

ベトナム社会主義共和国  
ハノイ市人民委員会

# ハノイ市エンサ下水処理場整備事業準備調査 (PPPインフラ事業)

## 最終報告書

2013年3月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
オリックス株式会社  
株式会社ウォーターエージェンシー  
プライスウォーターハウスクーパース株式会社  
横浜ウォーター株式会社

民連

JR(先)

13-028

ベトナム社会主義共和国  
ハノイ市人民委員会

# ハノイ市エンサ下水処理場整備事業準備調査 (PPPインフラ事業)

## 最終報告書

2013年3月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
オリックス株式会社  
株式会社ウォーターエージェンシー  
プライスウォーターハウスクーパース株式会社  
横浜ウォーター株式会社

Exchange Ratio (April, 2011)

- VND/US\$ = 20,944
- JPY/US\$ = 83.15, and
- JPY/VND = 0.00397

ベトナム国  
ハノイ市エンサ下水処理場整備事業準備調査（PPP インフラ事業）

メインレポート（公開版）

目次

第1章 調査概要.....	1-1
1.1 調査の背景.....	1-1
1.2 調査の目的.....	1-3
第2章 ハノイ市における下水道セクターの現状.....	2-1
2.1 ベトナム国の下水道セクターについて.....	2-1
2.2 ハノイ市の下水道セクターの現状と今後の開発計画.....	2-2
2.3 下水道整備財源、下水道料金政策にかかわる政府方針の確認.....	2-4
2.4 国内外企業・他ドナーの動向.....	2-6
第3章 PPP 事業モデルの検討.....	3-1
3.1 エンサ下水処理場と汚泥リサイクル事業について（当初スコープ）.....	3-1
3.1.1 エンサ下水処理場建設事業における、公共資金と民間資金の活用検討.....	3-1
3.1.2 事業実施オプションについて.....	3-2
3.1.3 初期投資の資金調達オプション.....	3-4
3.1.4 エンサ下水処理場建設事業の事業実施方針の結論.....	3-5
3.2 ハノイ市全域の包括的な対応について（新規の検討）.....	3-5
3.2.1 ハノイ市全域を考慮した提案.....	3-5
3.2.2 下水処理場建設実施スキームのオプション.....	3-7
3.2.3 新設する維持管理会社のオプション.....	3-7
3.2.4 新設する維持管理会社の業務範囲オプション.....	3-9
3.2.5 汚泥リサイクル事業実施のオプション.....	3-10
3.2.6 全体スキームの提案.....	3-11
3.3 事業運営、初期投資額返済のための資金調達オプション.....	3-12
3.4 事業実施スケジュール.....	3-12
第4章 維持管理のための合弁会社の設立.....	4-1
4.1 事業スキームの検討.....	4-1
4.1.1 合弁会社の必要性（と展開方針）.....	4-1
4.1.2 業務内容.....	4-1
4.1.3 HSDC と合弁会社の役割分担とリスク分担.....	4-2
4.1.4 合弁会社の設立、組織形態の検討（出資比率・設立スケジュール・要員構成等）.....	4-3
4.1.5 事業認可の取得（手続き、スケジュール、F/S 作成・承認・入札等）.....	4-8

4.1.6	合併会社の支出とサービス料金について	4-8
4.2	財務分析手法について	4-14
4.2.1	財務分析モデルについて	4-14
4.2.2	主な前提条件	4-14
4.3	財務分析結果	4-18
4.3.1	分析を行ったケース	4-18
4.3.2	各ケース財務分析結果	4-19
4.4	ハノイ市と JC との契約条件の検討	4-20
4.4.1	契約項目と課題の抽出	4-20
4.4.2	留意事項の確認	4-21
第 5 章	エンソ汚泥資源化センターの設立	5-1
5.1	事業スキームの検討	5-1
5.1.1	汚泥資源化センターの必要性	5-1
5.1.2	BOT で実施する必要性	5-1
5.1.3	業務内容	5-1
5.1.4	HPC と SPC の役割分担とリスク分担	5-2
5.1.5	SPC の設立、組織形態の検討(出資比率、要員構成等)	5-4
5.1.6	SPC の支出とサービス料金	5-4
5.1.7	事業認可の取得(手続き・スケジュール・F/S 作成・承認・入札等)	5-6
5.2	財務分析手法について	5-6
5.2.1	財務分析の方法	5-6
5.2.2	前提条件設定	5-6
5.3	財務分析結果	5-10
5.4	事業計画の検討	5-11
5.5	HPC と SPC との契約条件の検討	5-12
5.5.1	契約項目と課題の抽出	5-12
5.5.2	留意事項の確認	5-14
第 6 章	事業性の評価	6-1
6.1	概要	6-1
6.2	技術評価	6-1
6.3	財務評価	6-1
6.4	経済評価	6-2
6.5	環境影響評価 (環境評価)	6-4
6.6	組織体制の評価	6-4

第7章 これまでの主要検討事項と結論 .....	7-1
7.1 エンサ下種処理場の建設事業について .....	7-1
7.2 維持管理のための合弁会社について .....	7-1
7.3 汚泥資源化センターの設立 (BOT スキーム) について .....	7-4

### 添付資料

Appendix-A1: Checklist for Establishment of O&M Joint Company	
Appendix-A2: Term Sheet of JC	
Appendix-B: 汚泥処理・利用施設計画	
Appendix-B1: Proposal of BOT Project for Yen So Bio-solid Processing Center	
Appendix-C: ワーキンググループ、セミナー等の説明用資料	
Appendix-D: PPP 事業の提案書 (案) エンサ下水処理場整備事業 (2011 年 7 月提出)	
Appendix-E: 本邦研修報告書	

## 第1章 調査概要

### 1.1 調査の背景

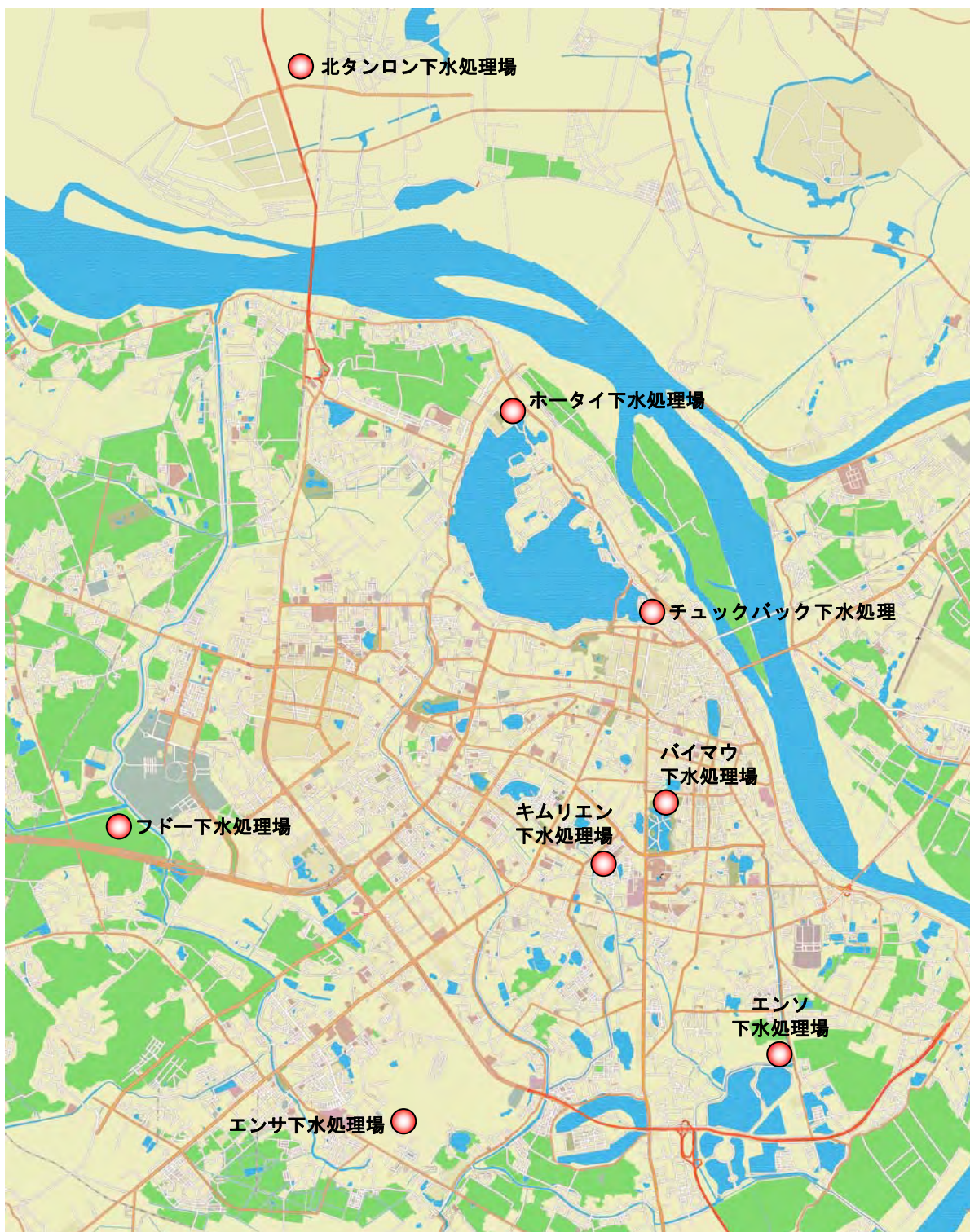
ベトナム国においては、工業化及び都市部への人口集中に伴い、都市部の産業排水及び生活排水が増大する一方、下水道システムの整備が進んでいないため、水環境汚染が問題となっている。かかる状況に対し、ベトナム国政府は「国家環境保護戦略10年計画(2003年)」で、環境改善と貧困削減を両立させるべく、①公害の防止と抑制、②環境管理体制の改善、③自然資源の保全と持続的利用を政府戦略の主目標として取り組むこととしている。下水・排水セクターについては、同計画及び「社会経済開発計画2006～2010」(2006年)における環境改善の数値目標として、2010年までに都市部の40%、工業地域等の70%、2020年までにその両者における100%の集中型下水・排水システムへの接続を目標としている。これらの数値目標は、実現困難と思われるが、急速な整備を進める方針がうかがえる。

ハノイ市においても、工業化及び人口増加により産業及び生活排水が増大する一方で、下水道システム整備の遅れによる水環境汚染が深刻となっている。停滞水が多い運河や湖沼の汚染状況は悪化の一途をたどっており、下水管網の早急な改修・拡充、河川や雨水排水施設の能力強化が喫緊の課題となっている。

かかる目標の達成のため、首都ハノイ市における下水道施設の整備は、最優先事業であると考えられる。なかでもエンサ下水処理場は、下水処理能力270,000 m<sup>3</sup>/日のハノイ市の最大規模の下水処理場となる予定であり、今後ハノイ市における下水道運営の中心となることが予想されるため、ベトナム国の下水道事業の代表モデルとなることが期待されている。

ハノイ市では、今後5年間で大規模な下水処理場を含む5つの下水処理場の運転開始が予定されており、下水処理量は約8～12倍までに増加することが予想される。また、下水処理量の増加に伴い、大量の汚泥の発生が予想されている。一方、ハノイ市の下水・排水施設の運営維持管理を担っているハノイ下水排水公社(HSDC)は、比較的小規模な3つの下水処理場の維持管理しか行っておらず、大規模な下水処理場の維持管理については今後の課題である。また、汚泥の処分地については、既に課題となっている。

本調査は、かかる背景の下、ハノイ市の下水処理場及び汚泥処理施設の建設、維持管理において、ODAによる資金援助や技術協力のみならず、BOTなどのPPP手法を用いた民間資金の導入や、民間企業のノウハウを活かした事業実施体制の構築を検討するものである。



(出典：JICA 調査団)

図-1.1 ハノイ市内下水処理場位置図



## 1.2 調査の目的

本調査の当初の目的は、ハノイ市エンサ下水処理場建設事業について、既存のフィージビリティスタディ（F/S）のレビューを行うとともに、下水処理場、及び下水汚泥再利用施設のスムーズかつ適切な建設・運営のために、PPP手法を用いた民間資金の導入や、民間企業のノウハウを活かした事業実施を検討を行うことを目的としていた。

しかし、その後、エンサ下水処理場の運営、維持管理をだけでなく、ハノイ市全体の下水道の整備、運営維持管理を考慮し、今後、ハノイ市で稼働開始が予定されている5つの下水処理場も含めた下水処理場の運営管理を行う組織を、民間企業との合弁で設立することを検討、また、既に稼働している3つの下水処理場を含め、ハノイ市内の全ての下水処理場（8ヶ所）で発生する脱水汚泥の資源化を目的とした汚泥資源化センターの建設、維持管理を、BOT事業によって実施することも検討することになった。

変更後の調査の目的は、以下に示すとおりである。

- 1) ハノイ市エンサ下水処理場建設事業について、既存のフィージビリティスタディ（F/S）のレビューと、事業実施に係わる検討と提言（表 1.1 参照）

表-1.1 エンサ下水処理場建設事業にかかわる調査スコープ

	建設工事	維持管理
1) 下水管路	○	○
2) エンサ下水処理場	○	○
3) 汚泥リサイクル施設	○	○

Source: JICA Study Team

- 2) ハノイ市全体を考慮し、運営維持管理体制が確定していない、5つの処理場（エンサ下水処理場、エンソ下水処理場、ホータイ下水処理場、バイマウ下水処理場、フドウ下水処理場）とエンソ汚泥資源化センターの運営維持管理会社の設立を検討するための調査、及び、HSDCと日本企業との合弁会社を設立に向けたHSDCとの協議（表 1.2 参照）
- 3) ハノイ市で発生する汚泥の資源化に係わる調査と提案を行う。ハノイ市内の8つの下水処理場（上述の5つの下水処理場に加え、チュックバック下水処理場、キムリエン下水処理場、北タンロン下水処理場）で発生する脱水汚泥の資源化するために、エンソ汚泥資源化センターの建設と運営を目的としたBOT事業の提案を行う（表 1.2 参照）

表-1.2 ハノイ市全体の下水道にかかわる調査スコープ

	建設工事	維持管理
1) 5つの下水処理場	-	運営維持管理会社の設立
2) エンソ汚泥資源化センター	BOTによる事業実施	

Source: JICA Study Team

## 第2章 ハノイ市における下水道セクターの現状

### 2.1 ベトナム国の下水道セクターについて

#### (1) 概況

ベトナム国は社会主義国家であるため、かつては国営企業が経済の中心であったが、1986年に開始されたドイモイ政策による自由経済の導入により、近年は目覚ましい経済成長を遂げている。しかし、これに伴う急速な工業化及び都市化の進展に比べて、下水道システムの整備等の環境保全や衛生分野が非常に遅れており、汚水が未処理のまま公共用水域へ放流されるため、水環境の汚染が深刻化している。今後、下水道セクターを重点的に整備していくことが求められている。

#### (2) 政策、下水道セクター開発の位置づけ

ベトナム国は、国際経済への統合も踏まえた金融セクター改革、国有企業改革等による市場経済化の推進、近年の経済成長下で拡大する所得格差の是正、一層の貧困削減、環境問題への対応等の開発課題を抱えている。こうした課題への取り組みを促すため、「民間セクター振興を念頭に置いた持続的経済成長と国際競争力強化」及び「地域間格差是正・貧困削減・生活改善」を国会開発の両軸とし、横断的課題である「政策・制度改善」、「経済インフラ整備」、「環境対策」及び「人材育成」への取り組みを重点分野としている。

具体的には、「国家環境保護戦略 10 年計画」（2003 年）及び「第 8 次社会経済開発 5 年計画（2006-2010）」の中で、環境改善と貧困削減を両立させるべく、①公害の防止と抑制、②環境管理体制の改善、③自然資源の保全と持続的利用、を政府戦略の主たる目標として取り組むこととしている。下水・排水セクターについては、同計画及び「社会経済開発計画 2006-2010」（2006 年）における環境改善の数値目標として、2010 年までに都市部の 40%、工業地域等の 70%が、そして 2020 年までにその両者において 100%が集中型下水・排水システムに接続していることを目標としている。

上記数値等目標を達成するためにも、首都ハノイにおける下水道の整備は最優先事業と考えられる。

#### (3) 日本国政府並びに JICA の方針

日本国政府による対ベトナム国別援助計画における支援方針は、重点分野の一つとして「環境保全」を挙げ、「下水・排水の整備、維持管理についての支援に重点的に取り組む」としている。

JICA の対ベトナム支援方針に掲げる 4 つの援助重点分野では、「環境保全」の一環として都市環境管理に取り組むこととしている。具体的には、都市人口の大部分が居住し環境汚染が深刻であるハノイ、ハイフォン、ダナン、ホーチミンの 4 大都市圏、及びフ

エなど環境汚染が重大な脅威となっている地方中核都市を対象に、技術協力と資金協力を一体化し、①行政機関の能力向上、②調査・研究機関の能力向上、③排水・汚水処理施設の整備と管理機関の能力向上を支援する方針である。

以下の表-2.1に、日本国政府並びに JICA によるベトナム国の水環境改善事業への取り組み状況を示す。

表-2.1 日本国政府並びに JICA によるベトナム国の水環境改善事業への取り組み

都市名	案件名	完成年
ハノイ	ハノイ市水環境改善事業（第1期）	2005年
	ハノイ市水環境改善事業（第2期）	2015年
ホーチミン	ホーチミン市水環境改善事業（第1期）	2009年
	ホーチミン市水環境改善事業（第2期）	2015年
ハイフォン	ハイフォン都市環境改善事業	2015年
フエ	フエ市水環境改善事業	2015年
ビンズオン省	南部ビンズオン水環境改善事業	2014年

(出典：JICA 調査団)

## 2.2 ハノイ市の下水道セクターの現状と今後の開発計画

### (1) 概要

ベトナム国の政治、文化の中心都市である首都ハノイ市は、近年めざましい経済発展を実現している一方で、下水・排水を含む都市インフラ整備は遅れているのが現状である。現況では、市内からの汚水は管渠、カルバート、水路によって集められ、キムニュー川、セット川、トーリック川、ルー川等の主要河川や湖、主要水路へ未処理のまま放流されている。そのため、特に乾季における未処理汚水が河川、湖、水路の水環境に甚大な影響を及ぼしている。また、これら汚水の浸透による地下水水質の悪化も懸念されている。さらに、ハノイ市からの未処理汚水が、紅河やヌエ川の水質悪化にも起因している。このような水環境を改善するために、大容量の汚水にも耐え得る下水処理施設の建設が急務となっているが、ハノイ市全体における下水道システムの構築には未だ至っていない。

パイロット事業で建設された処理容量 3,000 m<sup>3</sup>/日のチュックバック下水処理場や 4,800 m<sup>3</sup>/日のキムリエン下水処理場、また 42,000 m<sup>3</sup>/日の北タンロン下水処理場のような比較的小規模な下水処理場は現在稼働中である。これらの下水処理場は ODA 資金により建設されている。また、同様に ODA 資金による実施が予定されている処理容量 13,300 m<sup>3</sup>/日のバイマウ下水処理場は現在建設中であり、2014年からの稼働を計画している。

大規模処理場の建設も行われており、処理容量 200,000 m<sup>3</sup>/日のエンソ下水処理場は 2012年4月からの稼働を計画している。本事業はマレーシア企業 GAMUDA による BT スキームにて実施されている。処理容量 270,000 m<sup>3</sup>/日のエンサ下水処理場は 2017年の完

工を目標とし、ODA 資金による実施を想定しており、現在実施準備中である。上述の下水処理場の稼働により、ハノイ市における汚水処理量は飛躍的に増加するが、さらに、処理容量 84,000 m<sup>3</sup>/日のフドー下水処理場や 15,000 m<sup>3</sup>/日のホータイ下水処理場が BT スキームにより実施される計画である。各下水処理場の BT 事業者は、フドー下水処理場がフーディエン (Phu Dien)、SFC ベトナム、およびロイヤル・セキュリティ (Royal Securities) の 3 社 JV、ホータイ下水処理場がフーディエン (Phu Dien)、SFC ベトナムの 2 社 JV である。

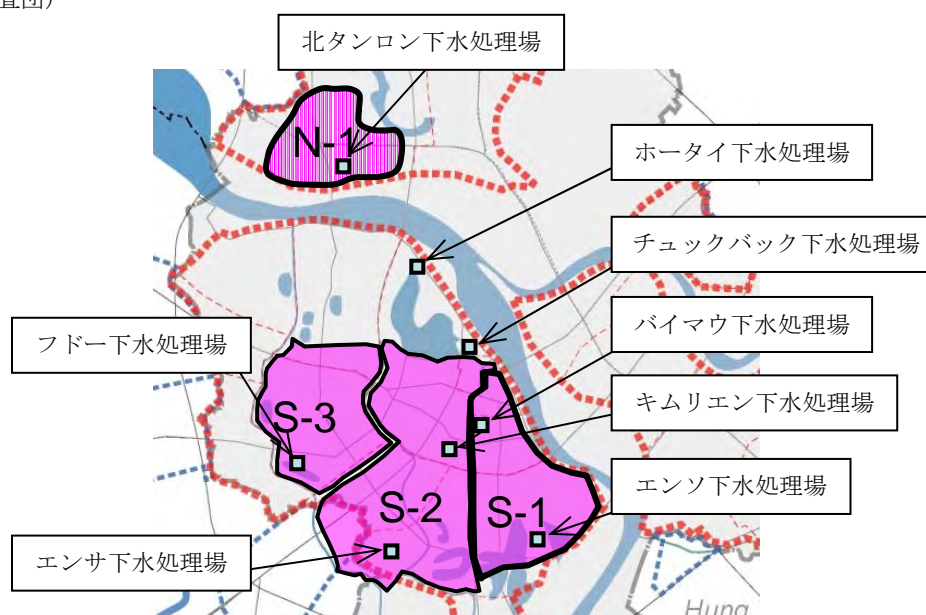
既存及び計画中の下水処理場の位置・処理区域を表-2.2 に及び図-2.1 に示す。

表-2.2 ハノイ市の下水処理場概要

下水処理場名	処理容量 (m <sup>3</sup> /日)	処理区	汚水処理方式	汚泥処理方式	現況	実施スキーム	計画稼働開始年
1 チュックバック	3,000	-	CAS	※1	稼働中	ODA	-
2 エンソ	200,000	S-1	SBR	※2	建設完了、引渡準備中	BT	2013
3 バイマウ	13,300		CAS	※1	建設中	ODA	2014
4 キムリエン	4,800	S-2	CAS	※1	稼働中	ODA	-
5 エンサ	270,000		CAS	※1	実施準備中	ODA	2018
6 フドー	84,000	S-3	CAS	※1	契約済み	BT	2015
7 北タンロン	42,000	N-1	CAS	※1	稼働中	ODA	-
8 ホータイ	15,000	-	CAS	※1	契約済み	BT	2013
計	632,100						

注) CAS : 標準活性汚泥法、SBR : 回分式活性汚泥法、※1 : 汚泥濃縮～脱水、※2 : 汚泥濃縮～消化～脱水

(出典 : JICA 調査団)



(出典 : JICA 調査団)

図-2.1 ハノイ市の既存及び計画下水処理場位置と処理区

## (2) 下水道運営

ハノイ市の既存の下水管路及び処理施設の運営・維持管理は、ハノイ市下水排水公社 (HSDC、Hanoi Sewerage and Drainage One-Member State Company Limited) が担っており、傘下の公企業である下水処理管理会社 (Sewerage Treatment Enterprise) が実務を行っている。HSDCは、HPCが100%出資して設立した有限会社である。また、現在、HSDCが実施している業務は、全てHPCからの請負業務であり、業務はDOCとの契約を基に行われている。

以下の図-2.2にHSDCの組織図を示す。

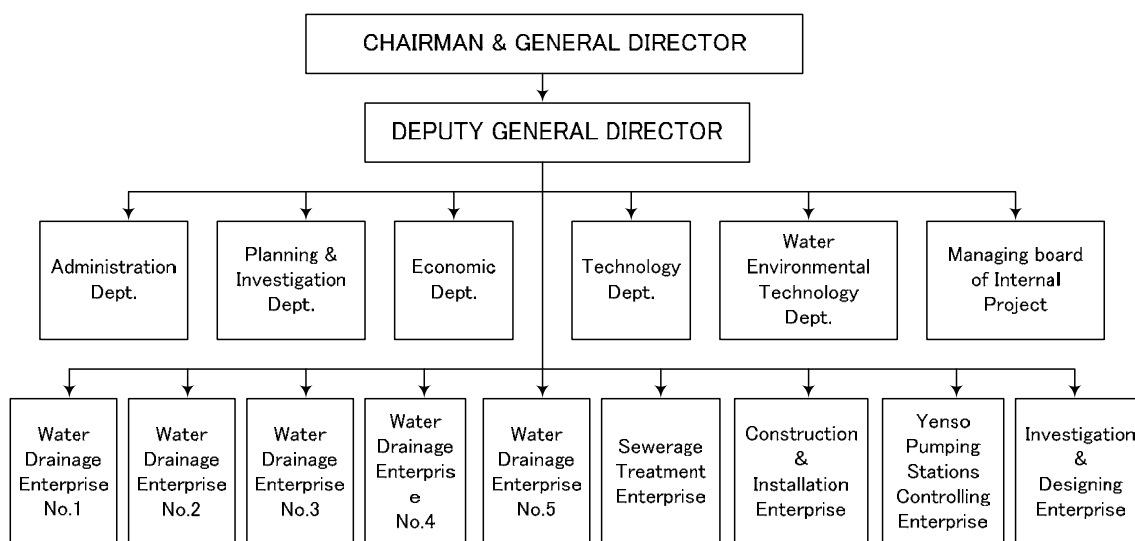


図-2.2 HSDCの組織図

出典：HPC

## 2.3 下水道整備財源、下水道料金政策にかかわる政府方針の確認

### (1) 下水道整備財源

現在ハノイ市では、既存の3箇所の下水処理場が稼働中であり、今後5箇所の下水処理場新設が予定されている。下水処理場及び下水管路の建設には莫大な資金が必要であり、ハノイ市単独の財源では賄いきれないため、既存の3箇所の下水処理場は全て円借款により整備されてきた。今後、稼働が予定されている5箇所の下水処理場及び下水管路の整備事業については、円借款ではなく諸外国企業の投資によるBuild-Transfer (BT) 契約とするケースもある。前述の通り、エンソ下水処理場はマレーシア企業GAMUDAが都市開発プロジェクトの認可を条件に整備し、完成後にハノイ市へ無償譲渡される予定である。また、フド下水処理場及びホータイ下水処理場はPhu Dien社やSFCベトナム社等により整備され、エンソ下水処理場と同様にハノイ市へ譲渡される予定である。

以下の表-2.3にハノイ市の各下水処理場の整備財源を示す。

表-2.3 ハノイ市の各下水処理場の整備財源

下水処理場	財源
チュックバック	円借款
キムリエン	円借款
北タンロン	円借款
エンソ	BT
バイマウ	円借款
エンサ	円借款（予定）
ホータイ	BT
フドー	BT

(出典：JICA 調査団)

**(2) 下水道料金政策**

Decree No. 88/2007/ND-CPによれば、下水道料金 (Environmental Fee と呼ばれているが、下水道整備の資金にも使われるため、ここでは下水道料金と呼ぶ) は、下水排水事業の維持管理費を賄うために徴収され、水道料金の 10% を下回らないレベルで徴収することになっている。ハノイ市人民委員会は、下水道料金として水道料金の 10% 相当額 (平均 409 VND/m<sup>3</sup>) を徴収している。下水道料金の水道料金に対する比率としては、日本では 80% 程度、欧米諸国では 80~120% 程度であり先進諸国と比較すると、かなり低い料金水準となっているが、これは、ハノイ市に下水道が整備されていないためである。また、バンコクやジャカルタ、クアラルンプールでは 20~40% 程度であり、東南アジア諸国の首都圏と比較しても低水準となっている。なお、ベトナム国のホーチミン市では水道料金の約 12% である。

また、徴収対象は各世帯・政府機関・企業・レストラン・ホテル等である。水道未整備地区や産業排水に対する環境保護費を納付している工場等は下水道料金徴収の対象外となる。水道会社は、下水道料金と水道料金を同時に請求・徴収し、下水道料金はハノイ市人民委員会へ納入する仕組みとなっている。表-2.4 にハノイ市の水道料金の水準を示す。

表-2.4 ハノイ市の水道料金

(単位: VND/m<sup>3</sup>)

No.	水使用量 (m <sup>3</sup> /月/軒)	料金 (税抜き)	税金 (5%)	環境保護費/ 下 水道料金 (10%)	支払い料金 計
一般家庭					
1	16m <sup>3</sup> まで	3,478.26	173.91	347.83	4,000
2	16m <sup>3</sup> ~ 20m <sup>3</sup>	4,086.96	204.35	408.70	4,700
3	20m <sup>3</sup> ~ 35m <sup>3</sup>	4,956.52	247.83	495.65	5,700
4	35m <sup>3</sup> 以上	8,173.91	408.70	817.39	9,400
産業用施設		6,086.96	304.35	608.70	7,000
商業用施設		10,434.78	521.74	1,043.48	12,000
公共用施設		4,086.96	204.35	408.70	4,700

出典: Decision No. 119/2009/QD-UBND、Decision No. 120/2009/QD-UBND

## 2.4 国内外企業・他ドナーの動向

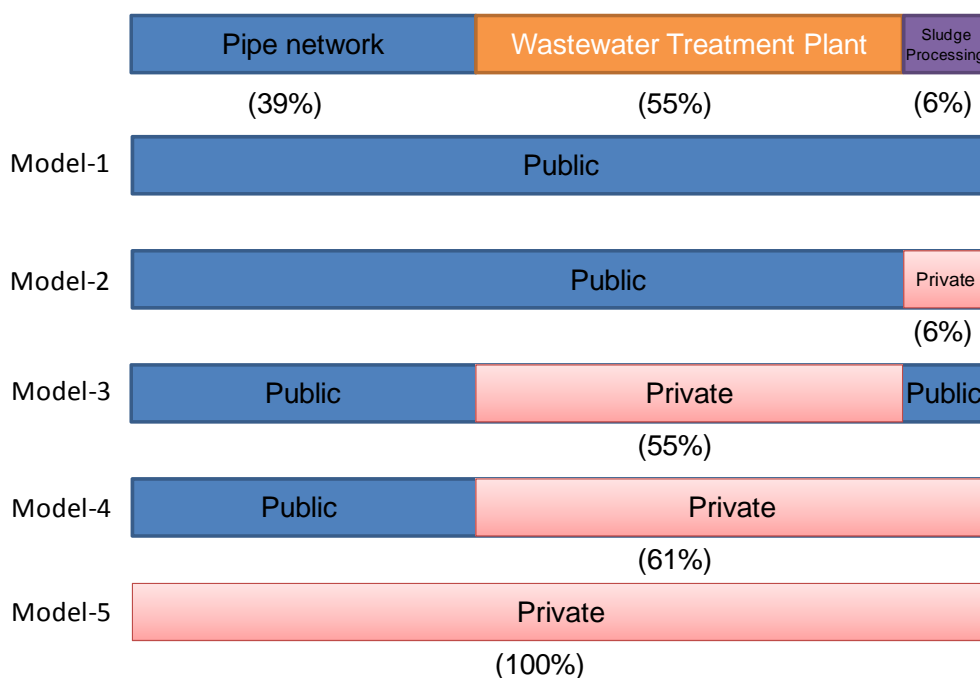
世銀は、「天然資源及び環境管理の強化」を対ベトナム支援重点4本柱の一つとしているが、対象都市はホーチミン及び地方中小都市となっている。ADBは、都市環境改善に対する取り組みとして、中部地域及びメコン地域経済回廊沿いの中小都市インフラ整備に重点をおいている。国内外の企業の動向は、2.2 (1)に記述した通りである。

### 第3章 PPP 事業モデルの検討

#### 3.1 エンサ下水処理場建設事業の検討

##### 3.1.1 公共資金と民間資金の活用について

本調査当初の対象施設は、エンサ下水処理場建設事業として計画された「下水管路」と「下水処理場」、及びハノイ市広域の「汚泥資源化施設」の3つの施設である。これらの事業を実施するためには、莫大な資金が必要であるため、公的資金だけでなく、民間資金の活用も含めた、以下の5つのモデルでの事業実施を検討した。



(出典：JICA 調査団)

図 3.1.1 公共資金と民間資金利用の組合せオプション

上述の5つのモデルについての検討結果は、以下の通りである。

- 1) ベトナム政府は事業の初期投資全てを公的資金で実施することを望んでおらず、一定規模の民間投資に期待している。これは、行政の債務増加を避けるという財務的な方針と、民間の効率的な運営ノウハウを取り入れるという技術的な方針によるものである。このため、Model-1は望ましくない。
- 2) 下水収集システムの建設及び維持管理は民間投資による実施に適していないと考えられる。これは、ハノイ市の下水道が汚水収集のみでなくハノイ市を洪水から守るための雨水排水の役割も果たしており、公的な側面が強いこと、加えて管渠の建設・維持管理には、住民や道路交行政との調整など、民間が主体的に実施するのが困難、あるいは非効率的な業務が含まれるためである。このため、Model-5は望ましく



ない。

- 3) 一方、下水処理場、汚泥資源化施設の建設や運営維持管理では、技術的なノウハウや事業経験が直接的に事業の効率性に結び付く。したがって、民間による建設と運営維持管理がライフサイクルコストの削減や安全確保などに貢献すると期待できる。この点では、Model-2,3,4 に利点がある。
- 4) HPC は、汚泥資源化施設の建設及び運営を高い技術力やノウハウを持った民間、特に長年の建設・運営の経験を持つ日本企業による実施を期待している。この点では、Model-2,4 に利点がある。

以上を考慮すると、Model-1 及び 5 は望ましくなく、Model-2 あるいは 4 が望ましいことになる。

### 3.1.2 事業実施オプションについて

エンサ下水処理場建設事業で建設予定の、1) 下水管路網 2) 下水処理場、3) 汚泥資源化施設のうち、「下水管路網」については、民間資金を用いた建設は考えられておらず、また、維持管理も引き続き HSDC が実施することになっている。残りの「下水処理場と「汚泥資源化施設」の工事及び維持管理の実施オプションについて検討を行う。

3.1.3 で改めて説明するが、公共資金を用いて事業を実施する場合、ハノイ市は自己資金でなく、中央政府からの補助を望んでいる。さらに、中央政府はハノイ市に補助を行う場合は、ODA ローンでの資金調達することを前提と考えている。このため、公共資金による事業実施と、ODA 事業スキームによる事業実施は同じ意味になる。

一方、民間資金を活用する場合、ここでは、ベトナム国内において、民間企業がイニシアティブを持って実施できる唯一の方法、BOT スキームを想定している。

BOT 事業スキームで実施する場合は、事業を実施する SPC が建設から維持管理までを一貫して責任を持つ。公共の資金を用いて実施する場合は、入札で選定されたコントラクターが建設を実施し、維持管理は、HPC が指定する維持管理会社が担当することになる。各施設それぞれ、ODA スキームで実施するか、BOT スキームで実施するかの比較を行ったものが、表 3.1.1 である。

ハノイ市側から、下水管路と下水処理場の事業実施方法が異なると、建設完了時期が大きくずれることが懸念されており、下水管路と下水処理場の建設は同じスキームで行って欲しいとの強い希望があった。このため、Model-3 及び 4 は望ましくないことになる。つまり、最終結論として、Model-2 が望ましいことになる。

表 3.1.1 事業実施オプション

## Model-1

施設	工事	維持管理
1) 下水管路	ODA スキーム (公共資金)	HSDC
2) エンサ下水処理場		HPC が指定する 維持管理会社
3) 汚泥資源化施設		

## Model-2

施設	工事	維持管理
1) 下水管路	ODA スキーム (公共資金)	HSDC
2) エンサ下水処理場		HPC が指定する 維持管理会社
3) 汚泥資源化施設	BOT 事業スキーム (民間資金)	

## Model-3

施設	工事	維持管理
1) 下水管路	ODA スキーム (公共資金)	HSDC
2) エンサ下水処理場	BOT 事業スキーム (民間資金)	
3) 汚泥資源化施設	ODA スキーム (公共資金)	HPC が指定する 維持管理会社

## Model-4

施設	工事	維持管理
1) 下水管路	ODA スキーム (公共資金)	HSDC
2) エンサ下水処理場	BOT 事業スキーム (民間資金)	
3) 汚泥資源化施設		

## Model-5

施設	工事	維持管理
1) 下水管路	BOT 事業スキーム (民間資金)	
2) エンサ下水処理場		
3) 汚泥資源化施設		

(出典：JICA 調査団)

### 3.1.3 初期投資の資金調達オプション

事業実施のための資金調達方法として、公共資金、民間資金を活用した方法を表 3.1.2 に列記する。

表 3.1.2 公共資金、民間資金それぞれの調達オプション

	金利	借入期間	利用の可能性
<b>(1) 公共資金オプション</b>			
1) 国庫からの補助 (政府が ODA Loan で用意)	-	-	ODA ローンが供与されれば補助は可能
2) ハノイ市の一般会計	-	-	現時点では HPC に意向なし
3) ハノイ市地方債	VND: 15%(?)	5-15 年	発行は困難
<b>(2) 民間資金オプション</b>			
4) 国際金融機関からの借款	US\$: 5-7%	5-15 年	可能性あり
5) ローカル金融機関からの借款	VND: 15%	5-15 年	可能性あり
6) PSIF (JICA からの借款)	JPY: 2-3%	20-25 年	可能性あり
7) PSIF (JICA からの 2 Step Loan)	VND: 15.5%	20-25 年	可能性あり

(出典：JICA 調査団)

上述のオプションについての評価は、以下の通りである。

- 1) 中央政府は、大規模インフラ整備の補助を行う場合は、低金利で調達した ODA ローンを用いて施設建設を行い、完成した施設を供与している。本事業においても、この方針が前提となっている。(つまり、ODA ローンをつくことが、国庫補助の前提である)
- 2) ハノイ市側は、初期投資額調達のため、ハノイ市一般会計からの支出や、ハノイ市地方債の起債を考えていない。このため、公共事業のオプションは、国庫からの補助だけである。そして、前述のように、国庫からの補助を受けるためには、ODA ローンで資金を調達できることが前提となる。
- 3) 地方債は償還期間が 15 年以下の短いものに限られるうえ、現時点では発行が難しいと言われている。実現の可能性は低い。一方、一般会計からの支出は、HPC は利用の意向さえあれば、利用可能であるが、現在、HPC は一般会計から初期投資の支出を行うことを考えていない。
- 4) 民間資金オプションとしては、金融機関からの借款と、さらに JICA からの民間企

業へ借款する資金、PSIF が考えられる。民間金融機関からの借款は、調達費用にリスクヘッジや会社利潤が含まれるため公的資金を活用する場合よりも、当然コストが高くなる。

- 5) PSIF は、民間金融機関から直接資金を調達よりもコストは低いといわれているが、融資方法については詳細が決まっておらず、資金調達コストは明確でない。PSIF が、JICA から SPC への直接融資でなく、ローカルの民間金融機関を通した 2-Step ローンである場合、つまり、融資のリスクをローカル金融機関がとる場合は、当然ながら、民間金融機関からの融資条件と差はほとんどなくなる。PSIF の場合、JICA からのからの借入期間は 20-25 年であり、民間金融機関の場合よりも長い期間であり、その点で有利である。

上述の検討の結果、公共資金を用いる場合は、ODA ローンで調達することが不可欠である。民間資金については、SPC が PSIF から直接資金調達を行うことが望ましいといえる。

本調査では、SPC が JIA から PSIF を用いて円で借入を行い、25 年円-ドル通貨スワップを用いて円ドルのヘッジを行い、ドン/ドルの交換リスクを取る方法を検討している。なお、円-ドル通貨スワップのコストは、金利に含めて見込むこととし、財務分析においては、仕上りの金利（ドルベース）を 5% として分析を行っている。

考え方としては、ドル 10 年物国債利回り（2%程度…報告書作成時及び過去半年平均…）なお、融資の平均残存期間を 10 年程度と見て近似）+PSIF スプレッド 1.5%+通貨スワップスプレッド 1%+金利スワップスプレッド及びバッファ0.5%=5%を、仕上り金利としている。

### 3.1.4 エンサ下水処理場建設事業の事業実施方針

2011 年 7 月初旬の時点では、調査団は、多額の円借款供与の合意は困難であるとの見地から、Model-4 を最適案として提案した。しかし、ハノイ市側は、「下水収集システム」と「下水処理場」の建設をベトナム国政府の国庫補助によって実施することを強く希望していた。

2011 年 7 月の HPC-JICA 間のミーティングの結果、JICA が下水管路と下水処理場の建設事業に円借款を用意して実施し、汚泥資源化事業は民間事業として実施する方針が決められた。つまり、Model-2 での事業実施を前提として、話を進めることが合意された。

## 3.2 ハノイ市全体の下水道整備運営についての検討

### 3.2.1 検討する事業の概要

ハノイ市では既に3つの下水処理場が完成し、現在 HSDC が維持管理を担当しているが、現在、5つの下水処理場の建設事業が進められており、今後、2013年から2018年にかけて順次稼働の計画である。

3.1では、エンサ下水処理場に焦点をあてて議論してきたが、ハノイ市全域を考えると、下水管路の整備に加え、今後稼働予定の5つの下水処理場の維持管理、さらに、現在稼働中の3つ下水処理場も加えた汚泥資源化事業を検討する必要がある。なお、下水管路の整備については、公共事業で行うことを基本とする。

ハノイ市全体の下水道整備運営を検討するにあたっての対象は、以下である。

- 1) 維持管理の検討の対象となる施設は、今後稼働が予定されている5つの下水処理場（エンサ下水処理場、エンソ下水処理場、ホータイ下水処理場、バイマウ下水処理場、フドウ下水処理場）とエンソ汚泥資源化センターである。
- 2) 汚泥資源化事業で対象とする汚泥は、上述の5つの下水処理場で発生する汚泥だけでなく、表3.2.1に示す8つの下水処理場で発生する汚泥とする。

表 3.2.1 ハノイ市内下水処理場の稼働計画

下水処理場名		処理容量 (m <sup>3</sup> /日)	現況	実施スキーム	計画稼働開始年
稼働中					
1	チュックバック	3,000	稼働中	ODA	-
2	キムリエン	4,800	稼働中	ODA	-
3	北タンロン	42,000	稼働中	ODA	-
事業実施中					
1	エンソ	200,000	引渡準備中	BT	2012
2	ホータイ	15,000	契約済み	BT	2013
3	バイマウ	13,300	工事中	ODA	2014
4	フドー	84,000	契約済み	BT	2015
方針検討中					
1	エンサ	270,000		ODAを提案中	2018
計		632,100			

(出典：JICA 調査団)

本調査での結論は、表 3.2.2 に示すように、今後建設される 5 つの下水処理場の維持管理を 1 つの維持管理会社が担当することであり、その維持管理会社は、HSDC と日本企業の合弁会社とすることを提案している。さらに、汚泥資源化施設は、BOT スキームで実施するが、維持管理は前述の維持管理会社による実施が望ましいと考える。

表 3.2.2 ハノイ市広域の事業実施方針

対象	工事	維持管理
エンサ下水処理場	ODA スキームで建設予定	HSDC と日本企業で設立予定の維持管理合弁会社
エンソ下水処理場	BT スキームで建設中	
バイマウ下水処理場	ODA スキームで建設予定	
フドウ下水処理場	BT スキームで建設予定	
ホータイ下水処理場	BT スキームで建設予定	
汚泥資源化施設	SPC が指定する建設会社	SPC が指定する維持管理会社 (上述の合弁会社に委託することが望ましい)

(出典：JICA 調査団)

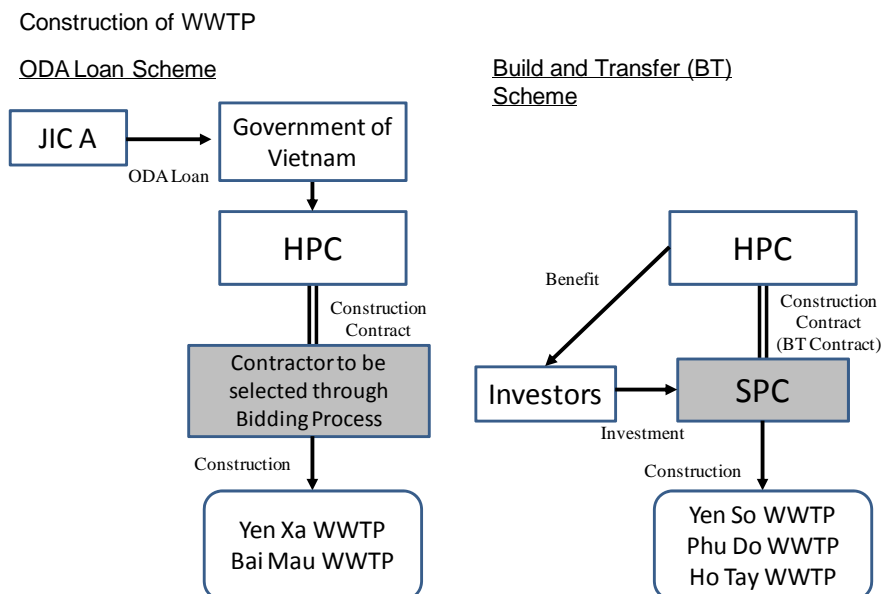
上述の事業実施方針を実現するために、下記の事業が必要である。；

- ✓ 円借款によるエンサ下水処理場（下水管路整備、下水処理場建設）の実施
- ✓ 今後稼働予定の施設の運営維持管理のための合弁会社の設立
- ✓ ハノイ市で発生する汚泥の資源化のための BOT 事業の実施

以下、それぞれについて、説明を行う。

### 3.2.2 下水処理場建設実施スキームのオプション

表 3.2.2 に示すように、エンサ下水処理場、バイマウ下水処理場は ODA ローンスキームで実施される予定であり、エンソ下水処理場、ホータイ下水処理場、フドウ下水処理場は、BT スキームで事業が実施される予定である。それぞれのスキームの組織図を図 3.2.1 に示す。



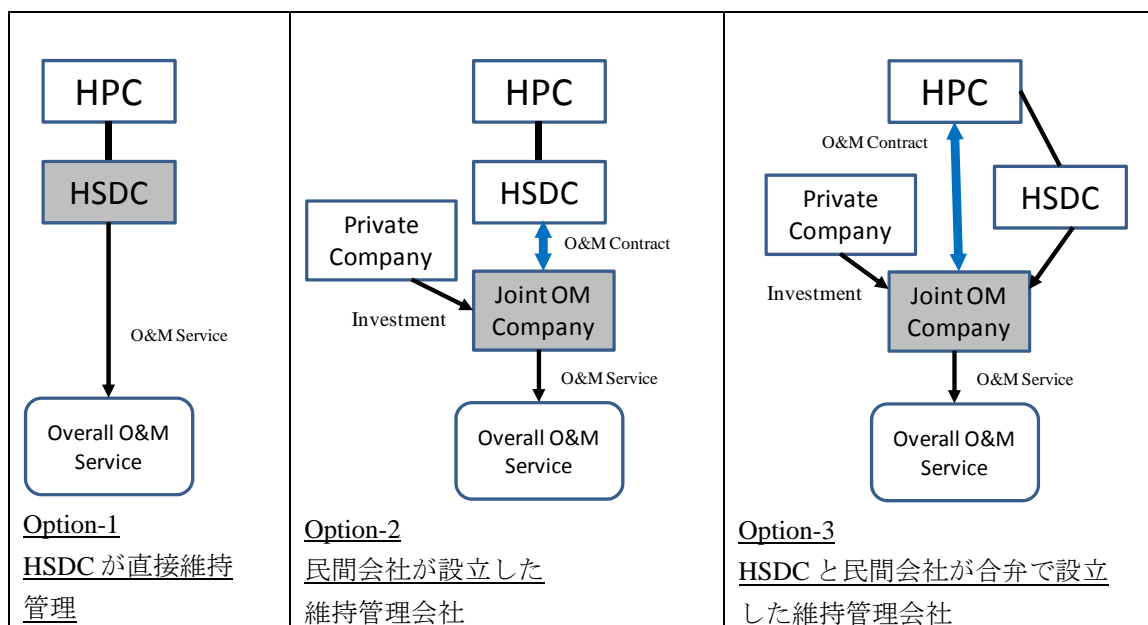
(出典：JICA 調査団)

図 3.2.1 ODA スキームと BT スキームの組織図

### 3.2.3 新設する維持管理会社のオプション

2017年までに、新たに稼働が予定されている5つの下水処理場、エンサ下水処理場、エンソ下水処理場、バイマウ下水処理場、フドウ下水処理場、ホータイ下水処理場、及び汚泥資源化センターの維持管理を適切に行うため、維持管理体制の検討を行った。汚水処理と汚泥資源化のプロセスには密接な関係があるため、1つの組織が全ての維持管理業務を対応することが望ましい。考えられるオプションは、以下の3つである。

- Option-1 HSDC が直接維持管理（民間会社からトレーニングを行う）
- Option-2 民間会社が設立した維持管理会社
- Option-3 HSDC と民間会社が合弁で設立した維持管理会社



(出典：JICA 調査団)

図 3.2.2 維持管理体制のオプション

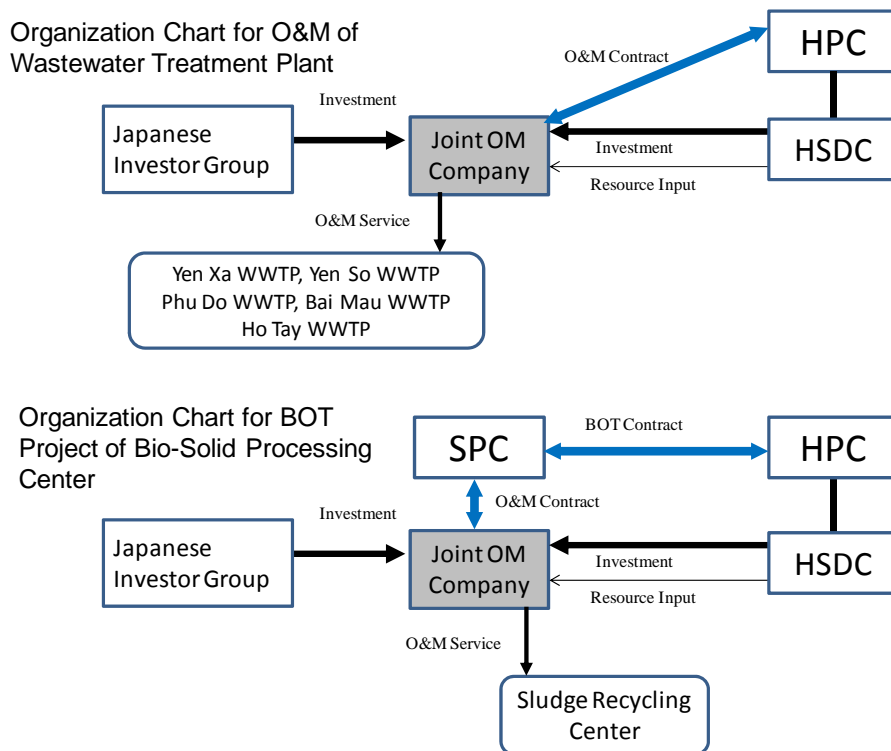
以下の理由から、Option-3 には以下の利点があるとの結論となった。HSDC と技術分野、財務分野で十分高いスキルを持つ日本企業との合弁会社の設立が期待されている。また、HPC もこの案に賛同し、HPDC に合弁会社の設立に向けた交渉を始めるように、2011 年 12 月 1 日のレターで、指示を出している。

- ✓ 日本の民間企業から得られる高い技術面、経営・財務面でのスキルとノウハウを活用できる
- ✓ 日本の公的機関から技術移転を受けやすい
- ✓ HSDC の人的資源やノウハウを活用できる
- ✓ 他の地域の維持管理サービス、コンサルタント業務、建設などの分野に、業務を拡大できる可能性がある



### 3.2.4 新設する維持管理会社の業務範囲のオプション

現在、検討している合弁会社が行う業務は2つに分けることができる。1つは、HPCから受注する予定の下水処理場の維持管理業務であり、他方は、今後選定されるSPCから受注予定の汚泥資源化施設の維持管理業務である。(図 3.2.3 参照)



(出典：JICA 調査団)

図 3.2.3 合弁会社が請負を予定している2つの業務

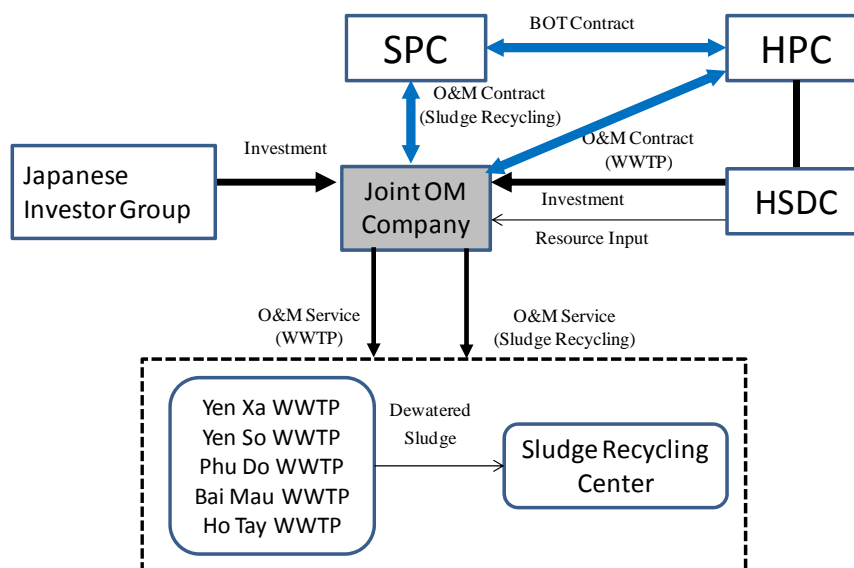
論点は2つある。

- 1) 下水処理場の維持管理業務と、汚泥資源化施設の維持管理業務を同一の会社が請け負うことのメリット、デメリット
- 2) SPCが、汚泥資源化事業のO&M業務をSPC自身で行わず、合弁会社に委託するメリット、デメリット

下水処理場の維持管理業務と、汚泥資源化施設の維持管理業務を同一会社が行うことのメリットは明らかであるが、選定されたSPCが、合弁会社に維持管理業務を委託するか否かは、SPCの判断である。本調査では、下水処理場から、汚泥乾燥施設、そして資源化までを一組織で実施した場合の作業効率性を考慮した結果、下水処理場の運転と、SPCが建設する汚泥資源化施設の維持管理業務を、合弁会社に委託することを提案する。

2つの業務を委託された場合の組織図を、図 3.2.4 のように提案する。

### O&M Contract with HPC and SPC



(出典：JICA 調査団)

図 3.2.4 下水道施設の維持管理フレーム

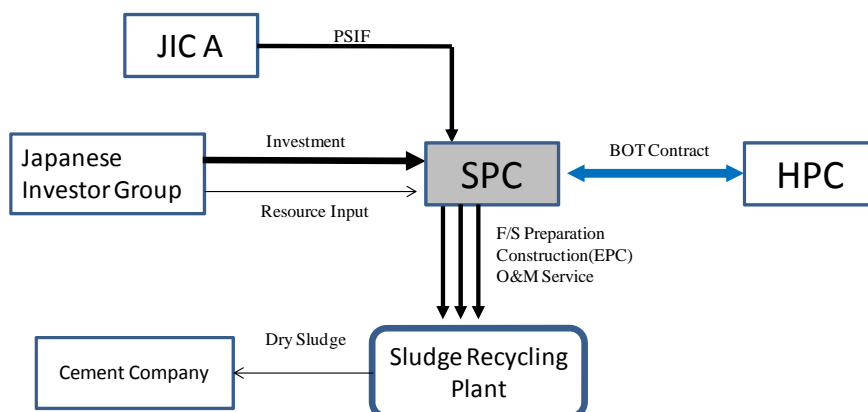
### 3.2.5 汚泥資源化事業実施のオプション

3.2.3 でも明記されているように、汚泥資源化事業を BOT スキームで実施することで、以下のメリットが期待できる。

- 初期投資金は、民間企業が用意する
- 最新技術の移転を、民間企業から移転することが可能である
- 汚泥資源化に係わる総合的なマネージメント技術や手法を、日本の公共機関や民間企業から、技術移転されることが期待できる。
- 民間企業の責任下で、統括的な設計、施工、維持管理のプロセスを管理できる。
- 民間企業が初期投資の資金を用意し、HPC は以降 20 年間のサービス料金で返済を行うため、期限の利益が見込める。
- 更新・修繕費用も含んだサービスフィーを民間企業に払うため、(特に後年度において) 費用の嵩む更新・修繕コストを突発的に予算措置しなければならないリスクを民間企業に移転できる。
- 短期かつ非包括の運営委託と比較した場合、運営を行う民間企業や、更新・修繕工事を行う民間企業を、都度入札にかけて選定する手間が省ける。

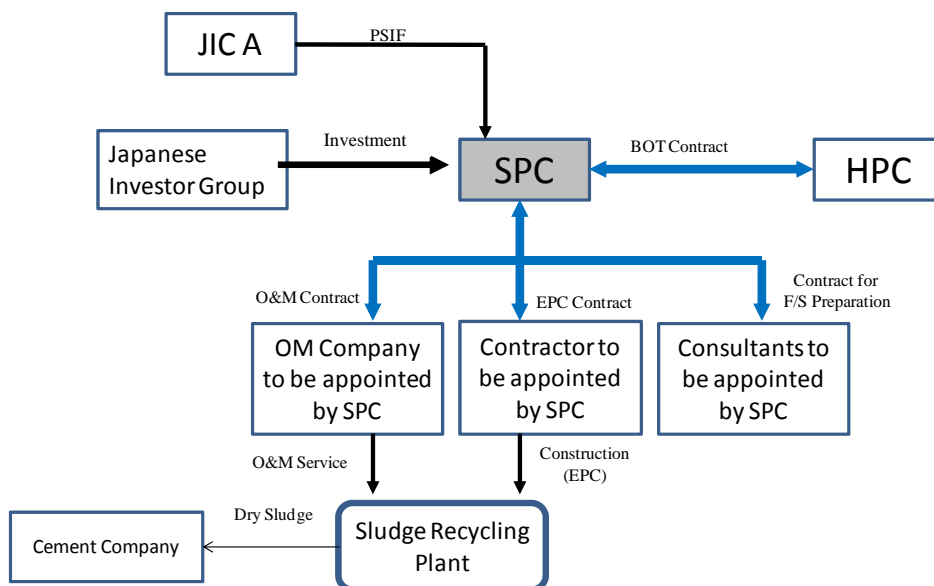
3.2.4 でも述べられているように、汚泥資源化事業を行う SPC の組織体制には、2つの

オプションがある。それぞれの業務実施体制を図 3.2.5 と図 3.2.6 に示す。本調査では、リスク分散を考慮し、3つの業務を外注する方式を提案する。



(出典：JICA 調査団)

図 3.2.5 BOT 事業の組織図(A)

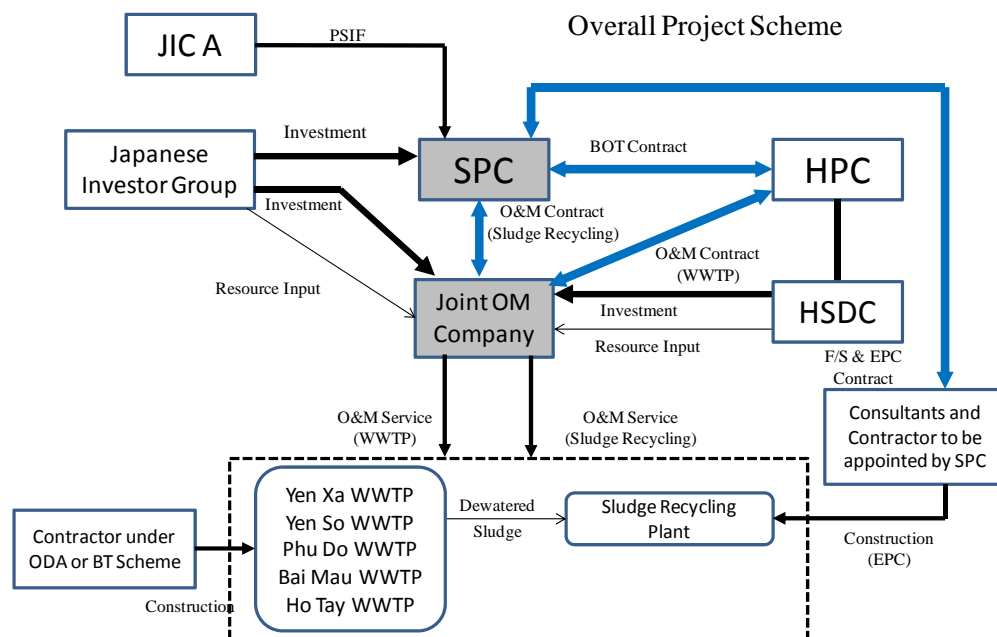


(出典：JICA 調査団)

図 3.2.6 BOT 事業の組織図(B)

### 3.2.6 全体スキーム

同一の日本企業グループが、O&M 合弁会社及び SPC に出資した場合の組織構成図を図 3.2.7 に示す。ハノイ市内の下水道処理から汚泥資源化事業までの連携が取れた組織構成になる。



(出典：JICA 調査団)

図 3.2.7 提案するプロジェクト全体の組織フレーム

### 3.3 事業運営、初期投資額返済のための資金源オプション

オペレーション開始後、調達した資金の返済、事業運営のための資金用意するための資金源に下記があげられる。

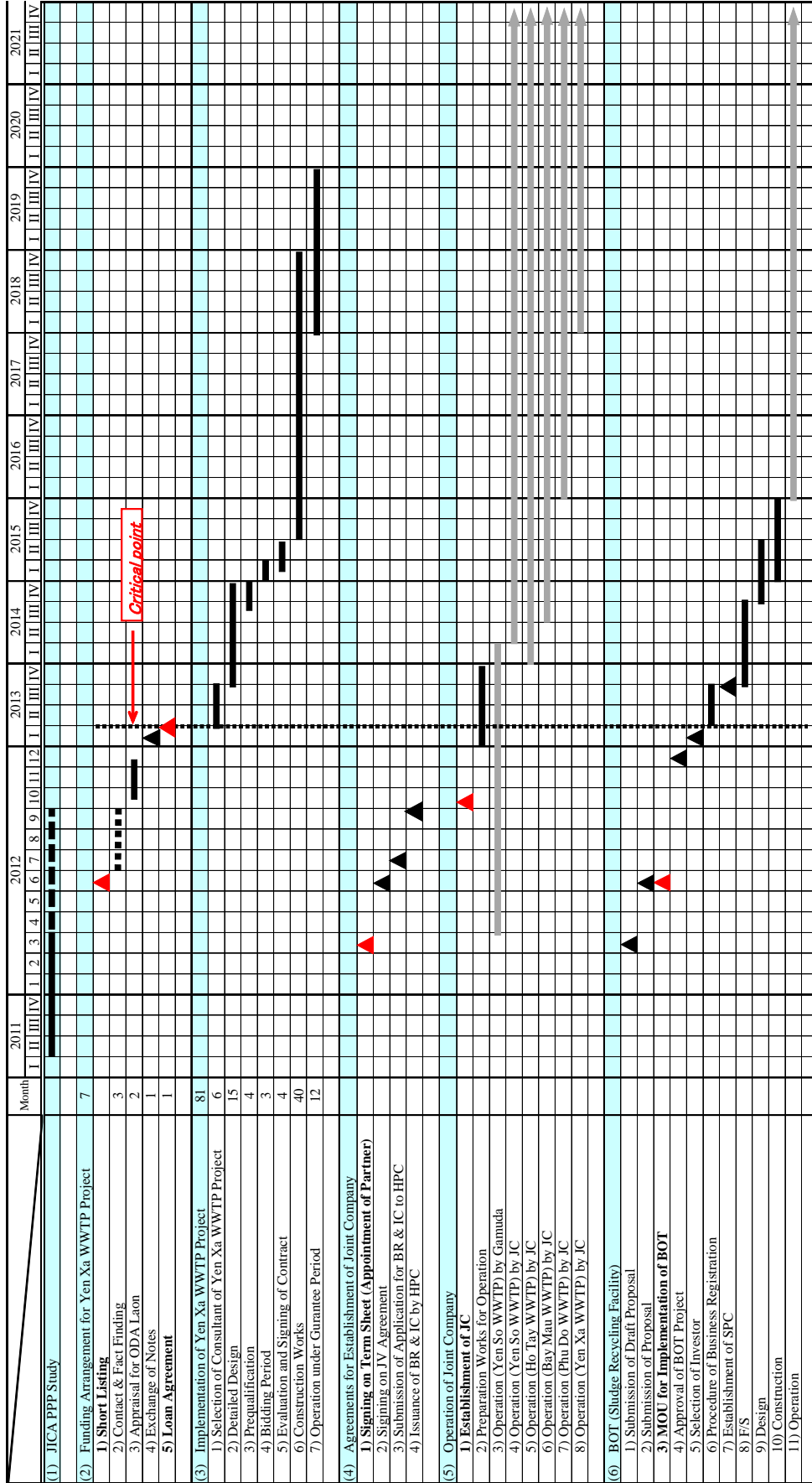
財源	説明
下水道料金収入	後述の財務分析結果より、現在の下水道料金を 10 倍値上げしても、維持管理コストが賄える程度であり、建設費をカバーすることは難しい。
税収（一般会計から）	2012 年ハノイ市の一般会計予算は約 1,528 million US\$であり、そのうち投資と開発のための支出は、70.8 million US\$である。
国庫からの補助	下水道事業を円借款の事業を実施する場合は、国への返済義務はない。

(出典：JICA 調査団)

下水管路・エンサ下水処理場の整備を行うためには莫大な資金が必要であり、下水道料金収入だけでは、運営・維持管理費がまかなえる程度である。このため、建設費については国庫補助あるいはハノイ市一般会計からの支出が不可欠である。

### 3.4 事業実施スケジュール

円借款によるエンサ下水処理場建設事業（下水管路、下水処理場の建設）、合弁会社の設立、汚泥資源化 BOT 事業の実施に係わる実施計画を図 3.4.1 に示す。



(出典：JICA 調査団)

図 3.4.1 エンサ下水処理場建設事業、合弁会社設立及び汚泥資源化 BOT 事業の実施計画

## 第4章 O&M 合弁会社の設立

### 4.1 事業スキームの検討

#### 4.1.1 O&M 合弁会社の必要性と展開方針

下水処理場の維持管理業務と、汚泥リサイクル事業は、お互いの業務が密接に関係しているため、同じ組織が実施することが望ましい。さらに、この2つの業務には、高いスキルとノウハウが求められているため、HPCは、技術面、資金調達面で実績を持つ日本企業と合弁で、維持管理会社を設立することが提案されている。

合弁会社の業務は、ハノイ市の下水処理場や汚泥リサイクル事業の維持管理だけでなく、今後保有する技術を活かして、コンサルタントサービス、技術移転サービス、建設業にも拡張ゆく予定である。

#### 4.1.2 業務内容

##### 初期段階

合弁会社の業務内容は段階的に拡大させてゆく計画であるが、今回の提案は、初期段階として、以下の施設を対象とした維持管理業務を計画している。

##### 1) HPCからの受託予定業務

- ホータイ下水処理場の維持管理業務（2014年1月から開始、容量：15,000 m<sup>3</sup>/day）
- エンソ下水処理場の維持管理業務（2014年4月から開始、容量：200,000 m<sup>3</sup>/day）
- バイマウ下水処理場の維持管理業務（2014年7月から開始、容量：13,300 m<sup>3</sup>/day）
- フド下水処理場の維持管理業務（2016年1月から開始、容量：84,000 m<sup>3</sup>/day）
- エンサ下水処理場の維持管理業務（2018年1月から開始、容量：270,000 m<sup>3</sup>/day）

##### 2) 汚泥リサイクルBOT事業を実施するSPCからの受託業務

- 汚泥資源化センターの維持管理業務（2016年1月から開始、容量：185 m<sup>3</sup>/day（脱水汚泥）、施設の将来はAppendix-B参照）

なお、事業期間は、エンサ下水処理場の稼働開始から20年後の2037年末までとしている。

##### 発展段階

今後、拡張が予定されている合弁会社の業務内容として、以下があげられる。

- ハノイ市の他の下水処理場や、他の都市の下水処理場の維持管理業務
- 他の市への技術研修サービス
- 技術コンサルタント業務
- 建設業務

## 4.1.3 HPC と合弁会社の役割分担とリスク分担

新たに設立する合弁会社と委託先である HPC との役割分担、リスク分担を、表 4.1.1 に示す。

保険にてリスク軽減させる条項については保険料及び保険内容を精査した上で、どの保険に加入しリスク軽減させるかの検討が必要である。これについてはリスクコンサル兼保険ブローカーと協議の上、最適な保険プログラムを組成する予定である。

表 4.1.1 HPC と合弁会社との役割分担、リスク分担

段階	リスク分類	リスク種類	リスクの内容と説明	負担者		
				運営会社	市	
共通	資金調達リスク	資金調達リスク	事業実施に必要な資金を調達できないリスク	○		
	用地リスク	用地リスク	事業実施に必要な土地を調達できないリスク		○	
	制度関連リスク	運営会社設立に関するリスク	運営会社設立の遅延		○	
		法令変更リスク	運営・維持管理業務に係る法令の変更・新設に関するリスク			○
			上記以外で、本事業のみならず広く一般的に適用される法令の変更・新設に関するリスク		○	
		税制度変更リスク	税の範囲及び税率の変更、新設に伴うリスク 民間によるコントロール不能			○
	許認可遅延リスク	市が取得すべき許認可の取得の遅延等による増加費用			○	
			事業者が取得すべき許認可の取得の遅延等による増加費用		○	
	社会的リスク	インフラ整備に関するリスク	電気・水道・道路等のインフラとのインターフェースの未整備による遅延、増加費用			○
		住民・近隣対策リスク				○
	金利変動リスク	金利変動リスク			○	
	物価変動リスク 為替リスク	物価変動リスク 為替リスク	算式を用いてリスク分担		○	○
	不可抗力リスク	不可抗力リスク	一定の規模を超える自然災害、戦争・暴動その他人為的な現象による施設の損害、運営・維持管理業務の変更・中止 民間によるコントロール不可。			○
	債務不履行リスク	債務不履行リスク	市の責めに帰すべき事由による債務不履行リスク サービス購入費の支払い遅延等による費用増加			○
			事業者の責めに帰すべき事由による事業放棄、破綻リスク 金融機関、出資・協力企業の破綻、債務不履行による追加費用負担、違約金支払い		○	
オペレーション段階	施設運営リスク	O&M コストリスク	事業者の責めに帰すべき事由（適切な維持管理業務を怠ったこと等）による施設の劣化に伴うコスト増大		○	
			物価変動、為替変動に伴うリスク 計算式を用いてリスク分担		○	○

			物価変動、為替変動に伴うリスク 計算式を用いてリスク分担	○	○
		リプレースメント（更新工事）コストリスク	事業者の責めに帰すべき事由（適切な維持管理業務を怠ったこと等）による施設の劣化に伴うコスト増大	○	
			予定より磨耗が激しいなどによる更新頻度の増加による費用増加	○	
	需要変動リスク	需要変動リスク	下水発生量の変動に伴うリスク 計算式を用いてリスク分担	○	○
	要求水準未達等リスク	性能未達・処理能力未達リスク	市の責めに起因する処理能力未達リスク 流入水条件未達によるもの（水質悪化、水量オーバー、下水への化学物質の流混入など）によるもの		○
事業者の責めに起因する処理能力未達リスク（品質の不適合リスク、人員不足リスク、人員能力不足リスク）			○		
不可抗力に起因する処理能力未達リスク				○	
		処理容量超過リスク	流入水量の超過リスク オーバーフローした放流水の水質条件については事業者は免責		○
	労務管理等リスク	労務管理および下請会社管理リスク	不祥事などに伴うレピュテーションリスク、従業員の不正、贈賄などの汚職リスク、従業員の労働災害	○	
		危機対応リスク	危機対応マニュアルの不備 危機対応時の連絡不能	○	
			ストライキ、サボタージュ、伝染病等の集団感染の対応不備、自然災害時（台風、地震等）の対応不備による費用増大	○	
		施設損傷もしくは設備・機器損害リスク	事業者の責めに帰すべき事由による施設の損害 運転ミスによる機器損傷、薬物等危険物質の漏洩事故に伴う除去費用発生など	○	
			市の責めによる火災、設備事故等による復旧費用		○
			不可抗力による施設もしくは設備・機器損害の損傷復旧費用		○

（出典：JICA 調査団）

#### 6.1.4 合弁会社の設立、組織形態の検討（出資比率・設立スケジュール・要員構成等）

合弁会社の業務内容： 5つの下水処理場の運営、施設の更新

資本金： 2.6 million US\$ （資本金の詳細は Appendix-A1 参照）

組織形態： 有限会社

出資者比率： HSDC が 35%、日本企業グループで 65%を出資予定

（日本企業グループの提案）

資本金は 2.6 million US\$を考えている。これは、合弁会社設立のための費用 0.5 million US\$と、当初 18 カ月の人件費分を想定している。また、基本的に無借金で経営できる体



制を目指している。

なお、日本企業グループが、HSDC と日本企業グループの出資比率を 35% : 65% で提案する理由は以下の通りである。

- ✓ ベトナムの統一企業法より普通決議議決権の獲得条件が出資比率 65% 以上と規定されている。
- ✓ 今回の合弁会社の設立目的の 1 つは、今後本格的に整備・運営される下水処理場への適正かつ効果的な O&M ノウハウの技術移転及び日本の会社経営ノウハウを移転する事であり、少なくとも通常の会社経営に必要な事項を速やかに決定し、日々のスムーズなオペレーションを実施するためには、普通決議議決権を日本側単独で決議できるようにする必要がある。
- ✓ 一方、ベトナム側は、日本側が単独で普通決議議決権を持つことは望ましくないと考えており、日本企業グループの出資比率を 65% に満たない率(51%)にすることを提案している。

HSDC 及び、日本企業グループの責任分担を表 4.1.2 に示す。本社の主要スタッフの役割を表 4.1.5 に示す。また、提案する合弁会社の組織図を図 4.1.1 に示す。

表 4.1.2 出資者の責任分担

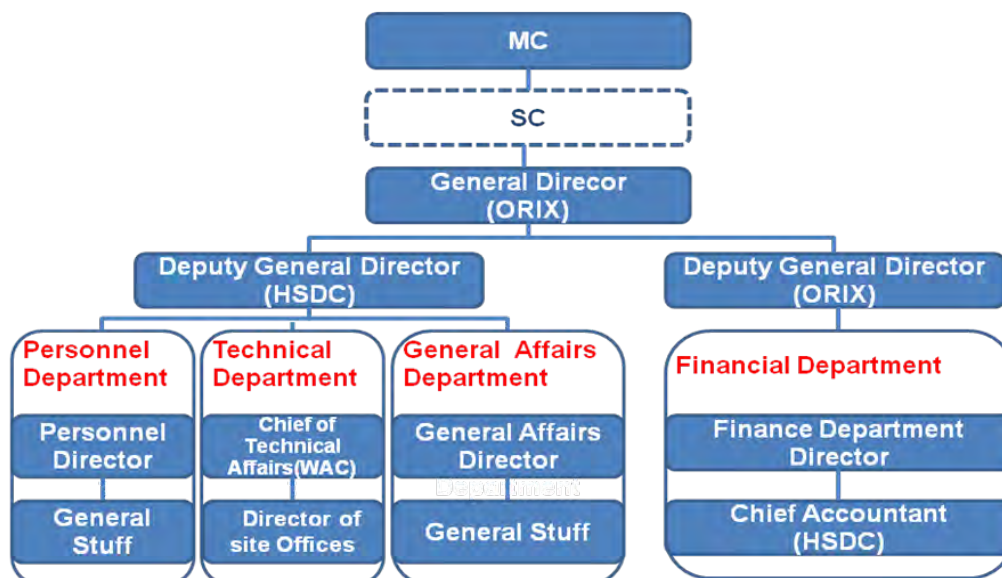
出資者	役割と責任
HSDC	1) 資本金の 35% (0.91 million US\$) を出資 2) 下記のポジションの担当業務を随行できる能力をもった要員の手配： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC の Chairman</li> <li>・ 本社スタッフ 1 名、Deputy General Director / Chief of General and Personal Affairs</li> <li>・ 各処理場の主要スタッフそれぞれ 3 名 (Director of site office, Vice director/manager of wastewater treatment, Manager of general director)</li> </ul>
日本企業グループ	1) 資本金の 65% (1.69 million US\$) を出資 2) 下記のポジションの担当業務を随行できる能力をもった要員の手配： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MC Member 2 名</li> <li>・ 本社スタッフ 3 名、General Director, Deputy of General Director/ Chief of Financial Affairs, and Chief of Technical Affairs</li> </ul> 3) ベトナム人スタッフへのトレーニングの用意と適切な技術移転の実施

(出典：JICA 調査団)

表 4.1.3 合弁会社本社主要スタッフの役割

役職	役割
Chairman (ベトナム人、HSDC 派遣)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社員総会の事業計画及びスケジュールの準備、社員総会、社員の意見を聴取するための会議のスケジュール、計画及び資料の準備、社員総会の招集・進行</li> <li>・社員総会の決定事項の執行状況の監督</li> <li>・社員総会に代わり社員総会の決定への署名</li> <li>・統一企業法及び定款に規定されるその他の権限及び任務</li> </ul>
General Director (日本人、Orix 派遣) ※常駐：法定代表者	<p><u>執行業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・社員総会の決議事項の執行</li> <li>・会社の通常活動に関連する全ての業務の決定</li> <li>・会社の経営計画及び投資計画の遂行</li> <li>・会社の代表としての契約の締結</li> <li>・会社における各管理者・役職員の指名、解任及び降格の決定</li> <li>・会社における社員の給与改定の承認</li> <li>・従業員の雇用の決定</li> </ul> <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・社内管理規定の社員総会への提案</li> <li>・会社の内部組織についての提案</li> </ul>
Deputy General Director/ Chief Financial Officer (日本人、Orix 派遣)	<p><u>執行業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・財務部の管掌</li> <li>・財務、経理業務の承認及び実行</li> </ul> <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・監査規則の立案、実施</li> <li>・財務・経理規則の立案・監修</li> <li>・配当損失処理の提案</li> <li>・経営企画・投資企画の立案</li> <li>・決算書・納税申告書の作成、社員総会への提出</li> </ul>
Deputy General Director・Chief Administrative and General Affairs (ベトナム人、HSDC 派遣)	<p><u>執行業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総務・人事規定に基づいた労務管理（給与・労働環境・就業勤怠管理）の業務執行</li> <li>・資器材の購入の立案、資機材の管理</li> <li>・技術移転プログラムの受入のための調整</li> <li>・ライセンス契約の履行状況確認</li> <li>・技術部長とともに危機管理と緊急時の対応</li> <li>・ハノイ市側との折衝調整窓口</li> </ul> <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人事考課・異動の作成・実施、General Director への提案</li> <li>・総務規則の立案・監修及び社員総会への提案</li> <li>・人事規則（就業・給与・福利厚生等）の立案・監修及び社員総会への提案</li> <li>・災害規則・危機管理マニュアルの作成・監修及び社員総会への提案</li> <li>・組織規則、業務分掌、職務権限規則の立案・監修社員総会への提案</li> </ul>
Chief of Technical Affairs (日本人、WAC 派遣)	<p><u>日常業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・O&amp;M サービスの管理、監督と、施設の稼働状態のモニタリング (PI との適合チェック)</li> <li>・社内技術者の管理・監督</li> <li>・維持管理技術移転の監督</li> <li>・危険物質の管理責任</li> <li>・技術的な問題に対する調査と対策の実施</li> </ul> <p><u>教育訓練</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・OM 計画及び修繕更新計画の作成、必要資機材のスペック作成</li> <li>・運営維持管理、危機管理、安全衛生管理マニュアルの作成</li> <li>・立ち上げ段階のオペレーション指導（コントラクターとの共同作業）</li> <li>・技術要員（従業員）の長期的な教育訓練計画の作成と実施</li> </ul>
Chief Accountant (HSDC)	<p><u>日常業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・会計、経理の一般業務の実施</li> </ul> <p><u>文書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・決算書類の作成、管理監修</li> </ul>

(出典：JICA 調査団)



(出典：JICA 調査団)

図 4.1.1 合弁会社の組織図

会社形式を、株式会社にするか、有限会社にするかの議論はあったが、前述のように、現在、有限会社にすることで合意している。

初期段階においては、合弁会社は、5 つの下水処理場と 1 つの汚泥リサイクルセンターの運営維持管理業務を実施する予定であため、合弁会社は、本社機能と 6 つの現場事務所によって構成される組織となる予定である。必要となるスタッフの職種と人数を以下に示す。

表 4.1.4 合弁会社の経営・管理職のリスト

Position	Nationality	Status	Origin
<b>[MC]</b>			
Chairman (HSDC)	Vietnamese	Full-time	HSDC
Representative of ORIX	Japanese	Part-time	ORIX
Representative of Water Agency	Japanese	Part-time	WAC
<b>[Headquarters]</b>			
General Directors	Japanese	Full-time	ORIX
Deputy General Director/Chief of financial affairs	Japanese	Full-time	ORIX
Deputy General Director/Chief of general and personnel affairs	Vietnamese	Full-time	HSDC
Chief Accountant	Vietnamese	Full-time	HSDC
Chief of Technical Affairs	Japanese	Full-time	WAC
General Staff (General and personnel affairs)	Vietnamese	Full-time	Recruitment
General Staff (Financial and technical affairs )	Vietnamese	Full-time	Recruitment
General Staff(Secretary & Interpreter)	Vietnamese	Full-time	Recruitment

(出典：JICA 調査団)

表 4.1.5 下水処理場 5 ヶ所のオペレーションスタッフ

	Works items	Jobs Category	Staff Number				
			Yen Xa WWTP	Yen So WWTP	Bai Mau WWTP	Phu Do WWTP	Ho Tay WWTP
1	Director	Wastewater treatment	1	1	1	1	1
2	Vice Director	Machines	1	1		1	
3	General affairs	Manager	1	1		1	
		General	1	1	1		1
		Sub total	3	3	1	1	1
4	Water treatment	Manager	1	1	1	1	1
		Water analysis	2	2	1	2	1
		Monitoring & Control	12	8	4	4	4
		Daily check & Round	3	3	1	2	1
		Sub total	18	14	7	9	7
5	Maintenance	Manager	1	1		1	
		Water treatment	3	2	1	1	1
		Sludge treatment	3	3	1	1	1
		Sub total	7	6	2	3	2
6	Sludge treatment	Manager	1	1		1	
		Operation	12	12		1	
		Daily check & Round	2	2	1	1	1
		Sludge disposal					
		Sub total	15	15	1	3	1
7	Guards	Manager	1	1			
		Guards	4	4	4	4	4
		Environmental Equip.					
		Sub total	5	5	4	4	4
Total			49	44	16	22	16

(出典：JICA 調査団)

表 4.1.6 汚泥乾燥施設のオペレーションスタッフ

	Works items	Jobs Category	Numbers
1	Director	Wastewater treatment	1
2	General affairs	Manager	1
		General	0
		Procurement	0
		Sub total	1
4	Drying Beds	Manager	1
		Water analysis	0
		Monitoring & Control	0
		Daily check & Round	2
		Sub total	3
5	Maintenance	Manager	1
		Drying Beds	0
		Drying Machines	1
		Sub total	2
6	Drying Machines	Manager	1
		Operation	8
		Daily check & Round	3
		Sludge disposal	
		Sub total	12
7	Guards	Manager	0
		Guards	4
		Environmental Equip.	
		Sub total	4
Total			23

(出典：JICA 調査団)

#### 4.1.5 事業認可の取得（手続き・スケジュール・F/S作成・承認・入札等）

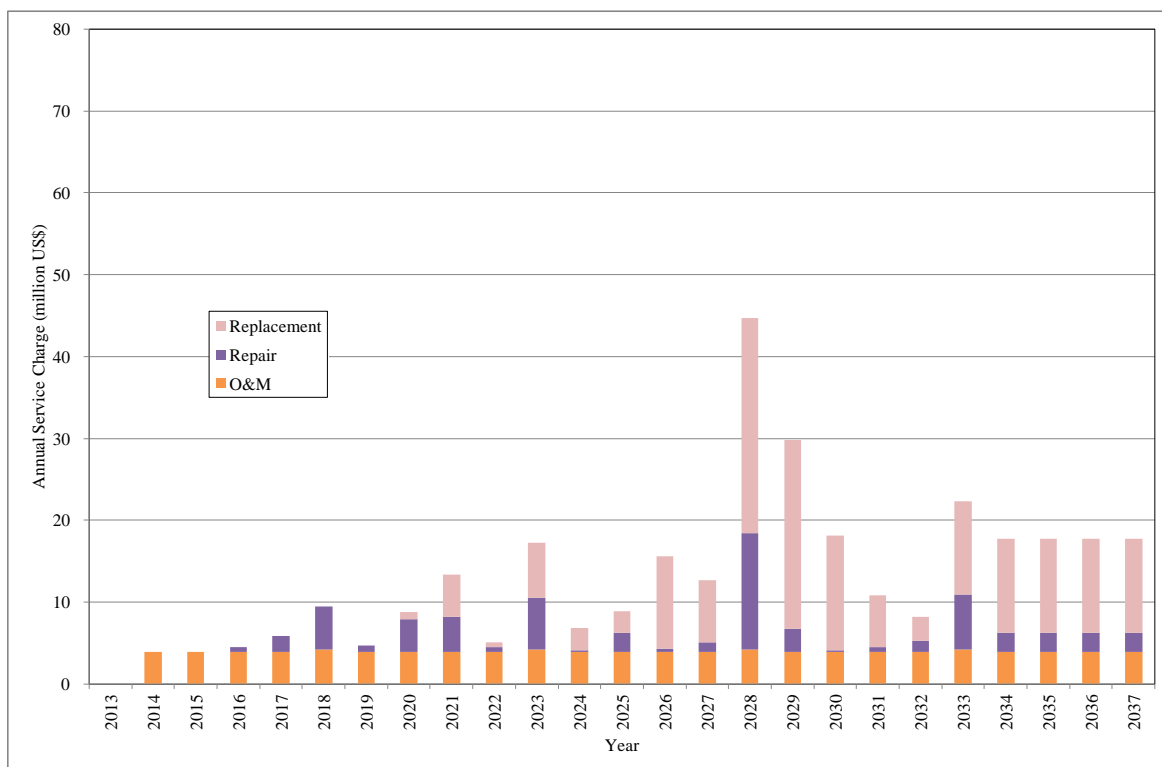
2012年2月時点の調査団の提案では、エンサ下水処理場事業のL/A締結と同時期の、2013年3月までに合弁会社の設立を行い、翌年、2014年1月から、O&Mサービスを開始する予定であった。当初のスケジュールは下記に示す通りだが、2012年12月に、合弁会社設立協議は一旦打ち切られており、現在、設立の目処は立っていない。

2012/06	JV合意書、約款、維持管理サービス合意書の締結
2012/07	合弁会社のビジネス登録と投資承認の申請書の提出
2012/09	SPCのビジネス登録とHPCによる投資承認の発行
2013/01 – 2013/12	O&Mサービス開始のための準備期間（1年間）
2014/01 – 2037/12	O&Mサービス期間（23年間）

#### 4.1.6 合弁会社の支出とサービス料金について

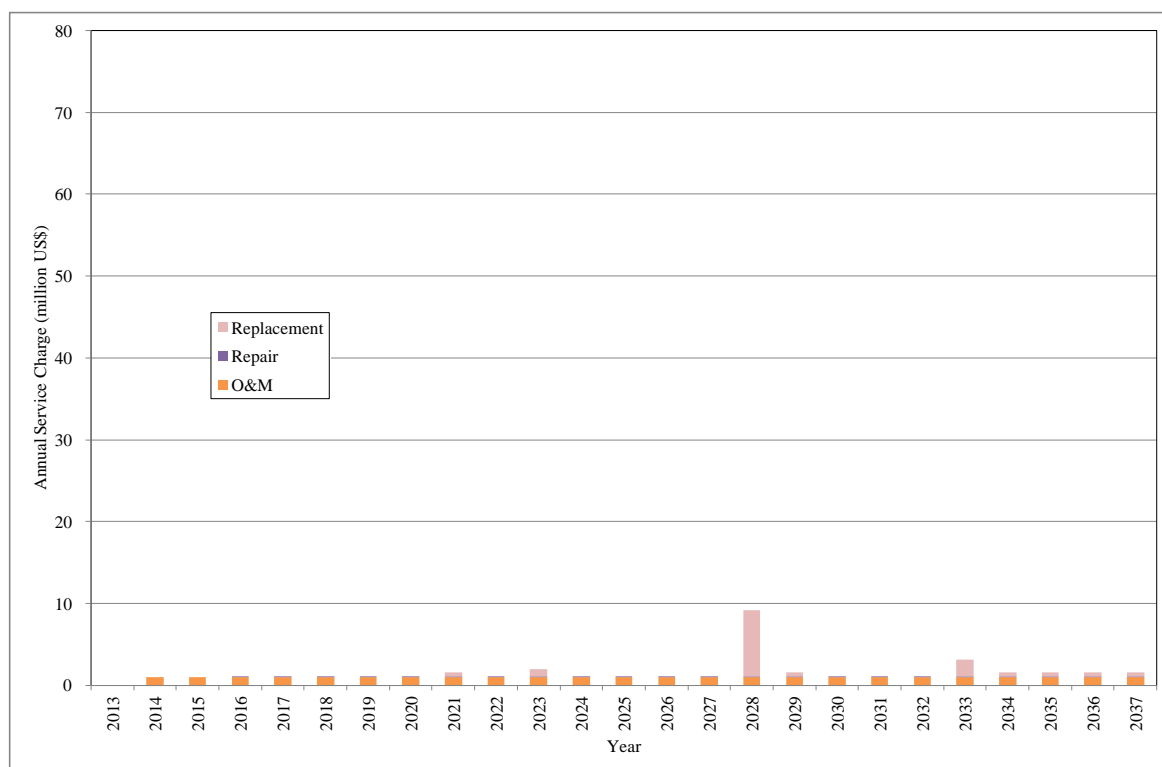
5つの下水処理場及び汚泥資源化センターのO&M、修繕、設備更新のために必要な毎年のコストを算出した。それぞれの処理場、センター毎の結果を、図4.1.2から4.1.7までに示す。大きな支出は、通常、建設から15年後、20年後に必要な設備更新費用である。図4.1.8に合弁会社が全ての施設の運営のために必要な毎年の費用を示す。2028年、2032年、2033年には、70 million US\$以上の支出が必要である。図4.1.9には、設備更新の費用を除いた支出額を示している。通常、毎年20-30 million US\$が必要であることがわかる。

これらの支出に利潤を載せてサービス料金を算定する。設備更新費を含めた総額を考慮し、毎年のサービス料金を平準化すると、サービス料金は、図4.1.10に示すとおりとなる。全ての施設が稼働すると、請求するサービス料金は、毎年約50 million US\$になる。これは、ハノイ市の一般会計予算(2012年)約1,528 million US\$のうち約3.2%にあたる。



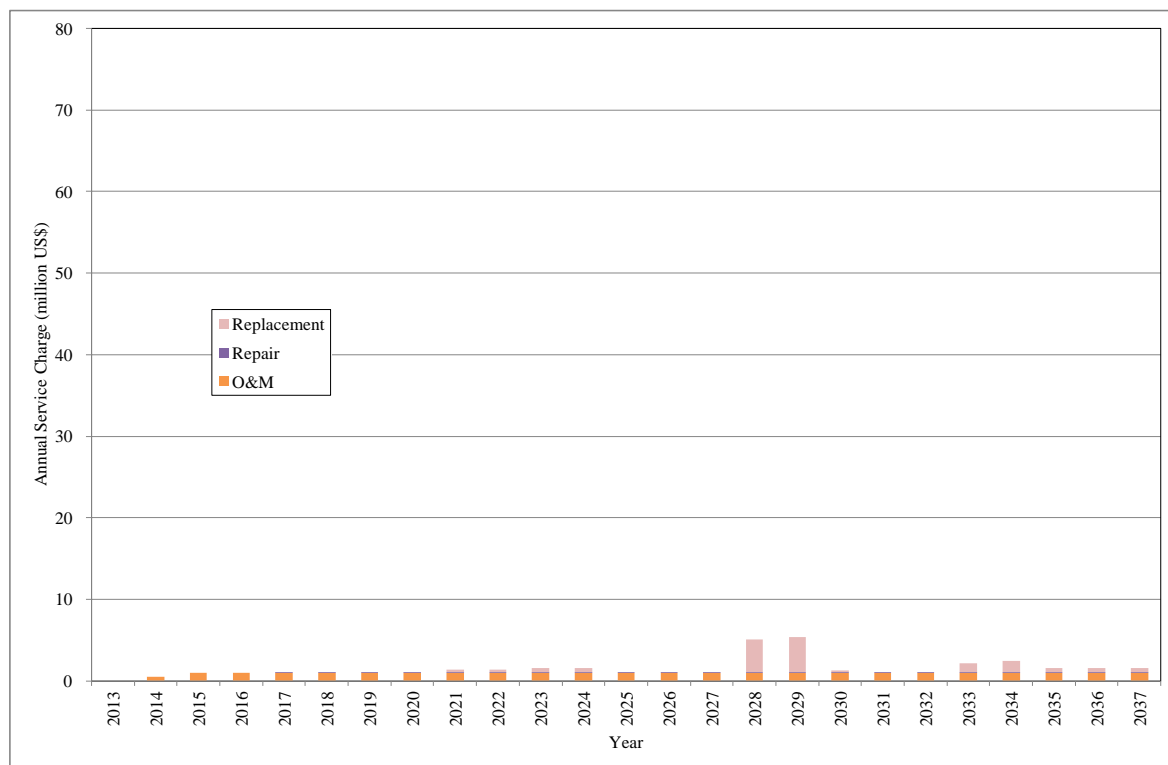
(出典：JICA 調査団)

図 4.1.2 エンソ下水処理場の O&M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出



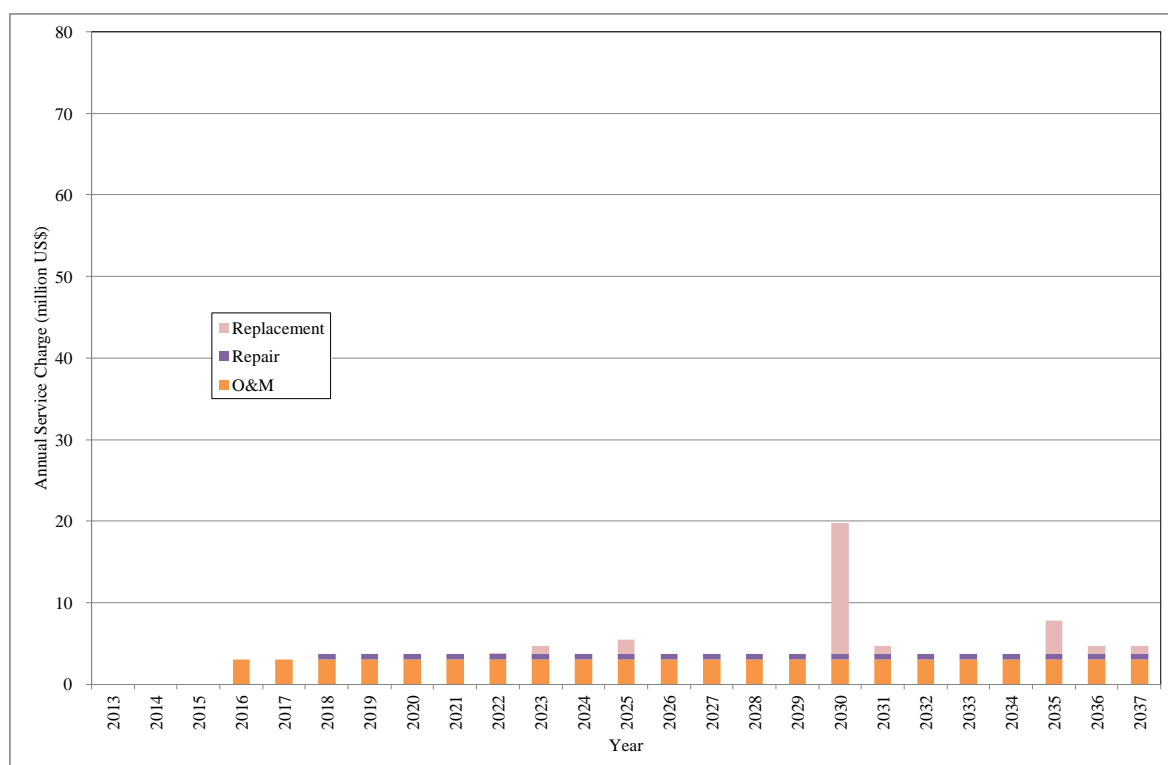
(出典：JICA 調査団)

図 4.1.3 ホータイ下水処理場の O&M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出



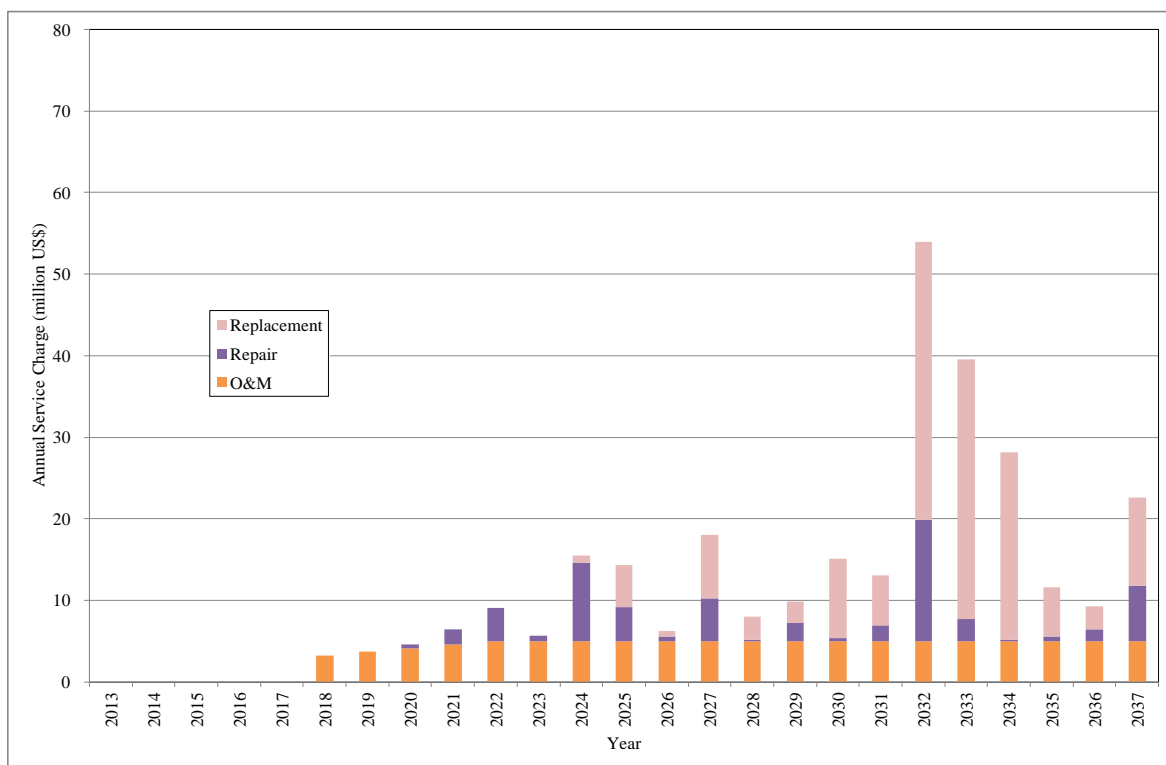
(出典：JICA 調査団)

図 4.1.4 バイマウ下水道処理場の O&amp;M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出



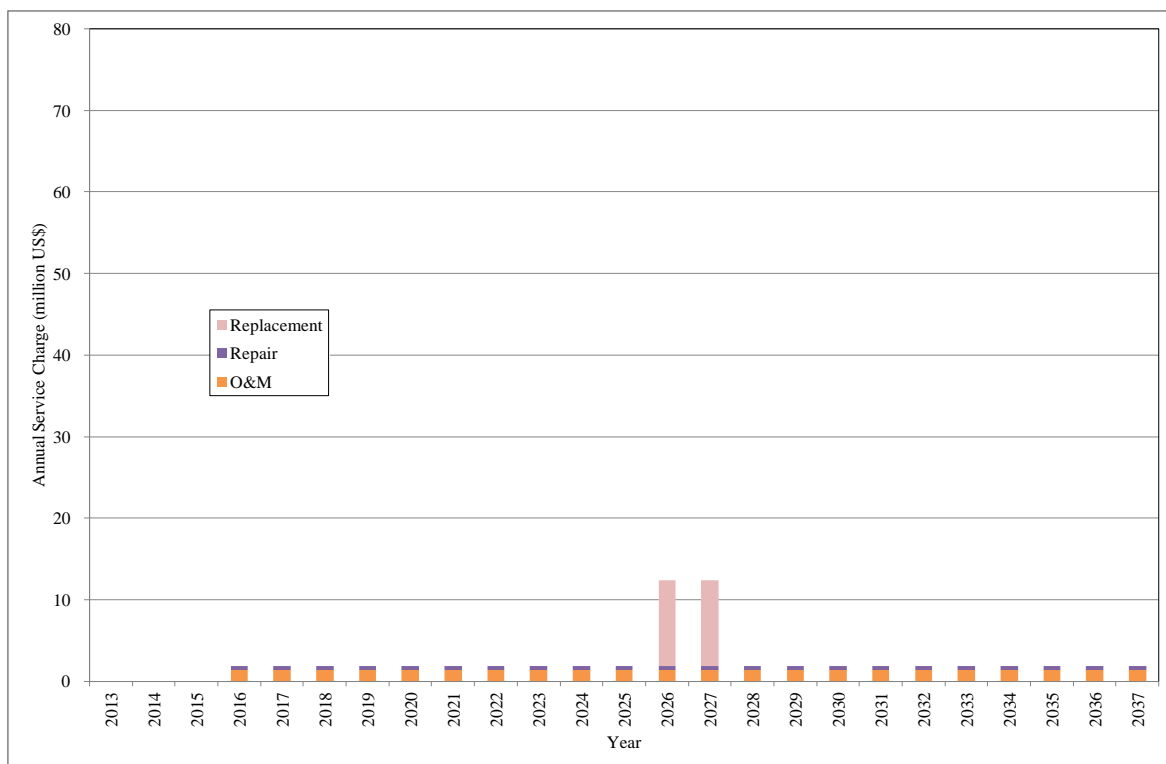
(出典：JICA 調査団)

図 4.1.5 フドウ下水道処理場の O&amp;M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出



(出典：JICA 調査団)

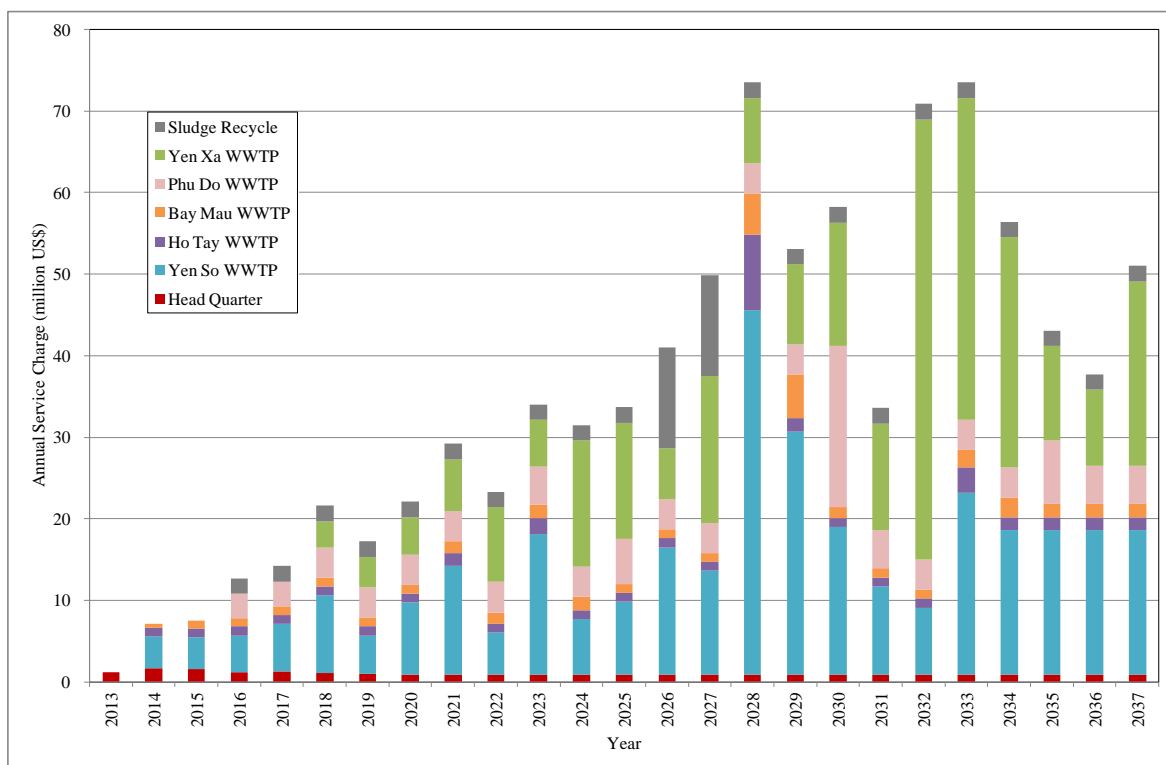
図 4.1.6 エンサ下水道処理場の O&M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出



(出典：JICA 調査団)

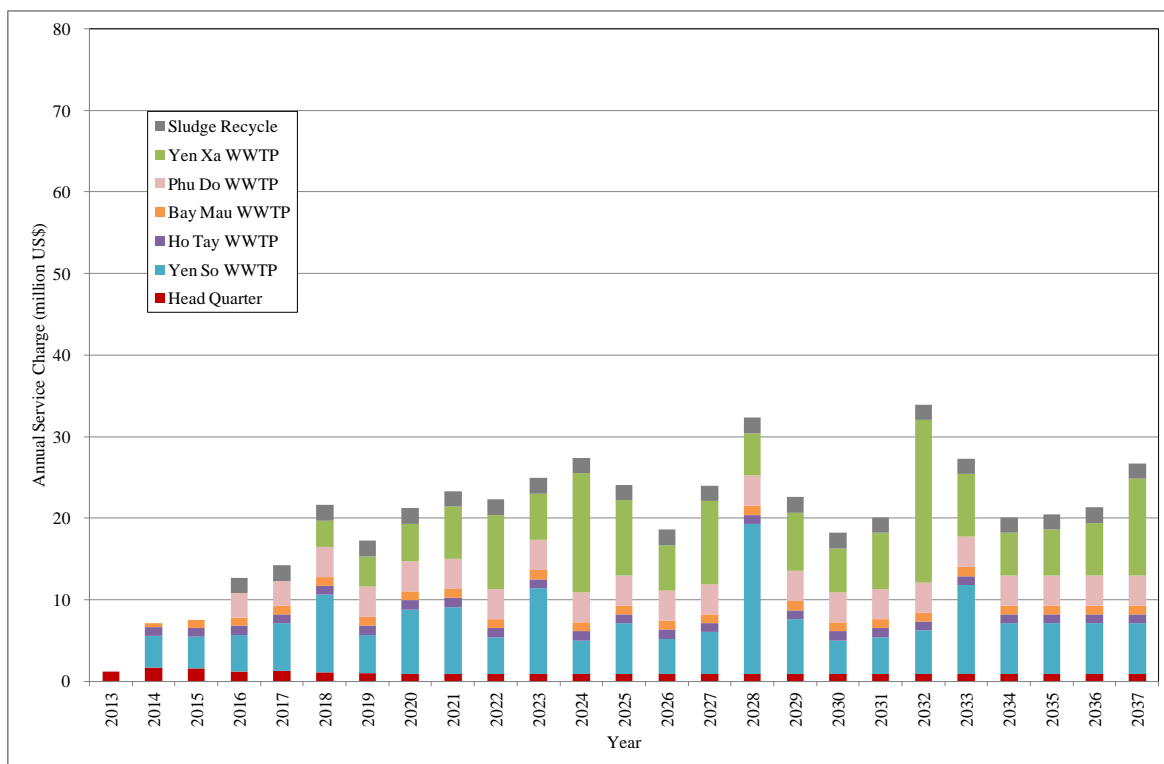
図 4.1.7 エンソ汚泥資源化センターの O&M、修繕、更新に伴う合弁会社の支出





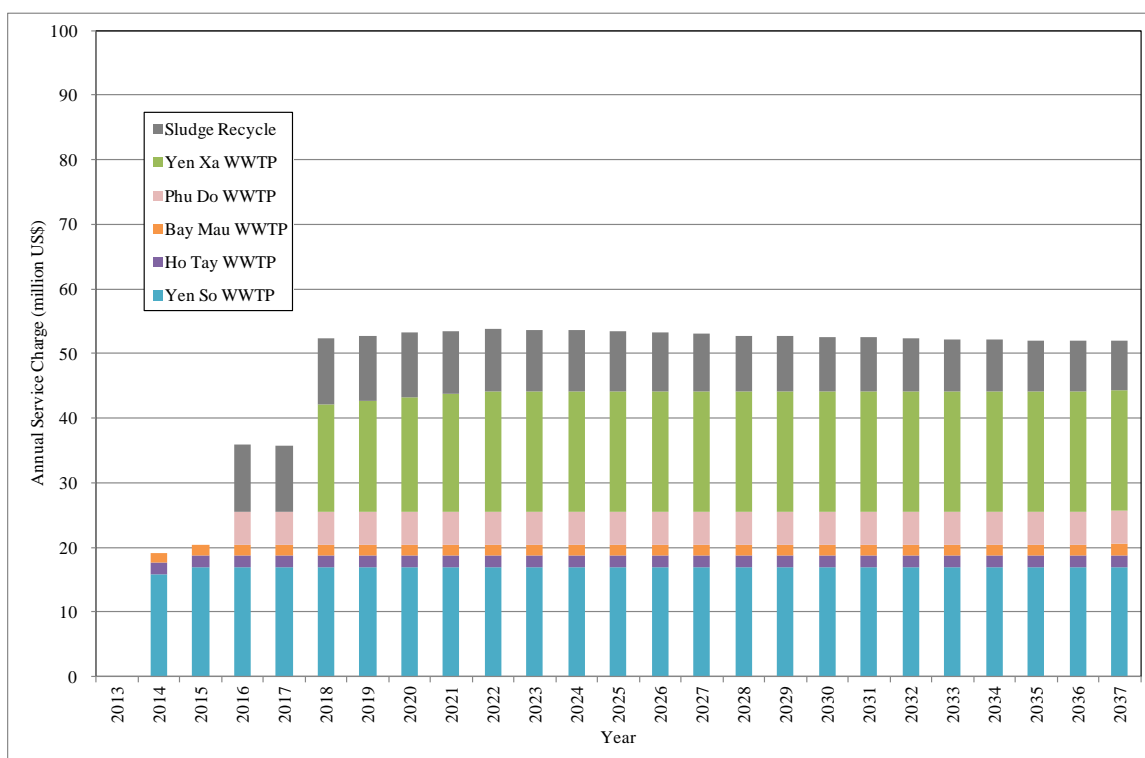
(出典：JICA 調査団)

図 4.1.8 合併会社の総支出（設備更新費含む）



(出典：JICA 調査団)

図 4.1.9 合併会社の総支出（設備更新費抜き）



(出典：JICA 調査団)

図 4.1.10 毎年のサービス料金試算

## 4.2 財務分析手法について

### 4.2.1 財務分析モデルについて

事業の収益性を分析する為、財務分析モデルを作成した。当該モデルは、次項「4.2.2 計算条件について」で挙げる複数の条件項目を有し、条件設定を変更することで、サービス対象施設それぞれの事業収支推移と、合弁会社（Joint Venture Company：JC）の財務内容（損益計算書、貸借対照表、キャッシュフロー）推移が自動的に変更される仕組みとなっており、異なる条件に基づく事業シミュレーションをすることができる。また、各シミュレーション結果に対する感度分析も可能としている。

### 4.2.2 主な前提条件

本項では、JCの財務分析に用いた主な前提条件を記述する。

#### (1) JCの業務範囲関連前提条件

##### a. 運營業務を担う対象下水処理場

JCは、HPCとの間でO&M契約を締結し、ハノイ都市部でHPCが保有する上水場（「HPC上水場」）のO&M業務を担うことを想定している。また、エンソ汚泥資源化センター（「汚泥資源化センター」または「Sludge processing facility」）に関しては、当該施設の建設、運営をBOT方式で行うSPCから、同施設のO&M業務を下請の形で担うことを想定している。

HPCの下水処理場のうち、JCがその運營業務を行う下水処理場は特定されていないが、本分析では、以下の2ケースを想定した。

ケース	運営を担う施設（対象施設）
Case A	Yen Xa WWTP、Yen So WWTP、Bay Mau WWTP、Phu Do WWTP、Ho Tay WWTP 及び 汚泥資源化センターの O&M 業務を担う
Case B	Yen Xa WWTP、Bay Mau WWTP、Phu Do WWTP、Ho Tay WWTP 汚泥資源化センターの O&M 業務を担う（Case A に対し Yen So WWTP を除いている。）

上記の表中に記載したように、Case BではCase Aの対象施設からYen So WWTPを除外し、Case Aとの比較対象としている。これは、対象施設としてYen Xaの次に大規模なYen Soの有無により、合弁会社から得られる投資成果（売上）は大きく異なると予想されることから、この違いを確認するためにCase AとCase Bに分類した。

##### b. JCのO&M業務の範囲

本項での想定（検討）のポイントは、各対象施設において更新改修業務をどのようにJCのO&M業務の範囲に見込むか（見込まないか）である。

これについては、下記3ケースを想定した。

ケース	JC の O&M 業務の範囲	
	下水処理	汚泥資源化センター
Case 1	○	△
Case 2	△	△
Case 3	—	△

○：JC が施設の老朽化リスクを負担して施設の更新改修業務を行う。なお、当該更新改修業務の対価は、更新改修の都度負担した費用を受領するのではなく、予め合意されたサービス対価に含まれる形で原則運営期間中に平準化して受領する。

△：施設の運営には、更新改修業務が含まれるが、JC は施設の老朽化リスクを負担せず、更新改修の都度 JC は負担した費用を SPC から受領する。

—：JC は更新改修業務を行わない。

## (2) スケジュール関連前提条件

### a. JC の設立時期

O&M 業務を 2014 年から開始することができるように、JC は 2013 年の年初に設立されると想定した。

### b. O&M 業務の期間

下記のように想定した。なお、O&M の期間は、全ての対象施設について、2037 年 12 月末（Yen Xa WWTP の O&M 業務を JC が開始してから 20 年後）に終了するものと想定した。

施設	運営期間開始	運営期間終了	Period
Yen Xa WWTP	2018 年 1 月	2037 年 12 月	20 年
Yen So WWTP	2014 年 3 月	2037 年 12 月	23 年 9 カ月
Bay Mau WWTP	2014 年 7 月	2037 年 12 月	23 年 6 か月
Phu Do WWTP	2016 年 1 月	2037 年 12 月	22 年
Ho Tay WWTP	2014 年 1 月	2037 年 12 月	24 年
汚泥資源化センター	2016 年 1 月	2037 年 12 月	22 年

\*なお、財務分析上は、単純化のため、年の途中に O&M 業務を開始するとしている施設についても年初から業務を開始する想定としている。

## (3) 運営費関連前提条件

### a. 基本条件

各施設の処理能力(m<sup>3</sup>/日), Capacity Factor(%) (注:Availability Factor と同義), 稼働率(%), 及び処理量('000 m<sup>3</sup> 年)に関し、想定している基本条件は Attachment 1 参照。

**b. 運営費想定**

--

**c. 更新改修費想定**

--

上記「20%」は、JC がライフサイクルでの施設の維持管理マネジメントを行うとした場合（4.2.2(1)における”Case 1”）に対して、当該マネジメントが行われないことに対するコストの増加幅として想定したものであるが、当該値の設定については、日本及び英国における PFI/PPP 導入の効果として公表されている数値（下記）を参考にした。PFI/PPP においては、一般的に対象施設のライフサイクルでの維持管理業務が民間に委ねられており、下記事例は、ライフサイクルでの施設維持管理マネジメントが行われることの効果（当該マネジメントが行われないことのコスト増）についての定量的指標として参照しうるものと考えられるため、参考としたものである。

- ✓ 上記「20%」は、JC がライフサイクルでの施設の維持管理マネジメントを行うとした場合（4.2.2 における”Case 1”）に対して、当該マネジメントが行われないことに対するコストの増加幅として想定したものであるが、当該値の設定については、日本及び英国における PFI/PPP 導入の効果として公表されている数値（下記）を参考にした。PFI/PPP においては、一般的に対象施設のライフサイクルでの維持管理業務が民間に委ねられており、下記事例は、ライフサイクルでの施設維持管理マネジメントが行われることの効果（当該マネジメントが行われないことのコスト増）についての定量的指標として参照しうるものと考えられるため、参考としたものである。
- ✓ 英国財務省の 2000 年のレポートによると、PSC（Public Sector Comparator: PFIで行う事業を公共事業で行ったとした場合の想定されるコスト）が判明している 29 件の PFI プロジェクトで、PFI 導入によるコスト縮減は 17%であった。（これは、当該 PFI 案件を仮に公共事業として行っていけば、PFI を導入した場合と比べて、20.5% (=17%/ (100%-17%))のコスト増加の可能性があった、ということになる。）

**(4) 資金調達関連前提条件****a. 財務分析で使用した通貨単位とインフレ率の想定**

USD 建てで計算を行った。インフレ率（USD 建ての計算のため米国のインフレ率を想定して計算に用いた）は 3% と想定した。

**b. 税金**

- ✓ 付加価値税: 10%
- ✓ 資産税: なし
- ✓ 法人税: 25% であるが、下記 2 つの優遇税制の適用が可能であると想定した。(根拠法令: Decree No.124/2008/NC-DP (Detailing and guiding the implementation of a number of articles of the law on enterprise income tax))

優遇法人税率	法人勢減免
15 年目まで: 10%	4 年目まで: 100% 減免
以降: 20%	以降 19 年目まで: 50% 免除

**c. JC の資金調達**

JC への出資額を US\$2.1 百万とし、2013 年の JC 設立時に全額出資が行われると想定した。当該出資以外は、資金調達（外部借入等）は想定していない。

なお、収支のサイトや、それに伴う運転資金の必要性については、現時点では分析を行っていない。

**d. 配当**

配当については、特に、「将来 JC が費用を支出して行う更新改修費の支出負担ができる範囲内で行う」ことが求められる。

この観点から、JC の配当は、将来の更新改修費の負担に耐えうる範囲内で行うという想定とした。

**(5) 収入関連前提条件**

--

### 4.3 財務分析結果

#### 4.3.1 分析を行ったケース

1.1に記載した、JCの業務範囲に関するケース設定から、以下6ケースについて分析を行った。

ケース	JCが運営を担う施設 (対象施設)	JCのO&M業務の範囲
Case A1	Yen Xa WWTP Yen So WWTP Bay Mau WWTP Phu Do WWTP Ho Tay WWTP	○: JCが施設の老朽化リスクを負担して施設の更新改修業務を行う。なお、当該更新改修業務の対価は、更新改修の都度負担した費用を受領するのではなく、予め合意されたサービス対価に含まれる形で原則運営期間中に平準化して受領する。
Case A2	汚泥資源化センター	△: 施設の運営には、更新改修業務が含まれるが、JCは施設の老朽化リスクを負担せず、更新改修の都度JCは負担した費用をSPCから受領する。
Case A3		—: JCは更新改修業務を行わない。
Case B1	Yen Xa WWTP Bay Mau WWTP Phu Do WWTP Ho Tay WWTP 汚泥資源化センター	○: JCが施設の老朽化リスクを負担して施設の更新改修業務を行う。なお、当該更新改修業務の対価は、更新改修の都度負担した費用を受領するのではなく、予め合意されたサービス対価に含まれる形で原則運営期間中に平準化して受領する。
Case B2	(Case A1,2,3に対し Yen So WWTP 除いて いる。)	△: 施設の運営には、更新改修業務が含まれるが、JCは施設の老朽化リスクを負担せず、更新改修の都度JCは負担した費用をSPCから受領する。
Case B3		—: JCは更新改修業務を行わない。

## 4.3.2 各ケース財務分析結果

6 ケースの財務分析結果を要約すると下表のとおりである。

		Case A1	Case A2	Case A3	Case B1	Case B2	Case B3
Operation Cost (Tariff – US\$/m <sup>3</sup> , 2011 price)	Yen Xa WWTP	0.243	0.246	0.131	0.247	0.250	0.133
	Yen So WWTP	0.246	0.248	0.125			
	Bay Mau WWTP	0.447	0.454	0.276	0.455	0.461	0.283
	Phu Do WWTP	0.209	0.211	0.155	0.213	0.214	0.159
	Ho Tay WWT	0.403	0.410	0.254	0.410	0.416	0.259
	Sludge reuse facility	91.2	91.2	91.4	91.4	91.3	91.5
JC Financial Result	Total Revenue (US\$MM)	1,666	1,783	987	1,047	1,115	675
	Total Income (US\$MM)	60	67	39	34	41	26
	Equity Return (%)	33.5%	24.3%	20.9%	12.9%	18.4%	15.9%
	Minumun Cash (US\$MM)	0.81	(1.90)	(2.02)	0.81	(3.53)	(3.27)

\* 上表において、汚泥資源化センターのコストには SPC のコストは含まれていない。

(出典：JICA 調査団)

各ケースを見ると、JC が施設の老朽化リスクを負担して施設の更新改修業務を行うケース (Case A1 及び B1)の方が、JC が老朽化リスクを取らずに更新改修業務を行うケース (Case A2 及び B2) よりライフサイクルでより低コストのオペレーションが可能である、という結果になる。これは、JC が施設のライフサイクルマネジメントを行うことによるコスト削減効果 (特に後年度) を反映したものであるが、HPC の側からすれば、そうした数値的なメリットの他にも、JC に施設老朽化リスクを転嫁することによって民間セクターのノウハウをより有効に活用でき、かつ自らは下水道政策をはじめとするマネジメントやモニタリングにより注力できる、という数値には表れないメリットもあると考えられる。

なお、ケース A1 と B1 の差異は、Yen So WWTP の O&M 業務を JC が担うかどうかであるが、この差は、端的には JC の収入の差になって現れる。即ち、Yen So WWTP の O&M 業務が JC の業務範囲に含まれるケース A1 では、JC の売上が 2014 年に USD 21 百万となり、2018 年には USD 50 百万を超えるのに対し、Case B1 (Yen So WWTP が含まれない) では、JC の売上は 2015 年 (設立 3 年目) に US\$10 百万未満、2017 年 (設立 5 年目) でも USD 10 百万程度、という売上の差異である。

ベトナム国外の投資家の視点からすると、投資をする以上、超長期とはならない期間 (例えば 3 年以内) で投資先から一定の成果 (売上の伸び) が見込まれることが重要であろうと考えられる。この観点からすると、ケース B1 は、3 年～5 年でも売上は USD10 百万レベルであり、「投資しても成果 (売上) は小さい」と見なされてしまう恐れもある。この点については、留意が必要であろうと考えられる。



#### 4.4 ハノイ市とJCとの契約条件の検討

ハノイ市とJCの事業に関する契約条件について下記に内容を記載する。

##### 4.4.1 契約項目と課題の抽出

	契約項目	契約項目詳細
①	基本条項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業目的</li> <li>・施設住所</li> <li>・利用目的</li> <li>・処理能力</li> <li>・用語の定義</li> <li>・契約書の使用言語</li> <li>・金銭の支払い通貨</li> <li>・契約履行に用いる時刻</li> <li>・準拠する法令</li> <li>・権利義務の譲渡に関して</li> <li>・行政手続き</li> </ul>
②	契約の権利	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設の建設、運営、保守点検を行う権利</li> <li>・施設の修繕、更新を行う権利</li> </ul>
③	契約期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設期間1年、運営期間23年</li> </ul>
④	運営と保守点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本原則</li> <li>・ハノイ側の責任（権利義務）</li> <li>・JC側の責任（権利義務）</li> <li>・保守の責任</li> <li>・運行と保守マニュアル</li> <li>・汚泥量の計量及び成分分析</li> <li>・汚泥処理計量データ</li> <li>・修繕、更新</li> <li>・資產品質の保全</li> <li>・資産施設の品質状況報告及びハノイ側監督検査</li> <li>・環境保護</li> <li>・業務の監督、調査</li> <li>・業務内容の変更、中止</li> <li>・業務の中断</li> <li>・業務の終了</li> <li>・業務終了後の施設の引継ぎ</li> <li>・業務報告及び検査</li> <li>・違約金の徴収</li> <li>・従業員の災害に対する措置</li> <li>・不可抗力による損害</li> </ul>
⑤	サービス購入費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス購入費の定義及び構成</li> <li>・ハノイ側及びSPCJCの権利と義務</li> <li>・サービス購入費の支払い</li> <li>・異常状況における約定</li> <li>・運営期間の変更</li> <li>・賃金、物価の変動</li> <li>・債務不履行及び契約の解除</li> <li>・ハノイ側及びSPCJC側の責による契約の終了</li> <li>・契約解除後の措置</li> <li>・債権債務の相殺</li> </ul>
⑥	解釈と論争の解決	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本契約上の解釈</li> <li>・双方の友好的な話し合いによる解決</li> <li>・仲裁</li> <li>・論争解決期間の履行</li> </ul>
⑦	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・秘密保持</li> <li>・管轄裁判所</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定めの無い事項</li> <li>・ 通知</li> <li>・ 契約部数と関連書類</li> <li>・ 発行期日</li> </ul>
--	--	--

(出典：JICA 調査団)

#### 4.4.2 留意事項の確認

4.4.1 にて列挙した契約項目に関し、下記に留意事項を記載する。

①	<p>権利義務の譲渡は基本的に禁止であるが、JC 株式の譲渡に関しては期間及びハノイ側承認により譲渡を可能にする必要あり(民間投資として Exit 確保は必須)。</p> <p>契約条件の検討 (性能発注を前提。原則は一定の流入水質条件の元で OM 会社は本契約で取り決めた放流水質条件を満たせば基本的な運営方針については自由であるが、最低限の仕様は取り決める必要あり)</p> <p>放流水質未達の場合の対処 (法律基準違反/条例基準違反/契約基準違反)</p>
②	施設の修繕及び更新を本契約に含むか否か (法務および会計・税務確認必要)
③	<p>必要資料の検討 (本契約を構成する (前提となる) 資料の確認。JC チェックリストや投資証明書、合弁契約書、その他提出すべきプレ F S 等)</p> <p>ハノイ市側の責及び監督、検査範囲の設定</p>
④	ハノイ市側と JC 側の責の分担について協議が必要 (リスク分担)
⑤	<p>物価及び為替の変動をサービス購入費の変動スライドさせる時の項目</p> <p>サービス購入費の構成</p> <p>修繕、更新費をサービス購入費として徴収するか他契約にするかの協議が必要 (施設の所有形態や整備主体等個別の施設特性に応じた契約条件を設定)</p> <p>債務不履行と解除/終了手続き、ペナルティや損害賠償範囲の取り決め</p>
⑥	<p>終了時の引渡し条件 (後任事業者等への業務引継ぎや OJT 条件等)</p> <p>終了事由ごとの終了手続きの取り決め (ハノイ市帰責による中途終了/JC 帰責による中途終了/不可抗力による中途終了/満了時毎の損害賠償、譲渡条件等場合分け)</p>

(出典：JICA 調査団)

## 第5章 エンソ汚泥資源化センターの設立

### 5.1 事業スキームの検討

#### 5.1.1 汚泥資源化センターの必要性

本汚泥資源化センターが必要な理由は下記の通りである。

- 今後完成予定の下水処理場から大量に発生すると予想される脱水汚泥を処分するためには大規模な埋立処分場が必要となるが、埋立処分場として利用できる用地が非常にひっ迫しているため、汚泥処分量を減らすことが望まれている。
- 現在計画中の汚泥最終処分場の規模を、小さくすることが望まれている。
- 資源を効率的に有効利用することが望まれており、有効利用可能な資源である汚泥も再利用することが望ましい。

ただし、現在、下記の課題が残っている。

- 汚泥のリサイクルは高額である。(脱水汚泥 1m<sup>3</sup>当たり乾燥するためのサービス料金は 136.84 US\$/m<sup>3</sup>である)
- 乾燥汚泥の引き取り先との交渉が十分に進んでいない。

#### 5.1.2 BOT で実施する必要性

本事業を BOT で実施する利点は、下記の通りである。

- 事業をライフサイクルコストの観点から考えて、安いコストに抑えることが期待できる。BOT の形式において、SPC は、設計から、施工、維持管理まで一貫して業務を行うため、SPC は、効率的な運営維持管理を、設計の時点から検討する。このため、SPC は、事業のライフサイクルコストの観点から、コスト最小化に取り組む。
- 汚泥リサイクルの最新の技術・ノウハウを、日本の民間企業からハノイへ導入することができる。
- 初期投資コストが、日本企業によって用意できる。HPC は、資金調達の業務を行う必要がなく、手間がかからない。

#### 5.1.3 業務内容

BOT プロジェクトの詳細は、Appendix-B を参照。本事業で実施予定のサービスは以下の通りである。

- 1) ハノイ市内の 8 ヶ所の下水処理場で発生する脱水汚泥を上限 185 m<sup>3</sup>/dayまで受け入れて乾燥させる
- 2) 含水率 82%の脱水汚泥 185 m<sup>3</sup>/dayを、含水率 10% (燃料利用の検討しているセメン

- ト工場からのリクエスト) まで落とし、37 m<sup>3</sup>/dayの乾燥汚泥にする
- 3) 代替燃料として適切な乾燥汚泥をセメント工場に供給する
  - 4) SPC が十分な努力をしても、乾燥汚泥の引取先が決まらない場合は、HPC が乾燥汚泥を引き取る

#### 5.1.4 HPC と SPC の役割分担とリスク分担

新たに設立する SPC と委託先である HPC との役割分担、リスク分担を、表 5.1.1 に示す。保険にてリスク軽減させる条項については保険料及び保険内容を精査した上で、どの保険に加入しリスク軽減させるかの検討が必要である。これについてはリスクコンサル兼保険ブローカーと協議の上、最適な保険プログラムを組成する予定である。

表 5.1.1 HPC と SPC との役割分担、リスク分担

段階	リスク分類	リスク種類	リスクの内容	SPC	HPC	
共通	資金調達リスク	資金調達リスク	事業実施に必要な資金を調達できないリスク	○		
	用地リスク	用地リスク	事業実施に必要な土地を調達できないリスク		○	
	制度関連リスク	SPC 設立に関するリスク	SPC 設立の遅延		○	
		法令変更リスク	施設建設・運営・維持管理業務に係る法令の変更・新設に関するリスク			○
				上記以外で、本事業のみならず広く一般的に適用される法令の変更・新設に関するリスク		
		税制度変更リスク	税の範囲及び税率の変更、新設に伴うリスク			○
	許認可遅延リスク	市の取得すべき許認可の取得の遅延等による増加費用			○	
			事業者が取得すべき許認可の取得の遅延等による増加費用			○
	社会的リスク	相手国の財政悪化	相手国の財政悪化による債権未回収の損害 サービス購入費（建設費/維持管理費）が S P C に対し支払われないリスク		○	
		インフラ整備に関するリスク	電気・水道・道路等のインフラとのインターフェースの未整備による遅延、増加費用			○
		住民・近隣対策リスク				○
	金利変動リスク	金利変動リスク			○	
	物価変動リスク、為替リスク	物価変動リスク 為替リスク	計算式を用いてリスク分担		○	○
	不可抗力リスク	不可抗力リスク	一定の規模を超える自然災害、戦争・暴動その他人為的な現象による施設の損害、運営・維持管理業務の変更・中止			○
債務不履行リスク	債務不履行リスク	市の責めに帰すべき事由による債務不履行リスク サービス購入費の支払い遅延等による費用増加			○	
		事業者の責めに帰すべき事由による事業放棄、破綻リスク 金融機関、出資・協力企業の破綻、債務不履行による追加費用負担、違約金支払い		○		
計画・設計	計画・設計リスク	計画・設計リスク	市の指示により要求水準を超える内容の設計変更を行うことによる計画・設計の遅延、増		○	

段階			加費用		
			事業者の事由により設計変更したことによる計画・設計の遅延、増加費用	○	
建設段階	事業開始遅延・未完工リスク	事業開始遅延・未完工リスク	事業者の帰責事由に起因するリスク	○	
			市の責めに帰すべき事由に起因するリスク 管施設、下水処理施設の工事に起因して、汚泥施設の事業開始遅延を含む。		○
	建設費超過リスク	建設費超過リスク	市の指示など、市の事由による工事費の増加		○
			事業者の帰責事由による工事費の増加	○	
	工事監理リスク	工事監理リスク	工事監理の過失などにより工事内容・工期などの変更による費用増大に関するリスク	○	
	施設損傷リスク	施工の過失による施設損傷リスク	建設段階における施工などの過失による施設損傷リスク（不可抗力は除く）	○	
		不可抗力リスク	保険付保を条件とし、保険カバーが優先		○
	施設瑕疵リスク	新設施設に関するもの	瑕疵担保期間内に発見された施設の瑕疵の改修費用	○	
	性能未達リスク (引渡・検収のための)	要求水準不適合	要求水準の不適合（施工不良を含む）による工事費の増大、事業開始遅延	○	
		性能試験不備	性能試験不備に伴う遅延 性能試験不備に伴う事業開始日程遅延に伴い損害賠償請求される可能性がある。	○	
オペレーション段階	施設運営リスク	O&M コストリスク	事業者の責めに帰すべき事由（適切な維持管理業務を怠ったこと等）による施設の劣化に伴うコスト増大	○	
			物価変動、為替変動に伴うリスク 計算式を用いてリスク分担	○	○
		リプレースメント（更新工事）コストリスク	物価変動、為替変動に伴うリスク 計算式を用いてリスク分担	○	○
			事業者の責めに帰すべき事由（適切な維持管理業務を怠ったこと等）による施設の劣化に伴うコスト増大	○	
	需要変動リスク	搬入され脱水汚泥量が変動するリスク	計算式を用いてリスク分担	○	○
		乾燥汚泥の受け取り先がないリスク	SPC が営業努力をしても、乾燥汚泥を無償で受け取ってもらえないリスク。		○
	要求水準未達等リスク	性能未達・処理能力未達リスク	市の責めに起因する処理能力未達リスク 下水処理施設での不十分な脱水処理によるもの		○
			事業者の責めに起因する処理能力未達リスク 品質の不適合リスク、人員能力不足リスク、人員不足リスク	○	
	労務管理等リスク	処理容量超過リスク	処理能力を超える脱水汚泥の受け取りは行わない		○
			不祥事などに伴うレピュテーションリスク 従業員の不正、贈賄などの汚職リスク 従業員の労働災害	○	
危機対応リスク		危機対応マニュアルの不備 危機対応時の連絡不能 ストライキ、サボタージュ、伝染病等の集団感染の対応不備、自然災害時（台風、地震等）の対応不備による費用増大	○		
施設損傷もしく	施設損傷もしくは設	事業者の責めに帰すべき事由による施設の損	○		

	は設備・機器損害・劣化リスク	備・機器損害リスク	害		
			運転ミスによる機器損傷等		
			市の責めによる火災、設備事故等による復旧費用		○
			不可抗力による施設の損傷復旧費用		
			機材・貴重品の盗難による損害	○	

(出典：JICA 調査団)

### 5.1.5 SPC の設立、組織形態の検討（出資比率・要員構成等）

BOT 事業の組織形態を、図 3.2.5 と図 3.2.6 に示す。図 3.2.5 は、SPC の担当業務である、「事業の F/S レポートの作成と承認業務」「設計、施工」「維持管理業務」までを、全てを SPC 内の組織で行う方式であり、図 3.2.6 は、SPC が、「事業の F/S レポートの作成と承認業務」「設計、施工」「維持管理業務」それぞれの業務を、アウトソーシングする方式である。調査団は、リスク分担の観点から、図 3.2.6 の案を提案する。

前述のように、SPC の主要な業務はアウトソーシングで行うため、SPC に勤務する要員は以下の 4 名のみである。

表 5.1.2 SPC の活動に必要な社員のリスト

Position	Nationality/Status	Number
Chairman	Japanese/Full-time (cum Deputy General Director of JC)	1
General Director	Japanese/Full-time	1
Chief of Technical Affairs	Japanese/Part-time	1
General Staff	Vietnamese/Full-time	1

(出典：JICA 調査団)

BOT 事業を開始するために必要な資金は、55.6 million US\$であり、必要資金は、以下のようにして調達する予定である。

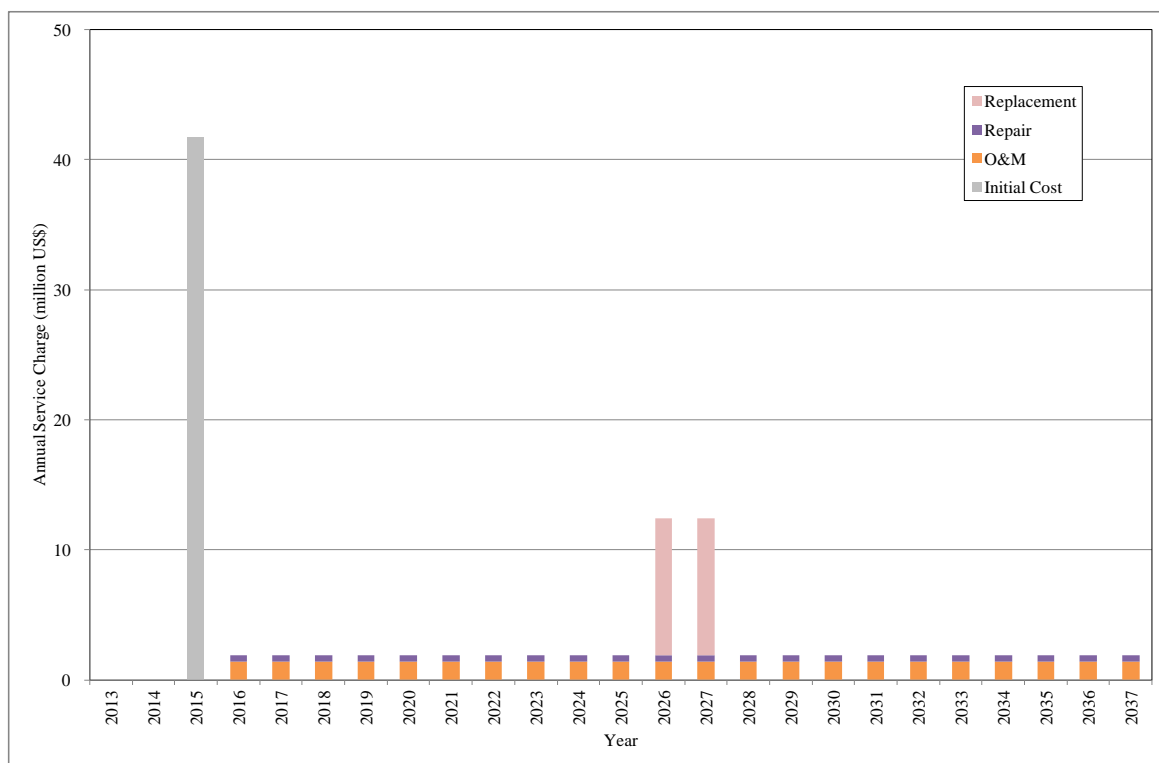
資本金： 16.7 million US\$

PSIF による融資： 38.7 million US\$

資本金は、日本企業グループが出資する。参加する日本企業や出資比率などの調整は、オリックスが行う。

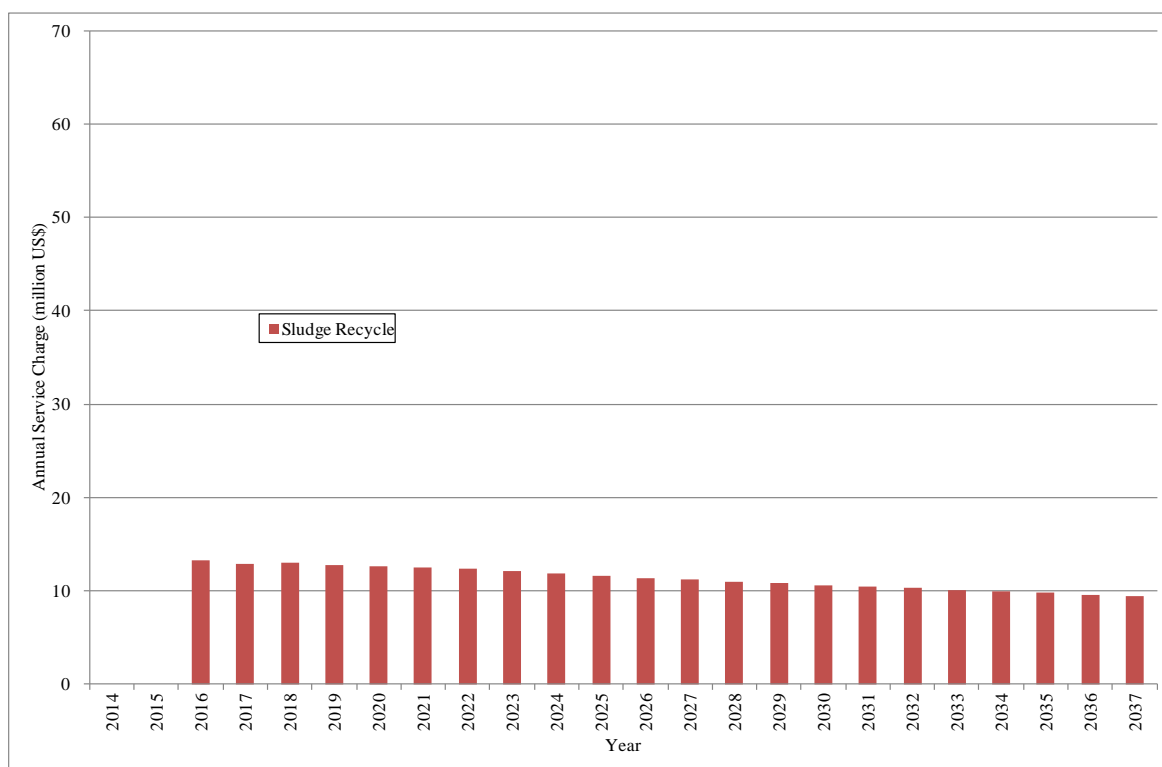
### 5.1.6 SPC の支出とサービス料金

SPC が、契約期間中に、汚泥資源化センターを建設、維持管理、修繕、更新することで、必要となる費用を図 5.1.3 に示す。2015 年に発生する建設費 41.7 million US\$と、2026 年、2017 年にそれぞれ約 10.0 million US\$発生する更新費が、目立った大きな支出である。次に、汚泥資源化センターを稼働することで、SPC が HPC に請求する金額を、図 5.1.4 に示す。脱水汚泥 1m<sup>3</sup>当たりのサービス料金は、136.84 US\$/m<sup>3</sup>である。



(出典：JICA 調査団)

図 5.1.3 汚泥資源化センターの年間支出（建設、維持管理、修繕、更新他）



(出典：JICA 調査団)

図 5.1.4 汚泥資源化センターの稼働で HPC に請求予定のサービス料金

### 5.1.7 事業認可の取得（手続き・スケジュール・F/S作成・承認・入札等）

2012年3月時点の調査団の提案では、BOT事業のオペレーションは、2016年から2037年までの22年間で予定し、SPCの設立は、エンサ下水処理場のODAのL/Aと同時期の2013年3月を予定していた。しかし、価格面での条件が折り合わず、事業開始の目処は立っていない。

2012/03	BOTプロジェクト提案書（案）の提出
2012/03	BOT事業者選定に関する覚書の作成
2012/09	国家BOTプロジェクトリストへの登録の承認
2012/12	BOT事業投資会社の選定
2013/02	SPCのビジネス登録と投資承認の申請書の提出
2013/03	SPCのビジネス登録とHPCによる投資承認
2013/04 – 2014/09（18ヵ月）	BOT事業者によるF/Sの実施と承認のための期間
2014/09 – 2015/12（16ヵ月）	設計及び建設期間
2016/01 – 2037/12（22年間）	オペレーション期間

## 5.2 財務分析手法について

### 5.2.1 財務分析の方法

財務分析を実施するため、Built-Operate-Transfer (BOT) スキームの下に建設するエンソ汚泥資源化センター（「本施設」）建設・運営プロジェクト（「本プロジェクト」）の財務モデルを作成した。財務モデルは次項「前提条件設定」に記載した前提条件を変更することによりケース分析を行うことが可能になっている。財務モデルのアウトプットは、i)貸借対照表、ii)損益計算書、iii)キャッシュフローであるが、その他プロジェクトの経済性 (Viability) を評価するためのいくつかの財務指標も同様に計算されるようになっている。

### 5.2.2 前提条件設定

前提条件は「i.事業計画（スケジュールとスコープ）」、「ii.税金」、「iii.資金調達」、「iv.初期投資及び建設コスト」、「v.運営コスト」、「vi.収入」及び「vii.収入リザーブアカウント」の7つに分類される諸条件からなっている。以下それぞれについて記載する。

なお、計算に用いる通貨は米国ドルとしている。



表 5.2.1 事業計画関連前提条件

項目	前提条件															
プロジェクトにおける各当事者の役割分担	<p><b>HPC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SPC に対して、BOT プロジェクトの期間中、本施設を建設、所有、運営する長期の権限 (License) を与える。</li> <li>- 予め合意された運営の諸条件 (Standard) に基づいて SPC が本施設を運営する対価として SPC に対して一定のサービス対価を支払う。</li> <li>- BOT プロジェクトの期間終了時に、SPC から本施設を無償で譲り受ける。</li> <li>- 乾燥汚泥の清算及び引取に関する契約に基づき、バイオソリッドの円滑な生産及び消費等について、SPC と協力する。</li> </ul> <p><b>SPC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BOT プロジェクトの期間中、本施設を建設、所有するとともに、予め合意された運営の諸条件 (Standard) に基づいて、本施設を運営する。(施設の運営には、施設の老朽化リスクを負担して施設の更新改修業務を行うことが含まれる。なお、当該更新改修業務の対価は、更新改修の都度負担した費用を受領するのではなく、予め合意されたサービス対価に含まれる形で原則 BOT プロジェクトの期間中に平準化して受領する。)</li> <li>- BOT プロジェクトの期間終了時に、HPC に本施設を無償で譲り渡す。</li> <li>- 上記 HPC の項に記載した乾燥汚泥の清算及び引取に関する契約に基づき、バイオソリッドの円滑な生産及び消費等について、HPC と協力する。</li> </ul> <p><b>JC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SPC と長期 O&amp;M 下請契約を締結し、本施設の運営を行う。(施設の運営には、更新改修業務が含まれるが、JC は施設の老朽化リスクを負担せず、更新改修の都度 JC は負担した費用を SPC から受領する。)</li> </ul>															
スケジュール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPC 及び JC の設立時期 - SPC: <b>2014年1月1日</b>; JC: <b>2013年1月1日</b></li> <li>• 建設期間: <b>1年(2015年)</b></li> <li>• 運営期間<b>2016年1月1日から22年</b></li> <li>• 運営期間の終了日は、JC が同様に運営を行うと想定されるエンサ処理場の運営期間の終了日と同日としている。(エンサ処理場は、2018年1月1日から20年間の運営期間を想定している。)</li> <li>• プロジェクト期間: 建設期間と運営期間の合計</li> </ul>															
本施設の能力	本施設はハノイの下水処理施設から本施設に運搬されてくる汚泥を 185m <sup>3</sup> /日の処理能力で処理すると想定する。															
本施設の稼働率	<p>運営期間の当初3年は下記稼働率、以降は100%の稼働率と想定する。</p> <p>&lt;稼働率想定&gt;</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>Thereafter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>稼働率</td> <td>64%</td> <td>64%</td> <td>98%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>年間処理量('000m<sup>3</sup>: 受入ベース)</td> <td>43.2</td> <td>43.1</td> <td>66.0</td> <td>67.4</td> </tr> </tbody> </table>	Year	2016	2017	2018	Thereafter	稼働率	64%	64%	98%	100%	年間処理量('000m <sup>3</sup> : 受入ベース)	43.2	43.1	66.0	67.4
Year	2016	2017	2018	Thereafter												
稼働率	64%	64%	98%	100%												
年間処理量('000m <sup>3</sup> : 受入ベース)	43.2	43.1	66.0	67.4												
スキーム	BOT スキームを想定。(SPC は、本プロジェクトを遂行することを唯一の目的として設立され、プロジェクト期間において本施設を建設、所有、運営し、同期間終了後、本施設を無償で HPC に譲渡する。)															

(出典: JICA 調査団)

表 5.2.2 税関連前提条件

項目	前提条件																
税目及び税率	<ul style="list-style-type: none"> <li>付加価値税：10%</li> <li>法人税：下記優遇税制が適用されるものと想定する</li> <li>資産税：なし</li> </ul>																
法人税に関する優遇税制	<ul style="list-style-type: none"> <li>優遇法人税率 <table border="1"> <tr> <td>当初15年</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>以降（45年目まで）</td> <td>25%</td> </tr> </table> </li> <li>法人税率に対する減免幅 <table border="1"> <tr> <td>当初4年</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>以降9年目まで</td> <td>50%</td> </tr> </table> </li> <li>上記優遇税制適用時の法人税率 <table border="1"> <tr> <td>当初4年</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>以降9年目まで</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>以降15年目まで</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>以降（45年目まで）</td> <td>25%</td> </tr> </table> </li> </ul>	当初15年	10%	以降（45年目まで）	25%	当初4年	100%	以降9年目まで	50%	当初4年	0%	以降9年目まで	5%	以降15年目まで	10%	以降（45年目まで）	25%
当初15年	10%																
以降（45年目まで）	25%																
当初4年	100%																
以降9年目まで	50%																
当初4年	0%																
以降9年目まで	5%																
以降15年目まで	10%																
以降（45年目まで）	25%																

(出典：JICA 調査団)

表 5.2.3 資金調達関連前提条件

項目	前提条件
SPC が保有すべき最低現預金額	
SPC への出資者の出資スケジュール	
出資リターン（出資IRR）	
補助金	
資金調達	

インフレーション	

(出典：JICA 調査団)

表 5.2.4 初期投資及び建設コスト

項目	前提条件
建設コスト	
当初費用及び建設期間 中その他費用	
減価償却	

(出典：JICA 調査団)

運営コストは i)変動費、ii)固定費、及び iii)更新改修費に分別して想定、算出した。  
運営コストの主な中身は下記のとおりである。

表 5.5.5 運営コストの中身

変動費	Utility (electricity), Chemicals, etc.
固定費	Labor cost, Legal inspection cost, Repair cost, Cleaning and yard maintenance cost, O&M Consultant Fee, Insurance cost, SPC administrative cost
更新改修費	老朽化した機器の取り換え費用等

(出典：JICA 調査団)

なお、上記費用の他、SPC の運営費には、下請となる JC に支払う JC の利益部分（上記の運営費の 5%に相当）が含まれる。

SPC の収入としては、受け取るサービス対価及び預金からの利息収入を想定している。詳細は下記のとおりである。

表 5.2.6 収入関連前提条件

サービス対価 (HPC からの収入)	
その他収入	

(出典：JICA 調査団)

### 5.3 財務分析結果

#### (1) サービス対価

これまでに記載した前提条件に基づくサービス対価の計算結果として、サービス対価は、受入汚泥 1m<sup>3</sup> 当たり USD 136.84 (2011 年価格) となった。

#### (2) SPC のキャッシュフロー及び財務推移計算結果

これまで記載した前提条件に基づく SPC の財務推移計算結果によれば、投資家により見方は一様でない中で、一般論としてではあるものの、ベトナム国外の投資家から見て、当該結果（最低 DSCR、EIRR 等）はある程度説得性のある結果となっているのではないかと考えられる。

## 5.4 事業計画の検討

事業実施計画については、下記のように想定している。

項目	想定			
SPC 役割分担	施設	建設	維持管理・運営	施設の更新リスクの担い手
	汚泥リサイクル施設	SPC	SPC (JCへ再委託)	SPC
事業スケジュール	<p>前項（5.2 財務分析手法について）に記載した通りである。即ち、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SPCの設立時期：<b>2014年1月1日</b></li> <li>・ 各施設の建設期間 <ul style="list-style-type: none"> <li>-汚泥リサイクル施設：<b>2015年から1年間</b></li> </ul> </li> <li>・ 各施設の運営開始日および運営期間 <ul style="list-style-type: none"> <li>-汚泥リサイクル施設：<b>2016年1月1日</b></li> </ul> </li> <li>・ 各施設の運営期間（まずエンサ処理場の運営期間を20年と想定し、同処理場の運営終了時に同時にエンソ処理場、汚泥リサイクル施設の運営を終了すると想定したため、エンソ処理場、汚泥リサイクル施設の運営期間は、20年より長くなっている。） <ul style="list-style-type: none"> <li>-汚泥リサイクル施設：<b>22年間</b></li> </ul> </li> </ul>			
施設キャパシティ・処理量	前項（5.2 財務分析手法について）別紙1に記載した通りである。			
事業方式	施設	事業方式		
	汚泥リサイクル施設	BOT事業。事業終了時に民間（SPC）が施設を無償譲渡		

(出典：JICA 調査団)

## 5.5 HPC と SPC との契約条件の検討

ハノイ市と S P C の汚泥リサイクル事業に関する契約条件について下記に内容を記載。

※ここでは一般的な項目について列挙。

### 5.5.1 契約項目と課題の抽出

	契約項目	契約項目詳細
①	基本条項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業目的（汚泥処理、リサイクル品の販売）</li> <li>・ 事業の範囲（設計・調達・建設・運営維持（修繕、更新、譲渡）</li> <li>・ 施設住所</li> <li>・ 利用目的</li> <li>・ 処理能力</li> <li>・ リサイクル品の量及び性状</li> <li>・ 処理汚泥（脱水汚泥）の量および性状</li> <li>・ SPC の権利義務</li> <li>・ ハノイ市の権利義務</li> <li>・ 用語の定義</li> <li>・ 契約書の使用言語</li> <li>・ 金銭の支払い通貨</li> <li>・ 契約履行に用いる時刻</li> <li>・ 準拠する法令</li> <li>・ 権利義務の譲渡に関して</li> <li>・ 行政手続き</li> </ul>
②	B O T 契約の権利	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 区域内において独占的に汚泥処理を行う権利</li> <li>・ 施設の建設、運営、保守点検を行う権利</li> <li>・ 施設の修繕、更新を行う権利</li> <li>・ 汚泥処理費用を受け取る権利（サービス購入費）</li> <li>・ 汚泥リサイクル品を販売する権利</li> </ul>
③	B O T 期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設期間と運営期間からなる</li> <li>・ 建設期間 1 年、運営期間 20 年</li> <li>・ 運営期間の延長について</li> </ul>
④	設計及び建設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計及び建設に係わる必要資料の引渡し</li> <li>・ 設計要求</li> <li>・ 設計基準と技術規範の審査認可</li> <li>・ 施行図面の設計</li> <li>・ ハノイ市側の責任</li> <li>・ 関連工事の調整</li> <li>・ 工程表</li> <li>・ 指定建設業者</li> <li>・ ハノイ市の監督と検査</li> <li>・ 履行報告</li> <li>・ 工事関係者に関する措置請求</li> <li>・ 工事材料の品質及び検査</li> <li>・ 工事記録の整備</li> <li>・ 条件変更</li> <li>・ 設計図書の変更</li> <li>・ 工事の中止</li> <li>・ 不可抗力による損害</li> </ul>
⑤	土地の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土地の使用権</li> <li>・ 土地使用に対する制限</li> <li>・ 工事関連用地の確保</li> <li>・ インフラ施設の整備</li> </ul>
⑥	竣工検収	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検収</li> <li>・ 試運転及び性能試験</li> </ul>

⑦	運営と保守点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本原則</li> <li>・ハノイ側の責任</li> <li>・SPC側の責任</li> <li>・保守の責任</li> <li>・運行と保守マニュアル</li> <li>・汚泥量の計量及び成分分析</li> <li>・汚泥処理計量データ</li> <li>・修繕、更新</li> <li>・資産品質の保全</li> <li>・資産施設の品質状況報告及びハノイ側監督検査</li> <li>・環境保護</li> <li>・業務の監督、調査</li> <li>・業務内容の変更、中止</li> <li>・業務の中断</li> <li>・業務の終了</li> <li>・業務報告及び検査</li> <li>・違約金の徴収</li> <li>・従業員の災害に対する措置</li> <li>・不可抗力による損害</li> </ul>
⑧	サービス購入費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス購入費の定義及び構成</li> <li>・ハノイ側及びSPCの権利と義務</li> <li>・サービス購入費の支払い</li> <li>・汚泥量の不足、汚泥性状の未達</li> <li>・異常状況における約定</li> <li>・運営期間の変更</li> <li>・賃金、物価の変動</li> <li>・債務不履行及び契約の解除</li> <li>・ハノイ側及びSPC側の責による契約の終了</li> <li>・契約解除後の措置</li> <li>・債権債務の相殺</li> </ul>
⑨	引渡し（施設の譲渡）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・引渡し委員会（譲渡/引渡しに関する条件等検討する場を設置）</li> <li>・引渡し範囲及び条件</li> <li>・引渡し点検及び性能試験</li> <li>・予備部品とスペア</li> <li>・保証期間（瑕疵担保）</li> <li>・請負業者保証の譲渡</li> <li>・引渡し効力</li> <li>・リスクの移転</li> <li>・運営維持管理業務の引継ぎ</li> </ul>
⑩	解釈と論争の解決	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本契約上の解釈</li> <li>・双方の友好的な話し合いによる解決</li> <li>・仲裁</li> <li>・論争解決期間の履行</li> </ul>
⑪	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・秘密保持</li> <li>・管轄裁判所</li> <li>・定めのない事項</li> <li>・通知</li> <li>・契約部数と関連書類</li> <li>・発行期日</li> </ul>

(出典：JICA 調査団)

## 5.5.2 留意事項の確認

5.4.1にて列挙した契約項目に関し下記に留意事項を記載。

①	権利義務の譲渡は基本的に禁止であるが、SPC株式の譲渡に関しては期間及びハノイ側承認により譲渡を可能にする必要あり（民間投資としてExit確保は必須） 契約条件の検討（性能発注を前提。原則は一定の受入汚泥の量と性状を前提にSPCは本契約で取り決めた汚泥リサイクル品の量と性状を満たせば基本的な人員配置など運営方針については自由であるが、最低限の仕様は取り決める必要あり） 汚泥リサイクル品性状未達の場合の対処
②	施設の修繕及び更新を本契約に含むか否か 汚泥リサイクル品の販売（引き取り）をハノイ側に責を持たせることが可能か
③	必要資料の検討（本契約を構成する（前提となる）資料の確認。
④	前期資料の内容（必要資料の検討） ハノイ市側の責及び監督、検査範囲の設定
⑤	土地に関しては現在も汚泥処分を行っている堤外地を使用する予定。その際の使用権及び期間設定
⑥	竣工検収はハノイ市、SPCのどちらで行うか
⑦	ハノイ市側とSPC側の責の分担について協議が必要（リスク分担） 資産施設のハノイ市側検査内容及び検査スケジュール JCへ委託予定のOM契約と本契約との平仄あわせ
⑧	物価及び為替の変動をサービス購入費の変動スライドさせる時の項目 サービス購入費の構成 修繕、更新費をサービス購入費として徴収するか他契約にするかの協議が必要
⑨	BOT期間終了後の引渡し条件 終了事由ごとの終了手続きの取り決め（ハノイ市帰責による中途終了/JC帰責による中途終了/不可抗力による中途終了/満了時毎の施設の譲渡価格や損害賠償、譲渡条件等場合分け）

※最終的にはJICA PSIF等のプロジェクトファイナンスの融資条件の反映が必要

（出典：JICA調査団）



## 第6章 提案事業の評価

### 6.1 概要

本調査の対象となる事業は、「エンサ下水処理場建設事業」「運営維持管理のための合弁会社の設立」「汚泥リサイクルのための BOT 事業」である。調査期間中に、「エンサ下水処理場建設事業」については、円借款によって実施される方向で手続きが行われている。本事業評価においては、提案事業である「対象下水処理場の建設と維持管理」と「汚泥リサイクルのための BOT 事業」に対して評価を行う。

### 6.2 技術評価

#### 6.2.1 対象下水処理場の建設と維持管理

事業対象となる5つの下水処理場の処理能力は 13,300 m<sup>3</sup>/日から 270,000 m<sup>3</sup>/日までのものがあり、処理方法は、基本的に標準活性汚泥法であるが、エンソ下水処理場だけは回分式活性汚泥法を採用している。特殊な技術提案は含まれていないため、対象下水処理場の建設には、特に技術的課題はないと思われる。

オペレーションについては、ハノイ市では一般に流入下水の濃度が低く、処理に用いる活性汚泥の生育に支障が出る可能性があること、また、ハノイ市内では下水処理場のオペレーション経験をもつスタッフが少ないことなどの課題があるため、各下水処理場のオペレーション初期段階には、経験ある専門家が、オペレーション要員への技術指導を行うことが不可欠である。

#### 6.2.2 汚泥資源化 BOT 事業

汚泥リサイクルのための汚泥乾燥は、ベトナム国では初めての試みである。本調査で提案している手法は、「天日乾燥施設」と「ヒートポンプ式の乾燥機」を組み合わせたハイブリット式の汚泥乾燥方法である。現地の気象に合わせた設計を行うために実証実験が必要であるが、比較的安価なコストで安定的な稼働が期待できる利点を持っている。提案技術の検証は、Appendix-B で行われており、提案技術は適切であると判断している。ベトナム側からはコストが高いとのコメントを受けており、更なるコスト削減の検討を行っている。

乾燥汚泥の引取先として、But Son Cement 会社を想定しているが、受け入れの合意は得られておらず、今後、引き続き協議が必要である。関係機関は、実証実験等を行うために、JICA 技プロ等の技術協力の要請をおこなうことも検討している。

## 6.3 財務評価

### 6.3.1 対象下水道処理場の建設と維持管理

対象の8つの下水道処理場は、BT スキームか円借款スキームで事業を実施する。BT スキームの場合、建設に対する対価として、土地権利などの権利とコントラクターを事業者に加え、金銭での支払いは行わない。円借款スキームの場合は、中央政府が建設費の返済を行う。いずれの場合も、HPCは建設費を負担する必要がなく、O&M、修繕、更新の費用のみをHPCは負担することになる。

対象8下水道処理場のO&M、修繕、更新を担当する合弁会社の財務分析において、提案するサービス料金は、O&M、修繕にかかる費用に5%、更新にかかる費用に10%の利益を上乗せして料金を算定している。このサービス料金収入を前提にすると、事業のEquity IRRは33.5%となる。本事業は投資額が小さいため、高めのEquity IRRになっているが、事業に必要なキャッシュフローを生み出すためには、必要なサービス料金水準と考える。

算定されたサービス料金(設備更新費用を含む)は、処理場によって差があるが、0.243 - 0.447 US\$/m<sup>3</sup>で(平均 0.248 US\$/m<sup>3</sup>)ある。第2章に示すように、現在、下水道料金は、0.020 US\$/m<sup>3</sup> (409 VND/m<sup>3</sup>)であるため、下水道料金だけで費用をまかなうためには、12倍以上の値上げが必要になる。なお、十分な値上げができない場合は、不足分を、ハノイ市一般会計から投入する必要がある。下水道料金の値上げが行えない場合は、約40 million US\$の投入が必要になる。これは、ハノイ市の一般会計予算(2012年)約1,528 million US\$のうち約2.6%にあたる。

なお、設備更新費用を含まない場合のサービス料金は、0.125 - 0.276 US\$/m<sup>3</sup>で(平均 0.139 US\$/m<sup>3</sup>)ある。この場合、施設更新のたびに資金を別途手当てする必要がある。

### 6.3.2 汚泥資源化 BOT 事業

本BOT事業では、Equity IRRが15%になるように、サービス料金を設定した結果、脱水汚泥1 ton当たりのサービス料金は、137 US\$/tonになった。これを、処理下水量1 m<sup>3</sup>あたりに換算すると0.058 US\$/m<sup>3</sup>になる。下水処理のためのサービス料金は、処理場の規模によって変動するが、0.243 - 0.447 US\$/m<sup>3</sup>程度であるので、本BOT事業を実施することで、下水道料金の13 - 24%程度の費用が追加でかかることになる。下水道料金収入で賄えないとなると、この費用、年間平均8.9million US\$は、ハノイ市の一般会計予算から捻出する必要がある。これは、ハノイ市の一般会計予算(2012年)約1,528 million US\$のうち約0.6%にあたる。

次に、本BOT事業のProject FIRRを計算すると、12%程度になる。見込みどおりのサービス料金を得ることができれば、財務的に利潤の見込める事業と判断される。

## 6.4 経済評価

### 6.4.1 対象下水処理場の建設と維持管理

エンサ下水処理場の F/S 調査において、事業の経済便益として、周辺河川の急激な水質改善、周辺住民の健康改善、土地の価値の上昇等が考えられる。エンサ下水処理場及びフドウ下水処理場の建設を対象とした F/S 調査では、EIRR は、10.6 % と算出されている。他の下水処理場を同等程度の EIRR が見込めるものと期待される。

### 6.4.2 汚泥資源化 BOT 事業

現在、ハノイ市では下水処理場で発生する脱水汚泥は埋立処分を行っているが、将来的には環境上の理由、あるいは物理的な理由で継続できないものと思われる。本調査では脱水汚泥の減量化の実施を前提としており、この場合、本調査で提案する汚泥乾燥は、他の手法に比べて、経済的に最も効な方法であると言える。

ただし、現行の埋立処分に比べると、コストは明らかに高い。現在、汚泥の埋め立てのコストは 50 US\$/ton 以下と推定され、本 BOT 事業実施のためのコスト 137 US\$/ton に比べて大幅に安い値段で処分が可能である。つまり、現在の埋立処分が許される限り、事業費に見合った経済的な便益は、事業の実施では期待できないことになる。勿論、将来の埋め立てのための用地の入手が困難になり、埋立処分コストが上昇すれば、事業費に見合った経済便益が期待できる。

ここでは、ベトナム国側が、将来を考慮して、汚泥発生量の削減のための事業実施に、87 US\$/ton 以上の価値を見出していると仮定して、事業の実施を推薦している。

現在、ハノイ市内で発生する下水汚泥は一般廃棄物の埋立処分場である Nam Son 処分場及び Tieu Ky 処分場に運搬され、埋立処分されている。Nam Son 処分場は第 2 期の増設事業中であるが、現時点と同様に下水汚泥の受け入れは計画されていない。また、HAPA は長期的な汚泥処分場整備を進めようとしているが、未だ結論に至っていない状態である。ハノイ市では一般廃棄物の処分場も非常にひっ迫している状況にあり、市内あるいは近郊に今後増加する下水汚泥を受け入れる処分場を用意することは非常に困難になると予測される。

安価な埋立処分が可能である限り、本 BOT 事業はフィージブルにならないが、安価の埋立処分が不可能になった時、汚泥の減量化・再利用は不可欠なものとなる。本 BOT 事業は、埋立処分が高価になる将来、フィージブルになると予測される。

## 6.5 環境影響評価（環境社会配慮）

### 6.5.1 対象下水処理場の建設と維持管理

下水処理場の建設前には、EIA 調査の実施と承認が必須である。対象となる全ての下

水処理場の建設に対して、EIA は実施されており、承認も取られている。

## 6.5.2 汚泥資源化 BOT 事業

本調査での検討結果(Appendix-B1 参照)によれば、周辺地域への悪臭が若干懸念され、適切な対応が必要だが、他に、特に深刻な社会・環境への影響は見つかっていない。

BOT 事業においては、SPC の設立後に F/S 調査が行われ、その時、正式な環境影響評価が実施される予定である。

## 6.6 組織体制の評価

### 6.6.1 対象下水処理場の建設と維持管理

建設については、対象となる下水処理場の建設は、円借款スキームか BT スキームで行われる予定であり、いずれのスキームもハノイ市では実績のある手法であり、問題はないものと思われる。

維持管理についての検討の結果、最適な維持管理組織として、HSDC と日本企業で合弁会社を設立する提案を行っている。

### 6.6.2 汚泥資源化 BOT 事業

BOT 事業を実施するための最適な組織の検討を行った結果、設立する SPC 自身が、F/S 業務、設計・施工、運営維持管理などの全ての業務を直接こなすのではなく、SPC がそれぞれの業務を、アウトソーシングする方式を提案している。全ての責任は SPC が負ってマネージすることになっており、適切なアウトソーシング先を選定することで効率的な運営が可能になる。

## 第7章 これまでの主要検討事項と結論

### 7.1 エンサ下水処理場の建設事業について

エンサ下水処理場建設事業については、「下水処理場建設」「管渠整備」とともに、円借款を用いた事業実施の手続きを行うことが、調査期間中に決まった。このため、エンサ下水処理場建設事業への民間資金導入の検討は中断することになった。

### 7.2 維持管理のための合弁会社について

稼働中あるいは計画中のハノイ市内の5つの下水処理場（エンサ下水処理場、エンソ下水処理場、ホータイ下水処理場、バイマウ下水処理場、フド下水処理場）とエンソ汚泥資源化センターについて、ハノイ市にとって今後必要な高スキル・ノウハウを用いた高効率な運営維持管理業務を実施することを目的に、ハノイ市下水排水公社（HSDC）と日本企業グループとの合弁で「運営維持管理合弁会社」の設立を目指し、必要な調査と協議が続けられた。合弁会社設立の必要性については、ベトナム側、日本側双方の理解があったものの、いくつかの点で合意に至ることができず、2012年12月までで、合弁会社設立のための協議は、打ち切られることになった。

日本企業グループ側は、合弁会社設立のための条件として、エンソ下水処理場の維持管理業務を、設立する合弁会社に委託することをベトナム国側に求めていたが、ベトナム国側は、円借款で建設予定のバイマウ下水処理場とエンサ下水処理場の維持管理業務を委託する意志はあるものの、それ以外の下水処理場の維持管理業務の委託を確約することはできなかった。これが交渉決裂の最大の要因である。

その他、下記5項目もこれまでの主要検討項目であり、今後、合弁会社の設立にあたって、議論が続けられるポイントと認識している。しかし、いずれも合意に至らなかった。

- 1) 出資比率と議決権
  - a) WTO加盟後、会社の普通決議議決権が出資比率51%以上で決議ができるよう国会で議決（いつの国会決議が明記）されたが、現行統一企業法では普通決議議決割合65%以上、特別決議が75%以上という規定のままとなっている。
  - b) ベトナム国内でも上記の齟齬について議論されその解釈は分かれており、HSDC顧問弁護士及びORIX側弁護士にて協議をおこなった結果、WTO加盟後の国会決議ではなく統一企業法を優先すべきという意見で一致した。
  - c) 今回の合弁会社設立については、今後本格的に整備されるWWTPへの適正かつ効果的なOMノウハウの技術移転及び日本の会社経営ノウハウを移転する事が

目的のひとつでもあり、そのために、少なくとも通常の会社経営に必要な事項を決定し日々のスムーズなオペレーションを行えるように、普通決議議決権を日本側単独で決議できるよう日本側出資比率は65%を主張した。一方、HSDCは普通決議内容を含め全て合議により全会一致で決定するべく主張し、日本側の出資比率を51%とすることを主張。

- d) 上記日本側の主張は、事業を長期継続させ全会一致で決議できなかった事項が原因で日々の運転管理業務に支障をきたさないようにするためのものであり、普通決議事項の決議でDeadlock（後述）させないことを念頭に全会一致で決議する特別決議された事業計画に基づいてある程度の権限を社長に持たせ経営をさせるべきであると主張したものである。

## 2) Corporate Governance

- a) 下記については日本側出資比率が65%であろうと51%であろうと双方で合意できている事項と認識している。しかし、b)及びc)の項目については、合意に至らなかった。

- MC Chairman, Deputy General Director, Chief Accountant を HSDC が選任
- General Director, Deputy General Director を ORIX が選
- Chief of Technical Affairs を WA が選任
- 法定代表者は General Director
- HSDC 選任の副社長は人事部、総務部及び技術部を管掌、ORIX 選任の副社長は財務部を管掌。ただし、人事及び総務の決裁者は社長とすること
- Chief Accountant は基本的に会計及び財務資料の作成を行うのみであり、資金に関する最終決裁権は ORIX 選任の副社長が保有。

- b) 主要なポイントとしては①人事権をハノイ側単独で決裁できないようにすること②資金の最終決裁権を日本側で持つこと③日々の事業運営は社長が行えること。日本側から見たときに注視した点としては①は縁故採用や天下り社員受け入れ等の防止②はCorruptionのリスクヘッジ③は円滑な事業運営である。

- c) 配当方針については双方で基本的に合意しているものの、統一企業法上 MC での特別決議事項でとなっており HSDC が合意しない場合にはDeadlockする可能性がある。そのため、特別決議事項である「事業計画の決定」の中に配当は含めず双方合意のもとに普通決議事項に落とし、日本側単独決議をすべきであると考え主張した（他社がここまでもとめるかは疑問ゆえ）。これは外貨準備高が少なく VND から USD への両替が難しいベトナム国においては非常に高い配当の為替

リスクであり、これはまた当然に円建ての事業採算（投資利回り）が低くなるリスクである。公営企業との合弁会社を設立する際には、ベトナム国の政策（政治）的意向を踏まえた主張（外国送金する配当を止める等）を HSDC が行うことは十分に予測できることから日本側にとって重要な項目となる。しかし、合意には至らなかった。

### 3) 競業避止

- a) 純粋な OM 事業だけでは採算性が薄く日本企業の進出は困難であるため Replacement を含む OM 事業を合弁会社が単独受注できるよう HPC と何らかの契約ができることを主張。そのため、HSDC が他の企業と本合弁会社と競業する企業を設立しハノイ市内にある WWTP へ OM サービスを提供することにより、本合弁会社の採算性を悪化させないために一定の制約を主張した。また、WA の技術移転が HSDC の従業員の移動を通して契約外で行われなかったための制約も主張した。しかし、完全な合意には至らなかった。

### 4) 仲裁機関

- a) ベトナム国では仲裁機関制度そのものについての整備は進んでいないものの仲裁機関の裁定につき裁判所で確定判決をとる段階で法整備ができていないため、実際には当事者間の任意での執行を待つしかない等、得た裁定を即時執行できない状況にある。加えて当然に外国人投資家にとっては不利な裁定となることは否めない。
- b) 他国仲裁機関での裁定についても上記現状は回避できないが、ベトナム国内裁判所でも他国仲裁機関の裁定に基づき確定判決が下されることが一般的である。とはいってもベトナム国内ではベトナム法が優先するため、未だ他国仲裁機関の決定事項を覆す判決がでることが多く、そのため現実的に他国の仲裁機関を使用することで完全なリスク排除とはならないが牽制の意味でも他国での仲裁機関の使用を主張している。しかし、合意には至らなかった。

### 5) Deadlock

- a) 合弁会社を設立する際、双方の意見が食い違う場合の処理を想定して Deadlock 条項を記載し事業を停止しないよう、一方当事者（通常は出資比率の高い企業）が Deadlock した項目につき方針決定（自己の主張を決議）するために、予め出資比率の低い企業の持株を買い取り、単独決議をする方法の採用を提案した。
- b) 但し、本件は日本企業がメジャー出資企業であるが Deadlock した場合に HSDC の株式を購入し事業を継続することは不可能。合弁会社は O&M 契約先であるハノイ市の出資した会社であり同社が離脱することで日本企業単独で事業を継続

- していくことは非常に困難なことが予想されるためである（費用の未払い等）。
- c) そのため本件では Deadlock した場合には日本側が持株につき HSDC に対し Put-option を行使する方法を提案したが、合意に至らなかった。
  - d) 一方、HSDC 側は決議事項が Deadlock した場合には全て仲裁機関に持ち込むことを主張。これは④で述べたように外国投資家にとっては仲裁機関の決定に頼ること自体にリスクが残ることから受け入れがたいことである。また、Deadlock から仲裁機関の決定までの期間の事業運営に影響が出る可能性があり、また Deadlock が起きた後の事業継続においても Deadlock した両者が再度協力して事業を行っていくこと自体が困難であることから、他国でも一般的である上記方法を主張した。しかし、合意には至っていない。

### 7.3 汚泥資源化センターの設立（BOT スキーム）について

ハノイ市は今後の大規模下水処理場の稼働に伴い下水汚泥発生量の飛躍的な増大が懸念される。この方策として、日本をはじめ他国で実施されている汚泥リサイクル事業についての必要な調査を行い、既存及び計画中の 8 つの下水処理場（上記の 5 つの下水処理場に加え、チュックバック下水処理場、キムリエン下水処理場、北タンロン下水処理場）で発生する脱水汚泥を資源化する「エンソ汚泥資源化センター」の建設と運営を目的とした BOT 事業を提案した。汚泥資源化センターの将来的な必要性については、ベトナム国側も理解を示したが、事業の早期実施については、以下の観点から、困難であることが確認された。

#### 1) 現時点での必要性について

大規模な下水処理場が稼働していない現在のハノイでは、発生する汚泥量も限られており、環境への影響も現在は深刻でないため、ある程度の費用をかけて汚泥の資源化を行う必要性が十分に認識されていない。

現時点でハノイ市内の既存下水処理場から発生する汚泥処分は、紅河堤内にある Yen So 処分場や Tieu Ky 処分場に埋立処分されている。これらの処分場はいわゆる管理型の処分場ではなく、遮水工や浸出水集水・処理設備等も設置されていない極めて安価な施設である。この場合、脱水汚泥 1 ton 当たりの処理単価は 50US\$/ton 以下で、事業のサービスコスト 137US\$/ton と比べて極めて安価である。これら現行の施設で、環境上の問題がないと判断されている限り、高価な汚泥資源化施設の必要性は認識されないと判断される。

#### 2) 資源化した汚泥の受入先についての課題

提案事業によって汚泥の資源化を行われた後にも課題が残っている。受入先と想定されているセメント工場に、以下の懸念があることが確認された。

- ・ 受入候補先では、汚泥の受入によって、機材（キルン等）に悪影響が受



けることを恐れている。汚泥投入量の調整によって、この問題の解決は可能であるが、現時点では、受入候補先の不安を十分にぬぐえていない。

- ・ 受入候補先では、汚泥の受入は、手間をかけた割には、メリットはそれほど多くないと認識している。

汚泥リサイクル製品の受入先候補であるセメント会社や火力発電所は何れも石炭の代替燃料には非常に関心を持っているが、セメント品質や炉の耐久性に与える影響、施設改造の要否と費用負担を非常に懸念している。受入の了承を得るためには、パイロットプラントを設置して、技プロ等を活用した実証実験等も検討する必要がある。

汚泥受入のメリットが十分でないと認識された場合は、受入先であるセメント会社や火力発電所に対し、汚泥リサイクル製品（乾燥汚泥燃料）を無料で引き取ってもらうのではなく、SPC からある程度の引取料金を支払う必要があるかの協議が必要である。汚泥減量化、リサイクルの必要性に対するベトナム国及びハノイ市の理解を深め、国の施策として、事業の支援制度を構築することを検討する必要がある。

次に、事業としての観点から、SPCにてBOT契約を受託する場合に現行の法制度では不利益となると思われる点があり、今後ハノイ市との議論が必要である。主な課題としては下記があげられる。

- 1) 汚泥リサイクル事業にて製造される汚泥リサイクル品の販売（引き取り）について、製造品を民間事業者が取り扱う場合、強制力が無い限り、使用を増大・継続させることは困難であるため、ベトナム側政府機関による行政指導や法整備が必要。
- 2) サービス購入費にて修繕、更新の投資費用を平均的に徴収しSPCにて投資費用の積立を行う際に、現行法制度では外貨預金積立に対し規制あり。改修費用はその大半が海外からの輸入品で行うため、USD等での外貨預金をすることで為替リスクをヘッジすることが、事業者としては必要である。10年単位で後の回収費用をVNDで積立を行うのはリスクが非常に高い。外貨預金を柔軟に行える法制度の確立が必要。
- 3) 修繕及び更新費用をサービス購入費として徴収した場合、数年後の費用を前受けしているため、そのサービス購入費に対して法人税が適用される。損金計上は修繕及び更新をした決算期及び決算期以降に計上されるので、法人税が適用されると、全体のCF、事業収支が非常に悪化する恐れがある。そのため、修繕及び更新費のサービス購入費への課税に対して免税措置が欲しい。

# **APPENDIX-A1**

## **Checklist for Establishment of Joint Company**

## **CHECKLIST FOR ESTABLISHMENT OF O&M JOINT COMPANY IN HANOI, VIETNAM**

※ Currency exchange rate is USD 1 = VND 20,848 (as of 7/2)

### **I. INFORMATION ABOUT INVESTORS**

(For each Vietnamese and foreign party)

#### **1. For investor being an organization**

- a) HANOI SEWERAGE AND DRAINAGE COMPANY
- b) ORIX CORPORATION
- c) WATERAGENCY INC (WAC)

### **II. THE JOINT VENTURE COMPANY TO BE ESTABLISHED:**

1. Name of the company: Not yet decided
2. Head office address: Not yet decided
3. Planned term of the company's operations: 50 years
4. Planned term of the investment project : 24 years
5. Main targets and line of business of the Company.  
First phase (i) O&M service (including large replacement works), (ii) spare parts and material supply, Second phase (iii) Training service for O&M in sewerage sector for other municipalities, (iv) Engineering service in sewerage sector for other municipalities, and (v) Construction works.

### **III. INVESTMENT CAPITAL:**

(The precondition for below description is that the service charge will be paid in advance, before the O&M service)

#### **1. Total estimated investment capital of the investment project: 54,205 million VND, including**

Total estimated investment capital of the investment project: 54,205 million VND equivalent to US\$ 2.6 million, including

- Fixed capital : VND 9,568 million equivalent to US\$ 0.46 million including :
  - Factory/Workshops : None
  - Office : US\$ 48,000
  - Equipment and machinery : US\$ 139,000
  - Other fixed capital : US\$ 273,000
- Working capital : VND 44,512 million equivalent to US\$ 2.14 million

**2. Capital sources:**

Total capital: VND 54,205 million equivalent to US\$ 2.6 million, of which:

- Charter capital (contributed capital): VND 54,205 million equivalent to US\$ 2.6 million
- Loans : VND 0 equivalent to US\$ 0

**IV. CHARTER CAPITAL:****1. Charter capital (contributed capital) of the Company:**

VND 54,205 million, equivalent to US\$ 2.6 million

**2. Contributed capital from each Party**

2.1 Contributed capital from the Vietnamese Party: (35%)

VND 18,972 million equivalent to US\$ 910,000.

2.2 Contributed capital from the Japanese Party: (65%)

VND 35,233 equivalent to US\$ 1,690,000

**Remark:**

- Japanese and Vietnamese parties will contribute full equity in cash.

**3. Charter Capital contributions schedule**

Item 3, Article 6 of Decree No.102/2010/ND-CP stipulates that legal capital shall be contributed within 36 months from establishment. However, (1) if any party doesn't contribute capital, share percentage of each party will change, (2) JC needs fund after establishment until commencement of operation, (3) Overseas remittance is complicated, therefore, each party shall contribute fully within one month after establishment.

**4. Cost advance for the establishment of the Company**

- Which Party shall advance the costs relative to the establishment of the Company?

Basically, each investor will bear the cost for his own activities for the establishment of the JC. The details will be discussed later.

**5. Increases and reductions of Charter Capital**

The increases and reductions of Charter Capital shall be approved by the Members' Council with a number of votes representing at least 65% of the capital of the attending members.

**6. Capital withdraw**

The capital withdraw by a Company's member under the form of the transfer of its capital to the Company can be only accepted in limited cases provided for in Article 43 of the Law on Enterprises 2005.

(The risk associated with Article 43 shall be analyzed together with lawyer, later)

**V. MEMBERS' COUNCIL AND BOARD OF DIRECTORS:**

1. Which Party shall have the right to nominate the Chairman of the Members' Council (herein after referred to as MC)?

Each company has the right to nominate one member of MC. The member nominated by HSDC will be the chairman of MC.

2. Composition of Standing Committee of Business Operation;

The Standing Committee (SC) shall be established to discuss and exchange opinions on various matters between Japanese party and Vietnamese party, although decision of the SC is not legally binding due to the form of limited liability company. The members are the following:

**Management and Administration Staff of Joint Company**

	Nationality	Status	Origin
<b>[MC]</b>			
Chairman (HSDC)	Vietnamese	Full-time	HSDC
Representative of ORIX	Japanese	Part-time	ORIX
Representative of Water Agency	Japanese	Part-time	WAC
<b>[Headquarters]</b>			
General Directors	Japanese	Full-time	ORIX
Deputy General Director/Chief of financial affairs	Japanese	Full-time	ORIX
Deputy General Director/Chief of general and personnel affairs	Vietnamese	Full-time	HSDC
Chief Accountant	Vietnamese	Full-time	HSDC
Chief of Technical Affairs	Japanese	Full-time	WAC
General Staff (General and personnel affairs)	Vietnamese	Full-time	Recruitment
General Staff (Financial and technical affairs )	Vietnamese	Full-time	Recruitment
General Staff(Secretary & Interpreter)	Vietnamese	Full-time	Recruitment

3. Which Party shall have the right to nominate the General Director and other members of the SC?

The key staffs of the company are nominated by each company as shown in above table, and MC has power to appoint and remove the General Director.

4. Powers and obligations of the General Director and other managers of the Company.

Position	Tasks
Chairman (to be provided by HSDC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Planning, schedule arrangement, other preparation works (including document preparation), convocation, and chairing of the MC, and other meetings to exchange opinions of the members of the MC.</li> <li>· Supervision of execution of issues resolved by the MC</li> <li>· Signing on issues resolved by the MC, as the representative of the company</li> <li>· Other works stipulated in the Law on Enterprise and the Charter</li> </ul>

General Director (to be provided by ORIX)	<u>Daily Works</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervision of all activities of the company</li> <li>- Execution of issues resolved by the MC</li> <li>- Execution of business plan and investment plan</li> <li>- Signing on business documents/ contract documents, as the representative of the company</li> <li>- Decision of appointment and dismissal of major positions in the company</li> <li>- Decision of salary of company staff</li> <li>- Decision of employment of company staff</li> </ul> <u>Preparation of Document for MC</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Proposal of internal administrative rule of the company staff</li> <li>· Proposal of organization structure of the company</li> </ul>
Deputy General Director/ Chief of Financial Affairs (to be provided by ORIX)	<u>Daily Works</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Management works of the financial department</li> <li>· Supervision and Execution of works of financial and accounting matters, and approval</li> </ul> <u>Preparation of Document</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Preparation of rules/ regulations of audit</li> <li>· Preparation of company's regulations/ rules on financial and accounting issues</li> <li>· Proposal of share of profit and writing off as a loss</li> <li>· Proposal of a business plan and an investment plan</li> <li>· Preparation of annual financial statements and tax payment declaration forms</li> </ul>
Deputy General Director/ Chief of General and Personnel Affairs (to be provided by HSDC)	<u>Daily Works</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Labor management (salary, working environment and working time), based on the company's regulations on general and personnel affairs</li> <li>· Procurement and management of materials and equipment</li> <li>· Arrangement for acceptance of technical transfer program</li> <li>· Supervision of performance carried out under the license contract</li> <li>· Risk management and emergency response, in cooperation with "Chief Technical Affairs"</li> <li>· Negotiation and coordination with relevant Vietnamese organizations</li> </ul> <u>Preparation of Document</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Preparation of document on personnel appraisal and personnel change</li> <li>· Preparation of company's regulations/ rules on general affairs and personnel affairs</li> <li>· Preparation of rules for disaster and manuals for risk management</li> <li>· Preparation of regulations/ rules of organization policies, division of duties and administrative authorities</li> </ul>
Chief of Technical Affairs (to be provided by WAC)	<u>Daily Works</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Supervision of O&amp;M service of the company, and monitoring activities of operation of the facilities (checking based on IP)</li> <li>· Supervision of performance of technical staff in the company</li> <li>· Supervision of technical transfer for O&amp;M of facilities</li> <li>· Management of hazardous materials</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· To study on solutions of troubles in operation, and to take necessary actions</li> </ul> <p><u>Education/Training and Planning</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Preparation of the plan of O&amp;M, repair and replacement of the facilities, and preparation of specs of materials and equipment for the O&amp;M, repair and replacement works</li> <li>· Preparation of manuals of operation, monitoring, risk management, and safety and sanitation control</li> <li>· Instruction/training for local technical staff at an initial operation stage of the facilities, in cooperation with contractor</li> <li>· Preparation of a long term plan of education and training for local technical staff, and execution of the training</li> <li>·</li> </ul>
Chief Accountant (to be provided by HSDC)	<p><u>Daily Works</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· General accounting works</li> </ul> <p><u>Preparation of Document</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Preparation of necessary documents for annual financial statements</li> </ul>

## **VI. PASSING OF MEMBERS COUNCIL'S RESOLUTIONS**

The issues that must be approved in unanimous vote include: None.

The issues that must be approved by the number of votes representing at least **75%** of the aggregate capital of the attending members include ;

- Approval on sales of assets more than 50% of total assets value
- Amendment of Charter
- Decision of reorganizing
- Dissolution of the company or declaration of bankruptcy
- Increase or replacement of the investors
- Approval of the middle and long term strategy and yearly business plan

The issues that must be approved by the number of votes representing at least **65%** of the aggregate capital of the attending members include:

- Decision of increase or decrease of legal capital, funding source, and timing
- Decision on investment project more than 50% of total assets value and investment measure
- Decision on market expansion, marketing and technology transfer
- Decision on appointment and remove of the Chairman, General Director, Deputy General Directors, Chief of Financial Affairs and Chief of General and Technical Affairs (to be stipulated in the Charter)
- Decision on remuneration and benefit of chairman, general director and other managerial positions stipulated in the Charter
- Approval on profit distribution and loss treatment

- Approval on annual financial statements
- Decision of company structure
- Decision on establishment of office, branch and representative office
- Other power and duty stipulated in the Law on Enterprise and Charter

The issues that must be approved by the number of votes representing at least **51%** of the aggregate capital of the attending members include: None

## **VII. ASSIGNMENT OF SHARES OF CAPITAL CONTRIBUTION**

The Law on Enterprises 2005 provides as follows:

*A member of a limited liability company with two or more members shall have the right to assign a part or its entire share of capital contribution to other persons in accordance with the following provisions:*

1. *[A member wishing to assign a part or its entire share of capital contribution] must offer to sell such share of capital contribution to all other members in proportion to their shares of capital contribution in the company on the same terms;*
2. *Assignment to non-members shall only be permitted where the other members of the company do not purchase or do not purchase in full within thirty (30) days from the offering date.*

## **VIII. OBLIGATIONS AND RESPONSIBILITIES OF EACH PARTY:**

### 1. Obligations and Responsibilities of the Vietnamese Party:

- i. To provide 35 % of the total capital
- ii. To provide suitable staff to requirement of the following positions
  - Chairman of the Member of Council
  - The Deputy General Director/ Chief of General and Personnel Affairs
  - Three key Staff in each WWTP, which are Director of Site Office, Vice Director/ Manager of Wastewater Treatment, Manager of General Issue
- iii. Not establish any JV or co-operation to provide waste water treatment plant operation and maintenance service in Hanoi with any companies other than the Foreign Party without the Foreign Party's consent.
- iv. To liaise with HPC and relevant authorities and make the JC provide operation and maintenance service of waste water treatment plants in Hanoi, including but not limited to, Yen So, Yen Xa, Bay Mau, Ho Tay, and Phu Do, under the acceptable fee for the both parties.

### 2. Obligations and Responsibilities of the Foreign Party:

- i. To provide 65 % of the total capital
- ii. To provide suitable staff to requirement of the following positions
  - Two members of the Member of Council
  - The General Director and the Deputy General Director/ Chief of Financial Affairs
  - The Chief of Technical Affairs



- iii. Provide training to Vietnamese employees of the JC for the efficient operation of waste water treatment plant operation and maintenance and provide training to Vietnamese employees to replace expatriates to the extent appropriate to the objectives and policies of the JC. Such training may be conducted in the form of practical on-the-job training in Vietnam to the extent the training does not jeopardize the daily operation of the Company.
- iv. Make sure technology transfer to the JC.
- v. Not establish any JC or co-operation to provide waste water treatment plant operation and maintenance service with any companies other than the Vietnamese Party without the Vietnamese Party's consent in Hanoi city.

## **IX. PRODUCTS, SERVICES AND MARKET:**

### 1. Products and services description.

Services for O&M, Replacement of equipment, and Spare parts supply

### 2. Expected markets for products, customers, percentage planned of export products.

Expected markets for products: None

Customers: HPC and Other municipalities

Percentage planned of export products: None

## **X. TECHNOLOGY, EQUIPMENT, MACHINERY AND ENVIRONMENT:**

### 1. Technology:

The tasks of JC are O&M for:

- 1) Yen So WWTP (Sequencing Batch Reactor Process)
- 2) Ho Tay WWTP (Conventional Activated Sludge Process)
- 3) Bay Mau WWTP (Conventional Activated Sludge Process)
- 4) Phu Do WWTP (Conventional Activated Sludge Process)
- 5) Yen Xa WWTP (Conventional Activated Sludge Process)
- 6) Yen So Bio-solids Processing Center (Hybrid Type Sludge Drying (Solar Drying & Heat Pumping Type Drying)

### 2. List of necessary special equipment and machinery in response to the Company's activities.

#### (1) Transportation

- |                  |         |
|------------------|---------|
| 1) Mini Van      | 2units  |
| 2) Pickup Truck  | 1 unit  |
| 3) Arm Truck     | 1 unit  |
| 4) Passenger Car | 6 units |

#### (2) Wastewater treatment

- |  |          |
|--|----------|
| 1) Sampler for water Quality Analysis                      | 1 units  |
| 2) Automatic Water Quality Analytical Equipment (portable) | 5 units  |
| 3) Cart  | 25 units |
| 4) Crane   | 1 unit   |
| 5) Forklift  | 1 unit   |

6) Spare Parts, Consumables (Belt, Seal Material, Diffuser, Equipments for Water Quality Analysis and Sludge Analysis)	L.S.
7) Small Truck, Cart, Forklift	5 units
8) Truck for Sludge Transfer	14 units
9) Weighing Machine	1 unit
<b>(3) Administration</b>	
1) PC	27 units
2) Mobile phone	41 units
3) Land line	10 units
4) Fax machine	6 units
5) Office Equipment	L.S.
6) Work clothes & Equipment for safety	195 units
7) Equipment for Cleaning and Mowing	15 units
8) Daily commodities	34 units

### 3. Environment:

WWTPs and Sludge bio-solids processing center, to be operated by JC are to work for environmental protection and pollution reduction, so that no serious environmental impact is expected.

## **XI. DEMANDS FOR BUSINESS'S ACTIVITY:**

### **1. Demand for machinery, equipment and raw material**

List (types)	First year (2014)	Second year (2015)	Year of stable production
<b>1. Purchase</b>			
(1) Transportation			
1) Mini Van	2 units	2 units	2 units
2) Pickup truck	1 units	1 units	1 units
(2) Wastewater Treatment			
1) Sampler for water quality analysis	1 units	1 units	1 units
2) Automatic water quality analytical equipment	3 units	3 units	5 units
3) Cart	15 units	15 units	25 units
(3) Administration			
1) PC	18 units	18 units	27 units
2) Mobile phone	26 units	26 units	41 units
3) Land line	7 units	7 units	10 units
4) Fax machine	4 units	4 units	6 units
5) Office Equipment	L.S.	L.S.	L.S.
6) Work clothes & Equipment for safety	115 units	115 units	195 units
7) Equipment for Cleaning and Mowing	9 units	9 units	15 units
8) Daily commodities	26 units	26 units	34 units
<b>2. Rental</b>			
1) Passenger car	3 units	3 units	6 unit
2) Arm truck	0	0	1 unit
3) Crane	0	0	1 unit
4) Forklift	0	0	1 unit
<b>3. Provided by HPC</b>			
1) Spare parts, consumables	L.S.	L.S.	L.S.

**2. Demand for fuel, energy, water, services and list of suppliers**

<b>List (types)</b>	<b>First year 2013</b>	<b>Second year 2014</b>	<b>Third year 2015</b>	<b>Year of stable production</b>
Electricity	0 kWh 0 US\$	22,536,000kWh 1,297,000 US\$	29,952,000kWh 1,724,000 US\$	80,590,000kWh 4,884,000 US\$
Fuel	0 L 0 US\$	349,954 L 405,000 US\$	466,605 L 539,000 US\$	482,505 L 602,000 US\$
Chemicals	0 kg 0 US\$	1,471,406 kg 1,460,000 US\$	1,989,660 kg 1,943,000 US\$	4,562,178 kg 4,608,000 US\$
Contract for Technical Transfer	424,500 US\$	566,000 US\$	566,000 US\$	566,000 US\$
Management Contract	462,000 US\$	616,000 US\$	616,000 US\$	616,000 US\$

\* Projected measures of satisfying demands in term of power and water for project.

### 3. Demand for employees in year of stable production

Kinds of employees	Vietnamese citizens	Foreigners	Total
1. Management staff	11	5	16
2. Technical-Supervising staff	21	2	23
3. Skilled workers	124		124
4. Non-skilled workers	24		24
5. Office staff	3		3

## **XII. SITE - CONSTRUCTION - ARCHITECTURE:**

### 1. Site and project's land area:

- \* Address (commune, district, province) boundaries or geographical coordinates of site.
- \* Existing conditions of floor space and infrastructure system (roads, bridges, power, water, drainage, communications...)
- \* Land area to be used for project and rental rate.

#### **Notice:**

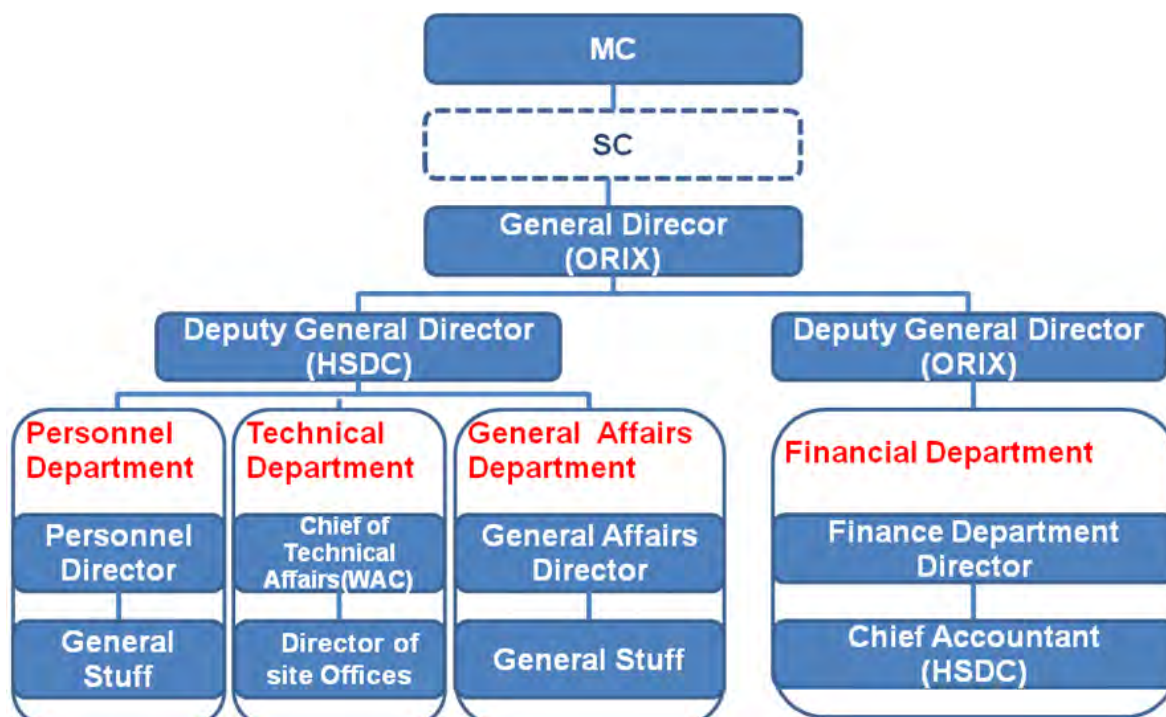
- For establishment of joint venture company, it's indispensable to present the implementation site of the project.
- In case that the joint venture company must clear the land area to be used for the project, the cost for compensation and relocation must be estimated, based on agreement with the People's Committee of the province.

### 2. Constructions and Architecture

No construction and no architecture in the service.

## **XIII. ORGANIZATIONAL STRUCTURE, PERSONNEL AND SALARIES:**

### 1. Organizational chart of company



- Remarks: 1) Decision of Standing Committee (SC) does not have any legal power, but it is proposed for well communications and discussions between Vietnamese and Japanese sides.
- 2) One Deputy General Director will hold the positions of heads of the Personnel Department and the General Affairs Department, concurrently.
- 3) Another Deputy General Director will hold the position of head of the Financial Department, concurrently.
- 4) The head of Financial Department is the final decision maker for purchase and payment.

## 2. Annual salary funds

(unit: US\$)

	I	II	III	Year of stable production
	2013	2014	2015	
1. Expatriate staff				
General Directors	36,000	48,000	48,000	48,000
Deputy GD	27,000	36,000	36,000	36,000
Chief Technical Affairs	18,000	24,000	24,000	24,000
Technical Experts				0
Total salary fund (I)	81,000	108,000	108,000	108,000
2. Vietnamese staff				
Deputy GD	18,000	24,000	24,000	24,000
Chief Accountant	9,000	12,000	12,000	12,000
General Staff (1)	9,000	12,000	12,000	12,000
General Staff (2)	9,000	12,000	12,000	12,000
General Staff (3)	9,000	12,000	12,000	12,000
Operation staff	12,800	269,100	358,800	703,200
Total salary fund (II)	66,800	341,100	430,800	775,200
3. Total salary funds (I + II)	147,800	449,100	538,800	883,200

## 3. Form of employee's recruitment, training's plan for management and technical personnel (state clearly contents and estimated expenditures).

Form of employee's recruitment :

The Key Staff will be transferred from the both of Vietnamese and Japanese parties, as mentioned in Chapter VIII, and remaining staff will be recruited through advertisement on newspaper and staff dispatching company

Training's plan for technical personnel:

Under the license contract, WAC will dispatch three (3) Technical Staff; "Chief of Technical Affairs" and "Mechanical and Electrical Expert" and "Wastewater Treatment Process Engineer" for achievement of suitable O&M services of the company, and they will provide On-the-Job-Training (OJT) program for local expert in each WWTP as shown in Table "Schedule of Initial Stage of the Project and Activities of Initial Cost".

**XIV. SCHEDULE FOR PROJECT IMPLEMENTATION:**

The schedule at the initial stage of the Project and activities of indirect cost is shown as below.

Schedule of Initial Stage of the Project and Activities of Indirect Cost																								
	2013				2014				2015															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>General Schedule</b>																								
Commencement of Business of JC																								
<b>Ho Tay WWTP</b>																								
Preparation Works and Inspection																								
Handover to JC																								
O&M Period																								
<b>Yen So WWTP</b>																								
Preparation Works and Inspection																								
Handover to JC																								
O&M Period																								
<b>Bay Mau WWTP</b>																								
Preparation Works and Inspection																								
Handover to JC																								
O&M Period																								
<b>Activities of Indirect Cost</b>																								
<b>【Management Staff Activities】</b>																								
General Directors																								
Deputy GD (General&Personnel)																								
Deputy GD (Finance&Technical)																								
Chief Accountant																								
Chief of Technical Affairs																								
General Staff (General & Personnel Affairs)																								
General Staff (Finance&Technical)																								
General Staff (Secretary&Interpreter)																								
<b>【Activities of Technical Experts】</b>																								
Expert of Mechanical Electrical																								
Expert of Water Quality																								
<b>【Training for Staff】</b>																								
Ho Tay WWTP																								
Yen So WWTP																								
Bay Mou WWTP																								

Remark: The cost of activities in coloured columns are considered into the amount of the Capital.

**XV. STRUCTURE OF INVESTMENT CAPITAL DURING IMPLEMENTATION YEARS:****1. Working capital:**

Components	First year	... year	Year of stable production
1. Production capital a)	0		
2. Cash	US\$2.14 million		
Working capital in total	US\$2.14 million		

**2. Fixed capital:**

(Unit: US\$)

Components	First year	... year	Year of stable production
1. Machines & Equipments	139,000		
2. Office rent	48,000		
3. Medication costs	3,000		
4. Insurance expenses	30,000		
5. Overhead	240,000		
Total fixed capital	460,000		

**XVI. EVALUATION OF THE PROJECT EFFICIENCY:****1. Financial efficiency**

- Term for return of capital
- Theoretical break - even point.
- Capacity to balance foreign currency.

**2. Socio - economic efficiency of project**

- Number of employees used by the project.

Kinds of employees	Vietnamese	Foreigners	Total
1. Management staff	11	5	16
2. Technical-Supervising staff	21	2	23
3. Skilled workers	124		124
4. Non-skilled workers	24		24
5. Office staff	3		3
Total	183	7	190

- Estimated tax amount paid to State budgeted

## **XVII. FINANCE AND ACCOUNTING SYSTEM:**

### 1. Principle of sharing profit.

The profit will be shared to the investors, depending on share of the initial investment amount..

### 2. The accounting system used by the joint venture company.

Vietnamese accounting system

ORIX is listed in New York Stock Exchange so that USGAAP base financial statements will also be prepared in case the JC is judged as consolidated company of ORIX.

### 3. Assets depreciation principles.

In accordance with Vietnamese tax regulations.

Straight line method. Production output method (number of operating time base) may be an option.



# **APPENDIX-A2**

## **Term Sheet (Join Company)**

For discussion purposes only

**Frame Investment Agreement**

**(TERM SHEET)**

Party	Hanoi Sewerage and Drainage Company (“HSDC”) ORIX Corporation (“ORIX”) Water Agency (“WA”, collectively with ORIX, the “Consortium”)
Execution Date	[30/September/2012]
Joint Venture Company (“JVC”)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Type of the Company: LLC with more than one or more members. The liabilities of each member of JVC shall be limited to the amount which the member actually invested into JVC.</li><li>2. Name:</li><li>3. Address:</li><li>4. Charter Capital and Contributed Capital from each Party<ol style="list-style-type: none"><li>(1) Charter Capital: VND [ ] million</li><li>(2) Contribution of HSDC: VND [ ] million</li><li>(3) Contribution of ORIX and WA: VND [ ] million</li></ol>[Note: Please see the spread sheet separately attached describing the assumption of the calculation for the Capital Contribution above.]</li><li>5. Shareholding Ratio<ol style="list-style-type: none"><li>(1) HSDC: 35%</li><li>(2) Consortium: 65%</li></ol></li><li>6. Business Lines of JVC<ol style="list-style-type: none"><li>(1) Operation and maintenance services for waste water treatment plants, including but not limited to the following conditions:<ol style="list-style-type: none"><li>(i) Repair and Replacement works for the waste water treatment plants;<ol style="list-style-type: none"><li>(a) Repair means that JVC shall, or cause any third party to, repair any part/component of the equipment/machinery installed in the plants.</li><li>(b) Replace means that JVC shall, or cause any third party to, replace any equipment/machinery installed into the plants.</li></ol></li></ol></li></ol></li></ol>

**Preliminary Draft**

	<p>(ii) The necessary permit/license/registration/filings (the “Permits”) should be obtained or completed, if applicable, for wholesale and retail and/or construction and any other Permits for JVC to perform the operation and maintenance services.</p> <p>(2) Training service for O&amp;M services in sewerage sector for other municipalities;</p> <p>(3) Advisory service in sewerage sector for other municipalities;</p> <p>(4) Construction works; and</p> <p>(5) Other business lines to be separately agreed by the Parties</p>
Capital Contribution	<p>1. Capital Contribution Date and Obligation</p> <p>The Capital Contribution Date shall be the date within six (6) months from the issuance date of the investment certificate of JVC or such other date to be separately agreed by the Parties. Further, each of the Parties shall perform its capital contribution in cash at the Capital Contribution Date.</p> <p>2. Conditions Precedent for the Capital Contribution by the Consortium</p> <p>(1) Execution of the Loan Agreement between JICA and the competent Vietnam Governmental Agency (the “Loan Agreement”);</p> <p>(2) Execution of OM Service Agreement (including repair and replacement work to be made by JVC) for Yen So (the “OM Service Agreement”);</p> <p>(3) Execution of MOU(s) regarding OM Services for Yen Xa, Ho Tay, Bay Mau and Phu Do (collectively, the “Related Facilities”) (“MOU”);</p> <p>(4) Execution of Technology Transfer Agreement between JVC and WA (the “TTA”) ;</p> <p>(5) Execution of Service Agreement between JVC and ORIX (the “Service Agreement”, collectively with the Loan Agreement, the OM Service Agreement, MOU and TTA, the “Related Agreement”);</p> <p>(6) Completion of the due diligence by ORIX on Yen So and Related Facilities;</p>

	<p>(7) Issuance by People’s Committee of Hanoi (“HPC”) of the Guarantee Letter to guarantee (i) the effectiveness and validity of the put option arrangement under the Frame Investment Agreement [(including commitment by HPC that HPC shall cause HSDC to comply with the terms and conditions on the put option under the Frame Investment Agreement and not to claim and assert the inability and ineffectiveness of the put option thereunder from the Vietnamese or other applicable law perspective)],(ii) effectiveness and validity of the distribution or payment by JVC of the dividend or other profit (if any) to its members in USD and (iii) that, if the corporate structure or legal status of HSDC is changed or all or material parts or functions of HSDC is transferred to, merged with, or divided into other entities or governmental bodies during the term of JVC regardless of the reason therefor, HPC shall cause such transferee organization to abide by all terms and conditions of the JVAs and other transaction documents of which HSDC is the party, and shall also cause such transferee organization to obtain a new investment certificate and necessary modifications on permissions, etc. in connection with the change in the corporate structure;</p> <p>(8) Agreement on (i) internal regulation, rules or agreement regarding the remuneration, salary and allowance to be paid to the directors or other executives (if any) (ii) Internal Labor Rules and Regulations (including details of the salary and allowance to be paid to employees of JVC), (iii) rules on the internal decision-making procedure of JVC, management and operation manual or rules, and (iv) other material internal rules, satisfactory to the Parties;</p> <p>(9) Confirmation Letter from (i) the relevant tax authority on the taxation on the capital amount to be paid by each member of JVC, the profit of JVC, and distribution by JVC to its members, and (ii) the relevant authority on the transferring foreign currencies from [and to] a domestic account;</p> <p>(10) HSDC has obtained the approval of the Board of Management and other relevant governmental agency or</p>
--	--

**Preliminary Draft**

	<p>authority for execution of the Frame Investment Agreement, Joint Venture Agreement, Charter of JVC and other related documents (collectively, the “JVAs”);</p> <p>(11) The terms and conditions of the Investment Certificate issued by the relevant governmental authority shall be satisfactory to the Consortium;</p> <p style="padding-left: 40px;">(a) the items approved by the Confirmation Letter from the relevant tax authority and other relevant authority shall be specifically stated; and</p> <p style="padding-left: 40px;">(b) necessary Permits are obtained and reflected in the Certificate.</p> <p>(12) No breach of any of the JVAs or the Related Agreements;</p> <p>(13) No material adverse change;</p> <p>(14) Compliance with applicable laws;</p> <p>(15) Completion of licenses (including licenses for (i) the retail and wholesale of certain goods, (ii) Construction and (iii) others necessary for JVC to perform the OM services (including repair and replacement works) under the OM service agreement), permissions, registration and/or filings procedures;</p> <p>(16) (i) Documents evidencing the satisfaction of items above and (ii) other documents required or necessary to establish JVC; and</p> <p>(17) Other items to be separately agreed by the Parties</p>
<p>Corporate Governance</p>	<p>1. MC</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) Chaireman (HSDC)</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) Representative of ORIX (ORIX)</p> <p style="padding-left: 20px;">(3) Representative of Water Agency (WA)</p> <p>2. Headquarters</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) General Director and Legal Representative (ORIX)</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) Deputy General Director in charge of Financial Affairs / Chief of Financial Affairs (ORIX)</p> <p style="padding-left: 20px;">(3) Deputy General Director in charge of General and Personal Affairs and Technical Affairs / Chief of General and Personal Affairs (HSDC)</p> <p style="padding-left: 20px;">(4) Chief Accountant (HSDC)</p>

	<ul style="list-style-type: none"><li>(5) Chief of Technical Affairs (WA)</li><li>(6) General Staff for general and personnel affairs (Recruitment)</li><li>(7) General Staff for financial and technical affairs (Recruitment)</li><li>(8) General Staff (Secretary &amp; Interpreter) (Recruitment)</li><li>(9) [TBD]</li></ul> <p>3. Salary for the Directors, other Executives and Employees [TBD]</p> <p>4. Inspection Committee [TBD]</p> <p>5. Standing Committee: JVC shall set up the Standing Committee consisting of the working-level personnel of each Parties hereof in order to cultivate a shared understanding and to enhance communication, and the meeting of the Standing Committee shall be held [ ] per month to discuss about performance and status of the business operation, sales and marketing of JVC and business strategy and policy of JVC.</p> <p>6. Decision Making Procedure</p> <p>The following items (the “Material Items”) shall be decided by 75% or more affirmative vote at a MC meeting.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) Amendment of the Charter;</li><li>(2) Change of the investors of the JVC;</li><li>(3) Approval of the middle and long term strategy and annual business plan (excluding funding, financing and distribution of the profit of JVC to Shareholders);</li><li>(4) Liquidation, termination and winding up of JVC, and declaration of bankruptcy;</li><li>(5) Approval of the sale of assets more than 50% of the total asset value recorded in the most recent financial statement of JVC;</li><li>(6) Decision of reorganization of JVC</li></ul> <p>7. Role of each Executives</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) Chairman (to be designated by HSDC)<ul style="list-style-type: none"><li>(a) Planning, schedule arrangement, other preparation works (including document preparation), convocation, and chairing of the MC, and other meetings to exchange opinions of the members of the MC;</li><li>(b) Supervision of execution of issues resolved by the MC;</li><li>(c) Signing on issues resolved by the MC (if necessary); and</li><li>(d) Other works stipulated in the Law on Enterprise and the</li></ul></li></ul>
--	--

	<p>Charter.</p> <p>(2) General Director and Legal Representative (to be designated by ORIX)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(a) Supervision of all activities of the company</li><li>(b) Execution of issues resolved by the MC</li><li>(c) Execution of business plan and investment plan</li><li>(d) Signing on business documents/contract documents, as the representative of the company</li><li>(e) Decision of appointment and dismissal of major positions in the company</li><li>(f) Decision of salary of company staff</li><li>(g) Decision of employment of company staff</li><li>(h) Proposal of agenda and detailed items to be determined by MC meeting and preparation of documents necessary for MC</li><li>(i) Decision of internal administrative rule of the company staff</li><li>(j) Decision of internal organization structure of JVC</li></ul> <p>(3) Deputy General Director in charge of Financial Affairs/Cheif of Financial Affairs (to be designated by ORIX)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(a) Management works of the financial department</li><li>(b) Supervision and Execution of works of financial and accounting matters, and approval</li><li>(c) Preparation of rules/regulations of audit</li><li>(d) Preparation of company's regulations/ rules on financial and accounting issues</li><li>(e) Proposal of share of profit and writing off as a loss</li><li>(f) Proposal of a business plan and an investment plan</li><li>(g) Preparation of annual financial statements and tax payment declaration form</li></ul> <p>(4) Deputy General Director in charge of General and Personal Affairs and Technical Affairs/Cheif of General and Personal Affairs (to be designated by HSDC)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(a) Labor management (salary, working environment and working time), based on the company's regulations on general and personnel affairs</li></ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"><li>(b) Procurement and management of materials and equipment</li><li>(c) Arrangement for acceptance of technical transfer program</li><li>(d) Supervision of performance carried out under the license contract</li><li>(e) Risk management and facility operation, in cooperation with “Chief Technical Affairs”</li><li>(f) Negotiation and coordination with relevant Vietnamese organizations</li><li>(g) Preparation of documents on personnel appraisal and personnel change</li><li>(h) Preparation of internal regulations and rules on general affairs and personnel affairs</li><li>(i) Preparation of rules for disaster and manuals for risk management</li><li>(j) Preparation of regulations/ rules of organization policies, division of duties and administrative authorities</li></ul> <p>(5) Chief of Technical Affairs (to be designated by WA) [TBD]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(a) Supervision of O&amp;M service of the company, and monitoring activities of operation of the facilities (checking based on IP)</li><li>(b) Supervision of performance of technical staff in the company</li><li>(c) Supervision of technical transfer for O&amp;M of facilities</li><li>(d) Management of hazardous materials</li><li>(e) To study on solutions of troubles in operation, and to take necessary actions</li><li>(f) Preparation of the plan of O&amp;M, repair and replacement of the facilities, and preparation of specs of materials and equipment for the O&amp;M, repair and replacement works</li><li>(g) Preparation of manuals of operation, monitoring, risk management, and safety and sanitation control</li><li>(h) Instruction/training for local technical staff at an initial operation stage of the facilities, in cooperation with contractor</li><li>(i) Preparation of a long term plan of education and training for local technical staff, and execution of the training</li></ul>
--	---



**Preliminary Draft**

	<p>(6) Chief of Accountant (to be designated by HSDC)</p> <p>(a) General accounting works</p> <p>(b) Preparation of necessary documents for annual financial statements</p>
Rules of Decision-making Authority	[to be discussed]
Operation of the Joint Venture Company	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Business Plan: The Consortium shall prepare the plan and it shall be attached hereto.</li> <li>2. Profit Distribution Policy: JVC shall distribute its profit exceeding certain amount to be reserved in accordance with applicable laws and minimum cash reserve necessary for operating the business of JVC to the Parties every year.</li> <li>3. Finance: JVC shall arrange any financing from any domestic or international financial institutions or other creditors by its own credibility and none of the Parties shall be obligated to (i) make a loan to JVC nor make any additional contribution to JVC or (ii) guarantee the financing for the JVC's creditors.</li> <li>4. Cash Management: JVC may open accounts of any nature whether denominated in Vietnamese or USD at any credit institutions permitted to operate in Vietnam as the Chief of the Financial Affairs may elect from time to time, and (if necessary, with the approval of the State Agency) with a foreign bank outside Vietnam. USD will be received from HPC as a part of O&amp;M service fees, of which will be appropriate to an invoice from any supplier to be billed in dollars, shall be deposited to such USD account.</li> <li>5. The Parties agree that JVC may take any available measures to offset the exchange risks.</li> <li>6. [TBD]</li> </ol>
Covenants	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HSDC             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Negotiation with any governmental agency including HPC in order to implement this Agreement and the Related Agreements (excluding the Loan Agreement)</li> <li>(2) HSDC shall cause HPC to perform its obligations under the</li> </ol> </li> </ol>

	<p>OM service agreement in accordance therewith.</p> <p>(3) HSDC shall second and dispatch to JVC the personnel in charge of technical transfer from WA.</p> <p>(4) HSDC shall second and dispatch to JVC the Deputy General Directors and shall cause the Deputy General Directors to perform its assignment and obligations in accordance with applicable laws and the Frame Investment Agreement.</p> <p>(5) HSDC shall select an appropriate and chief of accountant for JVC.</p> <p>(6) Information collection regarding new sewage water projects in Hanoi (mainly BT and/or BOT projects) and negotiation with HPC for the OM service agreement relating to the new projects.</p> <p>(7) HSDC shall procure sufficient employees for Yen So and Related Facilities (including secondment and dispatch of employees from HSDC and hiring new employees therefor).</p> <p>(8) HSDC shall make its best effort to resolve any and all labor disputes with employees of JVC, Yen So and Related Facilities.</p> <p>(9) HSDC shall support JVC, ORIX and WA in procedures relating to (i) import of materials and chemicals necessary for JVC's business, and (ii) obtaining appropriate visa for the foreign employees to be seconded and dispatched from ORIX and WA.</p> <p>(10) HSDC shall, based upon request by the Consortium, make its best effort to support JVC in (i) obtaining any and all licenses and permits and (ii) completion of all procedures required or necessary for JVC to conduct its business.</p> <p>(11) If the corporate structure or legal status of HSDC is changed or all or material parts or functions of HSDC is transferred to, merged with, or divided to other entities or governmental bodies during the term of JVC regardless of the reason therefor, HSDC shall cause such transferee organization to abide by all terms and conditions of the JVAs and other transaction documents of which HSDC is the party, and shall also cause such transferee organization to obtain a new</p>
--	---

	<p>investment certificate and necessary modifications on permissions, etc. in connection with the change in the corporate structure.</p> <p>(12) HSDC shall perform other assignments and obligations to be separately agreed by the Parties (if any).</p> <p>2. ORIX</p> <p>(1) ORIX shall make its best effort to support HPC and/or other relevant Vietnam Governmental Agency in negotiation with JAICA with respect to the Yen Xa Projects.</p> <p>(2) ORIX shall make its best effort to promote practical cooperation to implementation of Yen So sludge recycling business, such as finding and arranging of the meetings with the prospective Japanese investors.</p> <p>(3) ORIX shall arrange training for the employees of JVC if required by JVC as reasonably necessary.</p> <p>(4) ORIX shall advise and support JVC in further development of JVC's business as reasonably necessary (including business alliance with any third party)</p> <p>(5) ORIX shall second and dispatch to JVC General Director and the Deputy General Directors, and shall cause the General Director and Deputy General Directors to perform its assignment and obligations in accordance with applicable laws and the Frame Investment Agreement.</p> <p>(6) ORIX shall support JVC in executing OM service agreements relating to ODA projects sponsored by JAICA or other Japanese entities in other province.</p> <p>(7) ORIX shall perform other assignments and obligations to be separately agreed by the Parties (if any).</p> <p>3. WA</p> <p>(1) WA shall procure sufficient amount of chemicals for JVC and sell the same to JVC. For the avoidance of doubt, JVC may purchase such chemicals from any third party if (i) the quality of the chemical provided by the third party is equivalent to that of WA and (ii) the price of the chemical of the third party is less than that of WA.</p> <p>(2) WA shall conduct a due diligence against Yen So and Related</p>
--	--

**Preliminary Draft**

	<p>Facilities and figure out the improvement items thereof.</p> <p>(3) WA shall perform its obligations under TTA in accordance therewith.</p> <p>(4) WA shall second and dispatch to JVC the technical expert, and shall cause the technical expert to perform its assignments and obligations in accordance with applicable laws, the Frame Investment Agreement and TTA.</p> <p>(5) WA shall advise JVC in preparation of management and operation manuals for Yen So and Related Facilities.</p> <p>(6) WA shall perform other assignments and obligations to be separately agreed by the Parties (if any).</p>
<p>Non-Competition</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HSDC shall not execute any OM service agreements for Yen So and other Related Facilities with any third parties without prior written consent of the Consortium.</li> <li>2. HSDC shall cause HPC not to assign the replacement work to any third party.</li> <li>3. HSDC shall not establish any JV or other entity to provide waste water treatment plant operation and maintenance service in Vietnam with any companies other than the Consortium without prior written consent of the Consortium.</li> <li>4. JVC and HSDC shall not, without obtaining a prior consent of ORIX, expropriate and/or transfer to a third party any of the technology to be transferred by WA to JVC under the TTA.</li> <li>5. HSDC shall not cause or solicit any employees of JVC, Yen So and Related Facilities to work at other waste water treatment plants or similar facilities for which any OM service agreement is not executed by JVC.</li> </ol>
<p>Financial Statements and Audit</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The Parties agree to cause JVC to prepare financial statements based on US GAAP as well as those based on Vietnamese GAAP.</li> <li>2. The Parties agree to cause JVC to cooperate with ORIX in audit by the accounting firm retained by ORIX which is required by laws of Japan. For the avoidance of doubt, such audit cost (including fees payable to the accounting firm) shall be borne by ORIX.</li> </ol>

## Preliminary Draft

Trademark and other Intellectual Properties	<ol style="list-style-type: none"><li>1. HSDC shall, or shall cause employees of JVC, not to use any of the trademarks and other intellectual properties owned or used by ORIX and/or WA or register the same with any relevant authority.</li><li>2. The Consortium shall, or shall cause employees of JVC, not to use any of the trademarks and other intellectual properties owned or used by HSDC or register the same with any relevant authority.</li></ol>
Representations and Warranties	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Each Party individually represents and warrants to each other Party that:<ol style="list-style-type: none"><li>(a) it is an entity duly organized, validly existing and in good standing under the laws of the jurisdiction of its country of incorporation or establishment. Each Party has all requisite corporate power and authority necessary to enable it to own, lease or otherwise hold its assets and to carry on its business as presently conducted.</li><li>(b) it satisfies all qualification requirements under the laws of Vietnam or otherwise imposed by the Approval Authority in relation to a Vietnamese or a foreign investor in nature of JVC (as the case may be).</li><li>(c) each Party has the full power, authority to enter into the JVAs to which it is a party and perform its obligations under such JVAs.</li><li>(d) each Party has obtained all consents and approvals and taken all actions necessary for it to validly enter into and give effect to the JVAs to which it is a party.</li><li>(e) the signatory of each Party to the JVAs has the authority to execute them for and on behalf of it,</li><li>(f) the entry into and delivery of, when executed, and the performance of each JVAs to which the Party is a party will not result in any breach of any of its constitutional document or any of its legal or contractual obligations or result in any claim by a third party against the other Party or JVC.</li><li>(g) there are no pending or threatened actions or proceedings before any court, judicial body, administrative agency or arbitrator which may materially adversely affect the other Party or this Agreement.</li></ol></li><li>2. In addition to the representations and warranties above, each Party</li></ol>

**Preliminary Draft**

	<p>shall make further representations and warranties to be separately agreed by the Parties.</p>
Deadlock	<p>In case where HSDC and the Consortium fail to reach an agreement for any of the Material Items, HSDC and ORIX as a representative of the Consortium shall discuss on the solution therefor for [thirty (30) days]. If HSDC and ORIX fail to reach an agreement within the period, both HSDC and ORIX shall respectively appoint one representative and those representatives shall discuss on the same for additional [thirty (30) days]. Further, if the representatives fail to reach an agreement within the period, ORIX may decide the matter without any consent of HSDC.</p>
Equity Transfer	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Each Party shall not sell, transfer or dispose of the shares of capital contribution without prior written consent of other Parties.</li><li>2. Put Option of the Consortium<ol style="list-style-type: none"><li>(1) Put Option Events<ol style="list-style-type: none"><li>(a) In case where JVC fails to execute any of the OM service agreements for the Related Facilities</li><li>(b) Failure by HPC to pay any OM service fees and replacement cost in accordance with the OM Service Agreements or other material breach by HPC of the OM Service Agreement. For the avoidance of doubt, after the execution of the OM service agreements for any of the Related Facilities, the failure by HPC to pay any OM service fees and replacement cost in accordance with such OM service agreements or other material breach by HPC of the OM service agreements.</li><li>(c) In case where HPC assigns any replacement work with respect to Yen So and the Related Facilities to any third party</li><li>(d) In case where any of the OM Service Agreements for Yen So and the Related Facilities is terminated</li><li>(e) In case where JVC is being able to operate the business by itself without any support from the Consortium.</li><li>(f) [TBD]</li></ol></li></ol></li></ol>

**Preliminary Draft**

	<p>(2) Procedures and Price</p> <p>(a) Procedures: [thirty (30) days] prior notice</p> <p>(b) Price:</p> <p>(i) Items (a) to (d) [TBD]</p> <p>(ii) Item (e) Book Value of the Shares of Capital Contribution</p>
IPO	<p>In case where shares or interests of JVC shall be listed on any relevant stock exchange, each Party may transfer its owned shares or interests of JVC to any third party.</p>
Termination and Dissolution	<p>1. Term: [50] years</p> <p>2. Termination by either Party (no defaulting Party shall have the right to exercise the following rights)</p> <p>(a) The conditions precedent are not satisfied with [one (1) year from execution of the Frame Investment Agreement].</p> <p>(b) The Party fails to perform its obligations or breaches any provisions under the JVAs (including JVAs) and Charter of JVC and to cure the same within [thirty (30) days].</p> <p>(c) Any Party is declared bankrupt or enters into proceedings of bankruptcy, dissolution or liquidation.</p> <p>(d) Only one Party owns the shares of capital contribution.</p> <p>(e) JVC has recorded the deficit for three successive fiscal years.</p> <p>(f) The Investment Certificate of JVC is revoked and terminated regardless of the reason and not replaced with a new investment certificate in form and contents satisfactory to the Parties.</p> <p>(g) The business of JVC shall be suspended by (i) the competent governmental agency without any willful misconduct or negligence of either Party or (ii) any changes of applicable laws.</p> <p>(h) There is any material change in the applicable law that results in a material adverse effect on the business of JVC.</p> <p>(i) HPC fails to perform its obligations under the OM Service Agreements and/or other OM service agreements for the Related Facilities and cure the same within [thirty (30) days]</p>

	<p>(j) [TBD]</p> <p>3. Termination by the Consortium</p> <p>(a) Any of the Consortium is unable to convert all its profits into foreign exchange or remit all its profits as foreign exchange to overseas as a result of a change in law or banking regulations which did not exist at the time of execution of the Frame Investment Agreement unless such restrictions are imposed due to the member of the Consortium’s willful misconduct.</p> <p>(b) [TBD]</p> <p>4. Termination by mutual agreement</p> <p>The Frame Investment Agreement may be terminated by mutual written agreement by the Parties.</p> <p>5. Effect of the Termination</p> <p>The termination of the Frame Investment Agreement shall not prejudice any rights of the non-breaching Party or obligations of the breaching Party which shall have accrued as a result of a breach or violation of the Frame Investment Agreement by a Party prior to such termination and shall not destroy or diminish the binding force and effect of any of the provisions of the Frame Investment Agreement which are expressly provided to continue in force after such termination.</p> <p>6. Dissolution</p> <p>In case where JVC shall be dissolved regardless of the result of the termination of the Frame Investment Agreement and/or Joint Venture Agreement, each Party shall, in proportion to its share of capital contribution, make a capital contribution or other method to be agreed by the Parties to resolve the excessive debt and then cause JVC to be dissolved.</p>
<p>Indemnification</p>	<p>Each Party (the “Indemnifying Party”) shall indemnify and hold harmless the other (the “Indemnified Party”) from and against all Losses (“Losses” means all liabilities, obligations, losses, damages, penalties, claims, actions, suits, judgments or settlements of any kind, whether absolute, accrued, contingent, direct, indirect or otherwise, whether due or to become due, and whether or not resulting from third-party claims (including interest and penalties with respect thereto and out-of-pocket expenses, and reasonable fees and expenses</p>



**Preliminary Draft**

	for attorneys, accountants, consultants and experts incurred in investigating or defending any of these).) suffered or incurred by the Indemnified Party resulting from, arising out of or in connection with, any breach of any obligation under the Frame Investment Agreement of the Indemnifying Party, or any failure or refusal of the Indemnifying Party to observe or perform any of its covenants or obligations under the Frame Investment Agreement.
Governing Law	Laws of Singapore
Arbitration	Arbitration in Singapore. The arbitration shall comprise of three arbitrators. Each of HSDC and the Consortium shall respectively appoint one arbitrator and the two arbitrators appoint one arbitrator. The arbitration shall be conducted in English.
Others	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definition</li> <li>2. Confidentiality:</li> <li>3. Notice:</li> <li>4. Cost: Each Party shall pay its own costs for the preparation and execution of the Frame Investment Agreement and any other JVAs.</li> <li>5. Language and Counterparts: English and three counterparts</li> <li>6. Priority: Joint Venture Agreement and Charter, contents of which shall be separately agreed by the Parties, shall be attached to the Frame Investment Agreement. In case where there are any inconsistencies between the Frame Investment Agreement and other JVAs (excluding the Frame Investment Agreement), the Frame Investment Agreement prevails against other JVAs.</li> <li>7. Non-Assignment: The Frame Investment Agreement shall not be assignable or otherwise transferable by any Party without the prior written consent of the other Parties, and any purported assignment or other Transfer without such consent shall be void and</li> </ol>

	<p>unenforceable. Further, the transferee must be of sound creditworthiness and have sufficient capability to perform the transferring Party's obligations under the Frame Investment Agreement, and the transferee must not be a competitor of JVC and the other Parties.</p> <p>8. Amendment: The Frame Investment Agreement may be amended or modified only by a written agreement executed by the Parties and any such amendment or modification shall form an integral part thereof.</p> <p>9. Severability: If any provision of the Frame Investment Agreement is or is held to be invalid or unenforceable, then so far as it is invalid or unenforceable it has no effect and is deemed not to be included in this Agreement. This shall not invalidate any of the remaining provisions of the Frame Investment Agreement. The parties shall then use all reasonable endeavors to replace the invalid or unenforceable provision by a valid provision the effect of which is as close as possible to the intended effect of the invalid or unenforceable provision.</p> <p>10. Good Faith Consultation:</p> <p>11. Other items to be separately agreed by the Parties</p>
--	---

## **APPENDIX-B**

汚泥処理・利用施設計画

ベトナム国  
ハノイ市エンサ下水処理場整備事業準備調査

## APPENDIX-B

## 汚泥処理・利用施設計画

## 目次

B1	下水汚泥処理・利用計画に関する基礎検討.....	B1-1
B1.1	下水汚泥処理の背景・必要性.....	B1-1
B1.2	下水汚泥処理・利用の基本的理念.....	B1-3
B1.2.1	下水汚泥処理施設計画の方法論.....	B1-3
B1.2.2	下水汚泥の価値、下水汚泥利用の要件.....	B1-3
B1.3	下水汚泥処理処分の現状と課題.....	B1-5
B1.3.1	ハノイ市における下水汚泥処理処分の現状.....	B1-5
B1.3.2	セプティックタンク汚泥処理の概要及び下水道への受入れ.....	B1-5
B1.4	下水汚泥利用試験.....	B1-9
B1.4.1	下水汚泥利用試験の目的.....	B1-9
B1.4.2	試験の構成.....	B1-10
B1.4.3	下水汚泥再利用製品製造工程検証.....	B1-11
B1.4.4	下水汚泥性状分析試験.....	B1-13
B1.4.5	下水汚泥を用いた生育試験.....	B1-22
B1.4.6	下水汚泥のニーズ調査.....	B1-30
B2	下水汚泥処理・再利用施設計画、概略設計.....	B2-1
B2.1	計画汚泥量.....	B2-1
B2.1.1	各下水処理場より発生する汚泥量.....	B2-1
B2.1.2	下水汚泥発生量の年次予測.....	B2-2
B2.2	汚泥処理・再利用プロセスの検討.....	B2-3
B2.2.1	汚泥利用方法の絞り込み.....	B2-3
B2.2.2	下水汚泥処理プロセスの選定.....	B2-5
B2.3	下水汚泥処理・再利用施設の用地選定.....	B2-13
B2.3.1	下水汚泥処理・再利用施設用地の候補地.....	B2-13
B2.3.2	用地選定の方法論.....	B2-15
B2.3.3	施設用地に対する法規制.....	B2-15
B2.3.4	下水汚泥処理・再利用施設用地の選定.....	B2-16
B2.4	民間担当事業の範囲の設定.....	B2-18
B2.5	汚泥処理施設の概略設計.....	B2-18
B2.5.1	天日乾燥床の概略設計.....	B2-18

---

B2.5.2	機械乾燥施設の概略設計 .....	B2-21
B2.5.3	施設の配置計画 .....	B2-23
B2.6	事業費の算定 .....	B2-30
B2.6.1	初期費用 .....	B2-30
B2.6.2	運営・維持管理費 .....	B2-32
B2.7	事業実施スケジュール .....	B2-35
B2.8	環境評価 .....	B2-36

## B1 下水汚泥処理・利用計画に関する基礎検討

## B1.1 下水汚泥利用の背景・必要性

ベトナム国の政治、文化の中心都市である首都ハノイ市は、近年めざましい経済発展を実現している一方で、下水・排水を含む都市インフラ整備は遅れている現状である。現況では、市内からの汚水は管渠、カルバート、水路によって集められ、キムニュー川、セット川、トーリック川、ルー川等の主要河川や湖、主要水路へ未処理のまま放流されている。そのため、特に乾季における未処理汚水が河川、湖、水路の衛生環境に甚大な影響を及ぼしている。また、これら汚水の浸透による地下水水質の悪化も懸念されている。さらに、ハノイ市からの未処理汚水が、红河やヌエ川の水質悪化にも起因している。

このような衛生環境を改善するために、大容量の汚水にも耐え得る下水処理施設の建設が急務となっている。現時点では中小規模のチュックバック、キムリエン及び北タンロンの3下水処理場のみの稼働に留まっているが、今後2012年～2018年の間にエンソ、ホータイ、バイマウ、フドー及びエンサの中大規模の5下水処理場が一気に稼働予定であり、ハノイ市の衛生環境・水環境の大幅な改善が期待されている。

今後、下水処理場が急速に整備されることに伴い、そこから発生する下水汚泥の量も急速に増加することが予測される。図-B1.1.1及び図-B1.1.2に今後の下水汚泥発生量予測を示す。現時点では中小の3下水処理場のみの稼働に留まり、また下水処理場への流入下水SS濃度も低いことから、下水処理場より発生する脱水汚泥量は日平均8t程度であるが、今後5下水処理場が稼働し、さらに流入下水SS濃度が下水処理場の設計値である250mg/L程度まで高くなると、下水処理場より発生する脱水汚泥量は日平均620t程度まで増大する。仮に流入下水SS濃度を現況に合わせた120mg/Lと想定しても、下水処理場より発生する脱水汚泥量は日平均280t程度まで増大することとなる。(汚泥量に関しては、B2.1に詳述する)

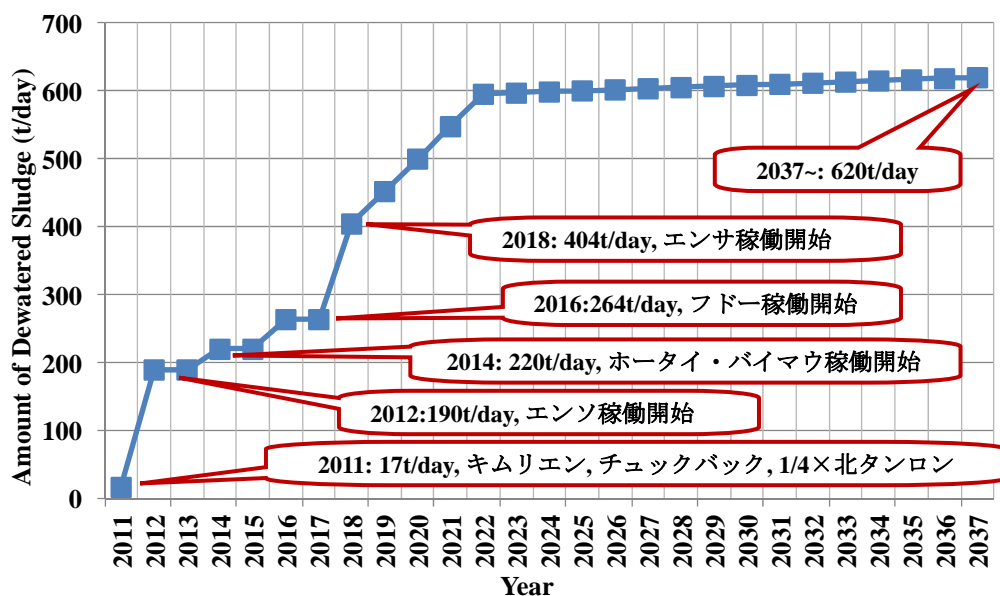


図-B1.1.1 下水汚泥発生量予測（流入下水SS濃度=250mg/Lの場合）

(出典：JICA 調査団)

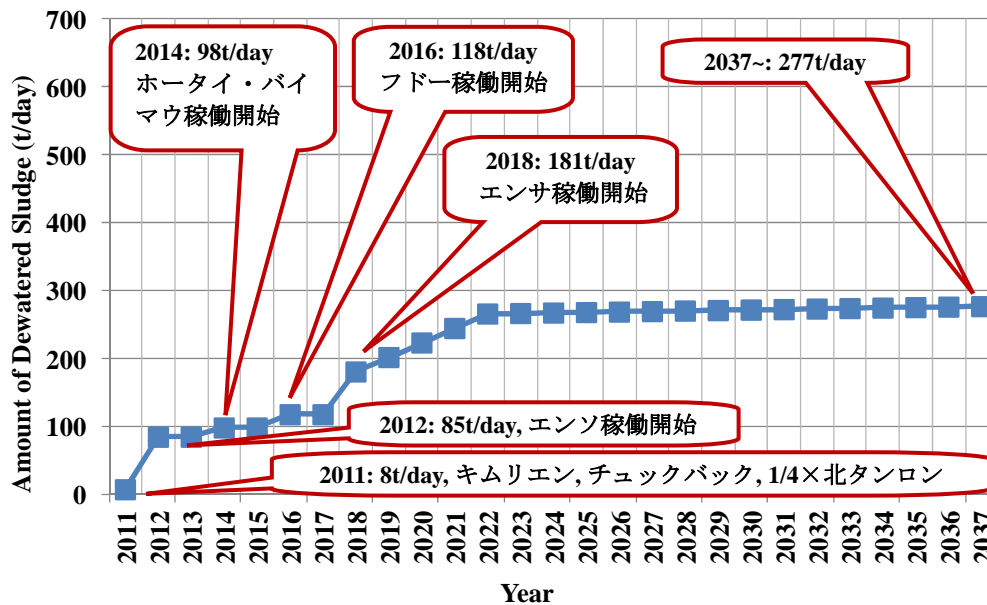


図-B1.1.2 下水汚泥発生量予測（流入下水 SS 濃度=120mg/L の場合）

（出典：JICA 調査団）

現在、ハノイ市内で発生する下水汚泥はゴミ最終処分場である Nam Son 処分場及び Tieu Ky 処分場に運搬され、埋立処分されている。Nam Son 処分場は第2期の増設事業中であるが、現時点と同様に下水汚泥の受け入れは計画されていない。また、HAPA は長期的な汚泥処分場整備を進めようとしているが、未だ結論に至っていない状態である。ハノイ市では一般廃棄物の処分場も非常にひっ迫している状況にあり、市内あるいは近郊に日量 280t の下水汚泥を受け入れる処分場を整備することは非常に困難といえる。

このような状況より、ハノイ市では下水汚泥を減量化し、汚泥利用・リサイクルを促進することが、今後必要不可欠といえる。これにより最終処分場の延命化や適切な汚泥管理、ひいては新たな下水処理場の円滑な整備につながると考えられる。

## B1.2 下水汚泥処理・利用の基本的理念

### B1.2.1 下水汚泥処理施設計画の方法論

汚泥処理施設計画は、埋立て処分地における下水汚泥の受け入れの可能性や下水汚泥利用方法によって、汚泥の最終形態と処理プロセスを選定する。

ハノイ都市環境公社 URENCO (Urban Resource and Environment Company) が管理する廃棄物処分場 (Nam Son Solid Waste Management Complex) は、現在、第2期の増設事業中で、市内で発生する廃棄物の処理・処分ニーズに対する余力を有していないことから、下水汚泥の受け入れには慎重である。このため、下水汚泥の有効利用による処分量の減量化やリサイクル利用による持続可能な汚泥処理処分計画の立案は、ハノイ市にとって今後必要不可欠になる。

本調査では、以下の事項に留意し、下水汚泥処理施設を計画した。

#### (1) 広域汚泥処理

本調査では、ハノイ市下水道の中長期計画と整合を図り、現在計画されている8処理場で発生する汚泥を広域的に処理する観点で、汚泥利用・処理計画を検討する。

#### (2) 下水汚泥有効利用

下水汚泥処理計画は、汚泥の利用・最終処分方法に適した処理プロセスを選定する。また、ハノイ市の下水汚泥の特性やハノイ市の気候風土を勘案した上で、最適な処理プロセスを選定する。

下水汚泥は日常的に発生し、下水道整備の進捗および水環境改善に伴って、水処理から分離される汚濁物として発生汚泥量が増加する。したがって、下水汚泥管理として下水汚泥を有効利用し、循環利用の体系に組み入れることが重要である。

#### (3) 下水汚泥処理計画策定の手順

ハノイ市下水道における下水汚泥の処理処分については、汚泥の利用可能性を調査し、利用先のニーズに合致した汚泥性状に処理することを目的として、①発生汚泥量の推計、②潜在的な利用方法の選定とニーズ調査・汚泥試験による需要量・汚泥性状について確認し、③下水汚泥処理計画を策定（汚泥利用形態の選定、汚泥処理プロセスの検討・選定、概算事業費算定、事業実施計画策定）、する。

### B1.2.2 下水汚泥の価値、下水汚泥利用の要件

#### (1) 下水汚泥の資源的価値

下水汚泥は、一般的に有機物および無機物で構成され、また低品費石炭の約60%のカロリーを有することから、肥料・土壌改良材としての利用や、燃料としての価値が期待されている。その他、無機物はセメント原料と類似した成分であるので、下水汚泥のセメント利用は、有力な用途である。



## (2) 下水汚泥の環境価値

下水汚泥は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC；Intergovernmental Panel on Climate Change）により、バイオマスエネルギーとして、太陽光、地熱、水力、風力、その他の再生可能エネルギーと同様に、再生可能エネルギーに位置付けられている。

また、下水道における温室効果ガス対策における主要なガスは、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>Oであるが、下水汚泥が埋立て処分されると嫌気性分解が進行し、CO<sub>2</sub>の21倍の地球温暖化ポテンシャルを有するCH<sub>4</sub>を大気中へ放出する。下水汚泥を石炭の代替燃料として利用することで、化石燃料の削減およびCH<sub>4</sub>放出を抑制し、地球温暖化対策に貢献することが可能である（表-B1.1.1 参照）。

表-B1.1.1 下水道より発生する地球温暖化ガス

温室効果ガス	温暖化ポテンシャル	温室効果ガス軽減策
CO <sub>2</sub>	1	汚泥の燃料利用
CH <sub>4</sub>	21	代替化石燃料の利用
N <sub>2</sub> O	310	埋立地からのCO <sub>2</sub> 及びCH <sub>4</sub> 放出量軽減

（出典：JICA 調査団）

(3) 下水道におけるCO<sub>2</sub>サイクル

下水道におけるCO<sub>2</sub>サイクルを、図-B1.2.1に示す。

汚水中の汚濁物は、太陽エネルギーの光合成作用で作られられた食物に由来し、下水道を介して、CO<sub>2</sub>として環境へ排出される。下水汚泥のエネルギー価値を利用することによって、自然環境における持続的なCO<sub>2</sub>サイクルを構築することが可能である。

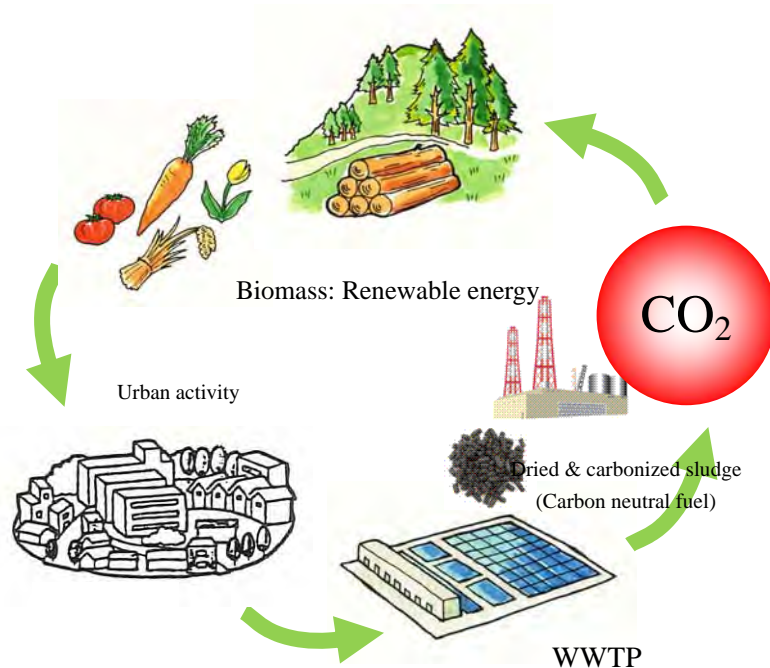


図-B1.2.1 下水道システムにおけるCO<sub>2</sub>サイクル（出典：JICA 調査団）

### B1.3 下水汚泥処理処分の現状と課題

#### B1.3.1 ハノイ市における下水汚泥処理処分の現状

現在、ハノイ市において稼働している下水処理場はキムリエン、チュックバック、北タンロンの3場である。また、北タンロン処理場は流域の市街化が遅れており、処理場への汚水流入量が非常に少ないため、現時点でのハノイ市全体における下水汚泥（脱水汚泥）発生量は最大で8 t/day程度である。このため、各下水処理場において発生する脱水汚泥は、Nam Son 処分場及び Tieu Ky 処分場で処分されている。

しかしながら、将来的な脱水汚泥の発生量は280t/day程度に増大し、より大規模な処分場が必要となるが、現時点では処分場新設のメドは立っておらず、代替案を含めた対策が必要とされている。

#### B1.3.2 セプティックタンク汚泥処理の概要及び下水道への受入れ

##### (1) セプティックタンク汚泥処理の現状

セプティックタンク汚泥の処理・処分は、URENCO および民間収集業者によって、次のように分担して行われている。

表-B1.3.1 セプティックタンク汚泥の処理・処分

汚泥処理事業者	汚泥量
URENCO 収集汚泥量	50 t/day
民間事業者	450 t/day
計	500 t/day (推計)

(出典：JICA 調査団)

民間事業者は450t/dayの分量を緑農地へ利用するか（既存のレポートより）、あるいは河川・湖沼へ投棄しており、セプティックタンク汚泥処理は無視されている状況である。汚泥・セプティックタンクの適切な管理や水環境改善に関して、改善したいという意向である（URENCO ヒアリング結果）。

Cau Dien コンポスト化施設は、市内の公衆トイレのし尿（16～20 ton/day）を収集し、EM 菌（Effective Microorganism）を使って嫌気性処理ーラグーン処理を行っている。処理水と余剰汚泥は、固形廃棄物と混ぜて、土壌改良材として主に公園等の公共セクターで有効利用している（図-B1.3.2）。

セプティックタンク汚泥の不適切な投棄による水環境への影響防止や汚泥引き抜きサービスの普及・汚泥量の増加に対して、市内の各所に分散型のラグーン処理場を整備し、長期的には下水処理場での処理を提案している（Septage Management Study, Nam Dinh Urban Development Project 2001）。



(出典：JICA 調査団)

図-B1.3.2 Cau Dien コンポスト化施設

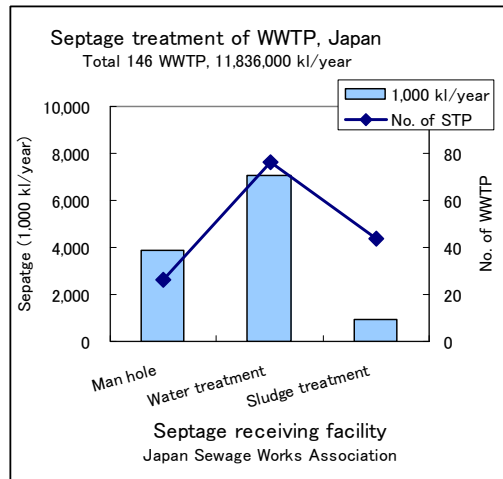
## (2) セプティックタンク汚泥の下水道受入れ方法

日本の河川へ放流するし尿処理施設では、窒素除去と高度処理（凝集分離・砂ろ過・活性炭吸着、または限界ろ過膜）を組み合わせた処理方式が採用されている。日本の大都市では公共下水道が普及しており、図-B1.3.3に示すように、下水処理場へ受け入れて下水と合併処理する方法が一般的である。下水道へ受け入れた汚泥は、下水処理水で希釈・活性汚泥プロセスで処理し、分離された汚泥を脱水処理する。

また、夾雑物を除去しない場合、ポンプ・攪拌機や配管類の閉塞の原因となるため、

汚泥投入・スクリーン施設を設けて下水道へ受け入れることが、技術的にも経済的にも合理的である。汚泥投入施設は、既存の下水処理場や、周辺住宅環境に支障を与えない場所が適切である。

セプティックタンク汚泥の性状は表-B1.3.2 に示す通りである。



(出典：日本下水道協会)

図-B1.3.3 下水道による浄化槽汚泥処理

表-B1.3.2 セプティックタンク汚泥・浄化槽汚泥の水質 (単位：mg/l)

水質項目	セプティックタンク生汚泥 *1	し尿消化脱離液 範囲 (平均値) *2	浄化槽汚泥濃度 (平均値) *2
SS	15,000	120~3,700 (1,460)	12,000
COD (Mn)	15,000	1,750~3,570 (2,240)	4,000
BOD	3,000	711~6,340 (1,900)	6,000
T-N	(NH <sub>4</sub> ) 350	2,900~3,910 (3,210)	1,000
T-P	—	161~275 (235)	500

出典\*1：Nam Dinh Urban Development Project, Septage Management Study

出典\*2：日本下水道事業団

セプティックタンク汚泥は、次の方法で下水道へ受入れる。

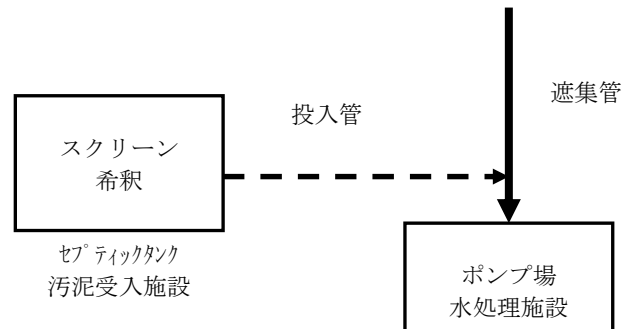
(下水道の受け入れ施設)

- 管路施設 (マンホールへの投入)
- 水処理施設 (沈砂池への投入)
- 汚泥処理施設 (消化槽への投入)

(下水道への受入れ方法)

- きょう雑物はセプティックタンク汚泥投入施設のスクリーンで除去する。

- BOD、SS、N、P とともに、下水水質と同等となるよう希釈し、遮集管または処理施設へ投入する。希釈水は、下水処理水を利用する。



(出典：JICA 調査団)

図-B1.3.4 受け入れ模式図

下水道でセプティックタンク汚泥を受け入れて処理する方法として、URENCO の中期計画で処理されない汚泥について、下水道で受け入れることにより、住民サービスの向上・水環境の改善効果と既存の収集業者との連携を両立させることが可能である。

DOC における環境・下水道政策の調整や民間事業者による下水汚泥リサイクルセンターへの汚泥搬入方法などの制度構築に時間を要するため、将来的にセプティックタンク汚泥受け入れ施設を整備することが現実的といえる。

### (3) セプティックタンク汚泥の受け入れ効果

下水処理場でセプティックタンク汚泥を受け入れることにより、次の効果が期待できる。

- セプティックタンク汚泥を適切に処理することで、水環境への負荷を減らす。
- セプティックタンク汚泥処理施設と下水処理施設の共通設備（水処理施設、汚泥処理施設）について、二重投資をなくす。
- Nam Son 処分場は、ハノイ市中心部から 40km と離れており、市街地に位置する下水道施設で受け入れることにより、汚泥運搬車（タンク車）の輸送距離が短くなり輸送効率が向上する。
- 下水処理場の流入水質（BOD、SS）が高くなり、既設の水処理機能を活用することができる。

## B1.4 下水汚泥利用試験

## B1.4.1 下水汚泥利用試験の目的

下水汚泥には、①肥料としての価値、②土壌改良材としての価値、③燃料・エネルギー源としての価値、などの資源的価値がある。反面、下水処理場で生成する脱水ケーキには、①悪臭、②水分が多くあつかいにくい、③変質しやすい、④衛生上注意を要する、といった利用上の難点がある（表-B1.4.1）。下水汚泥を再利用するための要点は、上記の難点をコストのかからない方法で克服し、資源的価値を引き出すということである。

表-B1.4.1 下水汚泥の資源的価値と利用上の難点

資源的価値	利用形態	利用上の難点
① 肥料としての価値	・ 乾燥汚泥	① 悪臭
② 土壌改良材としての価値	・ コンポスト ・ (乾燥汚泥) ・ コンポスト	② 水分過多であつかいにくい ③ 変質しやすい ④ 衛生上注意を要する
③ 燃料としての価値	・ 炭化汚泥 ・ 人工土壌 ・ 乾燥汚泥 ・ 炭化汚泥 ・ バイオガス	

(出典：JICA 調査団)

本実験の目的は、①ハノイ市で発生する下水汚泥の物性や特徴を調べること、②これを用いて、乾燥汚泥、コンポスト、炭化汚泥を試作し、その性質と効果を検証することである。特に製造工程や効果の検証にあたっては、その手順や効果を具体的に関係者に示すことを必須条件とする。

ベトナム農業では近年肥料の投入量、肥料のニーズが高まりつつあり、また潜在的には改良を要する土壌が少なくない。よって汚泥の肥料化に加えて、土壌改良材としてのニーズに対応すべく下水汚泥の利用法を整備しておく意義は大きい。土壌改良材とは、土壌が植物の生育基盤として備えているべき機能や条件を、補うための資材である（表-B1.4.2）。

表 B1.4.2 土壌が備えるべき機能・条件と土壌改良材の役割

土壌が備えるべき機能・条件		よくある土壌の問題点	土壌改良材の役割
物理性	水の保持・供給	粘質土で水捌けが悪く、孔隙が少ない	透水性、通気性の改善
	水捌け、空気の供給		
化学性	良好な化学性	酸性またはアルカリ性に偏る塩類濃度が高い	pH等の改善
	栄養の供給	貧栄養 栄養素が不溶化する条件がある	栄養の補填 不溶化の防止
	有害物質等	有害物質の濃度が高い	有害物質の不溶化等

(出典：JICA 調査団)

## B1.4.2 試験の構成

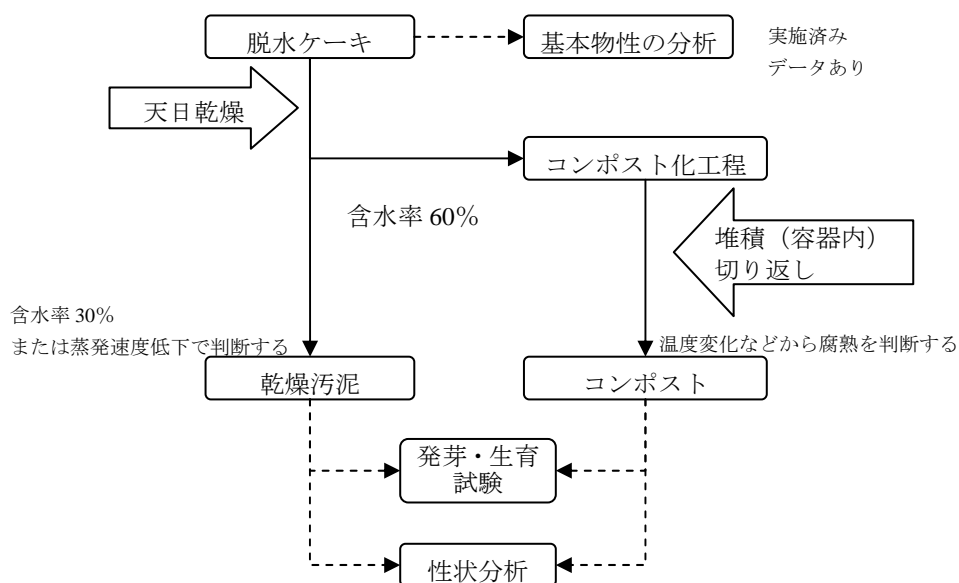
試験は、①再利用製品製造工程の検証と、②再利用製品の効果の検証、の2つから構成される（表-B1.4.3）。

表-B1.4.3 実験の構成

再利用方法 (再利用製品)	再利用製品製造工程の検証		再利用製品の効果の検証	
	処理方法	検証	効果検証用の 試作品試作方法	効果の検証
乾燥汚泥	天日乾燥	乾燥過程の観察、測定	鍋に入れて加熱	性状分析 発芽試験 栽培実験 燃料試験
コンポスト	天日乾燥で水分調整後、堆積	コンポスト化過程での観察・測定	—	性状分析 発芽試験 栽培実験 燃料試験
炭化汚泥	強制送気なし 繰り返しあり 脱水ケーキを蓋付きの鍋に入れて加熱	製造過程の記録	左に同じ	性状分析 発芽試験 栽培実験 燃料試験

(出典：JICA 調査団)

上記①再利用製品製造工程の検証のスキームを図-B1.4.1に示す。ハノイ市の下水処理場から採集された脱水ケーキから、低コストの方法で乾燥汚泥、コンポストを試作し、その工程の妥当性と製品の品質を検討する。



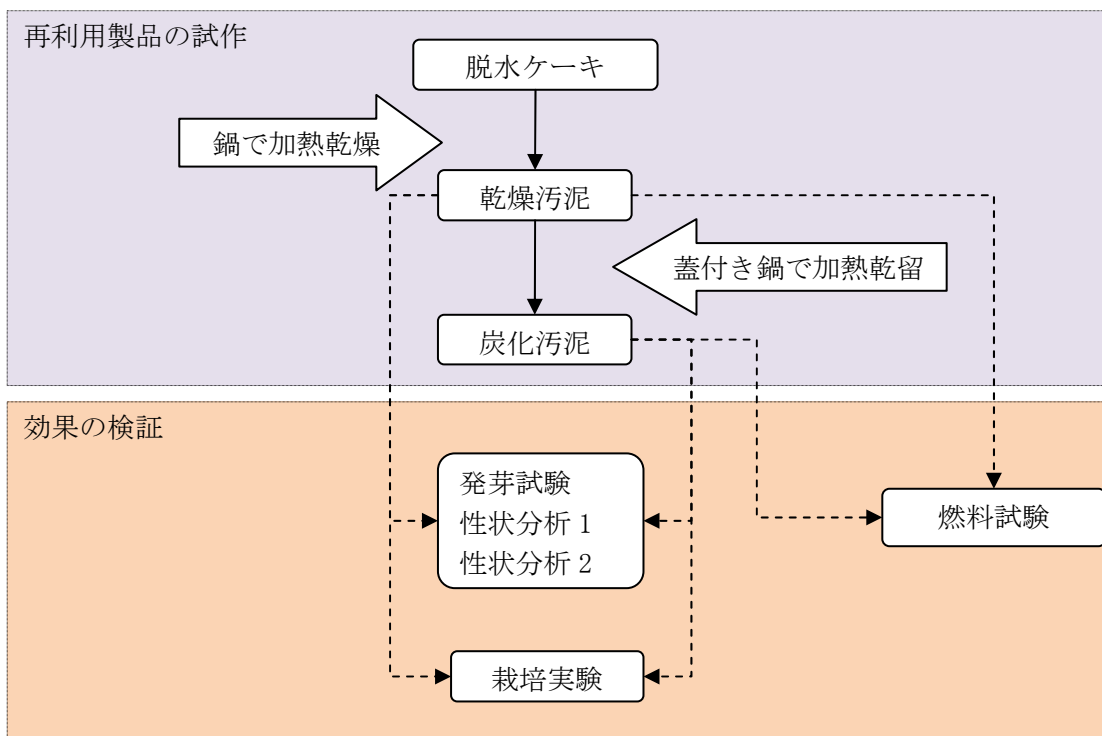
(出典：JICA 調査団)

図-B1.4.1 再利用製品製造工程の検証のスキーム

以下の図-B1.4.2に、再利用製品の試作と効果の検証のスキームを示す。ここでは、実験室でできる簡便な方法で、比較的少量の乾燥汚泥と炭化汚泥を試作し、これを用いて1) 発芽試験、2) 性状分析、3) 栽培実験、4) 燃料試験を行う。

なお、性状分析1は再生利用試作品自体の分析である。

これらの実験を通じて、下水汚泥の資源的価値と具体的な方法・効果を可視化する。



(出典：JICA 調査団)

図-B1.4.2 再利用製品の試作と効果の検証のスキーム

### B1.4.3 下水汚泥再利用製品製造工程検証









ハノイ市の下水処理場で実際に発生する脱水汚泥を用い、下水汚泥再利用製品として、乾燥汚泥、炭化汚泥及びコンポストの製造工程を検証した。場所、期間、結果は以下の通りである。

- ① 場所：北タンロン (North Thang Long) 下水処理場内
- ② 期間：2011年7月、10月
- ③ 結果：天日乾燥、加熱乾燥・乾留、コンポスト化ともに製造上特に問題は無かった

乾燥汚泥製造 (天日乾燥、鍋加熱乾燥)、コンポスト製造の実施状況を、表-B1.4.4に示す。



表-B1.4.4 下水汚泥再利用製品製造工程検証状況

 <p>北タンロン処理場 脱水汚泥</p>	 <p>天日乾燥装置</p>
 <p>天日乾燥 2 日目状況</p>	 <p>天日乾燥 6 日目状況</p>
 <p>コンポスト製造装置</p>	 <p>加熱乾燥状況</p>
 <p>炭化汚泥製造状況</p>	 <p>炭化汚泥</p>

(出典：JICA 調査団)

### B1.4.4 下水汚泥性状分析試験

#### (1) 試験の目的

下水汚泥を再利用するにあたり、含有成分を分析することにより資源的価値の有無並びに再利用の可否を判断するため、下水汚泥性状分析試験を実施した。

本調査では2011年5月、7月、10月の3回にわたり、ハノイ市内の既存下水処理場より発生する脱水汚泥を採取し、成分分析を行った。

#### (2) 汚泥採取日時、場所、汚泥形態

採取日時、採取場所及び分析した汚泥形態は表-B1.4.5に示す通りである。なお、乾燥汚泥及び炭化汚泥は前節B1.4.3にて脱水汚泥から製造したものである。

表-B1.4.5 成分分析用下水汚泥の採取日時、場所、汚泥形態 (出典：JICA 調査団)

採取日時	採取場所	汚泥形態
2011年5月13日	キムリエン処理場 チュックバック処理場 北タンロン処理場	脱水汚泥
2011年7月8日	北タンロン処理場	1) 脱水汚泥 2) 乾燥汚泥 3) 炭化汚泥
2011年10月28日	北タンロン処理場	1) 脱水汚泥 2) 乾燥汚泥

#### (3) 汚泥採取状況

##### 1) 北タンロン処理場

運転中の汚泥脱水機スクレーパ部から採取した。



写真-B.1.4.1 脱水汚泥採取状況 (北タンロン下水処理場) (出典：JICA 調査団)

## 2) キムリエン処理場

停止中の汚泥脱水機スクレーパ部からサンプリングした。

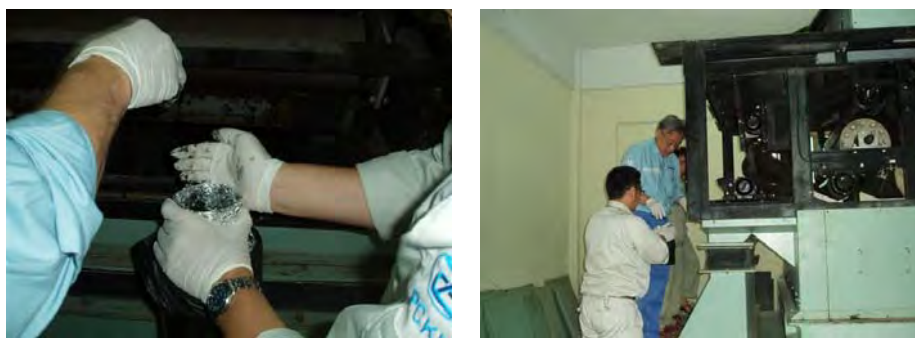


写真-B. 1. 4. 2 脱水汚泥採取状況（キムリエン下水処理場）（出典：JICA 調査団）

## 3) チュックバック処理場

ホッパー上部の点検口からサンプリングした。汚泥脱水機は停止中であった。



写真-B. 1. 4. 3 脱水汚泥採取状況（チュックバック下水処理場）（出典：JICA 調査団）

## 4) 採取試料

採取した試料（汚泥）は、ガラス瓶に保管し、分析機関へ搬入した。



写真-B. 1. 4. 4 分析用試料（汚泥）（出典：JICA 調査団）

## (4) 分析機関

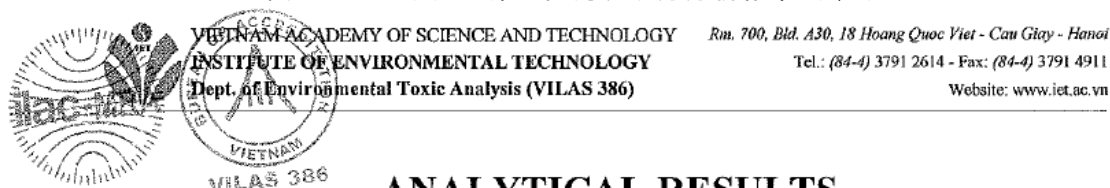
採取した汚泥の分析作業は、以下の公的機関に再委託した。

Vietnam Academy of Science and Technology, Institute of Environmental Technology, Department of Environmental Toxic Analysis (IET)

## (5) 試験結果

3回の分析結果を表-B1.4.6に示す。

表-B1.4.6 (1) 第1回汚泥成分分析結果 (1/2)

**ANALYTICAL RESULTS**

(This results are only valuable for the samples sent to laboratory)

No: CRI105/15-17

Client : NIPPON KOEI  
 Kind of sample : Sludge  
 Quantity : 03  
 Date of sampling : 13/05/2011  
 Date of analysis : 13/05 to 25/05/2011

No.	Parameter	Unit	RESULTS			Analytical Method
			Waste water treatment plant Kim Lien	Waste water treatment plant North Thang Long	Waste water treatment plant Truc Bach	
<b>Elements Analysis</b>						
1	T-C	%	15.64	23.85	22.39	IET/ĐCMT TOC/ TN-2006
2	T-N	mg/kg	5142.5	6125.3	6577.2	
3	T-S	%	1.89	1.53	1.12	TCVN 4567-1998
4	T-P	mg/kg	20449.89	24183.26	23014.89	TCVN 6202:2008
5	T-K <sup>(*)</sup>	mg/kg	10853.52	3644.52	9352.81	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
<b>Heavy metal</b>						
6	As <sup>(*)</sup>	mg/kg	57.96	50.27	66.47	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
7	Cd <sup>(*)</sup>	mg/kg	1.65	1.54	1.83	
8	Ni <sup>(*)</sup>	mg/kg	61.26	181.55	37.1	
9	Pb <sup>(*)</sup>	mg/kg	67.45	91.04	77.68	
10	Cr <sup>(*)</sup>	mg/kg	88.65	181.55	37.1	
11	Cu <sup>(*)</sup>	mg/kg	135.69	2307.4	185.66	
12	Zn <sup>(*)</sup>	mg/kg	1256.72	2624.66	1207.39	
13	Hg <sup>(*)</sup>	mg/kg	22.96	11.52	12.51	

表-B1.4.6 (2) 第1回汚泥成分分析結果 (2/2)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi  
Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911  
Website: www.iet.ac.vn

No.	Parameter	Unit	RESULTS			Analytical Method
			Waste water treatment plant Kim Lien	Waste water treatment plant North Thang Long	Waste water treatment plant Truc Bach	
14	Al <sup>(*)</sup>	mg/kg	47,5 x 10 <sup>4</sup>	23870.24	35389.84	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
<b>Organic parameter</b>						
15	AOX	mg/kg	3550	1881	2097	TCVN 6493: 1999
16	PCBs	mg/kg	<0.005	<0.005	<0.005	EPA 8082
17	PAH	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	EPA 8100
18	VOCs	mg/kg	0.036	0.051	0.043	EPA 8260B
<b>Other Parameter</b>						
19	Calorific value	Kcal/kg	3598.75	2395.62	3544.72	ASTMD 240-02
20	Loses of ignition	%	31.99	53.5	54.02	TCVN 4049-85
21	Ash content	%	39.5	26.13	33.44	TCVN 2688 - 1978
22	Moisture content	%	28.3	20.37	12.34	ASTMD 2216
23	Fixed carbon content	%	10.49	10.17	7.98	ASTM 3172 - 1997
24	pH	-	7.19	7.37	7.04	TCVN 6492:1999
25	Cl	mg/kg	689.68	662.32	674.9	EPA 9253

**Note:** Sample name is designated by client

\* : Items were analyzed by sub-contractor

Hanoi June 08<sup>th</sup>, 2011

Department of Environmental Toxic Analysis

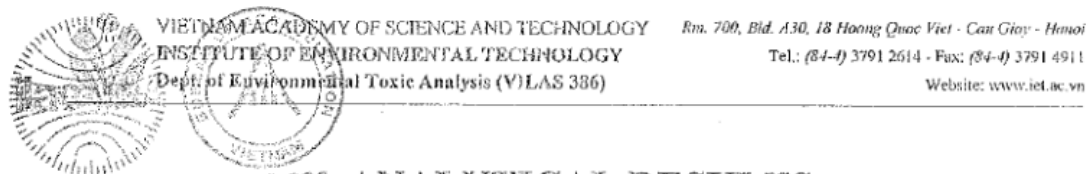
Dr. Nguyen Quang Trung



INSTITUTE OF  
ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
K/T VIỆN TRƯỞNG  
PHÓ VIỆN TRƯỞNG

Trịnh Văn Tuyên

表-B1.4.6 (3) 第2回汚泥成分分析結果 (1/2)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quc Viet - Cau Giay - Hanoi  
 INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911  
 Dept. of Environmental Toxic Analysis (V)LAS 386 Website: www.iet.ac.vn

VILAS 386 ANALYTICAL RESULTS

(This results are only valuable for the samples sent to laboratory)

No: CR1107/I-3

Client : NIPPON KOEI  
 Kind of sample : Sludge  
 Quantity : 03  
 Date of sampling : 27/07/2011  
 Date of analysis : 27/07 to 12/08/2011

No.	Parameter	Unit	RESULTS			Analytical Method
			Dewatered Sludge	Carbonized Sludge	Dried Sludge	
<b>Elements Analysis</b>						
1	T-C	%	21.31	26.69	21.05	IET/ĐCMT TOC/ TN-2006
2	T-N	mg/kg	5533.1	7326.8	9611.9	
4	T-P	mg/kg	21842	28256	22069	TCVN 6202:2008
5	T-K <sup>(*)</sup>	mg/kg	6596.1	7277.1	5137.7	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
6	T-Mg	mg/kg	3243.2	3789.8	3008.2	TCVN 6224:1996
7	Available Phosphoric acid	mg/kg	13.5	15.4	12.6	TCVN 5815:2001
8	CEC	meq/100g	6.18	4.50	3.68	IET/ĐCMT TOC/ D-2009
<b>Heavy metal</b>						
9	As <sup>(*)</sup>	mg/kg	35.720	22.373	43.187	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
10	Cd <sup>(*)</sup>	mg/kg	1.519	1.576	1.370	
11	Ni <sup>(*)</sup>	mg/kg	135.866	151.274	125.093	
12	Pb <sup>(*)</sup>	mg/kg	124.178	156.051	125.838	
13	Cr <sup>(*)</sup>	mg/kg	181.154	195.860	163.068	
14	Cu <sup>(*)</sup>	mg/kg	1964.938	2078.025	1801.936	
15	Zn <sup>(*)</sup>	mg/kg	1621.622	1982.484	1623.232	
16	Hg <sup>(*)</sup>	mg/kg	0.957	0.876	0.975	
17	Al <sup>(*)</sup>	mg/kg	18699.781	28264.331	21221.147	
<b>Other Parameters</b>						
18	Calorific value	Kcal/kg	2277.23	4072.8	2048.2	ASTMD 240-02
19	Loses of ignition	%	55.7	49.9	54.4	TCVN 4049-85

表-B1.4.6 (4) 第2回汚泥成分分析結果 (2/2)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
 INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
 Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi

Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911

Website: www.iet.ac.vn

No.	Parameter	Unit	RESULTS			Analytical Method
			Dewatered Sludge	Carbonized Sludge	Dried Sludge	
20	Ash content	%	32.42	46.79	34.30	TCVN 2688 - 1978
21	Moisture content	%	11.84	3.31	11.28	ASTMD 2216
22	Fixed carbon content	%	8.71	12.47	10.67	ASTM 3172:1997
23	pH	-	7.25	6.53	6.87	TCVN 5975:95
24	EC	μS/cm	375.5	468.5	570.2	YSI 3200

*Note:* Sample name is designated by client

\* : Items were analyzed by sub-contractor

Hanoi August 12<sup>nd</sup>.2011

Department of Environmental Toxic Analysis

Nguyen Quang Trung

INSTITUTE OF  
 ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
 VIỆN CÔNG NGHỆ MÔI TRƯỜNG  
 K/IT VIÊN TRƯỞNG  
 PHÓ VIÊN TRƯỞNG  
  
 Nguyễn Thị Huệ

表-B1.4.6 (5) 第3回汚泥成分分析結果 (1/2)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi  
Tel. (84-4) 3791 2674 - Fax. (84-4) 3791 4911

Website: www.ict.ac.vn

VILAS 386

**ANALYTICAL RESULTS**

(This results are only valuable for the samples sent to laboratory)

No: CR1111/117-118

Client : NIPPON KOEI  
Kind of sample : Sludge  
Quantity : 02  
Date of sampling : 28/10/2011  
Date of analysis : 28/10 to 18/11/2011

No.	Parameter	Unit	RESULTS		Analytical Method
			Dewatered Sludge	Dried Sludge	
<b>Elements Analysis</b>					
1	T-C	%	20.1	23.2	IET/DCMT TOC/ TN-2006
2	T-N	mg/kg	22987	4410	
4	T-P	mg/kg	3159.2	3083.5	TCVN 6202:2008
5	T-K <sup>(*)</sup>	mg/kg	7868.68	5056.18	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
6	T-S	mg/kg	1266.9	1977.3	EPA 550
<b>Heavy metal</b>					
7	As <sup>(*)</sup>	mg/kg	61.49	54.65	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
8	Cd <sup>(*)</sup>	mg/kg	1.39	1.19	
9	Ni <sup>(*)</sup>	mg/kg	212.09	188.46	
10	Pb <sup>(*)</sup>	mg/kg	104.22	103.68	
11	Cr <sup>(*)</sup>	mg/kg	645.18	612.87	
12	Cu <sup>(*)</sup>	mg/kg	1662.32	1476.0	
13	Zn <sup>(*)</sup>	mg/kg	1281.92	1281.92	
14	Hg <sup>(*)</sup>	mg/kg	1.44	0.70	
15	Al <sup>(*)</sup>	mg/kg	20792.08	18998.98	
<b>Other Parameter</b>					
16	Calorific value	Kcal/kg	4366	3681	ASTMD 240-02
17	Loss of ignition	%	52.74	51.66	TCVN 4049-85
18	Ash content	%	23.63	34.17	TCVN 2688 - 1978
19	Moisture content	%	27.46	8.77	ASTMD 2216



表-B1.4.6 (6) 第3回汚泥成分分析結果 (2/2)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi

Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911

Website: www.i.et.ac.vn

No.	Parameter	Unit	RESULTS		Analytical Method
			Dewatered Sludge	Dried Sludge	
20	Fixed carbon content	%	7.35	11.26	ASTM 3172:1997
21	pH	-	6.33	6.27	TCVN 5975:95
22	Cl	mg/kg	372	1827	Titration method
<b>Dry sludge sample(**)</b>					
23	SiO <sub>2</sub>	%	27.9	24.8	TCN 02-I PTH/94
24	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	12.2	3.3	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
25	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	12.2	14.5	TCN 09- II PTH/94
26	CaO	%	4.3	4.9	TCN 09- I PTH/94
27	MgO	%	1.1	1.4	TCN 09- I HTNT/94
28	Na <sub>2</sub> O	%	0.7	1.0	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
29	K <sub>2</sub> O	%	2.4	2.1	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
30	SO <sub>3</sub>	%	2.4	4.6	TCN 01-0.PTHL/94
31	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	16.4	16.0	Photometer
32	TiO <sub>2</sub>	%	0.4	0.4	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
33	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.013	0.012	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
34	MnO	%	0.8	0.7	EPA 3052-1996 SMEWW 3125-2005
35	Cl	%	Not detected	Not detected	Titration method

*Note:* Sample name is designated by client

\*: Items were analyzed by sub-contractor

\*\*: Percentaga content in ash of terignition

Hanoi November 22<sup>th</sup>.2011

Department of Environmental Toxic Analysis

INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

Nguyen Quang Trung



Nguyễn Thị Huệ

**(5) 試験結果の考察、評価**

3回の成分分析の結果を踏まえ、主な分析項目よりハノイ市の汚泥再利用に関して以下の評価ができる。

**② T-C**

下水汚泥において、炭素の多くは有機炭素であり、T-Cは有機物量の指標である。3処理場の分析結果から見る限り、日本の一般的な下水汚泥に比べて有機物量は少ない。

**③ T-N**

炭素量に比べて少な目であり、C/N比は30～40である（日本の下水汚泥では10程度）。このような脱水ケーキが好気発酵する場合、無機化されたNの放出が急速に起こる可能性は低い。

**④ T-P**

窒素に比べて、リン含有量は非常に高い。しかし、このうち植物、その他の生物に利用可能な形態のリンがどの程度含まれるかは、明らかでない。

**⑤ 熱量**

処理場間で変動があるが、平均的には石炭代替燃料の2～5割の熱量が潜在している。また、乾燥汚泥及び炭化汚泥の発熱量は2,000～4,000kcal/kg程度であり、低品位石炭の50～60%の燃料価値を有する。

**⑥ 強熱減量**

強熱減量は、近似的に有機物量を示す。T-Cからも予想されるように、有機物量は日本の下水汚泥よりも少ない。有機物を主体とする日本の下水汚泥とは異なる性格をもっている。強熱減量と発熱量の関係は直線的な関係だが、一部油脂が含まれていると発熱量は上昇する。

**⑦ 灰分**

灰中の成分は分析していないため不明であるが、一般的にはSiが主体でCa、Mgが代表成分である。それにしても灰分の値が高いため、石炭と乾燥汚泥・炭化汚泥の混合比率が高いとボイラへの影響（ファウリング、スラッキング）が懸念される。

**⑧ pH**

pHは概ね中性である。この地域を流れる水はカルシウム濃度の高い硬水であり、下水汚泥もカルシウム等の影響でpHが中性～弱アルカリ性に保たれている可能性がある。酸性土壌に混合すれば、土壌化学性の改善につながる。

**⑨ その他**

重金属を含むため、農業用（食用植物）の肥料として利用することは難しいといえる。

## B1.4.5 下水汚泥を用いた生育試験

## (1) 試験の目的

乾燥汚泥を土壌に混合し、これを培地として栽培実験を行って、施用効果を検証し、汚泥再利用製品の特徴を把握する。これにより、汚泥再利用製品を花卉園芸用の肥料として有効に生かすことが可能か検証する。

## (2) 試験の概要

## 1) 試験区の設定

容量 600mL の 4 号鉢（直径 12 cm 前後、深さ 5 cm 前後）を用意し、土壌と乾燥汚泥の混合物をこれに充填して栽培試験を行う。



図-B1.4.3 鉢の 1 例（ベトナム製）（出典：JICA 調査団）

栽培実験の試験区の条件を表-B1.4.7 に示す。

表-B1.4.7 乾燥汚泥施用区の条件

ケース №	植物	混合材料		繰り返し (鉢数)	備考
		乾燥汚泥	化成肥料		
1	エンサイ	0 g	—	3	対照区
2		0 g	N10g/m <sup>2</sup> 相当量	3	化成肥料区
3		標準施用量*	—	3	分析値により混合量を決める
4		標準施用量×2	—	3	分析値により混合量を決める
5**		全量乾燥汚泥	—	3	EC、発芽試験によって実施
6	ハウレンソウ	標準施用量*	—	3	分析値により混合量を決める
7		標準施用量×2	—	3	分析値により混合量を決める
8	なし	0 g	—	1	養分の溶出パターン調査用
9		0 g	N10g/m <sup>2</sup> 相当量	1	
10		標準施用量*	—	1	
11		標準施用量×2	—	1	
合計			—	31	

(出典：JICA 調査団)

※：窒素 10 g/m<sup>2</sup>相当量

※※：EC測定や発芽試験の結果、土壌としての利用が可能だと判断された場合に設定する。

ケース 8～11 では、植物の栽培は行わず、土壌水の塩類濃度のモニタリングを行う。これにより、各ケースにおける養分の溶出パターンを推測し、植物の生長パターンとの整合性を考察する。

標準施用量は以下のように決める。

乾燥汚泥の全窒素濃度が脱水ケーキのそれと同程度と仮定し、乾燥汚泥中の窒素量が  $10\text{g}/\text{m}^2$  相当となるように、乾燥汚泥の標準施用量を計算する。計算は下の式による ( $Nd$ : 乾燥汚泥の窒素濃度、 $x$ : 乾燥汚泥量  $\text{g}$ 、 $r$ : 鉢の開口部内側の半径  $\text{m}$ )。

$$\frac{Nd \cdot x}{\pi r^2} = 10$$

ケース 8～11 では、植物の栽培は行わず、土壌水の塩類濃度のモニタリングを行う。これによって、各ケースにおける養分の溶出パターンを推測し、植物の生長パターンとの整合性を考察する。

## 2) 生育実験の手順

- ① 乾燥汚泥およびコンポストの混合率を変えたケースごとに、3鉢ずつを用意し、各々4箇所に播種する。1箇所あたり4粒を播種する(図-B1.4.4)。発芽を確認した後、1週間以内に地上部の間引きを行い、1箇所あたり2個体とする。次に発芽2週間後までに2回目の間引きを行って、1箇所あたり1個体を残す。
- ② 間引きされた地上部は、乾燥サンプルとし、個体あたりの乾物重を測定する。
- ③ 発芽後、20日目に4個体全てを地下部ごと掘り取り、地上部乾物重と地下部乾物重を測定する。
- ④ 定期的に写真を撮影し、生育状況の変化を確認する。

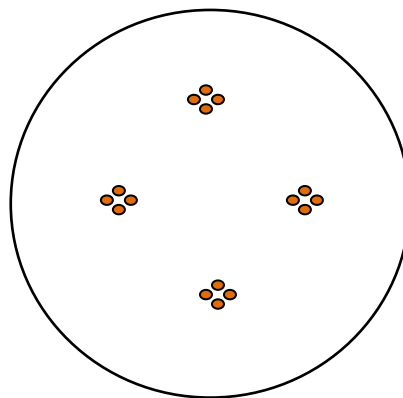


図-B1.4.4 種子の配置 (出典: JICA 調査団)

## 3) 溶出パターンのモニタリング

ケース 8～11 では、植物の栽培は行わず、土壌水の塩類濃度のモニタリングを行う。灌水の際に底面から抜ける余剰水を採取し、その電気伝導度 (EC) を測定する。EC の変化は、土壌中に溶出した成分の増減をあらわし、養分の供給パターンを推測するため

の指標となる。

ECの変化と生長パターンを比較して、養分の溶出と生長の関係などについて考察する（図-B1.4.5）。

#### 4) 試験区の管理

試験区の管理については、下記の通りとした。

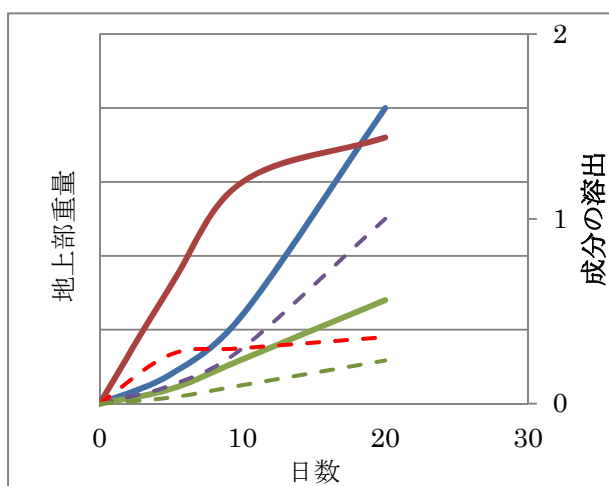
- 日常の管理：HSDC（北タンロン）に依頼。（実験施設の異常の有無の確認等）
- 試験区の管理：IETに依頼。（定期的な写真撮影、状態の監視等）

#### 5) 評価手法

##### B) 施用試験における評価の考え方

施用試験では、次のようなデータが得られる。

- 生長量
- 地上部の生長パターン（図-B1.4.5）
- 地上部と地下部の発達状況（図-B1.4.6）



（出典：JICA 調査団）

図-B1.4.5 生長パターンの違いを示す模式図（点線は成分の溶出パターン）

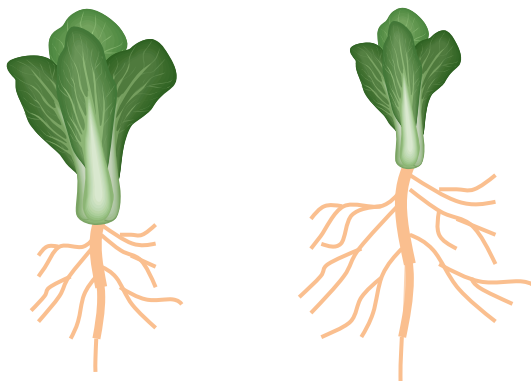


図-B1.4.6 地上部と地下部の発達状況の違い（出典：JICA 調査団）

これらのデータから、乾燥汚泥土壌改良効果を検討・評価する。そのポイントは以下の通りである。

- 土壌の透水性、通気性が改善されると（気相率、透水係数から判断）、根系の発達が促進される。
- 養分・水分の保持機能が変わると、それに応じて地上部と地下部の発達状況が影響される。養分等の供給速度が緩やかになると（緩効性）、地上部よりも地下部の発達が促される。
- 養分が速効的に供給されるときには、地上部の発達が促される。生長パターンと根の発達状況から、供給速度を評価する。
- 特定の栄養素が不足する土壌では、施用によって生長量が増大する可能性がある。
- 土壌 pH などの化学性の改善は生長量の増大につながる。

#### b) 花卉栽培への応用

限られた日程の中で花卉の栽培実験を行うことは難しい。本実験では、製品の分析、混合土壌の分析、栽培実験結果（生長の速い葉物野菜）から、植物一般に対する効果を検討し（B）、それをもとに花卉栽培への有効性を考察する。

特定の花に対する効果を検討するのではなく、製品の特長を把握して、花卉全般に対する効果を検討する。その検討の中には、製品の効果が顕れやすい花卉の種類の種類なども含まれる。

### 6) 試験期間

2011年7月18日～8月2日

#### (3) 試験結果

生育試験の結果を表-B1.4.8に示す。

#### (4) 試験結果の考察、評価

生育試験の結果を踏まえ、ハノイ市の汚泥再利用に関して以下の評価ができる。

- 乾燥汚泥は一般土と同程度の生育能力を保有し、花卉園芸用の代替肥料として利用可能である。
- 重金属を含むため、食用植物の代替肥料としては利用できない。
- 汚泥による生育への悪影響は見られなかった。

表-B1.4.8 (1) 生育試験結果 (植物乾燥重量 (1/2))



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 709, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi

Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911

Website: www.iet.ac.vn

## ANALYTICAL RESULTS

(This results are only valuable for the samples sent to laboratory)

Client : NIPPON KOEI  
Kind of sample : Plant  
Quantity : 24  
Sending date : 14/07/2011  
Duration of experiment : From 18/7 to 02/8/2011

No.	Sample name	Tree (dry weight) (g)		
		19/7/2011	26/7/2011	2/8/2011
1	C 2-1	0.3582	0.6513	1.7382
2	C 2-2	0.1857	0.2861	0.8164
3	C 3-1	0.8124	1.6326	4.062
4	C 3-2	1.3069	1.5725	3.935
5	C 4-1	0.2881	0.4069	1.2943
6	C 4-2	0.3533	0.7029	1.3082
7	C 5-1	No tree	No tree	0.0108
8	D 1-1	0.5732	0.6201	1.347
9	D 1-2	0.1822	0.2950	1.1076
10	D 1-3	0.2486	0.3196	1.4555
11	D 2-1	0.4066	0.9265	2.823
12	D 2-2	0.7228	1.0886	3.0624
13	D 2-3	0.7297	1.7994	3.0527
14	D 3-1	0.3727	0.7887	2.6278
15	D 3-2	0.2860	0.3476	3.1328
16	D 3-3	0.3192	1.4375	2.0284
17	D 4-1	0.2721	1.0719	2.5576
18	D 4-2	0.2326	0.7094	2.1663

## 表-B1.4.8 (2) 生育試験結果 (植物乾燥重量 (2/2))



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi

Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911

Website: www.ieta.ac.vn

No.	Sample name	Tree (dry weight) (g)		
		19/7/2011	26/7/2011	2/8/2011
19	Đ 4-3	0.2894	0.3227	2.7482
20	Đ 6-1	0.0699	0.1112	1.0915
21	Đ 6-2	0.0148	0.0169	0.0183
22	Đ 6-3	0.0131	0.0620	0.0518
23	Test 1	0.4369	0.8263	1.9704
24	Test 2	0.3172	0.5400	2.3811

**Note:** Sample name is designated by client

Hanoi August 05<sup>th</sup>, 2011

Department of Environmental Toxic Analysis

Nguyen Quang Trung

INSTITUTE OF

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY



K/T VIÊN TRƯỞNG  
PHÓ VIÊN TRƯỞNG

Trịnh Văn Tuyên



表-B1.4.8 (3) 生育試験結果 (電気伝導度)



VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY  
Dept. of Environmental Toxic Analysis (VILAS 386)

Rm. 700, Bld. A30, 18 Hoang Quoc Viet - Cau Giay - Hanoi  
Tel.: (84-4) 3791 2614 - Fax: (84-4) 3791 4911  
Website: www.ict.ac.vn

## ANALYTICAL RESULTS


(This results are only valuable for the samples sent to laboratory)

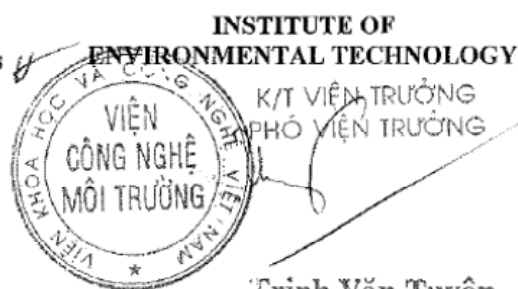
Client : NIPPON KOEI  
Kind of sample : Soil sample  
Quantity : 08  
Sending date : 14/07/2011  
Duration of experiment : From 18/7 to 02/8/2011

No.	Sample name	Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		
		19/7/2011	26/7/2011	2/8/2011
1	C7	2322.9	1923.2	1211.5
2	C9	3709.6	3408.3	2727.6
3	C10	2843.8	1859.1	1790.7
4	C11	3704.1	2842.5	2287.7
5	D8	3127.6	2807.1	1459.4
6	D9	1814.1	2479.5	926.0
7	D10	4066.6	2202.9	1893.3
8	D11	1482.4	1803.8	2106.8

**Note:** Sample name is designated by client

Hanoi August 05<sup>th</sup>, 2011  
Department of Environmental Toxic Analysis

  
Nguyen Quang Trung





試験状況 (2011.7.25)  
(開始から 1 週間後)



試験状況 (2011.8.2)  
(開始から 2 週間後)

(出典：JICA 調査団)

写真-B1.4.5 下水汚泥を用いた生育試験状況

## B1.4.6 下水汚泥のニーズ調査

### (1) 緑農地利用（花卉栽培）のニーズ調査

#### 1) ハノイ近郊の花弁栽培の概況

ハノイ市の人口は元々350万人程度、これが周辺を統合することによって620万人に増えた。したがって現在のハノイ市は、中心部や新市街地の周辺部には、依然として緑農地が広がっている。

ハノイおよびその近隣の花弁の栽培面積は約2,000haであり、（出典：VEGETABLES-FLOWERS-FRUITS WEBSITE）、日本で最も作付面積が大きい愛知県における切花の栽培面積に匹敵する。この統計数字から判断すると、ベトナムにおける花弁の栽培は非常に盛んで、ハノイ市付近も主要な生産地のひとつであるといえる。

また、農地全体から見ると1%にも満たない広さではあるが、新しい栽培技術を導入している生産者もいるという。土地あたりの利益率が高いことから、ある程度のコストを投じていることが想定される。

#### 2) 資材の流通状況

花弁栽培農家から直接聞き取りを行い、現在の花弁栽培および流通について把握した。

##### ① 流通経路

ハノイ近郊における花弁の流通経路は図-B1.4.7の通りである。



（出典：JICA 調査団）

図-B1.4.7 花弁の流通経路

## ② 売買価格の例（バラ 1 本）

花卉栽培農家 ⇒ 花卉市場または仲買業者	3,000VND
花卉市場または仲買業者 ⇒ 花屋	5,000VND

## ③ 花卉栽培農家の肥料調達

花卉栽培農家は、使用する肥料を肥料会社から購入しており、土壌用肥料と花卉用肥料を使用している。電話注文により現地まで配達されている。

肥料の使用量は、聞き取りの結果、以下の通りであった。また、現在使用している代表的な肥料の成分を併せて示す。

表-B1. 4. 9 肥料の使用量

単位面積当たり使用量	30kg/sao (=30kg/365m <sup>2</sup> )
使用頻度	5 回/年

(出典：JICA 調査団)

表-B1. 4. 10 肥料成分及び性状

成分	含有率
N	>3.0%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	>3.0%
K <sub>2</sub> O	>2.0%
Moisture content	<20%
Acid fuming	>2.0%
灰分	>15%

※栽培農家を使用している肥料の袋に記載されたもの。国内肥料メーカー（Binh Dien 社）の混合肥料（NPK）

(出典：JICA 調査団)

## 3) 需要量の推計

聞き取り調査の結果から、ハノイ市近郊における下水汚泥（乾燥汚泥）の潜在的需要量を推計した。推計結果を次表に示す。

ハノイ市周辺の花弁栽培面積			1,666 ha	出典: VEGETABLES-FLOWERS-FRUITS WEBSITE
	a	≐	1,700 ha	
haあたり肥料施用量(化成肥料)※1			30 kg/sao	=kg/365m <sup>2</sup>
	b	≐	822 kg/ha	※1:現地生産者へのヒアリングによる。
年間施用回数※1	c		5 回	※1:現地生産者へのヒアリングによる。
haあたり年間施用量	d=b*c		4,110 kg/ha/year	
年間化成肥料施用量	e=a*d/1000		6,987 t/year	
化成肥料の成分				
	N		3 %	化成肥料成分表示(N>3%)より
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		3 %	化成肥料成分表示(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> >3%)より
	K <sub>2</sub> O		2 %	化成肥料成分表示(K <sub>2</sub> O>3%)より
下水汚泥の成分				
乾燥汚泥 T-N			9,000 mg/kg	第2回North Thang Long汚泥分析結果より
		≐	0.9 %	
T-P		≐	20 mg/kg	
		≐	0.002 %	
T-K		≐	100 mg/kg	
		≐	0.01 %	
乾燥汚泥の必要量				
乾燥汚泥で窒素量相当分を全量代替する場合				
	h=e*f/g		23,290 t/year	植生試験においては、化成肥料と同等の窒素量相当の乾燥汚泥を混合した培土でも生育への影響は見られなかった。化成肥料よりも緩効性が認められたため、基肥としての利用が想定される。また、PとKの含有量が少ないため、実際には化成肥料との併用が想定される。年間の施肥回数、施用量は、左記条件が最大と考えらえる。
			64 t/day	
乾燥汚泥で窒素量相当分の50%を代替する場合				
	i=e*f/g*0.5		11,645 t/year	
			32 t/day	

(出典: JICA 調査団)

## 4) 緑農地利用（花卉栽培）の可能性

下水汚泥の緑農地利用については以下の見解が得られた。

- 花卉園芸農家は園芸製品の生産性向上につながる資材には興味を持っている。
- 現時点で直ちに利用することはできないが、試験圃場等における施用試験を通じた情報提供により、今後需要が高まる可能性がある。

## (2) 下水污泥燃料のニーズ調査

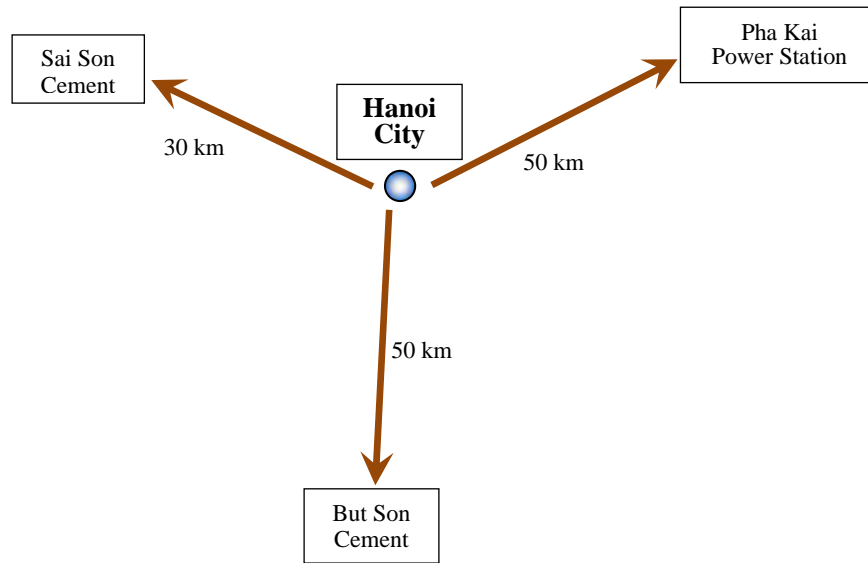
## 1) ニーズ調査方法

下水污泥燃料のニーズについて、ハノイ市内及び近郊の石炭・バイオマスボイラーを所有する工場を抽出した（表-B1.4.11）。これらの工場に対してニーズ調査を受け入れた工場は、Pha Lai Coal-Fired Power Plant、But Son Cement JSC、Sai Son Cement JSC の3社であった。図-B1.4.8 に示すように、何れの工場もハノイ市内から 25～50km の幹線道路の沿線に位置する。

表-B1.4.11 下水污泥燃料のニーズ調査結果

業種	業者	住所	備考
Cement	But Son Cement Joint stock Company CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG BÚT SƠN (BUSOCO)	Xa Thanh Son, Huyen Kim Bang, Tinh Ha Nam Địa chỉ : Xã Thanh Son, Huyện Kim Bang, tỉnh Hà Nam Tel: (84-351) 3 851 323 Fax: (84-351) 3 851 320 E-mail: butsonhc@hn.vnn.vn <a href="http://www.ximangbutson.com.vn/">http://www.ximangbutson.com.vn/</a>	Clinker: 3 million/year
	Sai Son Cement Joint Stock Company Bản quyền thuộc Công ty CP Xi măng Sài Sơn	Sai Son Commune, Quoc Oai District, Ha Tay Province Vietnam Địa chỉ: Xã Sài Sơn, Quốc Oai, Hà Tây; Điện thoại: 034. 679377 Tel: +84-34 843184 Fax/Tel: +84-34 843188 Email: saison@ximangsaigon.com	Cement: 300, 000 tons/year 2 identical semi-dry, vertical shaft kilns
Ply wood	Saola Plywood	No 71 Duc Giang Str, Long Bien Dist, Ha Noi, Viet Nam Tel: 84-425-80295 <a href="http://www.saolaplywood.com/">http://www.saolaplywood.com/</a>	manufacturers of Plywood
	CHESUCOVN Company	Hoang Quoc Viet, Ha noi, HN, Vietnam Tel: +84-914-331391 <a href="http://www.chesuco.com.vn/">http://www.chesuco.com.vn/</a>	Plywood, Bambo, Ceramic, Rattan, Wood, Handicraft Production 10,000 m <sup>3</sup> plywood/year Area 10 000m <sup>2</sup>
Coal power	Pha Lai Coal-Fired Power Plant Electricité de Vietnam (EVN)	Pha Lai, Vietnam	Output: 600MW Plant type: Conventional thermal Boiler: 2 x 300MW(922t/h) natural circulation boilers

(出典：JICA 調査団)



(出典：JICA 調査団)

図-B1.4.8 下水汚泥燃料の潜在的利用工場

## 2) ニーズ調査結果

### ①石炭火力工場 (Pha Lai Coal-Fired Power Plant)

発電能力 600,000kw (300,000kw×2 基：ボイラーNo1.1973 供用、No2.1997 供用) を有し、174 ton/hr (約 150 万 t/年) の瀝青炭を使用する石炭火力発電所である。

下水汚泥の燃料利用に関しては、環境問題に関する関心が高いが、次のことを課題として提起した。

- 石炭ボイラーは、熱効率が重要である。下水汚泥燃料の供給量は、石炭と混焼するには少なすぎる量である。小規模のボイラーに適していると見ている。
- 下水汚泥燃料の受け入れは、時期尚早である。ボイラーは石炭専用設計されている。石炭投入ラインの改造が必要である。
- 下水汚泥燃料の導入に当たっては、試験計画書を Ministry of Industry (MOI) へ提出し、モニタリング・評価を得なければならない。許認可手続きとパイロット試験に要する予算が課題であり、下水汚泥燃料化を実現するためには、国・JICA の支援が必要である。事業化調査 (FS) は、MOI のパイロットプロジェクトとなる。

## ②セメント工場

But Son Cement Sai Son Cement とともに、地球環境問題や廃棄物利用についての関心が高く、下水汚泥の燃料化、セメント材料としての可能性に前向きである。Sai Son Cement の CEO は、日本のセメント工場視察で、廃棄物利用の技術的・社会的意義について視察した経験を有しており、また、ベトナム国の Clean Product Center がバイオマス利用技術を導入していることに言及した。

Sai Son Cement は、現工場が堅型キルンを採用した旧式炉であり、近郊に新工場を建設中（2011年12月頃に稼働予定）でクリンカー施設を休止していた。CEO は、新工場が稼働した後に、改めて下水汚泥燃料化の利用について検討したいとの意向であった。

表-B1.4.12 セメント工場の概要

工場	生産能力	位置
Sai Son Cement JSC	セメント製造 350 千 ton/年 クリンカー 1,000 ton/日 石炭使用料 140 ton/日	ハノイ市内中心部より約 25km
But Son Cement JSC	セメント製造 3,000 千 ton/年 クリンカー 4,000 ton/日 石炭使用料 900 ton/日	ハノイ市内中心部より約 50km

(出典：JICA 調査団)

両社ともに、次のことを懸案事項としている。

### A) 技術的懸案事項

- 下水汚泥燃料の品質・取り扱い
- セメントの品質に与える影響
- ロータリーキルンの耐久性に与える影響
- 石炭やセメント原料投入のアッセンブリーラインの改造の要否と費用負担

### B) 政策的懸案事項

- 地球環境問題に対する国・ハノイ市の支援制度

## 3) セメント専門家の見解

セメント工場が有する上記の技術的懸案事項に対し、課題と解決策を明確にするため、下水汚泥の受け入れ経験が豊富な日本のセメント業界の専門家を派遣し、ハノイ市近郊のセメント工場を視察した上で以下の見解を得た。

- ① 依頼先：(社) 日本セメント協会
- ② 派遣期間：2012年1月8日～14日
- ③ 視察先：But Son セメント JSC



## ④ 専門家の見解

- 下水汚泥中の  $P_2O_5$  によるセメント品質への影響が考えられるが、汚泥使用量が  $150\text{kg dry-solid/t-cement}$  以下と想定されるため、特に問題無い。
- ロータリーキルンに与える影響として Cl 化合物の蓄積が考えられるが、 $20\text{-}80\text{mg-Cl/kg}$ -クソカ（汚泥使用料  $40\text{t/日}$  = 石炭消費量の 6% に相当）程度で悪影響は懸念されない。また、高価な排ガスバイパス工事は不要である。
- 石炭貯蔵施設において、既存運転設備に乾燥汚泥を投入することで石炭と攪拌され、カロリー変動に対応可能である。したがって既存の石炭やセメント原料投入のアッセンブリーライン、フィーダー、重量計、監視（運転ソフト）の改造は不要である。ただし、仮置き等の一時的な貯蔵及び工場の操業停止時の保管場所を確保する必要がある。

## 4) 下水汚泥燃料利用の可能性

下水汚泥の燃料利用の可能性については以下のように考えられる。

- 火力発電所及びセメント会社の何れも石炭の代替燃料には非常に関心がある。
- 火力発電所が莫大な潜在需要を有しているが、受け入れまでには相当の時間を要する。このため、当面の受け入れ先として火力発電所は推奨できないが、将来的に受け入れの可能性はある。
- 当面の受け入れ先としてはセメント会社が最有力である。しかし、日本のように下水汚泥の受け入れ経験が無いため、試験的な導入から始める必要がある。また、汚泥燃料を有料で買い取るのか、無料で引き取るのか、あるいは事業者側から費用を支払った上で引き取ってもらうのか、受け入れ先との協議が必要である。また、ハノイ市やベトナム国からの積極的な支援が必要である。



But Son Cement Factory



Coal Banker



Cement Material Banker (Silica)



Lime Stone Feeder



Lime Stone Truck



Bagged Cement Delivery Truck

(出典：JICA 調査団)

図-B1.4.9 But Son Cement Joint Stock Company の工場内写真

## B2 下水汚泥処理・再利用施設計画、概略設計

## B2.1 計画汚泥量

## B2.1.1 各下水処理場より発生する汚泥量

下水処理の役割は、汚染された下水を個体と液体に分離する技術を用い、放流先の水環境を保全することである。この分離された固形物が汚泥と呼ばれるものである。現在、ハノイ市内の下水処理場は中小規模の3箇所が稼働中であり、今後さらに5箇所の整備が計画されている。各下水処理場により処理人口、流域面積、処理水量及び処理能力等が異なるため、処理過程で発生する汚泥量もそれぞれ異なるものである。

以下の表-B2.1.1にハノイ市の各下水処理場より発生する汚泥量の算定結果を示す。

表-B2.1.1 ハノイ市の各下水処理場における発生汚泥量算定結果

処理場名	日最大 処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	日平均 処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	日平均 汚泥量 (t/日)	日平均 汚泥量 (将来) (t/日)	処理場での 汚泥処理方式
キムリエン	4,800	3,920	1.7	3.8	脱水
チュックバック	3,000	2,450	1.2	2.7	脱水
北タンロン	42,000	34,280	18.4	41.2	脱水
エンソ	200,000	190,000	77.2	172.8	消化・脱水
バイマウ	13,300	10,850	6.5	14.5	脱水
ホータイ	15,000	12,240	7.1	15.9	脱水
フド	84,000	68,500	39.1	87.5	脱水
エンサ	270,000	220,400	125.7	281.3	脱水
合計	632,100	542,640	276.9	619.7	—

(出典：JICA 調査団)

## 【算定条件】

- ・ 流入SSは、現時点での既存下水処理場への流入データを基に120mg/Lとし、将来は設計水質である250mg/Lとした。
- ・ 放流SS=15mg/Lとした。
- ・ 発生汚泥（脱水汚泥）の含水率=82%とした。
- ・ エンソ下水処理場以外の下水処理場について、日平均処理水量=日最大処理水量×81.6%として算定した（2008年エンサ下水処理場F/Sを参考）。
- ・ エンソ下水処理場へはキムニュー川の河川水を一定量流入させるため、日最大処理水量=200,000m<sup>3</sup>/日に対し、日平均処理水量=190,000m<sup>3</sup>/日とした。
- ・ エンソ下水処理場については、消化による減容化を65%と想定した。

上記算定より、現在は下水処理場への流入下水のSS濃度が120mg/L程度と設計水質と比較して低濃度であるため、8下水処理場全体の日平均汚泥量≒280t/日であるが、将来的に設計流入水質であるSS=250mg/L程度となると、日平均汚泥量≒620t/日まで増大することとなる。

## B2.1.2 下水汚泥発生量の年次予測

現在、ハノイ市の各下水処理場の稼働状況及び稼働開始予定年は以下の表-B2.1.2の通りである。

表-B2.1.2 ハノイ市の下水処理場の稼働状況 (出典：JICA 調査団)

処理場	現状	稼働開始予定年
キムリエン	稼働中	—
チュックバック	稼働中	—
北タンロン	稼働中	—
エンソ	試運転中	2012年
バイマウ	工事中	2014年
ホータイ	BT方式にて計画	2014年
フドー	BT方式にて計画	2016年
エンサ	F/S 終了	2018年

各下水処理場の稼働開始予定年を考慮し、2011年以降のハノイ市全体の日平均脱水汚泥発生量の年次予測を図-B2.1.1に示す。予測量設定においては、以下の点に留意した。

- エンサ下水処理場は2018年に稼働開始予定であるが、流域の下水管路の完成や分流式下水道で整備予定の地区の下水本管への接続は2018年以降となることが予想されるため、稼働開始初年の汚泥発生量は計画の1/2とした。その後漸増し、2022年に計画量に達するものとした。
- 北タンロン下水処理場は既に稼働中であるが、流域の市街化が大幅に遅れており、現時点での下水処理場への汚水流入量は計画量と比べて非常に少量となっている。また、今後も当該流域が急速に市街化する見込みは少ない。したがって、2011～2018年までの汚泥発生量は計画の1/4とした。その後漸増し、2037年に計画量に達するものとした。
- フドー下水処理場は2016年に稼働開始予定であるが、エンソ下水処理場と同様に稼働開始初年～2018年までの汚泥発生量は計画の1/2とした。その後漸増し、2022年に計画量に達するものとした。
- 上記以外の5下水処理場の汚泥発生量については、稼働初年より計画量とした。

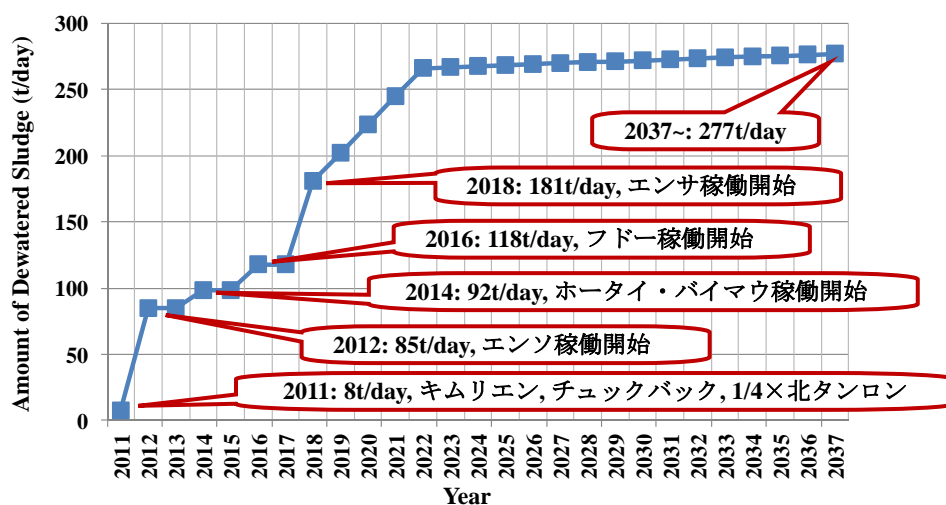


図-B2.1.1 ハノイ市の下水汚泥発生量年次予測 (出典：JICA 調査団)

## B2.2 汚泥処理・再利用プロセスの検討

汚泥処理プロセスは、次の2段階のステップにより選定する。

- 1) 汚泥利用方法の絞り込み
- 2) 汚泥利用方法に適した汚泥処理プロセスの選定

また、汚泥処理施設は以下の事項を評価基準とし、個々の汚泥処理プロセスに適用する技術を選定する。

- 1) 汚泥有効利用に適した汚泥製品
- 2) 低コスト・維持管理に適した技術
- 3) 汚泥利用の社会的動向
- 4) 下水道整備、技術開発の時間軸に合致した下水汚泥利用計画
- 5) ベトナム国の環境施策に適する技術

### B2.2.1 汚泥利用方法の絞り込み

下水処理の役割は、汚染された下水を個体と液体に分離する技術である。この分離された固形物が汚泥と呼ばれるものである。この汚泥は、処理プロセスによって名称が変わるが、基本的には、水分、無機分、有機分から構成される。これらの単位構成をいかに減らすことが汚泥処理の第一の目的であった。

以下に、各汚泥形態の含水率と容積比を示す。

表-B2.2.1 汚泥形態別の含水率と容積比

汚泥形態	生汚泥	濃縮汚泥	脱水ケーキ	コンポスト	乾燥汚泥	炭化汚泥	焼却灰	溶融スラグ
含水率 (%)	99	96	80	40	20~40	—	—	—
容積	1	1/4	1/20	*	1/60~1/80	1/160	1/330	1/700

\*副資材の種類、利用の有無により異なる。

(出典：JICA 調査団)

過去、埋め立て処分が主流だった日本においては、減量化技術が注目されていた。しかし、近年発生汚泥量が埋め立て処分地の許容範囲を超える結果となったことに加え、汚泥の有効利用や地球温暖化防止の背景から、汚泥の利用技術が提案されてきた。

これまで、廃棄物として処分されてきた下水汚泥を有効利用するためには、利用側のニーズに合った資材（汚泥）を供給することが重要となる。そこで下水汚泥に含有される成分を正確に把握し、用途に応じた利用方法を提案していくことが求められている。下水汚泥は、その成分に着目すると以下の特徴を有している。

下水汚泥の有機成分を工業分析すると、炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O)、窒素 (N)、硫黄 (S) から成っている。無機成分ではケイ素 (Si)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、リン (P)、カリウム (K)、その他の重金属類から成っている。これらの成分は、含有量の違いはあるものの、家庭廃水を主とする下水から発生する下水汚泥では、どこの国でも同様であると言える。

これらの成分に着目すると、有機成分中の C、H から燃料としての価値が提案される。また、無機成分中の P に着目すれば、土壌肥料として利用の可能性がある。

このように下水汚泥は、その成分から有効利用の開発と市場調査を一体に提案する手法が一般的になってきた。下水汚泥の有効利用を促進するためには当該地域における市場性が最も重要な事項であり、下水道事業が永続的な事業であることから、下水汚泥の利用形態も永続的であることが望まれる。

市場が望む利用形態の要求には、次の事項が挙げられる。

- ①必要とする資源が近隣にあること
- ②長期間の供給が可能であること
- ③地球温暖化に対する貢献があること
- ④利用用途が多種に及ぶこと

現在、日本及び諸外国で実用化されている汚泥利用形態には、農業利用、土壌改良材、乾燥汚泥・炭化汚泥の燃料化、焼却灰・熔融スラグの建設資材利用がある。ハノイ市における汚泥処分・利用には、脱水汚泥の埋立てをベースラインとし、これらの利用形態の中から上記①～④の観点を検討して選定する。

ハノイ市の下水汚泥の最終形態と検討の採否について、表-B2.2.2 に示す。

表-B2.2.2 下水汚泥処理・利用の最終形態評価（一次スクリーニング）

汚泥処理・利用の最終形態	評価	検討の採否
脱水汚泥埋立て	ベースライン	○
コンポスト農業利用	重金属等の土壌蓄積 厨芥ごみコンポストの競合	×
コンポスト土壌改良材	低コストで、持続性がある。	○
乾燥汚泥の燃料化	受容可能で、持続性がある。 環境調和型技術。	○
乾燥汚泥の炭化	受容可能で、持続性がある。 環境調和型技術。	○
焼却灰の建設資材	焼却炉の LCC が高価である。	×
熔融スラグの建設資材	熔融炉の LCC が高価である。	×

(出典：JICA 調査団)

\* Hanoi 市において稼働中の下水処理場から発生する汚泥の性状分析結果、緑地利用等の市場性および可能性については、「B-1.4 節」を参照。

上記の一次スクリーニングより、ハノイ市に適する利用方法は、汚泥中に含まれる重金属による影響やライフサイクルコスト（LCC）を勘案すると、コンポストの土壌改良材利用、乾燥汚泥・炭化汚泥の燃料化が、採用可能な利用方法である。

また、汚泥処理施設計画の制約条件である最終処分地の下水汚泥受け入れ許諾の可否、汚泥処理用地の取得及び汚泥の燃料目的の有無により、下水汚泥・利用形態は制限される。最終処分場への受け入れ可否、並びに処理施設用地の大小による汚泥利用方法・汚泥の最終形態は、次表の検討マトリックスに分類できる。

表-B2.2.3 プロセス選定のマトリックス

汚泥埋立て処分 処理施設用地	最終処分場への 下水汚泥受け入れ OK	最終処分場への 下水汚泥受け入れ NG
利用可能面積＝大	脱水汚泥の埋立て処分 土壌改良材利用、天日乾燥	土壌改良材利用、天日乾燥 汚泥燃料化 セメント（燃料価値無し）
利用可能面積＝小	脱水汚泥の埋立て処分	汚泥燃料化（燃料価値有り） セメント（燃料価値無し）

（出典：JICA 調査団）

現在、ハノイ市内で発生する下水汚泥は Nam Son 処分場や Tieu Ky 処分場に運搬され、埋立処分されている。これらの処分場は発生汚泥量が少ないうちは受け入れ可能であるが、今後の下水処理場整備の急速な進展による発生汚泥量の増大に伴い、下水汚泥の受け入れが困難になると予想される。したがって、最終処分場での下水汚泥受け入れは期待できないことから、汚泥利用方法及び汚泥処理プロセスの検討に当たっては、十分な面積の用地取得の可否及び汚泥燃料価値の有無を勘案した上で、土壌改良材としての利用、汚泥燃料化、セメント原料化の中から選定する。

### B2.2.2 下水汚泥処理プロセスの選定

汚泥利用形態に適した処理プロセスについて、濃縮、脱水、乾燥または炭化プロセスの最適な組み合わせを以下の4種類より選定する。

Alternative-1：濃縮－脱水－天日乾燥・コンポスト化－処分・利用（土壌改良材、燃料）

Alternative-2：濃縮－脱水－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

Alternative-3：濃縮－脱水－炭化－利用（汚泥燃料）

Alternative-4：濃縮－脱水－天日乾燥－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

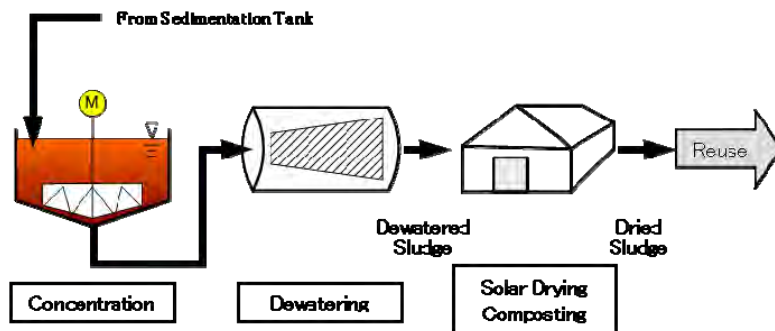
#### (1) 各処理プロセスの概要

以下に各処理プロセスの概要を示す。

### ①Alternative-1: 濃縮－脱水－天日乾燥・コンポスト化－処分・利用(土壌改良材、燃料)

脱水汚泥を天日乾燥・コンポスト化し、土壌改良材、燃料として利用するものである。天日乾燥による汚泥乾燥では、脱水汚泥含水率を40%程度にまで低下させることができる。夏季には、更に含水率の低下が期待できる。また、天日乾燥によって含水率が65%以下に低下した脱水汚泥を堆積することで、自然発酵によるコンポスト化が進む。

利用用途および需要量に応じて、生産量の調整が可能である。燃料として利用する場合には、含水率を20%程度にまで低下させることが求められるため、年間を通じた燃料の製造には困難な面がある。



(出典：JICA 調査団)

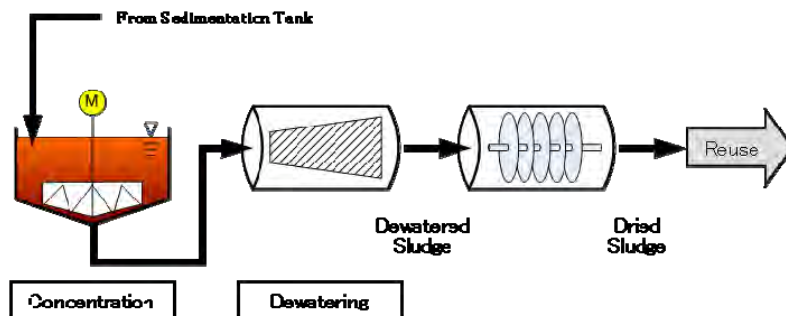
図-B2.2.1 Alternative-1 濃縮－脱水－天日乾燥・コンポスト化－処分・利用  
(土壌改良材、燃料)

### ②Alternative-2：濃縮－脱水－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

脱水汚泥を機械乾燥し、燃料として利用するものである。

乾燥設備による含水率のコントロールが容易であり、安定した処理が可能である。一方で、乾燥設備に投じられるエネルギー量が大きくなる。

製造された乾燥汚泥は、臭気が残るが粒状または粉状となり、取扱い性に優れた資材である。乾燥汚泥の含水率は、利用側のニーズによって決定されるが、燃料としては、含水率20%以下が求められる。



(出典：JICA 調査団)

図-B2.2.2 Alternative-2 濃縮－脱水－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

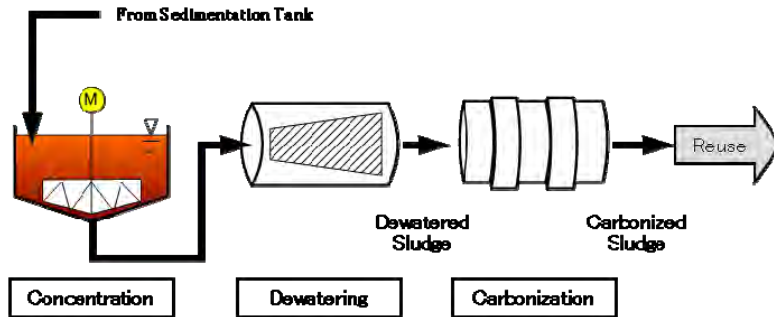


### ③Alternative-3：濃縮－脱水－炭化－利用（汚泥燃料）

脱水汚泥を炭化し、燃料として利用するものである。

燃料としての利用を前提とした炭化処理では、炭化汚泥の発熱量を維持するために、低温（200～300℃）または中温（400～500℃）での炭化処理を行う。炭化工程で発生する乾留ガスを利用可能であるが、機械乾燥に比べ、イニシャルコスト、ランニングコストの点で不利となる。

製造された炭化汚泥は、若干の臭気が残るものの、含水率が数%となり、石炭の代替燃料として、取扱い性に優れた資材である。



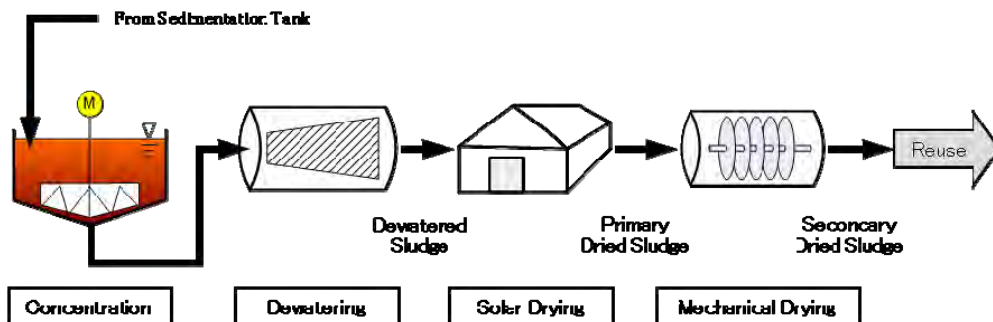
(出典：JICA 調査団)

図-B2.2.3 Alternative-3 濃縮－脱水－炭化－利用（汚泥燃料）

### ④Alternative-4：濃縮－脱水－天日乾燥－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

脱水汚泥をまず天日乾燥し、自然エネルギーにより可能な限り汚泥含水率を減少させ、その後、機械乾燥により燃料として利用するものである。汚泥含水率は天日乾燥による一次乾燥により 60%程度に、機械乾燥設備による二次乾燥により 10%程度まで減少させる。機械乾燥のみの施設と比較して必要なエネルギー量を減じることが可能となるが、天日乾燥のための広大な面積が必要となる。

乾燥汚泥の性状は、機械乾燥のみの施設と同様である。



(出典：JICA 調査団)

図-B2.2.4 Alternative-4 濃縮－脱水－天日乾燥－機械乾燥－利用（汚泥燃料）

以下に、汚泥乾燥設備と汚泥炭化設備の概略フローを示す。

汚泥炭化設備は、汚泥乾燥設備に炭化炉が組み合わされたフローとなる。

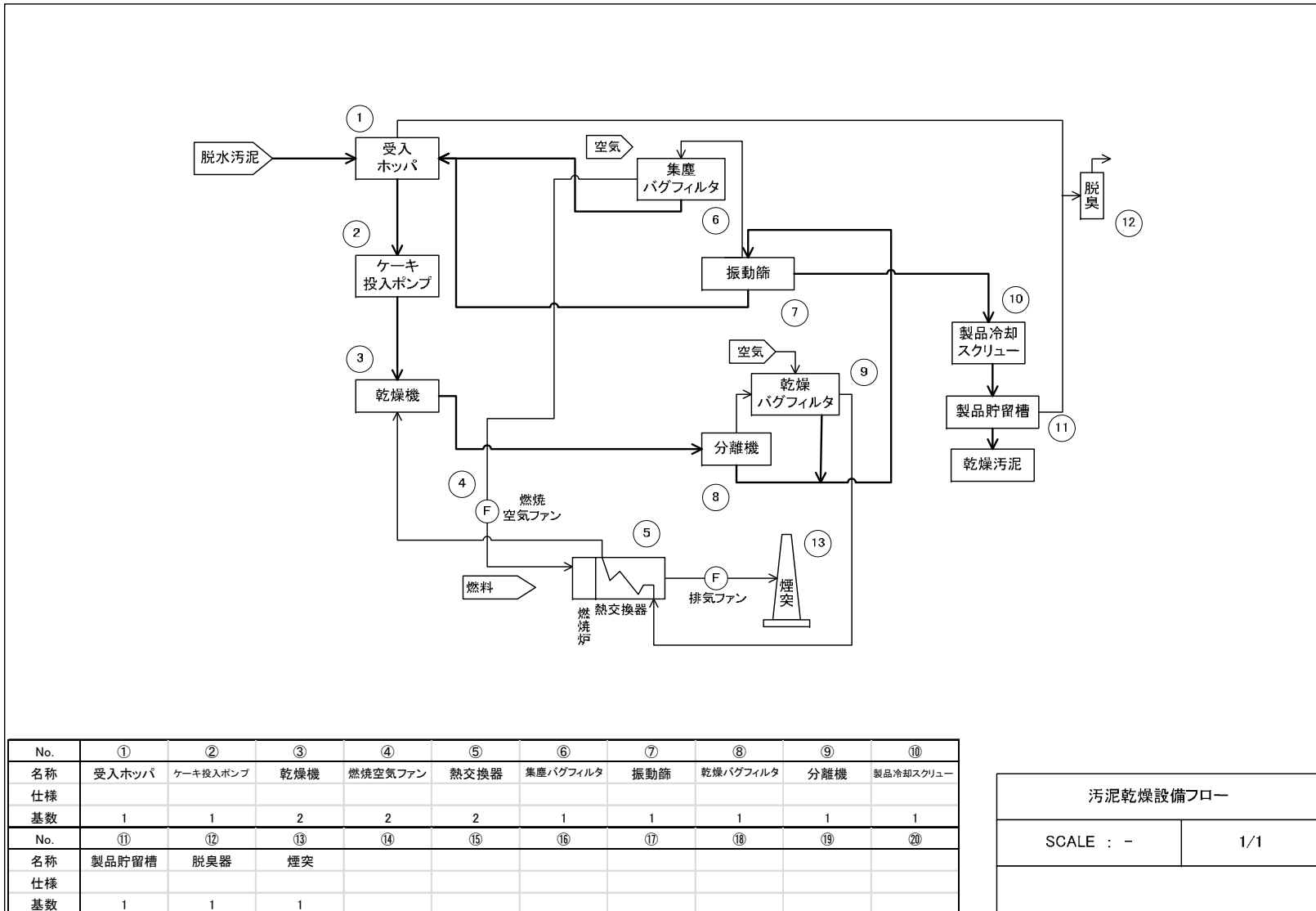


図-B2.2.5 汚泥乾燥設備の概略フロー (出典: JICA 調査団)

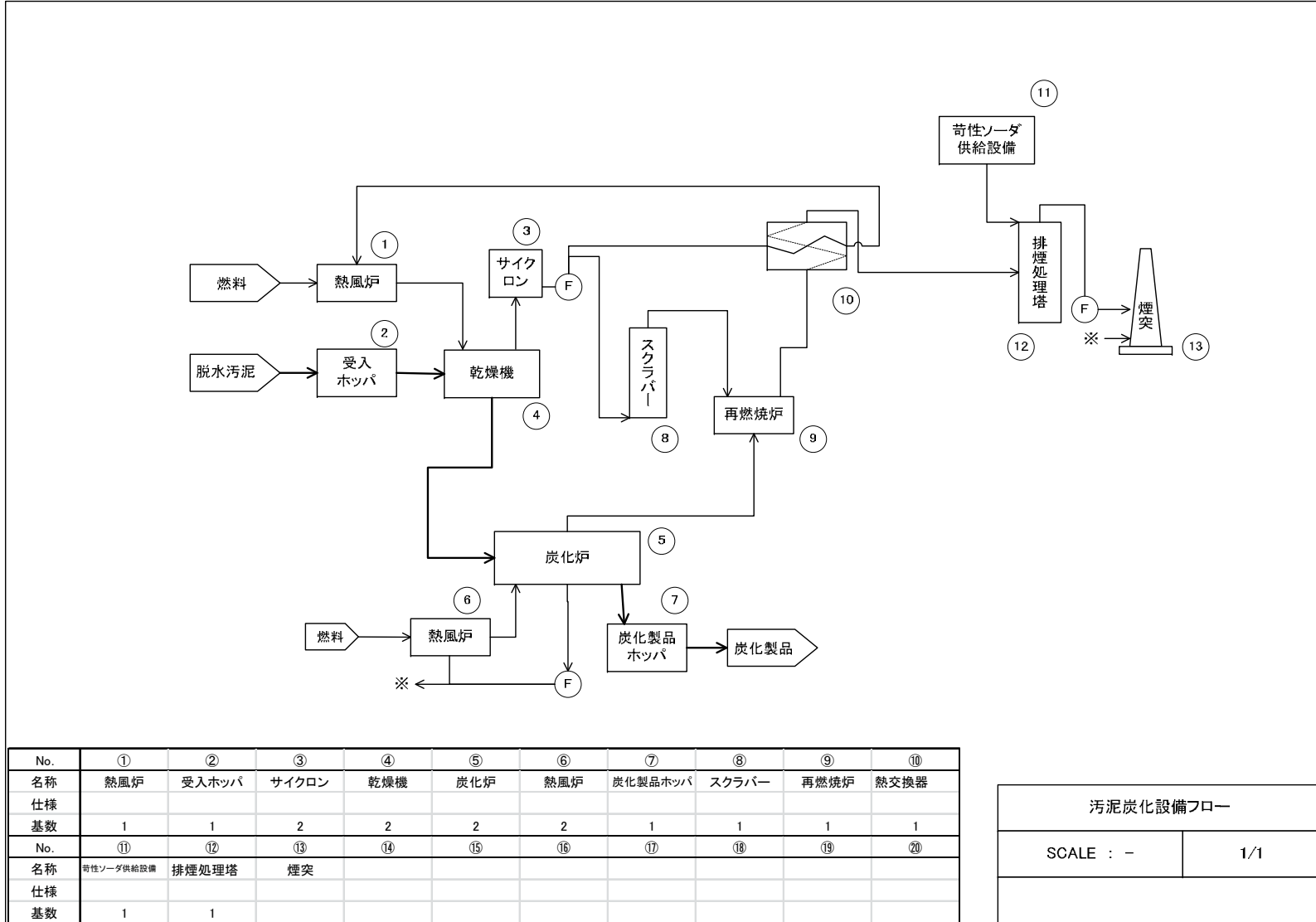


図-B2.2.6 汚泥炭化設備の概略フロー (出典: JICA 調査団)

**(2) 汚泥乾燥・炭化設備の処理プロセス**

下水汚泥から炭化汚泥を製造するプロセスについて説明する。

炭化汚泥は、下水汚泥を炭化炉にて無酸素状態で熱分解し、カーボンと無機質の炭化状態にしたものである。また、酸素のない状態で加熱すると、炭化温度ごとに汚泥中から分離されるガスを放出する。以下に炭化温度による放出ガス成分を整理した。

表-B2.2.4 汚泥処理プロセスの評価

温度	汚泥から分離する気体成分
100℃以下	水分蒸発
200℃以下	汚泥中の吸着ガス
300℃以下	汚泥中の硫黄有機化合物からの硫化水素の発生
500℃以下	窒素化合物からのアンモニアの発生
800℃以下	燃料として有効なメタンガスやエチレンガスの発生

(出典：JICA 調査団)

このように各設定温度帯で炭化汚泥の性質が変わる。最終生成物と温度帯によって性質が変わるため、炭化炉の運転操作も変わってくる。最終生成物の目的が燃料化であれば、低温で運転することにより固定炭素を残すことができるため、燃料としての価値が高くなる。しかし、多孔質で活性炭に近い性質が失われることとなり、臭気が残る。このため、緑化事業には不利となる。一方、高温で運転すると有効ガスが発生し、自身の炭化炉のエネルギーとなるため外部から投入する燃料は少なく済み、臭気強度は低温で運転するよりも少なくなる。しかし一方で、燃料としての価値は低くなる。

**(3) 下水汚泥固形燃料化システムの基本構成**

概略フローに示したように、プラントの構成は、脱水系、貯留系、乾燥系、炭化炉系、排ガス処理系、熱回収系から成る。各単位プロセスの留意点を整理した。

**①脱水機系**

脱水機は、水処理システムと炭化炉システムの間位置する重要なプロセスである。その性能目的は、低含水率の達成である。しかし、高分子凝集剤と無機凝集剤を使用する脱水機は、固形物を増やす点から、燃料化システムにおいて不利となる。

脱水機の選定は、運転消費エネルギーが少ないことと、主要機器がベトナム国で十分に修繕ができる機種とすることが重要である。

これらから、現在主流の汚泥脱水方式のうち、高効率のスクリープレス脱水機が最適である。

## ②貯留系

汚泥性状の変質を防止するため、通常、汚泥貯留施設は設けるべきではない。これは、汚泥中の水分や有機質の変化が、後に続くプロセスに影響を及ぼすためである。広域汚泥処理では、複数の下水処理場から、処理状況の異なる汚泥が集約されるため、性状の変動が大きいことが想定される。これらは、実際に運転を通じて変動幅を少なくするデータを集めることが必要である。

容量の設定は、燃料化プロセスの主要機器である乾燥炉または炭化炉の定期点検期間から設定する。

汚泥炭化システムを採用する場合は、最終製品である炭化汚泥の貯留には、特に注意が必要である。長期間のケースでは、炭化物の蓄熱反応から火災の心配があり、シャワー機能等の対策施設が必要となる。

## ③乾燥系

乾燥機の役割は、脱水汚泥含水率を所定の含水率まで低下させることである。脱水汚泥中の水分を蒸発させるために使用される燃料の消費量が大きく制御性が劣ものの、投入汚泥量と含水率の変動がなければ、運転しやすい機器である。

乾燥汚泥含水率は20～40%の範囲が一般的であるが、20%以下の含水率も可能である。

乾燥機の種類では、外熱式と内熱式に分類できる。コストや熱効率面から選択すると内熱式の乾燥機が一般的な設備として採用される。

汚泥炭化システムにおける乾燥機の役割は、炭化炉に投入する脱水ケーキ含水率を低水分にすることである。連続式炭化炉では、乾燥汚泥の炭化炉投入時のシール性が必要となるため、設備上の工夫が必要となる。

市場のニーズによっては、下水汚泥固形燃料の粒径を揃えるために、造粒乾燥機の採用も可能である。

## ④炭化炉系

炭化炉の構造は、大多数が内部燃焼式レトルト炉である。空気の混入を防止するには、この構造が最適である。

生成される炭化物の性状は、炭化炉の運転温度帯で異なります。低温度帯では、炭化汚泥中に有機分が多く残り、発熱量を高く維持できるため燃料として使用される。高温度帯では、炭化汚泥の比表面積、細孔容積が大きくなり、土壌改良材、脱臭材のような資材として使用される。

炭化炉の運転において、最も留意すべき事項は、タールの発生である。タールは、高温度域ではガス状であるが、低温度域では凝縮して固形状になって付着するため、閉塞の原因となる。また、下水汚泥中に過度の塩素が含まれていると、特に、高温度領域でレトルト内部を熔融し、内部破断の原因となる。この場合、炭化システムの採用は不可能である。

炭化システムの採用には、実証実験を基に豊富なデータを保有している企業が有利となる。

#### ⑤排ガス処理系と熱回収系

排ガス系に共通する特徴は、排ガス温度が高いことである。炭化システムにおいては、タールの固着を防止することと、ダイオキシン対策により、800 度以上の温度域を通過することが必要である。そのため、余剰熱エネルギーを回収することが求められる。この熱エネルギーは乾燥系に費やされる。

また、冬季の煙突からの水蒸気を抑えるために熱エネルギーが費やされる。ベトナム国では、エネルギー節約の観点から、必要ではない。

#### (4) ニーズ調査結果からの条件設定

B1.4.6 節に記載した下水汚泥のニーズ調査の結果より、下水汚泥の再利用先候補である電力会社、セメント会社、花卉園芸農家の潜在需要、汚泥製品に対する関心、意見、並びに再利用先としての当面の見込みを以下の表-B2.2.5 にまとめる。

表-B2.2.5 ニーズ調査結果及び再利用先としての見込み

	電力会社	セメント会社	花卉園芸農家
石炭または肥料の消費量	4,100t/day (1,500,000t/year)	1,050t/day (380,000t/year)	20t/day (7,000t/year)
潜在需要	410t/day (150,000t/year)  (石炭の 10%を代替)	105t/day (38,000t/year)  (石炭の 10%を代替)	32t/day (11,600t/year)  (肥料の窒素分の 50%代替)
現状 & 関心	環境問題に高い関心がある。	中国の石炭需要が急増しているため、石炭の調達に苦労している。 このため、代替燃料に非常に高い関心がある。	肥料会社製造の土壌用肥料と花卉用肥料を購入して使用している。 生産性向上につながる資材には関心がある。
意見	下水汚泥を石炭の代替燃料として使用するの時期尚早である。 実用化には工業省管轄下での F/S が必要である。	汚泥製品が受け入れ可能な性状であれば、前向きに考える。 受け入れ可能な性状は、含水率 10%以下 熱量 3,000kcal/kg 以上 排ガス基準をクリア	効果があれば使用してみたい。 農家の 1 人は現地圃場での施用試験実施に対して関心あり。
見込み	現時点では推奨できない (将来的には見込み有り)	現時点で最も安定した再利用先として推奨できる	受け入れ可能な性状であれば、代替の再利用先として推奨できる

(出典：JICA 調査団)

ニーズ調査の結果、現時点ではセメント会社が最も安定した再利用先として見込める。したがって、セメント会社の要望に合わせて、新設する汚泥処理施設（汚泥リサイクル施設）の条件を「生成物の含水率=10%以下」とする。

#### (5) 下水汚泥処理プロセスの最終選定

上記の条件を踏まえ、Alternative-1～4 より下水汚泥処理プロセスを最終選定する。以下の表-B2.2.8 に比較選定表を示す。

表-B2.2.8 下水汚泥固形燃料生成プロセスの比較選定

方式 項目	Alternative-1 天日乾燥	Alternative-2 機械乾燥(熱風式)	Alternative-3 天日&機械乾燥の ハイブリッド式	Alternative-4 炭化
初期費 (million US\$)	16	101	64	117
22年間の運 営維持管理 費 (million US\$)	16	178	56	206
総額 (million US\$)	32	279	120	323
環境への 影響	省エネ型で、環境 への影響が最小	多量のエネルギー を消費する	省エネ型で、2)、 4)より環境への影 響が小さい	多量のエネルギー を消費する
必要面積	4.0ha	0.9ha	3.3ha	0.9ha
技術的課題	天日乾燥だけでは 含水率を10%以下 にできない。	特になし	特になし	特になし
評価	× 技術的に不可	△ 十分な面積が無い 場合、3)の代替案 として推奨でき る。	○ 最適方式として推 奨できる。	× 最も高価であり、 最もエネルギーを 消費するため、推 奨できない。

(出典：JICA 調査団)

以上より、提案する汚泥処理プロセスとして、天日乾燥+機械乾燥のハイブリッド式を選定する。

### B2.3 下水汚泥処理・再利用施設の用地選定

#### B2.3.1 下水汚泥処理・再利用施設用地の候補地

下水汚泥処理施設の候補地として、次の3か所を抽出した。

- 1) Yen Xa 下水処理場
- 2) Yen So 浚渫土埋立地
- 3) Cau Dien 廃棄物コンポスト施設

候補地の位置及び特徴を、図-B2.3.1 及び表-B2.3.1 に示す。



(出典：JICA 調査団)

図-B2.3.1 下水汚泥処理・再利用施設候補地位置

表-B2.3.1 下水汚泥処理・再利用施設候補地概要

候補地	特徴
Yen Xa 下水処理場	Yen Xa WWTP 内の汚泥処理施設用地を拡張する。
Yen So 浚渫土砂埋立地	水路の浚渫土砂の埋立て処分地で、Red River の河川敷（堤外地）に位置する。 (約 3ha)
Cau Dien 廃棄物コンポスト施設	Cau Dien の廃棄物中間処理施設内のコンポスト化施設を活用する。(廃棄物処理施設として使用中)

(出典：JICA 調査団)

### B2.3.2 用地選定の方法論

下水汚泥処理施設の用地選定は、天日乾燥+機械乾燥ハイブリッド方式の汚泥処理施設を整備することを前提に、3 候補地について用地確保の可能性、交通アクセス、周辺環境対策、将来の機能向上の容易性について比較検討した。

### B2.3.3 施設用地に対する法規制

河川区域内に計画する Yen So 浚渫土砂埋立地に汚泥処理施設を整備する場合には、以



下の表-B.3.2 に示す環境保護法、水資源法、堤防法によって、住環境の環境悪化、下水汚泥の流出による水環境汚染、構造物設置による堤防への影響等について規制される。

環境保護法では、再利用可能な廃棄物は、普通固形廃棄物に規定される。

表-B. 3. 2 汚泥処理施設関連法規制

法令	概要
<p>環境保護法 Law on Protection of the Environment</p>	<p><b>Article 77 Classification of ordinary solid waste</b> <b><u>1. Ordinary solid waste shall be classified into the following main categories:</u></b> <b><u>(a) Recyclable or reusable waste;</u></b></p> <p><b>Article 79 Ordinary solid waste recycling and destruction establishments, ordinary solid waste burial sites</b> 1. Ordinary solid waste recycling and destruction establishments and ordinary solid waste burial sites must comply with the following requirements: (a) Comply with the approved planning on collection, recycling, destruction and burial of ordinary solid waste; (b) Be located at a distance from residential areas, surface water sources and places where such establishments could pollute groundwater sources; (c) Be designed, constructed and operate in order to treat waste thoroughly, economically and efficiently without causing environmental pollution;</p> <p><b>Article 81 Collection and treatment of waste water</b> 3. Mud discharged from waste water treatment systems must be managed in accordance with the regulations on management of solid waste. 4. Waste water and mud containing hazardous elements must be managed in accordance with the regulations on management of hazardous waste.</p> <p><b>Article 86 Prevention of environmental incidents</b> 2. Prevention of environmental incidents caused by natural disaster shall cover: (c) Planning and constructing projects for prevention of incidents and mitigation of their consequences in places where environmental incidents are likely to occur.</p>
<p>水資源法 The Law on Water Resource</p>	<p><b>Article 5.- Protecting, exploiting and using water resource; preventing, combating and overcoming the harm caused by water</b> Article 14.- Protection of the quality of the source of water for living 2. It is forbidden to discharge waste water or to introduce pollution-generated substance into the sanitary protection zones of the living water providing areas.</p>
<p>堤防法 Ordinance on Dikes</p>	<p><b>Article 9.- The dyke protection limit shall cover dykes and adjacent areas that directly affect the safety of dykes.</b> <b>The determination of adjacent areas must be based on the dyke grade, technical characteristics of dyke constructions as well as the requirements of dyke protection and salvage.</b> <b>The Government shall stipulate adjacent areas of dykes.</b></p>

(出典：JICA 調査団)

### B2.3.4 下水汚泥処理・再利用施設用地の選定

下水汚泥処理施設用地は、土地利用の現況、用地面積、交通の利便性、周辺環境対策の容易性、技術開発・汚泥量・汚泥利用等の将来のニーズに対する機能向上の可能性を判断材料として評価する。

これらの評価の結果、Yen So 浚渫土砂処分地は、天日乾燥施設を整備するのに十分な用地面積を有し、また住宅池から離れており、将来ともに住宅用途の規制を受けた位置にある。しかしながら、河川敷内にあるため、汚泥処理施設の浸水対策や下水汚泥・排水の流出に関する環境保護法、水資源法及び堤防法の規制を満足しなければならない。河川敷内にある住宅地と同様に十分な地盤高さにあることや浸水防止の擁壁を構築する、汚水を流出させない施設計画にすることで、EIA に適合する対策を実施することが重要である。

Yen Xa 下水処理場は、幹線道路に面した市街化が進展する土地であり、機械乾燥・炭化などの省面積型の施設を条件とした施設計画が可能である。

Cau Dien コンポスト施設は、URENCO によって、都市ごみ・し尿処理施設、分別・積み替え施設として利用されている。敷地面積が狭隘で、浸入道路が住宅・商業地にあり、大型トラックの通行に支障をきたすため、下水汚泥処理施設用地としての適性を有していない。

総合的な評価結果を、表-B2.3.3 に示す。比較検討の結果、採用技術の信頼性、コスト、環境対策に優れた Yen So 浚渫土砂埋立地を提案する。



(出典：JICA 調査団)

図-B2.3.2 Yen So 浚渫土砂埋立地付近状況

表-B2.3.3 下水汚泥処理・再利用用地の比較

候補地	Yen So 浚渫土砂埋立地	Cau Dien 廃棄物コンポスト施設	Yen Xa 下水処理場
汚泥処理プロセス	天日乾燥 & 機械乾燥	天日乾燥 & 機械乾燥	機械乾燥
現在の土地利用	空き地及び埋立地	ハノイ市内の廃棄物コンポスト施設 & 固形ゴミ集積場	下水処理場計画地
面積	天日乾燥及び機械乾燥・炭化施設を整備可能	デモプラントを整備する程度のスペースしか無い	機械乾燥・炭化施設の設置スペースはあるが、天日乾燥施設は設置不可
交通アクセス	良好	付近の道路が狭隘のため、10 トントラックはアクセスできない	良好
周辺環境への影響	住宅地より 500m 程度離れているため問題無い	住宅地と近接しており、影響が大きい	現時点では住宅地離れているが、将来付近が開発される見込みである
将来性	将来の改築や施設増加が比較的容易である	将来の改築や施設増加は可能	空きスペースが殆ど無いため、将来の改築や施設増加は容易ではない
評価	環境保護法をクリアできれば最も推奨できる ○	推奨できない ×	処理プロセスは限定されるが、代替案として推奨可能 △

(出典：JICA 調査団)

## B2.4 民間担当事業の範囲の設定

A2.1 節に記載したように、ハノイ市の 8 下水処理場から発生する日平均汚泥量（脱水汚泥）は 280t/日であり、将来的に広域汚泥処理の構想を実現するためにはこの全汚泥量に対応した汚泥リサイクル施設が必要となる。しかし下記の理由から、民間資金を活用して進める汚泥リサイクル事業で受け入れ処理すべき汚泥は、当面は一部の範囲に限定して進めることが必要である。

- ハノイ市では下水汚泥をリサイクルするという概念はこれまで存在しなかったことから、汚泥リサイクルは全く新しい事業であり、汚泥の性状・再生製品の品質・製品受け入れ先等の条件が現時点で不透明であるため。
- 8 下水処理場への流入汚水量が計画量に達する時期はかなり先であるため。
- 現在、下水処理場への流入下水濃度が低く、分流式下水道並みとなるのはかなり先と予測できるため。

前述の B2.1.2 節において、2011 年以降のハノイ市の下水汚泥発生量を予測したが、このうち民間資金を活用して進める事業は、エンサ下水処理場稼働開始時期の下水汚泥発生量をターゲットとして事業範囲を設定する。

以上より、当該民間担当事業で整備する汚泥処理・利用施設の処理対象脱水汚泥量は、日平均脱水汚泥量＝185t/日とする。なお、この汚泥量は 8 下水処理場全ての流入汚水量が計画量に達する時点の汚泥量＝277t/日の 2/3 に相当するものである。

## B2.5 汚泥処理施設の概略設計

以下では、当該事業において整備する汚泥処理・利用施設（以下、「エンソ汚泥資源化センター」とする）の概略設計を行う。

### B2.5.1 天日乾燥床の概略設計

#### (1) 設計条件

日最大汚泥処理量＝185 t/日

脱水汚泥含水率＝82%

一次乾燥汚泥含水率＝60%（天日乾燥床における乾燥汚泥含水率）

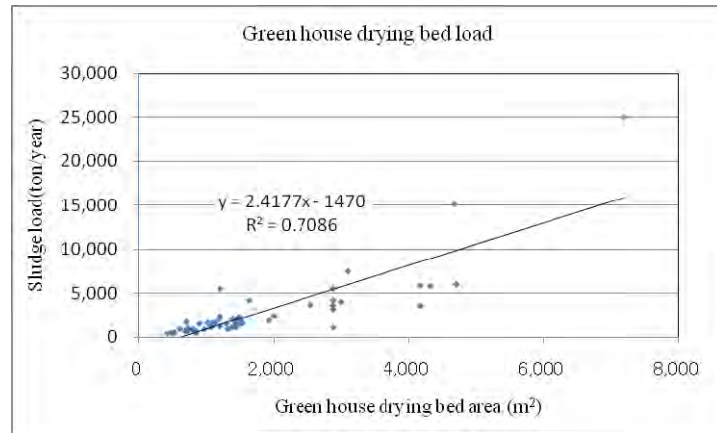
#### (2) 単位面積負荷

単位面積当たりの処理量は、EU 及び南アフリカの事例をもとに 6.2t/m<sup>2</sup>/year を採用する。

#### (3) 施設規模、容量計算

EU およびトルコ、オーストラリア等で採用されている温室は、乾燥効果を上げるために

温室と攪拌機と組み合わせた Paved Drying Bed と呼ばれる舗装スラブの汚泥乾燥床が普及している。EU および南アフリカにおける実績値を参考に、汚泥乾燥床の設計諸元（必要面積）を統計的に求める。



(出典：JICA 調査団)

天日乾燥施設において敷き均す汚泥深さ=400mm 程度とする。

天日乾燥施設の汚泥乾燥日数=約 25 日とする。

必要な天日乾燥床面積=185 t/day × 365days / 6.2t/m<sup>2</sup>/year=10,868m<sup>2</sup> (≒7 @ 12m×130m)

したがって、天日乾燥施設は 1 棟当り 12m×130m の施設を 7 棟設置する。



(出典：JICA 調査団)

図-B2. 5. 1 天日乾燥施設事例

## (4) 天日乾燥施設の運転計画

天日乾燥における汚泥乾燥効率は気象変化の影響を受けるものである。ハノイ市の雨季（冬季）には湿度が高く、日照時間が短いため乾燥効率が低下する。一方、乾季（夏季）には日照時間が長いため、雨季よりも乾燥効率が高くなる。

ハノイ市では下水汚泥の天日乾燥の実績はなく、また天日乾燥を実践している他国の都市と気候が異なるため、前述の設計計算に用いた処理効率はいくまで想定である。今回提案している天日乾燥施設の季節的な運転方法については、実際に施設を稼働させていく中で、乾燥の日変化や汚泥の投入厚による乾燥効率を掴んでいくことが必要である。

## (5) 設備リスト

以下の表-B2.5.1に当事業で提案する天日乾燥施設の設備リストを、表-B2.5.2に仕様を示す。

表-B2.5.1 天日乾燥施設の設備リスト

設備	仕様	数量	備考
Solar Green House	幅 12m×長 130m×高 5m	7棟	
換気装置（排風機）		20台	2台/ハウス
ホイールローダー	汚泥敷均し、攪拌、運搬用	2台	
トラックスケール	脱水汚泥搬入量計測用	1台	

(出典：JICA 調査団)

表-B2.5.2 天日乾燥施設の仕様

仕様 鉄骨造・アクリル樹脂板（耐候性） 換気設備（5基/棟）、照明 作業員休憩所・機材倉庫 汚水処理施設	備品類 攪拌用トラクター、小型トラック コンベヤー、フォークリフト 計量器
全景 	全景 
出入口 	屋内換気設備 

(出典：JICA 調査団)

**B2.5.2 機械乾燥施設の概略設計****(1) 設計条件**

日最大汚泥処理量=83.25 t/日

脱水汚泥含水率=82%

投入汚泥含水率=60% (天日乾燥床による一次乾燥の含水率)

乾燥汚泥含水率=10%以下 (汚泥燃料を想定した含水率)

**(2) 適用基準**

設備容量については、日本の標準設計基準に準じる。

**(3) 乾燥方式**

従来型である熱風式乾燥機ではなく、低温で燃料の不要なヒートポンプ式乾燥機とする。

**(4) 施設規模、容量計算**

必要施設規模について、容量計算を以下に示す。

項目	設計計算
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計条件</li> <li>汚泥発生量</li> </ul>	脱水汚泥 83.25 t/day 含水率 60% (Solar dried sludge) 固形物量 33.3 ds-t/day
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚泥機械乾燥</li> <li>乾燥方法</li> <li>汚泥投入量</li> <li>固形物投入量</li> <li>乾燥汚泥含水率</li> <li>運転日数</li> <li>運転時間</li> <li>乾燥汚泥生成量</li> <li>日当り水分蒸発量</li> <li>時間当り水分蒸発量</li> <li>設備容量計算</li> <li>ベルト単位面積当りの水分蒸発量</li> <li>必要ベルト面積</li> </ul>	直接乾燥 (ロータリー乾燥機) 83.25 wet-t/day 33.3 ds-t/day 10% 365 days/year 24hrs $33.3 * 100 / (100 - 10) = 37.0$ t/day $83.25 - 37.0 = 46.25$ t/day $46.25 / 24 = 1.93$ t/hr 58 kg-water/m <sup>2</sup> ·d ~ 89 kg-water/m <sup>2</sup> ·d $1.93$ t/hr / $(89$ kg/m <sup>2</sup> ·d / 1000 / 24) = 520 m <sup>2</sup> 1 line = 210 m <sup>2</sup> $520$ m <sup>2</sup> / 210 m <sup>2</sup> /line = 2.5 lines

ヒートポンプ乾燥機数	<p>⇒3 系列必要 予備 = 1 系列 合計 = 4 系列</p> <p>最も非効率の場合を想定 (運転効率は粘性等汚泥の状態によるため) <math>1.93 \text{ t/hr} / (58 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d} / 1000 / 24) = 799 \text{ m}^2</math> <math>799 \text{ m}^2 / 210 \text{ m}^2/\text{系列} = 3.8 \text{ 系列} (4 \text{ 系列})</math> ⇒OK 汚泥の状態から運転効率が悪い場合には、4 系列全てを稼働させる。</p>
<p>● 結果</p> <p>ヒートポンプ乾燥機数</p> <p>運転時間</p>	<p>通常 3 系列 1 系列を予備とする 3 系列: 24 hr/d×365 d/y (乾燥機は周波数インバータにより管理)</p>

(出典：JICA 調査団)

## (5) 設備リスト

以下の表-B2.5.3 に当事業で提案する機械乾燥施設の設備リストを示す。

表-B2.5.3 機械乾燥施設の設備リスト

No.	名 称	仕 様	基数
1	汚泥受入ホッパ		2
2	汚泥搬送コンベア	フライトコンベア、汚泥受入ホッパ → 乾燥機投入口まで	4
3	ヒートポンプ式低温ベルト乾燥機	ヒートポンプ式、汚泥処理量 30t/d	4
4	乾燥汚泥搬送コンベア 1	スクリュウコンベア、乾燥機出口 → 乾燥汚泥搬送コンベア 2 まで	4
5	乾燥汚泥搬送コンベア 2	フライトコンベア、乾燥汚泥搬送コンベア 1 → 乾燥汚泥搬送コンベア 3 まで	1
6	乾燥汚泥搬送コンベア 3	スクリュウコンベア、乾燥汚泥貯留ホッパ に振り分け	1
7	乾燥汚泥貯留ホッパ		2
8	脱臭ファン	風量 30m <sup>3</sup> /min	1
9	活性炭吸着塔	風量 30m <sup>3</sup> /min	1
10	排水ポンプ	容量 1.7m <sup>3</sup> /min	2
11	給水ポンプ	容量 1.6m <sup>3</sup> /min	2

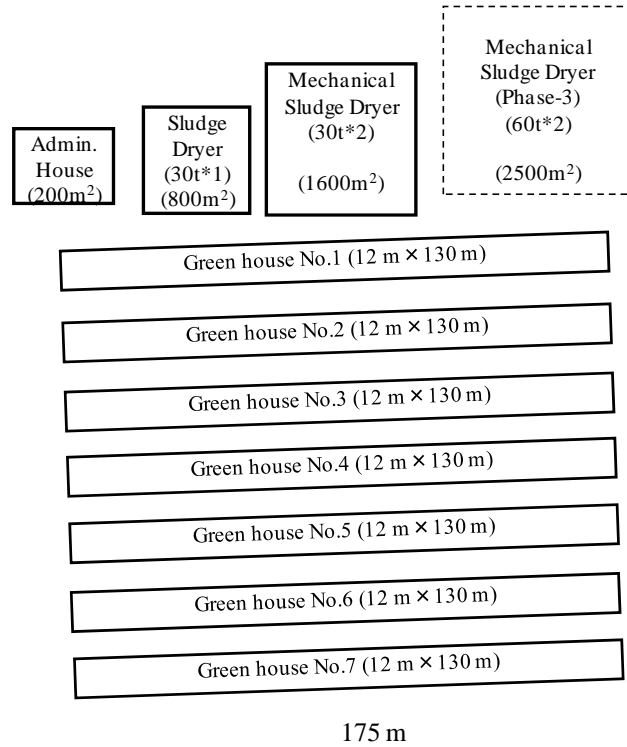
(出典：JICA 調査団)



### B2.5.3 施設の配置計画

エンソ汚泥資源化センターの概略平面配置を以下に示す。

#### Yen So Sludge Recycle Center



(出典：JICA 調査団)

図-B2.5.2 Sludge Recycle Center 配置計画図

また、次頁以降に汚泥資源化センターの全体配置図、天日乾燥施設の概略構造図、機械乾燥施設の処理フロー図を示す。

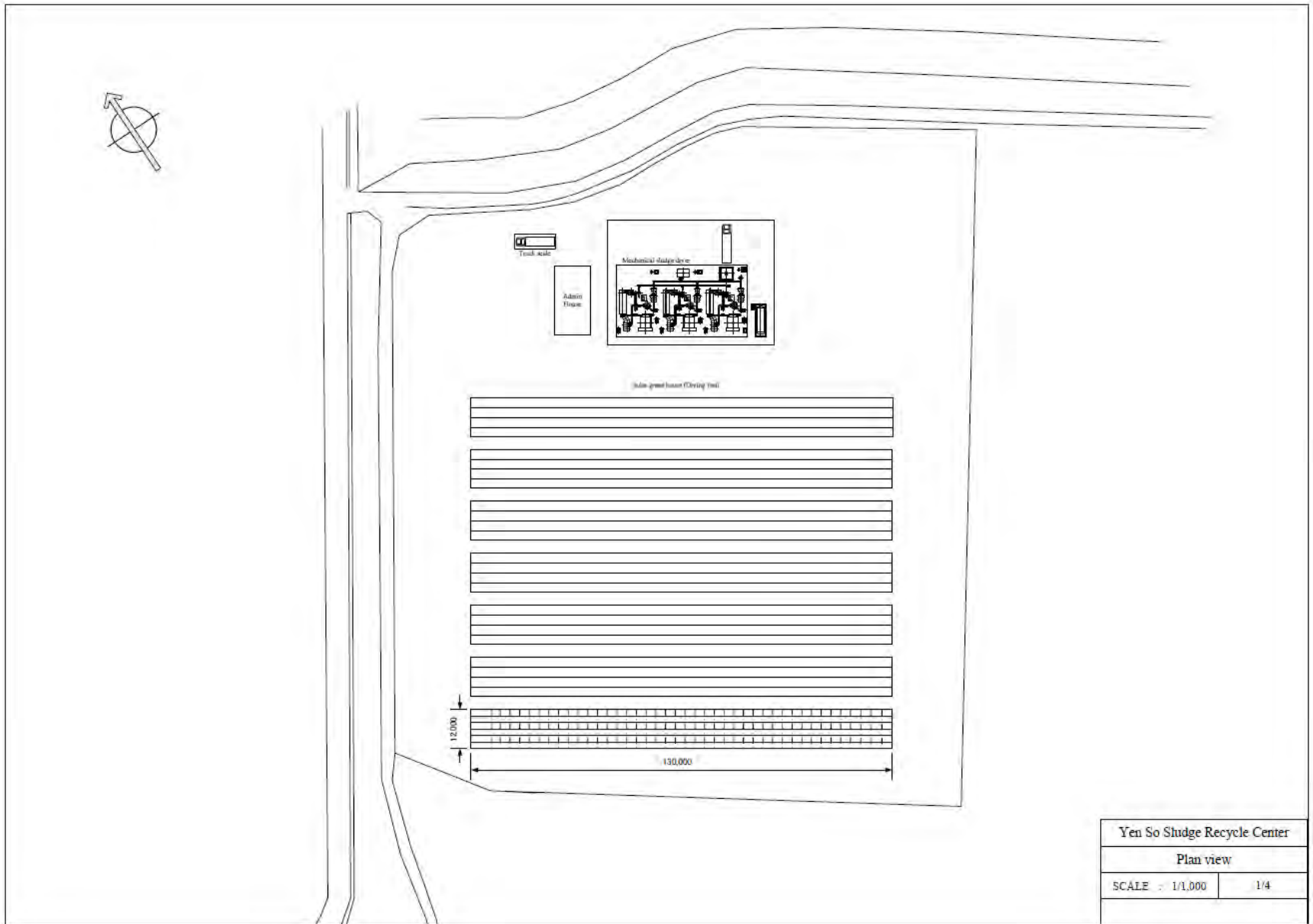


図-B2.5.3 汚泥資源化センター平面配置図 (出典：JICA 調査団)

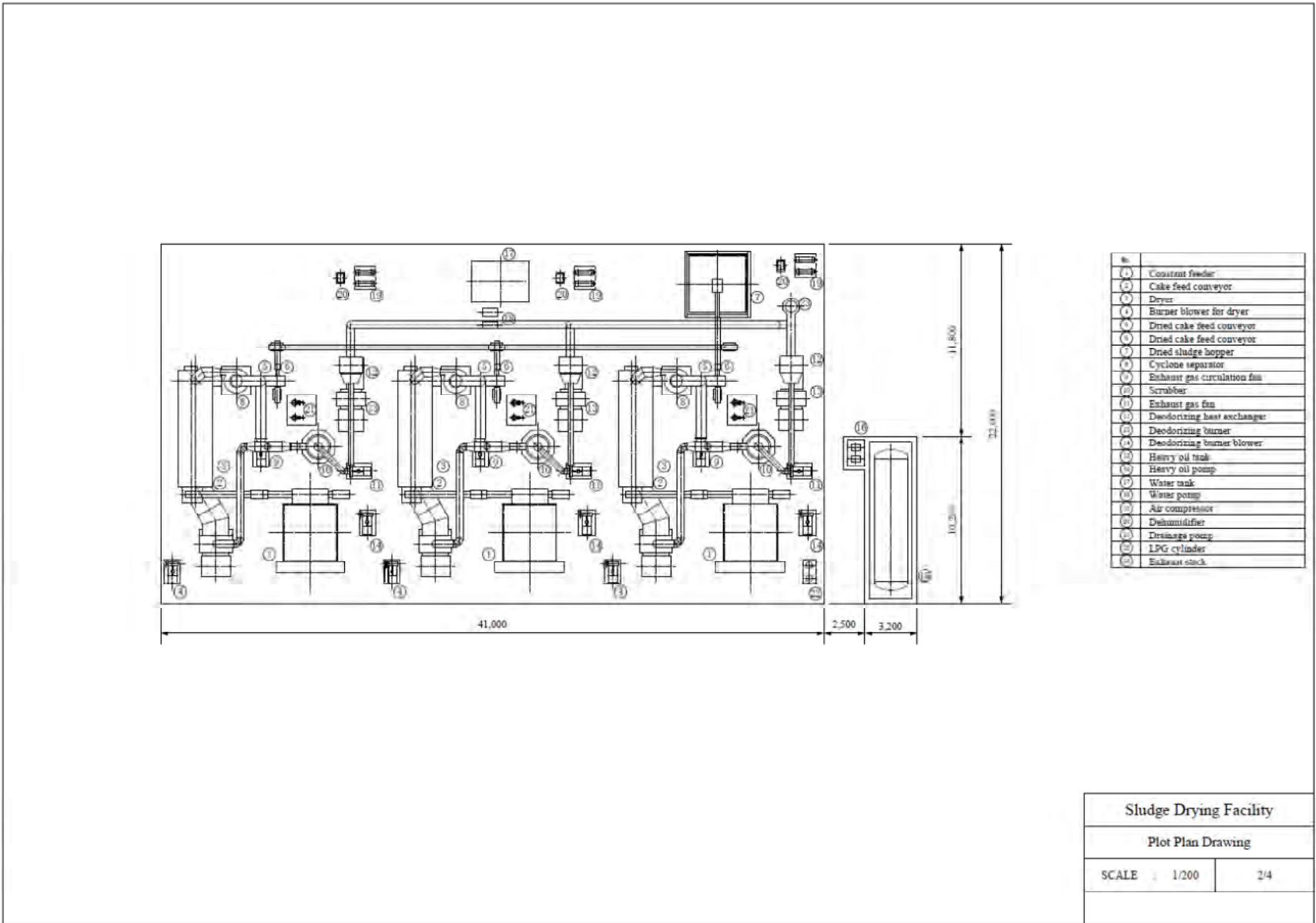


图-B2.5.4 機械設備配置图 (出典：JICA 調査団)

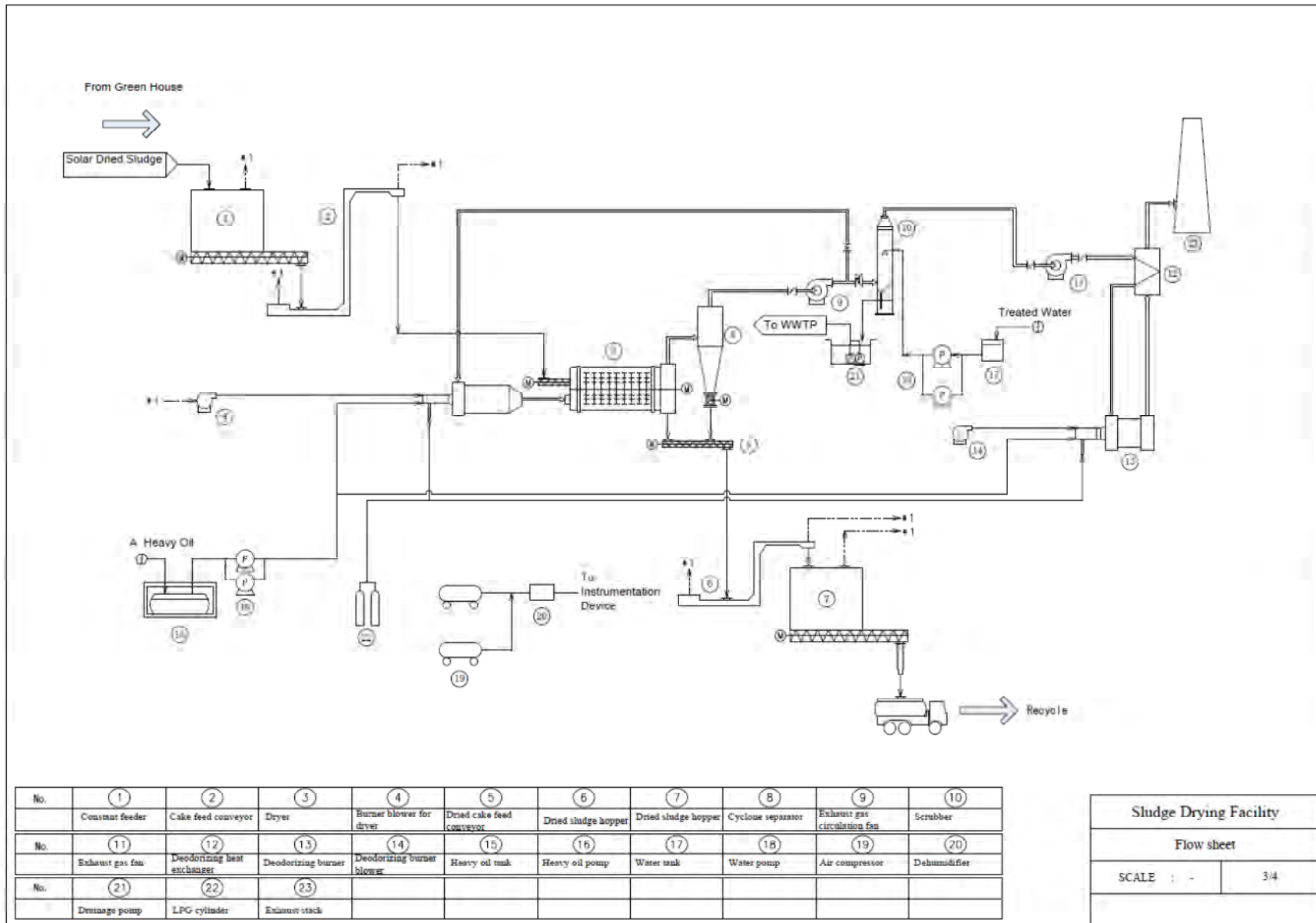


図-B2.5.5 処理フロー図 (出典：JICA 調査団)

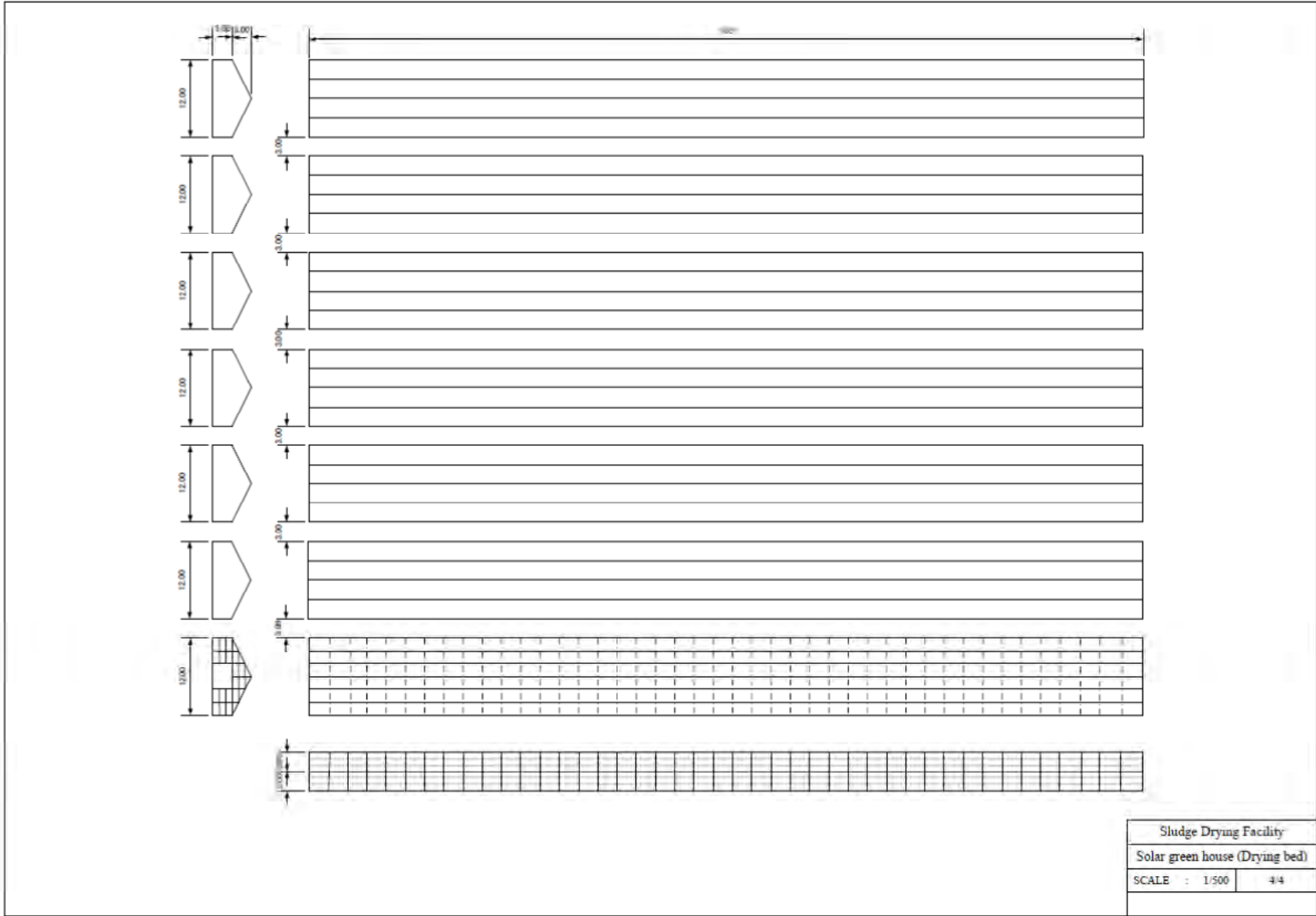


図-B2.5.6 天日乾燥施設平面図 (出典：JICA 調査団)

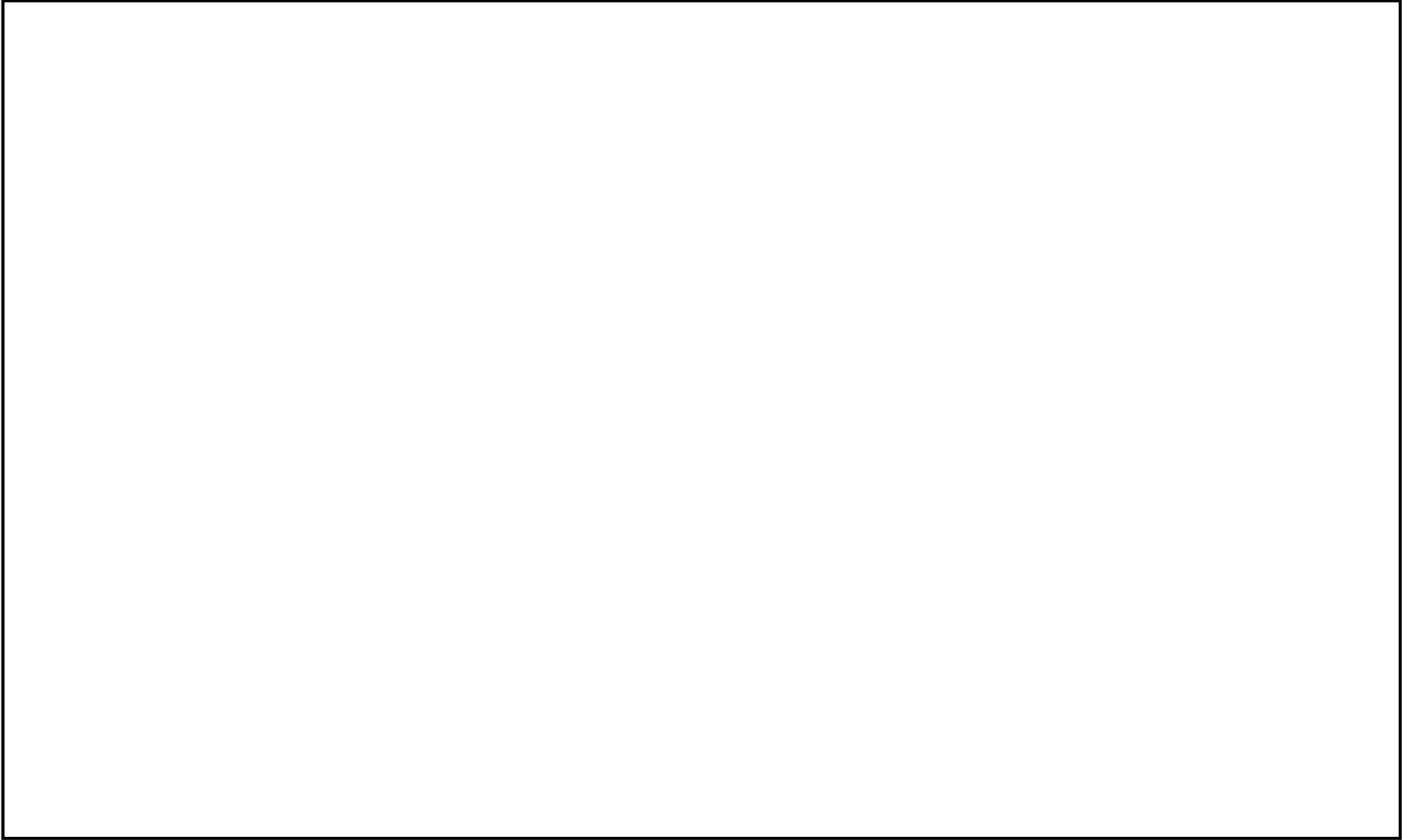


図-B2. 5. 7 汚泥乾燥機配置図（ヒートポンプ式） （出典：JICA 調査団）

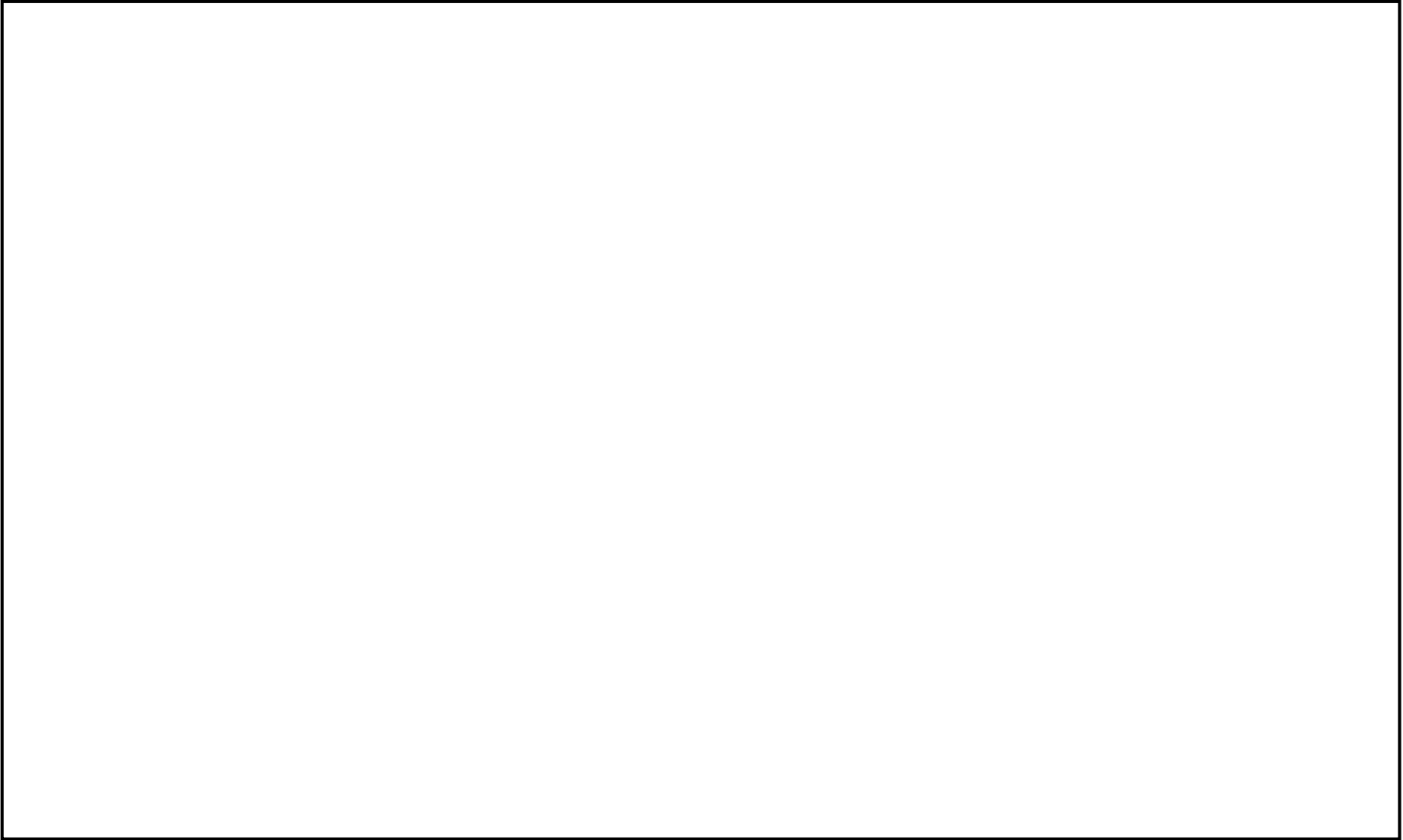


図-B2.5.8 汚泥乾燥機フローシート (ヒートポンプ式) (出典：JICA 調査団)

**B2.6 事業費の算定**

B2.3 節において検討した概略施設計画をもとに、エンソ汚泥資源化センターの建設費及び運営維持管理費を以下に整理する。

**B2.6.1 初期費用****(1) 建設費**

以下の表-B2.6.1 にエンソ汚泥資源化センターの整備項目リストを示す。

表-B2.6.1 エンソ汚泥資源化センター整備項目リスト

--

(出典：JICA 調査団)

上記リストに基づき算出した汚泥処理施設の建設費を表-B2.6.2 示す。なお、各項目の出典は以下の通りである。

- 「Japanese Standard」：日本の標準的な価格を基に算出したもの。
- 「Japanese mfr.」：日本メーカーの積算価格
- 「Code No. 」：既存 F/S において使用したベトナム国の 2008 年標準単価に物価上昇



を考慮し、2011年単価へ修正したもの。

表-B2.6.2 汚泥処理施設建設費積算表

--

(出典：JICA 調査団)

## (2) 総初期費用

初期費用として建設費の他に、エンジニアリングサービス費及び税金（VAT）を計上する必要がある。それぞれの算定条件を以下に示す。

- エンジニアリングサービス費は建設費の 10% を計上した。
- 税金（VAT）は建設費＋エンジニアリングサービス費の 10% を計上した。

総初期費用算定結果を以下の表-B2.6.3 に示す。

表-B2.6.3 エンソ汚泥資源化センター総初期費用

--

(出典：JICA 調査団)

## B2.6.2 運営・維持管理費

エンソ汚泥資源化センターの運営・維持管理期間は 2016～2037 年の 22 年間とする。当センターの運営・維持管理に関する業務は以下の 2 点に分類される。

- 8 下水処理場より脱水汚泥を受け取り、天日乾燥施設及び機械乾燥施設により乾燥汚泥を製造し、エンドユーザへ供給する。
- センター内の全施設の維持管理（修繕・更新を含む）を行う。

運営・維持管理費を構成する項目を以下の表-B2.6.4 に示す。

表-B2.6.4 エンソ汚泥資源化センター運営・維持管理費の構成項目

No.	項目	細目
1	人件費	
2	ユーティリティ費	電力費、燃料費、消耗品費
3	法定点検、汚泥分析費	
4	主要修繕費	
5	敷地内清掃、維持管理費	
6	その他経費	小規模修繕、レンタカー費、電話代、ビジネス用品レンタル費、オフィス代、その他（水道代等）
7	保険	
8	予備費	
9	更新費	

(出典：JICA 調査団)

各項目の内訳を以下に示す。

1) 人件費

--

(出典：JICA 調査団)

2) 電力費

--

(出典：JICA 調査団)

3) 燃料費

2011年4月のディーゼルオイル代=21,000VNDとした。

4) 法定点検、汚泥分析費

--

(出典：JICA 調査団)

5) その他経費

--

(出典：JICA 調査団)

次頁の表-B2.6.5に22年間の運営・維持管理費をとりまとめる。

表-B2.6.6.5 汚泥リサイクル施設の22年間の運営維持管理費用

(単位：1,000US\$)



(出典：JICA 調査団)

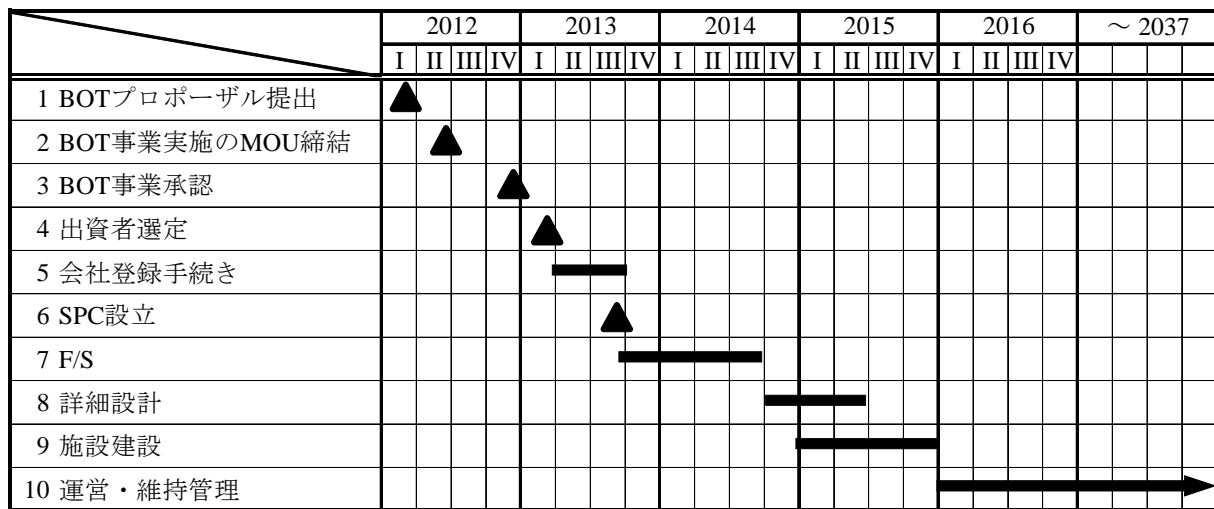
## B2.7 事業実施スケジュール

2012年3月時点で想定しているエンソ汚泥資源化センターの事業実施スケジュール及び各業務の担当者を表-B2.7.1及び図-B2.7.1に示す。ただし、実際には大きくスケジュールは遅れている。

表-B2.7.1 エンソ汚泥資源化センターBOT事業の各業務担当者、期間

業務	担当	期間
1. BOTプロポーザル提出	民間出資者	2012年3月
2. BOT事業実施のMOU締結	ハノイ市、民間出資者	2012年6月
3. BOT事業承認	ハノイ市	2012年12月
4. 出資者選定	ハノイ市	2013年3月
5. 会社登録手続き	民間出資者	2013年4～9月
6. SPC設立	民間出資者	2013年9月
7. F/S	SPC	2013年10月～2014年9月
8. 詳細設計	SPC	2014年10月～2015年6月
9. 施設建設	SPC	2015年1～12月
10. 運営・維持管理	SPC	2016年1月～2037年12月

(出典：JICA 調査団)



(出典：JICA 調査団)

図-B2.7.1 エンソ汚泥資源化センターの事業実施スケジュール

なお、メインレポート第10章に整理した通り、本BOT事業は上記スケジュールを想定していたが、汚泥製品（乾燥汚泥）受入先への理解醸成やハノイ市側からの支援、汚泥再利用を推進する法令の整備、事業のリスク分担など解決すべき課題が山積しているため、現時点で事業実施には至っていない。

**B2.8 環境評価****(1) 水汚泥処理・利用における社会環境配慮****1) 下水汚泥処理・利用の負の効果**

社会環境に配慮すべき負の効果として、以下の事項に対する配慮が必要である。下水汚泥の処理・利用の過程で、コンポスト化を確実に行って病原性細菌を確実に死滅させるとともに、下水汚泥中の重金属等の挙動を定期的に監察し、土壌中への過度の蓄積しないように留意する。

また、汚泥燃料の利用に当たっては、粉じんの飛散防止や清掃を徹底し、清潔で衛生的な職場環境の維持に努めることが重要である。

- 下水汚泥に含まれる重金属類の土壌への蓄積
- 下水汚泥コンポスト中の病原菌の曝露
- 汚泥燃料利用者への粉じん等の曝露

**2) 下水汚泥処理・利用の正の効果**

下水汚泥の有効利用により、住民の生活や都市活動によって環境へ排出される環境負荷について、次の正の効果をもつ。広報・公聴を積極的に行うことにより、下水汚泥コンポストや汚泥燃料の適切な利用について広く社会に周知し、下水汚泥の有効利用を進めていくことが重要である。

- 土壌改善効果、肥沃な国土創造
- CO<sub>2</sub>等の地球温暖化対策効果
- リサイクルに関する住民意識の向上

**(2) Yen So 下水汚泥処理施設における対応策**

下水汚泥処理の過程で発生する環境への影響として、臭気、排水、排ガス等が懸念される。施設を適切に建設、維持管理することにより、臭気対策、排ガス対策を実行することが重要である。

また、排水については、水処理施設と用排水ユーティリティを補完することで、汚水を環境へ排出しない施設が可能となる。

- 汚泥から発生する臭気
- 汚泥処理過程で発生する排水
- 乾燥機、炭化炉から発生する排ガス

なお、環境影響評価については、本調査団の対象範囲は上記の予備検討のみとし、本格実施は SPC サイドで F/S 作成時に行うものとする。