

ベトナム国カントー市の廃棄物発電施設の実態調査報告 (Overseas Research Report: Current situation of incineration plants (Waste to Energy) in Can Tho City in Vietnam)

島村通代、宮川隆、川緑匠、藤原周史

Michiyo SHIMAMURA, Takashi MIYAGAWA, Takumi KAWAMIDORI, Shuji FUJIWARA

【要約】

ベトナム国では人口増加に伴ってごみ排出量が増加しており、都市部における廃棄物処理が喫緊の課題である。その課題解決のために、廃棄物発電施設の建設計画がある。その先駆けとして、ベトナム国カントー市において、廃棄物発電施設が稼働している。

本調査は、①ベトナム国における都市ごみ焼却施設の建設の計画、発注から建設・運営までの手順を調査する、②カントー市で稼働している都市ごみ焼却施設の実態を調査し、今後、アジアの都市で増加が見込まれる都市ごみ焼却施設の課題を整理するという目的のもと、ベトナム国カントー市における廃棄物発電施設の建設・運営事業について文献調査と現在のベトナム国カントー市の状況を把握した上で、既存施設および新設された廃棄物発電施設の運転状況や廃棄物発電施設の普及に向けた事業スキームの方式などについて現地調査を実施した。

キーワード：カントー市、廃棄物発電、PPP、都市ごみ焼却

1. はじめに

2018年度(3月)に国際協力機構横浜センター(JICA 横浜)が実施した JICA 課題別研修「廃棄物発電導入に向けた廃棄物処理に係わる技術能力向上(B)」にベトナム国カントー市からの参加があった。本研修に参加した研修員によると、市内から排出される都市ごみを全量焼却しているとのことである。これはアジアでは珍しいケースである。

今後、アジアの自治体で廃棄物発電施設の建設ラッシュが見込まれる中、カントー市の廃棄物発電施設建設の経緯及び現在の施設の稼働状況を調査する意義は大きいと考え、カントー市の廃棄物処理の現状を把握すること、市の廃棄物管理の関係者とワークショップを同市において開催することにより、ベトナム国における廃棄物発電施設の建設及び運営事業について調査した。

2. 調査概要

【調査対象者】カントー市建設局、カントー市天然環境資源局、廃棄物発電施設プラントメーカー

【調査内容】①既存施設の稼働状況、②廃棄物発電施設の事業スキーム及び事業者選定プロセス、③ベトナム国 PPP 事業の現状、④今後の課題等

【調査方法】文献調査(国内調査)、ヒアリング(現地調査)

【現地調査】2019年11月18日～21日

3. ベトナム国カントー市の廃棄物処理の現状

3.1 カントー市の現状

カントー市は、ハウ川の南岸(メコン川の下流)に位置する。人口約123万人(2014年)のメコン川流域の工業化と近代化が進む中心都市であり、ベトナム国カントー市社会経済開発計画(2012)によると2020年には、人口規模は約200万人に達する見込みである。経済成長が著しく、2014年の一人当たりのGDP(国内総生産)がVND7,020万(USD3,298)になっており、これは、2009年のものと比べて約2倍に増加している。



都市化が進む中、廃棄物処理が大きな課題であり、

2020年までに収集率を93%（人口比）にまで上げることが目標としている。総面積1,409k㎡の行政区は、9地区（Ninh Kiều, Bình Thủy, Cái Răng, Ô Môn, Thốt Nốt, Vĩnh Thạnh, Cờ Đỏ, Thới Lai và Phong Điền）に分けられている。

現在、この地区では有害廃棄物、産業廃棄物を除き600～605t/日の生活ごみ（家庭系、事業系（ホテル、レストラン、市場））の収集を行っている。Ô Môn, Thốt Nốt, Cờ Đỏ, Thới Laiの4地区には、それぞれ廃棄物処理施設があり、このうち、Thới Lai地区には、2018年に廃棄物発電施設が建設された。

前述の9地区の廃棄物収集の処理状況は表1に示すとおりである。

表1 カントー市の廃棄物収集量とその処理

	地区	収集量 (トン/日)	処理状況
1	Ninh Kiều	300	Thới Lai へ運搬、処理
2	Bình Thủy	80	Thới Lai へ運搬、処理
3	Ô Môn	25	Ô Môn へ運搬、処理
4	Cái Răng	75	Thới Lai へ運搬、処理
5	Cờ Đỏ	25	Cờ Đỏ へ運搬、処理
6	Thới Lai	20	Thới Lai へ運搬、処理
7	Phong Điền	20	Cờ Đỏ へ運搬、処理
8	Vĩnh Thạnh	10	Cờ Đỏ へ運搬処理
9	Thốt Nốt	50	Thới Lai へ運搬、処理
	合計	605	

カントー市資料より

3.2 カントー市廃棄物焼却の現状 (既存施設の稼働状況)

カントー市の資料によると既存の施設は表2に示すとおりである。それぞれの地区にある施設についての稼働状況（ヒアリングによる）は以下のとおりである。なお、Thot Not 地区の施設は運転停止中であった。

表2 カントー市の廃棄物焼却施設

処理地区	処理実績 (焼却処理能力) 単位：t/日	備考
Ô Môn	30 - 35 (250)	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却 ・2014年竣工 ・環境基準に不適合 ・廃棄物処理計画に

		合致せず、修理か停止予定
Thốt Nốt	45-50 (70)	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却 ・2015年竣工 ・環境基準に不適合 ・廃棄物処理計画に合致せず、修理か停止予定
Cờ Đỏ	60-70 (80)	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却 ・2014年竣工 ・環境基準に不適合 ・廃棄物処理計画に合致せず、修理か停止予定
Thới Lai	430-450 (400)	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却発電 ・2018年竣工 ・環境基準に適合 ・廃棄物処理計画に合致している
合計	605 (800)	

カントー市資料より

① Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設

Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設では、責任者である工場長が施設機能、建設までの経緯や運営状況などについての説明後、工場内部の案内をしてくれた。

Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設は2017年6月30日に着工し、建設期間は約17ヵ月である。

この廃棄物発電施設の処理能力（公称）は400t/24h×1炉であり、実際の処理量は400～500t/日である。2018年10月から稼働し、稼働開始の1ヵ月後から発電を行っており、稼働開始から現在に至るまで機械設備のトラブルによる施設の停止はないとの説明があった。なお、排ガスは、連続監視装置（自動）でモニタリングを行っており、その結果を施設入口にあるパネル（監視装置）にて随時表示している。その結果は、建設局、環境局、消防局の検査にも合格しているとのことであった。

施設建設には、香港に本社を置く China Everbright International Limited が投資している。施設の建設費は47億円で、アジア開発銀行：Asian Development Bank（以下「ADB」）からの融資も受けている。

施設稼働後1年間の見学者は2,000名を越えているとの説明があった。中央、地方政府の幹部が研修で施設を訪問するだけでなく、学生も500～600人訪れている。

運転人員は55名で、その内訳は34名が日勤、1直7

名の3班体制で行っている。国別でみると12名が中国の専門家、残りはベトナム人である。

施設の敷地内には従業員の寮や食堂も完備しており、24時間体制で対応している。

筆者らは、Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設の設備構成について、日本の廃棄物発電施設と遜色がない印象を受けた。

処理対象ごみは、ごみピット(6,200m³)で3~5日貯留され、この間に自然の水切りが行われる。

燃焼方式はストーカ方式を採用しており、熱しゃく減量の基準値は3%である。ボイラの時間当たり発生蒸気量は35.7t/hで蒸気条件は4.0MPa、400℃である。この条件下で7.5MWhの発電を行っており、約1MWhを施設内で消費、残りを売電している。売電価格は政府の優遇措置を受け、1kWhが2,193VND(約10円)とのことである。

主灰は、施設内で金属類を除去し、建設材として利用しており、環境局からリサイクル材として認可も受けている。なお、飛灰は、カントー市に処理を依頼している。

排ガス処理システムは、消石灰噴霧、バグフィルター及び無触媒脱硝処理(SNCR処理)で構成されており、排ガスについてはEU基準を満たしている状況である。

定期点検は、4回/年、1回の点検に4日間の16日間を設定している。また、日々の点検は2時間毎に行っている。

工場長にこの施設の運営リスクについて尋ねてみたところ、長期に亘るごみ量とごみ質を確保すること及び電力需要側の電圧変動が生じないよう、電力網の安定性を維持するということが重要であるとのことであった。また、この施設では、Co Do 地区の埋立処分場の埋立ごみ2,500トン焼却する計画があり、現在までに2,200トン焼却し、データを採取している。この施設の処理費は40万VND/t(約1,800円/t)であるが、この埋立ごみについても上記の処理費で処理をしているとのことであった。

ベトナム国において、廃棄物発電を対象としたFIT制度が2014年に導入された。買取価格は以下に示すが、単価はタイ(19.02~23.02円/kWh)、インドネシア(18.48円/kWh)、フィリピン(18.5円/kWh)と比べて比較的安くなっている。

直接焼却する場合：

2,144 VND/kWh (約9.6円/kWh)

埋立場から回収したガスを燃焼する場合：

1,532 VND/kWh (約6.8円/kWh)

買取期間：20年

出典：平成26年度環境省請負調査報告書

安定した電力供給のためには、ごみ量とカロリーの高いごみ質が安定的に確保されることが必要である。

② 0 Mon 地区の廃棄物処理施設

0 Mon 地区の廃棄物処理施設は、全部で11の焼却炉がある。12t/日が7炉、30t/日、150t/日、200t/日、250t/日炉がそれぞれ1炉となっているが、現在稼動しているのは、250t/日炉のみである。250t/日炉の建設費は約4,500万円とのことである。運転は日中だけで夜間は埋火状態にし、翌朝の立ち上げのための温度を維持している。現在の処理量は25t/日ということである。

処理プロセスをみると、搬入されたごみは炉前に2~3日山積みされた後、バケットコンベヤで炉に投入されている。搬入ごみは可燃ごみと資源ごみの混合ごみであるが、施設で分別されずにそのまま焼却されている。炉は、9段のストーカからなっている。排ガスは炉から出た後、温水熱交換器、水冷ジャケット式ダクト、サイクロンを通り、誘引排風機を経て煙突から排出される。煙突はステンレスの鋼管であり、集塵設備は簡易なサイクロンのみで有害ガスの特別な処理は行っていない。

焼却灰は、炉の下から機械式ダンパにより排出される仕組みになっているが、現在はシリンダが取り外されていて、手動で掻き出しているようであった。当初、主灰は建築資材としてリサイクルする計画であったが、灰の成分に問題があるため現在は建築資材として利用しておらず、施設の敷地内で野積みしている。飛灰も一定量が出た後、主灰と一緒にそのまま野積みになっている。

炉内温度や排ガスの温度管理が行われていないので、野焼きに近い状態である。

0 Mon 地区の廃棄物処理施設の処理費は44万VND/t(約1,980円/t)との報告があった。

③ Co Do 地区の廃棄物処理施設及び処分場

Co Do 地区の廃棄物処理施設は最終処分場の入口に建設されている。施設の能力は20t/日が5炉の100t/日であるが、現在は60~70t/日が焼却される。(ここでは表2の数字と不整合があるが、ヒアリング調査の内容のまま記している。)ここにも混合ごみが搬入されるが、手選別により、可燃ごみとリサイクルごみに分け、可燃ごみを焼却している。

処理プロセスは、Thoi Lai 地区の施設よりシンプルで、焼却炉と煙道、サイクロンのみでサイクロン出口が煙突に繋がる自然通風式である。この施設も燃焼温度や排ガスの温度の管理が行われていないので、野焼きに近い状態である。焼却灰は、施設内にそのまま野積みになって

おり、完全に燃焼し切れていない状況であった。

この焼却施設の処理費は38万 VND/t(約1,700円/t)であるとの説明があった。

最終処分場の敷地面積は6.2haであり、0 Mon 地区の焼却施設やこの焼却施設が建設される前までは、搬入ごみを直接埋立処分していた。埋立物は高いところで10m近く積み上げられているが、覆土はされておらず、周囲の囲いや排水の管理もない状態である。雨季にあっては、積み上げたごみから排出される汚水を処理することができないため、近くの河川に放流しているとのことである。現在は焼却施設の焼却灰を受け入れているが、3～4年後は焼却施設もこの処分場も閉鎖する予定である。

これら、現在稼働している焼却施設(表2)の稼働状況について視察し、その運営事業の実態から、いくつかの課題を挙げる。

0 Mon 地区と Co Do 地区の焼却施設は、筆者らが現地視察した時点では、ほとんどが稼働していない状況であった。従って、①稼働していない施設をどのように解体するか、②現在、稼働している施設について、排ガス基準を満たした運転が必要である、③焼却灰について、主灰と飛灰とも野積みの状態であるため、これをどのように処理するのが挙げられ、いずれも早急に解決しなければならない。

4. Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設整備・運営事業

Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設の概要と建設手順は下記のとおりである。

4.1 プロジェクトの概要

①プロジェクト条件

・運営期間	22年
・建設期間	17ヵ月
・プロジェクト投資家	China Everbright International Limited
・建設費	47億円(USD4,700万)
・工期	2017年6月30日着工 2018年10月から稼働
・処理費	40万 VND/t (約1,800円/t)

②施設の概要

・処理能力(公称)	400t/24h・炉
・運転人員	34名が日勤、運転人員は1直7名の3班体制
・ごみピット容量	6,200m ³ (3～5日)
・ストーカ寸法	(幅)6,900mm (長さ)10,120mm

・火格子焼却率	240kg/m ² ・h
・ストーカ傾斜	21.1度
・敷地面積	53,066.55m ²
・発生蒸気量	35.7t/h(蒸気条件 4.0MPa、400℃)
・発電量	7.5MW
・排ガス処理システム	消石灰噴霧、バグフィルター(ろ布1,092本) 無触媒脱硝処理(SNCR処理)
・熱しゃく減量	3%

4.2 事業スキーム

Thoi Lai 地区の廃棄物発電プロジェクトの事業スキームは、図1のとおりである。本事業はPPP事業ではなく、外国からの投資で事業を実施している。

Thoi Lai 地区の廃棄物発電プロジェクトでは、この投資家はChina Everbright International Limitedで、ADBからの4,700万ドルの融資を受けて事業を実施している。建設費は、全て投資家が負担しており、施設運営は投資家の子会社(Can Tho EB Environmental Energy Co, Ltd)が行っている。

カントー市はごみ処理量に応じた処理費用を投資家へ支払っている。処理費用は、カントー市人民委員会が決めている。

China Everbright International Limitedは、処理能力が約400t/日の施設で年間6,000万 kWh 発電を行い、この電力から所内消費分を差し引いた分を国営発電会社に売却している。



Thoi Lao 地区の廃棄物発電施設とモニタリングパネル

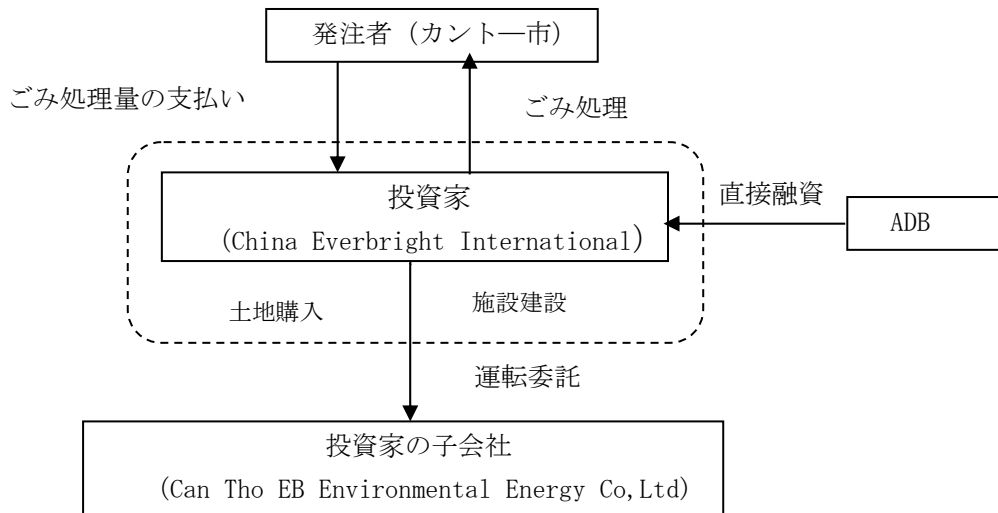


図1 事業スキームのイメージ

4.3 事業者選定プロセス

Thoi Lai 地区の廃棄物発電プロジェクトの事業者の選定の流れは、図2のとおりである。

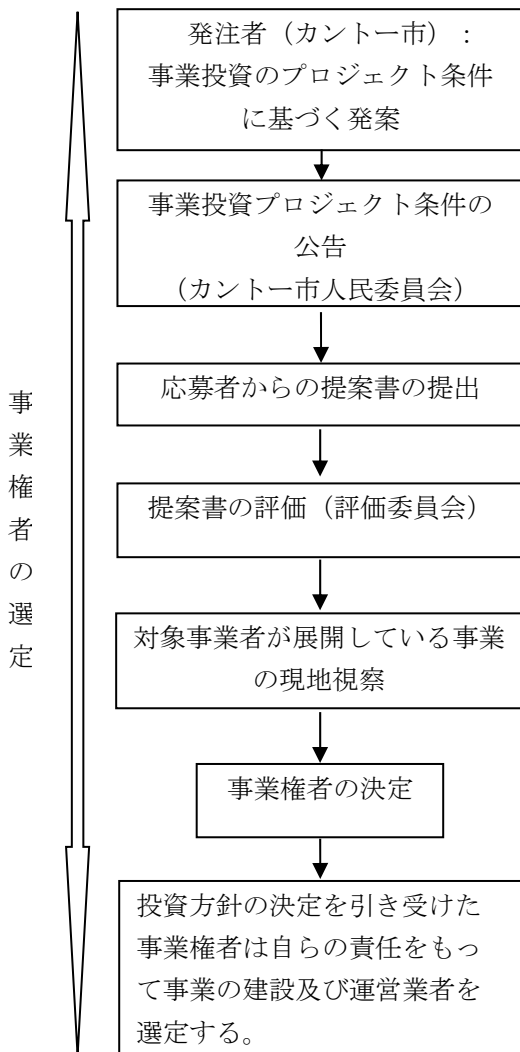


図2 事業者の選定の流れ

まず、プロジェクトチーム（建設局、財務局、環境局のチーム）を立ち上げ、ここで、事業投資のプロジェクト条件の内容を固め、その内容をカントー市人民委員会へ提出した。プロジェクト条件には基準があり、提案書の作成と事業者選定に概ね2年を要したということであった。

入札説明書、契約書、その他の入札書類については、カントー市が作成し、カントー市人民委員会は、カントー市が作成した書類に基づいて、このプロジェクトの入札公告を実施した。

このプロジェクトには24社からの応募があった。入札は公開入札によるものであり、応募者は、実行可能性調査：Feasibility study（以下「F/S」）を行い、プロジェクトチームに提出した。

応募者から提出された提案書類の評価は、プロジェクトチームとベトナム国の環境大学の技術専門家で組織された評価委員会が行っている。

カントー市によると、事業の発案から建設および運営を行う民間事業者との契約まで5年を要したと説明があった。

以上のとおり、Thoi Lai 地区の廃棄物発電施設建設のプロセス及び事業スキームについては、ベトナム国では初の事業であり、今後、ベトナム国全土でも廃棄物発電施設を導入するケーススタディになると考えられる。

5. ベトナム国の PPP 事業の現状

ベトナム国における PPP 事業に関する規定は、2015 年 4 月に施行された政令 15 号（PPP 型投資に係る政令 15 号）によるものである。政令 15 号が施行される前までは、複数の関連政令が存在していたが、この政令により、PPP 事業に関する規定の一本化がなされている。

上記により、PPP 事業の実施プロセスは定められたものの、それに基づいた PPP 事業は、カントー市では、まだ存在していない。

その理由としては、①政令 15 号に基づく手続きが非常に時間を要すること、②政令 15 号には予想される費用と実際の収入の差を補てんする Viability Gap Funding (VGF) 適用の具体的な手続き規定がないこと、③政府機関に財政的な余裕が無く、民間主導によるインフラ投資が歓迎されることが挙げられる。

このような状況下、投資家にとって PPP 事業は魅力のある事業とはなっていない。そのため、Thoi Lai 地区の廃棄物発電プロジェクトについても政府主導（政府発注）のプロジェクトとなっている。

今後はベトナム国においても官民連携した PPP 事業の実施を促進する法手続きの見直し、ガイドラインの整備が必要と考えられる。

6. カントー市において実施したワークショップについて

現地視察後、カントー市の関係者とワークショップを行い、以下のことが議論された。

カントー市では、課題として人民委員会や市民の関心が高い（廃棄物処理政策の優先度が高い）中、①廃棄物インフラ整備が追い付いていない、②既存の廃棄物処理施設の運転状態が悪く、改造、新設には経費が掛かる、③産業、有害廃棄物処理施設がない、④収集・運搬業者が少ないなどが挙げられている。

人民委員会は、2015 年 1 月 19 日に市の廃棄物管理の担当者が作成した廃棄物処理のマスタープランを承認しており、マスタープランには、上記の課題を解決すべく 5 年毎に 2030 年までの計画が示されている。具体的には、廃棄物の適正な処理・処分の管理を行うために既存の焼却施設の停止、改良を検討すること、一般廃棄物処理のみならず、産業廃棄物、有害廃棄物の処理を計画することが盛

り込まれている。そのために、適切な分別と埋立地の確保などのインフラ整備を検討中である。また、廃棄物の収集・運搬、中間処理の検討、産業廃棄物、有害廃棄物の処理及び副生成物（主灰、飛灰）の処分を検討することを挙げている。

日本側からは、廃棄物管理、精密機能検査、廃棄物処理施設の整備と運営について日本の事例を紹介した。

事例紹介後に、ベトナム国側から、多岐にわたった質問があり、意見交換がなされた。質問内容は、①施設の建設費（補助金制度）と収集・運搬費用を含むごみの処理費、②灰の資源化（セメント利用基準）、③精密機能検査を行うタイミング、④分別の普及啓発達成に要する時間、⑤再生利用不可能なものの処理・処分方法、⑥PPP 事業を実施する前の F/S 段階での将来計画、⑦焼却施設建設の環境影響評価手続き、⑧焼却施設の整備における必要面積、⑨発電に適した廃棄物の分別などであった。

7. 総括

本調査のベトナム国カントー市における廃棄物処理施設の運転状況と廃棄物発電施設の建設・運営事業について整理する。

既存施設の課題は、前述のとおり現地視察にある運転停止になっている焼却炉や Thoi Lai 地区の施設を除く稼働中の焼却炉について、施設の運転停止及び解体並びに副生成物である主灰と飛灰の処理を早急に解決することである。

今後、廃棄物発電施設の導入に向けた施設建設の事業スキームには、PPP 方式を中心に展開することになっている。廃棄物発電施設の普及に向けた課題は、まず、法手続きの見直し、ガイドラインの整備である。今回の Thoi Lai 地区の施設建設は、外国の企業による直接投資方式で事業を実施しているため、未だベトナム国内の企業を活用した PPP 方式での事業実施が浸透していない。ベトナム国の PPP 事業の現状で述べたとおり、現行の制度が機能していない結果である。その不明な点や制約になっている部分を明確にして、制度変更をしていくことが必要である。

また、施設導入に向けた収集・運搬の効率化も求められている。安定したごみ量を確保するために収集率を高めることが必要である。そのためには、人材の確保や十分な管理、機材（車両）と資

金繰りが必要である。

更に、ごみ質に関して、搬入ごみの水分に着目しなければならない。そこで、水分の多い事業系の有機性廃棄物は分別・収集し、焼却とは別処理について考えることも必要である。

そして、電力網の環境整備も必要である。カントー市がある南部を例にとると、2030年を見据えた2011年から2020年までの電力開発計画である国家電力マスタープラン（改定PDP7）に対し、送電線の建設計画（2016年～2020年まで）に遅れが出ている。電力の需給見通しにおいては、南部では、送電網の整備が追いつかず、既に需給のバランスが崩れ始めており、今後の電力インフラの整備が求められている。

日本では、電気事業者と発電設備等設置者の間における電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン（昭和61年8月、資源エネルギー庁）が作成されている。再生可能エネルギー電源の出力変動に対応するため、電圧、周波数等の電力品質を確保するため、連絡体制の考え方や系統連系技術に対して統一的な方針を示している。このように、発電設備等の系統連系に係る環境整備を整えることも、廃棄物焼却による安定した発電計画の課題の一つとされる。

このように、廃棄物発電施設導入とその適切な運営を実現するには、法整備、収集・運搬の改善や送電環境の整備、事業を円滑に進めるための住民の理解と協力など、包括的に様々な対策を実施することが肝要である。

8. 謝辞

本調査は、一般財団法人日本環境衛生センター研究奨励制度の助成を受けて実施しました。本調査にあたって現地調査及びワークショップ開催の御協力を頂きました皆様に深く感謝いたします。本報告がベトナム国における今後の廃棄物発電施設導入の一助となれば幸いです。

【参考文献】

- 1) カントー市、建設局資料
- 2) アジア開発銀行ウェブページ
<https://www.adb.org/projects/50371-001/main#project-overview3>
- 3) 日本貿易振興機構（ジェトロ）ベトナム国電力調査

4) 環境省ウェブページ

https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/information/vietnam.html

5) 国際協力機構(JICA)調査報告書

<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12292843.pdf>

6) 資源エネルギー庁

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/summary/regulations/pdf/keito_guideline.pdf

他

Summary

This report aims to identify the problems currently limiting the introduction of power-generating incineration plants (waste to energy; WtE) in urban areas of Asian countries through a survey conducted in Can Tho City, Vietnam.

We examined documents, held hearings, and conducted site surveys that were focused on the following two points:

Point 1: To survey the bidding system procedures, such as planning, public announcements, and proposal evaluations, along with the selection of suitable investors for WtE plants in Vietnam.

Point 2: To determine any issues that currently limit the future introduction of WtE plants in urban areas according to the current surveys on the operation of incineration plants in Can Tho City.

WtE plants are one of solutions for solid waste management in urban areas, where the amount of waste increases with population and economic growth.

We hope that this report would provide the information required to successfully introduce WtE plants in Vietnam.