

(3) コストの比較検討

各水源に対する直接工事費（土地収用費を含む）は、地下水、西バライ、シェムリアップ川、トンレサップ湖の順で、それぞれ 6.3、10.0、13.1、13.3 百万ドル（1999 年価格）である。それぞれの水道システムにおける年間の維持管理費は上記と同様の順で、0.26、0.30、0.32、0.36 百万ドルである。これらの建設費並びに維持管理費について将来 30 年間にわたる現在価値の合計は、それぞれ 7.5、11.3、14.3、14.6 百万ドルである。よって、これらのコスト比較では地下水システムが最も経済的であると言える。

(4) 総合的な比較検討と最適水源

コストは最も重要な比較検討項目の一つであるが、最適水源選定のために他の項目についても比較検討を行った結果、地下水システムが選定された。

4.4 過去及び現在の水道システム

(1) 浄水施設

工鉱業エネルギー省(MIME)の管轄であるシェムリアップ市水道局が、同市の水道の運転・維持管理を行っている。

最初の公共水道システムは、1930 年代に「旧フランスシステム」としてフランスの援助により完成した。このシステムはシェムリアップ川を水源として、浄水場並びに小規模配水システムからなっていた。

2 番目の水道システムとして、1960 年代に米国の援助で「アメリカシステム」と呼ばれる施設が、旧フランスシステムに替わり、建設された。このアメリカシステムでも原水はシェムリアップ川であり、浄水処理の後、旧フランスシステムより拡張された配水管網を使用し同市中心部に配水された。このアメリカシステムはシェムリアップ川の原水水質の悪化、並びに施設の老朽化により、1995 年に運転を中止した。

そこで、工鉱業エネルギー省は 1995 年よりフランスの援助を受け、地下水を利用した新水道システムの建設を開始した。2 本の井戸を浄水場内に建設したが、その地下水には多くの鉄分が含まれており、飲用には適さないため、鉄分の酸化処理並びに圧力ろ過池により鉄分を除去する施設となった。この「新フランスシステム」は 1998 年に完成し、1999 年 7 月より運転を開始している。

(2) 配水施設

既存の配水管網の管径レンジは 100 mm から 250 mm で、極一部で塩化ビニル (PVC) も使用されているが、主な管材はアスベストセメント (ACP) である。

新フランスシステムが建設された際に、French Agency for Development (AFD) は全ての配水管路のチェックを実施した。その際、AFD は配管を修理したものの、現地水道局によれば、配水管網の状況は未だに悪く多くの漏水箇所があるとのことである。

配水管網は既に老朽化しており、既存配水管網のリハビリテーションは不可欠である。よって、本調査では管路布設替えを提案する。

布設替えが必要な管路を抽出するために、下記項目について評価検討した。

1. AFD による漏水調査結果
2. 水道局による漏水修理データ
3. 水道局による給水栓修理データ
4. 給水栓密度
5. 水道局が維持管理困難と認識している管路

これらの情報を検討した結果、約 50 % の既存管路布設替えが必要であると考えられる。

4.5 水道施設整備長期計画

(1) 段階的な整備計画

同市の南東部分に計画されている宅地地域開発に併せて、給水区域が 2006 年にその住宅地域を包含する形で拡張される。この給水区域拡張に伴い水需要も増大するが、本計画では段階的な開発計画を策定するものとし、図 4.5.1 に示すように、2002 年にステージ 1 として施設規模を拡張し、2006 年にステージ 2 として水需要の増加に見合った拡張をさらに行う計画とした。

各ステージにおける施設規模は表 4.5.1 に示すとおりである。

表 4.5.1 施設規模拡張計画

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

ステージ 1 の完了時点で、既存システム 1,440 m³/日 はその施設寿命から運転停止すると仮定すると、ステージ 2 の施設規模合計は 9,440 + 4,000 - 1,440 = 12,000 m³/日となる。

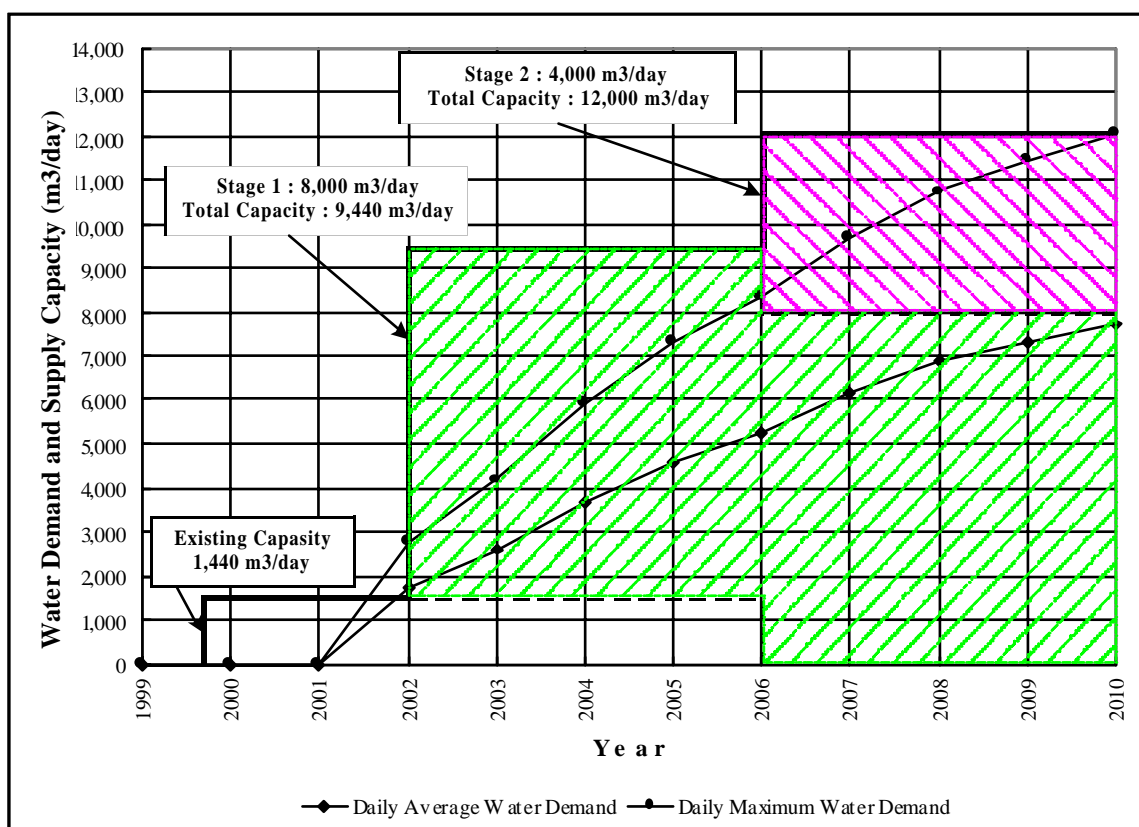


図 4.5.1 段階的整備計画と将来水需要

(2) 将来水道施設

1) システムフロー

それぞれの井戸から揚水された地下水は、井戸連絡管路により、着水井に集められる。この着水井において、塩素消毒を行った後に、配水池に貯留される。配水池からは、配水管網へポンプで配

水され、配水量はメインメーターにより計量される。配水方式は直接ポンプ加圧方式で、高架水槽等の建設は行わない。

浄水施設（井戸、着水井、配水池、消毒施設等）は日最大給水量を基に計画され、配水施設（配水ポンプ、配水管路）は時間最大給水量を基に計画した。

2) 浄水施設

ステージ 1 では、国道 6 号線に沿って 10 本の井戸を、またステージ 2 では 6 号線から西バライ貯水池へ分岐する道路に沿って 5 本の井戸を建設する計画とした。それぞれの井戸における揚水量は $800 \text{ m}^3/\text{日}$ とし、井戸深は 50 m とした。

3) 配水施設

配水ポンプ場は、同市内の配水管網に送水できる能力があるポンプを設置することとする。また、配水ポンプ場等で必要となる電力は全て自家発電で賄う計画とした。

配水ポンプ場からの配水幹線は国道 6 号線に沿って布設されるものとし、6 号線上にあるホテルについては、この配水幹線の支線から給水する。また、市の北東部のホテル開発地域への配水は、市内配水管網北端よりバルクで給水する。配水管網北端からホテル開発地域への配水管路はホテル開発事業者が建設する計画とし、市の給水システムとは別のシステムとする。

将来管網計画は既存配水管布設替え計画等を考慮に入れて計画された。殆どの新規配水管路はステージ 1 で建設される事になり、ステージ 2 では上述した拡張される給水区域をカバーするために必要となる配水管路を布設することとした。給水区域はシエムリアップ川により東西に 2 分されるが、二つの新規水管橋で結合される計画である。

計画された配水管網の各口径に対する延長は表 4.5.2 に示すとおりである。

表 4.5.2 口径別配水管延長

口径 (mm)	ステージ1		ステージ 2	布設替え を行わない 既存管 路 (m)	総延長 (m)
	新規管路 (m)	布設替え (m)	新規管路 (m)		
500	7,450	-	-	-	7,450
450	710	-	-	-	710
400	-	166	-	-	166
350	-	254	-	-	254
300	-	230	-	-	230
250	360	900	-	509	1,769
200	2,630	92	-	354	3,076
150	765	1,169	410	1,964	4,308
100	1,860	3,499	1,100	3,005	9,464
75	3,250	-	1,800	-	5,050
Total	17,025	6,310	3,310	5,832	32,477

口径 200 mm 以上の配水管路管種としては、その信頼性及び施工の容易さから、ダクタイル鋳鉄管 (DIP) とした。また、150 mm 以下の配水管の管種は PVC またはポリエチレン (PE) とした。

配水管からの給水栓の分岐については、漏水を最小限に抑えるためにも、150 mm 以下の配水管からの分岐が望ましい。よって、150 mm 以上の配水管については、その管路に平行してサービスマインを布設する必要がある。サービスマインの総延長は 6,200 m となり、口径は 50mm 及び 75 mm とする。

将来給水栓数はタイプ別に各年について算定した。2002 年、2006 年、2010 年の総給水栓数はそれぞれ、1,744、4,797、7,442 となる。

(3) 費用概算

費用の概算は 1999 年価格で行い、下記に US ドルで示すとおりである。

1) 建設費

建設費の算出のために、建設資材並びに労務費、建設機械コスト等の調査をシェムリアップ市及びプノンペン市において実施した。これら調査結果を基に算出された建設費概算は表 4.5.3 に示すとおりである。

表 4.5.3 概算プロジェクトコスト (M/P 段階)

(Unit: US\$1,000)

	項目	ステージ 1	ステージ 2	合計
	建設費	11,242	1,963	13,205
	・ 井戸等の水源建設費	2,432	1,218	3,650
	・ 浄水施設	2,669	489	3,158
	・ 配水施設	6,141	256	6,397
B	土地収用費	250	-	250
C	関連行政費用 (A の 2 %)	225	40	265
D	エンジニアリングサービス (A の 15 %)	1,687	295	1,982
E	準備費 (A+C+D の 10 %)	1,316	230	1,546
F	価格予備費 (A から E の 10 %)	1,472	253	1,725
	合計	16,192	2,781	18,973

2) 運転維持管理費

運転維持管理費は単位生産水量あたりで計算され、ステージ 1 及びステージ 2 での費用はそれぞれ、0.135 US\$/m³、0.115 US\$/m³ となる。

(4) 実施計画

実施計画はステージ 1 及びステージ 2 について作成され、現時点での実施計画は図 4.5.2 に示すとおりである。

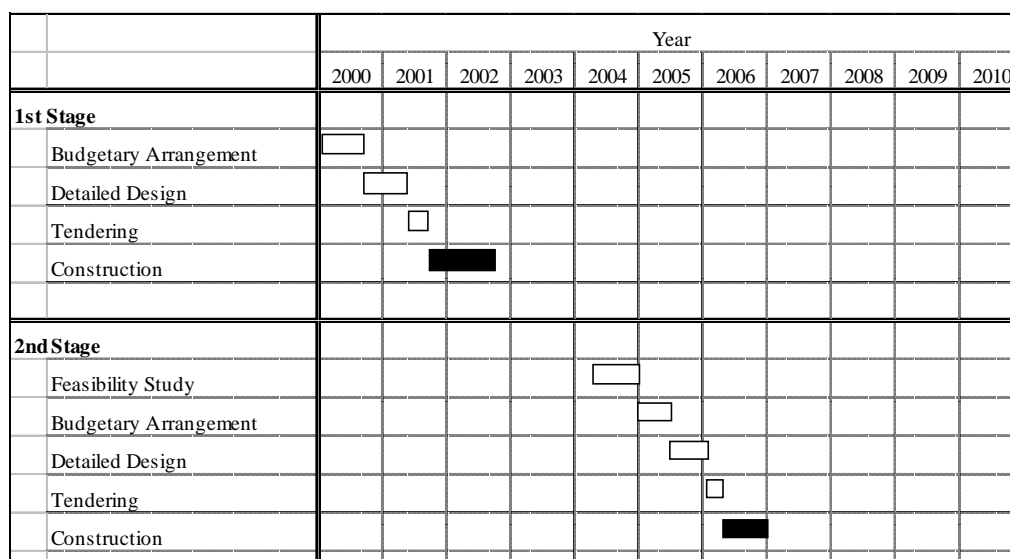


図 4.5.2 実施計画

4.6 制度の改革

(1) 組織

本調査では工鉱業エネルギー省とシエムリアップ市水道局（Siem Reap Waterworks）を中心に調査をした。また両者の関係も同時に精査された。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ており、これらの担当職員は業務課と技術課の2課に所属している。

シエムリアップ市水道局において組織的かつ効率的な運営を行うために、本調査では新しい組織の職務内容と分掌を提示している。また、機能的な運営という面から、カンボディア国の他都市、及び近隣諸国であるラオスにおける水道事業の生産性を参考にしている。この分析結果を基に、2002年、2006年、及び2010年の職員数をそれぞれ14人、19人、25人と推定している。この新しい組織は、提案システムの運営を考慮して計画されたもので、業務・会計、顧客サービス、及び工務の3課で運営することを計画した。さらに、詳細な各職務分掌も提示した。

(2) 制度の改善

シエムリアップ市水道局の健全な財政運営を考える上で重要な事項の一つは無収水率の低減である。これは見方を変えれば、漏水や盗水を可能な限り低くすることで料金化される水量を大きくすることである。

人的資源開発も、水道事業運営を強化する上で、重要なアプローチである。職業訓練は、職員の能力向上及び組織運営の改善に不可欠な事項である。本調査では、国内外における訓練のプログラムを提案する。

シエムリアップ市水道局の運営を技術的に安定させるためには、財政、制度、組織、及び運営上からもバランスがとれ、実行可能な枠組みを創ることが重要である。既存の法組織、「民間分野の参画（Private Sector Participation 略称 PSP）」の可能性、及び予測される運営上の問題点を検討して、本調査では早期に施行できる以下の法整備を提案している。

- 1) 水道法 / 条例
- 2) 事業の部分委託に係る条例
- 3) 地下水汲上げ規制法
- 4) 水源汚染対策法

(3) 運営と管理

円滑な水道事業の運営には、水道は安全で信頼できる飲料水を十分な水圧で継続的に供給するものでなければならず、水道料金も全ての消費者にとって安価でなければならない。水道が消費者の万全な信頼を得てはじめて、

計画通りに水道料金の徴集ができ、また財政的にも安定した水道事業の経営が可能となる。

安全な飲料水を間断なく供給するには、技術的に適切な運営と管理に裏付けされた安定した水道財政を達成する必要がある。そのために、本調査では次のような方策を提案している。

- 1) 従業員の労働意欲の改善と高揚
- 2) 報奨制度の確立
- 3) 水質の永続的なモニタリング
- 4) 資材管理の徹底
- 5) 施設台帳の整備

4.7 経済・財務分析

(1) 概要

提案プロジェクトについては以下の3視点から評価を行う。(1)経済評価、つまり国民経済的視点からみた水道施設投資の妥当性、(2)財務評価、つまり事業の収益性と経営管理の吟味、及び(3)地域に与える社会経済面の影響である。

(2) 経済分析

経済分析では、財務分析で使用した市場価格ではなく、真の価格ないしは機会費用で査定された経済価格に基づく費用と便益を用いて評価を行う。事業は2000年を開始年とし、経済的評価期間は30年とした。

水道プロジェクトの主な便益としては公衆衛生と生活福利の向上が挙げられる。さらに、生活環境や社会福祉の改善といった諸々の便益が思料される。こうした便益の内、主な受益者である生活用水とホテル等の宿泊施設用水を対象とした便益を検証・査定した。便益結果については、まず市場価格で査定し、それを経済価格に変換するプロセスにより求めた。こうして査定された経済便益と経済費用をベースに経済的効率を算定した。

経済評価の諸指標は、EIRRが10.5%、B/Cが1.04、NPVが56万米ドルの結果となった。EIRRが資本の機会費用10%を上回っていることから、提案プロジェクトは経済的視点から妥当性があるといえる。

(3) 財務分析

財務分析のため、まず現行水道事業の経営状況の把握を行う必要がある。状況把握の事項として、水道供給の運営状態、水道料金体系、1999年7月供給開始以降の財務実績について調査した。

財務評価では、設備投資・運転維持管理の費用や、提案プロジェクト実施後に期待される収益を全て市場価格で査定した金額をベースに分析した。プロジェクトの全費用は 4.5 節で述べている。水道料収益は水消費量と水単価との積算値として求められる。これら費用と収益とを基にして財務面の効率性が査定できる。

財務評価の諸指標は、FIRR が-2.2 %、B/C が 0.34、NPV が-1,200 万米ドルの結果となった。後者 2 つの指標は割引率 10 %で算定したものである。この諸指標が示すとおり、FIRR が期待される資本の機会費用 10 %よりかなり低いことから、当該条件下での財務面からみた運営は難しいと言わざるを得ない。

この理由は、設備投資や維持管理費に比して水道料金収入があまりに小さすぎることである。従って、当事業が成り立つためには、水道料金面からだけ考えるなら現行料金の 3.2 倍にするか、また投資資金面からだけ考えるなら全投資額の 81 %を無償資金で賄う必要がある。またこれらの 2 つの対策を組み合わせた施策も立案することが可能である。

(4) 社会・経済的影響

水道プロジェクトの実施が地域経済を活性化し、雇用機会の増大をもたらすのは明らかである。しかし、プロジェクトの投資額 721 億リエルは、中央政府の 1999 年歳出の 3.4 %にあたり、資本支出額の 19.0 %に相当する。当然 1 年の内に支出すべきものではないにしても、政府にとっては過大な額である。

4.8 環境評価

当水道事業が周辺環境にどのような影響を及ぼすのかを分析・解析し、それを回避または軽減する手段を立案するために環境評価を実施した。持続可能な開発を行う為にはあらゆる観点から照査する必要がある。

本調査では初年度に環境調査を実施した。これは初期環境評価(IEE)の一環である。IEE は、既存の情報データ及び経験と判断に基づき、当事業によって生じる可能性のある環境インパクトを特定し、環境影響評価 (EIA)のスコープを見いだす事を目的とした。また、必要性・重要性が高い下水処理計画について概要を述べた。

(1) 初期環境評価 (IEE)

IEE は選択された水源（地下水）を対象に実施した。現在、カンボディアには環境スクリーニングに関する法律が存在しないため、主に JICA フォーマットをアジア開発銀行(ADB)および世界銀行(WB)の指針を参考にして用いた。当事業は地下水開発による給水計画であるので、地下水開発及び給水計画の指針を使用し、社会環境・自然環境及び汚染に関連する 23 項目について検討した。

当事業は公衆衛生状態を著しく向上させる効果がある。市民は現在、生活用水確保の為に浅井戸を使用しているが、同市内には下水処分システムが確立されていない為、浅井戸は有機物、糞便の汚染を受けている可能性がある。また、各戸給水により水くみ等の時間が短縮でき、その時間を経済活動にあてることも可能である。ホテルも既存の浄水システムに費やすエネルギーを節約出来る。

一方、当事業実施による様々な環境への負のインパクトも予想される。それらは、主要な負のインパクト、著しい負のインパクト及び軽微な負のインパクトの3つに分類できる。

主要な負のインパクトは、過剰揚水が地下水位低下を引き起こし、予想以上の地盤沈下を発生させる可能性がある事である。また周辺井戸の揚水量を低減させ、また開発する井戸群も過剰揚水による能力低下が懸念される。地盤沈下は建物、空港、アンコール遺跡群にダメージを与える原因になる。

著しい負のインパクトは住民移転、土地買収、下水量の増加により起こる。土地買収は 10,000 m² の用地が 1 箇所、50 m² の建設用地が 12 箇所ある。パイプラインは道路に埋設するため、土地の買収は不要である。また、水道事業は下水の発生を増加させる。下水処分を十分に実施しなければ、給水による恩恵がなくなり、また公衆衛生面にも悪影響を及ぼす原因になる。

M/P 段階では確認することが出来ない負のインパクトもいくつかある。一つは経済活動に対するインパクトであり、もう一つは文化財産に与えるインパクトである。

(2) 環境影響評価 (EIA)のスコープ

スコーピングのマトリックスから、E/S 段階で 6 項目について EIA を行うことにした。

(3) 将来下水処分計画

給水計画は下水量増加も伴う。もし、オンサイト処分施設が適切でなく、オフサイト処分施設が設置されていない場合、下水量増加は公衆衛生に悪影響を及ぼす可能性がある。それ故、公衆衛生教育と単純・有効な下水処分方法の採用が重要となる。コミュニティの自助努力は下水処理費用の削減に役立つと考えられる。

また、既存の下水処分と雨水排除に関する調査も実施した。この調査に基づき、給水計画を考慮に入れた将来の下水処分、雨水排除将来計画の概要を策定した。

4.9 M/P 評価

(1) 技術評価

既存給水区域は同市の中央部分だけを対象とし、その給水面積は約 90 ha である。本給水計画のステージ 1 実施後、給水面積は 345 ha (既存給水区域の約 3.6 倍) に増え、ステージ 2 で給水面積は 436 ha (既存給水区域の約 4.6 倍) に拡張される。また、同市北側のホテル開発エリアにも給水が可能である。

給水率は現在 9% と推定される。本 M/P では、生活用水給水率をステージ 1 (2006 年) の終わりに 65% まで増加させ、2010 年には 75% にする計画である。観光水需要はホテル、ゲストハウス、レストランの 95% に給水を行う計画とした。給水面積が広がるにつれ、現在 2,300 人の給水人口も 25,500 人(2006 年)、39,900 人(2010 年)の増加が見込まれる。

複数井戸を給水源としているため、本地下水システムは安定で信頼できるものと考えられる。井戸ポンプと給水ポンプ動力は自家発電機から供給する。2 台の発電機を設置し交互に使用する。また、予備の発電機を持つことにより停電による被害を避ける事ができる。

地下水水質は水源として満足できるもので、継続的に消毒を行えば飲料水として使用が可能である。また、新たな技術を必要とせず、建設工事と維持管理が容易である。

(2) 経済・財務評価

経済的な観点からはプロジェクトの実現に妥当性があるといえる。経済評価の諸指標は、EIRR が 10.5%、B/C が 1.04、NPV が 56 万米ドルの結果となった。EIRR が資本の機会費用 10% を上回っていることから、提案プロジェクトは妥当性ありと言える。

一方、財務評価の諸指標は、FIRR が-2.2 %、B/C が 0.34、NPV が-1,200 万米ドルの結果となった。この諸指標によると、FIRR が期待される資本の機会費用 10 %よりかなり低いことから、当該条件下での財務面からみた運営は難しいと言わざるを得ない。もし設備投資の 81 %を補助金で賄うことができれば、水道事業の経営は可能となる。同様に 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となる。どのような組み合わせの財務上の対策を立案するかは政策責任者の専決事項である。資金調達のために海外ないしは国内金融市場から適切な財源を見いだす必要がある。

(3) 環境評価

先に説明した IEE の結果で、当事業計画は公衆衛生面で良い影響を与えると判断した。本事業は水系伝染病の発生を抑え、医療費負担減によりシエムリアップ市の経済状況を改善する効果がある。

当事業は、発展途上国における他の開発プロジェクトと比較して最小限の影響しかない。

プロジェクトによって得られる便益と比較的容易に対処可能な負のインパクトを考慮すると、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するものと考えられる。