2 以内 （上限 2,000 万円）	6 月下旬、10 月下旬	○
実証	福島県	福島県再生可能エネルギー関連技術実証研究支援事業	2/3 以内 （最長 3 年間で 3 億円が上限）	5 月中旬	◎
	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事業（地域自立システム化実証事業）	2/3 以内	5 月上旬	△
	農林水産省	食料産業・6 次産業化対策事業（食品リサイクル促進等総合対策事業）	1/2 以内 （最大 1,570 万円）	2 月下旬	△
設備導入	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 1 号事業：再生可能エネルギー発電・熱利用設備導入促進事業）	2/3 以内	6 月上旬、9 月上旬	◎
	環境省	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業（第 6 号事業：再生可能エネルギー事業者支援事業費）	1/3 以内	6 月上旬、9 月上旬	△
	経済産業省	エネルギー構造高度化・転換理解促進事業費補助金	10/10 （上限 5 億円）	1 月上旬	○
	福島県	福島県バイオガス発電事業化モデル事業補助金	1/3 以内 （上限 5,000 万円）	12 月中旬	◎

いずれか

いずれか

いずれか

※上記に記載する国の補助事業と県の補助事業は同時に利用可能

2-5 大熊町におけるバイオマスを活用したメタン発酵事業の事業化可能性の分析

2-5-1 前提条件

事業化可能性を検討するにあたり、次のように条件を設定した。

表 5-1 にエネルギー算出に関する試算条件、表 5-2 にエネルギーを供給する大熊町栽培施設の条件、表 5-3 にエネルギー供給（収入）に関する試算条件、表 5-4 に運営経費（支出）に関する試算条件を示す。

なお、運営経費の項目として、エネルギー作物の栽培費用は別事業、施設整備費は補助事業で賄うものとし、ここでは取り扱わないこととする。

表 5-1 エネルギー算出に関する試算条件

項目	単価	備考
年間稼働日数	360 日	
メタンガス 低位発熱量	35.6 MJ/Nm ³	
発電機 発電効率	40.0%	160kW クラスとし、NOx 対策を考慮してメーカーカタログ値から 1.5%を減じた数値
発電機 熱回収効率	38.7%	160kW クラスとし、NOx 対策を考慮してメーカーカタログ値から 1.5%を減じた数値

表 5-2 エネルギーを供給する大熊町栽培施設

項目	施設概要／エネルギー量等
栽培施設面積	約 2.0ha
栽培施設構造	耐候性鉄骨フィルムハウス
栽培品目・方式	イチゴ・太陽光利用型高設養液栽培
電力使用量	1,130,000 kWh/年
熱使用量	21,101,472 MJ/年 (5,040,000 Mcal/年)
CO ₂ 使用量	450,000 kg/年

出典：大熊町仕様書別紙「大熊町栽培施設等に必要となるエネルギー量等収支」

表 5-3 エネルギー供給等（収入）に関する試算条件

項目	単価	備考
売電料金	16.4425 円/kWh	東北電力の高圧電力（基本料金 1,944.00 円/kW、従量料金（夏季 14.47 円/kWh、その他 13.50 円/kWh）からフラットレートとして算出
熱供給料金	5.7272 円/MJ	大熊町のプロパンガス平均価格（従量料金 567 円/m ³ ）

		から熱量単価として算出
CO ₂ 供給料金	—	エンジン排気からの CO ₂ 供給は、硫黄分や CO など安全上の課題をクリアする必要があるため、現時点では考慮しない
食品廃棄物処理受託費	15,000 円/t	
グリーン電力証書売却単価	4 円/kWh	証書発行事業者による買取価格を 4 円/kWh と想定
グリーン熱証書売却単価	0.2 円/MJ	証書発行事業者による買取価格は 0.2 円/MJ と想定
FIT 売却単価	39 円/kWh	電気事業者による買取期間：20 年

※FIT の活用を選択すると、大熊町栽培施設への売電収入及びグリーン電力証書発酵事業者へのグリーン電力証書売却収入は得られない。

表 5-4 運営経費（支出）に関する試算条件

項目	単価	備考
電気料金	16.4425 円/kWh	東北電力高圧電力（基本料金 1,944.00 円/kW、従量料金（夏季 14.47 円/kWh、その他 13.50 円/kWh）からフラットレートとして算出
上水道料金	—	井戸水から供給するものとし、ここでは考慮しない
下水道料金	—	メタン発酵残渣である消化液と汚泥は、肥料相当として農地に還元
薬品代	弊社実績	メタン発酵に関するものに限定し、排水処理の分は含まない
水質分析費	弊社実績	メタン発酵に関するものに限定し、排水処理の分は含まない
汚泥処分費 （産廃処分費）	—	メタン発酵残渣である消化液と汚泥は、肥料相当として農地に還元
機器保守費用	弊社実績	イニシャルコストの 1%程度/年
人件費	1,600 万円/年	運転管理体制は 2 名体制（事業者負担分として、所長 1,000 万円/年、運転担当 600 万円/年）

注 1) エネルギー作物の栽培費用は考慮しない。

注 2) 施設整備費の減価償却費、固定資産税等の公租公課は考慮しない。

2-5-2 事業性の検討

本事業では、再生可能エネルギーの買取制度の適用も考えらえるが、政府系の補助金等を得ることを前提とし、温室栽培施設への電力及び熱供給による収入を得ることを基本とした。なお、CO₂に関してはバイオガス発電により排出はされるものの、温室への供給する際の排気ガスの基準などが定まっていないことから、本検討においては対象外とした。

以上から、建設費については、全額何らかの補助で賄われるものとし、運営費用が収入で賄えるかの検討のみ行った。

(1) 補助金とグリーン電力証書を活用する場合

エネルギー作物別の事業規模の成否ラインを見極めることとし、エネルギー作物の候補であるトウモロコシ（サイレージ）、ソルガム、サツマイモ、ジャガイモについて検討を行った。ジャガイモは連作障害を考慮し、ジャガイモ1年栽培、ムギ2年栽培を繰り返す3年輪作とした場合の検討も行った。さらに、食品廃棄物処理受託による収入を期待できる生ごみ単体、HRTが同じであるジャガイモと生ごみの組み合わせについても検討を行った。

表5-5に事業収支を確保できる最低施設規模、表5-6に、表5-5に示す施設規模の事業収支（年間）を示す。

事業収支を確保できる施設規模は、現物投入原料として、トウモロコシ（サイレージ）が10,001 kg/日、サツマイモが6,613 kg/日、ジャガイモが12,399 kg/日、生ごみ単体が4,477 kg/日、ジャガイモ+ムギが13,532 kg/日、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日が8,510 kg/日となった。メタン発酵施設の規模はスラリー投入量が示しているため、規模が小さい順に、生ごみ単体が13.8 m³/日、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日が18.4 m³/日、サツマイモが18.4 m³/日、ジャガイモが23.0 m³/日、ジャガイモ+ムギが27.6 m³/日、トウモロコシ（サイレージ）が42.9 m³/日である。

必要な農地面積は、トウモロコシ（サイレージ）が61ha、サツマイモが152ha、ジャガイモが92ha、ジャガイモ+ムギが合わせて247ha（1/3がジャガイモ、2/3がムギ）、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日が145ha（1/3がジャガイモ、2/3がムギ）である。表2-2に示す候補エリアの面積は約144haのため、ジャガイモ+ムギは超過、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日は同程度である。

また、大熊町栽培施設で必要とされる電力量に占める供給可能量の割合は、トウモロコシ（サイレージ）が146%、サツマイモが87%、ジャガイモが97%、生ごみ単体が48%、ジャガイモ+ムギが103%、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日が68%である。100%を超過する電力については、事業収支を確保するためにも他の売電先を見つける必要がある。一方、熱量に占める供給可能量の割合は、トウモロコシ（サイレージ）が27%、サツマイモが16%、ジャガイモが18%、生ごみ単体が8.9%、ジャガイモ+ムギが19%、ジャガイモ+ムギ+生ごみ1t/日が13%である。なお、ソルガムは、施設規模（処理量）を大きくほど収益が悪化することがわかった。施設規模増大に伴うエネルギー収益

の増加より、電気代や薬品代による支出の方が大きくなることを意味している。

表 5-5 事業収支を確保できる最低施設規模

項目	トウモロコシ (サイレージ)	ソルガム	サツマイモ (カンショ)	ジャガイモ (バレイショ)	生ごみ	ジャガイモ 1年+ムギ 2年	ジャガイモ 1年+ムギ 2年 + 生ごみ 1t/d
現物投入原料[m ³ /日]	14.3	0.51	6.12	11.5	6.89	13.8	9.2
スラリー投入量[m ³ /日]	42.9	1.53	18.4	23.0	13.8	27.6	18.4
現物投入原料[kg/日]	10,001	357	6,613	12,399	4,477	13,532	8,510
発酵槽数量[槽]	14	1	4	5	3	6	4
バイオガス回収量 [m ³ /日]	1,925	—	1,351	1,478	633	1,571	1,023
メタン回収量[m ³ /日]	1,155	29.2	689	768	380	818	541
発電量[kWh/日]	4,569	116	2,726	3,040	1,503	3,236	2,139
熱回収量[MJ/日]	15,914	402	9,494	10,587	5,234	11,271	7,451
必要農地面積[ha]	61	2.2	152	92	—	247	145
サイレージ数量[個/日]	29	—	—	—	—	—	—
ストックヤード(7日) 必要面積[m ²]	176	—	—	—	—	—	—
発電量/必要電力量	146%	3.7%	87%	97%	48%	103%	68%
熱回収量/必要熱量	27%	0.7%	16%	18%	8.9%	19%	13%

注 1)ソルガムは施設規模(処理量)を大きくほど収益が悪化するため、最小規模を示す。

注 2)生ごみ単体の検討は、実際の発生量に限定せずに試算している。

注 3)ジャガイモは連作障害を考慮し、ジャガイモ 1年、ムギ 2年を繰り返す 3年輪作とする。

注 4)発電量及び熱回収量はメーカーカタログ値から算出した数値とし、エネルギー供給等に伴うロスを見込まない。

表 5-6 表 5-5 に示す施設規模の事業収支（年間）

項目	トウモロコシ (サイレージ)	ソルガム	サツマイモ (カンショ)	ジャガイモ (バレイショ)	生ごみ	ジャガイモ 1 年+ムギ 2 年	ジャガイモ 1 年+ムギ 2 年 + 生ごみ 1t/d
売電収入[円/年]	27,045,742	683,754	16,135,444	17,991,768	8,894,236	19,154,001	12,662,363
売熱収入[円/年]	32,811,977	829,532	19,575,570	21,827,668	10,790,514	23,237,692	15,362,017
食品廃棄物処理受託 費[円/年]	—	—	—	—	24,178,196	—	5,400,000
グリーン電力証書売 却収入[円/年]	6,579,472	166,338	3,925,302	4,376,894	2,163,719	4,659,632	3,080,398
グリーン熱証書売却 収入[円/年]	1,145,815	28,968	683,591	762,236	376,812	811,475	536,451
収入合計[円/年]	67,583,007	1,708,592	40,319,907	44,958,566	46,403,476	47,862,801	37,041,230
電気料金[円/年]	15,548,784	5,108,077	7,517,471	8,320,602	6,714,339	9,123,733	5,108,077
上水道[円/年]	0	0	0	0	0	0	0
下水道[円/年]	0	0	0	0	0	0	0
汚泥処分費[円/年]	0	0	0	0	0	0	0
薬品[円/年]	13,076,837	934,060	3,736,239	4,670,299	2,802,179	5,604,359	934,060
脱硫剤[円/年]	1,925,301	137,521	550,086	687,607	412,564	825,129	137,521
水質分析[円/年]	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
機器保守[円/年]	18,800,000	5,850,000	8,980,000	9,920,000	7,940,000	10,920,000	8,980,000
人件費[円/年]	16,000,000	16,000,000	16,000,000	16,000,000	16,000,000	16,000,000	16,000,000
支出合計[円/年]	67,350,921	30,029,658	38,783,796	41,598,508	35,869,083	44,473,221	33,159,658
年間収支[円/年]	232,086	▲28,321,066	1,536,111	3,360,058	10,534,393	3,389,580	3,881,572

注 1)ソルガムは施設規模（処理量）を大きくするほど収益が悪化するため、最小規模を示す。

注 2)生ごみ単体の検討は、実際の発生量に限定せずに試算している。

注 3)ジャガイモは連作障害を考慮し、ジャガイモ 1 年、ムギ 2 年を繰り返す 3 年輪作とする。

注 4)発電量及び熱回収量はメーカーカタログ値から算出した数値とし、エネルギー供給等に伴うロスを見込まない。

(2) FIT (固定価格買取制度) を活用する場合

FIT を活用する場合、一定期間、電気事業者に高い金額で電気を買い取ってもらえる反面、補助金を利用できなくなることから、初期投資はすべて自己調達する必要がある。従って、初期投資をすべて補助金で賄う場合と異なり、事業期間内に初期投資額を営業利益から抽出した上で事業として成立させる必要がある。ここでは、補助金を活用する場合と比較するために、表 5-5 に示す施設規模について、事業への投資判断の参考指標である NPV (正味現在価値) と IRR (内部利益率) を算出した。NPV は割引率 (将来の価値向上分) を考慮した現在価値の総和から初期投資を差し引いた数値であり、負になる場合はその投資は採算が取れないとみなされる。IRR は NPV が 0 になる割引率であり、割引率より大きくなれば投資してよいとみなされる。表 5-7 に NPV と IRR の試算条件を示す。本事業の目的は積極的に利益を得ることではないため、ここでは割引率を 0% と設定した。

表 5-7 NPV と IRR の試算条件

項目	単価	備考
事業期間	20年	
減価償却期間	15年	
販売管理費	売上の5%	
法人税率	40%	
割引率	年間0%	資本コストとしての将来の価値向上率

※運転資金の増減は考慮しない。

表 5-8 NPV と IRR の試算結果

原料	規模	NPV	IRR
トウモロコシ (サイレージ)	10.0t/日	▲8.2 億円	▲5.9%
サツマイモ	6.6t/日	▲3.4 億円	▲4.9%
ジャガイモ	12.4t/日	▲3.5 億円	▲4.5%
生ごみ	4.5t/日	▲2.7 億円	▲4.2%
ジャガイモ 1年+ライムギ 2年	13.5t/日	▲4.0 億円	▲4.7%
ジャガイモ 1年+ライムギ 2年+ 生ごみ 1t/日	8.5t/日	▲3.5 億円	▲5.1%
(参考) ジャガイモ	55t/日	5.8 億円	2.1%

表 5-8 に、NPV と IRR の試算結果のまとめ、表 5-9～表 5-14 に、各バイオマス原料について表 5-5 に示す施設規模で事業を行った場合の NPV と IRR を示す。トウモロコシ (サイレージ) を 10.0t/日規模で行う事業では、20年間の NPV が▲8.2 億円、同 IRR は

▲5.9%であった。サツマイモを 6.6t/日規模で行う事業では、20 年間の NPV が▲3.4 億円、同 IRR は▲4.9%であった。ジャガイモを 12.4t/日規模で行う事業では、20 年間の NPV が▲3.5 億円、同 IRR は▲4.5%であった。生ごみを 4.5t/日規模で行う事業では、20 年間の NPV が▲2.7 億円、同 IRR は▲4.2%であった。ジャガイモ 1 年+ライムギ 2 年を 13.5t/日規模で行う事業では、20 年間の NPV が▲4.0 億円、同 IRR は▲4.7%であった。ジャガイモ 1 年+ライムギ 2 年+生ごみ 1t/日を 8.5t/日規模で行う事業では、20 年間の NPV が▲3.5 億円、同 IRR は▲5.1%であった。いずれの場合においても、金銭の時間価値を考慮しない（割引率が 0%）事業として緩い条件においても NPV、IRR とも大きくマイナスを示すため、事業性は厳しいと言わざるを得ない。ここで取り上げたバイオマス原料の中で、NPV と IRR がプラスに転じる原料と規模は、生ごみ 8.9t/日（発酵槽 6 基）の場合で IRR が 0.9%、サツマイモ 14.9t/日（発酵槽 9 基）の場合で IRR が 0.1%、ジャガイモ 1 年+ライムギ 2 年+生ごみ 1t/日：22.0t/日（発酵槽 10 基）の場合で IRR が 0.1% といった規模感である。いずれの場合においても、施設規模を拡大することで IRR を大きくすることができる。

さらに、それぞれの表の最下部には投資回収年数も示したが、いずれも 40 年以上であった。バイオマス原料の規模を統一していないので、バイオマス原料同士の比較はできないが、バイオマス原料と規模の組み合わせとして比較すると、最も短いものは生ごみを 4.5t/日規模で行う事業で 45.2 年、最も長いものはトウモロコシ（サイレージ）を 10.0t/日規模で行う事業で 74.3 年であった。昨年 10 月の企画提案時に、ジャガイモ 55t/日規模で行う事業の投資回収年数を 18.4 年としていたが、今回の条件でジャガイモを 55t/日規模で投資回収年数を試算したところ、14.7 年（20 年間の NPV は 5.8 億円、同 IRR は 2.1%）という結果であった。すなわち、事業性を改善させるためには、施設規模の拡大が必要である。

以上のことより、たとえ FIT を活用して電気事業者の高い金額で電気を買って取ってもらったとしても、初期投資額をメタン発酵によるエネルギーやその環境価値から得られる収益で回収して事業を継続することは困難であると言える。一方で、初期投資額を補助金ですべて賄うことができれば、事業収支を確保できるバイオマス原料と規模の組み合わせに可能性が見いだせないわけではない。

表 5-9 トウモロコシ（サイレージ）を 10.0t/日（発酵槽 14 基）規模で行う事業の NPV と IRR

施設整備費	1,880,000,000	補助率：0																				
補助金	0																					
初期投資額	1,880,000,000																					
単位：円																						
初年度	0	初年度の12/31																				
年度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
売上高		97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	97,534,737	
売上原価		67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	67,350,921	
売上総利益	0	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	30,183,816	
販売管理費	売上高の 5%	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	4,876,737	
減価償却費		125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	
営業利益	0	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	-100,026,254	25,307,080	25,307,080	25,307,080	25,307,080	25,307,080	
法人税	税率 40%	0	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	40,010,502	-10,122,832	-10,122,832	-10,122,832	-10,122,832	-10,122,832
税引き後営業利益	0	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	-60,015,752	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	
減価償却		125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	125,333,333	0	0	0	0	0	
投資	-1,880,000,000																					
FCF（フリーキャッシュフロー）	-1,880,000,000	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	
割引率	0%																					
DF（割引係数）	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
現在価値	-1,880,000,000	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	65,317,581	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	15,184,248	
NPV(正味現在価値)	-824,315,045																					
IRR（内部利益率）	-5.9%																					
投資回収年数	74.3 年																					

表 5-10 サツマイモを 6.6t/日（発酵槽 4 基）規模で行う事業の NPV と IRR

施設整備費	898,000,000	補助率：0																				
補助金	0																					
初期投資額	898,000,000																					
単位：円																						
初年度	0	初年度の12/31																				
年度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
売上高		58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	58,189,058	
売上原価		38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	38,783,796	
売上総利益	0	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	19,405,263	
販売管理費	売上高の 5%	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	2,909,453	
減価償却費		59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	
営業利益	0	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	-43,370,857	16,495,810	16,495,810	16,495,810	16,495,810	16,495,810	
法人税	税率 40%	0	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	17,348,343	-6,598,324	-6,598,324	-6,598,324	-6,598,324	-6,598,324
税引き後営業利益	0	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	-26,022,514	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	
減価償却		59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	59,866,667	
投資	-898,000,000																					
FCF（フリーキャッシュフロー）	-898,000,000	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	
割引率	0%																					
DF（割引係数）	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
現在価値	-898,000,000	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	33,844,153	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	9,897,486	
NPV(正味現在価値)	-340,850,283																					
IRR（内部利益率）	-4.9%																					
投資回収年数	54.4 年																					

表 5-11 ジャガイモを 12.4t/日（発酵槽 5 基）規模で行う事業の NPV と IRR

施設整備費	992,000,000	補助率：0																				
補助金	0																					
初期投資額	992,000,000																					
単位：円																						
初年度	0	初年度の12/31																				
年度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
売上高		64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	64,883,499	
売上原価		41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	41,598,508	
売上総利益	0	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	23,284,991	
販売管理費	売上高の 5%	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	3,244,175	
減価償却費		66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	66,133,333	
営業利益	0	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	-46,092,517	20,040,816	20,040,816	20,040,816	20,040,816	20,040,816	
法人税	税率 40%	0	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	18,437,007	-8,016,326	-8,016,326	-8,016,326	-8,016,326	-8,016,326
税引き後営業利益																						

2-5-3 今後の進め方（案）

大熊町におけるメタン発酵施設の事業化に際しては、除染の進展、住民の帰還、農林水産業や産業立地の回復等様々な要素を考慮しながら計画を策定する必要がある。また、エネルギー作物の生産など未経験の技術のあるため、事業化を一気に進める方法は得策でなく、実証や試験栽培などを経てから、事業化を徐々に行うような推進方法を検討すべきと考える。こうした推進フロー案を図5-1に示す。

まず、エネルギー作物の試験栽培から始め、メタン発酵施設の実証を行い、必要なデータを取得した上で、実事業へと進むとったステップを踏むことが望ましい。実事業についても、町の復興に合わせて無理のない規模から始め、人口や産業の増加に合わせて規模を拡大するようなフェーズ分けが望ましい。

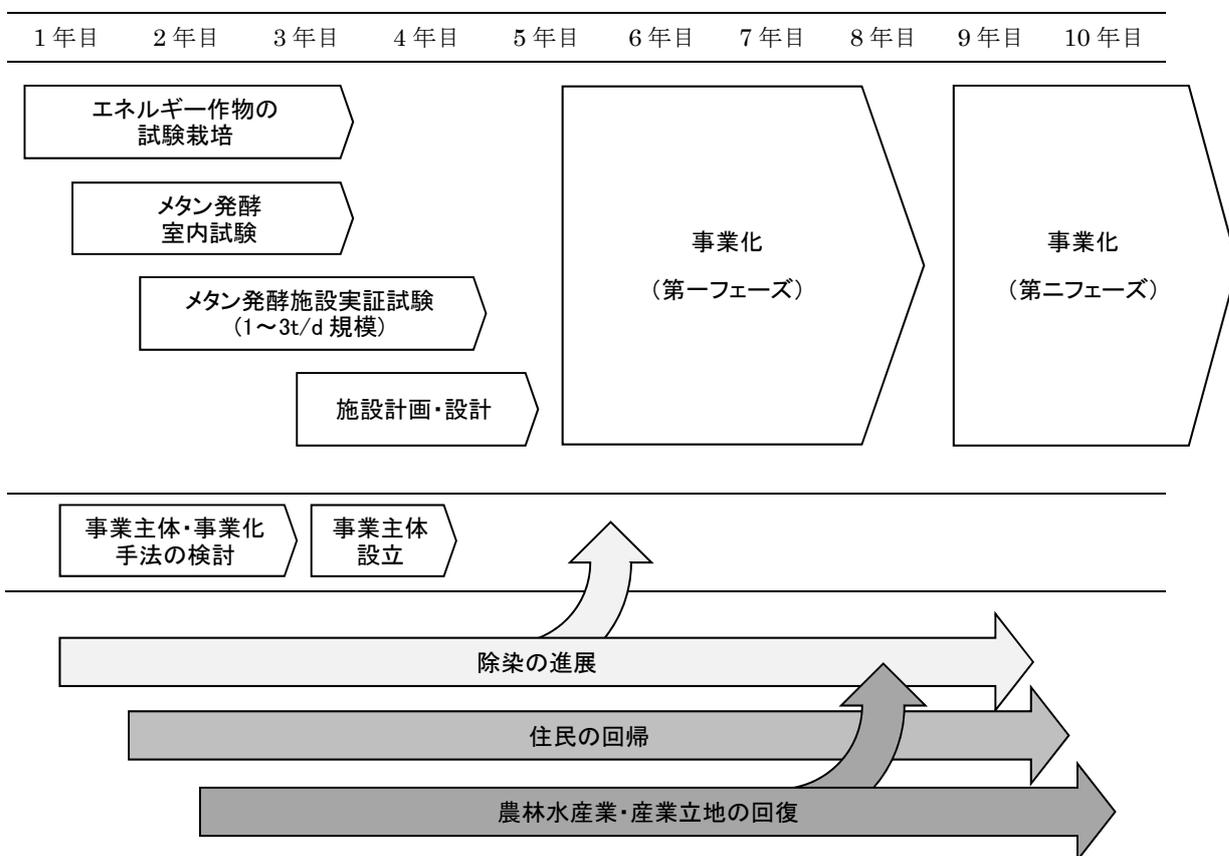


図5-1 事業化の進め方案

(1) エネルギー作物生産の試験栽培

エネルギー作物の絞り込みや組合せを検討しなければならぬ。屋外における栽培試験は、毎年の気象条件の変動の影響を受けるため、施肥・植付け（播種）・除草・収穫などの管理作業に係るコストのデータ蓄積を行うためには、同一場所、同一作物で3年間程度の継続した栽培試験が望ましい。

また、少ない担い手による大規模農業を目指すため、大面積における農業機械の効率的な運用に係るデータ蓄積を行うこと、および複数の種類の各エネルギー作物の試験栽培することより、10ha 規模以上の面積が望ましい。

(2) メタン発酵室内試験

飼料用トウモロコシ、ジャガイモ、サツマイモなどこれまでメタン発酵原料とした用いた経験がないものについて、メタン発酵特性試験を行い分解率や滞留時間などの特性を把握する。更に、これらの混合した際の特性についても把握する。

なお、1つの試験には4～6ヶ月を要する。

(3) メタン発酵施設実証試験

比較的小規模（日処理量1～3トン程度）の施設を設計・建設し、建設コスト、運営コスト、ガス発生量、発電量などのデータを取得し、本事業の計画材料とする。規模として3～5億円程度を想定するが、国や県からの補助が得られる可能性がある。

(4) 事業主体

エネルギー作物の栽培については、大規模化の観点と民間企業の参入の観点から農業生産法人の設立が効果的と考えられる。農業生産法人とは、農地を利用して生産を行う、法人資格のある農業事業者のことで、1952年に制定された農地法の規制を受ける。形態要件、事業要件、構成員要件、役員要件を満たさなければならないが、農業の担い手として期待を集めている。構成員要件としては、農地提供者、150日以上の法人農業従事者、農業関連団体のほか、法人事業に必要な物資または役務を継続的に提供する生協などが構成員として認められている。

本事業においては、農地所有者、農業従事者と町が設立する第3セクターやまちづくり会社などが共同で設立する形態が考えられる。

メタン発酵事業の事業主体としては、電力・熱を供給する予定の栽培施設の事業者が運営することが合理的であると考えられるが、町が別途エネルギーセンターを整備するような動きがあれば、その事業主体がメタン発酵事業を行うことも有効と考えられる。

近年、地方自治体が民間と連携するなどして地域新電力を設立する動きもあり、再生可能エネルギーの地産地消の検討と合わせて、検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection; Biogas - an introduction, (2008)
- 2) 和泉真理, バイオマス発電に取り組む南ドイツの3軒の農家, JC総研レポート, vol.30, (2014), pp16-22.
- 3) Amon T. et. al.; Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations; Bioresource Technol. vol.98, (2007), pp3204-3212.
- 4) Neureiter M., et. al.; Effect of silage preparation on methane yields from whole crop maize silage; proceedings of 4th int. Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste; (2005)
- 5) Ward J. A. et. al.; Optimization of the anaerobic digestion of agricultural resources; Bioresource Technol. vol.99, (2008), pp7928-7940.
- 6) Barbanti L., et. al.; Anaerobic digestion of annual and multi-annual biomass crops; Industrial Crops and Products, vol.56, (2014), pp137-144.
- 7) Weiland P., et. al.; Biogas production : current state and perspectives; Appl. Microbiol. Biotechnol., vol/85, (2010), pp849-860.
- 8) Vindis P. et. al.; The impact of mesophilic and thermophilic anaerobic digestion on biogas production; Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol.36, no.2, (2009), pp192-198.
- 9) Ziganshin M. A., et. al.; Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials; Appl. Microbiol. Biotechnol.; vol.97, (2013), pp5161-5174.
- 10) Teresa Suárez Quiñones, Results of batch anaerobic digestion test - effect of enzyme addition, CIGR Journal, Vol 14 No 1, 2012
- 11) 伊藤他、ネピアグラスのメタン生産原料としての利用性、日本作物学会紀事、239-244、1990
- 12) V. Nallathambi Gunaseelan, Biochemical methane potential of fruits and vegetable solid waste feedstocks, Biomass and Bioenergy 26, 389-399, 2004
- 13) Rekha B.N and Aniruddha B.Pandit, Performance Enhancement Of Batch Anaerobic Digestion Of Napier Grass By Alkali Pre-Treatment, ICGSEE-2013
- 14) David P. Chynoweth, Renewable Biomethane From Land and Ocean Energy Crops and Organic Waste, HortScience vol 40(2), 2005
- 15) D. P. Chynoweth et al, Biochemical methane potential of Biomass and Waste Feedstocks, Biomass and Bioenergy Vol.5 No. 1, pp95-111, 1993
- 16) Comparative Analysis of fodder beet and napier grass PBN233 as a better substrate

for biogas production, Kaur et al., 2016, Indian J. Sci. Tech.

- 17) Feasibility of Biogas Production from Napier Grass, Sawasdee et al., 2014, Energy Procedia, 1229-1233.
- 18) 福島県農林水産部、平成 25～27 年度福島県営農再開支援事業報告書(県の作付実証)、平成 28 年 3 月
- 19) 農研機構北海道農業研究センター、イアコーンサイレージ生産・利用技術マニュアル第 2 版、(2017)
- 20) 農研機構畜産草地研究所、水田を利用した飼料用トウモロコシ栽培の可能性、(2015)
- 21) 農林水産省大臣官房統計部、農業経営統計調査 平成 28 年産 原料用ばれいしょ生産費、(2017)
- 22) 東北農政局、第 57 次福島農林水産統計年報(平成 21 年～22 年)、(2011)
- 23) 神畜技セ研報告 No2 2009、細断型ロールペーラによるトウモロコシサイレージの調整技術の検証、(2009)
- 24) 一般社団法人 地域環境資源センター、消化液の費用利用を伴うメタンか事業実施手引、平成 28 年 3 月
- 25) 山岡賢、野中章久、折立文子、小規模メタン発酵施設の消化液の輸送・施用計画の策定、農業農村工学会論文集、No.303(84-3)
- 26) 福島県農林水産部、福島県施肥基準、平成 18 年 3 月
- 27) 福島県大熊町、大熊町復興まちづくりビジョン、平成 26 年 3 月
- 28) 福島県大熊町、大熊町第二次復興計画、平成 27 年 3 月
- 29) 福島県大熊町、大熊町まち・ひと・しごと創生総合戦略、平成 28 年 3 月
- 30) 福島県、福島県統計年鑑 2017
- 31) 福島県大熊町、大熊町森林整備計画、自平成 25 年 4 月 1 日 至平成 35 年 3 月 31 日
- 32) 福島県大熊町、大熊町地域農業再生協議会水田フル活用ビジョン
- 33) 福島県相双農林事務所、福島県相双地区における農林業の現状 (Ver2.1)、平成 29 年 9 月 8 日
- 34) 農林水産省、作物統計
- 35) 福島県農林水産部、避難指示地域における資源作物の生産及びエネルギー化に関する方針」、平成 25 年 12 月
- 36) 福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センターWeb サイト
- 37) 石井秀樹、トウモロコシ・ソルガム栽培による相双地区の土地利用型農業の復興、農林金融 2017.3
- 38) NEDO、セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発、2009～2013 年度
- 39) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課、廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル(詳細版)(案)、平成 28 年 3 月