

3 - 2 - 4 施設・設備計画

(1) 施設・設備概要

表 3 - 2 - 2 1 に示した検討を行い、基本計画で決定した基本的な施設内容に関して、更に詳細な施設・設備内容（仕様、配置、ルート等）を決定する。

表 3 - 2 - 2 1 基本計画の内容

対象施設計画	本計画で整備する施設	計画・設計内容
基本水量計画	50,000 m ³ /日の施設の拡張	<ul style="list-style-type: none"> 計画基本水量
施設全体配置計画		<ul style="list-style-type: none"> 導水管ルート 浄水場施設の配置
施設水位計画		<ul style="list-style-type: none"> 各施設の水位
基礎支持計画		<ul style="list-style-type: none"> 基礎支持形式
取水施設計画	ポンプ 2 台新設	<ul style="list-style-type: none"> 取水ポンプの仕様 取水塔の改修
導水施設計画	導水管 1200 mm x 1 条	<ul style="list-style-type: none"> 管種、口径
	水撃作用防止（アンチウォーターハンマー）装置	<ul style="list-style-type: none"> 防止方法、構造
浄水施設計画	基本事項	<ul style="list-style-type: none"> 計画浄水処理水量（既存及び拡張施設）
	既存施設の改善	<ul style="list-style-type: none"> 既存施設の改善 沈澱池流入部に整流壁の設置
	新設浄水施設	<ul style="list-style-type: none"> 浄水処理方式 浄水施設の系列数
	着水井・急速混和池 1 池	<ul style="list-style-type: none"> 構造、急速混和方法、分水方法
	フロック形成池	<ul style="list-style-type: none"> 攪拌方法
	新設薬品沈澱池（新設）	<ul style="list-style-type: none"> 薬品沈澱池の構造
	急速ろ過池	<ul style="list-style-type: none"> ろ過形式、ろ過砂、逆洗方法等
排水計画		<ul style="list-style-type: none"> 洗浄水排水方法
薬品注入計画	薬品注入施設	<ul style="list-style-type: none"> 注入薬品（種類、注入率） 注入装置
配水池計画	配水池 5,000 m ³	<ul style="list-style-type: none"> 配水池の構造
送配水計画	配水ポンプ 3 台更新 配水ポンプ 1 台新設	<ul style="list-style-type: none"> 送配水ポンプの仕様
モニタリング計画	水量測定装置	<ul style="list-style-type: none"> 水位・水量測定装置（位置、種類）
	水質測定分析	<ul style="list-style-type: none"> 水質分析装置の内容、採水方法
電気・計装計画	必要な電気・計装設備	<ul style="list-style-type: none"> 必要な設備の内容
場内連絡計画	場内連絡管一式	<ul style="list-style-type: none"> 場内連絡管（ルート、管種）

(2) 必要取水量計画

本計画により、プンプレック浄水場の計画一日最大配水量は 150,000m³/日となる。この水量は浄水場から送り出される量に相当する。浄水場ではこの水量に加えて各種作業用水量が必要となる。配水量 150,000m³/日に必要な作業用水量を以下に算定した。

表 3 - 2 - 2 2 プンプレック浄水場拡張後の総作業水量

項目	水量
1) 塩素滅菌用水	758 m ³ /日
2) 硫酸バンド溶解溶液	40 m ³ /日
3) 消石灰注入水	898 m ³ /日
4) 浄水場内作業用雑用水	25 m ³ /日
5) フロック形成池及び薬品沈澱池の洗浄用水	431 m ³ /日
6) 急速ろ過池洗浄用水	5,793 m ³ /日
7) サンプルング用水	260 m ³ /日
8) その他の雑用水 (水道メーター修理用水、洗車、植木用水等)	164 m ³ /日
合計	8,366 m ³ /日 =8,400 m ³ /日

作業用水量は 8,366 m³/日となり、総必要浄水量は 158,366 m³/日となる。本プロジェクトでの取水ポンプの運転は 2200 m³/時×3 台となる計画である。これは取水量 158,400 m³/日に相当する。この取水量は前述の総必要水量とほぼ同じである。従って、作業用水量を 8,400 m³/日とし、総必要浄水量を 158,400 m³/日とする。なお、作業用水量は総浄水量の 5%程度となり適正な範囲にある。

拡張後のプンプレック浄水場の総供給 (配水) 能力を 150,000 m³/日とすると、主要な計画水量は表 3 - 2 - 2 3 のとおりとなる。この水量を使用し、既存各施設の実能力を考慮して、拡張時に必要な各施設の能力を計画する。

表 3 - 2 - 2 3 プンプレック浄水場基本水量

水量	能力	理由
計画日最大取水・導水量	158,400 m ³ /日	日最大配水量×1.056 (場内作業用水量を含む)
計画日最大浄水量	158,400 m ³ /日	日最大配水量×1.056 (場内作業用水量を含む)
配水池容量	25,000 m ³	日最大配水量時の時間平均配水量の4時間
日最大送配水量	150,000 m ³ /日	
時間最大配水量	8,750 m ³ /時間	計画時間最大配水量=日最大配水量/24時間×1.4倍

注：配水池容量及び時間最大配水量に関しては、3-2-3 (8) 及び (9) を参照。

(3) 施設全体配置計画

1) 新設導水管ルート計画

既存導水管 2 ルートには表 3 - 2 - 2 4 に示す地下構造物が埋設されており、これらのルートに新設導水管を敷設することは不可能である。

表 3 - 2 - 2 4 拡張用導水管ルート予定地近辺の地下埋設物

ストリート 88	ストリート 90	モニブン通り
1) 導水管 700mm	1) 導水管 700mm	1) 送水管 1100mm (2002 年建設予定)
2) 配水管 150mm	2) 排水管 600mm	2) 導水管 700mm
3) 配水管 600mm	3) 浄水場排水管 800mm	3) 導水管 700mm
4) 動力線 × 2 条	4) 配水管 200mm	4) 配水管 300mm (2002 年廃棄予定)
5) 電話線	5) 配水管 200mm	5) 排水管 800mm
	6) 動力線	6) 電力線
		7) 電話線

新設導水管ルートとして、敷設距離が最短、特殊な施工が不必要、最も建設コストが安価、かつ敷設が容易なルートである以下に示したルートを採用することとする。

導水管ルート：取水塔から南下し WAT PHNOM の外周道路、公園（中央分離帯）を通り、電話局のサテライト横を通過し浄水場の着水井に達する総延長約 1.55km

このルートの上部構造物及び地下埋設物等の障害物を避けて最も適切と考えられる新設導水管の配置を図面 GL-01（3-2-5 参照）に示した通り計画する。

この導水管ルートにおける道路及び公園等の公有地に対する敷設許可がプノンペン市から得られ

ている。また、導水管ルートは一部電話中継局の用地を通過するが、この用地内への敷設許可も、郵政・通信省（MPTC）から得られている。

2) 浄水場内の施設配置計画

本計画で新しく建設する主要な施設は以下の4つである。この4施設の配置案を計画する。

- 浄水処理施設（着水施設、浄水施設、薬品注入施設）
- 配水池

浄水場内の計画施設は以下のことを考慮して決定する必要がある。

- 建設予定用地の形状
- 既存施設配置との整合
- 浄水場内の水の流れ
- 維持管理動線

上記を勘案して、浄水処理ゾーン及び配水池の最適な概略配置は以下のようになる。

- 新設浄水処理ゾーンは既存浄水処理施設と隣接して平行に配置する。
- 新設配水池は既存 No. 2 配水池に隣接して平行に配置する。

浄水処理ゾーンの各施設の配置は以下のようにする。

- 着水井は原水流入部に配置する。
- 既存浄水施設と計画浄水施設の間には、既存施設の維持管理のために、車両を横付けできるスペースを確保しておく。
- 薬品注入施設の配置は、以下のことを考慮して新設浄水処理施設流入部付近とする。
 - 最も重要な薬品注入点である着水井の近くとする。これにより薬品の注入状況や処理状況の監視が容易になる。
 - 薬品注入棟では、薬品資材の搬入が頻繁に行われる。従って、薬品資材が容易に搬入できる配置とする。

上記配置計画の検討結果とこれ以降で計画する各施設の形状を考慮して、浄水場内施設配置計画は図面 GL-02（3-2-5 参照）に示すとおりとなる。

3) システム内の水の流れ

以上の配置案から拡張後のシステム（取水から市内への配水まで）の水の流れを図 3-2-9 に示す。

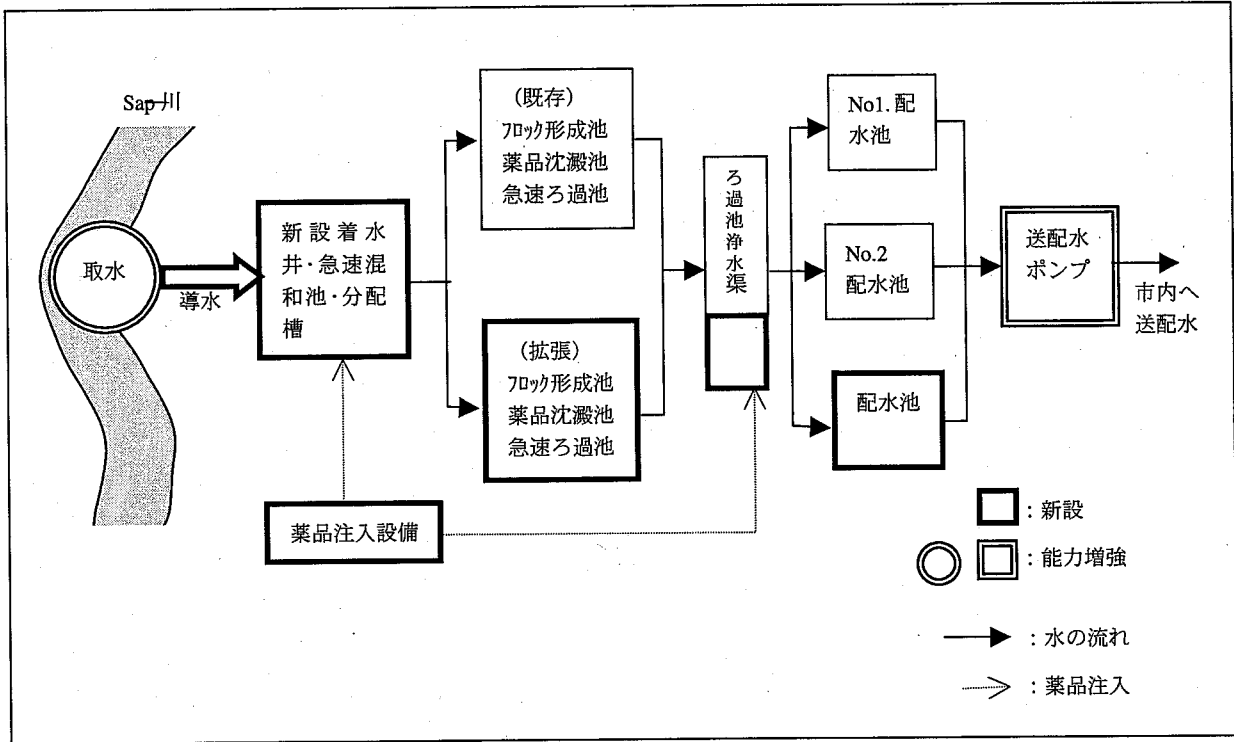


図 3 - 2 - 9 施設拡張後のシステム内の水の流れ

原水は Sap 川の取水点でポンプ取水され導水管を流れ浄水場内の着水井に到達する。次いで原水は分配槽により拡張と既存浄水処理施設に分流される。両施設で処理された水はろ過池浄水渠で合流し、既存と新設配水池に流入し貯水される。最後に浄水は送配水ポンプピットで合流し、ポンプで市内に送配水される。

(4) 施設の水位計画

拡張後の取水から配水までの水位計画を立案する。拡張後の水位高低計画は、既存施設の水位高低計画を十分考慮した計画とする必要がある。表 3 - 2 - 2 5 に既存施設の水位高低計画を示す。

前述の水の流れフローに示したとおり、拡張浄水施設と既存浄水施設からの浄水は、ろ過池浄水渠で合流する。その下流の水位は全て現在と同じ水位とする必要がある。従って、既存浄水渠の水位 + 13. 200 m を基点として上流に水理計画をし新設浄水場の計画水位を決定する必要がある。

新設浄水場の計画水位のために水理計算を実施した。拡張後の既存施設を含めた新設施設の主要な水位計画を表 3 - 3 - 2 5 に示す (3 - 2 - 5 図面 WL-01 参照)。

表 3 - 2 - 2 5 既設及び新設浄水施設の主要地点における水位高低計画

	既設施設の計画水位	拡張後の計画水位	
		既存施設	拡張施設
Sap 川	+10.900 m (H) / +1.580 m (L)	同左	
着水井	+15.220 m	+16.400	
急速混和池	+15.200 m	+15.400	
ブロック形成池	+15.170 m	+15.170	+15.160
薬品沈澱池	+15.165 m	+15.154 m (前部) / +15.160m (後部)	+15.154 (前部) / +15.152 (後部)
集水渠	+15.020		+15.020
ろ過池	+15.140 m	+14.900 m	+ 15.000
ろ過池浄水渠	+13.200 m	+13.200 m (基準水位)	
配水池	+13.500 m (H) / +9.100 m (L)	同左	同左
送配水ポンプ井	+13.500 m (H) / +8.710 m (L)	同左	同左

(5) 基礎支持計画

1) 基礎支持方式

建設予定の浄水施設、配水池及び薬品注入等の敷地はボーリング調査の結果、現地盤より約 11 ~13 m 下に N 値 20 以上の支持層があり、杭基礎にて構造物を支持可能である。

現在の地質データでの直接基礎の検討結果は、その沈下量が判定基準を超える箇所はなかったが、その地質データ結果には、基礎底面地盤支持力が判定基準内の箇所や判定基準からはずれている箇所がある等、その結果に整合性がとれないものとなっている。従って、最終的な基礎支持方式を決定することが困難である。詳細設計 (D/D) 時に載荷試験等の詳細な地盤調査を実施、最適な基礎支持方式を決定することとする。

2) 支持杭計画

杭基礎を採用する場合は、杭として現地で製作されている PC 角杭 (400 × 400) を使用する。その許容軸力及び設計許容加重は以下を設計値とし、構造物の杭計画とする。

- ・ PC 角杭の杭材による 1 本当りの設計許容軸力 Ra=85.0ton/本
- ・ PC 角杭の地盤による 1 本当りの設計許容荷重は概ね Ra=40.00ton/本

(6) 取水施設計画

1) 取水ポンプ計画

計画日最大取水量 158,400 m³/日を取水できるポンプ施設を計画する。

取水ポンプ塔には現在、流量 2,200 m³/時の取水ポンプ 3 台（内 1 台予備）が設備されており、拡張用ポンプ 2 台分のスペースが準備されている。基本計画で示したとおり、本計画では、取水ポンプを 3 台新設する。既存ポンプは 2 台をそのまま使用する。これにより、既存ポンプ 1 台を取り外す必要がある。

原水取水点の計画水位及び浄水場内の着水井の計画水位を考慮すると、ポンプの種類は既存と同じ立軸斜流ポンプが適している。

ポンプ揚程は、ポンプの建設費用と維持管理費用及び導水管の建設費用を比較して決定する必要がある。つまり、ポンプの揚程を小さくすれば、ポンプの維持管理費を節約できるが、導水管の口径が大きくなり建設コストが大きくなる。一方、導水管の建設費を安くするため、口径を小さくすれば、高揚程ポンプが必要となりポンプの維持管理費が高くなる。本計画においては最低必要なポンプ揚程は、計画取水低水位、着水井の水位及びポンプ周辺の損失水頭を考慮すると、18 m となる。

今回の計画においては、以下の理由から、新設ポンプの仕様を既存ポンプと同じ仕様とする。

- 既存取水ポンプ施設の電気計装類は、我が国による第 1 次プンプレック浄水場改修プロジェクト時に全て改修されている。電気計装類は、ポンプモーター出力（185kW、3 kV、50Hz）で計画されている。今回新規に既存ポンプと異なるポンプモーター出力のポンプを導入する場合、電気計装を全て更新しなければいけなくなる。追加電気計装費用が必要となることは最大のデメリットである。
- 本計画では、既存ポンプも使用することから、新設のポンプも既存と同じポンプ仕様とすることが運転管理を容易にする。

以下に新設ポンプの仕様を示す。図面 IT-01（3-2-5 参照）に新設ポンプ設備配置を示す。

タイプ	:	立軸斜流ポンプ
流量	:	2,200 m ³ /時
総揚程	:	21.0 m
モーター出力	:	185kW、3 kV、50Hz
台数	:	3 台（新設 1 台、更新 1 台）

取水ポンプの運転例

新設ポンプ	$2,200 \text{ m}^3/\text{時} \cdot \text{台} \times 2 \text{ 台} = 4,400 \text{ m}^3/\text{時} = 105,600 \text{ m}^3/\text{日}$
既存ポンプ	$2,200 \text{ m}^3/\text{時} \cdot \text{台} \times 1 \text{ 台} = 2,200 \text{ m}^3/\text{時} = 52,800 \text{ m}^3/\text{日}$
合計	$2,200 \text{ m}^3/\text{時} \cdot \text{台} \times 3 \text{ 台} = 6,600 \text{ m}^3/\text{時} = 158,400 \text{ m}^3/\text{日}$

2) 取水塔内備品の補修計画

既存取水塔内の備品の一部を改修し最適な取水量管理が可能にようにする。

a) 取水口（ゲート）設備

既存取水塔には、Sap 川の水位が+1.50～+7.50 時に取水する低水位用の下部取水口 2ヶ所と水位+7.50 以上の時に取水する高水位用の上部取水口 2ヶ所がある。各取水口は制水扉が取付られているが、各制水扉の手動開閉設備が破損のため開閉できず、1 年をとおして低水位用のみで現在取水している。従って、高水位時においても河川低部の高濁度の原水が低水位用取水口から取水塔に内に流入している。水処理施設の運転負荷を低減するために、可能な限り濁度の小さい原水を取水することが必要である。本計画では上部及び下部角型取水口（1.0×1.0×4ヶ所）の手動開閉装置の改修を計画する。

b) 天井走行クレーン

既存取水ポンプ室には 6 ton 吊りの電動天井走行クレーンが設置されている。現在、このクレーンの横行用のトロリの電動機が故障しているため横行が不可能となっている。更に、トロリの巻き上げ機の変速機が摩耗しているため、変速機が滑りやすくなっている。現況のままでは、ポンプ設置や取り外し時にポンプが落下し損傷する可能性が高い。これは非常に大きなポンプの損害となり部品の交換等により追加の高価な費用がかかることになる。このトロリ部分を改修する。

c) 取水水位計

取水ポンプ井には河川の水位を測定するための簡易投げ込み式差圧水位計が設置されている。しかし、差圧測定部が滞砂で埋没するため、水位測定値に大きな誤差が生じている。PPWSA のポンプ井水位測定結果と水文気象省の Sap 川水位測定結果に大きなずれがあるのはこのためと考えられる。

土砂の推積に関係なく水位の測定が可能な超音波式水位計を採用し、常時、水位が測定が可能とする。測定値は常時、浄水場内の制御室に記録されるようにする。これにより、取水ポンプの運転台数や原水流入量をタイムリーに制御できるようになる。

(7) 導水施設計画

1) 導水管計画

導水管は、Sap 川の低水位時において取水点から浄水場まで 158,400 m³/日の水量を送水できる能力が必要となる。基本計画で示したとおり、この水量を送水できる導水管を 1 条新設する。既存導水管は新設管の緊急時や清掃時のバックアップ施設とする。後述するとおり新設導水管の口径は 1200mm とする。

2) 管種の選定

導水管の管種は、大口徑管、プノンペン市における使用実績、調達難易、品質、経済性、施工性、PPWSA の方針及び以下の事を考慮して、ダクタイル鋳鉄管とする。なお、ADB 融資によるプノンペン市内の送水管システム（口径 1100～1400mm）の管種においてもダクタイル管が選定されている。

- 管敷設工事が容易なことから、各工事区間の施工期間を短くできる。これにより、モニボン通りなどの交通量が多い区間の施工期間を短縮でき、自動車等の交通に与える影響を少なく出来る。
- 管の溶接工事、管の溶接部内外面のライニング工事並びに X 線等による溶接検査が不要であり建設費が安価である。
- 鋼管に比べて継ぎ手工事が簡単であるため工期が短い
- 外圧及び内圧の所要強度が十分確保できる。
- 鋼管より耐蝕性、施工性が有利である。

3) 口径の決定

導水管口径は水理計算により決定する。内面モルタルライニングのダクタイル鋳鉄管の流速係数 (C) は通常日本で使用する 130 にて計算を行う。

$$H = 10.666 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} \cdot L \text{ (ウィリアムス・ヘーズン (Williams & Hazen) 公式)}$$

あるいは

$$D = 1.6258 C^{-0.38} Q^{0.38} H^{0.54} L^{-0.54}$$

ここで、 H: 損失水頭 (m) :
C: 流速係数 (無次元) : 130 (新設鋳鉄管の係数)
D: 管径 (m) : 1.2 m、あるいは 1.1m
Q: 流量 (m³/sec) : 1.834 m³/s (=158,400m³/日)
L: 管路延長 (m) : 1,550 m

計画取水量を導水した場合、導水管部を除く取水・導水システム各部における損失水頭は以下のとおりとなり、その総損失水頭は 1.94 m となる。

- 取水ゲート部の損失水頭：0.12 m
- ポンプ流入から新設管までの損失水頭：1.63 m
- 着水井流入部の流出：0.19 m

口径 1200mm と 1100mm の管路の損失水頭を比較し導水管の口径を決定する。上記局所損失と下表に示した口径毎の導水管部の直管部及び曲管部（直管部の損失の 12%）の損失水頭により、着水井における水位を計算した。着水井の水位は+16.4 以上必要である。口径 1100mm の管では着水井で必要な水位を確保できない。また、高濁水による将来の管の劣化を考慮して新設導水管の口径を 1200mm とする。

表 3 - 2 - 2 6 新設導水管の管計の検討

	損失水頭			着水井での水位
	導水管部	その他	合計	
口径 1200 mm	2.88 m	1.94 m	4.82 m	+ 17.76 m
口径 1100 mm	4.39 m	1.94 m	6.33 m	+ 16.25 m

注：Sap 川計画低水位（+1.58）時を想定
着水井の水位は +16.4 以上

4) 付帯設備計画

制水弁、空気弁等の付帯設備は、日本の基準（日本水道協会「水道施設設計指針・解説」）を参考にして、以下のように計画する。

a) 制水弁は導水管の主要な点、分岐点に設置する。主な仕様は以下のとおりである。

①形式：バタフライ弁（口径 1200mm）

②材質：ダクタイル鋳鉄

b) 泥吐き弁

管路の伏せ越しや凹部に設置される泥吐き弁は低い管路部分に計画する。形式はスルース弁とする。

c) 空気弁

管路凸部に設置される空気弁は高い管路部分に計画する。

d) マンホール設置

管内の清掃、点検用にマンホールを適所に設置する。

5) 水撃作用（ウォーターハンマー）防止計画

a) ウォーターハンマー防止装置

ポンプ導・送水系におけるウォーターハンマーは、停電時の水の流れの変化のために生じる管内圧力の変動である。ウォーターハンマの度合いは、管内の流速変化の大きさや管路の長さ・布設状況、回転体の慣性効果の大きさ等、諸々の条件により異なる。

許容値を越えたウォーターハンマ圧が発生した場合、機器や管路の破損等、重大事故につながる可能性が高い。このウォーターハンマ圧発生防止対策としては、以下の方法がある。

- ① フライホールをポンプと電動機とを接続するカップリング部に取付ける。
- ② 管路中にワンウェイサージタンクを設ける。
- ③ 圧力タンク（エアベッセル）をポンプ直後の管路に設ける

フライホイールをポンプに設置することは安価であるが、既存ポンプには取り付け不可能である。本計画では既存ポンプを使用する計画であるため設置不可能である。また、フライホイールで対応できる水撃圧には限度がある。サージタンクは、導水管の中間に 20m 以上の高さのサージタンクを設置する必要がある。本計画では実施が困難である。本計画では、ウォーターハンマー防止方法として圧力タンク（エアベッセル）方式を採用する。これは、既存ウォーターハンマ防止設備と同方式である。設置場所は、既存圧力タンク室の導水管を挟んだ向い側の地上部に設置する。

b) エアベッセル設置時のウォーターハンマーの解析と容量計算

エアベッセルを設置した場合のウォーターハンマーの解析を行い、設備容量を決定する。以下に計算条件を示し、表 3-2-27 に分析結果を示す。

計算条件：取水ポンプ 3 台運転（水量 2,200 m³/時 × 揚程 21 m）

：導水管（口径 1200mm×1600m）

：導水管は新管であるため当初は損失ヘッドが少なく 5%程度多めに送水すると仮定する。（導水量：38.7 m³/分、水頭：19.6m（1 台当り））

：初期空気量を 10 m³ と仮定する。

表 3 - 2 - 27 ウォータハンマーの解析 (エアベッセル設置時)

単位 : m

	取水塔から導水管位置 (m)				
	0	400	800	1200	1600
導水管位置	12.8	9.0	9.0	9.0	9.0
定常状態の水位	21.0	19.25	17.5	15.75	14.0
ウォーターハンマー発生時					
最大水位	6.9	13.9	14.2	14.1	14.0
最低水位	6.9	8.1	9.6	11.4	14.0

基準レベル : +1.46m (取水塔内の計画最低水位)

上表に示すような導水管内の水位変動が想定でき、エアベッセルがない場合に発生していた負圧がなくなり水中分離の危険性はなくなる。また、全計算期間に渡って最低水頭は 5.5m となった。

水頭を絶対圧力に換算しポイル・シャルルの式よりエアベッセルの必要な容量を計算すると以下のようになる。

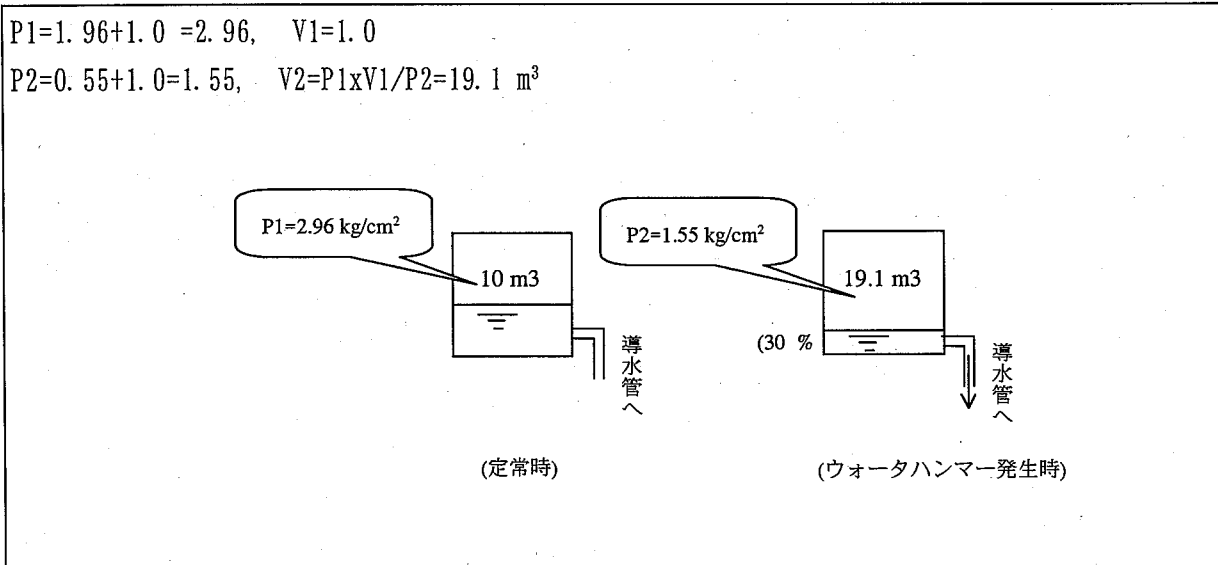


図 3 - 2 - 10 エアベッセルの容量解析

ウォーターハンマー発生時にタンク内の空気の流出を防止するために、タンク内の残水を 30% 確保しかつ 30% の容量の余裕をみるとタンク容量は約 36 m^3 ($V2 = 19.1 / 0.7 \times 1.3$) 必要となる。エアベッセルの設置スペースと輸送可能な大きさを考慮して、 18 m^3 のエアベッセル 2 台並列とする。

(8) 既存浄水処理施設の改善計画

1) 概要

既存浄水処理施設は、濁度基準において大幅に WHO の基準を満たしていない。この理由として表 3-2-28 に示す問題点が上げられる。この問題点を改善して、既存施設の処理水質を可能な限り改善し、拡張施設の処理水質に近づけることとする。同じ表に今回採用した対策を示した。

表 3-2-28 既存浄水施設の問題点と本プロジェクトで採用した対策

問題点	問題点の内容	対策
a) 急速混和池の滞留時間不足	滞留時間が 1 分以上（注 1）必要であるが、公称処理水量 105,600 m ³ /日に対して 0.5 分間の能力しかない。滞留時間が短いため、十分な混和が出来ておらず、後段のフロック形成池でフロック形成が悪い。	拡張施設の混和池容量に既存施設の急速混和池容量を加えて計画する。既存急速混和池は緊急時のバックアップとして使用する。
b) フロック形成池の滞留時間不足	滞留時間が最低 20 分（注 1）必要であるが、既存施設は公称処理水量 105,600 m ³ /日に対して 16 分間の能力しかない。滞留時間が短いため、既存浄水施設のフロックの形成が悪く沈澱効率が悪い。	既存施設の改善・能力向上はしない。拡張施設に既存施設の能力不足分を補うための水量を追加する。つまり、既存及び拡張施設の能力をそれぞれ 100,800 m ³ /日、57,600m ³ /日とする。
c) 薬品沈澱池の構造の不備	流入部の形状が不適切である。整流壁がないため、沈澱効率が悪い。	整流壁を設置する。
d) ろ過池の設計処理能力不足	設計値が 100,000 m ³ /日となっているため、余分な負荷がろ過池にかかっており、濁度処理効率が悪くなっている。	上記、b) の対策により、処理負荷が軽減される。

注1) 水道施設設計指針・解説（日本水道協会）では、急速混和池及びフロック形成池の滞留時間は、それぞれ 1~2 分、20~40 分間を標準としている。

注2) 3-2-3 (6) 参照

2) 着水井・急速混和池

基本計画で示したとおり、拡張施設の混和池容量に既存施設の急速混和池容量を加えて計画する。既存急速混和池は緊急時のバックアップとする。

3) フロック形成池・急速ろ過池

既存施設の改善及び能力向上はしない。拡張施設に既存施設の能力不足分を補うための水量を追加する。つまり、既存及び拡張施設の能力をそれぞれ 100,800 m³/日、57,600 m³/日とする。既存フロック形成池 1 池当りの変更処理水量は以下のとおりとなる。

- ・フロック形成池の池数 : 6 池
- ・フロック形成池の一池当りの容量 : 233.8 m³

・滞流時間 : 20 分間

注) 水量変更後の一池当りの処理水量は以下のとおりとなる。

$$233.8 \text{ m}^3 \times 60 \text{ 分} / 20 \text{ 分} \times 24 \text{ 時間} = 16,833.6 \text{ m}^3/\text{日} \div 16,800 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$(\Rightarrow \text{全体計画水量} = \Sigma Q = 16,800 \text{ m}^3/\text{日} \cdot \text{池} \times 6 \text{ 池} = 100,800 \text{ m}^3/\text{日})$$

この既存施設の処理水量の変更により、急速ろ過池速度は、通常時 156.9 m³/日、1池洗浄時 171.2m/日となる。これは、急速ろ過池の設計速度の 180m/日以内であるため問題はない。

4) 薬品沈澱池

既存の沈澱池の処理効率は高くない。既存沈澱池の処理水濁度は一般に 5~6NTU (3~3.6 度) 以下注)である。また、本基本設計調査時には、既存沈澱池の処理水濁度は 10~30 NTU (6~18 度) の範囲で推移していた。

日本国内での沈澱池の処理水濁度は、一般に 0.5 度~ 0.8 度あるいはそれ以下に制御している。また、東京都水道局の内部目標基準では、0.5 度以下に制御しないと、ろ過池からのクリプトスポリジウムの流出を防ぐ対策がないとしている。

注)

JICA の第三国専門家 (Termsak Chotwanwirach) の報告 (1999 年 4 月)

1 NTU × 0.6 = 日本の濁度 (カサ) 標準液の濁度)

クリプトスポリジウム (Cryptosporidium) とは原生動物の原虫に属する水系病原生物

3-2-3 (6) で検討したとおり、濁度除去効率の低い最大の原因の一つは、沈澱池内に起きている乱流、短絡流、密度流による沈澱水集水トラフでのフロックのキャリーオーバーである。沈澱池の流入部の巻き上げ構造がこの最大のこの原因となっている。

既存薬品沈澱池の処理能力の改善を目的として、流入設備を一般的に日本の浄水処理施設で採用され、良好な処理実績のある整流壁方式に変更する。整流壁の全断面に占める開口比を約 6% とし、汚泥ピット直後に設置する。整流壁は可能な限り既存構造物にダメージを与えない構造とする。

(9) 浄水処理施設能力計画

3-2-4 (8) に示したとおり、フロック形成池の必要な対策を実施することにより既存と拡張浄水処理施設の設計能力を以下に示すとおり計画する。

- ・ 既存浄水処理施設 : 100,800 m³/日

- 拡張浄水処理施設：57,600 m³/日
- 合計浄水処理能力：158,400 m³/日

(10) 拡張施設の浄水処理施設計画

1) 水処理方式の決定

既存ポンプレック浄水場はフロック形成池、横流式薬品沈殿池と急速ろ過池からなる急速ろ過方式である。一般的に採用されている方式であり、維持管理しやすい施設である。この処理方式を根本的に変更することは、運転操作性・既存施設の有効利用の観点から不利である。従って、拡張浄水処理方法は、既存の方法と同じ急速ろ過方式とする。

2) 新設浄水施設の系列数の検討

既存浄水施設の系列数は6系列からなり、フロック形成池12池、薬品沈殿池6池、急速ろ過池12池で構成されている。新設浄水処理施設の系列数は以下のことを考慮し4系列とする。

- 新設浄水施設の1系列当りの処理能力を既存施設の1系列当りの能力とほぼ同じにする。
(既存施設の1系列当りの水量は16,800 m³/日)
- 既存の系列数と整合をとると、今回の拡張用の施設は3系列が妥当となる。3系列による施設の縦方向の長さが建設予定地内に収まらなくなる。
- 4系列にすると新設浄水処理施設は建設用地に収まる。この場合、1系列当りの能力は14,400 m³/日となり既存施設とほぼ同じとなる。

この結果、新設浄水施設の構成はフロック形成池8池、薬品沈殿池4池、ろ過池8池となる。新設浄水処理施設を図面WT-02(3-2-5参照)に示す。

3) 着水井・急速混和池・分配槽

基本計画で示したとおり、新設着水井・急速混和池の能力は、浄水処理施設の全量(158,400m³/日)を攪拌できる能力とする。取水・導水した原水が流入する着水井を拡張浄水施設流入部に設置する。既存急速混和池は導水管及び拡張混和池の清掃時や緊急時のバックアップとする。

維持管理を容易にするために急速混和方式は機械式としない。十分な攪拌を確保するため、急速混和は2段階で行う。1段階は原水流入時の急速流出、2段階は堰落差を使用した急速攪拌とする。

基本計画に示したとおり、既存と拡張施設に水量を配分する分配槽は着水井、急速混和池と一体構造とする。分配堰には、維持管理がしやすく、機械式でない堰式流量計を設置する。

この流量計により原水流量を測定し導水量の把握及び急速混和池で適正な薬品注入が行うことができるようにする。

着水井・急速混和池、分配槽における、取水・導水された原水の流れは、着水井、第1段急速混和室、整流壁、分配堰、分配槽とする。（3-2-5 図面 WT-01 参照）

4) 拡張用浄水施設フロック形成池

前述のとおり、フロック形成池は4系列とし以下の内容及び構造とする。

- 池数：各系列2池の合計8池
- 処理水量：57,600 m³/日=0.667 m³/秒
- 一池当りの処理水量：7,200 m³/日=0.084 m³/秒
- 滞留時間：25分間
- 1池当りの容量：125 m³

既存フロック形成池では、機械回転式のフロキュレータによりフロック形成のための緩速攪拌を行っている。拡張施設には既存施設と同じ攪拌方式が維持管理上有利であるため、拡張浄水施設用のフロック形成装置として機械回転式フロキュレータを採用する。

5) 薬品沈澱池

a) 内容と構造

前述のとおり、薬品沈澱池は4系列とし以下の内容及び構造とする。

- 池数：各系列1池の合計4池
- 処理水量：57,600 m³/日=0.667 m³/秒
- 一池当りの処理水量：14,400 m³/日=0.167 m³/秒
- 表面負荷率：18mm/分（日本の水道施設設計指針・解説（日本水道協会）を参考にした）

b) 流入整流壁・中間整流壁・流出整流壁

沈澱池内の密度流防止のために流入整流壁、中間整流壁、流出整流壁を設置する。3壁とも壁全体に均一に微細な孔を配置した流入整流壁（開口比約6%）を採用する。

c) 沈澱水集水トラフ

所定流量を越流させるために流水方向に長さ5mの集水トラフ6本を設置する。

d) 排泥施設

排泥設備は、維持管理が容易で故障しにくい既存と同じ方式を採用する。沈澱池の各系列の最上流部に2ヶ所の排泥ピットを設置する。排泥のために、ピットに口径 350mm のトップバルブ（こま形弁）を設置する。

e) 作業用圧力水管

薬品沈澱池の洗浄（特に除泥）のために圧力水管が必要である。既存ろ過池配水管廊内にある既存作業用圧力水管より分岐し、新設沈澱池周囲に作業用圧力水用に配管及び放水口を設置する。作業用圧力水の供給ポンプは既存のものを使用する。

6) 急速ろ過池

a) 急速ろ過方式

既存のろ過方法は重力式急速ろ過・水空気併用逆洗方式を採用している。この方法は最も一般的に使用されており維持管理の容易な方法である。新設のろ過方法にも既存同じ重力式ろ過・水空気併用逆洗方式を採用する。これにより、既存逆洗施設が拡張用施設にも使用できる。

b) ろ過池流入弁

高濁度の逆洗水が沈澱地に流入するのを防ぐため、既存のろ過池流入部にはフラップバルブが据付けられている。このバルブの一部は正常に機能していない。正確な開閉を確保するために、新設急速ろ過池の流入弁には電動式ゲートを設置する。

c) 下部集水装置

既存ろ過池の下部集水装置は水空気併用逆洗が可能なストレーナ方式である。水空気併用逆洗が可能な下部集水装置にはストレーナ方式、ポーラスコンクリート方式等がある。将来問題が発生した際、現地にて補修可能で洗浄効率も優れるポーラスコンクリート方式を採用することにする。

d) 逆洗装置

既存の水逆洗用ポンプ及び空気逆洗用バッキ装置（ブローア）は 1995 年に取り替えたもので仕様・機能共に問題はないのでこのポンプを新設ろ過池の水逆洗にも使用する。

e) エアーコンプレッサー

ろ過池の浄水弁、水逆洗弁および空気逆洗弁は空圧式アクチュエーター付バタフライ弁を使用する。その操作源である既存空気圧供給用エアコンプレッサーは仕様・機能共に問題ない。この既存エアコンプレッサーを新設のろ過池にも使用する。

f) ろ過流量調節設備

新設のろ過流量調節設備として既存と同じサイフォン型流量調節機を設置する。既存設備は鋼製であり、処理水中の薬品により侵食され錆が発生している。新設用には錆の発生しないステンレス製とする。

g) ろ抗計

ろ過池内の損失水頭をモニタリングするろ抗計は、サイフォン型流量調節機の頭部の微小な空気圧変動を計測可能な差圧式損失頭計を設置する。ろ過損失水頭の表示はろ過池操作盤上に表示する。

7) 排水計画

現在、既存浄水場の洗浄水と洗浄汚泥は排水施設（口径 800mm 管）により Sap 川に放流されている。新設浄水処理施設の洗浄排水及び汚泥はこの排水施設を使用する。新設浄水処理施設から既存排水施設の連絡管のみを新設する。

ポンプレック浄水場（100,000 m³/日）の現行の処理工程から、約 12 ton/日の汚泥が発生する。拡張によって浄水場からの排水量、廃棄汚泥も増加する。50,000 m³/日の取水増量により約 6 ton/日の汚泥の増量が見込まれる（合計 18ton/日）。これら汚泥の内容物は原水濁度に起因するシルト類や、浄水過程で注入される薬品類である。現在浄水場には汚泥処理施設は存在せず、Sap 川に直接これらの排水・汚泥が放流されている。

以下に示す理由により、拡張後の浄水場から発生する汚泥を Sap 川へ放流することによる環境影響はない。

- 汚泥の濁度成分は原水から来たものでありそれを元の Sap 川に返すものである。
- 注入された薬品類は無害なものでありかつまた Sap 川の河川流量と比較した場合極微少である。
- 現在、12ton/日の汚泥が放流されているが、被害や環境影響の報告はない。

(11) 薬品注入計画

1) 薬品棟の新設

基本計画で示したとおり、薬品棟を新設し既存と新設浄水処理施設用の薬品注入設備を一体として整備する。建築物の構造及びデザインは浄水場内の既存建築物と似たものを採用する。注入器は全て重力式であるためこれらをすべて2階に配置する。基本的な間取り計画は以下のとおりとする。

表 3 - 2 - 2 9 新設薬品棟の占有施設

階	占有施設
1階	薬品倉庫、塩素ボンベ格納庫、消石灰サチュレーター
2階	薬品注入設備、制御室、作業員室、水質分析室・事務室、消石灰サチュレーター
3階 (中2階)	事務所 (薬品注入、浄水処理プロセス管理用)

2) 使用薬品の種類とその設計注入率

プンプレック浄水場で使用されている薬品は (a) 凝集剤として固形硫酸バンド、(b) 凝集補助剤・pH調整剤として消石灰、及び (c) 生物の処理・細菌の処理として塩素ガスである。

現在、薬品はベトナムより輸入したものを使用しており、定期的に搬入されており、調達に関する問題はない。これらの薬品は今後とも続けて使用することが妥当である。

なお、凝集剤として別の薬品を使用することが考えられる。JICAの第3国専門家(注)は、5種類の凝集薬品のコストを比較した。その結果、Alum+Anionic Polymerが最も安価であり、既存施設で使用されているAlumと比べると、約5%の薬品コストが節約できる可能性がある。しかし、維持管理・調達が煩雑になる、追加設備が必要になるなど、デメリットもある。薬品コストの節約に有意な差がみられないため、既設及び拡張浄水場の凝集薬品は、維持管理の簡易さを重視して、既存施設の凝集薬品と同じ固形硫酸アルミニウム(硫酸バンド)を採用する。

(注: Report on Evaluation of Operation Performance at Phum Prek Water Treatment Plant, PPWSA, The Royal. April 1999.)

今回、配水量 150,000 m³/日対応の薬品注入設備を新設する。各薬品の設計注入率を下記のように設定する。この設計値により注入設備の計画を行う。以下に各薬品の注入率の検討内容を示す。

表 3 - 2 - 3 0 計画薬品注入量

	最大 (ppm)		平均 (ppm)		最小 (ppm)	
	実績	設計	実績	設計	実績	設計
固形硫酸バンド	43.0	50.0	23.5	30.0	10.0	10.0
消石灰	—	10.0	—	7.0	—	5.0
前塩素 (殺藻)	—	4.0	—	2.5	—	1.0
後塩素 (消毒) 1999 年実績	1.59	2.0	1.1	1.5	0.28	1.0
2000 年前期 4 ヶ月	1.74		1.65		1.50	

(薬品注入率の検討)

① 固形硫酸バンド :

1999 年のプンプレック浄水場の日毎のジャーテスター実績値を基に設定した。

② 消石灰注入量の設定 :

原水水質、ジャーテストの結果を参考にし、前アルカリの必要性について検討を行った。原水のアルカリ度は一年を通じて 17~60 mg/l の範囲で推移している。この原水に硫酸バンドを注入すればアルカリ度はその注入率に応じて低下する。アルカリ度の減少率は硫酸バンド 1 mg/l 当たりアルカリ度が 0.45 mg/l 低下する。

仮に、アルカリ度 30 mg/l の原水に硫酸バンド 30 mg/l (設計平均注入率) を注入したとすると、凝集後のアルカリ度は 16.5 mg/l となる。一般に良好な凝集のためには、原水のアルカリ度は 20 mg/l 以上が必要とされており、この値を満足できない。

また、原水に硫酸バンドを注入すれば pH もその注入率に応じて低下する。原水の pH は 6.79~7.82 である。既存浄水場の実績では、凝集剤注入により pH が 6.3 まで減少することがある。最適なフロック形成条件を整えるには、pH の調整が必要である。以上の理由から前アルカリが必要である。

既存浄水施設では浄水の pH が約 6.3 まで低下することが度々ある。この値は WHO の定める水質基準 (6.5 < pH < 8.5) を満足しない。従って、pH が 6.5 を下回るある期間 (凝集剤を多量に注入する原水高濁時) には処理水の pH 調整のための後アルカリが必要である。6.3 まで低下した pH を 6.5 まで高めるには約 10mg/l の消石灰を注入する必要がある。

③ 前塩素 :

プンプレック浄水場には、建設当初前塩素注入設備が存在していたが現在は使用不可能な状況で

ある。従って、前塩素注入の実績はない。

Tonle Sap 湖には、アオコ発生の原因となる藍藻類（Anabaena, Microcystis, Phormidium, Oscillatoria 等）が存在する。これら藍藻類には有毒なもの、ろ過池の閉塞障害となるものが含まれている。乾期には、この藍藻類が Tonle Sap 湖から Sap 川に流出し、表層から 1 m 以何に生息している。これらの藍藻類を含む原水をプンプレック浄水場で取水している。これにより乾期には浄水処理施設内でアオコが発生している。特に 1995 年及び 1997 年には、アオコが沈澱地全体に大量に発生した。

この藍藻類を殺藻する必要がある。藍藻類の殺藻剤としては、硫酸銅や塩素があるが、本計画では、通常一般的に浄水処理で使用されている塩素を使用することとする。

藍藻類を殺藻するための塩素注入率は日本の「水道施設設計指針・解説」によると、0.5～3.0 ppm となっている。普段めったに起こらない浄水池内のアオコの大量発生が本浄水場で起きていることから、注入率は最大 3.0 ppm 注入可能な設備とする。塩素最大注入率は最大設備設計値の 70～75% で注入を行うため、最大設計値を 4.0 ppm とする。

④ 後塩素処理：

プンプレック浄水場の月平均塩素注入量データ（1999 年及び 2000 年前期 4 ヶ月）を基に設定した。

3) 薬品注入方式

浄水場内で最も頻繁に故障し維持管理が困難な部分は薬品注入部である。既存の注入方法は全て機械式であり現状の設備は全て正常に機能していない。「カ」国のおかれた状況を勘案し、維持管理の容易さ、スペアパーツが不要、故障が少ないことから、新設薬品注入方法には全て重力式を採用する。

4) 固形硫酸バンド溶解槽・注入設備

新設凝集剤注入装置は、新設薬品注入棟の 2 階に溶解槽（容量 8 m³、攪拌機付、4 槽）および定水位槽（容量 0.5 m³、三角堰流量計付、2 槽）を設置し、重力式で薬品注入を行うことにする。薬品の注入場所は、着水井とする。

5) 消石灰注入設備

既存の消石灰注入設備は高濃度の消石灰溶液（スラリー）をポンプで注入する設備となっている。この方式だと、スラリー移送管内部にスケール（沈積物）が付きパイプが詰まり易くなる。さら

に、石灰の不純物が浄水池の内部に推積し施設の維持管理を悪くする。この様な欠点を解消するため、本計画では、消石灰の飽和溶液をつくりスラリーによる目詰まりが発生しないようにする。この飽和溶液を作るためにサチュレイタータンクを設置する。サチュレイターは立て長のタンクで、この中で消石灰を溶解させ、この下端から水道水を流入させて、槽の上部から堰で消石灰の飽和液（0.15%）を取り出すものである。消石灰の飽和溶液は水道水が消石灰のゾーンを通過する過程でつくられる。

サチュレイタータンクは鉄筋コンクリート製としその容量を 48 m³ とする。このタンクには攪拌機を設置する。消石灰の攪拌機付溶解槽はサチュレイターに隣接して設置する。

凝集補助剤としての消石灰は、着水井で注入する。後アルカリ剤としての消石灰はろ過水に注入する。注入点としてはろ過水と消石灰溶液との十分な混和を考慮して新設および既設のろ過水渠の合流点とする。

6) 塩素注入設備

既存の塩素注入設備は応急修理を行った注入機 1 台が設置されている。1 ton ポンベは 4 本が保管できるスペースが確保されている。予備のポンベは屋外に放置されている。塩素が漏洩した場合には中和装置が必要であるが、本施設にはそれがない。塩素注入施設は保安上極めて危険な状況にある。

（注：日本では塩素 1 ton ポンベを使用する施設では、保安上塩素漏洩に備え除害装置を設置することが義務づけられている。）

本基本計画では、新設薬品注入棟の 1 階の一部に塩素ポンベの貯蔵室を設置し、塩素注入室を 2 階に設置する。塩素ガス中和装置室は 1 階の塩素ポンベの貯蔵室に隣接して設置する。

塩素注入方法は、維持管理が容易な圧力水給水方式とする。塩素注入機は前塩素注入機 2 台（内 1 台予備）および後塩素注入機 2 台（内 1 台予備）とする。塩素注入機用圧力給水ポンプはろ過水流出弁室に前塩、後塩用各 2 台計 4 台（内各 1 台予備）設置する。

（12） 配水池計画

1) 配水池容量

市内の時間配水量を分析した結果、配水池の容量は日最大配水量の 4 時間以上の貯水容量が必要である。基本計画での検討により、新設配水池容量は 5,000 m³ とする。既存場内配水池容量は 20,000 m³ であり、総配水池容量は 25,000 m³ となる。これは、日最大供給（配水）量の 4 時間分となる。また、市内の配水塔の容量（2,000 m³）を含めると、日最大供給量の 4.3 時間分の配水

能力となる。

2) 形状・構造

新設配水池の水位は既存施設と同じ水位が必要である。この条件と建設予定地の形状から、配水池の形状・寸法は決まる。形状は、既存 No. 2 配水池（容量 10,000 m³）の半分の矩形状とし有効水深は 3.85 m とする（3-2-5 図面 WR-01 参照）。

構造は、既存配水池と同じ鉄筋コンクリート（RC）構造とする。この構造により、配水池に必要な水密性・耐久性を確保できる。施工も簡単で現地の資材が使用できる。

（13） 送配水計画

1) 更新・新設計画

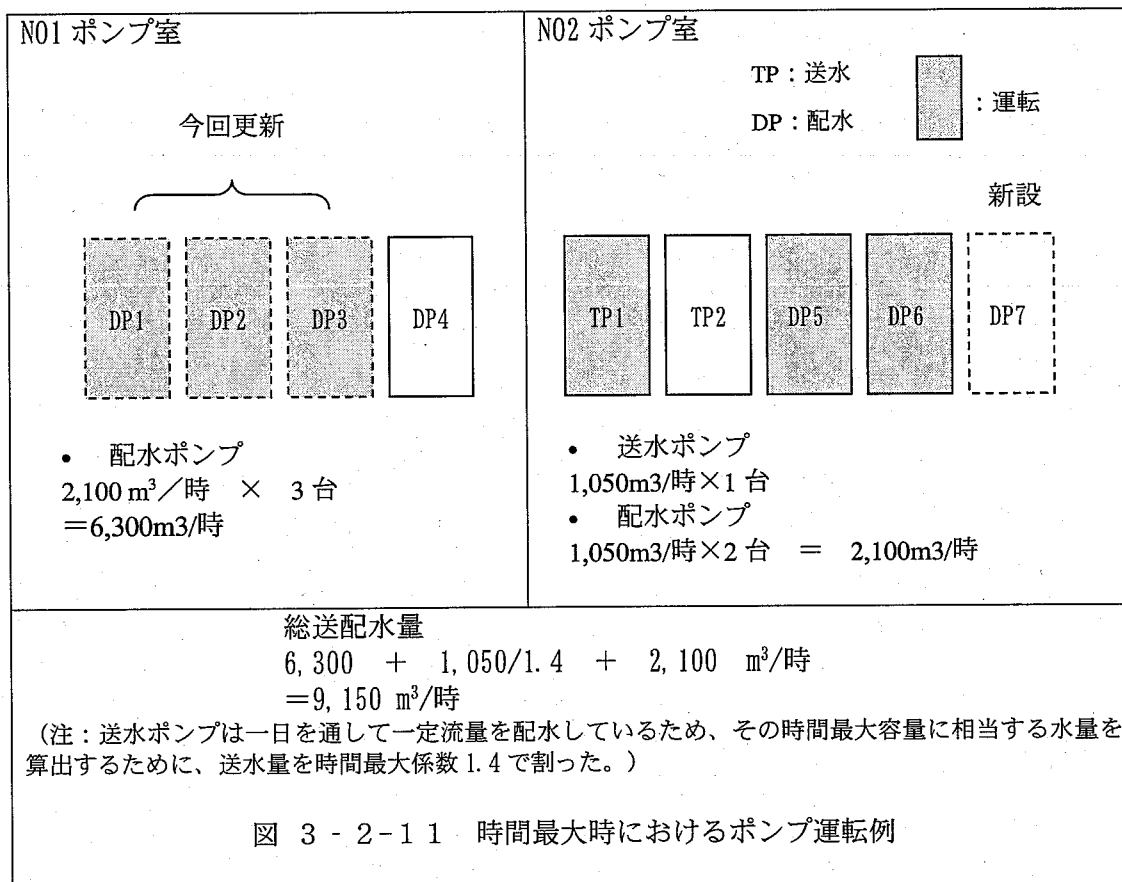
基本計画に示したとおり、以下のポンプの更新・新設が必要である。

- 既存 DP1～DP3 配水ポンプ（公称揚程 42 m、2,100 m³/時）3 台の更新
- DP 7 配水ポンプ（公称揚程 42m、1,050 m³/時）1 台の新設

（注：ポンプ名とその配置は図 3-2-11 を参照）

2) ポンプ運転計画

拡張後の浄水場からの時間最大配水（供給）量は 8,750 m³/時（=210,000 m³/日）となる。これ以上の送配水能力を持ったポンプ設備が必要となる。この時間最大配水量を配水するためには、図 3-2-11 のポンプ運転例に示すように 2,100 m³/時の配水ポンプ 3 台、1,050 m³/時の配水ポンプ 2 台、1,050 の送水ポンプ 1 台を運転する必要がある。



(14) 浄水場流入原水量調節

Sap 川の年間水位は約 10 m 変動する。この水位の変動により取水ポンプ吐き出し量の変動する。その結果、浄水場への原水流入量が変動する。現在、原水流量の変動はポンプ運転台数を変えることにより制御しているが、正確な流量制御は不可能である。このため注入薬品量の正確な把握が困難となっている。

既存の浄水施設には余水吐（オーバフロー設備）があり、取水量が浄水量を上回る場合、この設備から原水を越流させ Sap 川に返送している。これは明らかにエネルギーの無駄である。このエネルギーの無駄を減らし、適切な薬品注入量を確保するため、浄水場へ流入する原水量を、浄水場から送水される配水量計画に従って制御する必要がある。ポンプ取水における原水流量の制御方法は以下の方法がある。

- ポンプ運転台数制御
- ポンプ回転制御
- 流量調節弁制御

ポンプ運転台数制御により、段階的に大流量の制御はできるが、小流量の制御は不可能であ

る。ポンプ回転制御は正確に流量を制御できかつエネルギーの効率的な使用が可能な方法であり、維持管理費用を低減するための最善の方法であるが、回転制御装置は高価でかつ故障した場合も高度な技術と高価なスペアパーツを必要とするため、「カ」国のみでは対処が困難な技術である。加えて、新たに電気計装設備を設置する必要がある。初期費用面及び維持管理技術上デメリットが大きく、本計画では採用しない。ただし、将来、PPWSA の水道事業が順調に発展し資金的余裕が出てきてかつ技術力も強化された場合、その導入を検討する必要がある。

本基本計画では、原水流量の制御のために手動の原水流量調節弁を設置する。流量調節弁は着水井に設置する堰式流量計の測定原水流量をモニタリングし、弁の開口度を調節し原水流入量を制御する。

(15) 制御・モニタリング装置計画

1) 制御・モニタリング計画

a) モニタリング

浄水場制御室で以下の項目がモニタリングされている。

- ・ 電気系統 : 受電状況（電圧、サイクル数等）
 : ポンプ等のモータのアンペア数
- ・ 動力 : 機械の運転及び停止の状況
- ・ 流量 : 配水流量 2ヶ所
 : 送水流量 1ヶ所
 : ろ過後水流量 3ヶ所
- ・ 水位 : 各配水池
 : 高架水槽

現在、浄水場内のろ過後水の水量、浄水場からの配水量、市内高架水槽への送水量が浄水場内の制御室で監視できるシステムとなっている。

施設のモニタリングの整合性及び関連する機械の操作性を考慮して、新施設の原水の流量も制御室で監視できるようなシステムとする。

従って、Sap 川の水位変動も浄水場内制御室で監視し、河川水位の変動による取水ポンプ運転及び導水量の制御を正確に行うこととする。これにより、浄水場の流入原水量が正確に制御できるようになり、浄水量及び水質を正確に制御可能となる。

分配堰には、維持管理がしやすい機械式でないフロート式の堰式流量計を設置し、原水流量を測定し導水量を監視する。

b) 運転操作

本浄水場内で日常的に運転操作が必要な設備は以下の 3 設備である。これらの設備は自動運転及び制御室で運転操作を行っている。

- 取水ポンプ : 制御室
- 送配水ポンプ : 制御室
- ろ過池逆洗設備 : 基本的に自動 (必要に応じて現場で手動)

新設取水ポンプ及び新設配水ポンプも既存システム同じように制御室で運転できるシステムとする。ろ過池は既存と同じ方法を採用する。

本計画では着水井直前の導水管にバルブを設ける。ポンプ運転台数の選択とこのバルブを利用して、原水流量の浄水場流入を制御する。

2) 水量モニタリング

拡張後の浄水場システムにおいて、システムの運転を正確にし維持管理を容易にするために必要な流量をモニタリングする。現在設置されている装置及び新規に設置する装置を表 3-2-31 及び図 3-2-12 に示す。現在、既存計測装置で測定された全ての流量は制御室でモニタリングされており、新規に設置される計測装置で測定された流量に関しても制御室でモニタリングできるようにする。

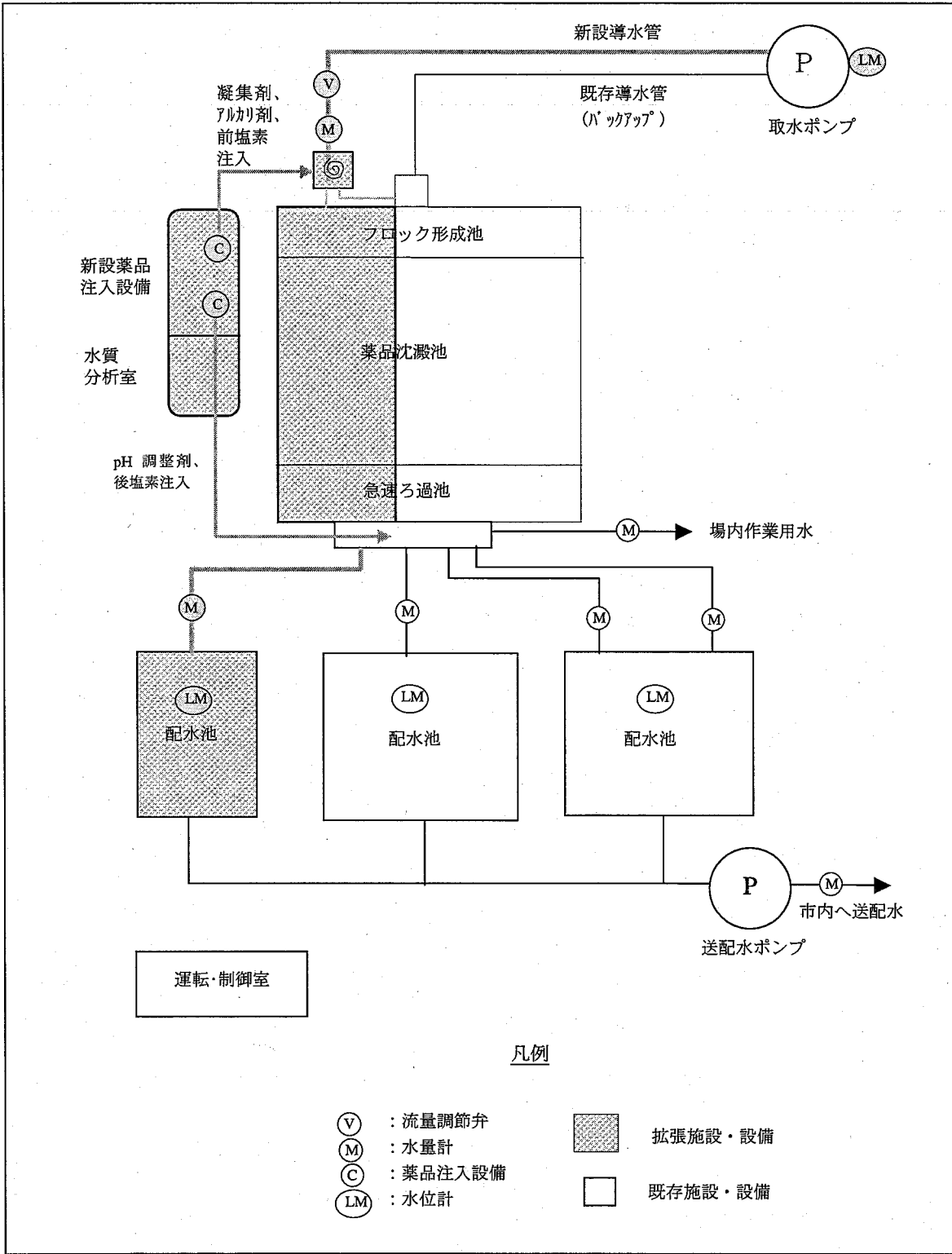


図 3 - 2 - 1 2 プンプレック浄水場拡張後の主要なモニタリング設備

表 3 - 2 - 3 1 水量モニタリング装置

流量	既存装置	新規装置	採用理由
原水流入量	なし	堰式流量計 (1 器)	維持管理が容易、高価で高度なスペアパーツ不要
配水池流入量	電磁流量計 (3 器)	挿入形圧電式流量計 (1 器)	流量が少ない場合でも正確な測定が可能
場内作業用水量	電磁流量計 (1 器)	—	—
送配水量	電磁流量計	—	—

3) 河川水位モニタリング

取水塔内の水位の変動を正確に常時測定するために超音波式水位計を設置する。(図 3-2-1 2 参照)

4) 水質モニタリング

水質分析を行う目的は、以下の 4 つに大別できる。

- 原水水質を把握し適切な薬品注入量を設定する。
- 水源の水質異変をいち早く検知し処理体制を整える。
- 浄水プロセスにおける水質を把握し適切な浄水処理が行われているか監視する。
- 浄水プロセスにおける水質を把握し水質トラブルがあった場合適切な対応策をとる。

浄水処理プロセスでの水質分析・管理は、適切な水質を確保するために欠かすことのできないものである。特に、凝集沈澱・急速ろ過方式の浄水場では、各浄水処理プロセスでの水質管理能力は水質分析能力に大きく依存する。

a) 水質分析ラボラトリー

処理水質を向上するためには水質分析能力の向上が必要である。基本計画に示したとおり、本計画では、新設薬品棟内に水質分析室を新設し、浄水場の水質維持管理に必要な分析装置を設置する。なお、将来、比較的高度な分析機器を設置し水質分析レベルのグレードアップが可能な十分なスペースを確保しておく。

複数の浄水場を有する水道事業では、1ヶ所は高度な分析ができる中心的な水質分析室を設置することが必要である。本浄水場の水質分析ラボラトリーは PPWSA のみならず「カ」国の中心的な水質分析を担当しており、将来的には高度な分析が可能なラボラトリーにする必要がある。

以下に示す管理スペースが必要となる。

水質分析室のスペースとして 85 m²以上を設けることとする。後述するとおり本計画では理化学試験及び細菌試験が可能な機器を供給する。

1) 理化学試験管理域	30~40 m ²
2) 細菌試験管理域	20~30 m ²
3) 生物試験管理域	15 m ²
4) 重金属・農薬 (ガスクロマトグラフ)	20~30 m ²
合計	85 m ² ~115 m ²

b) 分析機器

ポンプレック浄水場水質分析室の機器の整備を表 3-2-33 に示すとおり段階的に計画する。

c) 採水位置と方法

水質管理を行うための検水は採水場所から水質分析室に送水する必要がある。採水場所と採水方法は以下のとおりとする。

表 3-2-32 水質分析のための採水場所及び採水方法

分析水の種類	採水場所	採水方法
原水	原水流量調節弁の上流	ポンプ送水
沈澱水	既存および新設の沈澱水渠	ポンプ送水
ろ過水	既存および新設のろ過水渠	ポンプ送水
配水	送水管路より分岐	配水ポンプ水圧送水

表 3 - 2 - 3 3 プンプレック浄水場水質分析室整備計画

時期	現状	第1段階 (本計画)	第2段階 (2006年頃)	第3段階 (2010年まで)
整備基本構想		<ul style="list-style-type: none"> 理化学水質試験項目 細菌試験 	<ul style="list-style-type: none"> 生物試験 重要な重金属試験 	<ul style="list-style-type: none"> 重金属試験 有機物、農薬試験
分析内容	<p>pH値、濁度、電気伝導度、SS、色度、残留塩素、7カドミウム、硬度、炭酸、過マンガン酸カリウム消費量、大腸菌群、糞便性大腸菌</p>	<p>大腸菌、一般細菌 蒸発残留物 溶存酸素 総窒素、総りん、フェノール、界面活性剤など</p>	<p>BOD 硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素 砒素、鉄 マンガン、シアンなど</p>	<p>鉄、マンガン、銅、亜鉛、ニッケル、銀、クロム、カドミウム、セレン 水銀、有機物、農薬など</p>
簡易法	<p>蒸発残留物 (TDS計) 溶存酸素 (携帯用DO計) 硫酸イオン、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、リン酸イオン、塩化物イオン、マンガン、シアン、アルミニウム、鉄、マンガン、カリウム、クロム、銅、亜鉛、シカ</p>	<p>鉛、カドミウム</p>	<p>水銀</p>	
必要機器等		<p>分光光度計 分析天秤 オートクレーブ ウォーターバス</p>	<p>恒温器 蒸留器 イソコロムトグラフ マフル炉</p>	<p>原子吸光、各金属ラジウム 還元気化装置 水素化物発生装置 ガスクロ パージトラップ装置 濃縮器 (イソボレータ) 固相カラム</p>
消耗品	<p>HACH DR2000 用試薬 細菌検査用試薬 その他試薬類</p>	<p>特級試薬、各標準物質 細菌検査用試薬など</p>	<p>特級試薬、各標準物質 細菌検査用試薬など</p>	<p>特級試薬、各標準物質 高純度ガスなど</p>

注：JICA-JOCV資料参考

(16) 場内連絡管計画

1) 分配槽～フロック形成池間連絡管

分配槽と拡張及び既存フロック形成池の流入渠をつなぐ連絡管は、既存用は口径 1,350 mm、新設用は口径 1,000mm とし、内面モルタルライニング・ダクティル鑄鉄管とする。

2) ろ過池浄水渠～新設配水池間連絡管

既存ろ過水流出弁室に設置されている口径 700mm の流出管と新設配水池とポンプピットを結ぶ連絡管の一部に接続する。管種は内面モルタルライニング・ダクティル鑄鉄管とする。その中間部には挿入形圧電式流量計を設置する。測定流量は中央監視室に電送し監視する。

3) 新設配水池～既設配水池バイパス管間連絡管

新設配水池と第1次プノンペン市上水道整備計画(1995年)で築造された配水池の流入バイパス管を連絡する管を新設する。管口径は 700mm、管種は内面モルタルライニング・ダクティル鑄鉄管とする。

4) 配水本管

浄水場拡張に伴い、浄水場からの配水量が増大する。既存配水管は口径 600mm、700mm、800mm 各1条で市内に配水されている。

口径 700mm および 800mm の管は ADB プロジェクトの送水管に本計画完成以前に接続される。口径 800 mm の管路の ADB 接続点は、本プロジェクト完成時に口径 1,000 mm が接続される設計になっており、本基本計画では、浄水場内のバルブ室内に設置されている配水本管口径 1,350 mm に接続することとする。管口径 1,000 mm、管種は内面モルタルライニング・ダクティル鑄鉄管とする。

5) 新設浄水処理施設～既存排水施設連絡管

新設の浄水処理施設と既存処理排水施設を連絡する管を新設する。

(17) 電気・計装設備計画

第1次プノンペン市上水道整備計画で改修された既存受変電設備総容量は 3,000 KVA である。

拡張後の必要電気設備容量を追加しても 3,000 KVA 以内であるので、本計画では受変電設備容量の増容量は必要ない。本計画で新設・改善される電気設備工事の内容は、以下の通りである。

表 3 - 2 - 3 4 新設・改善電気設備工事

電気設備	主要な場所
ポンプ起動盤	取水ポンプ電気室
ポンプ軌道盤に伴う補助継電器盤	取水ポンプ電気室
制御ケーブル等の増設	導水管沿い（取水ポンプ室～浄水場）
既存機側盤回路等改造	更新配水ポンプ横
中央監視（卓）盤の改造（拡張施設監視盤追加）	制御室

制御室及びろ過池運転ギャラリーには以下の計装機器設備の追加工事が必要である。

表 3 - 2 - 3 5 計装機器設備の追加工事

計装機器	設置場所
河川取水位の指示計	制御室
原水流量の指示積算計	制御室
ろ過損失水頭計	ろ過池運転ギャラリー
ろ過流量指示記録計	制御室
配水池水位指示計（新設配水池）	制御室

(18) 計画施設の概要

本計画の施設の内容・規模及び調達機材は、表 3 - 2 - 3 6 及び表 3 - 2 - 3 7 に示すとおりである。詳細な施設・機材内容は付属資料に示す。

表 3 - 2 - 3 6 本計画実施対象施設/設備

内容・規模	
(I) 新設	
1.	取水施設
1.1	取水ポンプ (2200 m ³ /時) 2 台新設及び 1 台更新
1.2	取水塔の改修 (取水口、クレーン、水位計)
1.3	取水塔連絡橋の改修
1.4	取水塔及び連絡橋の再塗装
2.	導水施設
2.1	導水管 (口径 1,200mm) の敷設
2.2	水撃作用防止装置 (エア-ベッセル) 設置
2.3	付帯設備一式の供給と据付
3.	水処理施設 (50,000 m ³ /日)
3.1	着水井・急速混和池 (分配槽) の建設
3.2	フロック形成池の建設
3.3	横流式薬品沈澱池の建設
3.4	急速ろ過池の建設
4.	薬品注入施設 (150,000 m ³ /日)
4.1	固形硫酸ばんど注入設備の供給と据付
4.2	消石灰注入設備の供給と据付
4.3	塩素注入設備の供給と据付
4.4	薬品注入棟の建設
4.5	水質試験室及び一般水質分析器具一式の供給と据付
5.	配水池の建設 (5,000 m ³)
6.	配水ポンプ
6.1	配水ポンプ (1050 m ³ /時) 1 台新設
6.2	配水ポンプ (2100 m ³ /時) 3 台更新
7.	必要な電気・計装設備の供給と設置
8.	場内連絡管一式 (既存施設と新設を連絡等)
9.	既存薬品沈澱池の改善 (整流壁の設置)

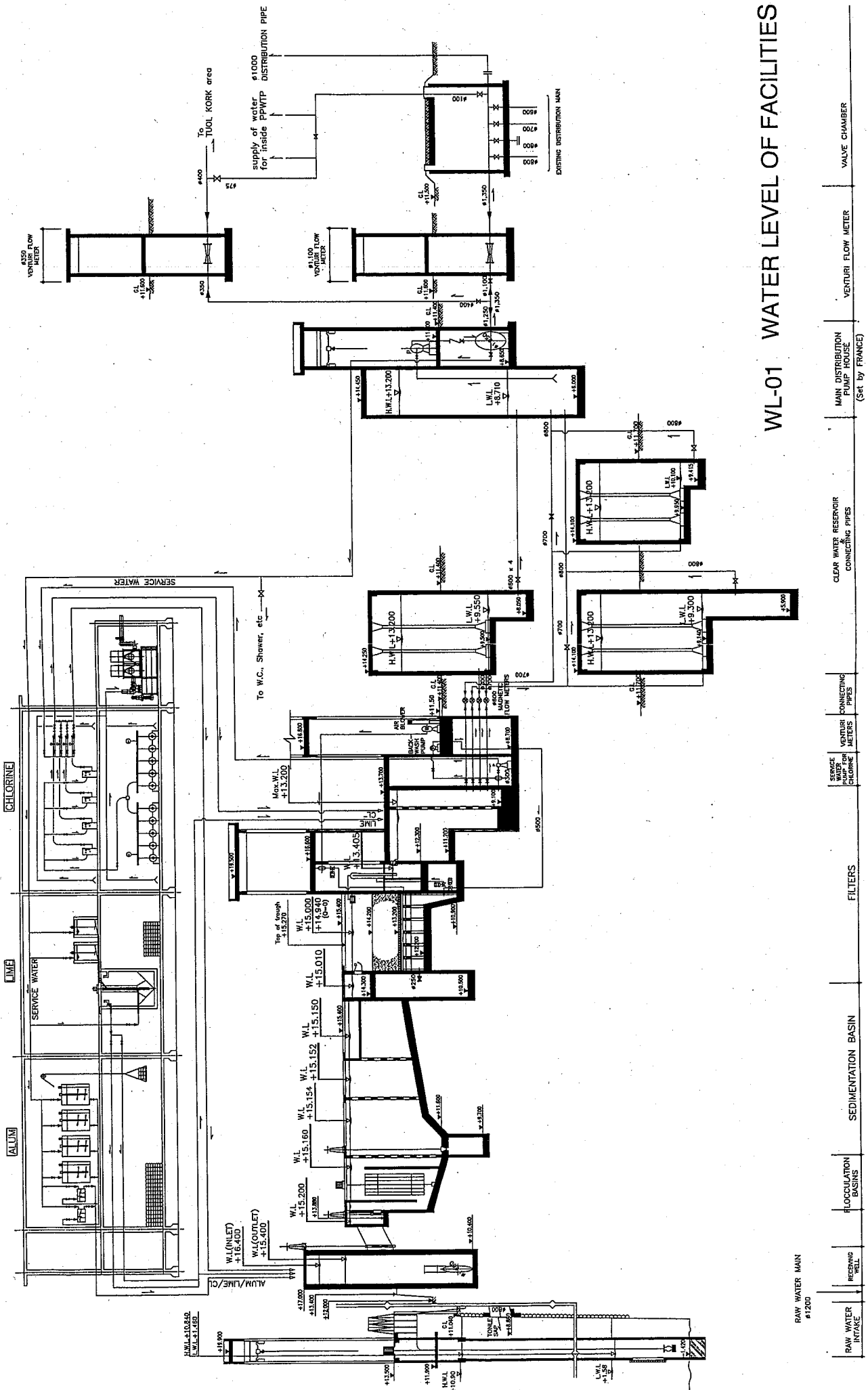
表 3 - 2 - 3 7 水質分析機器類の調達機材

機 材 名	内容 (仕様、寸法等)	数量
1. ドラフトファン (ブロー付)	セラミックタイト、L=1500x2350x764	1 台
2. 中央実験台 (流し台付)	L=3600x1500x1500	1 台
3. 中央実験台試薬棚 (ガラス戸入り)	L=1100x450x300	2 台
4. ジャーテスター6 連用	試薬凝集反応装置、ステンレス製、L=177x69x27	1 台
5. デジタル温度計	携帯型、L=177x69x27	1 台
6. パーソナル pH メーター	水質試験器、携帯型、L=150x60x25	1 台
7. 温湿度露天計	携帯型、L=150x60x25	1 台
8. 電気伝導度計	水質試験器、デジタル型、L=182x60x257	1 台
9. 直読デジタル濁度計	水質試験器、デジタル型、L=400x300x200	1 台
10. 定温乾燥機	自然対流型、L=710x651x870	1 台
11. オートクレーブ	自動式高圧蒸気滅菌器、L=440x530x965	1 台
12. 重ね金具付きラック	300 型、L=246x162x100	1 台
13. マグミキサー	ホットプレート付マグネット式攪拌器 L=606x420x122	1 台
14. オートスチル	超純水製造装置、L=500x400x974	1 台
15. ガラス器具類	ビーカー、メスシリンダー、メスフラスコ、試験管等の器具	1 式
16. 試験用薬品類	硫酸、塩酸、エタノール等の水質試験用薬品	1 式

3 - 2 - 5 基本設計図

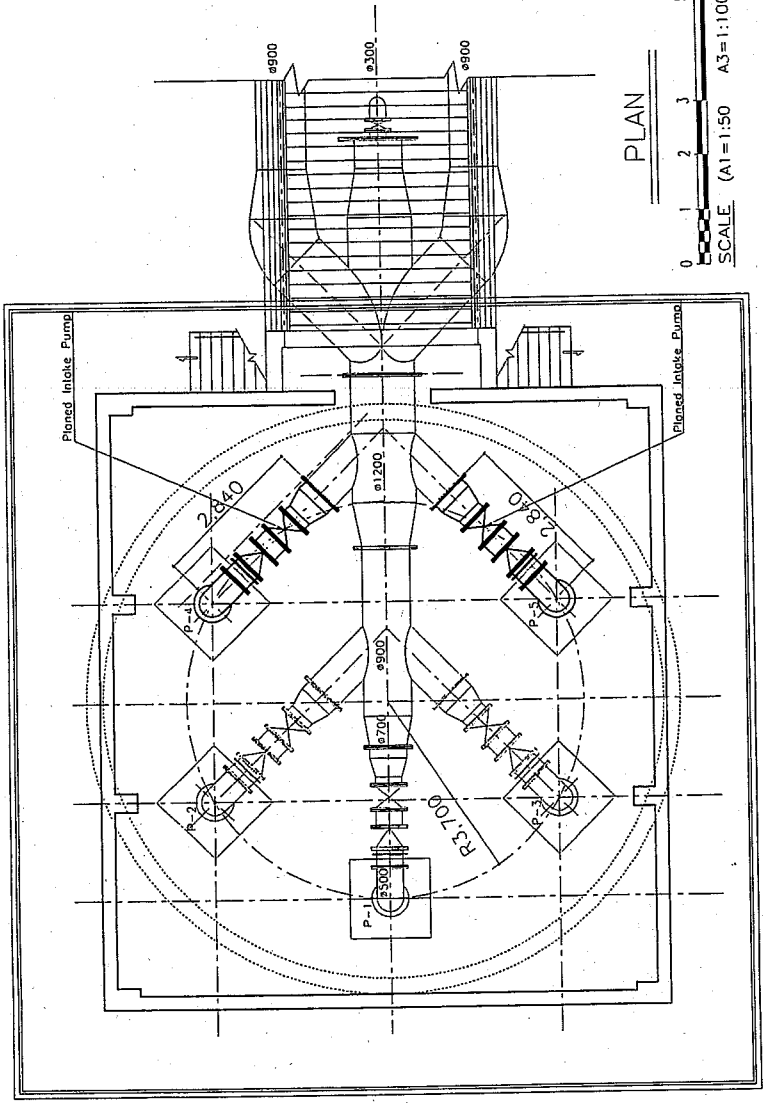
本計画施設の基本設計図は、以下のとおりである。

- GL-01 計画導水管配置図
General Layout of Raw Water Pipeline
- GL-02 プンプレック浄水場計画施設配置図
General Layout of Phun Prek Treatment Plant
- WR-01 水位高低図
Water Level of Facilities
- IT-01 取水塔内ポンプ設備図
Intake Tower
- IT-02 取水施設一般図及び導水管分岐弁室図
General Plan of Intake Facilities and Detail of Piping of Raw Water Pipe
- WT-01 着水井・急速混和池・分配槽
Receiving Well
- WT-02 フロック形成池・薬品沈澱池・ろ過池・ろ過池ギャラリー
Flocculation, Sedimentation Basin, Filter and Gallery
- CH-01 薬品棟（注入設備、薬品倉庫、水質分析室）
Chemical Storage & Feeding Building
- WR-01 配水池
5000 m³ Reservoir
- DP-01 配水ポンプ設備（No. 1 ポンプ室）
Pump Room (1)
- DP-02 配水ポンプ設備（No. 2 ポンプ室）
Pump Room (2)

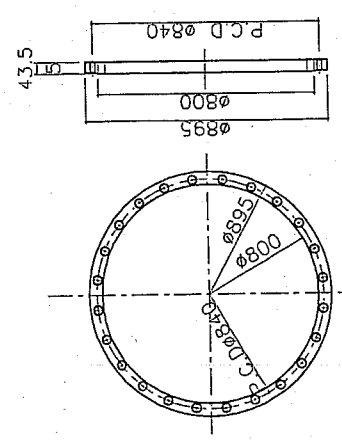
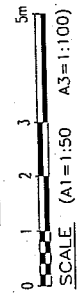


WL-01 WATER LEVEL OF FACILITIES

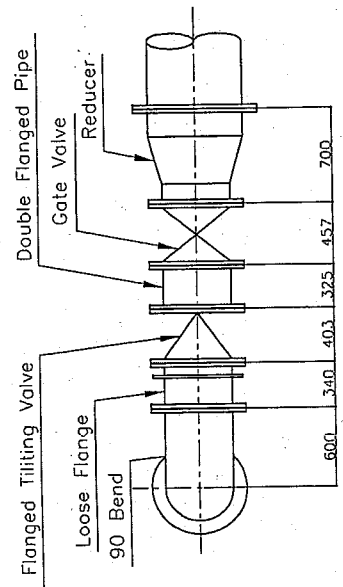
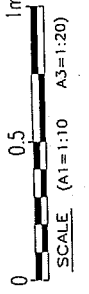
NOTE : P-1, P-2, P-3 : Duties for Existing Plant
 3 units (1 stand by)
 P-4, P-5 : Duties for Proposed Plant
 2 units (1 stand by)



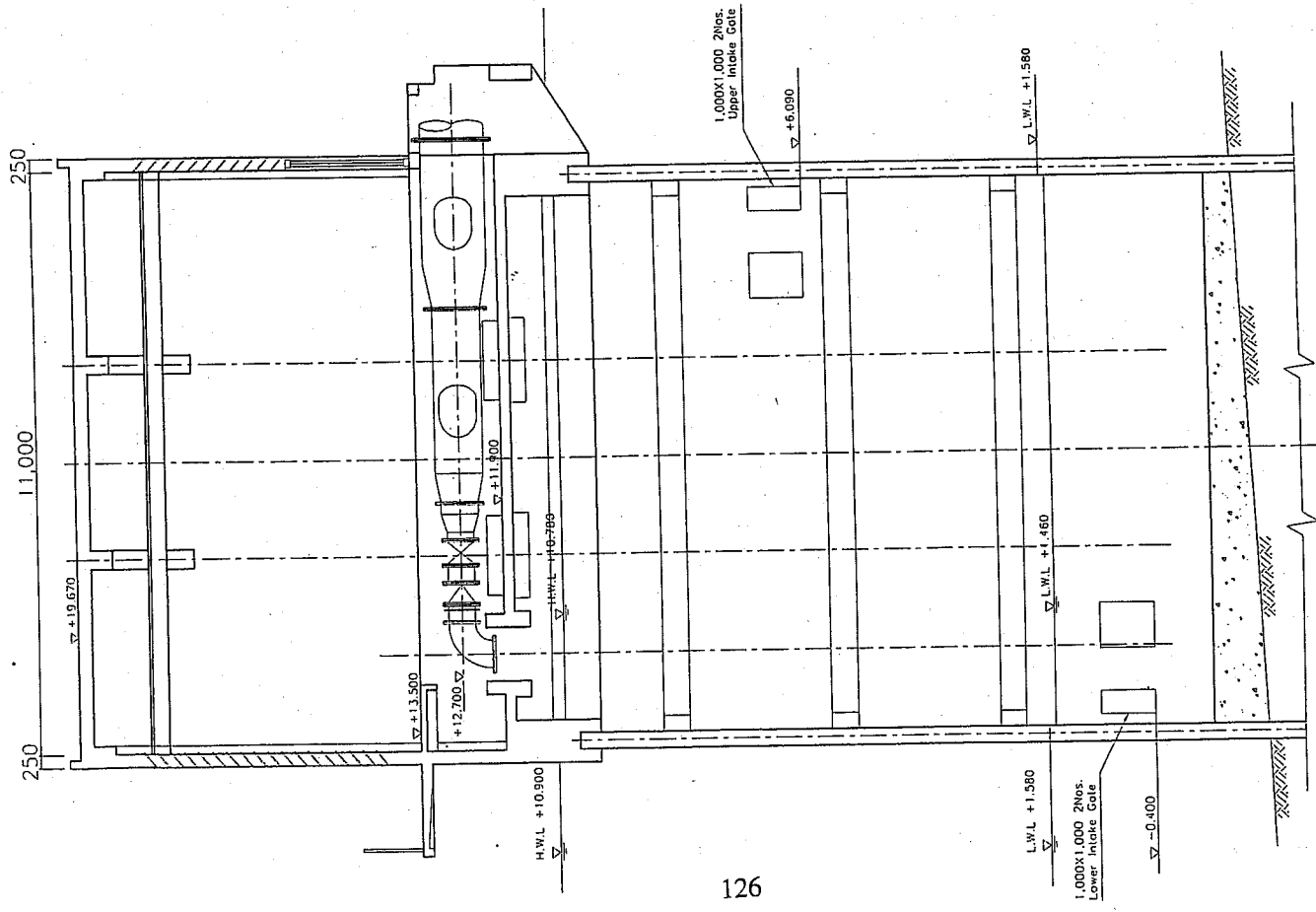
PLAN



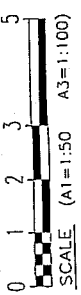
ø700 EXISTING FLANGE STANDARD



DETAIL OF PROPOSED DISCHARGE PIPE

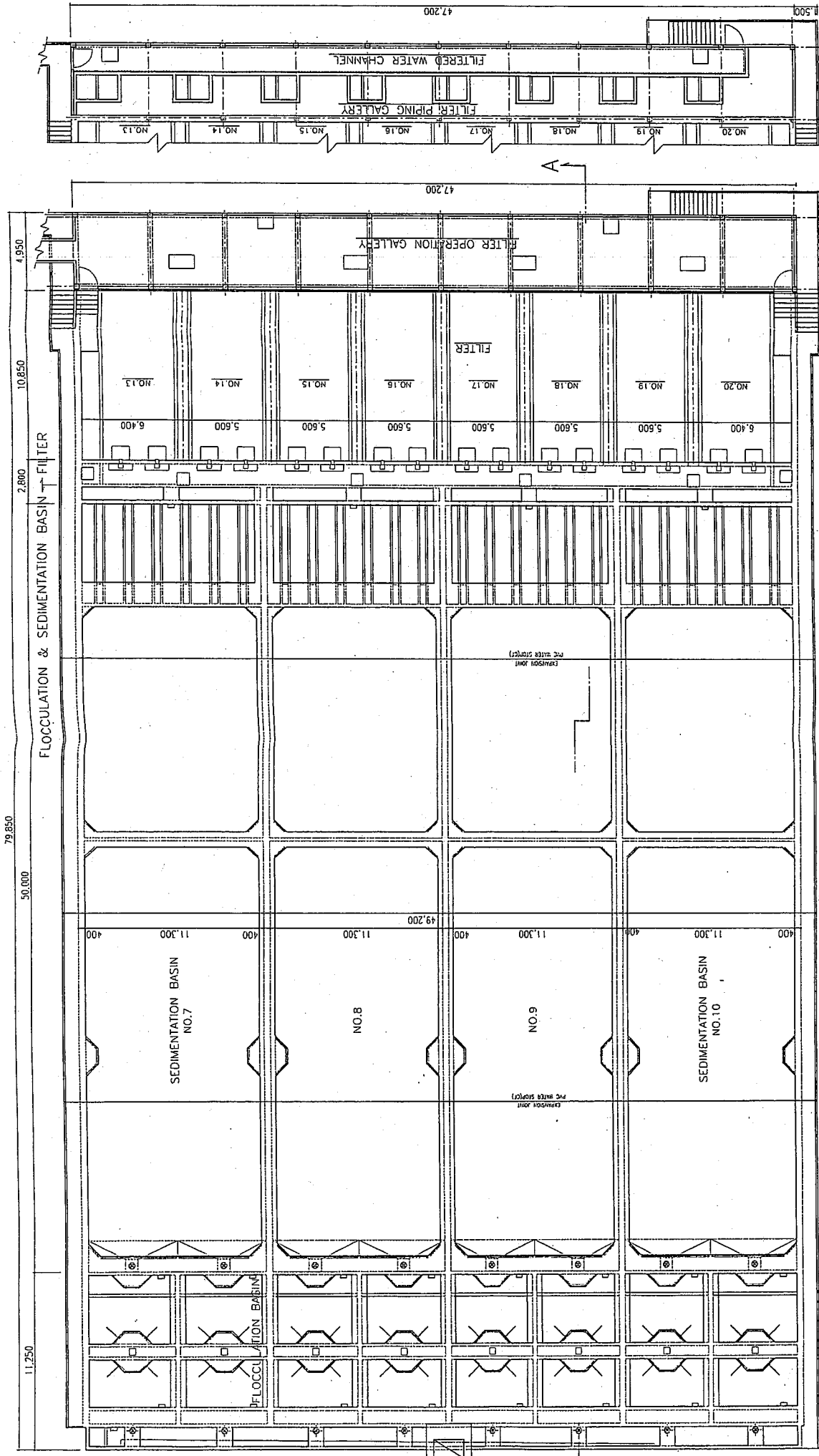


SECTION

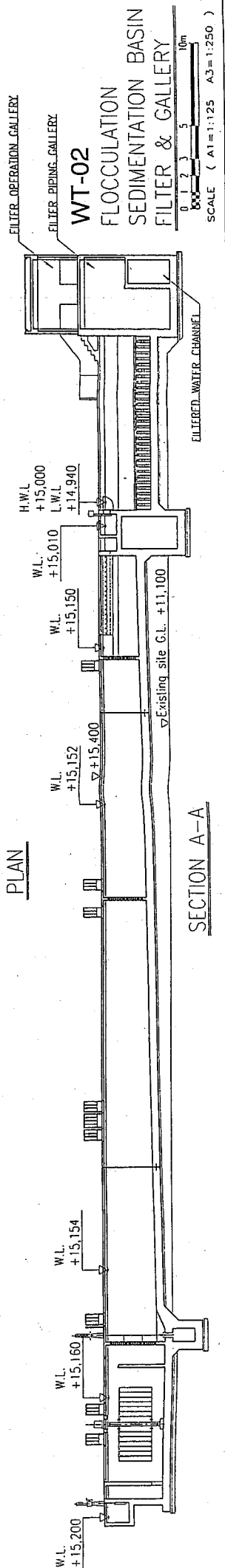


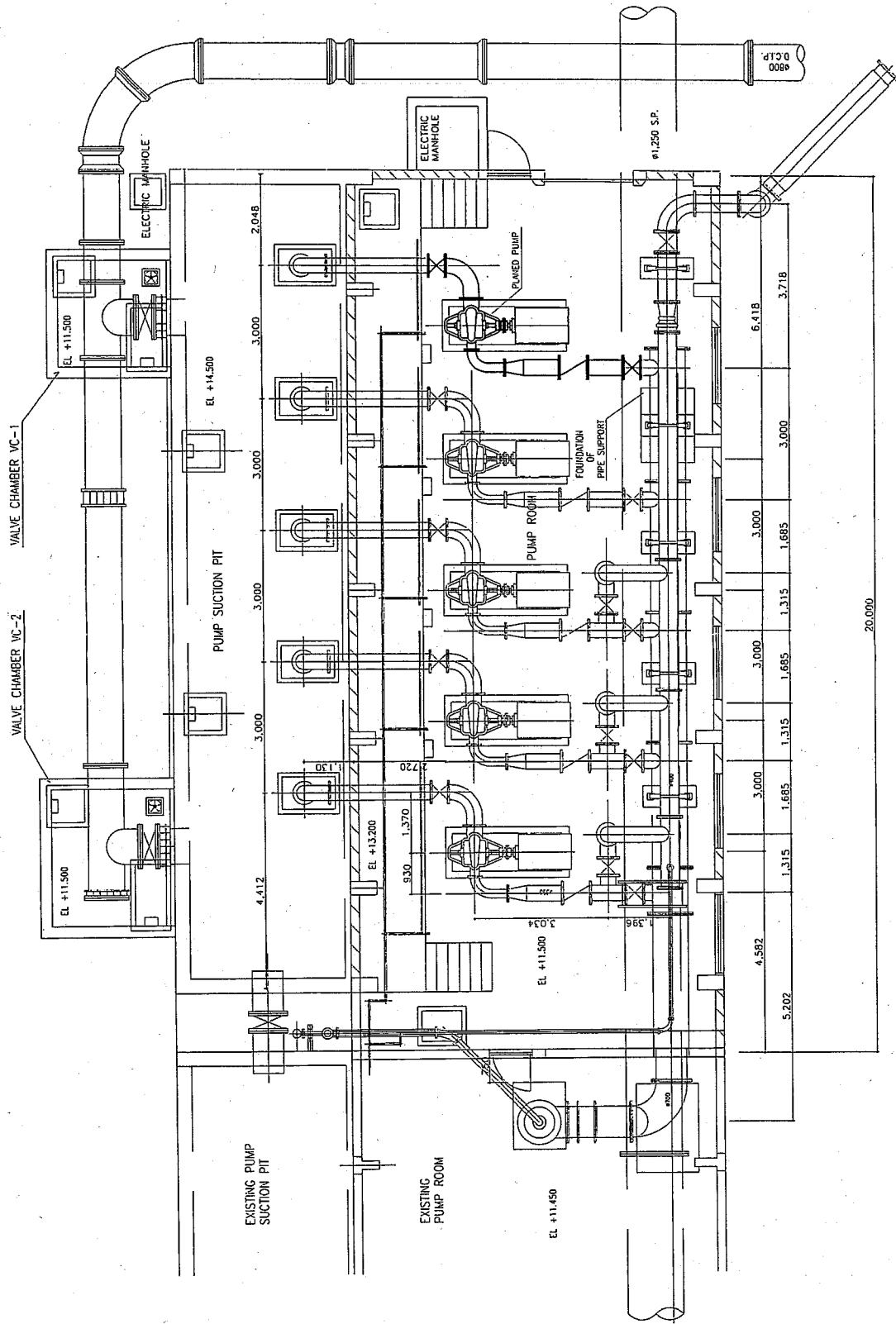
IT-01 INTAKE TOWER

PLAN OF PIPING GALLERY

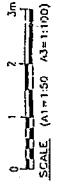


PLAN





DP-02
PUMP ROOM (2)



3 - 2 - 6 施工計画/調達計画

(1) 施工方針

本計画は我が国の無償資金協力の枠組みに従って実施される。従って、本プロジェクトは我が国政府より事業実施の承認がなされ、両国政府による交換公文 (E/N) が取り交わされた後に実施に移される。

以下に、本プロジェクトを実施する場合の基本事項及び特に配慮を要する点を示す。

1) 事業実施機関

「カ」国の本プロジェクト監督・責任・実施機関は PPWSA である。PPWSA は、技術・プロジェクト部門を中心に各担当部門が任務を分担し本プロジェクトを遂行する予定である。PPWSA は、本プロジェクトを円滑に推進するために、関係省庁・機関との調整を行う必要がある。

他の多くのプロジェクトと共に、多岐にわたる内容の本プロジェクトの運営管理が必要となるが、担当部所の管理能力は高く特に問題はない。

2) コンサルタント

本計画の施設建設・機材調達のため、日本のコンサルタントが「カ」国実施機関と設計管理契約を結び、本計画に係関わる実施設計と工事監理業務を行う。また、コンサルタントは入札図書を作成するとともに、事業実施機関に対して入札資格審査と入札業務の代行をする。

3) 施工業者

我が国の無償資金協力の枠組みに従い公開入札で「カ」国側により選定された日本国法人の施工業者が、本計画の施設建設とスペアパーツを含む資材調達を実施する。

4) 工事に伴う断水

市民生活に影響を与えないよう工事期間中の断水時間を極力短時間に抑える。

5) 施工手順

断水を極力短時間にするために以下の手順で工事を進める。

① 最初に、プンプレック浄水場の拡張工事を行う。

② 次に、既存薬品沈殿池の改善・改修工事及び既存配水ポンプの更新工事を行う。

拡張施設が完成すれば、現在の浄水処理量の 50 %量に当たる 50,000 m³/日の浄水を生産する事が可能になる。この増水量を確保してから既存施設の改善を実施することにより既存施設の改善工事による浄水量の低下を極力低減できる。

更に、世銀の融資で建設中のチュレイチャンワール浄水場の 65,000 m³/日が完成すれば、供給能力が補強される。これにより既存施設の運転停止が比較的長時間可能になる。

薬品注入設備のように他の工事に関係なく、独立して行える工事に付いては、原則として拡張工事と並行して施工するものとする。

(2) 建設事情・施工上の留意事項

1) 現地の施工技術と施工業者の能力

プノンペン市には、民間の大規模な建設会社は少なく、建設技術のレベルは比較的低い、多数の小規模土木・建築、機械及び電気業者が存在している。それらの業者を協力業者として活用する必要がある。特に、許認可手続き、労務者の手配、現地調達建設資機材の購入・運搬、掘削残土の運搬処分、型枠、鉄筋加工・組立や小運搬、生コンクリートの打設・養生等、相当量の工事範囲の分担・委託が可能である。ただし、技術レベルの能力が低いため、日本人技術者及び技能工が指示・指導を徹底しないと、工期内完工に問題が発生する。

浄水場の様な複雑で水密性を必要とする構造物の建設には、鉄筋の加工・組立、型枠工事等の現地の技術には難点がある。これらの技術は構造物の耐久性や水処理機械の回転機器等の精度に影響を及ぼし、ひいては水処理性能にも影響を及ぼしかねない。このため、本計画ではこれらの作業に万全を期すために大工及び鉄筋工の世話役（職工長）を必要期間日本から派遣する。

本工事の計画浄水施設は、既存浄水施設に隣接して、築造することになる。既存浄水施設に危険な薬物等の投入を防止するため、PPWSA の工事実績があり、PPWSA が承認出来る協力業者として選定する必要がある。

2) 建設機械の調達

「カ」国内の建設業者は、建設機械等を多少保有しているが、十分に整備されたものが少なく、選定には、慎重な検討が必要である。現地でリース可能な主要な建設機械の一部を列举すると、

以下の通りである。

- ・ブルドーザー
- ・ダンプトラック
- ・トラッククレーン
- ・発動発電機
- ・ミキサー
- ・コンクリートポンプ車

(3) 施工区分

カンボディア側及び日本側の施工負担区分は表3-2-38のとおりである。

表 3 - 2 - 3 8 日本国側と「カ」国側の施工区分

内容・規模		日本側	「カ」国側
(1) 新設			
1.	取水施設		
1.1	取水ポンプ (2200 m ³ /時) 2 台新設及び 1 台更新	○	
1.2	取水塔の改修 (取水口、クレーン、水位計)	○	
1.3	取水塔連絡橋の改修		○
1.4	取水塔及び連絡橋の再塗装		○
2.	導水施設		
2.1	導水管 (口径 1,200mm) の敷設	○	
2.2	水撃作用防止装置 (エアベッセル) 設置	○	
2.3	付帯設備一式の供給と据付	○	
3.	水処理施設 (50,000 m ³ /日)		
3.1	着水井・急速混和池 (分配槽) の建設	○	
3.2	フロック形成池の建設	○	
3.3	横流式薬品沈澱池の建設	○	
3.4	急速ろ過池の建設	○	
4.	薬品注入施設 (150,000 m ³ /日)		
4.1	固形硫酸ばんど注入設備の供給と据付	○	
4.2	消石灰注入設備の供給と据付	○	
4.3	塩素注入設備の供給と据付	○	
4.4	薬品注入棟の建設	○	
4.5	水質試験室及び一般水質分析器具一式の供給と据付	○	
5.	配水池の建設 (5,000 m ³)	○	
6.	配水ポンプ	○	
6.1	配水ポンプ (1050 m ³ /時) 1 台新設	○	
6.2	配水ポンプ (2100 m ³ /時) 3 台更新	○	
7.	必要な電気・計装設備の供給と設置	○	
8.	場内連絡管一式 (既存施設と新設を連絡等)	○	
9.	既存薬品沈澱池の改善 (整流壁の設置)	○	
(2) 建設用地の準備等			
1.	導水管、エアベッセル、拡張浄水場の建設に必要な許可の取得		○
2.	エアベッセル施設、拡張浄水場の建設用地の確保と整地		○
3.	既存取水ポンプ 1 台の撤去 (1 台更新するため)		○
4.	既存エアベッセル施設の撤去		○
5.	浄水施設建設用地上の既存薬品倉庫の撤去		○
6.	配水池建設予定地内の管材類の撤去		○
7.	配水本管工事のため浄水場入口警備員室の撤去あるいは移設・復旧		○
8.	必要に応じて浄水場外柵工事 (ベンカック湖側)		○
9.	資材置場、資材組立・加工場用地の確保と整地		○
10.	工所用電源、工用水源の確保		○

(4) 施工監理計画

1) 実施設計

交換公文締結約1ヶ月後に本プロジェクトの実実施設計が始まる。実施設計を行うに当たり、現地詳細調査を1.5ヶ月行う。調査結果分析・詳細設計・入札図書作成作業は、作業の効率化並びに期間短縮を図る目的で日本国内で行うこととし、5.5ヶ月を充てる。実施設計に要する期間は、合計7ヶ月が必要である。

実施設計で行う主な作業は以下に挙げるものがある。

- 施設の構造図面の作成
- 構造解析（構造物の安全度、安定性を解析）
- 構造配筋図の作成
- 施設の容量計算（水道施設設計指針等に合致しているや否やを検討する）
- 水理解析（容量計算により決定された、水理計算による水理断面の決定及び適正な連絡管径やポンプ揚程を算出。また、薬品注入率から注入管路の適性な注入管径を検討する。）
- 適正な機械設備容量を算出する浄水機械設備計算書を作成
- 機械設備容量計算書で算出された機械設備容量を基礎にし電気設備計算書を作成
- 土木・建築・機械及び、電気・計装の各部門に関わる見積り依頼
- 比較検討書作成
- 入札資格審査の補助
- 入札書類（設計書、仕様書並びに図面）の作成
- 入札の立会い
- 入札結果の評価
- 工事契約交渉の補助
- 工事契約締結のための補助

2) 施工監理計画

本計画を無償資金協力事業として実施設計・施工管理を遂行するに当たっては特に下記事項に留意して、監理体制を整える。

- 基本設計調査の内容及び経緯を把握する。
- 無償資金協力の仕組を理解する。
- 両国間で締結された交換公文（E/N）の内容を把握する。

- PPWSA の基本方針及び他の援助機関の動向を常に把握する。
- 基本設計時に要請したカンボディア側の負担分の実施条件を再確認する。
- 資機材等の持込みに伴う通関、免税措置等の手続きを再確認し工期に影響を及ぼさないように PPWSA 側と協議する。
- カンボディア国の慣習等について理解を深め尊重するように努める。（祭日、休暇等）
- 安全管理を十分に考慮した体制を整える。
- 既存施設を運転しながら新設施設を施工するため、既設の運転を阻害しないように注意しなければならない。

PPWSA 組織運営のため、工事の期間中少なくとも一人のコンサルタント技術者が工事監理のために現地に常駐監理者として駐在する必要がある。

常駐監理者は、土木工学、衛生工学もさる事ながら機械・電気にもある程度の知識を有する総合的なマネジメント能力を有する者とし、工事の各段階において、技術に関する適切な指導を行える者とする。

工事の各段階の途中で浄水施設、土木、建築、機械並びに電気の担当技術者の派遣が必要になる。工事が完了し、施設の試運転・調整の段階に入ると、水質技術者の派遣が必要となる。この技術者は、浄水場の運転・維持担当職員に運転監理、薬品注入、水質検査等の作業方法等を現場で指導する。工事監理で行う主な作業、監理は大きく分けて以下の3業務の遂行となる。

a) 監督業務

- 着手前関係者協議
- 承認図の審査及び承認
- 施工計画の審査及び承認
- 船積前資機材工場検査
- 工事進捗率の管理と調整
- 機器等の据付工事立会い
- 出来高検査
- 月例工事報告
- 各種検査立ち会い
- 工事完成証明書及び支払い証明書の発行
- 技術上のアドバイス
- 竣工検査及び竣工報告
- 瑕疵検査

b) 工事完了時業務

- 竣工報告書の発行
- 竣工引渡し手続き業務
- 総合報告書の作成

c) 運営維持管理

- 取水場の維持管理マニュアル及び維持・管理計画書を PPWSA と施工業者と共に作成
- 浄水場の維持管理マニュアル及び維持・管理計画書を PPWSA と施工業者と共に作成
- 取水場及び浄水場の試運転調整（水質管理も含む）及びトレーニング

以上を考慮し、実施設計及び施工管理に必要な体制は表 3-2-39 のとおりである。

表 3-2-39 実施設計及び施工管理における担当業務

	実施設計	施工監理
総括	1名	1名(スポット)
浄水施設技師	1名	1名(スポット)
土木技師(1)	1名	1名(スポット)
土木技師(2)	1名	1名(スポット)
建築技師	1名	1名(スポット)
設備・機械技師	1名	1名(スポット)
電気技師	1名	1名(スポット)
見積	1名(国内)	—
入札図書	1名(国内)	—
常駐管理	—	1名
現地雇用技術者	—	4名

3) 施工監督者

担当施工業者は、「カ」国現地業者の下請け契約による雇用または現地技術者及び技能工の直接雇用し、工事契約に基づき施設建設工事及び資機材調達を工期内に完工させる必要がある。建設期間中の工程管理、品質管理、安全管理を下請け業者あるいは直接雇用した現地の技術者及び技能工に徹底させるため、担当施工業者は海外での類似業務経験（浄水場建設）を持つ技術者を現地に派遣する必要がある。

本計画の施設規模、内容から必要とされる請負業者側の技術者の人数、種類は次のように想定される。

表 3 - 2 - 4 0 請負業者側の常駐・スポット施工監督者の人数、種類

	人数	備考
所長 (常駐)	1	
事務主任	1	
建築技師	1	
土木技師	2	
電気技師	1	
設備・機械技師	1	
配管技師	1	
現地雇用技師	必要数	測量技師、土木技師、電気技師、設備・機械技師、製図工 (CAD)
派遣技能工	必要数	型枠工、鉄筋工、防水工、電気工、設備・機械工

(5) 資機材調達計画

1) 資機材の調達先

現地の建設資機材について調査した結果、砂、碎石、煉瓦、木材等の資材、生コンクリート、セメント、鉄筋、ペイント類等の資材及び車両用燃料については、現地での調達が可能である。これ以外の建設資材については日本から調達する。以下に主要な資機材の調達内容を示す。表 3 - 2 - 4 1 に資機材の調達先をまとめて示す。

a) 鉄筋

大量に入手するには、現地で中国製、タイ国製が輸入可能である。中国製には品質保証のミルシートの添付がなく品質上のリスクが伴う。現地に輸入されているタイ国製は品質、供給量とも問題ないためタイ国製を使用する。

b) セメント

現地で中国製、ベトナム製及びタイ国製が調達可能である。中国製及びベトナム製は小量であれば入手可能であるが、品質にばらつきが有る。このような品質のセメントは本計画の様な水蜜構造物の建設には適さない。この事から、安定的に大量に供給可能な現地に輸入されているタイ国製セメントを使用する。ただし、セメントは、一般に長期間の保存が難しいことから、工事の各段階で適量をその都度、調達する必要がある。

c) 機械・電気設備等の機材

浄水場建設に用いる機材、特に機械・電気設備の機器類は信頼性、耐久性、完成後の部品供給を考慮して日本製品を原則的に調達するものとする。

d) 配管材及び弁類

本計画では大口径に配管材が必要となる。PPWSA 基準では、大口径管材には、ダクタイル鋳鉄管を採用している。既存施設のポンプ類、制御弁類は JIS 規格であるため、これに接続される配管材及び弁類は日本より調達する

表 3 - 2 - 4 1 資機材の調達先

資機材名	調 達 先		
	日 本	現 地	第三国
1. 建設資材			
生コンクリート		○	
砂、砂利		○	
セメント		○	
鉄筋		○	
型枠合板		○	
木材		○	
鋼矢板	○		
コンクリート杭		○	
亜鉛メッキ波板鋼板		○	
ペイント類		○	
潤滑油		○	
燃料		○	
止水材、防水材	○		
2. 機器材			
ポンプ類	○		
水処理機械類	○		
薬品注入機器類	○		
電気設備機器	○		
計装機器	○		
制御機器	○		
同付帯機器	○		
配管類 (DCIP)	○		
配管類 (HIVP)	○		
弁類	○		
ろ過砂		○	

2) 資機材の輸送ルート

日本から「カ」国への海上輸送ルートは以下の2ルートが可能である。

- ① 日本から直接「カ」国入港
- ② 日本からシンガポールを経由して「カ」国へ入港

「カ」国内のプノンペンまでの輸送ルートとしては以下の2ルート案が考えられる。

- ① シアヌークビル港から内陸輸送する案
- ② 海上輸送船がそのまま Mekong を遡上してプノンペン港に入る案

海上輸送船がシアヌークビルに入港せず Mekong 川経由で直接プノンペン港に入港し、プノンペン港を本船荷揚港にするルートは、Mekong 河の河口ープノンペン港間で一部区間ベトナム領を通過することになる。過去の例からベトナム国境を閉鎖される場合があり、この場合、船舶がベトナム領を通過できなくなる問題がある。輸送中断の危険回避の観点から本計画ではシアヌークビル港を搬入ルートとした。

日本からプノンペンまでの輸送は図3-2-13のルートを予定している。

(6) 実施工程

本計画の建設は、大きく①実施設計・入札図書の作成、②入札・工事契約、③施設建設・資機材調達の3段階からなる。

本計画は、取水から配水までの一貫した施設の建設と、既存施設の改善である。以下に示す必要工事期間の目処を考慮して実施工程計画を図3-2-14のとおり策定した。

- ・ 施工準備・仮設に2ヶ月
- ・ 50,000 m³/日の拡張工事に14ヶ月
- ・ 拡張工事終了後の既存施設の改善には4ヶ月
- ・ 浄水場の試運転・調整及び後片付けに2ヶ月必要

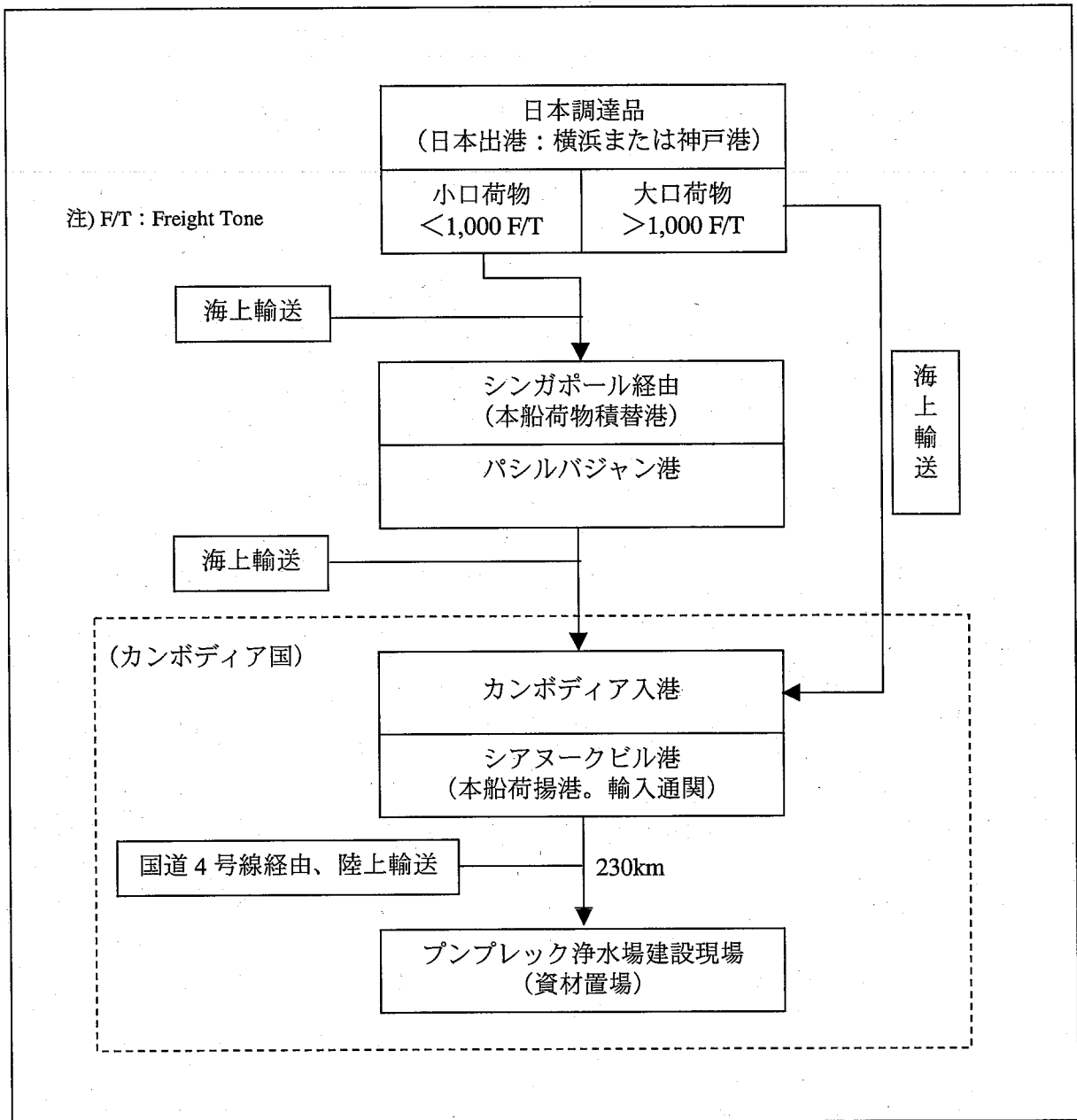


図 3 - 2 - 1 3 資機材の輸送ルート

3 - 3 相手国分担事業の概要

本計画を実施するにあたり、「カ」国側が実施・負担する事項は以下のとおりである。

(1) 直接費用が発生するあるいは発生する可能性がある項目

- ① 取水塔連絡橋の改修
- ② 取水塔及び連絡橋の再塗装
- ③ 既存取水ポンプ1台の撤去(1台更新するため)
- ④ 既存エアーベッセル施設の撤去
- ⑤ 浄水施設建設用地上の既存薬品倉庫の撤去
- ⑥ 配水池建設予定地内の管材類の撤去
- ⑦ 配水本管工事のため浄水場入口警備員室の撤去あるいは移設・復旧
- ⑧ 必要に応じて浄水場外柵工事(ベンカック湖側)
- ⑨ 資材置場、資材組立・加工場用地の確保と整地
- ⑩ 工事中電源、工中用水源の確保
- ⑪ 拡張浄水場用地の整地

(2) 直接費用が発生しない項目

- ① 導水管、エアーベッセル施設、拡張浄水場用地建設のために必要な許可の取得
- ② エアーベッセル施設、拡張浄水場用地建設の確保
- ③ 日本側工事の開始までに、拡張施設建設予定地への侵入道路の確保
- ④ 詳細設計に必要な情報及びデータの提供
- ⑤ 詳細設計時の地下埋設物確認に必要な試掘許可
- ⑥ 周辺住民の協力要請と交通規制についての必要な対策と処置
- ⑦ 工事期間中の残土捨て場の確保
- ⑧ 工事に伴う断水に関する対策(市民への断水情報の提供、断水期間(時間)の短縮、減水量の低減処置)
- ⑨ 日本国の無償資金協力で建設・調達された施設・資材の適切な使用と維持管理の実施
- ⑩ 本計画実施に必要な「カ」国側負担工事に対する費用に対する予算手当て
- ⑪ 無償資金協力制度で取り決められた相手国側実施事項(関係する物品に対する免税処置、関係者への便宜供与等)

3 - 4 プロジェクトの運営・維持管理計画

(1) 浄水場の運営・維持管理概要

現在、ポンプレック浄水場及びその取水・導水施設は、PPWSA の浄水・配水部内のポンプレック浄水場担当の 32 名の職員により 6 時間 4 交代制で運転・管理されている。また、水質試験は技術・計画部内の設計課水質分析係の 2 名が担当している。

日常の運転管理は、取水ポンプの運転、設定薬品注入量の注入、ろ過池、送配水ポンプ設備に対して行われている。拡張後の各施設／設備には基本的に現在と同じ手法を採用したため、拡張後の運転維持管理方法は、拡張前と基本的に同じである。以下に拡張後の運転管理方法を示す。

(2) 拡張浄水場の組織

1) 要員配置

現在の浄水場の人員配置は必要最低限の人員であり減員の必要はないと判断する。また、拡張施設の運転維持管理方法は既存施設と同じであり既存の人員配置で対応可能である。ただし、以下に示す 3 つの問題を克服する必要がある。

a) 人員の技術レベルは、一般的な運転・維持管理を行うには問題ないが、ポンプ等の高度な技術を必要とする機器の維持管理や故障の際の対応には不十分であり、今後、トレーニング等によりレベルアップが必要である。(現在、JICA 短期専門家(上水道施設維持管理)がポンプレック浄水場に派遣され技術移転を行っている。)

b) 既存浄水場の最大の問題点の 1 つである浄水水質改善・管理のためには、浄水プロセス担当の技師が必要であるが、ポンプレック浄水場には現在、浄水プロセスを担当する技師がいない。従って、新たに浄水プロセス担当の人員を配置あるいは既存人員を再トレーニングする必要がある。PPWSA は B/D 現地調査後に浄水処理プロセス技術者を、ポンプレック浄水場の要員としてではなく、技術・計画部門で 1 名確保した。しかし、その分野に関する経験・技術は十分でないため、今後十分なトレーニングが必要である。ポンプレック浄水場の専属要員として、さらに 1 名配置することが望まれる。

c) 浄水水質改善のためには、浄水プロセス担当技師に加えて、水質検査人員の技術レベルアップ及び人員の補強が必要である。(2000 年 10 月まで、JOCV 隊員が派遣されて技術移転を行っていた。引き続き隊員の派遣が必要と考える。) 補強要員としては、現在いない微生物検査

技師 1 名が必要である。

以上を考慮して、本プロジェクト実施後のプンプレック浄水場の推奨される要員配置は次表の通りである。

表 3 - 4-1 プンプレック浄水場の人員配置
(技術・計画部の関係部門を含む)

職種	既存人員配置	拡張後の人員配置 (提案)	備考
1. プンプレック浄水場			
1.1 場長	1	1	
1.2 維持管理			
機械技師 (副場長)	1	1	
浄水処理技師	-	1	新設
電気技能者	2	2	
機械技能者	1	1	
技能工	3	3	
1.3 運転管理 (4 シフト交代勤務)			
責任者	4	4	
制御室オペレーター	4	4	
薬品注入運転	4	4	
沈澱池・ろ過池運転	4	4	
浄水ポンプ運転	4	4	
取水ポンプ運転	4	4	
車両、守衛、その他	3	3	
計	32	33	
2. 技術部			
2.1 水質管理 (化学、生物)	2	3	生物担当を増員 3 人のうち 1 人を責任者として育成する
2.2 維持管理 (浄水処理)	1	1	
合計	35	37	

2) 要員の役割分担

浄水場内各職位についてその職務内容を次に示す。

場長

- 浄水場の運転および維持管理に関する総括的責任

- 副場長が準備する年間運転計画および関係担当者から提出される報告書の評価と承認
- 水道局長に対する浄水場運転に関するデータおよび情報の定期的または指示による報告
- 各部門の責任者から提出された報告にもとづく職員の評価
- PPWSA による週会議への出席
- 現行組織に対する定期的評価、特に内部情報伝達制度および職員の適正配置についての評価
- 浄水場内における運転管理状況の把握及び職員間の技術移転を目的とする月・週会議の主催
- 職員の技術能力向上のためのプログラム開発

副場長

- 浄水場の運転・維持管理に関する場長の補佐
- 各部門から提出される情報に基づく年間運転計画の作成と運転の指示
- 年間運転計画の随時修正と修正運転の指示と場長への報告
- 各運転部門から提出されるデータ、報告書類の場長への提出前の検討

機械・電気担当

- 電気・機械設備の定期点検および修理
- 取水、浄水、配水量の把握と適切な運転状況の指示
- 他の運転部門への電気・機械設備に関する情報の提供
- 場長に提出する運転・維持管理記録の保管
- 経理担当者への外注依頼書提出

浄水処理

- 浄水プロセスの総合管理
- 年間運転計画に沿った浄水プロセス運転計画の立案
- 薬品注入、フロック形成、沈澱汚泥の堆積状況の管理
- 機械・電気設備担当者からの各種水量及び水質試験担当者からの水質分析結果の解析
- 最適な浄水プロセス運転方法の検討及びその結果を各担当に指示
- 水質悪化に対する必要な対策の実施

水質分析

- 処理水の安全を確保するためのマニュアルによる日常の水質試験（化学・生物学的）
- 水質試験データのコンピュータ内保管
- 浄水プロセス部門への薬注データの提供
- 場長・副場長の指示に基づく水質試験データの提供
- 特別目的のための水質試験

- 水質試験のための薬品・器具・消耗品の保管管理と調達

浄水場運転

- 責任者の指示による原水ポンプ、送水ポンプ及びその他の電気・機械設備の適正な運転・制御
- 計画に基づく取水・浄水の監視・制御
- 場内における衛生の確保
- 場内における無駄水使用の監視
- 責任者の指示による着水井、急速攪拌池、フロック形成池、薬品沈澱池、ろ過池の洗浄および清掃
- 取水量、浄水量、ポンプ運転、薬品注入量、薬品及び電力消費、配水池水位などの必要事項を含む運転日報の作成および保管

本プロジェクトが完了するまでに PPWSA は上記体制を整える必要がある。その際、次の事に留意する必要がある。

- 1) 拡張施設の運転開始以前に各担当はその担当分野における基本的な技術を身につけていること。加えて、拡張浄水場の完成後の試運転時に、浄水場の維持管理に関する必要な技術が日本の担当施工業者から移転される予定である。この機会を十分利用し必要な技術を身につける。
- 2) 運転維持管理に必要な適正な予算の確保
- 3) 浄水場職員に対して現場・国内・海外研修を準備すること
- 4) 職員に対して定期的評価を行うとともに能力開発の方法を準備すること
- 5) 浄水処理プロセス及び高度な水質分析ができる技術者の雇用

(3) 運転

1) 浄水場運転

浄水場で制御すべき基本項目は、取水量、送配水量、薬品注入量である。河川水位や原水水質の変動に対応した運転管理を行う必要がある。表 3-4-2、図 3-4-1 及び図 3-4-2 に浄水場の基本制御内容とフローを示す。

表 3 - 4 - 2 浄水場基本制御内容

制御項目	変動項目	監視項目	制御内容
取水・導水量 (日単位)	Sap 川水位の水位は年間をと おして 10m 前後変動する。必 要送配水量に対応した取水・ 導水量が必要。	<ul style="list-style-type: none"> • Sap 川水位 • 浄水場流入水 量 	ポンプ運転台数及び着水 井直前のバルブにより流 量を制御する。
送配水量 (時間簡単)	市内の給水量は時間単位で変 動する。	<ul style="list-style-type: none"> • 配水池・塔の 水位 • 送配水量 	送配水ポンプの運転台数 で制御する。
薬品注入量 (日単位)	原水水質、特に濁度の変動が 著しい。	<ul style="list-style-type: none"> • 流入水量 • 原水水質 	原水水質に対応した薬品 注入濃度を設定し、取水 量に対応した薬品量を注 入する。

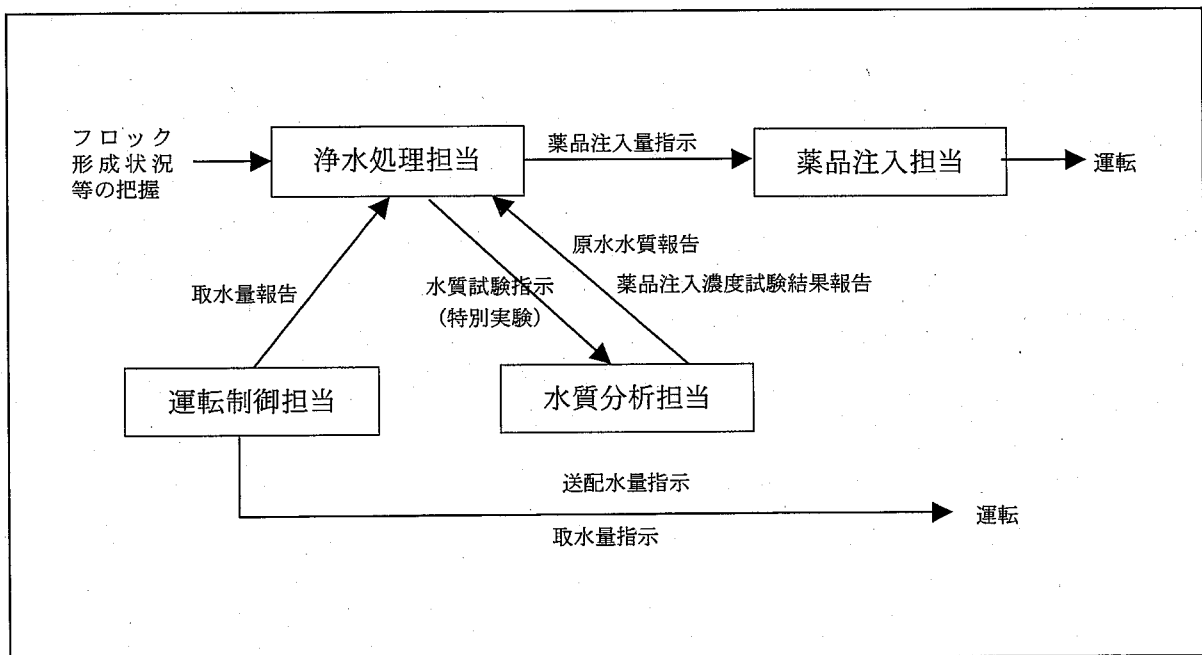


図 3 - 4 - 1 浄水場運転基本フロー

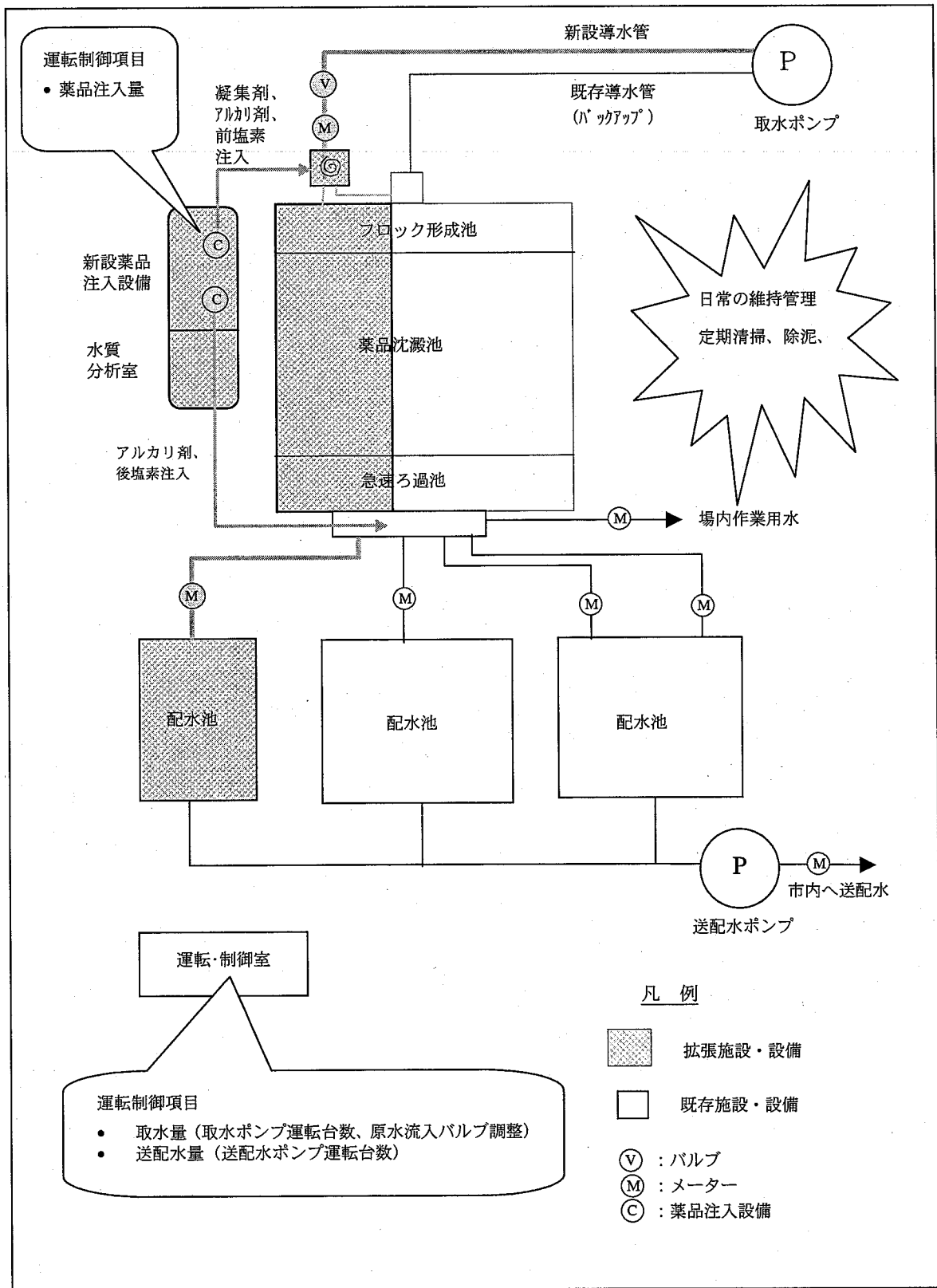


図 3 - 4 - 2 プンプレック浄水場拡張後の主要な運転管理設備

2) 運転・管理項目

拡張後の浄水場の主要な施設・設備における運転・管理項目を表3-4-3に示す。詳細な運転・管理内容に関しては、工事終了後の施設の引渡しの際に、日本の担当施工業者からオンザジョブトレーニング (OJT) 及びマニュアル配布により技術移転される。

表 3 - 4 - 3 主要な施設・設備の運転・管理項目

施設・設備	運転項目	管理項目
取水ポンプ	ポンプの運転台数制御	設備の定期保守
導水管	—	除泥、洗浄
流入量調整バルブ	流入水量の調整	
着水井	—	除泥、洗浄
急速攪拌池	—	除泥、洗浄
フロック形成池	フロッケーター速度調整	除泥、洗浄、設備の定期保守
薬品沈澱池	—	除泥、洗浄
急速ろ過池	—	設備の定期保守、ろ過池洗浄、ろ過砂の交換
薬品注入	薬品注入量 (凝集剤、アルカリ剤、塩素)	設備の定期保守
配水池		洗浄
送配水ポンプ	ポンプの運転台数制御	設備の定期保守

3) スペアパーツ及び水質分析試薬

本計画の中のスペアパーツとしては、国内市場で日常的に入手可能な消耗部品、丸棒等の加工用部品等は含めない。本計画では、国内で入手不可能でありかつ故障により運転に支障をきたす機械・電気設備のスペアパーツを約2年分相当を含めた。以後のスペアパーツは、PPWSA が独自にその費用を確保し調達する必要がある。本計画でスペアパーツを含めた設備を以下に示す。また、必要な水質分析試薬3ヶ月分を供給する。

- ① 取水ポンプ設備
- ② フロック形成機械設備
- ③ ろか池機械設備及びろ過砂
- ④ 薬品注入機械設備
- ⑤ 配水ポンプ設備

4) 修繕・更新

PPWSA は、各設備に対する修繕に必要な費用を計画的に確保する必要がある。更に、機械・電

気設備の耐用年数は15～20年であり、更新費用を計画的に確保する必要がある。

5) 拡張浄水場の日本の担当施工業者によるOJT

本計画中に日本の施工業者により実施されるOJTを通じて移転される維持管理技術と運転保守マニュアルに従って、PPWSAは事業完了後の運転・保守を実施する必要がある。

3 - 5 プロジェクトの概算事業費

3 - 5 - 1 協力対象事業の概算事業費

本計画を我が国の無償資金により実施する場合に必要な事業費総額は26億4千万円となり、先に述べた我が国と「カ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば、次のとおりと見積もられる。

(1) 日本国側負担経費

表 3 - 5 - 1 日本国側負担経費
(単位：百万円)

区 分	金 額 (百万円)				
	設計監理	1 期	2 期	3 期	合計
建 設 費	0	697	1,445	293	2,435
直接工事費	0	573	1,240	223	2,036
共通仮設費	0	34	20	9	63
現場経費	0	56	126	49	231
一般管理費	0	34	59	12	105
機 材 調 達 費	0	0	7	0	7
機材費	0	0	7	0	7
現地調達管理・ 据付工事費等	0	0	0	0	0
設 計 監 理 費	0	39	65	34	138
実施設計費	60	0	0	0	60
施工監理費	0	39	65	34	138
ソフトコンポ-ネ-ト費	0	0	0	0	0
合 計	60	736	1,517	327	2,640

注) 為替レート：円/US\$

1 US\$ = 107.58 円 (2000. 12)

(2) 「カ」国側負担経費

表 3 - 5 - 2 「カ」国側負担経費
(単位：1000 US\$)

負担工事内容	金額 (US \$)
1. 取水塔連絡橋の改修	3,000
2. 取水塔及び連絡橋の再塗装	8,000
3. 既存取水ポンプ1台の撤去(1台更新するため)	2,500
4. 既存エアベッセル施設の撤去	3,800
5. 浄水施設建設用地上の既存薬品倉庫の撤去	4,000
6. 配水池建設予定地内の管材類の撤去	2,500
7. 配水本管工事のため浄水場入口警備員室の撤去あるいは移設・復旧	7,000
8. 必要に応じて浄水場外柵工事(ベンカック湖側)	25,000
9. 資材置場、資材組立・加工場用地の確保と整地	50,000
10. 工事用電源、工事用水源の確保	5,000
11. 拡張浄水場用地の整地	25,000
合計	135,800

(3) 積算条件

- 1) 積算時点 : 平成12年11月
- 2) 為替交換レート : 1 US\$ = 107.58 円
- 3) 施工期間 : 3年度にわたる工事とし国債案件とする。
- 4) その他 : 本計画は日本国政府の無償資金協力の制度に従い実施されるものとする。

本プロジェクトの相手国側負担工事金額は 135,800 US\$であり、これは 2001 年から 3 年間にわたって発生する。PPWSA の 1999 年の単年度の経常利益 (451,000 US\$) はこれを大きく上回り十分負担可能な範囲である。

3 - 5 - 2 運営・維持管理費

(1) 運営・維持管理費

本計画により拡張されるプンプレック浄水場の維持管理費用において直接的に増加する項目は、電力費、薬品費、補修費(維持費)、人件費、減価償却費である。また、浄水量の増加に伴い配水管の整備や水道接続数増加に伴うコストが増加する。収入面においては、売水による収入

が増加する。ここでは、直接増加するコストを積算により算出する。後述する表3-5-5に維持管理費及び収入の予測をまとめて示す。

(2) プンプレック浄水場の維持管理費

1) 電力費と薬品費

プンプレック浄水場拡張完了後の年間使用電気費及び薬品費をそれらの年間消費量と共に表3-5-3に示す。なお、2000年8月に電気料金が値上げになった。本計画はこの値上げを反映している。

表 3 - 5 - 3 概算運転・維持管理費 (電気費と薬品費)

		年間消費量	概算年間費用
電 気	水処理	834 千 kWh/年	400 百万 Riel
	取水	4,862 千 kWh/年	2,334 百万 Riel
	送・配水	8,760 千 kWh/年	4,205 百万 Riel
	小計	14,456 千 kWh/年	6,939 百万 Riel
薬 品	硫酸バンド	1,359 ton/年	326 千 US\$
	消石灰	289 ton/年	35 千 US\$
	塩素ガス	144 ton/年	158 千 US\$
	小計	-	519 千 US\$ = 1,998 百万 Riel
合計		-	8,937 千 Riel

(積算条件)

1.0 US\$ = 3,850 Riel

電気料金 : 480 Riel/kWh = 0.09 US\$/kWh (プンプレック浄水場用電力料金)

硫酸バンド : 240 US\$/ton (輸送費含む)

消石灰 : 120 US\$/ton (輸送費含む)

塩素ガス : 1,100 US\$/ton (輸送費含む)

2) 給料

本計画の実施により浄水場の人員が2名増員となり、これにより6,502千Riel/年(1999年における1人当たり平均賃金=3,251千Riel/年)の費用が増加する。

3) 維持費

維持費（補修費、スペアパーツ費用）は、日本の例を参考にして、本拡張及び改修施設の償却対象資産総額の 1%として毎年計上する。従って、本プロジェクトによる維持費の増分は 465,500 千 Riel/年となる。

4) 減価償却費

拡張施設の原価を 50 年で償却するとして減価償却費を 1,750 千 Riel/年とする。

(3) 財務面における本計画の実行可能性

1) 現在の PPWSA の財務状況

表 3-5-4 にプンプレック浄水場の施設利用特性と PPWSA の水道事業の財務状況を把握するための主要な指標（1999 年）を日本の大都市の値とともに示す。PPWSA の施設の稼働率は非常に高い。これは施設能力を有効に使用していること、更に施設能力が不足していることを意味している。有収率が日本に比べると低く、改善の余地がある。有収率が低いにも関わらず、経常収支比率が非常に高い。

表 3 - 5-4 プンプレック浄水場の施設利用特性と PPWSA の水道事業比率分析 (1999 年)

項目	比率		計算式
	PPWSA	日本の大都市	
負荷率*	91.2 %	84.0 %	$\frac{\text{一日平均配水量}}{\text{一日最大配水量}}$
施設利用率*	91.6 %	66.4 %	$\frac{\text{一日平均配水量}}{\text{一日配水能力}}$
最大稼働率*	98.6 %	79.1 %	$\frac{\text{一日平最大配水量}}{\text{一日配水能力}}$
有収率	51 %	87.6 %	$\frac{\text{年間有収水量}}{\text{年間総配水量}}$
供給単価	767 Riel	161.3 円	$\frac{\text{給水収益}}{\text{年間総有収水量}}$
給水原価	886 Riel	188.4 円	$\frac{\text{営業費用}}{\text{年間総有収水量}}$
職員 1 人当り給水人口	1,275 人/職員	1,704 人/職員	$\frac{\text{給水人口}}{\text{職員数}}$
職員一人当り給水量	50,000 m ³ /人	233,454 m ³ /人	$\frac{\text{年間総有収水量}}{\text{職員数}}$
流動比率	457	145	$\frac{\text{流動資産}}{\text{流動負債}}$
総資産利益率	0.50	2.29	$\frac{\text{当座純益}}{\text{流動負債}}$
経常収支比率	110.5 %	98.3 %	$\frac{\text{営業収益} + \text{営業外収益}}{\text{営業費用} + \text{営業外費用}}$

注：日本の大都市とは東京都及び政令指定都市。

* プンプレック浄水場の値、残りは PPWSA の値。

* の分析においては、水量は月平均データを使用している。

給水人口は市街部の人口 (520,000) を使用した。実際の値はこの値より小さい。

2) 計画終了後の PPWSA の財務収支

本計画完了後における PPWSA の財務収支見込みについて、本計画を実施したケース (W/P) と本計画を実施しないケース (W/OP) を比較し、その実行可能性と財務収支の改善について検討する。検討ケースは以下の 4 通りとした。検討にあたっての前提条件を以下に示す。

ケース A：本計画実施しないケース (有収率 80%) - 2005 (W/OP80%)

ケース B：本計画を実施したケース (有収率 80%) - 2005 (W/P80%)

ケース C：本計画実施しないケース (有収率 70%) - 2005 (W/OP70%)

ケース D：本計画を実施したケース (有収率 70%) - 2005 (W/P70%)

a) 前提条件

- ① 2005年の財務収支を分析する（本計画完了後）
- ② 1999年の財務状況をベースとして分析する
- ③ 浄水場に関してはプンプレックとチャンカーモン浄水場を含める
- ④ 他のプロジェクト（チュルイチャンワール浄水場完成等）の影響を含めない
- ⑤ 水道料金は変わらないものとする
- ⑥ 2000年8月の電気料金値上げを反映する
- ⑦ 2005年には各浄水場の操業率を90%とする。

b) 収益

有収率70%及び80%の時の給水収益は29,982,750千Riel/年及び4,266,000千Riel/年となる。

$$(150,000 + 20,000) \text{ (m}^3\text{/日)} \times 0.9 \times 365 \text{ (日/年)} \times 0.7 \times 767 \text{ (Riel/有収水量 m}^3\text{)}$$
$$= 29,982,750 \text{ 千 Riel/年}$$

$$(150,000 + 20,000) \text{ (m}^3\text{/日)} \times 0.9 \times 365 \text{ (日/年)} \times 0.8 \times 767 \text{ (Riel/有収水量 m}^3\text{)}$$
$$= 34,266,000 \text{ 千 Riel/年}$$

水道接続料収入及びその他の営業収益に関しては、表3-5-5に示すとおり設定した。

c) 費用

- ・ 維持（修繕）費、電力費、薬品費、減価償却費に関しては、前述の本プロジェクト施設の維持管理費を基に算出した。
- ・ 給料、受託工事費、車両費、管理費、その他給料、その他費用は、1999年の各費用/総収入比率を使用して算出した。
- ・ 資産償却費、貸倒金、売上税はゼロとする。
- ・ 支払い利子は1999年の値と同じとする。
- ・ 収入税は純収益（収入税前）の20%とする。

d) 財務分析結果

以上の条件に基づいて算定した本計画完了後（2005年）におけるPPWSAの財務収支見込みは表3-5-5に示すとおりである。全てのケースの経常利益は1999年の値から増加する。

本プロジェクト実施により大きく増加するPPWSAの費用は、維持（修繕）費、薬品費、電力費、原価償却費であり、その増加分は、有収率を80%とした場合、年間81億Riel（約2.1百万US\$）

となる。これは、プロジェクトによる給水量の増加による料金徴収増（年間 116 億 Riel）により十分カバーできる。PPWSA は、現在既に黒字を計上しており優良事業体であり、更に有収率及び供給水量を増加することにより経常利益を増加させることができる。完成した施設の維持管理・運営の点でも問題ない。

このように更に改善された経営体質により、PPWSA は技術力の向上、高度な技術の導入、支払利息の増加、適切なスペアパーツの購入等を独自で可能となる。これによりプノンペン市の水道事業の更なる発展が期待できる。

表 3 - 5 - 5 本計画完了後の PPWSA の財務収支の見込み
(単位：1000Riel)

	項目	1999年	2005年			
		現況	W/OP 80%	W/P 80%	W/OP 70%	W/P 70%
I	営業収益					
1	給水収益	15,654,638	24,188,000	34,266,000	21,164,500	29,982,750
2	水道接続料収入	2,141,647	1,000,000	2,500,000	1,000,000	2,300,000
3	その他の営業収入	2,451,237	500,000	500,000	500,000	500,000
	営業収益合計	20,247,522	25,688,000	37,266,000	22,664,500	32,782,750
II	営業費用					
01	給料	1,326,394	1,682,794	2,441,257	1,484,728	2,147,564
02	受託工事費	900,199	1,142,081	1,656,836	1,007,657	1,457,512
03	維持費	305,197	387,203	852,703	341,629	807,129
04	車両費	181,603	230,399	334,244	203,281	294,033
05	薬品費	932,099	1,414,530	2,255,597	1,414,530	2,255,597
06	電力費	3,784,061	5,189,569	8,325,880	5,189,569	8,325,880
07	管理費	481,754	611,201	886,679	539,262	780,008
08	その他の給料	231,492	293,694	426,066	259,126	374,809
09	資産償却費	4,446	0	0	0	0
10	その他の営業費用	262,717	333,309	483,536	294,078	425,365
	営業費用合計	8,409,962	11,284,780	17,662,798	10,733,860	16,867,897
	純収益(減価償却前)	11,837,560	14,403,220	19,603,202	11,930,640	15,914,853
11	貸倒金	160,085	0	0	0	0
12	減価償却費	8,294,755	8,294,755	10,044,755	8,294,755	10,044,755
	純収益(支払利息前)	3,542,805	6,108,465	9,558,447	3,635,885	5,870,098
13	売上税	0	0	0	0	0
14	支払い利息	1,212,299	1,212,299	1,212,299	1,212,299	1,212,299
	全費用	18,077,101	20,791,834	28,919,852	20,240,914	28,124,951
	純収益(収入税前)	2,170,421	4,896,166	8,346,148	2,423,586	4,657,799
15	収入税	434,084	979,233	1,669,230	484,717	931,560
	経常利益	1,736,337	3,916,933	6,676,918	1,938,869	3,726,239

第4章

プロジェクトの評価と提言

第4章 プロジェクトの評価と提言

4-1 プロジェクトの効果

(1) 直接効果

本プロジェクトにより以下のとおり給水状況が改善する。

- 供給量の増加及び既存浄水場の浄水水質の改善により、54.5万人に安全な水を供給可能となる。これにより、本浄水場がカバーする給水地域（市街部中部及び北部）の水道普及率が60%から2005年に100%となることが可能となる。
- 市街部の水道未給水人口の多くは貧困住民であり、本拡張浄水場で生産された浄水は優先的にこれらの貧困住民への給水に使用され、貧困住民の給水状況が大幅に改善される。
- 産業・公共用水量が19,100 m³/日から48,000 m³/日となる。
- 産業・公共セクターで直接飲料可能な水を入手できるようになる。特に、レストランや学校などでの裨益効果が大きい。
- 市内の給水区域内で給水圧が25~30 cm²/kgとなり、現状では最大1階までの給水が5階程度まで可能となる。更に、給水区域の末端でも適切な水圧で水を供給できるようになる。これにより、住民は、個別貯水槽やポンプの設置、あるいはアパートの下階からの水運搬なしに給水を受けることができるようになる。

(2) 間接効果

1) 54.5万人の住民の衛生環境の向上

衛生的な水の供給の増加により、現在、年間約5,000人いる水因性疾病（赤痢、腸チフス、コレラ、下痢）患者の減少に寄与し、乳幼児の死亡率の減少、市民及び市当局の医療費の節減、健康体の増加による労働力が強化される。（ただし、市衛生局によると、上記の数値は通院記録によるもので、実際は、貧困住民を中心に通院できない多くの罹患者が存在する。）

2) 貧困住民の生活改善/貧困緩和

貧困住民は、不衛生な水の使用のみならず、Wholesaler から PPWSA の水道水の6~23倍の価格で水を購入している。更に、衛生局への聞き取り調査によると、貧困住民の多くが、水因性疾病、特に水に起因すると考えられる胃腸病等を罹っている。貧困住民への衛生的で安価なPPWSAの水道の普及により、同住民の貧困が緩和され生活レベルが改善する。

3) PPWSA の運営・維持管理体制の強化等

増加分の水量の販売による水道料金収入の増加と水道公社の利潤が増加し PPWSA の財政力が強化する。これにより、技術力・管理能力の向上、必要なスペアパーツのタイムリーな購入による適切な維持管理の実施、高度な技術の導入、給水地域の更なる拡大が望める。

4) 他の浄水場への裨益効果

プンプレック浄水場の水質試験ラボラトリーは、プノンペン全市の水質検査のみならず、委託により地方水道の水質試験も行っている。従って、同浄水場の水質試験・管理技術向上は、「カ」国の地方水道の水質改善にも寄与する。また、PPWSA を含めて「カ」国全体の水道部門において、浄水処理技術レベルは高くない。本プロジェクトにより、PPWSA の浄水処理技術レベルが向上する。PPWSA は同国の他地域の水道事業に技術移転することにより、将来的には「カ」国全体の浄水技術及び給水水質の改善が期待できる。

5) 首都の発展

プノンペン市は「カ」国の首都であり、産業・公共サービスが集中しているが、水供給量不足により、首都としての健全な発展が阻害されている。本プロジェクトの供給水量の増加により、水不足が解消し、都市機能の健全な発展が期待できる。

4 - 2 課題と提言

本計画の円滑な実施及びその効果を最大限に発現させるために、「カ」国側は、以下の計画及び提言を確実に実施する必要がある。

(1) 工事による市内における減水/断水の影響の最小化

拡張分の浄水場完成後、既存施設の改良工事が実施される。この間、一時的及び部分的に既存浄水場を停止する必要があるため、市内の断水及び減水が生じる。市民生活への影響を最小限に抑えるために、日本側は、減水量及び断水時間を最小化する最適な工事手法を採用するが、それに加え、PPWSA は、他浄水場の浄水の利用や市民への適切な広報活動等の処置を講じる必要がある。

(2) 工事期間における浄水場の日常運転の確保

PPWSA は拡張・改修工事期間中においても、既存浄水場施設の日常運転を確保し市民への給水を継続する必要がある。

(3) 市街部の配水管網の完成

本計画による浄水場の拡張により増加した浄水を市民に給水するためには、配水管網の整備が必要である。市街部の配水管網整備は 2001 年中に終了する計画となっており、予定通り完了する必要がある。

(4) 住民への水道接続の広報活動と給水接続数の増加

給水人口増加のためには、配水管網の整備に加えて、各戸給水接続数の増加が必要である。PPWSA は未水道給水住民に対して、十分な広報活動を実施し、水道接続を促進する必要がある。特に、貧困住民に対して水道接続のメリットを十分説明することにより、これら住民への給水接続を促進する必要がある。PPWSA は現在、貧困住民が接続しやすい環境を整えており、今後も継続的にこの方策を実施する必要がある。

(5) 計画的なスペアパーツ予算の確保

本計画の中で、主要な計画設備のスペアパーツ 2 年間分を供与するが、以後のスペアパーツの購入に関しては、PPWSA が計画的にスペアパーツ予算を確保し、調達する必要がある。

(6) 漏水率の減少及び有収率の向上

上記スペアパーツ予算や適切な維持管理費を確保するため、PPWSA の財務力を更にたかめる必要がある。PPWSA は 2004 年に有収水量を 80 %にする計画を策定しており、この完遂に向けて現在実施している方策を継続的に実施していく必要がある。

(7) 浄水場維持管理技術の向上

完成した施設に対する維持管理が不十分であれば、拡張施設の効果を十分に発現させることはできない。我が国は、日本人専門家、第 3 国専門家、及び JOCV のボランティアを PPWSA に派遣し、水道施設の維持管理技術及び水質分析技術の移転を行っている。また、PPWSA は過去 3 年間に 29 人の研修員を我が国を含む他国に派遣し上水道施設の維持管理及び運営に関する技術移入を行っている。PPWSA は、今後もこれら研修事業を継続して利用し、浄水場スタッフの訓練を行い、適性技術を取得させ、水道施設の維持管理能力を向上する必要がある。

本計画の主要な目的の一つは、既存及び拡張浄水場を含めた浄水水質の改善である。浄水水質の改善には、浄水処理技術及び水質検査技術の向上が必須である。しかしながら、PPWSA には、適切な浄水処理管理を行うための技術者が不足している。PPWSA は十分な技術を持つ浄水処理技術者、水質管理技師を新規雇用あるいはトレーニングを通して確保する必要がある。

我が国も、本計画の効果を十分発現させるために、我が国あるいはタイ等の第3国から浄水処理の専門家を派遣し、これを支援する必要がある。

4 - 3 結論

本計画の計画生活用原単位は 132 L/人/日とベーシックヒューマンニーズ (BHN) の範囲内にあり、本計画の実施による裨益人口は 54 万人、その最大の裨益者は市街部貧困住民である。本計画は、このように広く効果が期待されると同時に、住民の BHN の向上及び民生の安定に寄与するものであるから、本計画を無償資金協力で実施する意義は大きいと判断される。