

3.5 水質汚濁状況

3.5.1 BMA による水質モニタリングシステム

BMA は BMA 行政区域内のチャオプラヤ川及び運河について水質モニタリングと分析を実施している。2009 年の水質モニタリング地点数は、チャオプラヤ川 9 地点、及び運河 283 地点である。ただし、モニタリング期間が 10 ヶ年を超えるモニタリング地点は、133 地点であり、必要に応じてモニタリング地点の廃止や新規追加を行っている。この分析結果に基づいて BMA 行政区域内のチャオプラヤ川と運河の現況水質状況について以下に述べる。

3.5.2 現況水質（BMA 内のチャオプラヤ川）

(1) 表流水の水質環境基準

表流水の水質環境基準類型がチャオプラヤ川に設定されており、本調査区域内のチャオプラヤ川に対する水質環境基準は、BOD 4 mg/l、DO 2 mg/l のクラス 4 の類型が設定されている。

(2) 現況水質

調査区域内のチャオプラヤ川の現在の汚濁状況として BOD 分析結果を表 3.5.1 に要約する。

表 3.5.1 チャオプラヤ川の水質（2009 年の BOD）

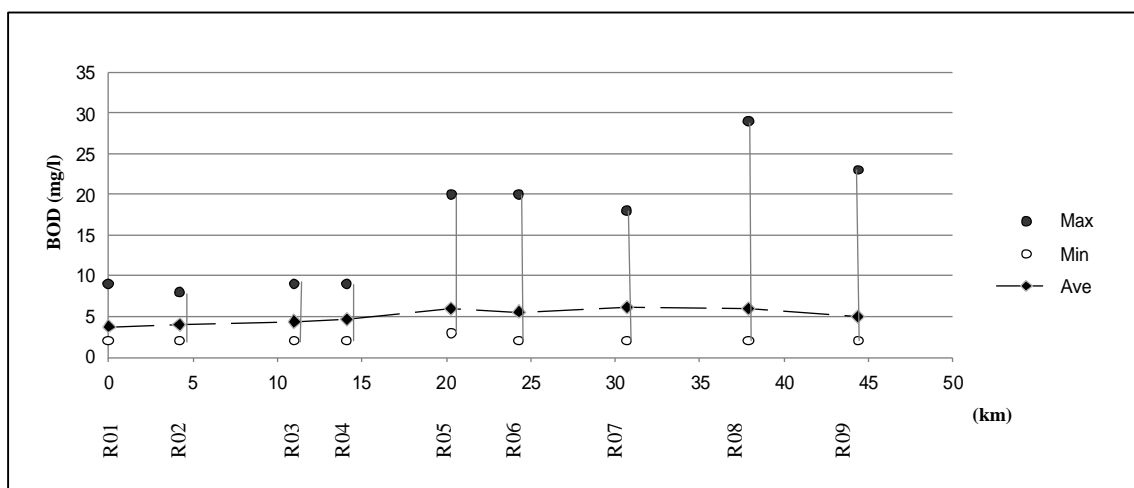
地点 番号	最小値 (mg/l)	最大値 (mg/l)	中央値 (mg/l)	平均値 (mg/l)	データ数					計
					5 mg/l 未満	5 ~ 9 mg/l	10 ~ 14 mg/l	15 ~ 19 mg/l	20 mg/l 以上	
R01	2	9	4	4	37	8	0	0	0	45
R02	2	8	4	4	33	12	0	0	0	45
R03	2	9	4	4	27	18	0	0	0	45
R04	2	9	4	5	24	21	0	0	0	45
R05	3	20	4	6	22	14	3	2	1	42
R06	2	20	5	6	22	19	2	1	1	45
R07	2	18	5	6	19	17	4	2	0	42
R08	2	29	5	6	20	18	5	0	1	44
R09	2	23	4	5	26	17	1	0	1	45

出典：BMA(水質資料 2009 年)

表 3.5.1 から、流れに沿った BOD 濃度の特徴を図 3.5.1 に示す。地点 R01 の水質測定データ数の 80%以上（37 データ/全 45 データ）が BOD 5 mg/l 未満である。調査地点 R02 から R04 までは漸次、水質汚濁の進行がみられる。水質調査結果の変動幅（最小値と最大値の幅）は R05 地点から拡大し、さらに BOD 5 mg/l 以下のデータ数は半数以下、また最大値は 20 mg/l 以上に達している。この大きな変動幅を示す傾向は調査区域の最下流モニタリング地点で

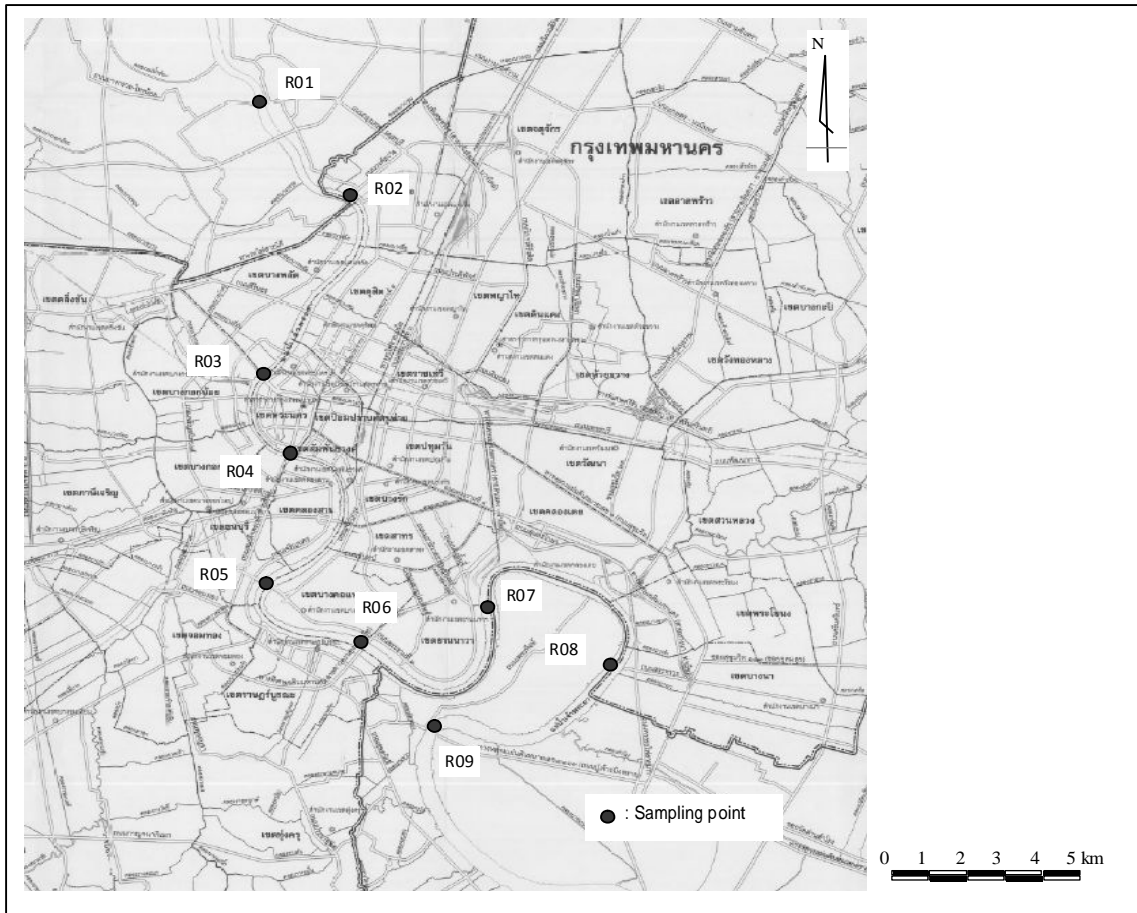
ある R09 地点まで継続している。ただし、表 3.5.1 に示した高い BOD 値（特に 15 mg/l 以上）の水質データはチャオプラヤ川と十分に混合されていない運河（例えば Klong Phrakanong）から排出された水塊を採取・分析している可能性もあり、図 3.5.1 に示した最大値は特異な条件における BOD 値として考える必要がある。

この水質汚濁状況は、チャオプラヤ川の流況と潮汐、及び運河を通じて流域からの流出汚濁負荷量に起因すると推定される。したがって、チャオプラヤ川への流入汚濁負荷量を軽減することによってチャオプラヤ川の水質改善が可能になると考えられる。



出典: 調査団

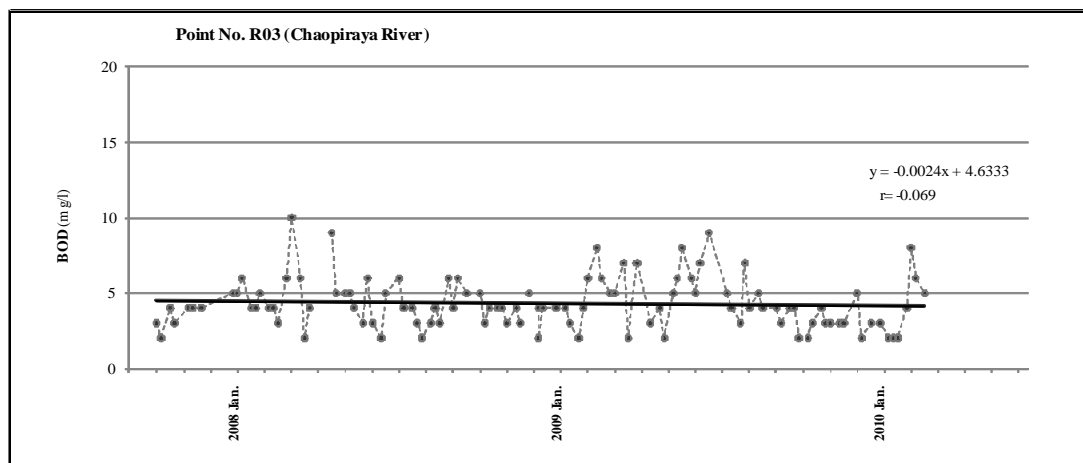
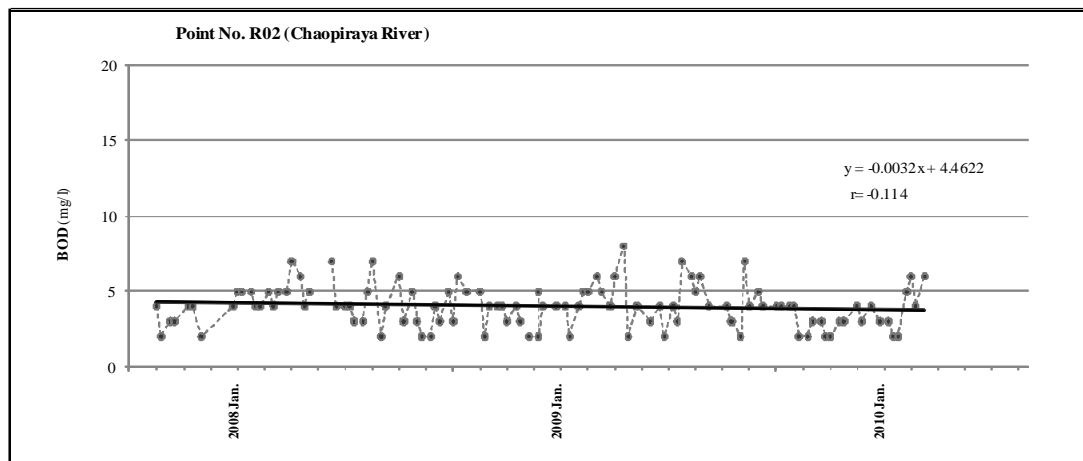
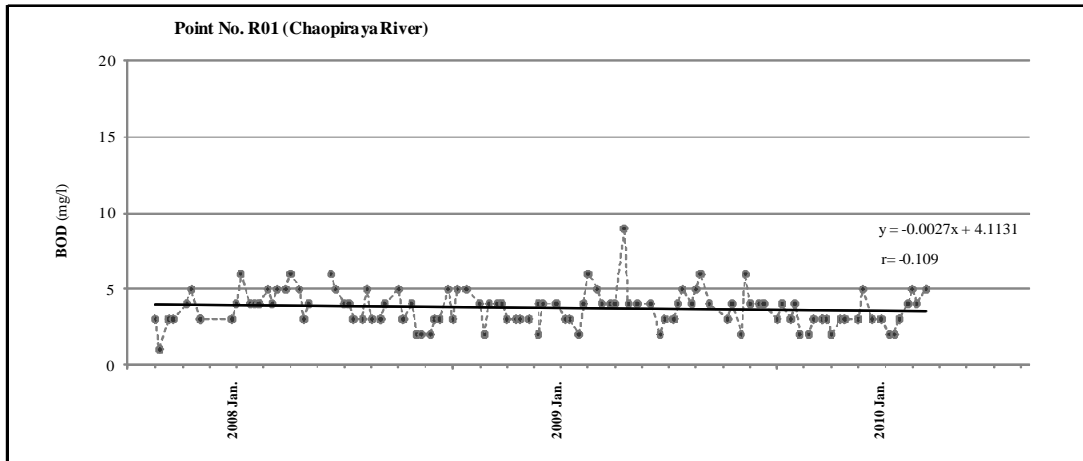
図 3.5.1 チャオプラヤ川の水質（2009 年の BOD）



出典: 調査団

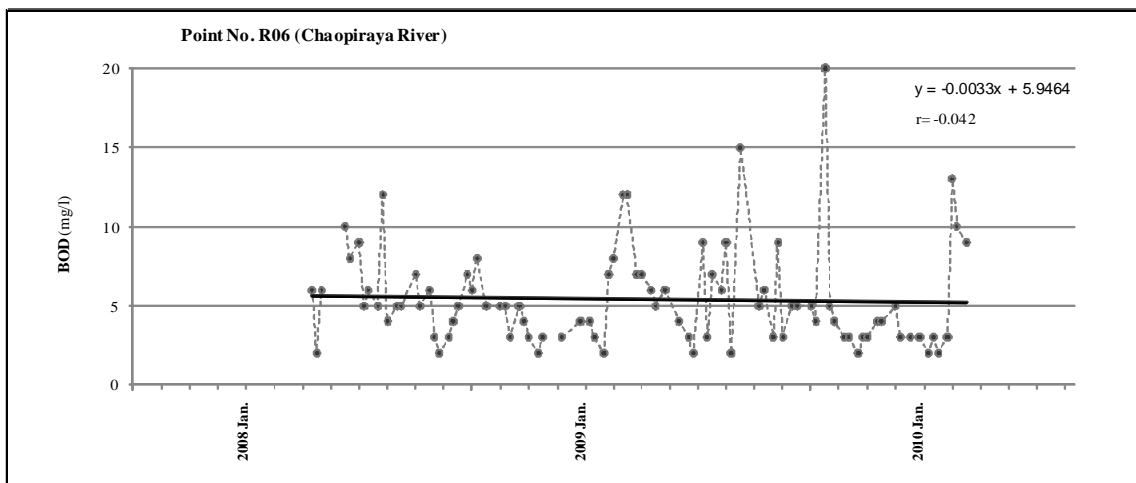
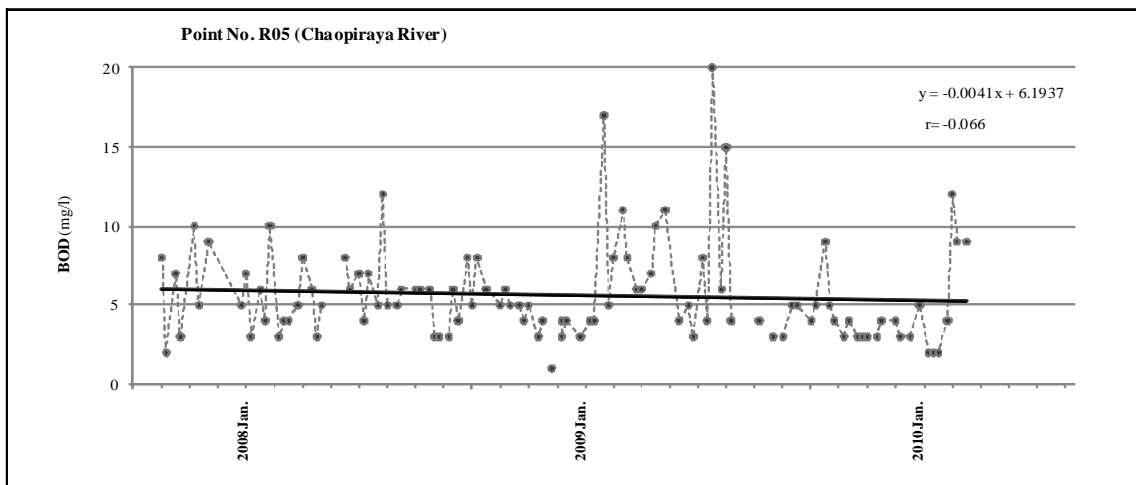
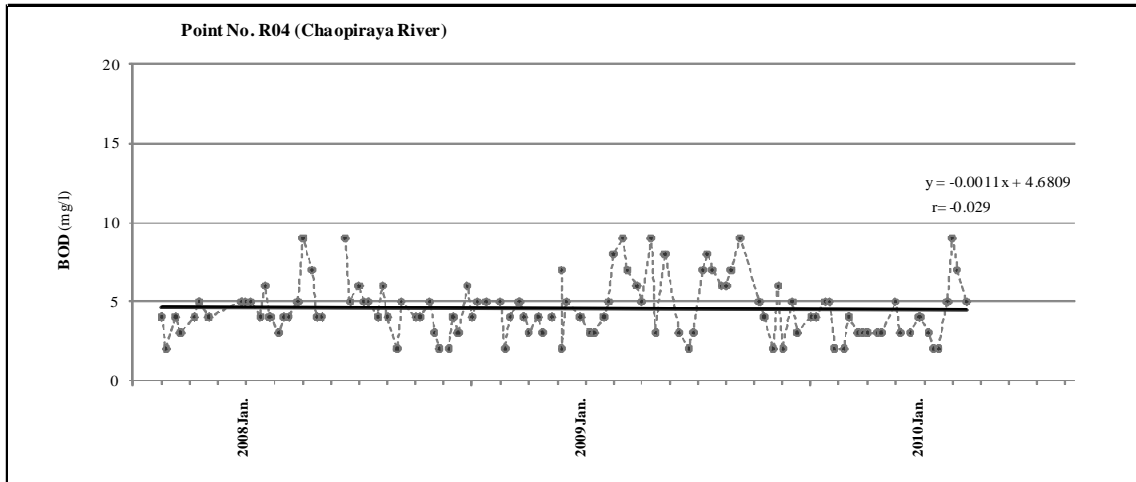
図 3.5.2 チャオプラヤ川の水質モニタリング地点

チャオプラヤ川の全てのモニタリング地点 (R01 から R09 地点) における BOD 濃度の経年変化を図 3.5.3 に示す。この図より、チャオプラヤ川の流量が増加する雨期後半には、水質が改善する傾向が見られる。



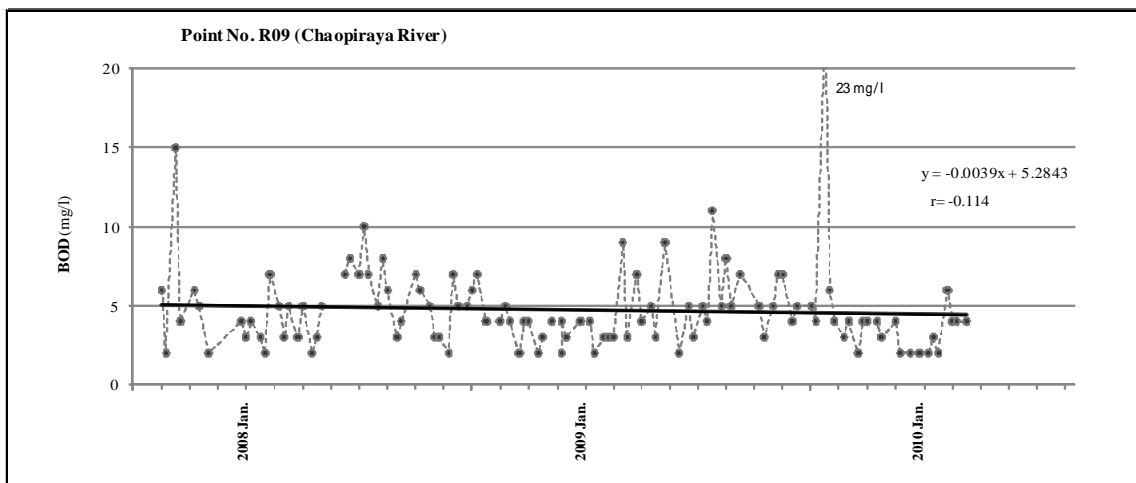
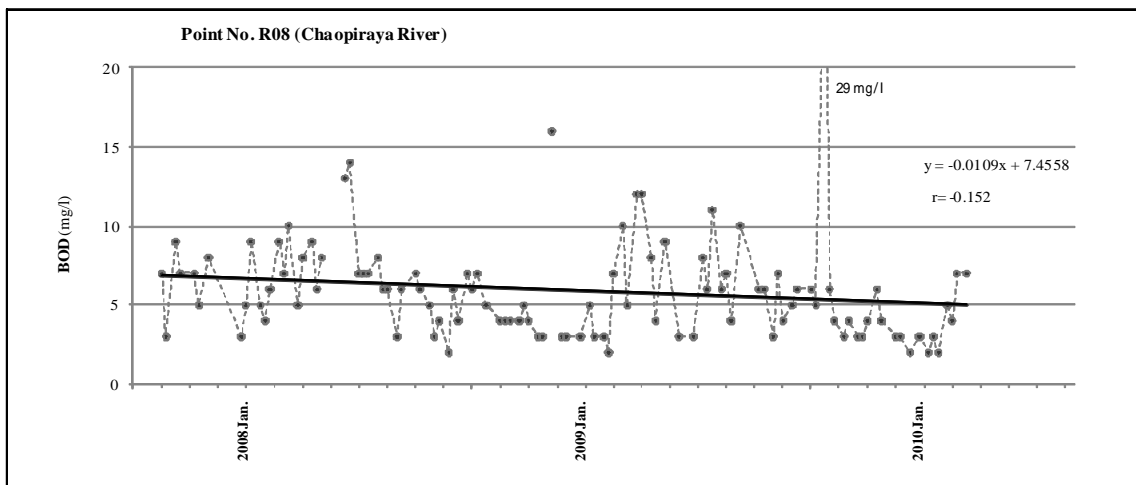
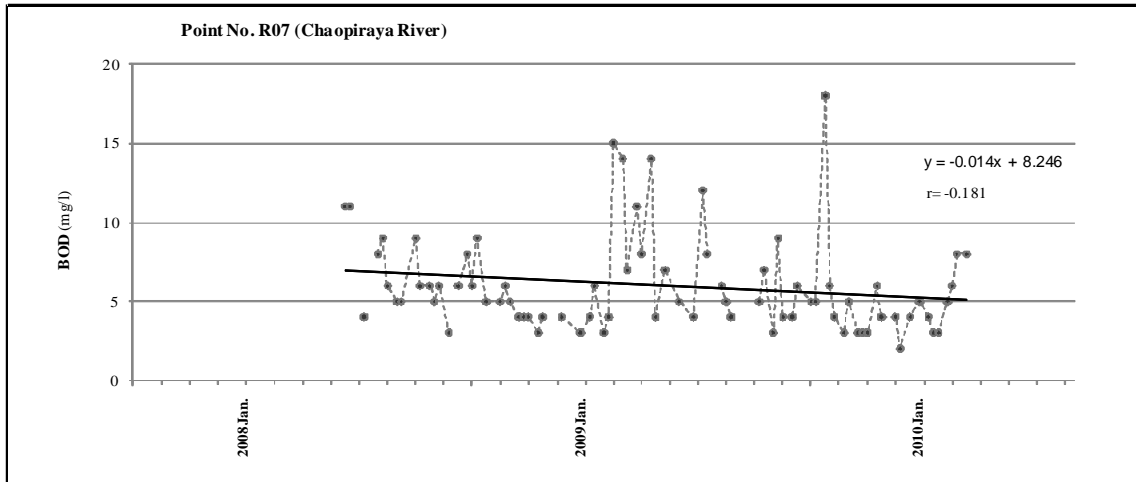
出典: 調査団

図 3.5.3 (1) チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (1/3)



出典: 調査団

図 3.5.3 (2) チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (2/3)



出典: 調査団

図 3.5.3 (3) チャオプラヤ川の水質経年変化 (BOD) (3/3)

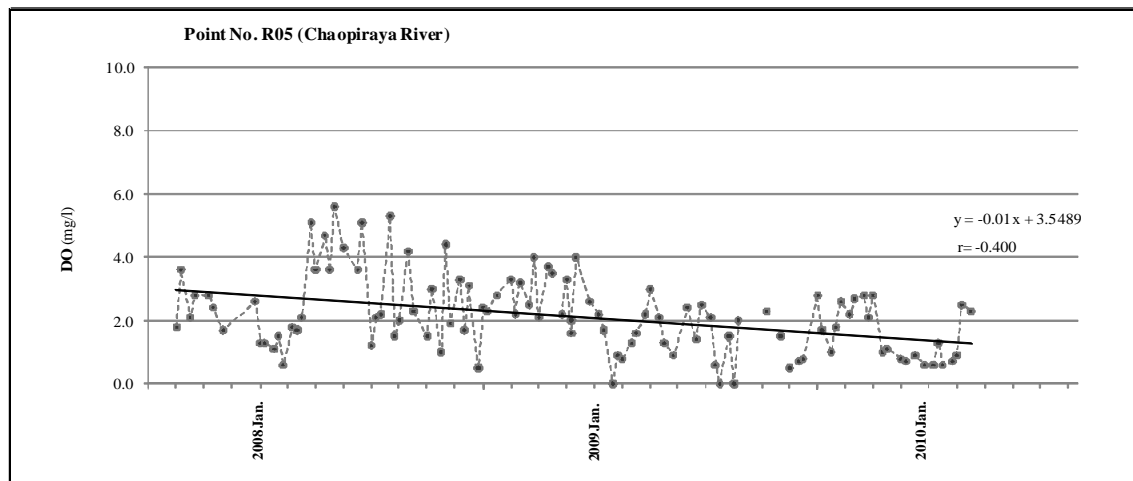
チャオプラヤ川の溶存酸素濃度（2009年）の測定結果を表3.5.2に要約する。水質環境基準値であるDO 2 mg/lを上回る地点は2地点（全9地点）のみであり、全ての地点の最低値は1.0 mg/lを下回っている。

表 3.5.2 チャオプラヤ川の水質（2009年のDO）

地点番号	最小 (mg/l)	最大 (mg/l)	平均 (mg/l)	データ数			
				1 mg/l 未満	1.0 から 1.9mg/l	2.0 mg/l 超過	計
R01	0.6	3.6	2.1	2	17	26	45
R02	0.6	3.9	1.9	6	18	21	45
R03	0.5	3.5	1.7	10	15	20	45
R04	0.4	4.1	1.7	11	20	14	45
R05	0.0	3.0	1.6	13	12	17	42
R06	0.7	4.7	1.9	6	21	18	45
R07	0.3	5.2	2.1	6	15	21	42
R08	0.4	7.0	1.8	15	11	18	44
R09	0.5	6.0	1.9	9	16	20	45

出典: BMA (水質資料 2009年)

最もDO(平均値)の低かったR05地点の経年変化を図3.5.4に示す。この図から明らかな季節変動はないと判断され、明らかに溶存酸素濃度が徐々に減少している。



出典: 調査団

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

3.5.3 現況水質（BMA 内の運河）

(1) 運河の水質環境基準

調査区域内の運河は水質環境基準の類型が指定されていない。したがって、水質環境基準としてクラス5が適用されるものと考えられる。ただし、クラス5は色相、臭い、味を除く他の水質項目には、数値目標が設定されていない（詳細は付属資料に示す）。

BMA は実行計画において水質改善の目標値を設定している。BOD 濃度は下水処理排水、DO濃度は流入する運河に指定されている。運河の水質改善目標値としてBOD 10–15 mg/l、DO 1.0 - 2.5 mg/l が望ましいと考えられる。

表 3.5.3 BMA の実行計画における水質改善目標

	現況 (2008 年)	2009 年	2012 年	2020 年
2. 対象水路の水質回復				
2.1 BMA 下水処理場からの排水水質向上 (BOD mg/l)	15 未満	15 未満	10 未満	10 未満
2.2 水質回復(DO mg/l)	1 を超える	1 を超える	1.5 を超える	2 を超える
2.3 維持水質 (DO mg/l)	2 を超える	2 を超える	2 を超える	2.5 を超える

出典：Performance Plan of Bangkok (Metropolitan Administration, 2009-2012)

(2) 現況水質

2009 年における運河のモニタリング地点数は283地点である。この地点のうち、BOD 15 mg/l（水質改善の暫定的な目標として想定される）を超過している地点はチャオプラヤ川東岸（Bangkok 側区域）では55地点、西岸(Thon Buri 側区域)では3地点あり、その内、27地点が処理区域内である（図 3.5.5~3.5.9、表 3.5.4 参照）。

表 3.5.4 に示した BOD 15 mg/l（年平均）を超過するモニタリング地点は小さな運河に存在する。これらの小さな運河は主要な運河もしくはチャオプラヤ川に直接排出しており、乾期ではその流量のほとんどを都市排水（汚水）が占めていると推測される。処理区域内の運河（例えば Klong Huai Khwang、Klong Phrayawek、Klong Nasong、Klong Suanlung 1、Klong Chonnonsi、Klong Sathon、Klong Kwang、Klong Suanlung）においても流量（自己流量）が極めて少ない状態にあり、ほとんどの汚水が遮集されているにも関わらず遮集されていない一部の汚水が流下するため汚濁状況が改善されていないものと考えられる。これらの汚濁状況を改善するためには汚濁負荷の削減（下水道による汚水の遮集）と同時に他の水質改善対策（浄化用水導入や運河内浄化施設）が必要と考えられる。

表 3.5.4 運河水質汚濁状況

(2009年平均値が15 mg/lを超過している水域(運河))

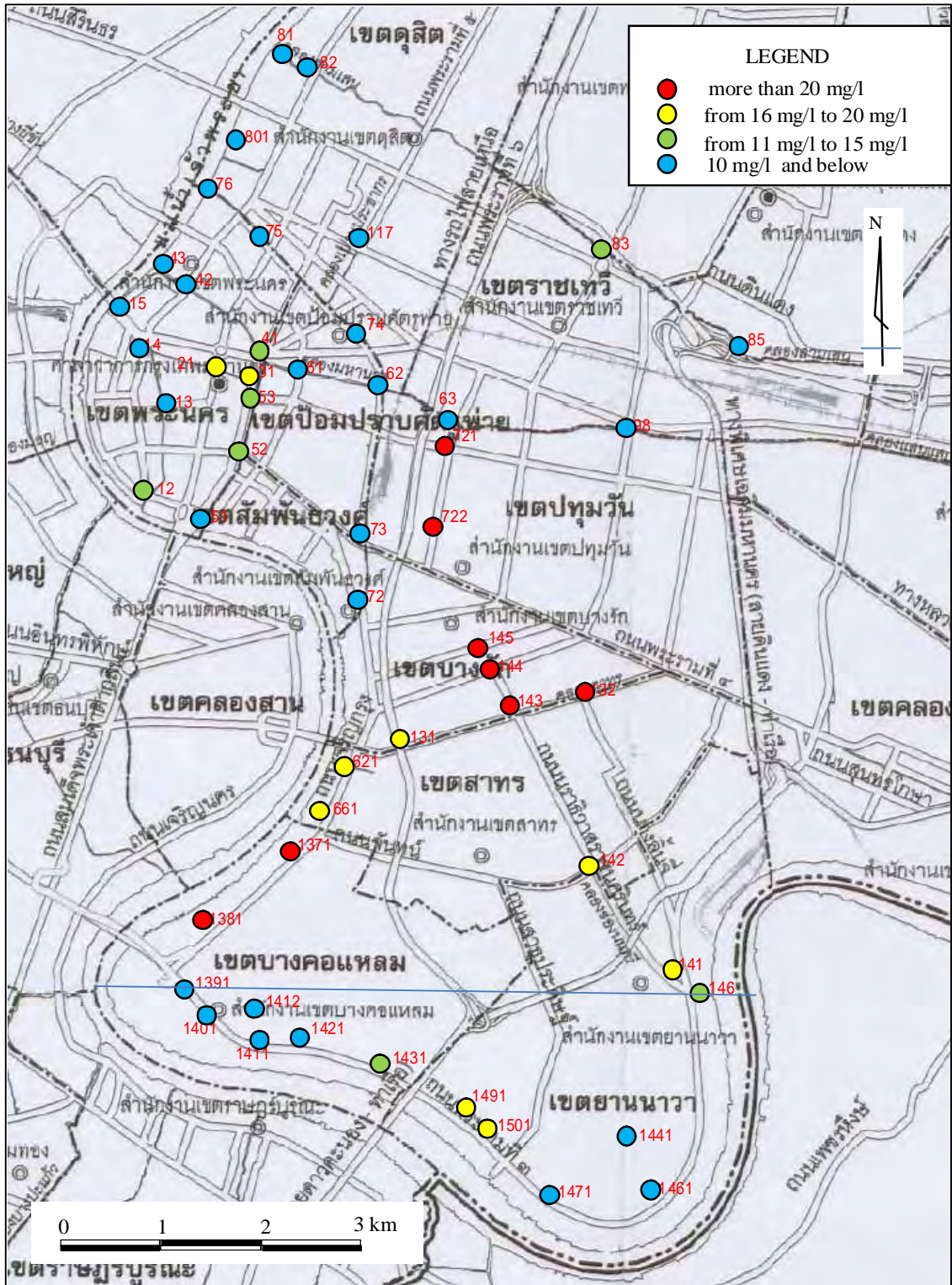
運河名	地区名	下水道区域	地点番号
K. Wat Theb Thida	Phra Nakhon	Rattanakosin	21
K. Watratchabopit	Phra Nakhon	Rattanakosin	31
K. Suang Lung 1	Pathum Wan	Din Deang	721, 722
K. Sathon	Sathon	Chon Nonsi	131-133
K. Chonnonsi	Yan Nawa, Bang Rak, Sathon	Chon Nonsi	141 - 145
K. Wat Don	Sathon	Chon Nonsi	621
K. Krui	Bang Kho Laem	Chon Nonsi	661
K. Khwang	Bang Kho Laem	Chon Nonsi	1371
K. Suanlung	Bang Kho Laem	Chon Nonsi	1381
K. Watdokmai	Yan Nawa	Chon Nonsi	1491
K. Rongnummun	Yan Nawa	Chon Nonsi	1501
K. Manao	Yan Nawa	Chon Nonsi	1651
K. Huai Khwang	Din Daeng, Huai Khwang	Din Daeng	171, 173-175
K. Ladyao	Chatuchak	Chatuchak	692
K. Phrayawek	Chatuchak	Chatuchak	701
K. Namkew	Huai Khwang	Chatuchak	711, 712
K. Nasong	Din Daeng	Din Daeng	751, 752
K. Ton	Watthana	-	101
K. Phaisingha-tho	Klong Toei	-	301, 303
K. Toei	Klong Toei	-	611, 612
K. Wathualumpong	Klong Toei	-	651
K. Banglhai	Phra Khanong	-	1351, 1352
K. Bang chak	Phra Khanong	-	481
K. Jack	Phra Khanong	-	1341
K. Bang Na	Bang Na	-	281
K. Or-ngoan	Sai Mai	-	1301
K. Sam-ngam	Sai Mai	-	1311
K. Chaorakae	Bang Khen	-	1291
K. Lhumphai	Lat Phrao, Bang Khen	-	581, 582
K. Lumtonnoon	Khan Na Yao	-	1561
K. Kum	Bueng Kum	-	591, 592
K. Saphansung	Saphan Sung	-	1591
K. Pungpuoy	Bueng Kum, Bang Kapi	-	601, 602
K. Watkratumpsuephla	Prawet	-	1091
K. Bing	Suan Luang	-	1071
K. Ta-chang	Prawet	-	1141
K. Klad	Phra Khanong	-	1361
K. Bangsaikai	Thon Buri	-	151, 152
K. Samlay	Thon Buri	-	291

出典：BMA



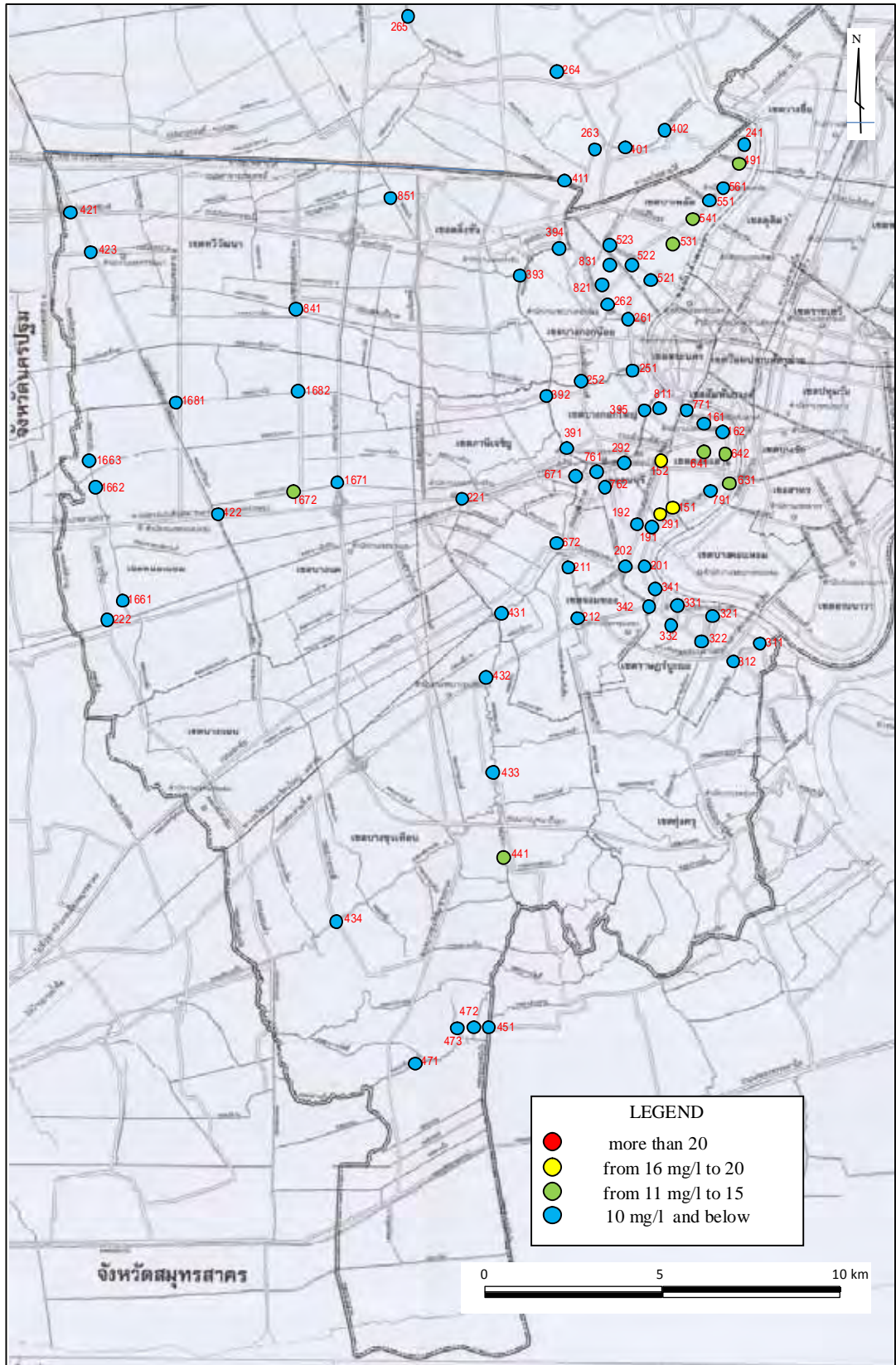
出典: 調査団

図 3.5.5 運河水質汚濁状況案内図



出典：調査団

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)



出典：調査団

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)



出典: 調査団

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)

濃度の減少があり、且つ、変動幅も減少している。これら地点を表 3.5.5 に示す。

表 3.5.5 水質改善傾向がみられる水質調査地点 (BOD)

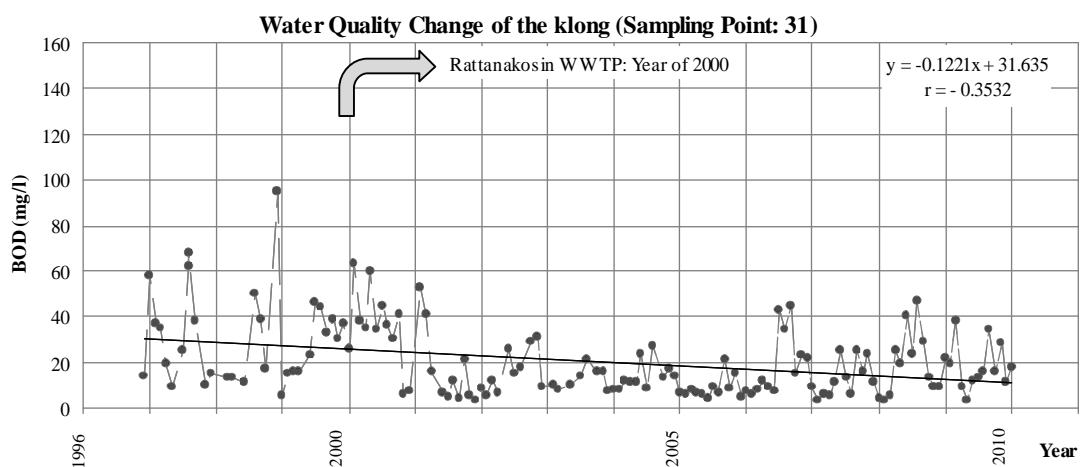
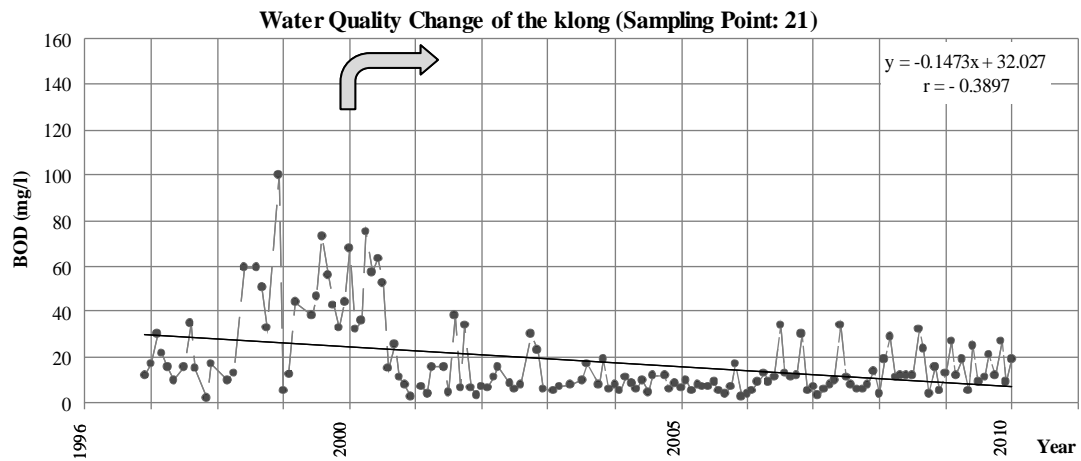
運河名称	地区名	下水道区域	地点番号
バンコク側区域			
K. Wat Theb Thida	Phra Nakhon	Rattanakosin	21
K. Watratchabopit	Phra Nakhon	Rattanakosin	31
K. Sam Sean	Dusit, Phaya Thai, Din Daeng	Din Daeng	81, 82, 83, 85
K. Saen Saep	Ratchathewi	Din Daeng	98
K. Bang Sue	Phaya Thai, Din Daeng	Chatuchak	122, 123
K. Huai Khwang	Din Daeng, Huai Khwang	Din Daeng	171,(173, 174, 175)
K. Bangkokkapi	Huai Khwang		501
Thon Buri 側区域			
K. Bangpakok	Rat Burana	Thung Khru	331, 332
K. Bangsaikai	Thon Buri		151, 152
K. Bangnamchon	Thon Buri		191, 192
K. Samlay	Thon Buri		291
K. Bangrak	Bang Phlat		491
K. Bangyee-khan	Bang Phlat		521, 522
K. Bangjak	Bang Phlat		531
K. Bangphlu	Bang Phlat		541
K. Watthongpheng	Klong San		641, 642

出典：調査団

水質改善傾向がみられる地点の概要を以下に示す。

(A) 水質モニタリング地点：No. 21, 31 (Wat Theb Thida 運河と Watratchabopit 運河)

これらの地点は 2000 年に供用開始された Rattanakosin 下水処理場の処理区域に位置しており、さらにチャオプラヤ川からの浄化用水の運河への導入が計画されている。したがって両者による水質改善効果が考えられる。現在、下水道システムによる水質改善効果を定量的に評価するのは困難である。もし、浄化用水導入に関する詳細な資料が収集されれば、水質改善効果について定量的な評価の実施が可能になる。

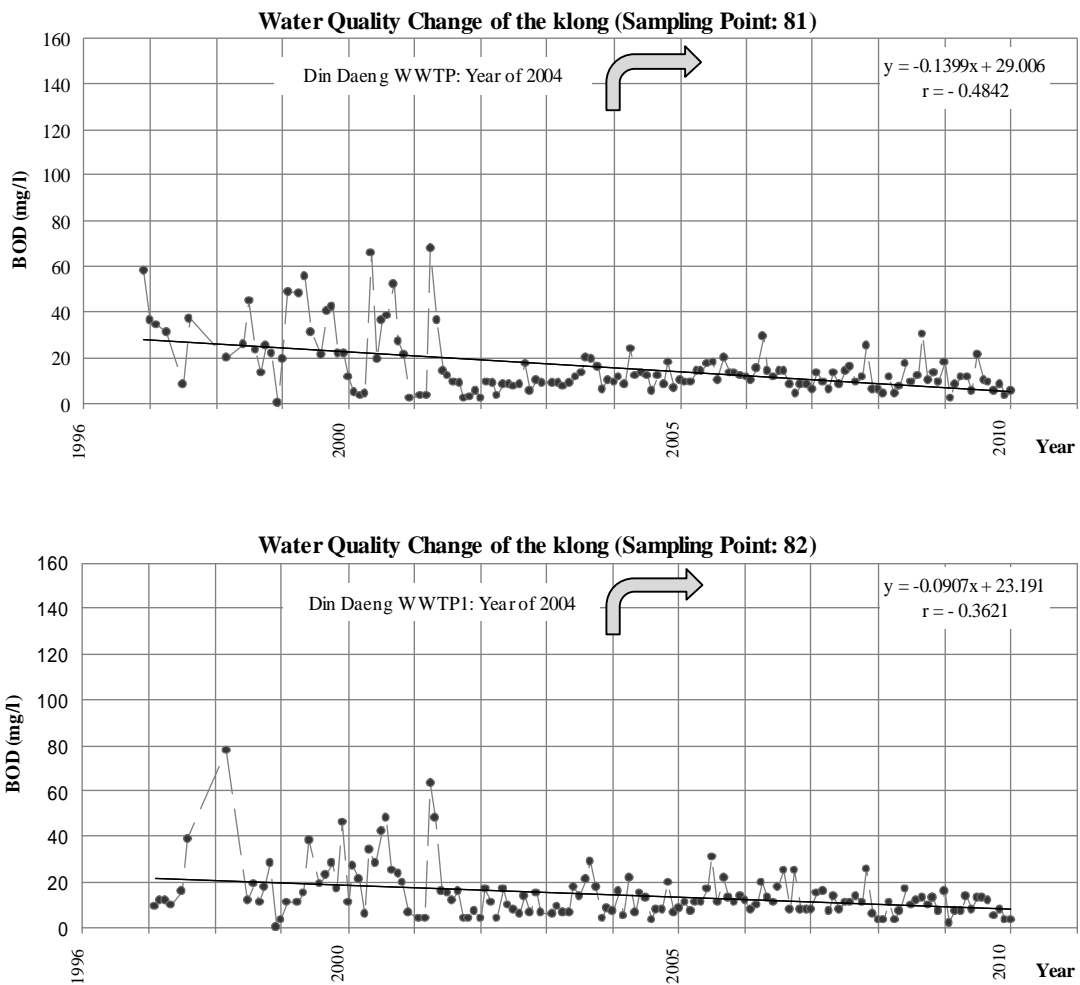


出典：調査団

図 3.5.10 Wat Theb Thida 運河の BOD 濃度の経年変化 (Point No.21, 31)

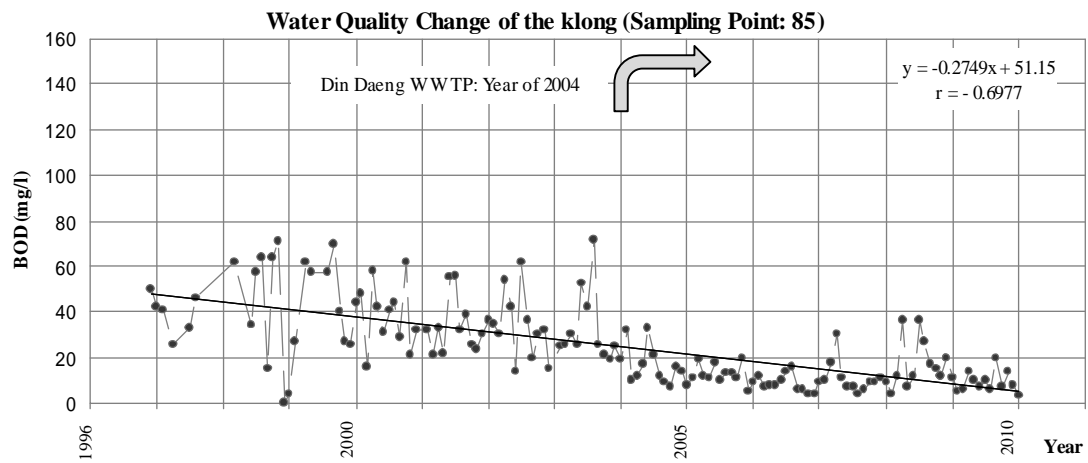
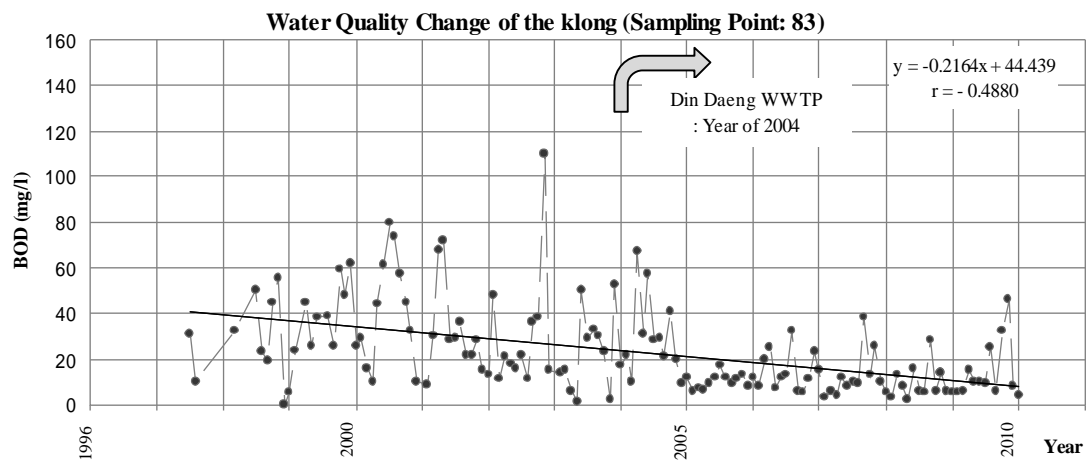
(B) 水質モニタリング地点：No. 81, 82, 83, 85 (Sam Sean 運河)

これらの地点は2004年に供用開始されたDin Daeng 下水処理場の処理区域に位置している。モニタリング地点 No.81, 82 における水質改善は Din Daeng 下水処理場の運転開始以前から見られる。したがって地点 No.81, 82 における水質改善は浄化用水導入による効果と判断することが出来る。ただし、No.83, 85 地点における BOD 濃度の低減傾向が認められるが、これが浄化用水導入によるものか、Din Daeng 下水処理場の運転開始によるものか、判別は難しい(図 3.5.11 参照)。



出典：調査団

図 3.5.11 (1) Sam Sean 運河の BOD 濃度の経年変化 (1/2) (Point No. 81, 82)

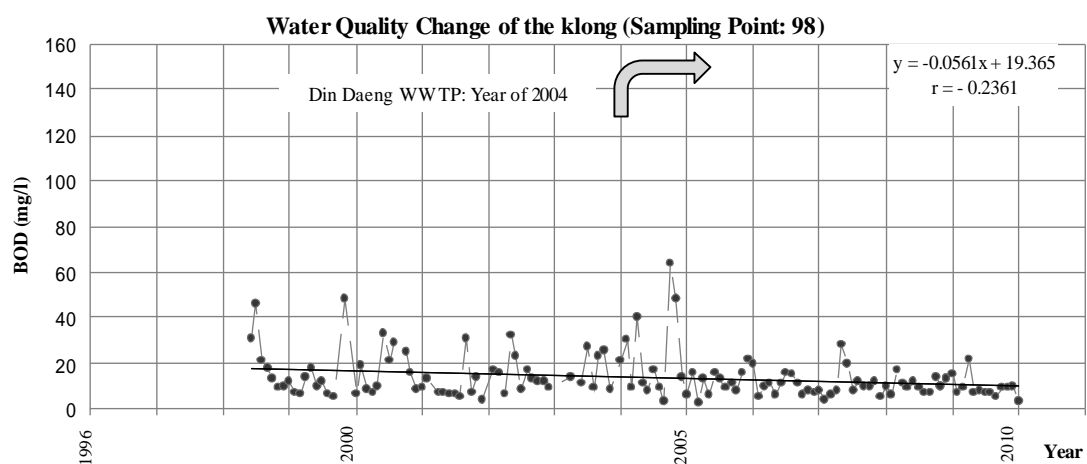


出典：調査団

図 3.5.11 (2) Sam Sean 運河の BOD 濃度の経年変化 (2/2) (Point No. 83, 85)

(C) 水質モニタリング地点：No. 98 (Saen Saep 運河)

このモニタリング地点の水質改善は顕著ではないが、2005 年以降の BOD 濃度変動範囲は 2005 年以前と比較し小さい。この地点は 2004 年供用開始の Din Daeng 下水処理場の処理区域内に位置している。この地点の水質改善理由はおそらく下水道システムの効果である(図 3.5.12 参照)。

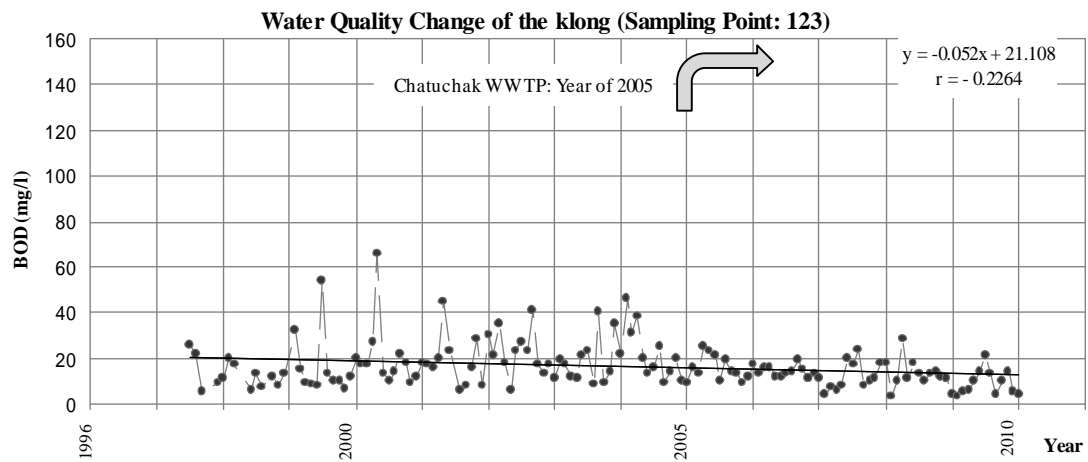
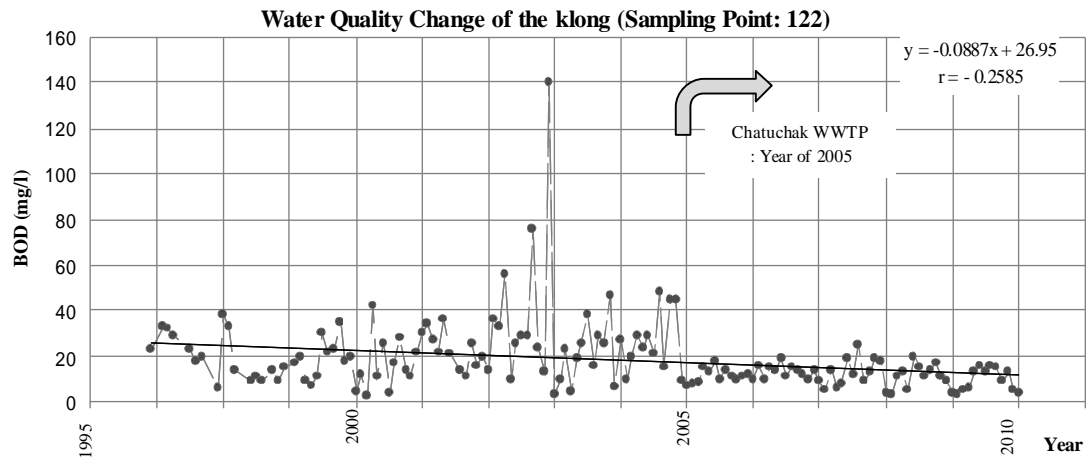


出典：調査団

図 3.5.12 Saen Saep 運河の BOD 濃度の経年変化 (Point No.98)

(D) 水質モニタリング地点：No. 122, 123 (Bang Sue 運河)

これらの地点は 2005 年供用開始の Chatuchak 下水処理場の処理区域内に位置する。供用開始後から水質改善効果が認められ、これらの地点の水質改善は下水道事業の効果であると推定される。しかしながら、同時に浄化水導入効果の可能性も否定することができない(図 3.5.13 参照)。

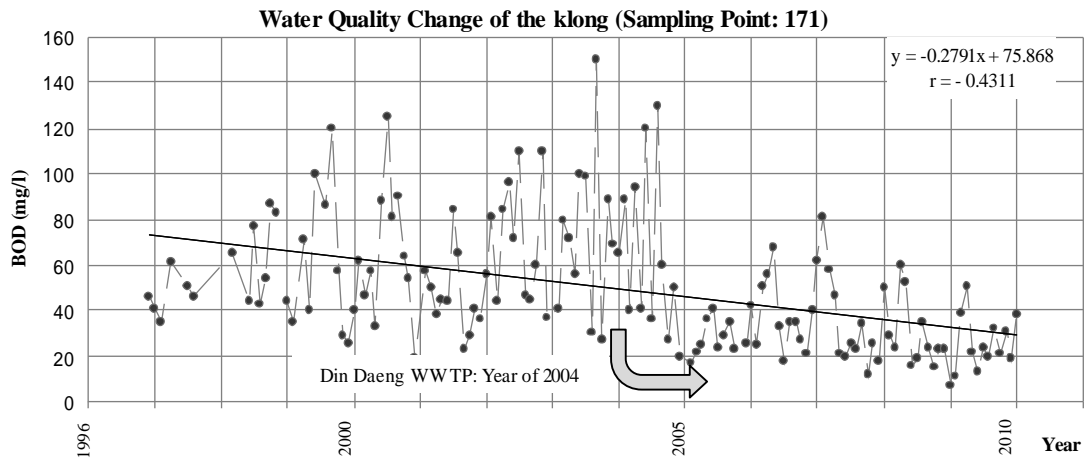


出典：調査団

図 3.5.13 Bang Sue 運河の BOD 濃度の経年変化 (Point No.122, 123)

(E) 水質モニタリング地点：No. 171, 173, 174, 175 (Huai Khwang 運河)

これらの地点は2004年に供用開始されたDin Daeng下水処理場の処理区域に位置している。しかしながら、水質分析結果が得られる地点はNo.171地点のみである。この地点における水質改善は下水道事業の効果によるものと推定される。しかしながら、Bang Sue 運河を経由した浄化水導入効果の可能性も否定することができない(図 3.5.14 参照)。

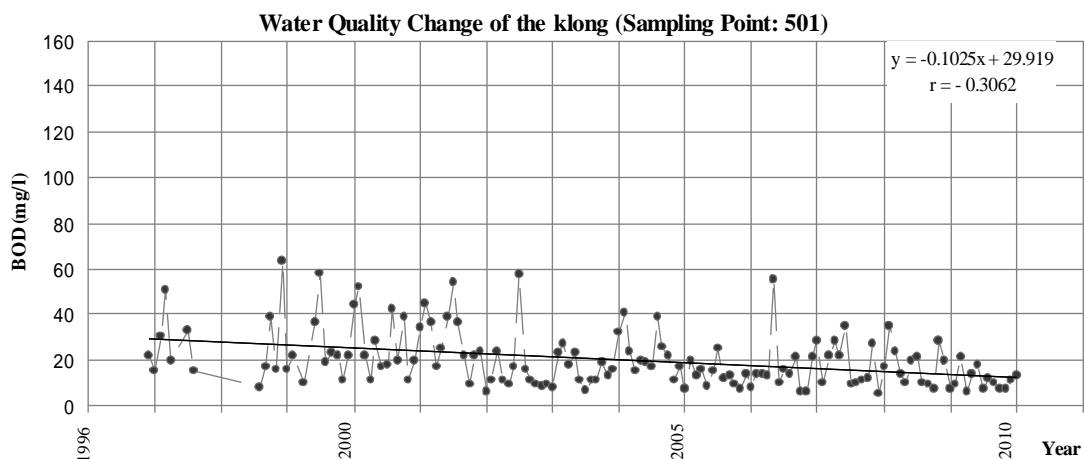


出典：調査団

図 3.5.14 Huai Khwang 運河の BOD 濃度の経年変化 (Point No.171)

(F) 水質モニタリング地点：No. 501 (Bangkapi 運河)

このモニタリング地点は、Sam Sean 運河と Saen Saep 運河を結ぶ Bangkapi 運河に位置している。K. Bangkapi の流域は処理区域外である。この運河の水質改善の理由は前述の 2 つの運河の影響によるものと判断される (図 3.5.15 参照)。

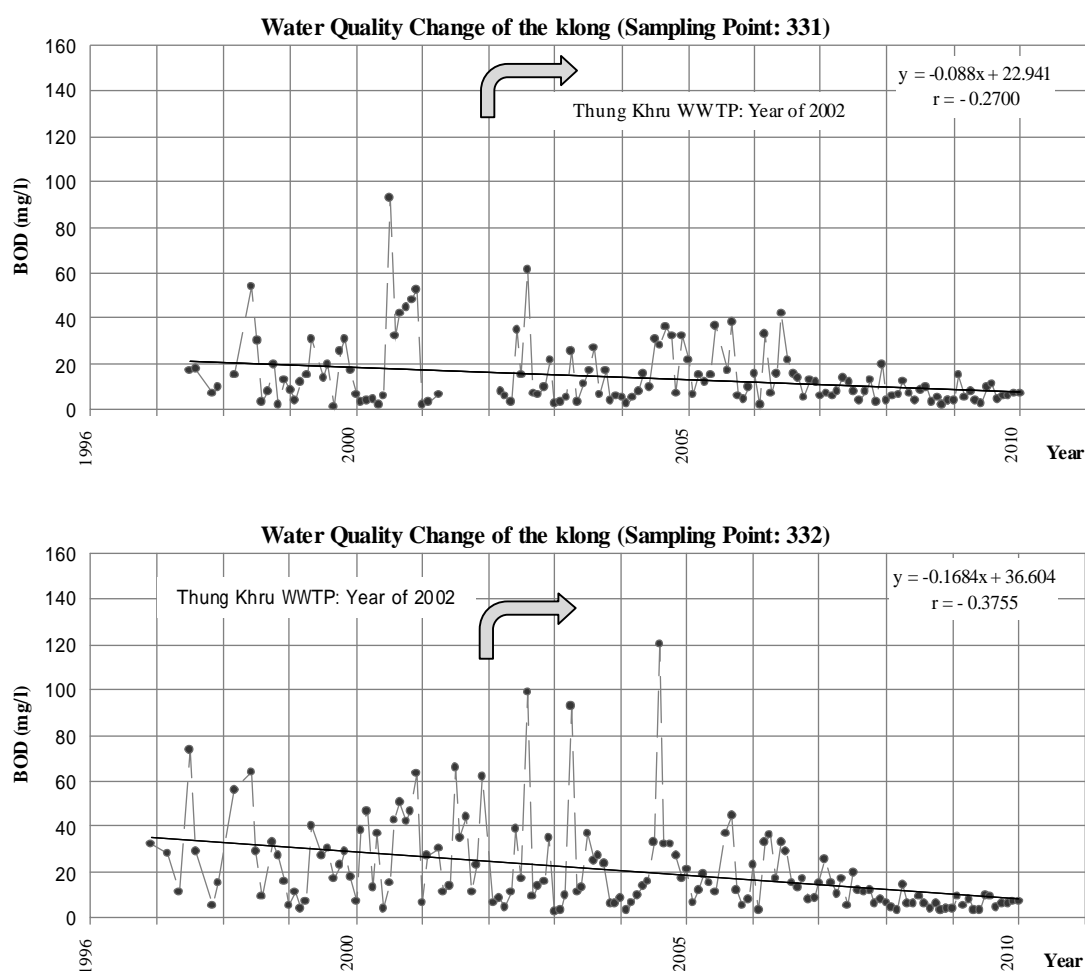


出典：調査団

図 3.5.15 Bangkapi 運河の BOD 濃度の経年変化(Point No.501)

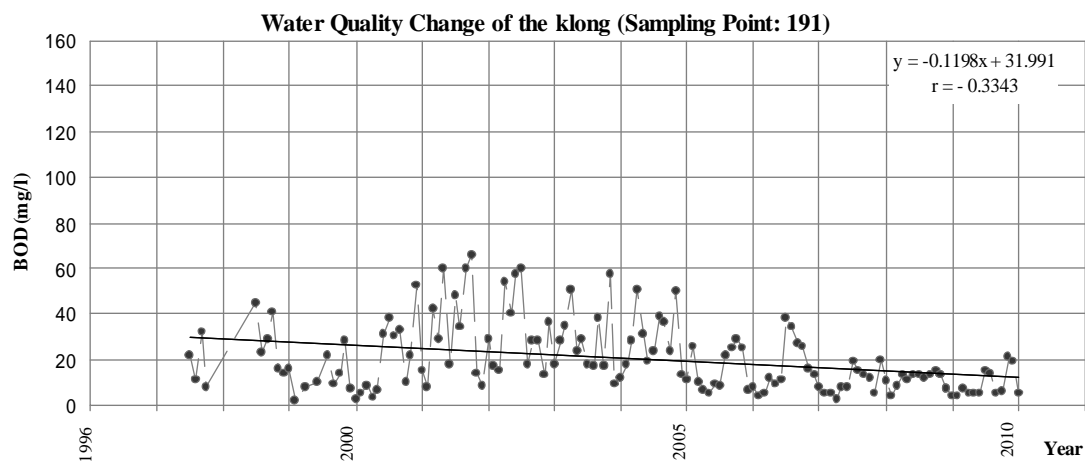
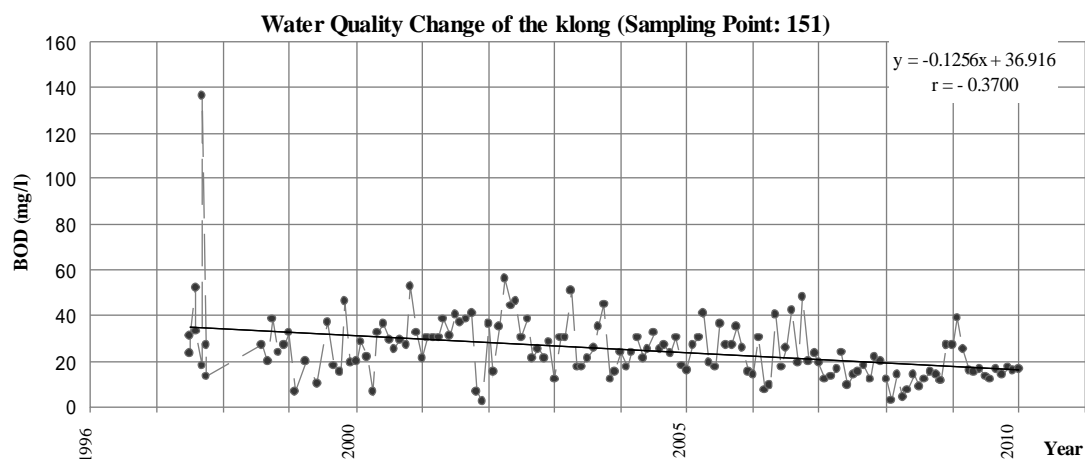
(G) 水質モニタリング地点：No. 331, 332 (Bangpakok 運河) 及び Thon Buri 側の 8 つの運河

これら地点(No. 331, 332)は、チャオプラヤ川に近い Klong Bangpakok District に位置し、また、2002 年に供用開始された Thung Khru 下水処理場の処理区域内にある。水質改善効果は 2007 年から 2009 年の期間に見られる。この水質改善が下水事業による効果によるものとする、水質改善の効果の遅れの理由が不明である(図 3.5.16 参照)。同様に、Thon Buri 側区域の 8 つの運河においても 2007 年から 2009 年に水質改善が認められる(図 3.5.17 参照)。上記に述べた水質の状況から No. 331 と No. 332、及び 8 つの運河の水質改善の理由は共通していると判断され、チャオプラヤ川河川水の流入や浄化用水導入による水質改善効果と推定される。



出典：調査団

図 3.5.16 Bangpakok 運河の BOD 濃度の経年変化(Point No.331, 332)



出典：調査団

図 3.5.17 Bangsaikai 運河と Bangnamchon 運河 BOD 濃度の経年変化
(Point No.151, Point No.191)

No. 152, 192, 291, 491, 521, 522, 531, 541, 641, 642, 491 は付録-4 を参照。

(H) 運河の溶存酸素濃度 (DO)

運河における溶存酸素濃度を表 3.5.6 に要約する。暫定的な改善目標と考えられる溶存酸素濃度 1 mg/l 未満(2009 年平均値)の地点数は全モニタリング地点の約 30%を占めている。そのモニタリング地点の分布はバンコク側地域にのみ分布している。年平均値の分布を図 3.5.19~ 図 3.5.22 に示す。

表 3.5.6 運河における溶存酸素濃度

溶存酸素濃度の範囲	調査地点数 (2009年平均)
0.5 mg/l 未満	53 地点 (18.8%)
0.5 mg/l から 0.9 mg/l	32 地点 (11.3%)
1.0 mg/l 以上	197 地点 (69.9%)
全範囲	282 地点 (100.0%)

出典: DDS

溶存酸素濃度は主に以下の作用によって変動する。

減少

- 水中微生物による有機物の酸化（呼吸）
- 無機物の酸化

増加

- 大気からの酸素移動
- 水生植物の光合成の活動による酸素供給

溶存酸素濃度はこれらの作用のバランスによって決定され、通常、BOD 値が低い水域では溶存酸素濃度が 5 mg/l から 7 mg/l で安定する。

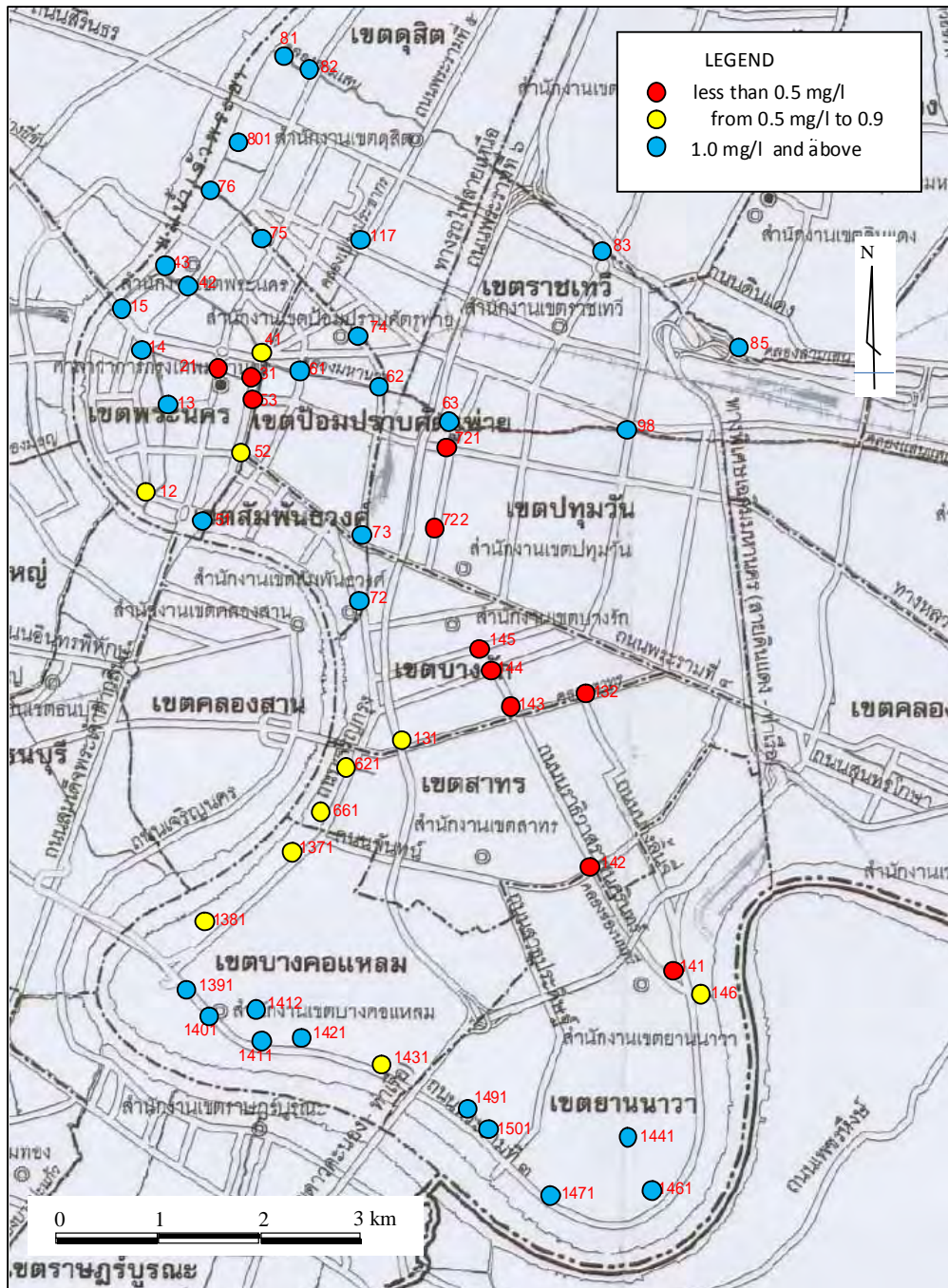
運河の水質分析結果から、BOD と DO の相関関係を表 3.5.7 および図 3.5.23 に示す。表と図から BOD10 mg/l 未満の水域における溶存酸素濃度観測データ数の約 73 % は 1mg/l を越えている。同様に、BOD が 11 mg/l から 15 mg/l の水域における観測データの 48 % は溶存酸素濃度 1mg/l を越えている。しかしながら、BOD 16 mg/l を超過すると溶存酸素濃度は急速に低下し、さらに、BOD 21 mg/l を超過すると溶存酸素濃度が極端に低下することが明らかになった。

図 3.5.21 に示したように BOD と DO の相関関係は弱く（相関係数 $r = -0.388$ ）、溶存酸素濃度が BOD 濃度だけではなく、他の要素が大きく影響していることは明らかである。ただし、負の相関を示していることは BOD 濃度の低減は溶存酸素濃度を改善するための一つの要素となると判断できる。

表 3.5.7 運河における BOD と DO の相関

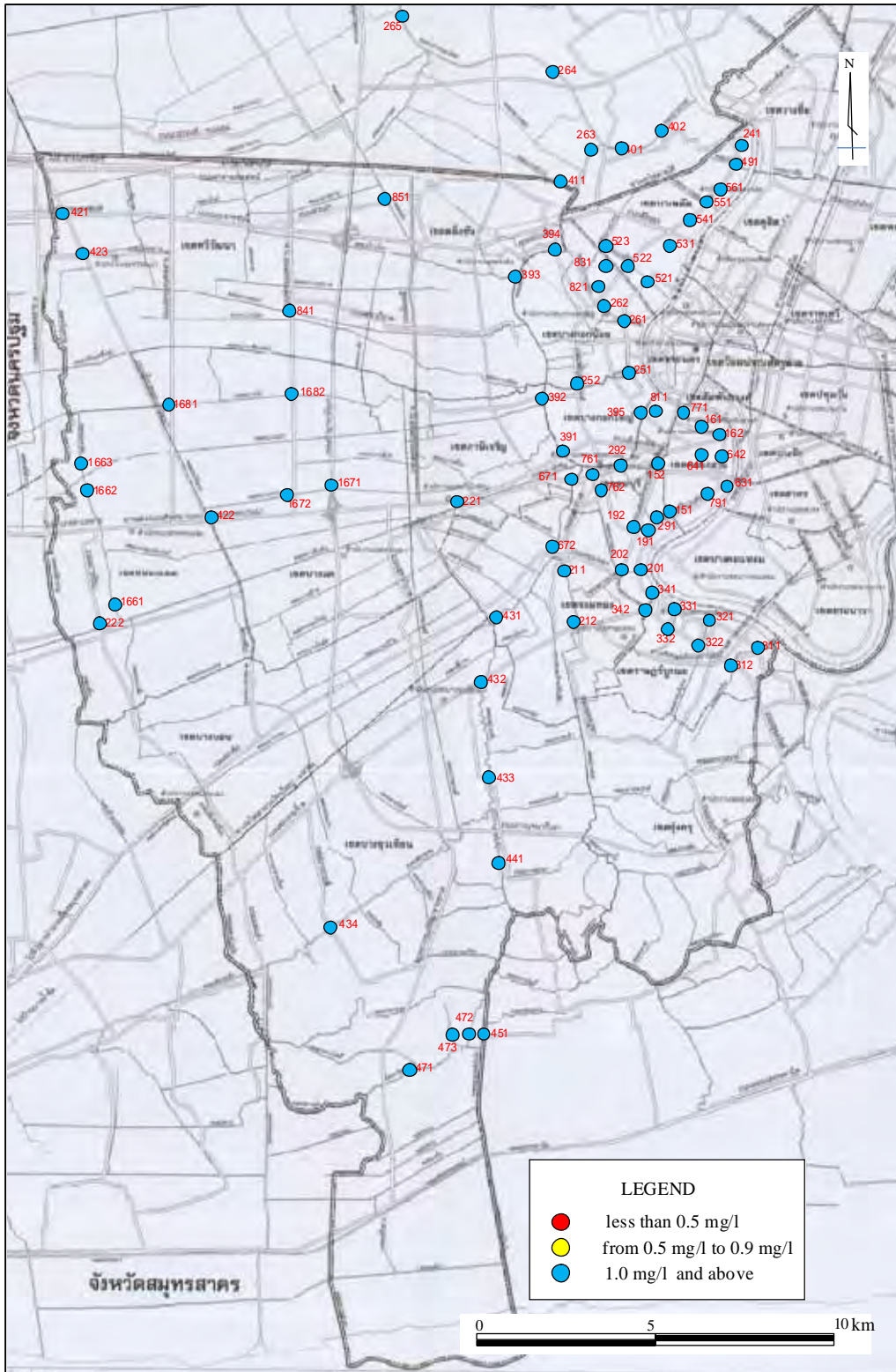
水質区分(BOD)	水質データ数					平均値 DO (mg/l)
	計	DO 1 mg/l 未満		DO 1mg/l 超過		
10 mg/l 以下	2,236	596	27%	1,640	73%	1.9
11 mg/l から 15 mg/l	524	275	52%	249	48%	1.3
16 mg/l から 20 mg/l	247	205	83%	42	17%	0.6
21 mg/l から 30 mg/l	208	206	99%	2	1%	0.1
31 mg/l 以上	177	177	100%	0	0%	0.0
全体	3,392	1,459	43%	1,933	57%	-

出典：調査団



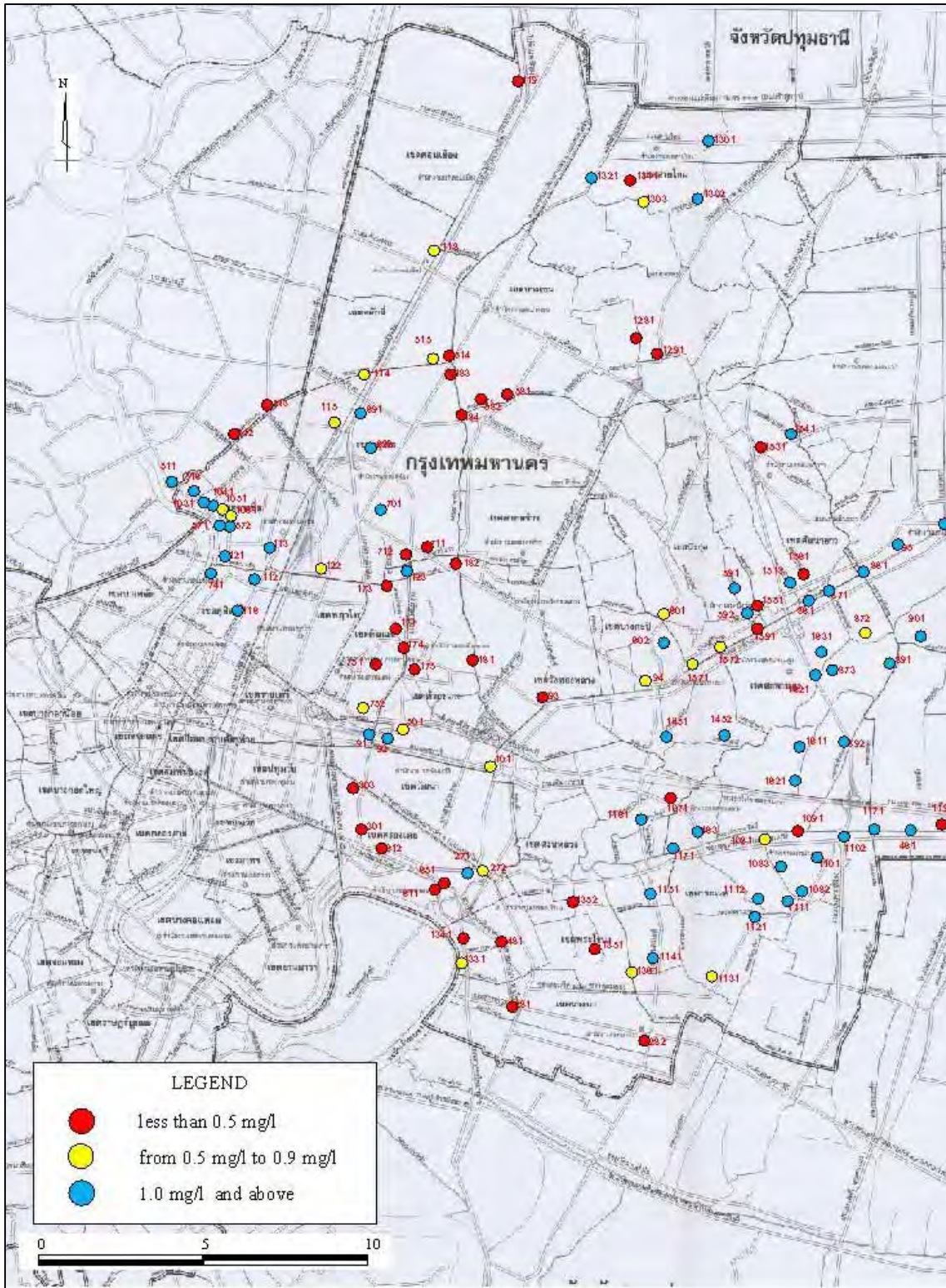
出典: 調査団

図 3.5.19 運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (1)



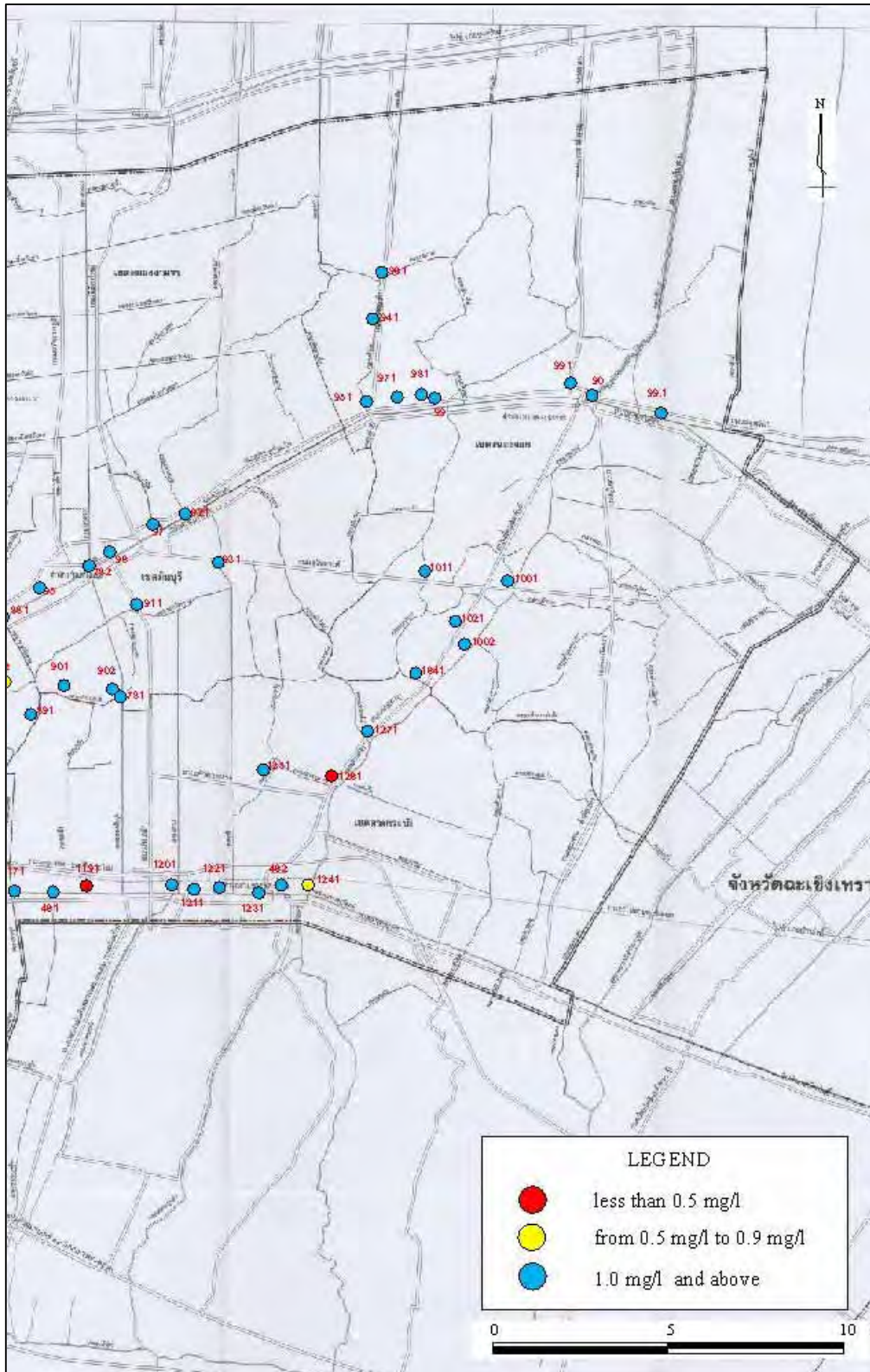
出典: 調査団

図 3.5.20 運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (2)



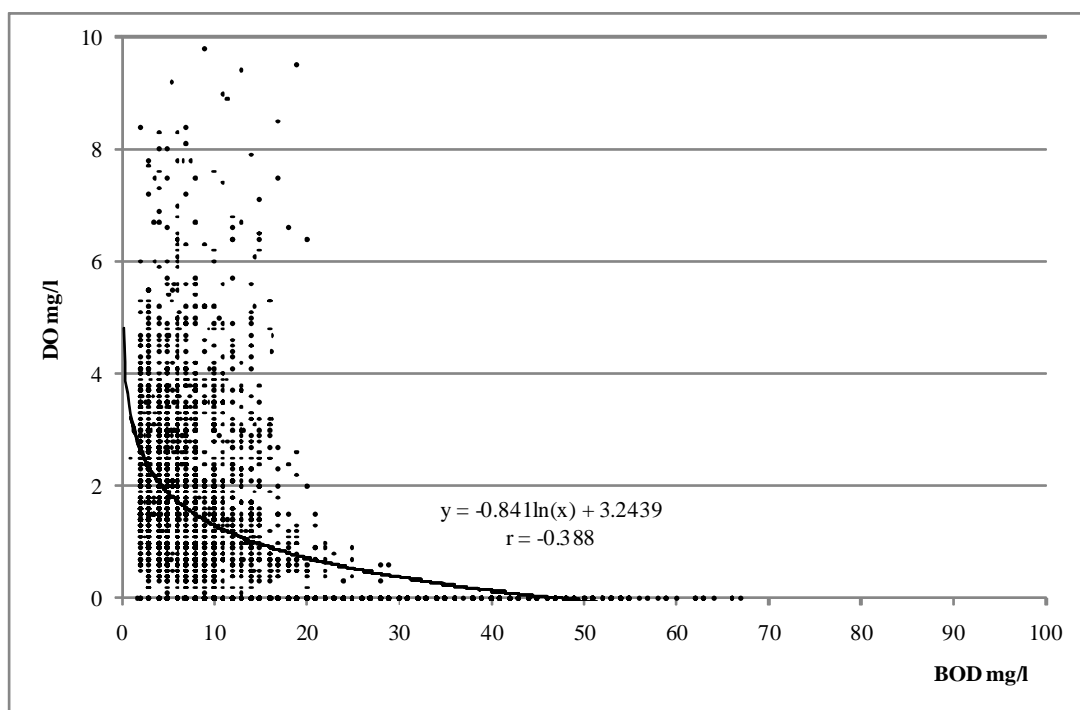
出典: 調査団

図 3.5.21 運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (3)



出典: 調査団

図 3.5.22 運河の溶存酸素濃度 (2009 年平均) (4)



出典：調査団

図 3.5.23 運河における BOD と DO の相関関係

3.6 水環境改善及び下水道事業の課題

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。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。

バンコク都の水質汚濁削減対策・下水道事業の主要な課題を整理すると以下の通りである。

- 水質改善対策が実施されているが、運河及びチャオプラヤ川の水質改善効果は顕著ではない。対策の拡大・スピードアップ・効率化が必要とされる。
- 20の汚水処理計画区域のうち、下水処理場が運転されているのは7処理区にとどまり、下水処理率は40%程度に留まる。
- 整備が進まない主因は、下水処理場候補用地が限られており、また予算が不足しているためである。
- 汚水の収集方式は合流式であり、雨天時には雨水と共に汚水が運河、河川に流入する。
- 下水処理区域においても、捕捉しきれない汚水が運河に流出する。
- 雨水吐き室構造の不備あるいはゴミによる雨水吐き機能の阻害、またその維持管理不足のため、運河水が遮集管に逆流する、あるいは合流管で収集された汚水が運河に流出する。
- 宅地の排水設備の排水管への接続不備、誤接など、発生源の管理が十分でない。
- 商業ビルからの排水の監視等、規制に関するモニタリングが十分でない。
- 上記の理由で、下水処理場への流入汚水濃度が極端に低い。
- 雨水排水浸水対策と水質改善対策の実施における調整が十分でない。
- 下水道システムが同一の管理者によって管理されていない。
- 下水道料金が徴収できていない。
- 下水道への接続義務や排除基準、施設の維持管理など、下水道法・条例が不備である。

バンコク都の下水道事業の課題において技術面では、遮集管方式を採用していることにより、汚水の捕捉が不十分であること、し尿処理施設である腐敗槽の設置を各戸に義務付けていること、さらに浸水・交通渋滞に対する雨水排除の要望が強いこと、「East Venice」と呼称されるものの水質汚濁が進行しているなど、低いサービス水準に留まっている。

制度面にあっては、下水道システム全体が下水道管理者の一元的な管理下に置かれず、公共事業部局と環境事業部局との複数の管理者が関わっていることが問題である。水質管理についても、事業者である下水道管理者（DDS）と規制官庁（PCD）との連携が不十分である。

具体的には、次のような現状にある。

3.6.1 技術的課題

(1) 課題の抽出、整理

(A) 汚水の未処理放流

下水道が整備された区域においても、収集された汚水が分水人孔から流出する事例や、遮集管の近傍においても未処理放流があり、水質汚濁の原因となっている。

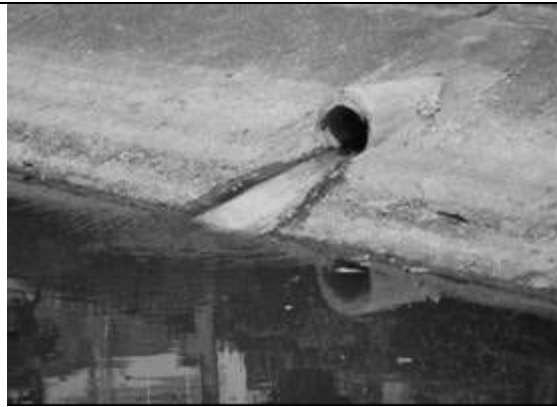


写真 3.6.1 未接続の既設合流管



写真 3.6.2 遮集管近傍の未処理下水

下水道未整備区域においては、多くの既設排水管から未処理下水が排出され、運河のネットワークを介して、下水道整備済みの区域にも水質汚濁の影響を及ぼしている。

(B) 運河からの浸入水

写真 3.6.3、3.6.4 に見られるように、既設の雨水管は運河の水面近くに設置されているものも数多くあり、水没または放流に必要な水頭差を確保できない吐き口構造である。この結果、運河の水が下水管内に流入する問題が起きている。

下水処理場流入水の水質試験結果によれば、分流式の小規模下水道と比べて、BOD 平均値 50 mg/l 以下と通常の下流水質を大きく下回っている（図 3.6.1 参照）。これは、腐敗槽により有機物が分解されることの影響だけでなく、運河からの浸入水による希釈も一要因といえる。これら不明水流入に伴う低濃度汚水の流入は、下水処理コストの増大や活性汚泥の栄養源（BOD）の不足による処理水質（除去率）の悪化などの影響をもたらす。



写真 3.6.3 分水人孔の水没

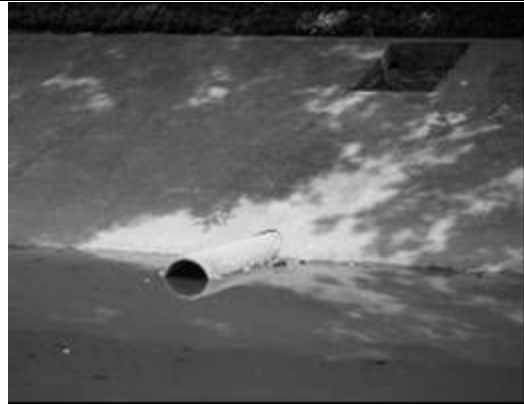
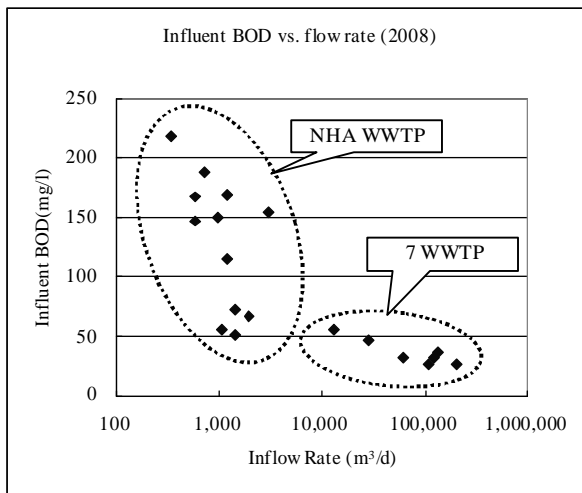


写真 3.6.4 既設排水管の水没



下水処理場の流入水質 (BOD)

- DDS が建設した 7 下水処理場の流入水質 BOD は、平均値 50 mg/l と、NHA (住宅公団) から移管された処理場 (合流式もある) と比べて、低い水準にある。
- 現在の WWTP の計画値 150 mg/l (Rattanakosin WWTP は、200 mg/l)

出典：調査団

図 3.6.1 下水処理場の流入水質

(C) 既存の排水処理施設による水質汚濁

生活排水の汚濁負荷源は、し尿と雑排水に区分できる。BOD 負荷では、日本の例を引用すると、し尿と雑排水の割合は、30% : 70% である (表 3.6.1 参照)。タイ国におけるこのようなデータはないため、日本の例を参考に推論する。

し尿のみを処理する腐敗槽は、水理的滞留時間(HRT)が 10 日～数ヶ月程度の嫌気性消化プロセスである。汚濁負荷の除去率は嫌気性消化槽と同程度の 50% と設定すると、し尿負荷の 50% が上澄水として排出される。未処理で排出される雑排水と合わせると、汚濁負荷量の 84.5% が公共用水域へ排出されることになる。公共用水域の水質保全のためには、未処理で排出される雑排水を収集し、適切に処理することが不可欠である (表 3.6.2 及び図 3.6.2 参照)。

表 3.6.1 生活系汚濁負荷の内訳

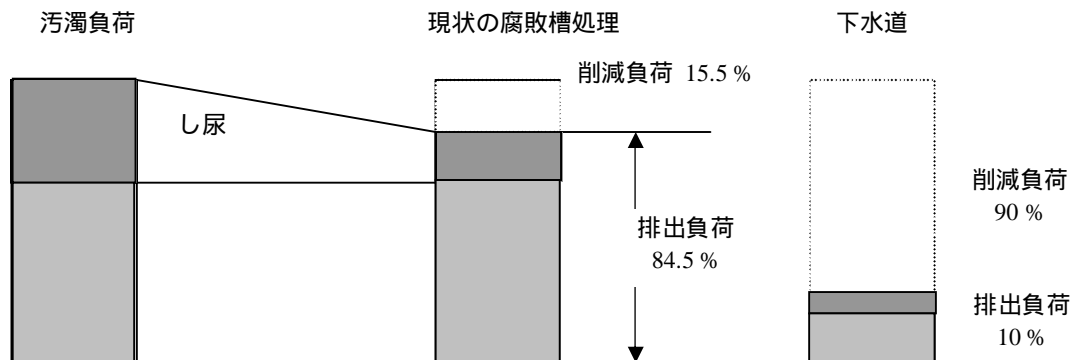
項目	平均値 (g/人/日)	標準偏差 (g/人/日)	データ数	平均的な内訳 (g/人/日)	
				し尿	雑排水
BOD	58	17	169	18	40
COD	27	9	153	10	17
SS	45	16	169	20	25
T-N	11	3	29	9	2
T-P	1.3	0.4	25	0.9	0.4

出典: 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(平成 20 年 9 月) 日本下水道協会

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

汚濁源	原単位 (g/人/日)	処理効率 (%)	排出負荷 (g/人/日)	除去率 (%)	下水道
し尿	18	50	9	-	除去率 90%
雑排水	40	0	40	-	
合計	58	-	49	15.5	

出典: 調査団



出典: 調査団

図 3.6.2 腐敗槽処理の効果

既存の住宅および建築物は、し尿を処理する腐敗槽または処理施設を設置している。既存の住宅に対して雑排水を処理する施設を付加させることは、敷地や排水管の設置ルートが限られており、用地の手当てや住宅の改造を伴うので建替えの機会を除いてほとんど不可能である。

新規に建設される建築物や新市街地事業は、Building Control Act に基づく建築確認許可（建築指導）およびLand Development Actにより、建築物の種類に応じた排水基準BOD20～50 mg/l に適合するオンサイト処理施設の設置を義務付けている。PWD およびその下部機関である各地区事務所(District Office)が、建築許可を所掌しており、一定の水質汚濁対策が期待できる。戸建住宅では、し尿処理のための腐敗槽を義務付けているが、雑排水はオイルトラップ、スクリーンを介して未処理で放流される。

戸建住宅及び建築物ごとの処理形態は、表 3.6.3 のように体系化できる。既成市街地の排水処理対策を講じないことには、水環境改善が困難であることを示している。

表 3.6.3 戸建住宅、建築物ごとの処理形態

地域	建築物のタイプ	処理の形態
既成市街地	戸建住宅	し尿：腐敗槽処理 雑排水：未処理
	建築物	し尿・雑排水ともに、建物種別・規模に応じた処理
新市街地	戸建住宅	10戸以上の住宅開発に対して、し尿・雑排水処理
	建築物	し尿・雑排水ともに、建物種別・規模に応じた処理

出典：調査団

(2) 課題の原因及び技術的対策

(A) 雨水吐き室からの晴天時越流

2ヶ所の既設雨水吐き室の構造について検証したが、晴天時に運河へ越流している原因は、堰高が低いことやオリフィス径が小さいことではないことが分かった。検証した2ヶ所の既設雨水吐き室は、バンコク都内の既設雨水吐き室の標準的な構造形式であるため、バンコク都内の他の既設雨水吐き室から晴天時に運河へ放流される原因については同様のことがいえる。

しかしながら、現実的には以下の写真 3.6.5 のように晴天時であっても運河へ放流されている状況が確認された（2010年6月9日、Din Daeng 処理区人孔調査時）。

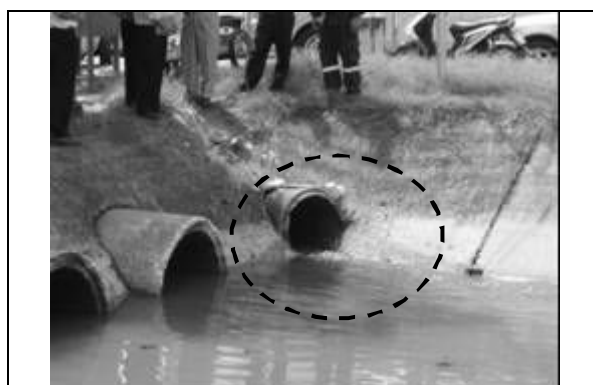


写真 3.6.5 晴天時放流状況(2010/06/09)
(Din Daeng 処理区 IPC199A)

晴天時越流が確認された雨水吐き室（IPC199A）内の状況を写真 3.6.6 に示す。

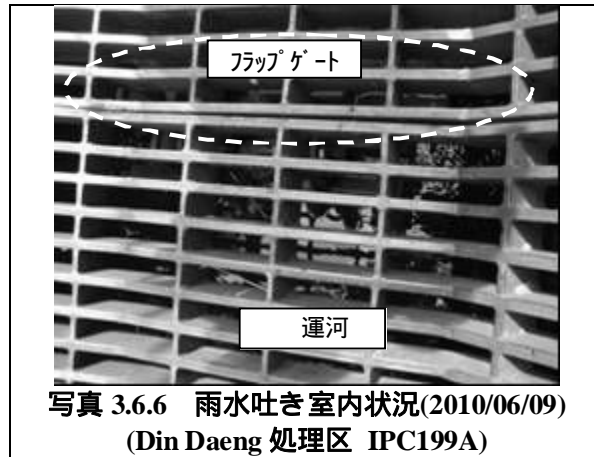
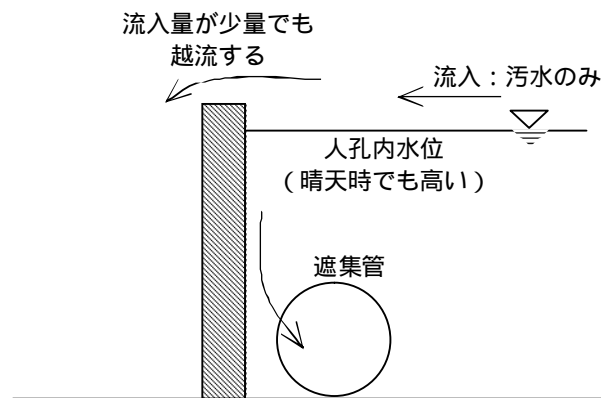


写真 3.6.6 雨水吐き室内状況(2010/06/09)
(Din Daeng 処理区 IPC199A)

この雨水吐き室では、晴天時で雨水の流入が無いにも関わらず人孔内の水位が堰高よりも高く、越流していることが確認された。



出典：調査団

図 3.6.3 晴天時放流状況

したがって、晴天時越流の原因は晴天時でも人孔内水位が高いことが挙げられる。以下の写真 3.6.7、3.6.8 に、晴天時に既設雨水吐き室 (Din Daeng 処理区 IPC199A) に接続する遮集管上の人孔内状況を示す。

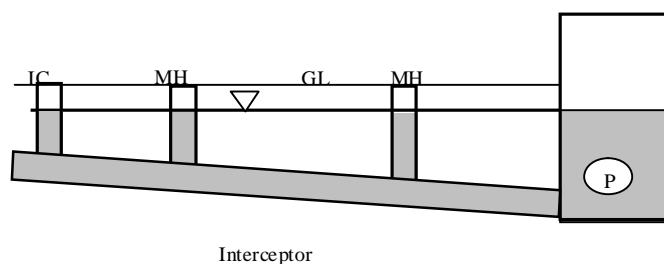


写真 3.6.7 平面位置関係



写真 3.6.8 晴天時の人孔内状況

写真 3.6.8 より、地表面から 30～50cm 程度の高さに人孔内水位があった。この結果より、晴天時に越流している場合には、雨水吐き室内だけでなく、遮集管上にある人孔も水位が高い状況にあることが判明した。雨水吐き室及び遮集管上の人孔の水位が高い原因は、図 3.6.4 に示すように流末のポンプ施設において運転水位が高く、遮集管からポンプ施設までがふかし上げ状態になっていたためである。



出典：調査団

図 3.6.4 遮集管上の人孔水位

このことは、流末の Din Daeng 処理場内のポンプ場において実際に確認された(写真 3.6.9)。

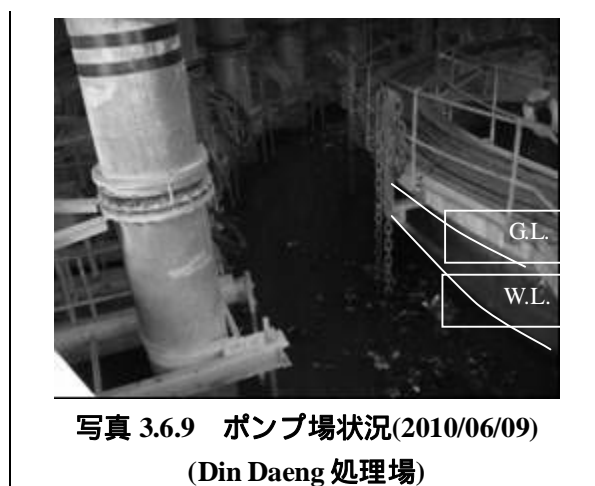


写真 3.6.9 ポンプ場状況(2010/06/09)
(Din Daeng 処理場)

以上の調査結果を踏まえ、晴天時越流の原因と当面の対策を以下にまとめる。

原因

以下の事項により晴天時でも雨水吐き室内の水位が高いため。

- 流末ポンプ場の運転水位が高い。
- ゴミ等により雨水吐き室内のオリフィスが詰まっている。

当面の対策

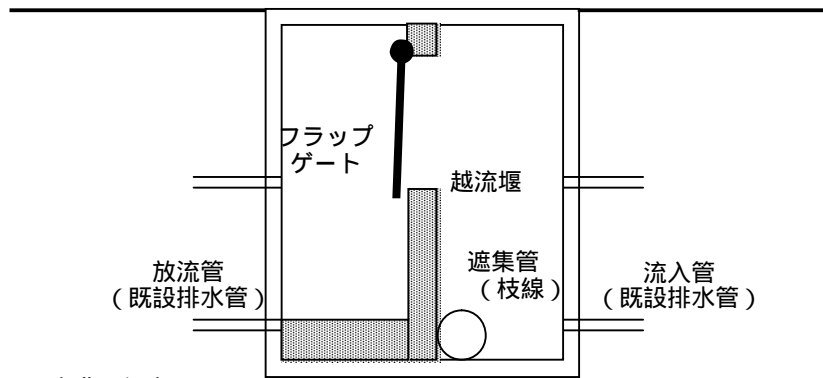
- ポンプ場の運転水位を雨水吐き室の水位へ影響しないレベルまで下げる。
- ゴミ等が詰まらないように、定期的に雨水吐き室内の清掃を実施する。
- 計算上、晴天時でも越流する雨水吐き室は堰高を上げる。

(B) 運河からの浸入水

i) これまでの対策

フラップゲート

バンコク都では、放流先の運河からの浸入水への対策として、雨水吐き室内にフラップゲートを設置されている（図 3.6.5 参照）。従来の雨水吐きは、固定堰（Rattanakosin 処理区）やストップログ方式固定堰（Chong Nonsi 処理区）であったが、近年は Din Daeng 処理区等のフラップゲート方式が一般的となっている。

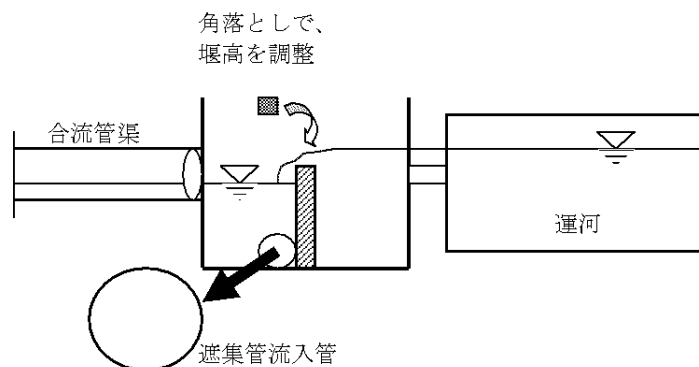


出典：調査団

図 3.6.5 バンコク式雨水吐き室の例

堰の嵩上げ

雨水吐き室の固定堰の高さが不足する、あるいは地盤沈下により固定堰高さが下がるなどの場合には、角落しにより堰の嵩上げを行ってきた。

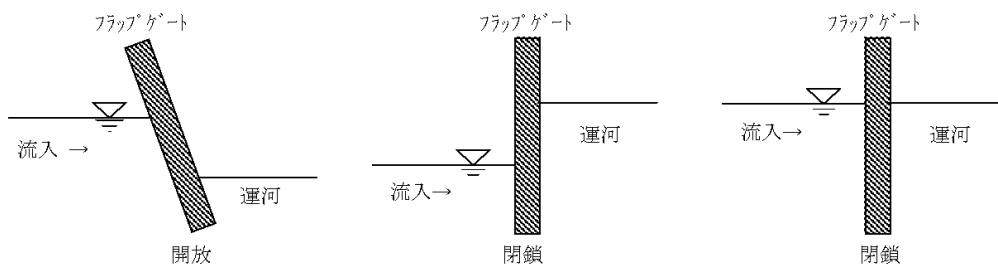


出典：調査団

図 3.6.6 角落しによる堰高調整例

ii) フラップゲートの検証

バンコク都の雨水吐き室に一般的に設置されているフラップゲートは、通常、図 3.6.7 のように流入側の水位が高い場合のみ開口し、放流側（運河側）の水位が高い場合、あるいは流入側と放流側の水位が同程度の場合は開口しない。



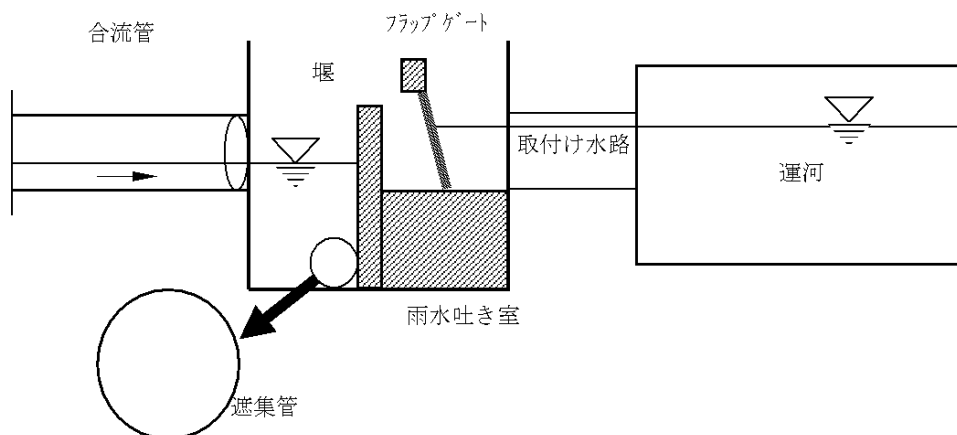
出典：調査団

図 3.6.7 フラップゲートの開閉と水位の関係

しかし、実際には前述の写真 3.6.5 及び 3.6.6 に示すように、フラップゲートの内外で水位が同程度であるにもかかわらず、ゲートが開いて運河へ放流されている状況が確認された。この原因は、ゴミ等が詰まっていることによりフラップゲートが密閉されていないためであると考えられる。フラップゲートが密閉されていない場合、晴天時越流及び運河から遮集管への逆流の原因となるため、定期的に清掃を実施することが重要である。

iii) 既設吐き口と運河水位の検証

図 3.6.8 に合流管渠、雨水吐き室、吐き口、運河の位置及び高さ関係は示すようになっている。



出典：調査団

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

既設の合流管渠から雨水吐き室への流入下水は、水位が上昇し越流するまでは全量遮集管へ取り込まれる。また、バンコク式の雨水吐き室にはフラップゲートが設置されていることが一般的であることから、水位が上昇してもフラップゲートが開口しなければ、全量遮集管へ取り込まれる。

一方、運河の水位が吐き口の高さよりも上昇すると、雨水吐き室へ逆流する。フラップゲートが密閉されていれば、運河の水が遮集管へ取り込まれることはないが、ゴミ等が詰まっていることによりフラップゲートが密閉されていなければ、運河の水が遮集管へ取り込まれる。

DDS の洪水管理センターでは、バンコク都内の主要な運河の水位をポンプ運転により以下のように制御している。

- 雨季：豪雨による内水氾濫を防ぐため、運河の制御水位を低く設定し、チャオプラヤ川へ強制排水している。
- 乾季：運河の景観保持のため、運河の制御水位を高く設定し、チャオプラヤ川の水を運河へ取り込んでいる。(浄化用水導入循環事業)

表 3.6.4 にバンコク都内の既存 7 処理区について、2010 年 6 月時点での最新の運河制御水位及び雨水吐き室の堰頂高のデータを示す。

表 3.6.4 より、運河の制御水位を高く設定している乾季において、雨水吐き室の堰頂高より運河水位が高い観測点は 108 ケ所中 44 ケ所存在する。

これらの雨水吐き室では、設置されているフラップゲートが密閉されていれば問題ないが、フラップゲートにゴミが詰まること等により密閉されていない状態であれば、運河の水が逆流し、遮集管へ取り込まれる原因となる。運河からの逆流を防止するためには、乾季においても運河の制御水位を雨水吐き室の堰頂高より下げる必要があり、表 3.6.4 に推奨水位を示す。

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

(m)

No.	Klong in wastewater treatment area of each the water control plant	Klong max. Level (Normal) (A)	Klong max.level (Dry Season) (B)	Weir Level of IPC (C)	Position for reading the water level	Remark	Recommended Klong level (Dry Season)
1	Chatuchak						
	1. Entry of Vibhavadi	-0.50	+0.00	+0.08			
	2. Exit of Vibhavadi	-0.50	+0.00	+0.06			
	3. Klong Bang sue	-0.30	+0.30	+0.03	Front of pump st. Bangsue	B > C	+0.00
	4. Klong Lad yaow	-0.50	+0.00	+0.11	Front of pump st. Klong ladyaow		
	5. Klong Bang bao			+0.66			
	6. Klong Phaya Wek	-0.80	+0.20	+0.10	Front of water-gate Klong Phaya Wek	B > C	+0.10
	7. Klong Num Kaew	-0.80	+0.20	-1.00	Front of water-gate Klong Num Kaew	B > C	-1.00
	8. Klong Lad phrao			+0.45			
2	Din Daeng						
	1. Klong Mahanak	+0.00	+0.20		Panfai pier		
	2. Klong Saen saeb	-0.30	-0.20	+0.11			
		+0.00	+0.20		Front of pump st. Thewet		
	3. Klong Ong Ang	+0.00	+0.20	+0.49	Front of water-gate Klong Ong Ang		
	4. Klong Banglumpu	+0.00	+0.20	+0.75	Front of water-gate Klong banglumpu		
	5. Klong Perm prachakorn	-0.80	+0.30	+0.27		B > C	+0.20
	6. Klong Sam sen	-0.80	+0.30	+0.03	Front of pump st. Samsen	B > C	+0.00
		-0.50	-0.20				
	7. Klong Huai Khwang	-1.00	+0.00	-0.76	Front of pump st. Huai Khwang	B > C	-0.80
	8. Klong Na song	-1.00	+0.00	-0.23	Front of pump st. Na song	B > C	-0.30
	9. Klong Phadung Krungkasem	+0.00	+0.20	+0.67	Front of pump st. Thewet		
	10. Klong Suan Laung	+0.50	+0.50	+0.54	Front of water-gate Suan Laung		
	11. Klong Rang Ngoen			+0.67			
	12. Klong Jool nak						
	13. Klong Wasukree	-0.20	+0.30	+1.19	Front of water-gate Tha wasukree		
	14. Both mae pra			+0.14			
	14. Klong Pai sing tor	+0.20	+0.50	-0.04		B > C	-0.10
	15. Klong Yai soon			-0.01			
	16. Klong Ongkarak			-0.57			
	17. Klong Suay ooi	-0.50	-0.10				
	18. Klong Som poy			+0.91			
	19. Koo-num Soi somkid						
	20. Koo-num Vibhavadi entry-exit from Samlaem dindaeng to Suthisam intersaction						
3	Tungkru						
	1. Klong Tating			+0.86			
	2. Klong Nong ree			+0.87			
	3. Klong Rang trong			+0.50			
	4. Klong Rang chak		+0.45	+0.48	Front of water-gate Klong Rang chak		
	5. Klong Saphan-Khwai			+0.92			
	6. Klong next soi mitmatri			+0.64			
	7. Klong Ratchburana			+0.63			
	8. Klong Khwang			+0.88			
	9. Klong next Kachonroj school			+0.61			
	10. Klong Soi wichien			+0.87			
	11. Klong Chaengron		+0.55	+0.85	Front of pump st. Klong Chaeng ron		
	12. Klong pak-ratyanyong			+0.78			
	13. Klong Ton-sai			+0.79			
	14. Klong Rangvai			+0.77			
	15. Klong Ta-mung			+0.61			
	16. Klong next the post office			+0.66			
	17. Klong Ratchburana		+0.58		Front of pump st. Klong ratchburana		
	18. Klong Ton-tago			+0.83			
	19. Klong Watprasert			+0.80			
	20. Klong Ton-sok			+0.78			
	21. Klong Bangboon		+0.52	+1.23	Front of water-gate Klong bangboon		
	22. Klong Bangprakok		+0.48	+0.55	Front of pump st. Klong Bangprakok		
	23. Klong Bangprakaew		+0.49	+0.63	Front of pump st. Klong Bangprakaew		
	24. Khong Bangpieng			+0.85			
	25. Klong Dao-kanong		+0.88	+0.80	Front of pump st. Klong Dao-kanong		

<凡例>



: 乾季の運河制御水位 > 雨水吐き室堰頂高の箇所 (44 ヶ所)



: 乾季の推奨制御水位 < 雨季の制御水位となるため、水位制御だけでは逆流防止できない箇所 (30 ヶ所)

No.	Klong in wastewater treatment area of each the water control plant	Klong max. Level (Normal) (A)	Klong max.level (Dry Season) (B)	Weir Level of IPC (C)	Position for reading the water level	Remarks	Recommended Klong level (Dry Season)
4	Rathanakosin						
	1. Klong Koo mueng doem	+0.00	+0.50	+0.04	Front of water-gate Pin klao	B > C	+0.00
	2. Klong Bang lumpoo	+0.00	+0.20	+0.03	Front of water-gate Bang lumpoo	B > C	+0.00
	3. Klong Ong-ang	+0.00	+0.20	+0.16	Front of water-gate Ong-ang	B > C	+0.10
	4. Klong Wat ratchbophit	+0.00	+0.50	+0.01	Front of water-gate Pin klao	B > C	+0.00
	5. Klong Wat thep thida	+0.00	+0.50	+0.03		B > C	+0.00
5	Sipraya						
	1. Klong Padang krung kasem	+0.00	+0.20	+0.20	Front of pump st. Thewet		
6	Nong Khaem						
	1. Klong Mahasorn		+0.49	+0.88	Front of pump st. Klong Mahasorn		
	2. Klong Thawee wathana		+0.74	+0.70	Front of water-gate Klong Thawee wathana	B > C	+0.70
	3. Klong Ratch charoensuk			+0.84			
	4. Klong Bangwaek		+0.69	+0.74	Front of pump st. Klong Bangwaek		
	5. Klong Ratch samakkee		+0.58	+0.56	Front of pump st. Klong Bangkae	B > C	+0.50
	6. Klong Phasee charoen		+0.77	+0.55	Front of pump st. Klong Phawee charoen	B > C	+0.50
	7. Klong Bangchak			+0.64			
	8. Klong Bangkee-kaeng		-	+0.70			
	9. Bing Sai song		-		construct the road		
	10. Klong Yamtiem		-	+0.83			
	11. Klong Ratchmontri		+0.46	+0.91	Front of pump st. Klong Ratchmontri		
	12. Klong Yai-pien			+0.66			
	13. Klong Bangwaha			+0.72			
	14. Klong Rong-yaow			+0.83			
	15. Klong Watpradoo			+0.82			
	16. Klong Bangpai-lek			+0.74			
7	Chong Nonsi						
	1. Klong Wat chongnongsee						
	2. Klong Ta-roek	+0.50	+0.80	-0.68	Front water-gate	B > C	-0.70
	3. Klong Yai-rhang	+0.50	+0.80	-0.61	Front water-gate	B > C	-0.70
	4. Klong Ta-haung	+0.50	+0.80	+0.06	Front water-gate	B > C	+0.00
	5. Klong Suan	+0.50	+0.80	-0.60	Front water-gate	B > C	-0.60
	6. Klong Heeb	+0.50	+0.80	-0.77	Front water-gate	B > C	-0.80
	7. Klong Phoom	+0.50	+0.80	-0.39	Front water-gate	B > C	-0.40
	8. Klong Mai	+0.50	+0.80	-0.48	Front water-gate	B > C	-0.50
	9. Klong San	+0.50	+0.80	-1.14	Front water-gate	B > C	-1.20
	10. Klong Both	+0.50	+0.80	-0.31	Front water-gate	B > C	-0.40
	11. Klong Watdan	+0.50	+0.80	-1.25	Front water-gate	B > C	-1.30
	12. Klong Watdan-nuen	+0.50	+0.80	-1.18	Front water-gate	B > C	-1.20
	13. Klong Fad	+0.50	+0.80	-1.05	Front water-gate	B > C	-1.10
	14. Klong Watpariwat	+0.50	+0.80	-0.24	Front water-gate	B > C	-0.30
	15. Klong Bangpongpangtai	+0.50	+0.80	-0.75	Front water-gate	B > C	-0.80
	16. Klong Bangpongpan	+0.50	+0.80	-0.22	Front water-gate	B > C	-0.30
	17. Klong Watthongbon	+0.50	+0.80	-0.75	Front water-gate	B > C	-0.80
	18. Klong Watdokmai	+0.50	+0.80	-0.75	Front water-gate	B > C	-0.80
	19. Klong Rongnummon	+0.50	+0.80	-1.19	Front water-gate	B > C	-1.20
	20. Klong Sao-hin	+0.50	+0.80	-1.19	Front water-gate	B > C	-1.20
	21. Klong Ma-nao	+0.50	+0.80	-0.40	Front water-gate	B > C	-0.40
	22. Klong Watsai	+0.50	+0.80	-0.57	Front water-gate	B > C	-0.60
	23. Klong Bangkhlo	+0.50	+0.80	-0.57	Front water-gate	B > C	-0.60
	24. Klong Bangkhlo-noi	+0.50	+0.80	-0.57	Front water-gate	B > C	-0.60
	25. Klong Watchan	+0.50	+0.80	-0.40	Front water-gate	B > C	-0.40
	26. Klong Ka-wong (Charoenkrung Rd.)	+0.50	+0.80	-0.54	Front water-gate	B > C	-0.60
	27. Klong Gruai	+0.50	+0.80	-0.23	Front water-gate	B > C	-0.30
	28. Klong Kwang	+0.50	+0.80		Front water-gate		
	29. Klong Watpai-noen	+0.50	+0.80	-1.30	Front water-gate	B > C	-1.30
	30. Klong Kwangtungmahamek	+0.50	+0.80	-1.02	Front water-gate	B > C	-1.10
	31. Klong Wat yannawa	+0.50	+0.80				

<凡例>



: 乾季の運河制御水位 > 雨水吐き室堰頂高の箇所 (44 ヶ所)



: 乾季の推奨制御水位 < 雨季の制御水位となるため、水位制御だけでは逆流防止できない箇所 (30 ヶ所)

出典：調査団

iv) 運河からの浸入水の原因と対策

以上の調査結果を踏まえ、運河からの浸入水の原因と当面の対策を以下にまとめる。

原因

- 運河の制御水位が雨水吐き室の堰頂高より高い。
- ゴミ等の詰まりによりフラップゲートが密閉されていない。

当面の対策

- 運河の制御水位を雨水吐き室の堰頂高より下げる。
- フラップゲートにゴミ等が詰まらないように、定期的に雨水吐き室内の清掃を実施する。

3.6.2 運営面・制度面の課題

この項では下水道マスタープランに直接関係する規制や下水道サービスに関する体制とその関連について述べる。

(1) 関連組織

(A) バンコク首都圏庁 (Bangkok Metropolitan Administration, BMA)

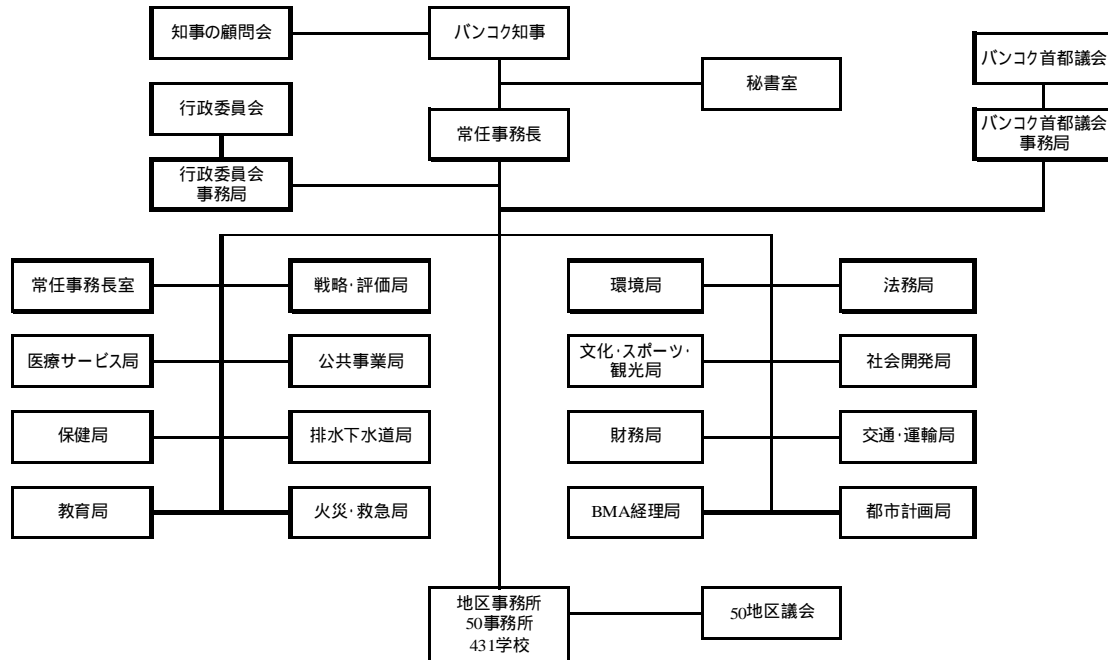
バンコク都はタイ王国の首都であり、バンコク首都圏庁 (BMA) は、地方公共団体の名前である。Administration of Bangkok Province Act of 1975 の通過によりバンコク県がバンコク都に変わった。BMA 政府は 2 つの部門からなる。行政 (バンコク知事) および立法 (バンコク都議会) である。BMA の役割はバンコク都における政策の策定と実施であり、これらには、交通サービス、都市計画、廃棄物管理、住宅、道路および高速道路、治安、環境が含まれる。

知事はバンコク都政府の最高執行責任者である。知事はまた BMA の行政長官でもある。知事職は直接選挙により、任期は 4 年で再任可能である。

バンコク都議会 (BMC) は BMA の立法部門である。議会には立法の権限とともに知事に対し調査し、助言する権限が与えられている。議会は議長によって率いられる。議会は 50 の地区から選出される 57 名の議員によって構成される (いくつかの地区は複数の議員を選出)。

BMA の常任事務長は最高運営責任者であり、知事に報告する。現在 15 の局が存在し、それぞれを局長が率っている。また、6 人の常任事務長代理がいて、それぞれがいくつかの局

を担当している。例えば、公共事業局、排水下水道局、環境局は同じ常任事務長代理の下にある。加えて、常任事務長室があり、これは内部監視・監査を行う。BMA 全体の組織構成を図 3.6.9 に示す。



出典：調査団 (<http://www.bangkok.go.th/info>)

図 3.6.9 バンコク首都圏庁全体の組織構成

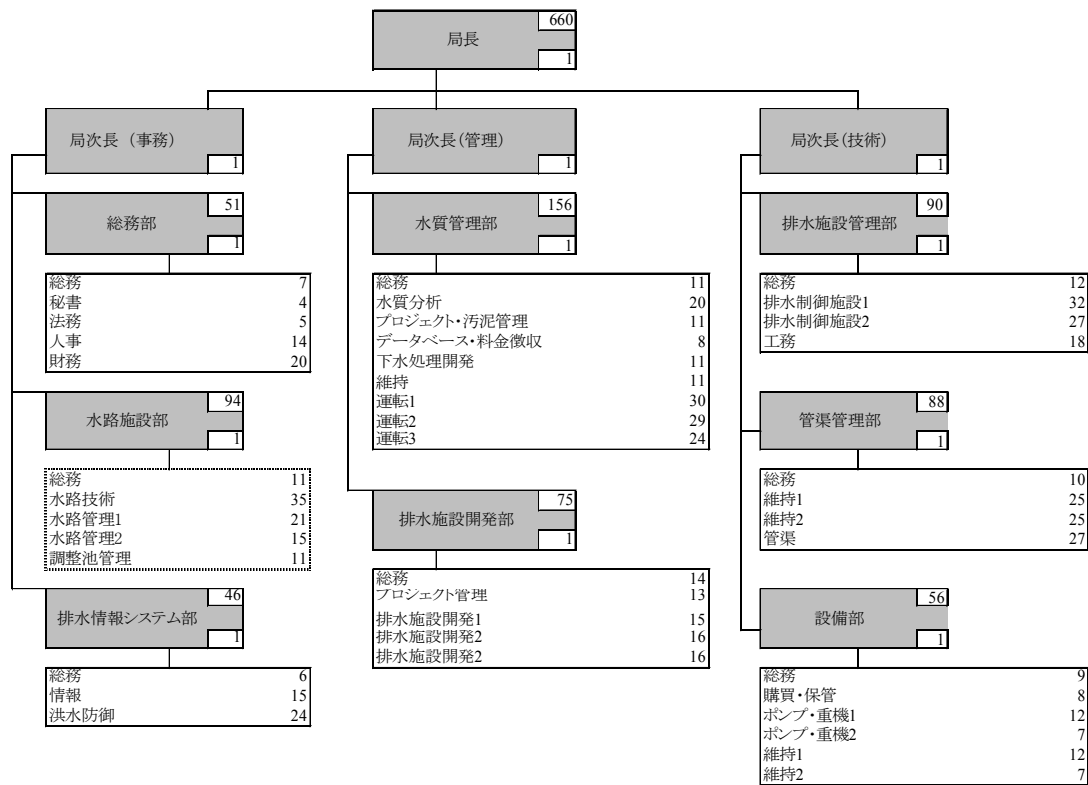
(B) 排水下水道局 (DDS)

排水下水道局(DDS)は BMA の 15 の局の一つであり、バンコク都の洪水防御、雨水排水、および下水処理の計画、設計、建設、維持管理を管轄している。DDS は Royal Decree on Division of Governmental Units, Power and Responsibilities of the BMA (May, 1977)により、1977 年に公共清掃局から分離され、設立された。

DDS は 8 つの部に分割される。DDS の組織構成と各部署の人員数を図 3.6.10 に示す。各部の任務の概要を以下に示す。

- i) 総務部：任務には総務、人事、財務、法務、契約管理を含む。
- ii) 水路施設部：この部の活動範囲は水路の維持、改善および浚渫、護岸の建設、ゴミの清掃である。
- iii) 排水情報システム部：現場の監視所や他機関からのデータの編集。また、運転計画のための数学モデルの開発を行う。
- iv) 水質管理部：この部は下水の水質管理と下水処理場を管轄する。
- v) 排水施設開発部：主な任務は主要な洪水防御施設の計画、設計、建設および評価である。

- vi) 排水施設管理部：この部はポンプ場、水門、浄化用水を管理する。
- vii) 管渠管理部：任務には下水管、マンホール、管路施設、下水ポンプ場などが含まれる。
- viii) 設備部：ポンプ、機械、機械器具、車両の調達、保守。



出典: 調査団 (<http://DDS.Bangkok.go.th>)

図 3.6.10 排水下水道局の組織構成

DDS の職種別構成人員を表 3.6.5 に示す。

表 3.6.5 排水下水道局の種別構成人員

部	職員			現業員		
	技術	事務	計	正規	臨時	計
局長、局次長	4	0	4	0	0	0
総務部	0	51	51	26	2	28
水路施設部	63	31	94	782	1,039	1,821
排水情報システム部	33	13	46	12	1	13
水質管理部	127	29	156	289	113	402
排水施設開発部	58	17	75	24	2	26
排水施設管理部	82	8	90	854	489	1,343
管渠管理部	53	35	88	843	466	1,309
設備部	37	19	56	254	70	324
計	457	203	660	3,084	2,182	5,266
総計	5,926					

出典：調査団 (DDS からの聞き取りによる)

(C) 水質管理部(WQMD)

この部は DDS の中で最大の部であり、職員は 156 人である。この部の主要な任務は下水処理を通じて水質汚濁を削減し、表流水の水質を管理することである。現在の活動は以下のようである。

- 7 つの大規模下水処理場の運転
- 12 のコミュニティ・プラントの運転
- 2 つのエアレットド・ラグーンの運転
- 埋立てごみ浸出水処理施設の運転
- Lum Pini 公園の自然水の循環システム

これらに加えて、この部は将来の下水処理場の計画と建設を管轄する。現在、3 つの下水処理場が建設中、あるいは建設を待っている状況である。この部は、また、将来の下水道管網の計画も管轄する。したがって、この部がこの JICA のマスタープラン見直し調査のカウンターパートとなる。

水質管理部には 9 つの課（ワーキング・グループ）がある。それらの役割を概略以下に説明する。（出典：WQMO Website: <http://dds.bangkok.go.th/wqm/English/sub-office-eng.html>）

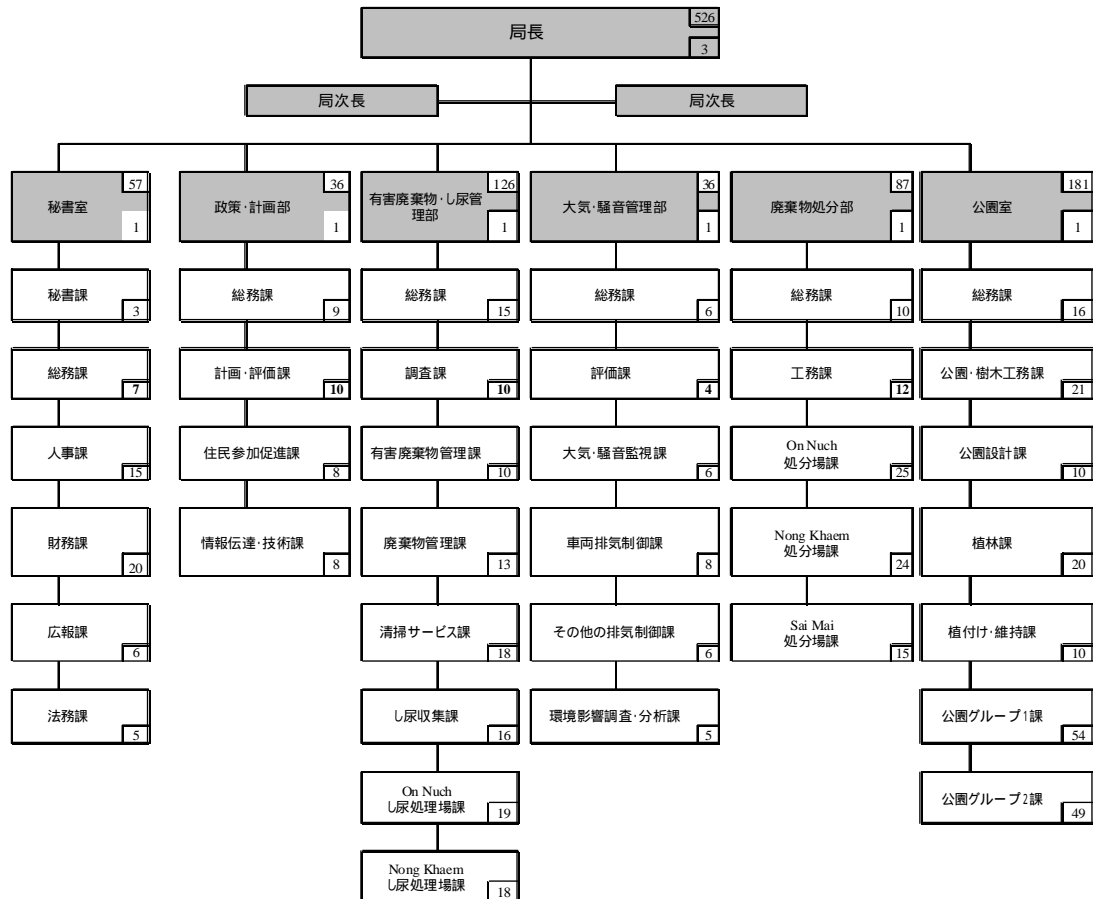
- i) 総務課：事務一般、予算と支払い、資産と資材を管轄
- ii) 水質分析課：チャオプラヤ川、主要水路、処理場からの放流水などの水質と堆積物の分析
- iii) 事業および汚泥管理課：下水および汚泥の管理のプロジェクトのマスタープラン、フィジビリティスタディ、設計、実施である。下水汚泥コンポスト施設の管理も含まれる。
- iv) データベースおよび料金徴収課：水質管理と下水処理場運転のデータ収集と分析を託されている。MWA と協力して料金徴収のための使用者のデータベースを維持することとなっている。水質管理のため IT 技術を駆使している。
- v) 下水処理開発課：下水処理場の機能向上と改善のための研究と下水処理場施設基準の改訂。中小規模の下水処理場の設計および建設の部内コンサルタント。
- vi) 維持管理課：主な任務は下水管、雨水吐き、ポンプ場などの維持管理。
- vii) 運転 1 課(Din Daeng)：Din Daeng, Ratanakosin, Chatuchak, Rama IX, Makkasan, Huay Kwang, Ram Indra, Tung Song Hong, Ta Sai, Bang Bua の処理施設の維持管理。
- viii) 運転 2 課(Chong Nonsi)：Chongnonsi, Sipraya, Bon Kai, Klong Toey, Klong Chan, On Nuch, Romkloao, Hua Mak, Praknong の処理施設の維持管理。
- ix) 運転 3 課(Nong Khaem)：Nong Khaem, Tung Khru の処理施設の維持管理。

(D) 環境局(DOE)

この局は BMA の 15 局の一つで、大気汚染と騒音の管理、公園と緑地、固形廃棄物管理、

し尿管理を管轄する。腐敗槽汚泥の収集・処理が彼らの任務であることから、この局は下水道サービスと直接関係する。図 3.6.11 にこの局の組織構成と各部課の職員数を示す。有害廃棄物およびし尿管理部の管轄範囲にはし尿汚泥の収集の他に 2ヶ所のし尿処理場の管理が含まれる。し尿汚泥の収集は地区事務所を通じて行われる。

この局は BMA の全てのプロジェクトの環境影響評価 (EIA) を管轄する。

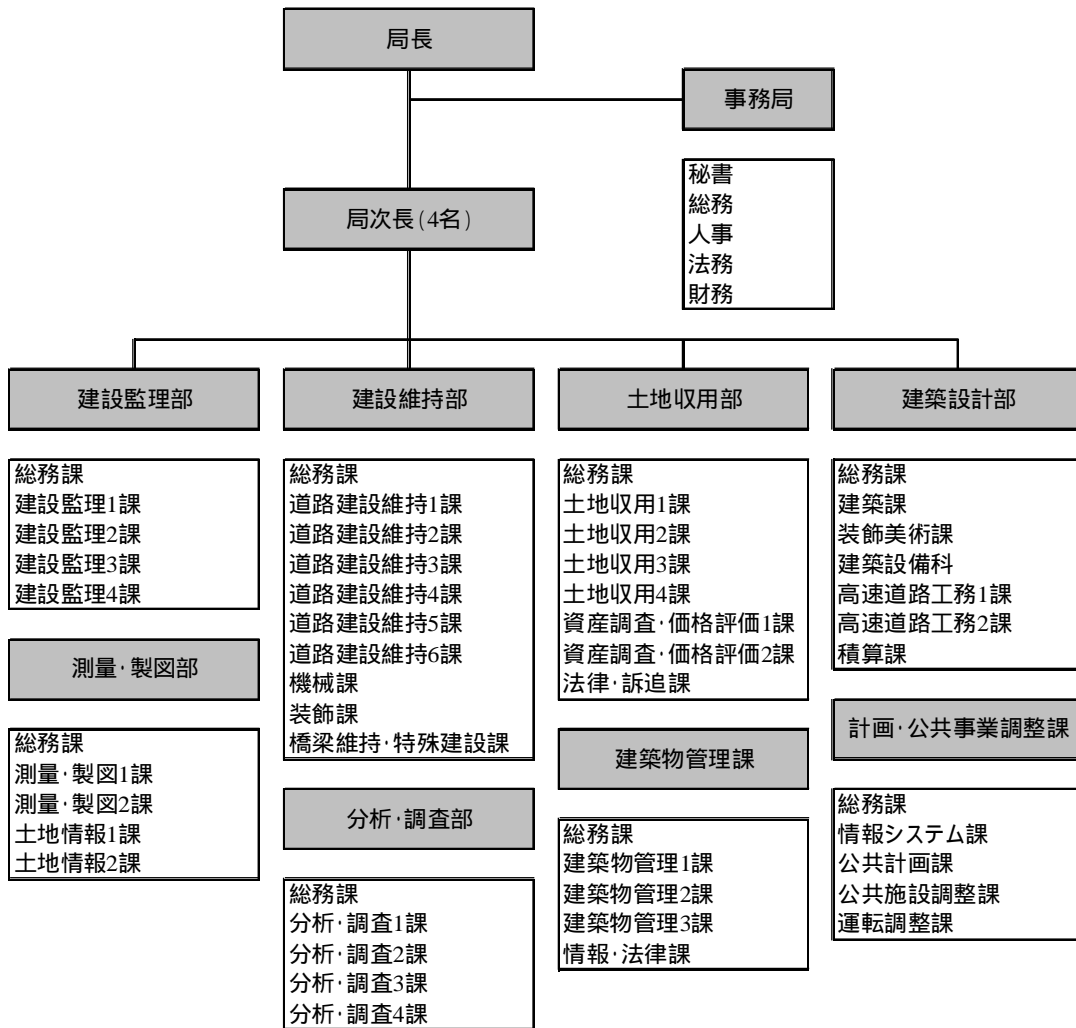


出典: 調査団 (DOE およびホームページによる)

図 3.6.11 環境局の組織図

(E) 公共事業局 (PWD)

この局は BMA の 15 局の一つで、道路、橋、建物の建設と維持を管轄する。現在の区分によると、2 次および 3 次の支線道路の排水管と下水管は道路の一部としてこの局により建設され、維持される。公共事業局の組織を図 3.6.12 に示す。

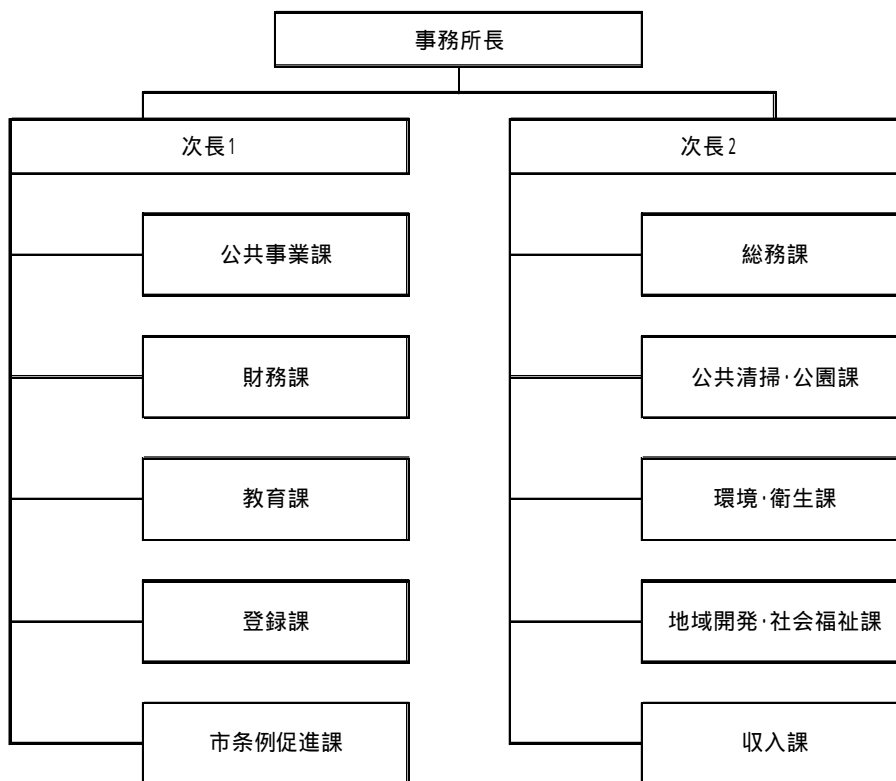


出典: 調査団 (<http://www.bangkok.go.th/yota>)

図 3.6.12 公共事業局の組織図

(F) 地区事務所

BMA には 50 の地区がある。それぞれの地区は地区議会と地区事務所を有している。地区議会は選出された機関であるのに対して地区事務所は BMA の出張所である。それぞれの地区事務所は所長によって統括される。地区事務所には BMA の本部と同じような部署が置かれている。しかし、本部の 15 の部署が必ずしも全部置かれているわけではない。部署の必要性は地区ごとの条件による。時には一つの部署が本部の二つの部署に対応する。例えば、公共事業課は本部の PWD と DDS の仕事を行い、本部の DOE は出張所では公共清掃・公園課となる。家庭からのし尿汚泥の収集はこの課によって行われている。地区事務所の典型的な例として、Din Daeng 地区事務所の組織を図 3.6.13 に示す。



出典： 調査団 (http://portal.bangkok.go.th/subsite/index.php?strOrgID=001008&strSection=aboutus_org)

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)

(G) 他の関連する機関

上述した機関の他に下水の管理に関して係りのある機関が存在する。それらは以下のようである。

- 国家環境会議 (National Environmental Board)
- 環境基金 (Environmental Fund)
- 公害管理委員会 (Pollution Control Committee)

- 天然資源環境省 (Ministry of Natural Resource and Environment)
 - 環境政策計画局 (Office of Environmental Policy and Planning)
 - 公害管理局 (Pollution Control Department)
 - 環境改善促進局 (Department of Environmental Quality Promotion)
- 下水道公社 (Wastewater Management Authority)
- 首都圏水道公社 (Metropolitan Waterworks Authority)
- タイ工業団地公社 (Industrial Estate Authority of Thailand)

本計画に関連するいくつかの機関について概要を以下に記述する。

i) 公害管理局(PCD)

天然資源環境省の PCD は NEB の職務を実施するために設置された。PCD の 7 つの部の一つが水質管理部である。この部は表流水と汚濁源からの放流水についての基準の設定を義務付けられている。この部は、また、下水管理について、目標と方向性を提供することとなっている(Policy and Target Area of Municipal Wastewater Management, 2010-2041, PCD, April, 2010)。

ii) 下水道公社 (WMA)

WMA は MOSTE の下で 1995 年に設立された公社である。主な目的は、全国の地方自治体に「下水管理の分野」で技術的なサービスを提供することである。業務の範囲には技術的な指針作成や助言、計画や設計の促進、トレーニングの提供、下水処理場の建設と運転の受託を含む。

iii) 首都圏水道公社 (MWA)

MWA は内務省(MOI)の下、1967 年に、バンコク、Tonburi、Nonthaburi、Samut Prakan の 4 つの水道公社が合併してできた公社である。MWA は約 192 万人の顧客に平均 476 万 m³/日の水を供給しており、これは一人当たりの日平均量で 248 lpcd となる。2009 年の無収水率は 28%、水道料金は平均で 11.94 Baht/m³ であり、これにより 45 億 Baht の純利益を計上した。職員数は全体で 4,081 人であり、これは 1,000 接続当たり 2.13 人となる。これは効率的な運営であることを示している(MWA Annual Report, 2009)。

(2) 制約と課題

下水道事業の効果的かつ効率的運営に制約を与える運営面・制度面の課題がある。これらを以下に説明する。これらの課題を克服する戦略については次節で説明する。

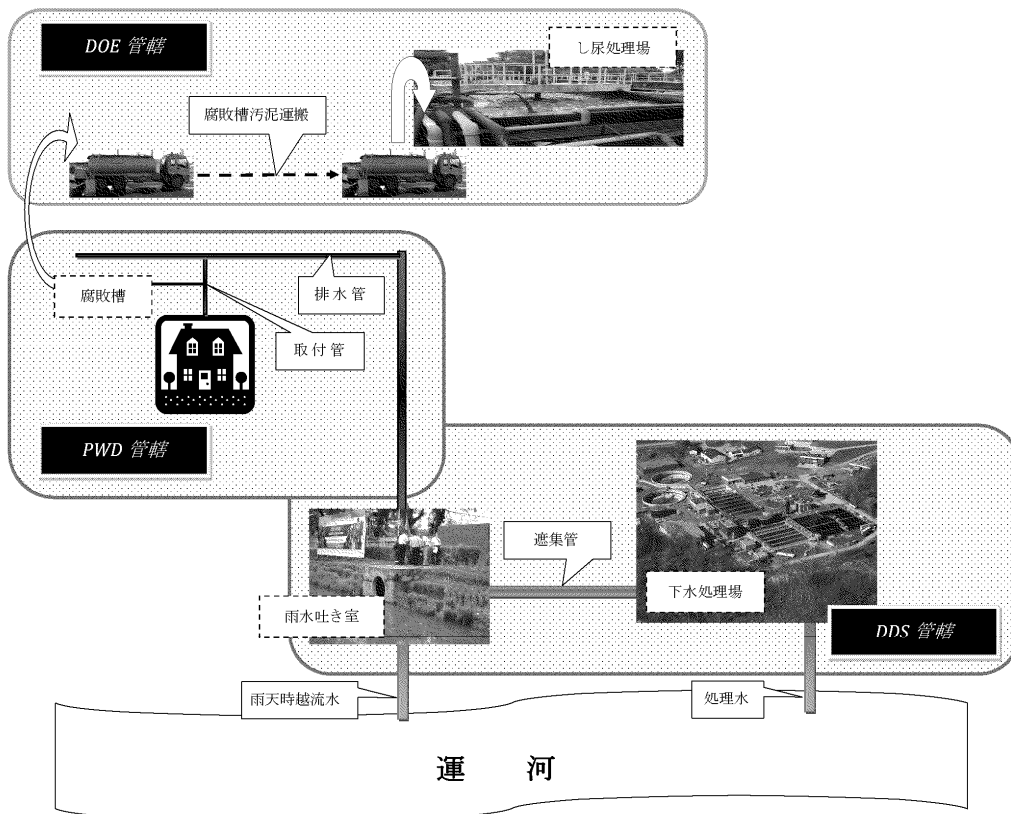
(A) 法的な枠組み

現在、BMA 内の下水道サービスを直接規定する下水道条例は存在しない。前述のように、Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, 1992 と Environmental Quality Promotion and prevention Act, 1992 が下水を処理しなければならないと規定している。

しかし、これらは国家レベルの方針についての法律であり、バンコクの下水道の具体的な運営手続きを説明したものではない。BMA Service Administration regulations Act, 1985 が BMA は下水道サービスを提供すべきであると規定しているが、これは下水道サービスの具体的なモデルを提供するものではない。

(B) 分散された責任

下水道施設が単一の機関によって管理されていない。腐敗槽の汚泥の除去と処理は DOE が行っている。腐敗槽及び家屋への接続と取り付け管及び排水管网は PWD の管轄であり、遮集管、雨水吐き室、下水処理場の計画と管理は DDS が行っている。このような分散した管轄を図 3.6.14 に示す。DDS の内部においても下水処理場は水質管理部(WQMD)が管理し、管渠は管渠管理部 (Sewerage System Division) が管理している。これら 2 部は組織上別系統である(図 3.6.10)。このような分散化は密接な協力と効率的な運転を阻害することになる。例えば、取り付け管や排水管の損壊は大量の浸入水をもたらし、乾季においても下水処理場への晴天時汚水を薄めることとなる。しかし、下水処理場の運転と排水管の維持管理は 2 つの異なる機関の管轄であるから、この状況が適時に解決されないことが起こり得る。そこで、下水道に関する全てのサービスは単一の機関の下にまとめることを推奨する。



出典：調査団

図 3.6.14 下水道サービスの管理責任

(C) 低い処理効率

元来、バンコク都の下水道の基本的な計画は、最初に道路の既設排水管に流れている下水を遮集施設から、次に下水管の下水を収集する収集下水道網を築くことであった。ある段階に達した後には全ての下水管を直接下水処理場につなげるように計画されていた。その結果、初期の下水処理場の設計流入負荷は生下水そのものとして設定されていた。しかし、発展過程はそのようにはならず、今でも下水処理区では下水管へ排出する前に腐敗槽やその他の個別処理が義務付けられている。新しい下水処理場は流入水の設計濃度としてより低い値を採用しているが、古い下水処理場はいまだに高い設計負荷で設計されたままである。その結果、古い下水処理場は低効率な運転となっている。低効率な処理については他の理由もあり、その潜在的な解決方法については前章で焦点を当てている。家屋の取り付け管や雨水吐き室へ接続する下水管の改善は下水処理場のより良好な運転へつなげる機会を開くであろう。

(D) 腐敗槽汚泥の管理

腐敗槽汚泥の収集はBMAの地区事務所の公共清掃・公園課によって行われている。収集は顧客からの要請によって行われる。12 m³のバキュームトラックが腐敗槽汚泥を収集し、On Nuch と Nong Khaem にある2ヶ所の腐敗槽汚泥処理場へ搬送する。大きなトラックは狭い路地に入れないので、地区事務所は4 m³やそれより小型のトラックも所有している。小型のトラックの中身はし尿処理場への搬入のため大型のトラックへ積み替えられる。料金として250 Baht/m³が課せられる。徴収された料金はまずBMA本部の金庫へ納入され、BMAは腐敗槽汚泥収集の運転費用を配分する。調査団によると、徴収された料金は単にトラックの運転費用を賄うに過ぎず、人件費を含む残りの費用は補助金によることが判明した。以前、Klong Toei 地区で腐敗槽汚泥の収集を民間にアウトソーシングするパイロット規模の試みがなされた。しかし、これは高料金と公衆の信頼を得られなかったため失敗に終わった。

(E) 個別処理の処理基準

これは将来の計画にとって重要な課題の一つである。前章で述べたように、短期的には個別処理施設が処理区域内においても使用されることになる。しかし、このような個別処理施設からの放流水の基準は、BMAの規定に定められているように、下水処理場に繋がる場合は厳しすぎる。これは使用者に大きな負担を強いるばかりでなく、下水処理場への流入水の水質を低くしている。したがって、下水処理区域内では、既設排水管での衛生面の課題への対応を考慮しつつ、これらの基準を緩和するように関係機関(PCD、PWD等)と協議することが望まれる。

4. バンコク下水道の整備戦略

4.1 課題解決の方向性

(1) タイ国の都市排水に関する政策

PCD (Pollution Control Department, MONRE) は、3.1.2 節「国の下水道計画」に示したように、国の下水道政策として「全国下水道整備長期計画 2010-2041 (National Sewerage Development 32 Year Plan)」を策定した。この都市下水道政策は、全国の汚水処理に関して、次のように総括している。

- ほとんどの汚水が未処理で放流されており、2009 年の主要な河川の水質調査では、良好な河川 32 %、中位の河川 34 %、劣悪な河川 34 %であった。
- 1,400 万 m³/日の汚水のうち、320 万 m³/日の汚水が処理されているに過ぎない。
- この結果として、多くの自治体が都市排水管理について支援を必要としている。

この計画に係る都市下水処理の政策について、以下に概要を示す。

- 住宅や建築物には、グリーストラップタンクなどの簡易処理 (Preliminary Wastewater Treatment) を発生源で設置することを義務付ける。
- 都市排水を処理する地域を選定して、都市の実情、課題、水資源の質や管理能力に応じて、公共下水道や小規模下水道を整備する。
- 国は下水道の建設に使われる補助金またはローンの予算を管理する。Office of Decentralization to Local Government Organization は、地方自治体の環境管理を支援するために最小限の予算を設ける。
- 汚水処理システムの管理をモニター、評価する。
- Municipal Sewage Management System の実施と水質汚濁観測網を整備する。
- 下水処理区域内で下水道料金徴収の権限を与える。
- National Environmental Quality Act に適合するように、発生源で汚水処理を行なうことを規定する。
- その他、民間事業者の活用、汚水処理に関する調査、水質汚濁に関するデータベース、知識の普及など。

また、この計画は ONEP の指示及び指導の下、県が県レベルの環境管理計画に基づき実施計画を策定し、ONEP の同意を得て実行される。財源については、地方分権委員会 (Committee of Office of Decentralization to Local Government Organization) 及び DOLA が供与する。

(2) 遮集式下水道の位置付け

遮集式下水道は、公共用水域の水質改善を優先的に達成するために採用される下水道で、

し尿処理はオンサイト処理施設に委ねている。先進国で整備されている標準下水道（排水設備と管路施設、下水処理場で構成される分流式下水道または合流式下水道システム）への過渡的な下水道と位置づけられている。バンコク都の下水道も、住民サービスの始点である排水設備からの汚水が既存の排水施設を介しており、標準下水道の過渡的な段階にある。

下水道のサービス水準を向上させるためには、下水管内の堆積を防止し雨天時にし尿を含む未処理水をできるだけ放流しないように、遮集式下水道施設の構造を改善することが、不可欠である。



出典: 調査団

図 4.1.1 下水道の進化

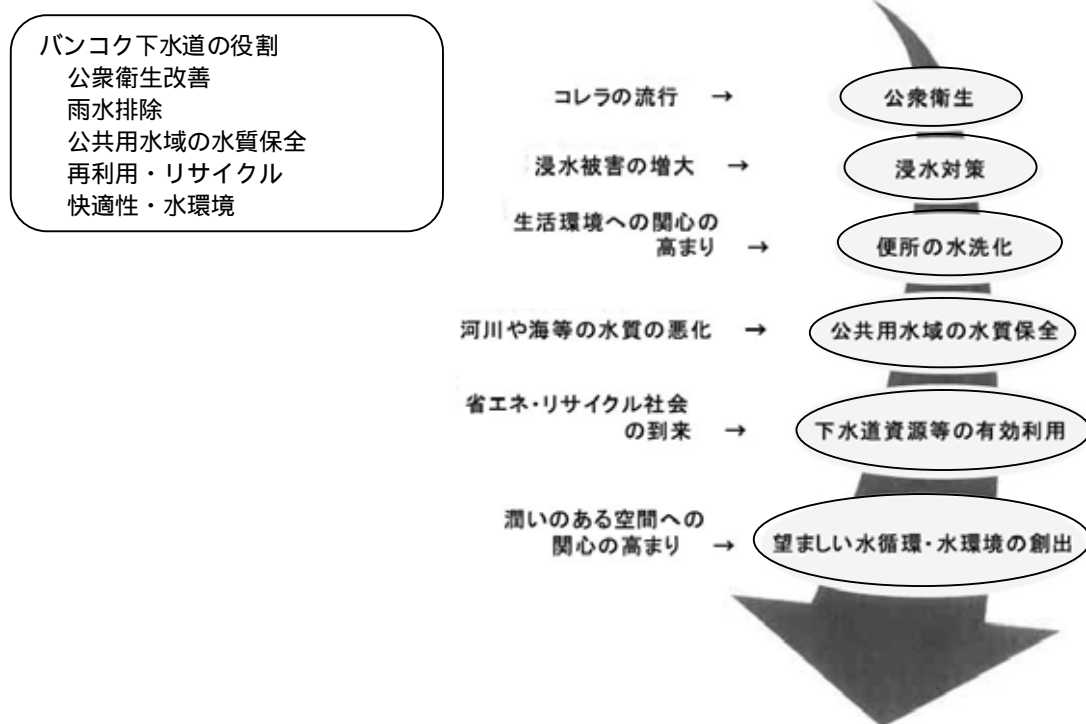
(3) 課題解決の方法論

タイ国の都市下水道政策やバンコク都の水環境保全施策の方針に基づいて、遮集式下水道（タイ式合流下水道）の改善方策と今後の下水道整備区域、下水道経営を踏まえて下水道整備戦略を立案することが重要である。下水道は公衆衛生の改善、雨水排除、水質保全、下水道資源の利用、望ましい水環境の保全という役割を有する（図 4.1.2）。バンコク都の環境政策については、下水道は汚水収集・処理に一定の成果を上げているが、未処理放流水、し尿処理、浸水対策および水環境保全については、低いサービス水準に止まっている。このため、既存の排水処理施設を維持しつつ、中長期の観点から下水道整備戦略の目標を次のように定める。

- i) 望ましい下水道経営
 - 汚水の処理・排水規制、雨水対策を DDS に一元化する
 - 汚水収集、クレーム・規制など住民サービスのワンストップサービス
- ii) 下水道サービス水準の向上
 - 水環境改善・合流式下水道の改善
 - し尿処理、各戸接続
 - 浸水対策

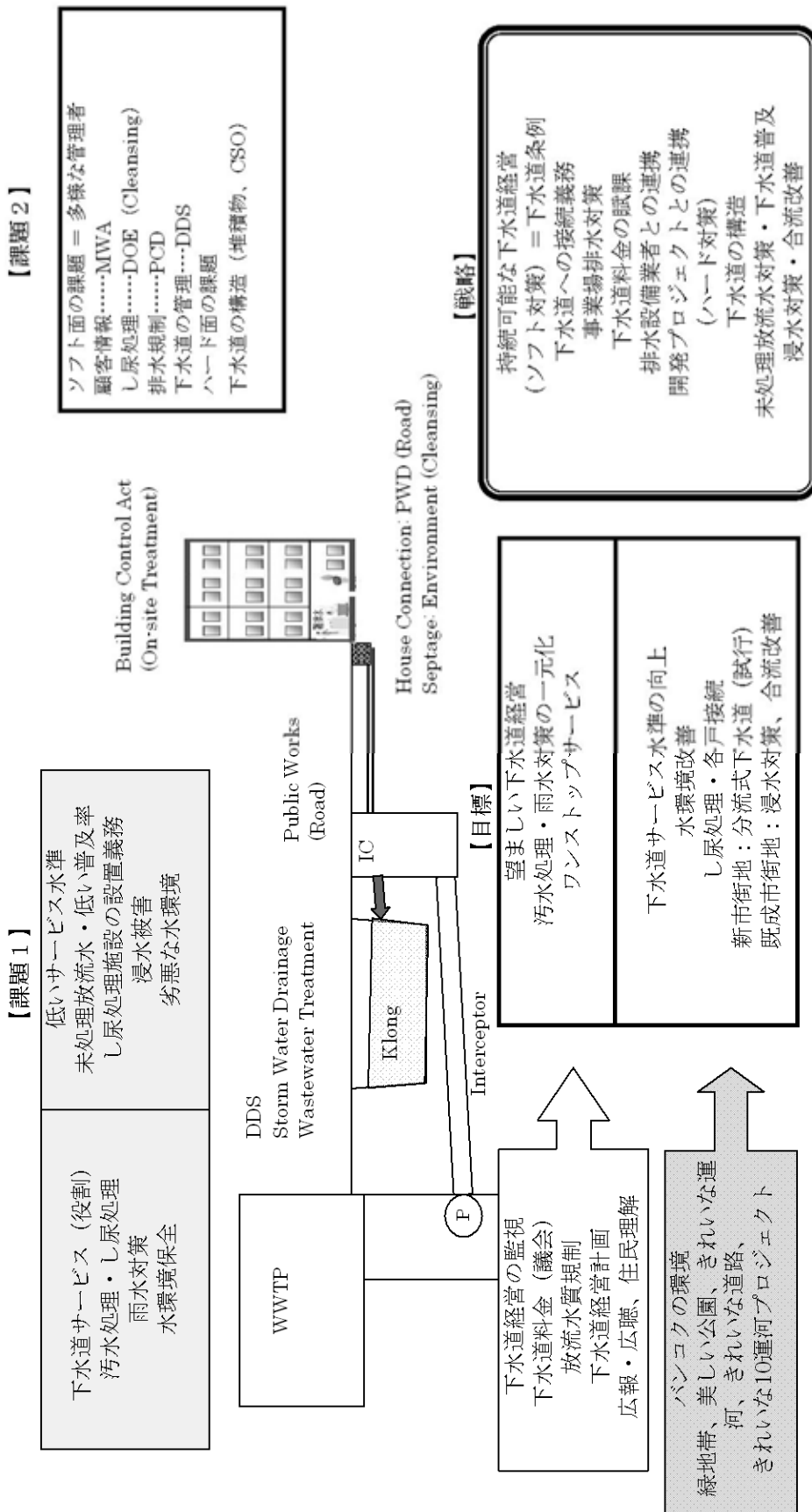
制度面・技術面の様々な課題に対して、図 4.1.3 に示すように、望ましい下水道経営の目標達成するために、制度の根拠となる下水道条例を制定（改定）し、種々のソフト対策を講じるとともに、下水道の構造など技術面の改善を行う。これらは、下水道使用者に負担を求める料金や水質規制および下水道経営に関して、広報・広聴を行ない住民・議会の監視・理解を醸成することが重要である。

下水道サービス水準を向上させるためには、下水道の普及、浸水対策のための管路施設・ポンプ場整備、遮集式下水道の改善など、多額の費用と時間を要する。図 4.1.4「下水道の段階的整備計画」に示すように、既成市街地における既存施設の改善、今後整備していく施設に対する改良技術の適用、或いは新たに開発される新市街地における最新の知見の適用など、中長期の観点から地域・既存施設の特性に応じた事業の実施が効率的である。地球環境問題や下水道資源の有効利用など下水道の新たな役割も、同時に適用することが事業の手戻り（二重投資）を防止する。制度整備に加えて、例えば日本の大都市や海外の先進都市で運用されている汚水・雨水の一体的な管理および水環境改善をキーワードとした下水道管理組織の構築が不可欠となる。地域に適切に管理事務所を配置することにより、住民のクレーム対応や料金徴収事務を円滑に運営する。



出典: 調査団

図 4.1.2 下水道の役割と変遷の事例



出典：調査団

図 4.1.3 下水道整備の目標と戦略

下水道区域		技術的改善	中期の下水道	長期の下水道	分担戦略
既成市街地	既設下水処理区	雨水対策 (排水ポンプ場、貯留) 合流改善 (雨水吐き室の改良)	(遮集式下水道-排水区域) 水環境の改善(遮集管の改善) 未処理放流水 浸入水対策 浸水対策(雨水対策)	(標準型下水道-下水道区域) 水環境の改善 し尿処理 浸水対策(雨水対策)	戦略 1
	新設下水処理区	雨水対策 (排水ポンプ場、貯留) 改良型遮集管	水環境の改善(下水道の普及) 浸水対策(雨水対策)		
新市街地	分流式下水道の技術基準 排水設備の技術基準	分流式下水道の試行・評価 良好な市街地整備	水環境の改善 浸水対策(雨水対策)	戦略 2 戦略 3	
下水道の新たな役割			住民理解・住民参加 (広報・公聴) 下水道資源の利用、地球環境問題への対応		
制度・下水道施策			公共下水道への接続義務 新市街地開発指導 (Land Development Act に下水道を規定) 排水設備業者の育成	下水道料金の賦課 事業場排水対策	戦略 4
下水道管理組織			汚水・雨水の一元管理	ワンストップサービス (各戸接続、顧客情報)	

出典: 調査団

図 4.1.4 下水道の段階的整備計画

4.2 下水道整備戦略の提案

下水道整備の戦略は、次の戦略1から戦略4に区分して、提案する。

戦略1：下水道システムの改善による水環境改善

戦略1.1 遮集式下水道（タイ式合流下水道）の改善

雨天時放流水(CSO)による汚濁負荷を削減し、運河の水質改善が図るべく遮集式下水道（タイ式合流下水道）を改善する。そのためには、雨水吐き室からの汚水流出を防ぐために雨水吐き室及び吐き口の統合を進め、運河からの浸入水対策のために長期的にはポンプ排水化計画を進める。これらの改善は、バンコクの都市排水浸水対策事業と矛盾するものではない。

また、雨水吐き室上流の既設排水管網については、その実態を調査し劣化状況等を把握する他、未処理で運河等に排出している未収集汚水を確実に下水道へ流入させるなど、排水管網の改善策を構築することが必要である。

戦略1.2 し尿処理及び腐敗槽汚泥処理の適正化

し尿処理の管理を強化するとともに、下水処理場で腐敗槽汚泥を受入れる。

戦略1.3 事業場排水対策

現行の事業所排水対策を強化するとともに、下水道管理者として事業場排水対策を制度化する。

戦略2：下水道システムの普及拡大による水環境改善

戦略2.1 下水道システムの普及拡大

既設下水処理場の余裕処理能力を活用し新規処理区の建設コストを抑制するとともに、限られた用地における効率的な汚水処理方式を検討する。

戦略2.2 分流式下水道パイロットプロジェクト

新市街地において、モデル的な分流式下水道をパイロットベースで検証する。

戦略3：社会に対する下水道サービス水準の向上

下水処理水及び下水汚泥コンポストの利用用途を拡大するとともに、下水処理場における気候変動対策を実施する。

戦略4：下水道事業経営の改善

戦略4.1 経営改善

下水道整備促進のため中央政府からの建設補助金を継続するとともに、下水道に対する利用者の理解を向上させ、下水道料金制度を施行する。

また、業務指標(PI)を導入し下水道維持管理サービスを向上させるとともに、今後の改築更新事業の需要など長期的な下水道事業の収支予測を検討する。

戦略4.2 官民の連携方策

住宅開発事業者との連携により効率的な水質改善（下水道整備）を促進するとともに、排水設備業者の育成及び維持管理業務の民間委託など、官民の連携を進める。

戦略4.3 下水道事業制度の改善

各部局に分散している下水道施設の管理責任を、DDS に一元化することが必要である。また、下水道経営の効率化及び下水道サービスの向上のために、適用分野や契約方法を検討し、PPP(Public Private Partnership;)を促進する。

戦略4.4 下水道条例

下水道施設を管理するため、下水道事業経営の根拠となる下水道条例を策定する。

上記戦略ごとに個別の整備戦略を挙げ、その戦略の担当部局及び障壁・問題点を次表に整理した。

表 4.2.1 下水道整備戦略と担当部局

	個別の下水道整備戦略	対策を講じるとした場合の担当部局	想定される障壁・問題点など
戦略 1.1	1)合流式下水道雨天時放流水(CSO)対策	DDS	DDS 排水管理関係部との調整
	2)運河の水質改善事業と両立する雨水排水方式改善	DDS	DDS 排水管理関係部との調整
	3)雨水吐き室からの汚水流出対策 - 雨水吐き室、吐き口の統合	DDS	DDS 排水管理関係部との調整
	4)運河からの浸入水対策 - ポンプ排水区化計画	DDS、BMA	事業費の確保 DDS 排水管理関係部との調整
	5)遮集倍率の検討	DDS	DDS 排水管理関係部との調整
	6)未処理下水の収集及び既設排水管網の改善調査	DDS、PWD	DDS 排水管理関係部との調整 BMA 関係部局との調整
	7)短期、中長期の整備・改善方針	DDS、PWD、BMA	事業費の確保 DDS 排水管理関係部との調整 BMA 関係部局との調整
戦略 1.2	1)し尿処理施設管理の強化	DOE、DDS	BMA 関係部局との調整
	2)腐敗槽汚泥の下水処理場受入れ	DOE、DDS	BMA 関係部局との調整

	個別の下水道整備戦略	対策を講じるとした場合の担当部局	想定される障壁・問題点など
戦略 1.3	1)事業場排水対策の強化	DOE、DDS、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整 新たな制度や規定の制定(改正)
戦略 2.1	1)下水処理区域の再編	DDS	
	2)省面積・省エネ型下水処理方式の採用	DDS	
戦略 2.2	1)分流式下水道をパイロットベースで検証	DDS、PWD、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整 新たな制度や規定の制定(改正)
戦略 3	1)下水処理水再利用	DDS、PWD	BMA 関係部局との調整
	2)下水汚泥資源利用	DDS、PWD	BMA 関係部局との調整
	3)地球温暖化ガス対策	DDS、BMA、MONRE	BMA 関係部局との調整、 政府機関等関係機関との調整
戦略 4.1	1)資本費用の財源	DDS、BMA、MOF	事業費の確保 政府機関等関係機関との調整
	2)下水道料金	DDS、BMA、MWA、MONRE	政府機関等関係機関との調整
	3)維持管理コスト	DDS、BMA	事業費の確保
	4)処理場設備の改築更新事業	DDS、BMA、MOF、MONRE	事業費の確保、 政府機関等関係機関との調整
	5)維持管理サービス向上指標	DDS、BMA	BMA 関係部局との調整
戦略 4.2	1)都市開発プロジェクトとの連携	DDS、PWD、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整
	2)排水設備業者の育成	DDS、PWD、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整
	3)維持管理業務の民間委託	DDS	
戦略 4.3	1)下水道管理責任の一元化	DDS、PWD、DOE	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整
	2)個別処理基準	DDS、PWD、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整 新たな制度や規定の制定(改正)
	3)官民パートナーシップ	DDS、BMA	BMA 関係部局との調整
	4)住民参加	DDS、BMA	BMA 関係部局との調整
	5)人材開発	DDS	
戦略 4.4	1)下水道条例の制定	DDS、BMA、PCD	BMA 関係部局との調整 政府機関等関係機関との調整 新たな制度や規定の制定(改正)

出典: 調査団

個別の下水道整備戦略については、以下に課題解決の方策・制度等を含め提案する。

戦略1 下水道システムの改善による水環境改善

戦略 1.1 遮集式下水道（タイ式合流下水道）の改善

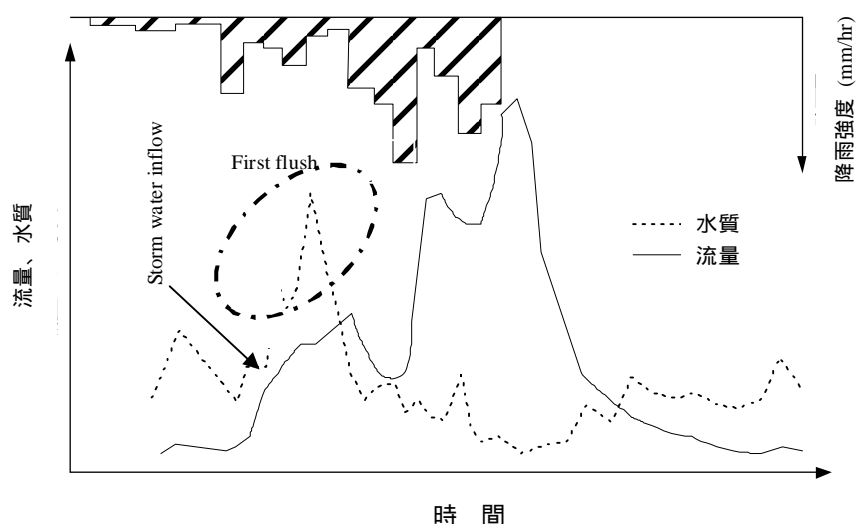
バンコク都で採用されている遮集式下水道は、合流式下水道の雨天時越流水(CSO, Combined Sewer Overflow)問題解決に加えて、既存の排水施設の課題、遮集管システムの構造・運転方式等を考慮して改善方式を選定する。

(1) 合流式下水道の雨天時越流水対策

(A) 雨天時越流水の課題

雨天時越流水は、降雨時に合流式下水道の流下能力を上回る汚水が未処理のまま雨水吐き口から放流されるもので、他の汚濁負荷源とともに主要な汚濁負荷源となっている。また、これらは、病原性微生物による公衆衛生上の課題及び流出したゴミによる美観上の課題もあわせ提起している。

合流式下水道の雨天時下水の水質特性の一つとして、初期雨水又は初期流出(ファーストフラッシュ)と呼ばれる、雨水流出開始直後の非常に高濃度な下水の流下現象(図 4.2.1 参照)がある。これは、晴天時に管内流速低下により合流管内に堆積したあるいは路面上に堆積した汚濁物質が、大きな掃流力を有する雨水流によって洗い流される現象である。初期降雨が過ぎると水質は低下する。このファーストフラッシュを雨水吐きから放流させないことが、水質汚濁対策上重要である。



出典: 調査団

図 4.2.1 流量と雨天時越流水の水質の変化

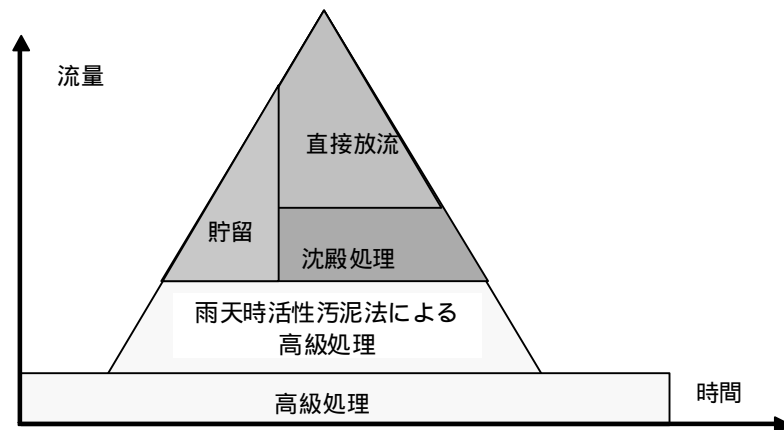


写真 4.2.1、4.2.2 日本の合流式下水道雨天時越流水事例
晴天時(左) 降雨時(右)

(B) 一般的な雨天時越流水対策

水環境の水質保全の観点から、雨天時越流水対策として、ファーストフラッシュを捕捉する、越流回数を減じる、路面の清掃など汚濁物が下水管へ流入しないようにする、ポンプ場・下水処理場に流入した下水を処理するなどの対策が講じられている。処理場に流入する汚濁負荷の削減技術については、図 4.2.2 に示すように、晴天時の下水処理能力に加えて、雨天時活性汚泥法(Wet Weather Wastewater Activated Sludge Treatment Process)等による処理、ファーストフラッシュの貯留、最初沈殿池での簡易処理などがあり、これらの対策で処理できない部分を放流する方法が一般的である。

(雨天時活性汚泥法：簡易処理の除去率を向上させる技術として、活性汚泥の持つ汚濁物の初期吸着能力を利用し、雨天時に処理場に流入してくる汚水のうち、簡易放流される汚水の一部あるいは全量を反応タンクの後段に流入させ、高級処理を行う極めてコストパフォーマンスが高い合流改善技術)



出典: 調査団

図 4.2.2 雨天時越流水対策のハイドログラフ

(C) バンコク都での雨天時越流水対策の方向性

バンコク都の下水道は、雨水・汚水の排除を目的として整備された排水管から汚水を遮集する方式が採用されている。また、地盤が平坦でチャオプラヤ川との水位差を十分に確保することが難しい地形である。このため、先進国で採用されている水面勾配を持つ遮集管の運転管理ができない。

遮集式下水道の改善は、未処理下水を遮集し、雨天時越流水の負荷を削減することで、運河の水質改善効果を期待することが基本である。また、浸入水を削減することは、下水処理施設の負荷を削減し、維持管理費を節減する効果が期待できる。

バンコクに適用可能な対策では、遮集管については、運河からの浸入水を抑えて適切に汚水を遮集できるようにする方法が効果的である。雨水流出量を抑制する方法では、都市開発プロジェクトと連携した雨水浸透施設の設置や雨水利用、および大深度の雨水排水管を小降雨時に貯留管として利用する方法が経済的である。

(D) 雨天時越流水対策における雨水排水施設の利用

浸水の課題を抱える地区では、大深度管路（Deep Drainage Tunnel）とポンプ排水による浸水対策が実施されている。このような雨水排水施設を整備する地区では、汚水と雨水の分離を徹底する必要がある。汚水は既存の排水管・遮集管で収集し、処理場で処理し、雨水は運河から大規模幹線で収集し、直接、チャオプラヤ川へポンプ排水する（図 4.2.3）。

一方、これらの大深度トンネルを小降雨期や初期雨水の貯留管として利用し、下水管内の堆積物を処理場に送り処理することは、水質汚濁対策上有効な手段である。

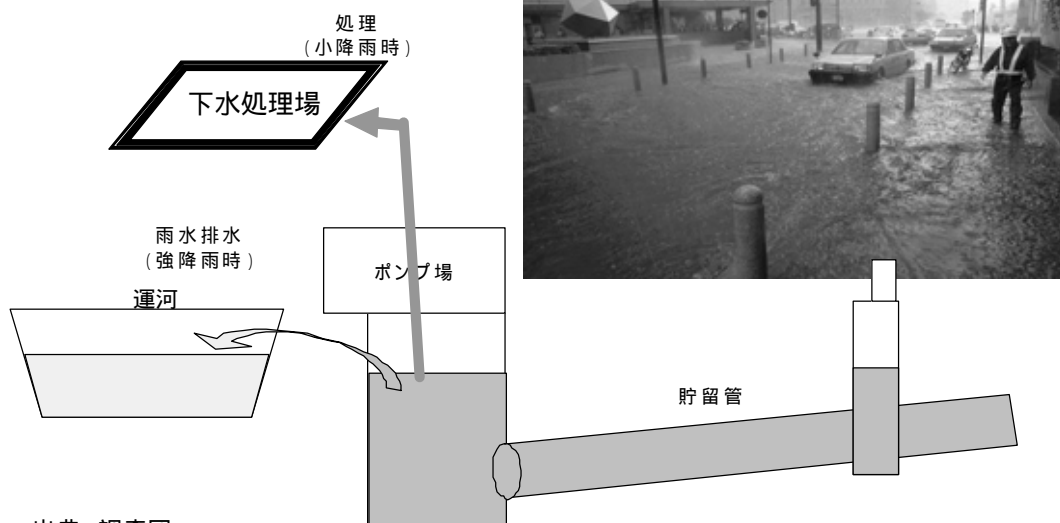
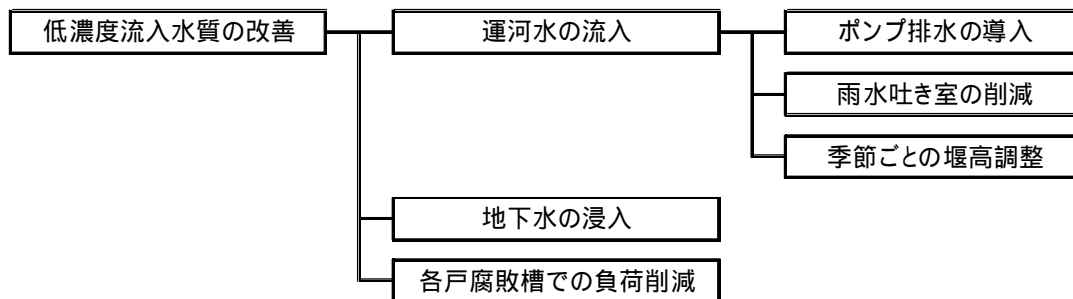


図 4.2.3 大深度雨水幹線の雨天時越流水対策

(2) 運河の水質改善事業と両立するタイの雨水排水方式改善の方向性

タイの遮集式下水道（タイ式合流下水道）を改善する目的は、運河等の水質改善であり、これは下水処理場に流入する低濃度の下水水質を如何に高濃度化するかにかかっているといても過言ではない。

流入水質が低濃度である理由は、図 4.2.4 のように 雨水吐き室での運河水の流入、 管渠での地下水の浸入、 各戸腐敗槽での負荷削減、 管内での生物分解などが考えられ、次節で提案しているポンプ排水の導入、雨水吐き室の削減などは運河水の流入防止対策に位置づけられる。



出典: 調査団

図 4.2.4 低濃度流入水質の改善策

この雨水吐き室の廃止・統合及びポンプ排水方式の導入は、バンコク的最優先課題である都市排水浸水対策と矛盾するものではない。

今回提案する雨水排除方式の概念は、以下のとおりポンプ排水方式の導入による運河水流入防止とバンコクの都市排水対策を両立させるものである。

- i) 乾季に運河水が逆流するのを防止するため、なるべく雨水吐き室を閉鎖する。
- ii) 汚水は、従来どおり晴天時汚水の 2~5 倍量を既存遮集管から下水処理場に運ぶ。
- iii) 従来雨水吐きから排水されていた雨水は、新たに雨水管を布設しポンプ排水する。

タイと日本の合流式下水道雨水排水方式の違い

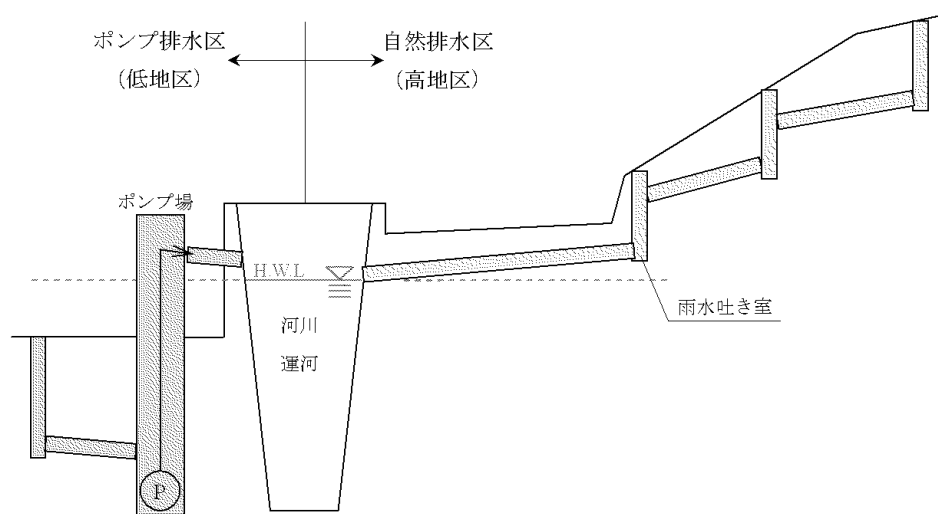
ポンプ排水導入の概念を説明するため、タイの雨水排水方式と日本の雨水排水方式を以下に比較する。

バンコク都の下水道は、既存の全処理区が、雨水吐き室での越流雨水はポンプを使用せずに運河へ排水される「自然排水区」となっている。このため、Rattanakosin 処理区のように、放流先の水位（外水位）が雨水吐き室の水位（内水位）より高い場合は、フラップゲート

が完全に密閉されなければ運河からの逆流を防止することは非常に困難である。

一方、日本の下水道では、放流先の河川や運河等の水位より下水道の埋設位置が高い地区（高地区）と低い地区（低地区）に分類し、放流先水位の影響を受けない高地区は雨水吐き室を経由する「自然排水区」、放流先水位の影響を受ける低地区はポンプ場から強制排水される「ポンプ排水区」と設定される。

自然排水区とポンプ排水区を以下の概念図（図 4.2.5）に示す。



出典: 調査団

図 4.2.5 自然排水区とポンプ排水区概念

このようなポンプ排水の考え方は日本独自のものではなく、欧米先進国でも一般的に採用されているものである。例えば、国土の 1/4 が海より低位置にあるオランダは、かつては風車を動力としたポンプにより、現在は電動のポンプにより雨水を排水し、水害を防止している。タイの合流式下水道の雨水排水方式と日本の合流式下水道の雨水排水方式との違いを表 4.2.2 にまとめる。

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

	タイの合流式下水道	日本の合流式下水道
雨水排水方式	全地区: 自然排水 (フラップゲート付き)	高地区: 自然排水 低地区: ポンプ排水
長所	<ul style="list-style-type: none"> 新たなポンプ場や雨水管の建設費が不要。 ポンプ場の維持管理が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> 外水が逆流し、遮集管へ流入することはない。 低地区の未処理水越流が無くなり、放流先の水質改善に寄与できる。 大潮などで外水位が高い場合でも雨水排水可能であるため、浸水の危険度が低い。

	タイの合流式下水道	日本の合流式下水道
短 所	<ul style="list-style-type: none"> ・ フラップゲートが密閉されない場合、外水位が高い時に低地区の遮集管へ外水が逆流する恐れがある。 ・ 外水位が高い時に降雨が発生すると、強制排水できないため浸水が発生する危険度が高い。 ・ 雨水吐き室の数が非常に多くなるため、堰の調整・清掃等の維持管理作業が膨大になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たなポンプ場や雨水管の建設費が必要。 ・ ポンプ場の維持管理が必要。

出典: 調査団

(3) 雨水吐き室からの汚水流出対策 - 雨水吐き室、吐き口の統合

タイ式合流下水道の課題の 1 つである雨水吐き室からの汚水流出の主要因及び当面の対策については、3.6.1 節「技術的課題」に記述した通りであるが、それに加え維持管理上の課題と長期的な解決策を以下に説明する。

雨水吐き室からの汚水流出の主要因

以下の事項により晴天時でも雨水吐き室内の水位が高く、汚水流出が起こる。

- ・ 流末ポンプ場の運転水位が高い。
- ・ ゴミ等により雨水吐き室内のオリフィスが詰まっている。

当面の対策

- ・ ポンプ場の運転水位を雨水吐き室の水位へ影響しないレベルまで下げる。
- ・ ゴミ等が詰まらないように、定期的に雨水吐き室内の清掃を実施する。
- ・ 計算上、晴天時でも越流する雨水吐き室は堰高を上げる。

汚水流出の主要因は雨水吐き室の構造ではなく、流末のポンプ場の運転及び雨水吐き室の維持管理にあるといえる。当面はポンプ場の運転水位を下げ、定期的に雨水吐き室内を清掃することにより対応する必要がある。ただし、雨水吐き室の構造を再確認し、堰高が低い場合流入量が 5DWF に達する前に越流する場合は、堰高の見直しが必要である。

維持管理上の課題と長期的な解決策

現在、DDS では既設排水管の維持管理のため、定期的に管路内及びマンホール内の清掃作業を実施している。しかしながら、「Water Quality Management Office – Annual Report 2551 (2008)」によると、以下の支障により作業が円滑に進まないことが課題とされている。

- 昼間は交通量が非常に多いため、夜間作業となる。
- 通行車両及び路上駐車車両が多いため、道路端のマンホールを開口する作業が難しい。

バンコク都内に雨水吐き室は 1,000 ヶ所以上あるため、雨水吐き室の清掃作業は既設排水管の清掃と同様に非常に人手と時間を要することが予想される。雨水吐き室の維持管理の効率化を図るためには、将来的には現存の雨水吐き室の統合が必要である。

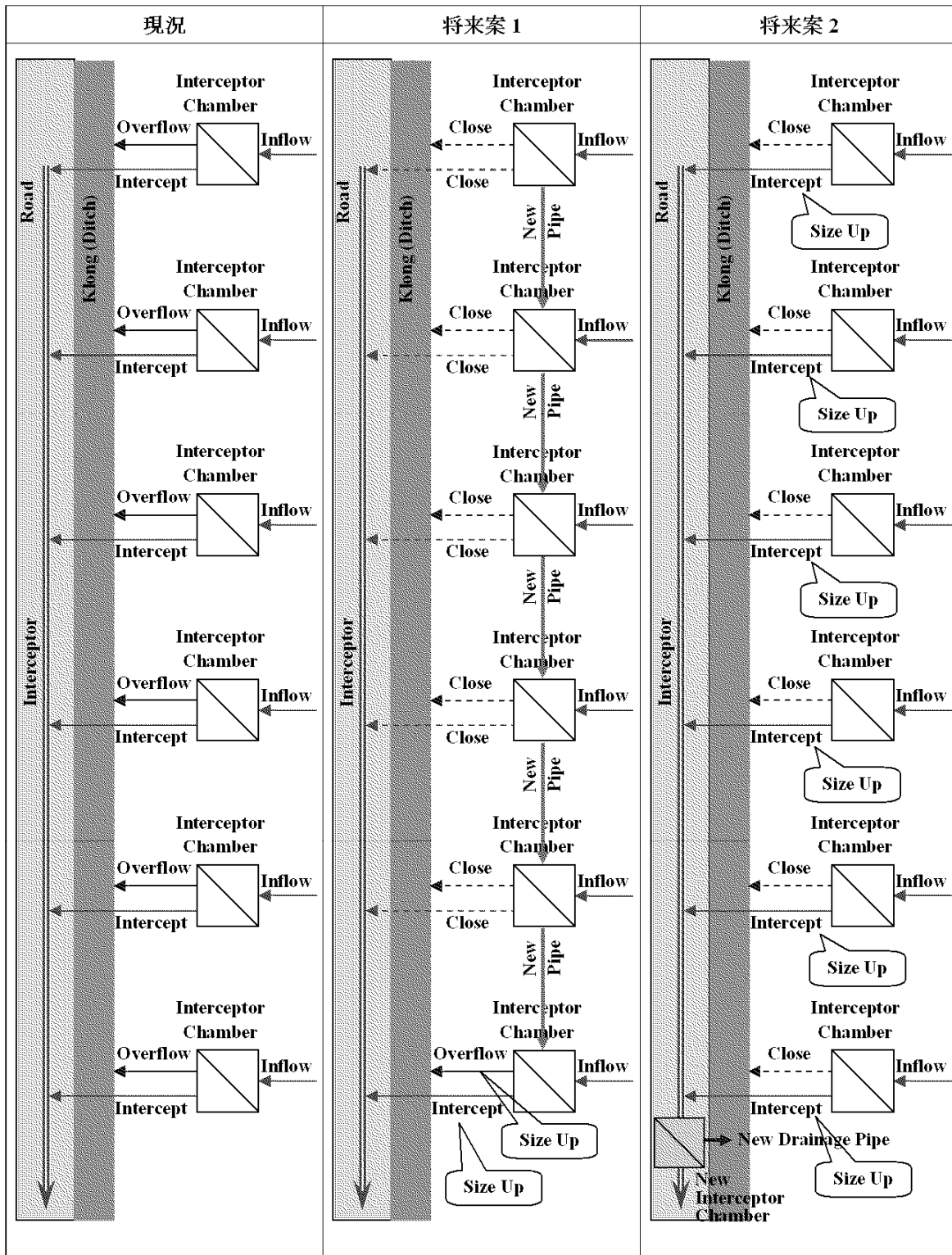
以下の図 4.6.2 に、雨水吐き室及び近接している場合の統合案の例を示す。なお、将来案 1 及び 2 の相違点は下記の通りであり、実施に際しては経済性や施工性を考慮して選定する。

将来案 1：

最下流の雨水吐き室以外は放流管、遮集管、越流堰を閉塞。雨水吐き室を連結する管を新設。最下流雨水吐き室の遮集管及び放流管は増径。

将来案 2：

全ての雨水吐き室の放流管及び越流堰を閉塞。下流部で遮集幹線上に雨水吐き室及び放流管を新設。各遮集管は増径。



出典: 調査団

図 4.2.6 雨水吐き室、吐き口統合案の例

(4) 運河からの浸入水対策 - ポンプ排水区化計画

タイ式合流下水道の課題の 1 つである運河からの浸入水の主要因及び当面の対策については、3.6.1 節「技術的課題」に記述した通りであるが、加えて長期的な対策を以下に説明する。

運河からの浸入水の主要因

- 運河の制御水位が雨水吐き室の堰頂高より高い。
- ゴミ等の詰まりによりフラップゲートが密閉されない。

当面の対策

- 運河の制御水位を雨水吐き室の堰頂高より下げる。
- フラップゲートにゴミ等が詰まらないように、定期的に雨水吐き室内の清掃を実施する。

運河からの逆流を防止するためには、乾季においても運河の制御水位を雨水吐き室の堰頂高より下げる必要があり、3.6.1 節「技術的課題」に示した推奨水位で制御すれば逆流は防止できるといえる。しかしながら、29ヶ所の観測点（Chatuchak 処理区 1ヶ所、Din Daeng 処理区 1ヶ所、Chong Nonsi 処理区 27ヶ所）では、雨水吐き室の堰頂高が雨季の制御水位よりもさらに下回っている。これらの箇所では水位の制御だけで逆流を防止することは困難であるため、当面はフラップゲートが正常に機能するよう、定期的に雨水吐き室内を清掃することが必要である。

長期的対策

運河の制御水位が雨水吐き室の堰頂高を上回る観測点のうち、特に Chong Nonsi 処理区は全ての観測地点において運河からの逆流防止が困難であるため、将来的には処理区全体で雨水吐き室を撤去し、ポンプ排水区へ変更することが必要である。

また、Rattanakosin 処理区は全 5ヶ所の観測点で乾季の制御水位が雨水吐き室の堰頂高を上回っている。当該処理区はバンコク市内でも有数の観光地であり、景観保持のため乾季に運河の水位を下げることは困難である場合、Chong Nonsi 処理区と同様に将来的には処理区全体で雨水吐き室を撤去し、ポンプ排水区へ変更することが必要となる。



写真 4.2.3 晴天時吐き口状況 1
(2010/06/29)(Rattanakosin 処理区)



写真 4.2.4 晴天時吐き口状況 2
(2010/06/29)(Rattanakosin 処理区)



写真 4.2.5 晴天時吐き口状況 3
(2010/06/29)(Rattanakosin 処理区)



写真 4.2.6 晴天時吐き口状況 4
(2010/06/29)(Chong Nonsi 処理区)

Rattanakosin 処理区をモデル地区としたポンプ排水区化計画

バンコク都の下水道では、既存の全処理区において雨水吐き室で越流した雨水はポンプを使用せずに運河へ排水される「自然排水区」となっている。しかしながら、Rattanakosin 処理区や Chong Nonsi 処理区のように、放流先の水位（外水位）が雨水吐き室の水位（内水位）より高い場合は、フラップゲートが完全に密閉されなければ運河からの逆流を防止することは非常に困難である。また、外水位が内水位より高いにも関わらず自然排水区となっていることは、運河からの浸入水の原因であるだけでなく、そのエリアが雨天時に浸水被害を受けやすい原因の 1 つといえる。

既存処理区の中で処理区面積が比較的小さい Rattanakosin 処理区をモデル地区として選定し、これをポンプ排水区とした場合の考え方を以下に、概念図を図 4.2.7 に示す。

- i) 雨水吐き室は原則として閉鎖する。
- ii) 晴天時汚水量の 2～5 倍までを処理場に送水するため、既設の遮集管渠に変更はない。
- iii) 雨水吐き室の閉鎖により、従来雨水吐き室から排水されていた雨水は、道路や低地に溢水する。

iv) 上記の雨水は、新たに設置する雨水排水管及び雨水ポンプ場から排水する。

これは、DDSが運転管理している運河出口の排水ポンプ場など既存の排水施設や新たに排水能力の増強を目的に計画されている雨水管・ポンプ場などの施設を最大限利用した上で、雨水吐き室を閉塞することにより必要となる排水能力を増補するという考えである。これによって、下水処理施設と雨水排水施設がそれぞれ単独に機能するのではなく、相互に協力しながら一体的に機能する道が開かれる。

なお、次ページの概念図は考え方を示したものであり、実際にポンプ場や排水管の増設や既存ポンプの能力アップが必要か、あるいはどの位置にポンプ増設が必要かといった事項については、将来的にポンプ排水区化を進める際に行う設計業務にて流出解析等を実施し、検証する必要がある。

ポンプ排水区化を進めるには、以下の写真のような既存の排水施設を最大限利用し、浸水対策事業と連携することが重要である。



写真 4.2.7 既存のマンホールポンプ
(Phetchaburi 通り沿い)



写真 4.2.8 既存の雨水ポンプ場
(Nara Thiwat Rajanagarindra 通り沿い)

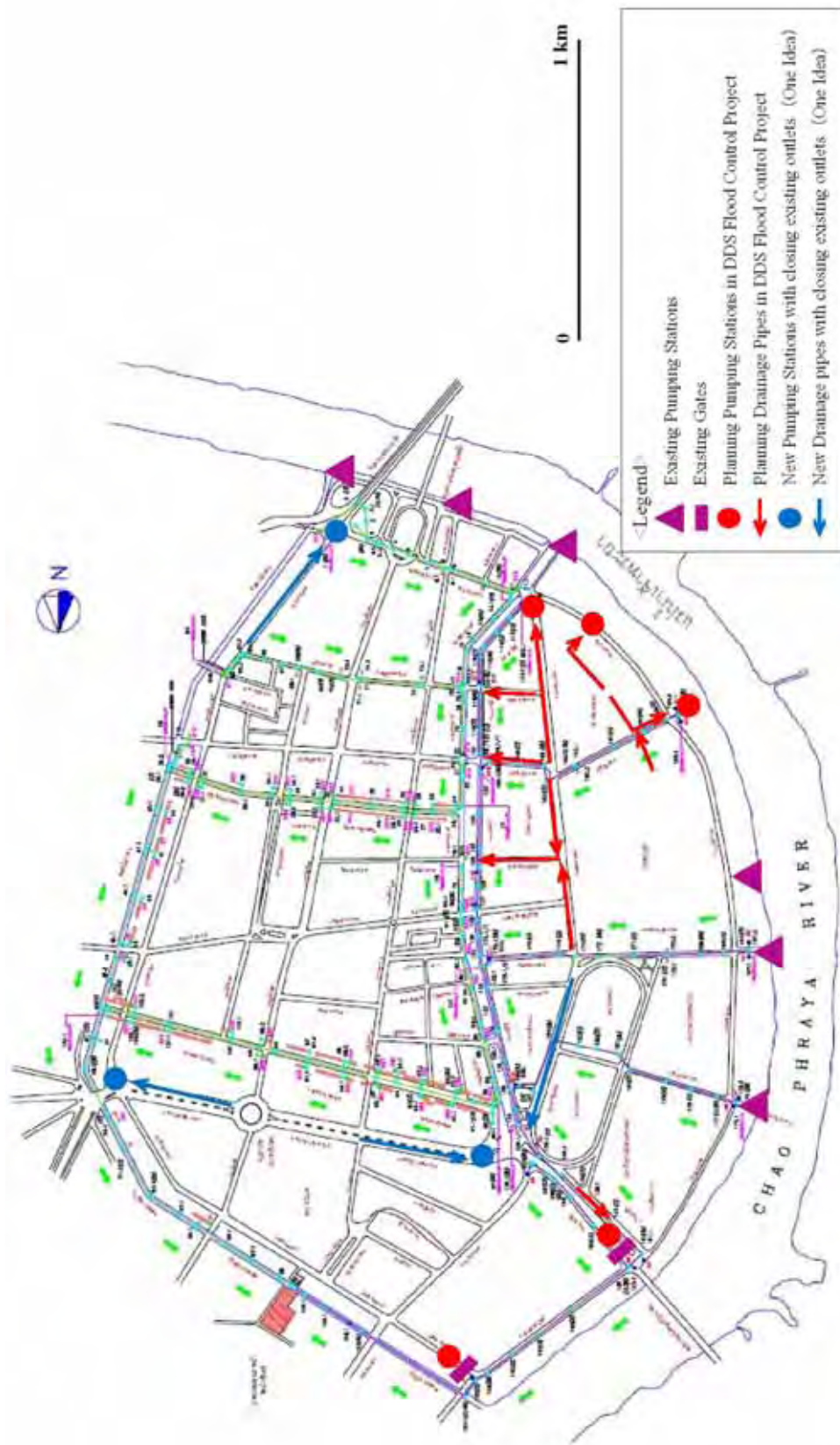


图 4.2.7 Rattanakosin 処理区のポンプ排水区化概念図

出典: 調査団

(5) 遮集倍率の検討

バンコク都では、既存の全下水処理区において合流式下水道（遮集式下水道）が採用されているため、雨天時の遮集倍率は管路施設及び処理施設の規模に大きく影響する。

既存の7処理区では、遮集倍率を晴天時日平均汚水量（Average Dry Weather Flow：DWF）の5倍（5DWF）とし、全遮集管が5DWFの流量を自然流下できるように設計してきた。

一方、現在事業が進捗中の Bang Sue 処理区、Klong Toei 処理区では、雨水吐き室にて5DWFを遮集するが、遮集倍率は2～5DWF（平均3.5DWF）の間で変数としている。

この手法は、広く他国でも採用されているもので、全路線を5DWFで建設するのに対し、管径が小さくなり埋設深さを浅くできることため、大幅な事業費削減を図ることができる。これは、常時遮集管全線において自然流下で下水を流すという条件でなく、雨天時に遮集した下水が地表面に溢水しない範囲で、遮集管下流部が圧力管となることを許容するという条件で設計するという考え方に基づいており、以下を根拠としている

- 最低2DWFの流下能力を確保しておけば、晴天時時間最大汚水量を自然流下できる。
- 降雨時に雨水吐き室より5DWF遮集されると、下流側の遮集管が圧力状態となるが、流出解析により地表面へ溢水しないようにする。
- 汚濁負荷解析によると、全路線5DWFで設計する場合と2～5DWFで設計する場合の雨天時放流水のBOD年間負荷量の差は0.6%と軽微であり、全線を5DWFで設計する効果が比較的小さい。（Klong Toei 処理区の場合）

今後整備するバンコク都内の処理区において、遮集管の設計は、以上の考え方に基づき、雨水吐き室の遮集倍率を5DWF、遮集管の設計に用いる遮集倍率を2～5DWFとする。

(6) 未処理下水の収集及び既設排水管網の改善調査

バンコク都では、一般的に家屋等から排出される汚水は道路沿いに埋設されている既設排水管を經由し、下水処理区域では雨水吐き室から処理場に送られ、下水未処理区域では運河へ直接放流されている。しかしながら、家屋やマンションが運河に近接して建っている場合には、排出される汚水が道路に埋設されている既設排水管に排水されず、直接運河へ放流される事例が見られる。また、排水管が未整備のため、排水が低湿地に滞留している事例も見られた。

下水道整備により住環境改善及び公共用水域の水質改善を図るためには、このような下水処理区内の未収集汚水を確実に下水道へ接続することが非常に重要である。このため、下水道整備地区においては法令等で下水道への接続を義務付けることや、バンコク都や各行政区から家屋内の排水管工事費へ補助することにより、将来的に下水道への汚水収集率100%を目指す必要がある。

しかし、バンコクの下水道施設は単一の機関によって管理されていない。各家屋の腐敗槽及び排水設備と排水管は PWD(建築物)の管轄であり、また、各家庭排水及び道路排水を受入れる道路の排水管渠(2次排水管網)も PWD(道路)の管轄である。一方、雨水吐き室、遮集管渠、下水処理場の建設と管理は DDS が行っている。そこで、下水道に関する全てのサービスは単一の機関の下にまとめること、それが難しい場合は関係機関の密接な協力関係の構築が必要である。少なくとも以下の管理上の課題について、既設排水管網を調査し、改善策を構築する必要がある。

- i) 管路の情報管理 (下水道台帳の整備等)
- ii) 管路の現状把握 (既設排水管渠の劣化状況の把握)
- iii) 管路の流下能力把握 (既設集水区域の流下能力調査)

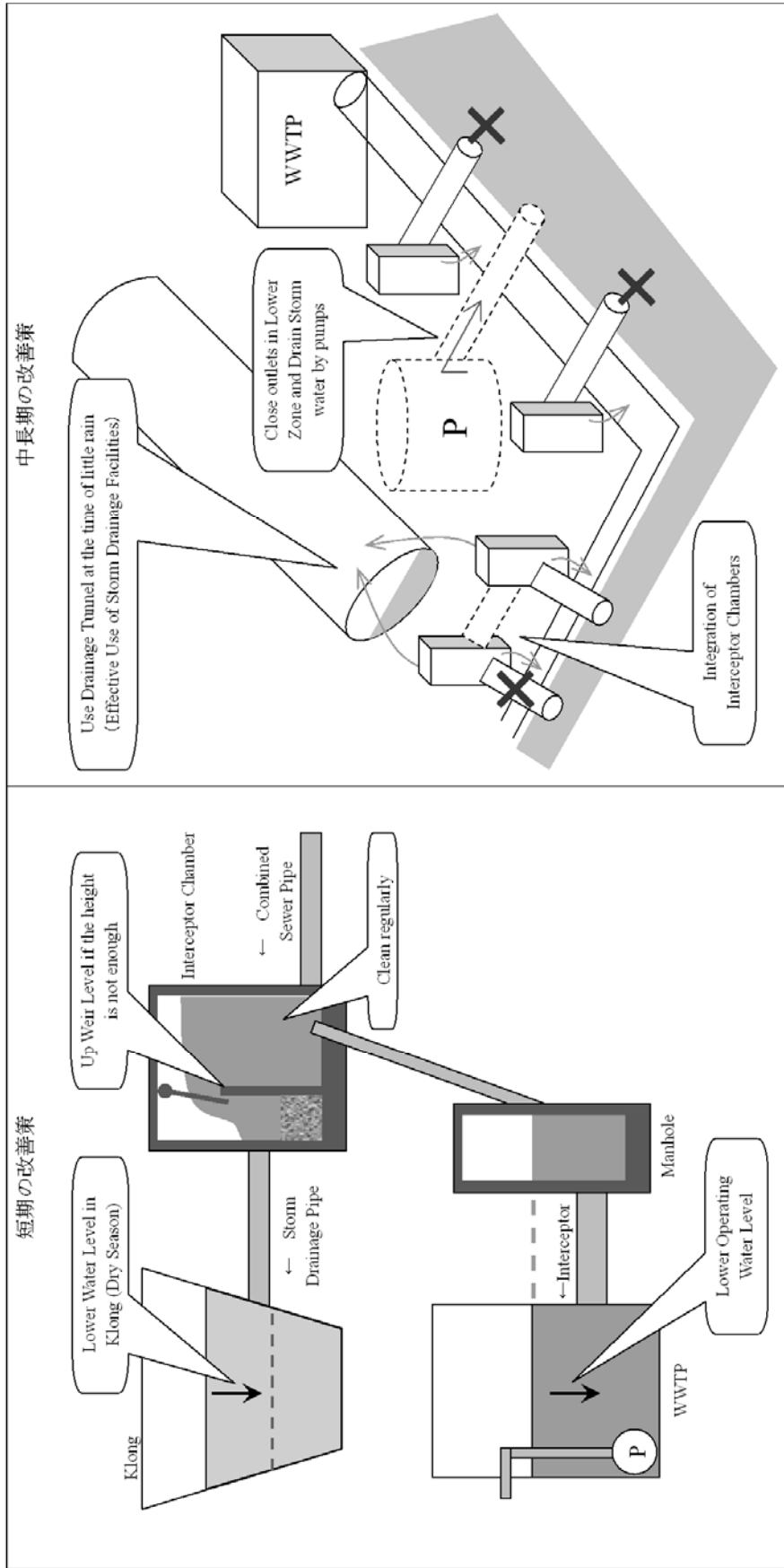
(7) 短期、中長期の整備・改善方針

遮集式下水道の課題への改善策として、短期に実施すべき事項、中長期的に実施すべき事項を表 4.2.3 と図 4.2.8 に示す。

表 4.2.3 短期、中長期別の遮集式下水道の改善策

下水道区域	短期	中長期
既設処理区	<p>(遮集式のまま)</p> <p>【ハード面】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 流末ポンプ場 (処理場) の運転水位を下げる。 ・ 定期的に雨水吐き室内を清掃する (特にオリフィスとフラップゲート)。 ・ 全ての雨水吐き室の構造を検証し、晴天時に越流する箇所は堰高の改善を図る。 ・ 乾季における運河制御水位を下げる。 <p>【ソフト面】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 未処理下水収集対策協議機関の設置 ・ 既設排水管網の改善調査 	<p>(標準型下水道)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 雨水吐き室、吐き口の統合、廃止。 ・ 自然排水区とポンプ排水区のカテゴリ分け。(放流先の水位が高い区域はポンプ排水区とする) ・ 浸水対策施設の有効利用 (Deep Tunnel 等の少雨時利用)
新設処理区	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雨水吐き室、吐き口の数を可能な限り統合する。 ・ 雨水吐き室の設置位置、高さを運河の管理水位より上げる。 ・ 晴天時越流しない雨水吐き室構造を設定する。 ・ 一部地域で分流式下水道を導入する。 	同上

出典: 調査団



出典: 調査団

図 4.2.8 既設処理区の短期及び中長期改善策の概念図

戦略 1.2 し尿処理及び腐敗槽汚泥処理の適正化

(1) し尿処理施設管理の強化

腐敗槽は、し尿を嫌気性処理する施設で、上澄水が運河へ排出される。沈殿槽または浸透式のタンクが多く採用されており、有機物の処理能力は嫌気性消化槽と同等で BOD 除去率 50 % と推定できる。汚泥の引抜きは、3.4.3 節「腐敗槽等関連施設」で記したように、全く引抜かない施設が 50 %、1 年～3 年以上の間隔で引抜く施設が 50 % である。このため、経年的に汚泥がタンク内に蓄積すると、タンク内の処理容量が減少し、汚泥が流出し易くなり、運河への汚濁負荷および病原性細菌の要因となる。また、商業施設等の大規模事業場では、排水量が多く水環境への影響が大きい。下水道が普及しても、し尿処理施設が残置されるので、上澄水に起因する汚濁物が下水管内に堆積し、臭気の発生や雨天時の CSO の原因となる。従って、定期的に汚泥を引抜くなど、腐敗槽を適切に管理することが不可欠である。

下水処理区域外で排水基準が適用される事業場については、排水の実態をモニタリングし、悪質排水を排水する事業場に処理施設の改善命令等の指導を行なうことが重要である。下水道処理区域内の事業場については、後述する戦略 1.3 に示す下水排除基準を定め、定期的に排水の状況をモニタリングし、悪質排水を排水する事業場に下水道条例に基づく改善命令等の指導を行なう。

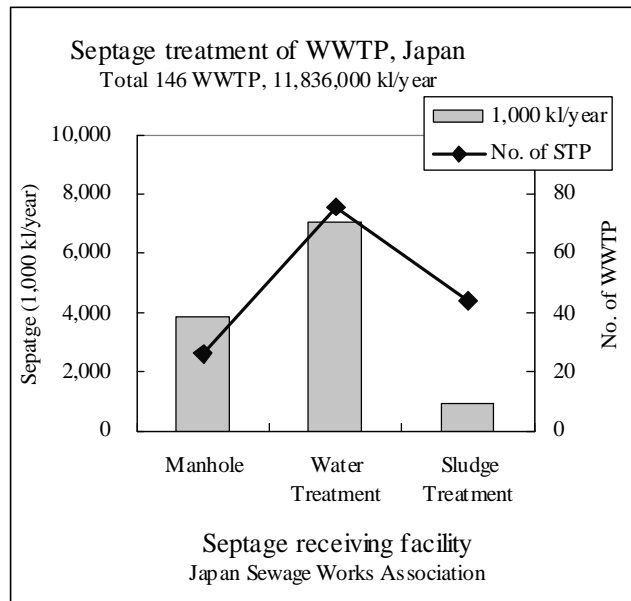
(2) 腐敗槽汚泥の下水処理場受入れ

腐敗槽汚泥は、嫌気性分解が進んでいるので、On Nuch 汚泥処理場の処理状況に見られるように、活性汚泥処理法によっても処理水質が悪い。河川へ放流するし尿処理施設では、窒素除去と高度処理（凝集分離・砂ろ過・活性炭吸着、または限界ろ過膜）を組み合わせた処理方式が採用されている。日本の大都市では公共下水道が普及しており、図に示すように、下水処理場へ受け入れて下水と合併処理する方法が一般的である（図 4.2.9 参照）。受け入れた汚泥は、下水により希釈・処理し、分離された汚泥を脱水処理する。

（下水道への受入れ方法）

- 管路施設（マンホールへの投入）
- 水処理施設（沈砂池への投入）
- 泥処理施設（消化槽への投入）

夾雑物を除去しないと、ポンプ、攪拌機、配管類の閉塞の原因となるので、汚泥投入・スクリーン施設を設けて下水道へ受け入れることが、技術的にも経済的にも合理的である。汚泥投入施設は、既存の下水処理場や周辺住宅環境に支障を与えない場所が適切である。



出典: 調査団

図 4.2.9 下水道による腐敗槽汚泥処理

表 4.2.4 腐敗槽汚泥・浄化槽汚泥の水質

単位: mg/l

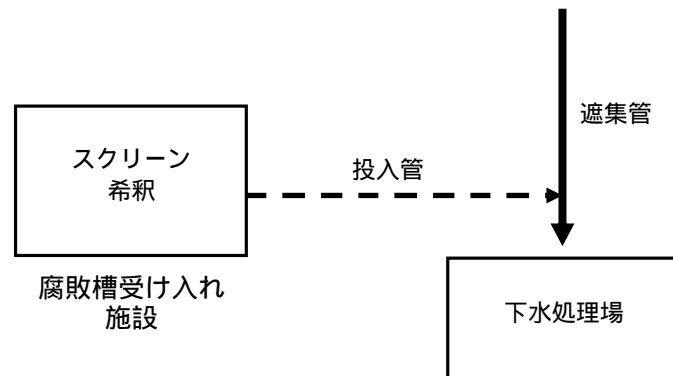
水質項目	On Nuch 腐敗槽 汚泥濃度	し尿消化脱離液 濃度範囲 (平均値)	浄化槽汚泥濃度 (平均値)
SS	-	120 ~ 3,700 (1,460)	12,000
COD (Mn)	8,000 ~ 12,000	1,750 ~ 3,570 (2,240)	4,000
BOD	6,000	711 ~ 6,340 (1,900)	6,000
T-N	-	2,900 ~ 3,910 (3,210)	1,000
T-P	-	161 ~ 275 (235)	500

注: On Nuch 腐敗槽データの COD は COD(Cr)

出典: DDS、し尿消化脱離液と浄化槽汚泥の濃度は日本下水道事業団業務部報告書から引用

腐敗槽汚泥は、次の方法で下水道へ受入れる。

- きょう雑物は、腐敗槽汚泥投入施設のスクリーンで除去する。
- BOD、SS、T-N、T-P とともに、下水水質と同等となるよう希釈し、遮集管または処理施設へ投入する。希釈水は、下水処理水を利用する。



出典: 調査団

図 4.2.10 腐敗槽汚泥受け入れ模式図

(3) 腐敗槽汚泥の受け入れ効果

下水処理場で腐敗槽汚泥を受け入れることにより、次の効果が期待できる。

- 腐敗槽汚泥を適切に処理することで、水環境への負荷を減らせる。
- 腐敗槽汚泥処理施設と下水処理施設の共通設備（水処理施設、汚泥処理施設）について、二重投資をなくすることができる。
- 腐敗槽汚泥処理施設のろ過設備やオゾン処理設備などの老朽化した設備の更新が不要となる。
- 汚泥受入れ施設を複数の下水処理区内に設けることにより、小型タンク車（ 2 m^3 、 3 m^3 ）から大型タンク車（ 10 m^3 ）への積み替えが不要となり汚泥収集効率が高くなる。また、既存の2ヶ所の汚泥処理施設から、複数の下水処理区内に分散することで、タンク車の走行距離が短くなる。
- 下水処理場の流入水質（BOD、SS）が高くなり、既設の水処理機能を活用することができる。

戦略 1.3 事業場排水対策の実施

下水処理区内には、レストラン、食品加工・市場、病院、ガソリンスタンド、クリーニングなど様々な事業場がある。これらの事業場は、高濃度の有機物や、生物処理が困難な油分・重金属、高温の排水などを下水道に排水する。これらは、下水管の閉塞、コンクリート構造物の腐食や水処理機能の低下の原因となる。これにより下水処理場が排水基準（2010年6月公布）に適合しない処理水を排水する場合には、下水道管理者の責務を問われる要因となる。

このため、下水道へ排水する事業場については、製造工程、排水の水質、除害処理施設の有無などの情報を把握するとともに、公共下水道への届出、除害施設の設置義務、下水道への排水基準（下水排除基準）を課すことが制度化される必要がある。下水道条例によって、下水排除基準、除害施設の設置義務・届出、立入り検査基準および排水管理体制を基

準化することで、法的権限を有することが可能となる。下水道における事業場排水対策の事例を次に示す。

(1) 水質規制の目的

事業場排水対策は、下水道を適切に機能させるために、事業者に対して規制するものである。

- i) 下水道施設の保全
下水道施設の多くはコンクリートできており、強い酸性排水で腐食し、道路の陥没などの事故につながる。下水中の浮遊物や油脂類が下水管を閉塞させ、汚水が溢水する原因となる。シアン化合物や硫黄化合物を含んだ排水が流されると、有毒ガスが発生して、下水管内の清掃作業を危険な状態にさらす。
- ii) 下水処理機能の保全
下水は、微生物を利用して処理する。毒物の流入や pH の急激な変化により、微生物に影響を与えて処理機能を阻害する。
生物処理では、有機汚濁物質以外は処理が困難である。また、高濃度の有機物質では、処理が不十分になる。下水処理の能力を超える物質を含む下水が流入すると、十分に処理されないままの汚水が海や川などの公共用水域へ放流されることになり、水環境を汚染する原因となる。
- iii) 下水道資源の有効利用
処理水の再利用、污泥消化ガス、熱エネルギーや污泥焼却灰等を有効利用することにより、省エネルギー・資源リサイクルに貢献している。汚水に有害物質が含まれていると、処理水に残留し、あるいは污泥に濃縮されるため、その有効利用が難しくなる。

(2) 事業場排水対策で規定する事項

事業場排水対策として次の事項を規定する。

- i) 排除基準(下水道に汚水を流す水質の基準) (表 4.2.5 参照)
- ii) 届出、採水ます・施設の構造に関する審査基準
- iii) 水質の測定と記録、報告、立入り検査
- iv) 除害施設の設置等
製造工程の変更、廃液の回収等の発生源での除害措置
排水を処理する除害施設等の設置
- v) 排水管理体制
排水管理責任者の選任
運転管理、記録作成等の除害施設等の管理体制の確立
- vi) 排水管理に関する知識の共有
従業員の意識向上を図り、事業場が一体となって取り組むことが必要である。汚水の発生源での除害措置を徹底し、排水設備を適切に管理することを指導する。

表 4.2.5 下水排除基準（例）

対象物質又は項目		平均排水量(50m ³ /日以上)		平均排水量(50m ³ /日未満)		
有害物質	カドミウム	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下	
	シアン	1	mg/l 以下	1	mg/l 以下	
	有機燐	1	mg/l 以下	1	mg/l 以下	
	鉛	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下	
	六価クロム	0.5	mg/l 以下	0.5	mg/l 以下	
	砒素	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下	
	総水銀	0.005	mg/l 以下	0.005	mg/l 以下	
	アルキル水銀	検出されないこと		検出されないこと		
	ポリ塩化ビフェニル	0.003	mg/l 以下	0.003	mg/l 以下	
	トリクロロエチレン	0.3	mg/l 以下	0.3	mg/l 以下	
	テトラクロロエチレン	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下	
	ジクロロメタン	0.2	mg/l 以下	0.2	mg/l 以下	
	四塩化炭素	0.02	mg/l 以下	0.02	mg/l 以下	
	1,2-ジクロロエタン	0.04	mg/l 以下	0.04	mg/l 以下	
	1,1-ジクロロエチレン	0.2	mg/l 以下	0.2	mg/l 以下	
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4	mg/l 以下	0.4	mg/l 以下	
	1,1,1-トリクロロエタン	3	mg/l 以下	3	mg/l 以下	
	1,1,2-トリクロロエタン	0.06	mg/l 以下	0.06	mg/l 以下	
	1,3-ジクロロプロペン	0.02	mg/l 以下	0.02	mg/l 以下	
	チウラム	0.06	mg/l 以下	0.06	mg/l 以下	
シマジン	0.03	mg/l 以下	0.03	mg/l 以下		
チオベンカルブ	0.2	mg/l 以下	0.2	mg/l 以下		
ベンゼン	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下		
セレン	0.1	mg/l 以下	0.1	mg/l 以下		
ほう素及びその化合物	河川放流	10	mg/l 以下	10	mg/l 以下	
	海域放流	230	mg/l 以下	230	mg/l 以下	
ふつ素及びその化合物	河川放流	8	mg/l 以下	8	mg/l 以下	
	海域放流	15	mg/l 以下	15	mg/l 以下	
環境項目	総クロム	2	mg/l 以下	2	mg/l 以下	
	銅	3	mg/l 以下	3	mg/l 以下	
	亜鉛	2	mg/l 以下	2	mg/l 以下	
	フェノール類	5	mg/l 以下	-	-	
	鉄（溶解性）	10	mg/l 以下	-	-	
	マンガン（溶解性）	10	mg/l 以下	-	-	
	生物化学的酸素要求量（BOD）	一般事業場	600	mg/l 未満	-	-
		製造業・ガス	300	mg/l 未満	-	-
	浮遊物質（SS）	一般事業場	600	mg/l 未満	-	-
		製造業・ガス	300	mg/l 未満	-	-
ノルマルヘキサン抽出物質	鉱油	5	mg/l 以下	-	-	
	動植物油	30	mg/l 以下	-	-	
窒素	120	mg/l 未満	-	-		
燐	16	mg/l 未満	-	-		
等	水素イオン濃度（pH）	一般事業場	5 を超え 9 未満	5 を超え 9 未満		
		製造業・ガス	5.7 を超え 8.7 未満	5.7 を超え 8.7 未満		
	温度	一般事業場	摂氏 45 度未満	摂氏 45 度未満		
		製造業・ガス	摂氏 40 度未満	摂氏 40 度未満		
沃素消費量	220	mg/l 未満	220	mg/l 未満		

出典: 日本の一般的な都市の例

戦略2 下水道システムの普及拡大による水環境改善

戦略2.1 下水道システムの普及拡大

(1) 下水処理区域の再編

既存の処理区について、計画下水量と下水処理場の処理能力、流入水量実績をレビューし、下水処理場の処理能力の余裕・増設可能性を検討する。可能性のある処理場については、隣接処理区と下水量を再配分し、新規処理区の建設コストを抑える。

具体的には、Din Deang 下水処理場等の余裕を活用し、処理区の再編と拡大を検討する。詳細は第5章を参照されたい。

(2) 省面積型・省エネルギー型下水処理方式の採用

BMA は、既成市街地での処理場用地の確保に苦労しており、事実上用地確保の成否が下水処理事業の実施の決め手となっている。その結果、用地の効率的な活用を迫られ、エネルギー効率を犠牲にした多階層式あるいは地下式下水処理場が建設されてきた。

バンコク都下水処理場の敷地面積当りの処理能力は、Si Praya 下水処理場など3ヶ所の下水処理場で、100,000 m³/日/ha 以上となっている。これらの処理場の値は、日本でも最も稠密な処理場である東京都落合下水処理場(450,000 m³/日で8.5ha、53,000 m³/日/ha)の値に比較しても2倍近く大きく、いかに狭隘な用地に処理場が建設されているか理解できる。

このため、公共用地の計画的有効利用などについて関係機関・施策と総合調整を図る他、処理場用地の先行的確保に努める必要がある。やむを得ず限られた用地しか確保できない場合には、要求される処理水準を満たし、なおかつ省エネルギー、地球温暖化防止に資する処理法を選定することが必要である。このため、施設がコンパクトになる新下水処理方式(例えば、担体添加式活性汚泥法、膜分離活性汚泥法等)の採用や省エネルギー技術やエネルギー回収技術(小規模水力発電設備等)の採用を検討する。また、このような観点から、汚泥処理法においては、都心の用地の限られた下水処理場では汚泥処理施設を極力持たず、用地にゆとりのある郊外の下水処理場で、汚泥処理のスケールメリットを生かした汚泥の集約処理処分を行うことは有効である。

戦略2.2 分流式下水道パイロットプロジェクト

分流式下水道は、遮集式下水道(タイ式合流下水道)の改善の有効な手法である。新市街地開発事業では、分流式下水道を整備することが容易であるので、バンコク都下水道の技術的・制度的モデルとなるようにパイロットプロジェクトを選定する。

プロジェクトサイト(パイロットプロジェクトの効果を評価しやすいサイト)

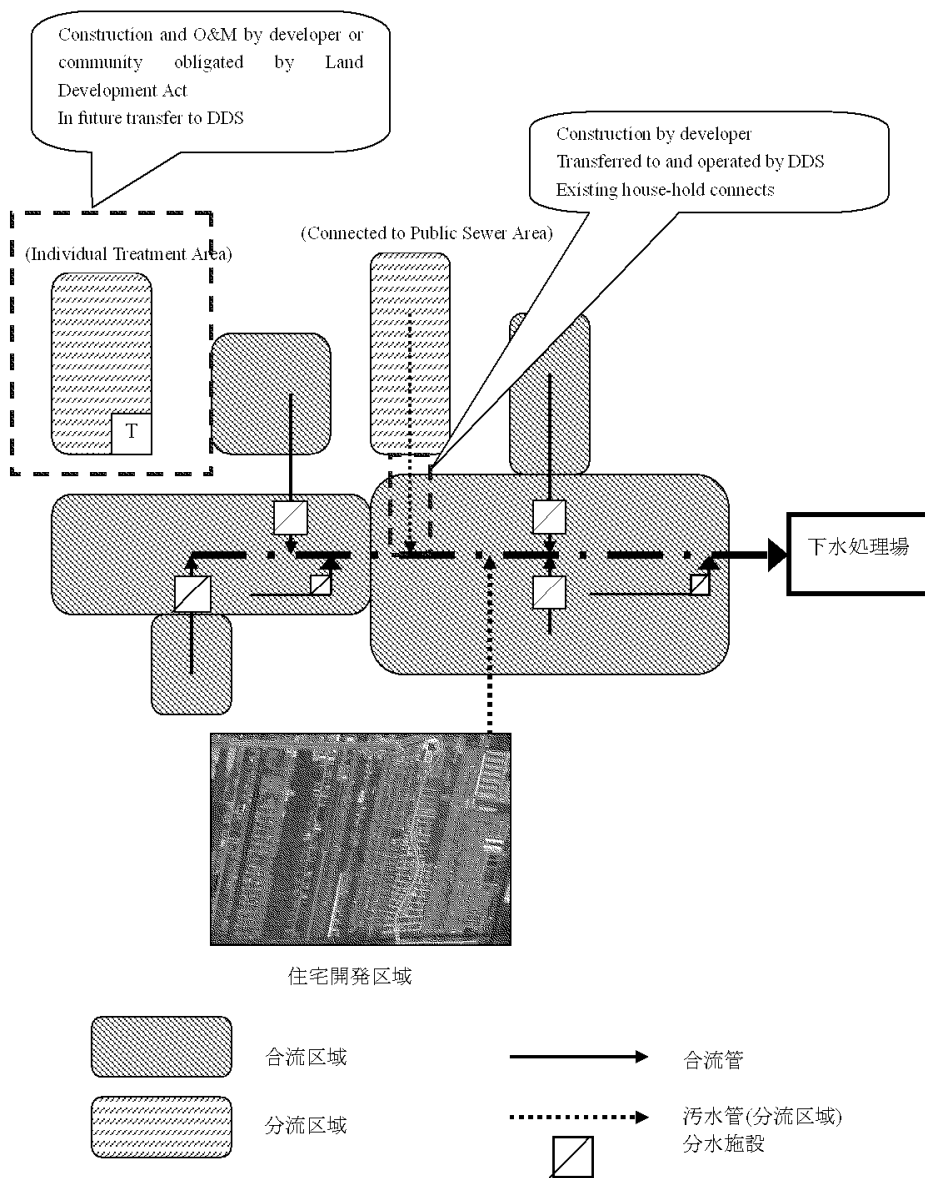
- 新規に整備する処理区で、新市街地開発事業の住宅・商業地区（単独処理場）
- 事業中の新市街地開発事業で、公共下水道で汚水を受け入れることが時間的に可能である既存の処理区（既設遮集管に流入）
- 雨天時越流水対策が実施できる遮集管に近接する開発プロジェクト（既設遮集管に流入）
- ごみ、油を下水管へ流さない、下水処理料金の負担など、下水道への理解が醸成され、他の区域の模範となる地区

技術的要件

宅内の排水設備が、分流式で整備されること（排水設備の技術的要件）
 遮集管内の流速は、下水中の固形物の堆積を防止する流速を確保できること。下水管内に自由水面を有する揚水ポンプの運転を行なうこと。
 遮集管で収集した下水を、雨水吐き室を経由せずに、処理場へ送水すること。
 処理場は、放流基準を満足する処理が行なえる処理施設の構造であること。

制度的要件

建築基準法（Building Control Act B.E. 2515）：個別処理施設の設置または公共下水道への接続の何れかを義務付ける規定に変更されること。
 し尿処理：し尿を含む汚水の公共下水道への接続を、義務付けること。下水道条例に規定する。
 下水道条例：都市再開発プロジェクトおよび新市街地開発事業等は、下水道計画（汚水処理、雨水排除）について下水道部局と協議する義務を負うこと。
 開発指導：開発者の負担でもって下水管路施設を建設し、下水道管理者（DDS）へ施設を引き継ぐことができること。法的根拠を、開発指導条例または下水道条例に規定する。



出典: 調査団

図 4.2.11 新市街地における下水道整備

戦略3 下水道サービス水準の向上

下水道は、公衆衛生の改善、水質保全や雨水排除のみならず、都市活動によって排出される汚濁物（有機物）を自然に帰す循環機能としての役割を有している。下水処理水や下水汚泥は、日々都市内で発生するもので、資源として利用することで、リサイクル社会や地球温暖化防止に貢献する。食用油を下水道から流出させないCSO対策や下水処理水・雨水の質に応じた中水道としての利用は、住民の理解が不可欠である。下水道の様々な役割とサービス水準を向上させるための方策を提案する。

(1) 下水処理水の再利用

バンコクでは、下水処理水を街路樹等の散水や修景用水として積極的に利用している。地下水の過剰な汲み上げに対して地下水利用を規制しており、乾燥した晴天が続く乾期には、BMAの施策であるGreen Area & Beautiful Parksの水源として活用されている。



写真 4.2.9 下水処理水再利用（タンク車）



写真 4.2.10 下水処理水の修景利用

下水処理水利用については、灌漑用水利用のみならず、地下水の代替水源として、空調設備の冷却水や都市開発プロジェクトと連携した雑用水利用などの中水道としての利用が期待できる。下水処理水の冷却水利用は、水が空気より熱交換効率が高く空気への放熱が少ない利点を有していることから、衛生面を考慮した設備運転により、地球温暖化対策に寄与することが期待できる。

(2) 下水汚泥資源の利用

Nong Khaem 下水処理場では市内の下水処理場の脱水汚泥を受入れ、消化、脱水している。回収した消化ガスを自動車エンジンを使った低コストの自家発電設備に使用する実験が行われている。また、脱水汚泥は隣接のコンポスト化施設で処理し、街路樹や公園の土壌改良材として利用している。写真に見られるように、コンポストの野積み場では、全量のコンポストが引き取られている。



写真 4.2.11 消化ガス発電機
(トラックエンジン・モーター直結)



写真 4.2.12 下水汚泥コンポスト化施設

しかし、今後の下水道の普及に伴って、下水汚泥処理処分の課題が深刻化することが予想される。

汚泥量の増加

下水道の普及による処理水量の増加、遮集システムの改善による遮集下水量の増加、腐敗槽汚泥の処理により、下水道で発生する汚泥量が増加する。

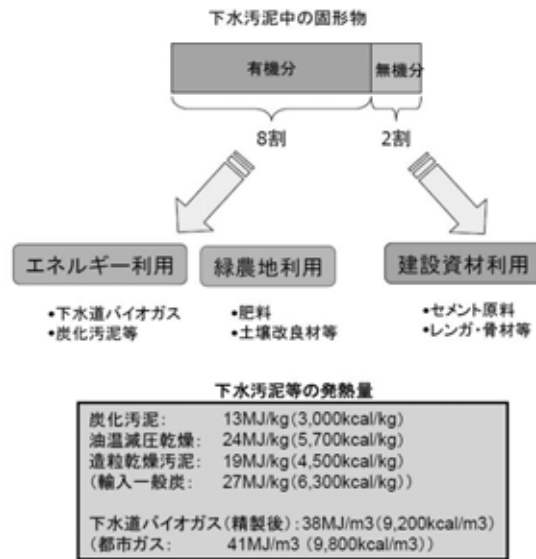
汚泥中の有害物質

下水汚泥には、重金属や化学物質が含まれており、緑農地利用を行なう場合には有害物質の挙動に関するモニタリングが不可欠である。もし汚泥がこれらの物質を限度以上含んでいれば、緑農地利用はできない。諸外国の経験からも、コンポストや土壌改良材としての利用は、限定的である。

都市ごみのコンポスト化

バンコク都では、都市ごみをコンポスト化し緑農地利用が行なわれている。これは、将来、下水汚泥のコンポスト化と競合する分野になる。

今後の下水汚泥資源利用の方向性としては、有機成分の割合が低めではあるが、下水汚泥の燃料価値に着目してバイオガスや固形燃料化としての利用、都市ごみと混合処理してバイオガスを回収する方法、また、乾燥汚泥を石炭ボイラーやバイオマスボイラーを有する事業場に送り、工場内の電力・蒸気として利用する方法なども考えられる。以下、図 4.2.12 に日本の事例を紹介する。



出典：循環のみちの実現に向けて
(国土交通省下水道部, 2007)

図 4.2.12 下水汚泥の資源価値

(3) 地球温暖化対策

BMAの気候変動対策アクションプラン（地球温暖化削減行動計画）では、3.2.2節に示すように、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、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。

下水道における地球温暖化ガス削減の要点を次に示す。

対象とする主要な地球温暖化ガスは、CO₂、CH₄、N₂Oの3種類

機器の運転等のエネルギー効率を改善することにより、消費エネルギーに由来する温暖化ガスを削減する。

処理施設の改善により、下水および汚泥の処理過程で発生するCH₄、N₂Oを削減する。

下水道資源を有効利用することで、電気・燃料の消費量を削減する。

バンコクにおける気候変動対策は、管路施設及び処理施設での対策による直接的な効果に加えて、下水資源利用、腐敗槽汚泥処理（環境局）や広報・広聴など関係部局と連携することにより、広汎な気候変動対策の効果が期待できる。下水道における対策を表 4.2.6 に示す。

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

下水道施設	地球温暖化対策の効果事例
管路施設	未処理下水を収集することによる運河での CH ₄ 発生量の削減することにより、温暖化係数の差 (CH ₄ /CO ₂ = 21) による効果
処理施設	揚水ポンプの揚程を適切に設定することによる省エネ設計
	省エネ機器の採用
	反応タンク供給空気量のコントロールによる省エネ運転
処理水の有効利用	反応タンクの嫌気・好気運転を適切に設定することによる N ₂ O の抑制
	下水処理水の雑用水利用による水道水の削減
下水汚泥の有効利用	下水処理水を冷却水利用することによる熱交換エネルギーの削減
	消化ガス発電による創エネルギー
腐敗槽汚泥の受入れ	汚泥の燃料化による代替燃料の削減
	埋立処分の発生 CH ₄ を燃料利用の CO ₂ に置換することによる温暖化係数の差 (CH ₄ /CO ₂ = 21) による効果
腐敗槽汚泥の受入れ	腐敗槽汚泥処理施設と下水処理場のエネルギー効率の差によるエネルギー消費量削減
	汚泥輸送タンク車の走行距離の削減
広報・広聴	食用油や排水量の削減など環境負荷を削減するキャンペーンによるエネルギー・電力使用量の削減

出典: 調査団

戦略4 下水道事業経営の改善

戦略4.1 経営改善

下水道は、施設整備と維持管理に多額の資金を要する。事業の継続性の面で最も重要なことは財務的な継続性である。下水道経営を持続可能とするためには、建設費・維持管理費および将来の設備更新コストを把握すること、建設・維持管理コストを削減すること、さらに下水道利用者に負担を求めることである。建設費・維持管理に対する財政のあり方や住民の負担水準を検討し、下水道の役割や水環境改善効果を理解することで、住民の理解が得られる。

(1) 資本費用の財源

(A) 可能な財源

下水道マスタープランを実施するための財源の規模は莫大である。今までは全ての下水処理場と下水道は中央政府の交付金とBMAの資金により建設されてきた。事業実施を促進するため、代替の財源を確保することが重要である。いくつかの選択肢をここで説明する。

- ・中央政府予算の配分： 環境基金が設置される以前、下水道事業は中央政府の予算配分によって賄われていた。現在もこの役割が継続されると期待されている。
- ・BMA 予算の配分： BMAはBMA1プロジェクトにおいて中央政府と費用分担を行い、その時は費用総計の25%を負担した。将来のプロジェクトにおいても同様な措置が可能である。
- ・環境基金： Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act (NEQA, 1992)の下、下水道事業を含む環境インフラを賄う環境基金が設立された。この基金は、(i)燃料油基金からの譲渡、(ii)環境開発と生活の質基金からの譲渡、(iii) NEQA の下徴収された料金と罰金、(iv)政府出資、(v)寄付金、(vi)この基金が獲得した利子、(vii)その他から成っている。
- ・国際融資機関： 国際金融公社（世銀の下部組織）のような国際融資機関が投資を行うことができる。このような融資は額が重要であるのではなく、むしろこのような融資を引き出せたことでプロジェクトの信頼性を高めることにあり、民間の投資を引き付けることにある。
- ・開発機関からの ODA： このマスタープランの実施の財源として、2 国間あるいは多国間の開発機関の無償資金あるいはローンを利用できる。
- ・民間： Private Sector Participation Act (1992)によると、現在では民間が公共サービスに参加することが可能となっている。しかし、費用を完全に回収できる料金が欠如しているため、直接的な投資が阻まれている。投資を引き付けるために PFI の手法が適用できる。PFI

は商業銀行の融資よりも高額となるが、官が運転する資産についてはリスクを負わないということに留意すべきである。

(B) 資本費用の回収

多国間開発機関の多くは下水道事業では費用全額の回収を推奨しているが、タイのような経済状況においては適切な方法とは言えないであろう。

BMRの下水道行動計画とF/S(ADB, 1996年6月)では管理費と維持管理費および資本費用の一部の回収を求めている。しかし、これまでのところBMAの下水道施設では資本費用の回収は行われたことが一度もない。ベトナムのような近隣諸国においても同じような状況である。加えて、東洋的な社会の価値観では、下水道サービスは社会的インフラと考えられている。そこで、資本費用回収は近々には推奨しないものとする。しかし、次のマスタープランの見直し時には資本費用の一部回収を検討すべきである。

(2) 下水道料金制度

一方、運転費用の回収は業務の継続のためには必須である。今日まで、BMAは下水道料金を導入していない。下水道料金はできるだけ早期に導入することを推奨する。

汚染者負担の原則に基づいた使用料の調査がかなり以前に行われている(Wastewater Tariff Feasibility Study, BMA, 1998, タイ語)。その後、PCDとWMAが2000年に同様な調査を行っている。この概念はタイにとって新しいものであり、いまのところPattaya, Sansuk, Patong, Hatyaiといった数都市でこれを採用しているにすぎない(Environmental Financing Strategies: User Charges in the Wastewater Sector in Thailand, W. Simachaya, paper for OECD workshop in Malaysia, 2003)。これらのなかで、PattayaとHatyaiでは土地税の一部として下水道料金が科されている。

2004年BMAは「下水道料金に関する条例(BMA ordinance: Collected Wastewater Tariff, 2004)」についてBMA議会と内務大臣からの承認を得ている。この条例では、BMAが下水道処理区を設定した場合、BMAはその区域に居住する全員に下水道料金を払うように求めることができるとなっている。料金は水道使用量を対象とする。水道を使用していない場合でも下水道料金を払わなければならない。提案されている料金を、水道使用量上乘せの場合を表4.2.7に、水道を使用していない場合を表4.2.8に示す。なお、料金制度の適用後の経過措置として、住居に対しては、3年間は1 Baht/m³据え置き、その後6ヶ月毎に0.25 Baht/m³ずつ上げて5年間で全面的に適用する方針である。BMAは2004年から下水道料金を導入する意図をもっていたが、現在に至るまで実行されていない。

この料金(案)体系は、住宅、公共施設、小規模の商業・レストランについては、維持管理費に相当する料金水準であり、商業施設、多目的ビル、工場等については、維持管理費に加えて、資本費の一部を回収できる料金水準である。

表 4.2.7 提案された下水道料金

使用者の区分	下水道料金 (Baht/m ³)
水道使用量 10 m ³ /月を超える住居	2
政府の省庁、国家機関、事務所	2
宗教機関、教育機関、公共の財団	2
病院	4
ホテル	4
商業施設、デパート	4
生鮮市場	4
レストラン 面積 100 m ² 未満	2
面積 100 m ² 以上	4
マッサージ店、入浴施設	4
商業/業務 面積 100 m ² 未満	2
面積 100 m ² 以上	4
多目的ビル	4
工業 排水量 200 m ³ /日未満	4
排水量 200 ~ 500 m ³ /日	6
排水量 500 m ³ /日超	8
その他	4

出典：Wastewater Tariff Code of Law, BMA, 2004

表 4.2.8 水道メーターの無い汚水発生源の下水算定式
(1 カ月 30 日として計算)

下水発生源	下水量の算定式
1. 使用量 10 m ³ /月以上の住居	居住人数(人) × 0.30 m ³ /日
2. 政府の省庁、国家機関、事務所、庁舎	職員数(人) × 0.10 m ³ /日
3. 宗教機関、教育機関、公共の財団	参加者数(人) × 0.1 m ³ /日
4. 病院、診療所	ベッド数(床) × 0.75 m ³ /日
5. ホテル	部屋数(室) × 0.80 m ³ /日
6. 商業施設、デパート	商業施設面積(駐車場を除く)(m ²) × 0.005 m ³ /日
7. 生鮮市場	商業施設面積(駐車場を除く)(m ²) × 0.020 m ³ /日
8. レストラン	総面積(m ²) × 0.075 m ³ /日
9. マッサージ店、入浴施設	部屋数(室) × 0.80 m ³ /日
10. 商業、会社	総面積(m ²) × 0.005 m ³ /日
11. 多目的ビル	商業施設面積(駐車場を除く)(m ²) × 0.005 m ³ /日
12. 工場法による工場	従業員数(人) × 0.30 m ³ /日
13. その他	使用面積(m ²) × 0.005 m ³ /日

出典：DDS

料金は2004年に提案されたものであるため、物価上昇を反映するように見直す必要がある。料金は3年ごとに見直すことを推奨する。

下水道料金はMWAの請求書とともに徴収されることとなっている。WQMDのデータベース・料金徴収課によると、MWAとの協定はいまだに調印されていない。MWAは使用者についての膨大なデータを持っているので、これをBMAの請求目的に使用することは論理的

である。しかし、水道料金では住居系、非住居系といったただ 2 つの区分しかないということに注意しなければならない(MWA Annual Report, 2009)。一方、提案された下水道料金は使用者に多くの区分を設けている。この問題を解決するために、WQMD のデータベース・料金収集課では提案されている下水道料金の区分に基づいた使用者のデータベースの開発練習を行っている。

受容可能性

効率的な下水道システムを開発し運転していくためにはまとまった額の資金が必要とされる。“汚染者負担の原則”の観点から、全ての住民が下流域への環境影響を緩和するための適切な下水処理の費用を分担すべきである。

Bang Sue 下水処理場の処理区域内ではたった 60 %の住民しか下水道料金を払う意思を有しておらず、額は 1.1 Baht/m³でしかなかった(Bang Sue Environmental Education and Conservation Project, Vol 2, 2006)。この値は 2004 年に提案されたものの約半分ではない。

WQMD のデータベース・料金収集課が行った調査は、既存の下水道サービス区域 20 地区を対象として 2,300 のサンプル数で、2010 年 1 月 18 日～2 月 12 日に期間で実施された。

これによれば、住民の 56%が支払い意思を示している(表 4.2.9)。改めて適正支払額を問うと、調査数 2,300 の内 2,186 (95 %) が適正支払額を回答したが、そのうち約 80%の適正支払額は 0.5 – 1.0 Baht/m³ と低い水準にとどまっている(表 4.2.10)。

表 4.2.9 下水道料金の支払い意思

料金の支払い意思	人数	率(%)
支払う	1,290	56
支払わない	1,010	44
合計	2,300	100

出典: DDS

表 4.2.10 下水処理量当たりの適正支払額

料金の適正支払額	人数	率(%)
0.5 – 1.0 Baht/m ³	1,746	80
1.0 – 1.5 Baht/m ³	308	14
1.5 – 2.0 Baht/m ³	132	6
合計	2,186	100

出典: DDS

今回の調査では料金についての調査は後半で行うこととなっている。そこでは最初に O&M コストをカバーするのに必要な料金を算定する。その後、受容可能性について以下の 3 つ

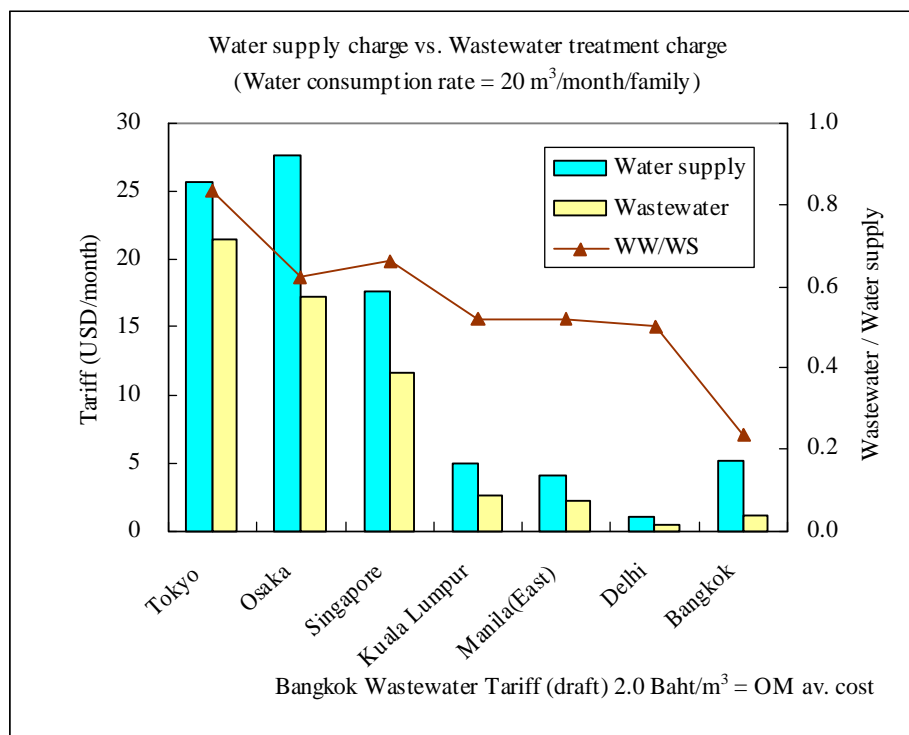
の観点から分析する。

- ・ WHO の 5%原則: WHOは水道と下水道の料金の合計は家計の可処分所得の5%を超えないようにと推奨している。平均の水道料金の月額を考慮して、最大の受容可能な下水道料金を設定する。
- ・ 支払い意思額の調査: この調査では家庭訪問調査が計画されている。調査票を慎重に作成し、下水道サービスおよび清澄な水環境への支払い意思額を見出す。
- ・ 他の料金との比較: 下水道料金を他の公共料金と比較する。これには水道料金、廃棄物処分、電気、電話などを含める。

受容可能な最低額と運転費用の全部を回収できる最低額の料金を比較する。そして、新しい料金体系を提案する。

現在の法律の下では、全ての家屋あるいは所有者は腐敗槽あるいは個別処理施設を建設することが求められている。この法律が改正され、新市街地開発事業等で処理区域内の腐敗槽設置が不要となった場合は、その維持管理費相当分を転嫁することもできると考えられる。

バンコク都の上下水道料金水準は、図 4.2.13 に示すように、アジアの他都市と比較しても低い水準にあり、また MWA 水道料金の約 20%の水準でしかない。

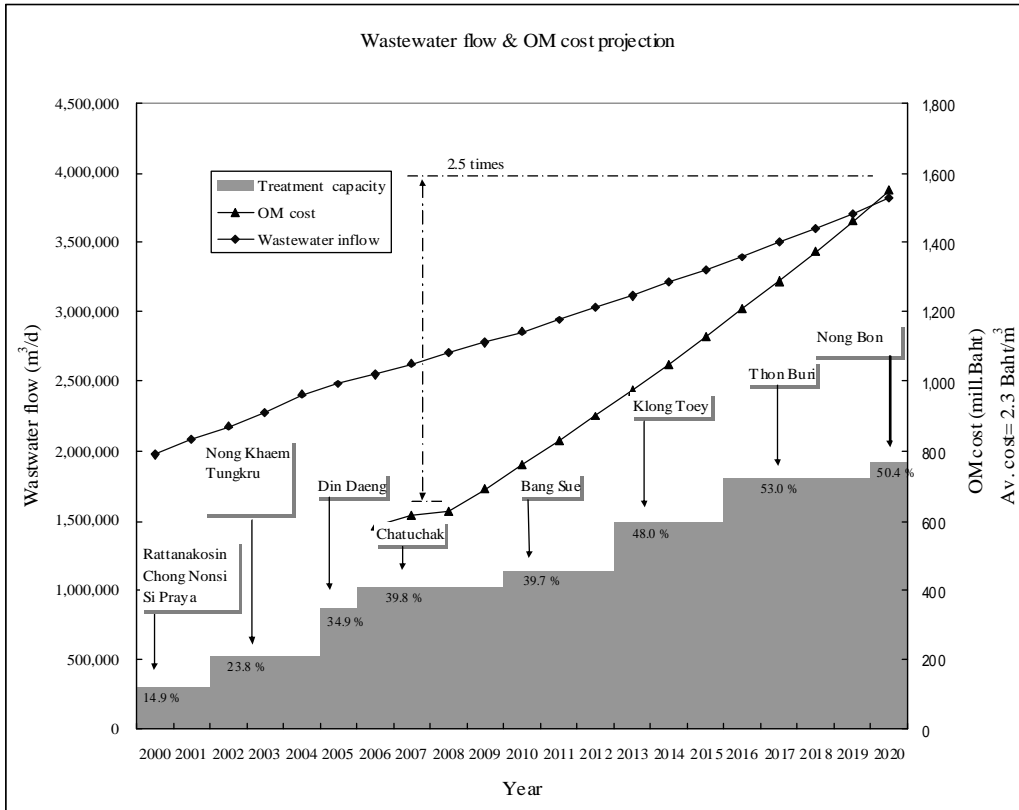


出典: 調査団

図 4.2.13 アジアの都市の上下水道料金水準

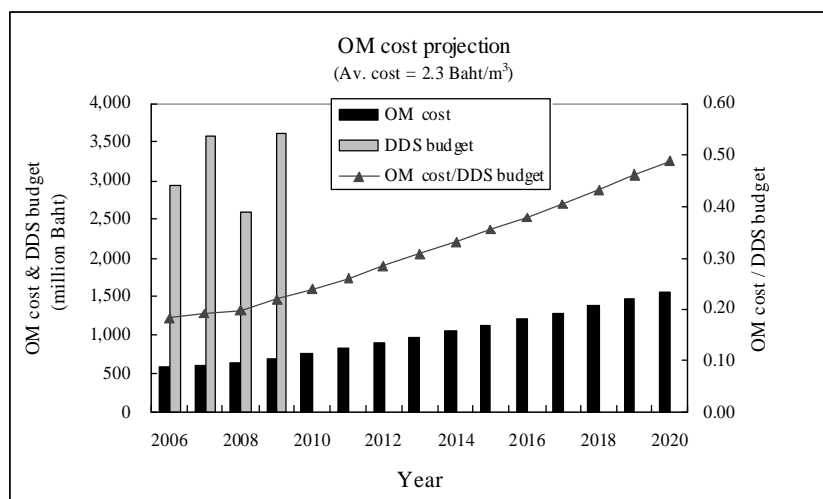
(3) 維持管理費用の試算

下水道整備計画と維持管理コストの実績を使って将来の維持管理コストを試算すると、次図のように下水処理場の供用開始および下水処理水量の増加に応じて、維持管理コストが増大する。過去4年間の維持管理コストが DDS 予算に占める割合は、20%である。維持管理コストは、下水処理水量の伸びに従って増加し、Bang Sue、Klong Toei、Thon Buri、Nong Bon の4 下水処理場が稼働すると約 50%に達すると推測できる。



出典: 調査団

図 4.2.14 下水道整備による維持管理費の推移 (試算)



出典: 調査団

図 4.2.15 維持管理費と DDS 予算の割合

(4) 上水道料金制度

上水道の料金制度は、次図に示すように住居系と非住居系の 2 区分に分けられた逦増性の従量料金制度である。平均的な家庭や小規模事業者に配慮した料金水準とされている。非住居系は、住居系料金に対して、約 30% 高い料金が適用されている。また、下水道料金は、MWA に料金徴収を委託することが政策決定されている。

表 4.2.11 上水道料金体系

住居系		商業、政府機関、工業用	
使用量(m ³)	Baht/m ³	使用量(m ³)	Baht/m ³
0-30	8.50	0-10	9.50
最低料金は 45 Baht		最低料金は 90 Baht	
31-40	10.03	11-20	10.70
41-50	10.35	21-30	10.95
51-60	10.68	31-40	13.21
61-70	11.00	41-50	13.54
71-80	11.33	51-60	13.86
81-90	12.50	61-80	14.19
91-100	12.82	81-100	14.51
101-120	13.15	101-120	14.84
121-160	13.47	121-160	15.16
161-200	13.80	161-200	15.49
200 以上	14.45	200 以上	15.81

出典: 調査団

(5) 処理場設備の改築更新事業

機械電気設備の耐用年数は、およそ 20 年といわれており、継続的に設備の改築・更新事業が繰り返される。1990 年に供用を開始した Si Praya 下水処理場は 20 年が経過しており、ポ

ンプ・スクリーン設備、汚泥脱水機などの老朽化が進んでおり、まもなく更新時期を迎える。続いて現在運転している他の処理場も、順次、更新時期を迎える。処理場の新設と更新事業が同時に進行するので、投資的経費が増加する。中長期的な下水道建設事業費を予測することが必要である。

表 4.2.12 下水処理場建設・更新事業の見込み

下水処理場（供用年）	1990年	2000年	2010年	2020年	2030年	2040年
Si Praya (1994年)						
Rattanakosin (2000年)						
Chong Nonsi (2000年)						
Nong Khaem (2002年)						
Tung Khru (2002年)						
Din Daeng (2004年)						
Chatuchak (2006年)						
Bang Sue						
Klong Toey						
Thong Buri						
Nong Bon						

供用開始 設備の更新

出典: 調査団

(6) 下水道維持管理サービス向上のための指標

業務指標（PIs）は、事業活動の効率性および有効性を評価するために考えられた管理手法である。効率性とは、事業体が所有する資源がサービスを提供する過程でどの程度、有効活用がなされているかで、可能な限り少ない資源で可能な限り多くのサービスを提供することである。有効性とは、サービス水準等の課せられた目標に対してどの程度まで達成できたかである。

PIsは、業務の定量的な評価に効果的であり、類似の他の事業体、同一事業体の過去の履歴および設定した目標に対して、定量的に比較することが可能である。

国際水協会（IWA）は、水道サービスに対する業務指標を構築し、2000年に「Performance Indicator for Water Supply Services」、2003年に下水道サービスに対して「Performance Indicator for Wastewater Services」をそれぞれ発刊した。国際標準化機構（ISO）は、水道・下水道サービスに関連する活動に対して国際規格を構築して、「Guidelines for the Assessment and for the Improvement of the Service to Users: ISO 24510」、「Guidelines for the Management of Wastewater Utilities and for the Assessment of Wastewater Services: ISO 24511」および「Guidelines for the Management of Drinking Water Utilities and for the Assessment of Drinking Water Services: ISO 24512」を2007年に発刊した。

ISO24500s は下水道サービスの事業活動全般を評価し、運営の効率化、サ - ビスの向上を目指したもので、評価に用いるPI が重要な役割を果たすことを期待されている。業務の評価については、業務そのものが複雑でいろいろな切り口での評価が可能であり、その結果数多くのPI が考えられる。また、各国の下水道の役割や歴史的経緯も異なる。適切に評価できるPIsを策定することが望ましい。

日本の下水道における業務指標は、「事業体、システム、地域の背景情報（CI：Context Information）」、「運転管理、ユーザー、サービス、経営、環境の業務指標（PI: Performance Indicator）」および「参考指標」で構成される。日本の指針におけるCIとPIを表4.2.13に示す。

表 4.2.13 CIおよびPI指標（日本の事例）

「背景情報（CI）」			
背景情報（CI: Context Information）とは、地域の法制度や地理的条件、人口、施設の規模や能力等、維持管理に関する事業運営を進めて行く上での条件、環境を表す。この背景情報は全部で25項目あり、次のように分類される。			
(i) 事業体の特徴			
9項目（事業体の名称、地方公営企業法の適用の有無、事業名、事業規模、職員数などに関する情報）			
(ii) システムの特徴			
12項目（行政区域内人口、処理区域内人口、排水人口密度、人口に対する普及率などに関する情報）			
(iii) 地域の特徴			
4項目（年間降雨量、平均気温、2000年の人口を100として2030年の将来人口数、放流先水域の類型に関する各情報）			
「業務指標（PI）」			
業務指標（PI: Performance Indicator）とは、提供した維持管理サービスの結果や水準を定量的に把握・評価するための指標を表す。この業務指標は56項目で、次のように分類される。			
分類番号	業務指標（PI）	算定式	指標の優位性
1. 運転管理（管渠）指標（7項目）			
Op10	施設の経年化率（管渠）	耐用年数超過管渠延長/下水道維持管理延長 × 100	
Op20	管渠調査率	管渠調査延長/下水道維持管理延長 × 100	
Op30	管渠改善率	改善管渠延長/下水道維持管理延長 × 100	
Op40	取付け管調査率	取付け管調査箇所数/取付け管総箇所数 × 100	
Op50	取付け管改善数 （10万ヶ所当り）	取付け管改善箇所数/取付け管総箇所数 × 100,000	
Op60	管渠1km当り陥没箇所数	道路陥没箇所数/下水道維持管理延長	
Op70	管渠1m当り維持管理経費	維持管理管渠費/下水道維持管理延長	
2. 運転管理（水処理施設）指標12項目			
Ot10	主要設備の経年化率	主要設備の経年年数の総計/主要設備の標準的耐用年数の総計 × 100	
Ot20	水処理プロセス余裕率	（1 - 晴天時日最大下水量/晴天時日最大処理能力） × 100	
Ot30	非常時電源確保率	非常時電源確保済みの処理場数/所管の全処理場数 × 100	
Ot40	施設の耐震化率	耐震化した建築施設数/耐震化が必要な建築施設数 × 100	
Ot50	目標水質達成率（BOD）	目標水質達成回数（BOD）/水質調査回数（BOD） × 100	
Ot60	目標水質達成率（COD）	目標水質達成回数（COD）/水質調査回数（COD） × 100	
Ot70	目標水質達成率（SS）	目標水質達成回数（SS）/水質調査回数（SS） × 100	
Ot80	目標水質達成率（T-N）	目標水質達成回数（T-N）/水質調査回数（T-N） × 100	
Ot90	目標水質達成率（T-P）	目標水質達成回数（T-P）/水質調査回数（T-P） × 100	
Ot100	臭気基準遵守率	基準遵守回数（臭気）/調査回数（臭気） × 100	

分類番号	業務指標 (PI)	算定式	指標の優位性
Ot110	水処理電力原単位	使用電力量 (水処理) / 年間総汚水処理水量	
Ot120	水処理使用消毒剤原単位	年間消毒剤量 / 年間総汚水処理水量	
3. ユーザーサービス指標 (17項目)			
U10	雨水排水整備率	整備済面積 / 雨水計画面積 × 100	
U20	法定水質基準遵守率 (BOD)	法定水質基準遵守回数 (BOD) / 法定試験回数 (BOD) × 100	
U30	法定水質基準遵守率 (COD)	法定水質基準遵守回数 (COD) / 法定試験回数 (COD) × 100	
U40	法定水質基準遵守率 (SS)	法定水質基準遵守回数 (SS) / 法定試験回数 (SS) × 100	
U50	法定水質基準遵守率 (T-N)	法定水質基準遵守回数 (T-N) / 法定試験回数 (T-N) × 100	
U60	法定水質基準遵守率 (T-P)	法定水質基準遵守回数 (T-P) / 法定試験回数 (T-P) × 100	
U70	法定水質基準遵守率 (大腸菌群数)	法定水質基準遵守回数 (大腸菌群数) / 法定試験回数 (大腸菌群数) × 100	
U80	管渠等閉塞事故発生件数 (10万人当り)	事故発生件数 / 下水道処理人口 × 100,000	
U90	第三者人身事故発生件数 (10万人当り)	第三者人身事故発生件数 / 下水道処理人口 × 100,000	
U100	下水道サービスに対する苦情件数 (10万人当り)	苦情総件数 / 下水道処理人口 × 100,000	
U110	苦情処理率	1週間以内に処理した苦情件数 / 苦情総件数 × 100	
U120	下水道使用料 (一般家庭用)	自治体の算出法による。	-
U130	下水道処理人口 1人当り汚水処理費 (維持管理費)	汚水処理費 (維持管理費) / 下水道処理人口	
U140	下水道処理人口 1人当り汚水処理費 (資本費)	資本費 (汚水分) / 下水道処理人口	
U150	下水道処理人口 1人当り汚水処理費 (維持管理費 + 資本費)	汚水処理費 / 下水道処理人口	
U160	職員 1人当り下水道使用料収入	下水道使用料収入 / 職員数	
U170	職員 1人当り年間有収水量	年間有収水量 / 職員数	
4. 経営指標 (13項目)			
M10	1人1日当り平均有収水量	(年間有収水量 / 年間実日数) / 下水道処理人口	
M20	有収率	年間有収水量 / 年間総汚水処理水量 × 100	
M30	経常収支比率	(営業収益 + 営業外収益) / (営業費用 + 営業外費用) × 100	
M40	繰入金比率 (収益の収入)	損益勘定繰入金 / 資本的収入 × 100	
M50	繰入金比率 (資本的収入)	(他会計繰入額 + 補助金 + 他会計借入金) / 資本的収入 × 100	
M60	使用料単価	下水道使用料収入 / 年間有収水量	
M70	汚水処理原価	汚水処理費 / 年間有収水量	
M80	汚水処理原価 (維持管理費)	汚水処理費 (維持管理費) / 年間有収水量	
M90	汚水処理原価 (資本費)	汚水処理費 (資本費) / 年間有収水量	
M100	経費回収率	下水道使用料収入 / 汚水処理費 × 100	
M110	経費回収率 (維持管理費)	下水道使用料収入 / 汚水処理費 (維持管理費) × 100	
M120	経費回収率 (資本費)	下水道使用料収入 / 汚水処理費 (資本費) × 100	
M130	公務・労務災害件数 (処理水量100万m ³ 当り)	休業4日以上 of 公務・労務災害年間発生件数 / 年間総汚水処理水量 × 1,000,000	
5. 環境指標 (7項目)			
E10	晴天時汚濁負荷削減率 (BOD)	(1 - 放流水質 (BOD) / 流入水質 (BOD)) × 100	

分類番号	業務指標 (PI)	算定式	指標の優位性
E20	再生水の使用率	再生水利用量/高級処理水量 × 100	
E30	下水汚泥リサイクル率	汚泥利用量/発生汚泥量 × 100	
E40	処理人口 1 人当り温室効果ガス排出量	下水道事業に伴う温室効果ガスCO ₂ 換算排出量/下水道処理人口	
E50	下水排出基準に対する適合率	適合件数/採水件数 × 100	
E60	環境基準達成のための高度処理人口普及率	高度処理実施区域内人口/総人口 × 100	
E70	合流式下水道改善率	合流式下水道改善面積 (ha) /合流式下水道区域面積 (ha) × 100	

「参考指標」

参考指標とは、環境対策の充実や事業の透明性向上、お客様の一層の理解促進など、より高度な政策や施策を判断する際に役立つ指標を表す。この参考指標は34項目であり、次のように分類される。

- (i) 本格的な経営分析のために必要な指標
8項目 (経年施設改善率、総収支率、有形固定資産減価償却率など地方公営企業法を適用した場合における指標)
- (ii) より高度な分析のために必要な指標
12項目 (老朽管の再構築割合、管路耐震化率、浸水対策コストなど広範なユーザーに理解してもらうための指標)
- (iii) その他の有効な指標
14項目 (エネルギー原価、資格保有率、処理場修繕費など状況に応じて利用し、より精緻な業務評価ができる指標)

出典: 下水道維持管理サービスの向上のためのガイドライン 2007 年版、日本下水道協会

戦略 4.2 官民の連携

下水道の整備促進と建設・維持管理コストの削減を両立させ、適切に下水道を管理していくために、官民の連携方策として次の手法が有効である。

(1) 都市開発プロジェクトとの連携

Building Law and Regulation 2001 および Land Development Act B.E.2543(2000)は、建築物の建設や都市開発事業に対して、下水道を設置することを義務付けている。開発者に対して、管路の位置および能力、公共下水道への接続方法および雨水利用・下水処理水利用など、下水道計画と整合する施策を義務付けまたは協議することで、均衡ある下水道整備が可能となる。開発プロジェクトで負担または建設された施設は、老朽化した施設の更新や既存のユーザーへの便宜にも寄与する。これらの施策は、開発者にとってもメリットのある施策であり、win-win の関係を構築することができる。

タイ国では、10 区画以上の都市開発事業に対して、Land Development Act, B.E.2543(2000)が適用され、排水施設 (water drainage) および下水処理施設 (wastewater treatment) の設置および維持管理が義務付けられており、開発計画段階で DDS と協議する。また再開発事業等の建設事業に対しては、建築確認申請 (Building Approval) が Building Control Act,

AD2547(2004)により要求され、その一部として下水道の設置が義務付けられている。公共事業局(PWD: Public Works Department)の District Office が、建築物のタイプに応じた下水処理施設の設置を指導している。また、DDS のヒアリングによれば、建築物の位置と規模、既存の下水管路施設の流下能力を考慮して、下水管の接続位置、排水処理施設の機能を指導しているとのことである。

(2) 排水設備業者の育成

日本では、排水設備は下水道管に直結されることから、下水管の破損、浸入水、汚水管と雨水管の誤接合、油・臭気トラップの不備など下水処理機能や市民生活に直接影響を及ぼすため、工事に細心の注意を払っている。

また、日本では排水設備工事の施工を適正に運用管理し、排水設備の品質・工事費用など市民が安心して任せられるように、資格、責任技術者の配置、試験・講習会、罰則等を規定した排水設備業者の指定制度を設けている。

定期的な講習会で、様々なトラブル事例や下水道の新たな施策を周知させるなど、排水設備業者を育成している。また、下水管の閉塞などの苦情に対しても、排水設備業者が対応するなど、官民の連携が行われている。

このように、排水設備業者は重要な役割を担っていることから、バンコクにおいては排水設備業者の育成に取り組むことが肝要である

(3) 維持管理業務の民間委託

バンコク都の下水道は、7処理区の内、2処理区をBMAの職員が直営で管理しているが、他の5処理区については、遮集管、ポンプ場と処理場の運転・保守を、複数年(5年)契約で委託している。委託費用は、固定費(人件費)と変動費(ポンプ揚水に要する電力費、水処理に要する電力費、汚泥処理に要する費用)に分け、変動費部分を水量または汚泥量を指標として精算する契約方式である。

直営管理で蓄積されるノウハウを、民間委託に反映させることで、品質を確保しつつコスト削減を図ることが可能である。

戦略 4.3 下水道事業制度の改善

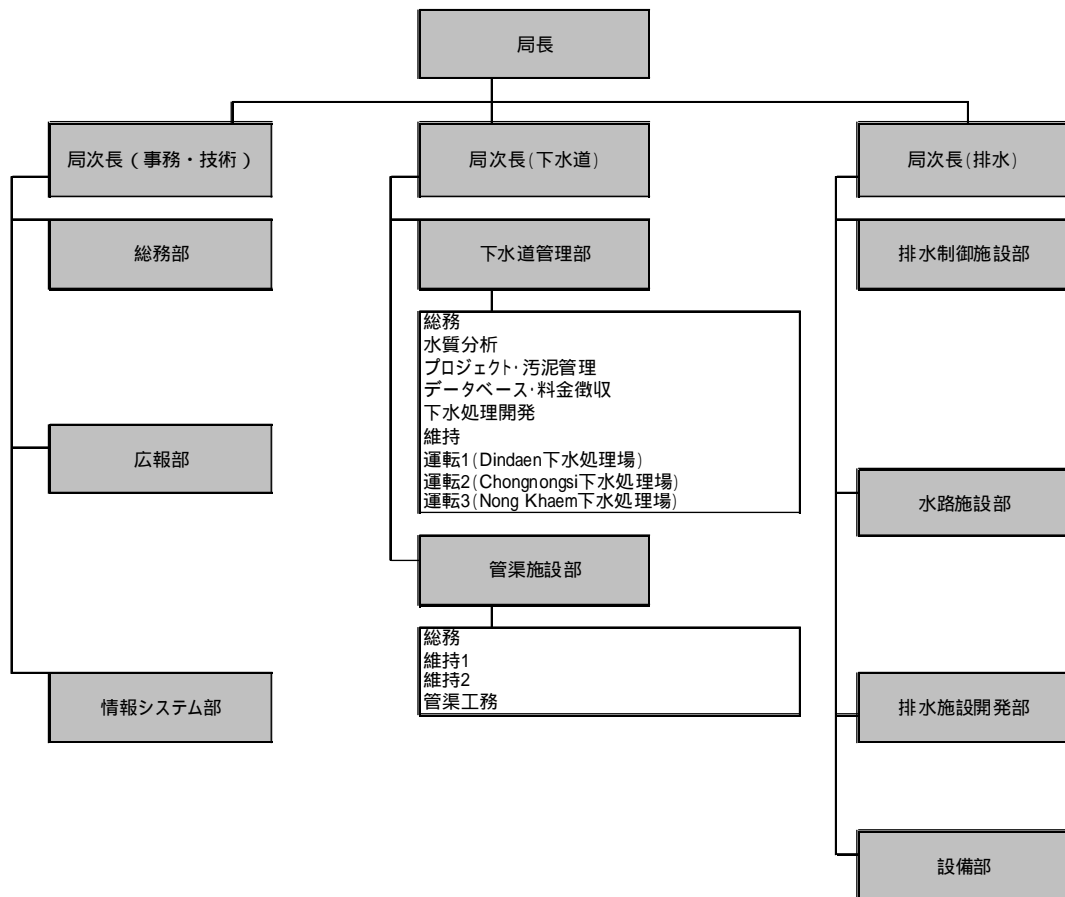
下水道サービスの経営と制度の課題については 3.6.2 節で説明した。これらの課題を克服するための戦略について以下に説明する。

(1) 分散された下水道サービス責任の一元化

下水道事業の全体にワンストップサービスを導入するため、下水道に関連するサービスを一つの責任ある機関に集約する。現在 PWD が行っている関連業務を DDS の WQMD に移管することを提案する。下水道サービスの全体を一つの屋根の下で行うため、DDS の組織変更を提案する。提案する組織を以下に示す。同様に、PWD の下水道に関する責任を DDS に移管するための法令が必要である。

この提案では、部は類似の業務に基づいて整理する。またいくつかの課の名前は実際の業務を反映するように見直した。顧客の満足を維持するために新たに広報部を提案する。PWD の管轄である取付け管や末端管の維持を管渠部に移すことを提案する。

処理区域全体に亘ってある程度の数の WQMD の支所あるいは支部を配置すべきである。これはまた、苦情受付や顧客サービスの窓口となる。WQMD が家庭から処理・処分までのサービス全体を担う場合、このような措置が必要である。



出典：調査団

図 4.2.16 排水下水道局の組織体制(提案)

(2) 個別処理の処理基準

個別処理の処理基準は下水道処理区域内については、使用者の負担を軽減し、処理場での処理効率を向上するために緩和されるべきである。例えば、現在商業複合施設の放流水基準は住居のそれよりも厳しくなっている。下水処理場が設置されれば、この費用のかさむ個別処理は処理場の運転になんの便益ももたらさない。新たな基準を作成し法的に裏付けるべきである。

(3) 官民パートナーシップ(PPP)

官民パートナーシップは政府と一つあるいは複数の民間会社の共同によって資金提供され、運営されるサービスあるいは事業と説明される。現在 BMA の 7 下水処理場のうち 5 つが 5 年契約により民間企業によって運転されている。機能効率の向上のため、例えば大口径の管渠の定期的な点検などの専門的な業務に民間会社を用いることを提案する。これは BMA の正規職員数を減らせるばかりでなく、高品質を保証することにもなる。また、下水処理場の運転にサービス契約者を引き続き用い、直営 2 処理場については、当面直営のメリットはあるが、長期的には直営のままとするか民間委託とするかを検討することを提案する。

しかし、契約は最大の利益が得られるように慎重に作成されなければならない。例えば、下水処理場の管理契約では業務指標(PI)を用いるべきであり、もし処理水はある限度を超えれば、罰則が与えられるようにする。他の例として、電気代がそのまま費用として支払われるばあいはインセンティブが働かないことが挙げられる。同様に、汚泥処理が費用として支払われれば、汚泥を減量しようというインセンティブが働かない。

PPP の他の形態については将来検討し、実施すべきである。PPP の様々な形態については表 4.2.14 に示す。

表 4.2.14 官民パートナーシップの形態と特徴

PPP の形態	主な特徴
サービス契約	特定の業務に対して定額あるいは変動額による報酬。例えば、メーターの設置、検針、採水、修繕、職員の訓練など。
マネジメント契約	民間企業の裁量による施設の維持管理。資本および運転資金は公共財源。例えば、下水処理場、ポンプ場、定期的な管渠の清掃など。
リース契約	維持管理、民間企業が運転資金を提供。リース所有者が通常料金の一部を保持し、限定された期間資産を保有する。
コンセッション契約	維持管理、民間企業が運転資金ばかりでなく資本も提供。料金徴収を行う。水道事業により適切。
BOT	民間セクターが財源を提供し、料金を徴収して運転し、官へ移管する。下水道事業に適用可能。
BOO	民間セクターが財源を提供し、料金を徴収して運転し、官へは移管しない。下水道事業には不適。
アライアンス	官と建設業者、運営者が利益・リスク分担ベースで特別目的会社を設立する。下水道事業には不適。
PFI	民間が投資、民間が保有。官がリースにより運転。民間銀行の融資より高額だが、官は資産に対してリスクを負わない。

出典：調査団

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の形態を表 4.2.15 に示す。

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

サービス	官民パートナーシップの形態	適用性	便益
下水処理場	サービス契約: 監視、修繕、ポンプ場などの特定の業務	高い	低い
下水処理場	マネジメント契約: 維持管理	高い	中位
下水処理場	リース契約: 維持管理	高い	高い
下水処理場	PFI: 新下水処理場への投資	高い	中位
下水処理場	BOT: 投資と運転	高い	高い
管渠、ポンプ場	PFI: 新規施設への投資	高い	中位
管渠の清掃	サービス契約	高い	高い
検針	サービス契約	高い	高い
料金徴収	マネジメント契約	高い	中位

出典: 調査団

このマスタープランの完全な実施に当たっては、潜在的な PPP として維持管理についてのリース契約と新下水処理場についての BOT を検討することを提案する。単純で反復する業務は外部に出すべきである。

契約書の条文と条件は効用の面から重要である。例えば、マネジメント契約は契約者が汚泥量の削減やエネルギー消費の削減により革新的となるような方法でなされるべきである。Klong Toei 地区で試みられた腐敗槽汚泥の収集パイロットプロジェクトは、高額なサービス料金と公衆の信頼を欠いたことにより失敗した。失敗の主な原因は契約がコンセッション契約であったことである。低いサービス料金ではそのような契約はうまく働かない。腐敗槽汚泥の収集にはサービス契約かマネジメント契約を用いるべきである。

(4) 住民参加

現在、BMA の主要なプロジェクトには、法律によって、目的と細目が人々の要求を満たすように公聴会と住民参加の機会を与えることが求められている。これらは通常、プロジェクト施設の公開、公開の説明会、ウェブサイト、パンフレット、ビデオ、等々で行われる。しかし、現在運転段階での住民参加の仕組みはない。“引く”と“押す”の両方の方法が採られるべきである。“引く”方法として WQMD は意見箱、郵便、eメール、SMS、ファックス、ウェブサイト等により公衆の意見を集めるべきである。意見箱は地区事務所に設けるべきである。“押す”方法として、WQMD は公衆の意見を促すための定期的なイベントを準備すべきである。これは施設の公開、展示会、地域の集会などによって実施できる。公衆の自覚の構築と広報のため、WQMD はデータベース・料金徴収課を通じて、定期的な講義を準備する。彼らは汚濁問題、水源の保全、下水の再利用について毎年 20 の中学校でこのサービスを提供している。

(5) 職員と人材の開発

水道事業の場合、一般的には1,000接続当たり数人の職員が理想的であると考えられている。そのような大雑把な捉え方は下水道には当てはまらないが、経験的に下水・排水事業では同じ地域においては水道事業に比べ、同じかあるいは少し少なめの職員数である。2009年MWAの1,000接続当たりの職員数は2.13人であった。したがって、下水道サービスの職員数は1,000接続当たり、短期的には3人、長期的には2人を上回らないようにすべきである。

処理設備や機械が適切に機能するためには維持管理の仕事が非常に重要となる。したがって、事業の継続性のためには有能な維持管理要員が必要である。定められた業務責任を果たすためには十分な数の職員を満たすことが重要であるが、効率的な業務の遂行を確かにするためには適切な訓練も同様に重要である。実際、2つのタイプの人材を開発すべきである。すなわち、政策、計画、設計、情報システム管理、料金、顧客サービス、資産管理に係る管理レベルの高級職員と運転、維持、監視を行う運転要員の中核となる職員である。人材開発は以下のステップで実施できる。

- 組織に影響を与えている問題の分析を通じて人材開発の必要性を決定する
- 組織全体を見通して人材開発の目標を設定する
- OJT やワークショップ等の適切な方法を選択する
- 要求事項に従った伝達方法を選択する
- 人材開発プログラムを実行する
- プログラムの効果を評価するため査定を行う

戦略 4.4 下水道条例の制定

現在 BMA の下水道サービスを直接規定する条例はない。下水道事業において、住民や事業者に対して、下水道の設置、利用に関して、義務・規制、下水道使用料などを課すので、下水道事業経営の根拠となる下水道条例を策定することは不可欠である。条例には最低限以下を含むべきである。

- 下水道への接続
- 個別処理の状態
- 下水処理
- 使用料金
- DDS の権限

なお、下水道法については、地方自治体の下水道条例の上位規定となるものであるため、タイ国 MONRE を所管省として、制定されることが望ましい。

下水道条例に規定する事項（事例）

- 第 1 条 下水道条例の所管事項
- 第 2 条 用語の定義
- 第 3 条 下水道への接続方法、公共ますの設置、管の能力・形状
- 第 4 条 排水設備の設置届け、除害施設の設置、構造・使用方法等の届け出
- 第 5 条 排水設備の技術上の基準、設置・構造変更に関する指示
- 第 6 条 除害施設の所有権の承継に関する届け出
- 第 7 条 排水設備工事事業者の指定、登録、義務・報告、試験機関等
- 第 8 条 し尿の排除
- 第 9 条 特定事業場から公共下水道に排除する下水の水質基準
- 第 10 条 除害施設の改善命令等
- 第 11 条 使用者の変更の届出等（料金の徴収）
- 第 12 条 下水道の料金体系、料金算定および徴収
- 第 13 条 水道、井戸使用など下水排出量の算定
- 第 14 条 料金の徴収方法、料金の減免
- 第 15 条 工事分担金、接続負担金の徴収
- 第 16 条 下水道施設の使用・工事等の行為の許可
- 第 17 条 申請等の手数料
- 第 18 条 罰則