

パプアニューギニア国
独立公共事業公社 (IPBC)

パプアニューギニア国
ポートモレスビー下水道整備事業
詳細設計(その2) 報告書

和文要約

平成 23 年 12 月
(2011 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 エヌジェーエス・コンサルタンツ

環境
CR(3)
11-205

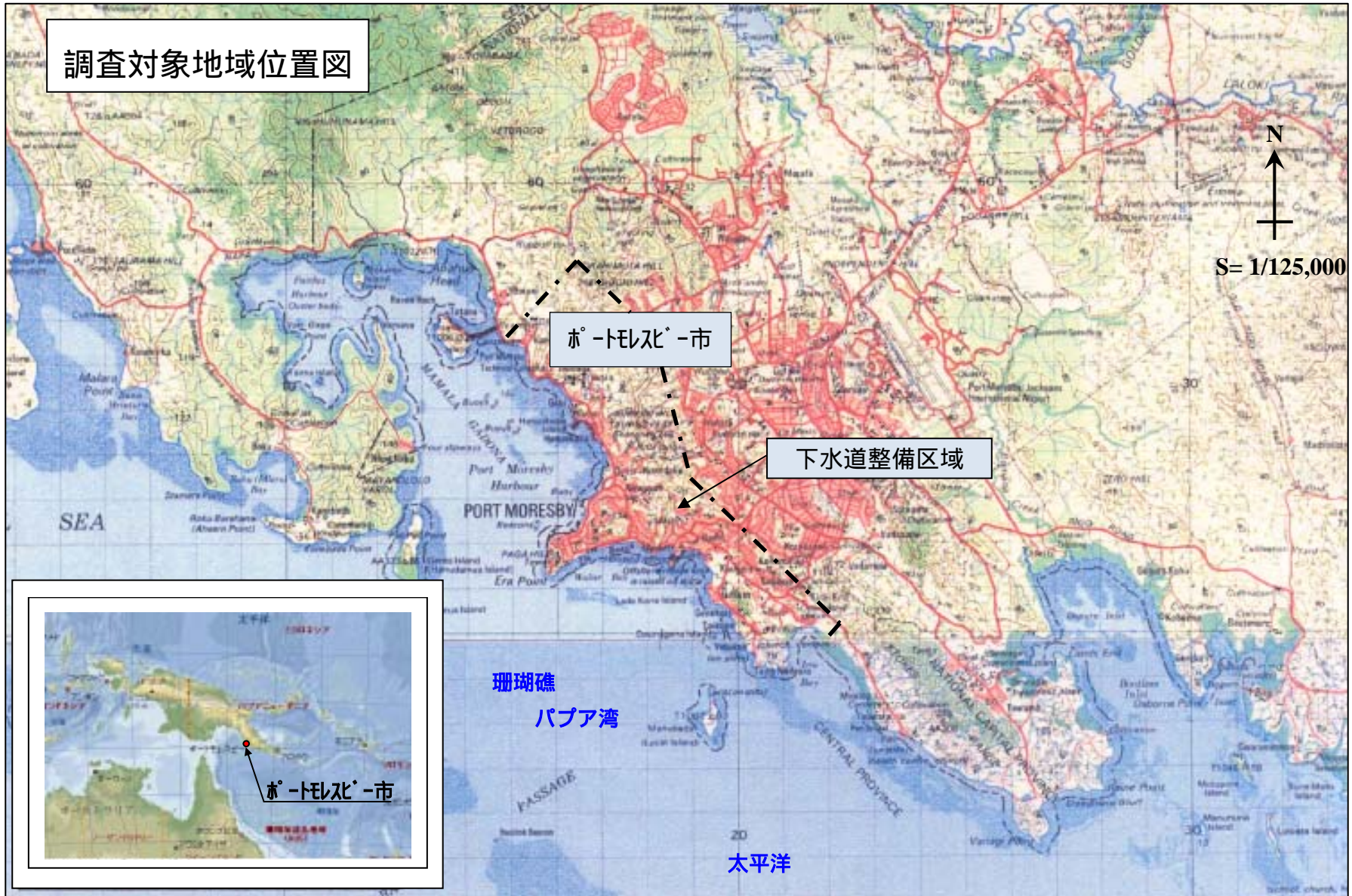
本報告書では、事業費を 2011 年 10 月時点の市場価格で見積もり、Kina で表示した。
使用した換算率は以下の通りである。

1 Kina = 34.30 日本円

1 米ドル = 79.70 日本円

2011 年 10 月 1 日現在

調査対象地域位置図



ポートモレスビー市

下水道整備区域

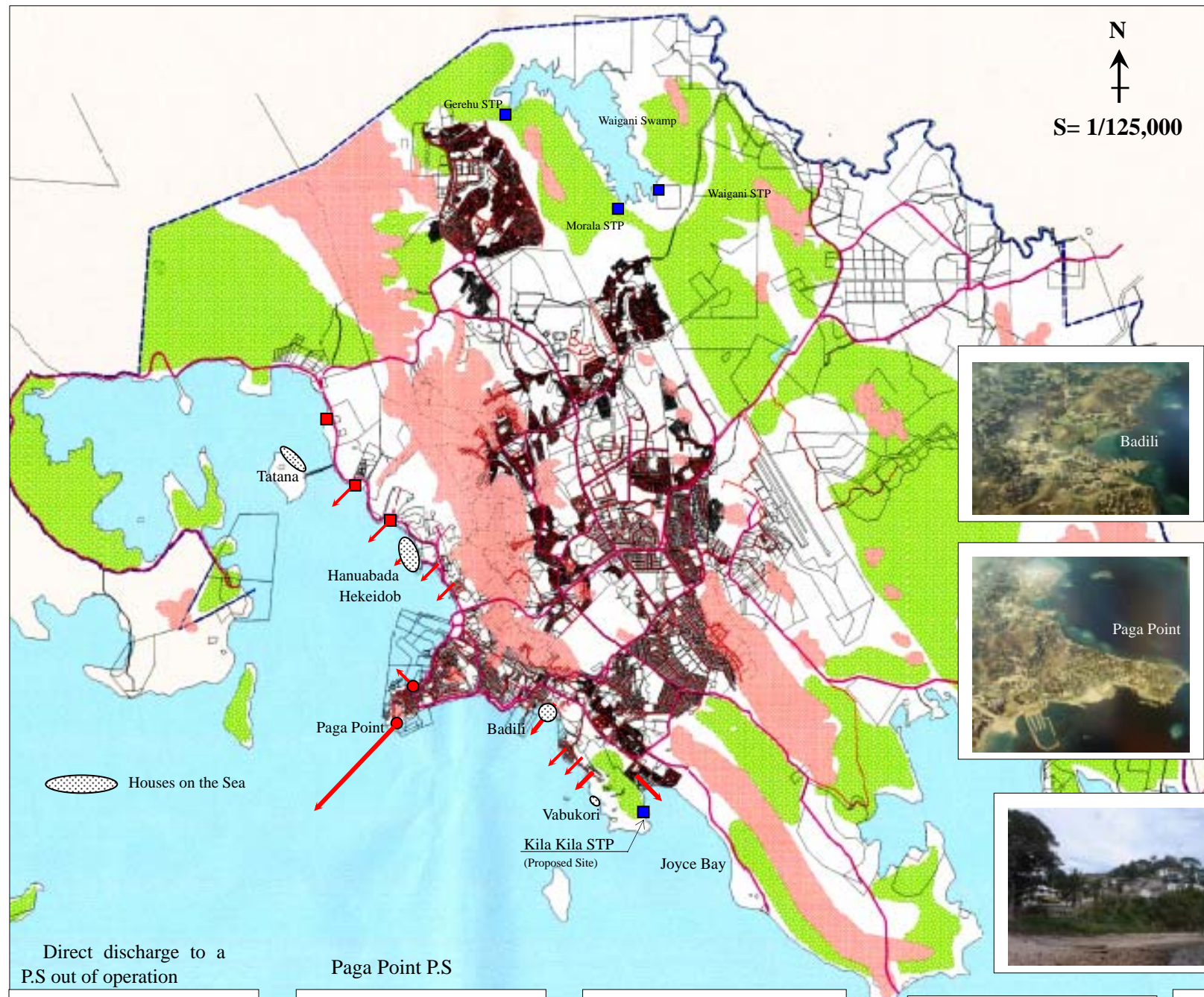
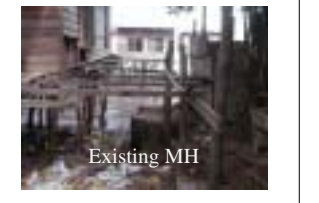
S= 1/125,000

珊瑚礁
パプア湾

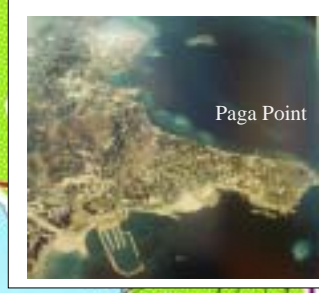
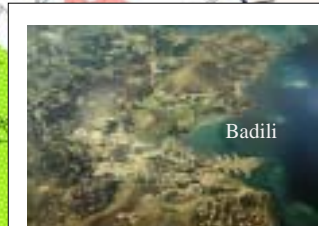
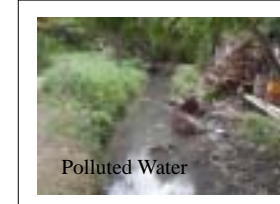
ポートモレスビー市

太平洋

ポートモレスビー市内及び下水道の現状 2006年~2011年



Kila Kila District



調査対象地域状況写真(その1)



Kila Kilaの処理場建設予定地をのぞむ



Kila Kila湾の下水噴流の状況



Kilapolice地区の直接排水口付近の状況



Konebadaの直接放流管



Badiliの放流管状況



Idubadaの直接放流管

調査対象地域状況写真(その2)



Paga Pointの直接放流管



Knudiの直接放流管



Koki地区海上生活区域の生活排水状況



Lawes RdElaのポンプステーション内部状況



Waiganiの下水処理場



Waigani処理場の処理池への流入パイプ

パプアニューギニア国
 ポートモレスビー下水道整備事業詳細設計（その2）

<ファイナル・レポート>

和文要約

目 次

調査対象地域位置図

ポートモレスビー市内及び下水道の現状 - 2006年～2011年

目 次

図表リスト

略語リスト

第1章 概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査地域	1
1.3 POMSSUP の概要と業務範囲	2
1.4 調査工程	3
1.5 要員計画	4
1.6 調査実施体制	4
第2章 調査対象地域	5
2.1 自然条件	5
2.2 周辺環境	5
2.3 経済状況	5
2.4 人口と土地利用	6
第3章 上下水道システムの現状	7
3.1 上水道システムの現状	7
3.2 下水道システムの現状	8
3.3 維持管理	8
第4章 詳細設計の基本方針	12
4.1 設計条件	12
4.2 POMSSUP で採用する下水道システムの概要	14
第5章 詳細設計	15
5.1 業務範囲の変更点	15
5.2 下水道システム	16

5.3 中継ポンプ場	17
5.4 下水処理場	18
5.5 海流放流管	21
5.6 機械設備設計	22
5.7 電気設備設計	23
第6章 パイロットプロジェクト	24
6.1 パイロットプロジェクトの目的	24
6.2 パイロットプロジェクト実施における検討事項	24
6.3 パイロットプロジェクトの対象地域	25
6.4 計画水量	25
6.5 パイロットプロジェクトの施設構成	25
6.6 下水道料金の課題	26
第7章 社会/環境啓発プログラムの策定	26
7.1 プログラムの概要	26
7.2 衛生環境悪化の状況	26
7.3 社会/環境啓発プログラムの策定	27
7.4 HIV / AIDS 防止プログラム	27
第8章 O&M 能力向上計画	28
8.1 O&M 能力向上トレーニングプログラム	28
8.2 トレーニング方針	28
8.3 トレーニングプログラムの内容	29
第9章 POMSSUP コスト及び実施計画	29
9.1 建設費	29
9.2 維持管理費	30
9.3 資金計画	30
9.4 調達計画	32
9.5 POMSSUP の実施スケジュール	32
9.6 入札資格と評価基準	34
第10章 環境管理計画とモニタリング計画	34
10.1 物理的な環境影響	34
10.2 社会経済及び文化的環境への影響	35
10.3 建設工事中のモニタリングプラン	35
10.4 コントラクターの環境プログラム	35
10.5 運転中のモニタリングプラン	36
10.6 環境社会配慮	36
第11章 リスク分析、危険要素の検討	36
11.1 危険要素の識別	36

11.2 運転のリスク	37
11.3 危険要素の検討（HAZOP STUDY）	37
11.4 信頼性調査	38
第12章 結論と提言	39
12.1 結論	39
12.2 提言	41

図表リスト

図 1.1	調査対象地域	1
表 1.1	POMSSUP の現状と業務範囲	2
図 1.2	調査工程	3
表 1.2	JICA 調査団員	4
図 1.3	調査実施体制	4
表 2.1	首都圏の地区別人口統計	6
図 3.1	1998 年から 2010 年における首都圏での平均水消費量	7
表 3.1	損益計算書	9
表 3.2	貸借対象表	9
表 3.3	キャッシュフロー計算書	9
図 3.2	EDA RANU 組織図(2009)	10
図 3.3	EDA RANU 組織図（下水道セクション）(2009)	11
図 4.1	今回設計対象の下水処理区域	13
表 5.1	管径、材質毎の管路延長	16
図 5.1	下水道施設の概要	17
表 5.2	ポンプ場施設容量	18
表 5.3	Kila Kila 下水処理場 用地条件	18
図 5.2	下水処理場 処理フロー	19
図 5.3	Kila Kila 下水処理場 配置図	20
図 5.4	放流管平面図	21
図 5.5	放流管（海中部）標準断面図	22
表 5.4	ポンプ場施設仕様一覧	22
表 6.1	計画給水量、計画汚水量および推定使用水量	25
表 9.1	建設費	29
表 9.2	運転維持管理費	30
表 9.3	資金調達計画	30
表 9.4	年間資金計画	31
表 9.5	調達計画	32
表 9.6	POMSSUP 実施のために必要な作業と期間	32
図 9.1	POMSSUP 実施スケジュール	33
表 12.1	詳細設計の業務範囲	39
表 12.2	運転指標と効果指標	40

略語リスト

ADB	Asian Development Bank（アジア開発銀行）
BOD	Biochemical Oxygen Demand（生物化学的酸素要求量）
BOD-SS	Biochemical Oxygen Demand per Suspended Solids（BOD-SS 負荷）
BOT	Build Operate Transfer（建設・運営・譲渡契約）
BAHA	Business Coalition Against HIV and AIDS
COD _{Mn}	Chemical Oxygen Demand（化学的酸素要求量）
COO	Chief Operating Officer（最高執行責任者）
CPI	Consumer Price Index（消費者物価指数）
DCIP	Ductile Cast Iron Pipe（ダクタイル鋳鉄管）
D/D	Detailed Design（詳細設計）
DN	Nominal Diameter（公称径）
EDARANU	“Our Water” in Local Language（ポートモレスビー上下水道公社）
EIA	Environment Impact Assessment（環境影響評価）
EIS	Environmental Impact Statement（環境影響評価書）
FMEA	Failure Mode Effect Analysis method（故障モード影響評価法）
d B	decibel（デシベル）
GDP	Gross Domestic Product（国内総生産）
GNI	Gross National Income（国民総所得）
GPRS	General Packet Radio Service（汎用パケット無線システム）
GRP	Glass fiber reinforced plastics（繊維強化プラスチック）
HAZOP	Hazard and Operability Study（ハザード操作性解析）
HDPE	High Density Polyethylene（高密度ポリエチレン）
ICB	International Competitive Bidding（国際競争入札）
ICCC	Independent Consumer and Competition Commission （独立競争・消費者委員会）
IPBC	Independent Public Business Corporation（独立公共事業公社）
JBIC	Japan Bank for International Cooperation（国際協力銀行）
JICA	Japan International Cooperation Agency（国際協力機構）
kV	Kilo Volt（キロボルト）
kVA	Kilo Volt Ampere（キロボルトアンペア）
L/A	Loan agreement（借款契約）
LNG	Liquefied Natural Gas（液化天然ガス）
Lpcd	Liter per capita per day（リッター/人/日）
MKA	Motu-Koita Assembly（モツコイタ地区代表者委員会）

MLD	Million Liters per Day (百万リッター/日)
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids (活性汚泥浮遊物質)
m ³ /d	Cubic meter per day (立方メートル/日)
NACS	National Aids Council Secretariat
NCDC	National Capital District Commission (首都整備委員会)
OD	Oxidation Ditch (オキシデーションディッチ)
OJT	On the Job Training (実地訓練)
O&M	Operation and Maintenance (維持管理)
PMU	Project Management Unit (プロジェクト管理ユニット)
PNG	Papua New Guinea (パプアニューギニア国)
POMSSUP	Port Moresby Sewerage System Upgrading Project (ポートモレスビー下水道整備事業)
P/Q	Pre Qualification (事前資格審査)
PS	Pumping Station (ポンプ場)
RC	Reinforced Concrete (鉄筋コンクリート)
SAPMAN	Special Assistance of Procurement and Management (調達実施支援調査)
SAPROF	Special Assistance for Project Formation (案件形成促進調査)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (監視制御システム)
SS	Suspended Solids (浮遊物質)
STP	Sewage Treatment Plant (下水処理場)
TAC	Technical Advisory Committee (技術検討委員会)
T-N	Total Nitrogen (全窒素)
uPVC	unplasticized Polyvinyl Chloride Pipe (塩化ビニル管)
UV	Ultra Violet (紫外線)

第1章 概要

1.1 調査の背景

パプアニューギニア国(以下「パ」国)の国勢調査結果によると、ポートモレスビーの人口は1980年に123,624人であったのに対し、2000年には254,158人と約2倍に増加しており、その人口増加率は2.7%と非常に高い。この急激な人口増加の結果、特に内陸部での開発が急激に進行しており、Waigani地区は市の中心として、また政治の中心としての位置を確立してきている。急激な経済発展と人口増加は、当然ながら水需要と汚水の増加をもたらす。これらにより海水の汚染は一向に改善されず、海洋の生態系や現地住民の経済活動に多大な悪影響を及ぼすのではないかと懸念される。2004年1月、「パ」国政府は本事業(ポートモレスビー下水道整備事業、以下「POMSSUP」とする)のため、日本国政府に対し、円借款の要請を行った。国際協力機構(JICA)と「パ」国政府は、POMSSUPのため、2010年1月29日に借款契約(L/A)に調印した。

このL/Aの中で、仕様決定やPOMSSUP費用算出にかかる詳細設計業務がJICA調査団により行われることが謳われており、本調査により2010年11月から2012年1月にかけてPOMSSUPの詳細設計および、入札図書の作成が行われた。

1.2 調査地域

調査地域は約250km²の首都圏であり、下水処理場建設予定地、処理水を放流するための海中放流管を含むパプア湾沿岸区域である。



出典: JICA 調査団

図 1.1 調査対象地域

1.3 POMSSUP の現状と業務範囲

POMSSUP の現状と業務範囲を表 1.1 にまとめる。

表 1.1 POMSSUP の現状と業務範囲

1	<p><u>EIA の現状と再取得</u></p> <p>1) 全対象施設の EIS の修正と EIA の許可申請が 2011 年 11 月現在 EDARANU により進行中。</p> <p>2) 建設予定地内の住民移転と補償は終了している。</p> <p>3) 近接地に以前居住していた住民の移転も完了している。</p> <p>4) 下水道施設の新規建設予定地には、住居等がないことを確認済みである。</p>
2	<p><u>施設のための土地取得</u></p> <p>1) KilaKila 下水処理場とそのアクセス道路のための土地取得は終了していることを現地にて確認した。</p> <p>2) 全ポンプ場施設および自家発電室建設のための土地取得について、公共用地内で問題がないことを確認済みである。</p>
3	<p><u>下水幹線の敷設位置</u></p> <p>新規に建設する下水幹線の全路線の敷設位置について、現地にて問題が無いことを確認済みである。</p>
4	<p><u>海上集落からの汚水の収集について</u></p> <p>EDA RANU、PNG ステークホルダー(Motu Koita Assembly^{注1)}、NCDC)と JICA D/D チームは 20 戸の海上集落を対象に上水供給、汚水の収集を行うパイロットプロジェクトを計画した。</p>
5	<p><u>停電</u></p> <p>ポートモレスビーの停電は突発的なものではなく、基本的に計画停電である。それは 1 日約 1~3 時間で、下水処理場の運転に際し、さほど深刻な問題ではない。</p> <p>しかしながら JICA D/D チームは環境保護の重要性を考慮して全施設に自家発電機を設置する設計とした。</p>
6	<p><u>Morata 下水処理場へのアクセス道路</u></p> <p>Morata 下水処理場へのアクセス道路を今回建設する。</p>
7	<p><u>積算と経済分析</u></p> <p>プロジェクトスコープは計画と設計の見直しにより、若干変更になった。これに伴い積算と経済分析も再計算された。</p>
8	<p><u>下水処理と汚泥処理</u></p> <p>処理水質、処理の安定性、経済性を考慮し、水処理方式としてオキシデーションディッチ(以下“OD”)法と汚泥処理方式として直接脱水方式が最適案として提案された。</p>

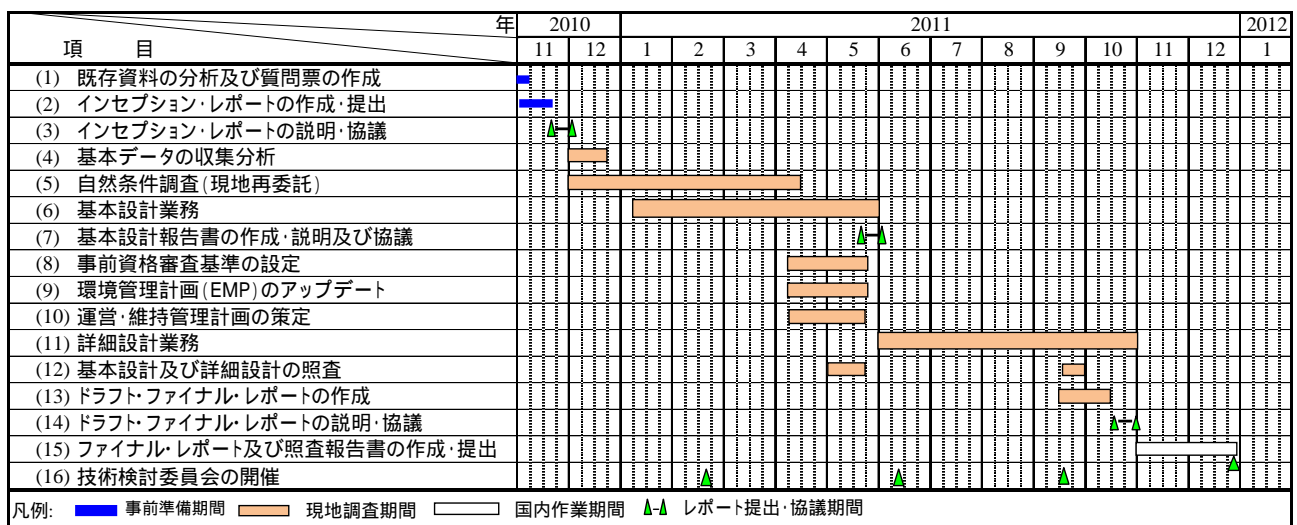
注 1: 原住民居住地区代表者委員会(意思決定機関)

<p>9 合意した事業範囲</p> <p>(1) 下水処理場 (STP)</p> <p>1) 下水処理場: OD 法、処理能力 = 今回 13,800m³/day (18,400m³/day: 全体)</p> <p>2) アクセス道路: 1.73km (Kila Kila 下水処理場用)</p> <p>3) 海中放流管: 1.6km</p> <p>(2) 下水管渠</p> <p>1) 幹線: 17.6km, Kanudi から Kila Kila 下水処理場まで</p> <p>2) 枝線: 17.4km</p> <p>(3) ポンプ場</p> <p>1) 新設: 8 箇所 (Kanudi, Idubada, Hagara, Hanuabada, Gabutu, Kila Police, Konebada 及び Horsecamp)</p> <p>2) リハビリ: 4 箇所 (Stanley Esplanade, Sea Park and Davara, Badili)</p> <p>3) 再建設: 5 箇所 (Konedobu, Old Yacht Club, Lawes Road, Koki and Kaugere)</p> <p>(4) パイロットプロジェクト</p> <p>Hanuabada 海上集落での 20 戸を対象としたパイロットプロジェクトの実施。</p> <p>(5) 社会啓発</p> <p>コントラクターと近隣住民への HIV/AIDS 及びコレラ拡散防止策の啓発活動の実施及びその管理。</p>
<p>10 実施スケジュールとコンサルティングサービス</p> <p>実施スケジュールとしては、2012 年 2 月より入札準備等 15 ヶ月、建設 39 ヶ月を想定している。</p> <p>コンサルティングサービスとしては以下を含む:</p> <p>(1) 下水処理システムと台帳システムに関する O&M トレーニングプログラム</p> <p>(2) 実験室での水質分析トレーニング</p> <p>(3) 海上集落におけるパイロットプロジェクト管理</p> <p>(4) コントラクターと近隣住民への HIV/AIDS 拡散防止プログラムおよびその管理</p>

出典: JICA 調査団

1.4 調査工程

本調査の全体工程は図 1.2 に示すとおり、全調査期間は約 14 ヶ月である。



出典: JICA 調査団

図 1.2 調査工程

1.5 要員計画

JICA 調査団員は、表 1.2 のとおりである。

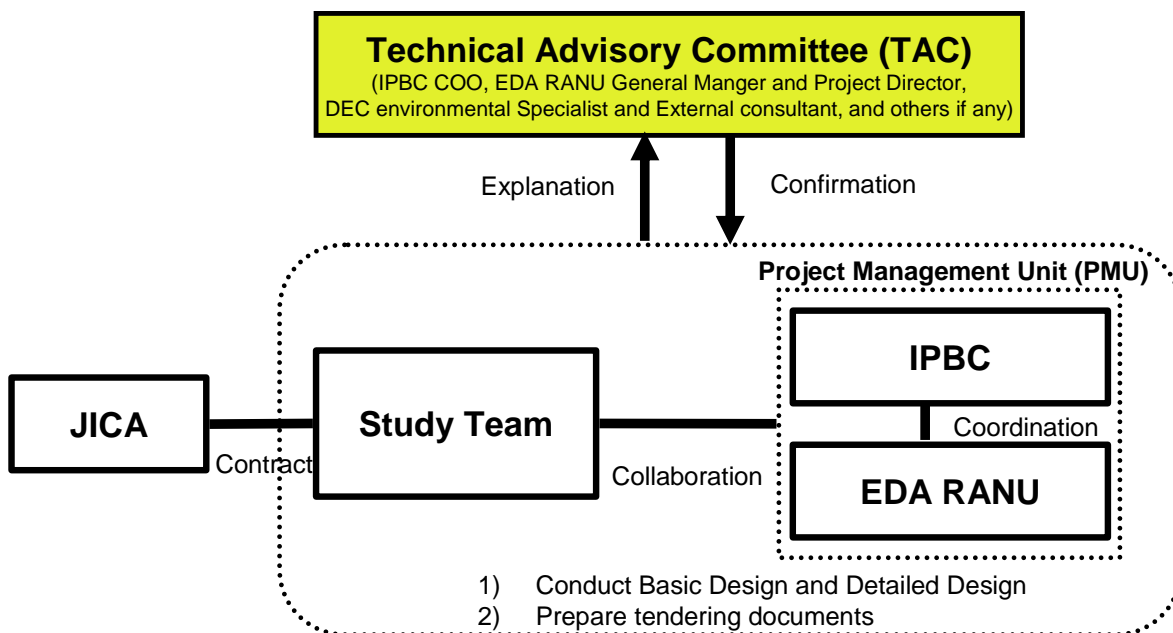
表 1.2 JICA 調査団員

	担当	氏名
1	総括/下水道計画	富士 孝
2	下水処理	外山 篤
3	管網設計(1)	大本 哲史
4	管網設計(2)	桐島 佳宏
5	機械設備	近田 泰章
6	電気設備/SCADA	夏井 明生
7	施設設計	岡本 寛
8	パイロットプロジェクト	鬼木 哲
9	社会啓発	ヨーラ M.ミンゴア
10	トレーニング	伊澤 哲夫
11	積算	中村 一彦
12	入札図書作成	坂梨 晶保
13	業務調整/社会啓発補助	嶋津 陽子
14	照査技術	田岡 範久

出典: JICA 調査団

1.6 調査実施体制

本調査は、2010年11月30日付討議議事録にて合意したとおり、図 1.3 に示す体制で実施された。調査団は、技術検討委員会(以下“TAC”とする)から技術的観点からの提言・助言を受けつつ、IPBC 及び EDA RANU から選定されたメンバーで組織されるプロジェクト管理ユニット(以下“PMU”とする)と協調・連携し、設計作業及び入札図書作成を実施した。



出典: JICA 調査団

図 1.3 調査実施体制

第2章 調査対象地域

2.1 自然条件

ポートモレスビーは「パ」国の南東、南緯 9° 26'、東経 147° 13'の赤道よりやや南半球に位置する。海岸部の岩質の急傾斜地と内陸の谷域から構成され、標高 100 ~ 200m の峰により分けられている。内陸部にはあまり平野はなく、海岸線に沿って急勾配の地形となっており、海に向かって自然に雨水が排水される形となっている。

比較的平坦なエリアである Konedobu と Badili の土質は一般に安定した礫交じり粘土である。ポートモレスビーの平均気温は 22 ~ 31 と年間を通じて安定した気候である。過去の最低気温は 10.4 度、最高気温は 36.3 度である。

ポートモレスビーの年間降雨量は丁度 1,000mm より若干多い程度であり、比較的雨量は少ない。殆どの降雨は 12 月から 4 月までの雨季に記録され、2 月の降雨が最も多い。湿度は常に高く、典型的な雨季の湿度は 80% 以上であり、ほとんど 60% を下回ることはない。

2.2 周辺環境

「Special Assistance for Project Formation for PORT MORESBY SEWERAGE SYSTEM UPGRADING PROJECT」(JBIC,2006) (以下「SAPROF 調査」とする)によると沖合の海中では有機物や栄養塩の負荷はかなり低い状態である。しかしながら、海岸沿いの水質は有機物や栄養塩の負荷が高い状態であり、汚染がかなり進行している。全窒素と全リンの濃度はそれぞれ 1.4-4.2 mg/l と 0.21-0.71 mg/l 程度であり、COD_{Mn} は 6.6-28 mg/l となっている。

日本での海水の水質基準は COD_{Mn} 8mg/l、全窒素 1 mg/l、全リン 0.09 mg/l と規定されており、これらはナマコ、甲殻動物、カニなどの底生動物相が生育するための最低基準でもある。ポートモレスビーの海岸線の水質は、この基準から程遠い状態であり、この地域で海洋生物が絶滅の危機に瀕していることを意味する。この結果として潮の干満の影響を受けるラグーンのエコシステムは破壊されつつあり、海産資源の生産性は著しく低下している。「パ」国の漁獲高統計によると、ここ数年で沿岸部の漁場で獲れる貝や海老などの典型的な種がかなり減少している。沿岸海域の海底におけるサンゴの生育状況を写真に示す。



Ela Beach 海底のサンゴ



Koki East



Pari Reef



Joyce Bay

Koki, Pari, Joice bay 海底のサンゴの現状

2.3 経済状況

PNG 政府は、中期開発戦略(2011-2015)の中で、公共施設等の社会基盤整備を強く推し進めること、及び民間活力の利用を促進することに言及している。

2000～2002年の間にマイナス成長を経験したものの、経済活動は、鉱業産品・非鉱業産品の増産・価格上昇等を反映して、輸出部門により主導・改善された。好調な輸出は、輸入の減少及び政府による財政引き締めとも相俟って為替相場の安定、インフレ率の低下、外貨準備高の増加をもたらしており、国内的には、民間部門の活動と雇用に成長が見られる。また2014年頃から、LNG（液化天然ガス）の産出も見込まれており、これが更なる経済成長をけん引することが予想される。世銀によれば2010年の国民総所得(GNI)は1,300 US\$/人であり、同年の経済成長率は8.0%、物価上昇率は9.3%となっている。

2.4 人口と土地利用

2.4.1 対象人口

「パ」国では10年毎に国勢調査を行い、人口統計をとっているが、2000年以來行われていない。2011年9月頃に国勢調査のためのアンケート調査が行われていたが、その結果の公式発表はまだ行われていない。首都圏は9地区から構成され、7地区の都市部と2地区の準都市部に大別される。1980、1990、2000年の人口とそれぞれの人口増加率を以下の表に示す。

表 2.1 首都圏の地区別人口統計

地区	人口 1980年 (人)	増加率 (%)	人口 1990年 (人)	増加率 (%)	人口 2000年 (人)
Gerehu Urban	14,761	4.4	22,727	1.0	25,178
Waigani/University	11,054	4.0	16,362	5.6	28,315
Tokarara/Hohola Urban	20,375	4.7	32,362	2.3	40,590
Gordons/Saraga Urban	16,176	6.9	31,383	0.9	34,229
Boroko/Korobosea Urban	18,852	3.6	26,832	2.6	34,725
Kila Kila/Kaugere Urban	18,288	4.7	28,874	1.1	32,204
Town/Hanuabada Urban	18,918	3.2	25,948	1.4	29,917
Laloki/Napanapa Urban	1,052	11.1	3,015	14.8	11,937
Bomana Urban	4,418	6.2	8,067	7.8	17,063
合計/平均	123,894	4.7	195,570	2.7	254,158

出典: Census 2000

2.4.2 土地利用

首都圏の土地利用は大きく3箇所の地域に分割され（沿岸地域、内陸地域、周辺地域）さらにそれが現状の土地利用状況により14のゾーンに分割できる。

既に開発されている首都圏（約5,822 ha）では、住居地域が面積で約38%、その中で総人口の82%が沿岸部と内陸地域に集中している。一方商業地域のうち約76%はWaigani、Gordons、Borokoなどの内陸地域に集中している。

第3章 上下水道システムの現状

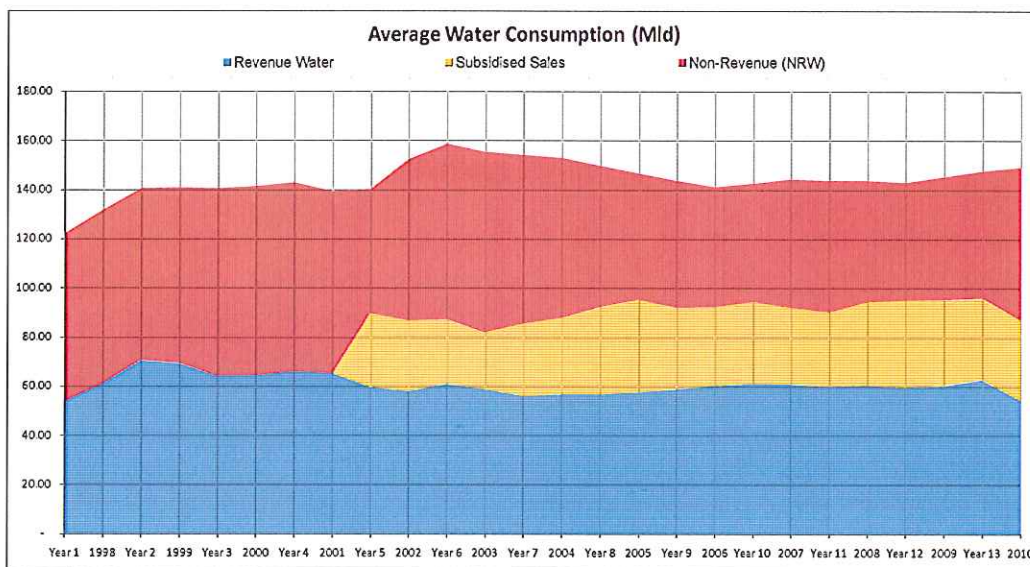
3.1 上水道システムの現状

EDA RANU は首都圏の上下水道システムの運転管理を行っている。既設の上水道システムは、標高 160m にある Mt. Eriama 浄水場から基本的に自然流下により給水区域へ上水を供給している。標高 100m 以上の地域を除く全てのエリアに自然流下により給水できるよう設計されている。水源としては標高 273m の Rouna 1/3 池からと、Laloki 川沿いの Bomana ポンプ場からの汲み上げの 2ヶ所を利用している。

Mt. Eriama 浄水場の造水能力は、1977 年から 120MLD(1.38 m³/s)で安定している。配水は殆どが自然流下方式による。浄水場は設計能力の約 85%で稼働している。配水システム内で有効な圧力が 0m 以下～80m と差が大きく、圧力が高いエリアでは漏水が確認されている。

EDA RANU は 184MLD (2.13 m³/s) までの水供給能力を有しており、それは現在進行中の LNG プロジェクト等、水需要に影響がありそうな不確定の新規開発等を含んだとしても、十分に余裕があるといえる。

EDA RANU による水道料金引き上げと無収水対策のため、人口増加にもかかわらず、平均水需要量のトレンドは近年横這いを続けている。約 145MLD(1.62 m³/s)の上水が供給され、うち 30MLD(0.35 m³/s)の上水は村落給水に利用される。



出典: EDA RANU 2010

図 3.1 1998 年から 2010 年における首都圏での平均水消費量

EDA RANU の努力により、無収水率は 10%以上減少させることができたが、依然として 40%と高い比率を示している。

3.2 下水道システムの現状

沿岸部における殆どの下水は既存の海中放流管を通して一次処理後、Paga Point ポンプ場から直接パプアニューギニアに放流、あるいは直接未処理のまま短い海中放流管によって放流される。Baruni、Hanuabada、Vabukori のいくつかの地域ではセプティックタンクが用いられ、それ以外の Tatana、Baruni の一部、Hanuabada、Badili、Vabukori、その他地域では陸上あるいは海中へ用を足すピット式トイレである。ほとんどのピット式トイレは海上集落で採用されており、下水やその他汚水は直接海中へ放流されている。既存のシステムでは、下水は沿岸部の下水道区域から集められ直接7箇所の海中放流管 (Idubada, Hagara, Kaevaga, Treasury, Paga Point, Badili, Kila Kila (Joyce Bay)) から海へ放流されている。これらの管径と延長は場所により異なる。

3.3 維持管理

3.3.1 IPBC と EDA RANU

(1) IPBC 及び EDA RANU の組織

IPBC は POMSSUP の実施機関である。しかしながら、IPBC は基本的に EDA RANU を含む国有企業をコントロールしているホールディング会社であり、国有企業 5 社の株主でもある。組織図の中では EDA RANU は IPBC の最高執行責任者 (COO) の管理下にある。IPBC は「パ」国の LNG (液化天然ガス) 会社、首都圏の上下水道公営企業なども保有している。首都圏 PNG もまた IPBC の傘下にある一つの国有企業であり、EDA RANU へ施設が引き渡された後の下水道システムの運営組織である。

(2) IPBC の財務状況

2004 年から 2006 年の財務情報によると、IPBC の純益、資産、資本共に急速に増加している。活動による主な収益は、石油開発会社からの配当収入 (5400 万 Kina、2006 年)、South Pacific 銀行株式会社 (1500 万 Kina、2006 年)、自動車保険株式会社 (1200 万 Kina、2006 年) そして EDA RANU (100 万 Kina、2006 年) などである。

彼らの投資対象はテレコミュニケーション、燃料、運輸業に向けられており、100%の株式を保有している Telikom PNG 株式会社、PNG Power 株式会社、Air Niugini 株式会社等、「パ」国を代表する企業、産業を含んでいる。

POMSSUP 総事業費 10,802 百万円 (209 百万 Kina) のうち、「パ」国政府予算手当分を IPBC から「パ」国政府への年間の返済額に換算すると約 5 百万 Kina (返済期間 15 年、通常、利率はドナーからの利子に 2.0~3.0% が上乘せされる) と見込まれる。

この返済額は IPBC の財務状況 (表 3.1~3.3) から見て、返済が困難な額ではない。また、IPBC の主な収入は、PNG LNG、Oil Search、South Pacific 銀行等の主要な国有企業の配当から得られており、「パ」国の経済成長が、これら国有企業に牽引されている状況を考慮すれば、IPBC は十分に堅実な財政基盤を有しており、POMSSUP の実施は問題ないと考えられる。

2004 年から 2006 年における IPBC の財務状況を表 3.1~3.3 に示す。

表 3.1 損益計算書

Statement of Operations	2004	2005	2006
(1) Income	49,930	49,593	85,459
(2) Expenses for investment	3,927	709	1,318
(3) Gross Profit	46,003	48,884	84,141
(4) Operating Expenses	71	70	0
(5) Operating surplus/minus	45,932	48,814	84,141
(6) Budget allocation for IPBC	19,500	14,872	8,000
(7) Net trust income/loss	26,432	33,942	76,141

出典: IPBC 2011 （単位：1,000Kina）

表 3.2 貸借対照表

Balance Sheet	2004	2005	2006
(1) Current asset	29,477	35,513	88,769
(2) Non current asset	2,047,952	3,202,986	3,711,985
(3) Total asset	2,077,429	3,238,499	3,800,754
(4) Current liability	3,672	2,143	2,955
(5) Non current liability	0	0	0
(6) Capital	2,073,757	3,236,356	3,797,799
(7) Capital + Liability	2,077,429	3,238,499	3,800,754

出典: IPBC 2011 （単位：1,000Kina）

表 3.3 キャッシュフロー計算書

Cash flow statement	2004	2005	2006
(1) Operational activity	3,527	-14,745	-5,730
1) Revenue/profit	56,754	34,668	81,731
2) Expenses/loss	53,227	49,413	87,461
(2) Investment	-15,887	6,203	-58,601
1) Revenue/profit	1,613	12,582	16,812
2) Expenses/loss	17,500	6,379	75,413
(3) Financial activity	10,842	26,998	57,915
1) Revenue/profit	45,842	46,998	82,915
2) Expenses/loss	35,000	20,000	25,000
(4) Cash flow	-1,518	18,456	-6,416
(5) End balance	1,253	19,709	11,314

出典: IPBC 2011 （単位：1,000Kina）

3.3.2 EDA RANU の能力

(1) EDA RANU の概要

2011年11月現在、EDA RANU のスタッフは合計 172 名であり、その下水道運転管理部門のスタッフは 28 名である。

上水道部門においては、浄水場を含む上水道施設の運営管理に関する 22 年間の BOT コンセッション契約を PNG Water 株式会社と締結している。また、上下水道の料金徴収を含む顧客サービス

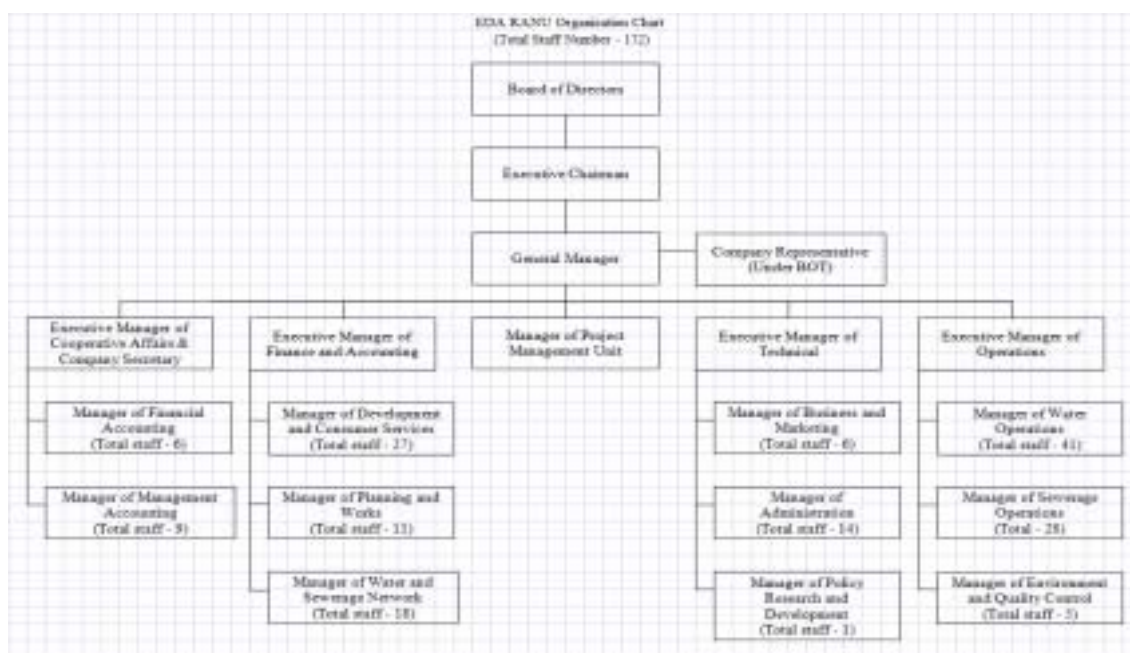
に関する 15 年間の委託契約を JC-KRTA Consulting Pty 株式会社と結んでいる。

EDA RANU はこれらの委託契約の終了に伴い、2019 年までには EDA RANU 自身による上水道部門の施設管理および料金徴収を行う部門を設置することを決定している。

下水道部門に関しては、料金徴収以外の下水道サービス活動は EDA RANU 直営によって実施されている。経理部組織内にある上下水道ネットワーク部門では、顧客サービスと計画を行っている。下水道施設は維持管理部組織内にある下水道維持管理部門(図 3.2 における、“Manager of Sewerage Operations” が該当)によって運転、維持管理が行われている。また維持管理部にある環境品質管理部門が処理水の水質管理を行っている。

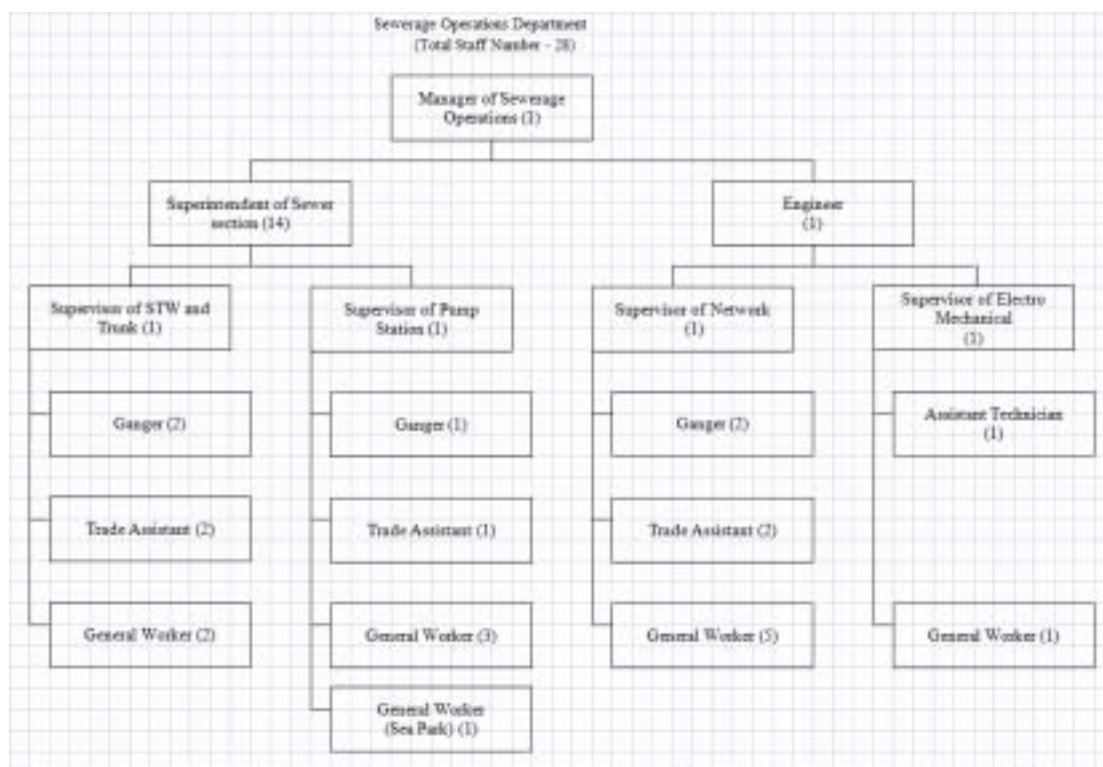
下水処理場の建設完了に先立って、2015 年頃には 12 名のスタッフが新規に建設される下水処理場の維持管理スタッフとして雇用される予定であり、その想定される役職は以下のとおりである。下水処理場長、電気エンジニア、電気技師、機械エンジニア、機械技師、水質モニタリング専門員、ドライバー、管理スタッフ、アシスタント事務員、一般作業員(3名)。

図 3.1、3.2 に EDA RANU の組織図を示す。



出典: EDA RANU 2011

図 3.2 EDA RANU 組織図(2009)



出典: EDA RANU 2011

図 3.3 EDA RANU (下水道セクション) 組織図(2009)

(2) 財政能力及び健全性

EDA RANU は、2005 年及び 2006 年において約 30%の粗利益率及び 9%の税引前利益率を達成した。しかしながら、その後、税引前利益率が 2%以下に低下し、金額にして僅かに 100 万 Kina を超える程度となった。この 2007 年以降の利益低下の主な原因は、EDA RANU が浄水場の運転契約や請求・徴収の業務を他に委託していることから、彼らへの支払い料金が急速に増加したためである。このため、キャッシュフローは 2007 年以降、黒字を維持したものの、2009 年には 100 万 Kina 相当まで下落した。2005 年の経営状況の改善は、同年から 2007 年にかけて行われた水道料金の引き上げ(消費者物価指数に対して 11%が追加された)という苦肉の策によるものである。2009 年に現金収支が崩れた原因は、EDA RANU が実施中の上下水道関連プロジェクトに対する、急速な資本投資の増加によるものである。

(3) 上下水道料金

ICCC (Independent Consumer and Competition Commission、:独立競争・消費者委員会) は 2008 年、2009 年の上下水道料金に消費者物価指数(Consumer Price Index、以下“CPI”とする)で-2.5%を反映させることを推奨し、EDA RANU はそれを受け入れた。また CPI-2.5%は、2010 年、2011 年の上下水道料金にも適用された。2011 年の料金に関しては、2009 年の実測データを考慮して設定することとされていたが、2008/2009 年における実際の CPI は 3%前後であったため、上下水道料金の実質増加はわずか 0.5%程度にとどまっている。EDA RANU における、近年の財政状況悪化を考慮すれば、上下水道料金の引き上げは早期に実施すべき課題である。EDA RANU の財務分析によれば、POMSSUP が完了するまでに、年間 3%以上の上下水道料金の引き上げを行う必要がある。

(4) 下水道維持管理部門の業務範囲

現在、既設ポンプ場や下水管網などの維持管理を行っている EDA RANU の下水道運転管理部門がそのまま下水道施設の維持管理業務を受け継ぐ。その業務内容は、国際基準レベルに見合った処理水質を確保することを目標とした下水道システム全体の運転維持管理である。主な作業として、管路施設に対する、i) 清掃・点検、ii) 老朽管の補修/修繕並びに改築、iii) 不明水調査及びその対策、iv) 排水設備の指導、x) 台帳管理・記録のほか、ポンプ場/処理場に対する i) 運転管理、ii) 定期点検、iii) 日常保守、iv) 水質管理、v) 管理記録の整備 等が挙げられる。

(5) O&M スタッフの能力

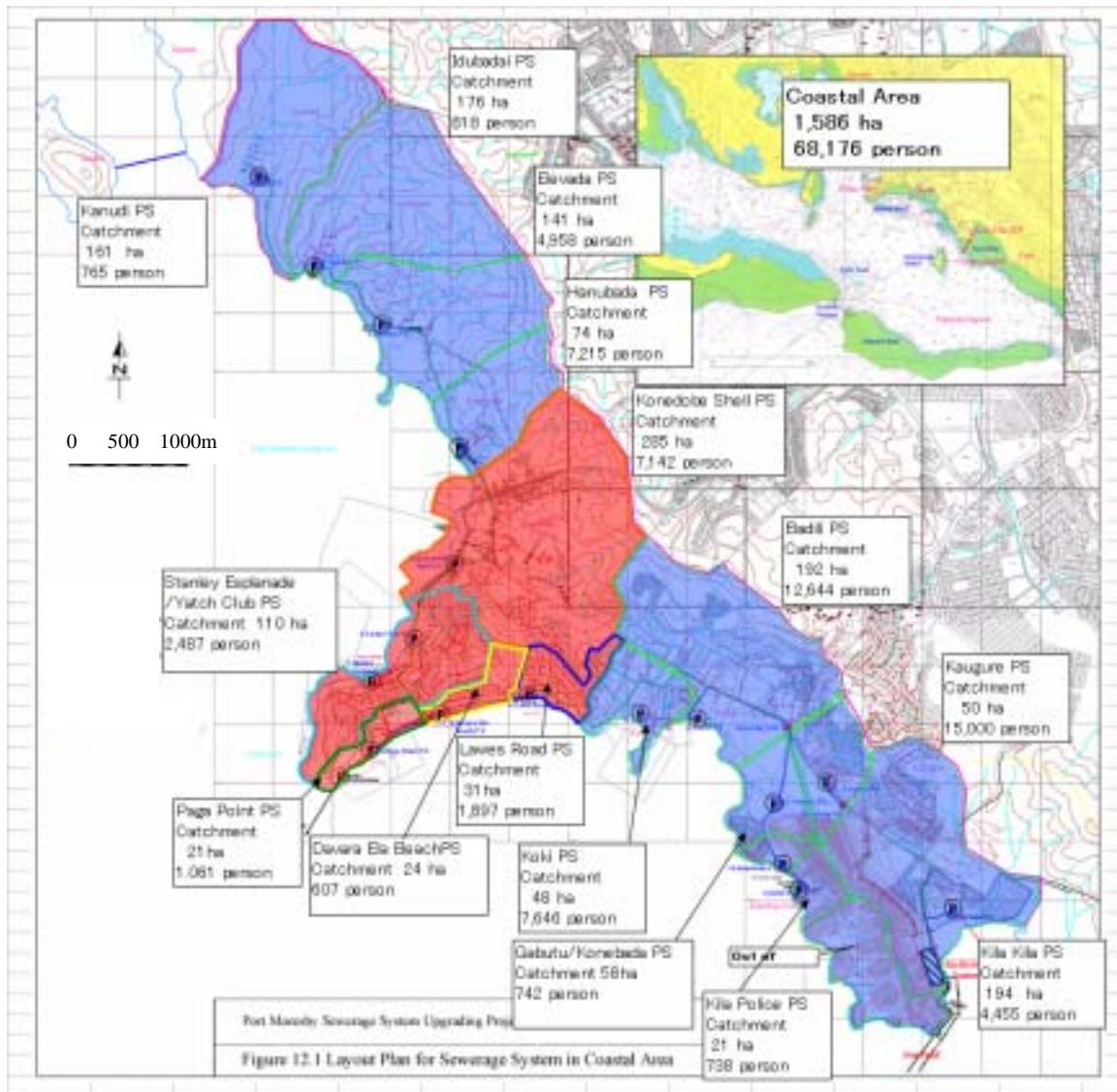
下水処理場運転管理部門は 5 人の熟練の配管工を有している。しかし、彼らは標準活性汚泥法に関する経験が殆どない。何人かのスタッフは下水処理の研修を受けるため来日した経験があり、下水処理場を視察する機会があった。しかし、彼らの持つ標準活性汚泥法の知識は指針や参考書等による机上ものであり、実際に運転を経験した者はいない。

第 4 章 詳細設計の基本方針

4.1 設計条件

(1) 計画区域

ポートモレスビー沿岸地区の下水計画区域は、SAPROF 調査によって設定された。その全体下水処理区域は、国勢調査上の区分である Town/Hanuabada、Kila Kila/Kaugere、Boroko/Korobosea そして Hohola/Tokarara を含んだ 1586ha を全処理区域面積としている。今回の詳細設計対象は Kanudi、Idubada、Hagara、Hanuabada、Konedobu、Stanley Esplanade、Sea Park、Davara、Lawes Road、Koki、Badili、Kila Police、Gabutu/Konebada、Kaugere and Kila Kila といった集水区域を含む沿岸部である (図 4.1 参照)。



出典: JICA 調査団

図 4.1 今回設計対象の下水処理区域(赤:タウンエリア、青:その他のエリア)

(2) 計画年次

計画年次は、下水処理場の運転開始から 5 年後の 2020 年とした。

(3) 計画人口

2020 年次の将来人口は、1980 年、1990 年そして 2000 年の国勢調査を基に予測された。2006 年の SAPROF 調査では対象区域の全人口が約 68,200 人であることが想定された。処理区は大きく 2ヶ所に分けられ、Paga Point 地区が 27,000 人、Kila Kila 地区が 41,200 人であることから、これらの合計値が全対象人口と一致する。全対象人口のうち、海上集落の割合がかなり高く、特に Hagara、Hanuabada、Koki そして Badili 集水区域では約 11,000 人が、海上集落の住民である。よってこの約 11,000 人(全対象人口の約 16%) に対しては、計画年次までに下水管渠を接続することは、かなり困難と考えられる。

(4) 計画下水量

a) 地域別原単位

SAPROF 調査の報告書では、二つの既設ポンプ場に流入する水量の実測調査及び過去(2000～2004年)の水道使用量から、原単位を算出した。下水管には使用水量のうち90%の消費水量が流入するとした。そこで以下に示すとおり、地域毎に2つの原単位が提案された。

400 lpcd(リットル/人・日)

- 商業地区及びビジネス街である Paga Point 付近の集水区域であるタウンエリア

240 lpcd

- その他(以外) のエリア

b) 変動係数

SAPROF 調査によると、本対象区域では一年を通しての季節変動は加味する必要が無く、日平均汚水量と日最大汚水量の間に変動係数を設定する必要がない。一方で、時間最大係数は集水状況、集水地域、土地の利用方法、人口密度、商業及び産業等によって変化すると考えられる。

従って、(日平均汚水量：日最大汚水量：時間最大汚水量)の比率は、下水幹線に対し(1.0：1.0：2.0)とした。また枝線に対しては(1.0:1.0:2.5)とした。

c) 汚水量

日平均汚水量 = 日最大汚水量： $68,200 \times 270 \times 10^{-3} = 18,400 \text{m}^3/\text{d}$

時間最大汚水量： $18,400 \times 2.0 = 36,800 \text{m}^3/\text{d}$

下水処理場の容量はこれらの数値を基に設計した。ポンプ場及び下水管に関しては、原単位を用いて算出した。設計段階で容量計算に用いる計画流入量は、前述の段階的な流入量の増加を考慮し、計画下水量の75%とした。残りの25%の施設は、2015年の運転開始(予定)後、実際の状況を確認した上で、増設するか否かを決定することとする。

4.2 POMSSUP で採用する下水道システムの概要

(1) 下水道システムの概要 (Arrangement of Sewage system)

計画された下水配管は、部分的に住居地区の管網をとりこみながら、ポンプ場を經由して Kila Kila 下水処理場へ下水を送る。現在ほとんどのポンプ場が、この沿岸地区の地盤高の低い海岸沿いや海中放流管の近傍に設置されている。このため、大多数の幹線は圧送である。一部の地域のみ自然流下方式が採用された。Kila Kila 下水処理場の処理方式としては、高度処理対応の OD 法が採用され、その処理水は海岸線より 0.9km 沖まで海中放流管にて放流される。

(2) 下水配管

POMSSUP でのパイプ長を以下に示す。

幹線：L=17.6km

枝線：L=17.4km

(3) ポンプ場

合計で 17 箇所のポンプ場が POMSSUP の対象範囲となる。9 つの既設ポンプ場はリハビリが行われ、8 つのポンプ場が新しく建設される。全てのポンプ場に自家発電機を設置する。

(4) 下水処理場

名称：Kila Kila 下水処理場

処理方式：OD 法

処理容量：Q=13,800 m³/day (今回), Q=18,400 m³/day (全体)

設計水質：

項目	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	大腸菌群 (MPN/cm ³)	油分 (mg/L)
流入水	190	180	45	-	-
処理水	20	20	20	3,000	10

注：処理水質は、オーストラリア国排水基準に準拠して決定している。

OD 法(高度処理対応可)による二次処理は、Papuan ラグーン内の環境保全を配慮して採用され、Kila kila 下水処理場で発生する脱水污泥はダンプトラックにより Morata 下水処理場内の処分地へ搬送されることになる。污泥処理として、濃縮施設を必要としない直接脱水方式が採用された。

第 5 章 詳細設計

5.1 業務範囲の変更点

2011 年 6 月 11 日に行われた第 2 回 TAC において技術的問題点が議論され、その結果、2011 年 9 月 30 日付けの IPBC 発出レターにより最終決定された事項を以下に示す。

(1) ピーク係数 (Peaking Factor)

既存ポンプ場から実測された実データを基に枝線に対し 2.5、幹線に対し 2.0 のピーク係数が今回、適用された。当初採用されていた EDA RANU の設計基準でのピーク係数は 1.5 であった。

(2) 管材、HDPE

HDPE と uPVC の利点と優位性の検討・確認を行なった結果、HDPE と uPVC は SAPROF 調査で採用されていた DCIP と RC パイプに代わって採用された。

(3) UV 消毒

塩素消毒に代わって UV 消毒が採用された。塩素消毒は、いずれにせよバックアップ設備として設置する必要がある。

(4) 污泥脱水機

Kila Kila 下水処理場から Morata 下水処理場への污泥搬送頻度を減らすために、污泥棟を建設し、そこに污泥脱水機を導入する。処理方式としては污泥濃縮タンク削減のため、リアクター内から余剰 MLSS を直接引き抜き脱水する直接脱水方式が採用された。

(5) 逆サイフォンの廃止

逆サイフォンシステムの採用は却下された。それに応じて、下水処理場に直接下水を送るため、Kaugere ポンプ場の容量が増加した。

5.2 下水道システム

(1) 幹線流量計算及びパイプ寸法

ほとんどの幹線は圧送管であるため、計画されたポンプ容量は管内最小流速を維持するように設計された。管径、材質毎の管路延長をまとめ、以下の表に示す。

表 5.1 管径、材質毎の管路延長

分類	システム	材質	管径 (mm)	延長 (m)	備考
				詳細設計分	
幹線	圧送	HDPE	110	3,064	
			125	736	
			160	446	
			225	1,708	
			355	1,351	
			400	1,159	
			450	2,110	
			500	2,688	
	710	1,831			
	圧送-合計			15,093	
	自然流下	HDPE	225	772	
			355	764	
			450	175	
			560	27	
			630	184	
710			603		
自然流下-合計			2,525		
幹線-合計			17,618		
枝線	自然流下	uPVC/ HDPE	150~225 300(Kila Kila)	17,376	報告書本編参照

出典: JICA 調査団

(2) 枝線管渠

枝線管渠の設計においては、全線自然流下方式とし EDARANU から要請があった箇所を現地調査により照査して無駄な路線は削除、短縮した。その延長の余剰分は、各戸接続を加速させるため、汚水枘のように官民境界まで配管を伸ばし、住民が自ら接続しやすく新設のマンホールや配管が接続時に破壊されにくい構造とした。経済性を考慮し、なるべく地表勾配に合わせた最小土被りでの埋設とし、流速が早すぎる箇所については、マンホールに減勢工を施す設計とした。

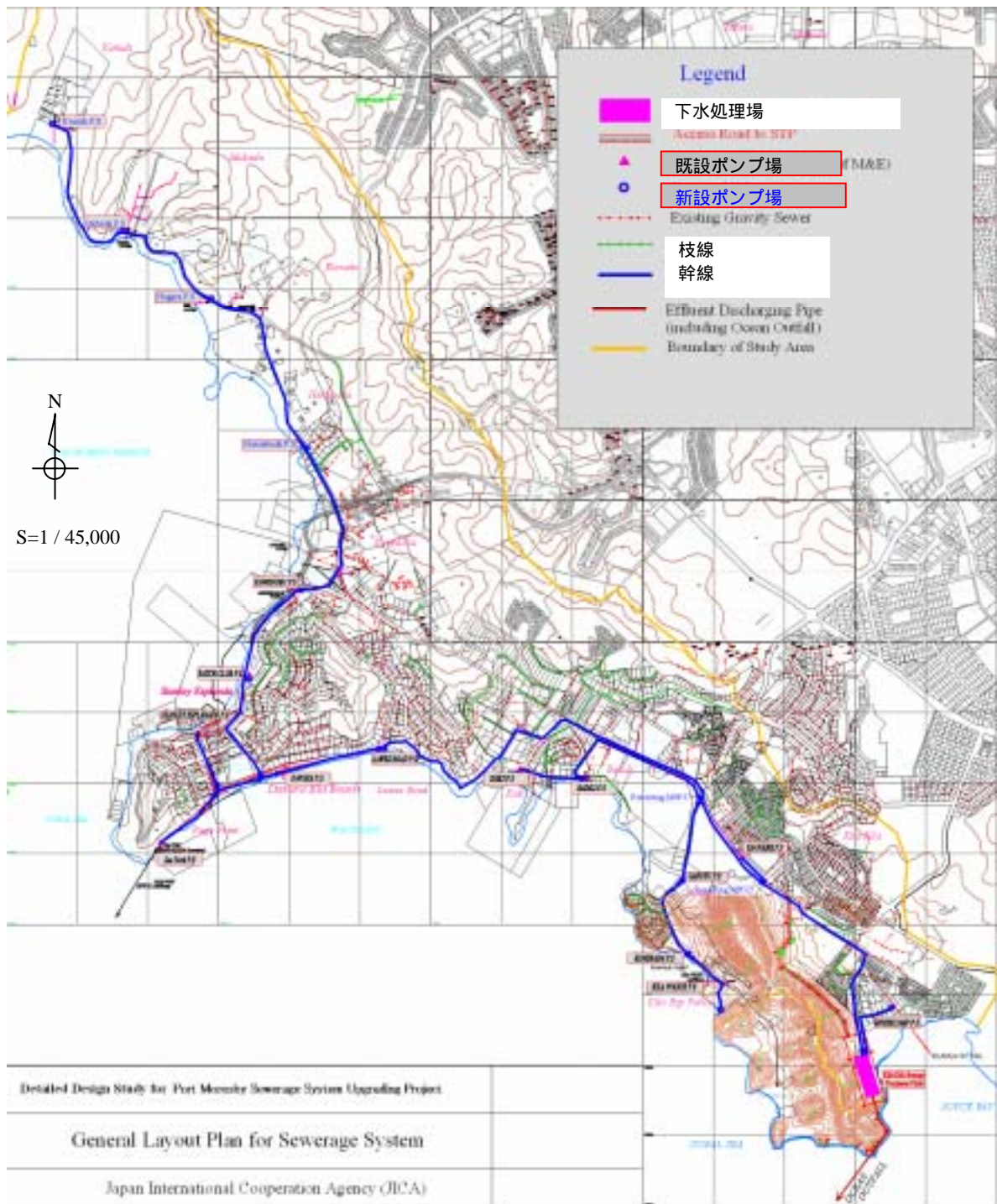


図 5.1 下水道施設の概要

5.3 中継ポンプ場

前述の通り合計で 17 のポンプ場が計画された。9 つのポンプ場は新設であり、残り 8 つの既存のポンプ場は、対象地区で稼働中である。なお、既存の 8 つの内 4 つのポンプ場はリハビリが可能であるが、残りの 4 つのポンプ場は既設ポンプ場の近くに提供される新しい用地に再構築される。

1998年に全てのポンプが一度EDA RANUによって取り替えられたが、全ポンプのうち、約60%は故障などの理由により既設ポンプ場から既に取り除かれている。ほとんどのポンプ場が予備ポンプを有しておらず、実際運転しているポンプのみで稼働している。このため、ポンプ容量は実流量と一致しない。ホイストクレーンもしくはチェーンブロックのような維持管理用機器でさえ十分に供給されていない。

表 5.2 ポンプ場施設容量

ポンプ場名称	ポンプ能力	モーター出力	備 考
	m ³ /min	kW	
PS-1 Kanudi	0.36 × 2(1)	5.5 × 2(1)	新設
PS-2 Idubada	0.65 × 2(1)	22 × 2(1)	新設
PS-3 Hagara	1.90 × 2(1)	22 × 2(1)	新設
PS-4 Hanuabada	4.80 × 2(1)	22 × 2(1)	新設
PS-5 Konedobu	4.40 × 3(1)	55 × 3(1)	改築(再構築)
PS-6 Old Yacht Club	0.65 × 2(1)	5.5 × 2(1)	修繕
PS-7 Stanley Esplanade	1.40 × 2(1)	15 × 2(1)	修繕
PS-8 Sea Park	0.60 × 2(1)	7.5 × 2(1)	修繕
PS-9 Davara	5.90 × 3(1)	15 × 3(1)	修繕
PS-10 Lawes Road	6.20 × 3(1)	75 × 3(1)	改築(再構築)
PS-11 Koki	2.60 × 2(1)	37 × 2(1)	改築(再構築)
PS-12 Badili	3.50 × 3(1)	45 × 3(1)	修繕
PS-13 Kila Police	0.36 × 2(1)	5.5 × 2(1)	新設
PS-14 Konebada	0.45 × 2(1)	7.5 × 2(1)	新設
PS-15 Gabutu	0.75 × 2(1)	22 × 2(1)	新設
PS-16 Horsecamp	1.50 × 2(1)	11 × 2(1)	新設
PS-17 Kaugere	12.5 × 3(1)	55 × 3(1)	改築(再構築)

出典: JICA 調査団、注: () 内は、予備ポンプ台数を示す。

5.4 下水処理場

設計条件、採用処理方式及び配置計画/断面計画を総合的に勘案し施設計画を行った。処理場建設用地条件を表 5.3 に示す。

表 5.3 Kila Kila 下水処理場 用地条件

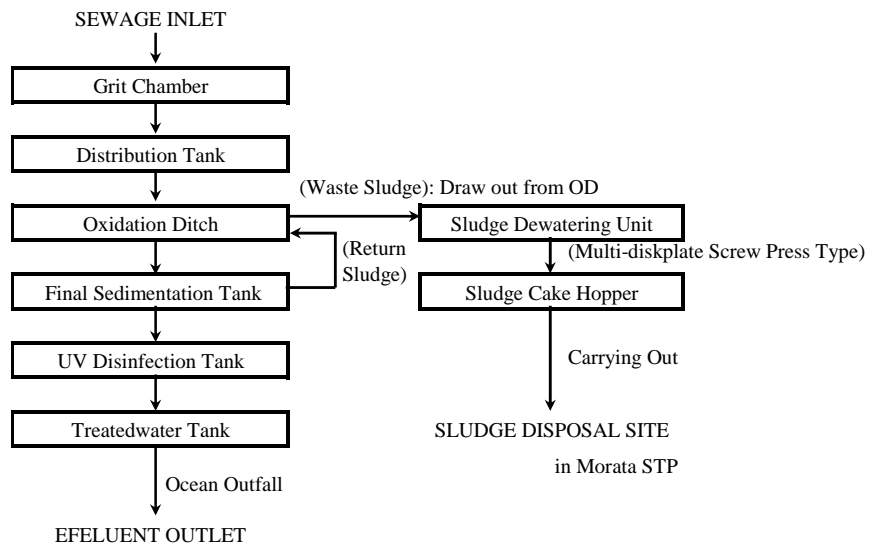
項目	設計条件	備考
面積	7.05 ha (470m×150m)	取得済み
地盤高(現状)	約 -1.0 m ~ +30.0 m	
放流先	パプアンラグーン (海中放流管経由)	計画高水位 +1.0m 既往最高潮位 +0.25m
周辺土地利用(現状)	草原、海洋(Joyce Bay)	
風向	南南東	
気温	28 ~ 30	月平均
関連法規制	無し	
用地所有者	「バ」国政府	

出典: JICA 調査団

プロセス設計

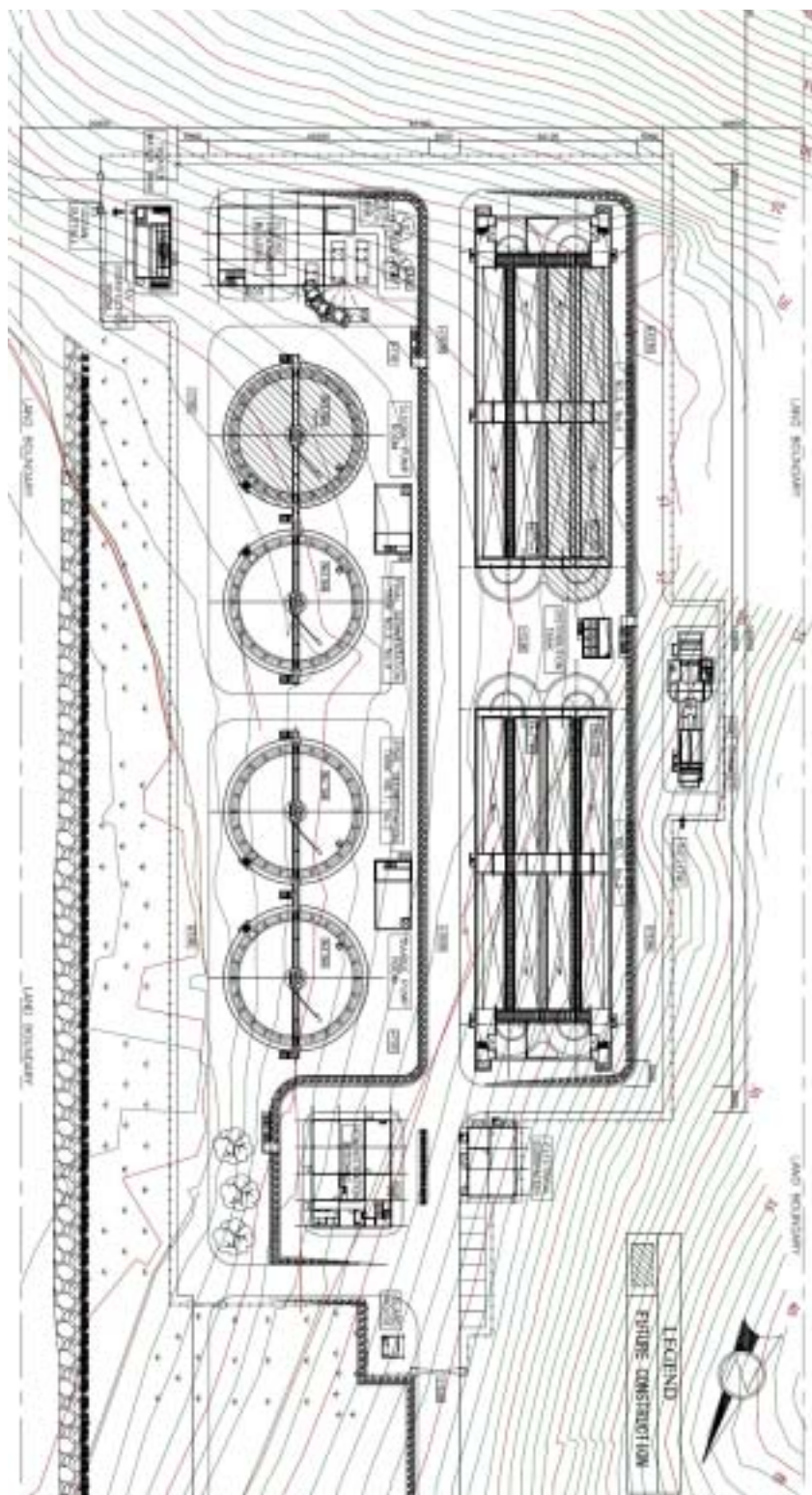
POMSSUPでは、処理方式としてOD法が採用された。汚泥処理に関しては、機械脱水された

脱水ケーキを、既存 Morata 下水処理場に隣接して建設予定となっている最終処分場へ運搬/処分する計画となっている。図 5.2 に処理フロー、図 5.3 に処理場配置図を示す。



出典: JICA 調査団

図 5.2 下水処理場 処理フロー



出典: JICA 調査団

図 5.3 Kila Kila 下水処理場 配置図 (S=1/1,300)

5.5 海中放流管(処理水放流管)

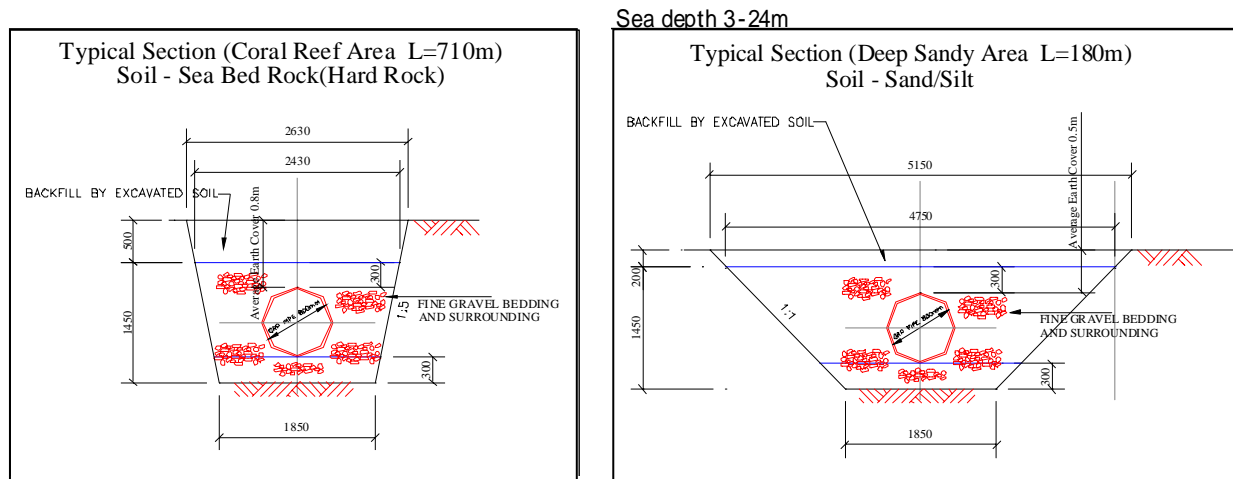
概要

処理水は海中放流管を経由して、海岸部より 890m 先の Joyce Bay に放流される。管種は HDPE (高密度ポリエチレン管) 管径(DN:呼び径)は 800mm で、放流地点は、放流水の希釈効果が期待できる地点(水深約 26m)までの最短ルートとして決定されている。計画放流量は $0.426\text{m}^3/\text{sec}$ ($18,400\text{m}^3/\text{d} \times 2.0 = 36,800\text{m}^3/\text{d} = 0.426\text{m}^3/\text{sec}$) となっている。

図 5.4 に放流管平面図、図 5.5 に標準断面図(海中部)を示す。



図 5.4 放流管平面図



出典: JICA 調査団

図 5.5 放流管(海中部)標準断面図

5.6 機械設備設計

1998年以降、下水道施設はEDA RANUにより維持管理されているが、設計/竣工図書等はほとんどないため、既存施設の現状(現地)調査結果に基づき設計を行った。表 5.4 に施設仕様一覧を示す。

表 5.4 ポンプ場施設仕様一覧

ポンプ場名称	ポンプ能力	モーター出力	台数	ポンプ口径	ポンプ水頭	ポンプ井必要水深	備考
	m ³ /min	kW	()内: 予備	mm	m	m	
PS-1 Kanudi	0.36	5.5	2 (1)	100	14	1.4	新設
PS-2 Idubada	0.65	22	2 (1)	100	40	1.8	新設
PS-3 Hagara	1.90	22	2 (1)	100	25	2.7	新設
PS-4 Hanuabada	4.80	22	2 (1)	200	17	2.6	新設
PS-5 Konedobu	4.40	55	3 (1)	200	42	2.6	改築(再構築)
PS-6 Old Yacht Club	0.65	5.5	2 (1)	100	17	1.2	修繕
PS-7 Stanley Esplanade	1.40	15	2 (1)	100	24	1.4	修繕
PS-8 Sea Park	0.60	7.5	2 (1)	100	24	1.3	修繕
PS-9 Davara	5.90	15	3 (1)	200	11	2.0	修繕
PS-10 Lawes Road	6.20	75	3 (1)	250	42	3.9	改築(再構築)
PS-11 Koki	2.60	37	2 (1)	200	31	2.2	改築(再構築)
PS-12 Badili	3.50	45	3 (1)	200	33	1.7	修繕
PS-13 Kila Police	0.36	5.5	2 (1)	100	20	1.2	新設
PS-14 Konebada	0.45	7.5	2 (1)	100	24	1.2	新設
PS-15 Gabutu	0.75	22	2 (1)	100	43	1.8	新設
PS-16 Horsecamp	1.50	11	2 (1)	100	21	2.2	新設
PS-17 Kaugere	12.5	55	3 (1)	350	15	4.9	改築(再構築)

出典: JICA 調査団

既存施設におけるポンプ型式は、閉塞しにくい無閉塞型水中ポンプが採用されている。ポンプは

オーストラリアから輸入されたもので、簡易な修理等は現地業者で対応している。本設計においても、建設費及び維持管理費、並びに維持管理性を考慮し、既存施設と同様の無閉塞型水中ポンプを採用した。以下に設計における配慮事項を列記する。

(1) 簡易スクリーンの設置

ポンプの閉塞を防ぐため、流入下水中のごみや木片等を除去することを目的として簡易スクリーンを設置した。ただし、既存ポンプ場を修繕するケースでは、設置スペース等が確保できないため適用外とした。

(2) 維持管理用クレーンの設置

維持管理作業の効率化のため、各ポンプ場には定置式クレーンを設置した。また、ポンプ井に隣接して、維持管理作業用のスペースを確保した。

(3) オーバーフローパイプの設置

下水の異常流入、自家発電設備およびポンプの故障時等の対応として、非常時用のオーバーフローパイプを設置した。既存ポンプ場の修繕においては、オーバーフロー管の放流先水位を確認し、逆流(海水の流入)することがないように管底高を設定した。しかしながら、オーバーフロー管はあくまでも非常時用であり、通常の維持管理作業の中でこうした状況は未然に防がなければならない。

5.7 電気設備設計

(1) 受電計画

処理場及び各ポンプ場への電力供給は最終計画年次に必要な容量とする必要がある。2011年4月6日に行われた PNG Power 株式会社との協議により、11kV 架空線が処理場の専用回線として引き込まれることが確認された。引込み線は処理場に最寄りの変電所から分岐予定で、施工は PNG Power 株式会社により実施され、施工費用は POMSSUP のコストに含まれている。同様に、POMSSUP で新設される 8 箇所の各ポンプ場には、415kV 架空線が引き込まれることとなっている。

処理場内には、受変電室及び 3 箇所の電気室(ブロー室 2 箇所、汚泥処理棟 1 箇所)が設置される。受変電室には、630 kVA 変圧器、350kVA 自家発電機、遠隔操作盤が設置され、一方、各電気室には沈砂池、OD、最終沈澱池、UV 消毒室及び処理水槽、汚泥処理棟設備に対する制御盤及び遠隔操作盤が設置される。

(2) 変電設備

変圧器は室内型油入変圧器を設置し、PNG Power 株式会社により引き込まれる 11kV 架空線及び地中埋設ケーブルにより電力供給される。過電流保護装置及び高温度継電器及び警報装置を設置する。処理場の必要電力は第 1 期工事で 417kVA、最終計画年次(2020)で 519 kVA であるが、変圧器価格が 500 ~ 630 kVA の間でほとんど相違がないことから、変圧器容量は 630 kVA とした。電気装置は 3 相 4 線とし、緩衝/保護機能付き接地装置を備えたものとする。

(3) 自家発電設備

停電時のバックアップ電源として、自家発電設備を設置する。主として沈砂池、排水ポンプ、

ブロー、消毒設備、無停電電源装置をその対象とする。第1期工事で処理場内の受変電室に設置される自家発電設備の様子は以下のとおり。

< 自家発電設備仕様 >

ディーゼルエンジン、ラジエーター式冷却、電源駆動、350 kVA 交流

発電機、415 V, 3相4線、1100 リットル燃料タンク、消音装置(80db[1m地点])

(4) 監視制御システム(SCADA [Supervisory Control and Data Acquisition])

処理場及びポンプ場の監視制御システムは階層構造で構成され、維持管理作業の信頼性を考慮し、監視制御レベルを現場(機側)操作、中央(電気室)操作、遠方操作に区分した。処理場から離れた位置に点在するポンプ場の監視は、処理場を監視基地局として、GPRS 無線データ通信方式により行うこととした。

5.8 臭気及び騒音対策

処理場における主な臭気発生源は、沈砂池スクリーンで下水から分離されたごみ・有機物及び汚泥処理設備である。OD法においては、BOD-SS 負荷が低く、微生物による有機物の好氣的分解が十分に進行しており、汚泥が安定化していることから、臭気の発生は少ない。これらの条件と維持管理性を勘案し、脱臭設備として生物脱臭方式を採用した。脱臭対象施設は、沈砂池、分配槽、スカムピット及び汚泥処理棟とし、各施設の脱臭風量は $2\text{ m}^3/\text{min}$ とした。

騒音に関しては、No.7 Stanley Esplanade Pumping Station (PS) 及び No.13 Kila Police PS が民家等に近接しており、自家発電設備を発生源とする騒音に留意する必要があるが、敷地境界までの距離が最短(3m)のNo.7 Stanley Esplanade PS においても、敷地境界での騒音値(A特性値)は消音機及び建屋を通して65 dB以下(一般的な規制値)であり問題はない。処理場においては、騒音発生源から敷地境界まで200m以上離れており、騒音値は65 dB以下を十分満足する。

第6章 パイロットプロジェクト

6.1 パイロットプロジェクトの目的

パイロットプロジェクトは、海上集落20戸を対象に上水道および下水道計画を立案、実施するものである。ポートモレスビーにある他の海上集落に対しても上下水道の普及を促進するため、パイロットプロジェクトの実用性、妥当性、問題点と持続可能性を明らかにすることを目的とする。

6.2 パイロットプロジェクト実施における検討事項

海上住宅群は、脆弱な木杭および木造家屋で構築されており、構造・耐用年数に問題がある。新規に設置される上水道施設、下水道施設に対しても波浪、波力、潮位変動、塩害等の不安定な条件がある。また、汚水管は海上における住宅床下位置となることから維持管理が困難になる懸念があるため、前もって方策の立案が必要である。

パイロットプロジェクトでは上水給水を計画することから、対象住民には上下水道使用料支払い義務が発生する。これが住民の経済的負担となること、さらに水洗便所フラッシュ用水のための

上水道使用料金の支払い忌避から、フラッシュ水として住宅直下にある海水の使用等が懸念されるところである。

6.3 パイロットプロジェクト対象区域

対象区域選定で考慮すべき事項を以下に示す。

- 下水道計画区域内であること
- 棧橋、住宅のスペース、構造が上下水道管を設置するに適していること
- 対象区域からの汚水管が自然流下で幹線もしくは中継ポンプ場に取り付くこと。

上記の要件を考慮し、Hanuabada 海上集落がパイロットプロジェクトとして適当と判断された。

6.4 計画水量

計画汚水量、計画給水量および推定使用水量を表 6.1 に示す。

表 6.1 計画給水量、計画汚水量および推定使用水量

		第 1 棧橋	第 2 棧橋	計	備考
人口 (人)		145	122	267	
計画汚水量 (m ³ /d)	日平均、日最大	34.8	29.3	64.1	240 L/人/日
	時間最大	87.0	73.2	160.2	600 L/人/日 (240 L/人/日×2.5)
計画給水量 (m ³ /d)	日平均	39.2	32.9	72.1	270 L/人/日 (240 L/人/日÷0.9)
	時間最大	58.0	48.8	106.8	400 L/人/日 (270 L/人/日×1.5)
日平均使用水量 (m ³ /d)		17.4	14.6	32.0	120 L/人/日 2004 年実績値より

出典：JICA 調査団

6.5 パイロットプロジェクト施設構成

- ✓ 上水道施設では、配水管、蛇口までの給水管、バルクメータおよび各戸に水道メータを設置する。
- ✓ 各棧橋での配水管は、将来接続を見込んだ口径とする。
- ✓ 下水道施設では、汚水枝線管渠と取付け管および各戸に水洗トイレを設置する。

上下水道管の設置において維持管理性、安全性確保を考慮し、パイプサポートを設置する。また、水道管および汚水管の管材選定には、海水の浸入防止、特に継ぎ手部からの海水浸入防止、管およびそのサポートの耐腐食、露出管に対する紫外線などの耐候性、脆弱な棧橋への管添架などを考慮する必要がある。

6.6 下水道料金の課題

パイロットプロジェクトにおいて、上下水道料金は従量制を採用し、パイロットプロジェクト完了後、料金徴収を開始する。1世帯の平均使用料は、現行の料金表に従い試算した。

試算結果、上下水道料金の隔たりがあり、これを緩和する施策として以下のことが考えられる。

- 1) パイロットプロジェクトに対する対象住民への教育やワークショップによる認識
- 2) パイロットプロジェクトに対する新料金の設定
- 3) Motu-Koita Assembly (MKA)や NCDC からの補助金

パイロットプロジェクトにおいて適正な施設利用と生活様式の改善のため、対象住民にワークショップによる啓発や教育を実施する必要がある。

第7章 社会/環境啓発プログラムの策定

7.1 プログラムの概要

社会/環境啓発プログラムは、1)トレーニングプログラム、2)広報活動プログラム、3) HIV/AIDS 防止プログラムから構成され、海上集落を中心とした衛生環境の向上及び POMSSUP 建設予定地周辺での HIV/AIDS 蔓延の予防を主たる目的とする。社会/環境啓発プログラムは、ステークホルダー及び地域住民を対象としたグループ討議、環境セミナー等を通じて実施される。

< 海上集落の現状 >

対象地区として選定された Hanuabada 地区は、Motu-Koitas 族を主たる住民とした海上集落のひとつである。海上部における住居建設は法制度上認められており、上下水道、電気、電話といった公共サービスへの接続も容認されているが、現状では、上下水道への接続はほとんど無い。

(1) 上水道

Hanuabada 地区住居の多くが水道管へ接続していない。現状では、各戸接続(32%)、屋外の公共水栓利用(36%)、給水車による配水(18%)、貯留タンクによる雨水利用(14%)となっている(JICA 調査「Master plan and feasibility study on Sewerage System of Port Moresby」,1998)。

(2) 下水道

Hanuabada 地区は全域にわたり下水道の未整備地区である。各戸から排出される下水は、“落下式”トイレ(ピットが無い)から、直接、海面に放流される。こうした非衛生的な生活環境が疾病伝染の一因となっていると思われる。

7.2 衛生環境悪化の状況

Hanuabada 地区では、固形廃棄物及び汚濁排水による衛生環境への影響が顕在化しており、有機汚濁物質による海水水質汚染も進行している。こうした現状は、衛生環境施設の整備不足に起因する、未処理排水(生活排水、雑排水)及び固形廃棄物の直接投棄が原因である。

7.3 社会/環境啓発プログラムの策定

7.3.1 トレーニングプログラム

(1) 対象者

各戸より代表者1名を選定し、計20名を対象とする。

(2) 実施方法

10名ずつ2グループに分け、グループ討議を行う。

(3) 討議内容

項目1: 衛生環境についての意識向上/促進

項目2: 生活排水とその管理及び処理施設

項目3: 水因性疾患(コレラ等)の予防と管理

項目4: 固形廃棄物、汚濁排水の管理と環境・健康への影響

7.3.2 広報活動プログラム

広報活動は、Hanuabada 地区における衛生/生活環境及び環境(水質)保全に対する意識の向上と活動を促すことを目的として策定され、情報公開、説明会・講演会、ミーティング等により実行される。

(1) 情報公開

情報公開することで、衛生環境、衛生設備、及び環境保全に対する意識向上を図る。

(2) 各種説明会の実施

説明会等の実施により、衛生環境、衛生設備に関する理解と知識を深め、環境保全や住環境との関わりに対する関心を高める。

(3) 集会/ミーティング等の開催

衛生環境、衛生設備等に関する討議を開催し、POMSSUP 関連者間での積極的な意見交換が可能となるシステムを構築する。

(4) 関連機関との協調

上記活動の効率を高めるため、POMSSUP 概要が分かるパンフレット等も合わせて活用し、また IPBC/EDA RANU、Motu-Koita 代表者会、関連省庁等との連携を図りながら実施する。

7.4 HIV/AIDS 防止プログラム

(1) EDA RANU における活動方針

EDA RANU では、HIV/AIDS 防止に係る、勤務規定における整備優先課題として次の4課題、i) 雇用条件と権利、ii) 処遇と対処、iii) 理解と予防、iv) 実施とモニタリング、を挙げている。

(2) EDA RANU における実施状況

EDA RANU では、中期開発計画に基づいた上記優先4課題の整備を推進しているところである。

(3) 中期開発計画(2011-2015)

中期開発計画では、HIV/AIDS 防止プログラムのさらなる強化、実行を掲げ、具体的には、次の3課題、i) プログラム規模の拡大と更新、ii) 検査・治療・介護の充実、iii) 実施体制の強化、を挙

げている。

(4) POMSSUP での HIV/AIDS 防止プログラムの適用

POMSSUP に関わる建設作業員や周辺集落を対象に HIV/AIDS 防止プログラムを実施する。

1) 背景

IPBC/EDA RANU では、その契約業者に対し、HIV/AIDS 防止プログラムの実行を指導することとしており、プログラム実行に先立ち、HIV/AIDS 防止プログラムに関するセミナーを開催することとなっている。

2) 対象者

POMSSUP の建設工事に関わるすべての作業員及び処理場建設予定地周辺集落住民を対象とする。

3) 実施計画

トレーニングプログラムは、4 日間のセミナーにより実施し、40~50 名の参加者を想定している。また、集落住民に対するセミナー実施においては、参加者の負荷を軽減するため 2 日間のセミナーを複数回開催すること等により対応する。セミナーの開催は、HIV/AIDS 防止プログラムにおける知見と経験が豊富な NACS (National Aids Council Secretariat) や BAHA (Business Coalition Against HIV and AIDS) と協調して実施することとする。

第 8 章 O&M 能力向上計画

8.1 O&M 能力向上トレーニングプログラム

POMSSUP で採用されている OD 法は、既存の安定化池等に比べて運転維持管理が必要な設備も多く、より高度な維持管理技術を必要とする。そのため、日本人等の経験豊富な技術者による、下記 O&M トレーニングプログラムを実施することとした。

- 処理場及びポンプ場の運転維持管理
- 管路施設の維持管理
- 下水道資産管理
- 水質管理

8.2 トレーニング方針

(1) 対象者の積極的参加

効果的な運転維持管理能力向上のために、参加者自らが考え、実際に行動することができるトレーニング内容とし、参加者の積極的関与を促す。

(2) 運転管理記録の整備

運転管理記録の整備は、発生した問題を分析し、将来起り得る問題を予防するために非常に有用なものであるため、トレーニングを通じて整備を充実させる。

(3) マニュアル類の整備

各施設・設備の運転管理手順、内容、頻度等を示したマニュアル類の整備は効率的な運転維持管理のために不可欠なものであり、トレーニングを通じて整備を充実させる。

8.3 トレーニングプログラムの内容

トレーニングプログラムは、下記内容により構成される。

(1) JICA 課題別研修プログラムを活用した本邦研修

(2) 実施設での OJT

コントラクター及びコンサルタントによる EDA RANU スタッフへの技術研修(6ヶ月)
 上記研修後、コントラクター及びコンサルタントのサポートのもと、EDA RANU スタッフによる運転管理研修(6ヶ月)

第9章 POMSSUP コスト及び実施計画

9.1 建設費

詳細設計の結果に基づき、2011年10月時点での換算レートを用いて建設費及び運転維持管理費を算出した(JPY 34.3 / Kina)。建設費を表9.1に示す。

表 9.1 建設費

項目	工事費		合計 (JPY)	備考
	外貨分 (JPY)	内貨分 (Kina)		
調査費等		7,433,100	254,955,330	
枝線管路	52,547,881	9,272,823	370,605,710	
幹線管路	232,174,811	7,333,129	483,701,136	外貨 : 内貨 = 45%:55%
ポンプ場				
土木/建築	7,597,372	5,387,288	1,033,714,183	外貨 : 内貨 = 10%:90%
機械/電気	776,016,200	1,904,275		外貨 : 内貨 = 90%:10%
Kila Kila 処理場				
土木	57,632,303	53,109,976	3,520,995,097	外貨 : 内貨 = 10%:90%
建築	0	6,460,359		
機械/電気	1,187,879,800	6,770,277		外貨 : 内貨 = 90%:10%
海中放流管	400,418,460	4,680,333	560,953,882	
アクセスロード	0	27,312,717	936,826,193	
パイロット プロジェクト	3,044,081	444,222	18,280,896	
社会啓発	0	300,000	10,290,000	
機材調達	124,854,700	0	124,854,700	
O&M トレーニング	46,456,978	0	46,456,978	
その他	0	6,133,215	210,369,275	
合計	2,888,622,586	129,108,614	7,572,003,380	

出典 : JICA 調査団

9.2 維持管理費

運転維持管理費を表 9.2 に示す。

表 9.2 運転維持管理費

項目	O&M 費用 (Kina / 年)	合計 (Kina / 年)
(1) 管路施設・ポンプ場		2,043,000
修繕費・清掃等費用	125,000	
電力代	1,543,000	
その他	375,000	
(2) Kila Kila 処理場		2,779,000
人件費	622,000	
電力費	1,232,000	
薬品費	213,000	
その他	712,000	
(3) 汚泥搬送費		63,690
人件費	36,000	
電力費	21,900	
その他	5,790	
合計		4,885,690

出典：JICA 調査団

9.3 資金計画

算定条件

コスト積算基準時期： 2011 年 10 月

為替レート： 1 Kina = 34.30 日本円、1 米ドル = 79.70 日本円

年間物価上昇率： 外貨 = 1.4%

内貨 = 3.1%

物的予備費率： 5% (建設費、調達費)

5% (コンサルティングサービス)

管理費： 借款対象額の 3%

資金調達計画

L/A 締結時（2010 年 1 月）における、総事業費は 10,862 百万円であり、そのうち、本円借款対象総額は、8,261 百万円であり、残り 2,541 百万円は「パ」国政府側の予算により手当てされると計画された。

本調査実施結果として、総事業費は 10,797 百万円であり、そのうち、本円借款対象総額は、8,256 百万円であり、残り 2,541 百万円は「パ」国政府側の予算により手当てされることとなった。

表 9.3 資金調達計画（単位：百万円）

調達先	L/A 調印時（2010 年 1 月）	本調査実施結果（2011 年 10 月）
本円借款	8,261	8,256
「パ」国政府	2,541	2,541
合計	10,802	10,797

9.4 調達計画

調達計画をまとめ、以下の表に示す。

表 9.5 調達計画

項目		PNG 国内	PNG 国外	日本より輸入
一般資材	コンクリート	○		
	セメント	○		
	鉄筋		○	
	砂利	○		
	土(砂)	○		
配管材料	ダクタイル鋳鉄管		○	
	HDPE 管 (for Outfall)		○	
	PVC 管		○	
	コンクリート管	○	○	
機械設備	ポンプ場、下水処理場用、調達一式			○
電気設備	ポンプ場、下水処理場用、調達一式			○
建設機械	トラッククレーン	○	○	
	ダンプトラック	○	○	
	ブルドーザー	○	○	
	バックホウ	○	○	
O&M 用資機材	洗浄用、高圧ジェットトラック			○
	バキュームトラック			○
	タンクローリー			○
	TV カメラ調査用車両			○

出典：JICA 調査団

9.5 POMSSUP の実施スケジュール

POMSSUP 実施のために必要な作業とその期間をまとめ、以下の表に示す。

表 9.6 POMSSUP 実施のために必要な作業と期間

作業項目	想定される期間、時期
P/Q 書類、入札図書準備	4 ヶ月
P/Q (関心表明, 公示)	3 ヶ月
P/Q (評価, 選考)	2 ヶ月
入札 (入札資格書類確認, 入札案内)	5 ヶ月 (2+3 ヶ月)
入札 (技術評価, 選考)	3 ヶ月
入札 (価格評価, 選考)	2 ヶ月
契約交渉	2 ヶ月
施工期間	39 ヶ月
POMSSUP の終了、トレーニング	2015 年 12 月予定

出典：JICA 調査団

9.6 入札資格と評価基準

(1) 背景

- a) 調達については日本の ODA 円借款に関わる調達ガイドライン 2009 年 3 月版(以下、JICA 調達ガイドライン)に従うこと。元請業者の国籍は日本とする。
- b) 日本から調達する資機材、サービスの合計が建設に関わる合計借款額の 30%を下回らないこと。

(2) 入札手順

- a) 入札資格確認後の国際競争入札(ICB)
- b) JICA 調達ガイドラインに規定されている二封筒(Two Envelope)入札方式
- c) 全工事を 1 パッケージで行い、資機材の調達、建設、試験、試運転、トレーニング等を全て含む。

(3) 入札資格とその基準

- a) 適格性
- b) 経営状況
- c) 経験
 - 一般的な建設工事の経験
 - 特殊な建設工事の経験

第 10 章 環境管理計画とモニタリング計画

10.1 物理的な環境影響

(1) 水環境と海中放流管

海中放流管の放流点は、海岸線より約900m沖合のJoyce湾の、より高い希釈効果が期待できる水深25~30mの位置としている。幾つかのゾーンは基本的に沈殿した泥や有機物からなり、海底を攪拌すると濁度が増すような状態である。高レベルの懸濁物や沈殿物は光の進入を減少させ、微生物の成長を遅らせる。そこで放流管の施工中にシルト等の沈殿・堆積を防止し、さんご礁を保護するため、シルトプロテクション(カーテンタイプの防護)を用いることとする。これらの残土、シルト等は環境へのリスクが少ない深い部分に沈降させることも考えられる。海中放流管の敷設ルート沿いの30m幅(海中放流管の埋設位置から両サイド15mずつ)について珊瑚を取り除いた後、管を埋設する。しかしながら、トレンチを掘削する必要があり、岩破碎装置の付いた掘削機械を採用する必要がある。この作業は極力短期間で行われるようにし、濁度の発生を最小限に抑える。

これらの工事により影響があると考えられるエリアは海洋生物に影響を与えないような限界をその範囲として決定された。これらの影響範囲はパイプラインルートから片側15mずつ(ルートを中心として30mの範囲)と設定された。

想定される管径は内径700mm(DN800、HDPE)であり、高い精度の配管工が要求されている

が、その工事影響範囲は30m幅で十分であると想定される。

(2) 珊瑚礁と放流管

海岸線から 50m から 750m の範囲にかけて、前述の 30m の幅の間に約 240 個の珊瑚礁が分布しており、これらは調査後近接したエリアに移設しなければならない。POMSSUP で提案した配管ルートは海岸線から 890m 離れた水深約 26m の放流点に到達するまでに、どうしてもこれら珊瑚礁の間を通過する必要があり、これら珊瑚礁への影響を避けなければならない。

10.2 社会経済及び文化的環境への影響

基本的に施設の建設は熟練工や一般作業員の雇用を創出する。建設工事がピーク時にはかなりの数の雇用が生まれると考えられる。さらに建設工事は代理店や下請け業者にも仕事のチャンスとなる。また間接的に食料品業界や警備会社、運送会社等への雇用が増加することも期待できる。一方で負の影響のある項目を以下に列挙する。

- 1) 社会構造
- 2) 公衆衛生 (HIV/AIDS 予防含む) と安全管理
- 3) 交通渋滞
- 4) 既存施設 (ライフライン等) への支障等
- 5) 偶発的事項に対する対処策

10.3 建設工事中のモニタリング計画

今回全施設の施工期間は合計 39 ヶ月必要であると想定される。これら施設の完成時には、すべての仮設材、建設廃材等は除去され、指定された最終処分地等へ搬送される。サイトは可能な限り現状復旧に努める。全てのリサイクル可能な材木や屋根材等の資材はコントラクターの資材置き場に戻される。残土はコントラクターによって、約 6 マイルはなれた Baruni 残土処分地に搬送、処分される。以下は建設中のモニタリングにおいて、特に必要な項目である。

- 1) 海中放流管沿いの水質モニタリング
- 2) 海中放流管沿いの珊瑚礁モニタリングおよび珊瑚移設

10.4 コントラクターの環境プログラム

コントラクターは自身で環境プログラムを作成し、建設工事中にこれを実施しなければならない。そのプログラムで確約する事項のなかで、コントラクターは以下の内容を盛り込むこととする。

- 十分な仮設設備 (仮設住宅、汚水処理等) を用意すること、およびゴミの廃棄
- のり面の保護と土の侵食防止
- 雨水および汚染対策、交通整理、道路復旧計画
- 作業員の安全対策、偶発的事項に対する対処策 / 緊急時対応策

社会開発プログラムとして、コントラクターは作業員や近隣住民に対して、EDA RANU の方針に合わせて、HIV / AIDS 予防トレーニングプログラムを実施しなければならない。

10.5 運転中のモニタリング計画

Kila Kila 下水処理場の運転中、流入 / 流出下水および海水温度の水質分析を行う。また珊瑚礁を移植した箇所、放流位置、パイプ埋設ルートでのモニタリングを行う。これらのモニタリングは EDA RANU の環境・品質管理部門により行われる。

想定される汚泥ケーキの発生量は平均 27 m³/日程度であり、10 トントラックにより Morata 下水処理場にある処分場へ運搬される。これら汚泥の輸送と処分場の安全管理のモニタリングも EDA RANU の環境・品質管理部門により行われる。

10.6 環境社会配慮

本調査は旧 JICA 環境社会配慮ガイドライン(2004年4月)が適用されており、同ガイドラインに基づき、環境社会配慮内容の確認を行ったところ、L/A 締結前の審査内容(2007年12月環境許可証取得)と異なる状況は確認されなかった。2006年の SAPROF 調査によると、POMSSUP はカテゴリーA にランクされており、これは“POMSSUP サイトが環境・社会に対し敏感で、注意深く「パ」国または POM 現地の状況、住民や生態学的な価値(珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等)について配慮する必要がある”ことを示している。

このカテゴリー分けは「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」に基づいており、当該ガイドラインに従い、環境チェックリスト及びモニタリングフォームが作成されている。

第 11 章 リスク分析、危険要素の検討

11.1 危険要素の識別

下水処理場、ポンプ場、下水道ネットワーク等の建設や、施設運転に関する潜在的な危険な要素の識別と推奨される影響緩和方法、あるいはリスクを最小限に食い止めるための対策を以下にまとめる。

1) 契約関係

期限内の完成のために潜在的に障害となる要素として、代理店、建設業社、その他の契約関係がある。元請業者(メインコントラクター)はこれら代理店、建設業社、その他の契約関係について、全責任を持つこととする。

2) 仮設計画・設計

仮設の設計は全て元請業者の責任とするが、その完成のために設計に関するレビューやアドバイスはコンサルタントにより必要に応じて行われる。

3) 作業員のリスク

契約において、元請業者は考えられる危険要素を抽出し、建設作業中の作業員の健康と安全をどのように管理するかを記載した健康維持と安全管理計画を提出するよう、またその計画をどのようにモニタリングして実践していくかも記載するように規定される。

11.2 運転のリスク

汚水処理施設は、避けられない運転上のリスクを内在する。例えば、電力供給の中断や機器の故障が予測され、貯蔵薬品の性質は常に一定ではないし、主要な処理プロセスは生物処理によるため、本質的に非常に環境の変化等に敏感である。設計どおりに施工するよう建設工事を厳しく管理することは、発生する恐れのあるリスクの低減に寄与すると考えられる。

11.3 危険要素の検討

(1) ポンプ場施設

主要な下水遮集システムとして、17箇所のポンプ場の新設および再構築(リハビリ)があげられる。頻繁に起こる停電に対応するため、それぞれのポンプ場に自家発電機を設置する。本詳細設計で水撃作用(ウォーターハンマー)対策と塩害対策が検討され、実行された。

<検討結果の概要>

揚水ポンプは主要設備でありリスクが内在している。しかしながら、予備ポンプ・自家発の設置により、リスクは小さくなっており、シーケンス(交互運転)を組み、SCADAによりモニタリングすることで十分安全に運転できると考えられる。

ポンプのサージング(急激な圧力変化)を防ぐため、フライホイール・サージベッセルを必要箇所に設置するものとした。緊急時、汚水の直接放流を極力防止するため、自家発電機の確実性が非常に重要である。危険回避のために必要な行動としては、ポンプ場の状況/警報のモニタリング、必要に応じて現地巡回調査、非常用自家発電機の定期検査等である。

(2) 下水処理場

下水処理プロセスとして、深槽 OD 法が採用された。その水深は 6m で、水槽の下部でも酸素の供給が均一に行われるよう、微細気泡散気装置と攪拌機が導入される。

海中放流管のルートは、既存の珊瑚礁を保全し、移植が最小限となるような、Joyce 湾の珊瑚生息域を最短距離で通過できるルートが選定された。

また、安全作業に係る危険要素に対しては、全運転作業員や維持管理員が危険を回避しなければならないが、作業員への教育、定期的な安全ワークショップ、安全な工具・機材の使用などにより達成することが可能である。さらに、自然災害等の外部条件に起因する危険要素についても、細心の注意を払って回避されなければならない。コントラクターが提出する安全マニ

アルには、施設の運転と作業員の認識、注意が必要な維持管理業務について記載される必要がある。

<検討結果の概要>

計画されている各プロセスについて、シーケンス(交互運転)を組み、SCADAによりモニタリングすることで十分安全に運転できると考えられる。しかし、頻繁に発生する停電は大きな問題点であり、自家発電機の設置は、安定した施設運転のために必須であり、リスク低減のために非常に重要である。

危険回避のために必要な行動としては、処理プロセスの状況/警報のモニタリング、必要に応じて現地巡回調査、非常用自家発電機の定期検査等を実施することである。

11.4 信頼性調査

信頼性調査は、故障モード影響評価法: Failure Mode Effect Analysis method (FMEA)を用いて行われた。FMEAでは、以下の項目を評価した。

- 1) 施設
- 2) 主要設備
- 3) 設備の寿命
- 4) 故障モード
- 5) 原因
- 6) 故障の検出手段
- 7) 故障から生じる異常事態のタイプ
- 8) 異常事態によるシステムへの影響

故障頻度、故障の影響の程度、故障検出の確率/難度といったことが項目として列挙された。

(1) ポンプ場

- 1) 自家発電機の故障リスクは、汎用機器と考えられる水中ポンプが故障した場合と比較して二倍高くなる。
- 2) 1)の理由から自家発電機は慎重なモニタリングと維持管理を必要とする。

(2) 下水処理場

- 1) 沈殿池、ブロワー、脱水設備、ポリマー注入設備、自家発電機のリスクは汎用機器と考えられる水中ポンプの故障リスクよりも高い。
- 2) これらの対策としては、最終沈殿池の水面積負荷は沈殿池の修理中の負荷の増加を考慮し、若干余裕を設けておく・ブロワー、脱水機、ポリマー注入機に関しては予備機を導入することで、リスク低減を図ることとした。
- 3) 電力供給系統に頻繁な停電の問題があるため、非常用自家発電機ユニットは慎重なモニタリングと維持管理を必要とする。

(3) 信頼性調査の概要

- 1) 施設、設備の想定される故障は可能な範囲において詳細設計において対処する。
- 2) 非常用自家発電機ユニットは送電系統の停電によるリスクを回避するため、慎重なモニタリングと維持管理を実施する。

第 12 章 結論と提言

12.1 結論

12.1.1 POMSSUP の対象範囲

POMSSUP の対象範囲は第 2 回 TAC の結果を受けていくつか変更になった。変更点をまとめ以下の表に示す。

表 12.1 詳細設計の業務範囲

項目	当初の計画範囲 (L/A 締結時点)	改訂後の計画範囲 (詳細設計完了時点)
下水処理場 (Kila Kila) 消毒方法 汚泥処理方法 汚泥乾燥床 (Morata) アクセスロード 海中流出管	13,800m ³ /day OD 法 3 池 最終容量 18,400m ³ /日(4 池) 次亜塩素酸ナトリウム 重力濃縮 15 床 (全 20 床中の 15 床、1 床 14m*35m) 1.73km GRP 1.4km	同左 UV 及び次亜塩素酸ナトリウム(バックアップ) 汚泥濃縮を利用しない直接汚泥脱水 中止 1.50km HDPE 1.6km
下水管 幹線 枝線 逆サイフォン 管材	17.2km (Kanudi - Kila Kila 間) 17.7km (Kanudi、Idubada、Elavala、 Hanuabada、Konedobu、Port Moresby CBD、Paga Hill、Koki、Badili、Kila police、Kila Kila 地区) 採用 DCIP, RC pipe	17.6km (Kanudi - Kila Kila 間) 17.4km (Kanudi、Idubada、Elavala、Hanuabada、 Konedobu、Port Moresby CBD、Paga Hill、Koki、 Badili、Kila police、Kila Kila 地区) 廃止 HDPE, uPVC
ポンプ場 新設/8 取替/9	Kanudi:1、Idubada:1、Elavala:1、 Hanuabada:1、Gabutu:1、Kila Police:1、 Konebada:1、Kila Kila Horsecamp:1 Konedobu :1、Yacht Club:1、Stanly Esplanade:1、Paga Point:1、Davara: 1、 Lawes Rd Ela:1、Koki: 1、Badili :1、 Kaugere:1	同左 同左
Pilot Project	1 式 ・海上集落に建てられた家屋への下 水サービスの遂行	1 式 ・海上集落に建てられた家屋への下水及び水道 サービスの遂行 ・栈橋及び海上集落の修復を行う際の調整を容 易にする手段として、デザインビルドが採用さ れた。
Social Development	1 式 現場周辺住民及び POMSSUP の建設	プログラムにコレラ予防管理を追加

項目	当初の計画範囲 (L/A 締結時点)	改訂後の計画範囲 (詳細設計完了時点)
(HIV/AIDS)	作業員に対して研修及び啓発活動	
トレーニング/研修プログラム	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 事前資格審査及び入札書類の準備 ➢ 下水処理場及び汚水ポンプ場および管網のO&Mに関するトレーニング/研修 ➢ 下水道資産管理アセットマネジメントシステムの研修 ➢ 水質分析のトレーニング/研修 	同左

出典: JICA 調査団

12.1.2 海中放流管に関する設計

放流管が計画されたライン 890m に沿って海底地形測量・調査が行われた。この調査結果によると、約 240 個の玉石状珊瑚が 30m 幅のルート沿いに分析しており、波の影響を受ける水深 3m 程度の部分で広く分布が見られた。海中放流管は、珊瑚礁内の浅瀬で潮流を妨げないように海底に埋設する。海中放流管の施工に際してはデザインビルド方式が採用された。コントラクターは、海底の詳細調査及び地形測量、詳細設計を行い、ポートモレスビー港の港湾局及びエンジニアの承認を受けた後、施工することとする。

12.1.3 運転指標と効果指標

下水処理区域内の人口は、2018 年に 48,600 人となりその普及率は 71.2%となる。2011 年 11 月時点で、約 54%が既設下水管網に接続されており、現在、下水は直接未処理のまま海へ放流されている。

表 12.2 運転指標と効果指標

指標	現在(2011 年 11 月)	目標年次 (2018 年)
処理人口 (人)	0	48,600
処理水量 (m ³ /d)	0	13,100
下水道施設使用率 (%)	(54%、ただし海へ直接放流)	71.2
処理水汚染レベル (BOD 濃度)	190	20
下水道普及率 (%)	27	65

出典: JICA 調査団

12.1.4 POMSSUP コスト

POMSSUP に係る本円借款対象総額は 2009 年に借款契約 (L/A) により決定され、8,261 百万円となっている。一方、今回の詳細設計での積算結果では、L/A よりやや低い 8,256 百万円となった。

POMSSUP 総事業費

10,797 百万円

本円借款対象総額

本詳細設計による積算結果	8,256 百万円
借款契約 (L/A) (2009 年 1 月)	8,261 百万円

12.1.5 入札図書の作成

本調査においては、FIDIC Red Book に準拠して、ドラフト入札図書の作成を行った。成果物の構成は以下の通りである。

1. PQ Application Documents (入札資格審査書)
2. Invitation for Bidders (入札案内)
3. Bidding Documents (入札図書)
 - 3.1 Instructions, Conditions of Contract, Bidding Form (入札指示書及び入札様式)
 - 3.2 Bill of Quantities (数量計算書)
 - 3.3 Technical Specifications (技術仕様書)
 - 3.3.1 Standard Specification (契約一般条件書案)
 - 3.3.2 Particular Specification (契約特記条件書案)
 - 3.4 Tender Drawings (入札図面)

その他の Main Report、Design Calculations、Natural Condition Survey、Priced Bill of Quantities の 4 成果物は、他の借款プロジェクトを参照して、上記ドラフト入札図書とは別区分とした。これらはコントラクターの要求に応じて、貸与されることとする。

12.2 提言

12.2.1 プロジェクト・マネジメント・ユニット (PMU) の創設

インセプション協議(2011年12月開催)において、この詳細設計に関して PMU が組織されることが IPBC、JICA、JICA 調査団の合意の上で決定された。しかしながら、PMU は形式的には創設されたが、実施設計の終了まで PMU として機能するには至らなかった。執務スペースは確保されたものの、人的資源が配置されなかったことが原因である。IPBC が持ち株会社であり、エンジニアリングを実行できる組織でないことから、求められた人材を配置することができなかったことも大きな原因である。

このため、PMU の効果や利点として、技術移転・情報共有・作業の効率化等が挙げられていたが、いずれの点においても十分な効果をあげることはできなかった。

以上の点に鑑み、下水道施設の施工監理段階においては、PMU が実際に組織され、技術移転・情報共有が成されるよう何らかの方策を取る様に、施工監理チームに対して提言する。

12.2.2 EDA RANU の PMU 参加

上記にも述べたが、IPBC がエンジニアリングを実施できないという点は、PMU の中心が IPBC である点から考えると、合理的・現実的でないと考えられる。しかしながら IPBC が PMU の管理を行うことは現体制（執行組織が IPBC であること）では避けられない。これは本プロジェクトの財務上の健全性を担保する上でも、重要である。

EDA RANU が、施工段階において監理に参加することはエンジニアリング面から必要であり、しかも IPBC としてプロジェクトを成功させるための手段でもある。したがって、施工監理段階においては、EDA RANU 要員を PMU へ計画的に参加させるよう IPBC に提言する。本プロジェクトのように、EDA RANU の参加が実現しにくいような場合、JICA から IPBC への強い要請が必要であると考えられる。

12.2.3 優秀な職員の確保

現在の EDA RANU における下水道運転管理人員は 28 名である。新規下水処理施設の完成後には、12 名の増員が必要となる見通しである。この増員については、完成前にトレーニングを必要とし、試運転段階において実際の運転に接している必要がある。これら増員は施設の保守・管理を行う必要があり、データの管理・運転方法の蓄積・施設の改良・知識や経験の継承を担う者である。

これらから、EDA RANU が優秀な人材を早期に確保するよう求めたい。

12.2.4 JICA 課題別研修プログラムへの継続的参加

開発途上国における上下水道プロジェクトでは、持続性が問題になることがある。これにはエンジニアリング・調達・資金の問題とともに、組織・職員のトレーニングの欠如による意識の低下が挙げられる。

JICA で、開発途上国に対する人材育成に関する本邦研修などのトレーニングプログラムの利用が可能である。こうした活動によって実施機関のキャパビルが可能であり、ひいては我が国の支援の有効活用が成される。定期的な職員教育の一環として利用できることを IPBC・EDA RANU に対して周知し、積極的な参加を促すことを JICA に望みたい。

12.2.5 SAPMAN の投入

JICA は、PNG 政府の要請次第で入札手続きを迅速に行うために SAPMAN(入札準備のための特別補助員 Special Assistance of Procurement and Management)を投入することを計画している。D/D 後に、PNG 側施工管理コンサルタント、建設工事のためのコントラクターの選定準備を行わなければならない。コンサルタント選定後、関心表明のあった各社に対し事前審査及び入札が予定され、それらの作業には入札書類準備が終わってから約 15 ヶ月必要と考えられる。SAPMAN が投入の時期、条件等に関しては、適宜 JICA と調整することが推奨される。

12.2.6 安全確保

2011年を通じて、ポートモレスビー市内の治安の悪化が実感された。実施設計作業中に、ポートモレスビー市内で多数の窃盗事件・カージャック・強盗事件が発生し、JICA PNG 事務所からプロジェクト事務所宛に多数の注意喚起が行われた。この傾向は今後も続くものと想定される。エンジニアの生命に関わる問題となる懸念があるため、要注意である。

このため、施工監理段階においては、プロジェクトチームに対し、プロジェクト事務所を安全な物件内に設置し、扉・窓の錠などの防犯を強化し、信頼できる警備員を常時配置することを強く推奨する。エンジニアの宿舎についても、より安全な地区の警備の強固な物件を確保することが必須である。エンジニアの出勤等の移動についても、車両による行動を原則とし、車両停止時の安全確認に注意することが必要である。

また、建設キャンプ内には不特定多数の労働者が共同生活をするようになるため、警備員を雇用してキャンプ内の規律・治安の維持に常に注意し、過度の飲酒・喧嘩・暴動・放火等の防止のためのキャンペーンをコントラクターの責任において実施させる必要がある。キャンプ内労働者による周辺コミュニティへの迷惑行為があった場合は、警察と協同し、厳しく取り締まる必要がある。これらはコンサルタントの主導により行われる必要があり、EDA RANU の協力が必須である。施工監理コンサルタントがこの活動のイニシアティブを取る様提言する。