NO.

カンボディア王国
プンプレック浄水場拡張計画
基本設計調査報告書

平成１３年1月

国　際　協　力　事　業　団

株式会社　東　京　設　計　事　務　所
株式会社　日　水　コ　ン

無償一
CR (3)
01-038

序文

日本政府は、カンボディア王国政府の要請に基づき、同国のプンプレック浄水場拡張計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 12 年 6 月 10 日から 8 月 1 日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、カンボディア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。　帰国後の国内作業の後、平成 12 年 10 月 1 日から 10 月 10 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成 13 年 1 月

国　際　協　力　事　業　団

総　裁　　斉　藤　　邦　彦

伝　達　状

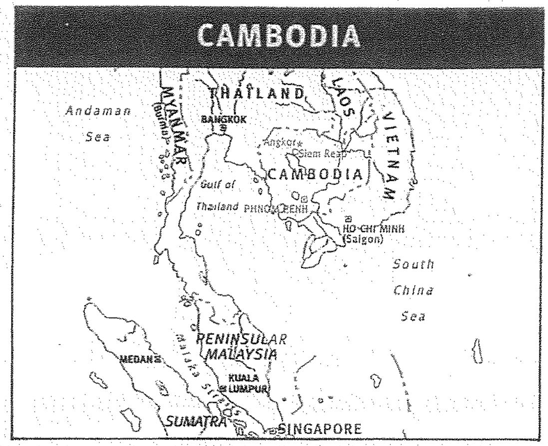
今般、カンボディア王国におけるプンプレック浄水場拡張計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

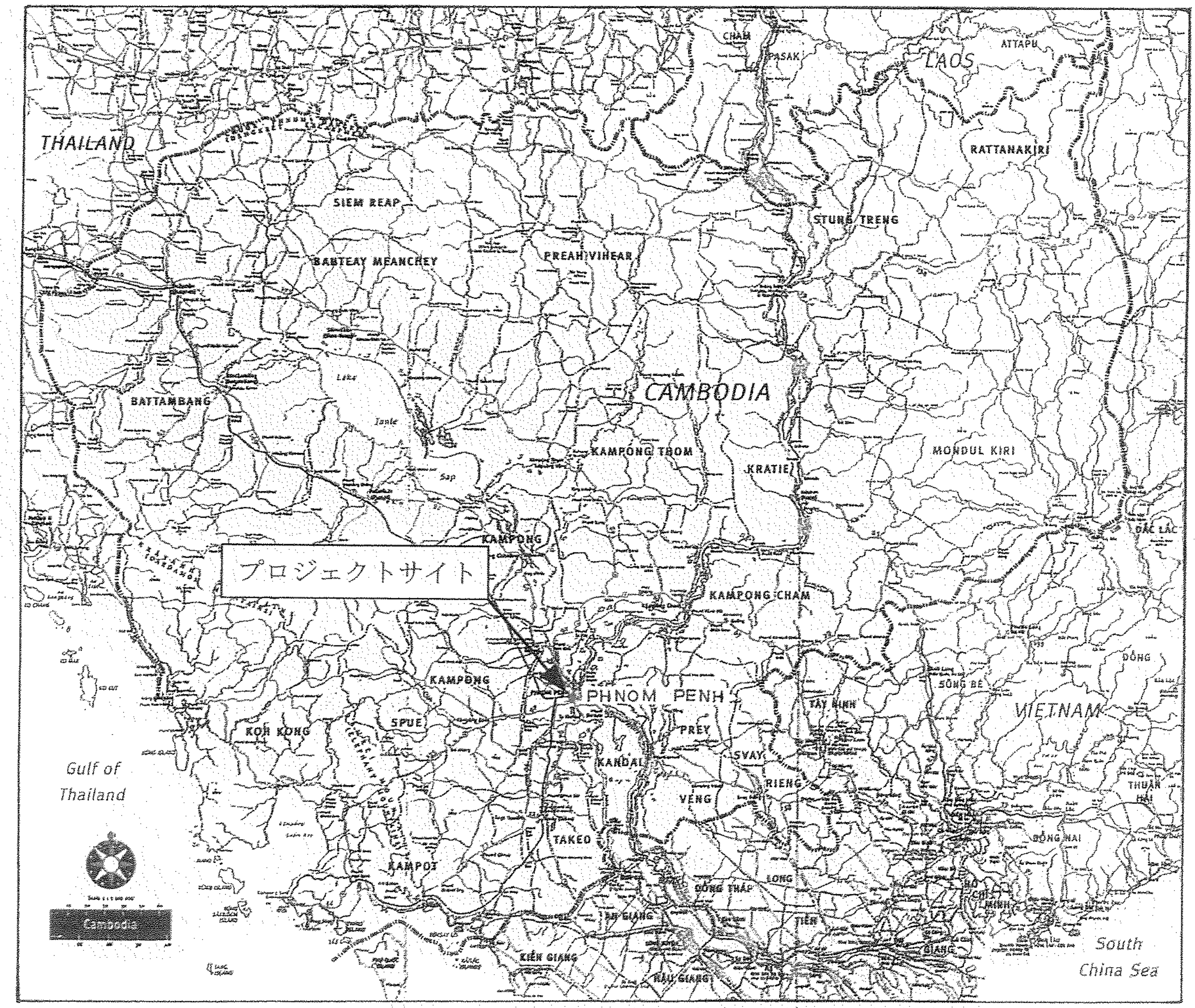
本調査は、貴事業団との契約に基づき弊企業体が、平成 12 年 6 月 8 日より平成 13 年 1 月 26 日までの約 8 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、カンボディアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

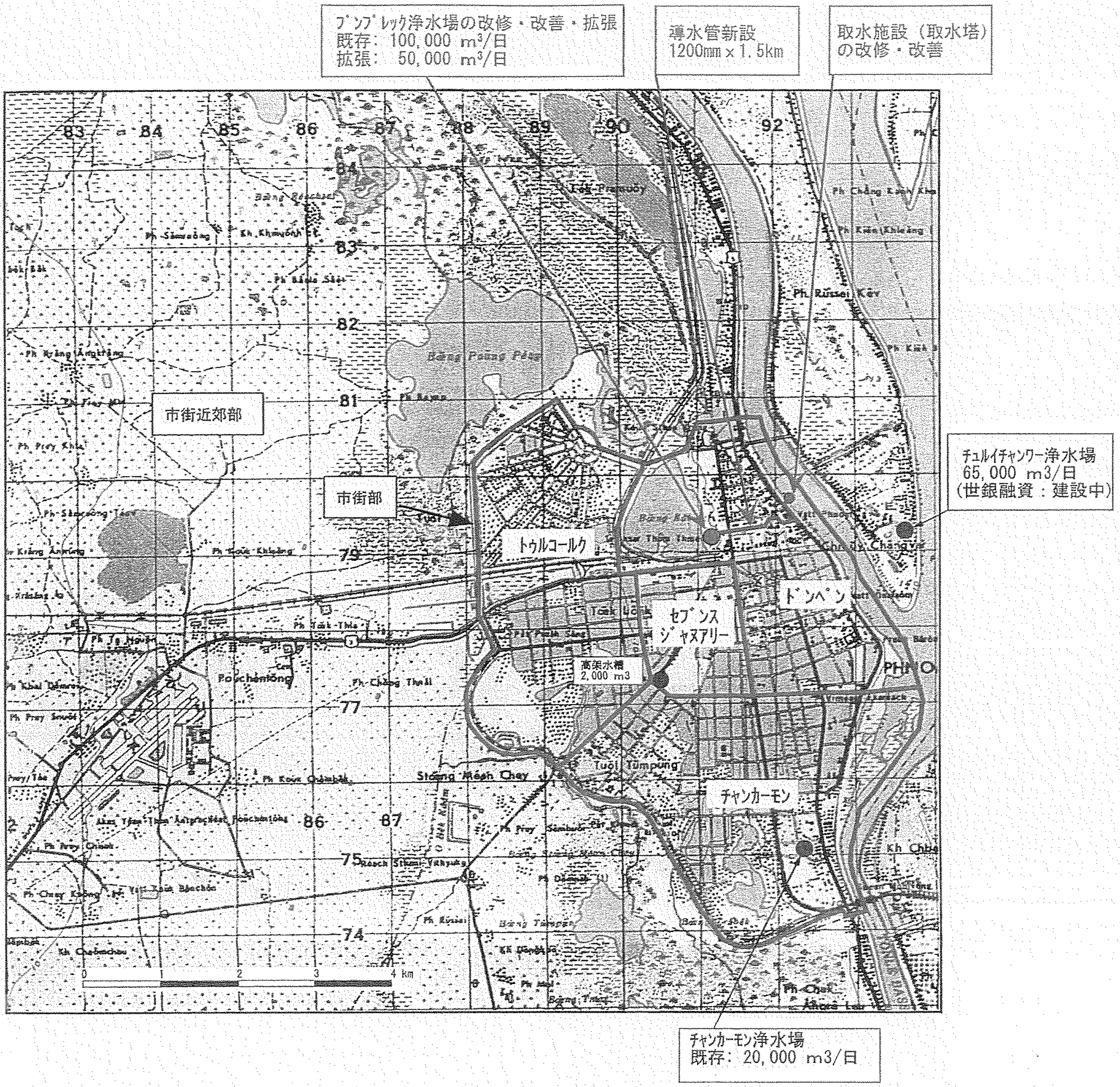
平成 13 年 1 月

株式会社東京設計事務所
カンボディア王国
プンプレック浄水場拡張計画基本設計調査団
業務主任　　　芳　賀　秀　壽

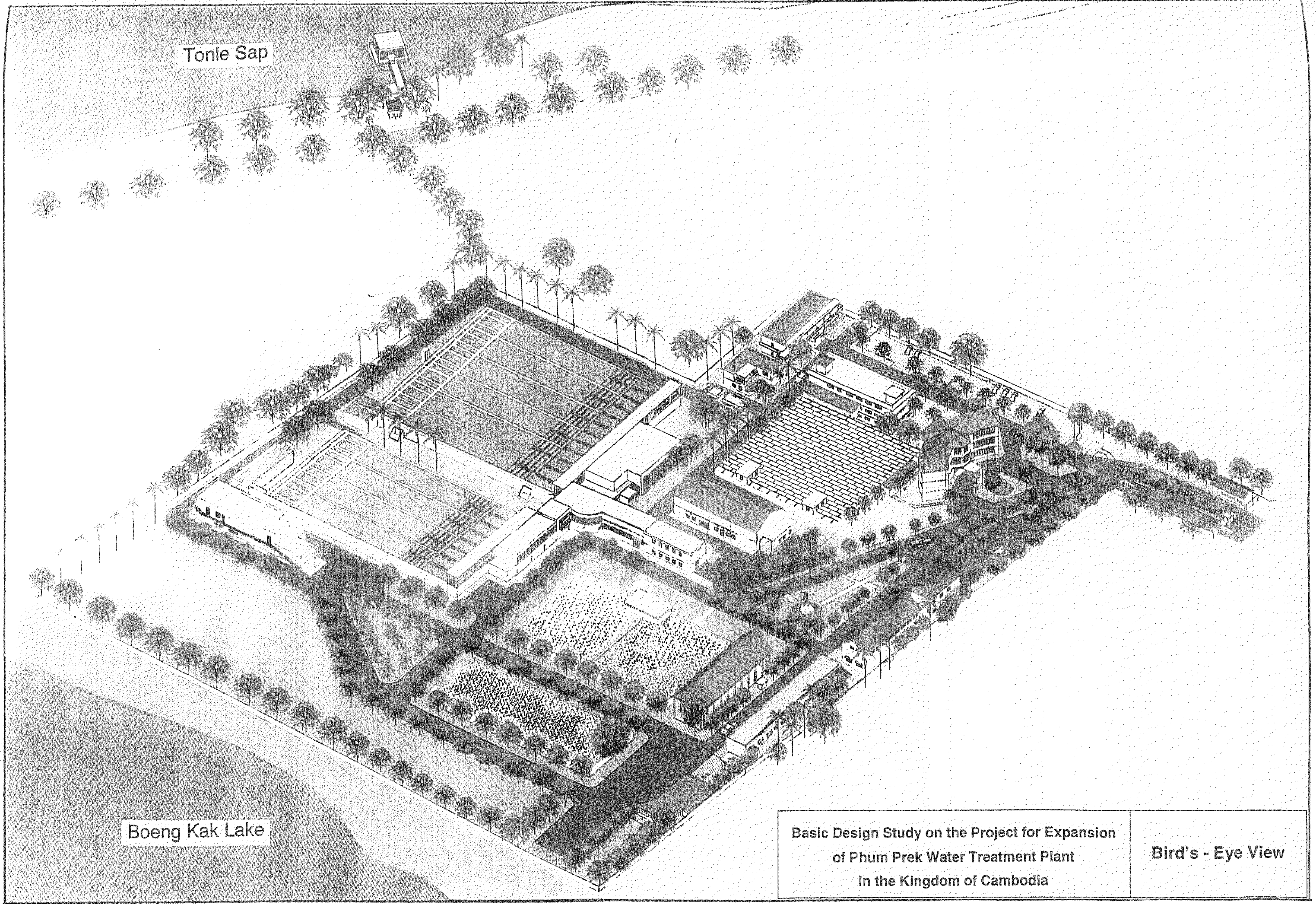




カンボディア国位置図及び全図



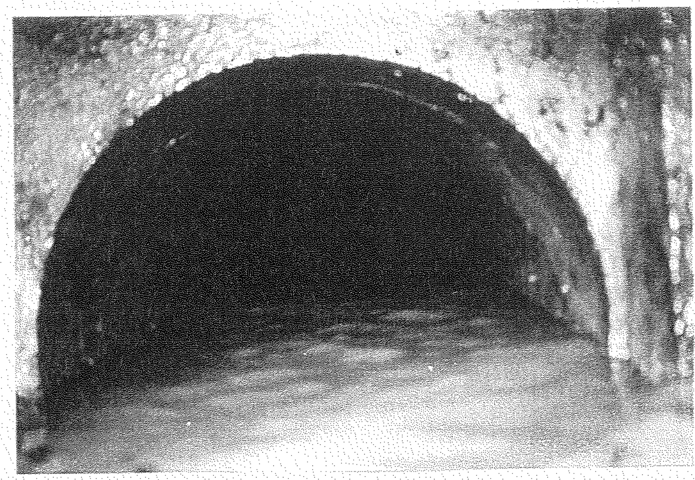
プロジェクトサイト図
（プノンペン市内の主要水道施設及び
本プロジェクト施設位置図）



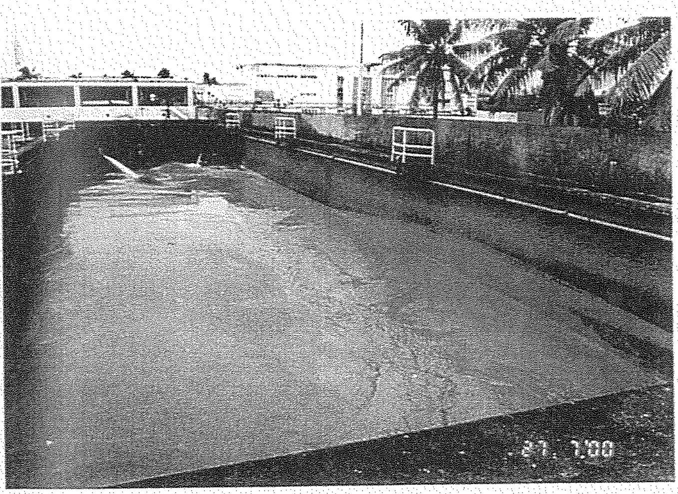
Basic Design Study on the Project for Expansion of Phum Prek Water Treatment Plant in the Kingdom of Cambodia	Bird's - Eye View

写真集

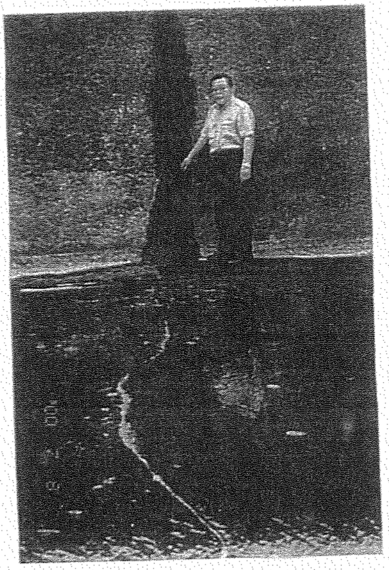
取水塔



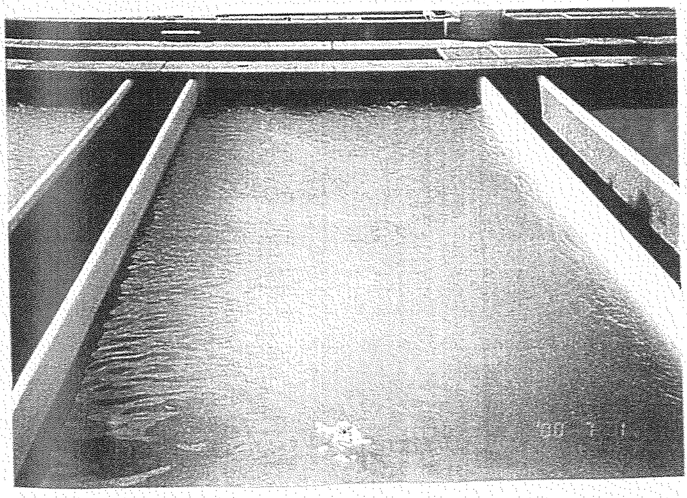
導水管の着水井接合部



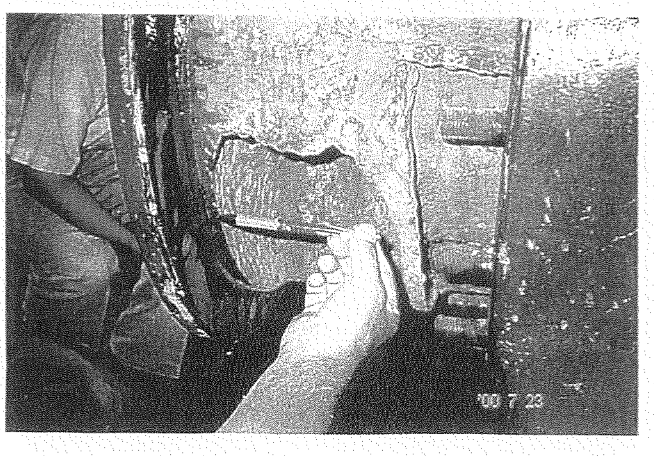
薬品沈澱池・沈澱汚泥の痕跡



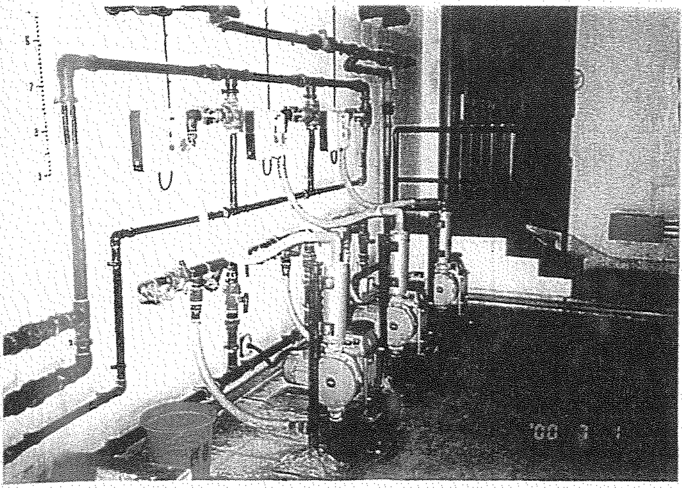
薬品沈澱池の亀裂



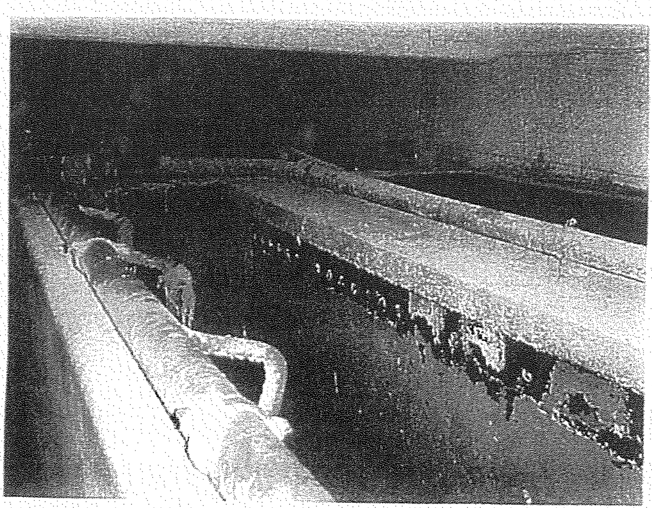
急速ろ過池・薬品沈澱池からフロックが越流



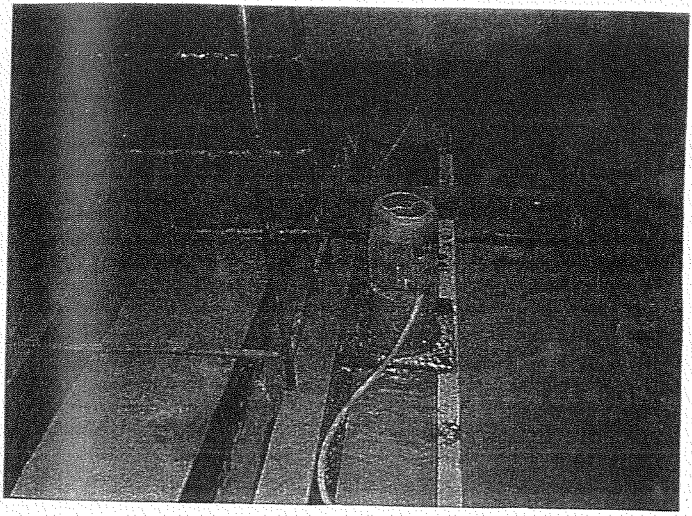
既存配水ポンプ・インペラー部が極度に摩耗



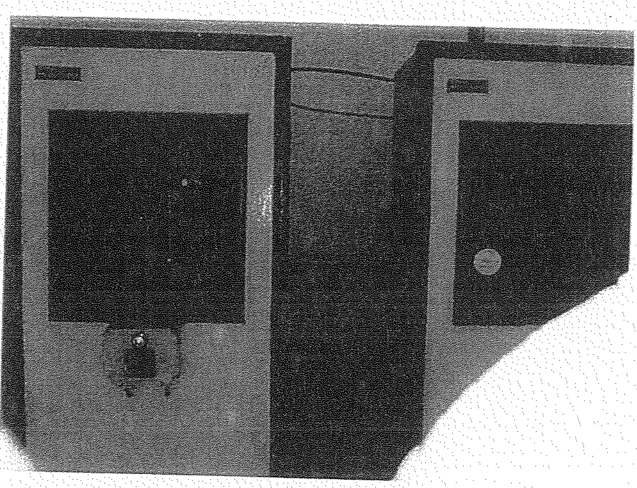
硫酸ばんど注入設備・流量調節が不可能



硫酸ばんど攪拌槽・老朽化が著しい



消石灰注入設備・運転困難



塩素注入設備・右 1 台は設備なし

拡張浄水場建設用地

略語集

ADB	：アジア開発銀行
B/D	：基本設計
D/D	：詳細設計
DCIP	：ダクタイル鋳鉄管
DP	：配水ポンプ
GDP	：国内総生産
HDPE	：高密度ポリエチレン管
HIVP	：耐衝撃性硬質塩化ビニール管
JIS	：日本工業規格
JICA	：国際協力事業団
JOCV	：青年海外協力隊
MPTC	：郵便・通信省
NGO	：非政府組織
OJT	：オンザジョブトレーニング
PC	：プレストレストコンクリート
PPWSA	：プノンペン市水道公社
RC	：鉄筋コンクリート
TDS	：全溶存物質
TP	：送水ポンプ
UNDP	：国連開発計画
URW	：緊急改修計画
W/OP	：プロジェクトを実施しないケース
W/P	：プロジェクトを実施するケース
WB（世銀）	：世界銀行
WHO	：世界保健機構

要　約

カンボディア国（以下「カ」国）はインドシナ半島南西部にあり、タイ、ラオス、ベトナムの3国に囲まれている。国土はMekong、Sap両河川流域の広大な平野からなり、面積18,100㎞^{2}、24州からなる。2000年の総人口は1,210万人、人口増加率は約2.6%である。「カ」国経済は、復興開始以降、GDP成長率 4.0～7.6%で順調に成長を遂げてきたが、1997年の政治危機による混乱の影響を受け1997年～1998年に一時成長が1.0%に鈍化した。しかし、米の豊作、観光客と衣類輸出の増加により経済は好転し、1999年のGDP成長率は4.0%に回復した。1999年の1人当りGDPは268US$、世帯当り平均月収入は106US$である。

調査対象地域であるプノンペン市は「カ」国の首都であり、Mekong川中下流の海抜 10 m 前後の平坦地に位置する。市内には、Mekong川、Sap川及びBassac川が流れ、市域はこれら河川の西岸に発達している。1999年におけるプノンペン市の総人口は987千人、その内534千人が都市化した市街部、453千人が農村部である市街近郊部に居住する。

プノンペン市はモンスーンの影響を強く受けた熱帯気候帯に位置し、気候は雨期と乾期に明確に2分される。5～10月の雨期には南西風が多量の降雨をもたらし、11～4月の乾期には北東風が大陸の乾燥した大気をもたらす。年間降水量は約1,300 ㎜であり、そのほとんどが雨期に集中する。年間を通して高温多湿で、気温は乾期の末期4月に最高（約35°C）となり、乾期の初期12月に最低（約29°C）となる。年平均気温は約30°Cである。

プノンペン市の水道施設は、長期にわたる内戦等の混乱の中で破壊され、その維持管理も放棄されていたため老朽化が著しかった。このため、市内の給水状況は極度に悪化していた。1991年のパリ合意の結果、日本を始め海外援助国・機関がプノンペン市の水道事業の復興支援を開始した。我が国は、1993年、同市の上水道機能の回復を目的とした開発調査「プノンペン市上水道整備計画」を実施し、2010年を目標年次とした水道マスタープランを作成した。計画の目的は、プノンペン市住民の最小限必要な水需要を満たすために、緊急的に水道給水量を増加すること及び給水水質を改善することであった。このマスタープラン中で、以下の浄水場改修・拡張・新設計画が提案された。

- 第1次緊急改修計画　：プンプレック浄水場（100,000 ㎥/日）改修
  ：チャンカーモン浄水場（10,000 ㎥/日）改修
- 第2次緊急改修計画　：プンプレック浄水場　50,000 ㎥/日の拡張
  ：チャンカーモン浄水場　10,000 ㎥/日の拡張
- 新設計画　：第1期浄水場新設（65,000 ㎥/日）
  ：第2期浄水場新設（65,000 ㎥/日）

今回要請されたプンプレック浄水場の拡張は第2次緊急改修計画として提案されていたものである。

このマスタープランをもとに、我が国を始め各ドナー国・機関がプノンペン市の水道事業の復興に協力してきた結果、同市の浄水能力は内戦終了後の 63,000 m^3/日から 120,000 m^3/日（1997年時点）に増加し、市街地内の多くの地域で配水管網が更新され、給水状況が改善された。給水人口は復興前の約 15 万人から 33 万人に増加し、これら住民に対し 24 時間安定した給水が実現している。また、水道事業運営面では、水道メーターはほぼ 100%設置され、コンピュータ管理された料金徴収システムの導入により料金請求率は着実に増加し、請求料金はほぼ 100%回収されている。有収水量率も、漏水制御や不法接続の減少、料金徴収方法の改善により 2000 年 3 月現在で 61%まで改善している。今後も継続的に漏水制御や不法接続の減少、料金徴収方法の改善等が実施され、有収水量が増加する見込みである。

このように水道施設や運営状況が改善したものの、水道普及率は、プノンペン市市街部のみで約 60%、市内全域では未だ約 32%にとどまっている。さらに、市の人口は年間約 5%で急激に増加しており、未給水人口が年々増加している状況にある。未給水地域の市民は、自己水源として雨水、湖沼水、浅井戸水を未処理のまま使用したり、民間の水販売業者 (Wholesaler)から未処理あるいは簡易処理しただけの不衛生な水の購入を余儀なくされている。このような不衛生な水は、プノンペン市水道公社（PPWSA）の水道価格の 6 倍～23 倍で販売され、その購入者の大部分が貧困層で占められている。また、PPWSA の水道水は、浄水場の老朽化による水質改善能力の低下及び不適切な浄水処理管理により、WHO の水質基準を満足できないでいる。さらに、プノンペン市の市街部における給水圧は概ね 0～1.0 kg/cm^2 であり、適切な水圧で給水できない状況にある。

「カ」国政府は、このようなプノンペン市の給水状況を改善するため、上位計画により供給量の増加、普及率の向上、給水水質の向上、給水圧の適正化等を掲げ、他ドナーからも積極的に援助を受けている。ただし、供給能力の増加に対しては未だ不十分なため、平成 9 年 1 月、我が国に対しプンプレック浄水場の拡張にかかる無償資金協力の要請がなされた。

この要請に基づき、我が国は、基本設計調査団を平成 12 年 6 月 10 日から同年 8 月 1 日の間、「カ」国に派遣した。その間、6 月 19 日から 5 日間、「カ」国側実施機関である PPWSA と基本設計調査のインセプションレポートについて協議を行った。その際、「カ」国側は、プンプレック浄水場既存施設の問題点に基づき、当初要請を変更した最新要請（要約 - 表 1 参照）を出した。調査団は、この変更要請に基づき現地調査ならびに関連資料の収集等を実施した。帰国後の国内解析において、調査団は本件協力の妥当性を検討の上、最適施設案を含む基本設計概要書を作成した。同年 10 月 1 日から 10 日間、再度、調査団が「カ」国に派遣され、基本設計概要書の説明及び協議を行った。その結果、「カ」国側は「カ」国側負担事項を含む計画施設内容を基本的に了承した。帰国後、上記結果を基に、必要な修正を加え最終報告書を作成した。

本計画は2005年を目標年次とし、プノンペン市の水道普及人口を増加させるためにプンプレック浄水場を100,000 ㎥/日から150,000 ㎥/日に拡張すること、並びに住民に対して衛生的な水を安定して供給するために、既存浄水場を改修/改善し、浄水水質の改善及び給水圧の適正化を行うことを目的としている。

プンプレック浄水場の拡張規模は、2001 年 10 月に完成するチュルイチャンワール浄水場の能力65,000 ㎥/日を考慮し、2005年のプノンペン市の需要水量を満たす規模を目処とし、50,000 ㎥/日とした。本計画の実施により 2005 年におけるプノンペン市の総浄水能力は、以下に内訳を示すとおり235,000 ㎥/日となり、2005年の総計画需要水量234,000 ㎥/日とほぼバランスする。

- プンプレック浄水場：150,000 ㎥/日
- チャンカーモン浄水場：20,000 ㎥/日
- チュルイチャンワール浄水場：65,000 ㎥/日

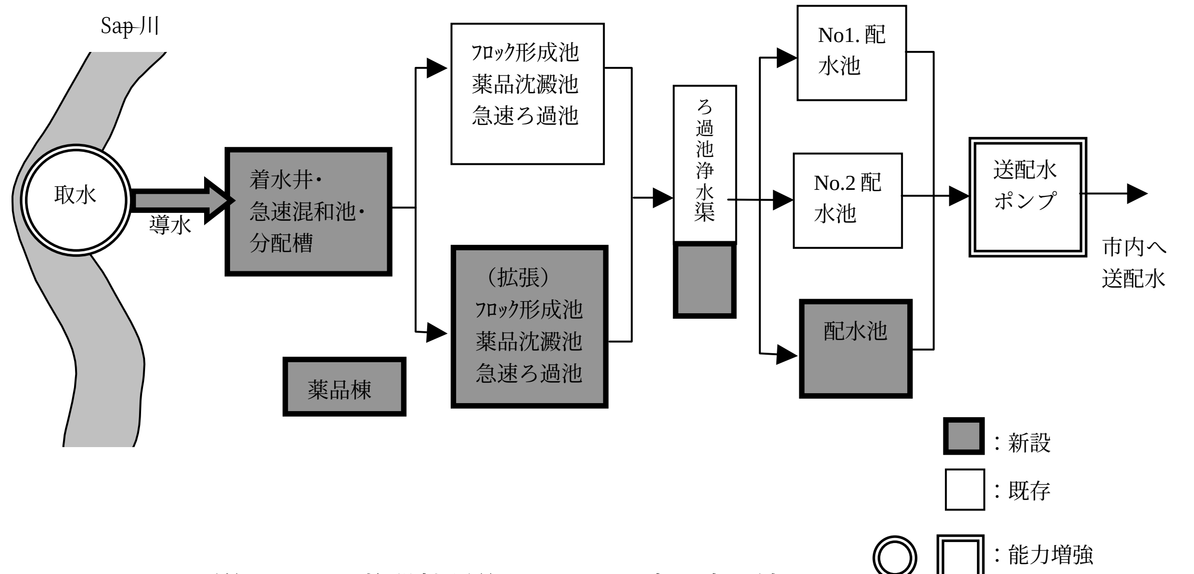
本計画の協力範囲は、当初、プンプレック浄水場拡張分の取水・導水・浄水・配水施設の新設であったが、最終的に、新設施設の効果発現に影響を及ぼす既存施設に限って、必要最小限の改修/更新を加えることとした。

以下に計画概要を列挙し、要約 - 表１に原要請及び変更要請とともに最適案を示す。また、要約 - 図１に拡張後の浄水場フロー、要約 - 表２に本計画の施設/設備内容を示す。

- 「カ」国側の要請どおり、浄水場の拡張能力はプノンペン市の2005年の需要水量を満たす能力とし、50,000 ㎥/日とする。
- 拡張配水池に対する「カ」国側の要請は10,000 ㎥の新設であったが、市内の需要水量の時間変動パターンを分析した結果、拡張配水池容量として 5,000 ㎥が適切と判明したため、5,000 ㎥の配水池を築造する。これにより、既存配水池容量20,000 ㎥と合わせれば、総配水池容量が25,000 ㎥となる。
- 浄水処理能力の拡張に伴い取水ポンプを２台新設する。更に、老朽取水ポンプ１台を更新する。
- 浄水場の処理能力の拡張に伴い１台の配水ポンプを新設する。更に、市内の給水区域内で適切な給水圧を確保するために、機能不全に陥っている既存の配水ポンプ３台を更新する。
- 同浄水場の浄水水質をWHOの飲料水質基準に適合させるため、既存浄水処理施設の改善（沈澱池に整流壁の設置）及び老朽化した薬品注入設備の更新をする。更に、浄水水質管理の改善の重要性に鑑み、必要最低限の水質分析機器を設置する。
- 先方の維持管理技術レベルを考慮して、極力単純な施設を採用し、自動化機器を必要最小限にする。特に、浄水場で最も維持管理が難しい薬品注入設備については、既存の機械式から維持管理が容易で故障しにくくかつ安価な重力式に変更する。

要約-表 1　原要請、変更要請及び最適案の内容

	原要請内容 平成９年１月	変更要請内容 (B/D 現地調査時)	最適拡張/改善内容(主要部分) 拡張分	 既存施設の変更内容
取水施設	• 取水施設の改善	• 取水ポンプ３台更新 • 浄水場拡張用取水ポンプ２台新設	• 浄水場拡張用取水ポンプ（2200 ㎥/時）2 台新設	• 既存取水ポンプ（2200㎥/時）３台の内１台更新
導水施設	• 導水管（口径 700 mmx1.5 km）新設	• 導水管（φ1200mm x 1.5 km）新設	• 導水管（φ1200 ㎜ x 1.5 km）新設	• 既存導水管は新設管のスタンバイとする
浄水施設	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設(50,000 ㎥/日分)	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 ㎥/日分）	• 着水井、急速混和池の新設（150,000 ㎥/日分） • 緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 ㎥/日分）	• 既存着水井、急速混和池の能力は新設に含む • 薬品沈澱池に整流壁の設置
薬品施設	• 薬品注入施設の新設（50,000 ㎥/日）	• 薬品注入施設の新設（150,000 ㎥/日） • 水質分析室及び機器の拡充	• 薬品棟の新設 • 重力式薬品注入施設新設（150,000 ㎥/日） • 水質分析室及び機器の拡充	• 既存薬品注入施設の能力は新設に含む
配水池	• 10,000 ㎥新設	• 10,000 ㎥新設	• 5,000 ㎥新設	—
配水ポンプ	• 配水ポンプ１台新設	• 配水ポンプ１台新設 • 配水ポンプ３台更新	• 配水ポンプ１台新設	• 配水ポンプ３台更新



要約 - 図１　施設拡張後のシステム内の水の流れ

要約 - 表 2　施設/設備・機材の内容

施設名	計画内容	数量
1.取水施設	• 取水ポンプ（2200 ㎥/時）の新設 • 取水ポンプ（2200 ㎥/時）の更新 • 取水塔取水口の改修 • 取水塔内クレーンの改修（トロリ部分取替え） • 取水塔内水位計の改善（超音波式水位計）	2 台 1 台 4 ヶ所 1 基 1 台
2.導水施設	• 導水管（ダクタイル鋳鉄管φ1,200 ㎜ x 1.5 ㎞）の敷設 • 水撃作用防止装置（エアーベッセル）設置 • 付帯設備（弁室・弁類）の据付	1 条 2 基 1 式
3.水処理施設	• 原水流量計（フロート式）の設置 • 150,000 ㎥/日分の着水井・急速混和池・分配槽（一体構造）の建設 • 50,000 ㎥/日分のフロック形成池の建設 • 50,000 ㎥/日分の薬品沈澱池の建設 • 50,000 ㎥/日分の急速ろ過池の建設 • 既存薬品沈澱池の改善（整流壁の設置）	1 器 1 池 8 池 4 池 8 池 6 池
4.薬品注入施設	• 薬品棟建設（注入室、薬品倉庫、水質試験室） • 150,000 ㎥/日分の薬品注入設備据付（固形硫酸ばんど、消石灰、塩素） • 塩素ガス中和装置 • 一般水質分析器具の供給と据付（別表参照）	1 棟 1 式 1 式 1 式
5.配水池	• 配水池 5,000 ㎥の建設	2 池
6.配水ポンプ	• 配水ポンプ（1050 ㎥/時）の新設 • 配水ポンプ（2100 ㎥/時）の更新	1 台 3 台
7.電気・計装	• 電気・計装設備の設置	1 式
8.連絡管	• 場内連絡管（既存施設と新設を連絡等）の敷設	1 式
9.水質検査	• 水質検査機器及び試薬	1 式

本計画の工期は合計 24 ヶ月となる。以下に各工事の必要期間を示す。

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

総事業費及び日本政府負担分の期毎の事業費は下記のとおり見積もられる。

総事業費	26.55 億円
（内訳）日本国政府負担分	26.40 億円
「カ」国側負担分	0.15 億円

（日本国政府負担分内訳）	設計監理費	0.60 億円
	第 1 期	7.36 億円
	第 2 期	15.17 億円
	第 3 期	3.27 億円

本計画の実施効果を下記に示す。

［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。

- 50,000 ㎥/日の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り、本浄水場がカバーする給水地域の水道普及率が、現在の 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層であり、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層への給水に使用され、貧困層の給水状況が大幅に改善される。
- 産業・公共セクターにおいても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 kg/㎠となり、給水区域末端まで十分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。

［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。

② 貧困層の生活改善/貧困緩和
貧困層は、不衛生な水の使用のみならず、民間の水販売業者から 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、貧困層住民の多くが、水因性疾患、特に水に起因すると考えられる胃腸病等を罹っている。これら貧困層の患者は病院にいけないため、統計には現れてこない。貧困層への衛生的で安価な PPWSA の水道の普及により、同層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、都市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。

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層である。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。よって、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。

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、以下に示す提言を実施する必要がある。

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出てくるため、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。

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 PPWSA によって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。さらに、給水人口増加のためには、各戸給水接続数の増加が必要である。PPWSA は未給水住民に対して、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、貧困層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、貧困層住民が接続しやすい環境（水道接続料金の分割払い、接続料金の一部補助等）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。

本計画の中で、主要な計画設備のスペアパーツを約 2 年間分供与するが、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。

完成した施設に対する維持管理が不十分であれば、既存及び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、適性な技術を取得させ、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、日本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。

序文
伝達状
位置図／プロジェクトサイト図／完成予想図／写真
略語集
要約

目　次

第１章　プロジェクトの背景・経緯 1
１－１ 当該セクターの現状と課題 1
１－１－１ 上位計画 1
１－１－２ 現状と課題 5
１－１－３ 社会経済状況 19
１－２ 無償資金協力要請の概要 24
１－３ 我が国の援助動向 26
１－４ 他援助国・機関の援助動向 27

第２章　プロジェクトを取巻く状況 29
２－１ プロジェクトの実施体制 29
２－１－１ 組織・人員 29
２－１－２ 財政・予算 31
２－１－３ 技術水準 33
２－１－４ プンプレック浄水場の既存の施設・機材 35
２－２ プロジェクトサイト及び周辺の状況 45
２－２－１ 関連インフラの整備状況 45
２－２－２ 自然条件 45
２－２－３ 保健衛生と疾病 52
２－２－４ 環境への影響 53

第３章　プロジェクトの内容 56
３－１ プロジェクトの概要 56
３－２ 協力対象事業の基本設計 59
３－２－１ 設計方針 59
３－２－２ 設計諸元 62
３－２－３ 基本計画 70
３－２－４ 施設・設備計画 89
３－２－５ 基本設計図 123

3－2－6 施工計画/調達計画 135
3－3 相手国分担事業の概要 147
3－4 プロジェクトの運営・維持管理計画 148
3－5 プロジェクトの概算事業費 156
3－5－1 協力対象事業の概算事業費 156
3－5－2 運営・維持管理費 157

第4章 プロジェクトの評価と提言 163
4－1 プロジェクトの効果 163
4－2 課題と提言 164
4－3 結論 166

表目次

表1－1-1 プノンペン市水道マスタープランの計画値 2
表1－1-2 プノンペン市の水道の状況（内戦終了時と現在） 6
表1－1-3 管種毎の配水管路延長（1999年初頭） 8
表1－1-4 不明水調査の結果（1999年12月～2000年2月） 8
表1－1-5 2000年1/6期における水道給水接続数 9
表1－1-6 推定普及人口 10
表1－1-7 各地区毎の年間平均有収水量（1999年） 12
表1－1-8 各地区毎の1人1日平均生活使用水量 12
表1－1-9 PPWSAの技術・管理員の研修実績（過去3年間/資金源別） 13
表1－1-10 浄水場能力拡張計画 14
表1－1-11 過去の人口及び人口密度 20
表1－1-12 年平均人口増加率 21
表1－1-13 プノンペン市の出生率、死亡率、出生時平均余命 22
表1－1-14 月平均収入（1999年） 22
表1－1-15 1999年における飲料水源別の世帯数 23
表1－2-1 「カ」国からの要請内容 25
表1－3-1 プノンペン市水道事業に対する我が国による事業協力 26
表1－3-2 プノンペン市水道事業に対する我が国の専門家派遣協力 26
表1－4-1 主要な水道プロジェクト 27
表1－4-2 現在進行中の主要な水道プロジェクト 27

表2－1-1 PPWSAの損益計算書 32
表2－1-2 PPWSAの水道料金 33

表 2 - 1-3 PPWSA 職員の職種・職歴年数内訳 34
表 2 - 1-4 プンプレック浄水場の人員配置 35
表 2 - 1-5 各施設内容・状況及び必要な対策 37
表 2 - 1-6 主要な既存施設/設備の設計値と実運転条件 40
表 2 - 1-7 主要な既存施設/設備の設計値と実運転条件（続き） 41
表 2 - 2-1 MEKONG、SAP、BASSAC 川の主要特性 48
表 2 - 2-2 プノンペン市の水因性疾病感染者数 53

表 3 - 1-1 要請内容及び B/D 調査結果に基づく必要施設内容 57
表 3 - 1-2 要請施設の検討内容とその結果の要約 58
表 3 - 2-1 プンプレック浄水場が担当する地域の計画給水サービスレベル 62
表 3 - 2-2 人口増加率シナリオ 64
表 3 - 2-3 人口予測 64
表 3 - 2-4 年間給水接続増加数の実績 66
表 3 - 2-5 計画接続増加件数 66
表 3 - 2-6 計画給水普及率(%) 67
表 3 - 2-7 標準的な１人１日当り使用水量 67
表 3 - 2-8 PPWSA による計画有効率（有収率） 69
表 3 - 2-9 プノンペン市の需要水量予測 70
表 3 - 2-１０ 浄水場拡張計画 71
表 3 - 2-１１ 取水ポンプの公称能力と実際の能力との比較 72
表 3 - 2-１２ 取水ポンプ代替案の比較 75
表 3 - 2-１３ 鋳鉄管、鋼管及びﾓﾙﾀﾙﾗｲﾆﾝｸﾞ鋳鉄新管の流速係数の経年変化（例） 76
表 3 - 2-１４ SAP 川低水位時における導水管機能の検討 76
表 3 - 2-１５ 導水管計画の代替案の検討 78
表 3 - 2-１６ ウォータハンマーの解析 79
表 3 - 2-１７ 既存浄水施設の問題点と必要な対策 80
表 3 - 2-１８ 地区毎にまとめた配水状況分析 84
表 3 - 2-１９ 締切り圧測定結果 86
表 3 - 2-２０ 計画ポンプ能力 88
表 3 - 2-２１ 基本計画の内容 89
表 3 - 2-２２ プンプレック浄水場拡張後の総作業水量 90
表 3 - 2-２３ プンプレック浄水場基本水量 91
表 3 - 2-２４ 拡張用導水管ルート予定地近辺の地下埋設物 91
表 3 - 2-２５ 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 94
表 3 - 2-２６ 新設導水管の管計の検討 98
表 3 - 2-２７ ウォータハンマーの解析（エアベッセル設置時） 100

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 101
表 3 - 2-29　新設薬品棟の占有施設 107
表 3 - 2-30　計画薬品注入量 108
表 3 - 2-31　水量モニタリング装置 116
表 3 - 2-32　水質分析のための採水場所及び採水方法 117
表 3 - 2-33　プンプレック浄水場水質分析室整備計画 118
表 3 - 2-34　新設・改善電気設備工事 120
表 3 - 2-35　計装機器設備の追加工事 120
表 3 - 2-36　本計画実施対象施設/設備 121
表 3 - 2-37　水質分析機器類の調達機材 122
表 3 - 2-38　日本国側と「カ」国側の施工区分 138
表 3 - 2-39　実施設計及び施工管理における担当業務 141
表 3 - 2-40　請負業者側の常駐・スポット施工監督者の人数、種類 142
表 3 - 2-41　資機材の調達先 143
表 3 - 4-1　プンプレック浄水場の人員配置 149
表 3 - 4-2　浄水場基本制御内容 152
表 3 - 4-3　主要な施設・設備の運転・管理項目 154
表 3 - 5-1　日本国側負担経費 156
表 3 - 5-2　「カ」国側負担経費 157
表 3 - 5-3　概算運転・維持管理費（電気費と薬品費） 158
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） 160
表 3 - 5-5　本計画完了後の PPWSA の財務収支の見込み 162

図 目 次

図 1 - 1-1 需要水量予測と浄水場改修/拡張計画（上水道マスタープラン 1993 年） 2
図 1 - 1-2 PPWSA の浄水量実績 11
図 1 - 1-3 市街部各地区における援助国・機関の配水管網整備の協力内容 17
図 1 - 1-4 援助国・機関による市街近郊部における配水管網整備協力内容（予定） 18

図 2 - 1-1 PPWSA とカンボディア政府組織との関係 29
図 2 - 1-2 PPWSA（プノンペン水道公社）の組織 30
図 2 - 1-3 既存プンプレック浄水場システム（100,000 M3/日） 36
図 2 - 1-4 プンプレック浄水場原水量及び浄水量実績 36
図 2 - 1-5 月平均硫酸バンド注入量 （MG/L） 43
図 2 - 1-6 月平均塩素注入量 43
図 2 - 2-1 月平均気温（1981 年～1998 年平均） 47
図 2 - 2-2 月平均降雨量（1981 年～1998 年の平均） 47
図 2 - 2-3 プノンペン市近辺における MEKONG 川システムの流向 49
図 2 - 2-4 MEKONG 川の月平均、最大、最小流量（1992-1999 年平均） 50
図 2 - 2-5 MEKONG 川プノンペン市地点の月別水位（1992～1999 年） 51
図 2 - 2-6 原水の月別濁度（1995～1999） 51
図 2 - 2-7 SAP 川原水のアルカリ度 52

図 3 - 2-1 水需要量予測手順 65
図 3 - 2-2 需要量予測と浄水場拡張計画 71
図 3 - 2-3 既存取水塔内の取水ポンプの代替案 74
図 3 - 2-4 SAP 川低水位時の取水；導水システムの損失水頭 77
図 3 - 2-5 着水井、急速混和池の代替案の検討 82
図 3 - 2-6 沈澱池流入部の構造 83
図 3 - 2-7 既存配水ポンプ配置図 86
図 3 - 2-8 配水ポンプ計画 88
図 3 - 2-9 施設拡張後のシステム内の水の流れ 93
図 3 - 2-10 エアーベッセルの容量解析 100
図 3 - 2-11 時間最大時におけるポンプ運転例 112
図 3 - 2-12 プンプレック浄水場拡張後の主要なモニタリング設備 115
図 3 - 2-13 資機材の輸送ルート 145
図 3 - 2-14 実施工程計画 146
図 3 - 4-1 浄水場運転基本フロー 152
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 153

[資料集]

目 次

資料 1 調査団員氏名、所属……資-2
資料 2 調査行程……資-3
資料 3 関係者（面会者）リスト……資-5
資料 4 当該国の社会・経済事情……資-7
資料 5 討議議事録（M／D）……資-9
資料 6 参考資料・入手資料リスト……資-23
資料 7 付属資料……資-28

資料7-1 PPWSAの投資計画（1993年～2004年）……29
資料7-2 人口及び需要水量予測結果……31
資料7-3 水質試験結果……35
資料7-4 配水量、日最大係数（ピーク係数）及び不明水量率の解析……41
資料7-5 ボーリングデータ（位置図）……48
資料7-6 計画施設・機材概要……60
資料7-7 維持管理費（電気代と薬品費）の検討……65
資料7-8 導水管敷設許可書（プノンペン市から）……68
資料7-9 導水管埋設許可書（電信電話局敷地内）……72
資料7-10 浄水場埋立地登記簿……75

第1章

プロジェクトの背景・経緯

第１章　プロジェクトの背景・経緯

１‐１　当該セクターの現状と課題

１‐１‐１　上位計画

（１）　第１次国家開発計画（1996 年～2000 年）

カンボディア国（以降「カ」国）は第１次国家開発計画を 1996 年から 2000 年の期間で実施している。同計画では、プノンペン市水道事業の長期目標を、「プノンペン市水道公社（PPWSA）が財政的に独立した組織となり、WHO の飲料水基準を満たす水を市民に支払い可能な価格で供給することである」としている。この期間に達成すべき PPWSA の具体的な目標として以下のものがあげられている。

- 第１段階として、プノンペン市市街部の 640,000 人の市民に飲料に適する水を供給するための既存水道システムを改修する。
- プノンペン市の全人口 916,000 人のため、水供給能力を 220,000 ㎥/日に増加させる。
- 運営・維持管理の効率を改善するために、PPWSA の一般及び技術職員に対して国内外での訓練を行う。
- 水道計画、調査、プロジェクト、融資等の重複を避けるため、海外の協力機関と協調する。
- PPWSA が自助努力により運営・維持管理できる時期に達するまで、水道システムの改修、拡張に必要な資源を開発し獲得するために海外の協力機関と協調して水道事業の整備を行う。

（２）　プノンペン市上水道マスタープラン及び緊急改修計画（JICA　1993 年）

プノンペン市は長期にわたる内戦等の混乱の中で、上水道施設は破壊され著しく老朽化し、その維持管理は放置されていたため、市内の給水状況は極度に悪化していた。このような状況を改善するために、1993 年、我が国は、同市の上水道機能の回復を目的とした開発調査「プノンペン市上水道整備計画」を実施し、2010 年を目標年次とした水道マスタープランを作成した。更に、同マスタープラン内で、緊急に実施すべき事業を緊急改修計画として取りまとめた。計画目標は海外の援助協力機関と協力し、プノンペン市住民の最小限必要な水需要を満たすために緊急的に水道給水量を増加させること及び給水水質を改善することである。

本マスタープランは、第１次緊急改修計画として、プンプレック浄水場（100,000 ㎥/日）及びチャンカーモン浄水場（10,000 ㎥/日）の改修、第 2 次緊急改修計画として、プンプレック浄水場（50,000 ㎥/日）及びチャンカーモン浄水場（10,000 ㎥/日）の拡張を 1995 年～1996 年に実施するよう提案した。更に、2003 年以降、130,000 ㎥/日分の浄水場の新設/拡張が提案された。以下

に需要水量及び計画浄水場改修/拡張計画を示す。

表 1-1-1　プノンペン市水道マスタープランの計画値

	1992年	2000年	2005年	2010年
総人口	682,936	1,020,500	1,352,796	1,851,458
給水人口	532,160	752,410	957,418	1,254,143
1人1日平均水使用量（L/人/日）	100	150	175	200
漏水率（%）	50	40	30	20
日平均需要水量（m^3/日）	106,432	188,103	239,355	313,536
日最大係数	1.3	1.3	1.3	1.3
日最大水需要量（m^3/日）	138,362	244,533	311,161	407,596

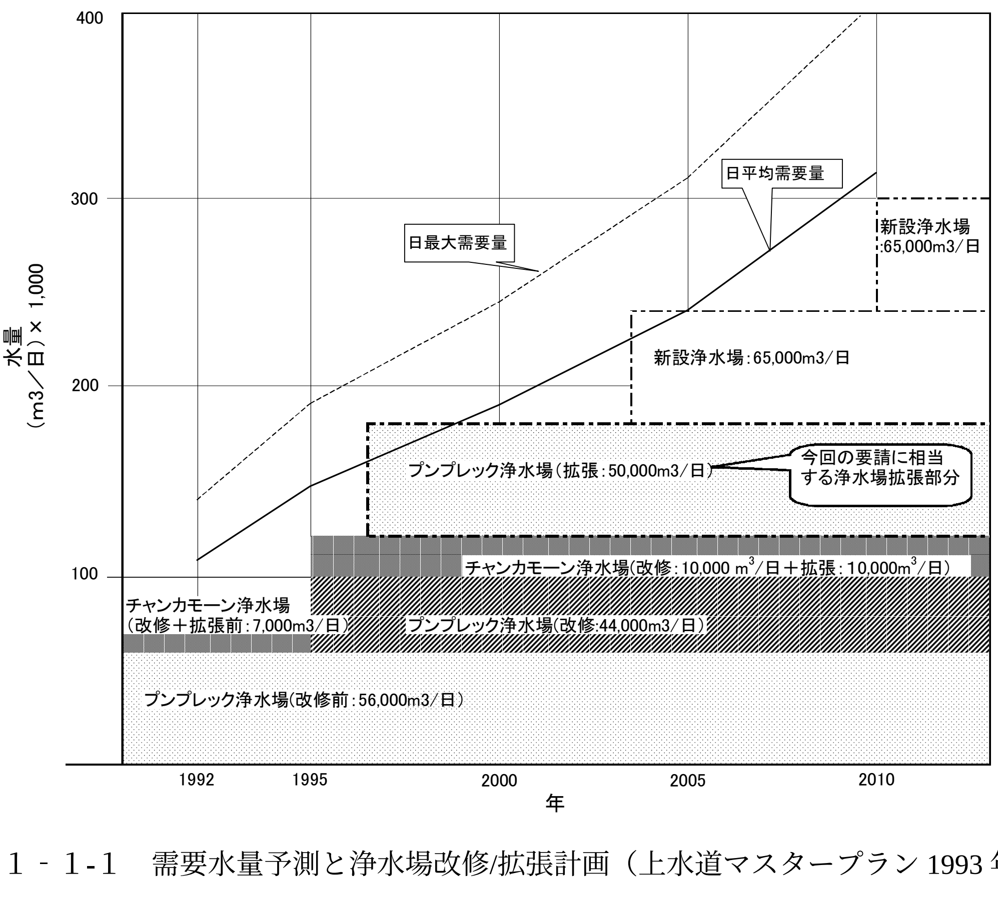


図 1-1-1　需要水量予測と浄水場改修/拡張計画（上水道マスタープラン1993年）

マスタープランを基に、現在まで日本をはじめとする海外援助国・機関がプノンペン市の水道事業の復興に協力してきた。今回要請されたプンプレック浄水場の拡張（50,000 m^3/日）は、本マスタープラン内で、緊急に実施されるべきプロジェクトとして位置付けられ、第2次改修計画内で実施される予定だったものである。

（3） PPWSA3ヵ年事業計画（2000年－2002年）

PPWSAは2000年4月に3ヵ年事業計画を作成した。この事業計画は、PPWSAが適切な水道料金でコスト効率の良いサービスを供給し、財政的に独立した組織を続けることを主眼としている。計画の目標と3年間に実施すべき戦略の概要を以下に示す。

1） 目標

項目	目標
水供給	プノンペン市の住民に適切な（WHOの飲料水基準を満たす水質の）水道水を供給する。加えて、増加する水需要量を満たす十分な量の水を供給する。
投資プログラム	プノンペン市水道システムの更新と拡張を可能とする再開発のための投資計画を実施する。一方、同時に合理的な価格で水を供給できるコストを維持する。
財務マネージメント	短長期ともにPPWSAの財務を高めその能力を維持する
資産マネージメント	最小限の耐用コストで水道施設を維持管理する。
システムマネージメント	PPWSAがその目的を達成するのに必要な適切な管理制度を実施する。
人的資源マネージメント	PPWSAは適切な職員構成を確保する。そのためにPPWSAの職員は適切な訓練が施され、効果的で効率的なプノンペン市水道システムの運営・維持管理を企画するための適切なレベルの技術を持つようになる。
環境マネージメント	環境影響を最小限にしながらプノンペン市の水道を運営する。
パフォーマンスアセスメント	水道サービスの持続的な改善を補助するため、関連諸機関にPPWSAの透明性、説明責任を確保する情報を提供する。
消費者サービス	水需要者のニーズの変化を継続的にモニターしそれに答える。

２） 実施目標

項目	目標
1.サービスレベル	
1.1 給水の信頼性	• 配水本管を更新した地域においては、単位 km 当りの配水本管の修繕数を年 2 回に低減させる。 • 戸別接続を更新した地域においては、1000 接続当りの修繕数を年 10 回に低減させる。 • 不明水の量を 45.6%から 2000 年に 40%、2001 年に 35%まで低減する。 • 最低必要水量 150 L/人/日を確保する。 • 少なくとも市内中心部の 70 %の地域において給水圧 10 kg/㎡以上を確保する。
1.2 水質	• 水質サンプルの 95%以上で大腸菌数 0 を確保、同様に 95%以上で糞便性大腸菌数 0 を確保する。 • 2001 年までに収集分析する水質サンプルの数を 21 ヶ所以上とする。
1.3 顧客満足度	• 水質不満足を訴える給水接続数を 1 年当り 1000 接続当り 50 以下とする。 • 給水の量と水圧の不満足を訴える数を 1 年当り 1000 接続数当り 50 以下とする。 • 2001 年までに、接続希望者からの接続料金を領収してから 20 日以内に 95 %の接続をするようにする。
2. 運営	
2.1 投資プログラム	• 世銀、ADB のローン協定内にある協約を期日どおり実施する。 • カンボディア政府準法令 52 と PPWSA 運営に関連する法規の全ての必要要件を満たすこと。 • 3 ヵ年事業計画と付属資料を毎年レビューする。
2.2 財務マネージメント	• 2001 年までに資産の実収益率を 0.7 %まで増加させる。 • 2000 年の初頭までに PPWSA の財務会計及び報告システムの再開発を終了する。 • 2000 年初頭までに PPWSA のコンピュータ化された在庫システムの再開発を終了する。 • 2001 年までにそれぞれの顧客グループ毎に未払い請求書数を全請求書発行数の 2.5%以下とする。同様に未払い請求額を全請求額の 5.0 %以下とする。 • 2001 年までに未払い期間を 90 日以下とする。
2.3 資産マネージメント	• PPWSA の全資産を登録し随時更新する。2 年に一回全ての資産評価を実施し、水道料金に反映する。 • 2000 年中に資産同定プログラムを導入する。 • 2000 年中に資産管理システムを開発する。 • 3 年に一回資産管理システムのパフォーマンスをレビューする。
2.4 水道システムマネージメント	• 漏水防止、適正水道料金設定を通して需要量管理をする。 • 定期的なエネルギー監査等を通して電力使用量を最適化する。 • 水道システム(水圧)を最適化する。
2.5 環境マネージメント	• 水道システムの建設、運転時の環境影響を最小化する。
2.6 パフォーマンス評価	• 市民にコスト効率の良いサービスを確保するため定期的にパフォーマンス評価を実施し改善に努める.
2.7 顧客、コミュニティコンサルティング	• 顧客、コミュニティーと密接な接触を目指し、高度なコンサルティングを実施する。プノンペン市などの他の関係機関とも調整を図る。プノンペン市以外の水道事業のトレーニングをする。

４）　計画給水人口、需要水量及び浄水場拡張計画（暫定計画）

PPWSA は、マスタープランを基に 2015 年までの各地域の給水人口及び需要水量を算出している。この 2015 年の需要量をもとに市内の配水管網の整備が進められている。更に 2015 年までの浄水場の拡張計画も同計画に基づいて計画されており、これによると、本要請プロジェクト施設は 2003 年に稼動する計画となっている。

１－１－２　現状と課題

（１）　復興後の給水状況の改善

1993 年に我が国の協力により策定されたプノンペン市上水道マスタープランをもとに、日本を含む援助国・機関がプノンペン市の水道事業の復興に協力してきた結果、同市の浄水場の生産能力は内戦終了後の 63,000 m^3/日から 120,000 m^3/日（プンプレック浄水場 100,000 m^3/日、チャンカーモン浄水場 20,000 m^3/日）に増加し、市街部の配水管網は、Chamcar Morn 地区と Tuol Kork 地区の一部を除いて更新が終了している。この結果、復興前の 1 日 12 時間から 24 時間給水となり、漏水率も約 50 %から大きく低減し新設管敷設地域では平均 14 %前後まで減少した（資料 7.4 参照）。これにより有効水量も増加し、給水人口は約 13 万人から 33 万人となった（表１-１-２参照）。

表 1-1-2 プノンペン市の水道の状況（内戦終了時と現在）

項目	内戦終了時（1992年）	現在（2000年1/6期）
市内総人口	約70万人	104万人
水道給水人口	130,000 人 注1) 2)	332,000 人 注1)
総浄水能力	63,000 m^3/日	120,000 m^3/日
水道給水時間	不連続給水（12時間/日）	連続給水（24時間）
給水水圧	ほとんど水圧ゼロ	0～10 kg/cm^2 (m) 1階への直接給水のみ可能
水質	飲用不適	給水水質は改善したが、 WHOの基準を満たせず
配水管網	282 km（老朽管）	433 km（新設管）
各戸給水接続数	26,880	61,790
メータ接続率	12%	99.5 %
有収水量率	20%	61.7 %
料金徴収率（水量ベース）	40%	91.7 %
料金徴収率(メータ数ベース)	-	99.5 %
料金徴収率（公共用水）	-	49.0 %
漏水率	約50 %	14 % 注3)
1000接続当りの職員数	18	7

出典）PPWSA

注：1. 水道給水人口は、生活用給水接続数にプノンペン市の1世帯当り平均構成員数（5.7人）を掛けて算出した。

2. 1992年の生活用給水接続数は総接続数の85%（現在の比率）として推定した。

3. 7th January地区及びDon Penh地区の新設管網地区の一部における不明水調査結果（資料7.4参照）

4. 無収率38.3%と調査漏水率14%には24.3%の差があるが、これは、漏水調査地域が市内の小区域であり、かつ比較的漏水率が低いと考えられる地域の調査結果であるためである。

（2） プノンペン市内水道施設

プノンペン市には、プンプレック、チャンカーモン及びチュルイチャンワールの3浄水場がある。現在、浄水場から給水が行われているのはプンプレックとチャンカーモンの2浄水場であり、チュルイチャンワールは1983年より浄水場が稼動停止しており、給水が行われていない。しかし、世銀の有償資金協力によるチュルイチャンワール浄水場の改築（2001年10月完工見込み）及び、ADB有償資金協力による送水システムの建設（2002年5月完工見込み）により、給水を再開できる見込みである。

1） プンプレック浄水場システム

a. 原水：Sap川表流水

b. 取水：Sap川に設置された取水塔のポンプにより取水

c. 導水：Sap川からプンプレック浄水場までの約1.3キロ、口径700mm×2条

d. 浄水：プンプレック浄水場

e. 公称浄水能力：100,000 m^3/日

f．日平均浄水実績（1999年）：93,000 m^3/日
g．浄水処理：急速ろ過方式（横流式薬品沈殿池（固形硫酸バンド）、重力式急速ろ過池、塩素消毒）
h．送配水：浄水場内に設置されたポンプにより、直接市内への配水と高架水槽への送水を行っている。
i．現在の給水区域：Don Penh地区、7th January地区、高架水槽、Chamcar Morn地区の一部、Tuol Kork地区

２）　チャンカーモン浄水場システム

a．原水：Bassac川表流水
b．取水：Bassac川内に設置された取水塔のポンプにより取水
c．浄水：チャンカーモン浄水場
d．公称浄水能力：20,000 m^3/日
e．日平均浄水実績（1999年）：19,000 m^3/日
e．浄水処理：急速ろ過方式（高速凝集沈殿池（固形硫酸バンド及び消石灰）、圧力式急速ろ過池、塩素消毒）
f．送配水：浄水場内に設置されたポンプによる配水を行っている。
g．現在の給水区域：Chamcar Morn地区の一部

３）　チュルイチャンワール浄水場システム（建設中：2001年10月完工見込み）

a．原水：Mekong川表流水
b．取水：Mekong川内に設置された取水塔のポンプにより取水
c．浄水：チュルイチャンワール浄水場
d．処理能力：6.5万m^3/日
e．浄水処理：急速ろ過方式（傾斜管式薬品沈殿池（消石灰及び固形硫酸バンド‐PACの使用も検討中）、重力式急速ろ過池、塩素消毒）
f．送配水：浄水場内のポンプで送水管に送水
g．給水区域：市街近郊部（Russey Keo、Dang Kor、Tuol Kork）に給水予定

４）　給配水管

市内の総配水管延長は435㎞、そのほとんどがダクタイル鋳鉄管と高密度ポリエチレン管である（表１－１－３）。

表 1-1-3 管種毎の配水管路延長（1999 年初頭）

管種	φ50 (mm)以下	φ50 toφ300 (mm)	φ300 (mm) 以上	合計 (m)
鋳鉄管	-	-	22,061	22,061
ダクタイル鋳鉄管	-	283,106	-	283,106
鋼管	-	-	-	-
ポリエチレン管 (HDPE)	300,765	129,908	-	129,908
合計	300,765	413,014	22,061	435,075

出典：PPWSA

1993 年には約 50 %の漏水率であったが、新設管の敷設地域では 15 %前後に改善した。今後、全市街部の配水管が更新されれば、市街部全域で 15 %程度の漏水率となると推定される。

PPWSA では漏水及び不明水制御は最大の課題である。PPWSA は世銀融資により漏水防止対策プログラムを 1997 年から 2001 年の期間で実施している。そのプログラムでは、市内に配水ゾーンを設定しそのゾーン毎に流量計を設置し配水量を測定している。このゾーン配水量と各戸接続のメータ水量の合計を比較することにより漏水量を推定し漏水点の発見に努めている。PPWSA は漏水制御チーム（1 チーム 5 人 x 6 チーム）を編成し漏水制御に当っている。

1999 年 12 月～2000 年 2 月の 3 ヶ月間に実施した不明水調査によると以下のような漏水及び不法接続が確認されている。不明水の発生件数の多くは給水管からの漏水と不法接続からなっている。

表 1-1-4 不明水調査の結果（1999 年 12 月～2000 年 2 月）

漏水の種類	給水管	配水本管	弁	消火栓	不法接続	合計
個所数	203	30	0	0	73	306

出典：PPWSA

（3） 現在の給水状況

1） 給水区域

PPWSA はプノンペン市全域の給水を担当している。プノンペン市は 7 地区から構成されている（巻頭プロジェクトサイト図参照）。その内訳は市街部（都市型）の 4 地区（Don Penh, 7th January, Chamcar Morn, Tuol Kork）と市街近郊部（農村型）の 3 地区（Russey Keo ,Tuol Kork, Dang Kor）に分類される。現在、PPWSA の配水管網は市街部のみに整備されており、市街部 4 地区に水道による給水を行っている。ただし、市街部に近い近郊部の 2 地区（Russey Keo,Tuol Kork）のごく一部にも水道による給水が行われている。

２）給水形態

プノンペン市内の給水形態は、PPWSA による水道給水、Wholesaler（民間の水販売業者）による給水及び住民の自己水源からなる。Wholesaler の販売水は PPWSA からの購入水、未処理及び簡易処理しただけの不衛生な水である。住民の自己水源は未処理の雨水、湖沼水、浅井戸水である。

a)　市街部

市街部住民への給水は、主に PPWSA、Wholesaler により行われている。市内に 200～300 ヶ所存在する貧困コミュニティーのほとんどが Wholesaler から給水を受けているが、現在、PPWSA による水道に敷設替えが進められている。

b)　市街近郊部

水道による給水はほとんど行われておらず、Wholesaler と自己水源により給水されている。自己水源世帯は、各世帯毎に瓶があり雨水、表流水や地下水を汲んで貯留して利用している。この水のほとんどは不衛生な水である。また、近郊部には工場が多く立地しており、これらは、独自に地下水を揚水し各自の浄水施設で処理し使用している。

３）　水道普及率

1999 年末における地域別の PPWSA 水道給水接続数を表１－１－５に示す。総接続数は約 61,670 件、そのうち生活用接続数が 85.5%を占める。

表 １－１-５　2000 年 1/6 期における水道給水接続数

地区名	生活	商工業	公共	Wholesaler	計
Don Penh	12,450	2,290	183	49	14,972
7th January	12,482	1,900	63	26	14,471
Chamcar Morn	15,822	2,548	91	39	18,500
Toul Kork	11,487	1,531	49	54	13,121
Russey Keo	398	96	4	19	517
Mean Chey	67	20	1	1	89
Dang Kor	0	0	0	0	0
合計	52,706	8,385	391	188	61,670
%	85.5	13.6	0.6	0.3	100.0

出典：PPWSA

表１－１－６に推定普及人口及び普及率を示す。2000 年初における市内全域の普及率は 31％、市街部が 56%、市街近郊部は１ %にも満たない。

プノンペン市の貧困コミュニティーの多くは未給水地域であり、給水に関して最も不利益を被っているのは貧困コミュニティーの住民である。これら貧困住民は、雨水や浅井戸水の不衛生な水や Wholesaler から効果で不衛生的な水を購入し使用している。その価格は、PPWSA の水道料金の 6～23 倍にも達する。

表 １‐１‐6　推定普及人口

地区名	年間平均生活用水道接続数		普及人口（推定）			1999年人口（推定）	普及率（%）
	1998	1999	1998年平均	1999年平均	2000年初頭		
Don Penh	11,538	11,954	65,767	68,135	70,965	120,121	59.1
7th January	9,437	11,894	53,791	67,796	71,147	93,835	75.8
Chamcar Morn	9,435	12,628	53,777	71,980	90,185	170,094	53.0
Toul Kork	6,726	8,536	38,338	48,655	65,476	150,344	43.6
Russey Keo	366	379	2,086	2,157	2,269	179,159	1.3
Mean Chey	48	55	274	311	382	174,280	0.2
Dang Kor			0	0	0	99,396	0.0
合計	37,550	45,445	214,033	259,034	300,424	987,229	30.4
市街部			211,673	256,566	297,774	534,394	55.7
近郊部			2,360	2,468	2,651	452,835	0.6

注：1.　推定普及人口は生活用水道接続数にプノンペン市の１世帯当り平均構成員数（5.7 人）をかけて算出。
　　2.　1999 年の推定人口は、後述の人口予測を参照。
　　3.　PPWSA 資料から推定。

４）　浄水量

プンプレック及びチャンカーモン浄水場の月別浄水量の推移を図１－１－２に示す。

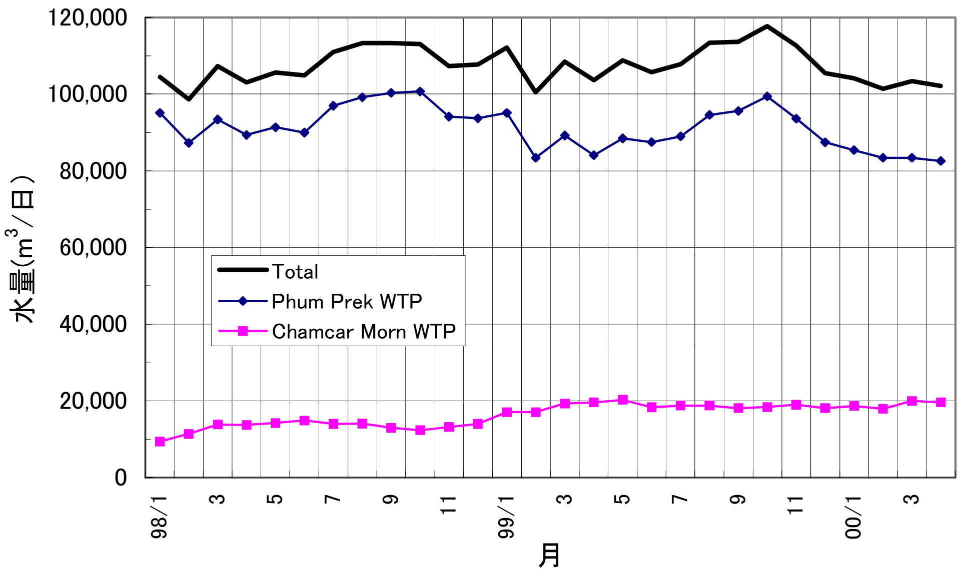


図　１ - １ - ２　PPWSA の浄水量実績

プンプレック浄水場の浄水量は１～７月の乾期に 85,000 m^3/日に減少し雨期に 100,000 m^3/日に増加する。平均は 92,000 m^3/日である。この浄水量の変動は、需要水量の変動によるものではなく､取水･導水能力の低下により乾期の Sap 川の低水位時に設計水量を導水できないことによる。

チャンカーモン浄水場の拡張工事が終了した 1999 年以降、同浄水場の浄水能力は 20,000 m^3/日となった。1999 年の年間平均日浄水生産量は約 19,000 m^3/日である。

現在、両浄水場により、年間を通して 100,000 m^3/日～120,000 m^3/日の浄水が生産され市内の水道利用者に配水されている。1998 年及び 1999 年における PPWSA の年間平均浄水量は､109,500 m^3/日及び 111,300 m^3/日であった。

チャンカーモン浄水場の給水区域は Chamcar morn 地区の一部であり、その他地域には、プンプレック浄水場から給水されている。このうち、高架水槽が位置するオリンピックスタジアム近くの地域には、プンプレック浄水場から高架水槽を通して配水している。

５）給水量

表１－１－７に 1999 年における各地区毎の年間平均有収水量を示す。総有収水量は 57,000 m^3/日、有収率は約 51%である。2000 年前半の有収率は約 62%と報告されている。

表　1 - 1 - 7　各地区毎の年間平均有収水量（1999 年）

（単位：m^3/日）

	1998 年					1999 年				
	生活	商工業	公共	Whole saler	計	生活	商工業	公共	Whole saler	計
Don Penh	9,290	4,821	3,349	365	17,825	9,854	5,330	3,755	332	19,271
7th January	5,850	2,651	582	279	9,362	7,060	2,940	697	143	10,840
Chamcar Morn	7,664	3,525	820	400	12,409	10,805	4,474	1,238	241	16,758
Toul Kork	5,096	1,675	564	240	7,575	6,213	2,158	826	268	9,465
Russey Keo	300	104	92	186	682	367	152	79	153	751
Mean Chey	52	43	0	3	98	41	52	0	2	95
Dang Kor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	28,252	12,819	5,407	1,473	47,951	34,340	15,106	6,595	1,139	57,180
%	58.9	26.7	11.3	3.1	100.0	60.1	26.4	11.5	2.0	100.0

出典：PPWSA

注：ここでの Wholesalar は、PPWSA から浄水を購入している Wholesalar のみを含む。

６）　１人１日平均生活使用水量

1998 年及び 1999 年の１人１日平均生活使用水量を表１－１－８に示す。市街部では、高級住宅地が散在する Don Penh 地区、Chamcar Morn 地区が約 150 L/人/日と高く、集合住宅が多い 7th January 地区が 100 L/人/日強と最も低くなっている。市街部の平均は 132 L/人/日である。市街近郊部の使用水量は、1998 年、1999 年で大きく変動している。これは、給水接続数が極端に少ないことによるものと考えられる。また、近郊部には貧困住民が多いため１人当りの使用水量が少ないと考えられるが、実際は大きくなっている。これは、富裕層のみが給水接続を有しているためと考えられる。

表　1 - 1 - 8　各地区毎の１人１日平均生活使用水量

L/人/日

地区	1998	1999
Don Penh	141	145
7th January	109	104
Chamcar Morn	143	150
Toul Kork	133	128
Russey Keo	144	170
Mean Chey	190	132
Dang Kor	-	-
全地区平均	132	133
市街部平均	132	132

７）　給水水質

PPWSA の水道水は浄水処理されており、一般的な用途への使用には問題ないが、給水栓では残留塩素が０となったり、細菌類が検出されるケースも存在し、WHO の飲料水水質基準を満足できない。この原因として、浄水場での不適切な浄水処理管理（特に、濁度除去及び塩素消毒過程）、老朽管からの汚染、給配水管での低水圧による汚染水の混入、利用者側の受水槽での汚染が原因としてあげられる。

８）　給水圧

市街部のごく一部、浄水場に近い地域及び高架水槽の近辺では、20 kg/cm²（水頭 20 m に相当）程度の水圧が確保されているが、プノンペン市内の多くの地域で、給水圧は、0 ～ 1.0 kg/cm² であり、未だ多くの住民が低水圧で不安定な給水を受けている。

（４）水道事業運営

水道接続者には水道メーターがほぼ 100 %設置され、コンピュータ管理された料金徴収システムにより料金請求率は着実に増加し、料金請求水量の約 92%が回収されている。有収率も、漏水制御や不法接続の減少、料金徴収方法の改善により 2000 年 3 月現在で 62 %まで改善している。今後も継続的にこれらの施策が実施され有収水量が増加する見込みである。更に、水道料金に関してもアジア開発銀行の技術協力により逓増性の水道料金システムが確立された。1,000 接続当りの職員数は 7 人とタイ等の水道事業が進んだ国々と比べても遜色のないレベルである。

PPWSA の技術者や管理員の研修も日本、フランス、タイ、マレーシア、シンガポール、ラオス、ベトナムにおいて実施され、確実に維持管理能力も向上している。上水道技術分野の過去３年間の研修実績を表１-１-９に示す。

表 １ - １-９　PPWSA の技術・管理員の研修実績（過去３年間/資金源別）

項目	JICA	WB	UNDP	SIDA	ADB	合計
管路網の維持管理	1					1
料金徴収システム		1				1
無効水量低減	4				3	7
水質	3			1		4
浄水処理	7	8	1			16

出典：PPWSA

（５）主要な問題と課題

プノンペン市の人口は年間約 5 %で急激に増加しており、これに比例して需要水量も増加しているため、供給水量の不足が年々拡大している状況にある。水道が普及していない市民は、自己水源として雨水、湖沼水、浅井戸水を未処理のまま使用したり、PPWSA から浄水を購入していない Wholesaler から未処理あるいは簡易処理しただけの不衛生な水の購入を余儀なくされている。このような不衛生な水は、PPWSA の水価格の 6 倍～23 倍で販売され、その購入者の大部分が貧困住民で占められている。

また、PPWSA の水道水は、浄水場の老朽化による水質改善能力の低下及び不適切な浄水処理管理により、WHO の水質基準を満足できないでいる。

さらに、プノンペン市の給水区域における給水圧は 0～1.0 kg/cm^2 であり、５階建てアパートの最高１階の住民にしか十分な水圧で給水できない状況である。

プノンペン市水道事業の最大の問題点は、未だ多くの市民が水道による衛生的で安定した給水を受けられないことである（未給水人口約 70 万人）。この問題を解決するためには、水道による供給能力を増強し水道給水人口を増加させる必要がある。次いで、飲料可能な水を適切な水圧で安定的に供給するために、給水水質の改善、給水圧の適正化が課題として上げられる。

上記各課題に対する PPWSA の取組み及び解決策を以下に示す。

１）　供給能力の増加

a)　浄水生産能力の増加

表１－１－１０に PPWSA の浄水場拡張計画を示す。2001 年にはチュルイチャンワール浄水場（65,000 m^3/日）、2004 年（予定）には本計画による拡張プンプレック浄水場（総供給量 150,000 m^3/日）が稼動する計画である。これにより 2005 年には、プノンペン市の浄水場の総水供給能力は現在の約 2 倍の 235,000 m^3/日に達する。

表 １-１-１０　浄水場能力拡張計画

（単位：m^3/日）

浄水場名	2000（現在）	2001	2002	2003	2004
プンプレック	100,000	100,000	100,000	100,000	**150,000**
チャンカーモーン	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
チュルイチャンワール	0	**65,000**	65,000	65,000	65,000
計	120,000	185,000	185,000	185,000	235,000

b)　配水管網の整備

<u>市街部</u>

現在、援助国・機関の協力により、市街部の配水管網の更新が行われており、Chamcar Morn 及びToul Kork 地区の一部を除いて工事が終了し、市街部全域の配水管網の敷設が 2001 年中に完了する。図１-１-３に市街部各地区における配水管網整備に協力した海外援助国・機関を示す。

<u>市街近郊部</u>

現在、ごく小地域を除いて市街近郊部において水道による給水は行われていない。今後、水道普及が必要な地域である。PPWSA は建設中のチュルイチャンワール浄水場から市街部を縦断し市街近郊部への送水管システムの構築工事に着手しており、2002 年５月に完成する予定である。更に、PPWSA は世銀、アジア開発銀行（ADB)、フランス政府に対してこの地域における配水管網の建設資金の拠出を要請しており、現在大まかな整備資金の枠組みが決まっている（図１-１-４）。

２）　水道接続数の増加

a)　一般

現在、配水管網が未整備の地域に関しては、今後、配水管網の整備と共に、PPWSA の水道接続を増加する必要がある。現在、Wholesaler からの給水が行われている地域においても、PPWSA による公共水道への敷設替えが必要である。

b)　貧困住民への水道接続の促進

PPWSA は貧困住民の給水状況を改善するために、定期的に貧民コミュニティーを巡回し、住民に水道接続を促進している。貧困住民にとっては、1 回払いの高額の接続費用が PPWSA の水道利用の最大の障害となっている。接続費用を軽減し、貧困住民の水道利用を容易にするために PPWSA は以下の方策を実施している。

- 貧困住民は、接続料金（約 US＄100）を 10 回分割で支払うことができる。
- 1 回目の支払いには、接続料金に対する付加価値税全額及び水道料金 2 ヶ月分の前払い金が必要となる。最貧困住民に対しては、フランスの NGO がこの第 1 回目の支払いを無償で供与し最貧困住民の水道接続コストの負担を緩和し接続を促進している。

世銀は、この初期投資コストに対して Revolving　Fund（回転資金）を PPWSA に融資している。

更に、PPWSA の水道は、水質、水量、価格とも Wholesaler の供給水や自己水源より優れており、

配水管網が整備され水道接続が可能となれば、貧民住民を含むほとんどの市民が水道接続を希望することは明らかである。

c) 接続数の増加実績

PPWSA は最大 90 接続/日の接続増加が可能な体制を整えている。これは、最大年間 23,400 接続数/年(週 5 日作業)に相当する。年間これだけの数の接続を定常的に実施することは困難であるが、PPWSA よると、15,000 接続数/年（85,500 人/年に相当）の接続は確実に保証できるとしている。また、1998-9 年に実施された我が国の第 2 次プノンペン市上水道整備計画（無償資金協力）の 7th January 地区の配水管更新では実際に 15,000 接続数を 1 年で完了した実績がある。従って、供給量の増加及び給水人口の急激な増加にも対応できる能力を PPWSA は有している。

３） 給水水質の向上

給水水質を向上させるためには、浄水水質の向上及び給配水管での汚染を防止する必要がある。市街部の給配水管は全て更新される予定であり配水管内での汚染の可能性は減少する見込みである。従って、給水水質の向上には、浄水場での水質管理が重要である。

４） 給水圧の適正化

一般に 2 階まで直接給水するためには 1.5～2.0 kg/cm^2 の給水圧が必要とされている。市内には、5 階建てのアパートが多く存在し、ここに直結給水を行うためには、給水区域内で 2.5～3.0 kg/cm^2 の給水圧が必要である。既存浄水場における配水ポンプの増圧が必要である。

PHNOM PENH WATER SUPPLY PROJECTION
1993-2001

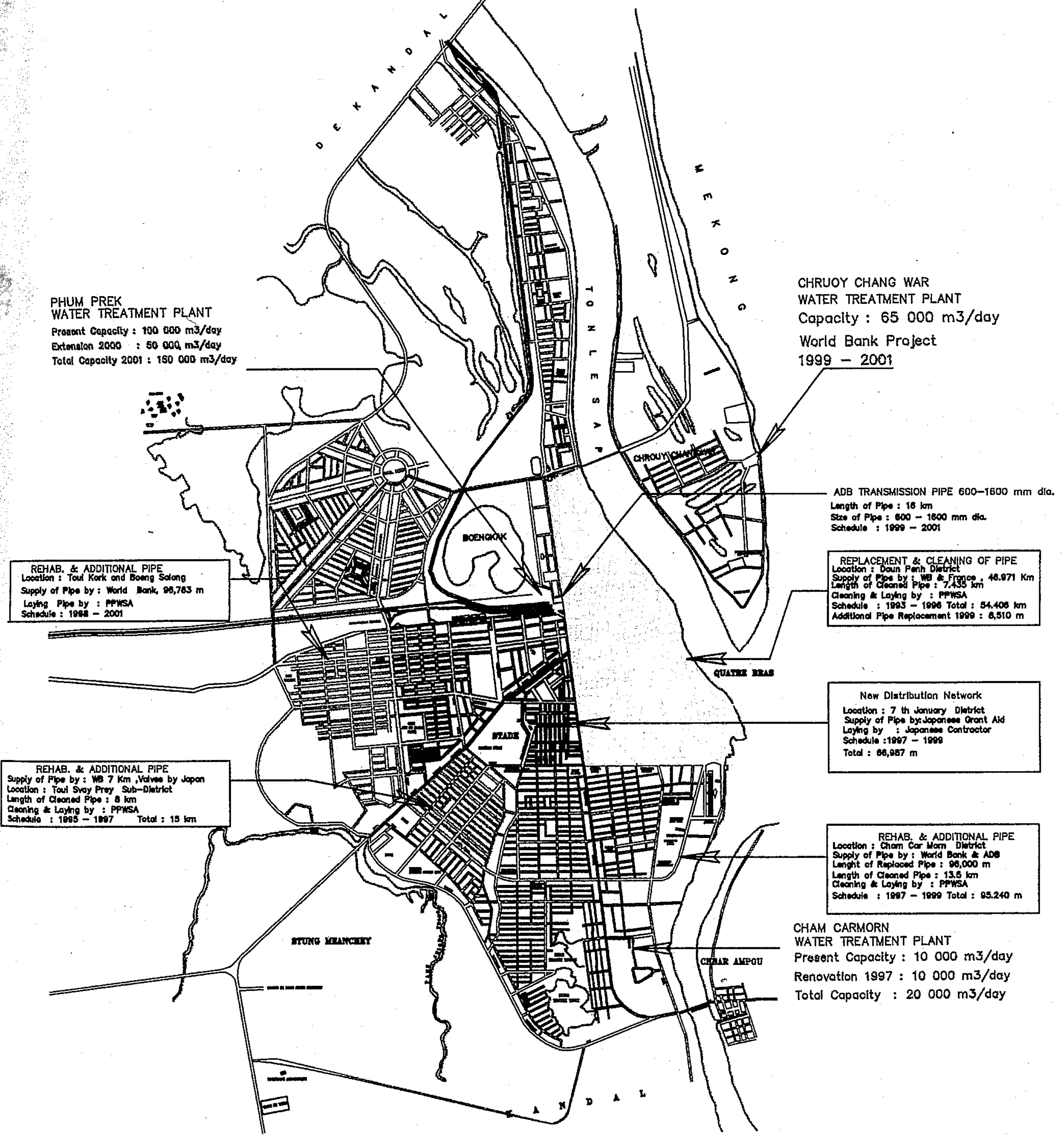


図 1-1-3 市街部各地区における援助国・機関の配水管網整備の協力内容

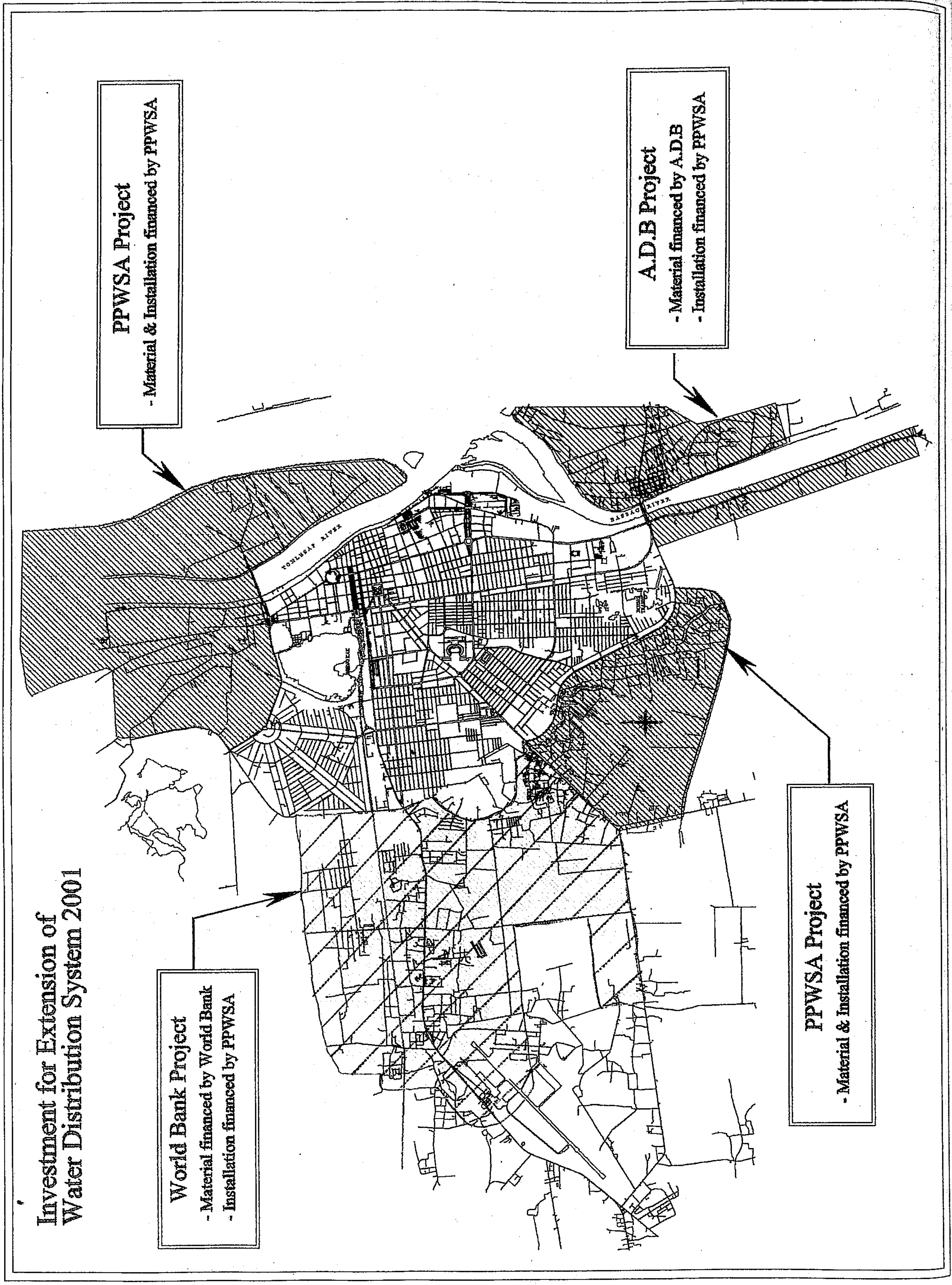


図 1-1-4 援助国・機関による市街近郊部における配水管網整備協力内容（予定）

１－１－３　社会経済状況

（１）　「カ」国概況

第１次国家開発計画(1996～2000 年)の最重要目標は､貧困減少及びそのための人材開発である。主要な第１次国家開発計画の要素を以下に列挙する。

- 貧困緩和
- 社会サービスの普及、特に女性や社会的弱者
- マクロ経済の安定
- 行政、司法制度の改革
- 物理インフラ投資と整備、特に農村道路
- 人材開発と市場経済への取込み
- 経済生産基盤の開発
- 雇用の創出
- 自然資源の持続可能な利用
- 「カ」国経済の地域、地球規模経済への融合

「カ」国経済は、復興開始以降、GDP 成長率 4.0～7.6 %で順調に成長を遂げてきたが、1997 年の政治危機による混乱の影響を受け 1997 年～1998 年に一時成長が 1.0 %に鈍化した。しかし、米の豊作、観光客と衣類輸出の増加により､経済は好転し､1999 年の GDP 成長率は 4.0%に回復した。1999 年の１人当り GDP は 268 US$、世帯当り平均月収入は 106 US$であった。

産業構造としては､農林水産部門が GDP の 35%､労働人口の 80%を占めている。工業部門は､GDP の 20 %、労働人口の 5 %を占めるのみであるが「カ」国の成長分野で、特に、プノンペン市内に集中する繊維業が最大の成長分野となっている。サービス部門は GDP の 45 %、労働人口の 15 %を占める。この部門は、輸送、通信、観光客の拡大により 1992～96 年に大きく発展し、1997 年の政治危機による国内の混乱により大きなダメージを受けたが､政治的安定の回復に伴い､現在､サービス部門の成長は回復しつつある。

1999 年の国内通貨「Riel」のドル交換レートは、１US＄＝3,800～3,900 であった。「カ」国経済は極度に US ドルに支配されているため、ドル交換レートの変化は直接、国内の消費者物価指数（CPI)に影響を与える。1999 年後半にかけてドル交換レートが安定していたため､4/4 期には CPI の増加率（インフレ率）は 0%であった。

1997/1998 年の国家歳入は、8,810/9,180 億 Riel でった。1999 年初に付加価値税が導入されたことにより､その歳入は急激に増加し$13,210 億 Riel となった｡歳出は 1997/1998 年に､約１兆 3000 億 Riel であったが、1999 年には１兆 7,910 億 Riel に増加した。1997～1999 年の財政赤字はそれぞれ、4,380、3,790、4,750 億 Riel であり、海外資本調達額（Foreign Financing)は、4,890、2,690、4,180 億 Riel であった。最大の歳出項目は国防･治安維持費で全歳出の 43 %を占める。

1999 年の海外援助額は前年から 7.51 %減少し、US＄400 百万であった。その内、無償資金援助が US＄309 百万､有償資金協力が US$89 百万であった。また､多国間が US$153 百万､二国間が US$192

百万、NGO が US$55 百万であった。我が国は、US$89 百万を拠出し、多国間・二国間を含めてトップドナーとなっている。

（２）調査対象地域

１）概要

プノンペン市は「カ」国の首都であり、市街部（中央地区）と市街近郊部に分かれ、更に 7 地域に分割される。市の総面積は 284.4 ㎞^{2}、その内市街部が約 10%の 28.7 ㎞^{2} を占める。市街部は、計画的に整備された地域であり、ホテルや官公庁、4～5 階建てアパートが建ち並んでいる。また、200～300 の貧困コミュニティーが存在する。市街近郊部は、農地が中心で全体的に貧困住民が多く住む。紡績工場等の労働集約的な工業も市内～空港を結ぶ道路沿いに発展している。

２）人口

センサス人口及びプノンペン市の人口統計等による地域別人口分布を表１－１－１１に示す。

表 １ - １ - １１　過去の人口及び人口密度

	面積 (km^{2})	1992年 市統計人口	1994年 PPWSA 推定人口	1998 市統計人口	1998年 市統計人口 密度 （人/ha）	1998年 センサス 人口
市街部（Urban)						
Doun Penh	7.60	106,907	118,344	118,501	156	131,913
7th January	2.35	87,840	97,238	92,771	395	96,192
Chamcar Morn	9.50	111,301	123,209	162,565	171	187,082
Tuol Kork	9.25	96,022	106,295	141,838	153	154,968
小計	28.70	402,070	445,086	515,675	180	570,155
市街近郊部（Sub-urban)						
Rusey Keo	99.06	120,108	132,958	168,515	17	180,076
Dang Kor	112.67	63,381	70,162	92,978	8	92,461
Mean Chey	44.00	97,377	107,795	159,599	36	157,112
小計	255.73	280,866	310,914	421,092	16	429,649
合計	284.43	682,936	756,000	936,767	33	999,804

出典：General Population Census of Cambodia 1998, PPWSA
注：1994 年の推定値は 1992 年の人口と年間平均人口増加率 5.51%で推定した人口。

1998 年のセンサス人口は、999,804 人であるが、ホームレス、ボート浮遊者等の非世帯人口を除くと、950,542 人である。本計画ではプノンペン市の人口として、データが細かく信頼性が高い市人口統計を採用した。それによると、市街部で 516 千人、市街近郊部で 421 千人、総人口 937

千人となっている。これは、「カ」国の総人口の約 8 %に相当し、全都市人口の 32%に相当する。1 世帯当たりの家族構成員数は、プノンペン市で約 5.7 人となっている。1998 年の人口密度は市街部が 180 人/ha、市街近郊部が 16 人/ha、市全体では 33 人/ha となっている。55 %の人口が市面積の 10 %を占める市街部に居住している。

1992-98 年におけるプノンペン市の年平均人口増加率を表１-１-１２に示す。

表 １-１-１２　年平均人口増加率

	年平均人口増加率 (92-98年)
Don Penh	1.73
7th January	0.91
Chamcar Morn	6.52
Toul Kork	6.72
Russey Keo	5.81
Dang Kor	6.60
Mean Chey	8.58
全プノンペン市	5.41
市街部 (Urban)	4.23
市街近郊部 (Suburban)	6.98
全国(2000年推定)	2.3

出典：General Population Census of Cambodia 1998
全国は World Fact Book

1992 年から 1998 年におけるプノンペン市の年平均人口増加率は「カ」国全国平均（2.3%）を大きく上回り、約 5.5%となっている。市街部が年率 4.23%、市街近郊部が 6.98%で増加した。

プノンペン市の年齢別人口動態は、ピラミット型に近く、24 歳以下の人口が約 55%を占める若い人口構成となっている。今後も大きな人口増加が見込まれる。

市の移動人口比率は 73.4%であり、現在のプノンペン市人口の 73.4%が他地域から移住してきた人口である。移動人口比率は市街部で 79.2%、市街近郊部で 65.6%となっている。今後、移動増が安定した場合、人口増加率が減少する可能性がある。

表１-１-１３にプノンペン市の出生率、死亡率、出生時平均余命を「カ」国全体と共に示す。出生率は「カ」国平均の約 70%であるが、乳幼児死亡率は「カ」国全体の半分、学童死亡率は 3 分 2、出生時平均余命は約 10 歳高い。これらの要因が、市の出生率が他地域に比較して低いにもかかわらず、人口増加率が大きくなっている原因の一つとなっている。

表 １ - １ - １３　プノンペン市の出生率、死亡率、出生時平均余命

	プノンペン市	「カ」国平均	都市部	農村部
出生率	3.74	5.30	4.42	5.47
乳幼児死亡率	44	80	65	82
出生時平均余命	65.7	56.3	60.0	55.8

出典：General Population Census of Cambodia 1998
注：出生率は女性１人が生涯に生む子供の人数
　　死亡率は 1000 出生児当り

４）　世帯統計

表１－１－１４に「カ」国の世帯当り月平均収入を示す。プノンペン市の世帯当りの月平均収入は約 300 US$、１人当りの月平均所得は 57.6 US＄であり、「カ」国全体の約 3 倍に相当する。また、プノンペン市は貧所得格差が比較的大きく、上位 10 %の人口が市の全世帯収入の 32.4 %の収入を獲得し、下位 50%の人口が全世帯収入の約 4 分の 1 を獲得するのみである。

表 １ - １ - １４　月平均収入（1999 年）

（単位：US＄）

地域	１世帯当り	１人当り
カンボディア	105.72	20.80
プノンペン市	298.70	57.61
他の都市部	135.00	25.82
農村	82.37	16.42

出典：Cambodia Socio-Economic Survey 1999, NIS, MP, Phnom Penh

1999 年の Cambodia Socio-Economic Survey の結果による飲料水源別の世帯数を表１－１－１５に示す。これによると、水道による給水が 45.4%と最も多く、次いで、給水車等からの買水が 31.5%となっている。

表 １－1-１５　1999 年における飲料水源別の世帯数

水源	世帯数	比率　(%)
水道	78,909	45.4
公共栓	4,972	2.9
井戸	13,911	8.0
衛生浅井戸（保全あり）	11,086	6.4
浅井戸（保全無し）	619	0.4
池、河川	8,636	5.0
雨水	-	
給水車等買水	54,836	31.5
その他	847	0.5
合計	173,816	100.0

出典：Cambodia Socio-Economic Survey 1999, NIS, MP, Phnom Penh
調査団注：水道には PPWSA の水道及び Wholesaler からの給水を含むと考えられる。

３）　産業

2000 年現在、市内には 233 の工場が立地している。これは「カ」国の総工場数 309 の 75.40%を占める。工場の 80%は市街近郊部に立地し、80%が衣類関係の工場となっている。総工場従業員数は 100 千人であり、その内、95%が衣類関係の工場の従業員である。

１－２　無償資金協力要請の概要

プノンペン市の上水道施設は長期にわたる内戦等の混乱の中で、施設の破壊、維持管理の放置により、施設は著しく老朽化し、市内の給水状況は極度に悪化していた。1991 年のパリ合意の結果、我が国を始め海外援助国・機関がプノンペン市の水道事業の復興支援を開始した。

1993 年、我が国は、同市の上水道機能の回復を目的とした開発調査「プノンペン市上水道整備計画」を実施し、2010 年を目標年次とした水道マスタープランを作成した。マスタープランでは緊急に実施すべきプロジェクトを取りまとめた緊急改修計画（URW)が策定された。この両計画に基づき現在までプノンペン市の水道整備が実施されている。

1994 年に始まった我が国による無償資金協力事業第１次プノンペン市上水道改善計画では、緊急改修計画の一部が取り上げられ、1996 年にプンプレック浄水場の浄水生産能力が 56,000 ㎥/日から 100,000 ㎥/日に回復した。

その後、第 2 次プノンペン市上水道改善計画が実施され、市内 7th January 地区及び Toul Kork 地区の一部の配水管網の更新が行われ 1999 年 2 月に完了した。同様に、他の海外援助国・機関及び PPWSA 独自により市内の配水管網の整備が行われている。

「カ」国政府は、プノンペン市の給水状況を改善するため、上位計画により供給量の増加、普及率の改善等を掲げ、他の海外援助国・機関からも積極的に援助を受けている。ただし、供給能力の増加に対しては未だ不十分なため、今回、我が国に無償資金協力の要請がなされた。

「カ」国政府から要請された無償資金協力（プンプレック浄水場拡張計画）は、プノンペン市の水道普及人口を増加させるためにプンプレック浄水場を拡張すること、並びに住民に対して衛生的な水を安定して供給するために、既存浄水場を改修/改善し浄水水質の改善及び給水圧の適正化を行うことを目的としている。

無償資金協力の要請内容は、表１-２-１に示すとおりであり、市の上水道マスタープラン内の緊急改修計画に含まれていたプンプレック浄水場の拡張（50,000 ㎥/日）、取水施設の改善、導水管及び配水池（10,000 ㎥）の新設である。その後、「カ」国政府は国際協力事業団（JICA)から派遣された B/D 調査団に対して、当初要請の変更を要請した。

表 1-2-1 「カ」国からの要請内容

要請施設/設備	原要請内容（要請書）	B/D 現地調査時における変更要請内容
取水施設	• 取水施設の改善	• 取水ポンプ（2200 m^3/時）3台の更新 • 浄水場拡張用取水ポンプ（2200 m^3/時）2台の新設
導水施設	• 導水管（φ700mm x 1.5 km）新設	• 導水管（φ1200mm x 1.5 km）新設
浄水施設	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 m^3/日分）	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 m^3/日分）
薬品施設	• 薬品注入施設の新設（50,000 m^3/日）	• 薬品注入施設の新設（150,000 m^3/日） • 水質分析室及び機器の拡充
配水池	• 10,000 m^3 新設	• 10,000 m^3 新設（合計貯水時間 5.1 時間分）
配水ポンプ	• 配水ポンプ1台新設	• 配水ポンプ（2100 m^3/時）3台更新 • 配水ポンプ（1050 m^3/時）1台新設

注：B/D 要請内容に係わる PPWSA が示した優先順位は以下の通りである。

- 第1優先順位：拡張施設/設備（取水ポンプ2台新設、導水管、浄水施設、薬品注入施設、配水ポンプ1台）及び改修として配水ポンプ3台更新
- 第2優先順位：既存取水ポンプ3台の更新

１－３　我が国の援助動向

我が国によるプノンペン市水道事業に対する協力内容を表１-３-１に示す。1993 年には上水道マスタープラン作成のための開発調査を実施した。その後、そのマスタープラン内の 2 事業に対して無償資金協力を実施した。

表　１－３-１　プノンペン市水道事業に対する我が国による事業協力

調査名	年	供与限度額	内容
プノンペン市上水道整備計画（開発調査）	1993	-	プノンペン市上水道マスタープラン・緊急改修計画の作成
プノンペン市上水道整備計画（無償資金協力）	1993～94	27.51 億円	プンプレック浄水場（100,000 ㎥/日）改修、配水池（10,000 ㎥）の新設、配水ポンプ及び高架水槽の改修
第 2 次プノンペン市上水道整備計画（無償資金協力）	1997～99	21.54 億円	プノンペン市中心部 7th January 及び Toul Kork 地区の一部の配水管網の整備（67 km）

我が国の専門家派遣による協力内容を表１-３-２に示す。我が国から上水道施設維持管理短期専門家が 3 名、タイ国から第 3 国水質分析・管理専門家が 2 名派遣及び JOCV から水質検査担当の団員が派遣された。

表　１－３-２　プノンペン市水道事業に対する我が国の専門家派遣協力

専門分類	指導内容	派遣期間
JICA 短期専門家	上水道施設維持管理（配水システム）	1999.4.8 ～ 1999.10.7
JICA 短期専門家	上水道施設維持管理（機械設備）	1999.9.8 ～ 2000.3.7
JICA 短期専門家	上水道施設維持管理（電気設備）	2000.5.23 ～ 2001.2.22
JOCV	水質検査	1998.10 ～ 2000.10
JICA 第 3 国専門家（タイ国）	水質分析･管理（浄水プロセス管理）	1998 ～ 1999
JICA 第 3 国専門家（タイ国）	水質分析･管理（主に水中微生物）	2000 ～ 2000.10

我が国は、以下とおり PPWSA から 15 名の研修員を受け入れトレーニングを行った。

- 管路網の維持管理：1 名
- 無効水量低減：4 名
- 水質：3 名
- 浄水処理：7 名

１－４　他援助国・機関の援助動向

プノンペン市水道事業に対する主要な援助機関は、我が国、フランス、UNDP、World Bank（世銀）及び Asian Development Bank（ADB）である。1993 年から現在までに実施済み及び現在実施中の主要な協力内容を表１－４－１及び表１－４－２、全協力プロジェクトを付属資料に示す。これらのプロジェクトは、市街地を中心として実施されてきた。

表　１－４-１　主要な水道プロジェクト

項目	内容	実施時期	資金源	金額
（１）浄水場				
Phum Prek	•浄水場の改修 浄水能力 54,000 m^3/日から 100,000 m^3/日に機能回復	1993～1994	日本政府無償	27.51 億円
Chamcar Morn	•浄水場ろ過池改修	1993～1994 年	ﾌﾗﾝｽ無償	US$3,260,000
Chamcar Morn	•浄水場拡張･改修 (10,000 m^3/日)	1996～1997 年	ﾌﾗﾝｽ無償、自己資金	US$5,300,000
（２）送水管				
市内送水管システム	•市内の送水本管の整備(16km)	1999～2001 年 12 月	ADB ﾛｰﾝ	US$12,200,000
（３）配水管網				
7th January 及び Toul Kork の一部	•配水管整備(67km) •水道メーター	1997 年～1999 年 3 月	日本政府無償	21.54 億円
Toul Kork, Boeng Salang	•配水管整備(97km)	1999～1999 年 12 月	世銀ﾛｰﾝ 自己資金	US$2,820,000
Chamcar Morn	•配水管整備(60km)	1997 年～1999 年 1 月	ADB・世銀ﾛｰﾝ、自己資金	US$2,270,000
Don Penh	•配水管整備(55km)	1993～1996 年 4 月	ﾌﾗﾝｽ無償、自己資金	US$4,907,000

表　１－４-２　現在進行中の主要な水道プロジェクト

プロジェクト	援助機関	状況
1.　チュルイチャンワール浄水場新設 65,000 m^3/日	世銀	建設中：2001 年 10 月完成見込み
2.　市内送水管システム新設	ADB	建設業者選定が終了：2002 年 5 月完成予定
3.　市街部配水管網更新	ADB、世銀	2001 年初頭に完成予定
4.　市街近郊部配水管網整備	ADB、世銀、フランス	一部ローン契約締結済み:PPWSA の計画では 2005 年完成予定

上記１～3 のプロジェクトは、本計画完工時までには終了している。市街近郊部の配水管網の整備プロジェクトも 2001 年から整備が始まる予定であり、PPWSA が予定しているプンプレック浄水

場及びチュルイチャンワール浄水場の浄水能力の増強に見合う送配水施設の整備が他海外援助国・機関の融資及び PPWSA の自助努力により円滑に実施される予定である。

既往のプロジェクトの実施により、市街地部の配水管網の整備が完了する。今後は海外援助国・機関の協力を得て、市街近郊部の配水管網の整備が重点的に実施される予定である。前述図１－１－３に市街近郊部の配水管網の整備計画を示した。

第2章

プロジェクトを取巻く状況

第２章　プロジェクトを取巻く状況

２‐１　プロジェクトの実施体制

２‐１‐１　組織・人員

プノンペン市の水道事業の歴史は、1895 年のフランス植民地時代にさかのぼることができる。その後、1960 年の独立と共に水道事業はプノンペン市の水道局の管轄となった。クメールルージュ時代には水道事業は放棄されたが、1992 年の内戦終了と共に本格的な水道事業の復興が始まった。1996 年にはプノンペン水道公社（PPWSA）となり財務と運営の自治が確立された。

本計画の実施及び計画終了後の施設の運営・維持管理はプノンペン上下水道公社(PPWSA)が行う。図２－１－１にカンボディア王国政府と PPWSA の関係を示す。PPWSA は組織的にはプノンペン市政府下に属するが、財務的には独立した独立運営体である。

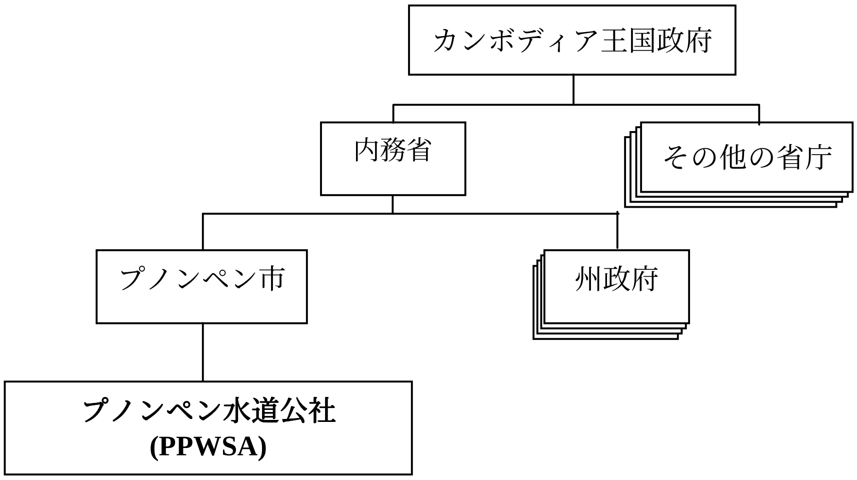


図　２‐１‐１　PPWSA とカンボディア政府組織との関係

1997 年 8 月よりプノンペン市の中に PPWSA の課題の解決、将来計画等を討議し、重要な経営方針等を決定するための PPWSA の理事会（Board of Director）が設置された。理事会は７名の委員会から構成されており、プノンペン市長が理事長を務めている。PPWSA 理事会の構成員は以下の通りである。

1- The Governor of the Capital Phnom Penh プノンペン市長
2- The Representative of Ministry of Economic and Finance 経済・財政省代表
3- The Representative of Ministry of Interior 内務省代表
4- The Representative of Ministry of Industry, Mine and Energy 鉱工業・エネルギー省代表

5- The Representative of Ministry of Public Works and Transport 公共事業・運輸省代表
6- The Representative of Phnom Penh Water Supply Authority Employee,（水道公社職員代表）
7- The General Director of Phnom Penh Water Supply Authority（水道公社総裁）

図２－１－２に PPWSA の組織図を示す。PPWSA は技術・計画部、浄水・給水部、営業部、管理・人事部、財務部の 5 部門からなり、2000 年 7 月現在の職員総数は 408 名である。

本計画の実施は、PPWSA 内の技術・プロジェクト部（Department of Technical and Project）が中心となって行う。技術・計画部にはプロジェクト管理部門及び設計部門がある。本計画施設の維持管理運転は浄水・配水部のプンプレック浄水場部門が担当する。

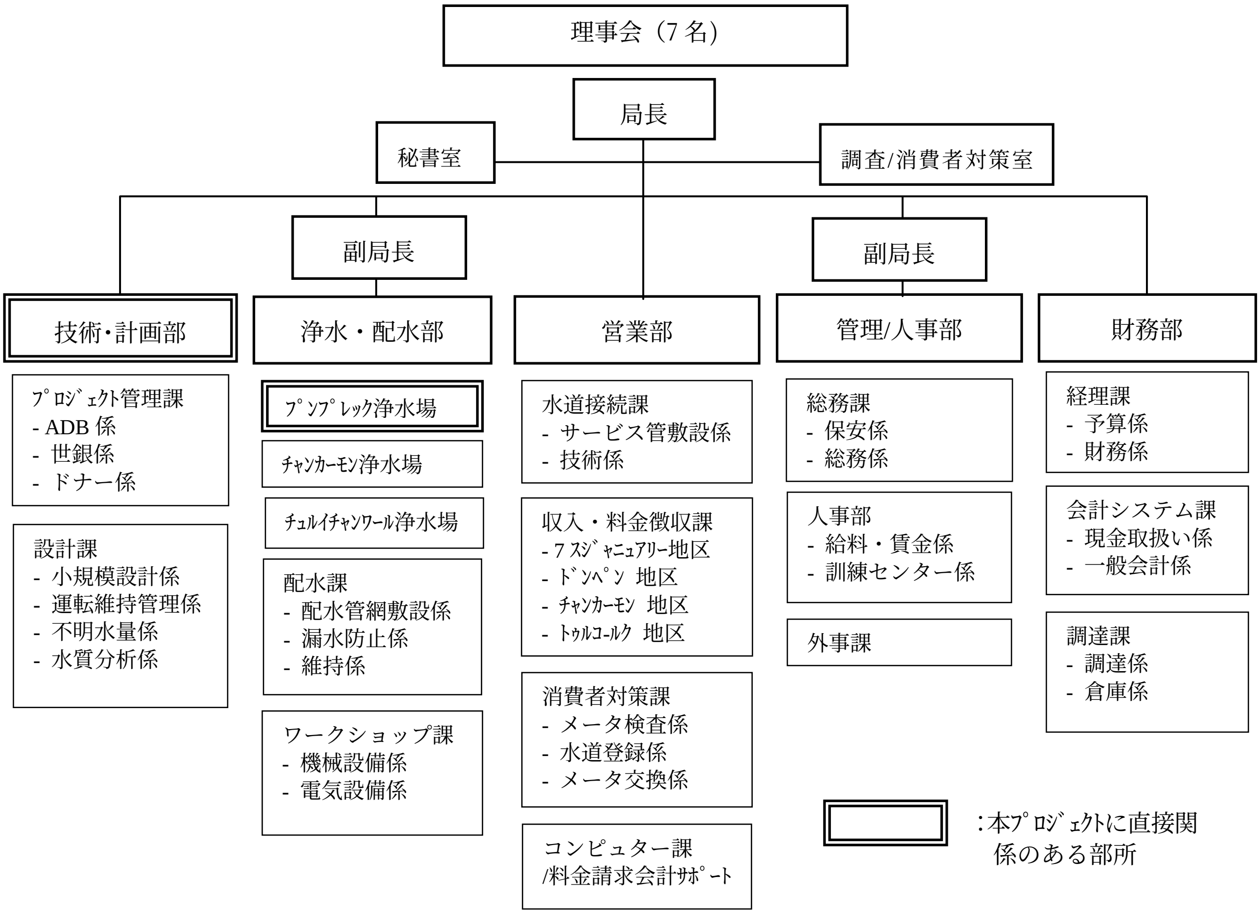


図 ２－１-２　PPWSA（プノンペン水道公社）の組織

２‐１‐２　財政・予算

（１）運営・維持管理

PPWSAの浄水能力は1975年時点で150,000㎥/日であったが、内戦終了後の1992年には63,000㎥/日と大きく低下していた。配水管網からの漏水は50 %を超え、給水件数は26,881で（メータ設置数12.6 %）、そのうち60 %以上が料金未払いで、徴収された水道料金では維持管理費の50 %しかカバー出来ない状態だった（History and 5 years Development Plan, 1996 PPWSA）。

2000年3月現在、国際援助及びPPWSAの自助努力により浄水場能力は120,000 m^3/日に回復し、61,790件の給水件数となり、そのうちの99.5%はメータが設置されている。有収率は61.7%で、回収率（水量ベース）は91.7 %である。公共用水の回収率が49 %と悪く、公共用水を除くと100 %の回収率となっている。

PPWSAの経営目標を以下に示す。

１）水需要量に対する給水量の確保と良質な飲料水（WHO水質基準の遵守）の供給
２）水道施設の拡張と改良
３）適正な財政運営
４）適正な資産運用
５）人材開発の促進
６）PPWSA理事会、カンボディア政府、WB、ADB等国際援助機関との連携
７）需要者、特に貧困コミュニティーへの水供給

（２）　財務・予算

PPWSA はプノンペン市に属するが、財政的には独立した運営主体である。本計画の実施に関わる予算及び本計画完了後の事業の運営及び維持管理に関わる予算についてはPPWSAが予算処置を施す必要がある。

PPWSA は一般に経営状態を表すのに用いられている財務諸表及び各種運営指標（有収率、給水原価等）を作成し運営状況を正確に把握している。PPWSA の過去3年間の収支決算は表２－１－１に示されるとおりである。それによると、PPWSA は過去3年間、政府からの補助を全く受けておらずかつ黒字を計上している。1999年における黒字額は1,516百万Riel（約US$400,000に相当）となっている。1999年の営業収入は、1997年の約60 %増加した。また借用資金原資及び支払い利息の積みたても行っており財務的に優良事業体である。

表 ２－１-１　PPWSA の損益計算書

（単位：1000Riel）

	項目	1997	1998	1999
I	営業収益			
1	給水収益	10,758,626	12,636,411	15,654,638
2	水道接続料収入	814,812	2,309,870	2,141,647
3	その他の営業収入	1,218,094	2,414,898	2,451,237
	営業収益合計	**12,791,532**	**17,361,179**	**20,247,522**
II	営業費用			
01	給料	726,513	1,457,704	1,326,394
02	受託工事費	226,508	1,393,962	900,199
03	維持費	293,463	472,157	305,197
04	車両費	22,755	79,234	181,603
05	薬品費	635,493	798,112	932,099
06	電力費	3,260,573	3,498,169	3,784,061
07	管理費	166,812	354,038	481,754
08	その他の給料	510,515	574,974	231,492
09	資産償却	1,783,012	507,147	4,446
10	その他の営業費用	303,907	318,996	262,717
	営業費用合計	**7,929,551**	**9,454,493**	**8,409,962**
	純収益（減価償却前）	**4,861,981**	**7,906,686**	**11,837,560**
11	貸倒金			160,085
12	減価償却費	3,618,796	6,432,581	8,294,755
	純収益（支払い利息前）	**1,243,185**	**1,474,105**	**3,542,805**
13	売上税		209,254	
14	支払い利息		331,327	1,212,299
	全費用	**11,548,347**	**16,427,655**	**18,077,101**
	純収益（収入税前）	**1,243,185**	**933,524**	**2,170,421**
15	収入税		202,348	434,084
	経常利益	**1,243,185**	**731,176**	**1,736,337**

１US＄＝3,850 Riel

（３）水道料金

PPWSA の水道料金は表２－１－２に示すような従量制の料金制度となっている。商業・工業、

Wholesalerの水道料金は生活用に比べて割高になっている。供給単価（年間給水収益／年間総有収水量）は767 Riel/m^3、給水単価（年間営業費用収益／年間総有収水量）は886 Riel/m^{3}であり、商業・工業及びWholesalerの水道料金は940 Riel/m^{3}以上であり、供給単価より高めに設定されている。一方、30 m^3/月以下の生活用水量の使用者の水道料金は620 Riel/m^{3}であり、供給単価以下となっている。

表 2 - 1 - 2　PPWSAの水道料金

項目	水道料金	
	使用水量 (m^3/月)	料金 (Riel/m^3)
生活用水	0-15 16-30 31-100 101 以上	300 620 940 1,260
官公庁用水	一律	940
商業、工業、Wholesalers	0-100 101-200 201-500 501 以上	940 1,260 1,580 1,900

2000年8月に電気料金が値上げとなった。これにより、今後、水道コストが増加するため水道料金の値上げが見込まれている。非公式な情報であるが、生活用水の最低料金が300 Rielから550～600 Rielに値上げされる予定である。

Wholesalerが小売で売る水道料金は、その水源によるが、一般に2000～8000 Riel/m^{3}で販売されている。これはPPWSAの水道料金の6倍～23倍に相当する。Wholesalerの水購入者の大部分は貧困住民で占められている。

２ - １ - ３　技術水準

表２－１－３にPPWSAの専門別経験年数別職員数を示す。事務職には経験年数の多い人材が多いが、技術職には経験年齢10年以下の人材がほとんどを占める。今後、これらの若い技術職員のトレーニングが必要となる。

表 2-1-3　PPWSA 職員の職種・職歴年数内訳

職種		職歴年数		
		0 ～ 10 年	10 ～ 20 年	20 年以上
Clerical (事務)	Staff	11	8	
	Tradesman	75	105	52
	Unskill	10		
Technical (技術)	Civil engineer	7		
	Mechanical engineer	15		
	Electrical engineer			2
	Chemist	8		
	Biologist	0		
	Others	5	3	
Manual (一般)	Technician	18	3	
	Worker	15	6	
	Meter reader			
	Bill collector	25	16	
	Others	17	7	
合計		206	148	54

本計画施設であるプンプレック浄水場の維持管理を担当する人員数は現在 32 名であり、その内訳を表２－１－４に示す。技術・プロジェクト部内の水質検査課はプンプレック浄水場を含む市内全体の水質検査及び薬品注入量の決定を行っている。また、必要に応じて地方水道の水質検査を実施している。技術・プロジェクト部の維持管理部門も浄水場の浄水処理管理に関与している。

浄水場の要員・技術レベルの課題は以下の 3 点があげられる。

１）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る。

２）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、浄水処理担当の技師が必要であるが、プンプレック浄水場には現在、担当する技師がいない。

３）浄水水質改善のためには、浄水処理担当技師に加えて、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。）

表 2 - 1 - 4　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	職員数
1.　プンプレック浄水場	
1.1　場長	1
1.2　維持管理	
機械技師（副場長）	1
電気技能者	2
機械技能者	1
技能工	3
1.3　運転管理（4 シフト交代勤務）	
責任者	4
制御室オペレーター	4
薬品注入運転	4
沈澱池・ろ過池運転	4
浄水ポンプ運転	4
取水ポンプ運転	4
車両、守衛、その他	3
計	**32**
2.　技術部	
2.1　水質管理（化学、生物）	2
2.2　維持管理（浄水処理）	1
合計	35

２ - １ - ４　プンプレック浄水場の既存の施設・機材

（１）　既存施設の概要

a）浄水場システム

図２－１－３に既存プンプレック浄水場システムの模式図を示す。Sap 川からポンプで取水された原水は、2 条の導水管により浄水場着水井に導水される。その後、原水は急速及び緩速攪拌されフロック形成が行われ薬品沈澱池でフロック化された濁質の沈澱除去が行われる。その後、沈澱水は急速ろ過池で微少な濁質が除去される。ろ過水は塩素消毒が施され浄水となり配水池に貯水され、ポンプで市内へ送配水される。

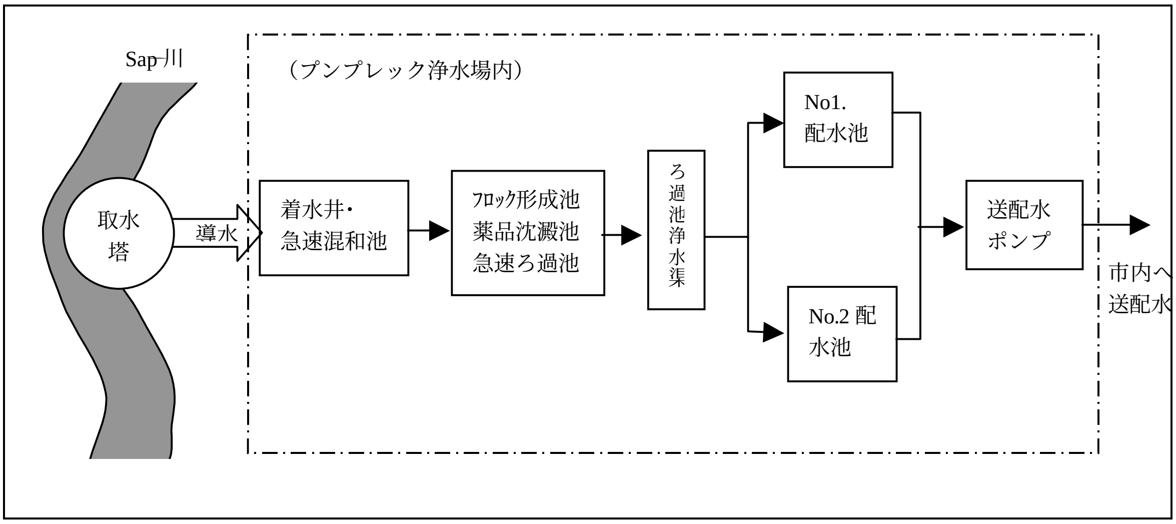


図 2-1-3 既存プンプレック浄水場システム（100,000 m³/日）

b）浄水量

プンプレック浄水場の原水量及び浄水生産量を図２－１－４に示す。1998 年の日平均浄水量は 96,100 m³/日、1999 年には 92,400 m³/日となっている。原水量を測定する水量計がないため原水量は測定されていない。PPWSA は、原水量を浄水生産量の約 105%として算出している。

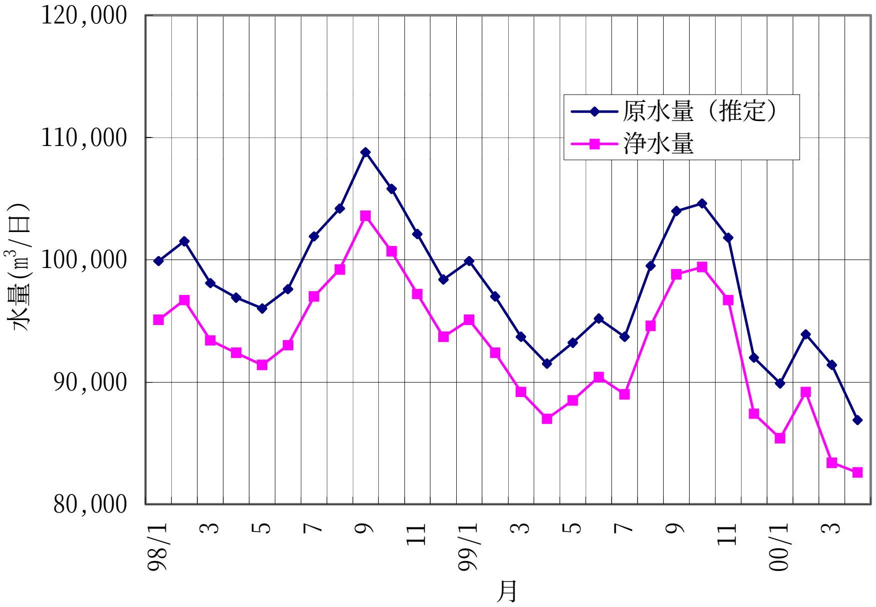


図 2-1-4 プンプレック浄水場原水量及び浄水量実績

（２）各施設内容及び問題点

プンプレック浄水場の既存施設及び設備の内容及び問題点を表２－１－５(a)～(e)にまとめた。

表 ２ - １ - ５　各施設内容・状況及び必要な対策

（a）取水施設（Sap 川）

既存施設	既存施設の内容	設置年	問題点
取水塔	RC 造り 下部構造 内径 4.95 m × 深さ 11.60 m 上部構造 10.0m × 11.0m × 高さ 8.7 m	1966	
取水ゲート	高さ 1.0m×幅 1.0m ４基（内２基　6 月～10 月 雨期 取水用 ２基 11 月～ 5 月 乾期 取水用） ロッドφ50 mm （13.42 m － ２本、7.16 m － ２本）	1966	ゲート以外の開閉台、ロッドは使用不可能である。
取水ポンプ	立型斜流ポンプ ３台（内１台予備） 口径 ；500 mm 流量 ；2,200 m³/時 総揚程 ；21.0 m モーター ；50 Hz, 3,000 V, 18.5 kw インペラー材質 ；ブロンズ(青銅) 附属品 ；φ700 mm 逆支弁 (各ポンプ１台当り)φ700 mm 手動仕切弁	1989	ポンプ取替後 10 年間が経過している。インペラーがブロンズ製のため、約 4～5 年後には耐用年数を越える。
電動天井走行クレーン	吊り上げ容量 ；6.0 ton H 鋼 ；440 × 300 mm 走行 ；10.0 m 横行 ；8.0 m スパン ；10.0 m 吊り上げ高 ；5.0 m		走行・横行は可能であるが、吊り上げ機がスリップするため、ポンプの吊り上げ、吊り下げ時に危険な状態である。
アクセスブリッジ	鋼トラス橋 スパン ；42 m × 幅 4.0m 管主桁 ；φ900 mm × ２条	1966	アクセスブリッジと取水塔の取り付け部が不安定である。
エアーベッセル	容量 ；15 m³／ﾀﾝｸ ×2 ﾀﾝｸ 圧力 ；5.0 kg/cm²	1966	Sap 川の洪水時に、室内の水位が上昇し、タンクが半分程水没するため、タンクの下部の腐食が著しく、圧力容器として使用に問題あり。
空気弁	；φ65 mm		作動していない。

（b）導水施設

既存施設	既存施設の内容	設置年	問題点
原水導水管	普通鋳鉄管；φ700 mm × ２条 L1 = 1,270 m × １条、 L2 = 1,214 m × １条	1958 1966	L1 管路の一部は 1958 年に布設され、残りの部分及び L2 管路は 1966 年に布設されたが、管の内面はモルタルライニングが行われていないため、錆の発生が著しく、また、土砂の付着・沈殿が多く、管内流速係数が C = 70～80 に達している。

（c）浄水施設

既存施設	既存施設の内容	設置年	問題点
着水井	RC造り、1池 幅4.50 m × 長さ5.75 m × 水深4.74 m = 123 m^3 排泥弁　　　；φ100 mm　1基 越流堰　　　；L = 4.0 m　　1式	1966	
薬品 急速攪拌池	RC造り、2池 幅2.80 m × 長さ2.95 m × 水深2.23 m = 18.5 m^3／池 流入ゲート　；幅1.0 m × 高さ1.0 m、2基 薬品注入装置；1槽 ﾌﾗｯｼｭﾐｷｻｰ　；φ320 × 348 rpm × 4 kw × 380 V 流出ゲート　；幅1.0 m × 高さ1.0 m　2基 トップバルブ；φ80、2基	1966	容量が不足により滞留時間が不足しており、十分に薬品が混和されていない。
フロック 形成池	RC造り、6池 幅11.10 m × 長さ5.53 m × 平均水深3.29 m = 202 m^3 流入ゲート　；φ300内ネジ式、12基 ﾌﾛｷｭﾚｰﾀｰ　；φ4.50m×高さ2.5m×25／37rpm× 1.3／2.0kw × 380 V　12基	1966	容量が不足により滞留時間が不足しており、フロック形成が悪い。
横流式 薬品沈澱池	RC造り、6池 幅11.10 m × 長さ53.20 m × 平均水深2.45 m = 1,467 m^3 • 沈殿池排水用 トップバルブ；φ200 mm、18基 流入装置　　；スピリットロール　6組 • 集水渠排水用 トップバルブ；φ100 mm　6基 清掃用バルブ；アングルバルブ　φ60 mm　28基 清掃用ポンプ；φ80 mm × Q 30 m^3/時×H 61.55 m×17.6 kw×380 V	1966	流入装置が木製で腐食しているため、流れ方向が一定していない。流入構造の不備で、沈殿地内で乱流が発生している。
急速ろ過池 施設	RC造り、12池、水・空気併用逆流方式 幅4.50 m × 長さ11.90 m　= 53.55　m^2/池 流入ゲート　　；クラップゲート　24基 600 × 250 mm 排水弁　　　　；φ100 mm　12基 操作台　　　　；空気圧作動形、2池操作式　6台 ろ床　　　　　；水・空気併用逆洗方式 53.55 m^2／池 × 12 ろ過砂　　　　；砂層圧 1.0 m、有効径 1.0 mm、均等係数1.6以下、砂質シリカ砂 ろ過流量調節機 ；サイフォン型、流入管φ300 mm　12基 水逆洗弁　　　；空気圧作動フランジレスバタフライ弁φ400 mm　12基 水逆洗本管　　；φ450 mm、一式 空気逆洗弁　　；空気圧作動フランジレスバタフライ弁φ200 mm　12基 空気逆洗本管　；φ250 mm、一式 ろ過水弁　　　；空気圧作動フランジレスバタフライ弁φ300 mm　12基 逆洗水ポンプ　；φ250/φ300 mm × Q 1,100 m^3/時 × 8.0 m × 45 kw × 380 V / 660 V × 2台 逆洗エアーブロワー　；ルーツ型 ① φ200 × Q 3,700 m^3/時 × P 0.3 bar × 45 kw × 380 V × 1台 ② φ200 × Q 3,000 m^3/時 × P 0.3 bar × 45 kw × 380V / 660 V×1台 エアーコンプレッサー；空気圧作動弁操作用 Q 11.42 m^3/時 × P 21.0 bar × 1.5 kw × 380 V × 300 lit. tank×2台	1994 改修	
浄水施設 排水設備	プンプレック浄水場～Sap川間 φ800 RCパイプ、L = 1,200 m　1条	1966	

(d) 薬品注入施設

既存施設	既存施設の状況及び必要な対策	設置年	
薬品注入棟	溶解室（1 階）360 m^3 注入室（2 階）264 m^3 計 624 m^3	1966	老朽化が著しい。
硫酸バンド注入設備	硫酸バンド溶解槽；幅 2.0 m × 長さ 2.0 m × 2 槽 硫酸バンド攪拌装置；エアーコンプレッサー 1 台 硫酸バンド注入ポンプ；φ11/2” × 0.23 lit/sec × 3kg/cm^2× 0.75 kw × 380 V × 3 台	1966 1978 頃 1988 頃	硫酸バンド注入ポンプ 1 台故障、残り 2 台も老朽化が著しく、注入量の調節も不可能。
消石灰注入設備	消石灰溶解槽 ；幅 2.0 m × 長さ 3.0 m × 2 槽 消石灰攪拌装置；φ330 × 125 rpm × 2.2 kw × 2 基 消石灰注入ポンプ；φ70 × Q 36 m^3/時 × H15 m × 7.5 kw × 380 V × 2 台 (状況と対策)	1966 1978	最近、チャンカーモン浄水場の注入ポンプを移設したが、注入量の調節不可能、目詰まりが発生等問題があり適正な運転に至らない。
塩素注入設備	塩素注入機 ；10 kg/時 2 基 塩素注入給水ポンプ（M55）；1 台	1989 頃	1 台のみ運転可能、予備が必要。

(e) 配水施設

既存施設	既存施設の状況及び必要な対策	設置年	
配水池	No.1 配水池 RC 造り 1 池 幅 50.0 m × 長さ 50.0 m × 有効水深 4.0 m = 10,000 m^3 No.2 配水池 RC 造り 2 池 幅 31.4 m × 長さ 39.4 m × 有効水深 4.06 m = 5,000 m^3	1959 1995	
配水ポンプ室	RC 造り 2 室 No.1 ポンプ室 幅 8.25 m × 長さ 19.45 m × 高さ 6.0 m No.2 ポンプ室 幅 8.25 m × 長さ 20.00 m × 高さ 6.0 m	 1966 1995	
配水ポンプ	• DP-1、2 & 3（KBU）3 台 φ500/φ400 × Q 2,100 m^3/時 × H 42.0 m × 325 kw × 3,000 V • DP-4（Ebara）1 台 φ500/φ400 × Q 2,100 m^3/時 × H 42.0 m × 325 kw × 3,000 V • DP-5 & 6（Kubota）2 台 φ350/φ200 × Q 1,050 m^3/時 × H 42.0 m × 180 kw × 3000 V	1966 1995 1994, 1995	DP-1、2 & 3（KBU）3 台は老朽化が著しく公称能力(配水圧)を大幅に下回っている。
送水ポンプ	TP-1 & 2（Kubota）2 台 φ350/φ200 × Q 1,050 m^3/時 × H 42.0 m × 180 kw × 3000 V	1994, 1995	
送配水ポンプ用真空ポンプ設備	2 組		
天井走行クレーン	No.1 クレーン 1 基 吊り上げ容量 ；3 ton No.2 クレーン 1 基 吊り上げ容量 ；4 ton	1966 1994	

（f）　水質分析室（ラボラトリー）

既存施設	既存施設の内容	問題点
水質分析室	幅3.3　m × 長さ4 m 携帯用分光光度計(HACHDR2000)　1台 濁度計（HACH）１台（使用不能） 携帯用濁度計(HACH)　1台 携帯用ｐH 計(HACH)　1台 携帯用電気伝導度計(HACH)　1台 携帯用残留塩素計（HACH）１台 携帯用 DO 計　1台 ジャーテスター6 連式　1台 乾燥器　1台　（温度調節不可能、老朽化著しい） 恒温器　1台 オートクレーブ　1台　（圧力計破損、老朽化著しい） 蒸留水用蒸留装置　1台 天秤(小数点以下 2 桁)　1台 小型真空ポンプ　2台 冷蔵庫　2台　（内1台故障） マグネットスターラー3 連　1台 ガラス器具一式	分析室は６畳一間ほどの広さで検査機器・薬品棚の設置場所を差し引くと作業スペースがほとんどない。また機器設備も携帯用を通常業務に使用しており、それら機器の分析精度の低さや、携帯用分光光度計ならば応用が効かないなどの問題がある。携帯用機器を標準機器に転換する必要があり、分析のための十分なスペースも必要。

表２－１－６及び７に既存施設の設計値および実際の運転値を示す。

表　2‐1‐6　主要な既存施設/設備の設計値と実運転条件

施設／設備	設計値	実際の運転値
1.　取水施設 　1)取水口 　2)取水量	 • 流速(v) = 0.6 ～ 1.25 m/sec • 日最大給水量(m^3/日)x1.05 ～ 1.07	 流速 = 0.62　m/sec 約 100,000 m^3/日
2.　導水施設 　導水管	• 流速係数(C) = 110 ～ 130 • 水理計算：ﾍｰｾﾞﾝ･ｳｨﾘｱﾑ公式	 C = 70 (堆砂、錆コブ等により減少)
3.　浄水施設 1)着水井	 • 滞留時間 = 計画処理水量の 1.5 分以上 • 水深 = 3.0 m ～ 5.0 m • 越流設備を設置すること	 1.66 分 4.7m 設置してある
2)急速薬品混和池	• 滞留時間 = 計画処理水量の 0.5 ～ 1.0 分	0.5 分
3)フロック形成池	• 滞留時間 = 計画処理水量の 20 分以上 • 機械攪拌又は阻流板を有する流水路によるフロック形成	約 17 分 機械攪拌
4)横流式薬品沈澱池	• 表面負荷率 = 0.75 ～ 1.5 m/時 (12.5 ～ 25 mm/分) • 平均流速 = 0.45 m/分以下	 1.23m/時 = 20 mm/分 0.45m/分

表 ２－１-７　主要な既存施設/設備の設計値と実運転条件（続き）

施設／設備	設計値	実際の運転値
5)急速ろ過池	• 水＋空気併用逆流洗浄方式 • 洗浄水・空気量 水：0.30 ～ 0.50 m^3/分･m^2 空気：0.80 ～ 1.20 m^3/分･m^2 • ろ過速度：150 ～ 200 m/日 • ろ過砂 有口径：1.0 mm 均等係数：1.4 以下 砂質：シリカ砂 砂層厚：0.8 ~ 1.0 m • 制御弁類：モーター駆動弁又は空気圧作動弁 • 逆洗方法と逆洗時間 空気＋水：4 ～ 6 分 水　　　：20 ～ 30 分 洗浄回数：	 0.36 m^3/分･m^2 0.97 m^3/分･m^2 171 ～ 183 m/日 1.6 1.0 m 空気圧作動弁 5 分 30 分 洗浄回数：1 日 1 ～ 2 回
4.　配水池容量	• 日最大配水量の 2 ～ 3 時間相当量（浄水池容量）	20,000 m^3 (浄水量 100,000m3/日の 4.8 時間相当量)
5.　配水ポンプ	（No1 ポンプ室） • 台数：4 台（内 1 台予備） • 流量： = 35.0 m^3/分 • 総揚程：42 m • 回転数：1,450 r.p.m. (4P)	 5-16 m（3 台）、42 m（1 台）
	（No2 ポンプ室） • 台数：2 台（内 1 台予備） • 流量： = 35.0 m^3/分 • 総揚程：42 m • 回転数：1,450 r.p.m. (4P)	公称能力で運転
6.　送水ポンプ	（No2 ポンプ室） •台数：2 台(内 1 台予備) •流量：1,050 m^3/時 = 35.0 m^3/分=7.5 m^3/分 •総揚程：42.0 m •回転数 960 r.p.m.	公称能力で運転

（３）　浄水場内の水質管理の現況と問題点

a）原水水質

プンプレック浄水場原水の 1999 年における月別平均水質測定結果の主要な水質項目に関して水質範囲を以下に示す。詳細なデータを付属資料に示す。

- 温度：　25～30℃
- 電気伝導度：　67～126μs
- TDS：　34～63 mg/l
- 濁度（NTU）：　30～360

- pH：　　　　　　　　6.79～7.82
- アルカリ度：　　　　28～60 mg$CaCO_3$/l
- 全細菌類：　　　　　1600～31800 cfu/100ml
- 大腸菌群：　　　　　800～13600 cfu/100ml

上流の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や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１ｍ以内に生息している。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。

b）浄水水質

1999年のプンプレック浄水場浄水の月別平均水質測定値のうち、WHOの水質基準を満たしていない水質項目及びその概要は以下の通りである。濁度に関して水質基準を満足していないことが多い。詳細データを付属資料に示す。

水質項目	WHO基準	評価
色	15以下	1月、9月、11月に基準を満足できない。
濁度（NTU)	1.0以下	1～9月に基準を満足できない。5月には6.0に上昇する。
ｐH	8.5～6.5	3月、6月に基準を満足できない。
鉄（mg/l)	0.3以下	1月のみ基準を満足できない。
マンガン（mg/l)	0.1以下	5月のみ基準を満足できない。

c）浄水過程における水質

1999年における3時期（乾期初め、乾期終り、雨期）の各浄水過程（原水、急速攪拌、緩速攪拌、沈澱後、ろ過後、浄水場給水栓）における水質の測定結果を付属資料に示す。浄水過程での年間水質の変動特性はこの3時期で代表できる。この3時期の濁度の処理特性を以下に示す。

- 沈澱後の濁度の目標水質は5 NTUであるが、乾期初め、雨期でこの数値を超えている。
- １日の中でも濁度の除去効率が大きく異なる。
- 浄水場給水栓の濁度は、WHOの水質基準を満たしていない。
- 浄水場給水栓の遊離塩素濃度が給水栓でのWHO基準値の0.2 mg/l以下であることが多い。
- 遊離塩素の濃度が不規則である。

d）給水水質

給水水質の水質特性を以下に示す。詳細なデータを付属資料に示す。

- サンプリングされたほぼ全ての給水栓で濁度がWHOの基準を満たしていない。

- 遊離残留塩素の濃度が WHO の基準値を満たさないサンプルが 40 の中 12 あり、十分な消毒が行われていない。
- 給水栓で大腸菌群が確認されている。（1999 年 4 月 JICA 第 3 国専門家報告書）

e）使用薬品

凝集剤として硫酸バンドが使用されている。月平均注入量を次図に示す。乾期の原水濁度が低いとき注入量は少なく、雨期の高濁度時に増加する。

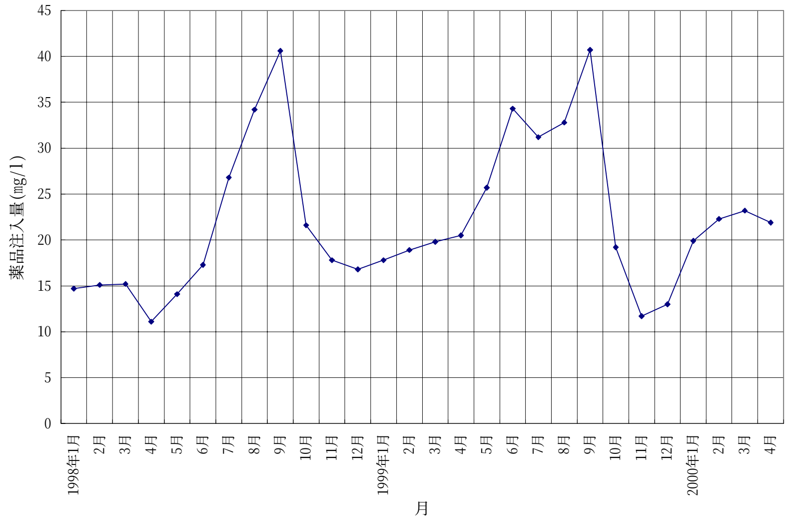


図　2 - 1 - 5　月平均硫酸バンド注入量　（mg/l）

当初は、アルカリ度調整のための凝集補助剤として消石灰を注入していたが、現在は注入設備の老朽化によりアルカリ度の調整は行われていない。

消毒剤として塩素が使用されている。次図に注入実績を示す。

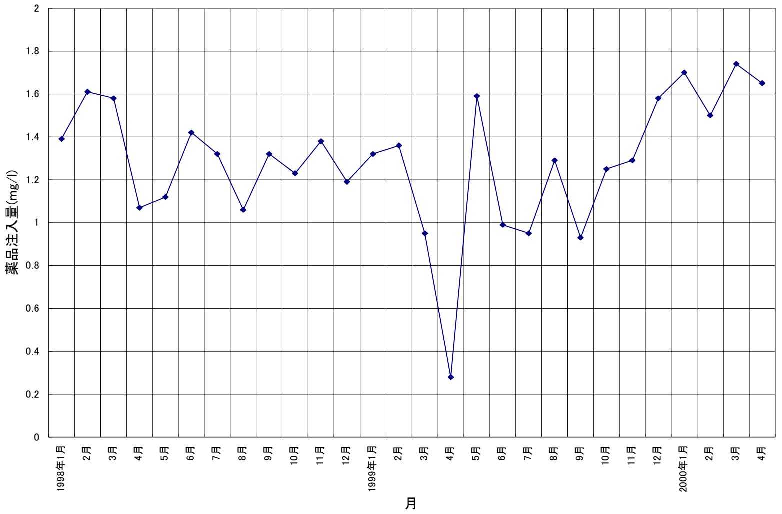


図 2 - 1 - 6　月平均塩素注入量

f）水質管理の問題点

以下に水質管理の問題点を示す。

- 薬品注入装置の老朽化及び原水量のモニターができないため、正確な薬品注入量が設定できない。
- JICA 第 3 国専門家の報告によると、沈澱池の pH が 6.0 以下にまで低下することがあり、前アルカリ注入が必要であるが、凝集条件を最適にするための前アルカリ注入設備がないため適切な凝集条件を整えることができない。
- 十分な急速及び緩速攪拌がなされていないため、十分なフロック形成がなされていない。

２－２　プロジェクトサイト及び周辺の状況

２－２－１　関連インフラの整備状況

（１）道路、電気の布設状況

プノンペン市市街地内では、よく整備された舗装道路が東西南北に走っている。本計画の予定施設は、市街地内北部の交通の便がよい場所に立地している。

市内では、年間約 140 回、最長で１時間、最短で数分の停電が発生している。総電力量に不足はないものの、送電網の不備により停電が発生しており、この問題の解消に向けて、現在、我が国の援助により、第２次プノンペン市電力供給施設改善計画が実施されている。

我が国による第１次プノンペン市上水道整備計画で改修されたプンプレック浄水場の受変電設備総容量は 3,000 KVA であり、本計画に必要な容量が確保されている。

（２）用地の手当て

本計画で予定されている施設で、建設用地が新たに必要な施設は、拡張浄水場及び新設配水池である。両施設用に、既存プンプレック浄水場内西部に約 17,000 m^2 の用地が確保されている。浄水場予定地は現地盤であるが、配水池予定地は Boenk Kak 湖の既埋立地である。埋立地の登記は既に済んでおり PPWSA 所有地となっている。

２－２－２　自然条件

（１）　調査対象地域の概要

カンボディア国はインドシナ半島南西部にあり、タイ、ラオス、ベトナムの３国に囲まれている。国土は Mekong、Sap 両河川流域の広大な平野からなり、国土の南西部はシャム湾に面し、西よりにはアジア最大の湖 Tonle Sap 湖が位置する。国土面積は 18,100 km^2 を有し、24 州からなる。

全土が熱帯気候で年間を通して高温多湿である。モンスーンの影響が強く、気候は雨期と乾期に明確に２分される。5～10 月の雨期には南西風が多量の降雨をもたらし、11～4 月の乾期には北東風が大陸の乾燥した大気をもたらす。
調査対象地域であるプノンペン市は「カ」国の首都であり、Mekong 川中下流の海抜 10 m 前後の平坦地に位置する。市は、Sap 川が Mekong 川に合流する地点の両川の西岸に発達している。Mekong

川は市南部で本流とBassac川に分岐し下流のベトナムの三角州へ流下し南シナ海に注ぐ。

（2）　気候

プノンペン市の気候は熱帯モンスーン気候で、一年は雨期と乾期に明確に2分できる。雨期は、通常5月から11月までであり、Siam湾からの湿った南・西風とともに大量の降雨をもたらす。乾期は12月から4月までで、北と東からの乾燥した風が優勢となる。プノンペン市内のPochentong気象観測所で観測されている気象観測値の月平均値を以下の項で示す。

1）気温、湿度、降雨量

気温は乾期の末期の4月に最高となり、乾期の初期の12月に最低となる。1981年から1998年までの18年間の月別平均気温は4月が35.0℃、12月が30.2℃となっている（図2－2－1参照）。最高・最低気温は1990年4月に40.4℃、1993年12月に15.0℃が記録されている。

相対湿度は雨期に増加し乾期に減少する。1981年から1998年の月平均相対湿度によると、3月に最低の66％となり9月に最大の84％となる。

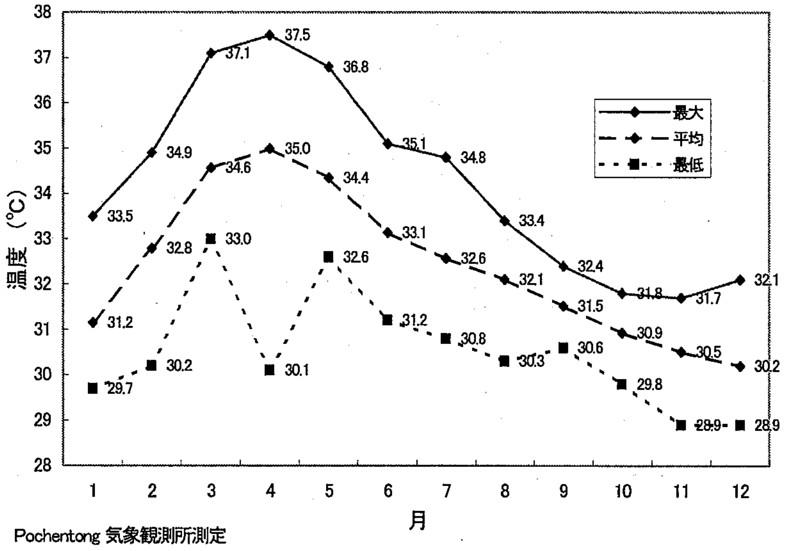


図 2－2－1　月平均気温（1981年～1998年平均）

1981年より1998年までPochentong気象観測所にて記録された年間降雨量は1,095mmと1,618mmの間で変動し、平均1,313mmである。年間降雨の約93％が雨期（5月～11月）に集中している（図2－2－2参照）。

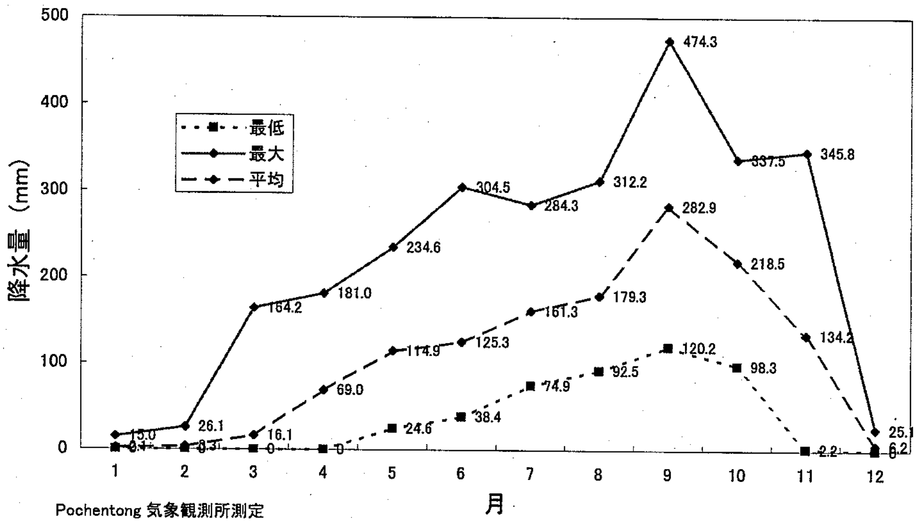


図 2-2-2 月平均降雨量（1981年～1998年の平均）

一般に降雨強度は強く短時間で大量の降雨をもたらし、しばしば暴風雨となることもある。年間の1日最大降雨量は63から137mmである。Mekong川流域システムが高水位になるにつれて、降雨は調査対象地域にしばしば深刻な洪水をもたらす。

2） 風

風速10m/sを越える強風は、雨期の前半に多く、南、南西、西の三方向からのものが多い。

（2） 地形と地質概要

プノンペン市の標高は10m前後であり、市の南西に向かって傾斜し標高は5m程度まで下がる。市北部の道路の標高は11.0m前後、市の南西側を取り囲む道路（番号271）の標高は10.0mであり、洪水から市を保護している。北部のBoeng Kak湖および南部のBoeng Trabek Thom湖は低湿地帯地域であり、下水の安定池としての役割を果たし、雨期には滞留池の役目を果たしている。

プノンペン市は比較的浅い沖積層の上にある。その下に風化した岩石層と粘土層が深度30mから50mに分布し、その下に基盤である岩石層がある。このような地層であるため被圧滞水層は存在せず被圧地下水（深層地下水）は存在しない。

本計画により予定されている施設は、浄水場及び配水池である。これら施設は、既存プンプレック浄水場西部Boeng Kok湖に面した用地に建設される。浄水場予定地は現地盤であるが、配水池予定地はBoeng Kak湖の埋立地である。

本調査内で実施されたボーリングによる地質調査の結果、配水池予定地に関しては、現地盤から11～12ｍ下に支持層（N値20以上）が確認された。また、浄水場予定地に関しては、13～15ｍ下に支持層が確認された（付属資料参照）。この支持層は、砂利を含んだ高密度粘土及びシルトから構成されている。

（3）　水文・水質

1）　河川概況

Mekong、Sap、Bassac 川がプノンペン市内を貫流している。3 河川の主要特性を表２－２－１に示す。

表 2 - 2-1　Mekong、Sap、Bassac 川の主要特性

河川	集水域 (km^2)	河川延長 (km)
Mekong 川	660,000（プノンペン市上流）	4,500
Sap 川	84,400（プノンペン市上流）	400
Bassac 川	－	300

出典：The Study on Drainage Improvement and Flood Control in the Municipality of Phnom Penh; CTI Engineering International Co., Ltd. and Nippon Koei Co., Ltd.; JICA; 1999)
注：集水域はプノンペン市までの集水域。

Sap 川は季節により水の流れ方向が変化する(図２－２－３参照)。雨期には、Mekong 川の水位がTonle Sap 湖より高くなるため、Mekong 川の水が湖に向かって流れる。従って、Sap 川は北（上流）に向かって流れる。一方、乾期には、Mekong 川の水位が Tonle Sap 湖より低くなるため、Tonle Sap 湖の水が Mekong 川に向かって流れ、Sap 川は南（下流））に向かって流れる。

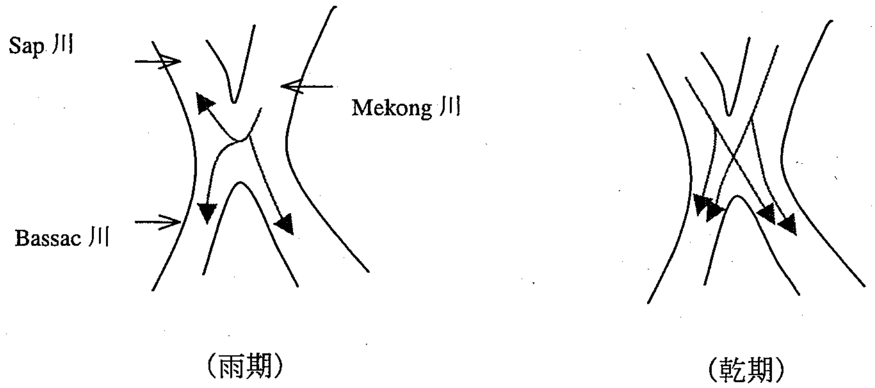


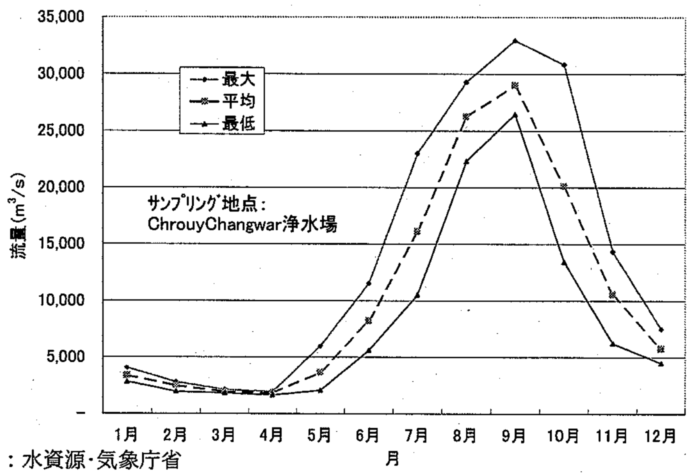
図 2 - 2-3　プノンペン市近辺における Mekong 川システムの流向

水資源気象省によると、雨期には Mekong 川の流量のうち 15～16 %が Sap 川を逆流し、11～12 %

が Bassac 川へと流入する。乾期には流量の 28 %が Bassac 川へと流入する。乾期の Sap 川がどれぐらい Mekong 川へ流出するかは観測されていない。

2） 河川水量

1992 年から 1999 年の Mekong 川のプノンペン市地点における月平均、月最大、月最低流量を図２－２－４に示す。流量は雨期に約 30,000 m³/s で最大に達し、乾期には激減し約 1,000 m³/s で最小となる。



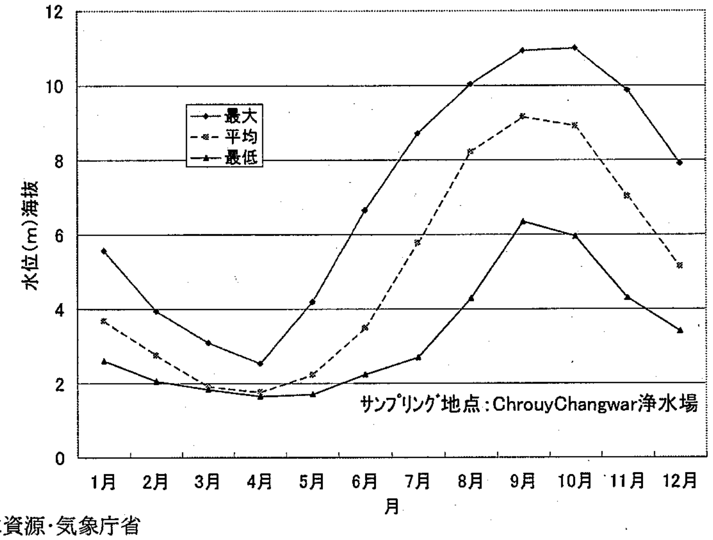
出典：水資源・気象庁省

図 ２－２－４ Mekong 川の月平均、最大、最小流量（1992-1999 年平均）

Sap 川の雨期の最大流量は約 9,000 m³/sec である。しかし、雨期に Mekong 川から Sap 川に流れる流向が、乾期には Sap 川から Mekong、Bassac 両川に流れ込むため、この流向が変わる乾期と雨期の境目に、流速、流量が 0 となる

2）河川水位

1993 年～1999 年におけるプノンペン市地点の Mekong 川河川水位を図２－２－５に示す。最大水位は雨期に発生し、最低水位は乾期に発生する。この間の最大水位は 11m、最低水位は 1.65mであった。Sap 川のプノンペン市地点の水位は、上記水位とほぼ同じである。



出典：水資源·気象庁省

図 2-2-5 Mekong 川プノンペン市地点の月別水位（1992～1999 年）

3） 水源水質

プンプレック浄水場の水源は Sap 川であり、この原水の濁度、全大腸菌群及び糞便性大腸菌群、アルカリ度の水質特性を以下に示す。

a） 濁度

1995 年から 1999 年の月別濁度を図２－２－６に示す。月平均濁度は乾期には 50 NTU 以下であるが、雨期の河川流量が増加すると平均濁度は 400 NTU 以上に増加する。濁度の最大は 3500 NTU にも上る。

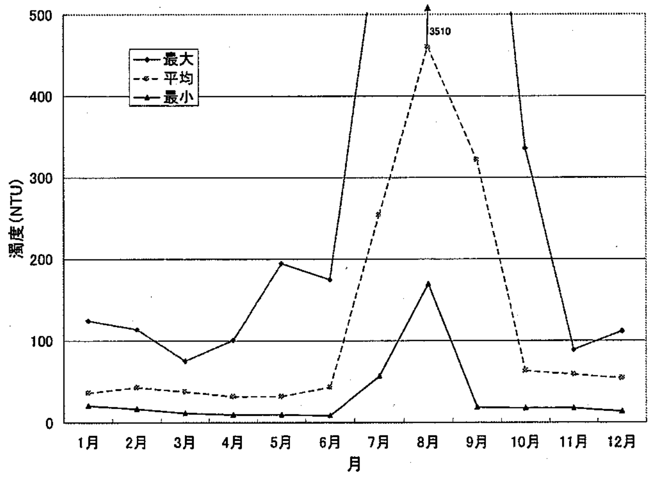


図 2-2-6 原水の月別濁度（1995～1999）

b)　大腸菌群

原水中の全大腸菌群数は年間 1,000～30,000 の範囲で推移し、雨期明けに減少し雨期に増加する傾向がある。糞便性大腸菌群は年間 1,000～20,000 の範囲で推移し、全大腸菌群数と同じ傾向が見られる。

c)　アルカリ度

原水中にアルカリ度が少ないと緩衝作用が減少し、浄水場での凝集剤注入時にｐH が減少する。一般に原水として最低 20～30mg/l が必要とされている。1995～1999 年の月平均アルカリ度を図２－２－７に示す。月平均では最低 30mg/l 程度であるが、乾期においてはアルカリ度は著しく低下し、しばしば 20mg/l 以下まで減少する。

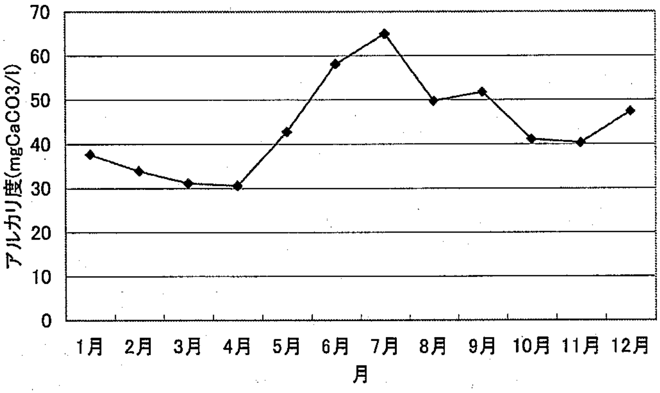


図 2-2-7　Sap 川原水のアルカリ度

２-２-３　保健衛生と疾病

プノンペン市における水因性疾病患者数を表２－２－２に示す。患者数は病院において確認された患者のみを対象としている。市衛生局によると、こ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。特に、水に起因すると考えられる胃腸病を罹っている。本調査団も郊外に位置する数軒の貧困住民の家庭を訪れて聞き取り調査を実施したところ、病院に行けない胃腸病/障害を持つ患者が多く確認された。従って、統計には表れないが、水因性疾患患者は貧困住民を中心に多数存在すると判断される。これら水因性疾病罹患者数は、一般に水道普及とともに減少する。

表 2-2-2 プノンペン市の水因性疾病感染者数

病名	1995	1996	1997	1998	1999
赤痢	197	365	315	212	378
腸チフス	874	475	367	353	254
コレラ	46	6	0	295	17
下痢	-	-	-	-	4,494

出所：下痢はReport on the Cambodia Socio-Economic Suevey 1999. その他はプノンペン市保健衛生局

2-2-4 環境への影響

本プロジェクトによる主要な環境影響として次の3点が考えられる。以下にその環境影響評価を示す。

1) Sap川からの取水量の増大（50,000 m^3／日）
2) 浄水場排水・汚泥のSap川への放流
3) 市全域にわたる下水量の増大

（1） Sap川からの取水量の増大（50,000 m^3／日）

浄水場の拡張により取水量が約50,000 m^3/日増加する。Sap川の平均流量は1,570 m^3／秒 ≒ 135,600,000 m^3／日であり、本プロジェクトによる取水量の増加は、このSap川の水量に比較して無視できるほど僅少である。従って、本プロジェクトによる取水量の増加は、河川に影響を与えない。

（2） 浄水場排水・汚泥のSap川への放流

プンプレック浄水場（100,000 m^3／日）の現行の処理プロセスから、約12 ton／日の汚泥が発生する。本拡張プロジェクトにより、浄水場の汚泥発生量が約6 ton／日増加する。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。

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。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。また、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僅少であり、河川濃度の上昇はほぼ0である。従って、浄水場汚泥のSap川への放流は河川に与える影響はない。

（3） 市全域にわたる下水量の増大

本浄水場拡張に伴い市内の給水区域及び給水人口が拡大する。それにより水使用量が増加し、汚

水量も増加する。

1999年度のプノンペン市街への日平均給水量は約120,000 m^3/日であった。漏水率を30 %とすると、発生する汚水量は、84,000 m^3/日となる。本プロジェクトの配水量の増加（50,000 m^3/日）による下水量の増加は約35,000 m^3/日となる。また、2001年に完成するチュルイチャンワール浄水場の供給能力の増加を含めると、プノンペン市内の総下水量は164,500 m^3/日となる。

プノンペン市街地における下水道システムは、雨水と汚水を併せて収集する合流式の下水道収集システム（暗渠、と開渠）を採用している。収集された汚水は、未処理で河川に放流、市街地周辺の湖沼にポンプで排水されている。

河川流量が大きいため、下水排水による河川への影響は現在まだ少ない。しかし、市街地周辺にある湖沼は乾期においてほとんど全て汚水で満たされる。これら湖沼は下水処理の酸化池として機能している。これら未処理下水が流入する湖沼周辺の衛生・居住環境は悪い。

今後、配水量が増加するとともに汚水量が増加し、更にこれら地域の衛生・居住環境が悪化する可能性がある。河川へ流入する汚水量が増加するにつれて、河川の汚染が進行するし給水原水水質の低下を引き起こす可能性がある。現在の汚水排水の対処を含めて早期の汚水対策が必要である。

市街地近郊の下水道システムがない地域では、汚水は、排水構により家屋の外に排出されている。近郊の工業地帯では、工場排水は工場周辺に排水されている。この排水が地下水を汚染し、その汚染地下水を水源としている住民に多大な影響を与えている地域もある。

市内の下水道事業は、過去においてはプノンペン市の公共事業局が実施していたが、現在は、PPWSAが汚水事業、公共事業局が雨水という棲み分けになりつつある。

「カ」国の工鉱業・資源省は、Strategic Sanitation Plan for Phnom Penhを策定し、プノンペン市における衛生環境の改善に向けて、雨水排除マスタープランを策定し雨水排除システムの整備を開始した。現在、我が国やアジア開発銀行等の融資により、排水渠の拡幅、排水ポンプ場の拡張などの事業が進められている。

汚水処理に関して、PPWSAは以下の施策、プロジェクトを実施中である。

1) 水道料金の10%を下水道料金として徴収
2) パイロットプロジェクトとしてToul Kork地区に低コスト下水道システムの整備を計画

このプロジェクトが成功すると、PPWSAは市内の他地域にもこのシステムを整備する予定である。

プノンペン市は、このように雨水・汚水システムの改善対策を実施し始めている。市内の衛生環境の悪化防止と改善のために、着実にこれら事業を推進し、今後更に増加する下水の適切な収集と処理を行う必要がある。加えて、将来を見据えた、総合的で最適な下水道システムを構築するために、下水道（汚水）マスタープランの作成が急務と考えられる。

第3章

プロジェクトの内容

第３章　プロジェクトの内容

３－１　プロジェクトの概要

本計画は 2005 年を目標年次とし、プノンペン市の水道普及人口を増加させるためにプンプレック浄水場を 100,000 m³/日から 150,000 m³/日に拡張すること、並びに住民に対して衛生的な水を安定して供給するために既存浄水場を改修/改善し浄水水質の改善及び給水圧の適正化を図ることを目的としている。

本計画の協力範囲は、当初、プンプレック浄水場拡張分の取水・導水・浄水・配水施設の新設であったが、最終的に、新設施設の効果発現に影響を及ぼす既存施設に限って、必要な改修/更新を加えることとした。

本基本設計調査の結果、最終的に表３－１－１のようなプロジェクト内容が最適であると判断された。無償資金協力要請書による原要請内容及び現地調査時に「カ」国政府より提案された変更要請内容とともに示す。また、要請内容の検討項目とその結果は表３－１－２のとおりである。

表 3 - 1 - 1　要請内容及びB/D調査結果に基づく必要施設内容

要請施設/設備	原要請内容	M/D 要請内容（官団員帰国前）	最適計画内容		目的
			新設	既存施設の変更内容	
取水施設	• 取水施設の改善	• 取水ポンプ（2200 m^3/時）3台の更新 • 浄水場拡張用取水ポンプ（2200 m^3/時）2台の新設 合計5台	• 浄水場拡張用取水ポンプ（2200 m^3/時）2台の新設（内1台予備） 合計2台	• 既存取水ポンプ（2200 m^3/時）1台更新 合計1台	• 拡張浄水場用の取水量の確保
導水施設	• 導水管（φ700 mm x 1.5 km）新設	• 導水管（φ1200 mm x 1.5 km）新設	• 導水管（φ1200 mm x 1.5 km）新設	• 既存導水管は新設管のスタンバイとする	• 拡張及び既存浄水場用の導水量の確保
浄水施設	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 m^3/日分）	• 着水井、急速混和池、緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設（50,000 m^3/日分）	• 着水井、急速混和池の新設（150,000 m^3/日分） • 緩速混和池、薬品沈澱池、急速ろ過池の新設 (50,000 m^3/日分)	• 既存着水井、急速混和池の能力は新設に含む • 薬品沈澱池に整流壁の設置	• 浄水量の増加 • 既存沈澱池の沈澱効果の向上により浄水水質の向上
薬品施設	• 薬品注入施設の新設（50,000 m^3/日）	• 薬品注入施設の新設（150,000 m^3/日） • 水質分析室及び機器の拡充	• 薬品棟の新設 • 重力式薬品注入施設新設（150,000 m^3/日） • 水質分析室及び機器の拡充（浄水場分析機器）	• 既存薬品注入施設の能力は新設に含む	• 適切な薬品注入量により既存及び新設浄水処理施設の浄水水質の向上 • 水質分析能力の最適化と向上
配水池	• 10,000 m^3新設	• 10,000 m^3新設（合計貯水時間5.1時間分）	• 5,000 m^3新設（合計貯水時間4.3時間分）	－	• 市内の給水量の時間変動吸収することにより市民への適切な給水量の確保
配水ポンプ	• 配水ポンプ1台新設	• 配水ポンプ（2100 m^3/時）3台更新 • 配水ポンプ（1050 m^3/時）1台新設	• 配水ポンプ（1050 m^3/時）1台新設	• 配水ポンプ（2100m^3/時）3台更新	• 配水圧の正常化により需要点での適切な給水圧の確保 • 浄水量の増加に対応した配水ポンプ能力の増強
場内連絡管	－	－	• 場内連絡管一式	－	• 施設を連絡するために必要な施設

注）M/D要請内容に係わるPPWSAが示した優先順位は、以下の通りである。

- 第1優先順位：拡張施設/設備（取水ポンプ2台新設、導水管、浄水施設、薬品注入施設、配水ポンプ1台）及び改修として配水ポンプ3台更新
- 第2優先順位：既存取水ポンプ3台の更新

表 3-1-2　要請施設の検討内容とその結果の要約

施設/設備	既存施設	検討項目	既存施設の主な問題点及び既設施設の利用方針	検討結果
浄水場規模	100,000 m³/日の浄水処理能力	• 浄水場規模の検討 • 浄水処理能力の検討	—	拡張 50,000 m³/日（合計 150,000 m³/日） 浄水処理能力合計 158,400 m³/日
取水施設/設備	取水塔	—	既存施設を使用	—
	ポンプ 3 台（2,200 m³/時）	• 既存ポンプ機能 • 必要ポンプ能力	既存ポンプ 3 台の内 2 台使用	ポンプ 2 台新設、1 台更新、合計 3 台
導水施設	導水管 700 mm x 2 条	• 既存導水管機能 • 新設管の内容	既存導水管は老朽化のため使用不可能、新設管の緊急時及び清掃時用に使用	導水管新設（150,000 m³/日） 1200 mm x 約 1.5km
	水撃防止（アンチウオーターハンマー）設備	• 水撃作用の検討	腐食のため廃棄	水撃作用防止装置新設
浄水施設/設備	着水井・急速混和池施設 1 池	• 浄水施設の構成	既存施設は緊急時用に使用	新設 1 池（150,000 m³/日）
	フロック形成施設 6 池	• 既存施設の機能	既存施設を使用	新設（50,000 m³/日）
	薬品沈澱池 6 池			新設（50,000 m³/日）
		• 既存施設の機能	沈澱効果が悪いため既存施設を改善	流入部に整流壁を設置
	急速ろ過池施設 12 池	• 既存施設の機能	既存施設を使用	新設（50,000 m³/日）
	逆洗施設		既存施設を使用	既存施設が拡張施設用に利用可能
	排水渠		既存施設を使用	既存施設が拡張施設用に使用可能
	薬品注入棟・施設（100,000 m³/日）	• 既存設備の機能	老朽化のため廃棄	薬品棟 1 棟新設 薬品注入設備（150,000 m³/日） 水質分析機器の拡充
配水設備	配水池 20,000 m³	• 必要追加配水池容量	既存施設を使用	1 池新設（5,000 m³）
	配水ポンプ 4 台（2100 m³/h）	• 既存ポンプの機能	老朽化した既存ポンプ 3 台更新	配水ポンプ 3 台更新（2100 m³/h）
	送水ポンプ 2 台（1050 m³/h）	• 追加ポンプの必要能力	既存ポンプ使用	配水ポンプ 1 台新設（1050 m³/h）
	配水ポンプ 2 台（1050 m³/h）		既存ポンプ使用	

３－２　協力対象事業の基本設計

３－２－１　設計方針

基本設計の対象となる施設や設備を、「カ」国およびPPWSAが置かれた状況（建設、維持管理技術、財政、社会）に適した施設・設備とするために、設計上重要な事項を以下にまとめ、基本設計の設計方針とした。

（１）基本設計の範囲と内容

本計画の協力範囲は、プンプレック浄水場内及びその取水・導水施設の拡張及び改修/改善に限る。従って、同浄水場拡張容量分の取水・導水・浄水・配水施設の整備を対象とする。さらに、当初要請には既存施設の改修は含まれていなかったが、新設施設の効果発現に影響を及ぼす既存施設に限って、必要な改修/更新を行うこととする。

（２）単純な施設の採用

PPWSA の抱える問題点の一つは、他の開発途上国と同様に機械・電気設備のスペアパーツの入手が困難なことである。その主な理由は、PPWSA は損益計算書によると多少の利益を計上しているが、高価なスペアパーツをタイムリーに調達することが難しいことである。施設・設備が複雑になればなるほどスペアパーツの数は多くなる。部品のほとんどは現地で調達は不可能であり、外国から輸入されるが調達のための手続きに時間を要し調達が遅れる。このため多くの場合、故障した設備は長期間運転を停止することになる。故障した設備が水処理の中枢であれば事態は極めて深刻であり、安全な飲料水の安定供給は望めない。一般に単純且つ簡単な設備は万一故障しても現地の技術で充分に修理できる。一方設備が複雑になると、現地の技術で修理することが困難であったり不可能な場合が多い。以上の事柄を考慮し、各施設・設備は構造の簡単さに重点をおき所要の能力を満たすものを選定する。

（３）施設の運転操作性の向上

設備の構造の単純さとその操作性とは全く異質なものである。構造が簡単であっても操作性が悪い設備もある。個々の設備をまとめ、浄水処理システムとして組み上げた場合、システムとしての操作性（設備の運転監視を含めて）が重要となる。システムの操作性の良否は浄水場の運転管理のみならず浄水場の運転効率の善し悪しにも影響を与える。

本計画では、変動する原水水質に応じて適切な操作が必要になる。システムの操作性が悪ければ、オペレータは状況の変化に応じた処置が取りにくい。その結果、余分な薬品を注入したり、必要な薬品量すら注入しなかったりすることがある。

河川水位の変動により取水量が変動する。操作性が悪く取水量の制御が不十分である場合には、せっかく浄水処理した水を川に放流するといった無駄を起こしている。

操作性の悪さは事故の誘発にもつながる。これらの無駄及び事故を極力少なくするために、本基本設計では施設の操作性に注意を払いながら設計する。

（4）現地資材の積極的利用

現地資材の積極的利用は事業費を安く抑え、かつ被援助国への経済的波及効果も期待できる。また、施設の補修や修理等を行う場合も有利となる。以上の観点から、本基本設計では現地資材の積極利用を十分考慮した設計とする。

（5）既存施設の有効利用及び重複施設の回避

プンプレック浄水場の施設や設備の中には、老朽化が著しく、補修や取り替えを必要とするものが多くある。その他に、一定水質を保持する上で充分機能を発揮できない部分、更に維持管理の簡素化の観点から既設構造物の一部を改造するのが望ましいものもある。これらの施設・設備については、本計画実施後の総配水量（150,000 m³／日）と良好な処理水質の確保の観点から改修が必要なものについて改修を行うことを原則として、既存施設の有効利用に重点をおく。

既存逆洗装置や排水施設のように、能力的に拡張浄水場にも使用できる既存施設は拡張浄水場でも使用し、施設の重複を回避する。

（6）水処理プロセスの省エネルギー化

既存施設では、浄水場への流入原水量が適切に制御できていない。これにより、プンプレック浄水場の着水井では河川からポンプで取水した原水の一部がオーバーフローし、有効に使われることなく元の河川に放流されている。これは明らかにエネルギーの無駄使いである。エネルギーを無駄に使っていると考えられる箇所は他に多くあり、これらは浄水場の維持管理費を低減するという点からも改めるべきである。したがって、本基本設計では省エネルギー化の観点に立って設計を進めることとした。

（7）水処理プロセスの系統化

水処理施設ではできるだけ系統化し、各系統はお互いに独立した運転が可能な施設とすることとした。この事により、例えば、各系統の施設毎の保守・点検が可能となり、維持管理の面からも好ましい施設となる。

（8）建設用地に関する方針

以下に示すように、拡張施設建設のための用地は確保されており、スペースに関しては問題ない。

- 拡張浄水場建設用地はプンプレック浄水場内に確保されており、拡張工事を実施するのに充分な面積がある。
- 配水池建設用地は埋立地であるが、この用地の登記も完了している。
- 導水管の敷設許可はプノンペン市浄水場及び郵政･通信省（MPTC）から得られている。

また、建設用地の土質試験の結果、地盤強度にも問題がないことが確認されている。この結果に基づいて最適な基礎支持方式を採用する。

（9）浄水水質基準に関する方針

独自の水質基準が存在しないため「カ」国では、水道用の水質基準として WHO の基準を準用している。従って、既存及び拡張プンプレック浄水場から市内に配水される水質は WHO の水質基準値を満たすことを目標値とする。現在、既存浄水施設において濁度成分の除去が十分でなく、この成分の除去を目的とした必要最低限の既存施設の改善を行う。

（10）設計基準に関する方針

設計基準値はカンボディアの基準と日本の基準のうち最適なものを採用した。

（11）既存施設との整合性に関する方針

完成後には、既存及び拡張施設併せて浄水能力 150,000 m^3/日の浄水場が一体となって合理的に運転・維持管理が可能な配置・構造とする。

建設物の構造及びデザインは周辺環境及び既存施設と調和のとれたものとする。

維持管理の整合性を図るため、拡張施設の浄水処理方法として既存施設と同じ方法を採用する。

（12）自然条件に関する方針

- プノンペン市では過去に地震による被害は確認されていないため、耐震設計は必要としない。
- 1年を通して熱帯性気候であり、パイプを埋設する場合、凍結震度を考える必要はない。
- 地下水位が地盤下1m前後にあり、これを考慮した構造物の設計を行う。

３－２－２　設計諸元

（１）　目標年次

本計画による施設の完成・稼動予定は 2004 年である。本計画の目標年次はその翌年の 2005 年とする。なお、需要水量は 2015 年まで予測し、今後の水道施設整備の参考とする。

（２）　対象地域の給水サービスレベル

プンプレック浄水場から給水される地域の給水現況及び 2005 年における計画給水状況を表３－２－１に示す。

表 ３－２－１　プンプレック浄水場が担当する地域の計画給水サービスレベル

	2000 年 (現況)	2005 年 (計画)	備考
プノンペン市総人口（千人）	1,040	1,386	需要量予測結果参照
市街部人口（千人）	553	653	需要量予測結果参照
近郊部人口（千人）	487	689	需要量予測結果参照
プンプレック浄水場給水区域			
浄水処理能力（m^3/日）	100,000	150,000	本計画による拡張
総人口（千人）	492	545	プンプレック浄水場の給水区域は市街部の一部
給水人口（千人）	332 ＊	545	計画人口は市街部総人口の約 84 %に相当する。
水道普及率（%）	60 ＊	100	
生活用給水量原単位（L/人/日）＊	132 ＊	132	市街部の原単位
実生活用水量（m^3/日）＊	44,000	86,000	有効水量の 60 %
実産業・公共用水量（m^3/日）	19,100	48,000	有効水量の 40 %
有効率	65 ＊	80	PPWSA の計画
漏水率（%）	約 30 ＊	20	有効率と同じ
1日最大需要水量（m^3/日）	約 100,000	150,000	現在の需要は満たされていない
最低末端給水圧（kg/cm^2）	0～10 ＊	25～30	5階まで直結給水
浄水水質（WHO 水質基準）	不適合	適合	飲料可能水の供給

注：＊　PPWSA による現況給水区域全域のサービスレベルから算出。

（3） 人口予測

プノンペン市の 1992～98 年の年平均人口増加率（5.41%）は、全国平均(2.3%）を大きく上回っている。この急激な増加は、主に内戦終了後における、首都プノンペン市への急激な人口移動に起因する。更に、プノンペン市は、市総人口の 55%が 24 歳以下の人口によって占められる若い人口構成を持つ都市であり、今後も高出生率が続くものと考えられる。このようなことから、今後も人口増加率は高く推移するものと考えられる。

市街部においては、街区が整備され都市化の進展が著しく人口密度も 180 人/ha と高い。特に、7th January 地区は人口密度が約 400 人/ha と非常に高い。ただし、同地区の 1992～98 年の人口増加率は 1%以下と低く、この地区の人口はほぼ飽和に達していると考えられる。他の市街部地区においても人家が密集してきており、今後、人口が増加するためには高層化が必要となってくる。

市街近郊部においては、大きく 2 つの集住形態に分類できる。Dang Kor 地区に多く見られるような農村村落、Mean Chey 地区に見られるように市街部に隣接し市街部に近い集住形態である。一般に、この地域においては道路沿いにのみ人口が密集しており、土地面積の多くを、田畑および湖沼湿地帯が占める。このため人口密度は 16 人/ha と極端に低い。したがって、今後、都市開発が近郊部に遷移した場合、人口が急激に増加する可能性がある。

プノンペン市では、都市計画が立案されていないため、今後どのような都市の発展及び人口増加が見込まれ予測することは困難である。従って、本計画では、以下の 3 つのシナリオに基づいて人口を予測し将来人口の推定を行った。

- シナリオ A（高位人口増加）：市街部の人口増加率が多少減少するが、近郊部の人口増加率が増加する（PPWSA の人口予測）。
- シナリオ B（中位人口増加）：シナリオ A とシナリオ C の中間の人口を採用する。
- シナリオ C（低位人口増加）：市街部及び近郊部の人口増加率が減少する。

上記 3 シナリオの人口増加率の内容を表３－２－２に示し、人口予測結果を表３－２－３に示す。シナリオ A は高人口増加、シナリオ C は低人口増加のシナリオであり、将来人口は、その中間に収まる可能性が高いと考えられる。したがって、両シナリオの中央値であるシナリオ B が将来人口として可能性が高いと考え、本計画では、シナリオ B の人口予測を将来人口として採用する。これによると、2005 年のプノンペン市の総人口は 1,343 千人となる。詳細な人口予測結果を付属資料に示す。

表 3 - 2-2　人口増加率シナリオ

	1992-1998年実績	シナリオA (PPWSA)	シナリオB (Medium Growth)	シナリオC (Low Growth)
内容	―	PPWSAによる予測。市街部の人口増加率が減少、市街近郊部の人口増加率が大きく増加する。	シナリオAとCの人口の中央値。(採用シナリオ)	市街部及び近郊部のの年平均人口増加率が1992～1998年の4.23%及び6.98%から2015年に1.5%及び3.5%に減少する。その間の人口増加率は、均等に減少する。
年間人口増加率				
市街部	4.23 %	3.47 %	3.13 %	2.98 %
市街近郊部	6.98 %	8.46 %	7.00 %	5.13 %
平均	5.41 %	6.18 %	5.15 %	3.94 %

表 3 - 2-3　人口予測

(単位：千人)

	1998	2000	2005	2010	2015
シナリオA (PPWSA)					
総人口	937	1,043	1,386	1,878	2,595
市街部	516	549	647	768	920
市街近郊部	421	494	739	1,110	1,675
シナリオB (採用)					
総人口	937	1,040	1,342	1,722	2,201
市街部	516	553	653	760	871
市街近郊部	421	487	689	962	1,330
シナリオC					
総人口	937	1,037	1,30	1,565	1,808
市街部	516	558	660	751	822
市街近郊部	421	479	640	814	986

(4)　需要水量予測

1)　需要量予測手順

以下の手順に従って需要水量を予測した。需要水量は、生活、商工業、公共、Wholesaler 用水別及び市街部、近郊部別に推計した。

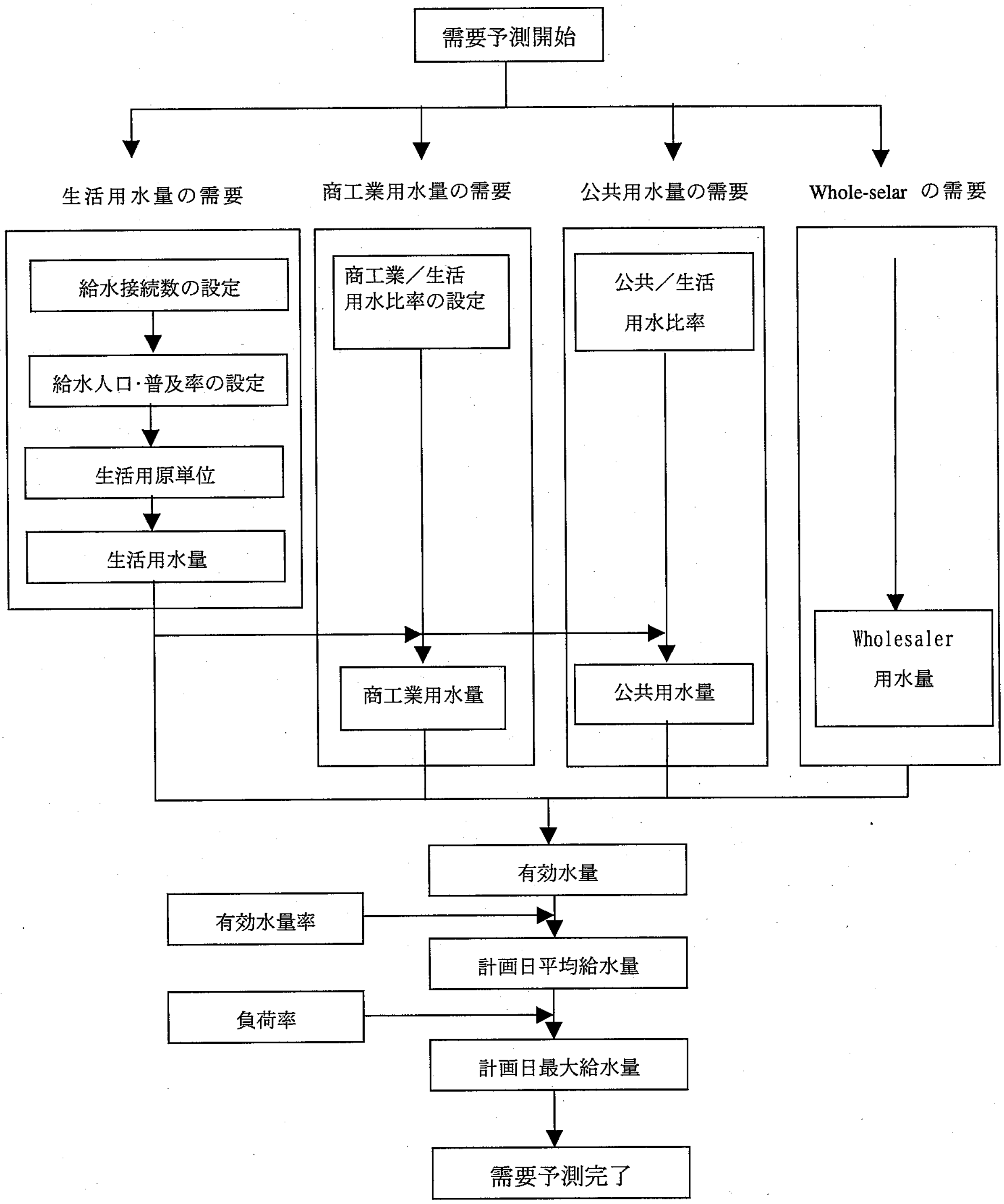


図 3-2-1 水需要量予測手順

2）　年間給水接続数の設定

1999 年までの年間給水接続増加数は、次表に示すように 7,000～10,000 件程度となっている。今年次（2000 年）においては、7 月までのペースで増加すると 10,000 件程度増加する見込みである。

表 3－2－4　年間給水接続増加数の実績

年次	1997 年	1998 年	1999 年
接続増加数	8,917	7,298	9,631

出所：PPWSA

PPWSA の給水接続能力は、現在のところ最大 1 日 90 件となっている。最大週 5 日間稼動とすると、1 年間に最大 23,500 件の接続が可能となる。PPWSA は、年間 15,000 件の水道接続数の増加か確実に実施できる体制にある。本計画では、平均週 4 日間程度稼動することとし、年間給水接続増加数を 18,000 件として計画する。ただし、2000 年及び 2001 年の接続件数増加は次表のとおりとする。

表 3－2－5　計画接続増加件数

年次	2000 年	2001 年	2002 年以降
計画接続増加件数	10,000	12,000	18,000

2000 年 1/6 期における、総接続数に占める生活用接続数は 85.5％となっている。この比率が将来も変わらないとし、計画生活用給水接続件数を総接続件数の 85.5％として 15,390 件とする。これは 87,723 人（5.7 人/世帯）に相当する。

3）　給水人口・普及率の推計

給水人口及び普及率を以下の方法で算定した。普及率の算定結果を表３－２－６に示す。

①市街部
2005 年以降の市街部の給水普及率を 100％とする。これにより、Wholesaler による給水もなくなる。2000 年～2005 年間の普及率は比例補完する。給水普及率から普及人口を算定する。

②市街近郊部
市街部の給水接続を優先し近郊部の接続数の増加には、市街部の接続数の残りを使用する。したがって、近郊部の年間接続可能件数は、15,390 件から市街部の接続数の増加件数を差引いた件数となる。この件数から給水人口及び普及率を算出する。現在 Wholesaler が給水している地域

から PPWSA の水道施設が整備されていくとし、2005 年には Wwholesaler による給水がなくなるとする。

表 3 - 2 - 6　計画給水普及率 (%)

年	2000	2005	2010	2015
市街部	60	100	100	100
近郊部	0.5	12.5	43.2	55.6
全体	32	55	68	73

4)　生活用水原単位

生活用水使用量は、気候、水道水源量、生活習慣、生活レベル、水使用機器の普及度合い、水道料金等によって大きく異なってくる。開発途上国の標準的な使用水量として次表のような結果が報告されている。

表 3 - 2 - 7　標準的な 1 人 1 日当り使用水量

生活クラス	住居内容	使用水量 (L/人/日)
High	一軒家、高級アパート、2 ヶ所以上のトイレ、3 ヶ所以上の蛇口	260～150
Middle	一軒家、アパート、1 トイレ、2 ヶ所蛇口	160～110
Lower	共同住宅、安アパート、1 蛇口、トイレ共同	70～55

出典：Dangerfield B. J. (1983). Water Supply Manuals, 3. Water Supply and Sanitation in developing Countries. IWES. London

生活様式や生活レベルが似ていると考えられるグループである市街部及び近郊部別に、計画生活用原単位を設定した。

① 市街部

以下の理由により、市街部の計画原単位は現況（1998 年、1999 年）と同じ 132 L/人/日とする。

- 一般に、家庭の所得及び生活レベルの向上とともに水使用量は増加する。今後、市街地の所得の増加が見込まれ水使用量が増加する可能性がある。従って、生活レベルの向上により使用水量の増加することが見込まれる。
- 現在、PPWSA の水道接続は比較的裕福な層が多く、市内に散在する貧困コミュニティーへの給水は非常に少ない。PPWSA は精力的に貧困コミュニティーへの給水接続増加を実施しており、今後、貧困住民及び低所得者層の給水接続が増加する。これら住民の水使用量は一般に少ないと考えられる。従って、低所得者層の給水接続数が増加することにより市街部の 1 人当り平均使用水量が減少することが考えられる。

- 2000 年 8 月に電気料金が値上げになり、これによる給水コスト増を緩和するために水道料金の値上げも検討されている。水道料金の値上げは、使用水量の減少につながる。
- 上記のことを勘案し、市街部の 1 人当り平均生活用水量は 2015 年まで現況と変わらないとして計画する。
- 採用した 132 L/人日は、前述の表では、中流クラスの水使用量とであり、市街地の計画値としては妥当である。

② 市街近郊部

- 近郊部には、低所得者層が多く住むが、これら住民の使用水量は少ないと考えられる。しかし、現況の 1 人 1 日当り家庭用水量は、市街部よりも大きな値になっている。これは、給水量及び接続数とも少なく、その接続者は裕福な層に限られているためと考えられる。将来計画の際には、適切な原単位を設定する必要がある。1999 年の市街部で最も少ない 7th January 地区の生活用水量実績値（104 L/人/日）を参考にし、近郊部の計画原単位を 100 L/人/日として計画する。
- 採用した 100 L/人日は、前述の表では、中流・下流生活クラスの水使用水量であり、近郊部の生活レベルに合致した水量であると考えられる。

5） 商工業及び公共用水の生活用水量に対する比率

商工業及び公共用水量は、一般に、人の活動量、人口増加等による生活用水量の増加に比例して増加する。本計画では、これらの用水量は生活用水量の増加に比例するように増加すると計画する。具体的には、現在の生活用水量に対する各用水量比率を将来の計画生活用水量に掛け合わせることによって、将来の各用水量を算定した。以下に使用した生活用水量に対する各用水量比率を示す。

① 市街地

現在の市街部の平均比率を使用した。

- 生活用水量に対する商工業用水比率：43.9％
- 生活用水量に対する公共用水比率：19.2

② 近郊部

近郊部の給水量データが少ないため、計画値としてそのまま使用することは不可能であるため、市街部の比率を参考にした。ただし、市街部の Don Penh 地区は官公庁が多く公共用水量比率が高い、また、Toul Kork 地区は、商工業が少なくその用水量比率が小さい。近郊部の用水水量比率として 7 th January 及び Chamcar Morn 地区の比率を利用した。

- 生活用水量に対する商工業用水比率：43.5％
- 生活用水量に対する公共用水比率：16.1％

6） Wholesaler 用水量

市街部及び近郊部とも 2005 年までに Wholeselar による給水が 0 になるとして計画する。この減少分は、PPWSA の水道接続によりカバーされる。

7） 計画有効率

計画有効率には以下に示す PPWSA に策定された計画有収率を採用した。2005 年には有収率が 80％となる。PPWSA によるこの計画は、多少野心的な計画であるが、過去の有効率の改善実績から、実行可能な計画と考えられる。

表 3－2－8 PPWSA による計画有効率（有収率）

	1992	1999	2000	2005	2010	2015
有収水量(%)－実績	推定約 20	51	62 (上 1/4 期)			
－計画			65	80	80	80

8） 負荷率（日最大係数：Peak Factor）

日最大係数は、日平均給水量と日最大給水量との比率で需要水量の季節変動を示すパラメーターである。一般的にこの係数は、都市規模が大きくなったり、気温の年間変動が少ない地域において低くなる傾向にある。札幌（1.21）、東京（1.19）、沖縄（1.12）、ﾊﾞﾝｺｯｸ（1.1～1.4）、ｼﾞｬｶﾙﾀ（1.30）となっている。アジア圏内の主要都市においてはおおよそ、1.3 付近であるため、本計画においてもこれを採用する。なお、PPWSA も、この数値を 1.3 として設定している。

9） 需要量予測結果

プノンペン市の将来人口及び需要水量予測結果を表３－２－９及び付属資料に示す。

表 3-2-9 プノンペン市の需要水量予測

年	2000	2005	2010	2015
プノンペン市総人口（千人）	1,040	1,342	1,722	2,201
市街部	553	653	760	871
近郊部	487	689	962	1,330
市計画給水人口（千人）	332	739	1,175	1,611
市街部	330	653	760	871
近郊部	2.5	86	415	740
市計画給水普及率（%）	32	55	68	73
市街部	59.6	100	100	100
近郊部	0.5	12.5	43.2	55.6
計画給水原単位（生活用）				
市街部	132	132	132	132
近郊部	100	100	100	100
計画給水原単位（全用途）	204	195	182	176
市街部	204	201	201	201
近郊部	197	146	146	146
有収率	65	80	80	80
1日平均給水量（千m³/日）	104	180	267	354
市街部	103	164	191	219
近郊部	1	16	76	135
1日最大需要量（千m³/日）	135	234	347	460
市街部	134	214	248	285
近郊部	1	20	99	175

10） 需要水量予測に対する提言

今回、人口予測及び需要量を算出したが、将来人口増加はまだ変動する要素が多分にある。また市内における水道を含むインフラ整備計画等の都市開発のフレームも固まっていない。従って、将来の水需要量の動向は非常に不安定な要素が多分にある。本計画が完了する 2005 年頃には、概ね人口の増加傾向や開発状況が固まると考ええられるので、その時点で、再度水道マスタープランを作成し、将来の水道計画の再方向付けをする必要がある。

3-2-3 基本計画

（1） 本計画の拡張浄水場規模の検討

プンプレック浄水場の拡張規模は、2001 年 10 月に完成するチュルイチャンワール浄水場の能力 65,000 m³/日を考慮し、2005 年のプノンペン市の需要水量を満たす規模を目処とし、50,000 m³/日とする。本計画の実施により 2005 年におけるプノンペン市の総供給量は、以下に内訳を示す

とおり 235,000 m³/日となり、2005 年の総計画需要水量 234,000 m3/日とほぼバランスする。図３－２－２に需要量予測および浄水場拡張計画を示す。なお、２００５年以降の浄水場拡張計画はPPWSA の計画に沿って作成した。

表 ３-２-１０ 浄水場拡張計画

浄水場名	現在の浄水能力	浄水能力(2005 年)	完成予定年月
プンプレック浄水場	100,000 m³/日	150,000 m³/日	2004 年
チャンカーモーン浄水場	20,000 m³/日	20,000 m³/日	ー
チュルイチャンワール浄水場	ー	65,000 m³/日	2001 年
合計	120,000 m³/日	235,000 m³/日	

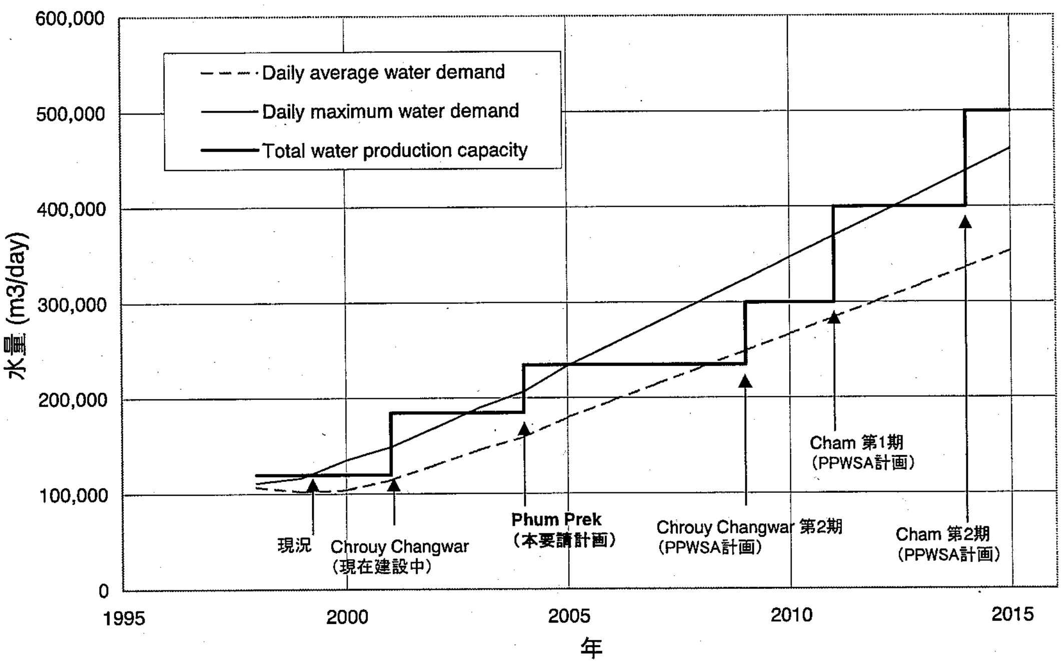


図 ３-２-２ 需要量予測と浄水場拡張計画

（２）総浄水施設能力

既存プンプレック浄水場の供給能力 100,000 m³/日に拡張浄水場の能力 50,000 m³/日を加えると、プンプレック浄水場の拡張後の総能力は 150,000 m³/日となる。この水量に浄水場内で使用する洗浄用水等の作業用水量（第３－２－４（２）項で詳述）が加わり、必要浄水能力は 158,400 m³/日（供給能力の 1.056 倍）となる。

（3）取水ポンプ設備

1）　既存ポンプ設備の状況と必要な対策

取水・導水システムは、Sap 川河畔にある取水塔内の 3 台のポンプと約 1.3 km の導水管 2 条からなる。このシステムにより、河川原水を浄水場まで導水している。既存取水塔には、以下の仕様の取水ポンプが 3 台設置されており設計揚程を確保して 3 台とも現在稼動している。ただし、設計流量を送水できていない。

タイプ：　立軸斜流ポンプ
流量：　2,200 m^3/時間
総揚程：　21.0 m
モーター出力：　3 kV、185kW
台数：　3 台（内 1 台予備）

取水・導水施設の詳細な機能調査をオーストラリアのコンサルタントが 1997～1999 年に実施した。本調査団は、独自に測定した値（取水水位、取水ポンプゲージ圧と導水量）を基に検討した結果、この報告書の調査内容を信頼できると判断し、以下に参考資料として使用する。

この調査では、取水ポンプ 1 台、2 台及び 3 台並列運転時のポンプのポンプシステムカーブ（流量－ゲージ圧曲線）を算定している。取水ポンプの公称能力とポンプシステムカーブから算出した実際のポンプ能力との比較を表３－２－１１に示す。

表 3 - 2-1 1　取水ポンプの公称能力と実際の能力との比較

項目	単位	河川水位　(計画水位)		
		+1.5 m (低水位)	+5.0 m	+11.0m (高水位)
公称 (2ﾎﾟﾝﾌﾟ運転)				
流量	m^3/時	4,400	5,000	5,400
水圧	m	21.0	18.1	15.3
電力消費	kWh/m^3	0.073	0.063	0.056
実運転 (2ﾎﾟﾝﾌﾟ運転)				
流量	m^3/時	3,640	4,150	4,750
水圧	m	22.8	22.0	19.7
電力消費	kWh/m^3	0.086	0.077	0.067
実運転 (3ﾎﾟﾝﾌﾟ運転)				
流量	m^3/時	3,890	4,410	5,240
水圧	m	24.0	23.5	22.9
電力消費	kWh/m^3	0.113	0.101	0.088

出所) Brisbane City Enterprises & ACTEW Corporation Ltd, Australia. March 1999 “Energy Audit & Energy Management Plan.”

Sap 川の低水位時には通常ポンプ 2 台の運転で所定の取水量（4,400 m^3/日＝105,600 m^3/日）が確保可能な設計となっているが、現状では全 3 台の運転で 3,890 m^3/時（93,360 m^3/日）の取水量しか確保できない。低水位時は乾期に相当し、最も水需要が増加する時期であり、この時期の導水量の減少はプノンペン市の水供給に大きな影響を及ぼす。

前述の調査では、既存導水管の流速係数を実測導水量及び実測ポンプゲージ圧とベストフィットする流速係数（C）を検索することにより算定している。この計算結果、導水管の流速係数は約 70 と算定された。従って、取水ポンプが設計流量を確保できない理由は、導水管の摩擦損失が設計値を大きく上回っているためであるとしている。　（注：C　Hazen-Williams の式における流速係数）

このように設計水量を浄水場に導水できない主因は次項で述べる導水管の劣化であるが、取水ポンプ自体の能力低下による部分もある。ポンプのスペアパーツがないため、ポンプを分解して内部の状況を詳しく調査することができなかったが、Sap 川の水質の状況等から調査団はポンプの現況に関して以下の判断をした。

- 既存ポンプは主軸保護管がなく、中間及び下部のスリーブ軸受は河川水そのままで潤滑する構造となっている。Sap 川のシルトを大量に含んだ水で直接潤滑すれば、軸受やスリーブ類の摩耗は相当進行していると予想される。
- モーターの外面上は特に異常が認められないが、高濁度の取水原水水質から判断するとケーシング、羽根車等内部部品はかなり摩耗が進んでいると予想される。
- 1989 年設置以降スペアパーツ（予備品等）の交換が行われていない。
- スペアパーツがない。（注：スペアーパーツは高価で、その価格は新品ポンプ一体の価格に近い）
- 既存ポンプは、1989 年に設置されて 11 年が経過している。本ポンプのインペラーはブロンズ製でありその耐用年数は 15 年程度である。なお、ステンレス製の場合は 20 年程度である。従って、既存ポンプは 2005 年に耐用年数に達する。

以上の理由により近い将来、取水ポンプは性能低下が十分予想され、2004 年の本拡張浄水場の稼動時（予定）には、規定水量を確保できないリスクを含んでいる。既存ポンプは耐用年数に達する 2005 年頃に更新の必要がでてくるものと考えられる。

2）　プンプレック浄水場拡張のための取水ポンプ設備計画の検討

プンプレック浄水場の拡張後には、158,400 m^3/日（6,600 m^3/時）を浄水場に送水する計画である。既存ポンプ設備の能力は 4,400 m^3/時であり、105,600m3/日を送水することが可能である。拡張後の送水量を確保するためには、2,200 m^3/時の追加ポンプ能力が必要である。既存ポンプの更新を含めて、ポンプ設備の追加能力を検討する。なお、既存取水塔には全 5 台のポンプ設置が可能なスペースがある。以下の 3 案が代替案として考えられる（図３－２－３）。代替案の検

討内容を表３－２－１２に示す。

A案：　本プロジェクトで取水ポンプ4台新設する

既存及び拡張浄水場への導水量（6,600 m³/時）を一括して計画すると、既存ポンプ 3 台更新＋1台新設が必要である。

（新設）2,200 m³/時　×　4台（内1台予備）　合計運転能力6,600 m³/時

B案：　本プロジェクトで取水ポンプ3台新設する

既存及び拡張浄水場への導水量（6,600 m³/時）を取水できる能力であるポンプ 3 台を新設する。既存ポンプ2台を予備として使用する。

（新設）2,200 m³/時　×　3台　合計運転能力6,600 m³/時

（既存）2,200 m³/時　×　2台予備　合計運転能力4,400 m³/時

C案：　本プロジェクトで取水ポンプ2台新設する

既存浄水場への取水・導水（4,400 m³/時）用に既存ポンプ 3 台を使用する。拡張浄水場への取水・導水（2,200 m³/時）用に、ポンプ2台（1台運転1台予備）を新設する。

（新設）拡張浄水場用：2,200 m³/時　×　2台（内1台予備）　合計運転能力2,200 m³/時

（既存）既存浄水場用：2,200 m³/時　×　3台（内1台予備）　合計運転能力4,400 m³/時

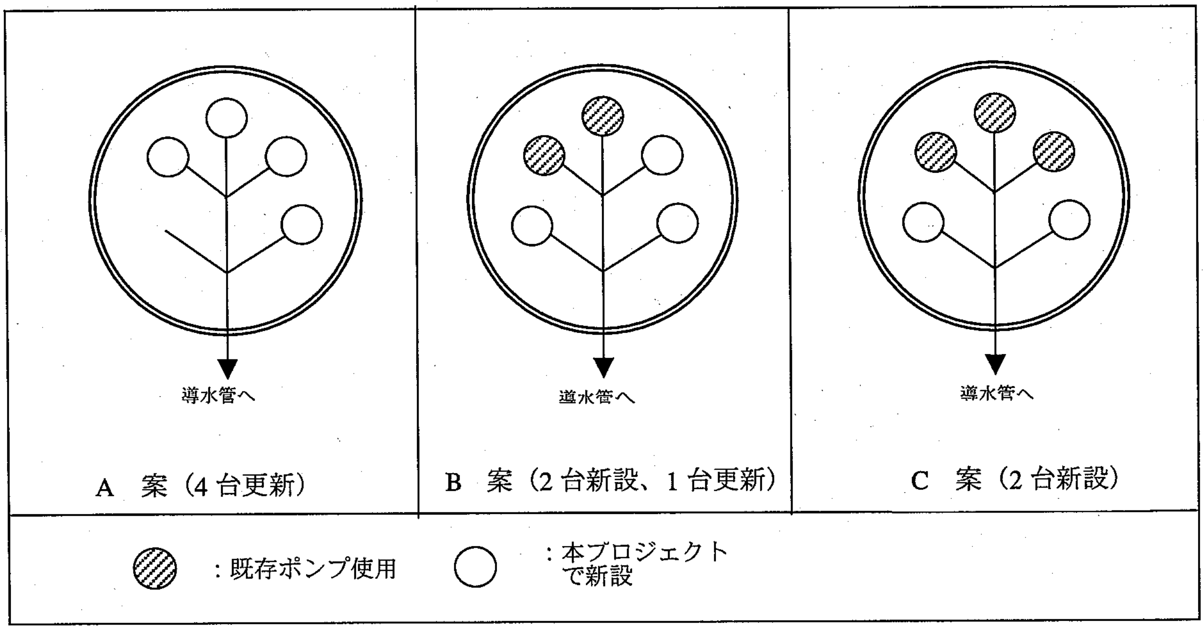


図 3-2-3　既存取水塔内の取水ポンプの代替案

表 3-2-12 取水ポンプ代替案の比較

	A案	B案	C案
技術的評価	全てのポンプを新設にする案であり、最も理想的なシステムとなる。	浄水場で必要な 158,400 m³/日の送水能力を新設ポンプでカバーできる。 既存ポンプは予備として使用し、延命化できる。 既存ポンプが機能低下した場合においても、必要量を浄水場に送水できる。	浄水場で必要な 158,400 m³/日の送水能力を新設ポンプでカバーできない。 新設ポンプのフル運転で 105,600 m³/日が送水できるのみである。 既存ポンプが機能低下した場合において、必要量を浄水場に送水できなくなる。
初期費用 (C案を1として比較)	2 (高い)	1.5	1 (低い)

本基本計画では、以下の事を考慮し取水ポンプ計画としてB案を採用する。

- 既存ポンプを運転可能な限り最大限使用する
- 初期建設費用をセーブする
- 既存ポンプが機能低下した場合においても、必要量を浄水場に送水可能にする

(4) 導水施設

1) 導水管の状況と必要な対策

現在、取水ポンプ塔と浄水場間には、口径 700mm 延長約 1300m の内面ライニングなしの鋳鉄管2条が敷設されている。この既存導水管は、1958 年と 1966 年に布設されたものである。

オーストラリアのコンサルタントの調査によると、この導水管の流速係数（C）は 70 と判定されている。調査団は、この数値と調査団による実測値（取水水位、ポンプゲージ圧、導水量）を基に、取水・導水システムを検証してみた結果、導水管の 70 という数値は合理的であると判定した。また、敷設からそれぞれ 42 年及び 34 年が経過しており、内面ライニングもないことから、管内面に錆こぶが発生しかつ錆こぶシルト系泥質が固着し、流速係数が低下していることが考えられた。参考として表３－２－１３に普通鋳鉄管の流速係数の経年変化の例を示す。

表 3-2-13 鋳鉄管、鋼管及びﾓﾙﾀﾙﾗｲﾆﾝｸﾞ鋳鉄新管の流速係数の経年変化（例）

管種	流速係数（C）	管種	流速係数（C）
新管	120	30年	80
10年	110	50年	70
15年	100	70年	60
20年	90	ﾓﾙﾀﾙﾗｲﾆﾝｸﾞ鋳鉄新管	130-140

出典：Croker. Piping Handbook

調査団は、浄水場着水井を空にして浄水場直前部の導水管内部の状況を目視調査した。その結果、錆こぶは確認されたものの、流速係数 70 を示すほどの錆こぶの状況ではなかった。ただし、管内には約 15cm の堆泥が確認された。従って、流速係数 70 と判定されたのは、管の錆こぶと堆泥による断面縮小によるものと判断された。

Sap 川の計画低水位時において、導水管内に堆泥がないと想定したケース A と堆泥が 15cm あるケース B により管の流速係数を算出した結果を表３－２－１４に示す。計算に使用した取水・導水システムにおける損失水頭の模式図を図３－２－４に示す。計算結果、堆泥 15cm のケースは、流速係数が約 88 と推定された。この数値は 70 よりも良い値であるが、管の改修・更新が必要な値である。

表 3-2-14 Sap 川低水位時における導水管機能の検討

	単位	ケースA 堆泥なしと想定	ケースB 15cm堆泥
計算条件			
有効口径（D）	m	0.7	0.643
導水管長（L）	m	1242	1242
導水管本数	本	2	2
ポンプ直後損失水頭	m	1.1	1.1
導水管の損失水頭（H）	m	9.2	9.2
計算結果			
流速係数（C）		70.1	87.7

低水位時の条件で計算した。（取水ポンプ水頭 24m、導水量 93,360 m^3/日=3890 m^3/時（取水ポンプのシステムカーブから））

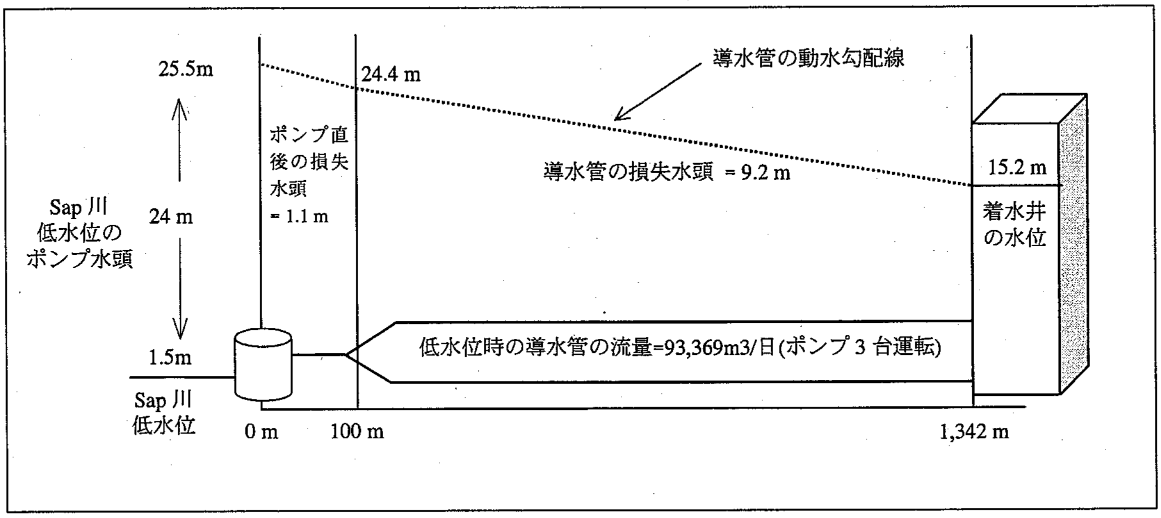


図 3 - 2-4 Sap 川低水位時の取水；導水システムの損失水頭

2) プンプレック浄水場拡張のための導水管計画の検討

既存導水管 2 条は、流速係数 (C) 100 で設計され、105,600 m^3/日の設計導水能力を持っていたが、現在はその 70%の導水能力しかない。既存動水管の不足している能力と新設管に必要な能力を考慮して導水管計画を検討する。

プンプレック浄水場拡張後に必要な導水管計画を以下の 3 案で検討した。なお、新設管の口径は３－２－４（７）項で詳細に検討する。

A 案： 既存導水管をそのまま使用し、既存管の能力の不足分は新設用導水管の能力アップで対応する

B 案： 既存導水管は使用しない。既存管の能力は新設導水管の能力アップで対応する。

C 案： 既存導水管を更正（洗浄・内面ライニング）して使用し、既存管の能力の不足分は新設導水管の能力アップで対応する

この 3 案の中、C 案は以下の理由から実質上実施不可能な案であるため検討から除外する。

- 「カ」国には更正技術及び資機材がないため更正コストが高くなる。
- 更正のために長期間浄水場の運転を中止する必要がある。
- 既存管の接合が鉛コーキングであるため錆こぶを取り除く際の衝撃で鉛コーキングの水密性を確保しがたく漏水の原因となる。
- 更正工事に必要なマンホールが導水管にない。

A、B 案を表３－２－１５のとおり比較検討した。その結果、B 案（既存導水管は使用しない、口径 1200mm 管の新設）を本プロジェクトの最適案として採用する。なお、先のオーストラリアの

調査結果においても、既存導水管の更新は最優先プロジェクトとして位置付けられている。

表 3 - 2-15　導水管計画の代替案の検討

	A案	B案
既存導水管	既存導水管（流速係数 C＝70）を使用	既存導水管は使用しない、新設管のスタンバイとして使用
新設導水管	口径 900～1000mm × 1条（C=130）	口径 1200mm × 1条（C=130）
	約 1550 m	約 1550 m
将来の既存導水管状況	• 内面無ライニング管であるため流速係数は将来更に減少 • 堆泥沈砂が更に増大 • 耐用年数を越えている	
ﾎﾟﾝﾌﾟ運転	複雑	普通
維持管理費（電気料金）のｾｰﾌﾞ	0	112,000 US$/年
概略建設コスト	1とする	約 1.3
問題点	• ポンプ運転が複雑 • 40 年以上も使用しており、内面無ライニング鋳鉄管の耐用年数を越えている • 将来、管の送水機能は更に劣化する	• 初期建設コストが A 案の約 1.3 倍
評価	× 耐用年数を越えている、将来的に更なる劣化の可能性があり、将来所定の流量を送水できなくなる可能性が高い。取水ポンプの維持管理が複雑となる等問題点が多く不適	◎ 初期コストは多少高くなるが以下のメリットがある。 • 新設管はライニング管であるため劣化が少ない。 • スタンバイ管ができ、水道システムとして安全となる • スタンバイ管があるため定期的な清掃・点検が可能となる

注）B 案における口径 1200mm の新設管の計画は３－２－４（７）項参照。

（5）　水撃作用（ウォーターハンマー）防止設備の必要性の検討

ポンプ送水システムにおいては、停電時等のポンプ急停止によりウォーターハンマーが起こり、水柱分離や異常な圧力変動の結果となる。ポンプや管路の強度の許容値を越えたウォータハンマー圧が発生した場合、ポンプ機器や管路の破損が起こり、機器や管路に致命的なダメージを与える。ポンプ送水システム内には、これに対処する設備を設置する必要がある。

拡張施設が完成し取水ポンプの通常運転時に停電によりポンプが停止した場合のウォータハンマーの解析を行う。下記に計算条件を表３－２－１６に分析結果を示す。

計算条件：取水ポンプ 3 台運転（吐き出し水量 2,200 m^3/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。（吐き出し水量：38.7 m^3/分、水頭：19.6m（1 台当り））

表 3－2－16　ウォータハンマーの解析

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	25.8	23.2	22.0	20.6	14.0
最低水位	－1.6	－2.8	－2.8	－0.8	14.0

基準レベル：+1.46m（取水塔内の計画最低水位）

上表に示すように、ウォーターハンマー発生時には管路全体に渡って負圧が発生し、導水管路内で水中分離が発生する。従って、ウォーターハンマー防止装置が必要である。

既存のウォータハンマー防止装置である圧力タンク（エアベッセル）は、取水塔のアクセスブリッジそばの川岸に設置されている。構造は半地下式で洪水時の高水位時には室内に水が流入するため、鋼製圧力タンクの下部が腐食しており、圧力容器としての性能に問題がある。ウォーターハンマー防止設備を本プロジェクトで改修することとする。

（6）　浄水処理施設

1）　既存浄水施設の状況と対策

既存浄水施設の状況とその問題点と必要な対策を表３－２－１７のとおりまとめた。

表 3-2-17 既存浄水施設の問題点と必要な対策

施設/プロセス	問題点	対策
浄水施設 (凝集･沈澱･ろ過)	• 急速攪拌の滞留時間不足 (現状 30 秒) • 緩速攪拌の滞留時間不足 (現状 17 分) • 薬品注入設備の老朽化及び薬品沈澱池流入部の構造上の欠陥のため、沈澱効率が悪い。沈澱後の濁度は 10～20 度にも達し、ろ過池に過剰な負荷をかけている。 • 沈澱池に複数の亀裂あり。 • 急速ろ過池の能力不足	• 適切な滞留時間の確保 • 沈澱池流入部に沈澱効果改善のために流入部に整流壁が必要。 • 機能上の問題は少ないが構造的に崩壊等の危険があり亀裂の補修が必要。
薬品注入設備 (硫酸バンド 3 台) (消石灰 2 台) (塩素 2 台：1 台は既に撤去されている)	• 薬品施設は全体的に老朽化が著しい。 • 硫酸バンド注入設備 1 台稼動不能。残りの 2 台の稼動機も流量調節が出来ない。 • 浄水（処理水）のｐH 調整剤（ｐH を上昇させる薬剤）である消石灰を注入するための設備をチャンカーモン浄水場から移設し仮に運転を始めた。ピストン式であるため、現在の薬剤調整ではすぐに故障する可能性大。なお、消石灰注入は着水井及びろ過後水に注入する必要があるが現在のシステムはろ過前水に注入されている。凝集効果を上げるためには着水井での注入が必要。 • 塩素注入装置 1 台だけ稼動。塩素中和装置もなく、塩素ボンベも外気に晒された部屋に設置されており、管理状況は非常に危険な状態にある。実際、過去に塩素漏洩事故があった。	• 全体的に老朽化が著しく、適正なシステムに更新・改善する必要がある。
浄水プロセス	• 日間取水量が大きく変動すること、適正な薬品注入量の設定が困難なこと、消石灰の注入がないことから、浄水プロセスを適正に運転することは非常に困難。	• 取水量を把握し制御する必要がある。 • 薬品注入量の適正制御が必要である。

2） 新設薬品注入システムの検討

a) 薬品注入設備の検討

薬品注入設備に関しては、拡張浄水処理施設用の新設に加えて、既存浄水処理施設用の薬品注入設備の改修・更新が必要である。以下の理由により、既存薬品注入設備の改修・更新はせず、既存設備は廃棄する。そして、その廃棄した分の薬品注入設備能力は、拡張薬品注入設備の能力に含めることとする。これにより、既存及び拡張浄水処理施設用の薬品注入設備は 1 系統のみとなる。

- 1 系統にすることにより、建設コストが安くなる。
- 1 系統にすることにより維持管理コストが安くなる。
- 1 系統にすることにより、維持管理が容易になる。
- 新設の薬品注入設備には、維持管理が容易で故障の少ない重力式注入方式を採用する計画（3－2－4（11）項参照）であり、既存の設備も同じ方式にすることは、維持管理を容易にしそのコストも安価となる。

b)　新設薬品棟の検討

既存薬品注入棟は老朽化が著しく、その改修は高価なものとなる。また、既存薬品棟には拡張用の薬品注入設備を設置するスペースがない。従って、薬品棟を新設し既存及び拡張浄水処理施設のための薬品注入設備を一括して設置することとする。この方法が最も建設費が安価な方法で維持管理上も最適な方法である。

c)　水質分析ラボラトリーの検討

浄水処理水質を向上するためには水質分析能力の向上が必須である。既存の水質分析室の大きさは約 3 m 四方（9 m^2）であり浄水場の水質分析をするために十分な装置を入れることは不可能である。また、既存の水質分析装置の多くは簡易分析用である。

プンプレック浄水場の水質分析ラボラトリーは、プノンペン市の水供給の全ての水質分析を担当している。また、地方水道の水質検査を請け負っている「カ」国の中心的なラボラトリーでもある。このような位置付けのラボラトリーには、本格的な水質分析が可能なスペースと分析装置が必要である。

既存施設の水質改善は、本計画の効果発現に必須事項である。既存浄水処理水質の向上を図るためには、水質分析能力の向上が必要である。

本水質ラボラトリーには我が国による技術協力を継続的に行い、先方の水質分析技術のレベルアップを支援しているが、機材不足で思うようなレベルに至っていない。

上記を勘案して、水質分析ラボラトリーを新設することとする。

分析スペースに関しては、新設薬品注入設備を重力式とするため、薬品注入棟は 2 階建てとなる。これにより、薬品棟の一部分に空スペースができる。このスペースを新設水質分析室に充てる。将来的に水質分析レベルのグレードアップが可能なスペースを確保する。本計画では、浄水場の水質分析に必要な一般的な分析装置を入れる。将来的には、分析機器のグレードアップを行う必要がある。

3)　新設着水井及び急速混和池の検討

拡張用の急速混和池においては、維持管理が容易で故障の少ないシステムとするため、機械設備を使用せず導水管からの原水の急流出と堰の段差を利用した急速攪拌方法を採用する（3-3-2 基本計画参照）。従って、着水井と急速混和池は一体として構築することとする。

既存の着水井・急速混和池を使用する案（A 案）と使用しない案（B 案）が考えられる。この 2 案の模式図を図３－２－５に示す。既存施設を利用すると以下のデメリットがあるため、本基本計画では既存施設を使用せず、既存及び拡張浄水施設用の新設着水井・急速混和池 1 池を建設する案を採用する（A 案）。

- 既存施設を利用すると２系統の薬品注入、バルブ、流量計設備が必要となり、維持管理が複雑となる。２系統の維持管理費は 1 系統より高くなる。
- 既存施設を利用すると２系統の設備の設置が必要となり、そのコストが割高になる。
- 既存急速混和池の滞留時間（30 秒）が少なく十分な混和が行われていない。従って、既存施設を使用すると既存施設の浄水水質の改善ができない。

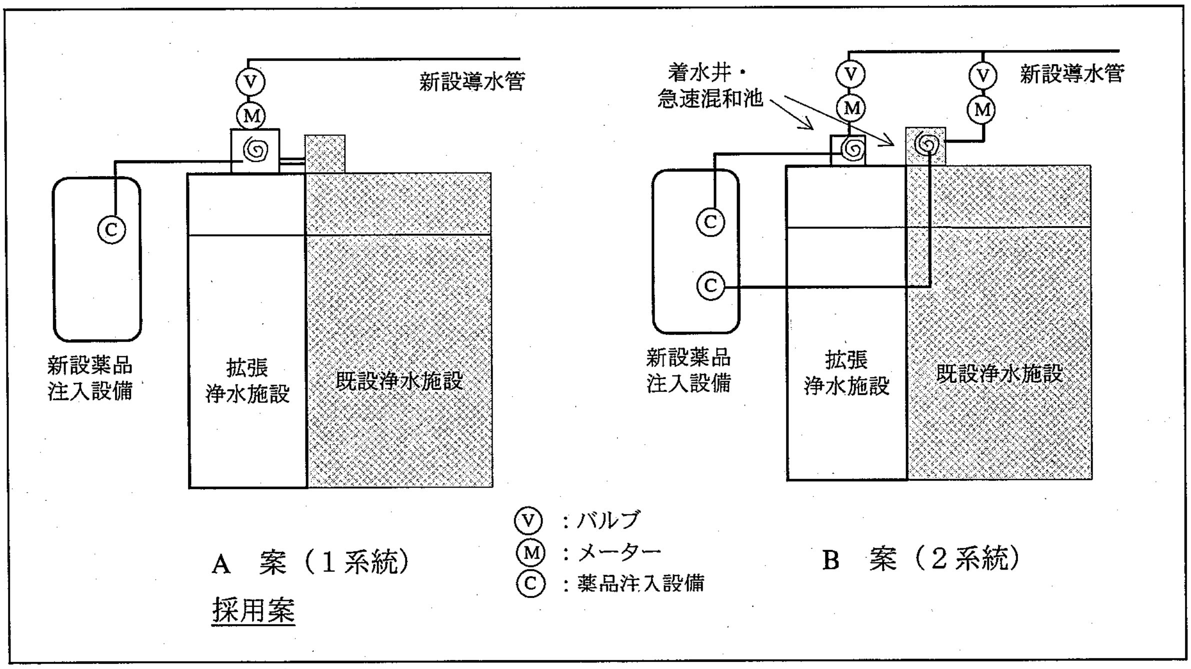


図 3 - 2 - 5　着水井、急速混和池の代替案の検討

4）　フロック形成池の検討

既存フロック形成池の滞留時間（16 分）が少なく（20 分以上必要）、浄水処理が適切に行われていない。新たにその施設を増設することは困難である。不足分の滞留時間は 4 分であり、4,800 m^3/日に相当に相当する。この不足分は拡張浄水処理施設の能力アップでカバーすることとする。これにより、拡張施設の処理能力は 57,600m^3/日、既存施設の処理能力は 100,800m^3/日となる（3 - 2 - 4（8）と（9）参照）。

5） 薬品沈澱池の検討

a) 新設

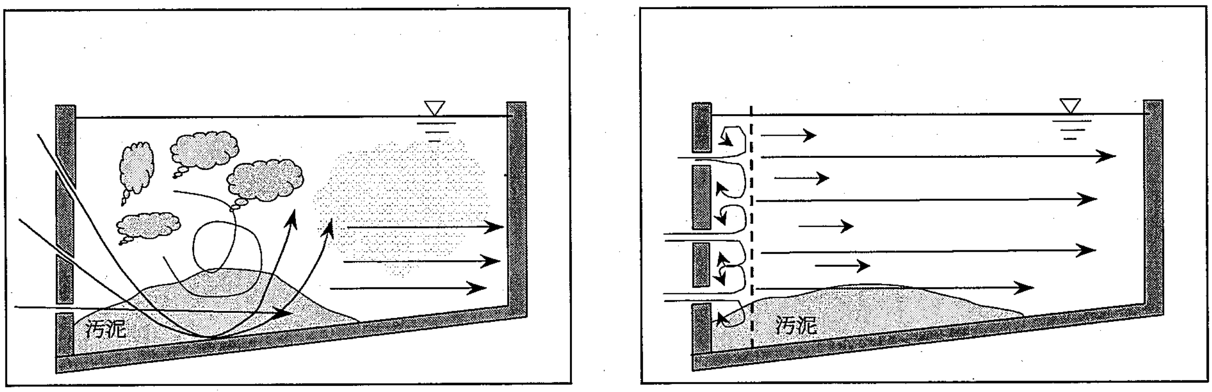
新設薬品沈澱池の処理能力は57,600m^3/日とする（詳細は３－２－４（８）と（９）参照）。

b) 既存施設

既存薬品沈澱池の問題点は、以下のとおりである。
① 亀裂が縦横にある
② 流速が早い
③ 沈澱池の構造の不備

沈澱池流入部は図３－２－６に示す構造となっているいるため、沈澱地は流入部で沈澱汚泥の巻き上げが発生する構造になっている。この構造に加えて、整流壁がないため、巻上げ部分は沈澱池の表面負荷率に換算できない、沈澱池全体で乱流・短絡流・密度流が発生するという欠点がある。これが濁度成分の沈澱効果を低下させ処理水質を悪化させている。

既存沈澱池を正常に機能させ、処理水質の向上をはかるためには、流入口の構造を変更し、流入部、中間部に整流壁を設置する必要がある。本プロジェクトでは、流入口の構造の変更と沈澱池流入部への整流壁の設置を行う。



（現況）　（改善後）

図 3 - 2-6 沈澱池流入部の構造

6）急速ろ過池の検討

既存急速ろ過池の能力は、浄水場の作業用水を含め、105,600 m^3/日の浄水能力が必要であるが、設計能力は100,000 m^3/日である。不足分のろ過能力は拡張浄水施設でカーバーすることとする。

（7） 配水池の検討

1） 給水区域内の配水状況の分析

PPWSA は漏水制御を目的として、市内を配水ゾーン分割しゾーン内の配水量を測定している。市内の配水状況の分析にはこのデータを使用した。21 ヶ所の配水ゾーンの時間配水量を測定したデータがある。表３－２－１８に地区毎にまとめた解析データの内容、時間係数及び必要貯水時間等の算定結果を示す。

表 ３ - ２-１８　地区毎にまとめた配水状況分析

地区	配水量測定配水ゾーン数	測定日	地区内１日総配水量	地区内時間平均配水量	時間係数(時間最大／時間平均)	必要配水池容量	必要貯水時間
	No.		m^3/day	m^3/時		m^3	時間
7th January	8	2/15～3/1	10,525	438.5	1.49	2,038	4.65
Chamcar Morn	8	3/27～6/15	8,067	336.1	1.36	1,091	2.48
Daun Penh	4	1/17, 5/18, 9/14	9,093	378.9	1.37	1,319	3.48
Toul Kork	1	6/26	977	40.7	2.06	193	4.74
21ゾーン全体	21	-	28,663	1,194.3	1.37	4,598	3.85

注：(1) PPWSA の 1999 年における１日平均送配水量は 111,000m^3／日。

21 ゾーンの測定総配水量は 28,663 m^3／日であった。これは 1 日平均総送配水量（111,000 m^3／日）の約 26 %である。21 ゾーンの時間流量から算出した時間係数は 1.37、必要貯水時間は 3.85 時間となった。この結果を拡張後の市内全域の配水状況に使用する場合、以下のことを考慮する必要がある。

a) 拡張後の配水圧の増加

上記の結果は、配水圧が不十分な地区（0 ～10 m）の配水量測定値を基に算出している。本プロジェクト実施後、市内の配水圧は適正な状態（約 25m 以上）になる。それにより日中の給水量が増加し、必要貯水時間がこの実測値より大きくなるものと考えられる。

b) 分析した配水量と市内の総配水量

分析した配水ゾーンは市内の１地域であり、分析した配水総量は、市内の総配水量の 24% である。一般に、都市規模が大きくなるに従い、多様な需要者が混在することになり、時間配水量は平均化され、時間係数及び必要貯水量は小さくなる傾向にある。このことを考慮すると、全市内の総配水量に対する時間係数及び必要貯水量は本結果の数値より小さい

ことが推定される。

c) 地域毎の分析

7th January 地区の給水事情は他の地域と比べて良好であると考えられている。この地区の時間最大係数 1.49、必要貯水時間 4.65 時間は他の地域と比べて大きな値となっている。Chamcar Morn 地区は出水不良地区が多いと考えられており、給水圧が適正になった場合、時間最大係数及び必要貯水時間は増加するものと考えられる。

以上のことを総合的に判断してプノンペン市の理想的な給水状態での時間係数及び必要貯水時間は以下の範囲にあるものと考えられる。

- 時間係数：1.4 ～ 1.5
- 必要貯水時間：日最大配水量時の時間平均水量の 4.0 時間以上

2） 配水池容量の検討

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時の時間平均水量の 4 時間以上の貯水能力が必要である。本基本計画では 4 時間を採用する。これにより、拡張後の浄水場総供給能力を 150,000 m^3/日として計算すると 25,000 m^3 の配水池が必要である。現在、浄水場内には 20,000 m^3 の配水池があり、5,000 m^3 の容量増加が必要である。なお、市内の高架水槽容量（2,000 m^3）を含めると 4.3 時間分の貯水量が確保できる。

150,000（m^3/日） × 4（時間）／（24 時間/日） ＝ 25,000 m^3

（8） 送配水ポンプ設備

1） 既存送配水ポンプの状況と必要な対策

プンプレック浄水場からの浄水を 6 台の配水ポンプと 2 台の送水ポンプで市内に直接及び高架水槽を通して配水している。図３－２－７はそのポンプの配置模式図および内容である。No.1 ポンプ室に設置されている配水ポンプの内 4 台の中、3 台（流量 2,100 m^3／時、総揚程 42 m）は 1966 年にフランス政府の援助により、残りの 1 台は 1997 年に UNDP により援助されたものである。

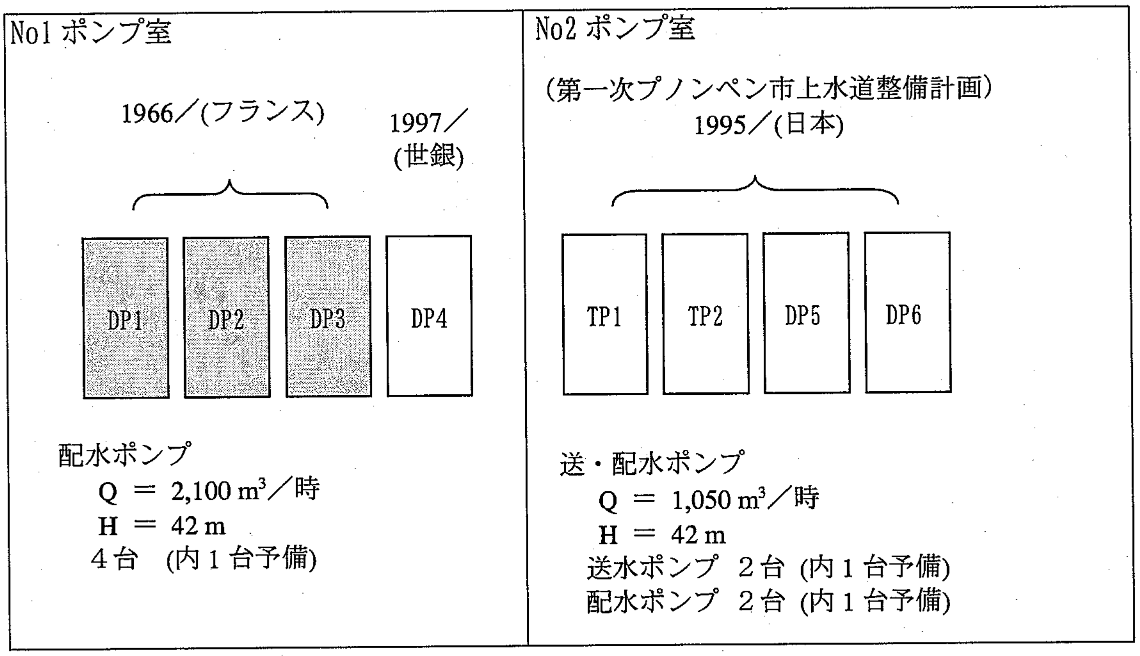


図 3-2-7 既存配水ポンプ配置図

No.2 ポンプ室及びポンプ設備は、我が国の無償資金協力による第1次プノンペン市上水道整備計画で 1995 年に設置されたもである。No.2 室には 4 台のポンプ（流量 1,050 m³／時、総場程 42m）があり、2 台は配水ポンプ、2 台は市内の高架水槽への送水ポンプとして使用されている。

調査団は、既存ポンプ機能を判定するため、ポンプの締切り圧を測定した。締切り圧は、一般に設計水頭の 1.5 倍程度であることから、本ポンプ（設計水頭 42m）の場合、約 63 m の締切り水頭が必要となる。表3－2－19は既存文献及び調査団の締切り水頭測定結果である。

表 3-2-19 締切り圧測定結果

	締切り水頭(m)		設計水頭(m)	設計水量(m³/時)
	JICA 調査団	JICA 専門家測定		
配水ポンプ1 (DP1)	5		42	2100
配水ポンプ2 (DP2)	16	17.4	42	2100
配水ポンプ3 (DP3)	16		42	2100
配水ポンプ4 (DP4)	62	59.8	42	2100
配水ポンプ5 (DP5)	61	60.7	42	1050
配水ポンプ6 (DP6)	60	59.2	42	1050
配水ポンプ1 (TP1)	60	58.7	42	1050
配水ポンプ2 (TP2)	60	60.2	42	1050

出典：（JICA 専門家測定）上水道施設維持管理総合報告書, 1999 年 3 月

実測結果から、フランス製の 1966 年設置の配水ポンプ 3 台が機能不全となっており、改修あるいは更新が必要である。また、ポンプの耐用年数は一般に 15～20 年であり、これらのポンプは

大きく耐用年数を越えている。

調査団は、更に、改修・更新が必要なポンプと同タイプのポンプで同年に設置されたが、現在取り外されているポンプを分解し内部を調査した。その内部はインペラーが極度に摩耗し、錆こぶが内部全体に付着していた。このポンプ状況から判断して、改修が必要なポンプも同じ状況であることが想定でき、インペラーの摩耗で設計水頭を出せないと判断される。

この配水ポンプの極端な機能低下は、市内の大部分における不十分な給水圧（0～10m）の原因となっている。

市内の給水圧を適正にするため、これらのポンプは全面的な改修あるいは更新が必要と判断される。浄水場にはスペアパーツのストックもなく、製造後 35 年が経ちその供給も途絶えているため、改修を行うことは不可能である。従って、これらポンプは更新することとする。

2） 浄水場拡張のための送配水ポンプ設備能力の検討

本計画では 1966 年の既設ポンプ（2,100 m^3/時）×3 台を更新する。この更新に加えて、浄水場拡張後において市内に適切な時間配水量を確保するために必要な追加ポンプ能力を検討する。なお、時間最大係数を 1.4 （３－２－３（７）項参照）として検討する。

時間最大時には浄水場から日最大配水量時の時間平均水量の 1.4 倍の水量（8,750 m^3/時）を配水する必要がある。

日最大配水量の時間平均配水量：6,250 m^3/時（＝150,000 （m^3/日）／24（時/日））

時間最大配水量：8,750 m^3/時 （＝6,250 m^3/時×1.4）

1995 年の第 1 次プノンペン市上水道整備計画において、No.2 ポンプ室に既存ポンプと同じ能力のポンプ 1 台を設置する空スペースと電気設備が確保されている。本計画では、既存ポンプと同じ能力（1050 m^3/時）のポンプを設置することを前提にして、設置した場合の配水能力をチェックする。

表３－２－２０に計画ポンプ設備を示し、配水能力を検討した結果、計画ポンプ設備は日最大配水量時の時間平均配水量の 1.46 倍の配水能力を確保できる。計画配水ポンプ設備は必要な配水能力を持ちかつ過大な設備能力となっていない。従って、拡張時のポンプ計画は 1050 m^3/時を 1 台設置することとする。図３－２－８にポンプ設置計画を示す。

表 3-2-20　計画ポンプ能力

ポンプ	台数	運転台数	1台当りの設計時間送配水量	時間送配水量	1日当り送配水量
配水ポンプ					
DP1~DP4（本計画で3台更新）	4台	3台	2100 m³/時	6300 m³/時	151,200 m³/日
DP5, DP6 DP7(本計画で新設)	3台	2台	1050 m³/時	2100 m³/時	50,400 m³/日
合計	7台	5台	-	8400 m³/時	176,400 m³/日
送水ポンプ					
TP1, TP2	2台	1台	1050m³/時	1050 m³/時	25,200 m³/日

Qmax = 8400 + (1050/1.4) = 9150 m³/時 ≧ 8750 m³/時　OK
　　　　配水　　送水
9,150 m³/時 ／ 6,259 m³/時 = 1.46 ＞ 1.4

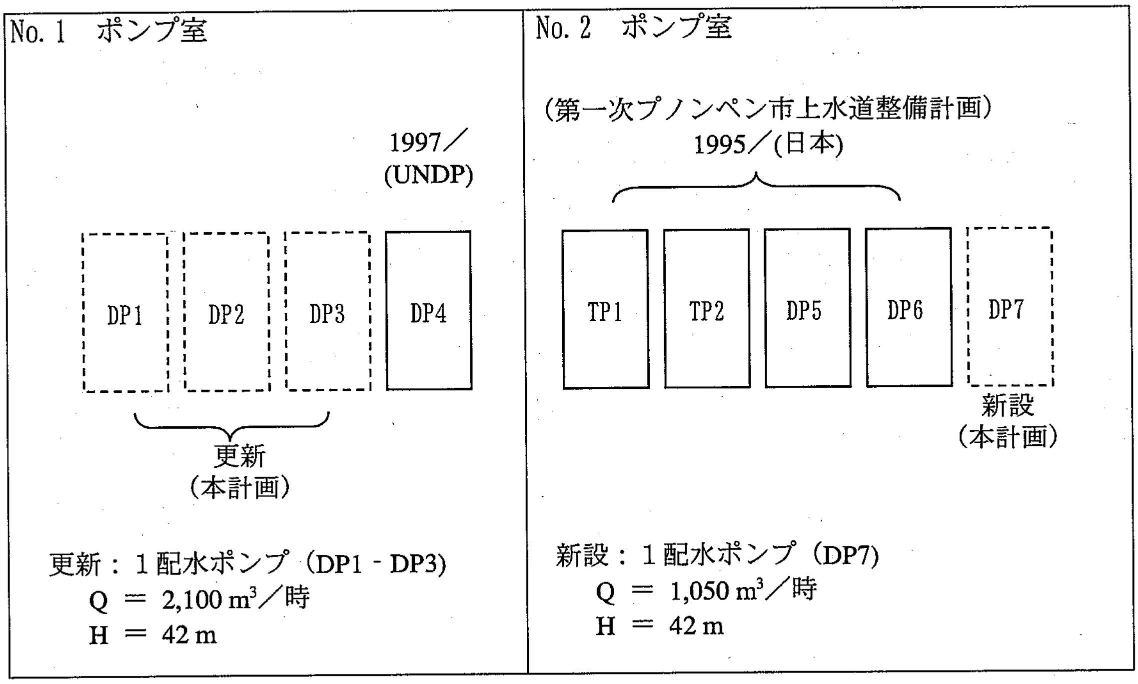


図 3-2-8　配水ポンプ計画