

・M-dock 内のバイパス道路建設計画

計画段階であるが、M-dock 内に新しいバイパス道路を建設する計画が動き始めている。プランによると、バイパスはバイオガスプラント立地であるリサイクルセンター裏地に接するルートとなっており、プラント用地確保のためにもコロール州と協議しバイパス計画との折衝を進めていく予定である。



図 3-2-7 建設計画中のバイパスルート



図 3-2-8 プラント用地に隣接するバイパス

・ネピアグラス栽培による農地利用の合意形成

天然資源環境観光省 U. Sengebau 大臣より、アイメリーク州ネッケン農業促進地区の一部をネピアグラス栽培農地として利用することについて合意を得た。合意を得た農地は以下の農地区 No. 5 (面積 75,536m²) であり、現状は低木が生い茂るゆるやかな丘陵地となっている。バイオプラント建設予定地からは約 20 kmの距離に位置しており、そこまでは道路が敷設されているので車輛でのアクセスは可能である。



図 3-2-9 ネッケン地区のネピアグラス栽培地



写真 3-2-5 栽培候補地の現在の状況

・ネピアグラス農地の利用計画

ネピアグラス農地利用の基本条件に関しては、農業局局長 Fred Sengebau 氏と、使用条件の摺り合わせを行った後、MoU 締結を結ぶこととしている。設定項目の確認や具体的な締結時期については今後確定させていくこととなる。

・液肥の活用先について

現在の設定値ではメタン発酵消化液は日量 3t 生成され、主にネピアグラス栽培の基肥として使用する計画である。資源循環システムの構築という意味では、液肥の農業利用を推進したい意向であるが、パラオ国は耕作農地が非常に少ない状況なので、活用先として現状 10～15%を見積もるに留めている。ワークショップにおいても液肥をもっと農地利用に向けるべきではないかという意見が多数寄せられた。液肥の農業利用が促進されると販路を構築できるという運営面でのメリットもある。段階的になるが液肥の農業利用の比率を高めていくためにも、農業局とは積極的に農地・農家の情報や全体計画について情報共有し、拡販案を検討していくこととしたい。



写真 3-2-6 液肥利用先として期待されるタロイモ農場

3.2.2 システム設計・見積取得、建設に向けた準備の実施

・ヴァイオス社プラント導入による原料構成の変更

ERDI プラントからヴァイオス社小型プラントに導入計画を変更したことにより、システムの INPUT/OUTPUT 設定値の見直しを実施した。発酵槽 15 m³×3/unit を 3 連結することによる最大 135 m³の容量を基本ベースとして、有機系廃棄物（生ごみ、グリーストラップ、廃油）、下水汚泥、エネルギー作物（ネピアグラス）の原料構成を再設定し、処理ベースは 40.1t/d から 9.0t/d へ縮小とした。しかしバイパス道路の建設計画を受け、確保可能な面積が縮小する可能性が生じたことから、現段階ではユニットを連結せず 1unit にて設計することとした。それに伴い INPUT 設定値を 3.0t/d に再設定した。当初案からの INPUT 設定値の変遷と詳細は図 3-2-10 に記載する。またプラント用地面積からバイオガスプラントは 4unit 連結が最大値になる。最終的なユニット数は安定した原料調達と収支予測を考慮して確定させていくことになる。

INPUT 設定値			単位t/d	
原料構成	当初案	ヴァイオス社 初期案	現行案 1UNIT	最大値 4UNIT
生ごみ	2.1	1.2	0.9	2.4
下水汚泥	22	6.8	1.4	12
ネピアグラス	16	1.0	0.68	4.2
合計	40.1	9.0	3.0	18.6

図 3-2-10 INPUT 設定値の変遷

・インプット変更の可能性について

<生ごみ>

パラオ国ではこれまで冠婚葬祭時に食べられていた豚肉の市場供給の動き（PPP:Palau Pork Product）が始まっており、2017 年 5 月に養豚場と屠殺場の運用が開始されるとの報告を受けている。この PPP 養豚に生ごみ等の食品廃棄物が飼料として使われる計画案があり、生ごみがバイオ原料として確保できないシナリオも想定される。その場合、代替原料確保として発生量は不明だが PPP の課題ともなる養豚場の糞尿処理をバイオ施設で引き受けることも考えられる。またマラカル島にパラオビール「RED ROOSTER」の製造工場があり、その工場から排出されるビール粕もバイオ施設の原料として検討していく。

<下水汚泥>

新下水処理場の設計プランが変更され余剰汚泥発生量は減量したとの進捗情報を得ているが、バイオプラントの規模縮小による下水汚泥引受量 1.4t/日は下水処理量全体としてはかなりの小量となる。そのため代替原料としてはセプティックタンク汚泥を視野に入れており、環境保護委員会（EQPB）よりセプティックタンクリストと発生量について情報開示を依頼している。セプティックタンク汚泥はコロール州が一部引取り業務を担っていることから収集体制は容易に確立できる。安定的に汚泥日量 1.4t を確保することがセプティックタンク汚泥引取りの課題である。

・プラント設計

INPUT の原料構成は図 3-2-10 の通りであり、この設定値を基に設備面の基礎設計の仕様を固めた。仕様内容と INPUT/OUTPUT の試算値は以下の通りである。発生するバイオガスは主に発電に利用し、余剰電力は PPUC へ売電せず隣接するリサイクルセンターガラス工房にグリッド接続して電力供給することを想定している。

原料受入

生ごみ	バケツ回収
ネピアグラス	圃場にてサイレージ化 ダンプ搬入
下水汚泥	バキューム車搬入

施設稼働

創業時間	8時間
稼働日数	365日連続運転
発酵槽への原料投入日数	6日/週
原料受入日数	5日/週

設備

受入設備	破碎分別機 ネピアグラスのストックヤード(3日分) 高圧洗浄機でのバケツ洗浄
メタン発酵設備	高温発酵システム
バイオガス貯留設備	脱硫装置 ガスホルダー
エネルギー利用設備	ガスエンジン式発電機 熱は発酵槽加温に利用
液肥貯留設備	立法容器タンク(7日分) 液肥は全量農地還元のため排水設備なし

図 3-2-11 プラント基本仕様

インプット原料	量	単位
ネピアグラス (サイレージ)	0.68	t/d
生ごみ	0.9	t/d
グリストラップ	0.05	t/d
下水汚泥	1.4	t/d
合計	3.03	t/d

アウトプット項目	量	単位
バイオガス発生量	281	M3/day
発電量	473	kwh/day
	19.7	kwh
余剰電力量	256	kwh/day
	10.7	Kwh
メタン発酵消化液	3.2	t/day

図 3-2-12 1UNIT モデルでの INPUT/OUTPUT

変更後の事業規模図は図 3-2-13 となる。また事業運営主体は当初案では州政府が運営会社に業務委託する体制を想定していたが、現行は管理運営主体はコロール州政府とする体制にて検討を進めている。そのため事業実施体制図は図 3-2-14 の通りとなる。

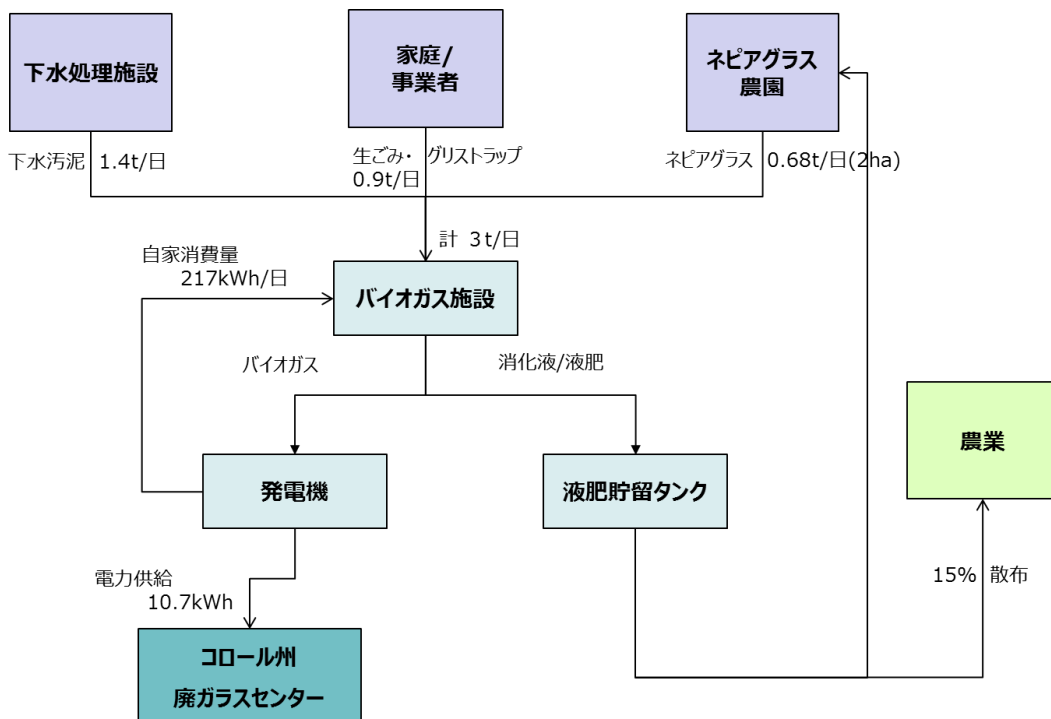


図 3-2-13 事業規模図 (現行図)

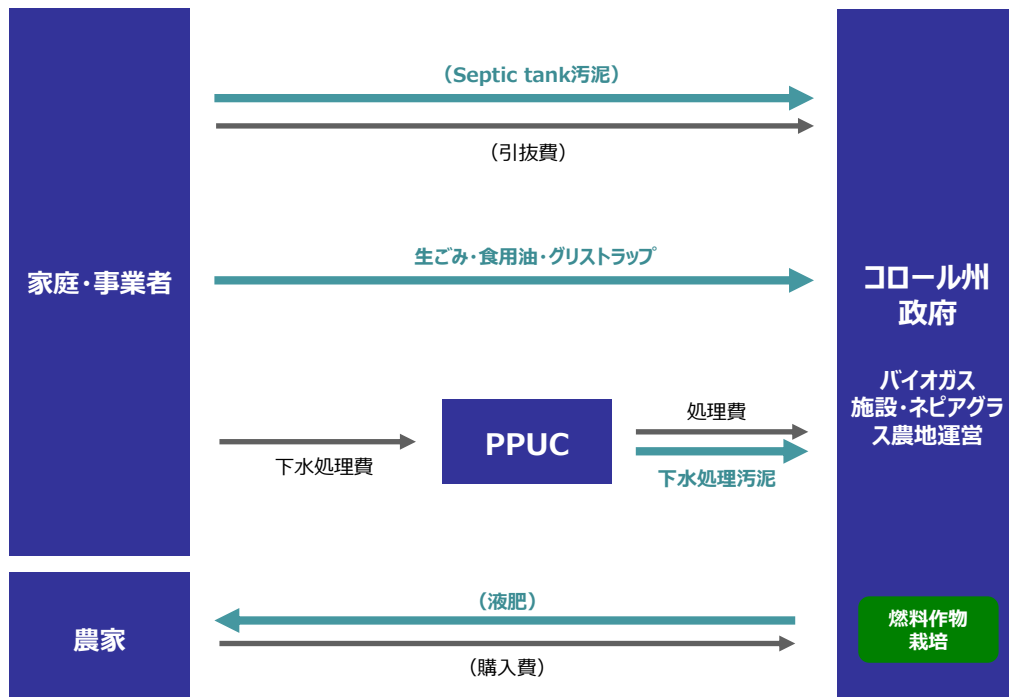
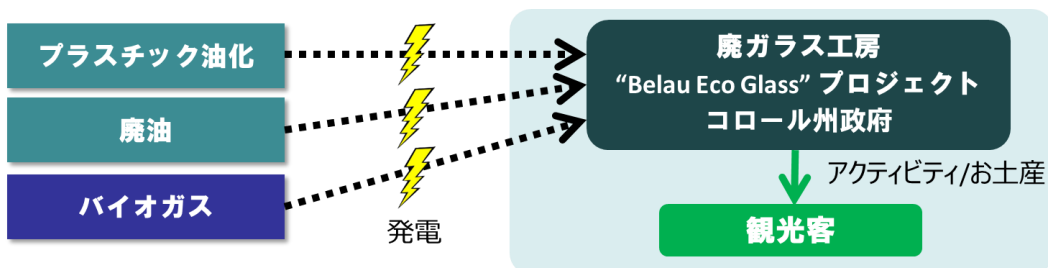


図 3-2-14 事業実施体制図 (現行図)

・コロール州政府における本事業の位置づけ

コロール州が焦点を当てている事業は、廃ガラス工房「Belau Eco Glass」である。廃棄物管理事務所リサイクルセンターの資源循環システムをベースとして、観光産業の育成をしておくことが目的である。海以外のアクティビティが少ないパラオ国において、Belau Eco Glass の吹きガラスによるオリジナル製品の作成は、新しい観光商品となるアクティビティであり、同時によい土産品ともなる。

廃ガラス工房は廃棄物由来のエネルギーを使用して運営することをコンセプトとしており、バイオ事業の発電を利用することはエコの価値をさらに高めること繋がるので、コロール州としては必要不可欠な事業として位置付けている。コロール州としてはバイオ事業を廃棄物処理の施設としてだけで捉えているのではなく、産業育成のための重要なツールとして捉えている。



➤ 廃棄物由来のエネルギーを使用したエコ産業創出への貢献

図 3-2-15 Belau Eco Glass の構想



写真 3-2-7 廃ガラスから作られたガラス製品

・ネピアグラス利用の技術試験について

<目的>

ネピアグラス等の資源作物は、難分解性の繊維質が多く、ヴァイオス社の小型バイオガスプラントのメタン発酵については、繊維質の未分解物質が発酵槽の稼働容量を圧迫し、プラントの性能を低下させる要素となる可能性がある。また、各文献を参考にヴァイオス社が作成した設計計算書では、HRT15 日でネピアグラスの有機物分解率を 60%と定義しているため、分解効率が想定よりも悪化すれば性能低下の要因となる。

よって、上記課題をクリアにするために、ネピアグラスの前処理方法や、ネピアグラスやソルガムといった資源作物との比較をおこない、諸課題を明らかにする。

<実験方法>

ヴァイオス社の共同研究先である京都大学農学部において、発酵試験と前処理試験の 2 つの試験を実施し、具体的には以下のパラメータを割り振り試験した。

<発酵試験>

	中温	高温	乳酸発酵 (中温)	乳酸発酵 (高温)
ソルガム	茎・葉	茎・葉	茎・葉	茎・葉
ネピアグラス	茎・葉	茎・葉	—	—

<前処理試験>

	未処理	熱	アルカリ	熱+アルカリ
ソルガム	中温・高温	中温・高温	中温・高温	中温・高温
ネピアグラス	中温・高温	中温・高温	中温・高温	中温・高温

・ネピアグラス利用の発酵試験

<実験区分>



写真 3-2-8 京都大学での実験装置

投入原料の異なる3回の実験を行った。実験を行った期間と原料は次のとおりである。

試験1 気乾状態のソルガムを粉砕したもの

試験2 パラオで栽培・収穫したネピアグラス

試験3 京都大学農学部附属京都農場でソルガムを収穫・裁断し乳酸発酵したもの

<実験方法及び機材>

各試験とも、500 mL の三角フラスコ種汚泥および原料を投入し、ゴム栓で密封したものを発酵槽とした。ゴム栓の中心に据え付けた樹脂製の管によりバイオガスが排出され、シリコンチューブまたはゴムチューブで接続されたアルミニウムバッグで捕集した。各発酵槽はインキュベーターの中に配置し、37 °Cまたは55 °Cを維持した。写真 3-2-8 に、インキュベーターに配置した発酵槽の写真を示す。

<実験条件>

各試験とも、葉と茎でメタン発酵特性が異なることが予想され、また、葉と茎の比率を一定に保って投入することが困難なことから、葉を投入する試験区(leaf)、茎を投入する試験区(stem)、対照区(control)を設定した。また、中温発酵、高温発酵の特性を見るために、それぞれの試験区に中温、高温を設定した。試験に使用した発酵槽は番号で管理し、表 3-2-2 のような試験区分となる。各試験とも、中温発酵は八木バイオエコロジーセンターで採取した消化液を 2 mm のふるいに通し夾雑物を除去したもの、高温発酵は京丹後市エコエネルギーセンターで採取した消化液をそれぞれ、310.44 g、307.32 g ずつ種汚泥として発酵槽に投入した。

表 3-2-2 試験区分

番号	温度	原料
1, 2, 3, 19	中温 (37 °C)	葉
4, 5, 6, 20		なし
7, 8, 9, 21		茎
10, 11, 12, 22	高温 (55 °C)	葉
13, 14, 15, 23		なし
16, 17, 18, 24		茎

<試験 1>

試験 1 ではヴァイオス社（和歌山県紀の川市調月）の圃場で栽培し、収穫したソルガムを気乾状態まで乾燥させ粉碎したものを原料として使用した。投入した原料はそれぞれ 6.00 g であり、葉と茎の VS 率がそれぞれ 0.792、0.816 であったことから、leaf 区、stem 区への投入 VS 量はそれぞれ 4.75 g、4.90 g であった。



写真 3-2-9 乾燥ソルガム（茎）



写真 3-2-10 乾燥ソルガム（葉）

<試験 2>

試験 2 ではパラオ共和国の圃場で栽培し、収穫したネピアグラスを 10 mm 程度に刻み、原料として使用した。試験 1 と同様に葉を原料とする試験区、茎を原料とする試験区、対照区を設定する予定であったが、十分な量の葉がなかったため、leaf 区を葉と茎の混合原料を投入する mix 区とした。種汚泥の量は試験 1 と同様とした。mix 区の投入原料は、葉 4.50 g、茎 9.24 g、stem 区の投入原料は茎 20.76 g で葉と茎の VS 率がそれぞれ 0.120、0.0991 であったことから、mix 区、stem 区への投入 VS 量はそれぞれ 1.46 g、2.06 g であった。

<試験 3>

試験 3 では京都大学農学部附属京都農場の圃場で栽培したソルガムを収穫後に裁断し、乳酸菌を添加して 37 °C で約 2 か月間乳酸発酵させたものを 10 mm 程度に刻み、原料として使用した。種汚泥の量は試験 1 および試験 2 と同様とした。leaf 区、stem 区とも投入原料は 10.00 g で葉と茎の VS 率がそれぞれ 0.219、0.195 であったことから、leaf 区、stem 区への投入 VS 量はそれぞれ 2.19 g、1.95 g であった。



写真 3-2-11 乳酸発酵 (茎)

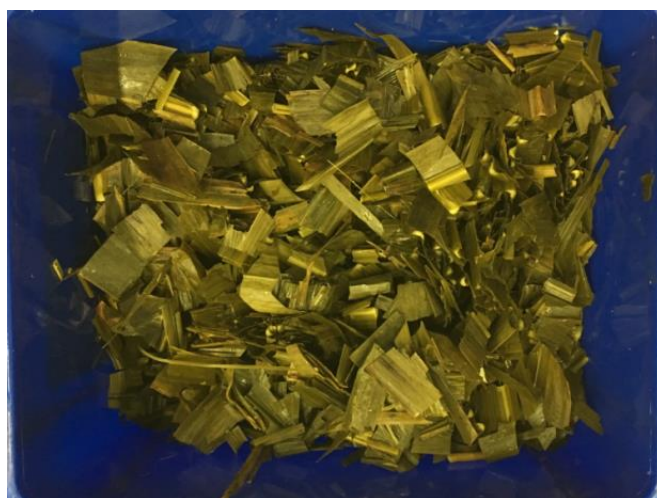


写真 3-2-12 乳酸発酵 (葉)

<結果>

図 3-2-16～図 3-2-21 に試験 1、図 3-2-22～図 3-2-27 に試験 2、図 3-2-28～図 3-2-31 に試験 3 のガス発生量と pH の推移を表したグラフを示す。

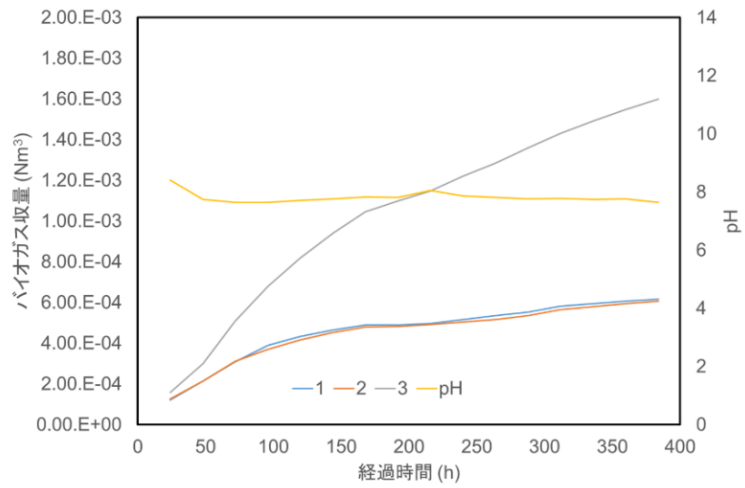


図 3-2-16 試験 1 中温 leaf 区のガス発生量と pH の推移

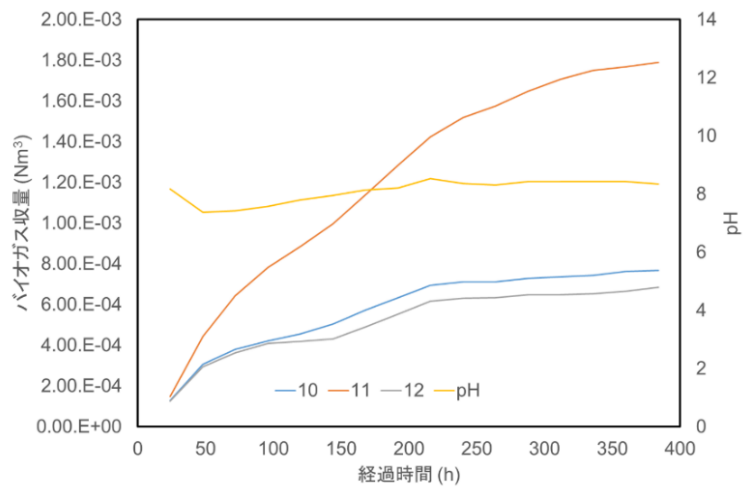


図 3-2-17 試験 1 高温 leaf 区のガス発生量と pH の推移

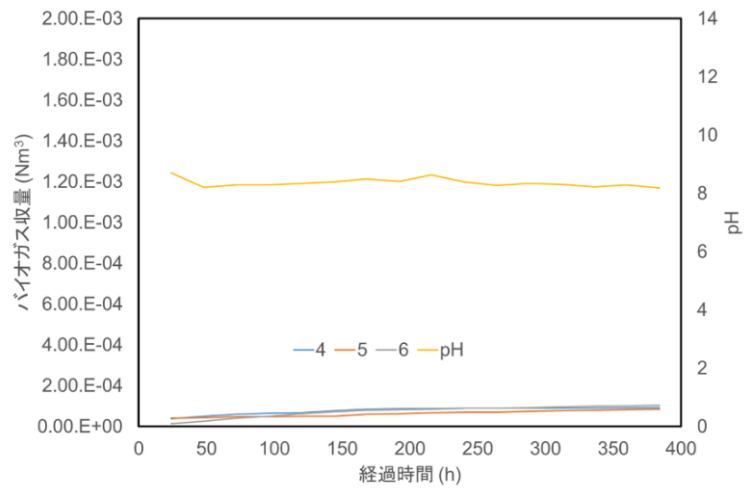


図 3-2-18 試験 1 中温 control 区のガス発生量と pH の推移

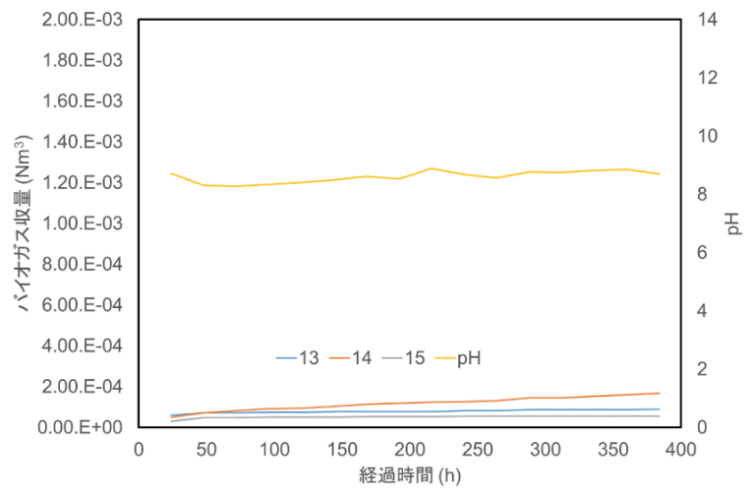


図 3-2-19 試験 1 高温 control 区のガス発生量と pH の推移

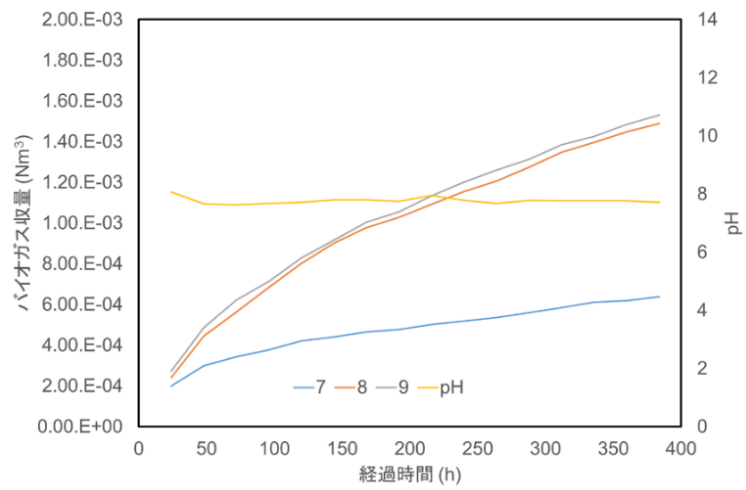


図 3-2-20 試験 1 中温 stem 区のガス発生量と pH の推移

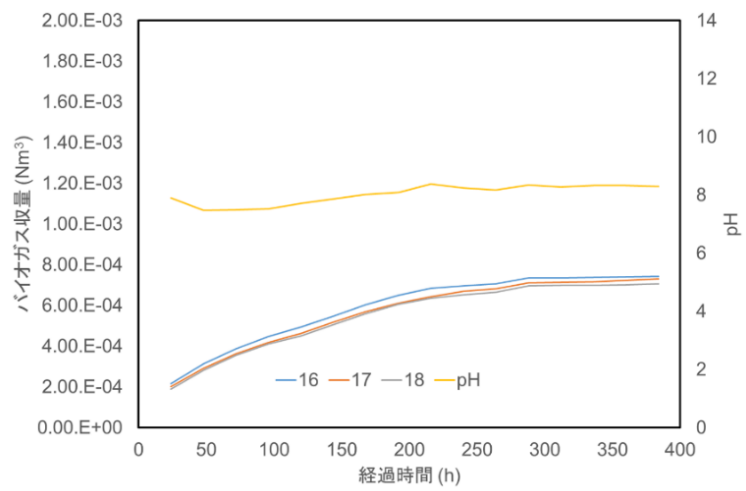


図 3-2-21 試験 1 高温 stem 区のガス発生量と pH の推移

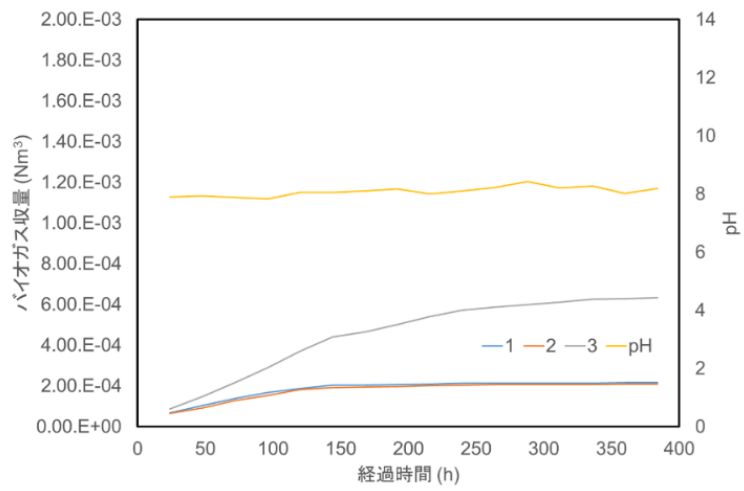


図 3-2-22 試験 2 中温 mix 区のガス発生量と pH の推移

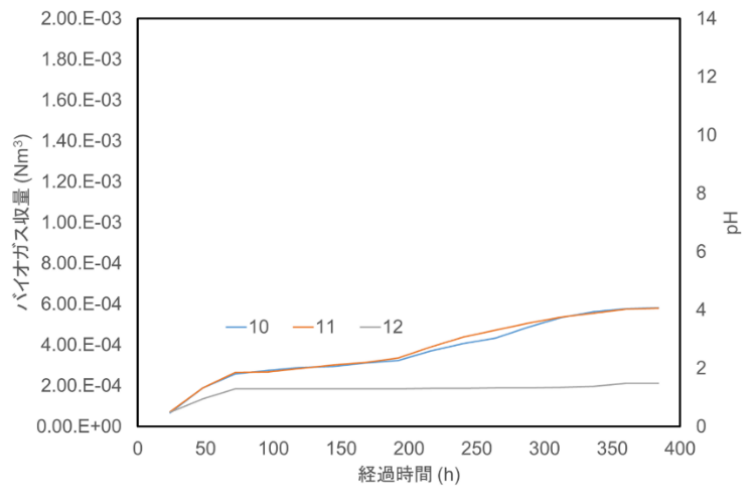


図 3-2-23 試験 2 高温 mix 区のガス発生量の推移

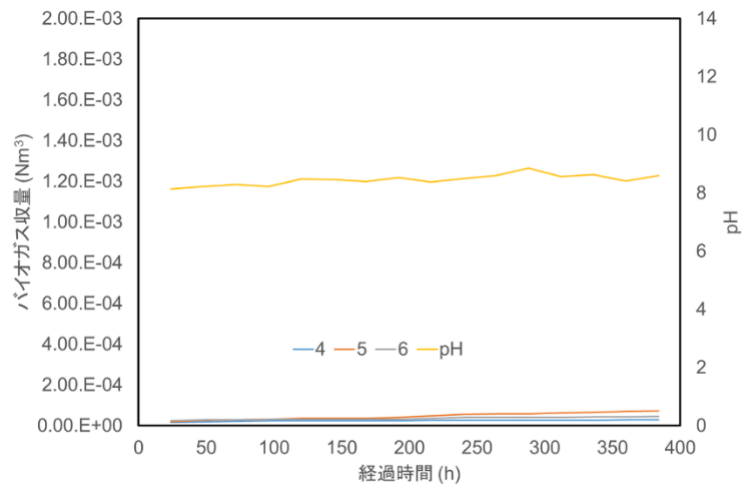


図 3-2-24 試験 2 中温 control 区のガス発生量と pH の推移

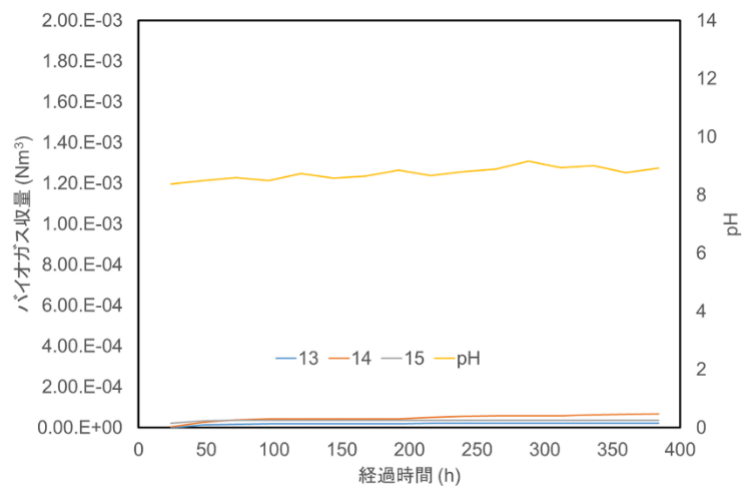


図 3-2-25 試験 2 高温 control 区のガス発生量と pH の推移

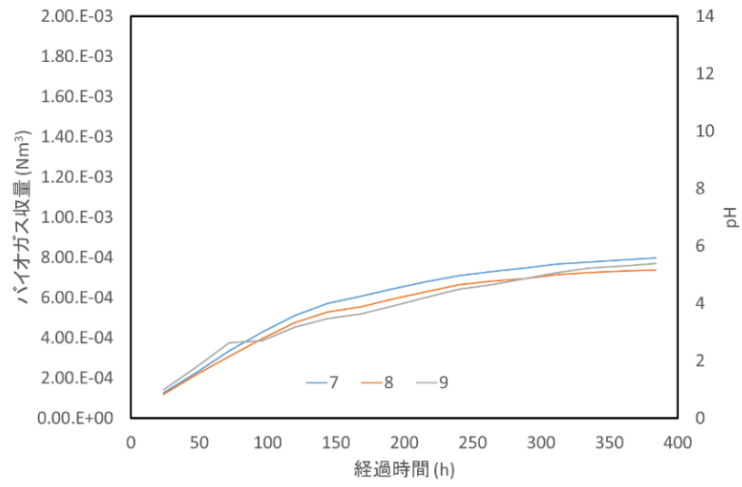


図 3-2-26 試験 2 中温 stem 区のガス発生量の推移

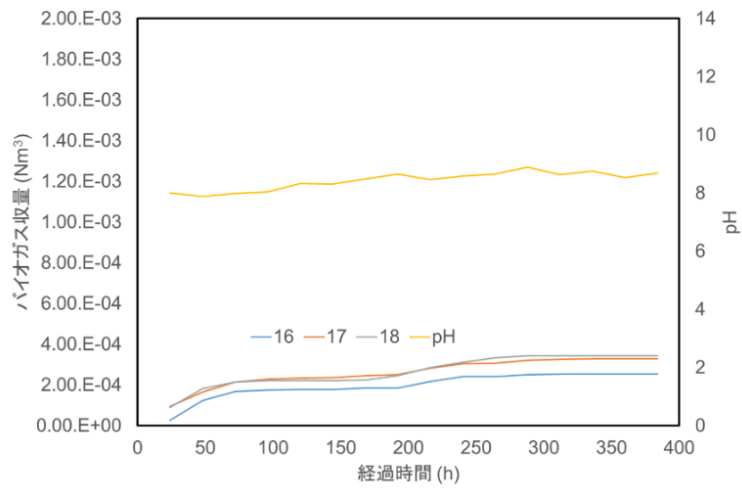


図 3-2-27 試験 2 高温 stem 区のガス発生量と pH の推移

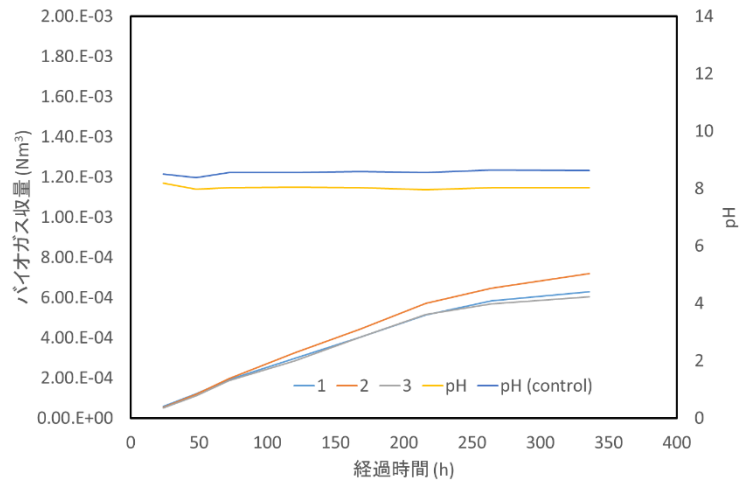


図 3-2-28 試験 3 中温 leaf 区のガス発生量と pH の推移

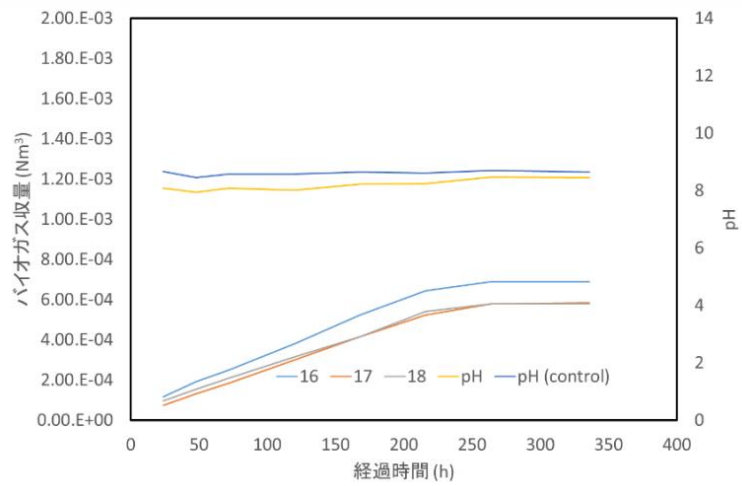


図 3-2-29 試験 3 高温 leaf 区のガス発生量と pH の推移

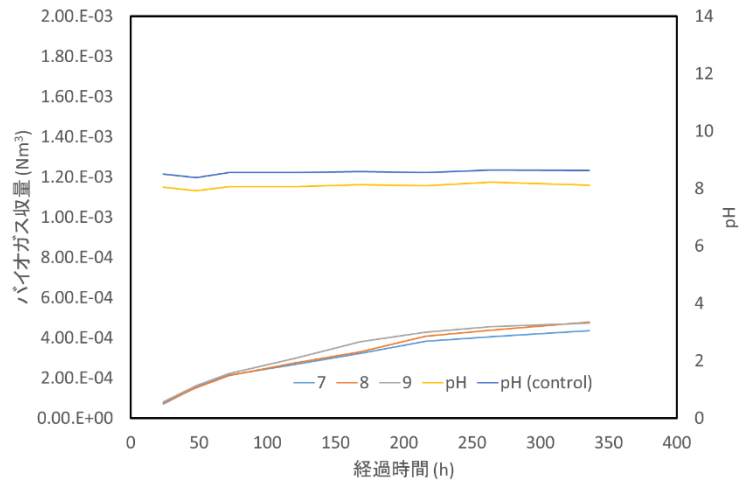


図 3-2-30 試験 3 中温 stem 区のガス発生量と pH の推移

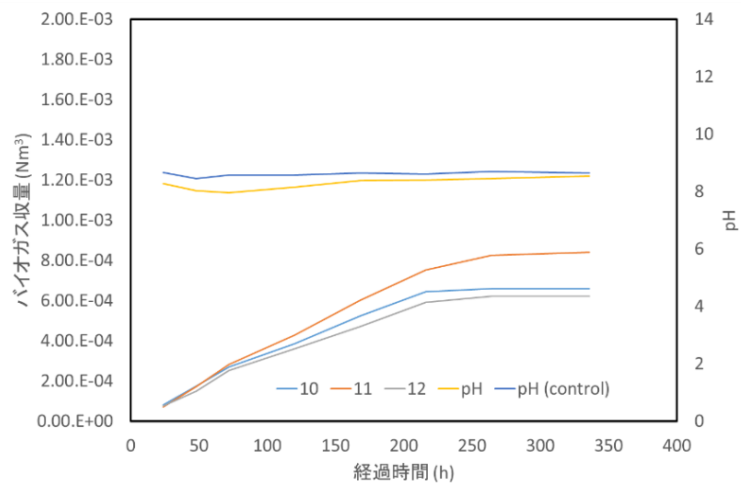


図 3-2-31 試験 3 高温 stem 区のガス発生量と pH の推移

試験 1 および試験 2 では同一試験区内でガス発生量に最大で 4 倍程度のばらつきが見られたが、試験 3 では縮小されている。試験 3 では大きなばらつきが認められないので、温度ではなく投入原料が均一化できなかった可能性が高い、特に試験 1 では、原料に粉状のものと針状のものが混在しており、この比率が変化することでガス発生量に変化が現れた可能性がある。

<考察>

表 3-2-3～表 3-2-5 に各試験の投入 VS 当たりのバイオガス発生量の最大値、平均値、最小値を示す。

表 3-2-3 試験 1 の投入 VS 当たりのバイオガス発生量

	中温 leaf 区	中温 stem 区	高温 leaf 区	高温 stem 区
最大値 (mL/g-VS)	337	312	377	152
平均値 (mL/g-VS)	198	249	228	148
最小値 (mL/g-VS)	128	130	144	144

表 3-2-4 試験 2 の投入 VS 当たりのバイオガス発生量

	中温 mix 区	中温 stem 区	高温 mix 区	高温 stem 区
最大値 (mL/g-VS)	433	387	399	167
平均値 (mL/g-VS)	242	373	314	150
最小値 (mL/g-VS)	143	358	145	123

表 3-2-5 試験 3 の投入 VS 当たりのバイオガス発生量

	中温 leaf 区	中温 stem 区	高温 leaf 区	高温 stem 区
最大値 (mL/g-VS)	329	245	384	354
平均値 (mL/g-VS)	297	237	323	317
最小値 (mL/g-VS)	276	223	284	297

表 3-2-3 および表 3-2-4 が示すように、試験 1 および試験 2 では各試験区内での投入 VS 当たりのバイオガス発生量にばらつきが生じている、試験 1 のばらつきの原因は、前節でも述べたが、乾燥粉碎した原料に粉状のものと針状のものが混在しており、投入した原料中のこれらの比率が変動することで生じた可能性がある。試験 2 については、サンプルの含水率の個体差が大きかったのが原因ではないかと考えられる。ネピアグラスの含水率については、サンプル到着時に葉と茎について計測しているが、実験開始にあたり投入原料を調整する際に茎の水分状態の個体差が大きかったことが分かった。そこで、調整後の茎の含水率を測定したところ、調整前が 95.1 %であったのに対し調整後のものは 89.5 %であった。茎については調整中に明らかに差があることが分かったため、できるだけ均一になるように調整したが、葉については考慮しなかった。茎の水分状態に個体差があるのであれば、葉についても個体差があることは十分に考えられるが、leaf 区が設定できないほど葉が不足していたので検証はできなかった。これらのことから、試験 2 では mix 区のガス発生量のばらつきが大きかった可能性がある。

試験 3 では、収穫時のソルガムには水分状態のばらつきがあったかもしれないが、約 2 か月乳酸発酵したことにより原料調整時には均一な状況になっていたものと考えられ、試験結果のばらつきが少なくなったのではないかと考えられる。中温 stem 区のバイオガス発生量がやや少ないが、その他の試験区では概ね 300 mL/g-VS のガス発生量である。試験 3 につ

いては14日目までのデータであり、高温の試験区ではガス発生はほぼなくなっているのに対し、中温ではわずかではあるがまだガスが発生しているため、中温stem区についても同等のガスが発生する可能性も残っている。

エネルギー作物のメタン発酵特性について試験を行ったが、投入原料の均一化が非常に困難であり、バイオガス発生量に大きなばらつきが見られた。したがって、これらの試験1、試験2では、ばらつきの少ない試験区であってもたまたま同じような投入原料になっただけで、原料の発酵特性を判断するのは極めて無謀であると考えられる。試験3については各試験区ともばらつきが少ないためある程度の推察は可能であるが、これについても反復数が少ないため偶然の可能性を排除できない。

今回の試験ではある程度の傾向をつかむことは可能であるが、正確なメタン発酵特性を観察するには、原料調整の均一化に注力し、反復数を大きく増やすことが必要である。

まとめとして、実験結果にばらつきはあるものの、ソルガムよりもネピアグラスの方がバイオガス発生量は多く、同じソルガムでも乳酸発酵させたものの方がバイオガス発生量は多い、このことは各々メタン発酵が進んでいることを示している。中温よりも高温の方が、発酵進捗が早いことは自明であるが、中温はガスの発生が測定期間中、一定量発生しているのに対し、高温は250~300hといった一定時間経過後ガス発生量が低下しているのは、メタン発酵のピークが過ぎたものと推測できる。

また、追加で実験3において測定をおこなった残渣物の以下の測定結果より、

中温葉	残渣乾物重量	1.372 g	残渣強熱減料	0.955 g
中温茎	残渣乾物重量	1.632 g	残渣強熱減料	1.353 g
高温葉	残渣乾物重量	1.519 g	残渣強熱減料	1.066 g
高温茎	残渣乾物重量	2.372 g	残渣強熱減料	1.832 g

設計計算当初想定された、有機物分解率60%について概ねクリアしていることが確認された。

一方で試験全体を通して、葉と茎を分けて試験したことにより、茎の発酵（分解）が遅い（抑制されている）ことから、資源作物の葉と茎を分けて原料とすることは効率的でないため、より生長しない段階で、収穫・原料化することが望ましが推測される（本試験では、生長度合いまでは考慮されていない）。

・ネピアグラス利用の前処理試験

ソルガム発酵試験（中温/高温）について

<材料>

基質：ソルガム（40℃48 h 間で乾燥の後、フードプロセッサーで約 30 秒粉碎した物）
種汚泥：消化液

<方法>

未処理または以下の条件で処理したソルガムを 0.3 g をそれぞれ水 20 mL に加えた混合液を作成し、種汚泥 20 mL に加えバイアル瓶に封入した。その後、中温 36℃で 16 日間中温発酵しガス発生量を測定、また、高温 55℃で 13 日間高温発酵しガス発生量を測定した。

表 3-2-6 処理条件

	熱処理	アルカリ処理
未処理	無	無
熱処理 (T)	120℃	無
アルカリ処理 (A)	無	15%
熱・アルカリ処理 (TA)	80℃	15%

※1 すべての処理で処理時間は 3 h とした

※2 上記の条件以外に種汚泥 20 mL に水 20 mL を加えたものをブランクとして発酵させた

※3 ブランクを含めたすべての条件のサンプルは 3 個ずつとした(計 15 サンプル)

<結果>

図 3-2-32～図 3-2-33 では、中温よりも高温の方が、早く発酵が進行しているのが分かる。図 3-2-34 では、値が大きいほど処理によって溶液中に有機物が溶け出している、つまり処理によって可溶化が促進されていると考えられる。

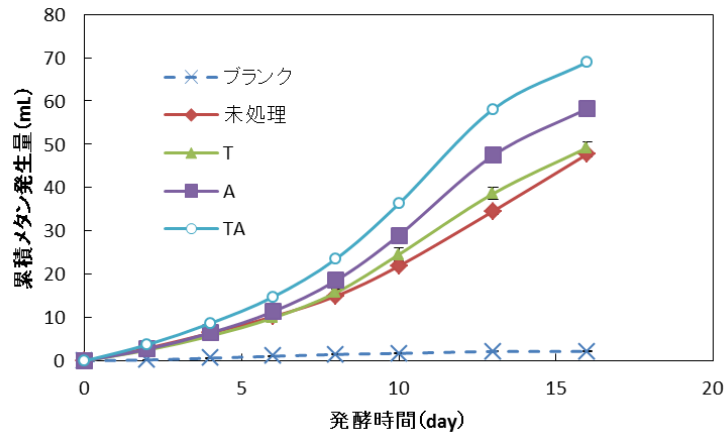


図 3-2-32. 中温メタン①発生量

※最終日の測定のみ、機器の不具合によりガス発生量は各条件 1 つのサンプルのみ測定

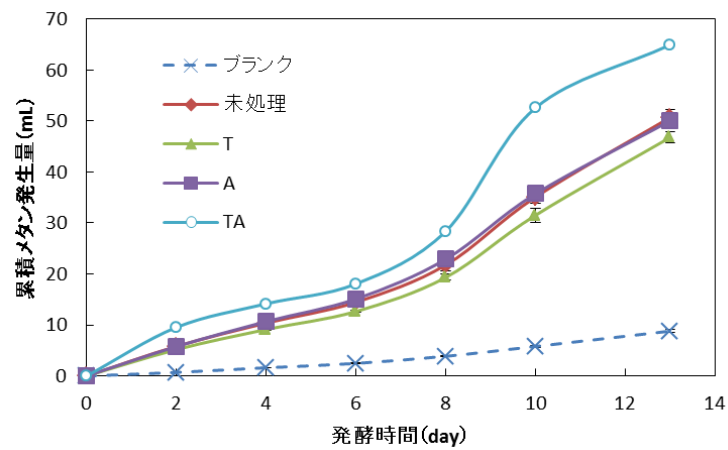


図 3-2-33. 高温メタン②発生量

※測定機器の都合で測定期間を 13 日間に短縮

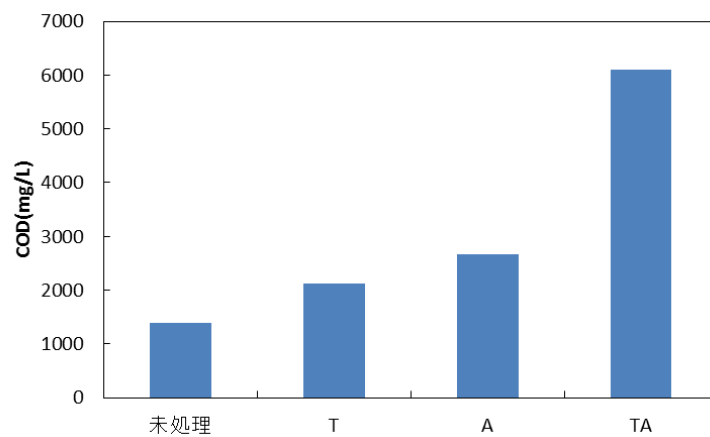


図 3-2-34. 可溶化 COD 量 (中温・高温共通)

ネピアグラス発酵試験（中温/高温）について

<材料>

基質：ネピアグラス（40℃、48 h 間で乾燥の後、フードプロセッサーで約 30 秒間粉碎した物）

種汚泥：消化液

<方法>

未処理または以下の条件で処理したネピアグラスを 0.3 g をそれぞれ水 20 mL に加えた混合液を作成し、種汚泥 20 mL に加えバイアル瓶に封入した。その後、中温 36℃で 16 日間中温発酵しガス発生量を測定、また高温 55℃で 13 日間高温発酵しガス発生量を測定した。

表 3-2-7. 処理条件

	熱処理	アルカリ処理
未処理	無	無
熱処理 (T)	120℃	無
アルカリ処理 (A)	無	15%
熱・アルカリ処理 (TA)	80℃	15%

※1 すべての処理で処理時間は 3 h とした

※2 上記の条件以外に種汚泥 20 mL に水 20 mL を加えたものをブランクとして発酵させた

※3 ブランクを含めたすべての条件のサンプルは 3 個ずつとした（計 15 サンプル）

<結果>

図 3-2-35～図 3-2-36 では、中温よりも高温の方が、早く発酵が進行しているのが分かる。

図 3-2-37 では、値が大きいほど処理によって溶液中に有機物が溶け出している、つまり処理によって可溶化が促進されていると考えられる。ただし、熱処理とアルカリ処理の差は軽微であり、この実験だけを持って熱処理に優位な差があったとは言い難いと考えられる。

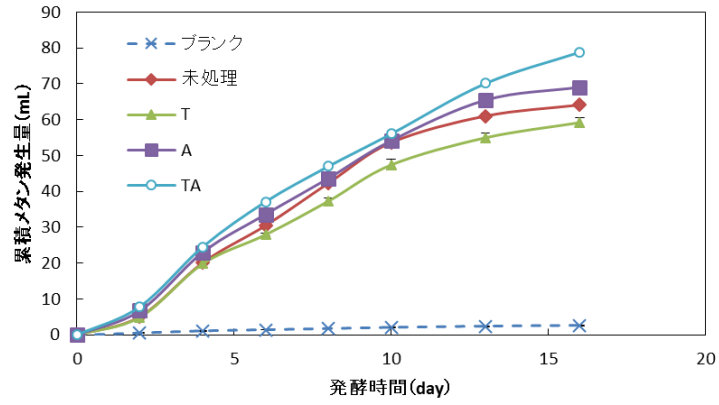


図 3-2-35. 中温①メタン発生量

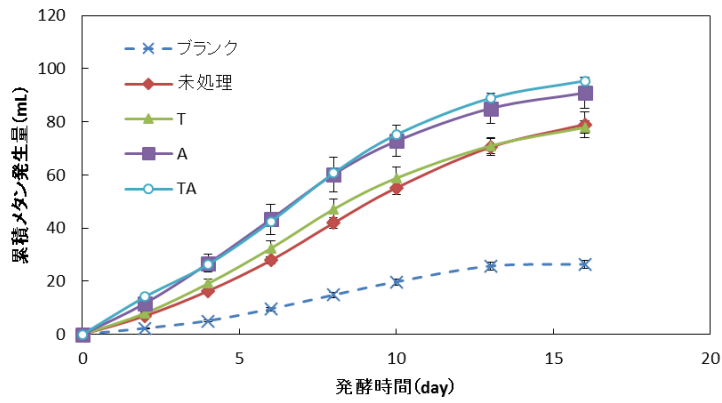


図 3-2-36. 高温①メタン発生量

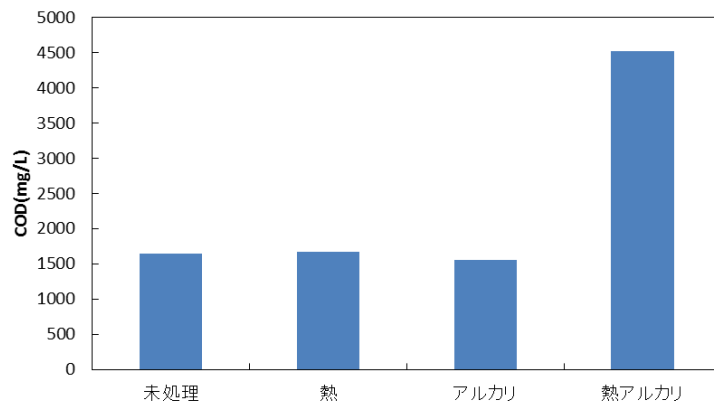


図 3-2-37. 可溶化 COD 量 (中温・高温共通)

ネピアグラスの前処理のまとめについて

本試験では、熱処理と本来実際のフィールドでは採用されることが少ないアルカリ処理も前処理として採用することで、熱処理・アルカリ処理双方がメタン発酵を加速化する前処理として有効であるだけでなく、熱+アルカリ処理がさらに効果を倍増させて発酵を促進させることが明らかになった。

一方で、未処理のものも一定のガス発生があったことで、ネピアグラス・ソルガムとも中温・高温のメタン発酵そのものによる加温で溶解(分解)するとも考えることができる。

また、ネピアグラスとソルガムの比較では、ネピアグラスの高温発酵においてガスの発生量が最大化したことから、両者の比較ではネピアグラスに優位性があると判断できる。

・ネピアグラス利用の発酵試験と前処理試験のまとめ

発酵試験・前処理試験の2つの試験を通じて、パラオでの資源作物の栽培については、想定ネピアグラスを収穫後乳酸発酵させたり、熱処理を加えた前処理をおこなった方が、よりメタン発酵を促進させることが分かった。

今後は乳酸発酵させるコスト(手間)、熱処理するコスト(手間+加温方法)などの検討をすすめつつ、葉と茎で発酵速度が異なる点について、生長前に収穫する「青刈り」等を採用するか否か、栽培効率や消化液が液肥となった後の肥料成分の管理など検討していく必要がある。

3.2.3 事業環境及び事業計画に係る現状調査

a) 処理対象廃棄物の発生・処理の状況

・シェラトンパラオリゾートの開業計画

2019年3月に「シェラトンパラオリゾート（スターウッドホテル&リゾート社）」がコロール市内に開業予定であり、2017年3月より建設がはじまる。運営計画では当施設の排水処理、廃棄ゴミ・汚泥回収はコロール州政府が引き受ける予定であり、州政府の意向として当該施設の生ごみはバイオガスプラントに投入することを想定している。客室は150室、最大宿泊者300名、スタッフ300名とパラオ国内でも最大規模のホテルとなり、相当量の事業系生ごみ回収を見込める施設となるため、状況の進捗把握を進めると同時に時期を見てホテル側マネージャーとバイオガスシステムによる資源循環リサイクル構想について話し合う機会を設けることとする。

しかし投資資金の調達不足からすでに計画が遅れているとの情報も得ている。建設予定地の立ち退きも進められているが、それでもホテル建設の可能性を50%と見る厳しい見方があるため、生ごみ原料の調達先としてはあくまで見込先の一つとして位置付けに留めておく。



写真 3-2-13 コロール市に開業予定のシェラトンホテル

b) 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策

・ J-PRISM フェーズ 2

バベルダオブ島で建設される新廃棄物処分場の建設及び維持管理システムの構築のため広域技術協力プロジェクト J-PRISM フェーズ 2 (2016-2020) がスタートし、専門家の派遣が開始されている。拠点はソロモン国であるが 2017 年 4 月には Bureau of Public Works 内にオフィスができるとの報告を受けている。処分場建設はまだ先の予定であるが、2019 年末にはパラオ政府に引き渡すことスケジュールとなっている。現在の M-dock 最終処分場の閉塞や新しいゴミ収集システムも J-PRISM で構築されていくため、継続した情報キャッチアップを進めていき、専門家との接触も早期に行う必要がある。

・ 浄化槽の設置に関する動き

衛生状況の改善のため、コロール州内外でセプティックタンクから浄化槽へ切替えていく政策的な動きがあり、2016 年大統領選でも重要な論点となっていた。本事業に対する影響度は低いが、浄化槽汚泥がバイオプラントの原料となることも今後想定される。引き続き情報を入手していく。

・ マラカル島新下水処理場の設計と建設計画

入札により建設業者が確定していると報告を受けている。またそれに伴って下水処理の設計プロセスがオキシデーションディッチ法から変更になった模様。機密事項のため詳細設計については不明であるが、余剰汚泥発生量は当初設定値よりも減量となる予定。また建設工期が 2 季後退する見込みで、運営開始は 2018 年 9 月以降となると報告を受けている。下水汚泥引取り委託金の算出については、6 月に詳細設計が完了するためランニングコストが判明する 7 月以降になる予定。

新下水処理場建設スケジュール

2016 年 11 月	業者決定
2018 年 9 月頃	建設終了予定
2018 年 10 月頃	新下水処理場運用開始予定

c) 社会・経済状況

・ 2016 年大統領・副大統領選の影響について

2016 年 11 月の大統領・副大統領選では現職大統領が当選し再任することが確定した。よって政治的な方針と体制に大きな変更は発生しない見込みである。また副大統領候補として出馬していた現コロール州知事アダチ氏は結果落選であった。コロール州知事としては残り任期 1 年である。

- ・観光客数の減少

Bureau of Immigration の統計値によると、パラオへの旅行者数（ビジネス含む）が 2015 年と比較し 2016 年は 16%減であった。中でも中国人観光客の減少率が高い傾向にある。観光はパラオの主要産業であることからパラオ経済に与える影響度も高いため、注意して動向を見ていく。

d) 地方政府における廃棄物関連予算の規模等状況（想定する契約相手が地方政府の場合）

コロール州は毎年度約 60 万ドルを廃棄物関連の新しい投資資金として活用できるよう予算確保している。各廃棄物予算の規模等状況については継続して把握を行う。

e) 再生品・再生エネルギーの売却単価

再生可能エネルギー普及促進制度「Net Metering ACT」の概要を入手した（グリッドに接続することで電気代のオフセットが可能となる制度で、主にユーザーが屋根等に設置する太陽光発電等の小規模発電を想定している）。バイオガス発電も PPUC の許可があれば利用可能となるが、PPUC 事業への影響を最小化するためか制約も大きい模様。

f) 事業に必要なコスト

- ・公共料金設定価格の情報アップデート

現地企業等への見積・ヒアリング、既存事業の調査等によりコスト調査を行う。特に、以下のように変動が見込まれる費用については継続的に注視する必要がある。

人件費： パラオでは最低賃金法が適用されており、現在段階的な引き上げが進んでいる。2016 年 10 月に時給\$3.5 に設定されている。1 年で 0.5 ドル引き上げていき、最高 8.5 ドルまで上昇する計画。

電気代： 本事業にも大きく影響を与える要素であり継続的に調査を行う。

水道代 現時点で最新の電気代と水道・下水料金の Tariff を掲載する。

NEW WATER RATES PER THOUSAND GALLONS						IMPLEMENTATION OF WATER AND WASTEWATER RATES WILL HAVE IMPACT ON CUSTOMERS AS FOLLOWS:						IMPLEMENTATION OF WATER AND WASTEWATER RATES WILL HAVE IMPACT ON CUSTOMERS AS FOLLOWS:							
	2015	FY15	FY16	FY17	FY18	Residential		2015	FY15	FY16	FY17	FY18	Commercial/ Government		2015	FY15	FY16	FY17	FY18
Water-Res (0-5k)	\$1.17	\$1.47	\$1.53	\$1.59	\$1.65	0	5,000	\$7.35	\$9.17	\$9.54	\$9.92	\$10.32	0	10,000	\$41.20	\$86.32	\$103.58	\$124.30	\$129.27
Water-All Others	\$1.91	\$4.51	\$5.41	\$6.49	\$6.75	5,001	10,000	\$18.40	\$33.51	\$38.46	\$44.32	\$46.09	10,001	20,000	\$82.40	\$172.64	\$207.16	\$248.60	\$258.54
% Increase- Res (0-5k)		26%	4%	4%	4%	10,001	15,000	\$29.45	\$57.86	\$67.38	\$78.73	\$81.88	20,001	30,000	\$123.60	\$258.95	\$310.74	\$372.89	\$387.81
% Increase- All Others		136%	20%	20%	4%	15,001	20,000	\$40.50	\$82.21	\$96.31	\$113.14	\$117.66	30,001	40,000	\$164.80	\$345.27	\$414.33	\$497.19	\$517.08
NEW WASTEWATER RATES PER THOUSAND GALLONS						ALL OTHER FEES													
	2015	FY15	FY16	FY17	FY18	0	5,000		28%	4%	4%	4%	0	10,000		110%	20%	20%	4%
Sewer-Res (0-5k)	\$0.30	\$0.36	\$0.38	\$0.39	\$0.41	5,001	10,000		82%	15%	15%	4%	10,001	20,000		110%	20%	20%	4%
Sewer-All Others	\$2.21	\$4.13	\$4.95	\$5.94	\$6.18	10,001	15,000		96%	16%	17%	4%	20,001	30,000		110%	20%	20%	4%
% Increase- Res (0-5k)		21%	4%	4%	4%	15,001	20,000		103%	17%	17%	4%	30,001	40,000		110%	20%	20%	4%
% Increase- All Others		87%	20%	20%	4%	20,001	25,000		107%	18%	18%	4%	40,001	50,000		110%	20%	20%	4%

図 3-2-38 水道料金のタリフ

PALAU PUBLIC UTILITIES CORPORATION Estimated Electric Charges Effective for Billings Issued on or after April 1, 2017							
	Monthly Charge			Difference			
	Current Rate	April 1, 2017		Amount	Percent		
Residential kWh							
100	\$	18.20	\$	20.20	\$	2.00	11.0%
150		25.80		28.80		3.00	11.6%
200		37.10		41.10		4.00	10.8%
250		48.40		53.40		5.00	10.3%
300		59.70		65.70		6.00	10.1%
350		71.00		78.00		7.00	9.9%
400		82.30		90.30		8.00	9.7%
500		104.90		114.90		10.00	9.5%
600		132.40		144.40		12.00	9.1%
700		159.90		173.90		14.00	8.8%
800		187.40		203.40		16.00	8.5%
900		214.90		232.90		18.00	8.4%
1,000		242.40		262.40		20.00	8.3%
1,500		379.90		409.90		30.00	7.9%
2,000		517.40		557.40		40.00	7.7%
2,500		654.90		704.90		50.00	7.6%
3,000		792.40		852.40		60.00	7.6%
Commercial/Government kWh							
500	\$	148.50	\$	158.50	\$	10.00	6.7%
1,000		286.00		306.00		20.00	7.0%
1,500		423.50		453.50		30.00	7.1%
2,000		561.00		601.00		40.00	7.1%
3,000		836.00		896.00		60.00	7.2%
5,000		1,386.00		1,486.00		100.00	7.2%
10,000		2,761.00		2,961.00		200.00	7.2%
15,000		4,136.00		4,436.00		300.00	7.3%
20,000		5,511.00		5,911.00		400.00	7.3%
30,000		8,261.00		8,861.00		600.00	7.3%
40,000		11,011.00		11,811.00		800.00	7.3%
50,000		13,761.00		14,761.00		1,000.00	7.3%
75,000		20,636.00		22,136.00		1,500.00	7.3%
100,000		27,511.00		29,511.00		2,000.00	7.3%

図 3-2-39 水道・下水料金のタリフ

4. 廃棄物の組成・性状等調査

本事業においては実施せず

5. 現地政府・企業等との連携構築

<p>コロール州政府・パラオ国政府</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラントメーカー変更に伴う事業スキーム、計画スケジュール変更について適時協議・相談を行い、同意を得ることができた。 ・ 廃ガラス工場の建設計画の情報共有を得ており、バイオガスプラントからの電力供給は、コロール州リサイクルセンター構想の主要要件に位置付けられている。 ・ パラオ国政府と分別・回収スキーム、制度設計などに係る議論を進めている。
<p>公共基盤・産業・商業省 (MPIIC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新処分場計画と本事業との連携・影響について今後検討していく必要がある。訪問時に本事業進捗報告と新処分場計画の情報更新を行っている。
<p>パラオ上下水道電力公社 (PPUC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ PPUC 新下水処理場プロジェクトマネージャーと設計情報入手に関する連絡を継続。レビュー後の入札設計情報提供について先方に随時確認を取っている。 ・ 本事業による下水汚泥の引受が新下水処理計画においても期待されているので、引き続き相互協力していく。
<p>天然資源・環境観光省 (MNRET)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネピアグラス栽培農地をアイメリーク州ネッケン地区の候補農地として利用することについて、農業局長の合意を得ている。 ・ 農業用地の利用条件とメタン発酵消化液の液肥利用計画について調整を行っている。
<p>農業関係部門 (OISCA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネピアグラスのサンプル育成農地を OISCA 圃場にて確保してもらっている。 ・ 液肥の利用を検討されているので、液肥の重要な販売先の一つとなる。
<p>環境品質保護委員会 (EQPB)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ セプティックタンク汚泥をバイオガスプラントの原料として想定するシナリオがあり、タンクリストの情報提供について協議している。 ・ 本事業のアセスメント時期については引き続き相談し、適時実行する方針で一致している。

<p>独立行政法人国際協力機構 (JICA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業継続の財源として、JICA 中小企業海外展開支援事業のスキームに案件申請の際に、本件を優良案件として JICA 本部に報告いただく。 ・ 引き続き同スキームの申請を検討していることから連携を密にしていく方針で、適時事業進捗報告を実施している。
--------------------------------	--

- ・ その他アテンドしている企業/関係団体
環境コンサルタント： Melekau Environmental Consulting (MEC)
建設関連会社： Surangel Construction Co.、TRB Architects、

6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

6.1 ワークショップの概要

目的

本事業関係者に対し、これまでのバイオガス事業の経過報告を行うと共に、一連の事業システムと資源循環プロセス運営体制の共有を図ることでバイオガス事業の理解を更に深め、事業の基本合意を得る。

日程： 2017年2月28日（火）、13：00～14：30

開催場所

Conference room of Bureau of Public Works, Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce（公共施設・産業商業省 カンファレンスルーム）

6.2 ワークショップの調整・準備

資料は巻末の参考資料を参照。

ワークショップ参加者

役職/所属	名前
Consultant, Solid Waste Management Office, Koror State (コロール州 廃棄物管理事務所 コンサルタント)	藤 勝雄氏
Koror State Government	Mr. Selby Etibek
Director, Bureau of Public Works, Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce (公共施設・産業商業省 公共事業 局長)	Mr. Brian Melairei
Palau Energy Office, Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce (公共施設・産業商業省 パラオエネルギーオフィス)	Mr. Gerald Tulop
Director, Bureau of Agriculture, Ministry Nature Resource Environment Tourism (天然資源環境観光省 農業局)	Mr. Fred Sengebau
Resident Representative, JICA Palau (独立行政法人国際協力機構 JICA/パラオ支所 支所長)	宮田 伸昭氏
Japan Overseas Cooperation Volunteers (青年海外協力隊)	田中サキ氏
株式会社三菱総合研究所	新井 理恵氏
アミタ持続可能経済研究所	須永 裕之
アミタ持続可能経済研究所	長谷川 孝史

6-3 実施内容

ワークショップのアジェンダ

時間表	担当	概要
13:00	アマタ	開催挨拶 <ul style="list-style-type: none"> ワークショップの概要・目的について説明 参加者紹介
13:05 (40m)	アマタ	平成 27 年の成果報告 <ul style="list-style-type: none"> ヴァイオス社プラントシステム全般の説明 一連のサイクルの図示説明 目指すべき最終目標について (4UNIT) 実現にけるポイント部分を強調
13:45 (15m)	アマタ	ディスカッション <ul style="list-style-type: none"> 意見表明・課題抽出 課題解決のための施策をブレスト
14:00 (5m)	休憩	
14:05 (15m)	三菱総合研究所	ケーススターディ <ul style="list-style-type: none"> リサイクル事業についてアジアの事例紹介
14:20 (5m)	三菱総合研究所	質疑応答
14:25	<ul style="list-style-type: none"> 閉式 	



写真 6-3-1 ワークショップ実施風景

6.3 ディスカッションでの意見・質問

原料確保について

<生ごみ>

- ・ Palau Pork Product (PPP)を農業局が始めている。養豚場と屠殺場をつくり、国内に豚肉を供給する事業であり、バイオ事業の原料として想定している食品廃棄物は養豚で利用される可能性がある。代わりに養豚場から排出される糞尿や汚泥をバイオ事業の原料とできる。原料構成の可能性として検討してみてはどうか。

<ネピアグラス>

- ・ フードセキュリティの観点から、液肥の85%をネピアグラスに散布する計画はフードセキュリティに貢献しない。ネピアグラスではなくタロイモ等の農作物向けに利用するよう検討してもらいたい。あるいは食品廃棄物と下水汚泥の原料構成でネピアグラスを外すほうが事業効果のインパクトが大きいのではないか。
- ・ ネピアグラス収穫 (1.4t/d) の実現性について、もっと運用計画を詰める必要があるのでは。

費用対効果について

- ・ 州政府が運営主体となることで、人件費は州の共通経費とし、バイオガス事業のランニングコストに積算しないというのは楽観的な事業収支計画なのではないか。

7. 実現可能性の評価

7.1 事業採算性

コロール州にて実現を目指すバイオガス事業の到達目標は、本システムの UNIT 連結による有機廃棄物の回収とエネルギー化による資源循環体制の樹立にある。コンテナモジュール型バイオプラントの特徴として、システム運営開始後、有機系廃棄物の回収量や事業成熟度に応じて、事後段階的にプラントシステムの増築が可能であることが強みである。建設地に占めるプラント用地面積から本事業では 4UNIT 連結が最大値となるが、連結数は原料となる廃棄物の回収量と事業収支から最適数を判断する必要があるため目指すべき事業規模は現時点では確定していない。最適規模を見極めていくには、1UNIT のシステム導入から判断していく必要があるため、1UNIT のシステム先行導入を基本方針としている。そこで本事業では 1UNIT による事業採算性を評価している。

	Item		Notes
【Initial】	Biogas plant/facility	-890,820	For plant, farm, transportation
	Vehicles	-217,920	
	Construction, others	-105,876	
	Consultant fee	-272,727	To be compensated by JICA grant
	Total	-1,487,343	
	JICA Grant for oversea expation for SME enterprize	909,091	
	Real investment	-578,252	

	Item	Unit Price	Unit	QTY	unit	2nd year~ (1st year:60% operation)	Notes
【Income】	Disposal fee of swage sludge	35.0	USD/t	1.4	t/d	17,885	Assumed unit price
	Liquid Fertilizer Sales	10.0	USD/ t	0.45	t/d	1,643	lower than the price in Koror
	Total					19,528	
【Expense】							
	Variable cost						
	Operation cost/Napier Grass Farm	17.8	USD/ t			11,751	
	Fixed cost						
	Plant maintenance cost	26,453	USD/Y	1	set	29,098	2% of total plant cost
	Vehicle maintenance cost	4,358	USD/Y	1	set	4,794	2% of total vehicle cost
Other cost							
	Management cost	5%				2,500	
	Total					48,144	
	Total balance					-28,616	
	Electricity cost offset	0.35	USD/kWh	93,393	kW	29,419	
	Real balance					803	

表 7-1-1 バイオプラント 1 UNIT による収支試算 (ドル建て)

初期投資

初期財源として JICA 中小企業海外展開支援事業 普及・実証調査の補助を想定している。初期投資としてはプラント設備、車輛費、工事費、システム運営構築の外部委託費が発生するが、現時点の積算額からは JICA 中小企業支援スキームの補助を受けても、約 6000 万円の初期投資が必要となる。コロール州からは工事費用と車輛費を予算化することについて応諾を得ている。差額約 3000 万円について今後設備費用の削減および費用補填を図る必要がある。

<対策>

- 現地メンテナンス体制を考慮すると、高性能な機材ではなく現地で部品調達並びに修理ができる機材が求められる。その観点からプラント設備の機材見直しを行う。
- 現地工事、配管場所や一次側電源工事もコロール州が担うことから、プラントメーカーとしては不明な点が多い現地事情を想定した費用積立が不要となる。
- 他の補助事業との併用により一部財源補助を得る（外務省草の根無償資金協力 等）

費用

運営主体が州政府にあるため、人件費についてはバイオ事業単体でみず州の共通経費とすることから事業経費に含めていない。また減価償却費も取得年にすべて費用として計上するためにランニングコストに含めていない。

収益

下水汚泥引取量、液肥販売単価と販売量については現状概算値である。新下水処理場の詳細設計が6月に完了するので、7月から下水汚泥引取費用について交渉できる見通し。液肥販売単価や販売量については農業局や農家と具体的に詰めていく。

7.2 環境負荷削減効果

・本事業による温室効果ガス削減量とエネルギー起源 CO2 削減量

本事業で発生する余剰電力・余剰熱の CO2 削減量と、廃棄物が埋立されるケースにおけるメタンガス発生量から、本事業を通して新たに発生する CO2 量を差し引いた量が本事業による CO2 削減効果となり、図 7-2 の通り GHG 削減量 924tCO2/年、エネルギー起源の CO2 削減量 108tCO2 /年 となる。

■発電利用			
発電効率			
発電量			
発電機容量			
電力自家消費量			
売電量	256		kWh/日
売電単価			円/kWh
売電額			円/日
			円/年
ネピアグラスによる増加分			円/年
電力CO2係数	0.000692	tCO2/kWh	
売電によるCO2排出削減量(tCO2)	65	tCO2/年	①
■余剰熱利用			
熱回収率	50%		
熱回収量Mcal	726	Mcal/日	
熱回収量MJ	3,049	MJ/日	
年平均気温	27.0	°C	
発酵槽における必要熱量	853	MJ/日	
殺菌槽における必要熱量	0	MJ/日	
余剰熱量	2,196	MJ/日	
ボイラー熱回収率	80%		
軽油発熱量kcal	9,126	kcal/L	
軽油発熱量MJ	38.33	MJ/L	
軽油換算(日)	45.8	L/日	
(年)	16.7	kL/年	
軽油排出係数	2.58	tCO2/kL	
軽油代替CO2削減量	43.2	tCO2/年	②
■埋め立てケースのメタン発生量			
CH4生ごみ係数	0.145	tCH4/t	
CH4推定発生量	48	tCH4	
CH4既存単独浄化槽係数	0.0002	tCH4/人	
CH4推定発生量	0.00028	tCH4	
CH4推定発生総量	48	tCH4	
CH4地球温暖化係数	21		
N2O既存単独浄化槽係数	0.00002	tN2O/人	
N2O推定発生量	0.000028	tN2O	
N2O地球温暖化係数	310		
CO2換算量	1,000.3	tCO2/年	③
■バイオガス燃焼に伴うCO2発生量			
メタン分子量	16	g/mol	
二酸化炭素分子量	44	g/mol	
メタン(60%)のmol数	24	mol/m3	
メタン燃焼で発生したCO2	1,073	g/m3	
バイオガス含有CO2(40%)のmol数	16.3	mol	
CO2の質量	715	g/m3	
発生量計	1,789	g/m3	
バイオガス燃焼に伴うCO2発生総量	184	tCO2/年	④

GHG削減量合計(①+②+③-④)	924	tCO2/年
エネルギー起源CO2削減量(①+②)	108	tCO2/年

図 7-2-1 CO2 削減量による環境負荷削減効果

・廃棄物処理削減量

本事業にて、コロール州で発生する有機系廃棄物（生ごみと下水汚泥）をバイオガス化原料として投入することを通じ、埋立処分する廃棄物の削減が可能となる。年間を通して、737.3tの廃棄物削減効果を見込むことができる。

バイオ化原料	日量		年間処理量	
生ごみ	0.9	t/d	328.5	t/y
下水汚泥	1.4	t/d		
下水汚泥(乾燥処理後)	1.12	t/d	408.8	t/y
廃棄物処理量合計	2.02	t/d	737.3	t/y

図 7-2-2 廃棄物削減量

7.3 社会的受容性

パラオ政府及びコロール州政府に事業計画を推進する意思はあるか。	2014 年度より実施してきた本事業の調査ならびに事業計画案の協議を通じて、パラオ政府及びコロール州政府と事業スキームについて十分な理解を得ることができている。また州政府は資源リサイクル事業の一環として計画している廃ガラス工場の電力源の一部に、バイオガス発電による電力供給を想定している。このことから本事業はパラオ国の環境・観光政策推進の重要な要素と位置付けられている。
関係機関は事業計画に対する基本理解を持っているか	第4回訪問の関係者合同ワークショップにおいて、本事業に関わる公共機関関係者を対象にシステム全般の共有と課題解決を目的としたワークショップを実施し共通理解を図った。
パラオ政府及びコロール州政府と本事業に対する基本合意ができているか。	コロール州政府とは2016年3月に本事業推進に係るパートナーシップ協定(MoU)を締結しており、本年度はより具体的なスキーム設計・事業体制・スケジュール・事業採算性を固め2017年2月の訪問時にコロール州政府に提案および協議を行った。合意できる事業採算性と実現可能性について、更に州政府側と協議を続けていくことが必要である。

7.4 実現可能性の評価

・関係者との基本合意形成

7.3 社会受容性で前述した通りコロール州政府と事業全般の基本合意形成を得るために事業提案を行った。また2017年2月の第4回訪問に開催した関係者合同ワークショップにおいて、直接的な事業関係者を含む機関と、事業全般の報告を通して運営開始までのスケジュールと運営計画の共有化、事業収支や疑問について協議できた。このワークショップを通して関係機関が事業の理解を深めたこと、また課題や国内の新たな動向についても確認することができた。

・プラント立地

当初数案検討していたプラント立地も、必要面積の測量結果と安定地盤の調査結果からコロール州リサイクルセンター隣接地に確定した。バイパス建設計画が進展しているが、計画段階からバイオガス事業との調整を進めているため、領域確保は可能と見込んでいる。

・原料の安定的な調達

生ごみは、養豚場の飼料として活用される可能性も浮上しているため、収集量が不安定化する恐れがある。ホテルをはじめとする事業系からのごみ回収を見込むことで収集量を確保していくことと、生ごみの代替原料として養豚場から排出される糞尿、リサイクルセンターの破碎後ダンボール屑、ビール工場のビール粕、オーガニックファームの焼酎粕など原料引取についても見込める状況にある。

下水汚泥についてはパラオ上下水道電力公社 (PPUC) が進める新下水処理場からの下水汚泥引取りを予定している。またセプティックタンク汚泥も代替原料として引取できる見込みがある。

・ネピアグラスについて

ネピアグラスの不妊性改良種 Pakchong1 のパラオでの試験栽培と液肥肥効は確認済みであり、栽培農地確保の目途もついている。懸案であったヴァイオス社プラントでの利用についても沈降、可溶化に良好なデータが出ている。ガス発生量の試験結果をもってネピアグラスの栽培・利用に係る評価を確定できる見込みである。

・液肥散布

メタン発酵消化液は排水せず全て液肥として農地還元する計画である。そのためネピアグラス栽培農地へ優先的に全量散布することを想定している。ただし他の農作物への液肥散布の需要もあり、現地農業局やオイスカとも液肥散布計画と価格設定について協議を進めていく予定である。

・初期投資財源

財源として JICA 中小企業海外展開支援事業の補助適用を検討している。同事業の普及実証調査にてプラント建設の補助適用を受け、運用開始する計画である。また案件不採択のリスクヘッジのため他グラントとして、Green Climate Fund (GCF) のグラント申請を同時並行で行う計画である。

8. 今後の海外展開計画案

・方針

新下水汚泥場とコロール州廃ガラス工場の運用が開始となる2019年1月に、バイオガスプラントの運用を開始することを基本方針としている。1ユニットの導入を先行して実現することを前提に、翌年度は詳細設計を更に具体化し、実基建設を進めていく。

運用までの詳細設計にかかる調査や初期投資の財源としては、JICA 中小事業海外展開支援事業のスキーム活用を想定しており、プラントは普及実証調査による補助を受け、実基導入を計画している。案件不採択となるリスクヘッジのためにGCF グラントの同時申請を検討していることは前述の通りである。

・スケジュール

2017年4月以降の中期スケジュールは以下の通りである。

パラオ スケジュール案	コロール州 ベラウ・エコグラスPJ (廃ガラス工芸センター) 【電力供給先】	PPUC 新下水処理場計画 【下水余剰汚泥排出元】	バイオガス事業						
			JICA中小企業海外展開支援						
			普及・実証 (30年度第1回)	案件化調査 (29年度第1回)					
2017年 (29年度)	3月	設計・建設	公募開始	案件化調査	公募開始				
	4月				建屋建設	締切(1W)			
	5月								
	6月								
	7月					採否結果発表			
	8月								
	9月								
	10月								
	11月								
	12月								
	2018年 (30年度)				1月	運用開始	公募開始	案件化調査	設備導入、運営体制構築
					2月				
3月									
4月			締切						
5月									
6月			採否結果発表						
7月									
8月									
9月									
10月									
11月									
12月									
2019年 (31年度)	1月	運用開始	実証事業実施	案件化調査	運用開始 (最短2019目標)				
	2月								
	3月								
	4月								
	5月								
	6月								
	7月								
	8月								
	9月								
	10月								
	11月								
	12月								

図 8-5-1 今後の中期事業スケジュール

・想定される今後のリスク

事業全般に係るリスクまたは課題とその対策について以下に列挙する。

リスク/課題	対策
生ごみ回収量が確保できない	代替原料として養豚場から排出される糞尿、リサイクルセンターの破砕後ダンボール屑、ビール工場のビール粕、オーガニックファームの焼酎粕など原料発生量を調査し、確保のための交渉を進めていく
生ごみ分別の未徹底	事業者に対しては分別したごみについて処理費を下げる等のインセンティブを設定、中長期的には住民に対するごみ袋有料化についても検討を提案したい。 コロール州と協力して、分別開始前の説明会やデモンストレーションなどの啓発活動を行う。北九州市ともスキーム案の協議も行っていく。
下水汚泥の引取がなくなる	セプティックタンクの汚泥回収の可能性を固めていく。
下水処理汚泥処理費の確保	現在パラオ上下水道電力公社 (PPUC) に新下水処理施設の計画運用コストとの比較を行うことでメリットのある提案を行う。時期は2017年6月の詳細設計完了以後となる。
実現可能性のある費用積算	ヴァイオス社、アマタ、コロール州の3者でプラント設備仕様と必要工事について細部まで協議することで、実現性のある費用積算を行う。
バイオガス事業の運用計画	バイオガス事業の全作業を図示し、必要人工と作業内容を明らかにし、最適な運用計画を設定する必要がある。原料収集作業、プラント内作業、液肥運搬/散布、ネピアグラス圃場作業と一連の作業ごとに計画案を作成し、今後検証を含め最適な運用を確立させていく。
バイパスルート設計がプラント立地と重なる。	バイオガスプラント立地の必要面積を確保するよう、バイパス計画段階から設計会議に入り込むことで、サイト確保を確実にする。
初期財源が確保できず、スケジュールが後退する。	JICA 中小企業海外展開支援業務のスキーム申請以外にも、GCF や他 Grant への申請を同時並行で進めていく。

参考資料

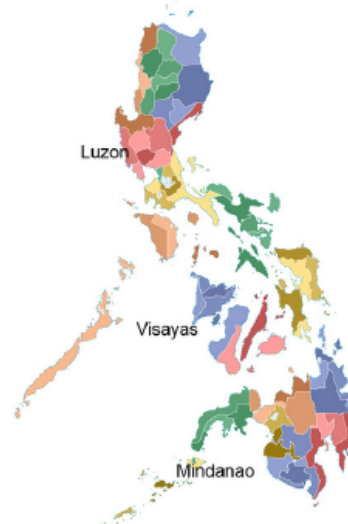
① Alterna Verde 社の概要について

- Established in the Philippines in **2011** under the Securities and Exchange Commission
- 100% Filipino owned



OUTLINE OF Alterna Verde Corporation (AVC)
Introduction

- Our objective is to provide businesses in the Philippines using a **practical, scalable, and pragmatic** approach to create renewable energy generation projects, thus, converting country's **curse into blessings.**



OUTLINE OF Alterna Verde Corporation (AVC)
Introduction

- **Gas** – Biogas, Compressed Biogas (CBG), Compressed Natural Gas (CNG)



- **Wind** – Low Speed Wind Turbines



- **Micro Hydro** – Low Speed, Low Head - Hydro Screws



OUTLINE OF AVC Solutions

Project Name	Substrate	Digester Volume (cu.m)	Ave. Projected Power Output (KWh per day)	Total Consultancy Fee	Construction Cost	Est. Total Project Cost
Philwide Meats	Chicken	3,200	2,160	55,556	339,666	395,221
Biotech Farms	Mixed	12,000	8,100	77,778	1,385,311	1,463,089
QPLC Tiaong Farm	Chicken	3,000	2,025	62,000	374,160	436,160
RDF Lara Farm	Pig	8,000	5,400	67,000	1,040,000	1,107,000
RDF San Jose Farm	Pig	2,000	1,600	55,000	250,000	305,000
Rancho De Oro	Pig	1,250	920	55,000	200,000	255,000
Excelsior	Pig	2,000	1,600	62,000	300,000	362,000
TOTAL		31,450	21,805	434,333	3,889,137	4,323,470

PROJECT TRACK RECORD What we do

- **AVC is the authorized implementer and re-seller of ERDI biogas technologies in South East Asia (Excluding Thailand)**
- **Biogas projects has to have a high degree of:**
 - **Availability**
 - **Reliability**
 - **Serviceability**
 - **Longevity**



AVC's Experience with ERDI Biogas Plant
Relationship with ERDI

8 Megawatt Centralized Biogas Power Plant
Running on Chicken Manure + Forage Grass



KCF Green Energy Farm
Proof of Concept

Constructing Comprehensive Resource Circulation System Workshop

- A result report of “the feasibility study and basic design of the biogas system (Japanese fiscal year 2016)” -

AMITA Institute for Sustainable Economies Co.,Ltd

AMITA
Institute for
Sustainable
Economies
持続研

AMITA

1

©AMITA Institute for Sustainable Economies Co.,Ltd

Purpose of the workshop

1. Share the current scheme of the biogas system, basic design of the plant , project effect and cost benefit analysis.
2. Identify the issues and discuss measures and feasibility.
3. Exchange various ideas and opinions to build a necessary action plan toward next phase.
4. Share the mid-term schedule.

AMITA

2

©AMITA Institute for Sustainable Economies Co.,Ltd

Time schedule

No	time	min.	Subject	
1	13:00	5	Opening/ purpose of the workshop	AISE
2	13:05	40	Reporting session - A result report of "the feasibility study and basic design of the biogas system (Japanese fiscal year 2016)" -	AISE
3	13:45	15	Discussion	AISE
4	14:00	5	Break	-
5	14:05	15	A Case study from Mitsubishi Research Institute Improvement in Waste Management and Recycling -Cases in Asian Cities-	MRI
6	14:20	5	Q&A	MRI
7	14:25	5	Closing/ group photo	-

Major Pressing Issues of Palau

- Waste problem & environmental pollution
- Food and energy security
- Foreign capital dependent economy

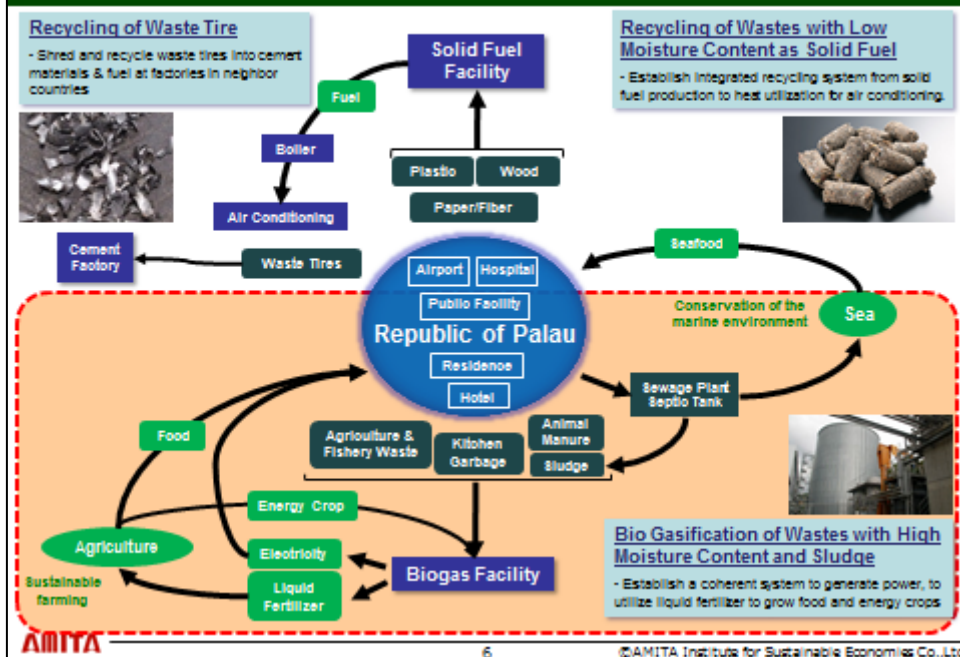


➤ *Common issues for SIDS (Small Island Developing States)*

Purpose of the Project

- ❑ To recover resource and reduce dumped solid waste and sewage sludge
- ❑ To create renewable energy
- ❑ To promote organic agriculture
- ❑ To conserve the environment for future generation
- ❑ To be more attractive for tourists

Outline of CRCS(Comprehensive Resource Circulation System)



Track record of the project

Year	Phase	Major Contents
2013	Pre-research (Supported by MOE JCM fund)	Background investigation
2014-15	Basic survey (Supported by MOE JCM fund)	Waste composition survey Waste measurement survey Waste collection/segregation trial Mini-Biogas demonstration Project planning/presentation to JCM members



AMITA

7

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd

Track record of the project

Year	Phase	Major Contents
2015-16	Feasibility study Supported by MOE Overseas Expanding Phase2 (with Vietnam project)	Improvement of the project plan Napier grass growing test using methane fermentation digestive(liquid fertilizer) Workshop with Kitakyushu-city Study tour at Minami-sanriku, Japan Partnership Agreement with Koror state
2016-17	System Basic Design Supported by MOE Overseas Expanding Phase3	Ongoing



AMITA

8

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd

Track record of the project

Study Tour in Japan with Koror State governor and Palau concerned people
(Nov. 2015)



AMITA

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd

The contents of this year's activities

Major Contents

- Fix the candidate site for Napier grass farming
- Measurement, Technical investigation of the plant candidate site in M-dock.
- Review and approval of the specification of the biogas system proposed by plant engineering company and manufacturer
- Basic design and cost estimation of the biogas system
- Update the project plan based on the design and estimation



写真3-2-2 M-dock内のプラント候補地



写真3-2-1 バックホーによる試験調査

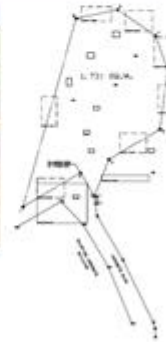


図3-2-1 試験調査範囲図

- ① リサイクルセンター裏地
- ② 農タイヤ置き場
- ③ 空き地
- ④ 空き地

AMITA

10

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd

Progress report

Research with AVC company

- Survey for candidate plant site
- Consideration optimum plant design



AMITA

11

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd.

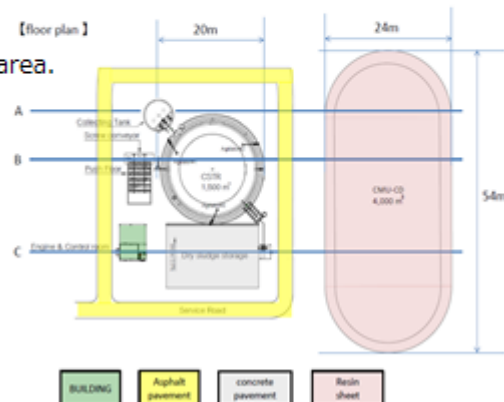
Progress report

Change the partner

AVC's biogas plant requires too much scale of area.

Not suitable to M-dock available area.

Sufficient condition for M-dock is small-sized plant design.



AMITA

12

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd.

Progress report

Container Module-based Methane Fermentation Plant

(Vioce Co.,Ltd, Wakayama pref. Japan)

Featured spec 「**Small-sized, Low weight, on-site model**」

- Gas holder, digester and mixing tank installed in 20ft container
- Easy shipping
- can be connectable up to 3 digester (1unit)

Digester type	High- temperature
volume(m3)	15
HRT	10
pH value	6.7 ~ 7.6
Temperature(℃)	55
capacity t/d	1.5



AMITA

13

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd.

Progress report

INPUT -1UNIT

Input Material	Amount	Unit	Biogas Generation rate	Unit
Napier Grass (Silage)	0.68	t/d	90	m3/t
Food Waste	0.9	t/d	650	m3/t-VS
Grease trap sludge	0.05	t/d	250	m3/t
Swage Sludge	1.4	t/d	370	m3/t-VS
Total	3.03	t/d		-

OUTPUT (Calculation value)

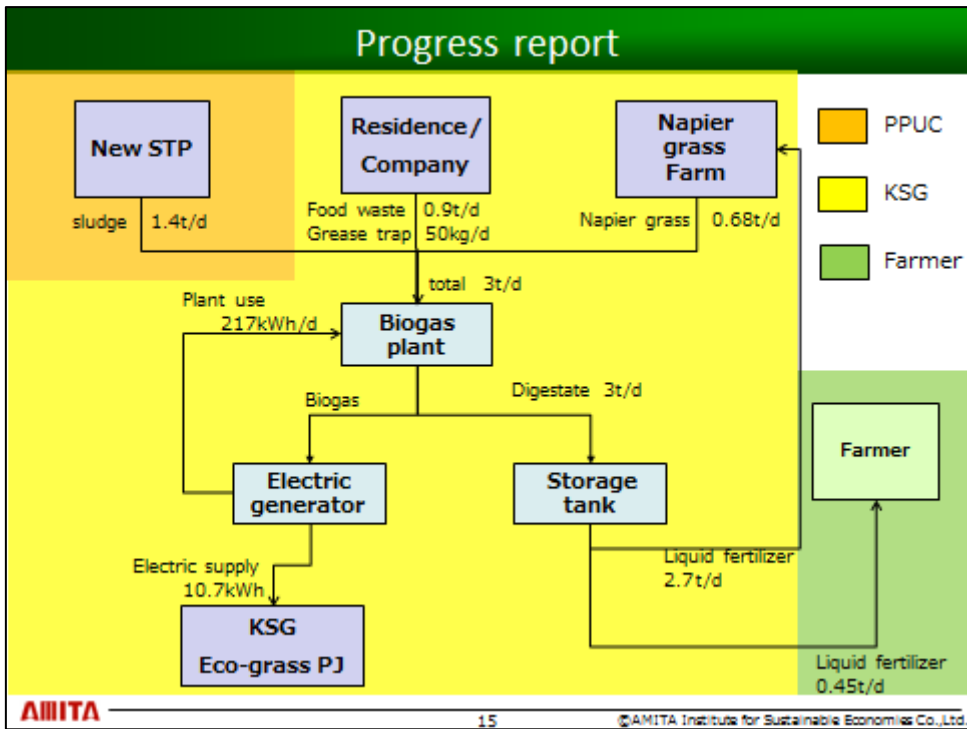
	Amount	Unit
Biogas	281	M3/day
Generated Electricity	473	kwh/day
	19.7	kwh
Surplus Electricity	256	kwh/day
	10.7	Kwh
Liquid Fertilizer	3.2	t/day



AMITA

14


©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd.



Progress report

Liquid fertilizer

Biogas plant is not only a supplier of energy. The digestate is a valuable fertilizer, rich in nitrogen, phosphorus and potassium (NPK).

	<p>Daily output: 3.15t</p> <p>Ratio: N 0.27%, P 0.08%, K 0.08%</p> <p>Advantage: cut down total amount of chemical fertilizer. to establish resource circulation system between farm town.</p> <p>Utilization: for Napier grass for sale.</p>
---	---

AMITA 16 ©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd.

Progress report

Napier grass farming

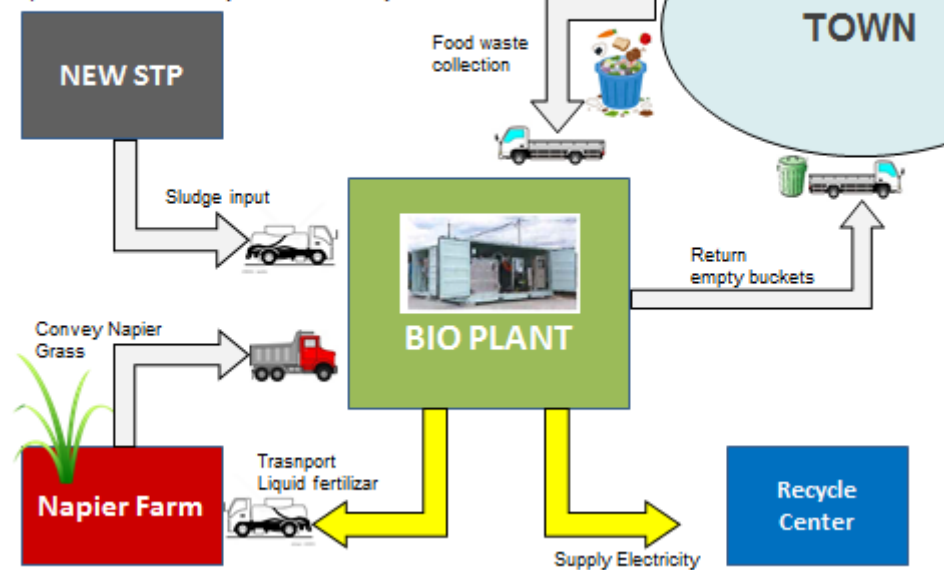


Farm area :	2 ha
Harvesting:	1.4t/d
Cultivating:	1.4t/d
Silaging :	1.4t/d(30d)
Carrying out:	0.68t/d
Liquid Fertilizer:	2.7t/d

Candidate site for Napier grass farm land No.5 in Nekken area

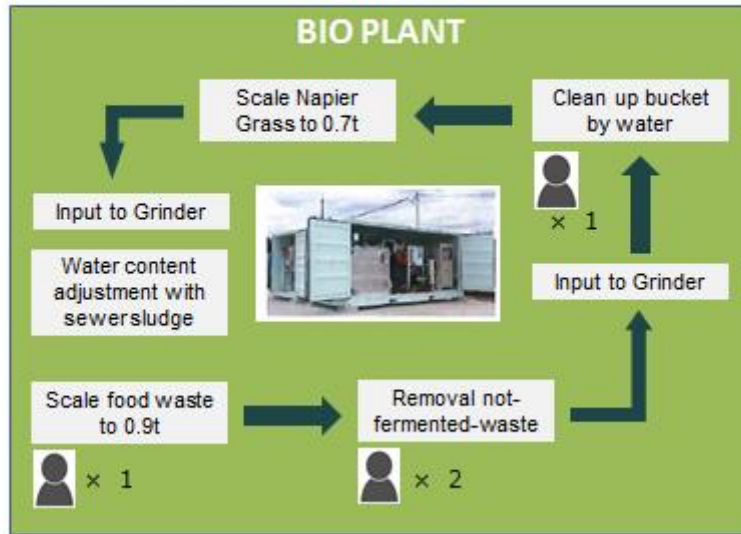
Progress report

Operational work (material flow)



Progress report

Operational work (plant work)



AMITA

19

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd

Progress report

Napier grass farming flow



AMITA

20

©AMITA Institute for Sustainable Economics Co.,Ltd