

国際協力事業団
カンボディア国工鉱業エネルギー省

カンボディア国
シェムリアップ市上水道整備計画調査

最終報告書
要約

平成12年6月

日本工営株式会社
株式会社日水コン

報告書の構成

Vol. I	要約
Vol. II	主報告書
Vol. III	サポーターティング・レポート
Vol. IV	データ集

適用通貨換算率

1.00 US\$ = 3,800 Riels = 120.00 Yen

(1999年6月)

序 文

日本国政府は、カンボディア王国政府の要請に基づき、同国のシェムリアップ市上水道整備計画にかかる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8年12月から平成12年6月までの間、6回にわたり高橋 修氏を団長とする日本工営株式会社・日水コン株式会社共同企業体からなる調査団を現地に派遣しました。また、平成8年12月から平成12年6月までの間、国際協力事業団、国際協力専門員の山本 敬子氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、カンボディア王国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し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成12年6月

藤田 公郎

国際協力事業団
総 裁 藤田 公郎

伝 達 状

国際協力事業団
総裁 藤田公郎 殿

今般、カンボディア王国シェムリアップ市上水道整備計画調査が同国政府関係機関の協力を得て完了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。本報告書は、カンボディア王国政府が実施するシェムリアップ市上水道整備事業に寄与すべき資料として作成いたしました。

本報告書は、要約、主報告書、付属書およびデータ集の四分冊からなり、要約は調査結果の要旨をとりまとめ、主報告書は同市の上水道整備計画に関する調査結果をとりまとめました。付属書は主報告書の裏付けとなる基礎資料の分析結果、データ集は本調査に関連する参考資料を掲載しました。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間中にわたり多大な御支援、御協力を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、厚生省、在カンボディア日本大使館、貴事業団カンボディア事務所ならびにカンボディア王国政府関係機関各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

本調査の結果が、カンボディア王国、シェムリアップ市における今後の上水道整備のため、また、同国の発展のために貢献できることを切に願う次第であります。

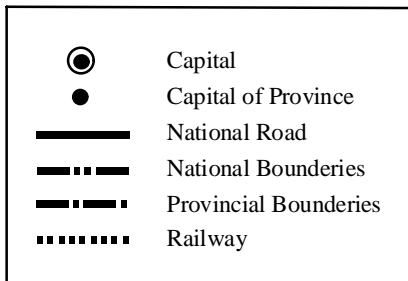
平成 12 年 6 月

高橋 修

シェムリアップ市
上水道整備計画調査団
団長 高橋 修



LEGEND



KEY MAP

**The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia**

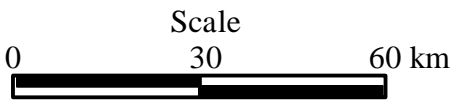
Japan International Cooperation Agency

カンボディア国位置図



Legend

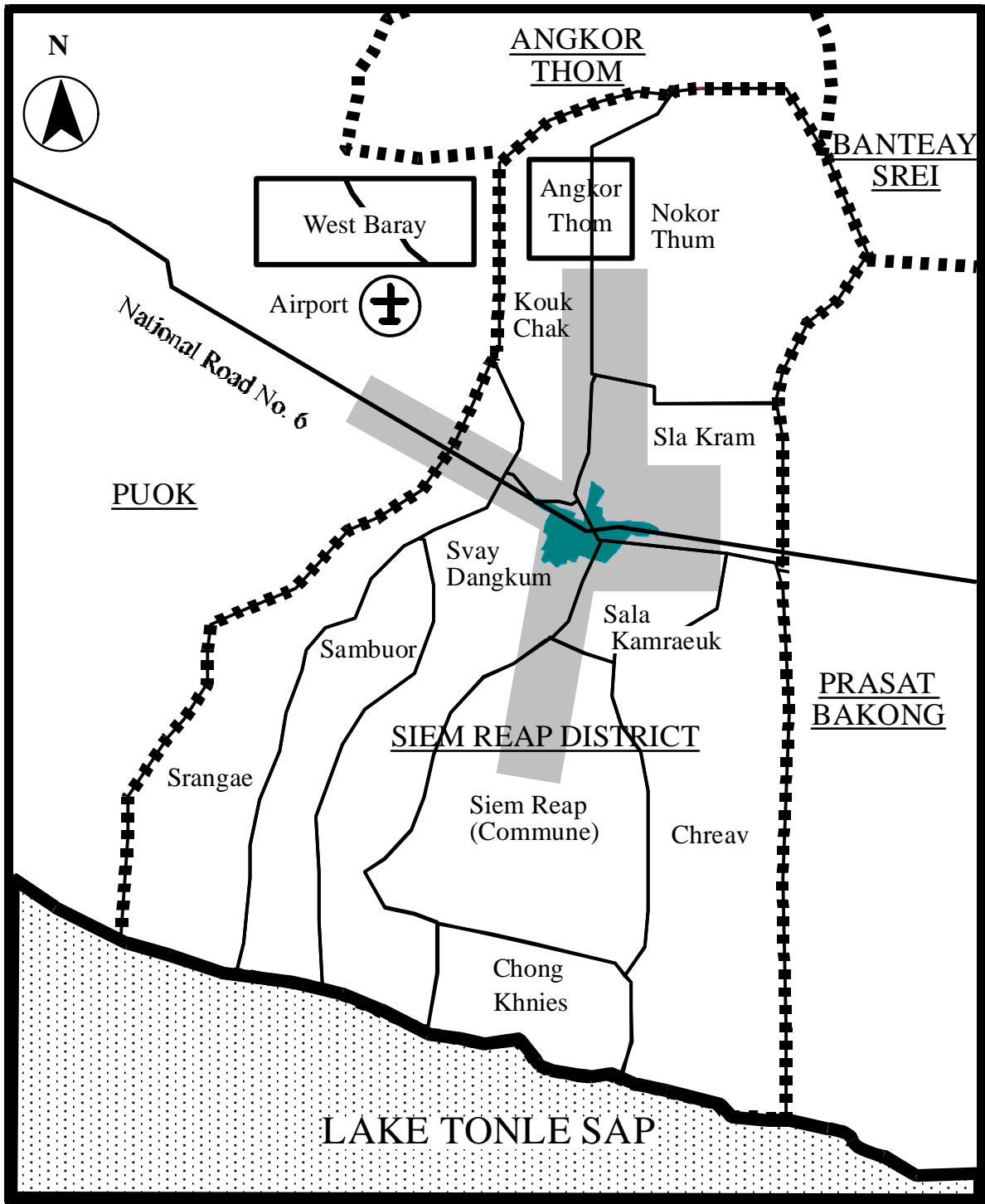
<u>PURSAT</u>	: Province Name
Svay Leu	: District Name
	: Provincial Boundaries
	: District Boundaries
	: Siem Reap Town



The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia

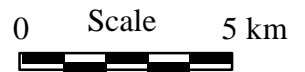
Japan International Cooperation Agency

シェムリアップ州位置図



Legend

<u>SIEM REAP</u> : District Name	— : Commune Boundaries
Sla Kram: Commune Name	■ : Social Survey Area
■■■■■ : District Boundaries	■ : Water Supply Service Area



The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia

Japan International Cooperation Agency

調査対象位置図

カンボディア国
シェムリアップ市上水道整備計画調査

調 査 結 果 概 要

1. 背景

カンボディア国政府(RGC)は、外国からの財務的・技術的援助を通し、アンコール遺跡観光の拠点であるシェムリアップ市の復興及び開発を推進している。

RGC の要請に応え、国際協力事業団(JICA)はシェムリアップ市上水道整備計画調査共同事業体（幹事：日本工営株式会社、構成員：株式会社日水コン）とシェムリアップ市上水道整備計画調査（本調査）に関する業務委託を行った。

2. 調査の目的

- ・ シェムリアップ市給水のための水源開発可能性を調査し、水源を選定する。
- ・ 同市水道に関するマスタープラン (M/P)を作成する。
- ・ マスタープランで選定された優先水源に関し、フィージビリティスタディ (F/S)を行う。
- ・ 本調査を通じ、カンボディア国側カウンターパートに技術移転をする。

3. 調査対象区域

シェムリアップ市、トンレサップ湖の一部、西バライ貯水池、シェムリアップ川流域。

4. 調査実施期間

1996年12月～2000年6月。

5. カウンターパート機関

カンボディア国工鉱業エネルギー省 (The Ministry of Industry, Mines and Energy, The Royal Government of Cambodia)

6. 現地調査内容と結果

測量、水文調査、地質調査、水理地質調査、水質分析、社会分析及び環境調査を実施した。

調査結果

- ・ シエムリアップ川は流域面積 600 km²、河川長 90 km で、UNTAC 橋地点のピーク流量は約 150 m³/s (1997 年)と推定される。最小流量は Prasat Keo 地点で 0.8 m³/s (1997 年)、0.56 m³/s (1998 年)である。
- ・ 西バライ貯水池は水位の標高 25.0 m で有効容量約 48.6 百万 m³である。
- ・ トンレサップ湖の水量は無限に等しい。
- ・ 8 地点で実施した観測井戸掘削結果などから WT4 井戸周辺またはシエムリアップ空港周辺に良質な地下水があると判明した。
- ・ アンコール・ワット正面地点の観測井戸(LTb)によると、1998 年 2 月から 1999 年 1 月の期間、地下水位変動が 2.3 m であり、地盤変動は 1.3 mm であると確認された。

7. 水供給マスタープラン

7.1 人口予測

住民、観光客と各国の政府使節団等に分け目標年次 2010 年の同市の人口を予測した。

7.2 給水区域

同市の現況及び将来の人口増加を考慮し、2つのステージに分けて給水区域を提案した。その面積はステージ 1 で 345 ha、ステージ 2 で 436 ha である。2006 年のステージ 1 の人口は 37,028 人、2010 年のステージ 2 では 53,151 人と予想される。

7.3 水需要予測

民需、観光客需要、特別需要に分けて予測した。特別需要は病院、学校、政府機関、王宮、寺院、市場である。総水需要は 2010 年で 7,700 m³/日。漏水率 15 %、民需と特別水需要のピーク係数を 1.2、観光水需要のピークを 1.57 と予測されたので、2010 年の最大供給必要量は 12,000 m³/日となる。

7.4 水源開発調査

4つの代替水源であるシェムリアップ川、西バライ貯水池、トンレサップ湖、地下水について水源開発可能性を各々評価した。

(1) 地下水

過剰揚水は遺跡地域の地盤沈下を引き起こす可能性がある。このような事態が起きないように最適な揚水量を見極めるため、コンピューター・シミュレーションを2回に渡り実施した。第1回目のシミュレーションではWT4近辺に井戸群を計画し透水係数 1×10^{-2} cm/s で 14,900 m³/日を連続的に揚水すると、地下水位は井戸群地区で 3 m、遺跡地区で 30 cm 低下し、地盤変動は 1 mm 以下であると結論された。さらに十分に安全を期すため揚水量を 80% に減じた 12,000 m³/日とすることを提案した。

第2回目のシミュレーションは2本のパイロット井戸の透水係数 7×10^{-3} cm/s を採用し実施した。地下水位低下は井戸群地区で 4 m、遺跡地区では低下しないため、影響は殆どないと判定された。

(2) 西バライ貯水池

未利用と想定される水量が 4.7 百万 m³ ある。仮に、これが給水に転用できるものであれば 12,900 m³/日が利用できると試算される。

(3) シェムリアップ川

渇水時の流量がないため貯水池を配備しない限り、水源としての利用は不可能と判断される。

(4) トンレサップ湖

水量は無限であるが湖水位変動が大きいため取水施設は沖合 4 km 地点に設置する必要がある。同市から取水地点までの距離が 19 km を越え、重力を用いての導水は不可能である。4水源のなかで水質は最悪である。

7.5 代替水源の比較検討

シェムリアップ川、西バライ貯水池、トンレサップ湖、地下水の4代替水源について以下の項目を検討した。

- ・ コスト
- ・ 運転維持管理の容易さ
- ・ アンコール遺跡群に対する影響
- ・ システムの信頼性
- ・ 水源水質とその安定性の確保
- ・ システムの柔軟性

- ・ 環境に与える影響

経済面から地下水が最も有利である。水質を始め他の項目も検討し、総合的に地下水が優位であると判明した。

7.6 過去及び現在の給水システム

(1) 浄化施設

- ・ 旧フランスシステム 1930年代完成、水源：シエムリアップ川
- ・ アメリカシステム 1960年代完成、水源：シエムリアップ川
水質悪化、施設老朽化により1995年運転中止
- ・ 新フランスシステム 1998年完成、水源：地下水
1999年7月より運転開始

(2) 配水施設

- ・ 配水管網の管材は主にアスベストセメント、一部で塩化ビニルを使用。
- ・ 配水管網は老朽化が進んでいるために約50%の既存管路の布設替えが必要。

7.7 水道施設整備長期計画

(1) 段階的な整備計画

水需要の増加予測とコスト/便益から2つのステージ分けが妥当であると判断した。各ステージにおける施設規模は以下のとおりである。

ステージ	施設増加規模 (m ³ /day)	施設規模合計 (m ³ /day)
既存施設	-	1,440
ステージ1(2002年)	8,000	9,440
ステージ2(2006年)	4,000	12,000

ステージ1の完了時点で既存システムの寿命がくると考え、ステージ2の施設規模合計は $9,440 + 4,000 - 1,440 = 12,000$ m³/日とした。

(2) 水道施設計画

- ・ ステージ1では国道6号線に沿って10本の井戸を計画。
- ・ ステージ2では西パライへ分岐する道路に沿って5本の井戸を計画。
- ・ 井戸間隔：400m、各井戸の揚水量：800 m³/日、井戸深：50 m。
- ・ 国道6号線に沿って配水幹線を布設する。
- ・ ホテル開発地区にはバルク給水する。

7.8 費用概算 (M/P 段階)

	概算プロジェクトコスト (US\$)	維持管理費 (US\$/m ³)
ステージ 1:	16,192,000	0.135
ステージ 2:	2,781,000	0.115
合計	18,973,000	

7.9 実施計画

	Year											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
1st Stage												
Budgetary Arrangement	■											
Detailed Design		■										
Tendering			■									
Construction			■	■								
2nd Stage												
Feasibility Study					■							
Budgetary Arrangement						■						
Detailed Design							■					
Tendering								■				
Construction								■				

7.10 組織の改革

- ・ 現在、シエムリアップ市水道局は9名の関係職員によって運営され、業務課と技術課よりなる。
- ・ 本調査ではシエムリアップ市水道局の機能的運営のため、職員数を2002年で14人、2006年に19人、2010年で25人が必要と判断する。
- ・ 業務・会計、顧客サービス、工務の3課よりなる組織を提案する。

7.11 制度の改善

- ・ 人的資源の開発。職業訓練及び国内外の訓練プログラムを提案。
- ・ 既存の法組織、民間分野の参画 (PSP: Private Sector Participation)の検討。
- ・ 法整備 (水道法/条例、事業の部分委託に係る条例、地下水汲み上げ規制、水源汚染対策等)。

7.12 運営と管理

無収水率の低減を図り、安全な飲料水を安定供給する為に以下の方策を提案する。

従業員の労働意欲の改善と高揚、報奨制度の確立、水質、地下水位と地盤変動のモニタリング、資材管理の徹底、施設台帳の整備。

7.13 経済・財務分析

提案プロジェクトについて (1)経済評価 (2)財務評価 (3)社会経済面の影響の視点から分析した。

(1) 経済分析

- ・ EIRR 10.5 %、B/C 1.04、NPV は 56 万 US\$である。EIRR は 10 %以上であるから当プロジェクトは経済的視点から妥当性がある。

(2) 財務分析

- ・ FIRR -2.2 %、B/C 0.34、NPV -1,200 万 US\$となり、運営は困難。
- ・ 当事業を成立させるには、水道料金面の増収だけを考えるならば現行料金の 3.2 倍、投資資金面だけを考えるならば全投資額の 81 %を無償資金で賄う必要がある。これら 2 つの組み合わせも可能。

(3) 社会・経済的影響

- ・ 水道プロジェクトの実施は地域経済の活性化、雇用の増大をもたらす。
- ・ プロジェクト投資金額 721 億リル(=3,800 億ドル)は政府 1999 年歳出の 3.4 %に達し、政府にとっては過大な額である。

7.14 環境評価

(1) 初期環境評価 (IEE)

- ・ カンボディアに環境スクリーニングに関する法律がない。JICA フォーマットをアジア開発銀行及び世界銀行の指針を参考にして評価した。
- ・ 本事業は公衆衛生の改善に著しく貢献する。
- ・ 水くみ等の時間短縮。ホテルも既存浄水システムに費やすエネルギーを節約。
- ・ 過剰揚水すると地下水が低下して地盤沈下が発生する可能性があり得る。
- ・ 住民移転と土地買収が必要。下水量が増加する。

(2) 将来下水処分計画

公衆衛生普及教育と有効な下水対策が重要。

7.15 マスタープラン評価

(1) 技術評価

- ・ 給水面積：ステージ 1 で 345 ha、ステージ 2 で 436 ha、同市北東部のホテル開発エリアにも給水する。
- ・ 家庭用給水普及率：ステージ 1 (2006 年) で 65 % まで増加し、ステージ 2 (2010 年) で 75 % に増加するとした。
- ・ 観光水需要：ホテル、ゲストハウス、レストランの 95 % に給水を計画。
- ・ 複数井戸を計画したので安定、信頼できる水源である。
- ・ 発電機を備えることで不安定な公共電源による停電を避ける事が可能。
- ・ 地下水の水質は満足でき、塩素消毒のみで飲料水として利用可能。
- ・ 新たな技術を必要とせず、建設及び維持管理が容易。

(2) 財務・経済評価

- ・ 設備投資の 81 % を補助金で賄うことが出来れば水道事業の経営は可能。
- ・ 設備投資の 62 % を補助金で賄い、併せて水道料金を 50 % 値上げすることでも経営は可能。
- ・ 海外又は国内金融市場から資金を調達する必要あり。
- ・ 経済面より当プロジェクトは妥当性がある。

(3) 環境評価

- ・ 水系感染症を抑え、医療厚生面からシエムリアップ市の経済状況を改善。
- ・ 当事業は観光関連の社会基盤整備、カンボディア国内の経済に大きく貢献。

8. フィージビリティースタディー (F/S)

8.1 F/S 対象優先プロジェクト

- ・ ステージ 1 を緊急プロジェクトと位置付け F/S 対象とした。
- ・ 計画値は次に示すとおり。

項目	2006 年時点での数値
給水区域内人口	39,244
給水普及率	65 %
給水人口	25,508
家庭用水需要 (日平均)	3,061 m ³ /day
観光水需要 (日平均)	2,060 m ³ /day
その他の水需要 (日平均)	156 m ³ /day
総水需要 (日平均)	5,277 m ³ /day
総水需要 (日最大)	8,352 m ³ /day
家庭用給水栓数	4,475
総給水栓数	4,797

ステージ 1 の主な内容は井戸の建設、井戸連絡管路の布設、着水井の建設、配水池の建設、消毒施設の設置、配水ポンプ場の建設、配水管路の布設、給水幹

線の布設、既存管路の布設替え並びにこの布設替えに伴う給水栓の布設などである。

8.2 追加測量調査

- ・ 配水幹線計画に沿った 15 km の縦断測量などを行った。

8.3 ステージ 1 プロジェクト

(1) 水道施設計画

- ・ 国道 6 号線に沿って 10 本の井戸を建設する。井戸間隔：約 400 m。
- ・ 配水センターは着水井、配水池、消毒施設、配水ポンプ場、自家発電施設からなる。建設場所：井戸群の中間地点。
- ・ ステージ 1 では着水井に 2 台の塩素注入器を設置。pH 調整用の消石灰注入設備を設けることとする。
- ・ 配水ポンプ場にステージ 1 で大小のポンプ合計 7 台を設置する。
- ・ 発電機は大小 2 種類、各 4 台(合計 8 台)を設置する。
- ・ ホテル開発地域に市内配水管網北端よりバルク給水をする。
- ・ 漏水率把握のためメーターディストリクト方式を採用し配水管理を行う。

(2) 運転維持管理

- ・ 井戸は 5 年に一度定期点検をするのが望ましい。定期的な水質検査も必要。
- ・ 浄水施設では毎日各種の記録を付け、保管蓄積する必要がある。
- ・ 配水管網図の整備、最新工事・修理の情報を常に更新していくことが不可欠。

8.4 制度と組織

(1) 制度と法令

- ・ カンボディア国政府は国内の水道事業体の PSP 化を推進している。PSP 化する場合は法制度の見直しが必要。

(2) 組織

- ・ ステージ 1(2006 年)完成時には業務・会計課、顧客サービス課、工務課の 3 課からなる新しい組織を提案する。
- ・ 2006 年で全従業員 19 名が必要である。

(3) トレーニング

トレーニングは以下の項目について提案する。

職階ごとのトレーニング、実際の作業内容 / 主題ごとのトレーニング、特定事項に関するトレーニング、訓練生を派遣してあるいは講師を招聘してのトレーニング、職場内でのトレーニング (OJT)、自学自習による努力。

8.5 プロジェクトコスト並びに施設計画 (F/S 段階)

(1) プロジェクトコスト

(単位: US\$)

項目	外貨分	内貨分	ステージ 1 合計
建設費	10,685,000	635,000	11,320,000
関連費用を含むプロジェクトコスト	14,982,000	1,317,000	16,300,000

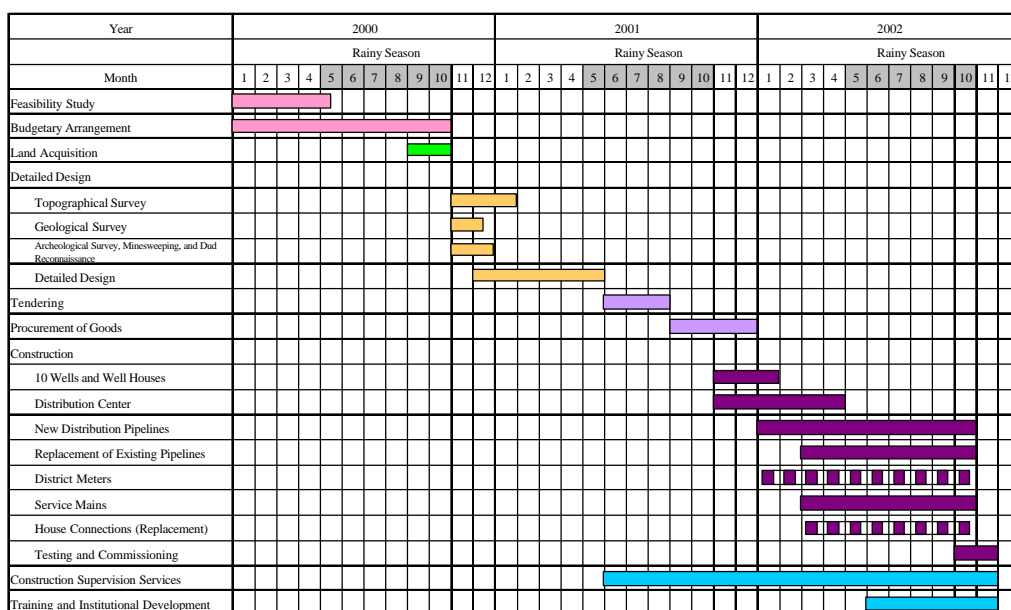
(2) 年間運転維持管理費

(単位: US\$)

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
年間運転維持管理費	278,722	298,363	321,915	338,643	363,531

(3) 実施計画

ステージ 1 段階の実施計画



ステージ 1 の支出計画は以下のとおり。

(単位: US\$)

年	年間支出額	合計に対する比率
2000	591,000	3.6 %
2001	7,759,000	47.6 %
2002	7,950,000	48.8 %
合計	16,300,000	100 %

8.6 経済・財務分析

(1) 経済分析

- ・ ステージ 1 に必要な費用だけを検討した。
- ・ 経済評価諸指標：EIRR 9.2 %、B/C 0.94、NPV -92 万 US\$。
- ・ 先行投資となる設備費が含まれているため、EIRR が 10 %を下回ったが、ステージ 2 まで含めると 10 %を上回る事が期待出来る。

(2) 財務分析

- ・ 財務評価諸指標(FIRR -2.7 %、B/C 0.33、NPV -1,098 万 US\$)からみて当該条件下での財務運営は困難である。
- ・ 以下の 2 つの資金計画で財務シミュレーションを実施した。水道受益者の世帯収入等を考慮すると資金計画 2が望ましい。

資金計画 1： 初期投資額の 30 %を金融機関から借り入れ。70 %は外国・国内政府資金から補助金を仰ぐ。水道料金を現行より 50 %高くする。

資金計画 2： 初期投資額の全てを外国・国内政府資金から補助金で賄う。水道料金は現行のままとする。

8.7 環境に関する考察

ステージ 1 に対する EIA を以下のように実施した。

(1) 地下水位

- ・ 地下水シミュレーションから各井戸の干渉による集中的な地下水低下は最大でも約 4 mと考えられる。
- ・ 地下水位低下の許容範囲をトレースするため、継続的なモニタリングが必要。

(2) 地盤沈下

- ・ 揚水試験データにもとづくシミュレーション結果から遺跡群周辺で地盤沈下は殆ど発生しない。

(3) 用地買収

- ・ 配水センター (10,000 m²)の用地買収が必要。用地は水田であり大きなインパクトはない。

(4) 新たな下水の発生

- ・ 適切な下水対策が必要。

(5) 経済活動

- ・ 上水整備により市民の水利が良くなる。水系感染症が減少し医療費軽減効果及び経済活動が活発化する。
- ・ 水道料金の発生は負の経済効果。

- (6) 文化的貢献
 - ・ 観光客にとって快適な滞在環境が期待できるので観光業にも便益がある。
- (7) 将来の水質変化
 - ・ 井戸計画地域は農村地帯。化学肥料や殺虫剤の普及率が低く、汚染物質が地下に浸透する量は限られるため、水質悪化の可能性は少ない。

8.8 結論および提言

- (1) 結論
 - 1) 技術評価

本給水計画のステージ 1 実施後、給水面積は 345 ha、給水人口は 25,500 人となる。本調査で提案した水道施設の建設には特別な技術を必要とせず、施設維持管理も容易であり、同国の技術レベルで十分に対処が可能であると考えられる。水量・水質面にも問題はなく、技術的に本プロジェクトは実施可能であると判断される。
 - 2) 財務評価

初期投資額の 30 %を金融機関から借り入れ、残りの 70%については外国無償資金・国内政府資金から補助金を仰ぎ、かつ、水道料金を現行の 50%高く設定して水道料金の増収を図るとする条件下（資金計画 1）で財務分析を実施した結果、17 年目（2018 年）に単年度収支が黒字となり、24 年目（2025 年）には累積赤字が解消すると判断された。

また、初期投資額のすべてを外国無償資金・国内政府資金で賄い、水道料金は現行通りとする条件下（資金計画 2）で財務分析した結果、17 年目（2018 年）で単年度の収支は黒字に転換し、累積赤字は 27 年目（2028 年）で解消されると判断された。

財務面からみると、どちらの資金計画でも本プロジェクトは実行可能であり、大差はない。水道利用者の負担を考慮すると、水道料金を現行通りとする資金計画 2 がプロジェクト実施上望ましいといえる。
 - 3) 環境評価

本調査では、地下水揚水による地盤沈下の有無が環境評価に大きく関わる。揚水試験及び地下水シミュレーション実施の結果、井戸群からの揚水はアンコール遺跡群周辺に 1 mm 以下程度の地盤沈下を生じさせる可能性があるが、この程度の地盤沈下はアンコール遺跡群周辺に悪影響を与えないと判断される。よって、環境面から本プロジェクトは実行可能であると言える。
 - 4) プロジェクト全体評価

技術面、財務面、環境面を総合的に評価すると、本プロジェクトは実行可能であると判断される。本プロジェクト実施後は、安全な水へのアクセスが容易になり、市民生活が改善される。さらに水系伝染病の減少も期待できる。ホテルへの給水も可能で、観光事業の活性化にも役立つものと考えられる。

(2) 提言

1) マスタープランの見直し

今回のM/Pは2010年を目標としているが、2006年以降、ステージ2の実施に先立ち見直しが必要となる。

2) 継続的なモニタリングの実施

地下水位低下に因る地盤沈下の発生予知をしてアンコール遺跡群に影響を及ぼさないよう、モニタリングにより常に監視していく必要がある。

3) 地下水開発の規制

新たな水道施設が完成したときに新規開発や既存井戸施設の使用を制限する。

4) 公衆衛生普及教育

公衆衛生教育を学校のカリキュラムに組み込むことを提案する。

5) 排水・下水対策

上水道事業の効果を最大限にするために排水・下水対策の実施が不可欠である。上水道事業の進捗を考慮し排水・下水対策を実施する必要がある。

6) 事業実施に必要な行動

- ・ 中央政府との調整（資金調達に関し協力を求める）
- ・ 州政府との調整（プロジェクト実施及び水道局運営に関する協力を求める）
- ・ 必要な土地買収の準備（土木工事開始前に終了する必要がある）
- ・ 遺跡調査（配水センター予定地などで、埋没未確認遺跡の有無の調査を実施する必要がある）
- ・ プノンペン市水道局との調整（技術・維持管理面において技術移転を求める）

カンボディア国
シムリアップ市上水道整備計画調査

最終報告書

要約

目次

序文	
伝達状	
調査対象位置図	
調査概要	
	頁
第 1 章 概説	1
1.1 調査背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 作業の実施	3
第 2 章 調査対象区域	4
2.1 調査対象区域の定義	4
2.2 自然条件	4
2.3 経済状況	4
2.4 シムリアップ市	5
2.5 アンコール遺跡群	5
2.6 代替水源	5
第 3 章 測量及び各種調査	7
3.1 地形測量	7
3.2 水文調査	8
3.3 地質調査	10
3.4 水理地質調査	13
3.5 水質	13

3.6	社会分析及び環境調査	15
第4章	水供給マスタープラン	17
4.1	人口、給水区域、及び水需要	17
4.2	水源開発可能性	20
4.3	代替水源の比較検討	24
4.4	過去及び現在の水道システム	27
4.5	水道施設整備長期計画	28
4.6	制度の改革	33
4.7	経済・財務分析	34
4.8	環境評価	35
4.9	M/P 評価	37
第5章	フィージビリティースタディー	39
5.1	F/S 対象優先プロジェクト	39
5.2	追加測量調査	40
5.3	ステージ1プロジェクト	40
5.4	制度と組織	47
5.5	プロジェクトコスト並びに実施計画	48
5.6	経済・財務分析	50
5.7	環境に関する考察	53
5.8	結論および提言	55

付表リスト

	頁
表 4.5.1	施設規模拡張計画 29
表 4.5.2	口径別配水管延長 31
表 4.5.3	概算プロジェクトコスト (M/P 段階)..... 32
表 5.1.1	ステージ 1: 2006 年における計画値..... 39
表 5.5.1	概算プロジェクトコスト (F/S 段階) 49
表 5.5.2	年間運転維持管理費 49
表 5.5.3	ステージ 1 プロジェクトコスト支出計画..... 50
表 5.6.1	感度分析結果..... 52

付図リスト

	頁
図 1.1.1	調査スケジュール 2
図 3.2.1	水文計測位置図..... 9
図 3.3.1	観測井及び水文観測所位置図..... 12
図 3.4.1	地下水位と地盤沈下の関係..... 14
図 4.1.1	給水区域..... 19
図 4.2.1	パイロット生産井位置図..... 23
図 4.2.2	地下水位低下等高線図 (シミュレーション結果) 25
図 4.3.1	各代替水源に対する水道システム 26
図 4.5.1	段階的整備計画と将来水需要..... 29
図 4.5.2	実施計画 32
図 5.3.1	水道システムフロー 41
図 5.3.2	井戸群配置図..... 42
図 5.3.3	配水センター平面図 44
図 5.3.4	ステージ 1 における配水管網図..... 46
図 5.5.1	ステージ 1 段階の実施計画..... 51

略 語

ACP	Asbestos Cement Pipe
ADB	Asian Development Bank
AFD	French Agency for Development
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
APSARA	Authority for the Protection of the Site and the Management of Angkor Region
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
B/C	Benefit-Cost Ratio
BOD	Biochemical Oxygen Demand
CARERE	Cambodian Area Rehabilitation And Re-generation
CAD	Computer Aided Design
CFD	Caisse Francaise de Developpement (French Development Bank)
COD	Chemical Oxygen Demand
CPA	Complementary Package of Activities
CPI	Consumer Price Index
CRF	Capital Recovery Factor
D	Depth
DDT	Dichlorodiphenyl Trichloroethane
Dept.	Department
DFID	Department For International Development, UK
DIP	Ductile cast Iron Pipe
Div.	Division
DO	Dissolved Oxygen
DSR	Debt Service Ratio
DWL	Dynamic Water Level
EC	Electric Conductivity
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
EL	Elevation Level
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization
FBC	Feed Back Committee

FIRR	Financial Internal Rate of Return
F/S	Feasibility Study
GAD	Gender and Development
GAMS	General Algebraic Modeling System
GDP	Gross Domestic Product
GIS	Geographic Information System
GL	Ground Level
GOJ	Government of Japan
GWL	Ground Water Level
GVA	Gross Value Added
H	Height
HCMC	Health Center Management Committee
HWL	High Water Level
ICP	Inductively Coupled Plasma
ID	Inner Diameter
IDA	International Development Association (The World Bank Group)
IEE	Initial Environment Examinations
IO	International Organizations
IPM	Integrated Pest Management
ISO	International Standards Organization
It/R	Interim Report
IWDA	International Women's Development Agency
JICA	Japan International Cooperation Agency
JIS	Japanese Industrial Standard
JWWA	Japan Waterworks Association
L	Length
LAN	Local Area Network
LDC	Least Developed Countries
LPG	Liquefied Petroleum Gas
L.S.	Lump Sum
LWL	Low Water Level
M	Meter
MDS	Meter District System
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy

MOA	Ministry of Agriculture, Forest and Fisheries
MOEF	Ministry of Economy and Finance
MOH	Ministry of Health
MOP	Ministry of Planning
MOT	Ministry of Tourism
M/P	Master Plan
MPA	Minimum Package of Activities
MPN	Most Probable Number
MSL	Mean Sea Level
NGO	Non-government Organization
NPV	Net Present Value
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
O&M	Operation and Maintenance
OD	Outer Diameter
ODA	Official Development Assistance
PBML	Provincial Budget Management Law
PDIME	Provincial Department of Industry, Mines and Energy
PE	Poly Ethylene pipe
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority
PSP	Private Sector Participation
PVC	Poly Vinyl Chloride (pipe)
Q	Quantity, Flow
RC	Reinforced Concrete
RGC	Royal Government of Cambodia
SCNC	Supreme Council for Natural Culture
S/O	Simulation and Optimization
SP	Steel Pipe
SS	Suspended Solid
SWL	Static Water Level
TDS	Total Dissolved Solid
THM	Tri Halo Methane
UFW	Unaccounted For Water
UK	United Kingdom
UNDP	United Nations Development Program

UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNFPA	United Nations Population Fund
UNICEF	United Nations Children Fund
UNO	United Nations Organization
UNTAC	United Nations Transition Authority for Cambodia
UNV	United Nations Volunteer
USA	United States of America
US\$	US Dollar
VIP	Ventilated Improved Pit
VLf	Very Low Frequency
W	Width
WAC	Women's Association of Cambodia
WB	World Bank
WES	Water and Environmental Sanitation
WFP	World Food Program
WHO	World Health Organization
WID	Women In Development
ZEMP	Zoning and Environment Management Plan (prepared by UNESCO)
	Diameter

单 位

Extent

cm ²	=	Square centimeters (1.0 cm x 1.0 cm)
m ²	=	Square meters (1.0 m x 1.0 m)
km ²	=	Square kilometers (1.0 km x 1.0 km)
ha	=	Hectares (10,000 m ²)

Volume

cm ³	=	Cubic centimeters (1.0 cm x 1.0 cm x 1.0 cm)
m ³	=	Cubic meters (1.0 m x 1.0 m x 1.0 m)
m ³ /day	=	Cubic meters per day
m ³ /h	=	Cubic meters per hour
m ³ /min	=	Cubic meters per minute
m ³ /s	=	Cubic meters per second
l or lit	=	Liter (1,000 cm ³)
lpcd	=	Liter per capita per day

Length

mm	=	Millimeters
cm	=	Centimeters (cm = 10 mm)
m	=	Meters (m = 100 cm)
km	=	Kilometers (km = 1,000 m)

Weight

g	=	Grams
mg	=	Milligrams (1/1,000 g)
mg/l	=	Milligrams per liter
μ g/l	=	Micrograms per liter
kg	=	Kilograms (1,000 g)
kg/cm ²	=	Kilograms per square centimeter
t	=	Metric ton (1,000 kg)

Currency

US\$	=	United State Dollars
		US\$1.0 = ¥120 = R 3,800
¥	=	Japanese Yen
R	=	Cambodian Riels

Time

s	=	Seconds
min.	=	Minutes (60 s)
h	=	Hours (60 min.)

Energy

kVA	=	Kilovolt Ampere
kW	=	Kilowatt

Others

per/km ²	=	Persons per square kilometer
S/m	=	Siemens per meter
μ S/m	=	Micro siemens per meter

第 1 章 概説

1.1 調査背景

カンボディア王国(国土 181,035 km²)はインドシナ半島に位置し、タイ、ラオス及びベトナムと国境を接している。総人口は 1,143 万人(1998 年)、一人当たり GDP は US\$ 286 (1998 年)と全世界で最も低いレベルである。同国にとって、内戦後の社会基盤整備・回復は緊急課題である。

同国は 24 州からなり、シエムリアップ州は同国北部、総面積 10,299 km²、人口 695,485 (1998 年)である。また、シエムリアップ市の人口は 103,725 (1998 年)である。

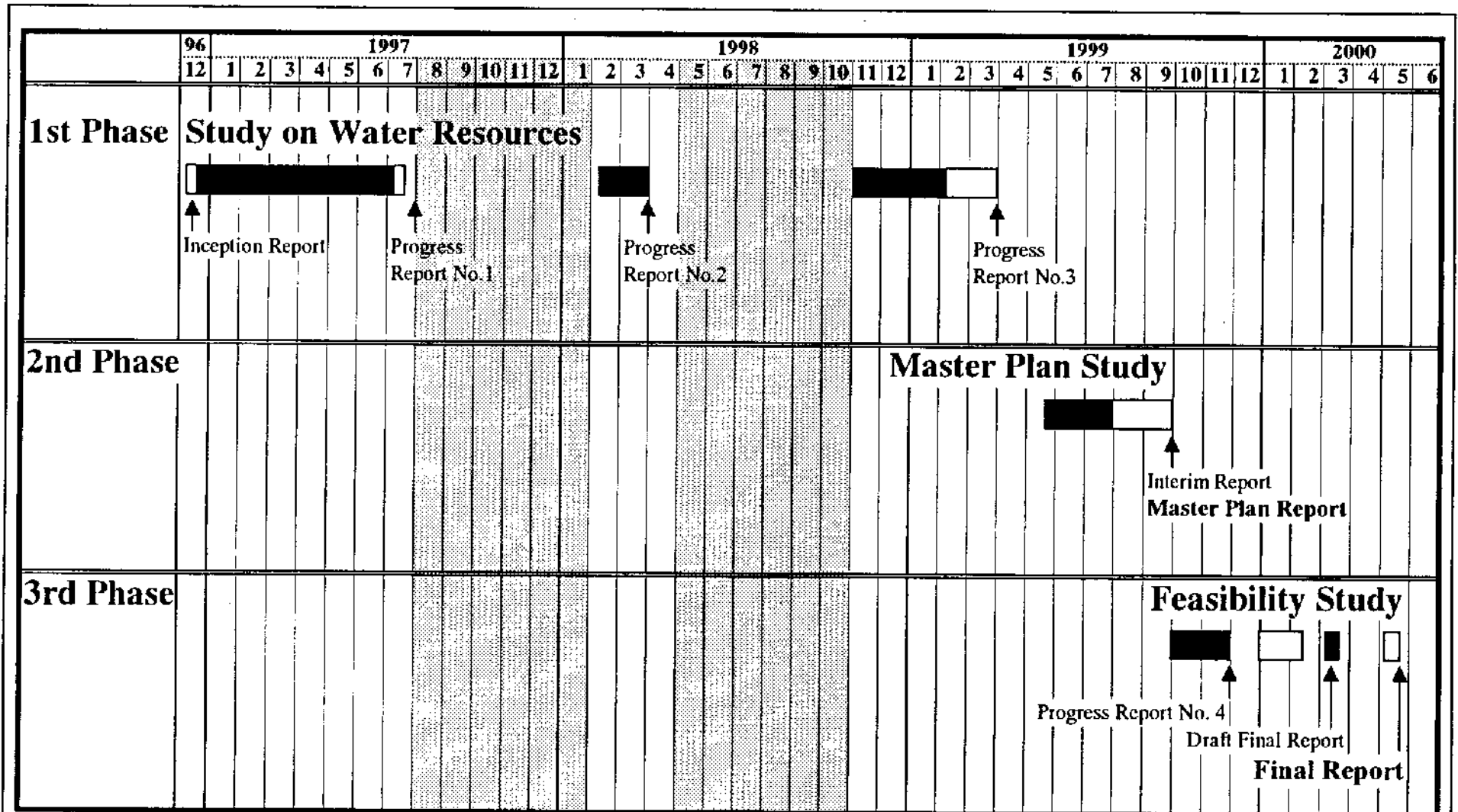
シエムリアップ市はアンコール遺跡群の南約 5 km に位置する観光拠点である。カンボディア国政府(RGC)は、外国からの財務的・技術的援助を通じ、同市の復興及び開発を推進している。この点に鑑み、RGC は日本国政府(GOJ)に 1993 年 2 月「Study on Integrated Plan for Angkor and Siem Reap Region」を要請した。1996 年 1 月、日本国政府は上記要請の必要性を判断し、社会基盤開発のための案件形成調査団(Project Formation Study Team)を現地に派遣した。上記調査団は同市の給水システム開発が緊急の課題であると結論した。

RGC の要請に応え、GOJ はシエムリアップ市上水道整備計画調査事前調査団を派遣し、本調査の作業仕様書(Scope of Work) (案)を作成した。1996 年 9 月、最終的に両国政府は調査実施に関し合意に達した。

1996 年 12 月、作業仕様書に基づき国際協力事業団(JICA)はシエムリアップ市上水道整備計画調査共同事業体(幹事:日本工営株式会社、構成員:株式会社日水コン)とシエムリアップ市上水道整備計画調査(本調査)に関する業務委託契約を交わした。本調査団は、1996 年 12 月から調査を開始した。その後の調査経緯を図 1.1.1 に示す。

1.2 調査の目的

- (1) シエムリアップ市給水のための水源開発可能性を調査し、水源を選定する。
- (2) 同市水道に関するマスタープラン(M/P)を作成する。
- (3) 作成された M/P で選定された優先水源に関し、フェージビリティスタディー (F/S)を行う。
- (4) 本調査を通じ、カンボディア国側カウンターパートに技術移転する。



Work in Cambodia
 Homework in Japan

**The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia**
Japan International Cooperation Agency

☒ 1.1.1
 調査スケジュール

1.3 作業の実施

本調査は3つのフェーズに分かれている。

- フェーズ I 水源開発可能性調査
- フェーズ II M/Pの策定
- フェーズ III 優先プロジェクトに対するF/Sの実施

フェーズIで4つの代替水源（地下水、西バライ貯水池、シェムリアップ川、トンレサップ湖）に関する可能性調査を実施した。調査項目は次のとおりである。航空写真調査、現地踏査、地形測量、井戸現況調査、水質分析、電気検層、水理地質調査（コアボーリング、試験井掘削、揚水試験）、地質調査（サンプル採取、土質試験）、水文調査と水収支解析、地下水・地盤沈下モデルの作成及びシミュレーションの実施等。

同時に、フェーズIでは都市計画、環境開発計画、乾期・雨期の環境現況調査、住民意識・水利用実態調査等の社会分析及び環境現況調査も実施した。

フェーズIIでは2010年を計画年次とした同市給水M/Pを策定した。

4つの代替水源の予備計画策定、水需要予測、諸要因を総合的に判断し、目標開発年次2010年の最適オプションを提言した。また、給水システムの予備計画、運営・維持管理、組織制度、積算・財務計画を検討・評価し、優先プロジェクトを選択した。そして初期環境評価（Initial Environmental Examination: IEE）と将来の下水処理プランを提言した。

フェーズIIIでは選択された地下水開発案について追加調査・分析を行った。

追加測量、予備施設計画、建設計画、財務計画、組織計画を含めた優先プロジェクトのF/Sを実施した。更に、プロジェクト実施による環境への影響評価（Environmental Impact Assessment: EIA）、経済、財務、組織、技術、社会及び環境評価をし、地下水開発案の実施計画を策定した。

第 2 章 調査対象区域

2.1 調査対象区域の定義

調査対象区域はシエムリアップ市、トンレサップ湖の一部、西バライ貯水池及びシエムリアップ川流域である。電気探査等は調査対象区域内で実施し、社会住民意識調査と水利用調査はシエムリアップ市及びその周辺地域で実施した。M/P で提案した給水区域は、社会住民意識調査範囲内にある。

2.2 自然条件

同国中央部には広大な平野があり、周辺部は南部を除き高地に囲まれている。平野部はメコン川とバサック川で南北に大きく分けられ、これら河川は南東方向に流れベトナム国のメコンデルタを経て南シナ海に注いでいる。

トンレサップ川はトンレサップ湖を源とし、カンボディア国の首都プノンペン市でメコン川に合流する。トンレサップ湖はプノンペン市の北西約 100 km にあり、雨期にはメコン川の水が同湖に逆流し遊水池的機能を果たしている。シエムリアップ市はトンレサップ湖の北約 15 km にあり、扇状地性堆積物で形成されている。同市はプノンペン市から陸路で 314 km、直線距離で約 200 km の地点に位置している。

カンボディア国の気候は雨期、乾期が明瞭に分かれており、熱帯モンスーン地帯に属する。雨期は南西モンスーンのため 5 月から 10 月まで続く。気温は 4 月に最高に達し、12 月に最低となる。シエムリアップ市の月間平均気温は最高で 30 ～ 40 、最低で 14 ～ 24 である。年間平均降水量は 1,400 mm と考えられるが、過去 19 年間(1979 - 1998) は 1,082 mm ～ 1,773 mm と変動している。

2.3 経済状況

シエムリアップ州の主な産業は 農業 85 %、 漁業 5 %、 商業 7 %、 サービス業 3 % である。1 人当たり年間収入は Department of Planning によると、地方の農業従事者で 80 ドル、トンレサップ湖の漁業従事者で 120 ドル、都市部の商業従事者で 150 ドル程度である。米が主農産物であり、胡麻の栽培も盛んである。

2.4 シェムリアップ市

同市はトンレサップ湖の北 15 km、標高 15 m ~ 20 m の平地に位置する。多数の旅行者がアンコール遺跡群観光のため同市を訪れるため、観光事業は同市にとって特に重要である。現在、多くのホテルが同市に建設中で、市民の多数が観光事業に従事している。市街地はシェムリアップ川に沿い南北 2 km、国道 6 号線に沿い東西 1 km の範囲に集中している。

現在、多くの住民が浅井戸またはハンドポンプ井戸から汲み上げた地下水を利用しているが、井戸水の多くは不衛生で鉄分濃度が高い。同市の下水処分施設は機能しておらず、下水管の修繕不足は地下水に悪影響を与えている。同市の水環境を考慮に入れた下水処理システム及びシェムリアップ川水環境改善策の立案が必要である。

2.5 アンコール遺跡群

アンコール・ワット遺跡はクメール王朝時代 7 ~ 15 世紀に建立された Theravada 寺院からなる。アンコール・トムとアンコール・ワット周辺地域に数百の遺跡があるが、遺跡の石材は風化が進み危機に頻している。

同国政府は給水、道路、電気等社会基盤改善を図り、観光開発を押し進めており、将来観光客数は増加の一途をたどると予想される。観光客受け入れのための社会基盤開発は同市にとって緊急の課題である。

クメール王朝時代、北バライ、東バライ、西バライ及び Bakong の各貯水池、アンコール・ワットとアンコール・トム環濠、Surah Srang, Preah Khan, Neac Pean 等の溜池が機能しており、アンコール地域の水環境は大変良好であったと考えられている。しかしながら、現在、西バライ、アンコール・ワットとアンコール・トム環濠以外は機能していない。

2.6 代替水源

同市周辺にはトンレサップ湖、西バライ貯水池、シェムリアップ川及び地下水の 4 つの代替水源がある。

(1) トンレサップ湖

トンレサップ湖は東南アジア最大の湖であり、雨期にはトンレサップ川を通じメコン川水が同湖に逆流するため、同湖は貯水池的な機能を果たす。同湖の面積は乾期に 3,000 km²、雨期に 10,000 km² と変動する。湖水位は乾期で E.L 1-2 m、雨期で E.L 11 m である。

(2) 西バライ貯水池

西バライはアンコール遺跡群の西にあり、東西方向に 8 km、南北方向に 2.2 km の大貯水池である。1937 年から使用を再開し、1955 年に改修を行った。雨期にはシェムリアップ川の水をフレンチ堰で取水し、Takav 運河(Canal A)を経て西バライ貯水池に導水している。全量が灌漑に利用されているが、効率の良い水管理が必要である。同貯水池の東半分を掘削し貯水容量を増やし、将来の水道需要に応えることも可能である。

(3) シェムリアップ川

シェムリアップ川の流域面積は 600 km²、総延長 90 km で、アンコール遺跡群近くの川幅は約 20 m である。同川は西バライ、北バライ、東バライの建設時に流路が人工的に変えられたとされている。同川には 2 つの堰がある。一つは同市 10 km 上流にある西バライ貯水池への取水堰(フレンチ堰)、もう一つは同市の下流にある灌漑用取水堰(クロコダイル堰)である。

(4) 地下水

調査地域ではハンドポンプ井戸、浅井戸から地下水を汲み上げ生活用水として使用している。ホテルは深井戸と浄化設備を自費で建設している。

同市近郊の地下水はラテライト層に由来する鉄分を含み、更に浅井戸は下水で汚染されている場合が多い。

第 3 章 測量及び諸調査

3.1 地形測量

1997 年 3 月から 4 月にかけて、JICA 調査団は以下の地形調査を実施した。

地形測量作業一覧表

調査位置	測量の種類	数量	調査目的
シエムリアップ川	縦横断測量	27 km (縦断) 31 (横断)	河川流況を把握し水文調査の基礎資料とする。
西バライ	横断測量	9 測線(x-x') 2 測線(y-y')	貯水池容量曲線を得る。
Takav 水路	縦横断測量	7 km (縦断) 10 (横断)	水路の詳細と取水標高を知るため。
水文観測地点のレベル測量	レベル測量	13 地点	水位観測所の標高と既存水理施設の緒言調査。
既存井戸(約 100 箇所)のレベル測量	レベル測量	83 井戸	一斉測水井戸の標高を得るため。
調査ボーリング地点	レベル測量	8 地点	ボーリング地点の標高を得るため。
トンレサップ湖	レベル測量	1 地点	水位観測地点標高を得るため。
調査区域全域	航空写真調査	FINMAP(1992) JICA(1997)	土地利用状況確認のため。

上記測量結果は水文、地質、及び水理地質の調査時に活用した。更に、F/S 段階(1999 年 10 月～11 月)に以下の追加測量を実施し、水供給施設計画策定に利用した。

- 提案した給水システム計画に必要となる地形図作成
- パイプライン計画線に沿う縦断測量
- 追加水準測量

3.2 水文調査

以下の表流水源に対し、水文調査を実施した。

- 1) シエムリアップ川
- 2) 西バライ貯水池
- 3) トンレサップ湖

(1) シエムリアップ川の水文的状況

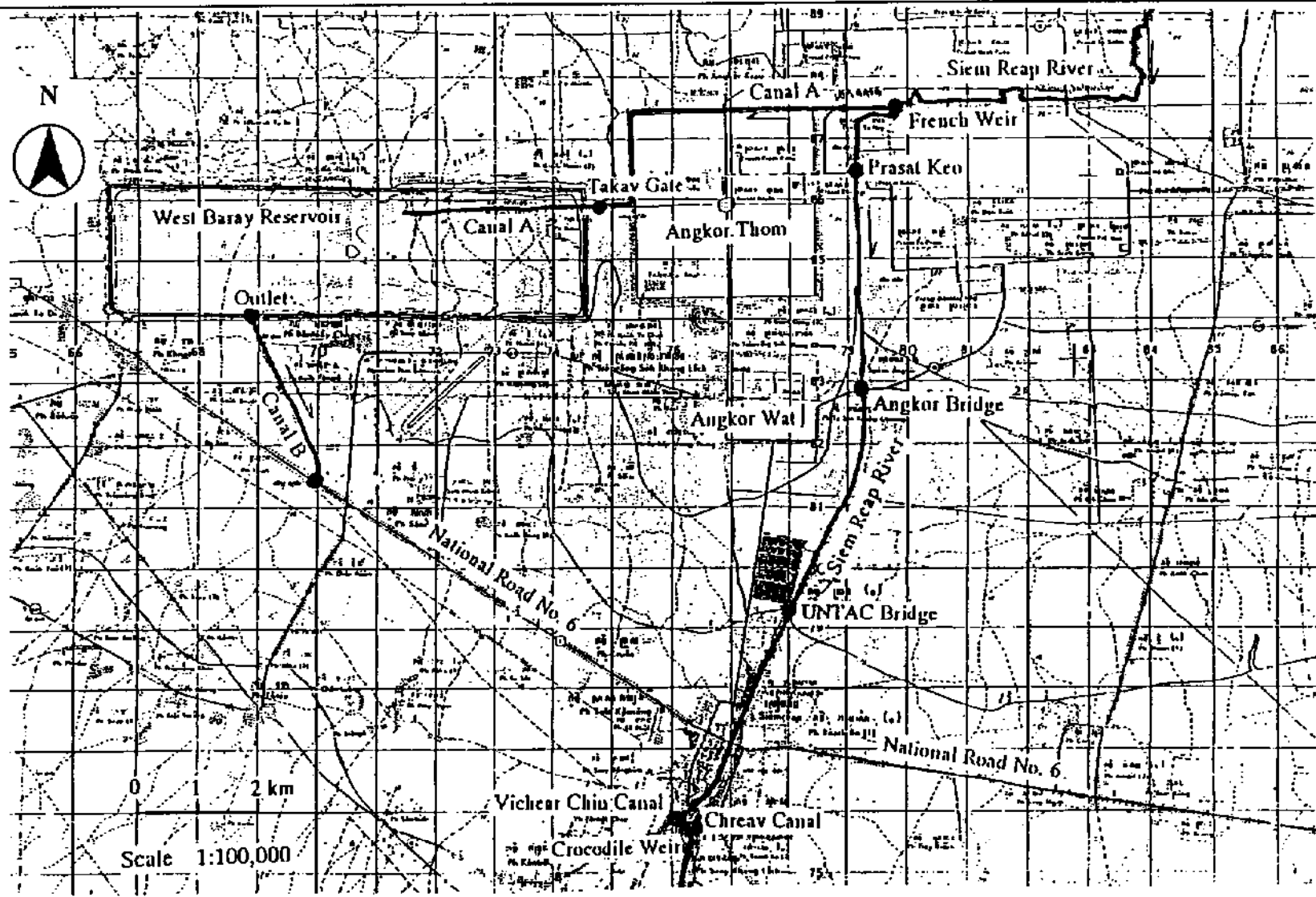
カンボディアの熱帯性気候は、雨期に南西モンスーン、乾期に北東モンスーンの影響を受け、年降雨量は 1,100 – 1,800 mm、過去 19 年(1979 – 1998)の平均は 1,418 mm である。5 月から 8 月の雨期に年降雨量の約 88 % (1,248 mm) が集中する。調査対象地域の気候はトンレサップ湖やクーレン山等地理的条件によって変化する。雨期にはトンレサップ湖水により湿気を帯びた空気がクーレン山に衝突するため、同山では雨が多い。日平均気温は 4 月に 29.9 °C、12 月に 24.5 °C で余り変化がない。平均相対湿度は 4 月に 70 %、9 月に 86 % であり、年蒸発散量は 1,542 mm である。

シエムリアップ川はシエムリアップ市を流れる唯一の恒久河川である(図 3.2.1 参照)。1937 年、同川にフレンチ堰が建設された。Takeo 運河 (Canal A) は 1939 年に建設され、雨期に西バライ貯水池に導水している。同川はシエムリアップ市の南方を流れ、下流の Phnom Krom でトンレサップ湖に注いでいる。

調査団は同川と灌漑用水路にいくつかの水位水量観測点を設け、1997 年より観測を実施している。西バライ貯水池水位測定も実施し、そのデータはシエムリアップ市にある農林水産省水文事務所のデータに加えられている。これから 1997 年から 1998 年の Prasat Keo とアンコール橋地点の水文データを基に、水位・流量曲線を作成した。

1997 年 9 月 30 日の UNTAC 橋のピーク流量は約 150 m³/s と推定された。河川水量は雨期の終わり(11 月)頃から徐々に減少、乾期の終わり(4 月～5 月)に最小となる。Prasat Keo で 1997 年に 0.80 m³/s、1998 年に 0.56 m³/s の最小流量を観測した。1998 年、フレンチ堰とアンコール橋地点の観測で、各々 0.65 m³/s と 0.81 m³/s の最小値を記録した。

低水量を分析するには過去 10 年間のデータを使用する必要がある。Prasat Keo のデータ、西バライ貯水池への流入記録や降雨記録の関係から低水量を分析した。



The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia
Japan International Cooperation Agency

図 3.2.1
水文計測位置図

(2) 西バライ貯水池の水文状況

1997年3月に西バライ貯水池の水深測量を行い、同貯水池の等高線図を作成し、水位と面積及び容積関係曲線を作成した。同貯水池の有効容量は水位が25.0m(MSLでは19.6m)で約48.6百万m³と推定され、出口の水門下に位置する未利用分容量は約0.2百万m³と計算された。同貯水池水収支は、1992年からの水位データを用い、降雨による増加水量と蒸発による損失水量を考慮し評価した。灌漑用水量は平均32.0百万m³で、これは同貯水池の有効貯水量の約66%である。乾期に有効貯水量の約6%が蒸発し損失している。灌漑に使われない水量は平均8.1百万m³であり、日量22,100m³に相当する。また、満水に達しなかった容量は平均5.4百万m³であり、これは日量14,800m³に相当する。農林水産省や受益農民の理解が必要となるが、同貯水池運営方法の効率化を図り、高度な水利用をする必要がある。

(3) トンレサップ湖の水文条件

トンレサップ湖の水量は無限に等しいが、最低湖水位が取水の際に制限となる。同市漁業事務所は湖水位観測を1996年5月から連続して実施している。同湖の最高及び最低確率水位は以下のとおりである。

トンレサップ湖の確率水位

期間	最高水位 (m MSL)	最低水位 (m MSL)
2-year	9.23	1.05
5-year	9.69	0.84
10-year	9.94	0.75
20-year	10.15	0.68

3.3 地質調査

(1) 電気探査

第一次現地調査時に103地点で電気探査を実施した。沖積層の電気抵抗値は調査地域北東部で50 - 3,000 ohm/m、南部で50 - 1,000 ohm/mの幅で変化しており、地下水が豊富であると判断される。ボーリング孔を利用した電気検層と電気探査による電気抵抗値には良い相関が見られた。洪積層の電気抵抗値は、北部地域で粗い砂が予想される地区で74 - 1,900 ohm/m、南部はやや細砂やシルト層が卓越するため20 - 400 ohm/mの値である。

第三紀鮮新世の泥岩の電気抵抗値は、電気探査結果で 10 – 200 ohm/m、一方、検層によると 5 – 20 ohm/m の値も一部で観測された。基盤岩は頁岩、砂岩、流紋岩質凝灰岩、花崗閃緑岩及び安山岩岩脈等がある。

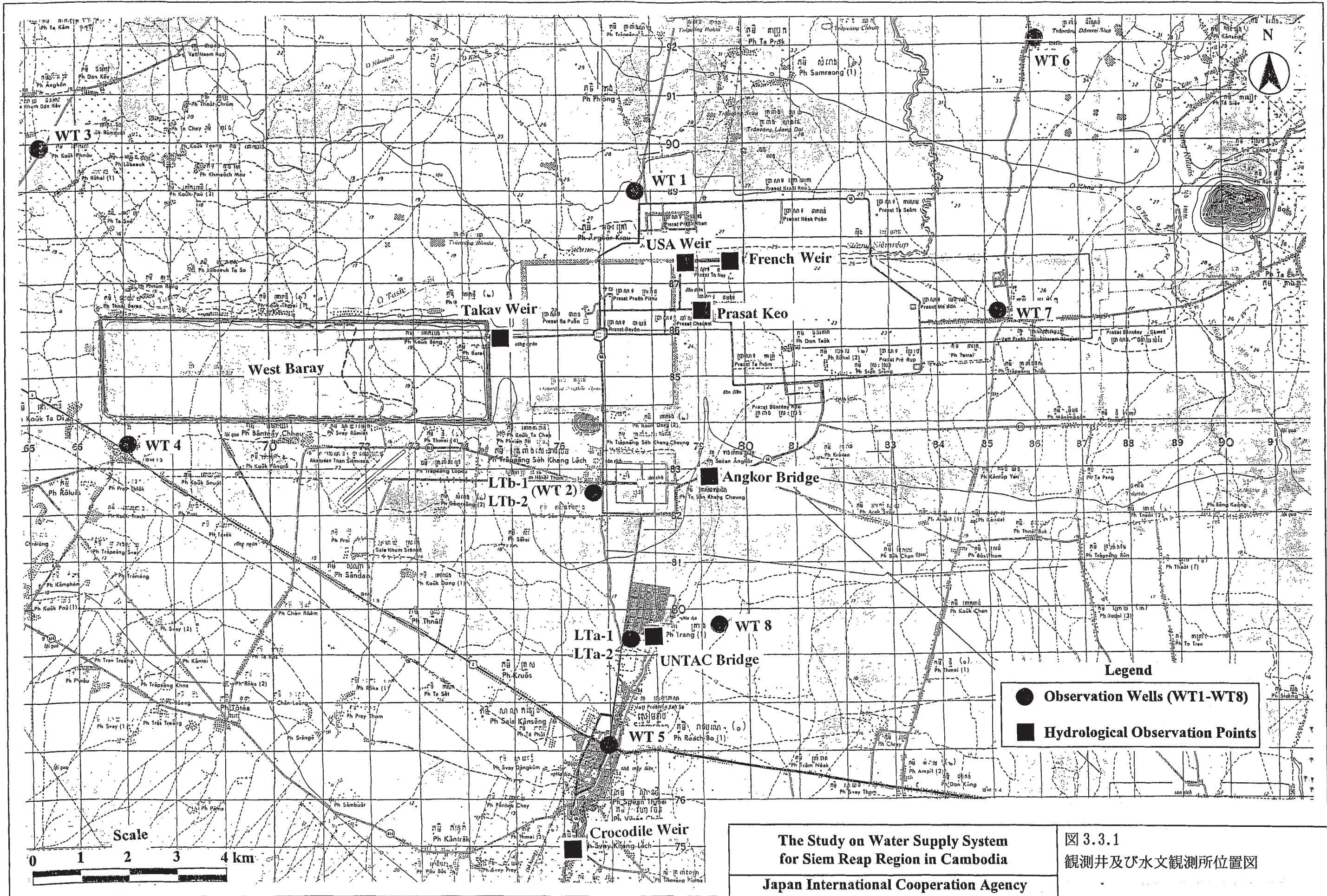
VLF 電磁気探査は、調査対象区域南部でかつて川があったと想定される場所を中心に 123 地点で実施した。沖積及び洪積砂層で電気抵抗の値は平均で 20 ohm/m である。20 ohm/m 以上の電気抵抗値を有する地区は、かつての川であることが示唆された。一方、電気抵抗値が 10 ohm/m 以下の地域は鉄分で汚染された地下水か、または当時の川から離れ、細かい粒子が多く粘土を含む地層であると考えられる。国道 6 号線と空港へのアクセス道路が交差する地域 (WT4 観測井より 2 km 東まで) にかつて川があったと考えられる。

(2) 地質

調査地域の地質は、沖積扇状地堆積物、洪積堆積物、更新世堆積層、第三紀泥岩層、中生代堆積岩と古第 3 紀火山岩より構成されている。 図 3.3.1 に示すとおり、1997 年に 8 本のコアボーリングを実施し、地下水シミュレーションモデルに活用している。WT1 を除くコアボーリング地点で 6 本の地下水位観測井戸を建設し、2 箇所計測ステーションで 4 本の地下水位と地盤沈下用観測井戸を建設した。また、揚水試験用として 4 本の井戸を建設した。観測井戸及び揚水試験用井戸の寸法は以下のとおりである。

ボーリング番号	掘削深度 (m)	スクリーン設置深度 (m)	目的	ケーシング材質
WT1	89.3	Abandoned		
WT2	95	61.38-73.20	Pumping test with LTb-1	PVC6"
WT3	80	20.38-32.20	GWL monitoring	PVC6"
WT4	80	13.38-25.20	GWL monitoring	PVC6"
WT5	100	42.38-54.20	GWL monitoring	PVC6"
WT6	80	13.38-25.20	GWL monitoring	PVC6"
WT7	80	44.38-56.20	GWL monitoring	PVC6"
WT8	95	67.38-79.20	GWL monitoring	PVC6"
WT9	40	26.38-39.20	Pumping test with LTa-2	PVC 6"
WT10	40	27.38-39.20	Pumping test with LTb-2	PVC 6"
WT11	80	61.38-73.20	Pumping test with LTa-1	PVC 6"
LTa-1	80	63.62-71.90	Land subsidence monitoring	100A,STPG
LTa-2	40	26.61-34.90	Land subsidence monitoring	100A,STPG
LTb-1	73	64.61-72.90	Land subsidence monitoring	100A,STPG
LTb-2	40	31.61-39.90	Land subsidence monitoring	100A,STPG

注: スクリン長は全て 12m



The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia
Japan International Cooperation Agency

図 3.3.1
観測井及び水文観測所位置図

3.4 水理地質調査

(1) 一斉測水調査

1997年1月、96本の既存井戸選定し地下水位測定を開始した。1997年から1999年にかけて、83井戸の毎月1回の一斉測水を行い地下水等高線図を作成した。2年間の測定結果から、地下水位に季節変動はそれほどないことが確認され、地下水開発は涵養量の範囲を越えないと予想される。

(2) 揚水試験

10箇所で揚水試験を実施した。その結果洪積層及び沖積層の砂層上に掘削されたWT4、LTa-2、LTb-2井戸に十分な水量がある事が確認された。WT5とWT6井戸でも良い結果が得られた。WT4井戸周辺の地点がシェムリアップ空港付近でスクリーン長12m以上の井戸を建設すれば、水量は444リッター/分以上が可能であると判断される。

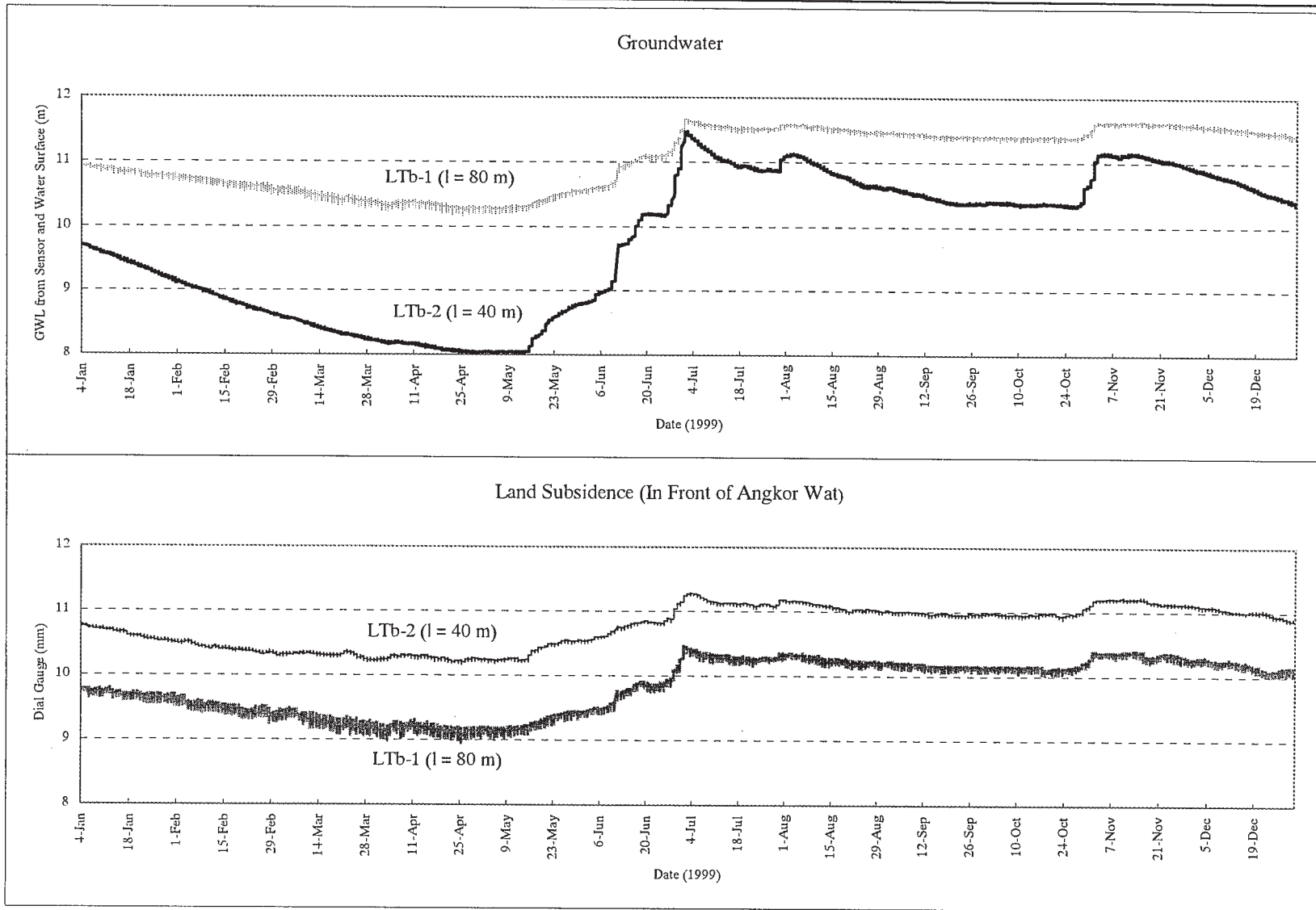
(3) 地下水位と地盤沈下のモニタリング

8箇所の地点で自動モニタリングを実施した。モニタリングデータは毎月1回の一斉測水調査結果の補間用として使用した。浅い帯水層をモニタリングするための観測井と深い位置にある帯水層をモニタリングするための観測井を教員育成学校敷地内(LTa)とアンコール・ワット正面(LTb)の2地点に設置した。得られたデータは地下水シミュレーションに利用された。特に、アンコール・ワット正面に設置したLTb-1とLTb-2は、遺跡地区の地盤沈下と地下水の変動の関係を調査するために使用した。1998年2月から1999年1月の期間、地下水位変動が2.3mであることが確認された。同期間での地盤変動は地下水位変動と可逆的に連動し1.3mmと観測された。この計測記録を図3.4.1に示す。

3.5 水質

それぞれの水源に必要な施設を比較検討するために、4つの代替水源の水質を測定した。将来の処理施設計画では現在の水質が大きく変化しないものと仮定した。

既存井戸の水質は1997年の雨期と乾期に測定した。既存井戸の温度、pH、電気伝導度(EC)を現場測定した。また、1998年2月に既存井戸の水質を再度チェックした。水質結果からWT4観測井付近の地下水が水源として最適であると判断されたので、同観測井で毎月1回の継続観測を開始した。



**The Study on Water Supply System
for Siem Reap Region in Cambodia**

Japan International Cooperation Agency

☒ 3.4.1
地下水位と地盤沈下の関係

その他代替水源、西バライ貯水池、シエムリアップ川（採取地点：アンコール橋）、トンレサップ湖（採取地点：ポートステーション付近）で毎月1回の測定を実施した。

水質分析結果より、次の事が明らかになった。(i) 地下水はやや酸性である (ii) シエムリアップ川水の鉄含有率が高い (iii) トンレサップ湖水は最も汚染が進んでいる (iv) 地下水は有機物に汚染されていない (v) 西バライ貯水池水は季節変動がやや少ない (vi) シエムリアップ川は有機物に汚染されている (vii) 地下水のトリハロメタン生成能は低い (viii) 地下水の濁度は低い。

4つの代替水源の内、水質面から地下水が水源として最適と判断された。その他水源を飲料水として利用する場合、浄水施設が必要となる。

3.6 社会分析及び環境調査

(1) 都市開発及び観光計画

シエムリアップ市はシエムリアップ州の州都で、地域間の輸送、経済、交易の中心地である。アンコール遺跡群に近く、同国観光事業上、特に重要な都市である。

調査団は都市開発及び観光計画の詳細調査を実施した。まず、詳細に現況調査し、全ての計画中及び実施中プロジェクトの情報を収集した。調査は同市の土地利用計画、開発計画、人口統計結果の傾向、観光客数、観光事業、交通等である。同市を訪れる国内及び海外の観光客数は、2001年に年間25万～50万人、2006年には100万人になると予想されている（APSARA-UNESCO, 1996）。

計画中及び実施中の都市計画を確認する為、1994年の王令「シエムリアップ地区周辺の保護」について調査した。また、APSARA-UNESCOレポートで提案された都市開発計画について分析した。同市でホテルエリアを分ける為の法令（市条例）が1995年10月に策定された。この地区では、部屋数200-250の四つ星、五つ星のホテルが今後10年間で新たに20建設される予定である。‘シエムリアップ観光開発計画’(Tourism Development Strategy for Siem Reap) (1997年7月)によると、2001年に38万人がアンコール遺跡群観光を訪れると試算されている。

RGCの公共事業運輸省によると、2005年に同市を訪れる観光客数は40万人（そのうち外国人は35万人）と推定している（Etude des aeroports du Cambodge, December, 1994）。

(2) 社会分析

社会構造調査、WID (Woman in Development) GAD(Gender in Development) 調査、及び住民意識と水使用に関するアンケート調査を実施した。

社会構造調査で社会と生活、生活水準、教育、健康、及び地雷での被害について考察をした。この調査結果から重大な社会的制約が確認され、社会分野に関する協議事項が準備された。最後に水供給システムの与える社会影響も調査した。

次に水道事業の効果を分析した。WID と GAD からみたカンボディア女性の生活、社会的地位、健康及び教育、女性のためのプログラム、子供の境遇について調査し、給水システムが与える婦女子への影響をレビューした。

1998年2月、調査団は住民意識調査と水使用実態調査を行い、同市と周辺住民の水源や水利用、衛生に関する知識と態度について分析した。調査で公共水道に対して料金を払う意志があるかどうかを社会的・経済的な面から考察した。調査結果は調査地域の長期給水計画策定の資料とした。

(3) 環境調査

水源、給水、水使用、衛生状況、社会関連などの現況を把握するため環境調査を行った。季節的变化の有無を確認するため、調査は雨期と乾期に実施した。結果は初期環境評価(IEE)と環境影響評価(EIA)にまとめた。

この調査はプロジェクトエリア内の環境項目について実施した。項目は地域の自然・生態状況、水質や環境に関する法律や規制、経済、生活等である。これらは同市水道計画に必要もしくは影響に及ぼす項目である。