

カンボジア国 プノンペン下水道整備計画 準備調査報告書

(簡易製本版)

令和元年 8 月
(2019 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
日本工営株式会社
北九州市上下水道局

環境

JR(P)

19-033

カンボジア国
プノンペン下水道整備計画
準備調査報告書

(簡易製本版)

令和元年 8 月
(2019 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
日本工営株式会社
北九州市上下水道局

序 文

独立行政法人国際協力機構は、カンボジア王国のプノンペン下水道整備計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社建設技研インターナショナル、日本工営株式会社及び北九州市上下水道局から構成される共同企業体に委託しました。

調査団は、平成30年5月から平成30年9月まで、カンボジアの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

令和元年 8 月

独立行政法人国際協力機構
地球環境部
部長 武藤 めぐみ

要 約

1. 国の概要

カンボジア国はインドシナ半島の南西に位置し、タイ、ラオス、ベトナムと国境を接する。人口は14.7百万人(2013年政府統計)、国土面積は18.1万km²である。国土は国境部の山岳地帯、メコン川及びサップ川が形成した中央平原、両者の間に分布する丘陵地帯で構成され、中央平原が社会・経済・産業の中心となっている。プノンペン都は中央平原のMekong川、Sap川、Bassac川の合流・分枝地点右岸に位置している。

カンボジア国の気候は熱帯モンスーン性気候に属し、5月～11月が雨季、12月～4月が乾季である。プノンペン都の平均年間降雨量は約1,500mmであり、その90%が雨季に集中している。最高気温及び最低気温の年間平均値は各々約33℃及び24℃で、年間を通じての気温の変動幅は10℃未満と小さい。プノンペン都周辺のMekong川の水位は季節変動が大きく、王宮前における河川水位の観測記録によると、過去9年間の最高水位は標高9.84m、最低水位が標高0.83mである。また、既往最高水位は2000年9月に観測された標高10.18mである。

カンボジア国の2017年におけるGDPは約223億ドル、一人当たりのGDPは1,390ドルとなっている。2014年の産業別GDP比率は、第1次産業(農林水産業)が31%、第2次産業(鉱工業)が27%、及び第3次産業(サービス業)が42%である。

カンボジア国はメコン水系に開けた肥沃な土地と豊富な水資源に恵まれた農業を基幹産業とした国家であったが、1970年代の内戦と混乱により国土が荒廃し、農業施設の破壊等生産手段の喪失、技術者の喪失、労働人口の減少等に見舞われ経済は落ち込んだ。1990年代には民主化に伴い市場経済体制へ移行し、国際社会の援助により国家の復興と再建が図られた。1997年の武力衝突及びアジア経済危機の影響で、一時経済成長率が鈍化したものの、2004年から2007年までの4年間の経済成長率は10%を超えた。2011年以降は7%成長を続けている。物価上昇率は、3.6%(2018年IMF予測値)となっている。経常収支及び財政収支は、2017年(IMF予測値)では、前者が対GDP比マイナス8.8%、後者が対GDP比マイナス3.6%であり、慢性的に赤字である。近年堅調な成長を示している縫製品等の輸出品、建設業、サービス業及び海外直接投資の順調な増加により、今後も安定した経済成長が見込まれている。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

カンボジアの首都プノンペンでは、急速な人口増加と都市化により汚水量が増大しているが、下水道施設は未整備のため、汚水は腐敗槽から排水路を通して湖沼・湿地帯で自然浄化される仕組みとなっている。しかしながら、腐敗槽は適切な維持管理がなされず、汚水が不完全な処理のまま放流されているのが実態である。また近年、開発事業に伴う湖沼・湿地帯の埋立てが進み、自然浄化機能が低下している。特に、本事業対象地域の汚水が放流されるCheung Aek湖は、面積が2003年から2015年にかけて大きく減少し、汚水による水質悪化が著しい。また、同湖に接続する排水路から流れ込む汚水からの悪臭及び雨季の排水不良により溢れる汚水等が、環境衛生面でも悪影響を及ぼしている。

このような状況に対して、JICA はカンボジア政府の要請に基づき、開発調査型技術協力プロジェクト「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」(2014-16年)を実施し、同プロジェクトにおいて2035年を目標年次とする「汚水対策マスタープラン(以下、「M/P」)」を策定し、同M/Pにおいて、都内で最も市街化が進み、水環境の悪化が著しいCheung Aek湖流域を含む「Cheung Aek処理区」をオフサイト処理区域(下水道による集合処理区域)として設定した。さらに、カンボジア政府側の実施体制も含めた事業実施能力、カンボジア政府側のニーズ等を勘案し、短期(~2020年)、中期(2021~30年)、長期(2031~40年)の3段階に分け当処理区の段階的整備計画を立案した。

次表に、2018年5月25日付けのM/Dにて合意した要請内容をまとめる。

コンポーネント	詳細内容
下水処理場 (遮集施設を含む)	- 規模：5,000 m ³ /日 - 処理方式：前ろ過散水ろ床法 (PTF: Pre-treated Trickling Filtration)
アクセス道路 /下水管渠(導水管)の整備	- 約2.0 km (口径 500 mm)

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

JICA は2018年5月7日~7月8日及び8月7日~10月7日に協力準備調査団を現地に派遣し、相手国政府関係者との協議、サイト調査を通じて、当該セクター・地域の現状、プロジェクトの背景、目的、内容、実施体制を確認した。また、プロジェクトの全体計画と本無償資金協力の位置付けを検討するとともに、無償資金協力事業の概略設計に必要な情報・資料を収集した。帰国後、国内解析作業を経て、協力事業の内容、規模等を計画し、その効果と妥当性を検証した。さらに概略設計概要説明のため、2019年5月15日から2019年5月25日まで調査団を再度現地に派遣し、概略設計の内容についてカンボジア国側の合意を得た。

3.1 調査概要及び設計方針

(1) 下水処理場整備の基本方針

除去対象物質：BOD及びTSSとし、流入水質はM/Pにて定められた値を採用することを原則とした。放流水質については、現在カンボジア国内において下水処理場の技術基準が存在しないことから、「排水及び污水管理に係る政令(Sub-decree on the Management of Drainage and Wastewater Treatment System)」における民間住宅エリア、団地、商業施設、娯楽施設等に課せられた排水基準値を準用し設定した。一方、T-N及びT-Pについては、除去対象物質として設定しないこととした。しかしながら、本プロジェクトで採用する処理方法であるPTFは、BOD及びTSSの除去を行う過程で副次的に一定量のT-NやT-Pの除去も見込めることから、現状の水質であれば、どの程度の除去が得られるのか、参考として試算した。

下水処理方式：プノンペン都による要請内容から、PTFの採用が前提となっている。一方、M/Pにおいては、PTF及び標準活性汚泥法(Conventional Activated Sludge Process: CASP)が、評価点において同等であった。そのため、本プロジェクトにて改めてPTF及びCASPの処理方法について、BOD除去能力、初期建設費用、維持管理費用、維持管理手法、実績等の観点から再評価を行い、PTFを最終的な処理方式として選定した。

汚泥処理方式：PTF システムは他の汚水処理システムと同様に余剰汚泥が発生し、汚泥処理システムが施設に備わっていないと安定した汚水処理は不可能になる。そのため、適切な汚泥処理システムの導入が極めて重要である。汚泥処理については、重力濃縮槽、機械式脱水機及び汚泥乾燥床を比較検討し、汚泥を減容し最終処分するフローを決定した。比較検討においては、技術的観点のほか、建設費用(CAPEX)及び維持管理費用(OPEX)、汚泥の再利用及び温室効果ガスの削減も考慮した複数の代替案の検討を実施し、最終的な汚泥処理フロー(濃縮+消化+汚泥乾燥)を決定した。

修景池の設置：本プロジェクトの有効性や効用をプノンペン都民にアピールするとともに、プノンペン都が今後、本処理場を用いた都民への環境教育や啓蒙活動を実施できるよう、下水処理水を用いた修景池を計画した。そのため、事業開始後に都民が気軽に訪問でき、快適かつ楽しく利用できるような施設とし、地域住民や利用者の意見を可能な限り考慮した。また、維持管理費用が過大とならず、かつ容易となるような施設とした。

将来計画との整合：本事業において整備する下水処理場の能力は 5,000 m³/日であるが、M/P において本処理場は、最終的に 282,000 m³/日まで拡張される計画となっていることから、無駄がなく、かつ円滑な拡張が可能となる施設計画を立案した。

(2) 下水管渠整備の基本方針

施工性、建設費用、汚水量、用地等を検討し、汚水の遮集位置を決定した。また、遮集方法に関しては、①遮集位置固定方式、②フロート式遮集方式について比較検討し、①案を最適案とした。遮集方式決定後、汚水の輸送方法について、自然流下方式及びポンプ圧送方式の比較検討を実施し、圧送方式を採用した。下水管渠は、Trabek ポンプ場の吐出口から下水処理場予定地までの水路管理道路を整備してその護岸内に敷設することとした。

(3) 処理場用地埋立てに対する基本方針

プノンペン都から要請された変更後の下水処理場建設地は、Cheung Aek 湖内の北東部に位置している。下水処理場を建設するためには、洪水期の湖の水位の影響を受けない高さまで用地を埋立てる必要がある。現在、湖底はヘドロや有機物等の堆積物で覆われているため、これらの堆積物を除去することを前提とする。また、軟弱地盤対策に対して、地盤改良の必要性等を検討したうえで決定した。

(4) ソフトコンポーネント計画における基本方針

プノンペン都において、下水処理場を用いた汚水対策を実施するのは初めての経験であり、下水処理場の運転維持管理に特化した職員はいないことから、本プロジェクトで建設する下水処理場が持続的にかつ効率的に運営されることを担保するため、本プロジェクトの実施を機に、それらの職員の養成、能力強化をソフトコンポーネントで実施することを想定し、具体案を作成した。

3.2 事業内容

上記の方針に基づいて国内解析を実施し、下表に示す施設を本事業の最適な内容として計画した。

施設	主な設備・諸元	
遮集施設	制水扉、送水ポンプ 3.9 m ³ /分×15kW×2 台	
下水管渠(導水管)	延長 1.86 km、ダクタイル管 φ300	
水路管理道路	延長 1.69 km、車道幅員 7.0 m、歩道幅員 1.5 m	
下水処理場		
汚水処理施設	調整槽・揚水ポンプ	調整槽：140 m ³ 、揚水ポンプ 5.1 m ³ /分×30kW×2 台 その他：除塵機、固定スクリーン、攪拌機等
	前段ろ過施設(FSF)	ろ体面積 24.0 m ² ×厚さ 0.6 m×2 槽
	散水担体ろ床(HTF)	ろ床面積 82.8 m ² ×厚さ 2.5 m×2 槽
	最終ろ過施設(SLS)	ろ体面積 20.0 m ² ×厚さ 0.7 m×2 槽
	塩素混和池	接触槽：60 m ³
	洗浄排水貯留設備	洗浄排水貯留槽：有効深さ 3.0 m×7.0 m×5.5 m その他：攪拌機、移送ポンプ等
	一次濃縮設備	一次濃縮槽：有効深さ 3.0 m×φ7.0 m その他：汚泥掻き寄せ機、移送ポンプ等
汚泥処理施設	重力濃縮施設	重力濃縮槽：有効深さ 4.0 m×φ5.5 m その他：汚泥掻き寄せ機、移送ポンプ等
	汚泥消化施設	一次消化タンク：有効深さ 11.0 m×φ7.5m 二次消化タンク：有効深さ 10.0 m×φ7.5m その他：ガスホルダ、余剰燃焼装置、移送ポンプ等
	汚泥乾燥床	40 m ² ×20 槽
管理棟	管理室、場長室、会議室、電気室、試験室、作業員室	
受変電設備建屋	受変電設備	
外構/その他	修景池、放流渠、塀・門扉、舗装、排水工等	

また、下表に示すソフトコンポーネントを計画した。

施設	主な設備・諸元
下水処理場の運転・維持管理能力強化	水処理施設及び汚泥処理施設、汚泥処分、水質管理等、下水処理場を持続的に運営維持管理するために必要な技術移転及び能力開発
下水処理場運営に係る財務計画策定支援	建設する下水処理場の運営維持管理に係る支出及び予算管理に係る技術移転及び能力開発

4. プロジェクトの工期及び概算事業費

本事業の実施期間は、入札業務を含む実施設計に 13 ヶ月、施工及びソフトコンポーネント実施に 37 ヶ月を必要とする。

本協力対象事業を我が国の無償資金協力にて実施する場合に必要な概略事業費は、施工・調達業者契約認証まで非公表とする。

5. プロジェクトの評価

5.1 妥当性

プロジェクトの妥当性を評価するため、本事業を我が国の無償資金協力事業として実施することの妥当性について、以下に整理する。

(1) 裨益対象規模から見た妥当性

本事業で下水処理場を建設することで直接的に裨益する人口は 19,000 人であり、本事業を皮切りに、プノンペン都内の水環境の改善が進み、対象地域における下痢や腸チフス等の水因性疾病の抑制による衛生環境の向上、対象地域に存在する都民の住居や資産の価値向上効果が期待される。

(2) 住民の生活改善のための緊急性から見た妥当性

本事業対象地域の汚水が放流される Cheung Aek 湖は、面積が 2003 年から 2015 年にかけて大きく減少し自然浄化機能が低下している上に、急激な都内の人口増と相まって、汚水による水質悪化が著しい。また、同湖に接続する排水路から流れ込む汚水からの悪臭等により、周辺住民の生活環境、衛生面で悪影響を及ぼしていることから、緊急性が高い。

(3) カンボジアの長期開発計画との整合性から見た妥当性

カンボジア政府は「カンボジア国家戦略開発計画 2014-2018」にて、プノンペン都を含む大都市の下水・排水施設の整備と維持を重点項目としている。また、プノンペン都は「都市開発戦略」(2005 年)において水質汚濁の防止及び下水処理の促進を目標とし、同戦略に基づく「プノンペン都都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)」(2007 年)にて下水道整備の優先地域を定め、Cheung Aek 湖における下水処理場の建設を提案していることから、その妥当性は高い。

(4) 環境への影響から見た妥当性

本事業の実施による、環境や社会に対する重大かつ永続的な負の影響は想定されない。むしろ、下水処理場の建設により水質改善が図られ、衛生面、住環境及び社会経済活動などで正の影響が期待される。

(5) 我が国の援助政策・方針との整合性から見た妥当性

本事業は、2014 年～2016 年にかけて実施された JICA 開発調査「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」で策定したマスタープラン及び段階的整備計画に合致している。加えて、本事業は、日本国内公的機関より「海外向け技術確認」第一号を受けた本邦固有の下水処理技術の採用を行っており、「質の高いインフラ投資」の推進に向けた、我が国の援助政策・方針と整合性を持った事業であり、高い妥当性を有している。

5.2 有効性

プロジェクトの有効性を評価するため、本事業の実施により期待されるアウトプットを測る指標を、定量的効果と定性的効果に分けて以下のとおり記載する。

(1) 定量的効果

本協力対象事業で建設される下水処理場により、次表のような処理が行われ、19,000 人への裨益と、BOD 濃度の減少による公共用水域へ流出する汚濁負荷量の減少が期待される。

指標名	基準値 (2018年実績値)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
汚水処理人口(人)	0	19,000
1日当たり汚水処理量(m ³ /日)	0	5,000
BOD濃度(放流水質)(mg/L)	195	30

(2) 定性的効果

本事業の実施による下水処理の効果として、下記のような生活環境、衛生環境の改善効果が期待できる。

- 下水処理によって、公共用水域(Cheung Aek 湖)の水質が改善され、臭気等の発生の抑制が図られ、生活環境が改善される。
- 下水処理によって、住民の衛生環境が改善されることが期待され、水因性疾病の発生状況の改善が期待される。

これらの都市環境・衛生環境の改善は、プノンペン都の都市開発戦略の目標である「水質汚濁の防止」及び「下水処理の促進」に合致している。

5.3 結論

以上の内容により、本案件の実施の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断されることから、早期の実施が望まれる。



プロジェクト位置図 2 (建設予定地拡大図)

完成予想図



完成予想図 (遮集施設)



完成予想図 (下水処理場)

現地写真集



遮集施設の直上流に位置する Trabek ポンプ場



遮集施設建設予定地付近



Trabek ポンプ場吐出口



下水管理設予定地
(Trabek ポンプ場吐出口から南側を見る)



Chip Mong の開発地



建設中の Hun Neang 道路



下水処理場建設予定地の様子



下水処理場予定地周辺の水耕栽培状況
(建設予定地を西側より望む)

目 次

序文	
要約	
位置図／完成予想図／写真	
目次	
図表写真リスト／略語集	
第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1.1 当該セクターの現状と課題	1-1
1.1.1 現状と課題	1-1
1.1.2 開発計画	1-1
1.1.3 社会経済状況	1-2
1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-5
1.2.1 協力要請の背景・経緯	1-5
1.2.2 本無償資金協力事業の要請の概要	1-5
1.3 我が国の援助動向	1-7
1.4 他ドナーの援助動向	1-8
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2.1 プロジェクトの実施体制	2-1
2.1.1 組織・人員	2-1
2.1.2 財政・予算	2-3
2.1.3 技術水準	2-5
2.1.4 既存施設・機材	2-5
2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-7
2.2.1 関連インフラの整備状況	2-7
2.2.2 自然条件	2-12
2.2.3 環境社会配慮	2-37
2.2.3.1 環境影響評価	2-37
2.2.3.1.1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	2-37
2.2.3.1.2 ベースとなる環境社会の状況	2-37
2.2.3.1.3 相手国の環境社会配慮制度・組織	2-41
2.2.3.1.4 代替案(ゼロオプションを含む)の比較検討	2-44
2.2.3.1.5 スコーピング	2-47
2.2.3.1.6 環境社会配慮調査の TOR	2-49
2.2.3.1.7 環境社会配慮調査結果(予測結果を含む)	2-50

2.2.3.1.8	影響評価.....	2-72
2.2.3.1.9	緩和策及び緩和策実施のための費用.....	2-76
2.2.3.1.10	環境管理計画・モニタリング計画(実施体制、方法、費用など).....	2-79
2.2.3.1.11	ステークホルダー協議.....	2-83
2.2.3.2	用地取得・住民移転.....	2-86
2.2.3.2.1	用地取得・住民移転の必要性(代替案の検討).....	2-86
2.2.3.2.2	用地取得・住民移転に係る法的枠組み.....	2-88
2.2.3.2.3	用地取得・住民移転の規模・範囲.....	2-91
2.2.3.2.4	補償支援の具体策.....	2-94
2.2.3.2.5	苦情処理メカニズム.....	2-96
2.2.3.2.6	実施体制.....	2-97
2.2.3.2.7	実施スケジュール.....	2-99
2.2.3.2.8	費用と財源.....	2-99
2.2.3.2.9	実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム.....	2-101
2.2.3.2.10	住民協議.....	2-101
2.3	その他(気候変動対策への貢献).....	2-106
第3章	プロジェクトの内容.....	3-1
3.1	プロジェクトの概要.....	3-1
3.2	協力対象事業の概略設計.....	3-3
3.2.1	設計方針.....	3-3
3.2.2	基本計画.....	3-7
3.2.2.1	遮集施設及び下水管渠.....	3-7
3.2.2.2	遮集施設の配置.....	3-11
3.2.2.3	下水管渠.....	3-13
3.2.2.4	下水処理場用地埋立て.....	3-19
3.2.2.5	下水処理場計画.....	3-23
3.2.2.6	下水処理場施設設計.....	3-29
3.2.2.7	受電システム.....	3-37
3.2.3	概略設計図.....	3-41
3.2.4	施工計画／調達計画.....	3-44
3.2.4.1	施工方針／調達方針.....	3-44
3.2.4.2	施工上／調達上の留意事項.....	3-45
3.2.4.3	施工区分／調達・据付区分.....	3-52
3.2.4.4	施工監理計画／調達監理計画.....	3-52
3.2.4.5	品質管理計画.....	3-54
3.2.4.6	資機材等調達計画.....	3-56

3.2.4.7	初期操作指導・運用指導等計画	3-57
3.2.4.8	ソフトコンポーネント計画(※ソフトコンポーネント計画は別添).....	3-58
3.2.4.9	実施工程	3-59
3.3	相手国側負担事業の概要.....	3-61
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-63
3.5	プロジェクトの概略事業費.....	3-67
3.5.1	協力対象事業の概略事業費.....	3-67
3.5.2	運営・維持管理費.....	3-68
第4章	プロジェクトの評価.....	4-1
4.1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4.2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入(負担)事項	4-1
4.3	外部条件	4-2
4.4	プロジェクトの評価.....	4-2
4.4.1	妥当性	4-2
4.4.2	有効性	4-3
4.4.3	結論	4-4

[資料]

1. 調査団員・氏名	A1-1
2. 調査行程	A2-1
3. 関係者(面会者)リスト	A3-1
4. 討議議事録(M/D)	A4-1
4.1 討議議事録(M/D) (2018年5月25日)	A4-1
4.2 討議議事録(M/D) (2019年5月23日)	A4-27
5. ソフトコンポーネント計画書	A5-1
6. 参考資料	A6-1
6.1 JICA ガイドラインとカンボジアの環境関連法令の比較	A6-1
6.2 公聴会の結果	A6-4
6.3 JICA 環境ガイドラインとカンボジア国の土地の取得と住民移転に関するシステムの制 度比較分析	A6-10
6.4 モニタリングフォーム案	A6-13
6.4.1 EIA	A6-13
6.4.2 用地取得・住民移転	A6-19
6.5 環境チェックリスト	A6-27
6.6 プロジェクトに関連する水質基準及び排水基準	A6-31
6.7 水質に関する考察	A6-35
6.8 汚泥処理方式の比較検討(詳細資料)	A6-41
6.9 容量計算書	A6-45

[別添]

概略設計図

表 一 覧

表 R 1.1.1	カンボジアの人口構成.....	1-3
表 R 1.1.2	カンボジアの人口年齢構成.....	1-4
表 R 1.1.3	カンボジアの産業別従事者率及び GDP 比率.....	1-4
表 R 1.2.1	本協力対象事業の要請内容.....	1-6
表 R 1.3.1	洪水・排水分野に関連する、これまでの我が国の援助実績.....	1-7
表 R 1.4.1	他のドナー国・国際機関も含めた援助実績(污水対策分野).....	1-8
表 R 2.1.1	DPWT 職員の内訳.....	2-2
表 R 2.1.2	DSO の支出内訳.....	2-4
表 R 2.1.3	DPWT の予算内訳.....	2-4
表 R 2.1.4	PPWSA における水需要及び収入の予測.....	2-5
表 R 2.2.1	DPWT が記録している排水管路の総延長とマンホールの総数.....	2-8
表 R 2.2.2	DPWT が管理している排水路(開水路)の延長.....	2-9
表 R 2.2.3	DPWT が管理している排水ポンプ場.....	2-10
表 R 2.2.4	月別降水量.....	2-13
表 R 2.2.5	地形測量概要.....	2-16
表 R 2.2.6	機械ボーリング実施概要.....	2-18
表 R 2.2.7	ボーリング No.1(BH-1)室内試験結果.....	2-20
表 R 2.2.8	ボーリング No.2(BH-2)室内試験結果.....	2-21
表 R 2.2.9	ボーリング No.3(BH-3)室内試験結果.....	2-22
表 R 2.2.10	ボーリング No.4(BH-4)室内試験結果.....	2-23
表 R 2.2.11	ボーリング No.5(BH-5)室内試験結果.....	2-24
表 R 2.2.12	水位調査の概要.....	2-25
表 R 2.2.13	水質及び底泥調査の内容.....	2-28
表 R 2.2.14	水質及び底泥調査の結果.....	2-30
表 R 2.2.15	MOE による水質モニタリングポイント及び入手したデータの範囲.....	2-31
表 R 2.2.16	各モニタリングポイントにおける観測値の最小値、最大値及び平均値.....	2-35
表 R 2.2.17	地下埋設物管轄機関一覧.....	2-36
表 R 2.2.18	カンボジアの環境社会配慮に関連した法令.....	2-41
表 R 2.2.19	本事業における污水处理施設建設の代替案の比較.....	2-44
表 R 2.2.20	本事業における下水処理施設の位置の代替案の比較.....	2-46
表 R 2.2.21	想定される影響(汚染及び自然環境).....	2-47
表 R 2.2.22	想定される影響(社会環境).....	2-48
表 R 2.2.23	EIA の TOR.....	2-50
表 R 2.2.24	プロジェクト地域における大気環境調査結果(サンプリング地点1、分析日: 2018年10月30日).....	2-55
表 R 2.2.25	Prek Takong 1 村における大気環境調査結果(サンプリング地点2、分析日: 2018年10月31日).....	2-55
表 R 2.2.26	プロジェクト対象地域における底質分析結果.....	2-56
表 R 2.2.27	Trabek ポンプ場の放流水路流末における水質調査結果(2018年10月24日).....	2-57
表 R 2.2.28	Steung Chrov(Cheung Aek 湖)における水質調査結果(2018年10月23日).....	2-57
表 R 2.2.29	地下水の水質調査結果(2018年10月28日).....	2-58
表 R 2.2.30	プロジェクト地域における騒音測定結果(2018年10月30日測定).....	2-60
表 R 2.2.31	Prek Takong 1 村における騒音測定結果(2018年10月31日測定).....	2-60
表 R 2.2.32	プロジェクト地域における振動測定結果(2018年10月30日測定).....	2-61
表 R 2.2.33	Prek Takong 1 村における振動測定結果(2018年10月31日測定).....	2-62
表 R 2.2.34	プロジェクト地域周辺の哺乳類(2018年10月22日～11月2日).....	2-63
表 R 2.2.35	プロジェクト周辺地域の鳥類(2018年10月22日～11月8日).....	2-63
表 R 2.2.36	プロジェクト周辺地域の爬虫類及び両生類(2018年10月22日～11月8日).....	2-65
表 R 2.2.37	プロジェクト周辺地域の魚類(2018年10月19日～11月30日).....	2-65

表 R 2.2.38	廃棄物処分場における廃棄物の構成(2018年11月時点)	2-68
表 R 2.2.39	Sangkat Chuk Angre Leu の居住者統計	2-68
表 R 2.2.40	プロジェクト周辺地域住民の主な収入(2018年10月～11月のヒアリング調査)	2-69
表 R 2.2.41	プロジェクト現場で影響を受ける HHs	2-70
表 R 2.2.42	プロジェクトにより影響をうける不動産	2-70
表 R 2.2.43	影響を受ける植物	2-70
表 R 2.2.44	Prek Takong 1 村における水利用状況	2-71
表 R 2.2.45	トイレ利用状況	2-71
表 R 2.2.46	プロジェクト地域周辺のヘルスセンター及び病院	2-71
表 R 2.2.47	カンボジアの交通事故データ	2-72
表 R 2.2.48	影響評価 (公害及び自然環境)	2-72
表 R 2.2.49	想定される負の影響 (社会環境)	2-74
表 R 2.2.50	緩和策	2-76
表 R 2.2.51	モニタリング計画	2-79
表 R 2.2.52	意見聴取の概要	2-84
表 R 2.2.53	AHs/Aps の数と村落	2-88
表 R 2.2.54	カンボジアの用地取得及び住民移転に関連した法令	2-88
表 R 2.2.55	2018年の平均土地単価	2-92
表 R 2.2.56	2018年の建造物のタイプごとの推定コスト	2-92
表 R 2.2.57	2018年5月の樹木タイプ別の推定単価	2-93
表 R 2.2.58	占有地を失う世帯	2-93
表 R 2.2.59	建造物の世帯数と床面積(m ²)	2-94
表 R 2.2.60	影響を受ける樹木	2-94
表 R 2.2.61	エンタイトルメントマトリクス	2-95
表 R 2.2.62	GDR の作成・実施のスケジュール	2-99
表 R 2.2.63	用地取得及び住民移転の推定費用	2-100
表 R 2.2.64	ARAP 計画の参加型活動	2-102
表 R 2.2.65	本事業に係るステークホルダー協議の開催	2-102
表 R 2.2.66	第一回ステークホルダー協議の参加者	2-104
表 R 2.2.67	第二回ステークホルダー協議の参加者	2-105
表 R 3.1.1	本協力対象事業の内容	3-2
表 R 3.2.1	Trabek ポンプ場周辺の現況	3-8
表 R 3.2.2	汚水の遮集方法の比較	3-11
表 R 3.2.3	汚水の遮集方向	3-12
表 R 3.2.4	汚水の輸送方式の比較	3-14
表 R 3.2.5	管径及び流速(満管流)	3-18
表 R 3.2.6	管材の比較	3-19
表 R 3.2.7	軟弱地盤対策工の目的と効果	3-21
表 R 3.2.8	計画汚水量及び計画水質	3-24
表 R 3.2.9	カンボジア近隣諸国における下水処理場の計画放流水質の上限値	3-24
表 R 3.2.10	PTF と CASP の比較	3-25
表 R 3.2.11	汚泥処理システム評価結果	3-27
表 R 3.2.12	管理棟の必要諸室	3-35
表 R 3.2.13	送電線ルートと比較	3-39
表 R 3.2.14	両国政府の負担区分	3-52
表 R 3.2.15	品質管理計画(案)	3-54
表 R 3.2.16	調達区分	3-57
表 R 3.4.1	DPWT 職員の内訳	3-64
表 R 3.4.2	下水処理場建設後の運営維持管理関連の業務分担	3-65
表 R 3.4.3	下水処理場の運営維持管理スタッフ	3-66
表 R 3.5.1	本事業における年間運営維持管理費用	3-68

表 R 3.5.2	事業実施前後の年間運営・維持管理費の比較.....	3-68
表 R 3.5.3	プノンペン都における下水・排水関係支出額.....	3-69
表 R 4.4.1	事業実施による定量的効果.....	4-3

図 一 覧

図 R 1.2.1	下水処理場予定地の変更.....	1-6
図 R 2.1.1	プノンペン都の組織図.....	2-1
図 R 2.1.2	DPWT の組織図.....	2-2
図 R 2.1.3	DSO の組織図及び職員数.....	2-3
図 R 2.2.1	DPWT のデータベースに記録されている排水管路の位置図.....	2-9
図 R 2.2.2	DPWT が管理する排水路(開水路)及び排水ポンプ場の位置図.....	2-11
図 R 2.2.3	月最高気温と最低気温及び月平均湿度(1985～2017).....	2-13
図 R 2.2.4	年間最高気温と最低気温(1985～2017).....	2-13
図 R 2.2.5	月平均降水量と月平均最高気温と最低気温(2006～2015).....	2-14
図 R 2.2.6	年降水量の推移(1981～2015).....	2-14
図 R 2.2.7	風速及び風向の推移(2014～2017).....	2-14
図 R 2.2.8	水位データ(Chaktomuk 観測所、Koh Khel 観測所の年最大水位).....	2-15
図 R 2.2.9	水位データ(Chaktomuk 観測所、Koh Khel 観測所の月別推移).....	2-15
図 R 2.2.10	測量実施位置図.....	2-17
図 R 2.2.11	機械ボーリング調査地点図.....	2-19
図 R 2.2.12	標準貫入試験結果.....	2-19
図 R 2.2.13	水位調査 調査地点図.....	2-26
図 R 2.2.14	水位調査 調査結果.....	2-27
図 R 2.2.15	水質及び底泥調査 調査地点図.....	2-29
図 R 2.2.16	MOE による水質モニタリングポイント.....	2-32
図 R 2.2.17	MOE による水質モニタリングの結果(1/2).....	2-33
図 R 2.2.18	MOE による水質モニタリングの結果(2/2).....	2-34
図 R 2.2.19	プノンペン都の湖沼の状況(2003 年).....	2-39
図 R 2.2.20	プノンペン都の湖沼の状況(2015 年).....	2-39
図 R 2.2.21	国家事業レベルの IEIA/EIA プロセスのフロー.....	2-43
図 R 2.2.22	調査地点(大気質・水質・騒音・振動・底質).....	2-51
図 R 2.2.23	調査地点(土壌).....	2-52
図 R 2.2.24	調査地点(鳥類・魚類).....	2-53
図 R 2.2.25	工事中及び供用時の EMP 及び EMoP の実施体制.....	2-83
図 R 2.2.26	事業位置及び影響範囲.....	2-87
図 R 3.2.1	遮集施設及び下水管渠の概略配置.....	3-7
図 R 3.2.2	水路管理道路計画.....	3-9
図 R 3.2.3	汚水の遮集位置.....	3-10
図 R 3.2.4	遮集施設の概略平面及び断面図.....	3-13
図 R 3.2.5	管渠ルートの基本方針.....	3-15
図 R 3.2.6	管渠ルート案.....	3-17
図 R 3.2.7	下水処理場建設用地の位置と現状の土地利用状況.....	3-20
図 R 3.2.8	下水処理場建設用地の埋立て標準断面図.....	3-21
図 R 3.2.9	軟弱地盤対策工の選定手順.....	3-22
図 R 3.2.10	下水処理場用地の埋立て・造成手順.....	3-22
図 R 3.2.11	処理フロー.....	3-28
図 R 3.2.12	処理場用地の配置計画.....	3-29
図 R 3.2.13	本事業の施設配置(案).....	3-31
図 R 3.2.14	全体計画時の施設配置(案)及び本事業時からの拡張イメージ.....	3-32

図 R 3.2.15	水位高低図(案).....	3-33
図 R 3.2.16	汚水処理施設の一般図.....	3-34
図 R 3.2.17	管理棟の一般平面図.....	3-36
図 R 3.2.18	管理棟の断面図.....	3-36
図 R 3.2.19	変電所の位置.....	3-37
図 R 3.2.20	受電システムの模式図.....	3-39
図 R 3.2.21	カンボジアにおける SAIFI 及び SAIDI の変化.....	3-40
図 R 3.2.22	湖底堆積物の掘削時の平面図及び断面図.....	3-45
図 R 3.2.23	下水処理場平面図.....	3-46
図 R 3.2.24	主ポンプ棟・最終処理タンクの杭打設時の埋戻し断面図(用地造成 第1段階).....	3-47
図 R 3.2.25	主ポンプ棟・最終処理タンクの杭打設時の土工平面図(用地造成 第1段階).....	3-47
図 R 3.2.26	フィルタリング施設の杭打設時の埋戻し断面図(用地造成 第2段階).....	3-48
図 R 3.2.27	フィルタリング施設の杭打設時の土工平面図(用地造成 第2段階).....	3-48
図 R 3.2.28	遮集施設平面図.....	3-49
図 R 3.2.29	遮集施設断面図.....	3-49
図 R 3.2.30	水路管理道路及び下水管渠位置図.....	3-50
図 R 3.2.31	水路管理道路 A 区間 断面図.....	3-51
図 R 3.2.32	水路管理道路 B 区間 断面図.....	3-51
図 R 3.2.33	下水管渠の標準掘削断面図.....	3-51
図 R 3.2.34	実施工程表(詳細設計).....	3-59
図 R 3.2.35	実施工程表(建設工事).....	3-60
図 R 3.4.1	公共事業運輸局(DPWT)組織図.....	3-63
図 R 3.4.2	排水ポンプ場・下水処理場室(DSO)組織図.....	3-64

写 真 一 覧

写真 R 2.2.1	地形測量実施状況.....	2-16
写真 R 2.2.2	ボーリング調査実施状況.....	2-18
写真 R 2.2.3	水位調査地点の状況.....	2-25
写真 R 2.2.4	水質及び底泥調査の状況.....	2-28
写真 R 3.2.1	Trabek ポンプ場周辺の現況.....	3-8
写真 R 3.2.2	Trabek ポンプ場の放水路の状況.....	3-9
写真 R 3.2.3	Trabek ポンプ場放水路の開発状況.....	3-16
写真 R 3.2.4	下水処理場用地付近の現状の土地利用状況.....	3-20
写真 R 3.2.5	修景池のイメージ.....	3-28
写真 R 3.2.6	配電用変電所及び柱上変圧器.....	3-38
写真 R 3.2.7	371 通り上の 22kV 送電線.....	3-38

略 語 集

1. 組織

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	アメリカ全州道路運輸行政官協会
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国材料試験協会
CDC	Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発協議会
CFOCN	Cambodia Fiber Optic Communication Network	カンボジア光通信網会社
DEF	Department of Economic and Finance	プノンペン都経済財務局
DLMUPC	Department of Land Management, Urban Planning and Construction	プノンペン都国土整備・都市計画・建設局
DOAFF	Department of Agriculture, Forestry and Fisheries	プノンペン都農林水産局
DOE	Department of Environment	プノンペン都環境局
DOH	Department of Health	プノンペン都保健局
DOLVT	Department of Labor and Vocational Training	プノンペン都労働職業訓練局
DOT	Department of Tourism	プノンペン都観光局
DOWRAM	Department of Water Resources and Meteorology	プノンペン都水資源気象局
DPWT	Department of Public Works and Transport	プノンペン都公共事業運輸局
DSO	Drainage Pumping Station and Sewerage Treatment Plant Office	排水ポンプ場・下水処理場室
EDC	Electricité du Cambodge	カンボジア電力公社
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MEF	Ministry of Economic and Finance	経済財務省
MLMUPC	Ministry of Land Management, Urban Planning and Construction	国土整備・都市計画・建設省
MOAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	農林水産省
MOE	Ministry of Environment	環境省
MOP	Ministry of Planning	計画省
MOWRAM	Ministry of Water Resources and Meteorology	水資源気象省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	カンボジア公共事業運輸省
PPCC	Phnom Penh Capital City	プノンペン都
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority	プノンペン水道公社
WB	World Bank	世界銀行
WMD	Waste Management Division	プノンペン都廃棄物管理課

2. その他

A/P	Authorization to Pay	支払い授權書
AV	Audio Visual	オーディオ・ビジュアル
B/A	Banking Arrangement	銀行取極め
B/D	Basic Design	基本設計
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CAPEX	Capital Expenditure	資本支出
CASP	Conventional Activated Sludge Process	標準活性汚泥法
CBR	California Bearing Ratio	カリフォルニア支持力比
CDS	City Development Strategy	プノンペン都都市開発戦略
CFU	Colony Forming Unit	コロニー形成単位
CH ₄	Methane	メタン
CO	Carbon Monoxide	一酸化炭素
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DCIP	Ductile Cast Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
D/D	Detail Design	詳細設計

DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
EC	Electrical Conductivity	電気伝導度
EL.	Elevation	標高
E/N	Exchange of Notes	交換公文
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FSF	Floating Sponge Filter	前段ろ過施設
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHGs	Greenhouse Gas	温室効果ガス
H ₂ S	Hydrogen Sulfide	硫化水素
HDPE	High Density Polyethylene Pipe	高密度ポリエチレン管
HTF	High-rate Trickling Filter	散水担体ろ床
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JEM	Standards of the Japan Electrical Manufacturers' Association	日本電機工業会規格
JIS	Japan Industry Standard	日本工業規格
LCD	Liquid Crystal Display	液晶表示
LWL	Law Water Level	低水位
M/D	Minutes of Discussion	協議議事録
M/P	Master Plan	マスタープラン
MPN	Most Probable Number	最確数
NaClO	Sodium Hypochlorite	次亜塩素酸ナトリウム
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NO ₂	Nitrogen Dioxide	二酸化窒素
NSDP	National Strategic Development Plan	国家戦略的開発計画
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	比濁法濁度単位
O/D	Outline Design	概略設計
O&M	Operation and Maintenance	運営・維持管理
OPEX	Operating Expenditure	運営維持管理費
pH	Hydrogen Ion Exponent	水素イオン指数
PM	Particulate Matter	微小粒子状物質
P/S	Pumping Station	ポンプ場
PTF	Pre-treated Trickling Filtration	前ろ過散水ろ床法
Riel	Riel	カンボジア国の通貨単位
SAIDI	System Average Interruption Duration Index	系統平均停電時間指数
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index	系統平均停電頻度指数
SLS	Final Solid Liquid Separator	最終ろ過施設
SO ₂	Sulfur Dioxide	二酸化硫黄
SO ₄	Sulfate	硫酸塩
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
SS	Suspended Solids	浮遊物質
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
TDS	Total Dissolved Solid	総溶解固形分
TOR	Terms of Reference	委託事項
T-N	Total Nitrogen	全窒素
T-P	Total Phosphorus	全リン
TSP	Total Suspended Particles	総浮遊粒子
TSS	Total Suspended Solids	浮遊性蒸発残留物
USD	US Dollars	アメリカドル
UXO	Unexploded Ordnance	不発弾
VP	Vinyl chloride Pipe	硬質塩ビ管

3. 環境社会配慮

AH	Affected Household	被影響世帯
AP	Affected People	被影響者
ARAP	Abbreviated Resettlement Plan	簡易住民移転計画

BRP	Basic Resettlement Plan	基本住民移転計画
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約
CR	Critically Endangered	絶滅寸前
CSES	Cambodia Socio-Economic Survey	カンボジア社会経済調査
DIMDM	Department of Internal Monitoring and Data Management	内部モニタリング・データ管理局
DMS	Detailed Measurement Survey	センサス調査
DRP	Detail Resettlement Plan	詳細住民移転計画
EF	Economic Fish	商業的に重要な魚類
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EMoP	Environmental Monitoring Plan	環境モニタリング計画
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EN	Endangered	絶滅危惧種
GDR	General Department Resettlement	統合住民移転局
HH	Household	世帯
IEIA	Initial Environment Assessment	初期環境影響評価
IRC	Inter-ministerial Resettlement Committee	省庁間住民移転委員会
IRC-WG	IRC-Working Group	省庁間住民移転委員会の幹事会
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
LC	Least Concern	低危険種
MGRC	Municipal Grievance Redress Committee	都の苦情申し立て委員会
MRSC	Municipal Resettlement Sub-Committee	都住民移転委員会
MRSC-WG	MRSC-Working Group	都住民移転委員会の幹事会
NT	Near Threatened	近危急種
PGRC	Provincial Grievance Redress Committee	州苦情処理委員会
PIU	Project Implementation Unit	プロジェクト実施ユニット
PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理ユニット
PRSC	Provincial Resettlement Sub-committee	州住民移転小委員会
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画
RCS	Replacement Cost Survey	再取得費調査
RF	Resettlement Framework	住民移転フレームワーク
SOP	Standard Operating Procedures	標準運用手順
STD	Sexually Transmitted Diseases	性感染症
UDRP	Updated Detailed Resettlement Plan	更新詳細住民移転計画

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1.1 当該セクターの現状と課題

1.1.1 現状と課題

カンボジア王国(以下、「カンボジア」)は、インドシナ半島の南西に位置し、タイ、ラオス、ベトナムと国境を接する、国土面積 18.1 万 km²、人口 14.7 百万人(2013 年政府統計)を有する国である。カンボジアの国土は、国境部の山岳地帯、Mekong 川及び Sap 川が形成した中央平原、両者の間に分布する丘陵地帯に大きく大別され、中央平原が社会・経済・産業の中心となっている。気候は熱帯モンスーン性気候に属し、5 月～10 月が雨季、11 月～4 月が乾季である。

カンボジアの首都プノンペンでは、急速な人口増加(約 100 万人: 1998 年から約 170 万人: 2013 年)と都市化により汚水量が増大しているが、下水道施設は未整備のため、汚水は腐敗槽から排水路を通して湖沼・湿地帯で自然浄化される仕組みとなっている。しかしながら、腐敗槽は適切な維持管理がなされず、汚水が不完全な処理のまま放流されているのが実態である。また近年、開発事業に伴う湖沼・湿地帯の埋立てが進み、自然浄化機能が低下している。特に、本事業対象地域の汚水が放流される Cheung Aek 湖は、面積が 2003 年から 2015 年にかけて大きく減少し、汚水による水質悪化が著しい。また、同湖に接続する排水路から流れ込む汚水からの悪臭及び雨季の排水不良により溢れる汚水等が、環境衛生面でも悪影響を及ぼしている。

カンボジア政府は「カンボジア国家戦略開発計画 2014-2018」にて、プノンペン都を含む大都市の下水・排水施設の整備と維持を重点項目としている。また、プノンペン都は「都市開発戦略」(2005 年)において水質汚濁の防止及び下水処理の促進を目標とし、同戦略に基づく「プノンペン都都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)」(2007 年)にて下水道整備の優先地域を定めている。

このような状況に対して、JICA はカンボジア政府の要請に基づき、開発調査型技術協力プロジェクト「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」(2014-16 年)を実施し、構造物対策及び非構造物対策を含む 2035 年を目標年次とした「汚水対策マスタープラン(以下、「MP」)」を策定した。

1.1.2 開発計画

当該セクターの上位の開発計画としては、国家レベルのものと都レベルのものがある。以下、各々について記述する。

(1) 国家レベルの開発計画

(a) 国家戦略開発計画(National Strategic Development Plan: NSDP)

カンボジア政府は国家開発計画の基盤となる国家戦略として、グッドガバナンス(汚

職撲滅、法制・司法改革、行財政改革、兵員削減の4戦略)の確立を最優先戦略とし、「①農業分野の強化」「②インフラの復興と建設」「③民間セクター開発と雇用創出」「④能力構築と人材開発」を最重要開発課題とする四辺形戦略(Rectangular Strategy)を掲げている。

カンボジア政府は四辺形戦略に基づく開発計画として、国家戦略的開発計画(NSDP) 2009～2013を策定、2010年6月に発表した。本開発計画では、下水・排水セクターに係る開発方針として、特に、国道沿いに位置するプノンペン都を含む大都市において、下水・排水施設の整備と維持を重点項目として位置付けている。また、NSDP 2014～2018においても、NSDP 2009～2013に引き続き、国道沿いに位置するプノンペン都を含む大都市において、下水・排水施設の整備と維持を重点項目として位置付けている。

(2) プノンペン都の開発計画

(a) プノンペン都都市開発戦略(City Development Strategy: CDS)

プノンペン都は、上記の国家レベルの開発計画を踏まえた上で、2015年を目標年とする都市開発戦略(City Development Strategy : CDS)を2005年に策定している。CDSでは、今後のプノンペン都の発展と市民生活の向上を目的とした開発計画構想における5つの重点分野として「①土地利用と住宅」、「②環境と天然資源」、「③社会資本整備と交通」、「④社会福祉」、「⑤経済発展」を挙げている。これらの重点項目下にそれぞれ目標として、重点分野②の下に「水質汚濁の防止」及び「下水処理の促進」が、重点分野③の下に「排水システムの改善」が位置付けられている。

(b) プノンペン都都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)

さらに、プノンペン都は、CDSに基づき、フランス政府及びパリ市の支援により、2020年を目標年としたプノンペン都の総合都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)を2007年に策定した。その後、その目標年次を2035年に延伸し、王令により設立された土地管理都市計画国家委員会による可決を経て、2015年12月23日付けの政令(Sub-decree)の発出により承認された。本計画では、プノンペン都への一極集中を防ぐための郊外の開発と都市圏の拡大、住宅・土地開発における官民連携の促進、景観・環境都市としてのアイデンティティの確立等の計画が提案されている。また、下水・排水分野の整備方針について、下水処理場を Cheung Aek 湖へ設置する提案をしている。

1.1.3 社会経済状況

(1) 社会経済状況概説

カンボジアの2017年におけるGDPは約223億ドル、一人当たりのGDPは1,390ドルとなっている。2014年の産業別GDP比率は、第1次産業(農林水産業)が31%、第2次産業

(鉱工業)が 27%、及び第 3 次産業(サービス業)が 42%である。

カンボジアは、Mekong 水系に開けた肥沃な土地と豊富な水資源に恵まれた農業を基幹産業とした国家であったが、1970 年代、長期に亘る内戦と混乱により国土が荒廃し、農業施設の破壊等生産手段の喪失、技術者の喪失、労働人口の減少等に見舞われ経済は落ち込んだ。1980 年代には東側諸国からの支援を受け、1990 年代には民主化に伴い中央計画経済体制から市場経済体制へ移行し、国際社会の援助により国家の復興と再建が図られた。

1997 年の武力衝突及びアジア経済危機の影響で、海外投資や観光収入が減少し、一時経済成長率が鈍化したものの、2000 年代に入ってからには和平と安定が達成され、2004 年から 2007 年まで年率 10%以上の経済成長率を記録した。経済成長率は、2009 年に世界同時不況の影響を受け 0.1%まで落ち込んだものの、2010 年には 6.1%にまで回復し、2011 年以降は 7%成長を続けている。

物価上昇率は、3.6%(2018 年予測値, IMF 資料)となっている。経常収支及び財政収支は慢性的に赤字であり、2017 年(IMF 予測値)では、前者はマイナス 8.8%(対 GDP 比)、後者はマイナス 3.6%(対 GDP 比)と予想されている。

堅調な縫製品等の輸出品、建設業、サービス業及び海外直接投資の順調な増加により、今後も安定した経済成長が見込まれている。

(2) 人口

2008 年 3 月に実施された国勢調査の結果では、カンボジアの総人口は 13,396 千人であった。1998 年に実施された国勢調査結果から 1998 年～2008 年の 10 年間における平均人口増加率を算出すると、全国レベルで 1.54%となり、東南アジアの平均増加率(1.3%)より高い値を示している。なお、2013 年のカンボジア政府統計によると、カンボジアの総人口は 14.7 百万人に達している。

2008 年実施の国勢調査結果における、カンボジアの人口構成を表 R 1.1.1 に示す。

表 R 1.1.1 カンボジアの人口構成

地域	人口 (人)	男性 (人)	女性 (人)	年間平均人口 増加率(%)	世帯数 (世帯)	1 世帯あたり の人数(人)	
全 国	都市部	2,614,027	1,255,570	1,358,457	2.21	506,579	4.9
	村落部	10,781,655	5,260,484	5,521,171	1.38	2,311,058	4.6
	合 計	13,395,682	6,516,054	6,879,628	1.54	2,817,637	4.7
プ ノ ン ペ ン	都市部	1,242,992	584,663	658,329	2.68	242,974	5.0
	村落部	84,623	40,877	43,746	5.37	17,494	4.8
	合 計	1,327,615	625,540	702,075	2.83	260,468	5.0

出所：「General Population Census of Cambodia 2008」

プノンペン都の人口はカンボジアの総人口の約 1 割を占めており、近年の人口増加率も全国平均値より高い。プノンペン都は行政区域を拡大していることから、新たに都に加えられた近郊村落部の人口による増加が著しい。

カンボジアの年齢別の人口構成は表 R 1.1.2 に示すとおりである。

表 R 1.1.2 カンボジアの人口年齢構成

区分	構成比(%)	
	全国	プノンペン都
若年層(0～14 歳)	33.7	21.9
生産人口層(15～64 歳)	62.0	74.7
老年層(65 歳以上)	4.3	3.4

出所：「General Population Census of Cambodia 2008」

(3) 産業別従事者率及び GDP 比率

カンボジアにおける産業別従事者率及び GDP 比率を表 R 1.1.3 に示す。

表 R 1.1.3 カンボジアの産業別従事者率及び GDP 比率

区分	従事者率(%) (2008 年)		GDP 比率(%) (2014 年)
	全国	プノンペン都	全国
1 次産業(農林水産業)	72.3	5.3	30.5
2 次産業(鉱工業)	8.5	32.5	27.1
3 次産業(サービス業)	19.2	62.2	42.4

出所：従事者率 「General Population Census of Cambodia 2008」

GDP 比率 外務省ホームページ(2017 年 1 月) カンボジア基礎データ

第 1 次産業の従事者は国民の約 7 割を超え、GDP 比率は全体の 3 分の 1 を占めており、農林水産業が国の基幹産業であるといえる。近年では第 3 次産業の生産の成長が著しく、2014 年における GDP 比率は 42.4%であり、第 1 次産業の GDP 比率を上回っている。

プノンペン都の産業別従事者は、第 3 次産業と第 2 次産業を合わせた従事者率が約 95%に達しており、全国の従事者率に比較して対照的な傾向を示している。

1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

1.2.1 協力要請の背景・経緯

前述のとおり、カンボジアの首都プノンペンでは、急速な人口増加と都市化により汚水量が増大しているが、下水道施設は未整備のため、汚水は腐敗槽から排水路を通過して湖沼・湿地帯で自然浄化される仕組みとなっている。しかしながら、腐敗槽は適切な維持管理がなされず、汚水が不完全な処理のまま放流されているのが実態である。また近年、開発事業に伴う湖沼・湿地帯の埋立てが進み、自然浄化機能が低下している。特に、本事業対象地域の汚水が放流される Cheung Aek 湖は、面積が 2003 年から 2015 年にかけて大きく減少し、汚水による水質悪化が著しい。また、同湖に接続する排水路から流れ込む汚水からの悪臭及び雨季の排水不良により溢れる汚水等が、環境衛生面でも悪影響を及ぼしている。

このような状況に対して、JICA はカンボジア政府の要請に基づき、開発調査型技術協力プロジェクト「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」(2014-16 年)を実施し、同プロジェクトにおいて 2035 年を目標年次とする「汚水対策マスタープラン(以下、「M/P」)」を策定し、同 M/P において、都内で最も市街化が進み、水環境の悪化が著しい Cheung Aek 湖流域を含む「Cheung Aek 処理区」をオフサイト処理区域(下水道による集合処理区域)として設定した。さらに、カンボジア政府側の実施体制も含めた事業実施能力、カンボジア政府側のニーズ等を勘案し、短期(~2020 年)、中期(2021~30 年)、長期(2031~40 年)の 3 段階に分け当処理区の段階的整備計画を立案した。

カンボジアは、上記の M/P における段階的整備計画に基づき、短期(~2020 年)の事業に相当する、下水処理場の建設に係る要請を 2017 年 8 月に日本政府に対して行った。

1.2.2 本無償資金協力事業の要請の概要

プノンペン下水道整備計画準備調査に対する無償資金協力の要請としては、2017 年 8 月に正式な手続きにより、下水処理場建設の要請がなされた。

しかしながら、その後、2018 年 3 月に、Cheung Aek 湖全体の開発計画を所掌する国土整備・都市計画・建設省(MLMUPC)の大臣から、下水処理場からの悪臭に関する懸念や他の開発計画との取合いから、用地の変更を依頼されたため、プノンペン都知事や DPWT と協議し、プノンペン都知事からの用地変更依頼レターをもとに、下水処理場の建設位置を図 R 1.2.1 の箇所に変更するとともに、2018 年 5 月 25 日付の M/D にて表 R 1.2.1 に示す要請内容で合意した。



500m

出所：調査団

図 R 1.2.1 下水処理場予定地の変更

表 R 1.2.1 本協力対象事業の要請内容

コンポーネント	詳細内容
下水処理場 (遮集施設を含む)	- 規模：5,000 m ³ /日 - 処理方式：前ろ過散水ろ床法 (PTF: Pre-treated Trickling Filtration)
アクセス道路 ¹ /下水管渠(導水管)の整備	- 約 2.0 km (口径 500 mm)

出所：調査団

¹ 「アクセス道路」は、Trabek ポンプ場の下流から Cheung Aek 湖に繋がる排水路の維持管理用道路も兼ねるため、今後は「水路管理道路」と称する。

1.3 我が国の援助動向

プノンペン都に対する洪水・排水分野に関連する日本からの過去の援助実績は、表 R 1.3.1 に示すとおりである。

表 R 1.3.1 洪水・排水分野に関連する、これまでの我が国の援助実績

種類	援助名	実施年度	内容
技術協力	プノンペン市 都市排水・洪水対策 計画調査	1998~1999	プノンペン都及びその近郊を対象とし、総合的都市排水・洪水対策に係わる 2010 年を目標年次としたマスタープラン策定、並びに緊急プロジェクトに対するフィージビリティ調査。
	研修員受入	1998~2004	1998 年：下水道計画 1 名 1999 年：都市排水 1 名 2002~2004 年：都市排水Ⅱ(集団研修)各 1 名、2002 年~2003 年：排水ポンプ運転維持管理 1 名(いずれもプノンペン都公共事業運輸局 (Department of Public Works and Transport : DPWT)職員を対象)
	プノンペン都下水・ 排水改善プロジェクト	2014~2016	2035 年を目標年次とする、プノンペン都の污水対策・排水改善のマスタープラン策定、及び優先事業に対するプレフィージビリティ調査。
無償資金協力	プノンペン市洪水防 御・排水改善計画	(B/D) 2001 (D/D) 2002 (施工) 2002~2004	プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査で抽出された緊急プロジェクトに対するカンボジア政府の実施要請を受けて、プノンペン都西部・南部での洪水防御・排水改善施設建設を実施した。 - 輪中堤補強：4.34km - 排水路改修：4.54km (4 橋梁の改修を含む) - ポンプ場新設：1 箇所 - 樋管改修：2 箇所 - 樋管新設：1 箇所
	第二次プノンペン市 洪水防御・排水改善計 画	(B/D) 2005~2006 (D/D) 2007 (施工) 2007~2010	プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査で策定されたマスタープランに則ったカンボジア政府の実施要請を受け、プノンペン都の中心市街地東部での洪水防御・排水改善施設建設を実施した。 - 護岸改修 チャトムック国立劇場前：70m オールドマーケット東護岸：260m - 排水管・排水側溝・遮集管敷設：総延長 約 6,200m - 排水ポンプ場、地下貯留槽建設：各 4 箇所
	第三次プノンペン市 洪水防御・排水改善計 画	(O/D) 2010~2011 (D/D) 2011 (施工) 2012~2015	プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査で策定されたマスタープランに則ったカンボジア政府の実施要請を受けて、以下の施設建設・機材調達を実施する無償資金協力を実施した。 - 王宮南側チャンバーの改修：1 箇所 - 幹線排水管路の敷設：総延長 20.132km - 排水システム維持管理用機材の調達： 高圧洗浄車 4 台、汚泥吸引車 4 台 - ソフトコンポーネントによる技術指導
	第四次プノンペン市 洪水防御・排水改善計 画	(O/D) 2016~2017 (D/D) 2017 (施工) 2018~	プノンペン都下水・排水改善プロジェクトで策定されたマスタープランに則ったカンボジア政府の実施要請を受けて、以下の施設建設・機材調達を実施する無償資金協力を実施した。 - 幹線排水管路の敷設：総延長 13.2km - 排水ポンプ場、地下貯留槽建設：1 箇所 - 第二次プノンペン市洪水防御・排水改善計画で建設したポンプ場(4 箇所)における自動除塵機の設置 - 排水システム維持管理用機材の調達：移動式排水ポンプ 2 台 - ソフトコンポーネントによる技術指導

注：B/D：基本設計調査、D/D：詳細設計、O/D：協力準備調査(概略設計)

出所：調査団

1.4 他ドナーの援助動向

プノンペン都における汚水対策に係る関連事業を次表に示す。下水処理場の建設に係る支援としては、2011年に韓国による「Feasibility Study of Sewerage Treatment Plant in Phnom Penh」が実施されたものの、プロジェクトの実施(施設建設)は見送られている。

表 R 1.4.1 他のドナー国・国際機関も含めた援助実績(汚水対策分野)

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
1998-2003	ADB	プノンペン市給水・排水プロジェクト Part B: 排水改善 (Loan No.1468-CAM)	12,000 (千 USD)	有償	- Trabek ポンプ場の改修実施 - Trabek 排水路、Toul Sen 排水路の改修実施
2002-2005	AFD	プノンペン市の都市開発担当機関の人材に対する支援プロジェクト	不明	技協	- プノンペン市の都市開発、経済、排水・下水、交通、給水、電気等の分野の開発計画(排水・下水分野において排水網の部分的水理モデル構築を実施)
2008-2010	AFD	中央マーケット復興プロジェクト	4,200 (千 USD)	無償	- 中央マーケットとその周辺部における排水の改修を含む環境整備の実施
2010-2011	韓国	Feasibility Study of Sewerage Treatment Plant in Phnom Penh	不明	技協 (F/S調査)	- Cheung Aek 湖における 2 箇所を含めた合計 3 箇所の下水処理場を提案 - 処理方式は窒素・リン除去対応の高度処理を提案 - 「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」において、本案件は実施が見送られていることが確認されている

出所：調査団

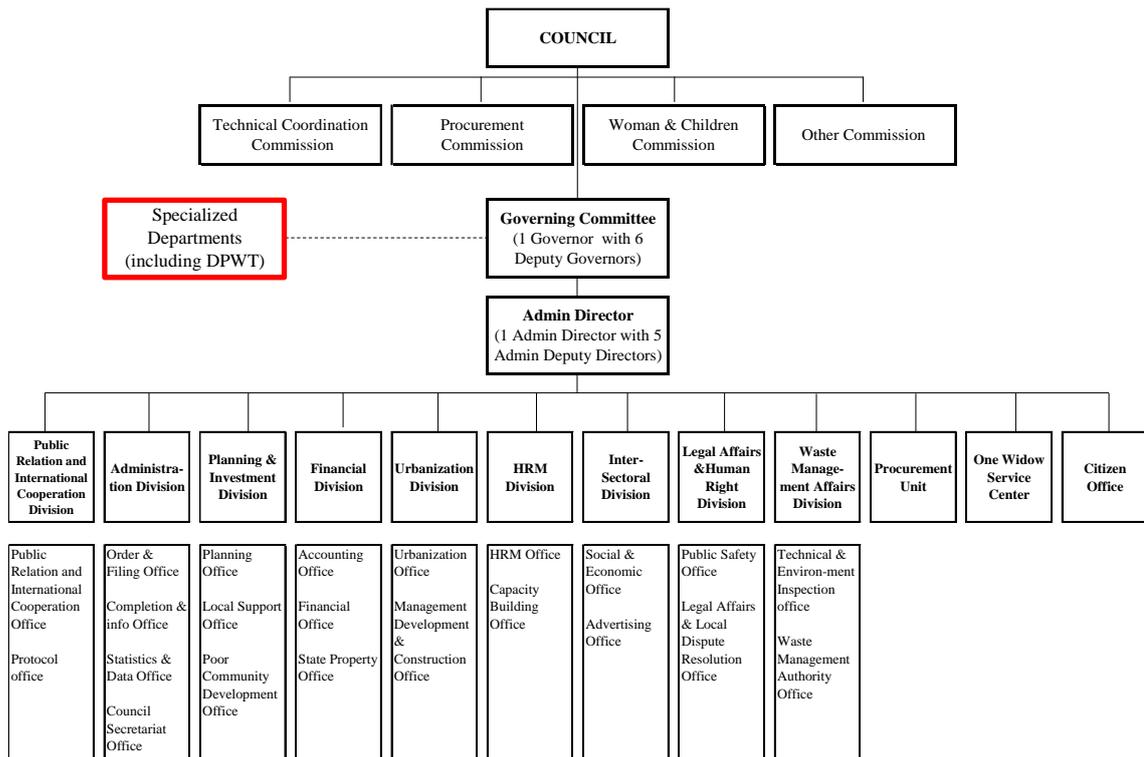
プノンペン都及びプノンペン都を含めたカンボジアの汚水対策及び雨水排水改善事業を管轄する MPWT によると、現在、プノンペン都内において、本事業以外に、実施中あるいは計画中含めた下水処理場の建設事業に係る支援事業はない。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2.1 プロジェクトの実施体制

2.1.1 組織・人員

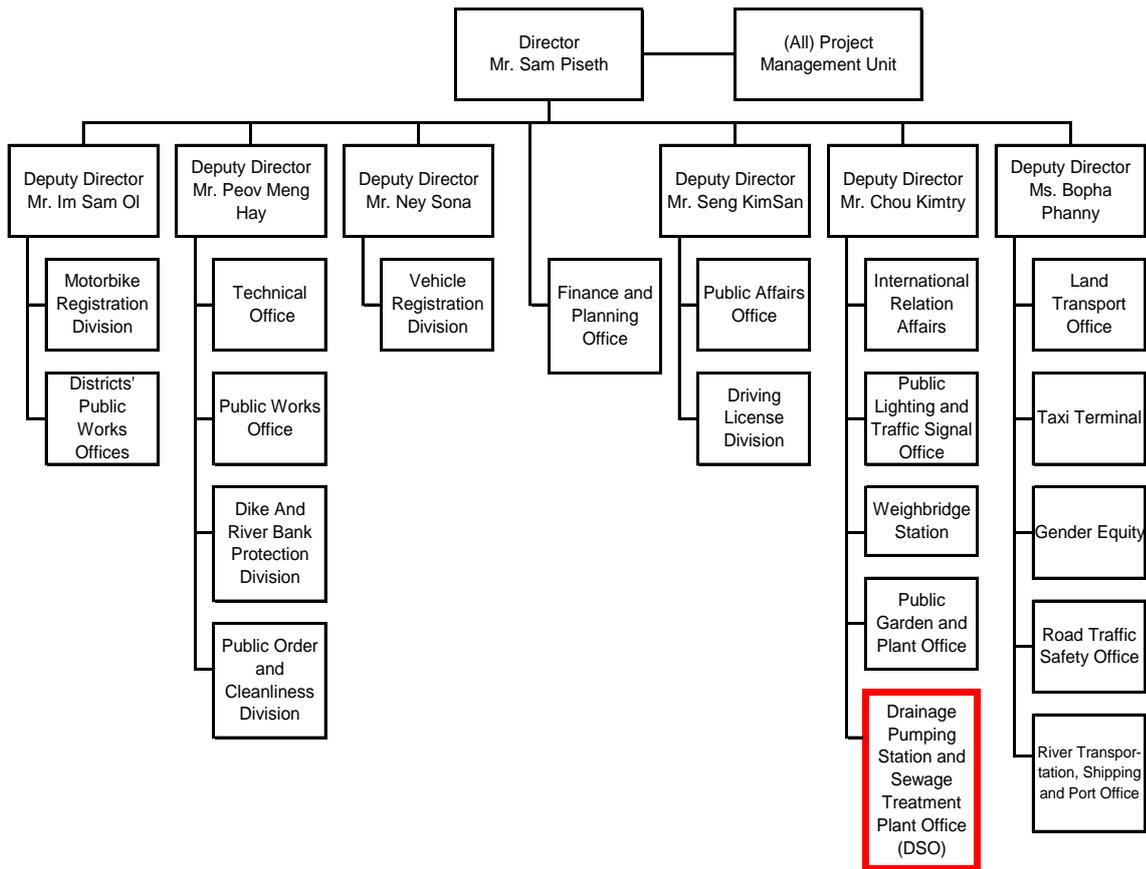
本プロジェクトの実施機関は、プノンペン都の公共事業運輸局(DPWT)であり、本プロジェクトにより建設される下水処理場の運営維持管理は DPWT が主となり行うこととなる。同局は、都知事直轄の独立部局の一つである。



出所：PPCC

図 R 2.1.1 プノンペン都の組織図

DPWT の組織図を図 R 2.1.2 に示す。また、DPWT に所属する職員の内訳は表 R 2.1.1 に示すとおりである。



出所：DPWT

図 R 2.1.2 DPWT の組織図

表 R 2.1.1 DPWT 職員の内訳

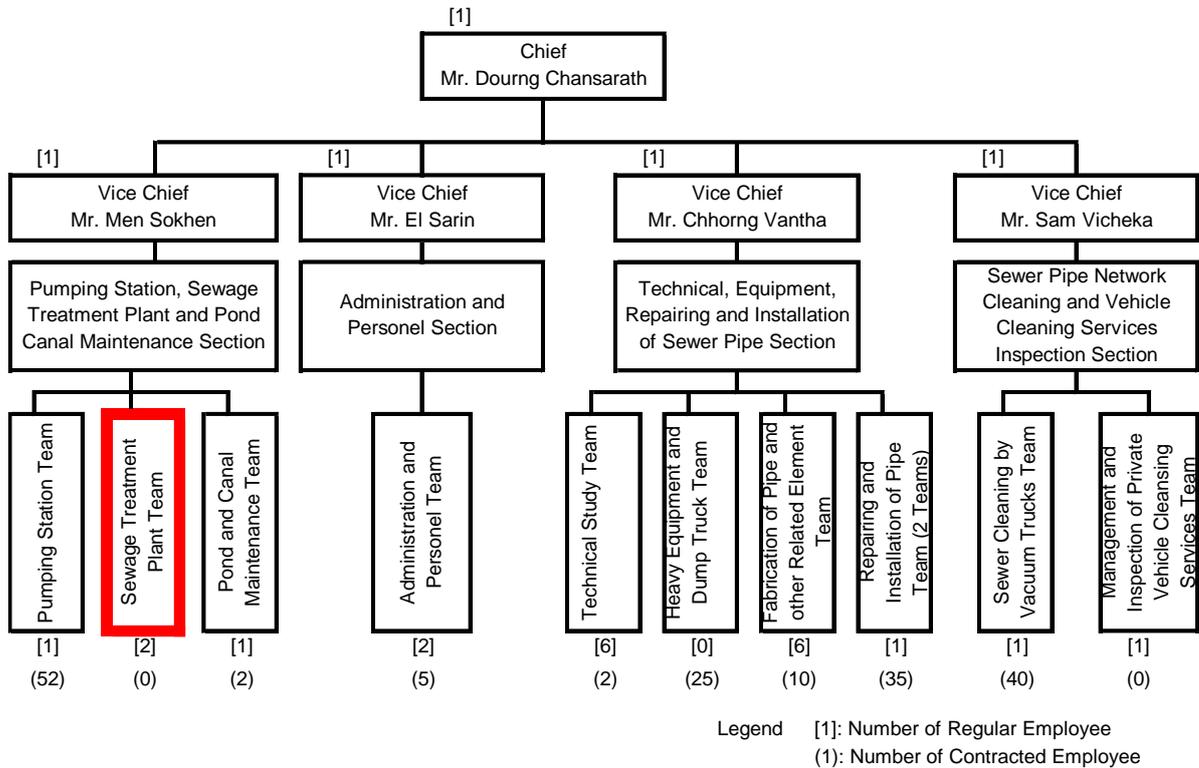
部門	正規職員数	契約職員数	合計
1. 統括部門	8	-	8
2. 広報室	8	5	13
3. 財務・計画室	12	2	14
4. 技術室	19	4	23
5. 公共事業室	28	37	65
6. 陸上運輸室	18	6	24
7. 河川運輸・フェリー・港湾室	-	-	-
8. 道路交通安全室	-	-	-
9. 公共施設清掃課	6	19	25
10. 堤防・護岸課	3	-	3
11. 排水ポンプ場・下水処理場室(DSO)	26	171	197
12. 街灯・信号室	6	16	22
13. 公園・植栽室	16	279	295
14. 車両登録課	51	14	65
15. モーターバイク登録課	22	14	36
16. 免許証課	44	3	47
17. 区部公共事業室	30	-	30
合計	297	570	867

出所：DPWT

備考：契約職員は、1年単位でDPWTと直接雇用契約を結び、作業に従事している労務者

本プロジェクトにて建設された下水処理場の維持管理は、排水ポンプ場・下水処理場室(Drainage Pumping Station and Sewage Treatment Plant Office : DSO)が担当することとなる。排水

ポンプ場・下水処理場室(DSO)の組織図を、職員数(正規職員数及び契約職員数の内訳)とともに次図に示す。



出所：DPWT

図 R 2.1.3 DSO の組織図及び職員数

図 R 2.1.3 から、下水処理場の運営維持管理を実施する職員は、ポンプ場、下水処理場及び湖沼/排水路維持管理セッションであり、下水処理場の運営維持管理に従事する職員は、2名の正規職員のみである。しかしながら、現在、プノンペン都において、下水処理場は稼働していないことから、その2名は、ポンプ場及び湖沼/排水路の維持管理に従事している。

2.1.2 財政・予算

下水・排水施設の運営維持管理はプノンペン都 DPWT の DSO が担当している。DSO の作成した年間報告書と DPWT の作成した資料に基づき、DSO の過去5年間の支出内訳を表 R 2.1.2、DPWT の過去5年間の予算を表 R 2.1.3 に示す。

表 R 2.1.2 DSO の支出内訳

単位：百万リエル

項目	2013	2014	2015	2016	2017
排水管清掃	496.17	390.09	152.00	170.60	220.00
排水管路修復	248.10	222.50	237.00	136.00	110.00
ポンプ場修理	262.00	255.95	230.00	160.05	70.00
排水路・調整池清掃	170.00	882.00	247.00	497.90	257.59
排水管新規建設	2,525.98	2,959.38	3,622.78	137.40	24.00
合計	3,702.25	4,709.91	4,488.78	1,101.95	681.59

出所：DSO、1USD=4,000 リエル(2015 年のみ 4,100 リエル)

表 R 2.1.3 DPWT の予算内訳

単位：百万リエル

項目	2013	2014	2015	2016	2017
給与・保障	6,082.53	7,524.95	12,220.32	11,720.91	11,375.01
施設運営維持管理・修理費	588.40	943.63	1,172.37	942.47	866.12
社会文化費	274.40	246.60	215.45	130.84	49.90
プロジェクト費	4,771.83	9,896.70	6,921.42	475.20	701.20
合計	11,717.16	18,611.88	20,529.56	13,269.42	12,992.23

出所：DPWT、1USD=4,000 リエル(2015 年のみ 4,100 リエル)

ところで、プノンペン水道公社(PPWSA)は、本件下水道事業で想定される実施機関ではないが、現時点で下水・排水施設維持管理費用が水道料金の 10%分²を上乗せして徴収されていることから、下水道料金について同様の方式によって料金徴収の代行を依頼することが想定されている。従って、PPWSA の将来における水道料金収入を予測することは、下水道事業による将来における料金収入を予測するうえで大変重要である。

PPWSA の将来の事業計画は、"Phnom Penh Water Supply Third Master Plan - Period 2016 - 2030"(以下「PPWSA 3rd M/P」という)に基づいて策定されており、PPWSA 3rd M/P における需要予測とさらにそれに基づく水道料金収入予測が事業計画でも援用されている。PPWSA 3rd M/P における需要予測と水道料金収入予測は、以下のとおりである。

² 排水費用として水道料金の 10%が全水道利用者から徴収されているが、その 100 分の 9(水道料金の 0.9%)が PPWSA の手数料となり、また、100 分の 1(水道料金の 0.1%)がプノンペン都の一般財源に繰り込まれているため、排水費用としての収入は水道料金の 9%である。

表 R 2.1.4 PPWSA における水需要及び収入の予測

年	平均供給水量 (m ³ /日)	無収水率	有収水量 (m ³ /日)	料金漸増ケース		料金急増ケース	
				平均料金 (リエル/m ³)	料金収入 (百万リエル/年)	平均料金 (リエル/m ³)	料金収入 (百万リエル/年)
2016	488,827	8%	449,721	1,040	170,831	1,040	170,831
2017	533,065	8%	490,420	1,050	188,082	1,050	188,082
2018	575,513	9%	523,717	1,060	202,765	1,060	202,765
2019	616,347	9%	560,876	1,200	245,832	1,700	348,262
2020	657,443	10%	591,699	1,300	280,953	1,700	367,401
2021	700,587	10%	630,528	1,400	322,421	1,700	391,511
2022	738,288	10%	664,459	1,500	364,041	1,700	412,579
2023	776,568	10%	698,911	1,600	408,444	1,700	433,971
2024	809,187	10%	728,268	1,700	452,200	1,700	452,200
2025	843,056	10%	758,750	1,700	471,127	1,700	471,127
2026	871,408	10%	784,267	1,700	486,971	1,700	486,971
2027	893,869	10%	804,482	1,700	499,523	1,700	499,523
2028	914,618	10%	823,156	1,700	511,118	1,700	511,118
2029	932,470	10%	839,223	1,700	521,095	1,700	521,095
2030	950,478	10%	855,430	1,700	531,158	1,700	531,158

出所：Phnom Penh Water Supply Third Master Plan - Period 2016 - 2030

2.1.3 技術水準

DSO の総職員数は 197 人(2018 年 6 月現在)である。これまで DSO は、排水ポンプ場や排水路/排水管/マンホールの維持管理に関連する経験豊かな技術者、技能工、熟練工を有しており、排水機材の運営・維持管理に関しても多くの経験を持つ。

しかしながら、下水処理場の維持管理については、前述のように数名の職員のみを抱えるのみであり、かつ、それらの職員は下水処理場の維持管理に携わった経験がなく、一からの下水処理技術の習得を行う必要がある。

2.1.4 既存施設・機材

本事業の建設施設は、全て新設構造物であり、既存施設はないが、建設する構造物と関係が深い、Trabek ポンプ場及びそこから吐出地点の Cheung Aek 湖の状況を示す(その状況写真は、第 3 章の写真 R 3.2.1 に示す)。また、下水処理場から発生する汚泥の搬出に必要なダンプトラックの保有状況を示す。

(1) Trabek ポンプ場

本事業で建設する遮集施設は、Trabek ポンプ場の吐出口の下流に建設される。Trabek ポンプ場は、8.0 m³/s の吐出能力を有するポンプ場であったが、現在、能力増強のための改修工事を実施中であり、その能力は 23.3 m³/s まで増強される予定である。

(2) Trabek ポンプ場直下流の Cheung Aek 湖

Trabek ポンプ場の吐出水は、Cheung Aek 湖に排出される。本吐出口から約 2 km の区間は、幅 60 m~150 m の幅を持つ水路のような形状となっている。しかしながら、近年、違

法な埋立てにより水路の断面積は減少し、その幅は最も狭いところで 50 m 程度となっている。

(3) ダンプトラック

DPWT は現在、5 台(積載量 3.0m³)のダンプトラックを保有している。

2.2 プロジェクトサイト及び周辺状況

2.2.1 関連インフラの整備状況

(1) 排水管路の整備状況

プノンペン都内の排水管路の整備は、DPWT 及び Khan(区)、Sangkat(町)レベルの自治体によって実施されている。建設後の施設の運営維持管理は DSO が担当している。Khan 及び Sangkat レベルの自治体によって整備された排水管路とマンホールは、自治体から DPWT に報告され、DPWT が整備した排水管路・マンホールとともに記録されている。DPWT は 1994 年以降、排水管路の管径毎の総延長、並びにマンホールの大きさ毎の総数を記録しており、表 R 2.2.1 は 2010 年以降の排水管路延長とマンホール数の推移を示している。

排水管路の総延長は毎年右肩上がりに伸びており、それに伴い、マンホールの総数も増加し続けていることがわかる。2017 年末時点において、排水管路の総延長は約 787 km、マンホールの総数は約 48,000 箇所である。

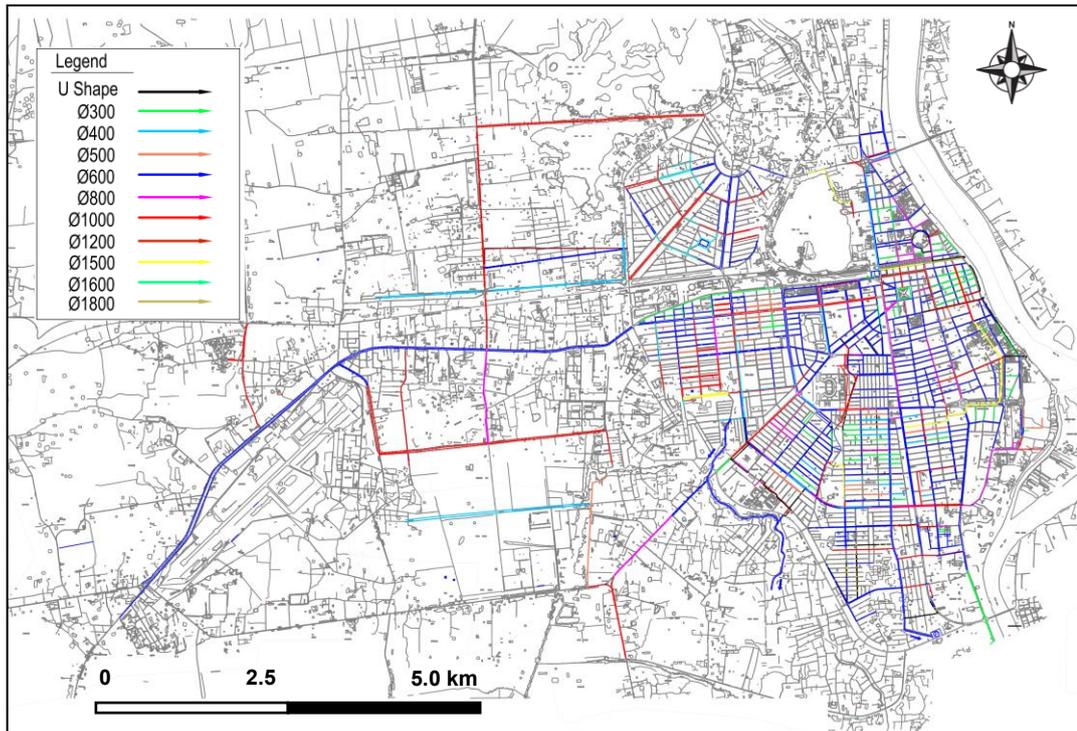
建設後の排水管路及びマンホールの運営維持管理は、原則として、管径 600 mm 以上が DSO により、管径 600 mm 未満が Khan 及び Sangkat レベルの自治体により、担当されている。自治体の要請により、DSO が問題の発生した箇所の修復を行う場合もある。

現在、DPWT は排水管路の台帳を作り、データベース化を始めている。データベースに未登録の排水管も多数あるが、現段階で図 R 2.2.1 に示す排水管がデータベースに記録されている。

表 R 2. 2. 1 DPWT が記録している排水管路の総延長とマンホールの総数

排水管路								
Pipe size	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
□400×300							2,552	2,552
□240×220						1,830	1,830	5,330
□250×200						408	408	440
□200×200						426	1,116	1,116
□150×150						1,004	1,004	1,004
□150×100						166	166	166
□125×100						79	79	79
Ø200cm						1,023	1,023	1,023
Ø180cm	301	301	301	301	301	461	461	461
Ø160cm	85	85	85	85	85	85	85	85
Ø150cm	17,966	17,966	18,752	19,782	24,564	59,045	104,539	116,488
Ø120cm	18,187	18,187	18,187	18,187	20,459	36,125	41,681	43,021
Ø100cm	82,110	82,417	84,325	87,876	97,630	122,959	145,921	155,006
Ø80cm	50,939	51,452	51,452	52,125	57,075	80,002	88,128	92,580
Ø60cm	158,068	160,173	160,545	162,049	175,145	187,484	200,067	214,971
Ø50cm	66,237	66,237	66,237	66,237	68,937	70,028	70,228	72,520
Ø40cm	22,105	22,105	22,105	22,105	22,555	22,609	22,899	22,899
Ø30cm	46,755	47,173	47,536	48,412	48,441	49,131	49,555	56,949
U字側溝	320	320	320	320	570	570	570	570
Total (m)	463,073	466,416	469,845	477,479	515,762	633,435	732,312	787,260
新規敷設延長(m)	-	3,343	3,429	7,634	38,283	117,673	98,877	54,948
マンホール								
Size	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Round Type						373	386	456
200cm×130cm	45	45	61	127	217	778	1,671	1,911
160cm×130cm					60	361	528	563
130cm×130cm	4,530	4,558	4,617	4,785	5,113	5,694	6,435	6,773
110cm×110cm	2,025	2,025	2,025	2,052	2,302	2,970	3,237	3,397
90cm×90cm	9,142	9,233	9,266	9,354	10,064	10,530	11,032	11,700
70cm×70cm	16,682	16,822	16,895	17,104	17,131	19,829	21,518	23,024
Total (基)	32,424	32,683	32,864	33,422	34,887	40,535	44,807	47,824
新規設置個数(基)	-	259	181	558	1,465	5,648	4,272	3,017

出所：DPWT



出所：DPWT

図 R 2.2.1 DPWT のデータベースに記録されている排水管路の位置図

(2) 排水路(開水路)の整備状況

現在 DPWT の管理下にある排水路(開水路)を表 R 2.2.2 に示す。建設後の排水路の運営維持管理は DSO が担当しており、現在、DPWT の管理下にある排水路(開水路)の総延長は、約 60 km である。

DSO は排水路(開水路)の維持管理作業として、月 1 回程度の定期的なパトロールを行い、土砂堆積の進行や植物の過剰な繁茂などの問題を確認した際や、自治体から問題が報告された際に、その都度、浚渫、伐採などを行っている。浚渫土や伐採された木材は、プノンペン都廃棄物管理課(Waste Management Division :WMD)が管理する Dangkor ごみ処分場にて処分されている。

(3) 排水ポンプ場の整備状況

現在 DPWT の管理下にあるポンプ場を表 R 2.2.3 に示す。建設後の排水機場の運営維持管理は、DSO が担当しており、現在、DPWT の管理下にあるポンプ場は 14 箇所である。

表 R 2.2.2 DPWT が管理している排水路(開水路)の延長

No.	Name	Total Length (m)	Canal Type
1	Boeng Trabek Upper Canal	2,438	Reinforced Concrete Canal (by ADB)
2	Boeng Trabek Downstream Canal	850	Earth Canal
3	Boeng Tumpun Canal	3,710	Improved Earth Canal (by Japan's Grant)
4	Stoeng Mean Chey Canal	1,900	Earth Canal
5	East & West Tuol Sen Canals	1,118	Improved to Reinforced Concrete Canal by ADB
6	Boeng Salang canal	1,233	Improved Earth Canal (by Japan's Grant)
7	Canal Baraing (France)	3,700	Earth Canal
8	Canal Lou Pram	1,700	Ditto

No.	Name	Total Length (m)	Canal Type
9	Tuol Poug Ror Canal (South Prey Pring)	7,500	Ditto
10	Prey Spoeu Canal	7,000	Ditto
11	O Akuch Canal	4,200	Ditto
12	598 Canal	1,850	Ditto
13	Tuol Sampoeuv Canal (Philippines Canal)	5,000	Ditto
14	Kop Srov Canal	4,700	Ditto
15	Bak Touk Canal	3,800	Ditto
16	O Veng Canal	4,150	Ditto
17	Pong Peay Canal	4,700	Ditto
Total		59,549	
Improved to Reinforced Concrete Canal		3,556	
Improved in Earth Canal		4,597	
Normal Earth Canal		51,396	

出所： DPWT

表 R 2. 2. 3 DPWT が管理している排水ポンプ場

名称	商用電源運転				発電機運転				総排水容量 [m³/sec.]	稼働開始年
	基数	ポンプタイプ	出力 [kW]	容量 [m³/sec.]	基数	ポンプタイプ	出力 [HP]	容量 [m³/sec.]		
1 Boeng Trabek	6 5 ¹⁾	Submergible Pump	220 150	2.5 1.67	-				23.33	6 units of Operation since 2017
2 Boeng Tumpun	5	Submergible Pump	280	3.0	2 units of Backup Generator, 700 KVA each				15.0	Operation since 2004 (Japan Grant Aid)
3 Tuol Kork I	3 2	Submergible Pump	90 55	1.11 0.83	-				5.0	Operation since 2017
4 Tuol Kork II	3 2	Submergible Pump	90 55	1.11 0.83	-				5.0	Operation since 2017
5 Chak Tomuk	2	Pump Gate	45	0.7	1 unit of Backup Generator, 200 KVA				1.4	Operation since 2010 (Japan Grant Aid)
6 Preah Kumlung 2	2	Pump Gate	22	0.35	-				0.7	Operation since 2010 (Japan Grant Aid)
7 Phsar Kandal	2	Pump Gate	45	0.7	1 unit of Backup Generator, 200 KVA				1.4	Operation Since 2010 (Japan Grant Aid)
8 Phsar Chas	2	Pump Gate	45	0.7	1 unit of Backup Generator, 200 KVA				1.4	Operation since 2010 (Japan Grant Aid)
9 Svay Pak Km No.9	4	Submergible Pump	75	0.13	-				0.52	Operation since 2006
10 Kop Srov	5	Vertical shaft	400	2.8	-				14.0	Operation since 2010
11 Tuol Sampeo	3	Vertical shaft	160	1.66	-				4.98	Operation since 2014
12 Borei 100 khnorng ²⁾	-	-	-	-	-				-	-
13 Preah Punlear	3		160	1.66	-				5	Operation since 2016
14 Lu ³⁾	-	-	-	-	-				-	-

注 1), 2)及び3) 建設中

出所： DPWT

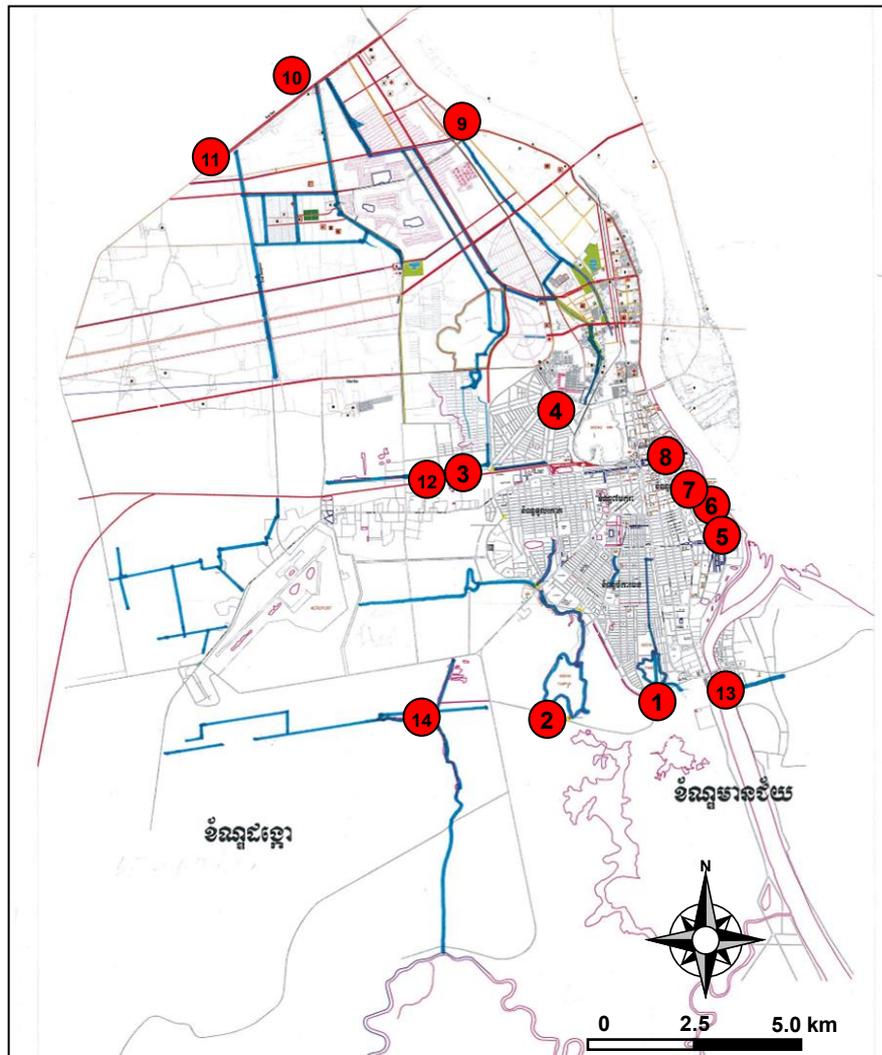
DSO は、排水機場の維持管理作業として、日常的なメンテナンスのみを行っており、運転台帳はあるが整備台帳はない。

日常的なメンテナンス作業で最も作業量が多いのは、ごみの除去作業で、排水機場及びその流入水路での流下ごみの撤去作業、ポンプの羽根等に絡まったごみの撤去である。そ

の他、ポンプ機器の簡易な分解清掃も行っている。

専門業者による、機器の定期的な点検作業は行っておらず、問題が顕在化すると修理を行っている。電機系の修理はカンボジア国内でも技術者を調達できるが、機械系の修理は国外から技術者を招いて実施している。

DPWT の管理下にある排水路(開水路)、及び排水ポンプ場の位置を図 R 2.2.2 に示す。



注：青線：開水路の位置、赤丸：ポンプ場の位置(番号は表 R 2.2.3 に対応)

出所： DPWT

図 R 2.2.2 DPWT が管理する排水路(開水路)及び排水ポンプ場の位置図

(4) 本事業関連施設へ至る道路の整備状況

本事業対象地域は、全域が市街地であり、関連施設へのアクセスに利用される道路が整備されている。したがって、アクセス状況に関する問題は特に無い。

(5) 電気・電話・水道の整備状況

本事業対象地域は、全域が市街地であり、ほぼ全域において電気・電話・水道のネットワークが整備されている。使用申請、登録、引き込み工事等の所定の手続きを取ることで、

いずれも容易に利用可能である。

2.2.2 自然条件

(1) 気象・水文

気象・水文調査は、Pochentong 及び Khmuonh 気象観測所のデータを収集して行った。水位データについては、計画する下水処理場に最も近い Bassac 川の Chaktomuk 観測所のデータと、参考として Chaktomuk 観測所から約 30 km 下流に位置する Koh Khel 観測所のデータを収集した。その結果を図 R 2.2.3～図 R 2.2.9 に示す。

(a) 気温、湿度

月平均最大及び最低気温は、1 年を通じての変動幅が 10℃未満と小さい。日最高気温及び日最低気温の年間平均値は、各々約 33℃及び約 24℃である。最高気温は、年間を通じて 30℃以上が維持され、3 月～5 月の気温が高い。月平均気温の最高気温は 38.0℃(2016 年)、最低気温は 19.7℃(1986 年)である。年平均湿度は 77%であり、典型的な高温多湿の気候が 1 年を通じて維持される。

(b) 降水量

過去 10 年平均年間降雨量は約 1,520 mm だが、1,171 mm(2006 年)から 1,939 mm(2008 年)とバラつきが大きい。また、年間降雨量の 8～9 割が雨季に集中している。

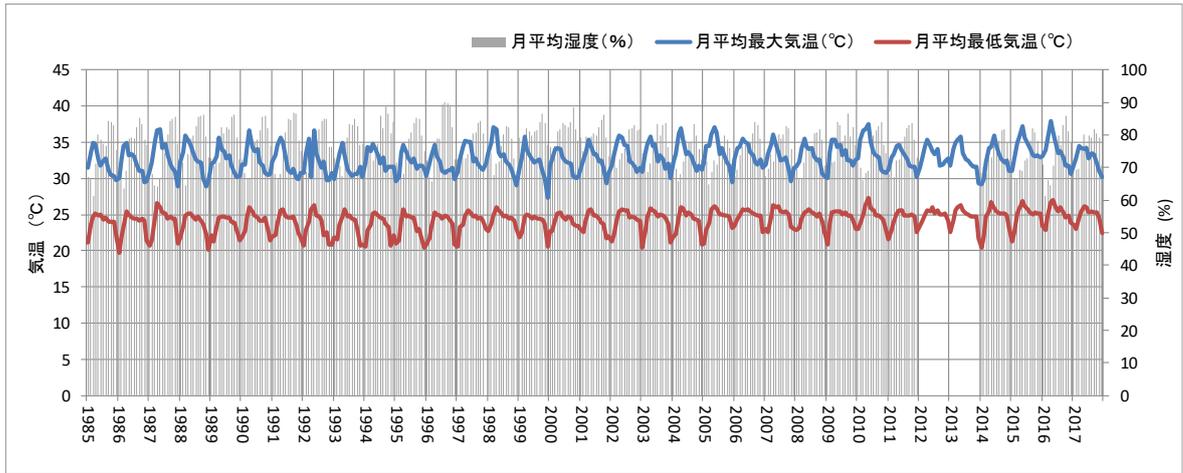
1 年間の降雨量の傾向としては、雨季にあたる 5 月～11 月は、降雨量で 100 mm/月を超過する月が多い。乾季にあたる 12 月～4 月は、降雨量で 50 mm/月以下で推移する月が多い。8 月～10 月は特に降雨が多く、降雨量で 200 mm/月を超過する月が多い。

(c) 風速・風向

風速の最大値は、2015 年及び 2016 年に観測された 18 m/s である。一般に、乾季においては、南寄り及び西寄りの風が多く、雨季には、北寄り及び東寄りの風が多い。

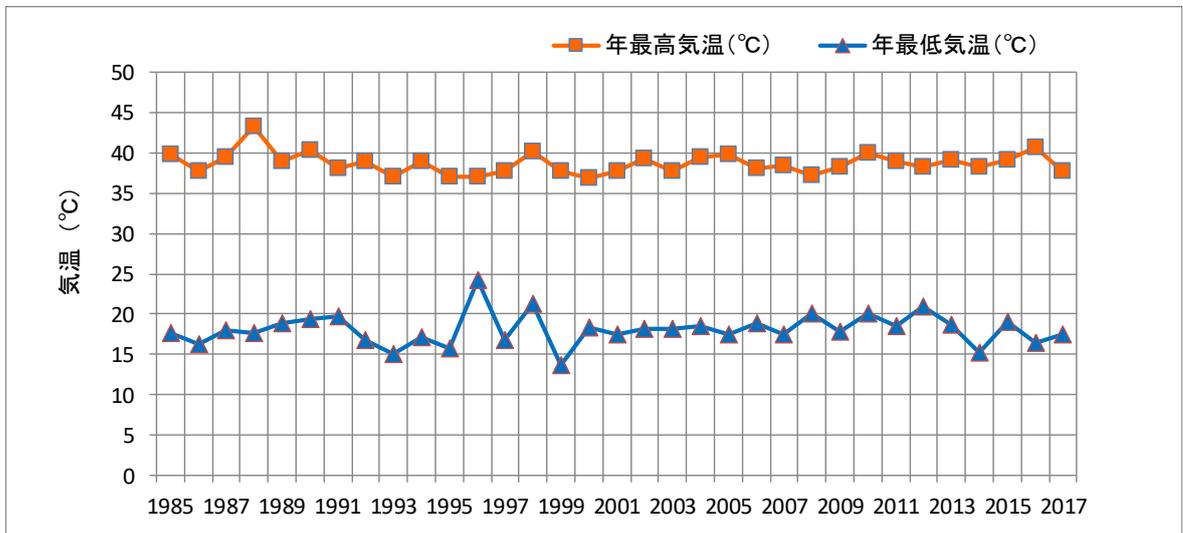
(d) Bassac 川水位

Chaktomuk 観測所における 1990 年から 2017 年までの最高水位は、2000 年に観測された EL.+10.18 m(2000 年 9 月 20 日に観測)であった。日変動データが得られた過去 9 年間(2009 年から 2017 年)で見ると、最大水位は EL.+9.84 m であり、最低水位は EL.+0.83 m であった。一般に、Bassac 川の水位は、8 月～10 月に最も高く、毎年 EL.+6.00 m から EL.+10.00 m に達する。一方、3 月～5 月に水位が最も低くなり、毎年 EL.+2.00m より低くなる。最高水位または最低水位が連続的に上昇しているもしくは低下しているといった経年的な変動傾向は確認されない。



出所: DOWRAM

図 R 2.2.3 月最高気温と最低気温及び月平均湿度(1985~2017)



出所: DOWRAM

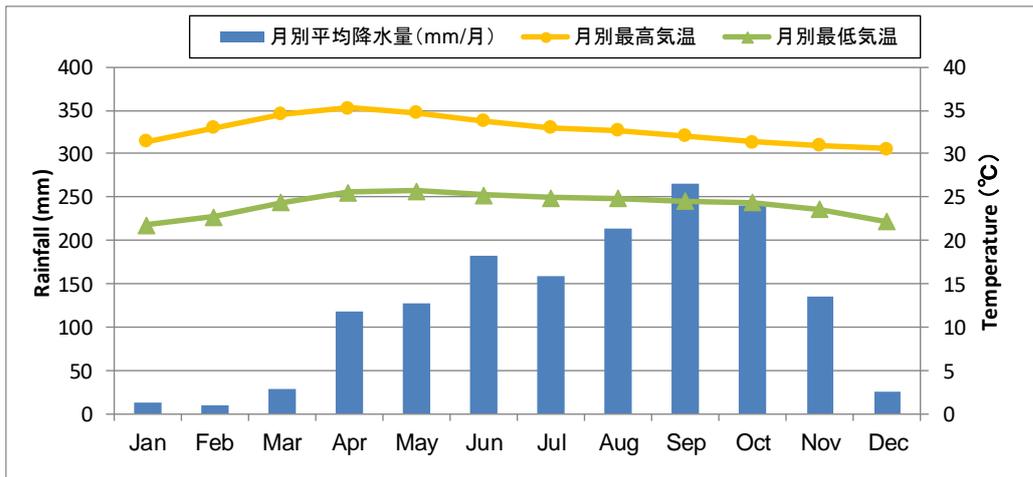
図 R 2.2.4 年間最高気温と最低気温(1985~2017)

表 R 2.2.4 月別降水量

Unit:mm/month

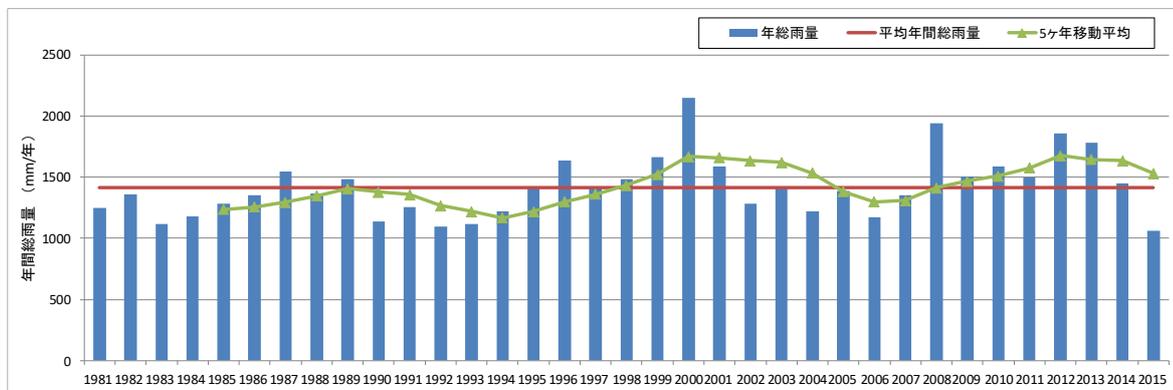
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Total
Season	Dry				Rainy							Dry	
2006	0.1	42.1	32.8	66.4	84.0	92.0	124.8	274.2	228.2	190.9	12.4	23.0	1170.9
2007	0.0	0.0	32.7	39.9	192.4	258.3	135.7	263.6	155.1	212.1	63.2	0.0	1353.0
2008	74.1	0.6	112.0	83.4	197.3	219.1	169.6	289.6	290.2	259.4	190.7	52.7	1938.7
2009	0.0	14.6	7.1	270.5	241.7	148.6	111.8	267.9	300.2	108.2	33.5	0.0	1504.1
2010	25.4	0.0	35.6	55.9	26.9	254.3	84.1	233.0	324.3	387.1	94.3	69.9	1590.8
2011	0.8	0.0	11.4	130.9	131.4	113.3	227.8	249.7	244.4	311.9	67.0	7.0	1495.6
2012	27.0	41.0	28.8	77.8	185.8	94.3	283.2	177.6	455.8	116.6	350.4	22.0	1860.3
2013	0.0	0.0	2.0	182.2	143.4	350.8	189.8	0.0	139.2	413.8	303.8	56.2	1781.2
2014	0.0	6.1	13.8	147.1	44.8	198.8	190.8	194.4	274.7	215.3	148.4	13.3	1447.5
2015	2.6	0.0	2.9	124.5	33.9	99.9	74.1	190.5	245.6	185.0	92.4	13.3	1064.7
Average	13.0	10.4	27.9	117.9	128.2	182.9	159.2	214.1	265.8	240.0	135.6	25.7	1520.7

出所: DOWRAM



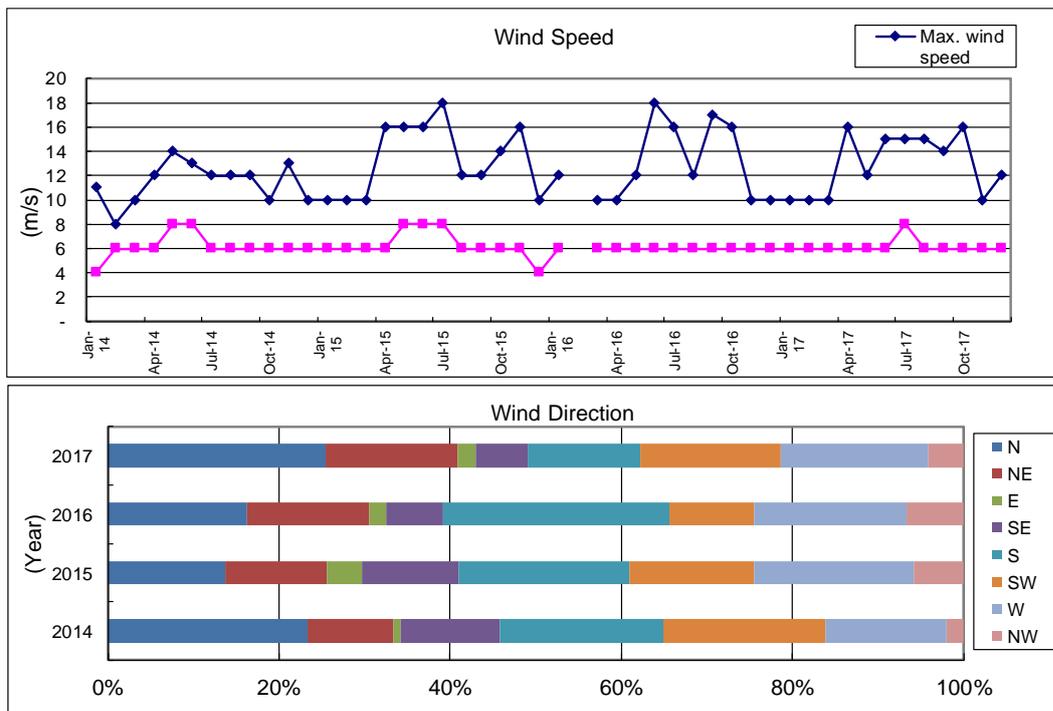
出所: DOWRAM

図 R 2.2.5 月平均降水量と月平均最高気温と最低気温 (2006~2015)



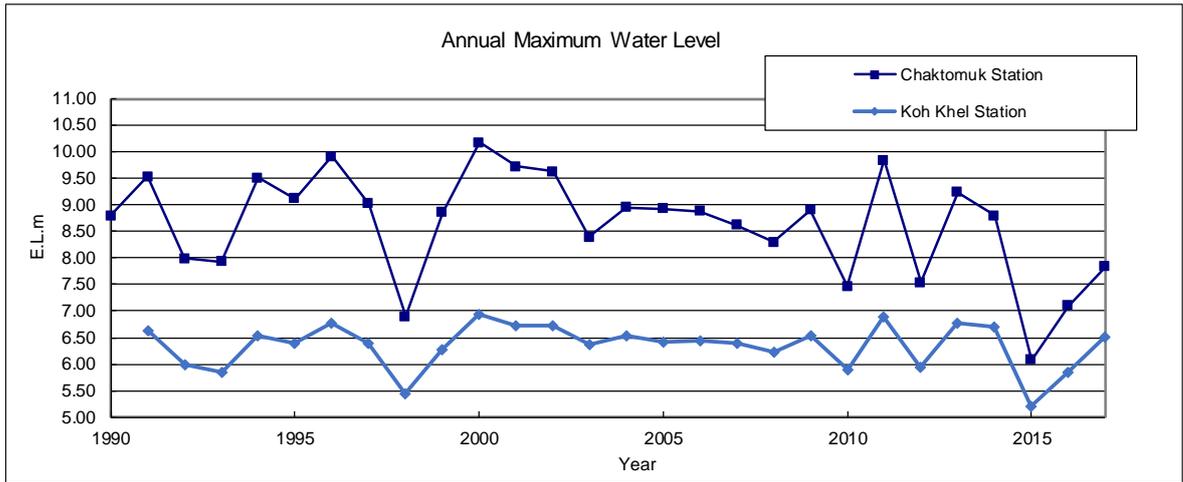
出所: DOWRAM

図 R 2.2.6 年降水量の推移 (1981~2015)



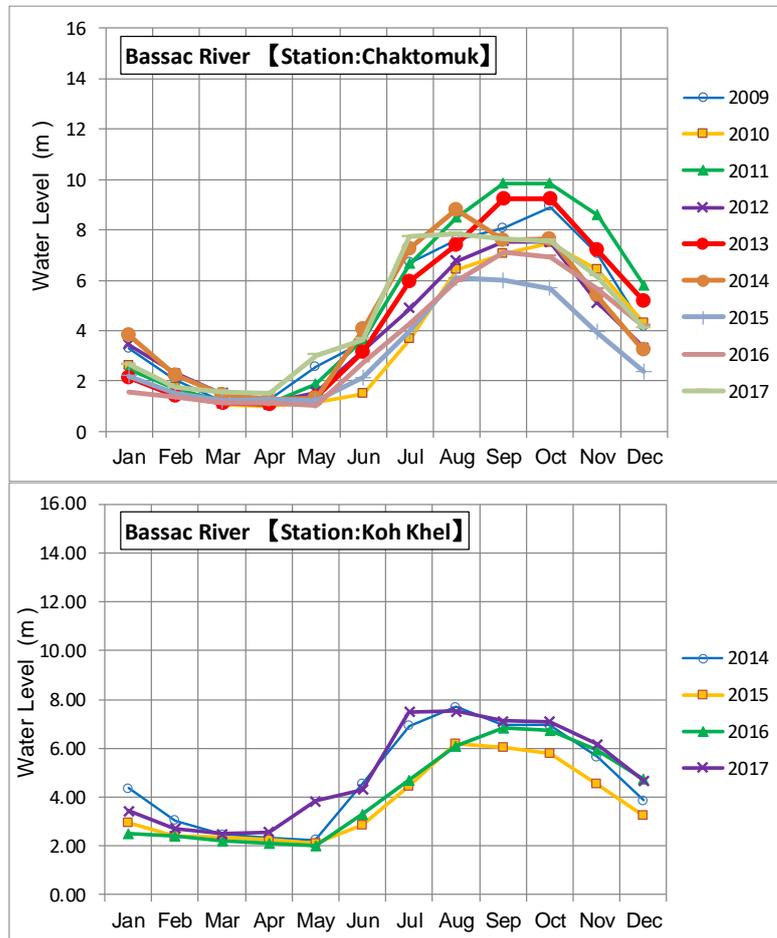
出所: DOWRAM

図 R 2.2.7 風速及び風向の推移 (2014~2017)



出所: MOWRAM

図 R 2. 2. 8 水位データ (Chaktomuk 観測所、Koh Khel 観測所の年最大水位)



出所: MOWRAM

図 R 2. 2. 9 水位データ (Chaktomuk 観測所、Koh Khel 観測所の月別推移)

(2) 地形測量

下水処理場、下水管渠及び遮集施設の施工上に必要な陸上地形を把握するため、下水処理場建設予定地、下水管渠埋設位置及び遮集施設予定地を含む範囲の平面測量及び横断測量を実施した。表 R 2.2.5 に地形測量概要をまとめ、図 R 2.2.10 に測量実施位置及び写真 R 2.2.1 に測量実施状況を示す。

表 R 2.2.5 地形測量概要

測量	測量箇所	数量
平面測量	下水処理場建設予定地、下水管渠埋設位置及び遮集施設の建設予定地を含む全範囲	147 ha
横断測量	Trabek ポンプ場周辺	11 断面(合計延長: 1,100 m)
	Trabek ポンプ場下流の既存水路	18 断面(合計延長: 8,540 m)
	下水処理場建設予定地	15 断面(合計延長: 8,100 m)

出所: 調査団



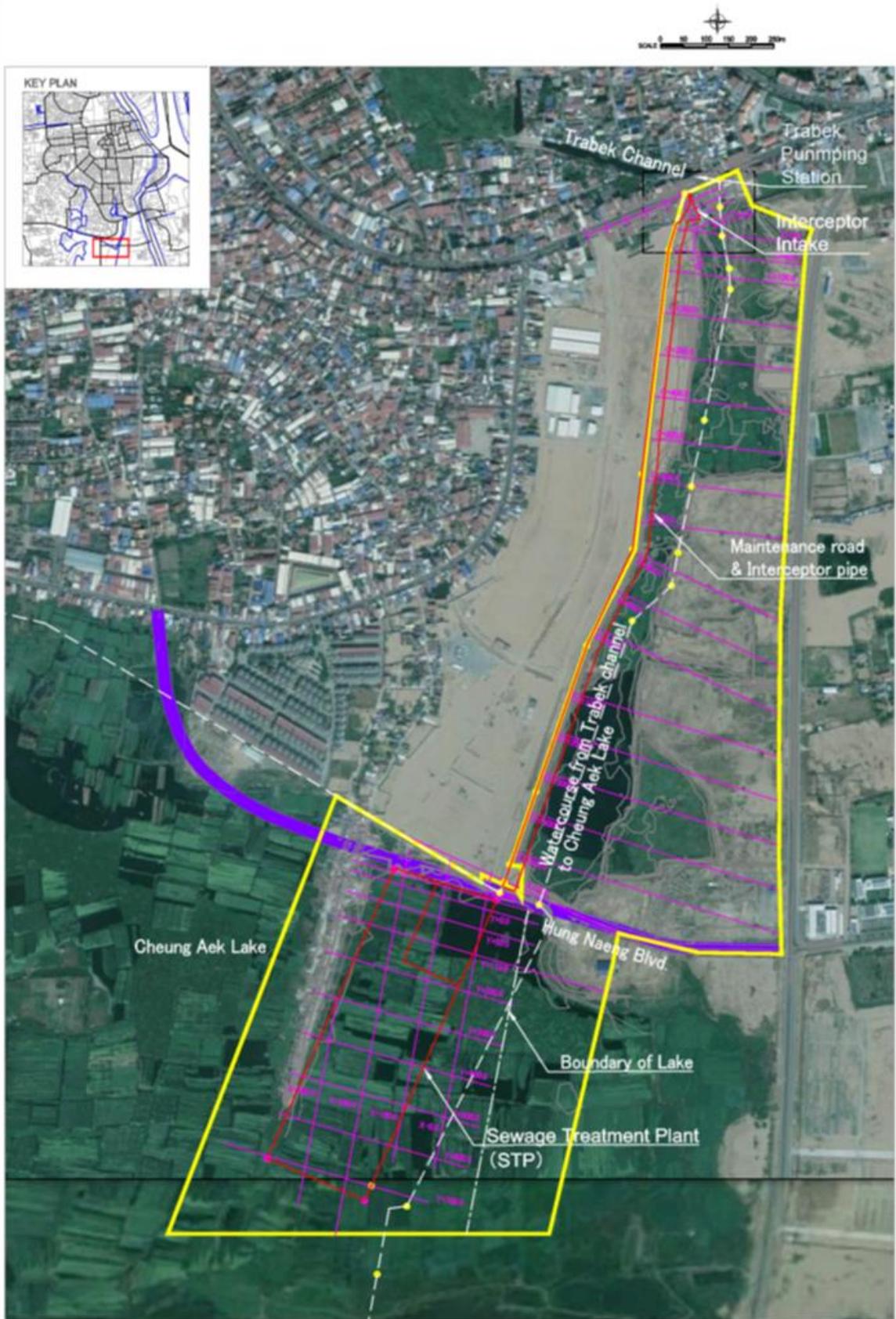
道路上での測量状況



湖面での測量状況

出所: 調査団

写真 R 2.2.1 地形測量実施状況



出所: 調査団

図 R 2.2.10 測量実施位置図

(3) 地質調査(ボーリング調査)

下水処理場、下水管渠及び遮集施設の計画・設計及び施工計画に必要となる地質状況を把握するため、機械ボーリング調査及び室内土質試験を実施した。地質調査結果は、埋立て方法の検討、埋立土量の推算及び基礎形式の検討及び杭基礎となる場合の支持力の検討などに利用される。

(a) 機械ボーリング概要

表 R 2.2.6 に機械ボーリング実施概要を、写真 R 2.2.2 にボーリング調査実施状況を示す。また、図 R 2.2.11 に、ボーリング位置図を示す。ボーリング実施中には、4 種類の原位置試験を実施すると共に、攪乱資料及び不攪乱資料を採取して、室内土質試験を実施した。

表 R 2.2.6 機械ボーリング実施概要

項目	概要
ボーリング実施位置	下水処理場建設予定地、下水管渠埋設位置及び遮集施設の建設予定地：5 箇所
ボーリング施工仕様	掘削深度：40 m ボーリング口径：66mm
原位置試験・調査	(1) 標準貫入試験(SPT) (2) 地下水位計測 (3) 室内試験用試料採取 (4) 土質柱状図作成用試料採取
室内土質試験	・物理試験(攪乱資料) 単位体積重量試験、粒度試験、液性・塑性限界試験 ・力学試験(不攪乱資料) 圧密試験

出所：調査団



ボーリング No. 4 (BH-4) 地点



ボーリング No. 4 (BH-4) 地点

出所：調査団

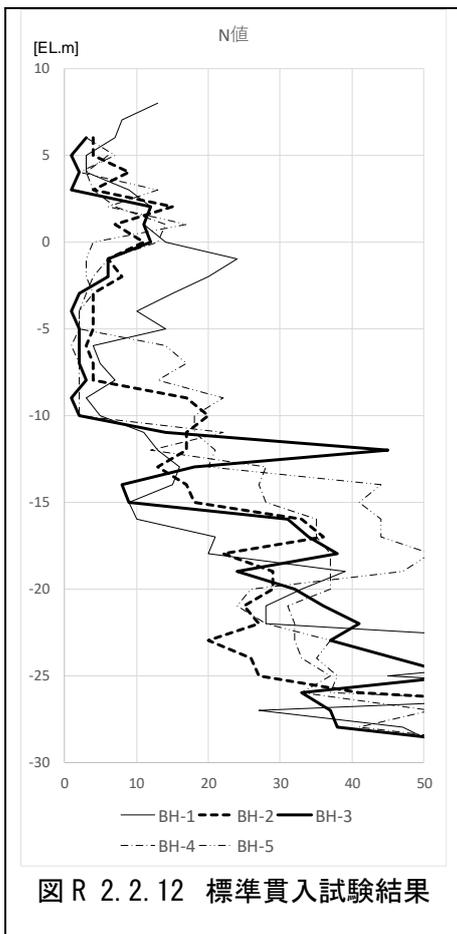
写真 R 2.2.2 ボーリング調査実施状況



出所: 調査団

図 R 2. 2. 11 機械ボーリング調査地点図

(b) 原位置試験結果及び室内試験結果



5 箇所のボーリング調査の原位置試験における標準貫入試験結果(N 値)をまとめ、左図に示す。

5 箇所のボーリング地点のうち、いずれの地点でも標高-10m 以深で N 値が 10 を超えており、これより浅い標高において軟弱と見なせる地質が分布している。

5 箇所のボーリング地点のうち、処理場予定地の近隣で行ったボーリング地点は BH-1、BH-2 及び BH-3 の 3 箇所であるが、標高 0m~-10m の範囲における BH-1 と BH-2 の N 値は似通った値を示しており、N 値においては、これら 2 箇所のボーリング結果がこの地点の地質を代表していると考えられる。これら 2 箇所の地点における標高 0m~-10m の範囲の N 値は 10 より小さいため、盛土を施工することによる地盤沈下の発生の有無や発生した場合の程度を検討する。

各ボーリング地点において採取した試料を用いて行った室内試験の結果の一覧を以降に示す。

(c) ボーリング No.1

表 R 2.2.7 ボーリング No.1 (BH-1) 室内試験結果

BOREHOLE STRATUM	SAMPLE	DEPTH INTERVAL (M)	DESCRIPTION OF STRATA	Water Content	ATTEBERG LIMIT					DENSITY OF SOILS		PARTICLE SIZE DISTRIBUTION			Direct Shear Test		Consolidation Test					SPECIFIC GRAVITY	Group Name	Group Symbol	S.P.T TEST
					W %	LL %	PL %	IP	IL	B.D. KN/m ³	D.D. KN/m ³	M & C %	SAND %	GRAVEL %	C KN/m ²	φ Deg	MV m ² /MN	CV m ² /Sec	e _v Void Ratio	K m/sec	E KN/m ²				
BH-1	1	D1 1.00-1.45	Top soil, silty well-graded fine to medium SAND (SM), Q-4, alluvia, loose to medium dense.	8.55	26.23	23.23	3.00	-4.89	-	-	10.30	89.70	0.00	-	-	-	-	-	-	5783	-	Silty well-graded SAND	SM	13	
		D2 2.00-2.45		17.44	27.32	24.21	3.11	-2.18	-	-	42.09	57.91	0.00	-	-	-	-	-	-	3227	-	Silty well-graded SAND	SM	8	
		U3 2.50-3.00		13.39	26.23	23.10	3.13	-3.10	14.43	12.72	57.52	42.48	0.00	2.39	24	-	-	-	-	-	2.66	-	Sandy lean CLAY	SM	-
	2	D4 3.00-3.45	Very loose becoming loose silty-well-graded fine to medium SAND (SM), Q-4, alluvia, saturation layer	12.76	26.32	23.32	3.00	-3.52	-	-	7.34	92.66	0.00	-	-	-	-	-	-	2601	-	Silty well-graded SAND	SM	7	
		U5 3.50-4.00		15.22	26.32	23.40	2.92	-2.80	14.14	12.27	18.52	81.48	0.00	2.65	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		D6 4.00-4.45		30.25	27.25	24.21	3.04	1.99	-	-	26.00	74.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1058	-	Silty well-graded SAND	SM	3
	3	D7 5.00-5.45	Stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, wet soil layer.	25.76	26.32	23.23	3.09	0.82	-	-	23.72	76.28	0.00	-	-	-	-	-	-	-	947	-	Silty well-graded SAND	SM	3
		U8 5.50-6.00		27.64	26.40	23.65	2.75	-1.45	13.71	10.74	25.38	74.62	0.00	0.53	23	-	-	-	-	-	2.66	-	Silty well-graded SAND	SM	-
		D9 6.00-6.45		37.71	40.21	23.10	17.11	0.85	-	-	99.17	0.83	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2565	-	Lean CLAY	CL	9
	4	D10 7.00-7.45	Stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, wet soil layer.	26.35	39.32	22.31	17.01	0.24	-	-	99.17	0.83	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3161	-	Lean CLAY	CL	12
		U11 7.50-8.00		25.75	40.12	23.32	16.80	0.14	18.25	14.51	97.97	2.03	0.00	47.71	8	0.198	1.57x10 ⁻⁶	0.77	3.11x10 ⁻¹⁰	-	2047	2.69	Lean CLAY	CL	-
		D12 8.00-8.45		19.02	40.12	22.22	17.90	-0.18	-	-	95.09	4.91	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2668	-	Lean CLAY	CL	11
5	D13 9.00-9.45	Stiff becoming very stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	20.36	39.32	21.12	18.20	-0.04	-	-	95.87	4.13	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3210	-	Lean CLAY	CL	14	
	U14 9.50-10.00		17.18	40.12	21.21	18.91	-0.21	17.80	15.27	96.77	3.23	0.00	47.71	8	0.144	4.86x10 ⁻⁶	0.60	6.97x10 ⁻¹⁰	-	2394	2.70	Lean CLAY	CL	-	
	D15 10.00-10.45		21.57	55.32	25.25	30.07	-0.12	-	-	86.03	13.97	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5227	-	Fat CLAY	CH	24	
6	U16 10.50-13.00	Stiff becoming very stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	23.20	56.65	26.32	30.33	-0.10	20.40	16.56	98.62	1.38	0.00	54.07	5	0.114	3.58x10 ⁻⁶	0.62	4.09x10 ⁻¹⁰	-	2606	2.69	Fat CLAY	CH	-	
	D17 11.00-11.45		23.01	54.12	24.21	29.91	-0.04	-	-	97.93	2.07	0.00	-	-	-	-	-	-	-	4167	-	Fat CLAY	CH	20	
	D18 12.00-12.45		34.19	55.32	24.05	31.27	0.32	-	-	99.57	0.43	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3003	-	Fat CLAY	CH	15	
7	U19 12.50-13.00	Stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	36.01	54.12	23.32	30.80	0.41	18.74	13.78	97.51	2.49	0.00	50.89	5	-	-	-	-	-	2.70	-	Fat CLAY	CH	-	
	D20 13.00-13.45		31.34	40.12	23.32	16.80	0.48	-	-	96.70	3.30	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1932	-	Lean CLAY	CL	10	
	D21 13.50-14.00		39.69	41.12	23.15	17.97	0.92	17.89	12.80	97.91	2.09	0.00	45.32	9	0.178	1.06x10 ⁻⁷	1.19	1.88x10 ⁻¹⁰	-	2316	2.69	Lean CLAY	CL	-	
8	D22 14.00-14.45	Soft becoming medium stiff lean CLAY (CL), bottom of pond, Q-4, alluvia, wet soil layer.	32.05	39.32	21.12	18.20	0.60	-	-	96.15	2.90	0.95	-	-	-	-	-	-	-	2696	-	Lean CLAY	CL	14	
	U23 15.00-15.45		38.46	40.12	22.21	17.91	0.91	-	-	98.35	1.65	0.00	-	-	-	-	-	-	-	731	-	Lean CLAY	CL	4	
	D24 15.50-16.00		35.17	40.25	20.88	19.37	0.74	13.74	10.17	97.67	2.33	0.00	13.52	9	0.152	8.64x10 ⁻⁶	1.06	1.32x10 ⁻¹⁰	-	1518	2.70	Lean CLAY	CL	-	
9	D25 16.00-16.45	M. dense very clayey-well-graded fine to medium SAND	38.34	39.32	22.34	16.98	0.94	-	-	94.37	5.63	0.00	-	-	-	-	-	-	-	883	-	Lean CLAY	CL	5	
	U26 16.50-17.00		44.10	40.25	22.50	17.75	1.22	17.87	14.70	98.12	1.88	0.00	37.37	7	0.111	9.71x10 ⁻⁶	1.01	1.08x10 ⁻¹⁰	-	1269	2.69	Lean CLAY	CL	-	
	D27 17.00-17.45		42.59	42.21	22.31	19.90	1.02	-	-	99.91	0.09	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1195	-	Lean CLAY	CL	7	
BH-1	10	D28 18.00-18.45	M. dense very clayey-well-graded fine to medium SAND	47.24	39.32	19.32	20.00	1.40	-	-	99.04	0.96	0.00	-	-	-	-	-	-	-	507	-	Lean CLAY	CL	3
		D29 19.00-19.45		52.71	40.32	22.31	18.01	1.69	-	-	99.96	0.04	0.00	-	-	-	-	-	-	-	814	-	Lean CLAY	CL	5
		U30 20.00-20.45		74.86	39.32	22.10	17.22	3.06	-	-	98.43	1.57	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1729	-	Lean CLAY	CL	11
	11	D31 21.00-21.45	Very Stiff becoming hard lean CLAY (CL) & sandy lean CLAY (CL), trace fine gravel, Q-4, alluvia.	21.83	39.39	21.05	18.34	0.04	-	-	92.84	6.21	0.95	-	-	-	-	-	-	-	1993	-	Lean CLAY	CL	13
		D32 22.00-22.45		22.59	40.40	23.40	17.00	-0.05	-	-	77.43	22.57	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2395	-	Lean CLAY, with sand	CL	16
		D33 23.00-23.45		23.89	39.34	22.25	17.09	0.10	-	-	81.92	12.55	5.53	-	-	-	-	-	-	-	2198	-	Lean CLAY	CL	15
	12	D34 24.00-24.45	M. dense very clayey-well-graded fine to medium SAND (SC), gravel, Q-4, alluvia.	22.11	40.05	21.54	18.51	0.03	-	-	50.03	49.97	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1298	-	Sandy lean CLAY	CL	9
		D35 25.00-25.45		21.78	39.20	22.25	16.95	-0.03	-	-	90.65	8.66	0.69	-	-	-	-	-	-	-	1413	-	Lean CLAY	CL	10
		U36 25.50-26.00		19.56	40.30	22.10	18.20	-0.14	18.26	12.40	91.55	8.18	0.28	45.32	9	-	-	-	-	-	2.68	-	Lean CLAY	CL	-
	13	D37 26.00-26.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	13.19	32.23	18.32	13.91	-0.37	-	-	19.52	77.50	2.98	-	-	-	-	-	-	-	2894	-	Clayey-well-graded SAND	SC	21
		D38 27.00-27.45		13.10	32.05	19.97	12.08	-0.57	-	-	23.31	76.06	0.63	-	-	-	-	-	-	-	2707	-	Clayey-well-graded SAND	SC	20
		D39 28.00-28.45		16.14	39.32	19.32	20.00	-0.16	-	-	57.30	42.70	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5172	-	Sandy lean CLAY	CL	39
14	D40 29.00-29.45	M. dense very clayey-well-graded fine to medium SAND	19.96	40.05	20.20	19.85	-0.01	-	-	84.18	15.82	0.00	-	-	-	-	-	-	-	4304	-	Lean CLAY, with sand	CL	33	
	D41 30.00-30.45		17.92	40.10	22.21	17.89	-0.24	-	-	96.71	3.29	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3594	-	Lean CLAY	CL	28	
	D42 31.00-31.45		14.09	36.32	24.24	12.08	-0.84	-	-	98.58	1.42	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3537	-	Lean CLAY	CL	28	
15	U43 31.50-32.00	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	12.43	36.32	23.30	13.02	-0.83	19.91	16.35	99.23	0.77	0.00	55.66	8	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY	CL	-	
	D44 32.00-32.45		9.06	35.25	22.20	13.05	-0.01	-	-	89.78	10.22	0.00	-	-	-	-	-	-	-	8437	-	Lean CLAY	CL	68	
	D45 33.00-33.45		10.70	36.32	23.20	13.12	-0.95	-	-	88.37	11.63	0.00	-	-	-	-	-	-	-	8799	-	Lean CLAY	CL	72	
16	D46 34.00-34.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	8.35	35.54	16.16	19.38	-0.40	-	-	22.29	75.01	2.70	-	-	-	-	-	-	-	5425	-	Clayey-well-graded SAND	SC	45	
	D47 35.00-35.45		8.73	33.20	15.32	17.88	-0.37	-	-	27.61	72.07	0.32	-	-	-	-	-	-	-	10326	-	Clayey-well-graded SAND	SC	87	
	D48 36.00-36.45		12.47	34.15	16.65	17.50	-0.24	-	-	21.26	78.74	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3171	-	Clayey-well-graded SAND	SC	27	
17	D49 37.00-37.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, trace fine gravel.	18.16	36.32	23.10	13.22	-0.37	-	-	90.13	9.87	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5435	-	Lean CLAY	CL	47	
	D50 38.00-38.45		13.89	36.25	24.21	12.04	-0.86	-	-	94.20	5.80	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5934	-	Lean CLAY	CL	52	
	D51 39.00-39.45		12.94	36.59	23.31	13.28	-0.78	-	-	76.95	23.05	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5746	-	Lean CLAY, with sand	CL	51	
18	D52 40.00-40.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, trace fine gravel.	13.09	37.18	22.34	14.84	-0.62	-	-	55.07	44.93	0.00	-	-	-	-	-	-	-	6008	-	Sandy lean CLAY	CL	5	

(d) ボーリング No.2

表 R 2.2.8 ボーリング No.2 (BH-2) 室内試験結果

BOREHOLE STRATUM	SAMPLE	DEPTH INTERVAL (M)	DESCRIPTION OF STRATA	Water Content	ATTEBERG LIMIT					DENSITY OF SOILS		PARTICLE SIZE DISTRIBUTION			Direct Shear Test		Consolidation Test					SPECIFIC GRAVITY	Group Name	Group Symbol	S.P.T TEST	
					W %	LL%	PL%	IP	IL	B.D. KN/m ³	D.D. KN/m ³	M & C %	SAND %	GRAVEL %	C KN/m ²	φ Deg	MV m ² /MN	CV m ² /Sec	e ₀ Void Ratio	K m/sec	E KN/m ²					Gs
BH-2	1	D1 1.00-1.45	Top soil, silty well-graded fine to medium SAND (SM), Q-4, alluvia, very loose.	20.69	26.90	23.32	3.58	-0.73	-	-	16.57	83.43	0.00	-	-	-	-	-	-	1790	-	Silty-well-graded SAND	SM	4		
		D2 2.00-2.45		20.17	27.32	24.21	3.11	-1.30	-	-	8.99	91.01	0.00	-	-	-	-	-	-	1635	-	Silty-well-graded SAND	SM	4		
		U3 2.50-3.00		19.32	26.32	23.55	2.77	-1.53	14.00	11.73	11.29	88.71	0.00	1.59	23	-	-	-	-	-	2.66	-	Silty-well-graded SAND	SM	4	
	2	D4 3.00-3.45	Soft to stiff brown lean CLAY (CL) Q-4, alluvia, wet soil layer.	26.49	40.10	22.00	18.10	0.25	-	-	97.79	2.21	0.00	-	-	-	-	-	-	3390	-	Lean CLAY	CL	9		
		U5 3.50-4.00		29.97	39.30	21.14	18.16	0.49	18.79	14.46	95.73	4.27	0.00	53.27	7	0.252	7.48x10 ⁻⁸	0.85	1.89x10 ⁻¹⁰	1278	-	Lean CLAY	CL	4		
	3	D6 4.00-4.45	Medium stiff becoming stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	31.31	39.32	21.12	18.20	0.56	-	-	99.08	0.92	0.00	-	-	-	-	-	-	1322	-	Lean CLAY	CL	4		
		D7 5.00-5.45		29.60	56.56	25.25	31.31	0.14	-	-	99.84	0.16	0.00	-	-	-	-	-	-	4423	-	Fat CLAY	CH	15		
		U8 5.50-6.00		31.64	56.56	25.10	31.46	0.21	18.86	14.33	98.13	1.87	0.00	49.30	5	0.183	2.62x10 ⁻⁸	0.80	4.78x10 ⁻¹¹	2389	2.70	Fat CLAY	CH	-		
		D9 6.00-6.45		30.46	56.30	24.65	31.65	0.18	-	-	97.88	2.12	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1900	-	Fat CLAY	CH	7	
		D10 7.00-7.45		32.47	55.64	24.50	31.14	0.26	-	-	99.24	0.76	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2764	-	Fat CLAY	CH	11	
		U11 7.50-8.00		37.09	55.54	24.50	31.04	0.41	18.73	13.66	97.51	2.49	0.00	47.71	8	0.211	2.13x10 ⁻⁸	0.98	4.48x10 ⁻¹¹	2160	2.69	Fat CLAY	CH	-		
		D12 8.00-8.45		31.25	56.64	23.23	33.41	0.24	-	-	98.89	1.11	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1472	-	Fat CLAY	CH	6	
		D13 9.00-9.45		30.66	55.80	24.21	31.59	0.20	-	-	99.67	0.33	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1890	-	Fat CLAY	CH	8	
		U14 9.50-10.00		66.90	53.23	24.25	28.98	1.47	17.87	10.71	99.88	0.12	0.00	38.16	5	0.450	3.23x10 ⁻⁸	1.83	1.45x10 ⁻¹⁰	800	2.70	Fat CLAY	CH	-		
		D15 10.00-10.45		48.31	56.32	23.23	33.09	0.76	-	-	98.81	1.19	0.00	-	-	-	-	-	-	-	922	-	Fat CLAY	CH	4	
	4	U16 10.50-11.00	38.18	39.30	22.65	16.65	0.93	13.74	9.94	94.37	5.63	0.00	13.52	7	0.246	9.34x10 ⁻⁸	1.22	2.30x10 ⁻¹⁰	870	2.69	Lean CLAY	CL	-			
		D17 11.00-11.45	39.55	39.32	23.15	16.17	1.01	-	-	94.24	5.76	0.00	-	-	-	-	-	-	-	877	-	Lean CLAY	CL	4		
		D18 12.00-12.45	40.95	38.12	22.21	15.91	1.18	-	-	98.13	1.87	0.00	-	-	-	-	-	-	-	838	-	Lean CLAY	CL	4		
		U19 12.50-13.00	42.09	38.23	21.12	17.11	1.23	13.75	9.67	99.47	0.53	0.00	14.31	5	0.215	7.33x10 ⁻⁸	1.16	1.57x10 ⁻¹⁰	619	2.69	Lean CLAY	CL	-			
		D20 13.00-13.45	39.47	39.30	21.12	18.18	1.01	-	-	98.84	1.16	0.00	-	-	-	-	-	-	-	606	-	Lean CLAY	CL	3		
U21 13.50-14.00		38.26	39.32	20.54	18.78	0.94	14.88	10.76	99.11	0.89	0.00	19.08	5	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY	CL	-			
D22 14.00-14.45		43.17	39.32	20.21	19.11	1.20	-	-	99.39	99.39	100.00	-	-	-	-	-	-	-	773	-	Lean CLAY	CL	4			
5	D23 15.00-15.45	Very stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	73.53	40.32	22.10	18.22	2.82	-	-	97.79	1.28	0.93	-	-	-	-	-	-	-	746	-	Lean CLAY	CL	4		
	U24 15.50-16.00		56.50	40.12	23.23	16.89	1.97	13.91	8.89	98.06	1.94	0.00	15.11	7	-	-	-	-	-	2.69	-	Lean CLAY	CL	-		
	D25 16.00-16.45		95.47	39.98	22.50	17.48	4.17	-	-	97.60	2.40	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3020	-	Lean CLAY	CL	17		
U26 16.50-17.00	65.28	39.32	23.20	16.12	2.61	18.25	12.31	96.89	3.11	0.00	54.07	8	-	-	-	-	-	-	2.69	-	Lean CLAY	CL	-			
BH-2	6	D27 17.00-17.45	Medium dense very clayey-well-graded fine to medium SAND (SC) gravel, Q-4, alluvia.	21.07	32.23	22.00	10.23	-0.09	-	-	32.40	67.48	0.11	-	-	-	-	-	-	3439	-	Clayey-well-graded SAND	SC	20		
		D28 18.00-18.45		20.08	33.20	22.54	10.66	-0.23	-	-	35.34	64.66	0.00	-	-	-	-	-	-	2840	-	Clayey-well-graded SAND	SC	17		
		D29 19.00-19.45		20.69	36.20	22.21	13.99	-0.11	-	-	28.95	70.05	0.00	-	-	-	-	-	-	2762	-	Clayey-well-graded SAND	SC	17		
		D30 20.00-20.45		20.55	35.88	22.08	13.80	-0.11	-	-	30.66	69.34	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2060	-	Clayey-well-graded SAND	SC	13	
		D31 21.00-21.45		20.08	35.25	22.80	12.45	-0.22	-	-	32.00	68.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2623	-	Clayey-well-graded SAND	SC	17	
	7	D32 22.00-22.45	Dense clayey-well-graded medium SAND (SC), gravel.	15.86	35.31	22.31	13.00	-0.50	-	-	16.33	82.75	0.93	-	-	-	-	-	-	-	2711	-	Clayey-well-graded SAND	SC	18	
		D33 23.00-23.45		13.83	33.60	18.32	15.28	-0.29	-	-	19.25	77.89	2.86	-	-	-	-	-	-	-	4845	-	Clayey-well-graded SAND	SC	33	
		D34 24.00-24.45		11.97	35.26	18.27	16.99	-0.37	-	-	19.25	80.75	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5169	-	Clayey-well-graded SAND	SC	36	
		D35 25.00-25.45		13.66	35.23	19.32	15.91	-0.36	-	-	14.39	82.68	2.93	-	-	-	-	-	-	-	3099	-	Clayey-well-graded SAND	SC	22	
		U36 25.50-26.00		11.41	44.00	22.00	22.00	-0.48	21.22	17.67	12.43	84.56	3.02	3.45	37	-	-	-	-	-	-	2.68	-	Clayey-well-graded SAND	SC	-
		D37 26.00-26.45		22.29	40.41	24.21	16.20	-0.12	-	-	96.50	3.12	0.37	-	-	-	-	-	-	-	3999	-	Lean CLAY	CL	29	
		D38 27.00-27.45		21.18	40.10	23.20	16.90	-0.12	-	-	96.89	3.11	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3923	-	Lean CLAY	CL	29	
		D39 28.00-28.45		21.69	39.32	23.97	15.35	-0.15	-	-	83.87	16.13	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3322	-	Lean CLAY, with sand	CL	25	
		D40 29.00-29.45		23.01	40.10	24.32	15.78	-0.08	-	-	86.12	13.88	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3522	-	Lean CLAY	CL	27	
		8		D41 30.00-30.45	Very Stiff becoming hard lean CLAY (CL) & lean CLAY (CL), with sand, trace fine gravel, Q-4, alluvia.	21.50	40.12	23.32	16.80	-0.11	-	-	85.13	14.87	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2568	-	Lean CLAY	CL
	D42 31.00-31.45		21.71	39.32		23.10	16.22	-0.09	-	-	79.76	24.04	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3279	-	Lean CLAY, with sand	CL	26	
	U43 31.50-32.00		20.93	40.00		18.32	21.68	0.12	19.55	17.21	78.90	21.30	0.00	57.25	11	-	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY, with sand	CL	-
	D44 32.00-32.45		21.26	39.90		22.10	17.80	-0.05	-	-	65.33	34.67	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3350	-	Lean CLAY, with sand	CL	27	
	D45 33.00-33.45		19.29	37.12		21.05	16.07	-0.11	-	-	70.47	29.53	0.00	-	-	-	-	-	-	-	5000	-	Lean CLAY, with sand	CL	41	
	9	D46 34.00-34.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	21.58	36.36	19.32	17.04	0.13	-	-	77.97	21.84	0.18	-	-	-	-	-	-	-	10193	-	Lean CLAY, with sand	CL	85	
D47 35.00-35.45		20.99		36.97	20.20	16.77	0.05	-	-	75.74	19.89	4.36	-	-	-	-	-	-	-	10162	-	Lean CLAY, with sand	CL	86		
D48 36.00-36.45		20.48		37.18	19.65	17.53	0.05	-	-	54.02	22.85	23.13	-	-	-	-	-	-	-	11645	-	Lean CLAY, with sand	CL	100		
10	D49 37.00-37.45	Very hard sandy lean CLAY (CL), with sand, Q-4, alluvia, trace fine gravel, bed rock layer.	15.40	38.12	20.21	17.91	-0.27	-	-	56.32	24.14	19.54	-	-	-	-	-	-	-	11713	-	Lean CLAY, with sand	CL	102		
	D50 38.00-38.45		21.11	39.30	19.19	20.11	0.10	-	-	55.48	22.03	22.48	-	-	-	-	-	-	-	13026	-	Lean CLAY, with sand	CL	115		
	D51 39.00-39.45		9.30	40.10	20.21	19.89	-0.55	-	-	66.97	23.31	9.72	-	-	-	-	-	-	-	11738	-	Lean CLAY, with sand	CL	105		
	D52 40.00-40.45		9.56	39.39	19.34	20.05	-0.49	-	-	73.08	25.19	1.73	-	-	-	-	-	-	-	11147	-	Lean CLAY, with sand	CL	101		

出所: 調査団

(e) ボーリング No.3

表 R 2.2.9 ボーリング No.3 (BH-3) 室内試験結果

BOREHOLE STRATUM	SAMPLE	DEPTH INTERVAL	DESCRIPTION OF STRATA	Water Content	ATTEBERG LIMIT					DENSITY OF SOILS		PARTICLE SIZE DISTRIBUTION			Direct Shear Test		Consolidation Test					SPECIFIC GRAVITY	Group Name	Group Symbol	S.P.T TEST		
					W %	LL%	P.L%	IP	IL	B.D	D.D	M & C	SAND	GRAVEL	C	φ	MV	CV	e _o	K	E					Gs	ASTM
BH-3	1	D1	1.00-1.45	Top soil, silty well-graded fine to medium SAND (SM), Q-4, alluvia, Very loose.	17.89	26.99	23.20	3.79	-1.40	-	-	7.06	92.94	0.00	-	-	-	-	-	-	1346	-	Silty well-graded SAND	SM	3		
		D2	2.00-2.45		27.06	26.89	23.31	3.58	1.05	-	-	6.88	93.12	0.00	-	-	-	-	-	424	-	Silty well-graded SAND	SM	1			
		U3	2.50-3.00		26.52	26.26	23.60	2.66	1.10	13.58	10.74	6.82	93.18	0.00	2.12	22	-	-	-	-	-	2.66	-	Silty well-graded SAND	SM	-	
		D4	3.00-3.45		44.41	27.24	24.10	3.14	6.47	-	-	-	16.33	83.67	0.00	-	-	-	-	-	-	776	-	Silty well-graded SAND	SM	2	
		U5	3.50-4.00		36.36	26.20	23.23	2.97	4.42	13.40	9.82	33.12	66.88	0.00	1.43	23	-	-	-	-	-	-	-	-	SM	-	
	2	D6	4.00-4.45	Very soft lean CLAY	40.20	36.23	21.12	15.11	1.26	-	-	99.67	0.33	0.00	-	-	-	-	-	-	344	-	Lean CLAY	CL	1		
		D7	5.00-5.45	Stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	22.85	36.64	22.21	14.43	0.04	-	-	97.58	2.42	0.00	-	-	-	-	-	-	3582	-	Lean CLAY	CL	12		
		U8	5.50-6.00		19.37	36.90	22.10	14.80	-0.18	19.13	16.03	97.69	2.31	0.00	42.94	8	0.213	2.12x10 ⁻⁹	0.81	4.51x10 ⁻¹¹	94	2.70	Lean CLAY	CL	-		
	3	D9	6.00-6.45	Medium stiff becoming stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	27.67	58.58	26.26	32.32	0.04	-	-	98.91	1.09	0.00	-	-	-	-	-	-	3018	-	Fat CLAY	CH	11		
		D10	7.00-7.45		26.29	58.32	25.65	32.67	0.02	-	-	99.50	0.50	0.00	-	-	-	-	-	-	3061	-	Fat CLAY	CH	12		
		U11	7.50-8.00		26.14	56.32	24.11	32.21	0.06	18.26	14.48	99.59	0.41	0.00	47.71	5	0.653	4.83x10 ⁻⁹	1.85	3.15x10 ⁻¹⁰	673	2.69	Fat CLAY	CH	-		
		D12	8.00-8.45		31.59	53.23	24.21	29.02	0.25	-	-	99.76	0.24	0.00	-	-	-	-	-	-	1507	-	Fat CLAY	CH	6		
	4	D13	9.00-9.45	M Stiff black organic SOIL, fat SILT (OH).	121.35	80.12	46.32	33.80	2.22	-	-	87.84	12.36	0.00	-	-	-	-	-	-	1480	-	Fat Silty, organic SOIL	MH	6		
		U14	9.50-10.00		127.83	88.32	50.50	37.82	2.04	9.19	4.03	97.14	2.86	0.00	9.54	5	-	-	-	-	-	2.62	-	Fat Silty, organic SOIL	MH	-	
	5	D15	10.00-10.45	Very soft becoming soft dark-gray lean CLAY (CL), bottom of pond, Q-4, alluvia, wet soil layer.	36.03	36.65	23.23	13.42	0.88	-	-	85.59	14.41	0.00	-	-	-	-	-	-	495	-	Lean CLAY	CL	2		
		U16	10.50-11.00		41.88	36.99	22.21	14.78	1.33	12.58	8.87	98.32	1.68	0.00	11.13	5	0.186	6.33x10 ⁻⁹	1.04	1.18x10 ⁻¹⁰	955	2.69	Lean CLAY	CL	-		
		D17	11.00-11.45		37.55	40.12	23.15	16.97	0.85	-	-	96.84	3.16	0.00	-	-	-	-	-	-	251	-	Lean CLAY	CL	1		
		D18	12.00-12.45		37.88	36.20	23.21	12.99	1.13	-	-	98.48	1.52	0.00	-	-	-	-	-	-	481	-	Lean CLAY	CL	2		
		U19	12.50-13.00		36.79	36.20	23.10	13.10	1.04	12.73	9.31	99.68	0.32	0.00	11.13	5	0.237	6.28x10 ⁻⁹	1.12	1.49x10 ⁻¹⁰	757	2.70	Lean CLAY	CL	-		
		D20	13.00-13.45		39.25	36.65	22.21	14.44	1.18	-	-	99.64	0.36	0.00	-	-	-	-	-	-	474	-	Lean CLAY	CL	2		
		U21	13.50-14.00		44.58	36.99	22.15	14.84	1.51	12.40	8.58	99.33	0.67	0.00	12.72	5	-	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY	CL	-
		D22	14.00-14.45		45.62	37.12	21.10	16.02	1.53	-	-	99.63	0.14	0.24	-	-	-	-	-	-	-	468	-	Lean CLAY	CL	2	
		D23	15.00-15.45		45.60	36.20	22.21	13.99	1.67	-	-	98.98	1.02	0.00	-	-	-	-	-	-	-	685	-	Lean CLAY	CL	3	
		U24	15.50-16.00		52.14	36.32	22.97	13.35	2.19	13.40	8.81	99.45	0.55	0.00	14.31	8	0.155	6.25x10 ⁻⁹	1.27	9.69x10 ⁻¹¹	1164	2.69	Lean CLAY	CL	-		
D25	16.00-16.45	45.82	36.64	21.12	15.52	1.59	-	-	99.84	0.16	0.00	-	-	-	-	-	-	-	236	-	Lean CLAY	CL	1				
U26	16.50-17.00	36.02	36.65	20.21	16.44	0.96	12.08	8.95	98.14	1.86	0.00	9.54	5	-	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY	CL	-			
BH-3	6	D27	17.00-17.45	Very soft lean CLAY	54.69	37.10	22.64	14.46	2.22	-	-	99.33	0.67	0.00	-	-	-	-	-	450	-	Lean CLAY	CL	2			
		D28	18.00-18.45	M. dense becoming dense clayey well-graded fine to medium SAND	18.50	32.23	21.12	11.11	-0.24	-	-	17.11	82.89	0.00	-	-	-	-	-	-	3026	-	Clayey well-graded SAND	SC	14		
	D29	19.00-19.45	17.26		34.12	20.21	13.91	-0.21	-	-	39.88	60.12	0.00	-	-	-	-	-	-	9576	-	Clayey well-graded SAND	SC	45			
	D30	20.00-20.45	18.81	35.20	19.32	15.88	-0.03	-	-	21.45	75.43	3.12	-	-	-	-	-	-	-	3795	-	Clayey well-graded SAND	SC	18			
	7	D31	21.00-21.45	Medium stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	23.91	40.12	24.10	16.02	-0.01	-	-	94.59	5.17	0.24	-	-	-	-	-	-	1676	-	Lean CLAY	CL	8		
		D32	22.00-22.45		22.59	39.32	23.10	16.22	-0.03	-	-	97.33	2.67	0.00	-	-	-	-	-	-	1862	-	Lean CLAY	CL	9		
		D33	23.00-23.45		23.42	40.11	22.54	17.57	0.05	-	-	84.96	15.04	0.00	-	-	-	-	-	-	6308	-	Lean CLAY, with sand	CL	31		
	8	D34	24.00-24.45	Dense well-graded SAND	12.28	32.23	16.32	15.91	-0.25	-	-	40.96	59.04	0.00	-	-	-	-	-	-	6843	-	Silty well-graded SAND	CL	34		
		D35	25.00-25.45	Very Stiff to hard lean CLAY (CL) to sandy lean CLAY (CL), gravel, Q-4, alluvia.	11.31	35.25	18.32	16.93	-0.41	-	-	52.42	47.58	0.00	-	-	-	-	-	-	-	7566	-	Sandy lean CLAY	CL	38	
		U36	25.50-26.00		11.34	35.16	18.18	17.00	-0.40	18.93	15.97	55.32	44.68	0.00	47.71	8	-	-	-	-	-	2.70	-	Sandy lean CLAY	CL	-	
		D37	26.00-26.45		14.62	36.26	22.21	14.05	-0.54	-	-	76.50	19.36	4.13	-	-	-	-	-	-	-	4735	-	Lean CLAY, with sand	CL	24	
		D38	27.00-27.45		18.08	35.80	21.12	14.68	-0.21	-	-	90.93	9.07	0.00	-	-	-	-	-	-	-	6245	-	Lean CLAY	CL	32	
	D39	28.00-28.45	14.45		36.36	21.54	14.82	-0.48	-	-	73.82	26.18	0.00	-	-	-	-	-	-	-	6955	-	Lean CLAY, with sand	CL	36		
	9	D40	29.00-29.45	Dense clayey well-graded medium SAND (SC), gravel.	14.98	32.20	18.18	14.02	-0.23	-	-	15.83	84.17	0.00	-	-	-	-	-	-	-	7842	-	Clayey well-graded SAND	SC	41	
		D41	30.00-30.45		15.74	32.23	23.20	9.03	-0.83	-	-	14.50	85.50	0.00	-	-	-	-	-	-	-	7011	-	Clayey well-graded SAND	SC	37	
		D42	31.00-31.45		12.81	35.23	18.20	17.03	-0.32	-	-	14.66	64.78	20.56	-	-	-	-	-	-	-	8632	-	Clayey well-graded SAND	SC	46	
		U43	31.50-32.00		15.46	36.99	18.32	18.67	-0.15	20.90	18.78	13.11	86.89	0.00	4.24	40	-	-	-	-	-	-	2.67	-	Clayey well-graded SAND	SC	-
	10	D44	32.00-32.45	Hard becoming very hard lean CLAY (CL) & lean CLAY (CL), with sand, trace fine gravel, Q-4, alluvia.	16.65	40.12	19.19	20.93	-0.12	-	-	97.19	2.81	0.00	-	-	-	-	-	-	-	10224	-	Lean CLAY	CL	55	
		D45	33.00-33.45		21.10	36.32	20.10	16.22	0.06	-	-	84.33	7.03	8.64	-	-	-	-	-	-	-	6085	-	Lean CLAY	CL	33	
		D46	34.00-34.45		14.39	36.26	21.12	15.14	-0.44	-	-	94.28	5.72	0.00	-	-	-	-	-	-	-	6761	-	Lean CLAY	CL	37	
		D47	35.00-35.45		14.16	36.36	20.21	16.15	-0.37	-	-	73.30	26.10	0.61	-	-	-	-	-	-	-	6883	-	Lean CLAY, with sand	CL	38	
	11	D48	36.00-36.45	Very hard lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, trace fine gravel, bed rock layer.	13.65	36.99	19.32	17.67	-0.32	-	-	84.48	15.52	0.00	-	-	-	-	-	-	-	10767	-	Lean CLAY, with sand	CL	60	
		D49	37.00-37.45		9.89	36.56	20.21	16.35	-0.63	-	-	92.04	7.96	0.00	-	-	-	-	-	-	-	16541	-	Lean CLAY	CL	93	
		D50	38.00-38.45		10.40	36.99	19.19	17.80	-0.49	-	-	69.11	30.89	0.00	-	-	-	-	-	-	-	10060	-	Lean CLAY, with sand	CL	57	
D51		39.00-39.45	14.18		37.15	20.10	17.05	-0.35	-	-	73.04	26.96	0.00	-	-	-	-	-	-	-	7532	-	Lean CLAY, with sand	CL	43		
D52		40.00-40.45	18.93		40.12	21.12	19.00	-0.12	-	-	81.47	18.53	0.00	-	-	-	-	-	-	-	9032	-	Lean CLAY, with sand	CL	52		

出所: 調査団

(g) ボーリング No.5

表 R 2.2.11 ボーリング No.5 (BH-5) 室内試験結果

BOREHOLE STRATUM SAMPLE	DEPTH INTERVAL (M)	DESCRIPTION OF STRATA	Water Content	ATTEBERG LIMIT					DENSITY OF SOILS			PARTICLE SIZE DISTRIBUTION			Direct Shear Test		Consolidation Test						SPECIFIC GRAVITY	Group Name	Group Symbol	S.P.T TEST
				W %	LL%	PL%	IP	IL	B.D	D.D	M & C	SAND	GRAVEL	C	φ	MV	CV	e _o	K	E	Gs	ASTM				
BH-5	1	D1 1.00-1.45	Top soil, silty well-graded SAND, Loose	25.67	28.23	23.23	3.00	0.81	-	-	25.15	74.85	0.00	-	-	-	-	-	-	1346	-	Silty-well-graded SAND	SM	3		
		D2 2.00-2.45		26.94	27.12	24.21	2.91	0.94	-	-	21.33	78.67	0.00	-	-	-	-	-	-	2800	-	Silty-well-graded SAND	SM	7		
		U3 2.50-3.00		26.27	26.23	23.32	2.91	1.01	14.87	11.78	45.05	54.95	0.00	0.00	26	-	-	-	-	-	-	-	2.67	-	Silty-well-graded SAND	SM
	2	D4 3.00-3.45	Very soft lean CLAY, wet soil layer.	66.50	40.12	23.23	16.89	2.56	-	-	87.04	12.96	0.00	13.52	7	0.169	7.83x10 ⁻⁹	0.75	1.32x10 ⁻¹⁵	743	-	Lean CLAY	CL	2		
		U5 3.50-4.00		61.83	39.32	23.32	16.00	2.41	14.69	9.08	87.69	12.31	0.00	-	-	-	-	-	-	2517	-	Lean CLAY	CL	-		
	3	D6 4.00-4.45	Medium stiff to stiff lean CLAY (CL), Q-4, alluvia.	27.82	39.32	24.21	15.11	0.24	-	-	97.96	2.04	0.00	-	-	-	-	-	-	4264	-	Lean CLAY	CL	13		
		D7 5.00-5.45		29.54	40.12	23.32	16.80	0.37	-	-	96.73	3.27	0.00	-	-	-	-	-	-	1892	-	Lean CLAY	CL	6		
	4	D9 6.00-6.45	Stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	26.67	59.32	25.25	34.07	0.04	-	-	99.54	0.46	0.00	-	-	-	-	-	-	5125	-	Lean CLAY	CH	17		
		D10 7.00-7.45		38.46	36.32	23.23	13.09	1.16	-	-	86.23	13.77	0.00	-	-	-	-	-	-	1173	-	Lean CLAY	CL	4		
	5	U11 7.50-8.00	Very soft becoming soft lean CLAY, bottom of pond, Q-4, alluvia, wet soil layer.	87.95	36.32	22.62	13.70	4.77	13.36	7.11	85.94	14.06	0.00	13.52	7	0.420	2.18x10 ⁻⁸	1.60	9.18x10 ⁻¹¹	641	2.69	Lean CLAY	CL	-		
		D12 8.00-8.45		37.33	36.32	23.21	13.11	1.08	-	-	91.48	8.52	0.00	-	-	-	-	-	-	856	-	Lean CLAY	CL	3		
		D13 9.00-9.45		62.27	36.36	22.21	14.15	2.83	-	-	96.48	3.52	0.00	-	-	-	-	-	-	794	-	Lean CLAY	CL	3		
		U14 9.50-10.00		36.24	36.65	21.14	15.51	0.97	13.74	10.09	95.50	4.50	0.00	13.52	7	0.186	8.69x10 ⁻⁹	0.86	1.61x10 ⁻¹⁵	868	2.69	Lean CLAY	CL	-		
		D15 10.00-10.45		36.24	35.20	21.12	14.08	1.07	-	-	99.37	0.63	0.00	-	-	-	-	-	-	987	-	Lean CLAY	CL	4		
		U16 10.50-11.00		28.64	36.32	20.21	16.11	0.52	13.21	10.27	97.91	2.09	0.00	13.52	7	-	-	-	-	-	-	2.69	-	Lean CLAY	CL	-
		D17 11.00-11.45		24.70	36.32	22.10	14.22	0.18	-	-	98.13	1.87	0.00	-	-	-	-	-	-	-	467	-	Lean CLAY	CL	2	
		D18 12.00-12.45		24.72	35.26	18.32	16.94	0.38	-	-	98.61	1.39	0.00	-	-	-	-	-	-	-	439	-	Lean CLAY	CL	2	
	6	U19 12.50-13.00	Stiff to very stiff sandy lean CLAY (CL), Q-4, alluvia, wet soil layer.	32.85	36.32	19.32	17.00	0.80	12.58	9.47	55.90	44.10	0.00	11.13	5	0.094	1.91x10 ⁻⁸	0.67	1.80x10 ⁻¹¹	3085	2.69	Sandy lean CLAY	CL	-		
		D20 13.00-13.45		13.52	35.26	22.23	13.03	-0.67	-	-	51.50	48.50	0.00	-	-	-	-	-	-	2824	-	Sandy lean CLAY	CL	14		
	7	U21 13.50-14.00	Very stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	16.94	36.23	22.15	14.08	-0.37	18.24	15.59	51.14	48.86	0.00	46.91	7	-	-	-	-	-	2.69	-	Sandy lean CLAY	CL	-	
D22 14.00-14.45		17.15		36.36	21.10	15.26	-0.26	-	-	64.35	34.10	1.55	-	-	-	-	-	-	3257	-	Lean CLAY, with sand	CL	17			
D23 15.00-15.45		17.23		36.32	19.32	17.00	-0.12	-	-	71.61	28.39	0.00	-	-	-	-	-	-	2383	-	Lean CLAY, with sand	CL	13			
U24 15.50-16.00		20.15		36.84	20.14	16.50	0.00	18.25	15.19	70.30	29.70	0.00	52.48	5	-	-	-	-	-	2.70	-	Lean CLAY, with sand	CL	-		
8	D25 16.00-16.45	Very stiff fat CLAY (CH), Q-4, alluvia.	28.04	58.58	22.30	36.28	0.16	-	-	95.06	4.94	0.00	-	-	-	-	-	-	3858	-	Fat CLAY	CH	22			
	U26 16.50-17.00		27.03	58.97	22.31	36.66	0.13	20.40	14.98	94.22	5.78	0.00	58.84	8	-	-	-	-	-	2.69	-	Fat CLAY	CH	-		

出所: 調査団

(4) 水位調査

水位調査は、下水処理場建設予定地内及びその周辺の水位を計測するために実施している。本調査の結果は、下水処理場建設予定地の計画地盤高の設定及び下水処理施設の施設高を検討するために使用される。本調査の概要、調査位置及び調査箇所状況写真をそれぞれ、表 R 2.2.12、図 R 2.2.14 及び写真 R 2.2.3 に示す。

表 R 2.2.12 水位調査の概要

期間	調査頻度
2018年6月～2018年8月 2018年11月～2019年3月	1週間に1回
2018年9月～2018年10月	1週間に3回

出所: 調査団



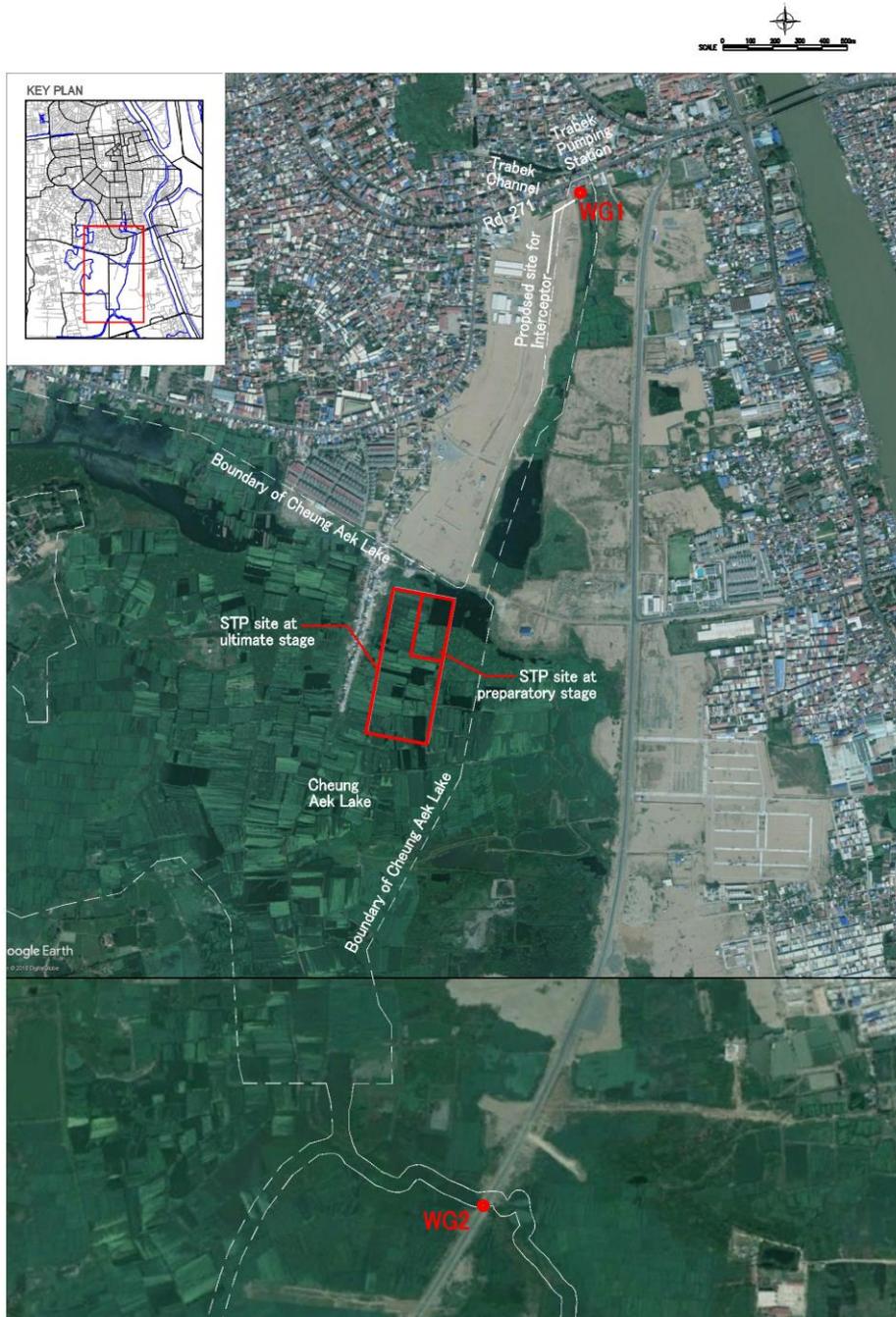
WG1 地点



WG2 地点

出所: 調査団

写真 R 2.2.3 水位調査地点の状況

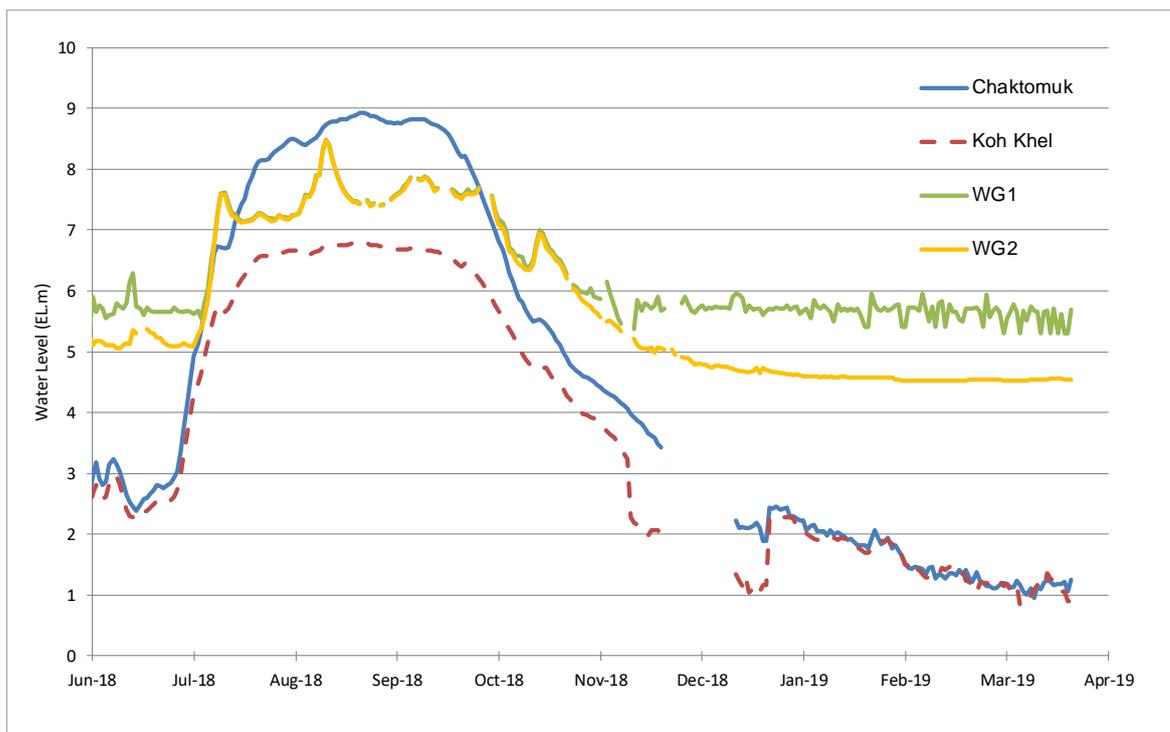


出所: 調査団

図 R 2. 2. 13 水位調査 調査地点図

図 R1.2.1 に、WG1 と WG2 地点の観測水位に加え、Chaktomuk 及び Koh Khel 観測所の水位を参考として示す。最大水位は、2018 年 8 月に WG1 地点で観測された EL. +8.48 m であった。最小水位は、2019 年 3 月に WG2 地点で観測された EL. +4.53 m であった。

また、乾季においては、WG1 及び WG2 地点の水位が、Chaktomuk/Koh Khel 観測所の水位を上回るのに対し、雨季は、逆に、WG1 及び WG2 地点の水位が、Chaktomuk/Koh Khel 観測所のそれを上回る。これより、雨季には、Cheung Aek 湖の水位は、外水位の影響を受けていることがわかる。



注) 2018年12月～2019年3月のChaktomuk及びKoh Khel観測所の値は入手できなかったため、前年度(2017年12月～2018年3月)の値を表示している。

出所: 調査団

図 R 2.2.14 水位調査 調査結果

(5) 水質及び底泥調査

水質及び底泥調査は、下水処理場建設予定地内及び下水処理場に流入する排水路の水質及び底泥の状況(重金属の含有がないか等)を把握するために実施した。本調査の概要、調査位置及び調査箇所の状況写真をそれぞれ、表 R 2.2.13、図 R 2.2.15 及び写真 R 2.2.4 に示す。また、調査結果を表 R 2.2.14 にまとめ、その概要を以下に列挙する。

- **BOD, TSS:** 乾季(12月)に高い BOD₅ が観測され、最大値は W-2 地点における 215 mg/L であった。本処理場の取水地点に最も近い W-1a 及び W-1b 地点における BOD の最大値は 185 mg/L(12月値)であった。同地点における TSS 値はバラつきが大きく、最小値は 42 mg/L(8月値)、最大値は 296 mg/L(12月値)であった。8月は雨期であるため、雨の影響が大きいと考えられる。

T-N, T-P 及び重金属: 本プロジェクトでは除去の対象としていないが、参考のため分析した。その結果、T-N の最小値、最大値は、16.1 mg/L 及び 44.8 mg/L であった。T-P の最小値、最大値は、1.27 mg/L 及び 6.0 mg/L であった。重金属については、検出されないうか、基準値³以下であった。

- **底泥試験:** 底泥に係る基準がないため、カンボジアの廃棄物に係る基準(Prakas No. 387:Standards of the quantity of toxic chemicals or hazardous substances contained in

³ 本調査の採取水は、採水地点の状況から河川水や湖水ではなく生下水であると考えられるため、MOE の「公共水域への排水基準：公共水域及び下水管へ排出する場合の基準」と比較する。

hazardous waste which is allowed to be disposed in sanitary landfills)と比較したところ、
 全て基準値以下となった。

表 R 2.2.13 水質及び底泥調査の内容

項目	水質調査	底泥調査
調査位置	W-1a: 汚水流出地点 (Trabek ポンプ場取水口) W-1b: 汚水流出地点 (Trabek ポンプ場吐出口) W-2: Trabek 排水路 (288 通り付近) W-3: Tumpun ポンプ場 W-4: Tumpun 排水路 W-5: 下水処理場建設予定地	S-1: 汚水流出地点 (Trabek ポンプ場) S-2: 下水処理場建設予定地
分析項目	<ul style="list-style-type: none"> ● pH, DO, T-BOD, S-BOD, T-COD_{Cr}, S-COD_{Cr}, TSS, T-N, NH₄-N, T-P, Total Coliform ● 重金属 (カドミウム(Cd), 鉛(Pb), 水銀(Hg), セレン(Se), ヒ素(As), 六価クロム(Cr⁶⁺)) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 重金属 (カドミウム(Cd), 鉛(Pb), 水銀(Hg), セレン(Se), ヒ素(As), 六価クロム(Cr⁶⁺))
調査時期	雨季: 2018年6月(8月) 乾季: 2018年12月	2018年6月

出所: 調査団



W-1a (S-1) 地点



W-5 (S-2) 地点

出所: 調査団

写真 R 2.2.4 水質及び底泥調査の状況



出所: 調査団

図 R 2. 2. 15 水質及び底泥調査 調査地点図

表 R 2. 2. 14 水質及び底泥調査の結果

No	Item	Standard	Unit	W-1 a	W-2	W-3	W-4	W-5	W-1 a		W-1 b		W-1 a	W-1 b	W-2	W-3	W-4	W-5	
										taken in AM	taken in PM	taken in AM	taken in PM						
Date of Monitoring				18 June 2018					22 August 2018				13 December 2018						
1 Water Quality Analysis																			
1	pH	5.0-9.0	-	6.99	7.21	7.17	7.26	7.10	6.95	7.09	7.18	7.26	6.86	6.99	7.21	7.14	7.16	6.99	
2	DO	> 1.0	mg/L	2.30	2.20	2.40	2.10	2.30	2.30	2.20	2.50	2.60	2.10	2.30	2.30	2.20	2.10	2.50	
3	T-BOD ₅	< 80	mg/L	85	93	98	78	83	115	155	180	145	135	185	215	190	170	185	
4	S-BOD ₅	N/A	mg/L	47	55	56	49	47	63.0	65.0	61.0	59.0	65	69	71	73	68	67	
5	T-COD _{Cr}	< 100	mg/L	160	170	180	150	160	210	280	270	260	285	355	425	395	370	375	
6	S-COD _{Cr}	N/A	mg/L	145	160	170	138	135	195	260	245	240	215	265	340	340	290	310	
7	TSS	< 120	mg/L	66	86	84	110	56	62.0	46.0	42.0	68.0	152	296	196	104	340	172	
8	T-N	N/A	mg/L	16.5	17.5	16.1	17.4	16.4	26.0	27.5	28.0	27.2	35	43	37.8	44.8	38.5	25.2	
9	NH ₄ -N	< 7	mg/L	12.6	14.0	8.4	11.2	9.8	11.2	12.6	14.0	11.8	7.8	9.1	7.7	9.8	8.0	6.3	
10	NO ₂	N/A	mg/L	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	0.03	
11	NO ₃	< 20	mg/L	0.41	0.38	0.57	0.41	0.79	0.20	0.20	0.20	0.20	0.74	0.69	0.72	0.70	0.69	0.53	
12	T-P	N/A	mg/L	1.27	1.55	1.75	1.60	1.89	1.43	1.35	1.34	1.40	6.00	4.25	5.25	5.50	3.25	3.00	
13	Cadmium(Cd)	< 0.5	mg/L	ND	ND	ND	0.024	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
14	Lead(Pb)	< 1.0	mg/L	ND	0.100	ND	0.450	0.065	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
15	Mercury(Hg)	< 0.05	mg/L	0.038	ND	ND	0.041	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
16	Selenium(Se)	< 0.5	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
17	Arsenic(As)	< 1.0	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
18	Chromium (Cr ⁶⁺)	< 0.5	mg/L	0.026	0.019	0.013	0.022	0.029	0.013	0.016	0.019	0.022	0.160	0.220	0.430	0.190	0.300	0.140	
19	Total Coliform	N/A	CFU/100mL	5.2E+03	4.8E+05	5.9E+05	5.4E+05	5.6E+03	1.3E+07	1.6E+07	2.0E+07	2.3E+07	2.1E+07	2.5E+07	1.9E+07	2.4E+07	1.1E+06	2.2E+06	
20	E. coli	N/A	CFU/100mL	4.8E+02	3.7E+04	4.1E+04	4.7E+04	3.9E+03	1.2E+07	1.4E+07	1.9E+07	2.2E+07	1.6E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	9.9E+05	8.2E+05	

No	Item	Reference ¹⁾	Unit	S-1	S-2
Date of Monitoring				18 June 2018	
2 Sediment Analysis					
2.1 Analysis (Dissolution)					
1	Cadmium(Cd)	< 5	mg/kg	0.29	0.23
2	Lead(Pb)	< 420	mg/kg	0.19	2.40
3	Mercury(Hg)	< 10	mg/kg	1.33	0.45
4	Selenium(Se)	< 100	mg/kg	ND	ND
5	Arsenic(As)	< 40	mg/kg	0.67	1.15
6	Chromium (Cr ⁶⁺)	< 380	mg/kg	1.35	4.29
2.2 Analysis (Acid Digestion)					
1	Cadmium(Cd)	< 5	mg/kg	1.12	1.41
2	Lead(Pb)	< 420	mg/kg	3.92	7.22
3	Mercury(Hg)	< 10	mg/kg	3.58	1.71
4	Selenium(Se)	< 100	mg/kg	0.11	0.10
5	Arsenic(As)	< 40	mg/kg	1.41	1.59
6	Chromium (Cr ⁶⁺)	< 380	mg/kg	3.02	6.15

Note 1) : Prakas No. 387:Standards of the quantity of toxic chemicals or hazardous substances contained in hazardous waste which is allowed to be disposed in sanitary landfills

出所: 調査団

(6) プノンペン都における水質モニタリングの状況

MOE は、プノンペン都内及びその周辺において、1 ヶ月に 1 度の頻度で水質モニタリングを実施している。入手できた 2010 年 1 月～2017 年 12 月までのデータによると、モニタリング箇所は、表 R 2.2.15 及び図 R 2.2.16 に示す 9 箇所(2010 年～2013 年:観測地点 A～I でモニタリング、2014 年～2017 年:観測地点 A～H と J でモニタリング)であり、モニタリング項目は、pH, TSS, BOD, COD, T-N, T-P 及び Cr⁶⁺である。

MOE は、9 箇所のモニタリング箇所のうち、A～E の箇所については、河川水に適用される水質環境基準との比較を行い、F～J の箇所については、汚水に適用される公共水域への排水基準値との比較を行っている。その結果を、図 R 2.2.17 及び図 R 2.2.18 に示す。また、各モニタリング箇所における観測値の最小値、最大値及び平均値を表 R 2.2.16 にまとめる。

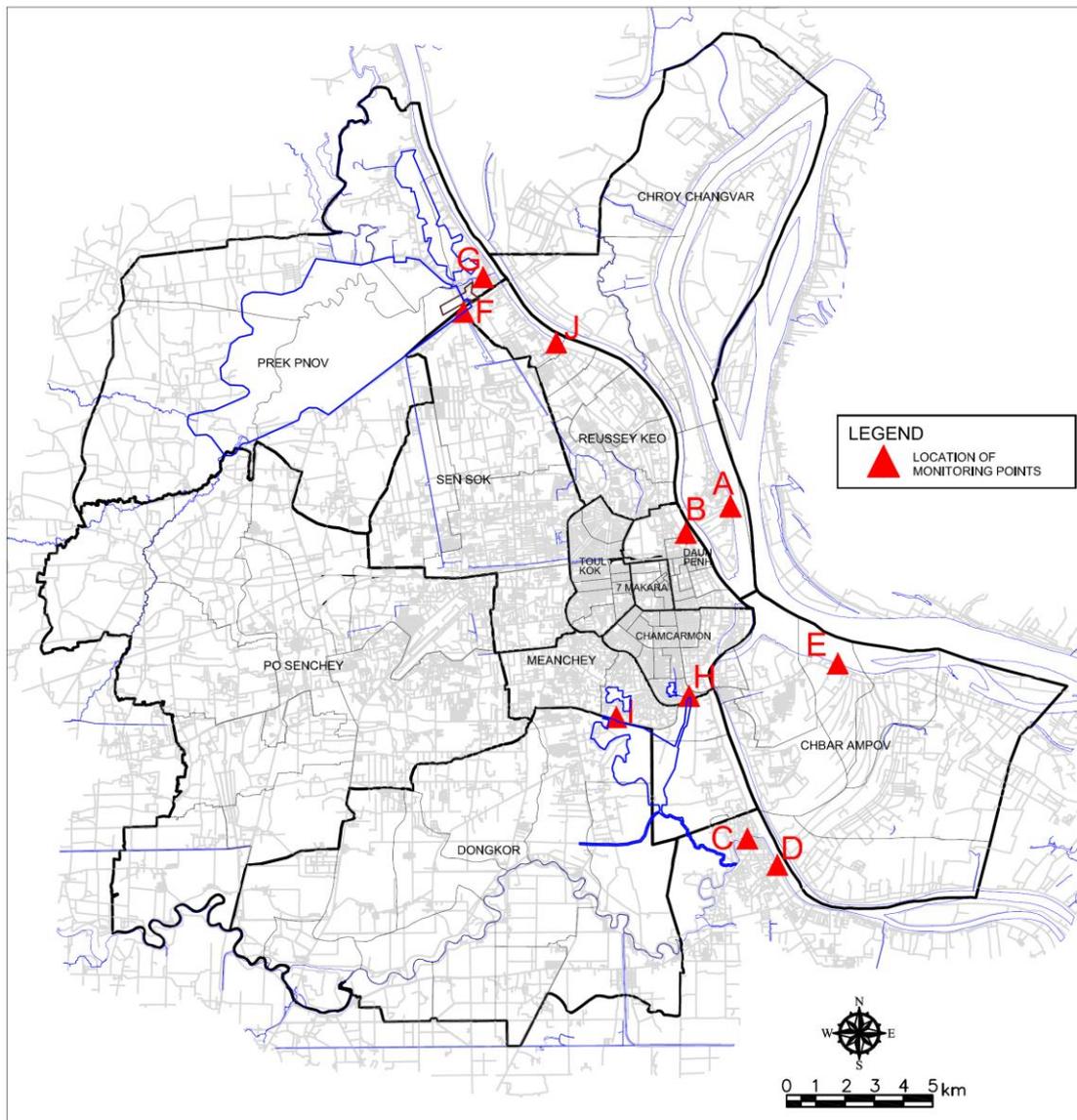
さらに、以下では、新設する下水処理場への流入水となる観測地点 H(Trabek)と、現状 Cheung Aek 湖に溜まった水の放流先となっており、かつ新設する下水処理場の処理水の流出先ともなる観測地点 C(Prek Thnot 川, Thakhmao 橋)の水質の状況を取りまとめる。

- 観測地点 C(Prek Thnot 川, Thakhmao 橋): 乾季に高い BOD₅ が観測され、その値は近年、40～70 mg/L で推移している。TSS は、ここ数年、80～130 mg/L で推移している。T-N は、一般に雨季に高くなり、その値は 6～9 mg/L である。T-P は、年間を通じて概ね 1.0～2.0 mg/L で推移している。
- 観測地点 H (Trabek): 全観測地点 9 地点の中で最も高い BOD₅ 値を観測する地点である。その平均値は 208 mg/L に達している。とりわけ、直近 3 年間の BOD₅ 値がそれ以前の値より高くなっている。TSS は、観測値が概ね 120～220 mg/L で推移している。一般に、雨季において T-N 濃度が上昇し、その値は 12～18 mg/L 程度となる。T-P 値は、概ね 1.0～3.0 mg/L で推移する。一方、六価クロム(Cr⁶⁺)は、排水基準値(0.5 mg/L)を上回ったことは一度もない。

表 R 2.2.15 MOE による水質モニタリングポイント及び入手したデータの範囲

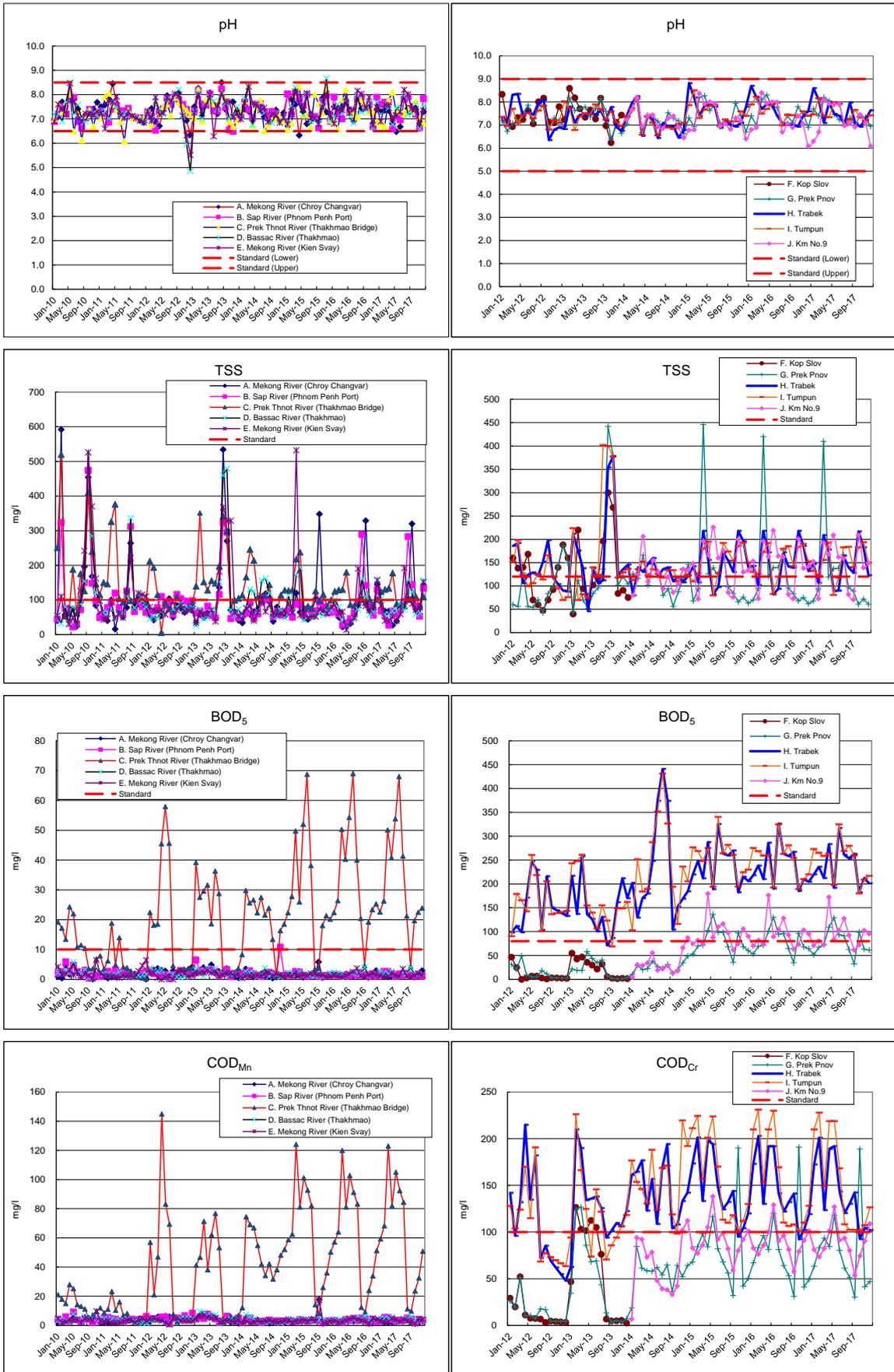
No.	Monitoring Points	Available Data
A	Mekong River (Chroy Changvar)	Data: January 2010 to December 2017
B	Sap River (Phnom Penh Port)	
C	Prek Thnot River (Thakhmao Bridge)	
D	Bassac River (Thakhmao)	
E	Mekong River (Kien Svay)	
F	Kop Slov	January 2012 to December 2013
G	Prek Pnov	January 2012 to December 2017
H	Trabek	Ditto
I	Tumpun	Ditto
J	Km. No.9	January 2014 to December 2017

出所：MOE の資料に基づき調査団が作成



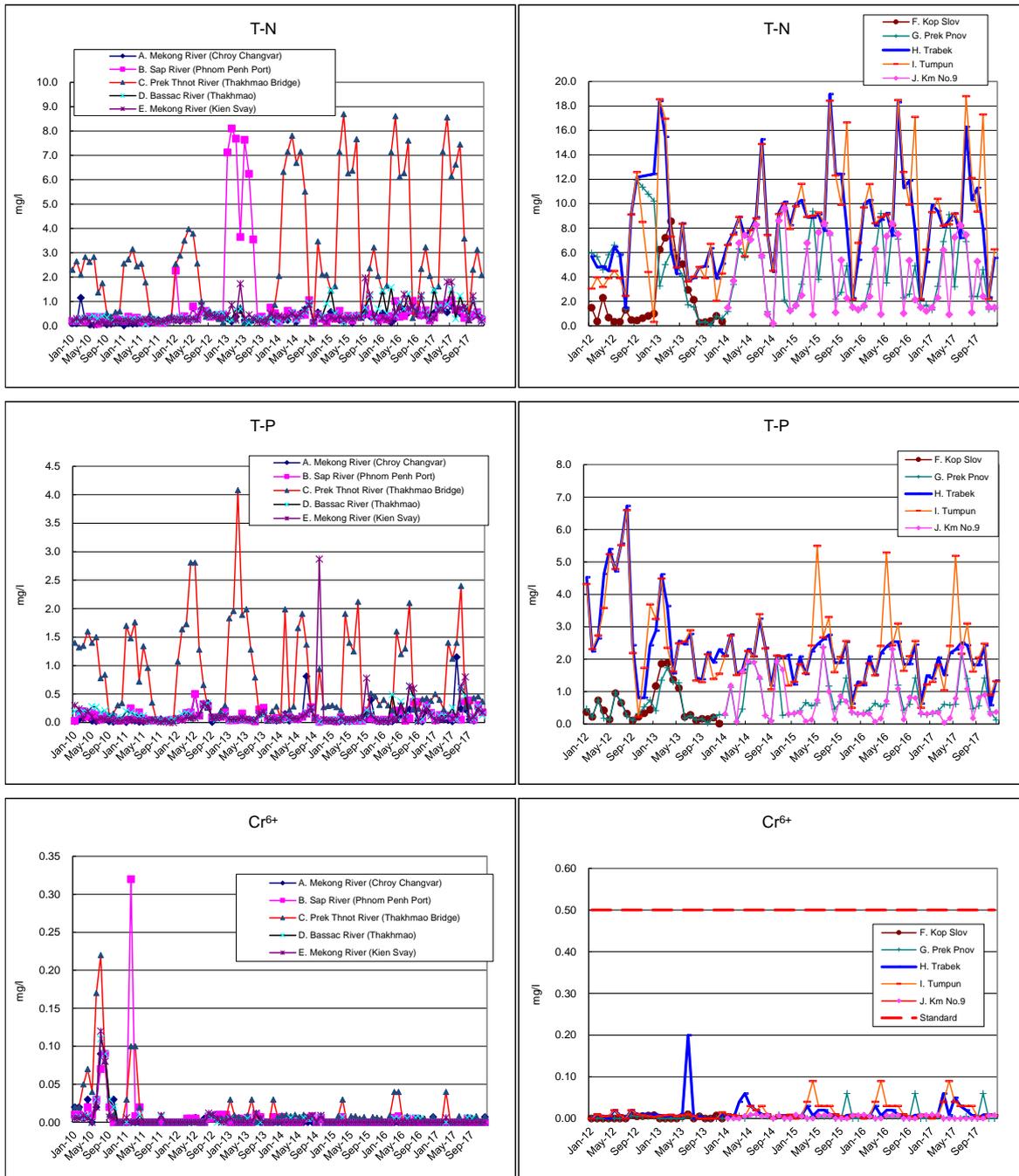
出所：MOE の資料に基づき調査団が作成

図 R 2.2.16 MOE による水質モニタリングポイント



出所：MOE の資料に基づき調査団が作成

図 R 2. 2. 17 MOE による水質モニタリングの結果 (1/2)



出所：MOE の資料に基づき調査団が作成

図 R 2. 2. 18 MOE による水質モニタリングの結果 (2/2)

表 R 2.2.16 各モニタリングポイントにおける観測値の最小値、最大値及び平均値

Location		pH (-)	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Cr ⁶⁺ (mg/L)
A. Mekong River (Chroy Changvar)	Min	6.33	16.0	0.1	1.4	-	0.01	0.01	ND
	Max	8.50	592.0	5.8	17.6	-	1.15	1.15	0.090
	Average	7.35	97.9	1.7	3.6	-	0.35	0.10	0.021
B. Sap River (Phnom Penh Port)	Min	6.49	22.0	0.2	1.4	-	0.08	0.01	ND
	Max	8.24	474.0	10.8	9.3	-	8.11	0.50	0.320
	Average	7.36	94.3	2.1	4.0	-	0.86	0.12	0.021
C. Prek Thnot River (Thakhmao Bridge)	Min	6.09	5.8	0.2	1.3	-	0.13	0.03	ND
	Max	8.38	520.0	69.0	145.0	-	8.69	4.08	0.220
	Average	7.31	137.8	21.2	40.8	-	2.72	0.87	0.024
D. Bassac River (Thakhmao)	Min	4.85	22.0	0.1	0.8	-	0.07	0.01	ND
	Max	8.67	526.0	5.8	9.4	-	1.58	0.64	0.110
	Average	7.33	97.4	1.9	4.0	-	0.49	0.13	0.015
E. Mekong River (Kien Svay)	Min	5.52	14.0	0.0	0.6	-	0.04	0.00	ND
	Max	8.47	532.0	6.5	17.6	-	1.97	2.87	0.120
	Average	7.37	99.5	1.7	3.5	-	0.44	0.15	0.017
Standard for A. to E.		6.5-8.5	<100	<10	-	-	-	-	<0.05
F. Kop Slov	Min	6.24	40.0	0.7	-	2.6	0.26	0.01	ND
	Max	8.59	300.0	54.8	-	126.4	8.56	1.88	0.010
	Average	7.49	129.1	16.4	-	35.4	2.08	0.56	0.007
G. Prek Pnov	Min	6.41	42.0	1.0	-	3.4	0.09	0.03	ND
	Max	8.30	446.0	136.2	-	191.0	11.93	2.38	0.060
	Average	7.40	122.9	49.6	-	60.0	4.50	0.70	0.011
H. Trabek	Min	6.35	46.0	70.9	-	47.9	1.48	0.58	ND
	Max	8.82	378.0	441.0	-	215.0	18.98	6.73	0.200
	Average	7.43	147.0	207.7	-	136.0	8.48	2.31	0.017
I. Tumpun	Min	6.56	70.0	68.9	-	63.5	0.32	0.23	ND
	Max	8.51	402.0	431.3	-	231.0	18.80	6.60	0.090
	Average	7.43	150.4	219.7	-	141.0	8.47	2.40	0.019
J. Km No.9	Min	6.09	71.0	4.0	-	6.7	0.18	0.04	ND
	Max	8.40	226.0	179.5	-	138.2	9.64	2.36	0.010
	Average	7.25	141.3	80.1	-	83.0	4.15	0.73	0.008
Standard for F to I.		5.0-9.0	<120	<80	-	<100	-	-	<0.5

ND: Not Detected

出所：MOE の資料に基づき調査団が作成

また、MOE では、工場排水のモニタリングも実施している。2017 年におけるモニタリング工場数を調べたところ、全国で 28 工場(うち、プノンペン都は 16 工場)であった。モニタリング項目は、pH, TSS, BOD₅, COD_{Cr}, Oil & Grease, NH₃ の 6 項目であった。28 工場のうち、水質基準を超過したのは、COD_{Cr} の超過と pH の超過がそれぞれ 1 工場であり、いずれもプノンペン都内に位置する工場であった。

(7) 地下埋設物調査

プノンペン都における地下埋設物は、表 R 2.2.17 に示すように、上下水道、電気、電話、テレビ及び光ケーブルの 6 種類がある。

表 R 2.2.17 地下埋設物管轄機関一覧

埋設物	管理	管轄機関
下水道(排水管)	公共	DPWT
	公共	District Office
上水道	公共	PPWSA
電気	公共	EDC
電話	公共	Telecom Cambodia
	民間	Camintel
テレビ	民間	PPFOTV
光ケーブル	民間	CFOCN

出所: 調査団

なお、本調査により、地下埋設物の概ねの位置は把握できるが、施工時には、請負業者は、事前に管渠敷設区間において試験掘りを実施し、各埋設物の正確な位置を確認して工事着手するよう仕様書にて定めることとする。

2.2.3 環境社会配慮

2.2.3.1 環境影響評価

2.2.3.1.1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本事業における事業コンポーネントは、第3章の表 R 3.1.1 に示すとおりである。

2.2.3.1.2 ベースとなる環境社会の状況

(1) 自然環境

(a) 地質

カンボジアの地質は、第四紀堆積岩や未固結堆積物等の比較的新しい層から構成される。また、東北部の上部ジュラ紀-白亜紀堆積物や南西部における下部ジュラ紀中期堆積物等の比較的古い土壌もみられる。プノンペン都の地質は、主に第四紀堆積岩で構成されている。

(b) 土壌

Mekong デルタ地域の地質構造は先カンブリア紀から完新世の時期に形成された。旧沖積層は、鮮新世と更新世の間に、Mekong 川とその支流によって三角州状に形成され、その後完新世の三角州状沖積層が形成された。また、広いレンズ状の砂を伴った未固結性の泥と粘土からなる完新世沖積層が全体的に三角州をおおっている。調査地周辺の完新世沖積層の層は一般的に 25 m 以下の厚さである。

完新世沖積層はラテライトを伴わずより細かい肌目で比較的多くの貝や亜炭の層を有することで旧沖積層と異なる。プノンペン都の表面の地質は、部分的な軟性の粘土とともに西から東に傾斜した基礎地盤の上を砂質の泥が覆っている状況にある。

(c) 水文

Mekong 川の水位は Chrauy Changva 観測所において、一方、Sap 川は Chaktomuk 及び Phnom Penh Port の観測所において MOWRAM によって測定されている。Bassac 川や Sap 川の最高水位は、一般的に 8 月から 10 月において記録される。Bassac 川の 2009 年から 2013 年にかけての年間最高水位は、最高で 2011 年の 9.84 m、最低で 2010 年の 7.47 m であった。一方、3 月から 5 月の水位は非常に低く(1.2 m)、水位の年間変動は時に 8.0 m にも及ぶ。河川流量の季節変動は、Mekong 川の最高流量は Sap 川への逆流が生じる雨季の 30,000 m³/s である。

(d) 大気質

カンボジアで利用可能な二次文献は多くないが、プノンペン都における JICA「プノンペン都総合交通計画プロジェクト」(2014)における大気質のモニタリング結果では、一酸化炭素(CO)、二酸化窒素(NO₂) 及び 二酸化硫黄(SO₂)の値は基準の範囲内であった。しかしながら、粉塵の指標においては非常に高い数値が確認されている。都の粉塵につ

いては、すでに 2001 年の結果においても全浮遊物質の値が高い傾向にあった。

(e) 水質

MOE が、プノンペン都内及びその周辺において、1 ヶ月に 1 度の頻度で水質モニタリングを実施している。その状況については、第 2 章「**2.2.2**」を参照。

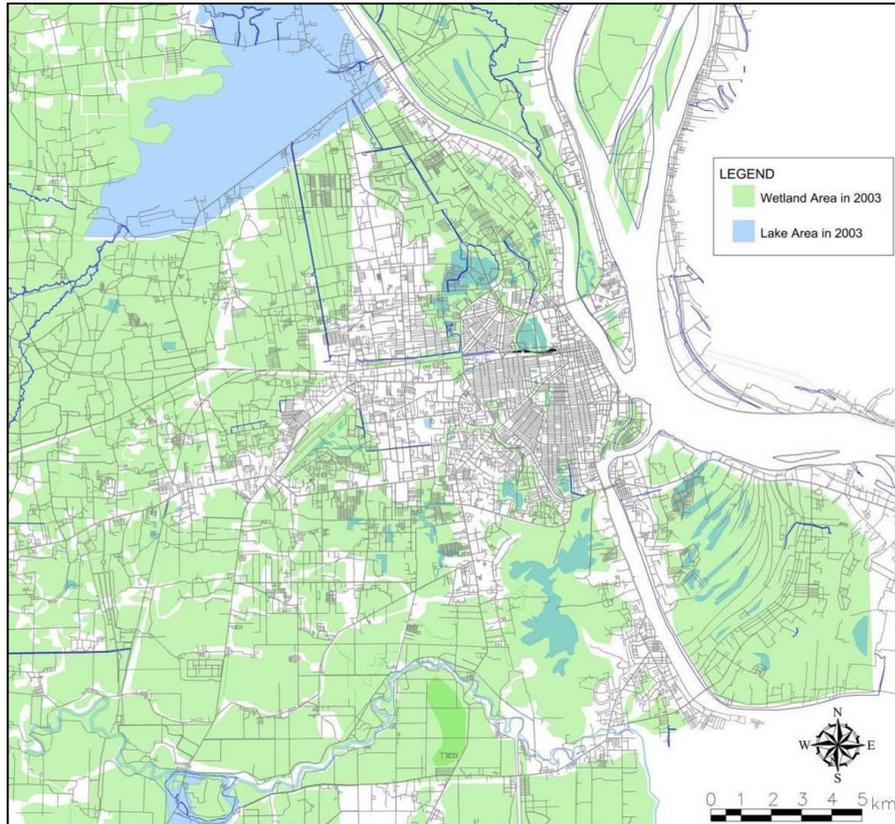
(f) 生態系

カンボジアでは、最低でも 135 種の哺乳動物、599 種の鳥類、173 種の爬虫類、72 種の両生類、350 種の鱗翅目、955 種の淡水及び海水水生生物、4,500 種の維管束植物が生存しているとされている(The Fifth National Report to the Convention on Biological Diversity, 2014)。カンボジアの中部に位置するプノンペン都では、同様の生物多様性を潜在的に有している。それら全種のうち 74 種の脊椎動物、23 種の植物は絶滅危惧種として IUCN のレッドリストに掲載されている。

(2) 社会環境

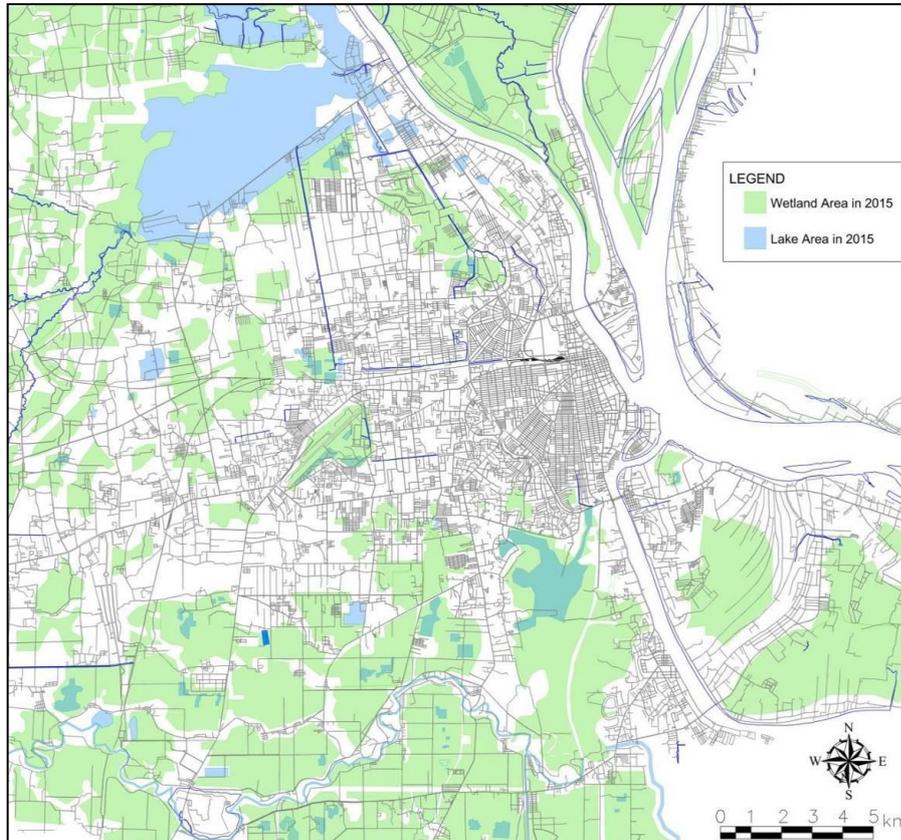
(a) 土地利用

プノンペン都の都市計画 M/P として位置付けられる「White Book on Development and Planning of Phnom Penh」(2007 年 10 月作成)では、2004 年の土地利用の状況を踏まえ、2035 年を目標とした土地利用計画を有している。本土地利用計画は、王令により設立された土地管理都市計画国家委員会による可決を経て、2015 年 12 月 23 日付けの sub-decree の発出により承認された。プノンペン都の土地利用の現状について見ると、**図 R 2.2.19** と **図 R 2.2.20** に示すように、2003 年から 2015 年にかけて、都市化の影響を受けて、湖沼の面積がほぼ半減している。



出所：「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」報告書

図 R 2.2.19 プノンペン都の湖沼の状況 (2003 年)



出所：「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」報告書

図 R 2.2.20 プノンペン都の湖沼の状況 (2015 年)

(b) 経済状況

世帯収入については、計画省国立統計所(National Institute of Statistics)が、毎年社会経済調査結果を発表している。その結果によると、カンボジア全体の平均月別世帯総所得は2011年に減少しているものの、全体としては増加傾向である。2013年の平均月別世帯総所得は1,236千Riel(約309USD、1ドル=4千Rielとして換算)であり、前年に比較して約20%の増加であった(2012年から2013年の増加率は23.1%)。

プノンペン都に関しては、全国の傾向と同様に、平均月別世帯総所得は2011年に若干低下したものの、2013年の平均所得は625USDであり、国内平均の概ね2倍であった。また、2012年から2013年の増加率は33.5%であった。

(c) 民族構成

カンボジアの民族構成はクメール系(90%)、ベトナム系(5%)、中国系(1%)及びその他(4%)である。その他の中では、Cham、Thai、Lao及びKhmer Loeuが比較的多い。近年のCambodia Socio-Economic Survey(CSES)による抽出調査による推定では、クメール系の占める割合は97%以上とされている。

(d) 交通量

プノンペン都では、経済発展に伴い交通量が増加している。都市部における交通量は60,000-90,000台/日で約75%がモーターバイクとなっている

(e) 廃棄物

プノンペン都では、3つの廃棄物処理会社によりごみ収集が行われている。それらは、1) CINTRI: 家庭廃棄物の収集及び運搬、2) Sarom: 産業廃棄物の収集と運搬及び、3) プノンペン赤十字: 有害廃棄物の燃焼(病院等の廃棄物)である。また、プノンペン都は、Dangkor区において埋立て処分場を運営しており、その面積は約31.4haである。産業廃棄物の埋立て処分場はSarom社で運営されており約5haの面積である。その他、以下のことが判明している。

- 現在廃棄物の回収業者はライセンス制となっている。このうち、一般廃棄物については、CINTRI社の独占契約となっている。
- 一般廃棄物の運搬量は、約1,800~2,000t/日で、Dangkor処分場での処分費用は、0.75USD/tとなっている。
- プノンペン都ではごみの分別(燃えるごみ(生ごみ以外)、生ごみ、燃えないゴミ)は行われていない。

(f) 衛生と生計

Cheung Aek湖は、Bassac川に流入する前の雨水調整池及び自然の汚水処理池として利用されている。湿地及び季節的な陸地また年間を通じた水域は、水生植物の栽培、畜産及び漁業に利用されている。季節的な湿地は空苺菜(ヨウサイ: Ipomoea aquatic)、ウォ

ーターミモザ(*Neptunia oleracea*)及び稲作に利用され、水系では筏を利用した水耕栽培が行われている。2009年に行われた Royal University of Agriculture の調査では、最も広い地域で空芯菜の栽培が行われていた。

2.2.3.1.3 相手国の環境社会配慮制度・組織

(1) カンボジアにおける環境社会配慮の法制度と法的手続き

(a) 法制度

カンボジアにおいては、1996年の環境保護と自然資源管理法 (Royal Decree/NS-PKM-1296/36, 1996) が環境の基本法として環境保護の政策を規定している。同法によると、カンボジア政府は、5年ごとに作成する定期的な国家及び地域的管理計画のもと計画的に環境を管理する。環境アセスメントの必要性についても同法に含まれており、民間ならびに公共の事業において事業の規模や場所に応じて必要となる調査の実施のために同法を参照する必要がある。同法の下、1999年の環境影響アセスメント手続きにかかる副法令(Sub-decree No. 72 ANRK.BK, 1999)及び2009年の IEIA/EIA 実施のための一般的ガイドラインに関する省令(Declaration No. 376 BRK.BST, 2009 MOE)において環境アセスメントの詳細が規定されている。

副法令は、関連機関の責任、EIAを要する事業、EIAの手続き、事業の承認の条件ならびに罰則等で構成されている。EIAを必要とする事業については当該副法令の附表に提示されている。省令では、手続きにかかる期間の概要ならびに IEIA 及び EIA の承認手続き時に必要となる提出書類についての詳細が規定されている。省令の附表-1において、IEIA/EIAの報告書の基本的な内容が提示されている。また、同省令は国レベルの環境省及び州、市レベルの環境局といった環境当局の責任分担についても規定している。さらに、2014年に MOE 登録のコンサルタント法人を IEIA/EIA 報告書作成の際に雇用することが副法令(Declaration No.215, 2014 MOE)により義務付けられた。

公害管理に関連して、いくつかの基準が政府によって発行されている。1999年の水質汚染管理の副法令(Sub-decree No.27 ANRK. BK, 1999)は水質の基準を規定している。1999年の固形廃棄物にかかる副法令(Sub-decree No.36 ANRK.BK. 1999)は固形廃棄物の一般的な基準を規定している。2000年の大気汚染と騒音障害の管理に関わる副法令(Sub-decree No. 42, 2000)は許容される大気及び騒音レベルについて規定している。

環境保全に関連し、保護区は保護区法(Royal Decree No.07 NS/RKM/2008/007)において規定されている。同法に基づき、重要な自然特性は環境省の責任の下保護されている。

カンボジアの環境社会配慮に関連した法令について次表に示す。

表 R 2.2.18 カンボジアの環境社会配慮に関連した法令

No.	法令	内容
1.	憲法	全ての国民は個人または共同で土地を所有する権利を持つ。カンボジアの国民または法人のみが権

No.	法令	内容
	Royal Decree Constitution of the Kingdom of Cambodia (September 24, 1993)	利を有する。法的な土地所有は法律により保障される。土地収用は公益のためにのみ法律に基づいて実施されるが、公正で適切な補償が事前に行われる。
2.	環境保護と自然資源管理法 Royal Decree NS-PKM-1296/36, 1996, Law on Environmental Protection and Natural Resource Management	環境保護の基本法として、自然環境政策、国家及び地域環境計画、事業及びその行為にかかる環境影響評価、自然資源の管理、モニタリング、情報収集及び検査、環境にかかわる住民参加を規定している。また、罰則についても本法において規定されている。
3.	保護区法 Royal Decree No. 07 NS/RKM/007, 2008, Protected Areas Law	本法は、生物多様性の保全と自然資源の持続的利用のため自然保護地域の運営、保全及び開発を規定し、11章66条で構成されている。
4.	環境影響アセスメント手続きにかかる副法令 Anukret (Sub-decree) No. 72 ANRK.BK, 1999, on Environmental Impact Assessment (EIA) Process	本副法令は IEIA/EIA の実施のための詳細なガイドラインを規定している。環境アセスメントが求められる事業は附表において提示されている。副法令は省庁の責任、EIA を要する事業、EIA 手続き、事業承認の条件ならびに罰則で構成されている。
5.	水質汚染管理の副法令 Anukret (Sub-decree) No.27 ANRK/BK/1999, on Water Pollution Control, 1999	本副法令は人の健康保護及び生物多様性の保全を確保し、良好な水質を保全するため公共の水域での公害の原因となる行為を制限している。
6.	固形廃棄物にかかる副法令 Anukret (Sub-decree) No.36 ANRK.BK. in 1999, on Solid Waste Management	本副法令は、人の健康と生物多様性の保全の確保のために固形廃棄物管理を規定している。
7.	大気汚染と騒音障害の管理に関わる副法令 Anukret (Sub-decree) No. 42 in 2000, on the Control of Air Pollution and Noise Disturbance	本副法令は、大気及び騒音の抑制、制限について規定している。附表において排出の制限値、制限に対する手順及び法的必要性の言及ならびに汚染物質を規定している。
8.	絶滅の恐れがある漁業生産魚種の決定にかかわる副法令 Anukret (Sub-decree) No. 123ANRK.BK. in 2009, on determining the type of fishery products, which are endangered in 2009	本副法令は、カンボジアの絶滅の恐れがある水産資源を特定し、Cr (Critically Endangered)、En (Endangered)、Vu、(Vulnerable)として区分している。特定された水産資源は保護の対象となる。
9.	MAFFによる野生動物の区分にかかる省令 Prakas (Declaration) No.020 in 2007, January, 2007 of MAFF on Classification and List of Wildlife Species.	本省令は絶滅の恐れがある野生動物(哺乳類、鳥類、爬虫類)をCritically Endangered (Cr)、 Rare (R) 及び Moderately Exist species in Cambodiaとして区分している。CrとRに区分される種は保護の対象となる。
10.	IEIA/EIA 実施のための一般的ガイドライン Prakas(Declaration) No. 376 BRK.BST, 2009 on General Guideline for conducting IEIA1/EIA Reports, MOE	本省令は、2009年に環境省により発行された。初期環境影響評価(IEIA)及びEIA報告書作成のためのタイムフレーム、IEIA 及びEIAの手続きに必要な提出書類等が規定されている。
11.	EIA審査とモニタリングにかかるサービス料金決定にかかる環境省ならびに経済財務省の共同省令 Prakas (Joint Declaration) between MOE and MEF No. 745 MEF/MOE 2000, on Determination of Service Fee for EIA reviewing and Monitoring, MOE	本省令は、環境サービスに関する料金について規定している。料金はカテゴリーに応じて決定される。
12.	保護区に関する省令 Prakas (Declaration) No. 1033, 1994, on Protected Areas, MOE	環境省による本省令は、自然区域の保護にかかる1993年11月の法令による一連の行為を禁じている。
13.	市、州環境局への事業開発にかかる意思決定における権限移譲にかかる省令	環境省による本省令は、自然区域の保護にかかる1993年11月の法令による一連の行為を禁じている。

No.	法令	内容
	Prakas (Declaration) No. 230 in 2005, on the Delegation of Power of Decision-Making on Project Development to the Provincial Department of Environment, MOE	
14.	MOE登録のローカルコンサルタント法人をIEIA/EIA報告書の作成に雇用を義務付けた省令 Prakas (Declaration) No.215 in 2014, MOE	2016年1月時点、13ローカルコンサルタント法人がMOEによって登録されており、これらコンサルタントはIEIA/EIA報告書の作成に欠かせない存在となり、今後登録が増えると思われる。

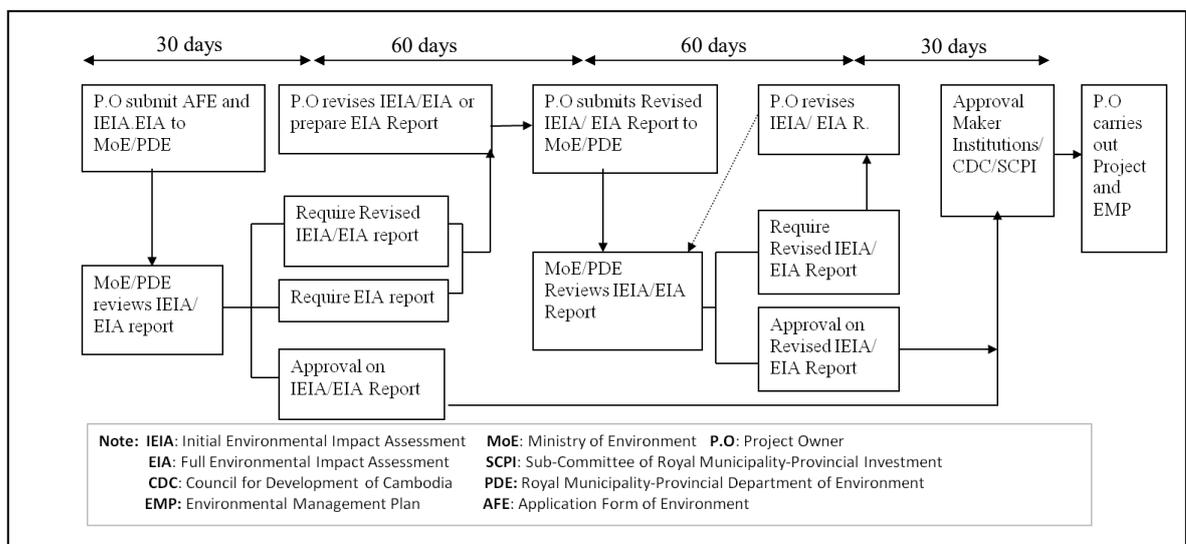
出所： 調査団 (English Translation supplemented by JICA env. Profile 2013, Faolex, ADB (2014) Integrated Urban Environmental Management in the Tonle Sap Basin Project – Kampong Chhnang Urban Area Environment Improvementsに基づく)

(b) IEIA/EIA の手続き

副法令(Subdecree No.72,1999)は、初期環境影響評価(IEIA)または EIA が必要な事業を A:工業、B:農業、C:観光、D:インフラ整備に区分する。同副法令によれば、下水処理事業は工業に区分され、MOE はすべての規模の下水処理事業で EIA が必要としている。また、副法令(Sub-decree No.230,1999)では、2 百万 USD 以下の事業は都の環境局(DOE)、2 百万ドルを超える事業は MOE の管轄と定めている。

本事業は下水処理事業であり 2 百万ドルを超える事業規模であることから、EIA が必要であり、EIA の承認は環境省(MOE)が行い、CDC が承認する。

次図に示すとおり、事業実施者は最初に環境の申請書と報告書を中央の環境省(MOE)または州もしくは市の環境局(DOE)等の環境当局に提出する。当局による報告書のレビューの後、事業実施者は報告書の修正または EIA としての追加調査を行わなければならない。環境調査が当局の必要事項を充たした際に、報告書は市もしくは州環境局により承認され、さらに開発評議会(CDC)または市、州の小委員会による事業実施の承認が行われる。



出所： Declaration on General Guidelines for Conducting Initial and Full Environmental Impact Assessment Reports

図 R 2. 2. 21 国家事業レベルの IEIA/EIA プロセスのフロー

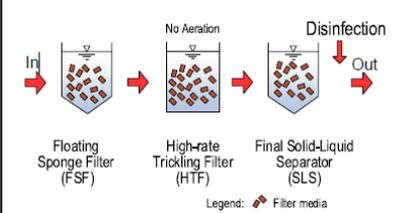
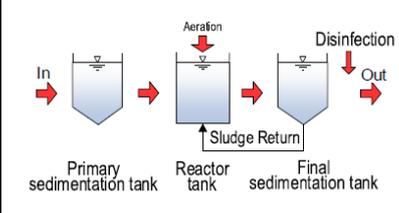
(c) JICA 環境社会配慮ガイドラインと当該国の環境関連法令の乖離状況

本事業は JICA ガイドラインで IEE が要求されるカテゴリ B に分類されている。一方、カンボジアの法制度では EIA の実施が義務付けられる。JICA ガイドラインとカンボジアの法制度との乖離状況は「[資料] 6.1」の通りである。

2.2.3.1.4 代替案(ゼロオプションを含む)の比較検討

汚水処理施設は本プロジェクトの核となる施設であることから、事業を実施しない案を含む汚水処理施設の代替案の比較を行った。結果として、前ろ過散水ろ床法(Pre-treated Trickling Filtration : PTF)の活用が最も適切と評価された。代替案の比較は次表に示すとおりである。

表 R 2. 2. 19 本事業における汚水処理施設建設の代替案の比較

項目	代替案 1	代替案 2	事業を実施しない 現状
	前ろ過散水ろ床法 Pre-treated Trickling Filtration (PTF)	標準活性汚泥法 Conventional Activated Sludge Process (CASP)	
処理方式の概要	 <p>新たなろ材により散水ろ床を向上させた日本の新たな技術</p>	 <p>機械設備を用いた最も一般的な汚水処理方法。汚濁負荷削減の高い処理能力を有するが、電力消費は前ろ過散水ろ床法よりも大きい。</p>	-
技術面	<ul style="list-style-type: none"> - 処理容量：5,000m³/day - 必要な用地： <3.0 ha - BOD 除去率： < 30 mg/L - 曝気が必要ないため、電力消費量が標準活性汚泥法よりも少ない。 - O&M が標準活性汚泥法よりも簡便。 	<ul style="list-style-type: none"> - 処理容量：5,000m³/day - 必要な用地： <3.5 ha - BOD 除去率： < 15 mg/L - 反応槽で曝気が必要のため、前ろ過散水ろ床法よりも電力消費量が多い。 - O&M が前ろ過散水ろ床法よりも難しい。 - 運用のために高い技術が必要となる。 	-
コスト (率) ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 建設費： 0.9 - O&M 費： 0.68 	<ul style="list-style-type: none"> - 建設費： 1 - O&M 費： 1 	- 不要
自然環境面	<ul style="list-style-type: none"> - ろ床を簡便に洗浄できるためろ床をろ床ハエから保護することが出来る。 - 水質が向上する。 - 本事業予定地には氾濫林や保護地はなく、土地利用は汚濁水域と埋立地である。このため負の影響は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> - 処理能力は前ろ過散水ろ床法よりも高い。 - その他の自然環境影響は同左。 	- Cheung Aek 湖は年々埋め立てられており、範囲は狭まってきている。このため汚水の排出による負の影響は増加しており、将来的に自然環境への影響は深刻化すると考えられる。
社会環境面	<ul style="list-style-type: none"> - 必要な用地は標準活性汚泥法より小さい(3 ha)。 - 住民が一部の morning glory(空心菜)、water mimosa、water celery などの栽培による収入を失う。 	<ul style="list-style-type: none"> - 必要な用地は前ろ過散水ろ床法より大きい(3.5 ha)。 - その他の社会環境は同左。 	- Cheung Aek 湖は年々埋め立てられており、範囲は狭まってきている。このため汚水の排出により感染症は増加しており、野菜の生産は減少し

項目	代替案 1	代替案 2	事業を実施しない
	前ろ過散水ろ床法 Pre-treated Trickling Filtration (PTF)	標準活性汚泥法 Conventional Activated Sludge Process (CASP)	現状
その他	- ろ床を簡便に洗浄出来、悪臭の発生を抑制できる。 - 建設及び維持管理期間の職員や作業員が排出する衛生ごみ。 - 汚泥が投棄先の廃棄物処分場を汚染する。	- 前ろ過散水ろ床法よりも強い悪臭が発生する。 - その他の汚染は同左。	- Cheung Aek 湖は年々埋め立てられており、範囲は狭まってきている。そのような状況で湖の水や地下水、底質は劣化し、悪臭の発生も増加している。
評価	+++	++	+

注 1: 下水処理場の建設費及び O&M 費の標準活性汚泥法に対する比率は、「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」報告書に基づく。

注 2: 評価欄のスコアは、“+++” が最も高く “+” が最も低い。

出所：調査団

PTF の選定後、次表に示すように、本事業では Cheung Aek 湖における下水処理施設の位置選定に係る代替案の検討を行った。

- i) Plan A は、下水処理施設はプノンペン都が建設中の Hun Neang 通りから約 700 m 離れた Cheung Aek 湖内に位置する。下水は Trabek ポンプ場から取水する。
- ii) Plan B は建設中の Hun Neang 通りに隣接した Cheung Aek 湖内に位置する。下水は Trabek ポンプ場から取水する。
- iii) Plan C は 371 号線から約 200 m の Cheung Aek 湖内に位置する。下水は Tumpun ポンプ場から取水する。

技術的・経済的な検討に基づく環境・社会への影響の比較により、Plan B が以下の通り選定された。

表 R 2.2.20 本事業における下水処理施設の位置の代替案の比較

代 替 案 の 概 要	Plan A MLMUPC より提示された代替用地である（湖岸に沿って造成地の向 きだけ変更している。）	Plan B MLMUPC より提示された代替用地は通風所より遠いことから、北側 に移動させた案である。	Plan C 湖西岸の開発区域の一部を処理用地として利用する案である。
施設建設	別添 Fig.1 : ING シティ街区との重ね図 別添 Fig.2 : ING シティメージャーゾーンとの重ね図	別添 Fig.3 : ING シティ街区との重ね図 別添 Fig.4 : ING シティメージャーゾーンとの重ね図	別添 Fig.5 : ING シティ街区との重ね図 別添 Fig.6 : ING シティメージャーゾーンとの重ね図
処理場 の 造 成	C ・ 処理場は湖岸から遠く、湖底が低いいため盛土量の増大や特 殊な軟弱地盤対策工の導入が必要となり、工事費の増大および 施工期間が長期化する可能性が高い。	B ・ 処理場は、埋立て済みの開発地に近いため、Plan A、Cと比較 し造成の費用・期間は小さく済むと想定される。	C ・ 処理場は湖岸から遠く、湖底が低いいため盛土量の増大や特 殊な軟弱地盤対策工の導入が必要となり、工事費の増大およ び施工期間が長期化する可能性が高い。
アークセス道路	B ・ Hun Seng Blvd から処理場までアークセス道路（将来的に地区 内道路の一部になる）の造成が必要である。延長は 0.8km 程 度と想定される。	A ・ 埋立て済みの開発地を施工中のアークセス道路として利用す る。一部区間で処理場まで造成が必要であるが、延長は 100m 程度である。最も安価と想定される。	C ・ Rd371 から処理場までアークセス道路が必要である。延長は 0.6km 程度と想定され、かつ水路を跨ぐ橋梁が必要とな り、3 案の中で最も高価である。
本プロジェクト 用の 運集管渠	B ・ 本プロジェクト用の 5,000 m ³ /日は Trabek 水路から取水に 変更し、運集管は Hun Seng Blvd を経由、処理場用地に近い 地点から処理場に接続する。 ・ アークセス道路、管渠施工費用は、Plan B に次ぎ安価。	A ・ 本プロジェクト用の 5,000 m ³ /日は Trabek 水路から取水に 変更し、運集管は開発地の水際付近（アークセス道路として使用し たのち、宅地開発後は、緑地帯が逆歩道になると想定）に敷 設。 ・ 管渠敷設費は 3 案で最も安価と想定される。	C ・ 運集管はアークセス道路まで Rd371 に埋設し、水路橋断部 は推進工法などの非開削工法により下越しする必要がある ため、施工費が増大する。
将来的な汚水管 埋設	B ・ 将来的な Tumpun 水路および Trabek 水路からの汚水を運搬 する汚水管（それぞれ、φ2,200mm、φ1,650mm と想定）の延 長が最も長くなる。	A ・ 将来的な Tumpun 水路および Trabek 水路からの汚水を運搬 する汚水管（それぞれ、φ2,200mm、φ1,650mm と想定）の延 長は、C 案よりは長くなる。	C ・ 将来的な Tumpun 水路および Trabek 水路からの汚水を運 搬する汚水管（それぞれ、φ2,200mm、φ1,650mm と想定） の延長は、3 案のうち最も短い。水路を下越しするため 最も高価となる。
社会配慮 の 有 無	B ・ 処理場用地は湖の境界内であるが、湖内に不法住居がある可 能性があり現地調査で確認する。 ・ Hun Seng Blvd に至るアークセス道路の範囲内に不法住居があ る可能性があり、現地調査で確認する。	B ・ Prek Takong Community に近接するが Overlap はしない位 に処理場を計画するため、Prek Takong Community での住 民移転は生じないが、湖内（水上）の不法住居が存在する可能性 があり、現地調査で確認する。 ・ アークセス道路は既に埋立て済みの開発地を利用するため、家 屋移転は生じない。	C ・ 処理場用地は湖の境界内であるが、湖内に不法住居がある 可能性があり現地調査で確認する。 ・ アークセス道路と Rd371 の接地点には家屋があり、家屋 移転が生じるリスクがある。
臭	C ・ 処理場と開発区域は水域で区切られるため、臭気の影響は緩 知され、脱臭装置の要求性能は高くないと済む。	B ・ 処理場と開発区域は水域で区切られるため、臭気の影響は緩 知され、脱臭装置の要求性能は高くないと済む。	C ・ 処理場と開発区域が隣接するため、よりグレードの高い脱 臭設備が必要である。
景観への影響	B ・ 開発地区の中心市街地に近いため、高層ビルから湖を望 む景観において立ってしまふ。	B ・ 開発地区の中心市街地に近いため、景観への影響は Plan A より 大きい。	C ・ 処理場と開発区域が隣接するため、景観に配慮した緑地帯 の導入など、対策費用が増大する。
総合評価	B 処理場は湖岸から遠く、造成や管渠敷設に掛かる費用・工期が増 大する可能性が高い。アークセス道路は殆どの区間で既設の Hun Seng Blvd を利用できるが、一部造成が必要である。また宅地と水域 を挟んで離隔を取れるため臭気対策の費用を抑制できるが 開発地区の中心市街地に近いため、景観への影響は Plan B より 大きい。	A 処理場は埋立て済みの開発地に近いため、造成費用・期間を抑制で き、アークセス道路造成に係る住民移転も生じない。また宅地と水域 を挟んで離隔を取れるため、臭気対策や景観配慮の費用を抑制で きる。以上の点より、本案を推奨する。	C 処理場は湖岸から遠く、造成や管渠敷設に掛かる費用・工期が 増大する可能性が高い。湖内の不法住居の他にアークセス道路接 断部の適法家屋の移転が生じるリスクがある。また宅地と隣接 するため臭気対策や景観配慮の費用が増大し、他案と比較し不 利である。

2.2.3.1.5 スコーピング

本事業は JICA ガイドランに照らしてレビューを行った。スコーピングの結果は以下のとおりである。

表 R 2.2.21 想定される影響(汚染及び自然環境)

No.	影響項目	建設時	供用時	概要
I. 汚染及び自然環境				
1	大気汚染	B-	D	<u>建設中</u> 下水処理場及び水路管理道路の埋め立てによりダストが発生する。 <u>供用時</u> 大気汚染は想定されない。
2	悪臭	D	D	<u>建設中</u> 下水処理場、水路管理道路及び下水管渠埋設により、悪臭は発生しない。 <u>供用時</u> 本プロジェクトで採用する下水処理プロセス(PTF)により、悪臭は発生しない。
3	騒音	B-	D	<u>建設中</u> 建設機器が騒音を発生する恐れがある。 <u>供用時</u> 発生源が小型ポンプ程度で、建設する下水処理場は、近隣住宅とも離れているため、騒音はほとんど発生しない。
4	振動	B-	D	<u>建設中</u> 建設機器が振動を発生する恐れがある。 <u>供用時</u> 発生源が小型ポンプ程度で近隣住宅とも離れているため、振動はほとんど発生しない。
5	水質汚濁	B-	C-	<u>建設中</u> 下水処理場及び水路管理道路の埋め立てによりTSSが増加する。 <u>供用時</u> 汚泥処理プロセスにより下水処理場周辺の住民に影響が出る可能性は不明である。
6	土壌汚染	B-	D	<u>建設中</u> 下水処理場及び水路管理道路の埋め立てにより底質が攪拌され、周辺の水質に影響を与える可能性がある。 <u>供用時</u> 土砂は発生せず流出しない。
7	廃棄物	B-	D	<u>建設中</u> 建設作業に伴い廃棄物が発生する。 <u>供用時</u> 廃棄物の発生は限定的であり、適切に処理される。
8	土壌浸食及び斜面崩壊	B-	D	<u>建設中</u> 下水処理場及び水路管理道路の不適切な建設により、土壌浸食や斜面崩壊が発生する恐れがある。 <u>供用時</u> 浸食及び崩壊は想定されない。
9	保護区	D	D	<u>建設中及び供用時</u> プロジェクトサイト周辺に保護区はない。
10	生態系	C-	C-	<u>建設中及び供用時</u> 絶滅危惧種が存在しプロジェクトによって生息

No.	影響項目	建設時	供用時	概要
				地が影響を受ける恐れがある。
11	地盤沈下	D	D	<u>建設中及び供用時</u> 計画した建設による地盤沈下は発生しない。
12	地形地質	B-	D	<u>建設中</u> 掘削や埋戻しが地形を変化させる。 <u>供用時</u> 設計によれば建設地は安定し、負の影響はない。
13	水象	C-	D	<u>建設中</u> Trabek ポンプ場からの水流への影響はほとんど想定されない。 <u>供用時</u> 影響は発生しない。

凡例：
A +/-: 著しい正／負の影響が懸念される。
B +/-: 正／負の影響がある程度懸念される。
C +/-: 正／負の影響範囲は、不明である。
D: 影響はないと予想される。

出所：調査団

表 R 2.2.22 想定される影響（社会環境）

No.	影響項目	建設時	供用時	概要
II. 社会環境				
1	用地買収及び住民移転	B-	D	<u>建設中</u> 下水処理場建設地の一部は現在空心菜などの水生植物の栽培に利用されている。また水路管理道路予定地の Trabek ポンプ場付近は企業による埋め立てが進められている。いずれも違法利用であるが、補償が必要と考えられる。 <u>供用時</u> 全ての手続きは完了している。
2	貧困層	D	D	<u>建設中及び供用時</u> 土地を所有せず作物栽培に依存している貧困層が存在する。しかし、事業を実施しても代替地と補償が提供され、作物栽培は継続される。
3	水利用	B-	B+	<u>建設中</u> Prek Takong 1 村の住民が農業のほか、洗濯等に利用しており、僅かに影響があると考えられる。 <u>供用時</u> 下水処理が水質を向上させる。
4	道路	B-	D	<u>建設中</u> 下水管を Trabek ポンプ場から 271 通りの下に通す可能性があり、その場合に影響が考えられる。 <u>供用時</u> 交通への障害はない。
5	事故	B-	D	<u>建設中</u> 車両や機器の使用による事故が考えられる。 <u>供用時</u> 通常の運用で事故はほとんど発生しない。
6	衛生	D	B+	<u>建設中</u> 衛生面での影響はほとんどない。 <u>供用時</u> 本プロジェクトにより水中のバクテリアは僅かに減少し、衛生面では正の影響が考えられる。

No.	影響項目	建設時	供用時	概要
7	公衆衛生や福祉におけるリスク	B-	C-	<u>建設中</u> 建設のために多くの雇用がある。感染症のリスクが増える可能性がある。 <u>供用時</u> 下水処理による水系感染症の減少という正の影響がある。
8	生計、収入	B-	D	<u>建設中</u> プロジェクトサイトの違法農地(Cheung Aek 湖の空芯菜栽培地)への影響がある。 <u>供用時</u> 代替農地で生産が行われる。
9	既存の社会インフラや社会サービス	B-	B+	<u>建設中</u> “No.4”の道路と同じ。 <u>供用時</u> 汚水処理による社会サービスが向上する。
10	景観	C-	C-	<u>建設中</u> 輸送車両からの土砂やセメントの漏れによる道路の汚染が懸念される。 <u>供用時</u> 輸送車両からの乾燥汚泥の漏れによる道路の汚染が懸念される。
11	少数民族	D	D	<u>建設中及び供用時</u> プロジェクトサイト周辺に少数民族は存在しない。
12	越境	D	D	<u>建設中及び供用時</u> Prek Takong 1 村における移民は1%。本事業は下水処理場が全体として生活環境を改善するため影響しない。
13	ジェンダー	B±	D	<u>建設中</u> 雇用に関して女性や障害者への差別が起こる可能性がある。 <u>供用時</u> 雇用はわずかであり、影響はほとんどない。
14	子どもの権利	D	D	<u>建設中及び供用時</u> 子供の雇用は法律で禁じられている。
15	労働条件	B+	D	<u>建設中</u> 建設時に住民は雇用の機会を得られると考えられる。 <u>供用時</u> 雇用はわずかである。
16	文化・考古学的遺産の破壊やダメージ	D	D	<u>建設中及び供用時</u> 文化・考古学的遺産への影響は想定されない。
17	気候変動	B-	D	<u>建設中</u> 機器の使用により CO ₂ が排出される。 <u>供用時</u> 汚泥は適切に処理されるため、CO ₂ の発生はほとんどない。

凡例： A +/-: 著しい正/負の影響が懸念される。
B +/-: 正/負の影響がある程度懸念される。
C +/-: 正/負の影響範囲は、不明である。
D: 影響はないと予想される。

出所：調査団

2.2.3.1.6 環境社会配慮調査の TOR

スコーピングに基づき、EIA 調査の TOR を策定した。TOR の概要は次表のとおりである。

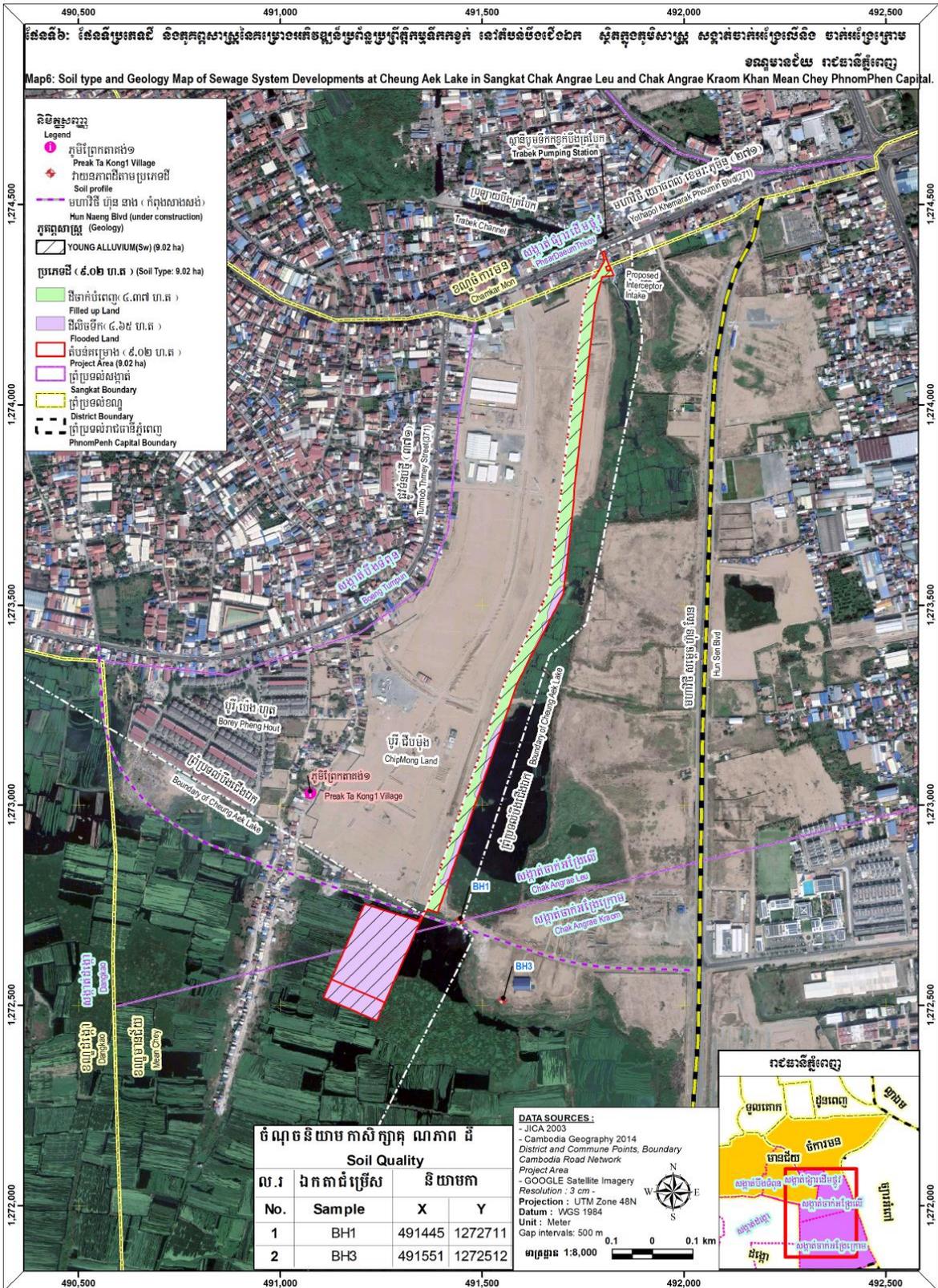
表 R 2.2.23 EIA の TOR

項目	備考
1. 法制度、政策フレームワーク	-
2. プロジェクト概要	-
3. 自然環境のベースライン調査	-
1) 気象条件	調査地付近のステーションを選定
2) 動植物相	調査地は建設地内及び周辺
3) 地形・地質	
4) 土壌	
5) 水象	
6) 大気質	
7) 水質(表層水・地下水)	
8) 騒音・振動	
9) 廃棄物	
4. 社会環境のベースライン調査	-
1) 人口統計	建設地内及び周辺の人口、人口分布、人口密度、ジェンダー
2) コミュニティーの構造	
3) 道路	271 通りの Trabek ポンプ場付近
4) 生計・収入	収入と貧困分析を含む
5) 用地取得及び住民移転	-
6) 水利用・衛生	-
7) 公衆衛生及び福祉	-
8) 事故	-
9) 景観	-
5. 代替案の検討	事業を実施しない案を含む
6. 環境社会影響分析	-
7. 環境社会影響調査	-
8. 緩和策とコスト	-
9. 環境管理・モニタリング計画	-
10. ジェンダー	-
11. EIA の手続きと承認にかかるステークホルダー協議	1 回開催
12. 報告書作成	-

出所：調査団

2.2.3.1.7 環境社会配慮調査結果(予測結果を含む)

環境社会調査は文献、インタビュー、フィールド調査を通じて行った。その結果と評価を以下に記載する。現地調査の主な調査地点は図 R 2.2.22 から図 R 2.2.24 とおりである。



出所：調査団

図 R 2. 2. 23 調査地点(土壤)

(1) 気象

2013年から2017年の5年間における、プノンペン都の気温、降水量、湿度、風速、蒸発散量は以下の通りである。

平均最高気温は30.05°C、平均最低気温は27.63°Cである。年間の平均気温は28.85°Cである。この5年間における最高気温は、2016年4月の40.70°C、最低気温は、2016年及び2017年2月の16.50°Cである。平均降水量は1,496.10mm、月間の最大降水量は、2016年10月の449.20mmである。平均湿度は74.48%、最大湿度は2016年10月の85.94%、最低湿度は2016年2月の61.38%である。平均風速は11.8m/s、最大風速は2016年9月の18m/sである。5年間における蒸発散量は11,078.8mm、年平均蒸発散量は2,215.76mmである。月間最大は2016年4月の277.60mm、月間最小は2014年3月の136.20mmである。

(2) 水文

ボーリング調査結果(BH1及びBH3)によると、土中に浸透した雨水と河川水により形成された帯水層がある。その帯水層の上層部は、池、水路、湖を形成している。これは、下層部でも同様である。プロジェクト対象地域では、帯水層が2つ存在している。ひとつは、深さ21mから26mの間、もうひとつは、深さ32mから37mの間である(地下水は、細粒砂及び中粒砂に位置している)。ボーリング調査では、水の試料は深さ約40mから採取し(サンプルNo. STP-GW-01)、定常水位(地表から表層水)までは3mから4mであった。流量は、1～5m³/hである。帯水層は十分深く、プロジェクトへの影響は無いと考えられる。

【予測】

表流水について、Trabekポンプ場から処理場予定地へ続く放流水路がある。水路の水深は3mから4mである。流量は1～5m³/sである。近年の不法な用地造成により水路幅が縮小している。このため、掘削土の投棄や水路のせき止め等によるプロジェクトへの影響が懸念される。

(3) 地形・地質

(a) 地質

米国内務省が1977年に発行した地質図は2013年にJICAの支援で更新が行われた。プロジェクト対象地域は、およそ11,700年前の第四紀新生代に形成された沖積層(Sw)であり、深さ50mから70mは、地熱により形成された深紅色の砂礫層となっている。

【予測】

地質におけるプロジェクトの影響はないと考えられる。

(b) 地形

地理的に、プロジェクト対象地域は Cheung Aek 湖上に位置しており、湖底は海拔 1.4 m から 3.7 m でほぼ平坦な地形である。プロジェクト地域で最も標高が高い位置に位置するのは、271 通りで海拔 10.72 m である。

【予測】

考えられる影響として、処理場建設に伴う掘削、埋め戻しによる地形の変化が挙げられる。

(4) 大気質

現地の環境省(MOE)傘下の研究室と共同で、大気の 24 時間サンプリング調査を、平日に 2 箇所を実施した。大気サンプルの分析を 2018 年 10 月 30 日及び 31 日に実施した。

サンプリング地点 1 では、一酸化炭素(CO)、二酸化窒素(NO₂)、硫化水素(SO₂)、オゾン、総浮遊粒子状物質(TSP)及び鉛(Pb)化合物濃度は、現地の環境基準を下回っていた。しかし、PM10 及び PM2.5 は基準値を上回っていた。これは、サンプリング地点近傍に位置する道路交通の影響と考えられる。

表 R 2.2.24 プロジェクト地域における大気環境調査結果 (サンプリング地点 1、
分析日：2018 年 10 月 30 日)

No.	Parameters	Unit	Result	Standard	Method	Duration
1	CO	mg/m ³	1.490	20	Method Carbon Monoxide Passive Dositube	8 hours
2	NO ₂	mg/m ³	0.017	0.1	Method Saltzman	24 hours
3	SO ₂	mg/m ³	0.014	0.3	Method Pararosaniline	24 hours
4	O ₃	mg/m ³	0.000	0.2	Method Professional Gas Detector GT-901 03	1 hours
5	TSP	mg/m ³	0.182	0.33	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
6	PM10	mg/m ³	0.061	0.05	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
7	PM2.5	mg/m ³	0.037	0.025	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
8	Pb	mg/m ³	ND	0.005	Method 3500 Pb C (HNO ₃ .HCl Digestion)	24 hours
9	H ₂ S	mg/m ³	ND	0.001	Method Hydrogen Sulide Detector Tube (Gastec No 4UK)	(*)

出所：環境省(MOE)(適用基準：Table 1 of Annex of Prakas number 116 PK/BS、2018 年 4 月 11 日)

サンプリング地点 2 においては、一酸化炭素(CO)、二酸化窒素(NO₂)、硫化水素(SO₂)、オゾン、総浮遊粒子状物質(TSP)、鉛(Pb)化合物濃度、PM10 及び PM2.5 のいずれも、基準値を下回っていた。しかし、硫化水素(H₂S)は基準値を上回っていた。これは、付近への汚泥収集車からの投棄によるものと考えられる。

表 R 2.2.25 Prek Takong 1 村における大気環境調査結果 (サンプリング地点 2、
分析日：2018 年 10 月 31 日)

No.	Parameters	Unit	Result	Standard	Method	Duration
1	CO	mg/m ³	2.720	20	Method Carbon Monoxide Passive Dositube	8 hours
2	NO ₂	mg/m ³	0.020	0.1	Method Saltzman	24 hours
3	SO ₂	mg/m ³	0.016	0.3	Method Pararosaniline	24 hours
4	O ₃	mg/m ³	0.000	0.2	Method Professional Gas Detector GT-901 03	1 hours
5	TSP	mg/m ³	0.094	0.33	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
6	PM10	mg/m ³	0.047	0.05	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
7	PM2.5	mg/m ³	0.019	0.025	Method Weight Concentration Measuring	24 hours
8	Pb	mg/m ³	ND	0.005	Method 3500 Pb C (HNO ₃ .HCl Digestion)	24 hours

No.	Parameters	Unit	Result	Standard	Method	Duration
9	H ₂ S	mg/m ³	2.740	0.001	Method Hydrogen Sulide Detector Tube (Gastec No 4UK)	(*)

出所：環境省(MOE)

【予測】

上記の結果から、埋め立てや土砂の運搬による粉塵の飛散による PM 増加の影響は土砂総量が少ないため僅かである。供用時には影響は想定されない(追加的な H₂S の発生などは予測されない)。

(5) 土壌

1963 年の Crocker の土壌図(縮尺：100 万分の 1)によると、プロジェクト地域(9.02 ha)の土壌は、沖積固結岩屑土である。しかし、2018 年 9 月の現地調査においては、プロジェクト地域(9.02 ha)のうち、水路管理道路の敷地(4.37 ha)は、違法に砂で埋め立てられている。残りの 4.65 ha は湖となっている。

処理場の建設は、Cheung Aek 湖を埋め立てて行われる、建設予定地付近の水深は、1 m から 3.5 m ほどある。予定地付近の底質土壌を採取し、分析を行った。底質サンプルの採取は 2 箇所で行い、7 項目(ヒ素、カドミウム、六価クロム、鉄、鉛、水銀、セレン)について分析を行った。サンプリング地点は、Trabek ポンプ場の排水地点近傍(放流水路)と、処理場予定地近傍の湖の 2 地点である。

底質分析の結果、有害物質であるヒ素は、Trabek ポンプ場放流水路の近傍で MOE の基準を上回っていた。その他の項目、及び処理場予定地近傍のサンプリング地点では、基準値以下であった。

表 R 2.2.26 プロジェクト対象地域における底質分析結果

No.	Parameters	Unit	Standard	Sample Number		Method
				SQT01	SQT02	
1	Arsenic (AS)	mg/kg-dry	<15	17.16	4.48	Method 3500-Aa D, (HNO ₃ , HCL digestion)
2	Cadmium (Cd)	mg/kg-dry	<0.8	0.13	0.06	Method 3500-Cd C, (HNO ₃ , HCL digestion)
3	Chromium (Cr)	mg/kg-dry	<100(Cr ⁶⁺)	18.60	14.22	Method 3500-Cr C, (HNO ₃ , HCL digestion)
4	Iron (Fe)	mg/kg-dry	-	2,121.16	2,774.34	Method 3500-Fe C, (HNO ₃ , HCL digestion)
5	Lead (Pb)	mg/kg-dry	<85	14.30	10.24	Method 3500-Pb C, (HNO ₃ , HCL digestion)
6	Mercury (Hg)	mg/kg-dry	<0.3	0.02	0.008	Method 3500-Hg B, (HNO ₃ , HCL digestion)
7	Selenium (Se)	mg/kg-dry	<0.7	ND	0.10	Method 3500-Se I, (HNO ₃ , HCL digestion)

出所：環境省(MOE)(分析日：2018 年 10 月 24 日)、(適用基準：The standard of toxic chemicals or hazards that may allowed in the soil (Ministry of Environment, No. 387 PK/BS adopted on 30 September 2015 annex 2)

【予測】

ガソリン及び潤滑剤の流出、及び廃棄物の投棄が底質汚染の原因と考えられる。掘削や埋め戻し、汚染された底質の除去等により、土壌の浸食や地滑りの発生が考えられる。

(6) 表層水及び地下水

(a) 表層水

Trabek ポンプ場の放流水路流末(STP-SW01 地点、ないしは STP-SW-03 (W-5)地点)及び Steung Chrov(Cheung Aek 湖) (STP-SW02 地点)で実施した水質調査の結果(表 R 2.2.27 及び表 R 2.2.28)によると、STP-SW01 地点では、雨季の水質において、2 項目(DO 及び油分)が公共水域への排水基準(公共水域及び下水管へ排出)を上回っていた。STP-SW03(W-5)は、2 項目(BOD₅ 及び COD)が同基準の基準値を上回っていた。

表 R 2.2.27 Trabek ポンプ場の放流水路流末における水質調査結果 (2018 年 10 月 24 日)

No	Parameters	Unit	MOE Standard	Sample Number	
				STP-SW01	STP-SW03 (W-5) (By JICA)
1	pH	No Unit	5-9	6.68	7.10
2	Temperature	°C	<45	30	NA
3	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	<2,000	271.00	NA
4	Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	<120	70.00	56.00
5	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	>1.0	0.30	2.30
6	Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/l	<80	43.00	83.00
7	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	<100	58.00	160
8	Oil and Grease	mg/l	<15	17.73	NA
9	Detergent	mg/l	<15	6.88	NA
10	Sulphate (SO ₄)	mg/l	<500	32.00	NA
11	Total Nitrogen (T-N)	mg/l	NA	13.20	NA
12	Total Phosphorus (T-P)	mg/l	NA	3.80	NA
13	Lead (Pb)	mg/l	<1.0	0.0006	0.065
14	Arsenic (AS)	mg/l	<1.0	0.00	ND
15	Cadmium (Cd)	mg/l	<0.5	ND	ND
16	Iron (Fe)	mg/l	<20	0.32	NA
17	Mercury (Hg)	mg/l	<0.05	0.0006	ND
18	Total Coliform	MPN/100ml	NA	1.5x10 ⁴	5.6x10 ³

出所：調査団

表 R 2.2.28 Steung Chrov (Cheung Aek 湖)における水質調査結果 (2018 年 10 月 23 日)

No	Parameters	Unit	MOE Standard	Sample Number
				STP-SW02
1	pH	No Unit	6.5-8.5	6.90
2	Temperature	°C	NA	30.7
3	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	NA	186.00
4	Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	1-15	32.00
5	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	2.0-7.5	2.30
6	Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/l	NA	14.70
7	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	<8	26.00
8	Oil and Grease	mg/l	NA	6.27
9	Detergent	mg/l	NA	2.27
10	Sulphate (SO ₄)	mg/l	NA	26.00
11	Total Nitrogen (TN)	mg/l	0.6-1.0	9.30
12	Total Phosphorus (TP)	mg/l	0.005-0.05	3.10
13	Lead (Pb)	mg/l	<0.01	0.001
14	Arsenic (AS)	mg/l	<0.01	0.00
15	Cadmium (Cd)	mg/l	<0.001	ND
16	Iron (Fe)	mg/l	NA	0.53
17	Mercury (Hg)	mg/l	<0.0005	0.0005
18	Total Coliform	MPN/100ml	<1,000	2.4x10 ⁴

出所：調査団

- Trabek ポンプ場の放流水路流末及びプロジェクト地域近傍の水質(STP-SW01 地点、ないしは STP-SW-03 (W-5)地点)：これらの地域の表流水は、Trabek ポンプ場からの排水が主となっており、DO、BOD₅、COD、油分で基準値を上回っている。BOD₅ 及び COD が高いため、DO が低くなっており、魚類の生息環境に影響を与えている。T-N、T-P は、生活排水やし尿排水中の汚濁負荷が多いためと考えられる。
- Steung Chrov(Cheung Aek 湖) (STP-SW02 地点)の水質：Steung Chrov は、Cheng Aek 湖の水が流入し、Prek Thout 川に流下した後、Bassac 川へ接続している。水資源気象局の代表者によると、Mekong 川の水位が上昇する 9 月から 11 月頃は、Cheung Aek 湖の方へ河川水が逆流する。2018 年の雨季を例に挙げると、Mekong 川の水位は 9 月に上昇し、Cheung Aek 湖に流入した。10 月中旬になると、Cheung Aek 湖の水は Steung Chrov へ流入した。Cheung Aek 湖の水が下流側へ流れるとき、TSS、COD、T-N、T-P 及び大腸菌群は基準値を上回る。
- [参考 1:下水処理場から発生する汚泥に含まれる水銀の予測値] 水質基準値を上回るものではないが、STP-SW01 地点で観測された水銀(0.0006 mg/L)が処理場において懸濁物質に付着して、汚泥として処理されると仮定する。その場合、懸濁物質が汚泥に付着して除去される割合を 60%⁴と想定すると、汚泥中の水銀濃度は、0.36⁵ mg/kg と想定される。これは、国際基準(日本の土壌基準)である 15 mg/kg と比較しても、基準値を下回ると考えられる。
- [参考 2:下水処理場から発生する汚泥に含まれる鉛の予測値] 水質基準値を上回るものではないが、STP-SW03 (W-5)地点で観測された鉛(0.065 mg/L)に関しても、水銀と同様に、懸濁物質に付着してその 60%が汚泥として除去されるとすると、汚泥中の鉛濃度は、39⁶ mg/kg と想定され、これは、国際基準(日本の土壌基準)である 150 mg/kg と比較しても、基準値を下回ると考えられる。

【予測】

処理場建設(土壌浄化、埋め戻し、コンクリート工等)に伴う Cheung Aek 湖の汚染が懸念される。運転管理中の表流水質は、処理場の運転・維持管理能力によっては、更なる悪化が懸念される。

(b) 地下水

表 R 2.2.29 地下水の水質調査結果 (2018 年 10 月 28 日)

No	Parameters	Unit	MOE Standard	Sample Number	
				STP-GW01	STP-GW02
1	pH	No Unit	6.5-8.5	6.78	6.90

⁴ 60%は、設計上の SS 除去率 $[(205 \text{ mg/L}-80 \text{ mg/L})\div 205 \text{ mg/L}\times 100]$ に基づく。

⁵ 想定される水銀の含有量は、次式より算出。 $0.0006 \text{ mg/L}\times 60\%\times 5,000 \text{ m}^3/\text{日}$ (1 日当たり処理水量) $\times 1,000 \text{ L/m}^3=1,800 \text{ mg}/\text{日}$ 。1 日当たり汚泥量は $5\sim 10 \text{ m}^3$ ($\approx 5,000 \text{ kg}/\text{日}\sim 10,000 \text{ kg}/\text{日}$)。よって、 $0.36 \text{ mg}/\text{kg}$ (最大値)($=1,800 \text{ mg}/\text{日}\div 5,000 \text{ kg}/\text{日}$)が得られる。

⁶ 想定される水銀の含有量は、次式より算出。 $0.065 \text{ mg/L}\times 60\%\times 5,000 \text{ m}^3/\text{日}$ (1 日当たり処理水量) $\times 1,000 \text{ L/m}^3=195,000 \text{ mg}/\text{日}$ 。1 日当たり汚泥量は $5\sim 10 \text{ m}^3$ ($\approx 5,000 \text{ kg}/\text{日}\sim 10,000 \text{ kg}/\text{日}$)。よって、 $39 \text{ mg}/\text{kg}$ (最大値)($=195,000 \text{ mg}/\text{日}\div 5,000 \text{ kg}/\text{日}$)が得られる。

No	Parameters	Unit	MOE Standard	Sample Number	
				STP-GW01	STP-GW02
2	Turbidity	NTU	5	0.00	14.00
3	Electrode Conductivity (EC)	μS/Cm	500-1500	734.00	981.00
4	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	800	283.00	366.00
5	Total Hardness (as CaCO ₃)	mg/l	300	93.50	117.00
6	Chloride (Cl ⁻)	mg/l	250	10.00	17.00
7	Fluoride (F)	mg/l	1.5	0.26	0.28
8	Nitrate (NO ₃)	mg/l	50	1.40	0.60
9	Sulfate (SO ₄)	mg/l	250	0.59	20.00
10	Iron (Fe)	mg/l	0.3	0.10	0.32
11	Arsenic (As)	mg/l	0.05	0.01	0.01
12	Mercury (Hg)	mg/l	0.001	0.0003	0.0002
13	Chromium (Cr)	mg/l	0.05	ND	ND
14	Manganese (Mn)	mg/l	0.1	0.20	0.20
15	Aluminum (Al)	mg/l	0.2	0.14	0.14
16	Cadmium (Cd)	mg/l	0.003	ND	0.0006
17	Total Coliform	MPN/100ml	0	0.00	0.00
18	E-coli	MPN/100ml	0	0.00	0.00

出所：調査団

- 地下水サンプル：STP-GW02 は、濁度が基準値の 5 NTU を上回っている。これは、鉄イオンが酸化鉄(III)(錆)となるためである。この錆は、衣類の洗濯用水としての利用を妨げるものである。地下水の濁度が高くなると、衣類への着色が起こる。しかし、有害な重金属が含まれていなければ、濁度が高くなることによる健康への影響は無い。
- 地下水サンプル：STP-GW02 の鉄濃度：0.32 mg/l は、鉄イオンの酸化により、酸化鉄(III)が生成したことによるものと考えられる。特に、川底での酸化反応が原因と考えられる。これにより、衣類の洗濯に影響が及ぶが、健康への影響は無い。
- マンガンは重金属のひとつである。2つの地下水サンプルともに検出されているが、濃度は鉄よりも小さい。マンガンイオンを含む水は飲用には適さない。また、洗濯用水として使用する場合は、衣類に黒いしみが付着すると考えられる。一般に、鉄やマンガンは、井戸のろ過機能を妨げる。

【予測】

プロジェクトによる地下水への影響は起こらない。

(7) 騒音・振動

(a) 騒音

プロジェクト地域の Zone 1 における騒音測定結果によると、午前 6 時から午後 6 時の間の平均騒音は、45.01 dB であり、環境基準値(60 dB)を下回っていた。しかし、午後 3 時から午後 4 時の時間帯は、Hun Neang 通り沿いで実施されている橋梁建設工事の影響で、基準値を超えていた。

午後 6 時から午後 11 時の時間帯の平均騒音は、44.76 dB であり、夜間の基準値(50 dB)を下回っていた。しかし、午後 10 時から午後 11 時の時間帯は、橋梁建設現場の発電機

の稼働音により、基準値を上回っていた。

午後 11 時から翌日の午前 5 時までの平均騒音は、45.43 dB であり、深夜時間帯の基準値(45 dB)を上回っていた。これは、Hun Sen 通りを通行するトラックの走行音によるものである。

【予測】

建設機械、車輛、発電機及びその他の建設作業により、プロジェクト地域周辺(Borey Chip Mong、Prek Takong 1 村)の人々や鳥の生活環境を害する騒音が発生する可能性が僅かに考えられる。

表 R 2. 2. 30 プロジェクト地域における騒音測定結果(2018 年 10 月 30 日測定)

Time	Duration	Noise Level dB(A) (30 October 2018)				Mean
		X=0491356 Y=1272730				
		LAeq	Standard (Leq)	Lmax	Lmin	
Day	6:00-7:00	44.6	60	49.3	38.8	Mean=45.01
	7:00-8:00	46.4		56.8	39.8	
	8:00-9:00	44.2		61.4	38.1	
	9:00-10:00	45.8		56.1	38.4	
	10:00-11:00	42.6		51.3	37.7	
	11:00-12:00	44.8		65.1	34.1	
	12:00-13:00	40.0		54.1	34.4	
	13:00-14:00	43.0		57.8	35.7	
	14:00-15:00	40.5		54.2	33.9	
	15:00-16:00	64.6		92.4	36.6	
	16:00-17:00	42.3		57.4	34.1	
17:00-18:00	41.3	55.4	34.8			
Evening	18:00-19:00	43.4	50	55.9	35.4	Mean=44.76
	19:00-20:00	40.6		52.6	33.9	
	20:00-21:00	42.7		56.2	35.8	
	21:00-22:00	45.0		50.9	42.7	
	22:00-23:00	52.1		63.2	41.1	
Night	23:00-00:00	67.2	45	88.3	39.1	Mean=45.43
	00:00-1:00	42.2		58.7	30.1	
	1:00-2:00	48.5		59.7	29.0	
	2:00-3:00	33.1		48.2	29.2	
	3:00-4:00	34.9		49.1	29.3	
	4:00-5:00	52.7		64.1	37.0	
	5:00-6:00	39.4		51.1	33.4	
24 hours Average		45.1		58.7	35.5	

出所：調査団

表 R 2. 2. 31 Prek Takong 1 村における騒音測定結果(2018 年 10 月 31 日測定)

Time	Duration	Noise Level dB(A) (31 October 2018)				Mean
		X=0491031 Y=1272740				
		LAeq	Standard (Leq)	Lmax	Lmin	
Day	6:00-7:00	46.4	60	60.1	39.4	Mean=49.12
	7:00-8:00	48.3		65.3	37.1	
	8:00-9:00	48.7		64.2	38.0	
	9:00-10:00	76.4		105.4	39.6	
	10:00-11:00	52.7		73.9	37.5	
	11:00-12:00	42.6		62.0	34.8	
	12:00-13:00	39.5		55.5	33.0	

Time	Duration	Noise Level dB(A) (31 October 2018)				Mean
		X=0491031 Y=1272740				
		LAeq	Standard (Leq)	Lmax	Lmin	
	13:00-14:00	46.8		72.2	37.1	
	14:00-15:00	50.6		69.6	35.7	
	15:00-16:00	47.5		61.9	37.4	
	16:00-17:00	45.4		58.1	38.0	
	17:00-18:00	44.5		66.6	38.4	
Evening	18:00-19:00	55.4	50	58.4	42.2	Mean=58.16
	19:00-20:00	58.6		61.6	56.2	
	20:00-21:00	60.9		85.1	45.1	
	21:00-22:00	58.2		73.0	54.5	
	22:00-23:00	57.7		64.3	53.9	
Night	23:00-00:00	52.8	45	82.1	40.5	Mean=46.66
	00:00-1:00	46.7		58.1	38.3	
	1:00-2:00	45.4		59.4	38.5	
	2:00-3:00	45.2		60.2	33.7	
	3:00-4:00	41.9		60.3	34.6	
	4:00-5:00	49.8		62.0	39.4	
	5:00-6:00	44.8		60.8	36.9	

出所：調査団

(b) 振動

振動測定結果(騒音測定と同じ2箇所で開催)によると、いずれも基準値を下回っていた。

【予測】

建設機械、車輛、発電機及びその他の建設作業により、プロジェクト地域周辺(Borey Chip Mong、Prek Takong 1 村)の人々や鳥の生活環境を害する振動が発生する可能性が考えられる。

表 R 2.2.32 プロジェクト地域における振動測定結果(2018年10月30日測定)

Time	Duration	Vibration Level dB (30 October 2018)				Mean
		X=0491356 Y=1272730				
		Leq	Standard Laeq	Lmax	Lmin	
Day	6:00-7:00	17.4	65	24.4	14.9	17.758
	7:00-8:00	17.3		33.8	15.1	
	8:00-9:00	17.2		23.6	15.4	
	9:00-10:00	21.7		45.0	13.1	
	10:00-11:00	15.5		21.7	13.8	
	11:00-12:00	15.8		24.5	14.3	
	12:00-13:00	18.2		26.9	16.9	
	13:00-14:00	23.1		45.4	11.4	
	14:00-15:00	15.5		19.1	13.3	
	15:00-16:00	15.7		23.2	13.9	
	16:00-17:00	16.9		25.1	14.9	
	17:00-18:00	18.8		26.0	17.7	
	Night	18:00-19:00		18.1	60	
19:00-20:00		15.3	18.5	14.1		
20:00-21:00		15.5	24.7	14.1		
21:00-22:00		18.5	40.9	11.5		
22:00-23:00		22.7	47.3	11.6		
23:00-00:00		15.8	30.6	13.7		
00:00-1:00		15.4	17.1	14.0		

Time	Duration	Vibration Level dB (30 October 2018)				Mean
		X=0491356 Y=1272730				
		Leq	Standard Laeq	Lmax	Lmin	
	1:00-2:00	18.9		26.7	17.6	
	2:00-3:00	18.9		26.8	13.0	
	3:00-4:00	17.8		23.9	15.8	
	4:00-5:00	17.4		24.4	14.9	
	5:00-6:00	22.4		33.9	13.0	
24 hours Average		17.9		28.6	14.3	

出所：調査団

表 R 2. 2. 33 Prek Takong 1 村における振動測定結果 (2018 年 10 月 31 日測定)

Time	Duration	Vibration Level dB (31 October 2018)				Mean
		X=0491031 Y=1272740				
		Leq	Standard Laeq	Lmax	Lmin	
Day	6:00-7:00	13.3	65	26.1	11.4	14.808
	7:00-8:00	13.1		20.8	11.5	
	8:00-9:00	13.2		30.1	11.4	
	9:00-10:00	27.8		48.9	11.6	
	10:00-11:00	16.0		41.0	11.0	
	11:00-12:00	12.7		16.6	11.2	
	12:00-13:00	13.2		31.1	11.1	
	13:00-14:00	14.5		29.7	11.4	
	14:00-15:00	13.7		28.5	11.6	
	15:00-16:00	13.6		27.0	11.3	
	16:00-17:00	13.4		28.9	11.4	
	17:00-18:00	13.2		28.8	11.5	
Night	18:00-19:00	12.9	60	22.3	11.4	15.283
	19:00-20:00	12.9		24.6	11.3	
	20:00-21:00	12.8		16.4	11.4	
	21:00-22:00	29.4		55.6	11.4	
	22:00-23:00	12.8		17.9	11.3	
	23:00-00:00	16.4		45.6	11.6	
	00:00-1:00	12.9		22.9	11.5	
	1:00-2:00	16.2		34.5	11.5	
	2:00-3:00	12.9		33.7	11.1	
	3:00-4:00	16.9		39.7	11.5	
	4:00-5:00	13.2		26.5	11.4	
	5:00-6:00	14.1		30.6	11.5	
24 hours Average		15.0		30.3	11.4	

出所：調査団

(8) 生態系

(a) 植物及び野生植物の生息地

プロジェクト地域では、住民が栽培している水生作物(アサガオ、セロリ、ミモザ、ホテイアオイ、ヨシ)、及び魚類の棲家となるサトイモがある。また、Cheung Aek 湖(プロジェクト地域近傍 1 km の範囲)では、魚類のエサとなるウキクサ等の水生植物がある。

プロジェクト地域から南東に 500 m~1 km の範囲では、ゴバンノアシなどの樹木が茂っている。Deum Sav Mao Prey は両生類、鳥類及び魚類の生息地や繁殖地となっている。

(b) 哺乳類

プロジェクト地域では、2種の哺乳類が確認される。Prakas No 020 PK/KSK(2007年1月25日、MOAFF)及びCITES annexに係る環境危惧種は確認されていない。また、IUCNのレッドリストに挙げられる絶滅危惧種も、プロジェクト地域周辺では確認されていない。

表 R 2.2.34 プロジェクト地域周辺の哺乳類 (2018年10月22日～11月2日)

No.	Scientific Name	English Name	Prakas No. 020 PK/KSK (January 25,2007)	CITES	IUCN	Interviewing	Survey Team
1	<i>Herpestes javanicus</i>	Small Asian Mongoose			LC	✓	
2	(Order: CHIROPTERA)	Bats				✓	

出所：調査団

(c) 鳥類

プロジェクト周辺地域では、43種の鳥類が観測されており、そのうち、CITES annexに係る3種、annex IIに係る2種(トビ、メンフクロウなど)、及びannex IIIに係る1種(ショウジョウサギ)が含まれている。Prakas No 020 PK/KSK(2007年1月25日、MOAFF)に係る種は確認されていない。IUCNのレッドリストに挙げられる絶滅危惧種では、シギ(*Tringa guttifer*)が確認された。

表 R 2.2.35 プロジェクト周辺地域の鳥類 (2018年10月22日～11月8日)

N°	Scientific Name	English name	Prakas No. 020 PK/KSK (January 25, 2007)	CITES	IUCN	Interviewing	Survey Team
1	<i>Hemixos flavala</i>	Ashy Bulbul			LC	<input type="checkbox"/>	
2	<i>Anthus rufulus</i>	Paddyfield Pipit			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<i>Dicaeum ignipectus</i>	Fire-breasted Flowerpecker			LC	<input type="checkbox"/>	
4	<i>Phylloscopus plumbeitarsus</i>	Two-barred Wabler				<input type="checkbox"/>	
5	<i>Saxicola caprata</i>	Pied Bushchat			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<i>Ploceus philippinus</i>	Baya Weaver			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<i>Prinia inornata</i>	Plain Prinia			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<i>Prinia hodgsonii</i>	Grey-breasted Prinia			LC	<input type="checkbox"/>	
9	<i>Acrocephalus orientalis</i>	Oriental Reed Wabler				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<i>Orthotomus sutorius</i>	Common Tailorbird			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<i>Passer montanus</i>	Eurasian Tree Sparrow			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<i>Passer domesticus</i>	House Sparrow			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<i>Pycnonotus goiavier</i>	Yellow-vented Bulbul			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<i>Megalurus palustris</i>	Striated Grassbird			LC	<input type="checkbox"/>	
15	<i>Anhinga melanogaster</i>	Oriental Darter			NT	<input type="checkbox"/>	
16	<i>Dicrurus aeneus</i>	Bronzed Drongo			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<i>Dicrurus macrocerus</i>	Black Drongo			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<i>Alcedo atthis</i>	Common Kingfisher			LC	<input type="checkbox"/>	
19	<i>Bubulcus ibis</i>	Cattle Egret		III	LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<i>Ardeola bacchus</i>	Javan Pond Heron			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	<i>Porphyrio porphyrio</i>	Purple Swamphen			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

N°	Scientific Name	English name	Prakas No. 020 PK/KSK (January 25, 2007)	CITES	IUCN	Interviewing	Survey Team
22	<i>Gallinula cinerea</i>	Watercock			LC	<input type="checkbox"/>	
23	<i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen			LC	<input type="checkbox"/>	
24	<i>Gallinula chloropus</i>	White-breasted Waterhen			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	<i>Porzana cinerea</i>	White-browed Crake			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	<i>Dendrocygna javanica</i>	Lesser Whistling Duck			LC	<input type="checkbox"/>	
27	<i>Tringa guttifer</i>	Green Sandpiper			EN	<input type="checkbox"/>	
28	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Gull-billed Tern			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	<i>Centropus sinensis</i>	Greater Coucal			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	<i>Streptopelia chinensis</i>	Spotted Dove			LC	<input type="checkbox"/>	
31	<i>Geopelia striata</i>	Zebra Dove			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	<i>Rhipidura javanica</i>	Pied Fantail			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	<i>Apus affinis</i>	House Swift			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	<i>Apus pacificus</i>	Fork-tailed Swift			LC	<input type="checkbox"/>	
35	<i>Cypsiurus balasiensis</i>	Asian Palm Swift			LC	<input type="checkbox"/>	
36	<i>Hirundo rustica</i>	Barn Swallow			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	<i>Merops viridis</i>	Blue-throated Bee-eater			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	<i>Crypsirina temia</i>	Racket-tailed Treepie			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	<i>Acridotheres tristis</i>	Common Myna			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	<i>Elanus coeruleus</i>	Black-shouldered Kite		II	LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	<i>Tyto alba</i>	Barn Owl		II	LC	<input type="checkbox"/>	
42	<i>Cacomantis merulinus</i>	Plaintive Cuckoo			LC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	<i>Lanius cristatus</i>	Brown Shrike			LC		<input type="checkbox"/>

出所：調査団

(d) 爬虫類及び両生類

20種の爬虫類及び両生類がされた。そのうち、CITES annex IIに係る2種(ヘビ、ビルマニシキヘビ)が確認された。Sub-Degree No.123 ANK/BK(2009年8月12日、MOAFF)に係る種は確認されなかった。

表 R 2. 2. 36 プロジェクト周辺地域の爬虫類及び両生類(2018年10月22日～11月8日)

N°	Scientific Name	English Name	Sub-decree No 123	CITES	IUCN	Interview	Survey Team
1	<i>Calotes versicolor</i>	Garden Fence Lizard				<input type="checkbox"/>	
2	<i>Acrochordus granulatus</i>	File Snake			LC	<input type="checkbox"/>	
3	<i>Enhydryis enhydryis</i>	Rainbow Water Snake			LC	<input type="checkbox"/>	
4	<i>Erpeton tentaculatus</i>	Tentacled snake			LC	<input type="checkbox"/>	
5	<i>Amphiesma stolata</i>	Striped Keelback				<input type="checkbox"/>	
6	<i>Boiga cyanea</i>	Green Cat Snake				<input type="checkbox"/>	
7	<i>Elaphe radiata</i>	Radiated Ratsnake				<input type="checkbox"/>	
8	<i>Oligodon taeniatus</i>	Striped Kukri Snake				<input type="checkbox"/>	
9	<i>Ptyas mucosus</i>	Common Ratsnake		II		<input type="checkbox"/>	
10	<i>Python molurus bivittatus</i>	Burmese Python		II		<input type="checkbox"/>	
11	<i>Xenochrophis piscator</i>	Chequered Keelred				<input type="checkbox"/>	
12	<i>Gekko gecko</i>	Tokay Gecko				<input type="checkbox"/>	
13	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Spiny-tailed House Gecko				<input type="checkbox"/>	
14	<i>Scincella reevesii</i>	Speckled Leaf-litter Skink				<input type="checkbox"/>	
15	<i>Sphenomorphus indicus</i>	Indian Forest Skink				<input type="checkbox"/>	
16	<i>polypedates cf. leucomystax</i>	Common Tree Frog			LC	<input type="checkbox"/>	
17	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>	Common Asian Toad				<input type="checkbox"/>	
18	<i>Kaloula pulchra</i>	Banded Bullfrog			LC	<input type="checkbox"/>	
19	<i>Fejervarga limnocharis</i>	Rice Field Frog				<input type="checkbox"/>	
20	<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	Tiger Frog			LC	<input type="checkbox"/>	

出所：調査団

(e) 魚類

プロジェクト周辺地域では、52種の魚類が確認された。Zone 1(プロジェクト周辺のCheung Aek 湖)では13種、Zone 2(Steung Chrov)では52種が確認された。Sub-Degree No. 123 ANK/BK(2009年8月12日)で挙げられる環境危惧種も確認されている(*Probarbus jullien*、*Catlocarpio siamensis*)。また、IUCNのレッドリストに挙げられる重要絶滅危惧種は、*Catlocarpio siamensis*のほか2種(*Probarbus jullien*、*Pangasius Hypophthalmus*)が確認された。

表 R 2. 2. 37 プロジェクト周辺地域の魚類(2018年10月19日～11月30日)

N°	English name	Scientific Name	Family Name	Economic Fish (EF) May 2005	sub-decree No 123	IUCN	Interview	On-site Study (zone 1 and 2)
1	Siamese glassfish	<i>Parambassis siamensis</i>	AMBASSIDAE			LC	Zone 1	
2	Climbing perch	<i>Anabas testudineus</i>	ANABANTIDAE	EF			Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
3		<i>Mystus atrifasciatus</i>	BAGRIDAE	EF		LC	Zone 2	
4	Striped catfish	<i>Mystus multiradiatus</i>	BAGRIDAE	EF		LC	Zone 1 and 2	
5	Striped catfish	<i>Mystus mysticetus</i>	BAGRIDAE	EF		LC	Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
6		<i>Hemibagrus spilopterus</i>	BAGRIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
7	Talking gourami	<i>Trichopsis pumila</i>	BELONTIIDAE			LC	Zone 1 and 2	
8	Croaking gourami	<i>Trichopsis vittata</i>	BELONTIIDAE			LC	Zone 1 and 2	

Nº	English name	Scientific Name	Family Name	Economic Fish (EF) May 2005	sub-decree No 123	IUCN	Interview	On-site Study (zone 1 and 2)
9	Common Snakehead	<i>Channa striata</i>	CHANNIDAE	EF		LC	Zone 1 and 2	Zone 2
10	Nile tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	CICHLIDAE			NT	Zone 1 and 2	Zone 2
11	Walking catfish	<i>Clarias batrachus</i>	CLARIIDAE	EF		LC	Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
12	Broad head catfish	<i>Clarias macrocephalus</i>	CLARIIDAE	EF		NT	Zone 1 and 2	
13	Giant barb	<i>Catlocarpio siamensis</i>	CYPRINIDAE		Cr, National Fish	CR	Zone 2	
14	Mekong barb	<i>Cyclocheilichthys repasson</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	
15	Cyclocheilichthys Tapiensis	<i>Cyclocheilichthys lagleri</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	
16	Siamese long fin carp	<i>Labiobarbus siamensis</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	
17		<i>Crossocheilus reticulatus</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	
18	Pale rasbora	<i>Rasbora aurotaenia</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	Zone 2
19	Striped flying barb	<i>Esomus metallicus</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	
20		<i>Hampala macrolepidota</i>	CYPRINIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
21		<i>Henicorhynchus caudimaculatus</i>	CYPRINIDAE				Zone 2	Zone 2
22	Siamese mud Carp	<i>Henicorhynchus siamensis</i>	CYPRINIDAE	EF			Zone 2	
23	Tiny scale barb	<i>Thynnichthys thynnoides</i>	CYPRINIDAE	EF		LC	Zone 2	
24	Tawes	<i>Barbodes gonionotus</i>	CYPRINIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
25	Mad barb	<i>Leptobarbus hoeveni</i>	CYPRINIDAE	EF			Zone 2	
26	Black sharkminnow	<i>Morulus chrysophekadion</i>	CYPRINIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
27	Silver sharkminnow	<i>Osteochilus hasselti</i>	CYPRINIDAE	EF		LC	Zone 2	
28		<i>Parachela oxygastroides</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	Zone 2
29		<i>Paralaubuca typus</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	Zone 2
30	Isok barb	<i>Probarbus jullieni</i>	CYPRINIDAE		Cr	EN	Zone 2	
31		<i>Puntioplites proctozyron</i>	CYPRINIDAE	EF			Zone 2	Zone 2
32	Spotted barb	<i>Systemus binotatus</i>	CYPRINIDAE				Zone 2	Zone 2
33	Puntius Simus	<i>Puntius orphoides</i>	CYPRINIDAE	EF			Zone 2	
34	Marbled sleeper	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	ELEOTRIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
35	freshwater garfish	<i>Xenentodon cancila</i>	BELONIDAE			LC	Zone 2	
36	Stripe-nosed Halfbeak	<i>Zenarchopterus buffonis</i>	HEMIRAMPHIDAE				Zone 2	Zone 2
37	Peacock eel	<i>Macrogonathus siamensis</i>	MASTACEMBELIDAE	EF		LC	Zone 2	

N°	English name	Scientific Name	Family Name	Economic Fish (EF) May 2005	sub-decree No 123	IUCN	Interview	On-site Study (zone 1 and 2)
38	Shortspine eel	<i>Macrogathus taeniagaster</i>	MASTACEMBELIDAE	EF		LC	Zone 2	
39	Tiretrack spiny eel	<i>Mastacembelus armatus</i>	MASTACEMBELIDAE	EF		LC	Zone 2	
40	Catopra	<i>Pristolepis fasciata</i>	NANDIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
41	Bronze featheback	<i>Notopterus notopterus</i>	NOTOPTERRUS	EF		LC	Zone 2	Zone 2
42	Moon light gourami	<i>Trichogaster microlepis</i>	BELONTIIDAE	EF			Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
43	Threespot gourami	<i>Trichogaster trichopterus</i>	BELONTIIDAE	EF		LC	Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
44	Snakeskin gourami	<i>Trichogaster pectoralis</i>	BELONTIIDAE	EF			Zone 1 and 2	Zone 1 and 2
45		<i>Pangasius larnaudii</i>	PANGASIIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
46		<i>Pangasius bocourti</i>	PANGASIIDAE	EF		LC	Zone 2	Zone 2
47	Iridescent shark-catfish	<i>Pangasius hypophthalmus</i>	PANGASIIDAE	EF		EN	Zone 2	Zone 2
48	Butter catfish	<i>Ompok bimaculatus</i>	SILURIDAE	EF		NT	Zone 2	Zone 2
49		<i>Wallago attu</i>	SILURIDAE	EF		NT	Zone 2	Zone 2
50	Swamp eel	<i>Monopterus albus</i>	SYNBRANCHIDAE			LC	Zone 1 and 2	
51	Yellow pufferfish	<i>Tetraodon turgidus</i>	TETRAODONTIDAE			LC	Zone 2	Zone 2
52	Induan Carp	<i>Labeo rohita</i>	CYPRINIDAE			LC	Zone 2	Zone 2

出所：調査団

【予測】

プロジェクト周辺地域には、様々な種の動植物が生息しており、それらの生息している種への直接的なダメージや生息地の一部消失といった影響がわずかに懸念される。しかし、プロジェクトの規模は小さく、STP サイトに生息する生物は限定的で周辺にも生息している。また絶滅危惧種(魚類)に関しては、現地住民(Zone 2)へのヒアリング調査によるものである。その地域は、プロジェクト現場から 3 km ほど離れており、プロジェクト現場の溶存酸素(DO)は 0.5 mg/l 未満であった。そのため、プロジェクト周辺地域では、これらの種の生物は生息できない。以上のことから生態系への悪影響は無いと考えられる。

(9) 廃棄物

Prek Takong 1 村、Chak Angre Leu、Mean Chey 区の廃棄物処分場における調査では、廃棄物 1 m³あたりの重量は 115 kg であり、分解性廃棄物(食物、紙類など)が 36.41%、無害な廃棄物(貝殻、ヘビの脱殻など)が 2.90%、ガラス片や陶器・レンガなどが 7.5%、有害廃棄物(瓶、プラスチック袋など)が 33.12%、その他の有害物質(衣類、タイヤ、ゴム製品、金属、医療系廃棄物など)が 20.07%であった。

表 R 2. 2. 38 廃棄物処分場における廃棄物の構成 (2018 年 11 月時点)

No	場所	サンプル	村	座標	重量 20cm ³ (kg)	分解性 20cm ³ (kg)	非有害性 20cm ³ (kg)	ガラス/ 磁器/レン ガ 20cm ³ (kg)	プラス チック 20cm ³ (kg)	他の有害 性物質 20cm ³ (kg)
1	1	1	Prek Takong 1	X: 490960 Y: 1272857	2.68	1.1	0.2	0.3	0.98	0.1
2		2	Prek Takong 1		2.85	0.85	0	0	1	1
3		3	Prek Takong 1		3.1	2.55	0.2	0	0.35	0
4	2	4	Prek Takong 1	X: 490992 Y: 1272772	2.6	0.9	0	0	0.8	0.9
5		5	Prek Takong 1		1.8	0.5	0.2	0	0.85	0.25
6		6	Prek Takong 1		0.95	0.1	0	0	0.7	0.15
7	3	7	Prek Takong 1	X: 491034 Y: 1272740	1.75	0.7	0	0	0.85	0.2
8		8	Prek Takong 1		2.05	0.33	0	0.25	0.52	0.95
9		9	Prek Takong 1		2.9	0.5	0	1	0.8	0.6
平均密度					2.30	0.84	0.07	0.17	0.76	0.46
密度 1m ³ あたり					115	41.8	3.3	8.6	38.1	23.1
合計, %					100%	36.41%	2.90%	7.50%	33.12%	20.07%

出所：調査団

道路沿いの廃棄物はトラックで収集可能で、管理することができる。しかし、調査地域では、固形廃棄物の管理がされていない。Prek Takong 1 村では、主要道路のみ収集サービスが行われている。コンクリート舗装となっている 371 通り(約 600 m)を、廃棄物収集サービスが行われている社会経済調査の範囲とした。371 通りの終点から湖沿いに至っては、廃棄物の収集が行われておらず、家屋が水上に建設されている(雨季は浸水する)。住民は、廃棄物やゴミを自宅の周辺に投棄している。

【予測】

固形廃棄物(コンクリート片、鉄くず及び木材片等)の管理は、プロジェクトの実施時は義務付けられ、管理システムが構築される。よって、固形廃棄物管理に係る問題は発生しない。しかしながら、現場労働者による廃棄物が居住エリア外に投棄される可能性がある。

(10) 人口統計

2つの地区：Sangkat Chak Angre Leu 及び Sangkat Chak Angre Krom は、プロジェクト地域に近接している。最も近い Sangkat Chak Angre Leu の人口は、4,097 世帯で 19,633 人である。

表 R 2. 2. 39 Sangkat Chuk Angre Leu の居住者統計

No.	村	家族数	人口	女性	18 歳以上	18 歳以上 (女性)
1	Prek Ta Nu	557	2,572	1,344	1,880	996
2	Prek Ta Nu 1	513	2,448	1,232	1,525	806
3	Prek Ta Nu 2	400	1,763	923	1,213	647
4	Prek Takong	512	2,290	1,131	1,461	764
5	Prek Takong 1	549	2,808	1,402	1,756	906
6	Prek Takong 2	753	3,735	1,895	2,553	1,338
7	Prek Takong 3	611	2,965	1,531	2,026	1,060
8	Phum 7	198	1,052	549	643	347
合計		4,093	19,633	10,007	13,057	6,864

出所：Sangkat Chak Angre Leu の統計データ(2018 年)

(11) コミュニティの構造

Prek Takong 1 村の社会経済調査では、135 世帯の世帯主が Grade 5 から 12 の教育レベルにある。135 の世帯主のうち、クメール語を読み書きできる人は、男性 82 名、女性 8 名の合計 90 名で、67%であった。全く読み書きが出来ない人は、男性 32 名、女性 11 名の 33%であった。

(12) 道路

プロジェクト周辺地域の道路は、Hun Sen 通り(60 m 道路)に繋がる Khal Thnorl までの 271 通りである。Hun Sen 通りは、Hun Neang 道路(30 m)と交差する。

【予測】

大型トラックによる建設資材の輸送により、271 通りへの軽微な影響が考えられる。また、日常的に 271 通りが渋滞し、周辺住民の移動にやはり軽微な影響が及ぶ可能性がある。

(13) 生計及び収入

135 世帯へのヒアリング調査に基づく収入分析によると、Prek Takong 1 村の住民の収入は、湖での栽培業が 29.38%、日雇い労働が 23.56%、営業・販売が 18.67%等であった。

【予測】

プロジェクト実施により、野菜等を栽培している住民(7 地主)の収入源が懸念される。プロジェクトで補償を行った後、収入が得られないようであれば、プロジェクトへの反発が起こる可能性がある。

近隣住民をプロジェクト従事者として雇用することが考えられるが、その条項が建設工事契約書の TOR に含まれない可能性がある。

表 R 2.2.40 プロジェクト周辺地域住民の主な収入 (2018 年 10 月～11 月のヒアリング調査)

村	家族数	役人	会社/NGO	工場	ワーカー (日雇い)	小売り	運転手 (タクシール等)	農業	畜産	漁業	その他	1 家族当たり総収入
Prek Takong 1	135	\$2,068	\$5,182	\$1,835	\$12,779	\$10,128	\$2,710	\$15,933	\$58	\$1,078	\$2,462	\$54,231
合計 (%)		3.81%	9.55%	3.38%	23.56%	18.67%	5.00%	29.38%	0.11%	1.99%	4.54%	100%

出所：調査団

(14) 用地取得及び住民移転

プロジェクト対象範囲：9.02 ha(水路管理道路及び管路施設：5.24 ha、処理場：3.78 ha)の中に居住者は存在せず住民移転は発生しないが、構造物の 2 所有者(2 世帯)が存在する。1 所有者は建物：106.2 m²、オーニング：156.8 m²、風呂場：7.8 m²を含む 2 家屋(タイプ：2f)、及び作業員用の仮施設(タイプ：2a)：73.4 m²を保有している。さらに、果樹木 47 本

(マンゴーの木：37本、バナナ10本)が植えられている。もう一つの所有者は Chip Mong のレンガフェンス(厚さ 100 mm、面積 90 m²)、地中の排水管(延長 36 m、2本)を保有している。プロジェクト地域では、水生植物が栽培されている土地：3.67 ha があり、6人の違法所有者の土地を使用する7家族がプロジェクトの影響を受けると考えられる。22の影響世帯(AHs)のうち、15のHHsが違法土地所有者であり、7HHsが土地を使用している。それらの土地所有と使用は違法なものではあるが、JICA ガイドラインに基づく補償が必要と考えられる。

表 R 2.2.41 プロジェクト現場で影響を受ける HHs

No	村	総家屋数	総人口	被影響 HHs	違法土地所有者	土地使用者
1	Prek Takong 1	549	2808	22	15	7
合計		549	2808	22	15	7

出所：調査団

表 R 2.2.42 プロジェクトにより影響をうける不動産

構造物	屋根	壁	床	柱	階数	影響範囲 (m ²)	被影響 HH
House 2f	Zinc	Brick	Mortar	Concrete	Single	106.20	1
Awning (1+2)	Zinc	None	Mortar	Iron	Single	156.80	
Bath room	Zinc	Brick	Tile	Iron	Single	7.80	
Shelter (2a)	Zinc	Wood and cloth	Wooden	Pole	Single	73.40	
Brick Fence, 100 mm (Chip Mong)						90.00	1
Brick Bund Wall, 200 mm (Chip Mong)						120	1
影響を受ける総 HHs							2

出所：調査団

表 R 2.2.43 影響を受ける植物

木	単位	合計
Mango	Tree	37
Banana	Cluster	10
合計		47

出所：調査団

(15) 水利用及び衛生環境

プロジェクト地域に近い Chak Angre 町の Prek Takong 1 村では、水道施設の利用と、井戸水の利用がある。Prek Takong 1 村では、主に PPWSA が提供する水道サービスの利用が 84%、次いで井戸水利用が 16%である。

表 R 2.2.44 Prek Takong 1 村における水利用状況

No.	村	聞き取り 対象家族	水を利用 している家族	内訳			
				井戸	%	水道	%
1	Prek Takong 1	135	136	22	16%	114	84%

出所：調査団

135 世帯へのヒアリング調査では、89%がトイレを有している。トイレを有していない家屋は、屋外に直接、あるいは近隣のトイレを借りている。

表 R 2.2.45 トイレ利用状況

No.	村	町	聞き取り 対象家族	トイレ 有り	%	トイレ なし	%
1	Prek Takong 1	Chak Angre Leu	135	120	89%	15	11%
合計			135	120	89%	15	11%

出所：調査団

【予測】

Trabek ポンプ場の排水地点周辺で生活している住人にとって、水道施設(の利用)への影響が考えられる。

(16) 公衆衛生と福祉

Chak Angre Leu 町及び Cha Angre Krom 町の職員によると、Cha Angre Krom 町には 4 箇所のヘルスセンターがあり、30 名の医師と 60 の病室がある。Chak Angre Leu 町にはヘルスセンターが無いいため、住民が病症を発症した際は、Cha Angre Krom 町のヘルスセンターに通院している。重病の際は、プロジェクト地域の周辺にある Khmer-Soviet Friendship Hospital を利用している。

表 R 2.2.46 プロジェクト地域周辺のヘルスセンター及び病院

No.	町	区	Health post			ヘルスセンター		
			箇所数	部屋数	医師数	箇所数	部屋数	医師数
1	Chak Angre Leu	Mean Chey	0	0	0	0	0	0
2	Chak Angre Krom	Mean Chey	0	0	0	4	60	30
合計			0	0	0	4	60	30

出所：Chak Angre Leu 町の提供資料(2018 年)

【予測】

建設工事期間中に、以下の影響が考えられる。

- i. 作業員の健康及び安全
 - 下痢、腸チフス、皮膚病、及び悪臭に伴う呼吸系(経口)感染症の発症。
 - 安全及びリスク管理計画を遵守しない等による作業事故。
- ii. 公衆衛生
 - STDs への感染、集団感染。
 - 薬物の輸送や取引による影響。
 - 建設車輛による交通事故。

(17) 事故

National Road Safety Committeeによると、2018年9月には250件の交通事故が発生し、461人が死傷した(死者131人(28.42%)、重症者249人(54.01%)、軽症者81人(17.57%))。一方、事故車両は461台で、内訳は次表のとおりである。

表 R 2.2.47 カンボジアの交通事故データ

No.	種類	数	パーセント
1	Motorcycle	271	58.79%
2	Car	121	26.25%
3	Truck	49	10.63%
4	Other	20	4.34%
合計		461	100.0%

出所：National Road Safety Committee(2018年)

【予測】

建設工事中に、安全やリスク管理を怠ると、工事車両による交通事故が発生する可能性がある。

(18) 景観

Cheung Aek 湖のプロジェクト現場周辺は、プノンペン都からの排水(汚水)が流下し、排水中に含まれる窒素等の物質を用いて、人々が水生植物の栽培を行っている。周辺の道路には、ゴミや廃棄物が放置されており、塵や埃が多い。

【予測】

トラックが建設資材の輸送(建設時)や、汚泥の輸送(運転時)を行うため、道路が汚くなる可能性がある。

(19) ジェンダー

ジェンダーは現在のところ重要な問題とはなっていない。

【予測】

起こり得るジェンダー問題は、女性差別と障がい者の就労差別である。

2.2.3.1.8 影響評価

調査結果とガイドラインに従い、想定される影響を表 R 2.2.48 及び表 R 2.2.49 にまとめた。本プロジェクトによる負の影響は小さいものと考えられる。

表 R 2.2.48 影響評価 (公害及び自然環境)

No.	影響項目	工事前/ 工事中	供用時	評価理由
1. 公害及び自然環境				
1	大気汚染	B-	N/A	<u>工事中</u> • 機械類による塵埃の排出 • 建設現場付近における渋滞による大気汚染 • 建設資材運搬時のトラックによる埃の発生

No.	影響項目	工事前/ 工事中	供用時	評価理由
2	騒音	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 埋め立てや管路埋設などの建設作業時及び機械類・運搬車・発電機などの騒音による、プロジェクトサイト周辺(Borey Chip Mong 及び Prek Takong 1 村)の住民や鳥類への被害の懸念がある。
3	振動	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 埋め立てや管路埋設などの建設作業時及び機械類・運搬車・発電機などの振動による、プロジェクトサイト周辺(Borey Chip Mong 及び Prek Takong 1 村)の住民や鳥類への被害の懸念がある。
4	水質汚濁	B-	B±	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 埋め立てや浚渫による濁りの発生 建設現場における機械類や運搬車からの油漏洩による表層水の汚染 <u>供用時</u> <ul style="list-style-type: none"> 不適切な維持管理による表層水汚染・処理能力の低下、Cheung Aek 湖の再汚染 下水処理場により、建設前と比較して水質汚濁は改善されると考えられる。
5	土壌汚染	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 油類漏れ及び廃棄物の野積みによる土壌汚染 様々な油分が浸出することによる土壌汚染
6	廃棄物	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 固形廃棄物(コンクリート片、鉄くず及び木材片等)の管理は、プロジェクトの実施時は義務付けられ、管理システムが構築される。よって、固形廃棄物管理に係る問題は発生しない。 しかしながら、現場労働者による廃棄物が居住エリア外に投棄される可能性がある。
7	土壌浸食及び斜面崩壊	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 開墾・掘削・埋め立てにより土壌浸食が起こる可能性がある。 廃棄した湖の底泥が湖に流出する可能性がある。 プロジェクトサイト近くの埋め立て地が湖方向にずれる可能性がある。 本プロジェクトでは、埋め立て用土砂を、ライセンスを取得した業者から購入する予定である(このライセンスは、鉦工業省から発行される。当該業者が、川砂を扱う場合には、更に、水資源気象省からライセンスを取得する必要がある。当該業者は、土砂の採掘業(採掘深が4.0 m以上となる採掘)を開業するにあたり、EIA調査を実施する必要がある)。本プロジェクトにて想定される埋立土砂量は約25万 m³である。また、本プロジェクトにて土砂を購入する候補となる業者は、プノンペン都南部に位置する2業者であり、一方はカンダール州境界付近に位置し、もう一方は、Bassac 川沿いに位置する。 <u>供用時</u> <ul style="list-style-type: none"> 洪水は下水処理場に流入しない。
8	生態系	B-	D	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 建設作業により、濁度が上昇し、溶存酸素濃度(DO)が低下する恐れがある。 現場は水鳥の住処となっているので、建設作業員による狩猟・売買が行われる可能性がある。 聞き取り調査により Zone 2 で絶滅危惧種が報告されている。当該エリアはプロジェクトサイトから3 km 離れており、プロジェクトサイ

No.	影響項目	工事前/ 工事中	供用時	評価理由
				トにおける DO は 0.3 mg/L である。そのため、当該種はプロジェクトサイト付近に住むことはできず、負の影響は想定されない。 <u>供用時</u> • 水質は改善され、生態系への負の影響はないものと考えられる。
9	地形、地質	B-	N/A	<u>工事中及び供用時</u> • 開墾・掘削・埋め立てにより、地形の変化や土壌浸食が起こる可能性がある。
10	水象	B-	N/A	<u>工事中及び供用時</u> • 掘削した底泥の投棄による、表流水の流れの阻止及びそれに伴う洪水の恐れがある。

凡例：
A +/-: 著しい正／負の影響が懸念される。
B +/-: 正／負の影響がある程度懸念される。
C +/-: 正／負の影響範囲は、不明である。
D: 影響はないと予想される。

出所：調査団

表 R 2.2.49 想定される負の影響（社会環境）

No.	影響項目	工事前/ 工事中	供用時	評価理由
II. 社会環境				
1	用地買収、住民移転	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクトは、2008年9月3日付政令第124ANK/BK号において、公有地として520haのCheung Aek湖地域を対象とする。また2018年12月13日付政令168ANK/BK号において、プノンペン都のMean Chey区及びDangkor区のCheung Aek湖地域及びカンダ州のTakhmao市、190,736 m² (19.0736ha)を下水処理システムの開発のためにプノンペン都政府の国家私有地へと変更した。 2019年3月の本プロジェクトにおける移転基本計画(BRP)によると22AHsが存在する。 処理場建設予定地で、6人の違法土地所有者と7人の土地使用者(使用面積は3.67ヘクタール)が収入(違法)を失う影響を受ける。 処理場への水路管理道路及び下水管渠の通る地域(5.24ヘクタール)には、9人の違法土地所有者がおり、うち2人は、1.82ヘクタールの土地を違法に埋立てて使用し、3構造物と47の果樹を所有している。 15人の違法土地所有者に対しては、処理場への水路管理道路及び下水管渠の通る地域に位置する、既存構造物と果樹以外の補償を行う必要はない。詳細は、「2.2.3.2.3」節を参照。
2	水利用	B-	B+	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> Trabekポンプ場の排水パイプ近隣の住民の生活水利用に負の影響を与える可能性がある。 <u>供用時</u> <ul style="list-style-type: none"> 下水処理により、人々の生活が改善され、正の影響が期待できる。
3	道路	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 土砂や鋼鉄などの建設資材を別の場所から運送する際の、重機などの利用による271通りの損傷などの影響がある。 271通り沿いの人々の生活上の移動、交通に、渋滞などの影響が想定される。
4	事故	B-	N/A	<u>工事中</u> <ul style="list-style-type: none"> 安全リスク管理計画に従わない・業務中の安

No.	影響項目	工事前/ 工事中	供用時	評価理由
				全意識の欠如により事故が起こる可能性がある。
5	衛生	N/A	B+	<u>供用時</u> • 下水処理による水系感染症の減少という正の影響
6	公衆衛生や福祉におけるリスク	B-	B+	<u>工事中</u> [現場労働者の健康及び業務上の安全] • 現場及び現場付近の下水は、直接または間接的な接触を通じて、作業員の福祉に影響を与える。想定される疾患としては、下痢や腸チフス・皮膚系疾患・悪臭による呼吸器系疾患などがある。 • 安全・リスク管理計画を遵守しないことによる業務中の事故の発生 [公衆衛生] • プロジェクトサイト近隣の住民は、外部から来た作業員を介して、STD やその他の感染症に感染する可能性がある。 • 作業員によるドラッグの輸送・密売による公衆衛生への影響 <u>供用時</u> • 下水処理による水系感染症の減少という正の影響
7	生計、収入	B-	N/A	<u>工事中</u> • 本プロジェクトは 7 人の土地使用者の栽培する水生作物に影響し、彼らの生活水準を下げる可能性がある。補償後に彼らの生計を確認しなければ、補償を誤った用途で使用したり、利益を得ることができない可能性がある。
8	既存の社会インフラや社会サービス	B-	B+	<u>工事中</u> “No.3”道路と同様 <u>供用時</u> 下水処理による社会サービスの改善
9	景観	B-	B-	<u>工事中</u> 輸送車両からの土砂やセメントの漏れによる道路の汚染が懸念される。 <u>供用時</u> 輸送車両からの乾燥汚泥の漏れによる道路の汚染が懸念される。
10	ジェンダー	B-	N/A	<u>工事中</u> • 近年は、男女平等は深刻な問題ではないが、業務では、女性や障がい者への差別が起こる可能性がある。
11	労働環境	B+	N/A	<u>工事中</u> • 本プロジェクトでは、50 人ほどの作業員を雇用する予定である。彼らは現場労働者として雇われると考えられるが、契約者が、プロジェクトサイト付近の現地コミュニティから作業員を雇うという業務指示を見逃す可能性がある。
12	気候変動	B-	N/A	<u>工事中</u> • 機械類の使用による CO ₂ 排出

凡例： A +/-: 著しい正/負の影響が懸念される。
 B +/-: 正/負の影響がある程度懸念される。
 C +/-: 正/負の影響範囲は、不明である。
 D: 影響はないと予想される。

出所：調査団

2.2.3.1.9 緩和策及び緩和策実施のための費用

環境・社会面における重要な影響に対しての緩和策及びその実施のための費用を表 R 2.2.50 に示す。

表 R 2.2.50 緩和策

No.	影響項目	EMP	実施機関	責任機関	コスト
工事中					
1.	大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> 工事請負者は、現場労働者に、野外排泄を行わない・廃棄物を貯めないなどの衛生観念を理解できるよう、教育を行わなければならない。 アクセス路への定期的な散水(7 AM、11 AM、1:30 PM、4 PM といった混雑する時間に最低 1 日 4 回)及び輸送時の土砂やセメントへの適切な被覆 工事請負者は、現場労働者に、キッチンや溶接時、燃料貯蔵庫やその他の可燃物による火災のリスクについて、教育を行わなければならない。 土砂を運搬するダンプトラックのタイヤの清掃を行わなければならない。 ダンプトラックの荷台に積載されている土砂をビニールシートで被覆しなければならない。 ダンプトラックが許容積載量を順守しなければならない。 	工事請負者	PPCC/DPWT	\$7,200. 総額 推定 (建設コストに含まれる)
2.	水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、プロジェクトにアサインされたコンサルタントは、土壌工事、コンクリート工事及び揚水を注意深く監視する必要がある。 コンサルタントは、工事請負者が、現場労働者に、野外排泄を行わない・ごみを仮設住居内の集積所に集めるといった衛生観念を教育したことを確認しなくてはならない。 工事請負者は、仮設トイレを湖から離れた場所を作る・直径 0.5m ほどのパイプを 1.5m から 2m ほどの深さに埋設する・固形廃棄物を回収して、環境に害のない安全な場所に投棄するなどの下水処理マネジメントを行わなければならない。 適切な廃棄物管理のために、工事請負者は、プロジェクト現場内及び近隣に、「ポイ捨て禁止」などの注意書きを、英語及びクメール語で設置する必要がある。 燃料貯蔵庫は、技術基準に適したものを建てなければならない。環境中への漏れがないようにしなくてはならない。 工事請負者は、下水道管理に関し、2017 年 12 月 25 日付政令第 235 ANK/BK 号に従わなければならない。 万が一、工事請負者がガイドラインや緩和策に従わない場合、コンサルタントは DPWT や JICA に報告し、環境回復のための予算削減措置を取らなくてはならない。 	工事請負者	PPCC/DPWT	総額推定 \$13,600. (建設コストに含まれる)
3.	土壌汚染	<ul style="list-style-type: none"> 工事請負者は、土壌への漏れがないように、国の技術規格に適した燃料貯蔵庫を 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる

No.	影響項目	EMP	実施機関	責任機関	コスト
		<p>建てなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> さらに、機械類や発電機も、土壌への燃料漏れのないように適切に維持管理を行わなければならない。駐車場はコンクリートで舗装されなければならない。 工事請負者は、あらゆる廃棄物を適切に管理しなくてはならない: 廃油を自然に流さない・固液廃棄物管理計画に従い、その他の廃棄物を安全に管理する。 			
4.	騒音・振動	<ul style="list-style-type: none"> 工事請負者は、排気パイプにレゾネーターを装備した機械類や車両を使用する。発電機は、近隣住民を害しないように、音の静かなサイレントタイプを使用する。 工事請負者は、休憩時間や夜間に騒がないように現場労働者を教育する。 	工事請負者	PPCC/DPWT	総額推定 \$4,800. (建設コストに含まれる)
5.	土壌浸食・斜面崩壊	<ul style="list-style-type: none"> JICA に選ばれたコンサルタントは、業務指示書に従い、全域で、土手や運河・浸食を抑え、適切な植生が生まれるよう積まれた腐葉土のモニタリングを行う。 投棄された土砂が湖底の水と混合し、Cheung Aek 湖に流入しないように監視する。 引き抜いた汚泥や水は、5m x 5m x 2m (幅 x 長さ x 深さ)のピットの中に保存する。汚泥を沈降させ、排水し、最終的に汚泥をピットに戻す。汚染を避けるため、汚泥と水の混合物を、プロジェクト現場近隣の Cheung Aek 湖に埋め立ててはならない。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
6.	生態系	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングチームは、工事請負者が環境局や農林水産省と相談して、現場労働者に、野生動物を愛し、違法な狩猟や密売をしないよう教育を行っていることを確認しなくてはならない。 工事請負者は、固液廃棄物管理計画に従い、環境保護に注意を払うとともに、適切な規格の浴室・トイレを設置しなくてはならない。パイプ直径は0.5 m とし、直接下水を湖に排水しない、トイレが水面より上に来ないように、労働者の数に応じて、1.5 m から 2 m の深さに埋設する。 工事請負者は、埋め立てる廃棄物の回収を担当している CINTRI 及び技術基準に従って、あらゆる種類の廃棄物を、安全な場所で保管し、適切に管理しなくてはならない。 現場労働者に、固液廃棄物、特に燃料や潤滑油を安全な場所に廃棄するように教育する。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
7.	住民移転	<ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクトでは、すでに 2019 年に基本移転計画(BRP)が策定されている。実施主体は MEF で、他の関連省庁は、本プロジェクトの影響改善に関わる DPWT もメンバーとなる。 DPWT は MEF とともに、水生作物への影響をモニターし、農家がプロジェクト前より高い生活水準を回復したことを確認する。 1 つの詰め所が移転することを除いて、 	省庁間住民移転委員会 (IRC)	MEF	総額推定 60,198USD (土地代は除く、準備費用を含む)

No.	影響項目	EMP	実施機関	責任機関	コスト
		影響を受ける世帯はない。本プロジェクトでは、影響する世帯に対して構造物の費用及び交通費は補償される。その他、影響する副次的な構造物(フェンスや日よけ)及び樹木も補償される。収入回復プログラムは詳細設計期に、住民移転部によって設置される予定である。			
8.	雇用	<ul style="list-style-type: none"> JICA に選ばれたモニターチームは、現地コミュニティの村人が雇用されていることを確認する。 工事請負者は、労働時間が 8 時間/日、46 時間/週とする、カンボジア王国の労働法に従わなければならない(労働法 137 条)。休日や祝日に業務が発生した際には、雇用者は、超過手当として、昼間には 50%、夜間には 100% 支払わなければならない(労働法 139 条)。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
9.	水利用	<ul style="list-style-type: none"> 古い管路システムを交換することで、問題を迅速に解決し、住民の生活上の利用で問題がないことを確認しなければならない。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
10.	道路	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングチームは、工事請負者が上記の業務指示書に従って、現場にアクセスし、車両を利用していることを確認する。 万が一、建設資材運搬による道路への損傷が見られた場合には、DPWT がその修繕に責任を負う。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
11.	安全、公衆衛生	<ul style="list-style-type: none"> 現場労働者の健康・安全及び公共の健康・安全への影響を抑えるために、工事請負者は以下の緩和策を講じなくてはならない。 以下の 2 つの衛生習慣を労働者に教育する。疾病からの自己防衛及び消毒された、清潔な水(ボトル水)の飲用。 病気の予防方法及び自己防衛方法に関して、半年に一度の指導を行う。 病気を予防・治療するための薬の用意。 水源から離れた場所に、浄化槽付きのトイレを設置する。 労働者の居住及び建設開始に先立つ、仮設住宅での清潔な水へのアクセス 治療のための医薬品を備えた応急救護室の設置。これは、DPWT による、現場労働者の住居・健康及び衛生習慣及び安全リスク管理計画の履行に繋がる。 地方自治体と協力して、現場労働者に、人身売買及び薬物売買を自粛するよう教育する。 	工事請負者	PPCC/DPWT	建設コストに含まれる
運用時					
1.	地形	<ul style="list-style-type: none"> DPWT は水路に崩落した土砂を片付ける機材を準備し、土砂を安全な場所に保管し、損傷箇所を迅速に修復しなくてはならない。崩落箇所は、草木を植えるか、セメントで舗装しなくてはならない。その際、水を適切に排除できるように、穴を設ける。 	PPCC/DPWT	PPCC/DPWT	維持管理費に含まれる。浸食対策費は総額\$15,000。
2.	水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> JICA は、プロジェクトを維持し、正常な処理プロセスを維持するための設備用品を管理するスタッフを訓練する。DPWT はそれを受け入れる。 	PPCC/DPWT	PPCC/DPWT	維持管理費に含まれる。総額の水質管理費は\$13,500。

No.	影響項目	EMP	実施機関	責任機関	コスト
		<ul style="list-style-type: none"> DPWT は環境省と協力して、3箇所では表層水質をモニタリングする。サイト1は、Trabek ポンプ場取水口の上流に位置する(X=0491822; Y=1274363)。サイト2は、Cheung Aek 湖で、Sangkat Chak Angre Krom、Khan Mean 区の処理排水放流口の下流に位置する(X=0491299; Y=1272570)。サイト3は、Steung Chrov にあり、プロジェクト現場下流に位置し、Steung Prek Thnot in Sangkat Deum Mean, Takmao 市, Kandal 州に流れ込んでいる(X=0493103; Y=1268628)。水質検査は、最低年2回、3月の乾季と9月の雨季に行われ、将来解析に利用するために、Microsoft Excel に保存される。 DPWT は廃棄物管理に注意を払っている。 DPWT は、処理プロセスに遅れがないように定期的に維持管理を行い、維持管理のための予算計画を作成しなくてはならない。 			
3.	生態系	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護に注意する。現場労働者は、水鳥を食用・商業目的で利用しない。 	PPCC/DPWT	PPCC/DPWT	維持管理費に含まれる
4.	水利用	<ul style="list-style-type: none"> 本処理システムを維持することを含む、あらゆる廃棄物の適切な管理を考え、Cheung Aek 湖の水質を改善し、現地住民の作る農作物の質を改善する。 	PPCC/DPWT	PPCC/DPWT	維持管理費に含まれる
5.	安全、公衆衛生	<ul style="list-style-type: none"> この段階では、DPWT は廃棄物管理計画に従い、乾燥汚泥を運搬する際には、環境や社会に害を及ぼさないように、しっかりと被覆しなくてはならない。汚泥濃縮・消化後、汚泥乾燥床で乾燥する、その後、トラックにて搬出し処分場へ持ち込む。 DPWT は、地方自治体と協力して、下水処理場の運営に関するあらゆる事故を防ぐ。 	PPCC/DPWT	PPCC/DPWT	維持管理費に含まれる

出所：調査団

2.2.3.1.10 環境管理計画・モニタリング計画(実施体制、方法、費用など)

工事中、供用時の環境モニタリング計画を次表に示す。

表 R 2.2.51 モニタリング計画

	モニタリング地域	方法及び項目	モニタリング頻度	責任機関	モニタリング機関
1. 工事前					
1.1 社会環境資源					
住民移転	- 輸送路及び下水処理場周辺 - Prek Takong 1 村	- 移転への補償及び補償に対する苦情の監視	6ヶ月に1回	1. IRC-WG, IRC 2. DPWT 3. 地方自治体	1. MoE 2. MEF 3. DoE 4. DLMUPC
2. 工事中					
2.1 物理学的資源					
地形	- 工事区域 - 輸送路 - 保護堤防域 - 盛り土現場	- インフラ建設現場における地形及び浸食の監視	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DoAFF 4. 地方自治体

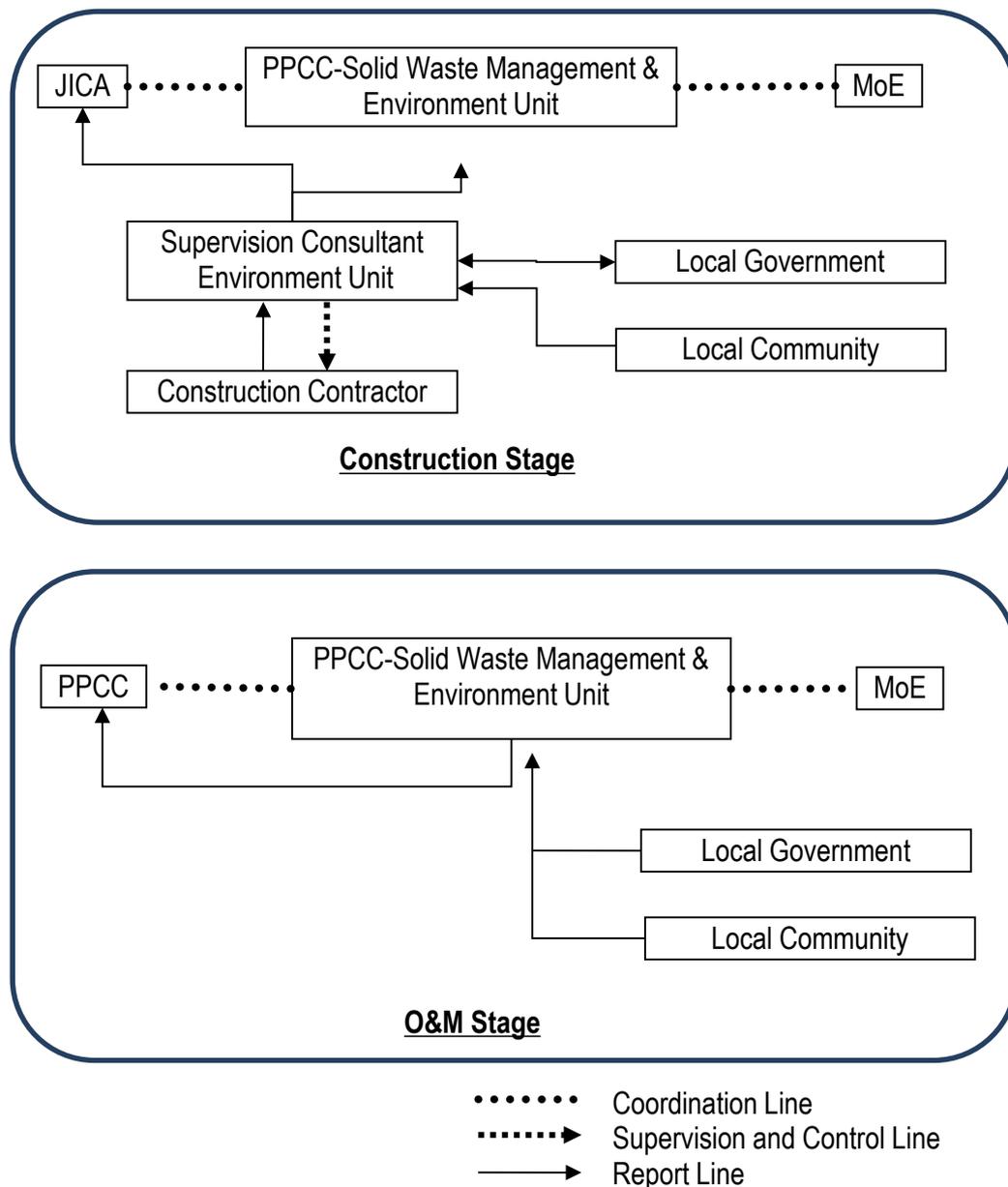
	モニタリング地域	方法及び項目	モニタリング頻度	責任機関	モニタリング機関
		- 道路・保護堤防・盛り土現場における浸食の監視			
水象	- Trabek ポンプ場からの運河 - Hun Neang 通りへの排水路下流の下水路	- ポンプによる下水の流れを遮るものの監視	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM 4. 地方自治体
地表水質	プロジェクト現場周辺の3地点 - サイト1: X=0491822, Y=1274363 - サイト2: X=0491299, Y=1272570 - サイト3: X=0493103, Y=1268628 - 固液廃棄物保管庫	- 以下の水質項目のモニタリング 水温;pH;濁度;TDS; TSS; DO; BOD; COD; SO ₄ ; TN; TP; Pb;大腸菌群 - 固液廃棄物管理のモニタリング	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM 4. 地方自治体
土壌汚染	- 工事区域、発電機・機械類保管庫 - 現場労働者の仮設住宅	- 固液廃棄物管理のモニタリング - 土壌への燃料流出の監視	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM 4. DoAFF 5. 地方自治体
大気汚染	- 工事現場 - 輸送路 - 現場労働者の仮設住宅 - 2地点で大気質を測定する サイト1 X=0491356, Y=1272730, - サイト2 X=0491031, Y=1272740	- 271 通りにおける物質輸送の監視 - 工事現場における臭気の監視 - 下記の大気質項目のモニタリング TSP; CO; NO ₂ ; SO ₂ ; O ₃ , PM10, PM2.5 ;H ₂ S	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DoT 4. 地方自治体
騒音・振動	- 工事現場 - 271 通りから工事現場への道路建設現場 - 現場労働者の仮設住宅 - 測定地点は、大気質測定と同様	- 物資の輸送や機械類・発電機・車両使用時に発生する騒音・振動のモニタリング - 騒音・振動のモニタリング (単位 dB)	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DoT 4. 地方自治体
2.2 生態学的資源					
生態系 (魚類)	- プロジェクト地域近くの Cheung Aek 湖 - 現場労働者の仮設住宅	- 固液廃棄物管理のモニタリング - 以下の水質項目のモニタリング 水温; pH; 濁度, TDS; TSS; DO; BOD; COD; SO ₄ ; TN; TP; Pb 大腸菌群	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM 4. DoAFF 5. 地方自治体
生態系 (鳥類)	- 現場労働者の仮設住宅	- 野生動物、特に水鳥に関連した犯罪の監視	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DoAFF 4. 地方自治体
2.3 社会経済的資源					

	モニタリング地域	方法及び項目	モニタリング頻度	責任機関	モニタリング機関
住民移転	- Prek Takong 1 村における影響する世帯住民の収入の減少 - 下水処理場建設・拡大予定地(19.0736ヘクタール)	- 収入を失う世帯の生活のモニタリング - 下水処理場施設内への不法侵入の監視	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 地方自治体	1. MoE 2. MEF 3. DoE 4. DLMUPC 5. DOWRAM
生計、地域社会の雇用及びジェンダー	- Prek Takong 1 村 - 現場労働者の仮設住宅	- 現地住民や男女平等・障がい者を尊重し、現場労働者の採用をモニタリングする - 業務安全性のモニタリング	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DoLVT 4. 地方自治体
道路	- 271 通り, Hun Sen 通り(60m) 及び Hun Neang 通り - 輸送路	- 速度及び積載量の監視 - 駐車場の監視 - プロジェクトにより損傷した道路の修繕状況のモニタリング	3ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DPWT 4. 地方自治体(現地交通警察)
人間の健康と安全	- 工事現場 - 発電機・車両・機械類保管庫 - 現場労働者の仮設住宅 - 応急救護室	- 仮設住宅での固液廃棄物管理のモニタリング - 清潔な水の供給と衛生環境のモニタリング - 安全機器と業務安全性のモニタリング - 応急救護室のモニタリング	3ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. MOT 3. DoE 4. DoLVT 5. DoH 6. 地方自治体
3. 供用時					
3.1 物理学的資源					
地表水質	- 工事現場周辺の3地点 - サイト 1: X=0491822, Y=1274363 - サイト 2: X=0491299, Y=1272570 - サイト 3: X=0493103, Y=1268628 - 固液廃棄物保管庫及びろ過システム清掃場	- 以下の水質項目のモニタリング: 水温; pH; 濁度, TDS; TSS; DO; BOD; COD; SO ₄ ; TN; TP; Pb 大腸菌群 - 固液廃棄物管理のモニタリング - フィルター清掃のモニタリング	6ヶ月に1回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM 4. 地方自治体
大気汚染	- 処理場、排気口 - 汚泥保管庫 - 固液廃棄物保管庫	- 固液廃棄物管理のモニタリング - 下記の大気質項目のモニタリング TSP; CO; NO ₂ ; SO ₂ ; O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} ; H ₂ S - 廃棄物保管庫や輸送路沿いからの臭気のモニタリング	6ヶ月に1回	1. DPWT	1. MoE 2. DoE 3. DoT 4. 地方自治体
騒音・振動	- 処理場(機械室・ポンプ室).	- 施設稼働時の騒音・振動のモニタリング。測定は大気質と同じ地点で行う。	6ヶ月に1回	1. DPWT	1. MoE 2. DoE 3. DoT 4. 地方自治体
3.2 生態学的資源					
生態系(魚類)	- プロジェクト地域近くの Cheung Aek 湖	- 以下の水質項目のモニタリング: 水温; pH; 濁度, TDS;	6ヶ月に1回	1. DPWT	1. MoE 2. DoE 3. DOWRAM

	モニタリング地域	方法及び項目	モニタリング頻度	責任機関	モニタリング機関
		TSS; DO; BOD; COD; SO ₄ ; TN; TP; Pb 大腸 菌群 固液廃棄物管理のモニ タリング <u>Note:</u> プロジェクト現場 での魚類種数の比較。 プロジェクト前、調査 団は6種のみ確認。			4. DoAFF 5. 地方自治 体
3.3 社会経済的資源					
住民移転(影 響する世帯 の生活水準)	- 本プロジェクトによ る影響を受ける7世 帯の住民	- 水生作物を栽培してい る人々の生活水準をモ ニタリングし、彼らが プロジェクト前と比べ てより良い生活を送れ ることを確認する。	6ヶ月に1 回	1. DPWT 2. 地方自治体	1. MoE 2. MEF 3. DoE 4. DLMUPC 5. DOWRAM
人間の健康 と安全	- 建物・フィルタータ ンク - 安全器具・消火器・ 安全システム・警報 機などを備えた場所 - 管路システム - 電気系統 - 廃棄物保管庫 - 住宅 - 輸送路	- 大気環境・気温・風通 しのモニタリング - 安全機器(消火器・防 火システム・警報機) の運用・管理のモニタ リング - 固液廃棄物管理のモニ タリング - 清潔な水の供給と衛生 環境のモニタリング - 耐久性・安全性のモニ タリング - 安全機器の設置状況の 確認 - 塩素添加室のモニタリ ング - 応急救護用の医療設備 のモニタリング	6ヶ月に1 回	1. DPWT	1. MoE 2. MOT 3. DoE 4. DoLVT 5. DoH 6. 地方自治 体
道路	- 271 通り とプロジ ェクト道路の交差点 - 輸送路	- 道路の損傷箇所・修繕 状況のモニタリング - 輸送路における安全性 の確認 - 速度や混雑具合のモニ タリング - 輸送路沿いの標識の導 入状況の確認	6ヶ月に1 回	1. DPWT 2. 工事請負者	1. MoE 2. DoE 3. DPWT 4. 地方自治 体(交通警察)
安全	- 工事現場内の家屋・ 世帯 - 物資・燃料保管庫 - 配電盤・配電室 - 安全器具・消火器・ 安全システム・警報 機などを備えた場所	- 電気系統や非常口の確 認 - 燃料保管庫の監視 - 安全機器(消火器・防 火システム・警報機) の運用・管理のモニタ リング	6ヶ月に1 回	1. DPWT 2. 関連企業	1. MoE 2. MoT 3. DoE 4. DoLVT 5. 地方自治体

出所：調査団

工事中及び供用時の EMP 及び EMoP の実施体制は下記の通りである。



出所：調査団

図 R 2. 2. 25 工事中及び供用時の EMP 及び EMoP の実施体制

2.2.3.1.11 ステークホルダー協議

(1) 導入

プロジェクト地域内の関係者や影響を受ける人々との意見聴取及び協議は、プロジェクトの円滑及び効率的な実施を支援する意見や要求を行うために、非常に重要である。

2018年10月5日から2019年2月25日まで、意見聴取及び協議が行われ、あらゆるレベルの関連部署、機関、官庁(村、共同体、地区)から関係者が参加した。

意見聴取及び協議は、プロジェクト地域内の人々に将来的に多くの恩恵をもたらすプロジェクトの目的(プロジェクト地域の人々の貧困を削減しカンボジア王府に貢献する)に対する理解を促すために開催された。

(2) 関係機関との協議

調査団は、下記のプノンペンの関連部署、区(Khan、Sangkat)及び村と個別に面談し意見聴取や協議を行った。協議の内容は、EIA 調査の結果、プロジェクト実施による住民への影響とその対応策、天然資源への影響の最小化等であった。

意見聴取者は、33名(内訳:女性1名及び男性32名)である。

表 R 2.2.52 意見聴取の概要

協議者	日付	場所	方法
プノンペン都政府 (男性1名)	2018年12月7日	プノンペン都庁	個別協議
工業・手工芸省 (男性2名)	2018年10月18日	Clean Water Office	個別協議
環境局 (男性2名)	2018年10月16日	Department of Toxic Substance Control	個別協議
国土整備・都市化・建設局 (男性1名)	2018年10月22日	国土整備・都市化・建設局	個別協議
Department of Labor and Vocational Training (男性1名)	2018年10月22日	Department of Labor and Vocational Training	個別協議
水資源気象省 (男性1名)	2018年10月24日	水資源気象省	個別協議
農村開発局 (男性1名)	2018年10月26日	農村開発局	個別協議
観光局 (男性1名)	2018年10月26日	観光局	個別協議
計画局 (男性1名)	2018年10月30日	計画局	個別協議
保健局 (男性1名)	2018年10月31日	保健局	個別協議
Department of Women's affairs (女性1名)	2018年11月6日	Department of Women's affairs	個別協議
農林水産局 (男性4名)	2018年11月14日	農林水産局	フォーカスグループ 協議
プノンペン水道公社 (男性1名)	2018年11月26日	プノンペン水道公社	個別協議
カンボジア電力公社 (男性2名)	2018年12月11日	カンボジア電力公社	個別協議
鉱工・エネルギー局 (男性2名)	2018年12月11日	鉱工・エネルギー局	個別協議
Khan Meancheyの代表者 (男性1名)	2018年10月5日	Khan Meanchey Hall	個別協議
Sangkat Chak Angre Leuの代表者 (男性1名)	2018年10月12日	Sangkat Hall	個別協議
Sangkat Chak Angre Kromの代表者 (男性1名)	2018年10月12日	Sangkat Hall	個別協議

協議者	日付	場所	方法
Prek Takong 1 村の村長 (男性1名)	2018年10月12日	責任者宅	個別協議
Prek Takong 1 村の代表者 (影響 を受けうる水生農作物農家6世帯 を含む135世帯の長) (男性7名)	2018年10月17日	責任者宅	フォーカスグループ 協議

出所：調査団

これらの協議における意見や提案は「**[資料] 6.2**」に示す。

2.2.3.2 用地取得・住民移転

2.2.3.2.1 用地取得・住民移転の必要性(代替案の検討)

(1) 住民移転計画作成の必要性

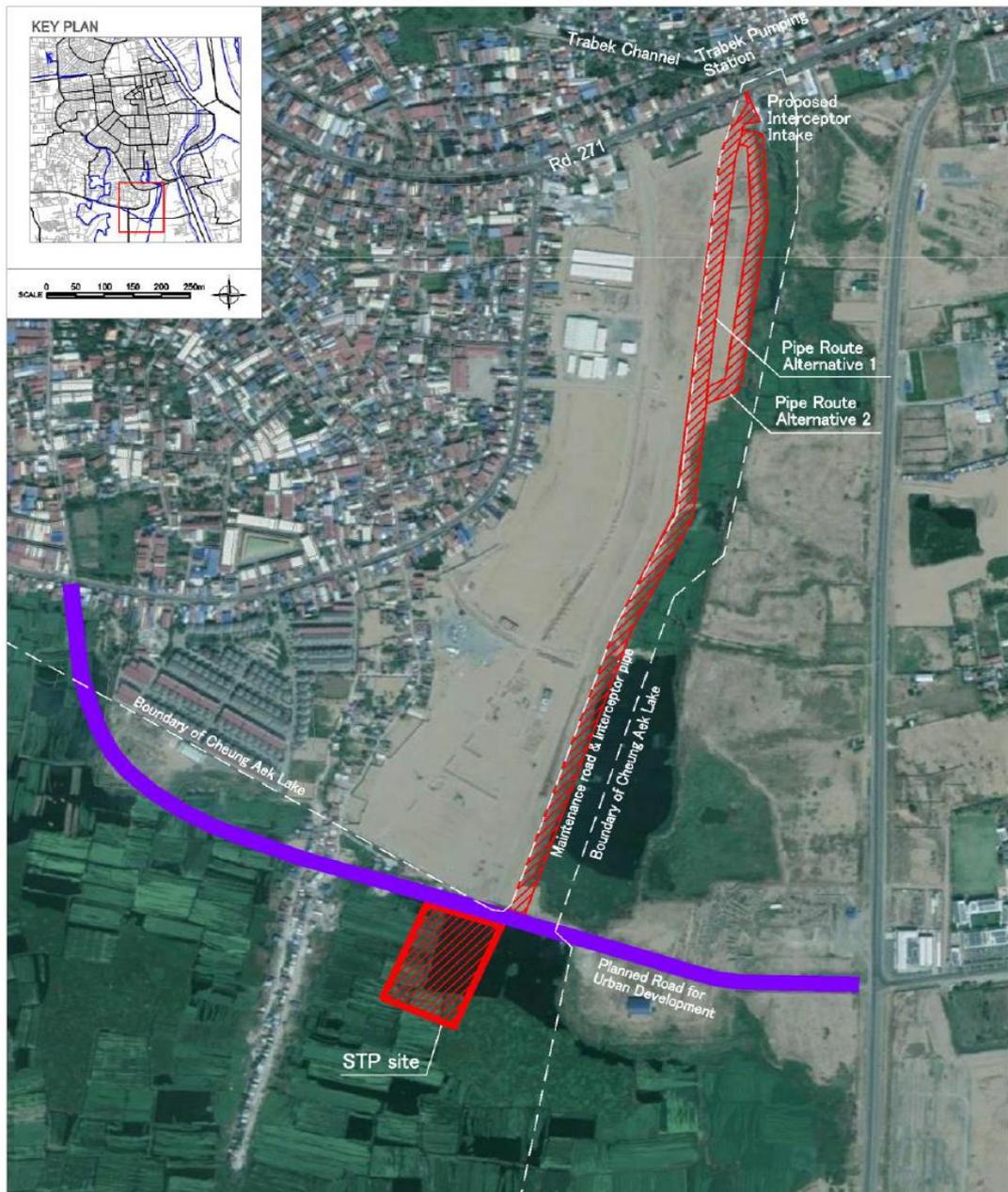
用地取得及び住民移転については、経済財務省(MEF)及び MOE にてカンボジアの制度を確認した結果、下記の点が明らかとなった。

- 海外からの融資に係る用地取得及び非自発的住民移転の標準実施手続きの副法令(No. 22 ANK/BK, 2018)によれば、用地取得及び(または)住民移転が発生する事業は、F/S 段階で簡易住民移転計画、詳細設計段階で詳細住民移転計画を作成する必要がある。ただし、土地所有権または土地利用権を持たない違法居住者または違法利用者は対象としない(むしろ罰金を科して退去させる)。

上記によれば本事業で住民移転計画を作成する必要はない。しかし JICA ガイドラインでは当該国の法令に不備・不適切があれば世界銀行のセーフガードポリシー4.12 に従うこととしており、同ポリシーでは違法居住者または違法利用者であっても住民移転計画を作成して補償をする必要がある。このため MEF と協議した結果、MEF は本無償事業では住民移転計画と補償が必要になることを認めた。また同ポリシーによれば本事業の影響規模では簡易 RAP(Abbreviated Resettlement Action Plan : ARAP)が求められるため、ARAP を作成することとし、環境社会配慮団員が現地入りしている 9 月に現地再委託にて ARAP 調査を実施した。

(2) 事業位置及び影響範囲

事業位置は、図 R 2.2.26 に示すとおりである。また、被影響世帯(AHs)と被影響者(APs)の数は表 R 2.2.53 のとおりである(その全ては違法所有及び違法利用である)。



出所：調査団

図 R 2. 2. 26 事業位置及び影響範囲

表 R 2. 2. 53 AHs/Aps の数と村落

No.	村	カテゴリー(AH/AP)		AH と AP の数		
				下水管渠敷設	下水処理場	合計
1	Praek Takong 1	Illegally occupying HH	AH	9	6	15
			AP	70	50	120
		User	AH	0	7	7
			AP	0	34	34
合計		Illegally occupying HH	AH	9	6	15
			AP	70	50	120
		User	AH	0	7	7
			AP	0	34	34

出所：調査団

2.2.3.2.2 用地取得・住民移転に係る法的枠組み

(1) 用地取得及び住民移転のための法制度と手続き

(a) 法制度

用地取得及び住民移転については、2001年の土地法(Royal Decree NS/RKM/0801/14, 2001)が基本的なカンボジアの土地の管理と所有権について規定している。同法の下に土地収用法(Royal Decree NS/RKM/0210/003, 2010)があり、土地収用のプロセスと補償のメカニズムが規定された。また2018年にこれらの法律を引用しつつ、海外からの融資事業の用地取得と住民移転の手続きを改訂し詳細に記載した副法令(Sub-decree No.22 ANK/BK,2018 on the Standard Operating Procedures for Land Acquisition and Involuntary Resettlement for Externally Financed Project)が制定された。

住民移転と用地取得に関する法体制は下表に示すとおりである。

表 R 2. 2. 54 カンボジアの用地取得及び住民移転に関連した法令

No.	法令	内容
1.	憲法 Royal Decree Constitution of the Kingdom of Cambodia (September 24, 1993)	全ての国民は個人または共同で土地を所有する権利を持つ。カンボジアの国民または法人のみが権利を有する。法的な土地所有は法律により保障される。土地収用は公益のためにのみ法律に基づいて実施されるが、公正で適切な補償が事前に行われる。
2.	土地法 Royal Decree NS/RKM/0801/14, 2001, Land Law	本法は、所有権の保護とともにカンボジアの土地の分配と管理について規定している。個人及び公共の所有権(I)、所有権の取得(II)、個人所有権の体制(III)、所有権の形態(IV)、証人としての不動産使用(V)、地籍簿(VI)、罰則(VII)及び最終規定(VIII)の8項目で構成されている。
3.	土地収用法 Royal Decree NS/RKM/0210/003, 2010 Expropriation Law	本法は、カンボジアにおける公共インフラ施設の建設、改修及び拡張のための土地収用の原則、メカニズム、補償及び手続きを定義している。
4.	国有ならびに公共企業の財産の再分類にかかるガイドラインと原則の提供にかかる勅令 Royal Decree NS/RKT/0806/339, 2006, on Provisional Guidelines and Principles	本勅令は、国家と法的企業の公的財産の移転に関わる原則と経過規定を定めている。

No.	法令	内容
	Regarding the Reclassification of State Public Properties and of Public Entities	
5.	海外からの融資事業の用地取得及び非自発的住民移転の標準運用手続き Sub-decree No. 22 ANK/BK, 2018 on the Standard Operating Procedures for Land Acquisition and Involuntary Resettlement for Externally Financed Projects	本副法令は海外からの融資事業における用地取得及び非自発的住民移転の一貫性、透明性、公平性を確保するための法令、規則、セーフガードポリシー、事業者の手続きを標準運用手続きとして定めている。
6.	国有ならびに公共企業の財産の再分類にかかる規則と手続きにかかる副法令 Anukret (Sub-decree) No. 129/ANK.BK, 2006 on Rules and Procedures for Reclassification of State Public Properties and Public Entities	本副法令は、首相によって署名され国家公有地の変更(再分類)には2006年の勅令に従うこととなっている。
7.	国有地管理にかかる省令 Anukret (Sub-decree) No. 118, 2005, on State Land Management	本副法令は国有地管理の枠組みを規定しており11章、33条で構成されている。
8.	不使用地の課税にかかる省令 Prakas (Declaration) No. 224 in 1996 Ministry of Economy and Finance, Prakas (Declaration) on Collection of Tax on Unused Land	本省令は下記に属さない課税対象となる不使用地を定義している。
9.	無秩序な土地の不法占拠取締りに関する省令 Sechkdey Prakas (Declaration) No. 06 BRK 1999 on the Measure of Eliminating Anarchical land Encroachment	本省令は、土地の不法占拠に対して政府機関が取るべき対策を提示している。
10.	国有地の違法占拠に関する通達 Circular (Letter) No. 02 S.R 2007, related to illegal occupation of state land	本通達は、国有地内の不法占拠者の対応に関わる原則の方針を規定し、土地法 (2001) を補足している。
11.	都市部、市街地における違法建築物の贈与に関する通達 Circular (Letter) No. 03 SR 2010, Circular on Settlement of illegal construction on state land in cities and urban areas	本通達は国有地における不法な建築物対策を目的としている。
12.	開発事業における住民移転実施の手続きに関する通達 Circular (Letter) No. 06 SR 2015 on Procedure to Implement Resettlement of Development Projects	本通達は、A.事業実行可能性調査段階、B.移転計画実施段階、C.移転計画実施後段階における実施機関の必要な活動を提示している。

出所:調査団 (Translation supplemented by JICA env. Profile 2013, Faolex, ADB (2014) Integrated Urban Environmental Management in the Tonle Sap Basin Project – Kampong Chhnang Urban Area Environment Improvements and UN Human Rights Council (2012) Report of the Special Rapporteur on the situation of human rights in Cambodia, Surya P. Subediに基づく)

「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト、2016年4月 JICA」を改変

(b) 用地取得と住民移転の手続き

2018年に用地取得と非自発的住民移転の詳細な標準運用手続きを規定する副法令No.22が発布された。第3条にはこの副法令と一致しないいかなる規定も無効とみなされると記載されている。基本的なプロセスは2012年に経済財務省が規定したものと同じだが、いくつかのステップと必要な書類が変更されている。

標準運用手続きでは、General Department of Resettlement(GDR)が Inter-Ministerial Resettlement Committee(IRC)の事務局であり、公益事業の用地取得及び非自発的住民移転にかかる主管機関である。GDRは用地取得及び非自発的住民移転に関する法令に基

づく移転計画の準備、実施モニタリングの責任がある。

標準運用手続きにおける移転計画の準備は以下の2つのステップからなる。

1. 用地が確定していないプロジェクトの F/S 段階では、Basic Resettlement Plan (BRP) を準備する。
2. 詳細計画が完成しアラインメントが確定する、もしくは実際の用地が確定した場合は、Detail Resettlement Plan (DRP)を作成する。

Basic Resettlement Plan と Detail Resettlement Plan の責任機関とタスク及び活動は以下のとおりである。

Basic Resettlement Plan (Project Preparation/Feasibility Study Stage)

責任機関：事業実施機関

タスク及び活動

- カットオフデートの設定
- 影響を受けるコミュニティとの協議
- 社会経済調査のサンプルサイズの検討
- 社会経済プロフィール調査
- 社会影響評価
- 補償を受ける権利の検討
- 移転が必要な場合の移転先の選定
- 移転及び補償費用の推定
- IRC と融資機関による Basic Resettlement Plan の承認
- Basic Resettlement Plan の公開

Detailed Resettlement Plan (Detailed Design/Land Demarcation Stage)

責任機関：General Department of Resettlement

タスク及び活動

- 詳細調査(センサス調査及び損失資産調査：100%の世帯)
- 補償にかかる協議
- 移転先に係る協議(移転住民が移転先を必要とする場合)
- 移転費用調査
- 補償を受ける権利の詳細化

- 生計支援プログラム
- 予算の算定
- 苦情申し立てメカニズムの設定
- 詳細実施計画策定
- モニタリングメカニズムの策定
- IRC と融資機関による Detailed Resettlement Plan の承認
- Detailed Resettlement Plan の公開

Detailed Resettlement Plan は承認/公開の後に実施される。カンボジア政府は、経済財務省及び IRC の総合的な指導と管理により、用地取得及び非自発的住民移転の実施のために、中央集権化された手続きを支援する。

(2) カンボジア国法令と JICA ガイドラインの比較

用地取得及び住民移転の法制度のフレームワークはカンボジアではまだ発展途上であり、実施文書や組織は完全に整備されてはいない。しかし、カンボジア政府はその状況と援助国のセーフガードポリシーを理解し、ケースバイケースで補足的な措置や ARAP の実施などを行っている。

このため実際の運用について、カンボジアのシステムと JICA ガイドラインの要求事項に大きな差異はない(「[資料] 6.3」参照)。カンボジアのシステムで明記されていない住民協議への参加などは JICA ガイドライン等に従い、かい離がないようにした。

2.2.3.2.3 用地取得・住民移転の規模・範囲

カンボジア国法令では、Basic Resettlement Plan が準備調査段階で必要となる。100%のセンサス調査や移転費用調査を含む Detail Resettlement Plan は詳細設計段階で要求される。しかし、本事業が JICA ガイドラインや世界銀行のセーフガードポリシーを満たすため、ARAP を実施することとなった。

(1) 簡易住民移転計画(ARAP)調査の準備

(a) データ収集

損失資産調査及びセンサス調査の基本ツールとしてはクメール語による質問票を用いた。政府の建物を除く家屋や店などの構造物が部分的または全体的に影響を受ける世帯の詳細な社会経済状況を確認した。質問票は該当世帯の、ジェンダー、年齢、教育、収入源などの社会経済的な懸念状況もカバーした。また、影響を受ける資産や収入、プロジェクトに係る認識なども含んだ。

(b) カットオフデートの設定

損失資産調査及びセンサス調査は Meanchey 区集会所における一連のステークホルダ

一との協議により進められた。協議の目的はカットオフデートの考え方を含む、プロジェクトの背景、調査団の活動、JICA 及びカンボジアの非自発的住民移転に関するポリシーなどを説明することであった。住民は DPWT によりカットオフデートが損失資産調査及びセンサス調査を開始する日であり、2018 年 10 月 18 日であることを告げられた。

(2) 住民移転計画に使用される基本単価(推定)

(a) 土地の単価

影響を受ける土地は主に埋め立てられた居住地と浸水している農地の 2 種類に分けられた。市場価格の情報は最近の周辺の土地価格であるが、プロジェクト周辺では確認できなかった。そのため、最近の土地取引データはプロジェクトエリア及び周辺の土地所有者及び地域の担当公的機関へのインタビューにより入手した。

表 R 2.2.55 2018 年の平均土地単価

区	町	村	土地の種類	単位	価格
Mean Chey	Chak Amgre Leu	Phum 7	Residential (Fill Up Land)	\$/m ²	550.00
		Prek Ta Kong 1	Residential (Fill Up Land)	\$/m ²	550.00
			Agricultural (Flooded Land)	\$/m ²	120.00

出所：調査団

(b) 構造物の単価

構造物のコストは数量の調査と各構造物のパーツの詳細な測定によって得られた。人件費は調査地域の建設会社が提供する情報をもとに市場価格を評価した。構造物のパーツごとの単価は表 R 2.2.56 のとおりである。

表 R 2.2.56 2018 年の構造物のタイプごとの推定コスト

用途	屋根	壁	床	柱	階数	総コスト USD/m ²
Guarding house	Zinc	Brick	Mortar	Concrete	Single	110.00
Bath room	Zinc	Brick	Tile	Iron	Single	115.00
Shelter	Zinc	None	Wooden	Pole	Single	25.00
Awning	Zinc	None	Soil	Iron	Single	15.00
Awning	Zinc	None	Mortar	Iron	Single	23.00
Brick wall, 100 mm						15.00
Brick fence, 100 mm						27.00
Brick bund wall, 200 mm						32.00

出所：調査団

(c) 樹木の単価

プロジェクトエリアの作物や樹木の所有者の収入を決めるために、基本データがインタビューを通して収集された。作物や樹木の市場価格は、鉄道路線の暫定幅員沿いの住民へのインタビューにより、産出量や成熟期間に基づき計算された。

果樹に用いられた計算式は次の通りである。[(年間収穫量)×(市場価格)×(果実形成可能年数) + 種苗費]

樹木は成熟したもののみが補償の対象となる。それ以外は、苗木か幼木扱いでの補償

となる。

表 R 2.2.57 2018年5月の樹木タイプ別の推定単価

No.	種類	単位	数量	単価(2018年) USD
1	Mongo	Tree	1	51.0
2	Banana (mutual only)	Tree	1	2.5

出所：調査団

(3) 影響を受ける資産のリスト

(a) 土地

本事業の改変範囲として影響を受ける土地は Cheung Aek 湖内、公用地内にあり、事業によって補償されるものではない。それでも、調査団は現在の所有者及び使用者と、影響を受ける樹木、建物などの移動困難な資産を特定した。土地を持たない世帯もまた考慮した。

いくつかの被影響地の土地所有者は不在か調査に対応しなかったため、調査団は影響世帯へのインタビューを完了出来なかった。その場合調査団は、農業、住居、商業目的で使われる本事業改変範囲の土地の面積の推定を行った。

Sub-Degree on the Area Determination of the Cheung Aek Lack in Khan Meanchey and Dangkoa No. 124 RNKr. BK, dated on 3 September 2008 及び Sub-Decree on the Area Correction of the Cheung Aek Lack in Khan Meanchey and Dangkoa No. 168 RNKr. SK, dated on 13 December 2018 によれば、その土地は DPWT が公共利用のために所有することとなっている。

他方、土地改変後 10 年以上にわたり、人々は専有し土地所有権を要求してきた。数年の間、多数に分けられた区画が他者に転売されてきた。調査において、影響を受ける土地の所有権を主張する 15 世帯が存在することが確認された。

15 世帯の土地の合計は **88,131.10 m²** である。そのうち 79.35% (69,931.44 m², 13 AHs) が農業利用されている浸水した土地であり、20.65% (18,199.66 m², 2 AHs) が埋め立てられ住居などに利用予定の土地である。

表 R 2.2.58 占有地を失う世帯

村	浸水した土地		埋立地	
	AH	m ²	AH	m ²
Phum 7	0	0.00	0	0.00
Praek Takong 1	13	69,931.44	2	18,199.66
Total (1)	13	69,931.44	2	18,199.66

出所：調査団

(b) 構造物

本事業により影響を受ける主な構造(2 構造物、1 仮設施設、壁など)の所有者は 1AH のみである。もう 1AH は二次構造物(壁など)のみである。

表 R 2. 2. 59 構造物の世帯数と床面積 (m2)

用途	屋根	壁	床	柱	階数	被影響地, m ²
First Affected Household						
Guarding building	Zinc	Brick	Mortar	Concrete	Single	106.20
Bath room	Zinc	Brick	Tile	Iron	Single	7.80
Shelter	Zinc	None	Wooden	Pole	Single	73.40
Awning 1	Zinc	None	Soil	Iron	Single	36.00
Awning 2	Zinc	None	Mortar	Iron	Single	120.80
Brick wall, 100mm						18.60
Second Affected Household						
Brick Fence, 100mm						90.00
Brick Bund Wall, 200mm						120.00

出所：調査団

(c) 影響を受ける作物と樹木

本事業改変範囲内の土木工事開始と耕作を行っている世帯のスケジュールを考慮し、本事業の建設における特定の作業の開始は作物の収穫やスムーズな移動を考慮して調整される。このため本事業の建設開始前に収穫が行われれば影響は少ないが、建設開始前に収穫が行われなければ、収穫できない作物は移転費用として補償される。一方、本事業改変範囲内の果樹などは伐採される。1 世帯の果樹が本事業によって伐採される。

表 R 2. 2. 60 影響を受ける樹木

種類	単位	合計
Mango	Tree	37
Banana	Cluster	10

出所：調査団

2.2.3.2.4 補償支援の具体策

(1) 生計回復計画

本事業は私有地の用地取得を行わないが、改変地内に野菜栽培のために土地を借りている 7 世帯が存在する。その 7 世帯は本事業の影響で収入を失う。このため本事業は 7 世帯の収入回復のための生計回復計画を提供する。

生計手段が影響を受け取り除かれる AHs の収入回復はカンボジア及び JICA にとって最優先事項である。これは本事業によって生計が失われる世帯にとっても最大の懸念事項である。生計回復が可能な方法は栽培地の移転のみでは不十分であり、またその内容は対象者の置かれた状況とニーズ評価に応じて異なる。このため生計回復計画では 3 つの生計回復を支援するプログラムを受けられるようにする。

- 土地を利用する生計回復は、野菜栽培、果物生産、その他同様の土地を利用した収入源のための生産性の高い土地が入手できる場合、AHs に提供される。その際に本事業と IRC は必要とされるケースについて支援を行う。
- 技術トレーニングとして、12 ヶ月にわたる農業や家畜飼育のトレーニングプログラムを提供する。

- 現金による一時的な支援として、土地を利用する生計の再開のためにカンボジアの公式貧困レートの3ヶ月分に相当する金額を提供する。

IRCは、生計回復計画をコンサルタント会社に委託し実施する。コンサルタントは委託に基づき直接APsに対して調査を行う。IRCは、その活動をモニターする。

(2) エンタイトルメント

本事業によるエンタイトルメントは表 R 2.2.61 のエンタイトルメントマトリクスに示すとおり作成され公表された。採用されたエンタイトルメントはカンボジアの法令と JICA 環境社会配慮ガイドラインに沿ったものである。このエンタイトルメントと支援の内容は詳細設計時の GDR による DRP において必要に応じて修正される。

表 R 2.2.61 エンタイトルメントマトリクス

カテゴリ	損失タイプ	対象	世帯カテゴリ	エンタイトルメント	説明
1. 土地の損失					
1a	土地の損失	適用なし	適用なし	●適用なし	適用なし
2. 土地の利用の損失					
2a	作物及び果樹の損失	水路管理道路及び下水管渠埋設地における農作物(果樹/植物)	農業に従事する1世帯	●果樹 次式による移動費： [(年間収穫量) X (市場価格) X (果実形成可能年数)] + 種 苗費 5年以上経過した果実形成する果樹	出荷額に基づく市場価格 満額は種苗費を含む左式により算出される価格
3. 建物及び構造物の損失					
3a	建物及び構造物の損失	水路管理道路及び下水管渠埋設地における商用構造物とその他資産	建物及び構造物の所有者(2世帯)	●建物や構造物を移転する場合に相当する金銭的補償	補償レートは再取得調査による市場価格に基づく
3c	建物及び構造物の損失(移動手当)	世帯と私物の移動手当	建物及び構造物の所有者(1世帯)(当世帯は、現在も構造物を使用中)	●新たな移転地への世帯平均移動費としての一時手当 ●5 km まで (US\$ 80) ●5 km 以上 (US\$ 150)	手当は再取得調査でアップデートされる
4. 収入と生計の損失					
4a	移動期間の収入損失	収入の損失	下水処理場建設サイトにおいて、移動期間に収入損失する7世帯	●カンボジア政府に定められた月間の貧困レートに基づく3か月分の一時手当 月間貧困レート X 世帯構成員数 X 3	カンボジア政府に定められた月間貧困レート 最新のプノンペン の貧困レートは US\$ 47.60 月/人 (出所: MOP)

カテゴリ	損失タイプ	対象	世帯カテゴリ	エンタイトルメント	説明
4b	物理的な移転による生計の永続的損失	収入回復	下水処理場建設サイトにおいて、部分的な生計手段を永続的に失う7世帯	<ul style="list-style-type: none"> 生計回復計画への参加資格： 土地に基づく生計の回復(7世帯) (i) 野菜栽培、果樹、家畜、及びその他の同様な収入源のための代替地へのアクセス手配、(ii) 12カ月のプログラムによる農業または牧畜の訓練提供 	<p>土地に基づく生計手段を失う7世帯</p> <p>7世帯のため、IRCは彼らに貸すための代替地を用意する。</p>

出所：調査団

2.2.3.2.5 苦情処理メカニズム

MEF は本事業による苦情に対応する責任を有する都の苦情申し立て委員会(Municipal Grievance Redress Committee : MGRC)の設立を支援する。MGRC は省庁間住民移転委員会(Inter-ministerial Resettlement Committee:IRC)の助言を経て都知事により設立される。

ARAP の実施に伴いいかなる世帯の苦情も合意形成を目的とした交渉を通して処理される。苦情は最終的に裁判所に送られる前に、3 ステージを経る。住民移転局(General Department of Resettlement : GDR)と IRC は苦情や不満を解決するための全ての法的費用を負担する。不満の処理は第3段階で終了する。なお、この3段階のプロセスに係る移転住民等への申請等の費用は負担されない。

第一段階

移転者は書面で村長事務所に不満を申請できる。移転者はコミュニティーの長老や事態仲裁のための代表者を連れてくる事が出来る。IRC-WG(ワーキンググループ)は村長事務所と共に通知を得る。不満がこのレベルで解決するようであれば、IRC-WG はレビューを行い適切なアクションのために GDR の承認を得る Department of Internal Monitoring and Data Management(DIMDM)に通知を行う。

不満が解決せず移転者が満足しない場合は、移転者は次のステップとして解決のために GDR に書面で不満を申請することが出来る。

第二段階

GDR の下部組織である DIMDM は不満を記録し、合意されたエンタイトルメントマトリクスフレームワークにおける申請の合意性をチェックする。不満がエンタイトルメントマトリクスの準備の際に想定されなかった特別な給付に該当し、移転者が救済を求める正当な理由を持っている可能性がある。

DIMDM はそのため総体的なレビューを実施し、関連する勧告とともにファインディングのレポートを GDR の決定のために作成・提出する。DIMDM はまた、移転者及び IRC-WG と会い不満の評価を実施するために現地調査を実施する。最終報告書は苦情を受け付けた日から 30 営業日以内にとりまとめなければならない。最終決定は GDR 局長によって DIMDM の報告書を受け取ってから 5 営業日以内に行われる。結論がポリシーレベルの仲裁を必要とする場合、最終結論が 10 営業日追加され、IRC による勧告が行われる。

GDR は書面による回答を発行し、移転民に送る。不満が解消されるようであれば、DIMDM は GDR の住民移転部に最終結論後 15 営業日以内に苦情が処理されたことを報告する。もし不満が第二段階でも解決しない場合は、移転民は不満表明文書を PGRC に提出し再考を求めることが出来る。

DIMDM は不満に関する調査結果と結論に関する記録のデータベースを作成する。不満の状況の要約報告書は 4 半期ごとに準備され、IRC に提出される。

第三段階

この段階は移転民が PGRC から行政上の最終決定を求める公式段階である。移転民は都庁を通して PGRC に書面の不満を提出する。移転民または代理人は会議で不満を説明する機会を与えられ、MGRC は決定に至るまで移転民が強いられている特殊な状況を検討する。GDR は投票権がないメンバーとして GDR の第二段階での結論の説明のために代表者を送る。PGRC の結論は合意に至らなければならない、カンボジア政府の政策に抵触する場合を除き最終化される。カンボジア政府の用地取得及び住民移転政策に基づく決定は IRC によって行われる。PGRC は苦情の受付から最終決定まで 40 営業日を有する。

PGRC の決定は救済措置を執る前に GDR の裏書を通して IRC に送られる。

しかし、土地収用法により、移転民は都の裁判所にさらなる解決を求めるために訴訟を起こすことが出来る。その費用は移転民が負担する。GDR、PRSC 及び IRC-WG は担当裁判所からの司法命令がない限り裁判には関与しない。またいかなる関係者は、都の裁判所の決定に不満がある場合に、同事案を高等裁判所に控訴することが出来る。

2.2.3.2.6 実施体制

(1) 実施機関

PPCC は本事業の実施機関である。PPCC が ARAP の円滑な実施の全体的な責任を持つ。PPCC はプロジェクト管理ユニット(PMU)をはじめとする PPCC 内外部の様々な機関の支援を受ける。本事業により生ずる住民移転の影響がある場合、PPCC は IRC が用地取得及び住民移転の手続きを受諾するよう要請する。

(2) プロジェクト管理ユニット(PMU)

PMU は GDR や IRC と密接に対応するため、プノンペン都の DPWT 内に設置される。

PMU と IRC/GDR は住民移転活動を処理するため、IRC-WG を設立して協力する。

(3) プロジェクト実施ユニット(PIU)

プノンペン都の PIU/DPWT は ARAP の作成と実施に関し GDR と密接に対応する。その役割は以下の通りである。

- (i) IRCによるARAP承認の確保;
- (ii) ARAP承認に係るIRC及びJICAの第一承認確保;
- (iii) ARAPの作成及び更新におけるAHs及び資産のデータ確保;
- (iv) ARAP実施のための内部モニタリングの実施及びプログレスレポート作成とPPCC、GDR/IRC及びJICAへの提出

(4) 省庁間住民移転委員会(IRC)

IRC メカニズムは The Prime Minister's Decision No.13 dated 18 March 1997, updated on 16 February 1999 by the Decision No.9: and decision dated December 2010, with the mandate to review and evaluate the resettlement impact and land acquisition for public physical infrastructure development projects in the Kingdom of Cambodia によって設立された。IRC は同首相令により土地収用法に基づく土地収用委員会の責任機関であり、MEF を委員長として他の関係省庁と委員会を形成する。IRC は MEF により公的投資事業のために設立される IRC-WG を通して役割と責任を果たす。IRC の以下の権限は委員長によって与えられる。

- 用地取得及び住民移転が法令順守を確保することの効果的な監視
- 関係省庁、都、地方行政と用地取得及び住民移転を行う GDR 及び MEF の効果的な調整の確保
- 用地取得及び住民移転法令実施のガイダンス提供と必要に応じたアップデート
- 都苦情申し立て委員会(MGRC)の設立開始
- Basic Resettlement Plans (BRP)、Resettlement Framework (RF)、Detailed Resettlement Plans (DRP)及び Updated Detailed Resettlement Plan (UDRP)の承認

(5) 住民移転局(GDR)

GDR は IRC の常設事務局であり、公共投資事業の用地取得及び住民移転を主導する機関である。GDR は用地取得及び住民移転の法令に基づく住民移転計画の作成、実施、モニタリングに責任がある。また、標準運用手順(Standard Operating Procedures : SOP)の新たなレギュレーションの策定や更新、SOP の規定の明確化と最終化に責任がある。

2.2.3.2.7 実施スケジュール

詳細設計時に詳細なセンサス調査(Detail Measurement Survey : DMS)と再取得費用調査(Replacement Cost Survey : RCS)が IRC-WG の監督下で行われる。DMS は IRC-WG が MRSC-WG と関連地方行政の協力を得て実施する。RSC は IRC が契約する独立した機関によって実施される。DMS と RCS の結果に基づき、IRC は補償費用を計算し政府に予算を請求する。

DMS 実施中にコンサルテーション会議が開催され、事業情報冊子が PRSC-WG の協力のもと IRC-WG によって全ての AHs に配布される。その情報プログラムは事業範囲確定に先行して行われる。苦情手続きは DMS より優先して設定される。DRP の作成は DMS の後に速やかに行われる。その後、補償費が支払われる。その補償プロセス(承認され補償された対象物の量及び価値の記録及び現金での補償と用地の移転を含む)は設計された施設の建設より前に行われる。補償の支払いは建設の 30 日前までに行われる。外部モニタリングが、これら DRP が実施する全てのプロセスについて実施される。

IRC は DRP 作成前に MRSC-WG と密接に対応するためにワーキンググループを結成する。AHs の用地取得及び住民移転は具体的な補償と支援を記載する更新された BRP(DRP)が IRC と JICA に承認されるまで開始されない。

DPWT は次の条件が満たされていない限りコントラクターがいかなる下水処理場の建設作業を開始しないことを確保する。(a)DRP に承認された補償の支払いが完了していること、(b) 収入再建プログラムが開始されていること、(c)土木作業を行う範囲に何の支障もないこと。DRP の作成と実施に係る様々な活動スケジュールは表 R 2.2.62 に示すとおりである。

表 R 2.2.62 GDR の作成・実施のスケジュール

ACTIVITIES	SCHEDULE
GDR Approval of BRP	June 2019
BRP Updating (DRP) following Detailed Design	December 2019
Submission and JICA Approval of DRP	March 2020
Implementation of the Approved DRP	May 2020
Internal Monitoring (Submission of Quarterly Progress Reports)	May 2020
External Monitoring (Intermittent)	It will be confirmed by GDR
Post-evaluation	It will be confirmed by GDR
Start of Civil Works*	December 2020

出所：調査団

2.2.3.2.8 費用と財源

住民移転の費用は政府から来る資金による。DRP 実施の資金はカンボジア側の事業費の一部である。その用地取得及び住民移転費用は資産損失リストと 2018 年 10 月から 11 月に実施した費用調査の結果に基づき推定される。

(1) 資金支払いの手続き

IRC は MEF からの住民移転予算を請求する。そして補償費用は補償と手当を AHs に支払うためプノンペン都の DEF に送られる。補償とその他の給付の支払いは現金で公共の

場で行われる(コミュニティセンター、学校、寺院など)。AHs は補償及びその他の給付の支払いスケジュールは、村長を通して通知される。

(2) 補償費

費用推定は ARAP の用地取得及び住民移転の費用調査として準備調査期間中に地元コンサルタントによって行われた。しかし、今後 AHs への補償支払いが実施されるためには、現在の被影響資産の市場価格を反映した RCS が行われる。これは詳細設計時に DMS と並行して行われる。

(3) ARAP の推定費用

準備調査で確認した ARAP の用地取得及び住民移転の推定費用は表 R 2.2.63 に示すとおりである。その費用は 60,198.60USD である。

表 R 2.2.63 用地取得及び住民移転の推定費用

No.	Items	Unit	Quantity	Rate (\$/Unit)	AMOUNT (US\$)
A	LAND				
1	Flooded land (Agricultural)	m ²	0	-	0
2	Filled up land (Residential)	m ²	0	-	0
B	STRUCTURES				24,281.40
3	Guarding house	m ²	106.20	110.00	11,682.00
4	Bath room	m ²	7.80	115.00	897.00
5	Shelter	m ²	73.40	25.00	1,835.00
6	Awning (AW1)	m ²	36.00	15.00	540.00
7	Awning (AW2)	m ²	120.80	23.00	2,778.40
8	Brick wall, 100mm	m ²	18.60	15.00	279.00
9	Brick fence, 100mm	m ²	90.00	27.00	2,430.00
10	Brick bund wall, 200mm	m ²	120.00	32.00	3,840.00
C	TREES AND FRUIT TREES				1,912.00
11	Mango tree	tree	37	51.00	1,887.00
12	Banana tree	tree	10	2.50	25.00
D	ALLOWANCES				5,005.20
13	Transport Allowance	AH	1	150.00	150.00
14	Income Loss ⁷	person	34	142.80	4,855.20
	SUBTOTAL				31,198.60
15	Administrative cost	ls	-	-	15,000.00
16	External Monitoring	ls	-	-	7,000.00
17	Livelihood Restoration Program	ls	-	-	7,000.00
	GRAND TOTAL				60,198.60

出所：調査団

政府は住民移転費を適切な時期に確保し、住民移転の目的を満たすため現時点で想定していない費用も確保する。住民移転の推定費用は DMS と RCS をもとにアップデートされる。

⁷ カンボジア政府に定められたプノンペン都における月間貧困レートは 47.60 USD/月/人。収入損失は、 [(月間貧困レート) x (世帯構成員数) x 3] で計算され、4,855.20 (34 人 x 47.60USD x 3 ヶ月) が得られる。

注: 7 Ahs は 34 人に相当。

2.2.3.2.9 実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム

(1) 内部モニタリング

IRC-WG と PRSC-WG は住民移転実施進捗のデータと情報を集める責任があり、GDR の住民移転局に月報を提出する。モニタリングはプログレスレポート、DRP の作成、被影響者の数と位置、補償費、AHs に対する支援などである。住民移転局はフィールドレポートをまとめ、毎月統合したレポートを作成する。レポートは内部モニタリングに責任のある DIMDM に提出される。

以下の指標が IRC-WG 及び PRSC-WG によって定期的にモニターされる。

- 補償と給付が DRP で承認された手続で計算される;
- AHs に事業により DRP で合意されたポリシーに基づき支払いが行われる;
- 住民情報、住民協議、苦情申し立て手続きが DRP で承認された通り実施される;
- 事業によって影響を受ける公共施設・インフラが修復される;
- 住民移転から土木工事への移行がスムーズである。

(2) 外部モニタリング

外部モニタリングは家屋や店などが移転される世帯など本事業で影響を受ける世帯の社会経済状況と収入源について調査し報告するものである。また外部モニタリングは女性や若者を含む被影響世帯のための雇用機会やトレーニングのポテンシャルをレビューする。このプロセスで被影響者は、コミューンの住民移転委員会や市民社会組織からの追加的サポートを含む地方行政からの支援を受ける。

GDR は外部モニタリング機関をモニタリングと事後評価のために雇用する。外部モニタリング機関に対する TOR は GDR によって決められ、外部モニタリング機関は DRP 実施前に雇用される。外部モニタリングレポートは四半期ごとに DIMDM/GDR に提出される。事後評価は住民移転活動の実施完了 1 年後に行われる。

外部モニタリング機関は、(i)住民移転の目的達成、(ii)生活水準と生計の変化、(iii)AHs の社会経済状況の回復、(iv)支援手段の効果、インパクト、持続性、(v)さらなる代替手段の必要性、(vi)今後のポリシー形成と計画策定に資する教訓の特定、にアクセスできる。外部モニタリング機関はまた、苦情や不満の解決手続きをチェックする責任も持つ。解決されない苦情の軽減を図るためのさらなる手段についても勧告する。

2.2.3.2.10 住民協議

本事業のステークホルダーは地方行政役人、事業地周辺の住民、及びプノンペン都の DPWT の代表者などである。ステークホルダーは協議への参加を通じて、彼らに影響する開発行為や決定に対して彼ら自身が影響を与え、互いに責任を持つことが出来る。また、参加を通して、

地元住民のニーズと優先順位が明らかになる。さらに、本事業の負の社会影響、代替案への対応が特定される。そしてコミットメントとオーナーシップ感覚が AHs の間で形成される。

(1) ARAP 計画における参加型活動

住民、特に AHs、地方行政、土地利用者は協議し意見を求められる。彼らは実際 ARAP の作成に参加する。表 R 2.2.64 に実施機関、地方行政、AHs の補償における役割と責任を示す。

表 R 2.2.64 ARAP 計画の参加型活動

ステージ	参加型活動と参加者	アウトプット	責任機関
準備及びフィードバック調査	Khan, Sangkat、村落の役人、地元住民、及び DPWT に対する事業の技術支援、住民移転の影響、及び協議の活動の説明。	AHs を含む地元住民及びそれらの代表者、地方行政の役人、プノンペン都 DPWT の管理者及び技術スタッフが会議に参加しプロジェクトと住民移転の目的、計画、影響について協議した。	DPWT/PPCC
	損失調査、AHs のセンサス調査、社会影響評価、費用推定の実施。	損失調査、AHs のセンサス調査、費用推定が実施され、結果は ARAP に含まれた。	自治組織及び DPWT/PPCC
	IRC-GDR 及び PMU-DPWT との提案された住民移転ポリシーに関する協議。	IRC が社会影響と住民移転ポリシーの十分な認識と協議により設立される。	DPWT/PPCC
	損失調査結果を協議するための AHs との初期情報開示、影響を最小化し代替するための提案収集、及び移転オプションの協議。	AHs とコミュニティーリーダーは土地の喪失を含む社会影響を知らされ、影響の緩和と住民移転について協議した。	DPWT/PPCC 及び GDR
	ARAP と事業情報冊子(PIB) ⁸ のドラフトと、IRC-GDR 及び JICA へのレビュー・承認のための提出。	ARAP と PIB のドラフトが作成され、DPWT、IRC-GDR 及び JICA の承認のために提出された。	DPWT/PPCC

出所：調査団

(2) ARAP 作成中の住民協議

ARAP 作成段階で、以下の住民協議が実施された。

- (i) 第一回ステークホルダー協議(カットオフデート前)
- (ii) 第二回ステークホルダー協議(カットオフデート後)

(3) ステークホルダー協議のスケジュール

ステークホルダー協議のスケジュールは表 R 2.2.65 に示す通りである。

表 R 2.2.65 本事業に係るステークホルダー協議の開催

N°	Date	Time	Sangkat	Khan	Meeting Place	Participant
(i) First Stakeholder Meeting (After the cut-off date)						
1	October 5, 2018	2:00 PM	Chak Angre Kroam	Mean Chey	Khan Mean Chey meeting hall	Total: 26 Female: 3
(ii) Second Stakeholder Meeting (After the cut-off date)						
1	May 10, 2019	8:30 AM	Chak Angre Kroam	Mean Chey	Khan Mean Chey meeting hall	Total: 21 Female: 2

出所：調査団

⁸ PIB は、DMS 時点で更新される。更新された PIB は、生計回復計画の代替案に係る情報とともに、契約前に AHs に共有される。

(4) 主要な発言・協議

(a) 第一回ステークホルダー協議(カットオフデート前)

2018年10月5日に第一回ステークホルダー協議が Mean Chey 区の集会場でプノンペン都の DPWT、JICA 調査団、地方行政、地元住民を集めて開催された。参加者リストは、表 R 2.2.66 のとおりである。議長は PMU/DPWT で会議の目的と議題は以下の通りであった。

- (i) 本事業の技術支援の背景と目的;
- (ii) 本事業の概要と事業地;
- (iii) 本事業のカットオフデートの通知;
- (iv) 調査団の主な活動(世帯の社会経済調査、資産調査、費用推定など);
- (v) ARAP の概要;
- (vi) 質疑応答

地方行政によるイントロダクションの後、プノンペン都の PMU/DPWT がプロジェクトの背景と現状、プロジェクトの正と負の影響を説明した。協議中、参加者間でのオープンな議論があった。質疑は以下の通り。

質疑 : Mr. Mea Sopheap, Mean Chey 区副区長 : プロジェクトの事業範囲を明確にするポールを立ててほしい。これは地方行政にとって浸食を防止するために必要。

応答 : Mr. Chu Kim Tri, DPWT 副局長 : ポールを立てることは DPWT が副法令で土地を所有した段階で実施する。

(b) 第二回ステークホルダー協議(カットオフデート後)

2019年5月10日に第二回ステークホルダー協議が Mean Chey 区の集会場でプノンペン都の DPWT、JICA 調査団、地方行政、地元住民を集めて開催された。参加者リストは表 R 2.2.67 のとおりである。議長は PMU-DPWT で会議の目的と議題は以下の通りであった。

- (i) 本事業の背景、概要と事業地;
- (ii) 本事業のカットオフデートのリマインド;
- (iii) 本事業の用地取得及び非自発的住民移転のポリシー;
- (iv) 本事業による影響;
- (v) 補償方針;
- (vi) 生計回復計画;
- (vii) 苦情処理メカニズム;
- (viii) 質疑応答

地方行政によるイントロダクションの後、プノンペン都の PMU/DPWT がプロジェクトの背景と現状、プロジェクトの正と負の影響を説明した。協議中、参加者間でのオープンな議論があったが、特段のプロジェクトに対する不満などは出なかった。質疑応答は以下の通り。

質疑： Mr. Long Houn, Prek Ta Kong 1 村長：村民からしばしば水路の大きさがどうなるかについて尋ねられる。どの程度確保されるのか。

応答： Mr. Chhu Kimtry, DPWT 副局長は、Trabek ポンプ場からの古い水路は副法令により保持されると回答。その水路は 80-100m の幅があり、34 本の大きな黄色いポールで境界が示されている。人々はそれらのポールによって保持された範囲の境界を確認できる。

質疑： Mr. Chea Sokhai, Chak Angre Krom 郡長：19 ヘクタールの埋め立て地は副法令により保持されている 520 ヘクタールの水路に含まれるのか。

応答： Mr. Chu Kimtry は、政府がプノンペン都に土地の権利を認めた 2008 年の副法令により、520 ヘクタールの保持水路に含まれると回答。保持水路はプノンペン都、国土整備・都市計画・建設省、公共事業運輸局、Mean Chey 区による合同委員会によって監督されている。

表 R 2.2.66 第一回ステークホルダー協議の参加者

No.	Sex	Position / Department
1	M	Deputy Chief of Prek Tanou 2 village
2	M	Deputy Chief of Prek Tanou village
3	M	People in Phum 2 village
4	M	Chief of Prek Tanou 2 village
5	M	Chief of Prek Takong 1 village
6	M	Chief of Tuol Roka 1 village
7	M	Vice Chief of Cadastral Office Khan Mean Chey
8	M	Chief of Prek Takong 3 village
9	M	Vice Chief of Prek Tanou 1 village
10	M	Chief of Prek Tanou village
11	F	Chief Office of Khan Mean Chey
12	M	Chief of Tuol Roka village
13	M	Chief of Corporation Office of Khan Mean Chey
14	M	Sangkat Chief of Chak Angre Leu
15	M	Deputy Director of DPWT of PPCC
16	M	Sangkat Chief of Chak Angre Kroam
17	M	Deputy Governor of Khan Mean Chey
18	F	Chief Office of DPWT of PP
19	M	Resettlement Specialist/Bluefield
20	M	SAWAC Staff
21	M	SAWAC Staff
22	M	Field Supervisor IOL/Bluefield
23	M	Field Supervisor SESL/Bluefield
24	M	Deputy Team Leader/SAWAC
25	M	Team Leader ESIA/SAWAC
26	F	Administrative Director of Khan Mean Chey

出所：調査団

表 R 2. 2. 67 第二回ステークホルダー協議の参加者

No.	Sex	Position / Department
1	M	Deputy Governor of Khan Mean Chey
2	M	Deputy Director of DPWT of PPCC
3	M	Resettlement Specialist/Bluefield
4	M	Office manager of PWT of Khan Mean Chey
5	M	Representative of Sangkat Chak Angre Leu
6	M	Vice chief of village Pram Pir
7	M	Village chief of Prek Takong
8	M	Village chief of Prek Tanou
9	M	Vice Chief of Cadastral Office Khan Mean Chey
10	M	Village chief of Tuol Roka
11	M	Village chief of Tuol Roka 1
12	F	Village chief of Tuol Roka 2
13	F	Vice chief of Tuol Roka 3 village
14	M	Sangkat chief of Chak Angre Kroam
15	M	Chief of Prek Tanou 2 village
16	M	Chief of Prek Takong 1 village
17	M	Chief of Prek Takong 3 village
18	M	Chief of Prek Tanou 1 village
19	M	Chief of Corporation Office of Khan Mean Chey
20	M	Field Supervisor IOL/Bluefield
21	M	Field Supervisor SESL/Bluefield
22	M	Administrative Director of Khan Mean Chey

出所：調査団

2.3 その他(気候変動対策への貢献)

気候変動と地球温暖化にかかる将来的な降雨強度と頻度の増加は、都市部の衛生状況に悪影響を及ぼすことが予想される。本プロジェクトによる污水处理システムの改善は気候変動によるリスク低減に寄与すると期待されるため、気候変動に対する緩和能力と污水处理プラントの気候変動対策としての適応機能についてレビューを行った。

(1) 緩和

気候変動の緩和としての低炭素技術としては、次の8タイプの低炭素技術が污水处理プラントの導入により考えられる。

- 1) 高効率ポンプの導入
- 2) 高効率ブロワーの導入
- 3) 污水处理プラントのポンプ稼働の最適化
- 4) 下水道システムへのインバーターの導入
- 5) 高効率脱水機の導入
- 6) 汚泥処理の最適化
- 7) バイオガスの発電利用
- 8) 太陽光発電の導入。

本プロジェクトは污水处理に前ろ過散水ろ床法を導入する。この設備はブロワーを使用しないため、電力消費が標準活性汚泥法のような従来型の污水处理施設よりも大幅に少ない。標準仕様によれば、ろ過散水ろ床法と標準活性汚泥法の電力消費は以下のとおりである。

ろ過散水ろ床法 : 0.1 kwh/m³ 標準活性汚泥法 : 0.5 kwh/m³

本プロジェクトの污水处理施設の容量は 5,000 m³/日であるため、二酸化炭素の年間排出削減量は以下ようになる。

$(0.0005 \text{ MWh} - 0.0001 \text{ MWh}) \times 5,000 \text{ m}^3 \times 365 \text{ days} \times 0.384 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ (排出係数 (Grid)、地球環境センター (2018)) = 280.32 tCO₂/year.

排出削減量(280.32 tCO₂/year)は気候変動の緩和という観点からは少ない。しかし、282,000 m³/日の汚水がろ過散水ろ床法により処理される場合、排出削減量は 15,697.92 tCO₂/year となり、1施設の削減量としては意味のある量となる。

(2) 適応

プノンペン都の汚水は、主に各家庭でセプティックタンクにより処理され、タンクからの処理水は排水用開水路を通過して湖沼に排出されている。処理水はセプティックタンクの不備などにより汚濁しているが、湖沼の自然浄化機能により浄化されている。しかし、セプティックタンクの不備により排出水の汚濁は深刻化しているほか、非計画的な埋め立てにより湖沼、特に Cheung Aek 湖の自然浄化機能は低下している。Cheung Aek 湖の水質は

劣化してきており、衛生状況の悪化が進んでいる。

近年豪雨による洪水が各地で発生しているが、プノンペン都は洪水に対して脆弱な地域の一つである。洪水は河川や排水用開水路沿い、湖沼周辺の住民の生活環境を悪化させている。このため、下水道システムの改善は適応としての重要な気候変動対策である。**Cheung Aek** 湖での汚水処理施設の導入は衛生状況や湖周辺の生活環境を改善すると考えられる。

本プロジェクトは異常な気温上昇下における水質汚濁による様々な問題を減少させることに貢献すると期待できる。

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

(1) プロジェクト目標

第1章「1.1.2」で示したカンボジアまたはプノンペン都の開発計画のうち、本協力事業に直接的に関連する項目としては、国家戦略的開発計画(NSDP)2014～2018において、国道沿いに位置するプノンペン都を含む大都市において、下水・排水施設の整備と維持を重点項目とする位置付けがある。

一方、プノンペン都は、2005年に策定した、2015年を目標年とする都市開発戦略(City Development Strategy : CDS)の中で、今後のプノンペン都の発展と市民生活の向上を目的とした開発計画構想における5つの重点分野を据え、そのうちの、重点分野②の下に「水質汚濁の防止」及び「下水処理の促進」を挙げている。

さらに、プノンペン都は、CDSに基づき策定した、プノンペン都の総合都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)において、下水・排水分野の整備方針について、下水処理場を Cheung Aek 湖へ設置する提案をしている。

このような上位開発計画に基づく本事業のプロジェクト目標を以下に示す。

- プノンペン都 Cheung Aek 処理区に下水道施設を整備することにより、Cheung Aek 湖流域への汚濁負荷の削減を図り、もって当該地域の水・衛生環境の保全もしくは改善に寄与する。

(2) プロジェクトの概要

本事業は、上述の目標を達成するために M/P にて提案された施設整備計画のうち「短期」計画における下水処理場、下水管渠(導水管)を整備するものである。これにより、Cheung Aek 湖流域への汚濁負荷が削減され、周辺地域の水・衛生環境が改善されることが期待されている。

本章において後述する検討の結果、本協力対象事業では、次表に示す施設を建設する計画とした。

表 R 3.1.1 本協力対象事業の内容

施設	主な設備・諸元	
遮集施設	制水扉、送水ポンプ 3.9 m ³ /分×15kW×2 台	
下水管渠(導水管)	延長 1.86 km、ダクタイル管 φ300	
水路管理道路	延長 1.69 km、車道幅員 7.0 m、歩道幅員 1.5 m	
下水処理場		
汚水処理施設	調整槽・揚水ポンプ	調整槽：140 m ³ 、揚水ポンプ 5.1 m ³ /分×30kW×2 台 その他：除塵機、固定スクリーン、攪拌機等
	前段ろ過施設(FSF)	ろ体面積 24.0 m ² ×厚さ 0.6 m×2 槽
	散水担体ろ床(HTF)	ろ床面積 82.8 m ² ×厚さ 2.5 m×2 槽
	最終ろ過施設(SLS)	ろ体面積 20.0 m ² ×厚さ 0.7 m×2 槽
	塩素混和池	接触槽：60 m ³
	洗浄排水貯留設備	洗浄排水貯留槽：有効深さ 3.0 m×7.0 m×5.5 m その他：攪拌機、移送ポンプ等
	一次濃縮設備	一次濃縮槽：有効深さ 3.0 m×φ7.0 m その他：汚泥掻き寄せ機、移送ポンプ等
汚泥処理施設	重力濃縮施設	重力濃縮槽：有効深さ 4.0 m×φ5.5 m その他：汚泥掻き寄せ機、移送ポンプ等
	汚泥消化施設	一次消化タンク：有効深さ 11.0 m×φ7.5m 二次消化タンク：有効深さ 10.0 m×φ7.5m その他：ガスホルダ、余剰燃焼装置、移送ポンプ等
	汚泥乾燥床	40 m ² ×20 槽
管理棟	管理室、場長室、会議室、電気室、試験室、作業員室	
受変電設備建屋	受変電設備	
外構/その他	修景池、放流渠、塀・門扉、舗装、排水工等	

出所：調査団

3.2 協力対象事業の概略設計

3.2.1 設計方針

本協力対象事業は、「プノンペン下水・排水改善プロジェクト」において作成されたプノンペン都全体を対象とした汚水対策マスタープラン(M/P)に沿って、プノンペン都初の下水処理場整備計画の一環として実施するものである。M/Pにおいては、都内で最も市街化が進み、水環境の悪化が最も著しい Chueng Aek 湖流域を含む「Chueng Aek 処理区」をオフサイト処理区域(下水道による集合処理区域)として設定した上で、さらに、カンボジア政府側の実施体制も含めた事業実施能力、カンボジア政府側のニーズ等を勘案し、短期(~2020年)、中期(2021~30年)、長期(2031~40年)の3段階に分け当処理区の段階的整備計画を立案した。本プロジェクトは同整備計画の「短期」の計画における下水処理場、下水管渠(導水管)等を整備するものである。

設計の基本方針として、プノンペン都からの要請書に基づいての検討を前提とし、現地調査結果を踏まえ、本プロジェクトによる効果を発現させる施設規模、ソフトコンポーネント内容を立案するものとした。

(1) 下水処理場整備の基本方針

(a) 除去対象物質

除去対象物質は BOD 及び TSS とし、流入水質は M/P にて定められた値を採用することを原則とする。放流水質については、現在カンボジア国内において下水処理場の技術基準が存在しないことから、「排水及び汚水管理に係る政令(Sub-decree on the Management of Drainage and Wastewater Treatment System)」における民間住宅エリア、団地、商業施設、娯楽施設等に課せられた排水基準値を準用し設定する。

一方、T-N 及び T-P については、1) カンボジアでは、下水処理場の設計水質基準が未整備であり T-N 及び T-P を設計水質として位置づけるのは、時期尚早であること、2) 本プロジェクトで採用される PTF は、単独で T-N 及び T-P を除去できる処理方式ではないこと¹、を考慮し除去対象物質として設定しないこととする。しかしながら、PTF は、BOD 及び TSS の除去を行う過程で副次的に一定量の T-N や T-P の除去も見込めることから、現状の水質であれば、どの程度の除去が得られるのか、参考として試算する。

(b) 下水処理方式

プノンペン都による要請内容から、PTF の採用が前提となっている。一方、M/P においては、PTF 及び標準活性汚泥法(Conventional Activated Sludge Process: CASP)が、評価点において同等であった。そのため、本プロジェクトにて改めて PTF 及び CASP の処理方法について、BOD 除去能力、初期建設費用、維持管理費用、維持管理手法、実績等の観点から再評価を行い、処理方法を決定する。

¹ 無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン(案)、2017年2月、国土交通省 国土技術政策総合研究所

(c) 汚泥処理方式

PTF システムは他の汚水処理システムと同様に余剰汚泥が発生し、汚泥処理システムが施設に備わっていないと安定した汚水処理は不可能になる。そのため、適切な汚泥処理システムの導入が極めて重要である。汚泥処理については、重力濃縮槽、機械式脱水機及び汚泥乾燥床を比較検討し、汚泥を減容し最終処分するフローを決定する。比較検討においては、技術的観点のほか、建設費用(CAPEX)及び維持管理費用(OPEX)も検討項目とする。また、汚泥の再利用及び温室効果ガスの削減も考慮した複数の代替案の検討を実施し、最終的な汚泥処理フローを決定する。

(d) 修景池の設置

本プロジェクトの有効性や効用を都民にアピールし、プノンペン都が今後、本処理場を用いた都民への環境教育や啓蒙活動を実施できるよう、下水処理水を用いた修景池を設置するものとする。そのため、事業開始後に都民が気軽に訪問でき、快適かつ楽しく利用できるような施設とする。また、過大な維持管理費用がかからない施設とする。

(e) 将来計画との整合

本事業において整備する下水処理場の能力は 5,000 m³/日であるが、M/P において本処理場は、最終的に 282,000 m³/日まで拡張される計画となっていることから、無駄がなく、かつ円滑な拡張が可能となる施設計画を立案する。

(2) 下水管渠整備の基本方針

施工性、建設費用、汚水量、用地等を検討し、汚水の遮集位置を決定する。また、遮集方法に関しては、①遮集位置固定方式、②フロート式遮集方式について比較検討し、最適案を採用する。汚水の輸送方法について、自然流下方式及びポンプ圧送方式の比較検討を実施する。比較検討項目には、建設費用、施工性、維持管理性等を含めるものとする。下水管渠は、Trabek ポンプ場の吐出口から下水処理場予定地までの水路管理道路を整備してその護岸内に敷設することとする。

(3) 処理場用地埋立てに対する方針

プノンペン都から要請された変更後の下水処理場建設地は、Cheung Aek 湖内の北東部に位置している。下水処理場を建設するためには、洪水期の湖の水位の影響を受けない高さまで用地を埋立てる必要がある。現在、湖底はヘドロや有機物等の堆積物で覆われているため、これらの堆積物を除去することを前提とする。また、軟弱地盤対策に対して、地盤改良の必要性、基礎地盤及び盛土の圧密解析結果等を検討したうえで決定する。

下水処理場の計画地盤高は、ING City などの周辺開発地域の地盤高(EL.+10.50 m)を参考にして、計画地盤高は EL.+10.50 m とする。

(4) 社会経済条件に対する基本方針

下水処理場の建設予定地は、Cheung Aek 湖北東部に位置し、住民移転を必要としない位置として計画する。なお、建設予定地は空芯菜などを栽培しており農業従事者用の作業

小屋が数件存在し、それらの撤去は必要となる。

協力対象事業対象地域は、商業・住宅エリアから離れているものの、工事中の騒音・振動、完成後の景観などに配慮し、経済活動に対する事業実施による影響を最小限にするような設計及び施工計画の立案を実施する。

(5) 建設事情/調達事情に対する基本方針

(a) 設計基準

カンボジアには、下水処理場建設に係る設計指針や技術仕様書等が存在しない。カンボジアにおけるその他の構造物等の設計基準も存在せず、日本や欧米各国において認知された設計基準を準用している。過去における我が国の無償資金協力事業においても日本の各種設計基準を採用していることから、本事業においても日本の「下水道施設計画・設計指針と解説(日本下水道協会)」、「無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン(案)」、「建築構造設計基準(国土交通省)」、「建築基準法(国土交通省)」、「杭基礎設計便覧(日本道路協会)」等、我が国の基準・指針に基づいて行う。なお、道路に関する設計に関しては、カンボジアに下記設計基準が存在することから、水路管理道路の設計に関しては、下記基準に準じた設計とする。

- Road Design Standard Part 1.Geometry (CAM.PW.03.101.99), 2003
- Pavement Design Standard Part2. Geometry (CAM.PW.03.101.99), 2003

(b) 調達事情

カンボジアでは、土砂、セメント、鉄筋等の基本的な土木・建設資材、ならびに一般的な建設機械の調達が可能である。現地で調達できる資材のうち、土砂、木材等の一部の現地発生材を除き、セメント、鉄筋、建設機械等その他の大部分が近隣諸国からの輸入品であり、各国の工業規格を満足する資材の調達が可能である。近年、カンボジア国内において木材伐採を制限しているため、木材価格が上昇している。カンボジア国内の労働力は豊富であるが、世話役・特殊作業員・普通作業員の技術水準は総じて低い。日本の無償資金協力事業の経験のある世話役・特殊作業員等もあり、そのような技術者の確保が重要となる。

設計に当たっては、過去の無償資金協力事業の実施を通して得られた知見に基づき現地資材の品質や労働力の水準・量を考慮し、現地調達が可能な資機材や労働力を極力利用し、建設コストの低減を図る。また、将来の拡張計画についても考慮し、二重投資とならないよう配慮した設計とする。

一方、ダクタイル管、バルブ、計装機器等の下水管関連資機材及び下水処理場におけるポンプ、制御盤、汚水処理施設・汚泥処理施設の機械・電気設備については、現地では製造されていないため、本邦調達または第三国調達となるが、品質面、維持管理面、経済性及び現地の技術力を考慮し、最適な機材の選定、調達方法を検討する。

本邦もしくは第三国において調達された資機材を陸上輸送で輸入する場合の通関場

所は各国境であるが、海上輸送された全ての資機材のカンボジアにおける陸揚げ・通関場所はシアヌークビル港となる。

(c) 関連法規、事業実施の許認可制度

下水処理場建設予定地が国有地であることから、同用地の地権を国からプノンペン都へ変更する手続きが必要となる。また、本手続きと同時にプノンペン都は建設許可を内閣首相官房または国土整備・都市計画・建設省に申請する必要がある。

関連法規としては、カンボジアの環境基準に従って事業実施前に、プロジェクトに対する環境影響評価(EIA)を実施し、環境省の承認を受ける必要がある。

(6) 現地業者の活用に係る基本方針

(a) 現地業者

現地には比較的規模が大きく日本の無償資金協力事業に関わる下請け工事を受注した経験を有する建設会社が数社あり、道路や水路の建設、コンクリート構造物や建物の施工等、基本的な土木・建築技術は有している。したがって、施工計画立案に際し、現地業者を活用出来る部分については、可能な限り活用し、建設コストの低減を図る。

これまでの無償資金協力事業または他の大型土木工事の建設を通して、工事管理技術者(施工業者、コンサルタント)に関しても、現地の技術者でも十分に管理できる能力を有するものも増えてきている。工事管理においても、彼らを十分に活用し、監理計画においてもできるだけ経済性に配慮した計画とする。

(b) 下水処理場における機械電気設備工事管理技術者

プノンペン都には、本プロジェクトで建設するような下水処理場の機械・電気設備工事を実施できる技術者はいない。これらの特殊工事の施工管理技術者に関しては、別途日本から派遣する方針とする。

(7) ソフトコンポーネントの基本方針

プノンペン都において、下水処理場を用いた污水対策を実施するのは初めての経験であり、下水処理場の運転維持管理に特化した職員はいないことから、本プロジェクトで建設する下水処理場が持続的にかつ効率的に運営されることを担保するため、本プロジェクトの実施を機に、それらの職員の養成、能力強化を実施する必要があることから、以下のようなソフトコンポーネントを提案する。

- 下水処理場の運転維持管理能力強化：

水処理施設及び污泥処理施設、污泥処分、水質管理等、下水処理場を持続的に運営維持管理するために必要な技術移転及び能力開発

- 下水処理場運営に係る財務計画策定支援：

建設する下水処理場の運営維持管理に係る支出及び予算管理に係る技術移転及び能力開発

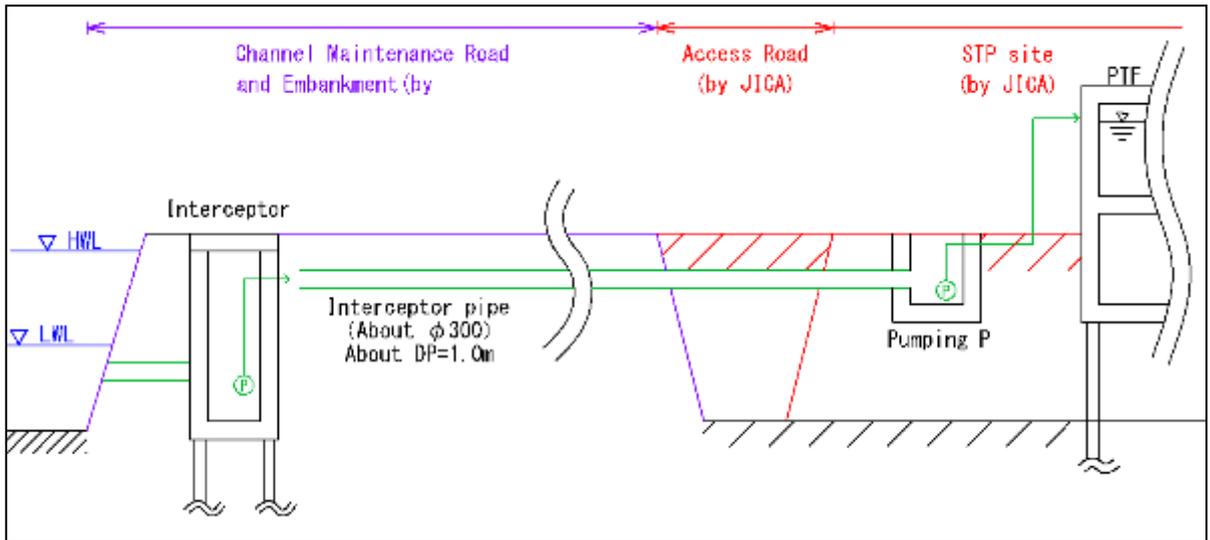
3.2.2 基本計画

3.2.2.1 遮集施設及び下水管渠

(1) 汚水遮集の基本方針

遮集施設の位置及び概略構造、下水管渠の配置は以下を基本方針とする。

- 遮集位置：Trabek ポンプ場の放流水路に隣接する位置
- 下水管渠の概略配置：図 R 3.2.1 に示す。



出所: 調査団

図 R 3.2.1 遮集施設及び下水管渠の概略配置

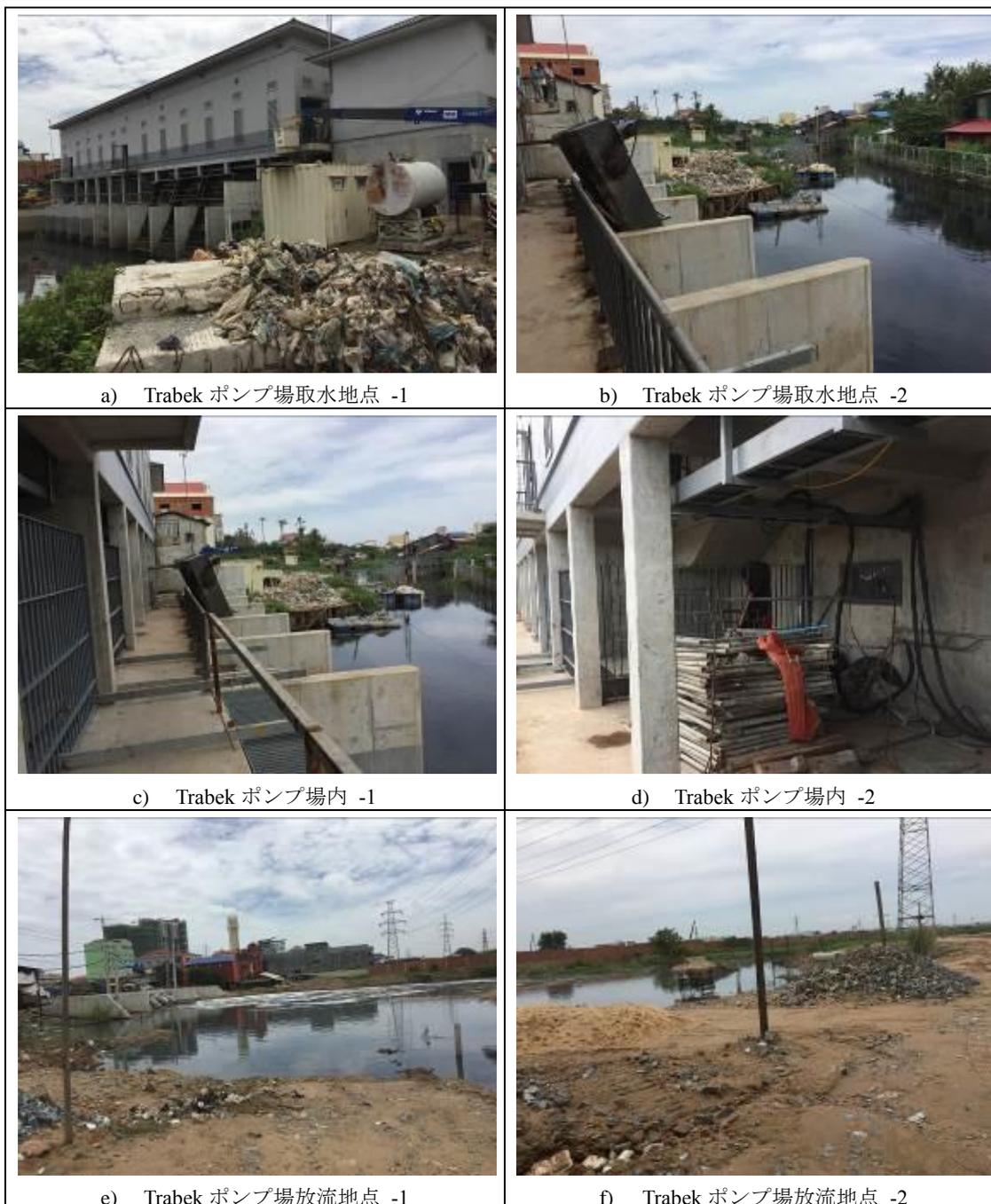
(2) 汚水の遮集位置及び方法

(a) 汚水の遮集位置

Trabek ポンプ場周辺の現況を写真 R 3.2.1 及び表 R 3.2.1 に示す。

遮集位置を Trabek ポンプ場の取水地点とする場合、遮集施設の用地確保及び進入道路の確保が制限される。加えて、処理場へ接続される下水管渠は、交通量及び地下埋設物の多い道路(271 通り)を横断する必要がある。管渠の布設方法としては、開削工法または推進工法が考えられる。しかし、推進工法の場合は、Trabek ポンプ場周辺で発進立坑の用地確保が困難であり、推進工法の機材を輸入して調達する必要がある。よって、道路を横断して管渠を布設する場合は、開削工法のみ適用可能と考えられる。この場合は、道路交通への影響が甚大であり、布設作業は困難となる。

一方、遮集位置を Trabek ポンプ場の放流地点とする場合は、遮集施設の用地確保も容易であり、管渠布設においても、特段の障害が無い。したがって、汚水の遮集施設は、Trabek ポンプ場の放流水路近傍に配置することとする。



出所: 調査団(2018年8月28日時点)

写真 R 3.2.1 Trabek ポンプ場周辺の現況

表 R 3.2.1 Trabek ポンプ場周辺の現況

位置	現況(2018年8月28日時点)
Trabek ポンプ場の取水地点	- 十分な用地と作業スペースが無い。 - アクセスが難しい。
Trabek ポンプ場内	- 管渠は、交通量及び地下埋設物が多い道路(271 通り)を横断する。
Trabek ポンプ場の放流地点(水路)近傍	- 十分な用地と作業スペースがある。 - アクセスが容易。

出所: 調査団

詳細な遮集位置を決定するため、2018年8月の第2回現地調査において、Trabek ポンプ場放流水路の流況を確認した。写真 R 3.2.2 に、2018年6月1日及び2018年8月

22 日時点の状況を示す。

2018 年 6 月時点における放流水路の幅は、11 本の Trabek ポンプ場放流管の布設幅とほぼ同じであった。しかし、2018 年 8 月時点においては、水量の上昇に伴い水路幅が拡張しており、水路近傍に設置されていた小屋が浸水していた。よって、Trabek ポンプ場の放流地点近傍は、季節的な降水量の影響を大きく受けることが確認された。また、ポンプ場からの放流水は砂やその他の SS 分を多く含んでおり、**写真 R 3.2.2-a)** に示すように、水流が乱され、砂や SS 分が巻き上げられていることが確認された。



出所: 調査団

写真 R 3.2.2 Trabek ポンプ場の放水路の状況

一方、本事業では、放流水路の隣に水路管理道路の建設を計画している。計画する水路管理道路の境界は、**図 R 3.2.2** に赤線で示した箇所である。水路管理道路は、Trabek 放流管の隣を通り、271 通りに接続する計画となっている。汚水の遮集施設は、この用地を活用することができる。

放流水路の季節変動及び水路管理道路計画を考慮すると、汚水の遮集位置は、**図 R 3.2.3** に示す位置が妥当と考えられる。遮集位置は Trabek ポンプ場の放流地点から約 50 m 下流に位置し、放流水の流れが比較的安定する位置を提案する。



出所: Google Earth を基に調査団作成

図 R 3.2.2 水路管理道路計画



出所：Google Earth を基に調査団作成

図 R 3.2.3 汚水の遮集位置

(b) 汚水の遮集方法

Trabek ポンプ場放流水路の状況を考慮すると、汚水遮集における主な懸念事項は以下である。

- 放流水位の季節変動
- 放流水に含まれる砂及び SS 分

汚水の遮集方法については、上記の状況を踏まえた検討が必要である。基本として、汚水の遮集高さは、放流水路の低水位(LWL)以下とする必要がある。しかし、低水位以下とした場合は、水路床の近くとなり、砂や SS 分が遮集施設へ流入することが懸念される。よって、汚水の遮集方法においては、砂や SS 分の流入を抑える検討が必要である。適用が考えられる遮集方法は以下の 2 案である。

案 1：遮集位置固定方式

案 2：フロート式遮集方式

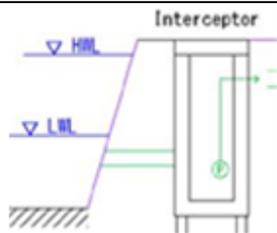
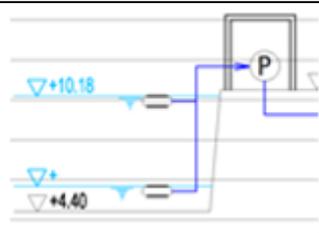
案 1 は、「3.2.2.1 (1)」節に示した方法である。遮集高さは、低水位以下に設定し、遮集マンホールの設置が必要である。この場合、乾季の水位は低くなるため、遮集マンホールの深さはそれに伴い深くなる。しかし、この遮集方法は、将来の下水道計画と同様の汚水の遮集方法となる。

案 2 は、フロート式遮集施設で構成される遮集案である。遮集位置は、水路の水面となる。本案は、ポンプ棟が必要となるが、処理場へ流入する SS 量は案 1 よりも小さくなる。一方、処理中の流入水質は、遮集施設が水面に浮いている状態のため、安定しない可能性が考えられる。

表 R 3.2.2 に遮集方法の比較を示す。将来まで含めた下水道事業としての有効性、及び将来の遮集施設の活用を主に考慮し、案 1 の遮集方法を採用することとした。

汚水の遮集に必要な施設については、案 2 のほうが案 1 よりも簡易なものとなる。また、施設の建設においても、案 2 は地下施設が不要なため容易である。しかしながら、案 1 は、プノンペン都における最初の下水道事業としての利点が高い。加えて、案 1 は、遮集マンホールと下水管で構成される。よって、遮集施設及び管渠の運営・管理は、将来の下水道拡張時と同様のものとなり、下水道事業に携わる職員の能力強化が期待できる。

表 R 3.2.2 汚水の遮集方法の比較

汚水の遮集方法	案 1：遮集位置固定方式	案 2：フロート式遮集方式
遮集施設の概略図		
遮集高さ	- 放流水路の低水位以下 - 放流水路床の近傍	- 放流水路の水面
遮集に必要な施設	- 遮集マンホール - 遮集水路 - ポンプ設備	- フロート式遮集施設 - ポンプ設備 - ポンプ棟
パイロット下水道事業としての効果(管渠施設).	- 下水道施設(管渠施設)の運営・管理に携わる職員の能力強化が期待できる。	- 汚水を遮集するための施設となり、パイロット下水道事業としての効果が期待できない。
下水道事業における将来の活用性	- マンホールの維持管理に関する研修施設としての活用。 - 汚水の遮集施設としての継続活用。 - 水質モニタリングのサンプリング施設としての活用。	- 汚水の遮集施設としての継続活用。
懸念事項	- 遮集マンホールへの SS の流入。 - 遮集マンホールの清掃作業 - 遮集マンホールの構造(深く大きい)。	- 将来の下水道とシステムが全く異なる。 - 施設の目的が、汚水の遮集と処理場への輸送のみである。 - ポンプ場からの放流量が多い場合の遮集施設の破損が考えられる。 - 処理場の流入水質の安定性が懸念される。
(下水道としての)評価	○(適用)	△

出所：調査団

3.2.2.2 遮集施設の配置

遮集施設に流入する砂及び SS 分に関する流入量の低減、及び遮集施設からの除去を踏まえ、遮集施設の配置に関する検討を行う。

(1) 遮集位置での防砂方法

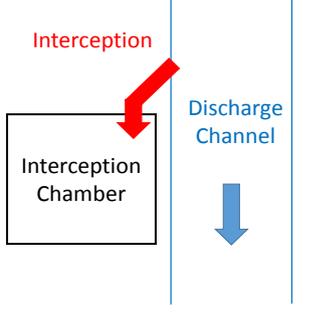
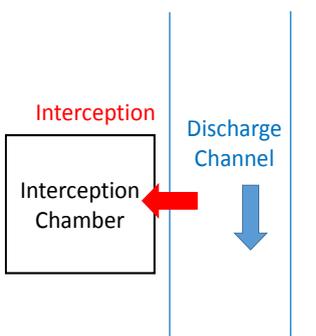
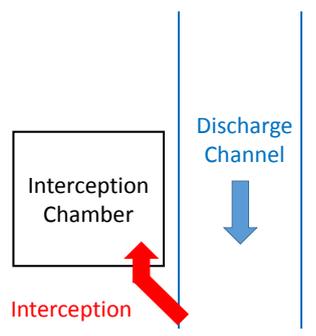
遮集方向及び遮集水路の配置により、遮集施設に流入する砂及び SS 分の低減を検討す

る。

(a) 汚水の遮集方向

汚水の遮集方向については、表 R 3.2.3 に示すように水路の流れに対して 3 方向からの遮集が考えられる。これらのうち、放流水路と直角方向からの遮集(ii 案)が、砂及び SS 分の流入が最も少ないと考えられる。

表 R 3.2.3 汚水の遮集方向

i) 水路の上流側からの遮集	ii) 水路と垂直方向からの遮集	iii) 水路の下流側からの遮集
 <p>備考： - 砂が容易に遮集施設へ流入する。</p>	 <p>備考： - 砂が遮集施設へ流入するが、量は i) よりも少ないと考えられる。</p>	 <p>備考： - 現況地盤を確認したところ、流速が遅くなるため、砂が堆積されており、堆積された砂の流入が ii) より多い。</p>
×	○(適用)	△

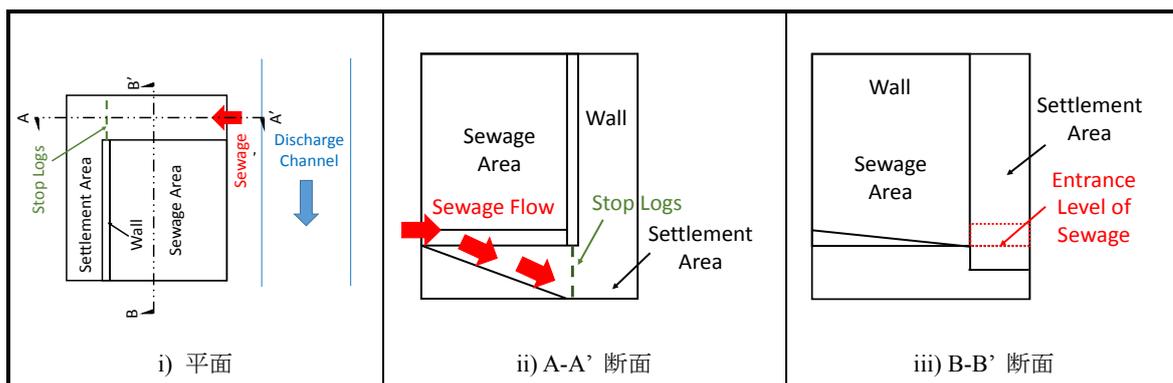
出所：調査団

(2) 遮集施設からの除砂方法

遮集施設が通常のマンホールのように簡易な構造の場合、砂や SS 分は容易に堆積し、清掃作業が難しくなる。そのため、遮集施設の構造を以下のように計画し、除砂を行うことができるようにする。

- 汚水と沈砂エリアを分割する。
- 汚水と沈砂エリアに高低差を設ける
- 清掃時に止水できるよう、角落しを設ける。

遮集施設の概略平面図と断面図を図 R 3.2.4 に示す。遮集施設の構造は大きく、かつ深くなるが、砂及び SS 分は沈砂エリアに堆積させることができ、角落しによる止水を行った上で、清掃作業を行うことができる。汚水エリアも止水が必要な場合は、汚水の流入位置にも角落しを設置し、遮集施設内の清掃を行うことができるようにする。



出所：調査団

図 R 3.2.4 遮集施設の概略平面及び断面図

(3) 遮集施設の付帯設備

遮集施設及び遮集水路に加え、維持管理用の付帯設備を配置する。必要な付帯設備は以下である。

- 角落し(清掃、管理用の止水のため)
- 進入マンホール及び足掛金物
- グレーチング蓋、スクリーン(遮集地点でのゴミ等の流入防止)

3.2.2.3 下水管渠

下水管渠は、遮集施設から下水処理場の着水井を接続するものとする。

(1) 汚水の輸送方式

汚水の輸送は、自然流下またはポンプ設備による圧送とする。汚水の遮集高さ、水位及び遮集施設から処理場までの距離を踏まえると、ポンプ設備を用いた圧送の方が有利である。

- 汚水の遮集高さ：乾季放流水路の低水位以下
- 放流水路の水位：乾季の水位
- 遮集施設から処理場までの距離：約 2 km

表 R 3.2.4 に、汚水の輸送方式の比較を示す。

表 R 3.2.4 汚水の輸送方式の比較

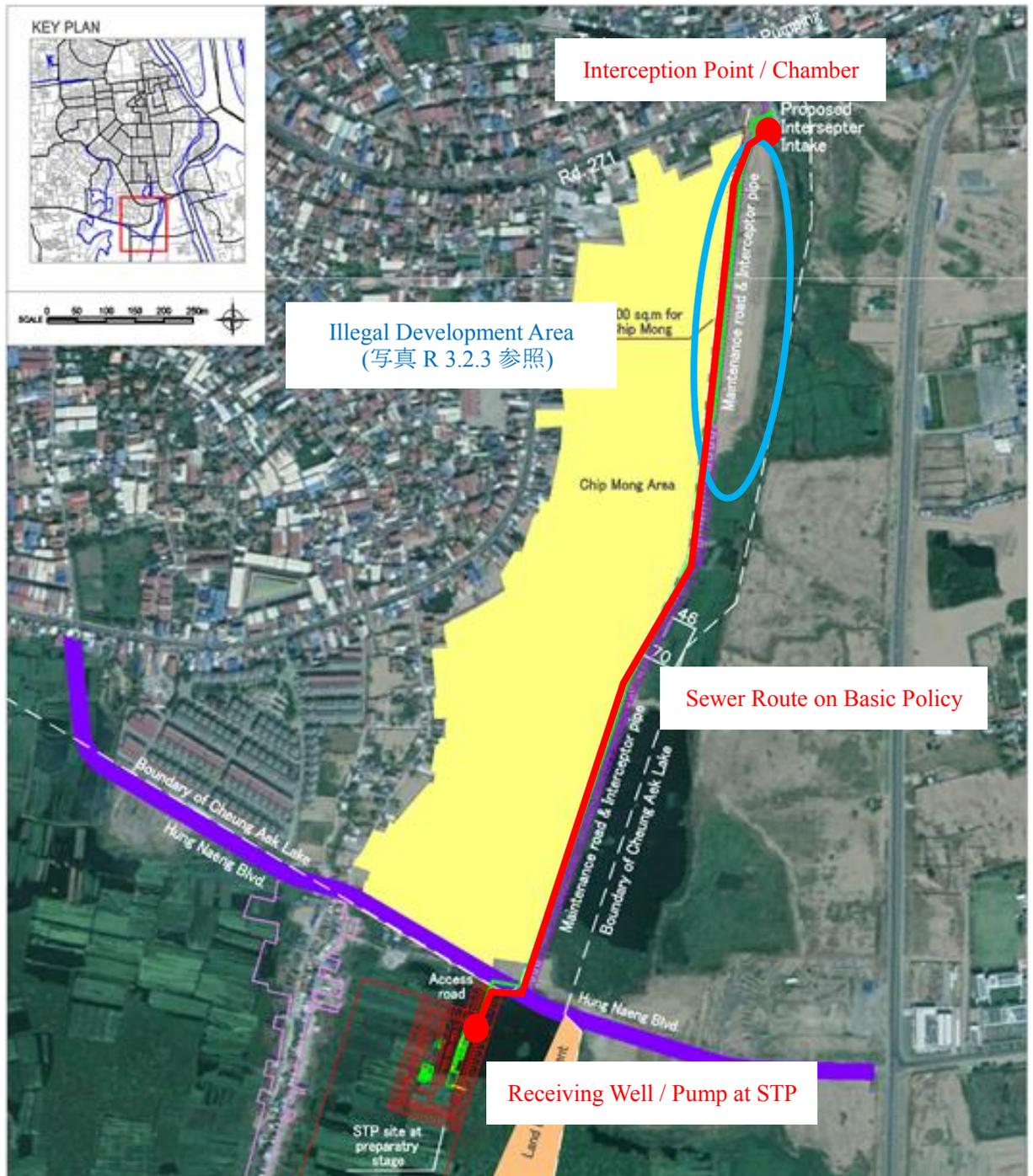
輸送方式	自然流下		ポンプ圧送	
汚水の輸送概略				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> - 管渠上流側の水位が低い。 - 管渠延長は約 2 km と長い。 - 管渠勾配が必要なため、土被りは大きくなる。 - 勾配や流量が小さい場合、砂や SS が管内に堆積する。 - 多くの中間マンホールが必要となる。 - 管渠の布設位置が深くなるため、多くの掘削や止水工が必要になる。 - 処理場の流入高さも深くなり、大きな揚程を有する流入ポンプが必要となる。 		<ul style="list-style-type: none"> - 管渠上流側(遮集マンホール)の水位が低い。 - 管渠延長は約 2 km と長い。 - マンホールポンプの適用が可能。 - ポンプ圧送のため、管渠勾配は不要で土被りは浅くなる。 - 管渠の布設は容易である。 - 処理場の流入高さは浅くなり、流入ポンプの仕様を小さくできる。 	
建設費 (直工費)	管渠布設	3.24 百万ドル	管渠布設	0.57 百万ドル
	ポンプ設備	0.10 百万ドル	ポンプ設備	0.13 百万ドル
	合計	3.34 百万ドル	合計	0.70 百万ドル
維持管理費	0.04 百万ドル/年		0.05 百万ドル/年	
コメント	自然流下の場合の建設費は、ポンプ圧送の場合の 4 倍以上である。一方、維持管理費(消費電力量)の差は、0.01 百万ドル/年と小さい。			
評価	×		○(適用)	

備考： 維持管理費はポンプ設備の運転に必要な電力量で示す。
出所：調査団

(2) 処理場までの管渠ルート

(a) 基本方針

管渠ルートの基本方針は、**図 R 3.2.5** に示すとおり。



出所：調査団

図 R 3.2.5 管渠ルートの基本方針

(b) 管渠ルートの現況

2018年8月28日時点における、管渠ルートの現況を写真 R 3.2.3 に示す。

管渠ルートは Trabek ポンプ場の放流水路内に計画する水路管理道路の下とする。



出所: 調査団(2018年8月28日時点)

写真 R 3.2.3 Trabek ポンプ場放水路の開発状況

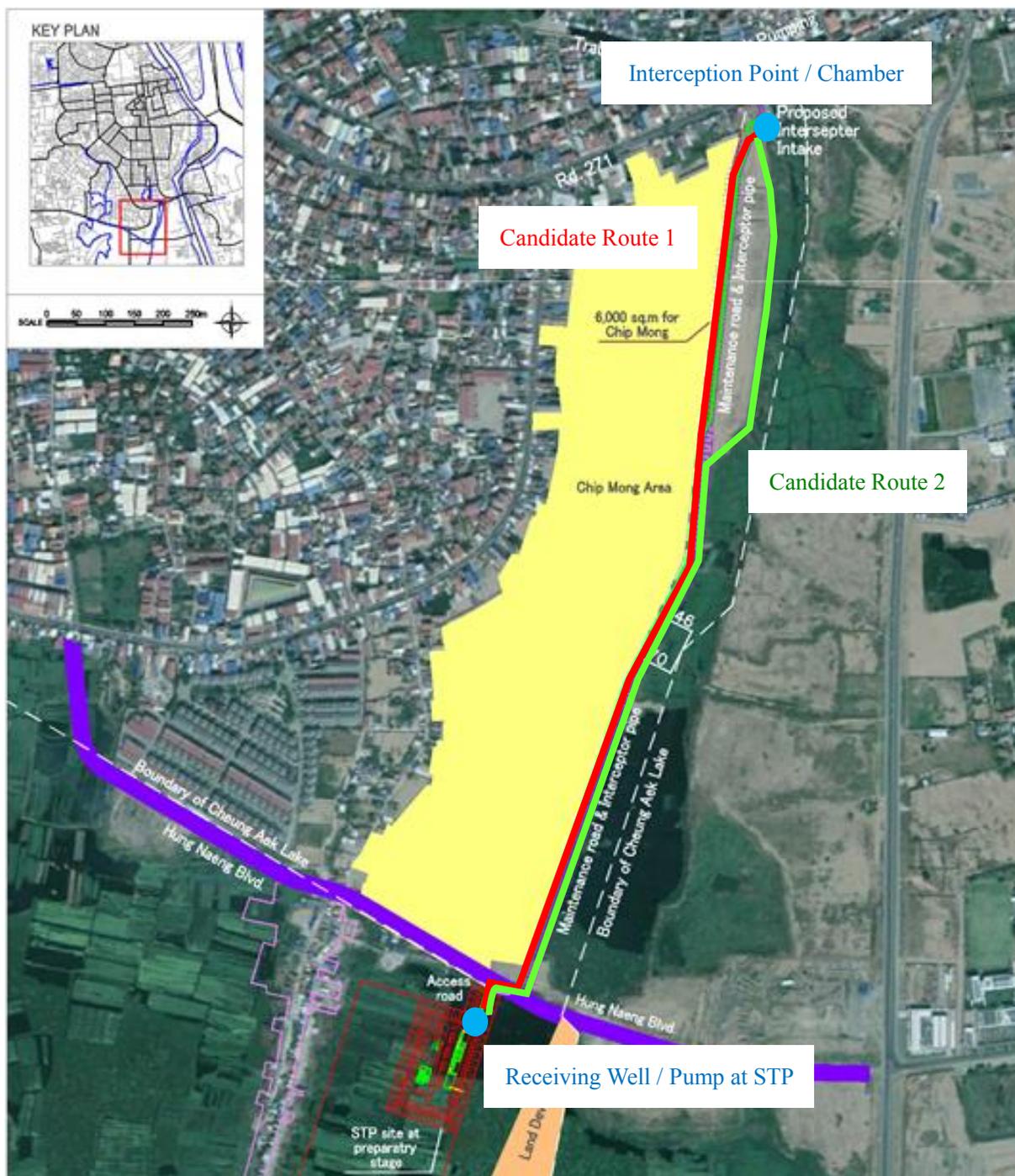
(c) 管渠ルート候補

上記の現状を踏まえると、図 R 3.2.6 に示す以下の2つの管渠ルート案が考えられる。

ルート案 1 : Chip Mong 開発区と放流水路との境界に沿うルート

ルート案 2 : 違法な開発地域と放流水路との境界に沿うルート

しかしながら、管渠延長については、どちらの案も大差は無く、プノンペン都も、水路の維持管理が容易なルート案 1 を推奨しているため、案 1 をベースに検討を実施する。



出所：調査団

図 R 3.2.6 管渠ルート案

(3) 管渠の設計条件

下水道施設計画・設計指針と解説- 2009年版(社団法人日本下水道協会)に基づき、管渠の設計条件は以下の通りとする。

(a) 流量

処理場の能力：5,000 m³/日(日最大汚水量)と同量とする(0.058 m³/秒)。

一般に、管渠の設計流量は時間最大汚水量を用いる。しかし、本事業においては、遮

集施設は、流入量の変動が無く運転される。よって、管渠及びポンプ設備の過大設計を避けるため、処理場での処理量と同等の 0.058 m³/秒を管渠の設計流量とする。

(b) 流量計算公式

以下に示すヘーゼン・ウィリアムス式を採用する。

$$Q = A \times V$$

$$V = 0.84935 \times C \times R^{0.63} \times I^{0.54}$$

ここで、

- V : 平均流速(m/秒)
- C : 流速係数(= 110)
- R : 径深(= D/4, D : 管径)
- I : 導水勾配(h/L, L : 管渠延長)
- h : 損失水頭(m)

流速係数 : C について、管渠ルート上において複数の屈曲点が存在する。よって、屈曲損失を考慮した値 : 110 を採用する。

径深 : R について、圧送管の場合は満管流となる。よって径深は管径の 4 分の 1 の値とする。

(c) 流速

管内流速は、砂や SS 分の堆積防止のため、0.8 m/秒以上とする。また、管渠施設の損傷を防ぐため、3.0 m/秒以下とする。

(d) 管径

最小管径は、合流式管渠とみなし 250 mm とする。流量及び流速に基づき、表 R 3.2.5 に示すとおり、管径は 300 mm とする。この場合、ヘーゼン・ウィリアムス式より、導水勾配は 0.32% となる。

表 R 3.2.5 管径及び流速(満管流)

管径 (mm)	流量 (m ³ /s)	断面積 (m ²) (= π x (D/1000) ² / 4)	流速 (m/s) (= Q/A)	流速評価
250	0.058	0.0491	1.182	速い
300	0.058	0.0707	0.821	適当
350	0.058	0.0962	0.603	遅い

出所：調査団

(e) 管材

圧送管を採用するため、適用する管材は以下から選定する。

- ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)
- 硬質塩化ビニル管 (VP)
- 高密度ポリエチレン管 (HDPE)

表 R 3.2.6 に管材の比較を示す。管材の特徴、布設条件及び要求事項を踏まえ、本事業では制約条件が少ない DCIP を採用する。

表 R 3.2.6 管材の比較

管材	DCIP	VP	HDPE
1) 強度/耐性			
内圧強さ	- 十分な強度を有する。	- 高圧条件下では適さない。	- 高圧条件下では適さない。
外圧強さ	- 屈曲及び負荷に対して十分な耐力がある。 - 可とう性及び衝撃に対する強度がある。	- 変形に対する抵抗が小さい。 - 衝撃に対して弱い。 - 破損しやすい。	- 変形に対する抵抗が小さい。 - 傷つきやすい。
腐食	- 管内のエポキシ樹脂塗装が必要である。	- 腐食耐性は良いが、薬品に対する抵抗が小さく溶けやすい。	- 十分な耐性を有する。
2) 適用性			
運用時の制約	- 腐食に対する内面及び外面塗装が必要であるが、その他の制約は無い。	- 圧送管の適用管径は、0.5 MPa 以下の圧力条件下かつ、小口径に限られる。 - 腐食、衝撃による損傷及び浮力に対する対策が必要である。	- 圧送管の適用管径は、0.3 MPa 以下の圧力条件下かつ、小口径に限られる。 - 腐食、衝撃による損傷及び浮力に対する対策が必要である。 - 融接技術を有する作業員が管の接合を行う必要がある。
主な布設条件	- Trabek ポンプの放流水路管理道路の下に布設する(大きな車両が通過する)。 - 放流水路と Chip Mong による開発エリアの間に布設する。 - 自然土壌は軟弱地盤であり、地下水位が高い。しかし、埋立て後(水路管理道路建設後)の土質条件は改善される。 - 埋設深さは約 1 m であり、延長は約 2 km。 - 遮集する汚水は、Trabek 排水路を流下する全ての汚水が含まれ、混合されている。		
単価	- VP と同程度	- DCIP と同程度	- DCIP 及び VP よりも高価
本事業における信頼性	- 高い	- 低い	- 高い。しかし管の接合において熟練者の確保が必要。
評価	○(適用)	×	△

出所：下水圧送用各種管材の特性について(下水道圧送管路研究会)を基に調査団作成

3.2.2.4 下水処理場用地埋立て

(1) 概要

カンボジア政府に指定された下水処理場の建設用地は Cheung Aek 湖内の北東部に位置している。用地の現状は水面であり、空芯菜やクレソン等の栽培農地として利用されている。下水処理場を建設するためには、洪水期の湖の水位の影響を受けない高さまで用地を埋立て、その上に施設を建設する必要がある。



出所：調査団

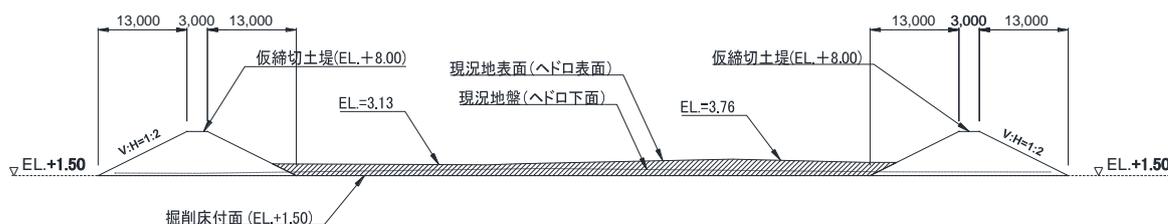
図 R 3. 2. 7 下水処理場建設用地の位置と現状の土地利用状況



出所：調査団

写真 R 3. 2. 4 下水処理場用地付近の現状の土地利用状況

現地再委託による地形測量、水位観測、及び地質調査結果から、現況の地表標高が EL.+3.1m から EL.+3.4m 程度、湖底堆積物の下面の最低標高が EL.+1.6m であった。また、湖内の水位が EL.+5.5m から EL.+8.0m の間で変動するため、下水処理場建設用地の盛土断面は次図の通りとなる。



出所：調査団

図 R 3.2.8 下水処理場建設用地の埋立て標準断面図

後述するように、用地を仮締切り用の土堤で囲み、内部の排水、湖底堆積物の除去を行った後に盛土を施工する施工方法とした。土堤の天端標高は EL.+8.0m とし、用地の盛土面の標高は、周辺の土地開発における地盤高を参照し、EL.+10.5m とした。

(2) 軟弱地盤対策法

下水処理場建設用地は Mekong 川の自然堤防の背後に広がる後背湿地の中に位置しており、近隣のプノンペン付近の地質と同様に、粘土層と砂層の互層で構成され、厚い粘土層が分布していると考えられる。また、空芯菜やクレソン等の栽培農地として利用されていることから、有機質土が湖底に堆積していると考えられる。したがって、用地の基礎地盤は軟弱地盤である可能性が高く、盛土の施工や施設の建設に際しては軟弱地盤に対する配慮が必要である。

軟弱地盤対策は、盛土及び基礎地盤の沈下対策と安定対策に分けられる。軟弱地盤対策工の目的と効果、ならびに代表的な工法を次表に示す。

表 R 3.2.7 軟弱地盤対策工の目的と効果

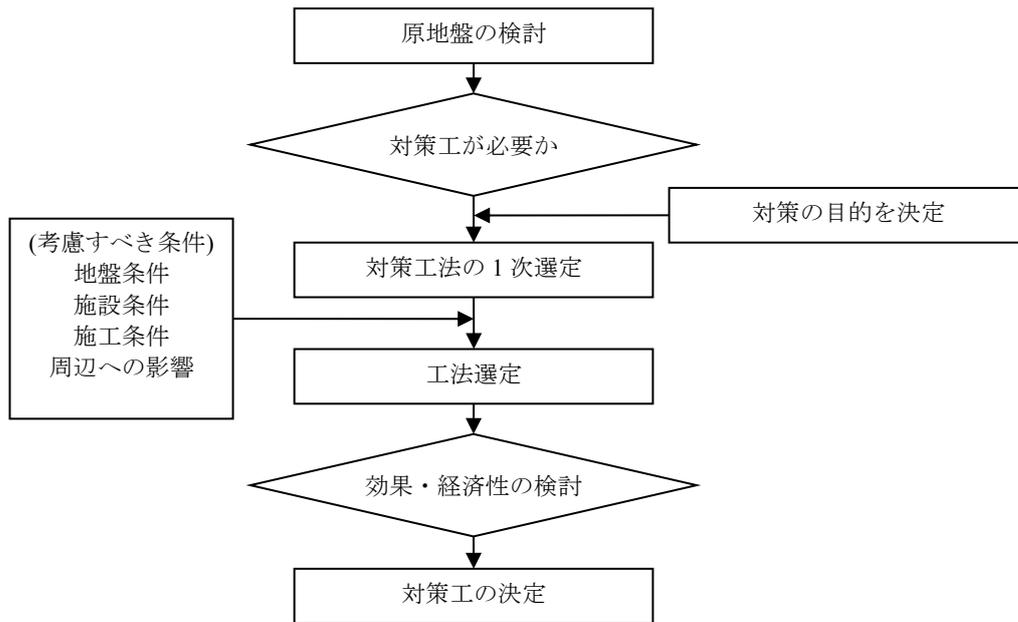
対策工の目的	対策工の効果		代表的な工法
沈下対策	圧密沈下の促進	地盤の沈下を促進し、有害な残留沈下量を少なくする。	載荷重工法 バーチカルドレーン工法
	全沈下量の減少	地盤の沈下そのものを少なくする。	サンドコンパクションパイル工法 固結工法
安定対策	せん断変形の抑制	盛土によって周辺の地盤が膨れ上がったり、側方移動したりすることを抑制する。	表層処理工法
	強度低下の抑制	地盤の強度が盛土などの荷重によって低下することを抑制し、安定を図る。	緩速載荷工法
	強度増加の促進	地盤の強度を増加させることによって、安定を図る。	振動締固め工法
	すべり抵抗の増加	盛土形状を変えたり地盤の一部を置き換えることによって、すべり抵抗を増加し安定を図る。	置換工法 押え盛土工法 盛土補強工法

注) プノンペンでは地震が発生しないため、地震時の対策については考慮しない。

各工法は複数の対策効果を有しており、上記の分類以外の効果が期待できる場合もある。

出所：調査団

上記に示した各種対策工法の中から、現場条件や目的に合った工法を選定する手順を次図に示す。



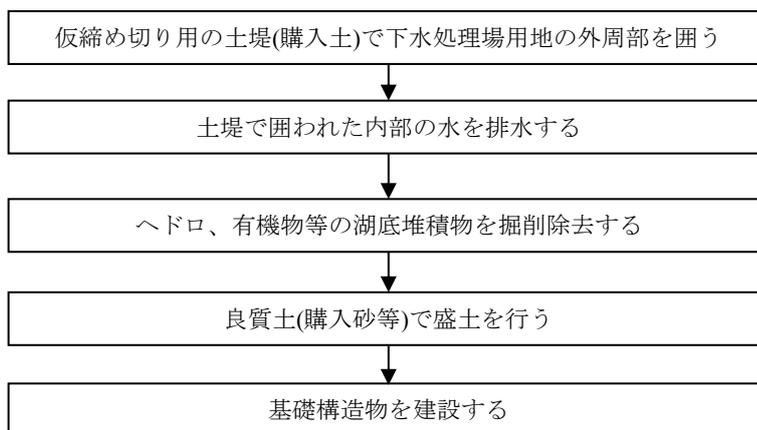
出所：調査団

図 R 3.2.9 軟弱地盤対策工の選定手順

現地表面から計画地盤高までの高さが7m程度であることを考慮し、置換工法により表層部のヘドロや有機物等の湖底堆積物を良質土に置き換えた後に盛土を施工すれば、盛土の安定は確保されることから、軟弱地盤対策は置換工法のみとし、現況地盤の表層部分(ヘドロ及び有機物)を除去するものとする。除去する厚さは、現地の測量の結果、ヘドロ下面の最低標高がEL.+1.6m程度であったことから、ヘドロ・堆積物の除去の掘削高をEL.+1.50とした。ただし、圧密による沈下の可能性があることから、圧密沈下後に盛土高を調整することを前提とし、施工期間中は圧密沈下量を常に計測する。

(3) 埋立て方法

下水処理場用地の造成は以下の手順で行う。



出所：調査団

図 R 3.2.10 下水処理場用地の埋立て・造成手順

具体的には、用地を仮締め切り用の土堤(購入土)で囲み、内部の排水、湖底堆積物を掘削

除去した後に良質の購入砂で盛土する。埋立て用の土質材料は、購入土はプノンペン都南部の土取場からの購入土、砂はプノンペン南部の Bassac 川沿いの採砂場の砂を基本とし、1 層あたり 30cm の層厚で締固め管理を行い、盛り立てる。

なお、湖底堆積物より下層(EL.+1.5m 以深)の粘性土層にて、盛土荷重により 1 年後で約 8cm、3 年後で約 16cm、10 年後で約 30cm の圧密沈下が予測される。深層の圧密沈下については、置き換えや促進工法による対策は土工が過大となるため、杭基礎構造物の底板には沈下後の空洞充填のためグラウトホールを設ける、接続する配管は可撓性を持たせる等の構造的対策で対処する。また埋立ては、計画造成高に加え 30cm を余盛分として積算計上する。

(4) 埋立てによる周辺への影響

下水処理場建設用地は現状で近隣地域からは 50m～100m 以上離れているため、埋立てや盛土の工事による周辺の住居への影響はない。しかしながら、予定地で農業を営んでいる農民は、農地を失うことになる。

下水処理場建設用地は Trabek ポンプ場の下流水路が Cheung Aek 湖に接続する場所の Cheung Aek 湖内にあり、ポンプ場からの排水が Cheung Aek 湖に流入している箇所に相当する。現状の土地利用計画においては、Trabek ポンプ場からの排水量に対して十分な水路幅が確保されており、Cheung Aek 湖内における水流への影響はないといえる。

また、Trabek ポンプ場からの排水の流速は最速事でも 0.5m/s 程度であると考えられるため、この流水により下水処理場用地の埋立地が有害な浸食を受けることはないと考えられる。

3.2.2.5 下水処理場計画

(1) 計画汚水量及び除去対象物質

下水処理場計画/設計に使用する、汚水量及び除去対象物質を表 R 3.2.8 にまとめる。

本表に示すように、除去対象物質は BOD 及び TSS とし、流入水質は、M/P にて定められた値を採用することを原則とする。放流水質については、現在、カンボジアにおいて下水処理場の技術基準(処理方式ごとの放流水質基準)が存在しないため、「排水及び污水管理に係る政令(Sub-decree on the Management of Drainage and Wastewater Treatment System)における、民間住宅エリア、団地、商業施設、娯楽施設等に課せられた排水基準値を準用し設定するものとする。なお、「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」報告書に掲載した、カンボジア近隣諸国における下水処理場の計画放流水質の上限値(表 R 3.2.9)より、本プロジェクトにて設定する放流水質は、近隣諸国と比較しても同程度であると考えられる。

一方、T-N 及び T-P については除去対象物質として設定しないものとした。その理由としては、1) カンボジアにおいて、設計放流水質の基準を含めた下水処理場の技術基準が設定されていない、2) PTF は、BOD 及び TSS の除去を目的に開発された処理方式であり、T-N 及び T-P の処理を PTF 単独で行うことはできない、ためである。

ただし、PTF は、BOD 及び TSS の除去を行う過程で副次的に一定量の T-N や T-P の除去も見込めることから、現地調査の中で収集した MOE の水質データや今回の調査の中で実施した水質調査結果にもとづき、本プロジェクトにて提案した処理プロセスを仮定した場合に、どれだけ T-N 及び T-P の除去が見込めるかを参考として別途試算した(「 [資料] 6.7」参照)。

表 R 3.2.8 計画汚水量及び計画水質

項目	内容	備考
計画汚水量	5,000 m ³ /day	
計画水質		
BOD _{in}	195 mg/L	M/P に基づく
BOD _{out}	< 30 mg/L	1)
TSS _{in}	205 mg/L	M/P に基づく
TSS _{out}	< 80 mg/L	1)
T-N 及び T-P	設定せず	理由： (i) カンボジアにおいて、設計放流水質の基準を含めた下水処理場の技術基準が設定されていない。 (ii) PTF は、BOD 及び TSS の除去を目的に開発された処理方式であり、T-N 及び T-P の処理を PTF 単独で行うことはできない。

注) 1) BOD 及び TSS の計画放流水質については、現在、カンボジアにおいて下水処理場の技術基準(処理方式ごとの放流水質基準)が存在しないため、「排水及び汚水管理に係る政令 (Sub-decree on the Management of Drainage and Wastewater Treatment System)における、民間住宅エリア、団地、商業施設、娯楽施設等に課せられた排水基準値を準用し設定した。

出所：調査団

表 R 3.2.9 カンボジア近隣諸国における下水処理場の計画放流水質の上限値

	(参考)カンボジアの水質環境基準		タイ		ベトナム	ミャンマー
	保護公共水域への排出	公共水域及び下水管へ排出	国レベル	バンコク市	国レベル	ヤンゴン市 ³⁾
BOD (mg/L)	< 30	< 80	< 20 ¹⁾	< 20	10~30	< 20
TSS (mg/L)	< 60	< 120	< 30 ²⁾	< 30	10~30	< 30

注 1) ラグーン(酸化池)の場合はろ過水を測定

注 2) ラグーン(酸化池)の場合は 50 mg/L を適用

注 3) ミャンマーには国レベルの基準はない

出所: Sub-decree on Water Pollution Control, Annex 2, Effluent standard for pollution sources discharging wastewater to public water areas or sewer.

ベトナム:放流基準 TCVN7222:2002

タイ国バンコク下水道整備事業準備調査報告書 2011 年, JICA

ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査報告書, 2014 年, JICA

(2) 水処理方式

M/P においては、2つの処理方式、すなわち、PTF 及び CASP の評価点が同等であったため、プロジェクト実施段階において再評価を行うと結論していた。一方、プノンペン都による要請内容中では、PTF の採用を要請している。

よって、この2方式を再評価し、その結果を次表にまとめる。建設費及び維持管理費用ともに、標準活性汚泥法よりも安価であり、かつ維持管理も容易である PTF を採用案とする。

表 R 3.2.10 PTF と CASP の比較

項目	前ろ過散水ろ床法(PTF)	標準活性汚泥法(CASP)
処理フロー		
概要	近年、我が国で開発された方式である。本方式は、散水ろ床法の改良版であり、全ての槽に、新開発の担体を用いるところに特徴がある。	機械を使用する方式としては、最も普及が進んだ水処理方式の一つである。PTF より高い処理性能を有するが、反面、電力消費量が多く、維持管理も煩雑となる。
BOD 除去能力	< 30 mg/L	< 15 mg/L
必要面積	< 3.0 ha (5,000 m ³ /日の場合)	< 3.5 ha (5,000 m ³ /日の場合)
建設費 ¹⁾	0.9	1.0
維持管理	曝気を必要としないので、標準活性汚泥法に比較して、電力消費量が少なく、維持管理も容易である。 ろ床は、洗浄可能であり、従来型の散水ろ床法と比べて臭気及びろ床バエの発生を抑制することが可能である。	反応タンクにおいて曝気が必要であることから、PTF に比べて電力消費量が多くなる。また、反応タンク内の活性汚泥の管理をはじめ、PTF より高度な運転管理技術が求められる。
採用数	M/P 策定時に懸念された採用数については、その後、増加傾向にある。特にベトナム国において、PTF の採用を前提としている下水処理場建設プロジェクトが増えている。	採用数は多い。
その他	標準活性汚泥法に比較して電力消費量が少ない分、温室効果ガスの発生抑制に係る寄与が大きい。	電力消費量が多い分、温室効果ガスの発生抑制に係る寄与が PTF より小さい。
総合評価	必要用地面積及び建設費は標準活性汚泥法より小さい。また、曝気を必要としないため、維持管理費用も安価となる。更に、採用数については、M/P 策定時よりも増加傾向にある。これらのことを総合的に判断すると、PTF は、標準活性汚泥法より優れているものと判断する。	処理性能が高いという利点はあるものの、必要面積、建設費、エネルギー消費量(電力量)が PTF に比べて増加する。また、高度な維持管理技術も要求されるため、総合的には、PTF より不利になると判断する。
	採用	不採用

注)1) 標準活性汚泥法の建設費を 1.0 とした場合の割合で表示。この割合は、「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」の M/P におけるコスト比較結果に基づく。

出所：調査団

(3) 汚泥処理方式

(a) 検討方針

PTF システムは他の汚水処理システムと同様に余剰汚泥が発生し、汚泥処理システムが施設に備わっていないと安定した汚水処理は不可能になるため、適切な汚泥処理システムの導入が極めて重要である。処理プロセスの検討に際しては、技術的な事項のみならず、施設建設費(CAPEX)及び維持管理費(OPEX)の検討も必要である。特に OPEX の削減は運転の持続性の担保において最も重要である。また昨今、地球温暖化が注目されていることから、プロジェクト実施による温室効果ガス発生量を最小限にとどめる必要

もある。これら観点から、以下の4つのケースについて比較し、評価を行った。

ケース 1: 機械脱水機による汚泥脱水方式

ケース 2: 汚泥消化(嫌気性消化)+機械脱水機による汚泥脱水方式

ケース 3: 汚泥乾燥床による汚泥乾燥方式

ケース 4: 汚泥消化(嫌気性消化)+汚泥乾燥床による汚泥乾燥方式

(b) 評価結果

汚泥処理システムの評価結果を表 R 3.2.11 に示す。機械脱水機を導入した場合、即ちケース 1 及びケース 2 の場合、薬品(脱水用ポリマ)の使用が必要となる。このため、これらケースの OPEX はケース 3 及び 4 よりも高額になっている。汚泥乾燥床を有するケース 3 及び 4 を比較すると、ケース 3 の CAPEX 及び OPEX のいずれもが若干ではあるがケース 4 よりも低くなった。しかし、これらケースの汚泥の最終処分量は大幅に異なる。汚泥処分場への負荷を軽減するためにも、処分する汚泥量は最小にするべきである。ケース 4 はこの点において大きな利点を有する。更にケース 4 は、排出する温室効果ガス量が最小である。これらを総合的に考慮し、ケース 4 の汚泥処理方式が最も推奨される(本比較検討の詳細試算結果は、[資料] 6.8 参照)。

表 R 3.2.11 汚泥処理システム評価結果

ケース	ケース1 機械脱水	ケース2 消化+機械脱水	ケース3 汚泥乾燥床	ケース4 消化+汚泥乾燥床
処理方式	機械脱水	消化+機械脱水	汚泥乾燥床	消化+汚泥乾燥床
汚泥発生量(乾燥状態)	910 kg-乾燥重量/日	482 kg-乾燥重量/日	910 kg-乾燥重量/日	482 kg-乾燥重量/日
最終処分量(脱水ケーキ、溜溜状態)	6,067 kg-溜溜重量/日 (含水率85%)	1,928 kg-溜溜重量/日 (含水率75%)	2,023 kg-溜溜重量/日 (含水率55%)	964 kg-溜溜重量/日 (含水率50%)
処理フロー				
維持管理要員数	技術者: 2人 作業員: 1名 トラック運転手: 2名	技術者: 2.5人 作業員: 1名 トラック運転手: 1名	技術者: 0.5人 作業員: 6名 トラック運転手: 1名	技術者: 1人 作業員: 3名 トラック運転手: 0.5名
必要面積	160m ²	360m ²	1,000m ²	700m ²
電力消費量	68kW/日	148kW/日	11kW/日	108kW/日
薬品消費量	凝集剤 18.2 kg/日 (注入率 2.0%)	凝集剤 9.7 kg/日 (注入率 2.0%)	不要	不要
建設費	USD 524,700.00	USD 703,300.00	USD 475,700.00	USD 489,600.00
維持管理費	USD 65,031,000/年	USD 56,811,000/年	USD 23,744,000/年	USD 27,079,000/年
温室効果ガス排出量	680,901 kg-CO ₂ /年	296,584 kg-CO ₂ /年	653,971 kg-CO ₂ /年	284,053 kg-CO ₂ /年
利点・欠点	<p>必要用地は最も小さい 最も高い技術が必要 建設費が最も高い 維持管理費が最も高い 最終処分量は最も多い 処理能力が小さいため、処理場拡張後は使用不可 温室効果ガス排出量が最も多い</p>	<p>必要用地は小さい 温室効果ガス排出量が小さい 汚泥処分量は少ない 維持管理費が高い 建設費が最も高い 高い運転技術が必要 処理能力が小さいため、処理場拡張後は使用不可</p>	<p>維持管理が容易 建設費/維持管理費が最も安価 処理場拡張後のバックアップ施設として使用可能 汚泥処分量は少ない 温室効果ガス排出量が多い 必要面積が最も大きい 必要人員は最も多い</p>	<p>汚泥処分量が最も少ない 処理場拡張後のバックアップ施設として使用可能 温室効果ガス排出量は最も少ない 建設費/維持管理費は安価 維持管理が容易 必要面積が大きい 必要人員が必要</p>

採用案

出所: 調査団

(4) バイオガスを利用した発電の可能性

嫌気性消化プロセスでは、有機物の生物分解の過程においてメタン(CH₄)と二酸化炭素(CO₂)を主成分とするバイオガスが発生する。CH₄はボイラや発電用の燃料または自動車燃料等に利用することができる。本プロジェクトで発生するCH₄は114m³/日(バイオガスとして190m³/日)程度であり、発電効率が30%であるとする、発電電力に換算すると3.4kWh/日に過ぎない。このような小さな発電機は市場には存在しないため、発生するバイオガスは適切に酸化し(燃焼し二酸化炭素にして)、大気に放出するべきである。

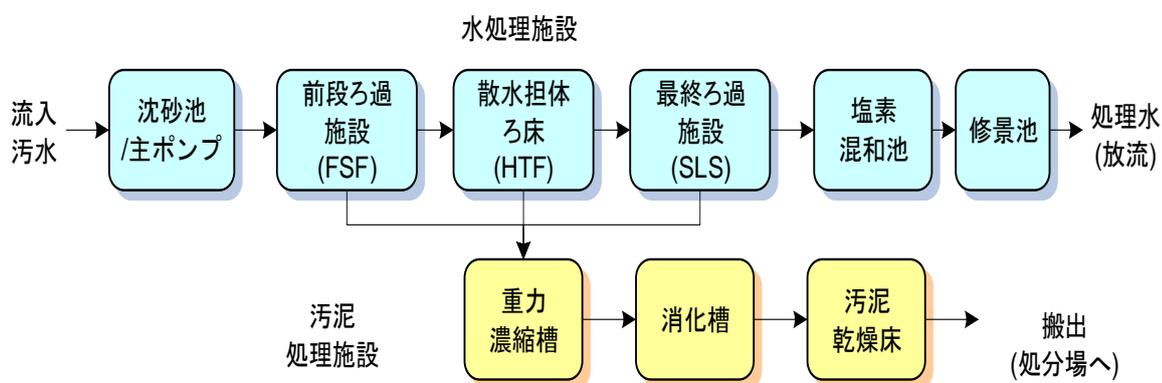
よってバイオガス利用設備は設置せず、燃焼後に適切に排出するために、ガスホルダ、余剰ガス燃焼装置及び関連設備を設置する。

(5) 処理フロー

PTFの採用を前提に次図のような処理フローを想定する。具体的には、沈砂池/主ポンプ、次いで、前段ろ過施設(Floating Sponge Filter : FSF)、散水担体ろ床(High-rate Trickling Filter : HTF)及び最終ろ過施設(Final Solid Liquid Separator: SLS)から構成されるPTF一式、塩素混和池並びに修景池(修景池のイメージを写真 R 3.2.5 に示す)から構成される水処理施設を想定する。

修景池は、下水処理場による水質改善効果を実際に都民に見てもらい、環境教育や啓蒙活動の一環としての利用されることを想定している。

汚泥処理については、前項にて結論した汚泥処理フローを採用する。汚泥の最終処分地については、Dangkor ゴミ処分場、またはその後継処分場にて処分することとする。発生した汚泥は、プノンペン都保有のトラックにて処分場へ運搬する。



出所：調査団

図 R 3.2.11 処理フロー

3.2.2.6 下水処理場施設設計

(1) 下水処理場用地の配置計画

下水処理場用地は、以下の点を考慮して詳細位置を設定した。

- 処理場予定地の北側に、Hun Sen 通りと 371 通りを接続する Hun Neang 通りが計画されており、処理場へのアクセスは同道路を利用するものとする。なお同道路は幅員 30m で計画されており工事車両や汚泥搬出車両の通行路として有望である。
- 処理場予定地の西側には、湖区域内に不法居住者のコミュニティ(Prek Takong 1 村)が形成されており、処理場用地は同地区に触れないように計画する。
- DPWT からの要請に基づき、Trabek 水路の流路を確保するため対岸からの離隔 50m 以上を確保する。

現時点での暫定的な処理場位置案を図 R 3.2.12 に示す。本事業時、将来拡幅時それぞれの処理場用地の形状は、図 R 3.2.13 及び図 R 3.2.14 に基づく。



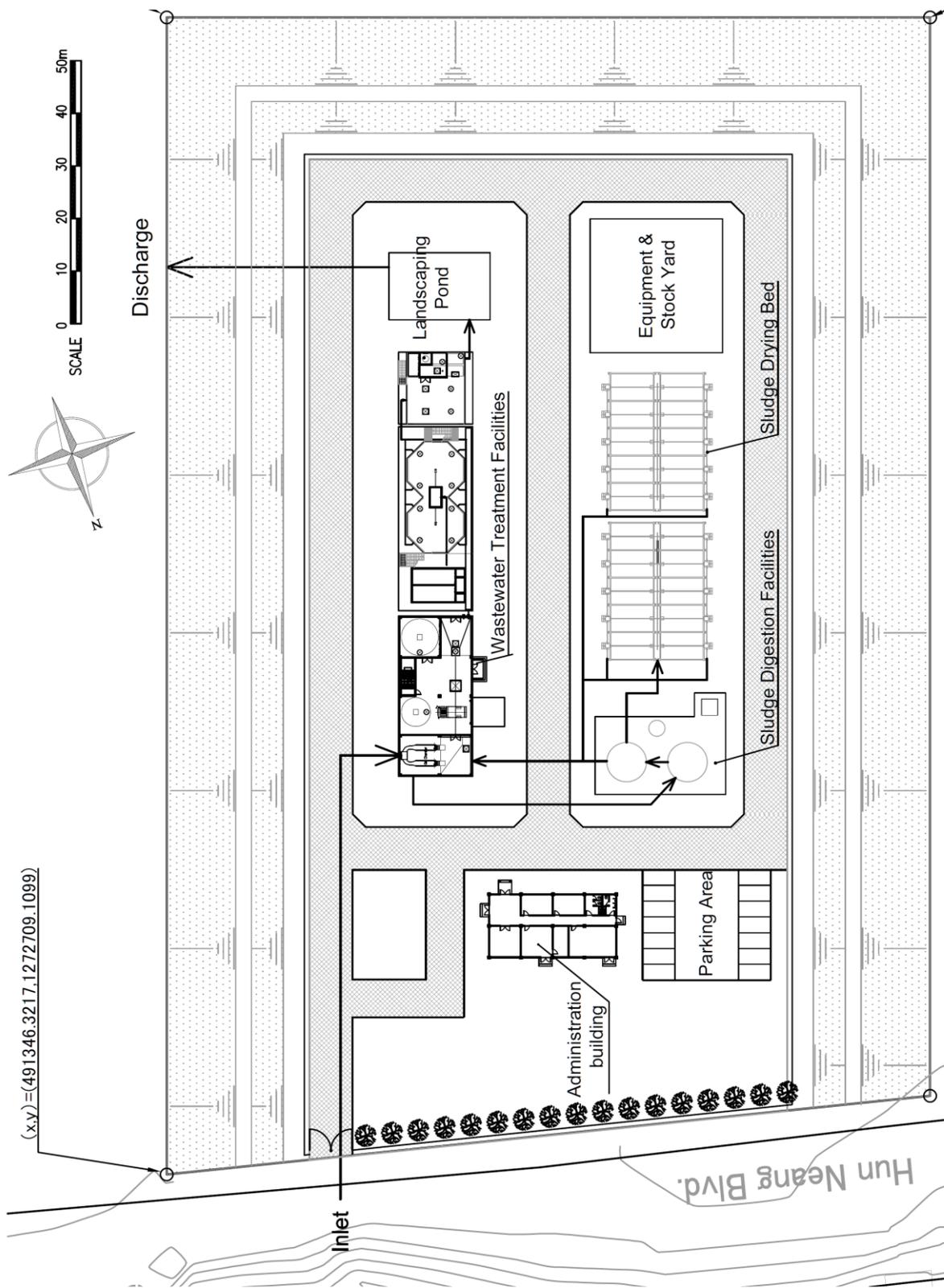
出所：調査団

図 R 3.2.12 処理場用地の配置計画

(2) 処理施設の配置計画

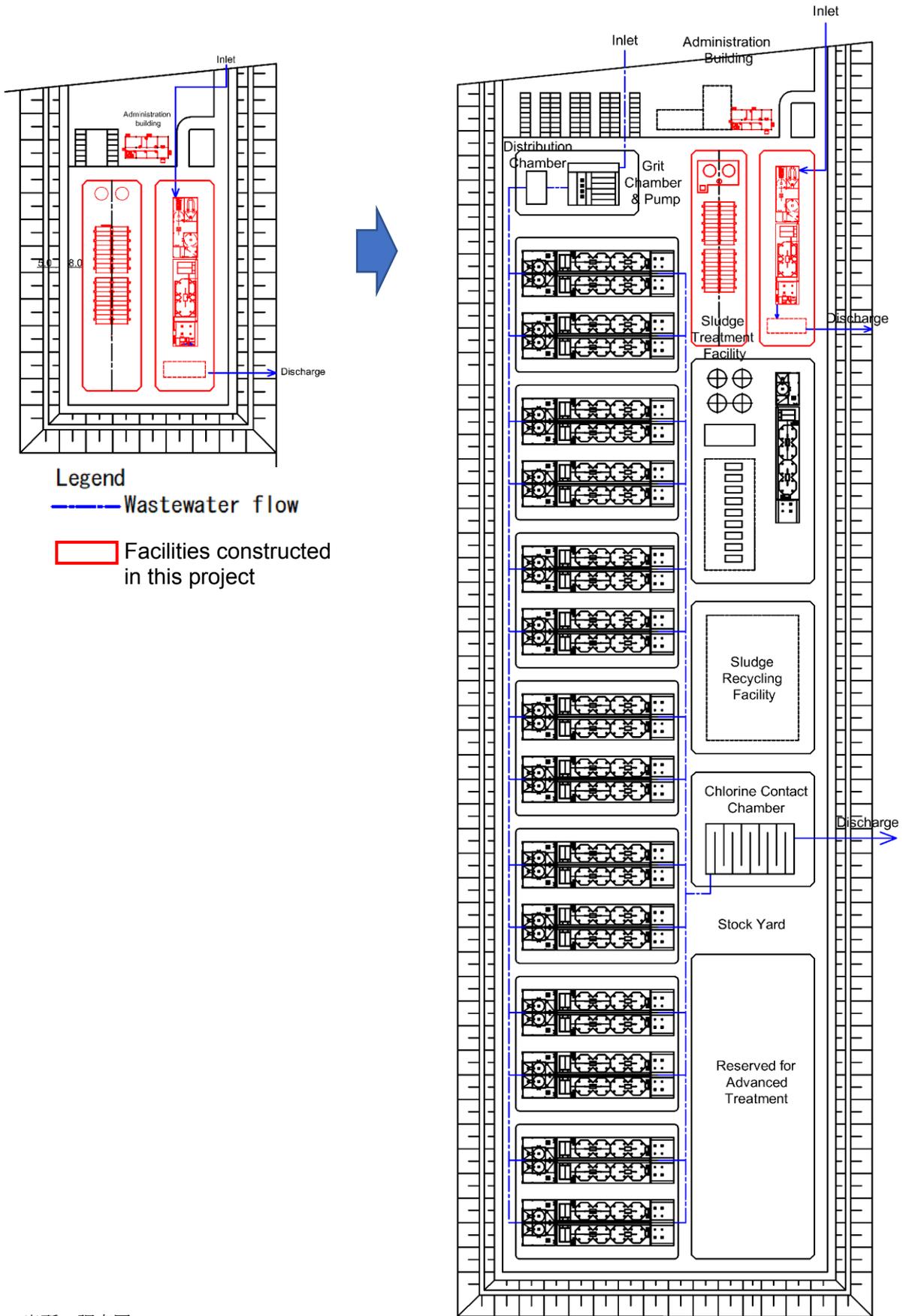
本事業時の処理施設は、汚水処理施設、汚泥処理施設、管理棟及び付帯施設等により構成される。将来拡幅時それぞれの処理場施設の配置図を、**図 R 3.2.13** 及び**図 R 3.2.14** に示す。処理施設の配置は、以下の点を考慮して設定した。

- 本事業(5,000 m³/日)にて建設する各施設は、将来拡幅時(282,000m³/日)における施設計画との整合を図る。
- 上記観点より、管理棟については将来拡幅時の管理施設の一部となるよう計画する。汚泥処理施設は、本事業敷地の南西側に配置し、Hun Neang 通り向かいの住宅地より距離を取るとともに、将来拡張時の汚泥処理施設と隣接するように配置し、汚泥処理の動線を集約する。
- 沈砂池/主ポンプについては、本事業においては圧送管で導水するため浅い位置で流入するのに対し、将来拡幅時の遮集管は大口径の自然流下方式で深い位置に流入するため、本事業時と将来拡幅時で一体的な構造物とするメリットは少ない。このため、本事業時の処理のみを考慮したコンパクトな設計とする。
- 処理場の主出入り口は、処理場へのアクセス道路となる Hun Neang 通りに面して、敷地北東に設ける。汚水処理施設は敷地東側に配置し、汚水は敷地北東より埋設圧送管で引き込み、処理水は敷地南東の Trabek 水路側へ放流する。



出所：調査団

図 R 3.2.13 本事業の施設配置(案)



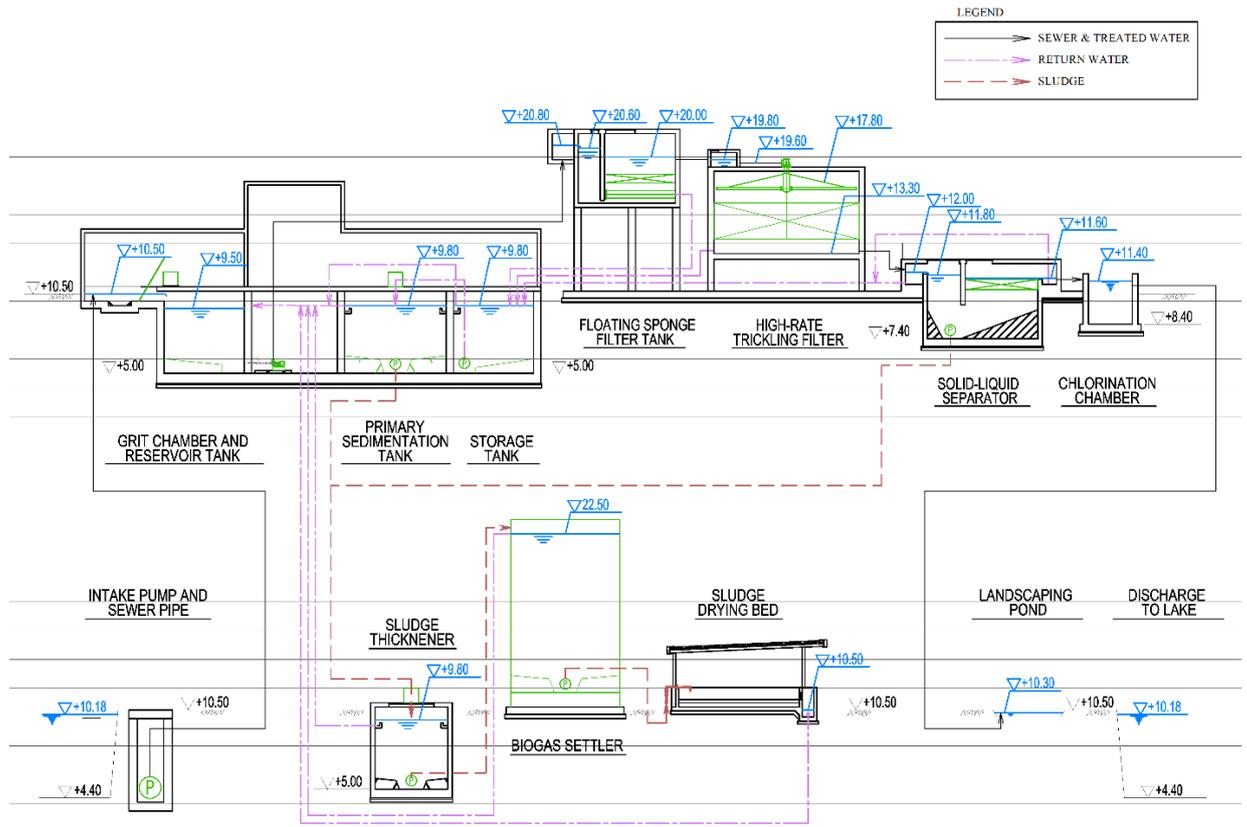
出所：調査団

図 R 3.2.14 全体計画時の施設配置(案)及び本事業時からの拡張イメージ

(3) 水位高低図の検討

処理施設の水位高低図を図 R 3.2.15 に示す。水位高低は以下の条件より検討した。

- 処理場用地の地盤高は、Chaktmuk 観測所における Bassac 川の既往最大水位(EL. +10.18)以上となるように設定する。ING City など周辺開発地の地盤高(EL. +10.50 m)を参考に、地盤高は EL. +10.50 m とした。
- 遮集施設の水位は、測量成果により河床高及び水位変動調査を参考にし、年間を通して安定した取水が出来るよう設定し、LWL が EL.+5.30m と設定し、遮集管渠の管底を EL.+4.80m とした。放流水位は、Chaktmuk 観測所における Bassac 川の既往最大水位(EL. +10.18)を参考に設定した。
- 汚水調整槽から前段ろ過施設(FSF)へ揚水して以降は、処理水の放流までポンプを設けず自然流下とし、各施設の処理水の水位は放流水位より逆算して設定する。
- 処理水の他に、前段ろ過施設(FSF)、散水担体ろ床(HTF)及び最終ろ過施設(SLS)からの洗浄排水、汚泥濃縮槽や汚泥消化施設からの分離水、さらに汚泥乾燥床からの浸出水について、自然流下による高低を考慮する。



出所：調査団

図 R 3.2.15 水位高低図(案)

(4) 汚水処理施設の配置計画

汚水処理施設の一般図を図 R 3.2.16 に示す。汚水処理施設の配置計画は以下の条件を考

慮して検討した。



出所：調査団

図 R 3. 2. 16 汚水処理施設の一般図

(a) 主ポンプ棟

汚水調整槽、洗浄排水貯留槽及び一次濃縮施設は、地下レベルにポンプを設けるため、メンテナンス性を考慮してこれらのポンプは一か所に集約し、ポンプ室とする。ポンプ室は地上からホイストクレーンによりアクセスできる構造とする。汚泥濃縮槽も、地下レベルに汚泥圧送ポンプを擁し、水位や水槽深さが上述の水槽類と近似するため、主ポンプ棟内に集約して配置する。また汚水調整槽に流入する前段の沈砂池についても、建物内に納めることで悪臭の飛散防止や、し渣搬出時にホイストクレーンを活用できる等のメリットがある。

(b) フィルタリング施設

前ろ過施設(FSF)及び散水担体ろ床(HTF)は、自然流下による処理の特徴から、地上高

くに大重量のタンクが設置される。このため、主ポンプ棟の建築構造物とは別個に土木構造物として水槽を立ち上げることとした。各種バルブ・配管へのアクセスのため、水槽の周囲には鉄骨階段・点検歩廊を配する。

(c) 最終処理施設

散水担体ろ床(HTF)の後段のプロセスは、最終ろ過施設(SLS)及び塩素混和池である。両施設の水位や水深は近似しているため、一体構造として構築するのが効率的である。塩素混和池の上部には、塩素注入設備を収容する小屋が付属する。

(5) 管理棟の計画

管理棟に必要な諸室を下表に整理する。

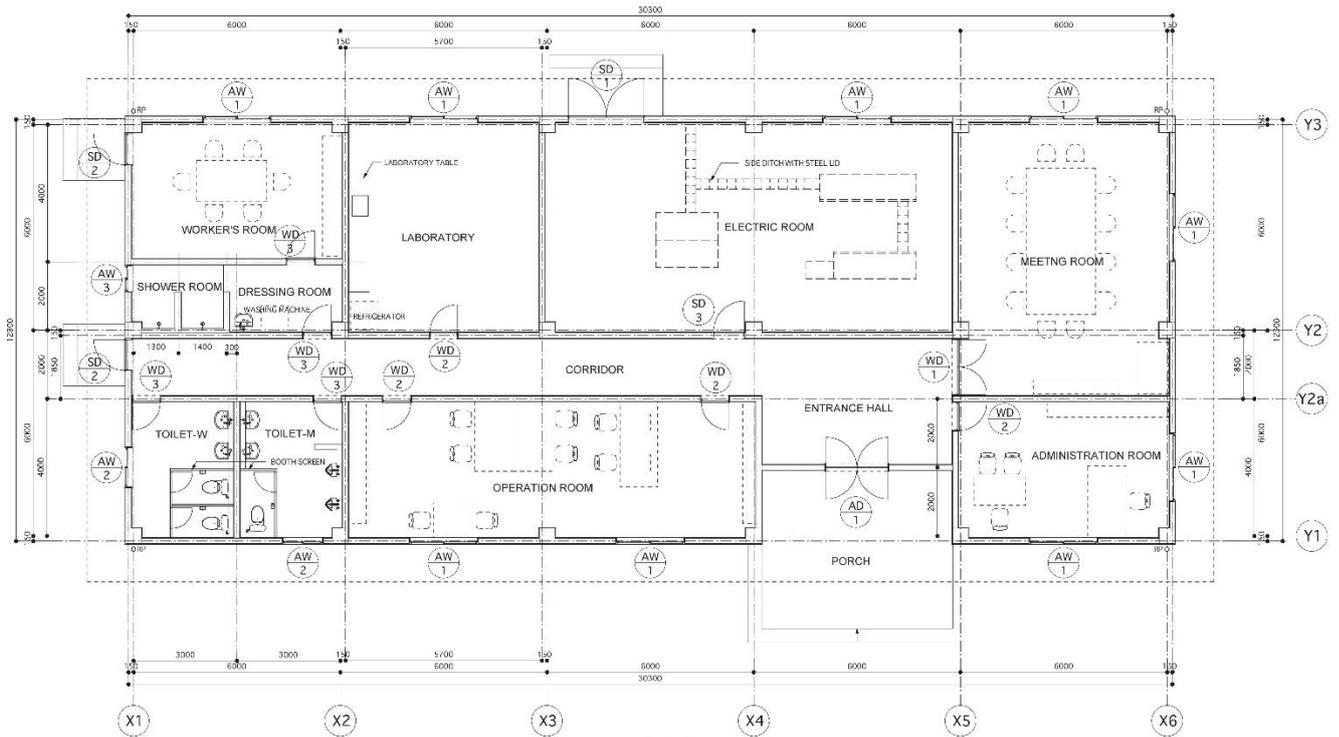
表 R 3.2.12 管理棟の必要諸室

必要室	室面積	内容
管理者室	25～30 m ² 程度	施設管理者の使用を想定。デスクのほか、応接セットや書棚を設ける。
会議室	40～60 m ² 程度	見学者の対応や最大十数人程度で打合せを想定し、テーブルセット、スクリーン及び AV 機器を設置する。
オペレーションルーム	40～60 m ² 程度	技術者 3 名事務員 1 名の利用を想定。LCD 監視機器 2 台やミーティングコーナー、書棚を併設する。
分析室	30～40 m ² 程度	簡易な分析作業を行う。培養・加熱等の作業は実施しない。シンク、冷蔵庫、サンプル保管庫を設ける。
電気室	60～80 m ² 程度	受変電設備、コントロールパネル、及び分電盤を架設するスペースを確保する。
作業員室	30～40 m ² 程度	汚泥積み込み等の作業員 6 名の使用を想定。休憩机とロッカー、及びシャワーや洗濯機を設ける。
その他	-	玄関、トイレなど

出所：調査団

室の配置は、以下の点を考慮して検討した。平面図と断面図を図 R 3.2.17 及び図 R 3.2.18 に示す。

- 処理場の各施設を見渡せる建物南側を主出入口とし、簡易な車寄せを設ける。
- 来客が主に訪れる会議室と管理者室は、処理場敷地の入り口に近い東側に配置する。
- オペレーションルームは、分析室・電気室にもアクセスしやすい位置とする。
- 電気室は、変電器(1.80m x 2.0m)が搬入できるよう屋外側に両開き扉を設ける。
- 作業員用の出入りを別途設け、来客も利用する主動線と交差しないようにする。
- 給排水設備を有する分析室、作業員室、トイレは出来るだけ一角にまとめる。



出所：調査団

図 R 3.2.17 管理棟の一般平面図



出所：調査団

図 R 3.2.18 管理棟の断面図

3.2.2.7 受電システム

(1) STP への電力供給

Teabek ポンプ場周辺の電力供給は、ポンプ場より約 550m 東側に位置する GS-2 変電所より行われている。GS-2 の受電電圧は 115kV であり、22kV に降圧して供給している。GS-2 変電所の位置を図 R 3.2.19 に示す。低い電力単価にて契約したい場合、この変電所に自ら配線を行い受電することが求められる。

Trabek ポンプ場そばに D005AD005 と呼ばれる配電用変電所があり、240mm²の地下ケーブルを介し 22kV にて受電し、380V 及び 220V の電圧に降圧している。この配電用変電所の容量は全体で 3,500kVA であるが、うち 2,500kVA を 380V にて Trabek ポンプ場に供給し、うち 1,000kVA を 220V にて近隣の住宅に供給している。

また、P1217 と呼ばれる柱上変圧器が、建設予定地より約 400m 西側の Prek Takong 1 村内の細い道に設置されている。容量が 630kVA より大きい場合、変圧器は建屋内に設置されることが決められていることから、この柱上変圧器の容量は 630kVA 未満である。写真 R 3.2.6 に 配電用変電所 D005AD005 及び柱上変圧器 P1217 を示す。柱上変圧器は 22kV で受電しているが、変圧器までの送電線が 70mm² である。将来 STP の拡張の際には数メガワット程度の電力需要量になると想定されるため送電線のサイズが小さく適さない。



出所：調査団

図 R 3.2.19 変電所の位置



配電用変電所 D005AD005
出所：調査団



柱上変圧器 P1217

写真 R 3.2.6 配電用変電所及び柱上変圧器

また、西側への電力供給のため、371 通りに 150mm² の送電線が架空にて布設されている。371 通りと Hun Sen 通りを接続する Hun Neang 通りと呼ばれる新たな道路が建設されれば、この道路上に新たな送電線が布設される可能性はある。写真 R 3.2.7 に 371 通り上の 22kV 送電線の布設状況を示す。



出所：調査団

写真 R 3.2.7 371 通り上の 22kV 送電線

表 R 3.2.13 に電力供給ルートの比較を示す。GS-2 変電所に直接接続する場合、カンボジア電力公社(Electricite du Cambodge; EDC) は送電容量が 5MW 以上であることを要求している。STP の電力需要量が小さいことから、GS-2 への直接接続は認められず、最も安価な電力料金も享受できない。ケース 3 は最短のルートであるが、Hun Neang 道路が未だ計画段階であることから、現時点でこの案を採用することにはリスクが伴う。よって現時点ではケース 2 を選定するが、プロジェクトの詳細設計期間までに、Hun Neang 道路の建設が現実的に計画されていれば送電線ルートについて改めて検討を行う。

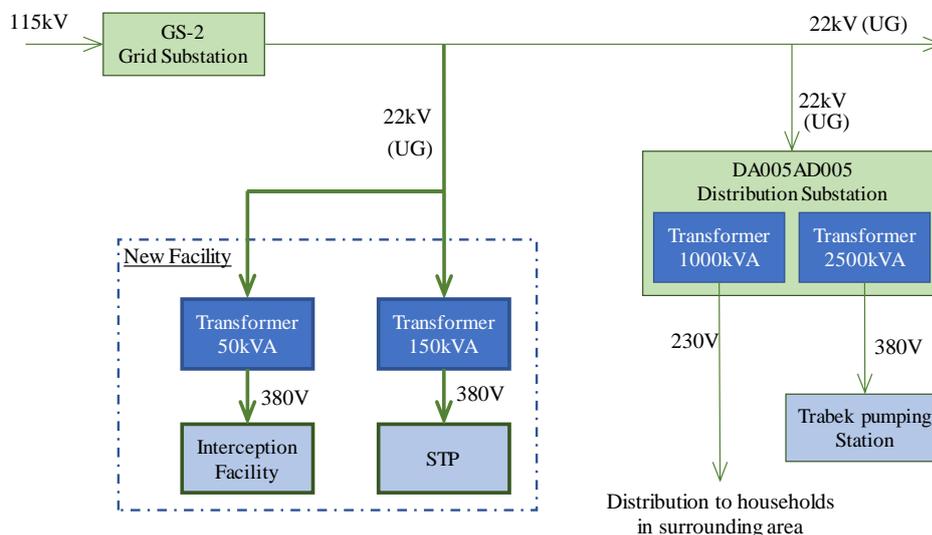
表 R 3. 2. 13 送電線ルートと比較

ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3
処理場への接続点 (遮集施設を除く)	GS-2 サブステーション	D005AD005 の上流	371 通りと Hun Neang 通りの 交差点
受電電圧	22kV	22kV	22kV
既存のケーブルサイズ	サブステーション に直接接続	240mm ² (地下)	150mm ² (地上/地下)
処理場までの距離	約 2,700m	約 2,000m	約 1,500m
ケーブルルート	Hun Sen 通りを経由	Trabek ポンプ場から新設水 路管理道路 を経由	Hun Neang 通りを経由
電力料金	0.1475 米ドル/kWh	0.1706 米ドル/kWh	0.1706 米ドル/kWh
長所	- 電力料金が最も安価	- 既設道路があるため、最 も実現性が高い	- 敷設費用が最も安価
短所	- ケーブル長が最も長く なる - 容量が 5MW を超えた 場合は、EDC は接続を 認めない	- 既設ケーブルへの接続が 必要 - 道路渋滞への緩和策が必 要	- 道路の完成が遅れる場合は 最も実現性が低い

出所：調査団

(2) 推奨する受電システム

図 R 3.2.20 に推奨する受電システムを示す。STP は約 150kVA の容量をもつ変圧器を有する必要があり、380V に減圧し施設に供給する。遮集施設には別途独立した変圧器を設置する。両方の変圧器は配電用変電所 D005AD005 の上流側に 22kV にて接続する。新たな住宅地が水路管理道路の前に建設されることから修景を維持するために、送電線は水路管理道路下に埋設にて布設する。



注) UG：地下

出所：調査団

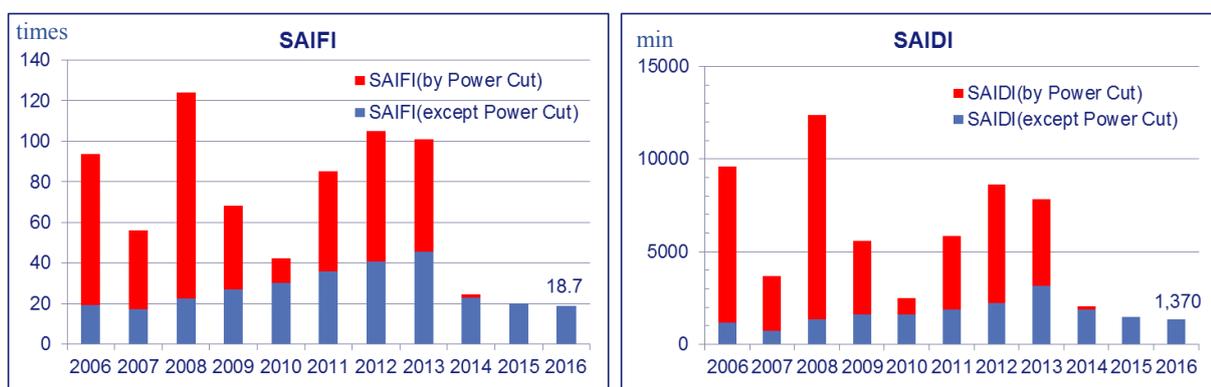
図 R 3. 2. 20 受電システムの模式図

(3) 非常用発電システム

カンボジアでは、過負荷による停電は 2014 年にほぼ解消し、系統平均停電頻度指数 (System Average Interruption Frequency Index; SAIFI) 及び系統平均停電時間指数 (System

Average Interruption Duration Index; SAIDI)¹は大幅に改善している。図 R.3.2.21 に 2006 年から 2016 年にかけての SAIFI 及び SAIDI の変化を示す。2016 年における SAIFI 及び SAIDI はそれぞれ 18.7 回/年及び 1,370 分/年であった。EDC によれば、プノンペン都における SAIFI はこの数値よりもはるかに小さく、停電の頻度は 2~3 か月に 1 回程度、1 回の停電の期間は 1 時間以内であり、停電は過負荷によるものではなく、施設の新設や改修のための計画停電によるものとのことである。電圧の変動は±5%であり許容範囲内である。

プノンペン都において停電が頻繁に起こることはなく、停電による STP の稼働停止は、STP が処理する汚水量が発生汚水量全体に占める割合が大きくないことから、汚濁負荷の排出に大きく影響しない。この観点から非常用発電システムは導入せず、建設費の削減及び非常用発電機の煩雑な維持管理作業を行わずに済むように計画する。



出所：Hirose, JICA 専門家 (2018)

図 R.3.2.21 カンボジアにおける SAIFI 及び SAIDI の変化

(4) 給排水システム

処理場においては、各種設備の洗浄用や管理棟における衛生設備のため、水道を引き込む。PPWSA にヒアリングの結果、処理場用地に接する Hun Neang 通りに沿って、処理場の向かい側に立地する Chip Mong 開発用地への水道管 φ300 の敷設を計画していることが分かった。このため、処理場へは同計画水道管から引き込むものと想定する。また、場内の汚水排水は、汚水処理施設の調整槽へ戻す計画とする。

¹ SAIDI 及び SAIFI はそれぞれ、(停電期間)/(顧客数)及び(停電回数)/(顧客数)より計算される。

3.2.3 概略設計図

(1) 図面リスト

Title	Drawing No.
General Map	
General Map	GM-001
General Note	GM-002
SEWAGE TREATMENT PLANT	
General	
General Layout of Sewage Treatment Plant	STP-GN-001
Hydraulic Profile	STP-GN-002
General Layout of Wastewater Treatment Facilities	STP-GN-003
Main Pump Building	
Main Pump Building Plan (1/3)	STP-MB-001
Main Pump Building Plan (2/3)	STP-MB-002
Main Pump Building Plan (3/3)	STP-MB-003
Main Pump Building Section (1/4)	STP-MB-004
Main Pump Building Section (2/4)	STP-MB-005
Main Pump Building Section (3/4)	STP-MB-006
Main Pump Building Section (4/4)	STP-MB-007
Main Pump Building Elevation	STP-MB-008
Main Pump Building Finish Schedule	STP-MB-009
Main Pump Building Door & Window List	STP-MB-010
Filtering Tank	
Filtering Tank Plan (1/4)	STP-HT-001
Filtering Tank Plan (2/4)	STP-HT-002
Filtering Tank Plan (3/4)	STP-HT-003
Filtering Tank Plan (4/4)	STP-HT-004
Filtering Tank Section (1/4)	STP-HT-005
Filtering Tank Section (2/4)	STP-HT-006
Filtering Tank Section (3/4)	STP-HT-007
Filtering Tank Section (4/4)	STP-HT-008
Solid-Liquid Separation Tank(SLS)	
Solid-Liquid Separation Tank Plan	STP-SL-001
Solid-Liquid Separation Tank Section	STP-SL-002
Chlorination Tank	
Chlorination Tank Plan & Section	STP-CT-001
Chlorination Tank Elevation	STP-CT-002
Chlorination Tank House Finish Schedule and Door & Window List	STP-CT-003
Sludge Digestion Facilities	
Sludge Digestion Facilities Plan & Section (1/2)	STP-SD-001
Sludge Digestion Facilities Plan & Section (2/2)	STP-SD-002
Sludge Drying Bed	
Sludge Drying Bed Plan	STP-DB-001
Sludge Drying Bed Plan & Section	STP-DB-002
Administration Building	
Administration Building Floor Plan	STP-AB-001
Administration Building Elevation	STP-AB-002
Administration Building Detail Section	STP-AB-003
Administration Building Finish Schedule	STP-AB-004
Administration Building Structural Drawing	STP-AB-005
Administration Building Door & Window Schedule 1	STP-AB-006
Administration Building Door & Window Schedule 2	STP-AB-007
Landscaping	
Layout of Yard Piping	STP-LS-001
Profile and Detail of Yard Piping	STP-LS-002
Layout of Pavement, Drainage, Gate & Wall	STP-LS-003
Detail of Pavement & Drainage	STP-LS-004
Detail of Outfall (1/2)	STP-LS-005
Detail of Outfall (2/2)	STP-LS-006
Detail of Gate & Wall	STP-LS-007
Landscaping Pond	STP-LS-008

Title	Drawing No.
Layout of Yard Cabling & Lighting	STP-LS-009
Detail of Handhole, Trench Excavation and Yard Lighting	STP-LS-010
Land Fill	
Layout Plan of Cofferdam	STP-LF-001
Section of Cofferdam (1/2)	STP-LF-002
Section of Cofferdam (2/2)	STP-LF-003
Layout Plan of Dredging	STP-LF-004
Section of Dredging (1/2)	STP-LF-005
Section of Dredging (2/2)	STP-LF-006
Layout Plan of Landfill	STP-LF-007
Section of Landfill (1/2)	STP-LF-008
Section of Landfill (2/2)	STP-LF-009
INTERCEPTION FACILITY & SEWER PIPE	
General Layout of Interception Facility & Sewer Pipe (all)	ISP-001
General Layout of Interception Facility & Sewer Pipe (1/3)	ISP-002
General Layout of Interception Facility & Sewer Pipe (2/3)	ISP-003
General Layout of Interception Facility & Sewer Pipe (3/3)	ISP-004
Channel Maintenance Road Detail	ISP-005
Channel Maintenance Road Section (1/2)	ISP-006
Channel Maintenance Road Section (2/2)	ISP-007
Site Plan of Interception Facility	ISP-008
Section of Interception Facility (1/2)	ISP-009
Section of Interception Facility (2/2)	ISP-010
Layout Plan & Sections of Interception Facility	ISP-011
MECHANICAL AND ELECTRICAL WORK	
Mechanical Work	
General Flow Diagram	MW-001
Mechanical Equipment Layout for Main Pump Building (1/2)	MW-002
Mechanical Equipment Layout for Main Pump Building (2/2)	MW-003
Mechanical Equipment Section Layout for Main Pump Building (1/4)	MW-004
Mechanical Equipment Section Layout for Main Pump Building (2/4)	MW-005
Mechanical Equipment Section Layout for Main Pump Building (3/4)	MW-006
Mechanical Equipment Section Layout for Main Pump Building (4/4)	MW-007
Mechanical Equipment Layout for Filtering Tank (1/4)	MW-008
Mechanical Equipment Layout for Filtering Tank (2/4)	MW-009
Mechanical Equipment Layout for Filtering Tank (3/4)	MW-010
Mechanical Equipment Layout for Filtering Tank (4/4)	MW-011
Mechanical Equipment Section Layout for Filtering Tank (1/4)	MW-012
Mechanical Equipment Section Layout for Filtering Tank (2/4)	MW-013
Mechanical Equipment Section Layout for Filtering Tank (3/4)	MW-014
Mechanical Equipment Section Layout for Filtering Tank (4/4)	MW-015
Mechanical Equipment Layout for Solid-liquid Separation Tank	MW-016
Mechanical Equipment Section Layout for Solid-liquid Separation Tank	MW-017
Mechanical Equipment Plan & Section for Chlorination Tank	MW-018
Mechanical Equipment Layout for Sludge Digestion Facilities (1/2)	MW-019
Mechanical Equipment Layout for Sludge Digestion Facilities (2/2)	MW-020
Electrical Work	
Single Line Diagram for Sewage Treatment Plant (1/2)	EW-001
Single Line Diagram for Sewage Treatment Plant (2/2)	EW-002
Single Line Diagram for Interception Facility	EW-003
System Configuration	EW-004
Cabling Layout for Power Supply (1/5)	EW-005
Cabling Layout for Power Supply (2/5)	EW-006
Cabling Layout for Power Supply (3/5)	EW-007
Cabling Layout for Power Supply (4/5)	EW-008
Transformer House	
Transformer House Plan and Section & Elevation	TH-001
Transformer House Finish Schedule and Door & Window List	TH-002

(2) 概略設計図

概略設計図は、巻末に添付した。

3.2.4 施工計画／調達計画

3.2.4.1 施工方針／調達方針

(1) 事業実施における基本事項

- 本計画は、日本政府とカンボジア政府間で本計画に係る無償資金協力の交換公文(Exchange of Notes ; E/N)が締結された後、日本政府の無償資金協力の制度に従って実施される。
- 本計画の施主(the Client)はプノンペン都であり、契約書の締結、完工証明等の発行は、都知事または都知事に任命された者が行う。
- 実施機関はプノンペン都公共事業運輸局(DPWT)であり、実施設計段階から維持管理段階まで一貫して、技術的な判断、工程管理、品質管理を行うとともに、事業を円滑に行うための各種実務を行う。
- 本計画の詳細設計、入札関連業務及び施工監理業務に係るコンサルタント業務は、日本のコンサルタントにより、カンボジア政府とのコンサルタント契約に基づき実施される。
- 本計画の建設工事は、入札参加資格審査合格者による入札の結果、選定された日本の建設会社により、カンボジア政府との工事契約に基づき実施される。
- 施工方法及び工事工程の立案に関しては、現地の気象、地形、地質等の自然条件及び交通、地下埋設物、近隣住民への影響等の環境社会条件を考慮し、円滑かつ安全な作業実施が可能な計画となるよう配慮する。

(2) 施工方針及び調達方針

建設資機材及び労務は、現地調達を基本とする。本計画で実施する土木工事は、用地造成工、下水処理場の土木工事、外構工事、遮集施設建設工事、下水管渠敷設工事及び水路管理道路工事であり、特殊な施工技術を要するものではない。また、下水処理場の建築工事においても特殊な施工技術を要するものではない。

しかしながら、本計画における施工は遮集施設及び下水処理場の2か所で同時施工されるとともに、大規模工事かつカンボジアにおいて初めての下水施設建設工事であることから安全、環境、品質に配慮した施工管理が必要となる。そのため、現場事務所長以下各工事の管理責任者を担う日本人技術者を派遣する。

また、下水処理場及び遮集施設のポンプ、下水処理場の機械・電気設備の据付/設置工事、調整作業、初期運転指導については、日本から専門技術者を派遣する。

プノンペン都には、現地建設業者が15社以上有り、同国内で実施された無償資金協力プロジェクトで日本の請負業者の下請け業者として参入している現地業者も多くあり、本工事でも下請け業者として十分活用することが可能である。従って、世話役、機械オペレーター、型枠工、コンクリート工、その他の作業員等は、原則として現地人を雇用することで対応でき、カンボジア外から特殊作業員を派遣する必要はない。

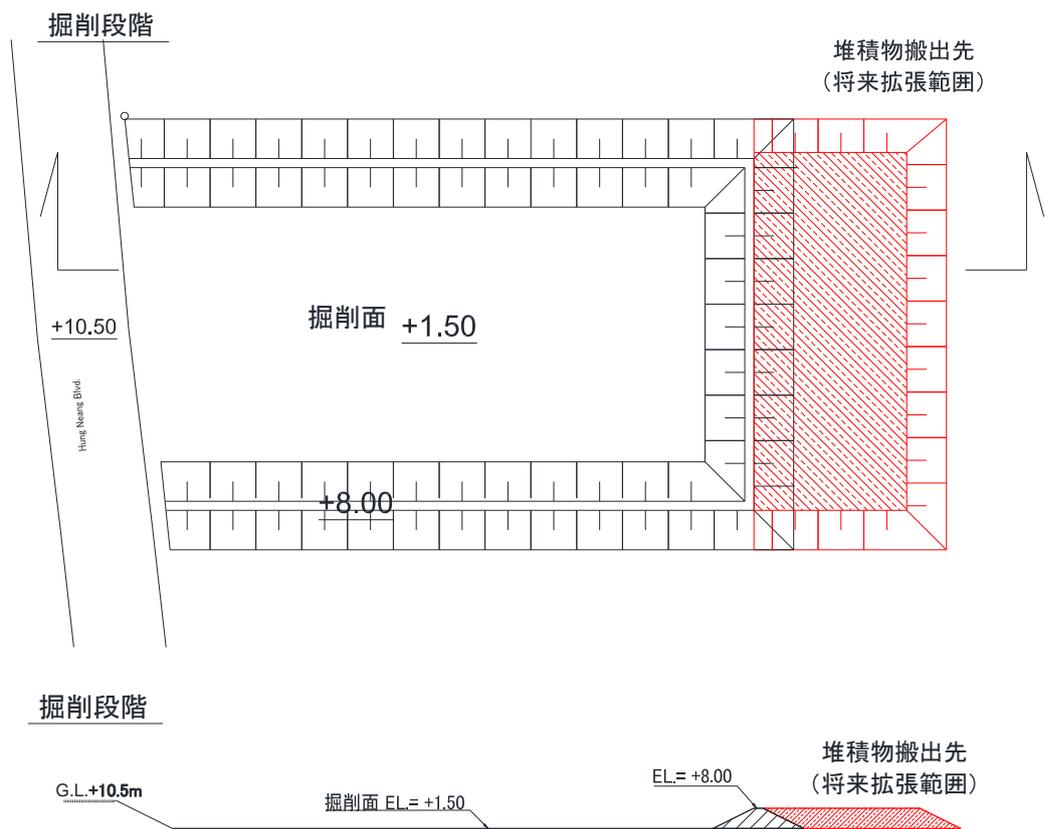
3.2.4.2 施工上／調達上の留意事項

施工計画、調達計画の策定にあたっては、本事業の特異性を把握した上で、それぞれの事項について現場特性を考慮した適切な対応を検討し、事業全体の円滑な実施が可能となる計画を立案する。施工計画の策定に際して、特に以下の項目に留意する。

(1) 用地造成工事における留意事項

既述のように、下水処理場用地の造成は 1) 仮締切用の土堤築造、2) 内部排水、3) ヘドロ・有機物除去、4)埋立て、5)構造物基礎工事の手順となる。以下に留意点を示す。

- 湖の季節による水位変動を考慮し、土堤の天端高は EL.+8.0m とする。土堤法面は 1:2 の勾配とし、天端幅は 3.0m とする。土堤の施工は 2 方向からの同時施工(2 班体制)とする。また、土堤築造は水位の低い乾季に行う。
- 現地測量結果から、ヘドロ・堆積物の除去面(床付高)は EL.+1.5m とする。除去したヘドロは、土堤内に仮置きして乾燥させた後に土堤外の将来建設予定地に積上げる。
- 用地造成の土質材料は、Mekong 川等の浚渫による良質な川砂を基本とし、1 層あたり 30cm の層厚で締固め管理を行い、盛り立てる。



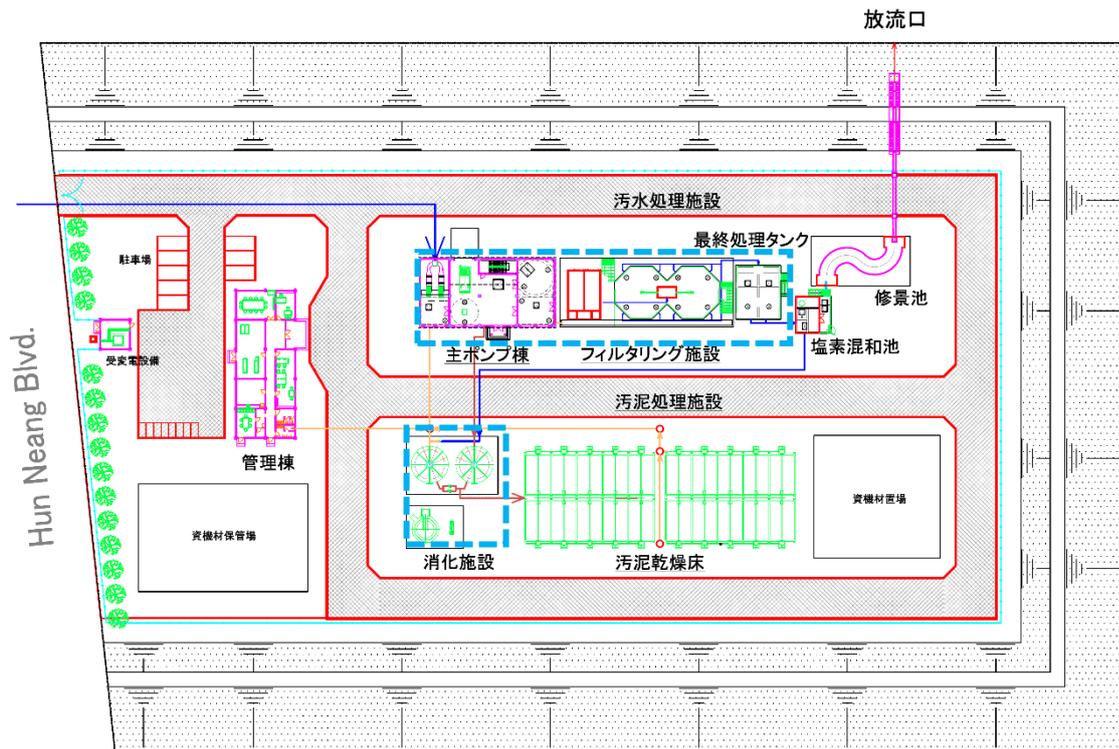
出所：調査団

図 R 3.2.22 湖底堆積物の掘削時の平面図及び断面図

(2) 処理場各施設の基礎工事・土工事における留意事項

下水処理場の計画平面図を図 R 3.2.23 に示す。下水処理場の各施設のうち、杭基礎構造

とするのは主ポンプ棟、フィルタリング施設、最終処理タンク及び汚泥消化施設である。



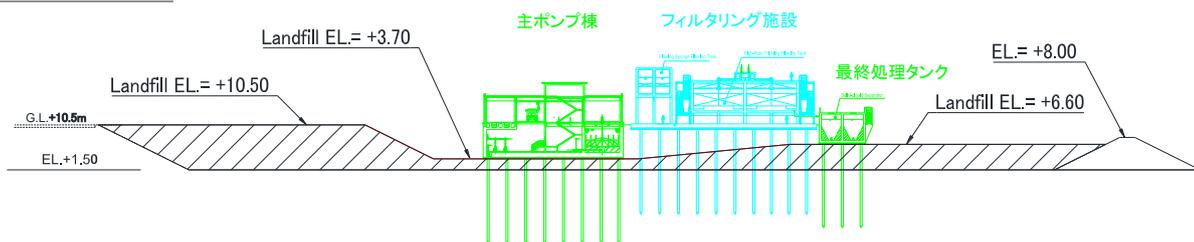
出所：調査団

図 R 3.2.23 下水処理場平面図

汚水処理施設の主ポンプ棟と隣接するフィルタリング施設の杭天端高は、5.9m もの高低差がある。建設機材の効率的運用の観点からは、杭打設は出来るだけ同時期に実施するのが望ましいが、主ポンプ棟とフィルタリング施設は隣接しており、その間隔は 4.0m 程度である。そのため、杭打設を同時に施工する場合は、5.9m の高低差を土留壁で処理し、かつ土留壁に近接しての杭打設となり、難易度の高い工事となる。

このため、それぞれの基礎底面の高さが低い主ポンプ棟及び最終処理タンク施設の基礎工事は、用地造成工事を 2 段階に分け、第 1 段階において、それぞれの基礎下端高さまで埋戻しを行い実施するものとする。用地造成の第 2 段階は、主ポンプ棟及び最終処理タンク施設の躯体工事が計画高まで終了した段階で再開し、フィルタリング施設及び消化施設の杭打設を実施する工程とする。図 R 3.2.24 に主ポンプ棟及び最終処理タンク施設の基礎工事時点(第 1 段階)の造成断面に示す。また図 R 3.2.25 に同時点(第 1 段階)の土工計画平面図を示す。基礎杭はφ400mm のコンクリート既製杭を使用し、杭打設は騒音と油煙問題のあるディーゼルハンマーは使用せず、騒音を比較的 low に抑えることができる油圧ハンマーを採用する。

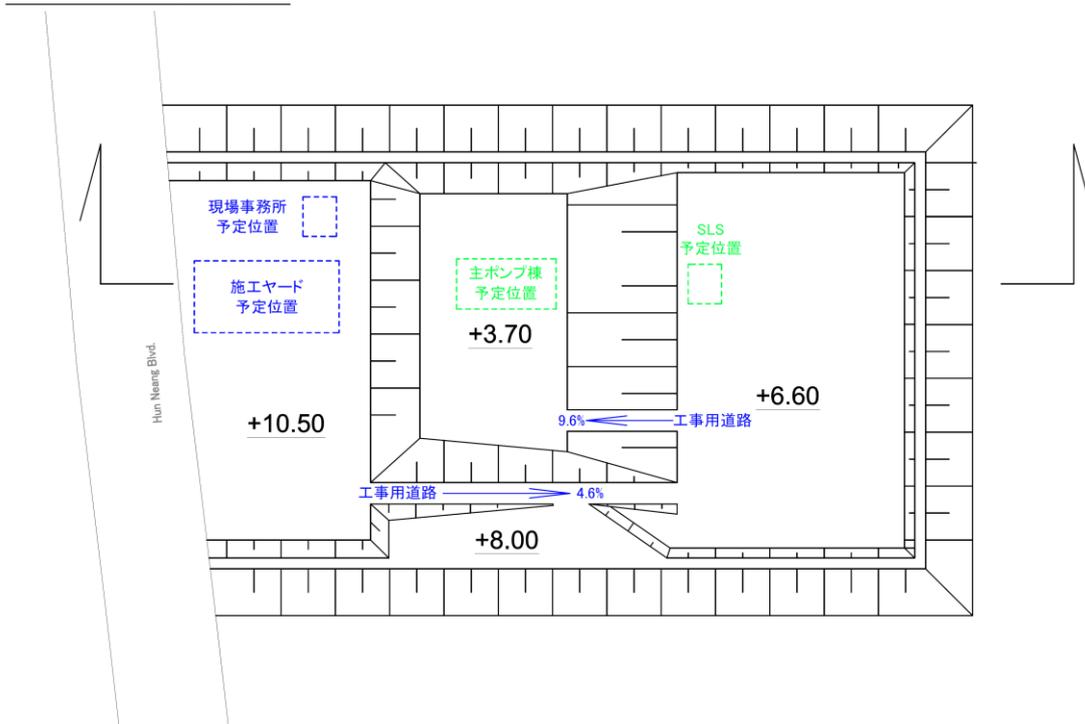
用地造成 第1段階



出所：調査団

図 R 3. 2. 24 主ポンプ棟・最終処理タンクの杭打設時の埋戻断面図(用地造成 第1段階)

用地造成 第1段階

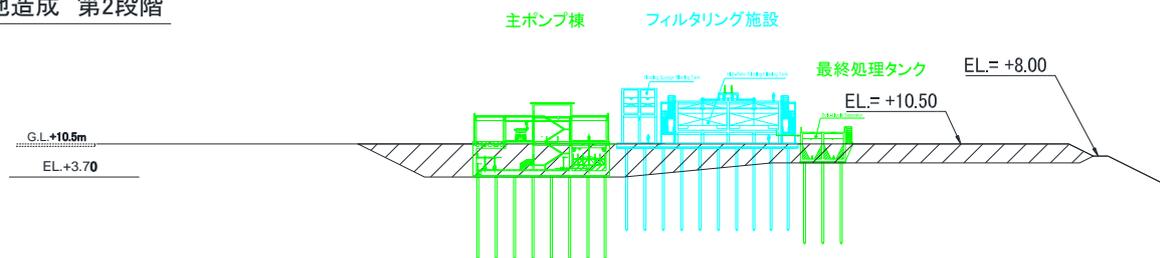


出所：調査団

図 R 3. 2. 25 主ポンプ棟・最終処理タンクの杭打設時の土工平面図(用地造成 第1段階)

また、用地造成第2段階(最終段階、主ポンプ棟及び最終処理タンク施設の計画高までの躯体工事完了後)の埋戻し平面図及び断面図を以下に示す。基礎杭はφ400mmのコンクリート既製杭を使用し、杭打設は騒音と油煙問題のあるディーゼルハンマーは使用せず、騒音を比較的強く抑えることができる油圧ハンマーを採用する。

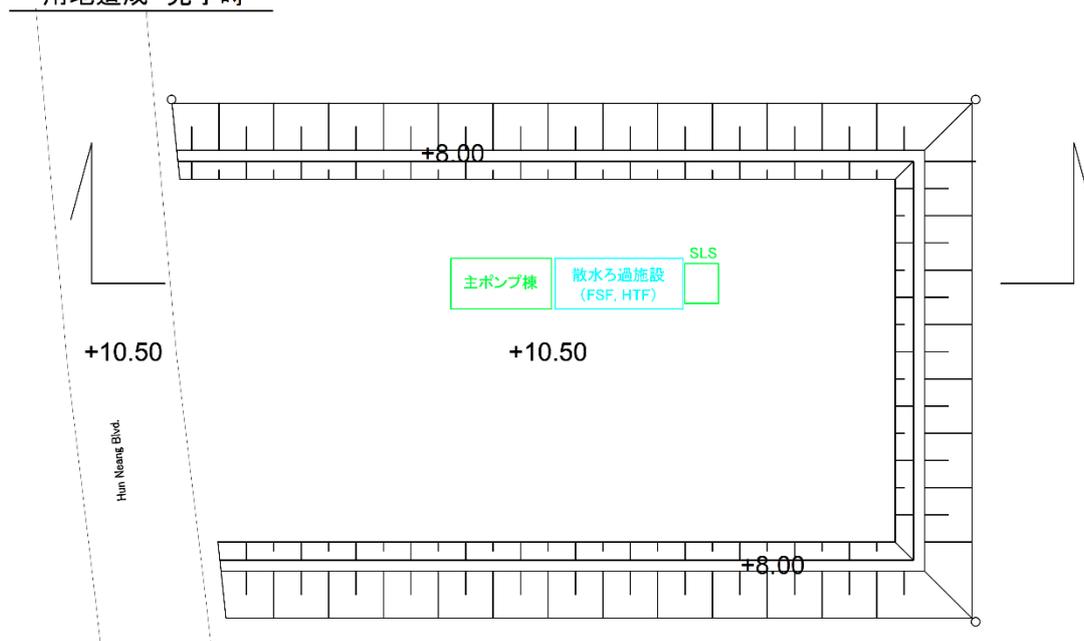
用地造成 第2段階



出所：調査団

図 R 3.2.26 フィルタリング施設の杭打設時の埋戻し断面図(用地造成 第2段階)

用地造成 完了時

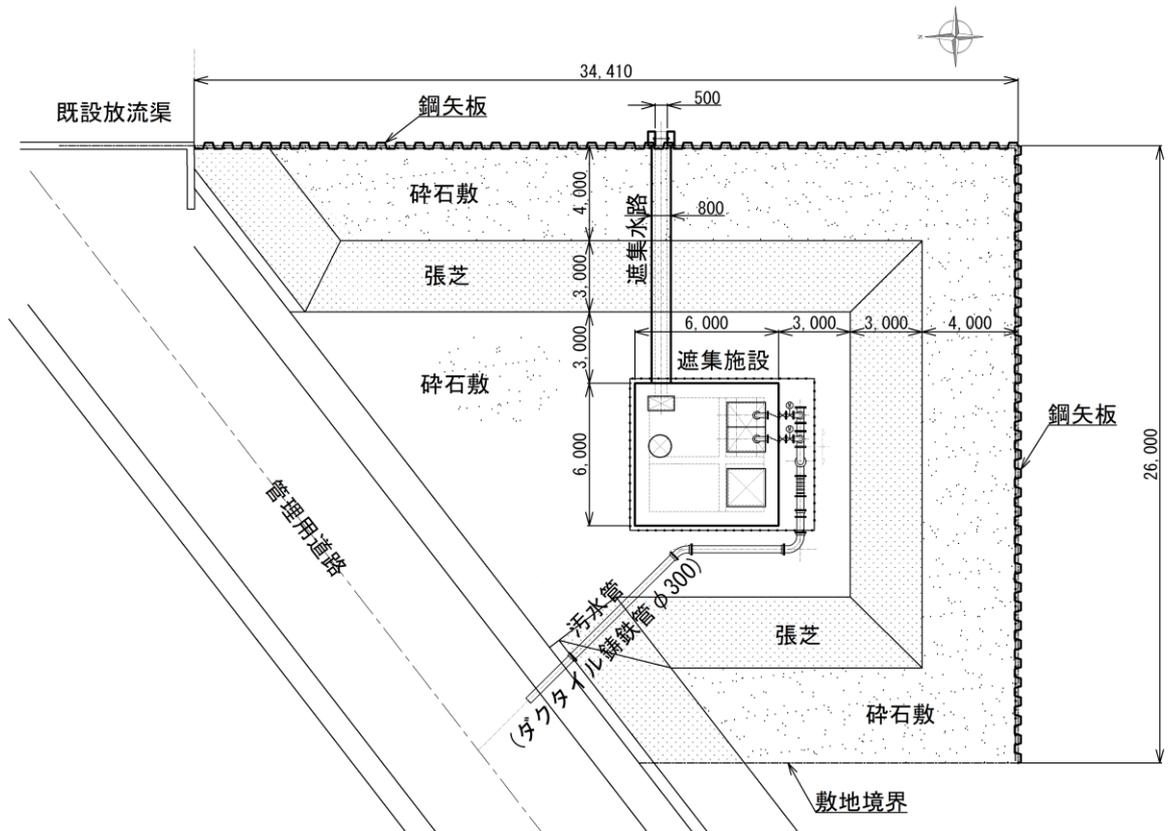


出所：調査団

図 R 3.2.27 フィルタリング施設の杭打設時の土工平面図(用地造成 第2段階)

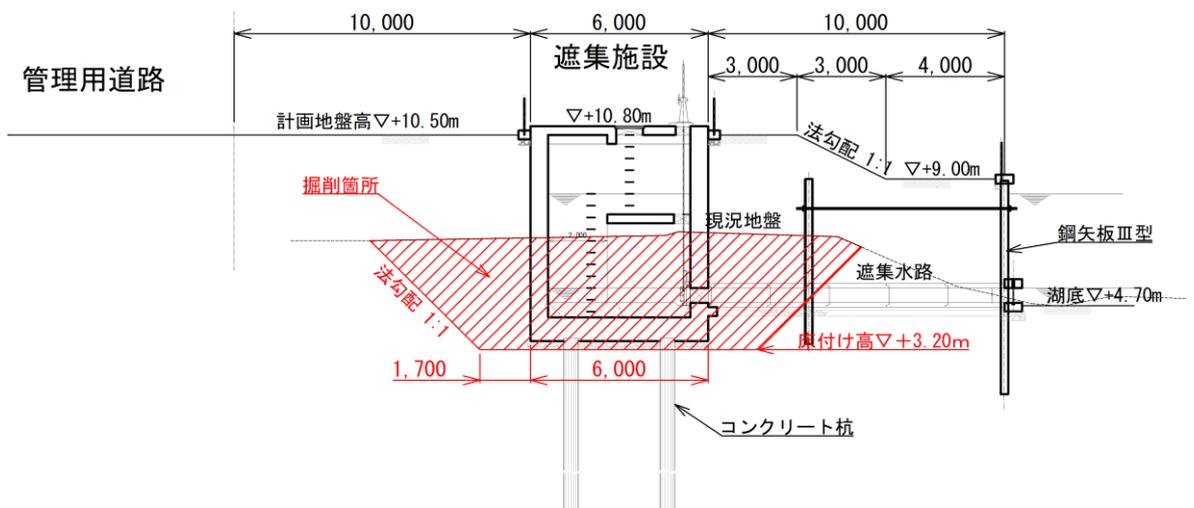
(3) 遮集施設の基礎工事・土工事における留意事項

遮集施設の基礎は、杭基礎(φ400mm)とする。また、遮集施設施工箇所は Trabek ポンプ場の放流渠に隣接しており、季節による水位変動はあるものの、常時放流されている状況にある。そのため、水路に面する東側及び南側は、鋼矢板による護岸構築とするため、全面(東側及び南側)に鋼矢板を打設する。また、それらの鋼矢板は土留壁として遮集施設施工時に活用する。遮集施設設置箇所の平面図及び断面図を次に示す。



出所：調査団

図 R 3.2.28 遮集施設平面図



出所：調査団

図 R 3.2.29 遮集施設断面図

(4) 下水管渠敷設工事・水路管理道路工事における留意事項

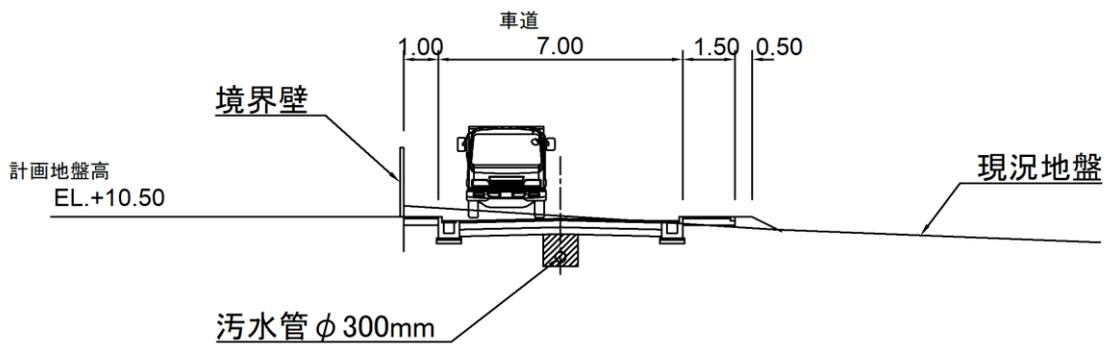
下水管渠の種類について、口径 300mm のダクタイル鉄管とし、管布設はダクタイル鉄管協会の推奨する手順に従う。土被りは 1.0m を基本とする。下水管渠は遮集施設から下水処理場の主ポンプ棟までの約 1,860 m(図 R 3.2.30)である。

水路管理道路は、遮集施設北にある 271 通りから Hun Neang 通りまで南北に縦断する形で新設される。なお、下水管渠は水路管理道路の下に埋設される。水路管理道路建設予定地の現状は、大きく分けて 2 種類あり、**図 R 3.2.30** における A 区間(赤線)と B 区間(青線)である。水路管理道路予定地の西側は開発区となっており、その開発区の境界にはブロック壁が設置されている。水路管理道路はこの境界に沿って築造される。水路管理道路の A 区間は現況面が EL.+9.00m から EL.+11.00m ほどまで埋立てられている状況にある。B 区間は埋立てられていないため、他の Cheung Aek 湖同様に EL.+6.00m から EL.+8.00 程度である。そのため、水路管理道路築造工事において、A 区間においては切土、B 区間においては盛土が必要となる。A 区間、B 区間それぞれの代表的な断面図を**図 R 3.2.31**、**図 R 3.2.32** に示す。



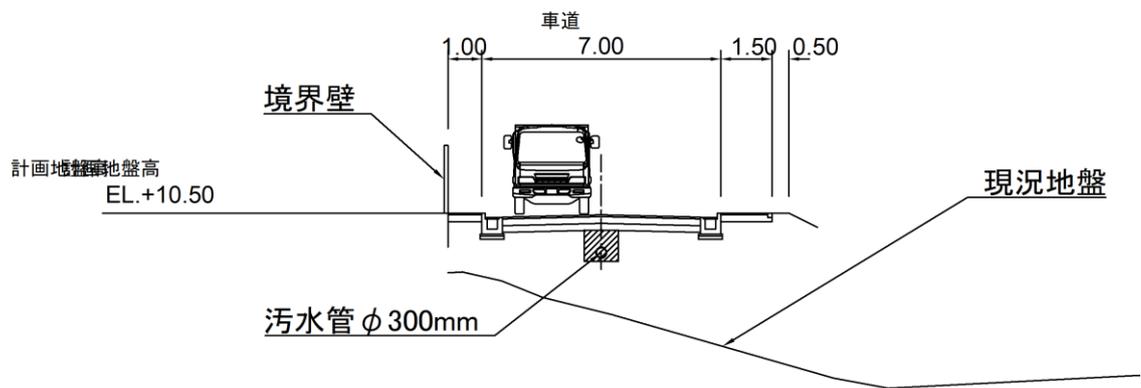
出所：調査団

図 R 3.2.30 水路管理道路及び下水管渠位置図



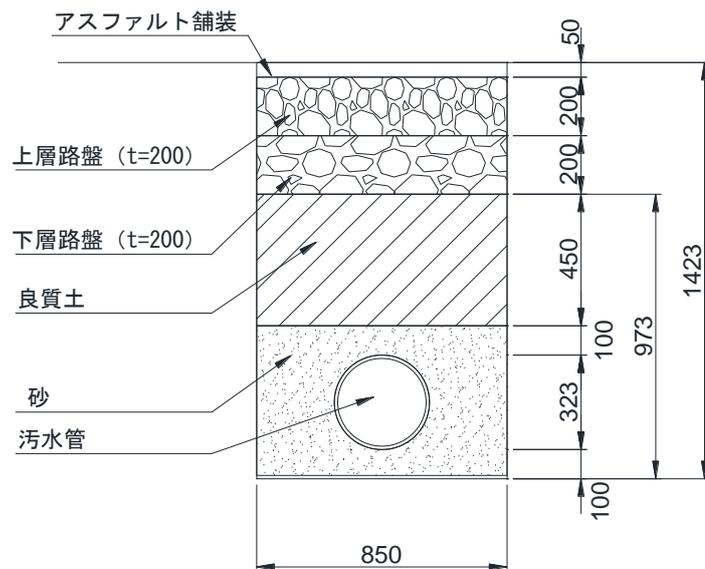
出所：調査団

図 R 3.2.31 水路管理道路 A 区間 断面図



出所：調査団

図 R 3.2.32 水路管理道路 B 区間 断面図



出所：調査団

図 R 3.2.33 下水管渠の標準掘削断面図

3.2.4.3 施工区分／調達・据付区分

日本とカンボジアの両政府が分担すべき事項は、以下に示すとおりである。

表 R 3.2.14 両国政府の負担区分

項目	内容	負担区分		備考
		日本国	「カ」国	
資機材調達	工所用資機材の調達、輸送、搬入	○		
	工所用資機材の通関手続き		○	通関・免税手続等
準備工	用地取得、住民移転		○	
	その他、工事に必要な用地の確保		○	現場事務所、資機材置場、作業場等
	工事に必要な許認可の取得		○	地権変更、工事許可
	上記以外の準備工	○		
工事障害物の移設・撤去	地下埋設物の移設	○		水道、通信、配電等
本工事	下水処理場、遮集施設、汚水導水管の建設工事	○		

出所：調査団

3.2.4.4 施工監理計画／調達監理計画

日本のコンサルタントがカンボジア政府とのコンサルタント業務契約に基づき、実施設計業務、入札関連業務及び施工監理業務の実施にあたる。

(1) 実施設計業務

コンサルタントが実施する実施設計業務の主要内容は、以下の通りである。

- カンボジア実施機関との着手協議、現地調査
- 土木・建築構造物の詳細設計(安定計算、構造計算、配筋計算)、図面作成
- 機械電気設備の詳細設計、図面作成
- 施工計画立案
- 事業費積算

(2) 入札関連業務

入札公示から工事契約までの期間に実施する業務の主要項目は、以下の通りである。

- 入札図書の作成(上記、実施設計と並行して作成)
- 入札公示
- 入札業者の事前資格審査
- 入札実施
- 応札書類の評価
- 契約促進業務

(3) 施工監理業務

コンサルタントは、施工業者が工事契約及び施工計画に基づき実施する工事の施工監理を実施する。その主要項目は、以下の通りである。

- 測量関係の照査・承認
- 施工計画の照査・承認
- 品質管理
- 工程管理
- 出来形管理
- 安全管理
- 関係機関との協議・調整
- 出来高検査及び引渡し業務

施工の所要期間は、全体で約 32 ヶ月と見込まれ、下水処理場内においても各施設同時作業を実施する予定である。

この施工状況を考慮して施工監理業務では、日本人常駐監理技術者を 1 名配し、加えて工事技術者(現地人)を 3 名雇用して、常駐管理者の施工監理補助員とする。更に工程に沿い、各専門技術者を現地にスポット派遣し、円滑な業務の遂行に資するものとする。

(4) 施工監理体制

コンサルタントの日本人技術者による施工監理体制は以下の通りとする。

- 業務主任

工事全般における技術・運営両面での総括管理を行う。工事着工時、竣工時に現地入りし、諸手続き、施主や施工業者との協議、調整、問題点の確認や現場の立会い、検査を行う。また、品質管理会議に参加し、工事実施状況の確認、分析を行い、施主や施工業者への助言、指導を行う。

- 常駐施工監理者

工事着工から完了時まで現地に常駐し、現地の監理責任者として工程管理、品質管理を行うと共に、工事全般の監督指導を行う。また、工事期間を通じて先方実施機関及び関係諸機関との折衝を行う。

- 土木技師(用地造成)

第 1 期：工事着工後、すぐに現地入りし、用地造成工事の品質・安全・出来形管理、等の施工監理を行い、施工業者を指導する。

第 2 期：用地造成第 1 期終了後にスポット派遣され、杭基礎工事の施工監理を行う。

- 建築施工監理

下水処理場における主ポンプ棟地上部分、管理棟、塩素貯留タンクの建築工事を担当する。常駐監理者は土木技術者であり、建築工事は多種に亘ることから、該当施設の建築工事施工期間中に、専従の施工監理要員として安全管理、品質管理、出来形管理、工事工程管理、施主・施工業者及び関係機関への説明、協議等を行う。

- 機械設備施工監理

遮集施設のポンプ、下水処理場のポンプ、バルブ、前段ろ過施設・散水担体ろ床・汚泥濃縮槽・消化施設の機械設備の工場検査・出荷前検査に立会う(国内)。下水処理場における機械工事施工前、現地にスポット派遣し、品質管理、施工監理を行う。また、工事完了後の設置した機械の調整・試運転等の監理を行う。

- 電気設備施工監理

下水処理場及び遮集施設へ受電のための EDC・施主・施工業者と協議を行う。受電システムの照査、受電・配電設備工事の施工前に現地にスポット派遣し、品質管理・出来形管理・安全管理等の施工監理を行う。また、引き渡し業務、建設された施設の調整・試運転等の監理を行う。

- 瑕疵検査技師

工事完工1年後に瑕疵検査を実施する。

3.2.4.5 品質管理計画

(1) 材料及び施工の品質管理計画

材料及び施工の品質管理として、実施する主要な試験を次表に示す。試験は、国土交通省の「土木工事品質管理基準」、「公共建築工事標準仕様書(建築工事編)」、「機械工事施工管理基準」及び「電気通信設備工事施工管理基準及び規格値」等に基づいて設定する。

表 R 3.2.15 品質管理計画(案)

試験品目	試験項目	規格/試験方法	試験頻度
コンクリート	圧力強度試験	JIS A 1108	1日2回
	スランプ試験	JIS A 1101	原則として全車
	塩化物含有量	JIS A 5308	週1回
	空気量測定	JIS A 1116 等	強度試験用供試体採取時
	セメントの材質	JIS R 5210 等	施工前と材料変更時
細骨材/粗骨材	ふるい分け試験	JIS A 1102	1日1回
埋戻し	土の締固め試験	JIS A 1210 等	施工前及び土質変化時
	粒度試験	JIS A 1204 等	施工前及び土質変化時
	現場密度試験	JIS A 1214 等	3,000 m ³ 毎に1回×3箇所
下層路盤	修正 CBR 試験	AASHTO T193 等	施工前と材料変更時
	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102 等	施工前と材料変更時
	現場密度試験	AASHTO T99 等	1,000 m ² につき1個×3箇所
上層路盤	修正 CBR 試験	AASHTO T193 等	施工前と材料変更時
	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102 等	施工前と材料変更時
	現場密度試験	AASHTO T180	1,000 m ² につき1個×3箇所
アスファルト表層	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102 等	施工前と材料変更時
	骨材の密度・吸水率	JIS A 1109,1110 等	施工前と材料変更時
	フィラーの試験	JIS A 5008 等	施工前と材料変更時
	マーシャルテスト	ASTM D1559 等	施工前と材料変更時
	アスファルト量 抽出粒度分析試験	AASHTO T194 等	1回/日または随時
	現場密度試験	JIS K 2207 等	1,000 m ² につき1回×1箇所
ポンプ性能	全揚程	設計図書による	工場製作完了時
	回転速度	JIS B 8301, 8325 等	工場製作完了時
	吐出/吸込圧力	JIS B 8301, 8325 等	工場製作完了時
	軸効力	JIS B 8301, 8325 等	工場製作完了時

試験品目	試験項目	規格／試験方法	試験頻度
バルブ	耐圧試験、漏れ試験、寸法、作動試験、塗装確認	JIS B 2031, 2003 等	工場製作完了時
高圧受変電設備	絶縁抵抗試験	JIS C 4620 等	工場製作完了時、現場施工完了時
	商用周波耐電圧試験	JEM 1425 等	工場製作完了時
	接地抵抗測定		現場施工完了段階
無線通信設備	送信周波数、出力	設計図書による	工場製作完了時、現場施工完了時
	送信占有周波数帯域幅		工場製作完了時
	スペクトラム分布		工場製作完了時

出所：調査団

品質管理においては、以下の点に留意する。

(a) コンクリート

コンクリートは所要の強度、耐久性、水密性等を持ち、品質のばらつきが少ないものでなければならない。コンクリートの強度は材令 28 日における圧縮強度を規準とする。コンクリートの圧縮強度試験は JIS-A-1108, 1132 による。生コンクリートのサンプルは 1 日につき午前と午後の 2 回採取することを基本とし、1 サンプルにつき 7 日、28 日強度を試験する。コンクリート打設時には現場でスランプ試験を行い、所要のスランプ以内に収まっていることを確認する。熱帯地方におけるコンクリート打設であるため、温度管理を充分行い、打設時のコンクリート温度が規定の値(35℃)よりも低くなるよう管理する。

(b) コンクリートの打設及び養生

コンクリートは材料が分離しない方法で打設(コンクリートポンプ車による打設を原則とする)し、打ち込み中及び打設直後にバイブレーターにより充分締め固める。コンクリート打設後、コンクリートの表面は湿潤状態を少なくとも 5 日間保つ。

(c) セメント

普通ポルトランドセメントを使用し、その品質は JIS-R-5210 に適合するものでなければならない。

(d) 骨材

清浄、強硬、耐久的で適当な粒度を持ち、ゴミ、泥、有機物、塩分等の有害量を含んでいないことを確認する。粗骨材については薄い石片、細長い石片を含んではならない。また、骨材の絶乾密度は 2.5g/cm³ 以上とする。

(e) 鉄筋

鉄筋は所要の強度を有した物を使用する。特に明示していない場合は異型鉄筋を使用する。鉄筋は使用前に責任技術者の指示に従って試験を行う。

(f) 鉄筋コンクリート用材料の貯蔵

材料を貯蔵する場合は、コンクリート標準示方書に従って貯蔵する。

(2) 機材調達の品質管理計画

本計画で納入する関連機材の製作前に、各機材の仕様の詳細と品質管理方法について綿密に打合せる。機材は、出荷前の工場立会い検査においてアイテムや数量等の確認を行うと同時に、品質・性能等の保証を得る。機材は、輸送中に損傷を受けないよう梱包等にも注意を払う必要があり、第三者機関による船積前検査を受けることとする。また機材の輸送・保管工程においては、各責任者が管理にあたる。

3.2.4.6 資機材等調達計画

(1) 現地調達

以下の主要な建設資機材は、現地調達とする。

(a) セメント、生コンクリート

セメントは、タイ製品が、市場に恒常的に出回っており、品質も良く、現地の工事現場の主流を占めている。また近年、タイ資本によるカンボジア国内でのセメントの生産も始まっている。

現場打ち用のレディミクストコンクリートは、プノンペン周辺には外国資本の入った生コン会社が10社近く(CPAC, GCM, CHZENG YI, UY HENG 等々)ある。この中では、会社の設備、コンクリートの品質及び生産量の面でタイ資本により設立されたCPACが最も高い信用を有し、プノンペン都内での供給実績も多い。また、本工事で使用するコンクリート二次製品としては、PC Spun Pileがある。現地で調達できるPC Spun Pileについては我が国の無償資金協力事業での使用実績があり、強度面でも十分に信頼できる。

(b) 鉄筋・鋼材

昨今、鉄筋や鋼材についてはベトナム製品が多く利用されている。以前は、ベトナム製の鉄筋は、品質面で信頼出来ないとされてきた。しかし、日越合弁企業が設立されたことにより品質が向上したことや、交通網の整備等により、十分な量の鋼材が流通していることから、現地調達として問題ない。本工事で使用する異型鉄筋は、JIS G3112で定められた強度(SD295A)を持つものとする。

(c) 建設機械

現地調達可能な建設機械としては、バックホウ、ラフテレーンクレーン、ダンプトラックがある。近年では、サイレントパイラーも現地で調達可能である。

(2) 輸入調達

現地で調達不可能なもの、あるいは調達できるが品質的に信頼できない資機材、供給量が不十分でかつ高価と判断される資機材は、日本または第三国からの調達とする。輸送経路は、海上輸送を横浜港(又は神戸港)～シアヌークビル港とし、シアヌークビル港からはプノンペン都までは陸送とする。

(a) ダクタイトル鑄鉄管、バルブ、計装装置

下水管渠に使用するダクタイトル鑄鉄管はカンボジア国内では生産しておらず、日本または代理店を通じた第三国からの調達となる。本計画においては、日本のメーカーが生産拠点を持つ日本製または第三国製のダクタイトル鑄鉄管を使用する計画とする。仕切弁や逆止弁をはじめとする弁類、流量計や水位計等についても、制水機能や流量調整等、高い品質が求められるので日本のメーカーが生産拠点を持つ日本製または第三国製とする。

(b) 機械・電気設備

処理場施設内におけるポンプ類及び制御盤、遮集施設におけるポンプ類についてもカンボジア国内では製造されておらず入手が困難である。そこで、機械・電気設備機器については日本調達を原則とするが、ベトナム製、タイ製などで仕様を十分に満たす製品がある場合は第三国調達とする。

表 R 3.2.16 調達区分

項目 品名	調達区分			備考
	現地	日本国	第三国	
セメント	○			
アスファルト混合物	○			
砕石・砂、盛土材	○			
鋼矢板・軽量鋼矢板	○			鋼材はベトナム製/タイ製が殆どであり、現地で調達可能である
形鋼(L・H 型鋼)	○			
鉄筋	○			
下水処理場機械・電気設備材		○	○	
ダクタイトル鑄鉄管		○	○	
ポリエチレン管	○			
鋼管	○			
仕切弁		○	○	
空気弁		○	○	
流量計		○	○	
水位計		○	○	
マンホール蓋	○	○		
ポンプ及び制御盤		○	○	
その他機器設備		○	○	
屋根防水シート	○			
塗料	○			
コンクリートブロック	○			
PC 基礎杭	○			
型枠・支保資材	○			
燃料	○			
金属建具	○			
木製建具	○			
避雷設備	○			

出所：調査団

3.2.4.7 初期操作指導・運用指導等計画

本プロジェクトの実施機関は、プノンペン都の公共事業運輸局(DPWT)であり、本プロジェクトにより建設される下水処理場の運営維持管理は DPWT が主となり実施することとなる。

DPWT の中に排水ポンプ場・下水処理場室(以下、DSO : Drainage Pumping Station and Sewage Treatment Plant Office)があり、DSO が実務を行うこととなる。プノンペン都には下水処理場が存在しないことから、DSO は現在、排水ポンプ場、排水管渠、排水路の維持管理を行っている。下水処理場の運営維持管理の経験はない。

下水処理場の機械電気設備はカンボジアに初めて導入される機械が多くあるため、機械の使用方法や日常的な機材のメンテナンス方法については、メーカーの専門技術者による実施機関の操作要員に対する初期操作指導が必要である。機械の操作方法以外の運転維持管理に必要な技術移転はソフトコンポーネントにて実施する。

3.2.4.8 ソフトコンポーネント計画(※ソフトコンポーネント計画は別添)

プノンペン都において、下水処理場を用いた污水対策を実施するのは初めての経験であり、下水処理場の運転維持管理の経験を有する職員はいないことから、本プロジェクトで建設する下水処理場を持続的かつ効率的に運営するため、本プロジェクトの実施を機に、それらの職員の養成、能力強化を実施する必要がある。

本プロジェクトにて建設された下水処理場の維持管理は、DSO が担当する。現在、DSO において、下水処理場の運営維持管理に従事する職員は 2 名の正規職員のみであり、ポンプ場、下水処理場及び湖沼/排水路維持管理セクションに所属している。しかしながら、現在、プノンペン都において下水処理場は稼働していないことから、その 2 名は、ポンプ場及び湖沼/排水路の維持管理に従事している。

よって、本プロジェクトにおいては、下水処理施設の運営維持管理に係る技術移転や訓練指導に係るソフトコンポーネント、具体的には、水処理施設及び汚泥処理施設の運転、汚泥処分、水質管理等、下水処理場を持続的に運営維持管理するために必要な技術移転及び能力開発を実施するものとする。

一方、下水処理場は、電気代、薬品代、汚泥処分費用、設備の修繕/更新等、様々な費用が定期的にかかる施設であり、それらを賄う資金が確保されていない場合は、下水処理場の運転の継続が不可能となる。

プノンペン都では、これまでに自国資金や我が国による支援による排水施設(排水路/排水管/ポンプ場)のストックが多くあり、これらの施設の運営維持管理にも多額の費用が必要となることから、下水処理場運営維持管理費用を正確に把握し、それらを的確に調達するための、予算及び支出管理が必要である。

よって、本プロジェクトでは、DPWT の予算を管理する部局である Finance and Planning Office と実際に下水処理場の維持管理に従事する DSO の Administration and Personnel Section に対して財務計画に係る技術移転を行う。なお、本プロジェクトにおいては、財務管理について適切な予算管理及び支出管理に必要とされる知識・技術の習得を目指すものとし、公営企業会計に係る高度な知識・技術の移転は含めないものとする。

以上をまとめ、本プロジェクトにおいて下記2点のソフトコンポーネントを実施するものとする(ソフトコンポーネント計画の詳細は、[資料]5を参照)。

- 下水処理場の運転・維持管理能力強化
- 下水処理場運営に係る財務計画策定支援

3.2.4.9 実施工程

本計画は、日本政府とカンボジア政府の間で交換公文(E/N)が締結された後、JICA とカンボジア政府による贈与契約(G/A : Grant Agreement)に基づき、日本の無償資金協力事業によって実施される。事業の実施には、E/N 締結後から入札業務を含む実施設計に13ヶ月、その後、業者契約、ソフトコンポーネントを含む建設工事に37ヶ月を要し、全体で50ヶ月である(図 R 3.2.34 及び図 R 3.2.35 参照)。

項目	年 月	2019					2020												
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
契約	交換公文締結(E/N)																		
	無償資金拠出協定締結(G/A)																		
	コンサルタント契約																		
上 程 設 計	現地調査																		
	国内解析・詳細設計																		
	入札図書作成																		
	入札図書承認																		
	PQ公示																		
	図渡し・現説																		
	入札																		
	入札評価																		
	業者契約																		

図 R 3.2.34 実施工程表(詳細設計)

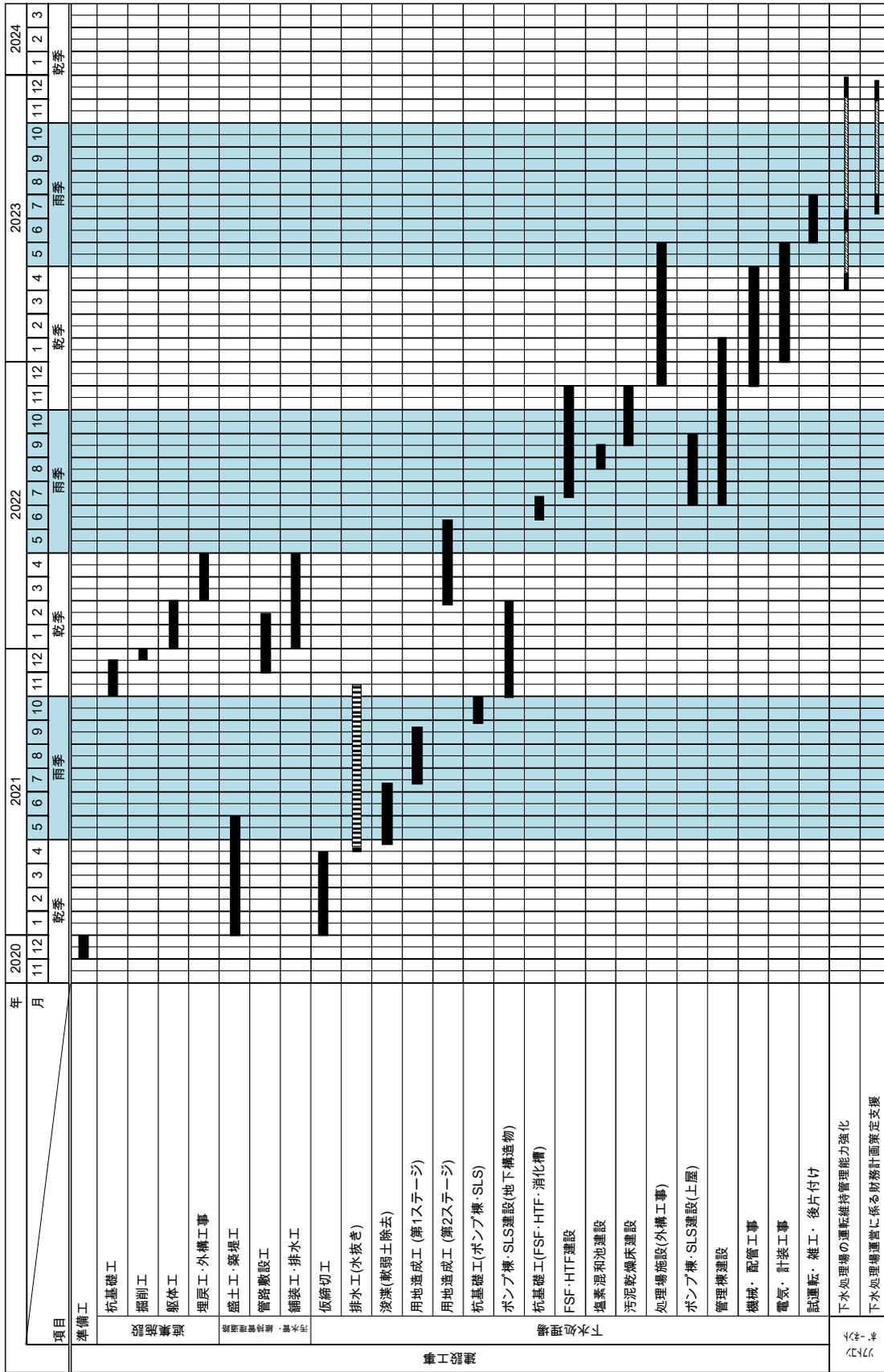


図 R 3. 2. 35 実施工程表 (建設工事)

3.3 相手国側負担事業の概要

本事業実施に際して相手国側に求められる措置及び作業は、以下のとおりである。

(1) 無償事業実施全般における基本的負担事項

無償資金協力事業の実施全般においてカンボジア側に求められる基本的な負担事項は、以下のとおりである。

- (i) 本事業の工事開始前に、事業実施に必要な土地を確保する。
- (ii) 本事業実施場所までの配電、給水を行う。
- (iii) 工所用資機材の陸揚げ、輸入通関に係る手続き、及び関税の免税措置を速やかに実施する。
- (iv) 本事業実施に従事する日本国民及び日本企業が、承認された事業実施契約に基づき調達する資機材に対して、及び業務遂行上において、カンボジア内で課せられる付加価値税、関税、及び、その他の税、ならびに、財務課徴金を含む各種税の免税を保証し、免税手続きに必要な手続きを行う。
- (v) 本事業実施に関し、承認された事業実施契約に基づく資機材調達及び業務に従事する日本国民及び第三国民が、役務を円滑に遂行するためカンボジアへの入国及び滞在に必要な便宜を与える。
- (vi) 本事業実施における施設建設、資機材運搬、及び資機材据付に必要な費用のうち、無償資金協力でカバーできない全ての経費を負担する。
- (vii) 本事業で建設された施設／機材を適性かつ効果的に維持管理し、使用する。また、運営・維持管理に必要な要員と予算を確保し、無償資金協力でカバーできない全ての経費を負担する。
- (viii) プノンペン都は銀行取極め(B/A¹)を行い、B/A を締結した銀行に対し、支払い授權書(A/P²)の通知手数料及び支払い手数料を負担する。

(2) 本無償資金協力事業の実施に特有の負担事項

本無償資金協力事業の実施に特有の相手国負担事項は以下のとおりである。

1 銀行取極め(Banking Arrangement : B/A)

被援助国政府は、JICAからの援助資金の受入れ・支払いのため、日本の銀行に自国(中央銀行またはプロジェクト実施担当省庁)名義の口座を開設する。この日本の銀行は、被援助国政府／実施機関または指定当局から当該無償資金協力の援助資金の受払いに係る代理人(Agent Bank)指名を受け、被援助国政府／実施機関または指定当局と銀行取極めを締結する。

2 支払授權書(Authorization to Pay : A/P)

コンサルタント及び業者に対する支払いは、B/Aを締結した日本の銀行から行われる。この支払いの手続きの執行権を被援助国政府(指定当局)が日本の当該銀行に授与する旨通知する証書を支払授權書という。無償資金協力事業実施契約締結に伴い、被援助国政府側の契約当事者の依頼に応じて被援助国政府は本邦銀行に対してA/Pを発給する。本邦契約者(コンサルタント及び業者)は、JICAによる認証済契約書と被援助国政府から発給されるA/P(写)を受け取り、支払い手続きを行う。

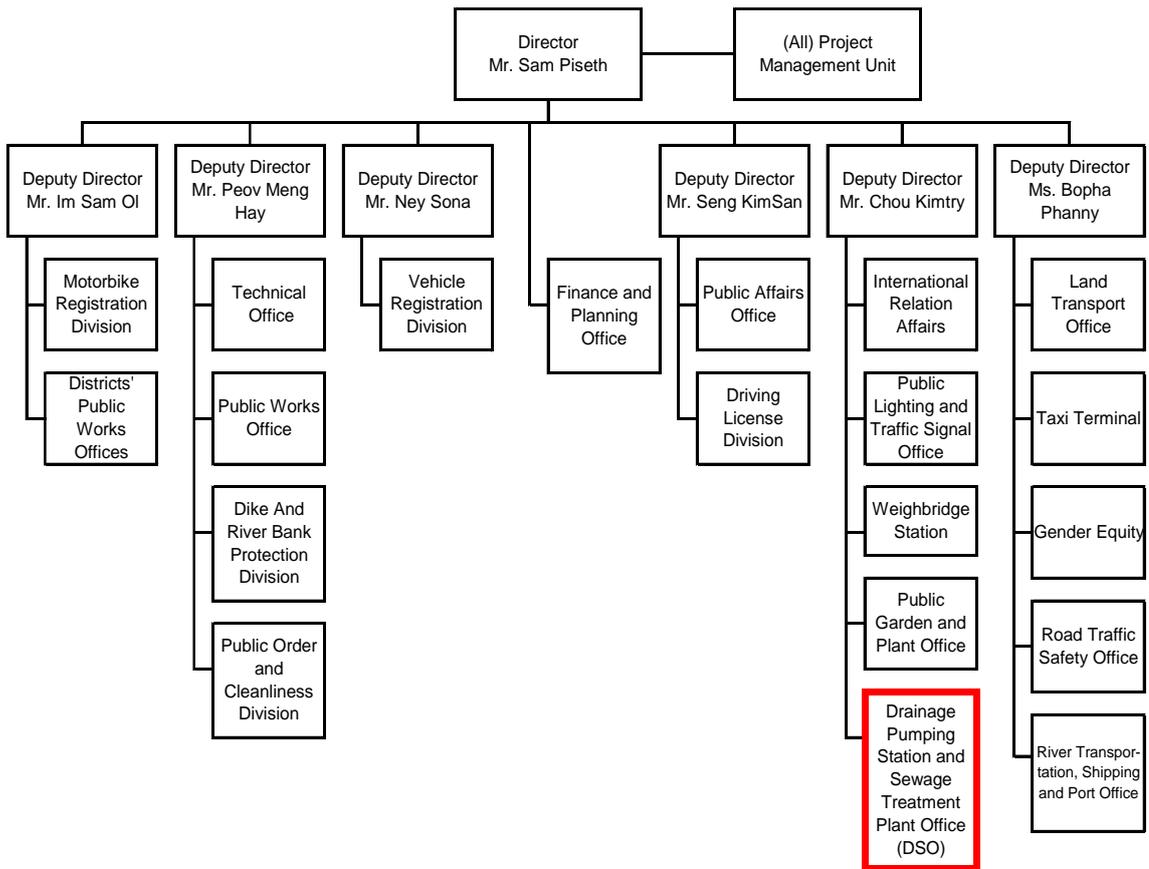
- (i) EIA の認可を取得するとともに、履行に必要な予算を確保する。また、ARAP に基づき、住民/家屋移転に必要な予算を確保するとともに移転措置・補償を実施する。
- (ii) 下水処理場用の地権変更承認を得て、水路管理道路及び汚水導水管敷設の建設許可を取得する(なお、本手続きは 2018 年に終了)。
- (iii) 工事用現場事務所、作業場、資材置場等に必要な仮設エリアを確保する。
- (iv) すべての工事エリアにおいて工事実施前までに不発弾・地雷の探査及び除去を行う。
- (v) 電力使用申請
本無償資金協力事業で建設する下水処理場及び遮集施設で商用電源を使用するためには、EDC に使用許可申請し、電力計を設置しなければならない。これら電力使用のための接続手数料、電力計設置料はカンボジア側が負担する。
- (vi) 水道使用申請
本無償資金協力事業で建設する下水処理場及び遮集施設で上水道を使用するためには、PPWSA に使用許可申請し、水道メータを設置しなければならない。これら上水道使用のための接続手数料、水道メータ設置料はカンボジア側が負担する。
- (vii) 工事实施中、EMP 及び EMoP を履行する。また、四半期ごとにプロジェクトモニタリング報告書(環境モニタリング含む)を作成し、JICA へ提出する。

3.4 プロジェクトの運営・維持管理計画

本計画完了後の施設運営・維持管理は、プノンペン都公共事業運輸局(DPWT、図 R 3.4.1)が担当する。

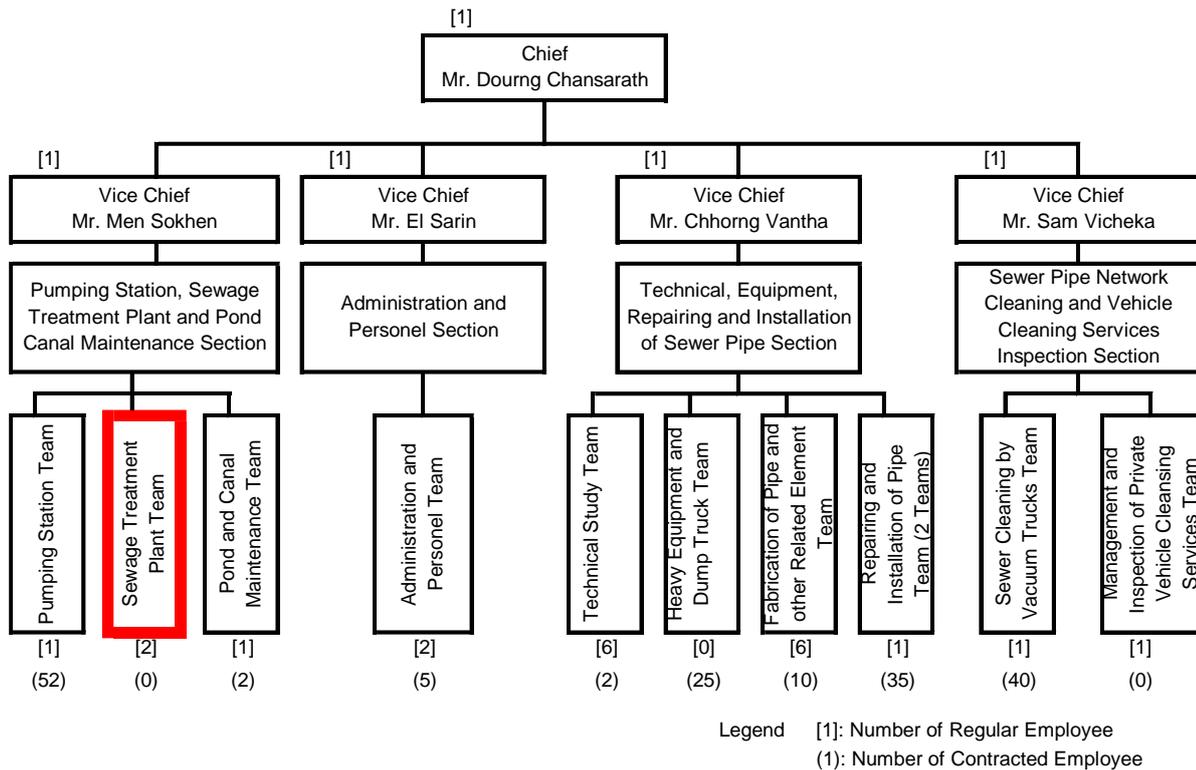
(1) 運営・維持管理体制

本計画で建設される下水処理場及び遮集施設の運営・維持管理の実作業は、DPWT 傘下の排水ポンプ場・下水処理場室(DSO、図 R 3.4.2 参照)が行う。同室は、現在プノンペン都内の排水施設の保守・維持管理を担当している。



出所：DPWT

図 R 3.4.1 公共事業運輸局(DPWT)組織図



出所：DPWT

図 R 3.4.2 排水ポンプ場・下水処理場室 (DSO) 組織図

DPWT の職員数の内訳を次表に示す。

表 R 3.4.1 DPWT 職員の内訳

部門	正規職員数	契約職員数	合計
1. 統括部門	8	-	8
2. 広報室	8	5	13
3. 財務・計画室	12	2	14
4. 技術室	19	4	23
5. 公共事業室	28	37	65
6. 陸上運輸室	18	6	24
7. 河川運輸・フェリー・港湾室	-	-	-
8. 道路交通安全室	-	-	-
9. 公共施設清掃課	6	19	25
10. 堤防・護岸課	3	-	3
11. 排水ポンプ場・下水処理場室(DSO)	26	171	197
12. 街灯・信号室	6	16	22
13. 公園・植栽室	16	279	295
14. 車両登録課	51	14	65
15. モーターバイク登録課	22	14	36
16. 免許証課	44	3	47
17. 区部公共事業室	30	-	30
合計	297	570	867

出所：DPWT

備考：契約職員は、1年単位で DPWT と直接雇用契約を結び、作業に従事している労務者

下水処理場の運営維持管理を実施する職員は、排水ポンプ場、下水処理場及び湖沼/排水路維持管理セクションに属し、下水処理場の運営維持管理に従事する職員は、2名の正規職員のみ

である。しかしながら、現在、プノンペン都において下水処理場は稼働していないことから、その2名は、ポンプ場及び湖沼/排水路の維持管理に従事している。

PPCC または DPWT は、新規下水処理場の初期運転指導/ソフトコンポーネントが開始するまでに、下水処理場の運営維持管理に従事する人材を配置または新規雇用する必要がある。

(2) 運営・維持管理方法

(a) 下水処理場建設後の運営維持管理関連の業務分担

下水処理場建設後の運営維持管理関連の業務は、下水処理場を含めた下水道事業の管轄、下水処理場本体の運営維持管理、水質管理等から構成される。その業務の詳細と分担を次表のように提案する。

表 R 3.4.2 下水処理場建設後の運営維持管理関連の業務分担

組織		主な業務内容
PPCA		<ul style="list-style-type: none"> ● 下水道事業全体の管轄 ● 予算確保
MIH 及び MOE		<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理区域内の事業場/工場からの排水のモニタリング及び指導
DPWT	Finance and Planning Office	<ul style="list-style-type: none"> ● 予算案執行、予算管理 ● 資産管理(ポンプ場/排水路/管渠網/下水処理場)
	Public Affairs Office	<ul style="list-style-type: none"> ● 広報 ● 環境教育
	DSO Administration and Personnel Section	<ul style="list-style-type: none"> ● 庶務、予算案執行、予算管理 ● 広報 ● 環境教育
	DSO Pumping Station, Sewerage Treatment Plant and Pond Canal Maintenance Section.	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理場の水質管理 ● 運営維持管理計画の立案(ポンプ場/排水路/下水処理場) ● 運営維持管理の実施(ポンプ場/排水路/下水処理場) ● 資産管理(ポンプ場/排水路/下水処理場)
	DSO Technical, Equipment, Repairing, and Installation of Sewer Pipe Section	<ul style="list-style-type: none"> ● 運営維持管理計画の立案(管渠網) ● 運営維持管理の実施(管渠網) ● 資産管理(管渠網) ● 各戸接続に関する指導
	DSO Sewer Pipe Network Cleaning and Vehicle Cleaning Services Inspection Section	
DSO 各施工管理グループ	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全/衛生管理 	

出所：調査団

(b) 下水処理場の運営維持管理スタッフ

下水処理場の運営維持管理スタッフを、次表のように提案する。スタッフは全部で11人態勢とし、管理責任者、機械/電気技術者、水質管理技術者、事務員、作業員(水処理/汚泥処理施設)から構成される。

表 R 3.4.3 下水処理場の運営維持管理スタッフ

職種	人数	職務
管理責任者	1	施設管理者
機械/電気技術者	2	汚水施設(機械電気設備)の運転管理
水質管理技術者	1	サンプリング及び水質分析
事務員	1	庶務、広報(見学者の案内等)
作業員(水処理施設)	2	スカムの除去、施設清掃
作業員(汚泥処理施設)	4	汚泥積み込み作業、施設清掃
合計	11	

注: 1) 夜間は作業員を常駐させないが、携帯電話を用いた遠隔監視システムを構築する。

2) BOD など手分析が必要な項目については、MOE のラボにサンプルを持ち込み、分析を行うものとし、水温、DO、pH 等の簡易分析のみを下水処理場内で実施する。

出所: 調査団

(3) 下水処理場の運営維持管理スタッフの帰属について

本プロジェクトで建設する下水処理場は、全体能力(282,000 m³/日)に対して、処理能力(5,000 m³/日)のみの建設規模で整備の初期段階であることから、本プロジェクトの実施に併せて、Vice Chief を擁する独立した部署の設立は行わないものとし、下水処理場の運営維持管理スタッフは、**図 R 3.4.2** に示す DSO の下水処理場チームに帰属させるものとする。

3.5 プロジェクトの概略事業費

3.5.1 協力対象事業の概略事業費

(1) 日本側負担経費

施工・調達業者契約認証まで非公表

(2) カンボジア国負担経費

相手国側負担事項		相手国負担金額	円換算金額
1	用地取得/補償費	約 60,200 ドル	約 6.7 百万円
2	不発弾(UXO)調査費用	約 588,500 ドル	約 65.8 百万円
3	支払授權書時の銀行支払い手数料 (日本側負担経費総額の 0.22%と仮定)	約 52,800 ドル	約 5.9 百万円
4	建設段階での実施機関による環境モニタリング(全 12 回分)	約 39,100 ドル	約 4.4 百万円
5	電力接続料	約 4,900 ドル	約 0.5 百万円
6	上水道接続料	約 500 ドル	約 0.1 百万円
合 計		約 746,000 ドル	約 83.4 百万円

注：上記金額は、2019 年 5 月情報による。1 ドル=111.84 円として換算。

(3) 積算条件

①積算時点 : 2018 年 9 月

②為替交換レート : 1 US\$ = 111.84 円 (アメリカドル対日本円)

為替交換レートは、2018 年 6 月 1 日～2018 年 8 月 31 日の平均値(TTS レート)とした。

③施工期間 : 詳細設計、工事(機材調達を含む)の期間は、施工工程に示したとおり。

④その他 : 積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3.5.2 運営・維持管理費

(1) 下水処理場の維持管理費

下水処理場の運営維持管理費(人件費、電気代、薬品代、汚泥処分費、修理・修繕費、更新費等)を、機器の更新費用の要否で整理すると次表のとおりとなり、本事業における年間の運営維持管理費用は、機器の更新費用を含まない場合は 200,573 USD、含む場合は 433,271 USD と見積もられる。

表 R 3.5.1 本事業における年間運営維持管理費用

費用項目	単位:USD/年	
	更新費用を 含まない場合	更新費用を 含む場合
人件費	39,624	39,624
電気代	90,384	90,384
薬品代	13,884	13,884
汚泥処分費	5,957	5,957
水質モニタリング費	1,440	1,440
修理・修繕費(機械/電気機器)	46,540	46,540
更新費(機械/電気機器)	0	232,698
水路管理道路修理・修繕費	2,745	2,745
合計	200,573	433,271

出所：調査団

(2) 運営維持管理費に係る経済評価

運営維持管理費は、下水道使用者が負担すべきものである。JICA の「内部収益率(IRR)算出マニュアル」によると、下水道サービスに対する支払い可能額は、1 世帯あたりの可処分所得の 2%とされている(本マニュアル P29 参照)。プノンペン都における 1 世帯あたりの可処分所得を次表に示す。

表 R 3.5.2 事業実施前後の年間運営・維持管理費の比較

エリア	Riel	USD
カンボジア全国平均	1,947,000	486.75
プノンペン都	2,833,000	708.25
他地域(都市)	2,482,000	620.50
他地域(農村等)	1,749,000	437.25

注 1USD=4,000Riel

出所：2017 年 社会経済調査 計画省国家統計研究所

2008 年センサスによると、プノンペン都における 1 世帯あたりの人数は 5.08 人である。一方、本プロジェクトでカバーされる人口は、19,000 人であるため、その世帯数は 3,740 世帯 (=19,000/5.08)と推算される。これより、年間の支払い可能総額は、以下のとおりとなる。

$$(708.25 \times 2\%) \times 3,740 \times 12 = 635,725 \text{USD.}$$

上記の支払い可能額から判断すると、本プロジェクトの運営維持管理費用は十分に負担可能であると判断できる。

一方、近年、プノンペン都が支出する下水・排水関連支出額の推移を次表に示す。本プ

プロジェクトの運営維持管理費用をこの支出額と比較すると、最も支出が少ない年である2014年の場合(13,031百万リエル、または3.26百万USD)、支出総額の6.2%(更新費用を含まない場合)、あるいは13.3%(更新費用を含む場合)となる。直近の2017年値(56,738百万リエル、または14.18百万USD)と比較すると、支出総額の1.4%(更新費用を含まない場合)、あるいは3.1%(更新費用を含む場合)となる。このことから、近年、プノンペン都が支出する下水・排水関連支出額から見ても、本プロジェクトの運営維持管理費用は、十分負担可能な額であると判断できる。

表 R 3.5.3 プノンペン都における下水・排水関係支出額

項目	2013	2014	2015	2016	2017
ポンプ場電気代	5,264.00	4,447.00	3,850.83	5,967.30	6,062.10
ポンプ場燃料代	619.00	419.00	304.80	304.80	160.00
管渠・水路清掃	3,866.00	4,272.00	176.70	667.90	477.59
管渠新設・修繕代	2,774.00	3,181.00	94,943.22	91,161.99	42,825.43
ポンプ場新設/維持管理費	362.00	256.00	15,362.00	51,162.58	7,143.59
ポンプ場維持管理費	450.00	456.00	230.00	160.00	70.00
合計(百万リエル)	13,335.00	13,031.00	114,867.55	149,424.57	56,738.71
合計(百万米ドル)	3.33	3.26	28.02	37.36	14.18

Note) 1米ドル = 4,000 リエル(2013, 2014, 2016, 2017年), 4,100 リエル(2015年)

出所: プノンペン都

第4章 プロジェクトの評価

4.1 事業実施のための前提条件

(1) 用地取得及び建設許可

本事業で計画されている遮集施設、下水管渠及び下水処理場は、公用地(水域)での建設が予定されている。

公用地である土地を下水処理場建設用地へと地権変更する手続き及び建設許可取得については、2018年12月に終了している。しかしながら、施設建設予定地内においては、住民移転は発生しないものの、違法ではあるが区域内における土地所有者及び水生植物を栽培する農家など、総計22件の被影響世帯が存在する。

したがって、プノンペン都は、それら影響世帯への補償を工事開始前までに終了し、施設建設に支障のないよう、違法埋立地内に位置する作業小屋等の既存構造物を撤去することが必要である。

その他、現場事務所、資材置場、仮置場など建設作業に必要となる用地は、工事着工前にDPWTによって手配が完了されていることが必要である。

(2) 環境影響評価承認取得

本事業（JICA 環境社会配慮ガイドラインの環境カテゴリーでは「B」に分類）実施のため、カンボジア国の環境影響アセスメントの関連法規に従い、以下の手続きが必要となる。

- EIA 手続きに係る副法令(No. 72 ANRK.BK, 1999)にて、「全ての規模の汚水処理施設」について、EIA の調査実施が規定されており、簡易環境影響評価(IEIA)ではなく、EIA 調査の実施が必要である。
- EIA 調査は、カンボジアの環境省に登録された環境影響評価の専門コンサルタント会社に委託しなければならない。
- 200 万ドルを超える事業規模であることから、環境省による EIA の承認を受ける。

本準備調査では、現地再委託により EIA 調査を実施しており、調査団は EIA 調査報告書を2019年4月中旬にプノンペン都に提出している。環境省による EIA 審査には6ヶ月程度を必要とすることから、同 EIA は2019年10月頃に承認を受ける見込みである。

(3) UXO 調査の完了

本事業の施設建設予定地には、地雷及び不発弾が存在する可能性があるため、プノンペン都は、工事開始前までに予算を確保し、その調査及び撤去を実施する必要がある。

4.2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入(負担)事項

プロジェクトの効果を発現・持続させるために相手国側が取り組むべき事項を以下に挙げる。

(1) 下水処理場維持管理スタッフの確保及び能力開発

本事業で建設される下水処理場の運営維持管理は、DPWT の DSO が担当する。本処理場の運営維持管理に必要なスタッフは、「3.4」節に示したとおり 11 名であり、プノンペン都は、これらの職員を、本事業で実施される、「下水処理場の運転維持管理能力強化」を含むソフトコンポーネントの開始前までに確保する必要がある。

(2) 継続的な下水処理場の運営維持及び予算確保

下水処理場は、電気代、薬品代、汚泥処分費用、設備の修繕/更新等、様々な費用が定常的にかかる施設である、それらを賄う資金が確保されていない場合は、下水処理場の運転の継続が不可能となる。よって、DPWT は、下水処理場運営維持管理費用を正確に把握し、それらを的確に調達することが求められる。当該費用はプノンペン都が負担するものであるため、DPWT は、プノンペン都に対して、それらの費用担保のための働きかけを継続的に行うことが必要である。

4.3 外部条件

プロジェクトの効果を発現かつ、その効果を持続させることで本プロジェクトの目標が達成される。そのための外部条件は、下記のとおりである。

- カンボジア及びプノンペン都の関連政策が大きく変更されない。
- プノンペン都による急激な運営・維持管理予算の縮小が発生しない。
- 治安状況の悪化が発生しない。

4.4 プロジェクトの評価

4.4.1 妥当性

本事業を実施することの妥当性について、以下に述べる。

(1) 裨益対象規模から見た妥当性

本事業で下水処理場を建設することで直接的に裨益する人口は 19,000 人であり、本事業を皮切りに、プノンペン都内の水環境の改善が進み、対象地域における下痢や腸チフス等の水因性疾病の抑制による衛生環境の向上、対象地域に存在する都民の住居や資産の価値向上効果が期待される。

(2) 住民の生活改善のための緊急性から見た妥当性

本事業対象地域の汚水が放流される Cheung Aek 湖は、面積が 2003 年から 2015 年にかけて大きく減少し自然浄化機能が低下している上に、急激な都内の人口増と相まって、汚水による水質悪化が著しい。また、同湖に接続する排水路から流れ込む汚水からの悪臭等

により、周辺住民の生活環境、衛生面で悪影響を及ぼしていることから、緊急性が高い。

(3) カンボジアの長期開発計画との整合性から見た妥当性

カンボジア政府は「カンボジア国家戦略開発計画 2014-2018」にて、プノンペン都を含む大都市の下水・排水施設の整備と維持を重点項目としている。また、プノンペン都は「都市開発戦略」(2005年)において水質汚濁の防止及び下水処理の促進を目標とし、同戦略に基づく「プノンペン都都市開発計画(White Book on Development and Planning of Phnom Penh)」(2007年)にて下水道整備の優先地域を定め、Cheung Aek 湖における下水処理場の建設を提案していることから、その妥当性は高い。

(4) 環境への影響から見た妥当性

本事業の実施による、環境や社会に対する重大かつ永続的な負の影響は想定されない。むしろ、下水処理場の建設により水質改善が図られ、衛生面、住環境及び社会経済活動などで正の影響が期待される。

(5) 我が国の援助政策・方針との整合性から見た妥当性

本事業は、2014年～2016年にかけて実施された JICA「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」で策定したマスタープラン及び段階的整備計画に合致している。加えて、本事業は、日本国内公的機関より「海外向け技術確認」第一号を受けた本邦固有の下水処理技術の採用を行っており、「質の高いインフラ投資」の推進に向けた、我が国の援助政策・方針と整合性を持った事業であり、高い妥当性を有している。

4.4.2 有効性

(1) 定量的効果

本協力対象事業で建設される下水処理場により、次表のような処理が行われ、19,000人への裨益と、BOD 濃度の減少による公共用水域へ流出する汚濁負荷量の減少が期待される。

表 R 4.4.1 事業実施による定量的効果

指標名	基準値 (2018年実績値)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
汚水処理人口(人)	0	19,000
1日当たり汚水処理量(m ³ /日)	0	5,000
BOD濃度(放流水質)(mg/L)	195	30

出典：調査団

(2) 定性的効果

本事業の実施による下水処理の効果として、下記のような生活環境、衛生環境の改善効果が期待できる。

- 下水処理によって、公共用水域(Cheung Aek 湖)の水質が改善され、臭気等の発生の抑制が図られ、生活環境が改善される。

- 下水処理によって、住民の衛生環境が改善されることが期待され、水因性疾病の発生状況の改善が期待される。

これらの都市環境・衛生環境の改善は、プノンペン都の都市開発戦略の目標である「水質汚濁の防止」及び「下水処理の促進」に合致している。

4.4.3 結論

以上の内容により、本事業の実施の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断されることから、早期の実施が望まれる。

