

タイ国
バンコク下水道整備事業準備調査

ファイナルレポート (I)
概略マスタープラン
第2巻 メインレポート

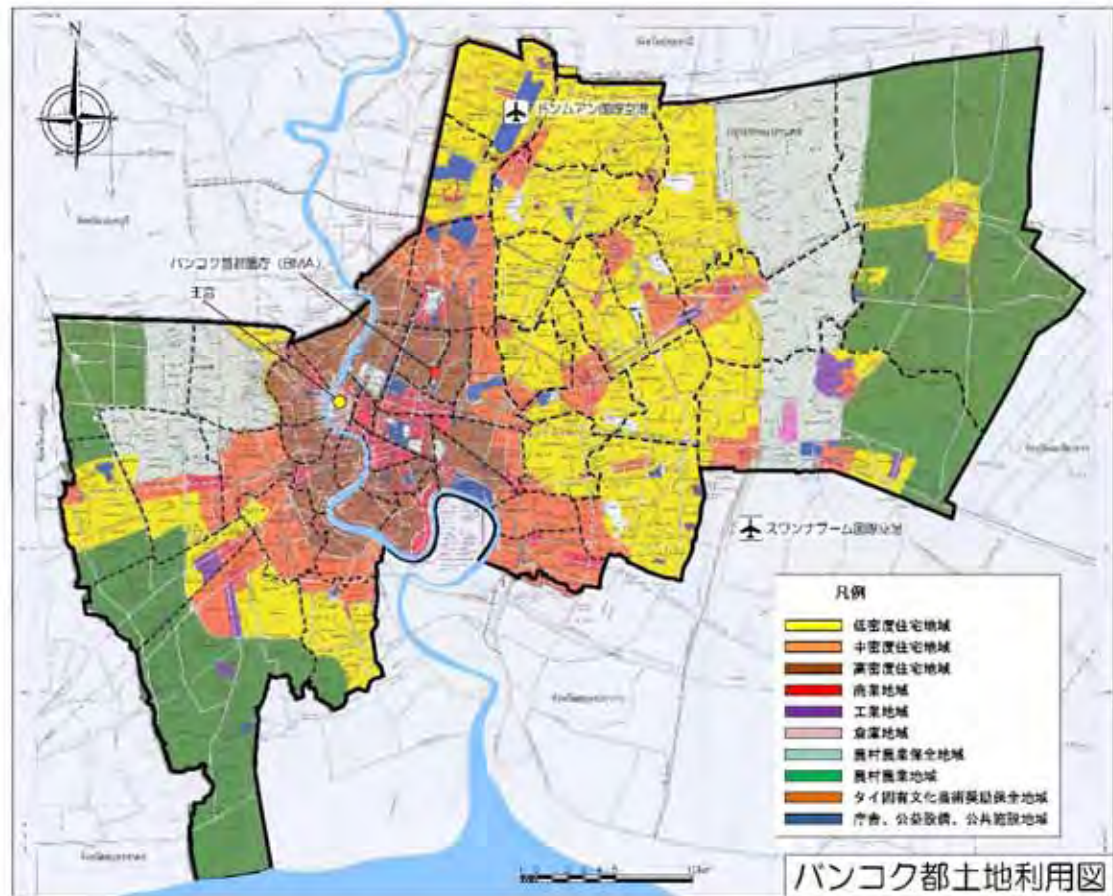
平成23年7月
(2011年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
株式会社 東京設計事務所 (TEC)
日本工営株式会社 (NK)

2010年10月1日現在

1 Baht = 0.0330 アメリカドル

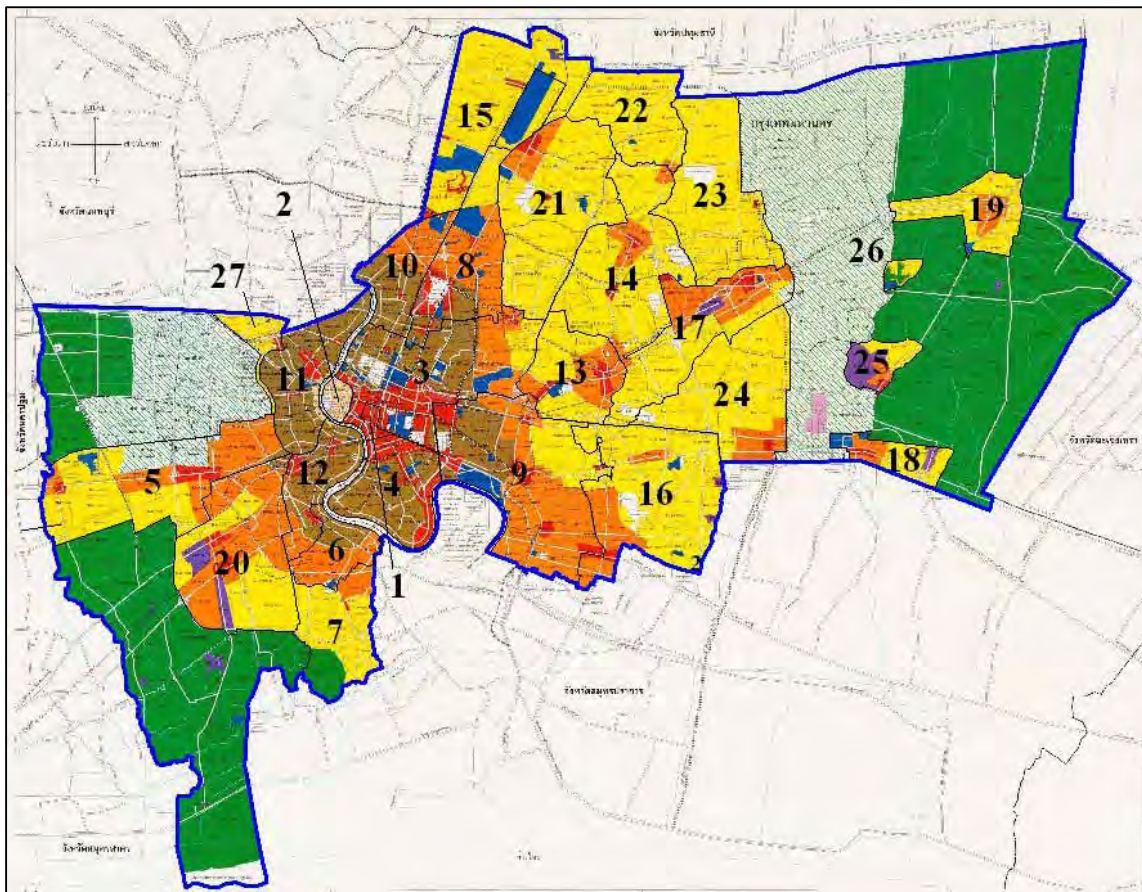
1 Baht = 2.76 円



調査対象位置図

下水処理区別面積、計画人口、計画下水水量 (2040年)

No.	下水処理区	処理区面積	計画人口	計画下水水量	No.	下水処理区	処理区面積	計画人口	計画下水水量
		(ha)	(人)	(m ³ /日)			(ha)	(人)	(m ³ /日)
1	Si Praya	226	57,495	30,107	15	Don Mueang	4,941	383,983	154,822
2	Rattanakosin	367	49,480	28,608	16	Nong Bon	6,385	264,883	133,501
3	Din Daeng	5,931	689,699	357,260	17	Min Buri	4,165	274,182	138,188
4	Chong Nonsi	2,872	372,960	202,332	18	Lat Krabang-1	1,258	59,502	29,989
5	Nong Khaem	6,239	590,483	232,450	19	Nong Chok-1	2,109	208,634	96,199
6	Thung Khu North	1,513	128,637	53,875	20	Jomthong	5,816	453,938	221,578
7	Thung Khu South	2,934	127,396	60,532	21	Lat Phrao	6,206	475,384	191,675
8	Chatuchak	3,645	239,653	139,980	22	Sai Mai	2,958	158,188	63,781
9	KhlongToei	7,309	579,670	323,508	23	KhlongSam Wa	5,015	310,738	156,612
10	Bang Sue	2,095	229,063	103,413	24	Lat Krabang-2	4,959	211,457	106,575
11	Thon Buri North	2,922	359,542	158,655	25	Lat Krabang-3	988	28,129	14,178
12	Thon Buri South	2,087	333,707	141,005	26	Nong Chok-2	309	20,908	10,538
13	Wangthonglang	2,872	246,098	117,315	27	Taling Chan	759	149,866	50,751
14	Bunkhum	5,639	340,430	137,262		小計	92,519	7,344,105	3,454,689
						計画区域外	62,939	281,895	113,660
						合計	155,458	7,626,000	3,568,349



概略マスタープラン計画区域

目 次

表リスト	iv
図リスト	vi
写真リスト	ix
略 語 集	xi
1. 序 文	1
1.1 調査の背景・経緯	1
1.2 調査の目的と範囲	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 相手国実施機関	1
2. 調査全体工程及びフェーズ1調査の実施	2
2.1 全体工程	2
2.2 調査実施方針	2
2.3 調査実施体制	4
2.4 フェーズ1調査の実施及びファイナルレポート(I)	4
3. バンコク下水道事業の現状と課題	7
3.1 タイの下水道行政	7
3.1.1 国の下水道行政	7
3.1.2 国の下水道計画	7
3.2 BMA の上位計画及び関連法規制の確認	10
3.2.1 関連法規制	10
3.2.2 上位計画	15
3.3 現状の確認及び既存計画のレビュー	18
3.3.1 下水道整備の現況	18
3.3.2 下水道整備計画	22
3.3.3 下水処理水及び下水汚泥の再利用	23
3.3.4 その他の水環境改善計画(運河水浄化計画)	24
3.3.5 国際援助機関の支援状況	27
3.4 下水道施設等の現況	28
3.4.1 雨水排水施設等関連施設	28
3.4.2 既設下水道施設	34
3.4.3 腐敗槽等関連施設	44
3.4.4 工場排水等処理施設	50
3.5 水質汚濁状況	54
3.5.1 BMA による水質モニタリングシステム	54

3.5.2	現況水質（BMA 内のチャオプラヤ川）	54
3.5.3	現況水質（BMA 内の運河）	61
3.6	水環境改善及び下水道事業の課題	84
3.6.1	技術的課題	85
3.6.2	運営面・制度面の課題	96
4.	バンコク下水道の整備戦略	106
4.1	課題解決の方向性	106
4.2	下水道整備戦略の提案	111
戦略 1	下水道システムの改善による水環境改善	114
戦略 1.1	遮集式下水道（タイ式合流下水道）の改善	114
戦略 1.2	し尿処理及び腐敗槽汚泥処理の適正化	129
戦略 1.3	事業場排水対策の実施	131
戦略 2	下水道システムの普及拡大による水環境改善	134
戦略 2.1	下水道システムの普及拡大	134
戦略 2.2	分流式下水道パイロットプロジェクト	134
戦略 3	下水道サービス水準の向上	137
戦略 4	下水道事業経営の改善	141
戦略 4.1	経営改善	141
戦略 4.2	官民の連携	151
戦略 4.3	下水道事業制度の改善	152
戦略 4.4	下水道条例の制定	156
5.	概略下水道マスタープラン	158
5.1	目標年及び下水道整備区域	158
5.2	BMA 区域の将来人口の推定	161
5.2.1	BMA 区域将来人口	161
5.2.2	District 別の将来人口の推定	162
5.3	MWA の将来配水計画	168
5.3.1	MWA 将来配水量	168
5.3.2	MWA 支店別用途別配水量	168
5.4	下水処理区案	174
5.5	処理区別下水道計画人口	176
5.6	発生汚水量、処理場流入水量	177
5.6.1	現況発生汚水量（2008 年）	177
5.6.2	下水処理場流入水量の推定(2040 年)	182
5.7	下水処理区の再編案	186
5.7.1	Din Daeng 処理場の処理能力の余裕の活用	186
5.7.2	Chatuchak 下水処理場の処理能力の余裕の活用	190
5.7.3	Thung Khru 下水処理場の能力不足の解消	192
5.7.4	Nong Khaem 処理区の拡大	194

5.7.5	下水処理区再編案のまとめ.....	195
5.8	下水道施設の建設費.....	198
5.9	簡易汚濁解析.....	199
5.9.1	簡易汚濁解析の概要.....	199
5.9.2	簡易汚濁解析の結果.....	212
5.10	優先プロジェクトの選定.....	216
5.10.1	優先プロジェクトの候補下水処理区の絞り込み.....	216
5.10.2	優先プロジェクト下水処理区の評価.....	222
5.10.3	優先プロジェクト下水処理区選定に関する戦略的環境影響評価.....	226
5.10.4	優先プロジェクト下水処理区の選定.....	229
5.10.5	Nong Bon 処理区の概要.....	231
5.11	下水道整備戦略.....	233
5.11.1	目標年次までの実施計画.....	233
5.11.2	維持管理費.....	236
5.11.3	処理区の再編.....	236
5.11.4	処理場用地の確定、取得.....	237

付 録

- 1 議事録・資料リスト
- 2 既設7下水処理場の現場調査
- 3 バンコク都内の運河の現場調査
- 4 バンコク都内の運河の水質データ
- 5 既設雨水吐き室の調査

報告書の構成

ファイナルレポート(I) 概略マスタープラン

第1巻 要約

第2巻 **メインレポート**

CD-R

ファイナルレポート(II) フィジビリティスタディ

第1巻 要約

第2巻 メインレポート

第3巻 図面集

CD-R

表リスト

表 3.2.1	チャオプラヤ川の水質環境基準	12
表 3.2.2	下水処理場の排水基準 (BMA による).....	12
表 3.2.3	下水処理場の排水基準 (MONRE による).....	13
表 3.2.4	建築物排水基準.....	14
表 3.2.5	水質改善事業の効率向上.....	15
表 3.2.6	MWA による用途別上水供給実績(2009 年).....	16
表 3.2.7	地球温暖化ガス削減行動計画.....	17
表 3.3.1	バンコク都下水道施設建設資金.....	20
表 3.3.2	BMA 予算の推移.....	21
表 3.3.3	DDS 予算の推移.....	21
表 3.4.1	浸水常襲 15 地点一覧.....	33
表 3.4.2	既設 7 下水処理場及び遮集管の概要.....	35
表 3.4.3	既設 7 下水処理場の運転実績 (2009 年)	36
表 3.4.4	既設 7 下水処理場の維持管理費用.....	41
表 3.4.5	小規模下水処理場の処理水量及び設計容量.....	42
表 3.4.6	小規模下水処理場の処理水質.....	42
表 3.4.7	その他の処理施設の処理水量及び設計容量.....	43
表 3.4.8	その他の処理施設の処理水質.....	43
表 3.4.9	腐敗槽汚泥の引抜き状況 (1995 年 9 月)	48
表 3.4.10	工場排水の排水基準.....	51
表 3.4.11	BMA 内の工場排水量及び BOD 負荷量	52
表 3.4.12	BMA 内の工場排水量 50 m ³ /日以上 of 工場	53
表 3.5.1	チャオプラヤ川の水質 (2009 年の BOD)	54
表 3.5.2	チャオプラヤ川の水質 (2009 年の DO)	60
表 3.5.3	BMA の実行計画における水質改善目標.....	61
表 3.5.4	運河水質汚濁状況.....	62
表 3.5.5	水質改善傾向がみられる水質調査地点 (BOD)	68
表 3.5.6	運河における溶存酸素濃度.....	77
表 3.5.7	運河における BOD と DO の相関.....	77
表 3.6.1	生活系汚濁負荷の内訳.....	87
表 3.6.2	腐敗槽と下水道システムによる汚濁負荷(BOD)の低減.....	87
表 3.6.3	戸建住宅、建築物ごとの処理形態.....	88
表 3.6.4	既存 7 処理区における放流先運河の制御水位と雨水吐き室の堰頂高	94
表 3.6.5	排水下水道局の種別構成人員.....	98
表 4.2.1	下水道整備戦略と担当部局.....	112
表 4.2.2	タイと日本の合流式下水道雨水排水方式の違い.....	118
表 4.2.3	短期、中長期別の遮集式下水道の改善策.....	127
表 4.2.4	腐敗槽汚泥・浄化槽汚泥の水質.....	130

表 4.2.5	下水排除基準（例）	133
表 4.2.6	バンコク都の下水道における地球温暖化対策推奨	140
表 4.2.7	提案された下水道料金	143
表 4.2.8	水道メーターの無い汚水発生源の下水算定式	143
表 4.2.9	下水道料金の支払い意思	144
表 4.2.10	下水処理量当たりの適正支払額	144
表 4.2.11	上水道料金体系	147
表 4.2.12	下水処理場建設・更新事業の見込み	148
表 4.2.13	CI および PI 指標（日本の事例）	149
表 4.2.14	官民パートナーシップの形態と特徴	154
表 4.2.15	BMA の下水道サービスに適用できる官民パートナーシップ	155
表 5.1.1	用途区域別面積と計画人口(2040 年)	160
表 5.2.1	バンコク都市計画局によるバンコク都の将来人口推定	161
表 5.2.2	バンコク都の将来人口推定(2030 年、2040 年)	162
表 5.2.3	バンコク都の District 一覧	163
表 5.2.4	国勢調査人口と登録人口の比較	163
表 5.2.5	District 別人口の推移	165
表 5.2.6	District 別の将来人口	167
表 5.3.1	MWA 配水実績と将来計画	168
表 5.3.2	MWA 支店一覧	169
表 5.3.3	MWA 支店別詳細用途別配水量 (2009 年)	170
表 5.3.4	MWA 支店別生活系業務系配水量 (2007 ~ 2009 年)	171
表 5.3.5	BMA 区域への配水量の推定	173
表 5.4.1	下水処理区域案	174
表 5.5.1	下水処理区別計画人口	176
表 5.6.1	MWA 支店別 BMA 区域向け配水量	178
表 5.6.2	下水処理区別配水量と一人あたり配水量	179
表 5.6.3	発生活水量、下水処理場流入量の推定	180
表 5.6.4	下水処理場流入推定量と処理水量記録との比較	181
表 5.6.5	生活系、業務系配水量原単位 (2040 年)	182
表 5.6.6	下水処理区別処理場流入下水量 (現況の処理区界をベースとした案) (2040 年)	184
表 5.6.7	流入水量に対する処理能力の評価	185
表 5.7.1	Din Daeng 処理区周辺の状況	187
表 5.7.2	Din Daeng 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編前)	187
表 5.7.3	Din Daeng 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編案 1)	189
表 5.7.4	Din Daeng 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編案 2)	189
表 5.7.5	Din Daeng 他 2 処理区の再編案の比較	189
表 5.7.6	Chatuchak 処理区周辺の状況	190
表 5.7.7	Chatuchak 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編前)	191
表 5.7.8	Chatuchak 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編後)	192
表 5.7.9	Thunk Khru 処理区周辺の状況	193

表 5.7.10	Thunk Khru 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編前).....	193
表 5.7.11	Thunk Khru 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年、再編後).....	194
表 5.7.12	Nong Khaem 処理区の周辺の状況	194
表 5.7.13	Nong Khaem 他 2 処理区の汚水量と下水処理場処理能力 (2040 年).....	195
表 5.7.14	下水処理区再編案のまとめ.....	195
表 5.7.15	下水処理区別処理場流入下水量 (2040 年).....	197
表 5.8.1	下水道施設の建設費.....	198
表 5.9.1	水質評価地点.....	200
表 5.9.2	BOD 濃度の計算手順	206
表 5.9.3	流達率の設定.....	210
表 5.9.4	境界条件の設定.....	211
表 5.9.5	簡易水質汚濁解析の水質予測結果.....	212
表 5.9.6	水質調査結果 (Klong Tan における 24 時間連続調査)	215
表 5.10.1	下水道事業に着手済みの下水処理区.....	216
表 5.10.2	優先プロジェクト候補下水処理区の絞り込み条件.....	217
表 5.10.3	優先プロジェクト候補下水処理区の絞り込み.....	218
表 5.10.4	優先プロジェクト候補下水処理区の概要.....	221
表 5.10.5	下水道整備の緊急度の判定基準.....	222
表 5.10.6	下水道整備の緊急度に関する判定結果.....	223
表 5.10.7	下水道整備の効果に関する判定基準.....	223
表 5.10.8	下水道整備の効果に関する判定結果.....	224
表 5.10.9	下水処理場用地の確保状況.....	225
表 5.10.10	戦略的環境影響評価の評価内容と判定基準.....	226
表 5.10.11	戦略的環境影響判定結果.....	228
表 5.10.12	優先プロジェクト下水処理区の選定表.....	230
表 5.10.13	Nong Bon 処理区と Nong Bon 下水処理場の概要.....	231
表 5.11.1	下水道整備計画.....	235
表 5.11.2	下水道施設の維持管理費.....	236
表 5.11.3	処理区別処理場必要面積.....	238

図リスト

図 2.1.1	調査フローチャート	3
図 3.1.1	全国下水道整備長期計画(2010-2041)の概要.....	9
図 3.3.1	遮集式下水道の概念図.....	18
図 3.3.2	水質管理部の組織と職務別人数内訳.....	19
図 3.3.3	バンコク都の発生汚水量と下水処理能力、処理目標	23
図 3.3.4	運河水浄化施設の位置図.....	26
図 3.4.1	バンコク都の洪水対策.....	28

図 3.4.2	既存雨水排水ポンプ場位置図 (Phra Nakon ~ Yan Nawa)	29
図 3.4.3	雨水排水ポンプ場、増補管計画事例 (Phra Nakon 区付近)	31
図 3.4.4	雨水排水トンネルプロジェクトの概要	32
図 3.4.5	浸水常襲 15 地点位置	33
図 3.4.6	No.15 Phra Nakon 区 の対策例	34
図 3.4.7	既設 7 下水処理場流入下水量の推移	37
図 3.4.8	Si Praya 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	37
図 3.4.9	Rattanakosin 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	38
図 3.4.10	Din Daeng 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	38
図 3.4.11	Chong Nonsi 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	39
図 3.4.12	Nong Khaem 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	39
図 3.4.13	Thug Khru 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	40
図 3.4.14	Chatuchak 下水処理場の流入水質、処理水質の推移	40
図 3.4.15	タイ国一般家庭の排水設備	44
図 3.4.16	腐敗槽、小規模処理施設の構造及び設置事例	45
図 3.4.17	新市街地開発事業の集中処理施設 (戸建住宅地)	46
図 3.4.18	新市街地開発事業の下水道システム (戸建住宅地)	47
図 3.4.19	On Nuch 汚泥処理施設の処理フロー	49
図 3.5.1	チャオプラヤ川の水質 (2009 年の BOD)	55
図 3.5.2	チャオプラヤ川の水質モニタリング地点	56
図 3.5.3 (1)	チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (1/3)	57
図 3.5.3 (2)	チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (2/3)	58
図 3.5.3 (3)	チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (3/3)	59
図 3.5.4	チャオプラヤ川 R05 地点の溶存酸素濃度の経年変化	60
図 3.5.5	調査区域内の運河水質汚濁状況案内図	63
図 3.5.6	調査区域内の運河水質汚濁状況 (2009 年平均 BOD 濃度) (1)	64
図 3.5.7	調査区域内の運河水質汚濁状況 (2009 年平均 BOD 濃度) (2)	65
図 3.5.8	調査区域内の運河水質汚濁状況 (2009 年平均 BOD 濃度) (3)	66
図 3.5.9	調査区域内の運河水質汚濁状況 (2009 年平均 BOD 濃度) (4)	67
図 3.5.10	Wat Theb Thida 運河の BOD 濃度の経年変化	69
図 3.5.11 (1)	Sam Sean 運河の BOD 濃度の経年変化 (1/2)	70
図 3.5.11 (2)	Sam Sean 運河の BOD 濃度の経年変化 (2/2)	71
図 3.5.12	Saen Saep 運河の BOD 濃度の経年変化	72
図 3.5.13	Bang Sue 運河の BOD 濃度の経年変化	73
図 3.5.14	Huai Khwang 運河の BOD 濃度の経年変化	74
図 3.5.15	Bangkapi 運河の BOD 濃度の経年変化	74
図 3.5.16	Bangpakok 運河の BOD 濃度の経年変化	75
図 3.5.17	Bangsaikai 運河 Bangnamchon 運河の BOD 濃度の経年変化	76
図 3.5.18	運河の溶存酸素濃度案内図	78
図 3.5.19	運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (1)	79
図 3.5.20	運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (2)	80

図 3.5.21	運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (3)	81
図 3.5.22	運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (4)	82
図 3.5.23	運河における BOD と DO の相関関係	83
図 3.6.1	下水処理場の流入水質	86
図 3.6.2	腐敗槽処理の効果	87
図 3.6.3	晴天時放流状況	89
図 3.6.4	遮集管上の人孔水位	90
図 3.6.5	バンク式雨水吐き室の例	91
図 3.6.6	角落しによる堰高調整例	91
図 3.6.7	フラップゲートの開閉と水位の関係	92
図 3.6.8	合流管渠、雨水吐き室、吐き口、運河の位置及び高さ関係	92
図 3.6.9	バンコク首都圏庁全体の組織構成	97
図 3.6.10	排水下水道局の組織構成	98
図 3.6.11	環境局の組織図	100
図 3.6.12	公共事業局の組織図	101
図 3.6.13	典型的な地区事務所の組織図 (Din Daeng 地区事務所の例)	102
図 3.6.14	下水道サービスの管理責任	104
図 4.1.1	下水道の進化	107
図 4.1.2	下水道の役割と変遷の事例	108
図 4.1.3	下水道整備の目標と戦略	109
図 4.1.4	下水道の段階的整備計画	110
図 4.2.1	流量と雨天時越流水の水質の変化	114
図 4.2.2	雨天時越流水対策のハイドログラフ	115
図 4.2.3	大深度雨水幹線の雨天時越流水対策	116
図 4.2.4	低濃度流入水質の改善策	117
図 4.2.5	自然排水区とポンプ排水区概念	118
図 4.2.6	雨水吐き室、吐き口統合案の例	121
図 4.2.7	Rattanakosin 処理区のポンプ排水区化概念図	125
図 4.2.8	既設処理区の短期及び中長期改善策の概念図	128
図 4.2.9	下水道による腐敗槽汚泥処理	130
図 4.2.10	腐敗槽汚泥受け入れ模式図	131
図 4.2.11	新市街地における下水道整備	136
図 4.2.12	下水汚泥の資源価値	139
図 4.2.13	アジアの都市の上下水道料金水準	145
図 4.2.14	下水道整備による維持管理費の推移 (試算)	146
図 4.2.15	維持管理費と DDS 予算の割合	147
図 4.2.16	排水下水道局の組織体制(提案)	153
図 5.1.1	バンコク都市計画用途地域図	159
図 5.1.2	下水道整備区域案	159
図 5.2.1	バンコク都の将来人口推定	161
図 5.2.2	バンコク都の District 一覧	162

図 5.2.3	登録人口によるバンコク都の人口の推移.....	164
図 5.2.4	District 毎の人口増減の状況	166
図 5.3.1	MWA 支店別配水区域.....	169
図 5.3.2	MWA 支店別業務系/生活系配水量比率区分	172
図 5.4.1	下水処理区設定案.....	175
図 5.6.1	下水道処理区界案(現況の処理区界をベースとした案).....	183
図 5.7.1	Din Daeng 処理区周辺の状況	186
図 5.7.2	Din Daeng 処理区他 3 処理区の再編案.....	188
図 5.7.3	Chatuchak 処理区周辺の状況	190
図 5.7.4	Chatuchak 処理区他 2 処理区の再編案.....	191
図 5.7.5	Thung Khru 処理区周辺の状況	192
図 5.7.6	Thung Khru 処理区の境界再編案.....	193
図 5.7.7	Nong Khaem 処理区の周辺の状況	194
図 5.7.8	下水道処理区再編案	196
図 5.9.1	水質評価地点 (チャオプラヤ川と東岸地域)	201
図 5.9.2	水質評価地点 (西岸地域)	201
図 5.9.3	浄化用水導入計画に基づく運河の流れ方向.....	203
図 5.9.4	運河における BOD 濃度の変動 (2009 年)	204
図 5.9.5	BOD 濃度の計算手順.....	205
図 5.9.6	簡易汚濁解析の考え方.....	207
図 5.9.7	簡易汚濁解析モデル.....	209
図 5.9.8 (1)	簡易汚濁解析の水質予測結果 (1/2).....	213
図 5.9.8 (2)	簡易汚濁解析の水質予測結果 (2/2).....	214
図 5.10.1	優先プロジェクトの候補下水処理区	219
図 5.10.2	優先プロジェクトの候補下水処理区と関連する運河	220
図 5.10.3	Nong Bon 処理区計画区域及び下水処理場位置図	232
図 5.10.4	Nong Bon 下水処理場候補地平面図.....	232
図 5.11.1	下水道整備実施計画	234
図 5.11.2	下水道整備計画.....	236

写真リスト

写真 3.3.1	運河希釈システム 1 (No.8 Pak K. Talad ゲート)	25
写真 3.3.2	運河希釈システム 2 (No.13 Chong Nonsi ポンプ場)	25
写真 3.3.3	Rama IX Pond の状況 1	25
写真 3.3.4	Rama IX Pond の状況 2	25
写真 3.4.1	Phra Khanong ポンプ場.....	30
写真 3.4.2	Chong Nonsi ポンプ場.....	30
写真 3.4.3	既存雨水ポンプ場 (Nara Thiwat Rajanagarindra 通り沿い)	30

写真 3.4.4	既存雨水ポンプ場 (Phetshaburi 通り沿い)	30
写真 3.4.5	No.1 Sukmvid Soi 26 トンネル起点マンホールポンプ場	32
写真 3.4.6	No.6 Klong Saen Saep トンネル起点マンホール	32
写真 3.4.7	No.7 Makkasan トンネル流末ポンプ場入口	32
写真 3.4.8	No.7 Makkasan トンネル流末ポンプ室	32
写真 3.4.9	既製品腐敗槽	44
写真 3.4.10	排水管	44
写真 3.4.11	腐敗槽汚泥搬入・スクリーニング	49
写真 3.4.12	反応タンク (流出部へ生石灰投入)	49
写真 3.4.13	生石灰投入作業	50
写真 3.4.14	最終沈殿池	50
写真 3.4.15	処理水放流口	50
写真 3.4.16	ベルトプレス汚泥脱水機	50
写真 3.6.1	未接続の既設合流管	85
写真 3.6.2	遮集管近傍の未処理下水	85
写真 3.6.3	分水人孔の水没	86
写真 3.6.4	既設排水管の水没	86
写真 3.6.5	晴天時放流状況 (2010/06/09) (Din Daeng 処理区 IPC199A)	88
写真 3.6.6	雨水吐き室内状況 (2010/06/09) (Din Daeng 処理区 IPC199A)	89
写真 3.6.7	平面位置関係	89
写真 3.6.8	晴天時の人孔内状況	89
写真 3.6.9	ポンプ場状況 (2010/06/19) (Din Daeng 処理場)	90
写真 4.2.1	日本の合流式下水道雨天時越流水事例 1	115
写真 4.2.2	日本の合流式下水道雨天時越流水事例 2	115
写真 4.2.3	晴天時吐き室状況 1 (2010/06/29) (Rattanakosin 処理区)	123
写真 4.2.4	晴天時吐き室状況 2 (2010/06/29) (Rattanakosin 処理区)	123
写真 4.2.5	晴天時吐き室状況 3 (2010/06/29) (Rattanakosin 処理区)	123
写真 4.2.6	晴天時吐き室状況 4 (2010/06/29) (Chong Nonsi 処理区)	123
写真 4.2.7	既存のマンホールポンプ (Phetchaburi 通り)	124
写真 4.2.8	既存の雨水ポンプ場 (Nara Thiwat Rajanagarindra 通り沿い)	124
写真 4.2.9	下水処理水再利用 (タンク車)	137
写真 4.2.10	下水処理水の修景利用	137
写真 4.2.11	消化ガス発電機 (トラックエンジン・モータ直結)	138
写真 4.2.12	下水汚泥コンポスト化施設	138

略 語 集

略語	日本語	英文および注釈
ADB	アジア開発銀行	Asian Development Bank
AFD	フランス開発庁	French Development Agency
BMA	バンコク首都圏庁	Bangkok Metropolitan Administration
BMR	バンコク広域圏	Bangkok Metropolitan Region
BMTA	バンコク公共交通公社	Bangkok Mass Transit Authority
BOD	生物化学的酸素要求量	Biochemical Oxygen Demand
BOO	ビー・オー・オー	Build, Operate, and Own
BOT	ビー・オー・ティー	Build, Operate, and Transfer
BRT	高速バス	Bus Rapid Transit
CI	背景情報	Context Information
COD	化学的酸素要求量	Chemical Oxygen Demand
CSO	雨天時越流水	Combined Sewage Overflow
DDS	排水下水道局	Department of Drainage and Sewerage, BMA
DIW	工業事業省	Department of Industrial Works, MOIn
DO	溶存酸素	Dissolved Oxygen
DOE	環境局	Department of Environment, BMA
DOLA	地方自治体振興局	Department of Local Administration, MOI
DWF	晴天時下水量	Dry Weather Flow
EIA	環境影響評価	Environmental Impact Assessment
F/S	フィジビリティスタディ	Feasibility Study
IC	雨水吐き室	Interceptor Chamber
JICA	国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
MOI	内務省	Ministry of Interior
MOIn	工業省	Ministry of Industry
MONRE	天然資源環境省	Ministry of Natural Resources and Environment
MOSTE	科学技術環境省	Ministry of Science, Technology and Environment (present MONRE)
M/P	基本計画	Master Plan
MWA	首都圏水道公社	Metropolitan Water Works Authority
NEB	国家環境委員会	National Environment Board, MONRE
NEQA	国家環境質法	National Environmental Quality Act, 1992
NHA	タイ国住宅公社	National Housing Authority
ODA	政府開発援助	Official Development Aid
OECD	経済協力開発機構	Organization for Economic Cooperation and Development
ONEP	環境政策計画局	Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning

略語	日本語	英文および注釈
O&M	維持管理	Operation and Maintenance
PCD	公害管理局	Pollution Control Department, MONRE
PFI	民間資金主導	Private Finance Initiative
PI	業務指標	Performance Indicator
PPP	官民パートナーシップ	Public Private Partnership
PWD	公共事業局	Public Works Department, BMA
RID	王立灌漑局	Royal Irrigation Department
SS	浮遊物質	Suspended Solids
TDA	貿易開発機構	Trade and Development Agency, USA
TDS	総乾燥固形物	Total Dry Solids
T-N	全窒素	Total Nitrogen
T-P	全リン	Total Phosphorus
WG	ワーキンググループ	Working Group
WMA	タイ国下水道公社	Wastewater Management Authority
WQMO	水質管理部	Water Quality Management Office, DDS
WWTP	下水処理場	Wastewater Treatment Plant

1. 序 文

1.1 調査の背景・経緯

バンコク都では、昨今の急速な経済発展と都市化に伴い、河川の水質汚濁が深刻化しており、その主な汚濁源とされる都市生活排水の対策として、公共下水道整備が進められている。バンコク首都圏庁（BMA）は、JICA 開発調査により策定した「バンコク汚泥処理・再生水利用計画」（1999 年）等に基づき下水処理施設の整備を進めてきており、現在までに 7ヶ所の大規模処理場を建設、12 の小規模コミュニティ処理場を含め、その処理能力は約 100 万 m³/日、発生活水量に対して 40 %程度の処理率となっている。しかしながら、運河等、バンコク都内の公共水域の水質の改善は途上であり、下水道整備率の更なる向上はバンコク都民の健康で衛生的な生活を確保する上で喫緊の課題となっている。

こうした背景から BMA は、新規下水道整備計画を計画中であり、現況に基づく既存マスタープラン（M/P）の見直しと、将来の円借款活用を想定した優先度の高い案件に係るフィジビリティスタディ（F/S）実施を JICA に要請してきた。かかる状況のもと、JICA は 2009 年 11 月に事前調査団を派遣し、2009 年 12 月に BMA との間で実施計画を署名・交換した。

1.2 調査の目的と範囲

本調査は、2009 年 12 月 11 日に合意された実施計画に基づき、以下の目的で実施するものである。

下水道分野の計画の確認及び既存 M/P のレビューを行い、下水道整備状況、戦略、組織体制等の状況を把握し、下水道整備戦略にかかる提言を行ったうえで、優先プロジェクトの選定を行う。

上記調査の中で、緊急性・優先度を考慮して選んだ事業について、F/S を実施する。

1.3 調査対象地域

本調査は、タイ国バンコク都を対象地域として実施する。

1.4 相手国実施機関

本調査は、バンコク首都圏庁（BMA）を相手国実施機関として実施する。

本調査の直接のカウンターパートは、BMA 排水下水道局（DDS）であり、担当部署は「水質管理部」である。

2. 調査全体工程及びフェーズ1調査の実施

2.1 全体工程

本調査は、調査の全工程（約15ヶ月間）を2段階に分けて実施された。調査フローチャートを図2.1.1に示す。

フェーズ1： 下水道分野の計画の確認、及び既存M/Pのレビューを行い、下水道整備状況、戦略、組織体制等の状況を把握し、下水道整備戦略にかかる提言を行う。また、優先プロジェクトを選定し、計画の概要を確認する。（約6ヶ月）

フェーズ2： 優先プロジェクトのフィジビリティ調査（F/S）を実施する。（約9ヶ月）

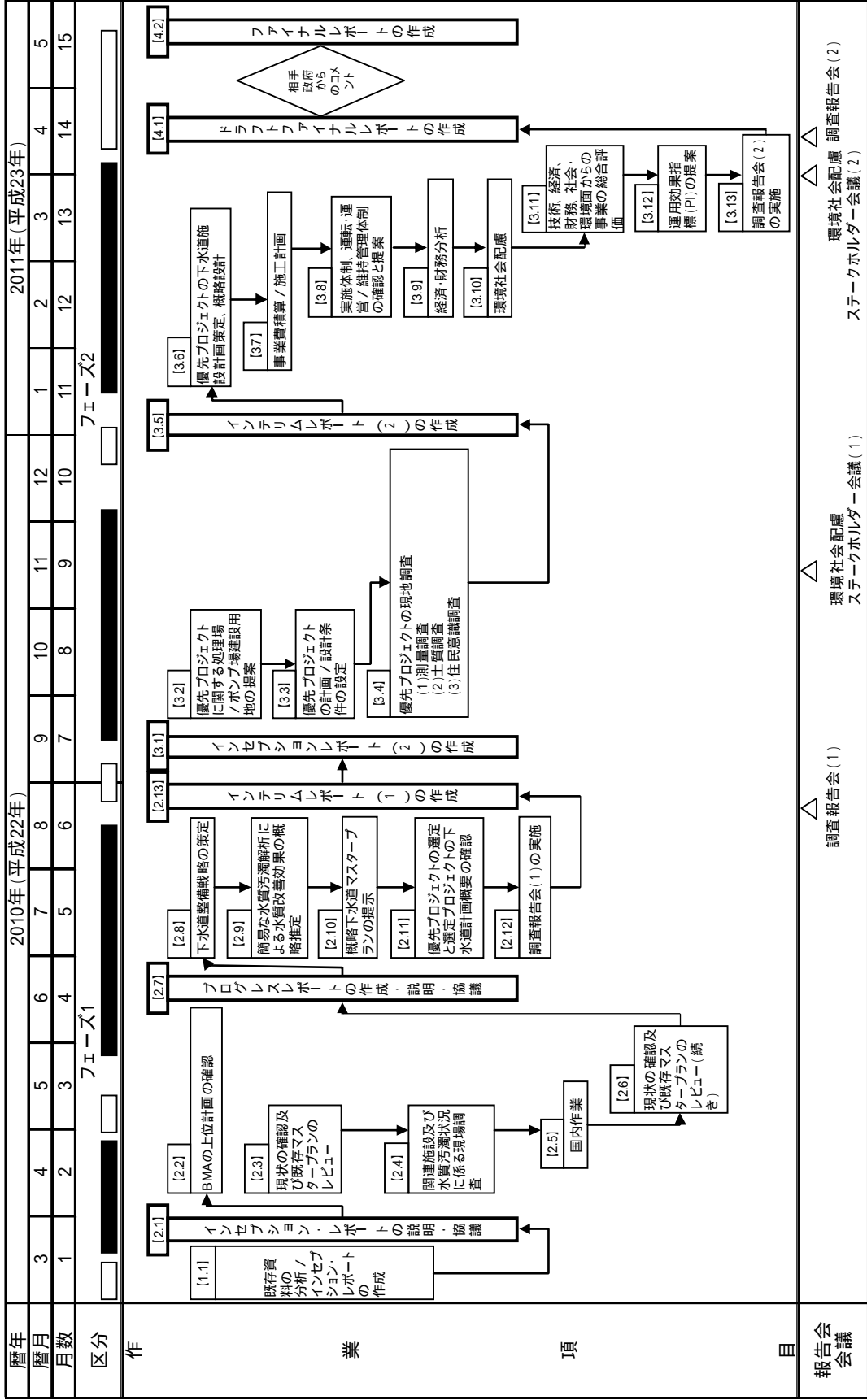
なお、図2.1.1内に示す「インテリムレポート(I)」は「ファイナルレポート(I)」に、「ファイナルレポート」は「ファイナルレポート(II)」に変更となった。また、ステークホルダー会議(1)の開催時期は2010年11月から2011年2月に変更になり、調査報告会(2)は開催されなかった。

2.2 調査実施方針

インセプションレポートで示した業務実施方針に基づき、調査業務を実施する。実施においては、JICAの業務指示書に明示されている以下の留意点の重要性を認識する。

- (1) 現時点のBMAの下水道M/Pは1999年のJICA開発調査である「タイ・バンコク汚泥処理・再生利用計画調査」で提案されたM/Pであり、その見直しを行う。
- (2) 未整備の13の処理区のうち、Klong Toei、Bang Sue、Thon Buriを除き、緊急性、水環境改善、処理区の社会・経済状況などの観点から、優先プロジェクトを選定する。
- (3) 優先プロジェクトについては、処理場/ポンプ場建設用地の提案を行う。用地の選定にあたりBMAが提案する予定地を含む幾つかの代替案を提示し、その中で経済性や社会・環境面の視点から、BMAおよびJICAと十分に協議を行って最適案を提案する。
- (4) 環境社会配慮についてはタイ国法規則に則ると共に、「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン(2004年4月)」または「JICA環境社会配慮ガイドライン(2010年4月)」を参照し確認する。

図-2 調査フローチャート



出典: 調査団

図 2.1.1 調査フローチャート

2.3 調査実施体制

本調査の実施体制について、BMA は Deputy Permanent Secretary を長とする運営委員会を設置して、調査全体の監理を行うとともに必要な支援・助言を行うこととした（付録 1-6 運営委員会設置命令参照）。

また、DDS は水質管理部(Water Quality Management Office)から C/P グループ 12 名を指名し、JICA 調査チームをサポートする体制をとった（付録 1-3 グループメンバー表参照）。

なお、コンサルタント側は、(株)東京設計事務所 4 名、日本工営(株)3 名、合計 7 名からなる JV チームがフェーズ 1 調査を実施した（付録 1-1 要員表参照）。

2.4 フェーズ 1 調査の実施及びファイナルレポート(I)

(1) 基本的事項の確認（IC/R の説明・協議）

国内準備期間において関連資料の分析を行い、調査方針・方法を検討した。また、効率的に調査を実施するために必要な調査工程・訪問先・収集資料・踏査計画等を作成した。インセプションレポート(IC/R)には、業務指示書およびプロポーサルの内容を含む調査業務実施方針を記載し、また、質問表も添付した。

C/P 機関である DDS へは、3 月 17 日に IC/R を提示し説明・協議を行い、調査基本方針、調査計画、実施体制、調査対象地域、便宜供与、カウンターパート（C/P）の配置、会議・調査報告会開催等の内容を確認し基本的な合意を得た(付録 1-2 第 1 回 WG 議事録参照)。

続いて 3 月 25 日には、IC/R に記載した内容に関する質疑応答、バンコク下水道事業の課題等について C/P と意見交換（付録 1-4 議事録参照）を行った。あわせて、質問表の収集資料・データについて、C/P の収集担当を決めた。

また、4 月 8 日には、運営委員会開催日程、調査の基本的事項等に関する意見交換を行った（付録 1-5 議事録参照）。

(2) 調査業務の実施（PR 及び ITR の説明・協議）

第 1 次現地調査の結果を踏まえて、プログレスレポート（PR）を作成した。6 月 15 日に第 2 回 WG を開催し、C/P 機関である DDS へ PR の内容を説明した。会議では、計画人口、既設下水処理場の処理能力、バンコクの合流式下水道システムの課題、M/P における処理区計画等について、意見交換を行った。会議終了後、引き続き PR の表記内容について詳細なコメントを受けた（付録 1-7, 1-8 第 2 回 WG 議事録及びコメント参照）。

6 月 21 日に第 1 回の運営委員会が開催され、冒頭 JICA 準備調査の概要、運営委員会の役割

等について説明があり、その後コンサルタント側から IC/R の内容及び PR の内容を説明した。委員から出された様々なトピックについて意見交換を行い、今後の調査に反映することとした(付録 1-9 第 1 回運営委員会議事録参照)。

7 月 5 日に、それまでの現地調査の進捗過程で出てきた検討事項について、DDS の C/P に確認するとともに意見交換を行った(付録 1-10 議事録参照)。

特に MWA に要求していた給水量に関するデータは下水道計画策定において重要であるので、再度 DDS から WMA への確認を依頼した。

また、7 月 16 日には M/P における既下水処理区の再編方針及び新処理区の設定方針を再確認し、情報収集を行った。

8 月 25 日に開催された第 3 回 WG において、コンサルタント側から ITR の骨格となる、バンコク下水道整備戦略及び概略マスタープランについて説明した。議長及びメンバーから、浸水対策との協調などの必要性など、様々な意見が出された。(付録 1-11 第 3 回 WG 議事録参照)

また、8 月 31 日に関係機関への調査報告会が行われ、同様にコンサルタント側から ITR の骨格について説明した。議長及び各関係機関から様々な意見が出され、活発な議論が行われた。(付録 1-12 調査報告会議事録参照)

9 月 30 日に第 2 回の運営委員会が開催され、コンサルタント側から ITR の内容を説明した。委員から出された様々なテーマについて意見交換を行い、調査報告書に反映することとした(付録 1-14 第 2 回運営委員会議事録参照)。

(3) 現場調査日程

JICA 調査チームから、関連施設及び水質汚濁状況に係る現場調査リストを提示し、DDS の C/P の多大の協力のもと、以下の日程で現場調査を行った。

3 月 18 日(木)	Din Daeng 下水処理場及び Chatuchak 下水処理場
3 月 19 日(金)	Si Praya 下水処理場
3 月 23 日(火)	Rattanakosin 下水処理場
3 月 24 日(水)	Chong Nonsi 下水処理場
3 月 29 日(月)	DDS の水質試験室及び洪水管理センター
3 月 31 日(水)	Nong Khaem 下水処理場及び Thung Khru 下水処理場
4 月 1 日(木)	NHA から移管された Bong Kai、Klong Toei 及び Bang Na 下水処理場
4 月 5 日(月)	Bang Sue 下水処理場建設現場、Bang Khen 排水ポンプ場及び Bang Sue 排水ポンプ場
4 月 7 日(水)	Nong Bon 処理区・処理場候補地及 Min Buri 処理区・処理場候補地

4月12日(月)	Thon Buri 下水処理場予定地及び Thon Buri 側運河水路調査
4月20日(火)	東岸側運河水路調査及び Phra Khanong 排水ポンプ場
6月9日(水)	Din Daeng 処理区内の雨水吐き数ヶ所
6月10日(木)	On Nuch 腐敗槽汚泥処理場
6月11日(金)	Din Daeng 処理区内の各戸腐敗槽数ヶ所
6月14日(月)	アクア西原株の腐敗槽製造工場

(4) 収集資料・データ

インセプションレポートで示した質問表に記載した収集資料・データについて、担当の CP が中心となって収集を行った。4 月末時点で大部分の資料・データを収集できた。その後必要に応じて追加の資料・データの収集を行った。最終的な収集資料・データリストを付録 1 に示す。

これと並行して、下水道マスタープラン見直しに関する基礎的データ及び監視制度・規制基準等の収集のため、関係機関のヒアリングを以下の日程で行った。

4月7日(水)	BMA 公共事業局 (建築物管理法関連)
4月8日(木)	BMA 都市計画局 (バンコク都市計画)
4月19日(月)	天然資源環境省(MONRE)公害防止局(PCD) (国の水質汚濁防止・下水道整備政策)
4月22日(木)	首都圏水道公社(MWA) (首都圏の上水道整備計画)
6月18日(金)	Din Daeng 区役所清掃・公園担当 (腐敗槽汚泥の処理業務)
6月22日(火)	首都圏水道公社(MWA) (配水事務所ごとの給水量実績)
8月10日(火)	王立灌漑局(RID) (バンコク都郊外からの運河水量)
10月29日(金)	MONRE 地下水資源局 (バンコク都内地下水利用実態)
10月29日(金)	工業省(MOIn)工業事業局(DIW) (バンコク都内工場排水量及び処理実績)
11月4日(木)	MONRE 地下水資源局 (バンコク都内地下水利用実績)

(5) ファイナルレポート(I)

本ファイナルレポート (I) (第 2 巻)は、フェーズ 1 調査結果を取りまとめたもので、下水道関連分野の計画の確認、既存 MP のレビューを行い、下水道整備戦略の提言及びマスタープラン (MP) の見直しを行うものである。

3. バンコク下水道事業の現状と課題

3.1 タイの下水道行政

3.1.1 国の下水道行政

(1) 国の機関

天然資源環境省(MONRE: Ministry of Natural Resources and Environment)は、下水道を含む環境行政全般を管轄する。

環境政策計画局(ONEP: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning)は、環境政策全般の政策及び計画を立案し、内務省地方行政局(DOLA: Department of Local Administration, Ministry of Interior) の下水道予算配分に対して、環境保護の観点から優先順位をチェックする。

公害管理局(PCD: Pollution Control Department)は、水質基準等の環境基準類を制定し、環境項目の規制と監視を行う。ただし、一定規模以上の工場排水の規制と監視は、工業省(MOIn: Ministry of Industry)の管轄となっている。

タイ国下水道公社(WMA: Wastewater Management Authority)は、天然資源環境省傘下の国営企業で、地方自治体の下水道事業実施を支援する。

(2) 地方自治体

地方自治体は、水質汚濁防止に関する規制基準を遵守する義務がある。地方分権法(1999年制定)により、地方自治体が下水道事業主体として事業の管理運営する権限を与えられている。

地方自治体が下水道事業を申請する場合は、県の開発計画に位置付けられていることが前提で、予算はDOLA を通じて配分される。申請を受けたONEPは、特にその計画事業の財政面を中心にその実現可能性を審査することとしている。

3.1.2 国の下水道計画

(1) 国家経済社会開発計画

タイ国政府は 1961 年から国家経済社会開発 5 ヶ年計画を推進しており、これは国の開発における優先順位と政策を策定するものである。第 7 次計画では (1992-1996) 政府の持続的な経済発展への関与を宣言、環境の将来を予測するものであった。第 7 次計画の重要な目

的の一つにチャオプラヤ川下流と Chin 川の水質改善があった。

第 8 次計画（1997-2001）においても、環境管理の強化と住民参加による環境の改善は引き続き重要な課題となっている。キーワードは地方分権、施策決定における住民の参加、透明性と説明責任の拡大、地域社会への権限委譲などにある。

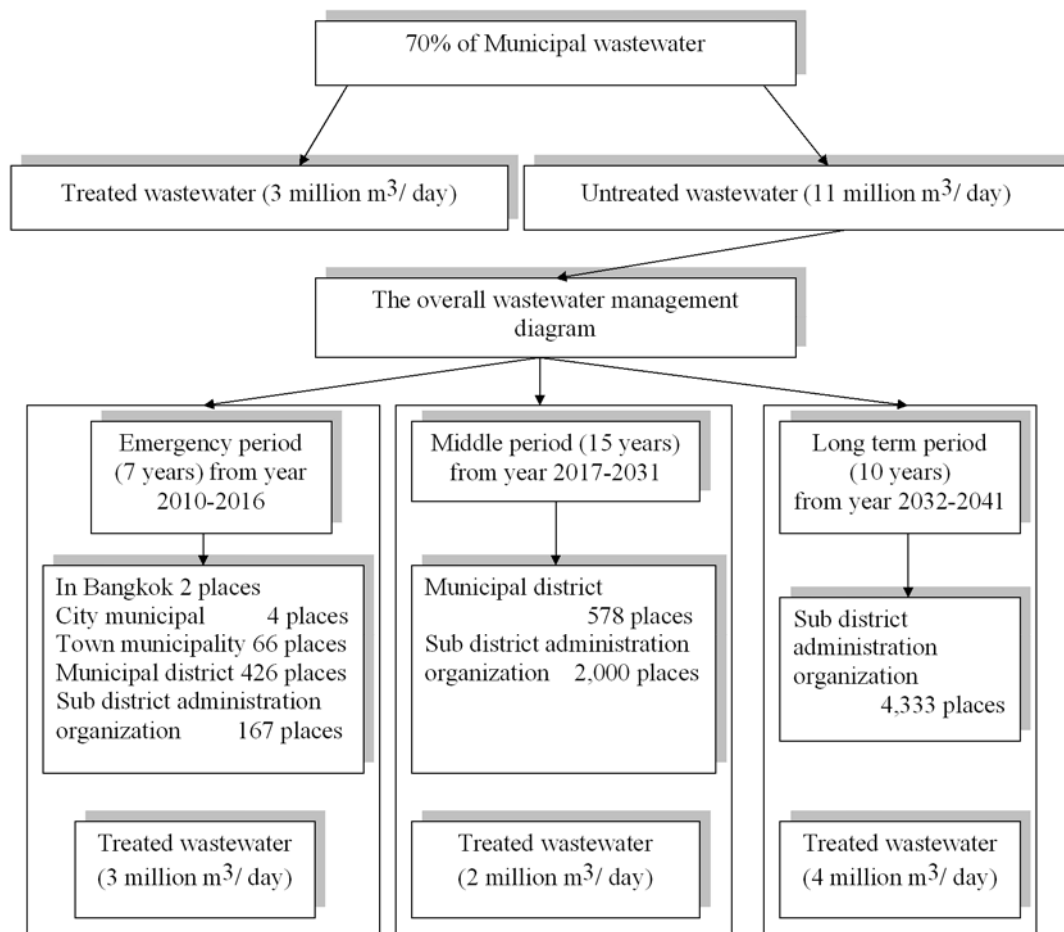
第 9 次計画（2002-2006）は、社会全ての分野の効果的で透明性がありかつ信頼できる条例の適用、および実際的な調査の実施による天然資源と環境管理等に焦点を当てている。計画は、主要河川等の内水域の水質は DO 2 mg/l を下回らないこと、および沿岸域の水質は国の基準にしたがって回復すべきことと述べている。

第 10 次計画（2007-2011）では、「足るを知る経済理念」のもと「地球に優しい幸せな共存社会」を目指し、使命の一つとして生物多様性を守り、環境の質を保全することを掲げている。その目標として、河川流域や水源の 85 %以上が良好か一定程度の質を確保することを挙げている。

(2) 全国下水道整備長期計画(2010-2041)

国家レベルの下水道計画については、2009年10月5日に開催された国家環境委員会(National Environmental Board)において、タイ国全土の水環境改善を目指した「全国下水道整備長期計画(2010-2041)」が承認されている。

現在、全国の汚水発生量 1,400 万 m³/日のうち、101 の下水処理場で 320 万 m³/日が処理されている。この計画では、緊急計画 7 年、中期計画 15 年、長期計画 10 年ごとに下水道整備自治体名を具体的に記述し、未処理下水のうち約 900 万 m³/日を処理するとしている。図 3.1.1 にその計画概要を示す。緊急計画(2010-16 年)にある BMA の 2 ヶ所とは、Klong Toei 下水処理場および Thon Buri 下水処理場である。



出典: PCD

図 3.1.1 全国下水道整備長期計画(2010-2041)の概要

3.2 BMA の上位計画及び関連法規制の確認

3.2.1 関連法規制

国及びバンコク都の関連法及び規制と本調査との整合性を図るため、関連法規制について整理した。

(1) 法的な枠組み

下水道施設の運営を直接規定する法律はない。しかし、関連する法律がいくつか存在する。これらの法律によって BMA がいくつかの機能を果たす権限を与えられており、財源を調達し目標を設定し、BMA と活動が関係するであろう他の機関との協調が図られる。いくつかの重要な法律を以下に概説する。

Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, 1992

この法律は環境に関する中核的な法規であり、環境影響評価 (EIA) の根拠となっている。この法律の第 5 部は水質汚濁について詳しく述べている。そこでは、「汚濁負荷の点源の持ち主あるいは保有者は個別の汚水処理施設あるいは処分施設を建設、設置、あるいは運転する義務を有する。」となっている。この法律は、さらに、下水道の処理区域の場合は汚濁の点源は下水道に接続し、適切な料金を払わなければならないと述べている。また、この法律はいくつかの機関に排水基準を設定する権限を与えている。これに基づいて天然資源・環境省の公害防止局(Pollution Control Department, PCD)が排水基準を設定している。

Environmental Quality Promotion and Prevention Act, 1992

この法律の下水に関する部分では、下水は発生者あるいは下水処理施設によって処理しなければならないと規定しており、後者の場合発生者はサービスの対価を支払わなければならないとなっている。

BMA Service Administration Regulations Act, 1985, and its amendment, 1996

下水処理は BMA の指定された活動の一つであり(設立のための法律 1977 により規定)、この法律は BMA が良好な環境と公衆衛生を確保するためこのサービスを提供しなければならないとしている。

Building Control Act, 1979, its amendment, 1992

この法律は、環境保全の方策として、土地の所有者に腐敗槽のようなある種の汚水防止対策の建設を要求している。PCDはこの法律に従い、Effluent Quality Standard Code of Law (1994)を作成し、そこで建物の種別に基づく処理の要求事項を決めている。

The Land Development Act, 2000

この法律は、土地の開発に関する規制法で、建築物と住宅に対して下水道（汚水処理及び雨水排水）の設置を義務付けている。

他の関連する法律

- Public Health Act, 1992
- Factory Act, 1992
- Royal Decree on Wastewater Management Authority, 1995
- Industrial Works Act, 1992
- Hazardous Substances Act, 1992
- Industrial Estate Authority of Thailand Act, 1979
- Public Works Department Decree, 1994
- Private Sector Participation Act, 1992

(2) 環境保護法に規定する水質規制

1992年制定の環境保護法(Enhancement and Conservation of National Quality Act)により水質環境基準と排水基準が、工業省(Ministry of Industry)所管の工場法(Factory Act of 1992)により工場排水の排水基準が定められている。

水質環境基準は、環境保護法に基づき、1994年に公共用水域(各流域、上中下流区間)ごとに、水利用目的別の水質を定めている。例えばチャオプラヤ川では、表 3.2.1 のとおり、下流区間(河口から 7 km - 62 km)はクラス 4、中流区間(62 km - 142 km)はクラス 3、上流区間(142 km - 379 km)はクラス 2 と定められている。また、バンコク広域圏 (BMR) では、水道水源保護制限区域も定められている。その他、地下水質基準も定められている。

また、排出基準としては、工場排水基準(Industrial Effluent Standards)、建築物排水基準(Building Effluent Standards)、住宅団地排水基準(Housing Estate Effluent Standards)の他、養豚場(Effluent Standard for Pig Farm)、ガソリンスタンド・送油所(Gas Station and Oil Terminal Effluent Standard)、水産養殖場(Effluent Standard for Coastal Aquaculture、Effluent Standard for Brackish Aquaculture)などに対する排水基準が定められている。

表 3.2.1 チャオプラヤ川の水質環境基準

区 間	類型指定	色、臭気、味	DO (mg/l)	BOD (mg/l)
下流区間 (河口から 7 – 62 km)	Class 4	異常でないこと	2	4
中流区間 (河口から 62 – 142 km)	Class 3	異常でないこと	4	2
上流区間 (河口から 142 – 379 km)	Class 2	異常でないこと	6	1.5

注) Class 1: 以下の用途に使われる供される特別に清澄な表流水源

- (1) 通常の滅菌以外の処理を行う水保全
- (2) 基礎生物が自然に繁殖できる生態系保全

Class 2: 以下の用途に使われる極めて清澄な表流水源

- (1) 通常の水処理が必要な水利用
- (2) 水生生物の保全
- (3) 漁業
- (4) レクリエーション

Class 3: 以下の用途に使われる中程度に清澄な表流水源

- (1) 通常の処理を行う水利用
- (2) 農業

Class 4: 以下の用途に使われるかなり清澄な表流水源

- (1) 特別の水処理が必要な水利用
- (2) 工業

Class 5: Class 1 から 4 に該当しない水源及び航行に使われる水源

出典: Law and Standard on Pollution Control in Thailand, 3rd Edition, 1994

(3) 下水処理場に対する排水基準

バンコク都は、下水処理場の放流水に対して、“BMA Requirement”として、Public Health Act(1992)で規定するBuilding Effluent Standard (Type A : 最大の建築物に適用する排水基準)に準拠し、アンモニア性窒素、リン、DOを横出し規制値としている。全窒素については、流入下水の濃度がBOD/N 4の場合に適用し、生物学的処理機能に配慮した規制である(表 3.2.2)

表 3.2.2 下水処理場の排水基準 (BMA による)

水質項目	単位	建築物排水基準	BMA排水基準
1. pH		5-9	5-9
2. BOD	mg/l	<20	<20
3. SS	mg/l	<30	<30
4. 全窒素*	mg/l		<10
5. ケルダール性窒素	mg/l	<35	
6. アンモニア性窒素	mg/l		<5
7. 全リン	mg/l		<2
8. 溶存酸素濃度	mg/l		>5

注) *流入下水のBOD/N値が4以上の場合に適用

出典: DDS

国レベルでの下水処理場に対する排水基準は、これまで定められていなかったが、2009年10月5日に開催された国家環境委員会(National Environmental Board)において下記の排水基準

が承認され、2010年6月2日に官報告示され発効した(表3.2.3)

表 3.2.3 下水処理場の排水基準 (MONRE による)

(2010年6月2日発効)

水質項目	単位	排水基準値
1. pH	-	5.5-9.0
2. BOD(生物化学的酸素要求量)*	mg/l	20 以下
3. SS**	mg/l	30 以下
4. 脂質	mg/l	5 以下
5. 全リン	mg/l	2 以下
6. 全窒素	mg/l	20 以下

注) *安定化池と酸化池については、ろ過水を測定

**安定化池と酸化池については50 mg/l

出典: MONRE

(4) BMA の排水規制

建築許可に関して、コンドミニウム、ホテル、寄宿舍、病院、教育機関、政府機関、公営企業あるいは民間企業、デパート、市場、レストラン、住居に対して、個別処理施設の設置を義務付けている(表 3.2.4)。

表 3.2.4 建築物排水基準

水質項目	建築物のタイプ				
	A	B	C	D	E
1. pH	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
2. BOD (mg/l)	20	30	40	50	200
3. SS (mg/l)	30	40	50	50	60
4. 全蒸発残留物 (mg/l)	500	500	500	500	-
5. 沈殿性固形物	0.5	0.5	0.5	0.5	-
6. ケルダール窒素(mg/l)	35	35	40	40	-
7. 有機性窒素 (mg/l)	10	10	15	15	-
8. アンモニア性窒素 (mg/l)	-	-	25	25	-
9. 脂質 (mg/l)	20	20	20	20	100
10. 硫化水素 (mg/l)	1.0	1.0	3.0	4.0	-

建築物	建築物のタイプ				
	A	B	C	D	E
コンドミニアム (部屋数)	= 500	100 = B < 500	< 100	-	-
ホテル (部屋数)	= 200	60 = B < 200	< 60	-	-
寄宿舎 (部屋数)	-	= 250	50 = C < 250	10 = D < 50	-
マッサージパーラー等 (m ²)	-	= 5,000	1,000 = C < 5,000	< 1,000 ¹	-
病院 (ベッド数)	= 30	10 = B < 30	-	< 10 ¹	-
教育施設 (m ²)	= 25,000	5,000 = B < 25,000	-	< 5,000 ¹	-
新市街の住宅 (戸数) ¹	> 500 ²	100 = B = 500 ₂	10 = C < 100 ₁		
政府系施設の建物 (m ²)	= 55,000	10,000 = B < 55,000	5,000 = C < 10,000	< 5,000	-
デパート(m ²)	= 25,000	5,000 = B < 25,000	1,000 = C < 5,000 ¹	< 1,000 ¹	-
市場(m ²)	= 2,500	2,500 = B < 1,500	1,000 = C < 1,500	500 = D < 1,000	-
レストラン等 (m ²)	= 2,500	500 = B < 2,500	250 = C < 500	100 = D < 250	< 100
高層住宅(m ²)		= 10,000	2,000 = C < 10,000	< 2,000	
戸建て住宅 (m ²) ³				= 1,000 ³	

注)

1 - Ministerial Regulation Copy 51 B.E. 2541 (1998) – Building Control – The Ministry of Interior Affairs

2 - Notification of the Ministry of Natural Resources and Environment : Housing Estate Standards dated November 7, B.E. 2548 (2005) published in the Royal Government Gazette, Vol. 122 Part 125 D, dated December 29, B.E. 2548 (2005)

3 - Bangkok Metropolitan Administration Ordinance on Building Control 2001

*For individual house, provision of septic tank, grease trap and filter trap (to remove impurities) is mandated, which is written on the BMA same regulation above.

出典: Bangkok Metropolitan Administration Code of Law (Minister of Interior), Effluent Quality Standard (Amended Act)

(5) BMA の下水道料金制度

下水道料金を賦課する条例（BMA ordinance : Collected Wastewater Tariff、2004）が制定されているが施行（適用）されていない。

3.2.2 上位計画

バンコク都の最新の開発計画・政策と本調査との整合性を図るため、下水道事業計画に関連する上位計画について最新の資料・データを収集・整理した。

(1) BMA の上位計画

BMA の下水道整備上位計画として、2008 年に作成された BMA 実行計画（2009 年 12 年）がある。これは、BMA が、高品質の都市環境と都民生活を維持しつつ、地域の中心として世界をリードし持続的に発展する大都市を目指し、5 つの戦略課題を掲げたものである。この戦略課題のひとつが「水質改善事業の効率向上」であり、そのために 下水処理率、対象運河の目標水質、下水処理水再利用率、下水汚泥利用量の指標を掲げ、これらの指標ごとに、2009 年および 2012 年目標、さらに 2020 年の中期目標を示している（表 3.2.5）。

表 3.2.5 水質改善事業の効率向上

	単位	現況 2008 年	2009 年	2012 年	2020 年
1. 下水道処理率	%	40	40	42	60
2. 対象運河の水質改善目標					
2.1 下水処理場放流水質(BOD)目標	mg/l	15	15	10	10
2.2 溶存酸素濃度(DO)改善目標	mg/l	1	1	1.5	2.0
2.3 溶存酸素濃度(DO)維持目標	mg/l	2	2	2	2.5
3. 下水処理水、下水汚泥の再利用					
3.1 下水処理水再利用率	%	3	4	5	7
3.2 下水汚泥コンポスト生産量	m ³ /年	5,000	5,000	10,000	12,000

出典: BMA

この実行計画では、これらの目標を達成するための主要戦略として以下を提示している。

バンコク都北部域の下水処理量を増やす。
下水処理場処理水質（BOD）の向上と主要運河でのフラッシングの効率化
下水処理水および下水汚泥の再利用の促進

(2) 都市開発計画/土地利用計画/人口予測

BMA 都市計画局により、バンコク都の中期（2020 年）の都市開発計画(City Development Plan)、

人口予測、土地利用計画(Land / Use Plan)が定められている。内容は、「概略下水道マスタープラン」に記述する。

(3) 首都水道公社(MWA)の上水道事業計画

MWA は 2057 年を目標とした上水道事業計画を検討している。これまでの上水供給実績、使用水量実績及び将来予測から、下水道計画に必要な汚水量予測を行うことができる。ただし、MWA の上水供給地域は BMA だけでなく近隣の Nonthaburi 県、Samut Prakan 県を含む BMR (バンコク広域圏) をカバーしているため、BMA 行政区域に限定したデータ把握が難しい。

表 3.2.6 に MWA による用途別上水供給実績(2009 年度)を示す。これによると、住宅用上水供給は 595 百万 m³ (生活用)、59 百万 m³(大口の生活用)の合わせて 654 百万 m³ で、全体の 53 % を占めている。また、MWA による工業用水供給は全体の 4 % にしか過ぎないが、今後郊外に立地している工場群へ働きかけ、地下水利用から上水への転換を促していく方針である。

表 3.2.6 MWA による用途別上水供給実績(2009 年)

用 途	配水量 (百万 m ³ /年)
生活	595
商業	403
政府機関	46
工業	50
一時利用	46
大口 (生活)	59
大口 (商業)	31
公共、他	20
計	1,250

出典: MWA

(4) BMA の地球温暖化対策目標

BMA 地球温暖化対策行動計画 (2007 ~ 12 年)では、次のように下水道においてはメタンガスの発生を抑制するため下水処理場を建設することと、および家庭排水を水路へ排水させないキャンペーンを実施することとしている (表 3.2.7)。

目標：この行動計画は固形廃棄物管理と下水処理の効率を向上させることである。

計画中の行動計画：廃棄物からエネルギー・プロジェクト

行動計画 2：下水処理の効率向上

- ・行動 2.1：下水処理能力の増強

BMA は新たな下水処理場の建設を計画しており、これにより処理能力は 100 万 m³/日 から 180 万 m³/日に増強しメタンガス発散量は CO₂換算で 5 万トン減少させる。

・ 行動 2.2：家庭の下水を減少する

バンコク都民に対して、料理用油や食物のような有機物を排水施設に投棄しないようにキャンペーンを行う。この行動によりバンコクの下水を 10%減少させる。

表 3.2.7 地球温暖化ガス削減行動計画

行動内容	地球温暖化ガス削減目標 (Mton, CO ₂ 換算)
行動計画 1	
行動 1.1 有機性廃棄物管理の効率化	0.10
行動 1.2 固形廃棄物の再利用とリサイクル	0.28
行動計画 2	
行動 2.1 下水処理能力の増強	0.05
行動 2.2 家庭下水量の減少	0.03
合計	0.46

出典: Bangkok Metropolitan Administration Action Plan on Global Warming Mitigation 2007 – 2012, Executive Summary)

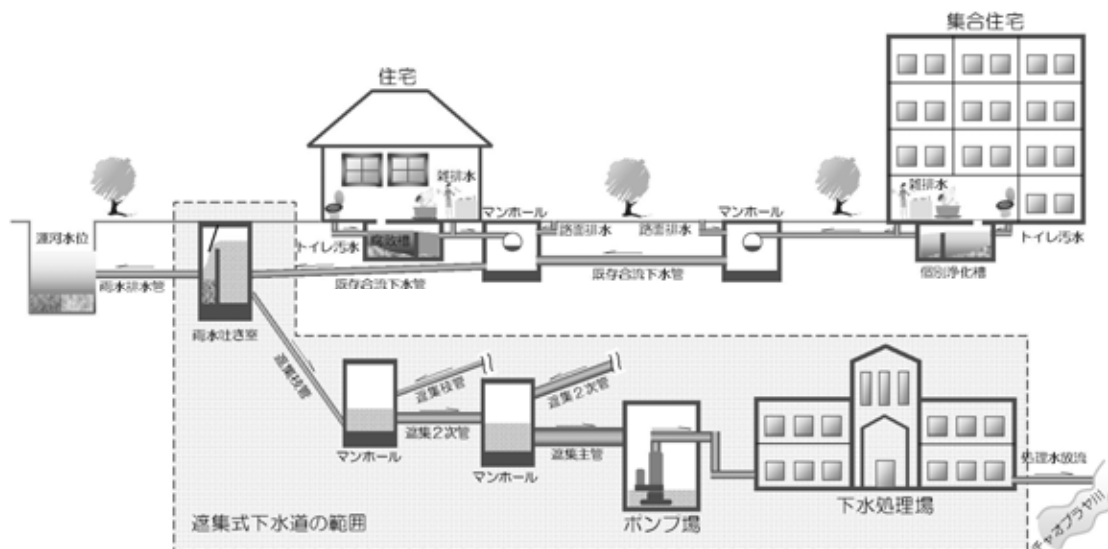
3.3 現状の確認及び既存計画のレビュー

3.3.1 下水道整備の現況

(1) バンコク都の下水道システム（遮集式下水道：タイ式合流下水道）

バンコク都の下水道は、歴史的には雨水排水を目的に整備されてきたため、汚水と雨水を同一の管渠で排除する合流式下水道が一般的である。図 3.3.1 に示す遮集式下水道が整備されている地域においては、乾期は、合流式管渠に汚水のみが流入し、全量が遮集管渠により収集され、下水処理場で処理される。雨期は、合流式管渠を雨水と汚水が流下し、運河に排水される直前で雨水吐き室において一定量（通常、乾期汚水量の 5 倍）が遮集され、遮集管にて下水処理場に送水される。下水処理場では、流入汚水を処理場能力まで処理し、処理能力を超える分はスクリーンでゴミを取り除き河川・水路に放流する。現在、バンコク都には 1,000 ヶ所以上の雨水吐き室が設置されている。また、遮集式下水道が整備されていない地域では、汚水、雨水とも、合流式下水道管渠により収集され、そのまま河川・水路に放流される。本方式は、既存の排水管を活用して公共水域の汚濁負荷削減効果を期待できるので、低コスト型の下水道システムといえる。

また、腐敗槽の設置が義務付けられているため、排水される汚水の汚濁濃度は低く、また、運河からの水の逆流や地下水の浸入などの不明水が多いため、遮集管を通して収集される汚水の下水処理場流入水質は、BOD で日本の 1/2 ~ 1/3 と低い値を示している。



出典: 調査団

図 3.3.1 遮集式下水道の概念図

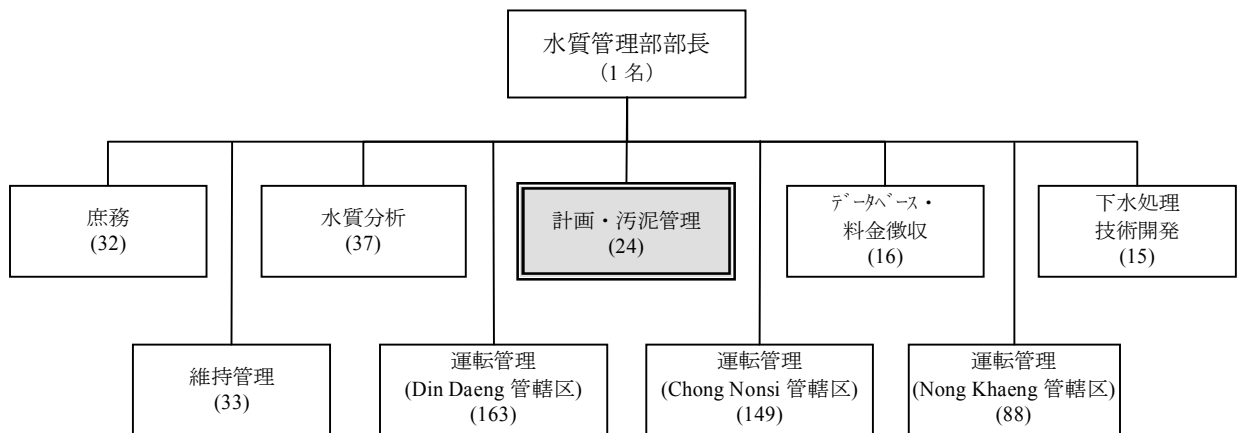
(2) 下水道事業の現状

1992年に立法化された環境保護法に従い、タイ国政府は1998年に内閣決議を発表し、BMAが人口の密集した市の中核区域100 km²の内側で下水道プロジェクトを実施することを可能にした。そのプロジェクトの資金を確保するために、政府は75:25の割合でBMAに補助金を出すことに合意した。それ以来、5つの下水処理場と220 km以上の遮集管が建設された。

現在、DDSは7ヶ所の下水処理場を運転管理し、192 km²の市街地から発生する実流入下水量675,000 m³/日（下水処理能力992,000 m³/日）を処理している。その他、DDSは、NHA（タイ国住宅公社）から移管された12ヶ所の小規模処理場、Makkasan Pond、Rama IX Pondの運河水浄化施設など3ヶ所の小規模処理施設を運転管理している。

(3) 組織と維持管理

2008年におけるBMAのDDS（排水下水道局）の正規職員総数は660名である。本調査の担当部署は、遮集施設、下水処理場の計画・建設・管理を担当する水質管理部（旧下水処理部）である。2008年の水質管理部の正規職員156名に加えて、非正規技能職289名、臨時職113名、総勢558名である、組織は以下のとおりである。本調査の計画立案は、計画・汚泥管理課が担当する。図3.3.2にDDSの水質管理部の組織と職務別人数を示す。



出典: 調査団

図 3.3.2 水質管理部の組織と職務別人数内訳

下水処理場の維持管理は、初期に建設された下水処理場（Si Praya, Rattanakosin）や小規模処理場はDDS直営管理であるが、それ以降の5下水処理場（Chong Nonsi、Nong Khaem、Thung Khru、Din Daeng、Chatuchak）はターンキー（一括請負）プロジェクトの維持管理会社へ委託されている。

(4) 建設資金、維持管理費と下水道料金

タイ国政府は 1998 年にバンコク都の下水道整備のため、75:25 の割合で BMA に補助金を出すことに合意して以来、割合は減ってきているが、バンコク都の下水道施設（下水処理場、遮集管等）建設資金として政府補助金が支出されている。

表 3.3.1 バンコク都下水道施設建設資金

下水処理区名	処理区面積 (km ²)	計画人口 (人)	処理能力 (m ³ /日)	運転 開始年	資金源 (BMA : 政府)	コスト (百万 Baht)
1. Si Praya	2.7	120,000	30,000	1994	BMA 100 %	464
2. Rattanakosin	4.1	70,000	40,000	2000	政府 100%	883
3. Din Daeng	37.0	1,080,000	350,000	2004	25 : 75	6,382
4. Chong Nonsi	28.5	580,000	200,000	2000	40 : 60	4,552
5. Nong Khaem	44.0	520,000	157,000	2002	40 : 60	2,348
6. Thung Khru	42.0	177,000	65,000	2002	40 : 60	1,760
7. Chatuchak	33.4	432,000	150,000	2005	60 : 40	3,482
8. コミュニティ・プラント (12 プラント)			25,700			
合計	191.7	2,979,000	1,017,700			19,871
計画中の BMA 下水処理プロジェクト(F/S ベース)						
1. Bang Sue	21.0	250,000	120,000	2012	BMA 100 %	4,732
2. Klong Toei	56.0	485,000	360,000		60 : 40	11,046
3. Thon Buri	59.0	704,000	305,000			11,561
合計	136.0	1,439,000	785,000			27,339

コストは下水処理場と遮集管の建設費の計
出典: 調査団

一方、下水処理場の維持管理費は全額 BMA が負担し、以下のような予算を支出している。

2008 年の維持管理費（減価償却費等を含まず）

- 大規模処理場(既設 7 処理場)維持管理費： 587 百万 Baht
- 小規模処理場(コミュニティプラント)維持管理費： 40 百万 Baht
- 運河浄化施設等維持管理費： 17 百万 Baht
- 合計： 644 百万 Baht

これより、処理水量当りの維持管理費を算定すると、以下のとおりとなる。

- 大規模処理場の場合： 2.38 Baht/m³
- 小規模処理場の場合： 7.44 Baht/m³

下水道料金条例は 2004 年に制定されたが、まだ徴収には至っていない。タイ国において下水道料金を徴収している都市は、パタヤ市など観光立地の数都市に限られている。

BMA は、数年前から下水道料金を徴収すべく、様々な準備を進めてきた。2007 年には水道料金と一緒に徴収が可能ないように首都圏水道公社(MWA)との協議を行うと共に、2008 年には BMA 知事の承認を得るべく、料金体系、料金徴収の正当性、制度導入方法、料金徴収方法等具体的な検討報告書を提出している。現在検討されている料金体系は従量制で、住宅、公共施設は 2 Baht/m³、大規模商業地域 4 Baht/m³、工場 4~8 Baht/m³である。

(5) BMA 及び DDS の予算

BMA 歳入歳出予算の 5 年間(2007 2011 年)の推移を表 3.3.2 に示す。なお、タイ国の会計年度は前年の 10 月開始である。

表 3.3.2 BMA 予算の推移

Revenue of BMA					unit: Baht
Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011
1. Tax	37,372,400,000	42,832,700,000	43,783,000,000	39,133,000,000	44,133,000,000
2. Fees, Permission Charge, Fines and Services	815,000,000	897,300,000	950,000,000	950,000,000	1,150,000,000
3. Property Management	500,000,000	802,000,000	723,000,000	373,000,000	323,000,000
4. Commercial Infrastructure and etc.	30,000,000	44,000,000	44,000,000	44,000,000	34,000,000
5. Miscellaneous	282,600,000	424,000,000	500,000,000	500,000,000	360,000,000
Total Revenue	39,000,000,000	45,000,000,000	46,000,000,000	41,000,000,000	46,000,000,000

Expenditure of BMA					unit: Baht
Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011
1. General Administration	8,359,262,200	9,738,893,800	9,140,100,500	8,695,308,000	10,343,264,100
2. Cleansing and Tidiness Management	6,945,997,700	7,063,651,400	7,694,338,800	6,781,565,400	6,528,033,500
3. Civil Engineering and Transportation	6,310,388,600	7,824,462,700	9,502,949,300	6,839,042,500	9,247,871,600
4. Drainage and Wastewater Management	4,327,169,300	3,403,212,200	4,392,755,400	4,162,919,900	3,863,689,700
5. Social Services and development	4,268,172,600	7,568,494,200	4,900,007,800	5,005,342,300	5,536,988,100
6. Public Health	4,560,127,100	4,877,101,300	5,440,200,900	5,331,121,400	5,710,355,500
7. Education	4,228,882,500	4,524,184,400	4,929,647,300	4,184,700,500	4,769,797,500
Total Expenditure	39,000,000,000	45,000,000,000	46,000,000,000	41,000,000,000	46,000,000,000

出典：BMA

DDS 歳出予算の 5 年間 (2007 2011 年) の推移を目的別、種類別に表 3.3.3 に示す。

表 3.3.3 DDS 予算の推移

DDS Budget for Purposes					unit: Baht
Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011
1. General Administration	27,714,400	41,286,200	41,241,600	71,209,300	62,731,200
2. Drainage System Development	1,351,714,200	517,832,800	675,557,400	374,933,100	416,328,500
3. Drainage Management and Flood Protection	1,495,572,700	1,684,136,300	1,919,903,600	1,920,235,900	2,037,003,700
4. Water Quality Management	706,220,300	354,428,300	977,039,300	1,214,282,700	673,887,600
Total Budget	3,581,221,600	2,597,683,600	3,613,741,900	3,580,661,000	3,189,951,000

DDS Expenditure for Type of Expenses					unit: Baht
Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011
1. Salaries	464,421,300	502,133,300	530,948,400	532,284,500	446,714,700
2. Wages	69,022,700	63,131,400	62,232,900	88,306,000	46,253,800
3. Office supplies and materials	292,363,800	546,557,900	560,184,400	518,065,800	604,200,200
4. Utilities	182,112,500	182,166,600	187,226,200	264,552,700	198,257,500
5. Land and Property	1,982,196,900	954,059,200	1,361,213,800	1,171,004,000	870,834,600
6. Subsidy	8,720,500	8,841,500	9,185,500	9,533,000	10,016,000
7. Other expenses	582,383,900	340,793,700	902,750,700	996,915,000	1,013,674,200
Total Expenditures	3,581,221,600	2,597,683,600	3,613,741,900	3,580,661,000	3,189,951,000

出典：BMA

3.3.2 下水道整備計画

(1) 過去の下水道計画の概要

バンコク都における下水道基本計画は、現在まで以下の経緯で作成されてきた。

- 1968年 CDM（米国民間コンサルタンツ）による下水道基本計画：対象 370 km²
- 1981年 JICAによる下水道基本計画：対象 370 km²、10ゾーンに区分
- 1992年 PCD（公害防止局）による下水道基本計画
- 1998年 下水処理場建設計画の内閣決議：都心部 100 km²が対象
- 1999年 JICAによるバンコク汚泥処理・再生水利用計画：26ゾーンに区分

この他、JICAによる開発調査として、以下の計画が作成されている。

- バンコク都都市排水対策計画（1983～86年）
- バンコク都運河水質改善計画（1987～89年）

1981年、BMAは、JICAの支援を得て、「バンコク下水道基本計画」を作成した。基本計画は、下水道なしでは、川の水質汚濁がさらに悪化し、結果として河口から40 km～20 kmの区間では溶存酸素（DO）がゼロに近いレベルとなるだろうと推計した。さらに、生活排水および工場排水の管理および規制が必要とされると勧告している。基本計画は、下水道システムは基本的に分流式下水道であるべきであるが、分流式下水道への資金調達が可能になるまで、現有の排水路を利用した処理場を有する合流式下水道を採用するとした。そして、全体の基本計画区域を、処理場を有する10下水道処理区（以下、処理区）に分割する案を提案した。

JICAの策定した基本計画は、少なくとも2度改定されている、一度は1992年に科学技術省の公害防止局によって、また1999年にJICAによって改定された。1999年の基本計画が、今日のBMA下水道事業計画の基礎となっているもので、これによりBMAは段階的に下水処理場の建設や遮集管の整備を実施してきている。

(2) 現在の下水道整備計画

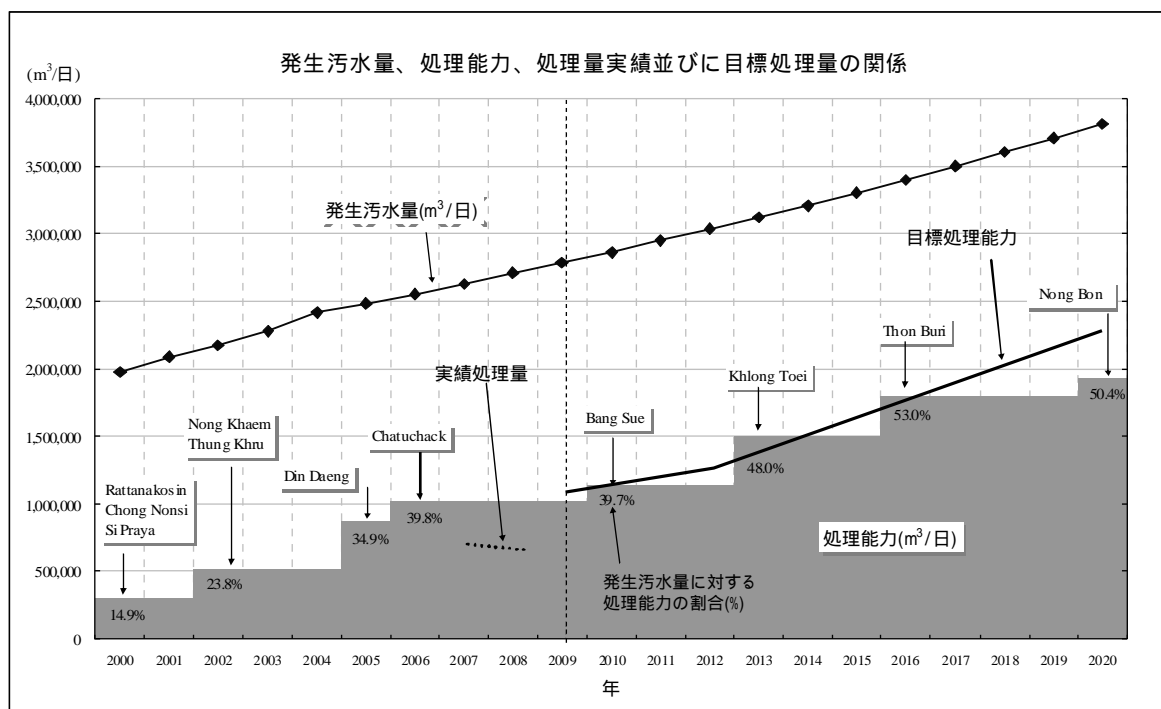
JICA開発調査により策定された1999年の「バンコク汚泥処理・再生水利用計画」では、下水汚泥と処理水の再利用計画とともに、13の新処理区を提案している。BMAは、この1999年計画を基に、2020年を目標年次とした下水道基本計画（20処理区）を立案した。

BMAはこの下水道基本計画に基づき、段階的に下水処理施設の整備を進めてきおり、20処理区のうち、既に7下水処理場が供用開始されており、Bang Sue下水処理場を建設中、Klong Toei、Thon Buri North 及び Thon Buri South 下水処理場の計画が進行している。既供用処理場の処理能力は、12の小規模コミュニティ処理場を含め、約100万 m³/日、発生汚水量に対し

て40%程度の処理率となっている。

一方、前述したように、下水道整備の上位計画として、2008年に作成されたBMA実行計画(2009-12年)があり、2012年目標として下水処理率42%、2020年の長期目標として下水処理率60%を掲げている。現在、DDSはこれらの目標達成を目指し、図3.3.3のような下水道整備計画を検討している。これによると、現在建設中のBang Sue下水処理場の続き、計画中のKlong Toei、Thon Buri North及びThon Buri South下水処理場の建設、さらにその次としてNong Bon処理区の整備(F/S実施)を予定している。その他、DDSは来年度予算を確保し、Min Buri処理区のF/S、詳細設計および建設の実施を計画している。

しかし、下水道基本計画(20処理区)のうち残り8処理区については、処理場予定地が定まっていないため、具体的な整備計画はない。今後は、さらに幾つかのプロジェクトの具体化を検討する必要がある。加えて、汚水の遮集能力を改善・強化し、より多くの汚水の収集・処理、既供用処理場の能力拡張・再編などが求められている。



出典: DDS 水質管理部

図 3.3.3 バンコク都の発生汚水量と下水処理能力、処理目標

3.3.3 下水処理水及び下水汚泥の再利用

(1) 下水処理水再利用計画

BMAは、効果的な下水処理水再利用政策を掲げ、再利用ガイドラインの検討、再利用の実施状況の監督・監視のために委員会を設置している。2008年には、62万m³/日の処理水量の

うち、2万 m³/日、約 3 %が再利用されている。主な利用用途は、処理場内での洗浄用水、街路樹への散水用水、道路・街路の洗浄用水である。

2008 年の具体的な再利用計画は、以下のとおりである。

- Chong Nonsi 下水処理場から処理水をルンピニー公園に送る水路の設置
- シーロム道路沿い街路樹への散水管(dripping tube)の詳細設計
- Rama IX 処理場からマナーロム公園、チュアットポンプ場等への送水経路の調査
- 処理水再利用を促進し、更なる利益を得るための施策の検討（7 処理場長との協議）

(2) 下水汚泥再利用計画

全ての下水処理場の脱水汚泥は、Nong Khaem 下水処理場に運搬され、同下水処理場の汚泥集約処理施設において、下水汚泥 7 に対して自然由来の草 3 の割合で混合し、下水汚泥のコンポストを生産している。2008 年には、受入れ汚泥量 15,100 m³ からコンポスト 9,430 m³ を生産し、近隣区役所や公園管理事務所に配布した。主な用途は、公園内の樹木や街路樹への施肥などである。DDS は、コンポストの年間需要が 12,000 m³ もあるため、コンポスト施設の能力アップを計画している。また、コミュニティ処理場汚泥をコンポスト肥料あるいは土壌改良剤として農業利用するため、マヒドン大学との研究を進めている。

2008 年のコンポスト生産量 9,430 m³ の具体的な配布先は、以下のとおりである。

- 清掃・公園局：Nong Khaem 区、Chatuchak 区、Bang Phlat 区、Bang Khae 区
- 公園事務所：トンブリロム公園、シリキット王妃公園、バンコク大量輸送公社

3.3.4 その他の水環境改善計画(運河水浄化計画)

(1) 浄化用水導入循環事業

DDS は下水道整備による水環境改善事業に加え、対象とする運河の水質改善(目標 DO 1 mg/l) を目的として、「清澄 95 運河計画」と称するフラッシング(浄化用水導入循環)事業を行っている。これは、JICA がバンコク市運河水質改善計画(1987-89 年)で提案した、乾季にチャオプラヤ川から河川水を導入し運河網を循環させる一方で運河の汚濁水をチャオプラヤ川下流へ放流することにより、水質を改善しようとするプロジェクトである。その結果、2008 年のバンコク市街地側 41 運河の平均 DO は 1.8 mg/l、対岸 Thon Buri 側上・中流部 16 運河の平均 DO は 2.4 mg/l となった。

本システムに用いられているポンプ場はバンコク都内に 18 ヶ所整備されている。これらのポンプ場は、雨季には運河からチャオプラヤ川への雨水強制排水用として使用されている。



写真 3.3.1 運河水希釈システム 1
(No.8 Pak K. Talad ゲート)



写真 3.3.2 運河水希釈システム 2
(No.13 Chong Nonsi ポンプ場)

(2) 運河水直接浄化事業 (Aerated Lagoon System)

上記希釈事業の他に、以下の 2 ヶ所の池沼では近接する運河の水質改善のため、エアレーションによる直接浄化処理が行われている。

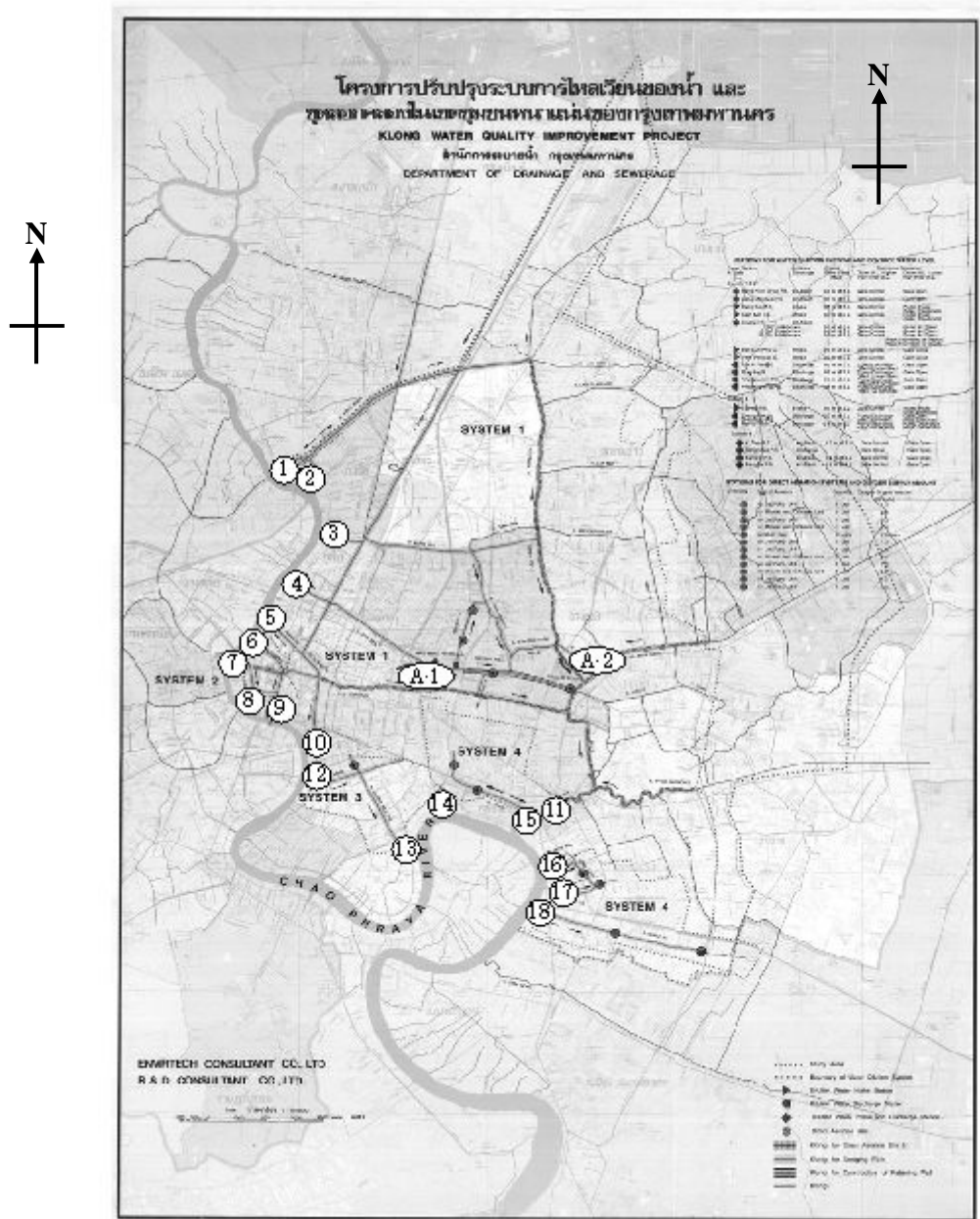
- Makkason Pond : Klong Sam Sen の改善
- Rama IX Pond : Klong Lat Phrao の改善



写真 3.3.3 Ram IX Pond の状況 1



写真 3.3.4 Ram IX Pond の状況 2



Station for Water Dilution Systems

	Name of P.S. and Gate
System 1 & 2	
1	Bang Khen Ghao P.S.
2	Bang Khen Mai P.S.
3	Bang Sue P.S.
4	Sam Sen P.S.
5	Tavale P.S.
6	Ban Lum Phu Gate
7	Phra Phinhlao Gate
8	Pak K Talad Gate
9	Oug Ang Gate
10	Krung Kasem P.S.
11	Phra Khanong P.S.

System 3	
12	Sathong P.S.
13	Chong Nonsi Temporary P.S.
14	Rama IV P.S.
System 4	
15	Khlong Toey P.S.
16	Bang Chak P.S.
17	Bang Or P.S.
18	Bang Na P.S.

Aerated Lagoon Systems

	Name of Aerated Lagoon Systems
A-1	Makkasan Pond
A-2	Rama IX Pond

出典: DDS

図 3.3.4 運河水浄化施設の位置図

3.3.5 国際援助機関の支援状況

バンコク下水道セクターに対する国際援助機関の支援は、現在計画中の Klong Toei プロジェクト及び Thon Buri プロジェクトに対して行われて来た。

(1) Klong Toei プロジェクト

The U.S. TDA (Trade and Development Agency)の支援により、2001年8月 CDM(米国民間コンサルタント)がフィジビリティスタディ(F/S)を完成させた。その際、並行して世界銀行からのアプローチがあり、経済分析、社会分析が検討された。

その後、都知事交代による方針変更により国際援助機関からの援助を断念し、政府補助方式(BMA60%:政府40%)で建設財源を確保することが合意され、現在、事業着手に向けて政府内部で協議中である。なお、下水処理場用地の取得は5年前に完了している。

(2) Thon Buri プロジェクト

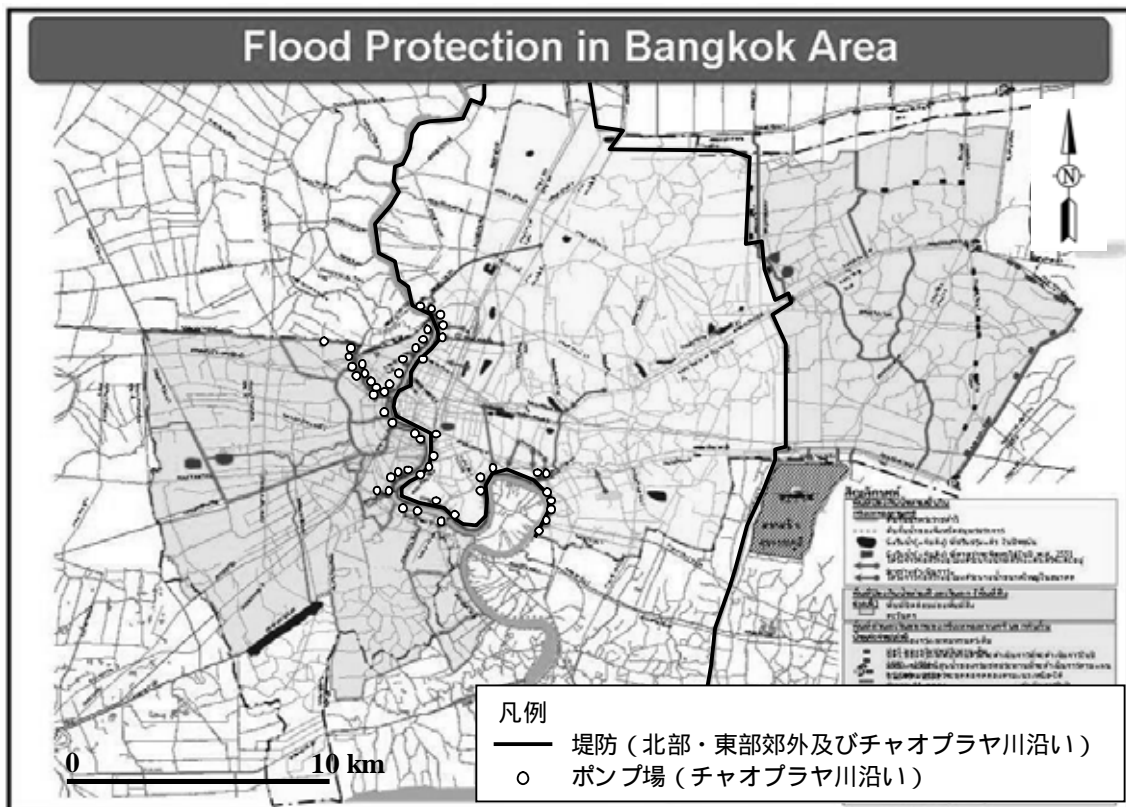
フランス政府の支援により、2005年にF/Sを完了している。DDSは、計画汚水量305000m³/日の下水処理場の用地確保が難しいため、処理区の分割(North及びSouth)を検討しており、現在、確保可能な処理場用地を前提にF/Sの見直しを実施中である。今後、F/Sの見直し及び詳細設計を2012年までに完了し、2013年に財源確保、2014-16年に施設建設を予定している。現在、ADB及びAFD(フランス開発庁)が当該プロジェクトのファイナンスに興味を示している。

3.4 下水道施設等の現況

3.4.1 雨水排水施設等関連施設

バンコク都は平坦な地形であり、またチャオプラヤ川が感潮河川であることから、これまで幾度となく浸水被害に見舞われてきた。このため、洪水対策が污水対策よりも先行して実施されてきた。

バンコク都では従来、雨水は道路に埋設されている U 型側溝や排水管から運河を経てチャオプラヤ川へ自然排水されてきた。しかしながら、地形上、チャオプラヤ川へ自然排水することが難しいことに加え、急激な都市化により浸水被害が拡大してきたため、1983 年の大洪水を契機に本格的な都市排水・洪水対策が取られてきた。



出典: DDS

図 3.4.1 バンコク都の洪水対策

この 1983 年の大洪水は、バンコク都だけではなくタイ国の社会、経済に 66 億 Baht もの被害をもたらした。これに対する対策は、JICA のバンコク都都市排水対策計画 (1983 - 86 年) を基に作成されたもので、以下のとおりポルダー方式でバンコク都の市街地を守るものである。

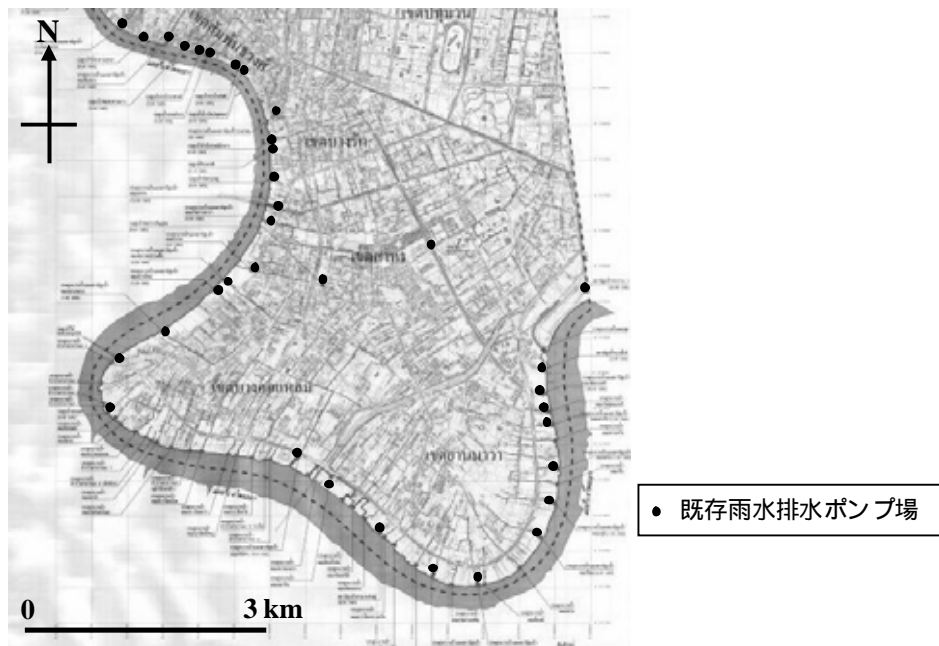
市街地に降った雨水を排水するために、 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ の水中ポンプを多数設置した大規模

な排水ポンプ場をチャオプラヤ川沿いの運河の出口に設置する。現在の排水能力は、東岸側 1,057 m³/s、西岸側 474 m³/s、合計 1,531 m³/s に達している。北部あるいは東部郊外から市街地への雨水流入を防ぐために、72 km もの堤防とその堤防の横断運河にゲートを建設する。また、チャオプラヤ川沿いにも 77 km の堤防を建設する。これらの堤防やゲートの建設は既に完了している。

以下に、バンコク都内で整備済あるいは計画されている雨水排水関連施設を列記する。

(1) 既存の雨水排水ポンプ場

運河からチャオプラヤ川へ強制排水するためのポンプ場及び流量調整用ゲートが各運河とチャオプラヤ川との接続地点に整備されている。また、道路に埋設されている既設排水管と運河との接続地点にも数ヶ所ポンプ場が整備されている。図 3.4.2 に Phra Nakhon 区から Yan Nawa 区付近の既存ポンプ場の位置を示す。



出典: DDS

図 3.4.2 既存雨水排水ポンプ場位置図 (Phra Nakhon ~ Yan Nawa)



写真 3.4.1 Phra Khanong ポンプ場



写真 3.4.2 Chong Nonsi ポンプ場



写真 3.4.3 既存雨水ポンプ場
(Nara Thiwat Rajanagarindra 通り沿い)



写真 3.4.4 既存雨水ポンプ場
(Phetchaburi 通り沿い)

(2) 雨水排水ポンプ場、増補管等の増設

既存の雨水ポンプ場及び排水管を増補し、内水を速やかに運河またはチャオプラヤ川へ排水するため、ポンプ場の追加及び増補管を新設する事業が計画されている。図 3.4.3 に Phra Nakhon 区付近の事例を示す。

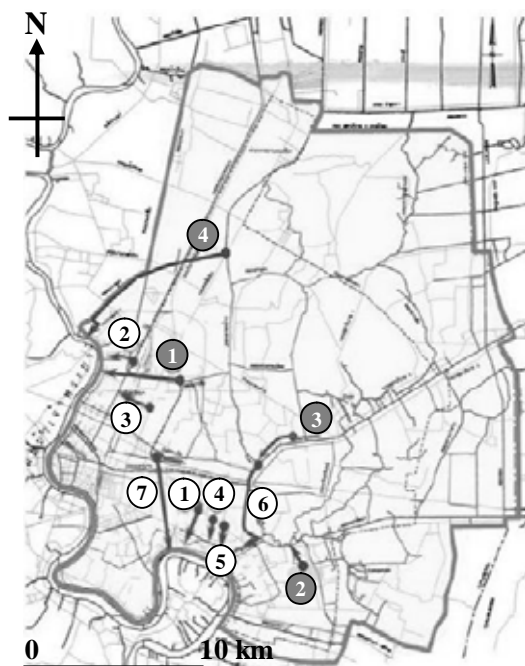


出典: DDS

図 3.4.3 雨水排水ポンプ場、増補管計画事例（Phra Nakhon 区付近）

(3) 雨水排水トンネルプロジェクト（Drainage Tunnel Project）

バンコク都で現在進められている大型プロジェクトは、運河の増補管の整備である。流下能力が不足している既存の運河の増補管として管径1~5 mのトンネルを地表から15~22 mの深さに布設し、流末に設置したポンプ場からチャオプラヤ川へ排水するものである。現在7本のトンネルが整備済で、合計155.5 m³/sの排水能力を有している。さらに4本のトンネルが建設中であり、130 m³/sの排水能力が追加される計画である。



7 Existing Drainage Tunnels ①②③④⑤⑥⑦

No.	Tunnel Description	Capacity (m ³ /s)	Diameter (m)	Length (km)	Budget (Mil. Baht)
1	Sukmvid Soi 26	4.0	1.00	1.10	30
2	Klong Permprachakom	30.0	3.40	1.88	495
3	Phaya Thai District	4.5	1.50 2.40	1.90 0.68	339
4	Sukmvid Soi 42	6.0	1.50 1.80	0.03 1.32	129
5	Sukmvid Soi 49	6.0	1.50 1.80	0.03 1.10	109
6	Klong Saeng Saeb & Klong Lab Prao to Chao Phraya River	60.0	5.00	5.16	2,336
7	Makkasan Pond to Chao Phraya River	45.0	4.60	5.98	2,166
Total		155.5		19.18	5,604

4 Tunnels under constructions ①②③④

No.	Tunnel Description	Capacity (m ³ /s)	Diameter (m)	Length (km)	Budget (Mil. Baht)
1	Klong Bansue	60.0	5.00	6.40	2,500
2	Nongbon to Khlong Prawet Burirom	20.0	3.00	3.30	995
3	Klong Sang Saob to Chao Phraya River	10.0	4.00	3.80	615
4	Klong Bang Khem	40.0	3.80	10.70	2,400
Total		130.0		24.20	6,510

出典: Action Plan For Flooding Prevention (2010)

図 3.4.4 雨水排水トンネルプロジェクトの概要



写真 3.4.5 No.1 Sukmvid Soi 26 トンネル
起点マンホールポンプ場



写真 3.4.6 No.6 Klong Saen Saep トンネル
起点マンホール



写真 3.4.7 No.7 Makkasan トンネル
流末ポンプ場入口



写真 3.4.8 No.7 Makkasan トンネル
流末ポンプ室

(4) 浸水常襲地点への重点対策

「Action Plan for Flooding Prevention (2010)」より、バンコク都内で降雨時に特に浸水が発生しやすい15地点について、局所的な対策としてポンプ場の能力増強や雨水排水用の増補管の設置計画が進められている。図 3.4.5、図 3.4.6、表 3.4.1 に浸水常襲地点位置と対策例を示す。



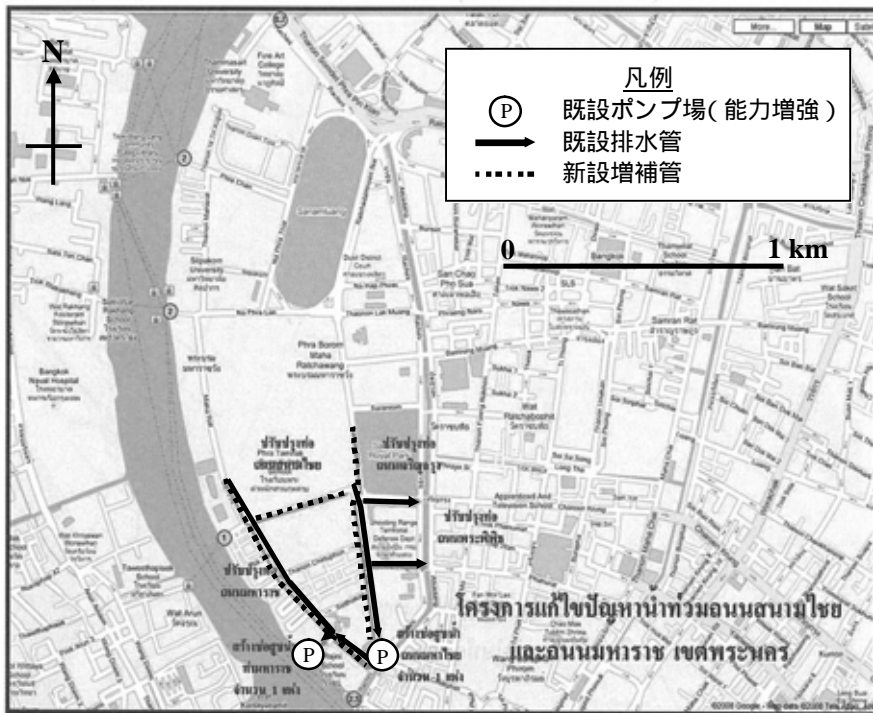
出典: Action Plan For Flooding Prevention (2010)

図 3.4.5 浸水常襲 15 地点位置

表 3.4.1 浸水常襲 15 地点一覧

No.	浸水常襲箇所	行政区
1	Chan Road, St. Louis and Sarhupradit	Sathorn
2	Phahonyothin Road between Klong Samsen and Klong Bang Sue	Prayathai
3	Sukhumvit Road from Klong Prakanong to Soi La salle	Pra-ka-nong
4	Sukhumvit Road (Soi Sukhumvit 39 and 49)	Wthana
5	Lad Prao Road from Klong Lad Prao to The Mall Department	Wangthonglang, Bang Kapi
6	Nawamin Road from Klong don-e-ka to Prasert Monookij	Bieng Koom
7	Ratchadapisek Road (in front of Robinson Department Store)	Dingdaeng
8	Ratchadapisek Road (Lap Prao intersection area)	Chatuchak
9	Phechaburi Road from Bunthutthong to Rathawee inter section	Ratchathawee
10	Nikom Makkasun Road	Ratchathawee
11	Rama VI Road (in front of Pra-jae-jeen Market)	Ratchathawee
12	Phetkasem Road, Soi Phetkasem 63 (Wat Muang)	Bang kae
13	Yen-R-Kad Road from Nanglinjee Road to Soi Sri Bumpen	Yannawa
14	Srinakarin between klong Ta-sat to Klong Ta-chang	Prawet
15	Sanam-Chai Road and Maharaj Road	Phra-nakon

出典: Action Plan For Flooding Prevention (2010)



出典: Action Plan For Flooding Prevention (2010)

図 3.4.6 No.15 Pra Nakhon 区の対策例

この Pra Nakhon の事例では、ポンプ場と排水管は設置されているが、排水管の流下能力の不足に起因する浸水が発生しており、その対策として排水管を増設するものである。

3.4.2 既設下水道施設

現在 DDS が管理している下水道施設は、下水処理場及び遮集管(7 下水処理区)、 NHA から移管された小規模下水処理施設(12 処理場)、 その他、運河水の浄化施設及びゴミの浸出水処理施設である。

(1) 下水道施設 (7 下水処理区)

(A) 概要

現在運転中の下水処理場は 7 処理場で、このうち、2 処理場 (Si Praya 下水処理場、Rattanakosin 下水処理場) は DDS が直接維持管理を行っており、他の 5 処理場は民間会社に維持管理を委託している。7 下水処理場及び遮集管の概要を、表 3.4.2 に示す。

表 3.4.2 既設 7 下水処理場及び遮集管の概要

	Si Praya	Rattanakosin	Din Daeng	Chong Nonsi	Nong Khaem	Tung Klru	Chatchak
1. 供用開始	1994 年	2000 年	2004 年	2000 年	2002 年	2002 年	2006 年
2. 処理面積	2.7 km ²	4,142 km ²	37 km ²	28.5 km ²	44 km ²	42 km ²	33.4 km ²
3. 処理人口	120,000	70,000	1,080,000	580,000	520,000	177,000	432,500
4. 処理方式	Contact Stabilization Activated Sludge	Two stage activated sludge N&P Removal	Activated Sludge with Nutrient N&P Removal	Cyclic Activated Sludge System N&P Removal	Vertical Loop Reactor Activated Sludge N&P Removal	Vertical Loop Reactor Activated Sludge (VLR-AS) N&P Removal	Cyclic Activated Sludge System (CASS) N&P Removal
5. 敷地面積	0.28 ha	0.6683 ha	2.72 ha	3.2 ha	8.64 ha	0.48 ha	1.12 ha
6. 建設費用	464 M Baht	883 M Baht	6,382 M Baht	4,552 M Baht	2,348 M Baht	1,760 M Baht	3,482 M Baht
7. 管渠延長	2.3 km	16.25 km	66 km	55 km	46 km	26 km	37.5 km
8. 処理能力	30,000 m ³ /日	40,000 m ³ /日	350,000 m ³ /日	200,000 m ³ /日	157,000 m ³ /日	65,000 m ³ /日	150,000 m ³ /日
9. 流入量 (2009 年の年間平均)	18,213 m ³ /日	28,791 m ³ /日	204,931 m ³ /日	124,282 m ³ /日	132,605 m ³ /日	63,980 m ³ /日	120,470 m ³ /日
10. 運営管理	DDS 直営	DDS 直営	民間に委託	民間に委託	民間に委託	民間に委託	民間に委託
11. 計画流入水質							
(1) BOD	150 mg/l	200 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l
(2) COD	-	500 mg/l	-	-	-	-	-
(3) T-N	30 mg/l	40 mg/l	30 mg/l	30 mg/l	30 mg/l	30 mg/l	30 mg/l
(4) T-P	8 mg/l	10 mg/l	8 mg/l	8 mg/l	8 mg/l	8 mg/l	8 mg/l
(5) SS	150 mg/l	200 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l	150 mg/l
12. 計画放流水質							
(1) SS	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l	≤ 30 mg/l
(2) BOD	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l	≤ 20 mg/l
(3) T-N	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l
(4) NH ₃ -N	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 5 mg/l
(5) T-P	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l	≤ 2 mg/l
(6) DO	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l	≥ 5 mg/l

注) 流入量のうち、Chong Nonsi は 2007 年の値(2008 年、2009 年のデータに欠測の期間があるため)

出典: DDS

(B) 処理実績

既設 7 下水処理場の 2009 年の処理実績を表 3.4.3 に示す。既設 7 下水処理場の日平均流入量の総計は 693,300 m³/日であり、これは処理能力の総計 992,000 m³/日に対して 70 % となる。Thung Khru 処理場はほぼ処理能力に等しい流入量となっているが、東岸の 5 下水処理場では 60~80 % であり、まだ余裕がある状況である。

流入下水の BOD と SS はそれぞれ、24~56 mg/l、平均 38 mg/l、24~121 mg/l、平均で 58 mg/l となっている。流入下水の濃度としては非常に低い値であり、むしろ処理に障害となっている。処理水の BOD と SS はそれぞれ、3.3~10.5 mg/l、平均 6.2 mg/l、5.6~11.7 mg/l、平均で 8.6 mg/l となっている。放流水質基準を十分満足する値となっている。除去率は BOD で平均 82 %、SS で 78 % であり、流入水質が低いため若干低めとはなっているが、処理が満足に行われていることを示している。

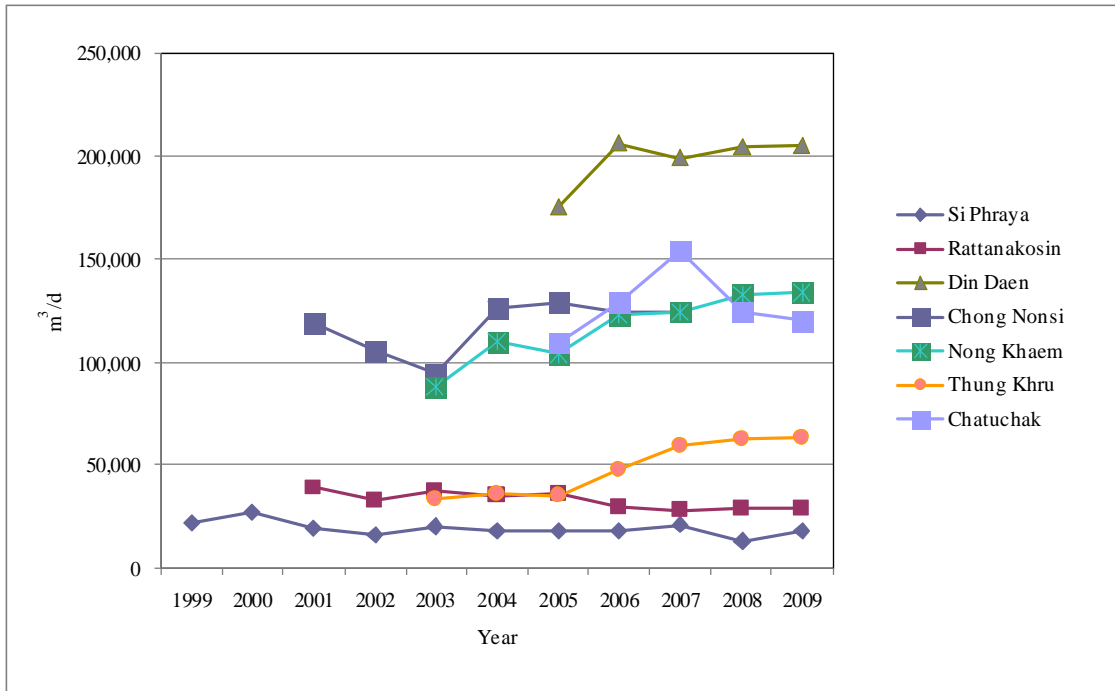
表 3.4.3 既設 7 下水処理場の運転実績 (2009 年)

	処理能力 (m ³ /日)	流入量 (m ³ /日)	稼働率 (%)	BOD (mg/l)		除去率 (%)	SS (mg/l)		除去率 (%)
				流入	流出		流入	流出	
Si Praya	30,000	18,213	60.7	56	5	90.5	109	7	94.0
Rattanakosin	40,000	28,791	72.0	44	11	76.4	26	11	55.5
Din Daeng	350,000	204,931	58.6	27	5	80.6	31	8	73.4
Chong Nonsi	200,000	124,282	62.1	24	5	79.3	24	7	72.7
Nong Kaem	157,000	132,605	84.5	51	4	93.2	121	10	91.4
Thung Khru	65,000	63,980	98.4	28	3	88.5	59	6	90.6
Chatuchak	150,000	120,470	80.3	33	11	67.8	37	12	68.4

注) Chong Nonsi 下水処理場の流入量は 2007 年の値 (2008 ~ 2009 年のデータに欠測の期間があるため)

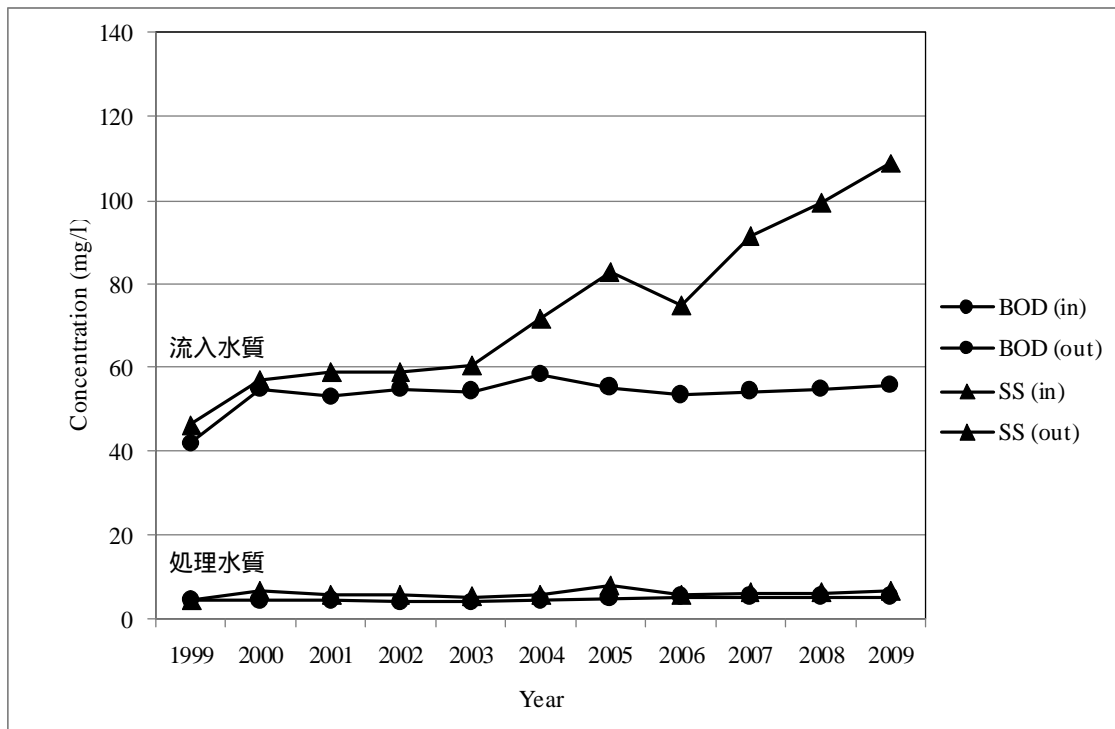
出典: 調査団

既設 7 下水処理場の運転開始から 2009 年までの運転実績の経過を図 3.4.7 ~ 3.4.14 に示す。流入量については Nong Khaem 処理場と Thung Khru 処理場では運転開始以来増加しているが、他の東岸に位置する 5 下水処理場では増加傾向は認められず、むしろ減少傾向を示すものもある。BOD、SS の水質については、流入水については変動が少し認められるが、ほぼ一定であると考えられ、処理水については非常に安定していると言える。



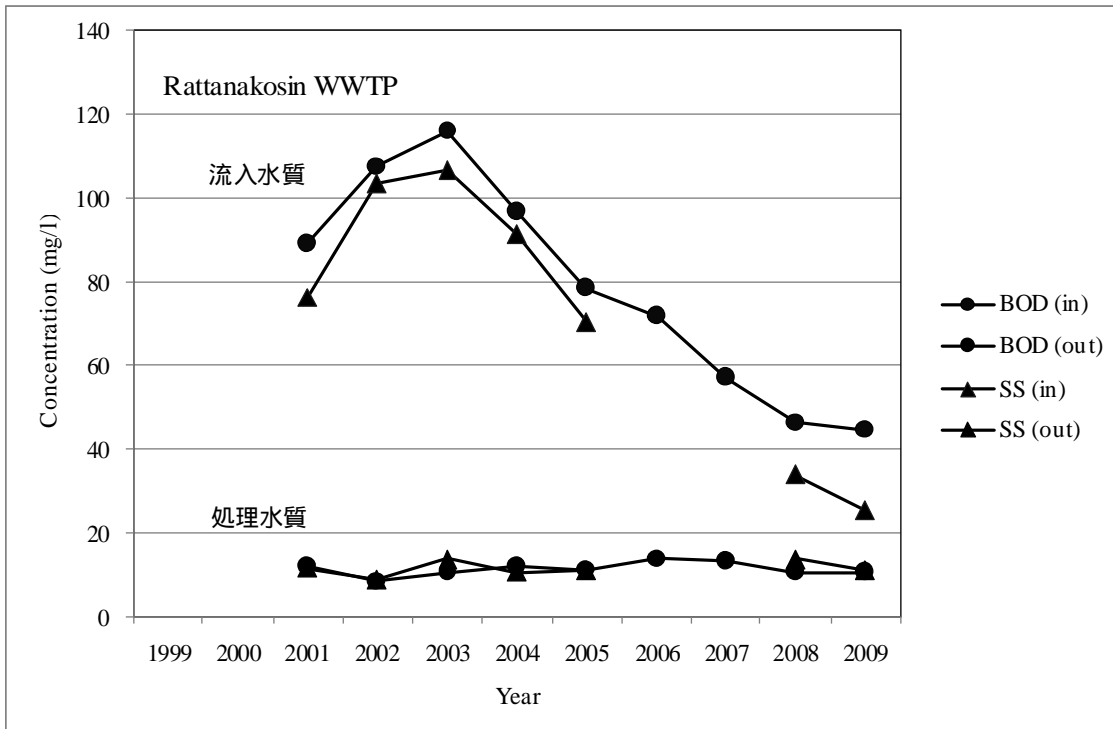
出典: 調査団

図 3.4.7 既設 7 下水処理場流入下水量の推移



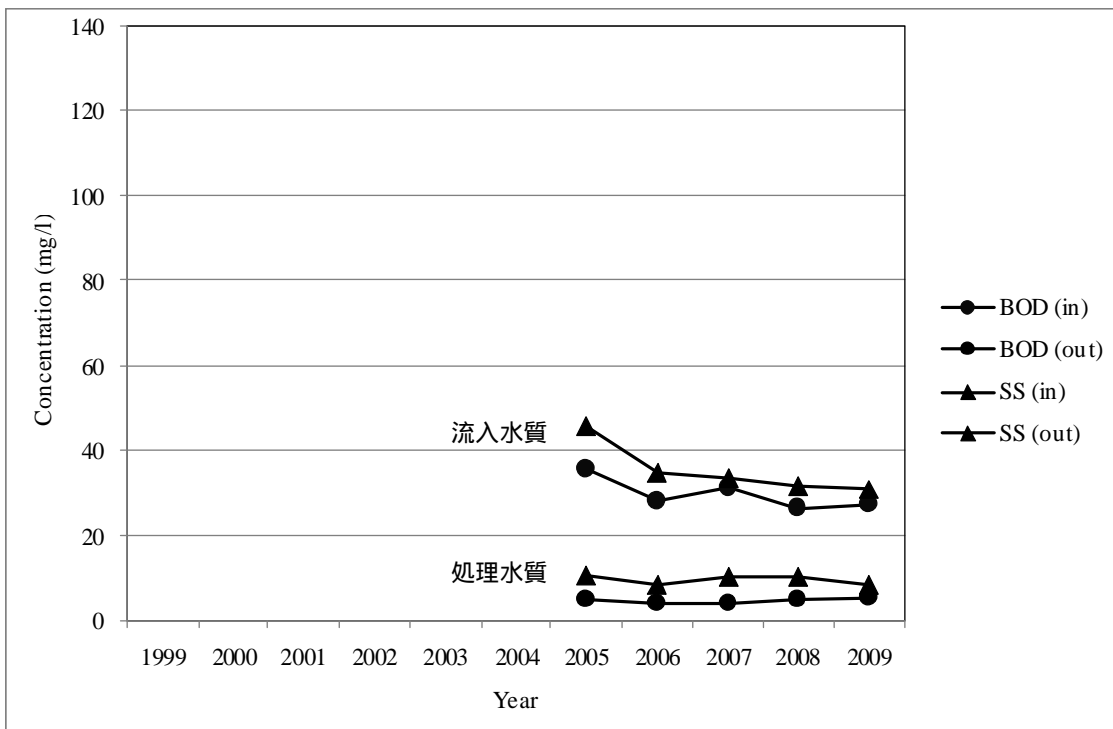
出典: 調査団

図 3.4.8 Si Phraya 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



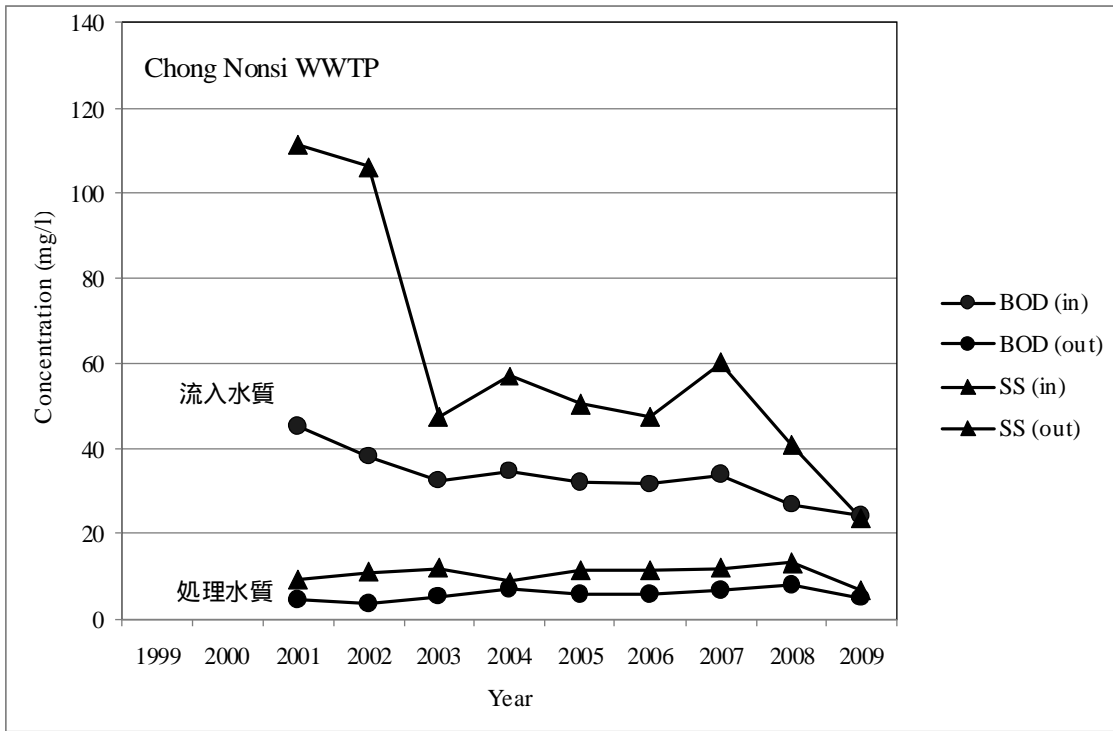
出典: 調査団

図 3.4.9 Rattanakosin 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



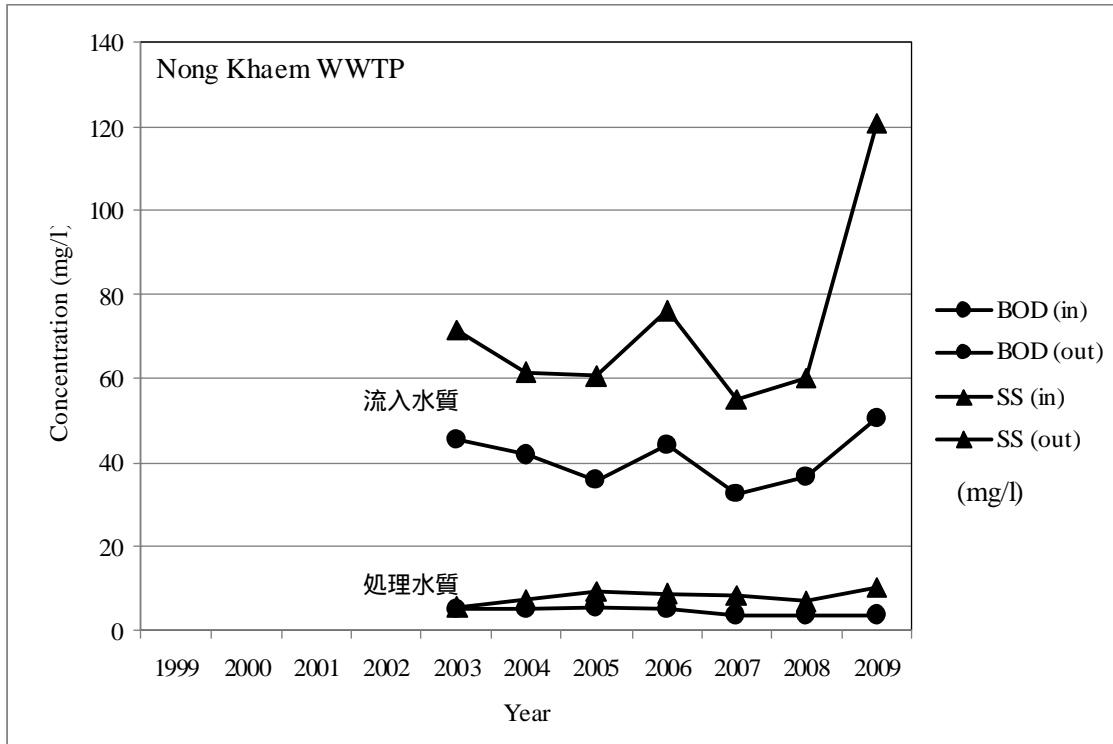
出典: 調査団

図 3.4.10 Din Daeng 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



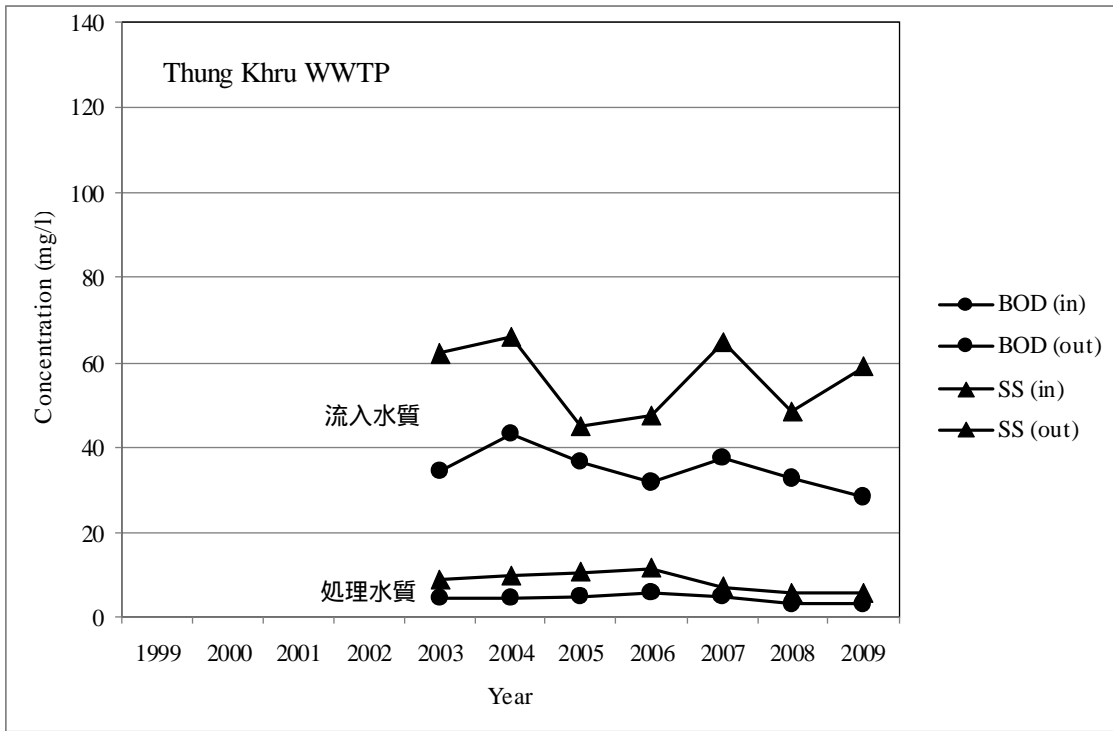
出典: 調査団

図 3.4.11 Chong Nonsi 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



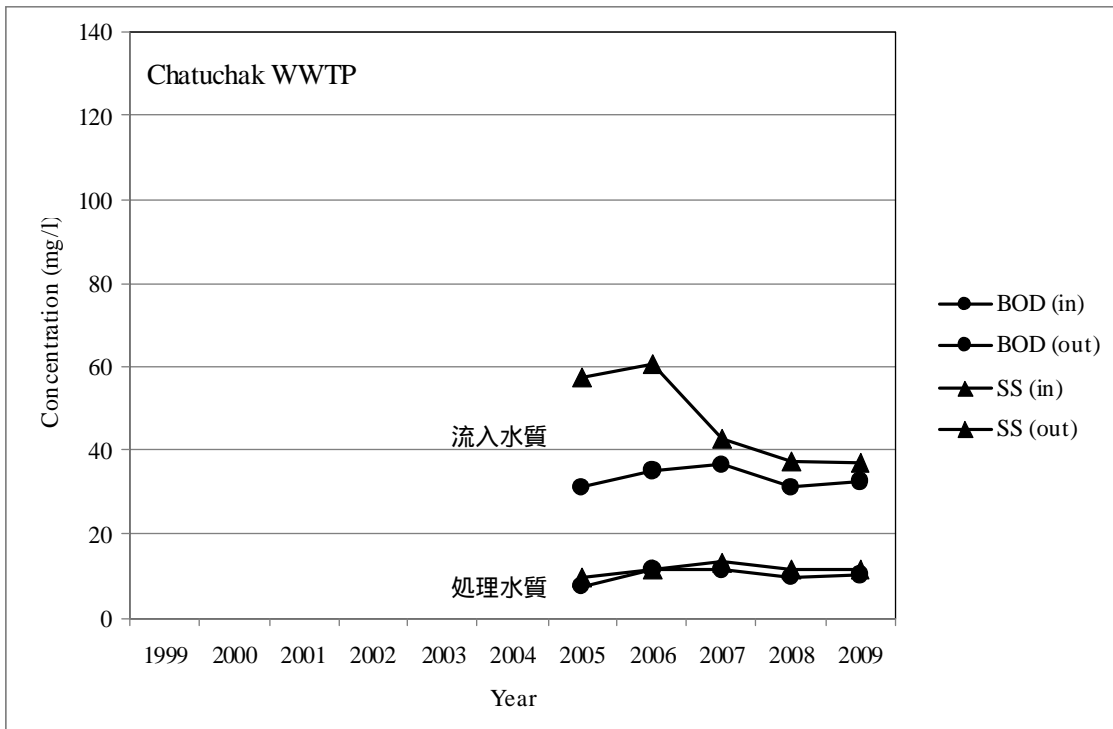
出典: 調査団

図 3.4.12 Nong Khaem 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



出典: 調査団

図 3.4.13 Thung Khru 下水処理場の流入水質、処理水質の推移



出典: 調査団

図 3.4.14 Chatuchak 下水処理場の流入水質、処理水質の推移

(C) 維持管理費

既設7下水処理場の2006-2008年の流入水量及び維持管理費を表3.4.4に示す。これによると、2008年の年間総処理水量は247百万 m^3 (674,881 m^3 /日)あり、これを年間587百万Baht(160万Baht/日)で処理している。よって、1 m^3 当りの処理費用は2.38Bahtとなる。

表3.4.4 既設7下水処理場の維持管理費用

下水処理場	2006年			2007年		
	維持管理費 (Baht/年)	処理量 (m^3 /年)	処理単価 (Baht/ m^3)	維持管理費 (Baht/年)	処理量 (m^3 /年)	処理単価 (Baht/ m^3)
Si Praya	16,924,600	6,707,970	2.52	14,527,323	7,650,765	1.90
Rattanakosin	21,733,797	10,858,020	2.00	20,531,156	10,259,055	2.00
Din Daeng	211,671,464	75,310,876	2.81	211,731,322	72,562,479	2.92
Chong Nonsi	102,543,095	45,470,240	2.26	101,382,983	45,362,930	2.23
Nong Khaem	102,707,502	44,882,225	2.29	103,967,998	45,414,395	2.29
Tung Khru	37,032,813	17,565,260	2.11	48,149,850	21,856,930	2.20
Chatuchak	62,236,862	47,114,200	1.32	77,109,548	56,378,995	1.37
計	554,850,133	247,908,791	2.24	577,400,180	259,485,549	2.23

下水処理場	2008年		
	維持管理費 (Baht/年)	処理量 (m^3 /年)	処理単価 (Baht/ m^3)
Si Praya	15,816,624	4,870,102	3.25
Rattanakosin	20,396,005	10,511,637	1.94
Din Daeng	226,426,946	74,845,646	3.03
Chong Nonsi	102,651,954	39,761,658	2.58
Nong Khaem	105,338,029	48,533,481	2.17
Tung Khru	51,074,817	22,981,418	2.22
Chatuchak	65,492,251	45,502,829	1.44
Total	587,196,626	247,006,771	2.38

注: 維持管理費には減価償却費等は含まれていない

出典: 調査団

(2) 小規模下水道施設 (NHA から移管された12処理場)

現在DDSはNHAから移管された12の小規模下水処理場(コミュニティプラント)を直営で維持管理している。表3.4.5及び表3.4.6に2007-2008年の処理水量及び処理水質の実績を示す。NHAは処理場の管理をDDSに移管したが、管渠システムはNHAが管理している。ゴミ詰まり等の管渠系のトラブルや施設の老朽化による機器のトラブルにより、処理水量に変動がある。

表 3.4.5 小規模下水処理場の処理水量及び設計容量

処理場名	年間処理量 (m ³ /年)		日平均処理量 (m ³ /日)		処理能力 (m ³ /日)
	2007年	2008年	2007年	2008年	
Ting Song Hong 1	578,160	387,960	1,584	1,060	3,000
Ting Song Hong 2	189,800	214,110	520	585	1,100
Bang Bua	360,255	259,860	987	710	1,200
Ram Indra	219,000	219,600	600	600	800
Huay Kwang	958,125	1,104,222	2,625	3,017	2,400
Tha Sai	505,525	538,752	1,385	1,472	1,400
Bang Na	419,385	432,612	1,149	1,182	1,500
Bon Kai	127,750	128,100	350	350	400
Klong Toey	438,000	356,850	1,200	975	1,200
Klong Chan	532,535	430,416	1,459	1,176	6,500
Hua Mark	433,620	530,334	1,188	1,449	1,500
Rom Kloa	856,290	733,098	2,346	2,003	3,800
合計	5,618,445	5,335,914	15,393	14,579	24,800

出典: DDS

表 3.4.6 小規模下水処理場の処理水質

処理場名	流入水 BOD(mg/l)		処理水 BOD(mg/l)		BOD 除去率 (%)	
	2007年	2008年	2007年	2008年	2007年	2008年
Ting Song Hong 1	75	56	12	14	84	70
Ting Song Hong 2	165	168	13	10	92	94
Bang Bua	225	188	-	-	-	-
Ram Indra	123	146	5	4	96	97
Huay Kwang	177	155	-	-	-	-
Tha Sai	62	52	5	4	91	93
Bang Na	165	168	6	6	96	97
Bon Kai	97	218	6	6	97	97
Klong Toey	179	150	9	6	95	96
Klong Chan	108	115	8	10	93	91
Hua Mark	70	72	11	7	85	90
Rom Kloa	63	67	10	11	85	84

処理場名	流入水 SS(mg/l)		処理水 SS(mg/l)		SS 除去率 (%)	
	2007年	2008年	2007年	2008年	2007年	2008年
Ting Song Hong 1	30	32	13	13	57	59
Ting Song Hong 2	86	123	8	10	91	92
Bang Bua	154	124	-	-	-	-
Ram Indra	192	292	15	14	92	95
Huay Kwang	58	52	-	-	-	-
Tha Sai	19	28	5	9	72	67
Bang Na	142	172	6	7	96	96
Bon Kai	219	136	6	4	97	97

処理場名	流入水 SS(mg/l)		処理水 SS(mg/l)		SS 除去率 (%)	
	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年
Klong Toey	161	111	12	5	93	95
Klong Chan	103	106	35	34	66	68
Hua Mark	96	98	34	34	69	65
Rom Kloa	83	89	35	36	57	60

出典: DDS

(3) その他の処理施設（運河水浄化施設及びごみ浸出水処理施設）

DDS が管理しているその他の処理施設として、運河水浄化施設とごみ浸出水処理施設がある。運河水浄化施設については、上記 3.3.4 節で述べているとおり、2ヶ所の池を活用して近接する運河の水質改善のため、エアレーションによる直接浄化処理を行っている。

- Makkasan Pond : Klong Sam Sen の改善
- Rama IX Pond : Klong Lat Phrao の改善

また、ごみ浸出水処理施設は、On Nuch ごみ処分場の埋立てごみ浸出水を処理する施設である。これら処理施設の処理水量及び処理水質の実績を示す。

表 3.4.7 その他の処理施設の処理水量及び設計容量

処理場名	年間処理量 (m ³ /年)		日平均処理量 (m ³ /日)		処理能力 (m ³ /日)
	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	
Makkasan	94,900,000	95,160,000	260,000	260,000	260,000
Rama IX	31,536,000	31,622,400	86,400	86,400	86,400
On Nuch	257,325	191,784	705	524	960

出典: DDS

表 3.4.8 その他の処理施設の処理水質

処理場名	流入水 BOD(mg/l)		処理水 BOD(mg/l)		BOD 除去率 (%)	
	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年
Makkasan	27	17	21	15	22	10
Rama IX	21	19	14	10	35	45
On Nuch	358	352	35	36	90	90

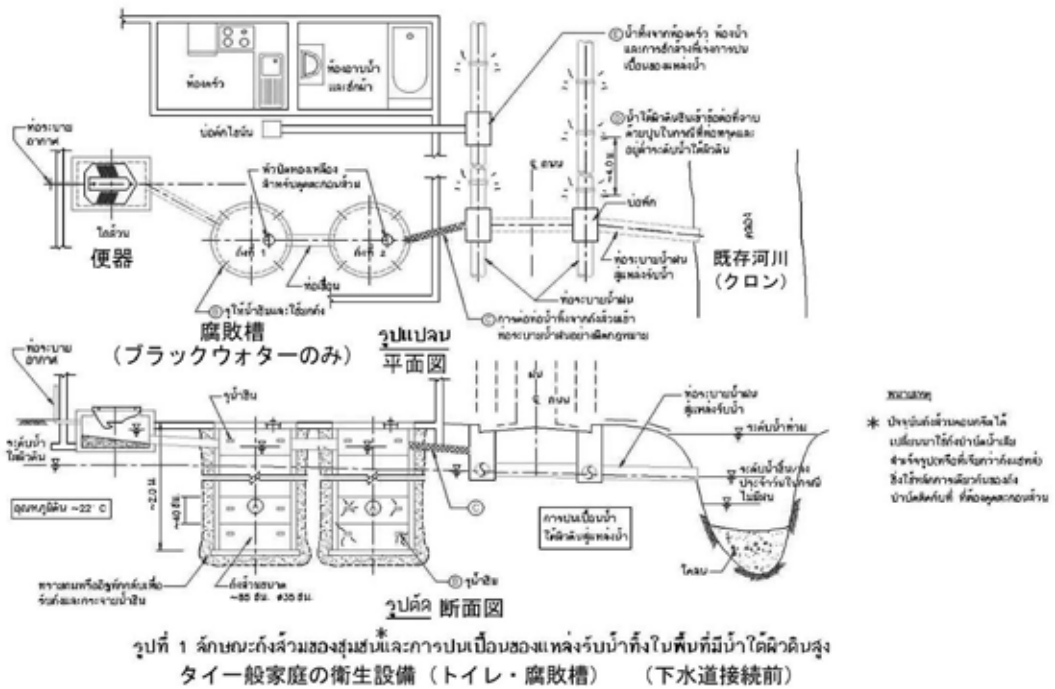
処理場名	流入水 SS(mg/l)		処理水 SS(mg/l)		SS 除去率 (%)	
	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年
Makkasan	23	94	14	58	40	38
Rama IX	38	26	13	7	66	74
On Nuch	150	174	52	54	65	69

出典: DDS

3.4.3 腐敗槽等関連施設

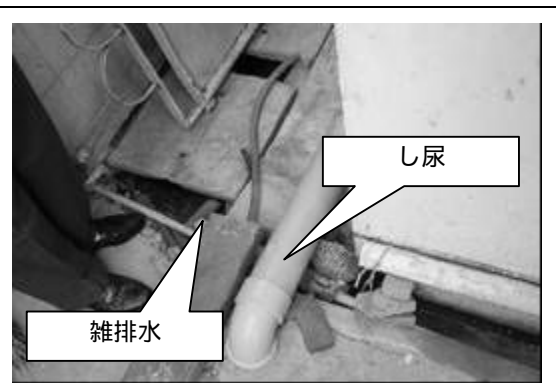
(1) 一般的な家庭のし尿処理施設

一般家庭のし尿は腐敗槽で嫌気性処理され、その上澄水は道路側溝や排水管または運河へ排出される。家庭の雑排水は、そのまま処理されずに道路側溝等へ排出されている。浄化槽は、1槽式または2段式のものが採用されている（図 3.4.15 参照）。



出典: JICA タイ国下水処理場運営改善プロジェクト資料

図 3.4.15 タイ国一般家庭の排水設備



(2) 最近の排水処理施設

腐敗槽や処理能力 200 m³/日までの小規模下水処理施設は工場で作られている。適用される排水基準や入居者の人数に応じて、嫌気槽、嫌気性接触法、活性汚泥法およびグリーストラップ槽などの各ユニットを組み合わせ、現地で処理施設を完成させる方法が採用されている（図 3.4.16 参照）

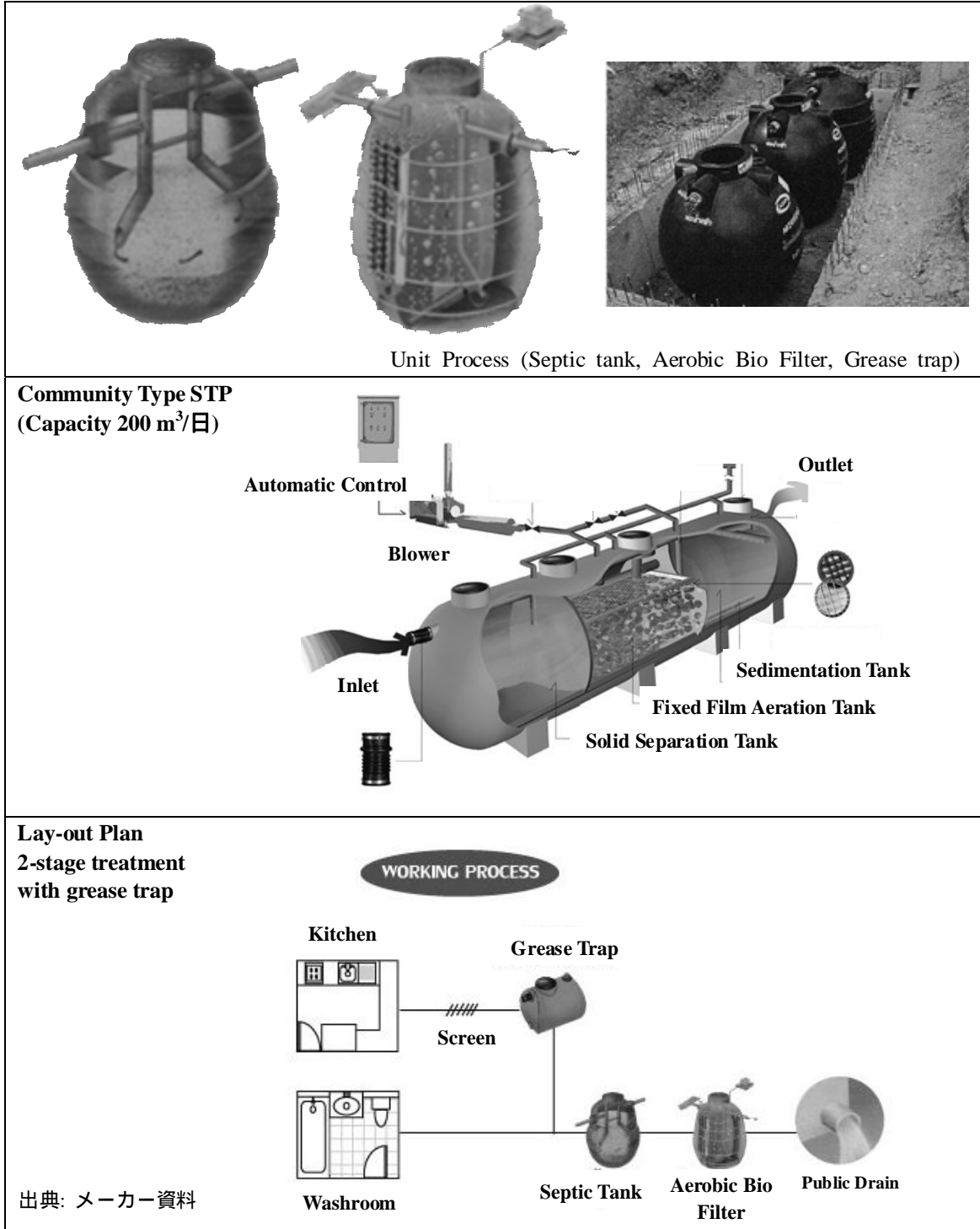
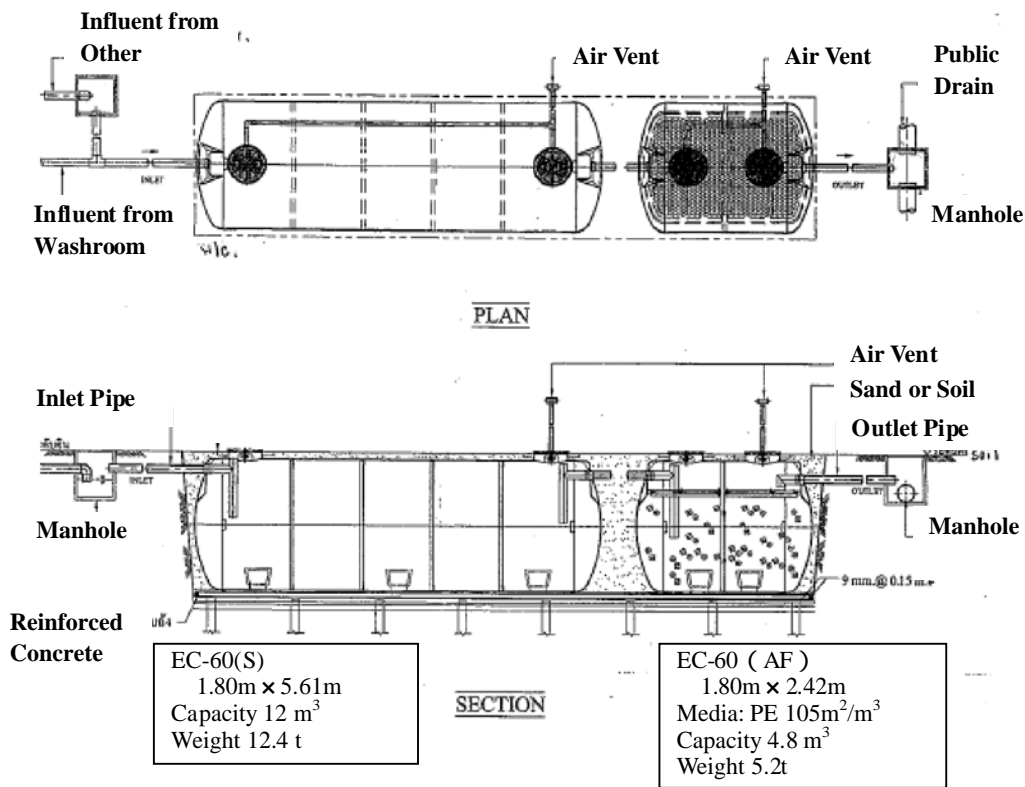


図 3.4.16 腐敗槽、小規模処理施設の構造及び設置事例

(3) 新市街地開発での処理施設

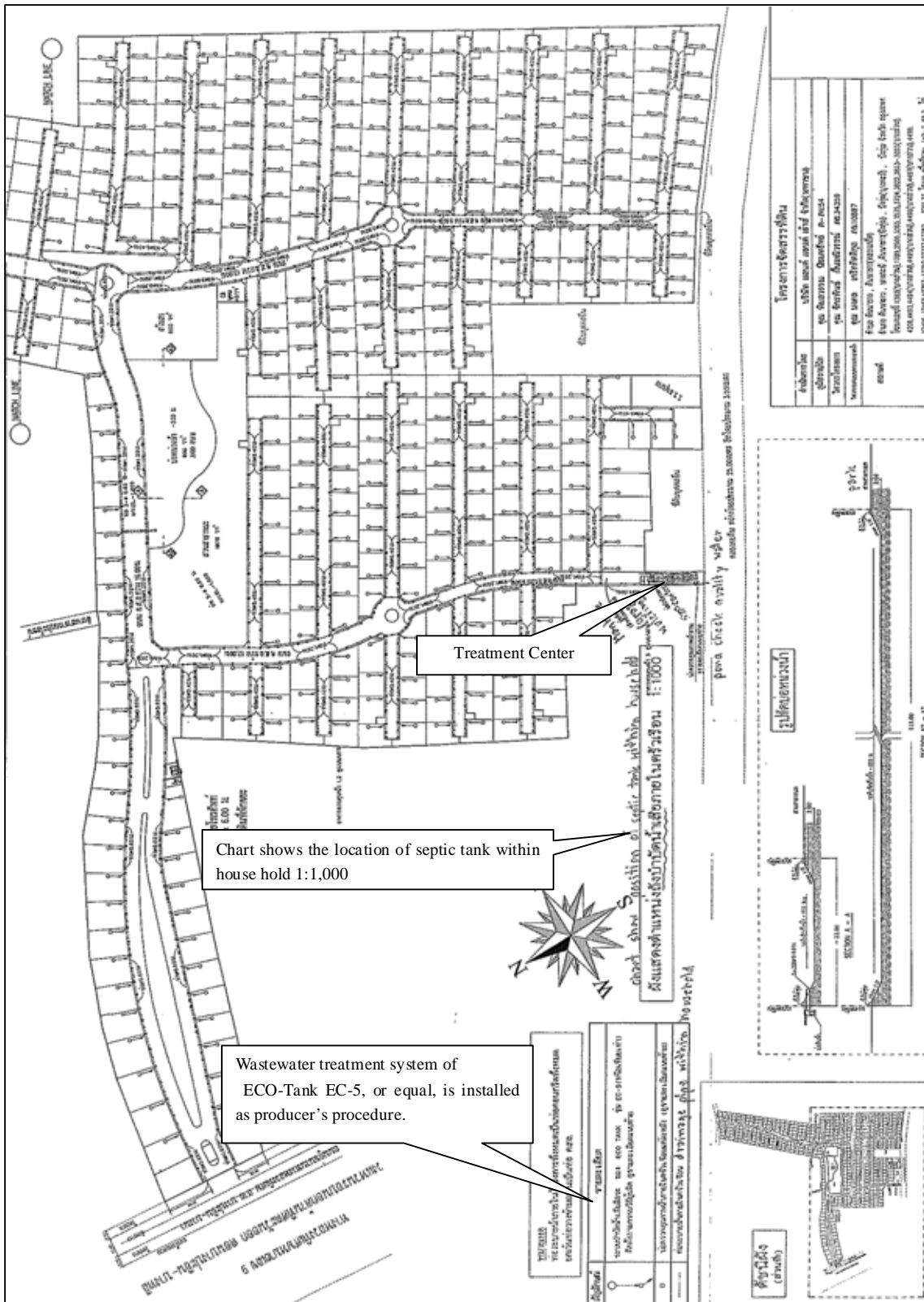
新市街地の1戸建て住宅開発プロジェクトでは、10戸以上の開発に対して污水处理施設の設置を義務付けている。さらに、戸数500戸以上の住宅開発には、放流水質基準が適用される。この場合、腐敗槽上澄水及び雑排水を合流式の排水管で収集し、処理施設で処理して放流する小規模下水道を採用している。処理施設としては、嫌気槽と嫌気性接触槽の組合せが一般的である。また、処理水質 BOD 20 mg/l が適用される場合には、活性汚泥処理施設を採用している。

図 3.4.18 に各戸から排水される腐敗槽上澄水及び雑排水を収集し集中処理する新市街地開発事業の下水道システムの事例を示す。また、図 3.4.17 には、そこで採用された集中処理施設（小規模処理施設）を示す。



出典: DDS

図 3.4.17 新市街地開発事業の集中処理施設（戸建住宅地）



出典: DDS

图 3.4.18 新市街地開発事業の下水道システム（戸建住宅地）

(4) 腐敗槽汚泥の処理

(A) 汚泥引抜きサービス

住宅・商業施設等の腐敗槽汚泥の引抜きは、所有者の要請によって、清掃を所管する環境局（Environment Department）が行っている。現在の汚泥引抜き料金は 250 Baht/m³ で、燃料費・車両のメンテナンスコストを賄う料金水準である。人件費等には都の一般財源を充当している。民間事業者が汚泥引抜きサービスを提供するパイロットプロジェクトが実施されているが、料金が低いことから一般化していない。

Din Daeng District Office の保有タンク車

12 m³車×4 台、3 m³車×1 台、2 m³車×3 台 計 8 台

サービス対象人口 139,322 人（2008 年）

汚泥は、タンク車で 2 ヶ所の汚泥処理場へ運搬し、処理処分(コンポスト化)され、利用される。汚泥の引き抜き頻度については、バンコク首都域下水道計画の F/S 報告書（Bangkok Metropolitan Region Wastewater Management Action Plan and Feasibility Study,1996）に、表 3.4.9 のように記載されている。これによると、1 年に 1 回以上の頻度で引き抜いている家庭は約 25%、数年に 1 回引き抜いている家庭は 25%弱、汚泥を一度も引き抜いたことがない家庭は全体の 40%強である。

表 3.4.9 腐敗槽汚泥の引抜き状況（1995 年 9 月）

汚泥引き抜き頻度	BMA/ノンタブリ県/パトンタニ県			
	一般家庭	商業/住宅	運河沿い住居	不法占拠住居
年 1 回以上	22 %	27 %	26 %	26 %
2 - 3 年に 1 回	18 %	16 %	17 %	10 %
3 年以上に 1 回	4 %	9 %	6 %	4 %
1 回もない	43 %	39 %	43 %	41 %
無回答	13 %	9 %	8 %	19 %
サンプル数	198	198	35	70

出典: Bangkok Metropolitan Region Wastewater Management Action Plan and Feasibility Study, 1996

なお、調査団が 2010 年 11～12 月に Nong Bon 処理区で実施した住民意識調査の結果によれば、腐敗槽汚泥の引抜きを年 1 回以上実施の世帯は 32 %、2～3 年に 1 回実施の世帯は 20 %、3 年間以上実施していない世帯は 48 %となっており、表 3.4.9 の結果と似た傾向を示している。

(B) 腐敗槽汚泥処理施設

バンコク都内には、環境局が管理する以下の腐敗槽汚泥処理施設が稼働している。

On Nuch 腐敗槽汚泥処理施設： 処理能力 600 m³/日 処理量 220 m³/日
 Nong Khaem 腐敗槽汚泥処理施設： 処理能力 600 m³/日 処理量 420 m³/日

On Nuch 腐敗槽汚泥処理施設の概要を以下に示す。(図 3.4.19 参照)

i) 処理プロセス

スクリーン

パンチングスクリーン付き受入れ槽、2段のロータマット(脱水機能付き)

水処理

活性汚泥法

反応タンク・最終沈殿池: 沈殿時間 3 ~ 6hr、処理水に生石灰添加 添加率 4 kg/m³

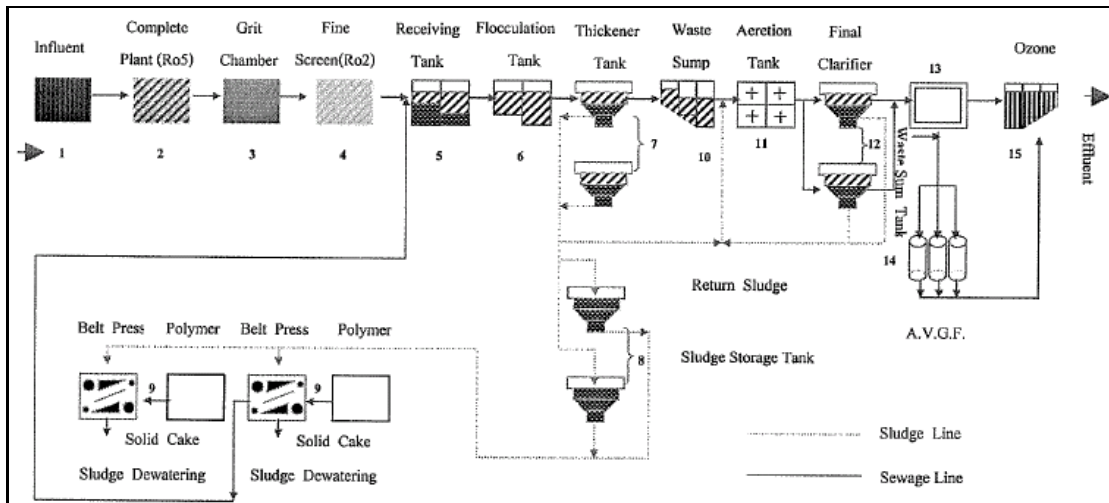
汚泥処理: 濃縮 - ベルトプレス脱水 - コンポスト化

ii) 流入水質

BOD 6,000 mg/l、COD_{Mn} 8,000 ~ 12,000 mg/l、SS 不明

iii) 処理水質

透視度 ほとんどゼロ



出典: DOE

図 3.4.19 On Nuch 汚泥処理施設の処理フロー



写真 3.4.11 腐敗槽汚泥搬入・スクリーニング



写真 3.4.12 反応タンク(流出部へ生石灰投入)



写真 3.4.13 生石灰投入作業



写真 3.4.14 最終沈殿池



写真 3.4.15 処理水放流口



写真 3.4.16 ベルトプレス汚泥脱水機

3.4.4 工場排水等処理施設

(1) 工場排水処理施設

工場法(Factory Act of 1992)において、工場は規模等によって第1種、第2種、第3種に分類され、操業に際しては工場排水の排水基準(表3.4.10)の順守が義務付けられている。工場排水の規制と監視は工業省(MOIn: Ministry of Industry)の管轄となっており、第3種工場の処理施設の規制、監視、奨励、支援を行う機関は、工業省工業事業局(DIW: Department of Industrial Works)であり、第1種及び第2種工場は、BMAの地区事務所がDIWと協力しながら工場排水監視業務を担っている。

(工場とは: 工場法において、製造、組立等を行う5馬力以上の動力を有する機械または7人以上の労働者を使用する建物等と定義されている。また、第1種工場は操業時の許可も届出も要しない種類、規模(20馬力または20人以下)の工場であり、第2種は事前届出が必要な種類、規模(50馬力または50人以下)の工場、第3種は事前に許可が必要な種類、規模(50馬力または50人を超える)の工場である。)

工場排水の排水基準は工場法によって定められており、これらの排水基準値は、処理水が直接あるいは道路排水管渠を經由して公共用水域に排水されることを想定している。違反した場合は警告等の罰則が適用される。工場排水を下水処理場を有する下水道へ排水する

場合の下水排除基準は制定されていない。

表 3.4.10 工場排水の排水基準

Items	Unit	Standard Values
1) pH	-	5.0 - 9.0
2) Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	2.1) not more than 3,000 mg/l depending in receiving water or type of industry under consideration of PCC* but not exceed 500 mg/l 2.2) not more than 5,000 mg/l exceed TDS of receiving water having salinity of more than 2,000 mg/l or TDS of sea if discharge to sea
3) Suspended Solids (SS)	mg/l	not more than 50 mg/l depending on receiving water or type of industry or type of wastewater treatment system under consideration of PCC but not exceed mg/l
4) Temperature	C	not more than 40
5) Color and Odor	-	not objectionable
6) Sulfide (as H ₂ S)	mg/l	not more than 1
7) Cyanide (as HCN)	mg/l	not more than 0.2
8) Heavy Metals		
8.1) Zinc	mg/l	not more than 5
8.2) Chromium (hexavalent)	mg/l	not more than 0.25
8.3) Chromium (Trivalent)	mg/l	not more than 0.75
8.4) Arsenic	mg/l	not more than 0.25
8.5) Copper	mg/l	not more than 2
8.6) Mercury	mg/l	not more than 0.005
8.7) Cadmium	mg/l	not more than 0.03
8.8) Barium	mg/l	not more than 1
8.9) Selenium	mg/l	not more than 0.02
8.10) Lead	mg/l	not more than 0.2
8.11) Nickel	mg/l	not more than 1
8.12) Manganese	mg/l	not more than 5
9) Fats, Oil and Grease (FOG)	mg/l	not more than 5 mg/l depending on receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 15mg/l
10) Formaldehyde	mg/l	not more than 1
11) Phenols	mg/l	not more than 1
12) Free Chlorine	mg/l	not more than 1
13) Pesticides	mg/l	none
14) Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/l	not more than 20 mg/l unless the specific type of industry or different level of capacity of receiving water can be permitted more than 20 mg/l by PCC consideration but maximum allowance figure should not more than 60 mg/l
15) Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/l	not more than 100 mg/l unless the specific type of industry or different level of capacity of receiving water can be permitted more than 100 mg/l by PCC consideration but maximum allowance figure should not more than 200 mg/l
16) Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	not more than 120 mg/l depending on receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 400 mg/l

Effluent standards of Industrial estates follow the above criteria + BOD not over 20 mg/l (amended in 1996)

PCC: Pollution Control Committee

PCD: Pollution Control Department

note:

Type of industries which has been considered and accepted by PCC to discharge the Effluent BOD up to 60 mg/l are:

- 1) animal food industries
- 2) Stratch industries
- 3) food from stratch industries
- 4) pulp and paper industries
- 5) tanning industries
- 6) cold storage industries
- 7) chemical industries
- 8) textile industries
- 9) pharmaceutical industries

出典：MOIn

BMA 行政区域内には、17,000 を越える工場が登録されているが、この大部分は小規模排水工場である。表 3.4.11 に、BMA 内の工場排水量および負荷量を示す。50 m³/日を超える工場排水を排出している工場は 60 工場（表 3.4.12）あり、その総排水量は 39,295 m³/日（BOD 負荷量 364 kg/日）である。この 60 工場だけで全排水量の 97%（負荷量の 93%）を占めている。これらの登録工場は、独自の排水処理施設を有し排水処理を行い、直接あるいは道路排水管渠を経由して公共用水域に処理水を排水している。

表 3.4.11 BMA 内の工場排水量及び BOD 負荷量（2010 年 10 月）

		全工場	排水量が 50 m ³ /日を超える工場
排水処理施設	流入 BOD 負荷量	4,790 kg/日	4,153 kg/日
	排出 BOD 負荷量	393 kg/日	364 kg/日
排水量		40,432 m ³ /日	39,295 m ³ /日

出典：MOIn

MWA のデータ(表 3.2.6)によれば、工業系への供給実績(BMA 他)は 50 百万 m³/年(137,000 m³/日)で、全給水量の 4%である。また、天然資源環境省地下水資源局によれば、BMA 内の工業用の地下水利用量は、47,470 m³/日（許可ベース）である。

一方、BMA は、MWA データをベースに、個人住宅、工場、事業場（商業施設、ホテルなど）について、既存の 7 処理区域内の顧客情報を作成済みである。工場グループ（200 m³/月以下）については、2,408 事業者をリストアップしているが、排水量 200 m³/月（6.7 m³/日）を超える事業者はここに含まれていない。

(2) 事業場排水処理施設

現在、商業施設、ホテル、病院、市場、ガソリンスタンドなどの事業場排水の排水規制・監視は公害管理局(PCD: Pollution Control Department)が担っており、事業場排水の排水基準(建築物排水基準)制定は PCD の権限である。

BMA 内の事業場排水の規制・監視も PCD が行うことに制度改正されたが、BMA のヒアリングによれば、体制が不十分で機能していないとのことであった。

表 3.4.12 BMA 内の工場排水量 50 m³/日以上 of 工場 (2010 年 10 月)

No.	NAME of the Factory	Production	Location	Water Supply Used (m ³ /day)	Wastewater Discharge (m ³ /day)
1	Wittaya Yanyont Co Ltd	Garage - Body works and Paint	Suanluang		100
2	Union Button Corporation Co Ltd	Button Industry	Wangthonglang		100
3	The Royal Chitralada Projects	UHT and pasturized milk products	Dusit		900
4	Post Publishing Co Ltd	Printing: Newspaper, books	Klongtoey		80
5	Daily Foods Co Ltd	Butter, fruit juice, vegie, canned fruits	Kannayao		200
6	Kiat Service Garage	Garage - Body works and Paint	Ladprao		100
7	Vikrom's Garage Co Ltd	Garage - Body works and Paint	Wattana		200
8	Bangkoknoi Water Works, MWA	Water Supply Production	Bangkok-Noi		3,000
9	Narongwit Pattanakam LP	Garage - Body works and Paint	Pravate		200
10	CPF Food Products Co Ltd	Chicken products, ready meals	Bang-na		500
11	Foremost Milk Foods Co Ltd	Food from milk, yoghurt products	Laksi	625	410
12	Sinchaihua Industry Co Ltd	Laundry Industry	Ladkrabang		1,300
13	Yakult (Thailand) Co Ltd	Fermented milk drink	Laksi	600	360
14	Bangkok Park Dealer	Meat - Wholesale	Klongtoey		150
15	Pack Food PCL.	Frozen foods - Wholesale - Freezer	Sathorn		200
16	United Foods PCL.	Bakers-Wholesale & Manufacturers - Wafer, cracker, candies	Bangkhunthian		50
17	Asian Seafoods Coldstorage PCL.	Frozen ready seafood	Klongtoey		300
18	CPF Food Products Co Ltd	Ready food; meat and vegetables	Minburi		250
19	CPF Food Products Co Ltd	Frozen ready seafood, meat, vegetable and fruits	Minburi		1,200
20	K. Vichian Cloth Printing Factory LP	Textile Printer	Jomthong		200
21	Muramoto Electron (Thailand) PCL.	Electronic Equipment & Supplies	Kannayao		100
22	Jong Stit Co.,Ltd	Weaving and cloth printing	Bangkhunthian		7,000
23	Chokchai Industrial LP	Textile Printing	Pravate	100	70
24	Siam Paper J N K Industrial Co Ltd	White Page, brown paper	Ratburana	400	200
25	Industrial Waste Management Center	Total industrial waste	Bangkhunthian		100
26	General Environmetnal Conservation PCL	Waste Reduction & Recycling	Bangkhunthian		96
27	Saiviwat Industrial Co Ltd	Dyers-Industrial	Bangkhunthian		400
28	Venus Threat Co Ltd	Weaving Looms	Wangthonglang	1,500	800
29	Venus Threat Co Ltd	Embroidery thread and knitting yarn	Wangthonglang	1,200	1,200
30	TTL Industrial PCL	Textiles-Wholesale & Manufacturers	Donmeung		2,000
31	Bangkok Nylon Co Ltd	Nylon socks and underwear	Bangkhen	246	200
32	Hana Semi Conductor (Bangkok) Co.,Ltd.	Electronic parts, electronic circuits	Laksi		200
33	NXP Manufacturing (Thailand) Co Ltd	Electronic circuits	Laksi		729
34	Bangchak Petroleum PCL	Petroleum Refinery	Prakanong	6,000	1,990
35	Sahafarm Co Ltd	Abattoir and storage; chicken and eel	Kannayao		200
36	Thai Toray Sthnetics Co Ltd	Polyester/ Ployester chip/ Nylon	Bangkhen		200
37	Mahajak Autopart Co Ltd	-	Nongjok		400
38	Siam Knitwear and Garment Co Ltd	Dying	Bangkapi		80
39	Golden Sun Sport	Dying	Ladkrabang	300	200
40	Little Home Bakery Co Ltd	Bakers-Wholesale & Manufacturers - biscuit, cracker, cakes, chocolate, etc.	Pomprabsattrupai		80
41	ISA Value Co Ltd	Canned seafood	Bangkhunthian		500
42	Useful Food Co Ltd	Snack manufacturer	Minburi	80	80
43	CPF Food Products Co Ltd	sausage, bacon, ready meal	Minburi	1,200	1,200
44	CPF Food Products Co Ltd	Waste quality improvement plant	Minburi	250	250
45	CPF Food Products Co Ltd	Abattoir and storage; chicken, meal	Bang-na	3,000	3,000
46	United Dairy Foods Co Ltd	Fruit juice, jell, pudding and jam	Bangna		120
47	Eng Thai Botting LP	Sparkling water	Suanluang		50
48	Osotspa Co Ltd	Daily products	Bangkapi		2,000
49	Thai Namthip Co Ltd	Syrup, sparkling water, drinking water	Bangkapi		1,800
50	A Foods 1991 Co Ltd	Frozen seafood	Bangkhunthian	400	400
51	S&P Syndicate PCL	Bakery, cake and cookies	Prakanong	140	140
52	Bangkok TM Drinks Co Ltd	Fruit juice, mineral drinks	Bangkae		1,500
53	Mae-Ruay Snack Food Factory Co Ltd	Snacks, crispy peanut	Bangkhunthian	300	300
54	Thai Rung Union Car PCL	Car Manufacturer	Nongkam		50
55	CPF Food Products Co Ltd	Abattoir and storage; frozen chicken	Minburi	100	100
56	T C Pharmaceutical Industries Co Ltd	Drinks and Beverage	Bangbon		150
57	Thai Airways International PCL	Aircraft, machines and parts Repair	Donmeung		100
58	U Tac Thai Co Ltd	IC - electronic parts and chips	Bangna		360
59	Thailand Tobacco Monopoly	Cigarettes and tobacco	Klongtoey		1,000
60	Thai Toray Sthnetics Co Ltd	Polyester, Nylon	Bangkhen		150
	Total Discharge			16,441	39,295

出典：MOIn、調査団