

独立行政法人 国際協力機構
ラオス人民民主共和国政府

ラオス国 ビエンチャン市周辺メコン河 河岸浸食対策計画調査

最終報告書 要 約



2004年12月

日本建設コンサルタント株式会社
株式会社ニュージェック

環 境

J R

04-028

独立行政法人 国際協力機構
ラオス人民民主共和国政府

ラオス国 ビエンチャン市周辺メコン河 河岸浸食対策計画調査

最終報告書 要 約



2004年12月

日本建設コンサルタント株式会社
株式会社 ニュージェック

最終報告書の構成

和文要約

VOLUME 1 EXECUTIVE SUMMARY

VOLUME 2 MAIN REPORT

VOLUME 3 MANUAL FOR RIVERBANK PROTECTION

SECTOR A PLANNING & DESIGN

SECTOR B CONSTRUCTION

VOLUME 4 SUPPORTING REPORT

SECTOR A PRESENT CONDITION IN THE STUDY AREA

SECTOR B PREPARATORY STUDY FOR PILOT WORKS

SECTOR C FIELD SURVEY FOR PILOT WORKS

SECTOR D EXECUTION OF PILOT WORKS

SECTOR E TEST OF SIMPLE VEGETATION RIVERBANK PROTECTION

SECTOR F MONITORING OF PILOT WORKS

SECTOR G MONITORING SURVEY FOR PILOT WORKS

SECTOR H RIVERBANK PROTECTION MASTER PLAN

SECTOR I ENVIRONMENTAL CONSIDERATION

SECTOR J TRANSFER OF TECHNOLOGY

VOLUME 5 DATA BOOK

本調査における積算は 2004 年 2 月初めの価格水準に基づいている。適用した外貨為替レートは以下に示すとおりである。

為替レート

US Dollar (US\$) 1.00 = Lao Kip (Kip) 10,420

Japanese Yen (¥) 100 = Lao Kip (Kip) 9,750

2004 年 2 月 1 日時点平均レート

序 文

日本国政府は、ラオス国政府の要請に基づき、同国のビエンチャン市周辺メコン河河岸侵食対策計画調査にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 13 年 12 月から平成 16 年 12 月までの間、5 回にわたり、日本建設コンサルタント株式会社の加藤泰彦氏を団長とし、同社ならびに株式会社ニュージェックから構成される調査団を現地に派遣しました。

また平成 13 年 12 月から平成 15 年 3 月の間、財団法人リバーフロント整備センター研究第一部長 森川一郎氏を、平成 15 年 4 月から平成 16 年 12 月の間、同センター研究第一部 水野雅光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。

調査団は、ラオス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、本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 16 年 12 月

国際協力機構
理事 北原 悦男

平成16年12月

国際協力機構
理事 北原 悦男 殿

伝達状

今般、ラオス国ビエンチャン市周辺メコン河河岸侵食対策計画調査を終了致しましたので、ここに最終報告書を提出し、ご報告申し上げます。

本調査では、ビエンチャン市周辺メコン河において日本の河川伝統工法を活用したパイロット護岸工事を施工し、河岸侵食対策マスタープランを策定しました。本報告書はすべての調査成果を包括し、要約、主報告書、マニュアル、副報告書、資料集で構成しております。

本報告書が、河岸侵食危険区域の民生を向上させ、ラオス国ビエンチャン市の経済発展に寄与することを願うものであります。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり多大なご支援とご助言を賜った貴機構、貴機構ラオス事務所、在ラオス日本国大使館、ならびにラオス国政府公共事業省をはじめとする政府諸機関の関係者各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

加藤 泰彦
ラオス国メコン河河岸侵食対策計画調査団
団長

要 約

1 序論

1) 調査の目的

1. 日本の河川工法技術を活かしたラオス国（「ラ」国）で持続可能な、より低コストでメコン河に適応でき実用的な河岸侵食対策工法の検討
2. パイロット工事施工を通じた MCTPC カウンターパートへの上記工法の技術移転
3. ビエンチャン市周辺メコン河の河岸侵食対策に係わるマスタープラン策定

2) 調査対象地域：「ラ」国ビエンチャン市周辺のメコン河岸（延長約 60 km）

3) 調査期間：3 年間（2001 年 12 月～2004 年 12 月）

2 パイロット護岸工事施工

1) パイロット工事の概要

1. 施工スキーム：本調査団による開発調査の現地再委託方式（無償資金協力方式と異なる）
2. 設計・施工管理：本調査団（MCTPC/DCTPC が協力）
3. 施工：(株)大林組（「ラ」国ローカル業者を含む指名競争入札により選定）
4. 施工期間：2003 年 1 月～5 月（5 ヶ月間）
5. 建設費（調査団積算額）：総工費 US\$ 1,259,000
 - i. バン・ドンフォシ US\$ 1,088,000（約 US\$ 1,690/m）
 - ii. ワット・チョムチェン US\$ 49,000（約 US\$ 200/m）
 - iii. シブンホワン US\$ 122,000（約 US\$ 810/m）

2) パイロット工事工種：

サイト	工 種	施工 延長
(1) バン・ドンフォシ (国営石油公社前)	1) 法覆工（栗石柳枝工：崖状河岸を川砂で埋め戻し緩勾配法面を形成して施工） 2) 基礎工（捨石(空石積)工） 3) 根固工（粗朶沈床工：66 枚、10m×6m）	643m
(2) ワット・チョムチェン	木杭水制工（6 基：水制長=20m、間隔=40 および 60m） （3 基は比較のため横木、粗朶沈床と捨石で補強）	240m
(3) シブンホワン	1) 法覆工（栗石柳枝工：工費縮減のため崖状河岸の下半部を被覆） 2) 基礎工（捨石(空石積)工） 3) 根固工（粗朶沈床工：23 枚、10m×6m）	156m
	計	1,039m

3 河岸侵食対策マスタープラン

1) マスタープランの概要

- 計画目標年：2020
- 総事業費（原則として「ラ」国自己予算）：US\$4.89 million
- マスタープラン事業の総延長：7.38 km
（5 緊急事業：2.70 km、5 二次優先事業：4.68 km）
- 実施計画：16 年（2005～2020）

2) マスタープラン事業（構造物対策）の概要

フェーズ	サイト名	事業名	距離標位置 (km)		延長 (meter)	事業費 (US\$1,000)	実施会計年度	河岸侵食対策タイプ						
			From	To				CSWB(A)	CSWB(B)	LH	SF	SM	RG	
緊急事業	シッタントタイ	シッタントタイ(1)	1555+0.00	1555+1.28	1,280	240	2006/07-2010/11							○
	バンホム	バンホム(1)	1565+0.38	1565+1.14	760	960	2007/08-2011/12	○				○	○	
		バンホム(2)	1565+0.33	1565+0.38	50	65	2006/07		○			○	○	
	ポーオー	ポーオー	1575+0.01	1575+0.21	200	147	2005/06-2007/08	○		○		○	○	
	シブンホワンームアンワ	シブンホワンームアンワ	1587+1.80	1589+0.28	410	286	2004/05-2005/06	○		○		○	○	
	小計				2,700	1,698								
二次優先事業	シッタントタイ	シッタントタイ(2)	1553+0.85	1555+0.00	2,040	382	2011/12-2015/16							○
	バンホム	バンホム(3)	1563+2.03	1565+0.33	760	960	2012/13-2015/16	○				○	○	
		バンホム(4)	1563+1.15	1563+2.03	880	1161	2016/17-2019/20	○				○	○	
	シブンホワン上流部	シブンホワン上流部(1)	1590+0.25	1591+0.00	810	555	2016/17-2019/20	○		○		○	○	
		シブンホワン上流部(2)	1590+0.02	1590+0.21	190	137	2018/19-2019/20	○		○		○	○	
	小計				4,680	3,195								
	計				7,380	4,893								

注) - 事業費は2004年2月上旬の物価水準で積算

- 適用外貨換算レート: US\$1=Lao Kip 10,420 (2004年2月1日レート)

- 事業費には物価上昇は含まない

- 河岸侵食対策タイプ:

CSWB(A) 栗石柳枝工(河岸下半部を被覆)(A)

SF 捨石基礎工

CSWB(B) 栗石柳枝工(河岸全体を被覆)(B)

SM 粗朶沈床工

LH 杭柵工

RG 捨石水制工

- ボーオー サイト事業費: 施設設計はMCTPCが実施中の「ラオ・フランダース河川工事プロジェクト」が今後作成予定したが、本調査の同サイト事業費概算ではM/Pの工法コンセプトを一時的に代用している

3) マスタープランにおける河岸侵食対策の基本方針

河岸タイプ	崖状河岸の分類	延長 (km)	河岸侵食対策の基本方針
1) 崖状河岸	既設護岸	3.15 (5.3%)	必要に応じて「ラ」国政府がモニタリングとリハビリを実施
	M/P 緊急事業対象区間	2.70 (4.6%)	「ラ」国政府が 2004/2005 年から 2011/2012 年にかけて施工予定
	M/P 二次優先事業対象区間	4.68 (7.9%)	「ラ」国政府が 2011/2012 年から 2019/2020 年にかけて施工予定 また「ラ」国政府による各サイトの施工開始までに必要が生じたら住民参加による簡易植生工で防護予定
	残存区間 (2020/2021 年以降に実施予定の 4 二次優先事業含む)	8.65 (14.6%)	「ラ」国政府が 2020/2021 年以降施工予定。 必要に応じ住民参加による簡易植生工で防護予定
Sub-total	19.18 (32.4%)		
2) 緩勾配河岸	20.71 (35.0%)		概して活発な侵食がなく、必要が生じたら住民参加による簡易植生工で防護予定
3) 砂州と中州を伴う河岸	16.89 (28.5%)		特に侵食対策活動を要さない
4) 露岩河岸	2.46 (4.2%)		
Total	59.24(100%)		

ラオス国
ビエンチャン市周辺メコン河
河岸浸食対策計画調査

最終報告書
要 約

目 次

序文
伝達状
要約
表目次
図目次
略語
単位

1	序論	1-1
1.1	調査の目的.....	1-1
1.2	調査対象地域.....	1-1
1.3	調査工程.....	1-1
2	基礎調査	2-1
2.1	調査対象地域の現況.....	2-1
2.1.1	水文・気象状況.....	2-1
2.1.2	ビエンチャン市周辺河岸状況（調査対象地域）.....	2-1
2.1.3	「ラ」国内メコン河全体の河岸状況.....	2-3
2.1.4	既設護岸工.....	2-4
2.1.5	調査対象地域における既存計画およびプロジェクト.....	2-5
2.1.6	調査対象地域の河岸植生.....	2-7
2.1.7	調査対象地域の基礎的環境現況.....	2-7
2.1.8	社会経済および財政状況.....	2-8
2.2	パイロット工事施工準備調査.....	2-9
2.2.1	パイロット工事サイト選定.....	2-9
2.2.2	パイロット工事サイト状況.....	2-10
2.2.3	パイロット工事の施設設計.....	2-11
2.3	パイロット工事設計のための野外調査.....	2-11
2.3.1	地形測量.....	2-11
2.3.2	流速測定.....	2-11
2.3.3	土質調査.....	2-11
2.3.4	初期環境調査支援調査.....	2-11

3	パイロット工事施工	3-1
3.1	概要	3-1
3.1.1	工事概要	3-1
3.1.2	バン・ドンフォシ サイトの設計仕様強化	3-1
3.1.3	建設資材調達サイト	3-2
3.2	バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事施工	3-3
3.2.1	概要	3-3
3.2.2	設計図	3-5
3.3	ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事施工	3-7
3.3.1	概要	3-7
3.3.2	設計図	3-8
3.4	シブンホワン サイトでのパイロット工事施工	3-10
3.4.1	概要	3-10
3.4.2	設計図	3-11
3.5	予備的環境影響評価 (Pre-EIA)	3-13
4	簡易植生護岸試験施工	4-1
4.1	概要	4-1
4.2	試験施工の実施	4-1
4.2	試験施工のモニタリング	4-1
5	パイロット工事のモニタリング	5-1
5.1	パイロット工事	5-1
5.1.1	モニタリング測量	5-1
5.1.2	地形状況	5-1
5.1.3	水理状況	5-2
5.1.4	パイロット工事サイトの植生状況	5-2
5.2	関連サイトの植生状況	5-2
6	河岸侵食対策マスタープラン	6-1
6.1	マスタープランの基本フレームと方針	6-1
6.1.1	概要	6-1
6.1.2	基本フレームと方針	6-1
6.2	河岸侵食のメカニズム	6-2
6.2.1	地形学的背景	6-2
6.2.2	河川平面形の変遷と河岸侵食	6-2
6.2.3	河岸のタイプと侵食対策	6-2
6.3	防護対象河岸の選定	6-3
6.3.1	防護対象優先区間の選定	6-3
6.3.2	施工のための優先区間の分類	6-4
6.4	河岸侵食対策工概略設計	6-4
6.4.1	対象サイト状況	6-5
6.4.2	概略設計	6-5

6.5	組織・制度	6-9
6.5.1	恒久組織の新規設立	6-9
6.5.2	人員配置	6-9
6.5.3	人材開発	6-9
6.6	マスタープラン非構造物対策	6-10
6.6.1	市民啓発キャンペーン	6-10
6.6.2	住民参加	6-10
6.6.3	河岸土地利用規制	6-10
6.6.4	河岸樹木の保護と植樹	6-10
6.6.5	モニタリングと維持管理システム	6-10
6.7	事業費概算	6-11
6.7.1	建設資機材	6-11
6.7.2	概算事業費	6-12
6.8	代替案検討	6-12
6.8.1	工種代替案	6-12
6.8.2	財務的代替案	6-13
6.9	マスタープラン	6-13
6.10	事業評価	6-17
6.10.1	経済評価	6-17
6.10.2	初期環境調査（IEE）	6-17
6.10.3	総合評価	6-17
6.11	実施計画	6-18
7	河岸侵食対策マニュアルの作成	7-1
8	技術移転	8-1
8.1	技術移転セミナー	8-1
8.2	室内および野外セッション	8-1
8.3	粗朶技術指導	8-1
8.4	日本におけるカウンターパート研修	8-1
8.5	カウンターパートへの技術移転	8-1
9	提言	9-1

表 目 次

表 2.1	パイロット工事サイトの河岸タイプ	2-10
表 3.1	バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事概要	3-4
表 3.2	ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事概要	3-8
表 3.3	シブンホワン サイトでのパイロット工事概要	3-11
表 6.1	マスタープラン投資および予算計画	6-18
表 8.1	カウンターパートへの技術移転	8-2

図 目 次

図 1.1	調査対象地域位置図	1-1
図 2.1	調査対象地域の崖状侵食河岸	2-2
図 2.2	ワットプー遺跡付近のメコン河岸	2-3
図 2.3	ルアンプラバン市街地のメコン河岸	2-3
図 2.4	ボケオ県のメコン河岸	2-3
図 2.5	調査対象地域の既設護岸工	2-4
図 2.6	パッカダンの捨石水制工	2-5
図 2.7	建設継続中のボケオ県の捨石水制工	2-5
図 2.8	既設護岸上の柳の群落	2-7
図 2.9	ビエンチャン市の既設護岸延長	2-8
図 2.10	ビエンチャン市周辺の資金源別護岸工事	2-8
図 2.11	パイロット工事3サイト位置図	2-9
図 2.12	パイロット工事サイト状況	2-10
図 3.1	建設資材調達サイト位置図	3-2
図 3.2	バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事	3-3
図 3.3	バン・ドンフォシサイト設計図	3-5
図 3.4	ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事	3-7
図 3.5	ワット・チョムチェン サイト設計図	3-9
図 3.6	シブンホワン サイトでのパイロット工事	3-10
図 3.7	シブンホワン サイト設計図	3-12
図 4.1	簡易植生工試験施工および関連サイト位置図	4-1
図 4.2	生存した植栽柳の状況	4-2
図 5.1	バン・ドンフォシ サイト法面メコン柳植栽パターン	5-3
図 6.1	河岸侵食対策工概略設計図	6-6
図 6.2	河岸浸食対策マスタープラン概要	6-15
図 6.3	マスタープラン事業実施計画	6-18

略 語

(1) 組織

Lao P.D.R.	Lao People's Democratic Republic	ラオス人民民主共和国
GOL	Government of Lao P.D.R.	ラオス人民民主共和国政府
GOJ	Government of Japan	日本国政府
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MCTPC	Ministry of Communication, Transport, Post and Construction	ラオス国政府公共事業省
DOR	Departments of Roads, MCTPC	MCTPC 道路総局
DCTPC	Department of Communication, Transport, Post and Construction	ビエンチャン特別市公共事業局
VUDAA	Vientiane Urbane Development and Administration Authority	ビエンチャン都市開発管理委員会
LNMC	Lao National Mekong Committee	ラオスメコン委員会
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resource	国際自然保護連合
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機関
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNCHS	United Nations Centre for Human Settlements	国連人間住居センター
FITA	Flanders International Technical Agency	ベルギー国際協力庁
RTSB	Rancang Timur Sdn. Bhd., Malaysia	ランチャン・ティムール株式会社 (マレーシア国)

(2) 地名、地形名称およびプロジェクト名

VUIISP	Vientiane Urban Infrastructure and Services Project	ビエンチャン総合都市開発計画
NBCA	National Biodiversity Conservation Area	ラオス国 生物種保全区域

単 位

延長

mm	=	ミリメートル
cm	=	センチメートル
m	=	メートル
km	=	キロメートル
ft	=	フィート
yd	=	ヤード

面積

cm ²	=	平方センチメートル
m ²	=	平方メートル
ha	=	ヘクタール
km ²	=	平方キロメートル

体積

10 ⁶	=	100 万
cm ³	=	立方センチメートル
l	=	リットル
kl	=	キロリットル
m ³	=	立方メートル
gal	=	ガロン

重量

mg	=	ミリグラム
g	=	グラム
kg	=	キログラム
ton	=	トン
lb.	=	ポンド

時間

s	=	秒
min	=	分
h	=	時間
d	=	日
y	=	年

電気

V	=	ボルト
A	=	アンペア
Hz	=	ヘルツ
Ghz	=	ギガヘルツ
W	=	ワット
kW	=	キロワット
MW	=	メガワット
GW	=	ギガワット

その他

%	=	パーセント
PS	=	馬力
o	=	度
'	=	分
“	=	秒
10 ³	=	1000
10 ⁹	=	10 億

誘導単位

m ³ /s	=	立方メートル毎秒
cusec	=	立方フィート毎秒
mgd	=	100 万ガロン毎日
kWh	=	キロワット時
Mwh	=	メガワット時
kWh/y	=	キロワット時毎年
kVA	=	キロボルトアンペア
BTU	=	英国温度単位
psi	=	ポンド毎平方インチ
Kb/s	=	キロボルト毎秒
Mb/s	=	メガビット毎秒

通貨

US\$	=	米国ドル
Kip	=	ラオス キップ

1 序論

1.1 調査の目的

本調査はビエンチャン市周辺メコン河を対象に以下を実施することを目的とする。

1. 日本の河川工法技術を活かし、ラオス国（以下「ラ」国）で持続可能な、より低コストでメコン河に適応でき実用的な侵食対策工法を検討する。
2. パイロット工事施工を通じて、カウンターパートに上記工法の技術移転を行う。
3. パイロット工事のモニタリング結果に基づき、ビエンチャン市周辺のメコン河河岸侵食対策にかかわるマスタープラン（以下 M/P）を策定する。

1.2 調査対象地域

調査対象地域は図 1.1 に示す「ラ」国ビエンチャン市周辺のメコン河岸である（延長約 60 km）。

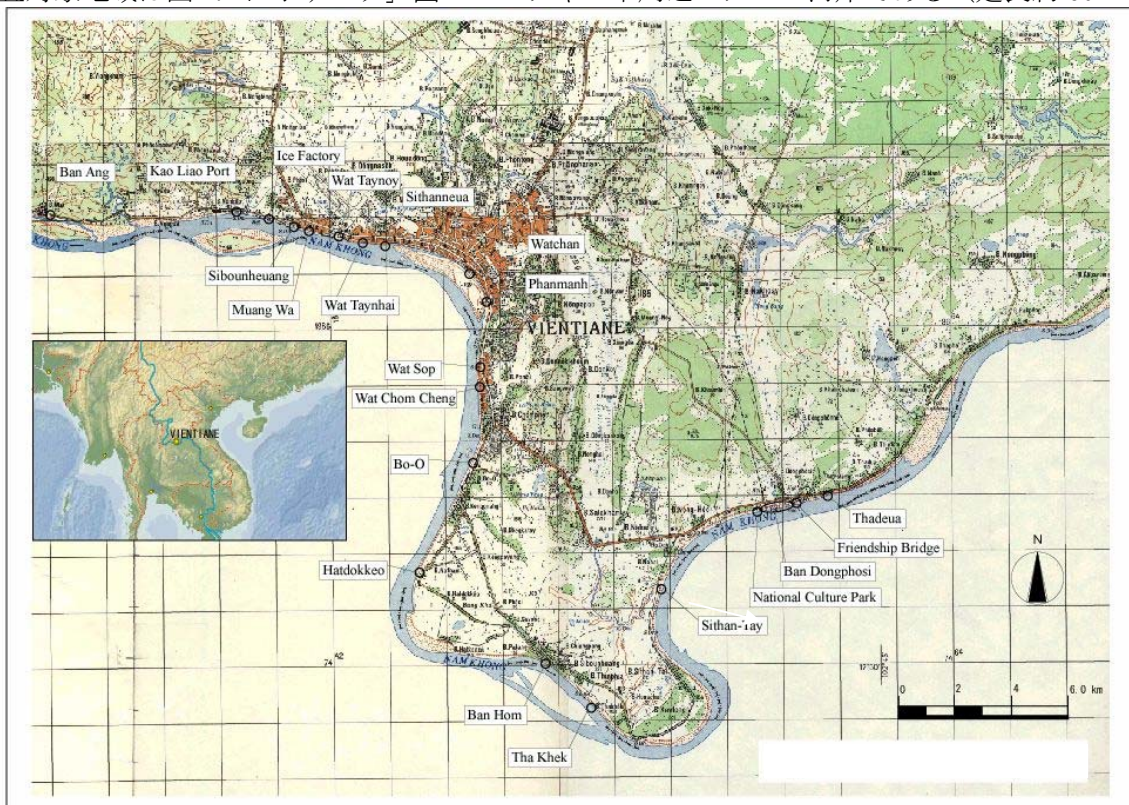


図 1.1 調査対象地域位置図

1.3 調査工程

2001 年 12 月から 2004 年 12 月にわたる調査全体工程と主な実施項目は以下のとおりである。

- 第 1 年次（2001 年 12 月－2002 年 3 月）調査対象地域における基礎調査
- 第 2 年次（2002 年 10 月－2003 年 3 月）パイロット工事施工
- 第 3 年次（2003 年 4 月－2004 年 2 月）
 - パイロット工事施工（2003 年 4～5 月）
 - パイロット工事モニタリング（2003 年 6 月～）
 - M/P 策定（2003 年 12 月－2004 年 2 月）<中間報告書 2004 年 2 月>
- 第 4 年次（2004 年 8～12 月）パイロット工事モニタリング<最終報告書 2004 年 12 月>

2 基礎調査

2.1 調査対象地域の現況

2.1.1 水文・気象状況

- 年平均降水量：約 1,640 mm
 - 雨期：5～9 月（平均 1,390 mm、年降水量の 85 %）
 - 乾期：10～4 月（平均 250 mm、年降水量の 15 %）
- 平均気温：26.3 °C
- 年平均最高水位および最大流量（1960-2001）
 - 6.67 m - 12.71 m（平均 10.68 m）
 - 7,500 m³/s- 22,900 m³/s（平均 16,000 m³/s）
- 年平均最低水位および最小流量（1960-2001）
 - -0.28 m - 0.93 m（平均 0.43 m）
 - 598 m³/s-1,220 m³/s（平均 1,000 m³/s）

2.1.2 ビエンチャン市周辺河岸状況（調査対象地域）

(1) 調査対象地域のメコン河特性

- 平均河床勾配：1/8,100
- 平均最大河床深：14.87m
- 平均河床幅：856 m（中州を含む）、773 m（中洲を除く）
- 河床材料：60 %粒径の平均（d60）は 0.44 mm で比重 2.61

(2) 河岸状況

- 調査対象地域の河岸は著しい侵食を受け、多くの場合図 2.1 に示すような垂直の崖を形成している。
- 調査対象地域は河床勾配変換点の直下流に位置しているので、河岸の形成は新しく土砂移動は他の区間と比較してわずかに活発であるものと思われる。
- 河岸は一般に表層を厚さ 6～8 mの粘土質地盤に覆われた砂質礫層で構成されている。河岸の構成材料は未固結で容易に侵食される。
- 一般に蛇籠工が護岸に用いられている。既設護岸工は河岸を侵食から守るのに効果的であるが、貧弱な根固工、あるいは蛇籠背後の土砂吸い出しが原因で被災している護岸もある。



シットアンタイ



バンホム



ボーオー



シブンホワン

図 2.1 調査対象地域の崖状侵食河岸
-2001年12月の状況-

(3) 河岸線形と中洲

- 河岸と中洲の歴史的変遷：過去 30 年間で、全体として河岸は大きく動いておらず、中洲（島）も殆ど同じ位置に留まっている。KM-1574 から KM-1562 にかけての区間で河岸の移動が比較的大きい。
- 主流路のコース：調査対象地域の河岸侵食は主に水流の衝突により発生しており、水流衝突区間は歴史的に固定している。
- 蛇行サイクルの平均間隔：約 8.5 km（川幅のおよそ 10 倍）

(4) 流送土砂状況

- 頻出洪水流では砂堆床、河岸満杯流量では平坦河床
- 土砂流送：完全な浮遊砂状態ではない

(5) 河岸侵食の原因

- 河床基底部の洗掘による侵食（垂直侵食河岸はこのようにして形成されると考えられ、調査対象地域の侵食河岸は殆どこのタイプである。）
- 河川水位低下時の過剰間隙圧による侵食
- 斜面崩壊による侵食

2.1.3 「ラ」国内メコン河全体の河岸状況

(1) メコン河南部（ボリカムサイ、カムワン、サバナケットおよびチャムパサック県）

- 調査対象地域でよく見られる垂直河岸は殆ど存在しない
- ワットプー遺跡（チャムパサック県：世界遺産）付近（図 2.2）：遺跡の外壁の一部が侵食河岸に面し崩壊の危機に瀕している。遺跡の保全と考古学的調査を勘案すると河岸全体を覆う護岸工は薦められない。水制工が侵食河岸基底を土砂堆積と植生の促進により安定させて効果があるものと想定される。



図 2.2 ワットプー遺跡付近のメコン河岸
- 2001 年 12 月の状況 -

(2) メコン河北部（ルアンパバンおよびボケオ県）

- ルアンパバン市街地の河岸は、図 2.3 に示すように緩勾配でかなり安定していて、侵食の程度と被害は比較的少ない。
- ボケオ県では、調査対象地域と同様、バン・トンペンの既設水制工サイト近傍のいたるところで図 2.4 に示すような著しい垂直崖が形成されている。



図 2.3
ルアンパバン市街地のメコン河岸
-2002 年 1 月の状況-



図 2.4
ボケオ県のメコン河岸
-2002 年 1 月の状況-

2.1.4 既設護岸工

(1) ビエンチャン市周辺（調査対象地域）

調査対象地域の既設護岸工の現況をまとめると次のとおりである（図 2.5 参照）。

- ビエンチャン市周辺メコン河の護岸工は 1990 年代初頭から施工されている。
- 殆どの護岸は蛇籠で施工されていて、それらの多くは、植生に部分的に覆われ土砂の堆積がみとめられる。施工後長い年月が経過して、鉄線がさびて細くなり局所的に損傷している護岸もある。
- ワット・シブンホワンでは粗朶沈床を用いる新しい工法が試験施工された。
- ハットドケオの護岸では、斜面先の蛇籠が損傷し籠の詰石が失われ、急傾斜の法先が保護されていない状態となっている。近傍の既存の砂採取工事が護岸前面の河床低下に影響を及ぼしている可能性もある。



タドゥア



国立カルチャーパーク



ハットドケオ



ワットソップ



ムアンワ



シブンホワン

図 2.5 調査対象地域の既設護岸工
-2001 年 12 月の状況-

(2) 「ラ」国内メコン河全体（ビエンチャンより南部）

- ボリカムサイ県パッカダンでは、国道 13 号沿いに 4 基の捨石水制が竣工し、新たに 2 基が施工中である（図 2.6）。さらなる追加施工が計画されている。水制天端がいくぶん低く、水制間の土砂体積は水制高以下に認められる。水制間の道路盛土が洪水期の速い流速により部分的に崩壊している。現在よりわずかに高い水制、あるいは水制とその間の捨石等の法覆工を組み合わせると効果的であると推測される。



図 2.6 パッカダンの捨石水制工
-2002 年 2 月の状況-

(3) 「ラ」国内メコン河全体（ビエンチャンより北部）

- ルアンパバン市街地周辺のメコン河岸はかなり安定している。局所的に法面上の排水処理不良による侵食がある。
- ボケオ県バン・トンペンでは、MCTPC の JICA 専門家の技術協力を得て、「ラ」国政府により 1998 年から捨石水制が施工されている（図 2.7）。大量の土砂が水制間に堆積し河岸を保護している。MCTPC は既に 2003 年までに 14 基の水制を竣工させている。2008 年まで毎年 2 基ずつ建設を継続する予定になっている。



図 2.7 建設継続中のボケオ県の捨石水制工
-2001 年 12 月の状況-

2.1.5 調査対象地域における既存計画およびプロジェクト

(1) 河岸侵食対策計画およびプロジェクト

M/P 策定の基礎資料とするため河岸侵食対策にかかわる以下の計画およびプロジェクトのレビューを行った。

1) 「ラ」国自己予算によるプロジェクト

「ラ」国政府は非常に限られた自己予算を用い少しずつ河岸侵食対策を実施してきた。2004 年以降に実施が計画されているプロジェクトは現段階では以下のとおりである。

1. シブンホワン (L=410 m) : 2005 年以降施工予定 (測量は 2004 年に開始された)
2. バンホム/タケック : 2004 年に 60m 施工予定 (その後も継続施工予定)

2) ラオ・フランダーズ河川工事プロジェクト

プロジェクト概要は次のとおりである。

1. MCTPC がボーオー河岸において、ベルギー政府のフランダーズ国際技術機構 (FITA) の技術協力を得て現在実施中のキャパシティ・デベロップメントプロジェクト
2. 測量は完了 (L=200m)。蛇籠による護岸工の設計は未完了 (ドラフト図面は利用可)。
3. 工事は「ラ」国自己予算で実施予定 (「ラ」国政府は FITA に資金援助を要請している)

3) 他のドナーによるプロジェクト

現時点では、JICA と FITA による実施中技術協力を除いて、他のドナーによる特定の将来計画・プロジェクトは存在しない。しかし、将来ドナーの資金援助があれば、「ラ」国政府による JICA 策定 M/P 事業実施の加速に寄与するものである。

(2) 関連計画およびプロジェクト

1) ワッチャン埋立てによる都市開発プロジェクト

- ラオスの私営開発業者モダンホーム(株)が埋立て工事を 2002 年に竣工 (L=840 m)
- 同社は資金難で原案にあったドンチャン島の開発を放棄した。

2) ドンチャン島開発 (現在実施中)

- メコン河の中洲ドンチャン島 (100ha) はマレーシアのランチャン・ティムール(株) (RTSB) により全島が開発・都市化される予定である。
- 島の護岸は RTSB により施工される予定である。
- 埋立てのためのメコン河での砂利採取が河岸に何らかの影響を及ぼす可能性がある。
 - 国際メコン委員会 (MRC) が現在実施中の土砂流送を含む調査「ノンカイ・ビエンチャン間の環境リスクアセスメント」を近い将来利用可能。

3) ビエンチャン都市開発マスタープラン

改訂ビエンチャン都市開発マスタープラン (URI-MCTPC, 2003) (ドラフト版) がメコン河岸沿いの土地利用原則を提案している。この計画は JICA M/P の非構造物対策と密接な関連を有するものである。

4) ビエンチャン都市インフラおよびサービスプロジェクト (VUIISP : VUDAA/ADB, 2001)

原案にあったシブンホワン周辺 (L=1.06 km) における河岸侵食対策プロジェクトはコンポーネントから除外された。

5) 河岸および生態系への影響防止のためのコミッティー

- 2003 年 4 月の首相令によりビエンチャンを含む国家レベルの活動として設立された。
- コミッティーの組織設立と実施スケジュールは現在検討中である。

2.1.6 調査対象地域の河岸植生

(1) 自然河岸上の植生

- 垂直崖を形成している河岸では植物は殆ど育たない。
- 緩勾配で安定した河岸で植物が育っている。

(2) 既設護岸上の植生

- 土砂堆積の状況に応じて植生が変化している。
- 河岸の上・中・下層ではそれぞれ分布している植生の種類が異なる。
- 竣工後1年の箇所では植物の成長が盛んではない。

(3) メコン河の柳

- メコン柳の分布：
 - 竣工後5年ないしそれ以上経過した既設護岸上では、図2.8に示すように柳の群落がたくさん見られる。
 - 自然河岸上には殆ど柳は生えていない。
 - ブッダパーク前の砂州に大規模な群落が存在する。
- メコン柳の特性：
 - 土壌の種類は柳の生長に殆ど影響しない。
 - 湿度が柳の生育に強い影響を及ぼす。
 - 柳の群落が河岸の土壌を捕捉することが可能である。



国立カルチャーパーク



KM4 付近のメコンレストラン

図 2.8 既設護岸上の柳の群落

2.1.7 調査対象地域の基礎的環境現況

(1) 自然環境

- 自然保護区：フォーファナンおよびフォーカオカイ国立生物多様性保全地域（NBCA）
- 動植物：自然植生は NBCA 内とその周辺で良く残されている。メコン河岸には自然植生は存在しない。

(2) 社会環境

- 「ラ」国森林法：
 - 森林は 1) 保護林、2) 保安林、3) 生産林、4) 更正林、5) 荒廃林に分類される。
 - 木材および他の森林産物は 3) 生産林のみから採取可能である。
- 河岸土地利用：1) 畑、2) 畑と木、3) 居住地、4) 緑地のある居住地、5) 商業地

2.1.8 社会経済および財政状況

(1) 社会経済開発計画

- 「ラ」国政府は2020年までに国家の貧困を解消することを強調している。
- 国家社会経済開発計画の経済成長目標：約7%

(2) 財政状況

- 「ラ」国政府の財政は多くをODAに依存している（資本支出の3/4）。
- 「ラ」国政府は徐々に高いODA依存を減らしていくことを明言している。
- MCTPCの河岸浸食対策への支出は、JICAパイロット工事が施工された2002/2003予算年を除いて、道路建設予算の1%以下に留まっている。
- ビエンチャン市の1989年以降現在の既設護岸の累積延長：約4,770m（図2.9、2.10）
 - ドナーの資金援助：3,240m（68%）（JICAパイロット工事1,039mを含む）
 - 「ラ」国自己予算：1,530m（32%）

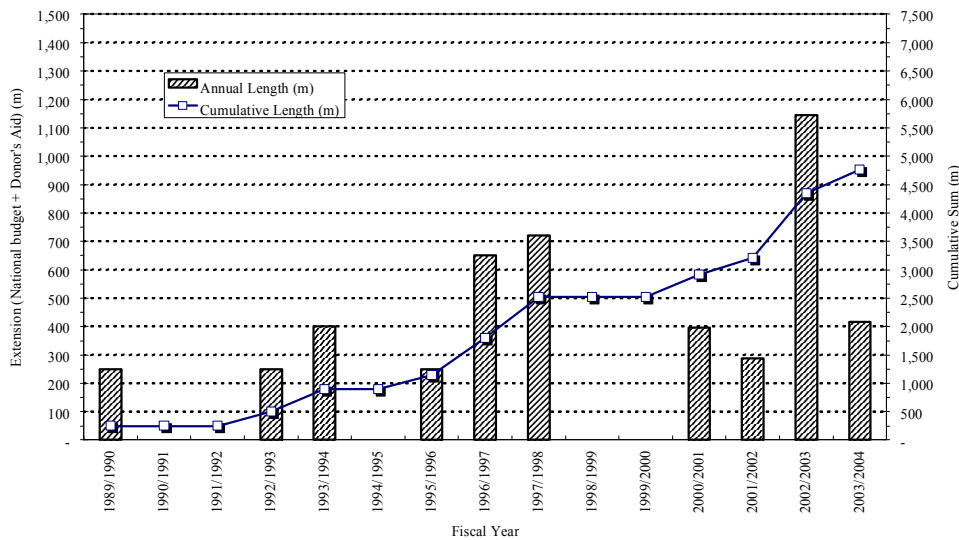


図 2.9 ビエンチャン市の既設護岸延長

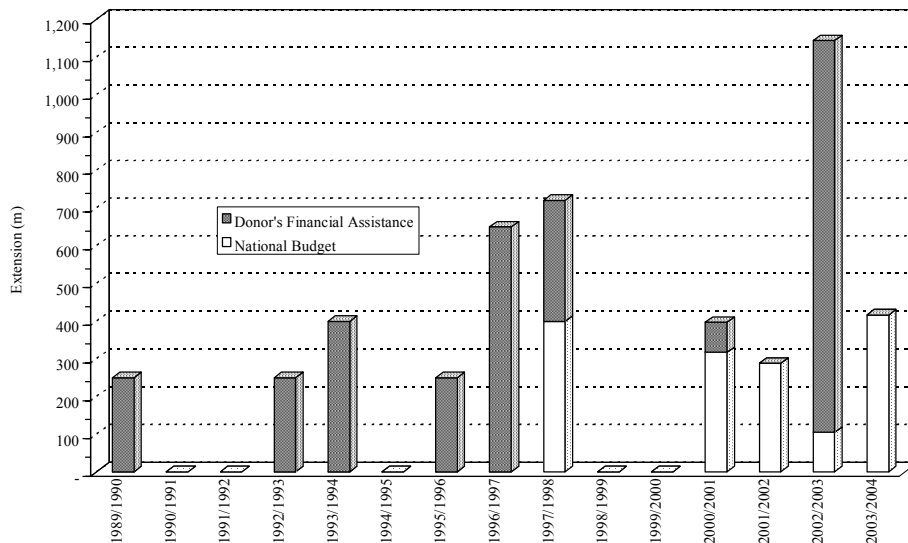


図 2.10 ビエンチャン市周辺の資金源別護岸工事

2.2 パイロット工事施工準備調査

2.2.1 パイロット工事サイト選定

以下の3箇所が河岸浸食対策パイロット工事（パイロット工事）サイトに選定された（図2.11）。

1. バン・ドンフォシ L=643 m
2. ワット・チョムチェン (L=240 m)
3. シブンホワン (L=156 m)



図 2.11 パイロット工事3サイト位置図

2.2.2 パイロット工事サイト状況

パイロット工事サイト 2001 年 12 月時点の状況を図 2.12 に、河岸のタイプを表 2.1 に示す。



バン・ドンフォシ



ワット・チョムチェン



シブンホワン

図 2.12 パイロット工事サイト状況
-2001 年 12 月の状況-

表 2.1 パイロット工事サイトの河岸タイプ

河岸タイプ	特徴	対応パイロット工事サイト (): 他の類似サイト
1	- 河岸勾配：45 度以内 - 2 次堆積物：ゆるい砂質シルト/シルト質砂	ワット・チョムチェン (シタネウア、ワッチヤン、ハットドケオ)
2	- 河岸勾配：65~90 度 - 上部層：暗薄褐色、少々緩い - 下部層：薄赤褐色粘土層、堅い - 小さな穴が観察される	(アイス・ファクトリー)
3	- 河岸勾配：65~90 度 - 上部層：薄赤褐色、堅い粘土 - 下部層：洗掘でノッチが形成される緩い砂混じり礫層	シブンホワン (ワッタニヤイ)
4	- 上部急勾配部：薄灰シルト質粘土、中程度の堅さ - 下部緩勾配部：礫層（ビエンチャン礫層）、かなり強い耐侵食性	バン・ドンフォシ (シットンタイ、タドゥア)

2.2.3 パイロット工事の施設設計

(1) 設計基準

サイト名	設計流速 (m/sec)	5年確率水位 (El. m)	石材のサイズ
1.バン・ドンフォシ	3.4	155.0	a) 捨石：アメリカ陸軍工兵隊の公式に基づく b) 詰石：経験式に基づく
2.ワット・チョムチェン	2.6	158.1	
3.シブンホワン	2.6	158.9	

(2) 工法の選定

サイト名	工 法
1.バン・ドンフォシ	1) 捨石工、2) 粗朶沈床工、3) 栗石柳枝工
2.ワット・チョムチェン	1) (部分的な) 粗朶沈床工、2) 木杭水制工
3.シブンホワン	1) 杭柵工、2) 粗朶沈床工、3) (河岸下部を覆う) 栗石柳枝工

(3) パイロット工事の設計

パイロット工事の設計を実施し、バン・ドンフォシサイトについては2002年8月の歴史的な大洪水後に原設計をレビュー・改訂した。これらは3章の記述に組み込まれている。

2.3 パイロット工事設計のための野外調査

2.3.1 地形測量

河川横断測量図および実測地形図（縮尺 1:500）を以下の数量で作成した。

サイト名	作業項目	
	横断測量	地形図作成
1. バン・ドンフォシ	43 測線	42,000 m ²
2. ワット・チョムチェン	21 測線	24,000 m ²
3. シブンホワン	16 測線	15,000 m ²

2.3.2 流速測定

流速の垂直/平面分布を把握するため以下の数量で流速観測を実施した。

サイト名	Quantity
1. バン・ドンフォシ	9 測線 x 20 点/測線 = 180 測点
2. ワット・チョムチェン	3 測線 x 20 点/測線 = 60 測点
3. シブンホワン	3 測線 x 20 点/測線 = 60 測点

2.3.3 土質調査

- (1) 土質調査：調査項目は以下のとおり
 1. ボーリング（総計 115m）および原位置試験
 2. 種々の室内試験（粘土質および砂質土）
- (2) 岩石試験：有望な採石場候補地において、護岸材料としての基本的特性を把握するため 20 サンプルの試験を実施

2.3.4 初期環境調査支援調査

パイロット工事 3 サイトを含む調査対象地域にかかわる基礎的な環境データ/情報を得るため、社会/自然環境調査を実施した。

3 パイロット工事施工

3.1 概要

3.1.1 工事概要

パイロット工事 3 サイト、バン・ドンフォシ、ワット・チョムチェンおよびシブンホワンサイトは、本調査団の施工で 2003 年 5 月に竣工した。工事の概要は以下のとおりである。

6. 施工スキーム：本調査団による開発調査の現地再委託方式（無償資金協力方式と異なる）
7. 設計・施工管理：本調査団（MCTPC/DCTPC が協力）
8. 施工：(株)大林組（「ラ」国ローカル業者を含む指名競争入札により選定）
9. 施工期間：2003 年 1 月～5 月（5 ヶ月間）
10. 建設費（調査団積算額）：総工費 US\$ 1,259,000
 - i. バン・ドンフォシ US\$ 1,088,000（約 US\$ 1,690/m）
 - ii. ワット・チョムチェン US\$ 49,000（約 US\$ 200/m）
 - iii. シブンホワン US\$ 122,000（約 US\$ 810/m）

3.1.2 バン・ドンフォシ サイトの設計仕様強化

(1) 2002 年 8 月洪水によるパイロット工事サイトでの河岸侵食

パイロット工事施工前、2002 年 8 月の歴史的なメコン河大洪水は、ビエンチャン市周辺の随所で次のとおり著しい河岸侵食を引き起こした。

- 同洪水の規模は史上第 2 位（H max = 170.64 m, MSL）
<既往最大 1966 年洪水（H max = 170.75 m, MSL）>
- バン・ドンフォシ：同洪水の浸食による平均河岸後退幅は約 2.3m（1.2～2.9m）
<通常の後退幅は平均年 0.5m 内外>
- ワット・チョムチェン：河岸はそれほど侵食されなかった。
- シブンホワン：
 - いくつかの地点が幅 3～5m の局所的な侵食を受けた。
 - しかし、河岸は全体としてはそれほどの侵食を受けていない（河岸構成材料がバン・ドンフォシのそれより堅い）。

(2) 設計仕様強化

バン・ドンフォシ サイトでは、2002 年 8 月洪水後に、重要な石油備蓄基地に垂直侵食河岸が著しく迫ったことを勘案し、2002 年 3 月検討の原設計仕様を、更に以下のとおり強化した。

- 河岸後退量に対応した追加埋め戻し（平均埋め戻し幅= 2.3 m）
- 覆石による法覆工の部分的補強（石油備蓄基地前面の延長 100 m）

3.1.3 建設資材調達サイト

パイロット工事の建設資材は図 3.1 に示すサイトで調達した。

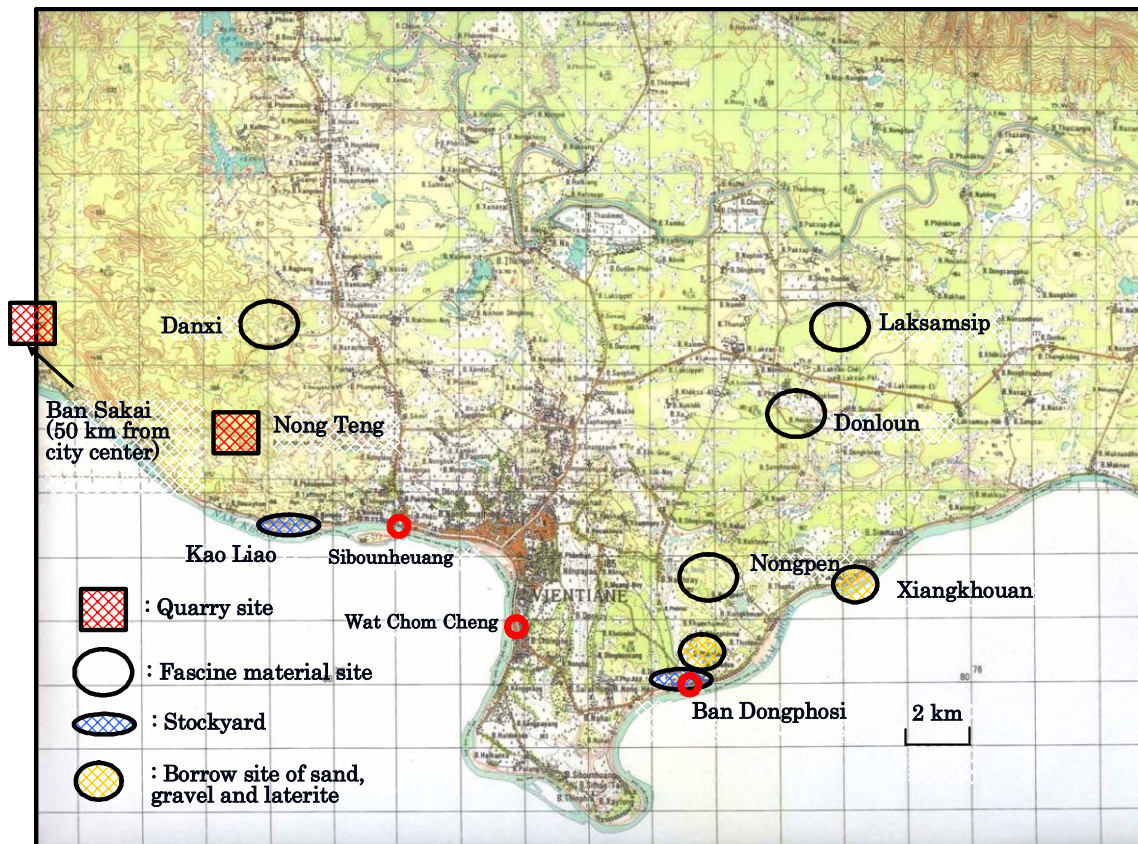


図 3.1 建設資材調達サイト位置図

3.2 バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事施工

3.2.1 概要

同サイトでのパイロット工事は 2003 年 5 月に竣工した。将来、メコン柳が生育し法面を被覆することを期している。施工前後の状況を図 3.2 に示す。工事概要を表 3.1 にとりまとめる。



施工前（2002 年 10 月）



竣工直後（2003 年 5 月）



雨期後（2004 年 1 月）

図 3.2 バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事

表 3.1 バン・ドンフォシ サイトでのパイロット工事概要

1. 施工総延長：643 m
2. 河岸タイプ： a) 上部急勾配部分：薄灰色シルト質粘土、中程度の堅さ b) 下部緩勾配部分：礫層（ビエンチャン礫層）、耐侵食性が極めて高い
3. 設計基準： a) 設計流速：3.4 m/sec b) 5年確率低水位：155.0 m, MSL
4. 工法： a) 基礎工（空石積み工） b) 根固工（粗朶沈床工） c) 法覆工（土工、栗石柳枝工）
5. 要点： a) 重要な資産を守るために大規模な埋め戻し（特にラオス国営石油公社の石油備蓄基地周辺）を導入した。 b) 石油公社辺縁部の法覆工については、洗掘により河岸が更に後退するのを防ぐために垂直崖底部を保護し、植生に被覆された安定した河岸を自然に形成するように設計した。 c) 2002年8月洪水を受けて次の施設設計強化を新たに導入した。 <ul style="list-style-type: none"> • 河岸後退量に対応した追加埋め戻し（平均埋め戻し幅=2.3 m） • 覆石による法覆工の部分的補強（石油備蓄基地前面の延長100 m） d) 竣工後、メコン柳が生育し法覆工を被覆することを期している。
6. 工事項目： a) 準備工 <ul style="list-style-type: none"> • 仮設工/施設 • 建設資材の調達と運搬 b) 基礎捨石工 <ul style="list-style-type: none"> • 石積堤（割石、径250mm-600mm）：12,300m³ • 石積堤（礫、径50mm以下）：1,800m³ c) 根固工（粗朶沈床工） <ul style="list-style-type: none"> • 沈床組立（66枚：10m*6m*0.9m） • 沈床沈設（割石、径250mm-600mm）：5,200m³ d) 土工（川砂による埋め戻しと盛土）：45,000m ³ e) 法覆工 <ul style="list-style-type: none"> • 栗石柳枝工（A=13,700 m²） <ul style="list-style-type: none"> 1. 割石（V=4,200m³） 2. 敷粗朶、帯梢、小杭、柳枝 • 覆石による部分補強（L=100 m, V=1,400 m³） f) 仕上工 g) 調査団による竣工検査
7. 建設期間：2003年1月～5月

3.2.2 設計図

バン・ドンフォシ サイトの設計図を図 3.3 に示す。

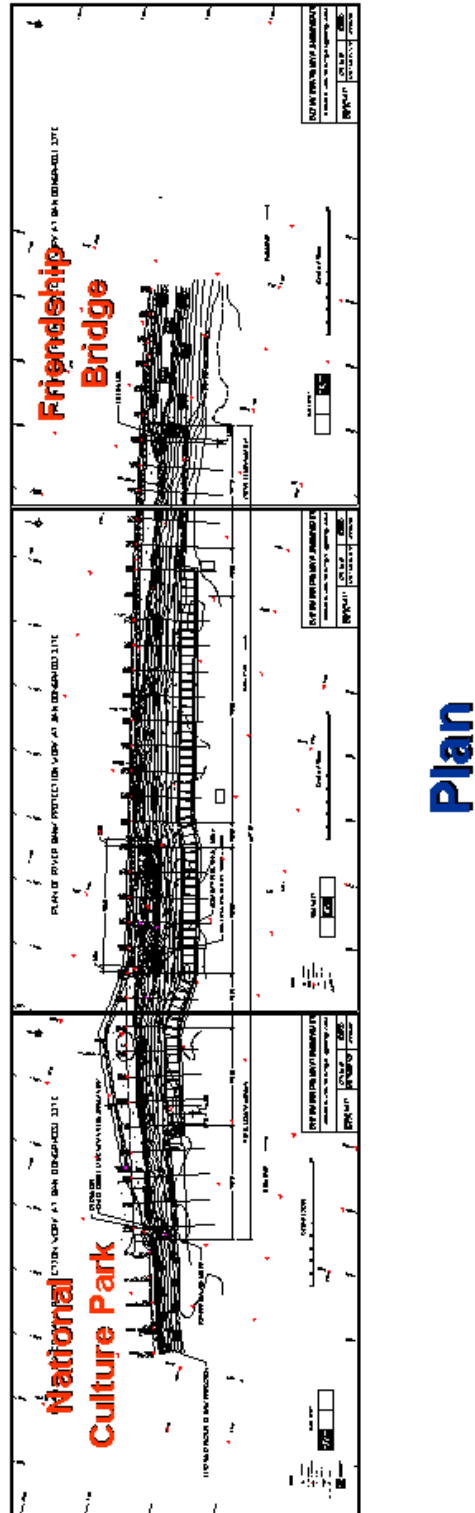


図 3.3 (1/3)
バン・ドンフォシサイト設計図

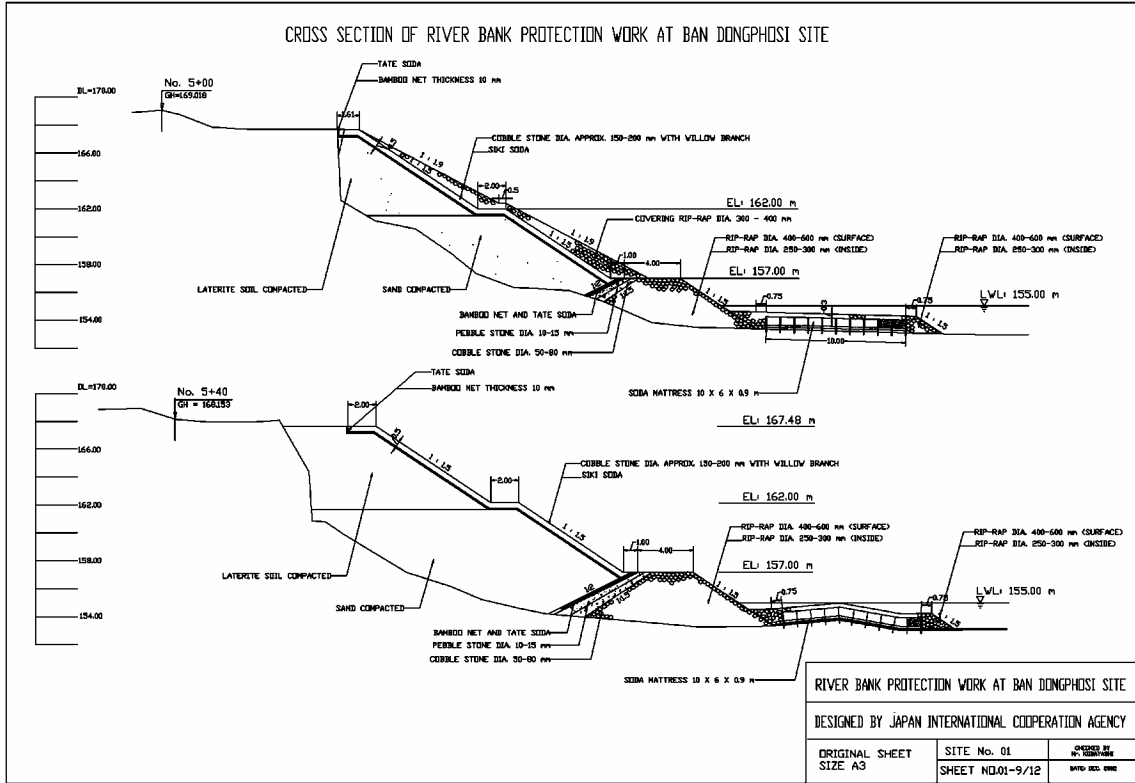


図 3.3 (2/3) バン・ドンフォシ サイト設計図

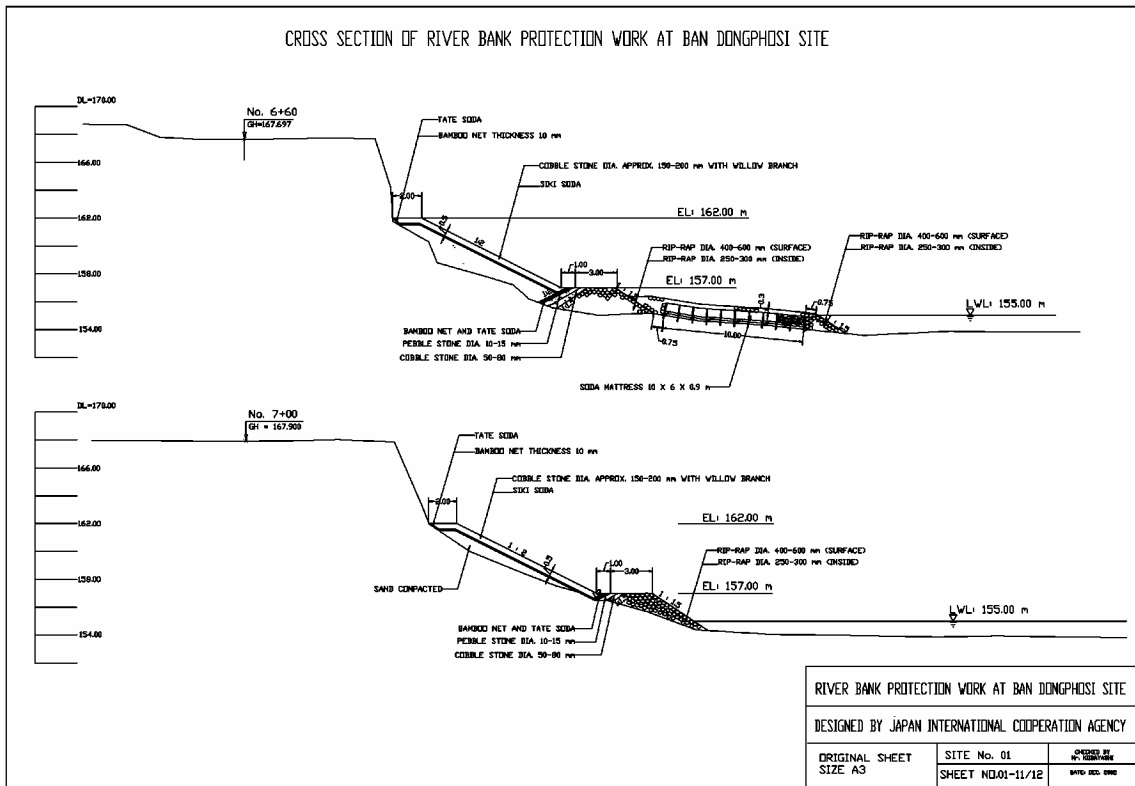


図 3.3 (3/3) バン・ドンフォシ サイト設計図

3.3 ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事施工

3.3.1 概要

ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事は、2002年3月検討の原設計に基づき2003年5月に竣工した。施工前後の状況を図3.4に示す。工事概要を表3.2にとりまとめる。



施工前 (2002年2月)



竣工直後 (2003年5月)



雨期後 (2003年12月)

図 3.4 ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事

表 3.2 ワット・チョムチェン サイトでのパイロット工事概要

1. 施工総延長：240m
2. 河岸タイプ： a) 法勾配：45 度以下 b) 2 次堆積物：ゆるい砂質シルト/シルト質砂
3. 設計基準： a) 設計流速：2.6 m/sec b) 5 年確率低水位：158.1 m, MSL
4. 工法： a) 根固工（木杭水制、粗朶沈床） b) 法面保護工（木杭水制）
5. 要点： a) 水制数：6 基（3 基は横木、粗朶沈床と捨石で補強） b) 水制間隔：40m（上流側）、60m（下流側） c) 水制長：20m d) 3 列の木杭を 1m 間隔で千鳥格子に配置
6. 工事項目： a) 準備工 • 仮設工/施設 • 建設資材の調達と運搬 b) 水制工 • 杭打ち（木杭 378 本（L=6m）） • 粗朶沈床組立（9 枚：10m*5m*0.9m） • 粗朶沈床沈設 c) 仕上工 d) 調査団による竣工検査
7. 建設期間：2003 年 1 月～5 月

3.3.2 設計図

ワット・チョムチェン サイトの設計図を図 3.5 に示す。

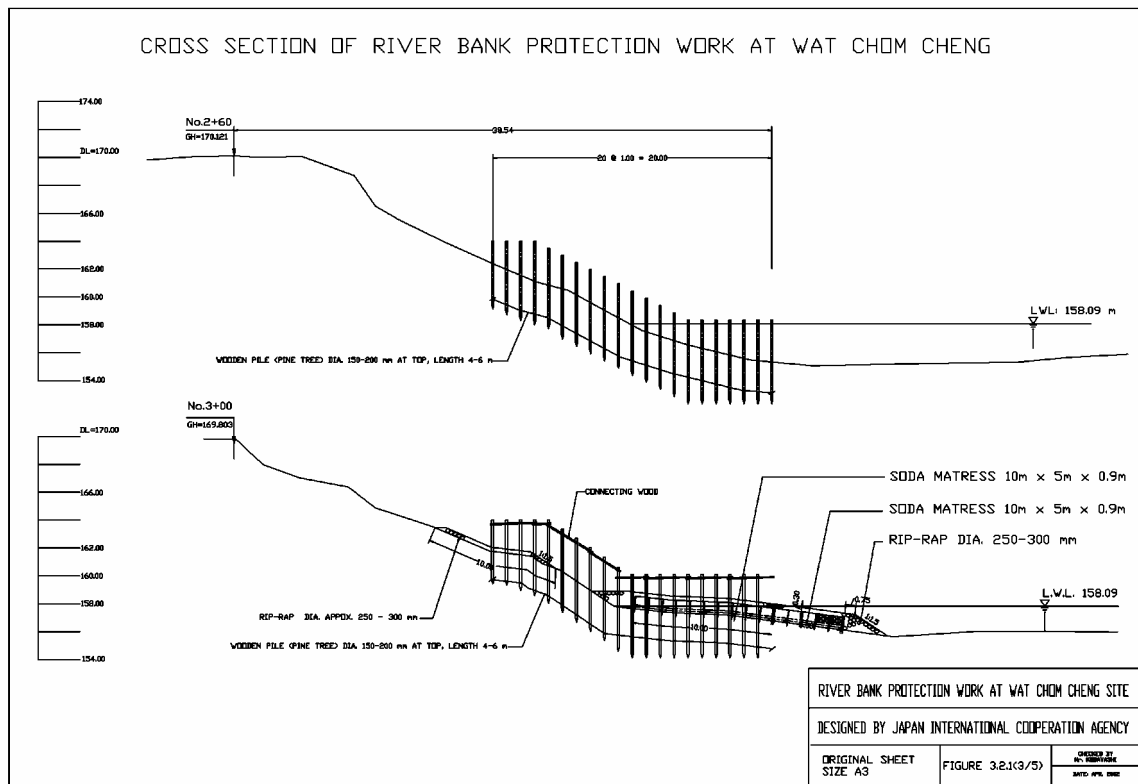
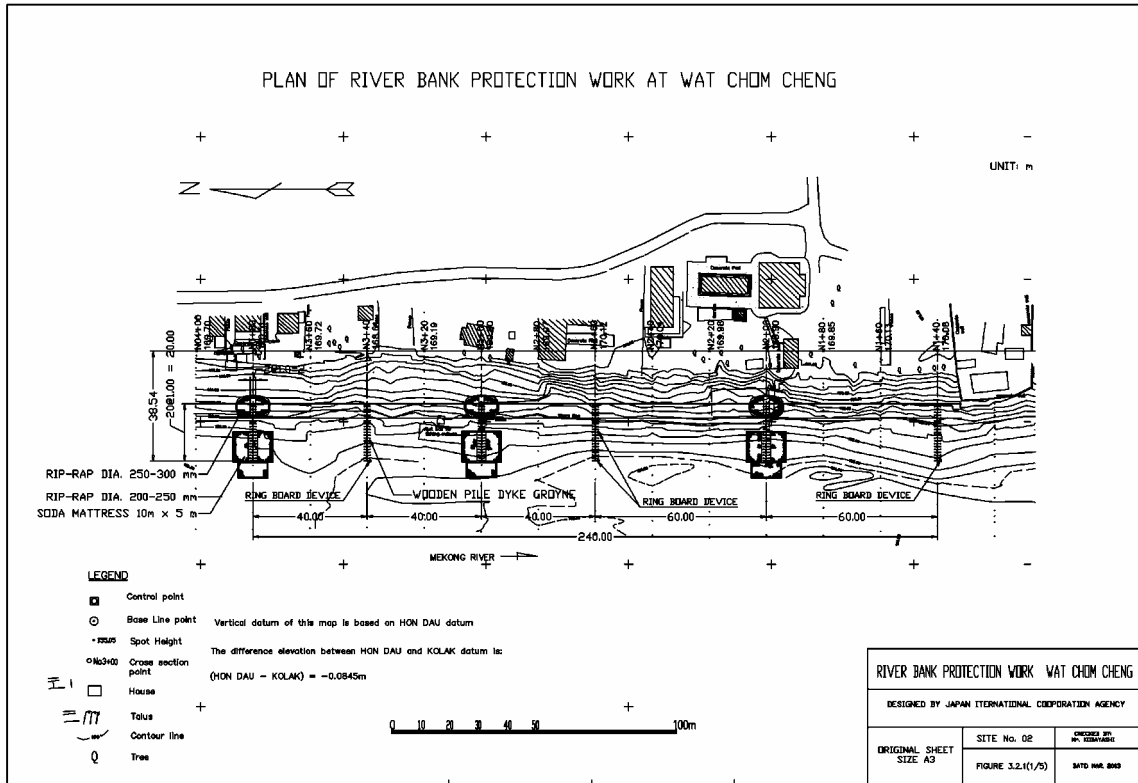


図 3.5 ワット・チョムチェン サイト設計図

3.4 シブンホワン サイトでのパイロット工事施工

3.4.1 概要

シブンホワン サイトでのパイロット工事は、2002年3月検討の原設計に基づき2003年4月に竣工した。施工前後の状況を図3.6に示す。工事概要を表3.3にとりまとめる。



施工前 (2001年12月)



竣工直後 (2003年5月)



雨期後 (2003年12月)

図 3.6 シブンホワン サイトでのパイロット工事

表 3.3 シブンホワン サイトでのパイロット工事概要

1. 施工総延長：156 m
2. 河岸タイプ： a) 河岸勾配：65～90 度 b) 上部層：薄赤褐色の堅い粘土 c) 下部層：洗掘でノッチが形成される緩い砂混じり礫層
3. 設計基準： a) 設計流速：2.6 m/sec b) 5 年確率低水位：158.9 m, MSL
4. 工法： a) 基礎工（杭柵工） b) 根固工（粗朶沈床工） c) 法覆工（土工、栗石柳枝工）
5. 要点： a) 設計方針は IDI 試験施工と同じく河岸法面底部を根固工で保護するものである。 b) 法覆工は洗掘を防ぐためノッチ形成の可能性がある部位を覆うよう設計した。
6. 工事項目： a) 準備工 <ul style="list-style-type: none"> ● 仮設工/施設 ● 建設資材の調達と運搬 b) 基礎工（杭柵工） <ul style="list-style-type: none"> ● 主木杭 77 本打設（L=3m、2m 間隔） ● 補助木杭 760 本打設（L=1.5m、0.2m 間隔） c) 土工（盛土）：川砂 270m ³ 、ラテライト 660m ³ d) 根固工（粗朶沈床：23 枚、10m*6m*0.9m） <ul style="list-style-type: none"> ● 沈床組立 ● 沈床沈設 ● 沈石・捨石（V=1,800m³） e) 河岸下部法覆工（栗石柳枝工） <ul style="list-style-type: none"> ● 割石（V=200m³） ● 敷粗朶、帯梢、小杭、柳枝（A=1,100m²） f) 仕上工 g) 調査団による竣工検査
7. 建設期間：2003 年 1 月～4 月

3.4.2 設計図

シブンホワン サイトの設計図を図 3.7 に示す。

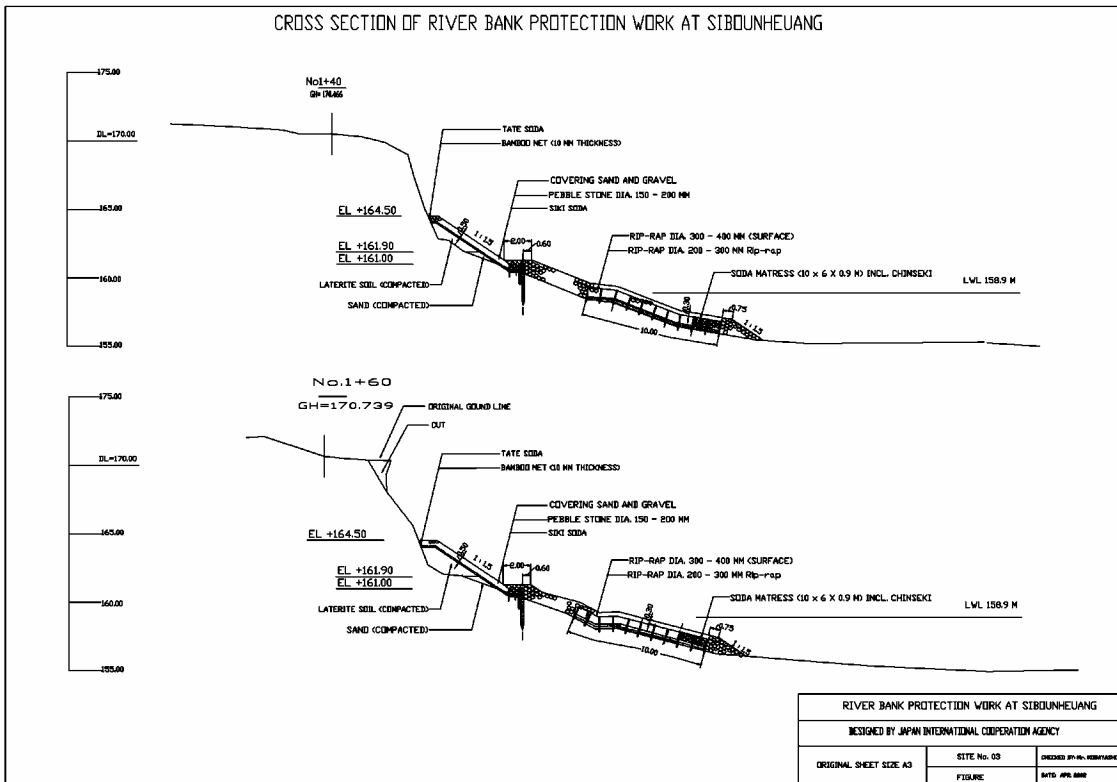
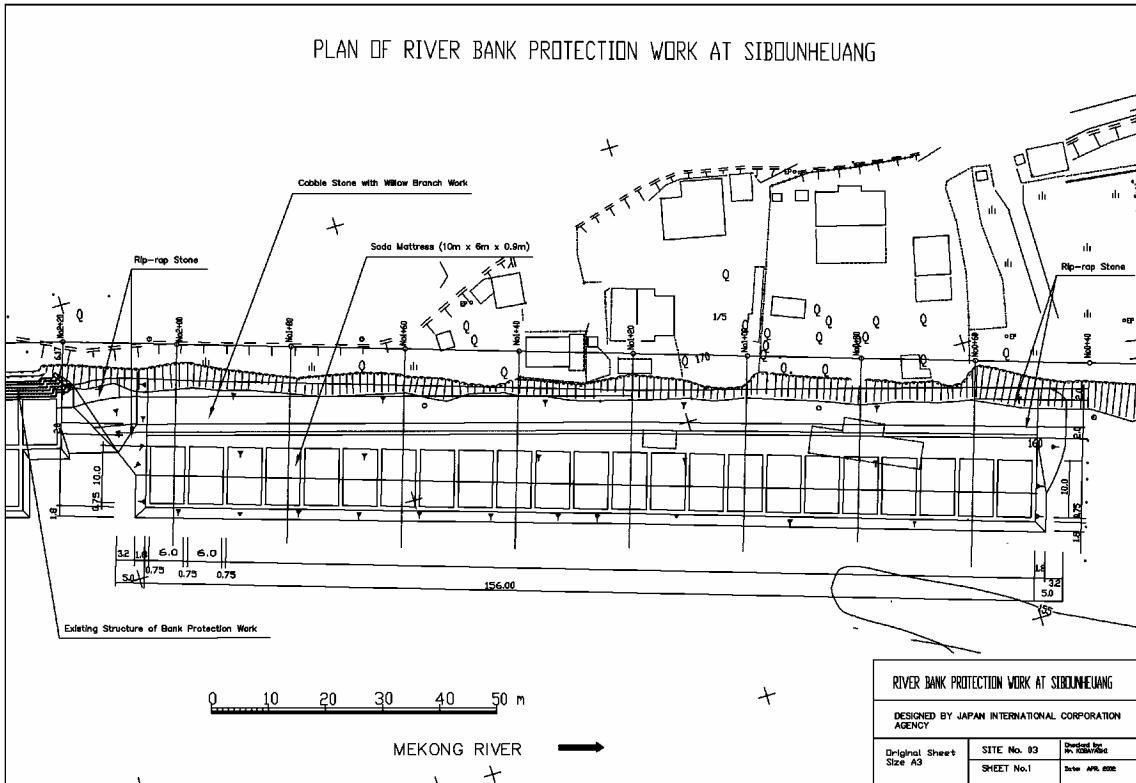


図 3.7 シブンホワン サイト設計図

3.5 予備的環境影響評価 (Pre-EIA)

本パイロット工事は公式には EIA を必要としないが、工事の予備的 EIA を 2003 年 1 月から 2 月にかけて実施した。その結果、パイロット工事は良好な河川環境を創造するので、以下のよ
うに負の環境インパクトは存在しないことが明らかとなった。

1. 建設期間中：評定 B（多少のインパクトが見込まれる）あるいは C（不明）もあるが、
殆どの項目で評定 D（殆どインパクトは考えられない）
2. 維持管理期間中：すべての環境項目で評定 D（殆どインパクトは考えられない）であ
る

4 簡易植生護岸試験施工

4.1 概要

連続した垂直崖を形成しているものの河岸用地の重要性が低い河岸に対して、高額な護岸工は非現実的な対策である。乾期にある程度の土砂堆積が認められるそのような河岸に対しては簡易植生護岸が有効な対策かもしれない。施工が効果を発揮するまで数年を要するとは言え、植生工施工費は著しく安価である。

4.2 試験施工の実施

試験施工の概要は以下に示すとおりであり、関連サイトを図 4.1 に示す。

- 施工箇所：1) ノンヘオ (60 x 8 m) および 2) チョムチェン (24 x 6 m)
- 施工期間：2003 年 1 月～5 月
- 植栽柳の種類：1) カイヌンおよび 2) コッカイ
- 建設資材調達サイト：
 - メコン柳：カルチャーパークおよび日本国大使公邸付近
 - 粗朶材：ダンシおよびノンペン
- 植栽法：1) 粗朶束工、2) 粗朶柵工、3) 挿し木および 4) 苗木

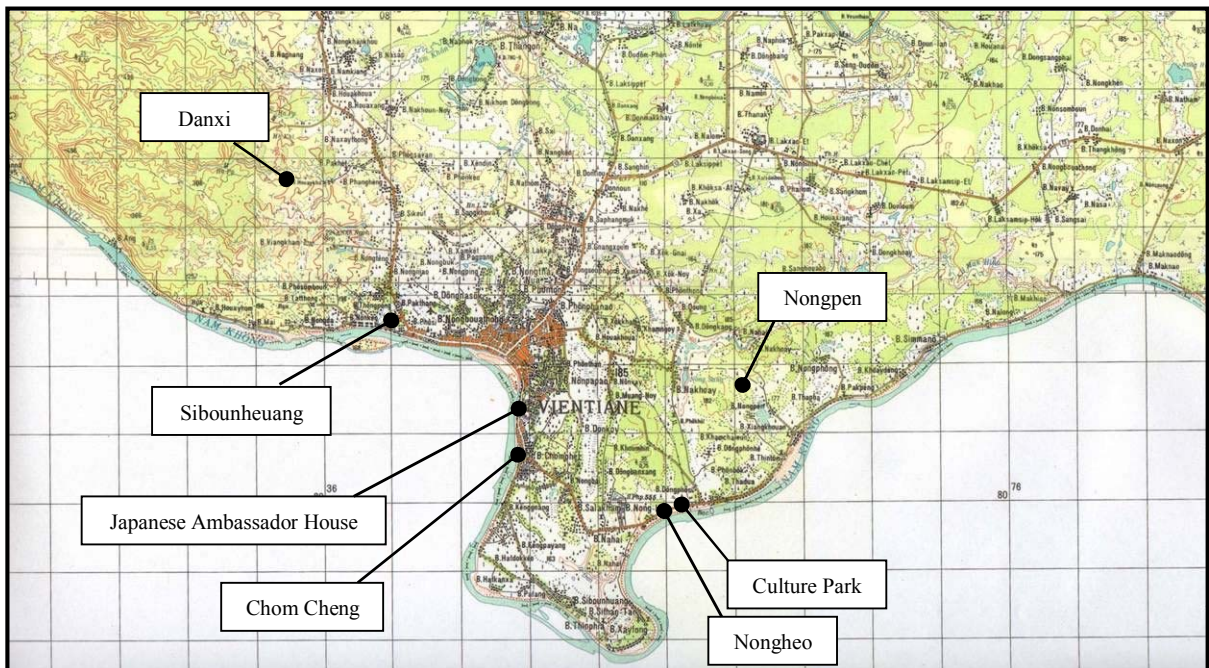


図 4.1 簡易植生工試験施工および関連サイト位置図

4.2 試験施工のモニタリング

試験施工の結果は、更なるモニタリングを要するものの次のとおりである。

- 試験施工は、生存率、生育率、根の生育率から判断して効果的と思われる（図 4.2）。
 - 1) 粗朶束工、2) 粗朶柵工および 3) 苗木は柳の生長に有効である。
 - 1) 挿し木は、植栽後 1 ヶ月継続的に水やりが可能ならば有効である。
- 成功を確実にするには、柳の生育を促進させて群落の形成を図る必要がある。

次の事項は柳の植栽に重要である。

- 挿し木と粗朶柵工では柳を深く植えること
- 粗朶束工は十分な土をかぶせ植栽後に水やりをたっぷり行うこと
- 乾期に水位の低下にしたがって、水際線に植えていくこと



ノンヘオ サイト上流側



ノンヘオ サイト下流側



チョムチェン サイト

図 4.2 生存した植栽柳の状況
-2003年12月の洪水期後-

5 パイロット工事のモニタリング

5.1 パイロット工事

5.1.1 モニタリング測量

(1) 河川横断測量

- 実施時期（3回）：2002年2月、2003年6月、2004年1月（なお、パイロット工事竣工は2003年5月）
- 数量は以下のとおりである。

サイト名	単位	数量	備考
1) バン・ドンフォシ	測線	43	間隔=20m、測線長=50m
2) ワット・チョムチェン		21	
3) シブンホワン		16	

(2) 流速測定

- 実施時期（6回）：2002年5月および10月、2003年6月および9月、2004年1月および8月（なお、パイロット工事竣工は2003年5月）
- 測定数量は以下のとおりである。

サイト名	数量
a) バン・ドンフォシ	9 測線 x 20 測点/測線 = 180 測点
b) ワット・チョムチェン	3 測線 x 20 測点/測線 = 60 測点
c) シブンホワン	3 測線 x 20 測点/測線 = 60 測点

5.1.2 地形状況

パイロット工事は、目視観測を含む地形モニタリング結果からみて、各サイトの河岸状況に効果的であることが明らかとなった。

- (1) バン・ドンフォシ サイト
 - 施工護岸上に大量の土砂堆積が認められる。
 - 施工護岸の変位は大局的には以下を除き殆どみられない。
 - ◇ 法先のスポット的な2箇所洗掘
 - ◇ 粗朶沈床と空石積基礎工の間の局所的な隙間
 - 根固工については、今後の継続的なモニタリングで基礎工の破損が見つかった場合、捨石の補充が効果的であると思われる。
- (2) ワット・チョムチェン サイト
 - 大量の土砂堆積が水制間、特に水制直下流に認められる。木杭水制に大きな変位は見られない。
 - 1基について地すべりによると思われる木杭の傾きが見られる。
 - 最大局所洗掘深：約0.6m（2003年）
 - 適切な水制間隔は水制長の3倍と思われる。
- (3) シブンホワン サイト
 - 施工護岸上に大量の土砂堆積が見られる。大局的に施工護岸に変位は殆どみられない。
 - 上部自然河岸は、いくらか植生が着き始めているので割合安定してきたと思われる。

5.1.3 水理状況

竣工後の流速・流向の変化をまとめると次のとおりである。

- 流速は比較的小さくなっている。特にワット・チョムチェン サイトの水制の効果が顕著。
- 流向は地形が施工で直線状となったことにより割合一様になっている。
- 主流線は、流速集中度解析から判断して河岸から離れてきている

5.1.4 パイロット工事サイトの植生状況

- バン・ドンフォシ サイトの法覆工上でのメコン柳の植栽実施
 - 植栽法：1) ポット苗、2) 挿し木、3) 種まき（図 5.1）
 - 柳の種類：1) カイヌン、2) コッカイ
- 実施期間：2003 年 6 月 - 2004 年 12 月
- 結果：生存率：苗木（32.8%）、挿し木（2.4%）、種まき（0%）

5.2 関連サイトの植生状況

- (1) 河岸植生調査
 - 場所：既設護岸工 3 ヲ所および自然河岸 1 ヲ所
 - 期間：2003 年 2～3 月、2003 年 12 月、2004 年 5 月
 - 結果：既設護岸と自然河岸の上・中層には多年生群落と牧草状群落など同様の植生が存在する。下層には牧草状群落とメコン柳群落が見られる。
- (2) パイロット工事粗朶材採取サイト
 - 植生は各サイトとも 1 年以内に完全に採取前の状態に復元している。

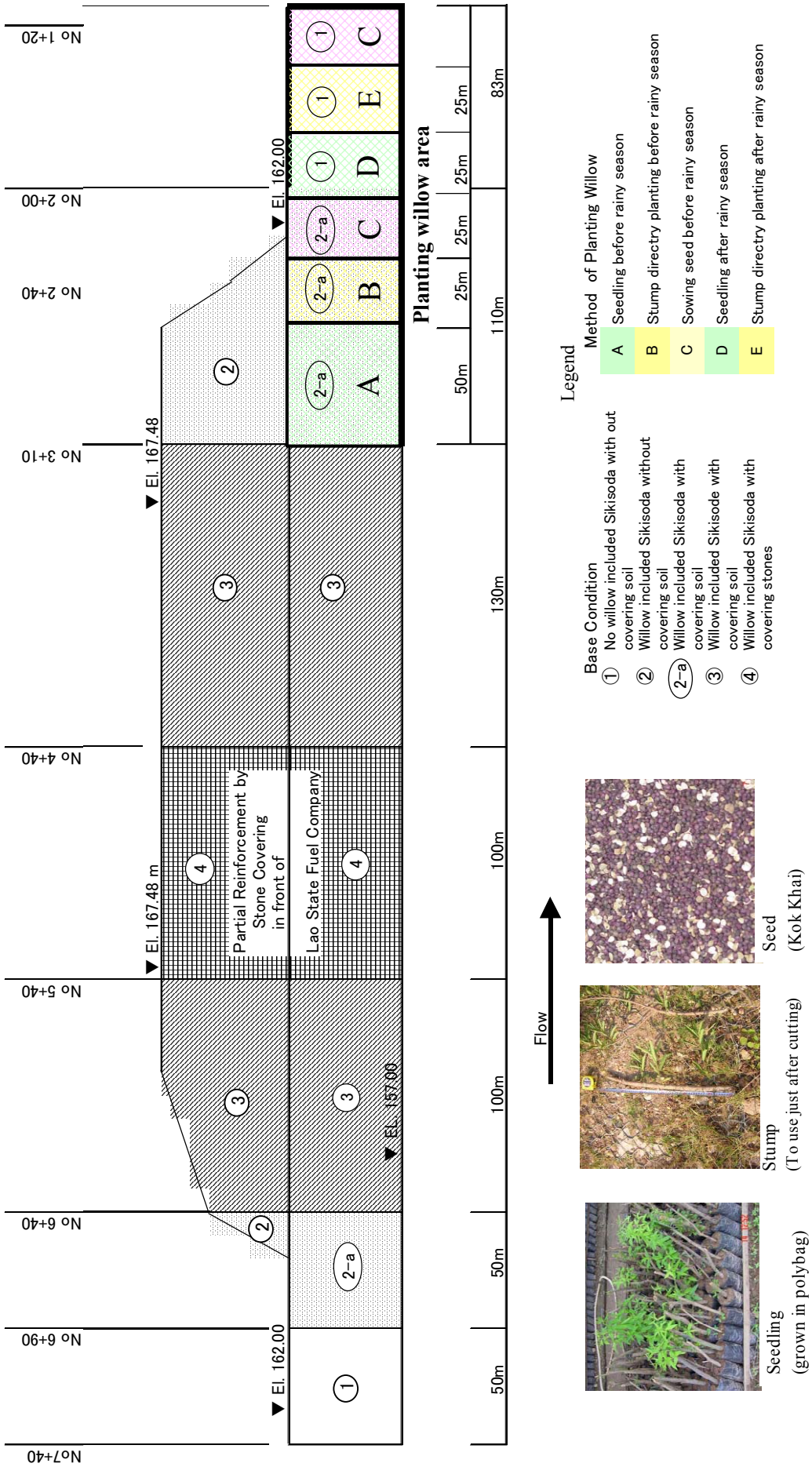


図 5.1 バン・ドンフオシ サイト法面メコン柳植栽パターン

6 河岸侵食対策マスタープラン

6.1 マスタープランの基本フレームと方針

6.1.1 概要

本マスタープラン（以下、M/P）はメコン河ビエンチャン市周辺河岸の侵食対策活動のための方針とガイドラインである。

1. 「ラ」国政府が原則として 2005 年以降自己予算を用い自ら実施する。
2. 原則的に日本の河川伝統工法を導入する。

6.1.2 基本フレームと方針

M/P の基本フレームと方針を以下に示す。

- 計画目標年：2020 年（国家貧困削減プログラム(NPEP) (GOL, 2003)に対応）
- 対象地域：ビエンチャン市周辺メコン河岸（延長約 60km（タドゥアーバン・アン））
- 計画手法：
 - 優先区間の選定：侵食垂直崖より選定
 - 実施計画：上記優先区間から選定する防護対象区間について、2020 年までの予備的な
 - 1) 施設設計、2) 積算および 3) 実施計画を行う。
 - 防護対象区間延長は以下の要素で決定される。
 - ◇ 持続可能な組織・制度の確立
 - ◇ 各対象区間に適用される工法・コスト
（サイト各の要求安全レベルに応じた低コスト工法の導入）
 - ◇ 持続可能かつ達成可能な予算配分
 - ◇ 最小限の住民移転（JICA パイロット工事では住民移転ゼロであった）
 - ◇ 住民参加
- 持続的な建設資材調達
 - 粗朶材：適切な森林保全を行いつつ持続的な供給が可能である（2003 年のパイロット工事の経験を通じて明らかにした）
 - 原石山：
 - ◇ 近年、以下の 3 原石山が護岸工に利用されている。
 - バン・サカイ常設サイト（稼働中の唯一の採石場、ビエンチャンから 50 km、石灰岩）
 - ノンテン仮設サイト（JICA パイロット工事で一時的に利用、砂岩）
 - タットン仮設サイト（「ラ」国政府が近年の護岸工で一時的に利用、砂岩）
 - ◇ 河岸侵食対策専用新規原石山の開発：事業規模が小さいこと、砂岩の限定的な利用法から判断してフィージブルでない。
 - ◇ 原石山の選択は原則として今後ともローカル施工業者の裁量である。
- 関連プロジェクトとの調整（2.1.5 節参照）
 - 実施中および計画の河岸侵食対策計画/プロジェクトは原則として：
 - ◇ M/P にそのまま取り入れる
 - ◇ M/P の一部をなし高い優先度を有する

6.2 河岸侵食のメカニズム

6.2.1 地形学的背景

メコン河道を形成する材料は、主に次の2つの異なる起源に由来している。

- ビエンチャン礫層：
 - 氷期にヒマラヤ山脈からメコン河が運んだ扇状地堆積物
 - この礫は現在の洪水流では運搬不能である
- シルト質砂：
 - 近年の厚さ6~15mのメコン河の沖積堆積物
 - このシルト質砂は現在の河川流が浮遊砂として運搬

洪水期間中の河床：基本的に礫で構成され、礫層までの深さが水深の規定要因である

6.2.2 河川平面形の変遷と河岸侵食

- 河川平面形の変遷（過去30年間：1961/62-1991/1992）
 - メコン河の5つの中州（島）は殆ど同じ場所に位置している
 - タム島は3~4倍に拡張し、バンホムの著しい河岸侵食を引き起こしている。
 - 上流部の中州の大きさは殆ど変化していない。
- 近年の河岸侵食
 - 調査対象地域では2002年8月に史上2位の大洪水が生じた。
 - 活発な侵食を受けている河岸は次の崖状河岸区間、すなわち 1) ナハイーシタンタイ、2) タケックワット・チョムトン、3) ハットドケオーボーオー、4) ワット・ムアンワーメコンブリーズホテルである。
 - タケックワット・チョムトン間の侵食が最も活発であり、河岸は2003年に約25m、2001年以降計35m侵食された。
 - このような侵食は多くの場合、洪水期間後の水位低下期に発生している。
- 侵食進行予測
 - 使用可能なデータが限られ予測は困難であるが、以下の事項は明らかである。
 - ◇ 河岸侵食を受ける箇所は、過去の河川平面形の変遷が小さいことから判断して、今後とも大きく変化しないものと推測される。
 - ◇ 近年の活発な侵食は崖状河岸で発生する。

6.2.3 河岸のタイプと侵食対策

調査対象地域の河岸は侵食対策の目的で下表に示すように4タイプに分類できる：

河岸タイプの分類

タイプ	延長(Km)	侵食対策の観点からの特徴
1) 崖状河岸	19.18 (32%)	殆ど植生がない垂直斜面で侵食が卓越し最もクリティカルな侵食状況
2) 緩勾配河岸	20.71 (35%)	侵食と堆積がバランスし、全体として植生が多く好ましい状態
3) 砂州と中州を伴う河岸	16.89 (29%)	これらの区間では特に護岸を必要としない
4) 露岩河岸	2.46 (4%)	
計	59.24	

注) 対象区間：L=59.24 km（タドゥアワット・タンパ）

バン・アンからワット・タンパまでの5 km：侵食対策上重要でない

- 侵食対策

- メコン河の護岸は概ね次のコンポーネントで構成される：
 - 1) 根固工、2) 基礎工、3) 法覆工
- さまざまな工種が侵食対策に適用できる。
- 侵食対策のための工種は、河岸タイプと必要安全度および建設資材と資金の利用可能性を考慮して決定する必要がある。
- 河岸タイプと推奨コンポーネントの組合せを下表に参考としてとりまとめる。

河岸タイプと侵食対策

項目	タイプC1河岸	タイプC2河岸	タイプC3河岸
物理的状況	崖状河岸		
河岸形状	崖状河岸		
河岸構成材料	シルト質砂(水面上に砂礫層は見られない)	緩い砂礫層上のシルト質砂	固結した砂礫層上のシルト質砂
河川流水	メコン河主流線に面している/接している		
河岸侵食メカニズム	・法先の洗掘 ・河川流による法面の侵食	・法先の緩い砂礫層の洗掘 ・河川流による法面の侵食	・河川流による法面の侵食
調査対象地域での典型的河岸	・アイス・ファクトリー上流部 ・バンホム	・ハットドケオーボーオー ・ムアンワーシブンホワン	・バン・ドンフォシーシッタantai (C2河岸を所々に含む)
対策	・河岸法先の洗掘防護 ・河岸法面の侵食防護 ・河岸付近の流速低減		・河岸法面の侵食防護 ・河岸付近の流速低減
推奨護岸工	栗石柳枝工(河岸全体被覆)+ 捨石/杭柵工による基礎工 + 粗朶沈床工		
高い安全度が必要な重要防護サイト	栗石柳枝工(河岸下半部被覆) + 捨石/杭柵工による基礎工 + 粗朶沈床工		
その他の防護サイト	1) 栗石柳枝工(河岸下半部被覆) + 捨石/杭柵工による基礎工 + 粗朶沈床工 2) 捨石水制工		捨石水制工

6.3 防護対象河岸の選定

6.3.1 防護対象優先区間の選定

M/P で 2020 年までに施工すべき優先区間（延長 8.77 km）を下表に示す一連のスクリーニングによりノミネートした。

単位：km

No	サイト名	1次スクリーニング ⁶ (一般河岸状況)			2次スクリーニング ⁶ (耐侵食性)	3次スクリーニング ⁶ (社会的重要度)
		崖状河岸	既設護岸			
1)	バン・ドンフォシーシッタantai	7.51	1.50	6.01	3.32	3.32
2)	バンホム	2.61	0.16	2.45	2.45	2.45
3)	ハットドケオーボーオー上流	5.12	0.63	4.49	1.51	0.97
4)	ムアンワーカオリャオ港	3.94	0.86	3.08	2.03	2.03
	総延長	19.18	3.15	16.03	9.31	8.77

6.3.2 施工のための優先区間の分類

ノミネート優先区間（延長 8.77 km）を、2020 年までの施工のため、更に以下の2つの優先度順事業グループに分類した。詳細は下表に示す。

- 緊急事業（延長 2.70 km）：侵食の深刻さと現状で被災が起こりうることを勘案してただちに施工する区間
- 二次優先事業（延長 6.07 km）：緊急事業完了後に施工する区間

サイト名	距離標	M/P ノミネート優先区間	延長 (m)	優先度	
				緊急	2次優先
シッタータイ	From 1553+0.85km To 1555+1.28km	シッタータイ (1) シッタータイ (2)	1,280	√	
			2,040		√
バンホム	From 1563+1.15km To 1565+1.14km	バンホム (1) バンホム (2) バンホム (3) バンホム (4)	760	√	
			50	√	
			760		√
			880		√
ハットドケオ	From 1571+0.97km To 1571+1.74km	ハットドケオ	770		√
ポーオー	From 1575+0.10km To 1575+0.21km	ポーオー	200	√	
シブンホワン - ムアンワ	From 1587+1.80km To 1589+0.28km	シブンホワン - ムアンワ	410	√	
シブンホワン上流部	From 1589+0.56km To 1591+0.00km 既設護岸を除く	シブンホワン上流部 (1) シブンホワン上流部 (2) シブンホワン上流部 (3) シブンホワン上流部 (4) シブンホワン上流部 (5)	810		√
			190		√
			350		√
			40		√
			230		√
計			8,770	2,700	6,070

6.4 河岸侵食対策工概略設計

上記の緊急事業を含む 4 サイト、1) シッタータイ、2) バンホム、3) シブンホワン-ムアンワ、4) ポーオーのうちポーオーを除く 3 サイトについて河岸侵食対策工を概略設計した。

ポーオーサイトの設計：4 サイトのうち、ポーオーについては、MCTPC（ベルギー政府支援）の「ラオーフランダース河川工事プロジェクト」で従来の蛇籠により設計される予定であり、その設計を M/P にそのまま取り込むものとする。

6.4.1 対象サイト状況

対象3サイトの状況は以下のとおりである。

項目	サイト名		
	1) シッタータイ	2) バンホム	3) シブンホワナムアンワ
総延長	3,320m	2,450m	410m
河岸状況	礫・シルト混じり層上に比較的新しい年代のシルト層が載る上部垂直崖および下部緩勾配法面。両層とも侵食されやすい。	礫・シルト混じり層上に比較的新しい年代のシルト層が載る垂直の高い崖。両層とも侵食されやすい。	礫・シルト混じり層上に比較的古い年代のシルト層が載る垂直崖。下層は侵食されやすい。
侵食タイプ	洪水期間中に洗掘されやすい礫・シルト層からなる下部層の後退に伴う崖の崩落		洪水期間中に礫・シルト層からなる下部層法先のノッチ形成に起因する上部のブロック状崩壊による崖の崩壊
防護方針	下部の礫・シルト混じり層の侵食を減少させる。	下部の礫・シルト混じり層のみならず上部シルト層を防護する。	下部の礫・シルト混じり層を防護する。

6.4.2 概略設計

対象3サイトの概略設計の概要を下表に、平面図と代表断面を図6.1に示す。

サイト名	工種
1) シッタータイ	捨石水制 (延長 50m、間隔 150m、高さ 4.5m～2.0 m)
2) バンホム	<タイプA> (河岸土地利用度低い) 1) 法覆工 (栗石柳枝工：工費縮減のため崖状河岸の下半部を被覆) 2) 基礎工 (捨石 (空石積) 工) 3) 根固工 (粗朶沈床工：工費縮減のため一つおきに設置)
	<タイプB> (ワット・トンサット寺前) 1) 法覆工 (栗石柳枝工) 2) 基礎工 (捨石 (空石積) 工) 3) 根固工 (粗朶沈床工)
3) シブンホワナムアンワ	1) 法覆工 (栗石柳枝工) 2) 基礎工 (杭柵工) 3) 根固工 (粗朶沈床工)

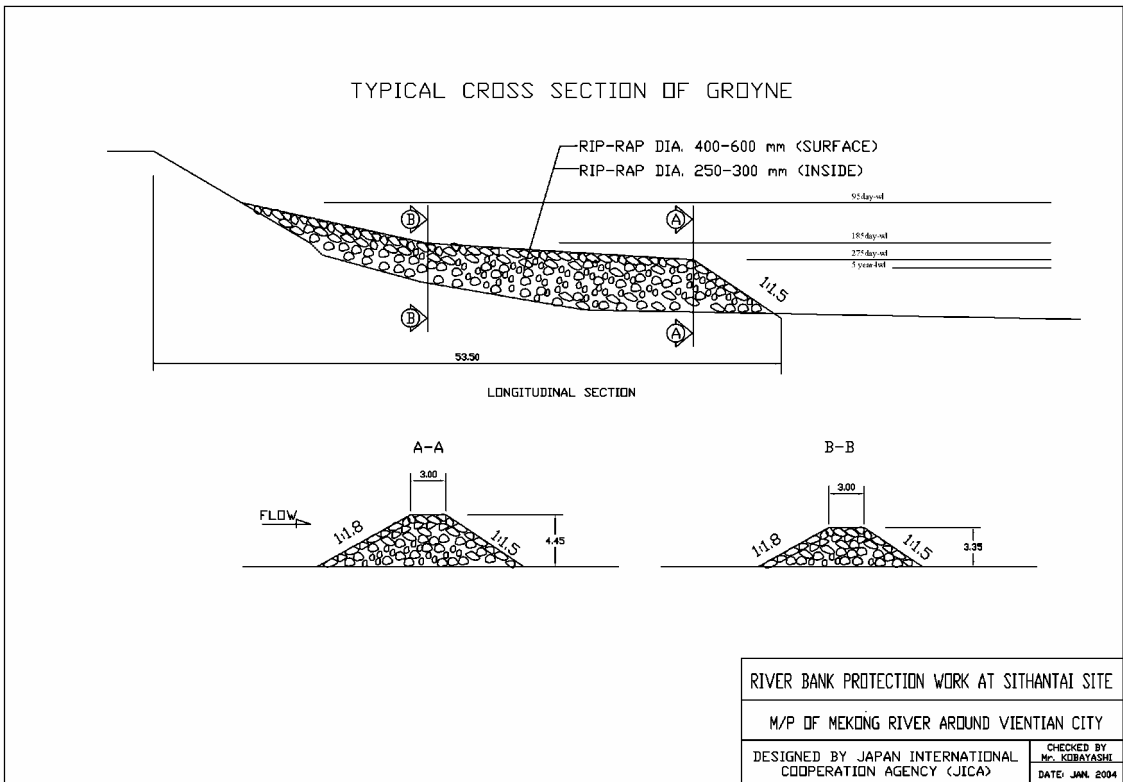
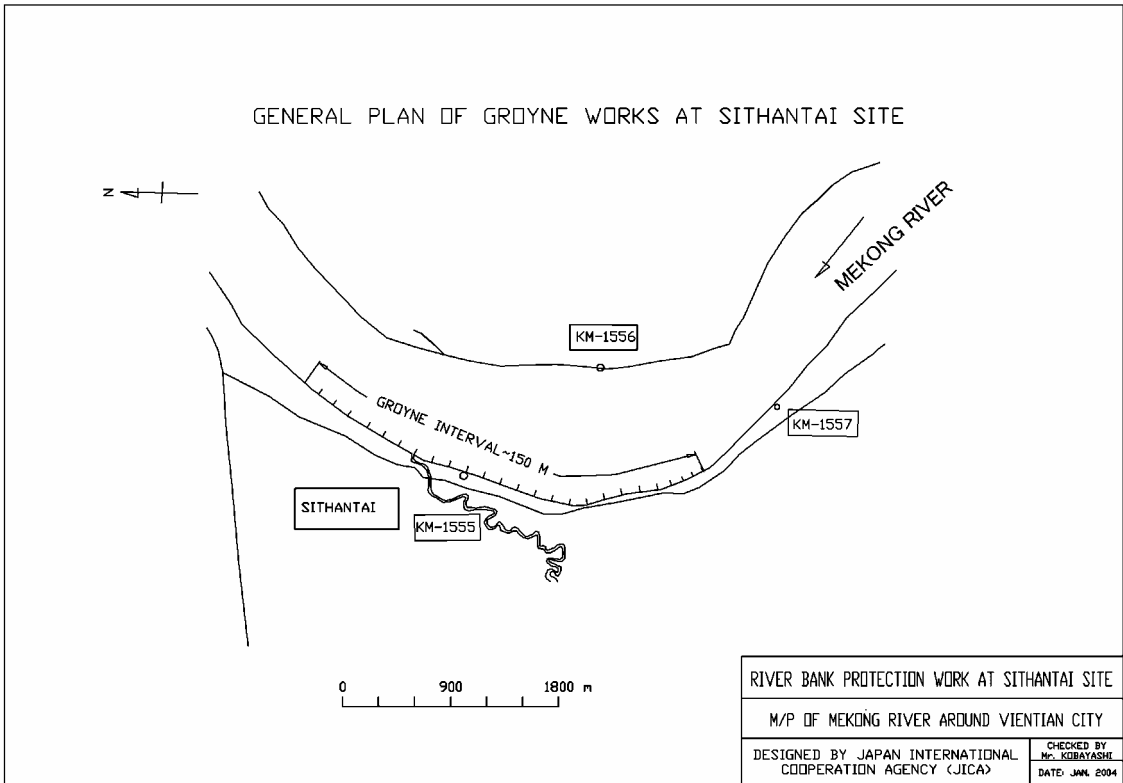


図 6.1 (1/4) 河岸侵食対策工概略設計図
(シットantai サイト)

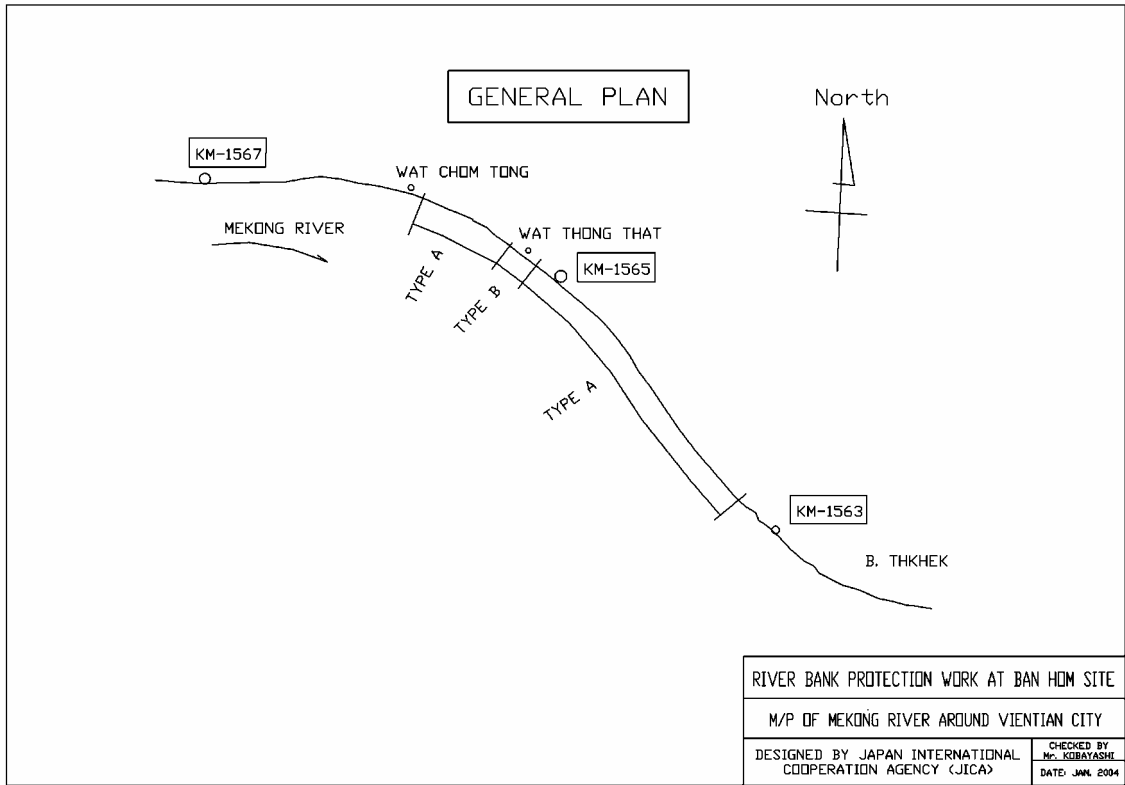
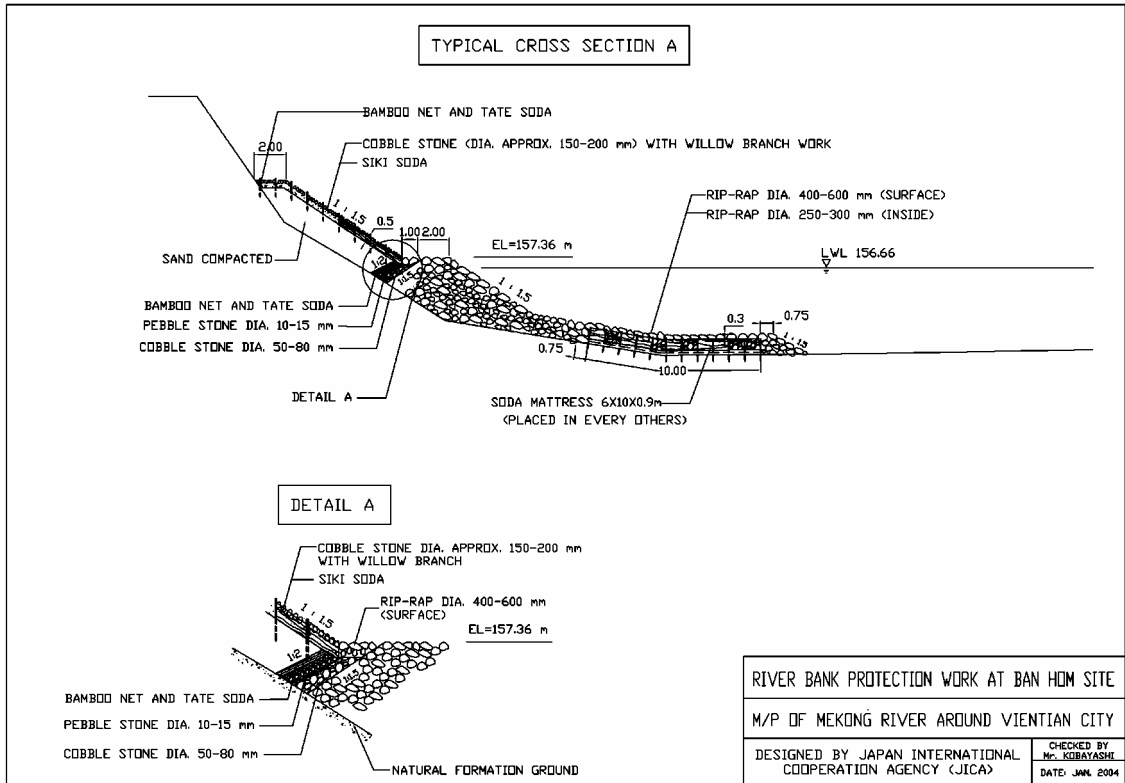
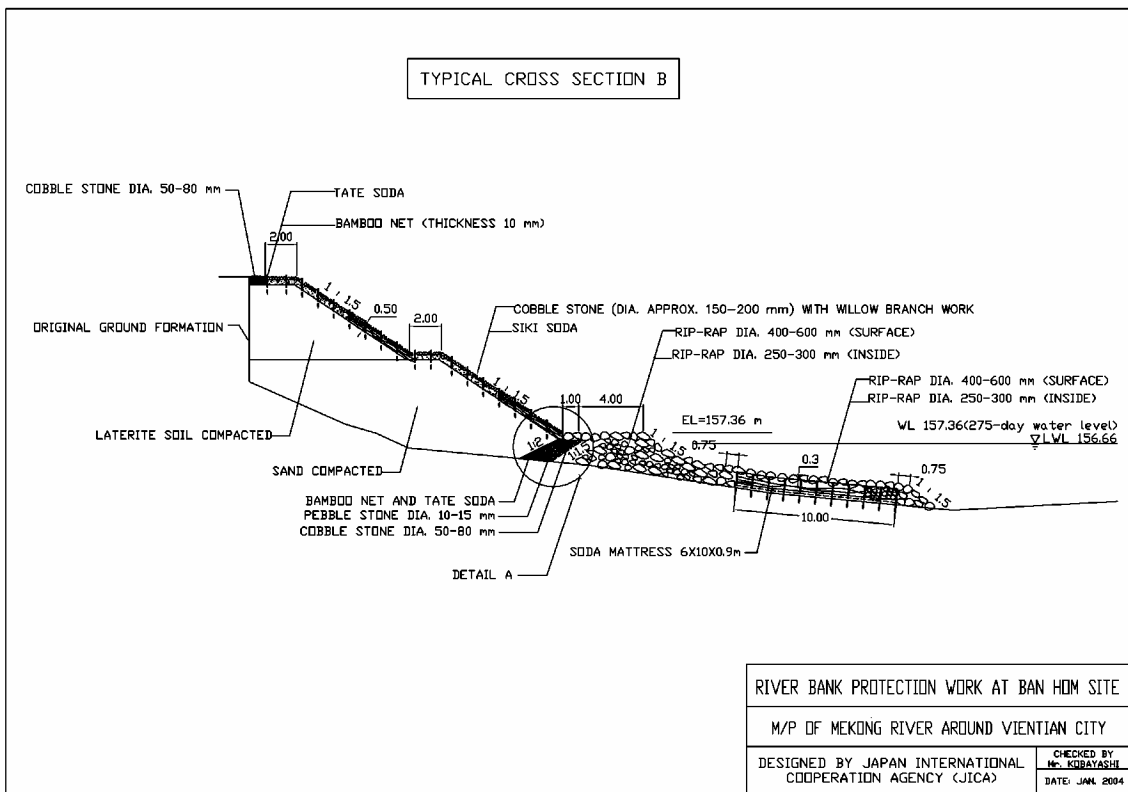


図 6.1 (2/4) 河岸侵食対策工概略設計図
(バンホム サイト(1/2))



Cross-Section (Type A)



Cross-Section (Type B)

**図 6.1 (3/4) 河岸侵食対策工概略設計図
(バンホム サイト(2/2))**

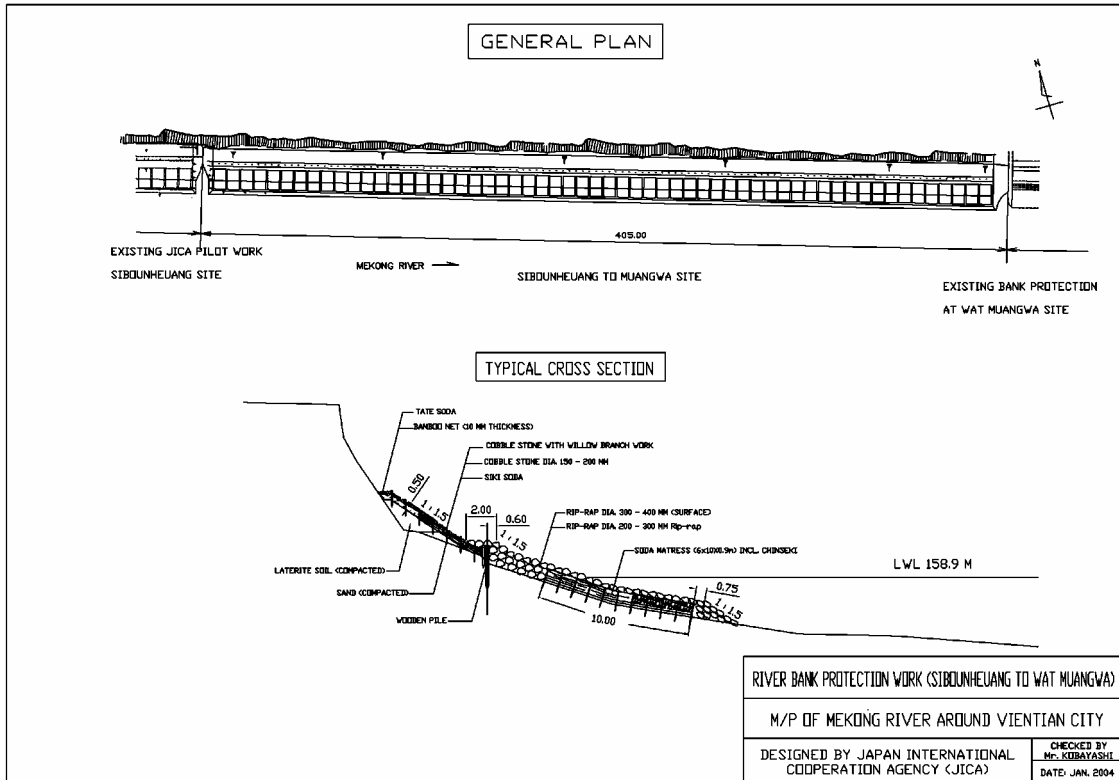


図 6.1 (4/4) 河岸侵食対策工概略設計図
(シブンホワンムアンワ サイト)

6.5 組織・制度

6.5.1 恒久組織の新規設立

MCTPC 内の本調査事務所はプロジェクトベースのテンポラリーなもので 2004 年 12 月の調査終了後は閉鎖される予定である。そこで以下の理由で MCTPC 内に新規恒久組織として「メコン河河岸侵食対策ユニット（仮称）」（以下、新ユニット）を設立する必要がある。

- M/P で提案された事業の持続可能な実施を実現するため
- M/P 事業実施支援のためのドナーによる技術支援が 2005 年以降に始まった場合、その受皿とするため

6.5.2 人員配置

新ユニットへの適切な人員配置は、M/P 事業の持続可能な実施を成功させるために不可欠の前提条件の一つである。現在の本調査の MCTPC カウンターパートが新組織のコアとなるべきである（特に事業実施初期段階）。

6.5.3 人材開発

継続的な人材開発も、「ラ」国政府が河岸侵食対策の知識を次世代に移転していくために不可欠である。次のような MCTPC による活動が人材開発に必要である。

- 新規採用職員の新ユニットへの適切な配置
- 新規職員への実戦的なトレーニング
- トレーニングのための教材の開発
- 河岸侵食対策の重要性にかかわる情報公開および将来の職員リクルートのための次のような

種々の市民教育：

- さまざまな教育機関からの新ユニットへの研修生受け入れ
- 新ユニット職員とドナー専門家による、種々の教育機関・関係機関での講義実施とセミナー開催

6.6 マスタープラン非構造物対策

6.6.1 市民啓発キャンペーン

- 「ラ」国政府が以下の重要性についてビエンチャン市民を教育するキャンペーンを開始する：
 - 河岸の侵食からの防護
 - 自然志向の工法で良好な河岸環境を形成
- メディア（新聞/TV）を用いた宣伝を継続・拡大する必要がある。
- M/P 事業の施工に先立って、「ラ」国政府は事業サイトの対象住民代表に工事内容とその重要性を理解してもらう必要がある。

6.6.2 住民参加

- 「ラ」国政府が崖状河岸すべて（延長 16.03 km）を防護することは、主に予算の制約から実質的に不可能である。（M/P 事業総延長は 7.38 km：6.9 節参照）
- 「メコン柳植栽」というアプローチもまた必要である。これは粗朶技術導入により地元住民が人力のみで施工する簡易植生工である。
- 「ラ」国政府は地域共同体の代表をガイダンスと情報提供により支援・訓練する。

6.6.3 河岸土地利用規制

- 改定ビエンチャン都市計画マスタープラン（URI-MCTPC, 2003）の原則によると次のとおりである。
 - 軽量の公共施設以外の新規ビルおよび重量施設の建設は原則として許可されない。
 - 現在の住民は、「ラ」国政府が護岸工事で住民移転を必要とする場合を除いて、今のまま居住できる。
 - ◇ JICA マスタープランの目標：住民移転ゼロ
 - 寺院や文化遺産はそのまま保全する必要がある。
- 市街中心の河岸（延長 20 km）は上記計画では河岸エリアとして用途区分されている。

6.6.4 河岸樹木の保護と植樹

- 河岸の樹木は、河岸の安定にネガティブな影響（例えば、樹木が河岸の際から垂れ下がっている等）を及ぼさない限り出来る限り保護すべきである。
- 木陰は河岸の土壌が乾燥するのを防ぎ、植物の生育を助ける
- 河岸上への植樹を推薦する。
- 将来の理想的な河岸イメージ：地元住民と外国人観光客にとって魅力的なグリーンベルト

6.6.5 モニタリングと維持管理システム

- 早期診断が河岸侵食対策には非常に重要である。
- 危険な状態にある自然河岸と既設護岸の定期的な目視点検
- 「ラ」国政府による 2005 年以降のパイロット工事定期モニタリングと維持管理
 -
 - 期間：植生と護岸上の土砂堆積が安定するであろう 2003 年の竣工から 5 年間、すなわ

- ち 2008 年まで
- 次の理由でモニタリングが必須：
 - ◇ 早期の破損箇所検出とリハビリ
 - ◇ 日本の河川伝統工法をラオスに現地化させるため
- ワット・チョムチェン サイト（真の意味での試験施工）：予想外の激しい侵食が発生しない限り、いかなる復旧工事も施さずに観察を継続する。
- 河床変動にかかわるモニタリング横断測量
 - 目的：結果を「ラ」国政府による事業の設計に反映させるため
 - 場所：シッタantai、バンホム、シブンホワンームアンワ各サイト
 - プログラム：各サイト 1 回（雨期の間 3～4 測量）

6.7 事業費概算

6.7.1 建設資機材

- 1) 建設資材の仕様（下表参照）、2) 調達、3) 機材：パイロット工事に適用したものに準拠（ラオス国内ですべて調達可能）
- 積算単価（資材、機材レンタル、主要工種）は原則として 2003 年のパイロット工事のそれに準拠する

項目	仕様	単位
粗朶沈床工		
粗朶	長さ 2.7m、元口より 45cm 上がり周長 60cm、200cm 上がり周長 55cm	束
帯梢	長さ 2.7m、元口径 2～3cm、2.7m 上がり径 1.0cm、1 束 25 本詰	束
小杭	長さ 1.2m、元口径 3～5cm	本
砕石	径 400～200 mm および 150～50 mm	m ³
二子縄	径 10 mm	m
亜鉛鍍鉄線	10#および 12#	m
杭柵工		
木杭	長さ 3～4.0m、末端径 15 cm（主杭） 長さ 3.5m、末端径 9cm（補助杭）	本
ボルト	長さ 30 cm、径 13 mm	本
釘	長さ 15 cm	kg
詰石	径 150～50 mm	m ³
盛土工		
川砂（砂利）	メコン河の砂利採取場から調達	m ³
ラテライト	土取場より調達	m ³
基礎捨石工		
砕石	径 200～150 mm（捨石）、径 400～200 mm（積石）	m ³
竹網	幅 2.5m、長さ 1.0m	m ²
法覆工		
粗朶	長さ 3.0m、周長 0.7m	束
帯梢	長さ 3.0m、1 束 25 本詰	束
小杭	長さ 1.2m、径 4cm	本
柳枝	長さ 1.2m、周長 0.9m（メコン河で採取）	束
栗石	径 150～200mm	m ³
杭打（水制）工		
木杭	長さ 4.0～6.0 m、末端径 15cm 以上	本
横木	長さ 3.2 m、末端径 9cm 以上	本
ボルト	長さ 30 cm、径 13mm	本

6.7.2 概算事業費

M/P にノミネートされた 14 事業の護岸タイプおよび積算事業費を下表に示す。

優先度によるフェージング	緊急事業					二次優先事業								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
区間 No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
事業名	シタンタイ	バンホム		ポーオー	シブンホワン ームアンフ	シタンタイ	バンホム		ハットドケオ	シブンホワン上流部				
事業 No.	(1)	(1)	(2)	Bo O	シブンホワン ームアンフ	(2)	(3)	(4)	ハットドケオ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
区間延長 (m)	1280	760	50	200	410	2040	760	880	770	810	190	350	40	230
護岸工タイプ														
CSWB-Work (A)		○		○	○		○	○		○	○	○	○	○
CSWB-Work (B)			○											
LH-Work				○	○					○	○	○	○	○
SF-Work		○	○				○	○						
SM-Work		○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○
RG-Work	○					○			○					
単位: US\$														
施工費 (A)	228,410	914,000	61,360	139,070	272,110	363,070	914,000	1,105,690	141,730	528,310	129,570	233,940	34,690	163,410
管理費 (B)	11,420	45,700	3,060	6,950	13,600	18,150	45,700	55,280	7,080	26,410	6,470	11,690	1,730	8,170
事業費 (A+B)	240,000	960,000	65,000	147,000	286,000	382,000	960,000	1,161,000	149,000	555,000	137,000	246,000	37,000	172,000

注: CSWB-Work (A): 栗石柳枝工タイプ (A) SF-Work: 捨石(空石積)基礎工
 CSWB-Work (B): 栗石柳枝工タイプ (B) SM-Work: 粗朶沈床工
 LH Work: 杭柵工 RG-Work: 捨石水制工

ポーオー事業: MCTPC がベルギー政府の支援により実施中の「ラオーフランダース河川工事事業」により同サイトの施設設計が行われる予定となっている。したがって、ここでの積算では M/P の工種コンセプトを代わりに適用している。

6.8 代替案検討

6.8.1 工種代替案

工種は次の基準を勘案して選定した。日本の河川伝統工法のいくつかが基準を満たしている。

- 地元の建設資材と労働力を出来るだけ活用する。
- 施工は出来るだけラオス人の人力で行えるものとする。
- 良好な河岸環境を保全・創造するように留意する。
- 輸入資材は利用しない：蛇籠やコンクリートブロックは除外

下表の 1 位は強度、資材調達の容易さ、工費等の種々の要素について候補タイプとの比較により各サイトで最も適した工種として選定されたものである。6.4 節の概略設計はこの結果に基づいて実施した。

サイト名	工種の候補タイプ	順位
シッタータイ	栗石柳枝工 + 捨石基礎工 + 粗朶沈床工	2
	木杭水制工	3
	捨石水制工 (低密度の河岸利用箇所において低コストで主流線を河岸から遠ざける)	1
バンホム	栗石柳枝工 + 杭柵工 + 粗朶沈床工	3
	栗石柳枝工 + 捨石基礎工 + 粗朶沈床工 (水制タイプと比較して対岸のドンタム島 (タイ領) への影響が少ない)	1
	捨石水制工	2
シブンホワン -ムアンワ	栗石柳枝工 + 杭柵工 + 粗朶沈床 (隣接する JICA パイロット工事と類似の工種)	1
	栗石柳枝工 + 捨石基礎工 + 粗朶沈床工	2
	捨石水制工	3

6.8.2 財務的代替案

下表から代替案 3 が最も適切な案として選定された。

	単位	代替案 1	代替案 2	代替案 3	代替案 4	代替案 5
1. 基準年度予算 (2003/2004 予算年)	M Kip	2,800	2,300	2,300	2,300	1,000
		前優先区間を 2020 年までに完 了するための予 算	MCTPC の 2003/2004 年度 ビエンチャン市 周辺河岸浸食対 策事業投資計画	MCTPC の 2003/2004 年度 ビエンチャン市 周辺河岸浸食対 策事業投資計画	MCTPC の 2003/2004 年度 ビエンチャン市 周辺河岸浸食対 策事業投資計画	ビエンチャン市 周辺の河岸浸食 対策事業への過 去 4 年間の実績 平均国家予算投 資額
2. M/P 初年度予算 (2004/2005 予算年)	M Kip	3,000	2,450	2,445	2,392	1,063
		2003/2004 予算 年から 7%増加	2003/2004 予算 年から NPEP に 基づき 6.5%増 加	2003/2004 予算 年から 6.3%増 加	2003/2004 予算 年から 4%増加	2003/2004 予算 年から 6.3%増 加
3. 2004/05 予算年 から 2019/20 予算 年までの予算伸び 率	%	7	7	6.3	4	6.3
		国家貧困削減プログラム(NPEP) の 2020 年までの経済成長目標	過去 10 年間の 年平均経済成長 率	過去 10 年間の 年平均最低経済 成長率	過去 10 年間の 年平均最低経済 成長率	過去 10 年間の 年平均経済成長 率
4. 事業費	US\$1,000	5,497	5,176	4,893	3,634	1,698
5. 護岸延長計	km	8.77	7.77	7.38	5.95	2.70
1) 緊急事業	km	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
2) 二次優先事業	km	6.07	5.07	4.68	3.25	0.00

4 つの二次優先事業 (延長計 1.39km)、ハットドケオおよびシブンホワン上流部(3)、(4)、(5)は 2020/2021 予算年度以降に実施予定とする。

6.9 マスタープラン

提案された M/P (財務的代替案 3) の概要は次のとおりである。

- 総事業費 (原則として「ラ」国自己予算) : US\$4.89 million (代替案 3)
- 10M/P 事業の総延長 : 7.38 km
 - 5 緊急事業 : 2.70 km
 - 5 二次優先事業 : 4.68 km
- 実施計画 : 16 年 (2005~2020)

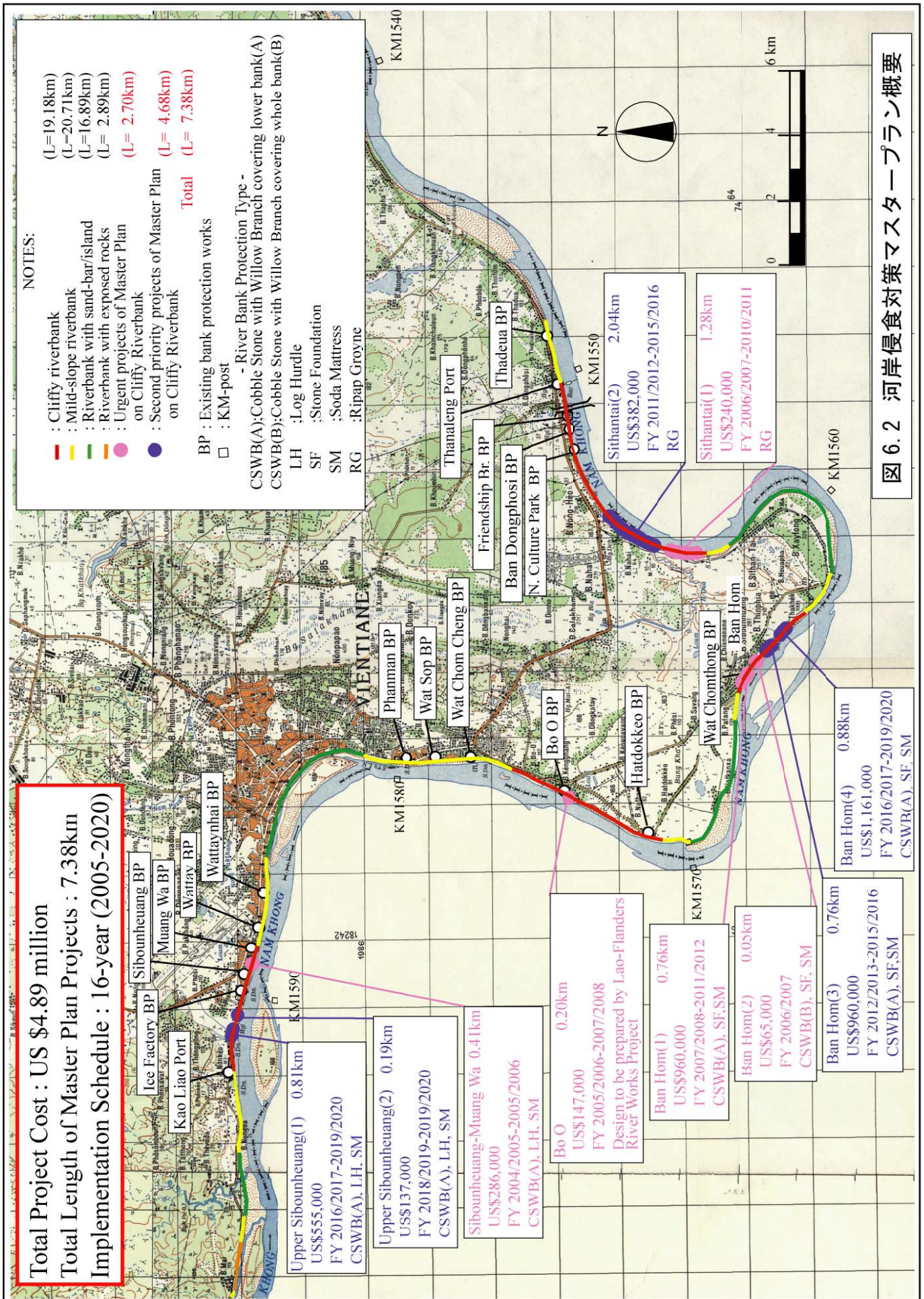


図 6.2 河岸侵食対策マスタープラン概要

- M/P における工法選定の目安として、侵食メカニズムおよび河岸上の資産状況を勘案した工法の組合せと適用理由をとりまとめると下表のとおりである。

崖状垂直 河岸上の 資産・土地 利用状況	典型 M/P 事業サイト	侵食の メカニズム	工法組合せと適用理由			備考
			根固工	基礎工	法覆工	
資産集積度 高い (工場、国 道、寺院、 公共施設等 の重要資産 が集積)	・ワット・ トンサット 寺前 (バンホム) ・ポーオー 寺前	洪水期間中の 礫・シルト質 層からなる下 部層法先の洗 掘に伴う崖の 崩落	粗朶沈床工 <SM> 理由： ①地元の資機 材のみで施工 可能 ②屈とう性に 優れ地形に馴 染み河床変動 にも追従 ③自然素材の 使用で環境に 優しい	捨石(空石積) 工<SF> 理由：根固工 と一体となっ て強固に法先 を防護するた め	栗石柳枝工 <CSWB(B)> (河岸全体を被 覆：資産の重要 度を勘案し高い 安全度を確保す るため) 理由： ①地元の資機材 のみで施工可能 ②M/P 対象地域 のような緩流河 川に適合 ③自然素材の使 用で環境に優し い	・パイロット工 事(バン・ドン フォン石油タン ク前面)で施工 実績あり ・ポーオー寺前 はベルギー政府 援助で従来工法 で設計済み
資産集積度 中程度 (市街地で 民家が連な るが重要資 産は比較的 少ない)	・ポーオー ・シブンホ ワンムア ンワ ・シブンホ ワン上流部	洪水期間中に 礫・シルト質 からなる下部 層法先のノッ チ形成に起因 する上部のブ ロック状崩壊		杭柵工<LH> 理由：石材使 用量が少なく 捨石工より低 コスト化で有 利	栗石柳枝工 <CSWB(A)> (河岸下半部を 被覆：安全度と 資産のバランス を勘案し低コス ト化を図る)	パイロット工事 (シブンホワン) で施工実績あり
資産集積度 低い (重要資産 の辺縁部、 あるいは主 に田畑で民 家・施設の 分布がまば らな土地利 用)	バンホム シッター ンタイ	洪水期間中の 礫・シルト質 層からなる下 部層法先の洗 掘に伴う崖の 崩落	粗朶沈床工 <SM> (1つおきに設 置：安全度と 資産のバランス を勘案し低 コスト化を図 る) 理由：同上	捨石(空石積) 工<SF> 理由：河岸形 状と水位の関 係で杭柵工施 工が困難	理由： ①同上 ②下半部被覆に よる洗掘抑制で 上部垂直崖の安 定化可能	・パイロット工 事で施工実績あ り(バン・ドン フォン辺縁部) ・川幅が狭く対 岸への影響を抑 える必要から、 捨石水制の実施 が困難なため代 替案として採用
			捨石水制工 (RG)			パイロット工事 では未実施の工 法

6.10 事業評価

6.10.1 経済評価

メコン河の河岸浸食対策は、国土と国境を守り、住民生活と不可分な仏教寺院を守るための不可欠な公共投資として位置づけられる。

M/P 事業は、従来の蛇籠工と比較して、およそ US\$9.9 million あるいは 66%の事業費縮減を図れる直接経済便益を有する。M/P で提案した工法とビエンチャン市周辺で施工されてきた従来型蛇籠工の平均施工費は以下に示すとおりである。

工法	平均施工費 (US\$/meter)
1. 従来型蛇籠工（ビエンチャン市周辺で施工）	2,000
2. M/P で提案した工法	
(1) 捨石水制工（延長 50m、間隔 150m）	190
(2) 1) 栗石柳枝工（河岸全体を被覆）、2) 捨石基礎工、3) 粗朶沈床工	1,300
(3) 1) 栗石柳枝工（河岸下半部を被覆）、2) 捨石基礎工、 3) 粗朶沈床工（一つおきに設置）	1,290
(4) 1) 栗石柳枝工（河岸下半部を被覆）、2) 杭柵工、3) 粗朶沈床工	700
3. JICA パイロット工事<参考>	
(1) バン・ドンフォシ サイト <1) 栗石柳枝工（河岸全体を被覆）、2) 捨石基礎工、3) 粗朶沈床工>	1,690
(2) ワット・チョムチェン サイト<木杭水制工>	200
(3) シブンホワン サイト <1) 栗石柳枝工（河岸下半部を被覆）、2) 杭柵工、3) 粗朶沈床工>	810

M/P 事業は、工事期間中に以下に示すように US\$31,000 の収入に相当する新規雇用を創出することが出来る。

	新規雇用（人・日）		
	緊急事業	二次優先事業	計
1. 熟練工	2,200	4,000	6,200
2. 非熟練工	8,800	16,000	24,800
計	11,000	20,000	31,000

6.10.2 初期環境調査（IEE）

M/P 事業を包含する 4 区間の IEE を実施した。その結果、事業は良好な河川環境を創造するので、以下のように負の環境インパクトは存在しないことが明らかとなった。

- 建設期間中：殆どの項目で評定 D（殆どインパクトは考えられない）
- 維持管理期間中：殆どの環境項目で評定 D（殆どインパクトは考えられない）

6.10.3 総合評価

M/P は技術的、財政的、経済的および環境的見地から持続可能で適切であり、フィージブルであると評価できる。

6.11 実施計画

M/P の事業実施計画を図 6.3 に投資および予算計画を表 6.1 に示す。

事業名	延長 (m)	各会計年度施工延長 (m)															
		2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
I. 施工																	
1. 緊急事業																	
(1) シッタータイ (1)	1,280			250	250	260	260	260									
(2) バンホム (1)	760				110	160	160	160	170								
(3) バンホム (2)	50			50													
(4) ボーオー	200		60	70	70												
(5) シブンホワン-ムアンワ	410	200	210														
1.の小計	2,700	200	270	370	430	420	420	420	170	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 二次優先事業																	
(6) シッタータイ (2)	2,040								400	400	400	400	440				
(7) バンホム (3)	760								190	190	190	190					
(8) バンホム (4)	880													220	220	220	220
(9) ハットケオ																	
(10) シブンホワン上流部 (1)	810													200	200	200	210
(11) シブンホワン上流部 (2)	190															90	100
(12) シブンホワン上流部 (3)																	
(13) シブンホワン上流部 (4)																	
(14) シブンホワン上流部 (5)																	
2.の小計	4,680	-	-	-	-	-	-	-	400	590	590	590	630	420	420	510	530
合計	7,380	200	270	370	430	420	420	420	570	590	590	590	630	420	420	510	530
II. メンテナンス工事																	

図 6.3 マスタープラン事業実施計画

表 6.1 マスタープラン投資および予算計画

事業名	総事業費 (US\$1,000)	延長 (m)	各会計年度投資額 (US\$1,000)														
			2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
I. 投資計画																	
1. 緊急事業																	
(1) シッタータイ(1)	240	1,280	-	-	47	47	49	49	48	-	-	-	-	-	-	-	-
(2) バンホム(1)	960	760	-	-	-	139	202	202	202	215	-	-	-	-	-	-	-
(3) バンホム(2)	65	50	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(4) ボーオー	147	200	-	44	51	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(5) シブンホワン - ムアンワ	286	410	140	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.の小計	1,698	2,700	140	190	163	238	251	251	250	215	-	-	-	-	-	-	-
2. 二次優先事業																	
(6) シッタータイ(2)	382	2,040	-	-	-	-	-	-	-	75	75	75	82	-	-	-	-
(7) バンホム(3)	960	760	-	-	-	-	-	-	-	-	240	240	240	-	-	-	-
(8) バンホム(4)	1,161	880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	290	290	290	291
(9) ハットケオ																	
(10) シブンホワン上流部(1)	555	810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137	137	137	144
(11) シブンホワン上流部(2)	137	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	72
(12) シブンホワン上流部(3)																	
(13) シブンホワン上流部(4)																	
(14) シブンホワン上流部(5)																	
2.の小計	3,195	4,680	-	-	-	-	-	-	-	75	315	315	315	322	427	427	492
小計(1+2)	4,893	7,380	140	190	163	238	251	251	250	290	315	315	315	322	427	427	492
3. 維持管理 & 修繕																	
合計(1+2+3)			20	20	21	22	22	22	24	28	28	28	28	35	35	35	35
各予算年度差引残高 (US\$1,000)			160	210	184	260	273	273	272	314	343	343	343	350	462	462	527
II. 予算計画 (百万Kip)			2,445	2,599	2,763	2,937	3,122	3,319	3,528	3,750	3,986	4,237	4,504	4,788	5,090	5,411	5,752
(US\$1,000に相当)			235	249	265	282	300	319	339	360	383	407	432	460	488	519	552
各予算年度差引残高 (US\$1,000)			75	39	81	22	27	46	67	46	40	64	89	110	26	57	25

算定基本条件:

- 1) 各事業は施工が多年度にわたる場合でも一括契約で実施されるものとする。
- 2) 河岸浸食進行に伴い施工ボリュームが増大した場合は予備費でまかなわれるものとする。
- 3) 2004/2005会計年度のビエンチャン市周辺河岸浸食対策予算はMCTPCの現浸食対策投資計画2,300百万Kipから6.3%増加するものとする。
- 4) ビエンチャン市周辺河岸浸食対策予算は過去10年間の平均経済成長率にしたがい年率6.3%増加するものとする。
- 5) 物価上昇は投資計画にも予算計画にも含まない。
- 6) 外貨換算率: US\$1 = 10,420 Kip (2004年2月1日)
- 7) 維持管理及び修繕コストとして護岸の竣工後、その事業費の0.5%を毎年見込むものとする。
- 8) 既設護岸の維持管理及び修繕コストとして年US\$20,000を見込むものとする。
- 9) 年間予算計画では提案事業実施後にも予算が多少残るので、想定外の緊急事業の実施も可能である。

7 河岸侵食対策マニュアルの作成

- 目的：M/P の補完
- ユーザー：実務レベルの「ラ」国政府エンジニア
- 内容：以下の河岸侵食対策基本方針および技術基準

セクターA：計画・設計

- 1 計画
- 2 設計

セクターB：施工

- 1 序論
- 2 バン・ドンフオシサイトでのパイロット工事
- 3 ワット・チョムチェンサイトでのパイロット工事
- 4 シブンホワンサイトでのパイロット工事
- 5 関連施工データ

8 技術移転

8.1 技術移転セミナー

- 日時および場所:
 - 第1回セミナー：2002年10月4日、ラオプラザホテル・ビエンチャン
 - 第2回セミナー：2004年10月12日、ノボテル・ビエンチャン
- 目的：河岸侵食にかかわる技術的なアイデア交換と技術移転
- 内容：「ラ」側および日本側講演者による河岸侵食にかかわるさまざまなテーマ発表と自由討論セッション
- 参加者：約80～100名

8.2 室内および野外セッション

- 「ラ」国公共事業省（MCTPC）での室内セッション（2004年1月26日）：本調査の経過および結果のプレゼンテーションと討論
- ノンヘオ サイトでの野外セッション（2004年2月10日）：本調査団の粗朶技術団員による簡易植生護岸工施工デモンストレーション

8.3 粗朶技術指導

- 本調査団の粗朶技術団員が実施
- 実施時期：2003年2月および3月
- 場所：パイロット工事施工現場
- 項目：1) 粗朶沈床工および2) 栗石柳枝工

8.4 日本におけるカウンターパート研修

- 受講者および研修期間：
 - ビエンサバン・ファサバス氏（MCTPC）：（2002年8月15日～9月28日）
 - ソムチット・シティフォン氏（DCTPC）：（2002年8月26日～9月28日）
- 主な研修項目：
 - 新潟での野外実習を通じての粗朶工法（日本の河川伝統工法）習得
 - 講義と現地調査による日本の伝統・現代河川工法の学習

8.5 カウンターパートへの技術移転

び調査団との共同作業を通じての MCTPC カウンターパート（C/P）への技術移転内容と成果は表 8.1 に示すとおりであり、概ね良好な結果が得られたと考えられる。しかし、同表に示す今後への課題に鑑み、将来、ラ側が完全に自力でマスタープラン（M/P）事業を実施していくためには今後数年間の継続的な技術支援実施が望まれる。

表 8.1 カウンターパートへの技術移転

	移転技術の内容	成果 (C/P の技術レベル)	今後の課題
調査・計画	M/P にかかわる一連の基礎調査、計画策定作業	M/P 策定に必要な作業の手順と概要を理解した。	・将来の自力での M/P 改訂 ・河川工学の体系的学習
	河岸侵食対策マニュアルの作成	マニュアルの内容を理解した。	自力での改訂・ラオス語訳
	M/P プロジェクト設計のための野外調査	パイロット工事と近似の条件下（シブンホワン-ムアンワ サイト）で地形測量等を自力で実施した。	未知の要素がある他の M/P プロジェクトサイトでの調査
	調査内容、パイロット工事内容の関係者への説明	・自力で PowerPoint 資料（ラオス語）を作成し技術移転セミナーおよび省内会議で効果的なプレゼンテーションを行った。 ・JICA 専門家等のアシストにより関連視察団への説明、MCTPC 地方部局職員対象セミナーを実施した。	C/P 企画・運営によるセミナー開催による M/P 事業広報
設計	CAD による護岸構造物の設計図面作成	（基本条件がそろっている状況で）自力で簡易な護岸構造物の設計図面を作成し調査団をアシストした。	未知の要素がある条件下での設計
	M/P プロジェクトの設計	パイロット工事と類似の条件下（シブンホワン-ムアンワ サイト）において自力で設計した。	未知の要素がある他の M/P プロジェクトサイトでの設計
施工	日本の河川伝統工法施工に必要な粗朶技術の習得	日本での現地研修で粗朶材の採取、粗朶沈床組立等の具体的な作業をある程度習得した。	粗朶技術の普及・伝承と現地化
	パイロット工事施工を通じた護岸施工の習得	・調査団との共同作業により護岸工事の詳細な工程を実地に理解した。 ・調査団による施工管理をアシストした。 ・日本での研修経験を生かして粗朶材の品質管理を行った。	自力での持続的な M/P プロジェクトの実施
	簡易植生工の工法習得	調査団との共同作業により工程を実地に理解した。	沿川地域コミュニティへの工法普及と支援
モニタリングおよび維持管理	パイロット工事の定期的な目視インスペクション	自力で実施し、調査団にメールで結果報告した。	未知の要素がある M/P プロジェクトサイトでの対処
	パイロット工事モニタリング結果（水位、地形変化）の図表による整理	自力で図表（Excel, CAD 等）による整理を行った。	
	自記水位計データの取得、ファイル変換	自力でコンピュータ処理を行った。	
	水位標設置、日水位データの観測	調査団設置の水位標による日水位観測および被災後の修復を自力で修復した。	
組織・制度	M/P 事業実施のための恒久組織設置の必要性	必要性を認識し恒久組織設置に向けて活動している。	河岸侵食対策のための恒久組織の設置
人材開発	調査内容、パイロット工事内容の一般市民等への説明	自力でラオス大学工学部の実習生に調査内容を講義した。	・ラオス大学で講義実施 ・実習生受け入れの継続 ・住民への啓発活動

9 提言

(1) 組織・制度の確立

「ラ」国政府が原則として自己予算で M/P 河岸侵食対策事業を実施するにあたり、不可欠の条件として同政府が以下の事項を実施することを強く勧告する。

1. 新規恒久組織としての MCTPC 内「メコン河河岸侵食対策ユニット（仮称）」設立
2. 新ユニットへの適切な人員配置
3. M/P 年間投資スケジュールに基づく河岸侵食対策への確実な予算配分
4. 継続的な人材開発

(2) マスタープランのレビューと改訂

「ラ」国政府が必要に応じ、社会経済開発 5 ヶ年計画に対応して、以下の要素を勘案し 2010 年および 2015 年に M/P をレビュー・改訂することを勧める。

1. 財政的要素（「ラ」国政府の予想外の財政状況変化）
2. 技術的要素
 - a) パイロット工事の長期モニタリング結果
 - b) 河岸侵食状況の予想外の変化

(3) 施工時の住民移転回避

M/P で提案された護岸工事実施に際して、住民移転のような負の社会環境インパクトを極力回避することを勧める。（JICA パイロット工事での住民移転はゼロ）

(4) 「ラ」国政府による施設設計および積算

M/P の施設設計と積算は、2020 年を目標年度とした全体計画策定のための概略のものである。

「ラ」国政府が各 M/P 事業を開始するにあたっては、同政府が各サイトで地形測量と水理調査を実施して詳細設計と積算を行うことが不可欠である。

(5) 現在実施中ボーオー事業の M/P での位置づけ

M/P 緊急事業の一つと位置づけられているボーオーサイトについては、MCTPC がベルギー政府の技術協力を得て現在実施中の「ラオ・フランダース河川工事プロジェクト」で施設設計を検討中である。同事業は原則として M/P にそのまま取り入れられ高い優先度を与えられる。しかし、施設設計は未完了で現段階では事業費は不明である。したがって、本調査では同サイトの事業費概算で M/P で提案の日本の河川伝統工法を一時的に代用していることに留意する必要がある。今後、上記プロジェクトで最終的な施設設計に基づく積算が確定次第、MCTPC が M/P の積算をレビューする必要がある。

(6) 利用可能な原石山情報収集

原石山の割石のコストは護岸施工費全体に大きな割合を占める。ビエンチャン市周辺での護岸工専用の新規原石山開発は、岩質（砂岩）と M/P 事業規模から判断してフィージブルでないことは明らかである。したがって、M/P 事業の施工にあたり、原石山の選択は原則として今後ともローカル施工業者の裁量となる。M/P 事業の持続可能な実施のため、利用可能な原石山の情報を常に入手しておくことを勧める。

(7) パイロット工事の維持管理

バン・ドンフォシおよびシブンホワンサイトについては、パイロット工事の維持管理は 2005 年以降、オーナーである「ラ」国政府の責任において、M/P の予算配分に基づく通常の維持管理

活動の一環として行うものとする。

ワット・チョムチェン サイトのパイロット工事は、真の意味での試験施工として施工されたものであり、予想外の侵食で住民に負の影響が発生しない限り、いかなる復旧工事も施さずにモニタリングを継続することとする。