ファイナル・レポート (先行公開版)

> 平成 29 年 9 月 (2017 年)

独立行政法人 国際協力機構(JICA)

八千代エンジニヤリング株式会社

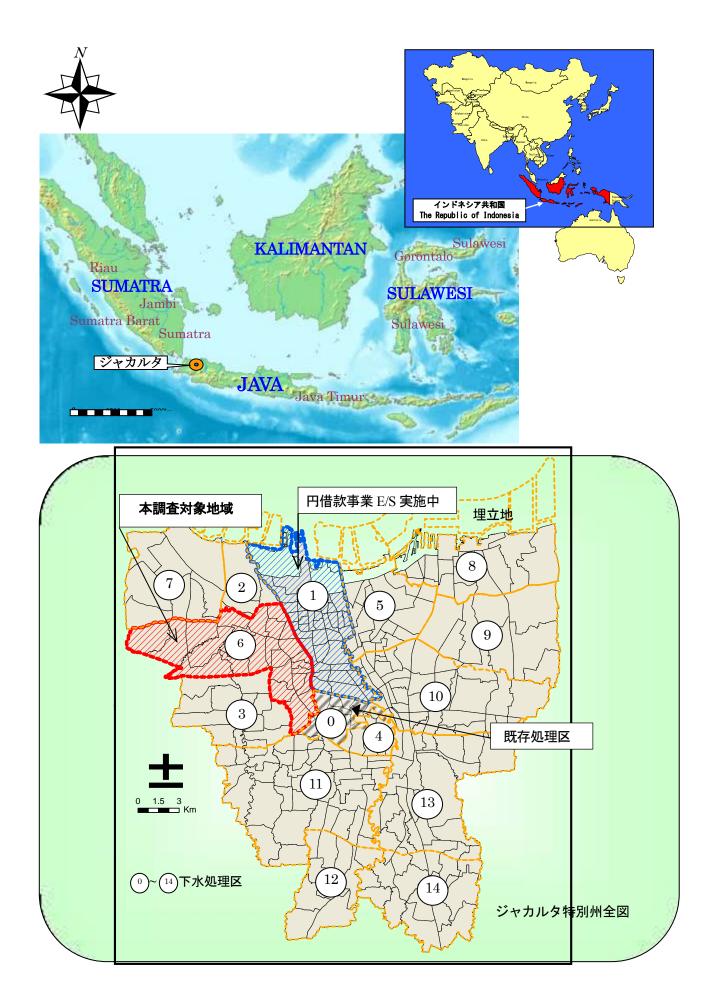
東大 JR(先) 17-074

ファイナル・レポート (先行公開版)

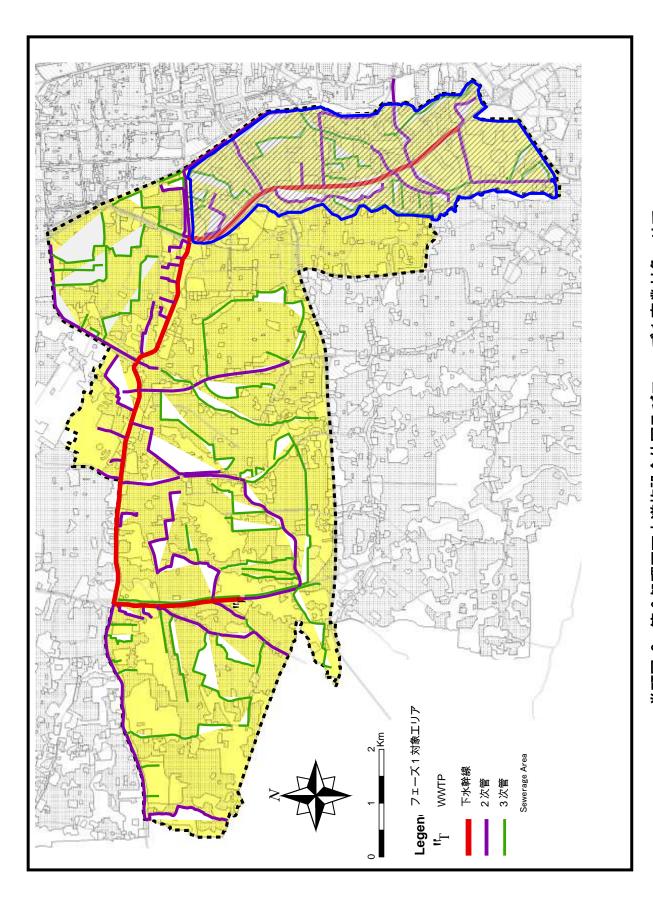
> 平成 29 年 9 月 (2017 年)

独立行政法人 国際協力機構(JICA)

八千代エンジニヤリング株式会社



巻頭図-1 調査対象地域位置図



巻頭図-2 第6処理区下水道施設全体図及びフェーズ1事業対象エリア

# インドネシア国 ジャカルタ特別州下水道整備事業(第6処理区)追加調査 ファイナル・レポート(先行公開版)

# 【目 次】

調査対象地域位置図

写真集

目次

図表リスト

略語•単位表

第1	章	緒論1-1
	1.1	調査の背景・目的・範囲1-1
	1.2	本事業における下水道用語の定義 (案)1-2
	1.3	下水処理場建設予定地の現況1-3
	1.4	現地再委託調査1-3
	1.4	.1 土質調査(WWTP 建設用地: 既設 Duri Kosambi STP) ················1-3
	1.4	2 平面・水準測量(WWTP 建設用地: 既設 Duri Kosambi STP) · · · · · · · · · 1-7
第 2	2章	計画諸元及び下水処理場計画の検討条件 2-1
	2.1	計画諸元 · · · · · · 2-1
	2.2	下水処理場計画の検討条件2-1
	2.2	1 下水処理場面積の F/S 時からの変更の経緯2-1
	2.2	2 下水処理場用地のレイアウトオプション2-2
第3	章	既設オンサイト STP の現状・課題と汚泥処理施設の統合計画3-1
	3.1	既設 Duri Kosambi STP の現状と課題 ············3-1
	3.1	.1 施設の概要
	3.1	2 設計条件の検討3-6
	3.1	
	3.1	4 施設の課題と改善案3-11
	3.2	オンサイト汚泥発生量とゾーン 6 下水処理場で処理するオンサイト汚泥量 3-15
	3.2	
		3-15
	3.2	
	3.2	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	3.3	オンサイト汚泥と下水処理場汚泥の処理施設の統合計画3-23
	3.3	1,1,10,0,0,1,10,10,10,10,10,10,10,10,10,
	3.3	2 オンサイト汚泥受け入れ施設の設計にあたって留意すべきこと 3-25

第4章	章	下水处	L理方式及び施設計画の検討4	-1
4	1.1	基本条	<b>条件······4</b>	-1
	4.1	.1 計	画諸元及び計画下水量4	-1
	4.1	.2 計	画流入水質4	-1
	4.1		画放流水質4	
	4.1	.4 用	地条件4	-3
4	1.2		l理方式の選定4	
	4.2		素・りん除去を考慮した下水処理方式の抽出4	
			回分式活性汚泥法(SBR) · · · · · 4	
			嫌気無酸素好気法(A <sub>2</sub> O) 4	
			嫌気無酸素好気法(A <sub>2</sub> O)+膜分離活性汚泥法(MBR)4	
			嫌気無酸素好気法( $A_2O$ )+担体添加型活性汚泥法(IFAS) ·············4	
	4.2		素・りん除去を考慮した下水処理方式の比較検討4	
			各処理方式の処理性能及び維持管理 … 4	
			各処理方式の必要面積及び建設費4	
			各処理方式の総合評価4	
4	1.3		MBR 方式及び A <sub>2</sub> O+IFAS 方式の比較検討 ······ 4	
			処理方式の処理フロー及び特徴 · · · · · 4	
	4.3		2O+MBR 方式及び A <sub>2</sub> O+IFAS 方式の比較検討 ························4	
			設置に必要な面積による評価 4	
			既設 STP の残存可能性を考慮した評価	
			フェーズ 1 工事期間中の既設 STP の使用可否による評価 ······ 4	
			残余敷地の活用性 4	
			維持管理特性による評価 4	
			建設費による評価············4	
			維持管理費による評価····································	
			各処理方式の総合評価及び処理方式選定4	
	1.4		ヾネシア側の要望による A₂O+IFAS のレイアウトの検討············4	
4	1.5		5泥ケーキの処分対策······4	
		4.5.1	脱水汚泥発生量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		4.5.2	脱水汚泥ケーキの処分対策4	-38
<u>^</u>	de.	中米年	<b>ミ施スケジュール案</b>	1
第5章			<b>÷ 施スクシュール条</b>	
3	5.1 5.1		- < I 事業の美施スケシュール条	
	5.1		業実施スケジュール案	
5	5.1 5.2		・ 手業の実施スケジュール案	
2	,.∠	土平寺	T木v/大心ハノノユ /V米	-4
第6章	章	発注す	5式の検討	-1
	<del>-</del> 5.1		7式 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

	6.1	.2	施設建設後の運営・維持管理 (O&M) を考慮した発注方式	6-2
	6.2	LCC	C 評価導入の検討	6-2
	6.3	イン	ノドネシア側の発注方式に関する考え方	6-4
第7	章	フュ	ェーズ1の概算事業費	7-1
	7.1	概算	章事業費の積算条件	7-1
	7.1	.1	事業費の算定条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7-1
	7.2	下れ	k管路施設建設工事費····································	7-2
	7.3	下れ	k処理場建設工事費····································	7-3
	7.4	概算	章事業費の算定	7-4
	7.5	維持	寺管理費の算定	7-5
	7.5	.1	下水処理場の運転維持管理費	7-5
	7.5	.2	下水道管路施設の維持管理費	7-7

# 付録

- A1. 協議議事録
- A2. 本調査における協議資料
- A3. 改定 M/P の事業化に向けたジャカルタ知事令 2016 年 41 号(DKI Jakarta Governor's Decree No.41, 2016: Master Plan for the Development of Infrastructure and Facilities of Domestic Wastewater Management)
- A4. 土質調査結果
- A5. 平面·水準測量調査結果
- A6. 水質調査結果
- A7. セプティックタンクによる水質汚染と定期汚泥引き抜きの環境効果
- A8. 廃棄物管理に関する DKI ジャカルタ知事令 2013 年 3 号 (DKI Jakarta Governor PERDA NOMOR 3 TAHUN 2013) の 58 条
- A9. 東ジャカルタ定期汚泥引抜事例調査結果概要(JICA 下水道技プロ)
- A10. (参考②) JICA 技プロ「インドネシア国ジャカルタ特別州下水道整備にかかる計画策定能力向上プロジェクト」において提案されている下水道条例案のオンサイト規制部分
- A11. 下水処理施設図面集
- A12. 下水処理施設容量計算書
- A13. 概算事業費
- A14. 維持管理費

# 図表リスト

第1章 緒論		
表 1.2-1	本事業で適用する下水道用語の定義(案)	1-2
表 1.4-1	土質調査の内容	1-3
表 1.4-2	平面・水準測量の内容	1-7
図 1.4-1	ボーリング調査位置図	1-4
図 1.4-2	想定地層断面図(Section 1-1)	1-5
図 1.4-3	想定地層断面図(Section 2-2)	1-6
図 1.4-4	測量図	1-8
図 1.4-5	既設 Duri Kosambi STP サイト及び施設配置図	1-9
図 1.4-6	高圧ケーブルの平面・断面図及び影響範囲図	1-10
第2章 計画	諸元及び下水処理場計画の検討条件	
表 2.1-1	F/S 時の計画諸元	
表 2.1-2	F/S 時の計画水量	
表 2.2-1	3 レイアウトオプションの概要	
図 2.2-1	下水処理場予定地の現況レイアウト	2-3
図 2.2-2	WWTP 用地:オプション 1	2-3
図 2.2-3	WWTP 用地:オプション 2	2-4
図 2.2-4	WWTP 用地: オプション 3	2-4
第3章 既設	オンサイト STP の現状・課題と汚泥統合処理計画	
表 3.1-1	既設 Duri Kosambi STP 施設概要	3-2
表 3.1-2	既設 Duri Kosambi STP 設備仕樣	3-3
表 3.1-3	汚泥搬入実績(2016 年)	3-4
表 3.1-4	運転経費	3-5
表 3.1-5	既設 Duri Kosami STP の放流水質(BOD)分析結果	3-6
表 3.1-6	受入前処理設備	3-7
表 3.1-7	固液分離設備	3-7
表 3.1-8	曝気酸化池・酸化池設備	3-8
表 3.1-9	水質調査結果	3-9
表 3.1-10	既設 Duri Kosambi STP における汚泥の水質分析結果	3-10
表 3.1-11	搬入汚泥と汚泥貯留槽表層液の性状比較	3-10
表 3.1-12	基準排水池の仕様(参考)	3-14
表 3.2-1	オンサイトシステム改善計画(改定 M/P)の概要	3-16
表 3.2-2	オンサイト汚泥処理施設改善計画(改定 M/P)の概要	3-16
表 3.2-3	改定 M/P 以降の展開とオンサイト汚泥発生量の予測に示唆するもの	3-21
表 3.3-1	ケース A とケース B のメリット・デメリット	3-24
表 3.3-2	オンサイト汚泥脱水分離液負荷	3-27

図 3.1-1	既設 Duri Kosambi STP フローシート	3-2
図 3.1-2	既設 Duri Kosambi STP 施設配置図	3-3
図 3.1-3	汚泥受入口構造不良(左)、側溝への直接排泥例(右)	3-7
図 3.1-4	汚泥凝集操作不良(左)、脱水汚泥水分過多(右)	3-8
図 3.1-5	New STP の処理フロー及び水質調査試料採取位置	3-9
図 3.1-6	曝気酸化池エアレーター故障	3-10
図 3.1-7	汚泥乾燥床堆積状況	3-12
図 3.1-8	既設 Duri Kosambi STP 改造配置図	3-13
図 3.3-1	汚泥処理施設の統合 - ケース A	3-23
図 3.3-2	汚泥処理施設の統合 - ケース B	3-24
図 3.3-3	受入室配置、車両動線	3-25
図 3.3-4	受入口配置案	3-26
図 3.3-5	搬入汚泥の前処理フロー	3-26
第4章 下水绿	型理方式及び全体施設計画の検討	
表 4.1-1	本調査で適用する計画諸元	4-1
表 4.1-2	本調査で適用する計画水量	4-1
表 4.1-3	本事業の計画水質	4-2
表 4.1-4	本事業の計画水質	4-3
表 4.1-5	Duri Kosambi 下水処理予定地の用地条件	4-3
表 4.2-1	各処理方式における維持管理の特性	4-7
表 4.2-2	各処理方式における必要面積及び建設費	4-8
表 4.2-3	各処理方式における総合評価	4-13
表 4.3-1	各処理方式における適用技術	4-14
表 4.3-2	A <sub>2</sub> O+MBR 処理施設における主な施設の概要 (1/2)	4-15
表 4.3-3	A <sub>2</sub> O+MBR 処理施設における主な施設の概要 (2/2)	4-16
表 4.3-4	A <sub>2</sub> O+IFAS 処理施設における主な施設の概要 (1/2)	4-17
表 4.3-5	A <sub>2</sub> O+IFAS 処理施設における主な施設の概要 (2/2)	4-18
表 4.3-6	各処理方式における各用地オプション別処理場設置に必要な面積	4-19
表 4.3-7	各処理方法別用地オプションに対する既設 STP の残存可能性評価	4-24
表 4.3-8	各処理方式別用地オプションに対するフェーズ 1 工事期間中既設 STP の	
	利用評価	4-26
表 4.3-9	各処理方式による処理場設置後の有効残余敷地面積による評価	4-28
表 4.3-10	各処理方式における主な処理施設の概要	4-31
表 4.3-11	各処理方式別維持管理特性による評価	4-31
表 4.3-12	フェーズ 1 における各処理方式別工事費	4-32
表 4.3-13	最終フェーズにおける各処理方式別工事費	4-33
表 4.3-14	フェーズ 1 における各処理方式別の維持管理費	4-33
表 4.3-15	最終フェーズにおける各処理方式別の維持管理費	4-34
表 4.3-16	各処理方式別用地オプションに対する総合評価	4-34
表 4.5-1	下水処理場とオンサイト汚泥処理施設の汚泥発生量(日最大)	4-37

図 4.1-1	オンサイト汚泥の処理フロー	4-2
図 4.2-1	回分式活性汚泥 (SBR) 法の処理フロー	4-4
図 4.2-2	嫌気無酸素好気法(A <sub>2</sub> O)法の処理フロー	4-5
図 4.2-3	嫌気無酸素好気法( $A_2O$ )+膜分離活性汚泥法( $MBR$ )の処理フロー	4-6
図 4.2-4	嫌気無酸素好気法( $A_2O$ )+担体添加型活性汚泥法( $IFAS$ )フロー	4-6
図 4.2-5	嫌気無酸素好気法(A <sub>2</sub> O)による全体配置計画	4-9
図 4.2-6	回分式活性汚泥法(SBR)による全体配置計画	4-10
図 4.2-7	嫌気無酸素好気法( $A_2O$ )+膜分離活性汚泥法( $MBR$ )による全体配置	
	計画	4-11
図 4.2-8	嫌気無酸素好気法(A <sub>2</sub> O)+担体添加型活性汚泥法(IFAS)による全体配	
	置計画	4-12
図 4.3-1	A <sub>2</sub> O+MBR 方式及び A <sub>2</sub> O+IFAS 方式における処理フロー	4-14
図 4.3-2	各用地オプション別位置図	4-19
図 4.3-3	A <sub>2</sub> O+MBR 方式の用地オプション 1 における施設配置図	4-20
図 4.3-4	A <sub>2</sub> O+MBR 方式の用地オプション 2 及び 3 における施設配置図	4-20
図 4.3-5	$A_2O+IFAS$ 方式の用地オプション $1$ 及び $2$ における施設配置図	4-21
図 4.3-6	<b>A<sub>2</sub>O+IFAS</b> 方式の用地オプション 3 における施設配置図	4-21
図 4.3-7	用地オプション 1 における A <sub>2</sub> O+MBR 方式施設の段階的建設	4-22
図 4.3-8	用地オプション 2 及び 3 における $A_2O+MBR$ 方式施設の段階的建設	4-22
図 4.3-9	用地オプション 1 及び 2 における $A_2O+IFAS$ 方式施設の段階的建設	4-23
図 4.3-10	用地オプション 3 における A <sub>2</sub> O+IFAS 方式施設の段階的建設	4-23
図 4.3-11	$A_2O+MBR$ 方式の用地オプション $1$ における新設処理場と既設施設との	
	関係	4-24
図 4.3-12	$A_2O$ +MBR 方式の用地オプション $2$ 及び $3$ における新設処理場と既設施	
	設との関係	4-25
図 4.3-13	$A_2O+IFAS$ 方式の用地オプション $1$ 及び $2$ における新設処理場と既設施設	
	との関係	4-25
図 4.3-14	$A_2O+IFAS$ 方式の用地オプション $3$ における新設処理場と既設施設との	
	関係	4-26
図 4.3-15	$A_2O+MBR$ によるフェーズ $1$ の施設配置計画と既設 $STP$ との関係 (用地	
	オプション1、2及び3)	4-27
図 4.3-16	2	
	オプション1及び2)	4-27
図 4.3-17	$A_2O+IFAS$ によるフェーズ $1$ の施設配置計画と既設 $STP$ との関係 (用地	
	オプション 3)	4-28
図 4.3-18	2	
	(用地オプション 1)	4-29
図 4.3-19		
	及び3)	4-29
図 4.3-20	$A_2O+IFAS$ による処理場設置後の有効残余敷地面積(オプション $1$ 及び	
	2)	4-30

図 4.3-21	A <sub>2</sub> O+IFAS による処理場設置後の有効残余敷地面積	
	(オプション 3)	4-30
図 4.4-1	最終フェーズの A <sub>2</sub> O+IFAS 方式施設の配置	4-35
図 4.4-2	フェーズ 1 の A <sub>2</sub> O+IFAS 方式施設の配置	4-36
図 4.4-3	代替用地案における A <sub>2</sub> O+IFAS 方式施設の段階的建設	4-37
図 4.5-1	$A_2O+MBR$ における汚泥マスバランス	4-38
第5章 事業	実施スケジュール案	
表5.1-1	円借款の調達手続きにおける標準的な所要期間	5-1
表5.1-2	インドネシア側実施機関による AMDAL 実施スケジュール案	5-2
表5.1-3	下水処理場建設工程計画	5-2
表5.1-4	下水管渠建設工事の実施スケジュール	5-3
表5.1-5	DBB 方式によるゾーン 6 フェーズ 1 事業実施スケジュール案	5-3
表5.1-6	DB 方式によるゾーン 6 フェーズ 1 事業実施スケジュール案	5-4
表 5.2-1	本調査で見直した計画処理人口及び計画日最大汚水量	5-5
表 5.2-2	第6処理区全体計画の事業実施スケジュール案	5-5
第6章 発注	方式の検討	
表 6.1-1	DBB 方式と DB 方式のメリット及びディメリット	6-1
表 6.1-2	DBO 方式のメリット及びディメリット	6-2
表 6.2-1	LCC 評価の基本要素と考え方・方法論	6-3
表 6.2-2	LCC 評価のテンプレート(例)	6-3
第7章 フェ	ーズ1の概算事業費	
表 7.1-1	積算基準時期および為替レート	7-2
表 7.2-1	フェーズ 1 の下水管路施設	7-2
表 7.4-1	第 6 処理区フェーズ 1 事業の概算事業費(A <sub>2</sub> O+MBR 方式)	7-4
表 7.4-2	第6処理区フェーズ1事業の概算事業費(A <sub>2</sub> O+IFAS 方式)	7-4
表 7.5-1	下水処理場(A <sub>2</sub> O+MBR 方式)の O&M コスト/年(フェーズ 1)	7-5
表 7.5-2	下水処理場(A <sub>2</sub> O+IFAS 方式)の O&M コスト/年(フェーズ 1)	7-6
表 7.5-3	Design Built+LCC 評価方式を適用した場合の施工業者による運転維持管	
	理費(2 年間)	7-6
表 7.5-4	インターセプター下水道・雨水吐き室の清掃及び処分費	7-7
図 7.2-1	フェーズ 1 事業の対象区域	7-3

# 略語集

	略語集			
$A_2O$	Anaerobic Anoxic Oxic Process	嫌気無酸素好気法		
ASP	Activated Sludge Process	標準活性汚泥法		
AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan	インドネシアの環境影響評価		
	(Environmental Impact Assessment)	The state of the s		
BAPPEDA	Regional Planning and Development Board	DKI 計画開発委員会		
BAPPENAS	Board National Development Planning	国家計画開発庁		
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量		
BPLHD	Regional Environment Management Board	DKI 環境局		
CAS	Conventional Activated Sludge Process	標準活性汚泥法		
CAPEX	Capital Expenditure	初期投資		
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量		
DB	Design Build	設計・施工一括発注方式		
DBB	Design-Bid-Build	設計・施工分離発注方式		
DBO	Design Build Operate	設計施工・運営維持管理一括発注方式		
DGHS	Directorate General of Human Settlements,	公共事業省居住総局		
Dons	Ministry of Public Works (Direktorat	五八 事 来 自 石		
	Jenderal Cipta Karya)			
DGSP	Directorate General of Spatial Planning,	公共事業省空間計画総局		
DUSI	Ministry of Public Works	公共事業自至的計画心内		
DK	Cleansing Agency (Dinas Kebersihan)	ジャカルタ清掃局		
DKI Jakarta	Special State Capital of Jakarta (Daerah	ジャカルタ特別州		
DKI Jakarta		ンヤカルク特別別		
E Cali	Khusus Ibukota Jakarta)	十.旧.带		
E-Coli	Coli	大腸菌群		
F/S	Feasibility Study Government of Indonesia	協力準備調査		
GOI		インドネシア政府		
HRT	Hydraulic Retention Time	(水理学的)滞留時間		
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価		
IFAS	Integrated Fixed Film Activated Sludge 担体添加型活性汚泥法			
ITD	Process	何の法が加田プランプ		
ITP	Individual Treatment Plant	個別汚水処理プラント		
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート		
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構		
JICA T/C Project	JICA Technical Cooperation Project	JICA 技術協力プロジェクト		
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト		
MBBR	Moving Bed Bio-film Reactor	移動床生物膜法		
MBR	Membrane Biological Reactor	膜分離活性汚泥法		
M/P	Master Plan	マスタープラン		
NCICD	National Capital Integrated Coastal	ジャカルタ首都総合沿岸開発計画		
	Development			
NH <sub>3</sub>	Ammonia	アンモニア		
NPV	Not Present Value	純現在価値		
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助		
OPEX	Operating Expense	運営・維持管理		
O&M	Operation and Maintenance	運営・維持管理		
PD PAL JAYA	Regional Company of Wastewater	ジャカルタ下水道公社		
	Management of DKI Jakarta			
PQ	Prequalification	事前資格審查		
PU	Departemen Pekerjaan Umum (Manistry of	公共事業省		
	Public Works)			
SBR	Sequencing Batch Reactor	回分式活性汚泥法		
SS	Suspended Solid	浮遊物質		
STP	Sludge Treatment Plant	汚泥処理場		
T-P	Phosphorous	リン		
T-N	Nitrogen	窒素		
UV	Ultraviolet	紫外線		
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場		

# 単位

ha	Hectare	ヘクタール
IDR	Indonesian Rupiah	インドネシア・ルピア
JPY	Japanese Yen	日本円
km	Kilometer	キロメートル
L	Liter	リットル
LCD	Liter Capita per Day	リットル/人・日
L/min	Liter per minute	リットル/分
L/sec	Liter per second	リットル/秒
m	Meter	メーター
mg/L	Milligram per liter	mg/リットル
min	Minute	分
mm	Millimeter	ミリメートル
$m^2$	Square meter	平方メートル
$m^3$	Cubic meter	立方メートル
$m^3/ \exists$	Cubic meter per day	立方メートル/目
m³/秒	Cubic meter per second	立方メートル/秒
MPN	Most Probable Number	最確数
No(s).	Number(s)	個
%	Percent	パーセント
USD	U.S. (United States) Dollar	米国ドル

# 現地状況写真集(1/2)



第6処理区の新下水処理場の予定地(既設 Duri Kosambi 汚泥処理場内)の現況



Duri Kosambi 新下水処理場の予定地(西側)



Duri Kosambi 処理場予定地の周辺道路



Old-STP 沈降分離池



New-STP 天日乾燥床外観



New-STP スクリュープレス脱水機



New-STP スクリーン

# 現地状況写真集(2/2)



New-STP 搬入汚泥採取



New-STP 搬入汚泥試料



New-STP 脱水分離液採取



New-STP 汚泥貯留槽採水



New-STP 天日乾燥床(内部)



第 1 回 Kickoff Meeting インセプション・レポート協議 (2016 年 10 月)



第 2 回 Wrap-up Meeting 現地調査結果についての協議 (2017 年 5 月)



第3回 Pre-Fact Finding Mission Meeting インテリム・レポート協議 (2017年7月)

# 第1章 緒論

# 1.1 調査の背景・目的・範囲

## (1) 背景

インドネシア(以下、「イ」国という)における下水道普及率は3%未満<sup>1</sup>であり、ASEAN周辺諸国と比較して(マレーシア約65%、タイ約20%<sup>2</sup>)、下水道整備の遅れが顕著である。首都ジャカルタでも下水道普及率は7%程度<sup>3</sup>と低く、環境問題や健康被害等に対応すべく、下水道の整備が急務となっている。

「インドネシア中期国家計画」(2015-2019 年)において、衛生セクターの目標として、家庭排水、下水及び廃棄物管理サービスへのアクセス率 100%を 2019 年までに達成することが掲げられている。ジャカルタ特別州(以下、「DKI」という)は、JICAによる技術協力を通じ 2012 年に策定した「ジャカルタ汚水管理改定マスタープラン」(以下、「改定 M/P」という)において、2020年、2030年、2050年を短期、中期、長期の目標年次として 15 の処理区域を整備する計画を提案している。このうち、第 6 処理区は人口密度が高く、下水料金が比較的徴収しやすいと考えられる商業地域が多いため、短期計画の優先対象地域の一つとされている。

かかる背景を受けて JICA は 2013 年に第 6 処理区全域の汚水処理施設(処理場・管路)の整備 (以下、「本事業」という)の円借款の案件形成を目的とした「インドネシア国ジャカルタ特別州 下水道整備事業協力準備調査」(以下、「F/S」という)を実施した。F/S においては、同処理区全 域の日最大汚水量の処理が可能な施設の配置計画を実施した上で、同処理区東側の汚水を処理す る処理場施設及び管渠整備を、今次円借款対象案件「ジャカルタ特別州下水道整備事業(第 6 処 理区)フェーズ 1」(以下、「フェーズ 1」という)の対象として位置付けた。

しかしながら、F/S 後、同調査での想定よりも狭い用地で下水処理場を建設する方針が DKI 知事令 No.41 (2016 年 3 月) により確定した。また、「イ」国側が「ジャカルタ首都総合沿岸開発計画」(以下、「NCICD 計画」という)を推進しようとしていることから、最終的な放流水の到達水域における富栄養化対策として、リンの除去を可能とする処理方式の導入が求められることとなった。また、「イ」国側は本事業の加速化を要望しているため、フェーズ1以降の想定スケジュールも提案することが求められている。このような状況を考慮して、F/S の補完調査として、「インドネシア国ジャカルタ特別州下水道整備事業(第 6 処理区)追加調査」(以下、「本調査」という)を実施する。

本調査では、「イ」国側が確定した下水処理場建設予定地の面積に設置可能な汚水処理方式を検討した上で下水処理場の全体施設計画を策定し、フェーズ 1 の建設費、運営・維持管理費を確認するとともに、本事業のスケジュール案を検討し、提案する。

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 出典: Development of Wastewater Management System (IPAL) (DGHS 環境衛生局、2013 年)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 出典: Global Water Market 2012

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 出典: DKI Jakarta's Statistics 2014-15

## (2) 目的

本調査の目的は、以下の通りである。

## 本調査の目的

DKIの第6処理区において、下水管渠と下水処理施設の整備を行うことにより、対象地域の適正な下水処理の促進を図るものである。

本事業のF/Sは、2013年3月に終了しているが、下水処理場建設予定地の面積がF/S当時の7haから2016年3月公布のDKI知事令No.41(以下、「DKI知事令」という)において6haに変更されたため、処理場施設の配置及びその事業費等の情報の更新が必要となる。本調査は、協力準備調査の補完的な調査として実施し、処理場建設に係る協力準備調査の内容更新に加え、本事業で適用可能な下水処理方式を検討することを行う。

## (3) 調査範囲

ジャカルタ特別州(DKI)第6処理区、かつ、同処理区下水処理場予定地の Duri Kosambi 汚泥処理場を調査対象地域とする。

## 1.2 本事業における下水道用語の定義(案)

本事業で適用する下水道用語を、表 1.2-1 のように定義することを提案する。ただし、最終的には、インドネシア側の意向を踏まえて決定する。

表 1.2-1 本事業で適用する下水道用語の定義(案)

用語	定義
下水処理場 (WWTP)	オフサイト(下水道)の汚水を浄化し、公共用水域(河川、湖沼、海等)へ放流す
Wastewater treatment plant	る施設
中継ポンプ場	オフサイト施設の一部。管路延長が長く、管渠の埋設深が深くなる場合や、地形が
Pumping station	入り組んでいる場合など、施工上で経済的な理由により自然流下が不適当なとき、
	下水を地表近くまで揚水し、次のポンプ場または処理場へ送水するための施設
幹線管渠	口径 900mm 以上の下水管で、下水処理場に汚水を送水するための管渠で、下水管渠
Trunk sewer	の根幹をなす管渠。
下水本管	幹線管渠以外の口径 350mm~1000mm の下水管で、2 次・3 次管から集水された汚水
Service pipe	を幹線管渠に流下させる管渠
2 次・3 次管	口径 200mm~300mm の下水管で、支線道路に敷設され家庭・事業所への取付管と接
Lateral pipe	続される管渠
取付管	汚水を排水するため、公的機関によって設置される施設で、公共ますから流下する
Persil pipe	家庭あるいは事業所からの下水を下水管(下水本管あるいは2次・3次管)に流下さ
	るための公共ますと下水管を接続する管である。
インターセプター下水収集	分流式下水道において、各戸接続による汚水収集が困難な地域や各戸接続がスムー
システム(IC システム)	ズに進まないと想定されるエリアにおいて、既存排水路に流れる家庭雑排水のみを
Interceptor system	取り込み早期に環境改善をはかる手法で、完全分流式に至るまでの暫定的な手法。
	インターセプター管は、汚水のみ集水する管径で設計されており、将来分流式に移
	行する際は、汚水管路として利用される。
個別汚水処理プラント	事業所(ホテル、商業ビル、病院など)や集合住宅の汚水を処理するために単独で
Individual Treatment Plant	設置される施設。オフサイト施設として分類する。
(ITP)	
オンサイト	人間の排出物を、発生した場所で処理するシステム
On-site sanitation	1 v 1 / 1 Mean > Title ) 1. 5. Venus Insent less biologistes et la vivilla de la vivil
オンサイト汚泥処理場(STP)	オンサイト施設から引抜かれた汚泥を処理するための施設。オンサイト施設として
On-site Sludge treatment plant	分類する。

## 1.3 下水処理場建設予定地の現況

2013年の F/S 段階では、既設 Duri Kosambi 汚泥処理場(以下、「既設 STP」という)サイトに新規の下水処理場(以下、「WWTP」という)を建設して、オンサイト汚泥を WWTP で統合処理する条件で 7ha の面積が確保されていた。しかし、2016年3月、DKI ジャカルタ州知事令第41号(付録 A3参照)が施行され、同知事令において、第6処理区の利用可能な土地面積は6.0haと規定された。

本調査の、現地調査終了時点での WWTP 予定地に係る DKI 側からの情報は、以下のとおりである。

- ① 既設の汚泥処理施設を別の地域に移転することは不可能(移転する土地が確保できない)。→現状の機能(汚泥処理容量)を維持したままでの施設整備計画が必要となる。
- ② WWTP 建設期間中の汚泥処理のため、既設施設の維持が必要 (既設施設の今後の詳細な運用方針・計画については第3章を参照)。

# 1.4 現地再委託調査

# 1.4.1 土質調査(WWTP 建設用地: 既設 Duri Kosambi STP)

2013年の協力準備調査時 (F/S 段階) に実施された2本のボーリング調査の結果がお互いに大きく異なっており、同用地内での土質の強度等が均一でない可能性があるため、本調査において4本の追加ボーリング調査を現地再委託によって実施した。実施要領及び細目を表1.4-1に示す。本土質調査結果は、本調査における土木施設計画の検討条件として活用する(付録 A4参照)。

No.	項目	内容	備考
1	調査期間	2016年11月~12月	・約2ヶ月間
2	調査位置	Duri Kosambi 汚泥処理場	
3	物性・力学に係る現位置試験		
a	ボーリング調査	処理場:4本(4×50m=200m)	・処理場の支持層までを確認するため深度:50m
b	標準貫入試験	処理場:200回(50回/本)	・ボーリング深度 1.0m 毎
c	現場透水試験	21 箇所	・施工時の排水、止水工法検討
4	物性・力学に係る室内試験		
a	単位体積重量	21 サンプル	・土の基本的性質の計算、山留計算
b	含水率	21 サンプル	・山留計算、物質収支計算
c	液性限界	21 サンプル	・細粒土の分類により土質性状の確認
d	塑性限界	21 サンプル	・細粒土の分類により土質性状の確認
e	圧密試験	21 サンプル	・粘性土地盤の圧密沈下量及び圧密沈下速度の計算
f	比重	21 サンプル	・土の基本的性質の計算
			・ボイリングの検討
g	粒度分析	21 サンプル	・湧水対策工法選定
h	一軸圧縮試験	21 サンプル	・支持力計算、山留計算

表 1.4-1 土質調査の内容

出典: JICA 調査団

#### (1) ボーリング調査位置及び想定地層断面

ボーリング調査は本調査では 4 本実施した。その位置および前回の F/S 時に実施した既存の 2 本の合計 6 本のボーリング調査位置を図 1.4-1 に示す。また、各調査地点のボーリング調査結果より想定地層断面図(Section 1-1 および 2-2)を図 1.4-2~1.4-3 に示す。

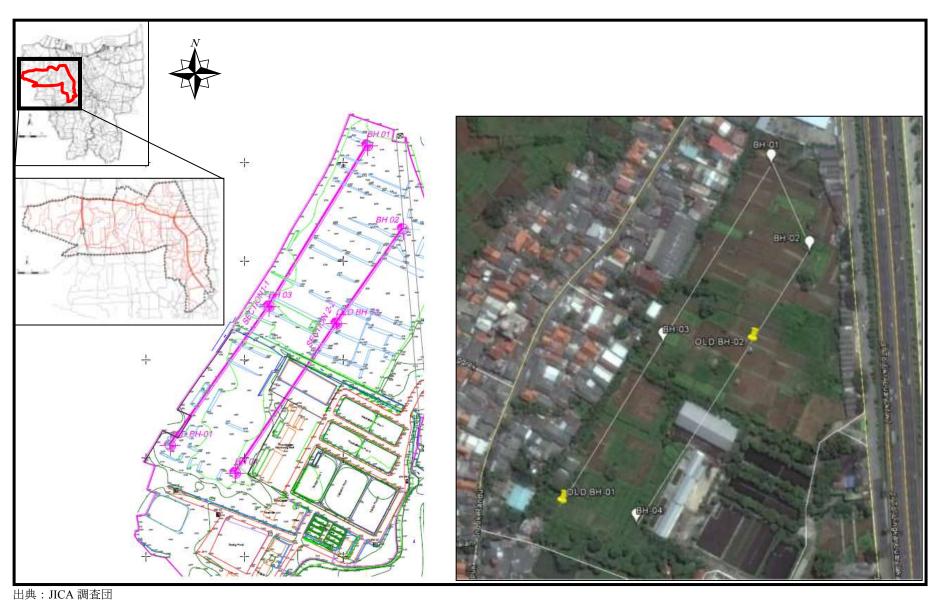
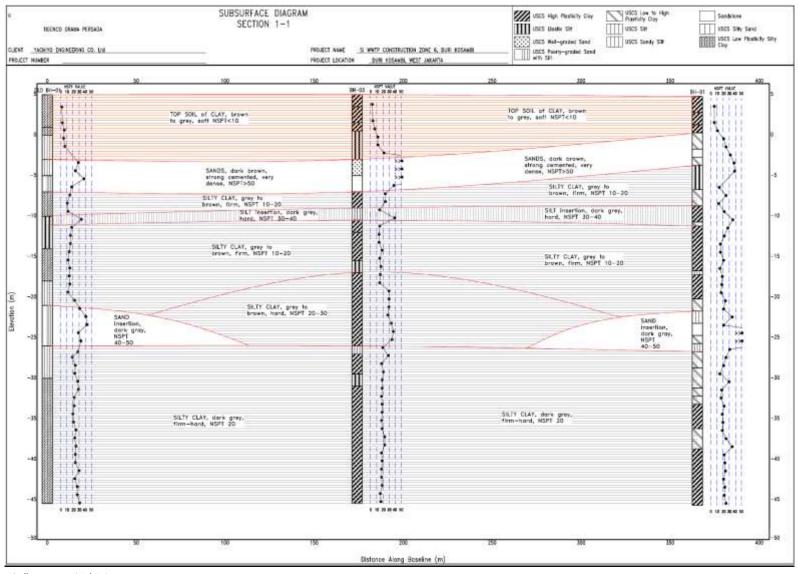
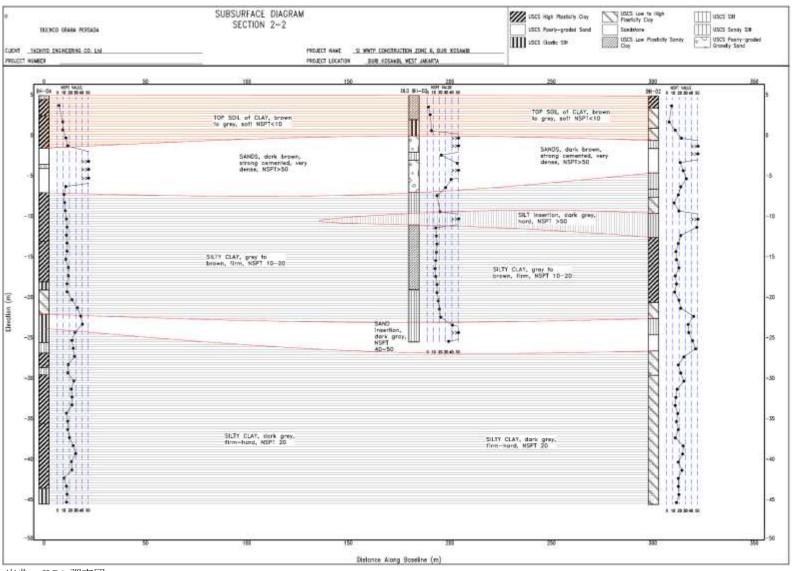


図 1.4-1 ボーリング調査位置図



出典: JICA 調査団

図 1.4-2 想定地層断面図 (Section 1-1)



出典: JICA 調査団

図 1.4-3 想定地層断面図 (Section 2-2)

## (2) ボーリング調査の結果

既設の2本のボーリング調査結果も含めた土質調査結果の概要は以下のとおり。

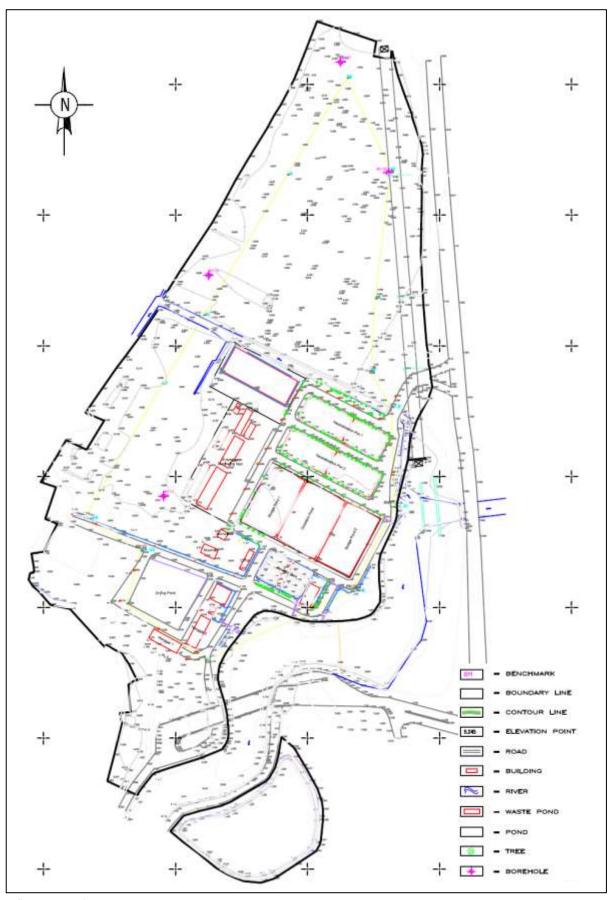
- ✓ 本対象地は、Angke 川の左岸に位置し、粘性土及びシルトが深く堆積しており、所々で砂層 を挟んでいる。
- ✓ 地下水位は、GL(標高 4.69m~4.92m) -3.3m から-5.3m (標高 1.3m~0.4m) で確認された。
- ✓ 第1層目(表層)は約5mの粘性土でN値=0-15、第2層目は層厚約1m~5mの砂質土N値 =30-50以上、第3層目は、層厚約10mのシルト質粘土N値=10-20、第4層目は層厚約2m-5m 硬質のシルト質粘土N値=20-40、第5層目は3層目と同じようなシルト質粘土N値=約20 である。
- ✓ 上記の結果より、本対象地の土質は、GL-6m (標高約-1m) 付近まで軟弱な粘性土が堆積しているため、基礎構造物および仮設設計の際には地盤改良等の検討が必要である。
- ✓ GL-6m以下の砂質土は十分な支持力を有しているが、地下水によるボイリング等への注意が必要である。
- ✓ GL-12m 以下のシルト質粘土層は圧密がすすんでおり、十分な支持力を有していると考察する。

# 1.4.2 平面・水準測量(WWTP 建設用地: 既設 Duri Kosambi STP)

平面(用地境界、既設施設位置測量含む)・水準測量を現地再委託によって実施した。実施要領及び細目を表 1.4-2 に示す。成果品は本調査での敷地境界の確認および処理場レイアウト検討に活用している。測量図を図 1.4-4 に示す(付録 A5 参照)。

No.対象内容備考1 調査期間2016年11月~12月約2ヶ月間2 調査範囲Duri Kosambi3 下水処理場予定地平面測量(1:500) 面積:7.0ha<br/>水準測量:既設施設及びその周辺の標高測定下水処理場予定地(6ha)+既設汚泥処理プラント(1ha)

表 1.4-2 平面・水準測量の内容



出典: JICA 調査団

図 1.4-4 測量図



図 1.4-5 に既設 Duri Kosambi STP サイト及び施設配置図を示す。

図 1.4-5 既設 Duri Kosambi STP サイト及び施設配置図

また、電力高圧ケーブル平面・断面図及び影響範囲図を図 1.4-6 に示す。

電力高圧ケーブルにより、平面的に幅 23m、延長 235m の用地面積(約 0.54ha)に 2 階建て以上(約 6m 以上)の施設を計画することが出来ない。また、施工計画を検討する際、現況地盤から高さ約 5m 以内での施工しかできないため、十分な注意が必要である。したがって、高圧ケーブルの影響範囲内は効果的な活用が困難である。

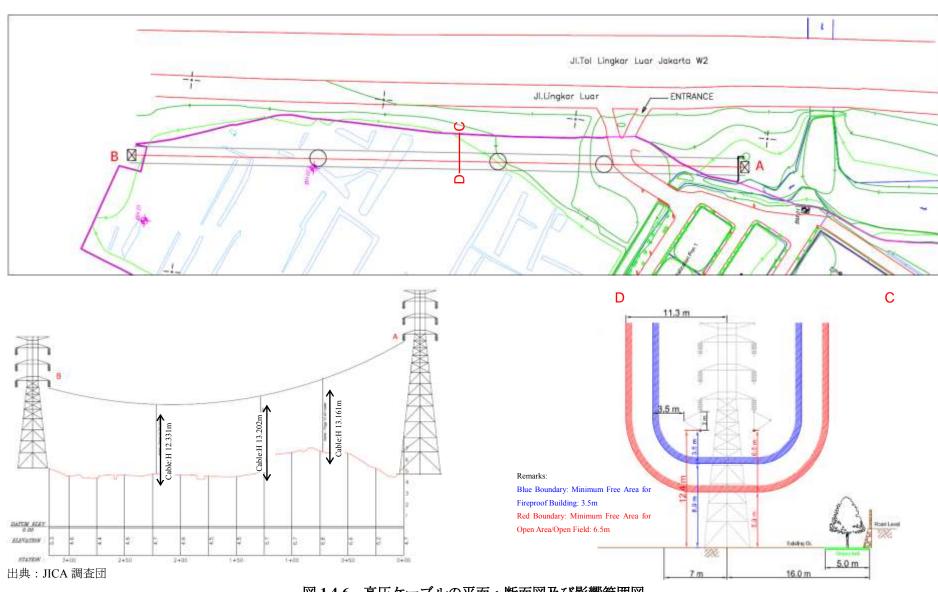


図 1.4-6 高圧ケーブルの平面・断面図及び影響範囲図

# 第2章 計画諸元及び下水処理場計画の検討条件

#### 2.1 計画諸元

本調査においては、F/S で適用された計画諸元及び設計条件をベースとする。F/S 時の計画諸元及び設計条件としての計画水量を、それぞれ表 2.1-1 及び表 2.1-2 に示す。

フェーズ 1 の計画諸元については、オンサイト汚泥の統合処理及び下水処理場における系列別の処理能力の同一化を考慮し、フェーズ 1 の計画下水処理人口を変更する (詳細については第 4章、表 4.1-4 を参照)。

NT.	塔口	単位	諸元			
No.	項目		フェーズ 1	最終フェーズ		
1	計画目標年次		203	60年		
2	計画区域		処理区 No.6 の東部	処理区 No.6 全体		
3	計画区域面積	ha	1,183	5,875		
4	計画区域内行政人口	人	301,000	1,465,700		
5	下水道普及率					
(1)	下水道施設整備率*1	%	80	80		
(2)	下水道サービス普及率*2	%	60	80		
6	計画下水道処理人口	人	180,800	1,172,600		
7	ジャカルタ全体に対する 下水道普及率	%	1.5	9.4		

表 2.1-1 F/S 時の計画諸元

注)

出典: F/S (2013年、JICA)

表 2.1-2 F/S 時の計画水量

項目	原単位 (LCD)	フェーズ 1 (m³/日)	全体計画 (m³/日)	備考
計画日平均汚水量	200	36,000	235,000	プロジェクト効果、負荷量に使用
日変動係数	1.2			
計画日最大汚水量	240	43,000	282,000	処理場施設計画に使用
時間係数	1.8			
計画時間最大汚水量	360	64,600	423,000	処理場内ポンプ施設、配管設計に使用

出典: F/S (2013年、JICA)

#### 2.2 下水処理場計画の検討条件

#### 2.2.1 下水処理場面積の F/S 時からの変更の経緯

F/S では、WWTP の建設用地としてフェーズ 1 で 3.0ha、最終フェーズで 7.0ha が確保できるとして概略設計を行った。その後、2016 年 3 月改定 M/P の事業化に向けたジャカルタ知事令 No.41 が施行された。

*八千代エンジニヤリング㈱* ファイナル・レポート 2-1

<sup>1.</sup> 下水道施設整備率 = 当該年の下水処理場日最大処理能力[m³/日]/当該年の最大汚水量[m³/日] x 100

<sup>2.</sup> 下水道サービス普及率 = 下水道サービス人口[人]/当該年の計画区域内行政人口[人] x 100 下水道サービス人口 = 下水道サービスが受けられる環境にある人口(下水管渠及び IC システムで汚水を排除できる人口)

同知事令の Chapter IV 汚水管理-Part-2 集中処理システム-Article 6 に、改定 M/P で設定した 14 処理区における WWTP 建設予定地の面積が規定されている。その中で、第 6 処理区は 6ha と規定されている。

このように、同知事令において F/S 時の 7ha から 6ha に変更されたため、本調査において下水処理場の施設配置計画の見直しを行う必要がある。

#### 2.2.2 下水処理場用地のレイアウトオプション

WWTP 用地については、F/S 時では、WWTP 建設後は既存 Duri Kosambi オンサイト(セプティックタンク)汚泥処理施設(Sludge Treatment Plant = STP、以下、既設 Duri Kosambi STP という)が撤去され、その土地を利用できるとしていた。

しかしながら、本調査の初期段階で「イ」側と協議した結果、「イ」側から既設 Duri Kosambi STP 全体を残す案や一部の施設を移設する案の検討実施の要望が出された。すなわち、表 2.2-1 に示す 3 つのレイアウトオプションについて、WWTP の施設配置計画を検討することとなった。

オプション 概要 参照図番号 フェーズ 1の WWTP 運転開始後、既設 Duri Kosambi STP(Old STP 図 2.2-2 1 と New STP からなる) は、汚泥処理機能が統合されるので、撤 去する。したがって、撤去後の跡地が利用可能である。 フェーズ 1の WWTP 運転開始後、既設 Duri Kosambi STP の内、 2 図 2.2-3 Old STP を残し、New STP は既設 Duri Kosambi STP 敷地内の空地 に移設する。 フェーズ 1 の WWTP 運転開始後、既設 STP の内、Old STP にあ 図 2.2-4 3 る3池のうち、2池を撤去する。一方、New STP は既設 Duri Kosambi STP 敷地内の空地に移設する。

表 2.2-1 3 レイアウトオプションの概要

出典: JICA 調査団

まず、WWTP 建設予定地である既設 Duri Kosambi STP サイトの現況レイアウトを図 2.2-1 に示す。次に、3 つのレイアウトオプションを、図 2.2-2~2.2-4 に示す。



図 2.2-1 WWTP 用地の現況レイアウト

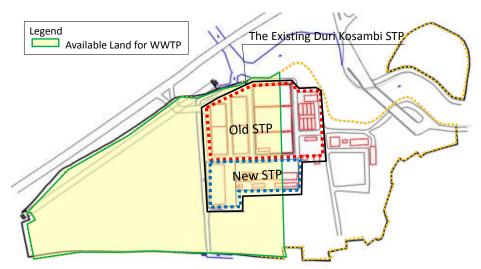


図 2.2-2 WWTP 用地:オプション1

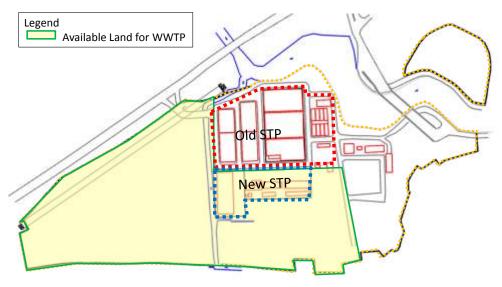


図 2.2-3 WWTP 用地:オプション 2

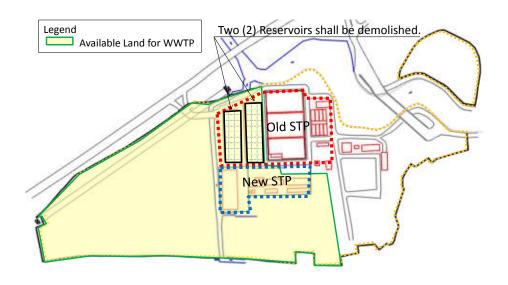


図 2.2-4 WWTP 用地:オプション 3

# 第3章 既設オンサイト STP の現状・課題と汚泥処理施設の統合計画

# 3.1 既設 Duri Kosambi STP の現状と課題

## 3.1.1 施設の概要

DKI 市内には、し尿排水あるいは雑排水を含む生活排水を処理するセプティックタンクが約200 万基あるといわれている。その他に、下水道に接続されていない商業ビル(ホテル、オフィスビル、アパート、マンション、ショッピングモール等)や公官庁・学校・病院などのビルの個別処理プラント(以下、ITP という)が約4,000 基あり、これらのオンサイト汚水処理施設に堆積する汚泥は、市あるいは民間事業者により引抜かれ、同市内の東西に位置する既設 Pulo Gebang STPと既設 Duri Kosambi STP に持ち込まれ、処理される。

第6処理区における WWTP 建設用地内には既設 Duri Kosambi STP 施設が配置されており、 WWTPの整備に当たっては既設施設の再整備ならびに両施設の施設統合など合理的な整備方法に ついて検討する必要がある。

かかる状況において、既設 Duri Kosambi STP の現地調査を実施し、現況機能の把握ならびに課題を整理し、同既設 STP の改善や新規 WWTP との施設の統合方法について検討することとなった。

## (1) 東西 STP の整備経過

DKI の東部と西部に位置する 2 箇所の既設 STP の整備経過概要は、次のとおりである。

- 1984 年 東部に Pulo Gebang STP が竣工。計画処理能力は 300m³/日。
- 1994 年 西部に Duri Kosambi STP が竣工。計画処理能力は 300m³/日。
- 2012 年 2 箇所の STP 共に増設工事が実施され、増設後の計画処理能力は、Pulo Gebang STP が 900m<sup>3</sup>/日、Duri Kosambi STP が 900m<sup>3</sup>/日。
- 2015年 これまで、2箇所の STP の運営・維持管理は DKI 清掃局で行われていたが、同年1月 にジャカルタ特別州下水道公社(以下、PD PAL JAYA という) に移管された。

#### (2) 既設 Duri Kosambi STP の概要

既設 Duri Kosambi STP の施設概要は以下のとおり。

表 3.1-1 既設 Duri Kosambi STP 施設概要

施設所管	所有:DKI 政府、運転管理:PD PAL JAYA	
収集範囲	DKI 全域	
計画処理能力	旧施設 300m³/日、増設施設 600m³/日、合計 900m³/日	
処理方式等	旧施設:受入・貯留-重力沈降分離-酸化池	
	増設施設:受入・前処理・貯留-機械式固液分離-曝気酸化池-酸化池、	
	汚泥:天日乾燥	
	フローシート:図 3.1-1、施設配置:図 3.1-2	
竣工年	当初:1994年、増改造:2012年	
設計	当初: PT. WCO TIRTA、增改造: Huber Technology Inc.	
	設備仕様 (表 3.1-2 参照)	
排水基準値	【旧基準】	
	pH6-9, BOD50mg/L, CODcr80mg/L, SS50mg/L, Oil25mg/L, NH <sub>4</sub> -N10mg/L,	
	Methylene Blue Compound 2mg/L	
	Standard: Governor Decree DKI Jakarta Province Number:122/2005	
	【新基準】	
	pH6-9, BOD30mg/L, CODcr100mg/L, SS30mg/L, Oil l5mg/L, NH <sub>4</sub> -N10mg/L,	
	TColi3,000number/100mL	
	Standard: Ministry of Environment and Forestry	
	Number: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016	
放流先	Angke 川(水路経由)	
運転管理体制	所長:1名、運転責任者3名、運転員16名、警備員9名	

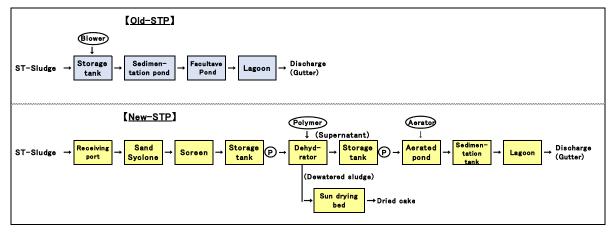


図 3.1-1 既設 Duri Kosambi STP フローシート

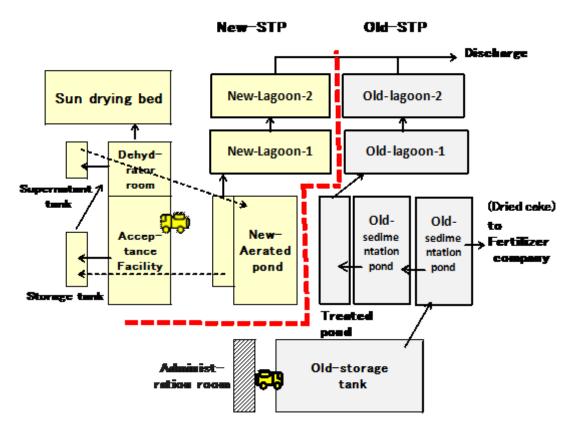


図 3.1-2 既設 Duri Kosambi STP 施設配置図

表 3.1-2 既設 Duri Kosambi STP 設備仕様

3.1.2 Supplies the property of			
Equipment	Units	specification	
I .New STP (Installed in 2010)			
1.Receiving & Storage Process			
Receiving Port	6	Hose connect type	
Sand separator	3	Liquid Cyclone, 12.5m <sup>3</sup> /h	
Fiber separator	3	Screen, 12.5m <sup>3</sup> /h	
Storage tank	1	Pond type, 296m <sup>3</sup> , 31×5.3×H1.8m	
2.Solid-Liquid separation process			
Dehydrator	2	Screw press, 10m³/unit×2Units	
Polymer dissolver	2	Powder solution type	
Polymer feed pump	2	Metering pump	
Supernatant storage tank	1	Pond type, 114m <sup>3</sup> , 12×5.3×H1.8m	
Cake conveyor	1	Belt type	
Cake Transporter car	1	Loader type	
3. Supernatant treatment process			
Aeration pond	1	Pond type, 1,820m <sup>3</sup> , 50×28×H1.3m	
Aerator	4	Sub surface aerator, 10kw×4Units	
Sedimentation pond	1	Chain scraper type, 120m <sup>3</sup> , 15×4×H2m	
Lagoon	2	Pond type, 2,584m <sup>3</sup> , 38×20×H1.7m×2	
4.Sludge drying process			
Sun drying bed	1	Floor walled type, 900m <sup>2</sup> , 20×45m	
II.Old STP (installed in 1984)			
1.Receiving & Storage Process			
Receiving Port	None	Dumping type	
Sand separator	None		

*八千代エンジニヤリング㈱* ファイナル・レポート

Equipment	Units	specification
Fiber separator	1	Channel of punching metal type
Storage tank	1	1,500m3, 15×5×H2.5m×8tanks, Air mixing type
2.Sludge treatment process		
Sedimentation pond	2	4,340m <sup>3</sup> , 50×28×H3.1m×2ponds
3. Supernatant treatment process		
Facultative pond	1	3,370m <sup>3</sup> , 50×16.5×H2.1m
Lagoon	1	Pond type, 912m <sup>3</sup> , 38×20×H1.2m
4.Sludge drying process		
Sludge drying pond	1	45×48×H2.1m
Cake lifting device	1	
→ Common to New series (Sun drying bed)		

## (3) 運転実績等

## (a) 汚泥収集

汚泥収集は PD PAL JAYA 及び民間業者が行っている。現在、既設 STP に搬入される汚泥の大部分は民間業者が搬入するものである。民間業者は、収集した汚泥を汚泥処理施設に持ち込むにあたって、汚泥処理施設を管理する PD PAL JAYA により、 $1m^3$  当たり IDR25,000(210 円)の処理料金を徴収される。収集車両は、標準が 4 トン(3.7 トン)で、PD PAL JAYA が保有するものは合計 31 台(内 15 台はパネルカバー取付工事中)、その他は民間事業者の所有(改定 M/P 時 70 台、現時点の台数は不明)である。施設への 1 日延べ搬入台数は  $60\sim75$  台である。

## (b) 汚泥搬入実績

2016 年の搬入実績は表 3.1-3 のとおりである。年間汚泥搬入量は 49,268 $\mathrm{m}^3$  であり、日平均搬入量は年平均で  $135\mathrm{m}^3$ /日であるが、10-12 月平均は  $172\mathrm{m}^3$ /日と増加傾向にある。搬入量に占める PD PALJAYA の割合は 3.5%である。

表 3.1-3 汚泥搬入実績 (2016年)

(単位: m³)

Month	PD PAL JAYA	Private	Total
Jan	0	2,311	2,311
Feb	57	3,273	3,330
Mar	112	3,575	3,687
Apr	107	3,629	3,736
May	138	4,413	4,551
Jun	118	3,877	3,995
Jul	80	3,575	3,655
Aug	178	4,373	4,551
Sep	247	3,726	3,973
Oct	206	4,948	5,154
Nov	276	5,059	5,335
Dec	181	4,809	4,990
Yeary Total	1,700	47,568	49,268
Daily average	4.7	130	135

出典: PD PAL JAYA (2016年12月)

## (c) 運転経費

2016 年の運転経費は表 3.1-4 に示すとおり、支出額は IDR1,820,703,000 (約 1,500 万円) であり、内訳は薬品等用役費が IDR648,000,000 (38%)、補修費が 72,783,000 (4.0%)、臨時職員人件費が 1,099,920,000 (58%) である。また、収入額は IDR1,354,870,000 (約 1,100 万円) であり、収支は IDR465,833,000 (約 400 万円) の赤字である。なお、PD PAL JAYA は DKI 政府予算へのアクセスがないため、その費用は自らの収入で賄うのが原則であり、このため、既設 Duri Kosambi STP についても、収入 (民間業者が支払う処理料金)の範囲内で運転経費を賄うのが原則となっている。このため、更なる運転経費削減を求められており、同処理施設から発生する汚泥の処分費用を出す余裕は全くないのが現実である。

他方で、民間汚泥引き抜き業者は処理料金を支払う必要があるため、彼らがそれを回避するため引抜いた汚泥を河川や運河に投棄する逆インセンティブを与えている。実際、現場で聴取した結果によれば、オンサイト汚泥の河川投棄は後を絶たない由である。因みに、日本では、汚泥処理の費用は地方自治体が税金を原資に負担するのが原則であり、オンサイト汚泥処理の費用はDKI政府が予算処置してPD PAL JAYA に支払うようにするべきである。

Details IDR/Month IDR/Year No. Expenditure 1. Services 31,000,000 372,000.000 Chemicals 23,000,000 276,000,000 2 Electricity Water supply 54,000,000 648,000,000 Sub Total Repair 4 Emergency response for conventional pond 40,424,000 7,253,000 Repair the conventional room 14,036,000 Repair the pipe installation conventional system Repair the rain gutters in New system room 6,070,000 Rent the asset of Duri Kosambi to government 5,000,000 Sub Total 72,783,000 Etc. 27,000,000 Internet & telephone 2,260,000 1,400,000 16,800,000 Environment security coordination (11) Non-permanent Employee salary 88,000,000 1,056,000,000 91,000,000 Sub Total 1,099,920,000 Total 1,820,703,000 1,354,870,000 Income △465,833,000

表 3.1-4 運転経費

出典: PD PAL JAYA (2016年12月)

#### (4) 放流水 BOD 測定値

毎月 PD PAL JAYA が実施している放流水質 (BOD) 分析結果は、表 3.1-5 に示すとおり 2016 年実績で、BOD の平均値が New STP 71mg/L、Old STP 74mg/L であり、設計基準 BOD の 50mg/L を超えている。

表 3.1-5 既設 Duri Kosami STP の放流水質 (BOD) 分析結果

(単位: mg/L)

Year/Month	New Series	0 ld Series
2016 Aug	41	56
Sep	56.5	51.5
0 ct	68	51.5
Nov	71	64.5
D ec	73.5	61.5
2017 Jan	65.5	50
Feb	98	130
M ar	86	102
Apr	78	97
Average	71	74

出典: PD PAL JAYA (2016年12月)

#### 3.1.2 設計条件の検討

施設への汚泥搬入は、New STP が週 5 日(月~金曜日)、Old STP が週 2 日(土、日曜日)としている。各 STP の運転は、New STP が脱水一週 5 日、水処理-24 時間連続、Old STP が沈降槽投入一週 2 日、水処理-24 時間連続としている。施設の設計条件の検討に際しては、実質的に汚泥処理を行っている New STP 施設を対象とした。

### (1) 受入前処理設備

前処理装置は、3 ユニットで構成され、1 ユニットは受入口(2 基、予備 1 基)・サイクロン(1 基)・スクリーン(1 基)が自然流下式で直列に繋がった構造である。車両の受入時間は、設計は不明であるが、実態は週 5 日、 $7:00\sim16:00$ 、9 時間/日である。前処理装置の設計について、指摘すべき問題点は次のとおりである。

- ① 前処理装置には合計 6 基の受入口があるが、1 ユニットの受入口 2 基のうちの 1 基は予備の役しか果たしておらず、同時受入可能な口数は 3 基。このため、バキュームカーの同時受け入れ可能台数は、3 台が限度であり、現状処理量 150m³/日には対応しているものの、搬入量が増加した場合には受入口数が不足し、車両待機が生じるなど処理能力に影響を及ぼす。
- ② 受入口から前処理機への汚泥移送は、自然流下式であること、受入口のレベルが高いこと、ホース接続が差し込み式であることなどのため、排泥作業時に汚泥が床に漏れ、作業時間がかかる原因となっている。また、ホース形状によっては受入口が使用できず、ステージ側溝に汚泥を直投している例もみられた。
- ③ 汚泥貯留槽は、容量 296m³であり計画処理量 500m³/日に対して 0.6 日分と余裕がない。ただし、現状処理量 150m³/日に対して 2 日分が確保されている。
- ④ 汚泥貯留槽には攪拌機が備わっておらず、槽内で濃度分布が生じ、脱水工程において凝集効

果が不安定になる要因となっている。

以上のとおり前処理設備は構造に不備があり、受入汚泥の一部は前処理機を通さず、直に貯留 槽に投入しているなどが指摘される。

表 3.1-6 受入前処理設備

項目	設計能力	実負荷・能力
受入口	6 基同時使用	最大3基同時使用
前処理機	能力 12.5m³/h×3 基×8h=300m³/日	構造不良のため、搬入車両の 20%は前処理機を通さず、汚泥貯留槽へ投入している。
汚泥貯留槽	容量 296m³、296m³÷500m³/日=0.6 日 分	実処理量 150m³/日に対して 2 日分である。

出典: JICA 調査団





出典: JICA 調査団

図 3.1-3 汚泥受入口構造不良(左)、側溝への直接排泥例(右)

# (2) 固液分離設備 (スクリュープレス脱水機)

固液分離は、ポリマー凝集後、脱水機へ移送する構造であるが、課題は次のとおりである。

▶ ポリマー注入装置の自動制御系統が故障しており、手動操作で薬剤注入を行っているが、薬 剤選定や注入量調整などに留意した運転が行われていない。運転管理技術の向上が必要であ る。

以上のとおり固液分離設備は、構造ならびに運転管理に課題があり、計画の機能が発揮されていない状況である。なお、脱水ケーキの水分測定結果は89%と高めであった。

表 3.1-7 固液分離設備

項目	設計能力	実負荷・能力
スクリュープレス	能力 10m³/h×2 基×24h/日=480m³/日	150m³/日の汚泥を 9 時間で処理しており、実能力
脱水機		は 150m³/日÷9h/d÷2 基=8.3m³/時・基<10m³/時・基
固液分離機能	不明	SS 回収率は99%と良好。(供給汚泥 SS15,500mg/L、
		分離液 SS70mg/L)
		ケーキ水分 89%と脱水効率低い
脱水分離液槽	容量 114m³、114m³÷500m³/日=0.2 日分	114m³÷150m³/目=0.8 目分

## (3) 曝気酸化池・酸化池設備

曝気酸化池は、旧設備の沈降池を改造したもの。酸化池は、旧設備を継続使用しており、外部コンサルタントによる性能評価報告書 Laporan Teknis Review IPLT Duri Kosambi によると、曝気酸化池の漏水、エアレーターの故障(4基のうち2基停止)等について経年損傷が指摘されている。

設計水槽容量、処理機能を検討すると次のとおりである。

- 処理水 BOD は 76mg/L (ATU-BOD42mg/L) T-N 80mg/L であり、BOD 除去率は、T-BOD が 56%、ATU-BOD¹が 73%である。ATU-BOD で処理機能を検討すると、設計 BOD50mg/L は満足しているが、新基準 BOD30mg/L を超えている。原水の脱水分離液性状(ATU-BOD 179mg/L T-N 317mg/L)からみて、酸化池方式であることを考慮すると、おおむね所定の機能が得られていると判断される。
- ② 流入原水 (脱水分離液) の NH<sub>4</sub>-N149mg/L (T-N317mg/L) からみて、曝気酸化池における酸素供給量を増やすことにより BOD の削減とアンモニアの分解 (硝化反応) の促進が期待できるが、pH 調整など運転に工夫が必要となろう。なお、脱水分離液を下水と共に処理する際は、脱水分離液による窒素負荷に留意する必要がある。

TATE TO SECURE THE PROPERTY OF								
項目	設計能力	実負荷・能力						
処理機能	処理水 BOD50mg/L(推定)	流入 BOD: T-BOD179mg/L、ATU-BOD158mg/L						
	処理水 NH <sub>4</sub> -N(不明)	処理水 BOD: T-BOD76mg/L、ATU-BOD42mg/L						
		BOD 除去率 57%、(ATU-BOD 除去率 73%)						
		処理水 N:NH4-N17mg/L、T-N80mg/L						
		NH <sub>4</sub> -N 除去率 89%、(T-N 除去率 75%)						
曝気酸化池	容積 1,820m³(3.6 日分)	実滞留時間 12 日						
	BOD 容積負荷(不明)	実 BOD 容積負荷 0.015kg/m³・日						
酸化池	容積 2,584m³(5 日分)	実滞留時間 17 日						

表 3.1-8 曝気酸化池・酸化池設備

出典: JICA 調査団





出典: JICA 調査団

図 3.1-4 汚泥凝集操作不良(左)、脱水汚泥水分過多(右)

\_

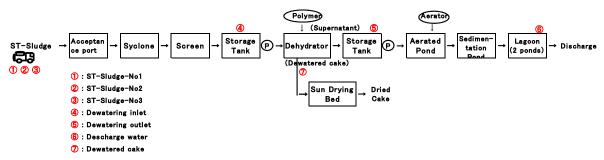
<sup>1</sup> BOD には、生物分解に必要な酸素量(BOD-C)と、硝化(アンモニアの分解)に必要な酸素量(BOD-N)とがあり、両方を足した値が BOD の値として計測される。アンモニアが多く含まれる汚水の場合、BOD-N が高いため、BOD-C よりも BOD 値がかなり高く出ることがある。BOD-C が増えると溶存酸素(DO)が減るという関係はあるが、BOD-N が増えても溶存酸素(DO)は減らない。このため、BOD-C は汚水の汚濁度を測る指標として有効だが、BOD-N は水の汚濁度とは無関係なので、アンモニアが多く含まれる水の汚濁度を測るためには、BOD 値から BOD-N を引く必要がある。具体的には、検査対象汚水に薬品を注入して硝化反応を抑えた上で BOD を測定する方法であり、これから得られる値を ATU-BOD と呼ぶ。

# 3.1.3 水質調査結果に基づく処理機能の検討

既設 Duri Kosambi STP の Old STP と New STP における水質調査結果ならびに処理機能の検討結果は、次のとおりである。

# (1) 試料採取場所

試料採取は、図3.1-3に示すとおりである。



出典: JICA 調查団

図 3.1-5 New STP の処理フロー及び水質調査試料採取位置

## (2) 水質調査結果

水質調査結果は、表 3.1-9 のとおりである(付録 A6 参照)。

Sample Dewatering Inlet Dewatering Outlet Lagoon Outlet Dewatered Cake Acceptance ST-Shidge (Point, No.) (Discharge (Storage Tank (Supernatant (Vacuum Truck-Hose) Method (Cake conveyor) liem Tank-Inlet) Water) -Upper) Date 31th May AM9:40 AM10:00 AM10:20 AM10:30 AM1030 AM10:50 AM10:40 Temperature (°C) 33 33 APHA2550-B-2012 32 11 33 32 7.74 рH 7.41 7.83 7.66 8.25 SNI 06-6989, 11-2004 BOD (mg/L) 2,220 1,790 3,190 481 179 76 APHA 5210-BOD-B-20055 ATU-BOD APHA 5210-BOD-B-20055 (mg/L)2.210 1,780 3.170 462 158 42 CODc 4,380 6,870 1,023 281 109 SNI 6989-2:2009 2.660 (mg/L) 15,340 560 70 12 SNI 06-6989(1)-03:2004 SS 15,140 (mg/L) T-N (mg/L) 697 460 421 343 317 80 APHA4500-Norg-B-2012 NH4-N 302 201 193 163 149 17 SNI 06-69893 2005 (mg/L) SNI 06-6989-09:2004 NO2-N 0.007 14 (mg/L) NO3-N (mg/L) 28 23 HACH/Nitraver T-P (mg/L) 6.2 39 2.5 13 10 5.2 APHA 4500-P-E 2012 Total coliform 24,000 APHA 9221B:2005 Water content 89 SNI 1965:2008

表 3.1-9 水質調査結果

## (a) 搬入汚泥

搬入汚泥は、バキューム車のホース出口から3検体を採取した。対象汚泥は住宅系セプティッ

クタンク引き抜き汚泥である。外観は、黒色で臭気は少なく、セプティックタンク内である程度消化が進行していることが伺える。3 検体の性状のバラツキをみると、SS が 1.5~1.6%に対して BOD が 1,800~3,200mg/L と変動幅が大きく、セプティックタンクの負荷条件の違いにより溶解性有機物濃度に差が生じたためと考えられる。T-N は 421~697mg/L の範囲で変動しているが、NH4-N の T-N に対する割合を求めると 43~47%であり、有機性窒素が半分程度占めていることが分かる。T-P は 2.5~39mg/L であり、バラツキがみられる。



出典: JICA 調査団

図 3.1-6 曝気酸化池エアレーター故障

表 3.1-10 既設 Duri Kosambi STP における汚泥の水質分析結果

Item	ST-Sludge-1	ST-Sludge-2	ST-Sludge-3	Average
BOD (mg/L)	2,220	1,790	3,190	2,400
CODcr (mg/L)	4,380	2,660	6,870	4,640
SS (mg/L)	15,140	15,340	15,960	15,500
T-N (mg/L)	697	460	421	526
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	302	201	193	232
T-P (mg/L)	6.2	39.0	2.5	15.9

出典: JICA 調査団

## (b) 汚泥貯留槽表層液

脱水機供給汚泥は、汚泥供給ラインから採取できなかったため、参考として汚泥貯留槽の表層液(スカム除く)を採取した。表層液の性状は、搬入汚泥(平均値)に比べて、SSが1/3程度と低く、汚泥貯留槽内で固形物が沈降分離していることが伺える。これより、搬入汚泥は沈降性が良く、汚泥貯留槽での沈降分離度合いや液面変化により脱水機供給汚泥の濃度が変化している可能性がある。槽内汚泥濃度の均質化対策として、撹拌機の設置が有効である。

表 3.1-11 搬入汚泥と汚泥貯留槽表層液の性状比較

Item	ST-Sludge	Storage Tank-
Item	(Average)	Surface layer
BOD (mg/L)	2,400	481
CODcr (mg/L)	4,640	1,023
SS (mg/L)	15,500	560
T-N (mg/L)	526	343
NH4-N (mg/L)	232	163
T-P (mg/L)	15.9	13

出典: JICA 調査団

## (c) 脱水分離液

脱水分離液は、脱水機から脱水分離液貯槽に流下する配管出口から採取した。性状値は BOD179mg/L (ATU-BOD158mg/L)、SS70mg/L、T-N317mg/L、NH<sub>4</sub>-N149mg/L、NO<sub>3</sub>-N28mg/L であ

り、硝酸性窒素が検出されたことから、汚泥貯留槽内で窒素の硝化反応が進行している可能性がある。汚泥貯留槽の滞留時間は2日と短いが、汚泥が沈降し、酸化池的な機能が生じている可能性がある。

## (d) 放流水

放流水は酸化池出口表層から採取した。外観は緑色を呈しており藻類発生による影響が認められた。 性状値は BOD76mg/L (ATU-BOD42mg/L)、SS12mg/L、T-N80mg/L、NH<sub>4</sub>-N17mg/L、NO<sub>2</sub>-N14mg/L、NO<sub>3</sub>-N23mg/L である。ATU-BOD は、放流水 BOD 基準(新基準)30mg/L 以下に対して上回っているが、設計値 BOD50mg/L は満足している。酸化池の実滞留時間は17日であり、所定の酸化池機能は発揮されていると判断される。

#### (e) 脱水汚泥

脱水汚泥は、脱水汚泥コンベアから採取した。分析値は水分 89%と脱水が不完全であり、凝集 条件(薬剤種類、注入量等)に問題があったと推測される。

#### 3.1.4 施設の課題と改善案

## (1) 施設の運転体制

### (a) 施設稼働

Old STP の運転は、搬入は土曜日・日曜日(無人)のみ行い、汚泥貯留槽に蓄えた汚泥 150m³ を月~金曜日に処理する方法としている。一方、New STP では搬入及び固液分離操作を月~金曜日に行い、分離液処理は 24 時間連続処理する方法としている。Old STP において無人の土曜日・日曜日に搬入が可能な理由は、除渣装置を設けていないため汚泥貯留槽への直接投入が可能であることによる。運転効率や経費節減の面から人力かつ非衛生作業を伴う Old STP の稼働を休止することが望ましいが、New STP の受入設備能力が不足していることも原因している。改善策として、New STP の受入・脱水設備の運転体制を現行の週 5 日から週 7 日体制に切り替え、Old STPを休止させる方法があるが、週 7 日稼働に対応した勤務体制の導入などの工夫が必要であろう。

## (b) 運転技術

New-STP では、固液分離(脱水)工程の運転方法に改善が必要である。すなわち、凝集剤種類の選定、凝集剤溶解濃度設定や注入量調整など指標(運転マニュアル)に沿った運転が行われていない。そのためには、PD PAL JAYA の試験室を活用して凝集試験データに基づいた運転管理指標を作成するなどの改善が必要である。また、運転員に対して技術研修を行うなど能力強化対策も有効である。なお、脱水効率の向上は、運転経費節減はもとよりケーキの減量化に繋がると期待される。



出典: JICA 調查団

図 3.1-7 汚泥乾燥床堆積状況

### (c) 作業安全

不衛生作業は、人力作業が主体の Old STP で多く見かけられる。特に汚泥貯留槽における除渣や槽内清掃は、汚泥に触れる作業があり、改善が必要である。現行の穴あき水路(スクリーン)による除渣方式から自動掻き上げスクリーン式に改善する方法がある。

## (d) 設備改善(New STP 新系列)

### 1) 投入ステージの嵩上げ

バキューム車タンクとホース受入口のレベル差が小さく、投入時間の延長や受入口からの液漏れが見られ、搬入作業の非効率や非衛生が指摘される。投入ステージを嵩上げ・スロープ式に改善する方法がある。

#### 2) 汚泥貯留槽の攪拌

脱水機供給汚泥の SS 濃度を一定に保って脱水機能の安定化を図る対策として、汚泥貯留槽内に水中攪拌機を設置する方法がある。

### 3) 曝気酸化池のエアレーター整備

現在、エアレーター4 基のうち、2 基が故障して停止している。エアレーターの運転により、処理水の BOD やアンモニア性窒素の分解促進が期待できる。そのためには、槽内 DO の測定や水質測定を定期的に実施する必要がある。

#### 4) 天日乾燥床に堆積した乾燥汚泥の処分

脱水した汚泥は天日乾燥床(面積 900m²)に送られ、乾燥による減容が行われているが、同天日乾燥床には、現在、全床面において床面から 1m 以上汚泥が堆積しており、少なくとも 900m³の乾燥汚泥が処分されずに放置されているものと考えられる。現時点では、天日乾燥床は既に満杯状態で、脱水汚泥の乾燥を促進するための天地替えを行うことも困難な状況にあるため、脱水汚泥の大部分は、天日乾燥床の外の汚泥処理場の敷地内に野積みされており、計画的な汚泥処分が行われている形跡は無い。その処分先について、現場スタッフに聴取したところ、月に1回、

ボゴールにある肥料工場から 600kg の乾燥汚泥を引き取りに来ること及び汚泥処理場用地 (ゾーン 6WWTP 用地を含む) 内で農耕を行っている農民に配布している以外は、処分先は無いとのことであった。この計画的処分につき、緊急に対策を検討する必要があるが、脱水汚泥の処分にはお金がかかるので、予算措置がなされる必要がある。

## (2) 今後の汚泥処理量増加に対する対応策

WWTP(第6処理区)におけるフェーズ 1 施設建設完了までの間に、既設 STP では汚泥処理量が現在の  $150\text{m}^3$ /日から増加する可能性がある。仮に  $400\text{m}^3$ /日に増加した場合、現行の汚泥処理プロセスでは、New STP の固液分離設備(スクリュープレス脱水機)は運転時間を延長することにより対応可能であるが、New STP の汚泥受け入れ施設及び酸化池の能力は不足しており、また、Old STP が旧式であり処理機能が安定していないことから、対応することが困難である。このため、現行プロセスに最低限の変更を加えることにより、既設 STP 施設により  $400\text{m}^3$ /日までの汚泥量増加に対応する方策を検討すると図 3.1-4 および次のとおりである。

#### (a) 優先すべき対策

・ 脱水汚泥の安定した処分方法の確立(汚泥処理量増加のネックとなる恐れがあるため)。

#### (b) Old STP の運用休止、旧汚泥貯留槽および旧ラグーンの活用

- New STP 用として旧汚泥貯留槽を活用する(New STP の汚泥受入施設の能力不足を補うため)。
- 旧汚泥貯留槽から新汚泥貯留槽へポンプ移送する設備を設ける。
- 汚泥脱水機の運転時間を延長する。
- 曝気酸化池の曝気装置の改修および運転時間の延長を行う。
- 新、旧ラグーンを統合利用する(New STP の酸化池の能力不足を補うため)。

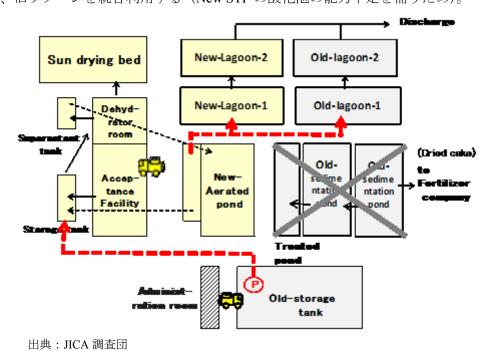


図 3.1-8 既設 Duri Kosambi STP 改造配置図

# (c) 上記改善における設計条件の検証

計画汚泥処理量を 400m³/日と仮定し、設計条件を検証すると次のとおりである。

## 1) 旧汚泥貯留槽

滞留時間:  $1,500 \text{ m}^3 \div 400 \text{ m}^3/\text{日} = 3.5 \text{ 日}$ 

#### 2) 汚泥脱水機

・運転時間: 400m³/日 ÷ 20m³/時/2units = 20 時/日 (7 日/週、午前 7:00-翌午前 3:00)

## 3) 曝気酸化池

- ・滞留時間: 1,820 m<sup>3</sup>÷ 400m<sup>3</sup>/日 = 4.6 日、EPA standard 2-6 日より OK
- ・BOD 面積負荷: 400m³/日×179 mg/L/1000÷1,400m²/1000 = 0.051kg-BOD/m²・日 =51kg-BOD/1,000m²・日、EPA standard 112-225 kg-BOD/1,000 m²・日を下回っており OK

### 4) Lagoon

- ・滞留時間: 3.912m<sup>3</sup> ÷ 400m<sup>3</sup>/日 = 9.8 日、EPA standard 7-50 日より OK
- ・BOD 面積負荷: 400m³/日×179 mg/L/1000÷2,880m²= 0.024kg-BOD/m²・日=24 kg-BOD/1,000m²・日、EPA standard 22-56kg-BOD/1,000m²・日より OK

Application Typical Loading Typical Typical Depth (m) Pond Comments Detention (BODs) Time (d) Anaerobic Industrial 80-4500 kg/ 5.50 2545 Subsequent wastewater 1000 m²/d treatment normally Raw municipa Most commonly used 1000m<sup>2</sup>/d wastewater. Effluent wastewater treatment pond. May be aerobic from primary through entire depth if lightly loaded. treatment, trickling filters, aerated ponds, or anaerobic ponds 112-225 kg/ 1000 m<sup>2</sup>/d Aerobic Generally used to 2.6 0.18-0.3 Maximizes algae treat effluent from production and, if other processes algae are harvested, nutrient removal. low in soluble BODs and high in algal

表 3.1-12 基準排水池の仕様 (参考)

出典: Principles of Design and Operation of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Manager, EPA

## (d) 上記改善策に伴う既設 STP の O&M 費用増加への対応

Old STP の運用休止・New STP の全面引用により、乾燥汚泥処分費用・薬品日・電気代・人件費等の O&M 費用の増大が見込まれ、現在の収支構造では対応が難しくなるので、O&M 費用に対する DKI 政府の支援が必要である。

**八千代エンジニヤリング㈱** ファイナル・レポート

- 3.2 オンサイト汚泥発生量とゾーン6下水処理場で処理するオンサイト汚泥量
- 3.2.1 DKI ジャカルタにおけるオンサイト汚泥発生量予測とオンサイト汚泥処理能力
- (1) オンサイト汚泥管理の必要性とインドネシア政府の方針

改定 M/P によれば、ジャカルタの住民の内、下水道接続人口が 2%、オンサイト(セプティックタンク)人口 85%、野外排泄人口 13%であった。

日本の浄化槽のような好気性オンサイト汚水処理システムであっても、セプティックタンクのような嫌気性オンサイト汚水処理システムであっても、その運転の過程で汚泥が発生するので、汚泥管理(槽内に溜った汚泥を適切に除去し処分すること)が重要である。日本では、浄化槽法(1983年制定)により、浄化槽管理者は年に最低一回浄化槽の清掃(汚泥引抜き)を行うことが義務付けられており、また、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(1970年制定)により、各地方自治体は汚泥処理施設を整備する義務を負い、共に励行されている。

しかし、東南アジア諸国等の途上国のオンサイト汚水処理システムとして広く普及しているセプティックタンクの汚泥管理はこれまでほとんど行われていなかった。世界のサニテーション専門家は、近年、この問題をサニテーションのミッシング・チェインと位置づけ、その改善に取り組んでいる。開発用語としては、Septage Management 若しくは Faecal Sludge Management (FSM)と呼ばれる<sup>2</sup>。汚泥管理が行われていない状況下では、汚水処理施設である筈のセプティックタンクがむしろ汚染源となっている実態があり、この問題はサニテーション問題であるだけではなく、汚水管理上の問題でもある(付録 A7 参照)。

「イ」国政府も、トイレの整備や下水道の整備と並行して、Septage Management に力を入れており、その中核となる方策は、定期汚泥引抜き制度の導入と、全国の全 517 自治体における汚泥処理施設の整備である。「イ」国政府(BAPPENAS 及び公共事業省)は、地方自治体が定期汚泥引抜き制度を構築することを推奨し、現在、ソロ(スラカルタ)市、マカッサル市、バリクパパン市、ジャカルタ市、バンドン市等 40 の自治体が、世銀や USAID 等の支援を得て、パイロット事業を実施中である $^3$ 。

オンサイト汚泥管理については、家庭のセプティックタンクにとって重要なだけではなく、 国際的な商業都市であるジャカルタの 4,000 棟以上のビルの ITP の維持管理の改善のために も必要である。これらのビルの ITP の排水水質基準は、BOD50mg/L以下(2005年)、BOD30mg/L (2016年) と、規制が強化され、嫌気性のセプティックタンクから日本式の浄化槽も含む好 気性の処理施設に転換してきており、要汚泥引抜き量も大きい。

#### (2) 改定 M/P におけるオンサイト改善計画とオンサイト汚泥処理計画

改定 M/P におけるオンサイトシステム改善計画の概要は以下の通りである。同計画では、家庭のセプティックタンクの定期汚泥引抜き制度の導入、商業施設の ITP の運転管理の改善、そのための体制強化、等を提案している。また、これらの改善が行われることを想定して、オンサイト

-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> USAID 'A Rapid Assessment of Septage Management in Asia: Policies and Practices in India, Indonesia, Malaysia, the Philippines, Sri Lanka, Thailand, and Vietnam, 2010'.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> MPWH 'SEWERAGE DEVELOPMENT IN INDONESIA' Conference on Watershed Management for Controlling Municipal Wastewater in South East Asia (July 2016)

汚泥発生量が  $257m^3$ /日(2012 年)からピーク時には  $3,887m^3$ /日(2030 年)に増加し、それを新規に建設するオンサイト汚泥専用施設 1 箇所( $600m^3$ /日)と下水処理施設での統合処理( $3,287m^3$ /日)により処理する計画となっている。

表 3.2-1 オンサイトシステム改善計画(改定 M/P)の概要

Issues to be Solved									Measure	
On-site desludging is implemented on an on-call basis only. Sludge accumulates									e the regu	lar
in the tank an	d the ef	fective tr	eatment	capacity	decreases	s. This 1	eads to	desludgi	ng system	in DKI
deterioration of	the treat	tment fun	ction and	d the leal	king of s	ludge out	of the	Jakarta.		
system, which t	hen caus	es enviro	nmental <sub>J</sub>	pollution	of rivers	and unde	rground			
water sources.										
Conventional se	ptic tank	treats bla	ck water	(wastewa	iter from	toilet) onl	y. Grey	Replace	with mod	ified
water (domestic	wastew	ater from	n kitchen	, etc., ot	her place	es than to	oilet) is	septic ta	nks that tr	eat both
discharged with	out treatm	ent and is	polluting	g public w	ater bodie	es.		black wa	iter and gr	ay water.
Individual Treat	ment Plar	nt (ITP) of	commer	cial buildi	ings and o	ffice build	lings	Operate	ITP appro	priately
are not appropria	ately oper	ated and	desludgin	g is rare.	Some ITP	s do not n	neet the	and perf	orm deslu	dging
effluent standard	set by D	KI Jakarta	a (2005).					based on stronger ITP		
								management.		
Weak institution	al arrange	ement						Improve the institutional		
								arrangement.		
Estimated genera	ated sludg	ge volume	is as foll	lows:						
									(unit: m	3/日)
Year	2012	2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CST	257	307	354	544	495	403	298	183	77	0
MST	0	620	679	960	1,366	1,638	1,723	1,660	1,433	1,000
ITP								1,385	808	0
Sludge(total) 257 1,385 1,564 2,370 3,279 3,887 3,752								3,229	2,317	1,000
Capacity	600	450	1,050	1,050	600	600	600	600	600	600
Co-treatment	0	934	514	1,320	2,679	3,287	3,152	2,329	1,717	400

出典: JICA 改定 M/P ページ NMP-7 'Table S3-4 Outline of Improvement Plan for On-site System'

改定 M/P におけるオンサイト汚泥処理施設改善計画は、以下の通りである。統合後の Duri Kosambi (ゾーン 6 下水処理場) の汚泥処理施設は、 $950 \text{m}^3$ /日のオンサイト汚泥処理能力を見込んでいる他、Zone-1、5、8、10 の WWTP においても統合処理を行う計画となっている。

表 3.2-2 オンサイト汚泥処理施設改善計画(改定 M/P)の概要

Method for Improvement	Outline of Improvement Plan				
[A] Existing sludge treatment plants (STPs)	<ul> <li>[Short-term plan]</li> <li>Integrating Duri Kosambi STP with newly constructed WWTP: Up to 950 m³/day</li> <li>Rehabilitation and expansion of Pulo Gebang STP: Up to 450m³/day</li> <li>[Medium-term plan]</li> <li>Integrating Pulo Gebang STP with newly constructed WWTP: Up to 940m³/day</li> </ul>				
[B] Constructing a new sludge treatment plant (STP) in the southern area of DKI	• Capacity of new STP: 600 m <sup>3</sup> /day				
[C] Co-treatment of septic sludge at WWTPs	Off-site WWTPs to be constructed under the short- and medium-term plans receive and treat septic sludge (sludge from on-site facilities).				
	[Receiving WWTP]  • (Zone No.1)-Pejagalan WWTP: Up to 790 m³/day  • (Zone No.5)-Suntar Pond WWTP: Up to 410 m³/day  • (Zone No.8)-Marunda WWTP: Up to 570 m³/day				

出典: JICA 改定 M/P ページ NMP-7 'Table S3-5 Outline of Facility Improvement Plan for Sludge Treatment' 本事業の F/S においても、改定 M/P の考え方を踏襲し、ゾーン 6WWTP におけるオンサイト汚

泥処理能力を930m³/日に設定している。

なお、改定 M/P における STP 改善計画(DKI 全体で  $3,887 \text{m}^3$ /日のオンサイト汚泥受け入れ能力を整備)の規模は、フィリピン国マニラ市東部地区(人口 600 万人)において、①インターセプター方式による下水道整備、②オンサイト(セプティックタンク)汚泥管理の改善(Septage Management)、の 2 本立てにより汚水管理を行う戦略を採り実施している民間コンセッション業者であるマニラウォーター社が、合計  $1,400 \text{m}^3$ /日のオンサイト汚泥処理能力を有するオンサイト汚泥専用処理施設を既に整備済みであることを勘案すると、必ずしも過大とは言えない。

マニラウォーター社は、WWTPとは別にオンサイト汚泥専用処理施設を整備したが、DKIでは WWTP 用地とは別にオンサイト汚泥処理施設用地を確保することが困難なことと、二重投資を避ける観点から、改定 M/Pでは、基本的にオンサイト汚泥処理施設は下水処理場の汚泥処理施設に統合する計画としている。

## (3) **DKI** 政府のオンサイト汚泥管理の政策、実施体制、実施状況

DKI でセプティックタンクを使っている家屋のトイレは水洗化されている。定期汚泥引抜き制度が存在しない現在の DKI では、住民は、セプティックタンクが汚泥で満杯となりトイレが閉塞して使えなくなった時に、汚泥引抜き業者に電話をして来てもらって汚泥を引抜いてもらうのが一般的なプラクティスであり、これを「オン・コール」の汚泥引抜きと呼ぶ。この場合、セプティックタンクの中には 10 年以上汚泥引き抜きが行われない場合があり得るが、そのセプティックタンクの汚水処理機能は何年も以前から失われている筈である。

これに対し、定期汚泥引抜きは、セプティックタンク内の汚泥蓄積量がタンクの容量の三分の一程度に達する以前に汚泥を引抜くことにより、セプティックタンクの処理性能を維持するものであり、使用人数とセプティックタンクの規模との関係が適切であれば、3年間に一回程度汚泥引抜きを行えば、セプティックタンクの処理性能を維持する効果がある、と言われている。

改定 M/P 以前は、セプティックタンクの汚泥引抜きは全て「オン・コール」の汚泥引抜きであり、DKI 清掃局(DK)所有のバキュームトラック(75台)と民間のバキュームトラック(70台)が行なっていた。料金は DK の方が低廉だったが、DK の場合、電話をかけてから実際に来るまで2、3日かかるのに対し、民間の方が、料金は高いが迅速なサービスのため、需要が多かった。既設 STP (Duri Kosambi 及び Pulo Gebang STP)は DK が管理していた。

JICA 改定 M/P (2012 年) の汚水管理行政・業務の一本化の勧告に従い、廃棄物管理に関する DKI 知事令 2013 年 3 号の 58 条 (付録 A8 参照) に基づき、2015 年 1 月に、DK が行っていた既設 STP の管理業務が DK から PD PAL JAYA に移管され、DK が持っていたバキュームトラックの内、状態が良好なものも PD PAL JAYA に移管された。なお、同知事令では、「この移管は、要請に基づく(オンコール・ベースの)汚水管理から定期的な汚水管理に移行するための予算措置に関係する移行期間を置いて実施される。」とされており、DKI において定期汚泥引抜き制度を導入することを目的とした移管であることが条例上明記されている。

更に、DKI の汚水管理のためのインフラストラクチャーと施策のマスタープランに関する知事例 2016 年 41 号において、2022 年に 65%をカバーするべく下水道整備を加速化することとそのた

め 14 の WWTP の用地を確保することを定めると共に、2022 年時点で残る 35%についてはオンサイトでカバーすること、その具体的な施策として、以下の 5 項目を定めている。

- i) ブラックウォーターだけしか処理しない従来型セプティックタンク(CST)を、ブラックウォーターとグレーウォーター双方を処理し汚泥引き抜きが容易な改良型セプティックタンク(MST)に転換する。
- ii) コミュニティー用汚水処理施設の建設を行う。
- iii) 全ゾーンにおいて、汚泥の定期引き抜きを実施する。
- iv) Duri Kosambi と Pulo Gebang の 2 つの既設 STP を新たに建設される WWTP に統合する。
- v) 既設 STP の汚泥処理を、各ゾーンに建設される全ての WWTP に統合する。

現在、DKI では、「オン・コール」の汚泥引抜きは民間汚泥引き抜き業者が行い、その料金は規制されておらず、PD PAL JAYA から得られた情報によれば、セプティックタンクー台あたり  $IDR200,000\sim1,000,000$ (1,650~8,270 円)である。定期汚泥引抜きは、現在は、PD PAL JAYA だけが行っている。その料金は、PD PAL JAYA の Web サイトの下水道料金表に記載されており、登録料 IDR330,000(2,730 円—一括払い若しくは 3 か月分割払い( $IDR110,000\times3$  か月)、月料金 IDR16,500(140 円)である。今後、定期汚泥引抜きを制度化していく際には、民間汚泥引抜き業者を取り込む必要があると考えられる。

PD PAL JAYA が行っている定期汚泥引抜きパイロット事業 PD PAL JAYA 'PAPARAN LAYANAN LUMPUR TINJA TERJADWAL (L2T2)'については、DKI 政府による詳細な規制がない中で住民の自発的な参加意思に基づき実施しているため、参加意思を示しているのはパイロット事業対象地区の住民の8%に過ぎない旨、報告されている。PD PAL JAYA 提供資料によれば、L2T2 プログラムに登録している世帯総数は2017年6月末で1,735世帯。今年は、20地区において各地区で225世帯の汚泥引き抜きサービス(20×225世帯=4,500世帯)を行うことを目標としている由である。「地区」の平均世帯数は12,000世帯なので、これは、対象地区の人口の約2%である<sup>4</sup>。

改定 M/P (ページ B-56) において実施した社会調査によれば、3 年間以内に汚泥引抜きを行った住民は全体の 38%である一方で、一度も汚泥引抜きを行ったことが無い住民も 38%を占め、いつ引抜きを行ったかわからないと答えた住民も加算すれば 45%に達する。トイレの閉塞の問題が生じない限り、住民はセプティックタンクの状態に無関心であることが窺える。

実際、改定 M/P の際に、JICA 専門家チームが PD PAL JAYA と共に行った、PD PAL JAYA が行っている定期汚泥引抜きパイロット事業の対象地の一つの現場調査の際、住民へのインタビューを行ったが、比較的小さな家屋に住みセプティックタンクも容量が 1m³ と小さいためトイレの閉塞が高頻度で発生している低所得家庭が同パイロットプログラムに参加しており、参加者から同プログラムを評価する発言があった。一方、同一地域内でも、比較的に大きな家屋に住みセプティックタンクも 2m³ と比較的に大きくトイレの閉塞を経験していない中所得家庭は、同パイロット事業に参加する意思がないことを表明した(付録 A9 参照)。

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> 1: PD PAL JAYA 'PAPARAN LAYANAN LUMPUR TINJA TERJADWAL (L2T2)' 'REGULAR DESLUDGING SERVICE Presentation' (Slide).

<sup>2:</sup> PD PAL JAYA 'LAPORAN INPUT DATA HASIL SENSUS SARANA SANITASI SETEMPAT KEL. PADEMANGAN BARAT, KEL. KEMANGGISAN & KEL. LENTENG AG UNG (DATA INPUT Report the results of a census of the local SANITATION in West PADEMANGAN Town Village, KEMANGGISAN Town Village & LENTENG AGUNG Town Village)'(2016 April).

このように、定期汚泥引抜きは、必ずしも住民が自発的に受け入れるものではないので、規制 の果たす役割が大きいものと考えられる。

(4) JICA 技プロ「インドネシア国ジャカルタ特別州下水道整備にかかる計画策定能力向上 プロジェクト」(以下、「ジャカルタ下水道技プロ」)におけるオンサイト汚泥管理に係 る規制案の提案

DKI におけるオンサイト改善の重要性に鑑み、インドネシア側の要請を踏まえてジャカルタ下 水道技プロの対象にオンサイトも含まれた、同技プロでは、日本の浄化槽法等に基づく定期汚泥 引抜き制度を紹介すると共に、DKI 政府が策定するべき下水道条例案の一部として、定期汚泥引 抜き制度も含むオンサイト改善のための具体的な条例案を提案している(付録 A10 参考)。

定期汚泥引抜きの規制方法としては、大別して、

- ① 個々の住民に定期汚泥引き抜きを義務付け、他方で、汚泥引抜き業者の資格制度や訓練制度を設け、住民が汚泥引抜き料金を汚泥引抜き業者に支払う。
- ② 定期汚泥引抜きを市当局や下水道公社の義務とし、市当局や下水道公社が、自ら若しくは民間汚泥引抜き業者を使って無料の汚泥引抜きサービスを提供し、その費用として全住民から「環境料金」若しくは「汚水料金」を徴収する。

の2つの方法がある。日本の浄化槽汚泥については①の方法で実施しているが、途上国でセプティックタンクの定期汚泥引抜きシステムを導入し、ある程度成功しているフィリピンのマニラ市、ベトナムのハイフォン市では②の方法で実施しており、商業者も含む全住民の水道料金の一定割合(マニラ市では20%、ハイフォン市では15%(2017年から20%に引き上げ))を「環境料金」「汚水料金」として徴収し、オンサイト汚泥管理と下水道の費用に充てている。このため、ジャカルタ下水道技プロにおいては、①と②のそれぞれの方法に対応した条例案を二つのオプションとして提案している。

DKI 政府は、ジャカルタ下水道技プロの提案も踏まえて、現在、下水道条例案を策定中であり、同条例案に、オンサイト改善のために有効な規制が含まれ実施されれば、住宅用セプティックタンク及び商業ビルの ITP の双方からの汚泥量が大幅に増加する可能性がある。

# (5) **DKI** における汚泥処理能力

既設 STP は、既設 Duri Kosambi STP と既設 Pulo Gebang STP の 2 箇所であるが、いずれも、2012年に、既設施設(各々の汚泥処理能力:300m³/日)の一部を改造して、新たな汚泥処理系列が追加された。「イ」国側は、各々の STP の現在の汚泥処理能力を 900m³/日(Pulo Gebang)、900m³/日(Duri Kosambi)としているが、実際の処理能力はそれをかなり下回るものと考えられる(既設 Duri Kosambi STP の実際の処理能力については、前項「3.1.1 施設の概要」を参照。既設 Pulo Gebang STP の実際の処理能力については分析していない)。

改定 M/P において検討された南部における 600m³/日規模のオンサイト汚泥専用汚泥処理施設の新設も、用地問題から目途がついていない。改定 M/P においては、ゾーン 1STP にもオンサイト汚泥受け入れ設備を付設して統合処理を行う計画であったが、ゾーン 1STP の用地が変更され、

最終的に決まった Pluit の用地は狭小でオンサイト汚泥受け入れ設備を付設する余地がない。したがって、当面の間、既設 Duri Kosambi STP と既設 Pulo Gebang STP の 2 箇所だけで対応しなければならない状況にある。

## 3.2.2 ゾーン 6WWTP で処理するオンサイト汚泥量を制約する要因

- (1) WWTP や STP の敷地内で受け入れ可能なバキュームトラック数の限界によるオンサイト汚泥受け入れ量の制約
- ➤ 本事業の F/S で設定したオンサイト汚泥受け入れ能力 930m³/日は、ジャカルタにおけるバキュームカーの平均サイズを 3 トンとすると、バキュームトラック延べ 300 台/日に相当する。ピーク時(ピークファクター=3)には、1 時間に 113 台のバキュームトラックを収容する土地を場内に確保する必要がある。もし、そうしなければ、近隣の公道にバキュームトラックの車列が出来て、交通渋滞を引き起こすだろう。
- ▶ 日本では、STP の最大規模は 300m³/日であり、これはバキュームカー75 台/日 (4 トン車) に相当する。ピーク時には、1 時間に 28 台を収容できるスペースが確保されている。
- ▶ WWTP だけではなく STP の用地を確保することも困難なジャカルタでは、オンサイト汚泥の受け入れ能力をある程度集中配置する必要がある。
- ▶ しかし、ゾーン 6WWTP(6-6.5ha)の用地内に、ピーク時 1 時間当に 113 台のバキュームトラックを収容する土地スペースを確保することが不可能であることは明らかであり、受け入れ能力 930m³/日は縮小する必要がある。仮に約半分の 500m³/日に縮小したとしても、ピーク時 1 時間に 56 台のバキュームトラックを収容する必要があり、バキュームトラックの適切な動線を確保する必要がある。
- (2) 下水処理における窒素除去プロセスに必要な BOD と T-N の適切なバランスを確保する ためのオンサイト汚泥受け入れ量の制約
- ▶ 下水処理における窒素除去プロセスにおいて、脱窒菌を活性化させるために、炭素成分(BOD) と窒素成分(T-N)の比率(C/N比)が一定以上ある必要がある。C/N比>3.5 が望ましい。
- ➤ C/N 比が 3.5 より低い場合は、メタノールなどの有機物を添加する必要があり、WWTP の運転が面倒になり、O&M 費も増加する。それを行わない場合は、高濃度の窒素成分を含む処理水が河川に排出されることになる。
- ▶ オンサイト汚泥は、高値の T-N を含んでいる。
- ➤ F/S におけるオンサイト汚泥受け入れ能力の 930m³/日が、WWTP のフェーズ 1 の処理能力 47,000m³ に比較して、受入限度内にあるのかどうかチェックする必要がある。このため、現 地調査において既設 STP の脱水機から発生する脱離液の水質調査を行った。その結果、BOD 濃度 179 mg/L T-N 濃度は 317 mg/L であった。汚泥処理施設の統合により、この脱離液が下水と共に下水処理プロセスで処理されることになる。
- ▶ フェーズ1の下水処理量 47,000m³、下水の水質 BOD 200mg/L、T-N 35mg/L、オンサイト汚泥処理量 500m³、脱離液の水質 BOD179 mg/L、T-N317mg/L と仮定すると C-N 比は 5.2 となり、3.5 よりも高いので問題ない。オンサイト汚泥処理量を 930m³ とすると、C-N 比は 4.9 に低下

するが、依然問題はない。しかし、流入下水量が計画を大幅に下回り、例えば計画量の 1/4 以下に留まったり、流入水質 BOD が極端に低い、例えば、バンコクの多くの下水処理場がそうであるように BOD70mg/L 以下である場合は、C-N 比が 3.5 を下回ることもある、との結論であった。

# 3.2.3 ゾーン 6WWTP で処理するオンサイト汚泥量

## (1) オンサイト汚泥処理量見直しの必要性

F/S において、ゾーン 6WWTP で処理するオンサイト汚泥量を  $930 \, \mathrm{m}^3/\mathrm{B}$  と設定しているが、前項「3.2.2 ゾーン 6WWTP で処理するオンサイト汚泥量を制約する要因」に照らして、技術的に現実的ではないので、下方修正する必要がある。他方で、DKI 政府では、定期汚泥引抜き制度の構築に向けて規制を整備する動きがあり、同制度が構築されれば、搬入されるオンサイト汚泥量が急増する可能性があり、ある程度のオンサイト汚泥受け入れ能力を整備しておく必要がある。また、既設 Duri Kosambi STP O  $脱水機のオンサイト汚泥処理能力 <math>480 \, \mathrm{m}^3/\mathrm{B}$  (24 時間運転)が、統合処理後においても確保されるよう配慮した。

## (2) 全ジャカルタにおいて発生するオンサイト汚泥量の計算

改定 M/P 以降の展開とオンサイト汚泥発生量の予測に示唆するものを要約すると、以下の通り。 改定 M/P 時の予測に比べて、オンサイト汚泥の発生量が増加する方向に働くものと、そうではないものとがあり、今後のオンサイト汚泥発生量を予測することは容易ではないが、DKI において 定期汚泥引抜き(Regular Desludging)が制度化されるかどうか、に大きく左右されるものと考えられる。

表 3.2-3 改定 M/P 以降の展開とオンサイト汚泥発生量の予測に示唆するもの

改定 M/P 以降の展開	改定 M/P 以降の変化とオンサイト汚泥発生量の予 測に示唆するもの
NCICD 計画により、下水道システム開発が加速されて	オンサイト汚泥、特に商業施設の個別処理施設から
いる。	の汚泥発生量は、予測よりも減る。
Zone-1 及び Zone-6 (一部) で、インターセプター方式	セプティックタンクの数の減少は急速には進まな
を採用することになった。	V,
DKI 知事令 2016 年第 41 号により、定期汚泥引抜きは	詳細な規制が出来れば、オンサイト汚泥量の増加が
DKI 政府の政策となり、現在、JICA 技プロの支援によ	見込める。
り詳細な規制案を準備中。	
PD PAL JAYA が定期汚泥引き抜きプログラム(LLTT)	オンサイト汚泥は予想より緩やかに増加するだろ
を開始したが、カバー率は1%以下に止まる。	う。

出典: JICA 調査団

このように、オンサイト汚泥発生量を予測することは容易ではないので、DKI 知事令 2016 年第 41 号に示された DKI 政府の汚水管理の数値目標を計算根拠とする。

同知事令において、2022年の目標として、下水道による家庭汚水管理サービスのカバー率を65%、オンサイトによる家庭汚水管理サービスのカバー率を35%とする、としている。大雑把に言って、DKIには、セプティックタンクが約200万基あるといわれている。下水道の普及率が著しく低いDKIの総人口約1,000万人の大部分がセプティックタンクを利用していること、1世帯あたり平均

家族員数が 5 名前後であることから、妥当な想定と考えられる。セプティックタンクの平均サイズに関するデータは存在しないので、聞き取り結果をベースに、平均容量 2m³ と想定する。2022年時点におけるセプティックタンクの総数を、

2,000,000 台×35%=700,000 台

と計算し、それを 3 年に一回汚泥引抜きすると仮定すると、1 年間に汚泥引き抜きを行うセプティックタンクの数は、

700,000 台×1/3=233,333 台/年

となる。セプティックタンクの場合、日本の浄化槽と異なり、汚泥と処理水が同一タンク内に あるので、汚泥引き抜きに際しては、タンクの全容量(汚泥+処理水)を引き抜く必要がある。 従って、一年間の汚泥引抜き総量は、

233,333 台×2 $m^3$ (セプティックタンクの平均容量)=466,666 $m^3$ 

1日あたり汚泥引抜き総量は、

466,666 $\text{m}^3$ ÷365 日 = は、1,278 $\text{m}^3$ /日

と計算される。

なお、下水道の下水収集方式がインターセプター方式の場合は、下水道整備地区の中にもセプティックタンクを使い続ける住民が存在するが、計算が複雑になるので、無視した。また、ITP の維持管理改善策が実施されれば、ITP からの汚泥も相当量発生することが見込まれるが、インターセプター方式においても下水道が整備された地区の商業施設は優先的に下水道に接続することが見込まれ、計算が複雑になるので、これも無視した。

#### (3) ゾーン **6WWTP** で処理するオンサイト汚泥量

ジャカルタにおいて収集されるオンサイト汚泥の半分が、ゾーン 6WWTP に搬入され処理されるものと想定すると、ゾーン 6WWTP で処理しなければならないオンサイト汚泥量は、

 $1.278\text{m}^3/$ 日÷2=640m³/日と計算される。

この数字と、前項「3.2.2 ゾーン 6WWTP で処理するオンサイト汚泥量を制約する要因」にて検討した技術的制約を勘案し、ゾーン 6WWTP のオンサイト汚泥処理量を  $500m^3$ /日に下方修正する。 既設 Duri Kosambi STP の公称能力は  $900~m^3$ /日、実能力は  $500m^3$ /日であり、「イ」国側は、既設 Duri Kosambi STP の機能がゾーン 6WWTP に統合されるにあたり、この実能力が維持されることを求めている。

# (4) 全ジャカルタにおけるオンサイト汚泥発生量が予測を上回った場合/下回った場合の 対応

全ジャカルタにおけるオンサイト汚泥発生量が予測を上回った場合は、ゾーン 1、ゾーン 6 以外の下水処理区に建設される他の WWTP にもオンサイト汚泥受け入れ施設を設けることにより

対応することが考えられる。他のゾーンの WWTP の建設がなかなか実現しない場合や、他の WWTP 用地に余裕が無くオンサイト受け入れ施設の併設が困難な場合は、汚泥リレーステーションを設け、民間の汚泥引抜き業者はリレーステーションまで汚泥を搬送し、リレーステーションからゾーン 6WWTP までは、PD PAL JAYA が大型バキュームトラック(10 トン車等)で、ピーク時を避けて搬入することが考えられる。リレーステーションは、汚泥の収集現場から汚泥処理施設までの距離が長い場合、その中間に汚泥の一時的貯留と積み替えのために設置するもので、それにより、汚泥収集作業の効率性を高めて汚泥収集業者の収益性を確保すると共に汚泥収集業者による汚泥の不法投棄を防ぐことが期待出来る。汚泥処理施設側から見れば、汚泥搬入が特定時間に集中するのを平準化する効果がある。

オンサイト汚泥発生量が予測を下回った場合は、汚泥脱水機の稼働時間を24時間稼働から減らすことにより対応することになるが、間欠運転でも、汚泥脱水機の運転・維持管理には支障はない。

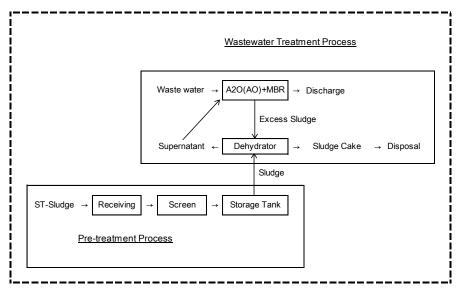
### 3.3 オンサイト汚泥と下水処理場汚泥の処理施設の統合計画

## 3.3.1 汚泥処理施設の統合の方法

WWTPでオンサイト汚泥を下水処理プロセスで発生する余剰汚泥と一緒に処理することは、日本でも神奈川県秦野市の秦野市浄水管理センター等で広く行われており、適切な前処理施設を設ければ、途上国においても導入可能である。

汚泥処理施設の統合には、汚泥の利用方法により、2つの方法が考えられる。

ケースAでは、オンサイト汚泥の前処理工程の後、脱水工程以降は、オンサイト汚泥と下水汚泥とを混合して処理する。この場合、脱水機から出てくる汚泥ケーキは、オンサイト汚泥と下水汚泥が混合したものであり、その性状に応じて処分される。

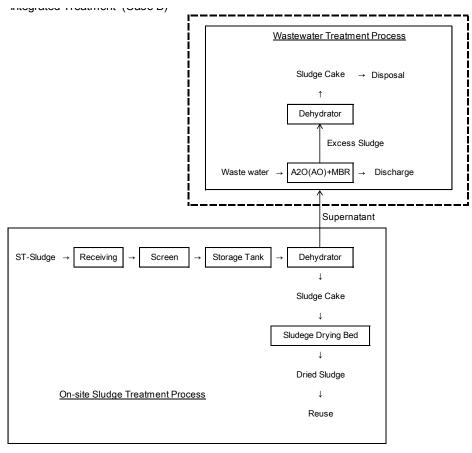


出典: JICA 調査団

図 3.3-1 汚泥処理施設の統合 - ケース A

ケースBでは、オンサイト汚泥と下水汚泥の脱水は別々に行われ、オンサイト汚泥の脱水機か

ら出てくる脱離液が下水処理工程において汚水処理される。この方法では、下水汚泥を含まない 汚泥ケーキと、下水汚泥を含む汚泥ケーキと、2 種類の汚泥ケーキが発生し、別々に処分するこ とになる。



出典: JICA 調査団

図 3.3-2 汚泥処理施設の統合 - ケース B

両方式のメリット・デメリットを比較したのが、以下の表 3.3-1 である。

メリット デメリット 下水汚泥に重金属が含まれるリスクがある 高い効率性(汚泥処理費用はケース ケースA 場合は、オンサイト汚泥を農業用に再利用 Bよりも小さい。汚泥管理が一本化 される。) することが不可能。 省スペース。 汚泥ケーキの処分プロセスが分かれるの オンサイト汚泥に重金属が混入す ケース B るリスクが低い場合は、コンポスト で、汚泥処理費用が増加。 化等によりオンサイト汚泥を農業 ・ 汚泥乾燥のための別スペースが必要にな 用に再利用することが可能となる。

表 3.3-1 ケース A とケース B のメリット・デメリット

出典: JICA 調査団

なお、ケース A、ケース B、いずれの統合方法においても、脱水機から出てくる脱離液の処理は下水処理プロセスで行われるので、既設 Duri Kosambi STP にある 3 つのラグーンは、統合後は不要となる。

本調査においては、汚泥処理の効率性と省スペース性において優位にあるケース A に基づき、 施設レイアウトや事業費積算を行う。

#### 3.3.2 オンサイト汚泥受け入れ施設の設計にあたって留意すべきこと

## (1) 収集車の受け入れ

現在使用されている収集車の標準サイズは、4トンであり、最大8トン (PD PAL JAYA 所有)まである。現状では、住宅系セプティックタンク (槽容量1~5m³)が主体のため4トン車が多用されているが、将来、事業系汚泥の増加や中継基地整備などが進めば、車両が大型化すると推測される。このため、10トン車に対応した場内動線ならびに受入設備を計画する必要がある。また、将来、道路交通事情や中継基地が整備されることにより車両収集効率が改善され、現状の1台1トリップから複数トリップが可能となり搬入車台数の増加が見込まれる。

## (2) 車両動線

収集車の動線は、図 3.3-3 に示すとおり入口から入場し、トラックスケールを経由して受入ステージの受入口へ投入し、出口へ退出する流れである。搬入ピーク時には、場内道路に車両待避スペースを確保し、一般車道に車両渋滞が生じないよう計画する。



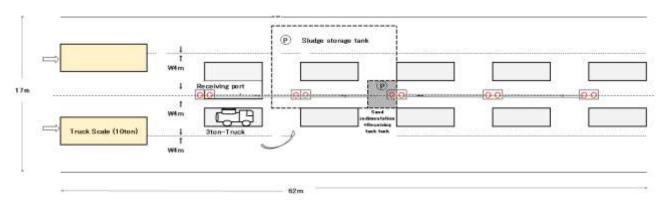
出典: JICA 調査団

図 3.3-3 受入室配置、車両動線

# (3) 車両受入規模

収集車の実積載量を 3 トン、受入口 1 基当たりの所要時間を 10 分、受入時間を 8 時間/日、ピーク係数 3 として、処理能力毎の必要受入口を示すと図 3.3-4 のとおりである。汚泥処理施設統合計画は、処理量 500m³/日に対応する受入口数 10 基を配置するものとする。

処理量 (m³/日)	150	200	300	400	500
延べ台数 (台/日)	50	67	100	134	167
ピーク時台数(台/時)	19	25	34	45	56
必要受入口数 (基)	3	4	6	8	10

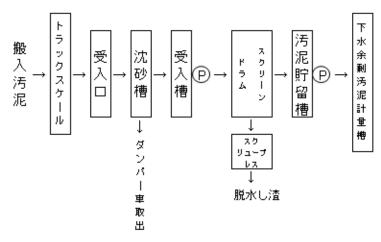


出典: JICA 調査団

図 3.3-4 受入口配置案

## (4) 搬入汚泥の前処理

搬入汚泥の前処理フローは、図 3.3-5 に示すとおり沈砂槽、ドラムスクリーンで夾雑物を除去した後、汚泥貯留槽で貯留する計画とする。対象汚泥は、住宅系汚泥及び事業系汚泥であるが、事業系汚泥は量・質変動が予測されるため、貯留槽の設計容量は1日分(500m³)とする。前処理機は目幅1mm・ドラムスクリーン・スクリュープレスの組み合わせとし、作業衛生に配慮する。貯留槽の攪拌は臭気発生が少ないポンプ液循環方式とする。



出典: JICA 調査団

図 3.3-5 搬入汚泥の前処理フロー

*ハ千代エンジニヤリング㈱* ファイナル・レポート 3-26

# (5) オンサイト汚泥脱水分離液負荷

既設新系列の固液分離は、ポリマー凝集-スクリュープレス脱水方式であり、施設統合計画における汚泥脱水方式と同じである。新系列の脱水分離液性状値より施設統合計画における汚泥受入量別のBOD及び窒素負荷量は表 3.3-2 のとおりである。

表 3.3-2 オンサイト汚泥脱水分離液負荷

	脱水分离	推液 BOD	脱水分離液 T-N		
項目	BOD 濃度	BOD 負荷量	T-N 濃度	T-N 負荷量	
	(mg/L)	(kg/∃)	(mg/L)	(kg/日)	
汚泥受入量 150m3	179	27	317	48	
汚泥受入量 500m3	179	54	317	159	

出典: JICA 調査団

オンサイト脱水分離液性状は、BOD に対して T-N が高いことが特徴であり、施設統合計画においてオンサイト汚泥受け入れによる窒素負荷について留意が必要である。

# 第4章 下水処理方式及び施設計画の検討

## 4.1 基本条件

## 4.1.1 計画諸元及び計画下水量

本調査においては、F/S で適用された計画諸元及び設計条件(第2章参照)を以下の理由により 修正し、適用する。

- ▶ 下水処理場におけるオンサイト汚泥の統合処理
- ➤ 系列別の処理能力を同一化することによる用地の有効利用及び施設の維持管理の効率化

主な変更点は、フェーズ 1 における計画日最大汚水量を  $43,000\text{m}^3/\text{日から} 47,000\text{m}^3/\text{日} (282,000\text{m}^3/\text{日÷6} 系列=47,000\text{m}^3/\text{日})$  に変更し、また、前述(第 3 章)したように  $500\text{m}^3/\text{日のオンサイト汚泥 (脱水ろ液) を追加して、計画日最大汚水量を <math>47,500\text{m}^3/\text{日に変更したことである}$ 。

本調査においては、表 4.1-1 の計画諸元、表 4.1-2 の設計条件をそれぞれ適用する。

諸元 No. 項目 単位 フェーズ1 最終フェーズ F/S 本調査 F/S 本調査 2030年 計画目標年次 1 2 計画区域 処理区 No.6 の東部 処理区 No.6 全体 3 計画区域面積 1,183 5,875 5,875 ha 1,183 301,000 1,465,700 4 計画区域内行政人口 301,000 1,465,700 下水道普及率 5 下水道施設整備率\*1 % 80 (1) 80 80 80 下水道サービス普及率\*1 % 60 65 80 80 計画下水処理人口 180,800 195,000 1,172,600 1,172,600

表 4.1-1 本調査で適用する計画諸元

注) 1. 用語の意味については、表 2.1-1 を参照。

出典: JICA 調査団が F/S (2013 年、JICA) を基に見直した。

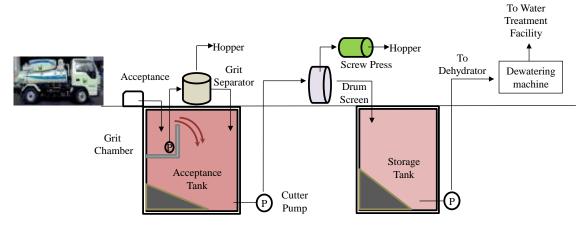
表 4.1-2 本調査で適用する計画水量

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·								
項目	原単位	フェーズ 1 (m³/日)		全体計画 (m³/目)	備考			
	(LCD)	F/S	本調査	(m³/ □ )				
計画日平均汚水量	200	36,000	39,500	235,500	プロジェクト効果、負荷量に使用			
計画日最大汚水量	240	43,000	47,500	282,500	日変動係数:1.2 処理場施設計画に使用			
計画時間最大汚水量	360	64,600	70,500	423,500	時間変動係数:1.8、処理場内ポンプ施 設、配管設計に使用			

出典: JICA 調査団が F/S (2013 年、JICA) を基に見直した。

#### 4.1.2 計画流入水質

2章及び3章で記述したように、本調査においてはオンサイト汚泥の処理を WWTP で下水処理 と一緒に行うことになっていることから、オンサイト汚泥による流入水質変動を把握する必要が ある。本調査では、オンサイト汚泥の処理において図 4.1-1 に示すように、独自の前処理施設によ り前処理を行った後、脱水を行い、その脱水ろ液を下水処理施設にて下水とともに処理する計画とした。



出典: JICA 調査団

図 4.1-1 オンサイト汚泥の処理フロー

調査団が第2次現地調査時に行った既設 Duri Kosambi STP でのオンサイト汚泥脱水ろ液の水質 分析を用い、下水処理場流入水質を再評価した結果を表4.1-3 に示す。本調査ではこの水質に基づき計画流入水質を設定した。表4.1-3 から分かるように、フェーズ1の流入水質において窒素濃度が 35mg/L から 38mg/L に変わる以外は変動が無いことが判明した。

項目	下水			オン	オンサイト汚泥の脱水ろ液			混合下水				
垻日	濃度*1	単位	負荷	単位	濃度*2	単位	負荷	単位	濃度	単位	負荷	単位
1. フ	1. フェーズ 1 (下水: 47,000m³/目、オンサイト汚泥: 500 m³/目)											
BOD	200	mg/L	9,400	kg/d	179	mg/L	90	kg/d	200	mg/L	9,490	kg/d
SS	200	mg/L	9,400	kg/d	70	mg/L	35	kg/d	200	mg/L	9,435	kg/d
T-N	35	mg/L	1,645	kg/d	317	mg/L	159	kg/d	38	mg/L	1,804	kg/d
T-P	7	mg/L	329	kg/d	10.3	mg/L	5	kg/d	7	mg/L	334	kg/d
2. 最	終フェー	ズ(下水	: 282,000r	m <sup>3</sup> /日、オ	トンサイト	、汚泥:5	00 m³/日	)				
BOD	200	mg/L	56,400	kg/d	179	mg/L	90	kg/d	200	mg/L	56,490	kg/d
SS	200	mg/L	56,400	kg/d	70	mg/L	35	kg/d	200	mg/L	56,435	kg/d
T-N	35	mg/L	9,870	kg/d	317	mg/L	159	kg/d	35	mg/L	10,029	kg/d
T-P	7	mg/L	1,974	kg/d	10.3	mg/L	5	kg/d	7	mg/L	1,979	kg/d
√+ \												

表 4.1-3 本事業の計画水質

注)

1. F/S (2013年、JICA)

2. 調查団分析資料 (第2次現地調査時)

出典: F/S (2013年、JICA) 及び水質調査結果に基づき JICA 調査団が整理した。

## 4.1.3 計画放流水質

F/S 時には表 4.1-4 に示すように、窒素及びりんに対する放流水質基準を設けていなかった。しかし、NCICD 計画が計画どおり実施されると、ジャカルタ湾は閉鎖性水域になる。下水及び工場

**八千代エンジニヤリング㈱** ファイナル・レポート

廃水等に含まれる窒素及びりんが未処理状態で放流されることにより、ジャカルタ湾における富栄養化による環境問題が懸念される。したがって、新設するゾーン 6WWTP の放流水質基準においては、F/S で設けた BOD、SS 及びアンモニアに加えて全窒素(T-N)及び全りん(T-P)の基準を追加し、ジャカルタ湾の富栄養化を抑制する必要がある。

しかし、「イ」国基準には  $NH_3$ (10mg/L)の基準しかなく、DKI の基準にも T-N 及び T-P の排水基準や指針等は無いことが現地調査で把握された。さらに、NCICD 計画の報告書にもジャカルタ湾に流入する生活汚水を含む各種排水の窒素及びりんの現状及び低減目標は明記されているものの、対策としての下水処理場等の放流水水質基準設定に関しての記述はない。そのため、日本で最も厳しい埼玉県(東京湾に排出する排水対象)の条例に準拠し、T-N 及び T-P の放流基準を各々10mg/L、0.5mg/L と設定した。これにより、今後「イ」国及び DKI において強化されると想定される下水処理場放流水の水質規制への対応が可能となる。

本調査で用いる計画放流水質を表 4.1-4 に示す。

A W. T. TOWNSHIPMAN								
吞口	単位	計画放	流水質	「イ」国基準 <sup>*1</sup>	備考			
項目	单位.	F/S	本調査	「1」 国基毕	1佣石			
BOD	mg/L	20	20	30				
SS	mg/L	20	20	30				
$NH_3$	mg/L	10	10	10				
T-N	mg/L		10	_	本調査で追加			
T-P	mg/L		0.5	_	本調査で追加			
大腸菌群	MPN/100mL	10,000	3,000	3,000	改定法律*1			
油脂類	mg/L	_	5	5	改定法律*1			

表 4.1-4 本事業の計画水質

注) 1. Wastewater Discharge Standard-No.68/2016

出典: F/S (2013 年、JICA) と改定 M/P (2012 年 JICA) のデータを用いて JICA 調査団が整理

#### 4.1.4 用地条件

WWTP 建設予定地である Duri Kosambi の用地条件を 4.1-5 に示す。同建設予定地に隣接する既設 STP の拡張計画との調整により、全体計画時に使用できる用地面積は 6.0ha である。

項目 条件 面積 6.0ha DKI ジャカルタ所有の土地の一部 標高 完成後標高:約 +7.00m 約 +5.00m 予定地を南から南東方向へ流れている小河川 放流先 Angke 川 周辺の土地利用状況 高規格道路と住宅地 主要な風向 西南西の風 年平均気温 摂氏 29 度 緩衝帯(幅5m) 緩衝帯幅については、2013年1月BAPPEDAとの協議 法制度等による制限条件 高圧電線の制限条件 で5mと設定

表 4.1-5 Duri Kosambi 下水処理予定地の用地条件

## 4.2 下水処理方式の選定

## 4.2.1 窒素・りん除去を考慮した下水処理方式の抽出

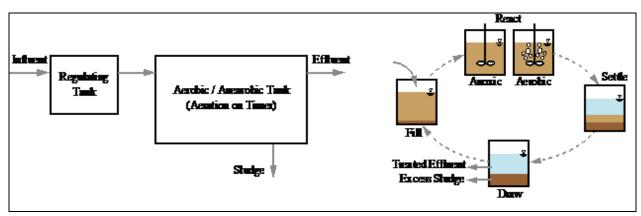
比較検討対象となる処理方式は、改定 M/P において検討対象とされた処理方式のうち、窒素・リン除去への対応が可能な高度処理方式として、下記 4 方式を比較検討した。

- ① 硝化脱窒型 回分式活性汚泥法: SBR
- ② 嫌気無酸素好気法: A<sub>2</sub>O
- ③ 嫌気無酸素好気法+ 膜分離活性汚泥法: A<sub>2</sub>O+MBR
- ④ 嫌気無酸素好気法+担体添加型活性汚泥法: A<sub>2</sub>O+IFAS

各処理方式の概要は以下の通りである。

## 4.2.1.1 回分式活性汚泥法 (SBR)

単一槽内で活性汚泥による反応、混合液の沈殿、上澄水の排出、沈殿汚泥の排泥の工程を繰り返し行う処理方式である。本法では、流入水量やその水質に応じて、曝気時間、沈殿時間等を比較的自由に設定できる。また、サイクルの中で嫌気・無酸素・好気の条件も自由に設定できるため、運転条件の設定によっては、負荷条件に応じた窒素除去及びリン除去を図ることも可能である。単一槽内で処理を進めるため、沈殿池を必要としない点が特徴といえ、一般的に中小規模の処理施設へ適用されている。欠点として、各槽にて同工程を繰り返すため、処理機器の起動・停止が頻繁となり、耐用年数への影響や故障の発生確率の増大につながり、維持管理費用の面で不利となる。また、槽内の滞留時間は、標準活性汚泥法より滞留時間が長く、流量調整槽が必要となる場合もある。



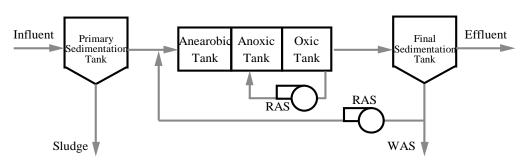
出典: JICA 調査団

図 4.2-1 回分式活性汚泥 (SBR) 法の処理フロー

#### 4.2.1.2 嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O)

嫌気無酸素好気法(A<sub>2</sub>O)は、反応槽を嫌気槽、無酸素(脱窒)槽、好気(硝化)槽の順に配置し、流入水と返送汚泥を嫌気槽に流入させる一方、好気槽の混合液を無酸素槽に循環させることで、生物学的に窒素およびリンの同時除去が可能な高度処理法である。

窒素除去に関しては、好気槽内へと流入するアンモニア性窒素は、亜硝酸性窒素を経て、硝酸性窒素にまで酸化される。その前段の無酸素槽では、好気槽から返送された硝酸性窒素が、脱窒細菌により窒素ガスへと変換される。一方、りん除去に関しては、活性汚泥中のポリりん酸蓄積細菌の性質である①嫌気環境下でのリン放出反応と、②好気環境下での好気タンクにおけるリン摂取反応を利用する。前段の嫌気槽で行われるリン放出量以上に、後段の好気槽でリンの過剰摂取が行われることで、結果的に、流入水中のリン濃度を減少させることができる。なお、雨水が流入する場合には、雨水による溶存酸素の持込みや有機物濃度の低下等が影響して、リン除去性能が低下することもある。



出典: JICA 調查団

図 4.2-2 嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O) 法の処理フロー

## 4.2.1.3 嫌気無酸素好気法(A<sub>2</sub>O)+膜分離活性汚泥法(MBR)

この方式は $A_2O$ 方式のばっき槽内に膜を入れるか、ばっき槽の後に膜槽を設けて、固液分離を行う処理方式である。膜を利用することでばっき槽内のMLSSを 10,000mg/L以上に維持することが出来、各反応槽の容積を減らせることと最終沈殿池及び汚泥濃縮槽等が必要なくなることで、省面積的な処理が可能である。

前述したように、 $A_2O+MBR$  方式は、最初及び最終沈殿池は不要であり、大腸菌群は膜により除去されるため、消毒設備も緊急時に固形塩素投入等が可能なように措置していれば不要である。上記のことから、基本的にシンプルな施設構成となり、狭い用地内で施設を配置することが可能である。確保できる用地が非常に限られている場合には、非常に有効な処理方式である。処理機能における特徴として、膜による固液分離を行うため、 $A_2O$  など他方式の問題点である汚泥沈降不良による汚泥流出は発生せず、安定した処理が可能である。また、反応タンク内の MLSS 濃度を高く保持できるため、従来の活性汚泥法に比べ、短時間での処理が可能である。処理水は清澄であり、そのまま修景用水等へ再利用することもできる。一方、維持管理費の面では、膜の空気洗浄に対する空気量が必要となるため曝気電力量や定期的な薬液洗浄のため薬品費が掛かる点や、定期的な膜の交換(約8年~10年)が必要となる。図4.2-3に一般的な $A_2O+MBR$ 方式のフロー図を示す。

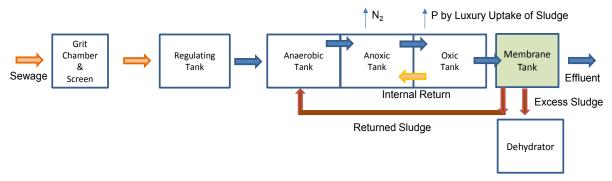


図 4.2-3 嫌気無酸素好気法 (A2O) +膜分離活性汚泥法 (MBR) の処理フロー

## 4.2.1.4 嫌気無酸素好気法(A<sub>2</sub>O)+担体添加型活性汚泥法(IFAS)

担体を用いる処理方式には 2 種類ある。担体添加型活性汚泥法(IFAS: Integrated fixed-film activated sludge process)と流動床式生物膜法(MBBR: Moving bed biofilm reactor)である。IFAS 法は活性汚泥法と併用して担体を用いる方式であり、一方 MBBR 法は、最終沈殿池からの返送汚泥がなく生物反応槽内に活性汚泥が混在せず担体のみで処理する方式である。IFAS 法は、日本で多く採用されており、窒素・りん処理を短い滞留時間で行うことを目的に開発された省スペース型の処理方式である。生物学的窒素処理法において主な律速要因となる硝化はその硝化菌の増殖速度が一般的な有機物酸化細菌に比べて非常に遅く長い滞留時間や高い MLSS 濃度を必要とする。それに対し、好気槽に担体を投入することで硝化菌を担体に増殖させることができ、好気槽滞留時間が短くなり  $A_2O$  法の約半分の滞留時間で処理が可能である。

投入する担体は硝化菌の保持形態の違いで 2 種類に大別される。一つは、プラスチックやスポンジ担体の表面に硝化菌を付着させる「付着型担体」、もう一方は、担体の製造時点で高分子ゲルの内部に硝化菌を包括させる「包括固定化担体」である。

本法は、担体以外に担体を好気槽内に保持しておくための担体分離装置が必要である。それ以外は基本的構造、構成機器は $A_2O$ 法とほぼ同じであり、処理性能も $A_2O$ 法と同等である。

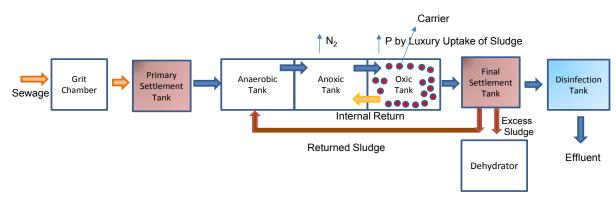


図 4.2-4 嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O) +担体添加型活性汚泥法 (IFAS) フロー

## 4.2.2 窒素・りん除去を考慮した下水処理方式の比較検討

## 4.2.2.1 各処理方式の処理性能及び維持管理

抽出した 4つの処理方式は、共に BOD、SS、T-N 及び T-P 除去においてはほぼ同じ性能を発揮でき、処理性能において差はない。ただし、前述したように、 $A_2O$ +MBR 方式は最終沈殿池がないことから、汚泥の沈降性悪化による処理水質の悪化がなく、また、固液分離及び汚泥返送等の管理業務が不要で維持管理が容易である。他の方式において、汚泥の沈降性悪化は様々な原因により生じるため原因究明は難しく、長い時間を要する場合が多く、その間は処理水質が安定しない。それに対して MBR は、膜ろ過により固液分離を行うことで常に安定的な処理水質が得られる。膜の差圧自動測定値により膜の適切な洗浄および交換時期が示される。万が一、膜破損などによる放流水質悪化が発生した場合も、膜交換などにより直ちに安定的な放流水質が確保できる。また、 $A_2O$ +MBR 方式は他方式より設備機器の数が少なく、保守管理が容易である。各処理方式の維持管理特性を表 4.2-1 に纏めた。

維持管理費に関しては、一般的に  $A_2O$  及び SBR が  $A_2O$ +MBR 及び  $A_2O$ +IFAS より少ないことが知られている。また、 $A_2O$ +MBR 以外の方式の処理水を再利用するためには、砂ろ過または膜ろ過等の処理が必要であるが、 $A_2O$ +MBR の処理水はそのまま再利用できる。

処理方式 備考  $A_2O$ SBR A2O+IFAS A<sub>2</sub>O+MBR 評価項目 1. 運転操作簡便性 汚泥沈降性悪化等による 放流水質の異常 殆どない あり あり MBR:膜破損などにより、 比較的長い 比較的短い 短い 放流水質異常あり 放流水質異常後 の回復時間 汚泥沈降性の改善が必要 (膜交換) 固液分離及び 難しい 難しい 不要 難しい 返送汚泥管理 長い経験及び高度な知識 運転管理人員の 技術水準 必要 必要 必要 不要 汚泥発生量 多い 多い 多い 少ない 2. 保守管理簡便性 複雑で多数 複雑で多数 複雑で多数 簡単で少数 既設施設データより推定 保守対象機器 約 1,000 点 約 1,000 点 約 1,000 点 約600点

表 4.2-1 各処理方式における維持管理の特性

出典: JICA 調査団

#### 4.2.2.2 各処理方式の必要面積及び建設費

各処理方式別必要面積及び建設費を表 4.2-2 及び次図 4.2-5 から 4.2-8 までに示す。これらの図及び表から分かるように、 $A_2O+MBR$  方式だけが DKI から与えられた用地面積 6ha を満たしていて、その他の方式は 6ha を超える面積が必要であることが分かる。

建設費においては、各処理方式別の建設費用(282,500m³/日の処理能力)を計算した結果、 $A_2O+MBR$  と  $A_2O+IFAS$  の建設費はほぼ同じであった。また、 $A_2O$ 、SBR と  $A_2O+MBR$  の建設費

用はジャカルタ下水 PPP 調査業務報告書からの結果を参考にした場合、ほぼ同じであることが分かる。結果として、各処理方式においての建設費( $282,500 \text{m}^3/\text{H}$ )は、ほぼ同じであることが判明した。

表 4.2-2 各処理方式における必要面積及び建設費

処理方式 評価項目	$A_2O$	SBR	A <sub>2</sub> O+MBR	A <sub>2</sub> O+IFAS	備考
必要面積 (ha)	13.0	9.3	6.0	6.9	282,000m³/日基準
MBR 対比建設費* <sup>1</sup>	1	1	1	1	A <sub>2</sub> O+MBR を 1 に した場合

注) $1.\,A_2O+MBR$  と  $A_2O+IFAS$  は直接計算による評価、その他の比較はジャカルタ下水 PPP 調査報告書から引用 出典: ジャカルタ下水 PPP 調査の結果を基に JICA 調査団が整理した。



図 4.2-5 嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O) による全体配置計画

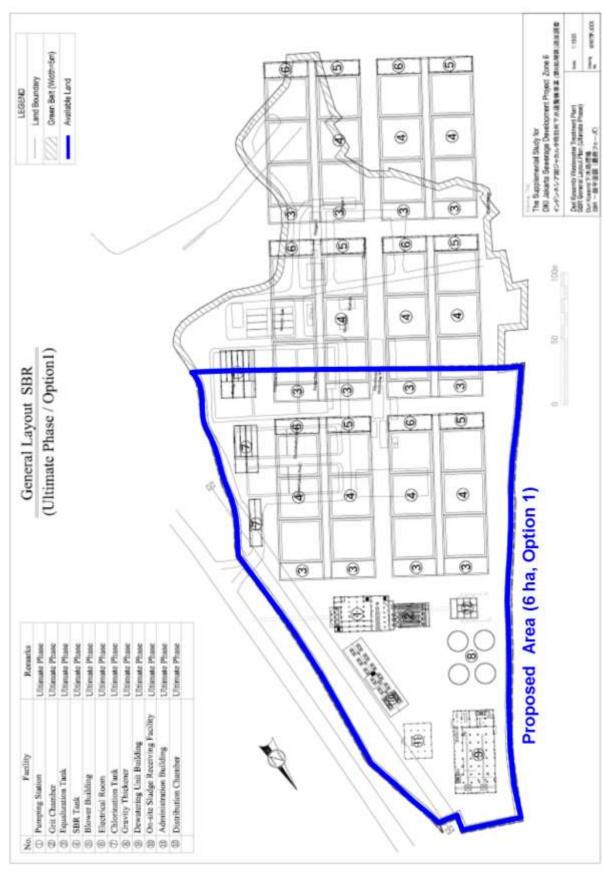


図 4.2-6 回分式活性汚泥法 (SBR) による全体配置計画

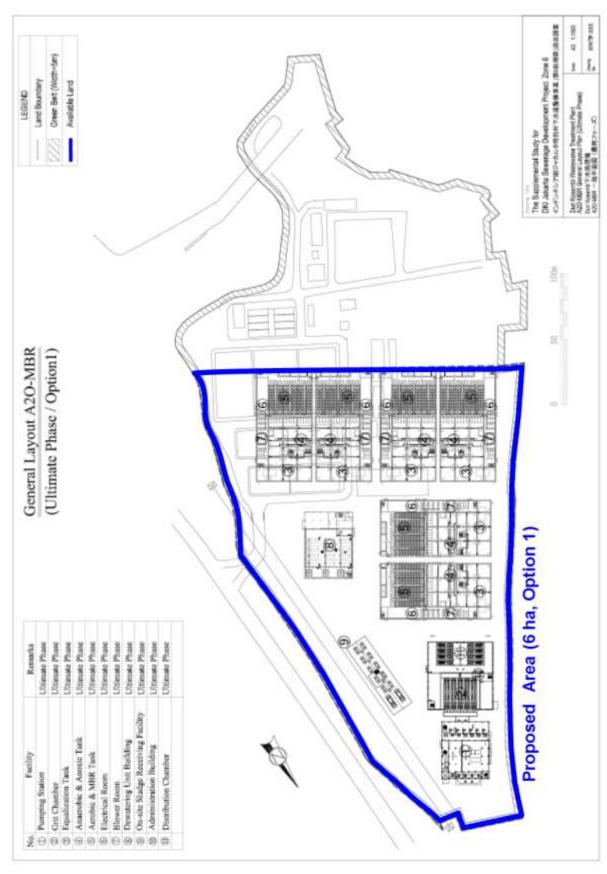


図 4.2-7 嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O) +膜分離活性汚泥法 (MBR) による全体配置計画

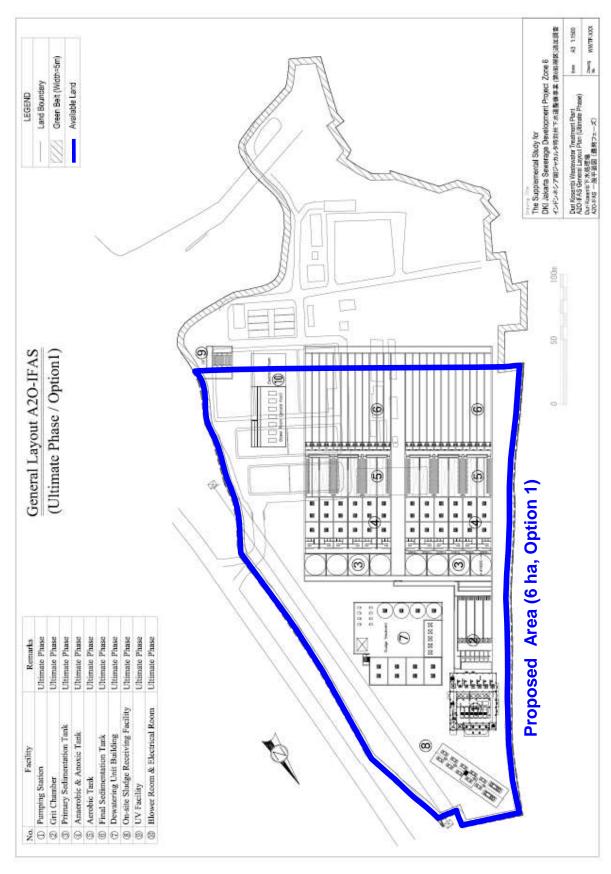


図 4.2-8 嫌気無酸素好気法 (A2O) +担体添加型活性汚泥法 (IFAS) による全体配置計画

### 4.2.2.3 各処理方式の総合評価

前述した各処理方式おける総合評価を表 4.2-3 に示す。 $A_2O+MBR$  は提案されている 6ha の用地面積を満たしていて、全ての評価項目で優れていることから最適な処理方式と判断された。また、 $A_2O+IFAS$  は提案された 6ha を満たしていないが、比較的少ない面積で出来、他の評価項目においても良い評価得られていることが分かる。しかし、 $A_2O$  及び SBR 処理方式は必要用地面積が大きく、提案された用地面積を満たせないことから、本事業では採用不可と判断された。

比較検討結果、 $A_2O+MBR$  と  $A_2O+IFAS$  方式がこのプロジェックトには適していることから、この二つの方式を用い、4.3 以降で詳細な検討比較を行う。

評価項目 A<sub>2</sub>O+MBR に 維持管理 必要面積 総合評価 処理水質 対する建設費 維持管理費 難易度 (ha) 処理方式 比 (一) 0  $\bigcirc$ X  $\bigcirc$  $A_2O$ 1 13.0  $\bigcirc$  $\bigcirc$  $\bigcirc$ X SBR 1 9.3 0  $\bigcirc$  $\bigcirc$ 0 A<sub>2</sub>O+MBR 1 6.0  $\bigcirc$  $\bigcirc$  $\bigcirc$  $\bigcirc$ A<sub>2</sub>O+IFAS 1 6.9

表 4.2-3 各処理方式における総合評価

注) ◎: 非常に良い、○: 良い、×: 悪い

出典: JICA 調査団

# 4.3 A<sub>2</sub>O+MBR 方式及び A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の比較検討

本調査では、 $A_2O+MBR$ (中空糸膜)方式及び $A_2O+IFAS$ (包括固定化担体)方式の概略設計及び概略工事費の算定を行い、比較検討を行った。

## 4.3.1 各処理方式の処理フロー及び特徴

 $A_2O+MBR$  と  $A_2O+IFAS$  方式の概略処理フローを図 4.3-1 に示す。前述したように、 $A_2O+MBR$  では、最初及び最終沈殿池、処理水消毒槽及び汚泥濃縮槽を設ける必要がないため、図 4.3-1 に示すようなコンパクトな処理フローである。 $A_2O+IFAS$  方式では最初及び最終沈殿池、消毒槽及び汚泥濃縮槽が必要であり、 $A_2O+MBR$  方式より複雑な処理フローになっている。

本調査において行った  $A_2O+MBR$  方式及び  $A_2O+IFAS$  方式の概略設計において、設置面積を最小限に抑えるために、表 4.3-1 に示すような省面積技術を用いた。また、両処理方式における主な処理施設の概要を表 4.3-2~表 4.3-5 に示す。

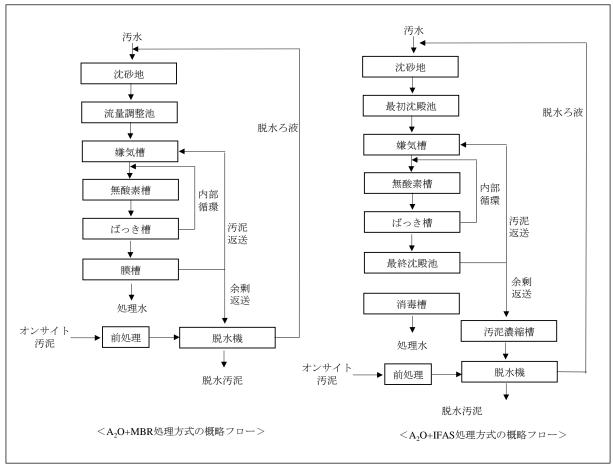


図 4.3-1 A<sub>2</sub>O+MBR 方式及び A<sub>2</sub>O+IFAS 方式における処理フロー

表 4.3-1 各処理方式における適用技術

処理方式	沈砂池	最初沈殿池	ばっき槽	膜槽	最終沈殿池	消毒槽
A <sub>2</sub> O + MBR	普通沈砂池	不要	活性汚泥	中空糸膜 ろ過装置	不要	不要
A <sub>2</sub> O + IFAS	ばっき沈砂池	円形 傾斜板沈砂池	担体及び 活性汚泥	不要	二階層 沈殿池	UV 消毒装置

表 4.3-2 A<sub>2</sub>O+MBR 処理施設における主な施設の概要 (1/2)

表 4.3-2 A <sub>2</sub> O+MBK 処理施設における主な施設の概要 (1/2)						
Facility	Specification	Unit	Qty. Phase		Remarks	
racility	Specification		1	Ultimate	Remarks	
1. On site Studge Assen	tance and Dro Treatment Facility		ı	Ullimate		
	tance and Pre-Treatment Facility I					
Vacuum truck scale	Pit type (15 ton)	lot	1	1		
Grit wahing machine	Mechnical stirring type 2.0 - 4.0m3/h		2	2		
Crusher	Cutter pump 18m3/h x 13mH		4	4		
Screen	Drum screen φ3,000mm, 1mm	units	3	3		
Outlet pump	Submersible sand pump 80mm x 40m3/hr x 10m	units	3	3		
2. Screenings & Pumpin	g Facility					
Inlet gate	Electrical motor operation cast iron sluice gate 1.3mW x 1.95mH	lot	4	4		
Coarse screen	Automatic Flat bar screen (Rotary arm type) Slot Width: 100mm ( 2.0mW x 5.84mH, with Container)	units	2	4		
Fine screen	Single rake automatic Screen Spacing 20mm ( 2.0mW x 5.84mH)	units	2	4		
Pump No.1	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 450mm x 25m3/min x 36mH	units	2	2	incl. 1 standby	
Pump No.2	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 600mm x 50m3/min x 36mH	units	2	2	incl. 1 standby	
Pump No.3	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 800mm x 75m3/min x 36mH	units	0	4	incl. 1 standby	
3. Grit Chamber				•	•	
Grit collector	Screw type collector Screw diameter 400mm, length 15.0m Shaft diameter 100mm	units	3	10		
Grit lifting pump	Submersible sand pump φ100mm x 0.5m3/min x 10m	units	3	10	incl. 2 standbys	
Ultra fine screen	Drum screen φ3,000mm, 1mm	units	2	8	incl. 2 standbys	
4. Equalization Tank				•		
Constant rate pump	Submergible nonclogging pump φ350mm x 16.5 m3/min x 10m	units	3	18	incl. 6 standbys	
Mixer for antisettling	Submersible propeller type Propeller diameter 400mm	units	12	72		
5. Anaerobic Tank						
Anaerobic, Anoxic tank mixer	Dual MixerDM-2.2	units	6	36		
6. Anoxic Tank						
Anaerobic, Anoxic tank mixer	Dual MixerDM-2.2	tanks	6	36		
7. Aeration Tank						
Blower	Single-stage turbo blower φ300mm x 170m3/min x 110kpa	units	4	24	incl.6 standbys	
Blower	φ300mm x 170m3/min x 110kpa	units	4	24	incl.6 standbys	

表 4.3-3 A<sub>2</sub>O+MBR 処理施設における主な施設の概要 (2/2)

	Specification	Unit	Qty.		Remarks			
Facility			Phase					
			1	Ultimate				
8.Membrane Tank								
Membrane skid	Hollow fiber membrane Membrane area 47,000m3/train ×6 Trains	skid	54	324				
Filtration pump	Self-support-type pump 4m3/min x 8m	units	15	90	incl.18 standbys			
NaOCI pump for cleaning	Diaphragm pump72L/min	units	2	12	incl. 6 standbys			
Dilution water pump	Centrifugal pump1.37m3/min	units	2	12	incl. 6 standbys			
Blower for membrane scrubbing	Single-stage turbo blower φ200mm x 50m3/min x40kpa	units	4	24	incl. 6 standbys			
Circulation pump	Submergible Axial Pump φ400mm x 20m3/min x 4m	units	9	54	incl. 18 standbys			
Excess sludge pump	Screw type sludge pump φ100mm x 0.7m3/min x 10m	units	2	12	incl. 6 standbys			
9.Dewatering facility								
Dehydrator	Pressing Rotary Outer Cylinder -type Screw Press 300kg-ds/hr	units	4	12	incl.3 standby			
Excess sludge feed pump	Progressive cavity pump 125mm x 10 - 30m3/h	units	4	12	incl.3 standby			
Chemical dosage pump	Progressive cavity pump 32mm x 0.6 - 1.8 m3/h	units	3	12	incl.3 standby			
10. Electric facility								
Transformer	20kV/380V 50Hz 3,000kVA	lot	1	2				
Generator	6.6 kV 5000 kVA, radiator cooling,	lot	1	2				

表 4.3-4 A<sub>2</sub>O+IFAS 処理施設における主な施設の概要 (1/2)

	衣4.	.3-4 A <sub>2</sub> O+IFAS 処理施設にねける主/	C NEILC V	i e		<u> </u>	
Egoilit.		0	Unit		Qty.		
	Facility	Specification		Phase		Remarks	
	0 " 0 1 1 1	10.7.4.5.33		1	Ultimate		
1.	On-site Sludge Accepta	nce and Pre-Treatment Facility					
	Vacuum truck scale	Pit type (15 ton)	lot	1	1		
	Grit wahing machine	Mechnical stirring type 2.0 - 4.0m3/h		2	2		
	Crusher	Cutter pump 18m3/h x 13mH		4	4		
	Screen	Drum screen φ3,000mm, 1mm	units	3	3		
	Outlet pump	Submersible sand pump 80mm x 40m3/hr x 10m	units	3	3		
2.	Screenings & Pumping						
	Inlet gate	Electrical motor operation cast iron sluice gate 1.3mW x 1.95mH	lot	4	4		
	Coarse screen	Automatic Flat bar screen (Rotary arm type) Slot Width: 100mm ( 2.0mW x 5.84mH, with Container)	units	2	4		
	Fine screen	Single rake automatic Screen Spacing 20mm ( 2.0mW x 5.84mH)	units	2	4		
	Pump No.1	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 450mm x 25m3/min x 36mH	units	2	2	incl. 1 standby	
	Pump No.2	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 600mm x 50m3/min x 36mH	units	2	2	incl. 1 standby	
	Pump No.3	Vertical shaft Volute type mixed flow pump φ 800mm x 75m3/min x 36mH	units	0	4	incl. 1 standby	
3.	Grit Chamber						
	Grit collector	Double Rail Type Grit/Scum Collector Chennel Dimension: 6.0mW × 35mL×3.5mH Traveling	units	3	10	incl.2 standby	
	Grit lifting pump	Screw Impeller Type Centrifugal Pump 2.0m3/min x 20mH	units	3	10	incl.2 standby	
	Aerator	Immersed turbine	units	6	36		
4.	primary Sedimentation				I		
	Claifier	Center Driven Suspended Type Clarifier with Inclined Plates Diameter: 16m	units	2	8		
	Primary Sludge Pump	Motorized Eccentric Valve Ф200mm, PN10 Flanged	units	2	8	incl. 4 standby	
5.	Anaerobic Tank			i	1	1	
	Anaerobic, Anoxic						
	tank mixer	Dual MixerDM-2.2	units	6	36		
6.	Anoxic Tank				1	T	
	Anaerobic, Anoxic tank mixer	Dual MixerDM-2.2	tanks	6	36		
7.	Aeration Tank						
	Nitrification Pellet	Microbial Immobilized Carrier 146m3/tank	units	2	12		
	Blower	Single-stage, mixed flow torbo blower 300m3/min x 65kPa	units	2	12	incl.4 standbys	

表 4.3-5 A<sub>2</sub>O+IFAS 処理施設における主な施設の概要 (2/2)

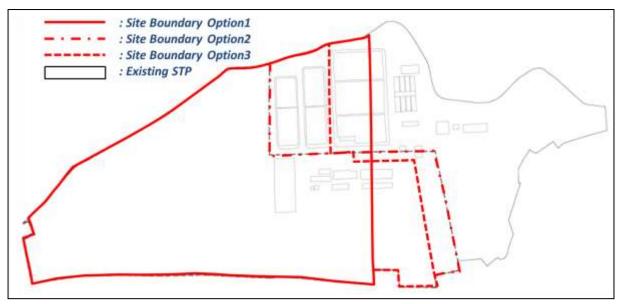
				C	Qty.		
	Facility	Specification	Unit	Ph	nase	Remarks	
				1	Ultimate		
8.F	inal Sedimentation Tan	k					
	Claifier	Double Deck Type Chain Flight Type Clarifier Diameter: 4.9mW x 62mL One Driver for Four Channels	skid	4	24		
	Final Sedimentation Tank Scum Skimmer  Motorized Pipe Skimmer  4450mm x 4,900mmL One Driver for Two Channels		units	4	24		
	Return Sludge Pump	Screw Impeller Type Centrifugal Pump φ250×8.5m3/min x 15mH	units	6	36	incl.12 standbys	
	Excess Sludge Pump	Non-Clog Type Centrifugal Pump 1.6m3/min x 15mH	units	3	9	incl. 3 standbys	
9.[	Dewatering facility						
	Gravity Thickener	Suspended Type Circular Clarifier Ф12m × 4m	units	1	4		
	Thickened Sludge Pump	Non-Crog Type Centrifugal Pump 1.0m3/min x 10mH	units	2	3	incl.1 standby	
	Belt Thickener	Belt Type Sludge Thickener 70m3/h	units	2	8	incl.3 standby	
	Dehydrator	Pressing Rotary Outer Cylinder -type Screw Press 300kg-ds/hr	units	4	12	incl.3 standby	
	Chemical dosage pump	Progressive cavity pump 32mm x 0.6 - 1.8 m3/h	units	3	12	incl.3 standby	
10	Disinfection facility						
	UV Sterilizer	Inclined Installation Type UX Sterilizer for Open Channel	lot	2	6	incl.2 standby	
	UV Channel Outlet Weir	Motorized Movable Weir 3000mmW x 500mmST	lot	2	6	incl.2 standby	
11	Electric facility						
	Transformer	20kV/380V 50Hz 3,000kVA	lot	1	2		
	Generator	6.6 kV 5000 kVA, radiator cooling,	lot	1	2		

### 4.3.2 A<sub>2</sub>O+MBR 方式及び A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の比較検討

各方式の比較検討は、以下の7項目を考慮して行った。

- ▶ 設置に必要な面積
- ▶ 既設 STP の残存可能性
- ▶ フェーズ1工事期間中の既設 STP の使用可否
- 残余敷地の活用性
- ▶ 維持管理の特性
- ▶ 初期建設費
- ▶ 維持管理費

また、各項目の比較検討においては、DKI から提案されている図 4.3-2 のような別の 2 つの用地 オプションを加えて比較検討を行う。しかし、初期建設費及び維持管理費においては各オプショ ンにおいての費用は同じと見なし、比較検討は行わない。第 2 次現地調査時に「イ」国側と調査 団は上記の各オプション別費用検討は行わないことで合意している。また、各オプション別面積 は全て 6ha である。



出典: JICA 調査団

図 4.3-2 各用地オプション別位置図

#### 4.3.2.1 設置に必要な面積による評価

各処理方式における各用地オプション別の必要面積を表 4.3-6 及び図 4.3-3~4.3-6 までに示す。  $A_2O+MBR$  方式のオプション 1 だけが DKI から提示された 6ha を満たしていた。このことから  $A_2O+MBR$  方式のオプション 1 が、設置面積による評価では最優良案と考えられる。

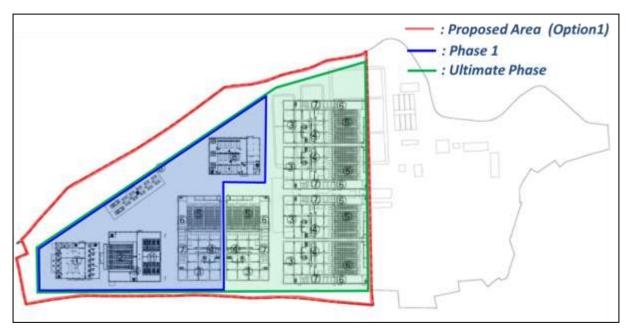
表 4.3-6 各処理方式における各用地オプション別処理場設置に必要な面積

処理方式	用地オプション	提示面積(ha)	必要面積(ha)	評価
A <sub>2</sub> O	1	6.0	6.0	0
+	2	6.0	6.3	0

処理方式	用地オプション	提示面積(ha)	必要面積(ha)	評価
MBR	3	6.0	6.3	0
A <sub>2</sub> O	1	6.0	6.9	×
+	2	6.0	6.9	×
IFAS	3	6.0	7.0	×

◎:最良、○:良、×:不可

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.3-3 A<sub>2</sub>O+MBR 方式の用地オプション1における施設配置図



図 4.3-4 A<sub>2</sub>O+MBR 方式の用地オプション 2 及び 3 における施設配置図

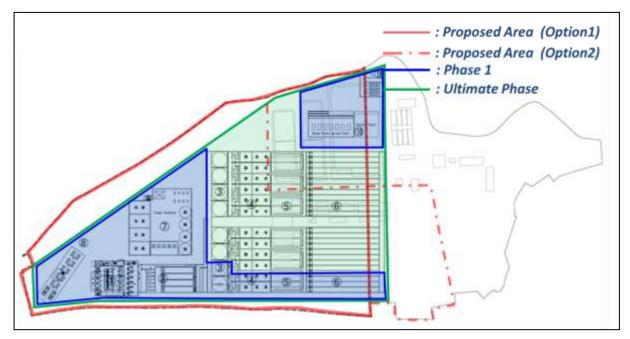
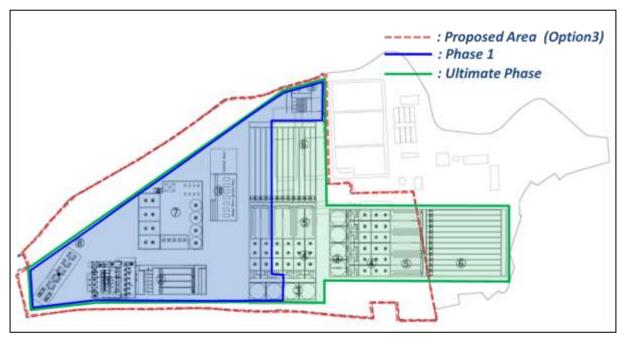


図 4.3-5 A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の用地オプション 1 及び 2 における施設配置図



出典: JICA 調査団

図 4.3-6 A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の用地オプション 3 における施設配置図

### (1) A<sub>2</sub>O+MBR 方式施設の段階的建設

 $A_2O+MBR$  方式の 2 つの配置図は図 4.3-3 及び図 4.3-4 に示されているが、この配置内の施設は、 4 フェーズに分けて建設される予定である。図 4.3-7 及び図 4.3-8 にこの段階的に建設される施設を図示する。

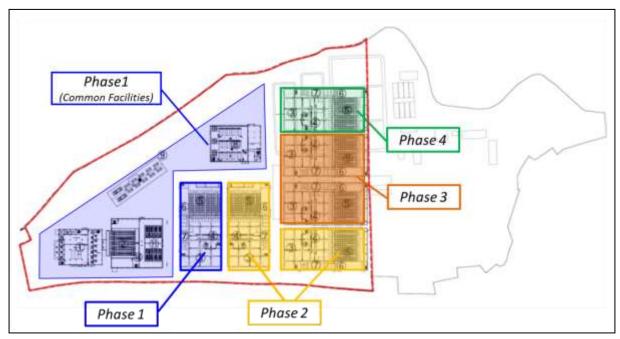
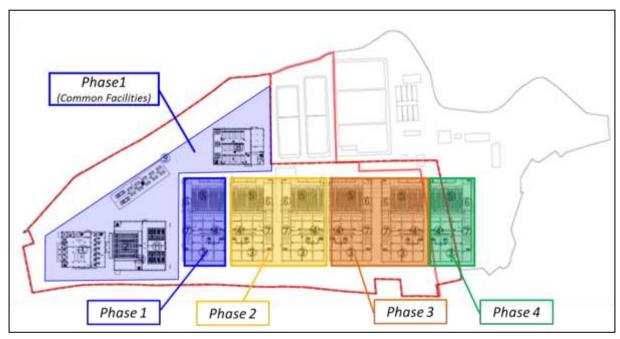


図 4.3-7 用地オプション 1 における  $A_2O+MBR$  方式施設の段階的建設



出典: JICA 調査団

図 4.3-8 用地オプション 2 及び 3 における A<sub>2</sub>O+MBR 方式施設の段階的建設

### (2) A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の段階的建設

 $A_2O+IFAS$  方式の 2 つの配置図は図 4.3-5 及び図 4.3-6 に示され、同じく 4 フェーズに分けて建設される予定である。図 4.3-9 及び図 4.3-10 に段階的に建設される施設を図示する。

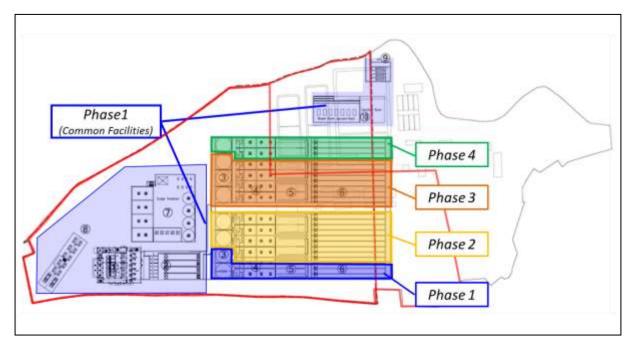
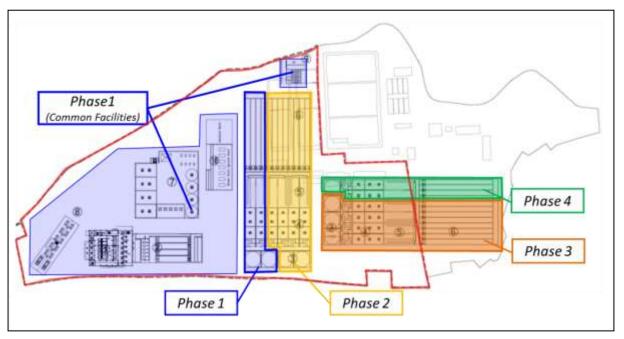


図 4.3-9 用地オプション 1 及び 2 における A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の段階的建設



出典: JICA 調査団

図 4.3-10 用地オプション 3 における A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の段階的建設

### 4.3.2.2 既設 STP の残存可能性を考慮した評価

前述したように DKI から既設 STP を残存できる二つの用地利用案(オプション 2 及び 3)が提示されている。 $A_2O+MBR$  方式及び  $A_2O+IFAS$  方式の二つの処理方式を用い適用可能性を評価した。

各処理方法における各オプションに対する新設処理場と新設処理場により撤去される既設施設

との関係を図 4.3-11 から図 4.3-14 に示す。また、各用地オプション別の特徴及び評価を表 4.3-7 に示す。

既設 STP の残存可能性の面からは、 $A_2O+MBR$  方式による用地オプション 2 及び 3 が最適と考えられる。

表 4.3-7 各処理方法別用地オプションに対する既設 STP の残存可能性評価

処理 方式	用地 オプション	特 徵	評価	備考
A <sub>2</sub> O	1	フェーズ2の工事時に既設 STP の前処理施設の撤去必要 フェーズ3の工事時に全ての既設 STP の撤去必要	×	図 4.3-11
A <sub>2</sub> O + MBR	2	フェーズ2の工事時に既設 STP の前処理施設の撤去必要 最終フェーズにおいても前処理施設以外の撤去は不要	0	図 4.3-12
	3	0	図 4.3-12	
A <sub>2</sub> O	1	フェーズ 1 の工事時に既設 STP の前処理施設以外の施設撤去必要フェーズ 2 の工事時に全ての既設 STP の撤去必要	×	図 4.3-13
+	2 同上		×	図 4.3-13
IFAS	3	フェーズ1の工事時に既設 STP の一部の水処理施設の撤去必要 最終フェーズにおいて旧処理施設一部残存可能	×	図 4.3-14

注) 凡例:○:良、×:不可

出典: JICA 調査団

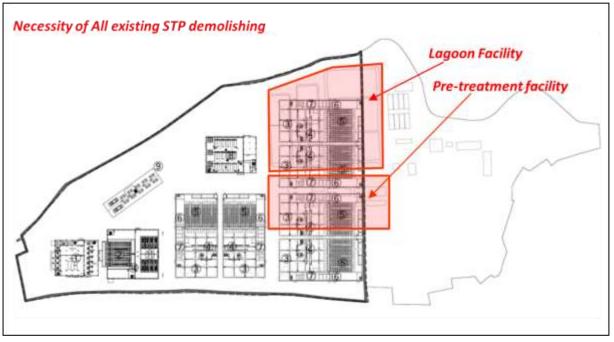


図 4.3-11  $A_2O+MBR$  方式の用地オプション 1 における新設処理場と既設施設との関係

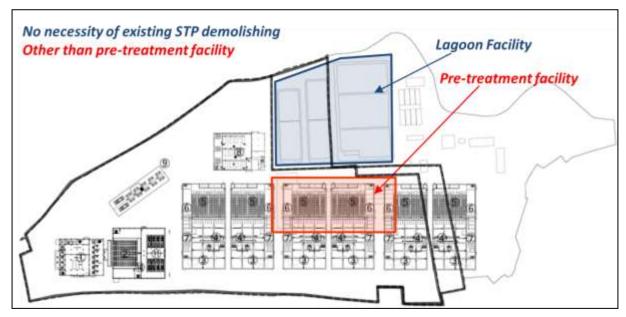


図 4.3-12 A<sub>2</sub>O+MBR 方式の用地オプション 2 及び 3 における新設処理場と既設施設との関係

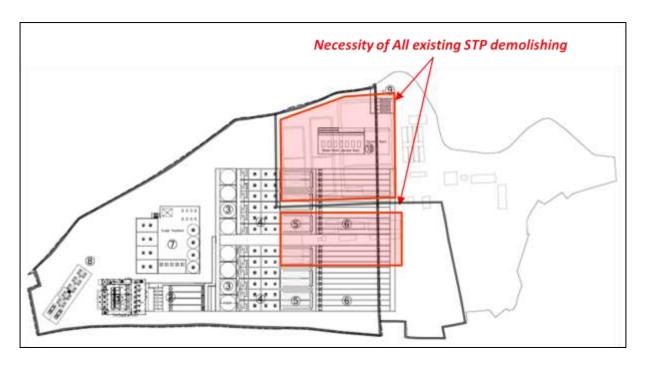


図 4.3-13 A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の用地オプション 1 及び 2 における新設処理場と既設施設との関係

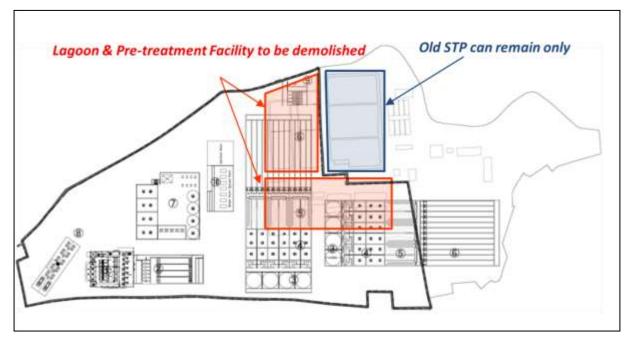


図 4.3-14 A<sub>2</sub>O+IFAS 方式の用地オプション 3 における新設処理場と既設施設との関係

### 4.3.2.3 フェーズ 1 工事期間中の既設 STP の使用可否による評価

フェーズ 1 の WWTP の工事が終了するまでは既設の STP によるオンサイト汚泥の持続的な処理が必要である。 $A_2O+MBR$  方式及び  $A_2O+IFAS$  方式によるフェーズ 1 においての各オプションに対する施設配置計画及び既設 STP との関係を図 4.3-15~図 4.3-17 に示す。 $A_2O+MBR$  方式においては、各オプションにおいてフェーズ 1 にて建設される施設は同じである。 $A_2O+MBR$  方式の各オプションに対するフェーズ 1 工事期間中の既設 STP の使用は全く問題ない。一方、 $A_2O+IFAS$  方式においてはオプション 1 及び 2 が同じであり、フェーズ 1 の工事において前処理施設は使用できるが、脱水ろ液の処理施設は撤去することで利用できなくなる。また、オプション 3 においても脱水ろ液の処理施設は撤去することで利用できなくなる。従って、 $A_2O+IFAS$  方式においては、フェーズ 1 工事期間中に既設 STP による処理が出来ない期間が生じる。

検討結果を表 4.3-8 に示す。 $A_2O+MBR$  方式のみが、既設のオンサイト汚泥処理施設へ干渉することなくフェーズ 1 事業対象施設の配置が可能である。

表 4.3-8 各処理方式別用地オプションに対するフェーズ 1 工事期間中既設 STP の利用評価

処理方式		用地 オプション	特 徴	評価	備考
1	A <sub>2</sub> O	1	フェーズ1工事時に既設 STP 利用可能 フェーズ2工事時に既設 STP の前処理施設解体必要	0	図 4.3-15
1	+ MBR	2	同上	0	図 4.3-15
	MDK	3	三二	0	図 4.3-15
	$A_2O$	1	フェーズ1工事時に既設 STP 利用不可(一定期間)	×	図 4.3-16
2	+	2	フェーズ 1 工事時に既設 STP 利用不可(一定期間)	×	図 4.3-16
	IFAS	3	フェーズ 1 工事時に既設 STP 利用不可(一定期間)	X	図 4.3-17

注) 凡例:○良、×不可

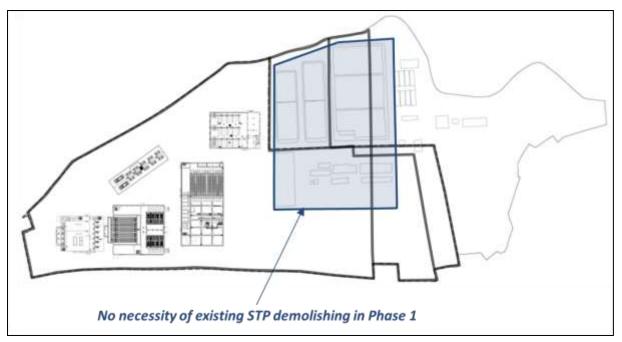


図4.3-15  $A_2O+MBR$  によるフェーズ1の施設配置計画と既設STP との関係(用地オプション1、2 及び3)

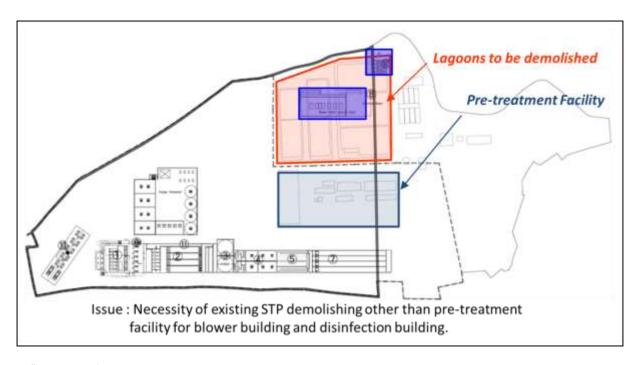
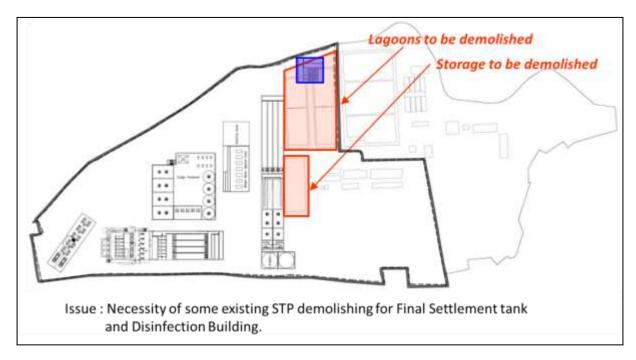


図 4.3-16  $A_2O+IFAS$  によるフェーズ 1 の施設配置計画と既設 STP との関係 (用地オプション 1 及び 2)



### 図 4.3-17 $A_2O+IFAS$ によるフェーズ 1 の施設配置計画と既設 STP との関係 (用地オプション 3)

### 4.3.2.4 残余敷地の活用性

DKI は新設下水処理場を 6ha に納めて、Duri Kosambi 処理場予定地の残余敷地を他のプロジェックトに有効利用することを計画している。その計画を考慮して、両方式の各用地オプション別の有効残余敷地面積を、表 4.3-9 及び図 4.3-18~4.3-21 に示す。

これらの図表から分かるように、 $A_2O+MBR$  方式のオプション 1 による施設配置が、残余敷地の有効利用では最適であることが分かる。

表 4.3-9 各処理方式による処理場設置後の有効残余敷地面積による評価

処理方式	用地オプション	有効な残余敷地面積 (ha)	評価	備考
	1	1.83	0	図 4.3-18
$A_2O+MBR$	2	1.25	Δ	図 4.3-19
	3	1.25	Δ	図 4.3-19
	1	1.59	0	図 4.3-20
$A_2O+IFAS$	2	1.59	0	図 4.3-20
	3	0.87	×	図 4.3-21

注) 凡例: ◎: 最良、○: 良、△: 普通、×: 不可

出典: JICA 調査団

4-28



図 4.3-18 A<sub>2</sub>O+MBR による処理場設置後の有効残余敷地面積(用地オプション 1)

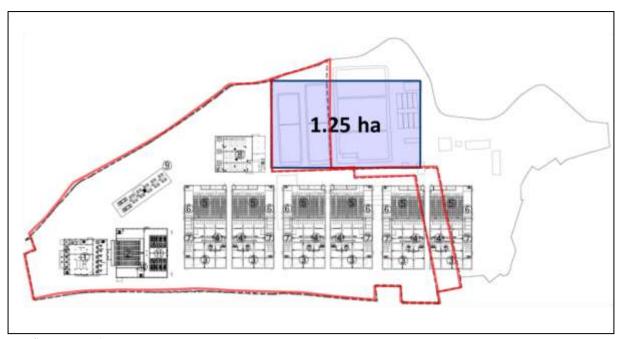


図 4.3-19 A<sub>2</sub>O+MBR による処理場設置後の有効残余敷地面積(用地オプション 2 及び 3)

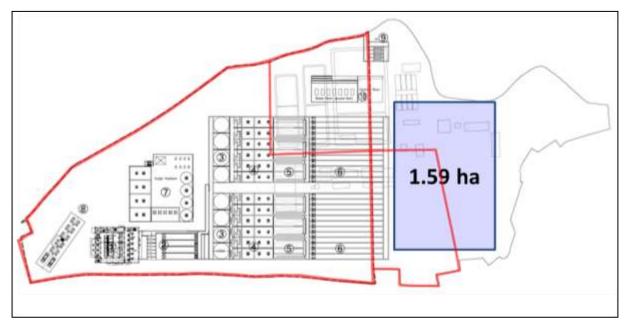


図 4.3-20 A<sub>2</sub>O+IFAS による処理場設置後の有効残余敷地面積 (オプション 1 及び 2)



出典: JICA 調査団

図 4.3-21 A<sub>2</sub>O+IFAS による処理場設置後の有効残余敷地面積(オプション 3)

### 4.3.2.5 維持管理特性による評価

本事業における処理場予定地として提供される用地面積は 6ha であり、かなり狭い面積に  $282,000 \text{m}^3$ /日の処理施設を設ける必要がある。その為、窒素及びりん除去の為の一般的な  $A_2O$  方式を元に省面積ができる各種技術を利用し計画した。次の表 4.3-10 で示すように、 $A_2O$ +MBR 方式では膜を利用することで、最初・最終沈殿池及び汚泥濃縮槽を省略することで省面積を図った。また、反応槽内で高い MLSS 濃度(約 12,000 mg/L)が保たれることで、反応槽の面積を小さくす

ることが可能となる。

 $A_2O+MBR$  方式は最終沈殿池がないことから、汚泥の沈降性悪化による処理水質の悪化がなく、また、固液分離の管理業務が不要で維持管理が容易である。一般的な  $A_2O$  方式及び  $A_2O+IFAS$  方式において、汚泥の沈降性悪化は様々な原因により生じるため原因究明は難しく、長い時間を要する場合が多く、その間は処理水質が安定しない。それに対して MBR は、膜ろ過により固液分離を行うことで常に安定的な処理水質が得られる。膜の差圧自動測定値により膜の適切な洗浄および交換時期が示される。万が一、膜破損などによる放流水質悪化が発生した場合も、膜交換などにより直ちに安定的な放流水質が確保できる。 $A_2O+MBR$  方式は  $A_2O+IFAS$  方式より設備機器の数が少なく、保守管理が容易である。

一方、 $A_2O+IFAS$  方式では反応槽内に硝化菌を植え込んだ担体を活性汚泥と供用することで、反応槽の面積を小さくすることが可能であった。しかし、 $A_2O+IFAS$  方式においては最初・最終沈殿池が必要である。各々の沈殿池の面積を少なくするため、最初沈殿池には傾斜板を用い面積を縮小し、最終沈殿池には二階層の沈殿池を適用し面積を縮小した。

傾斜板を用いた最初沈殿池及び二階層式最終沈殿池は維持管理が可也難しく、熟練した維持管理技術が必要である。また、最終沈殿池で汚泥沈降性が悪化した場合、水質悪化を招くことと、その回復に長時間を要することで維持管理が難しい。A<sub>2</sub>O+IFAS 方式は A<sub>2</sub>O+MBR 方式より機器の数が多く、その分機器保守に費用と要員を多く投入する必要がある。

上記の維持管理特性を纏めて、表 4.3-11 に示す。維持管理特性から判断すると、 $A_2O+MBR$  方式が  $A_2O+IFAS$  方式より優れていると判断される。

		* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *			** *	
	沈砂池	最初沈殿池	ばっき槽	膜槽	最終沈殿池	消毒槽
A <sub>2</sub> O + MBR	普通沈砂池	不要	活性汚泥	中空糸膜 ろ過装置	不要	不要
A <sub>2</sub> O + IFAS	ばっき沈砂池	円形 傾斜板沈砂池	担体及び 活性汚泥	不要	二階層 沈殿池	UV 消毒装置

表 4.3-10 各処理方式における主な処理施設の概要

表 4.3-11 各処理方式別維持管理特性による評価

処理方式 項 目	MBR	IFAS	備考	
1. 運転操作簡便性				
お済水所の田舎	汚泥沈降性	悪化等による		
放流水質の異常	殆どない	あり	MBR:膜破損などにより、放	
放流水質異常後の 回復時間	短い	比較的長い (汚泥沈降性の改善が必要)	流水質異常時、膜交換必要.	
固液分離管理	不要	難しい		
運転管理人員の	長い経験及	長い経験及び高度な知識		
技術水準	不要	必要		
汚泥発生量	少ない	多い		
評価	0	0		
2. 保守管理簡便性				

処理方式 項 目	MBR	IFAS	備考
/D (= + + + + + + + + + + + + + + + + + +	簡単で少数	複雑で多数	
保守対象機器	約 600 点	約 1,000 点	既設施設データより推定
評価	0	0	

注)凡例:◎:最良、○:良

出典: JICA 調査団

### 4.3.2.6 建設費による評価

上記2つの処理方式の建設費を表4.3-12及び4.3-13に示す。建設費の算定においては、用地オプション1を対象に、各処理方式別フェーズ1及び最終フェーズの費用を算定した。

フェーズ1においては、 $A_2O+MBR$  方式が  $A_2O+IFAS$  方式より約 をくなる。しかし、最終フェーズにおいては  $A_2O+IFAS$  方式が約 程度高くなり、その差は小さくなる。最終フェーズよりフェーズ 1 において工事費の差額が大きくなる理由は、 $A_2O+IFAS$  方式ではフェーズ 2 などで供用する施設をフェーズ 1 で前倒し建設するからである。このことから、各方式においての建設費の差額は最終フェーズを基準にすると 程度である。このことから、建設費の評価においては、 $A_2O+MBR$  方式が  $A_2O+IFAS$  方式より若干優位であると判断される。

表 4.3-12 フェーズ 1 における各処理方式別工事費

<b>3 70 12 / ニ / エ / エ (C401) 3 日本主力 2001 エチ貝</b>									
		$A_2O+MBR^{1)}$				A <sub>2</sub> O+IFAS <sup>2)</sup>			
項目	F/C	L/C	合計 (F/	C+L/C)	F/C	L/C	合計 (F/	C+L/C)	
	(Mil. IDR)	(Mil. IDR)	(Mil. IDR)	(Mil. JPY)	(Mil. IDR)	(Mil. IDR)	(Mil. IDR)	(Mil. JPY)	
1. 直接工事費									
1.1 土木/建築									
- 土工									
- 基礎									
- 構造物									
- 仮設									
- 建築									
- その他									
小計 (A)									
1.2 機械/電気									
- 機械									
- 電気									
小計 (B)									
合計 (A+B)									
2. 現場経費									
(A+B) Ø 5% (C)									
合計 (A+B+C)									
3. 一般経費									
(A+B) Ø 10% (D)									
総計 (A+B+C+D)			-	-					

1)中空糸膜利用の場合 2)包括固定化担体利用の場合

A<sub>2</sub>O+MBR A<sub>2</sub>O+IFAS 項目 F/C L/C 合計 (F/C+L/C) F/C L/C 合計 (F/C+L/C) (Mil. IDR) (Mil. IDR) (Mil. IDR) (Mil. JPY) (Mil. IDR) (Mil. IDR) (Mil. IDR) (Mil. JPY) 1. 直接工事費 1.1 土木/建築 土工 - 基礎 - 構造物 - 仮設 建築 - その他 小計 (A) 1.2 機械/電気 機械 - 電気 小計 (B) 合計 (A+B) 2. 現場経費 (A+B) Ø 5% (C) 合計 (A+B+C) 3. 一般経費 (A+B) Ø 10% (D) 総計 (A+B+C+D)

表 4.3-13 最終フェーズにおける各処理方式別工事費

#### 4.3.2.7 維持管理費による評価

2 つの処理方式別維持管理費用をフェーズ 1 と最終フェーズに分けて、次の表 4.3-14 及び表 4.3-15 に示す。今回の算定においては人件費などの固定費は算定せず、変動費だけを算定し比較した。脱水汚泥の処分において、現在は適正な処分方法が見つからない為、便宜上 600,000IDR/m³で計算を行った。修繕費においては、大部分の機器の耐用年数が 20 年程度あることから、20 年間の修繕費用を 20 年間の年平均したものである。

また、 $A_2O+MBR$  方式においては 8 年目から 10 年目に掛けて一回膜交換を行う費用も修繕費用として計上している。修繕費用において、 $A_2O+MBR$  方式が膜交換費用を含んでも、 $A_2O+IFAS$  方式より安くなる理由は、設置機器の数が少なく、その分修繕費用が安くなるからである。

したがって、維持管理費用においても  $A_2O+MBR$  方式が  $A_2O+IFAS$  方式より優位であると判断された。

	番号	項目		単位	A <sub>2</sub> O+MBR	A <sub>2</sub> O+IFAS	備考
ĺ		コ. ニ , 11	電気費	Mil. IDR			
	1	ユーティリ	电双复	JPY			
	ー ーティ費用		薬品費	Mil. IDR			

表 4.3-14 フェーズ 1 における各処理方式別の維持管理費

番号	項目		単位	A <sub>2</sub> O+MBR	A <sub>2</sub> O+IFAS	備考
			JPY			
		燃料代	Mil. IDR			非常用発電機等
		788个十1人	JPY			<b>乔币用光电傚守</b>
		消耗品費	Mil. IDR			
		<b>伯杜加</b> 質	JPY			
		小計	Mil. IDR			
		/1,旦	JPY			
2	脱水汚泥処分	.弗田	Mil. IDR			600,000IDR/m <sup>3</sup>
2	加小八万亿处约	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	JPY			000,000IDR/III
3	修繕費用	Mil. IDR		膜交換費用反映		
3	修름負用		JPY			庆义英貝币及以
	合 計		Mil. IDR			
			JPY			

表 4.3-15 最終フェーズにおける各処理方式別の維持管理費

番号	項目		単位	A <sub>2</sub> O+MBR	A <sub>2</sub> O+IFAS	備考
		電気費	Mil. IDR			
		电刈箕	JPY			
		薬品費	Mil. IDR			
		米叩貝	JPY			
1	ユーティリ ーティ費用	燃料代	Mil. IDR			非常用発電機等
1	ーティ費用	KNATI C	JPY			7F用/11元电极号
		消耗品費	Mil. IDR			
		<b>伯松</b> 加貧	JPY			
		小計	Mil. IDR			
		/1,11	JPY			
2	脱水汚泥処分	·弗田	Mil. IDR			600,000IDR/m <sup>3</sup>
2	加心八八十分初已又些刀	<b>須</b>	JPY			000,000IDK/III
3	修繕費用		Mil. IDR			膜交換費用反映
3			JPY			
合 計		Mil. IDR				
	П п		JPY			

出典: JICA 調査団

### 4.3.2.8 各処理方式の総合評価及び処理方式選定

前述した各評価項目を整理して次表 4.3-16 に示す。総合的な評価を行った結果、 $A_2O+MBR$  方式による用地オプション 1 が最も適している案であると評価された。調査団は「イ」国側に上記案を最適案として提案した。

表 4.3-16 各処理方式別用地オプションに対する総合評価

処理方式 オプション		A <sub>2</sub> O+MBR			A <sub>2</sub> O+IFAS		
評価項目	1	2	3	1	2	3	
必要面積	0	0	0	×	×	×	
既設 STP 残存	×	0	0	×	×	×	
フェーズ 1 工事期間中既設 STP 利用	0	0	0	×	×	×	
残余土地の活用性	0	Δ	Δ	0	0	×	

処理方式 オプション	A <sub>2</sub> O+MBR		A <sub>2</sub> O+IFAS			
評価項目	1	2	3	1	2	3
維持管理の特性	0	0	0	0	0	0
初期建設費	0	0	0	Δ	Δ	Δ
維持管理費	0	0	0	Δ	Δ	Δ
総合評価	0	0	0	×	×	×

注) 凡例: ◎: 最良、○: 良、△: 普通、×: 不可

出典: JICA 調査団

### 4.4 インドネシア側の要望による A<sub>2</sub>O+IFAS のレイアウトの検討

本調査の最終段階(2017 年 8 月 11 日)に、インドネシア側から  $A_2O+IFAS$  を採用したいとの強い要望が出された。しかし、DKI ジャカルタが当初提示した用地オプション 1、2、3 に合わせた配置案では、 $A_2O+IFAS$  の全施設が用地に収まらないだけでなく、フェーズ 1 工事期間中に既設STP の運転ができない。そこで、既設 STP を干渉する UV 施設及びブロワー室・電気室棟の建設位置を移動させ、用地形状を変更し、図 4.4-1 に示す施設配置及び用地の代替案を提示した。

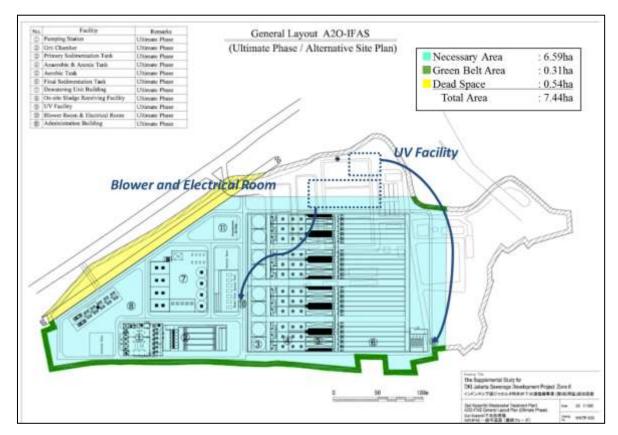


図 4.4-1 最終フェーズの A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の配置

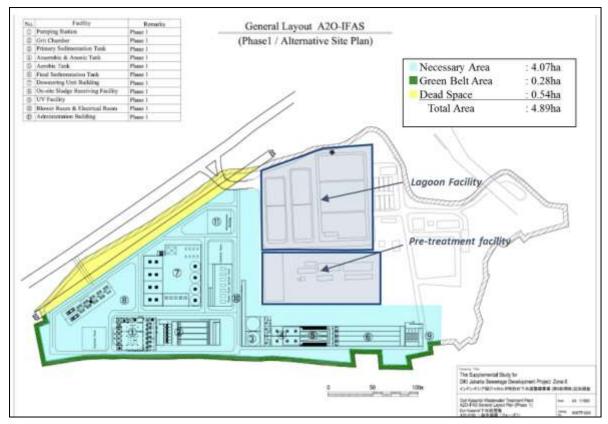


図 4.4-2 フェーズ 1 の A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の配置

代替案における必要面積は最終フェーズにおいて 7.44ha である。これは、施設を配置するため に必要な 6.59ha (図中、水色にて表示) に加え、敷地境界から 5m 幅で設けるグリーンベルト面 積 0.31ha (図中、緑色)、及び高圧線下のため施設は配置できないデッドスペース 0.54ha (図中、黄色) からなる。

図 4.4-2 に示す通り、フェーズ 1 においては、WWTP 施設建設エリアと既設 STP 施設エリアの干渉がないので、既設 STP の運転を休止する必要はない。また、フェーズ 1 の WWTP 施設建設に必要な用地面積は 4.89ha である。

最終フェーズの WWTP 用地面積については、DKI ジャカルタが Cipta Karya に対して最終フェーズ実施までに確保する旨のレターを発出することが、2017 年 8 月 11 日の本調査の最終会議で確認された。

なお、同最終会議での説明資料 (付録のページ「付録-A2-51」参照) では、最終フェーズの WWTP 用地面積は 7.13ha となっているが、この面積にはグリーンベルト部分の 0.31ha が含まれていない。 したがって、DKI ジャカルタ側によって確保が必要な用地面積は、7.44ha となる。

検討後の代替用地案における A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設のフェーズ別建設施設を図 4.4-3 に図示する。

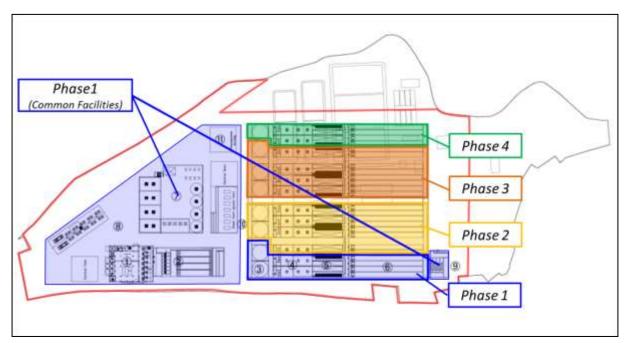


図 4.4-3 代替用地案における A<sub>2</sub>O+IFAS 方式施設の段階的建設

### 4.5 脱水汚泥ケーキの処分対策

### 4.5.1 脱水汚泥発生量

 $A_2O+MBR$  における汚泥マスバランスを図 4.5-1 に示す。流入下水に起因する脱水汚泥発生量とオンサイト汚泥から発生する脱水汚泥発生量は、表 4.5-1 のように推定される。

表 4.5-1 下水処理場とオンサイト汚泥処理施設の汚泥発生量(日平均)

(単位: m³/日)

項目	フェーズ 1	フェーズ 2	フェーズ 3	フェーズ 4		
流入下水量(日平均)	39,000	117,000	195,000	235,000		
流入オンサイト汚泥量 (日最大)	500					
1. 流入下水由来の脱水汚泥ケーキ	38	116	194	234		
2. オンサイト汚泥由来の脱水汚泥ケーキ	43	43	43	43		
3. 脱水汚泥ケーキ発生量の合計	81	159	237	277		

注) 脱水ケーキの含水率は82%で想定

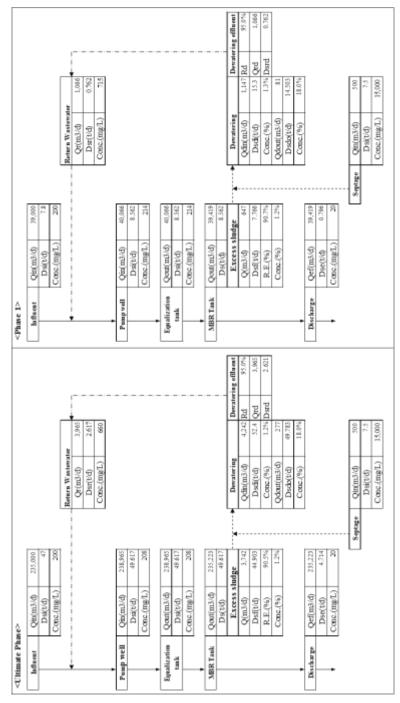


図 4.5-1 A<sub>2</sub>O+MBR における汚泥マスバランス

### 4.5.2 脱水汚泥ケーキの処分対策

既設のオンサイト汚泥処理施設では、現在、 $150 \text{m}^3/\text{H}$ のオンサイト汚泥を処理しており、 $15 \text{m}^3/\text{H}$  日(含水率 85%として)の脱水ケーキが発生していると考えられる。現在、オンサイト汚泥の脱水ケーキは天日乾燥床( $900 \text{m}^2$ )に貯留されている。目視では、現在、 $900 \text{m}^3$ 程度の乾燥汚泥が貯留されている模様である。その処分先について、現場スタッフに聴取したところ、月に 1 回、ボゴールにある肥料工場から 600 kg の乾燥汚泥を引き取りに来ること及び汚泥処理場用地(ゾーン

八千代エンジニヤリング(株) ファイナル・レポート

6WWTP 用地を含む) 内で農耕を行っている農民に配布している以外は、処分先は無いとのことであった。事実上、計画的な汚泥の処分は行われていないと考えられる。

今後、新 WWTP が運転を開始し、統合処理するオンサイト汚泥由来の汚泥も含めると、上記表 4.5-1 に示したようにフェーズ 1 においては日平均で 81 トン/日 (日最大で 89 トン/日)、フェーズ 4 においては 277 トン/日 (日最大で 324 トン/日) の脱水汚泥ケーキが発生すると推測されるが、 それを適切に処分しなければ、WWTP の運転に大きな支障が生じる可能性が高い。

本事業に係る F/S では、ゾーン 6 の WWTP から発生する脱水汚泥ケーキは、埋立地に搬送して最終処分する計画となっている。しかし、DKI 唯一の埋立地であるバンタルブガン埋立地(隣のブカシ市にある)は、既に飽和状態にあり、PD PAL JAYA に確認したところ、同埋立地にて脱水汚泥ケーキを処分することは許されない、とのことであった。

バンタルグバン埋立地については、2016 年 6 月 25 日付のジャカルタ新聞記事によれば、DKI 政府が、ゴミ1トンあたり IDR110,000(約 1,000 円)を支払ってその運営を民間企業 GTJ に委託しているが、GTJ の運営維持管理に問題があるとして、州政府が運営委託契約を破棄する可能性がある、とのことである。また、同記事では、GTJ 側の説明として、一日当り搬入されるゴミの量が 2,000 トンから 7,000 トンに増えた結果、増えるゴミに対し処理が追いつかない、とのことである。また、周辺住民がゴミ収集車の搬入を阻止している状況も報告されている。その後、事態がどうなったかについての情報は未入手であるが、同新聞記事の記述が正しいとすれば、同最終処分場を WWTP から発生する汚泥の処分地とすることは非常に困難と考えられる。

PD PAL JAYA が脱水汚泥ケーキを処分出来ないでいる原因は、DKI 政府が、最終処分場を提供出来ないからである。したがって、JICA 調査団としては、DKI 政府は、新しい最終処分場を建設するか、それが困難な場合には、PD PAL JAYA が行う汚泥処分の費用を DKI 政府側で予算確保することにより、PD PAL JAYA による汚泥処分が確実に行われることを担保する必要がある。

### 第5章 事業実施スケジュール案

### 5.1 フェーズ1事業の実施スケジュール案

### 5.1.1 実施スケジュール案検討の前提条件

フェーズ 1 事業の実施スケジュール案は、円借款事業の調達手続きに要する標準的な期間に基づいて検討した。

### (1) 借款調達の手続きとスケジュール

本事業は、資金調達先として我が国円借款を想定しているが、日本及び「イ」国側が行う主な手続き及び標準的な所要期間は、表 5.1-1 に示すとおりである。

期間 (月) 担当国 No. A. 環境審査(AMDAL) B. E/N & L/A までの手続き 1 FF mission 2 Pre-request 3 Appraisal mission 4 Green Book publication 5 Official request 6 Pledge 7 E/N 署名 8 L/A 署名 C. コンサルタント選定 1 RFP 作成→JICA 同意 2 公示 3 技術評価→JICA 同意 4 価格・総合評価→JICA 同意 5 | 契約交渉→JICA 同意 D. 本体入札 1 PQ 書類作成→JICA 同意 2 | PQ 公示 3 PQ 評価→JICA 同意 4 入札書類作成→JICA 同意 J 5 公示 6 技術評価→JICA 同意 7 価格評価→JICA 同意 8 契約ネゴ、契約・着工準備 (LOA\*<sup>2</sup>) JICA 契約同意

表 5.1-1 円借款の調達手続きにおける標準的な所要期間

注)

- 1. 上記 B-1~4 の手続きについては、同時並行で進めオーバーラップすることが可能。
- 2. LOA = Letter of Acceptance

出典: JICA 提供資料より調査団が作成

上記のうち、「イ」国実施機関が実施する環境影響調査(AMDAL)については、表 5.1-2 のような工程が想定される。同表によれば、AMDAL実施に必要な期間は、約12ヶ月である。

2.5

0.3

DKIジャカルタ環境局

DKIジャカルタ環境局

事業実施機関/コンサルタント

ジャカルタ州知事

所要月数 項目 担当機関 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 (月) コンサルタントの選定・調達 事業実施機関 3 準備書(AMDALのTOR)の作成 2 コンサルタント 住民協議会 ★ 協議会実施後、10日間の往民からのコメント受入期間 事業実施機関/コンサルタント 0.3 最長30日 DKIジャカルタ環境局 準備書(AMDALのTOR)の評価 現地調査及びAMDAL図書の作成 コンサルタント 6

■ 最長75日

■ 10日以内

表 5.1-2 インドネシア側実施機関による AMDAL 実施スケジュール案

Duri Kosambi敷地内の農民との協議 出典: F/S (2013年、JICA)

AMDAL図書の承認・条件付承認・否認

AMDAL図書の評価

環境許可の付与

#### 施工計画および調達計画 (2)

建設工事の施工期間は、各施設における工事施工順序、施工業者の実施能力、資材および労務 の調達状況、施工規模、「イ」国の施工方式および工事規模、交通障害等を考慮して計画した。

WWTP 建設工事の実施工程を、表 5.1-3 に示す。着工から試運転まで 30 ヵ月(2.5 年)程度必 要と想定する。

項目 3年目 1年目 2年目 準備工 ポンプ棟 沈砂池 水処理施設 ブロアー棟 重力式濃縮層 脱水機棟 オンサイト汚泥受入施設 管理棟 外構 機械・電気設備工事 試運転・引渡し

表 5.1-3 下水処理場建設工程計画

出典: F/S (2013年、JICA)

下水管渠建設工事の実施工程を、表 5.1-4 に示す。着工から完工まで 48 ヵ月(4.0 年)程度必要 と想定する。

項目 年 2 3 4 5 幹線管渠 2.5 I Dia.2,400 - 1,650mm 2.0 Dia.1,500 - 900mm 1.5 幹線以外の 4.0 主要管渠・2次・3次管

下水管渠建設工事の実施スケジュール 表 5.1-4

出典: F/S (2013 年、JICA)

### 5.1.2 事業実施スケジュール案

### 5.2 全体事業の実施スケジュール案

本事業は、第6処理区のフェーズ1エリアを対象とするが、同処理区全体の事業実施スケジュール案を検討する。その検討条件は、以下のとおりである。

● 第6処理区の下水道整備事業は、4フェーズに分けて実施されると想定する。本調査で見直した各フェーズの計画下水処理人口及び計画日最大汚水量は、表5.2-1のとおりである。

表 5.2-1 本調査で見直した計画処理人口及び計画日最大汚水量

フェーズ	計画下水処理人口 (人)	計画日最大汚水量 (m³/日)	オンサイト汚泥受 入れ量 (m³/日)	WWTP の計画日最 大汚水量 (m³/日)
1 (本事業)	195,000	47,000	500	47,500
2	391,000	94,000		94,000
3	391,000	94,000		94,000
4	195,000	47,000		47,000
合 計	1,172,000	282,000	500	282,500

出典: F/S (2013年、JICA) 時データを本調査団が見直しした。

- 4つのフェーズの事業実施には、円借款が適用されると想定する。
- フェーズ2以降の事業実施は、下水処理場の土木工事が重ならないような工程であること を条件とする。
- 上記のとおり、DB 方式が有利であるので、DB 方式を前提とした工程とする。

以上の条件を前提にした、第6処理区全体計画の事業実施スケジュール案は、表5.2-2に示すとおりである。

## 第6章 発注方式の検討

- 6.1 発注方式
- 6.1.1 施設建設に係る発注方式

### 6.1.2 施設建設後の運営・維持管理 (O&M) を考慮した発注方式

本フェーズ 1 事業の建設施設のうち、WWTP については、建設後の O&M は、「イ」国側実施機関が直営で行うか、民間企業に委託するかは、同実施機関の判断に委ねられる。

本調査では、「イ」側実施期間の判断材料として、O&M を民間委託するケース、いわゆる設計施工・運営維持管理一括発注方式(DBO)についてメリット及びディメリットを検討した。その結果は、表 6.1-2 に示すとおりである。

### 表 6.1-2 DBO 方式のメリット及びディメリット

### ● 施設建設が公的資金で行われることから、最 終的な責任の所在を明確にしつつ、民間活力 の導入が図れる。

メリット

- 長期間 (15~20年) にわたって計画的な維持 管理がきることや、運営・維持管理費用の低 減、平準化が図れることから、安全・安心お よび経済性において優れている。
- 建設と運営・維持管理を一括で発注すること から施設建設計画に維持管理のノウハウが反 映でき、最適な施設計画が可能である。
- 建設と運営・維持管理を一体のものとし同時 に発注することから、運営・維持管理契約に も競争性が期待される。

### ディメリット

- 契約期間中に放流水質等の政策の変更がある 場合は、契約変更が必要である。
- 用役調達に係る費用(ユーティリティ費)は、変動費用として扱われているが、原単位抑制インセンティブが民間事業者に付与されていない場合に、総量抑制効果が働かない状況になる。
- 民間事業者に対する契約締結によりリスクの 一部を移転したことにより、公共のリスクが軽 減されるが、民間事業者に裁量を付与したこと から、従来事業方式より一層の厳密な事業モニ タリングを行うことが課題となる。
- 緊急時に民間業者の対応が難しい。
- 民間業者が破産等のことで、事業から撤退した場合、対応が難しくなる。

出典: JICA 調査団

一方、「イ」側実施機関が DBO ではなく、直営で O&M を行う場合は、実施機関が O&M の経験が不足していることから、下記ケースを検討することを提案する。

ケース1:施設建設と民間企業による1~2年の技術指導含めた一括発注方式とする。

ケース2:施設建設後に半年間以上の実施機関職員へのキャパシティ・ビルディングを含める。

### 6.2 LCC 評価導入の検討

WWTP 建設など、民間企業の独自技術やノウハウに左右される事業については、発注者は、ライフサイクルコスト(以下、LCC という)を予測・管理しにくい。そこで、建設施設の品質を担保する調達方法として、LCC 評価方式を入札評価に導入することを提案する。

DBB 方式では、建設費のコスト評価により受注者を決定するのが通例であるが、DB 方式では 運転・維持管理費を含めたコストの最小化を目指すために、LCC 評価により受注者を決定する方 法も考えられる。一方、DBO 方式では、LCC 評価により受注者を決定するのが通例である。

LCC 評価の基本要素と考え方及び方法論は、表 6.2-1 に示すとおりである。

表 6.2-1 LCC 評価の基本要素と考え方・方法論

No.	LCC 評価を構成する基本要素	考え方・方法論
1	目的とメリット	事業のライフサイクルにおける発注者の財政負担の見通しを 立てるとともに、LCC を入札評価パラメータとすることによ
		り財政負担の軽減を図る
2	適用対象事業	WWTP などの施設で、特に発注者が LCC を予測・管理しに
		くい事業(複雑、大規模、新規、特殊な事業要件等)におけ る活用メリットが大きい
3	適用対象事業方式	● EPC、DB (プロセス証明期間含む)、DBO
		● 特に、DB や DBO 方式の場合は、応札者の処理プロセス
		を含めた創意工夫により、発注者側の想定以上の提案がな されることも期待できる
4	   費用項目	初期投資(CAPEX)及び運営・維持管理(OPEX)の現在価
4	賃用項目	值
		● OPEX については適切な割引率を用いて現在価値化する
5	評価対象期間	施設の主要施設の更新期を考慮して決定 (一般的に 15 年~25
		年)
6	割引率	複数の算定方式があるが、発注者(公的機関)の期待収益率
		を用いるのが現実的で妥当と考えられる
7	単価と数量	OPEX の各項目について、単価は発注者側で設定、応札者は 数量を提案する(公式にはLCC計算自体は発注者が実施する)
8	   妥当性・実現性確認	提案価格(数量)が妥当であるか、それが確実に実現できる
0	女司压:天凭压唯心	かの確認を、入札評価過程において実施する(データ検証や
		ヒアリング等の実施)

出典:我が国水ビジネスの海外展開(経済産業省)

また、LCC 評価のテンプレートの一例を表 6.2-2 に示す。

表 6.2-2 LCC 評価のテンプレート (例)

大項目	項目	0年目	1年目	2年目	3年目	4 年目	N年目	合計
設計費								
調達・建設	費							
	準備費用							
	土木・建築							
	機械設備							
	電気設備							
	検査・試運転							
	その他							
固定費								
	電力費							
	改築更新費							
	維持修繕費							
	人件費							
変動費								
	電力費							
	薬品費							
	廃棄物処分費							
検査要求事	項							
その他								
費用合計(割引前)								
計 (割引現	在価値)							
	設計費 調達・建設 調達・建設 で動費 をかい。 でのの、割引引現 では、割引引現	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他 計(割引前)	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他 計(割引前)	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他 計計(割引前)	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他 計:(割引前)	設計費 調達・建設費 準備費用 土木・建築 機械設備 電気設備 検査・試運転 その他 固定費 電力費 改築更新費 維持修繕費 人件費 変動費 電力費 薬品費 廃棄物処分費 検査要求事項 その他 計計(割引前)	世代

出典:我が国水ビジネスの海外展開(経済産業省)

### 6.3 インドネシア側の発注方式に関する考え方

上述の発注方式及びLCC評価の導入に関する「イ」側の方針は、第4次現地調査終了時の段階では、まだ明確になっていなかったが、Appraisal 時までには決定するとのことであった。

### 第7章 フェーズ1の概算事業費

### 7.1 概算事業費の積算条件

本事業は、資金調達先として我が国円借款を想定しているため、本事業の概算事業費の費用構成は以下のとおりとする。

- 1) 建設工事費
- 2) 物価上昇予備費
- 3) 物理的予備費
- 4) 設計/施工管理費
- 5) 用地買収費
- 6) 事業管理費
- 7) 税金
- 8) 建中金利
- 9) フロント・エンド・フィー

### 7.1.1 事業費の算定条件

本事業の概算事業費は、以下の条件により算出する。また、内貨部分(L.C.)と外貨部分(F.C.)に分けて算出した。

### (1) 建設工事費

- ▶ 下水管渠 (フェーズ 1): F/S 時の工事費とする。
- ▶ 下水処理場 (フェーズ1): 本調査で見直した工事費とする。

### (2) 物価上昇予備費

内貨分を 2.01% (F/S 時 7.1%) /年、外貨分を 1.7% (F/S 時 2.1%) /年とした。

### (3) 物理的予備費

建設工事費、事業管理費および設計/施工管理費に対して5%とした。

### (4) 設計/施工管理費 (コンサルティング・サービス費)

建設工事費の約 10 %程度となった。(Provisional Sum の測量、土質調査、排水路調査等を含む)

### (5) 事業管理費

「イ」国実施機関の事業執行管理に要する費用として、建設工事費の5%とした。

### (6) 税金

付加価値税 (VAT) および Import TAX は、10%とした。

### (7) 建中金利

▶ 金利:建設1.20%、 コンサルタント:0.01%

▶ 借款期限 40 年

▶ 据置期間 10 年

### (8) フロント・エンド・フィー

現金型:借款対象金額×0.2%

### (9) 積算基準時期および為替レート

積算基準時期および為替レートを表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 積算基準時期および為替レート

項目	採用値
コスト積算基準時期	2017年5月
為替レート	1IDR=0.00827 円 1USD=13,300IDR 1USD=110 円

出典: JICA 調査団

### 7.2 下水管路施設建設工事費

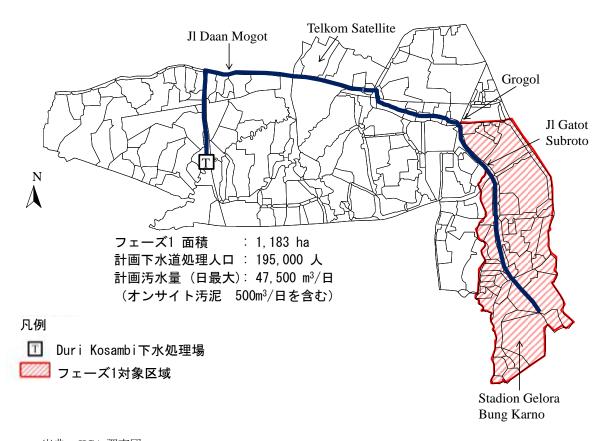
下水管路施設の建設工事費は、F/S 時の直接工事費に物価上昇率 10% (約 4 年経過したため) を加算した。また、下水管路施設建設工事の間接費 (一般管理費、交通管理費含む) として、直接工事費の13% (F/S 時と同じ)を計上した。フェーズ1の下水管路施設を表 7.2-1 に示す。

表 7.2-1 フェーズ 1 の下水管路施設

項目	整備数量
フェーズ1整備エリア	1,183ha
下水幹線管渠延長(内径 900mm~2,400mm)	15,522m
下水本管延長(内径 350mm~1,000mm)	18,347m
2 次・3 次管下水管渠(内径 200mm~300mm)	109,603m
合計延長	143,472m
取付管設置数(公共ます含む)	23,000 箇所

出典: JICA 調査団

フェーズ1で整備するエリアを図7.2-1に示す。



出典: JICA 調査団

図 7.2-1 フェーズ 1 事業の対象区域

### 7.3 下水処理場建設工事費

下水処理場の建設工事費は、本調査で見直した。また、下水処理場の間接費として、現場管理費は直接工事費の 5%、一般管理費は直接工事費+現場管理費の 10%を計上した。

### 7.4 概算事業費の算定

上記の算定条件に基づいて算出された概算事業費( $A_2O+MBR$  方式)を表 7.4-1 に示す。また、 $A_2O+IFAS$  方式の概算事業費も表 7.4-2 に示す。

表 7.4-1 第 6 処理区フェーズ 1 事業の概算事業費 (A<sub>2</sub>O+MBR 方式)

			Total					
	Item	F.C.	L.C.	Total	Total			
		(Mil. JPY)	(Mil. IDR)	(Mil. JPY)	(Mil. IDR)			
<b>A.</b> E	LIGIBLE PORTION			· · · ·				
I)	Procurement / Construction							
	Civil Work ICB-1 : WWTP (A <sub>2</sub> O+MBR) *1 & *2							
	Civil Work ICB-2: Trunk Sewer *2							
	Civil Work ICB-3:Service Pipe, Interceptor,							
	Lateral Pipe and Persil Pipe *2							
	Base cost for JICA financing							
	Price escalation							
	Physical contingency							
Π)	Consulting services							
	Base cost							
	Price escalation							
	Physical contingency							
Tota	l ( I+II)							
<b>B.</b> N	ON ELIGIBLE PORTION							
a	Administration cost							
b	VAT							
c	Import Tax							
Tota	l (a+b+c)							
TOT	TAL (A+B)							
C.	Interest during Construction							
	Interest during Construction(Const.)							
	Interest during Construction (Consul.)							
D.	Front End Fee							
GRA	AND TOTAL (A+B+C+D)							
E.	JICA finance portion (A)							
注)								

注)

2. 各工事パッケージには紛争最裁定委員会費用(処理場 3 名体制、管路工事 1 名体制)を含む。 出典:JICA 調査団

表 7.4-2 第 6 処理区フェーズ 1 事業の概算事業費 (A<sub>2</sub>O+IFAS 方式)

		Total					
	Item	F.C.	L.C.	Total	Total		
		(Mil. JPY)	(Mil. IDR)	(Mil. JPY)	(Mil. IDR)		
<b>A.</b> E	LIGIBLE PORTION						
I)	Procurement / Construction						
	Civil Work ICB-1: WWTP (A <sub>2</sub> O+IFAS) *1 & *2						
	Civil Work ICB-2: Trunk Sewer *2						
	Civil Work ICB-3:Service Pipe, Interceptor,						
	Lateral Pipe and Persil Pipe *2						
	Base cost for JICA financing						

<sup>1.</sup> Civil Work ICB-1: WWTP (A<sub>2</sub>O+MBR)の発注方式は Design Build 方式。事業費は 2 年間の運転維持管理費用を含す。

		Total						
	Item	F.C.	L.C.	Total	Total			
		(Mil. JPY)	(Mil. IDR)	(Mil. JPY)	(Mil. IDR)			
	Price escalation							
	Physical contingency							
II)	Consulting services							
	Base cost							
	Price escalation							
	Physical contingency							
Tota	l(I+II)							
<b>B.</b> N	ON ELIGIBLE PORTION							
a	Administration cost							
b	VAT							
С	Import Tax							
Tota	l (a+b+c)							
<u>TO</u>	$\Gamma AL (A+B)$							
C.	Interest during Construction							
	Interest during Construction(Const.)							
	Interest during Construction (Consul.)							
D.	Front End Fee							
GR	AND TOTAL (A+B+C+D)							
E.	JICA finance portion (A)							

注)

2. 各工事パッケージには紛争最裁定委員会費用(処理場3名体制、管路工事1名体制)を含む。

出典: JICA 調査団

### 7.5 維持管理費の算定

下水道施設(下水処理場および管路施設)の維持管理費は、以下の項目および費用とした。

### 7.5.1 下水処理場の維持管理費

### (1) 下水道公社直営の場合

下水処理場(47,500 $\text{m}^3$ /日)の 1 年間の O&M コストは、 $\text{A}_2\text{O}+\text{MBR}$  方式の場合、表 7.5-1 に示す とおり、

表 7.5-1 下水処理場 (A<sub>2</sub>O+MBR 方式) の O&M コスト/年 (フェーズ 1)

番号	項目	内 容	単位	費用	備  考
		電力費	Mil. IDR		
		电刀钉	JPY		
		薬品費	Mil. IDR		
	ユーティ リティ		JPY		
1		ーティ 燃料費 (非常用発電機) 消耗品費	Mil. IDR		
1			JPY		
			Mil. IDR		
			JPY		
		小 計	Mil. IDR		
			JPY		

<sup>1.</sup> Civil Work ICB-1: WWTP (A<sub>2</sub>O+MBR)の発注方式は Design Build 方式。事業費は 2 年間の運転維持管理費用を含む。

番号	項目	内 容	単位	費用	備考		
2	脱水汚泥処分	八弗	Mil. IDR		600,000 IDR/m <sup>3</sup>		
2	加小八行	刀貝	JPY		600,000 IDR/III		
2	修繕費		Mil. IDR		膜交換費用含む		
3	修름質		JPY		族父換負用占む		
	Δ :	<b>計</b> (1+2+3)	Mil. IDR				
合 計 (1+2+3)			JPY				

また、 $A_2O+IFAS$  方式の場合の運転維持管理費用は表 7.5-2 に示すとおり、 となる。

表 7.5-2 下水処理場(A<sub>2</sub>O+IFAS 方式)の O&M コスト/年(フェーズ 1)

番号	項目	内 容	単位	費用	備考
		<b>武</b> 上典	Mil. IDR		
		電力費	JPY		
		薬品費	Mil. IDR		
		<b>米</b> 印質	JPY		
1	ユーティ リティ	燃料費 (非常用発電機)	Mil. IDR		
1	リティ		JPY		
		消耗品費	Mil. IDR		
			JPY		
			Mil. IDR		
			JPY		
2	的水洼泥加	脱水汚泥処分費			600,000 IDR/m <sup>3</sup>
2	加九八八万万亿次	<b>二</b> 刀 須	JPY		000,000 IDR/III
3	修繕費		Mil. IDR		
3	3 修禮其		JPY		
	合 計 (1+2+3)				
	'μ'	計 (1+2+3)	JPY		

出典: JICA 調査団

# (2) 下水処理場の発注方式として Design Built+LCC 評価方式を適用する場合の運転維持管理費 (施工業者が実施する場合)

Design Build + LCC 評価方式を適用した場合、施工業者はプロセスのパフォーマンス証明のため 2 年間の O&M を実施することを想定する。この場合、下水処理場(47,500 $\mathrm{m}^3$ /日)( $\mathrm{A_2O+MBR}$  方式および  $\mathrm{A_2O+IFAS}$  方式)の 2 年間の運転維持管理費用(施工業者が実施する場合)を表 7.5-3 に示す。なお、同運転維持管理費には、業者による下水道公社職員への技術指導費用を含む。

表 7.5-3 Design Built+LCC 評価方式を適用した場合の施工業者による運転維持管理費(2年間)

				MBR				IFAS(MBBR)			
	Item				L/C	Total (FC+LC)		F/C	L/C	Total (FC+LC)	
				(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.JPY)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.JPY)
O&M Cos	O&M Cost										
A. I	Labour										
á	a. Director	1	persons								
t	o. Expert	3	persons								
	. Engineer	3	persons								
(	I. Technician	19	persons								
6	e. Clerk	1	persons								

		M	BR		IFAS(MBBR)			
Item	F/C	F/C L/C Total (FC+LC)		F/C	F/C L/C Total (FC+I		FC+LC)	
	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.JPY)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.Rp.)	(Mil.JPY)
f. Guard 4 persons								
Sub Total (a+b+c+d+e)								
B. Utility								
a. Electricity								
b. Chemical								
c. Fuel								
d. Consumables								
Sub Total (a+b+c+d)								
C. Dewatered Sludge Disposal								
D. Repair								
Legal inspection, Planting and E.								
E. Cleaning								
F. Other Expenses								
G. Technology Transfer								
Total (A+B+C+D+E+F+G)								
H. Site Overhead								
5% of Total (A+B+C+D+E+F+G)								
Total (A+B+C+D+E+F+G+H)								
I. General Overhead								
10% of Total								
(A+B+C+D+E+F+G+H)								
J. Total O&M Cost								
(A+B+C+D+E+F+G+H+I)								

### 7.5.2 下水道管路施設の維持管理費

下水道管路の直接工事費の0.3%を、下水道管路の年間維持管理費とした。

また、インターセプター下水収集システム地区においては、雨水吐き室(Overflow Chamber (OC)) に投棄ごみが堆積することが予想される。そのため、インターセプター下水道施設の維持管理費として、それらのごみの清掃費及び処分費を計上した。

表 7.5-4 インターセプター下水道・雨水吐き室の清掃及び処分費

項目	条件	計算	費 用 (百万 IDR/年)
人件費	3 名×3 班:9 名体制 人件費:113,229IDR/日	113,229IDR/日 × 365 日	372
処分費	ごみ量 2.9ton/日 処分単価 60USD/ton	2.9ton/∃ × 60USD/ton × 13,300IDR/USD x 365 ∃	845
合 計			1,217