

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

プルサット市は管理区域内人口として現在約 10 万人弱を擁しているが、実際に給水できている人口は約 3.8 万人（2018 年）にすぎない。同じくスバイリエン市においても管理区域内人口として現在約 10 万人を擁しているが、実際には約 1.5 万人（2015 年）にしか給水できていない。そのため、給水率はプルサット市で 38%、スバイリエン市で 16%程度にとどまっている。MIH 内において周知の数値目標である 2025 年までの都市部の給水普及率 100%達成をめざす両市にとって、上水道施設等の拡張が喫緊の課題となっている。

かかる状況のうち、カンボジア政府は 2016 年 8 月にプルサット市及びスバイリエン市の給水サービス向上を目的とした無償資金協力事業である「プルサット及びスバイリエンにおける地方上水道拡張計画」（以下、本プロジェクトという）の要請を行った（正式な要請書提出は 2017 年 6 月）。

2017 年 6 月～9 月の現地調査で行われたカンボジア側との協議により、プルサット市については、要請に準じた上水道施設の拡張について無償資金協力事業の準備を進めることで合意した。スバイリエンについては、水源の安定性について照査が必要となり、本事業と分けて実施することとなった。

従って本プロジェクトは、プルサット市において、取水施設、導水管、浄水場及び送水管を建設し、配水管網を敷設することにより、安全な水へのアクセス率の向上と安定した給水サービスの提供を図り、もって住民の生活の質向上に寄与することを目的とする。

#### 3-1-2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するためにプルサット市における上水道施設（取水・導水・浄水・送配水施設）の建設、水質管理及び給水接続用等の各種資機材の調達、並びに各種施設の円滑な運営・維持管理に資するソフトコンポーネントを実施することとしている。

これにより、プルサット市において目標年次 2025 年までに管理区域内都市部<sup>1</sup>人口 74,214 人の 86.1%（63,919 人）、管理区域内都市部以外の人口 36,317 人の 30.6%（11,115 人）、管理区域内人口全体 110,531 人の 67.9%（75,033 人）に対して既存浄水場とあわせて 13,860m<sup>3</sup>の給水（日平均）が安定的になされることが期待されている。管理区域は、2015 年 10 月に MIH のエク・ソンチャン長官（当時）の号令の元、全国の地方水道局を対象とした区域の見直しを実施したものに準じている。協力対象事業の主なコンポーネントは以下のとおりである。

---

<sup>1</sup> 都市部の定義は、MOP 発行の「Reclassification of Urban Areas in Cambodia, 2011」では、①人口密度が 200 人/km<sup>2</sup>を超えていること、②農業への従事者人口が 50%より少ないこと、③コミュニティ全体の人口が 2000 人を超えていること、としている。

表 3-1-1 協力対象事業の主なコンポーネント

項目	内容	
上水道施設建設	計画一日最大給水量：6,600m <sup>3</sup> /日	
	新規取水施設 7,260m <sup>3</sup> /日の建設	フロート式取水管 ポンプ室 管理棟 取水ポンプ 2 台設置（内 1 台予備）、 電気設備 高架型沈砂池
	導水管 8.3km 布設	ダクタイル鋳鉄管 350mm
	新設浄水場の建設 （計画浄水量 <sup>*1</sup> ：7,260m <sup>3</sup> /日、計画一日最大給水量：6,600m <sup>3</sup> /日）	急速攪拌池（1 池） フロック形成池（2 池） 横流式沈澱池（2池） 急速ろ過池（4 池） 配水池（2,200m <sup>3</sup> ） 配水ポンプ3台設置（内1台予備、流量制御装置付き） 電気設備、管理棟、薬品注入棟、天日乾燥床ほか
	配水管 81.5km の布設	
機材供与	水質分析機器 機械設備用機材 給水管接続用資機材	
ソフトコンポーネント	浄水施設運転維持管理 送配水施設運転維持管理 生産管理	

注：\*1) 計画浄水量は、計画一日最大給水量を基準とし、これに浄水場内での作業用水、雑排水、その他損失水量を考慮して決定される。本計画では、計画一日最大給水量に 10%の安全を見込み、一日最大給水量 6,600 m<sup>3</sup>/日×1.1＝7,260 m<sup>3</sup>/日を計画浄水量とした。

出典：JICA 調査団

## 3-2 協力対象事業の概略設計

### 3-2-1 設計方針

#### 3-2-1-1 基本方針

本プロジェクトは、住民への給水サービス向上を目標として、カンボジア政府が取り組んでいる都市部における安全な水へのアクセス率の向上に資するため、プルサット市において、上水道施設を拡張・改良するもので、カンボジア政府の要請と現地調査及び協議の結果を踏まえて、以下の方針に基づき概略設計を実施した。

- ① 計画目標年次は、MIH が都市部の給水普及率 100%を周知目標としている 2025 年とする。施設の供用開始から 3 年後となる。
- ② 施設能力の増強は、2025 年の水需要及び既存施設の給水能力を勘案し、日最大給水量 6,600m<sup>3</sup>/日とする。
- ③ 一人一日当り給水量を 100 L/日/人とし、カンボジア国の飲料水基準に定める水質を満足する水を 24 時間各戸接続にて給水する。なお、末端における最小残存水圧は、時間最大時 50kPa 以上を確保する。

- ④ 施設の概略設計にあたっては、カンボジアで広く適用され、プノンペン水道公社が採用している基準及び実施中の無償資金協力事業での設計基準をベースに、日本の「水道施設設計指針」（財団法人日本水道協会）も参考とする。
- ⑤ 機材調達は、カンボジアの要請内容と現状の機材保有状況を勘案し、本プロジェクトで建設される施設の運転維持管理に最低限必要と思われる機材について調達する。
- ⑥ 現地で入手可能な品質の高い資機材を使用する設計とするとともに、カンボジア国で多く使用されている適用可能な工法をできるだけ用いる。
- ⑦ 維持管理上、取水施設については、河川の水位変動及び河床材の流入に対応でき、洪水時の土砂流入による取水ポンプへの影響及び導水管の閉塞等を回避し、安定的な取水が可能な構造とした。
- ⑧ 浄水、送配水施設については、ライフサイクルコスト（Life-cycle cost : LCC）の観点から耐腐食性のある材料を選定した。また、経済性を重視するとともに、既存の技術レベルを参考に、高度な技術を要しない無理のない設計とした。
- ⑨ 貧困層における給水率向上を支援するため、貧困世帯に対する給水装置を調達する。
- ⑩ 施工体制は、現地建設業者の能力、規模、実績を勘案の上、日本の請負業者の下で現地建設業者を十分活用する方針とした。
- ⑪ カンボジアは地震のリスクが小さく、カンボジア国内では地震の履歴に関する情報が無いことから、本件において耐震設計は実施しないこととする。
- ⑫ 本プロジェクトで建設される新規施設を適切に運転維持管理し、水質基準を満足する安全な水を市民に供給できるように、ソフトコンポーネントを計画した。

### 3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

#### (1) 降水量

プルサット市が位置するプルサット川流域を含むカンボジア北西部は、国内有数の稲作地帯となっている。カンボジアの気候は熱帯性モンスーン気候帯に属し、明確に雨期と乾期が分かれている。一般的に5月から10月が雨期、11月から4月が乾期と言われている。1996年から2015年までの平均年間降水量は1,410mm、この期間での最大年間降水量は2008年の1,876mmである。カンボジアの年間平均降水量は東京（日本）の1981年から2010年までの年間平均降水量1,529mmよりも若干少ない（92%）の降水量に相当する。1996年から2015年までのプルサットの月間降水量を表3-2-1及び図3-2-1に示す。図に示したように雨季乾季がはっきりしていることから、特に降雨量が多い時期については、コンクリート打設等影響を受ける作業工程に配慮を行うこととする。

表 3-2-1 プルサットの月平均降雨量 (mm)

Year	Jan.	Feb.	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1996	0.2	10.1	2.3	198.2	269.8	131.2	128.2	133.4	193.4	595.5	132.8	38.7	1833.8
1997	6.2	19.1	20.3	124.0	111.2	176.5	178.3	274.1	266.2	189.4	8.7	0.2	1374.2
1998	0.0	35.2	0.1	64.2	42.2	155.5	138.1	193.6	257.4	237.1	153.5	9.4	1286.3
1999	29.9	0.8	20.9	190.0	229.1	212.5	219.9	112.9	112.0	112.0	111.7	37.4	1389.1
2000	2.5	6.9	35.0	183.4	234.3	229.1	190.9	199.0	182.6	413.5	37.9	25.3	1740.4
2001	0.0	0.0	214.1	25.4	143.4	132.7	79.0	246.8	225.7	170.1	32.8	22.0	1292.0
2002	0.0	0.0	31.5	208.6	82.7	102.0	65.7	314.3	177.0	253.2	139.3	11.6	1385.9
2003	0.0	2.0	245.4	14.8	94.0	210.2	234.0	37.8	207.2	455.8	78.6	1.8	1581.6
2004	2.0	9.8	48.4	65.5	176.0	140.6	143.4	105.0	255.6	103.2	6.3	0.0	1055.8
2005	0.0	0.0	42.8	32.7	140.6	150.3	133.3	195.3	314.5	154.2	84.2	4.5	1252.4
2006	0.0	6.5	88.5	101.8	89.7	180.2	120.0	329.2	199.8	191.7	0.9	82.4	1390.7
2007	0.0	0.3	88.2	123.1	185.7	205.9	43.9	217.9	198.4	197.9	111.9	0.0	1373.2
2008	13.5	7.0	77.0	154.5	218.1	169.4	191.8	314.3	209.8	287.1	228.2	4.8	1875.5
2009	3.6	28.4	56.2	117.9	108.0	130.4	146.1	185.6	175.2	162.7	34.9	132.6	1281.6
2010	0.0	26.7	49.6	81.0	86.8	195.5	161.5	222.4	167.1	277.9	26.6	3.4	1298.5
2011	0.0	0.7	62.7	51.4	114.3	106.1	201.0	214.9	206.1	418.1	69.2	44.0	1488.5
2012	12.1	26.3	156.4	161.5	170.6	57.8	252.6	155.8	248.1	209.5	189.5	8.4	1648.6
2013	0.0	0.0	90.3	93.3	75.7	281.8	225.6	239.3	22.1	132.9	132.9	22.1	1316.0
2014	0.0	0.0	9.3	75.5	72.4	123.6	218.1	124.7	236.3	268.2	0.0	0.0	1128.1
2015	1.9	0.4	54.1	18.3	179.7	84.8	122.1	219.3	128.5	240.4	171.8	4.4	1225.7
Average	3.6	9.0	69.7	104.3	141.2	158.8	159.7	201.8	199.2	253.5	87.6	22.7	1410.9
Maximum	29.9	35.2	245.4	208.6	269.8	281.8	252.6	329.2	314.5	595.5	228.2	132.6	1875.5
Minimum	0.0	0.0	0.1	14.8	42.2	57.8	43.9	37.8	22.1	103.2	0.0	0.0	1055.8

出典：MOWRAM

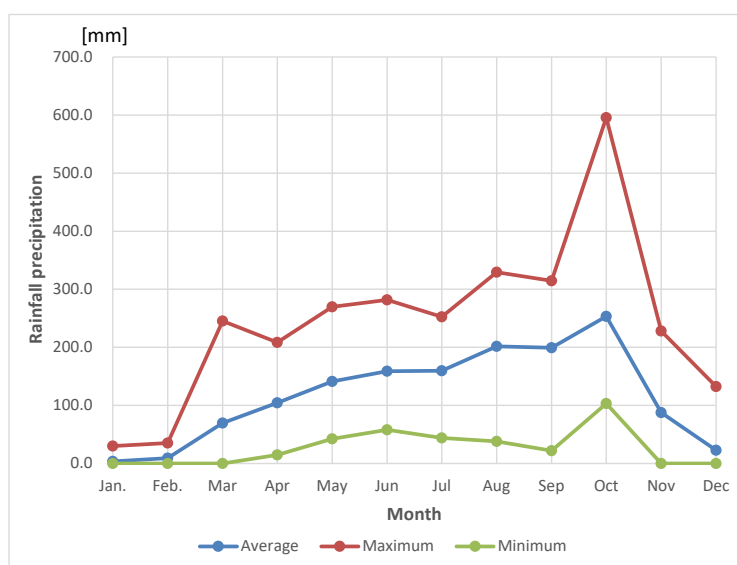


図 3-2-1 プルサットの月平均降雨量 (1996年～2015年)

## (2) 水量及び水位

プルサットに計画される取水施設は、プルサット川の左岸かつ、Damnak Ampil HW 上流側の湛水池から取水する予定である。ADB による Damnak Chheukrom 灌漑システム(DCIS)の計画では、Damnak Ampil HW より下流における正常流量として（上工水  $0.26\text{m}^3/\text{s}$ +環境流量  $4.48\text{m}^3/\text{s} = 4.74\text{m}^3/\text{s}$ ）が 5 年確率渇水時にも年間を通じて一定量河川に放流される計画となつて

いる。またプルサットにおいて、近年の最大渇水年である 2015 年における Damnak Ampil HW 地点での流量は、この渇水年における既存取水地点での水位情報と本調査における流量観測の結果から、9～9.5 m<sup>3</sup>/s 程度と推定される。以上のことから、渇水時において、Damnak Ampil HW 上流側の新規取水地点では 9.0- 4.74m<sup>3</sup>/s=4.26m<sup>3</sup>/s 程度は確保される。本件の将来的な計画上水取水量（既存 7,260m<sup>3</sup>/day x 1.1 = 7,986m<sup>3</sup>/day、新規 6,600 m<sup>3</sup>/day x 1.1 = 7,260 m<sup>3</sup>/day、合計 15,246m<sup>3</sup>/day = 0.18m<sup>3</sup>/s）は、確保できる可能性が高い。

なお、将来の灌漑エリアの拡大を考慮すると、プルサット川で水量が足りなくなること想定されており、対策として Damnak Chheukrom HW の建設が予定されている。また、渇水時の水量配分の優先度については、今後プルサットの関係機関同士の協議により決定される。

### (3) 地形・地質

プルサット市の地質は、新生代の新第三紀～第四紀の玄武岩を基盤とし、その上部を第四紀の沖積堆積物が覆っている。ボーリング調査によると、取水施設付近では地表から厚さ 4～4.5m は粘性土、それ以深は砂質粘土層と粘土質砂層が互層している。粘土質砂層には、わずかに細かい礫を含んでいる。浄水施設付近では地表から厚さ 8.5～9.5m までは砂混りないし砂質粘土層、その以深は砂質粘土層と粘土質砂層が互層している。取水施設付近と同様、粘土質砂層にはわずかに細かい礫を含んでいる。取水施設の床付面は N 値 10 程度の粘土質砂層であり、バックホウでの掘削が可能である。また、浄水施設の床付面は N 値 20 程度以上の砂混り粘土層であり、同じくバックホウでの掘削が可能である。地表から厚さ 8.5～9.5m 以深の粘土混り砂層は、N 値 50 以上の地層となっており、浄水場内の管理棟のような杭基礎構造物の支持層とすることができる。

### (4) 地震

カンボジアにおける地震の有無については、日本の国土技術政策総合研究所の研究成果や UN-OCHA および USGS 作成のハザードマップ等が存在する。これらの資料の中で、カンボジアは地震レベルが最も低い地域に区分され、またカンボジア国内においては地震の履歴に関する情報は存在しない。これらの事から、本件の設計において耐震設計は行わないものとする。

### (5) 水質

水質については、下記の調査結果が得られている。重金属や農薬などの有害物質は検出されていないため、水源の変更や特殊な水処理などは行わない。原水の水質の特徴を考慮した施設設計を行う。

#### (概要)

プルサット水道公社は、土日等の休日を除く日に水質試験を行っている。その結果と JICA 調査団の原水の水質試験の結果、除去が困難な有害物質は検出されていない。濁度は年間のうち、7、8 月がピークで 135NTU が最大であるが、最低濁度は 30NTU 程度と年間を通じての変動は少なく、一定濃度より下がらない。また、水道局による 2014 年～2017 年の土日を除く毎日の原水濁度の実績では、35NTU～639NTU 程度の範囲で変動しており、デイリーデータでは、マンスリーデータよりも一時的に高い値を示すデータも確認されている。一方、年平均の濁度

については、調査団によるマンスリーデータで 60NTU 程度を示しているのに対し、水道局のデイリーデータでは、80～90NTU 程度となっており、水道局によるデイリーデータの年平均値は、調査団によるマンスリーデータの年平均値より概ね 1.5 倍程度の値を示している。当該設計では、雨季の原水濁度上昇に対応するため、高架型沈砂池（詳細は後述）を計画することとしている。濁質に由来する鉄やアルミニウムの濃度が高いが一般的な浄水処理方法によって取り除くことが可能なレベルとなっている。計画施設の取水地点は、既存施設の取水地点よりも約 8km 上流に位置しており、市街地の上流に位置することから既存取水地点と比べて大腸菌群、大腸菌及びアンモニアのような生活排水系汚染を示唆する項目は常に低く検出されている。

#### （農薬）

プルサット川集水域は、農地が広がっており、農業活動からの農薬汚染が懸念されたことから農薬の水質調査を行った。農薬は、2015 年に改定されたカンボジアの飲料水水質基準には含まれていないことから、2004 年版に含まれていた農薬 18 項目及び日本の検疫所で検出頻度の高い農薬 328 項目に関する調査を行った。農薬は、播種時から 1 カ月ほどの期間に散布量が多いため、その時期に相当する 7 月中旬に採水を行ったところ、すべての項目で不検出であった。

#### （ジャーテスト及び塩素要求量）

JICA 調査団のジャーテストの結果、PAC の最適注入率は、最低で 18mg/L、最大で 50mg/L である。塩素要求量は、最大で 1.5mg/L 程度となっている。

#### （給水栓水質）

給水栓の水質について、濁度と残留塩素を検査し、残留塩素が検出されなかった場合は細菌試験を実施した。残留塩素濃度が 0.2mg/L を下回った地点は、調査地点 100 カ所のうち 5 カ所であり、そのうち 1 カ所で大腸菌群が検出された。大腸菌はすべての地点で不検出であった。濁度はすべての地点でカンボジアの水質基準である 5NTU を下回った。

### 3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

プルサットはプルサット州の州都であり、プルサット市での主要産業は、米、トウモロコシ、キャッサバ、豆、野菜等の現金作物の栽培、畜産、漁業等となっている。また同州は地元の消費者や産業ならびに国の人々に役立つ水力発電所の開発を通じて、同国の電力供給の基盤として大きな可能性を秘めている。またキャッサバ加工工場、製紙工場、食品加工工場、建設材料工場等が存在するため、水需要予測の際には先方政府からの提供情報を基にこれら産業需要を考慮した。また、プルサット経由でプノンペンとタイを結ぶ国道 5 号線は、バンコクとホーチミン市を結ぶ重要な ASEAN 高速道路 No.1 の一部を構成しており、本件ではこの道路への管路布設工事を含んでいることから、工事期間中の車両通行と将来の道路計画に配慮しながら管路占有位置や管路計画を策定する。

カンボジアにおける電力供給事業は、EDC が行っている。プルサットへは、プノンペンからのルート、バタンバンからのルート及び EDC の有する水力発電施設からのルートの 3 系統の送電ラインが来ており、プルサットにおける必要電力の供給は可能である。変電所は EDC の

規格仕様に従うため、必要材料供給から施工までを EDC が実施し、その費用をコントラクターが負担する。停電頻度は、雨期における雷や短絡事故により 1 ヶ月に数回程度・3 時間程度の発生を想定しており、長時間型の発電機により対応する計画とする。

#### 3-2-1-4 建設／調達事情、業界特殊事情／商習慣に対する方針

基本的な方針として、現地で調達可能な資機材を使用することとする。カンボジアでは取水施設、浄水施設、配水施設建設に関して多くの実績があり、プノンペンにはこれらの経験を持つ業者が複数存在している。このため、労務者及び建設機材については基本的に現地での調達が可能である。また、主要な建設資材は、セメント、採石、鉄筋、管材であり、これらについても基本的にカンボジア国内での調達が可能である。

ただし、ダクタイル鋳鉄管の一部の継ぎ手はカンボジア国内では生産されていないため、日本または第三国からの調達となる。このほかに、ポンプ類、配水流量システム等についてもカンボジア国内で生産されていないため、日本調達とする。

#### 3-2-1-5 現地業者の活用に係る方針

カンボジア内では、浄水施設、取水施設、導・送配水管、配水池建設についてこれまで多くのプロジェクトが実施されており、国内に経験を持つ建設会社が複数存在する。建設会社によっては汎用施工機械を保有している。よって、本邦建設会社が工程、品質、安全等を管理の下、ローカル建設業者を活用することを基本とする。ただし、高い技術が要求される機材（フロート式取水管）等については、本邦調達とする。

#### 3-2-1-6 運営・維持管理に対する方針

新設及び拡張される水道システムを運営管理するため、PWWs の組織増強が必要である。DIH や水道局に求められる適切な運営・維持管理体制と所属する職員に求められる能力、その体制を構築するプロセスを検討し、ソフトコンポーネントによる支援を検討する。

#### 3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

資機材の調達、建設技術から建設能力に問題なく、水量、水質、電力事情、土地の広さ、施設を管理する職員の能力等の事情から、カンボジアで最も一般的な、急速濾過方式の浄水施設建設を検討する。また、可能な限り施設の建設だけでなく、運転及び維持管理のコストが低減されるように、浄水施設は機械電気設備を少なくし、また薬品処理はカンボジア国で現地調達可能な薬品の選定等を考慮して設計する。エネルギー効率に配慮し、浄水処理を自然流下で行うための施設の設計、配置や工法に配慮する。

#### 3-2-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針

本件の工種は大きく分けて、取水施設の建設工事、浄水場施設の建設工事、導水・配水管の布設工事の 3 種類に大別され、それぞれ同時に施工可能である。また、いずれの工種も通年施工を基本とする。

導水・配水管の布設工事については、総延長が 89.8km（導水管 8.3km、配水管 81.5km）と長距離にわたるため、複数班による施工を計画する。また施工監理体制もこれらに十分対応できる要員配置を検討する。送配水管は、原則、(大きな外圧が発生しない) 路肩部に布設し、また、土被りは、プノンペン水道公社の設計方針に準ずるものとする。道路横断、水路や排水路等の伏越し部では、コンクリートによる防護及び必要に応じて空気弁の設置を行う。

配水管布設において、プルサット市街地から北側に位置する路線の一部では、延長約 10m の既設の木製橋が 4 カ所あり、工事用車両の進入が困難となっており、資機材搬入ができないため、仮設橋梁を建設し工事を実施する計画とする。



## 3-2-2 基本計画

### 3-2-2-1 水需要予測

#### (1) 目標年次

水道事業を管轄する MIH において、都市部の給水普及率を 2025 年までに 100%とする目標が周知設定されており、当国政府は地方都市の上水施設整備を進めている。この国家目標に基づき、本件の目標年次を 2025 年に設定した。

#### (2) 管理区域

水道事業人材育成プロジェクト（フェーズ 2）において作成されたマスタープランの素案、水道局長及び配水担当職員への聞き取り調査、現地確認等を基に設定した将来の PWWs の管理区域は図 3-2-2 のとおりである。2015 年に国政府の指示により管理区域の見直しが実施されており、3 ディストリクト 13 コミューンから構成されている。また都市部は MOP が設定する “Reclassification of Urban Areas in Cambodia, 2011 by National Institute of Statistics, Ministry of Planning” に基づいている。

#### (3) 計画給水区域

プルサット市の 2018 年現在の管理区域内人口は約 10 万人弱と推定されているが、給水人口は約 3.8 万人であり、2025 年の達成を目指している周知目標とかけ離れている。現在、不足する水を天水で賄っている世帯もあり、不衛生な水が疾患の原因となっている状況も確認されている。また、民間のデリバリー業者から割高な水を購入している世帯もあり、水道施設の拡張が求められている。2018 年現在における給水区域、給水人口、給水量の概要は、表 3-2-2 に示すとおりである。

しかしながら、カンボジア側が希望する全てのエリアに給水するのではなく、事業の効率性、人口密度、将来の拡張可能性との兼ね合いを踏まえ、範囲を決定した（詳細は、資料-7.12（プルサット無償対象範囲（計画給水区域の検討））を参照）。

決定した計画給水区域（図 3-2-2 及び図 3-2-3）及び浄水施設規模は、本件における費用便益比の検討により、費用(C)と便益(B)の比が 1 以上となる必要最小規模の計画としている。費用は、供用後のカンボジア国側による施設更新費用及び維持管理費（人件費、電力代、燃料費、薬品費）とし、便益を水道料金収入として検討を行った。

表 3-2-2 プルサット市給水の現況（2018年）

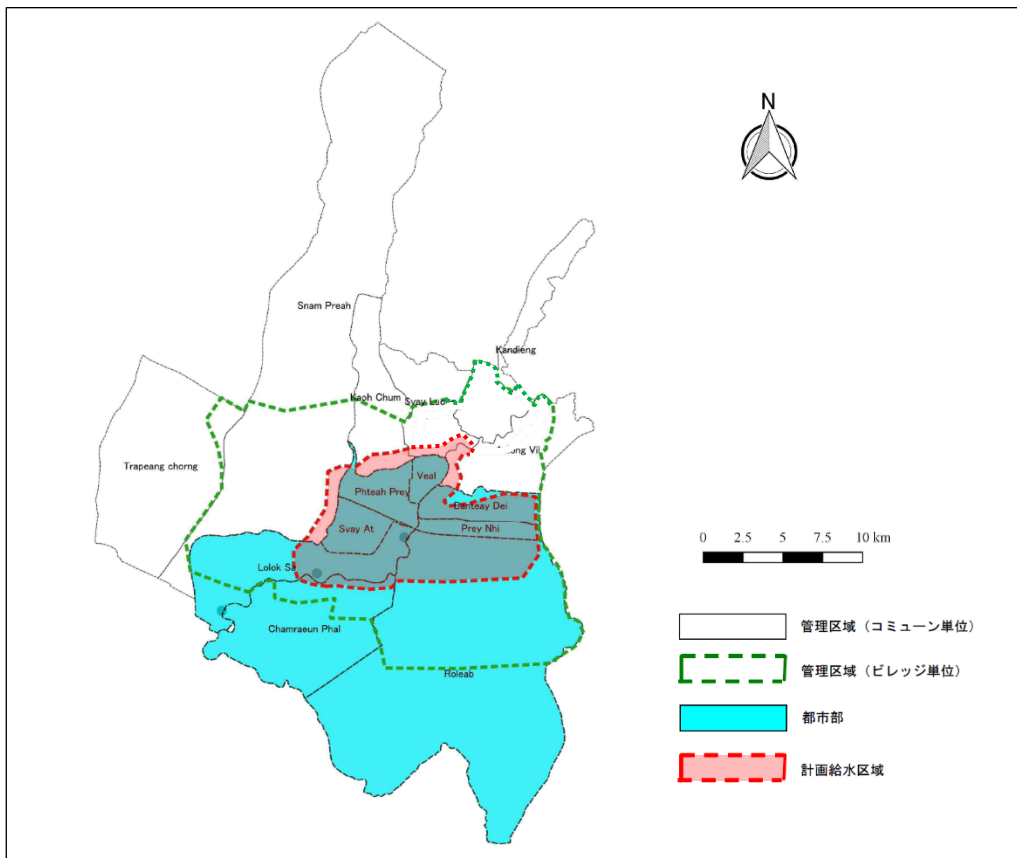
記号	項目	数値
a	管理区域内人口 <sup>*1</sup>	99,691 人
b	管理区域内都市部人口 <sup>*2</sup>	66,332 人
c	給水区域内人口	57,738 人
d	給水区域外都市部区域人口	18,614 人
e1	給水人口（都市部内）	33,658 人
e2	給水人口（都市部外）	4,003 人
f	給水普及率(1) <sup>*3</sup> (=e1+e2/a)	37.8 %
g	給水普及率(2) <sup>*4</sup> (=e1+e2/c)	65.2 %
h	給水普及率(3) <sup>*5</sup> (=e1/b)	50.7 %
i	給水戸数全体（一般家庭用） <sup>*6</sup>	7,657 (7,411) 件

注) 管理区域：2015年にカンボジア国政府からの要請（MIH エクソンチャン長官号令の元）に基づいて PWWs および DIH が将来的に水道を供給し、水道事業を管理すると設定した区域。区域は村単位で設定されており、コミューン単位で設定される都市部の中には、管理区域に含まれない村もある。

給水区域：配水管が布設されていて給水サービスを受けることができる区域。

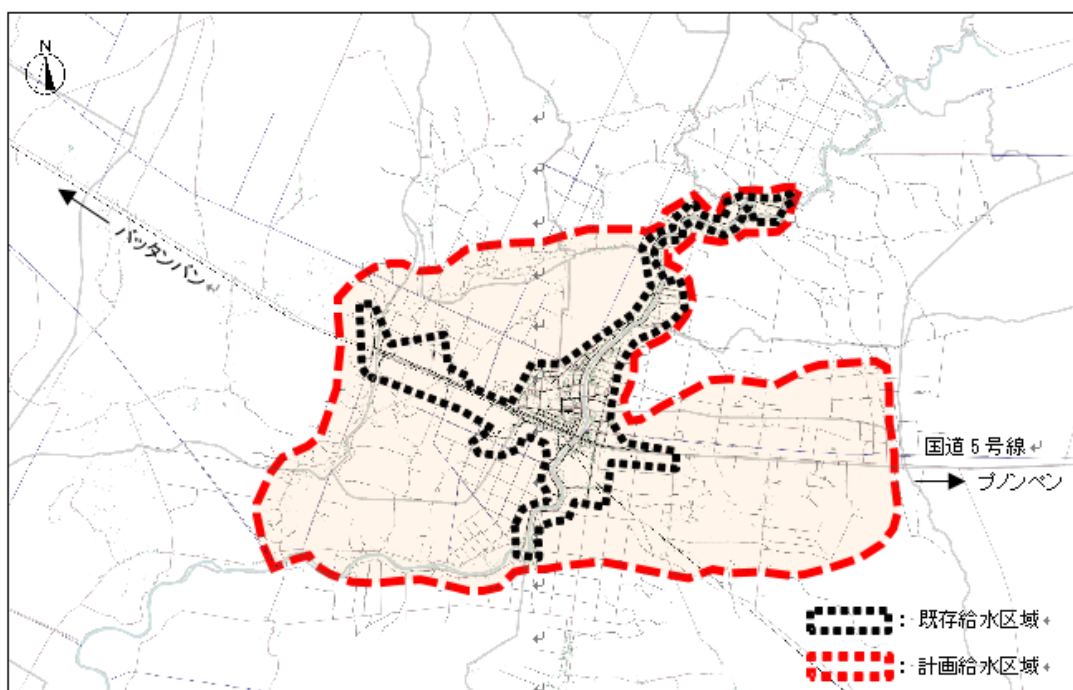
\*1：PWWs 管理区域内人口、\*2：管理区域内都市部人口、\*3：管理区域内人口に対する給水人口の割合、\*4：給水区域内人口に対する給水人口の割合、\*5：都市部区域内人口に対する給水人口の割合、\*6：PWWs 資料（2019年4月現在）

出典：プルサット市水道局、JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-2 プルサットの都市域、水道局の管理区域及び計画給水区域



出典：JICA 調査団

図 3-2-3 プルサットの将来計画給水区域

#### (4) 人口及び人口増加率

カンボジアでは、1998年及び2008年にセンサスが、2013年に中間センサスが実施された。その結果に基づくプルサット州の人口及び人口増加率は表 3-2-3 のとおりである。(出典：Analytical Report No.2 Spatial Distribution and Growth of Population in Cambodia, National Report of Final Results of Cambodian 2008 Population Census)

表 3-2-3 プルサット州の人口

	人口			年間人口増加率	
	1998年	2008年	2013年	1998-2008	2008-2013
プルサット州	360,445	390,047	435,596	0.79%	2.23%

出典：National Institute of Statistics, Ministry of Planning, Cambodia

最新のセンサスが2008年と比較的古いこと、2013年の中間センサスではコミューン単位の人口データは統計されていないことから、今回の検討ではセンサスデータを用いず、PWWsが所有する人口データを用いた。人口データからビレッジ単位で人口増加率を算出した結果は表 3-2-4 のとおりである。





想定すると表 3-2-5 のようになる。なお、本プロジェクトでの拡張対象区域への給水については、施設完成年となる 2022 年より開始される事を想定している。

表 3-2-5 将来の給水区域内人口

ディストリクト	コミュニオン	Urban or Rural	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Bakan	Snam Preah	Rural	3,076	3,076	3,076	3,076	3,076	3,657	3,657	3,657
Kan-dieng	Anlong Vil	Rural	2,596	2,693	2,769	2,846	2,922	3,600	3,688	3,775
	Kandieng	Rural	2,417	2,468	2,500	2,531	2,563	3,027	3,064	3,101
	Svay Luong	Rural	1,931	1,956	1,969	1,982	1,996	2,439	2,455	2,470
	Veal	Urban	4,808	4,923	4,948	4,973	4,998	5,466	5,501	5,535
	Kaoh Chum	Rural	0	0	0	0	0	3,159	3,245	3,330
Krong Pursat	Chamraeun Phal	Urban	0	0	0	0	0	2,603	2,678	2,753
	Lolok Sa	Urban	3,168	3,243	3,275	3,307	3,340	7,402	7,538	7,674
	Phteah Prey	Urban	16,915	17,115	17,243	17,372	17,501	17,629	17,758	17,886
	Prey Nhi	Urban	3,926	4,084	4,174	4,265	4,355	6,121	6,214	6,307
	Roleab	Urban	8,713	9,282	9,436	9,590	9,744	15,099	15,254	15,408
	Svay At	Urban	5,322	5,386	5,492	5,599	5,706	5,813	5,920	6,026
	Bateay Dei	Urban	4,866	5,055	5,125	5,195	5,265	6,493	6,598	6,702
Urban		47,718	49,086	49,694	50,301	50,908	66,626	67,459	68,292	
Rural		10,020	10,192	10,314	10,435	10,557	15,882	16,107	16,333	
合計		57,738	59,279	60,007	60,736	61,465	82,508	83,567	84,625	

注：\*1) urban と rural の区分は、「Reclassification of Urban Areas in Cambodia, 2011: Ministry of Planning (計画省)」の定義に拠る。  
出典：JICA 調査団

## (6) 給水人口、水道普及率<sup>2</sup>及び給水普及率<sup>3</sup>

目標年次における給水人口は、表 3-2-6 及びに示すとおり、目標年の 2025 年では 75,033 人、水道普及率は 67.9%<sup>4</sup> (都市部 86.1%<sup>5</sup>)、接続世帯数は 15,282 世帯となる。これは、計画年の 2025 年に都市部の管路による給水率を 90% というカンボジア国 MIH の目標を考慮しつつ以下のとおり、費用対効果を考慮し計画したものである。

表 3-2-6 のとおり、プルサット水道局の給水実績データに基づく 2018 年時点の給水人口は 37,661 人に対し、2025 年の給水人口は 75,033 人であり、給水人口 37,373 人を増やす計画である。表 3-2-5 記載の 2025 年給水区域内人口 84,625 人と比較すると 9,592 人が給水対象から外れている。これら給水対象外人口は、事業予算が限られることから、費用対効果検討の結果、配水管の布設が経済的でなく、給水区域内ではあるが、給水対象から一部地域を外したものである。

給水対象外の基準は、配水管敷設道路から遠方に点在している家屋等であり、標準的な長さ 5m 程度の給水管にて各戸接続の不可能な家屋を対象としている。接続不可能な家屋の特定に際しては、衛星画像上で主要道路と集落分布の位置関係を明らかにし、主要道路から離れた集落については、ビレッジ単位で給水区域に含めるか、または除外するかの判別をおこなった。

<sup>2</sup> 水道普及率=給水人口÷管理区域内人口

<sup>3</sup> 給水普及率=給水人口÷給水区域内人口

<sup>4</sup> 管理区域内人口に対する水道普及率 = 給水人口÷管理区域内人口 x 100 = 75,033 ÷ 110,531 x 100 = 67.9%

<sup>5</sup> 都市部区域内人口に対する給水普及率 = 都市部区域内給水人口÷都市部区域内人口 x 100 = 63,919 ÷ 74,214 x 100 = 86.1%

MIH は目標年の 2025 年までにおいて、都市部人口の 9 割をパイプ給水でカバーし、残りの 1 割をパイプ給水以外の手段による給水で賄うことを想定しており、都市部 86.1% という計画となっており、この目標はおおむね達成することができる。

なお、日本国内においては一般に、「水道普及率=給水人口÷行政区域内人口」、「給水普及率=給水人口÷給水区域内人口」と定義されている。本件では「管理区域」を、上記「行政区域」と同義として扱っている。

表 3-2-6 将来の給水人口

ディストリクト	コミュニティ	Urban or Rural	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Bakan	Snam Preah	Rural	580	615	627	640	782	1,246	1,579	1,912 (1,745)
Kan-dieng	Anlong Vil	Rural	1,321	1,400	1,428	1,457	1,721	2,430	3,050	3,713 (62)
	Kandieng	Rural	1,095	1,161	1,184	1,208	1,095	1,095	1,095	1,095 (2,006)
	Svay Luong	Rural	1,007	1,067	1,089	1,111	1,007	1,201	1,299	1,398 (1,072)
	Veal	Urban	3,669	3,889	3,967	4,046	4,001	4,568	5,043	5,535 (0)
	Kaoh Chum	Rural	0	0	0	0	0	1,422	2,190	2,997 (333)
Krong Pursat	Chamraeun Phal	Urban	0	0	0	0	0	1,301	2,008	2,753 (0)
	Lolok Sa	Urban	3,001	3,181	3,245	3,310	3,086	5,201	6,404	7,674 (0)
	Phteah Prey	Urban	12,460	13,208	13,472	13,741	13,720	15,045	16,433	17,886 (0)
	Prey Nhi	Urban	3,672	3,892	3,970	4,050	3,843	4,813	5,453	6,139 (168)
	Roleab	Urban	4,362	4,624	4,716	4,811	5,406	7,738	9,505	11,325 (4,083)
	Svay At	Urban	2,518	2,669	2,722	2,777	3,315	4,165	5,069	6,026 (0)
	Bateay Dei	Urban	3,976	4,215	4,299	4,385	4,298	5,177	5,853	6,580 (123)
Urban			33,658	35,677	36,391	37,119	37,669	48,008	55,768	63,919 (4,373)
Rural			4,003	4,243	4,328	4,415	4,606	7,394	9,213	11,115 (5,218)
合計			37,661	39,921	40,719	41,533	42,275	55,402	64,981	75,033 (9,592)

注：\*1) urban と rural の区分は、「Reclassification of Urban Areas in Cambodia, 2011: Ministry of Planning (計画省)」の定義に拠る。

2025 年の( )内の数値は、給水区域内人口のうち、給水対象外とする人口数を示す。

出典：JICA 調査団

表 3-2-7 水道普及率及び給水普及率

記号/計算式	人口/水道普及率/給水普及率	単位	現状 (2018年)	プロジェクトに よる増加	プロジェクト実 施後(2025年)
a	管理区域内人口	人	99,691	—	110,531
b	管理区域内都市部人口	人	66,332	—	74,214
c	給水区域内人口	人	57,738	—	84,625
	c1	内、都市部区域内人口	47,718	—	68,292
	c2	内、都市部区域外人口	10,020	—	16,333
d=b-c1	給水区域外都市部人口	人	18,614	—	5,922
e	給水人口	人	37,661	39,864	75,033
	e1	内、都市部区域内人口	33,658	32,071	63,919
	e2	内、都市部区域外人口	4,003	7,793	11,115
f = (e/a) x 100	管理区域内人口に対する水道普及率	%	37,661÷99,691 x 100=37.8	67.9-37.8= 30.1	75,033÷110,531 x 100=67.9
g = (e/c) x 100	給水区域内人口に対する給水普及率	%	37,661÷57,738 x 100=65.2	88.7-65.2= 23.5	75,033÷84,625 x 100=88.7
h = (e1/b) x 100	都市部区域内人口に対する給水普及率	%	33,658÷66,332 x 100=50.7	86.1-50.7= 35.4	63,919÷74,214 x 100=86.1

出典：JICA 調査団

### (7) 原単位（一人一日当りの給水量）

家庭用一日平均使用水量と給水人口から算出された一人一日平均使用水量は表 3-2-8 に示すとおりである。

表 3-2-8 家庭用一人一日平均使用水量

項目	単位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均
家庭用一日平均使用水量	m <sup>3</sup> /日	2,963	3,215	3,509	4,012	3,695	3,972	
給水人口	人	29,773	32,549	33,572	35,682	36,885	37,661	
家庭用一人一日平均使用水量	L/日/人	<b>99.5</b>	<b>98.8</b>	<b>104.5</b>	112.4	<b>100.2</b>	<b>105.5</b>	101.7

出典：PWWs

過去の実績によれば渇水年で原単位の特異な 2016 年を除いて平均で 101.7L/日/人であった。これは既存区域である市街地での実績であり、拡張区域内住民の生活水準・生活様式等を勘案し、将来の需要予測には 100L/日/人を採用する。

### (8) 用途別一日平均使用水量

用途別一日平均使用水量は表 3-2-9 用途別一日平均使用水量 に示すとおりである。プルサット市の中心部に近い国道沿いでは工場建設の計画もあり、将来商業用および公共機関の水量の割合は年々増加する傾向が見られる。下表の傾向から、家庭用比率はわずかな減少傾向を示しており、業務用の使用水量の伸びが、家庭用使用水量の伸びを上回っている状況が伺え



る。業務用水の将来推計は、直近4年間（2015年～2018年）の実績値の近似曲線から、年180 m<sup>3</sup>/日の水量増加を見込んで推計した。

表 3-2-9 用途別一日平均使用水量

項目	単位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均
家庭用	m <sup>3</sup> /日	2,963	3,215	3,509	4,012	3,695	3,972	
商業	m <sup>3</sup> /日	204	315	579	706	828	841	
公共機関	m <sup>3</sup> /日	250	223	250	331	400	418	
合計	m <sup>3</sup> /日	3,417	3,753	4,338	5,049	4,923	5,231	
業務用水 合計	m <sup>3</sup> /日	454	538	829	1,037	1,228	1,259	
家庭用比 率	%	86.7	85.7	80.9	79.5	75.1	75.9	
業務用水 年増加量	m <sup>3</sup> /日		84	291	208	191	31	180 m <sup>3</sup> /日/年

出典：PWWs

### (9) 漏水率

現在のPWWsの実績データによると、無収水率は過去5年平均で10.8%とかなり低いレベルにある。この数値は配水量の積算値と請求水量により算定している。漏水率については、カンボジアでは計測していないため、カンボジア国内での他案件の実績により推定する。

一般的に無収水率が50%程度と高い場合は、漏水以外の割合が多く、漏水の割合は無収水率の半分程度となる。しかしながら、ある程度の無収水対策を行う場合、漏水も減少するが、漏水以外の損失も大幅に減少するため、結果的に無収水に占める漏水の割合が高くなる。

一方、カンボジアの省令によれば、新規で浄水場を建設する場合に設定すべき無収水率は15%と規定されている。これは、①無収水率は今後既存管の老朽化等により増える可能性があること、②漏水の割合は不明であり、数字には不確定な要素が含まれること、などから安全サイドで考えて15%をベースに検討することが妥当であるとの考えに基づいている。以上を踏まえ、漏水率が無収水率全体の75%を占めると仮定して、目標年次である2025年の漏水率を11.25%に設定し、有効率を88.75%とする。

### (10) 負荷率

PWWsの過去4カ年の実績を表3-2-10に示す。負荷率（一日最大給水量と一日平均給水量の比率）は、下表の実績値のうち、下位3カ年の平均を用い、負荷率82.3%とする。負荷率を大きめに設定した場合、1日平均給水量に対して1日最大給水量の低下を招き、水需要の変動に追従できないリスクを伴う可能性が考えられる。そのため、極力平均的な年の値による平均値を用い、例年に比較して特異な値を示すデータは棄却して平均値を算出し、安全サイドの数値設定とした。

表 3-2-10 負荷率の実績

項目	単位	2015	2016	2017	2018	下位3ヵ年平均
一日平均給水量	m <sup>3</sup> /日	4,886	5,618	5,447	5,747	
一日最大給水量	m <sup>3</sup> /日	5,950	6,856	6,280	6,925	
負荷率	%	<b>82.1</b>	<b>81.9</b>	86.7	<b>82.9</b>	82.3

出典：PWWs

(11) 将来の水需要

以上の各要素を基に計算したプルサット市の将来の水需要予測結果は表 3-2-11 に示すとおりである。目標年次である 2025 年の一日最大給水量は 13,826 m<sup>3</sup>/日と算出された。既存給水能力が 7,260 m<sup>3</sup>/日であるので、本プロジェクトで必要となる給水能力は 6,566 ≒ 6,600 m<sup>3</sup>/日とする。

表 3-2-11 プルサット市の将来水需要

実績 ← → 予測

項目	単位	式	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
管理区域内人口	計	A	40,979	51,597	51,597	97,317	100,422	98,243	99,691	102,418	103,770	105,122	106,475	107,827	109,179	110,531
	都市部	人	35,259	44,043	44,043	65,546	67,539	65,296	66,332	68,542	69,487	70,433	71,378	72,323	73,269	74,214
	農村部	人	5,720	7,554	7,554	31,771	32,883	32,947	33,359	33,876	34,283	34,690	35,097	35,503	35,910	36,317
給水区域内人口	計	B	40,979	51,597	51,597	56,330	57,994	57,543	57,738	59,279	60,007	60,736	61,465	62,194	62,923	63,652
	都市部	人	35,259	44,043	44,043	46,851	48,137	47,566	47,718	49,086	49,694	50,301	50,908	51,515	52,122	52,729
	農村部	人	5,720	7,554	7,554	9,479	9,857	9,977	10,020	10,192	10,314	10,435	10,557	10,678	10,800	
給水人口	計	C	24,652	29,773	32,549	33,572	35,682	36,885	37,661	39,921	40,719	41,533	42,275	43,017	43,759	44,501
	都市部	人	22,011	26,584	29,063	29,976	31,843	32,912	33,658	35,677	36,391	37,119	37,669	38,408	39,147	39,886
	農村部	人	2,641	3,189	3,486	3,596	3,839	3,973	4,003	4,243	4,328	4,415	4,605	4,609	4,612	
水道普及率	計	%	60.2	57.7	63.1	34.5	35.5	37.5	37.8	39.0	39.2	39.5	39.7	51.4	59.5	67.9
	都市部	%	62.4	60.4	66.0	45.7	47.1	50.4	50.7	52.1	52.4	52.7	52.8	66.4	76.1	86.1
	農村部	%	46.2	42.2	46.2	11.3	11.7	12.1	12.0	12.5	12.6	12.7	13.1	20.8	25.7	30.6
給水普及率	計	%	60.2	57.7	63.1	59.6	61.5	64.1	65.2	67.3	67.9	68.4	68.8	67.1	77.8	88.7
	都市部	%	62.4	60.4	66.0	64.0	66.2	69.2	70.5	72.7	73.2	73.8	74.0	72.1	82.7	93.6
	農村部	%	46.2	42.2	46.2	37.9	38.9	39.8	40.0	41.6	42.0	42.3	43.6	46.6	57.2	68.1
給水戸数	計	戸	5,016	6,005	6,475	6,860	7,252	7,510	7,657	8,130	8,293	8,459	8,610	11,283	13,234	15,282
	都市部	戸	4,476	5,359	5,778	6,122	6,472	6,701	6,843	7,266	7,412	7,560	7,672	9,778	11,358	13,018
	農村部	戸	482	577	622	659	696	722	727	864	881	899	938	1,506	1,876	2,264
給水戸数(貧困世帯)	計	戸	672	805	868	919	972	1,006	1,026	1,089	1,111	1,133	1,154	1,512	1,773	2,055
	都市部	戸	582	697	751	796	841	871	890	945	964	983	997	1,271	1,477	1,694
	農村部	戸	77	92	99	105	111	115	116	137	140	143	149	239	298	361
家庭用一人一日平均使用水量	L/日/人	H	106.1	99.5	98.8	104.5	112.4	100.2	105.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
家庭用一日平均使用水量	m3/日	$I = H \times C \div 1000$	2,615	2,963	3,215	3,509	4,012	3,695	3,972	3,992	4,072	4,153	4,227	5,540	6,498	7,503
業務・営業用一日平均使用水量	m3/日	J	390	454	538	829	1,037	1,228	1,259	1,521	1,701	1,881	2,062	2,242	2,422	2,602
有収水量 計	m3/日	$K = I + J$	3,005	3,417	3,753	4,338	5,049	4,923	5,231	5,513	5,773	6,034	6,289	7,782	8,920	10,105
無効水量	m3/日	$L = M - M \times (R/100)$	438	466	447	398	415	380	376	699	732	765	797	986	1,131	1,281
一日平均給水量	m3/日	$M = K \div R \times 100$	3,443	3,883	4,200	4,736	5,464	5,303	5,607	6,212	6,505	6,799	7,086	8,768	10,051	11,386
一人一日平均給水量	L/日/人	$N = M \div C \times 1000$	140	130	129	141	153	144	149	156	160	164	168	158	155	152
一日最大給水量	m3/日	$O = M \div T \times 100$	4,312	4,826	5,647	5,767	6,668	6,114	6,757	7,544	7,900	8,257	8,605	10,648	12,205	13,826
一人一日最大給水量	L/日/人	$P = O \div C \times 1000$	175	162	173	172	187	166	179	189	194	199	204	192	188	184
有収率	%	Q	83.0	84.0	85.8	88.8	89.9	90.4	91.1	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
有効率	%	$R = 100\% - S$	87.3	88.0	89.4	91.6	92.4	92.8	93.3	88.75	88.75	88.75	88.75	88.75	88.75	88.75
漏水率	%	$S = (100\% - Q) \times 0.75$	12.7	12.0	10.6	8.4	7.6	7.2	6.7	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25
負荷率	%	$T = M \div O \times 100\%$	79.8	80.5	74.4	82.1	81.9	86.7	83.0	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3
プロジェクト(工事)期間																
既存給水能力	m3/日		5,760	5,760	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260	7,260
必要給水能力	m3/日											997	1,345	3,388	4,945	6,566

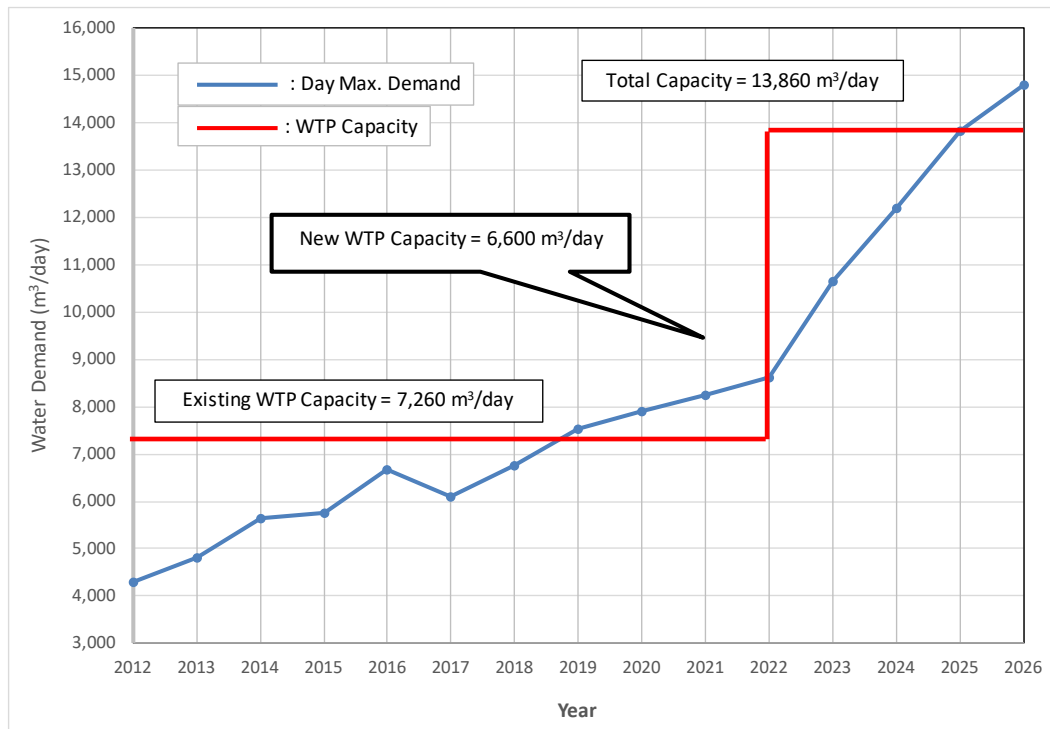


図 3-2-4 プルサット市の給水人口水需要と給水施設能力の関係

以上までの諸元のうち、プルサットの基本的な計画諸元について表 3-2-12 及び表 3-2-13 に示す。

表 3-2-12 基本的な計画諸元の確認その 1

項目	単位	プルサット		
		現状 (2018 年)	プロジェクトによる増加	プロジェクト実施後 (2025 年)
管理区域内人口	人	99,691	-	110,531
都市部人口	人	66,332	-	74,214
給水区域内人口	人	57,738	-	84,625
給水人口	人	37,661	37,372	75,033
給水戸数	戸	7,657	7,625	15,282
給水能力	m³/日	7,260	6,600	13,826
配水管総延長	km	100	81.5km	181.5km

表 3-2-13 基本的な計画諸元の確認その2

項目	単位	プルサット
計画給水人口（2025年）	人	75,003
家庭用水原単位	L/日/人	100
家庭用需要水量	m <sup>3</sup> /日	7,503
総需要に占める非家庭用水の割合	%	25.8
非家庭用需要水量	m <sup>3</sup> /日	2,602
総需要（家庭用＋非家庭用）	m <sup>3</sup> /日	10,105
漏水率	%	11.3
計画日平均給水量	m <sup>3</sup> /日	11,386
負荷率	%	82.3
計画日最大給水量	m <sup>3</sup> /日	13,826
時間係数	-	1.3 <sup>6</sup>
計画時間最大給水量	m <sup>3</sup> /時間	749

---

<sup>6</sup> 時間係数は、プルサット市の既存配水区域の時間係数 1.30 実績を採用することとした

### 3-2-2-2 新規水源

#### (1) 新規表流水源

##### 1) 新規取水地点

砂州の移動を含む河道（特にみお筋）の安定性、河岸の安定性、さらに渇水時の水深と水量確保の観点から、プルサット川下流区間の既存上水取水ポンプ場付近から新規分の水量を取水するケースと、中流区間の Damnak Ampil HW 上流側の湛水池から新規分を取水するケースを比較検討した結果、下記のように Damnak Ampil HW 上流側の湛水池左岸側から新規分を取水すべきという結論に至った（(3) 2) 参照）。なお、プルサット川の流砂量が多いと考えられるため、新規取水施設には沈砂池を設けることとする。

提案する新規取水地点は Damnak Ampil HW から約 220m 上流左岸側である（図 3-2-5 参照）。取水地点の道路から川側は MOWRAM の標高に基づくと、水位が El. 18.0m を超えると浸水が発生する。道路を挟んで反対側の水田は道路が存在することで浸水が発生しない。しかしながら、同 HW の湛水池の既往最高水位が El. 19.0m であるため、取水施設（沈砂池含む）の天端は既往最高水位に余裕高 1.0m を加えた標高（El. 20.0m）以上とする必要がある。

なお、本調査で実施している地形測量の基本のベンチマーク（Bench Mark : BM）から MOWRAM が Damnak Ampil HW 地点に設置している BM の標高を測定すると本調査の方が MOWRAM の標高より 1.675m 高い。そのため、新規取水地点の水位は本調査の標高では以下のようなになる。

#### **Damnak Ampil HW 湛水域における新規取水地点の設計水位**

<u>MOWRAM の BM に基づく標高：</u>	<u>本調査の BM に基づく標高：</u>
HWL: El. 17.50m	HWL: El. 17.50m + 1.675m = El. 19.175m
LWL: El. 14.50m	LWL: El. 14.50m + 1.675m = El. 16.175m
既往最高水位：El. 19.00m	既往最高水位：El. 19.00m + 1.675m = El. 20.675m

(注) 標高差 (1.675m) は本調査の測量による。

## 2) 新規取水地点における渇水流量

近年の最大渇水は 2015 年に発生し、渇水確率は 10～15 年確率と推定される (2-1-4-1 (1) 2)) 参照)。この渇水時の既存上水取水施設地点でのプルサット川の最低流量は約  $10\text{m}^3/\text{s}$  と推定される (2-1-4-1 (1) 5)) 参照)。本調査における両地点の流量観測結果に基づき、同渇水時の Damnak Ampil HW 地点の河川流量は  $9\sim 9.5\text{m}^3/\text{s}$  であったと推定する。さらに、将来 Damnak Chheukrom HW が建設されると、Damnak Ampil HW 地点での 2015 年渇水相当の渇水流量は  $9\sim 9.5\text{m}^3/\text{s}$  より若干小さい ( $0.3\text{m}^3/\text{s}$  以下の差) 程度となると推定される (2-1-4-1 (1) 4)) 参照)。従って、Damnak Ampil HW 地点の 10～15 年渇水時の最低流量は既存及び将来の上水取水量 ( $0.18\text{m}^3/\text{s}$ ) より十分大きく、上水取水量は確保できる可能性が高いと推定される。



出典：JICA 調査団作成、衛星画像：Google Earth

(注) Pursat DOWRAM からの情報：Damnak Ampil HW 直上流左岸側の灌漑水路は 2017 年末より中国資金にて拡張工事が行われる予定（兩岸道路の拡幅及び水路右岸側へ水路幅の拡幅）。

図 3-2-5 プルサット川 Damnak Ampil HW の湛水池左岸において提案する新規取水地点

## (2) 新規取水施設及び新規浄水場の洪水対策

### 1) Damnak Ampil HW 上流側の新規取水施設

Damnak Ampil HW の設計洪水流量は 50 年確率洪水で  $1,100\text{m}^3/\text{s}$  である。日本の河川施設計画基準を参考にして、Damnak Ampil HW の湛水池左岸に取水施設を設置する際、上記の HWL (El. 19.175m) に余裕高 1.0m を加えた標高 (El. 20.175m) 以上を、沈砂池を含む取水施設の天端とする必要がある。

### 2) 新規浄水場施設

新規浄水場サイトは比較検討の結果、Damnak Ampil HW から約 8km 下流の中流区間左岸

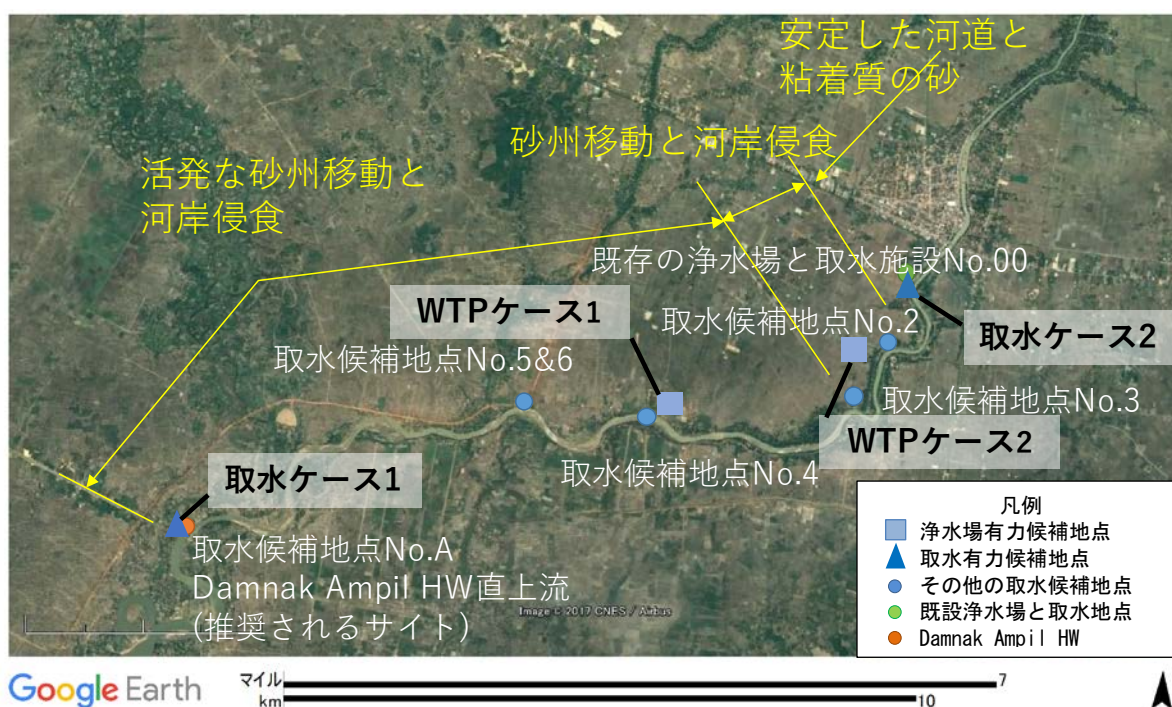
側の現在は水田の場所が選定された。この場所と周辺では2006年と2011年にプルサット川からの洪水氾濫が発生し、その際の氾濫水深は約1mであった（(4) 5参照）。現在、新規浄水場予定地北側（河川と反対側）を東西方向に約1.5mの高さの道路盛土が河川と並行して縦断している。将来、プルサット川からの洪水氾濫が再び発生し、道路盛土で塞き止められて新規浄水場周辺に湛水が発生する場合でも、新規浄水場が浸水しないよう、浄水場の土地は道路盛土に合わせて約1.5mの盛土が必要である。さらに、浄水場入口については20cm程度上げて、氾濫水が浄水場に侵入するのを防止することが望ましい。

### (3) 新規取水候補地点の比較検討

#### 1) 取水候補地点と河道特性

取水候補地点として、PWWs及びDIHからプルサット川沿いの複数の取水候補地点の案が出された。また、これらに加えて、調査団からの案として取水の安定性を考慮し、中流部のDamnak Ampil HWの湛水域から取水する候補地点を追加した。

図3-2-6に取水候補地点と砂州や河岸侵食等の特徴を示す。



出典：JICA 調査団作成、衛星画像：Google Earth

図 3-2-6 プルサット川の取水候補地点と砂州及び河岸侵食の特徴

#### 既存取水地点付近 (Intake Site No.00) :

既存取水地点付近 (Intake Site No.00) では河道が安定し、乾期における水深もあるため、水理的には取水可能である。しかしながら、特に洪水期に大量の粘土質土砂がポンプ内にたまり、ポンプのインペラーとシャフトに損傷が発生している問題がある。

既存浄水場では取水ポンプ施設から送水された水はまず、浄水場内の沈砂池に流入する。新規に取水ポンプ施設を作る場合は、沈砂池をポンプ施設の手前に設置し、0.08mm程度まで



砂を沈降させてからポンプで新規浄水場に送水することが推奨される。

また、新規取水候補地点の両側に家屋があるため、取水施設施工時には家屋に配慮した近接施工が必要となる。

新規取水地点の洪水による浸水深さは 2006 年洪水時の約 1m である。この地点に取水施設を設ける場合は、既往最高水位に余裕高 1m を加えた標高を敷地標高として確保する必要がある。

#### **No.2～No.6 地点：**

No.2～No.6 地点については、現地目視観察及び Google Earth でも砂州が発達していることが確認されるため、流砂により砂州が移動していると考えられる。さらに、湾曲部の外側に位置する箇所（取水候補地点 No.4、No.5 及び No.6 を含む区間）では河岸侵食が発生している。これらの候補地点では砂州の移動及び河岸侵食等の問題があり、取水地点としては推奨されない。

#### **Damnak Ampil HW 上流側地点：**

Damnak Ampil HW から約 220m 上流の左岸側の地点（Intake Site No. A）は、同堰の湛水域から安定的な取水が可能であり、取水地点として推奨できる。

堰の湛水池であり、ある程度粗い砂は沈降するため、取水施設への砂の流入は少ないが、洪水時には砂の流入が発生すると予想できる。このため、取水口の後に沈砂池を設け、0.08mm 程度までの砂を取り除き、その後、ポンプと導水管で新規浄水場へ導水する必要がある。

新規取水地点は MOWRAM の基準ベンチマーク（BM）の標高で水位が El. 18.0m を超えると河川付近で浸水が発生する。既往最高水位は 2011 年洪水時の El. 19.0m である。また、同堰の設計 HWL は El. 17.5m、LWH は El. 14.5m であるが、通常は El. 16.0～16.6m の範囲で水位が変動するよう運用されているとのことである。

Damnak Ampil HW の計画洪水流量は 50 年確率洪水で 1,100m<sup>3</sup>/s である。日本の河川施設等構造令を参考とすると、この地点に取水施設を設ける場合は既往最高水位 El. 19.0m に 1.0m の余裕高を加えた標高以上を取水施設の天端として確保する必要がある。

#### **2) 取水候補地点と新規浄水場候補地との組み合わせでの比較検討**

上記の取水候補地点の比較から、既存浄水場直上流地点（Intake Site No.00）と Damnak Ampil HW の上流 220m の地点（Intake Site No.A）が有力な取水地点候補となる。

取水地点が Damnak Ampil HW 湛水域の場合、新規浄水場の候補地は、取水地点から約 8km 下流の WTP Site No.1 の地点となる（Case 1）。

取水地点が既存取水地点直上流の場合、新規浄水場の候補地は、土地取得の可能性から既存浄水場から約 1.5km 上流の小学校隣の WTP Case 2 の地点となる（Case 2）。

上記 2 ケースの比較検討結果は以下のとおりである。詳細は資料 7.3 に示す。Case 1 は水源としてより安定しており、土砂問題及び社会的問題が少なく、初期投資費用も小さい。欠点は維持管理用の電気代がより高いことである。Site No.5 の新規浄水場における洪水問題は

比較的少ない（1996年と2006年洪水時に氾濫水深約1m）。

Case 2は砂州の移動が少なく滯筋は安定しているが、Case 1と比較すると水源の安定性は低い。Case 2での土砂問題はより大きく、初期投資費用がより高い。しかしながら、維持管理費用はより小さい。Case 2は特に新規浄水場へのアクセス道路に関してより多くの社会問題を有している。さらに、新規浄水場候補地点は1996年洪水と2006年洪水時に氾濫水深約2mの浸水を生じた場所である。

上記の比較検討結果から、2017年8月24日に署名されたM/DにおいてCase 1を採用することでカンボジア側（MIH、プルサットDIH及びPWWs）と日本側（JICA及び調査団）は合意するに至った。

Damnak Ampil HW 湛水池から取水する場合も、0.08mm以上の径の砂を取水後に落としてからポンプで約8km下流のSite No.5地点の新規浄水場まで導水することが望ましい。このため、取水点に沈砂池を設置することが必要である。

### 3-2-2-3 取水施設計画

#### (1) 取水方式

予算制約から、仮設工事がより小規模で、イニシャルコストおよびランニングコストの両面で有利な、フロート式取水管+高架型沈砂池構造とした。以下に比較表を示す。

表 3-2-14 取水方式の比較検討




	取水門付開水路取水方式	取水ポンプ場+高架型沈砂池	取水ポンプ場+地上型沈砂池+送水ポンプ場
概略図			
概要	河川護岸を開削し開水路を設け、流入部に取水ゲートを取り付ける。下流側にスクリーンを設置し、開水路にて河川水を沈砂池まで導く。	フロート式取水管から取水ポンプで取水し、高架型沈砂池に導水し、自然流下で浄水場まで送水する。	フロート式取水管から取水ポンプで取水し、地上型沈砂池を通過させ、送水ポンプ場から浄水場までポンプ圧送する。
ポンプ	・取水ポンプ：横軸片吸込み型ポンプ、2.52m <sup>3</sup> /m、34m、30kW x 3台	・取水ポンプ：横軸両吸込み型ポンプ、5.04m <sup>3</sup> /min、H=36m、45kW x 2台	・取水ポンプ：横軸両吸込み型ポンプ、5.04m <sup>3</sup> /min、H=9m、18.5 kW x 2台 ・送水ポンプ：横軸両吸込み型ポンプ、5.04m <sup>3</sup> /min、H=33m、37 kW x 2台
施工性	河道内の沈砂池施工は、規模が大きく通年施工となる。このため、設計水位をHWLとした鋼矢板2重締切により施工する。 △	河道内施工部分が少なく、乾季施工が可能である。設計水位を平水位とした耐候性大型土による土堤締切により施工する。 ◎	河道内施工部分が少なく、乾季施工が可能である。設計水位を平水位とした耐候性大型土による土堤締切により施工する。 ◎
維持管理	・沈砂池の排砂設備（排砂用クレーン、排砂用ポンプ等）が必要となる。ポンプ圧送にて河川への排砂が必要。また、これらのメンテナンスが必要。 ・ポンプ場が1箇所であり、維持管理は難しくない。 ○	・排砂ポンプが不要となり、高架タンクにドレーン管を設けることで、水頭差で河川へ排砂が可能。 ・ポンプ場が1箇所であり、維持管理は難しくない。 ◎	・沈砂池の排砂設備（排砂用クレーン、排砂用ポンプ等）が必要となる。ポンプ圧送にて河川への排砂が必要であり、メンテナンスも必要。 ・ポンプ場が2箇所に分散するため、2機場分のポンプや機電設備の維持管理・補修が必要となる。また、維持管理要員も2重に必要となる。 △
コスト	・初期コスト：土木建築 485,000 USD 機電 893,000 USD 河川仮設 730,000USD 合計 2,108,000 USD ・維持管理コスト（電気代）：84,000USD/年 △	・初期コスト：土木建築 581,000 USD 機電 833,000 USD 河川仮設 50,000USD 合計 1,464,000 USD ・維持管理コスト（電気代）：67,000USD/年 ◎	・初期コスト：土木建築 492,000 USD 機電 1,134,000 USD 河川仮設 50,000USD 合計 1,676,000 USD ・維持管理コスト（電気代）：91,000USD/年 ○
選定		✓	

## (2) フロート式取水口の計画

フロート式取水口は、カンボジア国内でいくつかの採用実績がある（モンドルキリ・コンボンスプー等）。また、JICA の無償水道案件においても、スーダン国での採用実績がある。一般に、河川流速が比較的小さい箇所採用される形式で、常に水面付近の水が取水できるメリットがある。

### 1) 構造形式の選定

フロート式の取水施設は、これまでの実績から以下の3通りが考えられた。

項目	Case1 レールタイプ	Case2 ポンツーンタイプ	Case3 引き込みタイプ
写真			
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ室が、季節による水位の上下に応じてレール上を上下運動する。</li> <li>・ポンプ室は、電動ウィンチにて引き上げ操作が行われる。</li> <li>・ドライポンプを適用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ室が季節による水位の上下に応じて上下運動し、動力は不要。</li> <li>・水中ポンプを適用。</li> <li>・ポンツーン本体と鋼製トラスの栈橋は、ボルト接続にてフレキシブル構造となっているとともに、配管材にはフレキシブルジョイントが適用されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水管が季節による水位の上下に応じて上下運動し、ポンプ室は陸に設置する。</li> <li>・ドライポンプを適用。</li> <li>・鋼製トラスの栈橋は、ボルト接続にてフレキシブル構造となっているとともに、配管材にはフレキシブルジョイントが適用されている。</li> </ul>
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水位に応じたポンプ室の上下運動のために動力（電気代）がかかる。</li> <li>・ポンプ室の上下運動に連動して、取付け管付け替えが頻繁に必要となる。</li> <li>・レール部分に堆積した泥やごみ等の清掃が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ室は水位と併に上下し、取付け管の付け替え等は不要である。</li> <li>・ポンプのメンテナンスは、ポンツーン上で行う必要がある。</li> <li>・ポンツーンのメンテナンス時は、ドックに水揚げする必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水管は水位と併に上下し、取付け管（導水管）の取り外し、付け替え等は不要である。</li> <li>・ポンプ室は陸上にあり、Case2に比べポンプのメンテナンスが容易。</li> </ul>
適用性			○

上記3種類の取水施設タイプについて、維持管理面や電力コスト等の面についてプルサット水道局及びMIHへ説明を行い、引き込みタイプの適用について合意を得た。取水施設の断面図を以下に示す。

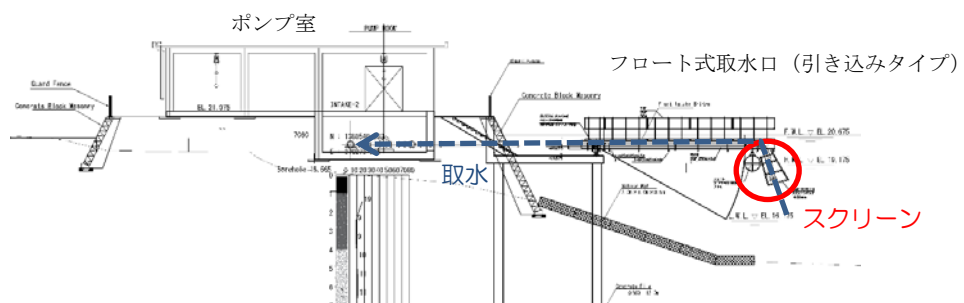


図 3-2-7 取水口の断面図

## 2) フロート式取水施設の安全性

### i) 現地状況

取水地点は、プルサット川のダムナックアンピル堰から約 200m 上流である。堰から 3km 程度上流の区間は湛水域となっており、大きな水の流れはなく、安定した取水が可能となっている。

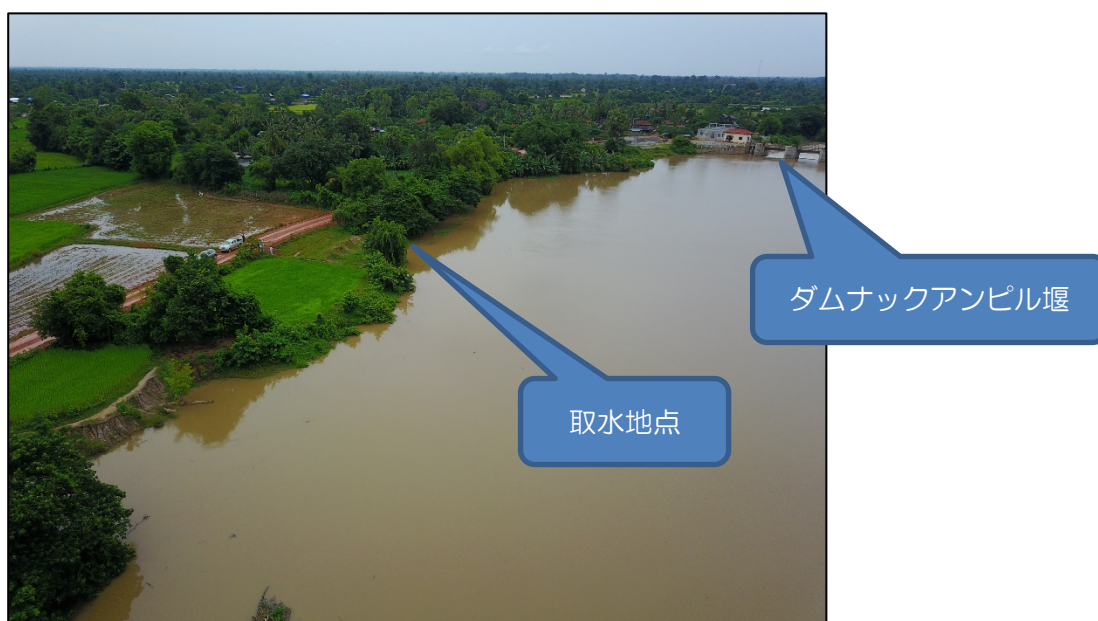
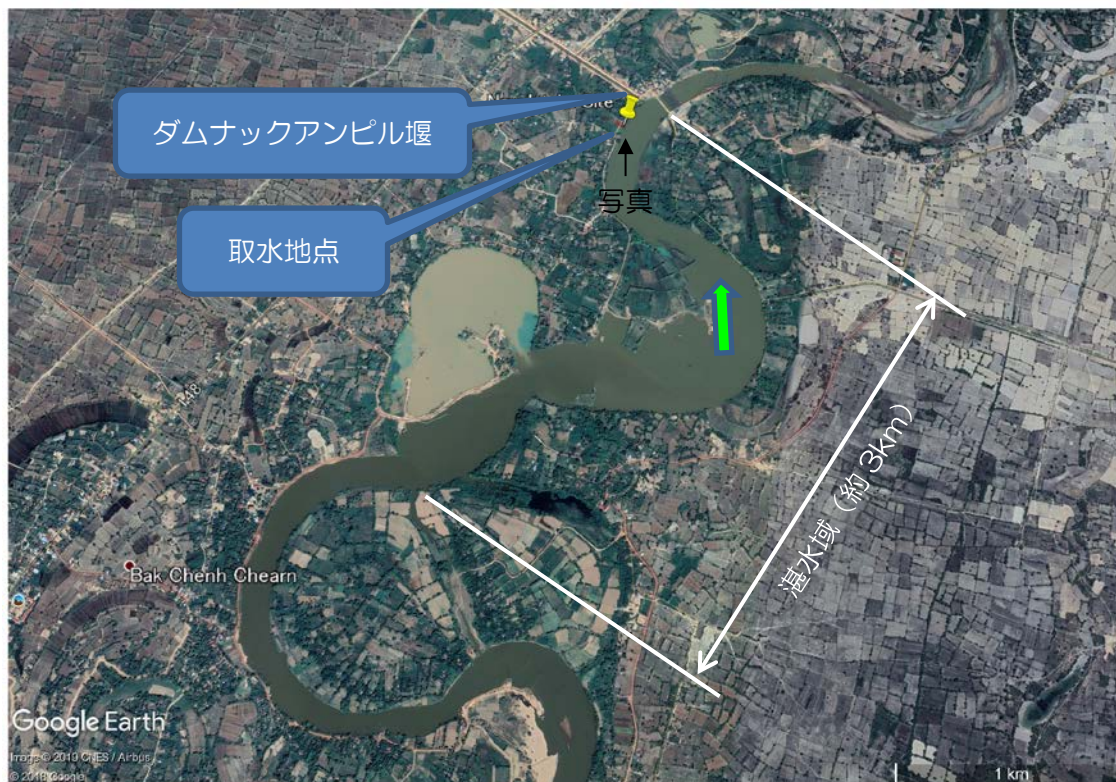


図 3-2-8 取水地点周辺の状況

ii) 流水の影響

河川横断測量によると、取水地点における川幅は約 200m、HWL 時の水深は 5.5m である。また、ダムナックアンピル堰上流の河床勾配は、測量結果によると逆勾配となっている。(堰下流部の河床勾配は約 1/6400)

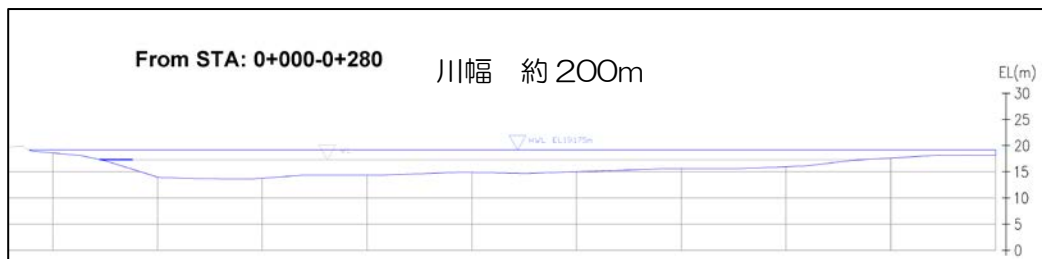


図 3-2-9 取水地点の横断図

HWL 時の水深 (5.5m)、河床勾配は約 1/6400 でマンニングの公式により流速を計算すると、流速は 1.14m/s となる。これに耐えられる構造で、フロート式取水口を設計する。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$$

ここに、

n: 粗度係数	= 0.032
R: 径深	= $A/P = 1025.75 / 204.78 = 5.01 \text{ m}$
I: 溪床勾配	= $1 / 6400$

$$V = \frac{1}{0.032} \times 5.01^{(2/3)} \times \frac{1}{6400}^{(1/2)}$$

$$= 1.14 \text{ m/s}$$

※なお、2017 年の雨季 (6 月～10 月) に、ダムナックアンピル堰下流で流量観測を行った。

このときの状況は以下のとおりである。

- ・最大流量：184.36m<sup>3</sup>/s (2017 年 10 月・ゲート 7 門中 4 門開)

3) 流下物の影響

取水地点付近は、河床勾配 1/6400 で、日本の河川区分ではセグメント 2 (河床勾配 1/5000 程度) の自然堤防帯であり、土石流や大きな流木の影響はない。また、プルサット川上流域には市街地はないため、ごみの流下も少ないと考えられる。ただし、微小なごみや枝などの流下は想定されるため、取水口保護のためのスクリーンを設置する。(図 3-2-7 参照)

### (3) 高架型沈砂池の計画

前述のとおり、雨期におけるプルサット川は大量の土砂を含み、年平均 80~90NTU 程度であるが、最高で日 639NTU の高い濁度が観測されている。このため、雨期に取水ポンプで引き込んだ水中の濁質分は、取水ポンプ場から浄水場の着水井まで 8.3km の距離の導水管内を流下することとなり、経年的に管路内面に泥が固着して管路の断面縮小や導水不良を招く可能性もある。このため、取水ポンプと導水管の中間に高架型沈砂池を設置し、導水管内への濁質分の流入を極力防ぐこととする。

一方、河床堆積物の粒度試験結果を確認したところ、河床材料の代表粒径は  $D_{50}=0.0228\text{mm}$  であり、また  $0.075\text{mm}$  以下の細粒分が 85% を占めており、シルトが主体となっている。そのため、ポンプ羽根、摺動部材の摩耗等の影響は最小限と考えられる。このことから、沈砂池の設置は、長距離導水管の導水不良防止を主たる目的とする。

#### 1) 高架型沈砂池の設計

地下式の沈砂池を堤内地側に計画する場合、ポンプ設備が「河川⇒沈砂池」「沈砂池⇒浄水場（着水井）」と 2 セット必要となり、初期コスト、O&M コスト（電気代等）とも割高となるため、「河川⇒高架型沈砂池」で、取水ポンプによる揚水を計画することとした。

##### i) 設計基準

沈砂池容量の検討は、『水道施設設計指針（日水道協会）』に基づく。

##### ii) 高架タンクの直径

取水量： $Q=7260\text{ (m}^3\text{/day)}$

目標とする表面負荷率： $200\text{ (mm/min)}$  として設計

$$\text{必要表面積} : \frac{7260\text{ (m}^3\text{/day)}}{0.2\text{ (m/min)} \times 1440\text{ (s/day)}} \\ = 25.2\text{m}^2 \text{ 以上の沈降面積が必要となる。}$$

下表にあるように、高架タンクの直径を  $D=6\text{m} \sim 8\text{m}$  の各ケースにおいて、沈降面積を算定した。

検討の結果、必要表面積  $25.2\text{m}^2$  を満たす高架タンクの直径を  $D=7\text{m}$  に設定した。

表 3-2-15 高架タンクの直径の検討

直径（外形） （m）	外形面積（ $\text{m}^2$ ）	中心径 2.5m（オーバーフロー部）の面積 （ $\text{m}^2$ ）	中心を除いた沈砂可能な面積（ $\text{m}^2$ ）
8.0	50.27	4.91	45.36
7.0	38.48	4.91	33.57
6.0	28.27	4.91	23.36

### iii) 高架タンクの深さ

池の有効水深は、3～4mを確保することを標準とし、堆砂深さを0.5～1m見込むこととしている。従って、有効水深+堆砂深さは3.5m～5m程度必要となる。本設計では、HWLからタンク底面までを4m程度確保した。

### iv) 目標とする土粒子の沈降速度の確認

当該高架タンクは、Damnak Ampil HWの湛水池から取水した水に対し、0.08mm以上の径の砂を取水後に沈降させ、8.3km下流の新設浄水場地点まで導水することを目的としている。対象とする粒子の径と沈降速度の関係は、以下の通りである。

表 3-2-16 砂粒子の沈降速度

粒子の径 (mm)	沈降速度 (cm/s)
0.30	3.2
0.20	2.1
0.15	1.5
0.10	0.8
0.08	0.6

出典：水道施設設計指針

上表より、高架タンク内の砂粒子の沈降速度は、0.6cm/s程度を想定する。一方、当該高架型沈砂池内において、取水した水がタンク内に流入した場合の水の上昇速度は、

$7260 \text{ (m}^3\text{/day)} \div 33.57 \text{ m}^2 = 216.3 \text{ m/day} = 0.0025 \text{ m/s} = 0.25 \text{ cm/s} < 0.6 \text{ cm/s}$  となり、タンク内の水の上昇速度は、砂粒子の沈降速度よりも遅いため、0.08mm以上の径の砂分を問題無く沈降させることが出来る。

なお、粒径0.08mm以下の濁度成分（粘土成分）については、沈砂池における処理対象とはせず、浄水場で処理することとなる。



v) 高架型沈砂池の形状

高架型沈砂池の基本的な考え方としては、土砂をタンク底部に沈殿させ、底部の排泥管からフラッシュできる構造とする。

高架型沈砂池の形状としては、沈殿方式から以下の3案が考えられる。どちらの案を採用するかは、詳細設計時に現地政府と協議の上決定することとする。

① ケース1：タンク底面水平型（2池）

2池の場合の考え方を以下に示す。

- ・ 粒径 0.08mm 以上の砂粒子をタンク内で沈降させる。
- ・ 2池となるため、流入管・流出管・排泥管はそれぞれ2本必要となる。
- ・ 沈殿した砂分は、高架型沈砂池を用いない乾季に排砂する（後述）。2池あるため、雨季に1池を稼働させたまま、もう一方の池への給水をストップし、底部の排砂（清掃作業）を行うことも可能である。

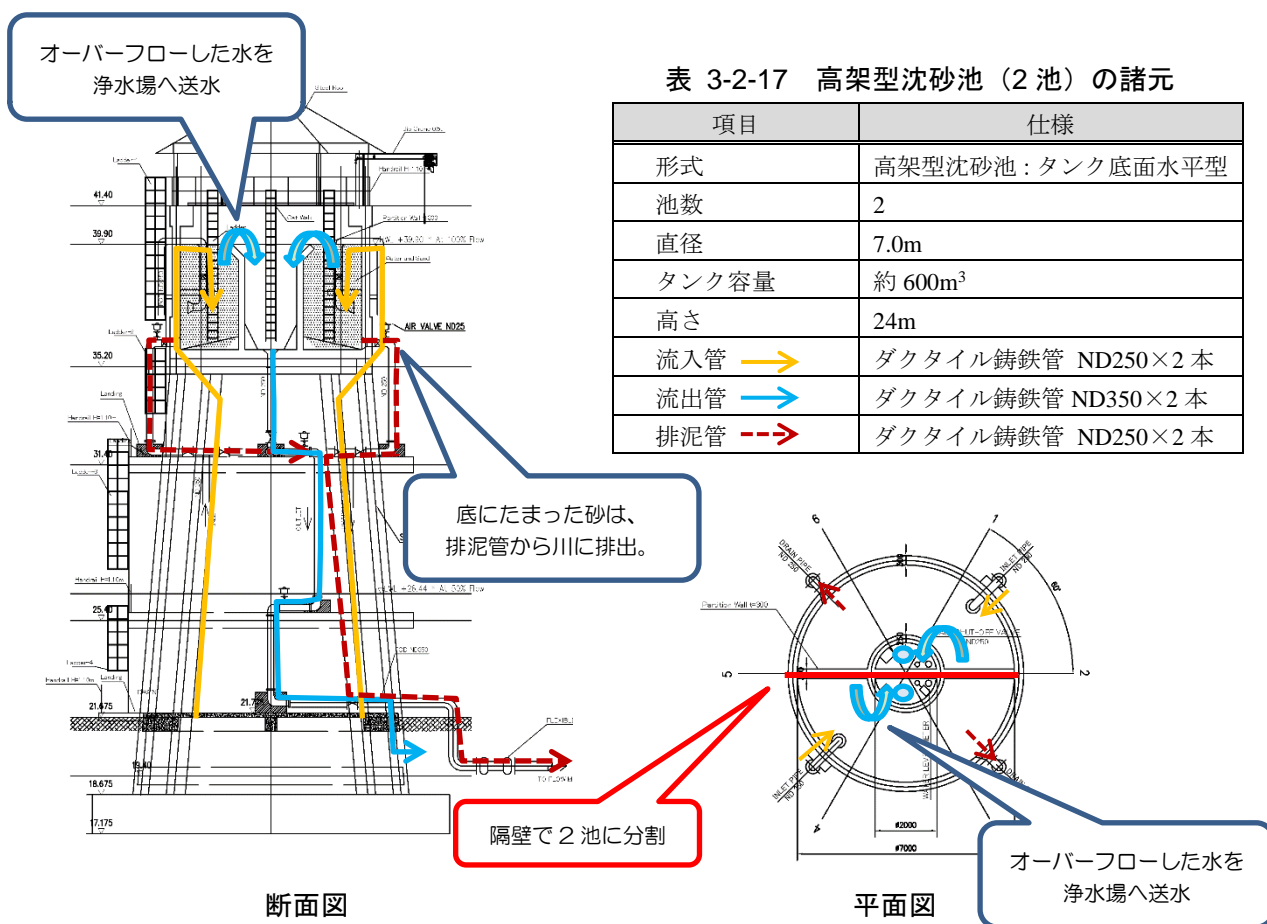


図 3-2-10 タンク底面水平型（2池）の概念図

② ケース 2 : 中央導水型 (スワール型 1 池)

スワール型沈砂池は、水を沈砂池円筒の接線方向に流入させ、流水エネルギーにより円形槽に渦流を発生させる。この渦流により、砂分が渦の中央底部に、より軽い物質は渦の外側上部に集まる現象を利用して、水中の物質を分離・除去する方式であり、下水処理場での採用実績がある。このとき、沈砂池の設計は以下のような考え方となる、

- ・粒径 0.08mm 以上の砂粒子をタンク内で沈降させる。これに加え、スワール型の特徴として、円筒 (沈砂池) の渦流により砂分の分離を促進するため、隔壁を設けることはできず、1 池となる。
- ・上水を取水するため、中心に漏斗状の部分設ける。また、導水管へ水が確実に入るようになるため、導水管は水面から離れた底部に設ける。漏斗の飲み口の高さは、水頭を確保するため、HWL に設定する。
- ・沈殿した砂分は、高架型沈砂池を用いない乾季に排砂する (後述)。1 池のみであるため、排砂時は沈砂池を稼働できない。
- ・導水管に空気の流入が想定されるため、地上部に大型空気弁の設置を計画する。

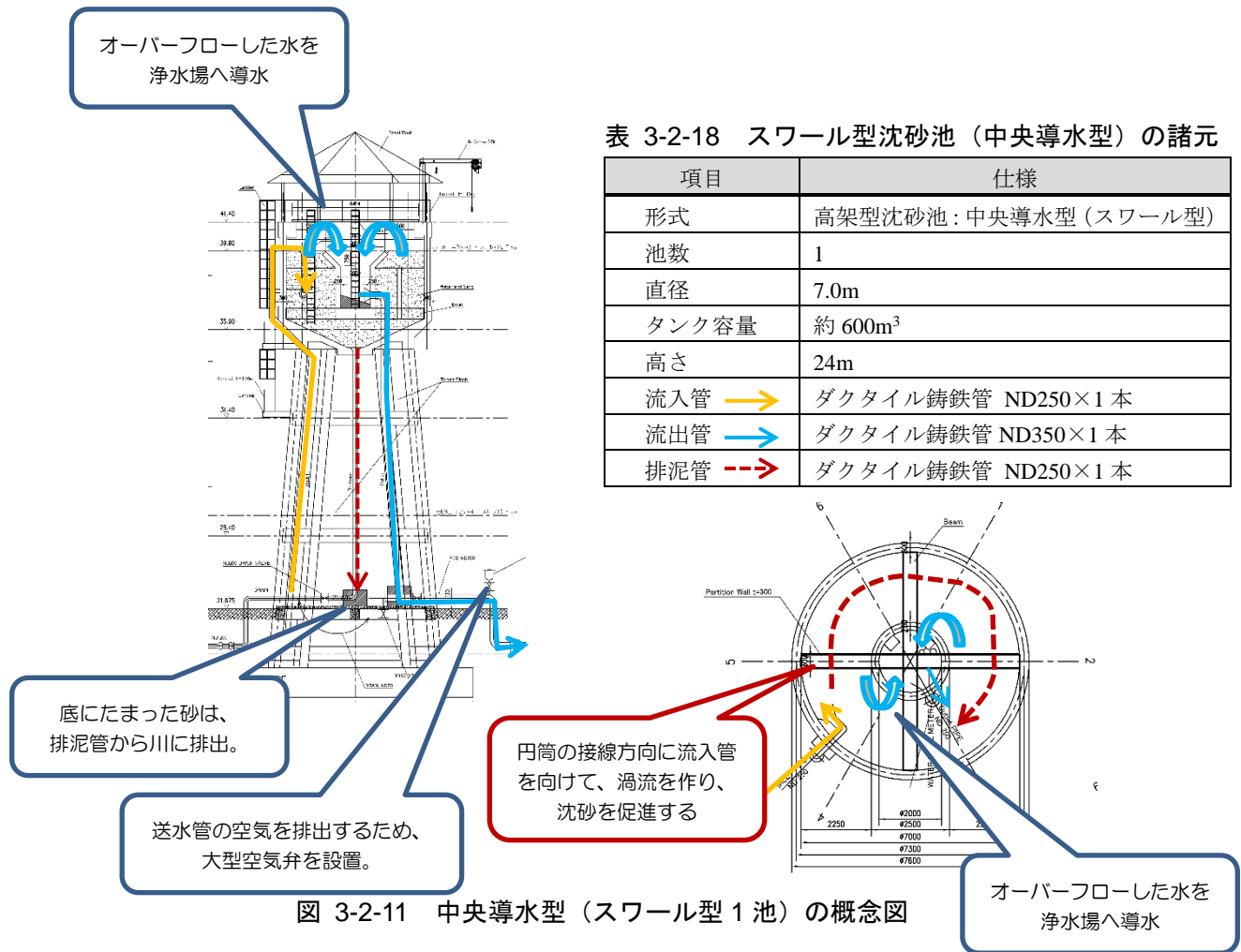


表 3-2-18 スワール型沈砂池 (中央導水型) の諸元

項目	仕様
形式	高架型沈砂池：中央導水型 (スワール型)
池数	1
直径	7.0m
タンク容量	約 600m <sup>3</sup>
高さ	24m
流入管	ダクタイル鋳鉄管 ND250×1 本
流出管	ダクタイル鋳鉄管 ND350×1 本
排泥管	ダクタイル鋳鉄管 ND250×1 本

図 3-2-11 中央導水型 (スワール型 1 池) の概念図

### ③ ケース 3：側面導水型（スワール型 1 池）

スワール型沈砂池の土砂堆砂機構は②中央導水型と同様である。沈砂池の設計は以下のような考え方となる、

- ・粒径 0.08mm 以上の砂粒子をタンク内で沈降させる。これに加え、スワール型の特徴として、円筒（沈砂池）の渦流により砂分の分離を促進するため、隔壁を設けることはできず、1 池となる。
- ・タンクの側面に流出管を設置する。流出管の設置高は、浄水場の着水井までの導水を可能にするための高さとする。（ケース 1 及びケース 2 の漏斗飲み口高と同等の高さ。）また、導水管へ水が確実に入るようにするため、HWL は導水管の管頂から最低 2.5D（1.25m = 2.5 x 500mm）の高さを確保する。
- ・沈殿した砂分は、高架型沈砂池を用いない乾季に排砂する（後述）。1 池のみであるため、排砂時は沈砂池を稼働できない。
- ・導水管に空気の流入が想定されるため、地上部に大型空気弁の設置を計画する。

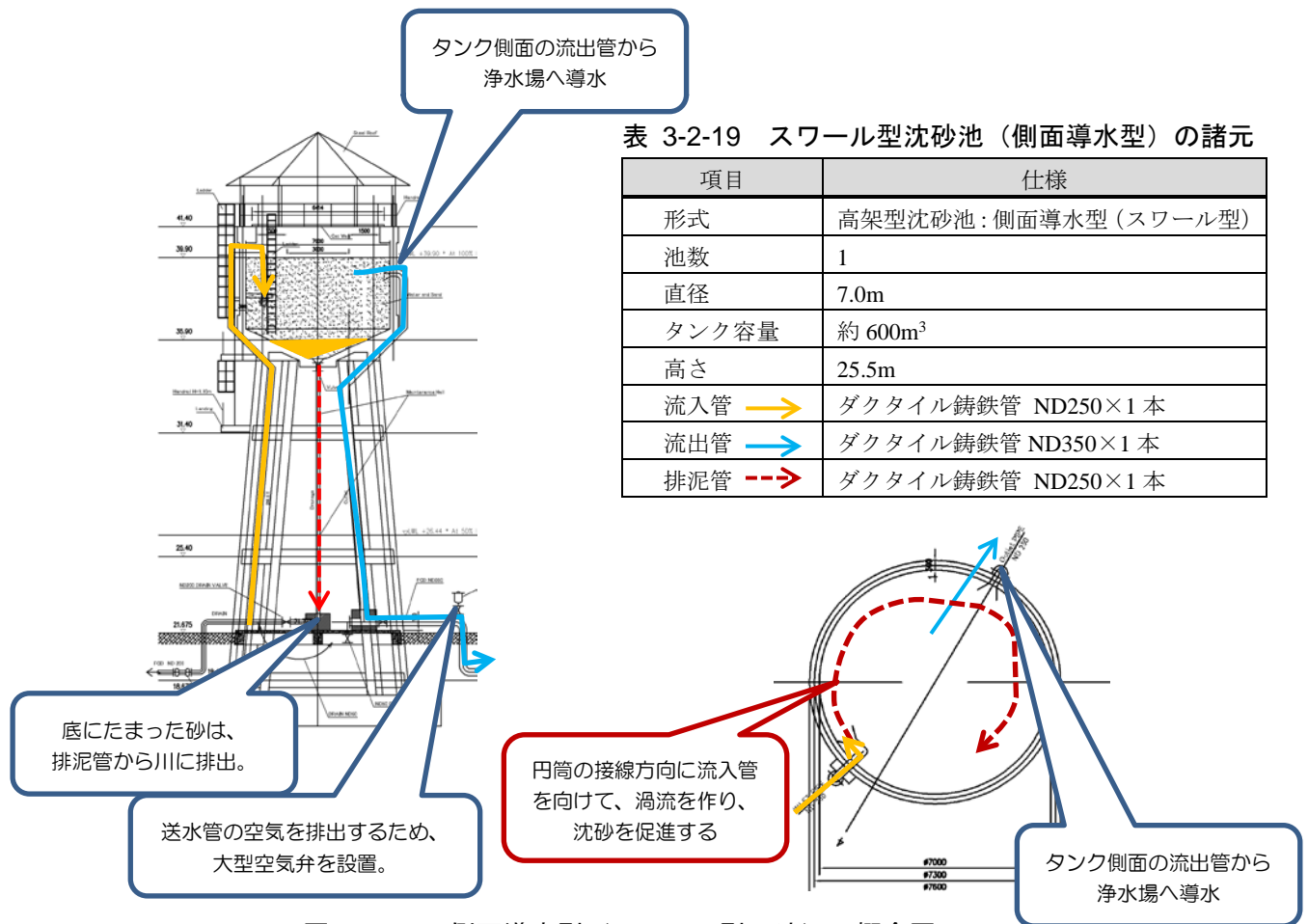


表 3-2-19 スワール型沈砂池（側面導水型）の諸元

項目	仕様
形式	高架型沈砂池：側面導水型（スワール型）
池数	1
直径	7.0m
タンク容量	約 600m <sup>3</sup>
高さ	25.5m
流入管 →	ダクタイル鋳鉄管 ND250×1 本
流出管 →	ダクタイル鋳鉄管 ND350×1 本
排泥管 - - ->	ダクタイル鋳鉄管 ND250×1 本

図 3-2-12 側面導水型（スワール型 1 池）の概念図

## 2) 堆積土砂量の推定

高架型沈砂池において想定される堆砂量について、以下2種類の推定を示す。

### i) ウォッシュロードの推定式

今回の取水施設は、フロートからの取水であり、河川水の表層付近のウォッシュロードを引き込む可能性がある。ウォッシュロードの量は、下式により推算される。

$$Q_s = (4 \times 10^{-8} \sim 6 \times 10^{-6}) \times Q^2$$

ここで

$Q_s$  : ウォッシュロード ( $m^3$ )、 $Q$  : 流量 ( $m^3/s$ ) (出典 : 水理公式集)

年間堆砂量  $V$  ( $m^3$ ) =  $6.0 \times 10^{-6} \times 0.084^2 (m^3/s) \times 60 (s) \times 60 (min) \times 24 (h) \times 365 (day) = 1.3m^3/$   
年

この量は、タンクの底に厚さ 3.9 cm/年 (=  $1.3/33.57=0.039m$ ) の堆積が生じる想定となる。

### ii) 浮遊物質(TSS)の値からの推定

本調査において、粒度試験のデータは、乾季終盤の2017年10月に河床表層に堆積した泥を採取した。この調査結果から、河床材料の代表粒径は  $D_{50}=0.0228mm$  であり、また  $0.075mm$  以下の細粒分が85%を占めており、シルトが主体となっている。

一方、河川濁度については、2017年の7月～2018年5月の期間に亘って濁度のデータを取ったものがある。採水したサンプルからの濁度測定結果で最高値は135NTU程度となっている。また、2mm以下の浮遊物質(TSS)の年間平均は、55mg/l程度であり、仮に細粒分85%を除く15%分を沈砂対象とすると、対象物の堆積は以下のように算定される。

$$\begin{aligned} \text{年間堆砂量 } V (m^3) &= 0.084m^3/s \times 60s \times 60min \times 24hr \times 1000l \times 0.055g/l \times 0.15 \div 1000g \times 365 \text{ 日} \\ &= 11.5m^3/\text{年} \end{aligned}$$

この量は、タンクの底に34 cm程度 (=  $11.5/33.57=0.34m$ ) の堆積が生じる想定となる。

一方、TSSの値は、粒径2mm未満の比較的大径の礫に近い砂分(一部ベッドロードを含む)も対象としており、当該設計において、河川表層からの取水であることを考慮すると、実際の堆積量はこれよりも少なくなることが想定される。

### 3) 維持管理（堆積土の排出）

これまでの検討より、堆砂量は最大で 11.5m<sup>3</sup>/年（厚さ 34cm/年）になると想定される。高架型沈砂池は 2 池構造と 1 池構造（スワール型）の 2 通り考えられるが、それぞれについて維持管理方針を以下に示す。

#### i) 共通事項

##### ① 排泥経路

排泥経路は以下のとおりである。高架型沈砂池から排泥し、コンクリートの排水路を通してプルサット川に排出する。排水路は 600×600 のプレキャスト開水路およびボックスカルバート（道路横断部）とする。

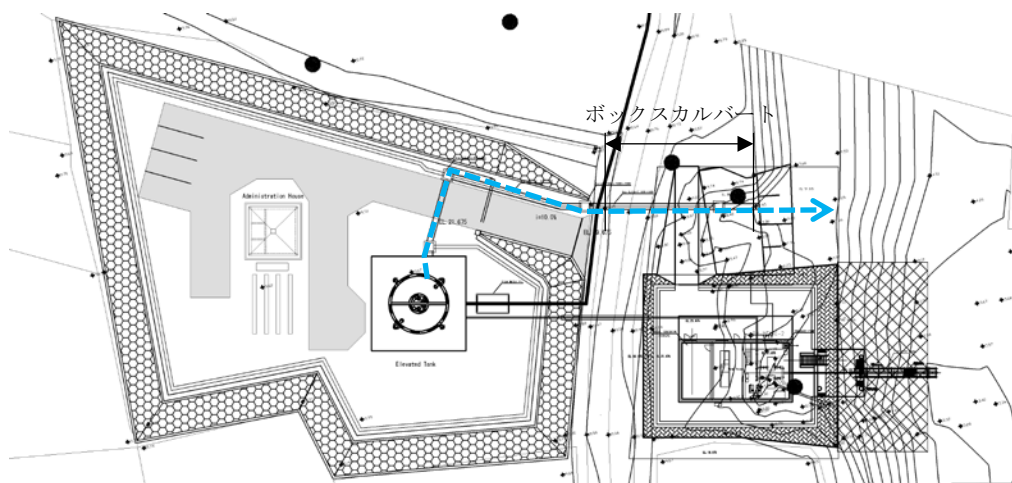


図 3-2-13 排泥経路

##### ② 高架タンクから排泥頻度

前述の想定から、高架型沈砂池における砂の堆積は、主に河川濁度が高くなる雨季の大出水時に限定されることが想定される。そのため高架型沈砂池への通水は雨季に限定し、乾季においては高架タンクを経由せず、取水施設から浄水場の着水井まで原水を直送することが考えられる。従って、高架タンクに堆積した砂の清掃は、タンクを使用しない乾季のはじめに行うことを想定する。

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Season	Dry Season				Rainy Season							Dry
Water Route	Intake→Transmission Pipe				Intake→Elevated Tank→Transmission Pipe							Intake→Transmission Pipe
Tank Condition	No Use				In Use							Tank Cleaning

図 3-2-14 高架型沈砂池の利用スケジュール

### ③ 目詰まり対策

高架式沈砂池の排泥管では、管に目詰まりが生じないように以下の対策を行う。

- ・沈砂池直下にバルブを設け、排泥の操作を行う。これにより、排泥時以外は管路内空洞状態にする。
- ・排泥管はタンクから地盤までできるだけストレートな構造とする。地盤付近で開水路に接続するため、90度曲げる必要があるが、曲管ではなく15度管を6個使って大きな弓状に曲げを作り、スムーズな流れができる構造とする。
- ・万が一目詰まりが生じたときに備え、排泥管に3箇所以上の清掃口（T字管）を設置する。

### ④ その他（送水管への空気混入及びサージ対策）

導水管への空気混入及びサージ対策として以下が挙げられる。

- ・前述の高架型沈砂池の各々のケースについて、何れのケースでも導水管への空気混入の可能性はある。100%水量の場合は、導水管は満水状態であり、導水側の水頭が計画HWL付近まで確保されることから、導水管への空気混入は避けることができる。一方、流量が100%に満たない場合は、導水側の水頭が低下することから、水と一緒に導水管内に空気が混入することとなる。この対策として、高架水槽近くの導水管地上部付近に大型の空気弁を設置し、高架タンク部から流入した空気を排出する。また、導水管に流量調整バルブを設置して抵抗を与え、流出管（導水管）出口部で水頭が下がらないための工夫を行う。
- ・高架タンクは、導水管内の水量の変動により水撃作用が発生した場合のサージタンクの役割を兼用することができる。乾季において高架沈砂池を経由することなく、取水した水を浄水場の着水井へ直送する場合には、高架タンクのサージタンクとしての機能を活用出来ないことから、別途取水ポンプにフライホイールを設置する等の対応を行う必要が生じる。

ii) タンク底面水平型（2池）の場合

① 排泥管

排泥管は各池に1本ずつ、計2本となる。位置は各池の側面とする。

② 排泥作業

タンク内に堆積した砂の排出は、すり鉢状のタンク底面中心に取り付いた排泥管のバルブ操作による排水作業（フラッシュアウト）により行う。水を抜いた後、少量の水を沈砂池内に流入させた状態で作業員が沈砂池内に入り、スコップを用いて残りの泥を排泥管に流し込む。排泥作業終了後は、排泥管内に泥が残らないように、バルブを一度閉じて沈砂池に湛水させ、もう1度フラッシュアウトする。

なお、2池あるため、1池を稼働させたまま作業することも可能である。

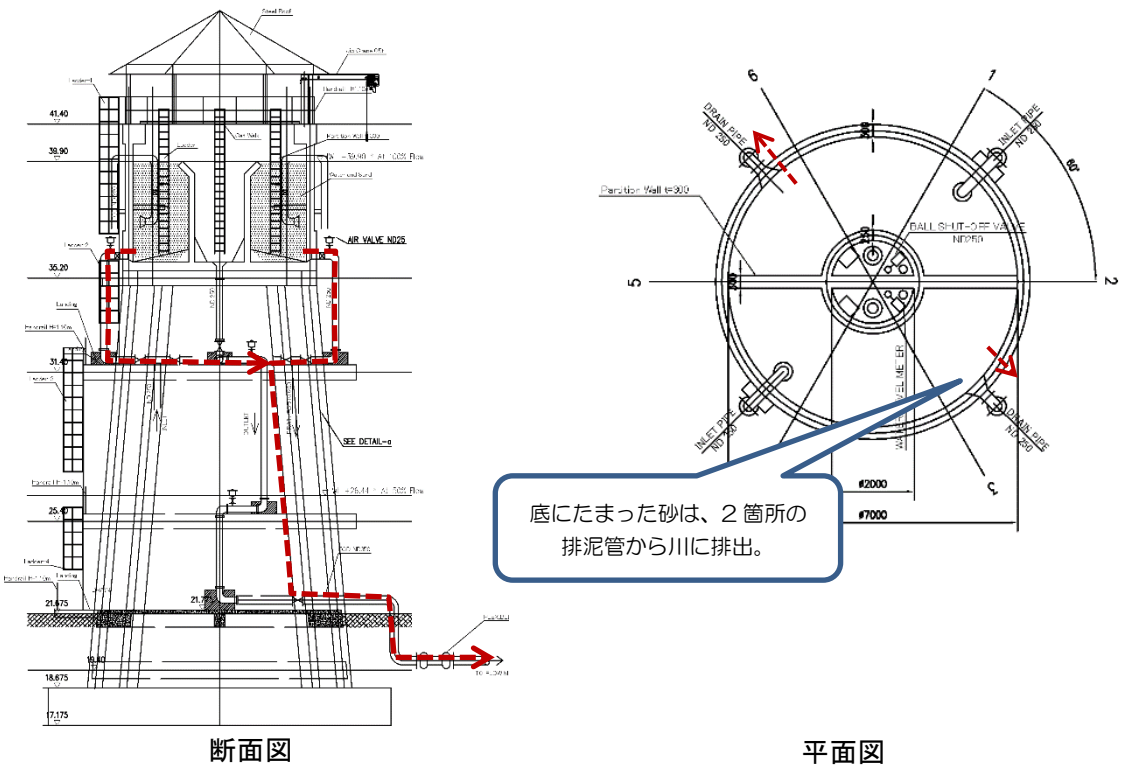


図 3-2-15 高架型沈砂池：タンク底面水平型（2池）の排泥経路

iii) 中央導水型（スワール型 1 池）の場合

① 排泥管

排泥管は高架型沈砂池の底部に 1 箇所設ける。

② 排泥作業

タンク内に堆積した砂の排出は、すり鉢状のタンク底面中心に取り付いた排泥管のバルブ操作による排水作業（フラッシュアウト）により行う。水を抜いた後、流入管から洗浄水を分岐し、作業員がタンク底部に降りることなく天端デッキからタンク底部に向かってホースにて水を撒き出し、底部に固着した土砂を清掃する。

排泥作業終了後は、排泥管内に泥が残らないように、バルブを一度閉じて沈砂池に湛水させ、もう 1 度フラッシュアウトする。

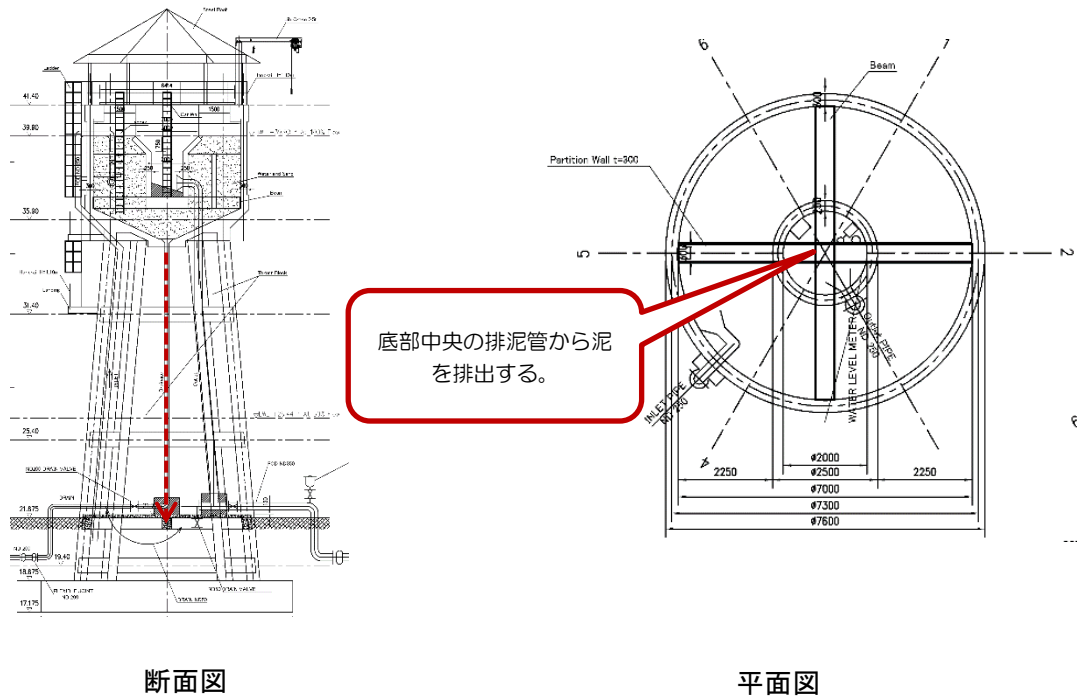


図 3-2-16 中央導水型（スワール型 1 池）の排泥経路



iv) 側面導水型（スワール型 1 池）の場合

① 排泥管

排泥管は高架型沈砂池の底部に 1 箇所設ける。

排泥作業の方法は、中央導水型（スワール型 1 池）の場合と同様である。

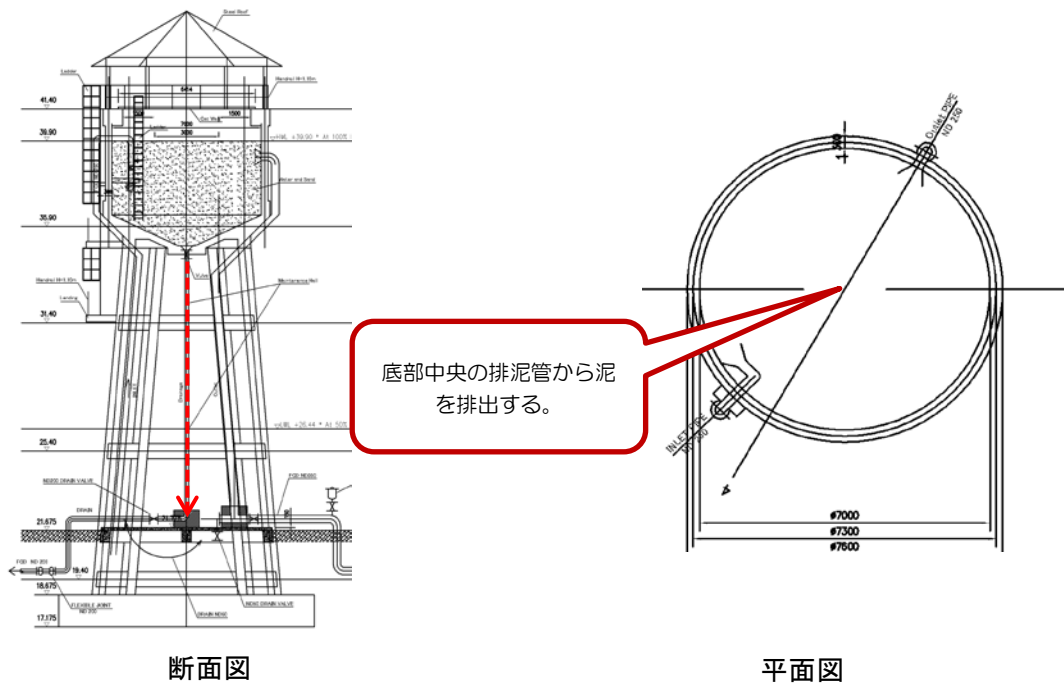
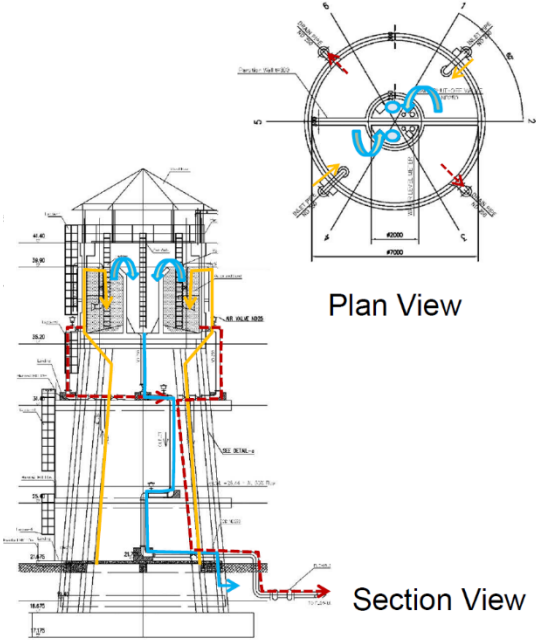
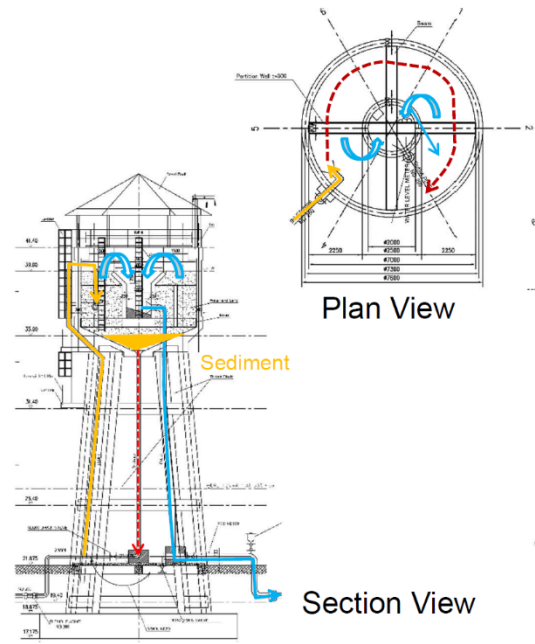
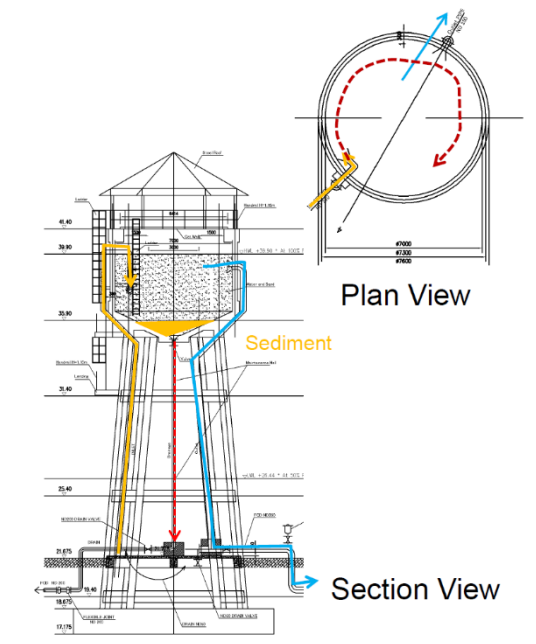


図 3-2-17 高架型沈砂池（スワール型 1 池）の排泥経路

高架型沈砂池の特徴比較について、表 3-2-20 に示す。

表 3-2-20 高架式沈砂池の比較

項目	Case1: タンク底面水平型 (2池)	Case2: 中央導水型 (スワール型: 1池)	Case3: 側面導水型 (スワール型: 1池)
概要図			
概要	<p>タンクを2池とし、流入管、排泥管とも2系統設置する。                  タンクの表面負荷率にて土砂分を沈降させる。砂の沈降速度よりも遅い速度でタンク内水位が上昇することで、砂が沈降する。流入管は、タンクの下部に流下させる形とする。オーバーフロー水がタンク中央の円筒堰を通じて導水管へ流下する。                  タンク底部にインパルトコンクリートを打設して排泥管に堆砂を導く。</p>	<p>タンクは1池であり、流入管、排泥管とも1系統である。                  タンクの表面負荷率にて砂分を沈降させる。砂の沈降速度よりも遅い速度でタンク内水位が上昇することで、砂が沈降する。流入管は、タンクの下部に流下させる形とする。オーバーフロー水がタンク中央の円筒堰を通じて導水管へ流下する。                  タンクの底形状をすり鉢状にして、排泥管に堆砂を導く。</p>	<p>タンクは1池であり、流入管、排泥管とも1系統である。                  水を円筒型タンクの接線方向に流入させ、流水エネルギーにより円形槽に渦流を発生させる。この渦流により、砂分が渦の中央底部に、より軽い物質は渦の外側上部に集まる現象を利用して水中の物質を分離・除去する。                  タンクの底形状をすり鉢状にして、排泥管に堆砂を導く。</p>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流入管と流出管が、円筒壁で区分されているため、流入管からの濁質成分が流出管へ導かれる不安が少ない (短絡流の発生)。</li> <li>・タンク内の沈降面積確保で確実な土砂分の沈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流入管と流出管が、円筒壁で区分されているため、流入管からの濁質成分が流出管へ導かれる不安が少ない (短絡流の発生)。</li> <li>・タンク内の沈降面積確保で確実な砂分の沈降</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造がシンプルである。</li> </ul>

項目	Case1: タンク底面水平型 (2 池)	Case2: 中央導水型 (スワール型 : 1 池)	Case3: 側面導水型 (スワール型 : 1 池)
	降が可能である。 ・2池構造のため、1池を洗浄している間でも <u>連続運用が可能</u> である。	が可能である。 ・ <u>作業員がタンク底部まで降りることなく池内清掃が可能</u> である。	
短所	・タンク底面が水平のため、タンク底面に固着した泥の排出のために、 <u>作業員がタンク底面まで降りて清掃作業を行う必要がある</u> 。 ・タンクを半円の2池構造とし、かつ、の外円槽と内円槽の2槽構造となるため、構造が複雑となる。 ・流入系統と排泥系統がそれぞれ2系統必要であり、 <u>配管レイアウトが複雑であると共に、配管に付随する施設構造が複雑となり、コストが割高となる</u> 。	・タンク構造が2層(外円槽、内円槽)構造でCase3と比べて構造が複雑である。	・流出管からの水頭を高め(管頂から2.5Dが必要)に確保する必要があり、 <u>水頭確保のためのポンプアップが必要なため、電気代がかかる</u> 。 ・流入水により、土砂分分離のための <u>適切な渦流の発生が起きるか不確定</u> である。 ・タンクが1槽構造のため、流入管から流出管の方に <u>短絡流が発生</u> する恐れがある。
維持管理	・タンクが2系統で構成されるため、片方清掃時にもう片方を運用する。 ・タンク底部に堆積した土砂の排出は、沈砂タンク直下に設けた排泥バルブの操作により行う。 ・タンク底面が水平のため、タンク底面に固着した泥の排出のために、作業員がタンク底面まで降りて清掃作業を行う必要がある。	・原水は高濁度ではないため、主に河川濁度の高い雨季に運用し、乾季に年1回程度の清掃を行う。 ・タンク底部に堆積した砂の排出は、沈砂タンク直下に設けた排泥バルブの操作により行う。 ・流入管から洗浄水を分岐し、作業員がタンク底部に降りることなく天端デッキからタンク底部に向かってホースで水を撒き出し、固着した泥を清掃する。	・同左
適用性	・原水濁度が高くないため、通年運用の想定は不要であり、タンクの2池化も不要である。 ・作業員が、タンク内まで降りて清掃作業を行う必要があり、維持管理手間を要する。 ・流入管及び排泥管系統が2系統のため、配管系統、施設構造等が複雑となる。	・通年の連続運用不要のため、2池構造で片側ずつ維持管理(清掃)しながら運用する必要は無い。雨季のみ運用して、乾季に清掃を行う。 ・沈砂機能を確実に発揮できる。 ・清掃作業の維持管理性が良い。 ・流入及び排泥系統が1系統であり、Case1と比べ、配管系統等および配管に付随する施設構造がシンプルである。	・通年の連続運用不要のため、2池構造で片側ずつ維持管理(清掃)しながら運用する必要は無い。雨季のみ運用して、乾季に清掃を行う。 ・流入水の遠心力による沈砂機能発揮に不安がある。 ・維持管理性は、Case2と同等である。 ・施設構造は、3案中最もシンプルである。 ・流出管への確実な導水のために、電力コストが割高となる。

注：高架型沈砂池形式の最終決定は、詳細設計段階での検討にて確定する。

#### (4) 取水ポンプの計画

##### 1) 取水ポンプの形式

既設ポンプの形式は立軸斜流ポンプを採用しているが、保守・点検が困難であるという理由から、水道局は横軸ポンプの採用を要望している。

- a) 横軸渦巻ポンプ：他の形式に比べて設置スペースは大きくなるが、保守点検が極めて容易である。価格は最も安い。
- b) 立軸斜流ポンプ：水中軸受用潤滑水が必要となることや、部品点数が多いことから保守・点検が困難である。価格は最も高い。
- c) 水中ポンプ：他に比べて耐用年数が短い。メカニカルシール交換には専門員が必要である。

上記の比較を踏まえた結果として、保守・点検が最も容易で安価な横軸渦巻ポンプを選択する。

##### 2) 取水ポンプの仕様

###### ・ポンプ全揚程

高架水槽から浄水場着水井までの配管流速係数（C 値）は 130 を採用する。導水は高架水槽を経由しないでもポンプで直送できるようにバイパス管を設置する。ポンプ揚程は余裕をとって流速係数 110 を採用するが、実際の運転は回転数制御にて実圧力で運転するため無駄な動力は発生しない。

表 3-2-21 取水ポンプの全揚程

計算項目	高架水槽から自然流下	ポンプ直送
取水管損失	0.6m	0.6m
ポンプ室内配管損失	2m	2m
ポンプ場から高架水槽までの損失	2.6m	-
ポンプ場から浄水場着水井までの損失	-	25.3m (C=110)
河川水位から高架水槽までの実揚程	20.8 ~ 23.8m	-
河川水位から浄水場着水井までの実揚程		2.2 ~ 5.2m
ポンプ全揚程	29m	34m

出典：JICA 調査団

ポンプの全揚程は 34m とする。取水ポンプの設計仕様を下表に示す。

表 3-2-22 取水ポンプの仕様

項目	仕様
形式	横軸、両吸い込み渦巻ポンプ
台数	2 台
ポンプ水量	3,630m <sup>3</sup> /日 (2.52m <sup>3</sup> /min)
全揚程	34m
電動機出力	45kW
口径	200mm
同期回転速度	1,500min <sup>-1</sup>

出典：JICA 調査団

### 3) 水撃対策

- ・高架水槽を経由する場合（雨季）

高架水槽から浄水場着水井までの導水は自然流下であり、高架水槽が水撃対策（サージタンク）の働きを兼ねることが出来る。

- ・直送の場合（乾季）

高架水槽をサージタンクとして利用しないため、フライホイール等別途の水撃対策設備が必要である。

## (5) 電気設備の計画

### 1) 受変電設備

受変電設備を取水ポンプ場に新規設置する。電源は約 600m 離れた EDC の 22kV 電力線から引き込まれる。

### 2) 非常用発電機設備

短絡事故が数回/月の頻度で発生していることから、取水ポンプ全台を運転できる発電容量を持った非常用発電機を設置する。燃料タンク容量は補給頻度の低減を考慮して 10 時間運転容量とすることで、水道局と合意を得た。

### 3) 計装設備

ポンプを安全に運転させ、取水ポンプ場の運転状態を浄水場で監視できるように、以下の計装設備を設置する。

- 河川水位測定用水位計 : 1 式
- ポンプ吸込みピット水位計 : 各 1 式
- 取水水量測定用電磁流量計 : 1 式

#### 4) 遠方監視システム

取水ポンプ場の運転状態を浄水場で監視するために遠方監視システムを設置する。

取水ポンプ場から浄水場までの直線距離は約 6.4km と短く、障害物が少ないため中継基地を持たない無線送信が可能である。さらに、設備費が安価で使用料金が不要であるという利点があることから簡易無線方式を採用する。遠方監視項目は以下とする。

- a) 取水ポンプと電気品の故障一括信号 : 1 点
- b) 河川水位信号 : 1 式
- c) ポンプピット水位信号 : 2 式
- d) 流量信号 : 1 式
- e) ポンプ運転・停止信号 : 4 点
- f) 電源信号 (系統・非常用発電機) : 2 点

#### (6) 取水施設計画概要一覧

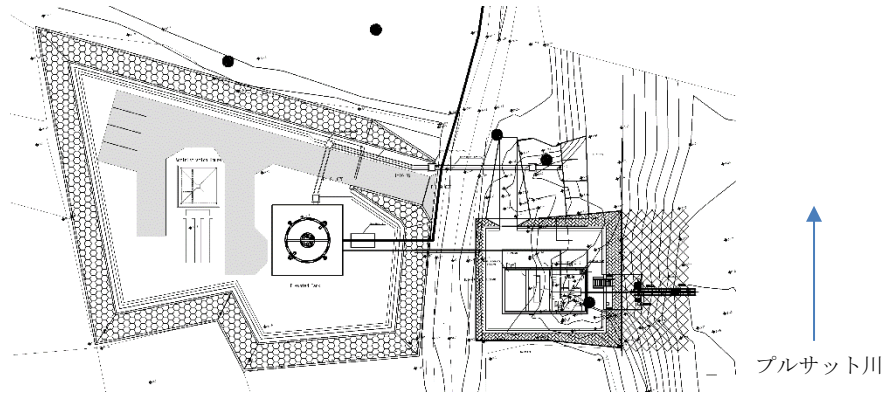
取水施設に必要な施設・設備内容は表 3-2-23 に示すとおりである。

表 3-2-23 取水施設計画の内容・諸元

施設			規模及び構造
大分類	中分類	小分類	
取水施設 7,260m <sup>3</sup> /日	沈砂池 3,630m <sup>3</sup> /日, 2 池	沈砂池 (円形高 架型)	鉄筋コンクリート造 円形高架型 寸法: タンク直径 7.0m 高さ: GL 上 19.7m 有効水深: 4.0m 占有設備: 維持管理用クレーン (0.5t)、流入管、流出管、排水 管、水位計
		取水ポンプ 設備	フロート式取水管 鉄筋コンクリート造 矩形 地下階あり 1階壁芯: B7.50m × L14.00m × H3.10m (梁下) 地下階壁芯: B7.50m × L6.00m × H1.50m (梁下) 占有設備: 受電盤、操作盤、バルブ切替盤、補機盤、非常用自家 発電機、取水ポンプ (5.04m <sup>3</sup> /m, 34m, 45kW, 2 台)、ポンプ吸込・ 吐出配管、維持管理用クレーン、床排水ポンプ
		管理棟	鉄筋コンクリート造 矩形 壁芯: B6.00m × L6.00m × H2.40m (梁下) 占有設備: 動力盤、計装盤
	仮設工	土堤締切	大型土のう+土堤締切 H=4.0m, L=60m

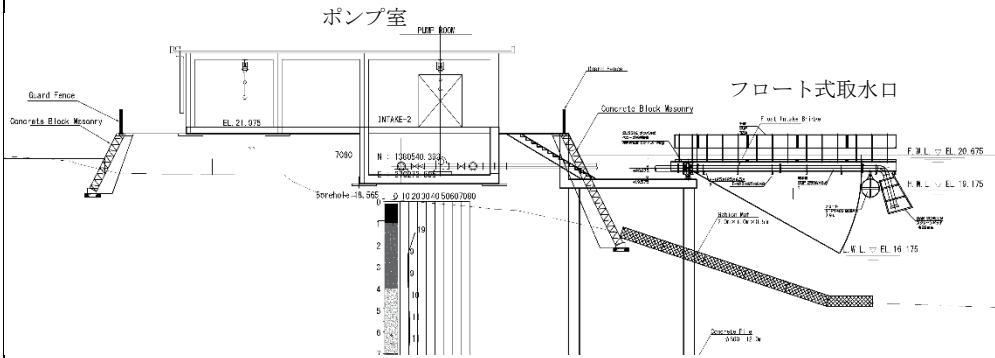
出典: JICA 調査団

変更設計



配置図

取水口



断面図

沈砂池  
(高架型)

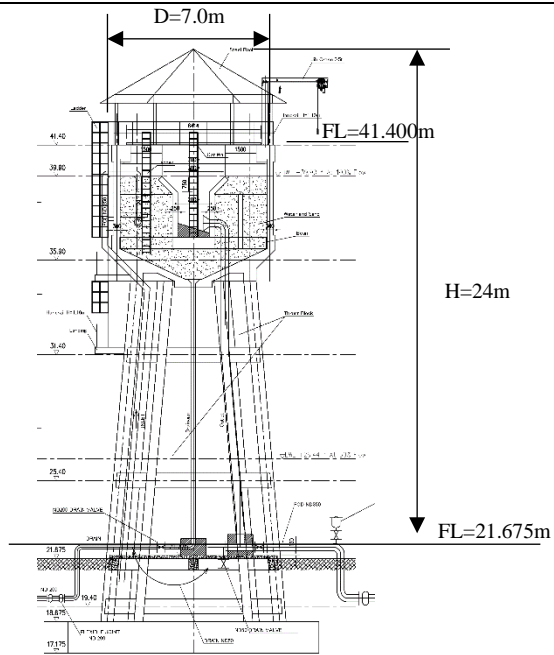


図 3-2-18 変更設計図面

### 3-2-2-4 導水施設計画

#### (1) 基本条件

##### 1) 計画導水量

計画導水量は、計画取水量を基準とし、計画一日最大給水量に 10%程度の安全を見込み、7,260m<sup>3</sup>/日とする。

##### 2) 導水方式

導水方式は、始点である計画取水施設からその終点である計画浄水場間の標高差、水路横断が必要な地形、ほぼ平坦な地勢によりポンプ加圧式とし、公道下に導水管を布設して導水する。

##### 3) 導水路線

導水路線については図 3-2-19 に示すとおり経済性、工事の施工性、維持管理の難易性を考慮し、公道でかつ最短ルートを選定する。

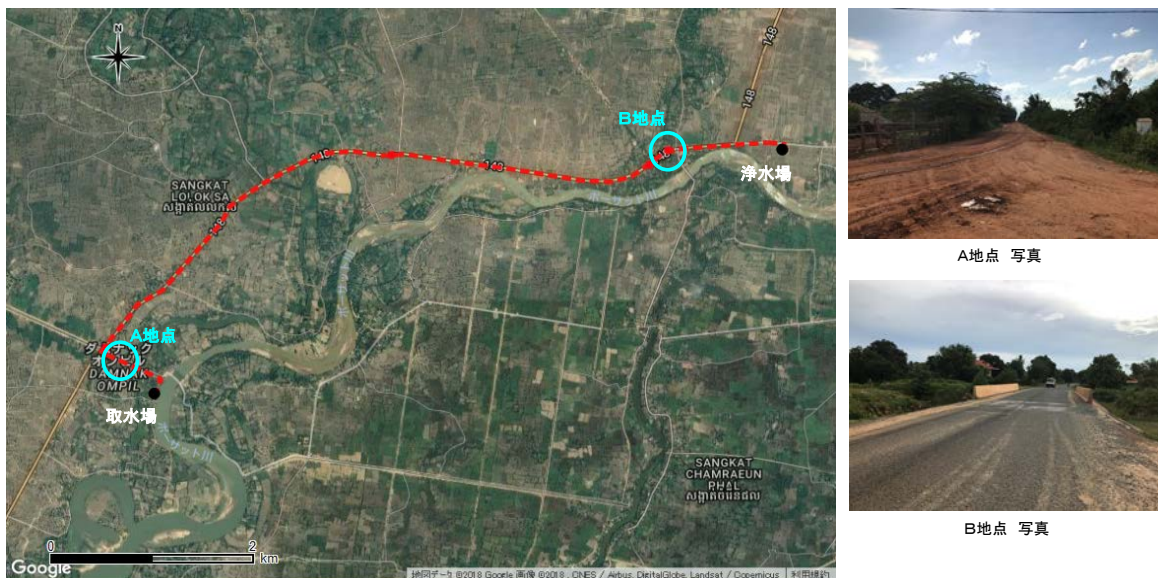


図 3-2-19 導水管の計画路線

導水管延長:取水場から浄水場まで北東方向に約 8.3km、道路舗装状況:取水場、浄水場周辺は未舗装、それ以外はアスファルト舗装、水路横断:区間内に河川や灌漑用水路横断が 4 カ所  
出典: JICA 調査団 Google Earth をもとに作成



## (2) 管種

導水管の管種<sup>7</sup>については、適用口径、経済性、施工性<sup>8</sup>、カンボジアでの実績を考慮し、一般部ではダクタイル鋳鉄管、河川横断部では鋼管（腐食対策）とし、国際標準化機構（International Organization for Standardization : ISO）規格を採用する。

## (3) 管径

導水管の管径については、計画水位<sup>9</sup>により水理計算を行い、適正な流速<sup>10</sup>及び妥当な損失水頭／ポンプ揚程と管径との間の経済的関係を検討<sup>11</sup>し、φ350とする。

## (4) 河川横断等

施工区間内に河川や灌漑用水路横断が4カ所ある。この横断工法は、「3-2-2-6 送配水施設計画」で示す基準に準ずる。管種は鋼管（SP）とし、横断工法は橋梁添架形式または水管橋形式とする。また、この4箇所には排水弁を設け、定期的な管内堆積物の除去を行う。

## (5) 導水管設計基準

設計基準は、後述の配水管設計基準に準ずる。

## (6) 導水施設計画

以上より、導水施設計画（ただし、導水ポンプ設備を除く。）を図 3-2-20、表 3-2-24 に示す。

---

<sup>7</sup> 管種の選定は資料 7.5（管種の選定）に示す。

<sup>8</sup> 埋設管路における鋼管は、ダクタイル鋳鉄管と比べ腐食や現場溶接における施工不良の懸念がある。

<sup>9</sup> 計画水位: 計画取水場の取水ポンプ井水位 L.W.L+16.175m、計画浄水場の着水井水位 WL:+21.300m

<sup>10</sup> 導水管の流速は、管内の濁質の停滞を防ぐために 0.3m/s 以上を確保する。経済的管径は、流速が 1 m 前後

<sup>11</sup> 資料 7.4（導水管水理計算）参照



出典：JICA 調査団

図 3-2-20 導水管布設計画路線

表 3-2-24 導水施設計画の内容・諸元

施設	施設及び構造	数量
導水管	DIP φ 350	8.3km
	橋梁添架 SP φ 350	4カ所

### 3-2-2-5 浄水施設計画

#### (1) 新設浄水場予定地の用地取得

現在計画している新設浄水場の予定地は、個人1名が所有する農地（水田）であった。この土地はPWWsを管轄するDIHが、地権者と交渉し、市場価格に基づいて購入済みである。なお、非自発的住民移転は発生していない。

#### (2) 計画浄水施設の浄水処理プロセス

浄水処理システムは、濁質や有機物、細菌類等の不純物を水中から取り除くため、複数の処理単位プロセスの組み合わせで構築される。浄水処理システムの設計においては、それら各処理プロセスを一体とすることでシステムが効率的となり、省エネルギーを達成し、性能を十分に発揮することが重要である。

本計画の検討条件として、原水水質、処理目標水質、浄水量規模、運転・維持管理レベルを把握し、原水水質の除去対象物質に対応できる水処理技術を検討した結果、世界中で広く採用され、かつ既設プルサット浄水場（施設能力：7,260 m<sup>3</sup>/日）及びプノンペン水道公社のポンプレック浄水場をはじめとしてカンボジアで一般的に採用されている、凝集沈澱・急速ろ過方式を採用する。また、使用薬品については、既設浄水場で使用している薬品を考慮し、凝集剤はPACを、pH及びアルカリ度調整剤は消石灰を、消毒剤は次亜塩素酸カルシウムを採用する。加えて、原水中の鉄／マンガンやアンモニア、有機物の濃度が高い場合に対処できるよう、2段階の塩素注入を計画する。浄水処理プロセスを図3-2-21に示す。それぞれの処理方式の検討を以下に示す。

##### 【浄水処理】

- ・原水は着水井に流入し、混和池・フロック形成池・沈殿池・急速ろ過池で処理された浄水が浄水池に貯留さる。
- ・その後、配水ポンプで市内に配水する。

##### 【排水処理】

- ・ろ過池洗浄排水は排水池に流入する。更に、返送ポンプで着水井に返送する。
- ・沈殿池沈殿スラッジはスラッジ移送ポンプで天日乾燥床に移送する。天日乾燥床のろ過水は排水池に流す。

##### 【維持管理】

- ・沈殿池清掃等のため沈殿池を空にする場合、沈殿池上澄水は沈殿池に設けた中間排水管（下図では省略）を使って排水池に流し、作業終了後、着水井に返送する。一方、沈殿池汚泥はスラッジ移送ポンプで天日乾燥床に移送する。

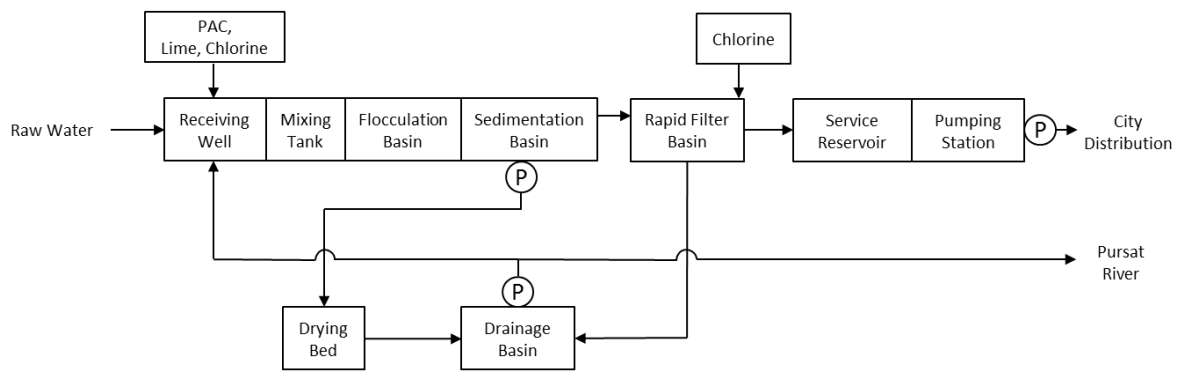


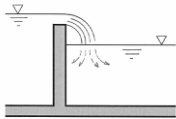
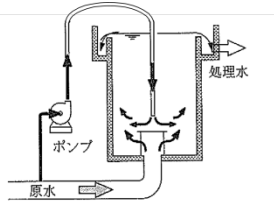
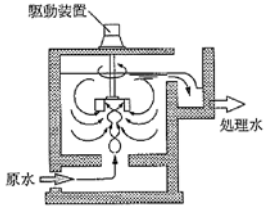
図 3-2-21 浄水処理プロセスフロー

### (3) 浄水処理方式の検討

#### 1) 混和池の選定

混和池は、添加した凝集剤等の薬剤を急速、かつ均一に原水と混和し、微小フロックを形成するために設置する。混和地の攪拌方式の比較には、表 3-2-25 に示すように「水流自体のエネルギーを用いる方式」の堰方式と、「外部から機械的エネルギーを与える方法」のポンプ拡散方式と機械攪拌方式に大別される。各方式を検討した結果、機械的駆動部がなく維持管理が容易で、建設費、運転費／維持管理費が最も安く、カンボジア国内の既存浄水場でも採用されている「水流自体のエネルギーを用いる方式」を採用する。

表 3-2-25 混和池の攪拌方式の比較

	水流自体のエネルギーを用いる方式		外部から機械的エネルギーを与える方法			
	堰方式		ポンプ拡散方式	機械攪拌方式		
構造						
G 値(1/秒)	100～300(水道施設設計指針による)					
滞留時間(分)	1～5(水道施設設計指針による)					
攪拌効果	攪拌効果が大きい。	◎	水の循環量を調整して攪拌効果を得る。	◎	攪拌機の回転数を調整して確実な効果を得る。	◎
流量変動	水量変動により攪拌強度が変動する。	○	水量が変動すると影響をやや受ける。	○	攪拌強度(G 値)を一定にできる。	◎
維持管理費	故障が無く維持管理費が安価。	◎	機械部品の維持管理、及び定期的な交換が必要。	△	機械部品の維持管理、及び定期的な交換が必要。	△
設置面積	小	◎	大：ポンプ室が必要	△	小	◎
建設費※	0.1	◎	1.6	△	1.0	○
総合評価	◎		△		○	

※日本の浄水場に多く採用されている機械攪拌式を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。  
出典：JICA 調査団

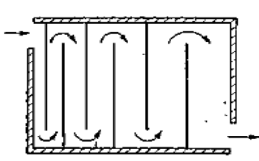
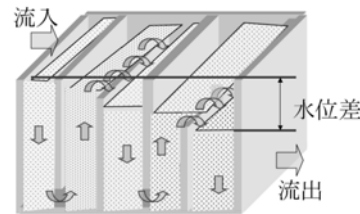
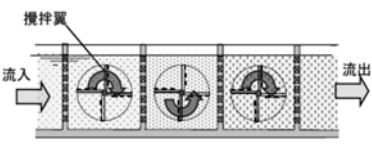
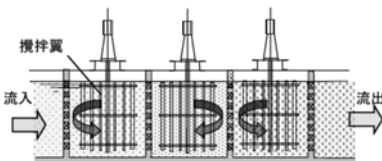
#### 2) フロック形成池の比較

フロック形成池は、混和池で生成された微小フロックを緩やかに攪拌し大きく成長させ、後段の沈澱池で効率的に沈降分離させる目的で設置する。フロックの成長に必要なエネルギーを与える攪拌装置には、表 3-2-26 で示すように「水流自体のエネルギーを利用する方式」の迂流式と、「外部から機械的エネルギーを与える方式」のパドル式に大別される。各方式を比較検討した結果、機械的駆動部がないため建設費、維持管理費が安く、既存プルサット浄水場でも採用されている「迂流式」を採用する。また、今回は水平迂流と上下迂流を組み合わせた「上下水平迂流式」とする。

### 3) 沈澱池の選定

沈澱池は、フロック形成池で形成された大きなフロックを重力沈降作用によって沈降分離する目的で設置する。沈澱池の一般的な方式としては、高速凝集沈澱池、横流式沈澱池、水平迂流式傾斜板沈澱池、上向流傾斜管沈澱池に大別されるが、高速凝集沈澱池については、カンボジア国内では 2000 年代以降建設事例がなく、高い運転技術も求められることから、検討から外した。表 3-2-27 に横流式沈澱池（中間取出し式）、水平流傾斜板式沈澱池、上向流傾斜管式沈澱池の比較を示す。傾斜板沈澱池及び傾斜管沈澱池は、横流式沈澱池と比較して原水の濁度変動に有利である。一方、本計画においては、建設用地に特に制約を受けないため、建設費を優先し、コンポンチャム・バタンバン・カンポットの無償資金協力プロジェクト及び PPWSA の既存浄水場で用いられている「横流式沈澱池（中間取出し式）」を採用する。

表 3-2-26 フロック形成池の攪拌方式の比較

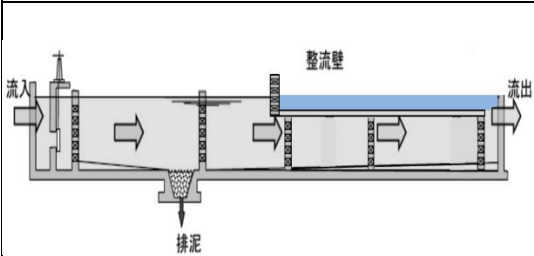
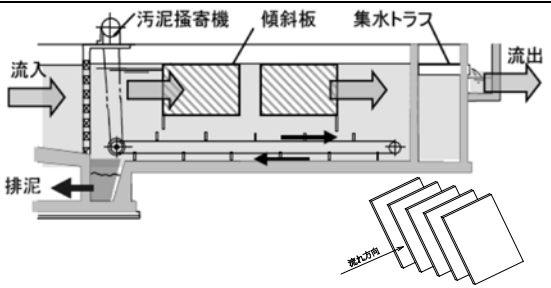
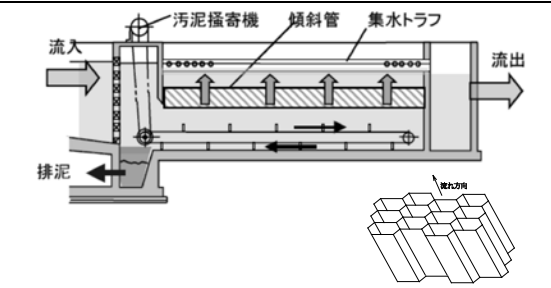
	水流自体のエネルギーを利用する方式				外部から機械的エネルギーを与える方式			
	水平迂流式		上下水平迂流式		横軸パドル式		縦軸パドル式	
構造								
G 値(1/秒)	10~75(水道施設設計指針による)							
GT 値	23,000~210,000(水道施設設計指針による)							
滞留時間(分)	20~40(水道施設設計指針による)							
攪拌効果	十分な攪拌効果を得るためには、適切な水位差が必要。	○	十分な攪拌効果を得るためには、適切な水位差が必要。	○	1 段目、2 段目と回転数を変えることで理想的な攪拌・フロック形成が行える。	◎	1 段目、2 段目と回転数を変えることで理想的な攪拌・フロック形成が行える。	◎
流量変動	水量変動により攪拌強度 (G 値*1) が変動する。	△	水量変動により攪拌強度 (G 値) が変動する。(同面積の水平迂流式に比べて攪拌強度は高い。)	○	攪拌強度 (G 値) は一定であり、影響は受けない。	◎	攪拌強度 (G 値) は一定であり、影響は受けない。	◎
維持管理費	故障が無く維持管理費が安価	◎	故障が無く維持管理費が安価	◎	機械的駆動部の維持管理、定期交換費用が必要。駆動部が水没しており、耐久性やや劣る。	△	機械的駆動部の維持管理、定期交換費用が必要。駆動部が水上にあるため、耐久性は良い。	○
設置面積	大	△	中	○	小	◎	小	◎
建設費※	0.2	◎	0.2	◎	1.0	△	0.6	○
総合評価	○		◎		△		○	

※ 経済性については、日本の浄水場において比較的多く採用されている横軸パドル式を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

\*1) G 値：攪拌勾配のことで、攪拌強度の指標を示す。

出典：JICA 調査

表 3-2-27 沈澱池の比較

	横流式沈澱池 (中間取出し式)		傾斜板(管)式沈澱池			
			水平流傾斜板式沈澱池		上向流傾斜管式沈澱池	
構造						
滞留時間	3~5 時間		約 1 時間		約 1 時間	
表面負荷率	15~30mm/分		4~9mm/分		7~14mm/分	
流速	0.4 m/分以下		0.6 m/分以下		0.08 m/分 (上昇流速) 以下	
池水深	3~4m		4~5m		4~5m	
設置面積	100	△	30~40	◎	50~70	○
上澄水濁度	中間整流壁が必要。偏流、密度流の影響を受けやすく、上澄水濁度が高くなることもある。	△	沈降装置により、上澄水濁度を低下できる。	◎	沈降装置により、上澄水濁度を低下できる。	◎
変動への対応	原水濁度変化に弱い。 原水水温変化に弱い。 処理水量変動に強い。	△	原水濁度変化に強い。 原水水温変化に強い。 処理水量変動に強い。	◎	原水濁度変化に強い。 原水水温変化に強い。 処理水量変動に強い。	◎
維持管理	密度流、偏流の影響を受けやすく、上澄水濁度の監視が必要。支障物が無く、清掃等は容易。	◎	傾斜板の間、表面に汚泥フロックが堆積することがあり、定期的な清掃が必要。清掃には装置の取り外し等の手間を要する。	△	汚泥フロックが傾斜管に付着することがあり、定期的な清掃が必要。ただし、清掃は比較的容易。	○
建設費※	1.0	◎	2.5	△	2.0	○
総合評価	◎		○		○	

設計諸元は水道施設設計指針によった。

※ 経済性については、横流式沈澱池を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。また、本計画においては、建設用地に特に制約を受けないため、建設費を優先することとした。

出典：JICA 調査団

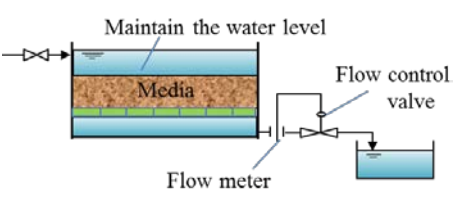
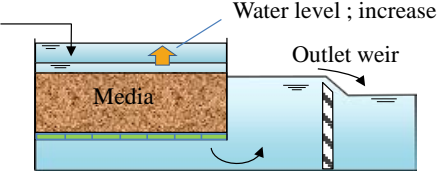


#### 4) ろ過池の選定

急速ろ過池は、原水中の懸濁物質を薬品によって凝集させた後、粒状層に比較的早い流速で水を通し、主としてろ材への付着と、ろ層でのふるい分けによって除濁を行う。

ろ過水量の調節方式には、流量制御方式と水位制御方式及び自然平衡方式があるが、カンボジアで実績のある流量制御方式と自然平衡方式の比較を表 3-2-28 に示す。本プロジェクトでは、建設費、制御の安定性、及びポンプ・弁の更新費用等を含む維持管理の容易さを特に重視し、また、PWWs のスタッフの技術や経験をより生かしやすいよう、プルサット既設浄水場でも採用されている自然平衡方式とする。

表 3-2-28 ろ過池ろ過流量の調節方式の比較

項	流量制御方式	自然平衡方式
構造		
調節方式	ろ過水量一定制御 (ろ過池流出側)	流量調節機構がなく、流入部において流入水が各池に均等に分配され、流入水量と流出水量とが自然に平衡する。
機器構成 流量制御関連	流量計・電動調節弁及び自動制御回路 (機器点数が多くなる)	損失水頭の増加に対応して池内の水面が上昇する。
土木構造	コンクリート構造物が自然平衡方式より約 1～2m 浅い。	コンクリート構造物が流量制御方式より約 1～2m 深い。
維持管理費	補修費は高い。 耐用年数経過後に流量計・調節弁の取替が必要。	補修費はかからない。
建設費※	土木費： 1.0 機械費： 1.0 (流量計、調節弁) 電気計装費： 1.0 (流量制御回路)	土木費： 1.1 機械費： 0.05 (流入堰、流出堰) 電気計装費： 0 (なし)
総合評価	○	◎

※：経済性については、流量制御方式を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

出典：JICA 調査団

自然平衡方式のろ過池には、流入、流出、洗浄、洗浄排水等の工程制御をサイホンで行う方式、弁扉で行う方式、及び、サイホンと弁扉の両方を併用して行う方式がある。本調査では、これらのいずれの方式も技術的に確立され、かつ、実績のある方式であることから、特にどの方式するかは規定せず、入札者の提案に任せるものとした。

また、自然平衡方式のろ過池には、ろ過池の逆流洗浄に用いる洗浄水の供給方式に関して、運転中の他のろ過池から供給する方式、逆洗ポンプを用いて供給する方式、及び、洗浄タンクを設けて供給する方式が存在する。本調査では、大きな運転維持管理費用が発生する逆洗ポンプ形式の採用は避けるものとし、残りの 2 方式のどちらかにするかについては、入札者

の提案に任せるものとした。さらに、洗浄タンク方式の場合は、タンクをろ過池内部に設ける方式とろ過池外部に設ける方式が存在するが、どちらにするかについても、入札者の提案に任せるものとした。

本報告書の「資料 7.2 (概略設計図)」に示すろ過池は、あくまでも参考図である。参考図に示すろ過池は、上記工程制御方式としてサイホンと弁扉の両方を併用して行う方式、逆流洗浄水の供給方式としてはろ過池内部に洗浄タンクを設けて供給する方式となっているが、入札者は以下に示す「ろ過池の計画前提条件」及び「ろ過池の基本仕様」を満足する限りにおいて、「資料 7.2 (概略設計図)」に示すろ過池とは異なる形状・形式 (方式) のろ過池を提案することが可能であるものとした。

ろ過池の計画前提条件を、表 3-2-29 に示す。

表 3-2-29 ろ過池の計画前提条件

項	内 容
1.	原水：プルサット川表流水
2.	計画浄水量：7,260 m <sup>3</sup> /日
3.	取水施設及び沈砂池の概要ならびに建設予定地点、導水管敷設予定路線、及び浄水場建設予定地点：概略設計図 (図面番号 G1、PI-1～PI-6、PR-1～PR-4) 参照
4.	浄水場建設用地の形状及び寸法：概略設計図 (図面番号 PT-1) 参照
5.	ろ過池以外の浄水場施設の建設計画：概略設計図 (図面番号 PT-1～PT-16) 参照
6.	ろ過池の上流に位置する浄水施設の水位高低：概略設計図 (図面番号 PT-2) 参照
7.	浄水場からの送配水方式：浄水場から配水ポンプ直送方式で顧客に給水

表 3-2-30 に示す「ろ過池の基本仕様」を決定するにあたっては、以下を基本コンセプトとした。

- ① 性能保証方式の入札ではないことから、基本仕様の内容は、運転維持管理時のリスクを最小化することを最優先に考え、比較的保守的な内容とすることとした。
- ② 入札評価は、基本的に入札金額 (施設の建設費用) に基づいて行われるため、大きな運転維持管理費用の発生が予想される方式 (例えばろ過池の逆流ポンプ方式) については、予め選択肢から排除することとした。
- ③ 全ての入札者に公平な入札条件とするため、基本仕様の内容は、できる限り「水道施設設計指針 2012 (社団法人 日本水道協会)」の内容に沿ったものとする事とした。また、これまでのカンボジアにおける無償資金協力事業の実施例を参考とした。

表 3-2-30 ろ過池の基本仕様

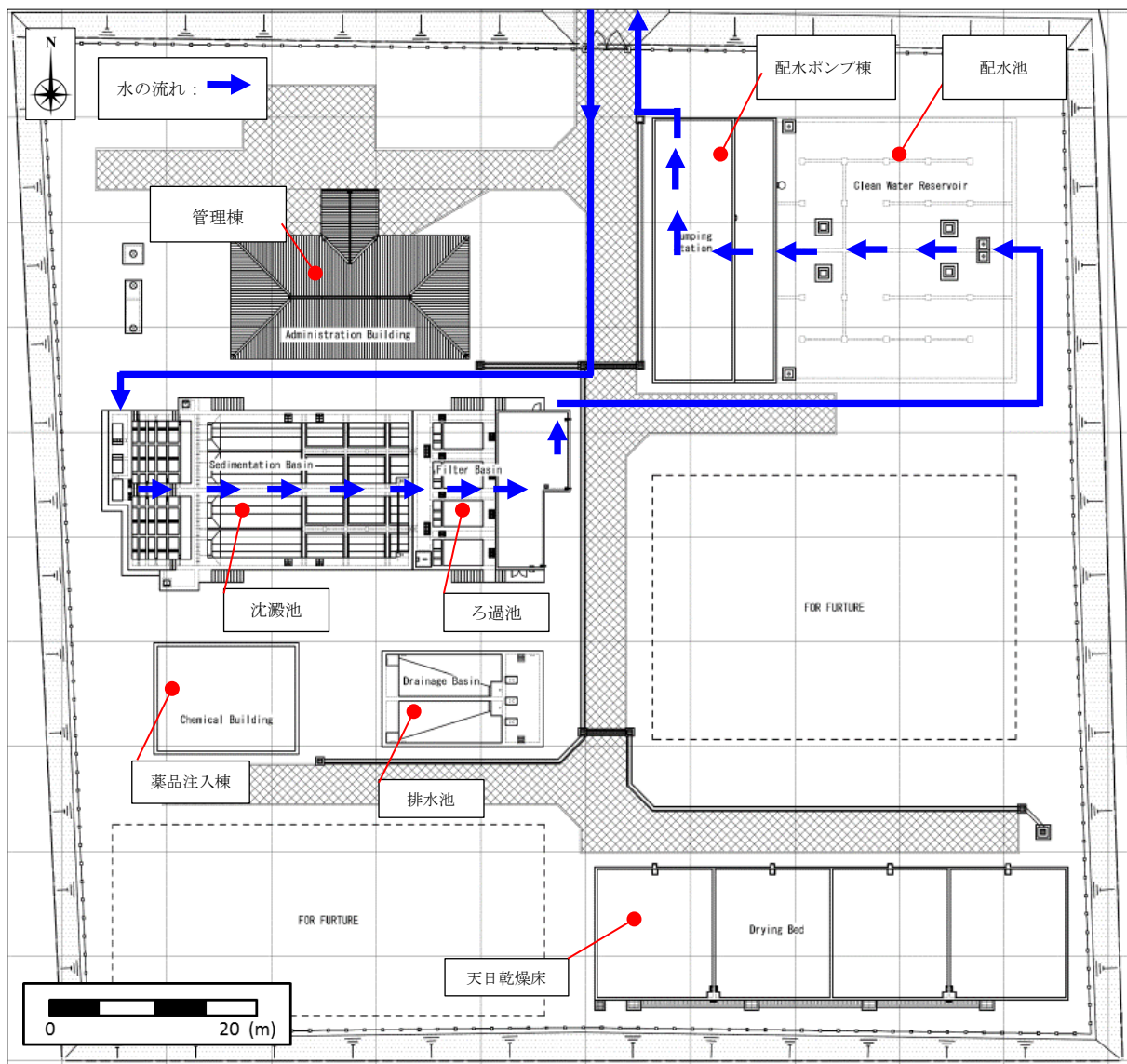
項	内 容
1.	ろ過池は浄水処理における除濁の最終工程施設であり、前段の凝集沈殿プロセスで除去しきれなかった懸濁物質を除去し、ろ過水の濁度を安定的に「カ」国の飲料水水質基準値以下に保持するための機能を有するものとする
2.	概略設計図（図面番号 PT-2～PT-5、PT-10、PT-11）に示すろ過池はあくまでも参考図であり、入札者は上記計画前提条件及び以下に定める基本仕様を満足する限りにおいて、概略設計図に示すろ過池とは異なる形状・形式のろ過池を提案することが可能であるものとする
3.	概略設計図に示すろ過池とは異なる形状・形式のろ過池を提案する場合は、提案するろ過池の詳細設計図書（ろ過池の仕様・構造図、機器リスト等）を入札者が自費で作成し、入札時に提出するものとする
4.	概略設計図とは異なる形状・形式のろ過池を提案する場合は、ろ過池からの洗浄排水管及びろ過水管の取り出し位置、管の口径及び敷設ルートについて入札者が提案するものとする
5.	以下で特に定めていない事項及び以下で使用している技術的専門用語の解釈に関しては、「水道施設設計指針 2012（社団法人 日本水道協会）」が定める技術的指針及び技術的専門用語の解釈に準拠するものとする
6.	ろ過池は単層ろ過、重力式、下降流とし、形状は長方形とするろ過池は単層ろ過、重力式、下降流とし、形状は長方形とする
7.	ろ過流量調節方式は定速ろ過の自然平衡方式とする
8.	ろ過速度は全池運転時において 110 m/日以上とし、1 池洗浄時において 150 m/日以下とする
9.	最大損失水頭は 1.5 メートル以上 2.0 メートル以下とする
10.	流出入方式はいずれもカスケード方式とする
11.	流出側のカスケードは砂面より高い位置に堰を設置するものとする
12.	流入側のカスケードは流入水を運転中の各ろ過池にできるだけ均等に分配可能なものとするとともに、損失水頭が計画最大値に近づいた状況下においてもカスケードを確実に保持できるものとする
13.	洗浄方式は「水流による逆流洗浄＋空気洗浄の後、水流による逆流洗浄」とする
14.	砂層厚 80～100cm、砂の有効径 0.8～1.0mm、砂の均等係数 1.6 以下とする
15.	逆流洗浄水は他の運転中のろ過池のろ過水を使用するか、もしくは別途に洗浄タンクを設けて供給するかのいずれかとする
16.	洗浄タンクを採用する場合は、その設置位置及び洗浄水の入手先を入札者が提案するものとする
17.	逆流洗浄水は浄水もしくは塩素の残留したろ過水とする
18.	洗浄終了直後のろ過水を排出するための捨水機構を設けるものとする
19.	下部集水装置は有孔ブロック形もしくはストレーナ形とする
20.	流入、流出、洗浄、洗浄排水等の工程制御はサイホン、もしくは弁扉で行うものとする
21.	流入、流出、洗浄、洗浄排水等の工程制御を弁扉で行う場合は、電動開閉機付とし、かつ、停電時や開閉機の故障時には手動での開閉が可能であるものとする
22.	流入、流出、洗浄、洗浄排水等の工程制御をサイホンで行う場合は、各サイホンにつき真空作動弁 2 個、真空破壊弁 2 個、及び三方電磁弁 2 個をスペアパーツとして納入するものとし、当該費用を予め入札価格に含めておくものとする
23.	洗浄操作は現地操作盤での手動洗浄、ならびにシーケンス制御による自動洗浄の両方で行うことが可能であるものとする

#### (4) 浄水施設配置計画

新設浄水場は、建設予定地の敷地面積及び形状を元に浄水能力 7,260 m<sup>3</sup>/日の施設規模とし、以下の事項を総合的に勘案して施設配置を計画した。施設配置図を図 3-2-22 に、水位高低図を図 3-2-23 示す。

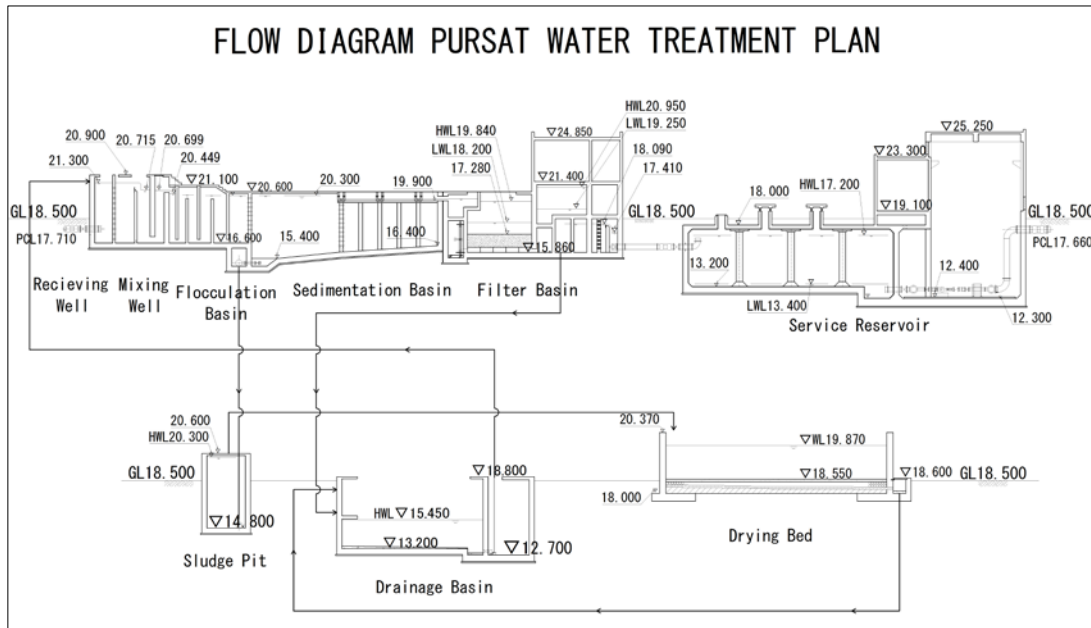
(勘案事項)

- ・ 原水の流入方向、処理プロセス間の水位差（エネルギー効率）、送水方向、受電位置、アクセス等を考慮した施設配置
- ・ 最小限の造成面積、及び土工量の低減
- ・ 将来の施設拡張性



出典：JICA 調査団

図 3-2-22 新設浄水場配置計画



出典：JICA 調査団

図 3-2-23 新設浄水場水位高低図

(5) その他の浄水施設計画

1) 排水処理施設

洗浄排水は、排水池に流入させて返送ポンプで着水井に返送する。

排水基準の順守の観点より、沈澱汚泥の汚泥処理のために天日乾燥床を計画する。天日乾燥床に集められた排泥は場外搬出により処分し、排水は排水池を経由して原則として着水井に戻す計画である。

また、雨水排水、及び水質事故等の緊急時対策として、新設浄水場からプルサット川への排水管を布設する。排水管布設ルートは、図 3-2-24 に示すとおりである。

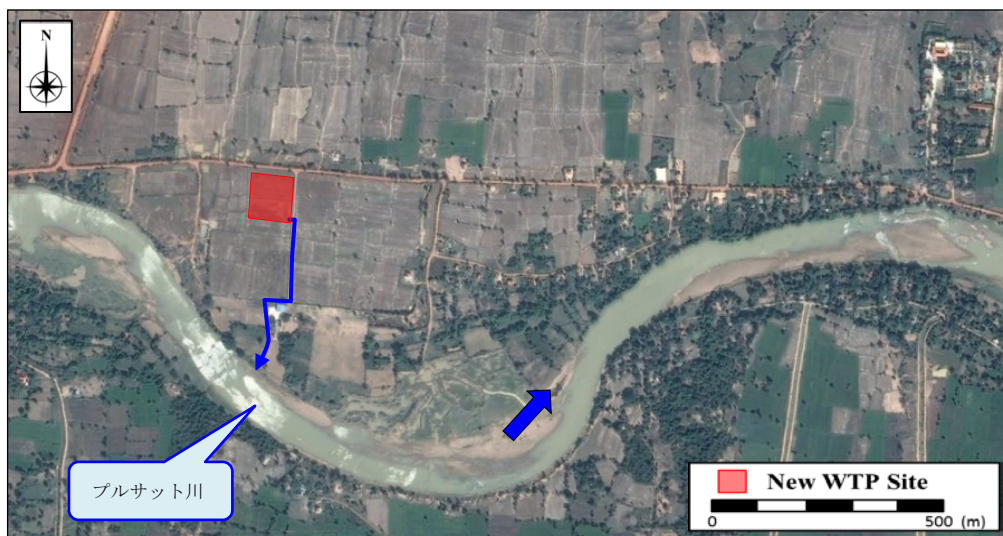


図 3-2-24 浄水場からの排水管ルート

## 2) 場内配管・場内整備

場内配管については適正な口径で各施設を連絡させる配管整備とする。また、施設の周りには管理用道路を整備することとする。

浄水場施設予定地は現況として全くの更地であり、周囲からの侵入を防止するような設備はないため、カンボジアの治安等を考慮すると、調達機材の盗難や政府への抗議を目的としたテロ等によって施設の安全上重大な問題を引き起こすおそれがあると考えられる。そのため、防犯上のコンクリートブロック塀及び門扉を設置する。

## (6) 電気・計装設備

### 1) 受変電設備

受変電設備を浄水場へ新規に設置する。電源は近くにある EDC の 22kV, 50Hz の電力線から引き込まれ、変圧器にて 400V に降圧された後、ポンプ棟電気室内受電盤に引き込まれる。

### 2) 非常用発電機設備

停電が 1 カ月に数回の頻度で発生していることから、浄水設備及び配水ポンプを運転可能な発電容量を持った非常用発電機を設置する。燃料タンク容量は補給頻度の低減を考慮して 10 時間の運転容量とする。400V で発電された発電電源はポンプ棟電気室内の切替盤に引き込まれる。

### 3) 配電設備

受変電設備及び非常用発電機設備より引き込まれた 400V 電源は、ポンプ棟電気室内配水ポンプ盤及びモーターコントロールセンタを經由して場内各種負荷に供給される。

### 4) 計装設備

浄水場を適切な運用を図るため浄水場内に以下の計装設備を設置する。

- a) ろ過流量計 : 1 式
- b) 配水池水位計 : 各 2 式
- c) 配水圧力計 : 1 式
- d) 配水流量計 : 1 式

### 5) 中央監視設備

取水ポンプ場、各種浄水場施設の機器の運転状況、及び上記各種計測値は管理棟監視室に設置されるグラフィック監視盤に表示され、浄水設備の運転状況の一括監視を可能とする。

### 6) 取水ポンプ場遠方監視システム

取水ポンプ場の運転状態及びポンプ送水量を浄水場監視室で監視するために無線システムを用いた遠方監視システムを設置する。

7) 配水モニタリングシステム

取水ポンプ場流量、浄水場内ろ過流量、配水流量、配水圧力に加え、場外路上局配水流量（1カ所）、さらに配水圧力（3カ所）の情報を管理棟監視室に設置するモニタリングシステムのパーソナルコンピュータに取り込み、取水、浄水及び配水の一元管理を可能とする。場外路上局4カ所のデータに関しては、既存システムと同様、携帯電話回線を用い、毎日定時刻のデータをまとめて伝送する方式とする。

8) 浄水施設計画概要一覧

浄水施設に必要な施設・設備内容は表 3-2-31 に示すとおりである。

表 3-2-31 浄水場施設計画の内容・緒元

区 分	新設ブルサット浄水場：6,600m <sup>3</sup> /日	
	内 容	数 量
着水井	鉄筋コンクリート造 内寸法：幅 1.5m×長 3.90m×水深 4.70m 容量：V=27.5m <sup>3</sup> 、滞留時間：T=5.5min （基準値：T≥1.5min）	1 池
急速攪拌池	鉄筋コンクリート造 水流エネルギー利用方式 内寸法：幅 1.50m×長 1.50m×水深 4.12m 容量：V=9.27m <sup>3</sup> 、滞留時間：T=1.83min （基準値：1<T<5min）	1 池
フロック形成池	鉄筋コンクリート造 緩速攪拌方式：上下迂流式 列数：5 列 G 値：10～75(1/秒) GT 値：23,000～210,000 1 池当り内寸法：幅 7.00m×長 3.65m×平均有効水深 3.76m（高さ 4.50m）	2 池
薬品沈澱池	鉄筋コンクリート造 横流式薬品沈殿方式 上澄水集水装置：集水トラフ＋潜りオリフィス 1 池当り内寸法：幅 7.00m×長 20.00m×平均水深 4.4m 表面負荷率：Q/A=18.0mm/min（基準値 15～30mm/min） 平均流速：V=0.08m/min（基準値：0.40m/min 以下）	2 池
急速ろ過池 (参考) ※	鉄筋コンクリート造 形式：自然平衡方式 1 池当り内寸法：幅 2.50m×長 6.00m ろ過砂厚：1.0m 下部集水装置：有孔ブロック型 ろ過速度：V=121m/日（基準値 120～150m/日）	4 池

区分	新設ブルサット浄水場：6,600m <sup>3</sup> /日	
	内容	数量
	逆洗方式：空気洗浄＋逆流洗浄	
配水池	鉄筋コンクリート造、フラットスラブ構造 1槽当りの有効容量：V=1,152m <sup>3</sup> （576m <sup>3</sup> ×2池） 有効水深：H=4.00m（基準値：3～6m） 滞留時間：T=8.4時間（1日当り需要変動より設定） 1池当り内寸法：幅12.00m×長24.00m×高4.00m	2池
排水池	鉄筋コンクリート造 容量：V=228.8m <sup>3</sup> （114.4m <sup>3</sup> ×2池）（1池あたりの容量：1回の洗浄排水容量以上とする。） 1池当り内寸法：幅4.00m×長11.00m×水深2.60m（高5.60m）	2池
天日乾燥床	鉄筋コンクリート造 床面積：A=536.8m <sup>2</sup> （一床当りの面積：幅11.0m×長12.2m=134.2m <sup>2</sup> ） （平均濁度・凝集剤注入率から発生固形物量を算出し、計画スラッジ負荷より面積を算出）	4床
薬品注入設備 （薬品注入棟内）	凝集剤：PAC 注入方式：定水位槽からの自然流下方式 酸・アルカリ剤：消石灰（アルカリ剤、凝集剤で消費されるアルカリ分を補う） 注入方式：粉体定量機で定量して、水流により溶解した後自然流下方式 塩素剤：次亜塩素酸カルシウム（さらし粉） 注入方式：定水位槽からの自然流下方式	1式
自家発電設備 （薬品注入棟内）	容量：長時間型 350KVA 形式：低騒音キュービクルタイプ	1式
薬品注入棟	鉄筋コンクリート造、3階建て、延床面積：425.8m <sup>2</sup> （用途）1階：ワークショップ、倉庫、自家発電機室、トイレ 薬品搬入施設（1、2、3階吹抜け） 2階：廃液貯留槽、薬品注入機 3階：薬品溶解槽	1式
管理棟	鉄筋コンクリート造、1階建て、延床面積：266.7m <sup>2</sup> （用途）1階：事務室、会議室、監視・制御室、分析室、トイレ	1式

※3-2-2-5-(3)-4)で上述した通り、急速ろ過池の施設規格および構造は、入札者の提案に任せるものとすることから、上表の値は参考緒元である。

出典：JICA 調査団

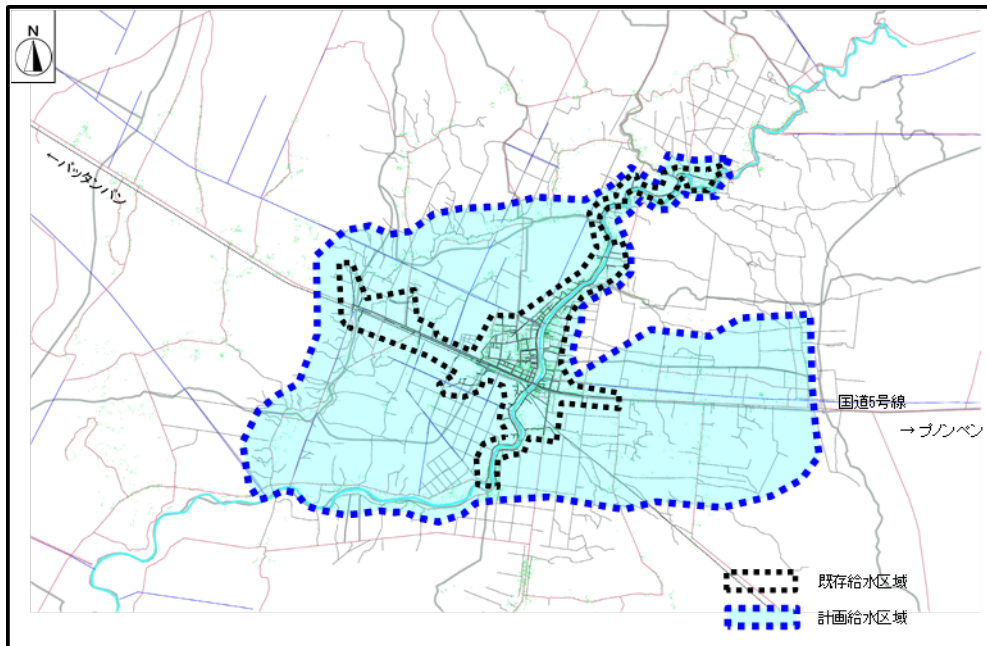


### 3-2-2-6 送配水施設計画

#### (1) 基本条件

##### 1) 計画給水区域

計画給水区域<sup>12</sup>は図 3-2-25 に示すように拡張する。計画給水区域のうち既存給水区域を除く区域が拡張給水区域となる。



出典：JICA 調査団

図 3-2-25 計画給水区域

##### 2) 計画配水量

計画配水量は、当該計画給水区域の計画時間最大配水量とし、 $357.5\text{m}^3/\text{時間}$ （計画一日最大配水量  $6,600\text{m}^3/\text{日} \div 24 \text{時間} \times \text{時間係数 } 1.3^{13}$ ）とする。

#### (2) 配水システム

既存給水区域へは既存施設から給水、拡張給水区域へは計画施設により給水するとした場合、以下の問題が生じる。

- ・ 既存区域の給水接続率を 100% となった場合、既存施設では約  $3,200\text{m}^3/\text{日}$  の能力が不足
- ・ プルサット川沿い北部地域の既存配水管網では能力が不足

<sup>12</sup>計画給水区域は、カンボジアの政策目標、事業規模、運転維持管理の持続可能性の観点から検討し、MIH との協議の結果決定した。

<sup>13</sup>時間係数は、プルサット市の既存配水区域の時間係数 1.30 実績、カンボジア他都市の当該区域と同規模程度の計画では 1.70 程度を参考にし、MIH との協議結果により、時間係数は 1.30 を採用することとした。資料 7.7（計画時間最大配水量を算定する際の時間係数の設定）参照。

- ・既存管路と同路線に新設管路を布設する二重配管（不要な配管）箇所が発生

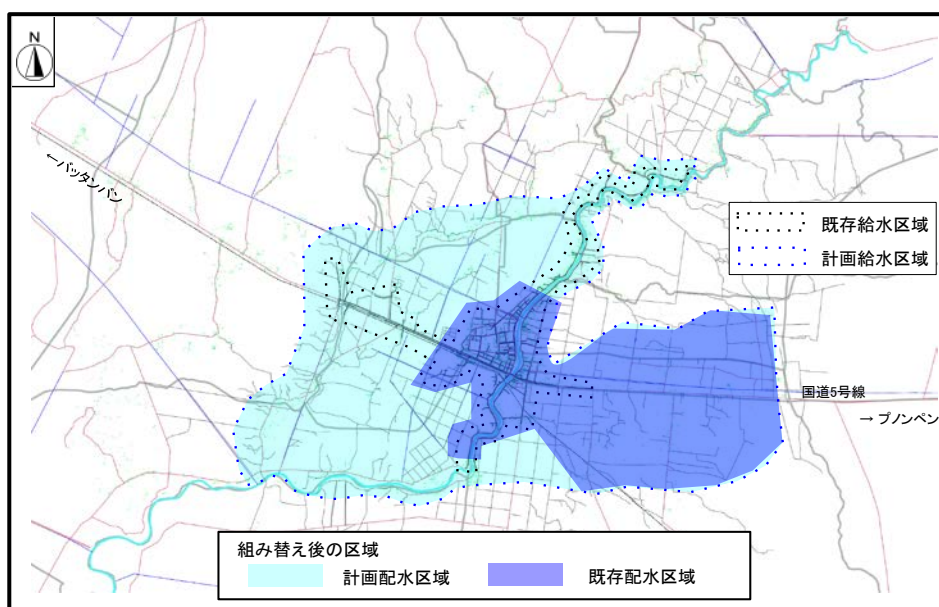
このため、配水系統の組み替えを行ったうえで経済性、維持管理の容易性を考慮した配水方式を検討した。

#### 1) 配水系統の組み替え

計画給水区域の標高差は小さく全域の高低差で約 8m と平坦な地勢である。このため、既存給水区域と同様に、拡張給水区域への配水もポンプ加圧方式とする。

図 3-2-26、図 3-2-27 に配水系統の組み替えとその概念図を示す。基本的な方針は、次のとおりである。なお、既存管のほとんどが 2006 年以降に布設されており、老朽化や高水圧による漏水が問題となっている路線の情報および既存管網計算によって漏水が懸念される区域はないため、既存管の漏水は当検討では考慮しない。

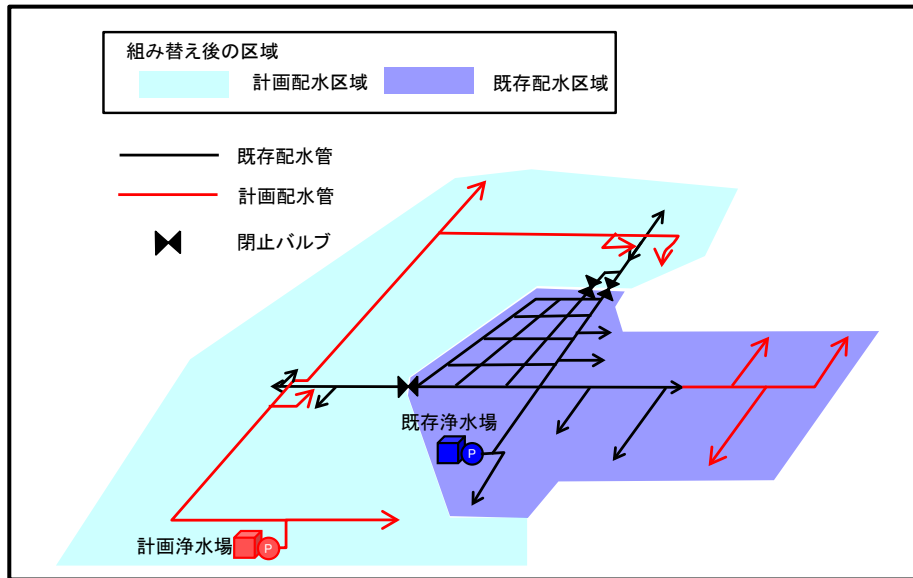
- i) 配水に係る省エネルギーの観点から最短距離で配水する。
- ii) 現状で能力不足となっている既存管路については、既存及び計画配水施設の各施設能力と水需要バランスを踏まえた配水系統へ変更することで改善を見込むため、増強及び更新は行わない。
- iii) 配水管路の二重化は必要最小限とする。
- iv) 運転や維持管理を容易とするため、各配水系統の境界は閉止バルブを設けてブロック化を行い、互いに干渉しないようにする。
- v) 新設浄水場の配水系統を2つのゾーン、既存浄水場の配水系統は1つのゾーンに分け、配水量・水圧の状態監視を行い、配水運転、配水運用、管路事故（大きな漏水について検知）に活用する<sup>14</sup>。



出典：JICA 調査団

図 3-2-26 配水系統の組み替え

<sup>14</sup>配水区域を細分されたブロックへ分割することは、以下の理由により当面不要であると考えられる。i)既存管および新管とも比較的新しいので、管路の老朽化に伴う多量の漏水は当面想定されない。ii)地形は全体的に平坦であり、ブロック化により、減圧する区域や増圧する区域の設定は必要ない。このため、本計画は大きな配水ブロックで配水状態や大きな漏水事故の把握や配水運用を行えるよう計画した。将来的には、住宅の接続数と水需要が増加し、さらにパイプラインがさらに悪化するにつれて、漏水場所を特定する必要があるため、より詳細な水管理情報と地区別の水需要変動を把握するために、水分配領域を細分化したブロックに分割することを検討することが望ましい。



出典：JICA 調査団

図 3-2-27 配水系統組み替えの概念図

## 2) 配水方式

配水方式<sup>15</sup>として表 3-2-32 に示す比較を行った結果、浄水場からポンプ（インバータ制御）配水とする。

表 3-2-32 配水方式の比較（1）

	A 案 浄水場からポンプ（インバータ制御・推定末端圧力一定）配水	B 案 浄水場ポンプと高架水槽から自然流下の併用配水
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画配水区域に新規配水ポンプより直接配水</li> <li>既存配水区域に既存配水ポンプから直接配水</li> <li>浄水場内配水池、配水ポンプ、配水本管、制御装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画配水区域のうち、浄水場近傍には新規配水ポンプより直接配水し、遠方には高架水槽を経由して自然流下により配水</li> <li>既存配水区域に既存配水ポンプから直接配水</li> <li>浄水場内配水池、配水ポンプ、配水本管、高架水槽、制御装置</li> </ul>

<sup>15</sup>浄水場に高架水槽を設置する案も考えられるが、これは高架水槽水位を標高より 50m 程度上げ、規模も大きくなって現実的ではない。既存の配水システムでは当初、浄水場内に高架水槽を設けてポンプとの併用で配水を行っていたが、区域拡張、配水量増加に伴い高架水槽からは配水圧不足となり、現在は活用していない。高架水槽からの配水は配水量や配水区域などの変更に対応できない場合があり、今後の拡張等において適切なシステム変更の障害になる可能性がある。なお、配水池は浄水場内に設置することにより、送水管等の送水施設は不要となる。

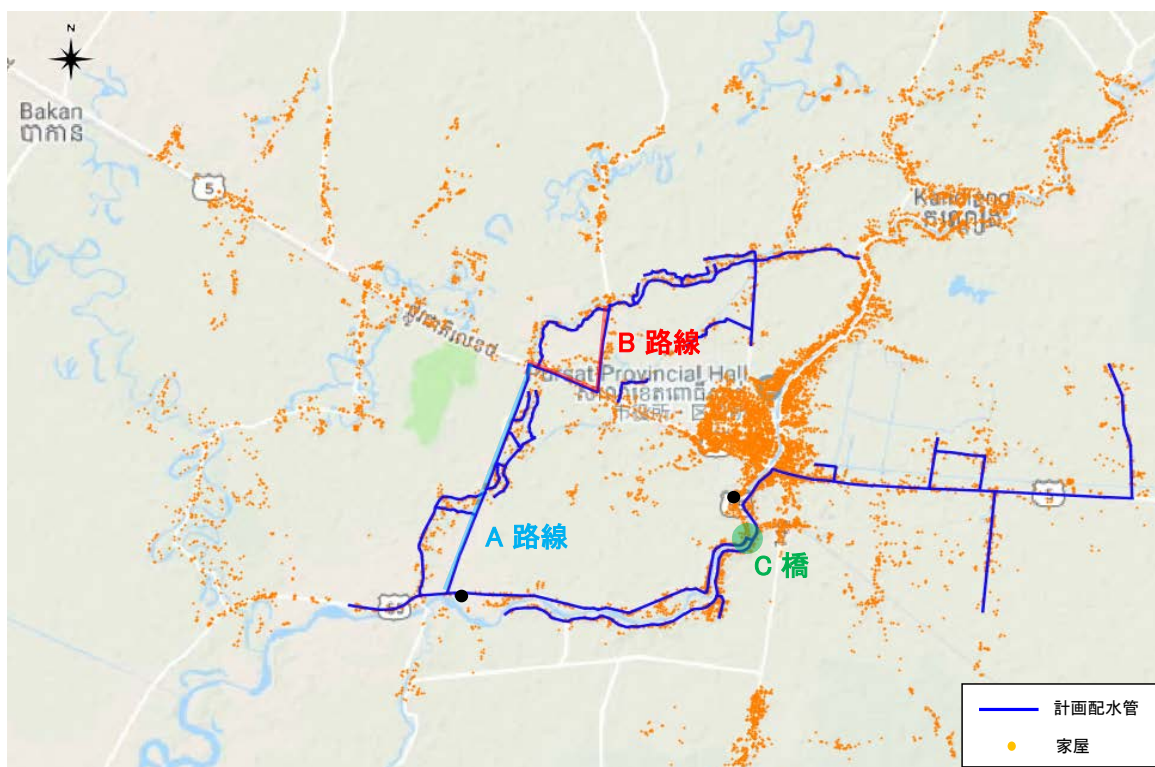
	A 案 浄水場からポンプ（インバータ制御・推定末端圧力一定）配水	B 案 浄水場ポンプと高架水槽から自然流下の併用配水
概略図		
運転制御・維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ B 案より容易となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高架水槽の水位制御が必要。</li> <li>・ 浄水場内の配水ポンプについて需要に対する配水と高架水槽に対する送水が必要となり、運転が複雑となる。</li> <li>・ 施設が 2 カ所となり、維持管理が難となる。</li> </ul>
用地取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新たな用地取得は必要ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高架水槽のために新たに用地取得が必要となる。</li> </ul>
建設費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ B 案よりやや安価となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 案よりやや高価となる。</li> </ul>
電気使用量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 配水ポンプについてインバータ制御により需要に応じた最小限の電気使用量が期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高架水槽により配水するエリアは時間最大時のポンプエネルギーは抑制できるが、深夜等の少使用時間帯の高架水槽への送水時に A 案以上となる。</li> <li>・ トータルでは A 案以上の省力化が期待できない。</li> </ul>
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施設や設備が少なく、単純なシステムとなり、省エネルギー効果も高い。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 案と比べて施設や設備が多く、制御も複雑となり、省エネルギー効果も劣る。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>

出典：JICA 調査団

### (3) 配水管路線

配水管路線は、家屋の密集度の高い路線を選定したうえで、現場踏査により道路幅員や障害物等を確認して、以下に示す事項に留意し選定した。計画配水管路線図を図 3-2-28 に示す。

- ・ 図中 A の直線道路には家屋の張り付きが少なく、周辺道路には家屋の張り付きが多い。A においては北部方向への中大口径の主要路線となるため、これらの主要管路については施工性を考慮すると道路幅員が狭く、曲がりの多い路線を避けることが望ましい。したがって、幅員の大きい直線道路に主要管路、幅員の小さい周辺道路には小配管を配置する。
- ・ 図中 B についても中大口径の主要路線となる。川沿いの曲線道路は家屋の張り付きが多いが、道路幅員が 2m 程度と狭く、施工が困難となる。したがって、国道 5 号線を経由する直線道路に主要管路、周辺道路には小配管を配置する。
- ・ プルサット川右岸側配水のため、既存橋の下図 C に添架管を配置する路線とする。



出典：JICA 調査団。Google Earth をもとに家屋をプロットし作成

図 3-2-28 計画配水管路線図

#### (4) 配水ポンプ

##### 1) 運転方式

計画配水区域への配水はポンプによる直送配水とする。配水ポンプは、浄水場のポンプ室に設置する。配水ポンプには、常に変動する水需要に対し、スムーズな制御かつ高効率な運転を可能とするインバータ制御を用いてポンプを運転する方式を導入し、電力費の低減とポンプ制御の省力化を図る。

##### 2) 配水ポンプの仕様

配水ポンプの設計仕様を下表に示す。

- ・形式は、ポンプ効率が良く、安定性の高い横軸渦巻きポンプとする。
- ・台数は、インバータ制御が対応可能な水量範囲で最小台数となる常時 2 台とし、予備を 1 台とする。(インバータ制御装置を用いるため、台数が少ない方が経済的となる)
- ・全揚程は、既存ポンプと同程度の 55m とする。(本計画では運転や維持管理を容易とするため、既存配水区域と計画配水区域は常時閉止された状態となるが、将来的な配水システムの向上に伴う常時や非常時の連絡を考慮すると、同程度とすることが望ましい)

表 3-2-33 配水ポンプの仕様

項目	仕様
形式	横軸、両吸い込み渦巻ポンプ
台数	3台（予備機1台を含む）
ポンプ水量	4,950 m <sup>3</sup> /日（3.44m <sup>3</sup> /min）
全揚程	55m
電動機出力	75kW
口径	吸込 200mm 吐出 100mm
同期回転速度	1,500min <sup>-1</sup>
付属	フライホイール装置 GD <sup>2</sup> =200kgm <sup>2</sup>

出典：JICA 調査団

既存配水ポンプ仕様：2.0 m<sup>3</sup>/min、H=50m、30kW x 3台、4.5 m<sup>3</sup>/min、H=50m、45kW x 1台

### (5) 配水池容量

常時や非常時等の安定給水を図るため、配水池容量は計画一日最大給水量の 8 時間分<sup>16</sup>とし、2,200 m<sup>3</sup>（6,600 m<sup>3</sup>×8/24）とする。

### (6) 管径

新設する管径については、変更後の配水系統ごとに時間最大時、消火時において適当な残存水圧<sup>17</sup>を確保できるよう管網計算を行い、設定する。管網計算結果は、資料 7.9（配水管網計算）に示す。

### (7) 管種

配水管の管種は次のとおりとする。

#### 【一般部】

口径 300mm 以上：ダクタイル鋳鉄管（PN10）、ISO 規格（掘削幅の狭いところでも施工性の優れているプッシュオン継手）

口径 250mm 以下<sup>18</sup>：高密度ポリエチレン（High Density Polyethylene：HDPE）管（PN10）

【河川横断部】鋼管（SP）（腐食対策のため防食塗装）

<sup>16</sup>既存配水施設の実績：一日最大配水量の 2.6 時間分及び他都市を参考とし、カンボジア国政府との協議結果による。資料 7.7（計画時間最大配水量を算定する際の時間係数の算定）参照。

<sup>17</sup> 時間最大時：最低 0.05MPa、消火時：正圧。管網計算では、給水区域末端部、高地等の全域で適当な残存水圧を確保するように計画する。当区域は全域の高低差が約 8m と平坦な地勢で、高所は存在しないため、管路延長に応じて損失水圧が漸増して管路末端部で最低水圧を確保することが効率的で経済的な管網となる。

<sup>18</sup> φ250mm 以上の配管については本来 PPWSA が定めるカンボジア国内での実績では、ダクタイル鋳鉄管(DIP)が適用されることになっている。しかしながら、この基準に全て基いた場合、予算規模の制約を満足出来なかったことから、一部 φ250mm を適用していた L=5.5km の区間について、高密度ポリエチレン管(HDPE)を適用することとした。

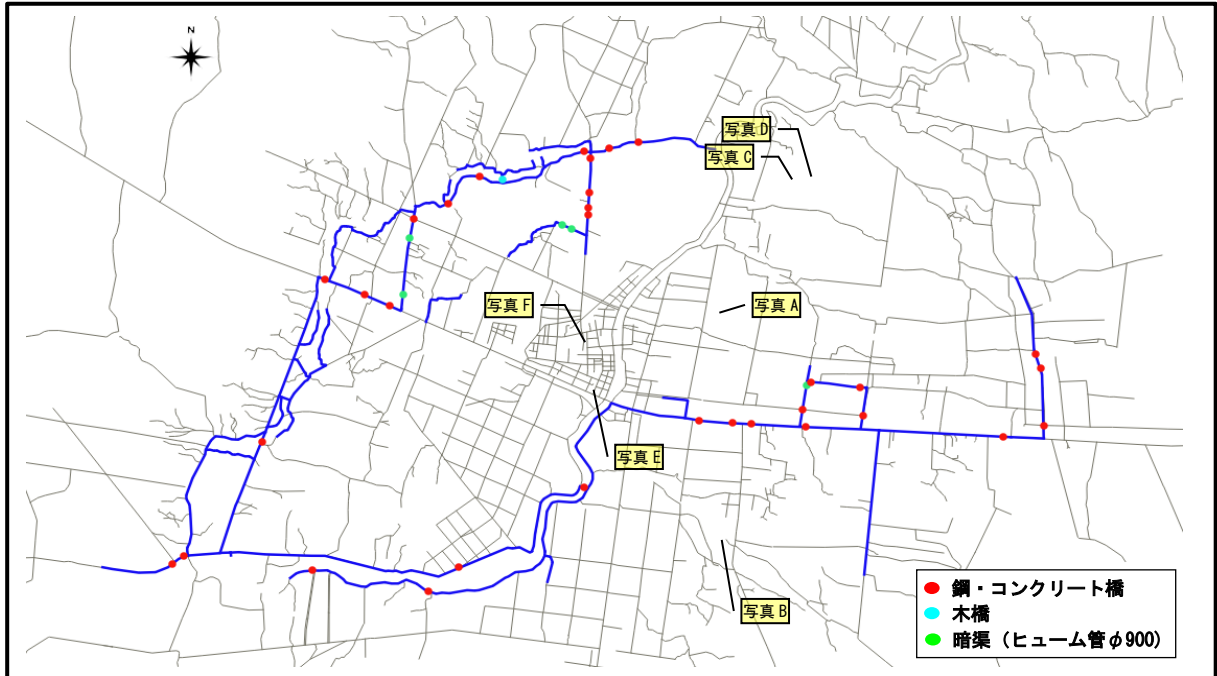
配水管における ND250 以上の HDPE 管の適用については、多くの実績があり、技術的に問題は無い。「水道施設設計指針：日本水道協会」に拠れば、配水管の適用材料については以下のような記述があり、特に管径毎に管材の使い分けを要する規定は存在しない。

『配水管としては、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ステンレス鋼管、硬質塩化ビニル管及び水道配水用ポリエチレン管等がある。これらの管は、それぞれ、材料、製造方法、規格寸法、強度及び内外面塗装等を異にするものであるから、衛生性、互換性、耐久性、維持管理の容易性等を考慮しながら最適なものを選定する。』

また、耐圧面では、当該設計における配水管内の発生水圧は概ね 0.5MPa 未満であり、ポリエチレン管で想定する水撃圧 0.25MPa を加味しても発生内圧は 0.75MPa であり、耐圧 PN10 (1.0MPa) の HDPE 管の適用は可能である。

(8) 河川横断等

配水管路線において河川や暗渠、鉄道横断等の特殊な配管を要する主要な箇所を図 3-2-29 に示す。各箇所の施工方法は以下のとおりとする。



出典：JICA 調査団。Google Earth をもとに家屋をプロットし作成

図 3-2-29 河川横断等位置図



図 3-2-30 橋梁、暗渠写真



表 3-2-34 河川横断等の施工方法

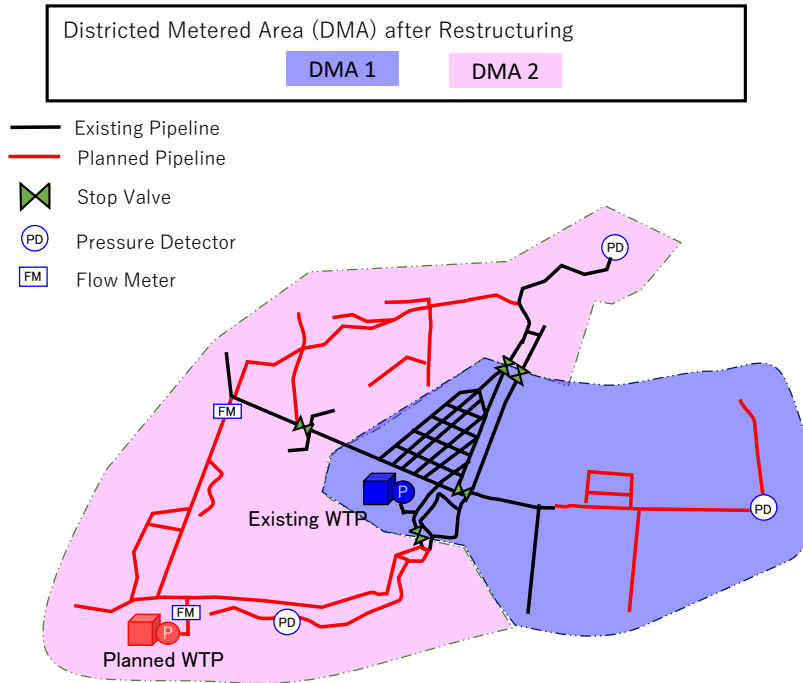
場所	施工方法
鋼・コンクリート橋	河川や灌漑水路等を横断する工法として一般的に既存の橋梁を利用する添架管による横断や水管橋、推進工法がある。このうち、添架管による横断工法が口径によらず最も経済的な工法となる。現地で道路管理者であるプルサット州公共事業局（Department of Public Works and Transports : DPWT）との協議結果、管口径 500mm までの添架が可能であることを確認した。したがって、現場踏査により橋の劣化が進んでなく、強度的に問題ないと考えられる橋梁を選定し、鋼・コンクリート橋に対する横断工法は、添架管を採用する。
木橋	木橋路線は、路線変更の選択肢がなくてやむを得ない箇所である。木橋に対して添架管は強度的に難しい。現地調査によると、木橋周辺は浅い池のようになっており、敷地は十分にある。したがって、詳細設計時に地盤調査や測量等を行い検討する必要があるが、本計画では水管橋により横断する工法の採用を想定する。
暗渠(ヒューム管等)	暗渠の横断工法は、ためき掘り（開削工法）による下越し配管を行い、下越し配管部はコンクリート防護を施す。
国道 5 号線横断	開削工法で配管布設を行い、管防護としてさや管（ヒューム管）を設ける工法を採用する。
鉄道横断	プルサット市の鉄道は現在使用されていない。開削工法で布設を行い、管防護としてさや管（ヒューム管）を設ける工法の採用を想定する。

### (9) 配水管理システム

配水量、配水圧の把握とデータの一元管理、また効率的な水運用や漏水削減、管路事故等非常時への対応を行うことを目的として、配水管理システム<sup>19</sup>を導入する。配水管理システムは、上述したように新設浄水場の配水区域の 2 つのゾーンの流量監視<sup>20</sup>を目的として浄水場内で 1 カ所、拡張区域の配水幹線で 1 カ所、新設及び既存浄水場の各配水区域の 3 つのゾーンの水圧監視を目的として末端配水管で 3 カ所の状態監視を行う。また、新設浄水場の中央監視局にて収集した各配水区域の配水量、配水圧のデータは、さらに既存浄水場内に新たに設置する監視局に伝送され、既存浄水場においても新設浄水場の配水状況の監視が行えるようにする。

<sup>19</sup> 2014 年、JICA による無償資金協力「カンボジア国地方州都における配水管改修及び拡張計画」がプルサット等で実施され、この事業において配水管理システムが導入されている。この事業では中央監視局（既存浄水場内）と流量計を浄水場内に 1 カ所、配水幹線に 2 カ所設置され、このシステムを活用して技術協力プロジェクトにより効果的な浄水場運営手法に関する技術支援が行われている。このため、本事業でも同様のシステムを導入することとする

<sup>20</sup> 既存浄水場の配水区域の流量監視のために流量計が既に設置されている。



出典：JICA 調査団

図 3-2-31 配水管理システム配置図

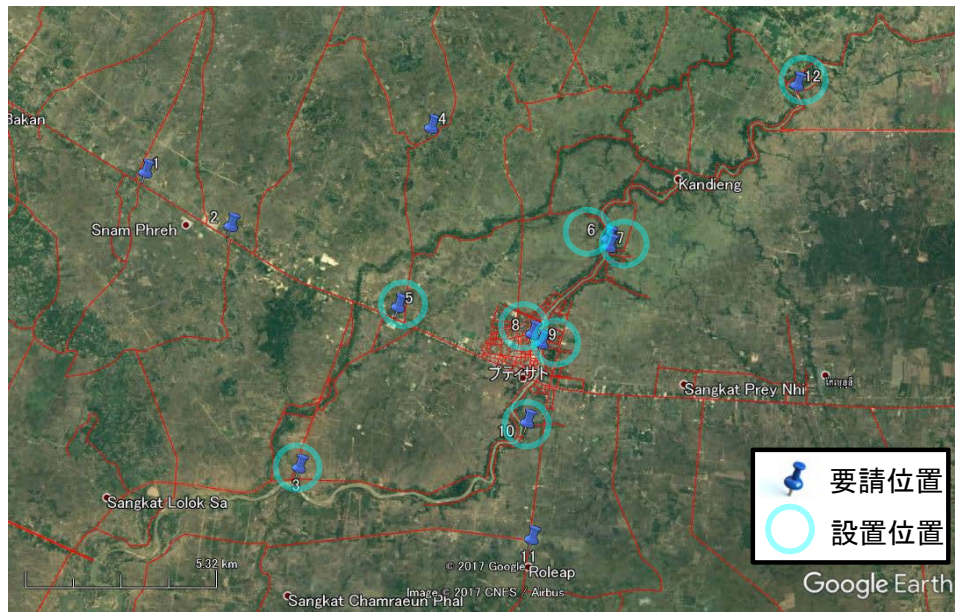
(10) 配水管設計基準

道路管理者、消防当局、MIH との協議結果を踏まえて設定した配水管の設計基準を表 3-2-35 に示す。また、導水管も同様とする。

表 3-2-35 配水管設計基準

区分		設計基準
管布設位置		<ul style="list-style-type: none"> <li>路肩に布設。</li> <li>布設位置が分かりやすいよう、短間隔で布設位置を変更しない。</li> </ul>
土被り		<ul style="list-style-type: none"> <li>国道 5 号線のみ H=1.2m</li> <li>国道 5 号線以外 φ400 H=1.0m</li> <li>φ350 以下 H=0.8m</li> </ul>
掘削・埋戻し仕様		<ul style="list-style-type: none"> <li>管体上面は、管保護のため 20cm の砂埋戻しを行う。</li> <li>玉石等があり、管材部と地盤との間に不陸が生じる際は、管体下面 10cm 以上の砂埋戻しを行う。</li> <li>掘削深が 1.5m を超える場合、土留め（軽量鋼矢板 III 型）を行う。</li> </ul>
付帯施設	制水弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>始点、終点、分岐部、伏せ越し部、水管橋、添架部等に設置。</li> <li>仕切弁、仕切弁匡を採用。</li> </ul>
	空気弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形的に凸部となる場所、水管橋部、添架部、下越し部に空気弁を設置。</li> </ul>
	排水設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>管路凹部で河川、排水路等の排水先が近い地点に設置する。</li> </ul>
	異形管防護	<ul style="list-style-type: none"> <li>離脱防止金具を使用。（管路の屈曲部、分岐部、仕切弁等不平均力が働く箇所の対策として防護コンクリートと離脱防止金具を使用する方法がある。防護コンクリートは管路布設後の埋戻しまでに数日間を要するため、施工性を考慮して離脱防止金具を使用する。）</li> </ul>
消火栓		<ul style="list-style-type: none"> <li>要請を受けた位置のうち、新規配水管路線等の施工の実施が可能な 8 カ所に地上式消火栓を設置（図 3-2-32 参照）。</li> </ul>

出典：JICA 調査団

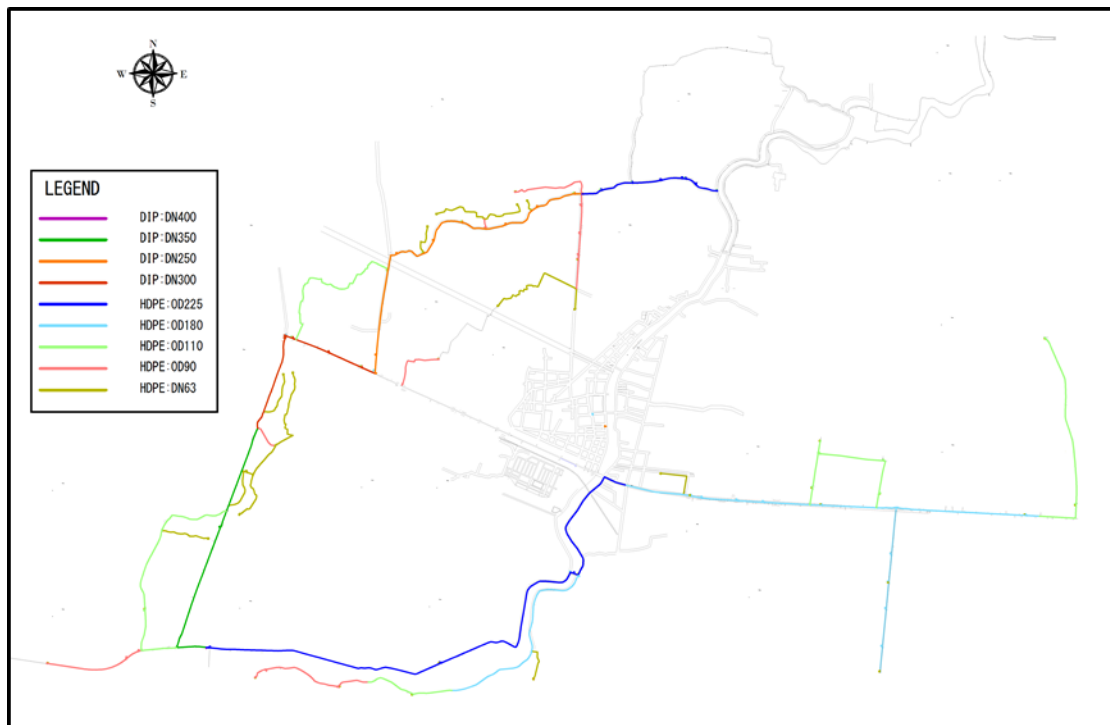


出典：JICA 調査団、衛星画像：Google Earth

図 3-2-32 消火栓設置位置

(11) 配水施設計画

以上より、配水施設計画をまとめ、図 3-2-33、表 3-2-36 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-33 配水管計画

表 3-2-36 配水施設計画の内容・諸元

施設	施設及び構造	数量
配水池 (浄水場内)	鉄筋コンクリート造、矩形、2 池割り 有効容量：V=1,100 m <sup>3</sup> ×2、有効水深：H=3.80m 水位：HWL+17.20m、LWL+13.40m 基礎：直接基礎	1 池
配水ポンプ (浄水場内)	横軸両吸込渦巻ポンプ 3.5m <sup>3</sup> /分 H=55m 75kW インバータ制御	3 台 (内 1 台予備)
配水管	ダクタイル鋳鉄管 一般部：T 形継手、継ぎ輪のみ K 形継手 異形管防護：T 形ロック/K 形特殊押輪 口径：φ400mm L= 0.1km φ350mm L= 5.8km φ300mm L= 1.4km	7.3km
	高密度ポリエチレン管 口径：φ250mm L= 5.4km φ200mm L= 11.2km φ150mm L= 10.3km φ100mm L= 16.5km φ 80mm L= 7.7km φ 50mm L= 23.1km	74.2km
	水管橋 鋼管 口径：φ 80mm 1 カ所	1 カ所
	橋梁添架 鋼管 口径：φ300mm 3 カ所 φ250mm 4 カ所 φ200mm 8 カ所 φ150mm 10 カ所 φ100mm 6 カ所 φ 80mm 8 カ所 φ 50mm 1 カ所	40 カ所
配水監視設備	中央監視局：データ受信器、データ送信器、監視用コンピュータ、プリンタ及び付属装置 監視局（既存浄水場設置）：データ受信器、監視用コンピュータ、プリンタ及び付属装置 路上局：5 カ所（内 2 カ所 流量計 φ250 2 個、データ送信器とその付属設備 内 3 カ所 水圧計 1 個、データ送信器とその付属設備）	1 式

注)水管橋、橋梁添架の延長はダクタイル鋳鉄管、高密度ポリエチレン管延長に含む

出典：JICA 調査団

### 3-2-2-7 機材調達計画

要請内容、インセプション協議結果、現地概要説明時の協議の結果を考慮して、本プロジェクト実施に最低限必要となる機材を選定した。検討結果は表 3-2-37 で示すとおりである。

表 3-2-37 当初要請と現地調査結果の比較

調達器材区分		当初要請	現地調査結果による調達器材
機材調達	水質管理機器	原子吸光高度計・蒸留装置、顕微鏡、試薬類、ガラス器具、濁度計、pH 計、UPS 等	ジャーテスター、蒸留水製造装置、pH 計、残留塩素濃度計、電気伝導度計、ウォーターバス、顕微鏡、連続測定水質分析計（濁度・残留塩素濃度）、吸光光度計、UPS、微生物分析装置、連続測定水質分析計、試薬類、ガラス器具、実験台等
	電気機械設備用工具	電源テスター、検電器、振動計測器、トルクレンチ、ハンディ流量計、ろ過砂テスター、絶縁チェッカー等	クランプ式電力量計、振動測定装置、機械式トルクレンチ、携帯型超音波流量計、ふるい振とう機
	配管管理用機材	漏水探知機、配管探知機、配管敷設機材、管網情報システム等	配管敷設機材（ポリエチレン管融着機）
	給水装置 （貧困世帯用）	—	給水管、メータ、その他付属品（実施想定）
	会計システム	—	SUMS システム（PC 及びソフトウェア追加ライセンス）

出典：JICA 調査団

#### (1) 水質管理機器

水質管理機器に関しては、新設浄水場の運転管理上必要最低限の機器を調達する。

既存プルサット浄水場に既に整備されている機材を調査し、調達機器を計画する際の参考とした。調査結果は表 3-2-38 に示すとおりである。

表 3-2-38 既存プルサット浄水場における使用水質分析機材

使用機材 (2017年8月現在、除く故障機材)	備考
ジャーテスター、濁度連続測定器、実験台、塩素連続測定器、電気伝導度、吸光（分光）光度計、pH 計、蒸留水製造装置、ガラス器具、顕微鏡、細菌試験用機材、電子天秤、マグネチックスターラー、オートクレーブ、電気炉、乾燥機、冷蔵庫、遠心分離機、色度計、吸引ろ過機	新設浄水場との兼用は不可

ジャーテスター、残留塩素計、濁度計、ガラス器具、pH/電気伝導度計、及び蒸留水製造装置については、1日に何度も使用するため使用頻度が高く、新設浄水場の運転管理に不可欠であり、かつソフトコンポーネントでの運転管理指導に必要であるため、本事業において調達す

る必要がある。吸光光度計については、運転管理上、鉄・マンガン濃度を毎日測定する必要があるため、調達する必要がある。

以上より、基本的には、使用機材は既設浄水場との兼用は不可であることから、浄水場の維持・運転管理に必要な使用機材一式を調達する方針として計画する。

## (2) 電気機械設備用工具

設備の運転・維持管理に必要な機器として、クランプ式電力量計、振動測定装置、機械式トルクレンチ、携帯型超音波流量計、ふるい振とう機を調達する方針として計画する。

## (3) 配水管理用機材

要請があった漏水探査機器、管路探知機、配管布設機材については本邦技術協力プロジェクトで供与済みであり、PWWsに良好な状態で使用・保管されていることを確認したため本事業のコンポーネントの一部としない。一方、配管布設機材は調達機材としてポリエチレン管融着機を調達する。管路情報システムは建設工事に配水管理システムとして含まれる。

## (4) 給水装置

計画給水区域内における貧困層世帯 257 世帯を対象に給水装置を調達する。貧困世帯の接続工事は、カンボジア国側の負担とする。貧困世帯以外の給水装置及び接続工事は受益者負担となる。給水装置を含む接続費用は 290,000KHR 程度となっている。このうち、材料費を除く接続費用のみ(労務費)では 4,000KHR/m であり、一般的な 5m 程度の接続費用は、20,000 KHR (5USD) 程度となる。これまで貧困層には支払免除や最大 12 回までの分割払いも用意されている。

プルサット水道局に拠れば、世帯収入が 20,000R/日未満の世帯については、受益者負担としての支払い能力の無い世帯として取り扱われており、当該事業にて給水装置の調達対象としているレベル 1 の貧困世帯はこれに該当する。一方、給水管接続の上記材工込み費用 290,000KHR (73USD 程度) は、一日当りの世帯収入が 20000R (約 5USD) 未満の家庭にとっては重い負担になると考えられる。

貧困世帯数は、2010 年および 2011 年の MOP が実施した” Identification of Poor Household Programme” の貧困層データをもとに、次式により推定する。2025 年の計画給水区域におけるレベル 1 の貧困世帯数は 1,248 世帯と推定される。

$$\text{貧困世帯数(F)} = \sum \{ \text{ビレッジ別貧困層の割合(C)} \times \text{ビレッジ別世帯数(E)} \}$$

無償の機材供与対象となる貧困層世帯数は、2025 年の計画給水区域内における貧困世帯数 1,248 世帯から 2017 年 8 月の調査時点で接続済の貧困世帯数 991 世帯を控除し、257 世帯が見込まれる。貧困世帯数の想定結果は、資料 7.10 (貧困世帯数の想定) に示す。

## (5) SUMS システム

SUMS システムは総合事務システムであり、メータの読み値から請求書の発行、経理、支払を自動で行うシステムである。プルサットにおいては、水道事業人材育成プロジェクト・

フェーズ3にて、請求 (Billing)、経理 (Accounting)、支払 (Casher) のソフトウェア及び PC を導入しているが、本プロジェクトにて、さらに給水世帯が増加することから、上記ソフトウェアのライセンスの追加およびクライアント PC の追加を行う。

#### (6) 機材の調達先

水質分析機器や振動測定装置等は特殊な機器であり、品質が特に重要となるものなので、日本調達とし、給水装置のみ現地調達とする。給水装置は、事業実施後も各水道局が継続的に調達する資機材であり、現在実施されている無償資金協力での調達機材の調達実績も考慮し、カンボジアの水道局での仕様と同じとし、カンボジア国内での調達とする。

#### (7) 機材の供与時期

水質管理用機器、機械設備用機材、及び会計システム機材については、ソフトコンポーネントでの調達品の取り扱い研修及び維持管理での使用方法等の研修を予定しているため、ソフトコンポーネント実施前のタイミングで調達されることとする。

また、給水装置については、給水率増加のための既設配水管からの接続を含め、新設配水管からの接続のために、本事業が完了する前からカンボジア側で工事を行ってもらう必要があるために、本事業完了1年前に供与することとする。本プロジェクトにおける機材調達計画を表 3-2-39 に示す。

表 3-2-39 機材調達計画

区 分	機 材 名	仕 様 等	数 量
水質管理用機器	水質計器類	ジャーテスター、蒸留水製造装置、濁度計、pH 計、残留塩素濃度計、電気伝導度計、ウォーターバス、顕微鏡、連続測定水質分析計（濁度・残留塩素濃度）	1 式
	吸光（分光）光度計	多項目水質測定用（試薬含む） 測定範囲：320-1100nm	1 台
	無停電電源装置（UPS）	出力容量：3kVA	1 台
	微生物分析装置	ろ過装置、細菌培養器、冷蔵庫、加圧滅菌器、試験用フィルター、ペトリ皿、寒天培養基	1 式
	連続測定水質分析計	処理水の濁度を連続測定する装置 測定範囲：0-100NTU（濁度）、0-3mg/L（残留塩素）	1 式
	試薬類	pH 標準液、BTB 試薬、DPD 試薬他	1 式
	ガラス器具	ビーカー、メスフラスコ、ピペット、ビュレット他	1 式
	実験台	中央実験台（試薬棚、コンセント付、配管・配線を含む）サイド実験台、流し台	1 式
	その他水質分析室設備・備品	収納棚、冷蔵庫、机・椅子	1 式
電気機械設備用機材	クランプ式電力量計	電圧レンジ：AC600V 電流レンジ：AC600mA-1000mA（以上）	1 台
	振動測定装置	加速度：0.02～200m/s <sup>2</sup> 、速度：0.3-1,000mm/s 変位：0.02-100mm	1 台
	機械式トルクレンチ	測定範囲：50-300Nm	1 台
	携帯型超音波流量計	対象配管口径：13mm-600mm	1 台
	ふるい振とう機	対応有効径：0.8mm-1.0mm	1 台
配管管理用機材	ポリエチレン管融着機	φ 63-280mm	1 台
会計システム機材	SUMS システム	コンピュータ x3 台（請求: Billing、経理:Accounting、支払:Casher それぞれのソフトに PC1 台ずつ必要）、UPSx1、プリンタ x1、SUMS ソフトウェア (Full License x2 式、Light License x 1 式) Full License は、Billing と Accounting のソフトを含んでおり、Light License は Casher のソフトを含んでいる。Billing、Accounting、Casher のソフトをそれぞれ別の PC で操作することから、Full License x 2 式、Light License x 1 式、PC 3 台が必要となる。	1 式
給水装置	給水用資材	1 組当り ・配水管 (DN350mm～OD63mm) からのサドル分水栓 ・給水管 HDPE (口径 25mm) 30m ・水道メータ (口径 15mm、接線羽車式、シングルジェット、Class C、表示部回転 (最大 270 度)) ・止水栓 (口径 15mm) ・エルボ、機器接続等の付属品	257 組

出典：JICA 調査団



### 3-2-3 概略設計図

本準備調査で作成した以下の概略設計図を資料 7.2（概略設計図）に添付する。

表 3-2-40 概略設計図面リスト

No.	FACILITY CLASIFICATION	Description	DRAWING No
1.	General (G)	General Layout of Pursat	G1
2.	Intake Facility (I)	Intake Facilities (1)	PI-1
		Intake Facilities (2)	PI-2
		Elevated Tank	PI-3
		Pump House Plan	PI-4
		Pump House Section	PI-5
		Office Plan, Section, Elevation	PI-6
3.	Raw Water Transmission Facility (R)	General Map for Conveyance Pipeline	PR-1
		Conveyance Pipeline Plan (1)	PR-2
		Conveyance Pipeline Plan (2)	PR-3
		Conveyance Pipeline Plan (3)	PR-4
4.	Treatment Facility (T)	Water Treatment Plant General Plan	PT-1
		Hydraulic Profile of Pursat Water Treatment Plant	PT-2
		Water Treatment Facilities Structure (1)	PT-3
		Water Treatment Facilities Structure (2)	PT-4
		Water Treatment Facilities Structure (3)	PT-5
		Water Treatment Facilities Structure (4)	PT-6
		Water Treatment Facilities Structure (5)	PT-7
		Water Treatment Facilities Structure (6)	PT-8
		Water Treatment Facilities Structure (7)	PT-9
		Water Treatment Facilities Structure (8)	PT-10
		Water Treatment Facilities Structure (9)	PT-11
		Service Reservoir and Pumping Station Structure (1)	PT-12
		Service Reservoir and Pumping Station Structure (2)	PT-13
		Service Reservoir and Pumping Station Structure (3)	PT-14
		Drainage Basin Structure	PT-15
		Drying Bed Structure	PT-16
5.	Distribution Facility (D)	Location Map for Distribution Pipe Line	PD-1
		Distribution Pipe Plan (1)	PD-2
		Distribution Pipe Plan (2)	PD-3
		Distribution Pipe Plan (3)	PD-4
		Distribution Pipe Plan (4)	PD-5
		Distribution Pipe Plan (5)	PD-6
		Distribution Pipe Plan (6)	PD-7
		Distribution Pipe Plan (7)	PD-8
		Distribution Pipe Plan (8)	PD-9
		Distribution Pipe Plan (9)	PD-10
		Distribution Pipe Plan (10)	PD-11
		Distribution Pipe Plan (11)	PD-12
		Distribution Pipe Plan (12)	PD-13
		Distribution Pipe Plan (13)	PD-14

No.	FACILITY CLASIFICATION	Description	DRAWING No
		Distribution Pipe Plan (14)	PD-15
		Distribution Pipe Plan (15)	PD-16
		Distribution Pipe Plan (16)	PD-17
		Distribution Pipe Plan (17)	PD-18
		Distribution Pipe Plan (18)	PD-19
		Distribution Pipe Plan (19)	PD-20
		Distribution Pipe Plan (20)	PD-21
		Distribution Pipe Plan (21)	PD-22
		Distribution Pipe Plan (22)	PD-23
		Distribution Pipe Plan (23)	PD-24
		Distribution Pipe Plan (24)	PD-25
		Distribution Pipe Plan (25)	PD-26
		Typical Drawing for Pipe Laying (1)	TYP-1
		Typical Drawing for Pipe Laying (2)	TYP-2
		Typical Drawing for Pipe Laying (3)	TYP-3
		Typical Drawing for Pipe Laying (4)	TYP-4
		Typical Drawing for Pipe Laying (5)	TYP-5
		General Earth Work for Pipe Laying	TYP-6
		Typical Drawing for Sluice Valve	TYP-7
		Typical Drawing for Installation of Air Valve and Washout	TYP-8
		Typical Drawing for Pipe Beam ND200	TYP-9
		Typical Drawing for Pipe Beam ND80	TYP-10
		Typical Drawing for Bridge Attached Pipe	TYP-11

出典：JICA 調査団

### 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国政府間で本計画に係る無償資金協力の交換公文が締結された後、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 MIH であり、契約書の締結、完工証明等の発行は、MIH においてサイン権を有する者が行う。
- ・ 実施機関は DIH およびその傘下の水道局であり、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、カンボジア国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、カンボジア国政府との工事計画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

プノンペン市には、現地建設業者が 15 社以上あり、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あるため、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。本プロジェクトはプルサット市において実施されるが、上記のプノンペン市の建設業者から作業員を派遣することは可能である。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、カンボジア国外から特殊作業員を派遣する必要はない。

本計画で実施する土木工事は、取水場施設の建設、浄水場施設の建設、導配水管路の新設から成る土木工事を主体としており、特殊な施工技術を要するものではない。取水場施設における事務所、浄水場施設における管理棟（事務所）及び薬品管理棟については建築工事となる。また、浄水場で使用する水質分析機器及び貧困層向けの給水装置等は調達機材となり、こちらにつ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複数地域で行われるため、安全、環境、品質に配慮した施工管理を行うために、現場事務所長以下各施工区の管理責任者を担う日本人技術者を派遣する。日本から調達する水質分析関連機材の調達管理については、これら施工監理の日本人技術者が兼務する。

また、建設資機材及び労務については、現地調達を基本とする。

#### 3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

各施設工事における留意事項は下記のとおりである。

- ・カンボジア側、建設業者、コンサルタント間の連携強化を図り、定期的な工程会議等、組織間の情報共有手段を明確にする。
- ・コンサルタントは、業務主任者1名の他にプルサット市に常駐監理者を配置し、事業関係者との日々の情報共有を図るとともに、施工監理業務に支障がないように留意する。
- ・建設業者は、コンサルタントと同様に、現場代理人1名とプルサット市に主任技術者を配置し、責任を持って事業を実施する体制を整える。
- ・コンサルタント及び建設業者の事務所は、事業実施に適切な場所に配置する。
- ・事業実施には、初期環境調査（Initial Environmental Examination：IEE）の承認、河川からの取水許可、取水施設建設許可、管路布設に係る道路占有許可等、中央政府及び州政府等との業務調整が不可欠であるため、カンボジア側と十分に協議して事業を進める。
- ・取水施設工事は通年施工を計画しており、水位が上昇する7月から10月でも施工を行えるように、止水仮設を行う。
- ・事業対象となる導水管、配水管の総管路延長は約89.8km（8.3km＋81.5km）となり工事は長期間にわたる。管路布設の現場の多くは住宅地の未舗装道路であるが、交通量が多い舗装路もあるため、安全に十分注意を払う必要がある。管路布設工事によって、これら交通や市民生活を極力阻害することのないような配慮が必要となる。
- ・建設工事の着工前にプロジェクトサイトの不発弾等の探査について、カンボジア関係者と協議し、不発弾等確認調査等が未完了で、埋設の可能性のある部分についてはカンボジア側が責任をもって探査・除去を実施する。また、建設時の安全対策を講じる。
- ・原則として昼間工事とするが、夜間工事が避けられない場合は、カンボジア側と十分に協議をし、連携を取って工事を実施する。
- ・原則としてカンボジア内での調達を第一優先、日本国からの調達を第二優先とし、両国で調達できない物品に限り第三国調達とする。
- ・調達機材である給水装置については、既存配水管との接続や水道局による継続的な調達を勘案し、カンボジア市場で広く流通している周辺国産品の既存材料／部品を調達する。

### 3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

施設建設工事は、基本的に日本側が実施する。ただし、調達機材（特に給水装置）を使用するまでの保管及び調達された給水装置を使用しての配水管から各家庭までの接続工事は、カンボジア側の負担である。

なお、カンボジア側の負担事業については、「第3章 相手国側分担事業の概要」にて詳細を述べる。

### 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国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／調達管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、以下のとおりである。

- ・ カンボジア国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
- ・ 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、以下のとおりである。

- ・ 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

コンサルタントによる施工監理では、主に次のような業務を実施する。

- ・ 建設業者が作成する製作図面のチェック、承認
- ・ 主要資機材の出荷前の検査
- ・ 施工工程の管理
- ・ 工事完了後の検査
- ・ 施設試運転検査
- ・ 調達機材の検査
- ・ 日本国及びカンボジア側への工事進捗状況の報告
- ・ 工事の安全指導、施工品質の監理
- ・ カンボジア側負担工事分に対する技術指導
- ・ 施設運転・維持管理のための技術移転
- ・ 無償資金協力業務においてカンボジア側が行う業務上必要な手続きの補佐

本事業には、取水施設工事、浄水施設工事及び管路布設を含む送配水施設工事が含まれており、土木・建築・機械・電気の各種工事を伴う一連の水道施設の工事となっている。施工期間中、相互に関連したこれらの工事について一貫した施工監理を行うため、工事着工から試運転・竣工まで専任の常駐監理者を1名配置すると共に、各種分野の工事内容に対応するため、以下に挙げる専門分野のスポット監理技術者を短期的に派遣する。

① 土木技術者（導水・配水管）

導配水施設工事に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言。

② 土木技術者（取水施設、浄水場施設）

取水施設及び浄水施設工事に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言。

③ 建築技術者（事務所、管理棟、薬品管理棟）

建築工事に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言。

④ 機電設備技師

機械設備工事・電気設備工事に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言。

⑤ 資機材調達技術者

機材調達に関わる承認図のチェック、調達監理、技術指導・助言。

⑥ 検査技術者

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

品質管理にあたっては、品質管理計画表として取りまとめる管理項目、内容、方法、適用規格等について、仕様書と照らし合わせて実施することとする。原則として、品質規格は日本工業規格（Japanese Industrial Standard : JIS）あるいは国際規格を適用することを前提とする。下表に、本工事の主な工事に関する主要な品質管理項目を示す。

表 3-2-41 主要品質管理項目と管理方法

区分	管理項目	管理内容	管理方法	標準品質規格	測定頻度	結果の整理方法	備考
ポンプ設備	ポンプ	仕様書に適合していること	観察 承認図 試験成績表	JIS B 8301 JIS B 8302	搬入時適宜 工場検査	搬入記録 試験成績表 承認図	コンサルタント立会い
配管材料	ダクタイル鋳鉄管	規格に適合していること 種類	承認図 観察	JIS G 5526 JIS G 5527	配管系統毎 種別毎、搬入の 都度	承認図 搬入記録	コンサルタント立会い
配管工	配管継手	継手の状況	観察	—	管工事時	報告書	コンサルタント立会い
			水圧漏水試験	漏水の観測がない	配管系統毎	試験結果表	コンサルタント立会い
			超音波試験		10口に1個 所	試験結果表	
コンクリート材料	鉄筋	鉄筋の種類 (異型、丸鋼)	観察	JIS G 3112 JIS G 3117	種別毎、搬入の 都度	搬入記録	コンサルタント立会い
		規格に適合していること	試験成績表			試験成績表	

区分	管理項目	管理内容	管理方法	標準品質規格	測定頻度	結果の整理方法	備考
	セメント	セメントの種類	観察	JIS R 5210	搬入の都度	搬入記録	コンサルタント立会い
		規格に適合していること	試験成績表			試験成績表	
	水	水道水使用あるいは清浄な河川水等	観察	—	配合時	配合表に記載	コンサルタント立会い
		水質（水道水以外）	水質試験	JIS A5308付属書9	配合設計前	試験結果表	
	骨材	粗骨材の最大寸法	観察	鉄筋コンクリート： 25mm	搬入時適宜	搬入記録	コンサルタント立会い
		粒度	JIS A 1102	JIS A5005	配合設計前	試験結果表	
	コンクリート用混和材料	規格に適合していること	試験成績表	JIS A6201-6207	搬入の都度	試験成績表	必要に応じて
材料の保管	保管場所、状態	観察	—	適宜	報告書（仮設計画）	コンサルタント立会い	
コンクリート工	コンクリート示方配合（主要構造物）	試験練り	品質の確認	28日強度： 21N/mm <sup>2</sup> スランプ：10.0±2.5cm 空気量：±1.5% W/C比：65%以下 （水密コンクリート：55%以下） セメント：270kg/m <sup>3</sup> 以上	施工前1回	試験成績表	コンサルタント立会い
	コンクリート現場配合	細骨材の表面水量	JIS A1111, 1125	—	練混ぜ毎	試験結果表	コンサルタント立会い
		骨材の粒度	JIS A 1102	JIS A 5005	材料搬入時	試験結果表	
		水及び骨材の温度	温度測定	—	練混ぜ毎	試験結果表	コンサルタント立会い
		水、セメント		誤差1%未満			
	スランプ	仕様書に適合していること	JIS A 1101	10.0±2.5cm	打設毎適宜	試験結果表	コンサルタント立会い
	空気量	仕様書に適合していること	JIS A 1128	±1.5%	打設毎適宜	試験結果表	コンサルタント立会い
	圧縮強度試験	試験機関	—	コンサルタントの承認	試験実施前	—	
		サンプルリング	JIS A 1132	7日強度：3個 28日強度：3個	50m <sup>3</sup> 毎 or 1回/日 1回/工種	—	コンサルタント立会い
		規格に適合していること	JIS A 1108	設計基準強度＝ 21 N/mm <sup>2</sup>	50m <sup>3</sup> 毎 or 1回/日 1回/工種	試験結果表	
	漏水試験（配水池他）	規格に適合していること	水位測定、観察	24時間後に水位低下が確認されない事	施設建設完了後	試験結果表	コンサルタント立会い

### 3-2-4-6 資機材等調達計画

以下の主要な建設資機材は、現地調達とする。その他の資機材も、原則として現地調達とし、現地調達が難しい場合は、日本調達および第三国調達とする。

#### a) セメント

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。

#### b) 鉄筋・鋼材

鉄筋や鋼材については、タイ製品及びベトナム製品を調達可能である。この数年はプノンペン都の市場に出回っている鋼材はベトナム製が多い。

#### c) 電気・設備機器

電気・設備機器で、交換頻度の高いものや、保守管理が必要なものについては完成後の維持管理を容易にするため現地からの調達とする。

#### d) 建設機械

建設機器の多くは、基本的に現地調達可能であり、本工事に使用する主な建設機械としては、バックホウ、クレーン付トラック、ダンプトラック等である。

#### e) 水道メータ

水道メータは現地で調達可能なことから、現地調達とする。

#### f) その他

本事業に必要なその他の資機材の調達は、原則として現地調達もしくは日本調達とするが、第三国調達の可能性についても検討を行い、資機材調達先に関しては、以下の事項を考慮して決定する。

- ・ 資機材の品質が要求事項を満たすものであること
- ・ カンボジア市場での供給量が十分あること
- ・ スペアパーツ供給を考慮した修理・保守の容易性をもつこと
- ・ 価格の妥当性
- ・ アフターケアの確約

全体事業費に占める割合が特に大きい配管類については、カンボジアで生産されておらず本邦調達とすると現地に適したものが一般に製作されていないか著しく高価である場合は、価格の低い第三国からの調達を考える。その際、我が国の無償資金協力案件での納入実績があることが望ましい。

日本調達の資機材は、ポンプ類一式(制御盤を含む)、バルブ類、計装装置、消毒用設備、



籠マットを計画する。

日本調達の資機材の輸送経路は、海上輸送を横浜港～シアヌークビル (Sihanoukville) 港の経路とし、シアヌークビル港からはプルサット市まで陸送とする。

#### 3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

本プロジェクトで導入される機器の初期操作指導は、施設建設・機材調達業務におけるマニュアル作成と各機器の取扱説明、機器単体の点検方法の説明が該当する。

表 3-2-42 初期操作指導

指導項目	初期操作指導
	施設建設・機材調達業務
マニュアル作成・機器取扱説明	○
機器単体の点検方法説明	○

### 3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

運用指導は、水源の水質や需要の変化に応じた施設の実際の運転、施設を良好に保つための実際の維持管理業務、水道事業経営の安定に資する施設の効率的な運用等、機器メーカーによる初期操作指導でカバーすることが難しい部分を指導するものであり、高度な水道技術と豊富な経験を有する専門家及び技術者がソフトコンポーネントとして実施する。

PWWs は、カンボジア水道事業人材育成プロジェクト・フェーズ 2 及びフェーズ 3 の対象都市であり、2007 年から 2012 年にかけての 5 年間、浄水場の運転維持管理、水質試験、配水施設維持管理に係る技術移転が、2012 年からは経営改善に係る技術移転が実施されてきた。現在では、突発的な豪雨で原水の濁度が急上昇した場合などを除き、水質基準を満足した水が供給されている。

一方、既存の水道施設を定められた手順で運転、維持管理することはできるものの、職員は必ずしも自分の職務に関する高度な専門的知識を有しているわけではなく、新しい施設の適切な運転維持管理手順や既存浄水場との併用運転も含めた効率的な運用の手順を独力で立案するだけの技術水準には達していない。表 3-2-43 に新しい水道施設の運用にあたっての課題とその現状を示す。

表 3-2-43 プルサット水道局の課題と現状

課題	現状
新しい施設の運転維持管理手順の立案と習得	<p>既存の機材を用いた水質試験は概ね適切に実施されているが、本プロジェクトで導入される新しい機材を用いた水質試験の手順は、専門家の支援の下で必要な水質項目の全てについて再検討されなければならない。また、新規職員が水質試験の手順を習得するため、また、既存職員の知識をブラッシュアップするための OJT が必要である。</p> <p>既存の浄水施設の運転維持管理は概ね適切に実施されているが、新しい浄水施設の運転維持管理の手順は、専門家の支援の下で新たに立案されなければならない。また、新規職員及び既存職員が運転維持管理を習得するための OJT が必要である。</p>
配水流量監視技術の定着	<p>既存の配水監視システムは十分に活用されておらず、配水監視技術はまだ定着していない。専門家による配水流量の監視、分析に係る技術指導および配水監視システムの運用手順の立案とその OJT が必要である。</p>
給水装置の品質確保	<p>給水装置工事の品質管理は現場の職員に委ねられているが、特に品質確保のための取り組みは実施されていない。</p> <p>本プロジェクトの実施により急増する給水装置工事からの漏水を予防するためには、専門家の指導の下、施工手順の再確認と OJT、施工管理体制の強化が必要である。</p>
給水接続申し込みの促進	<p>PWWs では、UN-Habitat の支援を受けて住民啓発活動を実施したことがあるが、本プロジェクトの目標とする給水戸数の達成に向けては、更に効果的な啓発資料の作成や啓発活動の企画立案に係る支援が必要である。</p>
生産管理能力の向上	<p>PWWs は複数の浄水場を運用した経験を有しないことから、専門家の指導の下、</p>

課題	現状
	<p>新旧両浄水場の効率的な運用方法について検討、立案、理解されなければならない。</p> <p>また、既存の浄水場は排水処理施設を有しないため、排水処理計画の策定と実施手順の立案、OJTが必要である。</p>
SOPの作成・改訂	<p>既存の施設の使用を前提としたSOPはあるが、新しい施設の運転維持管理が理解され定着していくためには、新しい施設や機材を使用した運転維持管理の手順や運用のルール、操作の要点や注意事項が分かり易くとりまとめられ、必要に応じていつでも参照できるようになっていなければならない。既存SOPの改訂、または新規SOPの作成が必要である。</p>

本プロジェクトによる施設建設が完工した後、PWWsは直ちに新しい水道施設を運用していくこととなる。このため、表 3-2-44 に記載するとおり、施設の運転維持管理要員として浄水課に11名、配水課に4名の増員が想定されているが、そのほとんどは新規採用されることが見込まれる。そうした経験の浅い職員の能力向上も含め、同水道局が短期間に上記の課題を克服し、望ましいレベルに達することは独力では難しい。

本プロジェクトが円滑に立ち上がり、協力成果が最低限持続するためには、専門的技術を有する経験豊富な技術者のサポートが必要であり、本プロジェクトのソフトコンポーネントとしてPWWsに対する水道施設の運営・運転維持管理に係る技術移転を実施するものとする。

### (1) ソフトコンポーネントの目標

本ソフトコンポーネントは、「PWWsが、新しい水道施設の運転・維持管理を適切に行い、既存の施設も有効に活用しながら、水質基準を満たす水を安定的に供給すること」を目標とする。

### (2) ソフトコンポーネントの成果

本ソフトコンポーネントの成果を下記の通り設定する。

- 1) 新しい機材を用いた水質試験の手順が習得される
- 2) 新しい浄水施設の運転維持管理手順が習得される
- 3) 配水流量監視能力が向上する
- 4) 給水装置工事の施工管理体制が強化される
- 5) 給水接続の申し込み促進に係る活動が実施される
- 6) 生産管理能力が向上する
- 7) SOPが改訂・作成される

### (3) 投入計画

新しい施設の運転維持管理手順の立案やOJT、SOP改訂・作成に係る支援については、水質

試験を含む浄水施設運転維持管理分野と、配水監視を中心とする配水施設維持管理分野に分けて実施するものとする。また、生産管理分野に係る支援をそれらとは別に実施するものとする。

投入は2回に分けて行うものとし、第1回目の投入は、施設建設・機材調達業務における試運転調整、初期操作指導とある程度重複するタイミング（25カ月目）で実施し、第2回目の投入は、実際の施設運用が始まり一定期間が経過したのちに実施するものとする。

投入要素は、日本人専門家、現地技術者、現地スタッフとし、業務区分は概ね下記のとおりとする。

#### 1) 日本人専門家

各分野の総括、新規施設運営に必要な業務内容及び業務量分析、研修コース管理、運転維持管理手順の立案、OJT、SOPの改訂・作成支援、研修資料作成、成果達成度の評価

#### 2) 現地技術者

カンボジアでの経験に基づく研修、バルブ操作など実務を伴う研修、クメール語研修資料作成

#### 3) 現地スタッフ

資料整理、クメール語研修資料作成、カウンターパートとの連絡調整、日本人専門家活動時の通訳、資料翻訳

表 3-2-44 に各分野の活動内容、図 3-2-34 に想定するソフトコンポーネントの実施工程を示す。

表 3-2-44 各分野の活動内容

分野	成果	活動内容	対象者	必要な投入量
浄水施設運転維持管理	(1) 新しい機材を用いた水質試験の手順が習得される	1. 水質試験手順の確認 2. 水質試験 OJT ➤ 水質試験 ➤ 分析記録	浄水課 19 名	<u>日本人専門家</u> 1 名×2.63MM 第一回 水質試験研修 浄水場運転維持管理研修 SOP 改訂指導 第二回 レビュー フォローアップ研修 SOP 改訂指導 <u>現地技術者</u> 1 名×0.20MM <u>現地スタッフ</u> 1 名×2.60MM
	(2) 新しい浄水施設の運転維持管理手順が習得される	1. 運転維持管理手順の立案 2. 運転維持管理 OJT ➤ 浄水処理 ➤ 運転記録 ➤ 薬液注入 ➤ ろ過池洗浄 ➤ ポンプ運転 ➤ 保守点検 ➤ 設備操作 ➤ 事故・故障対応体制		
	(7) SOP が改訂・作成される	1. SOP 改訂支援 ➤ 水質試験 ➤ 浄水施設運転維持管理		
配水施設運転維持管理	(3) 配水流量監視に係る能力が向上する。	1. 配水流量監視手順の立案 2. 配水流量監視 OJT ➤ 配水流量監視 ➤ 夜間最少流量 ➤ 監視システム操作 ➤ 配水流量分析 ➤ 配水施設維持管理	配水課 11 名	<u>日本人専門家</u> 1 名×1.94MM 第一回 配水流量監視研修 給水装置工事研修 SOP 改訂指導 第二回 レビュー フォローアップ研修 SOP 改訂指導
	(4) 給水装置工事の施工管理体制が強化される。	1. 給水装置工事手順の検討 2. 施工管理体制の検討 3. 給水装置工事 OJT ➤ 給水装置工事 ➤ 施工管理		
	(7) SOP が改訂・作成される	1. SOP 改訂支援 ➤ 配水流量監視 ➤ 給水装置工事	配水課 11 名 営業課 5 名	1 名×1.90MM

分野	成果	活動内容	対象者	必要な投入量
生産管理	(5) 生産管理に係る能力が向上する。	1. 新旧浄水場の効率的運用方法の立案 2. 排水処理計画の作成 3. 生産管理 OJT ➢ 原単位計算 ➢ 給水収益・コスト ➢ 浄水場運用 ➢ 在庫管理 ➢ 排水処理 ➢ 全体的な SOP 運用	局長、副局長、各課長 8 名  排水処理は浄水課 19 名	日本人専門家 1 名×1.80MM 第一回 浄水場運用研修 排水処理研修 給水接続促進研修 SOP 作成指導 第二回 レビュー フォローアップ研修 SOP 作成指導
	(6) 給水接続の促進に係る活動が実施される	1. 啓発資料作成に係る支援 2. 啓発活動に係る支援		現地スタッフ 1 名×1.76MM
	(7) SOP が改訂・作成される	3. SOP 作成支援 ➢ 浄水場運用 ➢ 排水処理		

出典：JICA 調査団

Item	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	People/Month		
													Cambodia	Japan	
<b>Operation and maintenance of water treatment facilities</b>															
Japanese Expert				■	■	■				■	■			2.63	0.00
Local Engineer				■										0.20	0.00
Local Staff				■	■	■				■	■			2.60	0.00
<b>Maintenance of distribution facilities</b>															
Japanese Expert				■	■	■				■	■			1.94	0.00
Local Engineer				■										0.20	0.00
Local Staff				■	■	■				■	■			1.90	0.00
<b>Production Management</b>															
Japanese Expert				■	■	■				■	■			1.80	0.00
Local Engineer														0.00	0.00
Local Staff				■	■	■				■	■			1.76	0.00
<b>Report</b>															
													▲ Progress Report	▲ Final Report	

注：上表における見出し行の数値は、工事開始からの月数を示す。

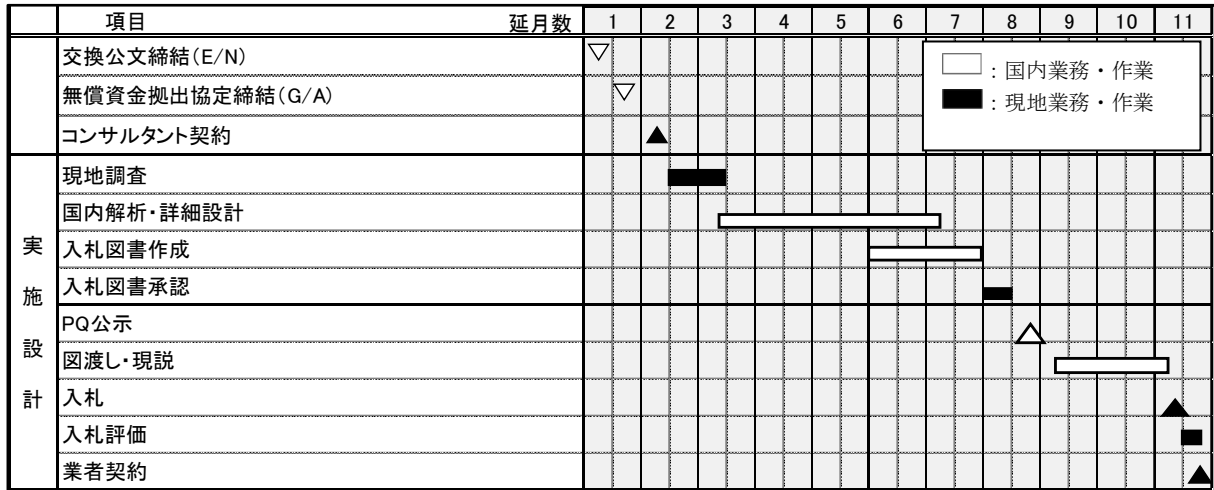
図 3-2-34 ソフトコンポーネント実施工程

### 3-2-4-9 実施工程

本計画は、日本政府とカンボジア国政府の間で交換公文（E/N）が締結された後、JICA とカンボジア国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、実施設計・入札業務（E/N～コンサルタント契約～入札評価）に 11 カ月、業者契約後の機材調達及び建設工事に 25 カ月を要する。

#### [実施設計]



#### [施工監理]

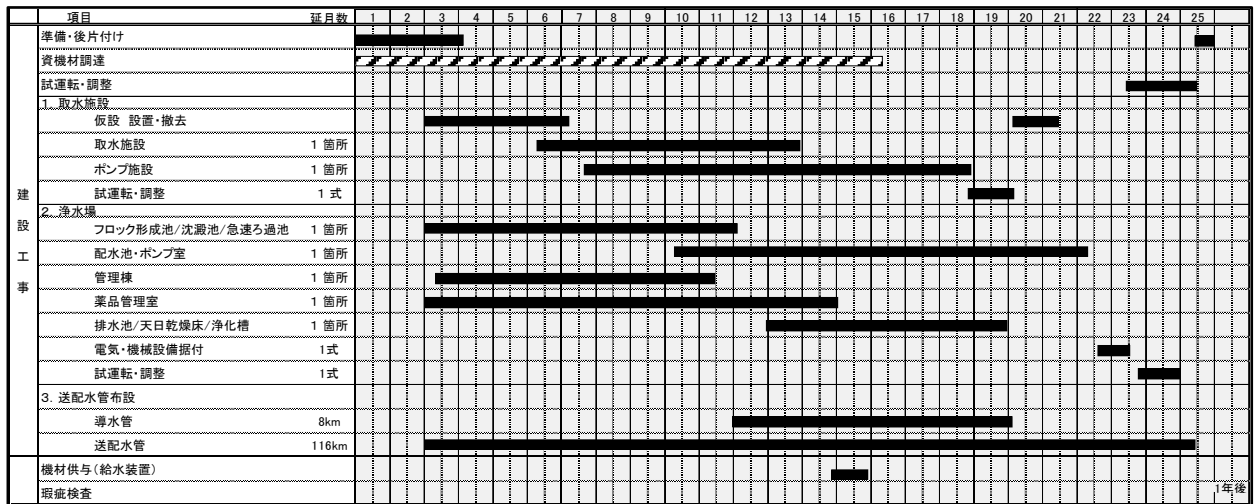


図 3-2-35 実施工程表

### 3-3 相手国側分担事業の概要

「3-3-1 相手側負担手続き事項及び分担事業」～「3-3-3 その他相手国側の分担事業」に入札前、施工中、供用開始後の各段階における相手国側負担事業を示す。また、3-3-4以降に浄水場用地取得および整地、河川からの取水許可、新規施設への電力線の引き込み、管路敷設ルート占有許可、各戸給水管接続および環境社会配慮への対応について記載する。

#### 3-3-1 相手側負担手続き事項及び分担事業

##### 3-3-1-1 入札前

表 3-3-1 相手国側負担事業（入札前）

NO	負担内容	履行期限	責任機関
1	日本にある銀行と銀行取極め (Banking Arrangement : B/A) を締結すること	G/A調印後1カ月以内	MEF
2	コンサルタントへの支払いのため、B/A を締結した日本の銀行に対し、支払手続きの執行権を当該銀行に授与する旨の支払授權 (Authorization to Pay : A/P) を発給する	コンサルタント契約締結後1カ月以内	MIH
3	プロジェクトに必要となるEIAの承認を取得する	G/A調印後1カ月以内	MIH
4	本体工事に必要となる仮設ヤードを確保する	資格審査公示前まで	MIH
5	工事のための建設許可を得ること	資格審査公示前まで	MIH
6	用地を開墾して平らにし建設用地を確保する。また、浄水施設及び取水施設建設予定地において造成盛土を行う	資格審査公示前まで	MIH
7	仮設ヤードにおける地雷、不発弾の探査	資格審査公示前まで	MIH
8	プロジェクトモニタリング報告書 (Project Monitoring Report : PMR) の提出	資格審査公示前まで	MIH

出典：JICA 調査団



3-3-1-2 施工中

表 3-3-2 相手国側負担事業（施工中）

NO	負担内容	履行期限	責任機関
1	コントラクターへの支払いのため、B/A を締結した日本の銀行に対し、支払手続きの執行権を当該銀行に授与する旨の支払授權 (Authorization to Pay : A/P) を発給する	業者契約締結後1か月以内	MIH
2	B/Aに基づく銀行業務のために手数料を負担する		
	(1) 受権書 (A/P) 発給のための手数料	業者契約締結から1か月以内	MIH
	(2) A/Pに基づく支払い手数料	支払い毎	MEF
3	本プロジェクトの資機材輸入の関税負担措置、通関手続き及び速やかな内陸輸送措置への協力	プロジェクト実施期間中	MIH
4	本プロジェクトに従事する日本人のカンボジア国への入国及び滞在するために必要な法的措置への協力	プロジェクト実施期間中	MEF
5	本プロジェクトに従事する日本人及び実施に必要な物品購入、サービス調達の際の課税免除措置への協力	プロジェクト実施期間中	MEF
6	本プロジェクトの実施上必要となる経費のうち、日本国の無償資金協力によるもの意外の経費の負担	プロジェクト実施期間中	MIH
7	(1)プロジェクトモニタリング進捗報告書の提出	毎月	MIH
	(2)プロジェクトモニタリング最終報告書の提出	完了証明書サインから一ヶ月以内	MIH
8	プロジェクト完了報告書の提出	プロジェクト完了から6か月以内	MIH
9	アクセス橋梁の建設のための許可取得支援	本体工事開始1カ月前まで	ローカルコミュニティ/MIH
10	施設建設地点までの電気、水道、下水の引き込み。		MIH
	(1) 施設建設地点までの電気の引き込み	本体工事開始前まで	
	(2) 配水監視設備のLAN契約	本体工事完了2カ月前まで	
11	本体工事中の交通処理・誘導・安全管理について支援を行うこと。	施工中	MIH
12	環境管理計画(Environmental Management Plan : EMP)及び環境モニタリング計画(Environmental Monitoring Plan : EMoP)の履行	施工中	MIH
13	モニタリングフォームを適用した環境PMRを四半期毎にJICAへ提出すること。	施工中	MIH
14	導水管、配水管布設工事に必要な道路占用許認可等を所轄機関へ申請し取得すること	本体工事開始前まで	MIH (WWs <sup>21</sup> )
15	その他本事業実施に必要な関連許認可取得を支援すること (取水施設建設・浄水施設建設)	本体工事開始前まで	MIH (WWs)
16	新規施設運転のための新規職員の採用	2025年末 必要な人員を一度に雇用することは難しいため、2018年から段階的に雇用していくことが望ましい。	MIH (WWs)
17	給水管接続に必要な施工体制(臨時雇用を含む)の確立、技術指導、工事予算措置、各戸接続促進のため広報・計画策定を実施すること	2025年末	MIH (WWs)
18	貧困層世帯を特定すること <sup>22</sup> —計画戸数257 戸	2025年末	MIH (WWs)

出典：JICA 調査団

<sup>21</sup> 水道局 (Waterworks : WWs)

<sup>22</sup> 計画戸数 257 戸は、3-2-2-7(5)に記載のとおり、推定値である。施工にあたっては給水区域内の対象となる貧困層世帯を特定する必要がある。

### 3-3-1-3 供用開始後

表 3-3-3 相手国側負担事業（供用開始後）

NO	負担内容	履行期限	責任機関
1	EMP及びEMoPの履行	EMP及びEMoPに基づく期間	MIH
2	モニタリングフォームを適用した環境モニタリングの結果を半年毎にJICAへ提出すること。環境への顕著な負の影響が見つかった場合は、住民への影響が十分に復旧されない場合は、MIHとJICAの合意の下、モニタリング期間の延長が検討される。	プロジェクト完了から3年後まで	MIH
3	無償資金協力により建設された施設が正しく効果的に運用され、維持管理されること。 (1) 維持管理コストの割り当て (2) 維持管理施設 (3) 日常点検及び定期点検	本体工事完了後	MIH
4	給水管接続工事を実施すること、計画接続戸数7,625戸 <sup>*1)</sup> 施設完成後年間平均1906戸（最大2112戸）の接続を想定する。 （2019年：78戸、2020年：78戸、2021年：79戸、2022年：1,054戸、2023年：2,112戸、2024年：2,112戸、2025年：2,112戸）	2025年末	MIH (WWs)
	(1) 給水管接続に必要な臨時雇用を含む施工体制の確立、技術指導、工事予算措置、各戸接続促進のため、広報・計画策定の実施	2025年末	MIH (WWs)
	(2) 貧困層世帯—計画戸数257戸 <sup>*2)</sup> 注)給水装置は日本側の負担、接続工事費用はカンボジア側負担	2025年末	MIH (WWs)
	(3) 貧困層世帯を除く一般世帯等、計画接続戸数7,368戸 <sup>*3)</sup> 注)給水装置および接続工事費用はカンボジア側負担	2025年末	MIH (WWs)

注：\*1) 給水接続戸数=給水人口÷世帯構成人数=75,033÷4.91=15,282世帯、15,282（2025年）-7,657（2018年）=7,625世帯（接続増加分）

\*2) 2025年におけるレベル1貧困世帯数=1,248世帯、このうち接続済の貧困世帯数991世帯を控除し、257世帯が見込まれる。

\*3) 接続増加分の内、レベル1貧困世帯以外の増加数は、7,625-257=7,368世帯となる。

出典：JICA調査団

### 3-3-2 既存施設・設備の更新の必要性

協力対象事業により整備する水道施設は、既存配水管と接続されて使用されることにより事業全体の効果が発現する。既存水道施設の能力を維持するため、既存取水ポンプ場の取水管に設置されている既設バルブの速やかな修理が必要である。

### 3-3-3 その他相手国側の分担事業

「3-3-1 相手側負担手続き事項及び分担事業」及び「3-3-2 既存施設・設備の更新の必要性」に示した相手国側負担事業に加え、本プロジェクト実施に当り、カンボジア側負担事項と想定されるものは下記のとおりである。

- ・ MIH/DIH/水道局で組織されるプロジェクトチーム（Project Implementing Unit：PIU12）の設立
- ・ 配水情報システムのための情報通信用のネットワーク接続契約
- ・ 水道局職員の増員と適切な人員配置、トレーニング
- ・ 調達された資機材の在庫管理、建設された施設の適正な維持管理

### 3-3-4 浄水場及び取水ポンプ場用地取得及び整地

浄水場及び取水ポンプ場用地については、カンボジア側が既に所有者からの取得手続きを終えており、今後、建設開始までに整地することが必要となる。整地の規模は掘削盛土（切盛り）が浄水場予定地で22,740 m<sup>3</sup>(<sup>23</sup>)程度、取水ポンプ場予定地で7,030 m<sup>3</sup>程度必要となる。浄水場及び取水ポンプ場の用地取得に関しては、既にカンボジア側が土地所有者から取得手続きを適正に終えている。



図 3-3-1 新設浄水場予定地

### 3-3-5 河川からの取水許可

本プロジェクトにおける新規取水地点は、プルサット川の Damnak Ampil HW の 200m 上流取水である。MOWRAM は MIH に対し、プルサット川からのプロジェクトに必要な新規取水を許可するレターを 2017 年 9 月 14 日付で発行した。

また、取水地点の用地取得に関しては、既にカンボジア側が土地所有者から取得手続きを適正に終えている。取水ポンプ場の用地については、建設開始前に相手国側による整地（盛土）が必要となる。アクセス道路より川側に位置する取水施設（沈砂池）部分については、仮締切後に掘削・盛土等を行うため、建設開始前の相手国による整地は必要ない。

### 3-3-6 新規取水場及び浄水場への電力引込

本プロジェクトにおいて、取水ポンプ場と浄水場に受変電設備を新規設置するが、22kV 電力線から新設受変電所までの電力引込工事は先方負担とする。この先方負担事項は水道局の了解を受けている。浄水場予定地は主要道路に面しているが、取水ポンプ場へは、主要道路から 800m 程度の距離にわたって電力線の引き込みが必要となる。

---

<sup>23</sup> 浄水場の盛土量（締固め後）=18,000m<sup>3</sup>、取水場の盛土量（締固め後）=5,567m<sup>3</sup>、ほぐし率：1.2、締固め率：0.95 とし、購入土量はそれぞれ次のように計算される。浄水場の購入土量=18,000m<sup>3</sup>÷0.95 x 1.2≒22,740 m<sup>3</sup>、取水場の購入土量=5,567m<sup>3</sup>÷0.95 x 1.2≒7,030 m<sup>3</sup>となる。

### 3-3-7 導水管ルート及び送・配水管ルートの占有許可

#### 3-3-7-1 国道、橋梁添架および軌道敷での占有許可

国道、橋梁添架および軌道敷での占有許可においては、PWWs から MIH の地方出先機関である DIH を通じて MIH へ道路占有許可申請書を送付し、MIH は施工箇所、工法等の工事情報と共に、公共事業運輸省（Ministry of Public Works and Transport : MPWT）へ許可申請を行う。MPWT は許可申請を承認後、MIH 及びその地方出先機関の DPWT へ承認の件を通知する手順となっている。

#### 3-3-7-2 一般道路での占有許可

PWWs から MIH の地方出先機関である DIH を通じて、Provincial Governor へ許可申請を行う。Provincial Governor は承認後、施工箇所、工法等の工事情報と共に、DPWT へ通知する手順となる。

### 3-3-8 各戸給水管接続と水道メータの調達と設置

配水管から先の給水管等については、水道メータ、給水管及び付属品を含めた給水施設は、住民の依頼により水道局が設置する。一般家屋の場合、給水管の口径は概ね 25mm、水道メータは口径 15mm であり、これら資機材及び設置費用（接続料）は、標準で 290,000KHR である。接続料は住民負担（受益者負担）となるが、貧困層には支払免除や最大 12 回までの分割払いも用意されている。

本プロジェクトによる給水率向上を目指すためには、水道への新規接続希望者（申請者）への各戸給水管接続と水道メータの調達・設置を行わなければならない。この作業は、新規接続希望者の費用負担で、水道局の技術者により行われる。本件では、目標年次の 2025 年までに貧困層を含めて 7,625 世帯の給水管接続を見込んでおり、計画目標年次までに年間最大 2,112 戸程度の給水管接続を見込んでいる。現在の給水管接続の施工量は職員 3 名による 1 班体制で年間約 580 件であることから、最盛時には 10 名程度による 4 班体制が必要となるが、目標年次以降、給水装置工事は現在の水準まで減少することが見込まれるため、最盛時の増員 7 名は外部人材を活用することを予定している。

なお、貧困層への給水拡大のために、貧困世帯を対象とする給水装置（メータ、管材及びその他の付属品）の機材調達が本プロジェクトに含まれているが、これらの給水装置の布設費用についてはカンボジア側負担（水道局側負担）となる。

### 3-3-9 環境社会配慮への対応

本プロジェクト実施に関して、カンボジア側が負担すべき環境社会配慮に対する事項は以下のとおりである。

#### ▶ IEIA の承認取得

本プロジェクトは IEIA を必要とする。2018 年 5 月 7 日に MIH から MOE にレポートが提出され、その後現地調査及びヒアリングが実施された。2018 年 6 月末の準備調査報告書（案）説明調

査の段階では、同省により修正指示のあった点について修正対応中であったが、その後、修正報告書が再提出され、2019年1月にMOEから承認が下りた。

➤ 用地

本プロジェクトで必要とする用地は浄水場及び取水施設に要するものであるが、既に適切な手続きに則って取得済みであることが確認されている。これらの用地は農業用地であったもので居住者はおらず、住民移転は発生していない。

一方、工事期間中一時的に必要とされる宿舎、事務所、仮置き場等については、借用により用地を確保する必要があるが、これらはMIHが準備する。リース契約においては、市場価格に基づいた適正な価格とする。

➤ 環境管理計画及びモニタリング計画の実施

MIH、DIH及びPWWsは、EIAで作成された環境管理計画及びモニタリング計画が着実に実施されることを監督する責任を負う。

### 3-3-10 維持管理用橋梁

配水管敷設ルート沿いにおいて、下図 3-3-2 に示す木橋が存在する。この木橋は、現状4WD程度の車両が通行出来る耐力を有しているが、工事の際の工事用車両の通過に対する安定性を確保しているとは言い難く、工事の際には鋼製の仮設橋梁の建設を行う予定である。

配管工事に伴うアクセスのための鋼製仮設橋梁の建設は、日本側負担の建設工事に含めるが、コミュンへの建設許可取得が必要なことから、MIHが許可取得支援を行う。また、カンボジア国側から、住民の利便性のために仮設橋は工事終了後も撤去せずに残置して欲しいとの要請が出された。このため、コミュンへ仮設橋梁引渡し後の一切の責任がカンボジア側となる旨、ミニッツ（Minutes of Discussions on the Preparatory Survey for the Project for Expansion of Water Supply System in Pursat in the Kingdom of Cambodia (Expansion on Draft Preparatory Survey Report), 2018年6月28日）に記載し、同意を得た。



図 3-3-2 既存の木橋

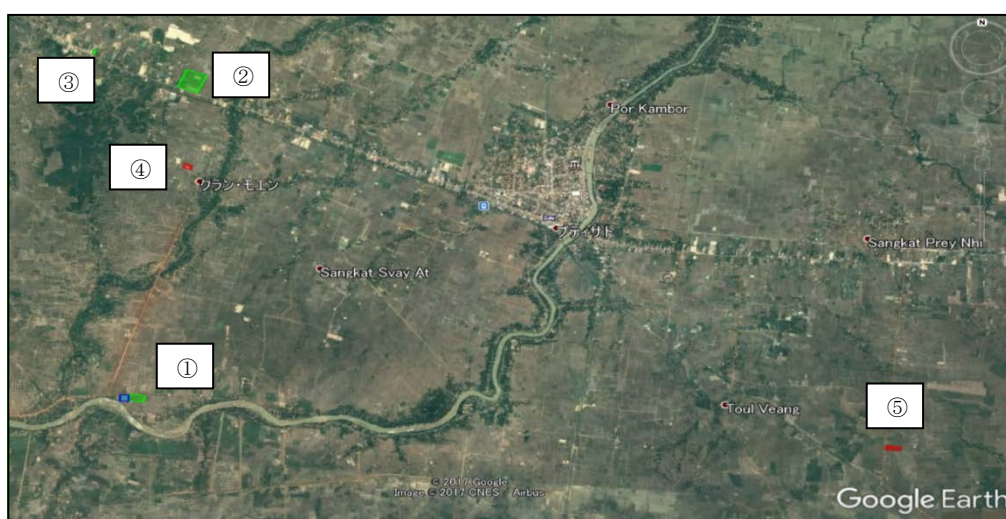
### 3-3-11 仮設ヤード及び土捨て場

MIH はプルサットにおけるプロジェクト用の仮設ヤードと土捨て場を提供することを確認した。MIH は以下の表に示すように候補地を取得した。将来、これらの地点がプロジェクトに利用できない場合、MIH は同じサイズの代替地を準備することをテクニカルノート（2017年7月17日）にて確認した。

表 3-3-4 プルサットにおけるプロジェクト用の一時的な仮設ヤードと土捨て場

No	用途	形状	用地面積
①	仮設ヤード	100m x 200m	2.0ha
②	仮設ヤード	300m x 300m	9.0ha
③	仮設ヤード	100m x 15m	0.15ha
④	土捨て場	70m x 105m	0.74ha
⑤	土捨て場	55m x 210m	1.16ha

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団作成、衛星画像：Google Earth

図 3-3-3 プルサットにおけるプロジェクト用の仮設ヤードと土捨て場

### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

#### 3-4-1 プロジェクト実施後の運営・維持管理

本プロジェクトにより拡張される水道施設の運営・運転維持管理に係る業務量を踏まえ、目標年次である 2025 年における運営・維持管理体制を検討した。その結果を表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 本プロジェクト後の運営・維持管理体制

部署	業務分掌	現在の職員数 (2017 年)	目標年次の 職員数 (2025 年)	増員数
局長	局総括管理 総務課及び経理課を所管	1	1	0
副局長	技術総括 浄水課及び配水課を所管	1	1	0
副局長	営業課を所管	1	1	0
総務課	総務、人事管理	2	3	1
経理課	経理、財務、料金徴収	7	7	0
営業課	顧客管理、水道メータ管理、検針、給水接続	10	15	5
浄水課	浄水場運転維持管理、水質試験	8	19	11
配水課	管路拡張、更新、漏水調査及び修繕、管網管理	7	11	4
計		37	58	21

#### (1) 浄水課

新規浄水場が現在の水道局から離れた場所に建設されることから、その運転維持管理のため、副課長をリーダーとする 11 名の新たなチームを設けるものとする。新たなチームは下記の 1)～4)の職種で構成し、必要な人員は選抜された既存職員と新規採用職員を充てるものとする。なお、既存浄水場の運転維持管理に係る人員は変更しないものとし、浄水課は合計で 11 名を増員するものとする。

##### 1) 副課長：1 名

新規浄水場の運転維持管理を統括する。

##### 2) 運転係：8 名

新規取水ポンプ場と新規浄水場にそれぞれ常時 1 名の運転係を配置する。24 時間稼働のため 2 名による 3 交代勤務とし、表 3-4-2 のとおり 8 名を配置するものとする。

表 3-4-2 新規浄水場運転係の3交代勤務の例

Team	Staff for Operation	Mon			Tue			Wed			Thu			Fri			Sat			Sun		
		A	B1	B2	A	B1	B2	A	B1	B2	A	B1	B2	A	B1	B2	A	B1	B2	A	B1	B2
Team 1	Staff 1 (Intake)	○				○				○				○				○				○
	Staff 2 (Treatment Plant)	○				○				○				○				○				○
Team 2	Staff 3 (Intake)		○				○				○				○				○			
	Staff 4 (Treatment Plant)		○				○				○				○				○			
Team 3	Staff 5 (Intake)			○				○				○				○					○	
	Staff 6 (Treatment Plant)			○				○				○				○					○	
Team 4	Staff 7 (Intake)				○				○				○				○					○
	Staff 8 (Treatment Plant)				○				○				○				○					○

Shift A 08:30 - 17:00  
 Shift B1 16:30 - 01:00  
 Shift B2 00:30 - 09:00

3) 整備係：1名

施設の保守点検やろ過池洗浄、排泥、薬液製造・注入など日中にできる業務は、日勤の整備係1名が担当するものとし、1) 副課長及び2) 運転係がそれを補佐するものとする。

4) 水質試験係：1名

日勤の水質試験係を1名配置する。

5) 配水課

本プロジェクトの実施により導送配水管の延長が現在の100kmから224.8kmに拡張され給水区域も広がる。他都市の状況も踏まえ、配水管100kmあたりの維持管理職員を4.7名とし、配水課全体で4名増員の11名とする。

6) 営業課

現在4名の職員が毎月約7,300戸のメータを検針している。目標年次において約15,300戸の検針が必要となることから、検針担当者は4名増員して計8名とする。

給水接続工事については、職員3名による1班体制で年間約580件を施工している。目標年次までに年間最大で2,112件の給水接続工事が見込まれることから、最盛時には10名による4班体制が必要となる。ただし、目標年次以降、給水装置工事は現在の水準まで減少することが見込まれるため、最盛時の増員には外部人材を活用し、職員の増員はしないものとする。

顧客情報については、現在1名で7,300戸を管理している。担当者1名が管理する給水戸数の最も多いボタンバンで1名あたり10,000戸程度を管理していることを踏まえ、目標年次における15,300戸の顧客情報は1名増員の2名体制で管理する。



## 7) 総務課・経理課

総務課については、今後、現在人材育成プロジェクトで策定中の5カ年計画の取りまとめやモニタリング、評価等の業務が発生する。現在の2名体制では適切な運営は困難であると予想されることから、1名増員し3名体制とする。

経理課については、料金徴収や財務、会計に係る業務量が増えるものの、水道事業人材育成プロジェクト・フェーズ3で導入したSUMSシステムにより業務の効率化が図られることから、職員の増員はしないものとする。

図 3-4-1 及び図 3-4-2 に PWWs の現在と将来の組織体制を示す。

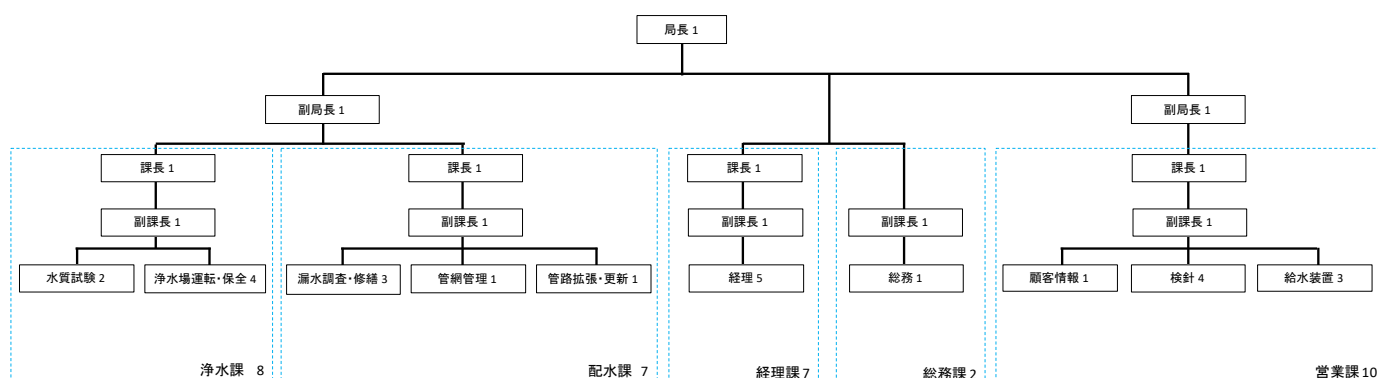


図 3-4-1 プルサット水道局の組織（現在）

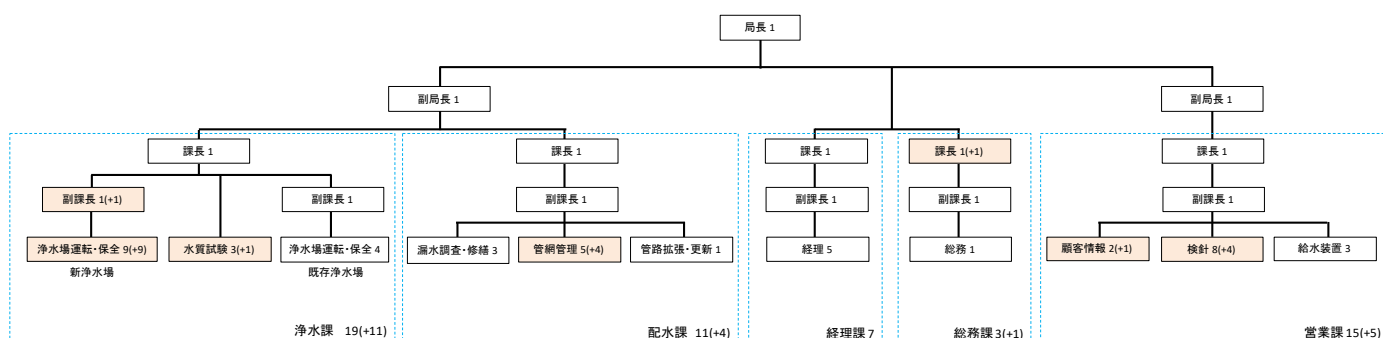


図 3-4-2 プルサット水道局の組織（将来）

表 3-4-3 の要員計画に示すとおり、浄水課及び配水課については、新規施設の本格運用が始まる 2021 年に所定の職員数となるよう段階的に増員するものとし、その他の部署については、給水戸数の増加に合わせて増員するものとする。

表 3-4-3 要員計画

部署／年度	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
浄水課	8	8	8	11	14	19	19	19	19
配水課	7	7	7	7	8	11	11	11	11
営業課	10	11	11	11	11	12	13	14	15
経理課	7	6	6	7	7	7	7	7	7
総務課	2	3	3	3	3	3	3	3	3
局長・副局長	3	3	3	3	3	3	3	3	3
合計	37	38	38	42	46	55	56	57	58
外部人材						4	7	7	6
給水戸数	7,510	7,657	8,130	8,293	8,459	8,610	11,283	13,234	15,282
施設建設				←	→				

### 3-4-2 施設の維持管理項目

施設の維持管理項目を表 3-4-4 に示す。

表 3-4-4 維持管理項目

施設区分	業務区分	業務内容	頻度	備考
取水施設	取水施設維持管理業務	取水ポンプ運転・停止	毎日	浄水施設からの指示による操作
		運転記録	毎日	ポンプの運転記録および電気伝導度測定
		フロート式水管橋清掃	4回/年	ストレーナー塵芥清掃
		沈砂池排砂	1回/年	バルブ操作による排砂を基本とする。
		非常時対応	随時	浄水施設への応援要請
		コンクリート点検	1回/年	乾期末にひび割れ・剥離・沈下等の
		フロート式水管橋の塗装の塗り替え 塗装	1回/15年	毎年の点検で異常が見られた場合は、適宜実施する。
		ゲートの清掃・動作点検	1回/年、洪水直後	定期点検は乾期末に実施
浄水施設	水質検査業務	水質必須項目測定	毎日	濁度、残留塩素、pH、水温等
		水質日報記録	毎日	
		水質重要項目測定	4回/年	アルミニウム、アンモニア性窒素等
		ジャーテスト	1回/週	原水濁度上昇時に実施
		給水栓の残留塩素測定	2回/月	数カ所
		水質月報記録	1回/月	
	浄水処理業務	取水ポンプ運転・停止	毎日	取水施設への指示
		フロック形成状態確認	毎日	
		凝集剤の溶解、及び注入率調整	毎日	ジャーテスト結果、フロック状態
		アルカリ剤の溶解、及び注入率調整	毎日	pH測定
		塩素剤の溶解、及び注入率調整	随時	残留塩素測定（前塩素、後塩素）
		沈澱池排泥操作	1回/週	
		沈澱池内清掃	1回/年	
		排水ポンプ運転・停止	毎日	
天日乾燥床管理	毎日	汚泥状況確認（含水率）		

施設区分	業務区分	業務内容	頻度	備考	
		汚泥運搬対応	1回/月		
		ろ過池運転・停止	毎日		
		ろ過池洗浄	毎日		
		砂層厚測定	1回/年		
		ろ過砂性能検査	1回/年	有効径、均等係数	
		水位監視	毎日	着水井、沈澱池、ろ過池、配水池	
		配水池内清掃	1回/年		
		運転日誌記録	毎日		
	機械・電気 設備保守点 検業務	日常保守点検	毎日	計器異常、ポンプの異音・振動異常や グリース量の確認	
		薬注配管洗浄	随時		
		設備の軽微な故障対応・修理	毎日		
		ポンプ・モーター定期点検	1回/年		
		薬注設備定期点検	1回/年		
		電動弁定期点検	1回/年		
		水位計点検	2回/年	ろ過池、配水池	
	その他	絶縁接地抵抗測定	1回/年	電気設備	
		場内清掃業務	毎日		
配水施設	配水ポンプ 運転業務	警備業務	毎日		
		配水ポンプ運転・停止	毎日		
		配水ポンプ運転記録	毎日		
		運転スケジュール作成	毎日		
	配水流量・ 水圧監視 業務	運転月報作成	1回/月		
		配水流量データ記録	毎日		
		夜間最小流量記録	毎日		
		配水流量分析	毎日		
		漏水調査の実施	随時		
		漏水修繕	随時		
		配水圧データ記録	毎日	末端部	
	配水施設 維持管理 業務	配水圧分析	毎日		
		配水圧分析	1回/月		
		配水管網の水質確認	毎日		
		洗管	1回/月		
	生産管理	維持管理 業務	路線巡視	随時	
			他工事立会・状況確認	随時	
総合運転計画表作成			1回/年	2カ所の浄水施設管理	
		薬品在庫管理	毎日	凝集剤、アルカリ剤、塩素	
		汚泥処理計画	毎日		

### 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（簡易製本版については、左記目次を記すものの「施工・調達業者契約認証まで非公表」と記載する。）

##### 3-5-1-1 日本側負担費用

日本側の負担費用は約 24 億 7 千万円であり、その内訳を下表に示す。なお、本概略事業費は必ずしも交換公文上の供与限度額を示すものではない。

表 3-5-1 日本側負担費用内訳

費目	概算事業費（百万円）
施設	2,018
機材調達	20
設計監理	289
ソフトコンポーネント	20
予備的経費	117
合計	2,464

##### 3-5-1-2 カンボジア側負担費用

カンボジア側の負担費用は約 7 千 4 百万円であり、その内訳を下表に示す。

表 3-5-2 カンボジア側負担費用内訳

負担事項	内容	USD	万円 <sup>※1</sup>
用地整備	取水場および浄水場予定地の造成・盛土	437,305	4,863
仮設用地	土地のリース代	49,978	556
	不発弾（Unexploded Ordnance : UXO）	20,527	228
環境社会配慮	環境影響項目のモニタリング費用（供用時） （異常騒音・振動、乾燥汚泥の処理）	8,925	99
情報通信費用	配水情報システムのための情報通信用ブロードバンドまたは代替方式の契約費用	4,463	50
電気工事	取水・浄水施設への一時側受電設備の工事負担費用	51,763	576
手数料	B/A、A/P に係る費用	22,313	248
給水管接続費用 <sup>※2</sup>	貧困層世帯用材料費（レベル 2 : 885 世帯）	5,710	64
	貧困層世帯用工事費 （レベル 1 : 257 世帯+レベル 2 : 885 世帯）	60,180	669
合計		661,164	7,353

※1 : 1 ドル=111.21 円

※2 : レベル 2 貧困世帯の 60%（1,327 世帯）及び一般世帯（5,156 世帯）の材料費及び工事費は受益者負担となる。なお、材料費は 440,572USD、工事費は 32,395USD と見込まれる。

また、想定される人件費の増加分の試算額を表 3-5-3 に示す。

表 3-5-3 想定される増加人件費 (USD※1)

部署	項目	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
水道局	増加人員※2		4	4	9	1	1	1
	増加費用		11,404	11,404	25,659	2,851	2,851	2,851
外部人材	雇用数				4	7	7	6
	費用				11,404	19,957	19,957	17,106

※1：2016年の実績をもとに、一人当たり平均の人件費 (2,851USD/人/年) として試算

※2：増加人員は前年比較

### 3-5-2 運営・維持管理費

#### 3-5-2-1 財務状況分析

##### (1) 財務諸表

##### 損益計算書

プルサットの過去7年の損益計算書概要を以下に示す。

表 3-5-4 プルサットの損益計算書概要

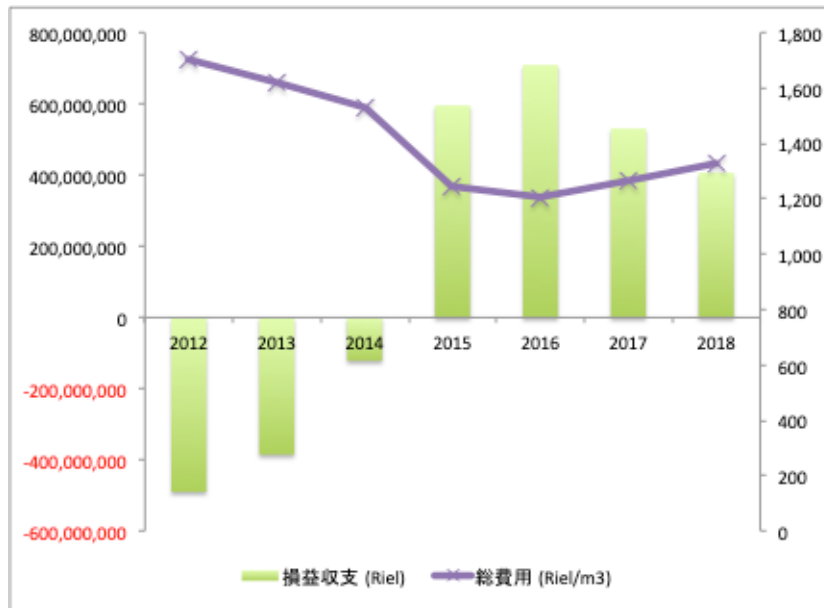
(単位：リエル)

会計年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
収入の部							
水道料金	1,754,532,800	1,995,364,800	2,191,619,200	2,533,446,400	2,948,433,600	2,873,867,600	3,052,797,400
その他の収入	7,922,600	19,450,100	123,910,356	277,284,228	233,577,886	174,787,095	137,110,800
収入の部計	1,762,455,400	2,014,814,900	2,315,529,556	2,810,730,628	3,182,011,486	3,048,654,695	3,189,908,200
支出の部							
人件費	206,603,600	227,719,100	318,479,139	353,073,780	422,021,596	477,399,900	585,366,066
薬品代	233,617,770	234,177,330	251,147,000	226,692,760	262,716,400	218,392,100	239,260,503
燃料・電力代	896,382,400	966,443,000	772,292,385	564,176,772	617,794,518	635,203,058	642,862,906
減価償却費	706,059,690	732,421,294	680,752,313	513,098,931	598,402,787	565,362,275	579,718,538
利払い	37,364,791	35,042,008	31,918,039	27,423,574	22,202,043	37,004,956	81,077,903
租税	18,985,328	22,993,648	26,519,157	41,568,619	46,539,351	48,302,693	54,878,165
その他費用	152,589,413	180,589,792	355,253,579	489,279,664	503,525,534	536,470,896	600,367,784
支出の部計	2,251,602,993	2,399,386,171	2,436,361,612	2,215,314,099	2,473,202,229	2,518,135,879	2,783,531,865
損益収支	-489,147,593	-384,571,271	-120,832,056	595,416,529	708,809,257	530,518,816	406,376,335

出典：PWWs

上記損益計算書によると、プルサットの損益収支が2015年にマイナスからプラスに転換するとともに支出の構成が変化している。

給水量1m<sup>3</sup>あたりの総費用と損益収支を次図に示す。2015年からコストが大きく低下している一方、損益収支がマイナスからプラスに転じている。



出典：PWWs

図 3-5-1 プルサットの損益収支と給水量 1 m<sup>3</sup>あたりの総費用

このような収益改善の理由として以下の点があげられる。

- 動力源をディーゼルから商用電力に変更したことによる燃料・電力代の低下。
- 資産の耐用年数を日本基準に則ってより長期間にしたことによる 1 年あたりの減価償却額の低下。
- 給水量が増えたことによる固定費分の比率の低下。
- 凝集剤の硫酸バンドから PAC への変更、消毒剤の塩素ガスからさらし粉への変更、アルカリ剤使用の取りやめによる、単位処理水量当たりの薬剤コストの低下。
- 傾斜管導入等の投資による効率的浄水量増による増益。

その結果、2012 年に 1m<sup>3</sup> 当たり約 1,700 リエルだった造水コストが近年は 1,300 リエル前後と約 4 分の 3 にまで低下するという改善につながり、給水量の伸びとともに利益も増加している。

## 貸借対照表

プルサットの過去7年間の貸借対照表概要を以下に示す。

表 3-5-5 プルサットの貸借対照表概要

(単位：リエル)

会計年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
流動資産	679,402,830	775,972,695	680,955,079	780,502,471	863,025,134	781,446,792	881,652,553
固定資産	8,761,770,209	8,686,490,915	8,537,125,076	8,928,390,446	9,551,915,391	10,910,987,816	10,741,314,778
資産計	9,441,173,039	9,462,463,609	9,218,080,155	9,708,892,916	10,414,940,526	11,692,434,609	11,622,967,331
流動負債	243,031,117	278,419,594	227,629,607	168,916,986	251,314,125	219,490,586	497,208,942
固定負債	818,478,709	822,137,074	759,625,663	713,734,516	628,575,730	979,094,536	225,532,567
負債計	1,061,509,826	1,100,556,668	987,255,270	882,651,503	879,889,855	1,198,585,122	722,741,509
自己資本金	11,790,923,920	12,157,738,920	12,157,738,920	12,157,738,920	12,157,738,920	12,586,018,920	12,586,018,920
利益剰余金	-3,514,857,490	-3,899,428,762	-4,020,260,818	-3,424,844,290	-2,716,035,033	-2,185,516,216	-1,779,139,881
その他資本	103,596,783	103,596,783	93,346,783	93,346,783	93,346,783	93,346,783	93,346,783
資本計	8,379,663,213	8,361,906,941	8,230,824,885	8,826,241,413	9,535,050,670	10,493,849,487	10,900,225,822
負債及び資本計	9,441,173,039	9,462,463,609	9,218,080,155	9,708,892,916	10,414,940,526	11,692,434,609	11,622,967,331

出典：PWWs

上記貸借対照表によると、プルサットの利益剰余金が引き続きマイナスであるが、2015年に損益計算書の損益収支がプラスに転換したことから、同時期からマイナスの額が縮減している。今後、仮に2018年と同程度の純利益(560,280,234リエル)が毎年計上されると想定すると、

$$1,779,139,881 \div 406,376,335 \approx 4.39$$

となり、5年後には利益剰余金は、プラスに転換することが予想される。

### (2) 自己資本構成比率

水道事業経営の長期的安定性の指標として自己資本構成比率があり、下記の計算式で求められる。

$$\text{自己資本構成比率} = \frac{\text{資本計}}{\text{負債及び資本計}}$$

この数字が大きいほど、長期的に安定した経営が見込まれる。プルサットの過去7年間の自己資本構成比率を以下に示す。

表 3-5-6 プルサットの自己資本構成比率

会計年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
自己資本構成比率	88.8%	88.4%	89.3%	90.9%	91.6%	89.7%	93.8%

出典：PWWs

プルサットでは、過去7年間一貫して日本の2015年度全国平均69.5%に比べて高い数字を示している。これは、長期的な経営の安定を示しているわけではなく、借入金が少ないためによるものである。我が国の水道事業は、その発展期に起債を通じて積極的に長期・低利の資金を調達（借入）し、設備投資を行うことで給水普及率の急速な拡大に成功した。その当時の水道事業の多くは、自己資本構成比率が20～30%にまで低下した。現在、カンボジアには我国の起債制度のような資金供給制度は存在せず、公営水道事業にとって施設整備に必要となる長期・低利の資金調達への道が閉ざされているのが実状である。将来の水道事業公社化によって独立採算制を基本とする経営を行うとした場合、長期・低利の資金調達ができないことは経営の自立的安定・拡大の足かせとなりうるものである。

なお、政府の財政赤字が原因とも考えられるが、それについては、対GDP比で見ると途上国の平均以上であり、先進国の平均に比べて大幅に少ないため、それが大きな原因とは考えられない。

表 3-5-7 一般政府の債務残高（対GDP比）

	2012	2013	2014	2015	2016
カンボジア (%)	34.7	35.4	34.1	35.8	36.7
途上国平均 (%)	37.2	38.3	40.4	43.8	46.8
先進国平均 (%)	106.7	105.3	104.5	104.1	106.3

注：「一般政府」には、国、地方政府、社会保障基金を含む。

出典：IMF

### (3) 流動比率

水道事業経営において、短期債務に対する支払い能力、すなわち短期的な安定性を示す指標として流動比率があり、下記の計算式で求められる。

$$\text{流動比率} = \frac{\text{流動資産}}{\text{流動負債}}$$

流動比率は100%以上であることが必要であり、100%を下回っていれば不良債務が発生していることになる。プルサットの過去7年間の流動比率を以下に示す。

表 3-5-8 プルサットの流動比率

会計年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
流動比率	279.6%	278.7%	299.2%	462.1%	343.4%	356.0%	177.3%

出典：PWWs

プルサットでは、過去7年間概ね200%以上の極めて高い数字を示している（2018年は200%を下回っているが、極めて高い数字には変わりない）。これも、短期的な経営の安定を示しているわけではなく、借入金が少ないためによるものであり、同じくその主因は長期・低利の資金調達ができないためである。



### 3-5-2-2 水使用状況

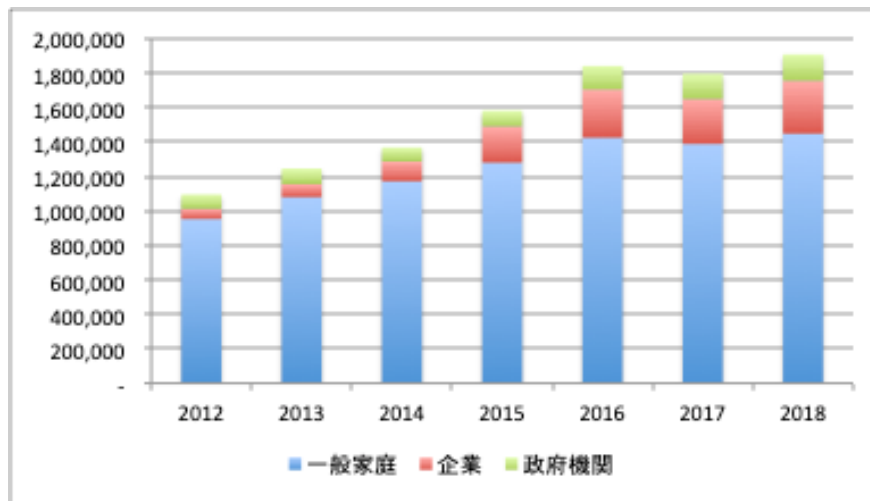
プルサットの過去7年間の有収水量は、以下のとおりである。

表 3-5-9 プルサットの有収水量内訳

(単位：m<sup>3</sup>/年)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
一般家庭	954,281	1,081,650	1,173,261	1,281,448	1,426,387	1,389,978	1,449,814
企業	59,213	74,200	115,057	210,590	280,099	261,157	307,301
政府機関	83,089	91,253	81,444	91,366	136,285	146,297	152,926
合計	1,096,583	1,247,103	1,369,762	1,583,404	1,842,771	1,797,432	1,910,041

出典：PWWs



出典：PWWs

図 3-5-2 プルサットの有収水量内訳

プルサットでは、過去の7年間に有収水量が1.7倍以上に増加しており、年平均増加率は9.7%となっている。特に、企業からの有収水量の拡大が目覚ましく、同期間で使用量が4.7倍以上に増え、年平均増加率は31.6%と驚異的な拡大を示している。

### 3-5-2-3 現況の水道料金収入と無収水率

プルサットの水道料金は、1m<sup>3</sup>あたり1,600リエルの従量制で、すべてのユーザーで同じである。

表 3-5-10 プルサットの水道料金収入

(単位：リエル)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
一般家庭	1,526,849,600	1,730,640,000	1,877,217,600	2,050,316,800	2,282,219,200	2,223,964,800	2,319,702,400
企業	94,740,800	118,720,000	184,091,200	336,944,000	448,158,400	417,851,200	491,681,600
政府機関	132,942,400	146,004,800	130,310,400	146,185,600	218,056,000	234,075,200	244,681,600
合計	1,754,532,800	1,995,364,800	2,191,619,200	2,533,446,400	2,948,433,600	2,875,891,200	3,056,065,600

出典：PWWs

プルサットの無収水率については、2012年に約17%であったが、下表に示す通り次第に低下して、2018年には9%を下回っている。

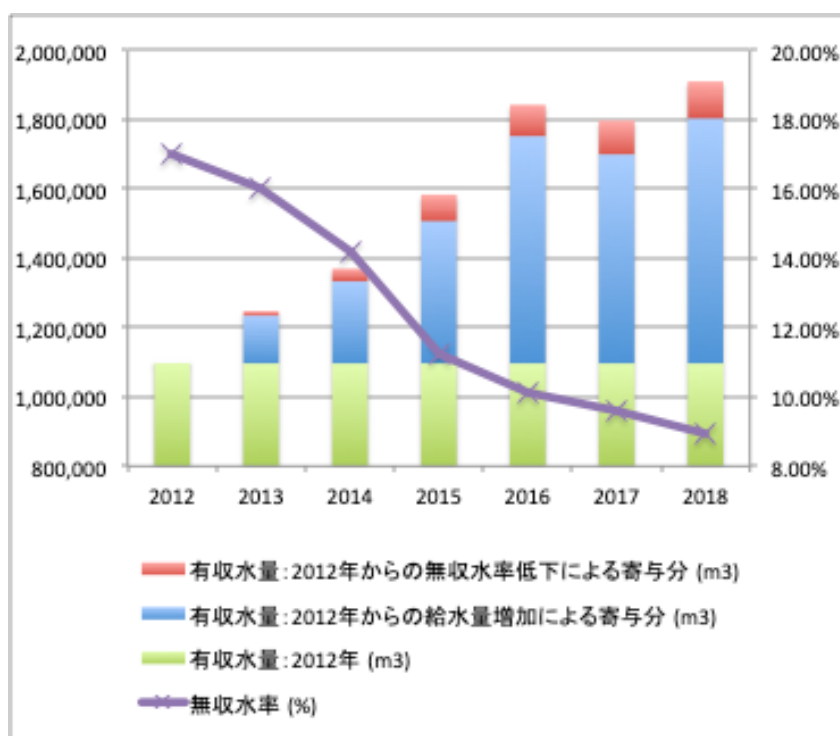
表 3-5-11 プルサットの給水量と有収水量

(単位：m<sup>3</sup>/年)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
給水量	1,320,826	1,484,558	1,596,295	1,783,374	2,050,661	1,988,162	2,097,532
有収水量	1,096,583	1,247,103	1,369,762	1,583,404	1,842,771	1,797,432	1,910,041
無収水率	16.98%	15.99%	14.19%	11.21%	10.14%	9.59%	8.94%

出典：PWWs

下のグラフは、無収水率の推移と有収水量の内訳（2012年からの無収水率の低下による寄与分と給水量増加による寄与分）を示したものである。無収水率を折れ線グラフ及び右軸で、有収水量を棒グラフ及び左軸で示している。



出典：PWWs

図 3-5-3 プルサットの無収水率の推移と有収水量の内訳

上の図から有収水量（料金収入）が 1.74 倍と大きく増加した最大の要因は給水量が 1.59 倍に増えたことであり、その間に無収水率が低下したこともあり、結果として 1.74 倍となっている。

#### 3-5-2-4 給水量の将来予測

プルサット市の将来の水需要予測結果は表 3-5-12 に示すとおりである。拡張施設は 2022 年に完成予定で、目標年次である 2025 年の一日最大給水量は 13,826 m³/日と算出された。既存給水能力が 7,260 m³/日であるので、拡張施設の給水能力は 6,566 ≒ 6,600 m³/日とする。（将来の水需要予測の詳細は、3-2-2-1 市将来の水需要予測を参照。）

##### (1) 既存設備

プルサットの既存設備における給水量と有収水量の実績は表 3-5-11 のとおりである。既存設備における機器の故障や老朽化等に伴う施設能力低下を考慮すると、2019 年以降 2025 年までの既存浄水場からの給水量は、2018 年の実績値 5,747 m³/日（2,097,532 m³/年）程度にとどめ置くのが妥当である。なお、2022 年からの無収水率を過去の実績に対して余裕を持って 15.00% と想定している（2019 年から 2021 年までは段階的に上昇させている）。

表 3-5-12 プルサットの既存設備による将来の供給量と有収水量（予測）

（単位：m<sup>3</sup>/年）

	2019	2020	2021	2022 - 2025
給水量	2,097,532	2,097,532	2,097,532	2,097,532
有収水量	1,878,256	1,846,472	1,814,687	1,782,902

出典：JICA 調査団

## (2) 拡張設備

拡張設備における将来の供給量は、既に以下のとおり 3-2-2-1 市将来の水需要予測において予測されている。なお、PWWs の過去の実績に基づいて拡張設備に対する負荷率を 82.3% と想定し、さらに無収水率を過去の実績に対して余裕を持って 15.00% と想定している。

表 3-5-13 プルサットの拡張設備による将来の供給量と有収水量（予測）

（単位：m<sup>3</sup>/年）

	2022	2023	2024	2025
給水量	404,031	1,017,738	1,485,453	1,982,607
有収水量	343,427	865,078	1,262,635	1,685,216

出典：JICA 調査団

表 3-5-14 プルサットの総供給量と総有収水量（予測）

（単位：m<sup>3</sup>/年）

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
給水量	2,097,532	2,097,532	2,097,532	2,501,563	3,115,270	3,582,985	4,080,139
有収水量	1,878,256	1,846,472	1,814,687	2,126,329	2,647,980	3,045,537	3,468,118

出典：JICA 調査団

### 3-5-2-5 将来の運営・維持管理費

#### (1) 単価の推計

本プロジェクト実施後の運営・維持管理費用単価を、既存浄水場の運用実績に基づいて推計した。下表に推計の結果とその根拠を示す。

表 3-5-15 プロジェクト実施後の運営・維持管理費用推計

項目	単価 (単位：リエル)	根拠
人件費	15,404,370 (1人あたり1年間)	2018年の実績 <sup>1)</sup>
外部委託費 (人件費のみ)	15,404,370 (1人あたり1年間)	2018年の人件費実績を援用
薬品費	120 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	2015年～2018年実績の平均 <sup>2)</sup>
動力・燃料費	311 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	同上
減価償却費 <sup>3)</sup>	285 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	同上
利払い	21 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	同上
税金	24 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	同上
その他	269 (給水 1m <sup>3</sup> あたり)	同上

注1)：給与等の人件費について、特段の事情がない限り前年に比べて削減されることは想定できないため、2016年の実績のみを用いた。

注2)：コスト構造が2015年から大きく改善されたため、2015年及び2018年実績の平均値を用いた。

注3)：既存設備についてのみ適用する。

出典：JICA 調査団

## (2) 要員計画

現況の体制における職員数及び将来の要員計画は以下のとおりである。

表 3-5-16 プルサットの職員数 (実績)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
局長	1	1	1	1	1	1	1	1
副局長	3	2	2	3	2	2	2	2
総務課	1	2	1	1	1	2	3	3
経理課	4	4	6	6	7	6	6	6
営業課	8	9	8	7	10	10	11	11
浄水課	7	6	8	8	8	7	7	7
配水課	6	6	11	10	7	8	8	8
合計	30	30	37	36	36	36	38	38

出典：PWWS

現況の体制における職員数を38人とし、職員数を次第に増員して2025年に58人とする。これにより、将来2025年までの職員数は以下のとおりとなる。

表 3-5-17 プルサットの将来の職員数（計画）

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
局長	1	1	1	1	1	1
副局長	2	2	2	2	2	2
総務課	3	3	3	3	3	3
経理課	7	7	7	7	7	7
営業課	11	11	12	13	14	15
浄水課	7	8	11	11	11	11
配水課	11	14	19	19	19	19
合計	42	46	55	56	57	58
外注	-	-	4	7	7	6

注：2022年から2025年の間、正規職員のほかに給水接続作業を外注する。  
出典：JICA 調査団

### 3-5-2-6 プルサットの長期損益収支予測

上記の有収水量、運営維持管理に係る費用推計を元に以下の条件を付してプルサットの長期の収入及び支出について検討を行った。

#### 長期の損益収支予測にあたっての条件

- ① 水道料金は、現状と同様に 1m<sup>3</sup> あたり 1,600 リエルの従量制とし、すべてのユーザーで同額とする。
- ② 無償資金で建設・設置した資産の減価償却費は計上しない。
- ③ 無収水率を 15.00%と想定する。
- ④ 物価上昇は含めない。
- ⑤ 運営維持管理費及び収入について、2026年以降は2025年の額を維持するものとする。

表 3-5-18 長期の損益収支予測

年	年次	支出									収入			純利益	利益剰余金
		人件費	外部委託費	薬品費	動力・燃料費	減価償却費	利払い	税金	その他	合計	給水	その他	合計		
2019	1	15.7		6.8	17.5	16.1	1.2	1.4	15.2	73.8	80.8	6.0	86.7	12.9	-34.9
2020	2	17.4		6.8	17.5	16.1	1.2	1.4	15.2	75.4	79.4	6.0	85.4	9.9	-25.0
2021	3	19.0		6.8	17.5	16.1	1.2	1.4	15.2	77.1	78.0	6.0	84.0	6.9	-18.1
2022	4	22.8	1.7	8.1	20.9	16.1	1.4	1.6	18.1	90.6	91.4	7.1	98.6	8.0	-10.1
2023	5	23.2	2.9	10.0	26.0	16.1	1.7	2.0	22.5	104.5	113.9	8.8	122.7	18.2	8.1
2024	6	23.6	2.9	11.5	29.9	16.1	2.0	2.3	25.9	114.3	131.0	10.2	141.2	26.9	35.0
2025	7	24.0	2.5	13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	124.2	149.2	11.6	160.7	36.5	71.5
2026	8	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	110.5
2027	9	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	149.5
2028	10	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	188.5
2029	11	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	227.5
2030	12	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	266.4
2031	13	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	305.4
2032	14	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	344.4
2033	15	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	383.4
2034	16	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	422.4
2035	17	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	461.4
2036	18	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	500.4
2037	19	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	539.4
2038	20	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	578.3
2039	21	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	617.3
2040	22	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	656.3
2041	23	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	695.3
2042	24	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	734.3
2043	25	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	773.3
2044	26	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	812.3
2045	27	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	851.3
2046	28	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	890.2
2047	29	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	929.2
2048	30	24.0		13.1	34.1	16.1	2.3	2.6	29.5	121.8	149.2	11.6	160.7	39.0	968.2

注：1.00 リエール=0.02688 円（JICA 精算レート 2019 年 7 月）

出典：JICA 調査団

### 長期の損益収支予測結果の分析

1 m<sup>3</sup>あたり 1,600 リエールの料金で、完成施設がフル稼働する 2025 年までの運転維持管理費用を十分賄うことができる。5 年後には利益剰余金は、プラスに転換し、さらに目標年次 2025 年には、7 千万円を超える利益剰余金が蓄積することが予想される。

すなわち、無償の実施により、表 3-5-18 に示すように純利益が安定的に増加し、利益剰余金（内部留保）が蓄積することが予測され、将来的に公社化して長期・低利のローンを借り入れることができるようになるものと推定される。

ただし、新たな給水区域では雨水や井戸水を利用している住民も多い。給水接続には少なくとも 29 万リエール（7,960 円）の接続料金がかかることから、そうした住民による給水接続の申し込みが伸び悩むことが見込まれる。また、計画給水戸数を確保するためには、年間最大で約 2,100 件の接続工事が必要となる。給水装置工事の実施体制整備はもちろんであるが、水道の安全性や経済性、水道事業経営と水道料金などに対する住民の理解促進が重要である。

## 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

事業実施のための前提条件、相手国側による負担項目等については、「3.3 相手国側分担事業の概要」に詳述した通りであるが、主な項目としては以下が挙げられる。

#### 河川からの取水許可

現行法制度上、カンボジアには水利権が設定されていないが、MOWRAM が責任機関となり、表流水及び地下水の水量管理を実施して行く予定である。本プロジェクトの実施においては、既に 2017 年 9 月 14 日付で、MOWRAM は MIH に対し、プルサット川からのプロジェクトに必要な新規取水を許可するレターを発出している。

#### 新規取水場及び浄水場への電力引込み

新規の取水施設及び浄水場建設予定地内に設置する変電設備までは、無償資金協力に含まれ、当該変電設備までの電力引き込みはカンボジア国側により実施される。

#### 導水管ルート及び送・配水管ルートの占有許可

導水管及び送・配水管は、全ての路線において公道沿いの地下に埋設することを想定している。（一部、水管橋部分を除く）従って、民用地取得などの問題は無いが、国道については、公共事業運輸省、その他の道路については州政府の許可が必要となる。

#### 環境社会配慮への対応

本プロジェクトは IEIA を必要とする。2018 年 5 月 7 日に MIH から MOE にレポートが提出され、その後現地調査及びヒアリングが実施された。2018 年 6 月末の準備調査報告書（案）説明調査の段階では、同省により修正指示のあった点について修正対応中であったが、その後、修正報告書が再提出され、2019 年 1 月に MOE から承認が下りた。



## 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

### 浄水場及び取水ポンプ場用地取得及び整地

浄水場及び取水ポンプ場用地は MIH により取得済みであるが、工事開始前までに盛土（浄水場予定地 22,740m<sup>3</sup><sup>(1)</sup>程度、取水ポンプ場予定地 7,030m<sup>3</sup>程度）が必要となるため、カンボジア国側にスケジュールを説明し、必要な予算確保と盛土整備について対応を依頼した。

### 各戸給水管接続と水道メータの調達と設置

各戸接続は先方負担であり、本プロジェクトでは貧困世帯（257 世帯）を含む、約 7,625 世帯への接続が必要となる。各戸接続がなされなければ、本プロジェクトの目標が達成されないため、給水管接続に想定される具体的なスケジュール、人員体制（最盛期で 10 名による 4 班体制）を説明し、カンボジア国側に体制整備を依頼した。また、住民に対する接続促進活動については、ソフトコンポーネントでも支援を行う予定である旨併せて説明した。

### 新規職員の採用

既存の浄水場に加え、新規浄水場の運営・維持管理を行う必要があり、また顧客数が増えることから、PWWs は 2025 年までに現行の 37 名（2017 年）から 58 名まで段階的に職員を 21 名増員する必要がある。増加人数の内訳は、浄水課で 11 名、配水課で 4 名、総務課で 1 名、営業課で 5 名を予定している。

### 維持管理用橋梁

配水管敷設ルート上に 2 箇所の木橋が存在するが、構造上、工事用車両の通行に耐えられないことから、工事期間中に仮設橋梁を建設する予定となっている。なお、既存の木造橋梁は、住民が日常の通行に使用していることから、既存の木造橋はそのまま残し、その脇に鋼製の仮設橋梁を建設する予定である。

配管工事に伴うアクセスのための鋼製仮設橋梁の建設は、日本側負担の建設工事に含めるが、コミュンへの建設許可取得が必要なことから、MIH が許可取得支援を行う。また、カンボジア国側から、住民の利便性のために仮設橋は工事終了後も撤去せずに残置して欲しいとの要請が出された。このため、コミュンへ仮設橋梁引渡し後の一切の責任がカンボジア側となる旨、ミニッツ（Minutes of Discussions on the Preparatory Survey for the Project for Expansion of Water Supply System in Pursat in the Kingdom of Cambodia (Expansion on Draft Preparatory Survey Report), 2018 年 6 月 28 日）に記載し同意を得た。

### 免税措置

工事請負会社に対する免税措置について、カンボジア国側が側面支援を行う。

---

<sup>1</sup> 浄水場の盛土量（締固め後）=18,000m<sup>3</sup>、取水場の盛土量（締固め後）=5,567m<sup>3</sup>、ほぐし率：1.2、締固め率：0.95 とし、購入土量はそれぞれ次のように計算される。浄水場の購入土量=18,000m<sup>3</sup>÷0.95 x 1.2≒22,740 m<sup>3</sup>、取水場の購入土量=5,567m<sup>3</sup>÷0.95 x 1.2≒7,030 m<sup>3</sup>となる。

### 4-3 外部条件

プロジェクトの効果を発現、持続するための外部条件として以下が挙げられる。

- 大規模な天候不順や自然災害が発生しないこと。
- 社会・経済状況が著しく悪化しないこと。
- 対象地域の人口動態が予測外の動きを示さないこと。
- 既存浄水場の現状の能力が維持されること。

### 4-4 プロジェクトの評価

#### 4-4-1 妥当性

##### プロジェクトの裨益対象

本プロジェクトによりプルサット市住民への水供給能力が改善される。管理区域内人口に対する給水普及率は 2018 年に 37.8%であったものが、目標年次の 2025 年に 67.9%まで上昇する。また、MIH の目標に掲げる都市部区域内人口に対する給水普及率は、86.1%となる。増加する裨益人口（給水人口）は約 39,864 人である。

##### プロジェクトの緊急性

プルサット市は既存の水道システムを有してはいるが、給水率が 2018 年時点で 37.8%に留まっていることから、給水率の更なる改善のために上水道施設の拡張が急務となっている。

##### プロジェクトの上位計画（NSDP）との整合性

MIH では、都市部の給水普及率を 2025 年までに 100%とする目標を設定しており、都市部給水人口の 9 割をパイプ給水でカバーし、残りの 1 割をパイプ給水以外の手段による給水で賄うことを目標としている。この目標は、管理区域内の都市部人口に限定した給水普及率としては、概ね達成することができる。本プロジェクトはプルサット市において、その実現に寄与するものである。また、本プロジェクトでは先方負担事項となる給水管接続においては、貧困層に対して無償で資機材を配布する等の配慮をしており、NSDP 最大の目標である貧困削減との整合性も確保されている。

##### 我が国の援助政策との整合性

カンボジアに対する我が国の援助方針の事業展開計画（2017 年 7 月）では、カンボジアの開発目標達成を支援し、「社会開発の促進」を援助の重点分野の一つとし、「上下水道インフラの整備」を開発課題としており、本プロジェクトの実施は、我が国の援助政策と整合している。

#### 4-4-2 有効性

本プロジェクトの有効性に関しては、以下の定量的効果及び定性的効果が見込まれる。

## (1) 定量的効果

プルサット市の上水道施設の拡張を行うことにより、下表に示すような効果が期待できる。

表 4-4-1 定量的効果

No.	指標	基準値 (2018年実績値)	目標値(2025年) 【事業完成3年後】
1	日平均給水量 (m <sup>3</sup> /日)	5,607	11,386
2	給水人口 (人) <sup>2</sup>	37,661	75,033

注) 算出方法については、3-2-2-1 参照

## (2) 定性的効果

定性的効果は以下の通りである。

- 住民の公衆衛生環境の改善
- 貧困層への接続の促進<sup>3</sup>

以上の内容により、本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

<sup>2</sup> 給水区域内の人口増加が予測通り推移すれば、2018年に37.8%である給水人口は、2025年に管理区域内の普及率として67.9%、管理区域内の都市部区域内人口に対する給水普及率は86.1%となる。

<sup>3</sup> 2010年及び2011年にMOPが実施した” Identification of Poor Household Programme”の貧困層データを元に推定された2025年の計画給水区域における貧困世帯数は3,460世帯と推定される。未接続の貧困層世帯数は、接続済みの貧困世帯数の991世帯を控除し、2,469世帯と見込まれる。無償の機材供与対象は、このうちレベル2貧困層2,212世帯を除く257世帯となる。