

国際協力事業団
タイ国バンコク市庁

タイ国

バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査

最終報告書

要約

平成11年10月

JCN LIBRARY



J 1154068 (9)

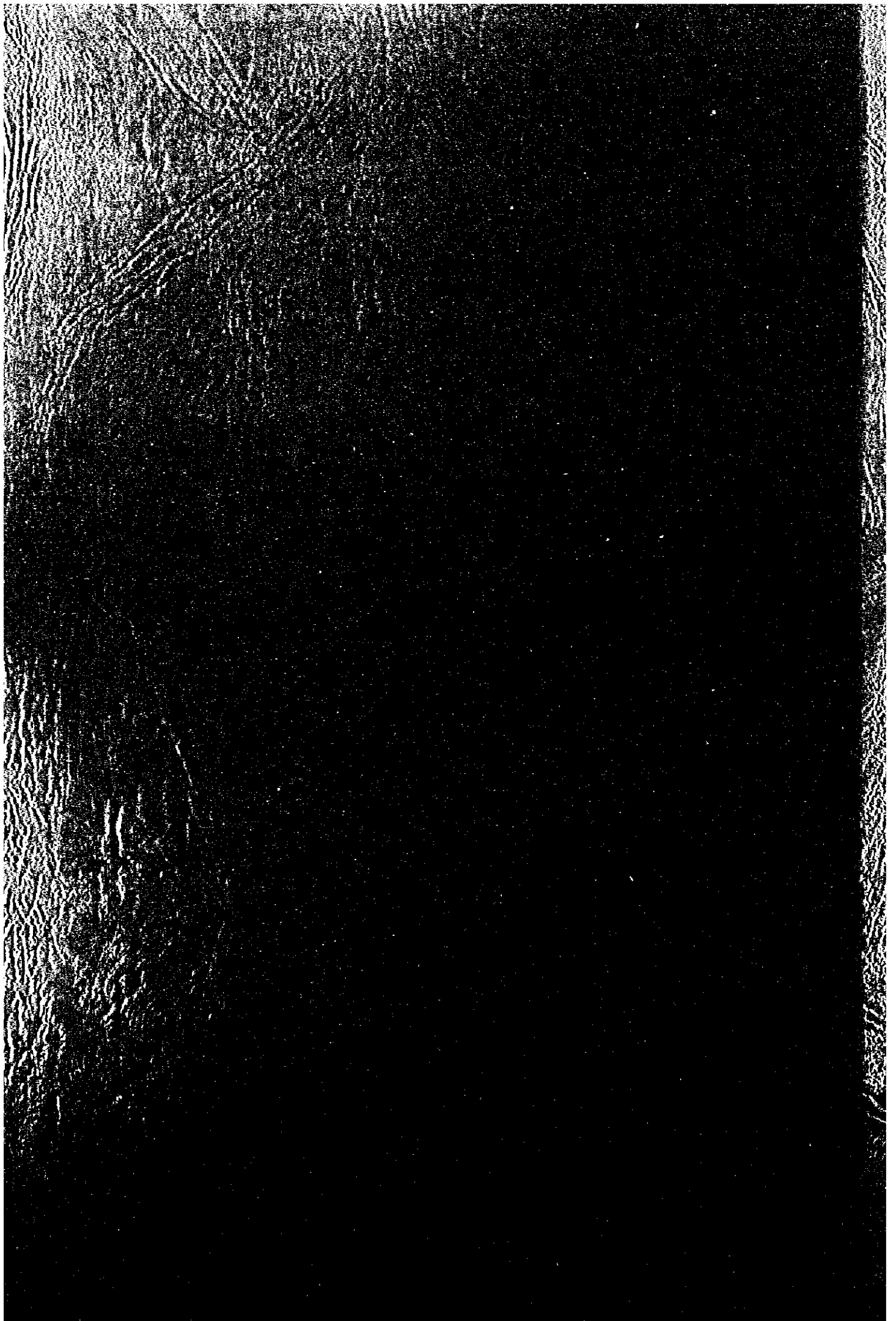
日本工営株式会社

社 調 三

J R

99-140

22
18
SS



国際協力事業団
タイ国バンコク市庁

タイ国

バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査

最終報告書

要約

平成11年10月

日本工営株式会社

報告書の構成

Vol. I	要約
Vol. II	主報告書
Vol. III	サポーティング・レポート
Vol. IV	データ集



1154068 [9]

適用通貨換算率

US\$1.00 = Thai Baht 36.00 = ¥120.00

(1998年10月)

序文

日本国政府は、タイ王国政府の要請に基づき、同国のバンコク汚泥処理・再生水利用計画調査にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成10年9月から平成11年10月までの間、4回にわたり日本工営株式会社の岡崎敬介氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。また、平成10年9月から平成11年10月までの間、日本下水道事業団高橋春城氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、タイ王国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年10月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝 達 状

国際協力事業団
総裁 藤田公郎 殿

今般、タイ王国、バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査が、同国政府関係機関の協力を得て完了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。本報告書は、タイ王国政府が実施するバンコク市の汚泥処理計画及び再生水利用計画に寄与すべき資料として作成いたしました。

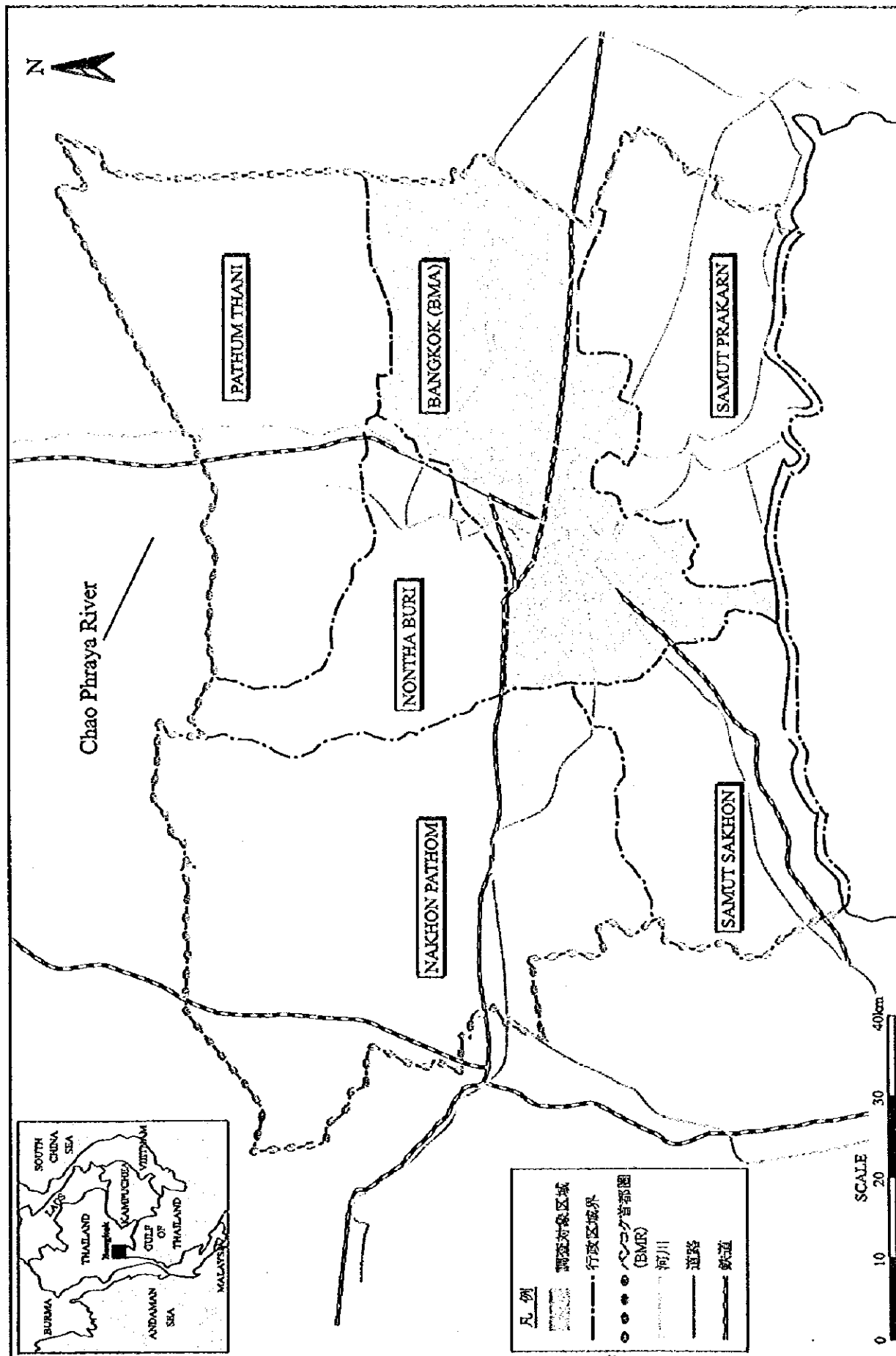
本報告書は、要約、主報告書、付属書およびデータ集の四分冊からなり、要約は調査結果の要旨をとりまとめ、主報告書は汚泥処理・再生水利用計画に関する調査結果をとりまとめました。付属書は主報告書の裏付けとなる汚泥の農業利用調査、下水処理計画、下水汚泥の農地利用規準等の分析結果をとりまとめ、データ集は本調査に関連する参考資料を掲載しました。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間中にわたり多大な御支援、御協力を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在タイ大使館、貴事業団タイ事務所ならびにタイ王国政府関係機関各位に対し、心から感謝の意を表すものであります。

本調査の結果が、タイ王国における今後の汚泥処理・再生水利用計画のために、また、ひいては同国の発展のために貢献できることを切に願う次第であります。

平成 11 年 10 月

バンコク汚泥処理・
再生水利用計画調査団
団長 岡崎敬介



調査対象位置図

調査結果概要

1. 背景

公共水域の水質保全および下水道施設整備は、タイ国の第7次国家社会・経済開発計画の重要項目の一つである。現在、バンコク市ではシプラヤ下水処理システムのみが稼働し、他の6つの処理システム（但し、そのうち1つは契約段階）は建設中である。将来、これら建設中のシステムおよび計画中のものを併せ9つの下水道事業計画が完成し、更に市内で新たな下水道システムが構築された場合、それらの下水処理場から排出される汚泥は膨大な量となることが予想される。このような背景の基、バンコク市庁は2020年を目標年次とした下水汚泥の処理・処分計画の実施を国際協力事業団に要請した。この要請を受け、同事業団は下水汚泥処理・処分に関するマスタープランを策定すると共に、処理水の再利用計画も合わせて実施することとなった。

2. 調査の目的

本調査の目的は次の通りである。

- 2020年を目標年次とするバンコク市の汚泥処理・処分計画に関するマスタープランを策定する。
- 下水処理水の再利用計画を立案する。
- タイ側のカウンターパートスタッフに対する技術伝達を行う。

3. 調査対象地域

50の行政区からなるバンコク市全域（1,569 km²）とする。

4. 調査実施期間

平成10年9月～平成11年10月

5. カウンターパート機関

バンコク市排水下水道局（Bangkok Metropolitan Administration, Department of Drainage and Sewerage）

6. 調査内容

6.1 現状調査

- 自然状況、社会・経済状況に関する既存の資料の入手、聞き取り調査、施設対象地域の現地踏査
- 既存の下水処理システムの調査、計画対象地域の排水施設調査、既存のコミュニティ下水処理施設の調査、し尿処理施設調査

6.2 現地再委託調査

- 既存の下水排水施設に関する流入水量・水質調査、汚泥のサンプリングおよび特性調査
- 2カ所のし尿処理場での汚泥のサンプリング、特性調査
- 市内の下水管路の水質、水量に関するサンプリング、流量測定、室内試験

6.3 アンケート調査

- ファイクアン下水処理区での住民の人口調査、水使用量調査
- バンコク市周辺プロビンスの汚泥の農業利用に関する需要予測調査
- 汚泥コンポストの市場調査

6.4 解析・分析結果

- バンコク市は市全域が標高1~2 mの低平地であり、下水道管渠の勾配がきわめて緩く、下水排水施設としての問題点がある。
- 降雨量は約1500 mm/yrで日本並であるが、雨期にスコールとして短時間に多く降る。
- 地下水位は高く、下水管渠への浸入水が多い。地下水揚水のため沈下が多く、管渠施設への影響が大である。
- 河川、運河は別プロジェクトとして水質改善計画（チャオブラヤ川の河川水を運河に導水）が実施されており、成果が見え始めている。
- 人口は、登録人口で600万人であるが、未登録の居住者を含めると、1000万人近いと言われている。2020年には1200万人になると予測される。
- 上水道事業は順調に進んでおり、渴水対策は一応整っている。
- 既存および建設中の下水道計画は、排水面積192 km²、完成予定は2003年、計画対象人口340万人、処理量133万m³/dである。
- 既存の下水道計画は全て溢集管を布設、終末処理場で処理するものである。
- バンコク市のし尿は、DPCの管理の基、ノンケムとオヌットにあるし尿処理場で処理されている。
- 既存の処理場からの汚泥は、公園の植樹、道路の分離帯、コンポストなど、小規模に有効利用されている。
- 既存のシブラヤ下水処理場への流入水質濃度は非常に低く、平均BODは60 mg/lである。既設管渠の濃度も比較的低い。

- 既存のデータ、本調査における汚泥調査の結果、下水及びし尿汚泥の中に基準値以上の重金属が含まれている。
- 汚泥コンポストの需要調査結果、発生汚泥303 t DS/d以上の需要が見込まれること、また、590 t DS/d以上の市場が見込まれ、有効利用のポテンシャルは大である。
- 公共下水処理場を始めとし、ホテル、病院など一般企業においても、植樹散水用、道路散水、トイレ用水など下水処理水の再利用が行われている。

7. 提案した計画

- 本調査では、既存の下水道計画を統廃合し、新たに9下水処理区を提案した。また、それらに対する処理場の計画、汚泥量の算定を行った。
- 排除方式は合流式とし、遮集管を中心とした集水システムとした。
- 遮集管容量は晴天時汚水の5倍量 (5 DWF)とし、二次処理量を1.5 DWF、一次処理量を2.5 DWFとした。
- し尿処理収集計画はバンコク市を4区域に分割し、2020年には2,445 m³/dを収集する計画とした。
- 再生水利用計画は、2020年において発生量約230万m³/dの内、道路植樹・散水用に15,000 m³/d、クローン浄化に23,000 m³/dを使用することとした。但し、クローン浄化は将来の必要性、検討結果に準ずるものとした。
- 汚泥処分法は、3つのシナリオを考え、重金属を含む汚泥は一部に焼却を考えた埋め立て処分、その他の汚泥は農業利用を行うことを基本とした。各シナリオは次のとおりである。

シナリオ	重金属の危険度の高い汚泥	重金属の危険度の低い汚泥
シナリオ 1 (全て農業利用)	全ての汚泥はコンポスト化の後有機肥料として使用する。	全ての汚泥は脱水の後投棄処分する。
シナリオ 2 (焼却を含む)	全ての汚泥はコンポスト化の後有機肥料として使用する。	2009年まで： 全ての汚泥は脱水の後投棄処分する。 2010年の後： 75%の汚泥は脱水の後投棄処分する。残りの25%は焼却する。
シナリオ 3 (50%農業利用)	50%の汚泥はコンポスト化の後有機肥料として使用する。 残りの50%は脱水した後投棄処分する。	全ての汚泥は脱水の後投棄処分する。

- ホマスタープランでは、各シナリオに対する最適案の選定を行わず、3つのシナリオ全てに対する処理、処分検討を行うこととした。
- 汚泥処理プロセスについてはコスト比較の後、埋め立て処分については消化した後埋め立てする；焼却処分については、消化および焼却の後灰を投棄処分する；農業利用の場合は消化せずコンポスト化する、という結論を提示した。
- 農業利用の場合、バンコク市の東部、北部、西部（ノンケムを含む）にコンポストプラントを建設する。但し、詳細な建設場所及び規模は将来市場調査、需要調査を再度行い、最適案を決定する。

8. 評価・検証

- 汚泥処理オプションのコスト比較の結果、農業利用する場合、処理コストは1,399 Baht/tDSとなり、利益が期待でき民営化が可能である。
- 財務分析の結果、各費用の損益分岐点について、下水処理費は4.06 Baht/m³、し尿処理費は353 Baht/m³で現在の7倍、下水処理、汚泥処理、再生水利用、し尿処理全てを統合すると、4.04 Baht/m³が損益分岐点となる。
- 事業費はシナリオ1で2,029 Mil. US\$, シナリオ2で2,034 Mil. US\$, シナリオ3で2,023 Mil. US\$となった。
- シナリオ1に対するFIRRは10.92%、シナリオ2では7.22%、シナリオ3では1.94%となった。この結果、民営事業の可能性が検証された。
- High Risk汚泥の埋め立て、Low Risk汚泥の農業利用に対する初期環境評価を実施し、その中で環境影響評価（EIA）実施の範囲を策定した。

9. 提言

(1) 下水管渠システムの改善

将来の排水処理区毎の汚泥排出量は、全て既存の下水管渠システムの特徴、機能に関わっており、これら既存の管渠の維持、管理、改善を十分行う必要がある。改善策は以下のとおりである。

- 既存の管渠システムのインベントリー調査
- 既存面整備管の水理検討、リハビリ、維持管理
- 老朽管の布設替え
- 下水道台帳の策定

(2) 汚泥処理・処分計画

- 処理場流入水のモニタリングの実施、継続
- 下水道への排出基準、重金属の排出基準、条例・法令の制定
- 重金属の農業利用への適用基準の策定
- 汚泥コンポストの市場調査

- 下水汚泥利用に対する啓蒙活動の実施

(3) 処理水の再利用

- 道路、植樹への散水など実行可能なものから実施
- 民営化、商業ベースによる採算性の検討
- 既存のクローン浄化計画と連携した河川・運河の浄化システムの確立

(4) 組織・制度

- 下水道を担当するDDSとし尿を担当するDPCの組織体制作り
- バンコク市によるコンポスト汚泥普及の啓蒙活動の実施
- 下水道事業における部分的な民営化への移行の検討

タイ国
バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査
最終報告書

要 約

目 次

序文
伝達状
調査対象位置図
調査概要

頁

第1章 概 説.....	1
1.1 業務委託.....	1
1.2 調査の背景.....	1
1.3 調査の目的.....	1
1.4 調査対象地域.....	2
1.5 調査実施組織.....	2
第2章 調査対象地域の一般概要.....	5
2.1 自然条件.....	5
2.2 社会・経済状況.....	5
第3章 バンコクにおける既存の下水道システム.....	9
3.1 BMAの既存および現在実施中の下水処理システム.....	9
3.2 既存のし尿処理システム.....	12
3.3 既存の汚泥処理・処分システム.....	13
3.4 既存の下水水質特性.....	13
第4章 実測および調査.....	15
4.1 既存下水処理場への流入および処理水の水質・水量.....	15
4.2 下水管渠の水質および水量.....	15
4.3 汚泥の性状及び特性.....	21
4.4 汚泥の市場および需要調査.....	23
4.5 再生水利用調査.....	26
第5章 既存の組織・制度.....	29
5.1 バンコク市庁(BMA).....	29
5.2 排水・下水および環境に関わる他の機関.....	29
5.3 法律と制度.....	30
5.4 民活化.....	30

第 6 章	将来の下水およびし尿汚泥の処理・処分計画.....	31
6.1	将来の下水処理計画.....	31
6.2	将来のし尿処理システム計画.....	37
6.3	再生水利用計画.....	41
第 7 章	汚泥処理・処分の開発計画.....	45
7.1	汚泥処理・処分開発のフレームワーク.....	45
7.2	汚泥処理・処分の基本計画.....	50
7.3	埋立処分汚泥の処理計画.....	59
7.4	農業利用汚泥の処理計画.....	63
7.5	BMA における汚泥処理・処分計画の提案.....	65
7.6	提言.....	73
第 8 章	概略積算と財務経済分析.....	77
8.1	概略積算.....	77
8.2	財務経済分析.....	77
第 9 章	組織・制度計画.....	83
9.1	法令とその強化.....	83
9.2	水道と下水分野の統括的組織.....	83
9.3	中央処理システム (Central WWTPs).....	83
9.4	汚泥およびし尿収集と処理・処分.....	83
9.5	下水道料金.....	84
9.6	民活化.....	84
9.7	トレーニング施設と必要性.....	84
第 10 章	実施計画.....	85
10.1	プロジェクトの準備.....	85
10.2	実施計画.....	85
第 11 章	初期環境評価.....	88
11.1	概説.....	88
11.2	IEE のスコープ.....	88
11.3	スクリーニング.....	88
11.4	潜在的インパクトの評価.....	89
11.5	環境影響評価(EIA)実施のスコープ.....	89
第 12 章	提言.....	94
12.1	下水道管渠システムの改善.....	94
12.2	汚泥処理・処分計画.....	95
12.3	下水処理水の再利用.....	96
12.4	組織・制度.....	97

付表リスト

表番号	内 容	頁
表 - 3.1.1	既存及び実施中の下水道計画	11
表 - 3.1.2	BMA の処理場計画に対する設計基準値	12
表 - 3.4.1	下水水質調査結果	14
表 - 4.1.1	シブラヤ処理場の流入水量及び流入下水と処理水の水質調査結果	16
表 - 4.1.2	ファイクアン処理場の流入水量及び流入下水と処理水の水質調査結果	16
表 - 4.2.1	各排水区の下水管渠の水質（晴天時）	19
表 - 4.2.2	各排水区の下水管渠の水質（降雨時）	20
表 - 4.2.3	単位下水量及び単位汚濁負荷量	20
表 - 4.3.1	重金属濃度測定値の要約	22
表 - 4.4.1	汚泥の需要、供給量予測	24
表 - 4.4.2	汚泥供給量と市場調査	25
表 - 4.5.1	処理水再利用の現況（1998）	28
表 - 6.1.1	家庭汚水量と単位汚濁負荷量	32
表 - 6.1.2	計画下水量及び計画汚濁負荷の算定	35
表 - 6.3.1	2020 年の処理水再利用計画	44
表 - 7.1.1	重金属浸入リスクの評価	49
表 - 7.2.1	BMA における汚泥最終処分シナリオ	54
表 - 7.2.2	汚泥処理プロセスオプションのコスト比較	56
表 - 7.4.1	汚泥コンポスト化施設の製造能力	65
表 - 7.5.1	埋立汚泥の処理・処分システムの提案	71
表 - 7.5.2	農業利用汚泥の処理・処分システムの提案	73
表 - 8.1.1	単価リスト	78
表 - 8.1.2	汚泥処理オプションのコスト比較	79
表 - 8.2.1	損益分岐点分析	80
表 - 8.2.2	各シナリオの総工事費	80
表 - 8.2.3	シナリオ 1 の感度分析	82
表 - 8.2.4	各シナリオの財務分析結果の比較	82
表 - 11.3.1	スクリーニング（オプション A）	90
表 - 11.3.2	スクリーニング（オプション B）	91
表 - 11.4.1	IEE の為の環境評価項目	92
表 - 11.4.2	IEE の結論	93

付図リスト

図番号	内 容	頁
図 - 2.2.1	人口予測比較図	7
図 - 3.1.1	既存実施計画下水処理区の位置図	10
図 - 4.2.1	下水管渠の水量・水質モニタリング位置	18
図 - 6.1.1	BOD 負荷の発生頻度分布	34
図 - 6.1.2	高ポテンシャルの下水開発対象地区	38
図 - 6.1.3	マスタープラン対象の下水開発地区	39
図 - 6.2.1	2020 年におけるし尿収集・処理拡張計画	40
図 - 6.3.1	処理水再利用計画（運河浄化計画ケーススタディ）	43
図 - 7.1.1	BMA における汚泥発生の遷移	47
図 - 7.2.1	2020 年における汚泥マスフローバランス	55
図 - 7.2.2	汚泥処理プロセスのオプション	57
図 - 7.3.1	ノンケム汚泥処理センターのフローダイアグラム	61
図 - 7.4.1	コンポスト化施設のフローダイアグラム	66
図 - 7.5.1	2020 年における総合汚泥処理・処分フローダイアグラム	67
図 - 7.5.2	汚泥処理・処分の概念フロー	68
図 - 7.5.3	2020 年における汚泥動線（シナリオ 1）	70
図 - 7.6.1	農業利用汚泥の判別手順	75
図 - 10.2.1	建設工事实施スケジュール	86

略 語

Symbol	Description	Symbol	Description
AIT	Asian Institute of Technology	DSD	Drainage System Division
AS	Activated Sludge	DWF	Dry Weather Flow
ASP	Activated Sludge Plant	EC	E Coil
BMA	Bangkok Metropolitan Administration	EIA	Environmental Impact Assessment
BMR	Bangkok Metropolitan Region	F/C	Foreign Currency
BMTA	Bangkok Mass Transit Authority	FIRR	Financial Internal Rate of Return
BOD	Biochemical Oxygen Demand	F/M	Feed to Micro-organism Ratio
BOO	Build, Operate, and Own	F/S	Feasibility Study
BOT	Build, Operate, and Transfer	GIS	Geographic Information System
BTS	Bangkok Mass Transit System Public Co., Ltd.	GDP	Gross Domestic Product
C/N	Carbon to Nitrogen Ratio	GOT	Government of Thailand
COD	Chemical Oxygen Demand	GW	Ground Water
CWTP	Central Wastewater Treatment Plant	ICB	International Competitive Bidding
DDS	Department of Drainage and Sewerage (BMA)	IEAT	Industrial Estates Authority of Thailand
DEQP	Department of Environmental Quality Promotion	IEE	Initial Environmental Examination
DG	Director General	IFI	International Funding Institution
DID	Drainage Information Division	IMF	International Monetary Fund
DO	Dissolved Oxygen	JICA	Japan International Cooperation Agency
DPC	Department of Public Cleansing	L/C	Local Currency
DPW	Department of Public Works (in BMA)	LS	Lump Sum
DS	Dry Solids	MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids

Symbol	Description	Symbol	Description
JV	Joint Venture	RID	Royal Irrigation Department
MOI	Ministry of Industry	SAPROF	Special Assistance for Project Formation
MOSTE	Ministry of Science, Technology and Environment	SBR	Sequential Batch Reactor
MSL	Mean Sea Level	SRT	State Railway of Thailand
MSW	Municipal Solid Waste	SS	Suspended Solids
MWA	Metropolitan Waterworks Authority	STC	Sludge Treatment Center
NEB	National Environment Board	TDS	Total Dissolved Solids
NEQA	National Environment Quality Act	TFY	Thai Fiscal Year
NESDB	National Economic and Social Development Board	TOR	Terms of Reference
NHA	National Housing Authority	TSS	Total Suspended Solids
NS	Night Soil	US EPA	United States Environment Protection Agency
NSCD	Night Soil Control Division	VAT	Value Added Tax
NSTP	Night Soil Treatment Plant	VLR	Vertical Loop Reactor
O&M	Operation and Maintenance	VS	Volatile Solids
OECF	Overseas Economic Cooperation Fund	VSS	Volatile Suspended Solids
PCC	Pollution Control Committee	WMA	Wastewater Management Authority
PCD	Pollution Control Department, Ministry of Science, Technology and Environment	WQMD	Water Quality Management Division
PR	Public Relations	WW	Wastewater
PSP	Private Sector Participation	WWTP	Wastewater Treatment Plant
PV	Permanganate Value	WWTS	Wastewater Treatment System
PWA	Provincial Waterworks Authority		

單位略語

Symbol	Description	Symbol	Description
Extent		Weight	
ha	hectares	g/c/d	grams per capita per day
km ²	square kilometers	kg	kilograms
rai	1 rai = 1,600 m ²	mg	milligrams
		mg/l	milligrams per liter
Length		t	ton
cm	centimeters	t/d	ton per day
km	kilometers	t DS/d	ton Dry Solid per day
m	meters		
mm	millimeters	Energy	
		kcal	kilocalories
Currency		kj/kg	kilo joules per kilogram
US\$	United State Dollars	kPa	kilo Pascals
	US\$ 1.0 = JY 120 = Baht 36	kW	kilo Watt
JY	Japanese Yen	Mj/kg	Mega joules per kilogram
B	Thai Bahts	MN/m ²	Mega Newton per square meters
		Mpa	Mega pascals
Time		Others	
d	day	M or Mil	Million
h	hour	MD	Man Day
yr	year	ppm	parts per million
Volume		Khlong or	Canal
l	liter	klong	
kl	kiloliters	pers.	persons
l/c/d	liter per capita per day		
m ³	cubic meters		
m ³ /d	cubic meters per day		
m ³ /hr	cubic meters per hour		
m ³ /min	cubic meters per minute		
m ³ /c/y	cubic meters per capita per day		
Nm ³	Normal cubic meters		

第1章 概 説

1.1 業務委託

タイ国バンコク市庁、Bangkok Metropolitan Administration (BMA) と国際協力事業団、Japan International Cooperation Agency (JICA) の合意に基づき、JICA は日本工営(株) とバンコク汚泥処理・再生水利用計画調査(本調査)に関する業務実施契約を結んだ。

JICA は、日本国の国際協力を行う実施機関であり、日本国における法律、制度に従い、タイ国政府の協力の下で本調査を実施した。BMA は、JICA より派遣された本業務実施調査団に対するカウンターパート機関であると共に、調査に関連するタイ国関連省庁の調整機関として本調査に対する協力を行った。

1.2 調査の背景

水質の保全及び下水排水施設整備は、第7次国家社会・経済開発計画(国家計画)の中の重要項目の一つであり、下水排水処理施設、水質管理政策の強化、および運河の水質改善等の実施を明記した第4次バンコク市開発計画の基本となった。

BMA は国家および地域開発計画、並びに1982年にJICAが実施したバンコク下水道計画フェージビリティ調査に基づき、下水道施設整備計画実施を開始した。1994年、最初の本格的公共下水道であるシプラヤ下水道計画の供用開始以来、合計9つの下水道施設の計画および実施が進められている。現在、6つが進行中であり、3つが計画中である。これらが完成すれば21世紀初期には大量の汚泥の発生が見込まれ、それに対応する処理・処分計画が必要となった。

一方、バンコク首都圏の急速な都市化と工業開発に伴い、給水量の需要も伸びてきた。1993年には厳しい渇水が生じ、バンコク水道公社(MWA)は25%の取水制限を余儀なくされ、水道水の節減及び新たな水源の開発が必要となった。このような状況の中で、下水処理水の有効利用の検討も必要となった。タイ国政府はこのような状況に鑑み、日本国政府に対しこれらの問題を解決すべく調査の実施を要請した。その結果、JICA 調査団が結成され、バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査を実施することとなった。

1.3 調査の目的

バンコク市の下水道計画の一環として、BMA は現在9つの下水処理システムの計画を実施している。これらの計画が全て完成すれば、それに伴い発生する汚泥の処理・処分が必要となる。本調査の目的は以下のとおりである。

- ・2020年を目標年次とするBMA地域の汚泥処理・処分計画に関するマスタープランを策定する。
- ・BMA地域における下水処理水の再利用計画を行う。
- ・タイ側のカウンターパート並びに調査関連機関スタッフに対する技術伝達を行う。

1.4 調査対象地域

調査対象地域は50ディストリクトから成るバンコク市全域(1,569 km²)とする。

1.5 調査実施組織

(1) 日本国側

調査団

岡崎 敬介	総括
Mr. Keith Hitchcock	下水処理計画
東海林 正	汚泥処理処分/環境配慮
中 登史紀	再生水利用計画
Mr. John A. L. Chettoe	組織・制度
石橋 徹	経済・財務
山本 力	施設設計・積算
日比野 繁信	業務調整

JICA作業監理委員会

高橋 春城	委員長
柳 雄	委員

(2) タイ国側

ステアリングコミッティー

1. Deputy Bangkok Governor	Advisor of the committee
2. Ms. Hansa Sanguanno Assistant Secretary to Bangkok Governor	Advisor of the committee
3. Mr. Sutat Weesakul Chairman Board Committee of Flood Protection and Management	Advisor of the committee

4.	General Director of the Department of Drainage and Sewerage	President of the committee
5.	Deputy of General Director of the Department of Drainage and Sewerage	Committee member
6.	Expertise of Sewerage System	Committee member
7.	Director of the Department of Public Cleansing	Committee member
8.	Representative of the Department of Policy and Planning of BMA	Committee member
9.	Ms. Preeda Parkpian Environmental Engineering Program, Asian Institute of Technology	Committee member
10.	Ms. Orawan Sirirapiriya Chulalongkorn University	Committee member
11.	Mr. Suwit Chumnumsiriwat Sanitary Engineering Program Faculty of Public Health Mahidol University	Committee member
12.	Mr. Chart Chiemchaisri Environmental Engineering Program Faculty of Engineering Kasetsart University	Committee member
13.	Representative of Office of Environmental Policy and Planning Ministry of Science Technology and Environment	Committee member
14.	Representative of Department of Agricultural Promotion Ministry of Agricultural and Co-operatives	Committee member
15.	Representative of Department of Public Works Ministry of Interior	Committee member
16.	Representative of Wastewater Management Authority	Committee member
17.	Director of Water Quality Management Division Department of Drainage and Sewerage	Committee member and Secretary
18.	Chief of Technical Sub-Division Water Quality Management Division	Committee member and Secretary

カウンターパート

Ms. Apinan Jaruchaiyakul	Chief of Technical Sub-division, DDS, BMA
Mrs. Suthimol Kessomboon	Sanitary Engineer, DDS, BMA
Ms. Ubolwan Boontavee	Scientist, DDS, BMA
Ms. Chantana Rirattanapong	Scientist, DDS, BMA
Ms. Sernsook Pakkattang	Sanitary Scientist, DDS, BMA
Ms. Prayoon Chanya	Sanitary Scientist, DDS, BMA
Mr. Kitchapat Yinhirum	Civil Engineer
Mr. Prasith Inthachom	Civil Engineer
Mr. Suwapan Chiemrungsi	Civil Engineer
Mr. Kosit Srijaeng	Scientist

第2章 調査対象地域の一般概要

2.1 自然条件

(1) 地形

バンコク市はチャオプラヤ川に沿うデルタ地域に広がり、標高は市全域において1-2 m (MSL) である。

(2) 気象

バンコク市は、南西及び北東からのモンスーンの影響を受けた熱帯性気候となっている。年間の気候は主に3つの特徴あるシーズンに分かれ、2月～4月の高温期（乾期）、5月～10月の雨期、11月～1月の低温期（乾期）に分けられる。年間を通した月平均気温は25°C～29°Cである。

(3) 水文

月間降水量は1月の9.1 mm から9月の344.2 mm にわたっている。年平均降雨量は1,496 mm であり、年間降雨日数は125日である。降雨は1日の内短時間のスコールとなり、2年確立の降雨強度は61 mm/h である。

(4) 地質および地下水

地表から21 m～25 mの表層はいくつかの粘土層からなっており、地下50 mから550 mの間が帯水層となっている。地下水の汲み上げにより大規模な沈下が生じている。

(5) 雨水排水および運河

バンコク市は低平地に存在していることから、常に洪水の危機に曝されている。都市の雨水は地下に埋設されたパイプ、カルバートにより運河まで排水されており、綿密な洪水防御システムで管理されている。これらの排水路は下水排水用にも用いられ、地形が平坦で管渠に勾配がとれないため管内に沈殿物が埋積し、これが原因の一つとなり運河の水を激しく汚染している。

2.2 社会・経済状況

(1) 人口および人口予測

バンコク市の現在の人口は登録された人口(Registered Population)で600万人、実際居住している人口は750万人と推定されている。本調査では既存の人口予測をレビューし、その中で1998年にBMAが実施した「下水料金徴収のためのF/S」の予測値が最も妥当であると判断し、これを基本に2020年の人口予測を行った。既存の人口並びに本調査の人口予測を図-2.2.1に示す。

(2) 都市計画および土地利用

BMA の都市計画部は、1997 年から 2017 年の土地利用計画を策定した。市内の交通渋滞を緩和するため、大量輸送交通システムの建設が現在実施されている。また、地方分権政策に基づき、工業の開発は周辺地域へと広がりつつある。

(3) 給水および水消費量

MWA は現在 BMA およびその周辺地域に給水を行っている。バンケンおよび他の 3 カ所の浄水場は水源をチャオプラヤ川およびタチン川に依存し、浄水能力は 450 万 m³/d である。水源として地下水にも依存している。現在計画中のマハサワット浄水場はタチン川を水源とし、400 万 m³/d の能力を有している。この浄水場を含め 2017 年には 820 万 m³/d の浄水能力まで拡張される。

(4) 廃棄物処理

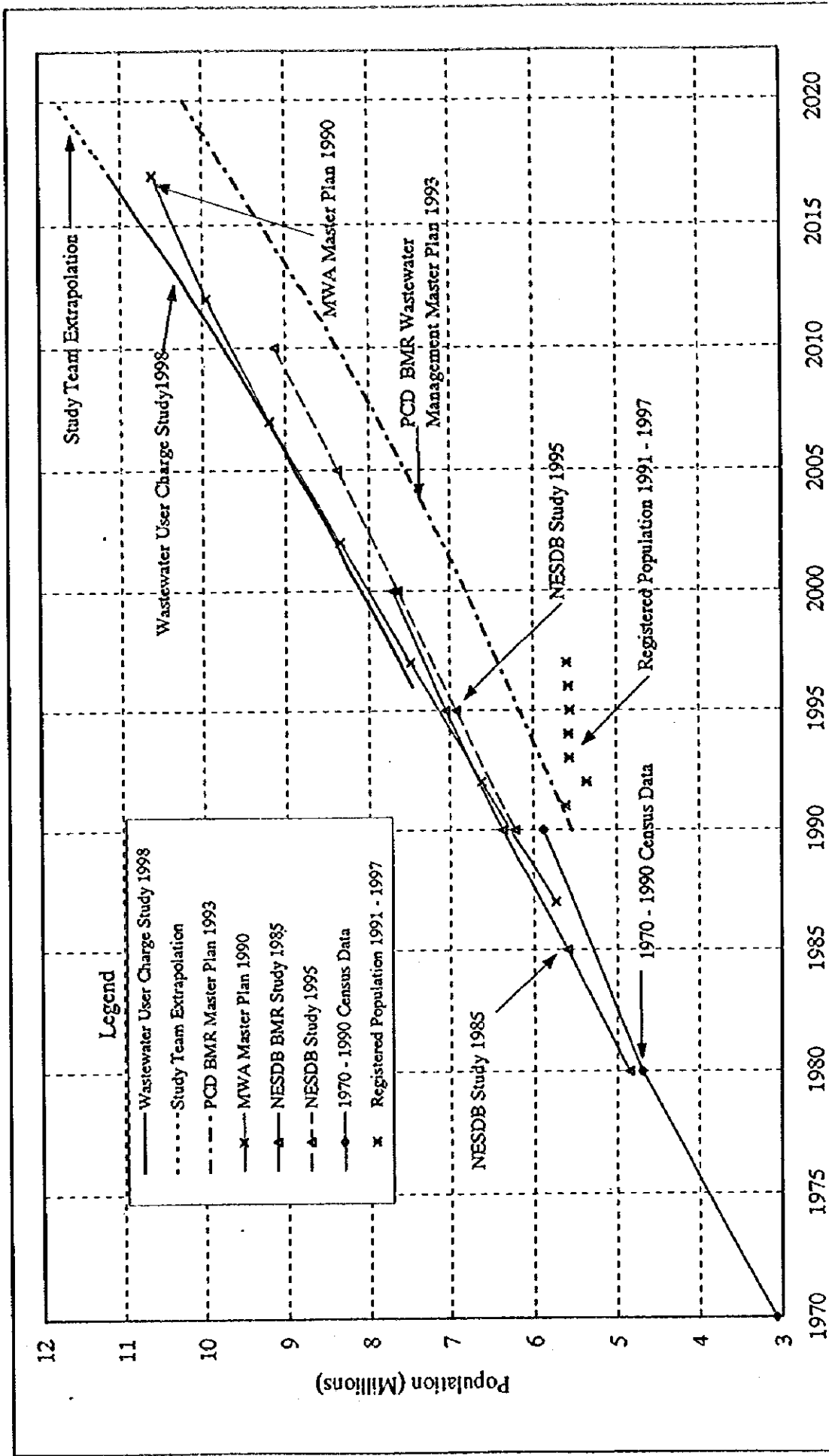
BMA は全体の 37 % に当たる 635,000 世帯から一日平均 8,315 m³ の廃棄物を収集している。これらの廃棄物は現在 2 カ所の処分場に投棄され、また、オヌットの廃棄物輸送中継基地の工場では 1,000 m³/d のコンポスト化を行っている。過去 10 年間で廃棄物の量は 2 倍となり、今後 14 年間でさらに 2 倍になると予測されている。廃棄物の処理は民間会社に委託され、5 年毎に契約が更新されている。

(5) 公衆衛生

バンコク市の公衆衛生状況は以前に比べかなり改善されている。近年の記録では水系伝染病はほとんど報告されていない。

(6) 経済開発計画と指標

タイ国の経済危機は為替変動制導入後の 1997 年 2 月に始まり、その後 1998 年 1 月には 1 US\$ が 26 Baht から 56 Baht にまで切り下げられた。その後タイ政府は IMF のガイドラインに従い国家予算の削減、間接税の 7 % から 10 % への切り上げ（その後 7 % に再度固定された）、42 企業の閉鎖等を指示した。



THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図-2.2.1
人口予測比較図

この期間、GDPは1997年から1998年にかけてマイナス成長となったが、タイ国はその後これらの改善に努めた。その結果、1997年の年間インフレーション5.6%が1998年には更に大きくなると予想された数値より低い9.2%に留めることが出来たこと、為替レートを36 Baht/US\$前後に安定させること、輸出超過を1997年の28%から1998年の57.5%に増加するなど改善に成功した。

(7) 環境保全に関わる財務、経済状況

タイ国中央政府並びにBMAの環境に対する予算は1992年から1997年にかけて19.9%から29.9%に増加した。その中で88%は下水道整備計画に投入されている。しかしながら、経済危機のため1998年度には全国家予算が16.2%削減され、環境整備に対する予算も国レベルで50.3%、BMAでも69.5%削減された。

(8) 行政区

BMAの行政区はディストリクトとサブディストリクトに分けられている。ディストリクトは近年38地区から50地区に増加された。

第3章 バンコクにおける既存の下水道システム

3.1 BMAの既存および現在実施中の下水処理システム

(1) 公共下水道システム

1990年代当初、BMAは運河、チャオプラヤ川の水質改善を目的とし下水道整備計画を開始した。第一号のシプラヤ下水処理場は1994年に供用を開始し、現在6つの下水道整備事業が進行中である。これらの事業は2003年までに完成となる予定で、全排水面積192 km²に対し、人口220万人、処理量98万 m³/dがフェーズ1として、人口340万人、処理量133万 m³/dがフェーズ2として完成することとなる。下水道計画の位置図及び概要を図-3.1.1及び表-3.1.1に示す。

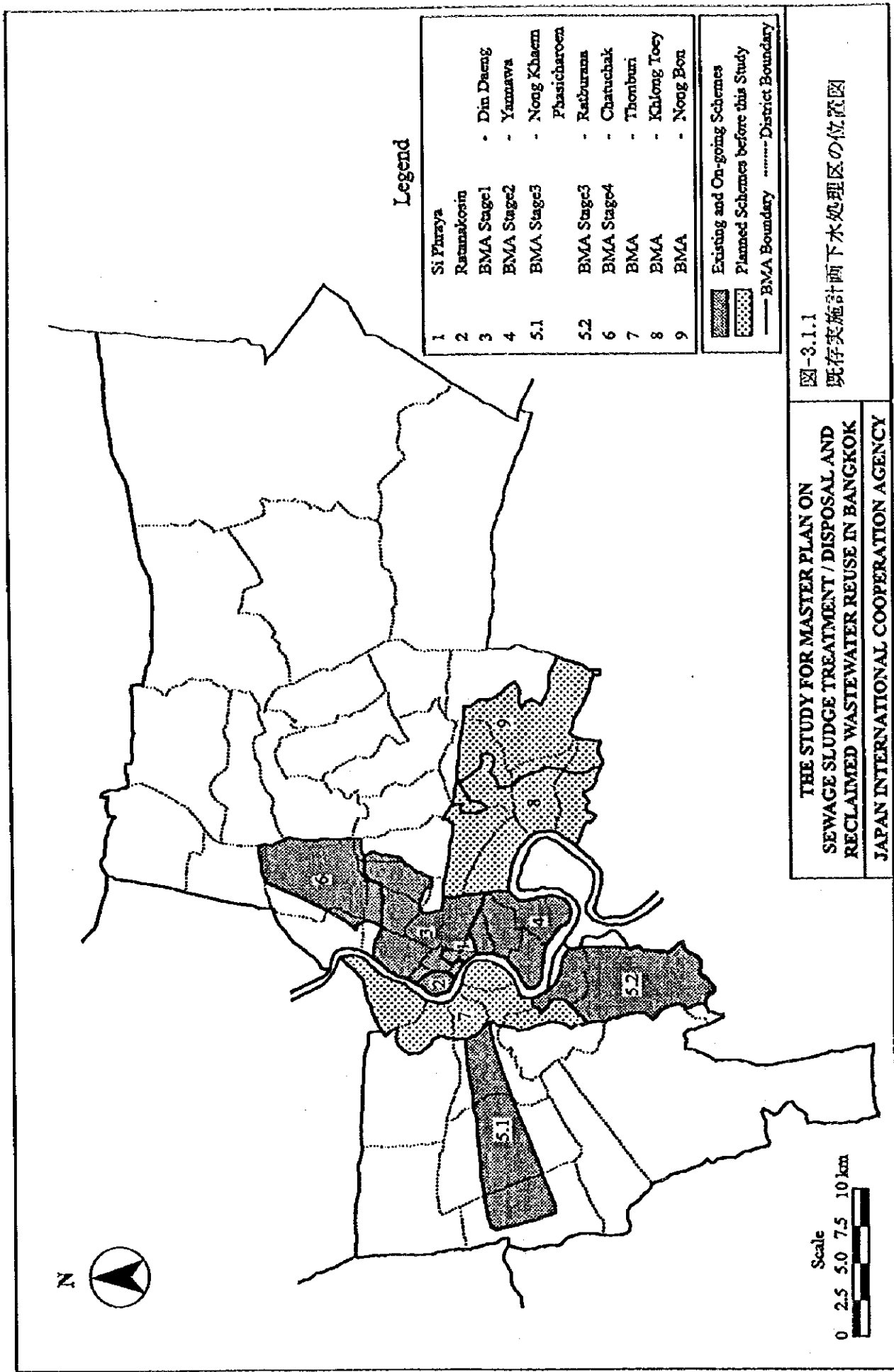
シプラヤ下水処理計画は旧市街地に位置し計画人口12万人、排水面積2.7 km²を有し、遮集管延長は2.3 kmに及んでいる。処理場施設は4階建てビルの中に設置され、処理方式は生物処理を採用している。現在の流入水質は設計値に比べ非常に低く、平均流入BODは61 mg/lである。

現在進行中の下水処理計画は表-3.1.2に示す設計標準を採用している。

遮集管および雨水吐室は水理計算において5倍の「晴天時汚水量」、すなわち5DWFを採用している。雨水吐室で越流する希釈下水は運河に放流されている。下水処理場では5DWFの内全量を沈砂、スクリーニングのみで処理し、この内フェーズ1では1.5DWFを、またフェーズ2では2.5DWFを二次処理する予定である。

下水処理場の処理方式は生物処理である活性汚泥法を採用し、窒素およびリンの除去も併せて行う。汚泥処理は汚泥をシックナーで濃縮した後ベルトプレスで脱水する。脱水後のスラッジは20%のドライケーキとなる。ヤナワおよびラトゥプラナ処理場ではし尿処理設備が併設されている。処理量はヤナワで1,000 m³/d、ラトゥプラナで400 m³/dである。

小規模公共下水道システムとして14カ所のコミュニティープラントが現在稼働している。これらのコミュニティープラントは住宅公社(NHA)が当初建設し、その後BMAに移管されたものである。(14の内1カ所はまだNHAの管理の下にある)。排除方式は分流式で計画され、処理人口133,000人、処理量26,000 m³/dとなっている。処理方式は標準活性汚泥法、長時間エアレーション法となっている。



Legend

- 1 Si Yraya
- 2 Ratanakosin
- 3 BMA Stage1 - Din Daeng
- 4 BMA Stage2 - Yamawa
- 5.1 BMA Stage3 - Nong Khaem
- 5.2 BMA Stage3 - Phasicharoen
- 6 BMA Stage4 - Ratburana
- 7 BMA - Chatuchak
- 8 BMA - Thonburi
- 9 BMA - Klong Toey
- 9 BMA - Nong Bon

- Existing and On-going Schemes
- Planned Schemes before this Study
- BMA Boundary
- District Boundary

図-3.1.1
既存実施計下水道処理区的位置図

THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

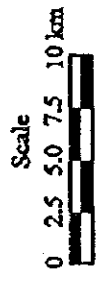


表 - 3.1.1 既存及び実施中の下水道計画

Name	Si Phraya	Ratnakosin	Din Daeng BMA Stage 1	Yamawa BMA Stage 2	Nong Khaem BMA Stage 3	Ratburana BMA Stage 3	Chatuchak BMA Stage 4
Service Area (km ²)	2.7	4.1	37.8	28.5	42.9	42.3	33.4
Design Population							
Phase 1	120,000	160,000	697,000	560,000	178,000	177,000	430,000
Year	2009	2011	1990	1992	1992	1992	2020
Phase 2			1,080,000	900,000	450,000	375,000	
Year			2015	2020	2020	2020	
Design Capacity							
Dry Weather Flow							
Phase 1 (m ³ /d)	30,000	40,000	341,000	200,000	157,000	65,000	150,000
Phase 2 (m ³ /d)			463,000	360,000		130,000	
Main Treatment Process	Activated Sludge Contact Stabilization	2 stage Activated Sludge	Conventional Activated Sludge	Activated Sludge Sequential Batch Reactor	Activated Sludge Vertical Loop Reactor	Activated Sludge Vertical Loop Reactor	Activated Sludge type not decided
WWTP Site Area (ha)	0.3	0.64	2.72	3.2	8.32	1.41	1.12
Current Status	Operational	Contract suspended	Contract suspended	Under construction	Under construction	Under construction	Contract to be awarded
Expected Completion		1999	Not known	1999	2001	2001	2003

表 - 3.1.2 BMA の処理場計画に対する設計基準値

Parameter	Wastewater Influent Quality Assumed for Design Criteria		Treated Effluent Quality (mg/l)
	Phase 1 (mg/l)	Phase 2 (mg/l)	
BOD	150	200	20
Suspended Solids	150	200	30
N (total)	30	35	10
N (NH ₃)	-	-	5
P	8	10	2
DO	-	-	5

(2) 民間の下水処理システム

タイ国の建築法および汚染防止法に準拠し、すべての個人施設からのし尿はセプティックタンク、あるいはコミュニティープラント等で処理し、公共下水あるいは公共水域に排出することが義務づけられている。雑排水は直接公共下水管渠、あるいは運河に放流している。

3.2 既存のし尿処理システム

(1) 既存のし尿収集

BMA における既存し尿サービス区域は、ノンケムとオヌットとの2地域に分かれている。し尿収集料金記録によると、収集量は 1,019 m³/d であり、これは人口比率で 13% に相当する。一方、し尿処理場の運転記録によると、ノンケム処理場の場合、450 m³/d (400 から 500 m³/d) であり、また、オヌット処理場の場合、200 m³/d である。従って、実際のし尿収集率は 8.4% と推定される。

し尿の収集は BMA と各ディストリクトが、また、し尿処理場の運転管理はオヌットについては BMA が直営で、ノンケムについては民間業者へ委託して行っている。

(2) 既存のし尿処理

各々の処理場の設計最大処理能力は 600 m³/d である。し尿収集用車両の不足と共に処理場の機械的な故障が処理能力低下の原因である。

ノンケムとオヌットの外に、ヤナワとラツプラナにおいて下水排水処理と共にし尿処理計画が進められている。処理プラントにおいて、収集し尿はスクリーン処理された後貯留され、下水汚泥と同様に処理される。

3.3 既存の汚泥処理・処分システム

(1) 現在の汚泥発生及び処理・処分

現在のところ、集中処理システムとしては、唯一、シブラヤ処理場が稼働している。BMA 内においては、14箇所においてコミュニティー処理システムが運営されており、また、し尿処理場がノンケムとオヌットにおいて稼働している。現在、これらの処理場から発生する汚泥量は、合計17.9tDS/dと推定される。

(2) 現在の汚泥最終処分

シブラヤ処理場およびファイクアンコミュニティープラントからの汚泥は、ココナツ殻や土と混合された後、付近の公園において汚泥肥料、または、土壌改良材として利用されている。オヌットし尿処理場からの汚泥は市内の公園で再利用されている。また、ノンケムし尿処理場からの汚泥は、一部農地で利用されているが、大部分は隣接する埋立場に投棄されている。

(3) 現在進行中の汚泥処理・処分計画

現在進行中のラタナコシン、ディンデン、ヤナワ、ノンケム、ラツプラナ、及び、チャツチャックの各処理場においては、各々汚泥処理施設を設置する計画である。また、ノンケム汚泥処理センターの建設計画が進行中である。最大処理能力は120tDS/dであり、上記処理場から発生する汚泥を集約して処理するよう設計されている。この計画は契約上の問題から遅れているものの、2001年には運転開始予定の予定である。

3.4 既存の下水水質特性

既存の処理場への流入水質記録はシブラヤ、ファイクアンおよび大規模なコミュニティープラントのみ入手可能である。その他の既存の水質データはルンピニ地区で1998年にJICA専門家の手で測定されたもの、ヤナワ処理区でコントラクターが1995年に測定したものが存在する。さらに、カウンターパートが独自に行った測定結果が存在する。

これらの調査結果を表-3.4.1に調査団が行った測定結果と共に示した。下水水質の詳細なデータは第4章に示した。いずれのBOD濃度も低い値が出ている。この中で、ファイクアン処理場およびコミュニティープラントで測定した記録は排除方式が分流式であるため高い値となっている。

表 3.4.1 下水水質調査結果

Survey	Location	Type of Sewerage	TSS			BOD			COD				
			min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)		
BMA Records	Si Phraya WWTP*	Combined				37	61	89					
	Huay Kwang WWTP*	Separate	89	182	295	160	246	400	200	402	657		
	Other Community WWTPs inspected**	Separate	50	54	57	170	225	280		450			
Yamawa Project Contractor	Yamawa drains (4 locations)	Combined	21	166	411	26	69	214	56	210	365		
JICA Expert Study	Lumphini drains (2 locations)	Combined	20	55	130	34	135	300					

Note:

* monthly averages of weekly analyses over 43 months from October 1995 to April 1999

** typical values available

第4章 実測および調査

4.1 既存下水処理場への流入および処理水の水質・水量

(1) シブラヤおよびファイクアン下水処理場における調査

1998年10月と11月（雨期、乾期）の実測及び1999年6月と7月（雨期）の実測は調査団が行い、1999年1月と2月（乾期）の実査はカウンターパートが行った。実測はシブラヤとファイクアン下水処理場において、流入水質・水量および処理水の水質について行った。サンプリングと流量測定は、乾期および雨期の2シーズンにおいて24時間継続して行った。また、降雨時には15分間隔で2時間の測定を行った。水質試験についてはBOD、COD、SS、また、重金属に対しては6項目(Cd, Cr, Pb, Mn, Ni, Hg)について行った。流量測定はシブラヤおよびファイクアン処理場共に堰を用いて測定した。

(2) シブラヤおよびファイクアン処理場の結果

シブラヤおよびファイクアン処理場での調査結果を表-4.1.1から4.1.2に示す。シブラヤ処理場の水質は全体的に低濃度となっている。シブラヤ排水区の1998年の人口は95,000人で、給水量を256 l/c/dとすると単位下水量並びに単位BOD負荷は121 l/c/dおよび3 g/c/dとなる。しかしながら、これらの推定値は設計時の設定値と比べ大きな乖離が見られる。

ファイクアン下水処理場においても、比較的低い濃度となって現れているが、設計値との差はシブラヤ処理場程ではない。給水人口とメーターによる水使用量から、発生下水量は給水量の50%程度であることが確認された。この水使用量とBODの測定値から単位下水量は183 l/c/d、単位BOD負荷は43 l/c/dが推定された。

下水に含まれる重金属の量はいずれも基準値（工場排水排出基準）以下であり、生物処理工程に影響はない。

4.2 下水管渠の水質および水量

(1) 調査方法

第1次現地調査では単位下水量と単位汚濁負荷量を評価するために、以下の3排水区で調査をおこなった。

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| i) 商業地区 | シブラヤ排水区 (Soi Song Phra) |
| ii) 商業および住宅混合地区 | ヤナワ排水区 (Thanon Charoen Krung Soi 77) |
| iii) 住宅地区 | クロントイ排水区 (Soi Wachirathun Sahit 31) |

表 - 4.1.1 シブラヤ処理場の流入水量及び流入下水と処理水の水質調査結果

Source	Weather	Average Flow (m ³ /d)	TSS			VSS			BOD			COD		
			min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)
Inlet Wastewater	Normal Weather	11,500	10	34	89	18	22	29	8	41	82	30	92	154
	Storm Event		30	59	65	23	38	60	26	41	66	87	126	189
Treated Effluent	Normal Weather		1	5	10				2	6	8	10	24	64

No. of Samples :

Wastewater TSS, BOD and COD : 26 spot + 3 composite in Normal Weather, 24 spot during Storm Events

VSS : 3 composite in Normal Weather, 24 spot during Storm Events

Effluent TSS, BOD and COD : 8 spot + 3 composite

VSS : 3 composite

表 - 4.1.2 ファイクアン処理場の流入水量及び流入下水と処理水の水質調査結果

Source	Weather	Average Flow (m ³ /d)	TSS			BOD			COD		
			min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)
Inlet Wastewater	Normal Weather	1,330	12	96	164	102	170	240	190	305	412
	Storm Event		70	711	1,325	120	370	615	285	1,111	1,799
Treated Effluent	Normal Weather		1	4	8	5	15	32	29	39	60

No. of Samples :

Wastewater 26 spot in Normal Weather, 4 spot during Storm Event

Effluent 8 spot in Normal Weather

これらのサンプリングポイントの位置を図-4.2.1に示す。

第2次現地調査では下水水質の代表的な値を求めることとした。その中で既存および実施中の下水処理区より、より広い排水面積を持つサンプリングポイントを選定した。

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| i) 住宅、商業、公共施設地区 | |
| 市街地中央の過密地域 | シブラヤ排水区 (Th Maitri Chit) |
| ii) 住宅、商業地区 | |
| やや過密地域 | ヤナワ排水区 (Th Sathu Pradit) |
| iii) 住宅、商業地区 | |
| やや過密、旧市街地 | ディンデン排水区 (Th Banthat Thong) |
| iv) 住宅地区 | |
| 旧市街地 | ラタナコシン排水区 (Th Ti Thong) |
| v) マーケット地区 | |
| | ノンケム排水区 (Bang Kae) |
| vi) 住宅、工業地区 | |
| 振興住宅 | ラツプラナ排水区 (Th Suksawat) |

調査対象としたマンホールの大部分が詰まっており、下水の流下方向の把握が困難であった。新たな下水道計画は6章に示した。

(2) 下水水量および水質

調査結果は表-4.2.1から表-4.2.2に示したとおりである。単位下水量および単位BOD負荷量を表-4.2.3に示す。これらの値は排水区毎に大きな差が見られる。特に高すぎる、あるいは低すぎるBOD負荷量は、設定した排水区の境界の設定、そこに居住する人口、水使用量の実態の把握が困難であると共に、時間変動によることが推定された。降雨時の水質調査結果では、晴天時に対しBODは10倍、SSは80倍に達している。

調査団が行った下水水質調査により、バンコクの合流式下水道を理解する上で重要なデータを得ることが出来た。調査で得られたデータを用いて、将来の下水処理場の汚濁負荷と発生汚泥の計算を6章で行った。

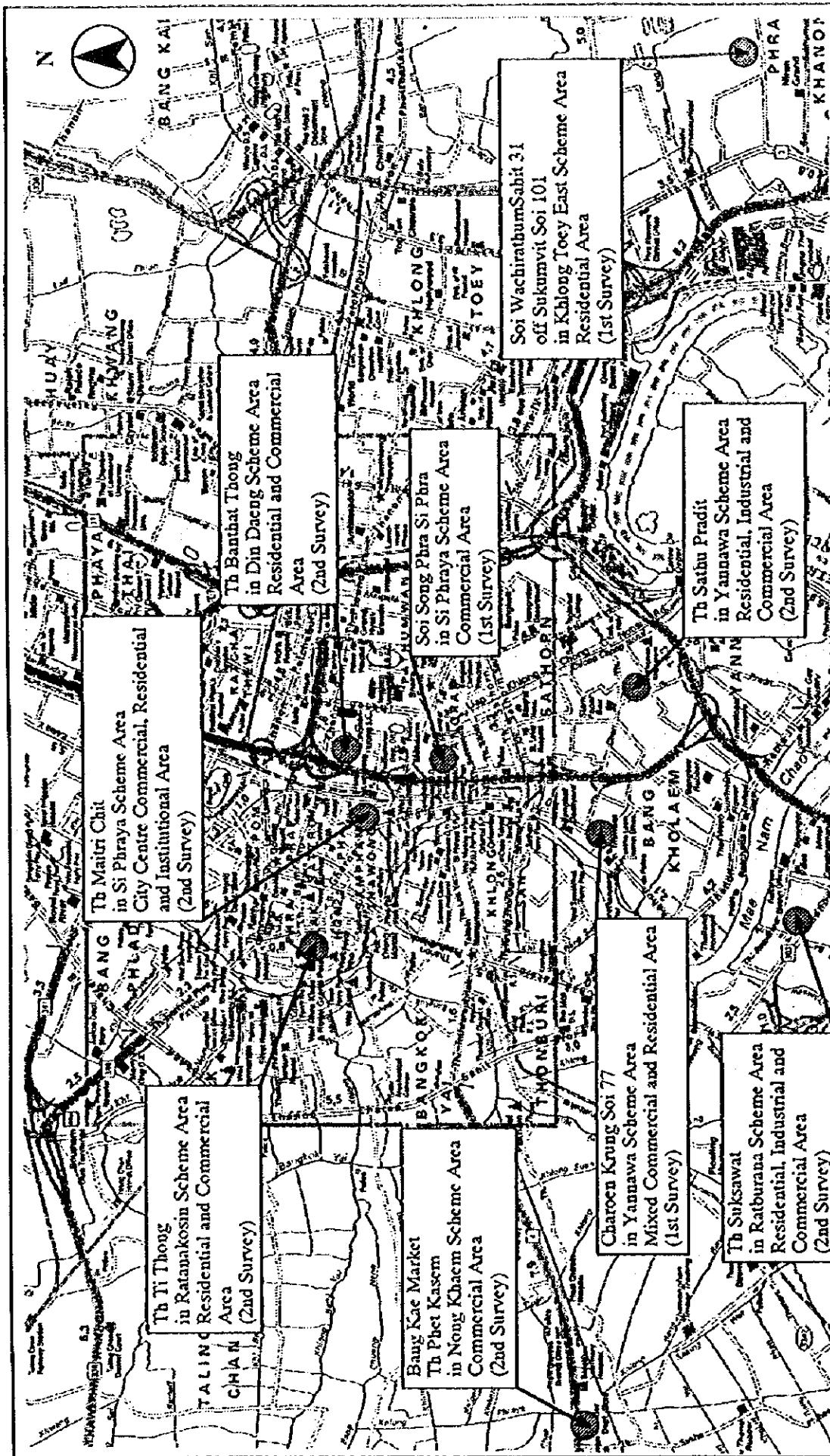


図-4.2.1
下水管渠の水量・水質モニタリング位置

THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



表 - 4.2.1 各排水区の下水管渠の水質 (晴天時)

Survey	Wastewater Scheme Area	Location	No. & type of samples	TSS			VSS			BOD			COD		
				min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)
First Study Team and Counterpart Team Surveys	Si Phraya	Song Soi Phra	24 spot	7	37	73				48	83	120	72	169	378
	Yannawa	Charoen Krung Soi 77	24 spot	4	33	143			34	100	150	94	188	306	
	Khlong Toey	Soi Wachirathum Soi 31	8 spot	11	25	35			30	42	53	77	93	129	
Second Study Team Survey	Si Phraya	Th Maitri Chit	2 comp.	55	89	122	44	65	85	47	52	56			
	Yannawa	Th Sathu Pradit	2 comp.	32	33	33	25	26	27	36	51	66			
	Din Daeng	Th Banthat Thong	2 comp.	45	61	76	39	44	49	27	37	47			
	Ratanakosin	Th Ti Thong	2 comp.	19	21	23	18	20	21	18	20	21			
	Nong Khaem	Bang Kae Market	2 comp.	43	45	47	38	39	39	53	65	77			
	Ratburana	Th Suksawat	2 comp.	43	48	53	35	37	39	39	48	57			
All Locations			68	4	44	18	39	85	18	55	150	72	150	378	

表 - 4.2.2 各排水区の下水管渠の水質 (降雨時)

Survey	Wastewater Scheme Area	Location	No. of spot samples	TSS			VSS			BOD			COD		
				min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)	min (mg/l)	avr (mg/l)	max (mg/l)
First Study Team and Counterpart Team Surveys	Si Phraya	Song Soi Phra	8	19	174	835			25	46	120	112	144	255	
Second Study Team Survey	Yannawa	Charoen Krung Soi 77	8	44	64	142			82	82	129	180	260	449	
	Si Phraya	Th Maitri Chit	24	23	69	336	22	46	24	58	111	82	151	400	
	Yannawa	Th Sathu Pradit	36*	22	78	340	15	38	17	48	141	44	134	291	
	Din Daeng	Th Banthat Thong	24	16	48	192	12	33	8	64	150	32	156	288	
	Ratanakosin	Th Ti Thong	36*	11	36	125	8	26	14	33	66	16	93	189	
	Nong Khaem	Bang Kae Market	24	38	64	134	22	41	24	80	204	126	216	416	
	Ratburana	Th Suksawat	24	28	58	147	15	37	20	67	126	79	188	315	
All Locations			184	11	74	835	8	37	8	60	204	16	168	449	

Note:

* in one of the three storm events sampling was delayed until 6 h after the commencement of the storm

表 - 4.2.3 単位下水流量及び単位汚濁負荷量

Location	Estimated Population	Measured Flow (m ³ /d)	Measured BOD (mg/l)	Flow per Capita (l/c/d)	BOD per Capita (g/c/d)
Si Phraya WWTP	95,000	11,450	22	121	3
Huay Kwang WWTP	11,995	1,330	146	111	16
Si Phraya Catchment Area	1,463	965	76	660	50
Yannawa Catchment Area	1,022	54	90	53	5
Khlong Toey East Catchment Area	284	101	34	356	12

4.3 汚泥の性状及び特性

(1) 目的及び方法

本調査においては、シブラヤ処理場、ファイクアンコミュニティープラント、ノンケム及びオヌットし尿処理場において稼動しているベルトプレス汚泥脱水機から排出される汚泥の採取と、分析を行った。汚泥の採取と分析は第1次調査期間（1998年10月から11月）と第2次調査期間（1999年6月から7月）に行った。測定・分析は基本的にはアメリカ水道協会（AWWA）の発行した「水及び廃水測定の標準方法（第19版）」に基づいた。

測定・分析は本調査団の監督のもとに、ローカルコンサルタントの再委託業務として実施した。バクテリア、病原菌、及び、寄生虫の測定に付いてはBMAのカウンターパートチーム、及び、マヒドル大学公衆衛生学部微生物科と寄生虫学科に依頼した。

(2) 測定結果及び考察

汚泥の含水率は70から85%に分布しており、これはベルトプレス型の脱水機として正常な運転がなされていることを示している。C/N比、炭素、及び、窒素などの含有率は農業利用にとってほぼ適正な範囲にあると判断された。

表-4.3.1に示す重金属類の測定値を日本の基準と比較すると、BMAの全ての汚泥において水銀が、また、シブラヤ処理場においては銅が基準値を越えている。また、シブラヤ処理場のニッケルと銅の平均値がAITの提案値を超えている。さらに、し尿処理場汚泥の水銀は最大値でAITの提案値を超えている。

重金属の浸入は、めっき、染物加工、バッテリー製造、など特定の小規模工場によってもたらされたものと考えられる。水銀については、病院、研究機関などが発生源として推定される。下水処理場だけでなく、し尿処理場やコミュニティープラントからも水銀が検出されたことから、セプティックタンクへし尿以外の廃水が流入した可能性があると考えられる。

表-4.3.1は過去のデータも一部含まれており、本調査では将来重金属が発生する可能性の予測の為にデータとして用いた。現行の工場排水の排出基準を強化すると共に、下水処理場への重金属の流入を防止するため、下水の水質基準を新たに設定する必要がある。

表 - 4.3.1 重金属濃度測定値の要約

Sludge categories Measured items		Si Phraya Central WWTP	Huay Kwang Community WWTP	NSTPs	Standards of sludge fertilizer	
					Japanese Standards	Tentative Standards proposed by AIT
Cadmium (Cd) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	5 ¹⁾	20
	Minimum	0.5	0.5	0.5		
	Maximum	4.5	2.6	3.9		
	Average	1.7	1.5	1.5		
Chromium (Cr) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	Not specified	1,000
	Minimum	102	43	4.2		
	Maximum	751	96	47		
	Average	542	68	30		
Copper (Cu) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	600 ²⁾	900
	Minimum	61	69	57		
	Maximum	1,728	598	334		
	Average	944	320	203		
Lead (Pb) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	Not specified	1,000
	Minimum	53	63	21		
	Maximum	210	350	51		
	Average	138	183	38		
Nickel (Ni) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	Not specified	200 (400 ³⁾)
	Minimum	30	15	0.5		
	Maximum	520	34	29		
	Average	297	26	14		
Zinc (Zn) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	1,800 ²⁾	3,000
	Minimum	146	165	66		
	Maximum	949	1,296	690		
	Average	615	650	400		
Mercury (Hg) (mg/kg)	Nr. of sample	5	5	10	2 ¹⁾	25 (10 ³⁾)
	Minimum	0.5	1.1	0.1		
	Maximum	14.7	12.0	35		
	Average	7.0	6.3	13		

Note:

Units: Weight by Dry weight,

- 1): The standard values are specified in the Fertilizer Control Law in Japan,
- 2): The standard values are specified in the Quality Standard of Organic Fertilizer set by Japan Ministry of Agriculture and Forestry in Japan,
- 3): AIT has proposed the alternative standards in the Seminar of this Study on September 10th, 1999.
- 4): The schematic procedures of the measurement and analysis for Japanese standards are shown in the "SUPPORTING REPORT M".

バクテリア、及び、寄生虫については、調査対象である汚泥発生源の内、ファイクアンコミュニティプラントのみが消化槽を備え対応ができています。しかし、今回の調査においては、この汚泥消化によるバクテリア及び寄生虫の低減効果は確認できなかった。

4.4 汚泥の市場および需要調査

(1) 農業需要調査

農業省派遣の農業専門家と農家に対する 2 種類のアンケート調査が首都圏近郊を対象として行われた。現在のところ有機肥料よりむしろ化学肥料に頼っているのが現状であるが、汚泥から製造されるコンポストの農業利用に関し、半数程度から積極的な反応が得られた。アンケート調査から、近郊 10 県の化学肥料の市場規模は 65 億 Baht 程度に対し、コンポストと家畜糞尿肥料は 24 億 Baht と 17 億 Baht 程度と確認された。

(2) 汚泥コンポストの需要調査

首都圏近郊の汚泥コンポストの潜在的な需要予測は、農業利用で 498 tDS/d、公園が 8 tDS/d、道路緑樹帯が 3 tDS/d で計 498 tDS/d となり、2020 年に発生すると思われる下水・し尿汚泥量 303 tDS/d の 1.64 倍の規模と推測された。需要予測調査結果は表 - 4.4.1 に示したとおりである。

(3) 汚泥コンポストの市場調査

本調査において確認できたコンポスト製造業者の生産規模総計から、現在の当該地域のコンポストの市場規模は汚泥換算で少なくとも 323 tDS/d 以上と推定される。農家への聞き取り調査にもとづく計算では 594 tDS/d と推定され、これは年間 100 万 t 程度となる。市場調査の結果は表 - 4.4.2 に示したとおりである。

(4) 結論

下水・し尿汚泥コンポストは農業利用として利用可能であり、その市場規模は 2020 年の汚泥発生予測量を十分吸収できると思われる。農業利用成功への重要な要因は安全性・価格・農家への普及活動である。製造コストは 1.5 Baht/kg、市場価格は 2.0 Baht/kg 以下であることが必要である。農家の購買力を考慮すると、果樹・野菜・花木・まめ・芋類などへの利用が有力であろう。

表 - 4.4.1 汚泥の需要、供給量予測

	Estimated amount (t DS/d)	Sludge application rate (t DS/ha/y)	No. of target provinces	Ratio of willingness to pay (%)	Target crops			Remarks
					Fruit trees	Vege. and flowers	Field crops	
Expected supply								
From all WWTPs in 2020	259.0							
From all NSTPs in 2020	44.0							
Total	303.0							
Potential demand								
Agricultural use								
From the past report	416	5.00	9	20	○	○		
AIT 1998 report	435	5.00	10	18	○	○		
From the JICA study team	610	1.88	16	47	○	○		
1st survey to Kaset Thambon	487							Average
Interview to compost manufacturer								
Final estimation of sludge compost demand	8							
Public parks in BMA	3							
Road green zones in nearby 10 provinces	0							
Golf courses								
Total potential demand	498							

表 - 4.4.2 污泥供給量と市場調査

	Estimated size (t DS/d)	Estimated size (t/y)	Estimated size (Mil. B/y)	Average price (B/t)	Remarks
Expected supply					
From all WWTPs in 2020	259.0				
From all NSTPs in 2020	44.0				
Total	303.0				
Estimated current market size in nearby 10 provinces					
Market size estimation 1 (From interview and statistic surveys)					
Registered compost manufacturers in MOI	146.3				
Telephone interviews to compost manufacture	148.9				
Current NS use at schools/districts	28.0				
Total	323.2				No double counting
Market size estimation 2 (From the 2nd survey)					
Compost market size	593.6	1,080,620	2,375	2,198	
Animal manure		835,624	1,731	2,071	
NS sludge	207.5	378,607	0	0	Free of charge
Chemical		656,618	6,520	9,930	

4.5 再生水利用調査

(1) 再生水利用の現況

既存の下水処理場、し尿処理場等では、処理水の施設内での再利用がなされている。ノンケムし尿処理場では、9割の用水を再生水で賄っている。シプラヤの処理場では、施設外部で処理水を利用しており、処理水量の約1%が、道路植樹散水、道路清掃に利用されている。

(2) 実態調査

使用実態および有望な利用先のポテンシャルを調べるため実態調査を行った。調査の対象は次のとおりである。

- 下水処理場およびし尿処理場
- 区役所（清掃課）
- 公共の交通機関
- 公共ビル
- 民間ビル
- ホテル
- 病院
- その他（公園、ゴルフ場）
- クローン（運河）
- 農業用水
- 工場団地と工場

ホテルあるいは病院では建築規制による排水規制が特に厳しく、各施設では公共下水処理場並のオンサイトプラントを有している。調査した9カ所のうち、5カ所で再生水を敷地内の散水に利用している。このうち2カ所の大病院では、ビルの一部に2重配管を行い、再生水をトイレ用水として活用している。また、Rama IV 道路では、1997年より民間ビルの処理水を利用して500mの道路植樹への散水が行われている。

(3) 調査の分析

再生水利用調査の結果、利用形態はつぎの項目に分類できる。

- i) 植栽への散水（再利用して緑地の拡張）
- ii) ビル内での雑用水の循環利用（循環利用して上水の節減）
- iii) クローンの浄化用水（放流して水環境の浄化）

また、植栽への散水として、

- i) 道路植樹散水
- ii) 植栽散水（公園、ゴルフコース等）に分割できる

さらに、

- i) 灌漑用水利用（再利用、灌漑用水の節水）
- ii) 工場用水利用（再利用、地下水利用削減による地盤沈下抑制）

である。

渇水緩和、環境改善（緑地拡大、水環境浄化）、地盤沈下防止の観点から、現在の下水再生水に対する需要を分析した結果を表-4.5.1に示す。

表 - 4.5.1 処理水再利用の現況 (1998)

Potential Demand for Reclaimed Wastewater	Forecast Demand for Reclaimed Wastewater (Public WWTP)		Type of Reuse	Drought Mitigation		Environmental Improvement		Land Subsidence	
	(m ³ /d)	%		Public (m ³ /d)	Private (m ³ /d)	Green Area Expansion			Environmental Purification (m ³ /d)
	180	0.9				180 ⁴⁾	18 ⁵⁾		
Road Plant Watering/Cleaning Road			Reuse						
Buildings Miscellaneous Water	(20)	(0.1)	Recycle	20 ²⁾	250 ³⁾				
Plant Watering (Parks, Golfcourse etc.)	-	-	Reuse				50 ⁶⁾		
Purification of Khlong	19,820	99.1	Discharge					19,820	
Agricultural Water	-	-	Reuse						
Industrial Water	-	-	Reuse						
Total	20,000¹⁾	100.0		20²⁾	250³⁾	180	68	19,820	

Note :

¹⁾ Total value does not include the R.Q. of U.B. because it is recycled in Si Phraya WWTP.

²⁾ used for washing filter cloth etc. in the Si Phraya WWTP.

³⁾ used for toilet flushing etc. in Ramathibodi, Siriraj Hospital.

⁴⁾ from Si Phraya WWTP

⁵⁾ from Esso building for Rama IV Road plant watering.

⁶⁾ from on-site buildings for plant watering.

第5章 既存の組織・制度

5.1 バンコク市庁(BMA)

バンコク市庁(BMA)はバンコク首都圏地区の行政組織で、その行政範囲は 1,569 km² に及んでいる。この地域の下水処理およびし尿処理は BMA の仕事の一つである。下水およびし尿処理は BMA の中で排水・下水道局と清掃局がうけもっている。他の局では計画、財務、法律、スタッフの訓練を担当し、また最近設立された環境政策推進局が存在する。

(1) 排水・下水道局(DDS)

この局は下水及び雨水排水（運河の管理も含む）に関わる計画、設計、建設、維持管理を担当している。特に水質管理部は水質の管理と汚濁問題を取り扱っており、全ての公共下水処理場の管理と水環境に関わるモニタリングを管轄している。水質管理部からは各ディストリクトオフィスに機能が移譲されている。

(2) 清掃局(DPC)

清掃局は廃棄物（ゴミ）およびし尿の処理・処分業務を担当している。また、公道および公共の場の清掃も行っている。市内の約 90 %の廃棄物並びにし尿の収集はディストリクトオフィスで行っている。し尿の処理は現在ノンケムとオヌットの 2カ所の処理場で処理され、最終処分地（公園、学校、コンポスト工場）に送られている。廃棄物はノンケム、オヌットの中継地を経て最終処分地にトラック輸送されている。

(3) ディストリクトオフィス

50 のディストリクトオフィスは BMA の出先機関として活動を行っており、料金の徴収、記録、モニター、維持管理等の役割を担っている。全てのディストリクトオフィスの管理・監督は BMA の本庁で行っている。業務の内いくつかは民間に委託して実施している。

5.2 排水・下水および環境に関わる他の機関

雨水排水、下水道および環境保全に関わる BMA 以外の機関は国家環境庁、環境基金および汚濁防止委員会を有する環境局、環境政策局、環境推進局、下水管理公社等があり、バンコク周辺 5 県に対する管理を行っている。

工業開発公社は工業団地における全てのインフラストラクチャーの整備、維持管理を行っている。工業開発公社は上水及び下水道整備のいわば先駆者であり、特に民間の活用を多く行っている。上水道公社(MWA)は BMA エリアと周辺地域への水供

給を行っている。現在下水道分野機関との関連はなく、BMA とも全く関連していない。

5.3 法律と制度

現在適用されている法律はいくつかの分野にまたがり、複雑に機能している。その内容は、下水処理を行うための中央集権、下水処理のための民活導入、排出基準、環境基準遵守のためのモニター、料金制度、等に関するものが含まれている。

国家環境保全法(Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, 1992)が唯一存在する環境法であるが、現段階ではディストリクトのレベルまで行きわたっていない。これが現在環境保全に対する強制力の弱さにつながっている。

5.4 民活化

BMA は長期にわたって業務実施の経済性あるいは効率化のため民活を利用している。将来においても民活化を進めていく必要がある。

第6章 将来の下水およびし尿汚泥の処理・処分計画

6.1 将来の下水処理計画

(1) 設計条件

計画下水量および負荷量は家庭、商業、企業及び公的機関、工業毎に算出した。

家庭汚水は BMA 全地域にわたり、計画年である 2020 年までの一律の給水原単位 256 l/c/d を基に算出した。汚濁負荷量は既存の調査、現在実施中の計画、参考資料等を検討し、また、調査団の行った実測結果を併せ、BOD 負荷として 40 g/c/d を採用した。参考とした既存の BOD 負荷に関するデータを表 - 6.1.1 に示した。ここで、各排水区の計画人口は 1998 年の Wastewater User Charge Study を用いた。

商業および企業・公的機関の下水並びに汚濁負荷量は 1993 年の PCD Master Plan をベースに若干の修正（学校からの下水量の追加）を加え算定した。

合流式管渠に遮集管を接続し、これを終末処理場で処理するようになれば現在停滞している下水が遮集管に取り込まれ、その結果流出下水の流速が早くなり、また、下水管渠内の生物処理（分解）が起こりにくくなる。その結果高負荷下水のクロールンへの流出が少なくなり、汚濁負荷排出量は現在の値よりも小さいものとなることが予想される。

合流式管渠から下水処理場に流れる下水の BOD 負荷の低減を検討し、BOD 低減率（BOD Reduction Factor）を提案した。シブラヤ処理場並びに下水管渠内の下水水質測定結果を図 - 6.1.1 に示した。この図から晴天時の最大 BOD 負荷を 110 mg/l とした。この数値は新たな下水道事業が実施となる時に、処理場に流れ込む下水の値と仮定した。表 - 6.1.2 から、将来の下水開発地区の平均 BOD 負荷は 160 mg/l と推測された。

将来の下水道計画に対しては、現在進行中の計画と同等あるいは小さい規模の処理区を設定し、合流式による排除方式を提案した。また、施設規模の決定に際してピーク流量を晴天時の 5 倍(SDWF)とした。

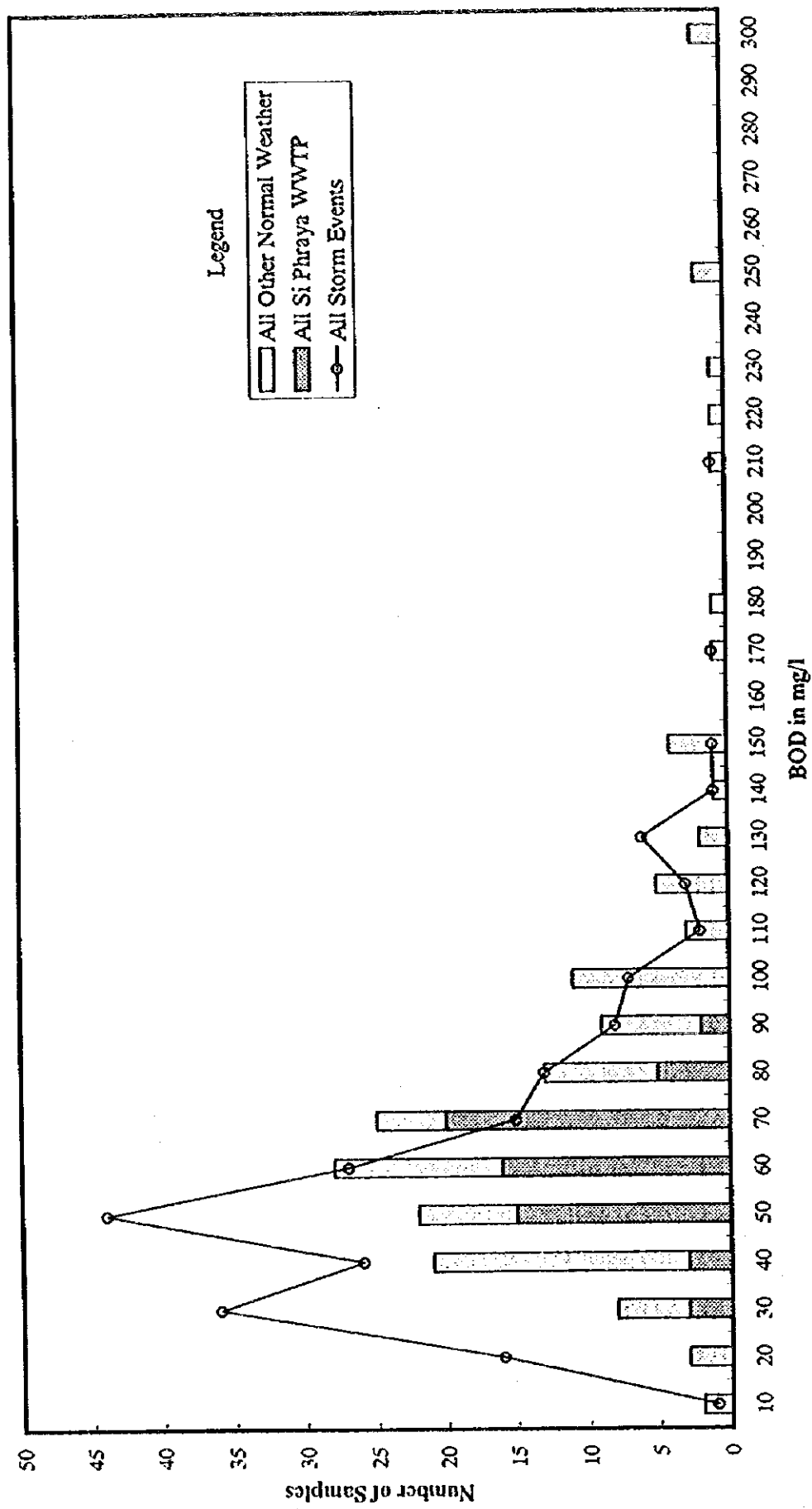
この BOD 負荷 160 mg/l を処理場流入時に 110 mg/l と仮定し、本調査では BOD 削減率を 30%とした。

表 - 6.1.1 家庭汚水量と単位汚濁負荷量 (1/2)

Source	DWF per Person (l/c/d)	Peak Flow for Interceptor (xDWF)	BOD per Person (g/c/d)	Comment
Si Phraya (existing)	250	1	16	Flow from WWTP design capacity. BOD from measured BOD concentration. Includes non-domestic flow.
Ratanakosin (on going)	250	n.a.	n.a.	Flow from WWTP capacity. Includes non-domestic flow.
Din Daeng (BMA 1) (on going)	410	5	82	Flow based on 100% water consumption records. Peak from Contract Spec. BOD based on Spec. Concentration of 200 mg/l.
Yannawa (BMA 2) (on going)	357 (Ph 1) 400 (Ph 2)	5	54 (Ph 1) 80 (Ph 2)	DWF from Spec. total flow and popn. Peak from Spec. BOD from Spec. concentrations of 150 and 200 mg/l. Includes non-domestic flow.
Nong Khaem (BMA 3) (on going)	376	5	56 (Ph 1) 75 (Ph 2)	Flow from Spec. Peak from Spec. BOD from Spec. concentration. Includes non-domestic flow.
Ratburana (BMA 3) (on going)	376	5	56 (Ph 1) 75 (Ph 2)	Flow from Spec. Peak from Spec. BOD from Spec. concentration. Includes non-domestic flow.
Chatuchak (BMA 4) (before contract)	376	5	56 (Ph 1) 75 (Ph 2)	DWF from Spec. total flow and popn. Peak from Spec. BOD from Spec. concentrations of 150 and 200 mg/l. Includes non-domestic flow.
Plan for Khlong Toey and Thonburi (1998)	376	5	56 (Ph 1) 75 (Ph 2)	Flow from SAPROF study for OECF based on: 256 l/c/d domestic + 120 l/c/d non-domestic as above. Peak from BMA. BOD based on BMA concentration criteria of 150 and 200 mg/l.
PCD BMR Wastewater Management Master Plan (1993)	200 (1990) 220 (2000) 240 (2010) 260 (2020)	3	30	Flow based on 80% of forecast water consumption from MWA. BOD not explained

表 - 6.1.1 家庭污水量と単位汚濁負荷量 (2/2)

Source	DWF per Person (l/c/d)	Peak Flow for Interceptor (xDWF)	BOD per Person (g/c/d)	Comment
PCD BMR Wastewater Management Plan (1996)	209-512 (1997) 222-516 (2001) 239-542 (2006) 257-570 (2011) 277-599 (2016)	5 for small upstream areas reducing to 2 for large down-stream areas.	35 (1996) 50 (2016)	Water consumption forecasts from MWA and Provincial Waterworks Authority (PWA). No explanation for BOD in available reports. Assumes that wastewater is equal to water consumption.
MWA Master Plan for Water Supply (1990)	190/230 (1987) 200/242 (1997) 210/254 (2007) 220/260 (2017)			Water demand not wastewater forecasts for Central Business Districts/outside Central Business Districts. These are exclusive of government, commercial and industrial demands
Current MWA planning (1998)	256 (to 2017)			Domestic water demand only. This is as later planned BMA Schemes where 120 l/c/d is added for non-domestic flow.
Wastewater User Charge Study (1998)	as PCD BMR Master Plan above			
NESDB Water Quality Management Study (1988)			48	53 mg/l at source, 48 mg/l at the drain due to losses in septic tank
Sludge Master Plan Survey (1988) in Huay Kwuag WWTP Catchment	183		45	Based on metered water consumption and measured BOD concentration in 1996. This is considered the most relevant indication of unit flow and load although no septic tanks are provided in this catchment.



THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図-6.1.1
BOD負荷の発生頻度分布

表 - 6.1.2 計画下水流量及び計画汚濁負荷の算定 (1/2)

Future Master Plan Service Area	Area (km ²)	Forecast Population			Forecast Domestic Flow			Forecast Domestic BOD			Forecast Commercial and Institutional Flow			Forecast Commercial and Institutional BOD		
		2000 (x1000)	2010 (x1000)	2020 (x1000)	2000 (x10 ³ m ³ /d)	2010 (x10 ³ m ³ /d)	2020 (x10 ³ m ³ /d)	2000 (t/d)	2010 (t/d)	2020 (t/d)	2000 (x10 ³ m ³ /d)	2010 (x10 ³ m ³ /d)	2020 (x10 ³ m ³ /d)	2000 (t/d)	2010 (t/d)	2020 (t/d)
Thonburi South	22.3	534	549	565	136.7	140.5	144.6	21.4	22.0	22.6	7.0	7.2	7.4	1.0	1.0	1.1
Thonburi Central	17.5	355	376	400	90.9	96.3	102.4	14.2	15.0	16.0	15.2	16.1	17.1	3.0	3.2	3.4
Thonburi North	11.4	175	193	216	44.8	49.4	55.3	7.0	7.7	8.6	9.0	9.9	11.1	3.2	3.5	3.9
Khlong Toey West	25.7	333	369	406	85.2	94.5	103.9	13.3	14.8	16.2	13.3	14.7	16.2	4.0	4.4	4.9
Khlong Toey East	31.9	278	354	453	71.2	90.6	116.0	11.1	14.2	18.1	3.4	4.3	5.5	0.5	0.6	0.8
Total planned	106.8	1675	1841	2040	428.8	471.3	522.2	67.0	73.7	81.6	47.9	52.2	57.3	11.7	12.7	14.1
Bang Sue	19.7	327	359	391	83.7	91.9	100.1	13.1	14.4	15.6	7.6	8.3	9.1	2.1	2.3	2.5
Huay Kwuang	15.3	164	228	317	42.0	58.4	81.2	6.6	9.1	12.7	12.2	17.0	23.6	4.6	6.4	8.9
Wang Thong Lang	35.7	274	361	478	70.1	92.4	122.4	11.0	14.4	19.1	4.2	5.5	7.3	0.6	0.8	1.0
Bung Kam	42.8	256	362	512	65.5	92.7	131.1	10.2	14.5	20.5	2.5	3.5	5.0	0.2	0.3	0.4
Total proposed	113.5	1021	1310	1698	261.3	335.4	434.8	40.9	52.4	67.9	26.5	34.3	45.0	7.5	9.8	12.8
TOTAL	222.3	2696	3151	3738	690.1	806.7	957.0	107.9	126.1	149.5	74.4	86.5	102.3	19.2	22.5	26.9

表 - 6.1.2 計画下水量及び計画汚濁負荷の算定 (2/2)

Future Master Plan Service Area	Area (km ²)	Forecast Industrial Flow			Forecast Industrial BOD			Forecast Total DWF			Forecast Total BOD			Forecast BOD at WWTP			Forecast Total Sludge		
		2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020
		(x10 ³ m ³ /d)	(x10 ³ m ³ /d)	(x10 ³ m ³ /d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(x10 ³ m ³ /d)	(x10 ³ m ³ /d)	(x10 ³ m ³ /d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)	(t/d)
Thonburi South	22.3	35.2	46.2	60.7	6.2	8.1	10.7	178.9	193.9	212.7	28.6	31.1	34.4	20.0	21.8	24.1	20.0	21.8	24.1
Thonburi Central	17.5	21.1	27.7	36.4	2.6	3.4	4.5	127.2	140.1	155.9	19.8	21.6	23.9	13.9	15.1	16.7	13.9	15.1	16.7
Thonburi North	11.4	6.7	8.8	11.5	0.8	1.1	1.4	60.5	68.1	77.9	11.0	12.3	13.9	7.7	8.6	9.8	7.7	8.6	9.8
Khlong Toey West	25.7	26.4	34.7	45.5	2.6	3.4	4.5	124.9	143.9	165.6	19.9	22.6	25.6	13.9	15.8	17.9	13.9	15.8	17.9
Khlong Toey East	31.9	19.4	25.5	33.4	2.0	2.6	3.4	94.0	120.4	154.9	13.6	17.4	22.3	9.5	12.2	15.6	9.5	12.2	15.6
Total planned	108.8	108.8	142.9	187.5	14.2	18.6	24.5	585.5	666.4	767.0	92.9	105.0	120.2	65.0	73.5	84.1	65.0	73.5	84.1
Bang Sue	19.7	9.8	12.9	16.9	2.0	2.6	3.4	101.1	113.1	126.1	17.2	19.3	21.5	12.0	13.5	15.1	12.0	13.5	15.1
Huay Kwang	15.3	11.3	14.8	19.5	1.2	1.6	2.1	65.5	90.2	124.3	12.4	17.1	23.7	8.7	12.0	16.6	8.7	12.0	16.6
Wang Thong Lang	35.7	6.6	8.7	11.4	0.8	1.1	1.4	80.9	106.6	141.1	12.4	16.3	21.5	8.7	11.4	15.1	8.7	11.4	15.1
Bang Kum	42.8	6.8	8.9	11.7	0.7	0.9	1.2	74.8	105.1	147.8	11.1	15.7	22.1	7.8	11.0	15.5	7.8	11.0	15.5
Total proposed	113.5	34.5	45.3	59.5	4.7	6.2	8.1	322.3	415	539.3	53.1	68.4	88.8	37.2	47.9	62.3	37.2	47.9	62.3
TOTAL	272.3	143.3	188.2	247.0	18.9	24.8	32.6	907.8	1081.4	1306.3	146.0	173.4	209.0	102.2	121.4	146.4	102.2	121.4	146.4

Note:

Domestic flow at 256 l/c/d
 Domestic BOD at 40g/c/d at drain entry throughout
 Commercial and Institutional flow from 1993 PCD BMR Master Plan basic data, projected flows proportional to population + allowance for educational establishments
 Commercial and Institutional BOD derived in the same way as flow but no BOD allowance for educational establishments
 Industrial flow from 1993 PCD BMR Master Plan basic data, projected flows proportional to forecast growth in manufacturing GDP of 2.76% pa
 Industrial BOD in the same way as flow
 BOD reduction in Drainage system assumed at 30 %
 Sludge production at 1.0 kg/kg BOD

(2) 新規下水処理計画

新規下水処理計画対象地域は、将来の都市計画、人口密度、土地利用計画を検討し、新たに13処理区を提案した。提案した13処理区の位置図を図-6.1.2に示す。

これらの処理区の中で最も優先度の高い地域として9つの処理区を選定し、計画年である2020年までに達成することを提案した。クロントイとトンブリ地域（本調査開始時では既存の計画であった）は各々2つおよび3つの処理区に分割し、同様に既存の計画であったノンボン地区は優先度の高い地区から削除することとした。9処理区の位置図を図-6.1.3に示す。

(3) 下水処理場計画

図-6.1.2表-6.1.2に示す9処理区の計画下水流量並びに負荷量を基に、下水処理場の計画を行った。BMAエリア内での土地取得が極めて困難であることから、敷地面積が小さく、多層階のビルを有する処理場を提案した。

(4) 下水管渠システムの計画

計画下水管渠施設は既存の下水管渠に接続する雨水吐き室、遮集管が主なものである。メインレポートには概略の遮集管渠網を提示した。

6.2 将来のし尿処理システム計画

(1) 計画条件

本調査においては、し尿発生率として1.0 l/c/dが適用された。また、BMAの人口は2020年において11,856,000人とした。BMA全域の2020年のし尿の収集率を人口ベースで20%に設定した。この結果、2020年の収集量は日量2,445 m³となる。収集量は2005年には16%、2010年には17%、また、2015年には18%の収集率に相当し、段階的に増加する。

(2) し尿収集・処理システムの拡張計画

2020年におけるし尿の収集・処理サービス区域は図-6.2.1に表すように、ノンケム、オヌット、ヤナワ、及び、ラツプラナの4区域に分けた。区分分けは、し尿処理場の位置、それらの処理能力、及び、各ディストリクトのサービス人口を考慮し計画した。2020年における合計処理量は2,445 m³/dである。





Legend

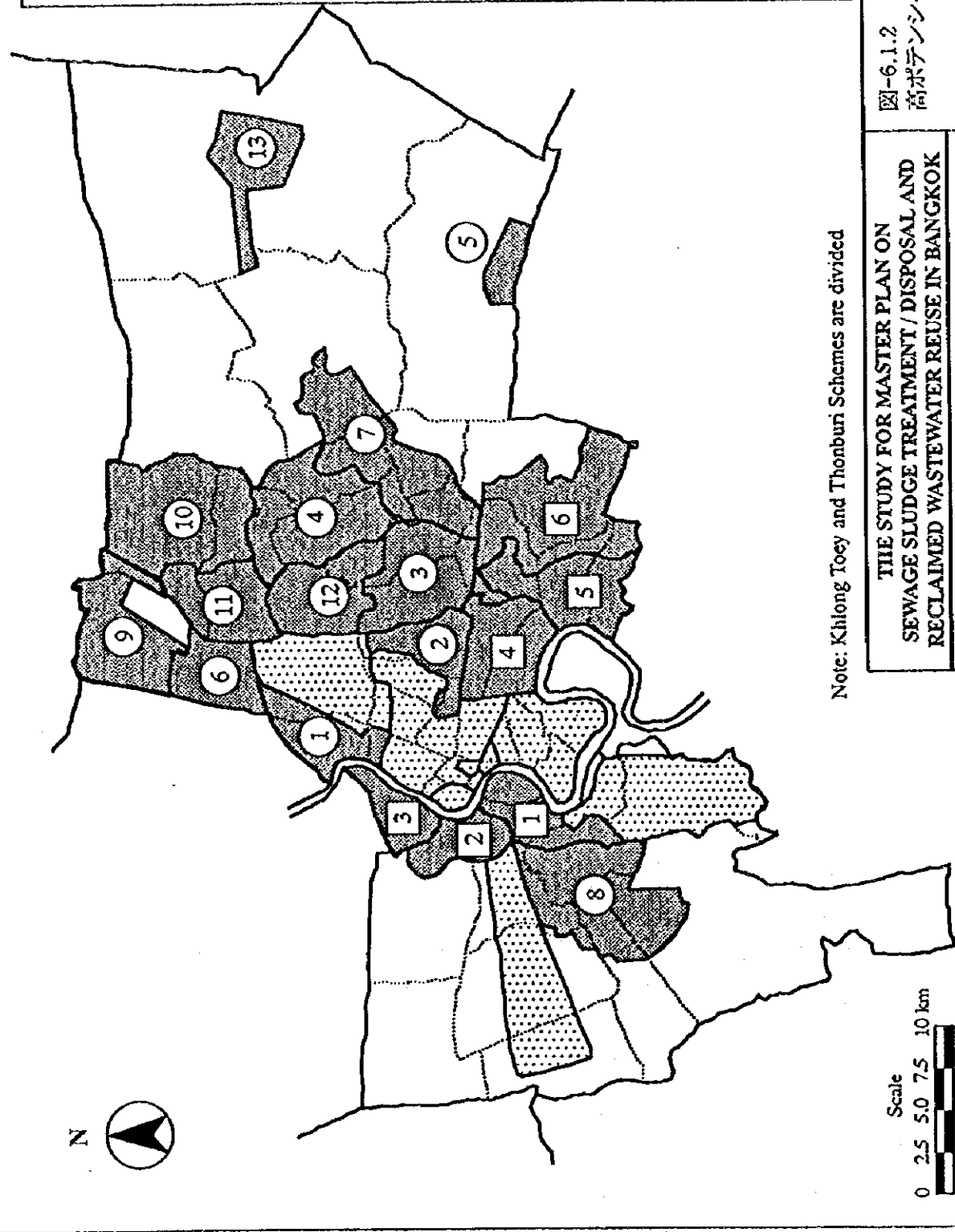
Existing Planned Schemes

- 1 Thonburi South
- 2 Thonburi Central
- 3 Thonburi North
- 4 Khlong Toey West
- 5 Khlong Toey East
- 6 Nong Bon

Proposed Schemes

- 1 Bang Sue
- 2 Huay Kwuang
- 3 Wang Thong Lang
- 4 Bung Kum
- 5 Lat Krabang
- 6 Lak Si
- 7 Eastern Corridor
- 8 City South West
- 9 Don Muang
- 10 Sai Mai
- 11 Bang Khen
- 12 Lat Phrao
- 13 Nong Jok

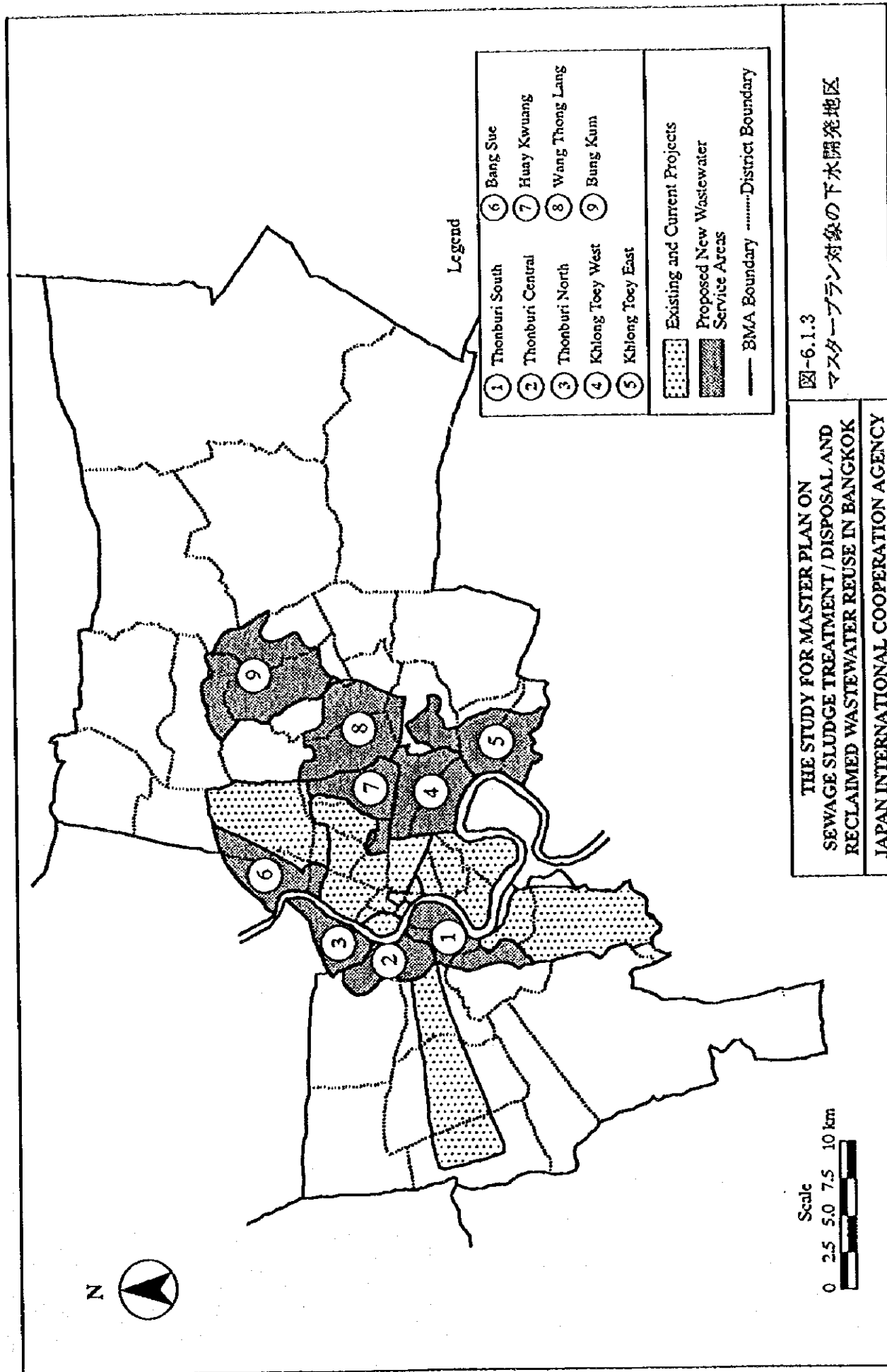
-  Existing and Current Schemes
-  Proposed New Wastewater Schemes
-  BMA Boundary
-  District Boundary



Note: Khlong Toey and Thonburi Schemes are divided

図-6.1.2
高ポテンシャルの下水開発対象地区

THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



Legend

- ① Thonburi South
 - ② Thonburi Central
 - ③ Thonburi North
 - ④ Khlong Toey West
 - ⑤ Khlong Toey East
 - ⑥ Bang Sue
 - ⑦ Huay Kwuang
 - ⑧ Wang Thong Lang
 - ⑨ Bung Kum
- Existing and Current Projects (dotted pattern)
- Proposed New Wastewater Service Areas (solid black)
- BMA Boundary - - - - - District Boundary

図-6.1.3
マスタープラン対象の下水開発地区

THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Scale
0 2.5 5.0 7.5 10 km

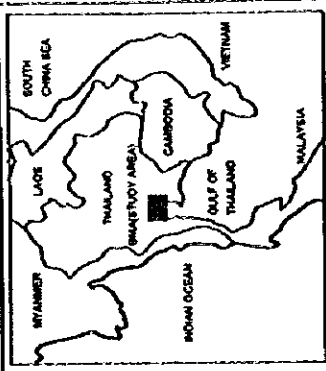
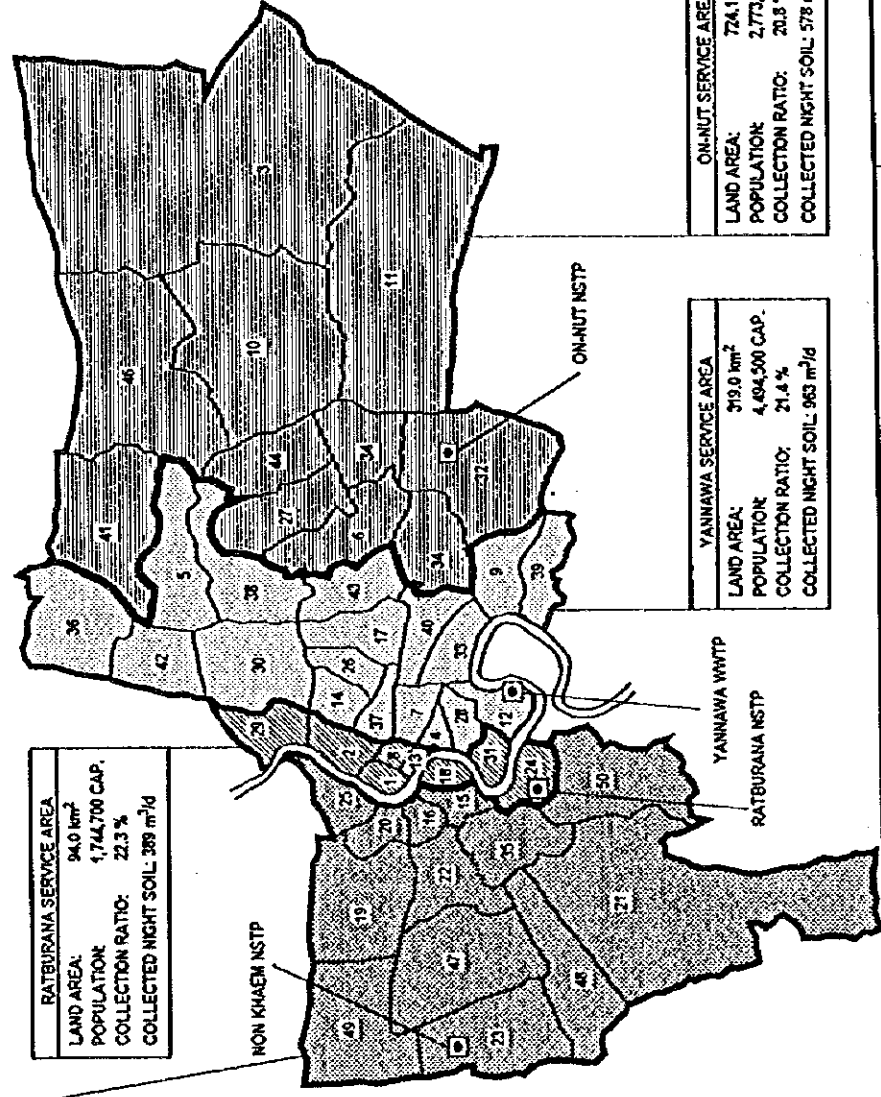
NO	DISTRICT NAME
1	PHRA NAKHON
2	DUSIT
3	NONG JOK
4	BANG RAK
5	BANG KHEN
6	BANG KAPI
7	PATUMWAN
8	POM PRAP SATTU PHAI
9	PHRA KHANONG
10	MIN BURI
11	LAT KRABANG
12	YAN NAWA
13	SAMPHANTHAWONG
14	PHAYA THAI
15	THON BURI
16	BANGKOK YAI
17	HUAY KWANG
18	KHLONG SAN
19	TALING CHAN
20	BANGKOK NOI
21	BANG KHUN THIAN
22	PHASI CHAROEN
23	NONG KHAEM
24	RAT BURANA
25	BANG PHLAT
26	DIN DAENG
27	BUNG KUM
28	SATHORN
29	BANG SUE
30	CHATUCHAK
31	BANG KHO LAEM
32	PRAWET
33	KHLONG TOEY
34	SUAN LUANG
35	CHOM THONG
36	DON MUANG
37	RATCHATHEWI
38	LAT PHRAO
39	BANG NA
40	VADHANA
41	SAI MAI
42	LAK SI
43	WANG THONG LANG
44	KHANNA YAO
45	SAPHAN SONG
46	SAM WA
47	BANG KAE
48	BANG BON
49	THAWI WATTANA
50	THUNG KRUE

NONG KHAEM SERVICE AREA	
LAND AREA:	432.0 km ²
POPULATION:	2,843,000 CAP.
COLLECTION RATIO:	18.1 %
COLLECTED NIGHT SOIL:	516 m ³ /d

RATBURANA SERVICE AREA	
LAND AREA:	94.0 km ²
POPULATION:	1,744,700 CAP.
COLLECTION RATIO:	22.3 %
COLLECTED NIGHT SOIL:	389 m ³ /d

YANINAWA SERVICE AREA	
LAND AREA:	519.0 km ²
POPULATION:	4,494,500 CAP.
COLLECTION RATIO:	21.4 %
COLLECTED NIGHT SOIL:	983 m ³ /d

ON-NUT SERVICE AREA	
LAND AREA:	724.1 km ²
POPULATION:	2,773,800 CAP.
COLLECTION RATIO:	20.8 %
COLLECTED NIGHT SOIL:	578 m ³ /d



THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT / DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図-6.2.1
2020年におけるし尿収集・処理拡張計画

ノンケム、及び、オヌットし尿処理場は、設計当初の処理能力 600 m³/d まで改善、改修する必要がある。また、収集し尿を混合処理する現在進行中のヤナワ、及び、ラツプラナ処理場計画は、BMA が計画した下記工程に沿って進めることとする。

- 1) ヤナワ処理場:
 - 2000 年まで 500 m³/d
 - 2016 年まで 1,000 m³/d
- 2) ラツプラナ処理場:
 - 2000 年まで 260 m³/d
 - 2016 年まで 400 m³/d

6.3 再生水利用計画

(1) 優先順位の方針

灌漑、工業利用については、まず灌漑は都市地域外での活用であること、また工場用水は水質が厳しいことなどから、再生水利用は時期尚早である。したがって、その他の用途 1)道路植樹散水/道路洗浄、2)ビル雑用水、3)植栽散水（公園、ゴルフ場等）、4)クローン浄化、に対し優先度を検討し利用計画を決めた。1)については、実現性が高く、利用計画を作成する。2)、3)については、早急な実現性に難点があるので、実行可能性の検討にとどめる。4)については今後の検討課題とする。

(2) 再生水利用計画の内容

1) 道路植樹散水/道路洗浄

ディストリクトオフィスは新規の給水源として公共下水処理場を活用する。調査の結果、道路植樹散水は 30 m³/d/100ha（夜間に 2 回）程度、道路洗浄は 10 m³/d/100ha（昼間に 1 回）である。処理水は砂ろ過処理をして水質改善する。対象地域は既存下水処理場を含め 16 カ所の処理場から再生水を供給できる 33 区とする。各処理場の再生水利用量は、347 m³/d/WWTP～2,520 m³/d/WWTP とする。再生水設備は 1 パッケージ能力を 300 m³/d とし、各処理場に 1～8 ユニットを設置する。

2) ビル雑用水

対象地域は、各下水処理場の近隣で開発される新規開発区域とする。新規開発地域内のビルは炊事用水と雑用水の二系統で給水するシステムとする。再生水の供給は、パイプラインで行う。再生水はトイレ用水、車の洗浄、散水など、多目的に利用できるよう砂ろ過活性炭処理を加えて水質の向上を図る。試算では 1 m³ 当たり約 5 Baht で供給できるので、水道水料金（1 m³ 当たり 14 Baht）に比べて安価である。利用水

質は、雑用水として利用するため、SS 3 mg/l、BOD 5 mg/l、COD 30 mg/l を目標とする。

3) 植栽散水（公園、ゴルフ場等）

対象地域は、各下水処理場の近隣の公園やゴルフ場とする。再生水の供給はタンカーあるいはパイプラインで行う。公園で約 40 m³/d/ha（乾期の場合）である。試算ではタンカー輸送の場合、1 m³ 当たり、28 Baht 程度となる。地下水料金 3.5 Baht に比べて著しく高いので、当面タンカー輸送による利用先の確保がむずかしくなる。目標水質は SS 6 mg/l 以下、BOD 10 mg/l 以下とする。

4) 運河の浄化

2.3 百万 m³/d の処理水を運河の浄化資源として利用する。処理水を運河浄化用水として活用する場合のケーススタディとして、クロントイ東処理区を取り上げた。平面プランを図 - 6.3.1 に示す。

（ケース 1）雨天時に合流式水管から流出する負荷による運河の汚濁

1 日に 1 回、運河の水の体積と同量の処理水を流し、運河内に滞留している下水を下流へ押し流す。それぞれの供給量は、下記のとおりである。

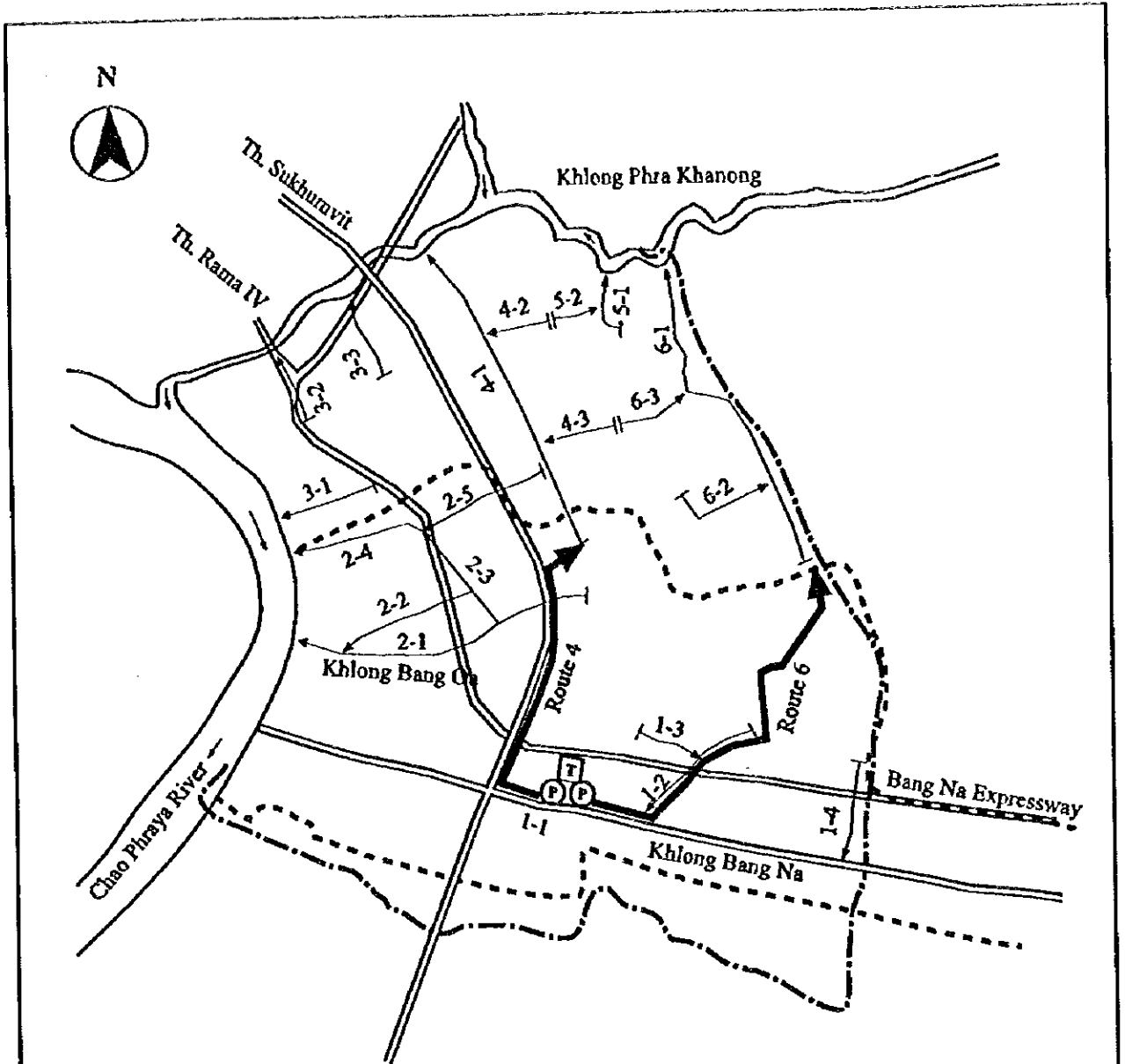
ルート 4 : 12,300 m³/d、ルート 6 : 12,600 m³/d

（ケース 2）一部の下水が直接、運河へ排水されることによる運河の汚濁（総下水量の 5% を想定）

希釈するための処理水を供給する。希釈倍率が 13 倍で運河の水は 20 mg/l 以下まで改善されることになる。それぞれの供給量は、下記のとおりである。

ルート 4 : 18,369 m³/d、ルート 6 : 18,811 m³/d

いずれも、処理水量のほぼ 1 割に相当する。



Legend

	Boundary of Khlong Water Quality Improvement Project, System 4
	Boundary of Khlong Toey East Wastewater Catchment Area
	Khlongs
	Khlong Toey East WWTP
	Pump and transportation pipeline for khlong purification

THE STUDY FOR MASTER PLAN ON
SEWAGE SLUDGE TREATMENT/ DISPOSAL AND
RECLAIMED WASTEWATER REUSE IN BANGKOK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図-6.3.1
処理水再利用計画
(運河浄化計画ケーススタディー)

(3) 結論

ビル雑用水の再生水利用は全処理水量に対する割合1%を目標とし、循環利用をすることで上水量の使用を削減し、渇水緩和に役立てる。また、道路植樹、公園などの植栽に対する散水に利用する量も、全処理水量の約1%を使用する。残りの約99%は、運河浄化用水として活用する。表-6.3.1に2020年の再生水利用計画を示す。

表-6.3.1 2020年の処理水再利用計画

再生水に対する潜在需要	再生水に対する将来予測		渇水緩和 (m ³ /d)	環境改善	
	(m ³ /d)	%		緑地拡張 (m ³ /d)	水環境 浄化 (m ³ /d)
道路植樹散水	15,450	0.7	-	15,450	-
ビル雑用水	(22,000)	(1.0)	22,000	-	-
植栽散水	3,900	0.2	-	3,900	-
クローン浄化	2,270,150	99.1	-	-	2,270,150
計〈全処理水量〉	2,289,500	100.0			