

国際協力事業団

カンボディア王国

プノンペン市公共事業運輸局

プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査

最終報告書

要約

JICA LIBRARY



J1152787(6)

平成11年8月

株式会社建設技研インターナショナル
日本工営株式会社

社製二

JR

99-114



国際協力事業団

カンボディア王国

プノンペン市公共事業運輸局

プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査

最終報告書

要約

平成11年8月

株式会社建設技研インターナショナル
日本工営株式会社

社調二

JR

99-114



1152787(6)

本報告書では、事業費を1998年7月価格で見積もり、米国ドルで表示した。
使用した通貨換算率は下記のとおりである。

1 米国ドル = 138円
1 米国ドル = 3,880リエル
(1998年7月時点の通貨換算率)

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、同国のプノンペン市都市排水・洪水対策計画にかかる開発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10年2月から平成11年8月までの間、4回にわたり株式会社建設技研インターナショナルの佐々部圭二氏を団長とし、同社および日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

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。

また、建設省河川局防災・海岸課災害対策室建設専門官菊池良介氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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11年8月

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、カンボディア王国におけるプノンベン市都市排水・洪水対策計画調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社および日本工営株式会社の共同企業体が、平成10年2月から平成11年8月までの間で実施してまいりました。今回の調査に際しましては、カンボディア国の現状を十分に踏まえ、西暦2010年を目標年次とした実現可能なマスター・プランの策定に努め、マスター・プランの構成プロジェクトの中から選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施いたしました。

なお、同期間中、貴事業団を始め、外務省、建設省関係者には多大のご理解並びにご協力を賜り、御礼を申し上げます。また、カンボディア国における現地調査期間中は、プノンベン市、JICAカンボディア事務所、在カンボディア日本国大使館の貴重な助言とご協力を賜ったことも付け加えさせていただきます。

本調査の結果がカンボディア国プノンベン市の洪水対策、都市排水整備に貢献できることを切に願う次第です。

平成11年8月

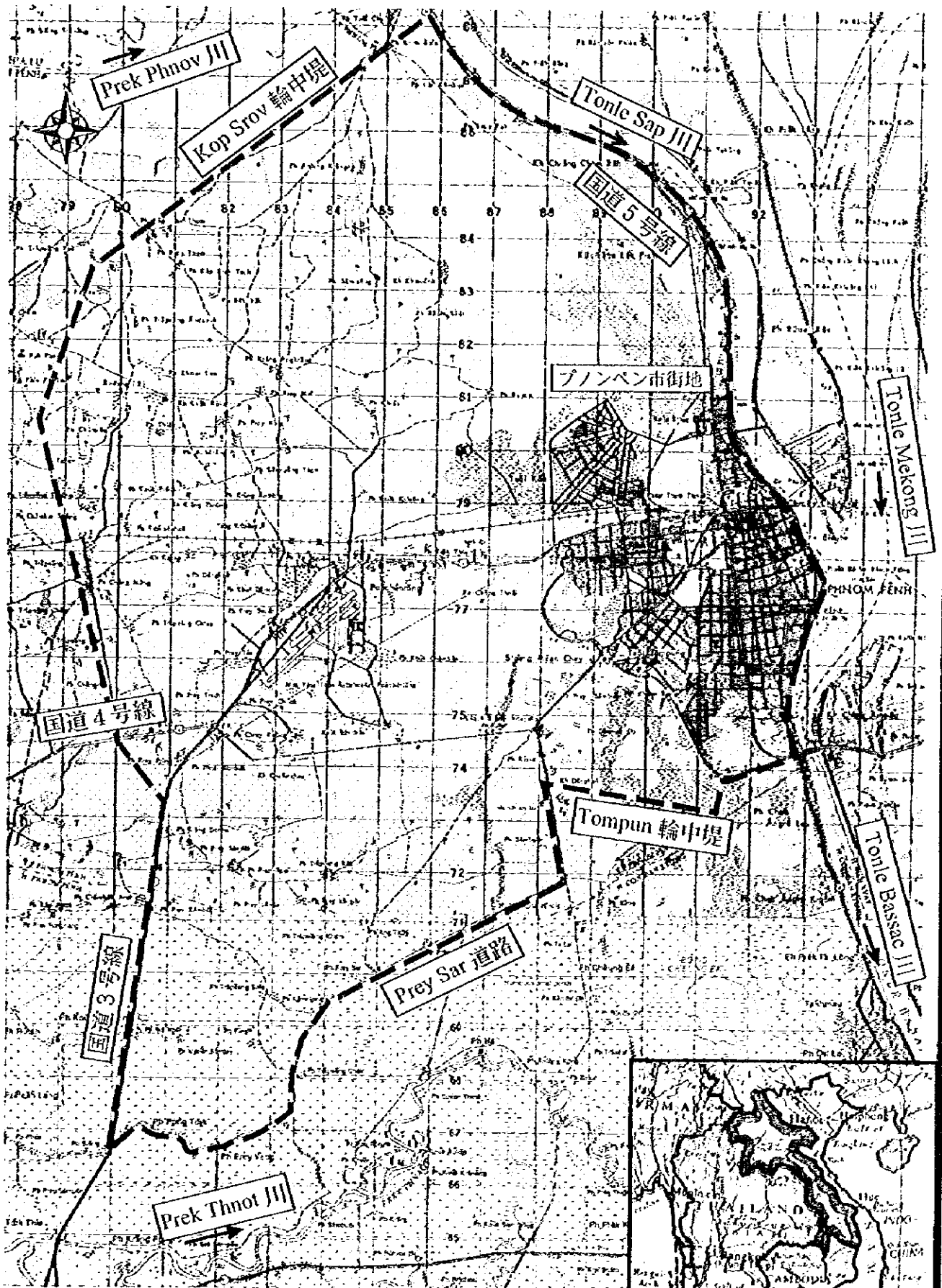
株式会社建設技研インターナショナル

カンボディア王国

プノンベン市都市排水・洪水対策計画調査団

団長 佐々部圭二

調査位置図



縮尺: 1/100,000

0 1 2 3 4 5km

凡例
 - - - 調査地域境界



プノンペン市

報告書の構成

要約 (和文)

VOLUME 1. SUMMARY

Outline of the Study

Part I: Master Plan for Drainage Improvement and Flood Control in the Municipality of Phnom Penh

Part II: Feasibility Studies on Reinforcement of Kop Srov and Tompun Dikes and Tompun Watershed Drainage Improvement

VOLUME 2. MAIN REPORT

Part I: Master Plan for Drainage Improvement and Flood Control in the Municipality of Phnom Penh

Part II: Feasibility Studies on Reinforcement of Kop Srov and Tompun Dikes and Tompun Watershed Drainage Improvement

Annexes

VOLUME 3. SUPPORTING REPORT

Sector A: Land Use and City Planning

Sector B: Meteorology and Hydrology

Sector C: Topography and Geology

Sector D: Plan and Design

Sector E: Organization and Institution

Sector F: Socioeconomy

Sector G: Environment

VOLUME 4. DATA BOOK

略語集

1. 組織

ADB	: Asian Development Bank
APUR	: Atelier Parisien d'urbanisme (Town Planning Agency for Paris)
BAU	: Bureau des Affaires Urbaines
CATUC	: Comité de l'Aménagement du Territoire, d'Urbanisme et de Construction (Committee for Planning, Urbanization and Construction)
CDC	: Council for the Development of Cambodia
CNATUC	: Comité National de l'Aménagement du Territoire, d'Urbanisme et de Construction (National Committee for Country Planning, Urbanization and Construction)
COM	: Council of Ministers
CRDB	: Cambodian Rehabilitation and Development Board
CTA	: Cambodian Telecommunications Authority
DPWT	: Department of Public Works and Transport
DSD	: Drainage and Sewerage Division
EdC	: Electricité du Cambodge
EU	: European Union
GDIMH	: General Directorate of Irrigation, Meteorology and Hydrology of MAFF
GOJ	: Government of Japan
JICA	: Japan International Cooperation Agency
MAFF	: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
MEF	: Ministry of Economy and Finance
MFAIC	: Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation
MOE	: Ministry of Environment
MOP	: Ministry of Planning
MPP	: Municipality of Phnom Penh
MPWT	: Ministry of Public Works and Transport
MWRM	: Ministry of Water Resources and Meteorology
NORAD	: Norwegian Agency for Development Cooperation
PMU	: Project Management Unit
PPWSA	: Phnom Penh Water Supply Authority
TdC	: Telecommunication du Cambodge
UNDP	: United Nations Development Program
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
UNICEF	: United Nations Children's Fund
UNTAC	: United Nations Transitional Authority in Cambodia
USAID	: United States Agency for International Development
WB	: World Bank
WHO	: World Health Organization

2. その他

BOD	: Biochemical Oxygen Demand
BOT	: Built, Operation and Transfer
COD	: Chemical Oxygen Demand

CUDSS	: Cambodian Urban Development Strategy Study
CUEIP	: Cambodian Urban Environmental Improvement Project
DO	: Oxygen Demand
GDP	: Gross Domestic Product
GNP	: Gross National Product
GRDP	: Gross Regional Domestic Product
EPNRM	: Law on Environmental Protection and Natural Resources Management
NR	: National Road
PAP	: Project Affected Persons
PIP	: Public Investment Plan
SEDP	: Socio-Economic Development Plan
SS	: Suspended Solid
TA	: Technical Assistance

3. 単位

(長さ)

mm	: millimeter(s)
cm	: centimeter(s)
m	: meter(s)
km	: kilometer(s)

(重さ)

mg	: milligram(s)
g, gr	: gram(s)
kg	: kilogram(s)
ton	: tonne(s)

(面積)

mm ²	: square millimeter(s)
cm ²	: square centimeter(s)
m ²	: square meter(s)
km ²	: square kilometer(s)
ha	: hectare(s)

(時間)

s, sec	: second(s)
min	: minute(s)
h(hrs)	: hour(s)
d(dys)	: day(s)
y, yr(yrs)	: year(s)

(体積)

cm ³	: cubic centimeter(s)
m ³	: cubic meter(s)
ℓ	: liter(s)

(濃度)

mg/ℓ	: milligram per liter
------	-----------------------

(速度)

cm/sec, cm/s	: centimeter per second
m/sec, m/s	: meter per second
km/hr, km/h	: kilometer per hour

(圧力)

kg/cm ²	: kilogram per square centimeter
ton/m ²	: ton per square meter

(流量)

ℓ/sec, ℓ/s	: liter per second
m ³ /sec, m ³ /s	: cubic meter per second

$m^3/yr, m^3/y$: cubic meter per year

(電気)

W : watt(s)
kW : kilowatt(s)
MW : megawatt(s)
kWh : kilowatt-hour
MWh : megawatt-hour
GWh : gigawatt-hour
V : volt(s)
kV : kilovolt(s)

(注: 上記にならない、組み合わせた単位を用いることがある)

4. 通貨単位

¥ : Japanese Yen
US\$: United States Dollar
Riel : Cambodian Riels

5. カンボディア語

Boeng : Lake
Prek : River/Stream
Stoeng : River (medium)
Tonle : River (large)

調査結果の概要

1. 調査の背景

カンボディア国政府は、1991年10月のパリ和平協定後、長年の内戦により疲弊した国土の復旧・復興を進めている。「カ」国の首都プノンベン市は、メコン川とサップ川の合流点右岸に位置し、同国の政治・経済・交通・文化の中心都市である。

プノンベン市の外郭道路兼用輪中堤は河川および周辺の湖沼からの洪水を防ぐ目的で、また、都市排水施設は雨水・生活排水を排除する役割のもと、フランス植民地時代から1960年代にかけて随時整備されてきた。しかし1970年以降の内戦による混乱期には、これらの洪水対策・排水施設の維持管理・拡張はほとんど行われず、現在その機能は著しく低下している。その結果、プノンベン市は恒常的に深刻な洪水・浸水被害を受けているほか、生活排水が低地部に滞留し衛生状態の悪化を招くなど、市民の生活環境および経済活動に深刻な影響がでている。

このような状況を背景とし、カンボディア国政府はわが国に対し技術協力を要請した。これに対し、日本国政府は国際協力事業団を通じ平成9年3月に事前調査団を派遣し、本件調査に関するS/Wの署名・交換を行った。

2. 調査の目的

本調査は下記を目的として実施した。

- a. プノンベン市およびその近郊を対象として、総合的都市排水・洪水対策に係る西暦2010年を目標年次としたマスター・プランを策定する。
- b. 同計画の中で選定された優先プロジェクトについて、フィージビリティ調査を実施する。
- c. 本件調査を通じて、「カ」側カウンターパートに対して技術移転を行う。

3. 調査対象地域

調査対象地域はプノンベン市290.06km²のうちの195.71km²である。調査地域内の人口は、1998年時点で、817,000人（未登録人口を含む総数）と推定され、これはプノンベン市の人口の81.7%に相当する。

4. 調査地域の既存洪水防御、排水施設および対策にかかる現況

- 1) プノンベン市の開発に係るマスター・プランで公的に承認されたものはない。関係機関がそれぞれ計画・構想を持ってはいるが、相互に調整されたものではない。

調査団は、排水・洪水対策の前提条件となる、目標年次2010年における土地利用図を、これら既存の計画等を参考に作成した。

2) プノンペン市の洪水の原因となるメコン川の水位は Chaktomuk 観測所で1975年1月から1980年6月までの間を除く1960年以降につき記録されている。同観測所における既往最高水位は1961年の EL 9.96m、最近、市内に洪水の危険をもたらした1996年の最高水位は EL 9.92m であった。同地点の確率水位は、30年確率で EL 10.0m、50年確率で EL 10.1m である。

市内の湛水の原因となる降雨につき、Pochentong 気象観測所における確率降雨量を計算した結果、2年確率で、時間雨量44.8mm/hr、日雨量87.8mm/day、5年確率で、同、63.2mm/hr、112.3mm/day となった。

3) Kop Srov 輪中堤は国道4号線と5号線を接続する形で調査対象地区北部の境界になっている。堤頂幅は10mから12m、堤頂標高は14.4m から10.2m である。維持管理状況は非常に悪く雨水・浸透水による侵食が随所に見られる。Tompun 輪中堤は堤頂幅15m から20m、堤頂標高は9.5m から9.7m である。路面状態は非常に悪いが、侵食は Kop Srov ほど顕著ではない。サップ・バサック川沿いの国道は、アスファルト舗装で状態は比較的良い。サップ、バサック川沿いの護岸は一部状態の悪い箇所がある。

4) 調査対象地域内には合計9ヶ所の排水機場がある。このなかで、Tompun 排水機場は最大の排水容量 (6.1m³/s) を持ち、市街地西部を含む17.47km²の流域からの雨水・汚水を輪中堤の外へ排水する。既設の主な排水路は、市街地で、Trabek、Toul Sen および Salang 排水路、市街地の外で、内側輪中堤の南縁に沿って流下する Meanchey 水路である。これらの排水路は各所で塵芥、土砂により閉塞しており、流下能力は著しく低下している。排水管網は市の開発に伴い1960年代から整備されてきた。多くの部分が土砂あるいは近傍住民の廃棄物により閉塞しており、閉塞率は本来の容量の50%から90%との報告がある。

5) プノンペン市における洪水対策の非構造物対策については、洪水予警報、水防活動が実施されている。メコン川の水位が警戒水位に達した場合、洪水対策委員会、副委員会が設置・組織され、これらが必要な対策を講じているが、予算が不十分である点が問題となっている。

6) 調査地域の排水改善、洪水対策はプノンペン市の所管事項であり、同市の公共事業運輸局がこれを担当している。同局の中で、排水・下水部が排水改善を担当するが、洪水対策を担当する部が存在しない。

7) 水法、河川法はない。プノンペン市では、下水道施設使用料として、上水料金の10%が上水料金に上乗せする形で徴収されている。徴収された下水道料金は水道

公社からプノンベン市の会計に移されている。都市計画・建設に関する法律は CNATUC Law (1994年5月24日制定) がある。

5. マスター・プラン

5.1 マスター・プランの概要

1) 目標年次を西暦2010年とする都市排水・洪水対策マスター・プランを策定した。計画規模は、近隣諸国における類似都市の例を参考に、洪水防御施設については30年確率、基幹排水施設については5年確率、末端排水施設については2年確率とした。

2) マスター・プランの構造物対策は次の8コンポーネントからなる。

- コンポーネント1：サップ川沿い部分護岸
- コンポーネント2：Kop Srov および Tompun 輪中堤補強
- コンポーネント3：Tompun 流域排水改善
- コンポーネント4：Trabek 流域排水改善
- コンポーネント5：市街地北部排水改善
- コンポーネント6：Pochentong East 流域排水改善
- コンポーネント7：北東・北西流域排水改善
- コンポーネント8：環境改善

3) 非構造物対策としては、土地利用規制、水防活動が効果的と判断した。土地利用規制については、洪水防御・排水改善の立場から、北東部水域の保全、北西部・南部地域における農地の保全を提案した。

4) マスター・プラン実施にかかるプロジェクト費用は総額 US\$261.6百万と見積もられた。実施工程は次ページに示すとおりである。

5) 策定されたマスター・プランの経済的内部収益率は12.9%と計算され、経済的に妥当である。財務的には、年間の投資を US\$10百万～US\$15百万程度に抑えるように配慮してあることから、無償資金協力による実施を前提にすれば妥当な投資計画といえる。維持管理費用については年間 US\$0.77百万必要であるが、下水道料金を考慮すればカンボディア国側で確保可能である。環境に対する正の影響は洪水の危険の軽減、排水改善を通じたプノンベン市の住環境の改善である。プロジェクトの実施による環境上の負の影響は、工事中の濁水、住民移転等であるが、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により最小限にとどめることが可能である。

6) 本マスター・プランで提案しているプロジェクトの実施機関はプノンペン市である。市の組織の中で、公共事業運輸局 (Department of Public Works and Transport: DPWT) が技術的な面の担当窓口となる。輪中堤の建設、維持管理等を含む、洪水防御に関する担当部が明確でないことから、洪水防御部の新設を提案する。

7) 各種の法律・条例等を早急に整備する必要がある。洪水防御、排水改善に関連するものとしては、下水道料金の徴収・使用に関する条例、プノンペン市の公式な土地利用計画の策定が緊急の課題と考えられる。

5.2 優先プロジェクト

マスター・プランを構成するコンポーネント・プロジェクトのうち優先的に実施すべきものを下記のとおり選定した。

- Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画
(Syay Pak 排水樋管の改修を含む)
コンポーネント 2 およびコンポーネント 7 の一部
- Project B : Tompun 流域排水改善計画 (排水管網の整備は除く)
コンポーネント 3 の一部

6. 優先プロジェクトにかかるフィージビリティ調査

6.1 Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画 F/S 結果

1) Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画は、プノンペン市の大部分の地区をメコン川水系の30年確率洪水から守ることを目的とする。計画は次の4サブ・コンポーネントからなる。

- a. サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強。延長7.65km。
- b. サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強。延長4.44km。
- c. サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の改修。1.5m 幅、2.0m 高、3連。
- d. サブ・コンポーネント A4 : 土捨て場兼移転地の整備。計25ha。

2) Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画のプロジェクト費用は US\$20.8百万と見積もられた。サブ・コンポーネントごとの内訳は下表のとおりである。

Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画実施費用

サブ・コンポーネント	プロジェクト費用 (US\$百万)
A1:Kop Srov 輪中堤の補強	15.9
A2:Tompun 輪中堤の補強	3.2
A3:Svay Pak 排水樋管の建設	1.0
A4:移住地および土捨て場	0.7
合計	20.8

- 3) プロジェクト実施工程は、施工を2001年に開始し、3年の建設期間で、2003年に完了するものとする（S-8ページの実施工程を参照）。2000年は、施設の基本設計、実施設計、および、土地収用、家屋移転の実施による用地確保を行うものとする。
- 4) 経済評価結果は下表に示すとおり、資本の機会費用10%と比較して十分に高い経済的内部収益率（EIRR）が見込まれる。

Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画経済分析結果

評価項目	Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強	Tompun 流域排水改善 を含めた場合
経済的内部収益率：EIRR (%)	25.2	16.7
便益費用比：B/C	2.76	1.69
純現在価値：NPV (US\$千)	29,475	35,384

備考：B/C および NPV は割引率10%の場合。

- 5) すべての優先プロジェクトの実施が完了する2008年時点における排水・下水部（提案している洪水防御部を含む）の政府からの歳入は運転・維持管理費用を若干上まわる。従って、運転・維持管理費用の回収という財務的観点から見ても計画は妥当である。
- 6) 環境影響評価の結果、環境面の正の影響はプノンベン市が洪水に対して安全になり住環境が改善されることである。負の影響は工事中の濁水等、住民54戸の移転等であるが、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により解決可能である。技術上、計画の実施を左右するような問題はない。

6.2 Project B：Tompun 流域排水改善計画 F/S 結果

1) 計画は次の13サブ・コンポーネントからなる。

- a. サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設。容量15m³/s。
- b. サブ・コンポーネント B2 : Tompun 調整地の建設。計47.5ha。
- c. サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部（Tompun 調整地から Meanchey 橋までの間）の改修。延長2.635km。
- d. サブ・コンポーネント B4 : Meanchey 排水幹線中流部（Meanchey 橋から支川合流点までの間）の改修。延長1.285km。
- e. サブ・コンポーネント B5 : Meanchey 排水幹線上流部（支川合流点から上流）の改修。延長0.535km。
- f. サブ・コンポーネント B6 : Tum Nup Toek 排水樋管の建設。容量10m³/s。
- g. サブ・コンポーネント B7 : Samdach Monireth 排水幹線下流部（Meanchey 排水幹線合流点から Jawaharlal Nehru 排水幹線合流点まで）の建設。延長1.676km。

- h. サブ・コンポーネント B8 : Samdach Monireth 排水幹線上流部 (Jawaharlal Nehru 排水幹線合流点から上流) の建設。延長0.714km。
- i. サブ・コンポーネント B9 : Jawaharlal Nehru 排水幹線の建設。延長1.152km。
- j. サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部 (Meanchey 排水幹線合流点から橋梁地点まで) 。延長0.887km。
- k. サブ・コンポーネント B11 : Salang 排水幹線上流部 (橋梁地点から上流) 。延長0.448km。
- l. サブ・コンポーネント B12 : Boeng Salang 北池の浚渫、周回歩道の建設による保全。面積5.1ha。
- m. サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼移転地の開発。面積26ha。

2) Tompun 流域排水改善計画の実施にかかる費用は約 US\$50.8百万と見積もられた。サブ・コンポーネント毎の内訳は下表のとおりである。

Tompun 流域排水改善計画実施費用

サブ・コンポーネント	費用 (US\$ 百万)
B1: 新 Tompun ポンプ場 および流入水路の建設	11.5
B2: Tompun 調整地の改修	3.6
B3: Meanchey 排水幹線下流部の改修	3.8
B4: Meanchey 排水幹線中流部の改修	0.5
B5: Meanchey 排水幹線上流部の改修	0.5
B6: Tum Nup Toek 排水樋管の建設	0.7
B7: Samdach Monireth 排水幹線下流部の建設	16.3
B8: Samdach Monireth 排水幹線上流部の建設	3.7
B9: Jawaharlal Nehru 排水幹線の建設	4.1
B10: Salang 排水幹線下流部の改修	1.3
B11: Salang 排水幹線上流部の改修	0.6
B12: Salang 北湖の改修	0.7
B13: 土捨て場および移住地の整備	3.5
合計	50.8

3) 事業実施計画は、建設工事を2001年から開始し、7年間の工事期間の後、2007年中に工事を完了するものとする (S-8ページの実施工程を参照) 。2000年は、施設・機器の基本設計、実施設計、および、土地収用、家屋移転にあてるものとした。

**Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、Tompun 流域
排水改善計画実施工程表**

Project Component	Cost (US\$ mil.)	Year								
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Project A: Reinforcement of Kop Srov and Tompun Dikes	20.8	-----								
-Sub-component A1: Reinforcement of kop Srov Dike (7.65 km)	15.9		■		■					
-Sub-component A2: Reinforcement of Tompun Dike (4.44 km)	3.2				■					
-Sub-component A3: Reconstruction of Sray Pak Drainage Sluiceway	1.0		■							
-Sub-component A4: Preparation of Relocation Site / Spoil Area (25 ha)	0.7	-----								
Project B: Tompun Watershed Drainage Improvement	50.8	-----								
-Sub-component B1: Construction of Tompun New Pumping Station and Inlet Channel (15 m ³ /sec)	11.5		■		■					
-Sub-component B2: Construction of Tompun Regulation Pond (47.5 ha)	3.6					■				
-Sub-component B3: Improvement of Meanchey Drainage Main, Downstream Stretch (2.635 km)	3.8			■		■				
-Sub-component B4: Improvement of Meanchey Drainage Main, Middle Stretch (1.285 km)	0.5								■	■
-Sub-component B5: Improvement of Meanchey Drainage Main, Upstream Stretch (0.535 km)	0.5								■	■
-Sub-component B6: Construction of Tum Nup Toek Drainage Sluiceway (10 m ³ /sec)	0.7				■					
-Sub-component B7: Construction of Samdach Monireth Drainage Main, Downstream Stretch (1.676 km)	16.3					■		■		
-Sub-component B8: Construction of Samdach Monireth Drainage Main, Upstream Stretch (0.714 km)	3.7								■	■
-Sub-component B9: Construction of Jawaharlal Nehru Drainage Main (1.152 km)	4.1							■		■
-Sub-component B10: Improvement of Salang Drainage Main, Downstream Stretch (0.887 km)	1.3				■					
-Sub-component B11: Improvement of Salang Drainage Main, Upstream Stretch (0.488 km)	0.6								■	■
-Sub-component B12: Conservation of North Lake of Boeng Salang (5.1 ha)	0.7								■	■
-Sub-component B13: Preparation of Relocation Site / Spoil Area (26 ha)	3.5	-----								
Total	71.6	1.05	13.10	14.00	13.45	7.20	7.20	7.55	8.05	

4) 経済評価結果は下表に示すとおり、資本の機会費用10%と比較して十分に高い経済的内部収益率 (EIRR) が見込まれる。

Tompun 流域排水改善計画経済分析結果

評価項目	Tompun 流域排水改善	Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強を含めた場合
経済的内部収益率：EIRR (%)	11.7	16.7
便益費用比：B/C	1.17	1.69
純現在価値：NPV (US\$千)	5,909	35,384

備考：B/C および NPV は割引率10%の場合。

5) すべての優先プロジェクトの実施が完了する2008年時点における排水・下水部（提案している洪水防御部を含む）の政府からの歳入は運転・維持管理費用を若干上まわる。従って、運転・維持管理費用の回収という財務的観点からみて計画は妥当である。

6) 環境影響評価の結果、環境面の正の影響は排水改善による雨水湛水の軽減および水質改善によりプノンベン市の住環境が改善されることである。負の影響は工事中の濁水等、住民480戸の移転等であるが、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により解決可能である。技術上、計画の実施を左右するような問題はない。

6.3 緊急プロジェクト

1) Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、および、Tompun 流域排水改善計画について実施したフィージビリティ調査の結果は、上記6、7に述べたとおりである。これら計画の実施にかかる費用は Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画で US\$20.8百万、Tompun 流域排水改善計画で US\$50.8百万、合計 US\$71.6百万である。従って、段階的な実施が必要である。

2) 以上のとおり、2計画のうち、早期に実施すべきサブ・コンポーネントは下記のとおりである。

(1) Project A：Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画

- サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント A4 : 土捨て場兼用移転地の整備

(2) Project B : Tompun 流域排水改善計画

- サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設
- サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B6 : Tom Nup Toek 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼用移転地の整備

7. 提言

1) 本調査で策定されたプノンペン市都市排水・洪水対策マスター・プランの構造物対策の構成プロジェクトのうち、優先度の高いものは次の2コンポーネントである。この2コンポーネントを優先的に実施していくことを勧告する。

- コンポーネント 2 : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画
(Syay Pak 排水樋管の改修を含む)
- コンポーネント 3 : Tompun 流域排水改善計画
(排水管網の整備は除く)

2) 本調査で策定されたプノンペン市都市排水・洪水対策マスター・プランの非構造物対策は、土地利用規制の導入、水防活動の継続である。土地利用規制については、洪水防御・排水改善の立場から提案した、北東部水域の保全、北西部・南部地域における農地の保全、を考慮したプノンペン市の公式な開発計画の策定を早急に実施すべきである。

3) プノンペン市公共事業運輸局が今後の事業実施の担当機関となる。排水改善事業については同局の排水下水部が担当することが望ましい。洪水防御については、同局にこれを担当する部局がないため、洪水防御部の新設を勧告する。

4) マスター・プランで選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施した結果、Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、Tompun 流域排水改善計画共に、経済的、財務的、環境面、技術面で妥当であり、早期の事業実施が勧告される。しかしながら、この2計画の構成サブ・コンポーネントすべてを実施するには総額 US\$71.6百万の費用、7年の期間が必要である。したがって、この2計画の構成サブ・コンポーネントの中でも、特に重要性、効率性の高い下記のサブ・コンポーネントを優先的に実施することを勧告する。

(1) Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画

- サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント A4 : 土捨て場兼用移転地の整備

(2) Project B : Tompun 流域排水改善計画

- サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設
- サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B6 : Tom Nup Toek 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼用移転地の整備

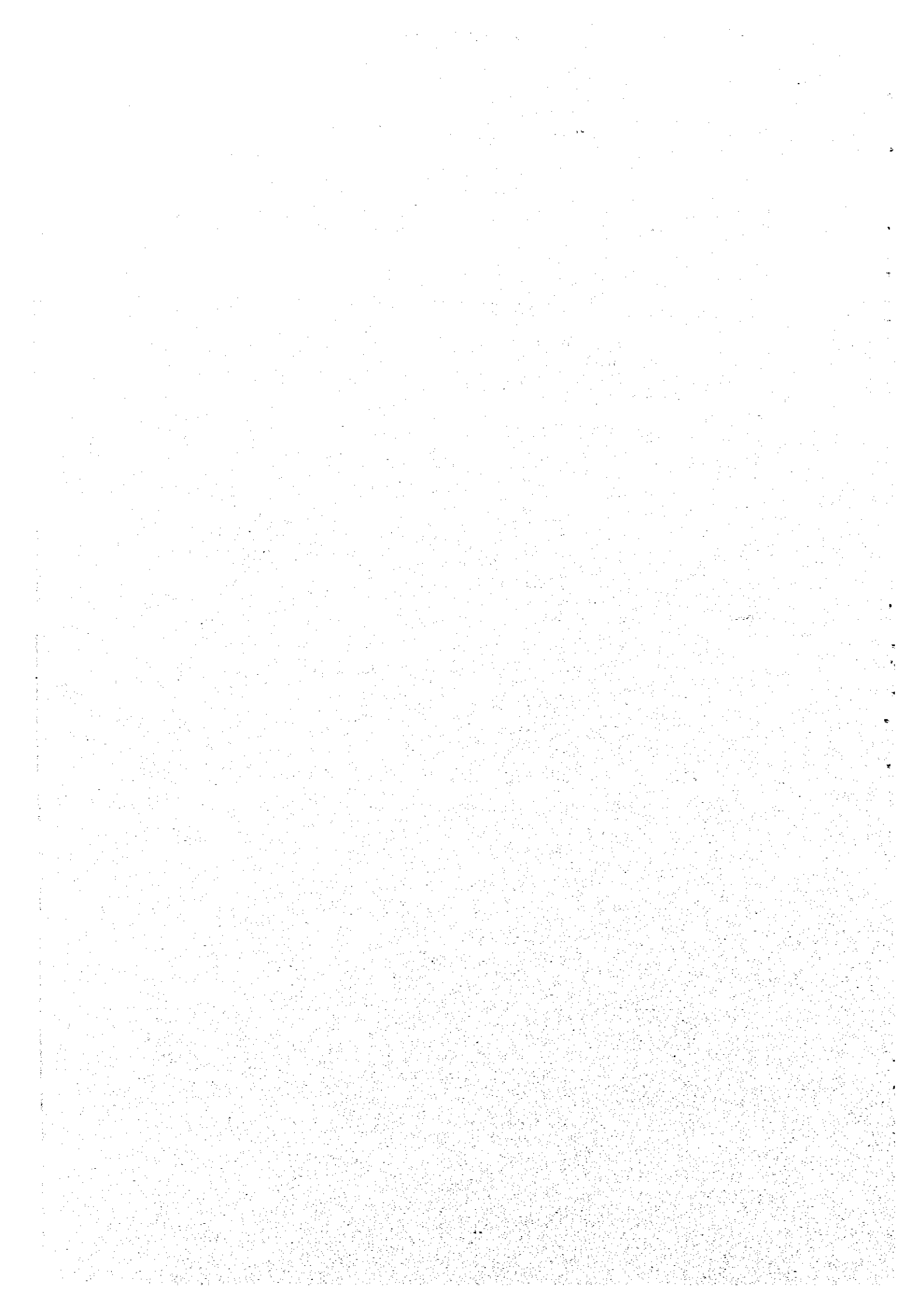
5) 事業の実施に際しては、土地収用、家屋移転を伴う。上記サブ・コンポーネントに係る土地収用、家屋移転は早急に着手することを勧告する。

6) 本マスター・プラン検討、フィージビリティ調査実施に際し、洪水期の関連地区の水位、特に、Kop Srov 輪中堤および Tompun 輪中堤地点の実測水位が不足していたため水位標を設置し、水位記録の観測をプノンペン市公共事業運輸局に依頼した。しかし、昨洪水期が例年になく低水位で、場所により、十分な資料が得られていない。これらの水位データは今後、実施設計、事業の実施を進めるうえで重要であることから、観測の継続を勧告する。

7) プロジェクトの実施による環境面の正の影響は、プロジェクト自体の目的であるところの洪水の危険の軽減、排水改善を通じたプノンペン市の住環境の改善である。負の影響としては、事業の実施に際し、工事中の濁水等、住民移転が必要である等が懸念される。今後、実施する事業については、環境影響評価の結果提案している、環境管理計画、環境モニタリング計画を実施し、環境に与える負の影響を最小限にとどめるべきである。また、Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強により、周辺の乱開発が進み、地区外である Prek Phnov 川水系、および、Prek Thnot 川水系に水質状悪影響が出ないように留意すべきである。また、社会環境については、住民移転にかかる管理、モニタリングが重要である。

Part I

プノンペン市都市排水・洪水対策 マスター・プラン



ブノンベン市都市排水・洪水対策計画調査

要約 - Part I

ブノンベン市都市排水・洪水対策マスター・プラン

目次

II. 序文	I-1
1.1 背景	I-1
1.2 調査の目的	I-1
1.3 調査対象地域	I-1
1.4 調査実施体制	I-2
1.5 調査工程	I-2
12. 調査地域の現況および基礎解析結果	I-2
2.1 関連調査・事業	I-2
2.2 社会経済状況	I-3
2.3 土地利用および都市計画	I-4
2.4 気象・水文	I-4
2.5 地形および地質	I-6
2.6 既存洪水防御・排水施設および対策	I-7
2.7 組織・制度の現状	I-8
2.8 環境	I-9
I3. マスター・プラン調査	I-9
3.1 計画前提条件	I-9
3.2 計画・設計条件	I-10
3.3 洪水防御の代替案検討	I-10
3.4 排水改善の代替案検討	I-11
3.5 環境改善計画検討	I-15
3.6 マスター・プランの策定	I-15
3.7 制度的計画	I-18

14. プロジェクト評価	I-18
4.1 経済評価	I-18
4.2 財務評価	I-19
4.3 初期環境評価	I-19
4.4 技術評価	I-19
15. 優先プロジェクトの選定	II-20

II. 序文

1.1 背景

カンボディア国政府は、1991年10月のパリ和平協定後、長年の内戦により疲弊した国土の復旧・復興を進めている。「カ」国の首都プノンベン市は、メコン川とサップ川の合流点右岸に位置し、同国の政治・経済・交通・文化の中心都市である。

プノンベン市の外郭道路兼用輪中堤は河川および周辺の湖沼からの洪水を防ぐ目的で、また、都市排水施設は雨水・生活排水を排除する役割のもと、フランス植民地時代から1960年代にかけて随時整備されてきた。しかし1970年以降の内戦による混乱期には、これらの洪水対策・排水施設の維持管理・拡張はほとんど行われず、現在その機能は著しく低下している。その結果、プノンベン市は恒常的に深刻な洪水・浸水被害を受けているほか、生活排水が低地部に滞留し衛生状態の悪化を招くなど、市民の生活環境および経済活動に深刻な影響がでている。

このような状況を背景とし、「カ」国政府は ADB、仏等の協力によりプノンベン市の都市排水にかかる種々の対策を講じてきた。しかし、予想される今後の都市の拡大に対し、既存の市街地部のみでなく近傍の地区をも含めた広域的かつ総合的な都市排水・洪水対策マスター・プラン策定の必要性が認識されるに至り、「カ」国政府はわが国に対し技術協力を要請した。これに対し、日本国政府は国際協力事業団を通じ平成9年3月に事前調査団を派遣し、本件調査に関する S/W の署名・交換を行った。

1.2 調査の目的

調査の目的は下記のとおりである。

- a. プノンベン市およびその近郊を対象とする総合的都市排水・洪水対策に係るマスター・プランを策定する。
- b. 同計画の中で選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施する。
- c. 本件調査を通じて、「カ」側カウンターパートに対して技術移転を行う。

1.3 調査対象地域

本件調査の対象地域は、プノンベン市街地（約28km²）を中心に、プノンベン市の外郭部に位置する洪水防御機能を有する輪中堤兼幹線道路およびプノンベン市に洪水被害をもたらす河川域に囲まれた地域（195.71km²）とする。

1.4 調査実施体制

調査は JICA が組織した9名の専門家からなる調査団により実施された。また、JICA に対し技術的アドバイスをする作業監理委員会も組織された。カンボディア側のカウンターパート機関はプノンペン市で、プノンペン市は調査を支援し、調査に関する各種協議を実施するためにステアリング・コミッティーを組織した。

1.5 調査工程

調査は2段階に分けて実施した。フェーズ I は平成10年2月から11月までの間で、プノンペン市の都市排水・洪水対策に係る西暦2010年を目標年次とするマスター・プラン調査を実施した。フェーズ II は平成10年11月から平成11年7月までの間で、優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査を実施した。報告書は下記の工程にあるとおり提出された。

全体調査行程

項目	平成10年												平成11年							
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
現地調査			第1次						第2次		第3次					第4次				
国内作業	事前準備					第1次		第2次	第3次				第4次		第5次			第6次		
調査フェーズ	フェーズ I												フェーズ II							
報告書	▲IC/R				▲PR/R(1)						▲IT/R		▲PR/R(2)		▲PR/R(3)		▲DF/R		▲F/R	

凡例: IC/R: インベリゲーション・レポート PR/R: プロジェクト・レポート IT/R: インテグレーション・レポート
 DF/R: デザイン・フィージビリティ・レポート F/R: フィージビリティ・レポート

12. 調査地域の現況および基礎解析結果

2.1 関連調査・事業

本件調査には各種調査・事業が関連している。なかでも、“Phnom Penh Water Supply and Drainage Project, Part B: Drainage” (ADB Trabek Project)は、現在、実施設計・施工を ADB のローンを用い実施中である。このプロジェクトは、NORAD (Norwegian Agency for Development Cooperation) の協調事業 (無償) による“Institutional Capacity Building Component and the Neighborhood Improvement Program”を含む。

ADB Trabek Project は、(i) Trabek および Toul Sen 水路の拡幅・改修および関連2次排水路整備、(ii) Trabek ポンプ場の新設 (最大排水量 8m³/s) を含む。Institutional Capacity Building Component はプノンペン市公共事業運輸局 (DPWT: Department of Public Works and Transport) 職員の資質・技術力を改善し、DPWT 全体の実施能力

を高めることを目的としている。Neighborhood Improvement Program は地域レベルの廃棄物収集サービスを確立し、地域における下水・衛生システムの改善、維持に住民が積極的に参加できるような地域組織の確立を目的とする。

2.2 社会経済状況

カンボディア国の人口は約1千万人で、ラオスの倍、 베트남、タイのそれぞれ14%、17%である。国民一人当たり GNP は US\$270 (世銀、1997年) である (ラオス、ベトナムはそれぞれ 350、240)。1989年の経済改革以降1996年までは GDP 伸び率が年率7%前後とほぼ順調な経済成長を続けてきたが、1997年は政治衝突の影響でこれが2%まで落ち込んだ。1998年予想も近隣アジア諸国の経済危機の影響を受け低迷すると見られている。

プノンペン市の社会経済指標は下表のとおりである。

プノンペン市の社会経済特性

項目	数値
面積	290.06 km ²
人口 (1998年3月時点)	872,000 (登録) 1,000,000 (登録および未登録)
男女構成比率	
- 男	47 %
- 女	53 %
人口密度	2,985 人/km ²
人口増加率 (1986-1996)	3.2 %/年
一世帯あたりの構成員数	5.7 人/世帯
20歳以下の人口比率	54 %
移住人口比率	43 % (総人口比)
失業率	6.5 %
労働人口比率	
- 農業	13 %
- 工業	14 %
- サービス	74 %
平均世帯消費	781 千 Riel (1993-1994)

注：表中に記述のあるもの以外の数字は1996年センサスによる。
構成比率の合計は四捨五入の関係で100%にならない場合がある。

調査対象地域はプノンペン市290.06km²のうちの195.71km²である。調査地域内の人口は、1998年時点で、817,000人 (未登録人口を含む総数) と推定され、これはプノンペン市の人口の81.7%に相当する。

既存の経済成長目標および予測は、1996年までの高成長を背景に、下記のとおり比較的高く設定されている。本調査でも社会経済フレームワークの策定に際しては、下記を参考にした。

- SEDP (Socio-Economic Development Plan) : 1996年から2000年まで年率7.5 %
- PIP (Public Investment Plan) 1998-2000 : 1998年から2000年まで年率7.0 %
- 世銀報告書 : 1999年から2001年まで年率7.1 %
 2002年から2006年まで年率7.6 %

2.3 土地利用および都市計画

調査団は市の都市局 (BAU: Bureau des Affaires Urbaines) の支援のもと、現況土地利用図を策定した。プノンペン市の開発に係るマスター・プランで公的に承認されたものはない。関係機関がそれぞれ計画・構想を持ってはいるが、相互に調整されたものではない。調査団は、排水・洪水対策の前提条件となる、目標年次2010年における土地利用図を、これら既存の計画等を参考に図 I2-1のとおり作成した。

現況土地利用 (1998年) および将来土地利用 (2010年)

分類	面積(1998年) (ha)	増加率 (%)	面積(2010年) (ha)	構成比率 (%)
A 高密度市街地	603	10	663	3.4
B 高密度住宅地	1,124	20	1,349	6.9
C 低密度住宅地	3,012	85	5,572	28.5
D-1 高密度工・商用地	287	50	431	2.2
D-2 低密度工・商用地	793	100	1,586	8.1
E 農地	11,919	-32	8,130	41.5
F 養魚池	70	10	77	0.4
G 緑地	209	0	209	1.1
H 湖沼	1,554	0	1,554	7.9
合計	19,571	-	19,571	100.0

2.4 気象・水文

調査地域は東経105°45'から105°55'、北緯12°27'から12°40'の間のメコン川水系の氾濫平野に位置し、標高は海拔4から14mと低い。プノンペン市街地を含む調査地域東側の地区はメコン川、サップ川、バサック川の合流・分派地点の右岸に位置する。調査地域の北側では Prek Phnov 川が、南側では Prek Thnot 川が、共にほぼ西から東へ流下する。これら河川の諸元は下記のとおりである。

関係河川の諸元

河川名	流域面積 (km ²)	流路延長 (km)	平均流量 (プノンペン地点, m ³ /s)
Tonle Mekong	660,000 *	4,500 *	11,830
Tonle Sap	84,400 *	400 *	1,570
Tonle Bassac		300 **	
Prek Phnov	640	49	
Prek Thnot	5,200	108	

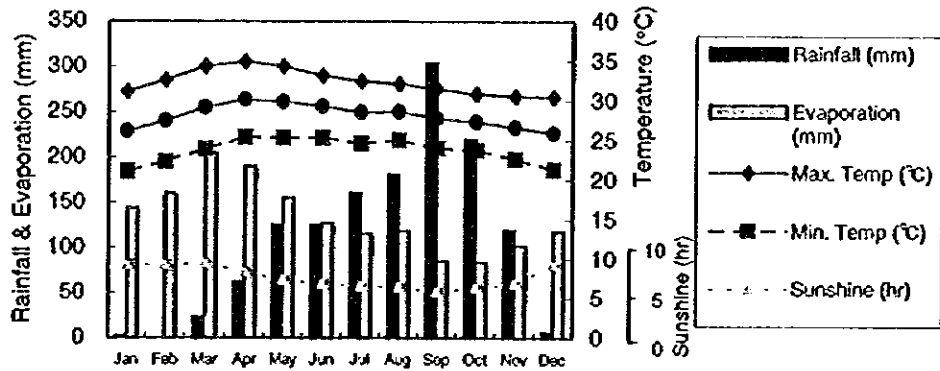
凡例: * : プノンペン市地点 ** : プノンペン市から下流海まで

地形・水理条件・土地利用から、調査地域は大きく下記の5流域に分けられる。

- 市街地域 : 内側輪中堤の内側 25.29 km²
- 北東地区 : Boeng Pongpeay 湖周辺 40.23 km²
- 北西地区 : 北西部農地 50.79 km²
- 中部地区 : Pochentong 空港周辺 38.80 km²
- 南部地区 : 南部農業地区 40.60 km²

調査地域の気象・水文は、水資源気象省（前身は農林水産省の灌漑・気象・水文総局）、が観測している。調査地域は熱帯モンスーン性気候に属する。一般気象データは下記のとおりである。

Pochentong 観測所一般気象



年平均降雨量は1,327mmで、その93%が5月から11月の雨期にあり、8月から10月の3ヶ月間には年雨量の57%が集中する（1981-1997年資料）。降雨は、熱帯性シャワーと台風等による長雨に大きく分けられる。プノンベン市内の湛水は熱帯性シャワーによるものがほとんどである。

メコン川の水位は Chaktomuk 観測所で1975年1月から1980年6月までの間を除く1960年以降につき記録されている。1960年以降の Chaktomuk 観測所におけるメコン川の水位変動を図 I2-2に示す。同観測所における1996年の最高水位は EL 9.92m、既往最高水位は1961年の EL 9.96mである。

1961年、1996年の最高水位時ともに、関係政府機関の水防活動により、外周輪中堤からの溢水は免れた。図 I2-3に内水湛水域図を示す。

自記雨量計の記録は、Pochentong 観測所における15分から24時間までの継続時間のものが入手可能である。このデータから、確率時間および日降雨量は下表のとおり計算された。

確率雨量 (Pochentong 気象観測所地点)

生起確率規模 (年)	時間雨量 (mm/hr)	日雨量 (mm/day)
2	44.8	87.8
5	63.2	112.3
10	75.4	128.4

降雨強度式は検討の結果 Horner 式とし、下記の定数とした。

$$I=2,566.07 \times (T+25.48)^{-0.93} \text{ (下水道対応、2年確率)}$$

$$I=5,009.12 \times (T+31.38)^{-0.93} \text{ (基幹施設対応、5年確率)}$$

ここに、I: 降雨強度 (mm/hr)、T: 継続時間 (分)

計画降雨は実績降雨波形を参考に、中央集中型のモデル・ハイトグラフとした。

メコン川の各確率規模に対応する水位は下表のとおり計算された。

Chaktomuk 観測所確率水位

生起確率規模 (年)	水位 (EL.m, NGK)
2	8.9
5	9.4
10	9.7
20	9.9
30	10.0
50	10.1

マスター・プラン調査における流出・氾濫解析モデルには2次元不定流モデルを用いた。このモデルの中で、氾濫を左右する主要水路、道路、堤防、盛土、その他施設的位置をもとに、周辺地区はそれぞれ20から460ha の117ブロックに、市街地部分は6から156ha の77ブロックに分割した。このモデルにより、各ブロックの境界における流量、流向、ポンプ場地点でのハイドログラフを求めた。図 12-4に周辺地区の流向・最大流量を、図 12-5に市街地部のそれを示す。5年確率降雨時の Tompun、Trabek、Pochentong 各ポンプ場地点でのハイドログラフは図 12-6に示す。

2.5 地形および地質

調査地域の地形は全体的には、西から東へ、また、北から南へ傾斜している。調査地域内の最高、最低標高の差は約10mである。Prey Key 村と Pochentong 空港の間に、標高約14mの比較的高い土地があり、地区内には、これより高い土地はない。Boeng Pongpeay 地区は標高5~6m、Tompun 地区は最低4mと低い。調査対象地域のその他の地区はおおむね標高7~10mの間にある。

既存1/2,000地形図が作成されていない部分について、調査団は1/2,000地形測量を実施した。その結果、調査地域約196km²は、仏の援助により作成された1/2,000地形図、または調査団の作成した1/2,000地形図でカバーされたことになる。また、等高線測量を実施し、50cm 等高線図を調査地域のすべての1/2,000図面に対して作成した。

調査地域の属するメコン・デルタの地質構造は先カンブリア紀から完新世にかけて形成された。鮮新-更新世境界に、古沖積層がメコン川およびその支川により広大な三角州状に堆積され、引き続き、完新世の沖積層が堆積した。完新世の沖積層はところによりレンズ状に砂層を挟む未固結シルト、粘土からなる。調査地域の完新世沖積層は層厚約25mである。古沖積層との相違は、完新世沖積層は全般に細粒で、ラテライト分はほとんどなく、貝殻、亜炭層を多く含むことにある。

2.6 既存洪水防御・排水施設および対策

堤防の現況は以下のとおりである。Kop Srov 輪中堤は国道4号線と5号線をつなぐ形で調査対象地区北部の境界になっている。堤頂幅は10mから12m、堤頂標高は14.4mから10.2mである。維持管理状況は非常に悪く、雨水・浸透水による侵食が随所に見られる。Tompun 輪中堤は堤頂幅15mから20m、堤頂標高は9.5mから9.7mである。路面状態は非常に悪いが、侵食はKop Srov 輪中堤ほど顕著ではない。サップ・バサック川沿いの国道は、アスファルト舗装で状態は比較的良い。サップ、バサック川沿いの護岸は一部状態の悪い箇所がある。

調査対象地域内には合計9ヶ所の排水機場がある。このなかで、Tompun 排水機場は最大の排水容量 (6.1m³/s) を持ち、Tum Nup Toek、Salang、Toek Laak 排水機場からの市街地の雨水・汚水および内側輪中堤西側地区の雨水・汚水を外周輪中堤の外へ排水する。これら合計17.47km²の排水は Meanchey 水路により集められた後、Tompun 湖に貯留され、その後ポンプで排水される。2番目の規模を持つものは Trabek 排水機場で、5.2m³/s の容量で、10.63km²の流域の雨水・汚水を地区外へ排水する。これらの2ヶ所の排水機場が地区内の雨水・汚水を外周輪中堤の外に排水するもので、それ以外の7ヶ所の排水機場は中間地点、あるいは局所的な排水に使用され、規模も小さい。

市街地部の主な排水路は、Trabek、Toul Sen および Salang 排水路である。これらの排水路は各所で塵芥、土砂により閉塞しており、流下能力は著しく低下している。これら水路は、公共事業運輸局により定期的に掃除されているが大きな改善は見られない。閉塞率は本来の容量に対して70%から80%との報告がある。市街地の外では、内側輪中堤の南縁に沿って流下する Meanchey 水路が排水上重要な役割を果たしている。

排水管網は市街地の開発に伴い1960年代から整備されてきた。主に径300mm から

1,500mmの円形コンクリート管で、勾配は1/500から1/2,000である。管は地表下0.5から3mの土被りで、広幅の道路では両側に、比較的狭い道路では片側に埋設されている。現況の排水管網図を図12-7に示す。多くの部分が土砂あるいは近傍住民の廃棄物により閉塞しており、閉塞率は本来の容量の50%から90%との報告がある。サップ川、バサック川の川沿いには17箇所排水口が設置されているが、完全に損傷しているもの、土砂により閉塞しているものも見られる。

堤防の維持を実施するのは公共事業運輸局の道路・橋梁部である。箇所により、特にKop Srov 輸中堤で、降雨、浸透水による損傷が激しいが、堤防に対する定期的な維持管理は実施されていない。同局の排水・下水部が下水管網、排水路、ポンプ場の運転、維持管理を担当している。運転、維持管理マニュアルはない。雨期には定期的な開水路の浚渫、燃料費の予算が手当てされた場合に管路網の清掃を実施している。運転、維持管理状況は、毎週、毎月、局およびプノンペン市に報告される。

プノンペン市における洪水対策の非構造物対策については、洪水予警報、水防活動が実施されている。メコン川の水位が警戒水位に達した場合、洪水対策委員会、副委員会が設置・組織され、これらが必要な対策を講じているが、予算が不十分である点が問題となっている。

2.7 組織・制度の現状

調査地域の都市排水・洪水対策事業はプノンペン市の所掌事項である。プノンペン市はADB Trabek Projectの実施機関(Executing Agency)で、このプロジェクトを通じ事業実施に関する経験を積みつつある。プノンペン市の組織のなかで、都市排水・洪水対策を直接担当するのは公共事業運輸局(DPWT)である。DPWTは1,308(正規626、臨時682、1998年)の職員を擁する。DPWTはプノンペン市の担当副市長の監督下にあるが、同時に、公共事業運輸省(MPWT)の監督下にもある。

DPWTの排水・下水部が排水改善を担当している。職員は257人(常時雇用118人、臨時雇用137人)である。

プノンペン市の都市計画は、CNATUC-CATUC-BAU(Bureau des Affaires Urbaines)の所掌である(CNATUC: National Committee for Country Planning, Urbanization and Construction、CATUC: Committee for Planning, Urbanization and Construction)。プノンペン市のCATUCは現実にはまだ組織されていないが、BAUが実施組織として機能し、土地利用マスター・プランを策定する責任がある。土地利用マスター・プランは、CATUCの承認を得た後、CNATUCの承認を得る手続きとなっているが、具体的な動きはまだない。

水法、河川法はない。上水道に関しては、最近法律が整備された。排水を規制する法律も未整備である。プノンペン市では、下水道施設使用料として、上水料金の10%

が上水料金に上乘せする形で徴収されている。徴収された下水道料金は水道公社からプノンペン市の会計に移されている。都市計画・建設に関する法律は CNATUC Law (1994年5月24日制定) がある。

2.8 環境

洪水氾濫原に立地していることが調査対象地区の自然環境を特徴づけている。地区内湖沼・排水路の水質は下水・ごみの流入で有機汚濁の度合いが強い。河川も程度は弱い有機汚濁が進んでいる。調査地域は都市域、近郊地域、米作を中心とした農地を主体とした土地利用であり、水生生物については豊富な種類の魚類が報告されている。陸生生物に貴重種の存在は報告されていない。

土地所有に関しては、1992年の土地法がその根幹で、政府関係機関の役割を定めた土地登記の手続きが規定されている。地積図作成も進められている。プノンペン市の土地局が市中心部の登記手続を進めているが、手続きが煩雑なため、正式な登記処理は滞っている。

本調査では、計画の実施に影響のある住民を対象に移転調査を実施した。移転対象となる住民は不法居住者が比較的多い。一世帯の平均構成員は4.25人、平均世帯収入は US\$ 1,309、平均通勤距離は3.3kmである。所有土地面積は平均365m²で、聞き取り調査対象の約61%はなんらかの形の土地所有権を持つ。移転については約56%が応じるとの回答で、19.4%は応じたくない、24.7%がわからないであった。

13. マスター・プラン調査

3.1 計画前提条件

計画目標年次は SAV に基づき、西暦2010年とする。2010年は今から約12年後であることから、実施に要する資金規模、土地収用等の面で現実的な計画を策定することが重要である。

計画規模については近隣諸国における類似都市 (バンコク、ハノイ、ビエンチャン、ジャカルタ、マニラ、ダッカ) の例を参考に、下表に示すとおりに決定した。

計画規模

種別	計画規模
洪水防御施設：堤防、護岸等	1960年以降の既往最高水位 (30年確率相当)。メコン川 Chaktomuk 地点で EL 10.0m。
基幹排水施設：ポンプ場、樋門・樋管、調整地、幹線排水路 (集水面積約1km ² 以上)	5年確率
末端排水施設：排水管渠 (集水面積約1km ² 以下)	2年確率

3.2 計画・設計条件

マスター・プラン策定にかかる基本的な考慮事項は下記のとおりとした。

- a. 初期投資および維持管理費用を極力抑えるため、非構造物対策の適用を考慮する。
- b. プロジェクト実施に伴う土地収用・家屋移転は社会的摩擦要因となることからできるだけこれが生じないように配慮する。
- c. プノンペン市における現況の環境状況に鑑み、代替案は、洪水防御および排水改善のみならず環境改善についても考慮する。
- d. 市街地のほとんどの部分は雨水・下水合流式の管渠が整備されている。今回のマスター・プラン検討は調査地域の排水改善を含むが、下水の問題についてはS/Wから除外されている。

3.3 洪水防御の代替案検討

調査地域における洪水防御に係る検討で重要な項目は下記の2点である。

- 洪水防御ラインの設定：メコン川水系からの洪水をどのラインで防御するか
- 洪水防御の方法

サップ川沿い上流区間およびバサック川沿い区間の洪水防御ライン

これら区間は設計高水位に対して堤防の高さが不足している。ここでは2種類の代替案を検討した。代替案-1は河岸の肩部分に堤防を建設する案、代替案-2は幹線道路沿いで水防活動を実施する案である(図I3-1)。代替案-1に必要な費用は、一世帯あたりの堤防建設費用でサップ川沿い上流区間がUS\$11,100/世帯、バサック川沿い区間がUS\$4,000/世帯であり、Tompun 地区排水工事のUS\$900/世帯と比較してかなり高い。従ってこれら地区の洪水防御は、経済性・投資の妥当性を考慮しサップ川沿い上流区間については国道5号線、バサック川沿い区間についてはSamdach Sothearos/Norodom 通り沿いの水防活動で対応することとする。

サップ川沿い下流区間の護岸

サップ川沿いの下流区間の護岸は計画高水位より高く全般に安定しているが、Street 108から Street 184の約1km 区間の護岸が損傷している箇所が多い。この既存護岸を、堤防の補強、河岸環境の改善を目的に改修する。のり面保護には代替案-

1として空石張り工、代替案-2としてコンクリート張り工を比較したが、下記を考慮し、空石張り工を採用する。

- 代替案-1の方が建設費が安い
- 代替案-1が環境面で望ましい
- 代替案-1が施工・維持両面で容易である

Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強

現況の Kop Srov 輪中堤は、計画高水位に波浪高を考慮した計画堤防高に対して最大で1.1m 高さが不足し、また構造的にも、堤体および基礎部分の降雨・浸透水による侵食が顕著で、補強が必要である。堤体の補強については、代替案-1として複々断面、代替案-2として単断面を検討した。工費については比較の結果、代替案-1の複々断面が代替案-2の単断面より10%低い。施工も代替案-1の方が容易であることから、代替案-1の複々断面を採用した。

Tompun 輪中堤については、堤防高は計画高水位に対して足りているが、構造的には Kop Srov 輪中堤と同様の問題を持つ。Tompun 輪中堤については、堤内側小段を建設するとこととした。

南部地区の取り扱い

南部地区を洪水防御の対象とするか、否かの検討については、代替案-1として洪水防御ラインを Prey Sar 道路とする案（南部地区全体を洪水防御の対象とする）、代替案-2として洪水防御ラインを Tompun Extension 道路（現状では BOT 道路）とする案（南部地区を基本的には守らない案）を検討した（図 I3-1参照）。代替案-1の場合、Prey Sar 道路の嵩上げ、Prey Sar 橋地点の排水ポンプ場および調整地の建設、現況水路部分の樋門3ヶ所の新設が必要である。事業の経済性を受益家屋1世帯あたりの建設費で評価した。事業費は1世帯あたり US\$4,900と、Tompun 地区の US\$900/世帯と比較してかなり割高で、この事業の実施は現実的でない。従って、代替案-2を採用する。

3.4 排水改善の代替案検討

調査地域における排水改善検討で重要な項目は下記の2点である。

- 各排水区における排水の方向
- 各排水区における排水方式

各排水区ごとの排水方向は図 I3-2に示すとおりである。ほとんどの排水方向は、地形、土地利用、現況排水施設により決定されるが、Pochentong East 地区については次の3案を検討し、用地買収が少ない等の点から代替案-1を採用した。

- 代替案- 1 : BOT 道路を横切って南に排水
- 代替案- 2 : Meanchey 水路を経て Tompun 流域に排水
- 代替案- 3 : 北方向に Pongpeay 湖へ排水

Tompun 流域

流域 (17.47km²) 最下流点の Tompun 輪中堤の内側に排水ポンプ場が既設である。容量は6.1m³/s で計画値をかなり下まわる。ポンプ技術の面からみると大量の漏水、ポンプ効率、モーター・エンジン施設の老朽化から容量はほとんどないに等しいと評価された。これら電機機械設備の修理のみならず、老朽化、損傷が激しい土木・建築施設を補強することは、技術的に困難で、経済的にも妥当でないと判断される。従って、新 Tompun ポンプ場を建設し、流域内の確実な排水改善をはかるものとする。新設の位置としては、既存施設の西側が用地取得の面から有利と見られる。既存ポンプ場は、緊急用としてそのままの状態を保持するものとする。

ポンプ場は排水の基幹施設であるが、ピーク流量全量をポンプ排水するのは経済的でなく、調整池を設置してピーク排水量を低減させることが得策である。当ポンプ場の場合、広大な面積を有する Boeng Tompun 遊水地がポンプ場直上流に位置することから (図 I3-2) これを浚渫して容量を確保し、調整池として利用することとする。

Tompun 流域に5年確率計画降雨があった場合のハイドログラフをもとに、ポンプ施設の容量と、調整地の容量の最適な組み合わせを検討した。下表のとおり、代替案- 2 が最も経済的であることから、ポンプ容量15m³/s、調整池容量560,000m³の組み合わせとした。

Tompun ポンプ場容量および調整池容量の
各種組み合わせによる諸元および建設費の比較

代替案	ポンプ容量 (m ³ /sec)	調整池容量 (47.5 ha) *			総建設費 (US\$ million)
		必要容量 (m ³)	利用水深 (m)	最低水位 (EL. m)	
1	9	750,000	1.6	2.9	12.6
2	15	560,000	1.2	3.3	12.3
3	21	450,000	1.0	3.5	13.0
4	27	370,000	0.8	3.7	14.3
5	33	290,000	0.7	3.8	14.5

* 設計サーチャージ水位は EL. 4.5 m とした。

Meanchey 排水幹線は内側輪中堤の外周に沿った開水路で Tompun 流域の全排水を集め、Tompun ポンプ場に導く (図 I3-2参照)。水路改修の主要諸元は下記のとおりである。

Meanchey 幹線排水路の諸元

項目	下流部	上流部
改修延長 (km)	約 2.8	約 2.1
設計流量 (m ³ /sec)	75	15 & 11
縦断勾配	市街地部の排水を容易にするため、できるだけ掘り込むことが望ましい (1/2,500)	排水路近傍の家屋に与える影響を最小限にするため現況の勾配を保つ (1/2,000 & 1/1,000)
横断形状	土水路	側面護岸、底面土水路

Tompun 排水区の市街地部6.31km²には排水開渠がない。これは他の類似都市と比較してもあまり見られないケースで、例えばハノイ市の場合は1km/km²の密度で開水路が存在する。この、開水路の不足が、50mm を超える程度の降雨で深刻な湛水が生じるという現状の原因となっている。しかしながら、この地区は既に高密度に開発されており、新規の開水路の設置は難しい。したがって、排水幹線暗渠を設置する必要がある。市街地部の基幹排水施設は下記のとおりである。

- a. Samdach Monireth 排水幹線はボックス・カルバート式で設計流量は下流部 44m³/s、上流部20m³/s、Jawaharlal Nehru 排水幹線も同形式で設計流量は8m³/s とし、共にそれぞれの名称にある通り下に埋設する。Samdach Monireth 排水幹線は最下流で Meanchey 排水幹線に自然流下で排水する。
- b. Salang 排水幹線は現況の Salang 南池を利用し、Salang 北池は現況のまま保全する。
- c. Tum Nup Toek 流域については内側輪中堤地点に樋管 (容量10m³/s) を設け、Meanchey 幹線排水路へ排水する。

現況の合流式排水路網を構成する管路はほとんど容量不足のため、管路網を新設する形で改修する。排水路網改修範囲は631ha である。

Trabek 流域

Trabek 流域 (10.83km²) については、Tompun 流域と同様の考え方で、既存のポンプ場の西側にポンプ場を新設し、Boeng Trabek 調整池は掘削する計画とした (図 I3-2)。新設ポンプ場の容量は ADB プロジェクトの計画によると8m³/s で、既存ポンプ場の公称容量 (4.2m³/s) は計画に考慮していない。Trabek 調整池 (28.7ha) の必要調節容量は350,000m³である。

Tompun 流域と同様の考え方で、下記の3本の排水幹線を計画した。

- a. Trabek 排水幹線は既存 Trabek 水路沿いの矩形カルバートとする。

- b. Toul Sen 排水幹線は、既存 Toul Sen 水路沿いで、上流部は開渠、下流部は矩形カルバートとする。
- c. Norodom 排水幹線は No.360道路、Norodom 通り沿いの矩形カルバートとする。

現況の合流式排水路網は、Tompun 流域と同様の考え方で改修する（対象面積 1,083ha）。

市街地北部地区

市街地北部流域（6.57km²）の Tuol Kork 地区（3.32km²）は集水面積が大きく、排水幹線を設置する必要がある。Tompun 流域と同様の考え方で、No.289およびNo.315 通り下にそれぞれ1本、計2本の排水カルバートを計画し、北東地区に自然排水する計画とする。図 I3-2を参照。

Kak 湖の排水地点にゲート付き排水樋管を設け、排水を確実にするとともに湖の水位調節を可能にする。同様の樋管を、Tuol Kork 流域に3ヶ所、University 流域に2ヶ所設ける。

Tompun 流域と同様の考え方で、現況の排水路網（472ha）を改修する。

Pochentong East 流域

Pochentong East 流域（15.35km²）については、現況の BOT 道路横断管渠地点付近にポンプ場を新設する（図 I3-2）。ポンプ場東側には既存 North Lake、South Lake があるが、South Lake は埋め立てが進んでいるため、North Lake（6.0ha）を調整池として利用する。North Lake の調整池容量は最大60,000m³で、この調整池により、ピーク流量10m³/s を5m³/s まで低減させる。

地区の大部分は、排水路付きの開発が進んでおり、排水幹線はこれら既存の排水路に護岸を施すものとする。

North Lake の Tompun 流域への出口に樋管が既存で、流量および水位調節をしている。このゲートは Tompun 流域への Pochentong East 流域からの洪水流入を防ぐために重要であり、マスター・プランで改修することとする。

北東・北西地区

北東・北西地区（109.09km²）の雨水・汚水は、国道5号線下の Syay Pak 排水樋管をとおしてサップ川の水位が低い時に自然排水されている。サップ川の水位が相対的に高い場合は、湿地帯に滞留する（図 I3-2参照）。従ってこの排水樋管は、調査地域の洪水防御の面でサップ川からの逆流を防ぐ重要な構造物である。この排水樋

管が損傷を受けた場合、調査地域の北半分は水没することになる。既存施設は老朽化が激しく部分的に損傷を受けていることから、これを改修する計画とする。

Poungpeay 排水幹線は、現在 Pochentong East 地区湛水の原因の一部となっている Pochentong West 地区の雨水を Poungpeay 湖に排水するために計画した。Poungpeay 東地区は鉄道、道路等の盛土により分割されている。一部にはパイプ・カルバートが設置されているが容量不足である。これが雨期の湛水ばかりでなく乾期の水質悪化の原因にもなっている。マスター・プランでは合計12ヶ所のカルバートを改修もしくは新設する計画とした。

3.5 環境改善計画検討

マスター・プランでは、洪水防御、排水改善に関連する範囲での環境改善計画を検討した。リバー・フロント保全、湖沼の保全、緑地帯水路を提案する。

3.6 マスター・プランの策定

洪水対策、排水改善および環境改善の代替案検討に基づき、**構造物対策**のレイアウト設計を実施した。マスター・プランの全体計画は図 I3-3に示すとおりである。

- コンポーネント 1：サップ川沿い部分護岸 (図 I3-6)
- コンポーネント 2：Kop Srov および Tompun 輪中堤補強 (図 I3-4)
- コンポーネント 3：Tompun 流域排水改善 (図 I3-5)
- コンポーネント 4：Trabek 流域排水改善 (図 I3-6)
- コンポーネント 5：市街地北部排水改善 (図 I3-7)
- コンポーネント 6：Pochentong East 流域排水改善 (図 I3-8)
- コンポーネント 7：北東・北西流域排水改善 (図 I3-9)
- コンポーネント 8：環境改善 (図 I3-5、I3-7)

マスター・プランでは上記のとおり各種施設の建設を提案している。しかしながら、総合的な洪水防御、排水改善を実現するには、単に構造物をつくるだけでなく、**非構造物対策**を効果的に組み合わせることが必要である。非構造物対策には種々考えられるが、本地区では土地利用規制、水防活動が効果的と判断した。

- a. **土地利用規制 (ゾーニング規制、開発・建築規制)**：プノンペン市は公式な市の開発計画をまだ策定していない。これが、現在の、市内いたるところでの統制のとれていない開発の元凶となっている。結果として市の環境を破壊しているばかりでなく、洪水防御・排水施設の機能を損なう結果となっている。したがって、市の開発計画の策定が強く望まれる。開発計画の策定にあたって、洪水防御・排水改善の立場からは下記が考慮されるべきである。

- 北東部水域の保全

• 北西部、南部地域における農地の保全

- b. 水防活動：プノンペン市はメコン川水系の水位が制限水位を越えると、関係省庁と連携の上で洪水防御コミッティーを組織し、水防活動を実施している。マスター・プランではこの水防活動が依然として重要であると認識し、これを継続していくことを提案する（図 I3-10）。

マスター・プラン実施にかかるプロジェクト費用は下記のとおり、総額 US\$261.6 百万と見積もられた。

マスター・プランの8コンポーネントの実施費用

コンポーネント	費用(US\$百万)
1. サップ川沿い部分護岸	2.3
2. Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強	17.8
3. Tompun 流域排水改善	88.6
4. Trabek 流域排水改善	94.5
5. 市街地北部排水改善	32.0
6. Pochentong East 流域排水改善	11.9
7. 北東・北西流域排水改善	12.1
8. 環境改善	1.9
Total	261.6

プロジェクト実施計画は表 I3-1に示すとおりである。実施計画の策定に際しては次の事項を考慮した。

- a. 経済性の高いコンポーネントプロジェクトを優先的に実施する。各コンポーネントの経済的内部収益率 (EIRR) は下表のとおりである。

コンポーネント	EIRR (%)	順位
1. サップ川沿い部分護岸	-0.5	6
2. Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強	24.8	1
3. Tompun 流域排水改善	11.0	2
4. Trabek 流域排水改善 *	9.1	3
5. 市街地北部排水改善	5.3	4
6. Pochentong East 流域排水改善	4.3	5
7. 北東・北西流域排水改善	-2.1	7
8. 環境改善	便益数値化不能	8
総合	12.9	

備考：* Trabek ポンプ場、Trabek および Toul Sen 排水幹線の建設は ADB ローンにより1999年に開始予定

- b. 各年の投資額は無償資金協力による実施を想定し US\$10百万～US\$15百万程度に抑える。
- c. コンポーネント3、4および5についてはポンプ場、調整地、排水幹線といった費用に対し効果の高い基幹施設の建設を先行させ、費用に対し効果が低い排水管網の整備はその後に実施すべきである。したがって、基幹施設の建設を2010年までに完了させ、排水管網は2020年までに完了させることとする。

3.7 制度的計画

本マスター・プランで提案しているプロジェクトの実施機関はプノンペン市である。市の組織の中で、公共事業運輸局 (Department of Public Works and Transport: DPWT) が技術面の担当窓口となる。DPWTの中で、排水改善については排水下水道部 (Drainage and Sewage Division) が担当する。しかし、輪中堤の建設、維持管理等を含む、洪水防御に関する業務について担当する部存在しないことから、洪水防御部 (Flood Protection Division) の新設を提案する (図 I3-11参照)。

DPWT 職員の教育については、NORAD の援助で現在実施中の教育プログラムが基礎的な部分をよくカバーしている。河川関係技術に関する教育が今後必要と考えられる。

各種の法律・条例等を早急に整備する必要がある。洪水防御、排水改善に関連するものとしては、下水道料金の徴収・使用に関する条例、プノンペン市の公式な土地利用計画の策定が緊急の課題と考えられる。

14. プロジェクト評価

4.1 経済評価

目標年次2010年における社会経済指標、土地利用を想定し、これに基づき、建物・資産関係および農業関係の直接被害額を推定した。間接被害 (交通の遮断・商業の停滞等) については直接被害の30%と想定した。経済便益は、計画を実施した場合と実施しなかった場合の被害額の差として算出した。

策定されたマスター・プランについて経済評価を行った。資本の機会費用は、カンボディア国での例を参考に10%と想定した。評価期間は50年とした。

- 経済的内部収益率 (EIRR) : 12.9%
- 便益費用比 (B/C) : 1.25
- 純現在価値 : US\$32.1百万

以上のとおり、マスター・プランは経済的に妥当であると判断された。

4.2 財務評価

事業実施機関はプノンベン市公共事業運輸局で、局の中では既存の排水下水部および新設予定の洪水防御部が担当する。したがって、既存排水下水部の想定予算と、算定されたプロジェクト費用および維持管理費用を基に財務評価をおこなった。

(単位：百万ドル)

項目		2010年	2020年
歳入	予算(排水下水部)	0.39	0.76
	下水道料金(水道料金の10%)	1.51	2.06
	合計	1.90	2.82
必要資金	プロジェクト費用の減価償却費用	3.08	5.22
	維持管理費用	0.77	1.31

表にあるとおり、プロジェクト実施費用を既存排水下水部の予算で賄うには無理があるが、本マスター・プランは無償資金協力による実施を想定し、年間の投資額をUS\$10百万～US\$15百万程度に抑えるように配慮してあることから、無償資金協力による実施を前提にすれば妥当な投資計画といえる。また、プロジェクト実施後の維持管理費用については下水道料金を考慮すれば「カ」側で確保可能である。

4.3 初期環境評価

プロジェクト実施による環境面の正の影響は、プロジェクト自体の目的であるところの、洪水の危険の軽減、排水改善を通じたプノンベン市の住環境の改善である。

プロジェクトの実施が自然環境に与える負の影響は工事中の濁水等軽微であり、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により最小限にとどめることが可能である。社会環境に係る負の影響としては、プロジェクトの実施に伴い生じる住民移転があるが、これは適正な移転計画を策定・実行することで解決できると見られる。

4.4 技術評価

カンボディア国は、マスター・プランに含まれる輪中堤、護岸、排水機場、開水路、下水管網については、これまで自国あるいは外国の援助を受けながら建設してきた経験を持つ。従って、マスター・プランで提案する施設のうち、(a) 排水機場および樋管の電気機械設備、(b) 排水カルバートの建設のための土留め工事、(c) 下水管網におけるPC管の製作以外は特に大きな問題はない。(a)のポンプ、ゲート、付属品については先進国から輸入し、設置、運転・維持管理はそれらの国の専門家の監督・指導のもとカンボディア国技術者により実施することでカンボディア国における技術の向上が期待できる。(b)の鋼矢板、H鋼による土留め技術、(c)のPC管の制作については近隣諸国からの先進技術の導入が可能である。

15. 優先プロジェクトの選定

策定されたマスター・プランは、構造物対策、非構造物対策ともに経済的に妥当、財務的に実施可能、環境面で妥当、技術面でも実施可能と評価された。マスター・プランの最終段階として、ここでは、引き続きフィージビリティ調査を実施する優先プロジェクトを下記のとおり選定した。

- a. Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強、Tompun 流域排水改善、および、Trabek 流域排水改善の3コンポーネントが、EIRR でそれぞれ、24.8%、11.0%、9.1% と高い経済性を示した。その他は、EIRR では6%前後と低く、優先プロジェクトからは除外される。
- b. 上記3コンポーネントのうち、Trabek 流域排水改善については新ポンプ場、排水幹線の建設が1999年半ばから ADB ローンにより開始する予定であり、このコンポーネントも優先プロジェクトから除外した。
- c. 一方、Kop Srov および Tompun 輪中堤はプノンペン市を洪水から守るという重要な役割を果たしている。これらが破壊された場合、市の大部分の土地が水没することになる。このコンポーネントの経済性の高さにも鑑み、Kop Srov および Tompun 輪中堤補強は優先プロジェクトに含めるものとする。さらに、Svay Pak 排水樋管はコンポーネント7に含まれるが、堤防と同様の機能を持つことから、この建設も優先プロジェクトに含めることとする。
- d. 市街地の東部は ADB ローンを用いた Trabek 計画により排水改善が実施されるが、西部は依然として湛水被害を受けることになる。これを解決するため、Tompun 流域排水改善計画を優先プロジェクトに含め、この地区の湛水被害を軽減することとする。しかしながら、事業費を考慮し、排水管網の整備は優先プロジェクトには含めないこととする。

以上より、選定されたフィージビリティ調査の対象となる優先プロジェクトは下記のとおりである。

- Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画
(Svay Pak 排水樋管の改修を含む)
コンポーネント2 およびコンポーネント7の一部
- Project B : Tompun 流域排水改善計画
(排水管網の整備は除く)
コンポーネント3の一部

Part II

**Kop SrovおよびTompun輪中堤補強計画、
Tompun流域排水改善計画
フィージビリティ調査**

ブノンベン市都市排水・洪水対策計画調査

要約 - Part II

KOP SROVおよびTOMPUN輪中堤補強計画、 TOMPUN流域排水改善計画フイージビリティ調査

目次

III. 序文	II-1
II2. 調査地域の現況および基礎解析結果	II-1
2.1 社会経済	II-1
2.2 土地利用	II-1
2.3 水文および気象	II-2
2.4 地形および土質	II-2
II3. KOP SROV および TOMPUN 輪中堤補強計画	II-3
3.1 序	II-3
3.2 予備設計	II-3
3.3 費用および実施スケジュール	II-5
3.4 プロジェクト評価	II-7
II4. TOMPUN 流域排水改善計画	II-8
4.1 序	II-8
4.2 予備設計	II-9
4.3 費用および実施スケジュール	II-12
4.4 プロジェクト評価	II-12
II5. 緊急プロジェクト	II-13
II6. 提言	II-15

III. 序文

本要約の Part I で説明したプノンベン市都市排水・洪水対策マスター・プランでは、計画施設は8コンポーネントに分けられた。Part I マスター・プラン調査の最終部分でこれら8コンポーネントの実施の優先度を検討した結果、次の計画が優先プロジェクトとして選定された。

- Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強
- Project B : Tompun 流域排水改善

本要約の Part II は、上記2優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査の結果をまとめたものである。マスター・プラン調査で適用したすべての計画条件は本フィージビリティ調査にも適用されている。

III.2. 調査地域の現況および基礎解析結果

2.1 社会経済

フィージビリティ調査対象地域の人口は Sub-district 毎の人口を基に、1998年時点で下記のとおりと推定した。

- 北東、北西および中部地区
(Kop Srov および Tompun 輪中堤で守られる地域) : 227,000人
- Tompun 流域 (Tompun 流域排水改善事業の受益地域) : 269,000人

2.2 土地利用

Kop Srov 輪中堤沿いは、不法居住による堤体上の土地占有が継続して進行している。堤体上の道路は、それら不法居住者に主に利用されているのが現状である。この傾向が無統制のまま続いた場合、短期間のうちに堤体の破壊が進行するであろう。本輪中堤を補修した場合、交通量は増加するものと見られる。適正な管理を導入し、堤体に近接した家屋建設等、堤体の形状を変化させ、あるいは、機能に影響を与えるような活動は禁止すべきである。

Tompun 輪中堤沿いの堤体占有は、現在、ほとんど連続した状態である。同輪中堤は、現在、新市街地へのアクセス道路として重要な役割を果たしている。中期的には市街地道路としての機能が高まると見られ、国道2号線まで延長させる計画もある。

Boeng Salang 地区は市街地部で2番目に大きい流域である。この地区では、道路網、市街化はほとんど終了しており、現在は、主に高密度市街地・高密度住宅地の利用となっている。現況の市街化の傾向は、進行中の市街化の終了、さらには、不法居住者による特に遊水地 (Boeng) 周辺における高密度化である。このような状況に対し、都市計画の CNATUC 法のもと、1997年に政府により条例 (sub-decree) が制定され、都市計画および同地区の再開発がすすめられる予定になっているが、この条例に基づく具体的な動きはまだない。

Boeng Tompun 地区については、居住の開始は4～5年前と新しいが、急激に40,000人まで増加した。この成長は具体的な計画に沿ったものではなく、幹線排水路、遊水地のほかには目立った社会インフラは整備されていない。今後も、この急速で、管理されていない開発が進行するものと見られる。プノンペン市が、排水改善を契機に、当地区の市街化マスター・プランを計画することが望ましい。

2.3 水文および気象

F/S 段階における水文解析は、Tompun 流域排水改善の対象地域である Tompun 流域を含む市街地についてより詳細な検討をおこない、フィージビリティ調査段階の施設設計に必要な、より詳細な設計条件を得ることを目的に実施した。すべての調査結果はマスター・プランにも反映させ、本要約の Part I に、その結果を示した。

2.4 地形および土質

フィージビリティ調査として測量を実施した。その内容は、縦横断測量計 28.68 km、深淺測量20測線計11.74 km、1/1,000地形測量計13.4 haである。

土質調査は、ボーリング11ヶ所、テスト・ピット19ヶ所、およびそれらで採取した試料の土質試験を実施した。主な調査結果は下記のとおりである。

Kop Srov 輪中堤の支持層は西から東に向かって傾斜している。支持層面の標高は、輪中堤の西端近くで EL 4.5（地上から約4 m の深さ）であるが、Svay Pak 排水樋管が位置する Tonle Sap 川地点付近では EL -16.6 m（地上から約26.5 m の深さ）である。支持層は砂質粘土で性状の変化は少ない。この地区に計画している構造物は、1.5 m 幅、2.0 m 高、3連の Svay Pak 排水樋管、および、高さ3～4 m の Kop Srov 堤防である。Svay Pak 排水樋管は、支持層まで長さ約20 m の杭を打つことにより躯体を安全に保持することができる。Kop Srov 堤防は直接基礎で問題ない。

支持層の上層は、場所により砂層、粘土質砂層を挟んだ粘土層である。この上層粘土層は、N値10以上の比較的固い層で、塑性は中位から低位である。この上層粘土層は浅い掘削であれば斜面崩壊、地下水浸透等の問題はない。しかしながらこの粘土は貧配合で、Kop Srov 輪中堤の盛土には使用できない。

従って、堤体の盛土材は、Udon および Basset 土取り場から採取することを検討した。Udon 土取り場は、Kop Srov 輪中堤の国道5号線との交差点から、5号線沿いに約30 km の位置にあり、途中の道路状態も良好で、各種の事業に高品位のラテライトを提供している。一方、Basset 土取り場は、距離は15 km と短い、アクセス道路の状態が悪く、土質も盛土材としては粗粒分が多く不向きである。したがって、Kop Srov 輪中堤の盛土材は、Udon 土取り場で採取、運搬するのが望ましい。

市街地部については、3ヶ所でボーリングを実施した。地盤高 EL 7.1～10.2 m、地下水位 EL 4.8～5.6 m、支持層標高 EL -5.4～-3.2 m（地表から12～15 m の深さ）であった。位置による諸元の相違は少ない。支持層は砂質粘土～粘土質砂層で、

Kop Srov 地点の組成と類似している。市街地で注目すべき構造物は Samdach Monireth 通り、Jawaharlal Nehru 通り下に建設される予定のボックス・カルバートで、EL 1~3 m のレベル（深さ6~7 m）に設置される。構造物を安全に保つには支持杭が必要であるが、必要な長さは8 m程度である。

支持層の上層は粘土、砂質シルト、埋め戻し材等の粘着性の高い土層である。この層の上部3~4 m はN値0~6と比較的柔らかく、下部は10以上のN値で比較的固い。上記より、当地区で計画されている、Salang 幹線排水路、Tum Nup Toek 排水樋管等での浅い掘削、浚渫に際しては、土質上の大きな問題はない。しかしながら、Samdach Monireth 通り、Jawaharlal Nehru 通り下に建設される予定のボックス・カルバートの建設は深さ6~7 m の掘削を伴うことから、地下水位が高いこと、土質の低塑性を考慮すると鋼矢板による山留めが必要である。

Tompun 輪中堤地点のボーリング結果は、地盤高 EL 4.7~5.0 m、地下水位 EL 2.5~3.2 m、砂質粘土の支持層標高 EL -10.8~-9.5 mであった。Tompun ポンプ場の建設はこの地点に予定されており、長さ約10 mの基礎杭が必要である。

支持層の上層は、層厚約15 m、N値10~20程度の比較的柔らかい層である。Kop Srov 堤防、市街地部との相違は、当地点は、粘土、シルト質粘土、砂質粘土等の粘性土と、粘土質砂、シルト質砂等の砂層との互層になっていることである。粘性土は市街地部のそれと類似して比較的固く低塑性である。最上部約5 m は比較的粘性が高く固い。浅い掘削に際しては特に大きな問題はないが、掘削土は埋め戻しあるいは盛土材には使用せず、残土として処分するのが妥当である。

II.3. KOP SROV および TOMPUN 輪中堤補強計画

3.1 序

Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強（マスター・プランのコンポーネント 2 およびコンポーネント 7 の一部）は、プノンペン市の大部分の地区をメコン川水系の30年確率洪水から守ることを目的とする。マスター・プランで適用されたすべての前提条件、計画・設計条件は、フィージビリティ調査でもこれを保持するものとする。計画は次の4サブ・コンポーネントからなる（図 II.3-1）。

- a. サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強。延長7.65km。
- b. サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強。延長4.44km。
- c. サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の改修。1.5m 幅、2.0m 高、3 連。
- d. サブ・コンポーネント A4 : 移住地、土捨て場の建設。計25ha。

3.2 予備設計

Kop Srov 輪中堤

フィージビリティ調査におけるより詳細な現地調査を通じ、地形、標高、既存堤防の状況等につき詳細な情報が得られた。その結果、区間ごとの補強方法は下表

に示すとおりとした (図 II-3参照)。

区間	現況堤防の 堤頂標高	波浪遇上の可能性 (必要余裕高)	現況堤体の 状況	対策	
				堤体	路面
0+000 ~ 0+900 (延長 900 m)	EL. 10.5 ~ 10.7 m (計画高水位 EL 10.4 mより高い)	可能性なし (この区間は北側 に別の道路があ り、家屋が存在 し、樹木の繁茂が みられる)したが って余裕高は不要	損傷箇所は少な い。	建設しない	次の区間か ら国道5号 線までを接 続するため に舗装を施 す。
0+900 ~ 7+650 (延長 6,750 m)	EL. 10.1 ~ 10.9 m (計画高水位 EL 10.4 mより部分的に低 い)	可能性あり (Prek Phnov 川が形成す る湖沼に直接面し ている) 従って、 余裕高が必要。	パイピングによ る空隙、ガリ侵 食が各所に見ら れ、激しく損傷 している。	堤頂標高 EL 11.2mで建 設する。	舗装する
7+650 ~ 9+000 (延長 1,350 m)	EL. 10.5 ~ 11.2 m (計画高水位 EL 10.4 mより高い)	可能性なし (前面 に村落、寺院、工 場用の堤防が存在 する) 従って、余 裕高不要。	損傷はみられな い。	建設しない	舗装しない

Kop Srov 輪中堤の標準断面を図 II-3に示す。川側に堤防を作る案は、全幅高上げの場合と比較して約10%の建設費の削減になるほか、下記の長所がある。

- 川側に不透水性の土を盛ることで浸透水を止める。
- 現況の道路部分の外側に堤防盛立て用地を確保することができる。
- 家屋は堤内地側に多く建てられており、これを移転する必要がない。

堤防は堤頂幅3m、のり面勾配は川表、川裏とも1:2とする。盛土材はラテライトとすることから止水性が高く、マスター・プランで提案していた堤内地側の法尻小段は設置しないこととした。

道路部分は国道5号線と4号線の間につき標準アスファルト舗装を施す。舗装を施す理由は下記のとおりである。

- 水防活動、堤防の維持管理の円滑な実施
- 道路部分の侵食によるパイピングの防止
- 交通による堤体の損傷防止

Tompun 輪中堤

フィージビリティ調査段階での現地調査の結果、延長4.44kmの *Tompun* 輪中堤の現況、1996年洪水で生じた被害の状況が明らかとなった。その結果、下記の計画とした (図 II-4参照)。

- a. マスター・プランで提案された堤内地側小段の設置は有効でなく、また、もしこれを実施した場合、260戸以上と膨大な家屋の移転が必要となる。

- b. これに替え、堤頂からの両側のり面の侵食を防ぐため、および、維持管理を容易にするため、堤頂部を舗装する。

Kop Srov 輪中堤と同様、Tompun 輪中堤も将来の外周道路の一部を形成すると予測されるため、道路横断形はカンボディア国の国道の基準に従うものとし、車道幅員7.0m の標準アスファルト舗装、路肩は両側にそれぞれ1.5m とるものとする。

Svay Pak 排水樋管

国道5号線を、Kop Srov 輪中堤の接続地点から南2km 地点で横断する排水樋管が既存であるが、老朽化が激しいため、本計画で同地点に新規に建設することとした。計画施設は、鉄筋コンクリート製、1.5m×2.0m 矩形3連、手動鋼製スルース・ゲート付きとする。

移転用地および土捨て場

上記サブ・コンポーネント1から3の実施に、土地収用は必要ないが、Kop Srov 輪中堤の0+900から7+650の区間で54戸の家屋の移転が必要である。提案する移転地としては Kop Srov 輪中堤沿いに UNBRO が開発した25ha の居住地 (図 II3-2) が有望である。

一方、Kop Srov 輪中堤の建設に際しては約200,000m³の残土が生じる。この残土は、UNBRO 地区の土地約1m の嵩上げに利用することが可能で、これにより当地区の湛水を防ぐことができる。さらに、嵩上げた UNBRO 地区は、上記54戸の移住地に利用することが可能である。移住地は、道路、電気、井戸、衛生施設等のインフラを整備する。

3.3 費用および実施スケジュール

Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強のプロジェクト費用は US\$20.8百万で、サブ・コンポーネントごとの内訳は下表のとおりである。

サブ・コンポーネント	プロジェクト費用 (US\$百万)
A1: Kop Srov 輪中堤の補強	15.9
A2: Tompun 輪中堤の補強	3.2
A3: Svay Pak 排水樋管の建設	1.0
A4: 移住地および土捨て場	0.7
合計	20.8

プロジェクト実施スケジュールは表 II3-1に示すとおりである。実際の施工は2001年に開始し、3年の建設期間で、2003年に完了するものとした。2000年は、施設の基本設計、実施設計、および、土地収用、家屋移転の実施による用地確保を行うものとする。

表 II3-1 Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、Tompun 流域
排水改善計画実施工程表

Project Component	Cost (US\$ mil.)	Year							
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Project A: Reinforcement of Kop Srov and Tompun Dikes	20.8	-----							
-Sub-component A1: Reinforcement of kop Srov Dike (7.65 km)	15.9		-----						
-Sub-component A2: Reinforcement of Tompun Dike (4.44 km)	3.2			-----					
-Sub-component A3: Reconstruction of Svay Pak Drainage Sluiceway	1.0		-----						
-Sub-component A4: Preparation of Relocation Site / Spoil Area (25 ha)	0.7	-----							
Project B: Tompun Watershed Drainage Improvement	50.8	-----							
-Sub-component B1: Construction of Tompun New Pumping Station and Inlet Channel (15 m ³ /sec)	11.5		-----						
-Sub-component B2: Construction of Tompun Regulation Pond (47.5 ha)	3.6				-----				
-Sub-component B3: Improvement of Meanchey Drainage Main, Downstream Stretch (2.635 km)	3.8			-----					
-Sub-component B4: Improvement of Meanchey Drainage Main, Middle Stretch (1.285 km)	0.5							-----	
-Sub-component B5: Improvement of Meanchey Drainage Main, Upstream Stretch (0.535 km)	0.5							-----	
-Sub-component B6: Construction of Tum Nup Toek Drainage Sluiceway (10 m ³ /sec)	0.7			-----					
-Sub-component B7: Construction of Samdach Monireth Drainage Main, Downstream Stretch (1.676 km)	16.3				-----				
-Sub-component B8: Construction of Samdach Monireth Drainage Main, Upstream Stretch (0.714 km)	3.7							-----	
-Sub-component B9: Construction of Jawaharlal Nehru Drainage Main (1.152 km)	4.1						-----		
-Sub-component B10: Improvement of Salang Drainage Main, Downstream Stretch (0.887 km)	1.3			-----					
-Sub-component B11: Improvement of Salang Drainage Main, Upstream Stretch (0.488 km)	0.6							-----	
-Sub-component B12: Conservation of North Lake of Boeng Salang (5.1 ha)	0.7							-----	
-Sub-component B13: Preparation of Relocation Site / Spoil Area (26 ha)	3.5	-----							
Total	71.6	1.05	13.10	14.00	13.45	7.20	7.20	7.55	8.05

3.4 プロジェクト評価

経済評価結果は下表に示すとおり、資本の機会費用10%と比較して十分に高い経済的内部収益率（EIRR）が見込まれることから、事業実施を推進すべきである。

Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画経済分析結果

評価項目	Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強	Tompun 流域排水改善 を含めた場合
経済的内部収益率：EIRR (%)	25.2	16.7
便益費用比：B/C	2.76	1.69
純現在価値：NPV (US\$千)	29,475	35,384

備考：B/C および NPV は割引率10%の場合。

すべての優先プロジェクトの実施が完了する2008年時点における排水下水部（提案している洪水防御部も含む）の政府からの歳入は下表のとおり運転・維持管理費用を若干上まわる。従って、運転・維持管理費用の回収という財務的観点から見ても計画は妥当である。

排水・下水部の歳入および運転・維持管理費用の比較

項目	金額 (US\$百万)
2008年の政府予算からの歳入	0.34
2008年の下水道料金	1.41
2008年の総収入	1.76
2008年の総運転・維持管理費用	0.32
収支	1.40

事業の実施による環境面の正の影響はプノンペン市が洪水に対して安全になり住環境が改善されることである。負の影響としては、環境影響評価の結果、工事中の濁水、粉塵、騒音等が懸念されること、および、社会環境として住民54戸の移転が必要な点等が予想されたが、これらは、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により解決可能である。

計画に必要な構造物については複雑なものはなく、設計、施工、運転・維持管理に際し、技術的な問題は特にないが、下記の点に留意するべきである。

- a. 堤体用盛土材は低透水性、高強度が必要とされることから、Udon 土取り場等適当な土取り場で採取し運搬することが必要である。
- b. Svay Pak 排水樋管の建設工事に伴う仮締切り堤、および、国道5号線の迂回路は、十分検討の上決定する必要がある。
- c. 樋管に用いる鋼製スライド・ゲートは、その重要性から、高品質のものが要求される。

II.4. TOMPUN 流域排水改善計画

4.1 序

Project B : Tompun 流域排水改善計画 (マスター・プランのコンポーネント 3) は、プノンペン市市街地西半分の Tompun 流域 (17.47km²) を対象に、5年確率規模で排水改善を行なうことを目的とする。マスター・プランで適用されたすべての前提条件、計画・設計条件は、フィージビリティ調査でもこれを保持するものとする。計画は次の13サブ・コンポーネントからなる (図 II.4-1)。

- a. サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設。容量15m³/s。
- b. サブ・コンポーネント B2 : Tompun 調整地の建設。計47.5ha。
- c. サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部 (Tompun 調整地から Meanchey 橋までの間) の改修。延長2.635km。
- d. サブ・コンポーネント B4 : Meanchey 排水幹線中流部 (Meanchey 橋から支川合流点までの間) の改修。延長1.285km。
- e. サブ・コンポーネント B5 : Meanchey 排水幹線上流部 (支川合流点から上流) の改修。延長0.535km。
- f. サブ・コンポーネント B6 : Tum Nup Toek 排水樋管の建設。容量10m³/s。
- g. サブ・コンポーネント B7 : Samdach Monireth 排水幹線下流部 (Meanchey 排水幹線合流点から Jawaharlal Nehru 排水幹線合流点まで) の建設。延長1.676km。
- h. サブ・コンポーネント B8 : Samdach Monireth 排水幹線上流部 (Jawaharlal Nehru 排水幹線合流点から上流) の建設。延長0.714km。
- i. サブ・コンポーネント B9 : Jawaharlal Nehru 排水幹線の建設。延長1.152km。
- j. サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部 (Meanchey 排水幹線合流点から橋梁地点まで) 。延長0.887km。
- k. サブ・コンポーネント B11 : Salang 排水幹線上流部 (橋梁地点から上流) 。延長0.448km。
- l. サブ・コンポーネント B12 : Boeng Salang 北池の浚渫、周回歩道の建設による保全。面積5.1ha。
- m. サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼移転地の開発。面積26ha。

4.2 予備設計

Tompun ポンプ場および流入路、調整池

Tompun 流域最下流点での5年確率降雨時の設計流量は75m³/s である。ポンプ容量と調整池容量の最適化の結果は下記のとおりである。

- ポンプ容量 : 15m³/s
- 調整池容量 : 560,000m³

新 Tompun ポンプ場、流入水路、調整地の設計に必要な設計水位は下表のとおりである。

Tompun ポンプ場および関連施設にかかる水位

水位	標高 (m)	根拠
(1) 外水位		
(a) 設計高水位 (HWL)	9.00	Chaktomuk 観測所における30年確率高水位 EL. 10 m から、Chaktomuk 地点と Tompun ポンプ場地点の1996年洪水時の水位差1 m をひいた数字
(b) 乾期常時水位 (NWL)	4.00 to 4.50	水位調査結果による
(2) 内水位		
(a) 設計サーチャージ水位 (SWL)	4.50	近傍地域の地盤高による
(b) 設計高水位 (HWL)	3.70	Meanchey 排水幹線沿い地域の地盤高による
(c) 設計低水位 (LWL)	3.30	雨期に維持すべき水位
(d) 常時満水位 (NWL)	将来約 3.30 (現況では4.00)	水域の利用を考慮

ポンプ形式の選定はポンプ場設計の重要な項目である。下記の3形式を比較し、新 Tompun ポンプ場の形式は、経済性、維持の容易性、施工が容易で施工期間が短いこと等から水中ポンプを採用した。

- a. 縦軸モーター駆動在来型軸流ポンプ
- b. 横軸モーター駆動在来型軸流ポンプ
- c. 水中ポンプ

新 Tompun ポンプ場の施設計画は図 II-4-2 および II-4-3 に示すとおりである。主な特徴は下記のとおりである。

- a. 新 Tompun ポンプ場は既存ポンプ場の西側に、総容量15m³/s (3m³/s を5基) で建設される。
- b. 水中ポンプは屋外に設置できるため、ポンプ場上屋は建設しない。主構造物は、幅24.6m、奥行き16.9m である。
- c. 主構造物の脇に操作ヤード (幅12.3m、奥行き39.1m) を設け、操作室、電気室、予備発電機室、変電施設、倉庫を設ける。

新 Tompun ポンプ場への流入水路はポンプ場と同様15m³/s の容量を持たせ、延長1,020m、敷勾配1/10,000とする。水路のその他の諸元は下表のとおり。

流入水路の主要諸元

名称	形式	設計流量 (m ³ /sec)	設計水深 (m)	余裕高 (m)	水路幅 (m)
流入水路	土水路	15	3.8	0.3	29.2

Tompun 調整池は、Tompun ポンプ場の北側に位置する現況の Tompun 湖を利用する。面積は47.5ha、流入水路を挟む形で西池と東池からなる（図 II4-4参照）。敷高は標高3.0mとし、素掘り（芝張り）構造とする。

Meanchey 排水幹線

Meanchey 排水幹線の線形は基本的には現況の Meanchey 排水路に合わせる。総延長は4,455mで、下記の3区間からなる。

- 下流部 : 0+000 ~ 2+635 (75 m³/sec, 1/2,500, 延長2,635 m)
- 中流部 : 2+635 ~ 3+920 (15 m³/sec, 1/2,000, 延長1,285 m)
- 上流部 : 3+920 ~ 4+455 (11 m³/sec, 1/1,000, 延長535 m)

排水幹線路の主要諸元は下記のとおりである（図 II4-6参照）。

Meanchey 幹線排水路の主要諸元

区間	水路形式	設計流量 (m ³ /sec)	設計水深 (m)	余裕高 (m)	水路幅 (m)
下流	土水路、側面勾配 1:2	75 (DHWL) 15 (DSWL)	3.8	0	32.4
中流	同上	15	2.5	0	13.2
上流	練石積み護岸勾配1:0.3	11	2.0	0	4.4

Note: DHWL は Tompun 調整地の設計高水位 (EL. 3.7 m)、DSWL は同設計サーチャージ水位 (EL. 4.5 m)

Tum Nup Toek 排水樋管は内側輪中堤下を横断する形で、対象流域の排水を Meanchey 排水幹線に導くために設置される。

Samdach Monireth および Jawaharlal Nehru 排水幹線

Samdach Monireth および Jawaharlal Nehru 排水幹線はそれぞれ同名の通り下に設置される。Meanchey 橋下流約50m 地点の Meanchey 排水幹線への接続部は開水路であるが、その区間以外は箱型暗渠とする。次の3区間からなる（図 II4-7）。

- Samdach Monireth 下流部 : 0+000 ~ 1+676 (44 m³/sec, 1/2,000, 1,676 m)
- Samdach Monireth 上流部 : 1+676 ~ 2+390 (20 m³/sec, 1/2,000, 714 m)
- Jawaharlal Nehru : 0+000 ~ 1+152 (8 m³/sec, 1/2,000, 1,152 m)

Samdach Monireth および Jawaharlal Nehru 排水幹線の主要諸元

区間	水路形式	設計流量 (m ³ /sec)	設計水深 (m)	余裕高 (m)	水路幅 (m)
Samdach Monireth 放流口	土水路	44	3.0	0.0	20.2
Samdach Monireth 下流部	箱型暗渠	44	3.0	0.6	4.25 (2連)
Samdach Monireth 上流部	箱型暗渠	20	3.0	0.6	4.00 (1連)
Jawaharlal Nehru	箱型暗渠	8	2.5	0.6	2.50 (1連)

Salang 排水幹線

Salang 湖は Tompun 流域の市街地部の雨水を集め滞留させる重要な機能を持つ。南湖はほとんどの面積が既に埋め立てられて宅地となり、貯留効果を失っているが、北湖の保全状態は比較的良好、調整池の機能を果たしている。このような排水機能の低下に対処するため、Salang 排水幹線を南湖の中心線沿いに設け、さらに、北湖 (5.1ha) の保全をはかる。北湖の保全対策は、湖底の浚渫、家屋の進入を防ぐための湖岸の周回歩道の建設とする。

Salang 排水幹線の線形は、現況 Salang 南湖の中心線沿いとし、Meanchey 橋の50m 上流で Meanchey 排水幹線に合流させる。排水幹線の総延長は1,375m で、このうち、下流部が887m、上流部が488m である (図 II4-8参照)。水路敷設断勾配は 1/3,000とし、主要諸元は下表のとおり (図 II4-9参照)。

Salang 排水幹線の主要諸元

区間	水路形式	設計流量 (m ³ /sec)	設計水深 (m)	余裕高 (m)	水路幅 (m)
下流部	土水路、側面勾配 1:2	21	3.0	0	15.7
上流部	練り石積み護岸勾配 1:0.3	21	3.0	0	7.0

土捨て場および移転用地

サブ・コンポーネント 1 から12までの総土地収用面積は58,400m²、同家屋移転数は460戸である。移転用地については、新 Tompun ポンプ場地点近くの土捨て場が有望である (図 II4-4)。土捨て場予定地は、2段階に分けて準備する。

計画土捨て場用地の諸元

段階	対応するサブ・コンポーネント	残土 (約) (m ³)	面積 (ha)	地盤高 (EL. m)	盛土高 (m)
I	B1, B3, B6, B10	250,000	10.5	6.0	2.5
II	B2, B4, B5, B7, B8, B9, B11, B12	550,000	15.5	7.0	3.5
合計	-	800,000	26.0	-	-

土捨て場の一部は480戸の移転住民の移転地として使用する。移転地は、48,000m²の土地に、道路、電気、井戸、衛生施設等のインフラ整備が必要である。

4.3 費用および実施スケジュール

Tompun 流域排水改善計画の実施にかかる費用は約 US\$50.8百万と見積もられ、その内訳は下表のとおりである。

Tompun 流域排水改善計画実施費用

サブ・コンポーネント	費用 (US\$ 百万)
B1: 新 Tompun ポンプ場 および流入水路	11.5
B2: Tompun 調整地	3.6
B3: Meanchey 排水幹線下流部	3.8
B4: Meanchey 排水幹線中流部	0.5
B5: Meanchey 排水幹線上流部	0.5
B6: Tum Nup Toek 排水樋管	0.7
B7: Samdach Monireth 排水幹線下流部	16.3
B8: Samdach Monireth 排水幹線上流部	3.7
B9: Jawaharlal Nehru 排水幹線	4.1
B10: Salang 排水幹線下流部	1.3
B11: Salang 排水幹線上流部	0.6
B12: Salang 北湖改修	0.7
B13: 土捨て場および移住地	3.5
合計	50.8

事業実施計画は表 II-3-1 (II-7ページ) に示すとおりである。実際の建設工事は2001年から開始し、7年間の工事期間の後、2007年中に工事を完了するものとした。2000年は、施設・機器の基本設計、実施設計、および、土地収用、家屋移転にあてる。

4.4 プロジェクト評価

経済評価結果は下表に示すとおり、資本の機会費用10%と比較して十分に高い経済的内部収益率 (EIRR) が見込まれることから、事業実施を推進するべきである。

Tompun 流域排水改善計画経済分析結果

評価項目	Tompun 流域排水改善	Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強を含めた場合
経済的内部収益率: EIRR (%)	11.7	16.7
便益費用比: B/C	1.17	1.69
純現在価値: NPV (US\$千)	5,909	35,384

備考: B/C および NPV は割引率10%の場合。

すべての優先プロジェクトの実施が完了する2008年時点における排水・下水部の政府からの歳入は下表のとおり運転・維持管理費用を若干上まわる。従って、運転・維持管理費用の回収という財務的観点から見ても計画は妥当である。

排水・下水部の歳入および運転・維持管理費用の比較

項目	金額 (US\$百万)
2008年の政府予算からの歳入	0.34
2008年の下水道料金	1.41
2008年の総収入	1.76
2008年の総運転・維持管理費用	0.32
収支	1.40

事業の実施による環境面の正の影響は、排水改善による雨水湛水の軽減および水質改善によりプノンペン市の住環境が改善されることである。負の影響としては、環境影響評価の結果、工事中の濁水、粉塵、騒音等が懸念されるが、適正な環境管理計画、環境モニタリング計画の実施により影響を最小限にすることが可能である。社会環境としては住民480戸の移転が必要で、Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画と比較して規模が大きいが、移住地の整備等適正な対策を講ずることによって解決可能である。

ポンプ場の建設はかなり複雑で、先進技術を必要とする。特に、水中ポンプの場合、バルブおよび補機は先進国からの輸入が必要で、設置、運転・維持管理はそれらの国の専門家の監督・指導のもとカンボディア国技術者により実施することでカンボディア国における技術の向上が期待できる。さらに、カンボディア国では、排水暗渠の建設に伴う高い土留めの経験が少ないことから、先進技術の導入が必要である。しかしながら、全般的には、事業の実施に際して大きな技術的問題はない。

II.5. 緊急プロジェクト

Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、および、Project B : Tompun 流域排水改善計画について実施したフィージビリティ調査の結果は、II.3章、II.4章に述べたとおりである。その結果、これら計画の実施にかかる費用は Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画に US\$20.8百万、Tompun 流域排水改善計画に US\$50.8百万、合計 US\$71.6百万である。無償資金協力による実施を想定した場合、段階的な実施が必要である。下表に、優先プロジェクトのサブ・コンポーネント毎の優先性を下記条件で評価した結果を、建設費、必要な補償内容とともに示す。

- Project A は EIRR が25.5%と経済性が高く、その構成サブ・コンポーネントはプノンペン市をメコン川からの洪水から守るために必要不可欠である。従って、Project A のサブ・コンポーネントはすべて優先度「高」とした。
- Project B については、一般的には下流に位置するサブ・コンポーネントから実施する。従って、B1および B3サブ・コンポーネントは優先度「高」とする。B2サブ・コンポーネントは下流には位置するが、現況 Tompun 湖が計画容量の70%の容量を持ち、改修前でもある程度の効果が期待できることから、優先度「中」とした。
- 土捨て場兼用移転地の整備 (B13サブ・コンポーネント) は工事開始に先行して実施する必要があることから、優先度「高」とした。

- B6および B10サブ・コンポーネントは、投資効果が高く、市街地部の排水を幹線排水路に流下させるために不可欠な施設であることから優先度「高」とする。
- B7から B9までのサブ・コンポーネントは市街地排水改善の重要な部分を占めるが、投資効果が低いこと、既存の施設である程度の効果が期待できることから優先度「中」とした。
- その他の、B4、B5、B11、B12といったサブ・コンポーネントは上流部に位置し、受益者が少ないため優先度「低」とした。

Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、Tompun 流域排水改善計画
構成サブ・コンポーネントごとの優先性

サブ・コンポーネント	優先度	実施費用 (\$百万)	補償	
			土地収用 (m ²)	家屋移転 (戸)
Project A: Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画 (EIRR = 25.2 %)				
A1: Kop Srov 輪中堤	高	15.9	0	54
A2: Tompun 輪中堤	高	3.2	0	0
A3: Svay Pak 排水樋管	高	1.0	0	0
A4: 土捨て場/移住地	高	0.7	250,000	0
Total		20.8	250,000	54
Project B: Tompun 流域排水改善計画 (EIRR = 11.7 %)				
B1: 新 Tompun ポンプ場および流入水路	高	11.5	5,000	30
B2: Tompun 調整地	中	3.6	20,000	20
B3: Meanchey 下流部	高	3.8	28,000	90
B4: Meanchey 中流部	低	0.5	0	120
B5: Meanchey 上流部	低	0.5	0	10
B6: Tum Nup Toek 排水樋管	高	0.7	3,000	10
B7: Samdach Monireth 下流部	中	16.3	2,400	30
B8: Samdach Monireth 上流部	中	3.7	0	0
B9: Jawaharlal Nehru	中	4.1	0	0
B10: Salang 下流部	高	1.3	0	60
B11: Salang 上流部	低	0.6	0	90
B12: Salang 湖	低	0.7	0	0
B13: 土捨て場/移住地	高	3.5	260,000	20
合計		50.8	318,400	480

注: 全体での EIRR は 16.7 %

以上のとおり、2計画のうち、早期に実施すべきサブ・コンポーネントは下記のとおりである。

(1) Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画

- サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の建設

- サブ・コンポーネント A4 : 土捨て場兼用移転地の整備

(2) Project B : Tompun 流域排水改善計画

- サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設
- サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B6 : Tom Nup Toek 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼用移転地の整備

II.6. 提言

1. 本調査で策定されたプノンペン市都市排水・洪水対策マスター・プランの構造物対策の構成プロジェクトのうち、優先度の高いものは次の2コンポーネントである。この2コンポーネントを優先的に実施していくことを勧告する。
 - コンポーネント 2 : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画
(Syay Pak 排水樋管の改修を含む)
 - コンポーネント 3 : Tompun 流域排水改善計画
(排水管網の整備は除く)
2. 本調査で策定されたプノンペン市都市排水・洪水対策マスター・プランの非構造物対策は、土地利用規制の導入、水防活動の継続である。土地利用規制については、洪水防御・排水改善の立場から提案した、北東部水域の保全、北西部・南部地域における農地の保全、を考慮したプノンペン市の公式な開発計画の策定を早急を実施すべきである。
3. プノンペン市公共事業運輸局が今後の事業実施の担当機関となる。排水改善事業については同局の排水下水部が担当することが望ましい。洪水防御については、同局にこれを担当する部局がないため、洪水防御部の新設を勧告する。
4. マスター・プランで選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施した結果、Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画、Tompun 流域排水改善計画共に、経済的、財務的、環境面、技術面で妥当であり、早期の事業実施が勧告される。しかしながら、この2計画の構成サブ・コンポーネントすべてを実施するには総額 US\$71.6百万の費用、7年の期間が必要である。したがって、この2計画の構成サブ・コンポーネントの中でも、特に重要性、効率性の高い下記のサブ・コンポーネントを優先的に実施することを勧告する。
 - (1) Project A : Kop Srov および Tompun 輪中堤補強計画
 - サブ・コンポーネント A1 : Kop Srov 輪中堤の補強

- サブ・コンポーネント A2 : Tompun 輪中堤の補強
- サブ・コンポーネント A3 : Svay Pak 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント A4 : 土捨て場兼用移転地の整備

(2) Project B : Tompun 流域排水改善計画

- サブ・コンポーネント B1 : 新 Tompun ポンプ場および流入水路の建設
- サブ・コンポーネント B3 : Meanchey 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B6 : Tom Nup Toek 排水樋管の建設
- サブ・コンポーネント B10 : Salang 排水幹線下流部の改修
- サブ・コンポーネント B13 : 土捨て場兼用移転地の整備

5. 事業の実施に際しては、土地収用、家屋移転を伴う。上記サブ・コンポーネントに係る土地収用、家屋移転は早急に着手することを勧告する。
6. 本マスター・プラン検討、フィージビリティ調査実施に際し、洪水期の関連地区の水位、特に、Kop Srov 輪中堤および Tompun 輪中堤地点の実測水位が不足していたため水位標を設置し、水位記録の観測をプノンペン市公共事業運輸局に依頼した。しかし、昨洪水期が例年になく低水位で、場所により、十分な資料が得られていない。これらの水位データは今後、実施設計、事業の実施を進めるうえで重要であることから、観測の継続を勧告する。
7. プロジェクトの実施による環境面の正の影響は、プロジェクト自体の目的であるところの洪水の危険の軽減、排水改善を通じたプノンペン市の住環境の改善である。負の影響としては、事業の実施に際し、工事中の濁水等、住民移転が必要である等が懸念される。今後、実施する事業については、環境影響評価の結果提案している、環境管理計画、環境モニタリング計画を実施し、環境に与える負の影響を最小限にとどめるべきである。また、Kop Srov および Tompun 輪中堤の補強により、周辺の乱開発が進み、地区外である Prek Phnov 川水系、および、Prek Thnot 川水系に水質状悪影響が出ないように留意すべきである。また、社会環境については、住民移転にかかる管理、モニタリングが重要である。