

カンボジア王国

シエムリアップ上水道整備計画

基本設計調査報告書

平成15年11月

独立行政法人国際協力機構

株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ

序 文

日本国政府は、カンボジア王国政府の要請に基づき、同国のシェムリアップ上水道整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成15年3月2日から4月10日まで、6月24日から7月9日まで、7月2日から8月5日まで、8月7日から8月19日までの4回に亘り基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボジア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ました。帰国後の国内作業の後、平成15年10月5日から10月12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、心より感謝申し上げます。

平成15年11月

独立行政法人国際協力機構
理事 吉永 國光

伝 達 状

今般、カンボジア王国におけるシェムリアップ上水道整備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、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 15 年 2 月より平成 15 年 11 月までの 9 ヶ月に亘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、カンボジア国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 15 年 11 月

株式会社 エヌジェーエス・コンサルタンツ
カンボジア王国
シェムリアップ上水道整備計画基本設計調査団
業 務 主 任 佐 藤 克 彦



計画対象地域図



カンボジア王国シェムリアップ上水道整備計画基本設計調査

THE BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM
IN SIEM REAP TOWN IN THE KINGDOM OF CAMBODIA

現地写真



写真 1 : 市中央に位置する水道局
旧事務所 (左側) と新事務所 (右側)



写真 2 : 浄水システム全景
事務所と同一敷地内に位置する



写真 3 : 水源 (第 1 水源井)
揚水量 60m³/時 × ポンプ出力 18.5kW



写真 4 : エアーレーション槽
消石灰溶液を注入して pH 調整



写真 5 : 酸化池その 1
上向流式の上澄水を酸化池その 2 へ



写真 6 : 急速ろ過処理前の貯水槽



写真7：急速ろ過タンク2基
アンスラサイトと珪砂（除鉄）



写真8：浄水貯水槽（地下式）
容量 850m³ × 1 池



写真9：高架水槽への送水水中ポンプ
ポンプ出力 15kW × 2 基（交互運転）



写真10：高架水槽（新）
容量 500m³



写真11：配水管（懸架）
浄水場から市東側へ



写真12：エンジン発電設備
130kVA + 100kVA（交互運転）

要約

カンボジア王国（以下、「カ」国という）はインドシナ半島の中央部に位置し、東はベトナム社会主義共和国、北はラオス人民共和国、西はタイ王国と国境を接し、南はタイ湾に面しており、総面積は181,000km²である。2000年次における総人口は1,202万、このうちプノンペン市、シェムリアップ市などを含む都市部人口は約180万で全体の16%を占めている。また、同年における1人当り国民所得は260米ドルである。シェムリアップ市（人口116,211人、2001年）は首都プノンペンから北西240km、「カ」国最大の観光拠点であるアンコール遺跡群の南約5kmに位置する。地域の気候は高温多湿な熱帯モンスーン地帯に属し、5月から10月までの雨季と、11月から4月までの乾季に明瞭に分かれている。年間平均降水量は約1,500mm、最高気温は35℃、最低気温は21℃、平均気温は28℃である。

1991年の和平達成以降、国際社会の支援を得て国の再建が本格化し、1994年から1996年にかけて平均6.1%のGDP成長率を達成した。しかしながら、1997年7月の武力衝突およびアジア経済危機により外国援助や投資が急激に減少して経済が悪化、1997年および1998年のGDP成長率はそれぞれ3.7%、1.5%に落ち込んだ。その後、種々の経済政策を実施した結果、改革の成果が徐々に現れる中、国内経済も少しずつ回復し始め、2000年には5.4%、2001年には5.3%のGDP成長率を達成した。現在、「カ」国は「第2次社会経済5カ年開発計画」(Second Five Year Socioeconomic Development Plan 2001-2005 : SEDP II)を推進中であり、同開発計画を基に貧困削減を目指す貧困削減戦略(National Poverty Reduction Strategy)と連携しつつ、i)迅速かつ持続的な経済成長を実現し、貧困層の経済機会を拡大すること、ii)貧困層の教育レベルや健康状態、自然資源や資金へのアクセスを改善し、人的資本を高めること、iii)社会的弱者や経済成長の恩恵の届かない層については、セーフティーネットを設けることの3つの目標を掲げ、種々の社会経済インフラ整備政策を打ち出している。水・衛生セクターにおいては、都市と地方に区分し、シェムリアップ市などを含む都市部については2000年次における推定給水普及率48%を2005年次において87%へと改善するための事業を推進中である。

現状「カ」国においては、配水管網により安全で衛生的な水を確保できる割合は人口比にて5.8%に過ぎず、未だに40%が素掘井戸、28%が河川・湖沼水を無処理にて利用している。上水道の整備は首都であるプノンペン市が最も進んでおり、給水普及率は85%と言われているが、本計画対象地域であるシェムリアップ市の給水対象区域内における給水普及率はおよそ10%に留まっており、下痢などの水因性疾病が多発している。本計画調査対象地域においては、1,400m³/日の給水能力を有する既存上水道システムがあるものの、施設は老朽化しており、急増する水需要に対応できない状況にある。

かかる状況の下、1996年から2000年に亘り我が国は、開発調査「シェムリアップ市上水道整備計画調査」を実施し、住民、観光客、および寺社官公庁に区分した人口予測、水需要予測、代替水源の比較検討、および2つのステージに分けた段階的開発給水区域の設定等を含む水供給マスタープランを策定した。更に、水供給マスタープランに基づき、緊急的に実施すべき優先プロジェクトとして、地下水(井戸)を水源とする8,000m³/日の上水道システムの整備を提案しフィージビリティ調査(以下、「F/S」という)を行い、プロジェクトの技術的・財務的実施可能性について検証した。環境面からも

地下水開発に伴う地下水水位低下や地盤沈下等の解析に基づきアンコール遺跡群への悪影響のなきことを検証し、プロジェクトの実施可能性を判断した。「カ」国政府は係る F/S 調査結果を受け、我が国に対し、2000 年 1 月、シェムリアップ市の上水道整備により、安全でかつ安定した飲料水の供給を確保することを目的とした無償資金協力を要請した。

本要請を受けて日本国政府は「シェムリアップ上水道整備計画」に係る基本設計の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構(2003 年 9 月 30 日までは国際協力事業団)は次のとおり調査団を現地に派遣した。i)基本設計第 1 次現地調査(2003 年 3 月 2 日～4 月 10 日) ii)基本設計第 2 次現地調査(2003 年 6 月 24 日～7 月 9 日) iii)基本設計第 3 次現地調査(2003 年 7 月 2 日～8 月 5 日) iv)基本設計第 4 次現地調査(2003 年 8 月 7 日～8 月 19 日) v)基本設計概要説明調査(2003 年 10 月 5 日～10 月 12 日)。

本調査においては、「カ」国が本計画要請の基本とした 2000 年次 F/S にて提案された上水道整備計画をレビューし、基本設計に反映させた。主な点は以下のとおり。i)適切な取水量の設定により地下水取水によるアンコール遺跡群への影響を回避、ii)「カ」国からの要請による給水区域を追加、iii)施設建設コストを考慮し水源井位置および本数を変更、iv)施設維持管理費を考慮し、配水方法をポンプ直接送水方式から自然流下方式へ変更、v)水質調査結果に基づき、浄水工程に鉄分除去を追加。

計画年次は「カ」国が本計画を要請した 2000 年 1 月時点においては 2006 年と設定されていたが、詳細設計および建設に要する工程を考慮し、本計画施設は不足している現状の水供給能力を緊急的に改善し短期的水需要増加に対応するものとして 2008 年とする。

計画対象区域は、「カ」国が要請した 345ha、および基本設計現地調査・協議により重要性が確認された 80ha を加えた 425ha とする。係る追加対象区域は、F/S 調査実施以降都市計画における用途地域を軍用地から住宅地域へと変更しており、近年人口流入が著しいシェムリアップ市中心部から北西の Kokchak Commune の一部と国道 6 号線沿線地域で、観光産業関連開発に伴い水需要が増加している地域である。

観光産業の躍進からシェムリアップ市における水需要の増大は顕著であるものの、係る状況を本施設計画に反映させた場合、施設規模は増大し F/S にて提言された規模内容を著しく超え、環境へのインパクトも懸念される。本計画における受益者は計画給水区域内の住民を最優先と位置づけ、施設規模はこれに合わせたものとする。本計画規模を越える大規模な水道システムが必要となる観光産業への水供給は、地下水源の他、付近の表流水源も検討対象とした地域の総合開発計画を策定した上で新たな上水道システムを構築することが望ましい。

本計画においては計画年次において、生活(家庭)用水および寺社官公庁(公共)用水は 65%、観光用水は 40%の普及率を目指すものとする。現況の給水普及率は現地調査に基づき 10%とし、本計画施設(水源井、浄水施設、配水管網)の建設完了後、計画年次である 2008 年までに、本計画にて調達する量水器の取付け工事等を「カ」国側が実施し無理のない給水の拡張に努める。

現況生活用水給水原単位は、現地における聞き取り調査およびプノンペン市における水道計画によれば、1 人 1 日当り 100 ㍻程度である。本計画では計画年次 2008 年に向けて 1 人 1 日 120 ㍻へと改善

する。観光用水も同様に、現況 1 人 1 日当り 300 ㍓から計画年次 2008 年において 500 ㍓へと改善する。漏水率は現況の 50%から、本計画により配水管網の整備が進み、徐々に漏水率の改善が図られるものとして、計画年次 2008 年までに 15%を達成する。

以上の計画諸元に基づき、2003 年以降計画年次までの給水計画を表 1 に示し、基本設計の内容を表 2 に示す。計画年次 2008 年における給水施設能力は現状の 1,400m³/日から 8,000m³/日へと拡張される。

表 1 給水計画

用途等	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
給水対象区域内人口(人)	31,853	33,317	34,864	36,510	38,252	40,000
給水人口(人)	3,185	3,332	6,973	18,255	24,864	26,000
普及率						
生活用水(%)	10	10	20	50	65	65
観光用水(%)	10	10	20	20	25	40
寺社官公庁用水(%)	10	10	40	50	60	65
1 人 1 日使用水量						
生活用水(㍓)	100	100	105	110	115	120
観光用水(㍓)	300	300	400	400	400	500
漏水率(不明水：%)	50	50	50	40	30	15
1 日平均給水量(m ³)	850	1,140	2,950	4,710	5,574	6,000
1 日最大給水量(m ³)	1,083	1,526	4,022	6,082	7,160	8,000

表 2 計画内容

1. 施設

(i)	取水井	1,100m ³ /日 x 8 井(うち 1 井は基本設計調査時の試験井を生産井に転用) 導水管口径 300mm、ダクタイル鋳鉄管、約 4km 含む。
(ii)	浄水場	計画処理水量は 8,000m ³ /日、着水井、鉄分除去のための酸化池、ろ過池、浄水池、薬品注入設備、塩素消毒設備含む。
(iii)	高架水槽	高架水槽による自然流下方式を採用、1 槽。
(iv)	ポンプ場	高架水槽揚水ポンプ場。
(v)	自家発電機	一式(但し、常用はカンボジア電力公社(EDC)電力とし、緊急時補助用電源として用いる)。
(vi)	送水管	口径 500mm、ダクタイル鋳鉄管、延長約 4km。
(vii)	配水管	口径 50mm から 450mm、材質は口径 200mm までは塩化ビニル管、250mm 以上はダクタイル鋳鉄管、総延長は約 26km。
(viii)	ワークショップ	調達機材の維持管理、配水管網整備に必要な管材工作のためのスペース。
(ix)	既存配水管の更新	口径 75mm から 450mm まで約 6km を更新。

2. 機材調達

(i)	維持管理用機材	量水器 4000 組、取水ポンプ、送水ポンプ、浄水設備に係る工具一式。
-----	---------	-------------------------------------

(ii)	水質試験器具	水質管理に必要なpH、鉄、マンガン、残留塩素の分析器、ガラス器具、薬品および水質試験室に必要な実験台等一式。
(iii)	事業管理用機材	コンピュータ7台および関連機器。

3. ソフト・コンポーネント

(i)	施設の運転管理に関する技術指導
(ii)	組織強化に関する指導
(iii)	シェムリアップ市民への衛生面での啓蒙活動

プロジェクト実施に必要な工期は、実施設計として7ヶ月、入札手続として3ヶ月、機材調達および建設工事として15ヶ月、全体工期は25ヶ月である。全体事業費は16.63億円（日本側負担分16.40億円、「カ」国側負担分0.23億円と見込まれる。

本プロジェクトは、安全な水の供給を通じて貧困層を含む住民の生活環境改善を図るものであり、「カ」国政府が推進している「SEDP II 2001-2005」の基本方針である、貧困層の健康状態の改善による人的資本の改善に資するものである。プロジェクトは、老朽化した既存上水道システムに替わり、既存施設と同じ地下水を水源とする上水道システムの建設ならびに施設の維持管理用機材の調達を含む。さらに、ソフト・コンポーネントにより新上水道システムの運営・管理に必要な要員の育成支援を図ると共に、啓蒙を通じてシェムリアップ市民を水道の安定顧客として取り込み、給水事業を健全に運営できるよう支援する。なお、ソフト・コンポーネントの実施に当たっては、2003年度から実施されている技術協力「カンボジア国水道事業人材育成プロジェクト」との緊密な連携を図るものとする。

プロジェクトにより建設される施設の維持管理費は、現状の水道料金および料金徴収率を保ち、水道料金原価に強く影響する電力料金などの大幅な物価上昇がないものとするれば、料金収入にて十分に賄える範囲にある。

本プロジェクトの実施により、シェムリアップ市の住民に対し下記の効果をもたらすことが期待される。直接効果としては、給水区域における給水人口が3,185人から26,000人へと増加し、計画給水区域における住民への給水普及率が10%から65%へと向上する。観光産業に対しては給水普及率が10%から40%へと向上する。また、計画給水区域への24時間給水が可能となり、給水の安定性ならびに安全性が確保される。これに伴い、給水量および給水人口の増加による給水普及率の向上により、下痢あるいはコレラといった水因性疾病が減少し市民の健康が増進され、安全な飲料水が供給されることにより、負担となっている井戸水汲みの重労働が大きく軽減される。観光産業振興の一助となり、州の経済を活性化し、住民の経済的基盤の安定に資する。

なお、本プロジェクト実施に伴う地下水開発（揚水量は8,800m³/日）により危惧される地下水水位降下量は、計画水源開発配置に基づき直線配列井戸群理論を適用すれば、水源開発予定地から約7.5kmの位置にあるアンコール遺跡群においては1mm以下であることが計算され遺跡群に対しては地盤沈下障害を引き起こすほどの影響は及ばないことが解析された。これは2000年次「シェムリアップ市上水道整備計画調査」においてコンピュータシミュレーションの結果得られた、12,000m³/日を5年間継続

してもアンコール遺跡群への水位低下による地盤沈下障害を引起すほどの影響は及ばないとした結論とも符合する。

本プロジェクトは住民に対する安全な飲料水の給水拡大を優先事項としている国家目標に合致し、緊急的に計画給水区域の住民の生活環境改善に資するものである。整備される施設の運営・維持管理については、現状では「カ」国側体制は要員の質および量において必ずしも十分ではないが、「カ」国側の人員・予算手当の努力およびソフト・コンポーネントでの技術指導により対応が可能と判断できる。また、前述のとおり住民の健康増進や経済的基盤の安定が期待されるとともに地下水開発による環境影響も適正な揚水量を守ることによって回避できることから、我が国の無償資金協力により実施することの妥当性が確認される。

なお、本プロジェクトをより効果的、効率的に実施・運営するため、次の点について先方政府の主体的な取り組みが求められるため以下に提言する。

観光開発に伴い、ホテル群の建設はアンコール遺跡群の南方約 2km まで迫ってきている。観光産業による地下水開発を規制するため、現在審議中である「水法」の制定と相俟って、シエムリアップ市独自の規制を実施すべきである。

現状および将来に亘り進むであろう地下水開発に伴う地下水水位および地盤の変動を観測するため、今次調査により修復された観測施設を適切に維持管理すべきである。このため、必要な予算および要員の配置が必要である。

実施機関である鉱工業エネルギー省 (Ministry of Industry, Mines and Energy: MIME)、およびシエムリアップ州、アプサラ機構 (Authority for the Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap: APSARA) など「カ」国関係機関は、上記観測施設により得られる地下水水位および地盤変動データを収集・解析し、観測データに異常が見られた場合は、適切な措置・対策を講ずるべきである。

「カ」国負担分事業費 (地雷および埋没遺跡の調査を含む取水・浄水場用地取得、プロジェクト・チームのシエムリアップへの派遣、要員増強、計画施設周辺の外柵工事、浄水場予定地までの配電工事、他) について予算を確保し、プロジェクトの実施工程に合わせ適宜支出できるよう図らなければならない。

プロジェクト施設の建設に係る「カ」国内における許認可 (EIA 含む) については、適宜取得し、プロジェクトの実施計画に影響の無きようすべきである。

MIME は本計画の実施設設計の段階からプロジェクト・チームを組織して、計画内容の理解、技術の習得に努めるべきである。

プロジェクトにより調達される量水器は、計画年次 2008 年までに「カ」国側負担により計画的に据付けなければならない。

ADB の融資により観光省が実施している「GMS: Mekong Tourism Development Project」と連携を

図り、本プロジェクトにより増加する給水量に伴う排水量の増加についても、適切な処置を実施しなければならない。

事業の運営に必要な水道料金を徴収し、事業を健全に運営しなければならない。

事業の健全な運営に資するため、給水区域内における既存配水管の更新計画を策定し、無収水削減対策を実施しなければならない。

カンボジア王国
シェムリアップ上水道整備計画
基本設計報告書

序文
伝達状
計画対象地域図/完成予想図/写真
要約
目次
付表リスト
付図リスト
略語集
資料リスト

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	現状と課題	1
1 1 2	開発計画	1
1 1 3	社会経済状況	2
1 2	無償資金協力要請の背景・経緯および概要	2
1 3	我が国の援助動向	3
1 4	他ドナーの援助動向	4
第2章	プロジェクトを取り巻く状況	5
2 1	プロジェクトの実施体制	5
2 1 1	組織・人員	5
2 1 2	財政・予算	6
2 1 3	技術水準	7
2 1 4	既存の施設・機材	7
2 2	プロジェクト・サイトおよび周辺の状況	8
2 2 1	関連インフラの整備状況	8
2 2 2	自然条件	9
2 2 3	その他	10
第3章	プロジェクトの内容	13
3 1	プロジェクトの概要	13
3 2	協力対象事業の基本設計	15
3 2 1	設計方針	15
3 2 2	基本計画（施設計画/機材計画）	16
3 2 3	基本設計図	60

3 2 4	施工計画/調達計画	84
3 3	相手国側分担事業の概要	102
3 4	プロジェクトの運営・維持管理計画	103
3 4 1	シムリアップ水道局の組織・人員の現況	103
3 4 2	プロジェクトの運営計画	104
3 4 3	プロジェクトの維持管理計画	106
3 5	プロジェクトの概算事業費	108
3 5 1	協力対象事業の概算事業費	108
3 5 2	運営・維持管理費	109
3 6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	111
3 6 1	環境配慮	111
3 6 2	下水道整備	132
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	137
4 1	プロジェクトの効果	137
4 2	課題・提言	137
4 3	プロジェクトの妥当性	138
4 4	結論	139

付表リスト

表 2-1	シェムリアップ水道局要員.....	6
表 2-2	水道料金.....	6
表 2-3	シェムリアップ水道局の損益計算書.....	7
表 2-4	既存配水管.....	8
表 3-1	要請内容と計画内容の比較.....	13
表 3-2	計画給水区域.....	17
表 3-3	シェムリアップ・ディストリクトの人口の推移.....	19
表 3-4	計画給水区域内人口.....	21
表 3-5	計画給水量.....	22
表 3-6	計画緒元に係る要請内容と計画内容の比較.....	22
表 3-7	第1次・第3次現地調査内容.....	24
表 3-8	揚水試験井と試験数量.....	24
表 3-9	試験井構造と取水対象層.....	24
表 3-10	井戸定数の解析結果.....	27
表 3-11	水理学定数の解析結果.....	28
表 3-12	試験井のろ過構造.....	29
表 3-13	段階揚水試験における揚砂観察結果.....	30
表 3-14	調査地周辺の地質層序.....	30
表 3-15	水質試験の分析結果概要(2003年3月乾期後半).....	35
表 3-16	水源井配置の条件.....	38
表 3-17	水源井配置案の設計諸元.....	39
表 3-18	水源井配置案の建設費比較.....	43
表 3-19	浄水場施設の概要.....	50
表 3-20	浄水設備の概要.....	50
表 3-21	配水管網整備概要.....	56
表 3-22	量水器調達内容.....	56
表 3-23	維持管理用機材.....	57
表 3-24	水質試験器具.....	58
表 3-25	事業管理用機材.....	59
表 3-26	図面リスト.....	61
表 3-27	施工・調達・据付区分.....	86
表 3-28	活動詳細計画.....	96
表 3-29	各モジュールの成果と成果確認項目.....	99
表 3-30	F/S および B/D における組織の比較.....	105

表 3-31	日本側負担費用	108
表 3-32	「カ」国側負担費用	108
表 3-33	水道料金	109
表 3-34	2006 年および 2008 年次料金収入・維持管理費支出の比較	110
表 3-35	プロジェクトの実施に伴う維持管理費 (US\$)	110
表 3-36	観測施設の井戸諸元	116
表 3-37	WT-4 観測井戸の一軸圧縮試験データ結果	122
表 3-38	許容総沈下量 (即時沈下の場合) (単位: CM)	123
表 3-39	許容沈下量を生じる場合の地下水位降下量	123
表 3-40	水源井候補地点周辺 (350M 範囲) の住宅・水源数	127
表 4-1	プロジェクト実施による効果と現状改善の程度	137

付図リスト

図 2-1	鉱工業エネルギー省組織	5
図 2-2	鉱工業エネルギー省水道部組織	5
図 2-3	シェムリアップ市月別降水量 (1998-2003)	9
図 2-4	シェムリアップ市月平均最高気温 (1960-2002)	10
図 3-1	計画対象区域	18
図 3-2	水需要と施設整備計画	23
図 3-3	現地調査位置図	25
図 3-4	Q-SW/Q グラフ	26
図 3-5	T-SW グラフ (PP-1)	28
図 3-6	T-SW グラフ (PP-2)	28
図 3-7	T-SW グラフ (PP-3)	28
図 3-8	電気探査位置図	32
図 3-9	見掛け比抵抗層断面図 (A-A'セクション)	33
図 3-10	見掛け比抵抗層断面図 (B-B'および C-C'セクション)	34
図 3-11	開発調査結果による第四系基底面の鳥瞰図	36
図 3-12	水源井からの距離と干渉量グラフ	39
図 3-13	水源井配置案 (10 井)	40
図 3-14	水源井配置案 (8 井)	41
図 3-15	水源井配置案 (7 井)	42
図 3-16	計画水源井の構造図	44
図 3-17	水道施設全体フロー図	46
図 3-18	配水ブロック図	55
図 3-19	プロジェクトの実施体制	84
図 3-20	全体実施工程	101
図 3-21	シェムリアップ市水道局組織図 (現在)	103
図 3-22	シェムリアップ水道局の組織図 (提案)	104
図 3-23	ゾーン区域図	112
図 3-24	遺跡調査図	113
図 3-25	計画井戸群配置概念図	114
図 3-26	地下水開発により地下水の水位降下が生じる影響圏	117
図 3-27	即時沈下の発生メカニズム概念図	121
図 3-28	地下水位の低下による底面への土圧増加概念図	122
図 3-29	西バライ貯水池構造図	126
図 3-30	水源井からの距離と干渉量	127

図 3-31	水源井周辺での水位干渉量・範囲.....	128
図 3-32	周辺浅層地下水への影響範囲.....	129
図 3-33	EIA 手続き	131
図 3-34	既存下水管 (1/2)	133
図 3-35	既存下水管 (2/2)	134

略語集

略語	英文名	和文名
ACP	: Asbesto Cement Pipe	: アスベスト管
ADB	: Asian Development Bank	: アジア開発銀行
APSARA	: Authority for the Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap	: アプサラ機構
B/D	: Basic Design	: 基本設計
CDC	: Council for Development of Cambodia	: カンボジア開発評議会
DI	: Ductile Iron Pipe	: ダクタイル鉄管
EDC	: Electricite du Cambodge	: カンボジア電力公社
EIA	: Environmental Impact Assessment	: 環境影響調査
F/S	: Feasibility Study	: フィージビリティスタディ
IEIA	: Initial Environment Impact Assessment	: 初期環境影響評価
MIME	: Ministry of Industry, Mines and Energy	: 鉱工業エネルギー省
MOE	: Ministry of Environment	: 環境省
NPRD	: The National Programme for the Rehabilitation and Development of Cambodia	: 国家復興計画
NRW	: Non Revenue Water	: 無収水
PEO	: Provincial Environment Office	: 地方環境事務所
PPWSA	: Phnom Penh Water Supply Authority	: プノンペン水道公社
PVC	: Polyvinyl Chloride Pipe	: 硬質塩化ビニル管
RGC	: The Royal Government of Cambodia	: カンボジア政府
SEDP II	: Second Five Year Socioeconomic Development Plan 2001-2005	: 第2次社会経済5ヵ年開発計画
SRWSS	: Siem Reap Water Supply System	: シェムリアップ水道局

資料リスト

- 資料 1 : 調査団員・氏名
- 資料 2 : 調査工程
- 資料 3 : 関係者（面会者）リスト
- 資料 4 : 当該国の社会経済状況（国別基本情報抜粋）
- 資料 5 : 討議議事録（M/D）
 - 5 - 1 討議議事録（第 1 年次現地調査時）
 - 5 - 2 討議議事録（概要説明時）
 - 5 - 3 技術協議書（第 1 年次現地調査時）
- 資料 6 : 基本設計概要表
- 資料 7 : 参考資料/入手資料リスト
- 資料 8 : その他の資料・情報
 - 8 - 1 観光人口予測
 - 8 - 2 水質調査（開発調査および基本設計調査）
 - 8 - 3 水源開発調査
 - 8 - 4 要員計画（案）
 - 8 - 5 管網解析
 - 8 - 6 「カ」国側負担工事積算
 - 8 - 7 地下水位・地盤変動モニタリングデータ解析図

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 現状と課題

カンボジア王国（以下、「カ」国と示す）における社会資本はフランス植民地時代に整備されたものの、1970年のクーデター以降20年におよぶ内戦、および政治的混乱等により破壊され、あるいは長期に亘り適切な維持管理がなされず放置されてきたことなどから、社会経済インフラの復興、整備が重要な課題となっている。

かかる状況下、「カ」国は、1994年に策定された「国家復興計画」(The National Programme for the Rehabilitation and Development of Cambodia :1994 NPRD) および右計画に基づき1996年から2000年に互り実施された「第1次社会経済5カ年開発計画」(First Five Year Socioeconomic Development Plan 1996 - 2000 ; SEDP I 1996-2000) さらに現在引き続き実施されている「第2次社会経済5カ年開発計画」(Second Five Year Socioeconomic Development Plan 2001 - 2005 ; SEDP II 2001-2005) および貧困削減戦略(National Poverty Reduction Strategy:NPRS)に基づき、貧困削減を最大目標とした社会開発政策を強く打ち出している。

水・衛生セクターにおいては、配水管網により安全で衛生的な水を確保できる割合は人口比にて5.8%に過ぎず、未だに40%が素掘井戸、28%が河川・湖沼水を無処理にて利用している。1980年代の上水道施設整備は緊急的措置としての位置づけによるもので、長期的見地により施設整備を開始したのは1990年代に入ってからである。上水道の整備は首都であるプノンペン市が最も進んでおり、給水普及率は85%と言われている。本計画対象地域であるシェムリアップ市における給水対象区域内における給水普及率はおよそ10%に留まっており、増加する水需要への対処が急務となっている。

1 1 2 開発計画

「カ」国が実施している「第2次社会経済5カ年開発計画」(SEDP II 2001-2005) および「貧困削減戦略」(NPRS)は、貧困削減政策を中心に、i)迅速かつ持続的な経済成長を実現し、貧困層の経済機会を拡大すること、ii)貧困層の教育レベルや健康状態、自然資源や資金へのアクセスを改善し、人的資本を高めること、iii)社会的弱者や、経済成長の恩恵の届かない層については、セーフティーネットを設けることの3つの目標を掲げ、種々の社会経済インフラ整備政策を打ち出している。水・衛生セクターにおいては、下記のとおり給水率の向上を目指して開発事業を推進中である。都市部に属するシェムリアップ市は2005年次において87%の給水普及率を目指すものとしている。

		2000年次推定	2005年次目標
給水施設	地方	29%	40%
	都市	48%	87%
衛生施設	地方	8%	20%
	都市	56%	90%

注記：「カ」国分類ではシェムリアップ市は都市部に属する。

1 1 3 社会経済状況

「カ」国は、1991年の和平達成以降、国際社会の支援を得て国の再建が本格化し、1994年から1996年にかけて平均6.3%のGDP成長率を達成した。しかしながら、1997年7月の武力衝突およびアジア経済危機により外国援助や投資が急激に減少して経済が悪化、1997年および1998年のGDP成長率はそれぞれ3.7%、1.8%に落ち込んだ。その後、種々の経済政策を実施した結果、改革の成果が徐々に現れる中、国内経済も少しずつ回復し始め、2000年には5.4%、2001年には5.3%のGDP成長率を達成した。

2000年次の人口統計によれば「カ」国の人口は1,202万で、1990年から2000年における人口増加率は3.1%とASEAN諸国(平均2.1%)の中で最も高い。人口の52%を占める女性が社会活動で役割を果たす比率は低いが、20%以上の家庭において農業や畜産等の一次産業部門で女性が主要な役割を担い家計を支えている。成人の識字率は男性の79%に対して女性は57%と低い。また、出生10万人当たり妊婦の死亡率は470人と衛生環境の劣悪さと相俟って、女性の置かれている厳しい環境が窺われる(SEDPII 2001-2005)。

1999年次における1人当たりの国民所得は259ドルで、貧困層(月収約14ドル)は総人口の36%である。貧困層のうち90%が農村部に居住する。調査対象地域では1人当たり年間収入は農業従事者で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ドルであり、きわめて低いレベルにある(2000年次調査による)。

本計画対象地域のシェムリアップ市は、「カ」国で最大の観光拠点であるアンコール遺跡群の南約5kmに位置するため、アンコール遺跡群観光の基地となっており、多くの観光ホテルが建設中である。シェムリアップ市の人口は1998年の103,752人から2001年の116,211人へと増加し、人口増加率は(1993年から1998年までは4.17%)3.85%の高率を維持しており全国平均の2.49%を大きく上回っている(シェムリアップ州計画局データ)。訪れる観光客数も急増しており、「カ」国全体では1999年から2002年にかけて年間平均30%の増加率を示し、2002年次においては786,524人に達している。シェムリアップへの観光客数は547,090人で「カ」国全体の観光客の58%が訪れていることになる。観光客の平均滞在日数は5.8日で、このうち約半分の3日弱をシェムリアップにて過ごすと言われている(観光省報告書“Tourism Statistical Report Year Book 2002”参照)。

1 2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

調査対象地域においては、我が国の援助により平成8~12年に開発調査「シェムリアップ市上水道整備計画調査」を実施し、住民、観光客、および寺社官公庁に区分した人口予測、2つのステージに分けた段階的開発給水区域の設定、水需要予測、および代替水源の比較検討等を含む水供給マスタープランを策定した。更に、水供給マスタープランに基づき、緊急的に実施すべき優先プロジェクトとして、地下水(井戸)を水源とする8,000m³/日の上水道システムの整備を提案しフィージビリティ調査(以降「F/S」と略す)を行い、プロジェクトの技術的・財務的実施可能性について検証し、環境面が

らも地下水開発による地下水位低下や地盤沈下等の解析に基づきアンコール遺跡群への悪影響のなきことを検証し、プロジェクトの実施可能性を判断した。「カ」国政府は、係る F/S 調査結果を受け、我が国に対し、2000 年 1 月、シェムリアップ市の上水道整備により、安全でかつ安定した飲料水の供給を確保することを目的とした無償資金協力を要請した。

要請内容の概要を以下に示す。

- 計画水量 8,000m³/日
- 水源 国道 6 号線沿線に沿った地域の地下水 (10 井戸)
- 浄水場 着水井および浄水池 (配水ポンプ場兼用)、消毒設備含む
- 導水管 地下水源から浄水場まで
- 配水管 浄水場から給水区域への送・配水管、既存配水管更新、給水管 (量水器据付含む)
- 技術支援 上記施設の維持管理に必要な技術支援 (日本国内における訓練含む)

1 3 我が国の援助動向

我が国は「カ」国の復興および民主化に向けた人道援助を中心に、緊急に必要とされる援助を実施してきた。当該セクターの社会・経済インフラ開発においては無償資金協力、開発調査および専門家派遣等により、以下の援助を実施している。我が国が「カ」国の水道事業発展に最大の貢献を行っていることは「カ」国においては広く知られている。

(1) 無償資金協力

プロジェクト名	期間	援助機関
プノンペン市上水道整備計画 (2 期分け)	1993 年～1994 年	PPWSA
第二次プノンペン市上水道整備計画 (A 国債)	1996 年～1998 年	PPWSA
ブンプレック浄水場拡張計画 (A 国債)	2000 年～2003 年	PPWSA
プノンペン市周辺村落給水計画	2002 年～2003 年	MRD

注記：PPWSA: Phnom Penh Water Supply Authority
MRD: Ministry of Rural Development

(2) 開発調査

プロジェクト名	期間	援助機関
プノンペン市上水道整備計画調査	1992 年～1993 年	PPWSA
シェムリアップ市上水道整備計画調査	1996 年～2000 年	MIME

注記：MIME: Ministry of Industry, Mines and Energy

(3) 技術協力プロジェクト

プロジェクト名	派遣期間	配属先
水道事業人材育成プロジェクト	2003 年～2006 年	PPWSA
上水道施設維持管理分野専門家派遣 (多数)	1999 年～2003 年	PPWSA
地方水道ベースライン調査	2001 年	MIME

以上の他、研修員の受け入れを行っている。研修員の受け入れについては PPWSA から 2000 年までに管網維持管理、無効水低減、水質、浄水処理などに係る 15 名を受け入れている。

1 4 他ドナーの援助動向

「カ」国に対する主要な援助機関は、我が国の他、旧宗主国フランス、世界銀行（WB）、アジア開発銀行（ADB）などがある。以下に水・衛生セクタープロジェクトで、現在実施中あるいは本計画と関連するプロジェクトについて取りまとめる。

プロジェクト名	援助機関	期間	事業費(億円)	備考
Provincial Towns Improvement Project	ADB	1999年 ～ 2005年	24.4	地方7都市(Battambang, Kampot, Kompong Cham, Kompong Thom, Pursat, Sihanoukville, Svay Rieng)の水道および衛生施設整備
Rural Water Supply and Sanitation	ADB	2003年 ～ 2012年	21.9	地方4州(Kampong Thom, Kampot, Pursat)の村落における水道および衛生施設整備
Mekong Tourism Development Project	ADB	2002年 ～ 2007年	19.0	メコン川下流域の3国(カンボジア、ベトナム、ラオス)の観光産業促進、乱開発防止、地方における人的資源の開発
Provincial and Peri-Urban Water and Sanitation Project	WB	2003年 ～ 2008年	24.2	地方18都市およびプノンペン市周辺5都市の水道および衛生施設整備

(注記) 事業費は1 \$ = 121.79円にて換算した。

Mekong Tourism Development Project の実施機関は観光省(Ministry of Tourism) で、シェムリアップ市の下水道整備事業を含む。当該計画はメコン川流域に立地するカンボジア、ラオス、ベトナムの3カ国に亘る観光開発を推進し、乱開発を防止するとともに、計画対象地域の人的資源を開発し、持続可能な観光産業の育成を目的としている。シェムリアップ市においては、増大する観光客に対処するために下水道整備計画を策定し、市の西側を対象とした、i) 約17,000人の下水を処理するための既存下水道施設の改修および新規下水管の接続、ii) 安定化池(ラグーン)および浄化槽から排出される汚泥処理施設の建設、および iii) 住民への衛生・健康意識啓発プログラムを実施することとして、事業費約3.53億円(外貨2.18億円)を予定している。事業工程は、2003年に設計を行い、2004年～2007年に亘って施設を建設する計画である。

シェムリアップ市の既存の上水道施設は1930年代フランスの援助により建設され、シェムリアップ川を水源として、浄水場および小規模配水システムから構成され、「旧フランスシステム」と呼ばれている。1960年代に入り、米国の援助により「旧フランスシステム」を改修した「アメリカシステム」が完成した。しかしながら、「アメリカシステム」はシェムリアップ川の水質悪化と施設の老朽化に伴い1995年に運転を中止し、フランスは再び緊急援助を決定し、日量720m³の井戸を2本、配水ならびに給水管網を増強し、「新フランスシステム」を構築し現在に至っている。新フランスシステムは消石灰によるpH調整、エアレーションおよび酸化池により鉄分を酸化し、急速ろ過により除鉄をした後給水している。