

平成 28 年度循環産業の国際展開による
海外での CO2 削減支援委託業務

パラオ共和国における
包括的有機資源循環システム構築事業

報告書

平成 29 年 3 月 15 日

株式会社アミタ持続可能経済研究所

はじめに

近年では、主に発展途上国において経済成長や人口増加に伴って廃棄物の発生量が増加し、その質も多様化していることから、適正な廃棄物の管理および処理が喫緊の課題となっている。この傾向は、経済成長が著しいアジアをはじめとした島嶼国でも特に顕著であり、廃棄物の急増・多様化に加え、廃棄物処理体制も未整備・未成熟であることから、廃棄物処分場に起因する周辺環境への汚染や生態系への影響が懸念されている。

一方、廃棄物の適正処理とともに、CO₂ やメタンなどの温室効果ガスを削減するコベネフィット効果への期待が高まっている中で、我が国は、これまでに廃棄物処理やリサイクルに係る社会的要請に応じるため、廃棄物処理・リサイクルに関する技術を向上させてきた。また、廃棄物処理・リサイクルに係る循環産業および技術は世界的にみても環境保全及び資源循環において先進的な技術を有していると言える。こうした先進的な循環産業を、廃棄物問題を抱えるアジアを中心とした国々に対して展開し、環境負荷の低減を実現するとともに、我が国経済の活性化につなげることが重要であると考えられる。

本業務は、「平成 28 年度循環産業の国際展開による海外での CO₂ 削減支援委託業務」として、パラオ共和国（以下「パラオ」という。）を環境負荷の課題解決対象サイトとし、メタン発酵（バイオガス化）技術を用いて、生ごみや下水汚泥等の含水率の高い有機廃棄物を資源・エネルギーに変換するとともに、消化液（以下「液肥」という。）を利用してエネルギー作物等の栽培を行う包括的な低炭素型循環モデルの確立を目指す事業である。

調査概要

パラオでは廃棄物のほとんどが埋立処分されており、同国最大の M-dock 埋立処分場はほぼ満杯状態であり、廃棄物の減量・再資源化等の抜本的な対策が求められている。また、下水処理施設の管理不全による周辺環境への影響も指摘され、新下水処理場の建設計画が進む一方で、発生する下水汚泥の処理対策が必要となっている。さらに、近年の急激な観光客増加に伴うリゾート開発が、環境負荷増大につながると懸念されており、抜本的な環境汚染対策が必要な状況である。

このような状況を踏まえ、包括的な資源循環システムを構築し、温室効果ガスの排出削減、廃棄物埋立処分量の削減、再生可能エネルギーの創出、農業・観光産業の振興など多面的なベネフィットを伴う“島まるごと”包括的資源循環モデル構想を実現することを目指し、平成 25 年度より「アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成支援事業」や「我が国循環産業海外展開事業化促進業務」を通して、廃棄物情報収集、組成調査、分別・回収実証、バイオガス化デモンストレーション、液肥によるネピアグラス栽培実証試験を進めて、2016 年 3 月 16 日にパラオ共和国コロール州と「包括的資源循環システム構築プロジェクト」の実現に向けたパートナーシップ協定を締結してきた。

本事業では、これまでの知見を活かし、廃棄物のメタン発酵によるエネルギー生成とその利用、液肥の農業利用及びエネルギー作物への利用を実現するバイオガス化施設に係る詳細調査及びシステム設計を行うとともに、現地政府・関係機関との事業実施に係る合意形成を目指す。具体的な事業範囲としては、コロール州マダライ地区 M-dock 内に、生ごみ、グリストラップ、下水汚泥を原料とした湿式メタン発酵技術を用いたバイオガスプラントを導入し、生成したバイオガスを発電利用すること、また、生成した液肥を用いてエネルギー作物（ネピアグラス）を栽培・収穫し、バイオガス発電量を増加すること、に係る詳細調査及びシステム設計を行った。

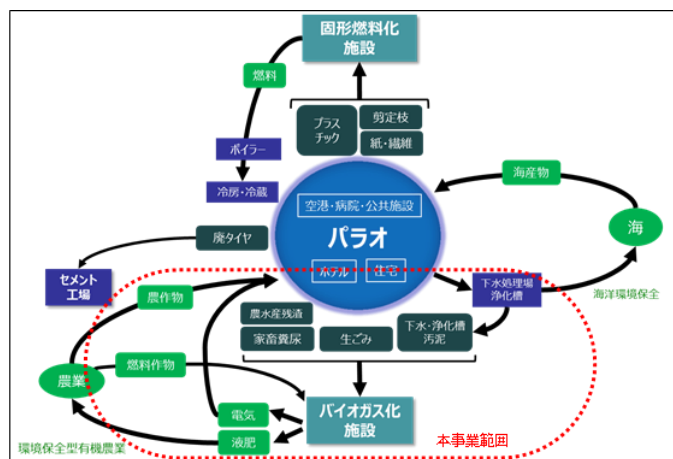


図 パラオにおける包括的循環システムの構想図

メタン発酵技術を導入するに際し、パラオではエネルギー源を輸入に依存しており、電力に対する需要が大きいこと、また、まとまった面積を有する農地は限られている

状況であることを考慮し、液肥を用いてエネルギー作物を栽培し、収穫物をバイオガスプラントに投入し発電量を増加させる仕組みを導入する必要があった。そこで、タイ国チェンマイ大学 Energy Research and Development Institute(ERDI)の技術の導入を目指し、基礎設計を本技術の独占販売権を有する Alterna Verde 社(フィリピン)に委託することを当初計画とした。

昨年度事業においてコロール州政府に提案している事業モデルに基づき、ERDI 及び Alterna Verde 社と協議し、バイオガス事業規模を立案の上、プラント候補地視察、ドローンによる空撮・地盤調査検討、ネピアグラス栽培候補地視察、下水処理場視察を行い、プラント候補地とネピアグラス栽培候補地の目途を立てた(第1回 調査実施訪問)。しかしながら、プラント候補地の取得可能面積が当初想定よりも限られることも判明した。そこで、コンテナモジュール型バイオガス技術を持つヴァイオス社との連携可能性を検討し、同社の技術が、対象地の規模に応じた設計や段階的に規模拡張が可能であることから、今後、本事業を進める上で最適と判断し、同社と共にプラント候補地での試掘・測量、及びバイオガスプラント設計を行った。

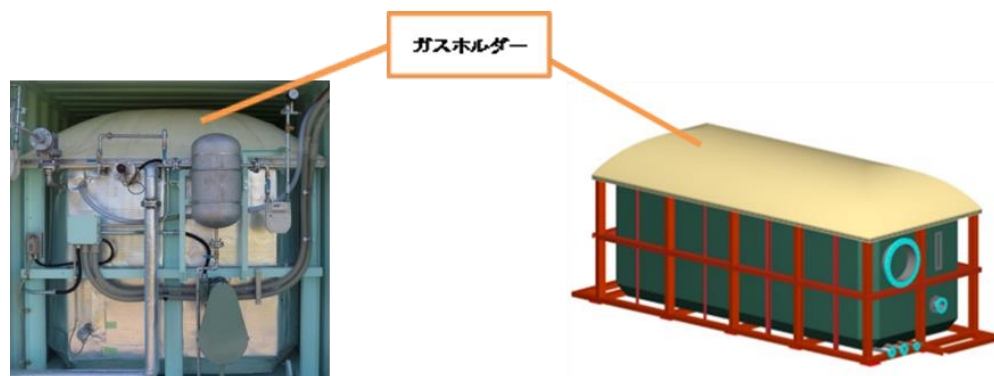


図 ヴァイオス社のコンテナモジュール型バイオガスプラントの発酵槽

コロール州政府の意向により、プラントからの電力供給先をリサイクルセンターエコガラス工場とすることから、プラント立地はリサイクルセンター裏地と確定し、試掘・測量を行った。その結果、プラント立地として十分な地盤強度を有していること、用地面積として $1,731\text{m}^2$ の面積があり、発酵槽 $15\text{m}^3 \times 3/\text{unit}$ の3連結のプラント設備に必要な面積が十分あることが確認できた(第3回 調査実施訪問)。しかし、その後、バイパス道路の建設計画の影響により、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させず 1unit にて設計し、それに伴い原料構成を $3.0\text{t}/\text{日}$ (生ごみ 0.9t 、グリストラップ 50kg 、下水汚泥 1.4t 、ネピアグラス 0.68t) に再設定の上、事業規模を設定した。

観光産業が主のコロール州において、資源循環システムを同産業に活かすことは重要であり、その点で、廃ガラス工房「Belau Eco Glass」での再生可能エネルギー利用は必要不可欠な取組みとして位置付けられている。そのため、バイオガスプラントで得られたエネルギーは電力として、廃ガラス工房で利用することとして事業を設定した。

バイオガスプラントでは電気だけでなく、液肥も製造される。液肥はエネルギー作

物栽培に利用することを想定している。エネルギー作物栽培については、天然資源環境観光省 U. Sengenbau 大臣より、アイメリーク州ネッケン農業促進地区の一部 2ha をネピアグラス栽培農地として利用することで大筋合意を得た(第2回 調査実施訪問)。一方、関係者合同ワークショップにおいて、液肥をもっと広範な農地利用に向けるべきではないかという意見があり、今後の液肥の利用拡大に向けて、農業局と検討を進めることとした(第4回 調査実施訪問)。

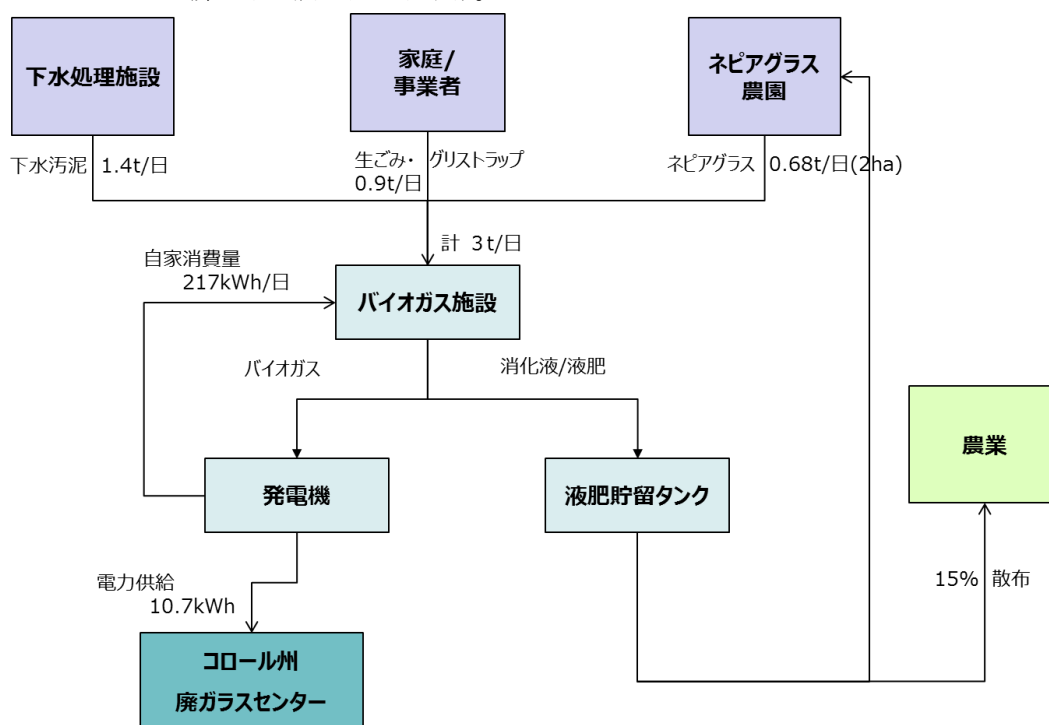


図 事業規模図 (現行図)

本事業の経過報告を行うため、関係者合同ワークショップを開催し、事業システムと運営体制の共有を図り、要望や課題の抽出を行った。その結果、要望として液肥の農業利用の促進、課題としてインプット原料の確保が指摘された。また、事業初期投資については、現状の積算値では財源負担が大きいと、設計変更による減額や費用補填策についても考慮することとした。

このように本事業では、コロール州におけるバイオガスプラントを通じた包括的有機資源循環システムの構築を目指し、廃棄物の原料構成、生成したエネルギー利用、及び液肥利用に関する調査を実施し、現地事情に即した実現可能なシステムの基礎設計及び投資・収支計画案の策定を行った。以上の調査検討を通じて、実施運営者となるコロール州より詳細設計に進むことについての基本的な了承を得た。本事業後は、液肥の農業利用促進等の要望の実現、インプット原料確保等の課題解決に向けた調査、プラント設計の見直しを行い、バイオガス事業実現へのロードマップを明らかにしていく必要がある。

Summary

In the Republic of Palau, most of waste is disposed as open dumping and the country's largest land disposal site M-dock is nearly full to the overflowing point, and radical measures such as a reduction in waste generation and recycling are needed. Furthermore, the influence of the maintenance deficiencies of the sewage treatment facilities on the surrounding environment is pointed out; while the construction plan for a new sewage treatment plant is in process, measures to treat sewage sludge are needed. In addition, the development of resort facilities resulting from the recent rapid increase in the number of tourists is feared to lead to an increase in the environmental load, with radical measures against the environmental pollution being needed.

Under these circumstances, our objective is to build a comprehensive resources recycling system with a view to achieving the concept of an "whole-island" comprehensive resources recycling model, accompanied by the multilateral benefits of the reduction in greenhouse gas emissions, the reduction in the waste landfill volume, the creation of renewable energy, and the promotion of the agriculture and tourism industries. With the aim to achieve this objective, we implemented, beginning in 2013, the collection of information on waste, the survey of the composition of waste, the demonstration of sorting refuse and collecting resources, the demonstration of biogasification, and the demonstrative test on the culture of napier grass based on liquid fertilizer through the Project for Assisting the Formation of JCM Large-scale Subjects to Achieve Low-carbon Society in Asia, the Project for Promoting the Overseas Development and Commercialization of Japan's Recycling Industries, and the like. Under these circumstances, we concluded a partnership agreement intended for the realization of a "project for building a comprehensive resources recycling system" with the Koror State, Republic of Palau on March 16, 2016.

Using the findings from the past, this project aims to study the details of and design a system for a biogasification facility that will realize the production and utilization of energy based on the methane fermentation of waste and the agricultural use of liquid fertilizer and its application to energy crops as well as to form an agreement with the local government and organizations concerned the execution of the project. The concrete scope of the project consists of the study of the details and the system design we conducted concerning the following:

Introducing into the M-dock in the Madalai Area of the Koror State a biogas plant based on the wet methane fermentation technology using kitchen garbage, grease trap, and sewage sludge as raw materials and using the biogas produced for power generation; and
Cultivating energy crops (napier grass) using the liquid fertilizer produced in this way and harvesting the energy crops, and thereby increasing the energy generated with biogas.

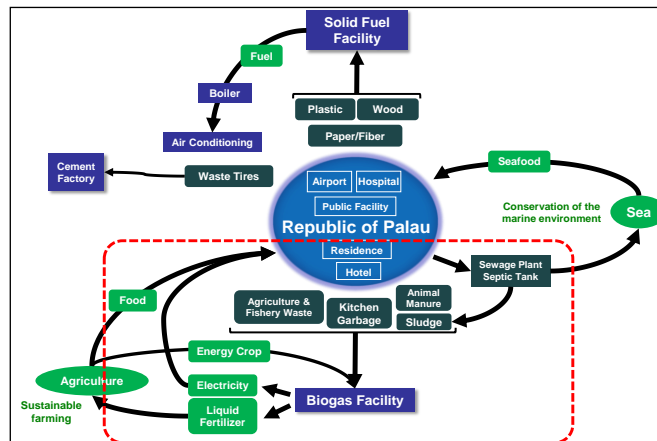


Figure: Conceptual diagram of a comprehensive recycling system in Palau

In introducing the methane fermentation technology, we considered the fact that, depending solely on the imported energy sources, Palau has a large demand for electricity and the fact that pieces of farm land with a sizable area are limited. To counter these challenges, it is necessary to introduce a mechanism in which energy crops are cultivated with liquid fertilizer and the harvests are put into a biogas plant to increase the energy generated. To meet this need, we formulated the initial plan of commissioning Alterna Verde Corporation (of the Philippines), having the exclusive right to sell this technology, to design the system with the aim to introduce the technology of the Energy Research and Development Institute (ERDI) of Chiang Mai University of Thailand.

Based on the project model submitted to the Government of the Koror State in the business plan of the last fiscal year, we consulted with ERDI and Alterna Verde to plan the scale of the biogas business. After this, we visited the candidate site for the plant, took aerial pictures of the site with drones, investigated and studied the ground, and visited the candidate site for napier grass cultivation and the sewage treatment plant, coming to have a prospect for selecting the plant site and the napier grass cultivation site (the first visit for investigation). However, it turned out that the area of the site that could be procured was limited to a smaller extent than that originally expected. Accordingly, we studied the possibility of working hand in hand with Vioce Co., Ltd. that possesses a container-module type biogas technology, finding that the company's technology is compatible with the design matching the scale of the target site as well as with a stepwise expansion of the operational scale. For these reasons, we concluded that Vioce is the most suitable for us to proceed with this project and performed trial excavation and land survey at the candidate plant site and designed a biogas plant in cooperation with them.

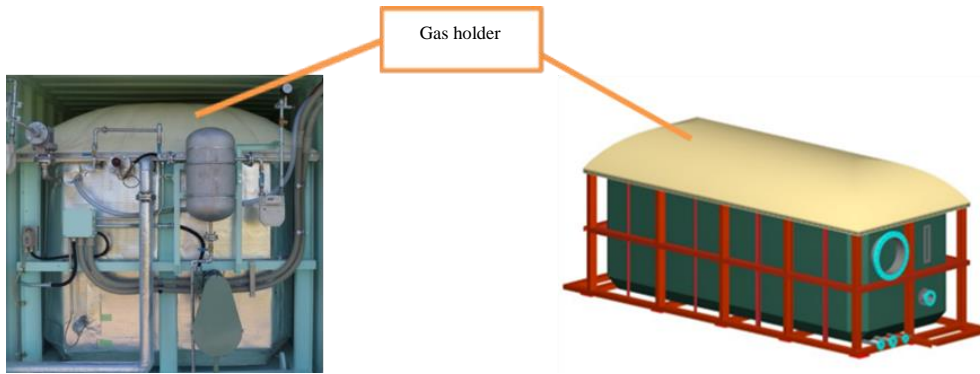


Figure: Fermentation tank installed in the container-module type biogas plant of Vioce Co., Ltd.

With the Eco Glass Studio in the recycling center designated by the Government of the Koror State as the target destination to which electricity generated at the plant is transmitted, the plant site was decided on a piece of land behind the recycling center, where we conducted trial digging and a land survey. The trial digging and land survey confirmed that the site has a sufficient foundation strength as a plant site and that the area of the site of 1,731 m² is sufficient to accommodate a three-unit-connected plant facility made up of fermentation tanks with a dimension of 15 m³ × 3/unit (the third visit for investigation). Later, however, the possibility occurred of the area that can be secured being reduced as a result of the bypass road construction plan. For this reason, we adopted a design in which units were not connected at that stage, designing a one-unit system; as a result, we established a project scale based on a composition of raw materials of 3.0 t/day (0.9 t of kitchen garbage; 50 kg of grease trap; 1.4 t of sewage sludge; and 0.68 t of napier grass).

It is important to make the most of a resources recycling system for the tourism industry in the Koror State in which the tourism industry is a predominant one. In this respect, the use of renewable energy in Belau Eco Glass is positioned as an indispensable approach. With this situation taken into account, we set a project on the assumption that the energy obtained from the biogas plant is used in the form of electricity by the recycled glass studio.

The biogas plant produces not only electricity but also liquid fertilizer. It is assumed that liquid fertilizer is used to grow energy crops. Mr. U. Sengebau, the Minister of the Natural Resources, Environment and Tourism, and we have agreed in principle to the use of a 2-ha portion of the Nekken agriculture promotion area in the State of Aimeliik for napier grass cultivation land (the second visit for investigation).

On the other hand, the opinion that liquid fertilizer should be used more extensively for farm land was expressed at the joint workshop for those concerned, and we decided to proceed with the consultation with the Bureau of Agriculture for the future expansion of the use of liquid fertilizer (the fourth visit for investigation).

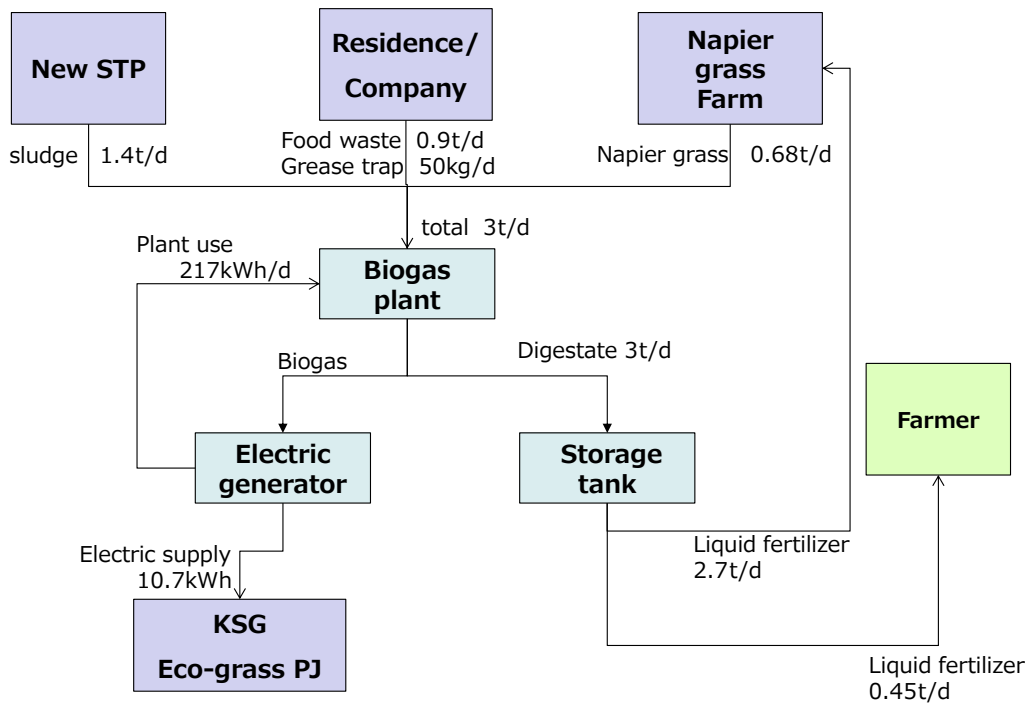


Figure: Diagram showing the business scale (Diagram showing the current state)

To report the progress of this project, we held a joint workshop for those concerned and tried to share the project system and the operating scheme with all those concerned, and extracted their requests and the items they regarded as challenges to them. The opinions gathered at the joint workshop pointed out the promotion of the use of liquid fertilizer for agriculture as the request and the securing of input raw materials as the challenge. In addition, the opinions on the total initial investment on the facilities pointed out the heavy funding burden; to improve this situation, we would consider the countermeasures such as the reduction in the amount through design changes and the compensation for the costs.

As described above, this project, aiming to build a comprehensive organic resources recycling system through a biogas plant in the Koror State, conducted surveys on the composition of raw materials of waste, the utilization of energy generated, and the utilization of liquid fertilizer, designing the basics of a feasible system compatible with the site situations and formulating the investment and the income and expenditures plan. Through the investigations and examinations described above, we obtained the basic approval to proceed to the detail design from the Koror State, executive operator. After the completion of this project, it is necessary to bring the request of promoting the agricultural use of liquid fertilizer into reality, to conduct investigations toward the solution of the challenge of securing input raw materials, and to review the plant design, in order to clarify the road map toward the realization of a biogas business.

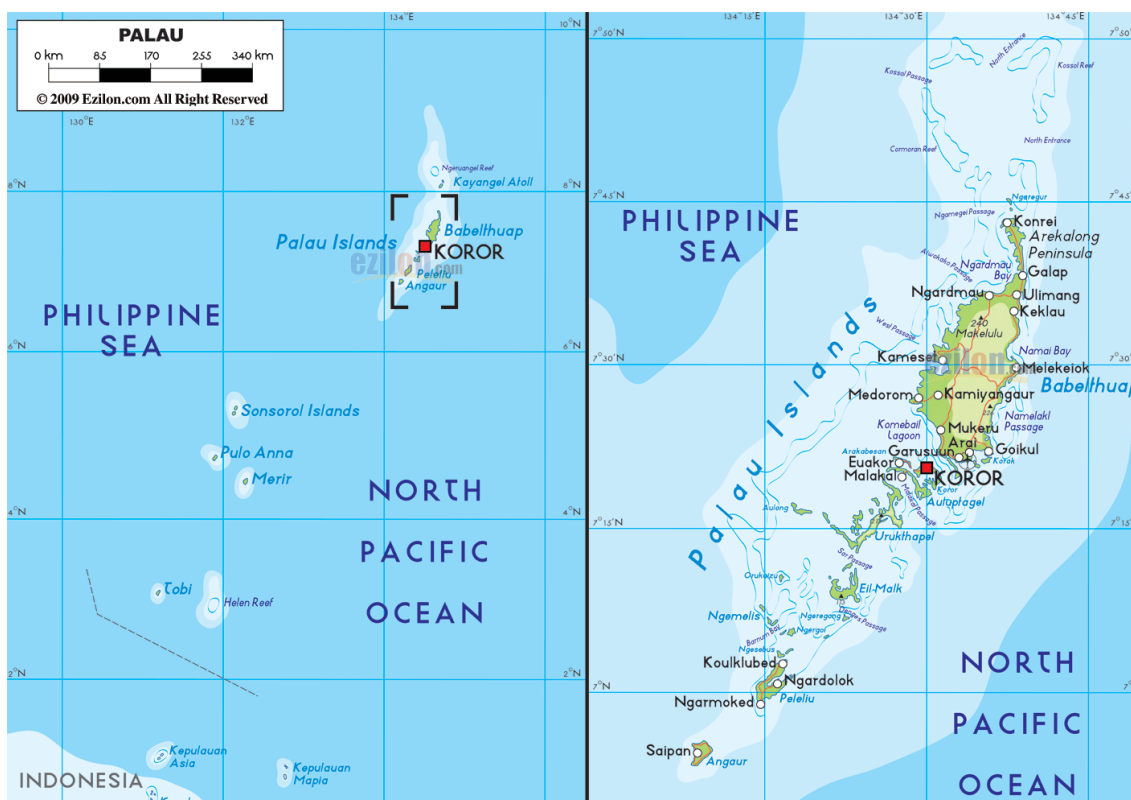
目次

| | |
|--|----|
| 1. 事業の目的・概要..... | 3 |
| 1.1 事業背景 | 3 |
| 1.2 事業の目的..... | 3 |
| 1.3 包括的資源循環モデル構想と本事業範囲 | 4 |
| 2. 海外展開計画案の策定 | 10 |
| 2.1 事業規模 | 10 |
| 2.2 事業運営計画 | 11 |
| 2.3 事業実施体制 | 11 |
| 3. 対象地域における現状調査 | 12 |
| 3.1 調査実施訪問 | 12 |
| 3.2.1 事業スキーム・計画等に係る追加調査・検討、合意形成の実施 | 20 |
| 3.2.2 システム設計・見積取得、建設に向けた準備の実施 | 31 |
| 3.2.3 事業環境及び事業計画に係る現状調査 | 55 |
| 4. 廃棄物の組成・性状等調査 | 59 |
| 5. 現地政府・企業等との連携構築 | 59 |
| 6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催 | 60 |
| 6.1 ワークショップの概要 | 60 |
| 6.2 ワークショップの調整・準備..... | 60 |
| 6-3 実施内容..... | 62 |
| 6.3 ディスカッションでの意見・質問 | 63 |
| 7. 実現可能性の評価..... | 64 |
| 7.1 事業採算性..... | 64 |
| 7.2 環境負荷削減効果..... | 66 |
| 7.3 社会的受容性 | 67 |
| 7.4 実現可能性の評価..... | 68 |
| 8. 今後の海外展開計画案 | 69 |

パラオ共和国 基礎情報



| | |
|------------|---|
| 人口 | 17,501 人 (2012 年) |
| 面積 | 488 km ² (屋久島と同等) (386 島、うち 9 島が有人島) |
| 首都 | マルキョク (2006 年 10 月に旧首都コロールから遷都) |
| GDP | 250.6 百万 USドル(2014 年) |
| 国民一人当たりの所得 | 11,110 USドル(2014 年) |
| 主な産業 | 観光業(2015 年観光客 161,931 人) |
| 主な輸入製品 | 機械・機器、燃料、メタル、食料品等 |
| 主な輸出製品 | 魚介類等 |



(出所 : Ezilon map <http://www.ezilon.com/maps/oceania/palau-physical-maps.html>)

1. 事業の目的・概要

1.1 事業背景

パラオでは廃棄物のほとんどは埋立処分されているが、同国最大の M-dock 埋立処分場もほぼ満杯状態にあり、残余容量拡大のための工事が予定されているものの 2019 年頃には許容限界を迎える見通しとなっている。新しい最終処分場の建設案があるが、廃棄物の減量・再資源化等の抜本的な対策が求められている。また下水処理施設の管理不全による周辺環境への影響も指摘されている。増大する下水処理のため新下水処理場の建設計画が進むが、発生する下水汚泥の処理対策が必要である。加えて、近年の急激な観光客の増加は更なるリゾート開発に拍車をかけ、環境負荷増大につながると懸念されている。観光業を主産業とするパラオにおいては、環境負荷低減に向けて、抜本的な環境汚染対策が必要となっている。



写真 1-1 M-Dock 埋立処分場の状況

1.2 事業の目的

上記 1-1 のような状況を踏まえ、本事業は包括的な資源循環システムを構築し、温室効果ガスの排出削減、廃棄物埋立処分量の削減、再生可能エネルギーの創出、農業・観光産業の振興など多面的なベネフィットを伴う“島まるごと”包括的資源循環モデル構想を実現するため、詳細調査及びシステム設計を行うとともに、現地政府・関係機関との事業実施に係る合意形成を目指すものである。

1.3 包括的資源循環モデル構想と本事業範囲

平成 25 年度より「平成 25 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成支援事業」（環境省）の採択を受け予備調査を開始して以来、システム企画・エネルギー需要に関する調査・メタン発酵消化液（以下、液肥）を利用した農作物栽培試験等、アウトプット利用に関する調査を終え、事業スキーム・計画を立案した。そして昨年度の「平成 27 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務」を通して、廃棄物管理計画に必要な更なる基本データを調査し、事業計画・システム設計の精査、現地における実施体制の具体化に向けた取組みを実施した。2016 年 3 月 16 日にパラオ共和国コロール州と「包括的資源循環システム構築プロジェクト」の実現に向けたパートナーシップ協定を締結している。

事業経緯概要

| 年度 | フェーズ | 主な内容 |
|---------|------------------------------------|--|
| 2013 | プレ調査 (JCM) | 廃棄物情報収集、 関係機関訪問と情報収集 |
| 2014-15 | 基礎調査 (JCM) | 廃棄物組成調査 廃棄物計量調査 分別・回収実証 バイオガス化デモンストレーションWS プロジェクト計画策定 |
| 2015-16 | 実現可能性調査 環境省【我が国循環産業海外展開事業化促進業務】 | プロジェクト計画の精査 液肥によるネピアグラス栽培実証試験 関係者南三陸（アマタ南三陸BIO）視察 コロール州とパートナーシップ協定の締結 |



写真 1-2 分別実証の実施状況



写真 1-3 組成調査の実施状況②



写真 1-4 現地でバイオガスを用いて発電している様子③



写真 1-5 2015 年 コロール州関係者南三陸 BIO を視察



写真 1-6 2016 年 3 月コロール州とパートナーシップ協定締結

本事業範囲としては、廃棄物のメタン発酵によるエネルギー生成とその利用、液肥の農業利用及びエネルギー作物への利用を実現するバイオガス化施設に係る業務が対象となる。

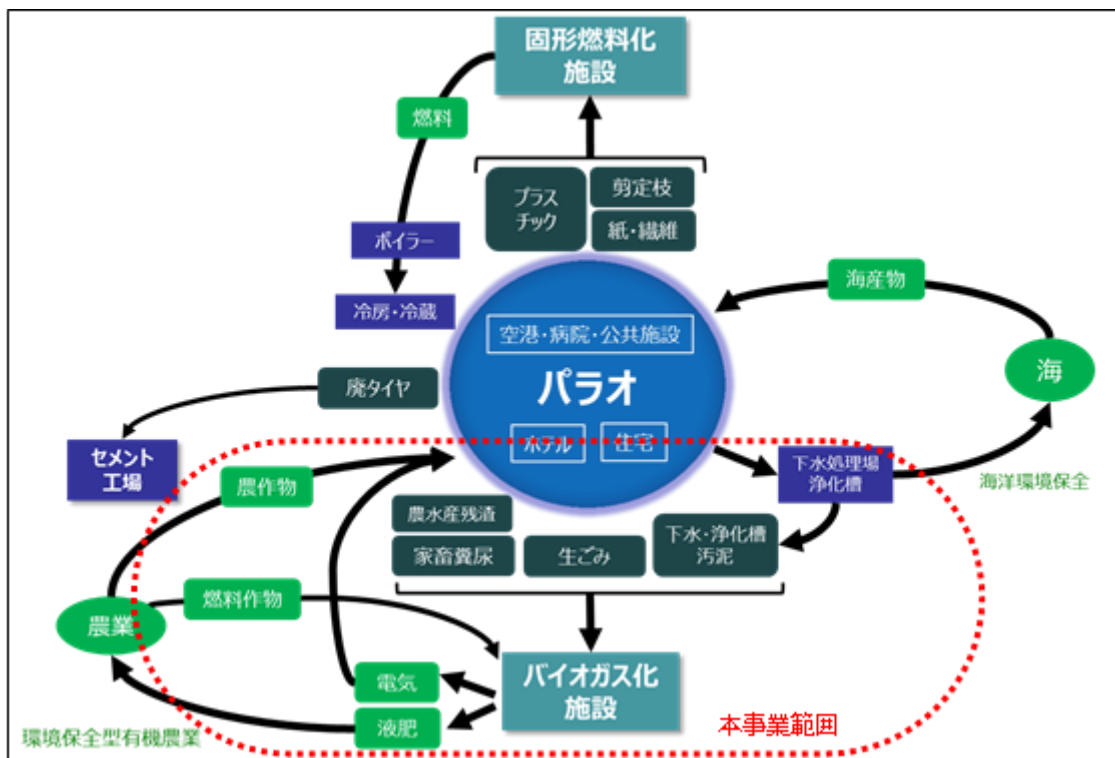


図 1-1 パラオにおける包括的循環システムの構想図

※ パラオでは、エネルギー源を輸入に依存しており、電気代が高く電力に対する需要が大きい。一方でまとまった面積を有する農地の数は限られている。このため液肥を用いてエネルギー作物（ネピアグラス）を栽培し、収穫物をバイオガスプラントに投入して発電量を増加させる仕組みを導入する。

<対象地域>

処理施設設置場所：パラオ共和国 コロール州マダライ地区 M-dock 内
対象廃棄物の収集対象エリア：パラオ共和国コロール州

<処理対象廃棄物種類>

有機性廃棄物等： 生ごみ、グリストラップ、下水余剰汚泥

<利用技術>

湿式メタン発酵

導入技術に関して、高収量エネルギー作物であるネピアグラスのバイオガス利用に関する豊富な知見・経験を有するタイ国チェンマイ大学 Energy Research and Development Institute (ERDI) の技術を導入することを当初計画とし、基礎設計は本技術の独占販売権を有する Alterna Verde 社（フィリピン）に委託することとした。巻末に概要を掲載。

本事業での ERDI システムフロー図/レイアウト案

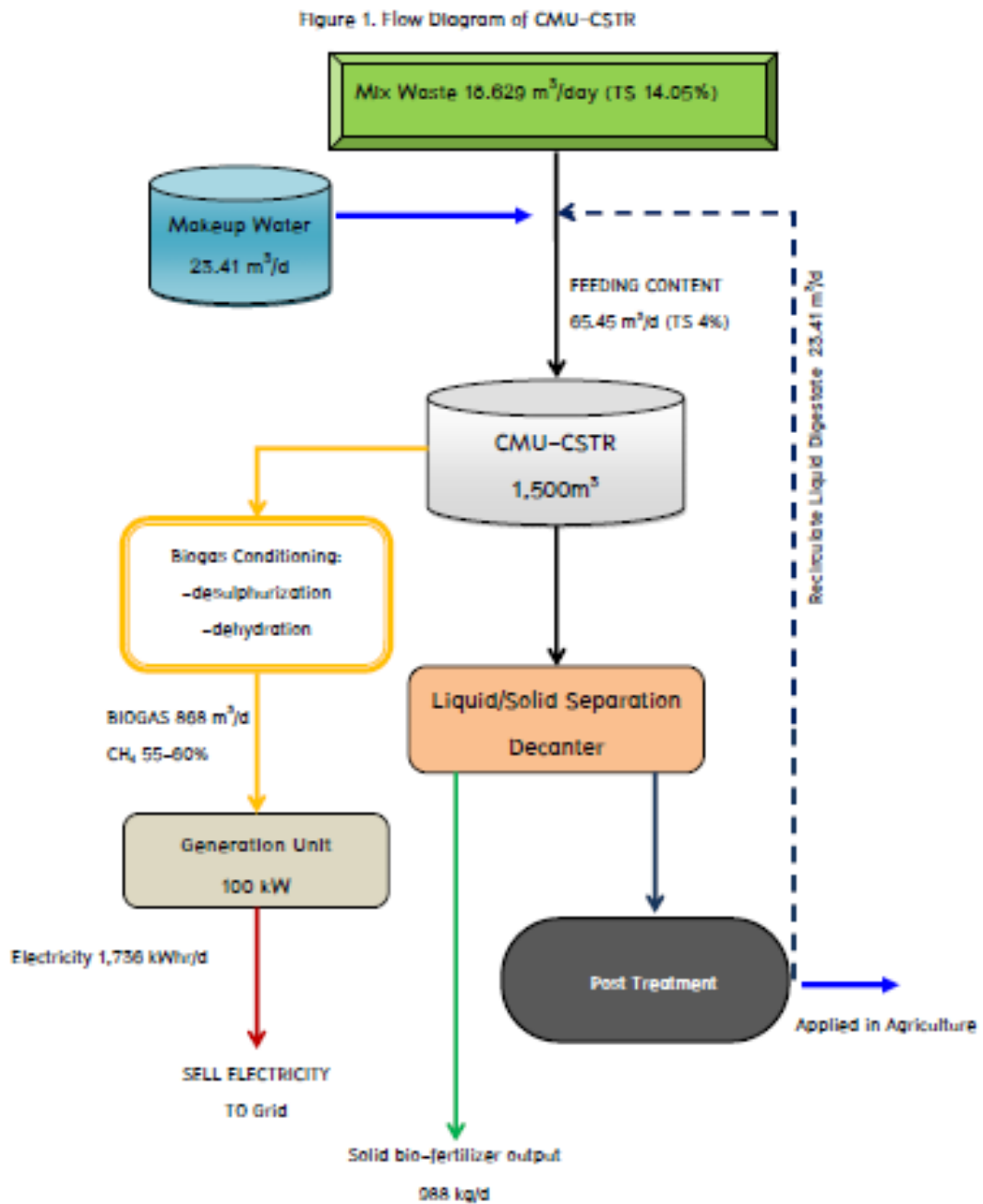


図 1-2 ERDI エネルギー/マテリアル フロー図

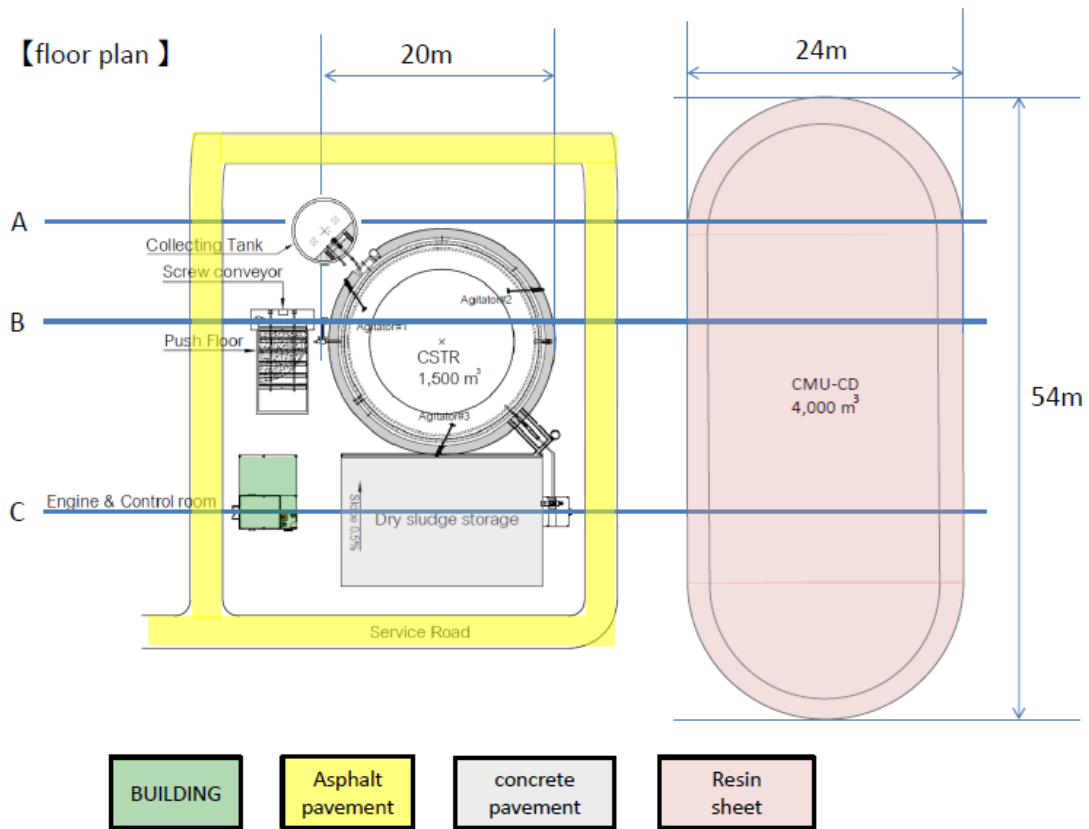


図 1-3 ERDI バイオガスプラント レイアウト図

2. 海外展開計画案の策定

2.1 事業規模

昨年度事業においてコロール州政府に提案しているインプット投入量と事業モデルを本事業において設計した。インプット量の精査は、搬入量・組成調査結果に基づいた設定値を ERDI 及び Alterna Verde 社と協議し、各施設の仕様・機種の検討及びコスト精査を実施して設定したものである。その結果、インプット量：生ごみ・グリストラップ・廃油 2.1t/日＋下水処理汚泥 22t/日＋ネピアグラス 16t/日程度：10～20ha の農地にて周年栽培し毎日収穫・投入するモデルとしている。液肥は主にネピアグラス栽培にて利用するが、農作物への利用拡大も段階的に増加させていくことを想定している。

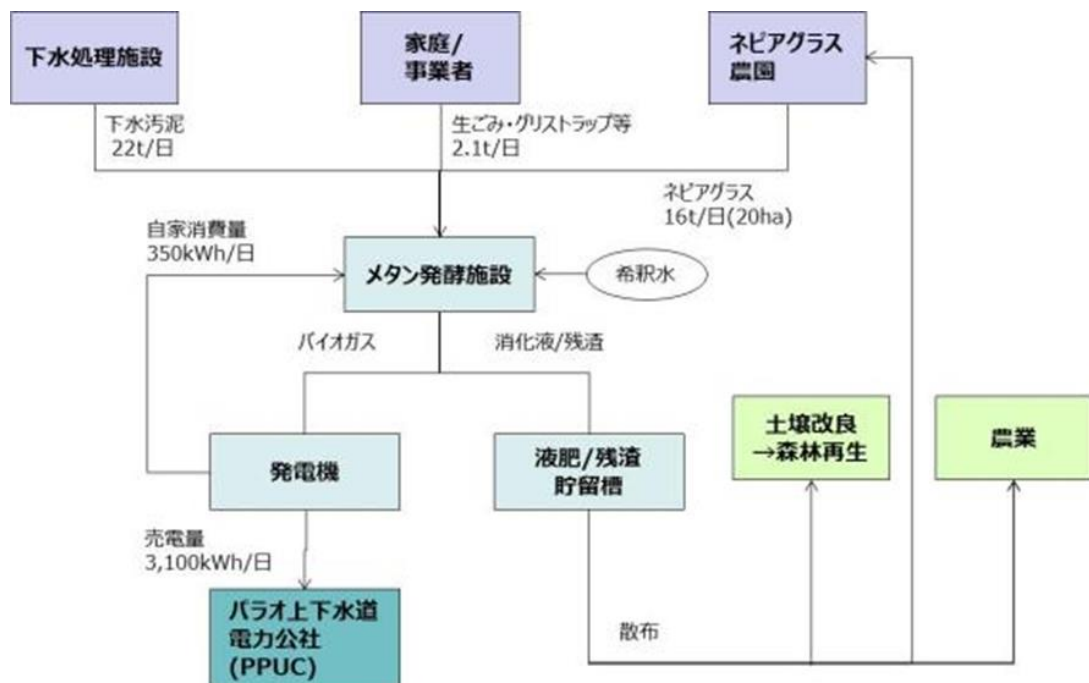


図 2-1 バイオガス事業規模 (計画段階)

2.2 事業運営計画

当初関係機関に対し提案を行った運営計画案は以下の通りである。パラオ上下水道電力公社（PPUC）とバイオガス施設への下水汚泥処理委託について協議をスタートしている。

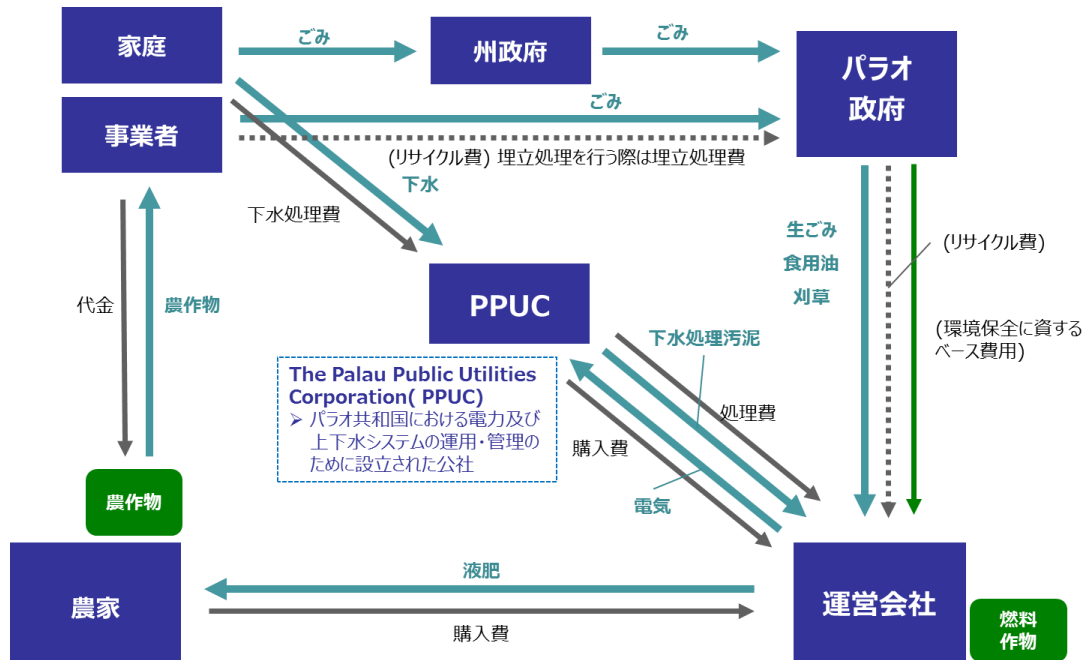


図 2-2 事業運営図 (計画段階)

2.3 事業実施体制

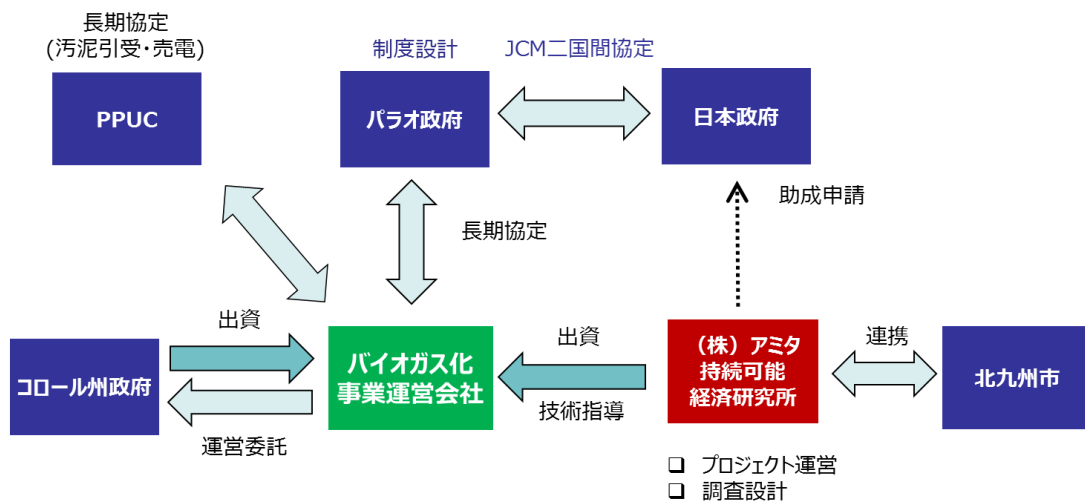


図 2-3 事業実施体制図 (計画段階)

3. 対象地域における現状調査

3.1 調査実施訪問

現地調査、関係者訪問のため以下の通り現地を訪問した。

第1回目 日程： 2016年7月17日～2016年7月24日
 人員： 株式会社アミタ持続可能経済研究所 須永裕之、長谷川孝史、
 Alterna Verde社 Nervy Santiago氏 (7/21日迄)
 目的： プラント候補地の調査・協議、関係者訪問、建設会社訪問

| 実施日 | 調査、訪問内容 |
|---------|--|
| 7/18(月) | <p>[訪問] コロール州政府藤勝雄氏 調査実施報告、想定課題に対する相談</p> <p>[打合せ] Alterna Verde社 Nervy Santiago氏 調査実施計画の確認、本調査でのアウトプットを協議</p> |
| 7/19(火) | <p>[調査] ・プラント立地候補視察、ドローン測量・地盤調査検討、 ・アイメリーク州およびアイライ州のネピアグラス候補地視察 ・Malakal 下水処理場の視察</p> <p>[訪問] Melekau consulting社 Jon Vogt氏 初期環境アセスメントの協議</p> <p>Palau Shipping社 海上輸送ルート、輸送費用について情報ヒアリング</p> |
| 7/20(水) | <p>[調査] ・ドローン空撮 (M-dock 埋立処分場、Malakal 下水道、アイメリーク州農地)</p> <p>[訪問] Surangel's Construction社 Johnon lechad氏 現地調達可能資材、調達コスト、M-dock 地盤情報の確認</p> <p>コロール州政府 藤勝雄氏 バイオガス立地の現況報告・相談</p> <p>TRB Architects社 Terry Cliff氏 事業状況の報告、現地建設会社のヒアリング</p> |
| 7/21(木) | <p>[訪問] ・Melekau consulting社 Jon Vogt氏 M-dock エリア内のプラント設置リスク事項をヒアリング</p> <p>JICA パラオ支所 宮田支所長 後任所長への挨拶、事業内容と経緯の説明</p> |
| 7/22(金) | <p>[調査] ・M-dock 候補地の確認、面積測量、アイライ州候補地の確認</p> <p>[訪問] 上下水道電力公社 (PPUC) Anthony Rudimich氏 新下水処理場プロジェクトの近況ヒアリング</p> <p>Surangel Construction Johnson Lechad氏 過去の M-dock 地盤掘削から、立地候補の地盤安定性をヒアリング</p> <p>コロール州政府 藤勝雄氏 バイオガス立地候補について報告、 建設業者 Lucky GBM の紹介</p> |



写真 3-1-1 候補地①の空撮写真



写真 3-1-2 M-dock 最終処分場の空撮写真



写真 3-1-3 マラカル下水処理場の空撮写真



写真 3-1-4 ネピアグラス栽培候補地の空撮図

第2回訪問 日程： 2016年11月28日～2016年12月3日
 人員： 株式会社アミタ持続可能経済研究所 須永裕之
 目的： メーカー同行現地訪問に向けた事前調査の実施、農地の選定

| 実施日 | 調査・訪問内容 |
|----------|--|
| 11/29(火) | <p>【訪問】 農業局 Fred Sengebau 局長 ネピアグラス農地候補地の相談 農地利用条件の確認、開発許可についてプロセスを確認</p> <p>OISCA 農園 ネピアグラス栽培圃場で生育状況の確認 ネピアグラスの沈降試験調査開始</p> <p>コロール州 Manager Selby Etibek 氏 バイオガス事業進捗の報告 2017年2月のワークショップについて協力相談</p> |
| 11/30(水) | <p>【調査】 ・ネピアグラス栽培候補農地を地図上にて特定させる ・現地測量会社について情報収集とアプローチ</p> <p>【訪問】 PPUC Anthony Rudimich 氏 新下水処理場プロジェクトの進捗確認、詳細設計情報を入手 現地測量会社についてヒアリング</p> <p>環境コンサルタント MEC RPF の環境リスクについてヒアリング</p> |
| 12/1(木) | <p>【調査】 ・GCF グラントについてヒアリング</p> <p>【訪問】 OISCA 農園 ネピアグラスの沈降試験完了、サンプルリング</p> <p>公共基盤産業商業省 MPIIC 2017年2月のワークショップ案内 M-dock の地盤試験調査の協力依頼</p> |
| 12/2(金) | 再調査、関係者協議と諸事確認 |

第3回訪問 日程： 2016年12月18日～2016年12月22日
 人員： 株式会社アミタ持続可能経済研究所 須永裕之
 株式会社ヴァイオス 村岡英樹、
 目的： 関係構築、状況把握、プラント候補地の測定、情報サンプル入手

| 実施日 | 調査・訪問内容 |
|----------|---|
| 12/19(月) | <p>【訪問】 測量士 Emiliano 氏 測量事項の内容説明、調査依頼、調査条件の交渉</p> <p>コロール州政府 藤勝雄氏 ヴァイオス社と3者にてプラント設計の協議</p> |
| 12/20(火) | <p>【調査】 ・M-DOCK プラント候補地の地盤試掘調査 ・M-DOCK プラント候補地の測量調査</p> <p>【訪問】 コロール州政府 藤勝雄氏 地盤・測量調査を受け、プラント設計について再協議</p> |
| 12/21(水) | <p>【訪問】 OISKA 農場 ネピアグラス試験用のサンプリング</p> <p>上下水道電力公社 (PPUC) Anthony Rudimich 氏 新下水処理場プロジェクトの設計情報アップデート</p> <p>コロール州政府 藤勝雄氏 プラント設計について協議・相談</p> |

第3回目 訪問写真



写真 3-1-5 地盤試掘の様子①



写真 3-1-6 地盤試掘の様子②

- 第4回訪問 日程： 2017年2月27日（月）～3月1日（水）
 人員： アミタ持続可能経済研究所 須永裕之、長谷川孝史
 内容： ・関係者とプラント設計・システム運営全般の摺り合わせ
 ・次年度のスケジュール共有
 ・関係者合同ワークショップの開催
 ・セプティックタンクリストの入手
 ・新下水処理場建設計画の情報更新

| 実施日 | 調査・訪問内容 |
|---------|--|
| 2/27(月) | <p>【訪問】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コロール州 藤勝雄氏 事業収支案の提示、コスト積算の説明、負担区分に関する協議 ・上下水道電力公社（PPUC） Anthony Rudmich 氏 新下水処理場の設計状況の確認、初沈汚泥引取りの可能性確認 ・JICA パラオ支所 支所長 宮田伸昭氏 中小企業案件化調査不採択理由のフィードバック内容について協議 J-PRISM フェーズ2の状況確認 |
| 2/28(火) | 関係者合同ワークショップ |
| 3/1(水) | <p>【訪問】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JICA パラオ支所 支所長 宮田伸昭氏 ワークショップでの宮田氏のご意見に対してあらためてヒアリング ・コロール州 藤勝雄氏 事業初期投資の費用額と州として負担できる項目の確認 今後の課題の洗い出し ・公共基盤産業商業省（MPIIC） Brian Merairei 氏 廃棄物政策についてヒアリング |



写真 3-1-7 ゴミ回収作業の様子



写真 3-1-8 ワークショップの様子

3.2.1 事業スキーム・計画等に係る追加調査・検討、合意形成の実施

・バイオガスプラントメーカーの変更

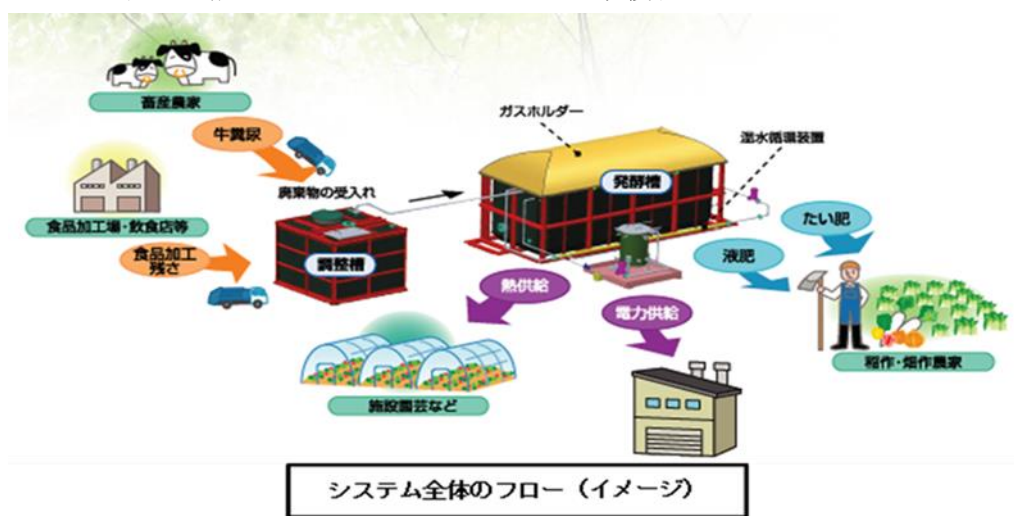
本事業開始時、タイチェンマイ大学 ERDI バイオガスプラントシステムより技術ライセンスを受けているエンジニアリング会社 Alterna Verde Corporation (AVC 社) を、バイオガスプラントメーカーとして検討していた。しかしながら、2016 年 8 月以降の AVC 社による追加調査に係るレスポンス状況の悪化を受け、スケジュール後退リスクが非常に高まった。9 月以降も依然状況は変わらず本事業の合意形成に向けたリスクヘッジを優先するため、2016 年 10 月に AVC 社との連携を断念した。一方、平行検討を進めていた代替技術であるコンテナモジュール型バイオガスプラントの導入案を採用し、プラントメーカーである株式会社ヴァイオス（和歌山県本社）と本事業における協業の内諾を得た。内諾を受けコロール州政府ともシステム全体の途中改編に対し同意を得るに至り、正式に株式会社ヴァイオスと再契約を締結した。以後本事業では正式にヴァイオス社のプラント技術を導入していく。

| | |
|------|--|
| 7月時点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ AVC を現地へアテンドし、サイト踏査・空撮等を実施。改めて地盤の軟弱性・狭隘性が課題として浮彫となった。また州政府コンサルタントより日本企業による技術導入の方が受容性が高く望ましい旨の意見を受ける。 ・ この時点では、AVC への基礎設計・積算委任への変更を想定し、地盤調査（仕様外）についても AVC への依頼を予定（相見積取得済）（当初：8 月地盤調査実施、完了次第基礎設計・積算実施を予定） |
| 8月時点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 7月訪問時の実地調査、建設業者等へのヒアリングを元に、積算概算・レイアウト・マテリアルフロー・エネルギーフローの更新を依頼・了承を得た（当初 8 月入手予定）。 ・ 地盤調査について日程・実施条件調整を行うも AVC 側のレスポンスが悪化・慢性化。 |
| 9月時点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 社内にて抜本策の検討開始 <ul style="list-style-type: none"> ➢ リスクヘッジ・代案として（株）ヴァイオス（和歌山県本社、代表取締役社長 吉村英樹氏）との本事業に関する協業につき並行検討を開始 |
| 10月初 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 対 AVC 状況：依然調整が難航。進行遅れの拡大（積算概算等の更新未実施。地盤調査：契約ドラフト精査中） ・ 社内対策検討の実施 <ul style="list-style-type: none"> ➢ AVC 側の当初の共同開発意思を勘案し、地盤調査に先行して基礎設計委託実施に移行するか、もしくはヴァイオスへ協業先を変更するか検討 ・ 結果 AVC との協業を断念、ヴァイオスへ基本設計・積算を再委託するよう変更を調整するよう社内指示 ⇒ ヴァイオス側からは内諾を取得 |

表 3-2-1 プラントメーカー変更に至る経緯

代替プラント技術は、候補地内の取得可能面積が小さいという制約を考慮し、小型プラントの導入を条件として検討を行った。ヴァイオス社のコンテナモジュール型バイオガスプラントはユニット数を調整することにより、対象地の規模に応じた設計が可能になること、また段階的に規模拡張ができる機能を備えている小型プラントである点を評価した。以下にヴァイオス社の小型プラントの特徴について記載する。

1. オンサイト型システムとして 20ft コンテナにすべての装置を格納
2. ガスホルダーと一体型の発酵槽
3. 熱効率を最大化することを重視した設計
4. 発酵槽は 3 コンテナまで連結することができる。(1UNIT 最大発酵槽容量 45 m³)
5. ユニット連結により INPUT や立地に適した規模拡張が可能



① クレーンなどを用いた納品・据付後、電気接続・コンテナ間配管接続、試運転・ポンプ・タイマーなどの制御の設定が2日間で可能であり、このまま海外への輸送できる。



一つのコンテナに発酵槽を収納



もう一つにその他設備を収納



図 3-2-1 ヴァイオス社プラント

② ガスホルダーと一体型の発酵槽を採用することで設備をコンパクト化

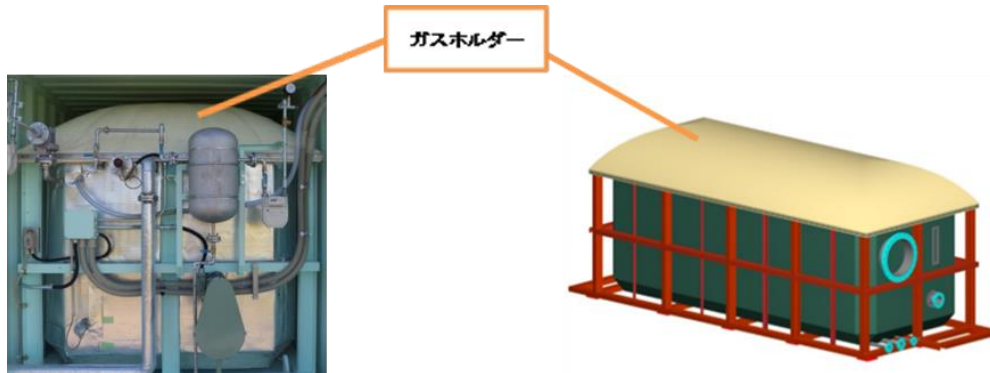


図 3-2-2 ガスホルダー一体型の発酵槽図

③ メタン発酵により取り出した熱エネルギー効率を最大化することを重視し、メタンガスの精製などはおこなわず、脱硫塔だけを備える

メタン発酵の温度制御の適温 35℃付近の「中温発酵」と 55℃付近の「高温発酵」に対して、本製品は「中温発酵」と「高温発酵」の両方を採用し、容易に切替えが可能である。発生したバイオガスはガス給湯器により燃焼させ、発酵槽加温に利用する。給湯機で加温された湯は温調器に貯留され（35～80℃で設定可能）、必要に応じてプラント工程以外にも供給可能である。また発電機により得た電気を自己利用及び売電することも可能である。

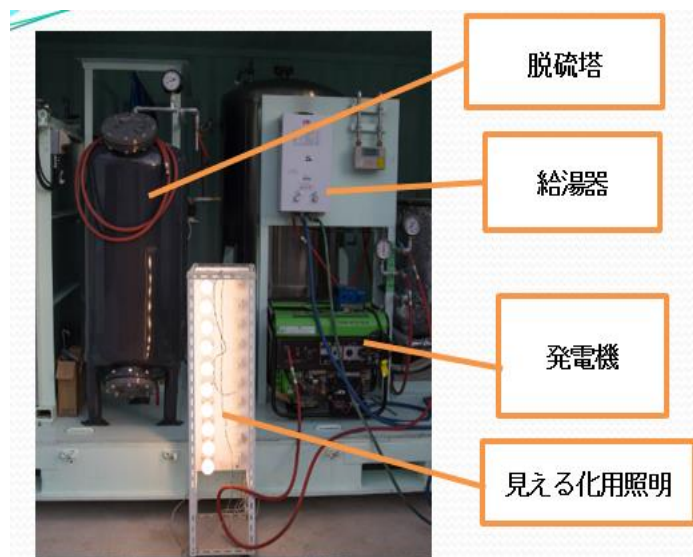


図 3-2-3 ヴァイオス社プラントの設備配置

・製品・技術のスペック・価格

| | MFS-M | MFS-H | MFS-H+ |
|-------------------------|---------------|---------|------------|
| | 中温 (ガスホルダー一部) | 高温 | 同左 (発酵槽追加) |
| 価格 (税抜) | 2200万円～ | 2400万円～ | 3200万円～ |
| 発酵槽容量 (m ³) | 10 | 15 | 30 |
| 滞留日数 (HRT) | 30 | 10 | 10 |
| 適用pH | 6.7～8.0 | 6.7～7.6 | 同左 |
| 適用温度 (℃) | 38～40 | 55 | 同左 |
| 処理量 t/日 | 0.5 | 1.5 | 3 |

図 3-2-4 ヴァイオス社プラントのスペック

※上記ラインナップを1セットとして、拡張可能 (輸送費含まず)

本事業では高温発酵 MFS-H を採用

・バイオガス発電の利用先

当初計画において、バイオガス事業で発電した電力はパラオ上下水道局に売電する方針であったが、コロール州廃棄物管理事務所 (Solid Waste Management Office : SWMO) の意向を考慮し、本事務所が建設を計画する廃ガラス工芸センター (Belau Eco Glass) に電力供給する計画案に変更した。コロール州 SWMO が焦点を当てている事業はエコガラス工房であり、エコの価値を高めるために電力や熱源は再生可能エネルギーで賄うことを命題としている。バイオ事業の電力を使用することでエコガラスの価値を更に高めることに繋がる。



写真 3-2-1 Belau Eco Glass パイロット工房



写真 3-2-2 Belau Eco Grass Glass ガラス工房の様子

・プラント候補地の確定

プラント建設候補地としては、コロール州リサイクルセンターのある M-dock 最終埋立処分場にて、既存建造物がなく、比較的広い面積確保が可能となる以下の 4 地点を候補として設定し、ドローンにて上空より空撮し明瞭な地形画像を取得した。現地建設会社から地盤安定化に関するヒアリング結果を受け、比較的地盤強度の高い地点③を有力候補とした。またコロール州からバイオガス発電によるエコガラス工房への電力供給を想定して、地点①を有力候補地とする要望案を受けた。



図 3-2-5 M-dock 内のプラント候補地

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

ヴァイオス社のコンテナ一体型バイオプラントを導入する計画方針に移行したことを受け、小面積でプラント建設が可能になったこと。このことからコロール州政府の意向であるリサイクルセンターエコガラス工房への電力供給、その観点からプラント立地をリサイクルセンター裏地（地点①）とすることを確定させた。



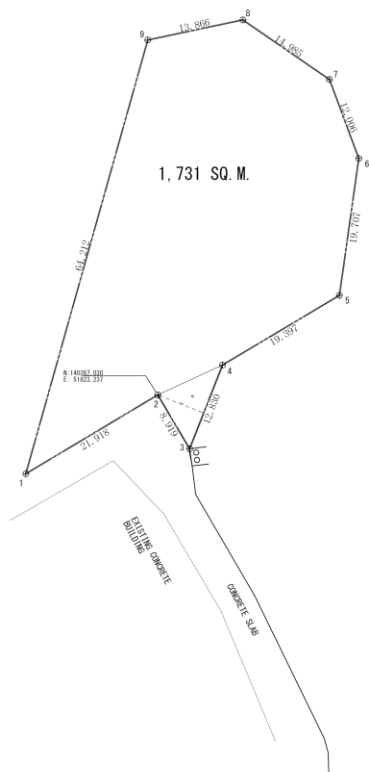
写真 3-2-3 候補地①の拡大図

・プラント候補地の試掘・測量

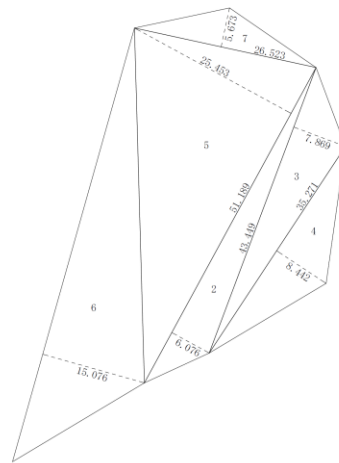
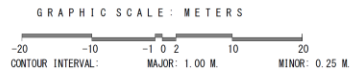
ヴァイオス社プラントの総重量が軽量であることにより、ボーリング調査による地盤調査は実施せず、バックホーによる地盤試掘調査にて地盤強度の確認を行った。試掘調査の結果、プラント立地として十分な地盤強度を有していることが確認できた。同時に候補地①の測量調査を行い用地面積を測定した結果、1731 m²の面積があることが確認できた。プラント設備に必要な面積は約 800～900 m²であるため、十分な面積が確保できることを確認し、これを基にプラント設計・積算、レイアウトを作成した。



写真 3-2-4 バックホーによる試掘調査



| 敷地面積 | | |
|----------|--------|-------------|
| 底辺 (m) | 高さ (m) | 積面積 (㎡) |
| ① 12.830 | 7.040 | 90.323200 |
| ② 31.189 | 5.076 | 311.053564 |
| ③ 43.489 | 7.869 | 341.990181 |
| ④ 35.271 | 8.442 | 297.757782 |
| ⑤ 51.189 | 25.453 | 1300.913611 |
| ⑥ 64.212 | 15.076 | 968.060112 |
| ⑦ 26.523 | 5.673 | 150.464970 |
| 積面積 計 | | 3462.444235 |
| 敷地面積 (㎡) | | 1731.22 |



求積図

敷地図 S:1/500

A3

図 3-2-6 サイト測量結果の CAD