

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 (要約版)

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

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 (要約版)

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）

要約版

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 エンサ下水処理場建設事業の検討.....	3-1
3.1.1 公共資金と民間資金の活用について.....	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実施方針の結論.....	3-5
3.2 ハノイ市全体の下水道整備運営についての検討.....	3-5
3.2.1 検討する事業の概要.....	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 合弁会社の必要性（と展開方針）.....	4-1
4.2 業務内容.....	4-1
4.3 HSDC と合弁会社の役割分担とリスク分担.....	4-2
4.4 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
4.5 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
4.6 合弁会社の支出とサービス料金について.....	4-8

第5章 エンソ汚泥資源化センターの設立	5-1
5.1 汚泥資源化センターの必要性	5-1
5.2 BOT で実施する必要性	5-1
5.3 BOT 事業の内容	5-1
5.3.1 提案する事業の概要	5-2
5.3.2 提案する技術について	5-3
5.3.3 建設及び機材調達について	5-4
5.4 HPC と SPC の役割分担とリスク分担	5-5
5.5 SPC の設立、組織形態の検討(出資比率、要員構成等)	5-7
5.6 SPC の支出とサービス料金	5-8
5.7 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)	5-10
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

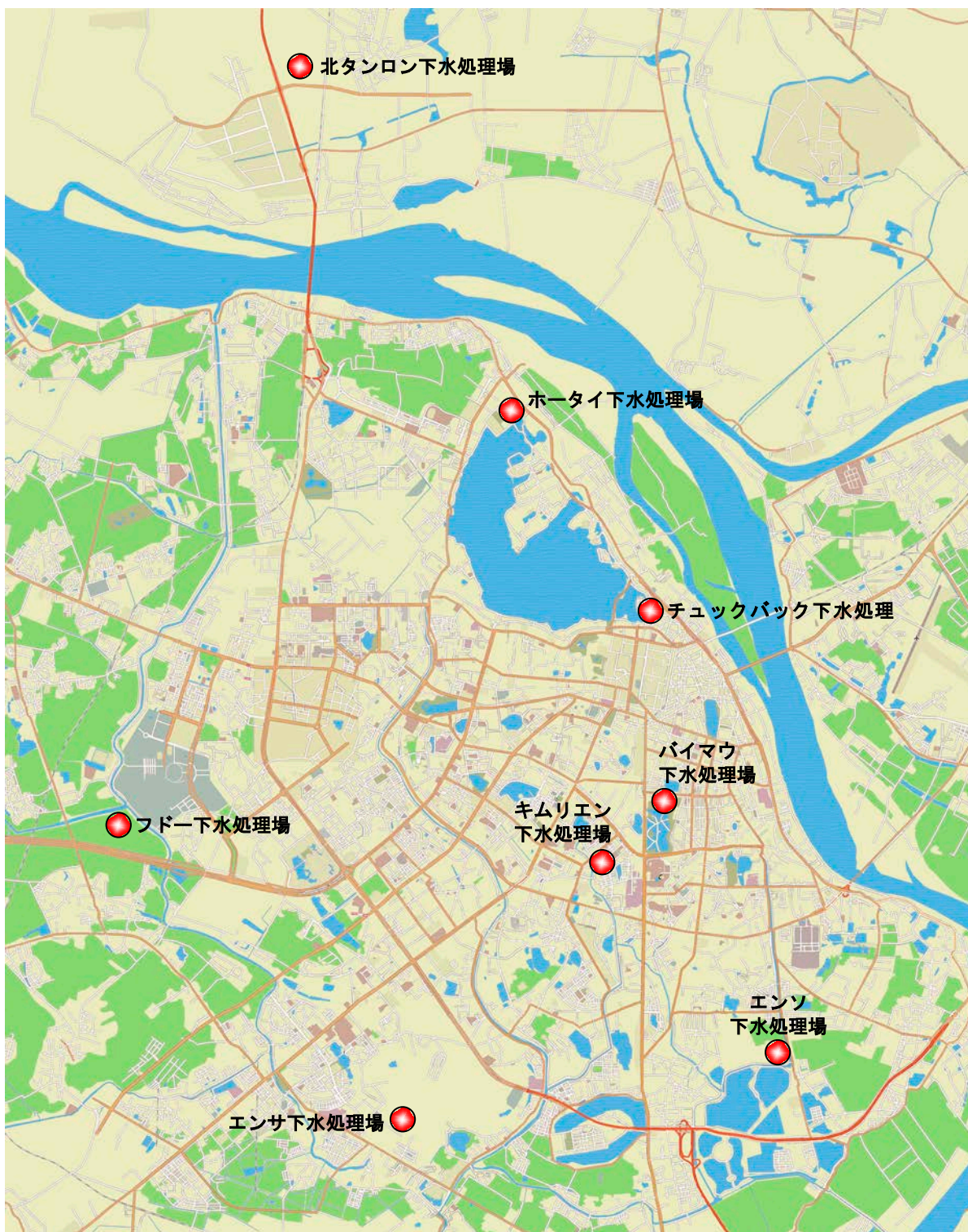
ベトナム国においては、工業化及び都市部への人口集中に伴い、都市部の産業排水及び生活排水が増大する一方、下水道システムの整備が進んでいないため、水環境汚染が問題となっている。かかる状況に対し、ベトナム国政府は「国家環境保護戦略10年計画(2003年)」で、環境改善と貧困削減を両立させるべく、①公害の防止と抑制、②環境管理体制の改善、③自然資源の保全と持続的利用を政府戦略の主目標として取り組むこととしている。下水・排水セクターについては、同計画及び「社会経済開発計画2006～2010」(2006年)における環境改善の数値目標として、2010年までに都市部の40%、工業地域等の70%、2020年まで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 m³/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 m³/日のチュックバック下水処理場や 4,800 m³/日のキムリエン下水処理場、また 42,000 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/日のフドー下水処理場や 15,000 m³/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。

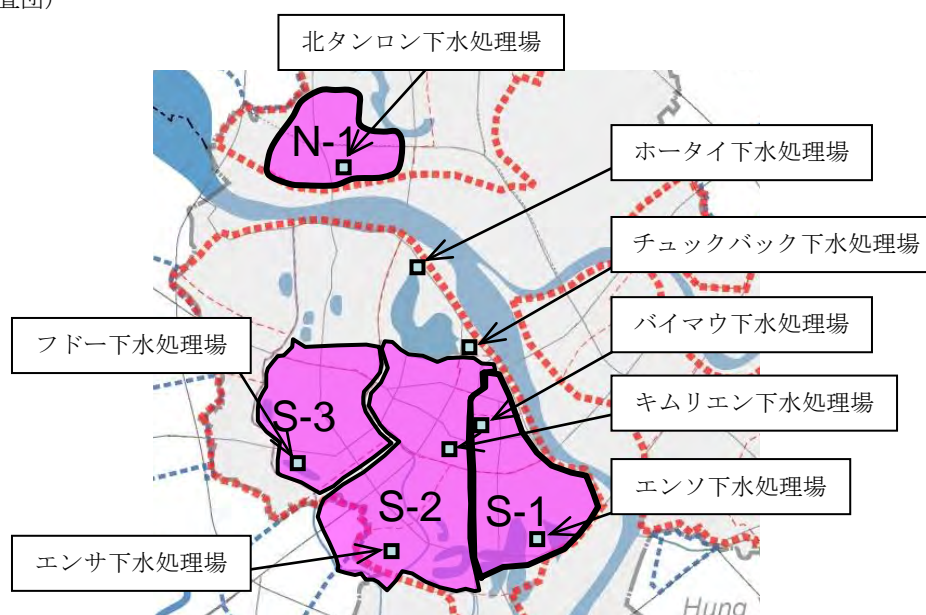
既存及び計画中の下水処理場の位置・処理区域を表-2.2 に及び図-2.1 に示す。

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 ³ /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。

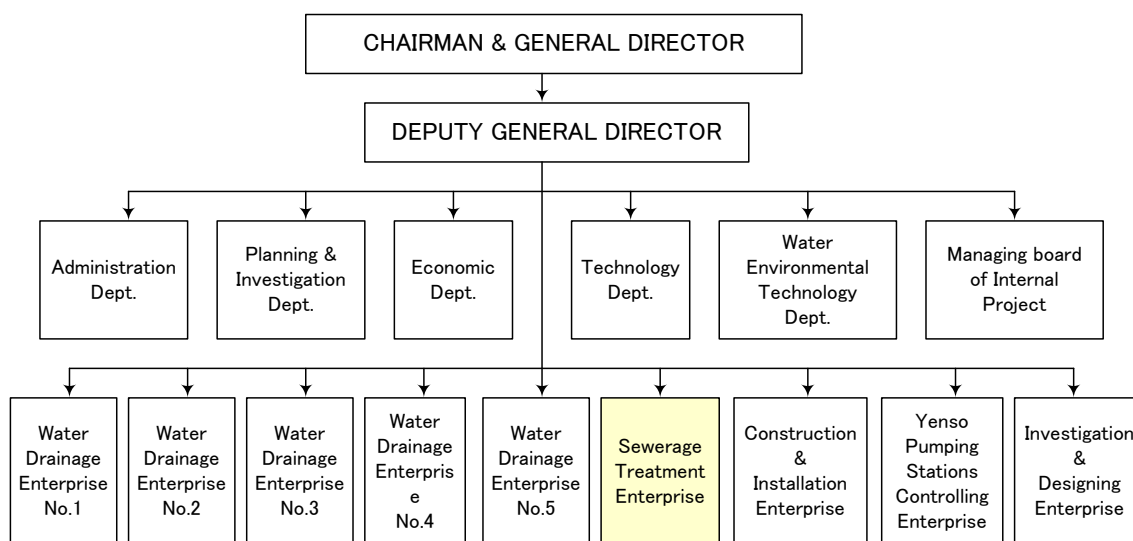


図-2.2 HSDCの組織図

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/m³）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/m³)

No.	水使用量 (m ³ /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 ³ まで	3,478.26	173.91	347.83	4,000
2	16m ³ ~ 20m ³	4,086.96	204.35	408.70	4,700
3	20m ³ ~ 35m ³	4,956.52	247.83	495.65	5,700
4	35m ³ 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

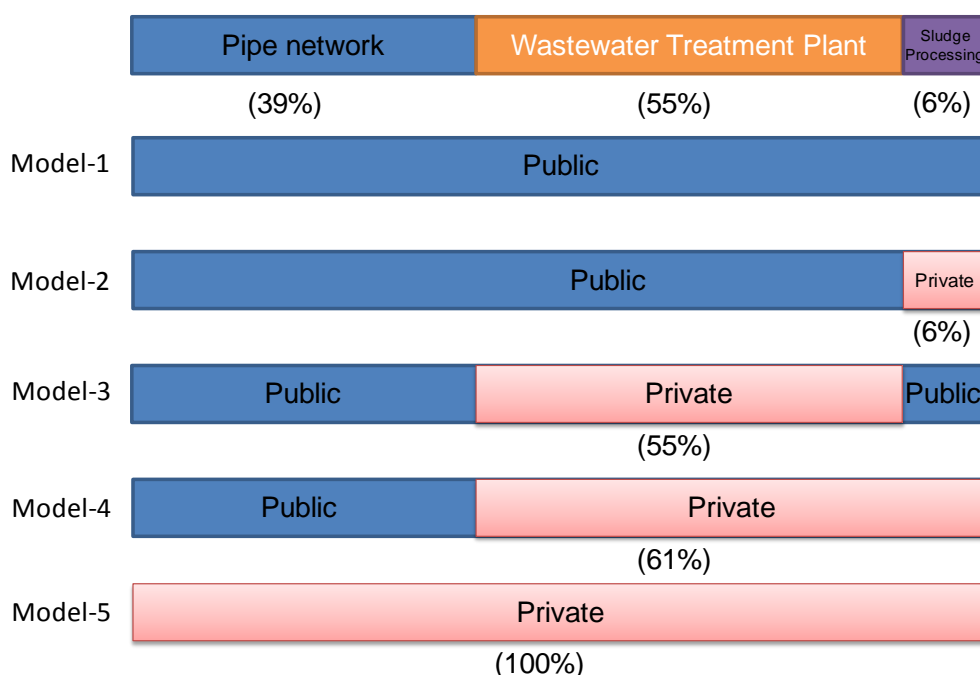
世銀は、「天然資源及び環境管理の強化」を対ベトナム支援重点4本柱の一つとしているが、対象都市はホーチミン及び地方中小都市となっている。ADBは、都市環境改善に対する取り組みとして、中部地域及びメコン地域経済回廊沿いの中小都市インフラ整備に重点をおいている。国内外の企業の動向は、2.2 (1)に記述した通りである。

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。なお、カッコ内の数字は建設コストの概略の比率を示している。



(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、住民や道路交通行政との調整など、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なる懸念されており、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
(1) 公共資金オプション			
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
(2) 民間資金オプション			
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 ローンのつくことが、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 ³ /日)	現況	実施スキーム	計画稼働開始年
稼働中					
1	チェックバック	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)

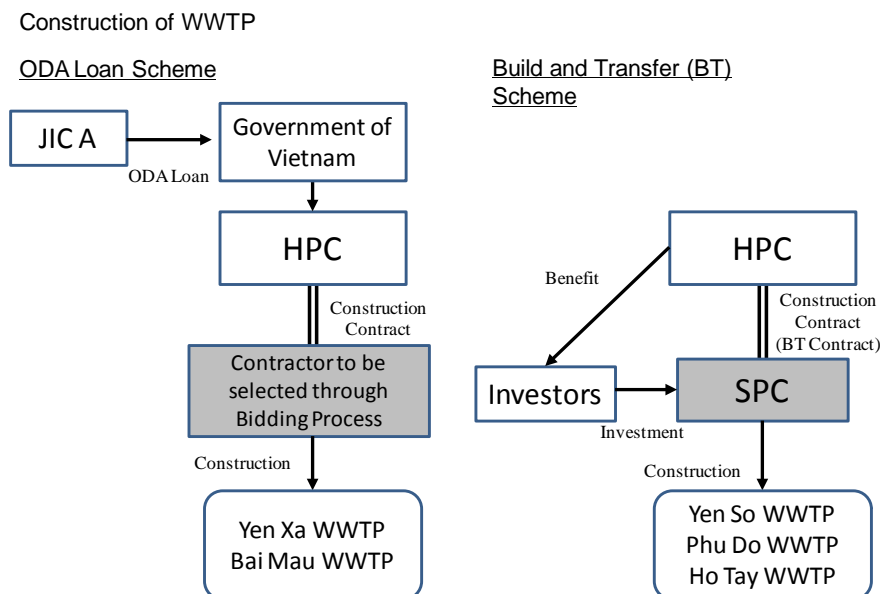
上述の事業実施方針を実現するために、下記の事業が必要である。；

- ✓ 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。



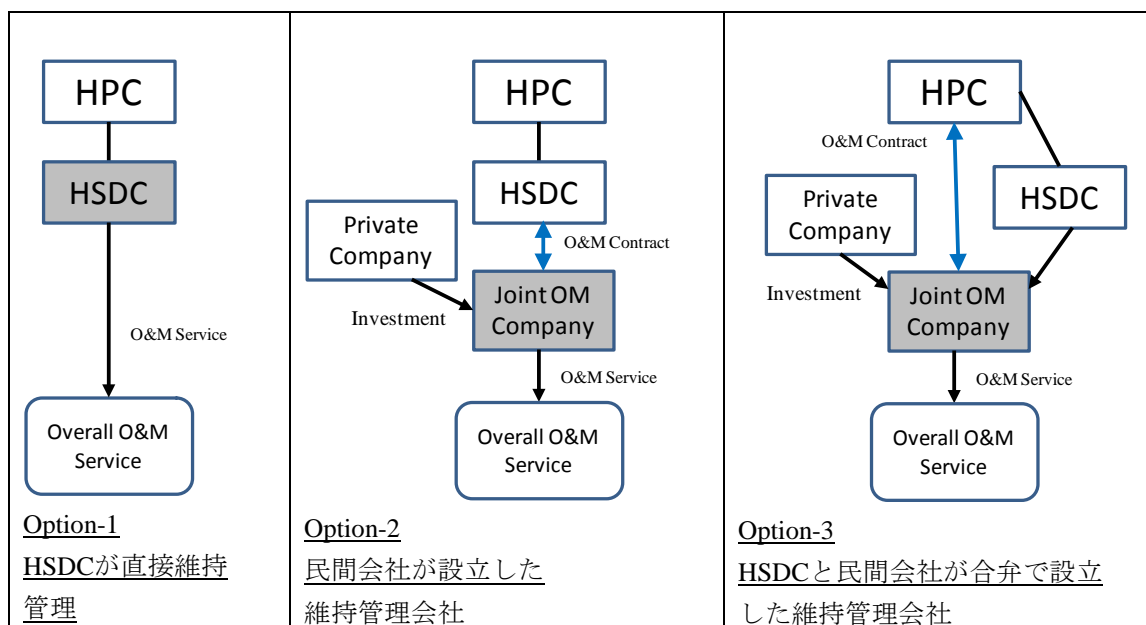
(出典：JICA 調査団)

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)

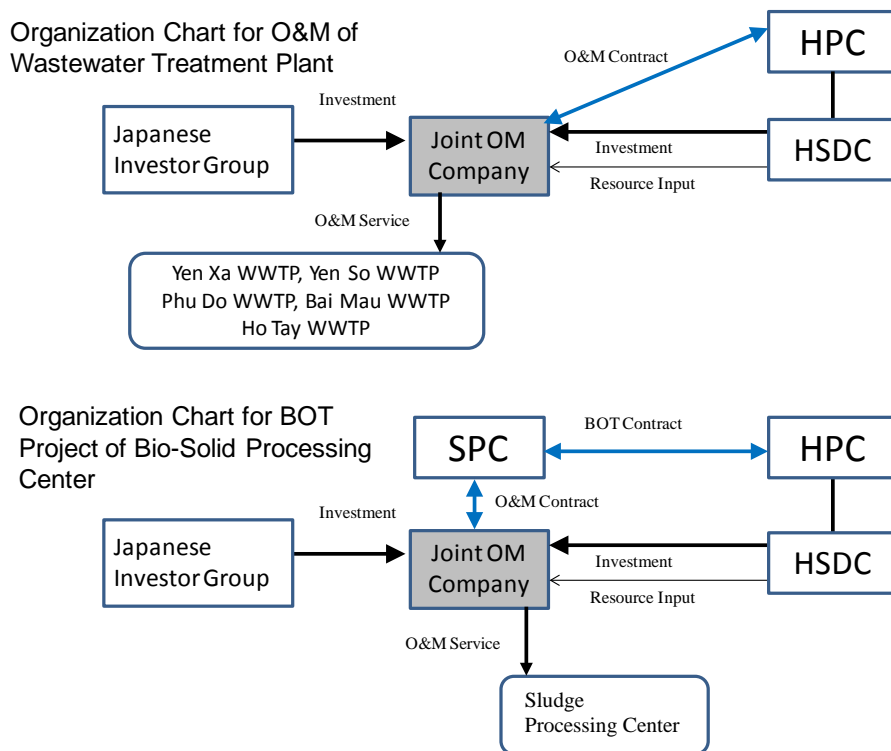
図 3.2.2 維持管理体制のオプション

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から受注する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

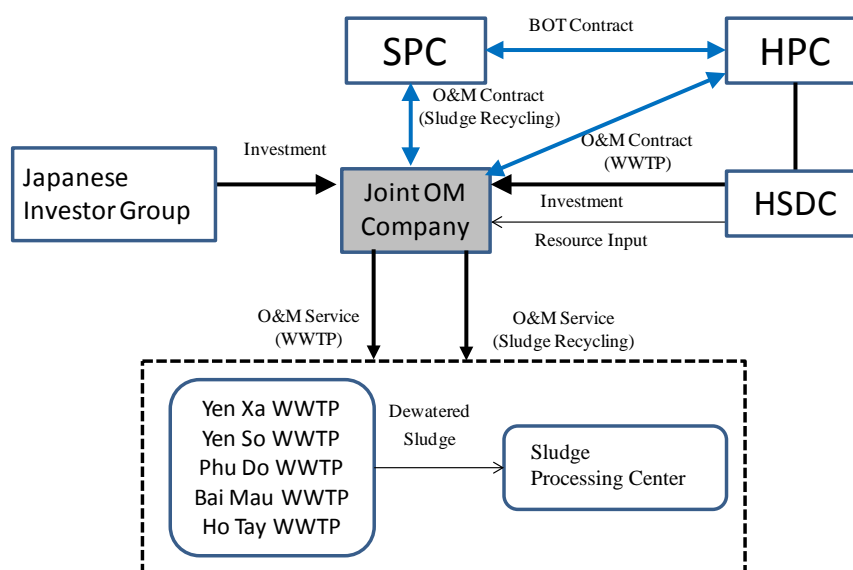
論点は2つある。

- 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

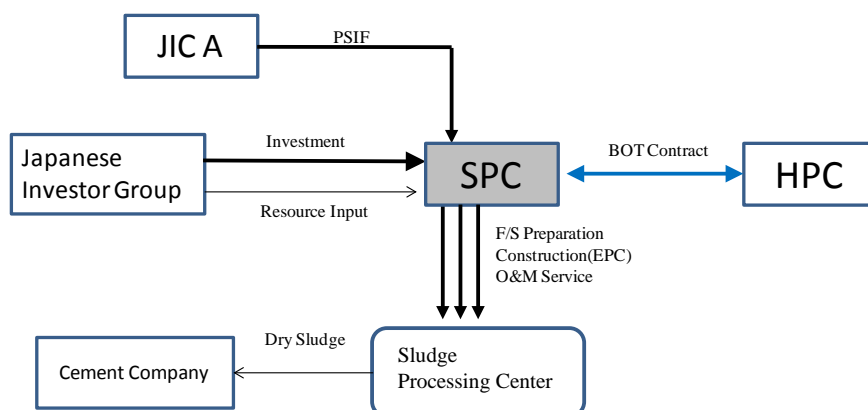
3.2.5 汚泥資源化事業実施のオプション

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。

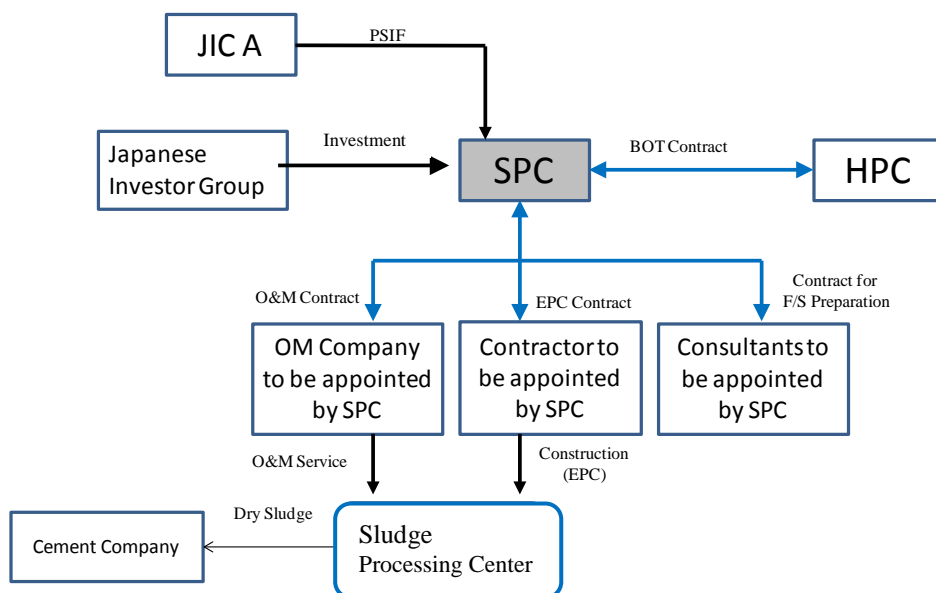
3.2.4 でも述べられているように、汚泥資源化事業を行う SPC の組織体制には、2つの

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)

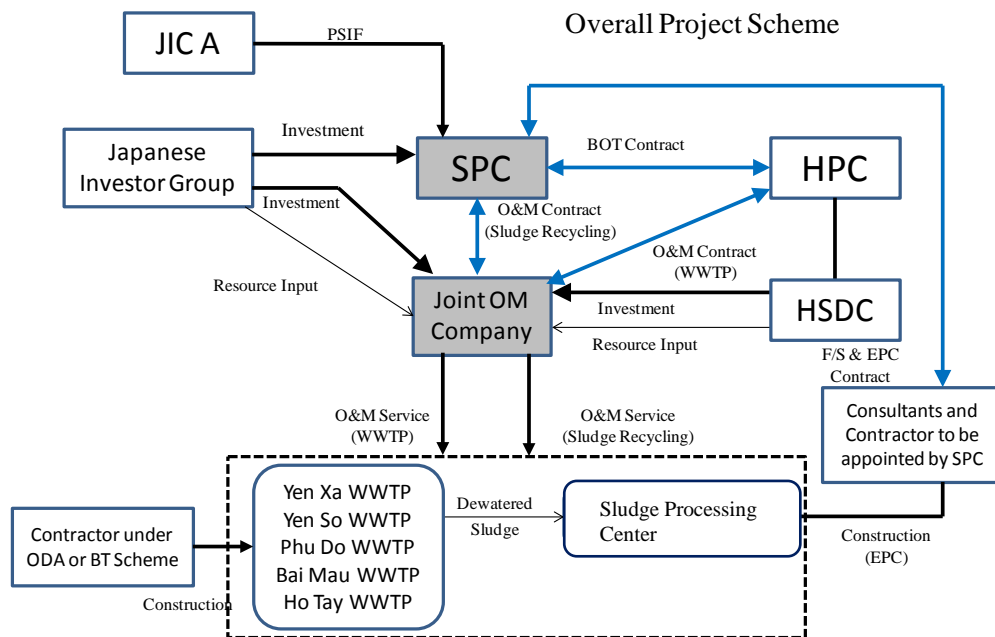


(出典：JICA 調査団)

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。

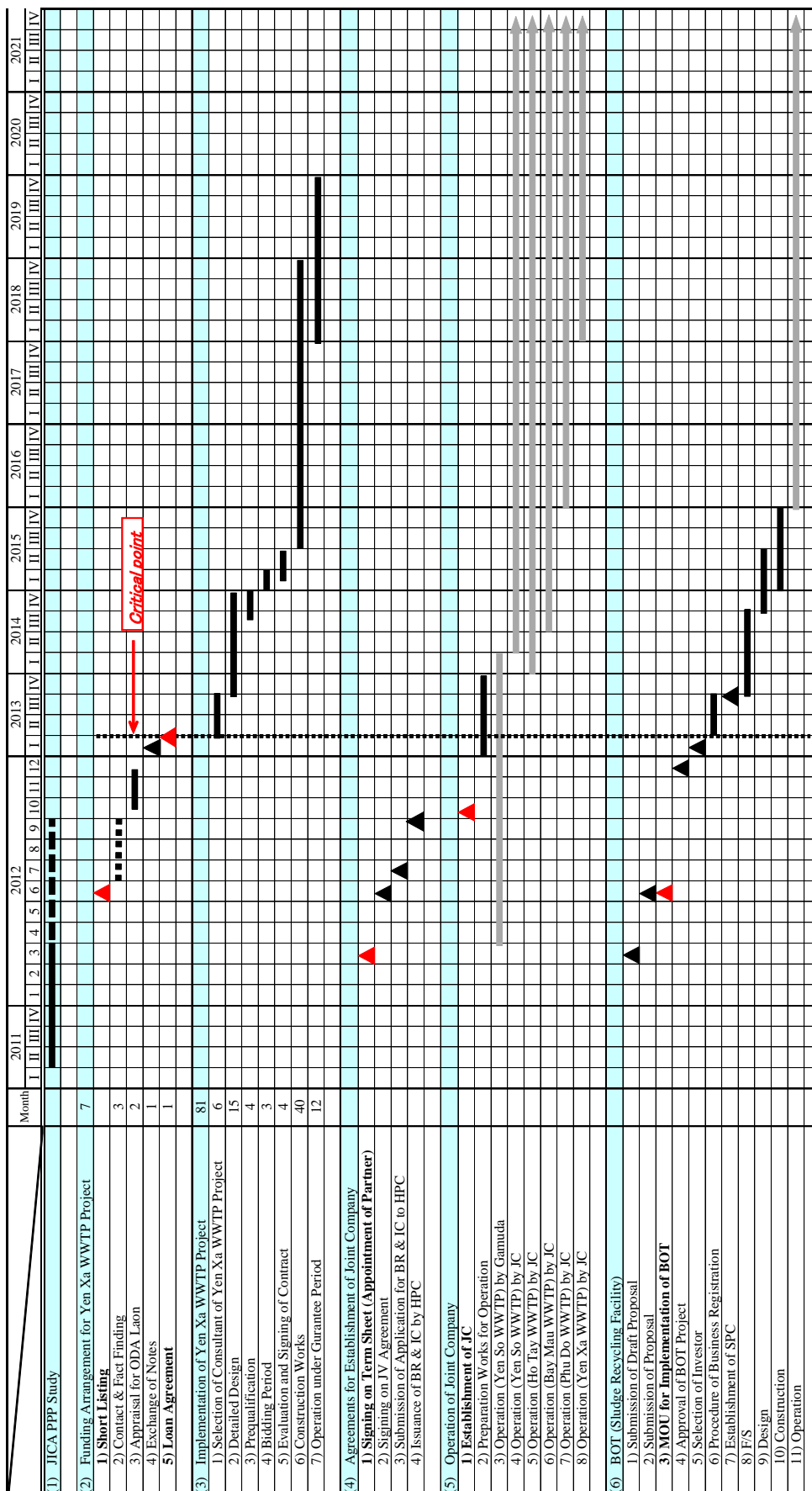
財源	説明
下水道料金収入	後述の財務分析結果より、現在の下水道料金を 10 倍値上げしても、維持管理コストが賄える程度であり、建設費をカバーすることは難しい。
税収（一般会計から）	2012 年ハノイ市の一般会計予算は約 1,528 million US\$であり、そのうち投資と開発のための支出は、70.8 million US\$である。
国庫からの補助	下水道事業を円借款の事業を実施する場合は、国への返済義務はない。

(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 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。

4.2 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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/day（脱水汚泥））

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

4.3 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	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	○		
		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)

4.4 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\$

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 4.1.3 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

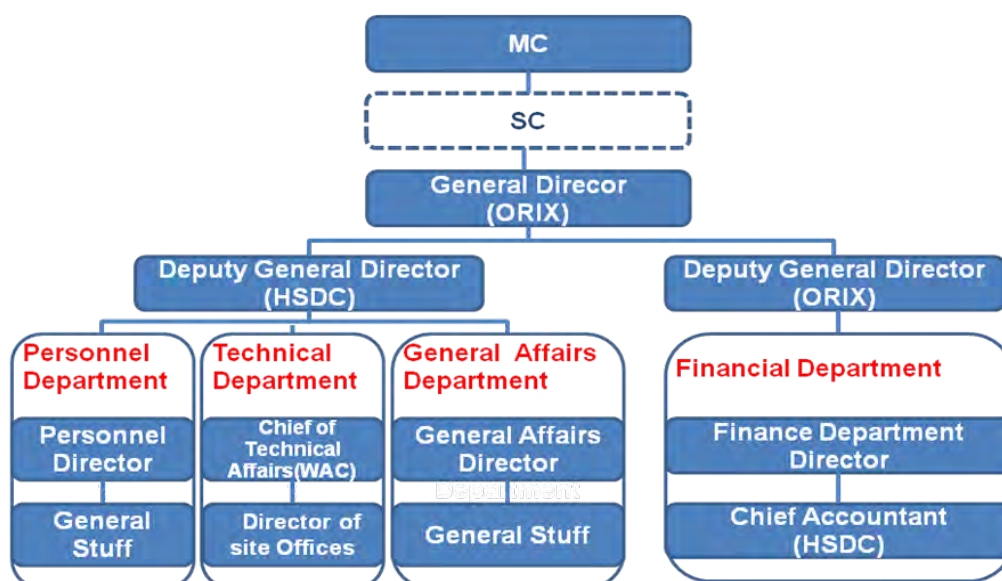
出資者	役割と責任
HSDC	1) 資本金の 35% (0.91 million US\$) を出資 2) 下記のポジションの担当業務を随行できる能力をもった要員の手配： <ul style="list-style-type: none"> ・ MC の Chairman ・ 本社スタッフ 1 名、Deputy General Director / Chief of General and Personal Affair ・ 各処理場の主要スタッフそれぞれ 3 名 (Director of site office, Vice director/manager of wastewater treatment, Manager of general director)
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"> ・ MC Member 2 名 ・ 本社スタッフ 3 名、General Director, Deputy of General Director/ Chief of Financial Affairs, and Chief of Technical Affairs 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"> ・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 ・社員総会の決定事項の執行状況の監督 ・社員総会に代わり社員総会の決定への署名 ・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
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"> ・社員総会の決議事項の執行 ・会社の通常活動に関連する全ての業務の決定 ・会社の経営計画及び投資計画の遂行 ・会社の代表としての契約の締結 ・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 ・会社における社員の給与改定の承認 ・従業員の雇用の決定 <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・社内管理規定の社員総会への提案 ・会社の内部組織についての提案
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"> ・財務部の管掌 ・財務、経理業務の承認及び実行 <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・監査規則の立案、実施 ・財務・経理規則の立案・監修 ・配当損失処理の提案 ・経営企画・投資企画の立案 ・決算書・納税申告書の作成、社員総会への提出
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"> ・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 ・資器材の購入の立案、資機材の管理 ・技術移転プログラムの受入のための調整 ・ライセンス契約の履行状況確認 ・技術部長とともに危機管理と緊急時の対応 ・ハノイ市側との折衝調整窓口 <p><u>文書・提案書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・人事考課・異動の作成・実施、General Director への提案 ・総務規則の立案・監修及び社員総会への提案 ・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 ・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 ・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
Chief of Technical Affairs (日本人、WAC 派遣)	<p><u>日常業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・O&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) ・社内技術者の管理・監督 ・維持管理技術移転の監督 ・危険物質の管理責任 ・技術的な問題に対する調査と対策の実施 <p><u>教育訓練</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・運営維持管理、危機管理、安全衛生管理マニュアルの作成 ・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） ・技術要員（従業員）の長期的な教育訓練計画の作成と実施
Chief Accountant (HSDC)	<p><u>日常業務</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・会計、経理の一般業務の実施 <p><u>文書の作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・決算書類の作成、管理監修

(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
[MC]			
Chairman (HSDC)	Vietnamese	Full-time	HSDC
Representative of ORIX	Japanese	Part-time	ORIX
Representative of Water Agency	Japanese	Part-time	WAC
[Headquarters]			
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)

4.5 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）

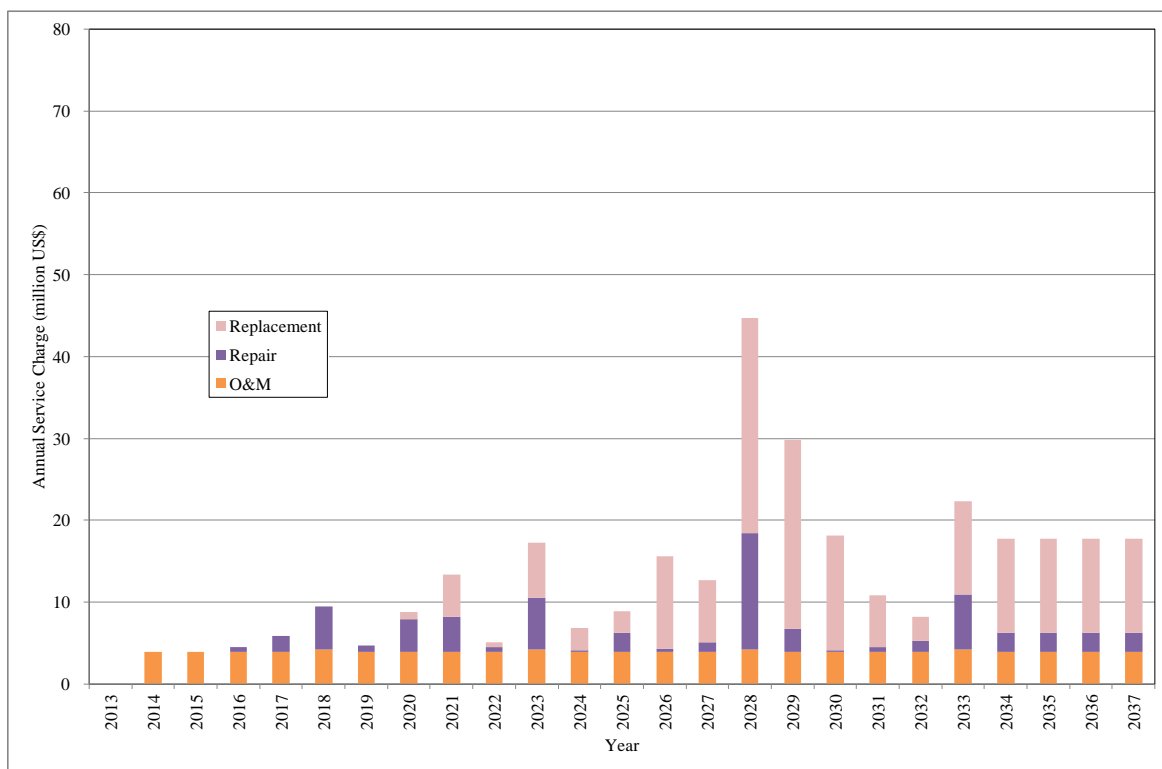
2012年2月時点の調査団の提案では、エンサ下水処理場事業のL/A締結と同時期の、2013年3月までに合弁会社の設立を行い、翌年、2014年1月から、O&Mサービスを開始する予定であった。当初のスケジュールは下記に示す通りだが、2012年12月に、合弁会社設立協議は一旦打ち切られており、現在、設立の目処は立っていない。

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）

4.6 合弁会社の支出とサービス料金について

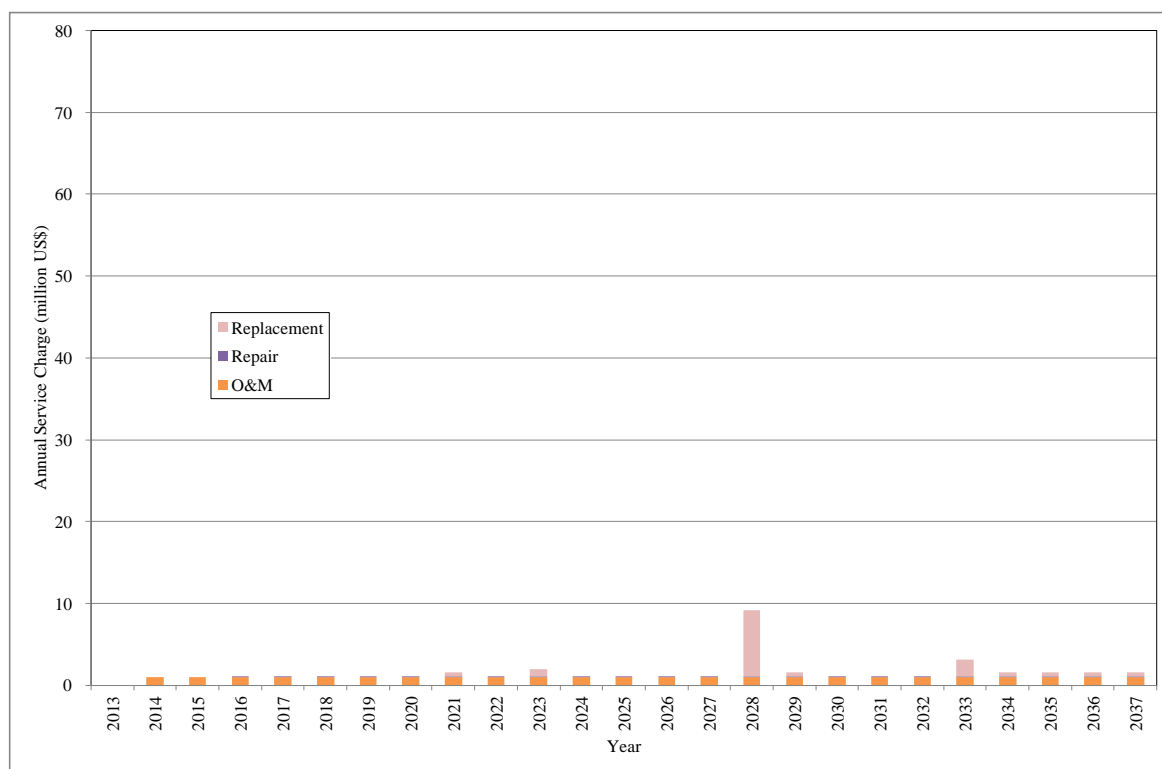
5つの下水処理場及び汚泥資源化センターのO&M、修繕、設備更新のために必要な毎年のコストを算出した。それぞれの処理場、センター毎の結果を、図4.1.2から4.1.7までに示す。大きな支出は、通常、建設から15年後、20年後に必要な設備更新費用である。図4.1.8に合弁会社が全ての施設の運営のために必要な毎年の費用を示す。2028年、2032年、2033年には、70 million US\$以上の支出が必要である。図4.1.9には、設備更新の費用を除いた支出額を示している。通常、毎年20-30 million US\$が必要であることがわかる。

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。



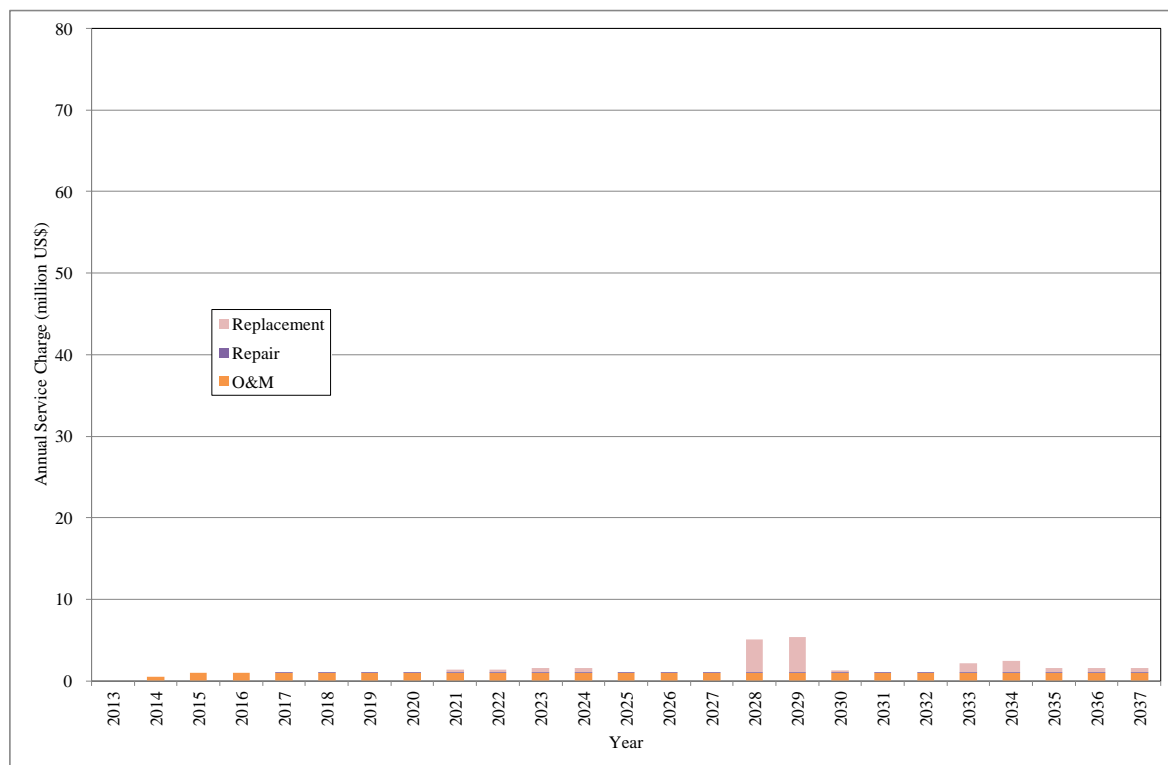
(出典：JICA 調査団)

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



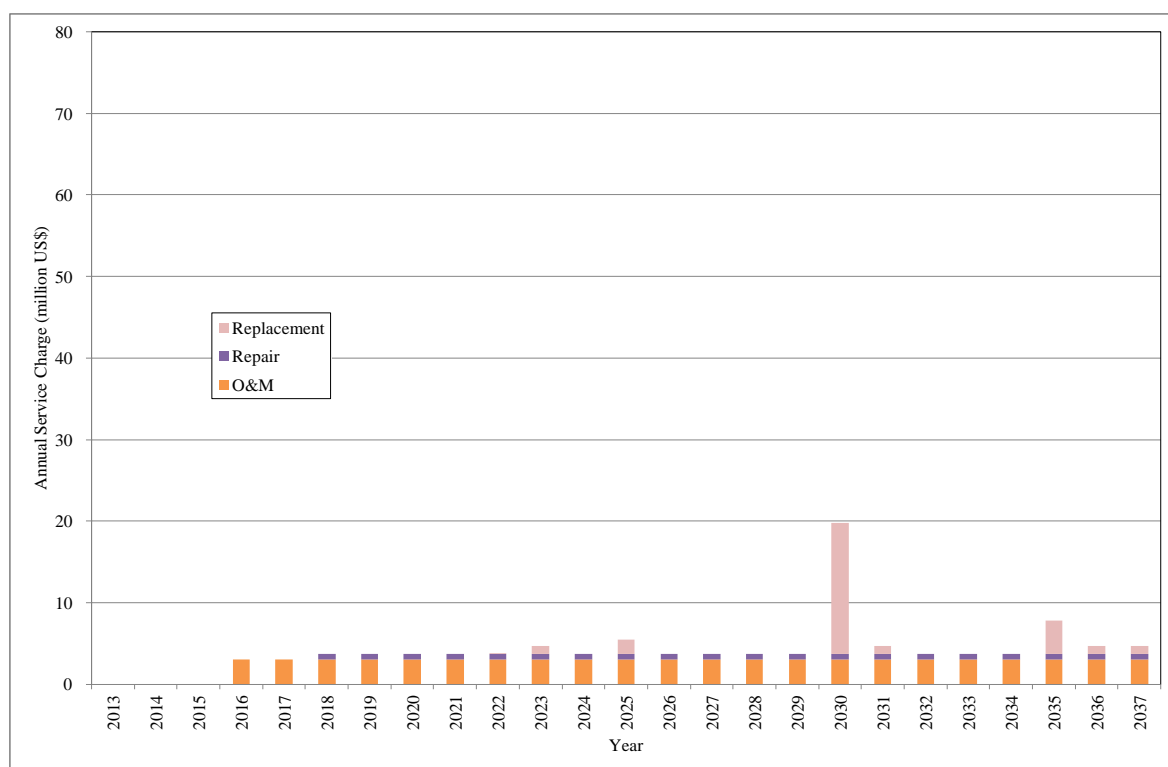
(出典：JICA 調査団)

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



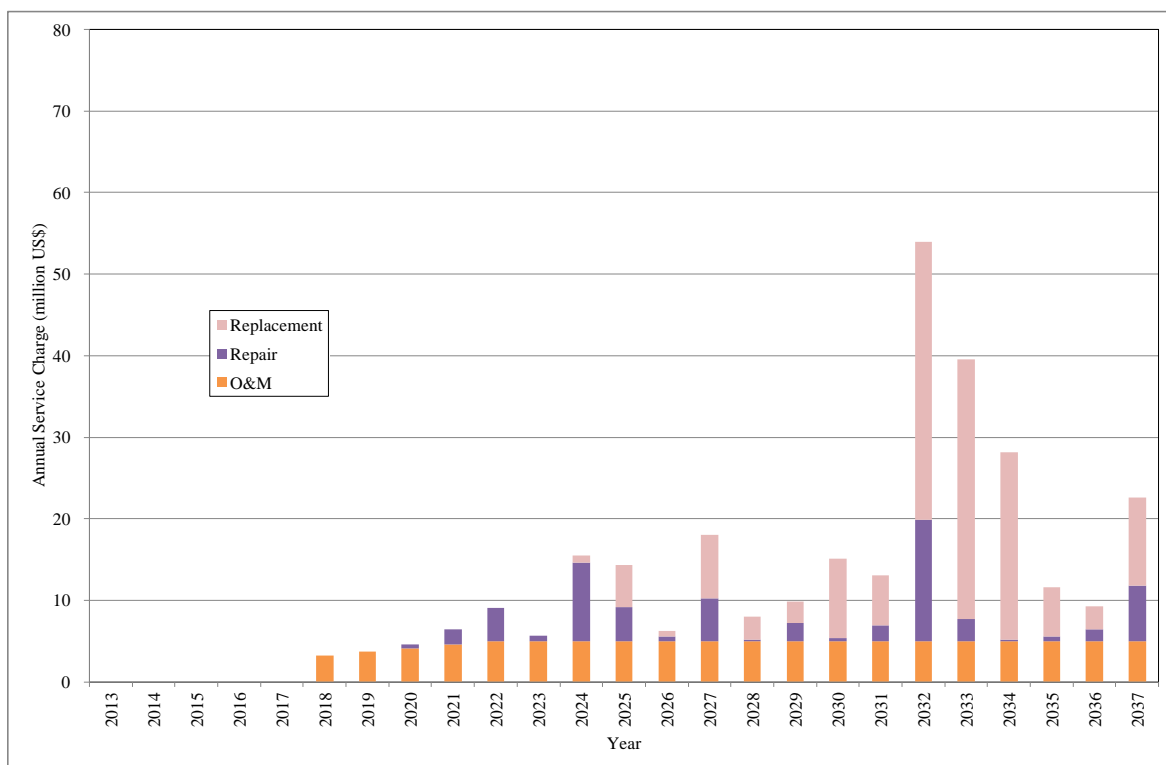
(出典：JICA 調査団)

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



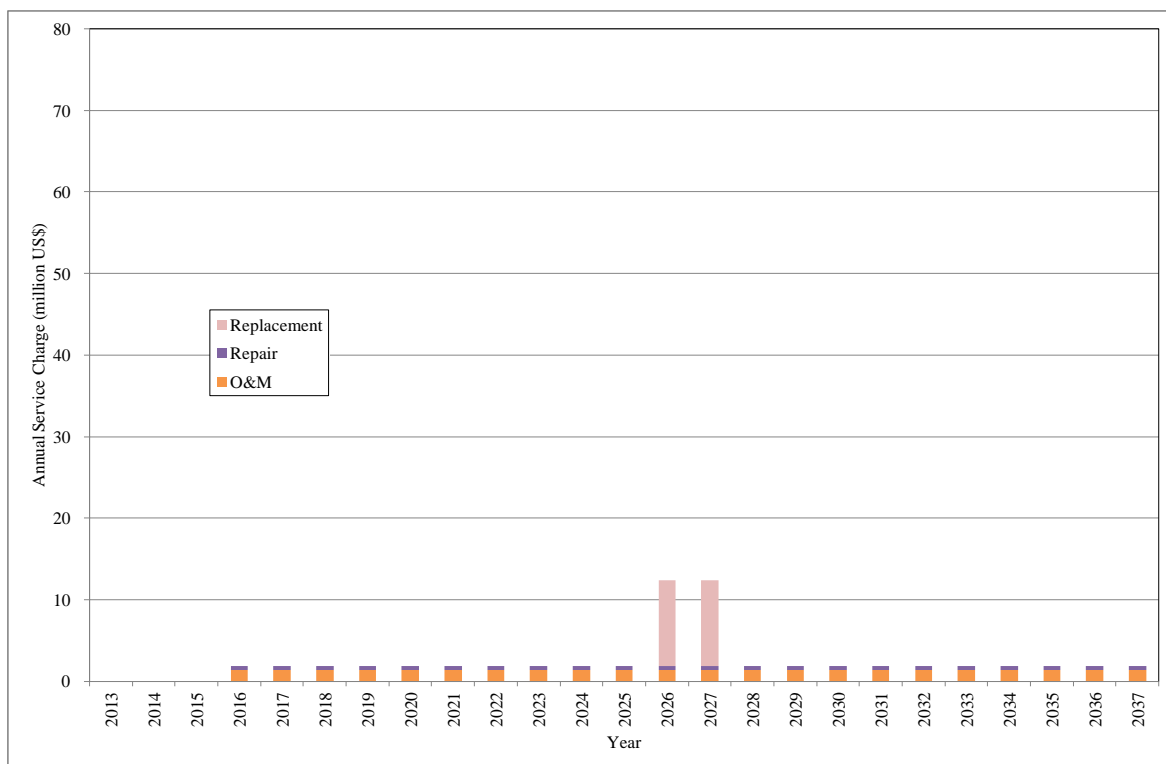
(出典：JICA 調査団)

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



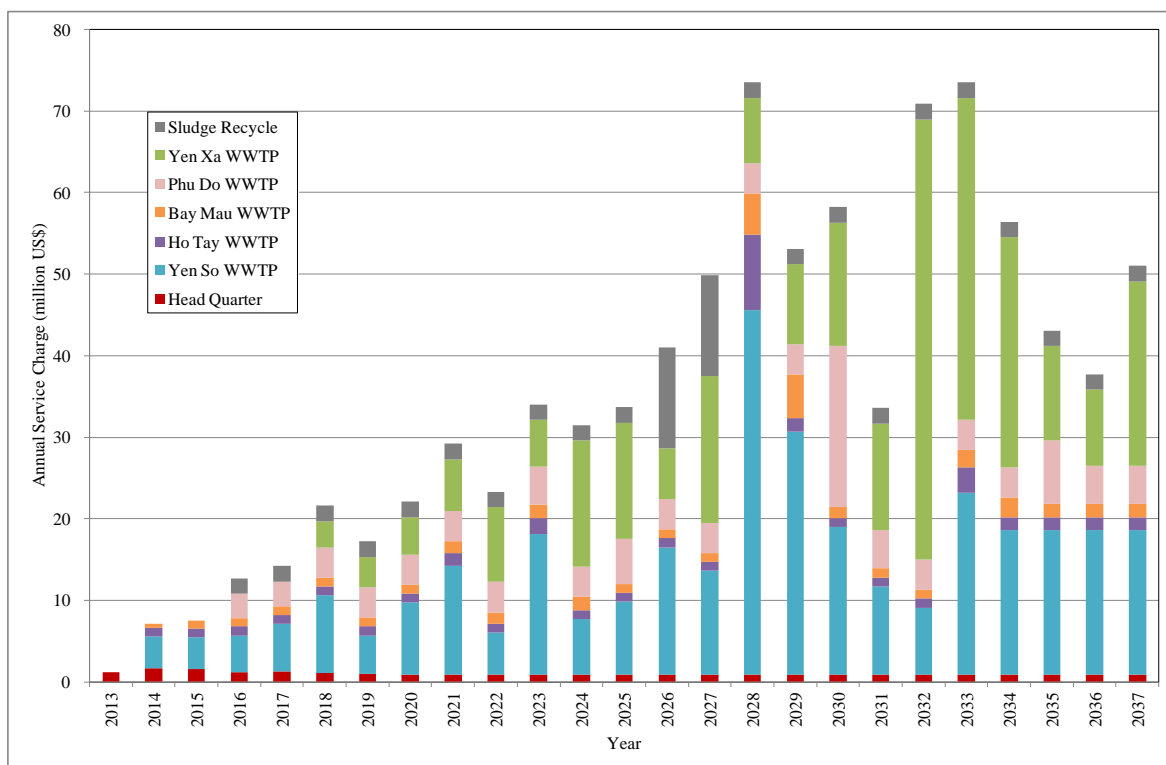
(出典：JICA 調査団)

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



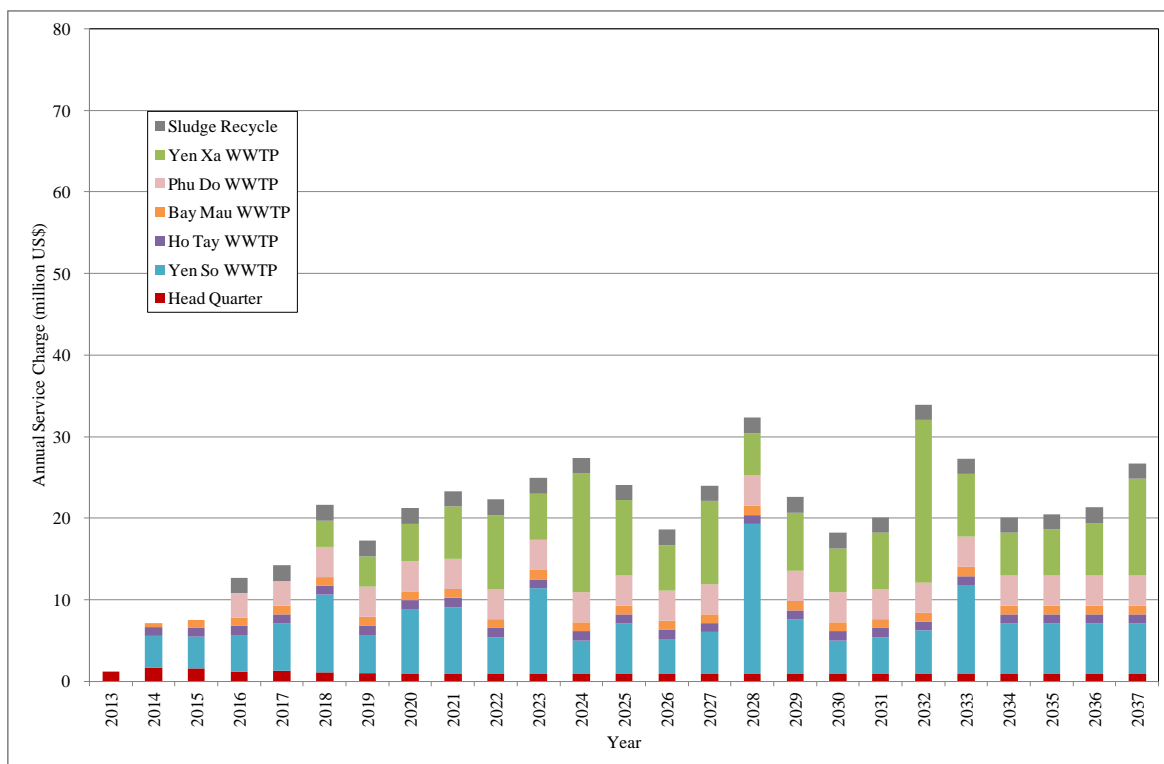
(出典：JICA 調査団)

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



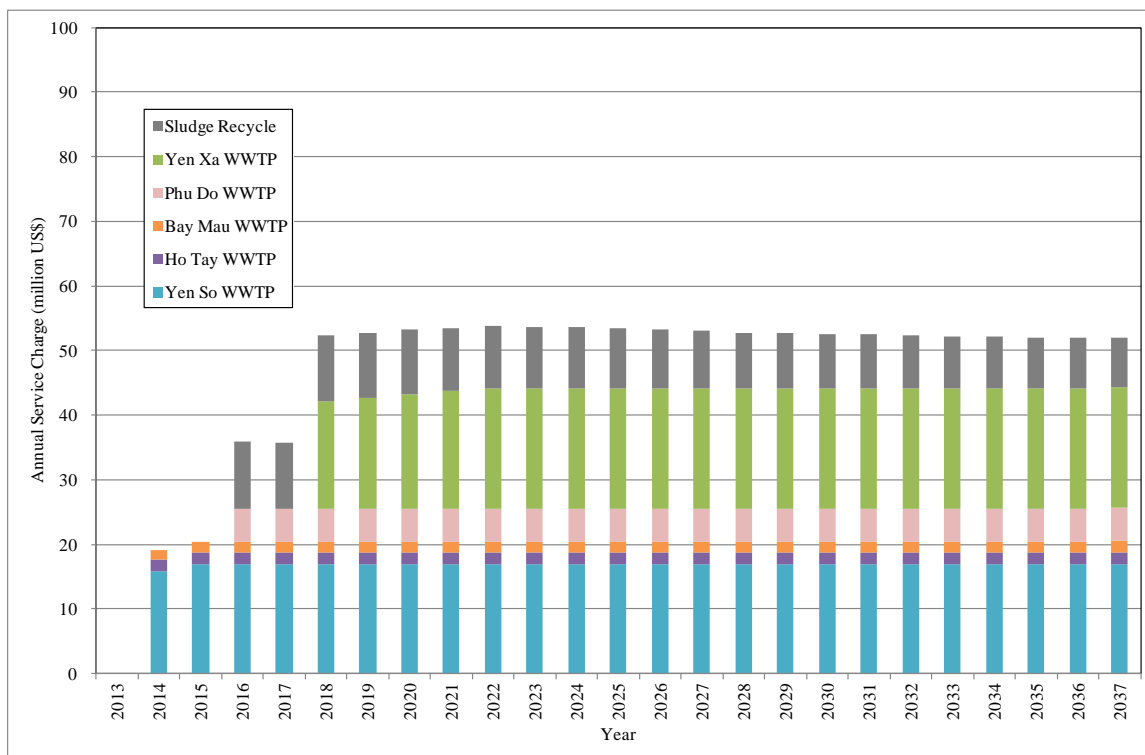
(出典：JICA 調査団)

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

第5章 エンソ汚泥資源化センターの設立

5.1 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 1m³当たり乾燥するためのサービス料金は 136.84 US\$/m³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。

5.2 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。

5.3 BOT 事業の内容

5.3.1 提案する事業の概要

本 BOT 事業で実施を予定している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 m³/dayまで受け入れて乾燥させる
- 2) 含水率 82%の脱水汚泥 185 m³/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 m³/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

（なお、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ことを希望する）

上述のサービスを行うため、エンサ汚泥資源化センターを、図 5.1.1 に示す場所に建設する予定である。



Source: JICA Study Team

図5.1 BOT 事業の関連施設の位置図

提案するエンサ汚泥資源化センターの施設レイアウトを図 5.5.2 に示す。必要な用地面積は 3.3ha (around 180 m x 180 m)である。第 1 段階の開発では、グリーンハウスを 7 ユニット、機械乾燥施設を 4 ユニット及び管理棟を建設し、その後、将来の需要に合わせて機械乾燥施設を増設する予定である。

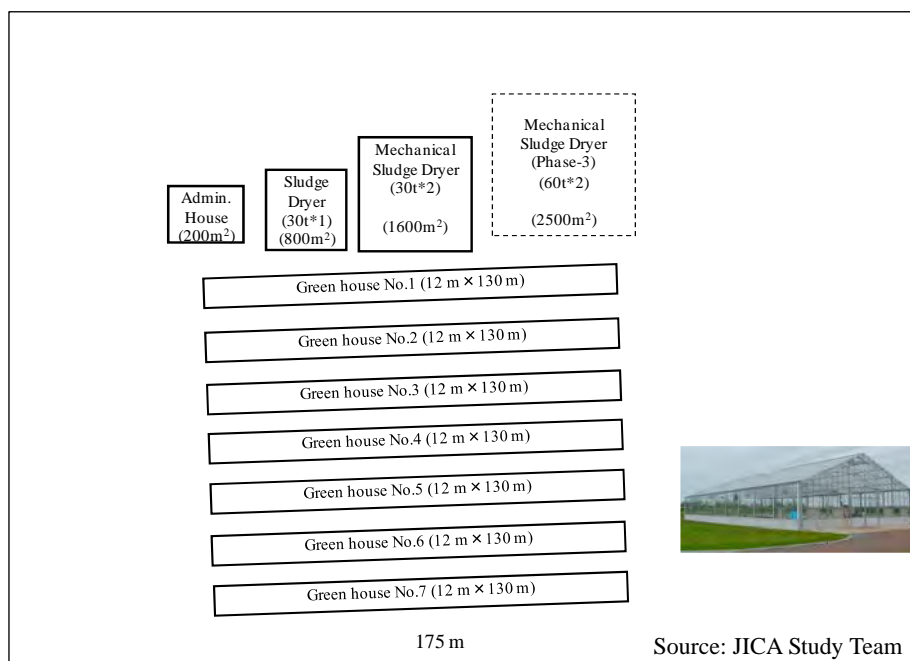


図-5.3.2 エンソ汚泥資源化センターの施設レイアウト

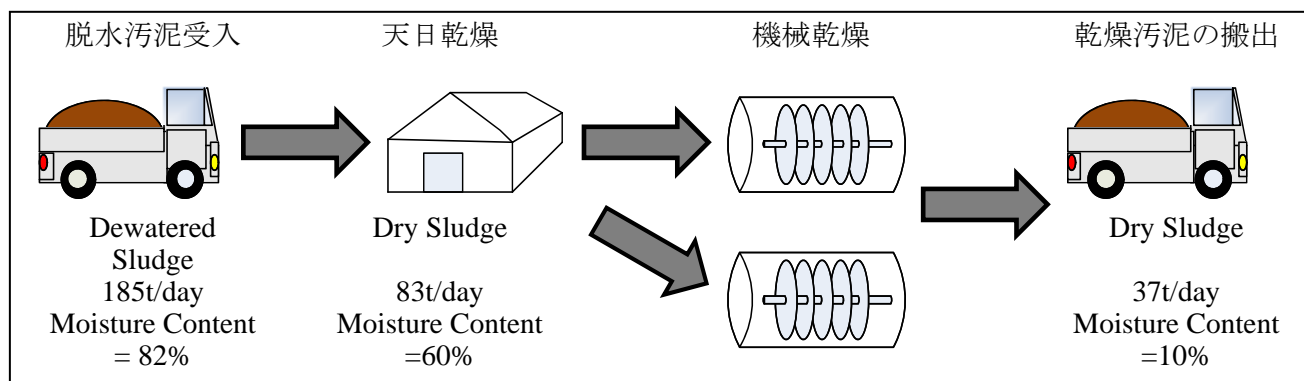
5.3.2 提案する技術について

乾燥汚泥の受入候補先であるセメント会社からの要望で、代替燃料として乾燥汚泥を利用するためには、乾燥汚泥の含水率 10%以下にする必要がある。なお、施設設計容量は、ハノイ市で稼働予定の 8ヶ所の下水処理場からの受入汚泥量を考慮して、以下のように設定した。

汚泥の受入量： 185t/day (含水率 82%)

乾燥汚泥の発生量： 37t/day (含水率 10%)

脱水汚泥を代替燃料として利用するために、ハイブリッド式汚泥乾燥方式を提案する。この方式のコンセプトは図 5.5.3 に示す通りである。



Source: JICA Study Team

図5.3.3 ハイブリッド式汚泥乾燥方式

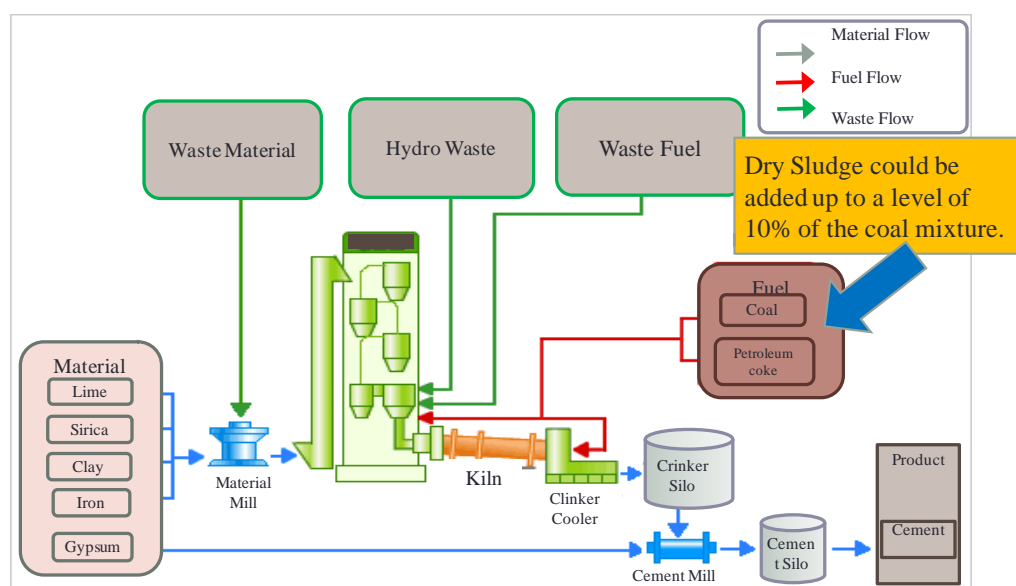
天日乾燥施設と機械乾燥施設によるハイブリッド方式の設計条件を表 5.5.2 に示す。

表-5.3.1 ハイブリッド式汚泥乾燥施設の設計容量

施設	受入量	発生量
天日乾燥施設 (7 units)	脱水汚泥 容量: 185t/day 含水率: 82%	乾燥汚泥 容量: 83t/day 含水率: 60%
機械乾燥施設 (4 units)	乾燥汚泥 容量: 83t/day 含水率: 60%	乾燥汚泥 容量: 37t/day 含水率: 10%

Source: JICA Study Team

乾燥汚泥をセメント工場の代替燃として利用することを提案している。図 5.5.4 に示すように、乾燥汚泥は、使用する石炭量の 10%程度までなら混入が可能である。調査団は、ブットソン・セメント会社とサイソン・セメント会社の2社と、乾燥汚泥の受入と利用について協議を行ったが、セメント会社から受入の確約を得るには至らなかった。



Source: JICA Study Team

図 5.3.4 セメント工場内の汚泥燃料利用のプロセス

5.3.3 建設工事及び機材調達について

本 BOT 事業で行う、建設工事及び機材調達は大きく以下の2つに分けることができる。なお、必要な建設工事及び機材調達のリストを図 5.3.3 に示す

- a. 土木工事： 天日乾燥施設（Solar green house）と管理棟（倉庫を含む）の建設、用地整備、道路整備等
- b. 電気機械工事、調達： 機械乾燥施設の建設、ホイールローダーの調達

表5.3.2 建設工事、機材調達品リスト

Item	Unit	Quantity
1. Solar Green House		
(1) Civil Works		
1) Green House (12m x 130m x 7unit)	m ²	10,920
2) Concrete Foundation (Including Form Work and Reinforcement Work)	L.S.	1
(2) Electrical and Mechanical Works		
1) Wheel Loader	nos	3
2. Thermal Sludge Dryer		
(1) Electrical and Mechanical Works		
1) Drying Facilities (Capacity = 30t) (Heat Pump Style)	Unit	4
2) Wastewater Treatment Facilities	L.S.	1
(2) Civil Works		
1) House for Drying Facilities	L.S.	1
3. General Structures		
(1) Civil Works		
1) Land Preparation (Including Stripping of top soil, Embankment by imported sandy material and Disposal)	m ²	32,400
2) Concrete Foundation for Administration House (Including Form Work and Reinforcement Work)	m ³	100
3) Concrete for Retaining Wall (Including Form Work and Reinforcement Work)	L.S.	1
4) Road (Asphalt Pavement)	m ²	18,080
5) Fence	m	720
6) Gate	nos	1
7) Administration House	m ²	100
8) Storage	m ²	100
9) Track Scale	nos	1
10) Firefighting Station	L.S.	1
11) General Utilities (Including Electric Supply, Water Supply and Drainage Structure)	L.S.	1

Source: JICA Study Team

5.4 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 5.4.1 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	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		○	
			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・設計段階	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	○	
			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	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	○	
		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		○
	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・劣化リスク	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)

5.5 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 5.5.1 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。

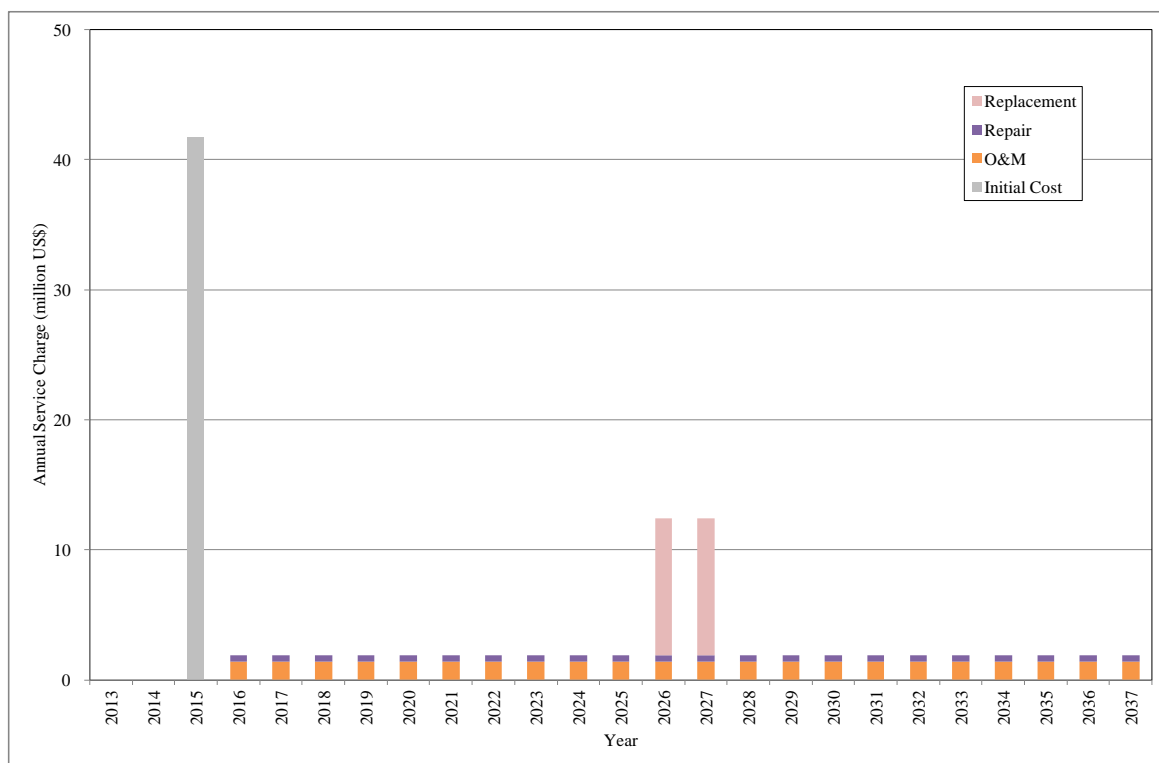
資本金： 16.7 million US\$

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。

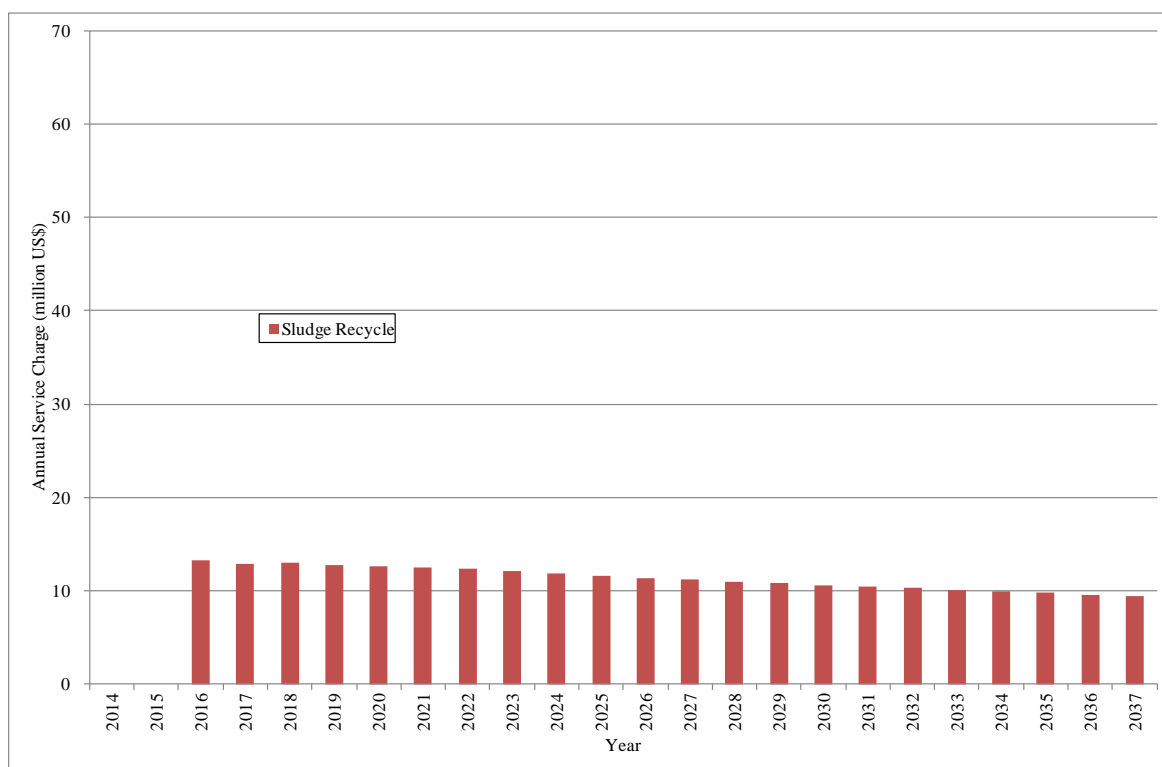
5.6 SPCの支出とサービス料金

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 5.6.1 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 5.6.2 に示す。脱水汚泥 1m³当たりのサービス料金は、136.84 US\$/m³である。



(出典：JICA 調査団)

図 5.6.1 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 5.6.2 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

5.7 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

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 m³/日から 270,000 m³/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。提案技術の検証の結果、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 対象下水処理場の建設と維持管理

対象の8つの下水処理場は、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与え、金銭での支払いを行わない。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\$/m³で(平均0.248 US\$/m³)ある。第2章に示すように、現在、下水道料金は、0.020 US\$/m³ (409 VND/m³)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\$/m³で(平均0.139 US\$/m³)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 m³あたりに換算すると0.058 US\$/m³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\$/m³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

本調査で、BOT 事業を実施するための最適な組織の検討を行った。最終提案では、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。