

目次

1	調査の背景	II-2
(1)	ホスト国のJCMに対する考え方	II-2
(2)	企画立案の経緯・背景	II-4
2	調査対象プロジェクト	II-7
(1)	プロジェクトの概要	II-7
(2)	ホスト国における状況	II-10
(3)	プロジェクトの普及	II-15
3	調査の方法	II-16
(1)	調査実施体制	II-16
(2)	調査課題	II-17
(3)	調査内容	II-18
4	プロジェクト実現に向けた調査	II-23
(1)	プロジェクト計画	II-23
(2)	プロジェクト許認可取得	II-43
(3)	日本技術の優位性	II-44
(4)	MRV体制	II-50
(5)	ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与	II-54
(6)	今後の予定及び課題	II-55
5	JCM方法論作成に関する調査	II-56
(1)	適格性要件	II-57
(2)	リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定	II-59
(3)	プロジェクト実施前の設定値	II-62
(4)	GHG削減量の算定	II-66

1 調査の背景

(1) ホスト国の JCM に対する考え方

① 二国間文書の署名

2013 年 7 月 2 日、ベトナム社会主義共和国のハノイにおいて、同国を訪問中の茂木敏充経済産業大臣とグエン・ミン・クアン天然資源環境大臣との間で、二国間クレジット制度に関する二国間文書の署名が行われた。二国間クレジット制度が正式に開始される国としては、モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニア、モルディブに続き 6 か国目である。

(2015 年 2 月時では、上記に加えてラオス、インドネシア、コスタリカ、パラオ、カンボジア、メキシコの署名により 12 か国が参加している。)

表 1-1: 二国間文書の概要

<ul style="list-style-type: none"> ・ 日・ベトナム間の低炭素成長パートナーシップの推進のため、両国は二国間クレジット制度（以下、本制度）を創設し、本制度を運用するため、合同委員会を設置する。 ・ 双方は、本制度の下での排出削減又は吸収量を、国際的に表明した日本側の温室効果ガス緩和努力及びベトナム側の国として適切な緩和行動（NAMA）の一部として使用できることを相互に認める。 ・ 本制度の透明性及び環境十全性を確保し、これを他の国際的な気候緩和メカニズムの目的のためには使用しない。

(出典：環境省 平成 25 年 7 月 2 日 報道発表資料)

② 合同委員会の開催

2013 年 9 月 18 日には、ベトナムのハノイにおいて実施規則及び合同委員会運営規則の署名が行われると共に、「第 1 回日・ベトナム合同委員会」が開催された。

2014 年 2 月 17 日には、「第 2 回日・ベトナム合同委員会」が東京にて開催され、各種ガイドラインの承認、パイロットフェーズにおける候補案件の紹介、ベトナム側 JC メンバーや関連省庁が必要とするキャパシティビルディング等の支援等について協議されている。

③ 日越共同声明における JCM 推進

2014 年 3 月 18 日、安倍晋三日本国内閣総理大臣とチュオン・タン・サン国家主席は首脳会談を行った。双方は、両国の協力関係が近年飛躍的に強化されつつある現状を踏まえ、両国間の「戦略的パートナーシップ」を、より高い水準で「アジアにおける平和と繁栄のための広範な戦略的パートナーシップ」へと発展させることで一致した。

本共同声明において、JCM 推進について以下の通り触れられている。

表 1-2: 日越共同声明よりの抜粋

環境・気候変動・防災

33) 双方は、2013 年 12 月に署名された「日本国環境省とベトナム社会主義共和国天然資源環境省の間の環境に関する協力覚書」の効果的実施のために引き続き協力することにつき一致した。双方は、環境保護及び防災の諸課題の解決を主体的に行うため、防災 ICT ワークショップを通じ、協力を強化することにつき一致した。双方は、2013 年 7 月に署名された「低炭素成長パートナーシップに関する日・ベトナム間の協力覚書」に基づく二国間クレジット制度(JCM)の構築における進展を歓迎し、ベトナムにおいて JCM を着実に実施すること及び国際場裡において JCM を低炭素成長のための効果的なメカニズムとして推進することにつき一致した。

34) 日本側は、気候変動への対応に関してベトナムを継続的に支援することについてのコミットメントを表明した。

(出典: 外務省 web 平成 26 年 3 月 19 日 サン・ベトナム社会主義共和国主席の来日)

(2) 企画立案の経緯・背景

① 企画立案の経緯・背景

株式会社クボタ(以下、クボタ)は、Vietnam Water Supply and Sewerage Association(ベトナム上下水道協会)の研究機関である Research Institute for Water Supply, Sewerage and Environment (以下、IWASSE) と以前から技術交流を行っている。IWASSE はベトナム国における都市廃棄物や腐敗槽汚泥を研究対象としてきた経緯があり、クボタに対してハノイ市の廃棄物中間処理施設である CauDien 事業所での有機性廃棄物の適正処理を目的とした技術検討を行うよう協力要請があった。

IWASSE から入手した情報に基づき、当該事業所へのメタン発酵技術の適用性を検討したところ、以下の効果が期待できることが判明している。

- ・ GHG 削減が実現できること。
(バイオガスによる化石燃料代替、埋立廃棄物からのメタンガス発生抑制等)
- ・ エネルギー回収による便益で採算性向上が見込まれること。
- ・ 都市廃棄物の大部分を占める、生ごみの減容化処理が可能になること。
- ・ 不法投棄される腐敗槽汚泥による汚濁物質抑制につながること。

IWASSE を通じて CauDien 事業所の運営管理を行う Hanoi Urban Environment Co.,Ltd. (以下、URENCO) に、メタン発酵システム導入の提案を行ったところ、本事業への関心度が高く、具体的な調査を JCM 案件として実施していく方針に至った。

URENCO, IWASSE, クボタの三者は JCM 実現可能性調査への応募に際して、本調査の円滑な推進を目的に MOU を締結している。

② URENCO 会社概要

調査対象プロジェクトは、ハノイ市の中間処理施設である CauDien 事業所にメタン発酵システムを導入するものであり、同事業所を統括する URENCO が実施主体となる。

URENCO はハノイ市が全額出資する公社であり、同市の廃棄物管理の役割を担う組織である。URENCO の会社概要は以下の通りである。

表 1-3: URENCO 会社概要

会社名	Hanoi Urban Environment Co.,Ltd.
所在地	282 Kim Ma, Ba Dinh, Hanoi, Vietnam
代表者	Mr. Pham Ngoc Hai (会長)
会社沿革	1960 年 “Sanitation Company” 設立 1991 年 “Hanoi urban environment Company” 設立 (会社合併) 2005 年 “Urban Environment One Member State-Owned Co.,Ltd.” 社名変更 2011 年 “Hanoi Urban Environment Co.,Ltd.” 社名変更
組織	Sales Department, Finance-Accounting Department, Personnel Department, General-Administration Department, Techology-Material Department (本調査に関与), International Co-operation Department (本調査に関与), Project Management Unit
関係会社	URENCO7 (廃棄物の収集及び堆肥化処理業、腐敗槽汚泥の収集及び処理業), URENCO11 (医療系廃棄物の収集及び処理業)等 合計 16 社
website	www.urenco.com.vn

また、URENCO はベトナム都市環境・工業地域協会 Vietnam Urban Environment and Industrial Zone Association (略称 VUREIA) を統括する機能を担うことから、同国の廃棄物管理において影響力をもっている。

③ URENCO の事業動機

URENCO は廃棄物収集・処理を管轄する公社であり、特定事業者としてハノイ市から CauDien 事業所の施設運営を受託している。URENCO には施設整備への強い動機がある。その理由は以下の通りである。

ベトナム政府は 2009 年 12 月の首相決定である Decision 2149/QĐ-TTg「2050 年を視野に入れた 2025 年までの統合的な廃棄物管理に係る国家戦略」を採択しているが、この戦略では 2025 年までに廃棄物の収集率 100%、リサイクル率 90%達成を目標に掲げ、実行具体策としてクリーン開発メカニズム(CDM)や政府開発援助(ODA)等による施設整備に触れている。また、ハノイ市政府においては 2014 年に、首相決定である Decision No 609/QĐ-TTg Decision 2149/QĐ-TTg「ハノイ市の廃棄物処理計画 2030 年、2050 年」を採択しており、都市廃棄物等の収集処理について目標を設定している。

CauDien 事業所では 1993 年より堆肥化によるリサイクルに取り組んできたところであるが、JICA「循環型社会の形成に向けてのハノイ市 3R イニシアティブ活性化支援プロジェクト」(2006-2009)においても指摘される通り、堆肥品質や需要が安定せず事業運営においては課題を抱えている状況にあり、市政府のマスタープランを達成するには、地域特性に合致した施設整備が必要となっている。

また、一方でハノイ市生活排水の下水道処理率は 10%台と低く、大半は未処理のまま公共水域に排水されている。人から排泄されるし尿は各家庭に腐敗槽設置が義務づけられ、整備率は 90%以上と高い。腐敗槽は内部に堆積する汚泥を引抜くことで処理機能が維持されるが、清掃作業は URENCO 及び民間事業者が担っている。ハノイ市の汚泥収集量は日量 1,000m³とも推定されており、適正な処理施設がないために不法投棄が常態化し、水質汚濁の一因となっている。課題解決に向けてベトナム政府は、政令 Decree No.80/ 2014/Nd-CP を発効し、腐敗槽汚泥の適正処理を法制化している。

CauDien 事業所ではハノイ市中心部にある公衆便所の腐敗槽から収集された汚泥を処理しているが、市政府の要求により、家庭からの腐敗槽腐汚泥の受入処理を実施することが決定されている。URENCO は既存施設を 2014 年に増設し、処理能力を 300m³/日としているが、今後更なる処理量増加に対応する必要がある。

クボタからのメタン発酵システム提案に対して URENCO は、以下の点で導入に前向きな考えを示している。

- ・ 廃棄物の収集処理を推進し、リサイクル率を向上することを目標に掲げるハノイ市のマスタープランに整合していること。
- ・ メタン発酵処理は有機成分の比率が高いベトナムの都市廃棄物性状に対し、適合する技術であること。
- ・ 先進的な取り組みによって、URENCO の企業ブランドの向上が図れること。

2 調査対象プロジェクト

(1) プロジェクトの概要

① プロジェクトの概要

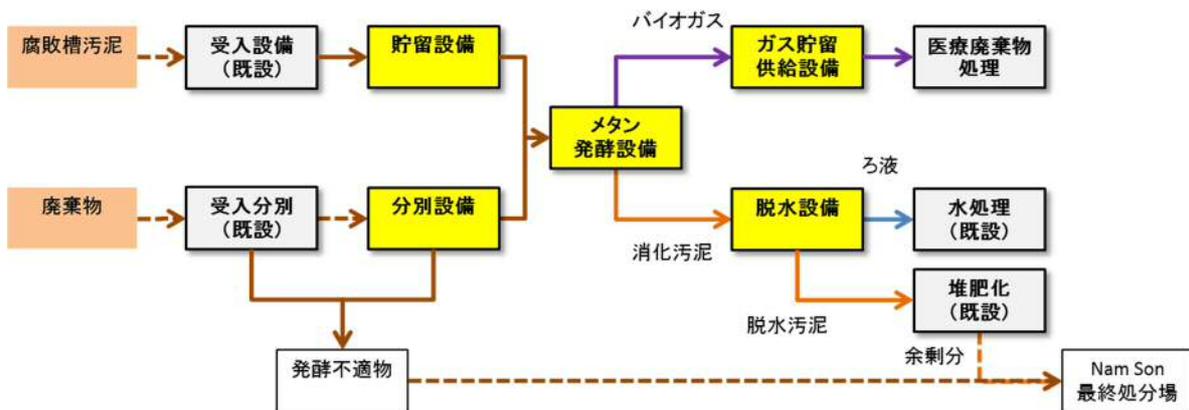
ハノイ市の中間処理施設である CauDien 事業所では、市内の一部地域で収集された都市廃棄物のうち、「生ごみ」を対象とした堆肥化、市内公衆トイレから収集した「腐敗槽汚泥」の処理等を行っている。

本プロジェクトは CauDien 事業所に、メタン発酵システムを新規導入するものであり、生ごみと共に腐敗槽汚泥の混合処理が可能になり、周辺地域の公衆衛生改善が期待できる。

回収したバイオガスは、同敷地内の医療系廃棄物処理施設で使用される化石燃料を代替する。

発酵後の消化汚泥は、堆肥化により農地還元が可能である。

図 2-1: プロジェクト概要



② プロジェクトサイト

CauDien 事業所は、生ごみを対象とした堆肥化、市内公衆トイレから収集した腐敗槽汚泥の処理、医療系廃棄物の焼却処理等を行っており、ハノイ市内で事実上唯一の廃棄物中間処理施設となっている。同事業所の運営管理は URENCO の子会社である URENCO7 及び URENCO11 が実施している。

- ・ 所在地: 60B Nhue Giang, Tay Mo, Tu Liem, Hanoi
- ・ 総面積: 約 4ha

図 2-2: プロジェクトサイトの位置 (ハノイ市中心部から約 15km)



写真 2-1: プロジェクトサイトの航空写真



③ メタン発酵技術の導入

事業提案者であるクボタは、これまでの調査からハノイ市での収集廃棄物の約6割以上を生ごみ等の有機性廃棄物が占め、その大半が未分別のまま直接埋立される実態から、市の埋立処分場では相当量のメタン等の温室効果ガスが大気中に放散されていることを把握している。

先進国における都市ごみの中間処理においては、一般的に焼却処理による方法が採用されるが、ハノイ市で収集される生ごみは水分が75%程度と高く、発熱量は3,500～4,100 kcal/kg(乾物基準)と低いことから、必ずしも焼却処理は効率的でなく、また、高額な設備投資と維持管理費用を負担することは、ハノイ市の経済状況からも今後暫くは困難であると考えている。

一方、我が国では循環型社会形成の推進により「汚泥再生処理センター(環境省事業)」が整備されており、し尿・浄化槽汚泥と共に生ごみ等の有機性廃棄物を併せて処理するメタン発酵技術が開発・実用化されている。メタン発酵により生成されるバイオガスは化石燃料の代替として有効利用できる為、その便益により維持管理費用を低減できることが可能となる。

ベトナム国での生ごみを中心とした廃棄物処理に対し、本邦技術であるメタン発酵処理システムを適用することで、同国における温室効果ガスの低減に寄与し JCM を円滑に実施することが可能となると共に、廃棄物管理の向上等により持続可能な開発への貢献が期待できるため、メタン発酵技術の導入による事業適用性は高いものと判断する。

(2) ホスト国における状況

① ホスト国での政策

ベトナム国は、沿岸部の低平地に多くの都市をもち、地球温暖化による海面上昇の影響を比較的受けやすい国として、対策に積極的に取り組んできた。また、当国は原油や褐炭などの産出量があり現在のエネルギー自給率は 100%以上であるが、近年の国内のエネルギー需要の急増によって、早晩にエネルギー源の輸入国に転ずると予測されている。とくに、原油・天然ガスを産出するベトナム国沖合の南シナ海に関する中国との領有権問題は、将来のエネルギー自給体制へのマイナス要因として浮上してきた。

一方、都市廃棄物に関しては、基本的には未分別で埋め立処分されることが一般的であるため、処分用地の不足と周辺環境の悪化の問題のほか、処分場でのメタンガス放出も温暖化への影響から問題とされており、適切な処理と処分が重要な課題となりつつある。

気候変動問題への国際的な取り組みとして、ベトナム国は 1992 年 6 月に国連気候変動枠組条約に署名、1994 年 12 月に同条約を批准、1998 年 12 月京都議定書に署名し、2002 年 9 月に同議定書を批准している。2003 年にはベトナムの CDM 国家指定組織(DNA)が設置され、2007 年 8 月に「CDM に基づく投資プログラム及び政策に関する首相決定(130/2007/QD-TTg)」を発効している。その後、JCM に関しては、2013 年 7 月に我が国とベトナム国の間で、二国間クレジット制度に関する二国間文書の署名が行われ、JCM を実施していく上で必要な資金、技術支援等のための緊密な協力と、とくに日本側からのベトナム側への支援が文書化されている。

・再生可能エネルギーの活用促進

国家気候変動戦略(2139/2011/QD-TTg)では、気候変動による影響への対応のため、2020 年までに商用一次エネルギーにおける新エネルギーと再生可能エネルギーのシェアを 5%とすること、さらに廃棄物からの GHG 排出削減のため、2020 年までに 90%の都市家庭ごみを回収処理し、そのうち 85%をエネルギー創出のためリサイクル、再利用、再生すること目標としている。

また、国家電力開発計画(1208/QD-TTg)においても、2020 年までに再生可能エネルギーの比率に対する目標設定を行うなど、多様なエネルギー源の確保に国全体として取り組む方針が明らかである。

・廃棄物におけるバイオマスの活用

2014 年に、廃棄物からの発電事業、およびバイオマス発電に対して 20 年間の FIT 価格が決定された(31/2014/QD-TTg、24/2014/QD-TTg)。ここでは、電力公社への発電電力の買取義務付けや、発電事業への関税・事業所得税の免除などの優遇措置が盛り込まれ、廃棄物・バイオマスへの再生可能エネルギーとしての有効性に注目している。2012 年には風力発電に対しても同様の措置がとられているが、一方、これら再生可能エネルギーの電力以外への活用についての推進策は具体化されていない状況にある。

・廃棄物処理

都市の廃棄物の適切な処理と処分についても、2020 年に回収処分率を 90%とし、リサイクル・有効活用などを 85%とするなどの目標を掲げており、廃棄物の有効活用についての積極的な姿勢が明らかである。

・環境影響評価

計画する廃棄物バイオガス事業は、事業種別としては環境影響評価の対象とはならないと考えられるが、「URENCO と日本側が共同企業体を形成し日本側から投資者となる場合」にのみ、「外国組織、外国人あるいは国際組織が投資、補助、付与あるいは提供した資金によりベトナム国領土

において実施されるプロジェクト」として対象となる可能性がある。

・その他

バイオマスの再生可能エネルギーとしての利用は、総論として大いに促進されるべきものであるが、支援策制度の設立直後であり、バイオマス発電・廃棄物発電とも支援制度を受けた事業はないと推定される。一方、今回計画のように発電を行わない事業に対しては、個別の支援策は具体化されておらず、今後、新たな制度の設立に注視していく必要があると考える。

② ハノイ市での廃棄物の概況

ハノイ市はベトナム国の首都であり、同国内でホーチミン市に次ぐ同国第2の人口規模の都市であり、政治と文化の中心的機能をもつほか、工業施設も多いほか農産物の集散地ともなっている。

ハノイ市は、遷都 1000 年を契機として、2008 年に従来の市部周辺のハタイ省などと合併し、面積は 920km²から 3,345km²に拡大し、人口は 350 万人から 620 万人に増大した。これにより従来比で面積は 3.64 倍に拡大、人口は 1.77 倍に増大している。

Cau Dien 事業所で調査対象とした廃棄物は、下表に示すハノイ市行政区分のうち、Ba Dinh 区、Hoan Kiem 区、Dong Da 区、Hai Ba Trung 区の4区から収集されたものであった。現在のハノイ市のなかでも、区(district)とよばれる地域は旧ハノイ市に相当し、ここには様々な行政施設や人口が比較的集中している。さらに今回の廃棄物の収集対象であった前述の4区は、この10区部の中でも最も旧く密集した市街地を擁しているほか、商店・商業施設も多く、下表からも人口密度もとくに高い地域であることがわかる。

表 2-1: ハノイ市の行政区分と面積・人口

区分(市・区・県)	面積(km ²)	人口(人)	人口密度(人/ha)
市;1市 ソンタイ市(Son Tây)の値	113.47	181,831	16
区;10区 <u>バディン区(Ba Đình)</u>	<u>9.22</u>	<u>228,352</u>	248
<u>ドンダー区(Đống Đa)</u>	<u>9.96</u>	<u>352,000</u>	353
<u>ハイバーチュン区(Hai Bà Trưng)</u>	<u>14.6</u>	<u>378,000</u>	259
<u>ホアンキエム区(Hoàn Kiếm)</u>	<u>5.29</u>	<u>178,073</u>	337
(調査対象4区の合計)	<u>39.1</u>	<u>1,136,425</u>	291
(全区部に対する調査対象4区の比率)	<u>17%</u>	<u>52%</u>	-
カウザイ区(Cầu Giấy)	12.0	147,000	122
ハドン区(Hà Đông)	47.9	198,687	41
ホアンマイ区(Hoàng Mai)	41.0	216,277	53
ロンビエン区(Long Biên)	60.4	170,706	28
タイホ区(Tây Hồ)	24	115,163	48
タインスアン区(Thanh Xuân)	9.11	185,000	203
全10各区の合計	233.6	2,178,258	93
県;全18県の合計	3,266	3,872,851	12
ハノイ全市合計	3,613	6,232,940	17

資料)HP 公表資料(2013 年値)より作成

以下に現在のハノイ市の市域を示す。今回の廃棄物の収集対象であった 4 つの区は、紅河 (Song Hong) に面して古くからハノイ市の中心として発展した地域で、現在も 10 の区部内の中央に位置している。この 4 区には、中央政府機関の施設のほか、住宅・商業施設からなる密集市街地が多く分布する。

ハノイ市建設局に属する都市計画研究所による 2013 年の統計にもとづけば、ハノイ市の廃棄物 (MSW) は、およそ 5,370t/日が発生している。その中で、約 3,200t/日が市区域からで、それ以外が郊外地域からのものとされる。しかし、URENCO による廃棄物の収集と中央処理センターへの運搬のための能力は、全体発生量の 72%に過ぎない。



図 2-3: ハノイ市とその行政区分図

出典) <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8F%E3%83%8E%E3%82%A4>

ハノイ市は、4か所の埋立処分場(Nam Son, Kieu Ky, Xuan Son, Nui Thoong)と、3か所の処理施設(Kieu Ky, Cau Dien, Son Tay)を含む、合計7か所のごみ処理・処分場をもっている。ハノイ市では、廃棄物の発生量が増大する一方で、その処理技術が従来のもままであり、現在も、十分に分別されないまま埋め立て処分される方法が最も一般的とされている。

ハノイ市のMSWの収集～処分までの業務は、業務名称 **URBAN ENVIRONMENT LIMITED COMPANY**、一般には **URENCO** と称される全国組織の国営企業が実施している。産業廃棄物は、専門の企業が担当しているとされる。この **Cau Dien** 事業所を運営する組織は、**URENCO** の組織のなかで、ハノイ市を中心に担当する **URENCO7** と呼ばれる。

ハノイ市内のうち区部における、市場と家庭からのMSWの収集方法は、住居や商業施設が密集していることから、おもに以下のように行われている。このなかで、家庭の軒先のごみは、道路上の砂塵や落ち葉とともに箒で掃きとられて回収される。このため、家庭ごみの中にはこれらの道路上のごみも含まれることとなる。

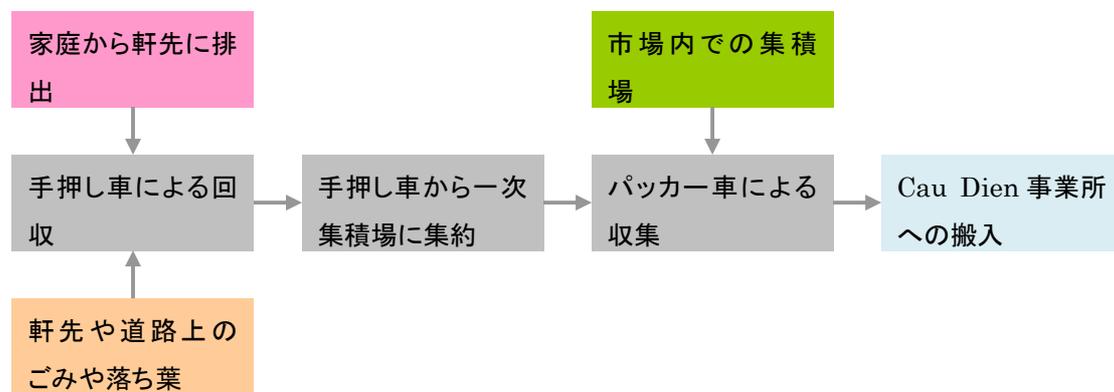


図 2-4: ハノイ市内での一般的なMSWの収集手順



手押し車での収集



一次集積場の例

写真 2-2: ハノイ市内でのMSWの収集状況の例

左: 調査者撮影、右: 調査者撮影

一般的に、公園、市場、街路など公共の場から出たMSWや、道路に出された家庭からのMSWは 240L 入りのカートコンテナを使って人力で収集される。人力で収集されたMSWは、パッカー車などが収集できる仮置き場に集められ、これらの車両で処理・処分場に運搬される。市内の中心となる 4 行政区での収集率は約 100%に近く、周辺のその他の行政区では 80~85%に低下し、さらに郊外の行政区では 60~70%に低下する。



写真 2-3: 各家庭から出されたMSWの例
左:調査者撮影、右:調査者撮影

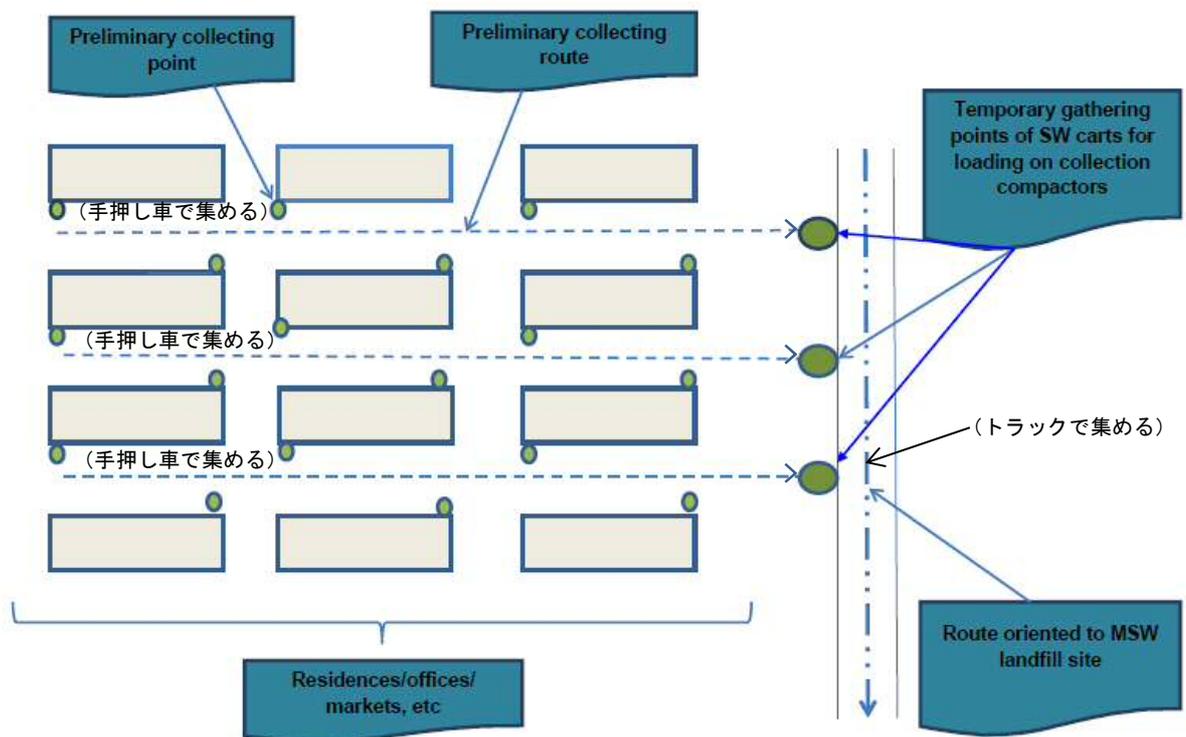


図 2-5: ハノイ市内でのMSWの収集イメージ

収集における特徴について、Cau Dien 事業所からの聞き取りでは、一定規模以上のレストランなどからの残飯類は家畜の飼料として、専門業者が収集するため、一般のMSWにはまとまった残飯類が排出されにくい特徴がある。このほか、金属・ガラスなどのリサイクル可能な廃棄物は、有価物の回収業者が買い取るケースが多いため、MSWとして排出されにくい傾向がある。家庭ごみは、各家庭ごとにプラスチックバック(レジ袋)に入れて出される場合が多く、収集後にも比較的容易に判別できる。一方で、市場系ごみは、市場内のごみ集積場にそのまま仮置きされるため収集後にも判別が付きやすい。また、市場で発生するごみのうち、肉や魚の残滓も別途利用されるため、収集に回る量は少ないとされる。

(3) プロジェクトの普及

本プロジェクトで採用する技術は、有機廃棄物を処理対象としたメタン発酵技術であり、廃棄物を処理・減量化して、途上国が抱える不適切な廃棄物管理の改善に貢献すると共に、低炭素技術を通じて GHG 排出量を大幅に削減しようとするものである。

ハノイ市では、生ごみを含む都市廃棄物は未分別のまま直接的に埋立されており、廃棄物管理の向上及び固形廃棄物削減が政策として掲げられているものの、有効な手法がない状況にあり、当該技術はハノイ市のニーズに応えた「効果的で低廉な中間処理技術」と考えられる。

調査対象プロジェクトでは、同市で発生する 5,000t/日超の廃棄物に対して、わずか 1%程度の処理能力にすぎないが、JCM プロジェクトとして実施することで、ベトナムにおける日本製のメタン発酵システム普及(販売促進)を目的としたモデル事業として位置づけられ、同国における今後の案件形成が加速するものと考えられる。

3 調査の方法

(1) 調査実施体制

本調査の実施体制及び実施団体の役割分担について、日本及びベトナムにおける関係主体を以下に示す。

日本国内側の体制として、クボタ、日建設計シビル、日本総研が調査団を形成し調査を行うほか、クボタ環境サービス(クボタ子会社)のほか、外部設計事務所と連携して進めた。

ベトナム側の体制として、プロジェクト実施主体である URENCO のほか、ホスト国側の有識者として IWASSE が参画している。IWASSE はクボタの外注先としても調査に協力している。

URENCO, IWASSE, クボタは協議会を設置し、調査進捗にあわせて、事業化検討に向けた検討を実施している。

図 3-1: 調査実施体制

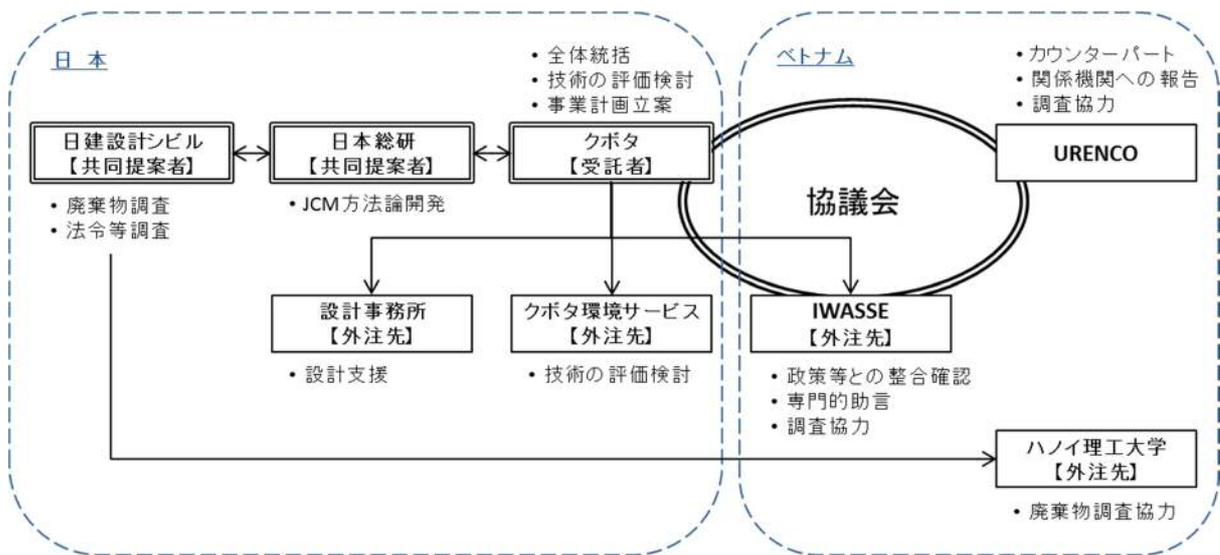


表 3-1: 調査実施団体の役割分担

日本側	
クボタ	全体統括、進捗管理、事業・資金計画立案、導入技術の評価検討
クボタ環境サービス	導入技術の評価検討
日建設計シビル	廃棄物調査、関連法の調査
日本総研	JCM 方法論開発
ベトナム側	
URENCO	カウンターパート、関係機関への報告、調査協力
IWASSE	関連法・政策等との整合確認、専門的助言、調査協力

(2) 調査課題

本調査における課題は以下の通りである。

① プロジェクト実現に向けた調査

- ・ プロジェクト計画に必要な諸条件を把握すること。
(処理対象物の性状特定、バイオガス利用条件の確認、プロセス設計条件の確認等)
- ・ 初期投資費用及び維持管理費用を積算し、プロジェクト実施に向けた資金計画を策定すること。
- ・ プロジェクトの工事計画を策定すること。
- ・ プロジェクトの運用計画を策定すること。
- ・ プロジェクトの許認可について把握すること。
- ・ 日本技術の優位性について確認すること。
- ・ MRV 体制の構築を検討すること。
- ・ ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与に関する検討すること。

② JCM 方法論作成について

- ・ 適格性要件を設定し、根拠を明確化すること。
- ・ リファレンス排出量、プロジェクト排出量算定のための情報を調査し、算定方法を検討すること。
- ・ プロジェクト実施前の状況を調査し、事前設定値及びデフォルト値とを検討すること
- ・ 現地実情に応じたモニタリング手法を検討すること。

(3) 調査内容

本調査では計 4 回の現地調査を実施している。プロジェクト計画における導入システムの概略設計を行うための諸条件を把握する為に、既存施設調査、廃棄物等のサンプリング分析、生ごみによるラボ試験、関連法の調査、施工業者訪問による価格情報入手等を実施すると共に、URENCO からの協議会を開催している。以下に調査目的と結果概要を示す。

表 3-2: 現地調査の概要

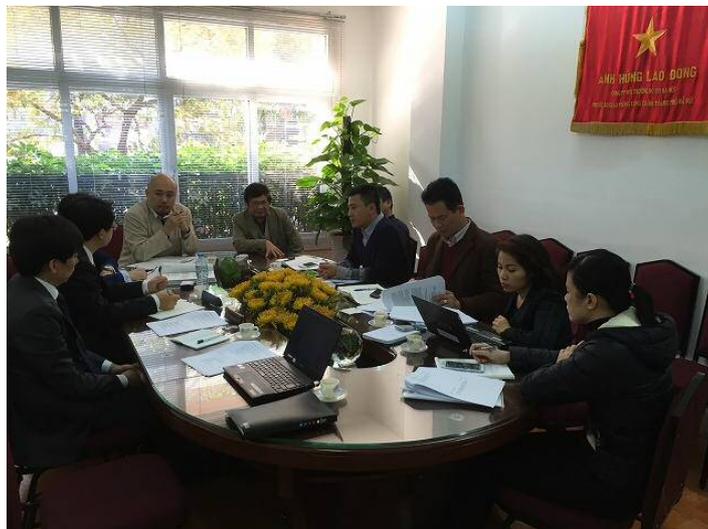
調査回	日程	訪問先	調査結果
第 1 回	2014/7/28 ～8/7	URENCO 第 1 回協議会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査計画案をクボタより提示し、調査内容、スケジュール、当事者間の役割分担を確認し、2015 年の設備補助取得してプロジェクトを実現するために、これを実行することで合意した。 ・ 調査進捗に合わせて、協議会を計 3 回開催すると共に、2015 年 2 月にワークショップを開催し FS 成果を発表することを合意した。 ・ 第 2 回協議会(10 月中旬)は、「施設計画の確定」、第 3 回(12 月中旬)は「資金計画の確定」を目的とする。 ・ 第 2 回協議会までに、URENCO がクボタに報告すべき事項は、以下のとおりである。 ①処理規模、②出口側条件、③バイオガス利用方法 ・ 第 2 回目協議会でクボタは下記を報告する。 ①サンプリング分析結果、②施設計画の概略案 ・ 第 3 回協議会の開催地を日本で実施し、施設見学を併せて実施することの提案がなされた。
		CauDien 既設調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都市ごみの処理については、場内で生ごみを手選別後にコンポスト化を行っている。処理料金はコンポスト原料という名目で無償引取りとなっている上に、品質面からコンポストの販売が限られており大半は埋立処分されているのが実態である。そのため採算性は確保されていない。 ・ 腐敗槽汚泥の処理については、公衆トイレのみを対象に処理が行われている。処理料金は現在ハノイ市から 2.5 US\$/m³ 支払われているが、新設完成後（腐敗槽汚泥施設 300m³/d）には 5 US\$/m³ に上昇する見込みである。また、その際に民間収集業者からの受入処理を開始する計画であるが、料金設定は未定である。 ・ バイオガス利用については、医療系廃棄物焼却炉（軽油 1,000L×15 日/月）での燃料利用等の需要が想定される。

調査回	日程	訪問先	調査結果
		CauDien サンプリング調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物サンプリング調査を 3 日間実施し、家庭系ごみ・市場系ごみの種別毎に無作為採取を行い、縮分調整によってサンプルを 6 検体採取した。 現場作業・分析機関として Hanoi University of Science and Technology (HUST) を選定し、種類別組成のほか、厨芥類の性状分析 (TS,VS, BOD,CODcr,T-N 等)、元素分析 (C,H,N,O,S,Cl) 等を委託した。分析結果は 9 月上旬となる見込みである。 ・ 腐敗槽汚泥サンプリング調査を 3 日間実施し、搬入車毎のコンポジットサンプルを 5 検体採取した。 分析機関として Vietnam Academy of Science and Technology (VAST) を選定し、性状分析 (TS, BOD,CODcr,T-N 等) を委託した。分析結果は 9 月上旬となる見込みである。
第 2 回	2014/10/19 ～10/25	URENCO 第 2 回協議会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第1回現地調査の結果を報告すると共に、調査結果をもとにした施設計画案(廃棄物 45t/d+腐敗槽汚泥 50m3)をクボタより提示し、本協議により基本合意した。 ・ 但し、URENCO 側意向により以下の再検討を行うこととなった。 <ul style="list-style-type: none"> ① バイオガス利用先として、医療廃棄物の焼却処理に代えて、将来的に蒸気滅菌処理に対応できるよう見直すこと。 ② 既存施設との整合性を考慮し、腐敗槽汚泥処理施設 (URENCO が拡張工事済み) で発生する余剰汚泥の受入を将来検討すること。 ・ 第 3 回協議会は「資金計画の確定」を目的とし、関係者からの報告事項は以下とすること。 <ul style="list-style-type: none"> ① 法律、政策面での整合性の確認結果 (IWASSE) ② 建設費用、O&M 費用の提示 (KBT) ③ 事業採算性の分析結果 (KBT) ④ 事業・運営計画の提案 (KBT) ・ 資金計画を検討するにあたり、URENCO は以下の情報をクボタに提示すること。 <ul style="list-style-type: none"> ① コスト情報 (既設の O&M 費用、電気・水道・軽油等の購入単価、労務員の単価等) ② 医療廃棄物処理 (焼却、蒸気滅菌) に係る仕様、利用条件、改造費用の提示

調査回	日程	訪問先	調査結果
		CauDien 既設調査	<ul style="list-style-type: none"> 施設の設置場所として、医療廃棄物焼却施設の隣接地も適用可能性があり、バイオガス利用の効率性・コスト削減が見込めることから URENCO に対して検討申入れを行った。 蒸気滅菌処理を想定したバイオガス燃料による蒸気ボイラの仕様等について URENCO 及びバーナを扱う事業者と協議を行った。 URENCO による腐敗槽汚泥処理施設の拡張工事が完了し、現在試運転中であり供用開始は来年の予定であることを確認した。 URENCO からメタン発酵施設システムでの汚泥受入処理を打診されているが、発生汚泥量や性状等が未定であるため、メタン発酵側での腐敗槽汚泥計画処理量(50m³/日)の範囲内での対応を基本に、来年の供用開始後に検証する予定である。 尚、メタン発酵処理後の消化汚泥は脱水後に、ろ液を当該施設で処理する計画であるが、URENCO 技術部から処理可能との回答を得た。 JCM 方法論作成にあたり、必要な現地情報等の収集を実施した。
		施工業者訪問	<ul style="list-style-type: none"> 土木建築工事のコスト情報を収集するため、Coninco 社(本社:ハノイ)を訪問し、本工事の見積積算を依頼した。 機器据付・配管・電気工事のコスト情報を収集するため、クボタ化水ベトナム社を訪問し、本工事の見積積算を依頼した。
第 3 回	2014/10/27 ～10/31	CauDien サンプリング調査	<ul style="list-style-type: none"> 第1回調査時と同様に、廃棄物サンプリング調査を 3 日間実施し、家庭系ごみ・市場系ごみの種別毎に無作為採取を行い、縮分調整によってサンプルを 6 検体採取した。 現場作業・分析機関として前回同様に HUST の協力を得て実施し、11分類による種類別組成のほか、厨芥類の性状分析(TS,VS, BOD,COD_{cr},T-N 等)を委託した。分析結果は 11 月下旬となる見込みである。
		その他	<ul style="list-style-type: none"> 市場やゴミ収集状況の確認を実施した。
第 4 回	2014/12/17 ～12/20	施工業者訪問	<ul style="list-style-type: none"> 土木建築工事の見積積算を依頼した Coninco 社を再訪し、積算価格の内容確認を実施すると共に、クボタで計画した工事計画図が建築法、規準等と照査して、支障なきものであることを確認した。 また、プロジェクト実施における手続きや工程等に関する情報収集を実施した。

調査回	日程	訪問先	調査結果
		URENCO 第3回協議会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設計画において、2回の廃棄物サンプリング調査結果、腐敗槽汚泥の設計値検討結果を反映すると共に、URENCO が要望する「医療廃棄物の蒸気滅菌処理へのバイオガス利用」を考慮した計画案をクボタより提示し、合意した。 <p>(資金計画についての協議)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ クボタより、初期投資試算額は 5,000,000USD であり、JCM 設備補助を適用した際の自己投資額を 3,675,000USD (仮定)と説明した。 ・ 投資資金の調達方法として、全額をハノイ市に上申する方法のほか、クボタより民間資金活用による方法を併せて提案した。初期投資のうち設備費相当額を民間出資とし、10年契約で URENCO が利用料を支払い、契約終了後に所有権を URENCO に移転するものである。 <p>また、現状の廃棄物処理料金(Tariff) 体系では投資回収は困難であるため、15年間平均処理単価として廃棄物 18USD/t, 腐敗槽汚泥 7USD/m³ に値上げ検討が必要であることも提言した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本会では、事業資金計画について結論が得られず、URENCO 内で取締役を含めた検討を行った上で、来年1月に再協議を行うことで合意した。 (帰国後、3月延期の旨を URENCO より受諾) ・ JCM-FS 報告に際し、資金計画案として、 ① URENCO 全額自己投資、② 民間資金活用の両案併記で合意を得た。 ・ URENCO の事業意志を以下の通り確認した。 ① 廃棄物の収集処理を推進し、リサイクル率を向上することを目標に掲げるハノイ市のマスタープランに整合していること。 ② 有機成分の比率が高いベトナムの都市ごみ性状に対して、メタン発酵処理は適合する技術であること。 ③ 先進的な取組みにより、企業としてのブランド価値向上が図れるという観点から、URENCO は事業実施について前向きな考えである。 ・ FS 成果発表として、ハノイ市関連部局と共にワークショップを開催することを合意した。 (開催時期は3月を予定。)
		CauDien 既設調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設の設置場所として、現在堆肥化(生ごみの乾燥)を行う屋根付きの用地が利用可能であるとの回答を URENCO より得た。

写真 3-1: URENCO と調査団による協議会



4 プロジェクト実現に向けた調査

(1) プロジェクト計画

① プロジェクトの実施体制

当該プロジェクトは、ハノイ市の中間処理施設である CauDien 事業所にメタン発酵システムを導入するものであり、同事業所を統括する URENCO が実施主体として検討している。プロジェクトの実施体制については URENCO と共に、クボタを JCM 制度における予定代表事業者、IWASSE をベトナム国側の技術コンサルタントとして構成する国際コンソーシアムによることを想定しており、三者間で参加意思を確認している。

プロジェクトの実施体制と役割分担を以下に示す。クボタは URENCO との設備購入契約を前提に、システムの全体設計・設備納入等を行うものである。

尚、URENCO は、施設運用を子会社である URENCO7(現有設備の施設管理者)に収集運搬業務と共に委託する計画であるが、クボタは施設維持管理に関する運転指導を同社に行う予定である。

図 4-1: プロジェクトの実施体制(国際コンソーシアム)



② プロジェクトサイトの調査

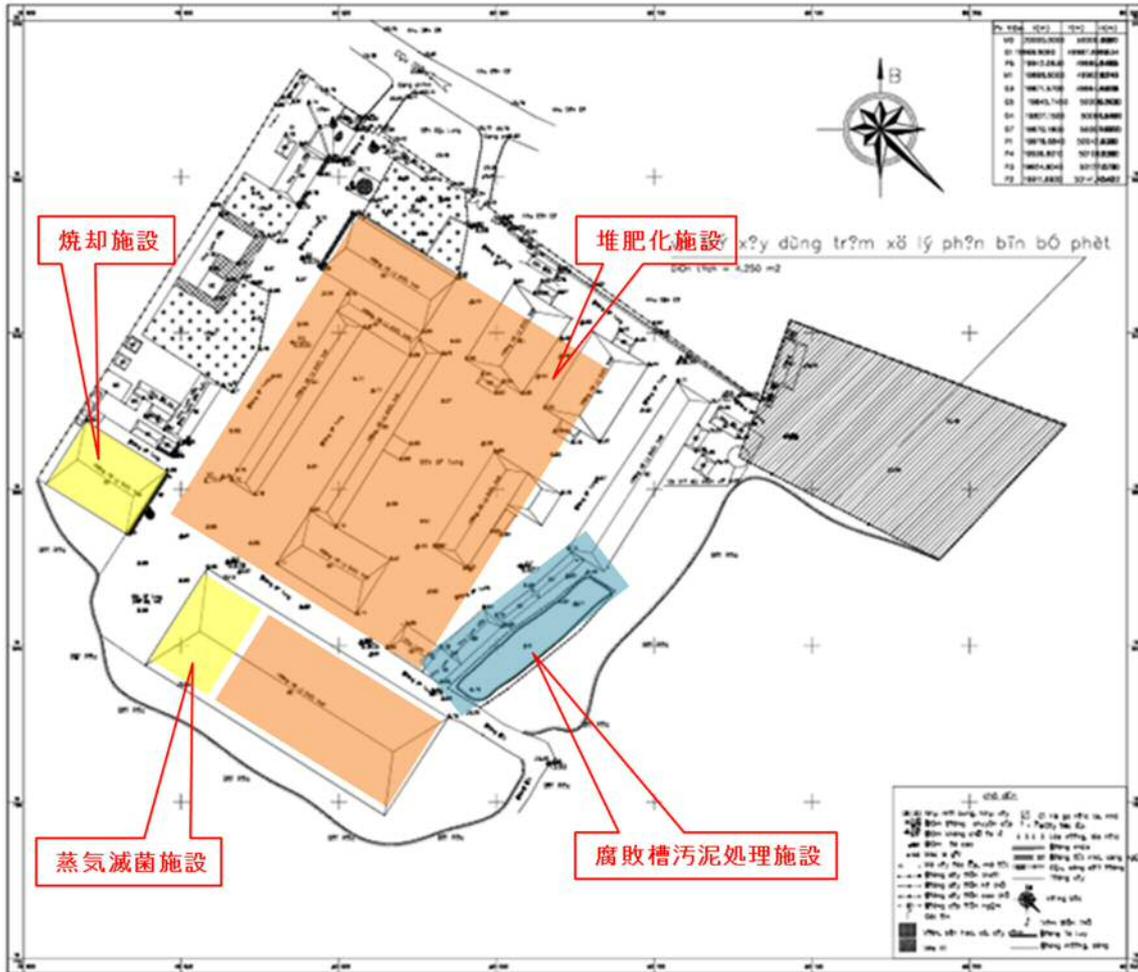
プロジェクトサイトである CauDien 事業所における現有施設の稼働状況は以下の通りである。施設の運営管理は URENCO 子会社である URENCO7, URENCO11 の 2 社が担っている。

表 4-1: CauDien 事業所における現有施設

施設名	施設概要	稼働状況
1. 生ごみの堆肥化施設	施設能力: 50,000t/年 供用開始: 1993 年 敷地面積: 約 20,000m ² 施設整備: スペイン援助による。 運営所管: URENCO7 運転人員: 40 人	機械分別装置(前処理)は、腐食等の老朽化で休止状態。作業員のごみ手選別によるため、堆肥に異物が多く品質面で課題を抱える状況にある。
2. 腐敗槽汚泥処理施設	施設能力: 300 m ³ /日 供用開始: 1993 年 敷地面積: 約 1,500m ² 施設整備: URENCO 自己資金 運営所管: URENCO7 運転人員: 11 人 1997 年に改造 2014 年に 300 m ³ /d 規模拡張改造	従来のラグーン処理に加えて、活性汚泥処理施設を増設し、規模拡張を図っている。現在、試運転調整中にあり、2015 年春より本格稼働予定である。
3. 医療系廃棄物の焼却施設	施設能力: 4.8t/日(200kg/h×24H) 供用開始: 1999 年 敷地面積: 約 1,000m ² 施設整備: イタリア援助 運営所管: URENCO11 運転人員: 10 人	炉本体の老朽化に加え、排ガス処理装置においては大掛かりな改修が必要である。新設する蒸気滅菌施設の供用開始後に休止する予定である。
4. 医療系廃棄物の蒸気滅菌施設	施設能力: 4.8t/d(800kg/batch×6) 供用開始: 2015 年(予定) 敷地面積: 約 1,000m ² 施設整備: UNDP 援助 運営所管: URENCO11 運転人員: 5 人	天然資源環境省の指導のもと、装置を導入済み。2015 年 3 月に一次側電源工事の実施を予定しており、工事完了後に供用開始する予定である。

本事業所の場内配置図については以下の通りである。

図 4-2: CauDien 事業所の配置



本施設での廃棄物等の処理料金 (tariff) 単価設定については、以下の通りである。
 廃棄物等の処理料金とはハノイ市から URENCO に支払われている金額のことである。CauDien 事業所での都市廃棄物の処理料金が 0 USD/トンであるのは、堆肥製造のための原料という位置づけから、市からの料金支払いは受けていない。
 現状の料金体系は非常に低い設定であり、ハノイ市はマスタープランにおいて 2030 年には廃棄物処理単価を 15～20 USD/トンに段階的に上げる方針である。

表 4-2: CauDien 事業所での処理料金等の設定 (1USD= 21,000VND)

種別	単価	備考
都市廃棄物	0 USD/トン	処理のみ(収集含まず)
腐敗槽汚泥(公衆トイレ)	2.33 USD/m ³	処理のみ(収集含まず)
腐敗槽汚泥(家庭トイレ)	未定	処理のみ(収集含まず) ※検討中
医療系廃棄物	571USD～666 USD/トン	収集運搬・処理
(参考) NamSon 都市廃棄物	3.64 USD/トン	埋立処分のみ(収集含まず)
(参考) 民間腐敗槽汚泥収集	10 USD/m ³	引抜のみ ※不法投棄
(参考) 堆肥の販売価格	0.048 USD/kg	市販堆肥の価格 0.095USD/kg

写真 4-1: プロジェクトサイトの状況(1)

・ 廃棄物の堆肥化施設



写真 4-2: プロジェクトサイトの状況(2)

・腐敗槽汚泥の処理施設



・医療系廃棄物の焼却処理施設



・医療系廃棄物の蒸気滅菌処理施設



③ 廃棄物のサンプリング調査

本調査において、プロジェクト計画に必要な処理対象物の性状特定、ならびに JCM 方法論のリファレンス排出量の算定を目的として、CauDien 事業所での生ごみサンプリング調査を実施している。

- 調査時期とサンプリング数は以下の通り。

表 4-3: 採取回数とサンプル数

項目	条件	基本数量
1.実施時期	2014年8月及び10月	2季
2.採取回数	各回とも3日分を採取	各季に3日づつ
3.採取の対象	市場系ごみ、家庭系ごみ	2種類
4.基本採取数		計12サンプル(=2×3×2)

- サンプリング方法:
家庭系・市場系の各搬入ごみに対して約200kgの試料を採取し、四分法による縮分調整によりサンプリングを実施した。
- 分析機関: ハノイ理工科大学
- 主な分析項目と調査結果は以下の通り。

表 4-4: 廃棄物の組成分析(wet weight 基準)

	第1回目(2014.8)		第2回目(2014.10)	
	家庭系	市場系	家庭系	市場系
Paper, fabric	9.8%	4.2%	16.3%	6.2%
Wood, straw, bamboo	12.4%	11.5%	8.0%	9.1%
Organic waste	46.9%	74.4%	39.8%	76.8%
Nylon, plastic, rubber, leather	11.9%	7.0%	17.9%	6.7%
incombustible waste	1.6%	0.9%	2.9%	0.9%
Other	17.4%	2.0%	15.1%	0.5%

表 4-5: 生ごみの性状 (分析値をもとにした換算値, 3 日分の平均値)

	第 1 回目 (2014.8)		第 2 回目 (2014.10)	
	家庭系	市場系	家庭系	市場系
TS (mg/kg)	246,000	256,700	250,000	161,500
VS (mg/kg)	164,400	141,100	169,400	130,400
CODcr (mg/kg)	135,400	261,200	252,000	395,700
T-N (mg/kg)	2,800	3,400	4,700	4,700
単位容量重量(t/m ³)	0.44	0.37	0.54	0.41

写真 4-3: サンプルング作業の状況



④ 腐敗槽汚泥のサンプリング調査

本調査において、プロジェクト計画に必要な処理対象物の性状特定、ならびに JCM 方法論のリファレンス排出量の算定を目的として、CauDien 事業所での腐敗槽汚泥サンプリング調査を実施している。現在 CauDien 事業所では、公衆トイレ系腐敗槽汚泥を収集処理の対象としているが、将来計画では家庭系腐敗槽汚泥を処理対象とする計画であるため、あわせて検討を行った。

- 調査時期とサンプリング数は以下の通り。

表 4-6: 採取回数とサンプル数

項目	条件	基本数量
実施時期	2014 年 7/28, 8/1,8/4,9/26,10/7	
採取回数	8/1 のみバキューム車 3 台、他は各1台	
採取の対象	公衆トイレ系腐敗槽汚泥	2 種類
基本採取数		計 7 サンプル

- サンプリング方法:
施設搬入時にバキューム車のホースから直接バケツに汚泥を受けてサンプリングを実施した。搬入の前半、中間、後半から 3 検体を採取し、コンポジットサンプルとしている。
- 分析機関: VAST (Vietnam Academy Science and Technology)
- 主な分析項目と調査結果は以下の通り。

表 4-7: 公衆トイレ系腐敗槽汚泥の調査結果

Sample	1	2	3	4	5	6	7
pH	7.72	8.1	7.37	7.67	7.31	7.94	7.91
BOD (mg/L)	1,640	810	3,650	302	2,480	26,600	1,880
CODcr (mg/L)	3,120	1,600	6,720	576	4,640	48,960	3,680
SS (mg/L)	1,410	660	7,170	300	1,190	56,000	2,200
T-N (mg/L)	3,035	1,460	1,208	1,045	1,516	2,550	625
T-P (mg/L)	25	56.5	50	28.45	58.25	290	186
Cl ⁻ (mg/L)	992	864	296	318	376	425	276

本調査に先立ち 2014 年上半期に京都大学大学院地球環境学 原田助教らが「ベトナムにおける腐敗槽汚泥処理に係る現地調査研究」を実施しており、ハノイ市郊外の家庭系腐敗槽汚泥の性状分析を把握している。その調査結果をもとに家庭系腐敗槽汚泥の性状値を以下にまとめる。

表 4-8: 家庭系腐敗槽汚泥の調査結果 (N=44)

	平均値	非超過確率		
		50%	75%	84%
pH	7.56	7.59	7.81	7.90
BOD (mg/L)	13,695	12,000	21,000	23,500
CODcr (mg/L)	20,976	20,850	29,120	36,150
SS (mg/L)	14,245	10,420	20,971	29,309
T-N (mg/L)	250	120	340	504
T-P (mg/L)	213	139	312	378
Cl- (mg/L)	207	209	249	310

ここで、Cau Dien 事業所に搬入される公衆トイレ系腐敗槽汚泥は以下の特徴を持つ。

- ・ 公衆トイレの使用形態を考慮すると、本来のし尿由来ではなく、尿由来と考えられる。実際、家庭系汚泥に比べて T-N が 5 倍程度高い。
- ・ 公衆トイレ系汚泥は、URENCO へのヒアリングから引抜頻度が 3 ヶ月に 1 回程度と短く、また尿由来であることから TS、SS が低い。(家庭貯留汚泥の引抜頻度は約 10 年に 1 回)

公衆トイレが都市部に限定されることや腐敗槽汚泥の発生は家庭系が主体であること、また上記の特徴を考慮すると、腐敗槽汚泥の性状は家庭系で代表させるのが適当と考えられる。なおかつ、その性状変動に対する安全率を考慮して、非超過確率 75% のデータを採用するものとした。

写真 4-4: サンプルング作業の状況



⑤ バイオガス利用方法に関する調査

本調査において、プロジェクト計画に必要なバイオガス利用条件の確認、ならびに JCM 方法論のリファレンス排出量の算定を目的として、CauDien 事業所でのバイオガス利用方法を検討している。

調査着手時には、医療系廃棄物の焼却処理施設にて使用する軽油の代替等を想定していたが、本施設は 1999 年に供用開始して以来、老朽化により更新時期を迎えている状況にあり、特に排ガス処理装置においては大掛かりな改修が必要であることが分かった。

一方で本調査期間中、URENCO は天然資源環境省の指導のもと、同省が UNDP による事業支援を受けた「蒸気滅菌処理装置(オートクレイブ)」の所有権を移管を受け、同事業所で医療系廃棄物の処理用途として焼却施設から移行し、運営管理を行う方針を決定している。

当該装置は既に現地搬入されており、2015 年 3 月以降に装置稼働用の一次側電源工事を行う予定であり、工事完了後に施設稼働する見通しである。

URENCO との協議により、蒸気滅菌処理施設に必要な熱源をメタン発酵処理システムから回収したバイオガスを利用できれば、蒸気滅菌処理の維持管理費用の低減効果が見込めることから、バイオガス利用先として検討することとなった。

すなわち、蒸気滅菌処理での必要熱量をもとにバイオガス供給量を算定し、メタン発酵システムの処理能力を検討するものとした。

写真 4-5: 蒸気滅菌処理装置の外観



検討対象である蒸気滅菌処理施設は、主要設備としてオートクレーブ釜、真空ポンプ、電気式ボイラー、給水装置等で構成されている。

本施設にバイオガスを適用するには、電気式ボイラーに併設して新たにバイオガス炊きボイラーを設置する必要があり、オートクレーブ本体と蒸気取合いを行うことで対応が可能である。

写真 4-6: 蒸気滅菌処理装置の構成機器



オートクレーブ釜 $\phi=1600$, 開閉装置



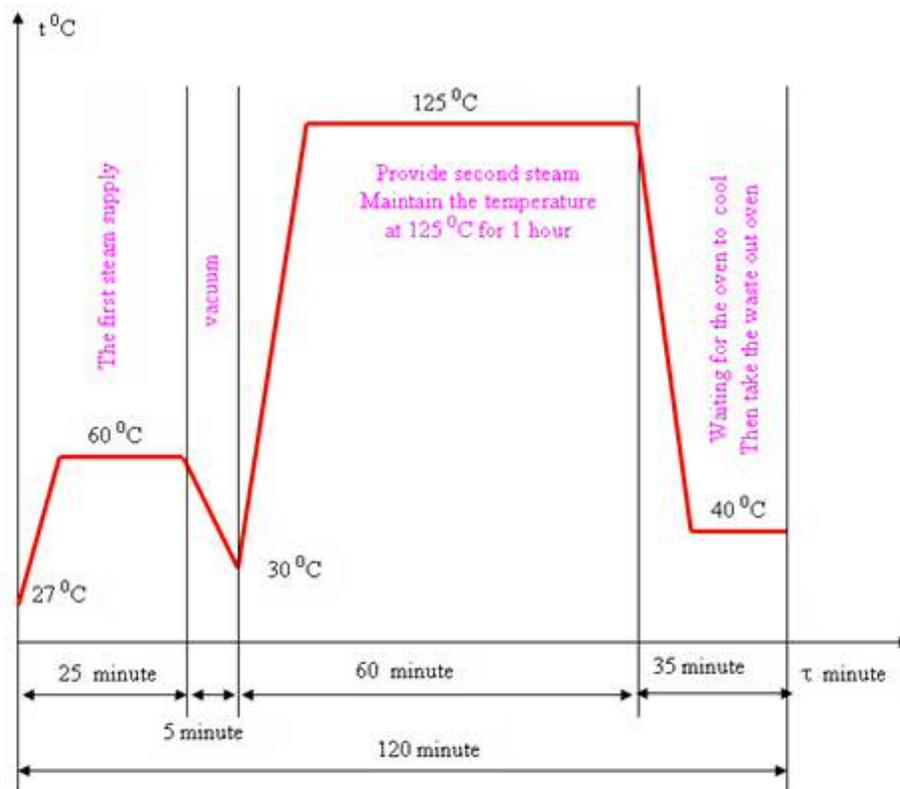
左: 電気式ボイラー510kW、中: 給水装置、右: 廃棄物投入台車

本施設はバッチ式運転によるものであり、1 サイクル 2 時間で、約 800kg の医療系廃棄物が処理可能である。運転方法及び制御内容については以下の通りであった。

- ・ 医療系廃棄物を台車(3 台)に投入して、オートクレーブ釜内部に設置して密閉する。
- ・ 装置稼働し、蒸気を供給することで昇温させて 20 分間ほど 60℃に温度維持する。
- ・ 次に、蒸気の供給を停止し、5 分間ほど減圧させる。(凝縮水を排水)
- ・ その後、さらに蒸気を供給することで昇温させて 60 分間 125℃に温度維持する。
- ・ 蒸気の供給を停止し、釜の温度が十分低下した後に、処理された廃棄物を取り出す。(冷却に約 35 分を要す。)

上記は自動制御によるものであり、新たにバイオガス炊きボイラーとの信号取合い等の回路変更が伴うが、軽微な変更で対応が可能である。

図 4-3: オートクレーブの運転制御



また、オートクレーブへの供給蒸気仕様については、以下の通りである。

表 4-9: 蒸気供給仕様

蒸気供給量	810kg/h
最大蒸気圧力	10.2atm
供給蒸気温度	185°C
給水温度(設定値)	15°C

以上の条件を考慮した上で、メタン発酵システムでのバイオガス回収量を算定したところ、3,990Nm³/dとの結論を得ている。

⑥ プロセス条件の検討

本調査において、プロジェクト計画に必要なプロセス条件(設計諸元)を把握すること。ならびに JCM 方法論の適格性要件を設定することを目的として、CauDien 事業所でサンプリングした生ごみを対象に回分試験を現地で実施している。

回分実験(Anaerobic Biodegradability Batch assays)は、メタン発酵によるバイオガス発生量および COD_{cr} 分解率等を把握する一般的な方法として広く利用されている。

バイアル瓶に基質(対象物)と種汚泥を密閉注入して一定温度で培養し、バイオガスの発生量と含有成分を経時的に計測するものである。

本試験の実施に際しては、IWASSE による協力を得て実施している。

- ・ 実施期間
 中温試験：2014年8月11日～9月12日
 高温試験：2014年10月6日～11月7日
- ・ 実施場所：ハノイ土木大学
- ・ サンプリング方法：
 生ごみサンプリング調査時(8月5日)に採取している。
- ・ 種汚泥：
 中温試験用にはハノイ土木大学の研究施設による消化汚泥を使用している。
 高温試験用にはハノイ市近郊の養豚場で使用されるメタン発酵装置から採取した消化汚泥を高温条件下で1か月培養したものを使用。

回分試験の結果を以下に示す。

- ・ 生ごみ性状：

表 4-10： 中温メタン発酵回分実験の時の生ごみの性状

	TS(mg/L)	COD _{cr} (mg/L)
家庭系生ごみ	374,000	280,800
市場系生ごみ	202,800	204,900

表 4-11： 高温メタン発酵回分実験の時の生ごみの性状

	TS(mg/L)	COD _{cr} (mg/L)
家庭系生ごみ	380,000	222,000
市場系生ごみ	180,000	176,000

- ・ COD_{Cr} 分解率:

表 4-12: 家庭系生ごみと市場系生ごみの COD_{Cr} 分解率

	中温 37℃発酵 (HRT22 日想定)	高温 55℃発酵 (HRT16 日想定)
家庭系生ごみ	60%	70%
市場系生ごみ	80%	80%

適格性要件として設定すべき、生ごみ単位重量当たりのバイオガス発生量について検討する。

検討条件

- ・ 生ごみ COD_{Cr} 濃度 (生ごみサンプリング調査時の結果から)
家庭系 135,000~252,000mg/L、市場系 262,000~396,000mg/L
⇒ COD_{Cr} 濃度の変動を考慮して、一番低い(135,000mg/L)の 75%値を採用する。
- ・ 高温発酵での COD_{Cr} 分解率 (本回分試験の結果から)
家庭系 70%, 市場系 80%
- ・ バイオガス発生量 0.35Nm³/分解 COD_{Cr}-kg
- ・ メタンガス濃度 60%(仮定)
- ・ 発酵不適物除去後の生ごみ COD_{Cr} 濃度は、原料生ごみと変わらないものと仮定
- ・ 収集割合のバラツキを考慮し、濃度の低い家庭系だけが投入された場合を想定する。

家庭系ごみ 1トンあたりのバイオガス回収量

$$=(1000\text{kg}\times 13.5\%\times 75\%\times 70\%\times 0.35\text{m}^3/\text{kg-COD}) / 60\text{-CH}_4 = 41.3\text{m}^3 / \text{トン生ごみ}$$

よって、生ごみ 1トンあたりのバイオガス回収量は 40 m³ と設定する。

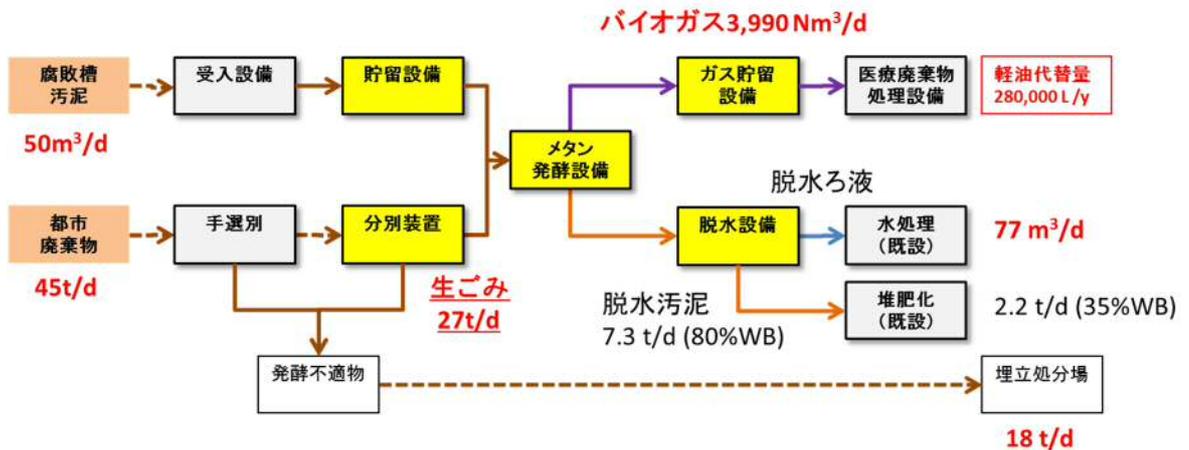
⑦ 施設計画案

メタン発酵処理システムの概略設計に際し、本調査では現地調査(プロジェクトサイトである既存施設調査、廃棄物等のサンプリング分析、システム適用確認を目的とした生ごみによるラボ試験等)を実施し、①処理対象物の性状、②性能目標値・バイオガス利用方法、③プロセス条件を特定している。これらの施設設計条件をもとに、クボタで検討した導入システムのシステムフロー及び物質収支を以下に示す。

導入システムの処理能力は都市廃棄物 45t/日及び腐敗槽汚泥 50m³/日と設定しており、都市廃棄物のうち発酵不適物を除去した生ごみ 27t/日が処理対象となる。システム構成として、①腐敗槽汚泥の貯留設備、②収集廃棄物からの生ごみ分別設備(手選別と機械式分別装置を併用)、③メタン発酵設備、④バイオガス貯留・供給設備、⑤メタン発酵消化液の脱水設備で計画しており、廃棄物の受入分別設備(手選別ヤード)、腐敗槽汚泥の受入設備、脱水汚泥の堆肥化処理及び脱水ろ液処理は、同事業所の既存施設を活用する考えである。

回収されたバイオガスの利用先は、CauDien 事業所内で URENCO が管理する医療系廃棄物処理施設の蒸気ボイラー燃料(新設)に使用する予定である。現状、同事業所における医療系廃棄物処理は焼却施設を稼働しているが、1999 年の供用開始以来、老朽化により更新時期を迎えている。URENCO は天然資源環境省の指導のもと、同省が UNDP による事業支援を受けた「蒸発滅菌処理装置(オートクレイヴ)」に施設を更新し、2015 年中に供用開始する計画である。尚、GHG 削減量算定においては、プロジェクト実施前の設定として、稼働実績を有する焼却施設とする。

図 4-4: 導入設備のシステムフロー



メタン発酵システムを構成する各設備の概要は、以下の通りである。

腐敗槽汚泥の貯留設備

- ・ 搬入された腐敗槽汚泥には砂やトイレトペーパー由来の繊維状物等の異物が含まれるため、スクリーンで除去した後に一時貯留し、メタン発酵設備に供給する設備である。

生ごみ分別設備

- ・ 搬入された廃棄物にはメタン発酵不適物が含まれるため、作業員の手選別によって粗大な異物を除去した後に、破碎分別機(日本製)によりメタン発酵処理に適した生ごみを分別する設備である。

メタン発酵設備

- ・ 可溶化槽とメタン発酵槽により構成されている。
- ・ 可溶化槽では生ごみと腐敗槽汚泥を混合させ、所定期間滞留させることで可溶化し、メタン発酵槽では嫌気性細菌の作用によって生ごみ等を分解し、バイオガスを生成する設備である。
- ・ 高温湿式方式を採用することにより分解率が高く、良好に攪拌できることからバイオガス発生量が多いことが特徴である。また、メタン発酵消化液を堆肥化する際には、腐敗槽汚泥由来の微生物を高温下で不活化できるために衛生的である。

バイオガス貯留・供給設備

- ・ 回収されたバイオガスガスを貯留・供給する設備であり、バイオガス中に含まれる硫化水素を除去した後に、燃料として有効利用する。
- ・ 余剰となった未利用のバイオガスを適切に処理するため、余剰ガス燃焼装置を設ける。

メタン発酵消化液の脱水設備

- ・ メタン発酵残渣(消化汚泥)を固液分離する設備である。
- ・ 脱水ろ液は既存施設に移送して処理される。また、脱水汚泥についても既存施設で堆肥化される計画である

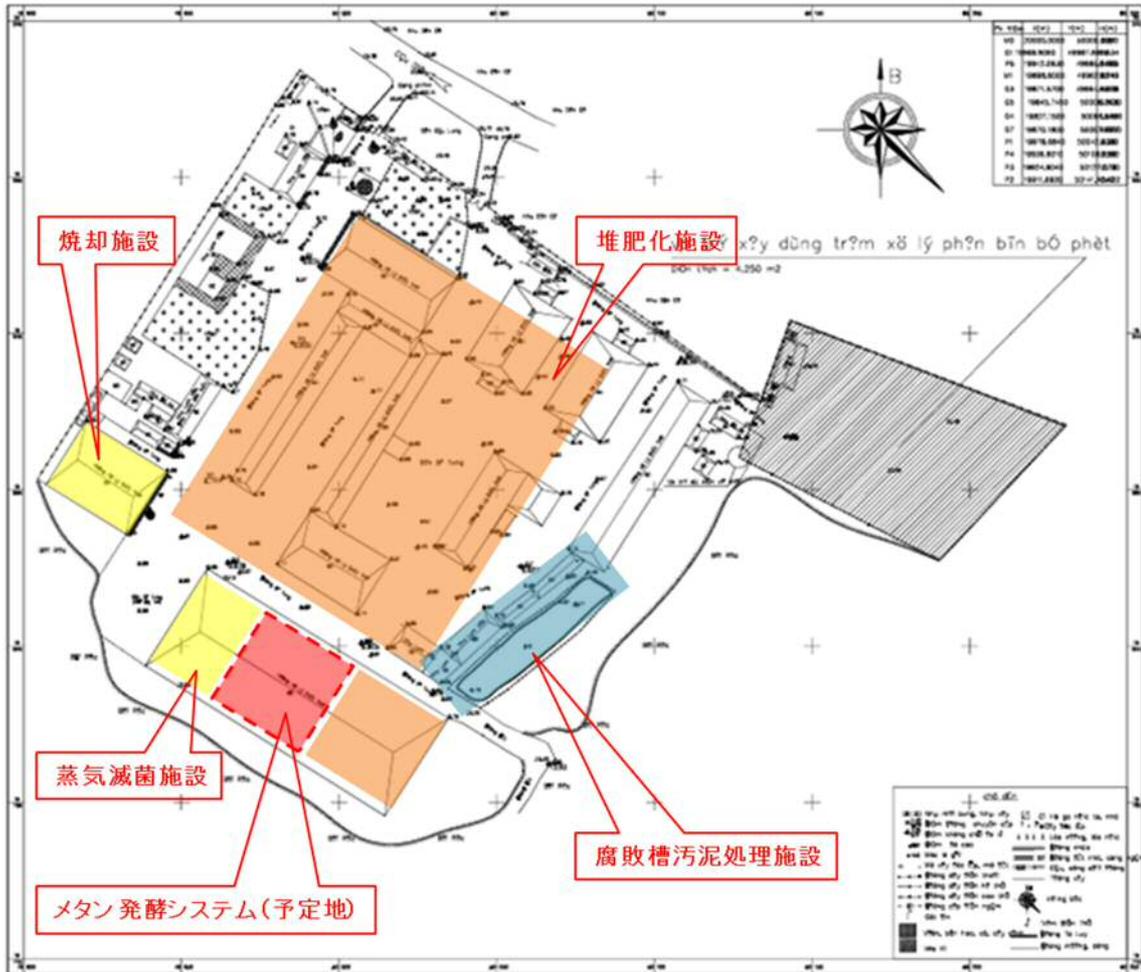
⑧ プロジェクトの工事計画案

導入システムの設置場所は、医療廃棄物処理施設の隣接地（現在は堆肥のストック・ヤードとして一部使用中）が利用できる見込みであり、新たな用地取得等は不要である。

但し、工事实施においては既存施設の運営管理に支障をきたさぬよう、適切な仮設計画を行うと共に安全管理についての十分な実施検討が必要である。

メタン発酵システムの設置場所(予定地)を以下に示す。

図 4-5: メタン発酵システムの設置場所



プロジェクトの実施工程表を以下に示す。着工許可及び契約締結後から完成までの工期として12か月を要し、その内訳は、システム詳細設計に3か月、機器製作・輸送に4か月、設置工事に2か月、試運転調整に3か月にて計画する。

尚、日本からの設備輸出については機械、計装品類を想定しているが、これらの輸出品については一般的な装置等であるため、通常の通関手続きを行って現地に搬送する計画である。

表 4-13: プロジェクト実施工程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備	システム詳細設計											
土木建築工事		設計	申請	業者決定	工事							
機械・電気工事				製作、輸送				設置工事				
試運転調整												

⑨ 初期投資及び維持管理の資金計画

クボタが試算した導入設備の初期投資及び維持管理費用の概算結果を以下に示す。

初期投資費には日本及びベトナム近隣国より輸出する構成機器とその輸送費・関税、ベトナム国内で調達する構成機器、現地工事費(土木建築、機器据付、配管、電気)を積算し、今後実施するシステム詳細設計・諸経費等を加えて算定した。

表 4-14: 導入設備の初期投資及び維持管理費用の概算結果 (1US \$ =120JPY)

項目	内容	金額(US\$)
初期投資費	設備費、現地工事費	5,000,000
維持管理費(年間)	電気・薬品・水道費、人件費、設備維持費、MRV 経費等	270,000 /年

初期投資費用 5,000,000US \$ のうち JCM 設備補助事業を利用した残額の資金調達計画について URENCO と協議した結果、以下が想定されている。

- ・ ハノイ市政府に予算上申することを前提とした URENCO による全額出資による方法
- ・ 全額をハノイ市から調達できない場合を想定して、一部資金を民間からの出資により賄う方法として、クボタが建設資金の一部を出資し、長期契約による使用料支払いによる方法

この提案を受けた URENCO は上位者による意思決定のための検討協議を行い、2015 年上半期を目途に方針決定する予定である。URENCO はプロジェクトの検討に際して、廃棄物処理事業者としてハノイ市の廃棄物処理目標との整合性を重視しており、必ずしも投資回収等の事業収益性を、事業資金拠出の判断基準とは考えていないとのことである。

尚、弊社にて事業採算性を検討したところ、段階的な処理料金単価の引上げを前提にした収入増とバイオガス回収利用による燃料節減効果により、事業実施期間(10 年以上)におけるシステム導入による投資額回収が可能であることを確認している。

(2) プロジェクト許認可取得

事業実施主体である URENCO はハノイ市管轄の公社であるため、予算申請及び執行、プロジェクトの実施においてはハノイ市政府の許可が必要である。当該プロジェクト実施に必要な許認可とその取得予定について以下に示す。

環境影響評価については環境保護法実施のための政令、特に議定 No.29 によれば、「集中型の廃棄物の再利用、廃棄物の処理、埋め立て、破壊のための施設の建設」が本プロジェクトに関係する可能性が高いため、その実施対応が必要と判断している。

表 4-15: プロジェクト許認可取得

No.	許認可	取得予定
1	市予算申請用の予備調査(プレ FS)の承認	2015 年 5 月提出
2	市予算申請用の現地調査(FS)の承認	2015 年 10 月提出
3	環境影響評価	2015 年 8 月提出
4	市議会での予算承認	2015 年 6 月
5	建設許可	2016 年 9 月
6	汚染証明書、環境証明書	2017 年 9 月

尚、資金調達方法によっては URENCO の設備購入契約の手続き(入札、随意契約等)が異なることから、JCM との連携を含めた URENCO との更なる継続検討が必要である。

(3) 日本技術の優位性

① 日本製「メタン発酵システム」の優位性

当該プロジェクトで導入される「メタン発酵システム」は、廃棄物を処理・減量化して、途上国が抱える不適切な廃棄物管理の改善に貢献すると共に、低炭素技術を通じて GHG 排出量を大幅に削減しようとするものであり、低炭素技術としての優位性は以下の通りである。

- ・ 生ごみや腐敗槽汚泥のように、高含水率のバイオマスに適したメタン発酵処理法でバイオガスを回収し、化石燃料の代替利用が可能になること。（当該プロジェクトでは、医療廃棄物の焼却処理にかかる軽油を代替する。）
- ・ 生ごみ等を含む都市廃棄物は、未分別のまま直接的に埋立され、メタンが大気中に放出されている実態に対して、メタン発酵によりバイオガスを回収利用することで、温室効果ガスの排出削減が可能になること。
- ・ ベトナム国での下水処理普及率は低く、生活排水の主要な処理手段として、腐敗槽（し尿を単独処理する簡易式個別浄化槽）が普及している。
腐敗槽を清掃する際に発生する腐敗槽汚泥は不適正処分により環境中に排出されており、その実態に対して、メタン発酵により適正に分解処理・安定化させることで、温室効果ガスの排出削減が可能になること。
- ・ 生ごみに腐敗槽汚泥を混合して処理することは、可溶化によって低分子化を促進する効果があり、メタン発酵処理の安定化に寄与し、効率的なバイオガス回収が実現できること。すなわち、バイオガスの回収効果が高いこと。
- ・ メタン発酵後の発酵液は脱水することで堆肥としてリサイクルできるため、最終残渣物はメタン発酵の前処理プロセスで発生する発酵不適物のみとなる。そのために、最終処分場までの輸送燃料に由来する温室効果ガスの排出削減が可能になること。

また、生ごみ等を含む都市廃棄物のメタン発酵は、日本のほか、ヨーロッパ諸国で実用化されているが、ヨーロッパ諸国の生ごみと、日本の生ごみでは、その質が大きく異なることが知られている。すなわち、ヨーロッパ諸国の生ごみは選定枝や草木等が多く、含水率が比較的低いものであり、我が国の生ごみは含水率が比較的高く、特に窒素を多く含むため、メタン発酵においてはアンモニア阻害を生じやすいという課題があった。我が国では、これらごみ質に適したメタン発酵技術を独自に開発し、実用機への展開ははかっている。一方で、欧米と比べ食生活が日本に近い（米食、汁物をとる、醤油・魚醤を用いる等）と考えられるベトナム国の生ごみは、欧米よりも我が国のごみ質に近いと考えられる。実際、本調査にて実施した性状調査結果では窒素が高い場合があり、日本のごみ質に近いと考えられる。すなわち、ごみ質が比較的近いと考えられる日本技術は、欧米のメタン発酵技術と比較し、ベトナムの生ごみ処理への適用性が高いと考えられる。

ベトナム国では急速な経済発展により環境問題が顕在化しており、日本の環境対策技術による優位性を活用した施設整備により、持続可能な開発に貢献できる部分は大きいと考えられる。

② ベトナム国での競合技術に対する優位性

本調査を通じた検討により、JCM による支援がなければホスト国が他に選択しうる競合技術は、堆肥化技術が想定される。しかしながら、堆肥化技術を 1993 年に導入した URENCO は、その事業運営において以下の課題を抱えており、評価は必ずしも高くない。

- ・ 未分別の廃棄物から生ごみを選別するため、回転式選別機等が採用されているが、含水率の高い生ごみ性状に適合せず、故障及び腐食等による老朽化で選別機が稼働できない状況にある。(ヨーロッパ諸国での実用機が、ベトナム国の生ごみ性状に適合していない。)
- ・ そのため、現状は人手による生ごみの分別作業のみにたよる状況であるが、不適物を除去できず、製品(堆肥)に異物が混入されるため、品質不良で販売が伸び悩んでいる。
- ・ 堆肥の流通先が確保できず、製品の大半は埋立処分されている。
- ・ 堆肥化には天日乾燥方式を採用しているが、広大な敷地を必要とするため、生産性が低い。
- ・ 販売収益が確保できず、URENCO の堆肥化事業は赤字経営となっている。

また、ベトナム国の他地域においては下水汚泥堆肥化設備の導入事例は確認されているが、実際に農地還元される事例は限られており、施設周辺では悪臭対策が新たな課題となっている。

堆肥化技術と比較したメタン発酵の優位性として、バイオガスを回収しエネルギー利用できる点が挙げられる。すなわち、廃棄物を処理すると共に、有機物分解によってメタンガスを回収し、熱や電気に変換することでエネルギー利用が可能になるものであり、堆肥利用が限られた地域、特に都市部等では廃棄物管理の有効な選択肢として期待される。加えて、メタン発酵後の発酵残渣(消化液)は、窒素成分の無機化や悪臭が低減しているなど、衛生的に農地還元の効果が高まることも大きな利点となっている。

液状で発酵を行う湿式メタン発酵は、固形状で発酵を行う堆肥化と比較すると有機物が均質に分解されやすい。すなわち、液状汚泥が常時攪拌される湿式メタン発酵では、槽内の発酵温度や滞留時間が人為的制御下により一定に保持されるため、安定化された品質の高い堆肥が生産可能である。発酵残渣を堆肥化する際の利点として、品質面での好影響を以下に補足する。

- ・ 異物除去効果
メタン発酵では、生分解性の有機物は液状化される一方、プラスチックやビニール等生分解に乏しいこれら夾雑物は固形物のまま保持される。このため、これらを分離することで容易に夾雑物のみを効率的に除去することができる。
- ・ 種子等の不活化効果
メタン発酵槽において、長時間高温(50~55℃)環境下にさらされるため、雑草の種子等を不活化させることができる。
- ・ 塩分含有量の低減効果
生ごみに含まれる塩分が脱水後のろ液に移行するため、生ごみ単独による堆肥化と比べ、堆肥中の塩分含有量を低減できる。

本調査プロジェクトにおいても、バイオガスを CauDien 事業所内の蒸気ボイラの燃料として利用すると共に、消化汚泥は脱水された後に既存施設を活用して堆肥化する計画である。メタン発酵の前処理には、人手による生ごみの一次選別に加えて、日本国内で長期運転の実績がある実用機を適用する予定である。

③ 生ごみと汚泥の混合処理による実施事例

ベトナム国では本プロジェクトで提案するような、生ごみと汚泥を混合処理するメタン発酵設備は実用化されていない。

プロジェクトの普及には、ベトナム国の生ごみ性状に合致したメタン発酵技術が確立されていることが必要である。本項にて示した通り、同国の生ごみによるメタン発酵処理には、湿式メタン発酵処理方式が適合しており、本方式を適用することで汚泥の混合処理が可能になる。

一方で、我が国の下水未整備地域においては、し尿・浄化槽汚泥の処理を主目的として「汚泥再生処理センター」が整備されているが、近年は生ごみ等の有機性廃棄物を併せて処理するメタン発酵技術等の機能を付加している。汚泥再生処理センターによる湿式メタン発酵装置の施工事例による生ごみと汚泥の混合処理による施工事例を以下に示す。

写真 4-7: 生ごみと汚泥の混合処理による施工事例

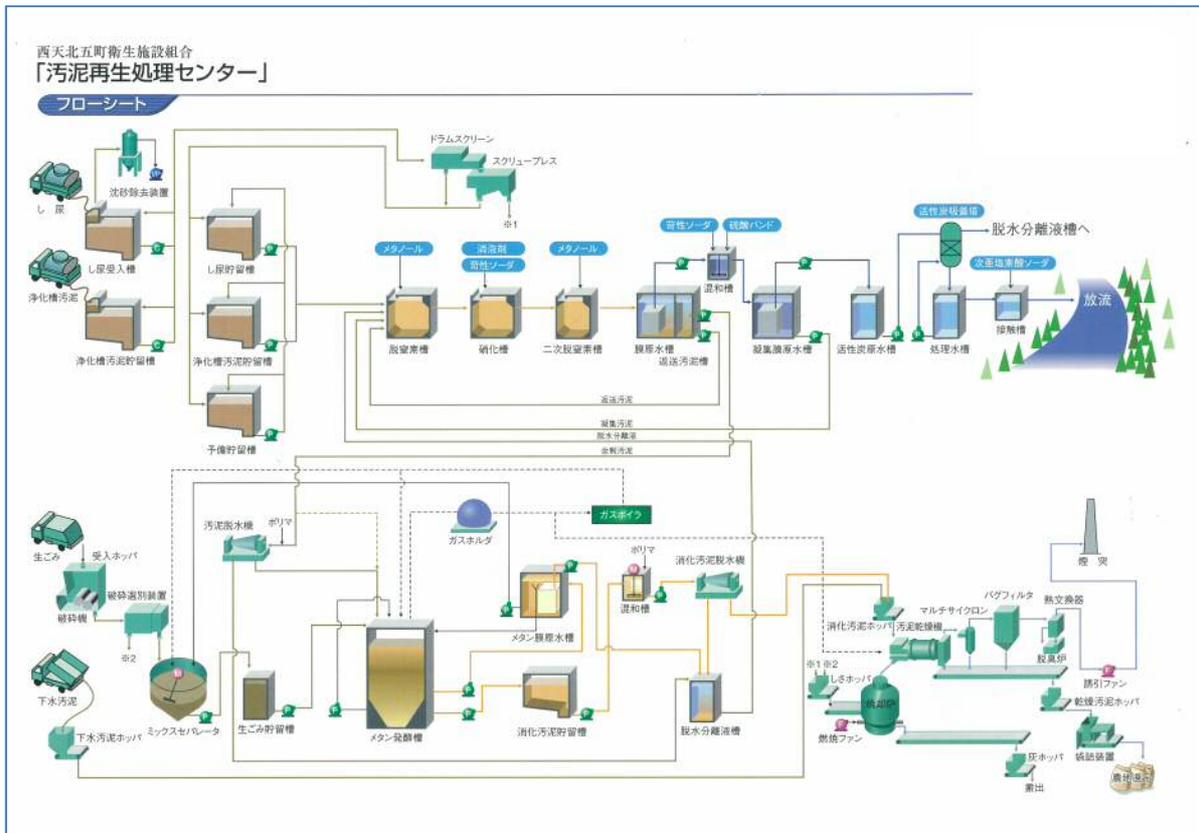


納入先: 西天北五町衛生施設組合「西天北クリーンセンター」

場 所: 北海道天塩郡幌延町

処理能力: し尿 14kL/d、浄化槽汚泥 6 kL/d、生ごみ 5 t/d、下水汚泥 3 t/d

図 4-6: 施工事例による処理フロー



本事例では、発生したバイオガスを用いて蒸気を製造し、それを汚泥の乾燥熱源として用いることで燃料費を削減している。また、湿式の前処理により夾雑物のほとんどが除去されており、これら汚泥の乾燥物は、堆肥として地域に販売されている。

④ 大型メタン発酵処理による実施事例

ベトナム国では本プロジェクトで提案するような大型のメタン発酵設備は実用化されていない。また、生ごみ等高濃度有機物のメタン発酵設備も実用化されていない。

農村部において畜産糞尿のメタン発酵を行い、生成したバイオガスを熱源として給湯、炊飯、家畜飼育に利用するほか、発電により自家電灯に利用するケースが確認されているが、いずれもメタン発酵槽容量が 10m³ 以下の小規模なモルタル製、あるいはプラスチック製品である。

写真 4-8: ベトナムでのメタン発酵装置の事例



出典) International Workshop on Small- and Medium-Scale Biogas (SNV)

調査対象プロジェクトは、ハノイ市の廃棄物管理の向上及び固形廃棄物の削減を目指すものであり、プロジェクトの普及には大型のメタン発酵装置が必要である。そのために導入システムの検討に際しては、適用技術の大型化が確立されていることが要件となる。本邦技術による大型メタン発酵装置の事例を以下に示す。

写真 4-9: 日本製による大型メタン発酵装置による施工事例



納入先: BBC Biogas Sdn.Bhd

場 所: Bintulu, Sarawak, Malaysia

処理対象: パーム油の製造工場から排出される廃液

処理能力: 936m³/d

比較的大型のメタン発酵設備としては、産業排水処理分野において UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法による処理プラントがいくつかみられる。しかし、これらは固形物を含まない中低濃度の排水の処理のみに限定利用されており、その技術的限界から高濃度有機物へは適用されていない。

我が国では、生ごみや汚泥、パームオイル工場排水等の高濃度有機物の処理を可能にする独自技術が開発されており、国内のみならず海外を含め、多くの実績を有している。

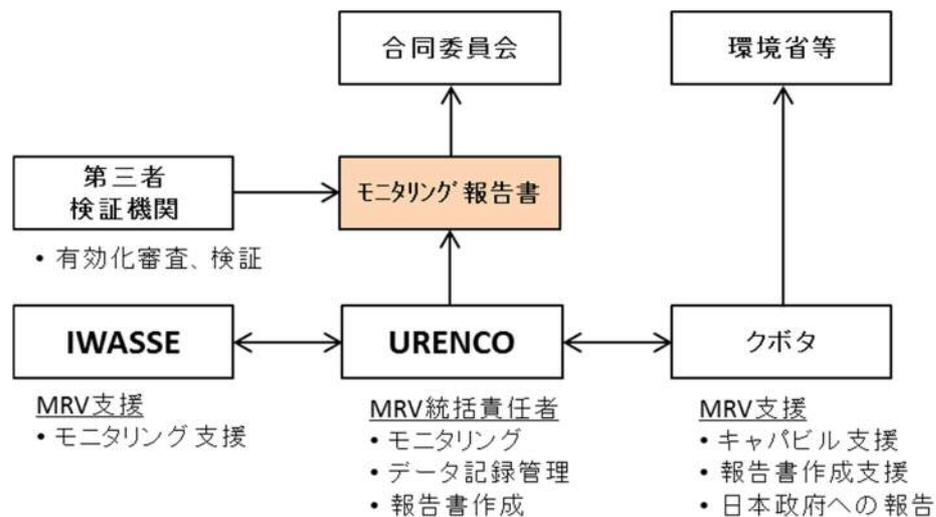
(4) MRV 体制

① MRV 実施体制

JCM 制度が要求する MRV 体制を URENCO と協議した結果、現時で想定する体制と役割分担を以下に示す。

MRV 統括責任者は URENCO とし、モニタリング及び報告書作成等を行うと共に、その検証を第三者検証機関に委託して結果をとりまとめる予定である。第三者検証機関の候補は CDM での有効化審査及び検証に経験を有する日越合同委員会で承認された実施機関から選定する予定である。クボタ及び IWASSE は必要に応じてこれを支援し、日本政府への報告はクボタが担う。

図 4-7: MRV 体制



また、モニタリングの確実な実施を担保するために、クボタは URENCO との機器販売契約のもとで、運転指導教育を行うことにより MRV を支援する考えであるが、別途 URENCO との設備保守契約を締結することによって、運転データ等の確認によりその履行状況を定期確認することも想定している。

② モニタリング項目と方法

本調査により提案するJCM方法論案で設定するモニタリング項目及びその手法を以下に示す。

このうち、本プロジェクトではバイオガス発電は行わないため該当はない。また、処理過程で発生する発酵不適物については、同じくURENCOが管理するNamSon最終処分場にて埋立する計画であるが、URENCOへのヒアリングで同処分場ではメタン回収は実施されていないことを確認している。

表 4-16: モニタリング項目とその手法

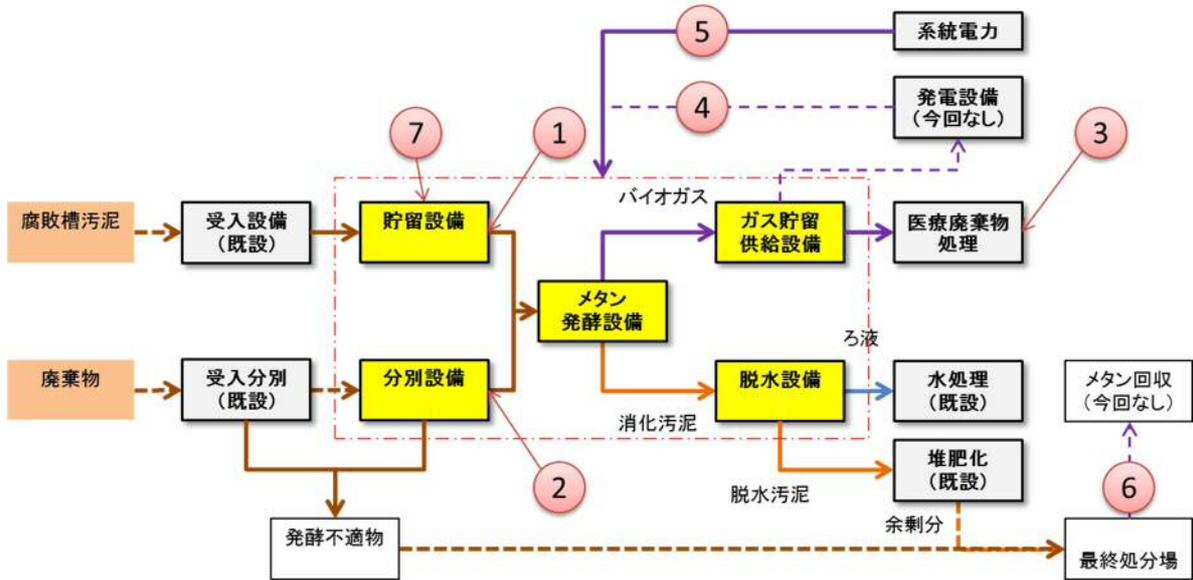
No.	モニタリング項目	対象	測定方法
1	嫌気性消化装置に投入する生ごみの投入量	嫌気性消化装置	流量計(常時)
2	嫌気性消化装置に投入する腐敗槽汚泥の投入量	嫌気性消化装置	流量計(常時)
3	プロジェクト設備から供給される熱量	熱生成設備	熱量計(常時)
4	プロジェクト設備から供給される電力量	発電設備	電力量計(常時)
5	プロジェクト設備の系統電力消費量	受変電設備	電力量計(常時)
6	埋立地で回収されたメタンのうち、 フレア/燃焼/利用される割合	最終埋立処分場	事業者・行政へのヒアリング
7	腐敗槽汚泥の含水率	分析室	サンプリング分析
8	(嫌気性消化装置に投入する生ごみの投入量を計測できない場合) 搬入される廃棄物の量	廃棄物の搬入受入設備	トラックスケール(全数)
9	(熱生成設備から供給される熱量を測定できない場合) プロジェクト設備からのバイオガス供給量と濃度	バイオガス供給設備	ガス流量計・濃度計(常時)

モニタリングデータの収集・分析においては、既存設備であるトラックスケールを利用すると共に、常時計測と記録を行うための自動計測機器を導入し、URENCO7のオペレーション担当者が管理する。腐敗槽汚泥の含水率については分析装置にて確認を行う。

自動計測機器及び分析装置は、日本国内で採用実績のある機種を選定するものとし、ホスト国内での認証機関等により校正がなされていることを条件とする。

本プロジェクトにおけるモニタリングポイントを以下に示す。

図 4-8: モニタリングポイント



③ 第三者機関に関する検討

モニタリング報告書の検証は、日越合同委員会で承認された第三者検証機関に依頼し、検証結果をとりまとめる予定である。

現状、5社が承認(認定)されており、廃棄物を扱える会社は次の4社である。

- ・ Deloitte Tohmatsu Evaluation and Certification Organization Co., Ltd
- ・ TÜV SÜD South Asia Private Limited
- ・ Japan Quality Assurance Organization
- ・ Lloyd's Register Quality Assurance Limited

本調査において CDM での有効化審査及び検証業務に経験豊富な Japan Quality Assurance Organization(日本品質保証機構)を訪問し、調査対象プロジェクトが実現した際にかかる審査費用等について確認している。

④ キャパシティ・ビルディング

MRV の実地研修(キャパシティ・ビルディング)については、施設維持管理に関する運転指導教育と共にクボタが技術指導を行う考えであり、実地研修を通じた計測及びモニタリング記録管理の実務を URENCO7 が習得することにより対応する。

また、URENCO の人材育成に関する要望は強く、本調査期間内に日本国内での操業施設を見学することを兼ねた MRV 教育実施を希望していた経緯がある。MRV 等に関する人材育成を目的とした日本国内受入事業が来年度以降に実施された際には、その活用を検討したいと考える。

(5) ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

本邦技術の優位性により、ホスト国ベトナムが抱える課題である「生ごみと腐敗槽汚泥の不適切な廃棄物管理の改善」に資することで、環境面で好影響を与えるものと考えられ、当該プロジェクトの実施は、同国における日本製のメタン発酵システム普及（販売促進）を目的としたモデル事業として位置づけられる。

好影響の担保には、原料となる有機廃棄物を確保すると共に、適切な維持管理計画のもとで設備保守ができる事業運営の体制が重要であり、事業計画策定に際しては URENCO との詳細検討により体制を構築し、実施責任者を選任する必要がある。

また、更に持続可能な開発への寄与に関して、以下の効果がもたらされるものとする。

- ・ 廃棄物管理の向上及び固形廃棄物削減の観点から、ベトナム国の地域特性に合致した「効果的で低廉な中間処理技術」を提供すること。
- ・ 廃棄物の減容化処理により、最終処分場の延命化を図ること。
- ・ 腐敗槽汚泥による不適正処分を削減することで、環境保護と公衆衛生を確保すること。
- ・ メタン発酵のバイオガス化による便益によって、投資回収を実現すること。
- ・ メタン発酵後の発酵液は、脱水により堆肥化が可能であり、循環型社会形成を実現すること。
- ・ 施設整備、維持管理における人材雇用等が期待できること。

(6) 今後の予定及び課題

本調査により、ハノイ市の中間処理施設である CauDien 事業所にメタン発酵システムを導入することにおける十分な実現性があることを確認できた。

また一方で、①URENCO による資金調達方法が決定できていないこと。②予算申請を含めた許認可手続きにおいて不確定な要素があること等、さらに調査・検討すべき事項について確認されている。これらの課題に対しては本調査完了後も、より詳細な検討を URENCO と継続して実施する考えである。

今後のスケジュールとして、URENCO 側での事業資金についての検討結果を踏まえて、3月に協議会を実施する予定である。

また、ハノイ市の廃棄物管理行政官に対して、本調査の成果報告を目的としたワークショップを開催することを URENCO と確認している。調査結果を共有することでハノイ市における事業計画ならびに資金計画に対する合意形成を促すことが可能になる。

5 JCM 方法論作成に関する調査

方法論ガイドライン(方法論フォーマットを含む)及び関連 JCM 文書等を参照し、方法論開発を行って下さい。その際、特に以下の(1)～(3)に留意して調査を実施し、本報告書に JCM 方法論(案)を添付ください。

本調査では、方法論の開発にあたり、UNFCCC の承認済統合方法論 ACM0022(Version1.0.0)、小規模方法論 AMS-III.AO(Version1.0)、AMS-I.C(Version20.0)及び方法論ツール”Emissions from solid waste disposal sites(version06.0.1)”を参考にした。また、ベトナムにおける類似の先行案件において策定過程にある方法論との整合性確保に留意した。

本項では、本方法論における用語の定義を明らかにしたうえで、開発した方法論について記載する。用語の定義は以下のとおりである。

表 5-1: 用語の定義

用語	定義
嫌気性消化装置	嫌気性消化により液状廃棄物または固形廃棄物からバイオガスを生成する際に使用する装置。この消化装置は密閉されており、バイオガスを回収し、それをエネルギー利用することが可能になっている。
嫌気性消化	嫌気性細菌の働きにより有機物を分解し、安定化させることにより、メタンと二酸化炭素を生成する。嫌気性消化に利用される代表的な有機物は、都市固形廃棄物(MSW)、動物糞尿、廃水、有機工場廃水、および好気性廃水処理施設で生成される汚泥である。
湿式中温発酵	バイオガス化処理のうち、固形分濃度が6～10%の処理対象物を、中温環境(30～38℃)で発酵させる処理方式のこと。
湿式高温発酵	バイオガス化処理のうち、固形分濃度が6～10%の処理対象物を、高温環境(50～55℃)で発酵させる処理方式のこと。
バイオガス	消化槽で生成されたガス。一般的なガスの構成は、CH ₄ が50～70%、CO ₂ が30～50%、そしてH ₂ SとNH ₃ を含む(1%未満)。
都市固形廃棄物(MSW)	通常、市政機関またはその他の地元当局により収集される異なる種類の固形廃棄物の混合。MSWには家庭廃棄物、剪定枝等のごみ、および商業・工業施設廃棄物が含まれる。
有機廃棄物	分解可能な有機物質を含む固形廃棄物。これには、例えば家庭廃棄物、商業廃棄物、産業廃棄物(廃水処理施設から排出される汚泥など)、医療廃棄物、MSW 及び腐敗槽汚泥などが含まれる。
生ごみ	IPCC2006 温室効果ガス排出量目録ガイドラインの定める廃棄物の分類表において、「Food waste」及び「Garden and Park Waste(一部)」として分類されるもの。これがメタン発酵槽に投入する原料となる。
固形廃棄物	廃棄された不溶性物質(缶または容器に入れられた気体または液体を含む)。
廃棄物処分場(SWDS)	固形廃棄物の最終的な貯蔵所として意図された指定地。

(1) 適格性要件

本方法論は、調査対象の個別プロジェクトに加えて、ベトナム国ハノイ市における類似プロジェクトにも適用されることを想定している。適格性要件の設定に際して、その規定により類似プロジェクトへの適用が制限されることのないように留意した。

本方法論で設定した適格性要件は以下のとおりである。

表 5-2: 適格性要件

要件1	嫌気性消化装置及びバイオガスを有効利用するシステムを導入すること。
要件2	嫌気性消化装置に投入される原料は、プロジェクトが実施されない場合は、埋立処分される生ごみ及び不適正処分される未処理の腐敗槽汚泥であること。
要件3	原料を確保すると共に、適切な維持管理計画のもとで設備保守ができる体制であること。また、リファレンス排出量の算定の為のモニタリング機器を備えること。
要件4	湿式中温(30～38度)または湿式高温(50～55度)での嫌気性消化装置が導入されること。
要件5	嫌気性消化装置のバイオガス回収量が、生ごみ1トンあたり 40Nm ³ 以上であること。
要件6	対象プロジェクトに導入されるシステムに使われる嫌気性消化装置の適用実績が、以下に定める条件の全てを満たすこと。 ① 生ごみ単独処理あるいは生ごみと汚泥の混合処理(いずれも処理規模 10t/日以上)を行うプロジェクトへの適用実績が 2 件以上 ② 対象プロジェクトに適用される嫌気性消化方式に応じた、同規模以上のプロジェクトへの適用実績が 2 件以上

本方法論における適格性要設定の考え方は、次のとおりである。

【要件1】

本方法論で対象とする技術を特定するために設定した。バイオガスの有効利用策については、本調査が対象とする個別プロジェクトではオートクレーブ(医療用廃棄物の蒸気滅菌処理)を想定しているが、ベトナム国の類似プロジェクトへの本方法論の適用を想定し、バイオガスの活用が熱利用に限定されないような規定としている。

【要件2】

本方法論におけるリファレンス排出量は、後述のとおり、プロジェクトが無かった場合に埋立処分場に埋立処分される生ごみ及び不適正処分される腐敗槽汚泥から放出されるメタンガスに起因する排出量である。従って、嫌気性消化装置に投入する原料は、プロジェクトが実施されない場合に埋立処分される生ごみ及び不適正処分される未処理の腐敗槽汚泥に限定される必要があるために設定した。

【要件3】

プロジェクトの継続的な管理運営を実現し、GHG 排出量の削減を確実なものとするために設定した。

【要件4】

本方法論で対象とする技術を特定するために設定した。本調査が対象とする個別プロジェクトでは湿式高温(50～55 度)での嫌気性消化装置の導入を計画しているが、ベトナム国の類似プロジェクトへの本方法論の適用を想定し、湿式中温(30～38 度)での JCM 案件化を可能とする規定とした。

【要件5】

本調査で実施した生ごみによる回分試験の結果をふまえて、プロジェクト活動による GHG 排出削減を効果的なものとするために設定した。

【要件6】

プロジェクト活動による GHG 排出削減を確実なものとするためには、導入されるシステムに使われる技術が確立されていることが必要であると考えられることから、要件として設定した。

(2) リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

本プロジェクトの対象地域であるハノイ市では、収集された生ごみは中間処理されることなく埋立処分され、また、家庭から収集された腐敗槽汚泥は不適正処分されている。これは都市廃棄物処理における実態であり、当面の間は経済的な要因から、この状況が継続すると見込まれる。

従って、本調査では、「プロジェクトを実施しなかった場合に、上記の方法により生ごみ及び腐敗槽汚泥が処分され、メタンガスが大気中に放出される状況にある」ことをリファレンスシナリオと設定して、方法論を検討した。ただし、現地調査の結果、腐敗槽汚泥は含水率が高く、分解性有機炭素をほとんど含まないことから、以降の方法論では GHG 排出源の対象としていない(上述のとおり、含水率はモニタリングする)。

本方法論において考慮する GHG 排出源および GHG の種類は下表のとおりである。

表 5-3: GHG 排出源および種類

GHG 排出源	GHG 種類
リファレンス排出量	
プロジェクトを実施しなかった場合に廃棄物処分場に埋立てられる有機廃棄物からの CH ₄ 放出	CH ₄
プロジェクトを実施しなかった場合に消費される化石燃料からの CO ₂ 排出	CO ₂
プロジェクトを実施しなかった場合に消費される系統電力からの CO ₂ 排出	CO ₂
プロジェクト排出量	
プロジェクト活動により消費される系統電力からの CO ₂ 排出	CO ₂

① リファレンス排出量の設定と算定

本方法論におけるリファレンス排出量の算定方法は以下のとおりである。

$$RE_y = RE_{CH_4, SWDS, y} + (EG_{thermal, y} / \eta_{thermal}) * EF_{FF, CO_2} + RE_{EC, y} \times EF_{e, y}$$

RE _y	y 年におけるリファレンスシナリオでの排出量 (tCO ₂ /y)
RE _{CH₄, SWDS, y}	y 年における廃棄物処分場から放出されるリファレンス排出量 (tCO ₂ /y)
EG _{thermal, y}	y 年におけるプロジェクト活動により供給される蒸気/熱のネット発熱量 (TJ)
η _{thermal}	リファレンスシナリオにおける熱生成設備の効率
EF _{FF, CO₂}	リファレンスシナリオにおける熱生成設備が消費する化石燃料の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /TJ)
RE _{EC, y}	y 年におけるプロジェクト活動により供給されるネット発電量 (MWh/y)
EF _{e, y}	y 年における系統電力の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /MWh)
Y	排出量を計算する年

$$RE_{CH_4,SWDS,y} =$$

$$\phi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times 16/12 \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^y W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j})$$

Φ_y	y年における不確実性に関する調整係数
f_y	y年に回収されたメタンの内、フレア/燃焼/利用されるメタンの割合
GWP_{CH_4}	メタンの地球温暖化係数
OX	酸化割合
16/12	メタン(CH ₄)のモル質量と炭素(C)のモル質量の対比
F	廃棄物処理場から放出されるガスに含まれるメタンの割合
$DOC_{f,y}$	y年における分解性有機炭素の分解される割合
MCF_y	y年におけるメタン補正係数
$W_{j,x}$	x年に廃棄物処理場に埋立てられた、もしくは埋立を回避された有機廃棄物タイプjの量
DOC_j	有機廃棄物jの分解性有機炭素の割合
k_j	有機廃棄物jの分解速度
j	有機廃棄物の分類
x	有機廃棄物が埋立てられた年(xの値は、埋立てが開始された年(x=1)から、メタン排出量を計算する年(x=y)までの値をとる)

上記のリファレンス排出量の算定方法ならびに後述するプロジェクト実施前の設定値に基づく算定結果は以下のとおりである。埋立てられた有機廃棄物は、経年に伴い徐々に分解されていくため、10年間の推移を算定した。

表 5-4: リファレンス排出量の 10 年間の推移

1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
1,512	2,556	3,437	4,180	4,807	5,336	5,782	6,158	6,476	6,744

(単位: tCO₂e)

表 5-5: 10年間のメタン回避量($RE_{CH_4, SWDS, y}$)の推移

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
1	1,238	1,044	881	743	627	529	446	376	318	268	6,470
2		1,238	1,044	881	743	627	529	446	376	318	6,202
3			1,238	1,044	881	743	627	529	446	376	5,884
4				1,238	1,044	881	743	627	529	446	5,508
5					1,238	1,044	881	743	627	529	5,062
6						1,238	1,044	881	743	627	4,533
7							1,238	1,044	881	743	3,906
8								1,238	1,044	881	3,163
9									1,238	1,044	2,282
10										1,238	1,238
合計	1,238	2,282	3,163	3,906	4,533	5,062	5,508	5,884	6,202	6,470	44,248

(単位:tCO₂e)

上記の算定に際し、プロジェクト実施前の設定値として確定できない変数については、本調査における現地調査の結果をふまえて、下表の値を使用した。

表 5-6: リファレンス排出量の算定における変数の具体値

変数	変数の内容	具体値
$W_{j,x}$	x 年に廃棄物処理場に埋立てられた、もしくは埋立を回避された有機廃棄物タイプ j の量	9,885 t/年
$EG_{thermal,y}$	y 年におけるプロジェクト活動により供給される蒸気/熱のネット発熱量 (TJ)	3.77 TJ/年
$RE_{EC,y}$	y 年におけるプロジェクト活動により供給されるネット発電量 (MWh/y)	0 MWh/年

② プロジェクト排出量の算定

本方法論におけるプロジェクト排出量の算定方法は以下のとおりである。

$$PE_y = PEC_y * EF_{e,y}$$

PE_y	y 年におけるプロジェクト排出量
PEC_y	y 年におけるプロジェクト設備の電力消費量 (MWh/y)
$EF_{e,y}$	y 年における系統電力の CO ₂ 排出係数(tCO ₂ / MWh)

上記の算定方法ならびに後述するプロジェクト実施前の設定値に基づき算定した結果、プロジェクト排出量は 375 tCO₂e/年となる。算定に際し、プロジェクト実施前の設定値として確定できない変数 PEC_y については、対象プロジェクトでの導入を予定しているメタン発酵槽の設計値である 694MWh/年を用いた。

(3) プロジェクト実施前の設定値

① プロジェクト実施前の設定値

本方論では、プロジェクト実施前に設定する変数を以下のとおり設定した。

表 5-7: プロジェクト実施前の設定値

No.	変数	データの説明	値	設定根拠
1	$EF_{e,y}$	系統電力の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ / MWh)	0.5408	ベトナム天然資源環境省
2	EF_{FFco2}	ディーゼルの CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ / TJ)	72.6	IPCC2006 ガイドライン
3	$\eta_{thermal}$	リファレンスシナリオにおける熱生成設備の効率	1.0	デフォルト値
4	ϕ_y	不確実性に関する調整係数	0.85	方法論ツール”Emissions from solid waste disposal sites”(version06.0.1)
5	GWP_{CH4}	メタンの地球温暖化係数	21	IPCC2006 ガイドライン
6	f	回収されたメタンの内、フレア/燃焼/利用されるメタン割合	0	実測値(但し、ベトナム政府の規制値を下回らない)
7	OX	酸化割合	0.1	IPCC2006 ガイドライン
8	F	廃棄物処理場ガスのメタンの割合	0.5	IPCC2006 ガイドライン
9	DOC_f	分解性有機炭素の分解される割合	0.5	IPCC2006 ガイドライン
10	MCF	メタンの補正係数	1.0	IPCC2006 ガイドライン
11	DOC_j	有機廃棄物 <i>j</i> の分解性有機炭素の割合	15%	デフォルト値
12	K_j	有機廃棄物 <i>j</i> の分解速度 (1/year)	0.17	デフォルト値
13	j	有機廃棄物 <i>j</i> の生ごみの割合(重量ベース)	100%	デフォルト値

表 5-7 の内、有機廃棄物 *j* の分解性有機炭素の割合(DOC_j)、有機廃棄物 *j* の分解速度(K_j)のデフォルト値については、本調査で実施した廃棄物の組成分析の結果(図 5-1)に基づき、リファレンス排出量が保守的に導出されるように値を設定した。

メタン発酵槽に投入される原料は、手選別後に機会分別を行うことによって、IPCC2006 温室効果ガス排出目録ガイドラインの定める廃棄物の分類における「食品ごみ(Food Waste)」、「庭・公園ごみ(Garden and Park Waste)」に限定される。

そのため、分解性有機炭素の割合(DOC_j)については、組成分析の結果、組成割合がより高く、分解性有機炭素の割合のより低い、「食品ごみ」の 15%をデフォルト値として採用した。

分解速度(K_j)については、同ガイドラインの定める「その他、食品以外の有機廃棄物」(庭・公園ごみを含む)のデフォルト値である 0.17 を採用した。組成分析の結果に基づく加重平均により試算したところ、BaU における値は 0.32~0.33 となり、保守的な数値設定であると考えられる。

また、有機廃棄物 *j* の生ごみの割合(*j*)については 100%を採用しているが、メタン発酵槽に投入する生ごみの量をモニタリング項目として設定することから、その数値設定は妥当であると考えられる。

図 5-1: 廃棄物の組成分析の結果(市場系・家庭系廃棄物の加重平均)

図 5-1-1: 第 1 回(2014 年 8 月)の組成分析の結果

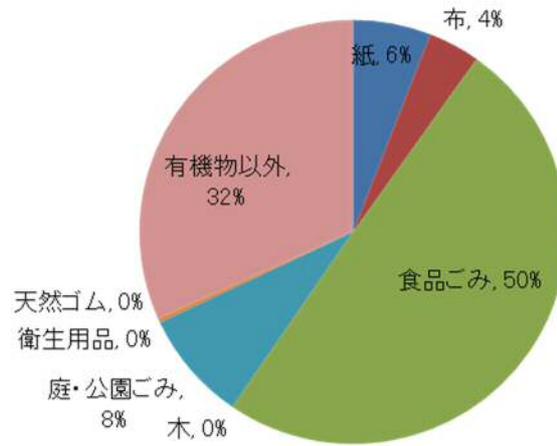
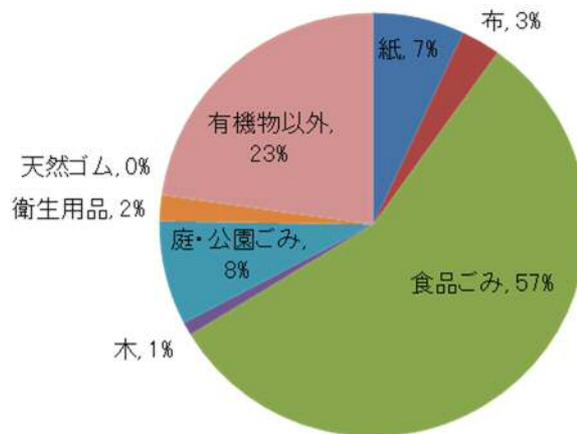


図 5-1-2: 第 2 回(2014 年 10 月)の組成分析の結果



出所: 現地調査結果に基づき調査団作成

表 5-8: IPCC2006 ガイドラインが示す廃棄物の分解性有機炭素の割合及び分解速度

11	DOC _j	廃棄物 j の分解性有機炭素の割合	木及び木製品 43% 紙 40% 食品ごみ 15% (※デフォルト値として採用) 布 24% 庭・公園ごみ 20% ガラス、プラスチック等無機物 0%
12	K _j	廃棄物 j の分解速度 (1/year)	木及び木製品 0.035 食品ごみ 0.4 紙及び繊維 0.07 その他、食品以外の有機廃棄物 0.17 (※デフォルト値として採用) IPCC (Tropical (MAT > 20°C) Wet, MAP > 1000mm)

② BaU 排出量の算定

上記①に述べたプロジェクト実施前の設定値を用いて算定されるリファレンス排出量の保守性が担保されているかを検証するために、BaU 排出量を算定した。算定結果は以下のとおりである。

表 5-9: BaU 排出量の算定結果

表 5-9-1: BaU 排出量の算定結果 (2014 年 8 月の組成分析に基づく)

1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目	9 年目	10 年目
2,933	4,864	6,266	7,284	8,023	8,560	8,950	9,233	9,382	9,562

(単位: tCO₂e)

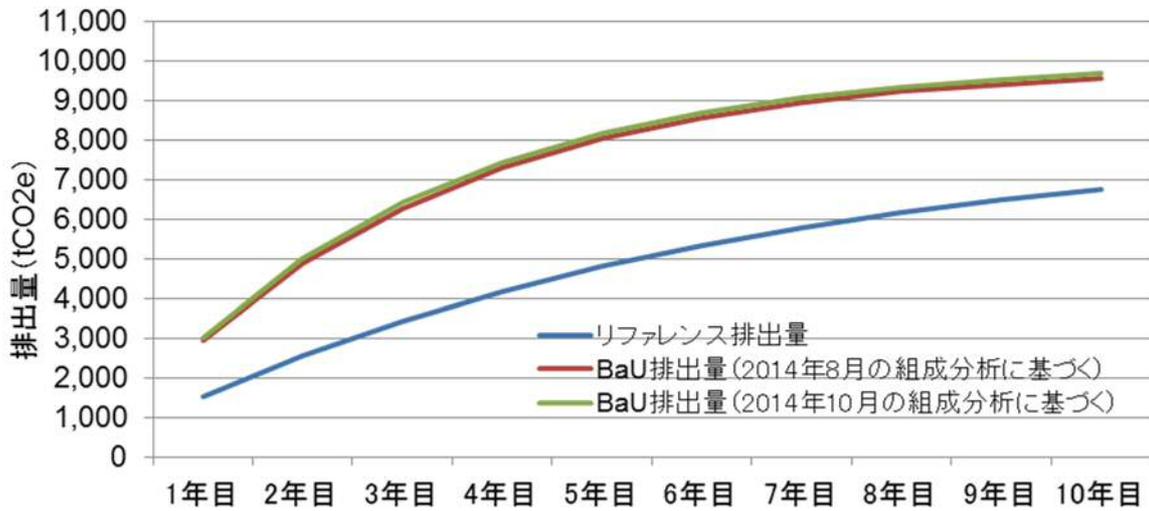
表 5-9-2: BaU 排出量の算定結果 (2014 年 10 月の組成分析に基づく)

1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目	9 年目	10 年目
3,018	4,991	6,409	7,429	8,162	8,689	9,068	9,340	9,536	9,677

(単位: tCO₂e)

図 5-2 に示すとおり、表 5-4 で算定したリファレンス排出量と比較して、保守性が担保されていることが確認された。

図 5-2: リファレンス排出量と BaU 排出量の比較



(4) GHG 削減量の算定

本方法論における GHG 削減量は以下のとおり算定される。

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

10年間の GHG 削減量の算定結果は以下のとおりである。

表 5-10: GHG 削減量の 10 年間の推移

1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目	9 年目	10 年目
1,136	2,180	3,061	3,804	4,431	4,960	5,406	5,782	6,100	6,368

(単位:tCO₂e)