

タイ王国
バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査
事前調査報告書

平成10年7月

国際協力事業団

LIBRARY
J 1145126 [7]

社 調 三
J.R.
96-073



1145126[7]

タイ王国
バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査
事前調査報告書

平成10年7月

国際協力事業団

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・再生水利用計画に係る調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することといたしました。

当事業団は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成10年3月26日から4月11日までの17日間にわたり、日本下水道事業団業務部援助課長 高橋 春城氏を団長とする事前調査団（S/W協議）を現地に派遣しました。

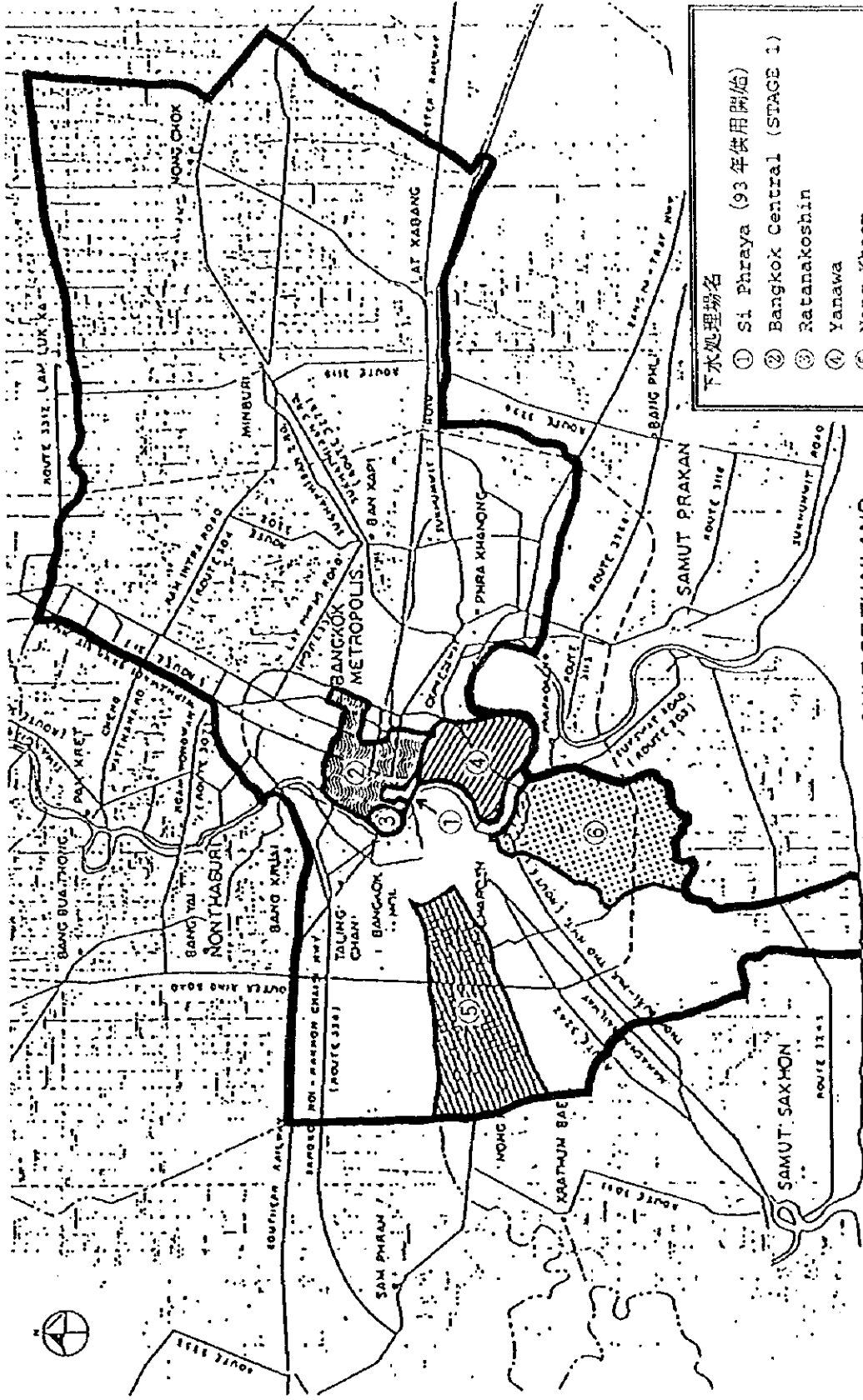
調査団は本件の背景を確認するとともに、タイ王国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関するS/Wに署名しました。

本報告書は、今回の調査を取りまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

終わりに、調査に御協力とご支援を頂いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成10年7月

国際協力事業団
理事 佐藤 清



- 下水処理場名
- ① Si Phraya (93年供用開始)
 - ② Bangkok Central (STAGE 1)
 - ③ Ratanakoshin
 - ④ Yanawa
 - ⑤ Nong Khaem
 - ⑥ Ratburana



バンコク首都圏

バンコクの下水道プロジェクト



SCALE 1:300,000

GULF OF THAILAND



S/W、M/M署名 右側、Mr. Bampen Jatoorapreuk(BMA Deputy Permanent Secretary for Public Works)と左側、高橋団長



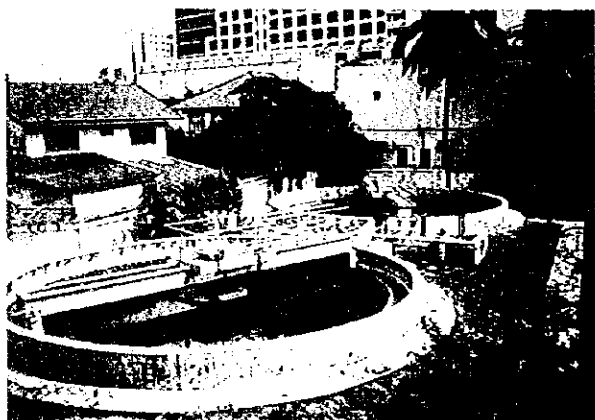
Si Phraya下水処理場の内部（3層で構成されており1層当たり10,000m³/日の処理能力を有する）



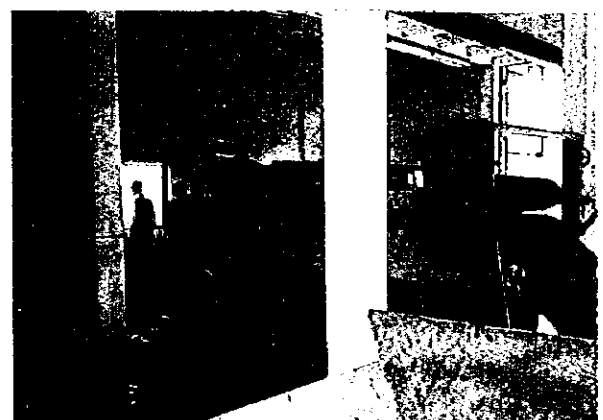
Si Phraya下水処理場の汚泥脱水機（1回/週しか稼働していないためか、機器の状態は非常に良好）



Si Phraya下水処理場の処理水放流口



Huay Kwang下水処理場(処理能力2,400m³/日の団地下水処理場)



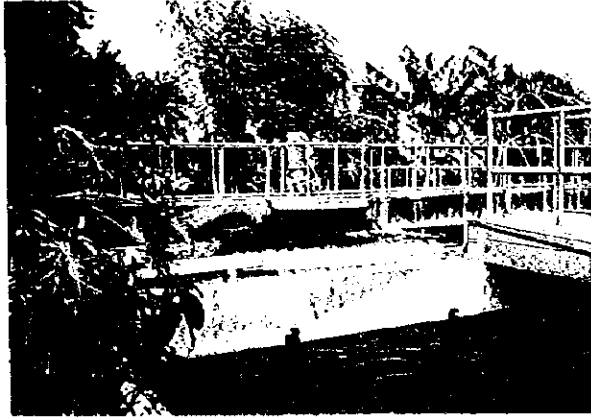
Huay Kwang下水処理場の汚泥脱水機（2基設置されていたが現在は老朽化が激しく1基のみ稼働している）



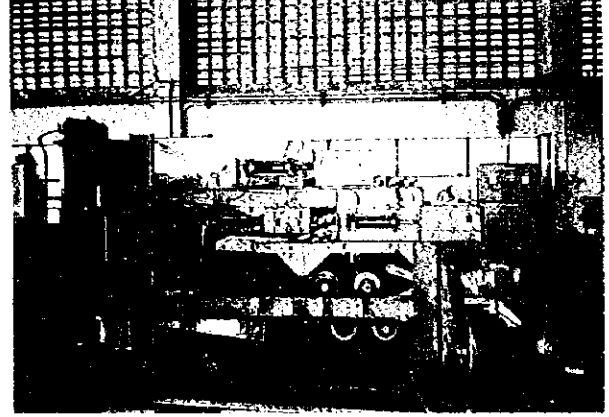
Huay Kwang下水処理場の脱水ケーキ(目視では含水率85%程度)



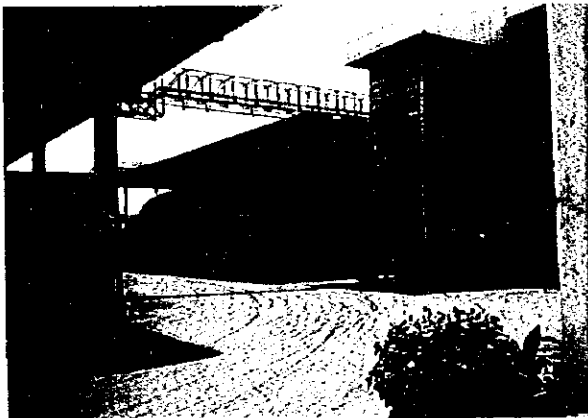
Onnutし尿処理施設のし尿(セプティックタンク汚泥)投入風景



Onnutし尿処理施設(表面曝気を使用している)



Onnutし尿処理施設の脱水機(稼働していたが、かなり老朽化している)



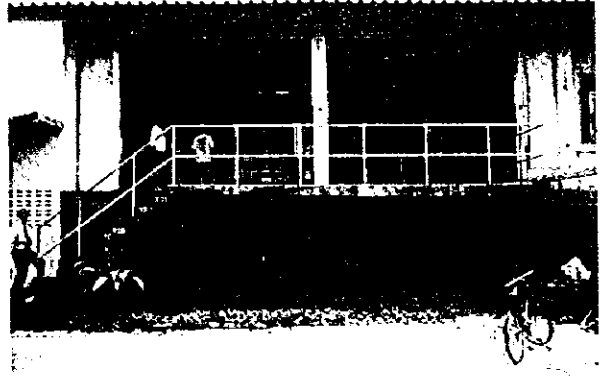
Onnut都市ごみコンポスト化施設



Onnut都市ごみコンポスト(1,300パーツ/日で販売されている)



Nong Kheamし尿処理施設



Nong Kheamし尿処理施設汚泥脱水機（機器類の保守点検はよく行われている）



Nong Kheamし尿処理施設の脱水汚泥集積場



Nong KheamのDDSの下水処理場／集合汚泥処理施設建設予定地（旧都市ごみ埋立処分）



Nong Kheamの都市ごみ中継基地



Bang Khen浄水場の浄水汚泥天日乾燥床

目 次

序 文
地 図
写 真

第1章 事前調査の概要	1
1-1 要請の背景	1
1-2 事前調査の目的	1
1-3 調査団の構成	2
1-4 調査日程	2
1-5 協議の概要	3
第2章 現状と課題	7
2-1 概況	7
2-1-1 自然条件	7
2-1-2 社会条件	7
2-1-3 財政	8
2-1-4 下水道及び清掃行政	8
2-1-5 環境関連法制度	17
2-1-6 現況施設及び将来計画	22
2-2 汚泥処理処分	35
2-2-1 既往の調査とその概要	35
2-2-2 汚泥処理・処分の見通し	38
2-3 再生水利用	39
2-3-1 再生水利用の必要性	39
2-3-2 水需要	39
2-3-3 再生水の利用状況	43
2-3-4 需要の見込み	45
2-4 課題の整理	47
2-4-1 下水処理場流入水量・水質	47
2-4-2 汚泥発生量の見込み	47
2-4-3 下水汚泥処理	47

2-4-4	し尿汚泥処理	47
2-4-5	再生水の利用	48
2-5	環境予備調査結果	48
2-5-1	プロジェクト概要書(P/D)及びプロジェクト立地環境書(S/D)	48
2-5-2	環境調査の必要性の有無の確認(スクリーニング) 及び環境問題の確認(スコーピング)	49
2-5-3	関連する環境資料・情報	52
第3章 本格調査への提言		53
3-1	調査の基本方針	53
3-2	調査対象範囲	55
3-3	調査項目とその内容・範囲	55
3-3-1	調査項目とその内容	55
3-3-2	現地再委託業者	56
3-3-3	必要資機材	57
3-3-4	関連情報	57
3-4	調査フローと要員計画	58
3-4-1	調査フロー	58
3-4-2	要員計画	59
3-5	調査実施上の留意点	59
3-5-1	汚泥の処理・処分	59
3-5-2	再生水利用	60
3-5-3	初期環境影響調査	60
資料		
1.	Terms of Reference	63
2.	Scope of Work	77
3.	Minutes of Meeting	85
4.	主要面談者リスト	95
5.	Questionnaire及びその回答	101
6.	収集資料リスト	109

第1章 事前調査の概要

1-1 要請の背景

タイ王国では、1992年の第7次国家経済・社会発展計画において、水質汚染防止及び排水処理施設の整備が最重要課題の一つとして位置づけられた。当該計画を踏まえ、第4次バンコク市行政開発計画においては、下水処理施設の建設、水質管理の強化、運河水質の改善等の実施が決定された。

バンコク首都圏庁（BMA）は、これらの国家、地方計画を受けて、我が国が策定した「バンコク市下水道整備計画」（1982年）の改訂版等に基づき下水処理施設の建設を行っている。1993年、首都圏初の処理場であるSi Phraya下水処理場が運転を開始して以来、現在9か所の処理場が建設中ないし設計段階にある。

しかしながら、これら処理場の相次ぐ稼働は、大量の汚泥発生とその処理という新たな問題を生み出すことになり、BMAはその処分先の確保に苦慮している。一方、急速な都市化と産業の発展は、バンコク首都域（以下「バンコク市」）の水不足問題も深刻化させている。1993年の渇水時には首都圏水道公社（MWA）は25%の取水制限実施を余儀なくされており、節水や新たな水資源の確保が求められている。このような状況下において、下水汚泥の効率的な処理及び下水処理水の再利用は、廃棄物処理、渇水対策、都市環境の改善等の観点から、早急に取り組むべき問題となっている。

係る状況にかんがみ本件調査では、1995年8月のタイ国政府からの要請を受け、バンコク市における下水汚泥の効率的な処理・処分方法に係るM/Pの策定、及び下水処理水の再利用に係る実施可能な手法について検討するものである。

1-2 事前調査の目的

タイ国政府の要請に基づき、バンコク市を対象地域として下水処理場の整備に伴い発生する下水汚泥の効率的な処理・処分方法に係るM/Pの策定、及び下水処理水の再利用に係る実施可能な手法について検討することを目的とするものであり、今回は実施調査のS/W協議・署名を目的として事前調査団を派遣した。

1-3 調査団の構成

氏名	担当分野	役職
高橋 春城	総括/下水処理計画	日本下水道事業団業務部援助課長
柳 雄	下水処理施設計画	東京都下水道局計画部総合計画課次席
植木 雅浩	調査企画	国際協力事業団社会開発調査部社会開発調査第二課
加藤 洋	下水汚泥処理	国際航業(株)東日本事業本部環境施設部課長
鎌田 寛子	下水処理水利用・環境配慮	(株)建設技術研究所海外事業部技術第一部副技師長

1-4 調査日程

月 日	調査内容	
	官団員	役務提供団員
1 3月26日(木)		東京(10:30)→TG641→ →バンコク(15:30)
2 27日(金)		10:00 JICA事務所打合せ 14:00 BMA表敬
3 28日(土)		資料収集・整理
4 29日(日)		同上
5 30日(月)		午前：水道技術訓練センター訪問 午後：Bang Khen浄水場視察
6 31日(火)	成田(11:00)→(JL717)→ →バンコク(15:55)	
7 4月1日(水)	9:00 JICA事務所打合せ 10:00 日本大使館表敬 13:30 DTEC表敬 15:00 BMA表敬 S/W案説明	
8 2日(木)	9:00 S/W協議 (BMA) 午後：現地踏査 (Onnutし尿処理施設他)	
9 3日(金)	9:00 S/W協議 (BMA) 午後：現地踏査 (Nong Khaemし尿処施設他)	
10 4日(土)	現地踏査 (Si Phraya下水処理場他)	
11 5日(日)	資料収集・整理	
12 6日(月)	団内打合せ M/M案作成	
13 7日(火)	9:00 S/W協議 (BMA)	
14 8日(水)	10:00 下水道研修センター (TCSW) 訪問 午後：先方政府関係機関 (内務省PWD (SED)、MOSTE (PCD、WMA))訪問	
15 9日(木)	9:00 S/W、M/M協議 (BMA) 15:00 S/W、M/M署名	
16 10日(金)	日本大使館、JICA事務所報告	
17 11日(土)	バンコク (10:50)→(TG640)→成田 (19:00)	

1-5 協議の概要

(1) タイ側受入体制

今回の事前調査団に対してタイ側は、BMA排水下水局（DDS）局長Mr. Nikhom以下全面的協力の姿勢を示した。事前に当方から送付した質問票については時間的余裕があまりなかったにもかかわらず、調査団の派遣に合わせて準備されており、本件調査に対するタイ側の真剣かつ積極的な取り組みが伺えた。

しかし、現地踏査（廃棄物処分場の視察）においてはBMA清掃局（DPC）に対する視察依頼がうまくいかなかった部分もあったことから、DDSを中心に他機関を含めた実施体制の整備は、本件調査の実施に向けて今後の課題といえる。

(2) 本件調査に関して、タイ側が当方の協力を期待するところは次のとおり。

- ① 現在は危機的状況ではないが、下水処理場整備に伴い急激な増加が予想される下水汚泥の効果的な処理・処分方法
- ② 既存の下水道整備M/Pにおける計画フレーム値及び処理区等の見直し
- ③ 調査期間を通じてのタイ側カウンターパート（C/P）に対する技術移転。特に技術移転セミナーの開催

(3) 下水道行政に関わる関係機関

関係機関として科学技術環境省汚染対策局（PCD）、下水道公団（WMA）、内務省公共事業局（PWD）を訪問し、バンコク市域における下水道事業への関与状況を聴取した。その結果、BMAからの要請がない限りPCD、WMAは関与できないことが判明した。一方、DDSは上記関係機関からの支援・協力を希望していないことから、本件調査における下水道事業担当機関はDDSのみと判断された。

(4) 協議結果

上記を踏まえタイ側と協議した結果、当初のS/W案は一部修正のうえ署名された。S/W案の主要な変更点及びM/Mの要点は次のとおり。

1) 既存の下水道整備計画について

現在、バンコク市域には複数の機関による下水道整備計画が存在することから、本件調査においてベースとすべき既存計画についてタイ側と協議し、M/Mの1. のとおり確認した。

- ① 基本的には1993年にPCDがバンコク市域及び周辺5県を対象として作成したBangkok

将来的には実施段階で多少見直す可能性もあるとしているが、現時点ではDDSも採用している。

- ② 現在、実施段階にある9プロジェクト10処理区（M/MのAppendix II及びIII）についてはDDSが作成した実施計画に基づくこととする。

2) 目標年次について

上記のPCDのM/P及びDDSの実施計画の他、最近の関連調査、下水処理施設の建設状況を勘案し、おおむね20年後の2020年とすることを提案したところ、タイ側の合意が得られたのでM/Mの2.に記載した。

3) 計画フレーム及び処理区の設定について

当方から、汚泥発生量の将来予測を次のとおり行うことを提案したところ、タイ側の同意が得られたのでM/Mの3.にその旨を記載した。

- ① 上記のPCDのM/P及びDDSの実施計画の見直しについては、計画フレーム値（人口、下水流入量等）及び処理区の設定といった、汚泥発生量予測及び汚泥処理処分計画に必要となる部分に限定したうえで必要があれば実施する。
- ② 最近の関連調査（1996年にPCDが実施したF/S等）及び実査の結果に基づき、流入水量・水質、放流量・水質の設定を行う。
- ③ 優先的に整備する必要のある処理区を選定する。

4) 対象汚泥

タイ側の意向を確認したところ、BMAでは下水汚泥と各家庭の腐敗槽汚泥及び事業所排水汚泥等との共同処理についても検討する必要があると考えており、下水汚泥のみならず右汚泥も調査対象としたい旨説明があった。下水道整備に伴い現在腐敗槽で処理されているし尿も将来的には本件調査の対象となりうることもあり、調査団としてもこれを認めざるを得ないと判断されたため、これに同意し、その旨M/Mの4.に記載した。

5) 再生水利用

再生水利用に関するタイ側の考えを聴取したうえで、調査団から本件調査において以下の項目を実施することを提案したところ、タイ側の同意を得たので、その旨M/Mの5.に記載した。

- ① 実査の結果に基づき再生水の水量・水質を評価し、用途を特定する。
- ② 特定用途における需要量予測から温水緩和の効果を予測する。
- ③ トイレ洗浄用水等への再利用の可能性を検討する。

6) 調査実施体制

ステアリング・コミッティの役割と必要性について理解を得たうえで、DDS及びDPC等から構成されるステアリング・コミッティを実施調査開始前の1998年7月までに設立する

ことで合意したので、その旨M/Mの6. に記載した。

7) 調査期間

計画フレーム及び処理区設定の見直しを行うため、当初計画よりも第1次現地作業を1か月、続く国内作業を0.5か月程度延伸させ、調査工程全体として約12か月程度とする必要があると判断されたところ、その旨タイ側に説明した。

大使館表敬時に担当書記官からは、既存M/Pの計画フレーム値及び処理区設定の見直しの結果については、タイ側内部で十分に検討できる時間を与えたうえで、タイ側と協議し理解を得るのが好ましいとの示唆があった。調査団としてもその必要性を理解し、IT/Rを第1次現地作業終了1か月前にタイ側に提示し、その間、実施調査団と十分に協議したいとの意向をタイ側に説明した。

いずれについてもタイ側の理解を得たので、これに基づきS/W添付のTentative Scheduleを変更した。

8) レポート

対処方針どおり各レポートは英文にて作成し、一般公開とすることでタイ側の了解を得た。またF/Rについて、タイ側からは調査の成果を関係者（ステアリング・コミッティメンバー、DPC、PCD、WMA等）に広く知らしめるため、100冊提出願いたいとの要望があった。これに伴う大幅な経費の増加はないと判断されたところ、調査団としてもこれに同意し、S/WのVI-4. にある冊数を要望どおり100冊と変更した。

9) タイ側便宜供与事項

タイ側の便宜供与事項を以下のとおりとすることを確認した。

- ① 実施調査団と共同作業を行うタイ側C/Pを実施調査開始前の1998年7月までに設立し、構成メンバーは少なくともDDS、DPCからそれぞれ配置することでタイ側の合意を得たところ、その旨M/Mの7. に記載した。
- ② DDSのあるBMA庁舎内に電話、fax、備品のついた事務所スペースを提供することを確認し、M/Mの8. (a) に記載した。

車輛は財政上の理由から負担困難とのタイ側の回答があったので、本部にその旨伝えることをM/Mの8. (b) に記載した。

C/Pに係る経費（給料、日当、調査旅費等）についてはタイ側負担であるとの当方の基本的スタンスを説明したところ、タイ側は理解を示し必要な措置を講じるとの回答があった。

10) 技術移転セミナー

タイ側はセミナーの実施について非常に関心を示した。調査の成果を関係機関に広く普及させるため是非とも開催したいとの意向から、特にS/Wにその実施を付記したいと要

望してきた。この要望内容は対処方針と異なるため、JICAタイ事務所及び本部とも検討したところ、過去の事例でもセミナーを介しての技術移転を調査範囲に含めたS/Wがあること、及び先方も適正規模での開催を念頭に置いていることからこの要望を受け入れることとした。その旨S/WのIV-14. 及びM/Mの9. に記載した。

第2章 現状と課題

2-1 概況

2-1-1 自然条件

(1) 気象

バンコクはチャオプラヤ川下流のデルタ地帯に形成されたタイ王国の首都で、年間の気温変化は小さく、日平均気温は26～30℃程度で4月が最も高くなる。

年間降雨量は1,400mm程度でその大部分が5～10月の間に集中しており、年間蒸発散水は1,800mm程度で年間平均湿度は77%程度である。

(2) 地形・地質

海拔は1～2m程度の平坦な地形となっており、地盤はほとんどが粘性土で構成され、地表面から0.5～3mが表土、その下部は3～8mの軟弱層が分布し、14m以深には硬質粘性土層が分布している。

2-1-2 社会条件

(1) 人口

バンコク市の人口は1936年には65万人であったが、その後劇的に増加し1987年には570万人となり、1996年には若干減少し550万人となった。1991～1996年のバンコク市の人口の推移を表2-1に示すが、この値は住民登録されている人口で実際の現在の人口1800万人ともいわれている。一方、1996年の人口密度は374,433人/km²となっている。

表2-1 バンコク市の人口の推移

単位：人

1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年
5,602,591	5,562,141	5,572,712	5,584,226	5,570,743	5,584,964

出典：Office for Central Civil-Registration, Department of Local Administration, Ministry of Interior

(2) 市街化面積

バンコク市の総面積は1996年現在1,568.74km²であり、市街化面積は1997年のJICAによる「バンコク都市環境改善計画調査」では1995年の541km²が2001年には606km²、2006年には719km²、2011年には884km²となると想定している。また、現在BMAでは新しい都市計画を策定作業中で、現在までに2回の公聴会が終了しており、1998年9月には新しい都市計画が公表される見込みである。

2-1-3 財政

1997年度（1996年10月～1997年9月）のBMAの年間予算は24,470.1百万バーツとなっている。
表2-2に1993～1997年のBMAの部門別年間予算と支出の推移を示す。

表2-2 BMAの年間支出と予算

単位：百万バーツ

	1993	1994	1995	1996	1997
Public Works and Traffic	3,055.8	3,529.1	4,597.2	6,688.9	7,744.5
Drainage and Waste Water Treatment	1,497.1	2,103.4	2,331.6	3,711.5	4,162.3
General Administration	2,364.5	2,671.0	3,947.2	3,350.2	3,729.5
Cleansing Service and City Orderliness Operation	1,885.7	2,116.9	2,260.6	2,529.6	3,171.1
Public Health	1,759.3	2,114.4	2,174.1	2,194.9	2,574.3
Social Service and Development	684.9	903.0	887.8	1,114.4	1,574.2
Education	592.7	732.2	801.5	810.6	1,244.2
Commercial of BMA	163.5	156.6	138.5	189.4	270.0
Total	12,003.5	14,326.6	17,138.5	20,589.4	24,470.1

出典：Budget Division, Office of The Permanent Secretary for The BMA

2-1-4 下水道及び清掃行政

(1) 行政組織

タイは、古くから独立を保ってきた国であるため、行政組織は高度に中央集権化されており、比較的良好に整備されている。中央行政組織は1府13省庁からなり、地方行政組織は県（チャンワット）、郡（アンプー）、地区（タンボン）、村（ムーバーン）という中央官庁による直接的な監督下にある縦割りの行政組織と、自治区・区（テーサバーン）、衛生区（スカピバーン）、バンコク首都圏庁、パタヤ特別市という比較的自治の進んでいる行政組織が混在している。県知事は、内務大臣による任命制であるが、バンコク首都圏庁については、1985年から公選制が復活している。中央行政組織及び地方強制組織を図2-1及び図2-2に示す。

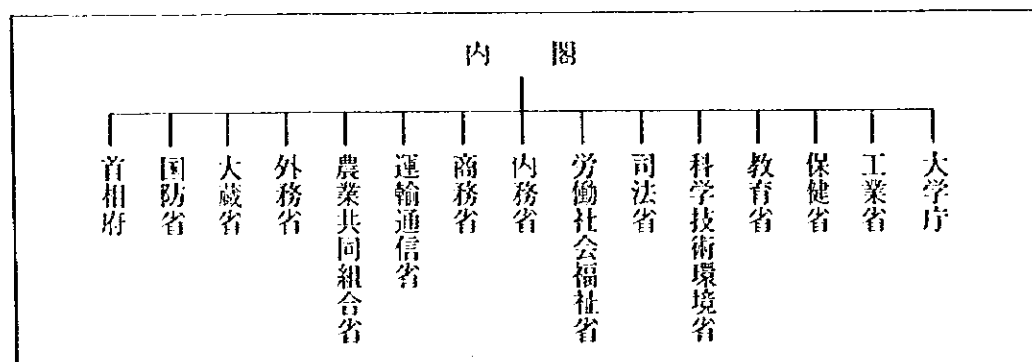


図2-1 中央政府の行政組織

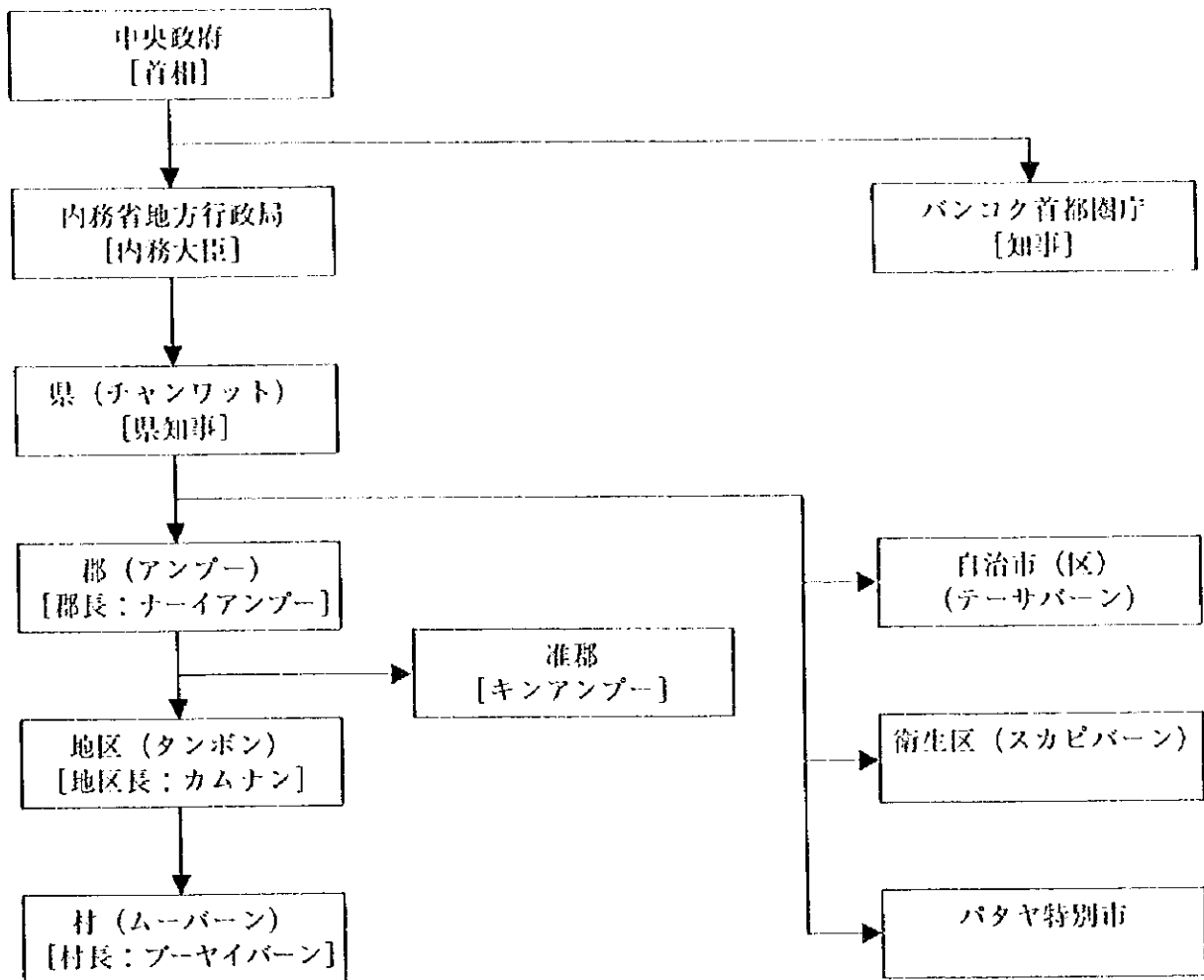


図 2-2 地方行政組織

(2) 水質汚濁防止行政

水質汚濁防止対策は、各々分野を所管している省庁が実施している。組織別の業務は次のとおりである。

1) 科学技術環境省 (Ministry of Science, Technology and Environment: MOSTE)

水質保全施策全般の企画、調整、水質環境基準の設定、水質モニタリング、公害防止地域・環境保全地域の下水道の実施

2) 工業省工業事業局 (Department of Industrial Works, Ministry of Industry: DIW/MOI)

産業環境部—排水基準の設定、河川の水質モニタリング等の工場廃水規制工場規制部—工場の設置、操業等にかかわる許認可

3) 保健省保健局 (Department of Health, Ministry of Public Health: DOH/MOPH)

病院等保健衛生施設の排水チェック、調査研究

4) 運輸・通信省港湾局 (Harbor Department, Ministry of Transportation and Communications : HD/MOTC)

海洋汚染、特に船舶からの廃油による水質汚濁の規制

5) 農業協同組合省 (Ministry of Agriculture and Cooperatives)

① 水産局 (Fisheries Department) - 沿岸海域の内水面漁場の水質モニタリング

② 王立灌漑局 (Royal Irrigation Department) - 河川管理

6) 内務省公共事業局 (Public Works Department, Ministry of Interior : PWD/MOI)

衛生部 (Sanitary Engineering Division : SED) が地方自治体の要請を受けて、バンコク以外のタイ国全土の都市における排水・下水事業、各都市の下水道計画、設計、建設、維持管理

7) バンコク首都圏庁 (Bangkok Metropolitan Administration)

公衆衛生局環境衛生部 - バンコクの水質汚濁問題に関する調査等

排水下水道局 - 下水道計画の策定、下水道事業の実施、運河の水質モニタリング、水質環境プロジェクト

(3) タイの下水道

タイは、伝統的に腐敗槽や浸透槽などの個別し尿処理システムが発達しており、人口密集地等からの下水も企業や個人の自己処理に任せてきた。しかし、都市部では家庭雑排水等未処理下水が公共用水域に流入するなどして、各地で水質汚染が進行したため、タイ政府も下水道事業に着手し始めた。国際的ビーチリゾートのパタヤ市で1986年本格的な公共下水道第1号処理場が供用開始したのを手始めに、その後、パトン (プーケット)、フアヒン等のビーチリゾートやコンケン、ナコンラチャシマ等の地方中核都市で下水道施設が建設されている。

バンコクは、これまでたびたび洪水被害に悩まされており、特に1983年の大洪水を契機に本格的に洪水対策が進められ、我が国からも多くの援助が行われてきた。それに対し、下水道事業の分野においては、これまで数々の計画 (我が国が1982年に策定したバンコク市下水道整備計画M/P等) が策定されてきたが、洪水対策優先のための実施が見送られてきた。しかし、近年になって、チャオプラヤ川、市内運河の水質汚濁の深刻さが認識されるようになり、下水道事業の機運が盛り上がり、1994年、バンコク首都圏庁 (Bangkok Metropolitan Administration : BMA) によりバンコク市初の下水道処理場が運転を開始したところである。また、BMA管内には、これ以上NHA (National Housing Authority) が建設した団地下水処理場14か所があり、現在、これらの施設のうち、13か所がNHAからBMA/DDSに移管されている。これらの団地概要については、後述の表2-6を参照されたい。

(4) バンコク市の下水道事業

バンコク首都圏庁（Bangkok Metropolitan Administration : BMA）は、バンコク市（面積 1,569km²）における幅広い地方行政にかかわる業務を担当しており、日本の東京都庁に相当するものといえる。その中で、排水下水道局（Department of Drainage and Sewerage : DDS）は雨水排水（洪水対策）事業と下水道事業を担当している。現在の主な業務は以下のとおりである。

- ① 下水道及び雨水排水（洪水対策）に関する基本計画、事業計画の策定
- ② 雨水排水施設の建設、改良、運転、維持管理
- ③ 洪水の監視、緊急対策、水防活動の実施
- ④ 下水道施設（下水処理場等）の建設、改良、運転、維持管理
- ⑤ 運河の水質監視
- ⑥ 事業所（工場を除く）の汚水処理施設の監視・指導（1997年2月より停止）

この他、BMAでは、8プロジェクト9処理場の計画が進行中である。

後で詳細に述べるが、PCD、WMAがBMA行政区域の下水道事業について関与することは、BMAから要請のない現時点では基本的にはなく、BMAが行政区域内の唯一の下水道事業主体といえる。

BMA及びDDSの組織図を図2-3及び図2-4に示す。

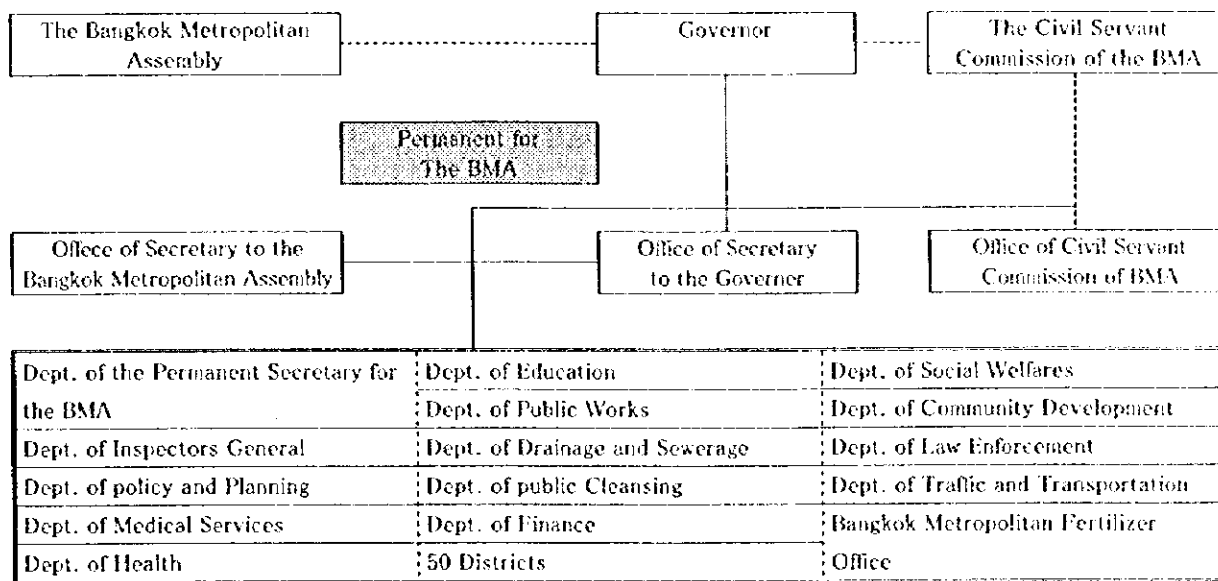


図2-3 BMAの組織図

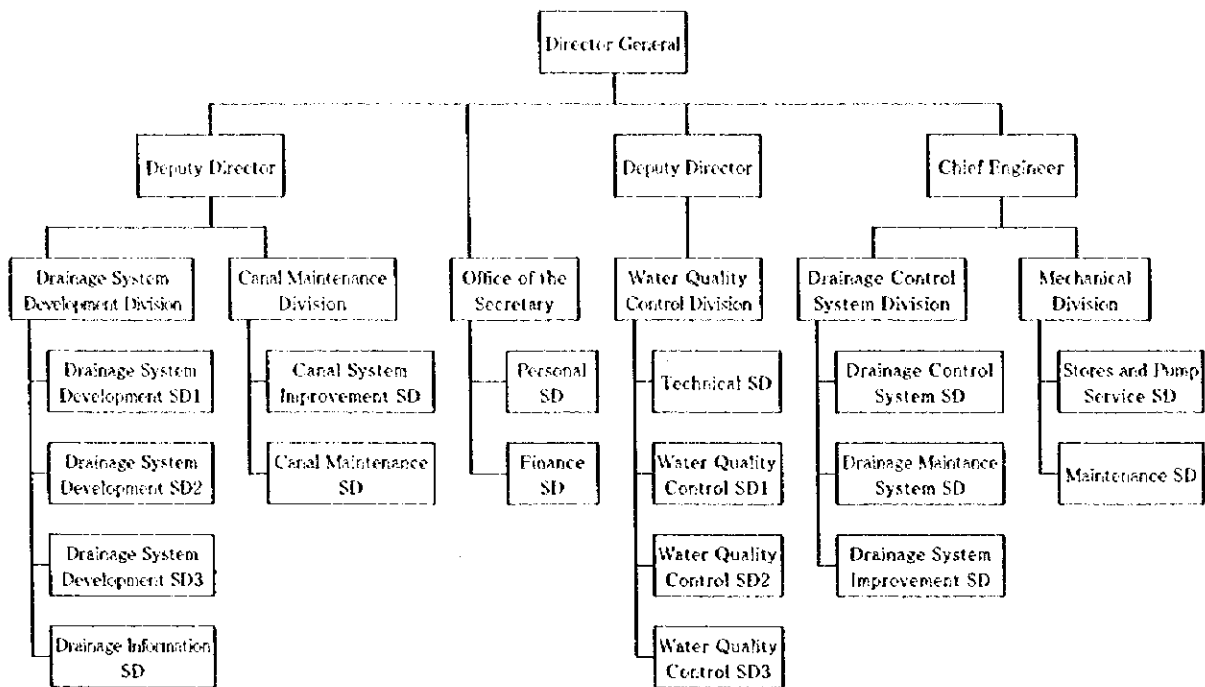


図 2 - 4 DDSの組織図

(5) 他の行政機関との関係

1) 内務省公共事業局 (Public Works Department, Ministry of Interior : PWD/MOI)

PWDは、主に、政府関係の施設の計画、設計、建設に関する業務及び地方公共団体に対する技術的援助を実施している。下水道事業についても、バンコク市以外は技術力、財政力とも弱いため、これまで、ここが地方自治体の要請に基づき、調査から建設までの事業を行ってきた。用地の負担と下水道施設の維持管理は、地方自治体が行うこととしている。下水道事業の担当部は、PWD17部の一つの衛生部 (Sanitary Engineering Division) で、その主要な事業は次のとおりである。

- ① 排水、下水、洪水防御、ごみ処理等の事業に関する測量、計画、設計、積算、建設、維持管理計画
- ② 公共施設の排水ポンプ施設、防火施設の設計 (建築部、構造設計部と共同実施)

上記①については、主として地方公共団体からの要請を受けて、調査から建設までの事業を行い、維持管理についても指導や研修を行っている。PWDでは2000年までに下水道を整備する地域として72地域を揚げ、この地域での下水道整備を進めてきた。現在、17か所で建設終了 (うち、供用開始14か所)、21か所で工事を行い、1997年度より10か所の事業に着手している。

しかし、1998年度以降は新規事業個所の予算獲得はできず、また、新規個所のM/P、D/Sの予算も認められていない。

また、タイ国内全域に及ぶ大規模な下水道・処理施設整備に向け、計画、設計、建設、運営、維持管理のための大量の自治体技術者用養成が急務とされてきたことから、日本の援助で技術研修所（TTI）の中に下水道研修センター（TCSW）が設置され、1997年から研修を開始している。

PWDの組織図は図2-5に示す。

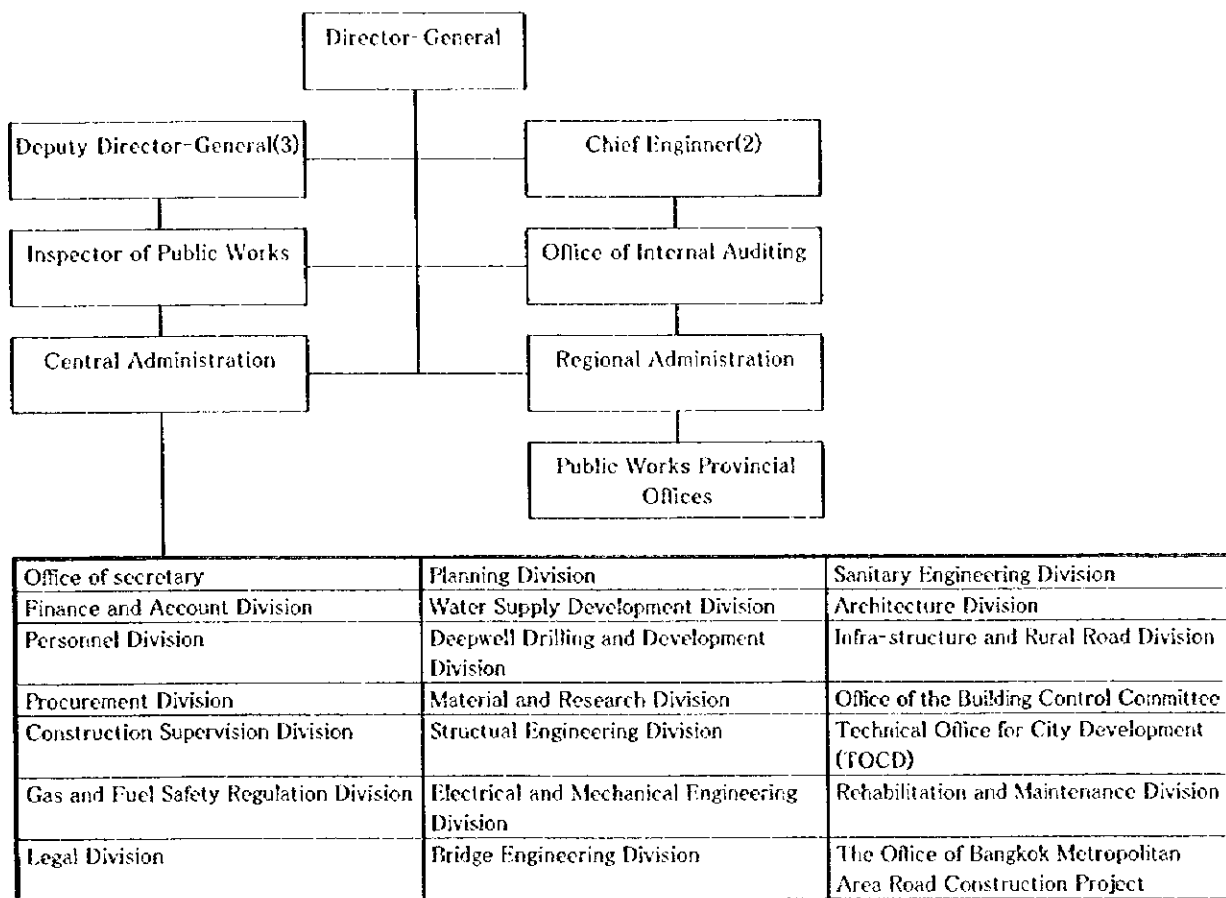


図2-5 PWDの組織図

2) 科学技術環境省 (Ministry of Science Technology and Environment : MOSTE)

MOSTEの組織図を図2-6に示す。

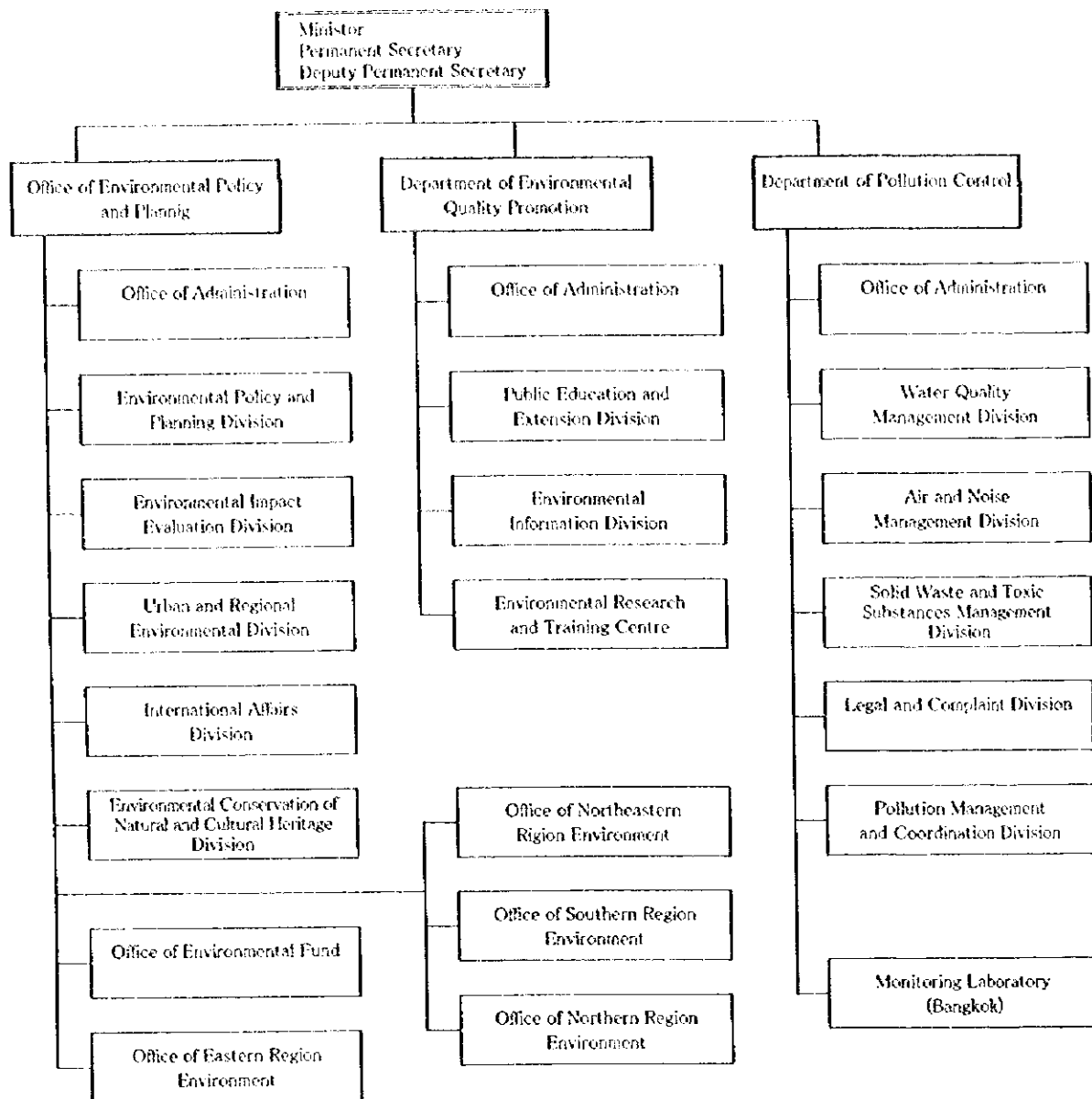


図 2 - 6 MOSTEの組織図

① 環境政策計画室 (Office of Environmental Policy and Planning : OEPP)

これまで、タイ国の公共下水道事業は、PWDとBMAが行ってきたが、1996年10月、下水道事業の政策決定権（予算配分権）は、国家環境委員会と科学技術環境省が担当し、事業実施は地方自治体とすることが閣議決定された。これは、国家環境保全促進法に基づくタイ全土の環境保全計画（Provincial Action Plan）の作成事務局がOEPPであることによるものであり、OEPPは、地方自治体が作成した下水道計画に対して予算配分を行い、事業は地方自治体自身が実施することになる。

② 汚染対策局 (Pollution Control Department : PCD)

1992年制定の国家環境保全促進法に基づき、公害防止地域（バンコク周辺5県）と環境保全地域の下水道事業はPCDが担当することになり、同指定地域内ではPWDによる計画途中のプロジェクトは、建設中のものを除きPCDの事業に移行した。国家環境保全促進法で規定する上記公害防止地域には、BMA行政区域は含まれない。したがって、BMA行政区域内での下水道事業は、現在BMAが独自に行い、PCDは直接関与できないことになる。ただし、BMAの要請があれば、PCDはBMA行政区域を公害防止地域に指定したうえで、同区域内の下水道計画、建設、維持管理に関与することができる。また、バンコク周辺5県の都市の下水道事業についても、PCDが事業実施するためには自治体の承認が必要である。現在のこの区域内の工事としては、サムットプラカン県のプロジェクト（ターンキー方式）が進んでいる。PCDの次の目標は、チャオプラヤ川とタチン川にはさまれた地域の水質汚濁の防止である。

3) 下水道公社 (Wastewater Management Authority : WMA)

WMAはバンコク市とその周辺5県（BMR）における下水道事業（計画から維持管理、料金徴収を含む）を行うために1995年に設立された公団で、その資金は全額政府（科学技術環境省）から支給されている。当面の主要業務は、担当区域内（BMR）で新たに下水道システム（管渠+処理場）を作り、他の実施機関（PWDやPCD等）が建設した下水道施設も含めたそれらの維持管理が主要業務である。各地域の下水道施設の維持管理は個々に民間企業とジョイントベンチャーで維持管理会社を設立し、WMAは個々の事業に30%を限度に出資し、持ち株会社としてその経営に参画することになる。民間企業には下水道料金の徴収権が与えられ、一定の期間で投資資金の回収を行う。当初WMAは、PCD管轄下の組織として設立されたが、現在は科学技術環境大臣の管理下になり、PCDとの業務分担の調整が進んでいる。PCDはBMR内のM/Pまでを担当する規制官庁となり、WMAが実施機関の位置づけとなるようである。しかしながら、現在、対象となる下水道事業に着手しておらず、また、民間企業で出資しているところもなく、実質的な業務はしていない。この2～3年でBMR内の下水道施設（ノンプリ等）の建設と維持管理を行うべく、BMR等の下水道技術者の引き抜き等により組織拡充を図っている。（組織定員160名に対し、実質82名が在籍）。WMAの組織図を図2-7に示す。

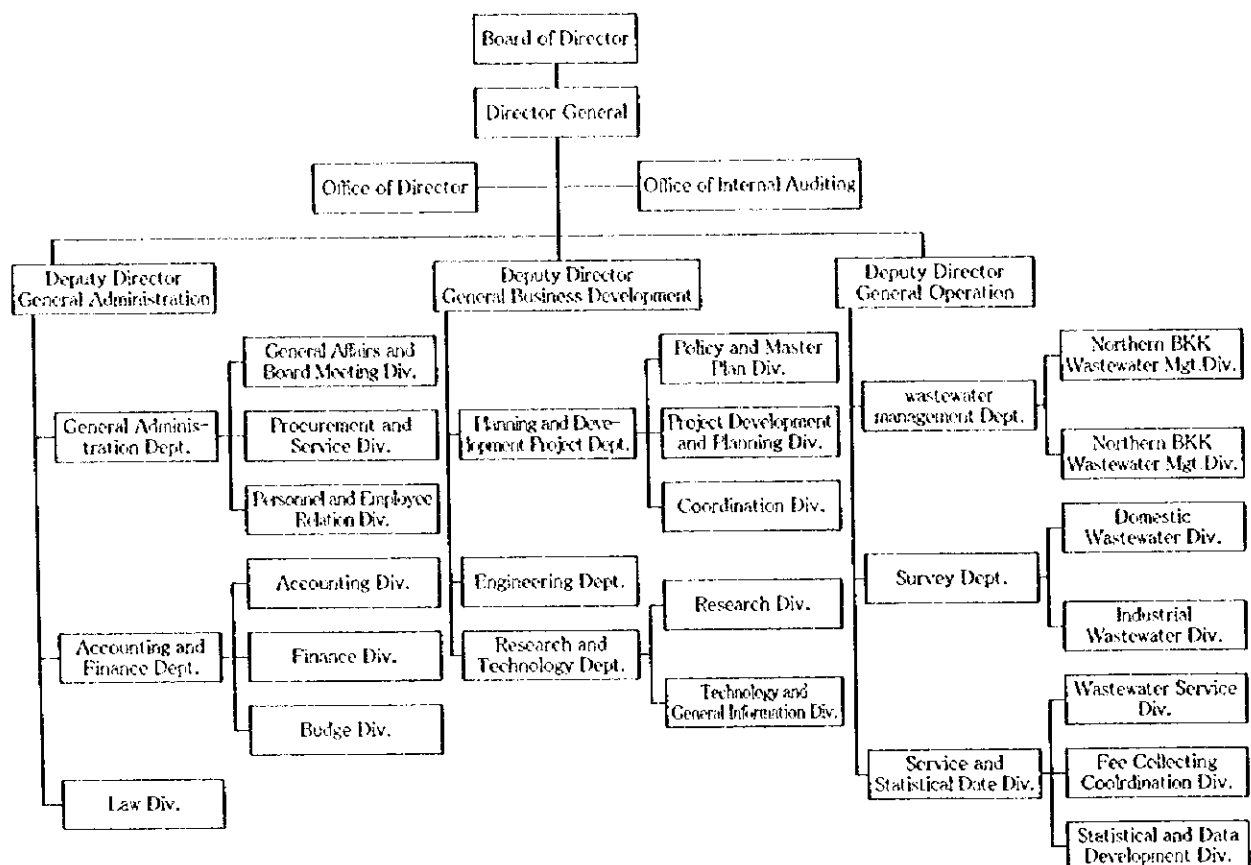


図 2 - 7 WMAの組織図

4) バンコク市の清掃事業

廃棄物行政については、保健省が公衆衛生法を所管し、公衆衛生の観点から一般廃棄物に関する調査研究、指導・助言等を行うようになっている。また、科学技術環境省が、有害廃棄物や産業廃棄物も含めた廃棄物全般にわたる調査研究、基準策定並びに環境影響評価等を行っており、工業省が、産業廃棄物に関する指導・監督、有害廃棄物の隔離埋立地・専用焼却炉の建設推進等を行っているが、実際の廃棄物処理行政は、地方自治体の管轄に属している。

バンコクの廃棄物処理行政は、バンコク首都圏庁内の清掃局 (Department of Public Cleansing : DPC) と 50 ある区が担当しており、DPC は廃棄物の処理と処分、更には医療機関、BMA の公設市場や事業系一般廃棄物の収集やし尿収集についても責務を負っている。

各区は、その区内で発生した廃棄物の収集を行うと同時に、道路の清掃を行っている。なお、運河のごみ収集については、排水下水道局が実施している。DPC の組織図を図 2 - 8 に示す。

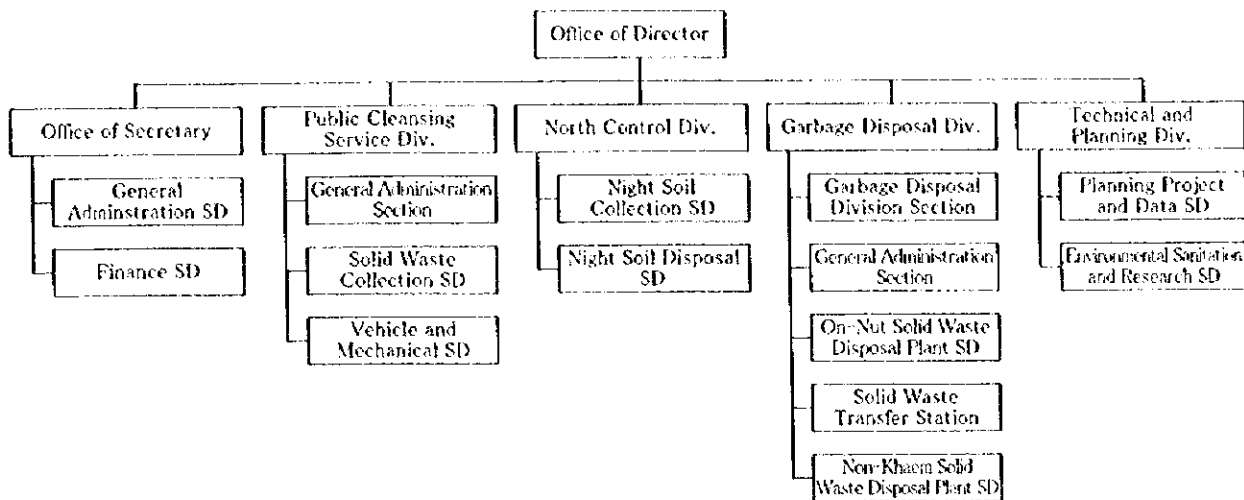


図2-8 DPCの組織図

2-1-5 環境関連法制度

(1) 経緯

タイ国政府は、急速な工業化と都市化を背景に進行する環境汚染に対応すべく、1975年に「国家環境の質的向上と保全に関する1975年法」を制定し、副首相を委員長とする「国家環境委員会 (National Environment Board)」を組織して環境汚染防止行政を推進することとした。その具体化のための委員会事務局として環境庁 (Office of National Environmental Board : ONEB) が科学技術エネルギー省の外局として新設され、環境行政全般の企画・立案を担当してきた。しかしながら、環境汚染状況に大きな改善が認められないままに推移したため、1992年「国家環境保全促進法」を新たに制定するとともに、科学技術環境省 (Ministry of Science, Technology and Environment : MOSTE) を新設し、従来の環境庁を、『環境政策計画室』『環境資質推進局』『汚染対策局』の3局に改組した。この組織図は、図2-6に既に示している。

(2) 国家環境保全促進法 (Enforcement and Conservation of National Environmental Quality Act. B. E. 2535 (1992))の概要

1992年に、従来の「国家環境の質的向上と保全に関する1975年法」「同1978年法」「同1979年法」を改正して「国家環境保全促進法」が制定され、国家委員会の格上げ (閣議レベル)、環境基金の設置、環境保全等の地域指定、公害規制委員会の設置と公害防止地域の指定、国家環境管理計画とそれに基づく地域環境計画の策定、汚染者負担の原則等が新たに盛り込まれた。この法律は、7章12節115条からなる膨大なもので、次のような構成になっている。

第1章 (12条～21条)	国家環境委員会
第2章 (22条～31条)	環境基金
第3章 (32条～51条)	環境保全
第1節 (32条～34条)	環境基準
第2節 (35条～41条)	環境
第3節 (42条～45条)	保護区域及び環境保全区域
第4節 (46条～51条)	環境影響評価書
第4章 (52条～93条)	汚染物質規則
第1節 (52条～54条)	汚染物質規則委員会
第2節 (55条～58条)	汚染発生源規制措置
第3節 (59条～63条)	汚染物質規制区域
第4節 (64条～68条)	大気汚染・騒音
第5節 (69条～79条)	水質汚濁
第6節 (78条～79条)	その他の汚染物質と危険廃棄物
第7節 (80条～87条)	検査・管理
第8節 (88条～93条)	サービス料及び罰金
第5章 (94条～95条)	奨励促進措置
第6章 (96条～97条)	民事責任
第7章 (98条～111条)	罰則

(3) 国家開発計画の中での環境の位置づけ

1991年10月から実施された第7次国家開発計画（1992～1996年）では、適正水準の経済の成長率の維持、地方への所得と経済発展成果の分配及び人的資源、生活の質・環境・自然資源開発の一層の推進を目的としているが、重点開発課題の一つの水質・大気汚染、固形廃棄物や有害廃棄物の排出規制と行政システムの整備を進めるなどの環境汚染対策や、インフラ・サービス開発における汚水処理システムの導入を義務づけている。また、“汚染者負担の法則”を明確に打ち出しており、いかなる計画も、それに伴う環境負荷を明確にしなければならないとしている。下水道整備計画についても、やはり、汚染者負担の原則を確立しつつ、政府の協力的な財政支援により集中的な投資を行うことにより以下の3点の推進を掲げている。

- ① 公共用水域の水質汚濁防止（特にチャオプラヤ川下流域）
- ② 都市基盤施設としての下水道（地方都市開発計画に基づく）
- ③ 観光促進のための下水道（特にビーチリゾートの水環境保全）

第8次国家開発計画（1997～2001年）では、天然資源の確保、都市と地方の環境保護をその目的に掲げており、技術的には、地方の人々や組織が天然資源の管理により深く関与する機会を保障するものとなっている。水質保全について、次の2点を掲げている。

- ① タイ国全土25河川流域における居住地からの汚濁防止計画の策定
- ② バンコクと周辺5県、チョンブリ、ラヨーン県の東部海岸地域、地方中核都市、海岸都市及び観光地における下水・廃棄物処理システム整備への投資の支援

(4) 環境影響評価（Environmental Impact Assessment : EIA）

1992年に国家環境保全促進法が改正されて、EIAの報告を環境省環境政策計画室環境影響評価課に提出する必要があるとされた場合は、実施計画段階でその報告書を準備することが義務づけられ、建設または運転に先立って科学技術環境省の許可を得る必要があるとされた。それと同時に、この報告書は、環境影響評価についての専門家として登録された人によって作成されなければならないとされており、1998年4月現在、コンサルタントや大学など56の機関が3年ないしは5年間有効な免許を有している。対象となる案件は、同法に基づき科学技術環境省の告示により表2-3のとおり特定されているが、今回の汚泥処理・処分施設及び再生水供給・利用施設は、環境影響評価の対象施設外である。環境影響評価の手順を、図2-9に示す。

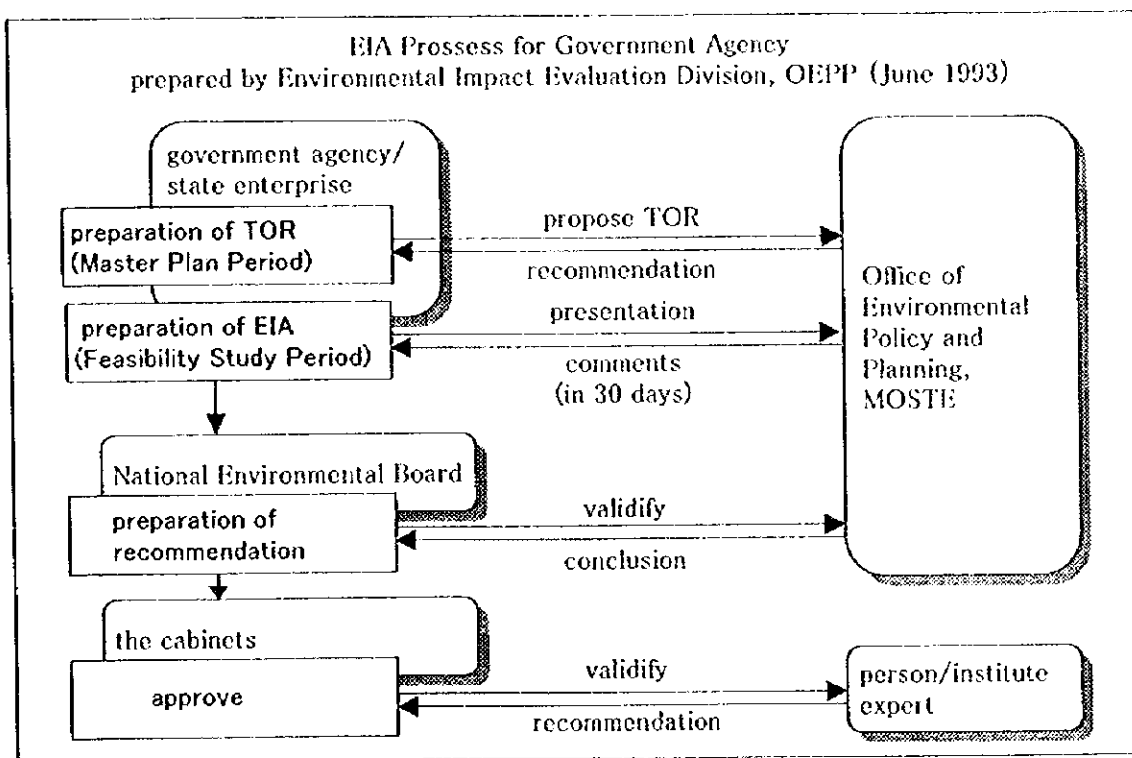


図2-9 環境影響評価の流れ

(5) 地球規模環境問題への対応

科学技術環境省を中心にこの問題に取り組んでおり、1992年の「国家環境保全促進法」の改正と同時に「野性生物保護法」「省エネルギー法」「有害物質規制法」、「工場法」「公衆衛生法」も併せて見直しするとともに、50億バーツの「環境基金」を環境保全のために創設している。また、世界の環境の保護と国際協力に積極的に関与する姿勢を持っており、オゾン層減少についてのモントリオール議定書や、希少生物の貿易協定などに署名し、ユネスコの世界遺産にも四つを登録している。

表 2 - 3 環境影響評估對象事業一覽表

Items	Types of projects or activities	Size
1	Dam or reservoir	Storage volume 100million m ³ or more or storage surface area 15 km ² or more
2	Irrigation	Irrigated area 80,000 rais (12,800 ha) or more
3	Commercial airport	All sizes
4	Hotel or resort facilities located in areas adjacent to rivers, coastal areas, lakes or beaches or in the vicinity of national parks or historical parks	80 rooms or more
5	Mass transit system under the Mass Transit System and Expressway Act or project as the same characteristic or mass transit which use rail	All sizes
6	Mining as defined by the Mineral Act	All sizes
7	Industrial estate as defined by the Industrial Authority of Thailand Act or projects with similar feature	All sizes
8	Commercial port	With capacity for vessels of 500 gross tons or more
9	Thermal power plant	Capacity of 10 MW. or more
10	Industries	Using raw materials which is produced from oil refinery and/or natural gas separation with production capacity of 100 tons/day or more
	(a) Petro chemical industry	
	(b) Oil refinery	All sizes
	(c) Natural gas separation or processing	All sizes
	(d) Chlor-alkaline industry requiring sodium chloride (NaCl) as raw material for production of sodium carbonate (Na ₂ CO ₂), sodium hydroxide (NaOH), hydro chloric acid (HCl), chlorine (Cl ₂), sodium hypo-chloride (NaOCl) and beaching powder	Production capacity of each or combined products of 100 t/day or more
	(e) Irons and/or steel industry	Production capacity of 100 t/day or more (production capacity shall be calculated by using furnaces capacity of ton/day multiply by 24 hours)
	(f) Cement industry	All sizes
	(g) Smelting industry other than iron and steel	Production capacity 50 t/day or more
	(h) Pulp industry	Production capacity 50 t/day or more
11	All types of projects located in the areas where it has been approved by the Cabinet to be watershed area as class 1B*	All sizes
12	Coastal reclamation	All sizes
13	Building in areas adjacent to rivers, coastal areas, lakes or beaches or in the vicinity of national parks or historical park	(a) Height of 23 m or more (b) Total floor area or any floor area in the building is 10,000 m ² or more
14	Residential condominium as defined by the Condominium Act	80 units or more
15	Land allocation for residential or commercial purpose	500 land plots or more or total developed area exceed 100 rais (16 ha)
16	Hospital which located (a) In area adjacent to rivers, coastal areas, lakes or beaches (b) In area other than (a)	(a) In-patient's bed of 30 beds or more (b) In-patient's bed of 60 beds or more
17	Pesticide industry or industry producing active ingredient by chemical process	All sizes
18	Chemical fertilizers industry using chemical process in production	All sizes
19	Highway or road as defined by the Highway Act, passing through following areas (a) Wildlife sanctuaries and wildlife non-hunting areas as defined by the Wildlife Conservation and Protection Act (b) National Park as defined by the National Park Act (c) Watershed area classified as Class 2 by the Cabinet Resolution (d) Mangrove forests designated as the National Forest Reserve (e) Coastal area within 50 meters from the maximum sea level	All projects with equivalents to or above the minimum standard of rural highway including roadbed expansion
20	Central waste treatment plants as defined by the Factory Act	All size
21	Sugar Industry (a) producing raw sugar, white sugar, refined sugar (b) producing glucose, dextrose, fructose, or the like	All size production capacity of 20t/day or more
22	Petroleum Development (a) Geophysical drilling exploration and/or production (b) Oil and	all sizes all sizes

note : * means watershed classification (Class 1A, 1B, 2, 3, 4, 5). Bangkok are is excluded from watershed classification area.

2-1-6 現況施設及び将来計画

(1) 下水道計画

1) 下水道計画の変遷

バンコク市の下水道計画は1960年から種々策定されている(概要を表2-4に示す)。表2-4に示すように、バンコク市を対象とした下水道計画は数多く策定されてきたが、現在BMA/DDSが施設整備の基本としている下水道計画は1993年にMOSTE/PCDが策定したBangkok Metropolitan Region Wastewater Management Master Plan (以下PCD計画という。図-10にPCD計画の計画処理区域を示す)で、事業実施にあたっては必要に応じてこの計画の見直しを行い実施計画を策定している。また、現在の施設整備の順位は処理場建設用地の確保ができた処理区より整備を開始する手法をとっている。

全国下水道事業の政策決定権(予算配分権)は1996年10月の閣議決定で国家環境委員会とMOSTEが担当することとなり、事業実施主体は地方自治体となったが、環境保護法で規定されている公害防止地域下水道事業はMOSTE/PCDが担当している。しかし、BMA区域内は公害防止地域に含まれていないためBMR区域内の下水道事業のPCDは直接関与できず、BMA/DDSが引き続き実施している。

表2-4 下水道計画の変遷

年次	名称	指導機関	コンサルタント	概要
1960	Grater Bangkok Plan	BMA	Litchfield Whiting Browne and Associates (USA)	Grater Bangkok,とTonburi地区の上水、雨水排水及び汚水の計画で排除方式は分流式で2箇所の下水処理場を推奨している。
1962	Report on Sewerage and Sewage Disposal for the Central Area of Bangkok of Bangkok	BMA	Husband and Co.(UK)	Central Area of Bangkokを対象とした、より具体的な下水処理施設と分流式の計画。
1962	A Study of Drainage and Sewerage for Bangkok	BMA	A.L. Tholin(USA/ Thai Consultant)	本調査は、緊急の課題である雨水排除と汚水排除を低コストで実現するために、既存の排水路を利用した合流式の導入を推奨。
1965	Sewerage, Drainage and Flood Protection Systems for Bangkok and Tonburi	BMA	Camp Dresser and McKee (USA)	このマスタープランでは晴天時平均汚水量の5倍量を集めるシステムを提案。下水処理場はチャオプラヤ川の西部に設置。
1981	Bangkok Sewerage System Project, Master Plan	JICA/BMA		既往調査の見直しを行い、経済性から分流式を推奨し、既存の合流部分は分流式が普及するまでの間合流式とするもので、全計画区域を10処理区に分割している。
1988	Water Quality Management		Thailand Development Research Institute	クローン沿いに収集管を整備し全ての乾期は汚水をこれで排除し、雨期には雨水汚水混合水がオーバーフローさせる。全体を8処理区に分割を提案。
1993	Bangkok Metropolitan Region Wastewater Management Master Plan	PCD	MACRO Consultants Co. et al, (Thailand)	バンコク市を対象とした下水道計画で全体を24処理区に分割。
1996	Bangkok Metropolitan Region Wastewater Management Action Plan and Feasibility Study	PCD	MONTGOMERY WATSON ASIA/ADB	ADB援助でBangkok Metropolitan Regionの下水道整備計画で、全体を6処理区に分割している。

2) 下水道事業計画

バンコク市の計画処理区域はJICAのM/P及びPCDのM/Pの24処理区を基本として現在は9プロジェクト10処理場の事業計画が策定され、事業実施に移されている。また、このうちSi Phraya処理場が1994年に通水し、1997年にはさらに2か所の処理場が通水する予定区であったが、工事進捗や経済的事情からこの処理場の通水は遅れており、現在通水している処理場はSi Phrayaのみである。表2-5に各処理施設の計画概要を図2-11に処理区域図を示す。なお、表2-5に示す計画のうち(2)～(5.2)は既に工事施工中で、(3)以降はターンキー方式で施設建設が行われている。また、(6)は現在設計中で、(7)～(9)は計画のみで今後見直しの可能性もある。

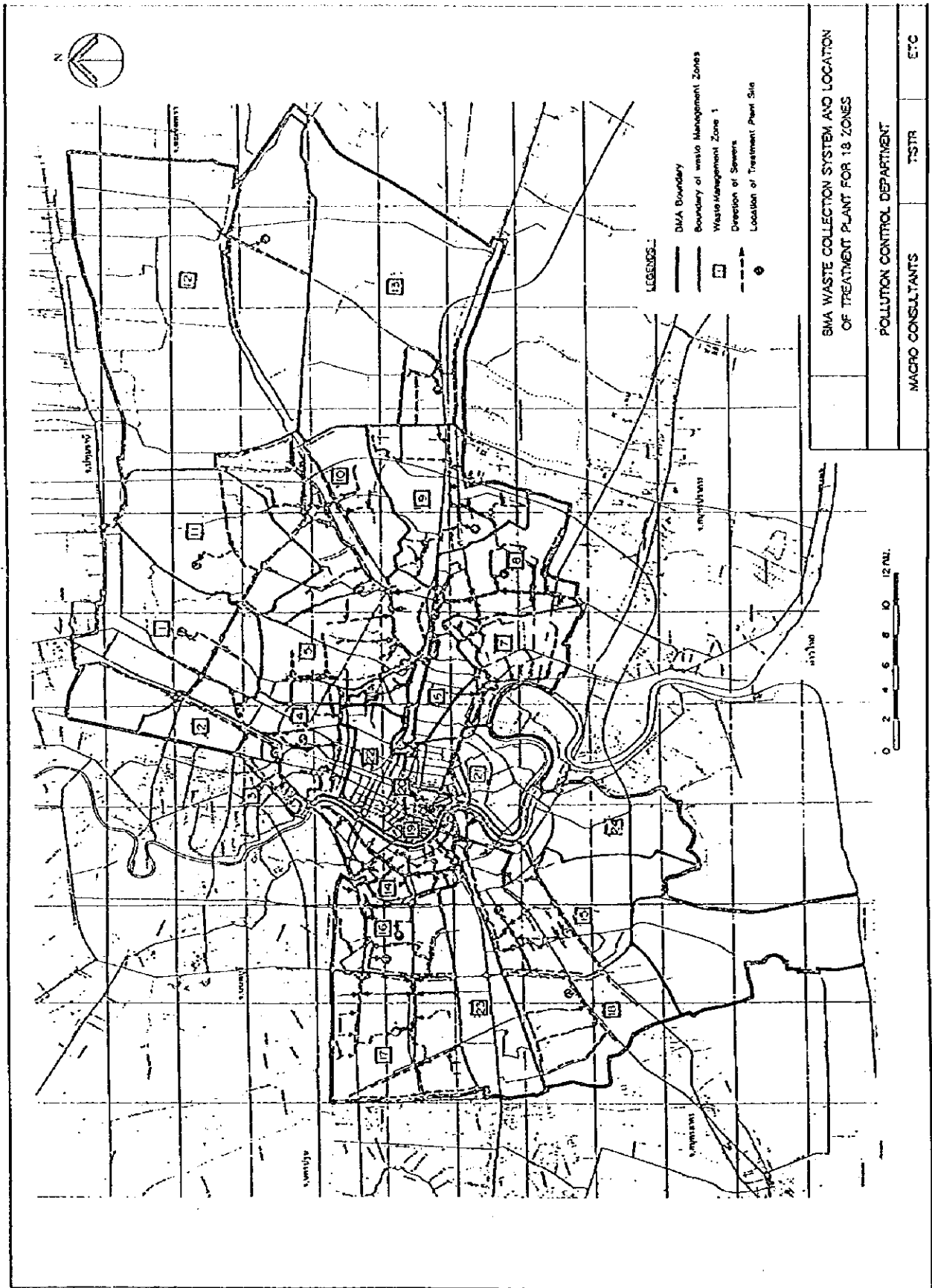


図 2-10 PCD計画による処理区域

表 2 - 5 下水処理場の計画概要

	Si Phraya	Ratanakosin	BKK Central (STAGE1)	Yanona	Naeng Khao	Raburana	Stage-4	Klong Toey	Thonburi	Nong Bon
番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5.1)	(5.2)	(6)	(7)	(8)	(9)
流域面積 (km ²)	2.7	4.1	37	28.5	41	42	33.4	57.2	51.2	58.0
処理人口	120,000	70,000	1,080,000	580,000	377,000	235,000	433,000	694,000	1,381,000	未定
処理方式	活性汚泥法	二段活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	活性汚泥法	未定
施設敷地面積 (ha)	0.16	0.64	2.72	3.2	8.96	1.44	1.12	未定	未定	未定
処理能力 (m ³ /day)	30,000	40,000	350,000	200,000	157,000	65,000	150,000	261,000	518,000	125,000
建設費 (億 baht)	4.6	8.8	64	47	36	29	37	34.7	54.3	37
建設期間 (予定)	1991/9 1993/12	1993/9 1997/10*	1993/11 1997/12*	1995/7 1999/7	1996/9 2000/9		1997/12 2001/11	未定	未定	未定
財源	国費	100%	75%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
BMA	100%		25%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
設計水質 (mg/l)										
流入	BOD	150	200	150	150	150	150	150	150	150
	SS	150	200	150	150	150	150	150	150	150
放流	BOD	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	20
	SS	<30	<30	<30	<30	<30	<30	30	30	30

注) *は完成予定で、現在工事施工中であり完成は遅れている

また、BMA管内には前記以外にNHA (National Housing Authority) が建設した団地下水処理場14か所があり、現在これらの敷地の内13か所がNHAからBMA/DDSに移管されている。これらの団地下水処理場概要を表2-6に示す。

表 2 - 6 NHAからBMA/DDSに移管された団地下水処理場の概要

(1997年12月現在)

番号	名称	建設年	処理能力 (m ³ /day)	処理人口	排除方式	処理方式	移管年
1	Huay Kwang	1975	2,400	16,800	分流	標準活性汚泥法	1990
2	Bang Na	1981	1,650	8,280	分流	OD法	1990
3	Klong Chan	1979	6,500	32,190	合流	長時間曝気法	1993
4	Ram Indra	1973	800	4,060	合流	長時間曝気法	1993
5	Tung Song Hong 1	1984	3,000	15,015	合流	長時間曝気法	1993
6	Tung Song Hong 2	1984	1,100	5,555	合流	長時間曝気法	1993
7	Hua Mark	1978	600	2,940	合流	長時間曝気法	1997
8	Phibon Watana	1979	400	2,060	合流	長時間曝気法	1997
9	Klong Toey	1983	1,460	7,200	分流	長時間曝気法	1997
10	Tasai	1978	1,400	7,095	合流	長時間曝気法	1997
11	Rom Klao	1985	3,800	19,150	分流	長時間曝気法	1997
12	Bon Kai	1983	400	1,900	分流	長時間曝気法	1997
13	Bang Bua	1980	1,200	6,070	分流	OD法	1997
14	Din Daeng	1978	1,000	5,100	分流	長時間曝気法	-
合計			25,710	133,415			

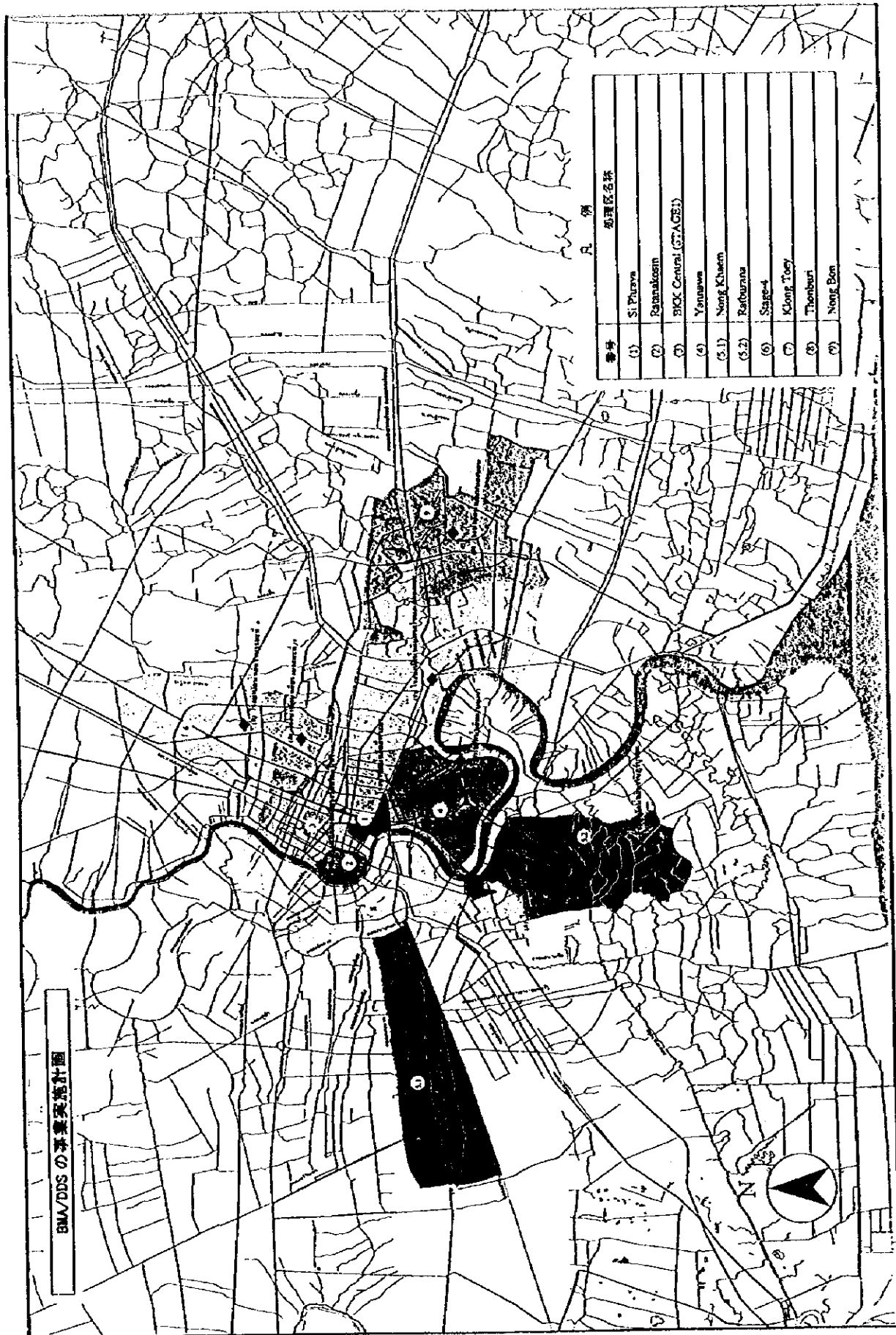


図2-11 処理区域図

(2) 下水処理施設

1) 汚水排除方式

団地下水を除く下水処理区域の汚水排除方式は、雨水排水路を兼用した合流式でクローン（運河）等に排出される前に遮集されている（図2-12、図2-13参照）。各家庭のし尿セプティックタンクを経てこれらの排水路に排出されている。

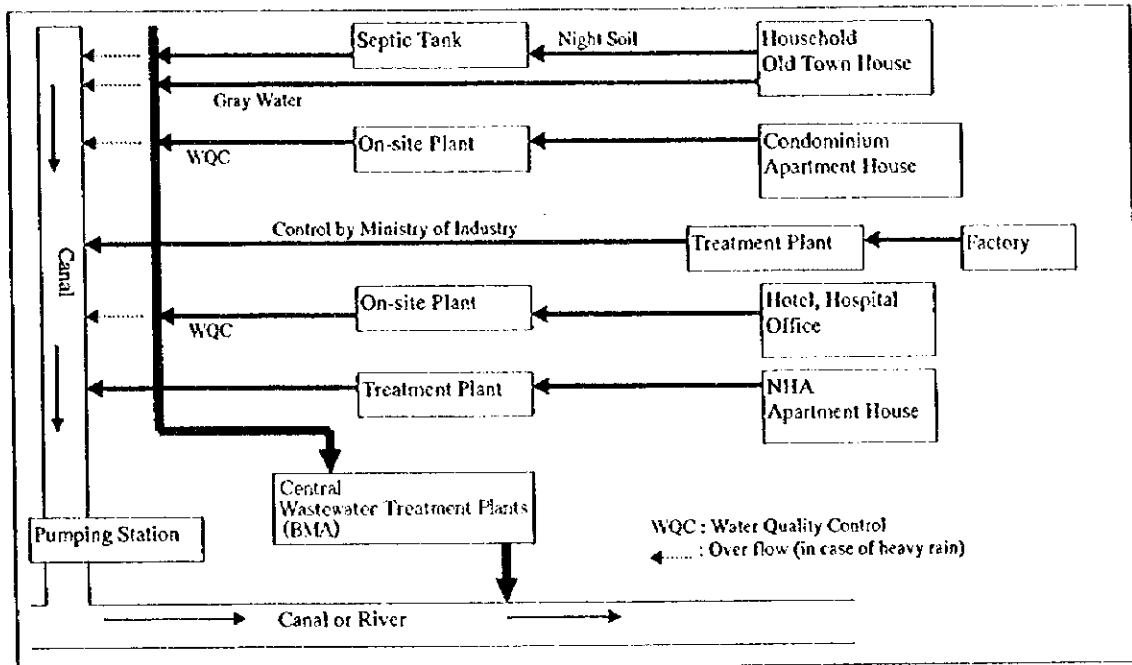


図2-12 BMA内での下水道システムフロー

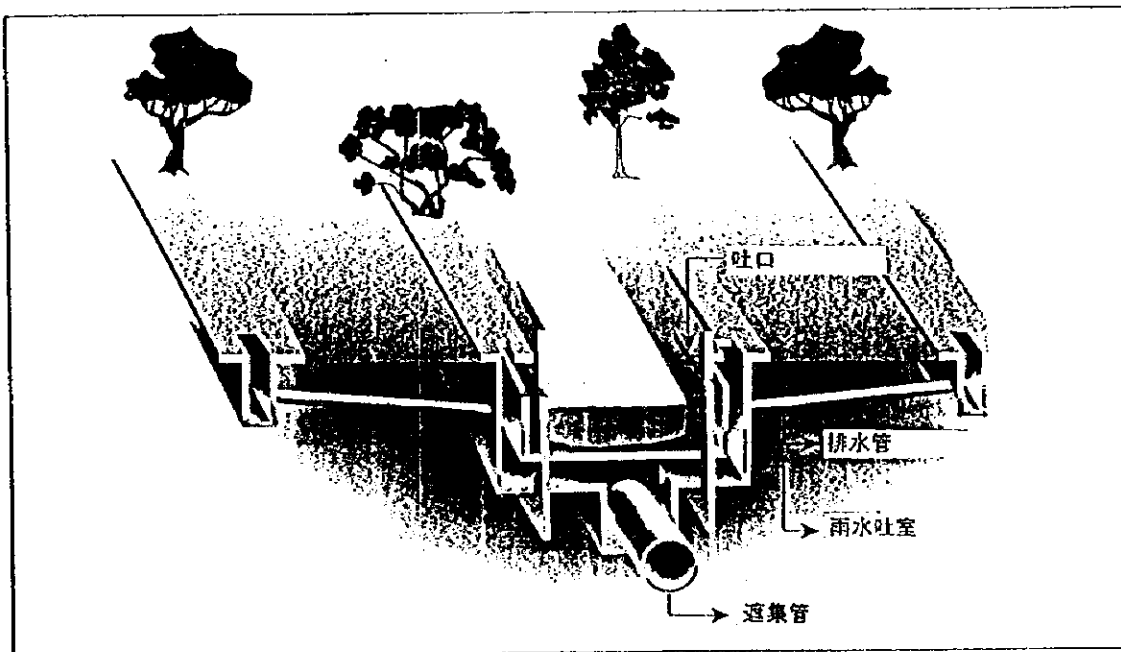


図2-13 遮集管の概念図

2) 流入水量・水質と処理水質

下水処理場への流入水質は汚水排除方式が合流式で、流入し尿がセプティックタンクを經由している大型の下水処理場と、分流式の団地下水処理場では大きく異なっている。

合流式を採用している下水処理場（Si Phraya処理場）の実際の流入水質は設計値（BOD150mg/ℓ）に比べてBOD60～78mg/ℓ程度とかなり低い値となっている。そのためか、放流水質は設計値のBOD20mg/ℓに比べBOD4～5mg/ℓとかなり低いものとなっている。

また、流入水量は設計値が30,000m³/日であるのに対して20,000m³/日程度となっており、3系列ある処理施設（図2-14参照）のうち1系列は使われていない。

一方、分流式を採用している団地下水処理場はHuay Kwang処理場（図2-15参照）を例にとれば、各戸にセプティックタンクが設置されているが流入水質はBOD125～270mg/ℓ程度で、処理水質は定常時はBOD20～60mg/ℓ程度となっている。しかし、維持管理は必ずしも適切に行われているとは言い難く、汚泥消化脱離液や脱水脱離液等の多量の系内循環水が流入すると無処理でオーバーフローさせたりして放流水質悪化を招く減少がしばしば生じている。また、流入水量は設計値2,400m³/日であるのに対して1,500～1,800m³/日程度で推移している。

以上のように、汚水排除方式が合流遮集方式である下水処理場の流入水量・水質とも計画値を下回っており現地では過大設計という議論もあり、これらの事項は汚泥生成量とも密接に関連することから本調査でその原因を究明し、計画に反映させる必要がある。

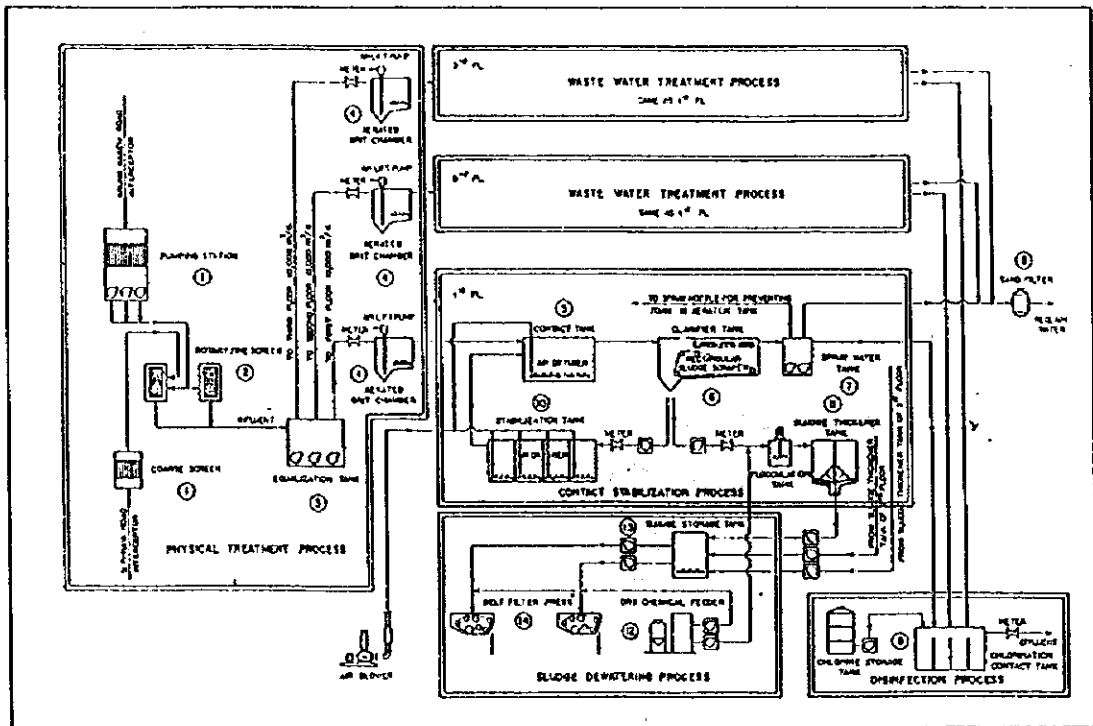


図2-14 Si Phraya下水処理場フローシート

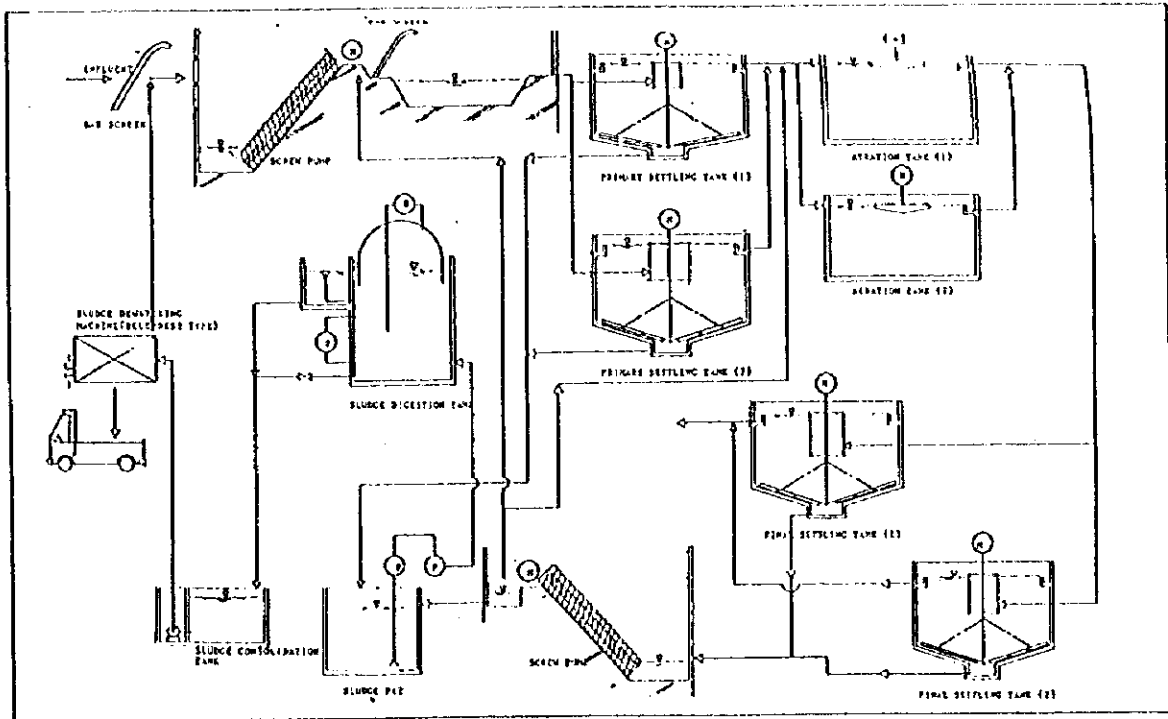


図 2-15 Huay Kwang 下水処理場フローシート

3) 汚泥処理

合流式の Si Phraya 処理場の汚泥発生量は流入水質が低いこともあって非常に少なく、汚泥脱水機は設置されているものの運転は 1 回/週（処理量は $4 \text{ m}^3/\text{週}$ 程度）しか行われていない。

一方、分流式の団地下水処理場（Huay Kwang 処理場）では消化槽投入汚泥量が $11 \text{ m}^3/\text{日}$ 程度で脱水ケーキ量は含水率 86% で $1.4 \text{ m}^3/\text{日}$ 程度となっている。また、消化ガスは何ら再利用されることなく大気へ放散されている。

これらの脱水ケーキはその絶対量が少ないことから現在は公園や街路の緑地へ肥料代わりに利用され処分されているが、今後大型の下水処理の通水に伴って発生する大量汚泥の収集・運搬・処理・処分が問題となる。

表 2-7 に AIT が実施した下水処理場汚泥の分析結果を示す。この結果によれば Si Phraya 処理場の汚泥は Huay Kwang に比べ有機物が少なく、重金属類が高い。重金属類の濃度が高い原因は Si Phraya の流域内には除害施設などを持たない零細な家内工業等が広く分布しており、これらの企業から排出され排水に起因することが考えられる。汚泥の農業利用を考えた場合にはこれらの零細な企業に対する排水規制をどのように行っていくのが課題となる。

表 2-7 汚泥の分析結果

	単 位	Si Phraya	Huay Kwang
含水率	%	80	86
TS	%	20	14
VTS	%	39	57
TKN	g/kg	30	38
T-P	g/kg	1.5	2.03
アルカリ	g/m ³	—	—
pH	—	7	7.2
Cd	mg/kg DS	1.5	2.4
Cr	mg/kg DS	256	58
Cu	mg/kg DS	1,390	245
Pb	mg/kg DS	64	21
Mn	mg/kg DS	2,819	346
Ni	mg/kg DS	606	108
Zn	mg/kg DS	1,650	2,212
Hg	mg/kg DS	—	—
大腸菌群	MPN/kg DS	1.5×10 ⁶	—

(3) し尿処理施設

BMA行政区域内のし尿の処理処分はBMA/DPCが担当している。し尿処理施設に搬入されるし尿の定義は日本のそれと異なる。各戸には必ずトイレ排水のためのセプティックタンクや浸透槽が設置されているため生し尿の発生はなくセプティックタンク、浸透槽及び事業所等のオンサイト処理施設（一定規模以上の建築物には排水規制がかけられている）から発生する汚泥等を、バキューム車で収集し、し尿処理施設へ搬入している。図2-16にこれら処理場の収集区域と位置を示す。これらのセプティックタンク等から汲み取りは有料で1m³当たり50バーツとなっている。表2-8と表2-9にそれぞれ、し尿収集実績、原単位等及びし尿処理施設の計画概要（計画値）を示す。

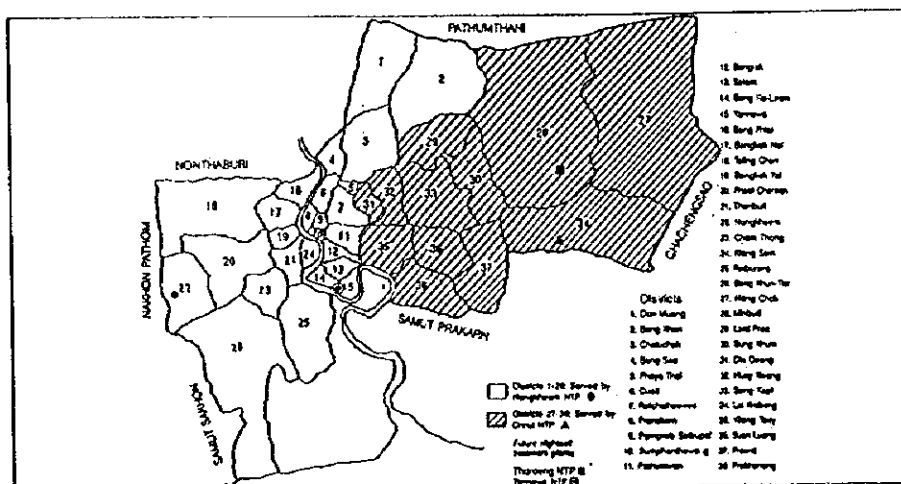


図 2-16 計画収集区域とし尿処理施設位置図

表 2-8 し尿収集実績

	収集世帯数	収集量 (m ³)	原単位	
			m ³ /世帯/年	m ³ /人/年
1991年10月～1992年9月	115,537	130,216	1.13	0.28
1992年10月～1993年9月	124,605	153,062	1.23	0.31

表 2-9 し尿処理施設の計画概要 (計画値)

	処理能力 (m ³ /日)	処理方式	発生汚泥量	
			含水率20% (m ³ /日)	乾物量(DS-t/日)
Nong Khaem	600	硝化・脱窒素法	78	15.6
Onnut	600	活性汚泥法	78	15.6

現在、BMAには2か所のし尿処理施設 (Nong Khaem, Onnut) がありいずれもBMA/DPCが所管しているが、目視した感じではセプティクタンク汚泥といってもその性状は日本のし尿処理場に搬入されている生し尿に近い。図2-17及び図2-18にそれぞれの計画概要を示すが、現在のところこれらの施設へのし尿の搬入量はNong Khaem処理場で200m³/日程度、Onnut処理場で150～200m³/日程度である。Nong Khaem処理場では維持管理を民間に委託しており、その契約条件の日処理量の最小値が400m³/日であるので、し尿の搬入量が400m³/日に満たない場合は都市ごみ最終処分場からの浸出水の処理を行い、400m³/日の処理量を確保している。

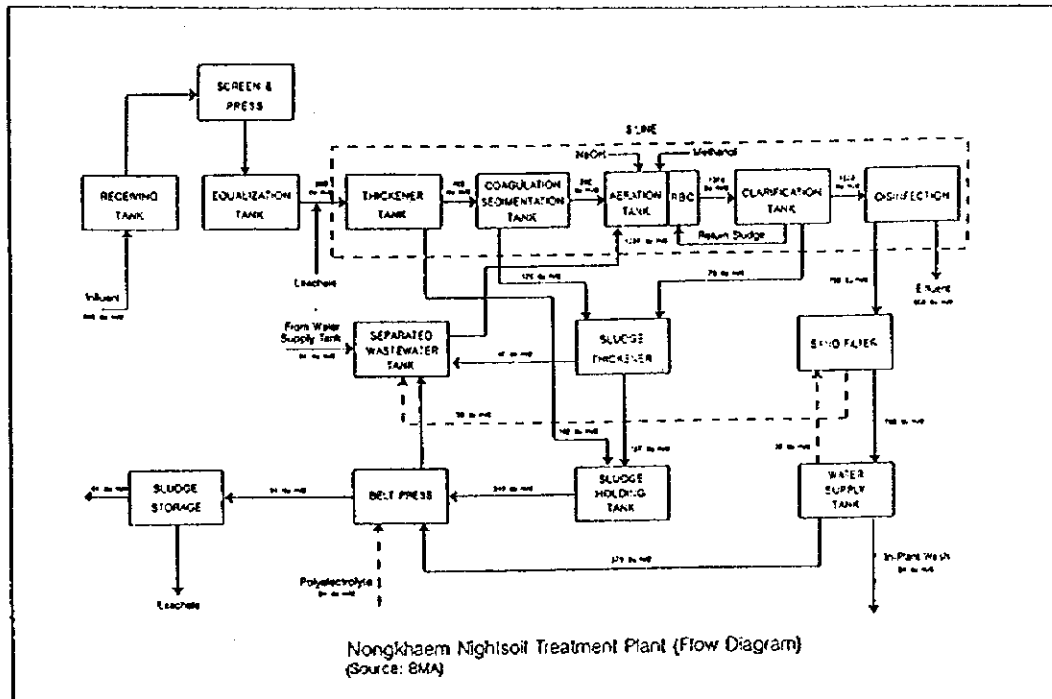


図 2-17 Nongkhaemし尿処理施設のフローシート

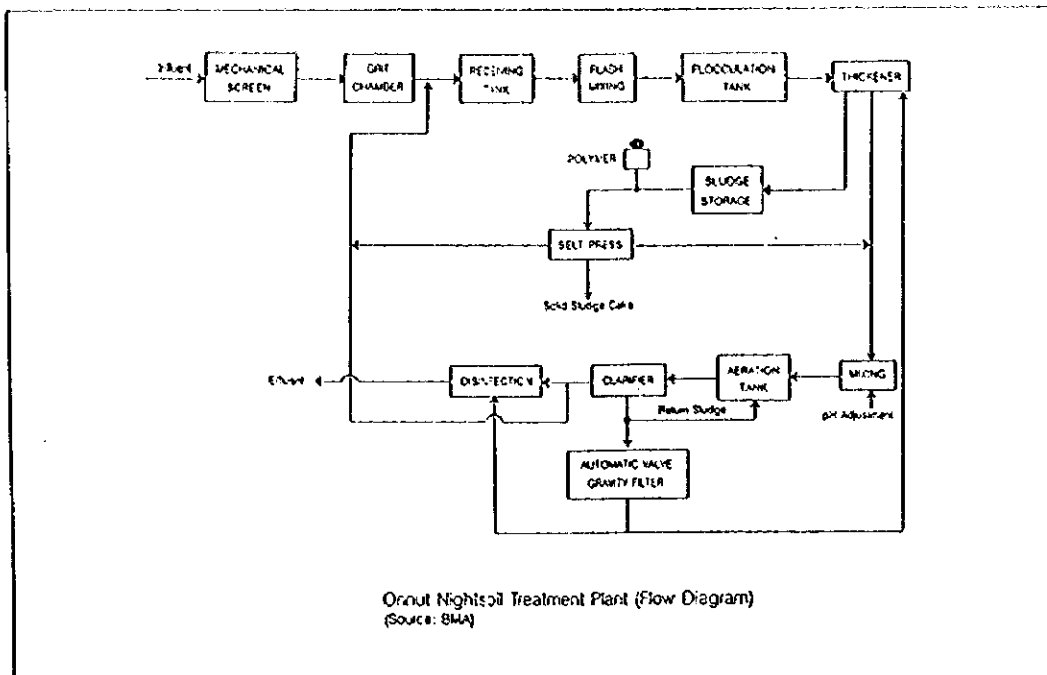


図 2 - 18 Onnutし尿処理場のフローシート

し尿処理施設からの発生汚泥は両処理施設ともに脱水処理しケーキを野積にしている。これを農家などが無償で引き取り肥料等としているが、引き取りが間に合わない場合には産業廃棄物処理業者に委託処分している。表 2 - 10 に Nong Khaem 処理施設の汚泥の性状を示す。

表 2 - 10 Nong Khaem し尿処理施設の脱水汚泥の性状

	単 位	1995年測定	1997年測定
含水率	%	81	79
TS	%	19	21
VTS	%	70	70
TKN	g/kg	27.5	41.5
T-P	g/kg	10	2.9
アルカリ	g/m ³	2,588	—
PH	—	—	7.1
Cd	mg/kg DS	3.5	2.8
Cr	mg/kg DS	16.3	63.8
Cu	mg/kg DS	367.8	442.4
Pb	mg/kg DS	37.4	15.1
Mn	mg/kg DS	310.3	333.7
Ni	mg/kg DS	42.6	40.8
Zn	mg/kg DS	2,169	2,567
Hg	mg/kg DS	5.9	—
大腸菌群	MPN/g DS	—	4.5×10 ⁵

(4) 廃棄物処理施設

バンコク市内から発生する廃棄物のうち都市廃棄物処理・処分はBMA/DPCが担当し、産業廃棄物は発生者が自らの負担で処理・処分を行う。有害固形産業廃棄物は工業省が出資している民間会社（GENCO社）が、メッキ廃液等の有害液体産業廃棄物はGENCO社とSAMAEDUM社が有償で処理・処分している。

現在バンコク市内から約8,000t/日の都市ごみが収集され、有害廃棄物及び感染性廃棄物（医療廃棄物）を除いて1,000t/日がコンポスト化施設へ搬入され、残りの7,000t/日は中継基地を経て2か所の最終処分場へ運搬され埋立処分されている。これらの中継基地はかつては最終処分場であったが満杯となり現在は中継基地となっている。バンコク市内では埋立処分地の確保が困難となっており、2か所の処分場のうち1か所はNakonpathum県に立地している。また、有害都市ごみ（廃乾電池、蛍光管等）は前述の有害産業廃棄物処理会社（GENCO社）にて処理・処分され、感染性廃棄物はOnnutの感染性廃棄物専用の焼却炉にて焼却処理されている。これらの都市ごみのフローを図2-19に、最終処分場の位置を図2-20に示す。

また、ごみ量は2000年には9,800t/日、2010年に現在の約2倍の約16,000t/日まで増加すると予測されている。

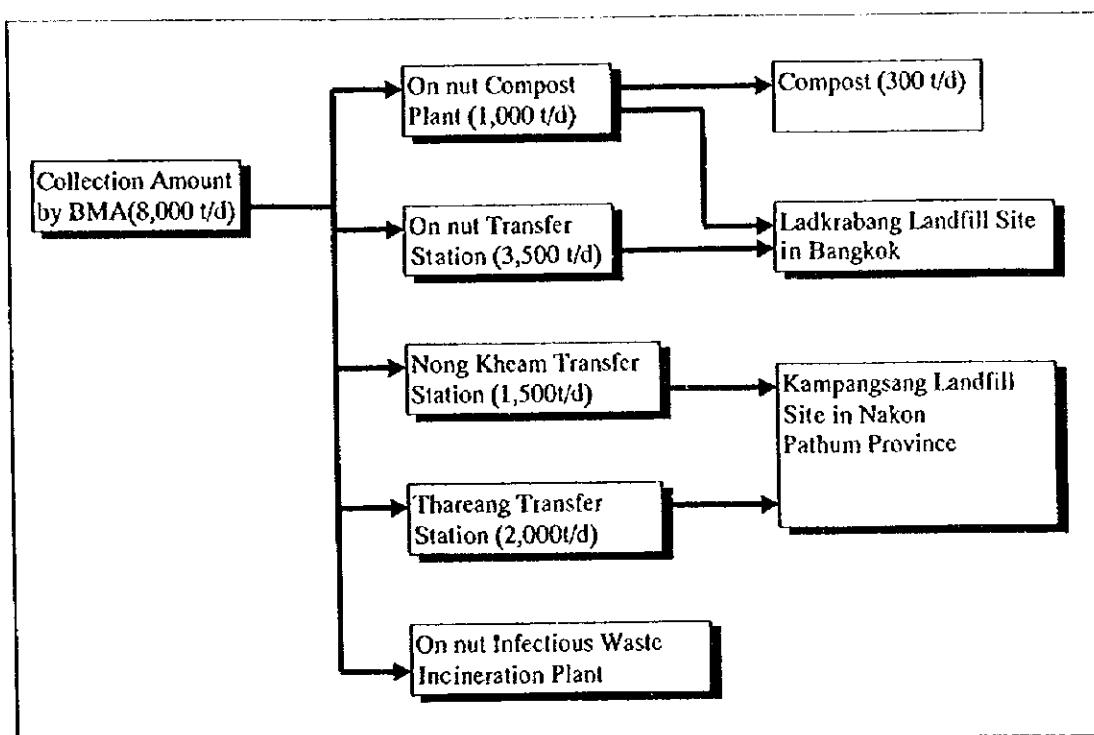


図2-19 都市廃棄物の処理処分の流れ

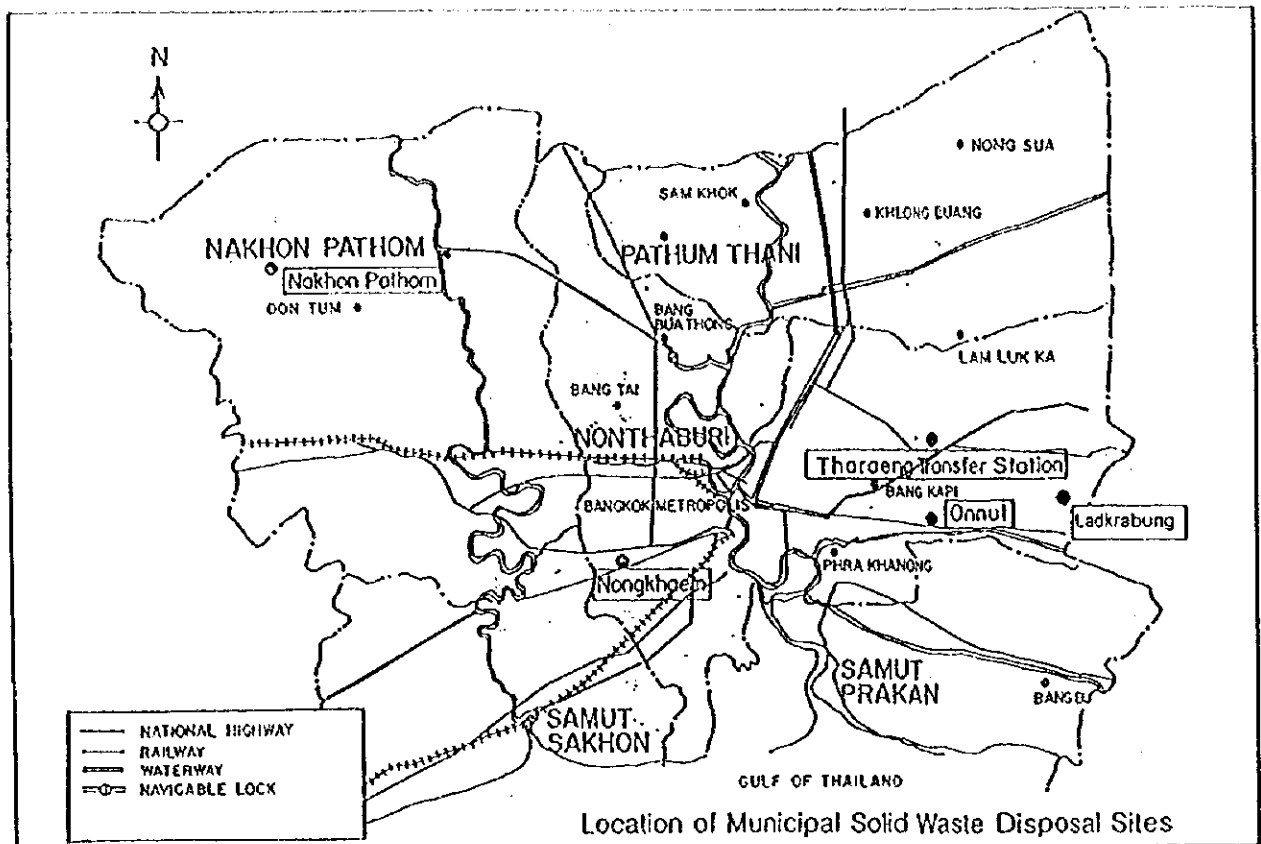


図2-20 都市ごみ最終処分場の位置図

Onnutには現在三つのコンポスト施設が設置されているが、そのうち2施設は25年前に建設されたもので現在は稼働していない。現在は4年前に稼働した1,000t/日(最大1,200t/日)の施設が稼働しているが、ここ数か月は最終処分場の問題で稼働を中止している。この施設は土地及び施設の所有者はBMAであるが、運営及び維持管理は民間会社が行っており、BMA/DPCは運営・維持管理を行っている会社に対してごみ処理費として100バーツ/tを支払うのみで、運営・維持管理会社が独自にコンポストを製造販売し維持管理費、建設費の返済、利益等を確保している。

コンポストの売却価格は1,300バーツ/tで農家、造園業者等に売却されており、年間を通じた需要がある。表2-11にコンポストの袋に表示されていたコンポストの組成を示す。また、受入対象物は都市ごみのみで、し尿処理汚泥は受け入れていない。

DPCでは都市廃棄物の処理処分を民間活力導入によって達成する考えで、現在のところOnnut、Nong Khaem、Rm Indraの3か所でB00方式による事業を計画している(表2-12参照)。当初100社以上からの関心が表明され、現在は最終段階にあり6社3グループに絞り込まれ、知事の承認待ちであるが、経済上の問題から事業実施には至っていない。また、本計画はいずれも、BMA当局は用地及び処理・処分費用を負担するのみで、民間企業が施設建設、

維持運営をすべて行うこととなる。この際のBMAが支払う処理・処分金は900バーツ/t程度が想定されている。

表2-11 Onnutで製造されているコンポストの品質

成 分	組 成
N	2.05%
P	1.60%
K	1.03%
Ca	5.08%
Mg	0.25%
S	0.33%
Cu	0.06%
Zn	0.33%
B	0.008%
C/N	11.3
水 分	23.9%
pH	7.0

表2-12 現在計画中の都市廃棄物処理計画

名称	処理・処分量	処理・処分方式
Onnut	2,000 t/日	コンポスト+焼却+埋立
Nong Khaem	2,000 t/日	コンポスト+埋立
Ram Indra	2,000 t/日	焼却+埋立

2-2 汚泥処理処分

2-2-1 概往の調査とその概要

バンコク市から発生する汚泥の処理・処分計画には1995年にDPCがGTZの支援でAITに委託し実施した“Master Plan on Treatment and Disposal of Domestic Sewage Sludge Including Nightsoil and Oil and Grease Residues for Bangkok Metropolitan”及び主として汚泥の農業利用についてDDSがAITに委託して検討した“Feasibility Study on Agricultural Use and Land Application of Sewage and Night Soil Sludge for Bangkok Metropolitan (March 1998)”がある。前者の調査では下水処理場とし尿処理場からの汚泥発生量を表2-13に示すように推定しているが、この調査の時点では2000年以降の各施設(下水処理場、し尿処理施設)の整備計画が確定していなかったために2000年以降の汚泥発生量の見込みは2000年の値と同一としているが、本格調査ではこれらの値の見直しも必要である。

表2-13 汚泥発生量の見込み（1995年のM/Pでの推計値）

	下水処理場+団地下水 処理場 (固形物量20%、m ³ /日)	し尿処理場 (固形物量20%、m ³ /日)	合計 (固形物量20%、m ³ /日)	乾物量 (DS-t/日)
1995年	88	156	244	49
2000年	493	364	857	172
2005年	493	364	857	172
2010年	493	364	857	172

出典：AIT Master Plan

前者（汚泥処理のM/P）では、脱水ケーキの直接肥料化、コンポスト化、褐炭火力発電所での混焼及びセメントキルンでの焼却等を検討し最終的には下水処理場で汚泥脱水を行い集合焼却（し尿汚泥、グリストラップからの油類等）する案が優先プロジェクトとして選定され、次いで下水処理場での汚泥脱水ケーキの直接農業利用またはコンポスト化をあげているが、いまだに実現はしていない。

具体的な脱水ケーキ単独の焼却計画として本件のTORに記載されているAITの1995年のM/Pに基づくTharangの汚泥処理場計画が本件の要請当時は存在し、実施に移されようとしたが、経済的事情で頓挫した。

一方、DDSではNong Khaemに下水汚泥単独の集合処理施設を計画しており既に事業に着手している。AITの1998年のF/Sでは利用を中心として検討が行われている。その概要を以下に示す。

(1) AITの1998年F/Sの概要

1) 調査の概要

1995年にDPC/AITが策定しBMAに提出したMaster plan on Treatment and Disposal of Domestic Sewage Sludge Including Night soil, Oil and Grease for Bangkok Metropolitanに記述されている、処理処分の選択肢の一つである。汚泥の農業利用についてのF/Sを行ったものである。具体的な検討内容は

- ① 汚泥の特定と適用可能性評価
- ② 農業分野での再利用の潜在性の確認
- ③ 需要家の汚泥利用に関する理解
- ④ 関係部局との調整
- ⑤ 汚泥管理の組織の概念
- ⑥ 施肥率とその標準の提案
- ⑦ 農業利用時の費用見積
- ⑧ 事業実施のための短・長期戦略の勧告

等である。また、現状と将来の見通しは

- ① バンコク市のし尿は、セプティックタンクや浸透槽で処理され、その処理水が下水処理場に流入している。
- ② 既に14の団地下水処理場が稼働しており2000年までには10か所の下水処理場が供用開始される。
- ③ 団地下水処理施設の処理能力は25,000m³/日であり、10か所の下水処理場の処理能力は約2,000,000m³/日となる。
- ④ Si Phraya, Rattanakosin, BMA Stage I, Yannawa, Nongkhaem/Pasicharoen, Ratburana, BMA Stage IVから発生する汚泥は約114DS-t/日、乾物量20%で約570m³/日となる。
- ⑤ し尿の発生量は0.37m³/人/年（乾物量4%）で、2000年には、し尿汚泥の発生量は約930m³/日（乾物量20%）となる。

としている。

近年のBMAの考え方は、Nongkhaemに汚泥消化・脱水施設を建設し、各処理施設から発生する汚泥をトラックで運搬し集約処理しようとするものである。この集合処理施設の能力は500m³/日（100DS-t/日、含水率80%）である。汚泥の消化処理は、一般的に先進国で行われている処理法であるが、主要な問題は未消化汚泥の臭気と病原性細菌のリスクである。特に、気温の高いタイでは臭気の問題は深刻で施設運転に際してはBMAは臭気について詳細な調査が必要としている。

零細企業の産業廃水等により汚泥はCu、Znが必要以上に含まれる場合があるため、長期に渡る肥料はできない（ドイツの例では、標準的な貴金属含有汚泥の施肥量は5DS-t/haで3年が限度）。したがって、下水に流入する重金属類の監視、規制が必要としている。

2) 実測調査概要

実測調査は汚泥の質に加えて需要家（農家、農業省の出先機関、公園管理者、公園労務者）に対するアンケート、施肥試験等を行っている。

3) 結論

以上の調査結果として、施肥試験結果では、

- ① 120kgN/haの汚泥の施肥試験で80kgN/haの化学肥料の施肥より高い結果が得られた。
- ② 化学肥料より高い重金属の含有の汚泥の施肥の結果、土壌残留、植物蓄積重金属量はドイツやU. S. EPAの基準に示されているものより低かった。
- ③ 高温多湿の環境に起因すると思われる、病原菌類の残存率は他の調査より高かった。
- ④ コンポストあるいは石灰処理を行った汚泥は病原菌類の面からは安全である。
- ⑤ 汚泥と土壌の混合物の方が、別々に施肥するよりも多年草の成長は良かった。

等であり、需要家に対するアンケート調査結果は、

- ⑥ 汚泥の施肥に対しては大局的にはポジティブな反応
- ⑦ 汚泥処理事業者がユーザーに対して、汚泥の利用の長所、短所を説明する必要ありとの結論となっている。

また、今後の課題として、関係省庁の役割の明確化、実施に向けての組織制度の確立、標準施肥量の設定を挙げ、事業実施のための戦略として以下の事項をあげている。

a. 短期戦略

- ・少なくとも2県での農家、公園、育苗での現況の処理施設からの汚泥の施肥試験の実施
- ・汚泥施肥の長所、短所を説明する媒体（小冊子、ビデオ等）の準備
- ・汚泥再利用に関するワーキンググループ（BMA, DOA (Department of Agriculture), DOAE (Department of Agriculture Extension), 公衆衛生機関）の組織の設置
- ・汚泥管理機関の創設
- ・需要家へのトレーニングプログラムの作成

b. 長期戦略

- ・情報の流通、市場開拓、価格の設定、契約
- ・訓練と利用促進活動
- ・農家との相談
- ・貯留、運搬、配布方法
- ・制御とモニタリング
- ・農業利用不可能な汚泥の埋立処分地の確保

2-2-2 汚泥処理・処分の見通し

(1) 下水処理場汚泥

下水処理場から発生する汚泥は、現在のところはその絶対量が少ないことから機械脱水後、公共緑地等への肥料として再利用されており問題とはなっていない。しかし、表2-5に示すようにここ数年間で大型の下水処理場の供用が開始され、その際には現在の汚泥処理・処分方法及びNong Khaemのみでは到底対応できなくなる。

(2) し尿処理汚泥

現在のところ、し尿処理（セプティックタンク汚泥、浸透槽汚泥処理）は2か所のし尿処理施設で処理されており、ここから発生する汚泥は下水処理場汚泥と同様に緑農地還元されるシステムが現存し機能しているが、2000年には1995年の2倍近い発生量が見込まれていることから何らかの対応が必要となる。

2-3 再生水利用

2-3-1 再生水利用の必要性

バンコクは急速な都市化と産業の発展により、慢性的な水不足問題に悩んでおり、特に1993年の渇水時には、水道水源であるチャオプラヤ川からの25%の取水制限を余儀なくされた。今後、更に都市の高度化によって新たな水需要が発生する一方、上流域での水質源開発は、ダム適地の減少や環境問題等から困難になってきている。また、地下水の汲み上げは地盤沈下を引き起こしており、下水処理水の再利用の促進は、環境に配慮した節水型社会を形成するための有効な手段といえる。水利用には、導水、処理、送水といった手段が必要であり、当然のことながら水以外の資源やエネルギーを多量に消費するので、下水処理水を雑用水や環境用水、工場用水へ利用することは、渇水対策の緩和や地盤沈下の防止などの都市環境の改善にも役立つだけでなく、水資源の有効活用、省資源・省エネルギー等の観点からも大きな効果が期待できる。

この他、BMAが再生水を積極的に推進する利用としては、次のようなものがあげられる。

- 1) 給水制限には至っていないものの、渇水の脅威は毎年のように新聞紙上を賑わしており、予断を許さないこと。
- 2) BMAでは、以下に述べるとおり既に道路散水などに利用しており、再生水の利用に積極的な姿勢であること。
- 3) 道路や樹木散水に使えられる川や運河の水は、それぞれ塩水化、汚濁化の理由により、今後は、その利用を制限せざるを得ないこと。
- 4) 再生水の利用を通して下水道についてPR効果を高めることができること。

2-3-2 水需要

1) 水道

バンコク市内と周辺のサムットプラカン県、ノンタブリ県には、首都圏水道公社 (Metropolitan Waterworks Authority : MWA) が主にチャオプラヤ川上流のバトンタニ県サムレー (河口より95.7km上流) から取水し浄化施設で処理した水を供給している。1996年現在の給水区域は、968.9km²、給水戸数1,289,168、給水量は9.1億m³/年 (250万m³/日)、普及率 (推定顧客人口/域内人口) は88%となっている。その内訳は、家庭用が951,543戸数で4.6億m³/年 (125万m³/日)、商業・官公庁・それ以外が337,625戸数で4.5億m³/年 (123万m³/日) である。一戸当たりの使用量は、家庭用が毎月40.5m³であるのに対し、商業用など他の用途は、113.12m³となっている。水源別配水量、給水量、及び供給原価の1988年から1996年までの推移を表2-14に示す。

MWAの主要水源は、表流水であり、それを補う形で地下水を利用している。1987年の地

下水は0.76億m³/年であり、1992年までは漸減していたが、その後は、湯水の影響及び給水量の伸びにチャオプラヤ川からの取水が追いつかず、汲み上げ量が増えている。1996年時点で地下水の全体配水量に占める割合は、6%程度となっている。

表2-14 配水量、給水量及び供給単価の推移 (1987~1996年)

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
配水量 (億m ³ /年)	チャププラヤ川	7.65	7.88	8.76	10.22	10.77	11.36	11.81	11.64	13.18	14.16
	深井戸	0.76	0.72	0.58	0.27	0.32	0.39	0.44	0.70	0.87	0.92
	タチン川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.41
	合計	8.41	8.60	9.34	10.49	11.09	11.75	12.25	12.34	14.05	15.49
給水量 (億m ³ /年)		5.23	5.70	6.28	7.19	7.81	8.23	8.36	8.16	8.70	9.11
給水量/配水量 (%)		62.2	66.4	67.2	68.5	70.5	70.1	68.3	66.1	61.9	58.8
供給原価 (パーツ/m ³)		5.64	5.65	5.34	5.19	5.23	5.19	5.38	5.84	7.08	7.33

供給原価は、1987年から1994年までは5パーツ/m³台で推移していたが、1995年7.08パーツ/m³、1996年7.33パーツ/m³となり、1998年3月1日から水道使用料が値上げされた。水道使用料の利用区分は、家庭用、商業用(政府機関を含む)、工業用の三つになっており、家庭用、商業用は、いずれも逓増性になっており、家庭用は、毎月の基本量30m³までが40パーツ、それ以上は7.03パーツ/m³から11.45パーツ/m³、商業用は基本量10m³までが80パーツでそれ以上は7.7パーツ/m³から12.81パーツ/m³となっている。工業用は基本量10m³までが80パーツで、2,000m³までは、7.7パーツ/m³から12.68パーツ/m³の逓増性であるが、更にそれを超えると逆に単価が安くなり、50,000m³を超えると8パーツ/m³になるという複雑な料金体系となっている。

2) 地下水

地下水は、1954年からBMA内で利用されてきたが、1978~1987年の10年間に、最大75cmの地盤沈下を生じるなど次第に大きな問題を引き起こし始めたため、工業省鉱物資源局(Department of Mineral Resources, Ministry of Industry: DMR)や関係機関が1970年代から地下水調査を始めた。これに基づいて内閣が「バンコク首都圏での地下水危険と地盤沈下に対する方策」を発表し、1978年には地下水法が施行され、1985年に地下水規制がなされた。

しかし、増大する人口や、急速な経済成長に伴って必要となる工業用水の需要に上水道施設の拡張が追いつかず、MWAの給水地区以外は、現在でも地下水あるいは雨期の天水に頼っている。地下水の規制としては、危険地域を定め、その地区では、新規の井戸の掘削を禁止している他、既存の井戸についても、地下水法に基づき、各人の井戸にメーターを設置し、DMRに毎月汲み上げ量を報告させて、許可量以上の汲み上げを規制するとともに、DMRが汲み上げ量に応じた料金を徴収している。報告は自己申告によるが、大口使用者に

については、適宜、汲み上げ量をチェックしているとのことである。バンコク市内での汲み上げ量は、1983年は約60万m³/日を汲み上げていたが、その後、水道の普及に伴い漸減している。1996年の実績を表2-15に示す。

表2-15 個人用井戸の用途別使用量と使用料

用途	箇所数	汲上量 (m ³ /day)	使用料
家庭	712	157,300	無料
商業・工業	612	183,200	50m ³ からの超過分について一律 3.5バーツ/m ³
農業	31	3,200	一律3.5バーツ/m ³
その他	29	67,700	一律3.5バーツ/m ³
	1,384	411,400	

地下水レベルは依然として下がり続け、地盤沈下もバンコク市郊外の東、南、西地区の主要道路沿いの工業地帯では、現在も進行している。さらに、バンコク市の西と南地区では、地下水の塩水化の問題が深刻化している。

3) 渇水の現状

バンコク首都圏が含まれるタイ中央地区の年間の雨水量は平均1,300mmであるが、1991年から1993年にかけては例年より雨が少なく、この82.3%、85.2%、82.6%にあたる1,071mm、1,108mm、1,075mmの雨量しかなかった。その結果、チャオプラヤ川上流のプミボンダム（有効貯水量96.6億m³）とシリキットダム（有効貯水量66.6億m³）の両ダムの合計有効貯水量が、1993年12月末には、20.43億m³と1/12にまで減少し、最低記録となった。雨期の始まる5月までにかけて更にこの量が減少し、この結果、王位灌漑局（Royal Irrigation Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives : RID）から、首都圏水道公社に1994年1月から7月までの期間に実際に配水した量は、必要量の25%減にあたる280万m³/日になった。

その後、例年より早い熱帯性低気圧による雨により、貯水量は、1994年12月31日現在、127.33億m³まで回復した。それ以降、水需給量はバランスしているが、渇水は、再び起きることが十分、予想される。

4) 今後の給水計画

チャオプラヤ川上流の両ダムからの放流水は、MWAへの水道原水供給の他、塩水化防止、船の航行、農業などに利用されている。渇水時でも水道には最優先で給水されてきているが、チャオプラヤ川からの供給はこのままでは限界にきており、MWAでは将来の水供給を確実なものにするために、新たな水資源の開発、水資源の保護や水の再利用などに努めている。

MWAは、1987年に2017年までの30か年を目標とする給水計画を策定し、それに基づいた10か年毎の段階別給水施設拡張計画により、施設整備を進めている。

まず、地下水については、現在70か所の深井戸から20万 m^3 /日を汲み上げて、主に中央給水システムによる供給区域以外に給水しているが、地盤沈下の原因にもなっているため、中央給水システム区域の拡大を図り、緊急時のみの使用とする。

表流水については、チャオプラヤ川からの430万 m^3 /日に加え、特に、チャオプラヤ川右岸地区の給水地区を拡大するため、タチン川とメクロン川から取水することとし、タチン川バンレンから運河と新しく建設されたマハサワット浄水場（最大計画能力：320万 m^3 /日）の一部が既に稼働中である。今後は、メクロン川上流バジラロンコンダムとタチン川バンレンの間の70kmの運河を建設することとしているが、これが完成すると、メクロン川とタチン川より45 m^3 /秒が取水できるので、チャオプラヤ川からの最大取水量60 m^3 /秒と併せて、2017年の日最大需要水量820万 m^3 に対する必要原水量910万 m^3 （105 m^3 /秒）の確保が可能となる。導水系統図及び1997年から2017年までの水源別計画配水量と需要量の伸びを図2-21と表2-16に示す。

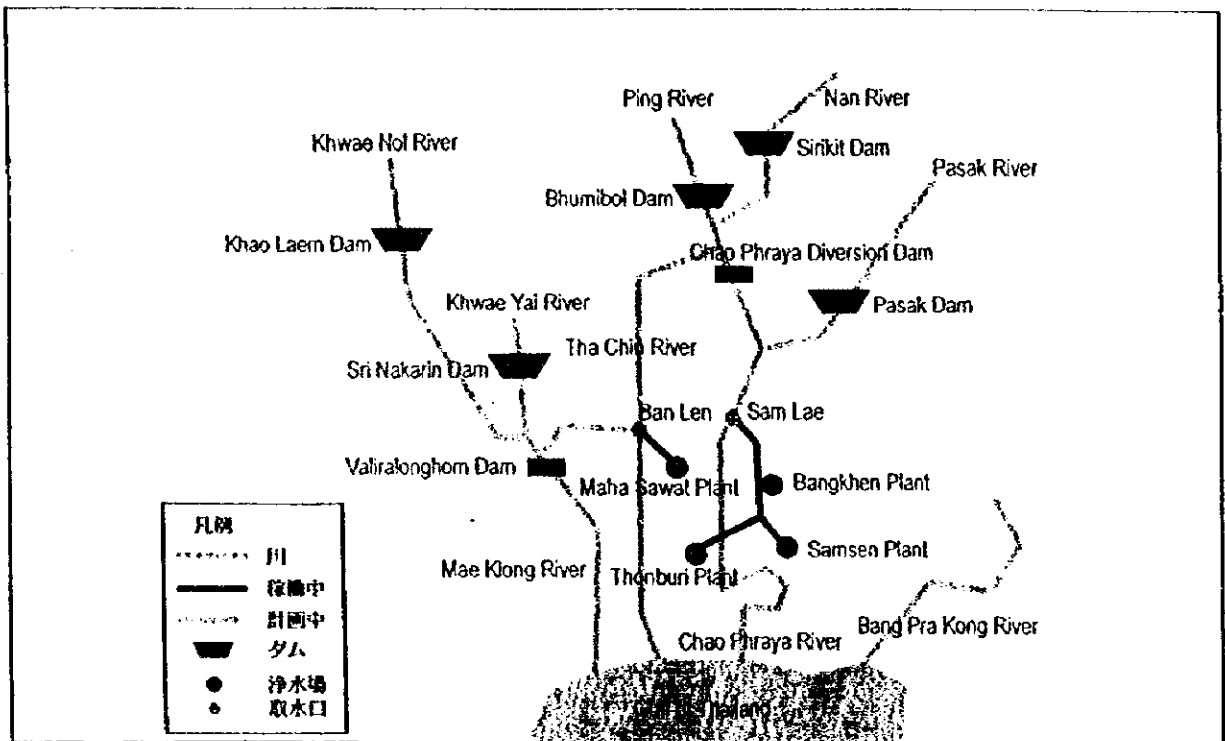


図2-21 導水系統図

MWAAは、1987年に2017年までの30か年を目標とする給水計画を策定し、それに基づいた10か年毎の段階別給水施設拡張計画により、施設整備を進めている。

まず、地下水については、現在70か所の深井戸から20万m³/日を汲み上げて、主に中央給水システムによる供給区域以外に給水しているが、地盤沈下の原因にもなっているため、中央給水システム区域の拡大を図り、緊急時のみの使用とする。

表流水については、チャオプラヤ川からの430万m³/日に加え、特に、チャオプラヤ川右岸流域の給水地区を拡大するため、タチン川とメクロン川から取水することとし、タチン川ハンレンから運河を新しく建設されたマハサワット浄水場（最大計画能力：320万m³/日）の一部が既に稼働中である。今後は、メクロン川上流バジラロンダムとタチン川ハンレンの間の70kmの運河を建設することとしているが、これが完成すると、メクロン川とタチン川より15m³/秒が取水できるので、チャオプラヤ川からの最大取水量60m³/秒と併せて、2017年の日最大需要水量820万m³に対する必要原水量910万m³（105m³/秒）の確保が可能となる。導水系統図及び1997年から2017年までの水源別計画配水量と需要量の伸びを図2-21と表2-16に示す。

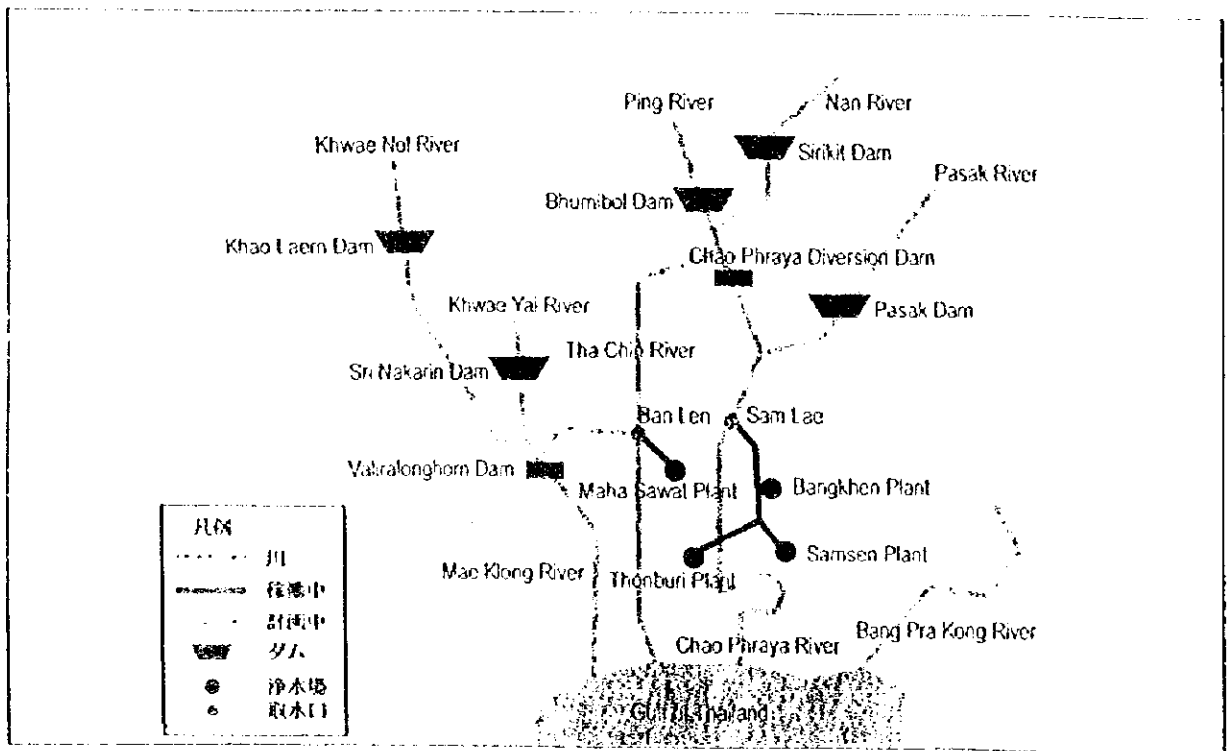


図2-21 導水系統図

表2-16 水源別計画配水量及び需要量の伸び (1997~2017年)

		1997	2002	2007	2012	2017
配水量 (m ³ /秒)	チャオプラヤ川	41	47	53	60	60
	メクロン・タチン川	18	28	31	34	45
	合計	59	75	84	94	105
給水区域人口 (万人)		827	945	1,069	1,198	1,322
給水人口 (万人)		715	847	978	1,116	1,256
給水件数 (万件)		143.0	169.4	195.5	223.5	251.2
給水量 (億m ³ /日)		13.66	15.95	18.42	21.06	23.85
給水量/配水量 (%)		73.2	75.0	75.0	75.0	75.0

2-3-3 再生水の利用状況

1) 道路清掃と散水

BMAには50の区役所 (district) があり、実際の道路清掃や散水はこれらの区役所が担当している。道路清掃と散水に使われている水の量は、表2-17に示すとおり、それぞれ30,000m³/週及び38,000m³/日程度である。これらの水源として一部、Si Phraya処理場の処理水やラーマ区世ポンドやマッカサンポンドの水を利用していることは確認されているが、それ以外の水源については、明らかになっていない。

表2-17 散水及び清掃用使用水量実績

	Urban districts(33)	rural districts(17)	合 計
散水 (m ³ /日)	10,106.1	27,517.6	37,623.7
道路清掃 (m ³ /週)	7,579.6	22,014.1	29,593.7

Si Phraya処理場に砂濾過施設はあるが、実際には二次処理水をそのまま使っているようである。給水施設は2か所あり、それぞれに給水車の登録番号、給水時刻などの必要事項を記入するようになっていた。調査したのは3月31日の昼過ぎであったが、記録をみると、給水時刻は、交通渋滞を避けるためか深夜と早朝に集中しており、1か所での3月31日の給水台数は11台であった。この水量については、特に処理場でも記録していないと思われたが、日本でよく利用されている散水車は5~10m³程度のものが多いので、これを基に算定すると日量150~200m³程度は利用されていると考えられる。この量は、処理水の1%程度、散水量の0.5%程度に相当する。

2) 川の水のトイレへの利用

処理水ではないが、シャングリラホテルでは、12年前からチャオプラヤ川の水を浄化してトイレの洗浄水に利用している。このホテルは、チャオプラヤ川に面して建っている部

屋数686の高級ホテルであるが、首都圏水道公社（MWA）からの900m³/日の給水の他に、チャオプラヤ川から600m³/日取水し、これを浄化してトイレ、防火用水、植木への散水に使っており、その中でも、トイレ用水への利用が圧倒的に高くなっている。2台のポンプの交互運転により取水した川の水は、薬品処理した後、貯留槽にいったん貯留し、鼓動ポンプで調整槽に入れ、その後、砂濾過・活性炭処理した後、防火水槽と屋上の給水層に送り、そこからトイレ用水と植木への散水に利用している。処理フローは図2-22のとおりである。

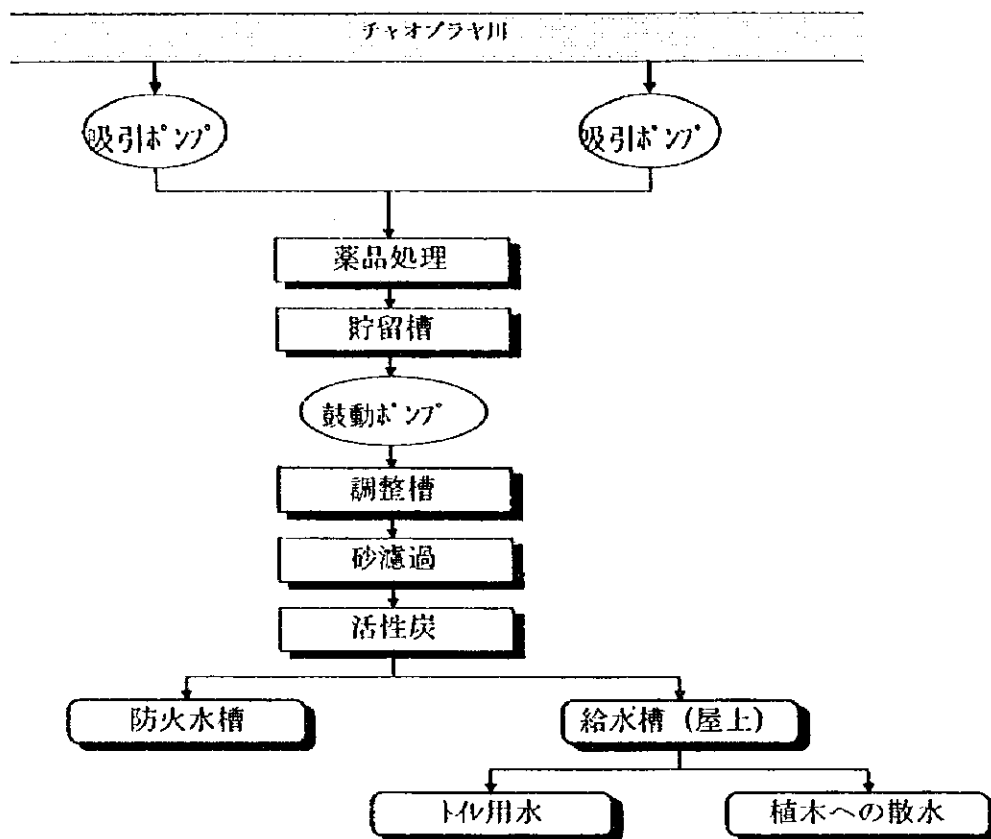


図2-22 シャングリラホテルにおける雑用水処理/利用フローシート

この装置を管理している担当者のお話では、この方法を導入したのは経済的理由であり、現在のところ、特に問題は起きていないとのことである。最大の問題は川の水の塩分濃度が高くなることであり、塩分濃度が500mg/lを超えた場合は、取水をとめ、水道に切り替えることになっている。下水処理水が供給された場合、使う意志があるかときいたところ、水質とコストいかんであるとの回答であった。なお、このシステムを導入している他の施設について聞いたところ、おそらくあるとは思いますが、知らないとのことであった。川の水を利用するには、王立灌漑局（RID）からの許可が必要であるが、許可をとっているかに

については、確認していない。こういうホテルでは、給水管が二重になっており、条件さえあえば、処理水の利用の可能性は非常に高いものと思われる。

2-3-4 需要の見込み

1) 再生水の量と質

9プロジェクト10処理場が予定どおり完成すると、おおよそ、200万 m^3 /日の処理水が生産されることとなる。一般的に、場内のポンプシール水や濾布洗浄に使用する量は、5%前後といわれているので、180万 m^3 /日以上処理水が利用可能となる。処理水の水質については、設計値がBOD20 mg/l 以下、SS30 mg/l 以下であり、現在のSi Phraya処理場やHuay Kwang圃地処理場の運転状況から判断するとこの程度の水質は十分保証できると思われる。

2) 下水処理コスト

下水処理コストについては、Si Phraya処理場とHuay Kwang圃地処理場の2か所しかわからなかったが、Si Phraya処理場が2パート/ m^3 程度であるのに対し、Huay Kwang圃地処理場は、人件費の占める割合が大きく9.5パート/ m^3 となっており、非常な開きがみられる。一方、水道と地下水については、用途により単価に差があるが、それぞれ7~10パート/ m^3 及び3.5パート/ m^3 となっているので、処理水の利用促進を図るためには、この単価を念頭において、要求される水質別の処理コストを出すことが大事である。

3) ケーススタディの実施

まず、処理水の利用可能性のある用途ごとの利用先を調べ、現在の使用量と水源、水質、将来の予想水量と水質、問題点と効果を洗い出し、有効なものについては、ケーススタディとして取り上げ、具体的な検討を行う。タイ側から要望のあった処理水の用途と具体的利用先は、表2-18のとおりである。

表2-18 処理水の用途と具体的利用先

用途	具体的利用先	管理者
散水	道路	区役所
	街路樹	
	公園	
車の洗浄	清掃車	DPC/BMA
	公共交通機関(鉄道、バス、その他)	SRT, BMTA, BTS, etc.
洗浄用水等	工事	
トイレ用水	区画整理地区、再開発地区等 大規模ビル、ホテル等	
クローン浄化	クローンへの導水	DDS/BMA

① 散水

道路や街路樹に一部は既に利用されているが、他の水源との併用である。川の塩水化やクロームの水質悪化により、今後、そこからの取水は難しくなることが思われるので、更に、道路散水への利用の拡大を図る。また、公園の樹木や池への導水など、その潜在的な需要量を調べる。

② 車の洗浄

上記表にみられるとおり、清掃車のようにBMAが管理する車両と、鉄道、バス、その他（新交通システムなど）、他の機関が管理している車両とに分けられる。

BMAが管理している車両として一番台数が多く、洗浄頻度も高いのは清掃車である。1990年現在、清掃局では、収集車1,027台、コンパクター478台、サイドローダー428台、コンテナ車121台の合計2,054台を所有している。バンコク市内で集められたごみはOn nutとNong Khaemの中継基地から最終処分場で埋立処分されているが、昨年10月のNong Khaemへの清掃車の平均台数は、880台/日となっていた。清掃車は、この処分場で、地下水を水源とするシャワーを使って手で洗浄しているが、洗浄頻度や使用水量は不明であった。

他の機関が管理している車両について調べてみる。まず、鉄道であるが、これは、国家鉄道公社法（State Railway Authority Act：1951）により、タイ国家鉄道公社（the State Railway Authority of Thailand：SRT）が運営している。この法律により、SRTは、建設、運営、施設の維持管理など鉄道サービスに関するすべての権限を与えられている。

BMTA（Bangkok Mass Transfer Authority）は、バンコク市内のバスの運行を司っている会社であり、現在、4,245台のバスを所有している。これらのバスは市内10か所の操車場で1週間2回、手で洗浄されている。水源は水道水であるが、使用量については不明であった。

将来の新交通システムとして期待されているBTS（Bangkok Transfer Service）の高架鉄道の車両の洗浄水についても、処理水が使えるかを検討する。

③ 工場での洗浄水

工場の多くが地下水を利用していることから、水質と経済性の比較が大事である。

④ トイレ用水

先に述べたように、一部のホテルでは、既に二重配管となっているので、これらを有効に利用することができれば、可能性も出て来る。さらに、区画整理事業や再開発など、新規に多量の水を使う事業の建設時期と処理場の立地条件や通水時期とがうまくあえば、非常に可能性が高いものとなるであろう。バンコク中央処理場に隣接して新しく建設する予定のBMA本庁舎ビルについても、処理水を利用する計画があったと聞いており、

この場合は、宣伝効果も兼ねた効果が期待できる。しかしながら、日本においても、この利用については、水質の管理をかなり厳密にする必要があり、この場合は水質及びそれに伴うコストをどこまで許容できるかが一つの目安になる。

⑤ クローンへの導入

1990年2月にやはりJICAにより実施された「タイ国バンコク市クローン水質改善計画調査」に基づき、2か所の浄化施設（マッカサンボンド“及びラーマIX世ボンド”）の運転とチャオプラヤ川からの毎秒35m³/秒の導水施設の建設が計画的に実行されているが、これによる浄化効果が大きく期待できるのは主としてチャオプラヤ川沿いの水路であるので、処理場がクローンに近接していたり、行き止まりの水路で導水効果が期待できると思われる場合は、その可能性を検討する。

2-4 課題の整理

2-4-1 下水処理場流入水量・水質

汚水排除方式が合流遮集方式である下水処理場の流入水量・水質とも計画値を下回っており現地では過大設計という議論もあり、これらの事項は汚泥生成量とも密接に関連することから本調査でその原因を究明し、計画に反映させる必要がある。

2-4-2 汚泥発生量の見込み

既往の調査では下水処理場とし尿処理場からの汚泥発生量を表2-13に示すように推定しているが、この調査の時点では2000年以降の各施設（下水処理場、し尿処理施設）の整備計画が確定していなかったために2000年以降の汚泥発生量の見込みは2000年の値と同一としているが、本格調査ではこれらの値の見直しも必要である。

2-4-3 下水汚泥処理

現在のところ脱水ケーキはその絶対量が少ないことから現在は公園や街路の緑地へ肥料代わりに利用され処分されているが、今後大型の下水処理場の通水に伴って発生する大量汚泥の収集・運搬・処理・処分が問題となる。また、汚泥の農業利用を考えた場合、汚泥中に蓄積する重金属類の排出源と考えられる家内工業的な零細な企業に対する排出規制をどのように行っていくのかが課題となる。

2-4-4 し尿汚泥処理

現在のところ下水処理場汚泥と同様に緑農地還元や埋立処分するシステムが現在も機能しているが、2000年には1995年の2倍近い発生量が見込まれていることから何らかの対応が必

要となる。

2-4-5 再生水の利用

首都圏水道公社 (MWA) の将来計画によると、新たな水源の確保と漏水率の低下防止により、2017年までの水需要は大丈夫とされているが、今後の経済発展による更なる使用量の増加や、地下水汲み上げ規制の強化が予想されることから、長期的には逼迫した状況にあることには変わりない。再生水は、現在のところその利用が道路散水などに限定されているが、ケーススタディを実施し、潜在的な需要の掘り起こしに努める。

2-5 環境予備調査結果

2-5-1 プロジェクト概要書 (P/D) 及びプロジェクト立地環境書 (S/D)

表2-19及び表2-20にそれぞれプロジェクト概要及びプロジェクト立地環境を示す。プロジェクト概要の計画諸元については、本格調査の性格上 (M/P) 不明な要素もある。

表2-19 プロジェクト概要

項目	内容
プロジェクト名	タイ国バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査 (The Master Plan on Sewage Sludge Treatment/Disposal and Reclaimed Wastewater Reuse in Bangkok in the Kingdom of Thailand)
背景	都市化の急速な進行による水質汚濁防止のために建設された下水処理場からの汚泥処理処分に苦慮しており、また、処理水についても、水資源としての活用が求められている。
目的	バンコク首都圏において、下水汚泥の効率的な処理・処分方法に係るM/Pの策定、及び下水処理水の再利用に係る実現可能な手法について検討することを目的とする。
位置	バンコク首都圏 (1,569km ²)
実施機関	バンコク首都圏庁排水下水道局
裨益人口	約700万人
計画諸元	
計画の種類	新設M/P
対象区域	面積：358.1km ² 、人口：5,368千人、下水量：1,896千m ³ /日
排除方式	合流/遮集管方式
処理場数	9プロジェクト10処理場
処理方式	活性汚泥法及びその変法
管渠延長等	暗渠
放流水域等	チャオプラ川及びクローン 放流水質 BOD20mg/l以下 SS30mg/l以下
汚泥の種類	下水処理場脱水汚泥、し尿腐敗槽と事業場処理施設からの汚泥
汚泥処理/処分方式	脱水、埋立、再利用
汚泥量(2010)	下水汚泥 (含水率80%) 約500m ³ /日 し尿腐敗汚泥 (含水率80%) 約360m ³ /日 合計約860m ³ /日
計画年次	2020年
その他特記すべき事項	特になし

注) 記述は既存資料によりわかる範囲内とする。

表2-20 プロジェクト立地環境

項目		内容
プロジェクト名		タイ国バンコク汚泥処理・再生水利用計画調査 (The Master Plan on Sewage Sludge Treatment/Disposal and Reclaimed Wastewater Reuse in Bangkok in the Kingdom of Thailand)
社会環境	地域住民 (居住者/先住民/計画に対する意識等)	対象地区は人口密集地区
	土地利用 (都市/農村/史跡/景勝地/病院等)	商業・工業7%、住宅27%、農業64%
	経済/交通 (商業・農漁業・工業用地/バスターミナル等)	タイ国の首都であるとともに、ASEAN諸国の政治、経済の中心地として繁栄。バンコク及び周辺地域のGDP/人は1991年で約5,600ドルとなっている。
自然環境	地形・地質 (急傾斜地・軟弱地盤・湿地・断層等)	チャオプラヤ川の河口デルタ地帯に発展し、面積の70%近くが海拔1m以下となっている。
	海岸・海域の状況 (侵食・堆砂/潮流・潮汐等)	特になし
	貴重な動植物・生息域 (自然公園・指定種の生息域等)	特になし
公害	苦情の発生状況 (関心の高い公害等)	水質汚濁 (特にクローンからの悪臭)
	対応の状況 (制度的な対策/補償等)	下水処理施設の整備、クローンへの導水と浄化施設の設置
その他特記すべき事項		特になし

注) 記述は既存資料によりわかる範囲内とする。

2-5-2 環境調査の必要性の有無の確認 (スクリーニング) 及び環境問題の確認 (スコーピング)

「JICA開発調査環境配慮ガイドライン」のフォーマットを用いてスクリーニングとスコーピングを実施したが、調査対象が下水汚泥及び下水処理水であることから、「Ⅵ下水道」と「Ⅵ廃棄物」の双方を参考とした。

(1) スクリーニングの結果

スクリーニングの結果を表2-21のフォーマットに整理した。ただし、現時点では、処分場の規模や施工法などが確定していないので、評点が不明となっているものも多く、9項目で「有り」、5項目で「不明」と評定され、IEEが必要になると考えられる。

表2-21 スクリーニングのフォーマット

環境項目		内容	評定	備考(根拠)
社会環境	1 住民移転	用地占有に伴う移転(居住権、土地所有権の転換)	有・無・ <input checked="" type="radio"/> 不明	スポンジのいる恐れ有り
	2 経済活動	土地等の生産機会喪失、経済構造の変化	有・無・ <input checked="" type="radio"/> 不明	有価物の販売の可能性有り
	3 交通・生活施設	渋滞・事故等既存交通や学校・病院等への影響	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	収集車が増加する
	4 地域分断	交通の阻害による地域社会の分断	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	中心地でない
	5 遺跡・文化財	寺院仏閣・埋蔵文化財等の損失や価値の減少	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	存在しない
	6 水権利・入会権	漁業権、水利権、山林入会権等の阻害	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	山も川もない
	7 保健衛生	ゴミや衛生害虫の発生等衛生環境の悪化	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	汚泥を集めるので予想される
	8 廃棄物	建設廃材・残土、汚泥の発生	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	焼却灰発生の可能性有り
	9 災害(リスク)	地盤崩壊・落盤、事故等の危険性の増大	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	事故の危険性は少ない
自然環境	10 地形・地質	土地・盛度等による価値のある地形・地質の改変	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	大きな地形改変はない
	11 土壌侵食	土地造成・森林伐採後の雨水による表土流出	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	大きな土地造成はない
	12 地下水	原付工事の排水等による潤濁、浸出水による汚染	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	浸出水の発生が予想される
	13 湖沼・河川流況	埋立や排水の流入による流量、水質の変化	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	改変は少ない
	14 沿岸・海域	埋立や海況の変化による海岸侵食や堆積	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	改変は少ない
	15 動植物	生息条件の変化による繁殖阻害、種の絶滅	有・無・ <input checked="" type="radio"/> 不明	植生の除去や衛生害虫の発生
	16 気象	大規模造成や建築物による気温、風況等の変化	有・ <input checked="" type="radio"/> 無・不明	大規模な造成はない
公害	17 景観	造成による地形変化、構造物による調和の阻害	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	処理・処分施設が出現する
	18 大気汚染	車両や工場からの排出ガス、有害ガスによる汚染	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	収集車、焼却施設から発生
	19 水質汚濁	土砂や工場排水等の流入による汚染	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	浸出汚水の可能性有り
	20 土壌汚染	排水・有害物質等の流出・拡散等による汚染	有・無・ <input checked="" type="radio"/> 不明	汚染物質の有無が不明
	21 騒音・振動	車両処理場等による騒音・振動の発生	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	収集車や工事用機器有り
	22 地盤沈下	地盤変状や地下水水位低下に伴う地表面の沈下	有・無・ <input checked="" type="radio"/> 不明	地下水揚水計画不明
	23 悪臭	下水処理場の稼働に伴う悪臭の発生	<input checked="" type="radio"/> 有・無・不明	未消化汚泥からの発生
総合評価 : IEE あるいは EIA の実施が必要となる			<input checked="" type="radio"/> 要	影響の考えられる項目多数有り

(2) スコーピングの結果

スクリーニングの評定で「有り」と判断されたもののうち「大気汚染」の項目については、収集車両の影響や場合によっては焼却処分の可能性もあることから、評定「A」とした。保健衛生、廃棄物、地下水、水質汚濁、土壌汚染、騒音・振動、悪臭の項目は、当然、何らかの防止対策を講じることとなるが、環境に与えるインパクトが大きいと予想されることから、評点「B」とした。スクリーニングの評定「不明」と判断されたもののうち、住民移転、動植物、地盤沈下については、施設設計の中で当然考慮されるべきものであり、評定「C」とした。これらの結果を表2-22のスコーピングチェックリスト及び表2-23の総合評価表にまとめた。

表2-22 スコーピングチェックリスト

環境項目		評定	根拠	
社会環境	1	住民移転	C	スカバンジャが不法占拠している恐れがある。
	2	経済活動	D	マイナスのインパクトは考えられない
	3	交通・生活施設	D	交通の妨げになるほどではない。
	4	地域分断	D	地域を分断する施設はない。
	5	遺跡・文化財	D	遺跡・文化財は報告されていない。
	6	水権利・入会権	D	水利に影響は与えない。
	7	保健衛生	B	細菌性のリスクの可能性はある。
	8	廃棄物	B	焼却灰が発生する可能性がある。
	9	災害（リスク）	D	大規模な地形改変は行わない。
自然環境	10	地形・地質	D	大規模な地形改変は行わない。
	11	土壌侵食	D	大規模な地形改変、植生の除去は行わない。
	12	地下水	B	浸出水の浸透の可能性有り。
	13	湖沼・河川流況	D	影響を与える工事、施設はない。
	14	海岸・海城	D	海岸の地形や海況を変化させる工事や施設はない。
	15	動植物	C	動植物に対するデータはない。
	16	気象	D	気象に影響を与える施設はない。
公害	17	景観	C	処理・処分施設が出現するが広大な用地であるので、影響は少ない。
	18	大気汚染	A	収集車両の増加や汚泥焼却施設建設による影響がある。
	19	水質汚濁	B	浸出水による汚染の可能性はある。
	20	土壌汚染	B	浸出水や対象汚泥の重金属による汚染の可能性はある。
	21	騒音・振動	B	収集車や工事用機器稼働による影響がある。
	22	地盤沈下	C	地下水の揚水計画が不明。
	23	悪臭	B	汚泥から悪臭の発生する可能性が高い。

- (注1) 評定の区分
- A：重大なインパクトが見込まれる
 - B：多少のインパクトが見込まれる
 - C：不明（検討をする必要は有り、調査が進むにつれて明らかになる場合も十分に考慮に入れておくものとする）
 - D：ほとんどインパクトは考えられないためIEEあるいはEIAの対象としない

(注2) 評定に当たっては、該当する項目別解説書を参照し、判断の参考とすること

表 2-23 総合評価

環境項目	評定	今後の調査方針	備考
大気汚染	A	大気質現況及び予測	専門家必要
保健衛生	B	予定地での現況と過去の事例調査	
廃棄物	B	汚泥の処理・処分方法の検討	
地下水	B	水利地質調査	
水質汚濁	B	水質現況調査及び予測	専門家必要
土壌汚染	B	汚泥内重金属濃度と予定地質調査	
騒音・振動	B	既存施設での現況調査	
悪臭	B	悪臭の発生状況と防止対策	専門家必要
住民移転	C	施設用地の現況、移転対象住民の現況調査	
動植物	C	動植物の相と生態調査	専門家必要
景観	C	予定地の現況緩和策の検討	
地盤沈下	C	水利地質調査	

(注1) 評定の区分

A：重大なインパクトが見込まれる

B：多少のインパクトが見込まれる

C：不明（検討をする必要は有り、調査が進むにつれて明らかになる場合も十分に考慮に入れておくものとする）

D：ほとんどインパクトは考えられないためIEEあるいはEIAの対象としない

2-5-3 関連する環境資料・情報

IEEについて言及したガイドラインは、1979年4月、国家環境委員会がまとめた「環境影響評価準備のためのガイドライン」の中に一部記載されているだけである。

EIAについてのガイドラインは、上記の他、1993年に科学技術環境省環境政策計画室環境影響評価課がまとめた「Guideline for Environmental Impact Assessment Preparation of Industrial Project」や1995年の海外経済協力基金の「OECD Environmental Guideline」、1993年のアジア開発銀行の「Environmental Guidelines for Selected Infrastructure Project」があり、アジア開発銀行のガイドラインは、IEEについても言及している。