

平成 27 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務
島嶼地域における包括的資源循環システム構築事業

報告書

平成 28 年 3 月

株式会社アミタ持続可能経済研究所

はじめに

○事業背景及び目的・概要

多くの小規模な島嶼国・地域では、廃棄物管理をはじめとする環境課題のほか、食糧・エネルギー保障、産業振興等の課題を抱えている。一方、経済的な制約により個別に解決策を講ずることは困難な状況にある。しかし同時に、地理的に全てがコンパクトにまとまっており、人的つながりが濃密であることから、各課題やセクターを超えた包括的な取組みを実施しやすい特徴があると言える。本事業は、島嶼地域において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“島まるごと循環型低炭素社会モデル”の実現を目指すものである。既に実現化調査及び関係者との協議を開始しているベトナム社会主義共和国ハイフォン市カットハイ県カットバ島（以下、カットバ島）及びパラオ共和国（以下、パラオ）のプロジェクトを統合し、更なる調査・検討、現地政府等との協議を実施した。

カットバ島及びパラオは共に2万人弱という同規模の人口を有し、美しい自然を資源とした観光が主要産業である。一方で他のアジア・太平洋諸国と同様に人口の増加とともに環境問題も深刻さを増している。廃棄物の処分のほとんどを埋立に依存しており、適切な管理が行われているとは言いがたい状況である。また、下水処理においても周辺環境への影響が懸念されている。

○提案するシステム・技術

①湿式メタン発酵（バイオガス化）、②固形燃料化、③セメント原燃料化を組み合わせた包括的な資源循環システムを提案している。以下に各技術について説明する。

①含水量の高い有機系廃棄物（生ごみ・有機系残渣等）及び下水処理汚泥を対象とし、バイオガスとメタン発酵消化液に転換する。バイオガスはコージェネレーション設備により電気と熱として利用し、メタン発酵消化液は液肥として農業利用を行う。特にパラオにおいては、生長の早いエネルギー作物（ネピアグラス）を栽培し、バイオガス化の原料とすることで発電量を増強する。

②含水量の低い廃棄物（プラスチック、紙、繊維、剪定枝等）を対象とし、専用ボイラーでの燃焼後、吸収式冷凍機を経て冷気に転換し、政府庁舎等での冷房代替として利用する。

③その他の廃棄物（パラオにおいては廃タイヤのみ）を対象とし、セメント製造工程で代替燃料・原料として活用する。

○本年度調査内容及び結果概要

【カットバ島】埋立処分場への搬入量調査及び家庭由来の廃棄物組成調査を実施した。その結果、推定搬入量約26.4t/日のうち、固形燃料の原料としては約2.6t/日、バイオガスの原料としては約4.9t/日を見込めることが分かった。これらの調査データをもとに各プラントの仕様・コストの精査を行った。またこれらを反映した事業スキーム・計画について関係者と協議を進めた。また2度にわたりハイフォン市及びカットハイ県人民委員会とワークショップを実施、本事業への理解を深めるとともに基本財源確保に向けた検討・協議を重ねた。加えて本システムの実現のためには、適切なりサイクル基準にもとづいたごみ分別制度が必要

となるため、現時点でどの程度分別が可能かを把握するとともに、実態に即した分別収集・指導啓発・インセンティブ手法を考案するため、家庭を対象とした分別試験を実施した（A.固形燃原料用区分、B.生ごみ区分、C.その他区分の3区分を設定）。その結果、全体のごみの7~8割がリサイクル可能なA及びB区分に分別された。課題も抽出されたが、事後アンケートからは前向きな意見が多く、十分な実現可能性があると確認できた。また、液肥の利用基準を策定するため、野菜・果樹への液肥施用試験を実施した。その結果、果樹に関しては、化成肥料施用区と比較し、液肥の施用が生育に好影響を与えることが示唆された。

【パラオ】埋立処分場への搬入量調査を実施し、その結果、埋立処分場への推定搬入量約22t/日のうち、固形燃料化原料としては3.4t/日程度、バイオガス化原料としては約2.1t/日を見込めることが分かった。これらの調査データをもとに各プラントの仕様・コストの精査を行った。またこれらを反映した事業スキーム・計画について関係者と協議を進めた。また液肥を用いたネピアグラスの試験栽培を行い、収量設定のほか栽培・管理・収穫手法を検討した。導入を検討する改良種（Pakchong1）は、自生種と比較して顕著な生育を示した。また液肥が化成肥料と同水準の肥効を有することを確認できた。

加えて9月には北九州市を招き現地におけるワークショップを実施、3R推進やごみの分別・回収スキームの在り方について検討した。11月にはコロール州知事をはじめ、廃棄物管理に関するキーパーソンを対象として訪日視察ツアーを実施、バイオガス化及び固形燃料化技術を含む一連のシステムについての理解を促進するとともに、地元行政や現場関係者との意見交換を通して、事業推進に向けた意思の醸成を図った。

○総括・課題

【カットバ島】ハイフォン市及びカットハイ県人民委員会には事業の趣旨やスキーム、事業計画概要について基本的理解を得ており、現地パートナー候補企業2社からは本事業への投資を含めた積極的な参画意志を得ることができた。一方で本システムの実現に不可欠なカットバ島入域料（観光手数料）の制度化については、人民委員会の人事異動等により時間を要しており、基本財源の確保に向けた継続検討・協議が必要な状況である。今後の課題としては、①カットバ島入域料の制度化に向けた継続的な協議、事業スキーム・計画に関する合意形成（特に財源や実施体制等）、②実効性の高い分別・回収スキームの検討が挙げられる。今後は引続き北九州市と連携し、当面の課題であるカットバ島入域料を含めた基本財源の確保等について、ハイフォン市側との検討・協議をフォローアップしていく予定である。

【パラオ】事業スキーム・計画について国及びコロール州との協議が進捗するとともに、コロール州とは事業実現に向けたパートナーシップ協定（MoU）の締結に至った。一方、今後の課題として、よりコロール州をベースとした事業スキームを検討・精査する必要があるほか、①初期投資財源の確保、②実効性の高い分別・回収スキーム、③ごみ処理費及び下水処理汚泥処理費の設定に向けた更なる協議を進めていく必要がある。また、行政施策面においては、①下水処理汚泥の適正処理に関するガイドライン設定や、②再生可能エネルギー及び廃棄物由来エネルギーの普及に向けた安定的な売電価格設定などを提言していく必要がある。今後は28年度内の事業実施体制や計画の合意、詳細設計完了を目指し、取組みを継続する方針としている。

ほか、①初期投資財源の確保、②実効性の高い分別・回収スキーム、③ごみ処理費及び下水

処理汚泥処理費の設定に向けた更なる協議を進めていく必要がある。また、行政施策面においては、①下水処理汚泥の適正処理に関するガイドライン設定や、②再生可能エネルギー及び廃棄物由来エネルギーの普及に向けた安定的な売電価格設定などを提言していく必要がある。今後は28年度内の事業実施体制や計画の合意、詳細設計完了を目指し、取組みを継続する方針としている。

Summary

○Background, Purpose, and Summary

Many small island countries and areas have environment problems including waste management, as well as issues such as food and energy security, or industrial development. On the other hand, they are in the difficult situation in taking individual countermeasures because of the economic restriction. Meanwhile, everything gathers in a small area and human relationship is very close, which leads to the feature to easily address each issue and conduct comprehensive actions across the sectors. This project is intended to realize the model of "The entire island of Comprehensive Circulation System for Low-Carbon Society" is aimed at, involving multifaceted benefits such as reduction in greenhouse gas emission, reduction in the amount of waste landfilled, creation of renewable energy and promotion of agriculture and tourism. Integrating the project of Cat Ba Island, Haiphong City, Vietnam (Cat Ba Island) and Republic of Palau (Palau), further investigation, studies, and negotiation with the local government were continued.

Both Cat Ba Island and Palau have the population of about 20,000 and blessed with natural scenery, position the tourism as the major industry. On the other hand, like other countries of Asia-pacific, environmental problems are becoming serious. They rely on landfills for waste disposals, with the situation of no appropriate management. Additionally, there are concerns about the influence of its sewage treatment to the surrounding environment.

○Proposed System and Technology

The proposed comprehensive resource circulation system combines, (1) Wet methane fermentation (bio-gasification), (2) waste recycling into solid fuel, (3) waste tire recycling into cement material and fuel. Each technology is described below:

①Organic wastes with high moisture content (food wastes, organic residues, etc.) and sewage sludge are fermented into biogas and methane fermentation digested liquid. Biogas is utilized in co-generation facilities to generate electricity and heat, and methane fermentation digested liquid is utilized in agriculture as liquid fertilizer. Additionally, a rapidly growing energy crop (Napier grass) will be cultivated using liquid fertilizer and be used as biogas material to enhance the amount of power generation.

②Wastes with low moisture content (plastics, papers, textiles, pruned branches, etc.) are combusted in the dedicated boiler and subsequently the heat is turned into cool air through absorption chiller, which is used for the air conditioning of government building.

③Other wastes (only waste tires in Palau) are utilized in the cement manufacturing process as alternative fuel or material.

○Content of the Study this year and the Summary of the Result

[Cat Ba Island] The amount of waste dumped in the landfill and composition of the residential waste were investigated. The results indicated that the estimated amount carried into landfill sites was 26.4 t/day; about 2.6 t/day out of it could be expected as the material for solid fuel and about 4.9 t/day for biogas material. Based on these studies, the cost and specification of each plant were closely inspected. Additionally, the project scheme and plan were discussed with the stakeholders. Besides, workshops were held twice with the People's Committee of Haiphong City and Cát Hải to improve the understanding of the project and to discuss allocating basic funds. Additionally, it is required to sort waste properly based on the recycle standards in order to realize this system. In this study, waste sorting test were conducted (wastes were classified into A: waste for solid fuel, B: food waste, C: others) on residential waste in order to develop the method of separation, collection, education, and incentives, as well as to understand to what extent wastes can be separated. As a result, 70 to 80 % of the whole wastes were classified as division A or B, which can be recycled. Although there were some problems, most of the responses in the survey were affirmative, and consequently it was confirmed that the scheme is well feasible. Additionally, the liquid fertilizer was fed to vegetables and fruit trees. The result (from fruit trees) implied that the liquid fertilizers have better effect on the

growth of the plant, compared with the group fed with chemical fertilizer.

[Palau] Waste composition survey was carried out on the ones taken to landfills. The results indicated that the estimated amount carried into landfill sites was 22 t/day; about 3.4 t/day out of it could be expected as the material for solid fuel and about 2.1t/day for biogas material. Based on these studies, the cost and specification of each plant were closely inspected. Additionally, the project scheme and plan were discussed with the stakeholders. Besides, grow-test of Napier grass was implemented to predict the yield and to discuss the growth, management, and harvesting method. The improved species which is planned to be introduced (Pakchong1) achieved significantly better growth compared with the native species. It was also confirmed that the liquid fertilizer has no less effect than chemical ones.

In addition, City of Kitakyushu officials were invited to a local workshop in September. 3R promotion and waste separation/ collecting scheme were discussed there. In November, Governor of Koror State and other key members participated to a study tour in Japan to inspect waste management system. As well as the understanding of the series of the system including biogas generation and solid fuel production technology, through the discussion with the local administration and frontline managers, the attitude towards the project was promoted.

○Conclusion and Open Issues

[Cat Ba Island] The intent, scheme, and plan of the project were basically approved by Peoples Committee of Haiphong city and Cát Hải. Two candidates of the local partner companies also offered to actively participate in the project. On the other hand, although it is necessary to institute the Cat Ba Island entrance fee, it still needs some time to implement, because of the personnel changes of the People Committee, etc. Therefore continued discussion is necessary for allocating funds. Future issues includes (1) continued discussion towards institutionalization of Cat Ba Island entrance fee, agreement on the scheme and plan of the project (especially about the fund and system), (2) further study of improving the effectiveness of separation and collection. For the present issue, we will follow up the discussion with Haiphong city about the issues including allocation of basic funds such as Cat Ba Island entrance fee cooperating with Kita-Kyushu city,.

[Palau] We discussed the project scheme and plan with Palauan and Koror State government, and also concluded Memorandum of Understanding (MoU) between Koror State government. On the other hand, further investigation and discussion for the appropriate business scheme based in Koror State is necessary. Other issues in the future includes, (1) allocation of the funds for initial investment, (2) effective waste separation and collecting scheme, (3) estimation of waste processing cost and sewage sludge processing cost. Additionally, it is necessary to propose: (1) to define the guideline about the appropriate processing of the sewage sludge, and (2) to define the retail price of the electricity, etc. for spreading renewable energy and waste-derived energy. We are going to further continue the current activity in order to agree on the project execution system and plan, and finish the detailed plan within 2016.

目次

1. 事業の目的・概要	3
1.1 調査実施の背景と目的	3
(1) 対象国・地域の概要及び主な環境課題	3
(2) 本事業に至る経緯	3
1.2 海外展開事業の全体概要	5
1.3 海外展開事業に関連する対象地域の廃棄物処理の具体的課題	7
2. ベトナム・カットバ島における調査	9
2.1 海外展開計画案の策定	9
(1) 事業規模	9
(2) 事業スキーム	11
(3) 事業実施体制	11
(4) 事業化スケジュール	12
2.2 対象地域における現状調査	13
(1) 調査実施	13
(2) 調査実施訪問	14
(3) 調査実施概要	14
(4) 調査結果詳細	15
1) 事業スキーム・計画に係る合意形成	15
2) 野菜、果樹等への液肥施用効果に関する調査	18
3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査	28
4) 分別回収スキームの検討	30
5) バイオガス化施設及び固形燃料化施設の仕様検討及び事業計画の精査	32
6) セメント原燃料化に向けた情報収集・調整	32
2.3 廃棄物の組成・性状等調査	34
(1) 調査課題及び内容	34
(2) 調査結果詳細	34
2.4 現地政府・企業などとの連携構築	38
2.5 現地関係者合同ワークショップ等の開催	39
(1) ベトナム現地ワークショップ（中間報告会）	39
(2) ベトナム現地ワークショップ（最終報告会）	40

2.6 実現可能性の評価.....	43
(1) 環境負荷削減効果	43
(2) 社会的受容性.....	44
(3) 実現可能性の評価	44
2.7 今後の海外展開計画案	46
3. パラオ共和国における調査.....	47
3.1 海外展開計画案	47
(1) 事業規模.....	47
(2) 事業スキーム.....	48
(3) 立地・運営計画	49
(4) 事業実施体制.....	51
(5) 事業化スケジュール.....	52
3.2 対象地域における現状調査	53
(1) 調査実施.....	53
(2) 調査実施訪問.....	54
(3) 調査実施概要.....	55
(4) 調査結果詳細.....	56
1) 事業スキーム・計画に係る合意形成	56
2) 液肥を用いたネピアグラス栽培における最適な農地開拓方針及び栽培・管理・収穫 手法の検討	57
3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査訪問	63
4) 固形燃料化プラント・システムの詳細設計・運営計画策定	65
5) バイオガス化プラント・システムの仕様検討及び事業計画の精査	65
6) 廃タイヤ再資源化に向けた情報収集・調整	66
3.3 現地政府・企業等との連携構築.....	67
3.4 現地関係者合同ワークショップ等の開催	68
(1) 日本におけるパラオ視察ワークショップ開催	68
(2) パラオ現地ワークショップ	72
3.5 実現可能性の評価.....	75
(1) 環境負荷削減効果	75
(2) 社会的受容性.....	76
(3) 実現可能性の評価	76
3.6 今後の海外展開計画案	78

カットバ島 基礎情報



人口	17,446 人 (2014 年)
面積	354 km ² (367 島のうち唯一の有人島)
所属	ベトナム社会主義共和国 ハイフォン市 カットハイ県
GDP	1878.48 億 US ドル (2014 年) ¹
国民一人当たりの所得	5,030 US ドル (2013 年) ²
主な産業	観光業 (2014 年観光客 1,324,000 人)
主な輸入製品 ³	機械設備・同部品、PC・電子機器・同部品、布地、携帯電話・同部品、鉄鋼等
主な輸出製品	魚介類等



² ベトナム全国民の一人あたりの所得

³ ベトナム国の主な輸入品 (外務省 HP より)

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 調査実施の背景と目的

(1) 対象国・地域の概要及び主な環境課題

【カッタバ島】

世界自然遺産であるハロン湾最大の群島で、26,000ha（17,000ha の土地と 9,000ha の海域）が保護区として指定され、4,000 種もの動植物が生存する生物多様性の宝庫でもある。人口 1.74 万人程度の島に年間 132 万人以上の観光客が訪れるベトナムの有数の観光資源である。

しかし、近年の急激な観光客増加と大規模開発等により、廃棄物や汚水の処理問題、悪臭や衛生問題が顕在化しつつあり早急な対策が求められている。また、下水処理汚泥を含めほとんどの廃棄物は埋立処分されており、周辺環境への影響が懸念されている。

【パラオ】

人口 1.75 万人、観光を主産業とする島嶼国である。南部に位置する「南ラグーンのロックアイランド群」はその自然の美しさや海洋生物の多様性、文化的価値を認められ、2012 年に世界複合遺産に登録されている。

カッタバ島と同様にほとんどの廃棄物は埋立処分されているが、同国の主要な埋立処分場はほぼ満杯の状態であり、代替処分場の確保や廃棄物の減量などの早急な対策が必要な状況である。また埋立地周辺の生活環境への影響や浸出水による土壌・海洋汚染が懸念されているほか、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。

両地域は人口のほか、特に環境に関して共通課題を有しており、観光を主産業とする産業構造も類似している。一方で、カッタバ島はベトナム本土から比較的近く、電気・水道等インフラについても本土と近い環境にあるが、パラオは他の太平洋諸国と同様、大陸から遠く離れているために輸送コストがかさみ電力等エネルギーコストが高いという大きな違いがある。

(2) 本事業に至る経緯

【カッタバ島】

平成 26 年度より、「平成 26 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査事業」（環境省）の採択を受け事業化可能性調査（以下、FS）を開始した。包括的資源循環システム企画・立案にあたり必要となる処理対象廃棄物や下水処理汚泥の発生量、エネルギー需要等の情報について、文献及び現地調査により明らかにするとともに、実現可能な事業スキーム・計画を立案した。また並行して政府等関係機関への提案及び合意形成にむけた協議を重ねた結果、本事業は、北九州市とハイフォン市が共同で策定した「ハイフォン市グリーン成長推進計画」におけるパイロット事業として、ハイフォン市及びカッタハイ県人民委員会より早期の実施を希望する旨の意思表示を獲得した。

【パラオ】

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、システム企画・立案にあたり必要となる処理対象廃棄物や下水の処理実態、関連法制度やインフラ、産業等の現状について、文献及び 2 回の現地ヒアリング調査により明らかにした。また翌年度も同事業において FS を実施、政府の協力のもと廃棄物排出量・組成調査、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実施し、事業スキーム・計画を立案した。また並行して合意形成に向け、バイオガスデモプラント見学会の実施や政府等関係機関への事業スキーム・計画の提案・協議を重ね、廃棄物管理部門を管轄する公共基盤産業・商業省大臣からは本事業の方向性及び今年度の検討継続についての支持表明を獲得した。

以上の背景から、島嶼地域で包括的な資源循環システムを構築し、地域における廃棄物の総括的な資源化、埋立処分量の削減により、温室効果ガスの排出削減、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”資源循環モデルの実現を目指し、持続可能な島の発展に寄与することを目的とした。本年度は、より展開可能性の高い島嶼モデルの確立を目指して、両サイトのプロジェクトを統合し、更なるこれら地域での廃棄物管理計画に必要な基本データを調査及び事業計画・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。

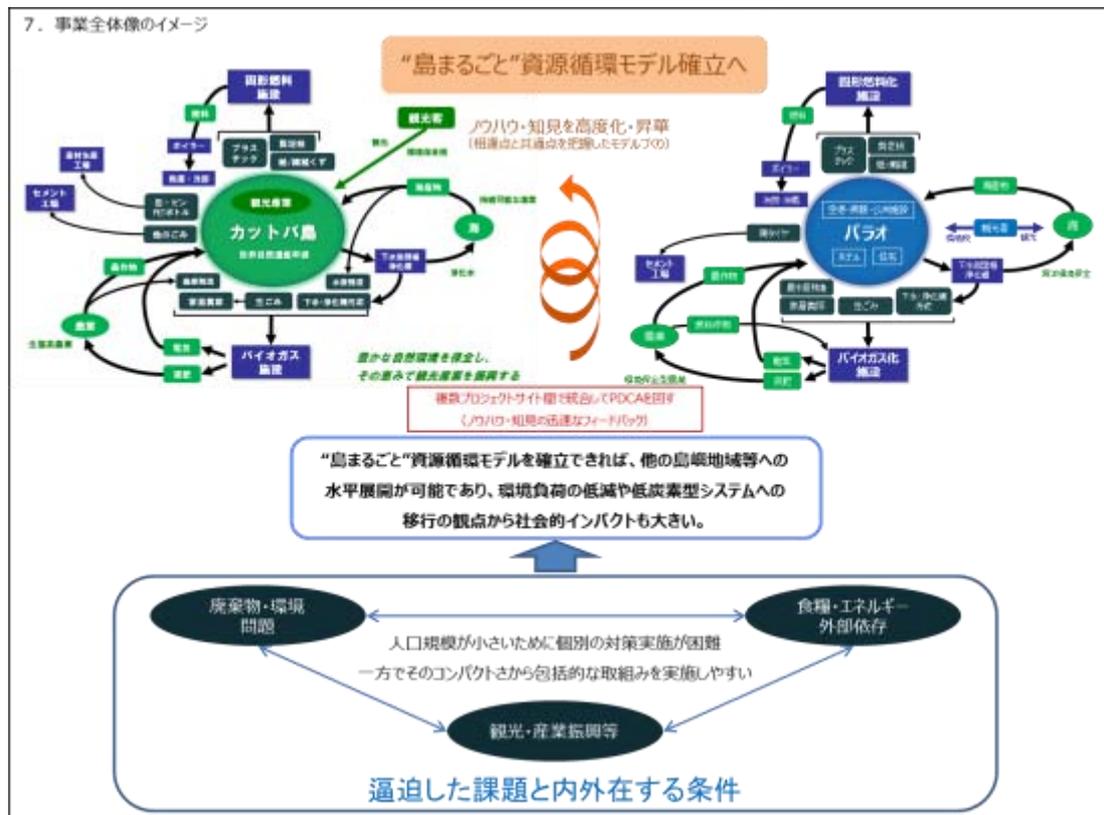


図 1.1 海外展開事業全体像

1.2 海外展開事業の全体概要

○ 対象地域

【ベトナム】

処理施設設置場所及び廃棄物収集対象エリア：カットバ島

【パラオ】

処理施設設置場所：パラオ共和国 アイメリーク州 ネッケン地区（調整中）

廃棄物の収集対象エリア：パラオ共和国コロール州（第1期）、バベルダオブ島に位置する各州（第2期想定）

○ 処理対象廃棄物種類

対象廃棄物:基本的に該当するプロジェクトサイトから発生するすべての廃棄物が該当する（ただし医療系は除く）

- ① 含水率の高い有機廃棄物等：生ごみ、下水・浄化槽汚泥及び家畜糞尿等
- ② 含水率の低い可燃性廃棄物：廃プラスチック類、紙・繊維くず及び草木等
- ③ 上記で利用できないその他廃棄物（パラオでは廃タイヤのみを対象とする）

○ 利用技術

本事業は、以下の要素技術から構成される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”資源循環モデルの実現を目指すものである。

- ① 含水率の高い有機廃棄物等（生ごみ、下水・浄化槽汚泥、家畜糞尿、農産残渣等）の湿式メタン発酵
- ② 含水率の低い可燃性廃棄物（廃プラスチック類、紙・繊維くず、草木等）の固形燃料化
- ③ その他の廃棄物のセメント原燃料化

以下に、カットバ島及びパラオにおける資源循環システムの概念図を示す。

【ベトナム】

農業が既に発展しており液肥を普及させる素地があることや、廃棄物由来固形燃料の熱をそのまま利用できる工場も存在すること、またベトナム本土のセメント工場が近くに立地すること等、既存の産業のなかでのシステムインプット／アウトプットの需給バランスを見込みやすいエリアである。また、UNESCO より生物圏保護区の認定を受けるとともに世界遺産の登録を目指しており、環境保全型観光への志向性の高いことも特徴である。

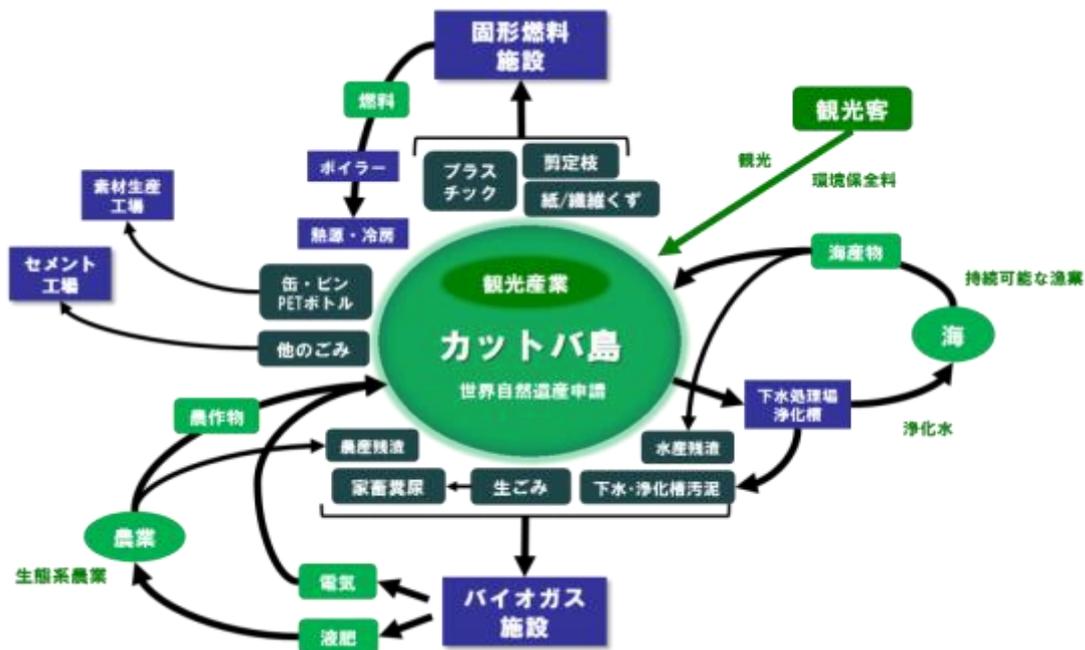


図 1.1 カットバにおける資源循環システムの概念図

【パラオ】

パラオでは電気代が高く電力に対する需要が大きい。このためバイオガスプラントから発生する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考案した。ネピアグラスは非常に生長の早いイネ科の植物であり、既にパラオでも自生していることからエネルギー作物として利用することを検討している。また、多量に熱を使用する産業が限られることや熱帯という気候から、廃棄物由来固形燃料を燃焼させて得られる熱は吸収式冷凍機を通じて冷気に変換し、主に冷房利用することを想定する。

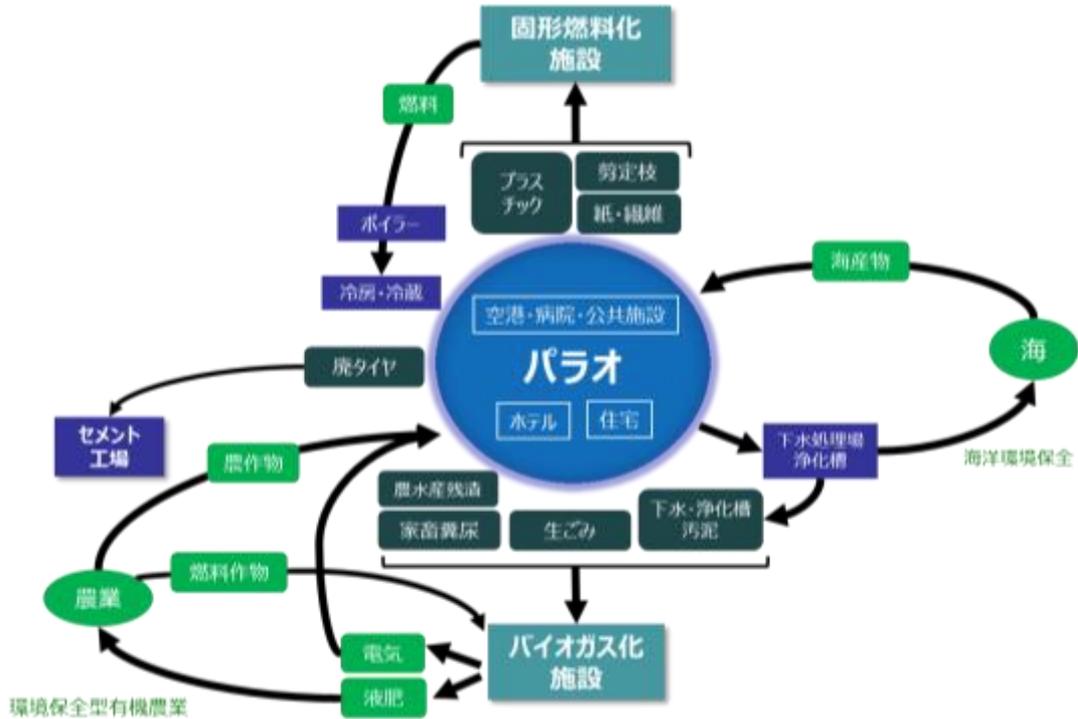


図 1.2 パラオにおける資源循環システムの概念図

1.3 海外展開事業に関連する対象地域の廃棄物処理の具体的課題

【カッタバ島】

・ 処理対象廃棄物の発生量・処理方法

昨年度実施した調査によると、処理対象廃棄物は6.8t/日となっている。現在、その処理は、収集運搬を含め廃棄物公共施設管理サービス公社（以下、公社）が一手に担っているが、下水処理汚泥をはじめそのほとんどを埋立処分しており、周辺環境へのインパクトが懸念されている。再資源化システム及び制度の導入が喫緊の課題である。

・ 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策、社会経済状況等

ベトナム国政府は、温室効果ガスの排出削減と経済発展を両立するため、2012年に「グリーン成長戦略」を策定した。廃棄物管理分野では2020年までに90%の都市家庭ごみを回収処理し、うち85%を再資源化することとしている。その中でカッタバ島は、近年の急激な観光客増加と大規模開発等により、廃棄物や汚水の処理問題、悪臭や衛生問題が顕在化しつつあり、世界自然遺産登録申請の動きもあることから早急な対策が求められている。

【パラオ】

・ 処理対象廃棄物の発生量・処理方法

昨年度実施した調査によると、廃棄物発生量は約16t/日、うち処理対象廃棄物は約10tとなっている。現在、そのほとんどが埋立処分されている。最大の埋立処分場であるコロール州の埋立処分場は、既に50年以上使用されており、逼迫状態であると同時に、浸出水による海洋汚染も懸念されている。2012年に嵩上工事を行ったが、5年程度で満杯となること

が予想されており、3R 促進のための抜本的な対策の実施が急務となっている。

・ **廃棄物処理・リサイクルの制度・政策、社会経済状況等**

2008 年、3R の促進及び自立発展的な廃棄物管理等を目指すための「国家廃棄物管理計画案」が策定されたが、政策として最終的な承認を得ておらず、また策定されたアクションプランの多くが未実施の状態である。

国による飲料容器デポジット・リサイクルの仕組みやコロール州によるコンポスト化及びプラスチック油化の取組みなどが進んでいるが依然限定的である。埋立処分場については、新たな埋立処分場建設の計画が進んでいるが、全財源を確保できていない状況である。一方で、埋立処分に関しては、処分費を課しておらず住民及び事業者の費用負担はない。適切かつ持続的な廃棄物処理・3R 推進のための仕組みの確立が求められている。

2. ベトナム・カットバ島における調査

2.1 海外展開計画案の策定

(1) 事業規模

前項で述べたとおり、資源循環システムの構築により、温暖化ガス排出削減への貢献のみならず、廃棄物や下水処理汚泥に関する環境問題、エネルギー・食糧安全保障に関する諸問題を包括的に解決することを狙いとしている。

特に島嶼部の廃棄物は多様かつ少量であるという特徴がある。これら多様な廃棄物を、汎用性の高い資源・エネルギーに転換するため、①高含水率廃棄物についてはバイオガス化、②低含水率廃棄物については廃棄物由来固形燃料（RPF）化技術を採用する。また、③上記で利用できないその他の廃棄物はセメント原燃料化を検討する。これらにより、資源循環システムの構築を目指す。

<バイオガス事業>

湿式メタン発酵技術とは、生ごみや下水汚泥等の含水率の高い有機系廃棄物を加熱・発酵することで、バイオガスと液肥を生産する技術である。バイオガスは、メタンガス約60%、二酸化炭素約40%の混合ガスで、これをエネルギー源として発電及び熱として利用できる。また、液肥については、安価で有機質な肥料として環境保全型農業等で利用できる。

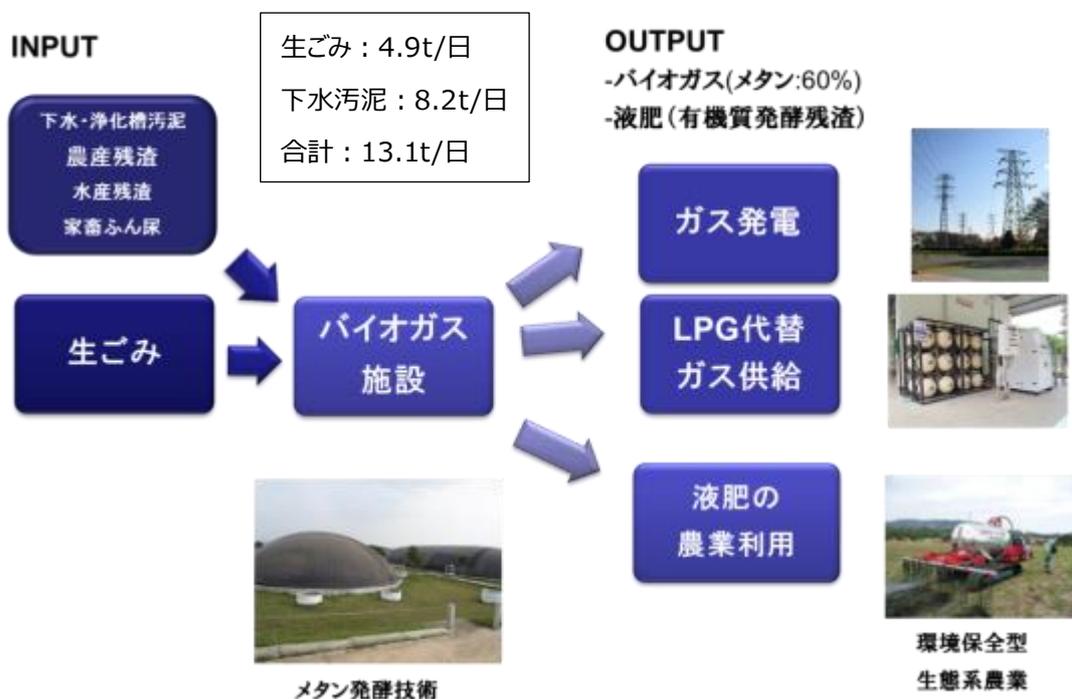


図 2.1.1 バイオガス化の全体フローイメージ

同技術は、(システム上の違いはあるが) 日本国内では 500 以上、先進国ドイツでは 5,000 以上の導入実績がある⁴⁾。またアジア圏では、タイで 1,200 以上の実績がある他、中国、韓国でも盛んに導入が進められている。一方、対象地域での導入実績はなく、新たな技術の適用となる。

<固形燃料化事業>

固形燃料化技術とは、含水率の低い可燃性廃棄物を破砕・調合・加圧することで、一定の熱量を有する固形燃料を生産する技術である。この固形燃料は、石炭等(化石燃料)の代替燃料としてボイラー等で利用できる。



図 2.1.2 固形燃料化の全体フローイメージ

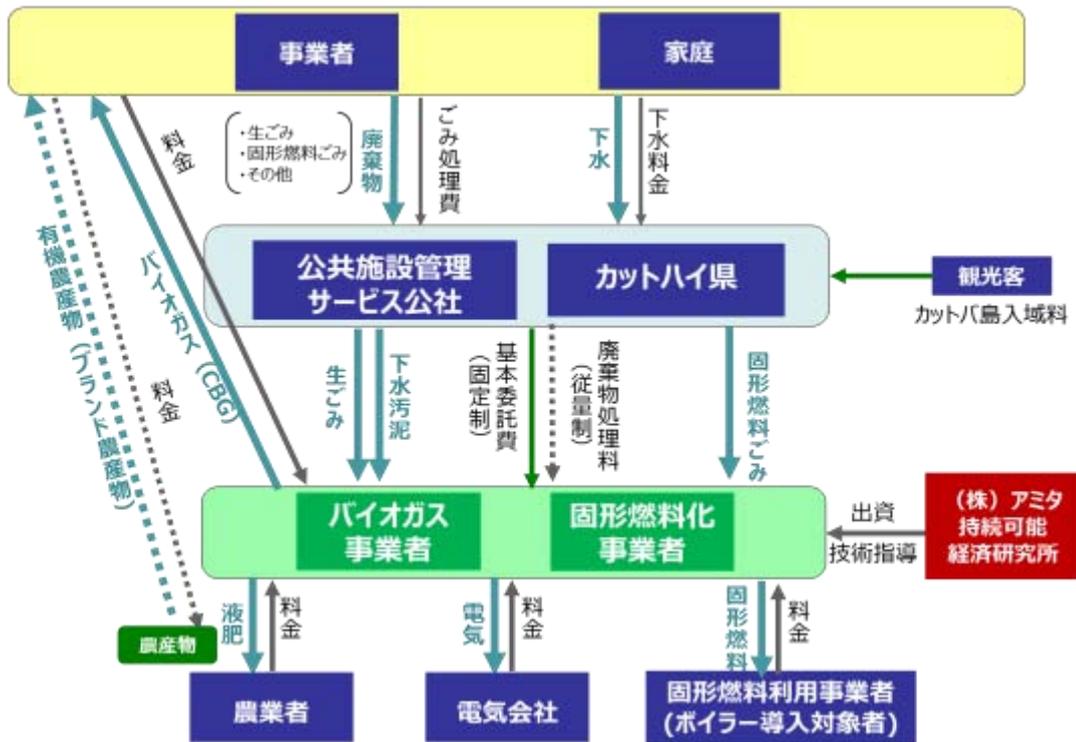
同技術は、日本国内では約 200 事業者で実施事例があり、固形燃料の国内需要は 160 万トン前後/年⁵⁾とされている。一方海外では、ほとんど実施事例がなく、対象地域でも新たな技術の適用となる。

⁴⁾ 「循環型社会の形成と地球温暖化防止に貢献するメタン発酵」東北大学名誉教授・野池達也氏 (<http://kkusaka.net/report/data/handout110528.pdf>)

⁵⁾ 一般社団法人日本 RPF 工業会 HP より (<http://www.jrpf.gr.jp/>)

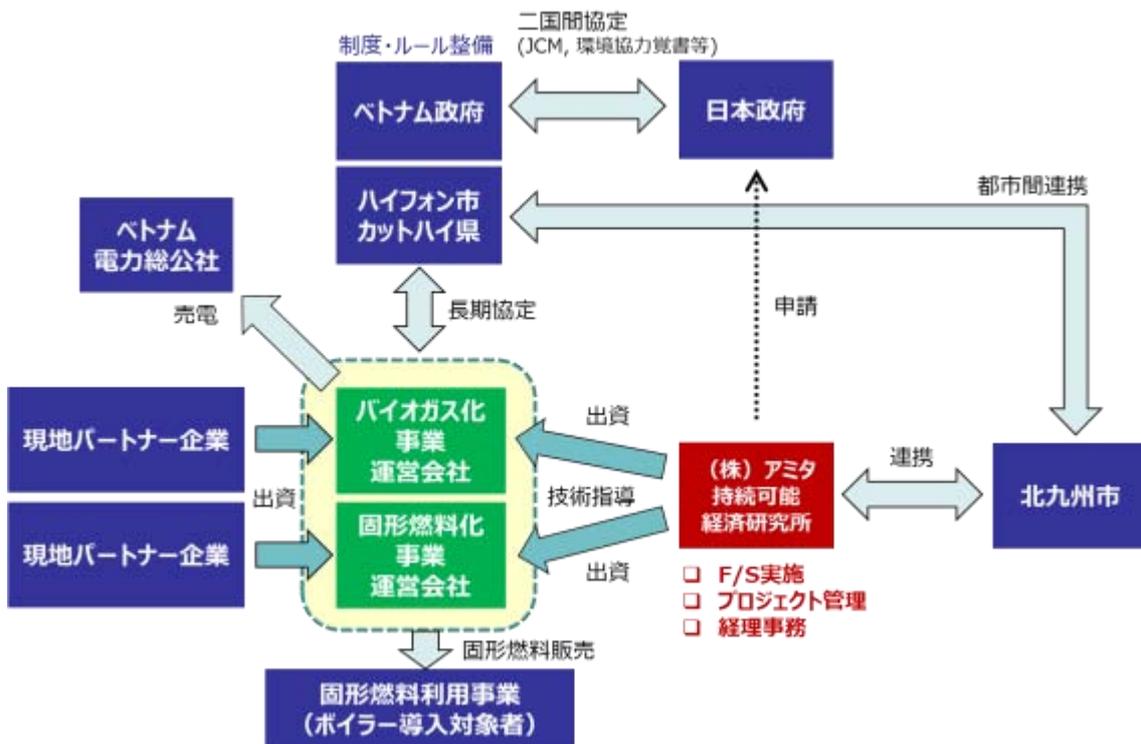
(2)事業スキーム

以下に事業スキーム案を示す。



(3)事業実施体制

以下に事業化時の実施体制案を示す（現在各機関と調整中）。



(4)事業化スケジュール

以下に事業化に至るスケジュール案を示す。

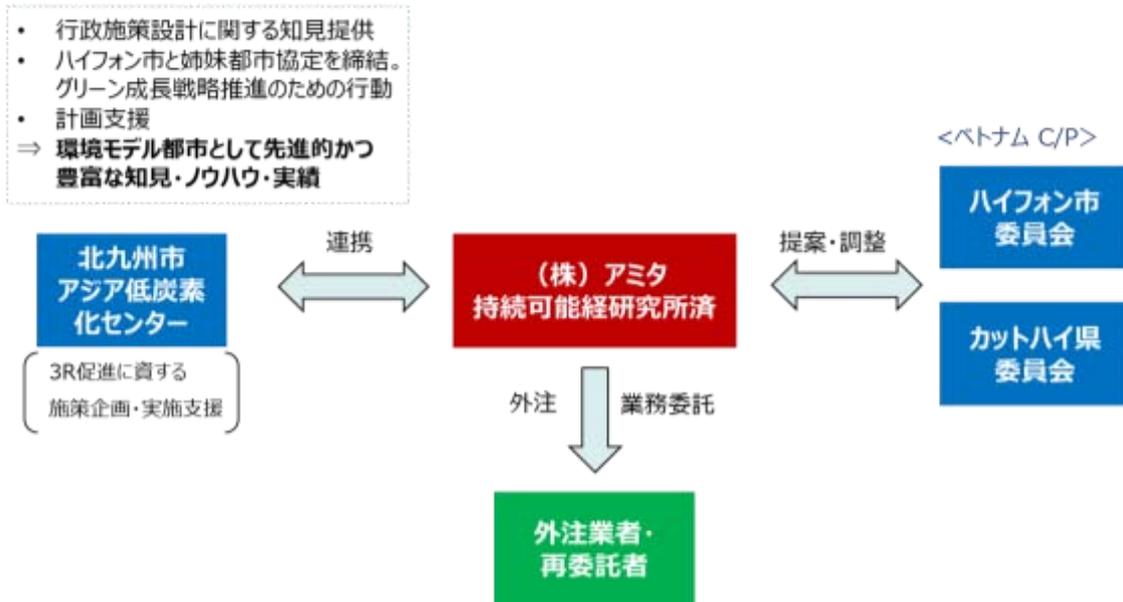
Year	バイオガス化事業	固形燃料化事業	廃タイヤ再資源化
2016	新下水 処理施設	実現可能性調査 Phase 2 実現可能性調査 Phase 3 詳細調査・設計 運用計画策定	調査・条件交渉
2017		建設	
2018		運用開始	

2.2 対象地域における現状調査

(1) 調査実施

1) 調査実施体制

本調査は以下の体制のもと実施した。



2) 廃棄物管理制度

カットバ島における廃棄物管理においては、ハイフォン市人民委員会によって執行される評議委員会 (People's Council) の予算等の決定に従っている。またごみ分別の基準においては、カットハイ県人民委員会が設定することができ、現行システムは 2008 年に開始した。住民は 2 万 VND/世帯 (約 1 USD/世帯) ・月を払い、県の施策に協力的である。しかし、本事業実現に必要なカットバ島入域料 (観光手数料) (以下、カットバ島入域料) は、カットハイ県人民委員会では設定できず、ハイフォン市人民委員会の同意が必要である。なお、現行の観光手数料は、カットバ湾で 3 万 VND/人、ナショナルパークでルートにより 1.5 万 VND/人又は 3.5 万 VND/人である。これら観光手数料は国へ一部納め、残りは環境関連用途で使用している。その用途を決めるのはハイフォン市の人民委員会である。

一般廃棄物を扱うのは市の建設局、産業廃棄物や有害廃棄物を扱うのは市の資源環境局である。なお、一般廃棄物を扱う事業者は許可制ではなく、市の人民委員会が決定しており、カットバ島の廃棄物の収集・処理・処分の実務は公社が一手に担っている。収集においては、分別のない混合収集であり、全てが埋立処分場に搬入されている。

(2) 調査実施訪問

カットバ島における現状調査のために、3回に亘り現地（ハノイ市、ハイフォン市及びカットバ島）を訪問した。

- ・ 1回目：訪問CI
 - 日時：9月13日～10月8日
 - 場所：ハノイ市、ハイフォン市及びカットバ島を訪問
 - 人員：3名（1名：9月13日～10月8日（27泊）、1名：9月21日～10月6日（15泊）、1名：9月27日～10月4日（7泊）
 - 通訳：1名（9月14日～10月7日で同行・協力）

- ・ 2回目：訪問CII
 - 日時：11月16日～11月20日
 - 場所：ハイフォン市及びカットバ島を訪問
 - 人員：1名（11月16日～11月20日（4泊））
 - 通訳：1名（11月17日～11月19日で同行・協力）

- ・ 3回目：訪問CIII
 - 日時：1月11日～1月14日
 - 場所：ハイフォン市及びカットバ島を訪問
 - 人員：1名（1月11日～14日（3泊））
 - 通訳：1名（11月13日同行・協力）

(3) 調査実施概要

1) 事業スキーム・計画に係る合意形成（訪問CI～CIIIに実施）

事業計画、実施体制、財源・立地確保、ルール整備について、ハイフォン市及びカットハイ県人民委員会との合意形成のための協議を行った。また、並行して事業パートナー候補企業との協業に関する協議等を進めた。また財源に関して、カットバ島での各種環境保全事業（総括的資源循環システムや電気バス等）の設置・運営において必要な財源となるカットバ島入域料の制度化を支援しつつ、政府関係者と連携し各種グラントの適用可能性を模索した。さらに、カットバ島入域料に対する観光客の認識を把握し、ハイフォン市人民委員会に報告する為、アンケート調査を実施した。

2) 野菜、果樹等への液肥施用効果に関する調査（訪問CI～IIIに実施）

現地農家の協力を得て、野菜・果樹への液肥施用試験を実施し、液肥利用量・収量・環境影響を最適化する液肥利用の適正基準を策定、使用マニュアルにとりまとめた。

3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査 (訪問 C I に実施)

前項でも述べたが、島嶼地域では廃棄物は十分な設備を伴わない埋立処分に依存しており、また、廃棄物管理に関するデータは極めて不足している。処理対象廃棄物の発生量について大まかな推計はできているが、詳細なデータは得られていないため、本調査では、地域内の廃棄物が集約される唯一の埋立処分場において、廃棄物搬入量調査を実施し、セクター別に一日の搬入量を調査した。その結果を用いてインプット量の精査し、各種導入技術の基本設計及び事業計画の基礎データ見直しを行った。

4) 分別回収スキームの検討 (訪問 C I に実施)

現在、カットバ島では廃棄物の分別回収システムはなく、全ての廃棄物が混在した状態で回収され、埋立処分場へ搬入されている。本調査は主要な排出元である地元住民にごみ分別に1週間協力頂いた後、アンケート調査を実施し、家庭の声に反映した分別・回収スキームを検討した。

なお、タウン部と農村部の家庭で排出されるごみの相違があることから各20家庭に協力頂き、調査を実施した。

5) バイオガス化施設及び固形燃料化施設の仕様検討及び事業計画の精査 (訪問 C I ~ III に実施)

上記の埋立処分場搬入量調査及び組成調査の発生量調査結果にもとづきバイオガス化及び固形燃料化システムインプット量を設定後、各施設プラントメーカー及び現地建設業者との協議を進めた。固形燃料化施設においては建屋の見積書を2社から受領した。各施設の仕様・機種の検討及びコスト精査を行い、事業計画(イニシャル・ランニングコストを含む)を見直し、最終報告会にてハイフォン市及びカットハイ県人民委員会に報告した。

6) セメント原燃料化に向けた情報収集・調整 (訪問 C I ~ III に実施)

埋立処分場搬入量調査や組成調査の結果よりセメント原燃料化に適する廃棄物及び量等を特定し、需要候補企業(Vicem Hai Phong)への受入条件のヒアリング等を行った。

(4) 調査結果詳細

1) 事業スキーム・計画に係る合意形成

ハイフォン市及びカットハイ県人民委員会との合意形成を進めるにあたり、2点の課題がある。「カットバ島入域料」と「地元パートナー候補企業等との連携構築」である。カットバ島入域料は本事業を進めていくうえで不可欠な財源である。ハイフォン市人民委員会において、カットバ島入域料に対する観光客の認識を把握する為、アンケート調査を実施した。以下にその内容を示す。

【カットバ島入域料に関するアンケート調査】

○ 調査目的

観光客を対象にアンケート調査をすることによって下記①～③を明らかにする

- ① 観光客の現状を把握（属性：性別、年齢等、観光目的、観光による満足度等）する
- ② 観光客のカットバ島入域料に対する意識の確認（金額、徴収方法等）をする
- ③ 及び②を踏まえた上でカットバ島入域料の制度設計を適切なものにする

○ 調査実施方法

母集団：島民以外の観光客すべて（標本数：225 人）を対象に個別にヒアリングを行い、属性、観光満足度、カットバ島入域料に対する認識・影響及びEVバス事業や廃棄物包括資源化事業に対する意識に関するアンケート調査を実施した。（※本調査は(株)NTT データ経営研究所と共同実施した）。

○ 調査時期

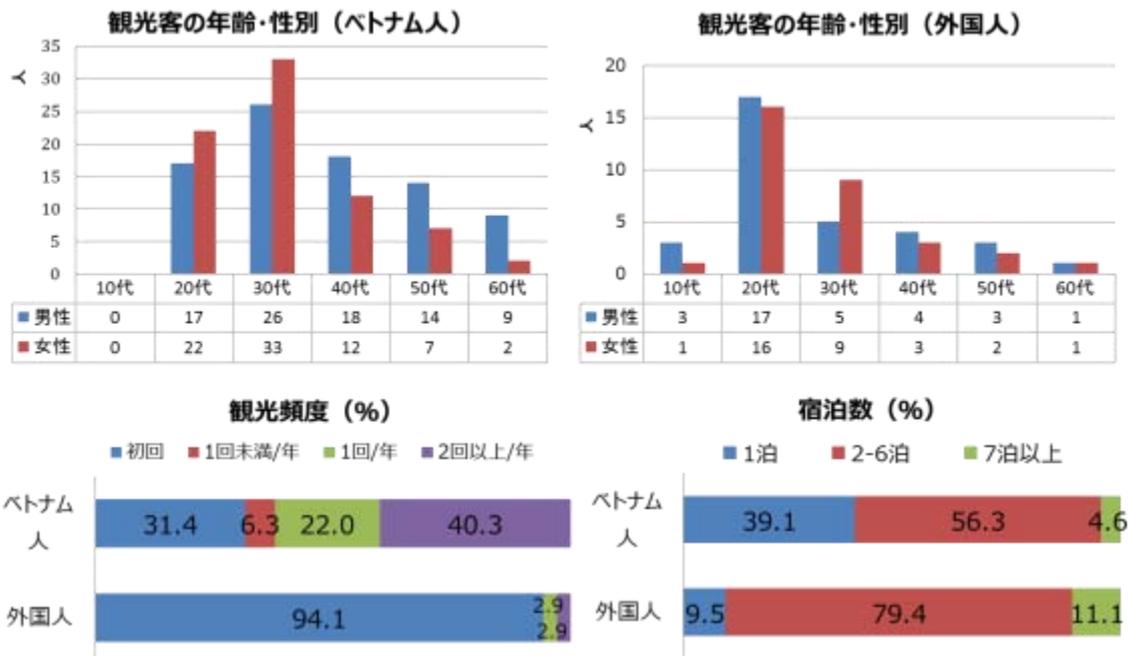
2015年9月25日～9月27日（3日間実施）

○ 調査結果

アンケートの実施時期が9月中旬でハイシーズンとローシーズンの境目のタイミングであり（ベトナム人にとってはローシーズンであり）、ローシーズンは外国人観光客の割合が多くなるため、国内外比率はベトナム人：外国人＝85%：15%となった。

アンケート調査結果は以下の通りとなった。

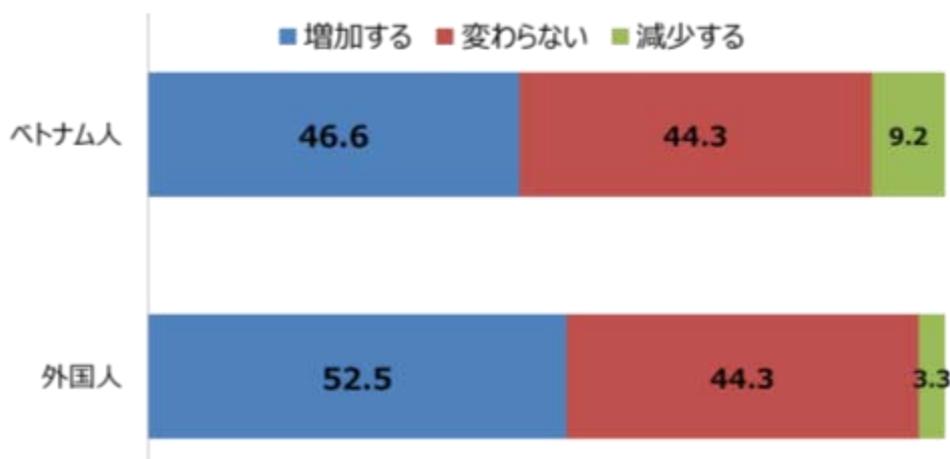
Q. あなたに関して質問致します。（アンケート対象者について）



Q. 一人 20,000VND の“エコ化手数料”で美しいカットバ島を守るならばお支払できますか？



Q. 上記で「支払い可能」と答えた方はお支払することで訪問頻度はどうなりますか？



上記の結果の通り、カットバ島入域料に対する支払意思がベトナム人観光客の 86%が支払可能、外国人観光客も 88%以上が支払可能と回答した。また、90%以上の観光客がカットバ島入域料を支払ってもなお、訪問頻度が増加もしくは変わらないと回答する等前向きな意見が多かった。その要因としては観光客の環境への意識の高さが読み取れ、カットバ島入域料の導入の受け入れ確度は高く、十分な実現可能性があることを確認できた。しかし、北九州市経由でハイフォン市人民委員会へ制度に向けた提案を行ったところ、各部局から課題があげられ、今後も北九州市を窓口としてハイフォン市人民委員会との継続協議が必要な状況である。

また、地元企業等との連携構築においては、現地企業 2 社と合弁会社設立に向けて積極的な協力意志を得ている。具体的には、バイオガス事業については、Quoc Hung 社から、カットバ島入域料をはじめとする財源確保、技術協力及び事業採算性の条件を満たす前提で、設備投資を含めて積極的な協力意志を確認している。固形燃料化事業については、Nguyen Hoang 社から、同じくカットバ島入域料をはじめとする財源確保、技術協力及び事業採算性の条件を満たす前提で、設備投資を含めて慎重ながらも協力意志を確認している。今年度の廃棄物調査結果を踏まえて、精査したインプット量・設備コストを報告・共有した。

今後の課題は、カットバ島入域料制度化と土地確保である。



写真 2.2(4)1 アンケート調査風景

2) 野菜、果樹等への液肥施用効果に関する調査

① 野菜：クウシンサイ

○ 調査目的

液肥の施用量の違いによる野菜（クウシンサイ）の生育状況を調査し、液肥利用による当該作物の栽培適正を評価する。

○ 調査実施方法

カットバ島農業普及センターの協力のもと、現地農家にて液肥の施用量を変えたクウシンサイの栽培試験を行い、生育状況と収量を評価した。

○ 調査時期

農地準備・定植期間：2015年9月29日～10月3日

生育状況調査期間：2015年10月3日～2016年1月31日（約4ヶ月、1回/週）

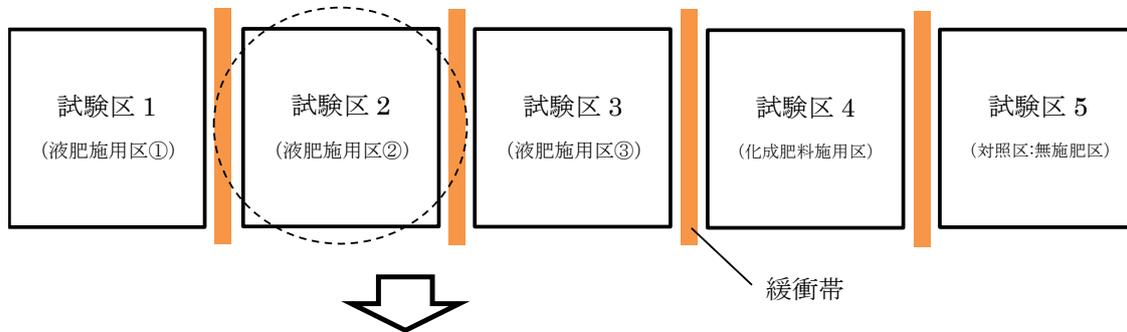
表 2.2(4)2①.1 耕種概要

圃場	Xuan Dam 村
作物	クウシンサイ
施肥基準例	N(9kg/10a)・P(5kg/10a)・K(7kg/10a)※基肥
液肥施用試験	<p>【試験区】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・液肥施用区①→ (N) 5kg/10a…液肥 4.3t[※]/10a ・液肥施用区②→ (N) 10kg/10a…液肥 8.6t[※]/10a ・液肥施用区③→ (N) 15kg/10a…液肥 12.9t[※]/10a <li style="padding-left: 20px;">(※窒素肥効率 50%と仮定) ・化成肥料区→ (N) 10kg/10a…化成肥料 125kg/10a

	【対照区】 ・無施肥区
播種	2015年10月3日
栽培密度	条間 50cm、株間 30cm
備考	<肥料成分濃度> ・液肥→N(0.23%)・P(0.11%)・K(0.02%) ・化成肥料→N(8%)・P(12%)・K(2%) <試験区> ・4試験区+1対照区を設置

表 2.2(4)2①.2 必要施肥資材 (全試験区 1.2 m²換算)

	液肥施用区①	液肥施用区②	液肥施用区③	化成肥料施用区	計
液肥	5 L	10 L	15 L	—	30 L
化成肥料	—	—	—	150 g	150 g



1 試験区 : 8 株 (条間 50cm、株間 30cm ※1.2m²)

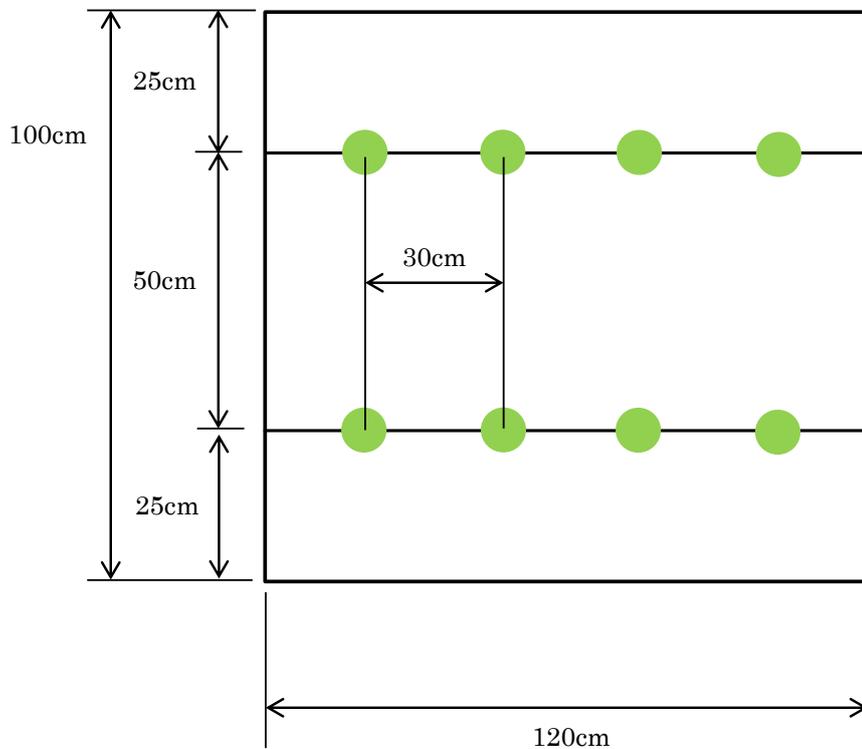


図 2.2(4)2① 試験区概要 (1.2 m²×5=6 m² (+緩衝帯 1 m²) ⇒全 7 m²規模)

○ 調査結果

(1) 生育調査結果

試験に用いたクウシンサイの種子は一般的にカットバ島で流通している品種を現地種苗店から調達した。当該種子を2015年10月3日に播種し、その後収穫時期になったら、適宜指標個体を刈り取り、重量を計測する予定だったが、本調査を依頼した現地協力農家とのコミュニケーションに齟齬が生じ、信用性のある収量データを得ることができなかった。

目視(写真)で確認する限り、化成肥料施用区と比較し、液肥施用区ではクウシンサイの生育が芳しくなく感じられたが、今後、施肥資材と施用強度の違いがクウシンサイの生育に及ぼす影響については収量データに基づき改めて評価する必要がある。

<写真記録>

2015年11月19日撮影
上から液肥施用区①～③、化成肥料施用区



液肥施用区①



液肥施用区②



液肥施用区③



化成肥料施用区

2016年1月13日撮影
上から液肥施用区①～③、化成肥料施用区



液肥施用区①



液肥施用区②



液肥施用区③



化成肥料施用区

② 果樹：オレンジ

○ 調査目的

液肥の施用量の違いによる果樹（オレンジ）の生育状況を調査し、液肥利用による当該作物の栽培適性を評価する。

○ 調査実施方法

カットバ島農業普及センターの協力のもと、現地農家にて液肥の施用量を変えたオレンジの栽培試験を行い、生育状況（新梢発生数量）を評価した。

○ 調査時期

農地準備期間：2015年9月29日～10月2日

生育状況調査期間：2015年10月2日～12月30日（3ヶ月間、1回/月）

表 2.2(4)2②.1 耕種概要

圃場	Gia Luan 村
作物	オレンジ
施肥基準例	N(32kg/10a)・P(16kg/10a)・K(20kg/10a) ※上記はオレンジ類の一般事例、施肥4回/年。 よって、1回当たりの施肥量は、 N(8kg/10a)・P(4kg/10a)・K(5kg/10a) ベトナムは熱帯気候のため液肥分解速度を考慮し1.25倍量投入 N(10kg/10a)・P(5kg/10a)・K(6.25kg/10a)
液肥施用試験	【試験区】 ・液肥施用区①→(N)5kg/10a…液肥 4.3t※/10a ・液肥施用区②→(N)10kg/10a…液肥 8.6t※/10a ・液肥施用区③→(N)15kg/10a…液肥 12.9t※/10a (※窒素肥効率 50%と仮定) ・化成肥料施用区→(N)10kg/10a…化成肥料 125kg/10a 【対照区】 ・無施肥区
液肥散布	2015年10月2日
栽培密度	1本/2.25 m ²
備考	<肥料成分濃度> ・液肥→N(0.23%)・P(0.11%)・K(0.02%) ・化成肥料→N(8%)・P(12%)・K(2%) <試験区> ・4試験区+1対照区を設置

表 2.2(4)2②.2 必要施肥資材（全試験区 2.25 m²換算）

	液肥施用区①	液肥施用区②	液肥施用区③	化成肥料施用区	計
液肥	10 L	20 L	30 L	—	60 L
化成肥料	—	—	—	280 g	280 g

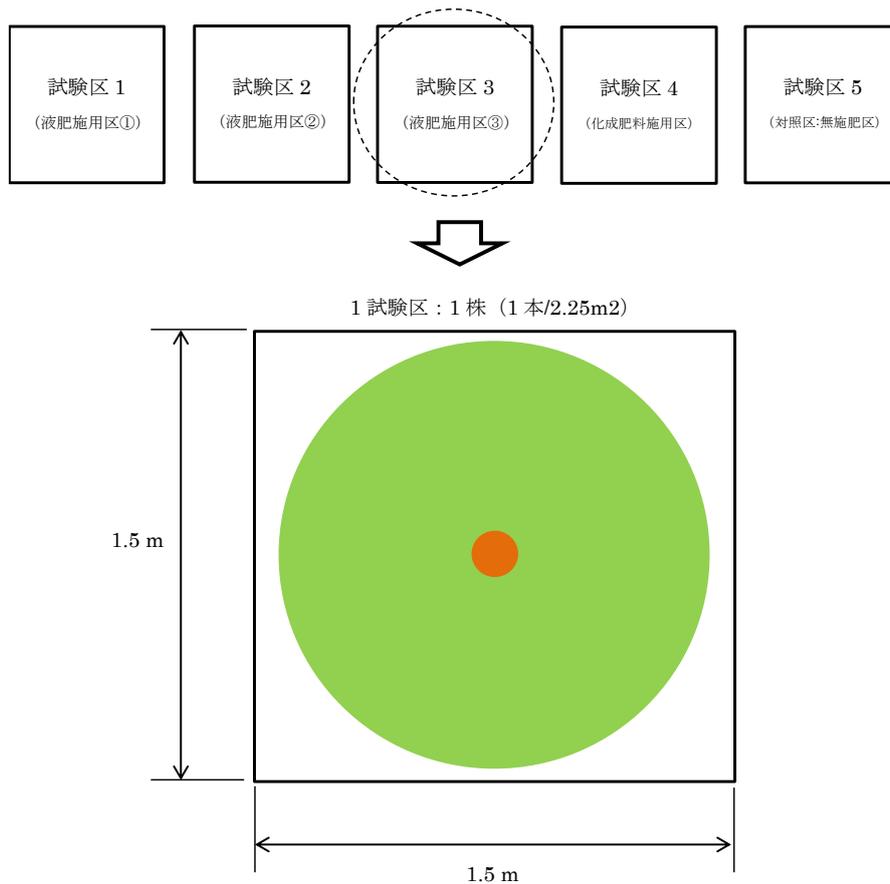


図 2.2(4)2②.1 試験区概要 (2.25 m²×5 試験区 = 11.25 m²規模)

○ 調査結果

(1) 生育調査結果

オレンジの生育を評価する指標として新梢に着目し、施肥資材と施用強度の違いが当該果樹の新梢発生に及ぼす影響を調査した結果、無施肥の対照区と比較し、液肥を施用した試験区では化成肥料を施用した試験区同様、新梢の発生が顕著であった。

施肥経過 60 日目において、最も若い新梢 (1~5cm) の発生は、対照区 (無施肥区) や化成肥料施用区と比較し、液肥施用区、特に同区① (窒素量 5kg/10a) と同区③ (窒素量 15kg/10a) で顕著な発生が確認され、液肥の施用がオレンジの生育に好影響を与えることが示唆された。各試験区の新梢発生数の変化を図 2.2(4)2②.2 (新梢長さ別)・図 2.2(4)2②.3 (新梢総数) に示す。

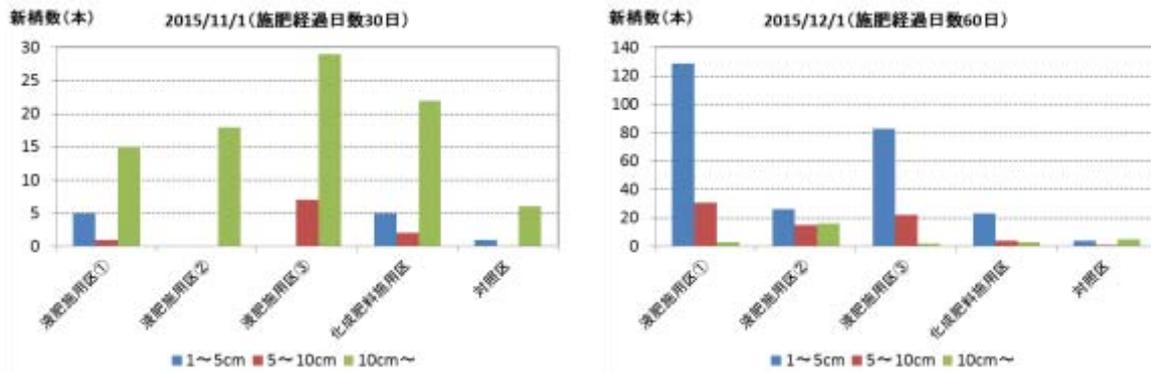


図 2.2(4)2②.2 施肥資材と施用強度の違いがオレンジの生育に及ぼす影響（新梢長さ別）

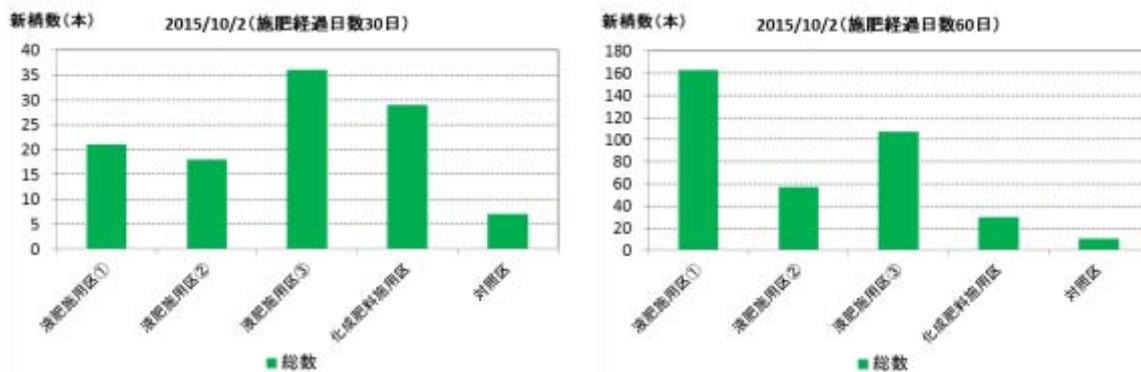


図 2.2(4)2②.3 施肥資材と施用強度の違いがオレンジの生育に及ぼす影響（新梢総数）

(2) 土壌分析結果

下記の土壌分析結果（図 2.2(4)2②.4）で示すように施肥資材を投入した直後の各試験区における土壌分析を行った結果、オレンジの生育に必要な肥料成分（無機態窒素、リン酸、カリ）が液肥試験区において化成肥料施用区と同様、バランス良く含まれることが確認された。上述したオレンジの生育調査結果からは、化成肥料と液肥の各施用で顕著な差が見られなかったが、施用効果に関して即効性の高い化成肥料に比べ、液肥は遅効的に土壌に影響を与える可能性が考えられるため、継続して土壌中の肥料成分含量の動態について確認する必要がある。また、特に土壌中の窒素はオレンジの生育に適切に利用（作物吸収）されることが環境への影響を抑制する上で重要であるため、この点からも窒素成分の土壌含量については長期的なモニタリングが必要であると考えられる。

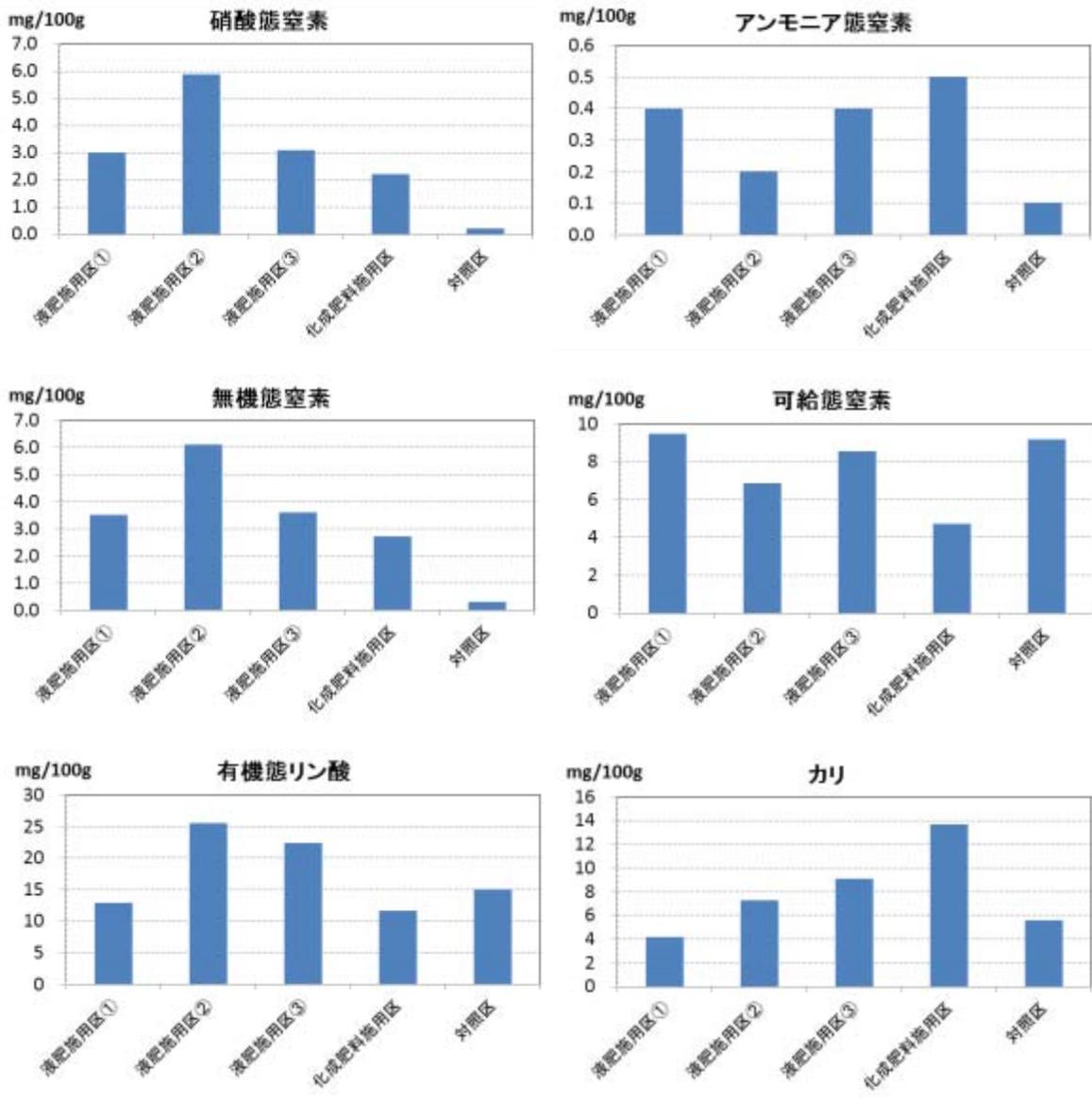


図 2.2(4)2②.4 土壌分析結果（液肥施用直後）

○ 液肥使用における留意点（液肥使用マニュアル）

生ごみ、家畜糞尿等地域の未利用資源をバイオガスの原料として利用する場合、当該原料に含まれる肥料成分の窒素、リン酸、カリウムはほぼ全量が液肥に移行するため、液肥の成分はバイオガス原料の組成を反映する。なお、液肥に含まれる窒素のうち、およそ 50%が比較的速効性の高い肥料成分であるアンモニア態窒素なので、液肥は化成肥料の代替として利用可能である。

肥料として農地に施用された窒素は、様々な形態変化を経て作物に吸収されたり（作物吸収）、大気に放出されたり（ガス揮散）、地下水へ流出する（溶脱）。よって、液肥に含まれる窒素成分を肥料として環境保全的に利用するためには、液肥を施用した土壌での窒素の動態を把握することが重要である。

液肥に含まれる全窒素のうち、無機態窒素（アンモニア態窒素・硝酸態窒素）がオレンジの栽培にとって主たる肥効成分と考えられる。よって、液肥に含まれる無機態窒素量（一般

に全窒素量の約 50%) が、圃場に投入する化成肥料の窒素量と同量になるように施用することが望ましいと考えられる。例えば、ある液肥 A の全窒素が 0.2%、そのうち無機態窒素が 0.1%とすると、慣行栽培における化成肥料の窒素投入量が 10kg/10a であれば、液肥 A の施用量は、 $10\text{kg}/10\text{a} \div 0.1\% = 10\text{t}/10\text{a}$ と同等になる。

オレンジの栽培に関して日本国内では 10a 当りの年間窒素（化成肥料）施用量で 32kg が一般的な施肥基準とされている。一方で肥料として農地に施用された窒素は、作物吸収以外に、ガス揮散や溶脱のリスクもあるため、特に環境への影響を考慮した場合、地下水への流出、すなわち溶脱を最小限に抑える施肥運用の見極めが重要である。

オレンジ等の果樹は野菜類と比較し、生育期間が長く、施用タイミングの間隔も長い（例えば年 4 回）、1 回当りの施用量を少なく抑えることができ、適切な施用を行えば窒素の溶脱リスクは極めて低いものと考えられる。よって今後、液肥施用によるオレンジ生産性の最大化を図りつつ環境影響、特に窒素の溶脱リスクを最小化するためのモニタリングを土壌分析に基づき行う予定である。

以下の表 2.2(4)2②.3 に本プロジェクトにおける液肥施用量と時期について整理した（液肥使用マニュアル）。なお、当該マニュアルは液肥施用によるオレンジの生育状況と土壌中の残留窒素含有量を定期的にモニタリングしながら適宜、精査すべきものである。

表 2.2(4)2②.3 液肥使用マニュアル

作物種	施肥	10a 当りの液肥 施用量* (t/10a)	10a 当りの窒素 施用量 (kg/10a)	施用時期	液肥施用経過 日数 (日)
オレンジ	基肥	8	8	1 回目	0
	追肥	8	8	2 回目	90
	追肥	8	8	3 回目	180
	追肥	8	8	4 回目	270

※液肥中の窒素含有率 0.2%、窒素肥効率 50%と仮定、不足する肥料成分は化成肥料等で補う

<写真記録>



3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査

○ 調査目的

本調査では、埋立処分場に搬入されるカットバ島全体の廃棄物量及びその内容を把握し、包括的な循環モデルの事業設計において適切な規模や手法を確立するための調査結果を得る。また、昨年度実施した事業系（ホテル・レストラン）廃棄物組成調査及び本年度実施の家庭系廃棄物組成調査の結果より、本システムによる潜在処理可能量及び処理可能量を試算し、導入技術のインプット量の精査、各種基本設計及び事業計画の見直しすることを目的とした。

○ 調査実施方法

実施期間中に埋立処分場に廃棄物を搬入する全ての車両を対象に埋立処分場の入口（アスファルト部）にてトラックスケールを用いて、搬入出時の計量を実施した。また、搬入時に、搬入者区分及び搬入廃棄物について聞き取り調査を行い、各セクター別の一日の搬入量を集計した。

なお、地域内の埋立処分場ではトラックスケールを保有しない為、日本からトラックスケールを持参し、調査を実施した。

○ 調査時期

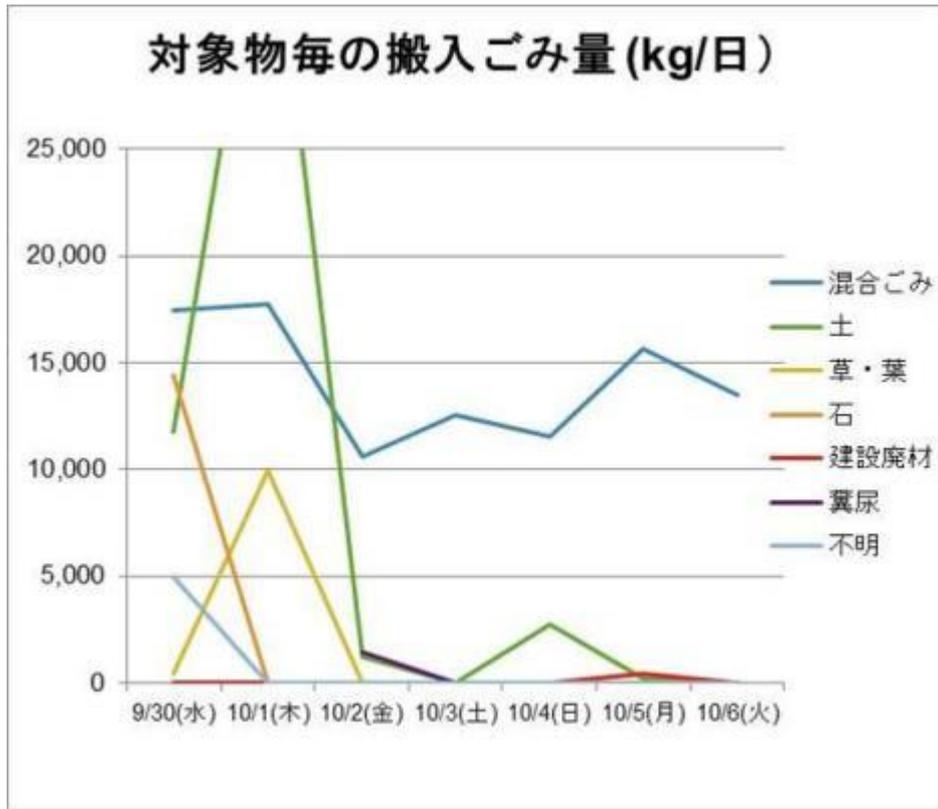
2015年9月30日～10月6日の7日間

※計測時間：公社トラックの搬入量時間に準拠 6:30～17:45

○ 調査結果及び考察

本調査結果は以下に示す。

平均車載量は	5,436	kg/台
1週間の平均搬入台数は	5	台
よって実績量は	26,435	kg/日



図表 2.2(4)3 埋立処分場搬入ごみ 対象物毎の搬入ごみ量(kg/日)

搬入される廃棄物の大半は混合ごみや開発が進む観光地ということから建設廃材・石が多く見受けられた。本調査及び組成調査結果と年間の観光客数のデータを用いて年間を通して搬入されてくる混合ごみを精査し、その結果をバイオガス化施設及び固形燃料化施設のインプット量を試算した。

聞き取り調査によると、家庭系廃棄物を搬入してくる公社のトラックは土日も含め、月に26日、朝～ター一日2～5回タウン部・農村部と分けて回収された廃棄物が搬入されており、タウン部での回収が毎日に対し、農村部は週3回のみでの回収という結果であった。



写真 2.2(4)3 調査風景

4) 分別回収スキームの検討

○ 調査目的

廃棄物の分別回収を導入するためには住民の協力を得る事が不可欠であり、住民の廃棄物事情やリサイクルへの理解を深めることが重要と考える。本調査では、分別回収調査前後に住民説明会を二度開催し、廃棄物・環境問題や本事業について説明を行い、最終的に住民を対象にアンケート調査を行い、効果的かつ許容しやすい分別・回収スキームを検討することを目的とした。

○ 調査実施方法

本調査は、主要な排出元である家庭（タウン部・農村部）を対象にごみ排出量・組成調査を一体的に実施した。また、最終日に協力頂いた家庭（タウン部・農村部）を対象にごみ分別に関するアンケート調査を行った。

<分別区分>

区分	名称	内容
区分1	固形燃料原料適物ごみ	プラスチック、紙、繊維、剪定枝、木質ごみ
区分2	バイオガス原料適物ごみ	生ごみ
区分3	その他ごみ	その他（汚れたごみ、複合ごみを含む）

実施にあたり、以下チラシを作成し公社の協力のもと分別への協力を求めた。

カットバ島ごみ分別表

★それぞれ袋の色に合わせてごみを分別してください

透明の袋

バイオガス用ごみ

- 残飯
- 調理用生ごみ
- 海藻
- 生木、生花
- 魚介の皮や骨
- 小エビの殻

※卵の殻、蟹殻、ココナッツは「その他」に入れてください。
※殻廃食用油はペットボトルに入れて「その他」に入れてください。

青色の袋

固形燃料化用ごみ

- 紙（汚れていない・乾いた）
- 木くず（生木を除く）
- 繊維
 - ・服
 - ・カーテン
 - ・布類
- プラスチック類
 - ・包装資材
 - ・荷造ひも（PPバンド）
 - ・緩衝材

※汚れた・濡れた紙、プラスチック等は「その他」へ入れてください

黒色の袋

その他のごみ

- 庭ゴミ（草・葉・木）
- 皮、ゴム
- 金属、金属缶
- ガラス、ビン、陶器
- パイプ、ホース
- 複合ごみ
- 汚れたゴミ（濡れた・汚れた包装等）

※現状売却しているゴミはその他の袋に入れる必要はありません。

ご協力ありがとうございます!!

図表 2.2(4)4 分別基準説明チラシ

○ 調査結果及び考察

<事後アンケート調査結果>

事後アンケートの集計結果は以下のとおりとなった。なお、全体の95%が分別に対して簡単もしくはふつうと回答（難易度は高くない）。また、全体の97.5%が分別の手間はかかるが「美しいカットバ島」にしたいと有効回答を得た。

Q1. 分別は難しいですか？（タウン地区/農村地区）

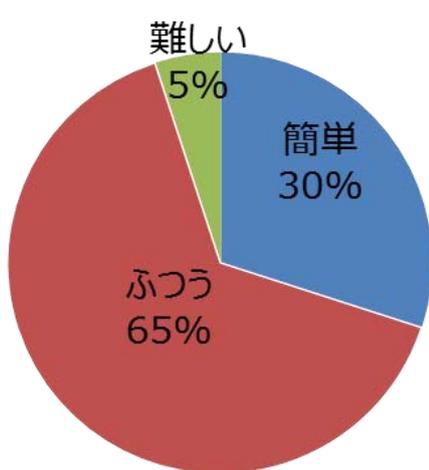


図 タウン地区

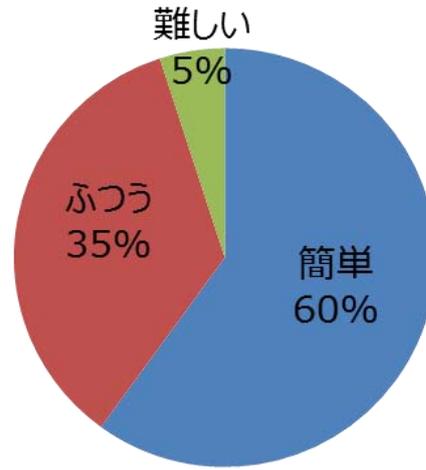


図 農村地区

Q2. 分別にご協力頂きますと“美しいカットバ島”に貢献できます。分別が手間でも“美しいカットバ島”に貢献できるならご協力できますか？（タウン地区/農村地区）

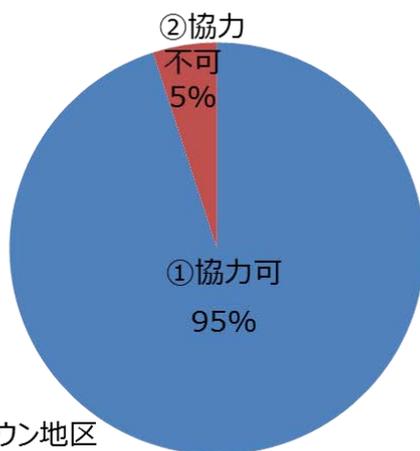


図 タウン地区

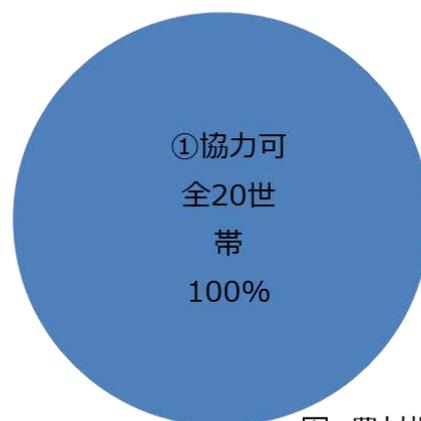


図 農村地区

事後アンケートを行った結果、住民から「カットバ島の美しい環境のために協力できる」、「一日でも早く実現してほしい」といった意見が多かった。また、別件のヒアリングでは、Hang San 地区の住民リーダーから「埋立処分場の臭気を無くしてほしい」と強く要望が出ており、毎日公社スタッフが埋立処分場へ消臭剤を撒いているという情報があった。

一方、「回収に来られるなら協力する」という意見もあった。

今回は戸別回収を行った結果、住民の負担は最低限に抑えることができたが、今後分別収集の仕組みを構築する場合には何らかの工夫を加える必要があると考える。具体例として以下の2つの施策が考えられる。

① 「住民が負担するゴミ処理料の傾斜有料化の導入」

きちんと分別したごみは処理量が安く、それ以外のごみは処理料が高くなるため分別・資源化へのインセンティブが働くことになる。

② 「ゴミの先出禁止、定時回収」

ごみ収集車が定時定所に来て、その時間帯にごみを出す制度（それ以外の時間帯にごみを出すことができない）。ごみ収集車の作業員が分別チェック・指導を行うので、分別精度が上がる。また、ごみを路上等に放置できないので衛生的であり、景観にも良い。また、時間帯に関しては、夕方から夜にかけて収集することが望ましい。その理由として、朝より夕方の方が家庭に人がいることが多い為、定時回収時ごみを出すことが可能となる。また、ベトナムの一般的な家庭では朝食は外食し、夕食は家で調理して食べることが多いことから夕食を調理した直後に排出できるのは便利で、衛生的でもあると考える。

今後、住民や事業者対象に分別回収の啓蒙や廃棄物事情やリサイクルへの理解を深め、住民の意識を高める必要があると考える。

5) バイogas化施設及び固形燃料化施設の仕様検討及び事業計画の精査

搬入量・組成調査結果にもとづきシステムインプット量を設定した。各プラントメーカーと協議を経て、見積もりを取得した。固形燃料化施設においては建屋の見積りも現地建設会社2社から受領したが、建屋の詳細な仕様がない現段階では、部材等の単価見積りに留まった。各施設の仕様・機種の検討及びコスト精査を実施し、事業計画（イニシャル・ランニングコスト）に反映させ、最終報告会で人民委員会に報告を行った。しかし、本事業導入に必要な不可欠な財源を確保することが最優先事項であるが、既述の通り、財源としてのカットバ島入域料の導入には課題が多い状況である。

6) セメント原燃料化に向けた情報収集・調整

埋立処分場搬入量調査や組成調査を踏まえ、セメント原燃料化に適する廃棄物及び量等を特定した。また、需要候補企業（Vicem Hai Phong）への受入条件のヒアリング等を行った。その結果、現時点で「その他廃棄物」（バイオガス施設及び固形燃料化施設に受入可能な廃棄物以外のもの）を受け入れるための投入プロセス（投入口）がない等の理由により、直ぐには難しいとのことであった。なお、同企業は、廃棄物の受入実績はないが、産業系廃棄物の受入について別途検討を進めており、廃棄物受入に関する実績が出てきた場合には、「その他廃棄物」についても設備投資を含めて検討する可能性も出てくると考えられる。

汚れたゴミ、おむつ、塵芥など
バイオガス化や固形燃料に
適さない廃棄物
ボイラー灰、廃タイヤ、等



2.3 廃棄物の組成・性状等調査

(1) 調査課題及び内容

現地で発生する廃棄物の具体的な性状等を把握するため、カットバ島において、以下の調査を行った。

家庭系廃棄物の組成調査（訪問 C I に実施）

主要な排出元ごとの廃棄物組成を把握するため、家庭を対象として廃棄物の組成調査を実施した。タウン部と農村部で廃棄物の排出状況が異なることが想定されるため、それぞれの地域より各 20 世帯を抽出しサンプルとした。廃棄物は住民側で分別のうえ、各回 7 日間+1 日（リセット日）回収した。回収期間のうち 3 日間（月・水・土）について回収後、組成分類・計量を実施した。

なお、先行研究結果より、季節による組成変動は限定的であることから調査は 1 回のみとした。

(2) 調査結果詳細

家庭系廃棄物の組成調査

○ 調査目的

カットバ島の廃棄物のうち家庭系廃棄物について、タウン部・農村部の廃棄物組成及び排出量調査を行い、各種基本設計及び事業計画の基礎データとする。また、3 種類の分別を依頼することにより分別の精度を計るとともに、住民の分別の手間及びその価値を認識してもらうことを目的とした。

○ 調査実施方法

調査対象として、タウン部・農村部の 2 地区を選定したうえで、各地区 20 世帯を抽出して協力を求めた。各地区とも、バイオガス化適物・固形燃料化原料適物・その他の 3 種類に分別のうえ毎日回収・計量した。また、実施期間のうち 3 日間は 14 カテゴリーに分類・計量を実施した（GUIDES FOR MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT IN PACIFIC ISLAND COUNTRIES (1996, World Health Organization (WHO))を参考として設定した）。詳細の調査カテゴリーについては以下に示す。なお、粗大ごみ及び家電類については複合ごみであり、重さの変動が大きいことから調査対象から除くものとした。

番号	区分	
1-1	生ごみ	メタン発酵の適物
1-2		メタン発酵の不適物
2-1	紙	一般
2-2		汚れがひどいもの
3	繊維	
4-1	プラスチック	軟質系
4-2		硬質系
4-3		汚れがひどいもの
4-4		塩ビ系
5	草・葉・木	
6	ゴム・皮革	
7	金属	
8	ガラス・陶磁器	
9	その他	

図表 2.3(2) ごみ組成分類表

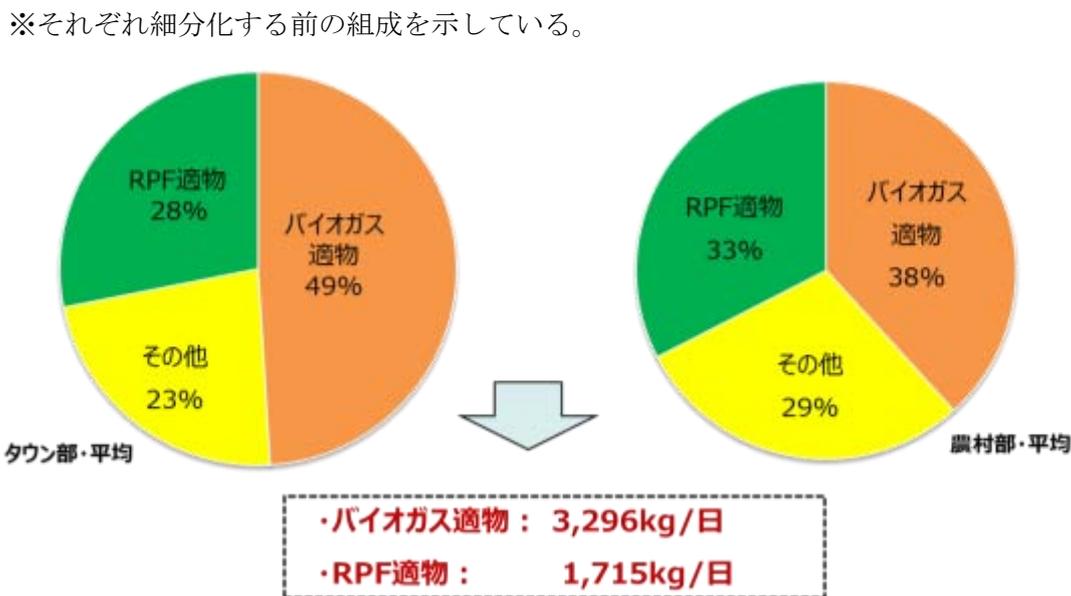
○ 調査時期

2015年9月24日～10月1日の8日間、毎日ごみ回収、計量。そのうち3日間（土・月・水）は組成調査（分類）を実施

※調査期間は、1週間（7日）+1日の計8日間としている。初日においては、家庭内の廃棄物を全て廃棄してもらうことが目的である。そのため、実質上調査の対象となるのは2日目以降のごみである。

○ 調査結果及び考察

以下に、各州の家庭ごみの組成平均及び1人1日あたりのごみ排出量推計結果を示す。



組成調査結果より家庭ごみの40%以上がバイオガス化施設で再資源化できるもの（生ごみ・適物）、約30%が固形燃料化可能と思われるもの（紙、繊維、プラ、草木）であり、約70%のごみがバイオガス化または、固形燃料化で再資源化が可能であることが確認できた。その他のごみは残りの約30%となるが、中には分別がしっかりされていない為、汚れを含んだ紙、プラや繊維等（水分を多く含む廃棄物と一緒に混ぜ合わせることによって紙類等に水分や汚れが移行してしまい、本来の重量から変動してしまっているもの）も含まれており、今後分別の精度が上がれば、より多くのごみが再資源化可能と考えられる。



説明会の様子@Phu Long地区



説明会の様子@タウン部No.2地区



回収の様子@Phu Long地区



回収の様子@タウン部No.2地区



写真 2.3(2) 組成調査・ごみ分類風景

2.4 現地政府・企業などとの連携構築

各関係者と以下のとおり検討を重ね、連携構築を進めた。

ハイフォン市人民委員会	副委員長から計画投資局当てに本事業実施者とカットハイ 会 県人民委員会のパートナーシップ協定（MoU）締結のために、 外務局、天然資源環境局及びカットハイ県人民委員会と一緒に 検討するよう通達があった。今年度 12 月に副委員長の人事異 動があり、翌 1 月の会合では新副委員長を含めて事業説明及び 当面の課題である財源（カットバ島入域料）について協議した 結果、各種課題が抽出され、継続協議が必要となっている。
カットハイ県人民委員 会	今年度 8 月に前任から変更。財源（カットバ島入域料）につ いてはハイフォン市人民委員会と検討・調整してほしい、との スタンスが明らかとなった。
公社	カットハイ県人民委員会からの指示に基づき、調査及び計画 づくりに継続して協力を得ている。
Quoc Hung 社	カットバ島入域料をはじめとする財源確保、技術協力及び事 業採算性の条件を満たす前提で、合弁会社設立に向けて積極的 な協力を得ている。
Nguyen Hoang 社	カットバ島入域料をはじめとする財源確保、技術協力及び事 業採算性の条件を満たす前提で、合弁会社設立に慎重ながらも 協力を得ている。
北九州市	グリーン成長プランに基づくパイロットプロジェクトとして カットバ島の『島地域における包括的資源循環システム構築 事業』が位置づけられている事と、行政側の立場や視点で制度 設計のための協力を得ている。また、財源（カットバ島入域料） の件ではハイフォン市人民委員会のカウンターパートである。
NTT データ経営研究所	カットバ島での別 PJ を計画しており、環境保全手数料を必 要とする関係でカットバ島入域料についての基本方針案や企 画案を連携して整理している。観光客へのアンケート調査も共 同実施した。

2.5 現地関係者合同ワークショップ等の開催

(1) ベトナム現地ワークショップ（中間報告会）

○ 目的

現地関係者が更に理解を深め、効果的な制度実現や合意形成促進に向け、プロジェクトの進捗を共有するほか、本システム導入の必要性を再認識するとともに、導入に向けた課題や関係機関の役割について協議することを目的とした。

○ 実施日時

2015年11月17日

○ 開催地

ベトナム ハイフォン市 カンファレンスセンター

○ 参加者

【ベトナム側】

- ・ 外務局のフォン副局長、フン部長（ハイフォン市人民委員会）、Linh氏（商工局 副局長）（他4名）
- ・ その他に、ビッセムハイフォンセメント副社長、URENCO 担当者等

【日本側】

- ・ 北九州市 アジア低炭素化センター環境国際戦略 より2名
- ・ 株式会社日建設計シビル より2名
- ・ 株式会社NTT データ経営研究所 より1名
- ・ 株式会社ソフトエナジーコントロールズ より1名
- ・ 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 より1名
- ・ 株式会社アミタ持続可能経済研究所 より1名

【通訳】

- ・ ズン氏、ロン氏

○ 結果及び考察

本プロジェクト検討の進捗報告内容や観光手数料の基本制度設計案について説明し、認識を得た。ただ、カットバ島入域料について新たな課題が示され、ハイフォン市人民委員会の人事異動がまだ完了しておらず（よって欠席者多数）に十分な協議が叶わなかった。今後もカットバ島入域料を適正に制度化することを目標に今後も人民委員会と協議を進めていく必要がある。

○ 実施内容

各参加機関より担当領域における環境・社会面の問題・課題について現状を共有し、本プロジェクト検討の進捗について報告するとともに、カットバ島入域料の基本制度設計に対する提案について意見交換を行った。



写真 2.5(1) 中間報告会風景

(2)ベトナム現地ワークショップ（最終報告会）

○ 目的

効果的な制度実現や合意形成促進に向け、今年度のプロジェクトの進捗・成果を共有するほか、本システム導入の導入に向けた課題とその対策について協議することを目的とした。

○ 実施日時

2016年1月12日

○ 開催地

ベトナム ハイフォン市 カンファランスセンター

○ 参加者

【ベトナム側】

- ・ ドン副市長(副委員長)、外務局のフォン副局長、フン部長（ハイフォン市人民委員会）（他4名）
- ・ その他に、ビッセムハイフォンセメント副社長、URENCO 担当者等

【日本側】

北九州市 アジア低炭素化センター環境国際戦略 より3名

- ・ 株式会社日建設計シビル より2名
- ・ 株式会社NTT データ経営研究所 より3名
- ・ 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 より1名
- ・ 株式会社アミタ持続可能経済研究所 より1名

【通訳】

- ・ ロン氏、クァン氏

○ 結果及び考察

課題となっているカットバ島入域料及び立地候補地について、その後論点を絞って協議し、一定の理解と解決を得た。ただ、カットバ島入域料について新たな課題が示されたり（※下記「実施内容」参照）、ハイフォン市人民委員会の人事異動がまだ完了しておらず（新市長が決まっていない）、意志決定できない状況であった。カットバ島入域料を適正に制度化するためには、今後も人民委員会と継続協議を進めていく必要がある。

○ 実施内容

各参加機関より担当領域における進捗・成果を簡単に報告し、主に課題と対策について協議した。カットバ島入域料及び立地候補地については、前回の中間報告会で出された質問や課題についての考え方や対策案を日本側から提示し、意見交換を行った。

具体的には、まず、カットバ島入域料の法的に位置づけについてである。現行の「費用・手数料に関する法令」（現在、法律化の動きがある）の中には観光手数料が規定されている一方で、この法令に基づき、ハイフォン市が独自に新しい観光手数料を定めることも可能であるため、「現行観光手数料の枠組みの活用」又は「カットバ島入域料（新設）」を提案。ハイフォン市としては、後者はハードルが高いため、前者を進めたい意向であった。しかし一方で、現行観光手数料は値上げされたばかりであること、主要観光スポット（22カ所）で既に徴収していること、観光手数料のさらなる値上げ又は拡張による観光客減少への懸念などの課題が挙げられた。また、本制度の決定にあたっては、ハイフォン市人民委員会の委員長（市長）の権限範囲に及ぶため、現時点では意志決定できないこと（※新市長は2016年5月に決定予定）、が明らかとなった。



写真 2.5(2) 最終報告会風景

2.6 実現可能性の評価

(1) 環境負荷削減効果

	固形燃料化	バイオガス化
A.推定総発生量に対する割合（廃棄物・下水処理汚泥再資源化量）	2.7t/日	13.1t/日
	72% (=15.8t/22t)	
B.土壌・地下水に対する環境負荷低減、埋立処分場の延命効果	7,064 m³/年⁶	
C.温室効果ガス削減量	2,712tCO ₂ /年	5,651tCO ₂ /年
	8,363tCO₂/年	
D.化石燃料代替による温室効果ガス削減効果	360tCO ₂ /年	90tCO ₂ /年
	450tCO₂/年	

なお、算出根拠は以下の通り。（※具体的な方法論は、「平成 26 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査事業」（環境省委託事業）に基づいている。）

<バイオガス化事業>

リファレンスシナリオ		
メタン放出	①	5,561t-CO ₂ /年
電力に係る温室効果ガス排出量	②	198t-CO ₂ /年
熱に係る温室効果ガス排出量	③	179t-CO ₂ /年
全温室効果ガス排出量 合計 (①+②+③)	④	5,939t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (②+③)	⑤	378t-CO ₂ /年
プロジェクトシナリオ		
バイオガス燃焼に伴う温室効果ガス排出量	⑥	372t-CO ₂ /年
電力に係る温室効果ガス排出量	⑦	235t-CO ₂ /年
熱に係る温室効果ガス排出量	⑧	53t-CO ₂ /年
全温室効果ガス排出量 合計 (⑥+⑦+⑧)	⑨	660t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (⑦+⑧)	⑩	288t-CO ₂ /年
温室効果ガス削減量		
全温室効果ガス削減量 (④-⑨)	⑪	5,279t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス削減量 (⑤-⑩)	⑫	90t-CO ₂ /年

⁶ 埋立ごみ比重を 0.8163 とする（埋立処分場残余年数算出の際の環境省使用値）

< 固形燃料化事業 >

リファレンスシナリオ		
メタン放出	①	2,352t-CO2/年
熱に係る温室効果ガス排出量	②	1,968t-CO2/年
全温室効果ガス排出量 合計 (①+②)	③	4,320t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (②)	④	1,968t-CO2/年
プロジェクトシナリオ		
電力に係る温室効果ガス排出量	⑤	65t-CO2/年
熱に係る温室効果ガス排出量	⑥	1,544t-CO2/年
全温室効果ガス排出量 合計 (⑤+⑥)	⑦	1,608t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (⑤+⑥)	⑧	1,608t-CO2/年
温室効果ガス削減量		
全温室効果ガス削減量 (③-⑦)	⑨	2,712t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス削減量 (④-⑧)	⑩	360t-CO2/年

(2) 社会的受容性

ハイフォン市及びカットハイ県人民委員会との十分な協議により事業計画についての十分な理解が得られているか。	事業の趣旨やスキーム、事業計画概要については基本的理解を得られている。一方で、カットバ島入域料について、新たな課題が抽出されたり、ハイフォン市人民委員会の人事異動により意思決定者が変わるなど、基本財源の確保に向けた検討・協議が必要な状況である。
--	--

事業推進に係る基本的な合意がなされているか。 同上

(3) 実現可能性の評価

- ・ **事業スキーム検討・パートナー選定**
 - まずは財源確保が重要であり、そのためのカットバ島入域料について、ハイフォン市の諸状況や他所事例などを勘案し、日本側から具体的な制度設計(案)を提案した。ただ現時点ではまだ課題が多く(他の類似手数料との関係を含め法的な位置付けの整理、徴収方法、金額、意志決定者の不在など)、今後ハイフォン市と日本側とでさらなる協議を進めていく必要がある。
 - ハイフォン市人民委員会以外の現地パートナー候補企業 (Quoc Hung 社、Nguyen Hoang 社) からは、本プロジェクトへの投資を含めた積極的な参画意志を得られている。ただし、やはりハイフォン市人民委員会との財源確保を含めた長期協定が重要との認識であり、カットバ島入域料に関する課題解決が必要な状況である。
- ・ **事業採算性**
 - ハイフォン市人民委員会に提案している基本委託料 (カットバ島入域料を含む) が

実現すれば、現時点では実現可能なラインに収まっていると考える。

- ・ **原料調達及び供給安定性**

- 今年度の詳細調査（搬入量調査、組成調査）によって、バイオガス事業及び固形燃料化事業のそれぞれに対して、対象となる廃棄物の数量と組成に関するより精度の高いデータを得ることができた。このことにより、バイオガス化施設、固形燃料化施設の規模の見直しを行った。
- 廃棄物の分別・回収については、今年度行った実証試験の結果、3分別（バイオガス適物、固形燃料適物、その他）であれば、95%の人が「簡単」「ふつう」と回答し、97%以上の人が「協力できる」と回答するなど、実現可能性が高いと考えられた。一方で、今回の実証試験では戸別回収であったので、廃棄物の排出・回収方法の具体的制度設計については、今後の課題である。

- ・ **立地**

- 候補地について、ハイフォン市側から具体的提案があった。当該地の面積は十分であり、アクセスも今後整備予定とのことで一定の評価はできるが、あらたな埋立処分場候補地の一角とのことであった。日本側からはバイオガス施設や固形燃料化施設は観光拠点にもなり得ることから、よりアクセスのよい土地を希望しており、ハイフォン市側での再検討事項となった。

- ・ **初期投資財源**

- 現時点では、当社グループと現地パートナー企業が出資・組成する合弁会社が、融資資金をもとに投資するスキームを想定している。一方、初期投資を抑え実現性を高めるために、JCM 設備補助や JICA 中小企業海外展開支援事業等の適用可能性を検討している。

2.7 今後の海外展開計画案

事業の実現可能性を高めるための課題等を以下のとおり整理し、実現可能性を改善させることにつながる現地の行政施策や課題解決策について検討した。

課題	行政施策・その他解決策
カットバ島入域料の確保	<p>本システムを実現させるためにはカットバ島入域料の制度化が必要不可欠である。北九州市やNTT データ経営研究所と協力し、法的位置づけが整理され、徴収方法や金額などについてハイフォン市において合意が成され得る制度企画を考案、提案していく必要がある。ただし、意志決定者（市長）が現在不在のため、タイミングを図る必要がある。</p> <p>最終的には、ハイフォン市と事業実施主体との間で、財源確保を含めた長期協定を締結することを想定しており、そのための条件設定、役割分担、リスク分担等を必要となる。</p>
実効性の高い分別・回収スキーム	<p>住民や事業者にとって受入許容度が高く、インセンティブが働く排出・回収システムを設定することが必要である。既述のような、ごみの傾斜有料化や定時定所回収システムなどが考えられる。</p>

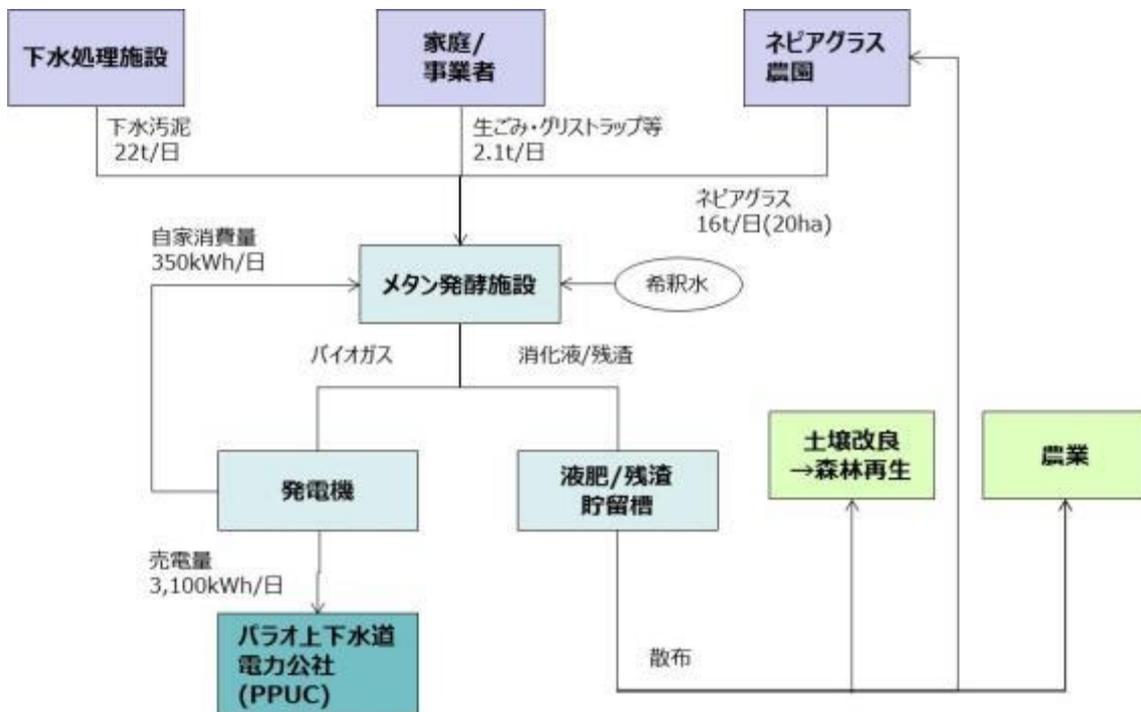
3. パラオ共和国における調査

3.1 海外展開計画案

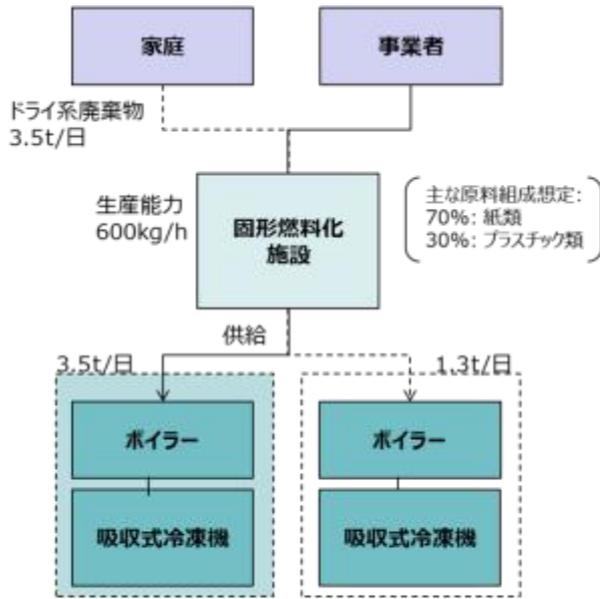
(1) 事業規模

ベトナム同様に高含水率廃棄物については湿式メタン発酵技術、低含水率廃棄物については廃棄物由来固形燃料（RPF）を採用する。また、パラオにおいては、埋立処分場に数十年にわたって搬入された廃タイヤが野積みされており、水が溜まった廃タイヤは伝染病を媒介する蚊の温床になっている他、廃タイヤが燃える火災も発生しており、重大な問題となっている。セメント化によるタイヤリサイクル技術を組み合わせることで包括的な資源循環を図る。

<バイオガス事業>



< 固形燃料化事業 >



導入対象 (想定):
国立病、国会議事堂、主要リゾートホテル 等

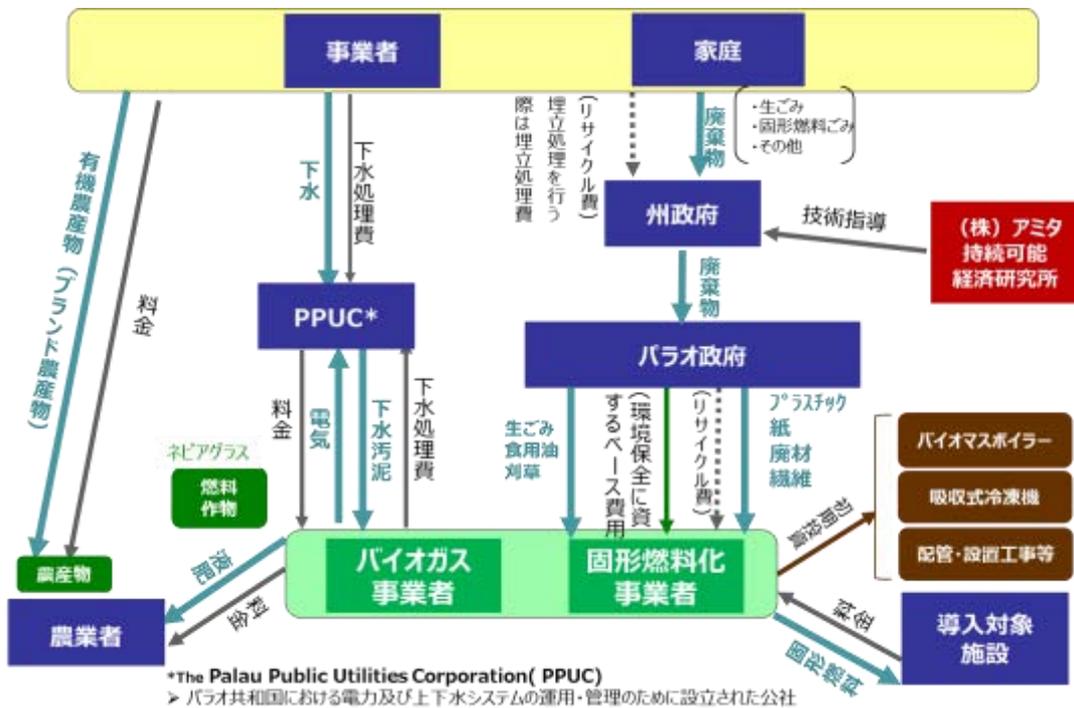
- 第1段階として、1施設に対し、RPF3.5t/日程度を生産・供給することを想定する。
- 第2段階として導入施設を更に1施設増やし、合計4.8t/日程度まで拡大することを想定する。



対象候補施設:
パラオ共和国 国立病院

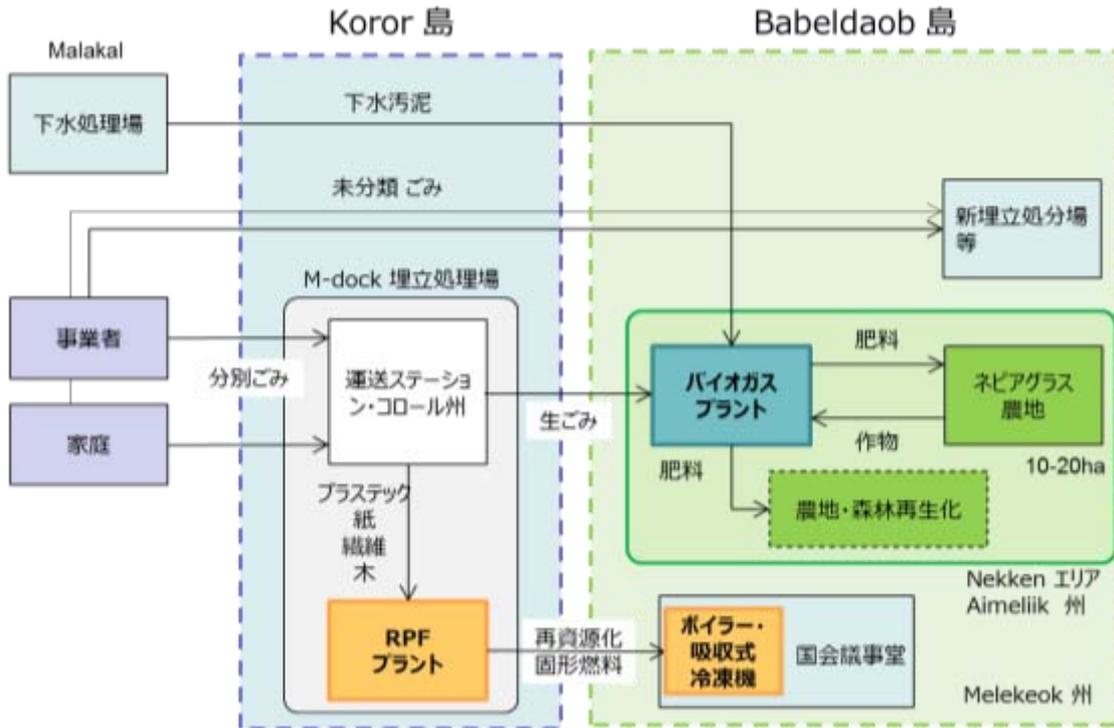
(2) 事業スキーム

以下に事業スキーム案を示す。



(3)立地・運営計画

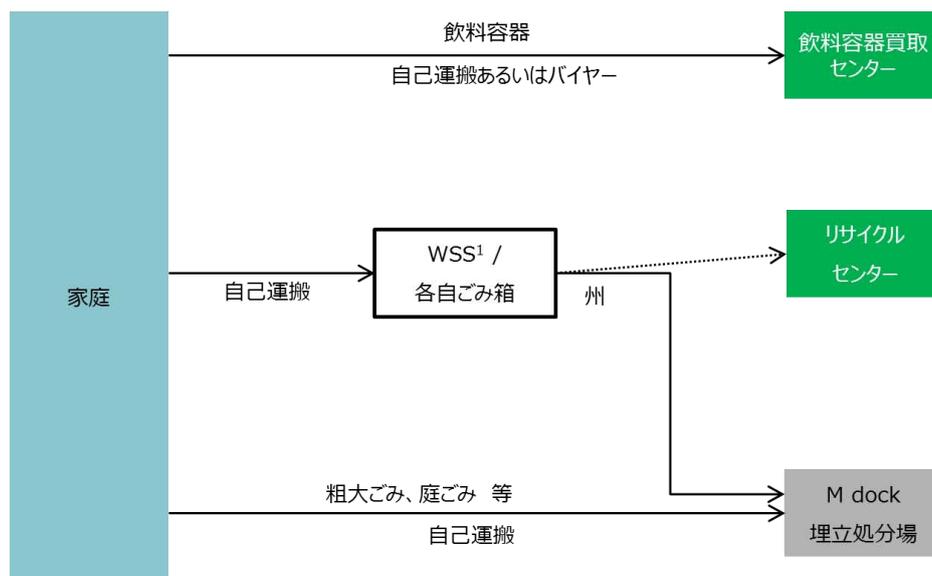
事業立地に関しては、既存の取り組みとの相乗効果及び事業効率性の観点から以下の様に配置する方針で国及び各州と調整を進めている。



<コロール州におけるごみ回収スキーム現状・案>

ごみ回収スキーム -コロール州-

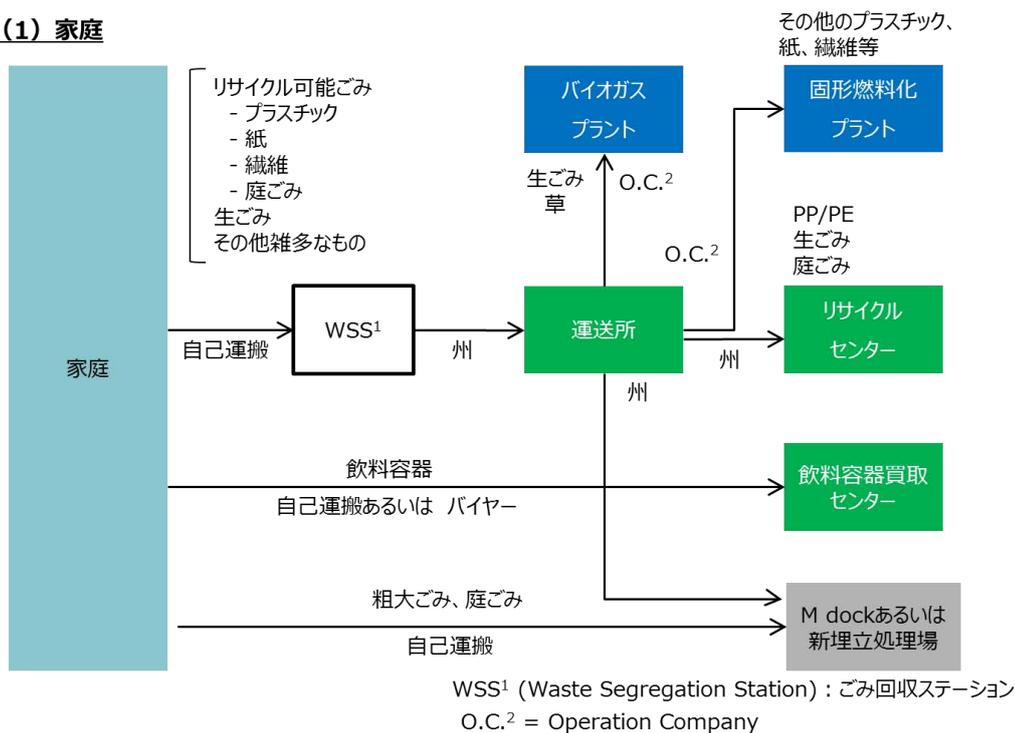
現行システム (1) 家庭



WSS¹ (Waste Segregation Station) : ごみ回収ステーション

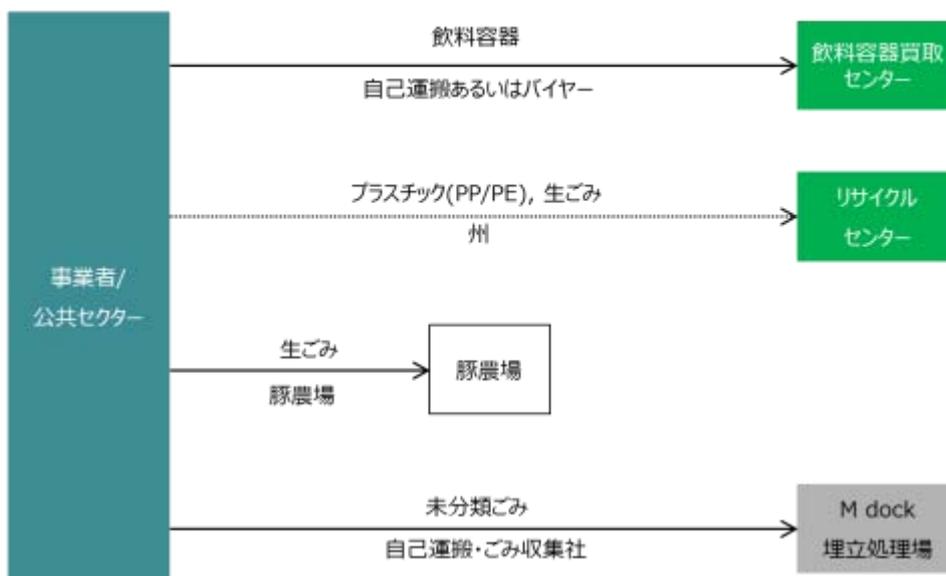
ごみ回収スキーム -コロンビア州-

計画 (1) 家庭



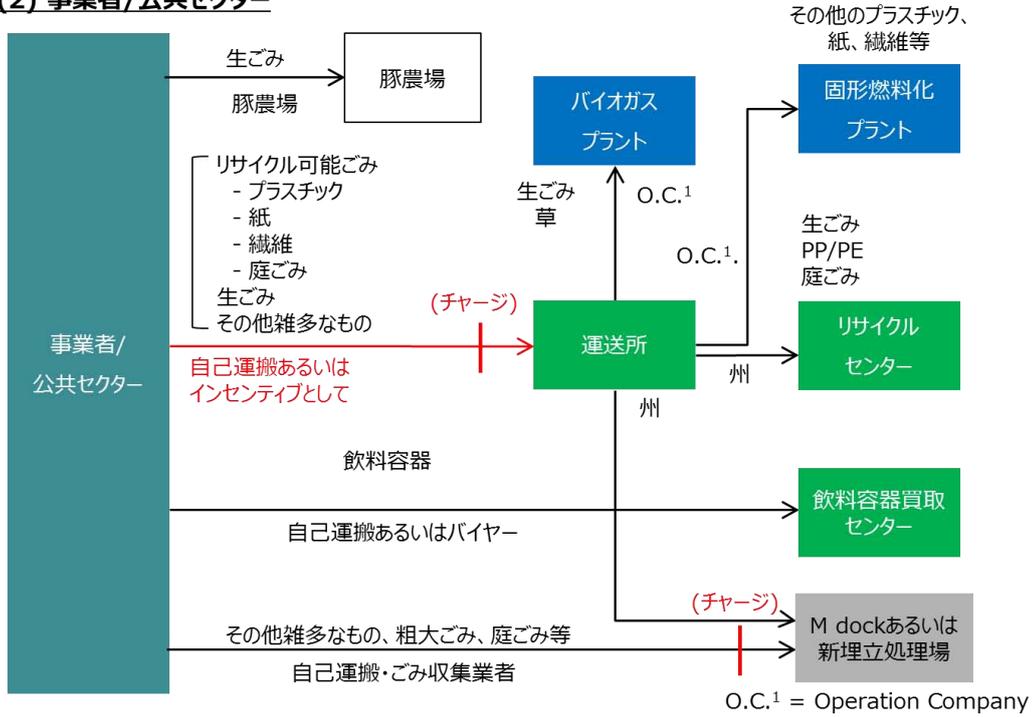
ごみ回収スキーム -コロル州-

現行システム (2) 事業者/公共セクター



ごみ回収スキーム → 九州 →

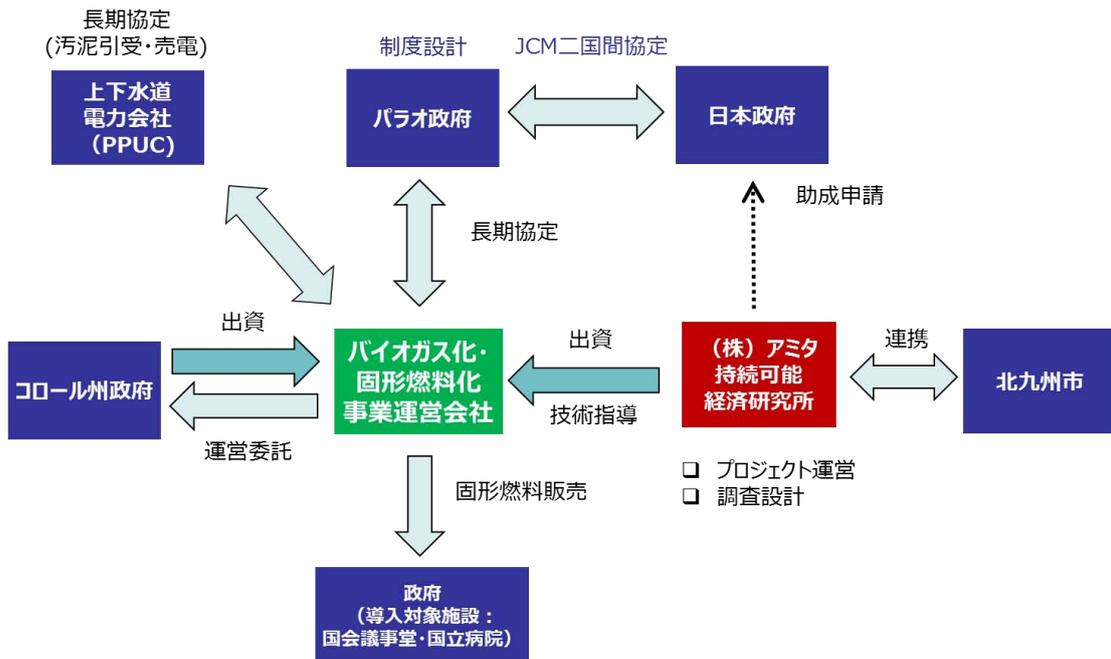
計画 (2) 事業者/公共セクター



(4) 事業実施体制

以下に調整中の事業化時の実施体制案を示す。

Proposed Business Scheme (1)



(5)事業化スケジュール

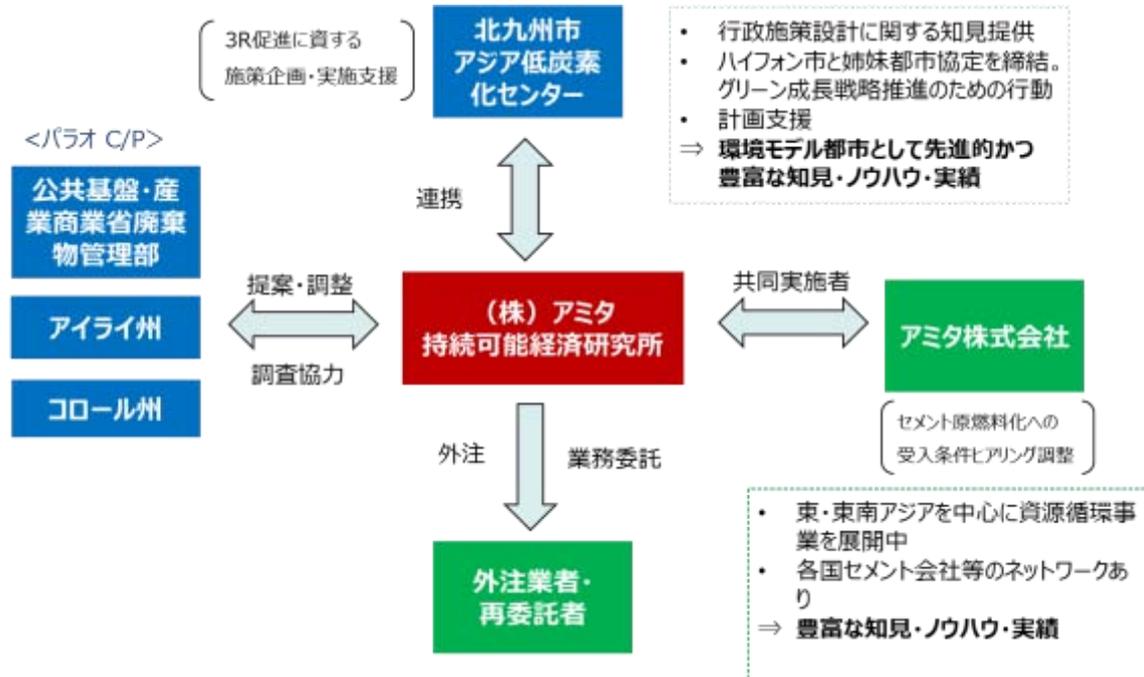
以下に事業化に至るスケジュール案を示す。

Year	バイオガス化事業	固形燃料化事業	廃タイヤ再資源化
2016	下水処理 施設更新	実現可能性調査 Phase 2	サンプル入手・条件交渉
2017		実現可能性調査 Phase 3 詳細調査・設計 運用計画策定	運用開始
2018		建設	
		運用開始	

3.2 対象地域における現状調査

(1) 調査実施

1) 調査実施体制



2) 廃棄物管理制度

パラオにおける廃棄物管理行政の全体統括は、中央政府の公共施設・産業・商業省（Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce：MPIIC）公共事業局（Bureau of Public Works：BPW）の廃棄物管理部（Division of Solid Waste Management：DSWM）が担っている。ごみの収集・処理は基本的に州政府が管理するが、埋立処分場の管理に関しては、コロール州のみ中央政府が担っており、国内最大の最終埋立処分場である M-dock 埋立処分場には中央政府 DSWM の現場職員約 10 名が配置されている。他州においては、州政府が埋立処分場の管理を行っている。この背景として、従来パラオでは、旧首都であったコロール州の M-dock 埋立処分場が同国唯一の埋立処分場であったためと推定される。

コロール州の廃棄物管理に関してはコロール州廃棄物管理事務所が担当しており、現在 70 名のスタッフが在籍しているが、今後更に増員する予定である。なお、環境保護委員会（Environmental Quality Protection Board：EQPB）は、規制当局及び法律の実施機関であり、MPIIC も含む、各省庁及び州政府等の公共機関と民間機関の規制及び法制度の実施を監督する立場であり、職員は 13 名である。

DSWM の予算は年間 3.5 から 4.5 万 US ドル（以下「ドル」と記す）程度であるが、そのほとんどが M-dock 埋立処分場の運営費に使用されている。コロール州廃棄物管理事務所の予算は Capital Improvement Project（CIP）付と公共事業部（Public Works Department）付の予算とに分かれている。CIP 付の予算には各プログラム実施のためのハード面、オフィス運営

費、意識啓発活動関連等が含まれ、公共事業部付の予算には、人件費と電気代が含まれる。コロール州の2013年度の公共事業関連予算が200万ドルであるのに対し、廃棄物管理事務所のCIP付予算が65万ドルであり、約3分の1が廃棄物管理施設関連の予算となっている。また、CIP予算は、2011年に20万ドル、2012年に30万ドル、2013年に65万ドル、そして2014年には75万ドルが予定されており、年々増加傾向にある。

(2)調査実施訪問

合意形成及び現状調査のため5回に亘り現地を訪問した。

- ・ 1回目：訪問PI
 - 日時：9月7日～9月26日
 - 場所：パラオ共和国
 - 人員：2名（1名：9月7日～9月26日（20泊）、1名：9月7日～9月13日（7泊））

- ・ 2回目：訪問PII
 - 日時：10月12日～10月22日
 - 場所：パラオ共和国
 - 人員：1名（10月12日～10月22日（11泊））

- ・ 3回目：訪問PIII
 - 日時：11月22日～12月2日
 - 場所：パラオ共和国
 - 人員：1名（1名：11月22日～12月2日（12泊））
 - 場所：マニラ（フィリピン）及びパラオ共和国
 - 人員：1名（1名：11月20日～11月28日（フィリピン1泊＋パラオ7泊））
※ネピアグラス輸入の為

- ・ 4回目：訪問PIV
 - 日時：1月17日～1月23日
 - 場所：パラオ共和国
 - 人員：2名（1名：1月17日～1月23日（7泊）、1名：1月17日～1月21日（5泊））

- ・ 5回目：訪問PV
 - 日時：3月13日～3月22日
 - 場所：パラオ共和国
 - 人員：3名（1名：3月13日～3月22日（10泊）、2名：3月13日～3月17日（5泊））

(3) 調査実施概要

1) 事業スキーム・計画に係る合意形成（訪問 P I ~ V に実施）

事業計画、実施体制（出資・役割分担）・財源・立地・ルール整備について、主に国・コロール州政府との合意形成のための協議を重ねた。財源に関しては、日本・パラオ両政府関係者と連携し各種グラントの適用可能性を模索した。また、バイオガス施設への下水汚泥処理委託、汚泥処理委託単価及び売電単価について、パラオ上下水道電力公社（PPUC）と合意形成のための協議や濃縮汚泥の受入れに係る設計の摺合せを行った。

2) 液肥を用いたネピアグラス栽培における最適な農地開拓方針及び栽培・管理・収穫手法の検討（訪問 P III に実施）

ネピアグラス栽培調査を実施し、収量（液肥散布量）・コスト・環境影響について最適なバランスを実現する農地開拓、液肥散布の適正基準、栽培・管理・収穫方法を確立した。また、液肥使用マニュアルを作成した。

3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査（訪問 P I に実施）

昨年 26 年度の事業化可能性調査⁷にて、パラオ最大の埋立処分場である M-dock 埋立処分場へ搬入される廃棄物量の調査をし、処理対象廃棄物の発生量について大まかな推計はできているが、信用性のあるデータは得られなかったため、改めて M-dock 埋立処分場へ搬入される廃棄物量調査を実施した。その結果を用いてインプット量の精査し、各種導入技術の基本設計及び事業計画の基礎データ見直しを行った。

4) 固形燃料化プラント・システムの詳細設計・運営計画策定（訪問 P I ~ V に実施）

地域（コロール州・コロール州以外）・排出者区分（家庭・事業者）ごとの廃棄物の分別・回収、再資源化までのフロー及び運用方法、役割分担についてはコロール州と協議を重ねた。現地ワークショップでは、北九州市の協力を得て、行政どうしの意見交換を実施した。また、埋立処分場搬入量調査及び昨年の組成調査結果にもとづき、固形燃料化システムインプット量を設定後、プラントメーカー及び現地建設業者との協議を進め、建屋の概算見積書を 2 社から受領した。施設の仕様・機種を検討及びコスト精査を行い、事業計画（イニシャル・ランニングコストを含む）を見直し、コロール州政府へ報告した。

5) バイオガス化プラント・システムの仕様検討及び事業計画の精査（訪問 P I ~ V に実施）

埋立処分場搬入量調査及び昨年の組成調査結果にもとづき、システムインプット量を設定後、プラントメーカー及びフィリピンの建設業者（現地建設会社でバイオガス施設建設経験が無い為）との協議を進めた。施設の仕様・機種を検討及びコスト精査を行い、事業計画（イニシャル・ランニングコストを含む）を見直し、コロール州政府へ報告した。

⁷平成 26 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査事業（環境省委託事業）

6) 廃タイヤ再資源化に向けた情報収集・調整 (訪問 PV に実施)

再資源化輸出の実施のための日本及びフィリピンの需要候補企業 (Lafarge Cement Services (Philippines), Inc.) や輸出入当局との受入条件や手続き等に関する必要情報の収集及び調整を行う計画を進めていたが、現地政府シュレッダー導入遅延の影響により、買取価格評価に必要なチップサンプル取得が遅延している (2016年3月稼働開始見込み)。

※廃タイヤ再資源化においては、本事業実施者が必要情報の収集・調整を行い、現地政府が実施主体として輸出を行うスキームを想定する。

(4) 調査結果詳細

1) 事業スキーム・計画に係る合意形成

コロール州との事業スキーム、実施体制、収支計画、初期投資方針に関する合意、また国とコロール州との必要な制度設計、実現プロセス、役割分担、導入スケジュールに関する合意、立地の選定、権利主体との利用に関する合意を目標に調査を進めてきた。

2015年11月初旬に実施した訪日視察ツアー・ワークショップ等を通じ、本事業実施に向けた機運は大いに高まっている。2016年3月にはコロール州とパートナーシップ協定 (MoU) を締結した。また、アイメリーク州には候補地の提案書を提出し、バイオガス施設およびネピアグラス栽培候補地の獲得の調整を進めている。

パラオ上下水道電力公社 (PPUC)、国政府ともバイオガス施設への下水汚泥処理委託、汚泥処理委託単価及び売電単価について協議を進めており、一定の条件のもとでの処理費 (生ごみ、下水汚泥)、肥料販売単価に関する合意を目標に今後協議を継続していく。



写真 3.2(4)1 MoU サインングセレモニー風景

2) 液肥を用いたネピアグラス栽培における最適な農地開拓方針及び栽培・管理・収穫手法の検討

○ 調査目的

液肥の施用量の違いによるエネルギー作物（ネピアグラス）の生産性について評価する。その結果をもとに、液肥利用により得られるエネルギー作物の最適な農地開発方針、及び栽培・管理・収穫手法を検討することを目的とした。

○ 調査実施方法

液肥の施用量を変え、ネピアグラス（表 3.2(4) 2.1）の栽培試験（表 3.2(4) 2.2）を行い、地上部の生育状況を評価した。（収穫部位別のメタン発酵評価を予定していたが、収穫時期の影響により今回は実施できなかった。なお、当該評価は4月に実施予定。）

○ 調査時期

農地準備・定植期間：2015年11月23日～11月27日

生育状況調査期間：2015年11月28日～2016年3月15日（約3ヶ月半、1回/10日）

表 3.2(4)2.1 供試作物

作物名	提供元	備考
ネピアグラス (<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Pakchong1)	San Fernando Agri-Livestock Development Corporation (Philippine)	stem 約 10kg (約 150 株分)
ネピアグラス自生種	地元パラオの道路脇等から採取	約 100 株

表 3.2(4)2.2 耕種概要

圃場	Aimeliik 州 Nekken 地区 OISCA 農園内
液肥施用試験	<ul style="list-style-type: none"> ・液肥施用区①→(N)5kg/10a…液肥 7.7t※/10a ・液肥施用区②→(N)10kg/10a…液肥 15.4t※/10a ・液肥施用区③→(N)15kg/10a…液肥 23.1t※/10a (※窒素肥効率 50%と仮定) ・化成肥料施用区→(N)10kg/10a…化成肥料 100kg/10a 【対照区】 ・無施肥区
定植日	2015年11月26日
栽培密度	株間:70cm、条間:100cm 1.4 株/m ²
備考	<肥料成分濃度> ・液肥→N(0.13%)－P(0.04%)－K(0.015%) ・化成肥料→N(10%)－P(30%)－K(10%) <液肥散布可能量(液肥所有量)>860 L <試験区>4 試験区+1 対照区+1 予備区を設置

表 3.2(4)2.3 必要施肥資材 (各試験区 16 m²概算)

	液肥施用区①	液肥施用区②	液肥施用区③	化成肥料施用区	計
液肥	123 L	246 L	369 L	—	738 L
化成肥料	—	—	—	1.6 kg	1.6 kg

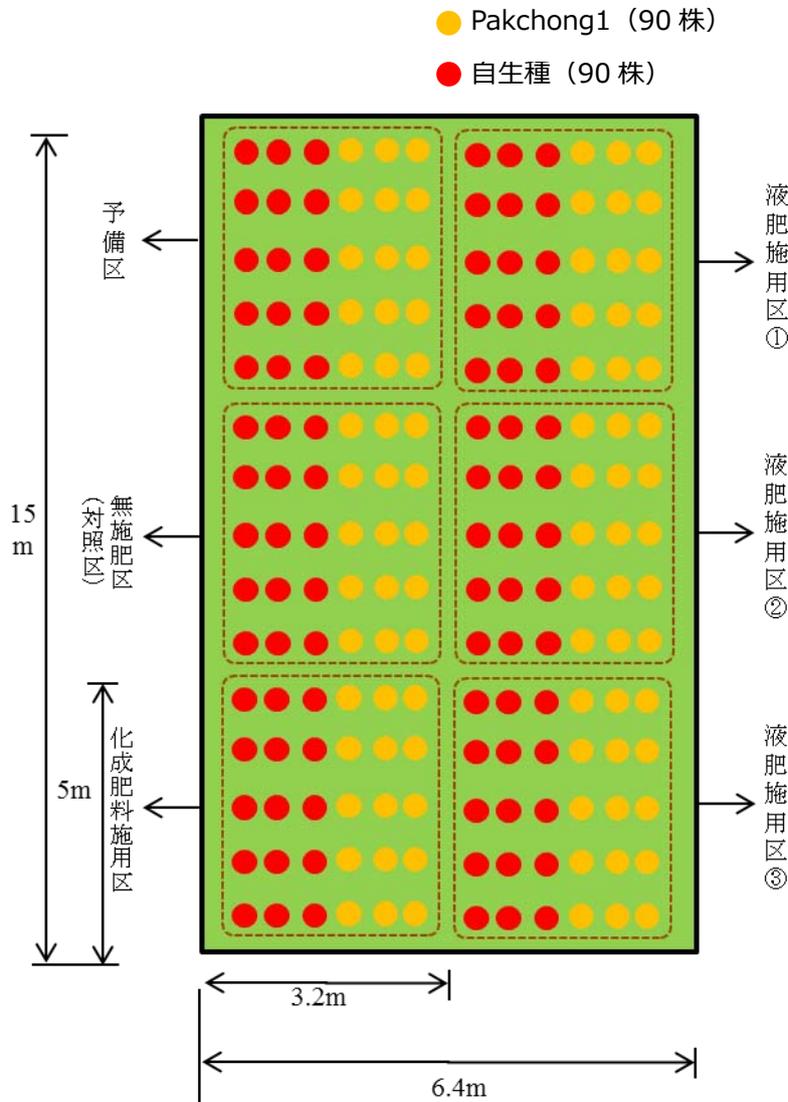


図 3.2(4)2.1 試験区概要 (約 1a≒100 m²※緩衝帯含む)

○ 調査結果

(1) 生育調査結果

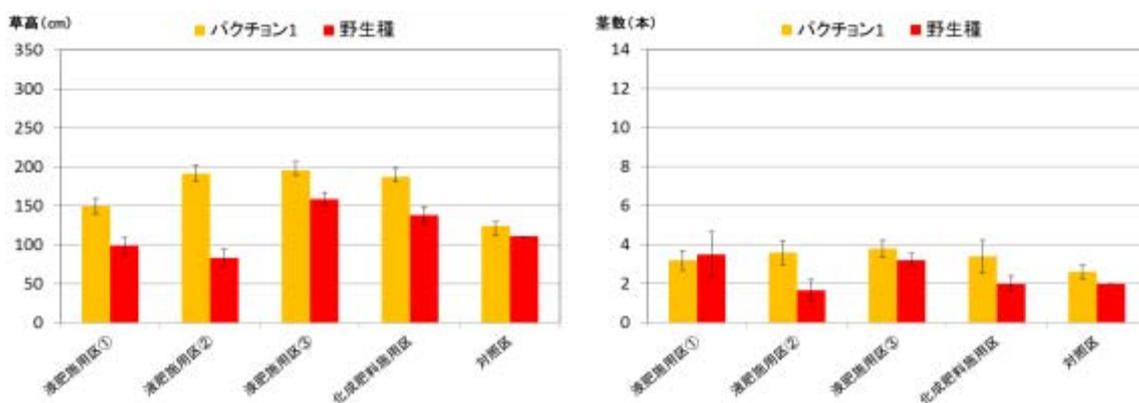
試験に用いたネピアグラスは改良種 (Pakchong1) とパラオ自生種の 2 系統で、各種苗 (茎) を 2015 年 11 月 26 日に定植し、2016 年 3 月 15 日 (定植 110 日経過) まで生育状況を調査した。

施肥資材と施用強度の違いがネピアグラスの生育に及ぼす影響を評価するため、各試験区における定植 55 日・110 日経過後の草高と茎数を調査した結果、ほぼ全ての試験区で

改良種は自生種と比較し顕著な生育を示した。また、液肥の施用は化成肥料の施用（窒素量 10kg/10a）と同等の生育を示し、液肥の施用強度を高く（窒素量 15kg/10a※窒素肥効率 50%）することで、化成肥料施用と生育が同水準の肥効を有する事が確認できた。

なお、今後も生育調査を継続し、本年 3 月には当該ネピアグラスについてメタン発酵評価を行う予定である。

【定植 55 日経過後】



【定植 110 日経過後】

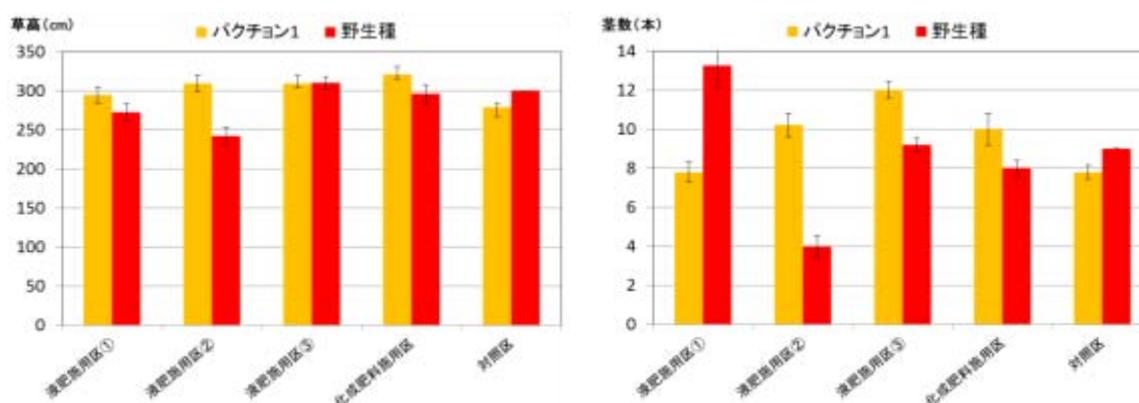


図 3.2(4)2.2 施肥資材と施用強度の違いがネピアグラスの生育に及ぼす影響（草高・茎数調査）

(2) 収量調査結果

ネピアグラスのバイオマス生産性評価を目的に、定植 110 日経過後の当該作物地上部の収量を計測した結果、改良種（Pakchong1）は自生種と比較し生産量の多さが顕著であった。液肥を施用した各試験区において、改良種は対照区（無施肥区）と比較し、いずれも収量が多い結果となった。特に液肥の施用強度が高いほど収量が増加し、化成肥料を施用した個体と同水準の収量結果を示した。

今回の試験結果から実運用を想定すると、仮に最も生産性が高かった液肥施用区③における 1 個体当りの収量（6.9kg/個体/回）をもとに、1ha 規模で当該作物の 1 回当りの収量を試算すると約 97t（生重量）となり、計画通り年 5 回の収穫が可能であると仮定すると、およそ 483t（生重量）の収穫が可能であることが明らかとなった。これは現在計画するバイオガスシステムにおけるエネルギー原料生産の点から必要十分なバイオマス量

であると評価できる。

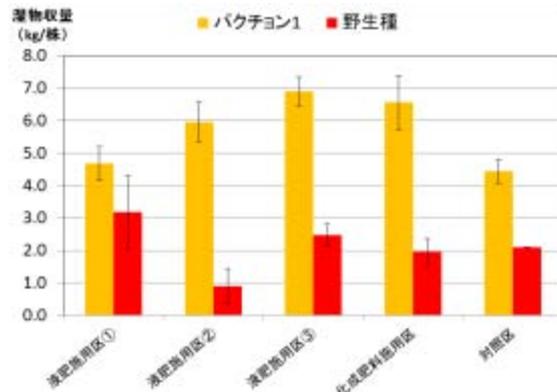


図 3.2(4)2.3 施肥資材と施用強度の違いがネピアグラスの生育に及ぼす影響（収量調査）

(3) 土壌分析結果

施肥資材を投入し、ネピアグラス苗を定植した直後の各試験区における土壌分析を行った結果、化成肥料施用区では他の試験区と比較し無機態窒素、特に硝酸態窒素の土壌含有量が多いことが明らかとなった。上述したネピアグラスの生育調査結果からは、化成肥料と液肥の各施用で顕著な差が見られなかったが、施用効果に関して即効性の高い化成肥料に比べ、液肥は遅効的に土壌に影響を与える可能性が考えられるため、継続して土壌中の無機態窒素含量の動態について確認する必要がある。また、土壌中の窒素はネピアグラスの生育に適切に利用（作物吸収）されることが環境への影響を抑制する上で重要であるため、この点からも窒素成分の土壌含量については長期的なモニタリングが必要であると考えられる。

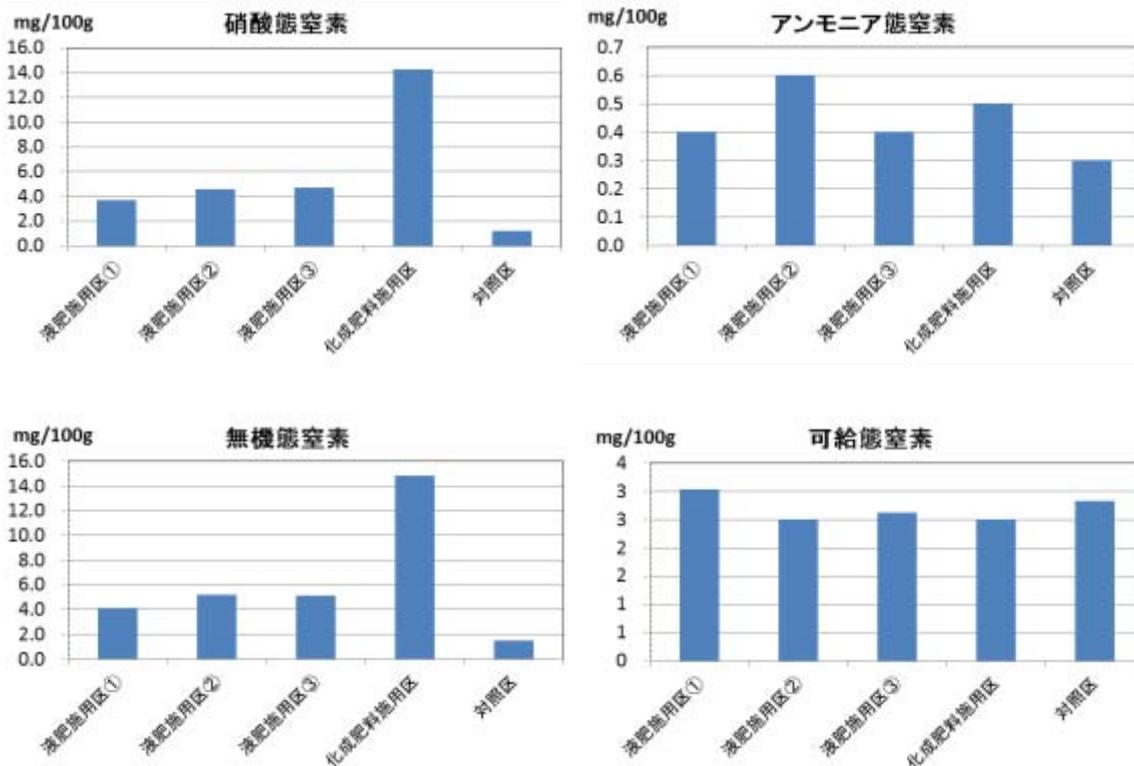


図 3.2(4)2.4 土壌分析結果（ネピアグラス定植直後）

○ 農地開拓、及び栽培・管理・収穫方法の確立に向けて

パラオでのネピアグラス栽培については、現地に作付け可能な既存の農地が無いため、新たに農地を開拓する必要がある。農地開拓に向けた設計は、日本国内の耕作放棄地再生事業等の事例を参考に、専門家の知見を取り入れながら、後述する実現可能性の評価（FS）のもととなる規模や仕様等の概要を整理した。今後パラオ地元業者の協力を仰ぎ、詳細設計を確立する予定である。

また、今回パラオ現地でネピアグラスの栽培試験を実施したことで、国内外における当該作物の栽培・管理・収穫に関する多方面の知見が得られ、必要な重機や実際の作業量等を定量的に想定することが可能となった。今後、引き続きネピアグラスの栽培調査を実施し、収量・バイオガス発生量・コスト・環境影響等について評価し、液肥散布の適正基準、栽培・管理・収穫方法等に関して実運用に向けた課題と解決手段を明確化する予定である。

○ 液肥使用における留意点（液肥使用マニュアル）

ネピアグラスや生ごみ等をバイオガスの原料として利用する場合、当該原料に含まれる肥料成分の窒素、リン酸、カリウムはほぼ全量が液肥に移行するため、液肥の成分はバイオガス原料の組成を反映する。なお、液肥に含まれる窒素のうち、およそ 50%が比較的速効性の高い肥料成分であるアンモニア態窒素なので、液肥は化成肥料の代替として利用可能である。

肥料として農地に施用された窒素は、様々な形態変化を経て作物に吸収されたり（作物吸

収)、大気に放出されたり (ガス揮散)、地下水へ流出する (溶脱)。よって、液肥に含まれる窒素成分を肥料として環境保全的に利用するためには、液肥を施用した土壌での窒素の動態を把握することが重要である。

液肥に含まれる全窒素のうち、無機態窒素 (アンモニア態窒素・硝酸態窒素) がネピアグラスの栽培にとって主たる肥効成分と考えられる。よって、液肥に含まれる無機態窒素量 (一般に全窒素量の約 50%) が、圃場に投入する化成肥料の窒素量と同量になるように施用することが望ましいと考えられる。例えば、ある液肥 A の全窒素が 0.2%、そのうち無機態窒素が 0.1% とすると、慣行栽培における化成肥料の窒素投入量が 10kg/10a であれば、液肥 A の施用量は、 $10\text{kg}/10\text{a} \div 0.1\% = 10\text{t}/10\text{a}$ と同等になる。

ネピアグラスの生育を施肥強度の観点から評価した国内での既往研究では、10a 当りの年間窒素 (化成肥料) 施用量で 60kg が最も適していることが明らかとなっている。一方で肥料として農地に施用された窒素は、作物吸収以外に、ガス揮散や溶脱のリスクもあるため、特に環境への影響を考慮した場合、地下水への流出、すなわち溶脱を最小限に抑える施肥運用の見極めが重要である。

ネピアグラスは一般的な食用作物と比較し、根を地中深く張り生育が旺盛で、イネ科特有の窒素吸収反応が高いことから、適切な施用を行えば窒素の溶脱リスクは極めて低いものと考えられる。よって今後、液肥施用によるネピアグラスのバイオマス生産性の最大化を図りつつ環境影響、特に窒素の溶脱リスクを最小化するためのモニタリングを土壌分析に基づき行う予定である。

以下の表 3.2(4)2.4 に本プロジェクトにおける液肥施用量と時期について整理した (液肥使用マニュアル)。なお、当該マニュアルは液肥施用によるネピアグラスの生育状況と土壌中の残留窒素含有量を定期的にモニタリングしながら適宜、精査すべきものである。

表 3.2(4)2.4 液肥使用マニュアル

作物種	施肥	10a 当りの液肥 施用量* (t/10a)	10a 当りの窒素 施用量 (kg/10a)	施用時期	定植後経過 日数 (日)
ネピアグラス (Pakchong1)	基肥	40	10	定植時	0
	追肥	40	10	1 回目刈取後	90
	追肥	40	10	2 回目刈取後	150
	追肥	40	10	3 回目刈取後	210
	追肥	40	10	4 回目刈取後	270
	追肥	40	10	5 回目刈取後	330

※液肥中の窒素含有率 0.05%、窒素肥効率 50%と仮定

<写真記録>



写真 3.2(4)2 調査風景

3) 埋立処分場における廃棄物搬入量調査訪問

○ 調査目的

本調査では、コロール州のゴミが集まる M-dock 埋立処分場へ搬入される廃棄物量及びその内容を把握し、包括的な循環モデルの事業設計において適切な規模や手法を確立する調査結果を得る。併せてどの事業セクターに属するか等について簡易なヒアリングを行うことで、搬入量のセクター毎の内訳を明らかにした。昨年実施した事業系廃棄物組成調査及び家庭系

廃棄物組成調査の結果を用いて導入技術のインプット量の精査、各種基本設計及び事業計画の見直しすることを目的とした。

○ 調査実施方法

実施期間中に M-dock に廃棄物を搬入する全ての車輛を対象に埋立処分場入口にてトラックスケールを用いて搬入出時に計量を実施した。また計量時に、搬入者区分及び搬入廃棄物について聞き取り調査を行った。

なお、地域内の埋立処分場ではトラックスケールを保有していない為、日本からトラックスケールを調達し、調査を実施した。

○ 調査時期

2015年9月12日～9月18日の7日間

※月～金：9:00am～3:00pm / 土日：1:00pm～5:00pm

(計測時間：M-dock 開場時間に準拠)

○ 調査結果及び考察

本調査結果は以下に示す。

平均車載量は	270	kg/台
1週間の平均搬入台数は	81	台
よって実績量は	22,001	kg/日

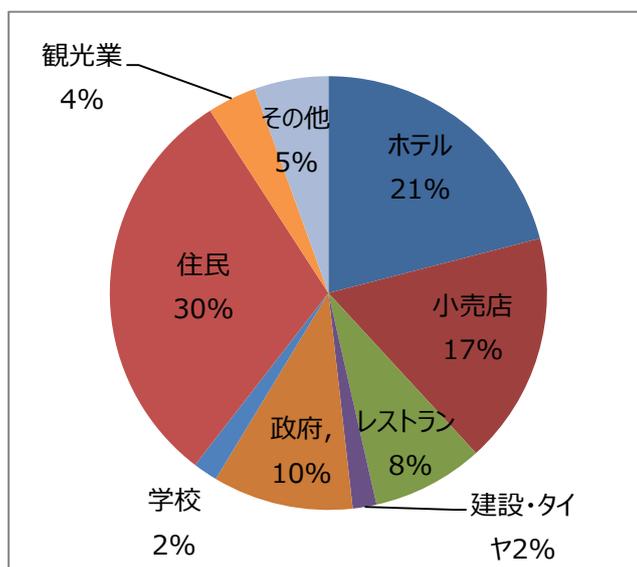


図 3.2(4)3 M-dock 埋立処分場搬入ごみ 発生元別組成内訳

搬入されてくる廃棄物の大半は混合ごみであり、発生源は住民や観光地であることからホテルやレストランが多く見受けられた。本調査及び組成調査結果と年間の観光客数のデータを用いて年間を通しての搬入されてくる混合ごみの精査し、その結果をバイオガス化施設及び固形燃料化施設のインプット量を試算した。

また処分場での聞き取り調査によると、15日間で搬入されてくる廃タイヤは631本で、1か月にすると約1300本という結果であった。



写真 3.2(4)3 調査風景

4) 固形燃料化プラント・システムの詳細設計・運営計画策定

搬入量・組成調査結果にもとづき、システムインプット量を設定し、日本国内プラントメーカーと協議を進め、見積もりを取得した。また、現地建設会社2社との協議を経て、1社からは建設費用粗見積を取得し、コスト精査を実施し、事業計画（イニシャル・ランニングコスト）に反映させる。またそれをもとに事業計画・スキームの見直し・精査を進めた。その結果、インプット量：含水率の低い可燃性廃棄物（廃プラスチック類、紙・繊維くず、草木等）約 3.4 t/日と設定し、コロール州政府と協議末、現段階では、燃料の供給先は国政府庁舎・病院の両方から詳細な情報を得て両輪で検討を進めていく。

5) バイogas化プラント・システムの仕様検討及び事業計画の精査

搬入量・組成調査結果にもとづき、システムインプット量を設定し、プラントメーカー及びフィリピン建設会社との協議を経て、各施設の仕様・機種の検討及びコスト精査を実施し、事業計画（イニシャル・ランニングコスト）に反映させ、それをもとに事業計画・スキームの見直し・精査を進めた。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、をコロール州政府に提案した。

また、全量発電に利用する①発電パターンと②発電＋CBGパターン（発電とCBG（Compressed Bio Gas＝圧縮バイオガス）化して利用するパターン）の2パターンについて検討、提案した。液肥はネピアグラス栽培にて利用を想定する。

6) 廃タイヤ再資源化に向けた情報収集・調整

前項にも述べたが、現地政府シュレッダー導入遅延の影響により、買取価格評価に必要なチップサンプル取得が遅延している（2016年6月稼働開始見込み）。

3.3 現地政府・企業等との連携構築

各関係者と以下のとおり検討を重ね、連携構築を進めた。

コロール州	訪日視察ツアー及び事後協議を経て、まずはコロール州内でできる限り収まる事業のスピーディな実現を優先し、随時国レベルに展開していく方針はどうかとの打診を受けている。財源等の課題はあるが、実現可能なスキームと実施体制について早期に合意できるようスキームの見直し及び協議を進めていく。
公共施設・産業商業省 (MPIIC)	公共事業局長、廃棄物管理部長を訪日視察ツアーに招聘、更にシステムに対する理解を深めていただいている。 今後、事業スキームの見直しを進めていくが、引続き協力していくことで合意している。特に新処分場計画との連携において引続き協議を進めていく必要がある。
パオ上下水道電力公社 (PPUC)	バイオガス化施設由来の電気の売電先、原料となる下水処理汚泥の排出元として重要な関係者である。本事業での協力を共同で検討することで合意しており、特に 2018 年に運用開始が予定される新下水処理場計画について情報収集を進めている。
アイライ州・アイメリーク州	ネピアグラス栽培及びバイオガス施設の設置先として検討を進めている。本事業への共感は得られており、今後は更に立地選定を進めると共に、本事業に対する理解を更に促進していく。
天然資源・観光環境省 (MNRET)	既存の農畜産業推進プログラムと連携し、農業局が管轄するアイメリーク州の農業用地を、ネピアグラス栽培農地及びバイオガスプラント用地として利用することについて協議を進めていくことで合意している。またバイオガスプラント由来肥料を用いた土壌改良、森林再生についても提案を進めている。
独立行政法人国際協力機構 (JICA)	新埋立処分場の建設及び運用計画において、JICA が支援を進めていく可能性があり、連携に向けた意見交換を進めている。また本プロジェクトにおける ODA 活用についても情報収集・検討を進めている。

3.4 現地関係者合同ワークショップ等の開催

(1) 日本におけるパラオ視察ワークショップ開催

○ 目的

視察及び担当者へのヒアリングを通して、本システム実現のためのポイントをはじめ、固形燃料化及びバイオガス化施設の仕組等について学び、認識を共有し、最後に総合的な質疑応答・意見交換を行うことを目的とした。

○ 実施期間

2015年11月4～5日（2日間）

○ 開催地

宮城県南三陸町及び蔵王町

○ 参加者

役職	氏名
Governor, Koror State（コロール州 知事）	Mr. Yositaka Adachi
Speaker, Koror State Legislature（コロール州 州議会議長）	Mr. Eyos Rudimch
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
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
Manager, Division of Solid Waste Management, Bureau of Public Works, Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce（公共施設・産業商業省 廃棄物管理部長）	Mr. Calvin Ikesiil

○ 実施行程

日程	実施内容
11月4日	・南三陸町長表敬訪問 ・町内ツアー ・株式会社アミタ南三陸 BIO にてバイオガス施設及び液肥散布デモンストレーション視察 ・南三陸関係者交えたワークショップ開催
11月5日	・株式会社ジェー・エー・シー（JAC）蔵王資源リサイクル工場にて固形燃料製造工場視察

○ 結果

町長との意見交換や現場の視察、現地の行政・関連事業者・農家・地域コミュニティが共同して循環の取組みを進めている様子を理解してもらうためのワークショップ等を通じ、本事業実施に向けた機運は大いに高まっている。2016年3月にはコロール州とパートナーシップ協定（MoU）を締結する方向で調整を進めている。

○ 実施内容

【11月4日】

＜南三陸町長表敬訪問＞

南三陸町町長より資源循環システム取組みの経緯について紹介、意見交換においては、南三陸町からは取組みにおいては信頼できるパートナーと住民の協力が最も重要で欠かさないことだと強調。特に分別協力については、何十回と説明会を繰り返し、結果現時点でバイオガス施設に入る生ゴミのうち異物はかなり少ない割合になっていると紹介。州知事もその考えに同意、リサイクルの取組みにおいては住民への啓発に取り組んでいる旨共有された。双方での取組みが軌道に乗ればエコタウンとして連携していくことにも前向きな意見が交わされた。



写真 3.4(1)1 南三陸佐藤町長表敬訪問

＜町内見学＞

町民の案内のもと、志津川中学校及び南三陸町旧防災庁舎に訪問。震災時の様子や復旧の状況などについて説明を受けた。



写真 3.4(1)2 町内見学風景

<南三陸 BIO 視察>

まずは東日本大震災後からの南三陸プロジェクトの歩み、概要についてブリーフィング。実際のペレットや液肥、液肥を使って栽培したネギのサンプル等を視察した。また、プラントツアーでは、本システムに関わる関係者の紹介、生ごみ・下水汚泥の受入・破碎・攪拌、発酵、ガス産出・脱硫・貯留、コジェネ設備、制御盤について説明を行った。また山藤運輸の協力により液肥散布車で水散布デモンストレーションも行った。



写真 3.4(1)3 南三陸 BIO 視察風景

<スタディセッション>

町側出席者：

役職	氏名
南三陸町産業振興課長	高橋 一清氏
同環境対策課 課長	小山氏
廻館・旭ヶ丘行政区 区長	佐藤 良夫氏
さくら造園 (液肥協力農家)	阿部 勝善氏
(有) 山藤運輸 常務取締役	佐藤 克哉氏

南三陸町での取組み経緯を振り返りながら、それぞれの役割のなかで循環システム実現のために重要であった事柄についてポイントや考えをパラオ側メンバーへ共有するとともに意見交換を行った。特に、分別等における住民協力の重要性についてパラオ側の共感を得られていた。また、液肥の成分・利用に関してはパラオ側から質問があり関心の高さが伺えた。

また、液肥利用については、町側より、液肥でネギを育成した場合、サイズが大きくなり単価が向上したというデータを紹介。パラオでは糞尿由来の肥料に対するネガティブなイメージがあり、そのような知見を紹介した。その他、「隣町まで廃棄物を運ぶ仕事が無くなった代わりに新しく液肥を散布するという仕事生まれた。循環システムが構築されることで新たなエコ産業と雇用が産まれることになる。今後の発展に期待している。震災があつて初めて町民は、エネルギーが自らの命を支えるものであり、それを外部に依存していることの恐ろしさを痛感した。それが自立型資源・エネルギー循環システム実現の推進力になったと考えている。」と南三陸町の取組みを共有した。



写真 3.4(1)4 スタディセッション風景

<ディスカッション>

パラオPJの事業計画現案（事業スキーム、立地、回収・分別スキーム、制度設計、実施体制、収支、財源、ロードマップ）について改めて共有するとともに課題点を抽出、方針を検討した。

【11月5日】

<JAC 蔵王資源リサイクル工場視察>

固形燃料製造工場視察

産業廃棄物及び一般廃棄物の固形燃料化を含む再資源化を手掛ける JAC 蔵王資源リサイクル工場の視察を行った。家庭ごみから建設廃材まで、多様な廃棄物が固形燃料に変換される仕組みやプロセス、さらにはバイオマスボイラーにより得られた熱エネルギーを敷地内の温室で利用し、収穫した農作物をレストランで利用するという先進的な循環利用モデルについて学びを深めた。



写真 3.4(1)5 JAC 蔵王資源リサイクル工場視察風景

(2) パラオ現地ワークショップ

○ 目的

3R の促進、特に弊社が提案する包括的資源循環システム導入を有効に機能させるために必要な仕組み・制度システム等の施策について、関係者間で理解を深め方向性を共有、また同システム実現のためのプロセスやアクションプランを具体化することを目的とした。

○ 実施日時

2015 年 9 月 21 日

○ 開催地

パラオ共和国 公共事業局 カンファレンスルーム

○ 参加者

役職	氏名
公共施設・産業商業省 廃棄物管理部長	Mr. Calvin Ikesiil
コロール州 廃棄物管理事務所 所長	Mr. Selby Etibek
コロール州 廃棄物管理事務所 コンサルタント	藤 勝雄氏
アイライ州 公共事業局	Mr. Daddly Uro
独立行政法人 国際協力機構 青年海外協力隊 (JOCV)	北原 慶子氏

<出張者>

役職	氏名
北九州市 アジア低炭素化センター環境国際戦略 理事	石田 謙悟氏
北九州市 アジア低炭素化センター環境国際戦略 係長	酒井 啓範氏
株式会社アミタ持続可能経済研究所	須永 裕之

○ 結果及び考察

パラオ側に対し、環境先進都市である北九州市の3R推進のための取組みの状況や課題、成功要因等に関する知見を共有することができた。またディスカッションのなかで、ごみ袋有料化等の課金による効果についてもパラオ側に伝えることができた。

パラオにおいての現状では、廃棄物の処分は行政のみが行っており、処理費徴収に関する基本法は存在するものの施行令が未制定であり徴収は実施されていない。なお、住民・事業者が民間の運搬業者に収集運搬を有償で委託するケースは存在する。本ワークショップで行政の立場どうしでの意見交換を実施できたことにより、特に課金等の制度設計や分別回収スキームにおいて、今後より深い議論を進めていくことができるものと期待する。

○ 実施内容

- 北九州市の概要・取組み、これまでの支援実績・知見をもとにした3R促進に関する参考事例を紹介し行政の立場どうしでの意見交換を実施
- パラオにおける国家廃棄物管理計画の概要説明、現行計画をベースとした廃棄物政策の実施状況、現状の課題と今後の方針について共有
- コロール州の3Rに係る施策や廃棄物管理における概要説明、州の特徴を踏まえた制度や取組みの状況の共有。現状の課題と今後の方針について共有
- 事業系ごみの分別・回収の総合的ディスカッションを実施



写真 3.4(2) ワークショップ 風景

3.5 実現可能性の評価

(1) 環境負荷削減効果

	固形燃料化	バイオガス
A. 推定総発生量に対する割合（廃棄物・下水処理汚泥再資源化量）	3.4t/日	4.1t/日
	42% (=7.5t/18t)	
B. 土壌・地下水に対する環境負荷低減、埋立処分場の延命効果	3,353 m³/年	
C. 温室効果ガス削減量	1,249tCO ₂ /年	1,348tCO ₂ /年
	2,550tCO₂/年	
D. 化石燃料代替による温室効果ガス削減効果	-1,302tCO ₂ /年	547tCO ₂ /年
	-755tCO₂/年	

なお、算出根拠は以下の通り。

<バイオガス化事業>

リファレンスシナリオ		
メタン放出	①	2,067t-CO ₂ /年
電力に係る温室効果ガス排出量	②	882t-CO ₂ /年
熱に係る温室効果ガス排出量	③	0t-CO ₂ /年
全温室効果ガス排出量 合計 (①+②+③)	④	2,949t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (②+③)	⑤	882t-CO ₂ /年
プロジェクトシナリオ		
バイオガス燃焼に伴う温室効果ガス排出量	⑥	1,266t-CO ₂ /年
電力に係る温室効果ガス排出量	⑦	88t-CO ₂ /年
熱に係る温室効果ガス排出量	⑧	247t-CO ₂ /年
全温室効果ガス排出量 合計 (⑥+⑦+⑧)	⑨	1,601t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (⑦+⑧)	⑩	335t-CO ₂ /年
温室効果ガス削減量		
全温室効果ガス削減量 (④-⑨)	⑪	1,348t-CO ₂ /年
エネ起源温室効果ガス削減量 (⑤-⑩)	⑫	547t-CO ₂ /年

< 固形燃料化事業 >

リファレンスシナリオ		
メタン放出	①	2,551t-CO2/年
電力に係る温室効果ガス排出量 (冷房代替)	②	849t-CO2/年
全温室効果ガス排出量 合計 (①+②)	③	3,400t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (②)	④	849t-CO2/年
プロジェクトシナリオ		
電力に係る温室効果ガス排出量	⑤	191t-CO2/年
熱に係る温室効果ガス排出量	⑥	1,960t-CO2/年
全温室効果ガス排出量 合計 (⑤+⑥)	⑦	2,151t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス排出量 合計 (⑤+⑥)	⑧	2,151t-CO2/年
温室効果ガス削減量		
全温室効果ガス削減量 (③-⑦)	⑨	1,249t-CO2/年
エネ起源温室効果ガス削減量 (④-⑧)	⑩	-1,302t-CO2/年

(2) 社会的受容性

パラオ政府及びコロール州政府との十分な協議により事業計画についての十分な理解が得られているか。 本事業におけるワークショップ・訪日視察を通じて、趣旨や事業スキーム、事業計画概要に対する理解は十分深まったと考えられる。

事業推進に係る基本的な合意がなされているか。 コロール州からは事業推進に係る基本的意思を確認できており、2016年3月にはパートナーシップ協定 (MoU) を締結する方向で調整している。一方、コロール州との協議により、より実現性の高い方針としてパラオ全体ではなく、コロール州を対象地域とする事業スキームへの変更を進めており、具体的なスキーム設計・事業性評価を今後行う必要がある。

(3) 実現可能性の評価

・ 事業スキーム検討・パートナー選定

- 本事業を通じて社会的受容性は大きいと向上したと評価できる。特に訪日視察ツアー及び事後の協議を通して、財政支出力の高いコロール州の知事が本事業に共感し、パートナーとしてこのプロジェクトを実現させたいと強く要望を示したことは大きな前進と言える。具体的な事業スキームに関する議論が進捗する一方で、まずはパラオ全体ではなくコロール州を対象としたスキームの方が実現可能性が高いとの現地側の助言を受け、事業スキームの見直し・精査を進めている。2016年7月末には事業スキーム・計画大筋について関係者で合意することを目指している。

- ・ **事業採算性**
 - 現時点では実現可能なラインに収まっていると考える。しかし廃棄物及び下水処理汚泥処理費の具体的な交渉は 2016 年度前半に予定しており現段階での確度は明確になっていないため依然不確定要素を含んでいる。
- ・ **原料調達及び供給安定性**
 - **固形燃料化について**
 - ◇ 紙・プラスチック・繊維類等の低含水率の廃棄物について推計全量 7t のうち 50%程度の利用を計画しており、実現性のある水準と考える。また家庭ごみの分別・回収については、現在既にコロール州が独自のリサイクルシステムに向けた分別システムを構築中であり、そのシステムに段階的に組み込んでいく形が最も実現性が高い。また 2014 年度のごみ分別・回収試験において、概して協力的な姿勢を確認できているとともに、国・コロール州側でも継続的に 3R に関する環境教育プログラムを展開しており、実現の素地は整っていると考えられる。
 - **バイオガス化について**
 - ◇ バイオガス化に適する生ごみ推計全量 3.3t のうち 60%程度の回収量を見込んでおり、実現性のある水準と考える（分別・回収については上記項目「固形燃料化について」参照）。
 - ◇ 下水処理汚泥については、パラオ上下水道電力公社 (PPUC) が進める新下水処理場での処理コストに対しメリットのある処理費用を提示予定であり全量の引取りを想定できる。
 - **ネピアグラスについて**
 - ◇ 発生バイオガス量割合で比較するとネピアグラスが 85%を占め、影響が大きい。本事業では、導入を予定するタイ由来の不妊性改良種 Pakchong1 について検疫許可を取得し、現地 NGO の協力を得て、液肥を用いた栽培試験を実施、良好な肥効及び生育状況を確認している。また懸案であった立地についても、アメリカ州農業推進地区の利用の目処がついたことは大きな前進と評価できる。
- ・ **立地**
 - プラント・農地立地について、現地政府との協議にもとづき候補地を設定できており、確保可能性は高い。ボイラー・冷凍機導入先については依然確定していないが、候補はいずれも公共施設であり大きな障害は見当たらない。
- ・ **初期投資財源**
 - 現案では、コロール州と本事業実施者が出資・組成する合弁会社が、融資資金をもとに投資するスキームを想定している。一方、現地政府側の負担を抑え実現性を高めるために、JCM 設備補助や JICA 中小企業海外展開支援事業等の適用可能性を検討している。

3.6 今後の海外展開計画案

事業の実現可能性を高めるための課題等を以下のとおり整理し、実現可能性を改善させることにつながる現地の行政施策や課題解決策について検討した。

課題	行政施策・その他解決策
実効性の高い分別・回収スキーム	特に事業者に対する分別に対するインセンティブを設定することが必要になる。分別したごみについては処理費を下げる等のインセンティブを設定する。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。 また、政府サイドからの異物混入に対する粘り強い指導、教育啓蒙を継続的に実施する。
ごみ処理費の確保	新埋立処分場における処理費の設定を確実にすること。処理費によって組成させた基金の一部につき、処分場の延命に大きく貢献する本提案システムに対する処理委託費の財源とする。
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受領を要請 (CEO に了承を得られている) しており、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。
下水処理汚泥の適正処理に関するガイドライン設定	下水処理汚泥につき、現時点では天日乾燥後に最終的に埋立処分される計画となっている。適正処理のガイドラインを設定し、一定基準を満たさない場合は埋立ができないような規制を設けると同時に、バイオガス化等の再資源化を推奨する必要がある。
再生可能エネルギー及び廃棄物由来エネルギー普及のための安定的な売電価格設定	再生可能エネルギー導入に関して、非常に高い目標を設定している一方、導入促進のための制度が導入されていない。FIT 制度等、再生可能エネルギー導入を促進し、安定的な売電価格設定が可能となる制度導入が求められる。

以上