

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

ラオス人民民主共和国

公共事業運輸省公共事業運輸研究所

ビエンチャン市水環境 改善計画調査

ファイナル・レポート

要約

平成 23 年 9 月
(2011 年)

株式会社 建設技研インターナショナル

いであ 株式会社

環境
JR
11-167

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

ラオス人民民主共和国

公共事業運輸省公共事業運輸研究所

ビエンチャン市水環境 改善計画調査

ファイナル・レポート

要約

平成 23 年 9 月
(2011 年)

株式会社 建設技研インターナショナル

いであ 株式会社

ビエンチャン市水環境改善計画調査

ファイナル・レポート

ファイナル・レポート構成 (和文)

1 主報告書

2 要約

本件調査において使用した通貨換算率は以下の通りである。

1.00 米ドル = 8,000.00 ラオスキップ = 80.66 日本円

1.00 日本円 = 99.17 ラオスキップ

1.00 ユーロ = 11,208.66 ラオスキップ

2010年11月3日現在

注：出典の明示されていない表および図は、調査団が直接収集もしくは独自に解析したデータ/情報によるものである。

主要要約

1. 調査の背景と目的

ラオス国の首都ビエンチャン市（人口約 70 万人：2005 年）は、1990 年代初頭以降、さまざまなドナーの支援に伴い、排水施設の改善がなされてきた。しかし、生活水準の向上、近年の急速な経済開発や人口増加に伴って、都市域からの生活排水の流入による排水路ならびに湿地の水質の悪化、汚水量の増加が生じている。

こうしたビエンチャン市の現状を考慮して、日本国政府はビエンチャン市水環境管理マスタープランの策定を目的として、2009 年 1 月中旬に調査団を派遣した。本件調査は、ビエンチャン市内の衛生環境の改善ならびに Mak Hiao 川流域の環境保全対策の策定を目途としたものである。

本件調査の目的は以下のとおりである。

- (1) ビエンチャン市の衛生環境の改善と Mak Hiao 川流域の自然浄化機能の保全を図ることを目的に、調査対象地域における水環境の現状を把握した上で、ビエンチャン市における水環境管理マスタープランを策定する。
- (2) 調査の実施を通じて、水環境管理マスタープランの策定にかかる方策・技術がラオス国カウンターパートに移転される。

さらに本件調査の最終目的は、本マスタープランの内容がビエンチャン市の都市開発計画に反映され、ビエンチャン市民の衛生的な生活が確保されることである。

2. 調査対象地域と調査工程

調査対象地域は、ビエンチャン市の主な都市域を含む Mak Hiao 川流域全体を対象とする。下表に将来予測も含め、調査対象地域の面積と人口を示す。

調査対象地域の面積と人口

年および面積	ビエンチャン市	調査対象地域	主要な排水区	
			Hong Ke	Hong Xeng
面積	3,920 km ²	412.5 km ² (10.5 %)	9.64 km ² (2.3 %)	53.02 km ² (12.9 %)
2005 年現在人口	692	328 (47.4 %)	51 (15.5 %)	112 (34.1 %)
2020 年予測人口	1,074	462 (43.0 %)	44 (9.5 %)	164 (35.6 %)

注 1) : 人口の単位はすべて 1,000

注 2) : 調査対象地域の列の () 内の数値は、それぞれビエンチャン市に対する割合

注 3) : 主要な排水区の列の () 内の数値は、それぞれ調査対象地域に対する割合

出典 : Preparatory Survey on Industrial Zone Development in The Lao People's Democratic Republic, Progress Report, 2009, JICA および調査団

調査の全体工程は、2009 年 1 月から 2011 年 6 月までの約 30 ヶ月間である。

3. ビエンチャン市の水環境に関する主要課題

調査の課程で水環境に関わる様々な課題が浮き彫りになってきた。これらの課題の明確化と改善策の検討は、水環境の改善戦略とマスタープランのスムーズな策定に極めて重要である。調査結果ならびに将来予測に基づく水環境に関する改善課題を、次のように技術的な側面と制度的な側面に分けて示す。

調査対象地域の水環境

(1) 都市排水路網の現状と将来の水質悪化

都市排水路における表流水は主に家庭から排出される有機汚濁物質によって水質が悪化している。シミュレーションでは、将来においてさらに悪化する結果となっている。具体的に示せば、市街中心部の排水を受け持ち、最も水質悪化の著しい Hong Thong と Hong Pasak において、BOD は現状で 20-30 mg/l である。これが、将来においては、Hong Ke 等を含むほぼ排水路網全域で、30 mg/l を超え、水質のさらなる悪化が予測されている。

(2) 排水路網内の水生生物の実態

ビエンチャン市街地の排水路は、雨水と汚水を共に排水する合流式排水路である。これらは大きく 1) Hong Wattay、Hong Pasak から Hong Xeng につながる排水系統、および 2) Hong Thong、Hong Khoua Khao から Hong Ke につながる排水系統の二つの系統に分かれ、それぞれが That Luang 湿地に流入している。

これらの排水路では、依然として雨期に魚類の遡上が確認され、かつてほどではないが、市民は釣りや網による捕獲を楽しんでいる。こうした現在も残されている豊かな水環境を、将来に渡り保全し、乾期においても魚類の生息が可能な環境に改善していくことが緊急の課題と考えられる。

(3) コミュニティおよび家庭レベルでの衛生状況

2010 年に、本件調査におけるプレ F/S 調査ならびに世銀 WSP(Water and Sanitation Program)の Rapid Assessment が実施された。これらの調査は、対象区域は異なるものの、ビエンチャン市のトイレ等の衛生施設の整備状況やその維持管理状況を調査したものである。いずれの調査からも、ビエンチャン市の家庭では、約 95%以上がセプティックタンクないしソークピットといったトイレを保有していることが分かった。しかし、その汚泥引き抜き等の維持管理が定期的に行われていないことも判明した。また、これらの施設はし尿専用であり、家庭雑排水は無処理のまま放流されており、これが水質汚濁の主要因となっている。

本件のマスタープラン調査のパイロット・プロジェクトで CBS(Community Based Sanitation)建設を実施したが、このパイロット・プロジェクトならびに上記のプレ F/S 調査の結果から、こうした各戸における衛生施設の高い普及率、そして限られた私有地の中から CBS の施設用地を確保することの困難性を勘案すると、ビエンチャン市街地での CBS の普及は、むしろ困難であると判断される。

水環境管理における法制度上の課題

(1) 環境管理における脆弱な行政管理能力

水環境のみならず環境全般において、行政機関の管理能力が低い。これは、地方はもとより中央においても実務経験の豊富な職員数の絶対的な不足、さらには水質モニタリングや水路維持管理等の行政サービスに対する予算の不足が顕著なことに起因している。とくにラオスの環境センタ

一として、今後高い期待を持たれている WREA ラボにおいて、水質等の環境因子に関する試験能力の強化は喫緊の課題である。

(2) 法制度整備の必要性

スウェーデン国際協力機構(SIDA)等の国際援助機関の支援によって、基本法令や重要規則を含む環境関連法制度の整備が進められている。しかし、これらの実施、あるいは効果的な規制を行うに当たっての実施細則やガイドラインの整備までに手が及んでおらず、整備された法制度の実効を上げるには、今後これらの実施細則やガイドラインの整備が不可欠である。

(3) 実用的な水質基準の整備の必要性

ラオスの現行の表流水の水質基準は、例えば本件調査で目標としている BOD についてみると、一律 1.5 mg/l と極めて厳しい基準があるのみである。いっぽう、我が国を含め他の諸国では、水域が必要とされる用途に応じて、守るべき水質が定められており、より現実的かつ実用的な水質基準の整備が必要になっている。

(4) 関連政府機関および NGO を統轄する実施・調整機関の強化ないし設置

水環境の改善には数多くの政府機関やドナー、NGO が関わっている。ところが、それらの活動について明確かつ具体的な方向性を示す統括的な機関が存在しない。汚水の管理には社会経済的な条件が複雑に関わっており、一つの責任ある機関またはネットワークが、さまざまな水環境に関わる活動を実施・調整する機関が必要である。これは、必ずしも単独の政府機関ではなく、環境センター的協議会でも十分機能すると考えられ、水環境改善に関して総合的なアプローチを採用・実施していくためにこうした組織は不可欠である。

(5) 住民の意識向上のための情報開示と啓発

家庭からの汚水による水質悪化のように、一般の人々によって引き起こされる問題の解決のためには、人々の意識向上がきわめて重要である。環境に関する人々の意識向上・啓発にとって、まず環境情報の開示がカギとなる。現時点では、一般の人々が十分な情報を容易に得ることができる窓口となるような機関が存在しない。こうした住民に積極的に情報を流し啓蒙を図る組織づくりと普段の活動が、政府の適切で機動的な対策実施を後押しする良好な結果を産む。

4. 水環境管理マスタープラン

マスタープランは、3つのコンポーネント（(1) 構造物による水環境改善計画、(2) 法制度整備計画、(3) 水環境／衛生教育推進計画）から構成される計画の相互作用を勘案し策定した。

とくに構造物による水環境改善計画は、予測される急激な都市開発を踏まえ、2020年の目標年までにどのように水環境を改善していくかの将来の開発シナリオを検討した。水質悪化に対応するために、対策なしの環境悪化のケース、従来型の下水処理施設を設置するアプローチ、現実的な排水処理対策を行うアプローチを含む代替案を検討した。最適案は、ビエンチャンの将来の社会経済発展を踏まえた比較検討に基づき選定した。

構造物による水環境改善計画

対象地域では、雨期と乾期が明確に区分できる。最も緊急の課題は、ビエンチャンの生活排水が排水路へ無処理で直接排水されていることによる乾期の水質悪化である。乾期の水質汚濁は、ビエンチャン市の重大な都市環境改善課題の一つである。

本マスタープランでは、汚染の原因と対策の適用性を考慮した総合的な対策を提案する。これらには、(1)Hong Wattay 沿いの屠殺場等、高濃度の汚水を排出する施設に対する行政指導、(2)

Hong Pasak, Hong Khoua Khao 他の排水路沿いの遮集管ならびに簡易処理施設の設置、(3)Hong Thong の高濃度の汚水に対する Nong Chanh 湿地沿いの水路浄化施設設置、等を含む。これらの対策を整理すると次表のようである。

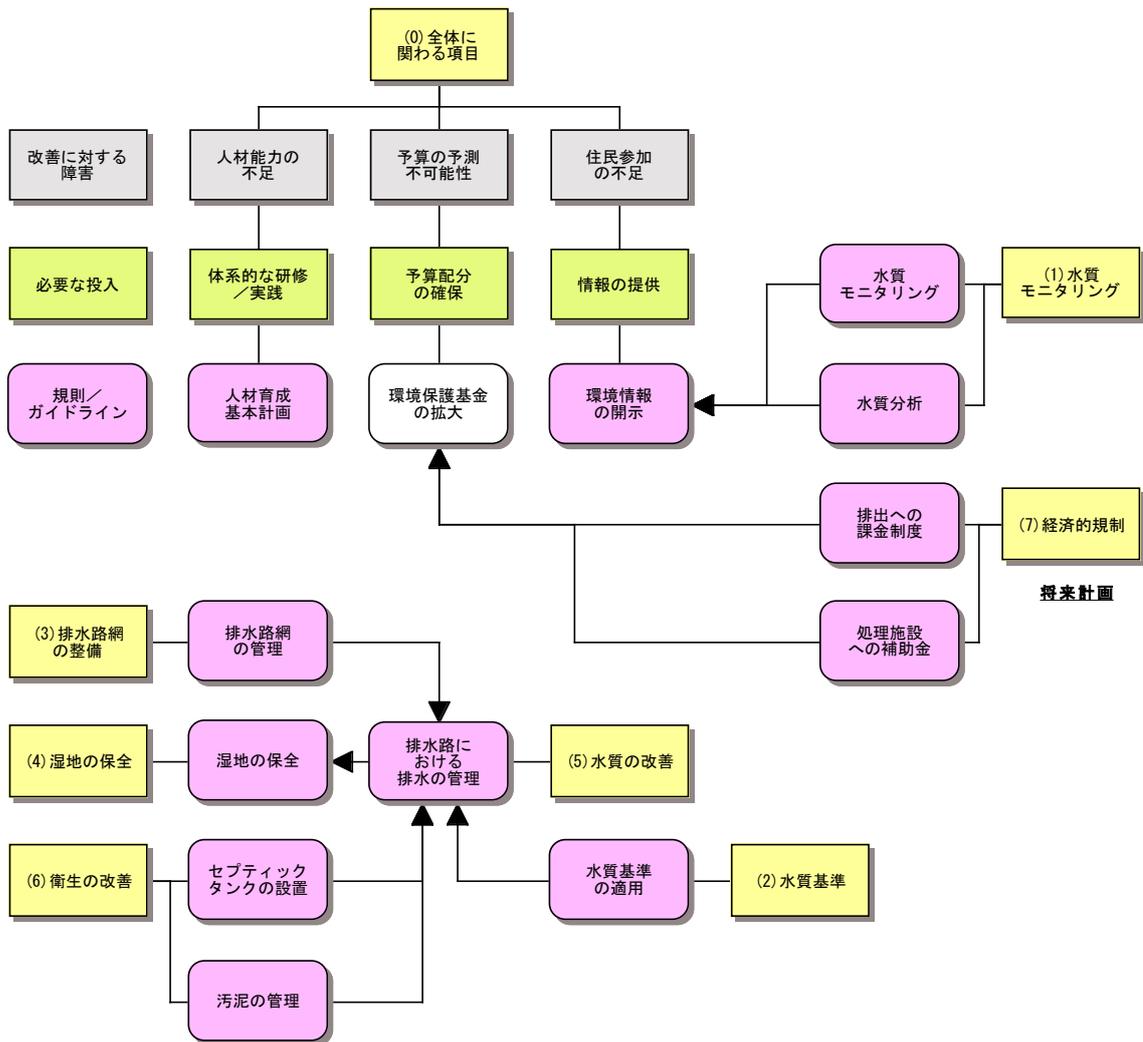
水環境改善の構造物対策コンポーネント

Mak Hiao 川流域		時間フレーム	
排水区域	小区域	マスタープラン (2020 年)	マスタープラン後 10 – 20 年
Hong Ke および Hong Xeng 排水区域	雨水排水		
	残存湿地および排水路	洪水緩和のため残存湿地の保全	排水能力増強のための排水路改修(必要であれば)
	水質管理		
	既成市街地	衛生施設が不十分で用地的に余裕のある区域：CBS の設置	衛生施設が不十分で用地的に余裕のある区域：CBS の設置
		用地的に余裕の無い区域：立替え時あるいは新築時にセプティックタンクの設置	用地的に余裕の無い区域：立替え時あるいは新築時に合併浄化槽の設置
	農村型集落	立替え時あるいは新築時にセプティックタンクの設置	立替え時あるいは新築時に合併浄化槽の設置
排水路	分散型処理施設の導入 ・ 遮集管を用いた分散型簡易浄化施設の設置 ・ 接触酸化型水路浄化施設の設置 ・ 植生工による自然浄化機能の強化		
残存湿地の保全	Nong Bo, Nong Tha, Nong Chanh 等の排水区域内に残された湿地の保全(上記の洪水緩和に加えて自然浄化機能の保全)		
新規大規模開発地域	工業団地あるいは新都市開発	雨水排水	
		雨水排水路の建設	
		水質管理	
		開発地域下流端で下水処理施設の設置あるいは工場・建物個別に汚水処理施設の導入	
その他	新規市街地	雨水排水	
		雨水排水路の建設(必要であれば)	
		水質管理	
		立替え時あるいは新築時に CBS あるいはセプティックタンクの設置	立替え時あるいは新築時に合併浄化槽の設置
	田園地域	水質管理	
		立替え時あるいは新築時にセプティックタンクの設置	立替え時あるいは新築時に合併浄化槽の設置

法制度整備計画

ADB や SIDA 等の様々なドナーは、環境教育、環境情報、国家土地利用計画、さらに公共投資政策、直接規制を含む多様な水環境保全の施策を提案し改善してきた。しかしながら、これらの法律や規定を効果的かつスムーズに実施するための細則やガイドラインが整備されておらず、これらを今後整備していく必要がある。

本マスタープランでは、排水管理ならびに衛生改善に焦点を当てたガイドライン案を提案している。なお、今後必要となる規則やガイドラインの関係を次図に示す。



今後必要となる規則/ガイドライン間の関係

水環境／衛生教育推進計画

環境の不可逆的な悪化を引き起こす可能性のあるビエンチャン市からの排水による水質悪化の進行を防ぐには、行政機関だけによる対策では不十分である。このためには、環境教育により、環境保全に関する意識の向上を通じ、市民（コミュニティの住民ならびに子供）が行政機関と協力し、水環境保全の役割を担うことが肝要である。

小学校の生徒ならびにコミュニティの一般住民を対象に、環境教育活動が CBS ならびに SBS の建設と平行して実施されてきた。パイロット・プロジェクトで実施した経験に基づき、マスタープランでは、トレーナーの訓練を含む環境教育のさらなる展開を次表のように提案している。

環境教育活動計画

フェーズ	活動	対象地域
Phase 1 (2010-2011)	- SBS/CBS 建設と歩調を合わせて、TOT (training of trainers)活動が 1 次パイロット学校・コミュニティの生徒/教師・住民を対象に実施される。	Hong Pasak 及び Hong Thong 排水区
Phase 2 (2012-2015)	- 新たに 2 次パイロット学校・コミュニティが選定される。彼らを対象に 1 次パイロット学校・コミュニティの訓練済み講師により TOT が実施され、下水処理施設建設と歩調を合わせて活動が普及される。	Hong Ke 及び Hong Xeng 排水区
	- 関係機関が活動をモニター、支援、PR する	
Phase 3 (2016-2020)	- パイロット学校・コミュニティ数が漸次増加し、下水処理施設普及と歩調を合わせ、活動が持続的かつ広域的に実施・普及される。	Hong Ke 及び Hong Xeng 排水区、その他 のビエンチャン市街地
	- 関係機関が活動をモニター、支援、PR する	

5. 提言

約 2 年半にわたる調査期間中に多くの改善すべき点、課題等が明らかとなった。これらはマスタープランとして、その改善方策をとりまとめた。ビエンチャン市では、非常に早い速度で都市化が進展しており、それにつれて都市の環境悪化も激化している。しかし、ビエンチャン市には、未だ残された自然が息づいており、これらを保全し、失われつつある自然環境を回復するのが急務と考えられる。こうした観点から、本調査をとりまとめるに当たり、今後マスタープラン実施に向けた際の留意事項となる諸点を最後に整理し、今後のビエンチャン市の水環境改善の一助とするための提言としたい。

(1) 構造物による水環境改善計画の早期の実施

ビエンチャン市の都市化は急速に進展している。しばしば言及したように、水環境改善は、物的な改善の視点からの人工的な汚水処理施設と、ビエンチャン市民に与えられた自然の財産としての湿地、湖沼、河川の自然浄化機能の保全を統合して実施すべきである。こうした考えに基づき、市民に貴重な環境を保全することの重要性を理解してもらうために、この改善計画をその最初のステップとして、出来る限り早く開始する必要がある。このような水環境改善の過程に伴い、環境改善に関する住民の意識向上も図りやすくなる。

(2) 水路蓋掛けの防止

Hong Pasak と同じく市街地中心部の排水を受け持つ Hong Thong は、Nong Chanh 湿地で Hong Khoua Khao と合流し Hong Ke となるが、合流直前まではほぼ全区間、コンクリートで蓋掛けされている。こうした対応は、水質悪化した水路の悪臭や景観の悪さを、市民の眼からそらす一つの方策かも知れないが、本来の水環境保全の観点から、水路およびその流水の水質の実態が把握できなくなり、改善策の実施やその効果把握も困難となる。悪化した水環境を都市から引き離す方策よりも、都市活動の中で水環境を改善できる方策を一步一步実施していくべきである。

(3) 湿地の保全

都市排水路網を流下した排水は、That Luang 湿地に流入し、その後 Na Khay 湿地を通過し、池状に滞留部分の多い Mak Hiao 川を経て、Mekong 河に注いでいる。こうした湿地や河道における自然浄化作用ならびに自然流域からの流出や灌漑用水の落ち水による希釈によって、2020 年の予測においても、メコン河合流点で 3 mg/l 程度と良好である。

しかし、この中でも That Luang 湿地周辺で埋め立てを含む都市化が進んでおり、土地利用計画上から当湿地を保全するような方策を打ち出すべきである。さらに市内に残存している Nong

Chanh、Nong Bo および Nong Tha も同様である。これらの保全策を早急に実施しないと、ビエンチャン市内にかつて存在していて、今は埋め立てられて市街地となった多くの湿地と同様な運命を辿る危険性がある。

これら残存湿地に対しては、以下の二つの保全アプローチが必要である。

開発の侵入禁止と現有水面の保持

さまざまな開発が埋め立てを伴いながら、湿地の水面を縮小させていく。こうした行為を防止するために、公共水面であることを認知させるために、境界杭の役割を持つ外周道路を整備し、その内側での開発禁止を広く知らしめて、土地利用規制を実施すべきである。この結果、水環境の改善の観点からは、湿地の自然浄化機能が保全されることとなる。

周辺開発からの流入汚水のオンサイト処理

湿地の環境的価値を低下させる大きな要因に、周辺流入地域からの無処理汚水の流入による湿地の水質悪化がある。今後の周辺部の開発計画に対して、とくに湿地の保全対策の一環として、し尿のみならず雑排水を含む排水処理施設を設置することを行政指導すべきである。

(4) 行政指導の強化

調査対象地域には、水質汚染原因となる重要な特定汚染源（点源）がある。いくつかの小規模企業が高濃度の廃水を排出し、近隣の住民は悪臭と堆積した汚泥に不満を持っている。責任機関による行政指導の強化が、このような問題を解決するために必要である。このような企業は行政指導により、廃水処理のための適切な装置の設置を通じて、排水基準を遵守しなければならない。水環境の改善は、市民や行政組織等多くの利害関係者のそれぞれの努力によって初めて達成される。したがって、こうした仕組みがうまく機能し、行政機関への高い信頼が醸成されることが、行政と市民の一体化の一歩となろう。

(5) 排水路の維持管理およびモニタリングの強化

主要な排水路は主として 2000 年代の ADB の事業によって、排水路床も含めたコンクリート三面張りの水路となっている。しかし、排水区域内からの細粒分の流出土砂の堆積により、排水路内にはかなりの土砂の堆積が見られ、これを基盤として、さまざまな種類の植生が繁茂している。こうした植生は、水質汚濁に対して、浮遊物質の沈降の促進や、植生に付着した生物膜等による接触酸化等を通して一定程度の浄化機能が確認されている。

こうした排水路の維持管理は、ドナーの手助けなしに管理者であるビエンチャン市で実施可能な方策である。こうした維持管理は、1) 堆積土砂の必要に応じた浚渫、2) 植生の自然浄化作用を念頭に置いた現地モニタリングを踏まえ、水路内植生の適切な管理、3) WREA との協力による定期的な水質モニタリングを実施し、現況の課題の把握、等から構成される。

目 次

調査対象地域図
主要要約
目次

	<u>ページ</u>
1 調査の概要	1-1
1.1 背景	1-1
1.2 目的	1-1
1.3 調査対象地域	1-1
1.4 調査工程	1-1
1.5 要員計画	1-2
1.6 調査実施体制	1-2
1.7 報告書	1-4
2 調査対象地域の基本条件	2-1
2.1 社会経済状況	2-1
2.1.1 ラオスの社会経済状況	2-1
2.1.2 調査対象地域の社会経済状況	2-2
2.2 組織法制度	2-6
2.2.1 水環境にかかる法制度	2-6
2.2.2 水環境にかかる機関	2-10
2.3 環境教育	2-16
2.3.1 環境教育コンポーネントを含む既往プロジェクト	2-16
2.3.2 調査対象地域のコミュニティ構造と教育システム	2-17
2.4 水文調査	2-22
2.4.1 自然条件調査	2-22
2.4.2 洪水流出解析	2-28
2.4.3 低水流出解析	2-31
2.5 排水路網	2-34
2.5.1 既往の調査・プロジェクト	2-34
2.5.2 排水システム	2-36
2.6 水質調査	2-41
2.6.1 水質モニタリングの方法	2-41
2.6.2 モニタリング結果	2-45

2.6.3	工場排水	2-49
2.6.4	水質汚濁解析モデル	2-50
2.7	水生生物調査	2-53
2.7.1	調査の目的と方法	2-53
2.7.2	水質と水生生物の関係	2-54
2.7.3	生物指標の作成	2-59
2.7.4	水生生物からみた水質目標	2-62
2.8	水路でのクウシンサイの水質浄化効果の検証	2-64
2.8.1	背景と検証の目的	2-64
2.8.2	水質浄化効果の野外実験とその考察	2-64
2.8.3	クウシンサイの水質浄化効果についての考察	2-66
3	パイロット・プロジェクト	3-1
3.1	コミュニティおよび学校における衛生改善施設	3-1
3.1.1	背景	3-1
3.1.2	プロジェクトサイト選定	3-1
3.1.3	目的および関係者	3-4
3.1.4	CBS および SBS の設計	3-4
3.1.5	CBS および SBS の管理組織	3-7
3.1.6	施設運用・維持管理	3-7
3.1.7	CBS/SBS の汚水処理効果	3-7
3.2	水環境/衛生教育	3-9
3.2.1	概要	3-9
3.2.2	副読本の開発・普及	3-11
3.2.3	TOT ワークショップ開催	3-12
3.3	パイロット・プロジェクトによる教訓	3-16
4	水環境管理マスタープラン（案）	4-1
4.1	計画策定に係る検討事項	4-2
4.1.1	計画目標年（2020年）におけるフレームワーク設定	4-2
4.1.2	計画目標年（2020年）における水質予測	4-3
4.1.3	現状および将来における整備課題	4-5
4.2	水環境改善のための戦略	4-8
4.2.1	計画目標と目的	4-8
4.2.2	水質の全体的な目標	4-8
4.2.3	総合的アプローチの必要性	4-11
4.3	構造物対策に係る代替案の検討	4-12
4.3.1	想定される代替案の組合せ	4-12
4.3.2	構造物対策の組み合わせ	4-13

4.3.3	水質シミュレーションによる検討案の比較.....	4-14
4.3.4	比較検討の結果.....	4-17
4.4	水環境管理マスタープラン.....	4-19
4.4.1	マスタープランの構成.....	4-19
4.4.2	構造物による水環境改善計画.....	4-19
4.4.3	法制度整備計画.....	4-27
4.4.4	水環境/衛生教育推進計画.....	4-35
4.4.5	アクションプラン.....	4-37
5	プレ・フィージビリティ調査.....	5-1
5.1	背景、調査目的、調査対象区域の選定.....	5-1
5.1.1	背景および調査目的.....	5-1
5.1.2	調査対象区域の選定.....	5-1
5.2	基礎データの収集整理.....	5-2
5.2.1	収集データ.....	5-2
5.2.2	衛生状態.....	5-3
5.3	実施可能な水環境改善対策.....	5-3
5.3.1	予備設計.....	5-3
5.3.2	水質改善効果.....	5-6
5.3.3	概算事業費.....	5-6
6	提言.....	6-1

SCOPE OF WORK AND MINUTES OF MEETINGS

表目次

表 1.1	JICA 調査団員	1-2
表 1.2	ステアングコミッティーの目的と役割	1-3
表 1.3	報告書	1-4
表 2.1	第 6 次計画の数値目標と第 5 次計画の数値目標/実績	2-1
表 2.2	2020 年までのラオスの人口予測	2-2
表 2.3	2020 年までの GDP 成長率予測	2-2
表 2.4	調査対象地域の 2020 年の人口予測	2-2
表 2.5	2020 年までのビエンチャン市の GRDP 予測	2-3
表 2.6	開発計画の概要	2-4
表 2.7	改正されたラオスの表流水水質基準	2-8
表 2.8	改正されたラオスの一般工場の排水基準	2-9
表 2.9	改正された都市の排水基準	2-9
表 2.10	建物の分類	2-10
表 2.11	DOE の主な職務と人員	2-11
表 2.12	PTI の主な職務と人員	2-12
表 2.13	観測所諸元	2-22
表 2.14	降雨統計データ	2-23
表 2.15	土地利用別の流出係数標準値	2-28
表 2.16	降雨強度式パラメーター一覧	2-28
表 2.17	流況計算条件	2-31
表 2.18	流況計算結果	2-33
表 2.19	VIUDP の対象水路	2-35
表 2.20	VUISP の対象水路	2-35
表 2.21	ビエンチャン市街地排水網の主要諸元	2-39
表 2.22	Mak Hiao 川の排水ゲート	2-40
表 2.23	定期モニタリング 調査地点数	2-41
表 2.24	定期モニタリング 調査地点の詳細	2-41
表 2.25	定期モニタリング 調査頻度	2-43
表 2.26	定期モニタリング 水質パラメータ	2-43
表 2.27	縦断同時モニタリング 調査地点数	2-43
表 2.28	縦断同時モニタリング 調査地点の詳細	2-44
表 2.29	縦断同時モニタリング 調査頻度	2-45
表 2.30	縦断同時モニタリング 水質パラメータ	2-45
表 2.31	調査エリアに位置する既存工場の調査結果	2-49
表 2.32	発生および流出汚濁負荷量(2009 年)	2-51
表 2.33	生物調査地点一覧	2-53
表 2.34	生物調査の頻度	2-54
表 2.35	選定された種による水質の指標範囲	2-60
表 2.36	水質の生物指標	2-61
表 3.1	共同パイロット・プロジェクト候補サイトの統合選定	3-2
表 3.2	CBS および SBS の便益享受関係者	3-4
表 3.3	CBS および SBS のための参加型アプローチ	3-4
表 3.4	CBS および SBS の設計条件	3-5
表 3.5	CBS および SBS の水質検査結果	3-8
表 3.6	LIRE-BORDA との Phase II 共同活動・ミーティング概要	3-10
表 3.7	水環境/衛生教育副読本の目次構成	3-11

表 3.8	副読本の関係機関への配布.....	3-12
表 3.9	学校 TOT ワークショップのプログラム.....	3-13
表 3.10	コミュニティ TOT ワークショップのプログラム.....	3-13
表 4.1	ビエンチャン市の人口予測.....	4-2
表 4.2	ビエンチャン市の GRDP 予測.....	4-2
表 4.3	ビエンチャン市の一人当たり GRDP 予測.....	4-3
表 4.4	種別ごとの発生活濁負荷量（2009 年および 2020 年）.....	4-3
表 4.5	流域別の発生活濁負荷量（2020 年）.....	4-4
表 4.6	流域及び種別ごとの発生活濁負荷量（2020 年）.....	4-4
表 4.7	アジア諸国の漁業用表流水水質基準.....	4-9
表 4.8	水質の計画目標値.....	4-11
表 4.9	構造物対策の可能な選択肢.....	4-15
表 4.10	比較検討の結果.....	4-16
表 4.11	検討案に係る概算費用.....	4-17
表 4.12	検討案の比較評価結果.....	4-18
表 4.13	水環境改善の構造物対策コンポーネント.....	4-20
表 4.14	構造物対策の責任主体と主な課題.....	4-22
表 4.15	排水路網の水質改善のための短期・中期的段階整備計画.....	4-26
表 4.16	構造物による水質改善のための関係機関および財源の分担.....	4-26
表 4.17	整備を検討すべき規則／ガイドラインのメニュー.....	4-28
表 4.18	汚泥及び工場排水管理にかかる既存の法令・規則.....	4-29
表 4.19	雑排水管理の枠組みの提案.....	4-31
表 4.20	実施スケジュール.....	4-34
表 4.21	環境教育活動推進ロードマップ（要旨）.....	4-35
表 4.22	環境教育活動推進ロードマップ.....	4-36
表 4.23	水環境管理アクションプラン.....	4-37
表 5.1	ホン・パサック排水区域の小排水区毎の面積と人口.....	5-2
表 5.2	ホン・パサック排水路の上中流域から収集した衛生関連試料.....	5-3
表 5.3	簡易処理施設の設計条件.....	5-5
表 5.4	プレ F/S エリア内に設置する簡易処理システムの概算事業費.....	5-6

図目次

図 1.1	調査全体工程.....	1-2
図 1.2	調査実施体制.....	1-3
図 2.1	新規開発エリア位置図.....	2-3
図 2.2	Lanexang 王国の防護壁の位置.....	2-5
図 2.3	郡事務所組織図.....	2-18
図 2.4	村事務所組織図.....	2-19
図 2.5	ビエンチャン市教育局組織図.....	2-20
図 2.6	郡教育事務所組織図.....	2-20
図 2.7	気象観測所位置図.....	2-22
図 2.8	月別降雨分布.....	2-23
図 2.9	月別蒸発量および気温（Vientiane, Source: MRC & DMH）.....	2-23
図 2.10	土地利用図（2000 年）.....	2-25
図 2.11	土地利用比率（2000 年）.....	2-26
図 2.12	Mak Hiao 川流域分割図（将来）.....	2-27
図 2.13	Hong Xeng, Hong Ke 流出計算結果.....	2-30

図 2.14	再現計算結果 (MP1,MP2)	2-32
図 2.15	2008 年 8 月洪水のハイドロハイエトグラフ	2-37
図 2.16	ビエンチャン市街地の排水システム	2-39
図 2.17	定期モニタリングの調査位置図(1/2)	2-42
図 2.18	定期モニタリングの調査位置図(2/2)	2-42
図 2.19	縦断同時モニタリングの調査位置図	2-44
図 2.20	定期モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 7 月)	2-46
図 2.21	定期モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 11 月)	2-46
図 2.22	縦断同時モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 11 月)	2-48
図 2.23	流量の観測値と予測値の関係	2-51
図 2.24	BOD の観測値と予測値の関係	2-51
図 2.25	発生および流出汚濁負荷量(2009 年)	2-52
図 2.26	調査地点の位置	2-54
図 2.27	Mak Hiao 川流域の水質階級模式図	2-55
図 2.28	観測された水質の季節変動	2-56
図 2.29	都市排水路の BOD 平均値の季節変動	2-56
図 2.30	8 回の調査で観察された魚類の総種数	2-57
図 2.31	市街地における汚濁耐性種 (グッピー、カダヤシ) 以外の魚種数	2-57
図 2.32	BOD と汚濁耐性種以外の魚種数の関係	2-57
図 2.33	採集された底生動物の個体数と湿重量	2-58
図 2.34	植物の生育形態による区分	2-59
図 2.35	定期調査地点における生育形態別にみた植物の種数	2-59
図 2.36	BOD 観測値と都市排水路の水質目標値	2-63
図 2.37	Mak Hiao 川流域の水質改善目標 (BOD)	2-63
図 2.38	野外実験調査地区	2-65
図 2.39	クウシンサイによる水質浄化メカニズムの模式図	2-67
図 2.40	護岸のタイプと魚類の生息数の比較	2-68
図 3.1	パイロット・プロジェクト対象 2 サイト位置	3-3
図 3.2	CBS 下水排水網の平面計画	3-5
図 3.3	SBS 下水排水網の平面計画	3-6
図 3.4	Khoualuang 小学校の SBS 施設構造	3-6
図 4.1	2009 年から 2020 年における水質の変化の予測	4-5
図 4.2	8 回の調査 (2009 年-2010 年) で観察された総魚種数	4-9
図 4.3	Mak Hiao 川流域の水質階級模式図	4-10
図 4.4	水生生物調査による水質階級と水質モニタリング調査結果との関係	4-10
図 4.5	検討案における BOD 予測値の比較	4-17
図 4.6	現況・将来無対策・対策後の BOD 予測	4-18
図 4.7	マスタープランの 3 つのコンポーネントの相互作用	4-19
図 4.8	WWF 提案による人工湿地計画概念図	4-23
図 4.9	水環境の現状から考えた中長期の水環境改善戦略	4-24
図 4.10	検討すべき規則/ガイドライン間の関係	4-27
図 5.1	ホン・パサク排水区域	5-2
図 5.2	簡易処理施設とインターセプターの位置図	5-4
図 5.3	簡易処理施設の標準断面図	5-5
図 5.4	WTP による BOD の削減効果予測	5-6
図 5.5	簡易処理施設(T1)の平面図および標準断面図	5-7
図 5.6	簡易処理施設(T5)の平面図および標準断面図	5-8

写真目次

写真 2.1	WREA-SIDA プロジェクト作成環境副読本.....	2-16
写真 2.2	メコン川総合管理プロジェクト実施状況.....	2-36
写真 2.3	2008年8月洪水.....	2-38
写真 2.4	Mak Hiao 川排水ゲート.....	2-40
写真 2.5	野外調査地点のイメージ.....	2-65
写真 2.6	クウシンサイの根の状況.....	2-66
写真 2.7	巻貝類及びトンボ類の写真.....	2-68
写真 3.1	サンプリングした汚水(2011年5月25日).....	3-8
写真 3.2	学校 TOT ワークショップの実施光景.....	3-14
写真 3.3	コミュニティ TOT ワークショップの実施光景.....	3-15

略 語

組織

ADB	:	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
BORDA	:	Bremen Overseas Research and Development Association (ブレーメン海外研究開発協会)
CIDA	:	Canada International Development Agency (カナダ国際開発庁)
DANIDA	:	Danish International Development Assistance (デンマーク国際開発援助機構)
DPRA	:	Development Project Responsible Agency (開発プロジェクト責任機関)
EDCF	:	Economic Development Cooperation Fund (経済開発協力基金)
EU	:	European Union (ヨーロッパ連合)
IEC	:	International Electrotechnical Commission (国際電気技標準会議)
ISO	:	International Organization for Standardization (国際標準化機構)
ITSUP	:	Institute for Technical Studies (技術研究所)
IUCN	:	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (国際自然保護連合)
JICA	:	Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
LIRE	:	Lao Institute for Renewable Energy (ラオス再生エネルギー協会)
MCTPC	:	Ministry of Communication, Post, Transport and Construction (通信・郵便・交通・建設省)
MIC	:	Ministry of Industry and Commerce (商工省)
MOE	:	Ministry of Education (教育省)
MOH	:	Ministry of Health (保健省)
MPWT	:	Ministry of Public Works and Transport (公共事業運輸省)
DHUP	:	Department of Housing and Urban Planning (住宅都市計画局)
DOR	:	Department of Road (道路局)
PTI	:	Public Works and Transport Institute (公共事業交通研究所)
MRC	:	Mekong River Committee (メコン河委員会)
NEC	:	National Environment Committee (国家環境委員会)
NRIES	:	National Research Institute for Educational Science (国立教育科学研究所)
PPA	:	Pupils' Parents Association (保護者会)
SEED	:	Social Environmental Education and Development (社会環境教育と開発の会)
SIDA	:	Swedish International Development Cooperation Agency (スウェーデン国際開発協力庁)
STEA	:	Science, Technology and Environment Agency (the former organization of WREA) (科学技術環境局、WREA の前身)
UN	:	United Nations (国際連合)
UNDP	:	United Nations Development Programme (国連開発計画)
UN-HABITAT	:	United Nations Human Settlements Programme (国連人間居住計画)
UNICEF	:	United Nations Children's Fund (国連児童基金)
VC	:	Vientiane City (ビエンチャン市)
DI	:	Department of Industry (工業局)

DOE	:	Department of Education (教育局)
DOH	:	Department of Health (保健局)
DPWT	:	Department of Public Works and Transport (公共事業交通局)
WREO	:	Water Resources and Environmental Office (水資源環境事務所)
VEU	:	Village Environment Unit (農村環境係)
VUDAA	:	Vientiane Urban Development Administration Agency (ビエンチャン市都市開発管理局)
WB	:	World Bank (世界銀行)
WHO	:	World Health Organization (世界保健機関)
WREA	:	Water Resource Environment Agency (水資源環境庁)
DMH	:	Department of Meteorology and Hydrology (気象水文局)
DOE	:	Department of Environment (環境局)
EQMHCC	:	Environmental Quality Monitoring and Hazardous Chemical Center (環境 質モニタリング・危険化学物質センター)
WERI	:	Water Resources and Environment Research Institute (水資源環境研究 所)
WTO	:	World Trade Organization (世界貿易機関)
WWF	:	World Wide Fund for Nature (世界自然保護基金)

計画及びプロジェクト

EMSP	:	Environmental Management Support Project (環境管理支援プロジェク ト)
NUDSIP	:	National Urban Development Strategy and Investment Plan (国家都市開 発戦略投資計画)
SEMII	:	Strengthening Environmental Management Project Phase II (環境管理強 化プロジェクト フェーズII)
UWSIP	:	Urban Wastewater Strategy and Investment Plan (都市排水戦略・投資 計画)
VIUDP	:	Vientiane Integrated Urban Development Project (ビエンチャン市総合 開発計画)
VUISP	:	Vientiane Urban Infrastructure and Service Project (ビエンチャン市都 市基盤整備プロジェクト)
WSP	:	Water and Sanitation Program (水及び保健計画)

技術用語

BOD	:	Bio-chemical Oxygen Demand (生物化学的酸素要求量)
B/C	:	Cost Benefit Ratio (費用便益比率)
CBS	:	Community Based Sanitation (コミュニティによる衛生管理 (施 設))
COD	:	Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量)
DDT	:	Dichloro-diphenyl-trichloro-ethane (ジクロロジフェニルトリクロロエ タン)
DEM	:	Digital Elevation Map (数値標高モデル)
DEWATS	:	Decentralized Wastewater Treatment System (分散型下水処理システ ム)

DO	:	Dissolved Oxygen (溶存酸素)
EA	:	Environmental Assessment (環境アセスメント)
EC	:	Electric Conductivity (電気伝導度)
EEA	:	Environmental Education and Awareness (環境教育・啓発)
EIA	:	Environmental Impact Assessment (環境影響アセスメント)
EMP	:	Environment Management Plan (環境管理計画)
ESIA	:	Environmental and Social Impact Assessment (環境社会影響アセスメント)
IEE	:	Initial Environmental Examination (初期環境評価)
IESE	:	Initial Environmental and Social Examination (初期環境社会評価)
ORP	:	Oxidation Reduction Potential (酸化還元電位)
QA/QC	:	Quality Assurance and Quality Control (品質保証/品質管理)
SBS	:	School Based Sanitation (学校による衛生管理(施設))
SIA	:	Social Impact Assessment (社会影響アセスメント)
SMMP	:	Social Management and Monitoring Plan (社会環境管理モニタリング計画)
SRTM	:	Shuttle Radar Topography Mission (近距離レーダー地形測量)
SS	:	Suspended Solid (懸濁物質)
STP	:	Sewage Treatment Plant (下水処理場)
TDS	:	Total Dissolved Solid (総溶解固形物)
TSS	:	Total Suspended Solid (総懸濁物質)
TKN	:	Total Kjeldahl Nitrogen (全ケルダール窒素)
WTP	:	Wastewater Treatment Plant (汚水処理場)

他の用語

CD	:	Capacity Development (能力強化)
C/P	:	Counter Part (カウンターパート)
D/S, d/s	:	Downstream (下流)
ECC	:	Environmental Compliance Certificate (環境適合証明)
EEA	:	Environmental Education and Awareness (環境教育・啓発)
EL	:	Environmental Law (環境基本法)
EPF	:	Environmental Protection Fund (環境保護基金)
EPL	:	Environmental Protection Law (環境保護法)
F/S	:	Feasibility Study (フィージビリティ調査)
FY	:	Fiscal year (会計年度)
GDP	:	Gross Domestic Product (国内総生産)
GIS	:	Geographic Information System (地理情報システム)
GPS	:	Global Positioning System (全地球測位システム)
GRDP	:	Gross Regional Domestic Product (地域内総生産)
HIA	:	Health Impact Assessment (健康影響アセスメント)
JOCV	:	Japan Overseas Cooperation Volunteers (JICA ボランティア)
Lao PDR	:	Lao People's Democratic Republic (ラオス人民民主共和国)
MDGs	:	Millennium Development Goals (ミレニアム開発目標)
M/P	:	Master Plan (マスタープラン)
NGO	:	Non-governmental organization (非政府組織)
ODA	:	Official Development Assistance (政府開発援助)

O&M	:	Operation and Maintenance (維持および管理)
PET	:	Polyethylene Terephthalate (ポリエチレンテレフタレート)
PM	:	Prime Minister (首相)
SEA	:	South East Asia (東南アジア)
SLSC	:	Sub Least Square Criterion (標準最小二乗規準)
TCP	:	Teacher Children Parent (先生 - 子供 - 親のつながり)
TOT	:	Training of Trainers (トレーナーズ・トレーニング)
U/S, u/s	:	Upstream (上流)
WQMNS	:	Water Quality Monitoring Network System (水質モニタリングネットワークシステム)

1 調査の概要

1.1 背景

ラオス国の首都ビエンチャン市（人口約 70 万人：2005 年）は、1989 年の JICA 開発調査「ビエンチャン市排水網整備計画」に基づき、ADB による排水施設の整備が実施され、一定の改善がなされてきた。しかし、生活水準の高度化、近年の急速な経済開発や人口増加に伴って、都市域からの生活排水の流入による河川湿地の水質の悪化、汚水量の増加が生じている。これらの都市化傾向は、工業団地、東南アジア競技大会（SEA ゲーム）施設、新都市開発計画などの大型インフラ整備が計画されており、今後も継続すると考えられる

こうしたビエンチャン市の現状を考慮して、ラオス国政府は、わが国に技術的な支援を要請した。本件調査は、ビエンチャン市内の衛生環境の悪化対策や、生活排水の流入が自然浄化機能に大きな影響を与えていると思われる That Luang 湿地の環境保全対策を含むビエンチャン市水環境管理マスタープランの策定を目的として、2007 年 12 月、日本政府により採択されたものである。

1.2 目的

本件調査の目的は以下のとおりである。

- (1) ビエンチャン市の衛生環境の改善と Mak Hiao 川流域の自然浄化機能の保全を図ることを目的に、調査対象地域における水環境の現状を把握した上で、ビエンチャン市における水環境管理マスタープランを策定する。
- (2) 調査の実施を通じて、水環境管理マスタープランの策定にかかる方策・技術がラオス国カウンターパートに移転される。

さらに本件調査の最終目的は、本マスタープランの内容がビエンチャン市の都市開発計画に反映され、ビエンチャン市民の衛生的な生活が確保されることである。

1.3 調査対象地域

調査対象区域は、7 郡にまたがる Mak Hiao 川流域を対象とする。これらは、Sikhottabong、Chantabuly、Sisattanak、Xaysetha、Hatxaifong、Xaythany、Mayparkngum の各郡である。Mak Hiao 川流域は、ビエンチャン市の主要な都市域を包括し、雨期には雨水を、乾期には家庭等からの雑排水を主として流下させている。その集水面積は 412.5 km² であり、ビエンチャン市域 3,920 km² の 10.5% に相当する。

1.4 調査工程

調査の全体工程は図 1.1 に示すとおり、全調査期間は約 30 ヶ月である。

Calendar Year	2009												2010												2011								
Japanese FY	FY 2008			FY 2009												FY 2010												FY 2011					
Month	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Field Work	■			■												■												■					
Domestic Work	□																											□					
Reports	▲ IC/R																											▲ F/R					
Phase				Phase I												Phase II																	

(Legend) IC/R: Inception Report, P/R1: Progress Report (1), P/R2: Progress Report (2), IT/R: Interim Report, DF/R: Draft Final Report, F/R: Final Report
Phase I: Basic study and preparation of the Draft Master Plan
Phase II: Implementation of Pilot Project and Pre-feasibility Study

図 1.1 調査全体工程

1.5 要員計画

JICA 調査団員は、表 1.1 のとおりである。

表 1.1 JICA 調査団員

氏名	担当
森下 甲子弘	総括/総合水管理/排水対策
谷島 誠	副総括/水環境政策/事業評価
加藤 泰彦	環境教育
伊藤 毅	水環境管理計画
三島 京子	生態系保全/環境社会配慮
中村 和弘	水文/水理地質/雨水解析
下河内 仁	衛生/分析/水質改善計画
児玉 真	雨水排水改善計画
白 雲山	GIS
藤本 和良	業務調整

1.6 調査実施体制

本件調査を推進するにあたり、関係機関が横断的に関与する統合的水環境管理を推進するため、カウンターパートとの協議により、PTI を事務局とした下記のステアリングコミッティーを設置した。表 1.2 は、コミッティーの目的、役割等を整理したものである。

表 1.2 ステアングコミッティーの目的と役割

目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査に必要な助言、実行支援を得る。 ● 調査にかかる基本的な方向づけを協議する。 ● 関係機関の連携を図る。
活動内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査基本方針の確認 ● 調査団による各種報告書の協議・承認 ● 技術移転の評価
参加者	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共事業運輸省(MPWT)、ビエンチャン市、公共事業運輸研究所(PTI)、水資源環境庁(WREA)、住宅・都市計画局(DHUP)、ビエンチャン市公共事業運輸局(DPWT)、ビエンチャン市保健局、ビエンチャン市農林局、ビエンチャン市商工局、ビエンチャン市環境事務所、ビエンチャン都市開発管理庁(VUDAA)、ビエンチャン市新都市開発事業、ビエンチャン市教育局
開催頻度	調査報告書提出時に開催（フェーズ1で3回、フェーズ2で3回）。
事務局	PTI
開催場所	MPWT
経費負担	参加関係機関が分担する。
事務局の役割	<ul style="list-style-type: none"> ● 議題の調整、参加者への連絡、スケジュールの調整 ● 配付資料の作成、実施の管理 ● 調査に関する説明、議事録作成
調査団の役割	<ul style="list-style-type: none"> ● 議題の調整補助、配付資料の作成補助 ● 調査に関する説明のサポート、議事録作成協議

ステアリングコミッティーを含めた全体の調査実施体制は図 1.2 のとおりである。

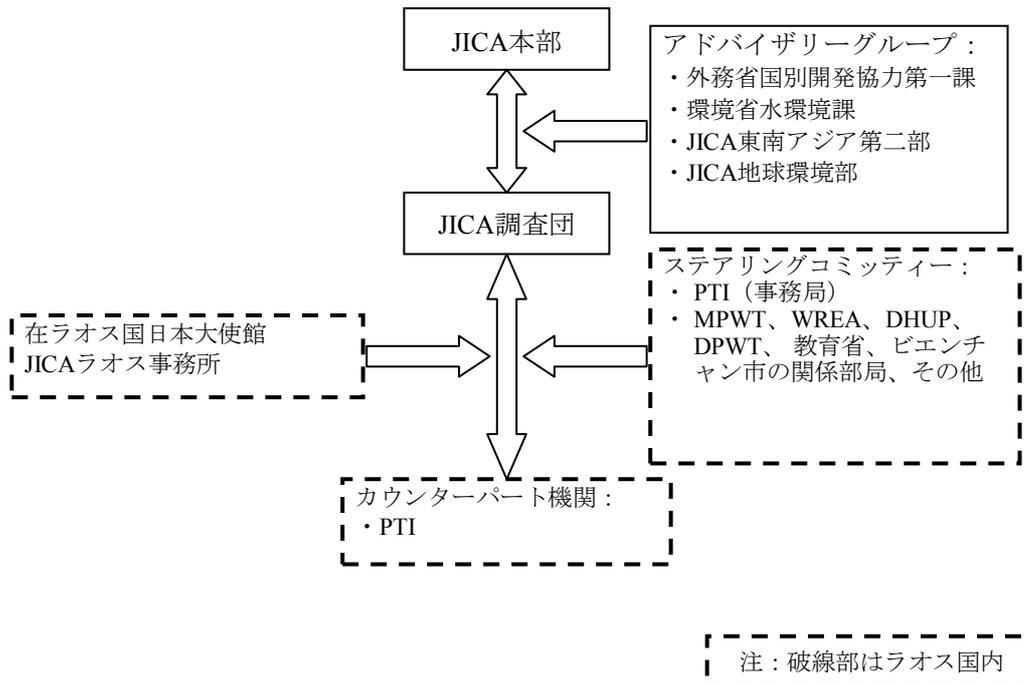


図 1.2 調査実施体制

1.7 報告書

調査団は、表 1.3 に示す報告書（ハードコピーおよび電子データ）を準備し、JICA およびラオス国政府に所定部数を提出した。

表 1.3 報告書

報告書	提出時期	提出部数	内 容
1.インセプションレポート	2009年1月下旬	和文5部 英文25部	調査の目的、方針、手法、調査日程等
2.プロGRESSレポート1	2009年9月中旬	和文10部 英文35部	フェーズ1の進捗報告
3.インテリムレポート	2010年3月上旬 (フェーズ1終了時)	和文10部 英文35部	マスタープラン(案)を含むフェーズ1すべての調査報告
4.プロGRESSレポート2	2010年12月上旬	和文10部 英文35部 ラオス語30部	フェーズ2の進捗報告
5.ドラフトファイナル・レポート	2011年3月下旬 (フェーズ2終了時)	和文10部 英文35部 ラオス語30部	すべての調査報告
6.ファイナル・レポート	2011年9月下旬	和文10部 英文35部 ラオス語35部	すべての調査報告

2 調査対象地域の基本条件

2.1 社会経済状況

2.1.1 ラオスの社会経済状況

(1) 国家社会経済開発計画

現行の国家計画は、2006年から2010年までの第6次国家社会経済開発計画である。その目的は以下のようになっている。

- 経済成長を加速し、国民の生活の質を向上させる。
- 社会主義を目指しつつ市場経済をさらに発展させる。引き続き対外経済関係を拡大発展させる。
- 教育・訓練の量ならびに質を大幅に向上させる。
- 経済開発と同時に文化や社会を発展させる。
- 引き続き貧困を減らし、雇用を創出し、社会悪を排除する。
- 引き続き社会経済の土台となる社会経済インフラを強化する。
- 政治的安定と社会の保全を維持する。

上記の目的を達成するために、以下の数値目標が第5次計画の実績とともに上げられている。

表 2.1 第6次計画の数値目標と第5次計画の数値目標/実績

Item	Sixth Plan (2006-2010)	Fifth Plan (2001-2005)	
	Target	Target	Achievement
GDP growth	7.5-8%	7-7.5%	6.24%
Exports growth	18.1%	8.6%	4.9%
Trade deficit as % of GDP	5.0%	6.0%	9.4%
Inflation rate	6-6.5%	<10.0%	9.6%
Budge deficit as % of GDP	6.07% (5 yr avr)	6.0%	7.4%
GDP per capita (2005)	US\$700-750	US\$500-550	US\$491
Total population (2005)	6.17 million (2010)	5.9 million	5.61 million (2005)
Population growth rate	1.91% (5 yr avr)	—	2.0% (5 yr avr)
Proportion of poor households (2005)	<15%	20-25%	28.7%
Primary school enrolment (2005)	90.6%	86.0%	84.2%
Infant (<1 yr) mortality (2005)	55/1,000	60/1,000	70/1,000
Child (<5 yr) mortality	75/1,000	98/1,000	98/1,000
Access to clear water	70% of total communities	—	—
Forest cover	>50%	—	—

Note: The Sixth Plan sets much more targets than those shown in the table.

Source: Sixth Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2006-2010), Committee for Planning and Investment

(2) 人口

ラオスやビエンチャン市を対象として現在実施されている複数の JICA 調査において、人口や GDP 等のマクロ社会経済データを既に先行して調査が進められている工業団地開発準備調査のものと同様にすることが合意されている。工業団地開発準備調査では、ラオスの人口を下記の通り予測している。

表 2.2 2020 年までのラオスの人口予測

	2005 ¹⁾	2010	2015	2020
Population (000)	5,622	6,133	6,696	7,286
Annual average growth rate (%)	—	1.8	1.8	1.7

Note: ¹⁾ Data of Population and Housing Census 2005

Source: Preparatory Survey on Industrial Zone Development in The Lao People's Democratic Republic, Progress Report, 2009, JICA

(3) GDP

上記の通り、GDP の成長に関しても工業団地開発準備調査を参照する。工業団地開発準備調査では、GDP 成長率を以下の通り予測している。

表 2.3 2020 年までの GDP 成長率予測

	2009	2010	2011-20
GDP growth rate (%)	5.5	6.0	7.5

Source: Preparatory Survey on Industrial Zone Development in The Lao People's Democratic Republic, Interim Report, 2009, JICA

2.1.2 調査対象地域の社会経済状況

(1) 調査対象地域の人口

まず、2005 年人口家屋統計に示されているビエンチャン市の 2005 年人口から調査対象地域の人口を推定する。次に、1995 年から 2005 年までの平均年率人口増加率を各 Village 毎に計算し、同じ増加率で 2005 年から 2020 年まで増加させる。なお、工業団地開発予備調査の予測を考慮し、調査対象地域の人口を 2 つの調査における同じ年のビエンチャン市予測人口の比率で調整し、工業団地開発予備調査の予測との整合性をとっている。これらの人口予測の結果を下表にまとめた。

表 2.4 調査対象地域の 2020 年の人口予測

(Unit: 1,000)

Year	Vientiane City Industrial Zone	Vientiane City Water Environment	Adjustment Ratio	Study Area Before Adjustment	Study Area After Adjustment	Hong Ke Sub-basin After Adjustment	Hong Xeng Sub-basin After Adjustment
(1)	(2)	(3)	(4) = (2) / (3)	(5)	(6) = (5) × (4)	(7)	(8)
2005	692	692	1.000	328	328	51	112
2020	1,074 ¹⁾	1,284	0.837	551	462(499) ²⁾	44	164

Note: 1) Since the Industrial Zone Survey presented only the data in 2015 and 2025, the data in 2020 was calculated by applying the annual average growth rate between the two years.

2) Value in parentheses includes population of new development area assumed by the Study Team

Source: Preparatory Survey on Industrial Zone Development in The Lao People's Democratic Republic, Interim Report, 2009, JICA

(2) ビエンチャン市の GRDP

ビエンチャン市の GRDP は工業開発予備調査の予測を参照する。工業団地開発準備調査では、GRDP を以下の通り予測している。

表 2.5 2020 年までのビエンチャン市の GRDP 予測

(Unit: constant in 2008 price, billion KIP)

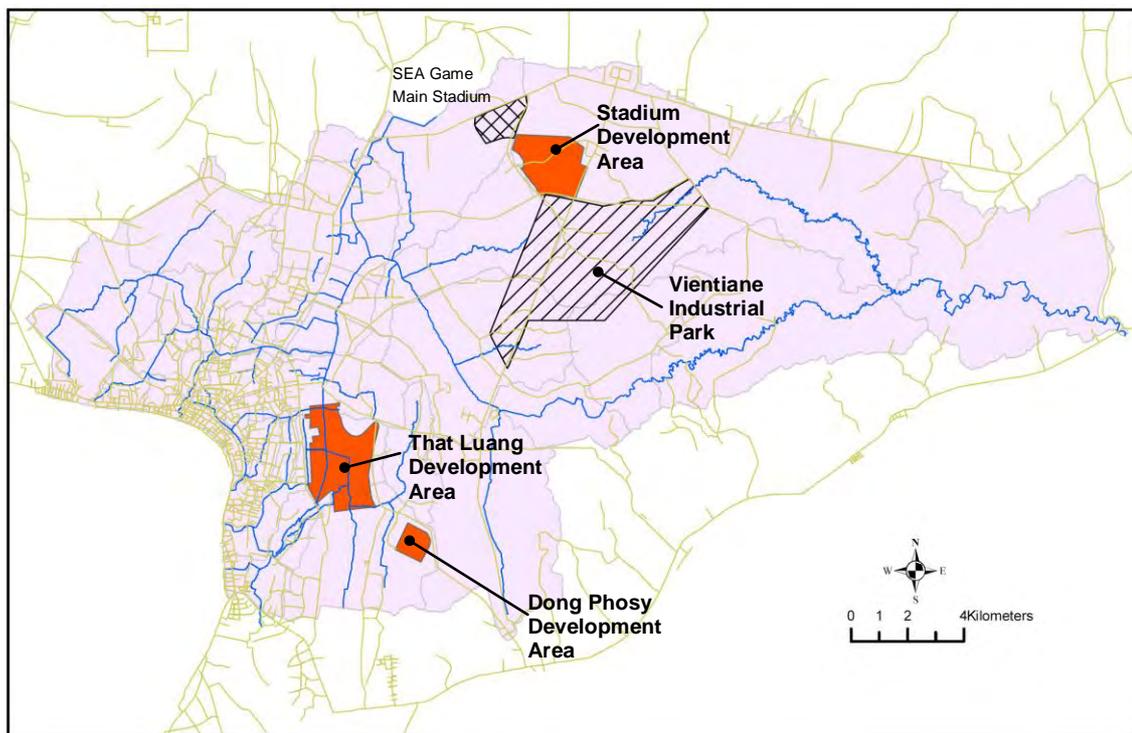
Year	GDP	Vientiane City	
		GRDP	Share (%)
2008	46,215	10,574	23.0
2015	74,196	17,807	24.0
2020	105,284 ¹⁾	25,789	24.5

Note: ¹⁾ Since the Industrial Zone Survey presented only the data in 2015 and 2025, the data in 2020 was calculated by applying the annual average growth rate between the two years.

Source: Preparatory Survey on Industrial Zone Development in The Lao People's Democratic Republic, Interim Report, 2009, JICA

(3) 調査対象地域における開発計画

調査対象地域には、4つの開発地域 (That Luang Development area, Dong Phosy Development Area, Stadium Development Area and Vientiane Industrial Park)に関する開発計画が策定されつつある。その位置図を以下に示す。



Source: PTI and JICA Study Team

図 2.1 新規開発エリア位置図

現在のところ、次表に示すような土地利用に関する計画はあるが、計画人口については未策定あるいは、策定中である。Vientiane Industrial Park の開発計画は、JICA 調査「Preparatory Study on Industrial Zone Development in the Lao People's Democratic Republic」において策定されている。

表 2.6 開発計画の概要

Area	Area (ha)					
	Total	Residential	Industrial	Pub. facilities	Untransferable	Others
1 That Luang Dev. Area	670.0	230.2	-	71.1	368.1	0.6
2 Dong Phosy Dev. Area	100.0	41.1	-	4.1	54.8	0.0
3 Studiam Dev. Area	430.0	129.9	58.7	58.2	150.9	32.3
4 Vientiane Industrial Park	2,000.0	286.0	1,540.0	-	-	174.0 ¹⁾
Total	3,200.0	687.2	1,598.7	133.4	573.8	206.9

Note ¹⁾ Commercial, Amenity and Logistic Area

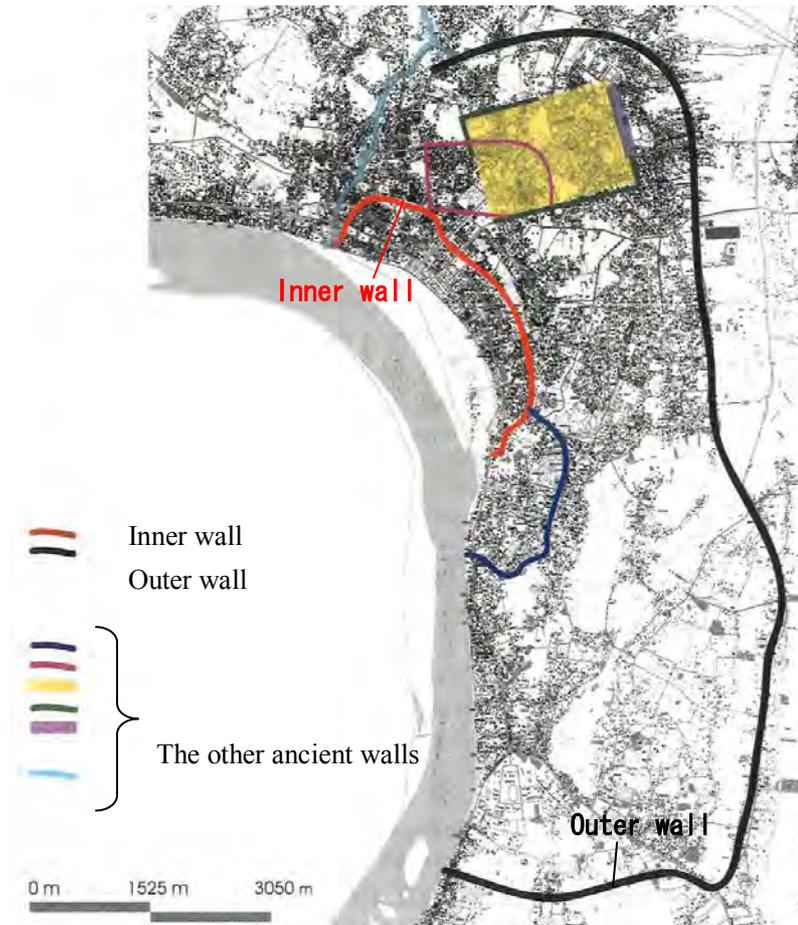
Source: PTI and JICA Study Team

(4) 調査対象地域における文化遺産

ビエンチャン市の歴史は 16 世紀に Lanexang 王国が Luang Prabang から遷都してきたときに始まる。王国はメコン河に面した地域に防護壁（内壁：inner wall）を築き、その内側に定着した。したがって、防護壁内側がビエンチャン市で最も古いエリアである。防護壁はその後南側に拡張され、それら 2 つの防護壁の外側に第 3 の防護壁（外壁：outer wall）が築かれた。内壁は、最初のもものは道路に置き換わり、2 番目のものは土でつくられていたため崩壊してしまったが、外壁は現在も残されている。

防護壁の外側については、That Luang 湿地の東および南で仏塔が発見されているものの、歴史遺産に関する情報は乏しい。

工事中に遺産が発見された場合は、“Low on National Heritage” (No.15/SCNA, 2005)に基づき対処する必要がある。



Source: *The Project of Inventory Architecture Heritage, Urban and Landscape in Vientiane City (PTI in cooperation with French government), 1999-2003, Chayphet Sayalath*

図 2.2 Lanexang 王国の防護壁の位置

2.2 組織法制度

2.2.1 水環境にかかる法制度

(1) 国レベルの環境戦略

国レベルの環境戦略としては、National Strategy on Environment to the years 2020 と Action Plan for the years 2006-2010 for National Strategy on Environment が SIDA の支援により 2004 年に制定されている。同戦略では環境管理の実現を目指すため、以下の 8 つの項目があげられている。

- 持続可能な開発のための施策の実施
- 森林資源の保全
- 資源の持続可能な利用と平等なアクセスの保証
- 生態系が保全された土地利用
- 環境社会影響評価実施の促進
- 歴史的文化遺産の保全
- 国際協調の促進
- 環境教育の促進

(2) 環境保護法 (EPL)

環境保全のための基本法としては、環境保護法 (Environmental Protection Law, EPL) があり、1999 年に制定された。同法は、ラオスにおける環境管理の大まかな枠組みと、関係機関の責務を規定し、その中心的な機関として STEA (2007 年に WREA に改組) があげられている。同法において、ラオスにおける公共資源や天然資源、生物多様性を管理・監視・保全し、持続可能な社会経済開発を達成するための原則、ルール、方策を規定している。

(3) 環境影響評価規則

環境影響評価 (EIA) 規則の改正は 2010 年 3 月に最終的に首相により承認を受けた (No.112/PM.)。ラオス国で実施される全ての公共、民間事業は、国内、国外投資とも、持続的開発に向けた環境影響の最小化のため、本手順に従わなければならない。

対象事業における初期環境影響調査 (Initial Environmental Examination: IEE)、環境影響評価 (Environmental Impact Assessment: EIA) の必要性は、2010 年 3 月の大臣令 No.697/PM.WREA で定められたスクリーニング基準に従い、事業のタイプと規模に応じて決定される。環境社会影響が小さい小規模な事業 (カテゴリー1) の場合は IEE が要求され、複雑または重大な影響をもたらす大規模な事業 (カテゴリー2) の場合は EIA が必要になる。

(4) 工場排水規則

この規則は、2005 年に工業・手工芸省 (現在商工省に改組) が制定したものである。

工場がエコロジー、人の健康、生物、財産を害する排水または廃棄物を公共水域または公共地域へ排出していることを発見した場合、工場環境検査員は、排水許可を取り消し、工場の所有者に報告する。国または県の工業担当部局の長は、本規則に違反する工場に対して、排水処理システムが基準を満たすまでの間排水の排出を停止させることが出来る。

(5) 水供給法

同法は 2009 年 11 月に議会で承認されたが、ほとんど水供給事業のみが規定されている。衛生や下水については、今後策定される実施規則で規定される。この法律が承認されたため、それに合わせた形で ADB の支援を受けて WREA により水及び水資源法の改正作業が始まる。すでに、その基本原則を定めた Water Resources Policy Framework の最終案が 2009 年 5 月に作成されている。

(6) 開発事業による移転補償規則

本規則（Decree on Compensation and Resettlement of People Affected by Development Projects）は、SIDA の支援により 2005 年に制定されたもので、WREA が所管している。開発事業により住民の移転が生じる場合は、事業主が本規則に基づいて補償を実施しなければならない。本規則の重要な点は、以下のとおりである。

- 本規則は、政府、民間、国内、国外による開発事業に関わらず適用される。
- 補償のプロセスにおいては参加型のアプローチが重視されている。
- 移転住民への支援、移転に関する適切な資金については事業主が負担する。
- 補償は「現状の保証」を原則とする。すなわち、補償は少なくとも同等の生活及び経済条件を保証するものとする。
- 土地利用についての正式な証明書がない住民についても事業によって条件が悪化しないようにする。
- 補償を実施する前に、住民の損失を評価するため事業主はすべての利害関係者を参加させた委員会を設置しなければならない。
- 集団移転が必要である場合は、受け入れ先に対する悪影響への対策を行わなければならない。
- 住民は、その苦情処理にかかる行政的・法的費用を免除されなければならない。
- 事業主は移転実施後半年から 1 年の間に実施される事後評価のための費用を負担しなければならない。

(7) 水質基準

水質基準は主に飲料水水質基準、表流水水質基準、地下水水質基準から構成されている。また、ラオスでは、詳細な排水基準が策定されている。これらの水質基準は下記に示すような関連機関との協議を経ているが、基本的に WREA により定めたものとなっている。

そうした水質基準に加え大気及び騒音に関する基準の改定作業が 1999 年から開始されている。13 の関連機関から 37 人のメンバーが参加する技術ワーキンググループが 2008 年に設置された。

その技術ワーキンググループを対象に 2008 年に協議のためのワークショップが開催され、また、2009 年 4 月には中央及び地方の行政機関から 170 名の参加を得てワークショップが開催された。なお、表流水基準については、加盟するメンバー内で同じ基準を採用することで 2009 年 5 月にメコン河委員会で合意がなされている。最終的に改正基準は"Present Authorized Environmental Standards"として 2009 年 12 月 7 日承認された。

下表に改正されたラオスの表流水水質基準を示す。表流水に関しては、これまで策定されておらず、今回の改定作業で初めて策定されるものである。

表 2.7 改正されたラオスの表流水水質基準

No.	Parameter	Unit	Standard Value
1	Color, Odor, Taste	-	Natural Level
2	Temperature	°C	Natural Level
3	pH	-	5 - 9
4	DO	mg/l	6
5	COD _{Cr}	mg/l	5
6	BOD ₅	mg/l	1.5
7	Coliform Bacteria	MPN/100 ml	5,000
8	Faecal Coliform	MPN/100 ml	1,000
9	NO ₃ -N	mg/l	< 5.0
10	NH ₃ -N	mg/l	0.2
11	C ₆ H ₅ -OH	mg/l	0.005
12	Cu	mg/l	0.1
13	Ni	mg/l	0.1
14	Mn	mg/l	1.0
15	Zn	mg/l	1.0
16	Cd	mg/l	0.005
17	Cr ⁶⁺	mg/l	0.05
18	Pb	mg/l	0.05
19	Hg	mg/l	0.002
20	As	mg/l	0.01
21	CN ⁻	mg/l	0.005
22	Radioactivity - Gross α	Becquerel/l	0.1
23	Radioactivity - Gross β	Becquerel/l	1.0
24	Total organochlorine	mg/l	0.05
25	DDT	μ g/l	1.0
26	α BHC	μ g/l	0.02
27	Dieldrine	μ g/l	0.1
28	Aldrin	μ g/l	0.1
29	Heptachlor & Heptachlor epoxide	μ g/l	0.2
30	Endrin	μ g/l	ND

Source: The Agreement of National Standards of Environment in Laos, March 2009, Prime Minister Office and WREA

この表流水基準は厳しく、ビエンチャン市の河川の現状を考えると適合がきわめて困難である。例えば、BOD が 1.5 mg/l 以下というのは、通常溪流における数字である。本件調査におけるマスタープランでは、BOD に関してより妥当性のある基準値を検討している。

下表に改正されたラオスの一般工場の排水基準を示す。

表 2.8 改正されたラオスの一般工場の排水基準

No.	Parameter	Unit	Maximum Allowable Concentration
1	BOD ₅	mg/l	40
2	NH ₃ -N	mg/l	4
3	TSS	mg/l	40
4	pH	mg/l	6 – 9.5
5	TDS	mg/l	3,500
6	C ₆ H ₅ OH	mg/l	0.3
7	P	mg/l	1.0
8	Ag	mg/l	0.1
9	Zn	mg/l	1.0
10	S	mg/l	1.0
11	Cl ₂	mg/l	1.0
12	Cl ⁻	mg/l	500
13	Fe	mg/l	2.0
14	F	mg/l	15
15	CN	mg/l	0.1
16	Cu	mg/l	0.5
17	Pb	mg/l	0.2
18	Oil and fat	-	5
19	Ni	mg/l	0.2
20	Hg	mg/l	0.005
21	Mn	mg/l	1.0
22	As	mg/l	0.25
23	B	mg/l	1.0
24	Cd	mg/l	0.03
25	Cr ⁶⁺	mg/l	0.1
26	Total Cr	mg/l	0.5

Source: The Agreement on National Environmental Standards in Lao, December 7, 2009, Prime Minister Office and WREA in Lao PDR

下表に都市の排水基準を示す。

表 2.9 改正された都市の排水基準

No.	Parameter	Unit	Permissible Values				
			A	B	C	D	E
1	BOD ₅	mg/l	20	30	50	60	200
2	Suspended Solid	mg/l	30	40	50	50	60
3	Settleable Solids	mg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	-
4	Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	3,000	2,500	2,000	1,500	-
5	COD _{Cr}	mg/l	120	130	150	350	400
6	Sulfide	mg/l	1.0	1.0	3.0	4.0	-
7	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/l	35	35	40	40	-
8	Fat oil and grease	mg/l	20	20	20	20	100
9	Temperature	°C	40	40	40	40	40
10	pH	-	6-9.5	6-9.5	6-9.5	6-9.5	6-9.5

Source: The Agreement on National Environmental Standards in Lao, December 7, 2009, Prime Minister Office and WREA in Lao PDR

表 2.10 建物の分類

No.	Building Type	Criteria	Category
1	Suite (Apartment, Condominium)	< 100 rooms	D
		101-500 rooms	C
		501 rooms <	B
2	Hotel / Guest-House	< 60 rooms rooms	D
		61-200 rooms	C
		201 rooms <	B
3	Dormitory	10-50 rooms	C
		51-250 rooms	D
		251 rooms <	B
4	Hospital, Clinic	No Service	C
		1-30 beds	B
		30 beds <	A
Building Usage			
5	Building for Living (Village) , Temple	5,000-10,000 m ²	E
		10,001 m ² <	D
6	Disco, Fitness Center, Swimming Pool, Sport center	1,000-5,000 m ²	B
		5,001 m ² <	D
7	School, Educational Institute , College, University	5,000-2,5000 m ²	B
		2,5001 m ² <	A
8	Office (Government, Private, International) Private Company, Theater	5,000-10,000 m ²	C
		10,001-55,000 m ²	B
		55,001 m ² <	A
9	Shopping Center, Super market	5,000 – 25,000 m ²	B
		25,001 m ² <	A
10	Market	500 – 1,000 m ²	D
		1,001 – 1,500 m ²	C
		1,501-2,500 m ²	B
		2,501 m ² <	A
		< 100 m ²	E
11	Restaurant	500-1,000 m ²	D
		1,001-1,500 m ²	C
		1,501-25,00 m ²	B
		2,501 m ² <	A
		< 100 m ²	E
12	Service Center (Motor bike, Car)	500-1,000 m ²	D
		1,001-1,500 m ²	C
		1,501-2,500 m ²	B
		2,501 m ² <	A
13	Transport Station, Airport	5,000-10,000 m ²	C
		10,001-55,000 m ²	B
		55,001 m ² <	A
14	Slaughter House in the urban area	500-1,000 m ²	D
		1,001-1,500 m ²	C
		1,501-2,500 m ²	B
		2,501 m ² <	A

Source: The Agreement on National Environmental Standards in Lao PDR, December 7, 2009, Prime Minister Office and WREA in Lao PDR

調査対象地域では、排水路の定義が明確でなく、排水路の適切な管理は成されていないと考えられる。この一方で、排水路の水質は主に未処理または不十分な処理の家庭、工場、農場等からの排水により悪化している。

2.2.2 水環境にかかる機関

(1) 国家環境委員会 (National Environment Committee, NEC)

国レベルの環境に関する計画、管理、モニタリングを調整する機関として、議長を副首相、副議長を WREA 長官とし、各省庁の副大臣や関連団体の副代表をメンバーとする国家環境委員会が 2002 年に設置されている。なお、事務局は WREA に置かれている。

(2) 水資源・環境庁 (Water Resources and Environment Administration, WREA) 及び環境局 (Department of Environment, DOE)

WREA は、水資源及び環境に関する政策策定や計画を直接担当し、以下の 6 つの部局より構成される：官房 (Cabinet)、水資源局 (Department of Water Resources)、環境局 (Department of Environment)、環境及び社会影響評価局 (Department of Environmental and Social Impact Assessment)、気象・水文局 (Department of Meteorology and Hydrology)、水資源・環境研究所 (Water Resources and Environment Research Institute)。このうち環境法令、特に環境基準策定に関わるのが環境局である。

環境局の組織、職務、人員は下表の通りである。Pollution Control Division 内の Water Pollution Control Unit の正規職員はわずか 3 名で、ラオスでの水環境管理に携わる人的資源は、実際には非常に不足している。

表 2.11 DOE の主な職務と人員

Division/Office	Main Responsibility	Full-time Staff
Planning and Cooperation Division	Budget management, personnel management, human resources management, etc.	11
Pollution Control Division	Formulation of national environmental standards, coordination of related governmental agency in terms of environmental management	10 (Water Pollution Control Unit: 2)
Environmental Promotion Division	Public relations of environmental conservation, environmental education	5
Environmental Information Management Division	Data management of environment and natural resources, analysis of environmental information	7
Policy & Legislation Division	Development and proposal of draft strategy, action plan, legislation, guidelines, and standards related to environment to higher authority for approval	7
Climate Change Office	Formulation of strategy for climate change, coordination of international agreement for climate change	11
	(Total)	51

Source: DOE

(3) 環境質モニタリング・有害化学物質センター (Environmental Quality Monitoring and Hazardous Chemical Center, EQMHCC, WREA ラボ)

環境質モニタリング・有害化学物質センター (EQMHCC) は、一般に WREA ラボとして知られ、WERI の下にある。EQMHCC の職務は以下の通りである。

- 水質の管理 (河川水、地下水、排水)
- 汚染の管理及び汚染防止技術に関する研究
- 環境毒性学の普及及び有害化学物質の使用による危険性の啓発
- 上記にかかる役務の提供

ラボは合計 11 人の職員がおり、すべて大学卒である。水質管理班は 3 人の職員がいる。彼らは育成の途中であるため、モニタリングの実施にあたって多くの困難に直面している。さらに、ISO/IEC 10725 の認証取得を目指して QA/QC システムや SOP の開発・改善を行っている。

(4) 公共事業・運輸省 (Ministry of Public Works and Transport, MPWT)
住宅・都市計画局 (Department of Housing and Urban Planning, DHUP)

DHUP には水供給課 (Water Supply Division)、都市計画課 (Urban Planning Division)、都市開発課 (Urban Development Division)、住宅課 (Housing Division) がある。都市開発課が、都市インフラ整備計画の管理と実施を担当している。これには、下水、排水、ゴミ処理の都市行政サービスが含まれている。

(5) 公共事業・運輸省 (MPWT) 公共事業・運輸研究所 (Public Works and Transport Institute, PTI)

本計画調査の主たるカウンターパート機関である PTI は、都市計画策定に関わる主要な技術部門であり、都市計画に関する調査と評価の他に都市計画や環境管理についてのトレーニングも行っている。PTI の組織、職務、人員数は以下の通りである。

表 2.12 PTI の主な職務と人員

Division	Main Responsibility	Present Full-time Staff
Personnel & Administration Division	Personnel management, general affairs, and budget management	10
Planning & Cooperation Division	Dissemination and public relations, and cooperation in the field of public works and transport sector	7
Housing & Urban Planning Division	Research and development in the field of housing, and formulation of urban planning in all levels of government	11
Urban Engineering Division	Topographic survey and mapping, and R&D in the field of urban engineering	14
Infrastructure & Transport Division	Planning of roads, bridges, airports, etc. and formulation of traffic plans	7
Environmental and Social Division	Research, planning and evaluation on environmental impacts	8
	(Total)	57

Source: PTI

(6) ビエンチャン市水資源・環境事務所 (Water Resources and Environment Office, WREO)

県ないしビエンチャン市 (県と同格) の県の水資源・環境事務所 (Water Resources and Environmental Offices) は、国レベルの WREA の県における対応組織である。

ビエンチャン市の WREO は、ビエンチャン市長の下に総務、水資源、環境の 3 課がある。事務所長 1 名、副事務所長 2 名、それぞれの課に 5 名の職員が配置されている。

総務課を除く課の職員はすべて大学卒である。一般的な環境について専門教育を受けているが、特定の環境分野についての経験が少ない。中央政府から研修の機会は多数もたらされるが、職員教育についての基本計画はない。半数の職員は英語による意思の疎通が支障なく出来る。

9 つある District の職員は全部で 12 名である。1 つの District に少なくとも 1 名の職員が配置されているが、一人がすべての環境質と水資源の分野を担当している。

法制度が制定される際に、WREO が率先して他の関係機関との調整を行うことはない。通常は、情報の共有やコメントを述べるためにワークショップやワーキンググループに参加を求められる。

(7) ビエンチャン市都市開発・行政局 (Vientiane Urban Development and Administration Authority, VUDAA)

VUDAA は、地方行政を促進させるため、ビエンチャン市に 1997 年に設置された。同時期に同様の組織は他の比較的経済発展している 4 県にも設置されている。VUDAA には、Chanthabuly、Sikhottabong、Xaysetha、Sisattanak の 4 つの District にまたがる 189 の Village を管轄している。ビエンチャン市長の管理下で PTI が作成した都市マスタープランによって決められた各種サービス、管理、都市計画の設計、実施を行うことになっている。

水環境に密接に関連のある 2 項目については以下のとおりである。

【トイレの衛生】

汚泥の引き抜き業者の管理は、VUDAA と DPWT がそれぞれの管轄区域で実施している。現在 VUDAA の管轄区域において 9 つの民間企業が収集事業を行い、17 台のパキュームカーが稼働している。この業務に関する衛生の観点からの規制はなく、事業者は商工局からの一般的な営業認可を得るだけでよい。また、VUDAA と DPWT の間での本業務の責任を明確に示す規定もない。

市の中心部から 32km 離れた Na Pa Souk という Village に新設された廃棄物処分場に処分池も併設されている。処分池は 200m 四方の大きさであるが、処理施設は設置されていない。以前は EU ポンドに投棄されていたが、悪臭の苦情が出たため、処分池を移動したものである。

【廃棄物】

廃棄物の収集は、VUDAA の 1 ユニットと民間企業の 5 ユニットが事業を行い、合計で 45 台の収集車が稼働している。VUDAA の 1 ユニットが 32,345 所帯を、民間企業が 10,020 所帯を担当している。VUDAA の管轄区域には 63,312 所帯あるため、残り 13,405 所帯は回収サービスを受けていないことになる。廃棄物回収についての規則が定められ、業者は VUDAA の認可を受ける必要がある。

Na Pa Souk に新設された処分場は 2008 年から使用されている。全体で 748ha の規模であるが、現在 100ha が使われている。廃棄物回収料金は 1 所帯あたり 1 ヶ月 24,000KIP である。なお、世帯の 1 ヶ月の総収入はプレ F/S を実施した地域のメジアンで 5,000,000 KIP であるので、費用は総収入の 0.48%となる。

(8) ビエンチャン市公共事業・運輸局 (Department of Public Works and Transport, DPWT)

DPWT は、VUDAA の管轄区域以外の 391 の Village を管轄し、職務は以下の通りである。

- 公共事業及び交通に関する中長期計画の策定
- 建設事業の管理
- 交通の管理

- 車両の管理
- 技術的な安全の管理
- 住宅建設の管理
- 公共区域の管理

DPWT 内に Housing, Urban Planning and Environment という課が新設され、環境と水資源にかかる業務を担当している。課員は 4 名であるが、環境に関する具体的な所掌業務についてまだ規定が作成されていない。

(9) 商工省 (Ministry of Industry and Commerce, MIC) 工業局 (Department of Industry, DI) / ビエンチャン市商工局

【商工省工業局】

商工省工業局において水環境に密接に関連するのは、工業環境課 (Industrial Environment Division) である。

工業環境課には、6 つの班があり、合計 6 名の職員がいるが、職員は特定の班に所属している訳ではない。この 6 名の職員が工場排水の検査官となる。省の工業局は大規模工場と問題のある一部の中規模工場を管轄する。県の商工局は中・小規模の工場を管轄する。WREA との間で定期的な協議は行っていないが、環境上の問題が発生した場合に共同で対処する。

大規模工場で問題がない場合は、年に 2 回検査を行うが、問題がある場合は、毎月検査をしている。検査を行う場合は、県商工局の担当者、県 WREO の担当者、商工省 District 事務所の担当者、Village の長そして工場の担当者が検査官に同行する。排水のサンプルは WERI または灌漑省の試験所に送られて分析される。分析結果報告書は工業局がコメントを付して工場に送られる。

大規模工場については環境管理計画 (EMP) の提出が工業分野の EIA 省令によって定められているため、その EMP に基づいて排水検査が行われている。

【ビエンチャン市商工局】

商工局において工場排水を担当しているのは工業・手工芸課である。ここには 10 人の担当者がおり、工場の操業許可も出している。ビエンチャン市には 2,060 の工場があり、工場排水の検査は、操業検査時に同時に行われる。工場の操業検査は、操業許可の更新時に実施されるが、操業許可の有効期限は製品の種類により 1 年から 3 年となっている。排水を出す工場かどうかについては営業許可申請に記載されている。

ここでも人員は不足しており、また人材育成の基本計画は策定されていない。なお、全職員の 40%程度は、英語で意思の疎通が図れる。

ビエンチャン市政府内の局レベルの会議は毎週実施されている。また、工業省工業局との協議も毎週実施されている。ただし、WREO との定期的な協議は行われていない。

(10) 保健省 (MOH) 及びビエンチャン市保健局 (DOH)

【MOH】

MOH の国家環境保健・給水センターが、給水と農村地域の公衆衛生及び都市・農村全地域の衛生に関する教育と知識普及を所掌している。

水資源政策と行動計画については、WREA が 2010 年 10 月に最終案を作成し、首相の承認を待っている段階である。

【DOH】

DOH の環境衛生及び浄水課が以下の業務を所掌している。

- 公衆トイレ及びホテル・レストランのトイレの衛生の促進
- 農村部に置ける浄水に関すること（都市部については DPWT が所掌）

課の人員は 5 名であるが、必要な場合は他の課が応援を行う。

(11) 環境保護基金 (EPF)

環境保護基金は (EPF) は、ラオスにおける環境保護、持続可能な天然資源の管理、生物多様性の保全、コミュニティ開発を強化するため、2005 年に財政的に自立的な組織として設立された。

資金ソースは世銀からの 400 万米ドルの無償供与と ADB からの 580 万米ドルの借款である。過去 5 年の間にプロジェクトに 350 万米ドル、管理費用として 200 万米ドルの合計 550 万米ドルが支出された。今後 3 年のうちにさらに 300 万米ドルが世銀から無償供与される予定である。

環境保護基金は、資金の無償供与、優遇的融資、利子補給、あるいはそれらの組み合わせを行う。

理事会（理事長：副首相）は、基金の目標が効果的に達成されるよう全ての責任を負っている。

理事は関連する官庁、地方政府、商工団体、研究機関、市民団体の代表者から選任される。

事務局が基金の日常の運営管理を実施している。事務局長は、理事会により選任され、財務・総務、プロジェクト実施、広報、及び監視・評価の各部を指揮監督している。

2.3 環境教育

2.3.1 環境教育コンポーネントを含む既往プロジェクト

(1) 都市環境ガイドライン -ラオスの都市管理-(PTI, Quebec/Canada, 1998 - 2001)

PTI が主体となり、カナダ国ケベック州の支援を受け 4 年間実施した MPWT 職員向け環境教育 Training of Trainers (TOT) プロジェクトである。テーマは 1) 環境管理全般、2) 水環境保全、3) 固形廃棄物管理及び 4) 環境関連規制である。

(2) 環境管理能力向上プロジェクト・フェーズ II (WREA-SIDA, 2005 - 2010)

本プロジェクトは、SIDA の支援によるもので、WREA の総合的な能力向上 (CD) プロジェクトで環境全般を対象としていた。Phase I (2001 - 2005)、Phase II (2005 - 2010) も既に終了した。

Phase II の環境教育・啓発コンポーネントは、STEA (現 WREA の前身) が 2004 年に策定・公布した制令 ”National Strategy on Environment Education and Awareness to the years 2020 and Action Plan for the years 2006 - 2010” に基づき、Department of Environment の Environment Promotion Division が実施した。

多様な環境教育・啓発活動は、教育省の国立教育科学研究所 (NRIES) 及び一般教育局 (Department of General Education) と緊密な協力・連携を図りながら実施された。この環境教育・啓発活動の成果物として次の物が作成された。

- 小学生向け (一般住民にも適用) 副読本「地球温暖化」、「ごみ処理」及び一般住民向け「ごみの分別」 (2007 年刊行) (写真 2.1 参照)
- 環境教育・啓発活動の訓練アプローチとガイドラインの広報 (2009 年)
- 地球温暖化、ごみ処理を中心とした啓発パンフレット類 (2007 年刊行)
- 「世界環境デー (2007 年 6 月 5 日)」コンサートのオリジナルソング入り CD3 種 (SIDA, UNDP, WB, WWF, IUCN が協賛出資)

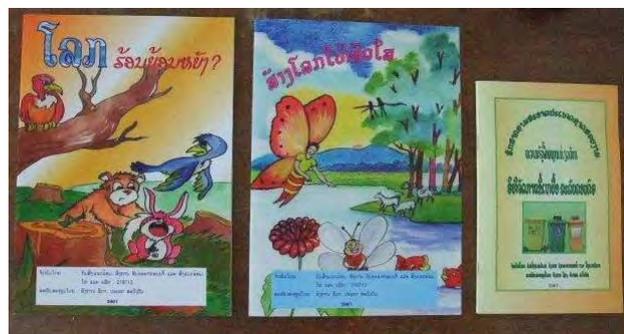


写真 2.1 WREA-SIDA プロジェクト作成環境副読本

(3) That Luang 湿地プロジェクト (WREO-WWF, 2007-2009)

Science, Technology and Environment Agency (WREA の前身)と WWF は That Luang 湿地プロジェクトを 2007 年から 2009 年にかけて実施し、構造物対策としては以下の市内 5 箇所で水質改善のための人工湿地を造成した。より大規模な人工湿地の構想による本プロジェクトのフェーズ 2 の実施を予定している。

- Xaysetha 郡 None Khor 村の None Khor 小学校
- Xaysetha 郡 None Khor 村内の民家
- Xaysetha 郡 Viengchalearn 村内の Hong Xeng に流入する小水路
- Hatxaifong 郡 Nong Hai 村
- Hatxaifong 郡のビアラオ工場周辺水路

(4) Sanitary Model Village プロジェクト (ビエンチャン市保健局、2003 -)

ビエンチャン市保健局 (DOH : Department of Health, Vientiane City) が 6 年前から衛生教育として Sanitary Model Village Project を実施している。ビエンチャン市の Committee of Development of Urban and Rural Area にて関係部局と協議しつつ活動を行ってきた。

対象は市内全部の村である。DOH による村 (ラオス語で Ban) 住民への教育・啓発活動内容は、ワクチン接種、汚水処理、公衆衛生、ゴミ処理等である。市内 9 郡 (District) の DOH の District Office の職員が講師として管轄下の村に出向いて活動を行っている。

2010年までに80%の村での啓発活動の完了を目指している。2009年2月時点では、およそ50% (246村) の活動が完了している。各村における達成度の評価は、郡保険事務所員が共通の評価表を用いて行っている。また、優秀な成果を達成した村は表彰している。

(5) 緑の学校プロジェクト (ビエンチャン市教育局、2006-)

ビエンチャン市教育局 (DOE : Department of Education, Vientiane City) は市の方針に基づき、学校敷地の環境美化活動として植樹活動を行う Green School プロジェクトを 2006 年から実施している。対象となる小・中・高校を市内から計 107 校 (公立 86 校、私立 21 校) 選定して活動を行っている。各校の活動成果を 3 段階 (優・良・可) で評価し、優秀な成績を収めた上位 9 校 (小・中・高それぞれ 3 校ずつ) を表彰している。

2.3.2 調査対象地域のコミュニティ構造と教育システム

(1) ビエンチャン市のコミュニティ構造

ビエンチャン市は 9 つの郡 (district) から構成され、それら郡の下に最小行政単位である村が置かれている。ラオス語で Ban と呼称される村の市内総数は 491 である。村は複数の集落 (ラオス語では Ngoi) の集まりである。

ビエンチャン市では政府の方針により現在村の合併が進行中である。特に、都心をカバーする Chanthaboury 郡では、2009年6月に村の数は合併により37から32に減少した。

郡事務所（District Office）の典型的な組織構成を図 2.3 に示す。

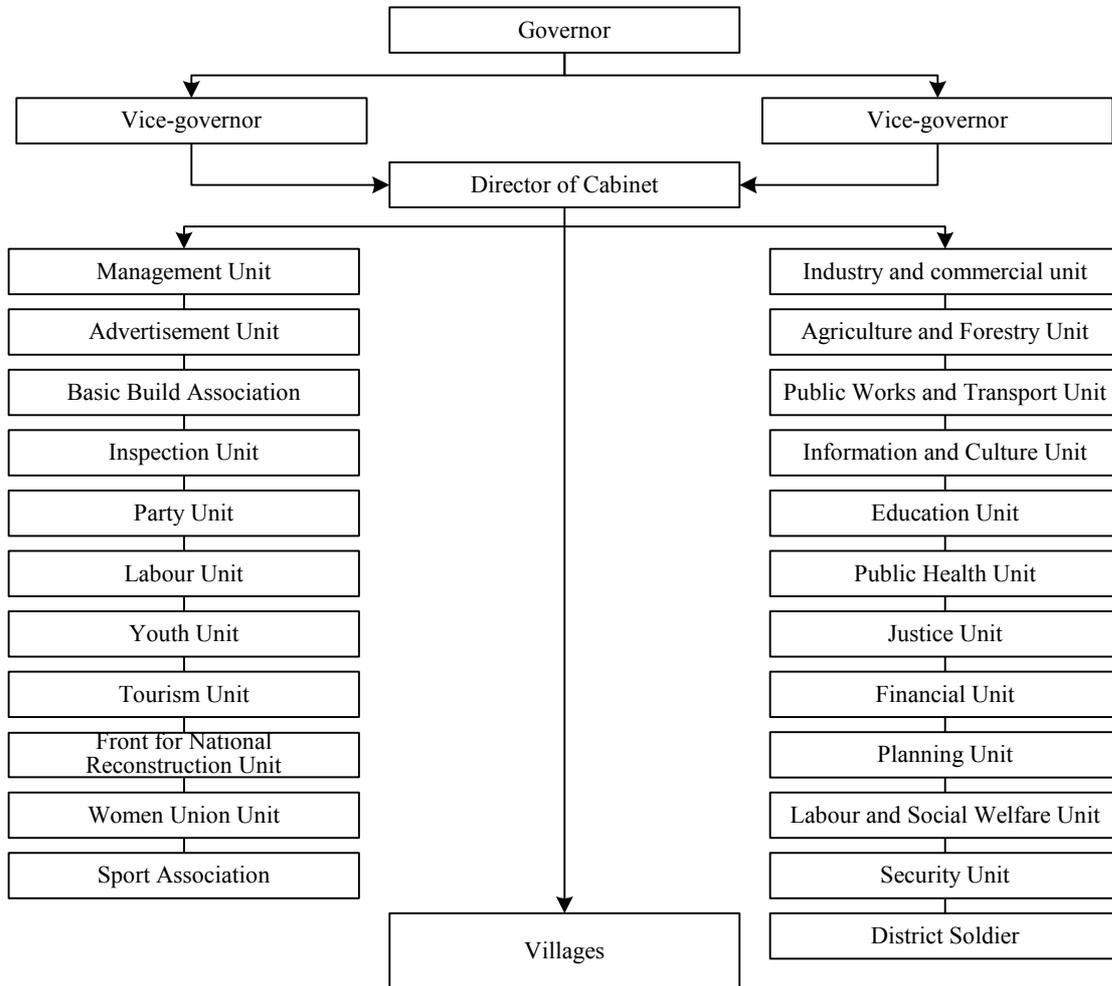


図 2.3 郡事務所組織図

村には村長、副村長 2 名、治安委員会、経済委員会、社会文化委員会とそれら各委員会のもとに複数の活動ユニットが置かれている。加えて、大衆組織の支部として、婦人同盟ユニット（Lao Women's Union）、青年同盟ユニット（Youth Union）、ラオス国家復興前線（Lao Front for National Reconstruction）が設置されている。この基本構造はラオス国内全ての村でほぼ同様となっている。村事務所の典型的な組織構成を図 2.4 に示す。

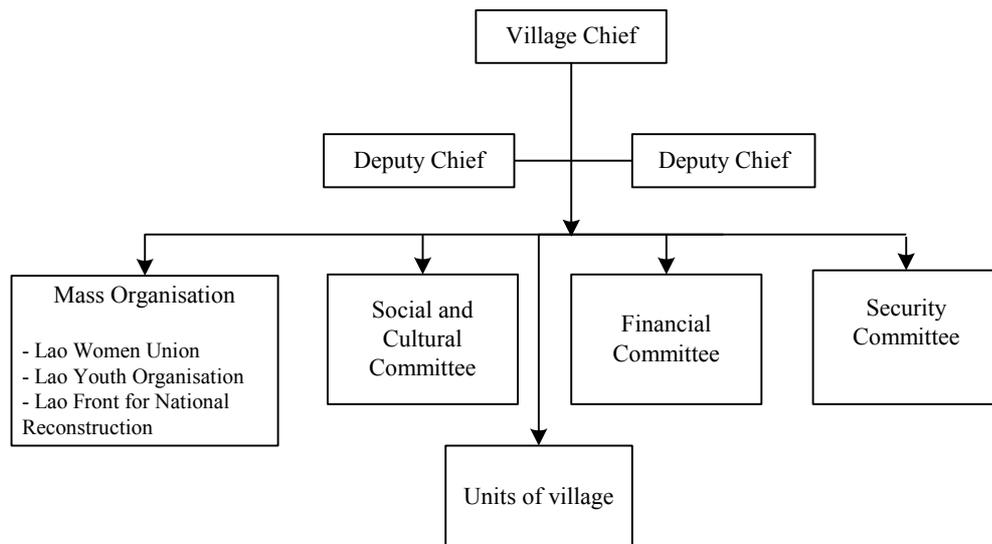


図 2.4 村事務所組織図

VUDAA 管轄の 4 郡内のいくつかの村には、環境問題担当ユニットとして WREO (WREA ビエンチャン市) により Village Environment Unit (VEU) が設置されている場合がある。

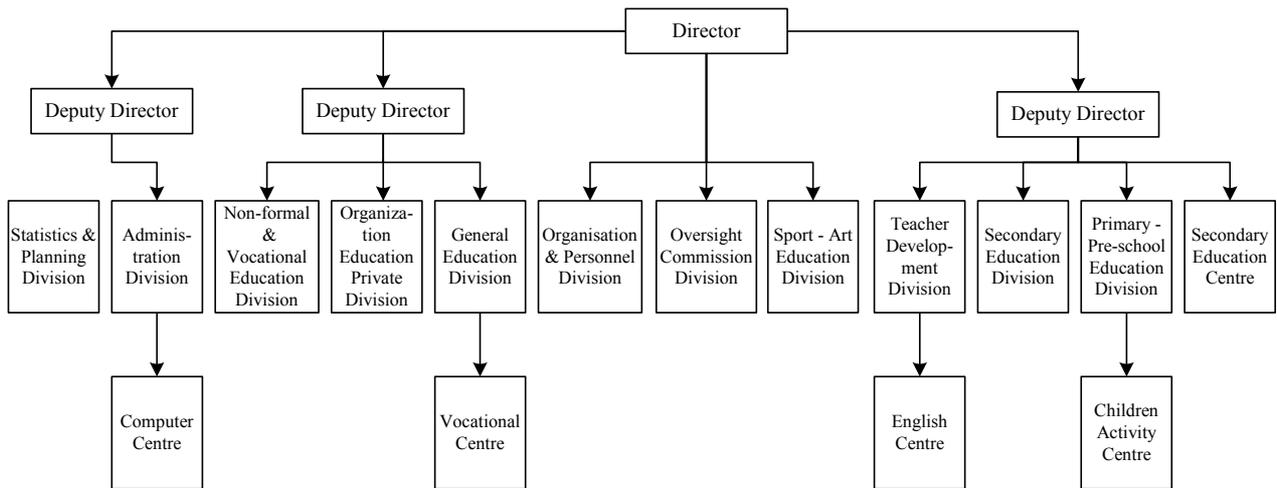
ラオスでは、1 コミュニティ (村 (Ban)) に 1 つの村役場、1 つの小学校、1 つの寺と言う構成が基本となっている。中学・高校は小学校と比較して数が少なく地域的に偏在し、しかもラオスでは義務教育でないこともあり、コミュニティの基本構成要素とは言えない。

(2) ビエンチャン市の教育状況

ラオスでは小学校 (義務教育 5 年)、中学校 (4 年)、高等学校 (3 年) が基本的な公教育となっている。丁度 2010 年から中学校は 3 年制から 4 年制に変更となった。教育省が教育政策を立案するが、実際の学校運営については以下の管轄となっている。

- 大学及び職業学校： 教育省
- 中学校・高等学校： 市教育局 (Department of Education, Vientiane City)
- 幼稚園及び小中学校： 郡教育事務所 (District Educational Office)

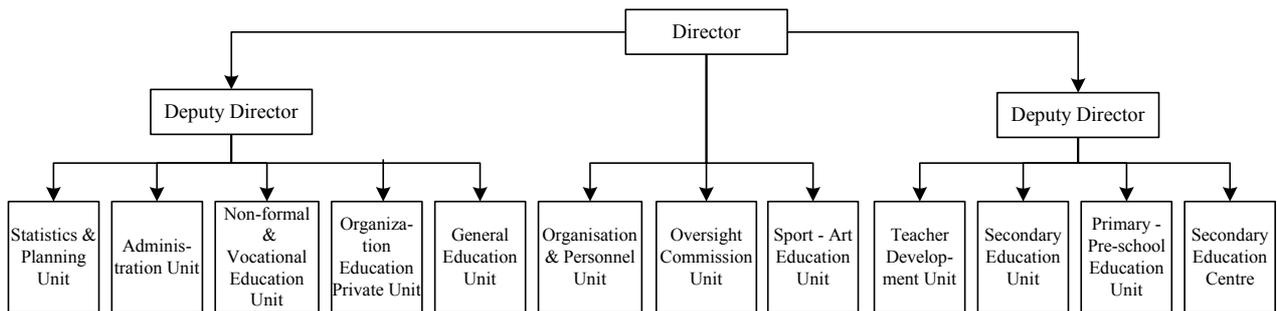
ビエンチャン市教育局の組織図を図 2.5 に示す。



出典： ビエンチャン市教育事務所

図 2.5 ビエンチャン市教育局組織図

郡教育事務所の組織図を図 2.6 に示す。ビエンチャン市教育局の管轄下に 9 つの郡教育事務所がある。



出典： ビエンチャン市教育事務所

図 2.6 郡教育事務所組織図

(3) ビエンチャン市の小学校

基本的にはラオスでは 1 村 (Ban) に 1 小学校の設置を原則としている。ビエンチャン市においても、2010 年現在、村総数は 491、公立の小学校総数は 399 (その中で 4-5 学年ある正規の学校は 353 校) となっている。ただし、殆どが商工業ないし行政施設等で占められるビエンチャン市中心部の稠密市街地の村には小学校が設置されていない場合が多い。

小学校のカリキュラムはおおよそ正規 7 教科が 80%、課外活動が 20%で構成されている。正規 7 教科とは、ラオス語、算数、私たちの身の回り (歴史、自然科学、道徳などを含む)、芸術、体育、音楽、工芸である。課外活動は日本の「総合学習の時間」に相当するものである。学期は 1 学期が 9 月 1 日～1 月 31 日、2 学期が 2 月 1 日～5 月 30 日であり、6 月から 8 月までの 3 ヶ月間は授業が休みとなる。

(4) 村の住民と小学校の関係

村内の小学校と住民の結びつきは、PPA（児童の親の会）ないし村事務所を通じて非常に強いものがある。村の集会は殆ど小学校や寺で行われている。郡教育事務所の予算の制約もあって、小学校施設の維持管理は実質的には村事務所の責任で行われている。小学校長が必要資機材（机・椅子等）の購入・補修予算計画を村事務所に提出して協議、住民が費用を負担して購入・補修する仕組みとなっている。

2.4 水文調査

2.4.1 自然条件調査

(1) 降雨

調査エリア周辺には、日雨量を観測している気象観測所が 2 箇所存在する。観測所諸元および位置を、表 2.13 および図 2.7 にそれぞれ示す。表 2.14 に両観測所での基本的な降雨統計データ、図 2.8 に月別降雨分布を示す。

表 2.13 観測所諸元

観測所	位置		入手データ 期間	備考
	経度	緯度		
Vientiane (Lao PDR)	17°51'52"	102°34'20"	1951 - 2009	日流量データを収集
Nong Khai (Thailand)	17°52'34"	102°45'40"	1952 - 2009	日流量データを収集

Source: DMH

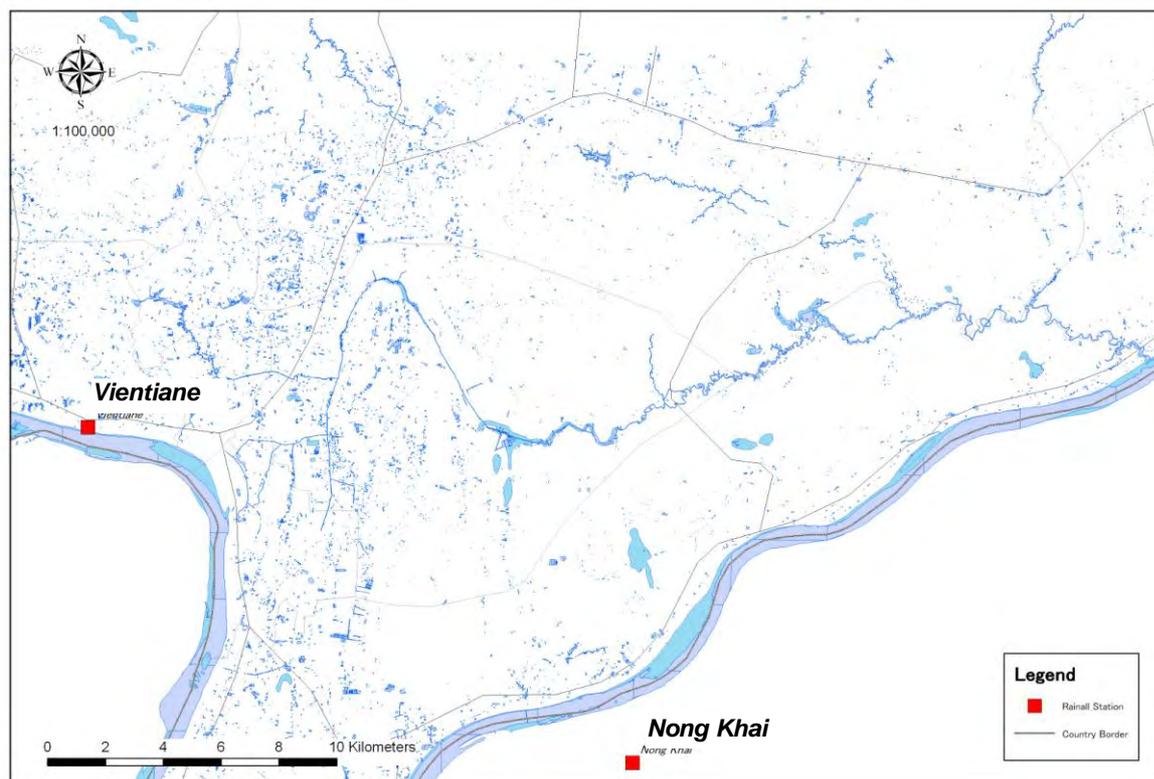


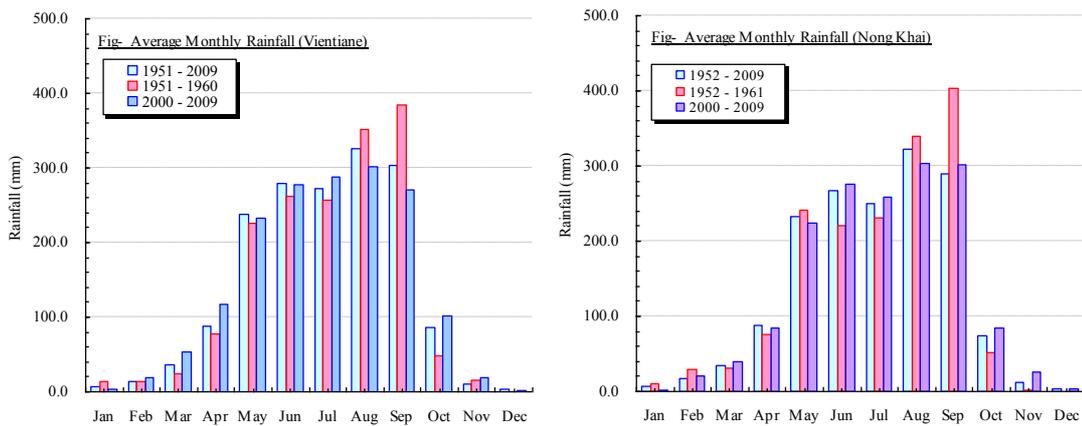
図 2.7 気象観測所位置図

表 2.14 降雨統計データ

単位: mm

項目	年間降雨		最大日雨量	
	Vientiane	Nong Khai	Vientiane	Nong Khai
最大値	2,290	2,164	224	467
最小値	1,117	1,074	64	51
平均値	1,664	1,599	112	110
標準偏差 (正規分布)	273.8	282.2	32.3	63.0

*サンプル数: Vientiane 59年、Nong Khai 58年, Source: MRC and DMH

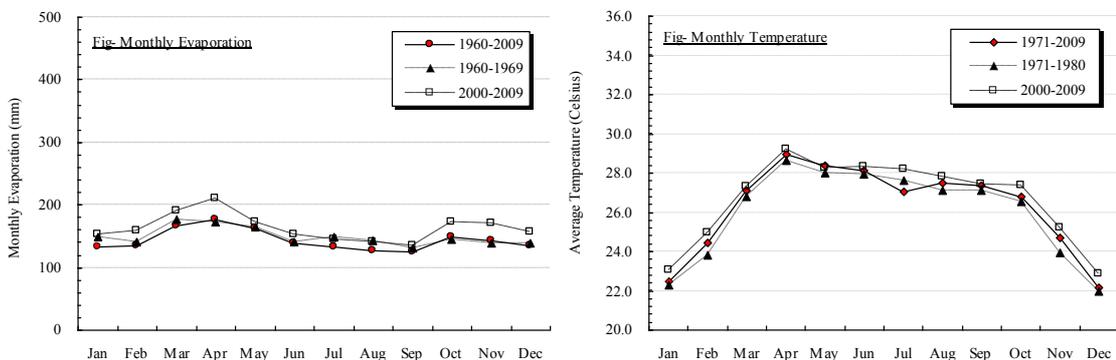


Source: MRC and DMH

図 2.8 月別降雨分布

(2) 蒸発量および気温

図 2.9 に示すように、近年 10 ヶ年の月平均蒸発量は 1960 年代に較べて大きくなっている。これは、急激な市街化が原因であると考えられる。気温と蒸発量を比較すると、明確な相関がみられる一方、気温と降雨の相関がみられなかった。



Source: MRC and DMH

図 2.9 月別蒸発量および気温 (Vientiane, Source: MRC & DMH)

(3) 土地利用

ラオス地理局が作成・発行した 2000 年の土地利用図をもとに編集した土地利用図を、**図 2.10** とその土地利用比率を**図 2.11** にそれぞれ示す。Mak Hiao 川上流部においては市街地が占めており、中/下流域は水田や森林が占めている。1990 年に撮影された衛星画像を比較すると、市街化の波が湿地/水田地帯へむかって拡大していると理解できる。

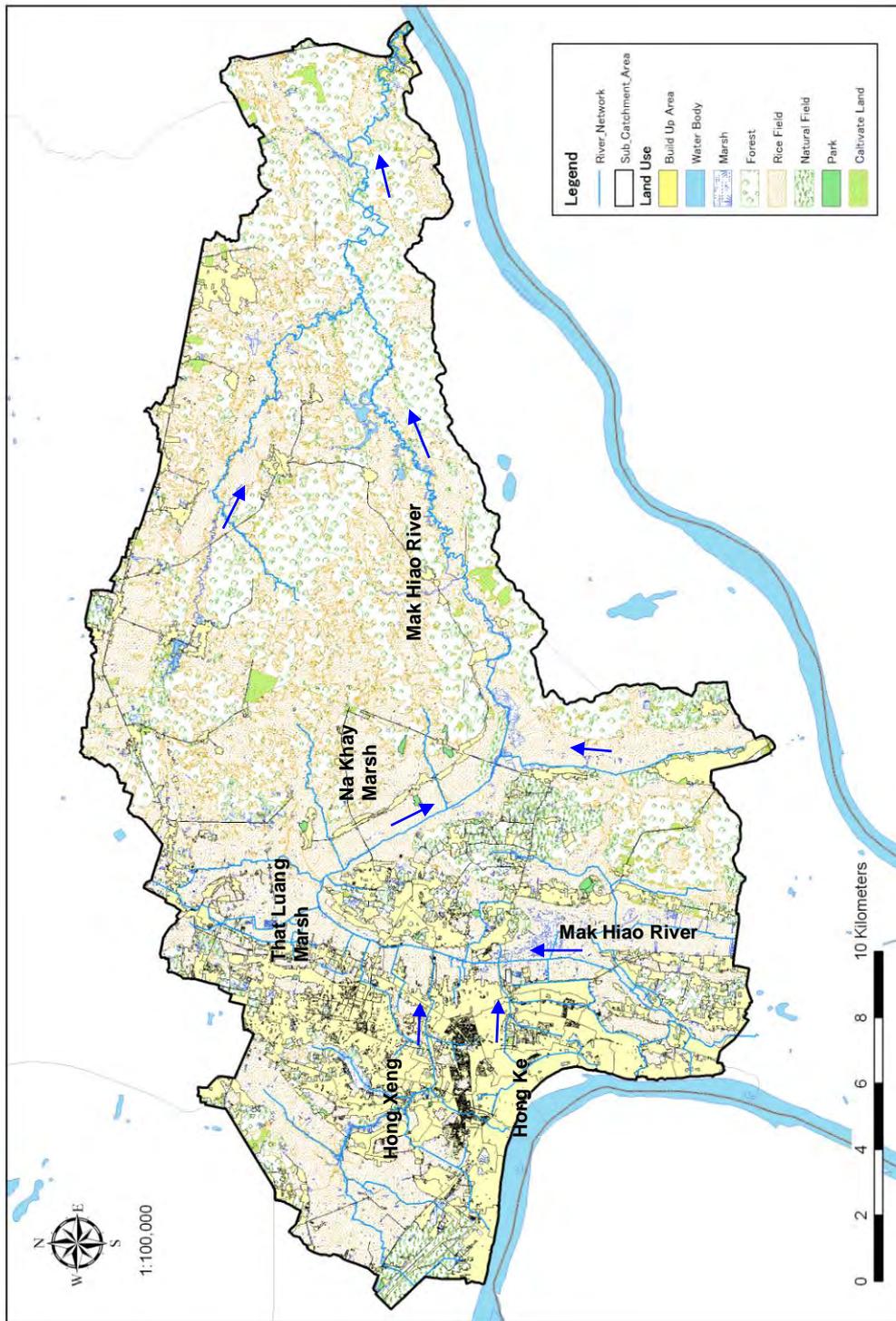


図 2.10 土地利用図(2000年)

Source: National Geographic Department

Fig- Allocation of Land Use
(Whole Area)

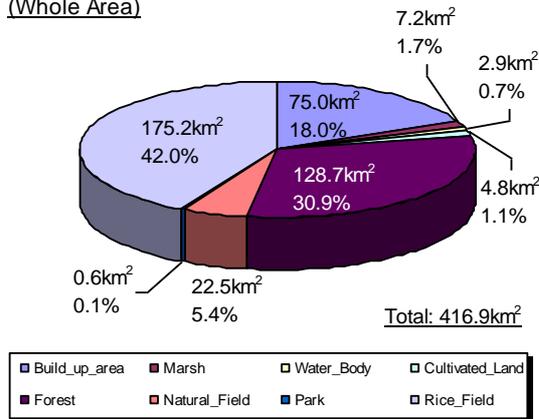


Fig- Allocation of Land Use
Upper Area (Hong Xeng and Hong Ke)

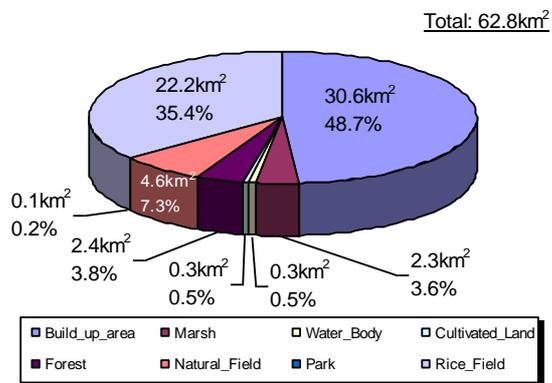
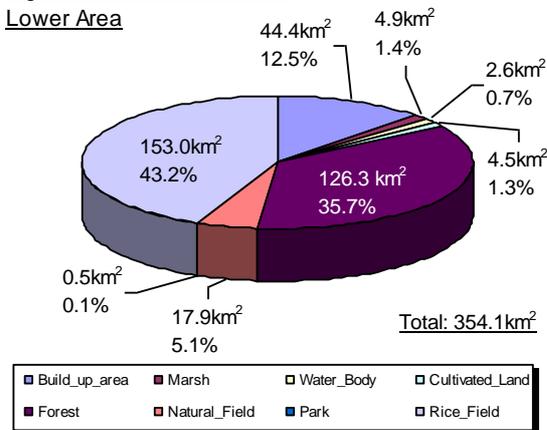


Fig- Allocation of Land Use
Lower Area



Source: National Geographic Department

図 2.11 土地利用比率(2000年)

(4) 流域分割

小流域は、特に都市域では河川や水路ネットワークの改善事業に伴い変化するため、近い将来の流域分割図を作成した。その結果を図 2.12 に示す。小流域数の合計は 59 であり、小流域の合計面積は約 413 km²である。

(5) 水位

Mak Hiao 川流域内の調査対象地域では、水位は継続的に観測されていない。

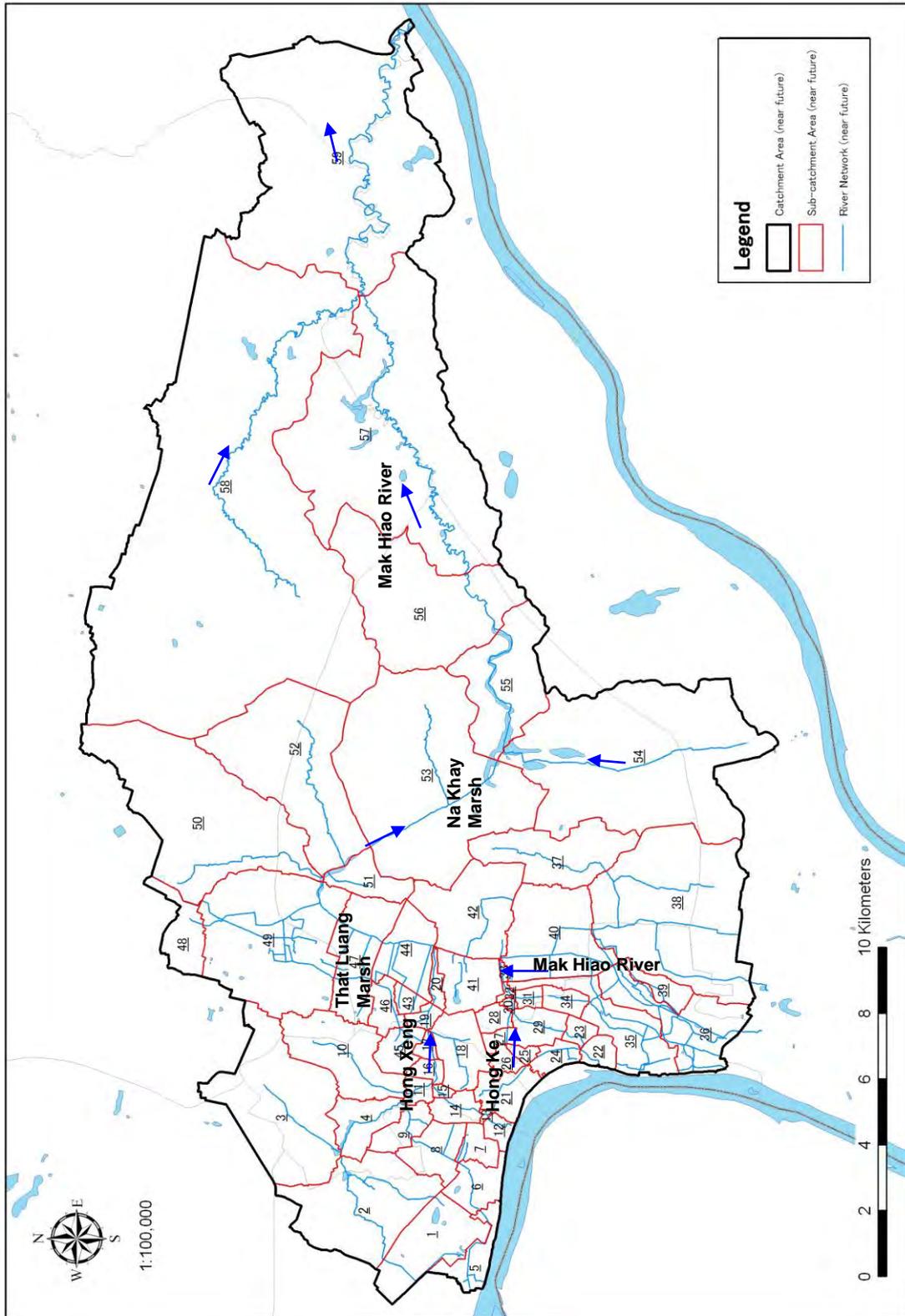


図 2.12 Mak Hiao 川流域分割図(将来)

2.4.2 洪水流出解析

ADBによって改修された Hong Xeng および Hong Ke の水路の治水安全度を評価するために、小流域での流出量の算定に適する合理式を用いて洪水流出解析を行った。

(1) 合理式

洪水流出量は、評価地点のピーク流量を計算する合理式を用いて算出した。

(2) 流出係数

土地利用に基づき、各小流域における流出係数は下表の土地利用別の流出係数を加重平均して算定した。

表 2.15 土地利用別の流出係数標準値

土地利用別 流出係数標準値						
密集市街地	一般市街地	裸地	水田	山地	湖沼等	その他
0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	0.0	0.5

出典：国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編

(3) 流達時間内降雨強度

本調査では、近年の時間雨量データが入手できなかったことから、1990年に作成された現在の洪水到達時間内降雨強度式を更新していない。新旧の日雨量を比較すると、近年の確率降雨が約3%増加していることから、短時間降雨についても修正を行う必要がある。このため、下表に示す補正係数を考慮することにより現在の降雨強度式の補正を行った。

$$r_c = \frac{a}{t^n + b} \times c_c$$

r_c ：洪水到達時間内降雨強度（mm/hr）、

t ：流達時間（分）、

n, a, b ：定数、 c_c ：補正係数（本調査の確率日雨量÷F/S時の確率日雨量）

表 2.16 降雨強度式パラメーター一覧

生起確率	定数			補正係数
	n	a	b	
1/2	1.0	5,835	65.40	1.026
1/5	1.0	8,171	63.90	1.026
1/10	1.0	9,629	62.15	1.027
1/20	1.0	10,983	60.43	1.027
1/50	1.0	12,685	58.31	1.028

(4) 解析結果

合理式で算定される主要地点の流量ピークを図 2.13 に示す。1990年のフィージビリティスタディの調査結果と比較すると、ほとんどの地点で値が大きくなっている。その理由を以下に示す。

- 近年の降雨を考慮した結果、降雨強度が増大したため。
- 既往の検討では、流域内の湿地や池の貯留効果を見込んでいたが、現在は、降雨を貯留したり流出を遅らせたりする湿地や池が存在しないため。

生起確率	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
1/2	30	35	53	83	5	18	88	95	18	105	108
1/5	30	49	75	104	8	26	111	123	24	135	139
1/10	30	58	89	118	9	31	126	141	27	155	159
1/20	30	67	103	131	11	35	139	157	30	173	178
1/50	30	79	120	147	12	41	158	179	34	197	202
1/10(90')	30.0	-	55.8	119.0	6.8	23.3	-	139.7	23.5	159.1	-

生起確率	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱				
1/2	17	21	46	12	52	3	56	57			
1/5	23	29	65	16	74	4	80	81			
1/10	28	35	78	20	88	5	95	96			
1/20	32	40	90	23	102	6	109	111			
1/50	38	47	106	26	119	7	128	130			
1/10(90')	20.9	17.5	42.9	5.9	-	-	70.5	-			

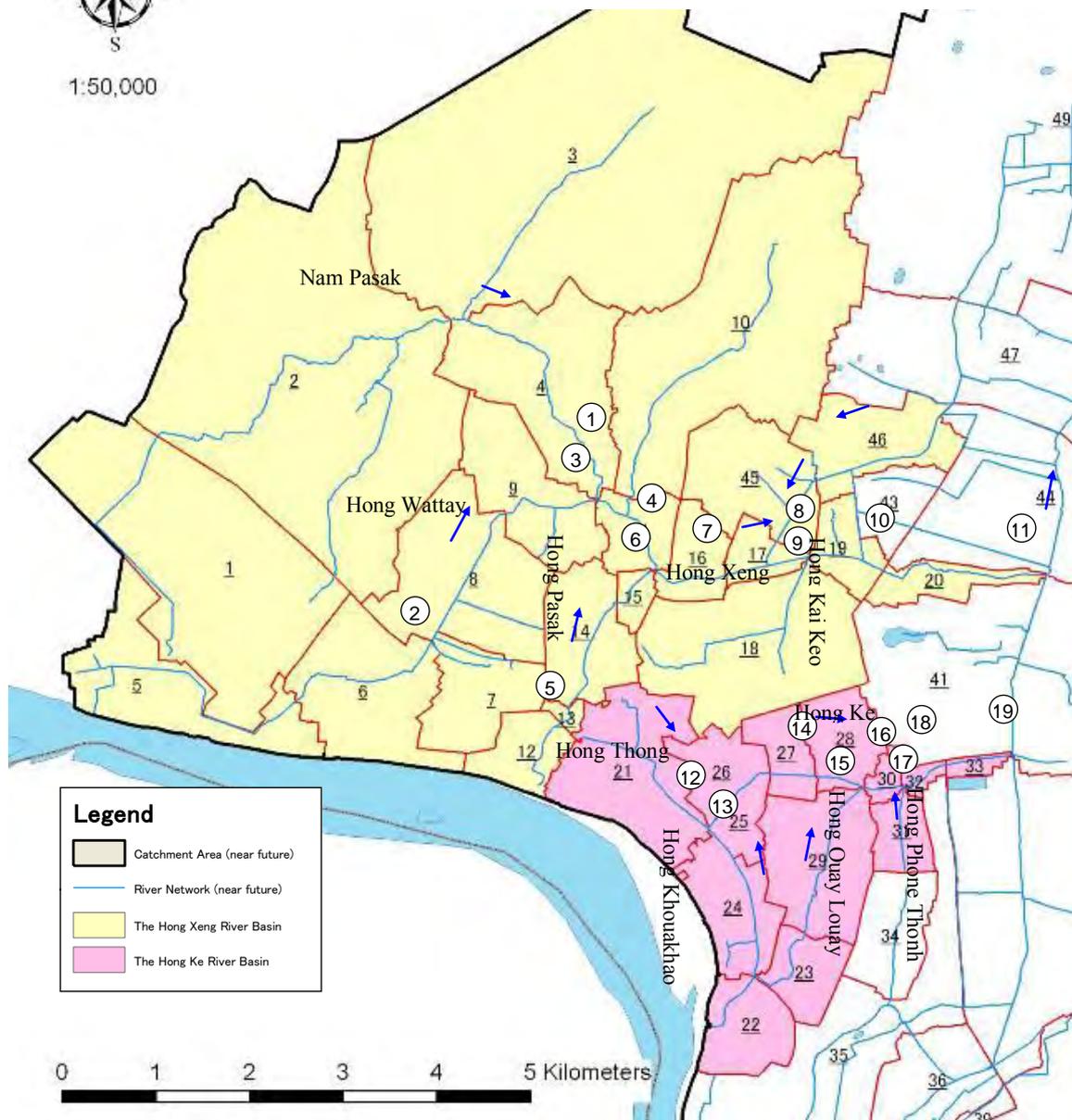


図 2.13 Hong Xeng, Hong Ke 流出計算結果

2.4.3 低水流出解析

(1) 解析の概要

水質調査実施時にサンプリングポイントにおいて低水流量観測を行った。乾期の水量の評価および観測データを補完するために、タンクモデルを用いた低水流出解析モデルを構築した。タンクモデルは、非線形流出解析モデルの一つであり、流量の再現性の良さから、低水流出解析によく利用される。タンクモデルは、直列したタンク（今回は4段貯留タンク）で構成される。

なお、乾期においては、生活排水が水量の大部分を占めることから、人口から推定される各小流域からの生活排水を流出と同じ出力データとして考慮した。生活排水は次式を用いて計算する。

$$D_i = p_i \times w_c \div (1,000 \times 86,400)$$

ここで、 D_i : 生活排水 (m^3/s), p_i : 小流域の人口, w_c : 1日あたりの消費水量 ($l/人$), ここでは $180l$ とした。

本調査では、Mak Hiao 川中/下流域において、地形調査の結果から地形勾配と河床勾配が緩く貯留と流出の遅延が想定されることから、類似するタンクモデルを用いて河道貯留効果を考慮した。

タンクモデルのパラメータは、2009年の観測値を用い修正を行った。Hong Xeng および Hong Ke の下流端での典型的な再現計算結果を図 2.14 に示す。このパラメータ同定の結果では、2009年の観測値がうまく再現できていると言える。実際に通常流量観測の誤差は10%から20%で乾期の観測値を再現できている。

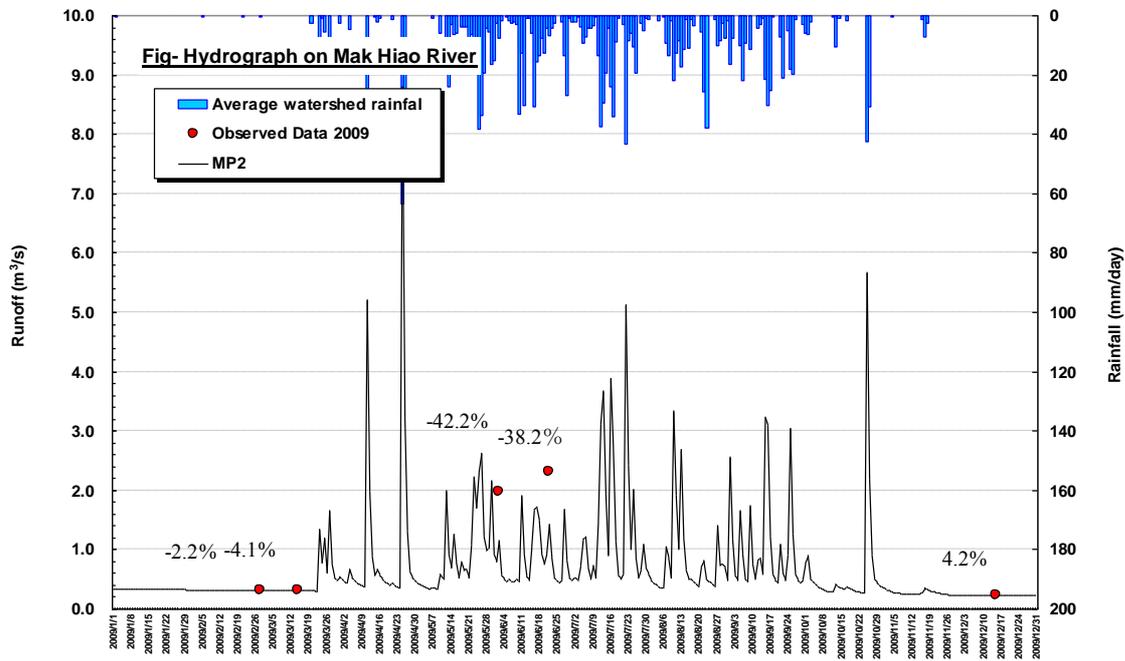
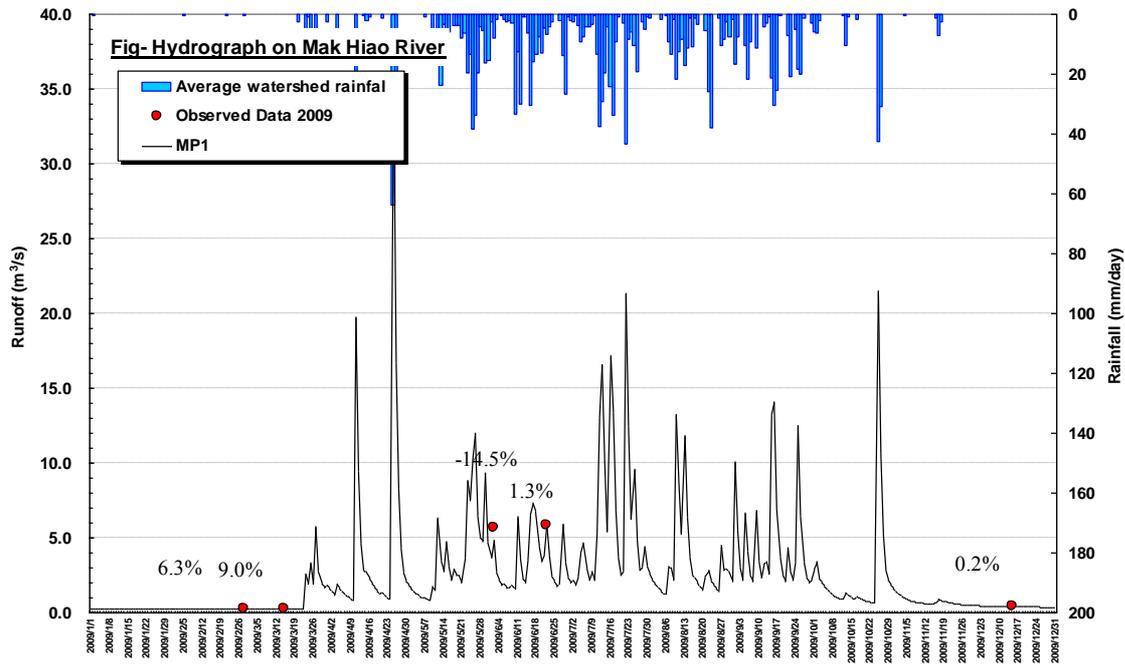
(2) 流況調査

本調査では、BOD を調査対象地域の水質評価指標としている。適切な水質解析のためには、計画目標年である2020年における適切な水量を推定する必要がある。

ここでは、『流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 -平成20年版-』に従い、水質解析に用いる流況を算定した。『解説』では、1年を通じて275日はこれを下回らない流量と定義される低水流量を解析に使用し、その値は過去10年の観測もしくは解析結果の平均を使うこととしている。本調査では、下記の条件で流況を計算した。

表 2.17 流況計算条件

項目	内容
期間	10年(2000年から2009年)
低水流量	1年を通じて275日はこれを下回らない流量(75%流量)
モデル	タンクモデルおよび河道貯留タンクモデル
条件	現況 将来: 人口増加(生活排水の増加)および排水路改修後を想定



* Values described on the hydro graph is error between observed value and estimated one

注：MP1 地点およびMP2 地点はそれぞれ、Hong Xeng および Hong Ke の下流端に位置する。

図 2.14 再現計算結果(MP1, MP2)

流況の結果を表 2.18 に示す。

表 2.18 流況計算結果

単位: m³/s

条件	流況	評価地点					
		MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
現況(2009)	最大流量	35.548	8.170	3.973	74.510	79.392	106.956
	放水流量(95日)	2.984	0.681	0.387	11.325	16.119	25.030
	平水流量(185日)	1.248	0.381	0.197	2.924	4.737	8.532
	低水流量(275日)	0.372	0.255	0.098	0.854	1.182	1.459
	渇水流量(355日)	0.264	0.249	0.093	0.278	0.507	0.375
	最小流量	0.259	0.249	0.093	0.230	0.408	0.341
	河状係数	137	33	43	324	195	314
将来(2020)	最大流量	40.793	8.198	4.546	79.477	82.921	110.111
	放水流量(95日)	3.277	0.683	0.426	11.594	16.804	25.791
	平水流量(185日)	1.419	0.383	0.226	3.314	5.486	9.184
	低水流量(275日)	0.533	0.257	0.126	1.056	1.830	1.705
	渇水流量(355日)	0.430	0.252	0.121	0.368	0.762	0.537
	最小流量	0.426	0.252	0.121	0.312	0.670	0.465
	河状係数	96	33	38	255	124	237

* Coefficient of flow regime = Maximum discharge / Minimum discharge

2.5 排水路網

2.5.1 既往の調査・プロジェクト

ビエンチャン市の排水については、過去に様々な調査やプロジェクトが実施されている。市内の排水状況は、これら調査やプロジェクトの実施を通じて大幅に改善されてきている。主な既往調査ならびにプロジェクトについて以下に記述する。

(1) ビエンチャン排水網整備計画調査

1990年、JICAにより「ビエンチャン排水網整備計画調査」が実施された。基本計画の治水安全度は、B/Cを指標とした比較検討結果より10年確率と決定された。この基本計画の中から以下の優先プロジェクトが選定された。

- Hong Ke システム：Hong Ke、Hong Thong、Hong Khoua Khao、Nong Chanh 湿地
- Hong Pasak（5箇所の特水路建設を含む）
- Hong Kai Keo（Nong Bone 湿地を含む）
- Hong Xeng 北側の枝線水路

(2) ビエンチャン市道路・排水現況調査

2001年から2002年にかけてJICAにより「ビエンチャン市道路・排水現況調査」が実施された。浸水状況調査はビエンチャン市街地の27km²を対象としていた。

(3) Sihom 地区改善プロジェクト

1991年10月から1997年10月まで実施された「Sihom 地区改善プロジェクト」の中で、MCTPC（現MPWT）によりHong Pasakの上流1.5km区間が改修された。事業費総額は、5.5百万USドルであった。プロジェクトの目的は以下のとおりであった。

- Sihom 地区の生活環境の改善
- Hong Pasak 沿いの生活排水、雨水排水の改善
- 関連機関の組織・技術に係る能力強化

(4) ビエンチャン市総合都市開発プロジェクト：VIUDP

都市施設と都市機能の改良・向上を通して、ビエンチャン市の都市環境の改善と都市部門の組織強化を図ることを目的に、「ビエンチャン市総合都市開発プロジェクト：VIUDP」がADBの援助により、1996年から2001年まで実施された。

このプロジェクトにより、いくつかの一次排水路ならびにこれに接続する二次排水路が改修された。このプロジェクトの対象水路を表2.19に示す。「プロジェクト完了報告書、2002年7月、VIUDP」によると、当初計画されていたNong Chanh 湿地を貯水池として改修する案は、洪水低減効果が小さいとの理由によりキャンセルされた。

表 2.19 VIUDP の対象水路

Drainage Channel	Length (km)
Hong Ke	3.40 km
Hong Thong	1.75km
Hong Khoua Khao	2.55 km
Hong Ouay Louay	1.80 km
Hong Phone Thanh	0.95 km
Hong Kai Keo	1.36 km
Hong Thong Sang Nang	1.31 km
Hong Pasak (Downstream)	1.68 km
Lateral & secondary drains	

Source: ADB

(5) ビエンチャン都市施設・機能プロジェクト：VUISP

2001 年に ADB とラオス政府との間で「ビエンチャン都市施設・機能プロジェクト：VUISP」に関する借款協定の署名が交わされた。その後、VUDAA が実施機関となり、2002 年から 2006 年まで同プロジェクトが実施された。

プロジェクトは、ビエンチャン市街地における生活の質の改善と生産力向上、経済成長を目的とし、Saysetha、Sisathanak、Chanthabouly、Sikhottabong の 4 地区を対象とした。プロジェクトにより、表 2.20 に示す排水路が改修された。

表 2.20 VUISP の対象水路

Drainage Channel	Length (km)
Hong Xeng	4.187 km
Hong Wattay (Upstream)	1.65 km
Hong Khaonhot-Simeung-Phapho	0.95 km
Hong Khoulouang	0.16 km
Hong Souanmon-Chimcheng-Khotninh	1.65 km
Hong Phonpapao	2.45 km
Hong Thongsangnang	0.50 km
Hong Ouaylouay	0.99 km
Hong Sisavath Kang	0.58 km
Hong Hongkha Tai	0.78 km

Source: ADB

(6) ビエンチャン 1 号線整備計画

2005 年から 2007 年にかけて JICA により「ビエンチャン 1 号線整備計画」が実施された。同プロジェクトの目的は、Wattay 空港に近い Sikhai 交差点から友好橋近くの Thanaleng までの国道 1 号線について、道路改修と排水改良を行い安全で円滑な交通を確保することであった。プロジェクトの実施機関は MCTPC (現 MPWT) の道路局であった。

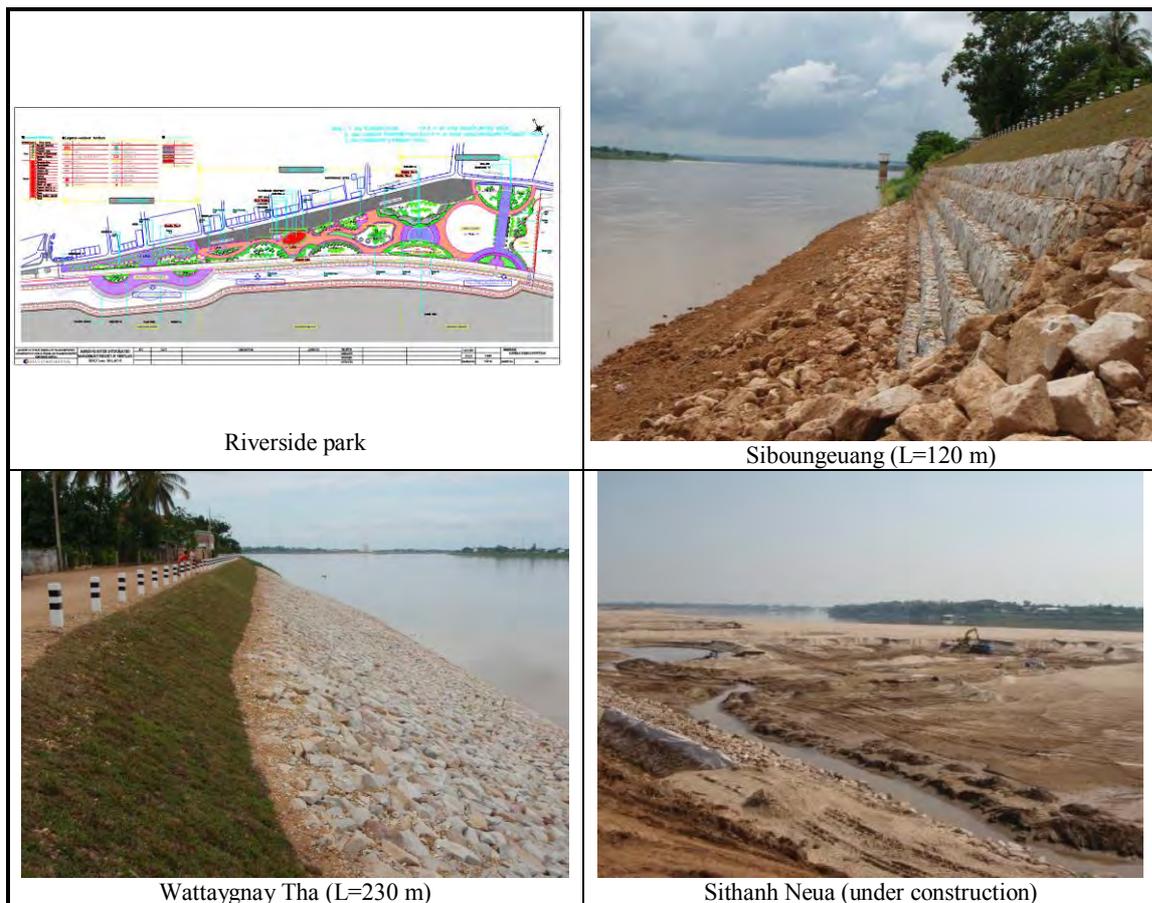
(7) 排水システム・T2 道路改良工事プロジェクト

タイ国の資金援助により実施された「排水システム・T2 道路改良工事プロジェクト」により、Hong Wattay の下流 2.9 km 区間が改修された。同プロジェクトでは、VUDAA が実施機関となり、プロジェクト実施期間は 2006 年 8 月から 2008 年 2 月であった。

(8) メコン川総合管理プロジェクト（実施中）

韓国の経済開発協力機構（EDCF）の融資による「メコン川総合管理プロジェクト」が 2009 年に開始された。プロジェクトは DPWT を実施機関とし、2013 年に完了予定である。事業内容は以下のとおりであり、建設費は総額約 30 百万 US ドルである。

プロジェクトは、メコン河の洪水や河岸浸食を軽減するために、Kaoliao から KM3 までの 12.2 km 区間の堤防・護岸を建設（施設の設計流量は 26,500m³/s（100 年確率洪水）と、観光資源や憩いの場などの水辺環境へのニーズの高まりを受けて、河川公園（Chao Anouvong Park, 16 ha）を建設すること等である（写真 2.2 参照）。



Riverside park

Sibounguang (L=120 m)

Wattagnay Tha (L=230 m)

Sithanh Neua (under construction)

写真 2.2 メコン川総合管理プロジェクト実施状況

2.5.2 排水システム

ビエンチャン市の排水システムは、大きく Hong Xeng システムと Hong Ke システムに分けられる。これらの排水システムは、前節で記述した種々のプロジェクトにより改修されてきた。これらのプロジェクトにより、ビエンチャン市内の排水状況は大幅に改善されてきている。

(1) 過去の主な洪水

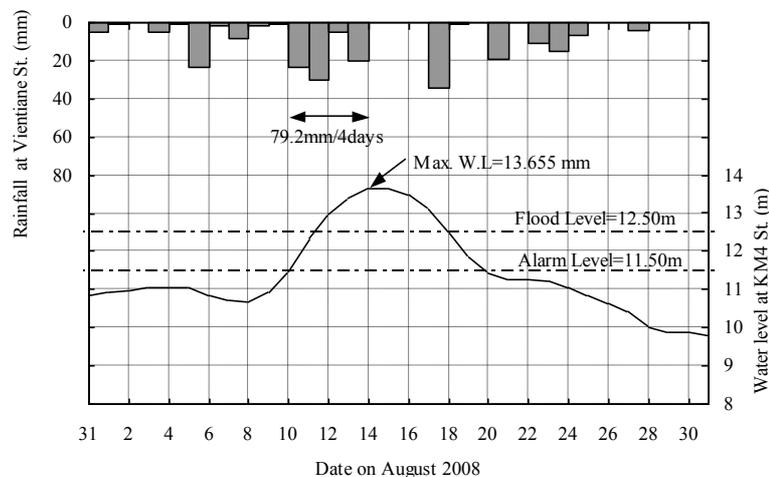
ビエンチャン市は、メコン河洪水の氾濫・堆積作用の繰り返しにより形成された沖積平野に位置しており、メコン河の洪水や豪雨により被害を蒙っている。ビエンチャン市が損害を被った過去の主要な洪水は次の2つの洪水である。

1966年9月洪水

1966年、台風 Phyllis がメコン河流域を襲い多大な洪水被害をもたらした。メコン河のビエンチャン水位観測所では、8月28日から9月15日にかけて19日間連続で警戒水位11.5mを超えた。9月4日には、洪水水位12.5mを上回る最高水位12.71mを記録した。同水位は当時の観測史上最高水位であった。この洪水によりメコン河が氾濫し、Wattay 空港を含む標高170m以下の地域が冠水した。

2002年8月洪水

2008年8月、台風 Kammuri が中国南部に上陸し、ベトナム北部、ラオス北部を通過した。この台風に伴う降雨によりメコン河の水位は上昇しつづけ、ビエンチャン市の KM4 水位観測所では8月11日に警戒水位11.5mを超え、翌12日には洪水水位12.5mも突破した。最終的に1913年の観測開始以来、史上最高の13.655mを記録した（図 2.15 参照）。同最高水位は、1966年に記録した既往最高水位（12.71m）を約1m上回るものであった。



Source: DMH

図 2.15 2008年8月洪水のハイドロハイトグラフ

本洪水によるビエンチャン市の被害については、ビエンチャン市が作成した「被害と復旧 2008 年 (Damage & Recovery Report in 2008)」に詳述されている。1966 年洪水以降にメコン河の堤防が嵩上げされたことや、メコン河沿いの Kaoliao から Chinaimo に至る約 17 km の区間に土のう積み工が施されたことにより、ビエンチャン市街地では深刻な氾濫被害は生じなかった。ただし、一部区間で堤防や土のうからの浸透による浸水が生じた。また、郊外の Sikhottabong 区や Hadxaifong 区ではメコン河からの氾濫や河岸浸食により甚大な洪水被害が発生した (写真 2.3)。



Inundated area in the suburban area of Vientiane

Source: MPWT

写真 2.3 2008 年 8 月洪水

(2) 排水路

ビエンチャン市街地の排水網は、(a) Hong Xeng システム : Hong Xeng とその支川である Hong Kai Keo、Hong Pasak、Hong Wattay、Nam Pasak と (b) Hong Ke システム : Hong Ke とその支川である Hong Phone Thanh、Hong Ouay Louay、Hong Thong、Houng Khoua Khao で構成されている。排水面積は、Hong Xeng システム : 56.57 km²、Hong Ke システム : 9.54 km²である。図 2.16 に排水路の模式図を示し、表 2.21 にビエンチャン市街地の主な排水路の概要を示す。

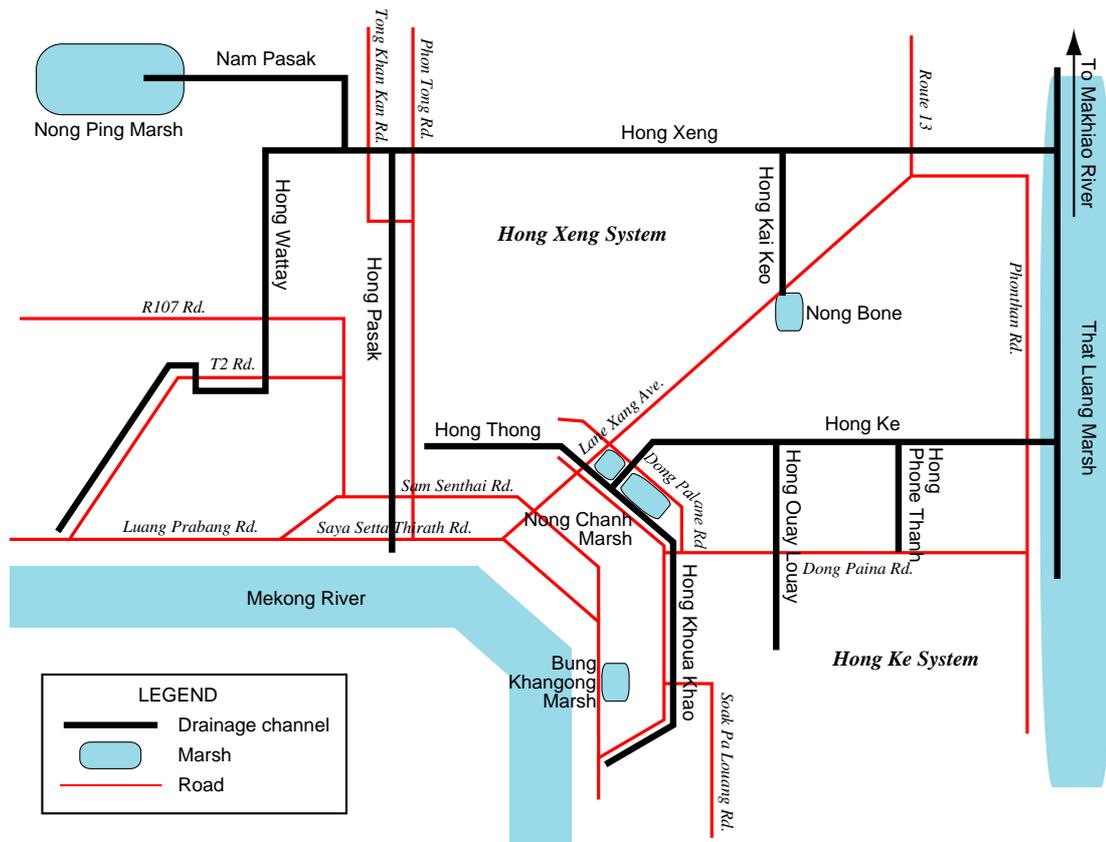


図 2.16 ビエンチャン市街地の排水システム

表 2.21 ビエンチャン市街地排水網の主要諸元

Drainage Channel	Catchment Area (km ²)	Channel Length (km)	Improvement Period (year)	Remarks
Hong Xeng System				
Hong Xeng	56.57	4.01	2006 to 2009	
Hong Kai Keo	3.09	1.36	2000	
Hong Pasak	2.24	3.20	1995 and 2000	
Hong Wattay	9.28	4.20	2005 to 2006	Former irrigation canal constructed in 1985
Hong Ke System				
Hong Ke	9.54	3.65	2001	
Hong Phone Tanh	0.48	0.95	2001	
Hong Ouay Louay	1.66	1.80	2001	
Hong Khoua Khao	2.60	2.56	2001	
Hong Thong	2.09	1.79	2001	Concrete covered in a length of 1.47 km

(3) 排水ゲート

Mak Hiao 川の下流には、メコン河との合流点付近に 2 つの排水ゲートが設置されている (写真 2.4 参照)。本ゲートはビエンチャン市灌漑局農林部が管理している。

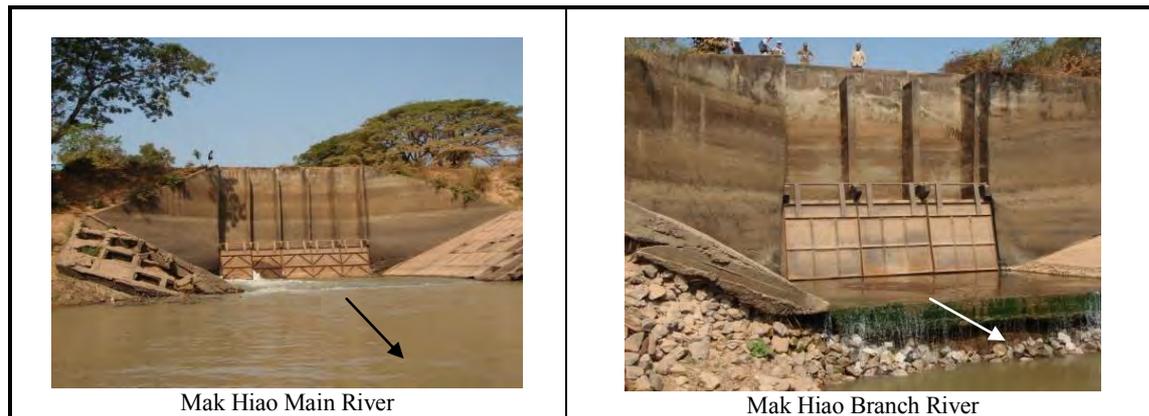


写真 2.4 Mak Hiao 川排水ゲート

雨期には上流側ゲートを開けることにより、Mak Hiao 川の洪水を下流側のフラップゲートを通してメコン河へ排水する。メコン河の水位が高い場合には、下流側フラップゲートがメコン河の背水を防止する。乾期には上流側ゲートを閉じることにより、Mak Hiao 川に水を貯めることが出来る。表 2.22 に、そのゲートの概要を示す。

表 2.22 Mak Hiao 川の排水ゲート

Channel	Completion Year	Gate Type
Mak Hiao Main River	1976	Upstream: Sluice gate Downstream: Flap gate
Mak Hiao Branch River	1995	Upstream: Stop log Downstream: Flap gate

(4) 排水路の維持管理

ビエンチャン市街地内の排水路の維持管理は VUDAA が管轄している。しかし、VUDAA は維持管理に必要な機器材を有しておらず、民間業者に委託している。業者選定は財務省の規定（“Decree on bidding of procurement construction, maintenance and services from government’s budget, No.03/pm, 09/01/2004”）に従い、随意契約で行われている。選定された業者はバックホウ、小型ブルドーザー、トラック、人力等を用いて水路の清掃を行っている。VUDAA は維持管理計画を策定しており、その中で年間 2 回の清掃を計画しているが、予算不足のため実際には年 1 回の実施にとどまっている。浚渫・除去した土や草、さらに汚泥は実際には、雨期の間または後でも水路に残っている。

2.6 水質調査

水質モニタリング調査は、(1) Mak Hiao 川流域における現況水質の把握、および (2) Mak Hiao 川流域の汚濁負荷流出状況および自然浄化機能を評価するための水質汚濁解析モデルを構築することを目的として行った。

水質モニタリング調査は、(1)定期モニタリングと、(2) 水質の縦断方向の変化や自然浄化機能を評価するための縦断同時モニタリングの 2つの調査からなる。

2.6.1 水質モニタリングの方法

(1) 定期モニタリング

調査地点は、Mak Hiao 川とその主要な支川である Hong Ke と Hong Xeng に着目して選定した。調査地点は全部で 15 箇所であり、メインモニタリングポイント 6 箇所とサブモニタリングポイント 9 箇所からなる(表 2.23、図 2.17 および図 2.18 参照)。

表 2.23 定期モニタリング 調査地点数

Symbol	Classification	Number of points
MP	Main monitoring points	6
SP	Sub monitoring points	9
	Total	15

15 箇所の調査地点の詳細および観測目的を表 2.24 に示す。15 箇所のうち、MP1、MP2、MP3、SP3、SP 6、SP7、SP8 および SP9(合計 8 箇所)は、WERI-WREA の調査地点と同位置である。

表 2.24 定期モニタリング 調査地点の詳細

No.	Monitoring Point	Monitoring Purpose
MP 1	Downstream end of Hong Xeng	To check water quality of major channel
MP 2	Downstream end of Hong Ke	Ditto
MP 3	Upstream end of That Luang Marsh	Ditto
MP 4	Upstream end of Na Khay Marsh	To measure natural purification function by the marsh
MP 5	Downstream end of Na Khay Marsh	Ditto
MP 6	Confluence of the Mekong River and Mak Hiao River	To measure natural purification function by the river
SP 1	Downstream end of Hong Wattay	To check water quality of tributaries of Hong Xeng
SP 2	Downstream end of Nam Pasak	To check water quality of tributaries which drain suburban and/or rural areas
SP 3	Downstream end of Hong Pasak	To check water quality of tributaries of Hong Xeng
SP 4	Downstream end of Hong Thong	To check water quality of tributaries of Hong Ke
SP 5	Downstream end of Hong Khoua Khao	Ditto
SP 6	Downstream end of Hong Kai Keo	Ditto
SP 7	Midstream of Hong Ke	To check water quality of major channel
SP 8	Downstream end of Hong Ouay Louay	To check water quality of tributaries of Hong Ke
SP 9	Downstream end of That Luang Marsh	To measure natural purification function by the marsh

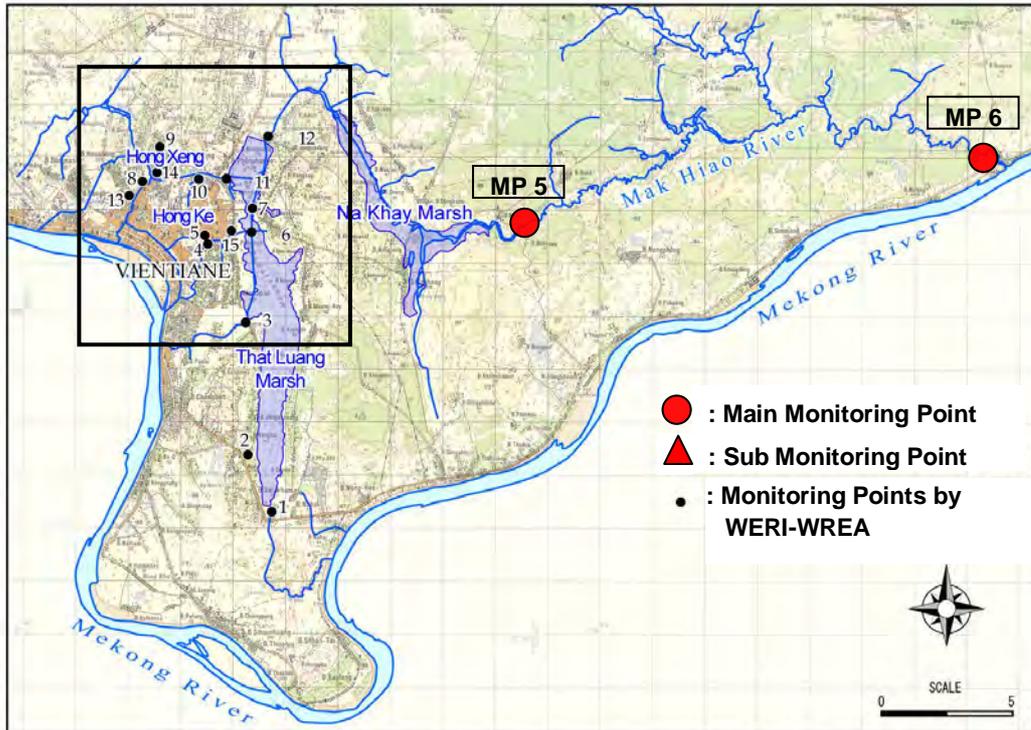


図 2.17 定期モニタリングの調査位置図 (1/2)

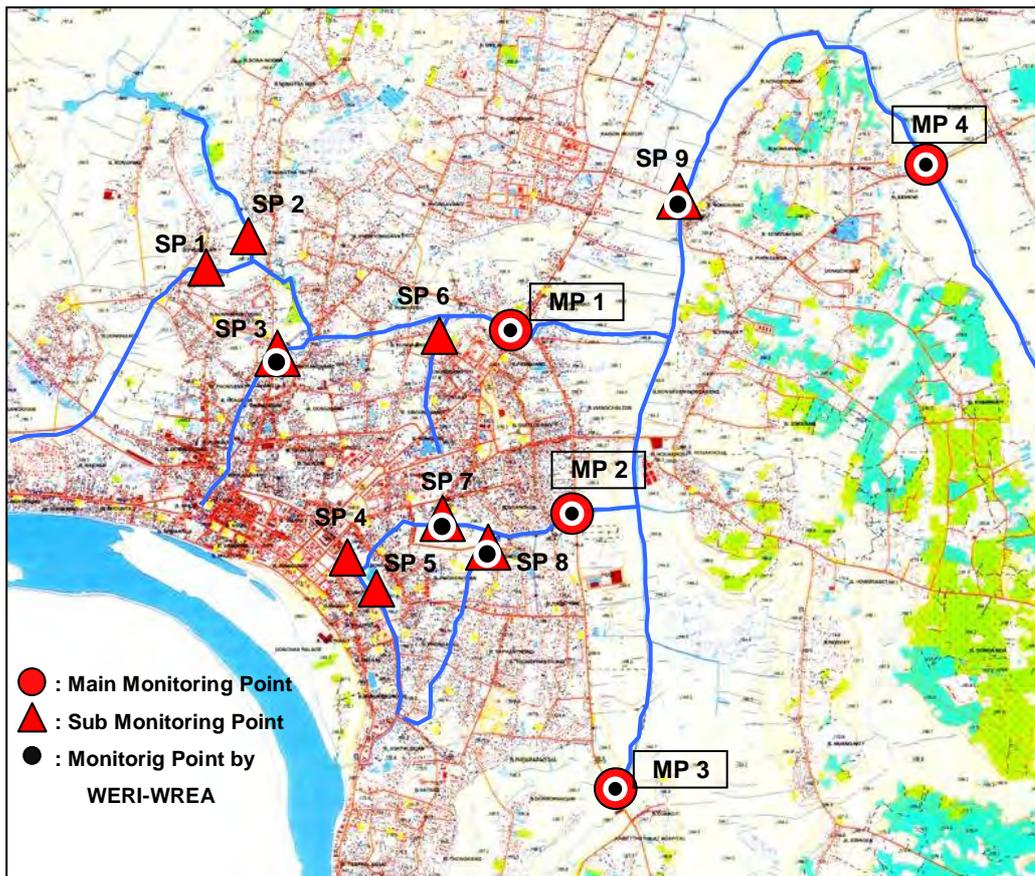


図 2.18 定期モニタリングの調査位置図 (2/2)

定期モニタリング調査は、本調査を通じて、乾期に 6 回、雨期に 2 回の合計 8 回実施した（表 2.25 参照）。

表 2.25 定期モニタリング 調査頻度

Month Year	Dry season				Rainy season						Dry season	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2009		X	X			X					X	X
2010		X				X						X

原則として、水質は簡易分析機材を用いて分析した。しかし、BOD、SS、総大腸菌群数、糞便性大腸菌群数、重金属(6 項目)、農薬(3 項目)については、タイの信頼できるラボに分析を依頼した。水質分析したパラメータを下表に示す。

表 2.26 定期モニタリング 水質パラメータ

Group	Parameters	Remarks	Group	Parameters	Remarks
I: stream flow	depth and width of flow, velocity	15 points (SP & MP)	IV: organic pollutant	COD _{Mn} , BOD, SS, total coliform, fecal coliform	15 points
II: field observation	odor, color, air temperature		V: heavy metal	Cadmium (Cd), Mercury (Hg), Selenium (Se), Lead (Pb), Arsenic (As), Hexavalent Chromium (Cr ⁶⁺)	6 points (only MP)
III: basic items	pH, EC, turbidity, DO, water temperature, TDS, ORP, NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, PO ₄ -P, hardness, sulfide, acidity, alkalinity, Zn, Fe, Mn		VI: pesticide	Simazine, Thiram, Thiobencarb	

(2) 縦断同時モニタリング

上記の定期モニタリングに加えて、Hong Ke および Hong Xeng とその支川水質の縦断方向の変化や自然浄化機能を評価するために、2009 年 6 月より 2010 年 11 月まで縦断同時モニタリングを実施した。

モニタリングポイントは全部で 23 箇所である(表 2.27 および図 2.19 参照)。モニタリングポイントの詳細位置等を表 2.28 に示す。

表 2.27 縦断同時モニタリング 調査地点数

Symbol	Classification	Number of points
LA	Hong Ke and its tributaries	9
LB	Hong Xeng and its tributaries	14
	Total	23

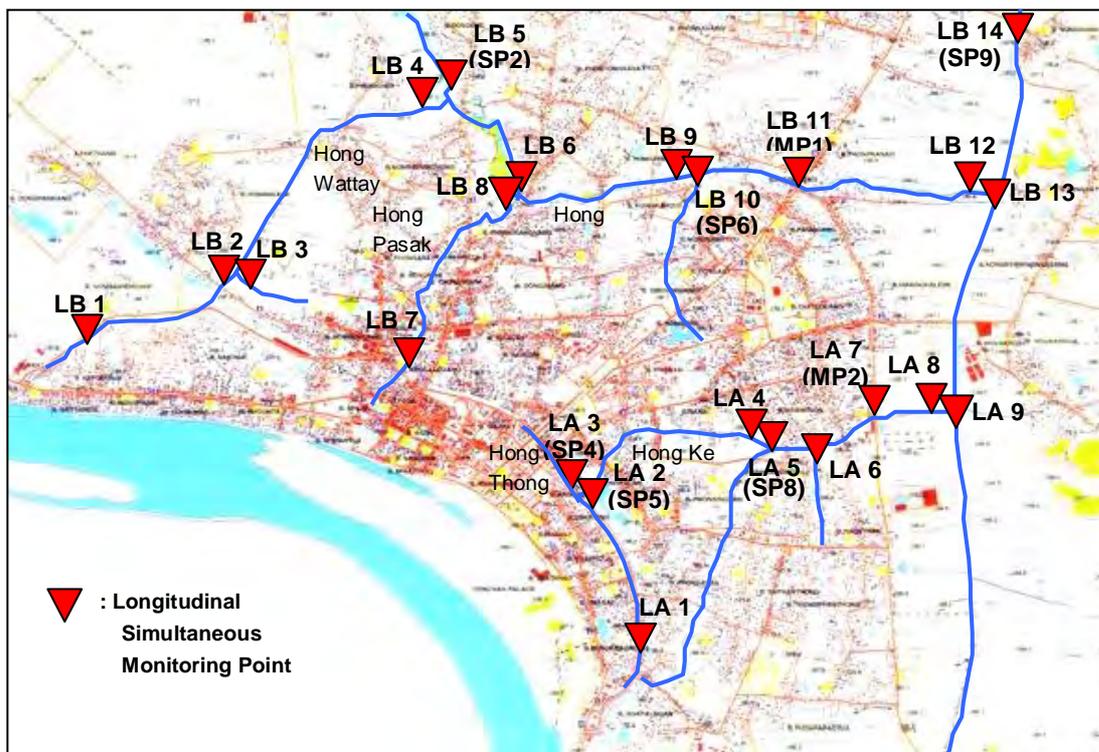


図 2.19 縦断同時モニタリングの調査位置図

表 2.28 縦断同時モニタリング 調査地点の詳細

No.	Monitoring Point	Remarks
LA 1	Upstream end of Hong Khoua Khao	
LA 2	Downstream end of Hong Khoua Khao	Same location of SP 5
LA 3	Downstream end of Hong Thong	Same location of SP 4
LA 4	Confluence of Hong Ouay Louay and Hong Ke	
LA 5	Downstream end of Hong Ouay Louay	Same location of SP 8
LA 6	Downstream end of Hong Phone Thanh	
LA 7	Downstream of Hong Ke (Hong Ke Bridge)	Same location of MP 2
LA 8	Downstream end of Hong Ke (at the confluence with That Luang Marsh)	
LA 9	That Luang Marsh at downstream end of Hong Ke	
LB 1	Upstream end of Hong Wattay	
LB 2	Confluence of a tributary and Hong Wattay	
LB 3	Downstream end of a tributary of Hong Wattay	
LB 4	Confluence of Nam Pasak and Hong Wattay	
LB 5	Downstream end of Nam Pasak	Same location of SP 2
LB 6	Confluence of Hong Pasak and Hong Xeng	
LB 7	Upstream end of Hong Pasak	
LB 8	Downstream end of Hong Pasak	
LB 9	Confluence of Hong Kai Keo and Hong Xeng	
LB 10	Downstream end of Hong Kai Keo	Same location of SP 6
LB 11	Downstream of Hong Xeng (Hong Xeng Bridge)	Same location of MP 1
LB 12	Downstream end of Hong Xeng (at the confluence with That Luang)	
LB 13	That Luang Marsh at downstream end of Hong Xeng	
LB 14	Downstream end of That Luang Marsh	Same location of SP 9

縦断同時モニタリングは、本調査を通じて、乾期(11月)に2回、雨期(6月)に1回の合計3回実施した(表 2.29 参照)。

表 2.29 縦断同時モニタリング 調査頻度

Month Year	Dry season				Rainy season						Dry season	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2009						X					X	
2010											X	

原則として、水質は簡易分析機材を用いて分析した。しかし、BOD、SS はタイの信頼できるラボに分析を依頼した。水質分析したパラメータを下表に示す。

表 2.30 縦断同時モニタリング 水質パラメータ

Group	Parameters	Remarks	Group	Parameters	Remarks
I: stream flow	depth and width of flow, velocity		IV: organic pollutant	water temperature, TDS, ORP, NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, PO ₄ -P	
II: field observation	odor, color, air temperature				
III: basic items	pH, EC, turbidity, DO,				

2.6.2 モニタリング結果

(1) 定期モニタリング

(a) 水量

小さな流域面積(8 km²未満)の小流域で観測された雨期(6月、7月)の流量の変動幅は乾期(2月、3月、11月、12月)の1~5倍であった。この一方で、大きな流域面積(8 km²以上)の大流域で観測された雨期の流量の変動幅は乾期の5倍~45倍に達していた。雨天には流量をモニタリング(観測)してないため、小流域での雨水の水量はモニタリング期間内に既に平準化している。この一方で、大流域ではモニタリング期間内でも下流域に雨水が滞留している。このようことから、流域面積の規模により、上記のような差異が出ていると考えられる。

(b) BOD, SS

Hong Ke と Hong Xeng の中下流では、雨期(6月、7月)に比較して、乾期の初め(11月、12月)は、少しずつ BOD 値が上昇している。これに対して、Mak Hiao 川の下流に位置する MP5 や MP6 では、BOD が 2.0~3.1 mg/l の範囲で継続的に観測されており、大きな季節変動はなかった。BOD の最大値は 2010 年 11 月に、Hong Pasak の下流で 32.6 mg/l が観測された。典型的な BOD の季節変動の雨期を図 2.20 に、乾期を図 2.21 に示す。

SSについては、Hong Ke と Hong Xeng、およびその支川では、10～50 mg/l の値が観測されている。一方、Mak Hiao 川の本流（MP4, MP5, MP6）では、その値が40～100 mg/l で推移している。これらの高い値は流域内の裸地や田畑から流出するシルトや砂分が原因と考えられる。

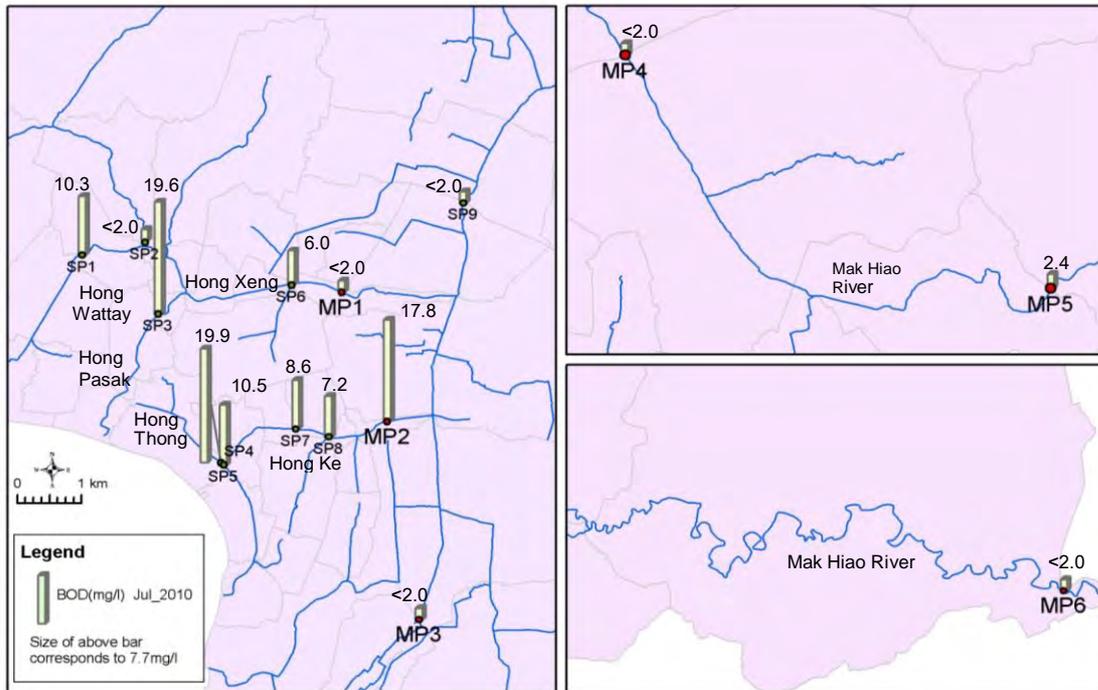


図 2.20 定期モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 7 月)

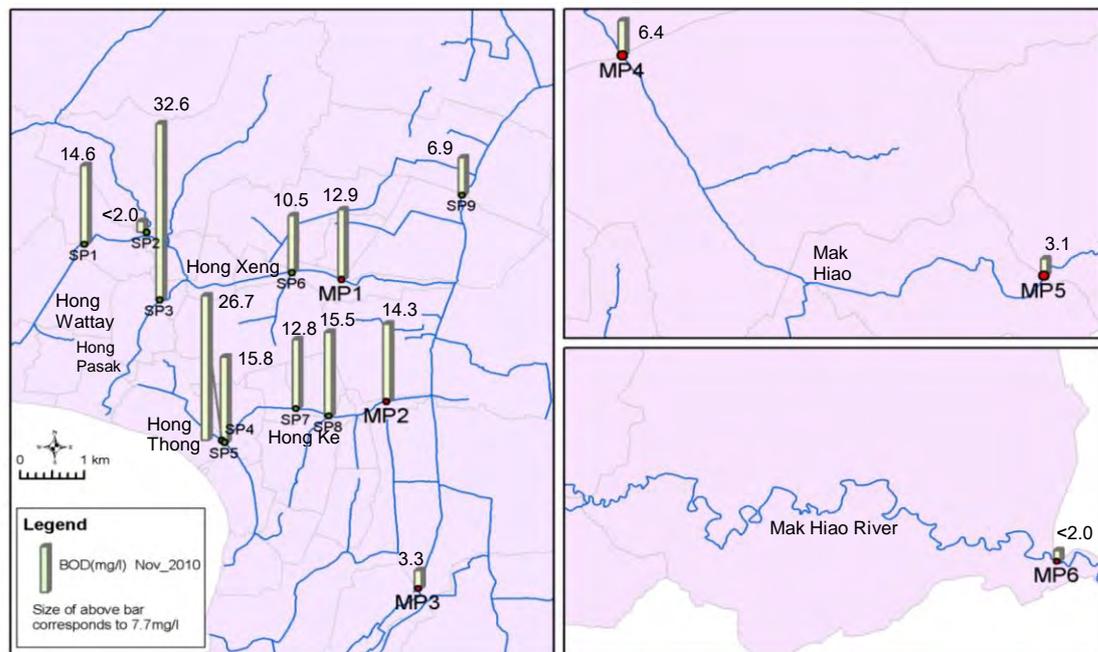


図 2.21 定期モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 11 月)

(c) 総大腸菌群数および糞便性大腸菌群数

Hong Ke と Hong Xeng の下流や支川である SP3・SP4・SP6・SP7 および MP2 では、雨期でも総大腸菌群数および糞便性大腸菌群数ともに、10,000,000 MPN/100 ml か、それ以上を記録した。これらのことから、ここでの水量は、生活排水と商業排水（営業汚水）で占められていることを意味していると言える。

モニタリング調査期間内では、Mak Hiao 川の下流 MP5 および MP6 のみが、ラオス国の表流水水質基準(総大腸菌群数:5,000 MPN/100 ml 以下、糞便性大腸菌群数:1,000 MPN/100 ml)を満足していた。

(d) 窒素・リン

Hong Ke と Hong Xeng の上流・中流およびその支川でのアンモニア性窒素 (NH₃-N) の観測値は約 5mg/l から約 10mg/l の間で、それらの下流での観測値 (5mg/l 未満) を上回っていた。

NH₃-N と違い、硝酸性窒素 (NO₃-N) は、NH₃-N が高い値が観測された地点でも 1.0 mg/l 未満で、その変動幅は大きくなかった。これは、始点から Hong Ke および Hong Xeng の支川のモニタリング地点へ流下する時間が、硝化に十分でなかったと考えられる。この一方で、Mak Hiao 川での NH₃-N の低い観測値は、希釈効果によるものと考えられる。

リン (PO₄-P) については、多くの地点で通常、1.0 mg/l 未満の濃度であった。

(e) 重金属・農薬

重金属のカドミウム (Cd)・セレン (Se)・六価クロム (Cr⁶⁺) は、全ての観測において検出されていない(定量限界以下であった)。他の重金属(水銀 (Hg)、鉛 (Pb)、ヒ素 (As)) は、時折検出されたが、極めて低濃度であり、ラオス国の表流水水質基準以下であった。

農薬の3項目(シマジン、チウラム、チオベンカルブ)についても、全観測結果が定量限界以下であった。このため、2010年の6月以降は、農薬のモニタリングはキャンセルすることにした。

(2) 縦断同時モニタリング

2009年の6月以降は、縦断同時モニタリングは3回(2009年6月、2010年11月、12月)実施した。次にこのモニタリングの概要を示す。

(a) BOD

一般的に、高い BOD 濃度の値は、Hong Ke の支川または最下流に位置する LB7 (Hong Pasak の上流、LA3 (Hong Thong の最下流)、LA8 (Hong Ke の最下流) で観測した。さらに、LB3 では 200 mg/l 以上の BOD の最大値を観測したが、これは屠殺場廃水によるものと考えられる。この一方で、LB13 等の Mak Hiao 川では BOD 濃度はそれほど高くないが、これは主に希釈効果によるものと考えられる。図 2.22 に 2010 年の乾期のこれらの典型的な状況を示す。

(b) DO

一般的に、高い DO 値が観測された地点では、水深が概ね 10cm 未満と小さく、植生が繁茂している地点と類似した特性を示している。このような特性から、高い DO 値は浅い水深での表面曝気ならびに藻類による光合成による酸素の供給による効果もあると考えられる。この一方で、高い BOD 値を観測したモニタリング地点では、低い DO 値を一様に観測している。

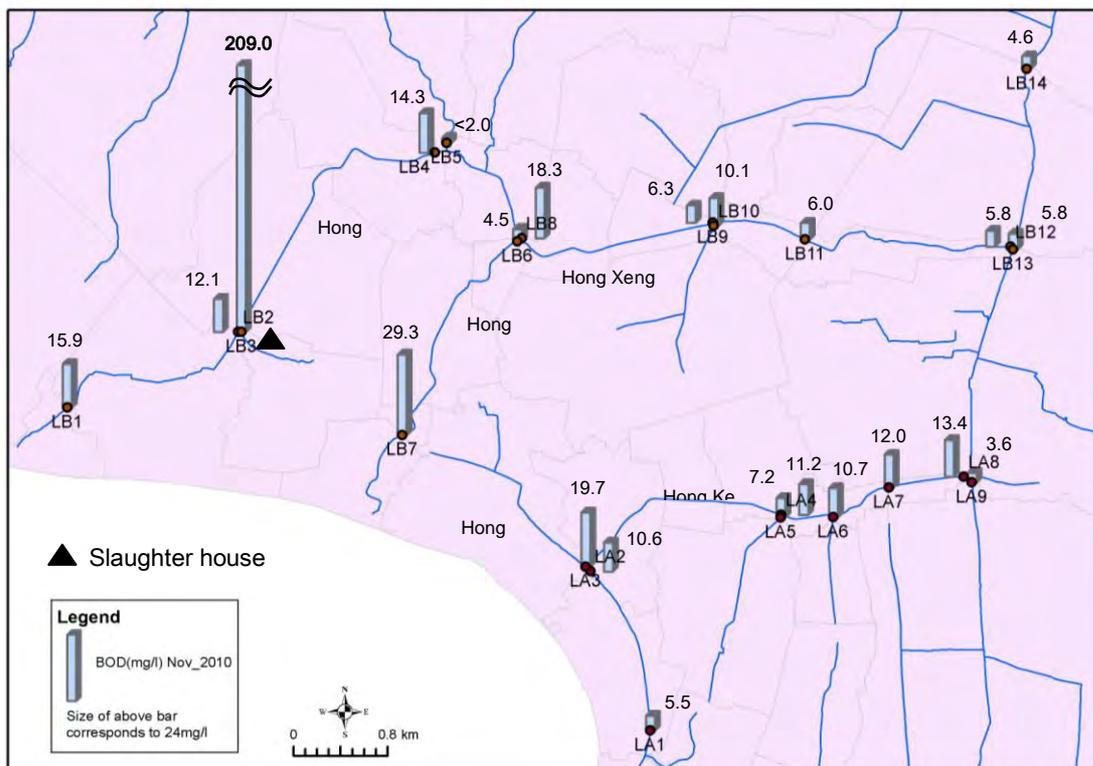


図 2.22 縦断同時モニタリングにおける BOD 観測値 (2010 年 11 月)

(3) モニタリング結果のまとめと提言

定期モニタリングと縦断同時モニタリングの概要とそれに関する提言を以下に列挙する。

- Hong Ke と Hong Xeng の本線やその支流で観測された大腸菌群数から判断すると、その採取水は、汚水（生活排水ならびに商業排水）で占められていたと考えられる。しかしながら、BOD の濃度はあまり高くなく、乾期においても 10 mg/l～35 mg/l の範囲であった。この一方で、Mak Hiao 川沿いのモニタリング地点で観測された BOD 濃度は、大きな季節変動もなく、2 mg/l～3 mg/l の範囲であった。
- Hong Ke および Hong Xeng の本線やその支流のモニタリング地点で観測された $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は高かったが、Mak Hiao 川沿いのモニタリング地点で観測された $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は、BOD 濃度と同じように比較的低い値であった。

- 概ね、NO₃-N 濃度は、ほとんどのモニタリング地点で 1.0 mg/l 以下であり、モニタリング地点による変動は大きくなかった。
- いくつかの観測値を除いて、PO₄-P 濃度は、1.0 mg/l 未満の範囲であった。
- 全ての重金属(6 種類)、農薬(3 種類)は、定量限界以下か、非常に低濃度であった。
- 中小施設(屠殺場)からの廃水により、かなり汚濁している LB3 のモニタリング地点では、発生源においてスクリーン付きの水処理施設を設置することが望ましい。

2.6.3 工場排水

WERI-WREA と商工省およびビエンチャン市商工部は、工場への査察や排水モニタリング等の重要性については認識している。しかしながら、実際には予算や人員の制限により、これらの活動はほとんど行われていない。したがって、工場排水にかかるデータも非常に限られたものとなっている。

WERI-WREA と商工省およびビエンチャン市商工部は、各工場の Inventory に関する情報は保有している。しかしながら、工場への査察や排水モニタリング等の重要性については認識しているものの、実際には、予算や人員の制限により、これらの活動はほとんど行われていない。したがって、工場排水にかかるデータも、ほとんどない状況にある。

表 2.31 に、Mak Hiao 川ならびに支川の水質に影響するかどうかを含めて、既存工場の視察結果をまとめた。これまでに、これらの工場が Mak Hiao 川流域内ならびに流域外も含めた水環境に大きな影響を及ぼしているとは考えられない。ただし、現在、この流域の中流域の工業地区に工業を集中させるような工業開発が進められており、将来、工業排水に伴う水質問題が発生することが危惧される。

表 2.31 調査エリアに位置する既存工場の調査結果

No.	Name of Factories	Existing Condition of the Factories
1	Beer Lao	Beer Lao は、That Luang 湿地の南端に位置するビールや飲料を生産する大規模工場である。発生する廃水は、嫌気および好気処理を組み合わせた処理施設(処理能力:3,500 m ³ /day)で処理され、工場に隣接する排水路に放流されている。排水路はメコン河に繋がっており、年間を通じて放流水は Mak Hiao 川流域の水質に影響することはない。
2	Paper factory	本工場は、Beer Lao から北 1.5 km に位置し、白濁した廃水を放流している。しかしながら、廃水量は寡少であり、かつ Mak Hiao 川の流域外に位置している。
3	Slaughter house located in Dondou Village	本工場は、That Luang 湿地の西側にある Dondou 村内に位置する。工場内には、屠殺工程からの廃水を貯留するピットが設けられているが、調査時には、ピット内に廃水は認められなかった。また、本工場も Mak Hiao 川の流域外に位置していることがわかった。
4	Slaughter house located in Nongdouang Village	2.4.2 節で述べたように、本工場は、縦断同時モニタリングの調査地点(LB3)の上流に位置し、かなり汚染された廃水を放流している。モニタリング結果によると、汚染範囲は局部的であるが、本調査で実施する水質汚濁解析には、本工場からの発生負荷を推定し、モデル上に組み込むこととした。
5	Noodle factory	本工場は、Wattay 国際空港の東にある Nongsanokham 村内に位置する。しかしながら、本工場は小規模工場であり廃水量も微々たるものであった。
6	Garment factory located in Nakham Village	本工場は、Wattay 国際空港の東にある Nakham 村内に位置する。しかしながら、本工場は小規模工場であり廃水量も微々たるものであった。
7	Garment factory loocated in Donparlap Village	本工場は、Donparlap 村内の、モニタリング調査地点(SP3)に位置する。廃水は、工場に隣接する湿地に放流されていたが量は少なかった。また、その湿地が、付近の Hong Pasak に接続しているかどうかも判然としなかった。

No.	Name of Factories	Existing Condition of the Factories
8	Existing factories located at Vientian Industrial Park	17の工場が Vientiane Industrial Park にて既に稼働中である。これらの工場は、製鋼・木製品・シリコン工場等からなるが、工場廃水はほとんど発生していない。
9	Others	なめし皮工場のように、有毒、あるいは極度に汚染された廃水を排出する工場は、調査エリア内にはなかった。

2.6.4 水質汚濁解析モデル

目標年次のビエンチャン市の水環境を評価し改善するために、人々の生活水準や社会経済・気象・水文状況の変化に配慮しつつ、汚濁負荷の流出状況を再現する汚濁解析モデルを構築した。

(1) 対象水質パラメータ（項目）と流量

検討対象とする水質項目は BOD とし、低水流量を汚濁解析モデルの流量と設定する。BOD 濃度を算出するために、「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説(日本下水道協会)」に基づき、低水流量(75%流量、 Q_{75})を用いる。

(2) モデル中に組み入れる汚濁負荷

この汚濁解析モデルで検討する汚濁負荷は、1) 生活排水、2) 営業汚水、3) 工場排水、4) 畜産排水、5) 田畑・森林からの面源負荷とする。

(3) キャリブレーション

流量のキャリブレーションは、雨水の影響を除くために 12 月の観測値に着目して行った。乾期においては、河川内の流量は、ほぼ水道や井戸の使用水量に等しいものと推測される。また、これらの水は、そのほとんどが日中に使用されるとものと考えられる。そのため、水使用の実態に合わせるため、peak factor という概念を導入した。

図 2.23 に、各モニタリングポイントにおけるかなり高い再現性を有する流量の観測値と予測値の関係を示す。

BOD のキャリブレーションは、12 月のモニタリング結果と、参考資料と現状を考慮して設定した流達率と自浄係数を用いて行った。図 2.24 に示すように、BOD の観測値と予測値に十分な相関性があり、本調査で構築したモデルが、将来の水質を予測するに適するものであると考えられる。

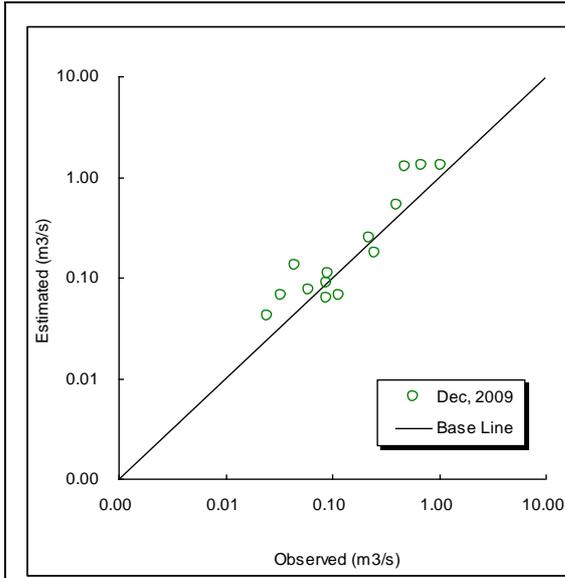


図 2.23 流量の観測値と予測値の関係

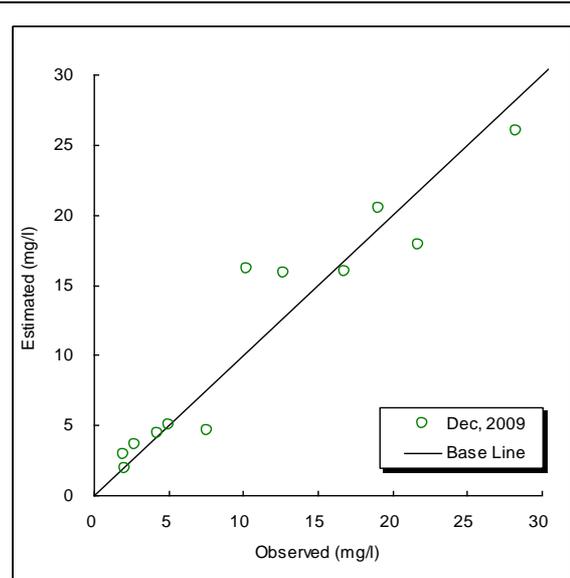


図 2.24 BOD の観測値と予測値の関係

(4) 発生および流出汚濁負荷量 (2009 年)

表 2.32 と図 2.25 に、本調査で構築した水質汚濁モデルを用いて算出した 2009 年の発生および流出汚濁負荷量を示す。これより、発生負荷量の総量は、31,485 kg/day である。この発生負荷量は、セプティックタンクを経由するか、あるいは無処理で排出される。その際、流達率により負荷量が削減され、その後、排水路に到達する。その到達量は 2,579 kg/day であり、これは発生負荷量の 8.2%に相当する。その後、Mak Hiao 川の下流端に到達する負荷量は、220 kg/day(到達量の 8.5%に相当)にまで削減される。これは、Mak Hiao 川が、ビエンチャン市の中心から河川延長が約 30 km あり、遅い流速(0.1~0.2 m/s)による自然浄化作用に起因するものと考えられる。

表 2.32 発生および流出汚濁負荷量 (2009 年)

		Pollution load (kg/day)			Percentage (%)		
		Generated	Reaches to the river	D/S end of Mak Hiao River	Generated	Reaches to the river	D/S end of Mak Hiao River
1	Domestic	16,326	1,437	70	100.0	8.8	0.4
2	Commercial	2,441	221	8	100.0	9.1	0.3
3	Industrial	300	300	4	100.0	100.0	1.2
4	Livestock	12,107	605	131	100.0	5.0	1.1
5	Non-point	309	15	3	100.0	5.0	1.0
Total		31,485	2,579	217	100.0	8.2	0.7

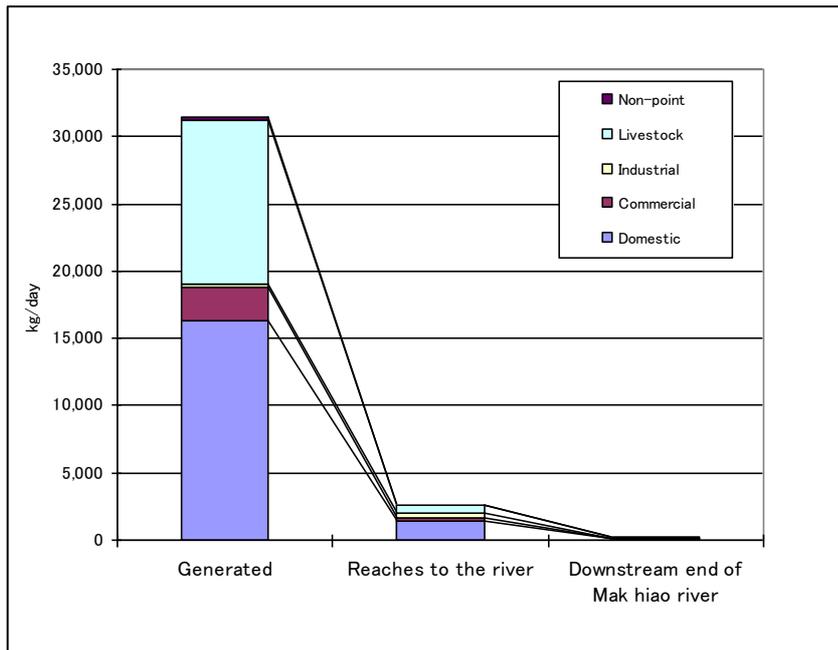


図 2.25 発生および流出汚濁負荷量 (2009 年)

2.7 水生生物調査

2.7.1 調査の目的と方法

(1) 調査の目的

一般に、水生生物の種組成はその場所の水質に応じて異なるため、水生生物は水質を評価する指標として用いられる。

本生物調査は、現地調査によって Mak Hiao 川の生物の現状を把握するとともに、調査結果をもとに生物と水質の関係を分析し、生物指標を作成することを目的とする。作成した生物指標は、水質モニタリングを補足するとともに、水環境を生態的観点から理解するのに活用できる。

(2) 調査の方法

Mak Hiao 川流域において、表 2.30、図 2.26 に示す 14 調査地点を選定した。定期調査地点の B1-B9 は、生物と水質の関係を分析するため、水質のモニタリング地点と同じ場所に設定した。追加調査地点の B10-B14 は、市街地からの廃水の影響を受けていない自然の生物生息状況の把握を目的とし、Mak Hiao 川の上流の湿地に設定した。

表 2.33 生物調査地点一覧

Classification	Biological survey points	Correspondent water-quality monitoring points	Location
Regular survey points	B1	SP2	Downstream end of Nam Pasak (Upstream of Hong Xeng)
	B2	SP3	Downstream end of Hong Pasak
	B3	SP6	Downstream end of Hong Kai Keo
	B4	SP7	Midstream of Hong Ke
	B5	MP3	The Mak Hiao River
	B6	SP9	The Mak Hiao River
	B7	MP4	The Mak Hiao River
	B8	MP5	The Mak Hiao River
	B9	MP6	The Mak Hiao River
Additional survey points	B10	-	That Luang Marsh
	B11	-	That Luang Marsh
	B12	-	That Luang Marsh
	B13	-	That Luang Marsh
	B14	-	Upstream marsh of Nam Pasak

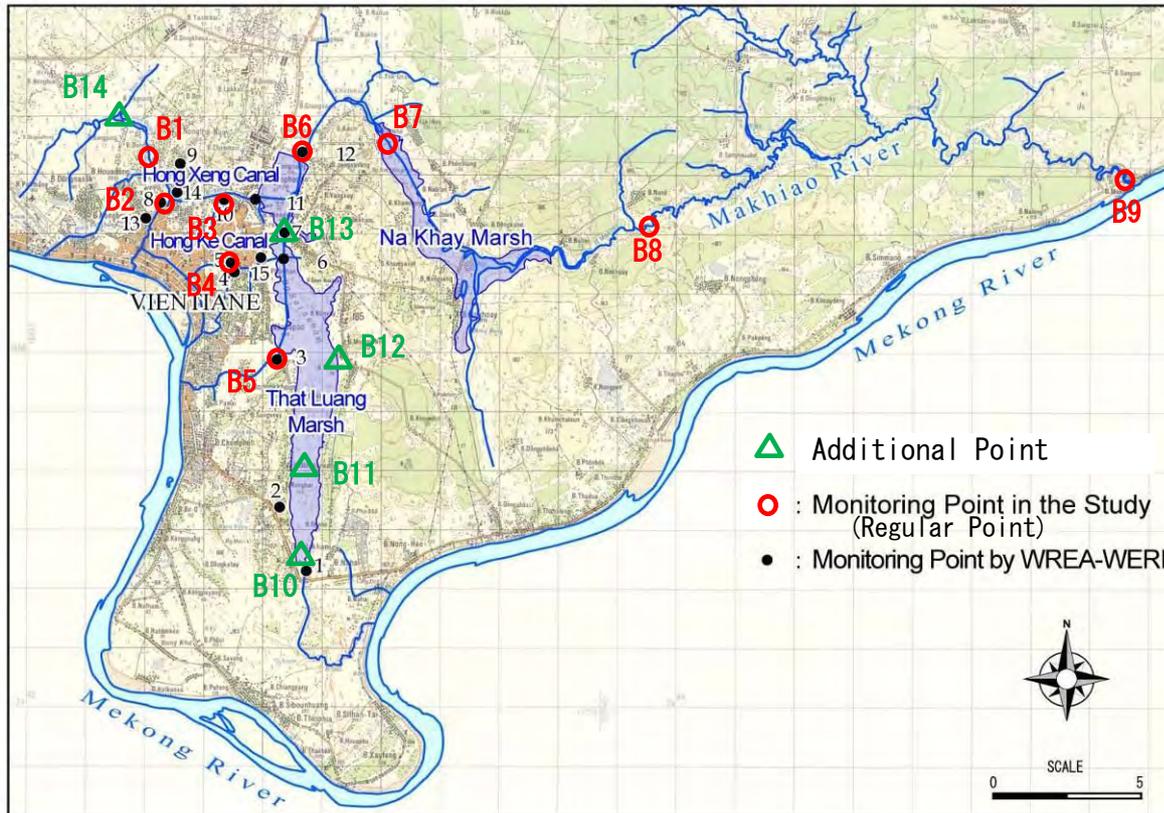


図 2.26 調査地点の位置

現地調査の頻度を表 2.31 に示す。定期調査地点は毎回調査を実施し、追加調査地点については雨期、乾期それぞれ 1 回の実施とした。

表 2.34 生物調査の頻度

Month Year	Dry season				Rainy season						Dry season	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2009		X	X				XX					X
2010	X	XX						X			X	

Note: X: only regular survey points, XX: both regular and additional survey point

2.7.2 水質と水生生物の関係

(1) 水質階級分類

水質に応じた生物の生息状況を理解するため、水質調査結果にもとづき、各地点の水質の状況を概説する。図 2.27 は Mak Hiao 川流域の水質を‘very good’から‘very bad’の 5 階級に分類した模式図である。各生物調査地点における実際の水質調査結果は図 2.28 のとおりである。

(a) 市街地エリア (B2, B3, B4): Very bad

B2、B3、B4 が位置する市街地エリア（都市排水路内）の水質は、特に乾期に汚濁が非常に進んでいる。各地点で観測された乾期の BOD は 10mg/l を上回っており（図 2.28）、都市排

水路内の水質調査9地点の値の平均では最大 20mg/l に達している (図 2.29)。そのため水質階級を‘very bad’に分類した。一方、BODと窒素 (NH₃-N) の濃度は、雨期には改善している。

(b) Mak Hiao 川中流～下流 (B6, B7, B8, B9): bad→fair→good→very good

Mak Hiao 川の地点 (B6, B7, B8, B9) では、年間をとおして 8mg/l 未満と市街地に比較して低い BOD を示していた。とくに、水質は下流へ向かうほど良好な状態に変化しており (階級は‘bad’→‘fair’→‘good’と変化)、河口の B9 では BOD は 3mg/l 未満まで低下していた (階級は‘very good’に分類)。

(c) 市街地上流 (B1, B5): good

B1、B5 が位置する市街地上流でも、市街地からの廃水の影響を受けていないため、水質は良好な状態となっている。BODと窒素 (NH₃-N) の濃度は下流域とほぼ同程度であった。

(d) 追加調査地点 (B10-B14)

That Luang 湿地を含む追加調査地点 (B10-B14) では水質調査を行っていないため、雨期 (2010年8月) と乾期 (2010年11月) に各1回、NH₃-N の濃度を測定した。結果をみると、窒素 (NH₃-N) の濃度は低く、良好な水質であった。

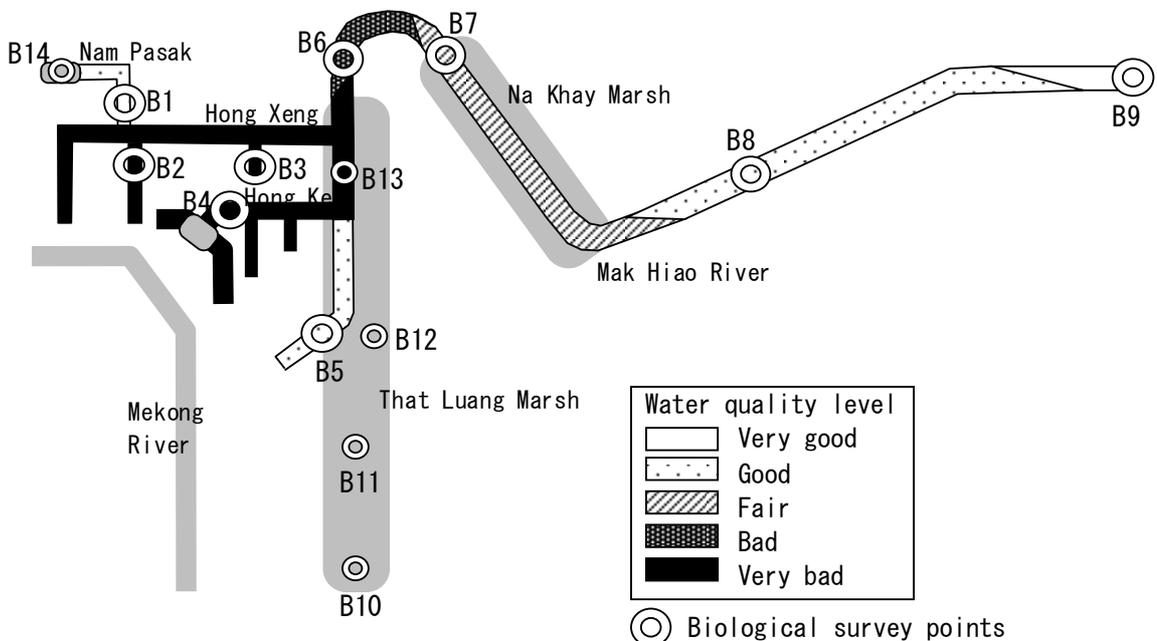


図 2.27 Mak Hiao 川流域の水質階級模式図

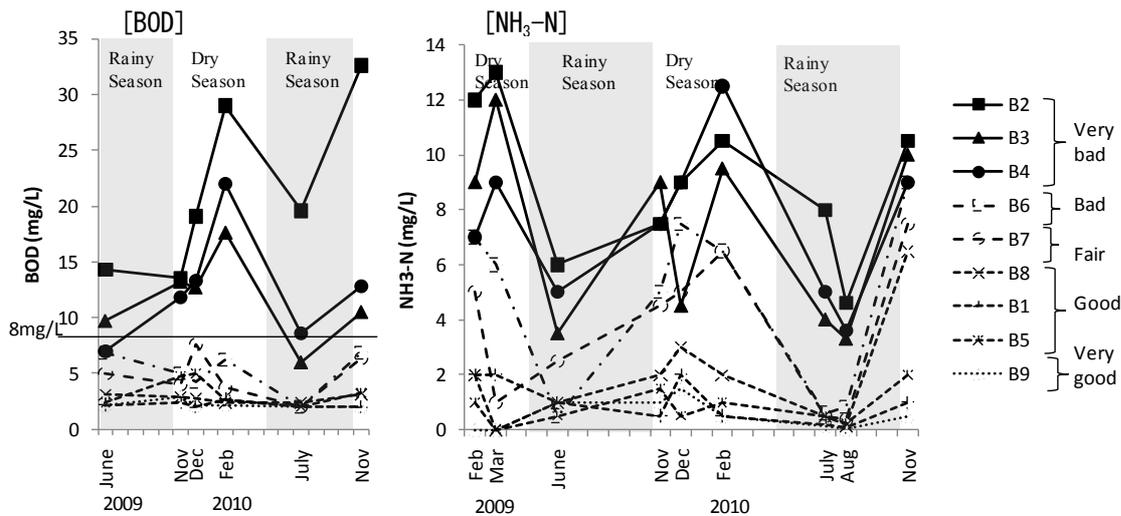


図 2.28 観測された水質の季節変動

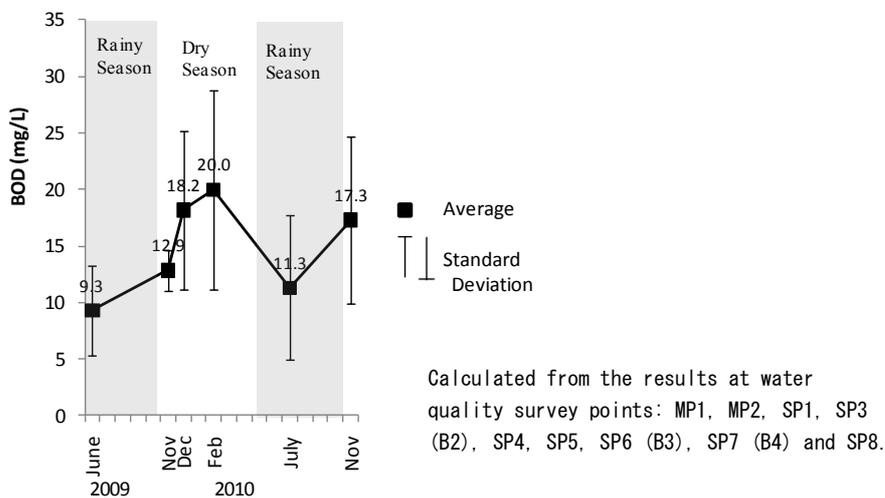
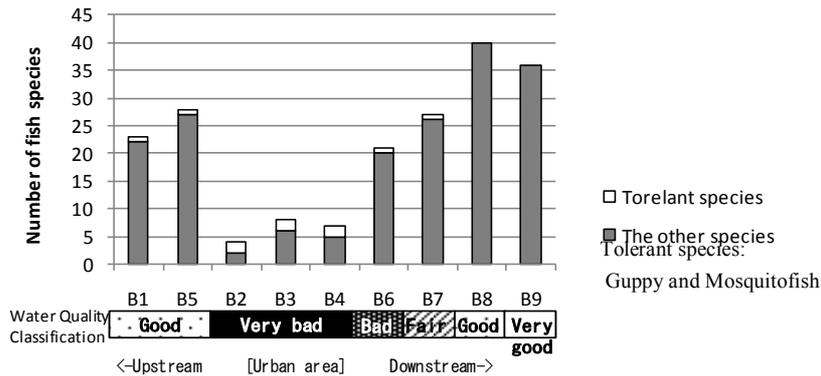


図 2.29 都市排水路の BOD 平均値の季節変動

(2) 魚類

図 2.30 に、8 回の調査において各調査地点で観察された魚類の総種数を示す。水質が「very bad」に分類された市街地 (B2、B3、B4) では、魚類の種数は他の地点に比べ明らかに少なかった。さらに、このエリアでは他の地点に比べ、汚濁耐性種の数全体種数に占める割合が高かった。

市街地における汚濁耐性種以外の種数は、雨期に増加する傾向にあった (図 2.31)。これらの結果は、雨期には流量増加と希釈に伴う一時的な水質の改善により、市街地内の生息環境は一時的に改善され、魚類が入ってきて生息できることを示している。BOD と汚濁耐性種以外の種数の関係のみでも、BOD が低い地点では種数が多くなっていることがわかる (図 2.32)。



Surey frequency: Eight times excepting B9. B9 is seven times since it was not explored in July 2009 due to high water level.

図 2.30 8回の調査で観察された魚類の総種数

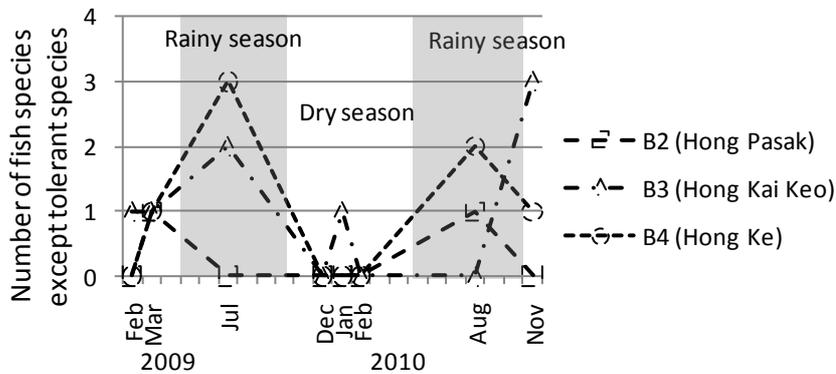


図 2.31 市街地における汚濁耐性種(グッピー、カダヤシ)以外の魚種数

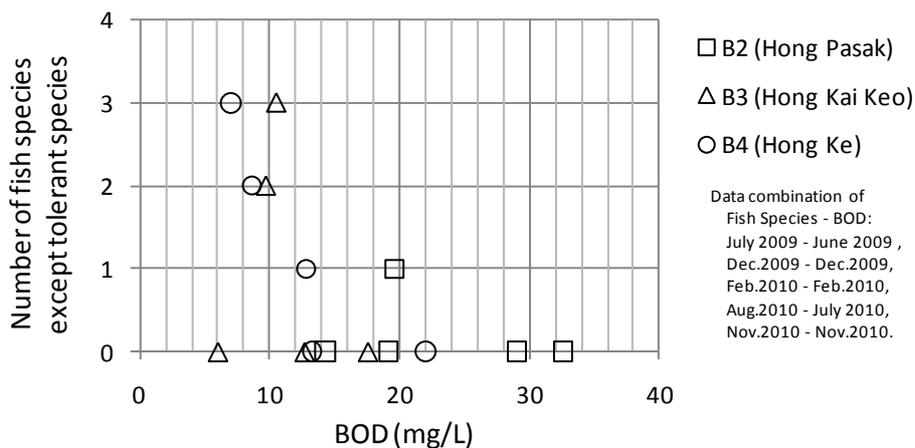
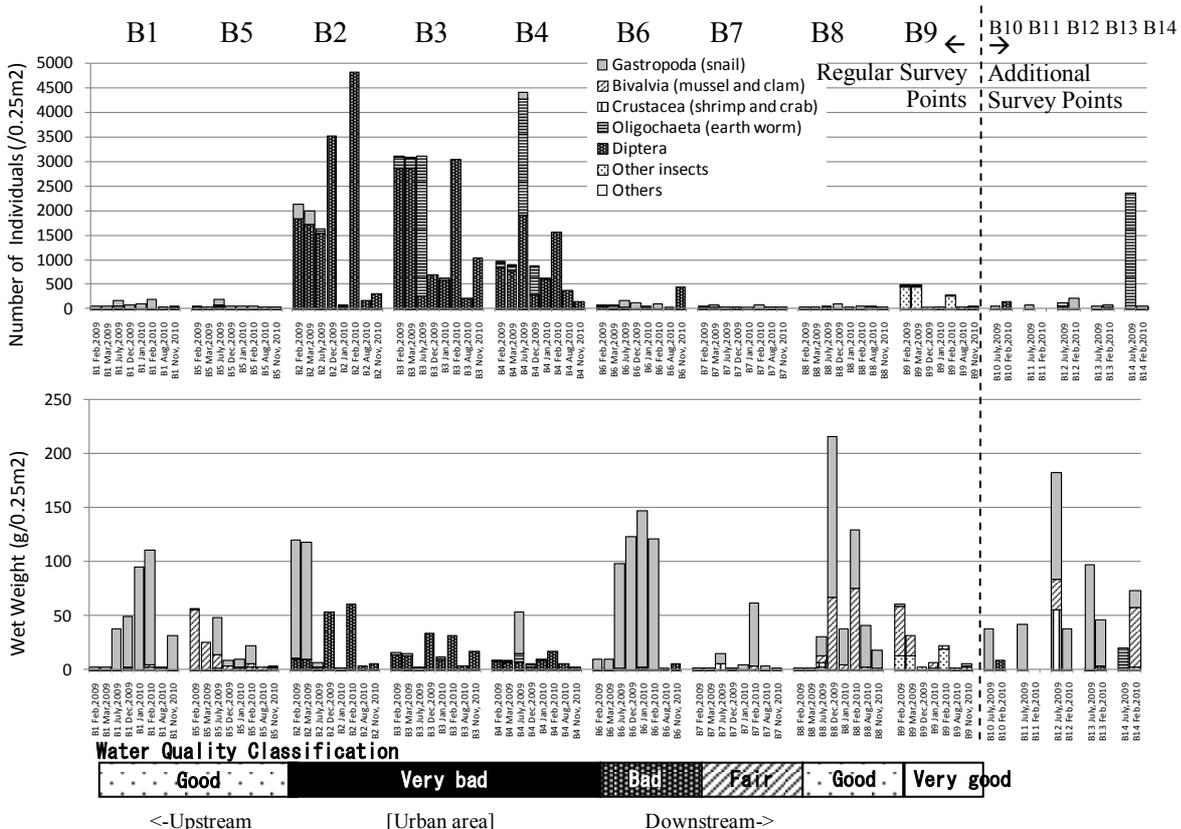


図 2.32 BODと汚濁耐性種以外の魚種数の関係

(3) 底生動物

採集された底生動物の個体数と湿重量を図 2.33 に示す。底生動物は、各地点の水質に応じて異なる種の生息が確認された。

‘very bad’に分類された水質のエリア (B2-B4) では、多量の diptera 幼虫 (ユスリカ、ボウフラ、チョウバエ) と oligochaeta (ミミズ類) が採集された。湿重量で見ると、多くの地点で gastropoda (巻き貝) と bivalvia (二枚貝) が優占しており、gastropoda は水質に対して広い範囲に分布しているのに対し、二枚貝は‘good’と‘very good’の水質階級に集中する傾向にあった。また、トビケラ (other insects に分類) が、‘very good’の階級である B9 で優占していた。



Notes 1) Additional survey points were explored only in July and February, 2010.
 2) B9 was not explored in July 2010 due to high water level.

図 2.33 採集された底生動物の個体数と湿重量

(4) 植物

植物の種数は水質階級と直接関係しておらず、‘very bad’に分類された水質のエリアでも多くの種が確認された。一般に、水生植物は生育形態によって浮葉植物 (floating species)、抽水植物 (emerged species)、沈水植物 (submerged species)、縁辺植物 (marginal species) の4つに分類される (図 2.34)。これに陸上性の種 (terrestrial species) を加えた5つの分類に従い、定期調査地点でこれまでに確認された種を分類し、分類別の種数を図 2.35 に示した。陸上性の種 (terrestrial species) を除く水生植物だけでみても、市街地エリアでは多くの植物種が確認されて

おり、水路に豊かな水生植物相が形成されていることを示していた。水生植物の根や葉の間は魚類等の水生生物の生息場となるため、市街地エリアの水質が改善されることによって、水路内にも多様な魚類等が生息できるようになる可能性を示していると考えられる。

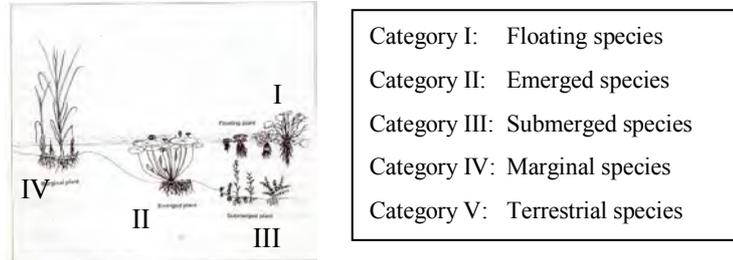
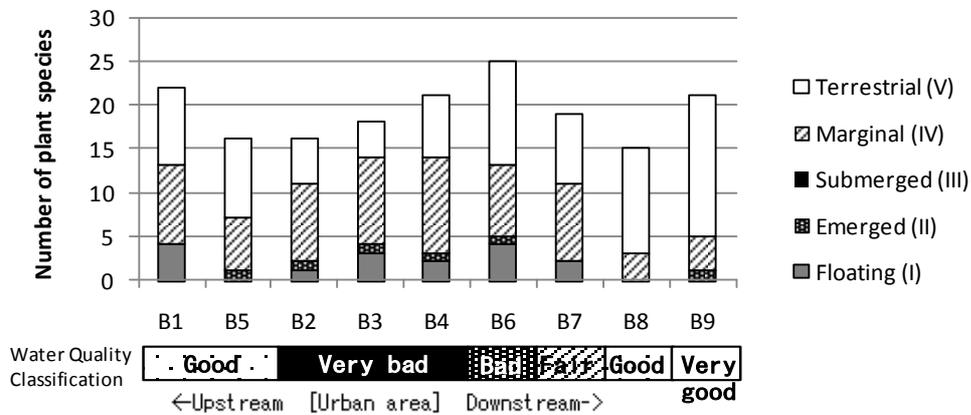


図 2.34 植物の生育形態による区分



Surety frequency: Eight times excepting B9. B9 was not explored in July 2009 due to high water level.

図 2.35 定期調査地点における生育形態別にみた植物の種数

2.7.3 生物指標の作成

調査結果によれば、魚類と底生動物は水質に応じて分布しており、例えば、ある種が主に‘good’または‘very good’の水質階級で確認されたのに対し、他の種は‘very bad’のエリアに集中していた。こうした分布の偏りをもとに、表 2.35 に示す種を指標生物として選定した。これらは魚類 3 グループ (F-I, F-II, F-III)、底生動物 3 グループ (B-I, B-II, B-III) の計 6 つのグループで構成される。各グループが指標する水質の範囲を表 2.36 に示す。

‘very bad’の水質階級に分類している市街地エリアは最も汚濁が進んでおり、確認される種はほとんど汚濁耐性種 (F-I, B-I) のみであり、他の種は生息困難となっている。F-I に分類されたグッピー (Guppy) とカダヤシ (Mosquitofish) は、より良好な水質でも生息可能であるが、汚濁した水質のエリアに集中する傾向にある。B-I は、一般に人間生活に不快な種であるユスリカ、蚊やチョウバエの幼虫で構成されている。

‘bad’と‘fair’に分類されたより良好な水質階級は、グッピーとカダヤシ以外の魚種で指標される (F-II)。それらには、ドジョウ (loach)、キノボリウオ (climbing perch)、ティラピア (tilapia) などの水産上有用な種も含まれる。このエリアでは多くの巻き貝の種が確認されるが、水質を指標する底生動物はみられない (巻き貝は広い水質範囲に分布する)。

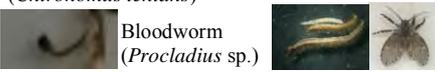
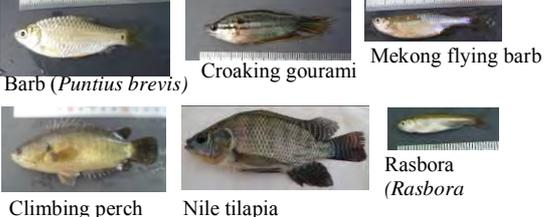
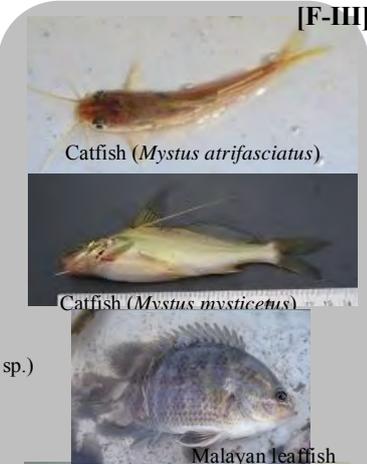
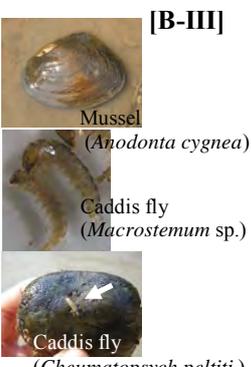
‘good’、‘very good’の水質階級では、水産上有用な種の数が多くなり、淡水性のサヨリ、リーフフィッシュ、ナマズ、ウナギの仲間などが指標生物に含まれる (F-III)。また、二枚貝、トンボの幼虫などの有用底生動物が‘good’の水質階級を指標する (B-II)。「very good」の水質階級では、他の二枚貝種とトビケラが指標種となる (B-III)。

表 2.35 選定された種による水質の指標範囲

Water quality level		Very bad	Bad	Fair	Good	Very good
	BOD	>10 mg/l *	4-8 mg/l	4-8mg/l	2-5mg/l	2-3mg/l
	NH3-N	>3mg/l	1-9mg/l	1-8mg/l	<3mg/l	<2mg/l
	DO		Low			
	Survey points	B2,B3,B4	B6	B7	B1,B5,B8	B9
Group						
Fish	F-I	↔	-----	-----	-----	
	F-II		↔	-----	-----	-----
	F-III				↔	-----
Benthic invertebrates	B-I	↔				
	B-II				↔	
	B-III					↔

Note: *Dry season.

表 2.36 水質の生物指標

Water Quality	General Condition	Indicator Species
Very bad	 <p>BOD >10mg/l, NH₃-N >3mg/l Smelly black colored mud with rubbish.</p>	 [F-I]  [B-I]  <p>Guppy Mosquitofish Bloodworm (<i>Chironomus tentans</i>) Mosquito Bloodworm (<i>Procladius</i> sp.) Moth fly (<i>Psychoda</i>)</p>  Guppy and Mosquitofish
Bad to Fair	 <p>BOD 4-8mg/l, NH₃-N 1-9mg/l Turbid yellowish water. A little muddy sediment.</p>	 [F-II]  <p>Loach (<i>Acanthopsoides delphax</i>)* Barb (<i>Puntius brevis</i>) Croaking gourami Mekong flying barb Climbing perch Nile tilapia Rasbora (<i>Rasbora</i>)</p>
Good	 <p>BOD 2-5mg/l, NH₃-N <3mg/l Turbid water without pollution. Riverbed consists of clean soil.</p>	 [B-II]  [F-III]  <p>Mussel (<i>Ensidens ingallsianus</i>) Clam (<i>Corbicula</i> sp.) Water scorpion Dragonfly (<i>Cercotmetus</i> sp.) (<i>Epicordulia</i> sp.) Catfish (<i>Mystus atrifasciatus</i>) Catfish (<i>Mystus mysticetus</i>) Malayan leaffish Freshwater garfish Butter catfish Peacock eel</p>
Very good	 <p>BOD 2-3mg/l, NH₃-N <2mg/l Water flows washing the riverbed which consists of gravels.</p>	 [B-III]  <p>Mussel (<i>Anodonta cygnea</i>) Caddis fly (<i>Macrostemum</i> sp.) Caddis fly (<i>Cheumatopsych peltiti</i>) Freshwater garfish Butter catfish Peacock eel</p>

Source of the photo with *
Moth fly (*Psychoda alternate*) <http://hydrobiology-bg.com/> and <http://entoplp.okstate.edu/ddd/insects/mothfly.htm>
Loach (*Acanthopsoides delphax*) <http://www.fishbase.org/>

2.7.4 水生生物からみた水質目標

調査によって明らかになった Mak Hiao 川流域の水生生物生息状況に基づき、水質の改善目標を提案する。

(1) 市街地エリア（都市排水路）：目標 BOD <8-12mg/l

Hong Xeng、Hong Ke とこれに接続する都市排水路内では、水質汚濁のため、汚濁耐性のある限られた魚種やユスリカ、ボウフラなど人間生活に不快な生物を除き、水生生物の生息が全般に困難になっている。一方、都市排水路を挟む上流と下流には多様な種が確認されていることから、都市排水路内の水質が上流や下流と同等のレベルにまで改善されれば、魚類など移動性の高い生物は河川全体を行き来することが可能となり、流域の生物生産の向上にもつながると期待される。上流、下流の BOD は高くとも 8mg/l であるため、都市排水路における望ましい水質改善目標として 8mg/l を提案する（図 2.36 の a.参照）。

一方、都市排水路内の現状の BOD は特に乾期に非常に高く、水質調査地点 9 地点の平均は 20mg/l に達している。そのため、乾期については直ちに 8mg/l の目標を達成するのは容易でなく、当面の目標が必要である。都市排水路の BOD は、雨期には希釈によって値が低くなり、これに伴い耐性種以外の魚類が遡上してきて一時的に生息することが確認されている。そこで、乾期における当面の目標として、雨期と同等の BOD を目指すこととし、これまでの 2 回の雨期の調査で測定した BOD 平均値がいずれも 12mg/l を下回っていたことから、目標値として BOD12mg/l を提案する（図 2.36 の b.参照）。

(2) Mak Hiao 川中流、That Luang 湿地：目標 BOD <8mg/l

That Luang 湿地を含む Mak Hiao 川本流の水質は、Hong Xeng、Hong Ke の流入地点周辺を除き、汚濁耐性種以外の生物種が生息可能なレベルに維持されており、現状の BOD は高くとも 8mg/l である。ただし、市街地の下流側（B6）については市街地からの流入に起因するとみられる汚泥の堆積が観察され、DO も低くなっており、必ずしも生物にとって最適な状況とはいえない。また、もし、このまま市街地からの負荷が継続あるいは増大すれば、将来的に生息環境が悪化し、現在の都市排水路内と同様の生物しか棲めなくなる可能性も危惧される。そのため、現状の 8mg/l を維持目標としながら、注意深い監視を行うことが望まれる。

(3) Mak Hiao 川下流（河口周辺）：目標 BOD <5mg/l

Mak Hiao 川河口近くの水質は年間をとおして BOD 5mg/l 以下と良好であり、水産有用種をはじめとする多様な生物種が確認されている。現在のところ悪化の兆候なども認められず、今後も現状維持が望まれる。

図 2.37 に、Mak Hiao 川流域の水質改善目標を示す。

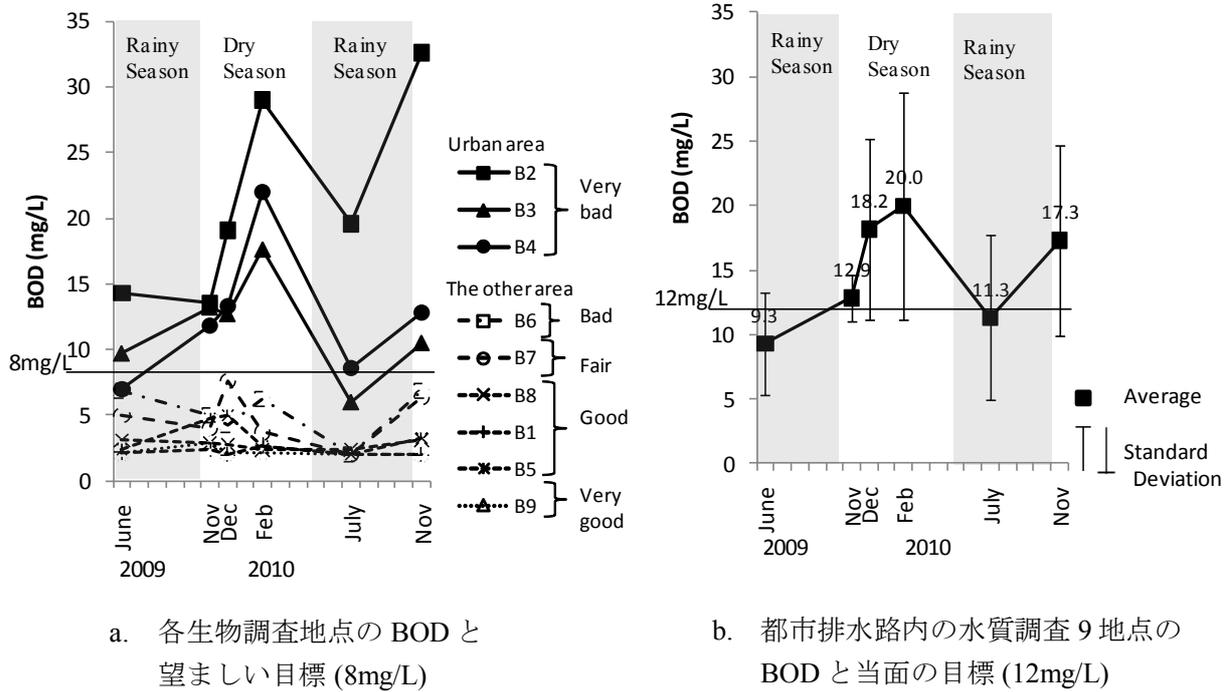


図 2.36 BOD 観測値と都市排水路の水質目標値

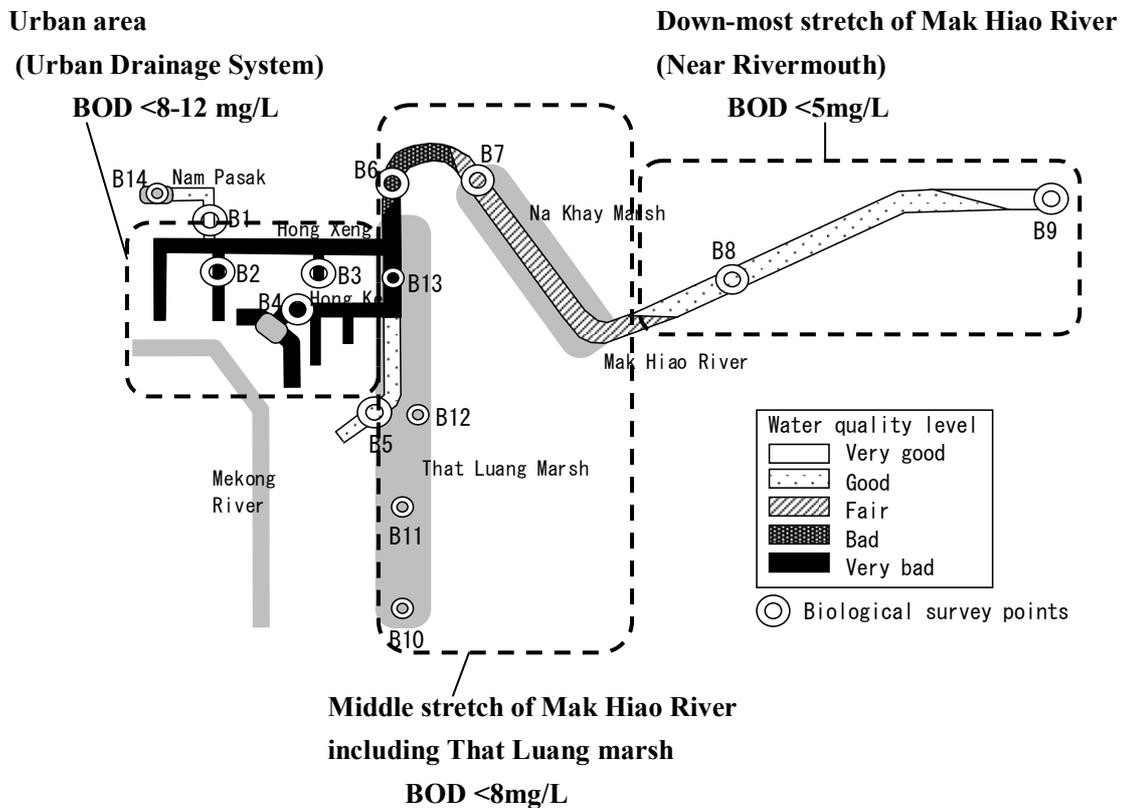


図 2.37 Mak Hiao 川流域の水質改善目標 (BOD)

2.8 水路でのクウシンサイの水質浄化効果の検証

2.8.1 背景と検証の目的

ビエンチャン市内の水路は、合流式下水路であるため生活雑排水の直接的な流入により、悪臭の発生、汚泥の堆積、水質汚濁等が起こっている。これらの状況は、排水処理施設の設置ならびにコミュニティ衛生（Community Based Sanitation: CBS）等による水質改善対策を適切に導入することで、改善されるものと考えられる。

水路内に堆積した土砂は、市内の水路で見られるようにクウシンサイ (*Ipomoea aquatica* Forsk) 等の自然植生の生育環境となっている。これらの自然植生は、多くの国の水域において、ある程度の水質の浄化効果があるという報告があり、水路内における自然植生による浄化効果を試験的に検証することは、排水処理施設の導入とともにビエンチャン市での水質改善の実験的なアプローチとして、意味のあることと言える。

一般的に、植生による主な水質の浄化効果としては、1) 沈殿・濾過効果の促進による浮遊物質 (SS) の減少、2) 植物体による栄養塩（溶解性のリン (P)、窒素(N)）の吸収、3) 植生に付着する微生物による有機物の分解の効果が知られている。しかしながら、実際の水路で、クウシンサイの水質浄化効果を定量的に検証した例はほとんどないと考えられる。このことから、次のような内容を把握するために、現地調査と実験を行った。

- 水路のいくつかの区間での植生（特にクウシンサイ）による水質浄化効果
- 植生（特にクウシンサイ）による水質の浄化機構

2.8.2 水質浄化効果の野外実験とその考察

(1) 野外実験のアプローチ

野外実験は 2010 年 8 月 2 日から 8 月 6 日にかけて行った。実験サイトは、現地調査結果に基づく水質の状況及びクウシンサイの繁茂状況を踏まえ、以下の理由より Hon Pasak の下流側で 2 地区を選定した(図 2.38)。

実験サイトは、次の必要となる条件で選定した。

- クウシンサイが広範囲にわたって水面上に繁茂していること
- 水路への排水の流入が比較的少ない区間であること
- 直線的な形状の水路であり、水路の形状による影響が少ないと考えられること

クウシンサイ等が生育する水路のそれぞれの調査地区の流入地点と流出地点の各 2 地点で、刈取りの前後で SS 等の水質項目を測定した。（調査地区 B については、堆積物の有無による違いを比較するため、刈取りを行わないこととした。）調査地点のイメージを写真 2.5 に示す。これに加え、流量を算出するために水深、流速を測定した。

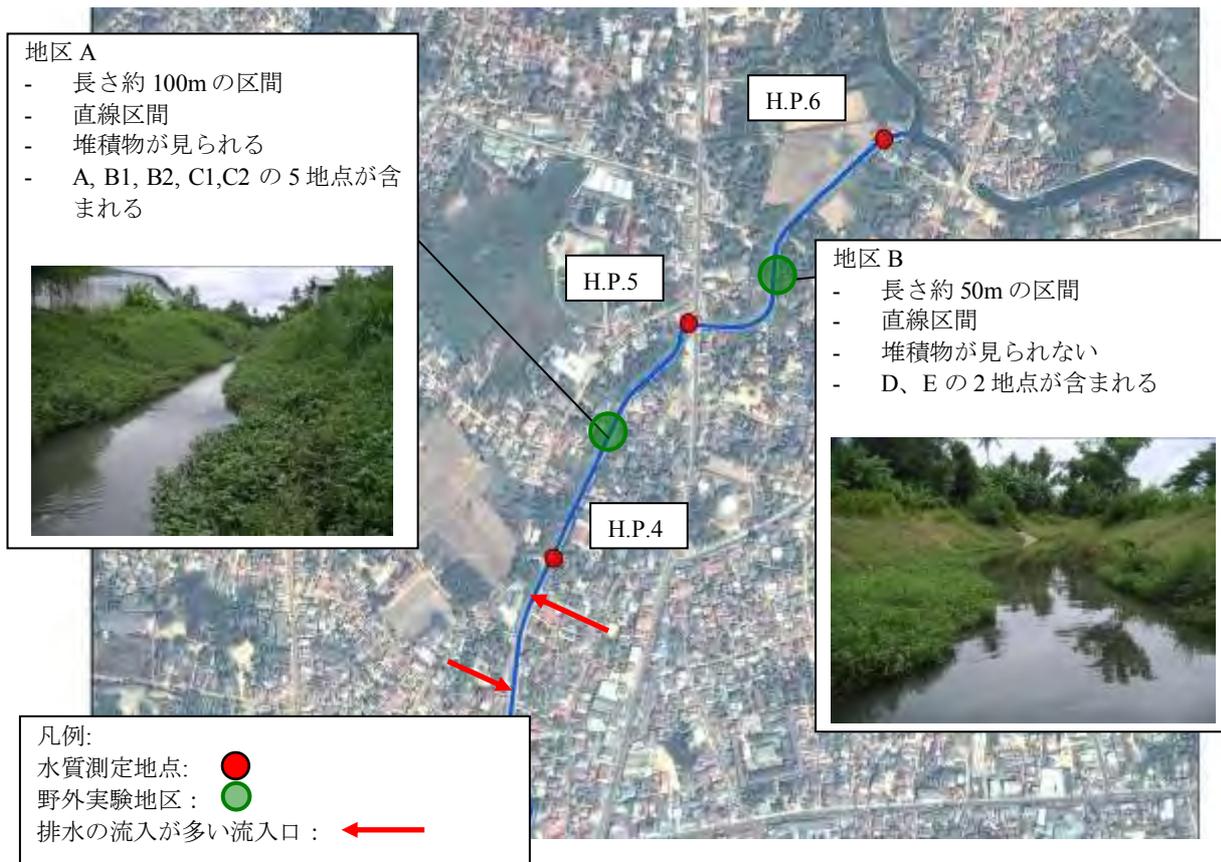


図 2.38 野外実験調査地区



写真 2.5 野外調査地点のイメージ

(2) クウシンサイによる水質浄化メカニズム

野外実験と関連する観察結果を踏まえると、クウシンサイによる水質浄化のメカニズムについて、以下のことが考えられる。

(a) SSの減少

野外実験を通じて、次のようなSSの減少過程が説明できると考えられる。

- 1) 水中で根や茎が生育することで、流速が減少する。
- 2) 茎と根の濾過と沈殿効果によりSSが減少する。
- 3) 水生植物の根や茎に微生物が生育することで、微生物膜が作られこの膜がSSを捕捉する。

写真2.6に、クウシンサイの根の水路でのもの（茶色がかった色）と室内実験のもの（白色）の相違を示す。水路では根にSSが吸着されていた可能性を示唆していると考えられる。

(b) 無機態窒素の減少

室内実験の結果を踏まえると、水路での無機態窒素の吸収量は極めて少ないと考えられる。このことから、水路で無機態窒素が減少した原因は、懸濁性の有機物が減少したことによると考えられ、この懸濁性の有機物の減少がBODの減少に寄与していたものと考えられる。



写真 2.6 クウシンサイの根の状況

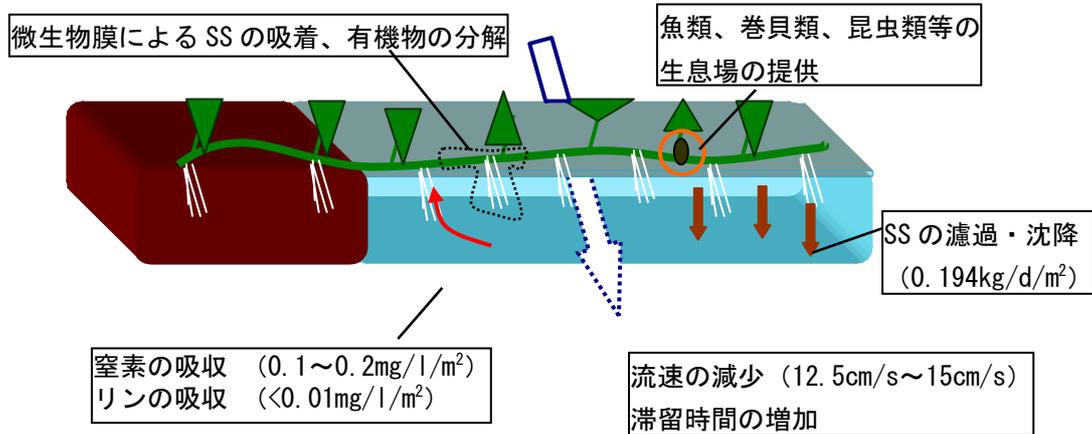
(c) BODの減少

BODの減少は主に懸濁性有機物の濾過・沈降によるものと考えられる。

2.8.3 クウシンサイの水質浄化効果についての考察

(1) クウシンサイによる水質浄化メカニズム

検証実験及び調査結果より、水路内の水質はクウシンサイによる浄化効果により、ある程度まで改善されていることが確認された。Hong Pasak水路における浄化のイメージ及びメカニズムを図2.39に模式的に示す。Hong Pasak水路の植生帯におけるクウシンサイによる水質の浄化効果は、主に懸濁性有機物を含むSSの減少に伴うBOD及び窒素の減少によるところが大きいと考えられる。



注：上記の値は、この調査ならびに実験結果による試算値。

図 2.39 クウシンサイによる水質浄化メカニズムの模式図

(2) クウシンサイの水質浄化植物としての適性

関連する知見とラオス国立大学の植物の専門家へのヒアリング結果を踏まえると、クウシンサイは以下の点で植生による水質浄化に適していると考えられる。

- クウシンサイは、通年枯れることなく成長するため、季節による浄化効果の変動が少ない。ただし、生育に水が必要である為、乾期に大きく成長する様子は見られていない。
- クウシンサイは、茎や葉などの植物体を水面上に浮かべて生育するため、雨期と乾期の水量の変化に対応できる。ツルノゲイトウ等の地面に根を張る植物は増水時に冠水し、枯れてしまう可能性がある。
- クウシンサイは、ラオスでは豚の餌または人間の食用に利用されていることから、植物の他の利用価値がある。

(3) 水生植物による生物の生息場の提供

水路内に生育する植物は多くの水生生物の生息場となることが報告されている。例えば図2.40は護岸のタイプと魚類の生息数を比較したものであり、この結果から水際の植物は魚類の生息場として機能していることが伺える。

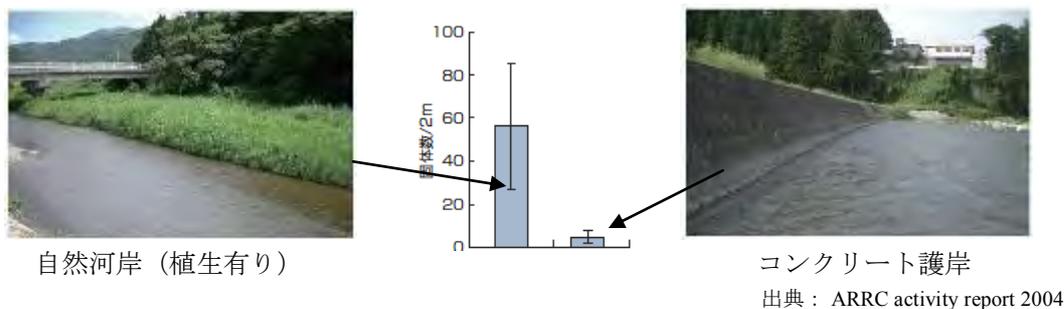


図 2.40 護岸のタイプと魚類の生息数の比較

また、Hong Pasak 水路でもクウシンサイに多くの巻貝が付着している事が確認されたほか、数種のトンボ類が水路内の植生帯内で飛行している事が確認されており、魚類や巻貝、トンボ類の生息環境として機能していると考えられる (写真 2.7 参照)。



写真 2.7 巻貝類及びトンボ類の写真