# 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(Ⅱ) フィジビリティスタディ 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)

東大
JR
11-019

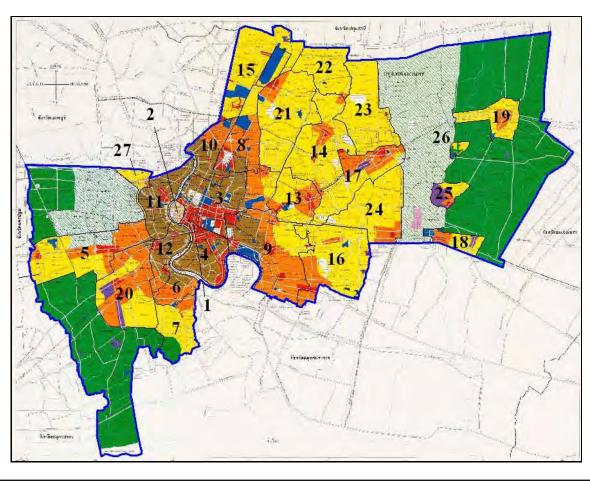
2010年10月1日現在

1 Baht = 0.0330 アメリカドル

1 Baht = 2.76 円

### 下水処理区別面積、計画人口、計画下水量 (2040年)

No.	下水処理区	処理区面積	計画人口	計画下水量	No.	o. 下水処理区	処理区面積	計画人口	計画下水量
		(ha)	(人)	(m³/日)			(ha)	(人)	(m³/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 Khru North	1,513	128,637	53,875	20	Jomthong	5,816	453,938	221,578
7	Thung Khru 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	Wangthonlang	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
	<u> </u>					計画区域外	62,939	281,895	113,660
						合 計	155,458	7,626,000	3,568,349



巻頭 概略マスタープラン計画区域及び Nong Bon 処理区 (No.16)

## 目 次

表リス	スト		vi
図リス	スト		ix
写真!	リスト		xi
略言	吾 集		xii
1.	調查名	全体工程及びフェーズ 2 調査の実施	1
1.1		査全体工程及びフェーズ 2 調査の目的 	
1.2		ェーズ 2 調査の対象地域	
1.3			
1.4		查実施方針	
1.5			
1.6	フ:	ェーズ 2 調査の実施及びファイナルレポート	3
2.	Nong	Bon 処理区の概要	5
2.1	No	ng Bon 処理区の現況	5
	2.1.1	処理区の概要	5
	2.1.2	運河網、排水管網	
	2.1.3	Nong Bon 処理区における浸水状況と雨水排水計画	
2.2	処丑	里区計画・設計条件の設定	
	2.2.1		
	2.2.2	基本フレーム	
	2.2.3	Nong Bon 処理区及び Nong Bon 下水処理場の概要	
2.3	処五	里場予定地	22
3.	遮集管	<b>箮の概略設計</b>	23
3.1	設計	計諸元	23
3.2	設計	計基準	23
3.3	遮纬	<b>耒管計画検討</b>	26
	3.3.1	計画汚水量	26
	3.3.2	雨水吐き室の構造	30
	3.3.3	遮集管敷設場所(運河または道路)	32
	3.3.4	敷設工法	33
	3.3.5	中継ポンプ場	
	3.3.6	他の大型地下埋設物の現況及び将来計画	
	3.3.7	家屋等から直接放流されている箇所の汚水収集方法	
	3.3.8	雨水吐き室数の削減	42

3.4	遮缜	集管ルート計画	46
	3.4.1	ルート比較	46
	3.4.2	流出解析・流量計算	51
	3.4.3	縦断計画	51
3.5	遮缜	集管・ポンプ場施設のまとめ	52
3.6	年	次別整備計画	53
3.7	課是	題と将来の技術的対策	56
	3.7.1	運河からの逆流防止対策	56
	3.7.2	未収集汚水の遮集管への接続強化	57
	3.7.3	既設排水管維持管理の強化	58
4.	下水如	処理場の概略設計	59
4.1	設詢	計諸元	59
	4.1.1	Nong Bon 下水処理場の概要	59
	4.1.2	設計水質	59
	4.1.3	晴天時汚水流入予測と下水処理場計画能力	60
	4.1.4	設計方針及び要求事項	61
4.2	汚෭	水処理方式の選定	63
	4.2.1	栄養塩類の除去プロセス	63
	4.2.2	汚水処理方式の代替案	64
	4.2.3	汚水処理方式代替案の基本計画	65
	4.2.4	汚水処理方式代替案の比較	68
	4.2.5	汚水処理方式代替案の費用分析	71
4.3	地_	上式下水処理場と地下式下水処理場	73
	4.3.1	代替案の基本計画	73
	4.3.2	代替案の経済性比較	75
4.4	施訂	设計画	78
	4.4.1	施設計画の基本方針	78
	4.4.2	設計水量	78
	4.4.3	処理水の放流先	80
	4.4.4	計画流入水質	81
	4.4.5	設計基準	82
	4.4.6	水位高低計画	82
	4.4.7	施設配置計画	
	4.4.8	汚泥処理方式の選定	86
	4.4.9	監視制御システム	91
		)気候変動対策	
	4.4.11	Nong Bon 下水処理場の処理プロセス	95
	4.4.12	2 施設設計の概要	96
5.	概算	事業費の算定と実施計画	101
5 1	概算	<b>篁</b> 事業費	101

	5.1.1	概算事業費の算定条件	.101
	5.1.2	建設工事費の算定条件	.101
	5.1.3	概算事業費の算定	.102
	5.1.4	運転・維持管理費の算定	.104
	5.1.5	初期投資の削減	.105
5.2	事業	美実施計画の策定	.107
	5.2.1	事業の実施工程	.107
	5.2.2	事業の年次別実施費用	.109
	5.2.3	遮集管を2期に分けた場合の年次別実施費用	.110
5.3	コン	ノサルティング・サービス	.113
5.4	事業	<b>美管理体制</b>	.115
	5.4.1	事業実施管理	.115
	5.4.2	運転管理	.117
5.5	技術	fi支援	.122
	5.5.1	研修	.122
	5.5.2	業務改善プログラム	.124
_	T皿↓盐→		100
6.		±会配慮(IEE)	
6.1		竟社会配慮調査の実施	
	6.1.1	環境社会影響評価調査の目的	
<i>c</i> 2	6.1.2	本章の構成 帝島郷治(ボ	
6.2		第一番 : 1	
	6.2.1	環境社会配慮に係る行政の枠組	
	6.2.2	環境社会配慮に係る法規制	
	6.2.3	ベースライン・データ	.133
	6.2.4	事業実施に伴い予想される負の影響の予測及びその緩和策、モニタリン	
	<i>(</i> → □	グ計画の検討	
6.3		<u> </u>	
	6.3.1	調査概要	
	6.3.2	結果の概要	
		まとめ	
6.4	-	民公聴会	
		第1回住民公聴会	
		第 2 回住民公聴会	
	6.4.3	まとめ	.165
7.	経済・	・財務分析	.166
7.1	現在	Eの財務状況	.166
		 BMA の予算・運営状況	
		BMA の歳入歳出予算	
		下水道事業 ( DDS ) の予算・運営状況	
		今後の財務状況予測(施設建設費、維持管理費)	

7.2	料金	を体系の検討	180
	7.2.1	BMA の下水道料金徴収の計画	180
	7.2.2	MWA 実施の上水道料金制度	182
	7.2.3	タイ国での下水道料金徴収の方針	183
	7.2.4	タイ国の他市の下水道料金導入状況	184
	7.2.5	下水道料金の支払意思額(WTP) 支払可能額(ATP)	186
7.3	経済	音分析	192
	7.3.1	経済分析の前提	192
	7.3.2	経済費用	192
	7.3.3	経済便益	195
	7.3.4	経済分析結果・感度分析	199
7.4	財系	务分析	202
	7.4.1	財務評価の前提	202
	7.4.2	財務費用	202
	7.4.3	収入予測	205
	7.4.4	財務分析結果	207
8.	/真生 =	プロジェクト事業の総合評価	200
o. 8.1		リロシェクト争乗の総合計画 側面からの評価	
8.2			
8.2	<b>総</b>	5計Ⅲ及び提音	211
付録			
	議事録		
	資料リ		
		へ! Bon 処理区の既存吐き口	
	_	が記録といれたように	
		マンホール図面及び写真	

- 6. Nong Bon 下水処理場施設計画
- 7. 概算事業費内訳
- 8. 経済財務分析
- 9. Nong Bon 下水道プロジェクトのパンフレット
- 10. 住民説明会説明資料
- 11. 下水道整備特区の提案
- 12. 工場排水の排水基準

## 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 2.1.1	Nong Bon 雨水調整池の概要	11
表 2.1.2	Nong Bon 運河の概要	11
表 2.1.3	Nong Bon 地区排水トンネル計画の概要	13
表 2.2.1	Nong Bon 処理区の土地用途別面積	16
表 2.2.2	Nong Bon 処理区の計画人口	17
表 2.2.3	Nong Bon 処理区の土地用途別計画人口と人口密度	17
表 2.2.4	Nong Bon 処理区に係る生活系、業務系の配水量原単位	
表 2.2.5	Nong Bon 処理区の汚水収集率	18
表 2.2.6	Nong Bon 処理区計画汚水量	19
表 2.2.7	Nong Bon 下水処理場計画流入水質	19
表 2.2.8	既存下水処理場の目標処理水質及び下水処理場処理水に関する排出基準	20
表 2.2.9	Nong Bon 処理区と Nong Bon 下水処理場の概要	20
表 3.2.1	管径別のマンホール最大間隔	24
表 3.3.1 (	1) Nong Bon 処理区の小流域別計画汚水量 (1/2)	28
表 3.3.1(	2) Nong Bon 処理区の小流域別計画汚水量 (2/2)	29
表 3.3.2(	1) 下水管敷設工法の一般比較(開削工法)	35
表 3.3.2(	2) 下水管敷設工法の一般比較(推進工法)	36
表 3.3.2(	3) 下水管敷設工法の一般比較(シールド工法)	37
表 3.4.1	Option 3 と Option 4 との比較	51
表 3.5.1	遮集管数量	52
表 3.6.1	Nong Bon 処理区の 4 幹線系統の概要	53
表 3.6.2	整備優先度の高い工区	55
表 3.7.1	既設排水管維持管理に関する課題と対策案	58
表 4.1.1	Nong Bon 下水処理場の概要	59
表 4.1.2	Nong Bon 下水処理場の計画水質	60
表 4.1.3	晴天時流入下水量	60
表 4.1.4	Nong Bon 下水処理場の計画能力	61
表 4.2.1	栄養塩類除去の処理プロセス	63
表 4.2.2	汚水処理方式新技術の紹介	64
表 4.2.3 (	1) 汚水処理方式代替案の比較表 (1/2)	69
表 4.2.3 (	2) 汚水処理方式代替案の比較表 (2/2)	70
表 4.3.1	地上式・地下式案の経済性比較	75
表 4.4.1	Nong Bon 下水処理場設計水量の考え方	78
表 4.4.2	雨天時活性汚泥法の説明	79
表 4.4.3	Nong Bon 下水処理場の計画流入水質	81
	- Nong Bon 下水処理場の汚泥発生量	
	Nong Bon 下水処理場の設計基準	

表 4.4.6	Nong Bon 下水処理場の水位計画の条件	83
表 4.4.7	水位計画の代替案の比較	84
表 4.4.8 (	1) 機械脱水機の比較(1/3) ベルトプレス脱水機機	88
表 4.4.8 (2	2) 機械脱水機の比較(2/3) 遠心脱水機	89
表 4.4.8 (	3) 機械脱水機の比較(1/3) スクリュープレス脱水機	90
表 4.4.9	SCADA システムの監視・制御項目	92
表 4.4.10	地球温暖化防止対策の着眼点	93
表 4.4.11	揚水ポンプ施設の消費エネルギーの削減対策	93
表 4.4.12	エネルギー回収及び CO2削減量の試算	95
表 4.4.13	各処理プロセスの概要	96
表 4.4.14	Nong Bon 下水処理場の施設概要	97
表 5.1.1	概算事業費の内訳	102
表 5.1.2	運転・維持管理の内訳	105
表 5.1.3	下水処理場の初期投資の削減額	
表 5.2.1	実施スケジュール	107
表 5.2.2	コンサルタント選定の詳細実施スケジュール	107
表 5.2.3	工事請負業者選定の詳細実施スケジュール	108
表 5.2.4	遮集管敷設工事の実施スケジュール (4 幹線同時着工)	108
表 5.2.5	下水処理場建設工事の実施スケジュール	109
表 5.2.6	遮集管敷設工事の実施スケジュール(優先2幹線を先に着工)	109
表 5.2.7	年次別支出計画	110
表 5.2.8	概算事業費の内訳 (遮集管を2期に分けた場合)	111
表 5.2.9	年次別支出計画 (遮集管を2期に分けた場合)	112
表 5.3.1	コンサルティング・サービス人月	114
表 5.4.1	能力開発実施の必要性	117
表 5.4.2	導入すべき業務指標 (PIs)	120
表 6.2.1	環境影響調査報告書の提出・承認を必要とするプロジェクト	128
表 6.2.2	主な環境関連法規	132
表 6.2.3	バンコクの気象資料 (2004年~2009年の平均値)	134
表 6.2.4	月別の主な風向(2009年6月~2011年4月)	134
表 6.2.5	バンコク都の大気汚染状況	137
表 6.2.6	調査区域 District の大気汚染状況	138
表 6.2.7	バンコク都の騒音状況	139
表 6.2.8	モニタリング観測結果(2009年)	139
表 6.2.9	調査区域 District の騒音状況 (道路沿いの観測点)	140
表 6.2.10	騒音状況(Prawet District 事務所)	140
表 6.2.11	バンコク都及びプロジェクト区域の予測人口	141
表 6.2.12	タイ国及びバンコク都の社会構造、経済状況	142
表 6.2.13	感染症等の罹患率(2008年)	143
表 6.2.14	スコーピング・マトリックス	145
表 6.2.15	予想される影響の概要	146

表 6.2.16	プロジェクト施設の建設段階での緩和策	151
表 6.2.17	プロジェクト施設の運転段階での緩和策	152
表 6.2.18	運転段階におけるリスク	152
表 6.2.19	建設段階のモニタリング・プログラム	153
表 6.2.20	運転段階のモニタリング・プログラム	154
表 6.2.21	特に配慮すべき環境項目	155
表 6.2.22	環境チェックリストによる環境社会配慮の確認結果	156
表 6.3.1	その他の調査対象	162
表 6.3.2	その他の調査対象における下水道料金支払意志額	162
表 7.1.1	貸借対照表・財務指標の推移(2006~2008年度)	167
表 7.1.2	損益計算書・財務指標の推移(2006~2008年度)	168
表 7.1.3	BMA の収入の推移(収入項目別)	170
表 7.1.4	BMA の支出の推移(セクター別)	170
表 7.1.5	DDS 予算の推移(部門別、2007~2011年)	172
表 7.1.6	DDS 予算の推移(費目別、2007~2011 年)	172
表 7.1.7	国際援助機関の下水道事業調査への支援内容	174
表 7.1.8	BMA 下水処理場施設整備事業(処理場、遮集管整備)資金	175
表 7.1.9	既設7下水処理場の年間処理量・維持管理費用・平均単価(2008-2010年)	176
表 7.1.10	処理水量・維持管理費用予測(2020年まで)	177
表 7.1.11	将来の予算予測(2020 年まで)	179
表 7.2.1	提案された下水道料金	181
表 7.2.2	下水道料金収入額予測	182
表 7.2.3	上水道料金体系	183
表 7.2.4	Phuket 県 Patong 市の年間下水道料金	184
表 7.2.5	Chonburi 県 Pattaya 市の年間下水道料金	185
表 7.2.6	Chonburi 県 Saen Suk 市の下水道料金	185
表 7.2.7	Songkhla 県 Hatyai 市の下水道料金	186
表 7.2.8	過去に実施された支払意思額調査の結果	187
表 7.2.9	事業対象地での支払意思額調査結果	188
表 7.2.10	下水処理量当たりの適正支払額	189
表 7.2.11	下水事業への支払意思額(家庭・商業)	189
表 7.2.12	支払意思額の調査結果	190
表 7.2.13	支払意思額・可能額のまとめ	191
表 7.3.1	事業実施費の年度割り当て(財務費用)	193
表 7.3.2	事業実施費の年度割り当て(経済費用)	193
表 7.3.3	事業対象地の下水処理量予測(With Project)	194
表 7.3.4	運河延長と裨益地域面積	197
表 7.3.5	固定資産税のための土地価格	198
表 7.3.6	便益計算	199
表 7.3.7	経済分析結果のまとめ	200
表 738	感度分析結果のまとめ	201

表 7.4.1	事業実施費の年度割り当て(財務費用)	203
表 7.4.2	初期建設費の代替案	203
表 7.4.3	料金収入の試算案	206
表 7.4.4	財務分析結果	207
	図リスト	
	<u>PI Z Z I I</u>	
図 1.1.1	調査フローチャート	2
図 2.1.1	Nong Bon 処理区内の住宅開発の状況	
図 2.1.2	バンコク全域の運河網及びフラッシングの方向	
図 2.1.3	Nong Bon 処理区の運河網及び流れの方向	
図 2.1.4	Nong Bon 処理区内の既設排水管網(2010 年現在)	
図 2.1.5	Bang Na 運河の水位の変化	
図 2.1.6	Nong Bon 雨水調整池の集水区域	
図 2.1.7	Nong Bon 雨水調整池の周辺の状況	
図 2.1.8	Nong Bon 運河と周辺の状況	
図 2.1.9	Nong Bon 地区排水トンネルの集水区域	
図 2.2.1	Nong Bon 処理区の土地利用計画	
図 2.2.2	Nong Bon 処理区及び下水処理場位置図	
図 2.3.1	Nong Bon 下水処理場予定地	
図 3.3.1	Nong Bon 処理区内の既存吐き口ごとの集水流域分割図	
図 3.3.2	既設排水管、道路、運河、遮集管、雨水吐き室の位置関係	
図 3.3.3	雨水吐き室概略構造図	
図 3.3.4	雨水吐き室設計の留意点	
図 3.3.5	中継ポンプ場の候補地	38
図 3.3.6	Nong Bon 処理区内の既設及び計画大型地下埋設物配置状況	40
図 3.3.7	- Klong Khlet の位置	
図 3.3.8	- 露出配管のイメージ図	42
図 3.3.9	雨水吐き室数削減を提案する7地点の位置	43
図 3.3.10	(1) 雨水吐き室の削減手法	43
図 3.3.10	(2) 雨水吐き室の削減手法	44
図 3.3.10	(3) 雨水吐き室の削減手法	45
図 3.4.1	Option 1 遮集管ルート概略図	47
図 3.4.2	- Option 2 遮集管ルート概略図	48
図 3.4.3	- Option 3 遮集管ルート概略図	49
	- Option 4 遮集管ルート概略図	
図 3.6.1	Nong Bon 処理区 4 幹線系統分割図	54
図 4.1.1	Nong Bon 下水処理場の段階的建設計画	
図 4.2.1	- 汚水処理方式代替案の概略フローシート	
図 4.2.2	汚水処理方式代替案の基本計画	67

図 4.2.3	初期投資の費用分析	71
図 4.2.4	維持管理費の費用分析	71
図 4.2.5	現在価値の費用分析	72
図 4.3.1	地上式・地下式案での施設配置	74
図 4.3.2	地上式・地下式案での施設高さ	75
図 4.3.3	初期投資の費用分析	76
図 4.3.4	維持管理費の費用分析	77
図 4.3.5	現在価値の費用分析	77
図 4.4.1	計画水量および放流水域	80
図 4.4.2	Nong Bon 下水処理場水位高低計画	85
図 4.4.3	Nong Bon 下水処理場施設配置計画	86
図 4.4.4	エネルギー回収の概略フロー	94
図 4.4.5	処理プロセスの概略フロー	95
図 4.4.6	Nong Bon 下水処理場一般平面図	98
図 4.4.7	Nong Bon 下水処理場水位高低図	99
図 4.4.8	Nong Bon 下水処理場処理フローシート	100
図 5.1.1	建設工事費の比率	103
図 5.1.2	下水処理場建設工事費の施設別比率	103
図 5.1.3	遮集管建設工事費の施設別比率	104
図 5.1.4	概算事業費の費目別比率	104
図 5.4.1	事業認可のフロー	115
図 5.4.2	事業実施のフロー	116
図 6.2.1	環境政策の策定・決定	127
図 6.2.2	環境影響評価報告書の手続きフロー(政府事業の場合)	130
図 6.2.3	タイ国の国立公園位置図(中央・東部区域)	135
図 6.2.4	Klong の水質分布 ( 2009 年、BOD 平均値 )	137
図 6.2.5	- 下水処理場建設予定地及びその周辺 (1)	149
図 6.2.6	下水処理場建設予定地及びその周辺 (2)	149
	BMA の収入内訳	
図 7.1.2	BMA の支出内訳	171
図 7.1.3	費目別 DDS 予算の推移	173
図 7.1.4	下水処理場別の処理単価推移	177
図 7.1.5	将来処理可能量と処理量推移予測(2020年まで)	178
図 7.1.6		
図 7.2.1	支払意思額平均値、支払う意思を有する確率(Baht/世帯/月)	188
図 7.3.1	事業地区の主要運河	
	費用・便益の推移(ケース 1: WTP を採用)	
図 7.3.3		
図 7.4.1		
	試算案毎の平均料金設定 (Baht/m³)	
	ボー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	

## 写真リスト

写真 2.1.1	Srinakharin 道路の浸水状況	9
写真 2.1.2	応急対策状況 (可動式ポンプ設備と土嚢)	9
写真 3.3.1	運河内に設置された立坑の状況	33
写真 3.3.2	Klong Khlet 沿い家屋からの直接放流状況	41
写真 3.7.1	Nong Bon 処理区内既設吐き口の水没状況	56
写真 3.7.2	家屋からの直接放流状況	57
写真 6.2.1	Nong Bon 下水処理場予定地へのアクセス道路状況	150
写真 6.2.2	Nong Bon 雨水調整池の外観	150

## <u>略語集</u>

略語	日本語	英文および注釈
AIDS	後天性免疫不全症候群	Acquired Immune Deficiency Syndrome
ASRT	好気的固形物滞留時間	Aerobic Solids Retention Time
ATP	支払可能額	Affordability to Pay
B/C	費用便益比	Benefit Cost Ratio
BMA	バンコク首都圏庁	Bangkok Metropolitan Administration
BMR	バンコク広域圏	Bangkok Metropolitan Region
BOD	生物化学的酸素要求量	Biochemical Oxygen Demand
BOT	ビー・オー・ティー	Build, Operate, and Transfer
CAASP	担体添加活性汚泥法	Carrier Added Activated Sludge Process
CF	換算係数	Conversion Factor
COD	化学的酸素要求量	Chemical Oxygen Demand
C/P	カウンターパート	Counterpart
CPI	消費者物価指数	Consumer Price Index
CSO	雨天時越流水	Combined Sewage Overflow
CVM	仮想評価法	Contingent Valuation Method
DANIDA	デンマーク国際開発庁	Danish International Development Agency
DDS	排水下水道局	Department of Drainage and Sewerage, BMA
DEQP	環境改善促進局	Department of Environmental Quality Promotion
DF/R	ドラフトファイナルレポ-	− ► Draft Final Report
DO	溶存酸素	Dissolved Oxygen
D.R.	割引率	Discount Rate
DS	乾燥固形物	Dry Solids
DWF	晴天時下水量	Dry Weather Flow
EAP	長時間エアレーション法	Extended Aeration Process:
EIA	環境影響評価	Environmental Impact Assessment
EIRR	経済的内部収益率	Economic Internal Ratio of Return
F.C.	外貨	Foreign Currency
FIRR	財務的内部収益率	Financial Internal Ratio of Return
F/R	ファイナルレポート	Final Report
F/S	フィジビリティスタディ	Feasibility Study
HIV	ヒト免疫不全ウイルス	Human Immunodeficiency Virus
HRT	水理学的滞留時間	Hydraulic Retention Time
IBRD	国際復興開発銀行	The International Bank for Reconstruction and
		Development
IC/R	インセプションレポート	Inception Report
IDRC	国際開発調査センター	International Development Research Centre,
		Canada

略語	日本語	英文および注釈
IEE	初期環境評価	Initial Environmental Examination
IT/R	インテリムレポート	Interim Report
ISO	国際標準化機構	International Organization for Standardization
JICA	国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
L.C.	内貨	Local Currency
L/A	借款契約	Loan Agreement
MBR	膜分離活性汚泥法	Membrane Bioreactor
MLSS	混合液浮遊物質	Mixed Liquor Suspended Solids
MOF	財務省	Ministry of Finance
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
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
NESDB	国家経済社会開発委員会	National Economic and Social Development
		Board
NEQA	国家環境質法	National Environmental Quality Act
NHA	タイ国住宅公社	National Housing Authority
NPV	純現在価値	Net Present Value
OASP	酸素活性汚泥法	Oxygen Activated Sludge Process
OD	オキシデーションディッ	チ法 Oxidation Ditch Process
ODA	政府開発援助	Official Development Aid
ONEB	国家環境委員会事務局	Office of the National Environmental Board
ONEP	環境政策計画局	Office of Natural Resources and Environmental
		Policy and Planning
O&M	維持管理	Operation and Maintenance
РАНО	汎米保険機構	Pan American Health Organization
PCD	公害管理局	Pollution Control Department, MONRE
PI	業務指標	Performance Indicator
PLC	プログラマブル論理制御	装置 Programmable Logic Controller
PPP	汚染者負担の原則	Polluter Pays Principle
PPP	官民パトナーシップ	Public Private Partnership
PSMS	プロジェクト・汚泥管理課	Project and Sludge Management Section, DDS
PWD	公共事業局	Public Works Department, BMA
RFP	提案依頼書	Request for Proposal
RNDP	循環式硝化脱窒法	Recycled Nitrification Denitrification Process
SBR	回分式活性汚泥法	Sequencing Batch Reactor
SCADA	監視制御データ収集シス	テム Supervisory Control and Data
		Acquisition System

語	英文および注釈
<b>肜物滞留時間</b>	Solids Retention Time
遊物質	Suspended Solids
尼容量指標	Sludge Volume Index
易開発機構	Trade and Development Agency, USA
窒素	Total Nitrogen
ノン	Total Phosphorus
孚遊粒子	Total Suspended Particles
-キンググループ	Working Group
質管理部	Water Quality Management Office, DDS
払い意思額	Willingness to Pay
K処理場	Wastewater Treatment Plant
F 6 F 6 2	が 学物 学物質 学容量指標 の の の の の の の の の の の の の

#### 1. 調査全体工程及びフェーズ 2 調査の実施

#### 1.1 調査全体工程及びフェーズ 2 調査の目的

フェーズ 2 調査は、フェーズ 1 調査で選定された優先プロジェクトのフィージビリティ調査 (F/S) を行うもので、2010 年 9 月から 2011 年 4 月にかけて実施された。

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。

#### 1.2 フェーズ 2 調査の対象地域

バンコク都 Nong Bon 処理区を対象地域として実施した。

#### 1.3 相手国実施機関

フェーズ1調査と同じく、バンコク首都圏庁(BMA)を相手国実施機関として調査を実施した。 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。

#### 1.4 調査実施方針

インセプションレポート(2)で示した業務実施方針に基づき、調査業務を実施した。

#### 1.5 調査実施体制

フェーズ1調査に引き続き、BMA側は運営委員会及びワーキンググループによる調査監理、 サポート体制をとり、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 2 調査を実施した。

図-2 調査フローチャート

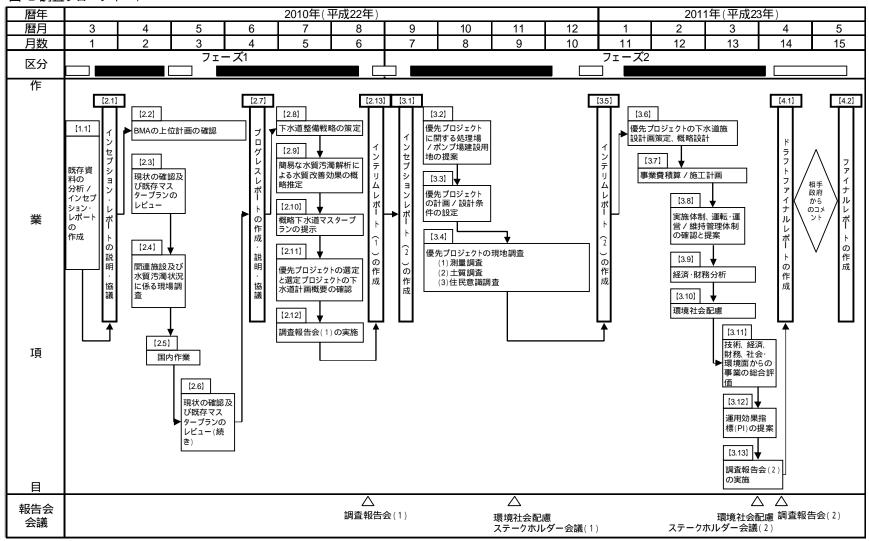


図 1.1.1 調査フローチャート

#### 1.6 フェーズ 2 調査の実施及びファイナルレポート

#### (1) 基本的事項の確認 (IC/R(2)の説明・協議)

フェーズ 2 調査の調査方針・方法については、本調査開始時に作成したインセプションレポート (IC/R) の内容を殆ど変更する必要がなかったので、IC/R を踏襲して IC/R(2)を作成した。

C/P 機関である DDS とは、2010 年 9 月 27 日にフェーズ 2 調査のキックオフミーティングを行い、調査方針、調査対象地域、データ収集体制 ( C/P の配置 ) 住民意識調査方針、住民公聴会の開催等について方針を確認した。(付録 1-1 議事録参照)

続いて9月30日には第2回の運営委員会が開催され、フェーズ2調査内容の説明を行った。 (付録 1-4 第2回運営委員会議事録参照)

また、10月22日には Prawet 地区事務所において、地区内排水管網データの収集、都市計画制限条件、住民公聴会への協力要請等を行った。(付録 1-5 議事録参照)

#### (2) 調査業務の実施(IT/R(2)の説明・協議)

第3次現地調査の結果を踏まえて、インテリムレポート(2) (IT/R(2))を作成した。2011年1月26日に第4回Working Group会議を開催し、C/P機関であるDDSへIT/R(2)の内容を説明した。会議では、Nong Bon 処理場の下水処理方式、流入水量、流入水質、環境社会配慮について、意見交換を行った。(付録 1-9 第4回WG 議事録参照)

引続き 1月31日に第3回の運営委員会が開催され、コンサルタント側から IT/R(2)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、今後の調査に反映することとした (付録 1-10 第3回運営委員会議事録参照)。

3月30日に第5回WGを開催し、C/P機関であるDDSへDF/R()の内容を説明し、意見交換を行った。(付録 1-16 第4回 Working Group 会議議事録参照)

引続き 3 月 31 日に第 4 回の運営委員会が開催され、コンサルタント側から DF/R( )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、F/R の取りまとめに反映することとした (付録 1-17 第 4 回運営委員会議事録参照)。

#### (3) ステークホルダー会議(住民公聴会)

2月17日、Prawet 地区事務所管内の各町内会代表を対象に、第1回ステークホルダー会議 (住民公聴会)が行われた。DDS 幹部から、最初にBMAの水環境改善施策、下水道整備事業 の実施状況、Nong Bon 処理区での下水道事業化等について説明があり、その後参加者から

多くの要望や疑問点等が出された。これらに対して、DDS 幹部から丁寧なコメント・回答がなされ、活発な意見交換が行われた。(付録 1-11 住民公聴会議事録参照)

3月29日、第2回ステークホルダー会議(住民公聴会)が行われた。今回は、Prawet 地区事務所管内の他、Nong Bon 処理区に含まれる Suan Luang 地区、Bang Na 地区内の町内会代表を対象に行われた。(付録 1-15 住民公聴会議事録参照)

#### (4) ファイナルレポート()

本ファイナルレポート()は、フェーズ 2 調査結果を取りまとめたもので、Nong Bon 処理  $\boxtimes$  のフィージビリティ調査 (F/S) を行うものである。

### 2. Nong Bon 処理区の概要

#### 2.1 Nong Bon 処理区の現況

#### 2.1.1 処理区の概要

Nong Bon 処理区の北側は、新空港及びパタヤ方面へのモーターウェイと新設されたエアポートリンクを境界とし、西側は人口稠密地域で現在下水道整備計画中の Klong Toei 処理区に接し、東側、南側は Samut Prakarn 県に接している。

都市計画上、Nong Bon 処理区の西南側は中密度の住居地区及び商業地区、東側は低密度の住居地区に分類されている。しかし、低密度住居地域においても、北側にはエアポートリンクが開通するとともに、西側の Srinakharin 道路には高架鉄道が建設される計画がある。このように、Nong Bon 処理区は、西側の既成市街地(Klong Toei 処理区)と東側のスワンナプーム空港にはさまれ、今後大きな人口増加、開発圧力の増大が予想される。

実際、Nong Bon 処理区では、近年開発業者による住宅建設が進み、図 2.1.1 に示すように多数の新興住宅地が存在している。

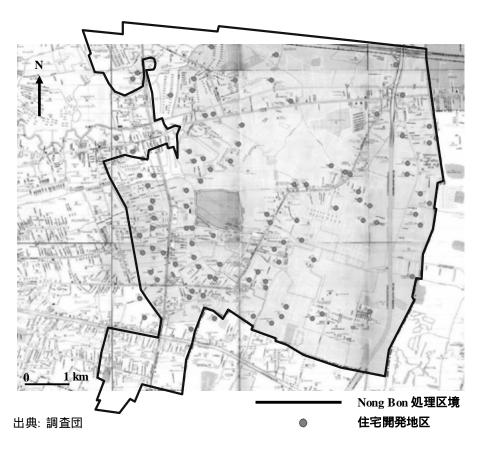
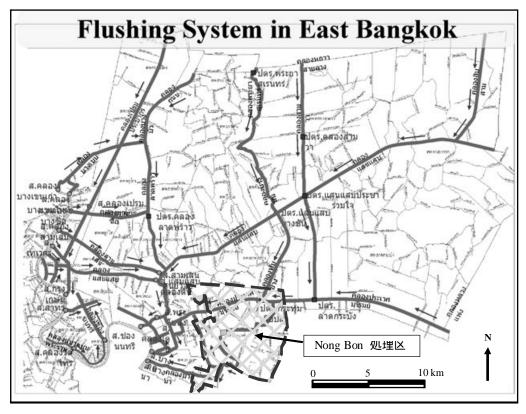


図 2.1.1 Nong Bon 処理区内の住宅開発の状況

#### 2.1.2 運河網、排水管網

チャオプラヤ川東岸のバンコク都の運河網及び DDS が実施している主たる運河のフラッシングの流れを図 2.1.2 に示す。これには、バンコク郊外の北側及び東側から市街地を経てチャオプラヤ川に流れる大きな運河が示されている。このうち、Nong Bon 処理区に関しては、処理区北側に位置する Phra Kanong 運河が舟運、水環境、排水等に大きな役割を果たしている。フラッシングにおいても、Phra Kanong 運河の上流側から運河水を導入し、処理区内を巡らせた後、再度 Phra Kanong 運河に戻している。



出典: 調査団

図 2.1.2 バンコク全域の運河網及びフラッシングの方向

Nong Bon 処理区内の Phra Kanong 運河以外の運河は小規模なものである。図 2.1.3 に処理区内の運河網及び運河水の流れ方向を示す。これには、フラッシング用の水位嵩上げのために、Phra Kanong 運河にゲートが設置されている。その他、運河の要所要所にもゲートが設けられ、流向及び水位をコントロールしているのがわかる。

図 2.1.4 に、Nong Bon 処理区内に設置されている既設の排水管網を示す。既設排水管網の特徴は以下のとおりである。

- (1) 主要道路に設置されている比較的大口径の排水管に接続する各路地(soi)の排水管網
- (2) 主要運河に直接排水する排水管網(処理区西南地区の Khlet 運河)

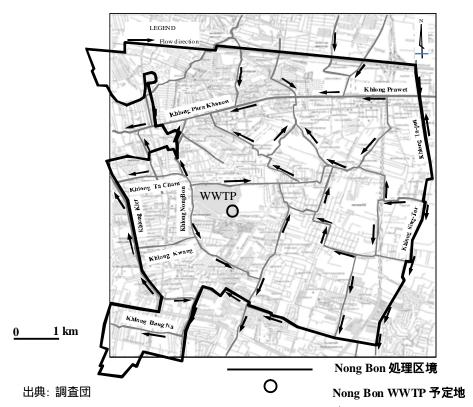


図 2.1.3 Nong Bon 処理区の運河網及び流れの方向

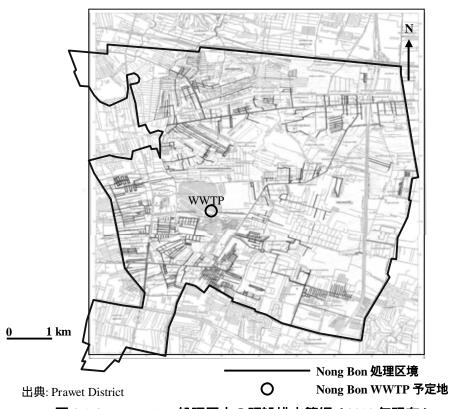


図 2.1.4 Nong Bon 処理区内の既設排水管網 (2010 年現在)

#### 2.1.3 Nong Bon 処理区における浸水状況と雨水排水計画

#### (1) 浸水状況

バンコク都の浸水常襲地点がファイナルレポート(I)の図 3.4.5 に 15 ヶ所示されているが、その一つに Prawet 区の Srinakharin 道路 (Ta-chang 運河と Ta-sat 運河の区間、図 2.1.6 参照 )が上げられている。 Srinakharin 道路は交通量が多く、Nong Bon 処理区西部の既に市街化が進んでいる地域を南北に走る重要幹線道路である。

Srinakharin 道路周辺における最近の浸水は、2009 年 10 月 13 日から 14 日にかけて発生している。この時は、13 日 7:00 から 12:00 にかけて集中的な豪雨となり、総降雨量は 222.5 mm (降雨継続時間: 約 9 時間)に達している(Nong Bon 雨水調整池では 187.5mm)。

この時の周辺の運河の水位は、降雨開始とともに上昇しはじめ、15 日まで高水位が継続し、16 から 17 日にかけて平常水位に戻っている(図 2.1.5)。

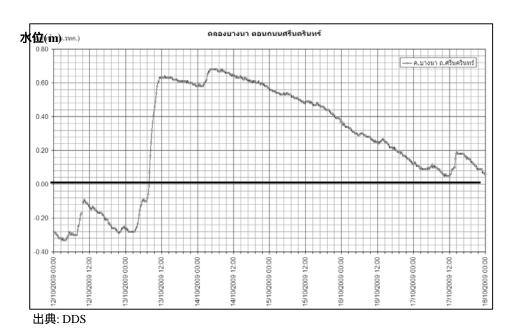


図 2.1.5 Bang Na 運河の水位の変化

浸水状況及び応急対策の写真を以下に示す。





写真 2.1.1 Srinakharin 道路の浸水状況





写真 2.1.2 応急対策状況 (可動式ポンプ設備と土嚢)

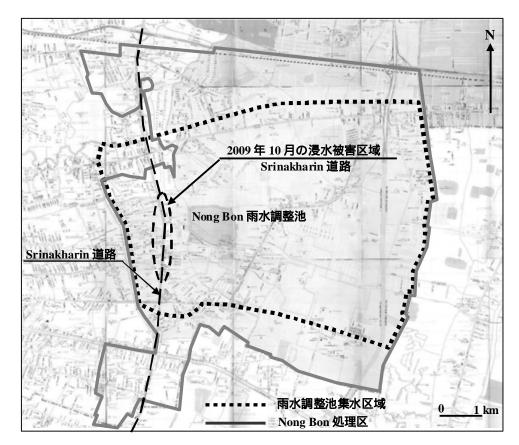
#### (2) 雨水排水計画

#### (A) Nong Bon 雨水調整池

図 2.1.6 に Nong Bon 雨水調整池の集水区域を、図 2.1.7 に Nong Bon 雨水調整池の周辺の状況を示す。Nong Bon 雨水調整池の集水区域は、後述の Nong Bon 地区排水トンネルの集水区域の一部約 40 km² である。また、Nong Bon 処理区の大部分が Nong Bon 雨水調整池の集水区域と重なる。

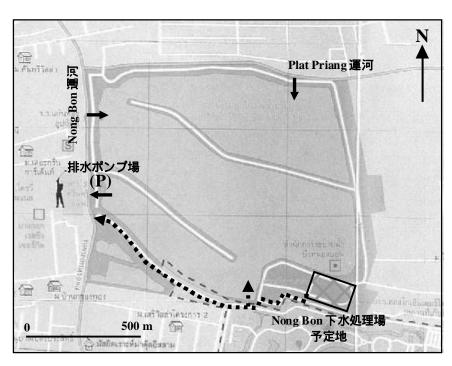
図 2.1.7 のように、Nong Bon 雨水調整池は Nong Bon 運河、Plat Priang 運河の水位上昇時に雨水を受け入れ貯留することにより、周辺地区の浸水被害の発生を抑える。

Nong Bon 雨水調整池に貯留された雨水は、Nong Bon 運河の水位が下がるを待って既設の排水ポンプ場(排水能力  $20 \, \mathrm{m}^3$ /s)により Nong Bon 運河へ排出される。また、Nong Bon 地区排水トンネルの完成後は、この排水トンネルを併用して貯留された雨水の排水に万全を期す計画である。表 2.1.1 に Nong Bon 雨水調整池の施設概要を示す。



出典:調査団

図 2.1.6 Nong Bon 雨水調整池の集水区域



出典:調査団

図 2.1.7 Nong Bon 雨水調整池の周辺の状況

10

表 2.1.1 Nong Bon 雨水調整池の概要

		備考
貯留地の完成	1992年	
排水ポンプ場の完成	1999 年	部分的には 1992 年に完成
雨水収集区域 (最終)	$40 \text{ km}^2$	現在は一部排水路が未整備のため、これより小さい
調整池水面積(HWL)	$0.92 \text{ km}^2$	
調整池水面積(LWL)	$0.36 \text{ km}^2$	
計画高水位 (HWL)	0.00 m	
計画低水位 (LWL)	-7.00 m	
計画貯留量	5,430,000 m <sup>3</sup>	HWL と LWL の間
排水ポンプ設備	$20   m^3/s$	既設

出典:調查団

#### (B) Nong Bon 運河

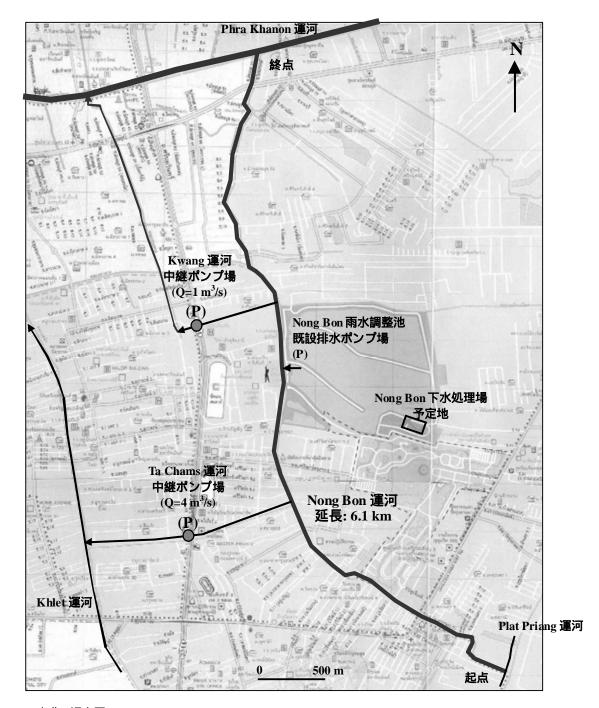
Nong Bon 運河は Nong Bon 雨水調整池のすぐ西を流れる Phra Khanon 運河へ至る約 6.1km の 運河である。 Nong Bon 運河には周辺の雨水を排水する機能に加え、前述のように、 Nong Bon 雨水調整池に貯留された雨水を Phra Khanon 運河へ排水する機能がある。

Phra Khanon 運河への排水機能を補完するため、Nong Bon 運河からは Ta Chamg 運河及び Kwang 運河を経由して Phra Khanon 運河へ至るルートがあり、Nong Bon 運河の水位上昇時には、Ta Chamg 運河排水ポンプ場及び Kwang 運河排水ポンプ場が稼働し Nong Bon 運河から雨水を排出する。図 2.1.8 に Nong Bon 運河、Ta Chamg 運河、Kwang 運河と周辺の状況を示す。また、表 2.1.2 に Nong Bon 運河の概要を示す。

表 2.1.2 Nong Bon 運河の概要

項目	説明	備考
起点	Plat Priang 運河	
終点	Phra Khanon 運河	
延 長	約 6.1 km	
流下断面軽症 (終点付近)	矩形(ハンチ付き)	水面幅: 約10.0 m、底幅: 約8.0 m 深さ: 約2.3 m、流下断面積: 22.5 m <sup>2</sup>
最小流下断面形状 (起点より約 2.6 km)	台 形	水面幅: 約7.5 m、底幅: 約4.0 m 深さ: 約1.5 m、流下断面積: 8.6 m <sup>2</sup>
Nong Bon 雨水調整池 排水ポンプ場	起点より約 3.6 km に 流入	Nong Bon 雨水調整池満水時に流入
Ta Chamg 運河 排水ポンプ場	起点より約 2.3 km から 分岐	Nong Bon 運河満水時に、ポンプにより Phra Khnon 運河へ排水 ポンプ場、能力4 m <sup>3</sup> /s
Kwang 運河 排水ポンプ場	起点より約 3.9 km から 分岐	Nong Bon 運河満水時にポンプにより Khlet 運河へ排水 ポンプ場、能力 $2 \text{ m}^3/\text{s}$

出典: 調査団



出典:調査団

図 2.1.8 Nong Bon 運河と周辺の状況

#### (C) Nong Bon 地区排水トンネル計画

Nong Bon 地区排水トンネルは、Nong Bon 処理区内を縦貫する Srinakharin 道路及び周辺の浸水対策を目的に建設される、Nong Bon 処理区内に位置する Nong Bon 雨水調整池とチャオプラヤ川を結ぶ排水トンネルである。集水区域は図 2.1.9 に示す約 85 km²であり、Nong Bon 雨水調整池の集水区域はこれに含まれる。

排水トンネルの延長は約 10 km であり、この間に 6 ヶ所の雨水流入口と、雨水をチャオプラヤ川へ排水する排水ポンプ場を 1 ヶ所設置する計画である。最上流の流入口は Nong Bon雨水調整池からの排水を、第 2 流入口は Nong Bon運河からの雨水を受水する。この排水トンネルが完成すると、Nong Bon雨水調整池からの排水を既存の Nong Bon運河を経ることなく安全に排出できることから、Nong Bon雨水調整池の貯留能力、約 540 万  $\mathrm{m}^3$  を十分に活用できるようになる。これによって、Nong Bon地区排水トンネルの集水区域内、すなわち、Nong Bon処理区内の浸水安全度が大幅に改善されることが期待される。

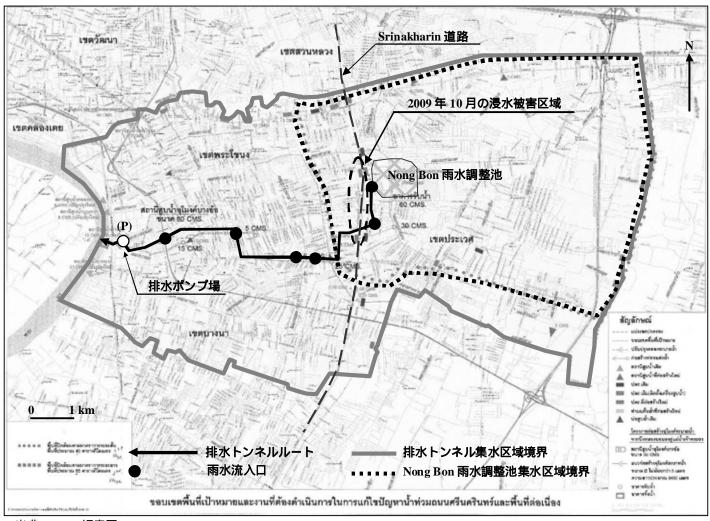
Nong Bon 地区排水トンネルの流下能力は集水区域  $85~{
m km}^2$  に対して  $60~{
m m}^3/{
m s}$  で計画されている。

現在、排水トンネルの詳細設計が DDS により行われており、概ね 5 年以内の完成を目指している。表 2.1.3 に計画の概要を、図 2.1.9 に Nong Bon 地区排水トンネルの集水区域を示す。

表 2.1.3 Nong Bon 地区排水トンネル計画の概要

		備考
完成予定	2015 年(目標)	現在詳細設計作業中
雨水収集区域	約85 km <sup>2</sup>	Nong Bon 処理区の全域を含む
排水トンネル延長	約10 km	
排水トンネル管径	5 m	
流下能力	$60 \text{ m}^3/\text{s}$	
排水トンネル深さ (管中心)	-30 m	Nong Bon 雨水調整池流入口で
雨水流入口	6 ケ所	Nong Bon 雨水調整池、Non Bong 運河、 Srinakharin 道路付近など
排水ポンプ場能力	$60 \text{ m}^3/\text{s}$	位置はチャオプラヤ川近く

出典:調查団



出典: DDS、調査団

図 2.1.9 Nong Bon 地区排水トンネルの集水区域

- 2.2 処理区計画・設計条件の設定
- 2.2.1 目標年・計画区域・下水収集方針・処理水/汚泥有効処理方針

#### (1) 目標年

バンコク下水道整備マスタープランは 2040 年を目標年とし、バンコク都の汚水の 80%を処理する計画である。これに対し、優先プロジェクトである Nong Bon 処理区の下水道整備計画(フィジビリティスタディ)の目標年は 2020 年とする。ただし、段階的な能力の増強が困難な遮集管ではマスタープランの目標年 2040 年の汚水量に対して設計し、段階的な施設整備が可能な下水処理場では 2020 年の汚水量に対して第 1 期施設を、2040 年の汚水量に対して全体施設を設計する。

#### (2) 計画区域

Nong Bon処理区はバンコク下水道整備マスタープランにより定められており、Bang Na, Prawet, Suan Luang の 3 つの District を含み、計画区域面積は約 6,385ha である。バンコク都都市計画局が 2006 年に策定した 2020 年を目標年とする土地利用計画によれば、Nong Bon 処理区には住居系区域、商業系区域、官公庁区域、工業区域が含まれる。図 2.2.1 に Nong Bon 処理区の土地利用計画図を、表 2.2.1 に土地用途別の面積を示す。



図 2.2.1 Nong Bon 処理区の土地利用計画

表 2.2.1 Nong Bon 処理区の土地用途別面積

(ha)

							(IIu)
低密度 住居	中密度 住居	商業	工業	官公庁	空地、公園	道路、水路	計
4,671	1,207	87	35	55	205	125	6,385

出典:調査団

#### (3) 下水排除方式

既存の排水施設を有効に活用し合流式(遮集式下水道)により整備を行う。

なお、遮集式下水道を改善し標準的な合流式下水道に近づけるけるために、建築基準法に拠らずに住宅開発ができる特例として、腐敗槽を設置せずに汚水を直接遮集管に接続できる特区制度を提案する。このモデル試算を、付録 11 に示す。

#### (4) 処理水/汚泥有効処理方針

バンコク都では下水処理水を街路樹への散水や修景用水として積極的に利用している。Nong Bon 処理場においても、処理水の下水処理場内での利用や街路樹への散水の他、隣接するラーマ9世公園での散水、修景用水としての利用を考慮する。

また、バンコク都内各下水処理場で発生する脱水汚泥は Nong Khaem 下水処理場で一元的に処理する計画になっており、コンポスト化や消化ガスによる自家発電が試みられている。 Nong Bon 処理場の脱水汚泥についても Nong Khaem 下水処理場へ搬送する計画である。

#### 2.2.2 基本フレーム

Nong Bon 処理区下水道計画の基本フレームを以下に述べる。なお、算定根拠等については、ファイナルレポート()の「第5章概略下水道マスタープラン」を参照されたい。

#### (1) 計画人口

Nong Bon 処理区の計画人口を表 2.2.2 に示す。Nong Bon 処理区を構成する 3 つの District のうち、Prawet, Suan Luangw の 2 つの District では人口増加傾向を示している。

表 2.2.2 Nong Bon 処理区の計画人口

(人)

District	2020年	2030年	2040年
Bang Na	27,432	27,432	27,432
Prawet	191,670	203,770	216,470
Suan Luang	19,762	20,371	20,981
計	238,863	251,574	264,883

出典:調査団

土地用途別の計画人口と人口密度は表 2.2.3 のとおりである。

表 2.2.3 Nong Bon 処理区の土地用途別計画人口と人口密度

(a) 2020 年

(u) 2020							
	低密度 住居	中密度 住居	商業	工業	官公庁	その他	計
面積(ha)	4,671	1,207	87	35	55	330	6,385
計画人口(人)	154,918	68,851	12,853	55	2,186	0	238,863
人口密度(人/ha)	33	57	148	2	40	0	37

(b) 2030 年

	低密度 住居	中密度 住居	商業	工業	官公庁	その他	計
面積(ha)	4,671	1,207	87	35	55	330	6,385
計画人口(人)	164,060	72,277	12,853	60	2,324	0	251,574
人口密度(人/ha)	35	60	148	2	42	0	39

(c) 2040 年

	低密度 住居	中密度 住居	商業	工業	官公庁	その他	計
面積(ha)	4,671	1,207	87	35	55	330	6,385
計画人口(人)	173,625	75,873	12,853	63	2,469	0	264,883
人口密度(人/ha)	37	63	148	2	45	0	41

出典:調査団

#### (2) 計画汚水量

#### (A) 配水量原単位

Nong Bon 処理区に係る生活系及び業務系の配水量原単位を表 2.2.4 に示す。

なお、工業用の配水量は業務系配水量の一部として取り扱うが、処理区内の工業区域については大規模工場による独自処理として計画汚水量に含めない。工場排水の排水基準を付録 12 に示す。

表 2.2.4 Nong Bon 処理区に係る生活系、業務系の配水量原単位

(1/人日

			(1/11)
	生活系	業務系	計
2020年	186	279	465
2030年	197	296	493
2040年	200	300	500

出典:調査団

#### (B) 汚水転換率

水道の配水量から汚水量への転換率は0.80とする。

#### (C) 汚水収集率

概略マスタープランでは、現況汚水収集率を既設下水処理場のデータ解析から 80 %とし、2040 年までに 90 %を達成するものとした。Nong Bong 処理区は新規の下水処理区であり遮集管の整備はこれからであるので、汚水収集率はこれを下回るものと考えられる。しかし、既設の雨水排水管を下水道の排水管に利用できることから、2020 年の供用開始時点での汚水収集率を 70 %と設定した。また、未処理放流汚水の収集をすすめ、汚水収集率を 2030 年には 80%、目標年の 2040 年には 90 %とする。

表 2.2.5 Nong Bon 処理区の汚水収集率

	2020年	2030年	2040年
汚水収集率	70%	80%	90%

出典:調查団

#### (D) 浸入水量

地下水の下水管への浸入量、分水人孔を通じての運河からの流入水量を合わせて浸入水量とし、これを収集汚水量の40%とする。

概略 M/P では、浸入水量を汚水量に対する率と処理区面積に対する率で検討し、算定された浸入水量が小さいものを採用することとした。Nong Bon 処理区では空地が多く、処理区面積に基づく浸入水量は過大になることから、汚水量に対する率を採用した。

#### (E) 計画汚水量

以上より、Nong Bon 処理区の計画汚水量は表 2.2.6 のとおりである。

表 2.2.6 Nong Bon 処理区計画汚水量

I		計画人口	配水量原単位(1/人日)			配水量	汚水	発生汚水量
		(人)	生活系	業務系	計	(m³/日)	転換率(%)	(m³/日)
	2020年	238,863	186	279	465	111,071	80	88,857
	2030年	251,754	197	296	493	124,026	80	99,221
	2040年	264,883	200	300	500	132,442	80	105,953

	発生汚水量 (m³/日)	汚水収集率	収集汚水量 (m³/日)	地下水量率	地下水量 (m³/日)	計画汚水量 (m <sup>3</sup> /日)
2020年	88,857	70	62,200	40	24,880	87,080
2030年	99,221	80	79,377	40	31,751	111,128
2040年	105,953	90	95,358	40	38,143	133,501

## (3) 計画流入水質

Nong Bon 下水処理場への流入下水水質を表 2.2.7 のとおりとする。なお、この水質は Rattanakosin 下水処理場を除く既設下水処理場の計画流入下水水質と同じである。

表 2.2.7 Nong Bon 下水処理場計画流入水質

水質項目	計画流入水質
生物化学的酸素要求量 (BOD)	150 mg/l
浮遊性物質 (SS)	150 mg/l
全窒素 (T-N)	30 mg/l
全リン (T-P)	8 mg/l

出典:調査団

## (4) 目標処理水質

既存下水処理場の目標処理水質及び下水処理場処理水に関する排出基準は、表 2.2.8 に示すとおりである。Nong Bon 下水処理場の目標処理水質はこれらを参考に同表最右列のように定めた。

表 2.2.8 既存下水処理場の目標処理水質及び下水処理場処理水に関する排出基準

	単位	既存処理場 目標水質	排出基準1	排出基準 2	Nong Bon 下水処理場 目標処理水質
pН	-		5-9	5.5-9	5.5-9
生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/l	20	20	20	20
浮遊物質量 (SS)	mg/l	30	30	30	30
全窒素 (T-N)	mg/l	10	10	20	10
アンモニア性窒素(NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	5	5	-	5
全リン (T-P)	mg/l	2	2	2	2
溶存酸素量 (DO)	mg/l	5	5	5	5
脂質	mg/l	-	-	5	5

排出基準 1: BMA 策定の排出基準

排出基準 2: 国家環境委員会承認の下水処理場に対する排出基準 (2010年6月2日発効)

出典: 調査団

## 2.2.3 Nong Bon 処理区及び Nong Bon 下水処理場の概要

表 2.2.9 及び図 2.2.2 に Nong Bon 処理区及び Nong Bon 下水処理場の概要を示す。下水処理場の予定地は Rama 9 世公園の隣、Monkey Cheek プロジェクトで建設された雨水調整池のそばである。

表 2.2.9 Nong Bon 処理区と Nong Bon 下水処理場の概要

	計画値	備考
下水処理区面積	6,385 ha	公園、空地、水面を含む面積
計画人口	265,000 人	2040年
必要処理能力	135,000 m <sup>3</sup> /⊟	
下水処理場予定地	3.5 ha (22 Rai) ただし、地上部使用 可能面積は 1.1 ha	Rama 9世公園の隣、Monkey Cheek プロジェクトで 建設された雨水調整池のそば 生物処理、コンパクトな処理方式の採用 処理施設の一部は地下に建設、管理施設は地上に 建設

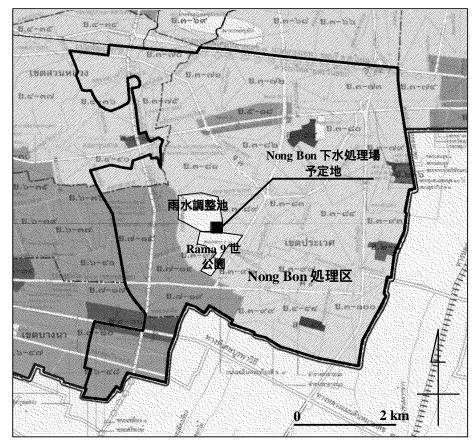


図 2.2.2 Nong Bon 処理区及び下水処理場位置図

#### 2.3 処理場予定地

Nong Bon 下水処理場の概要を図 2.3.1 に示す。処理場予定地は、Rama 9 世公園に隣接し、Monkey Cheek プロジェクトで建設された雨水調整池の DDS 管理用地である。

既に、BMA環境局が所管する水上スポーツセンターが設置されており、雨水調整池の一部が市民に開放されている。また、管理用地の一部が、DDSの分庁舎(設備部、水路施設部等)、ワークショップ、職員用駐車場などに使われることになっており、一部の施設については既に建設が始まっている。

このため、処理場用地として供されるのは、それらの残り約3.5ha(このうち地上部使用可能面積は1.1ha)にとどまり、これは135,000m³/日の処理施設を建設するには極めて狭い。このため、処理施設には、コンパクトな処理方式を採用するとともに、地上空間や地下空間を有効に使うことが求められる。

現地地盤の土質調査によると概略地表下 30m 付近から N 値 40 以上の地盤が、40m 付近から N 値 50 以上の支持地盤が現れる。

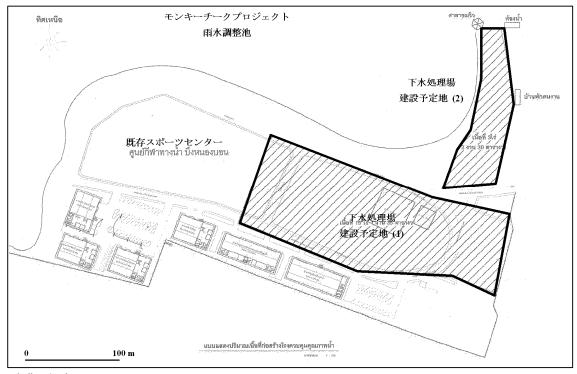


図 2.3.1 Nong Bon 下水処理場予定地

# 3. 遮集管の概略設計

### 3.1 設計諸元

本章では、Nong Bon 処理区の下水道施設の中で、遮集管に関連する以下の構造物について 概略の施設規模、施設数、敷設場所を検討した。

- ・ 遮集管(幹線、枝線)
- ・ 雨水吐き室
- ・ ポンプ場(中継ポンプ場)

## 3.2 設計基準

遮集管の設計基準については、BMAに明確な設計基準書が無いため、直近のF/SであるKlong Toei 処理区及びBang Sue 処理区の F/S レポートを参考に、以下の通りとした。

### 最小管径

最小管径は300mmとする。

ただし、ポンプ場の設置数を減らすために遮集管の勾配を緩くし、埋設位置を浅くする必要がある場合は、遮集管の流下能力に余裕があっても管径を 600mm まで拡大できるものとする。

## 流下能力算定式

以下のマニング式を用いる。

$$\gamma = \frac{I}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

ここで、

v:流速(m/s)

n:マニング粗度係数 (-)

R:径深 (m) I:管勾配 (-)

遮集管は全線コンクリート管とし、マニング粗度係数 n は 0.013 とする。

## 最小流速、最大流速

一般に下水管は自然流下とし、管路内への沈殿物が堆積しないよう最小流速を定める。ま

た、流速が大きすぎる場合、管路内やマンホールが損傷するため、最大流速を定め適正な 管径と勾配を設定する。本概略設計では、最小流速及び最大流速を以下のように設定した。

最小流速 = 0.6 m/s、最大流速 = 3.0 m/s

また、遮集管の管径及び勾配は満管流速が約 1.0m/s となるように設定した。

### 最小土被り、既設構造物からの離隔

- ・ 遮集管の最上流マンホールの最小土被リ = 2.0 m
- ・ 運河を下越しする場合、最小離隔 = 2.0 m
- ・ 高速道路下の最小土被リ = 2.5 m

#### マンホールの設置位置、間隔

マンホールは点検、清掃、維持補修などの作業時に下水管内へ立ち入るために必要である。マンホールを設置すべき位置は以下の通りとする。

- ・路線の起点
- ・ 下水管の会合部
- ・ 管径、勾配、方向が変化する箇所

また、直線部など上記以外の場所においても維持管理のためにマンホールを設置する必要がある。表 3.2.1 に管径別のマンホール最大間隔を示す。

表 3.2.1 管径別のマンホール最大間隔

管径 ( mm )	マンホール最大間隔 ( m )
D 300	100
450 D<800	150
800 D	200

出典:調査団

## その他の設計基準

- ・ 管勾配はマンホール間で一定とする。
- ・ マンホールにおいて、流出管の管頂高は最も低い流入管の管頂高と一致させる。
- ・ 下流側の遮集管の管径は、上流側の遮集管の管径より大きいあるいは同一とする。

## 遮集倍率

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)が採用されており、また当該 F/S で対象とする Nong Bon 処理区も同様に合流式下水道となるため、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。

バンコク都の既存の 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、現在事業実施中の Bang Sue 処理区、Klong Toei 処理区の F/S では、雨水吐き室にて 5DWF を遮集するが、遮集管の設計に用いる遮集倍率は  $2\sim5$ DWF (平均 3.5DWF) の間で 変数としている。Klong Toei 処理区の F/S レポートより、これは以下の理由によるものとされている。

- ・ 全路線を 5DWF で建設するとコストが非常に高いため。
- ・ 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ため。
- ・ 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管となるが、非定 常流出解析により地表面へ溢水しないことが確認されたため。
- ・ 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 が比較的小さいため。
- ・ 文献調査より、当手法はバンコクだけでなく、他国でも広く採用されているため。

上記の採用理由は妥当であり、また Bang Sue 処理区及び Klong Toei 処理区ではこの考えに基づき事業が進められていることから、今後実施する事業でも同様に採用すべきと考えられる。したがって Nong Bon 処理区においても、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  $2\sim5DWF$  とする。

- 3.3 遮集管計画検討
- 3.3.1 計画汚水量

### (1) 既存吐き口ごとの集水流域分割

前章(2.2.1 運河網、排水管網)にて示されたように、Nong Bon 処理区では各家庭やビルからの排水は、一部が腐敗槽で処理された後に道路下へ埋設されている排水管を経由し運河へ放流される。

運河への放流点である吐き口はNong Bon 処理区内では136ヶ所存在している(付録3参照)。バンコク都で採用する遮集式下水道では、これらの既存吐き口から運河へ放流する前に雨水吐き室を設置し汚水を遮集する。既存吐き口1ヶ所ごと、あるいは道路の両側や運河の対岸に近接する吐き口を併せた1グループごとに遮集管へ取り込むものとして集水流域を分類すると、以下の図3.3.1に示すようにNong Bon 処理区全体を94の小流域へ分割できる。この94小流域より発生する汚水全量がNong Bon 処理区の計画汚水量となる。なお、既存吐き口位置については、詳細設計において測量による確認が必要である。

## (2) 各小流域の計画汚水量

前章(2.1.2 基本フレーム)にてNong Bon処理区全体及び各都市計画ブロックの計画人口、計画水量が示された。このデータを用いて94の小流域別の計画汚水量を算出した。表3.3.1 に算出結果を示す。

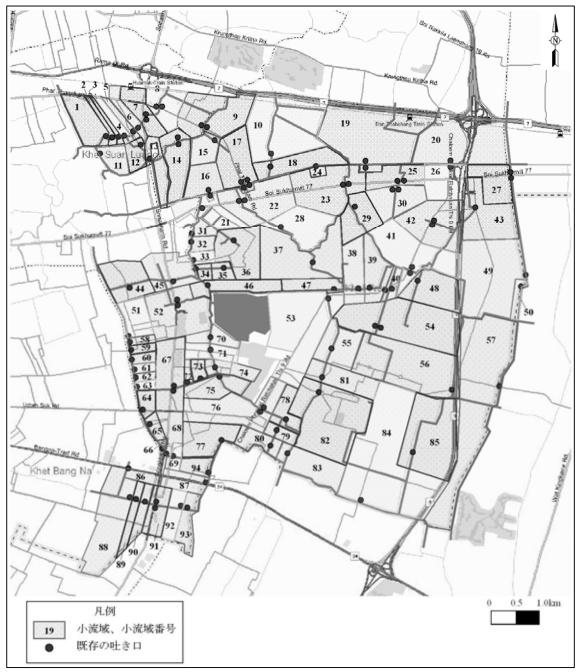


図 3.3.1 Nong Bon 処理区内の既存吐き口ごとの集水流域分割図

表 3.3.1 (1) Nong Bon 処理区の小流域別計画汚水量 (1/2)

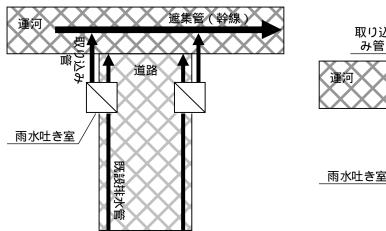
小流域	晴天時	日平均汚水量	DWF)	晴天時時	間最大汚水量	量(2DWF)	雨天	時遮集量(5D	OWF)
番号	2020年	2030年	2040年	2020年	2030年	2040年	2020年	2030年	2040年
		m <sup>3</sup> /day			m <sup>3</sup> /sec			m <sup>3</sup> /sec	
1	1,108	1,382	1,626	0.026	0.032	0.038	0.064	0.080	0.094
2	264	329	387	0.006	0.008	0.009	0.015	0.019	0.022
3 4	184 350	230 437	271 514	0.004	0.005 0.010	0.006 0.012	0.011 0.020	0.013	0.016
5	303	378	445	0.008	0.010	0.012	0.020	0.025	0.030
6	400	499	586	0.007	0.012	0.014	0.023	0.022	0.020
7	661	824	969	0.015	0.019	0.022	0.038	0.048	0.056
8	512	639	752	0.012	0.015	0.017	0.030	0.037	0.043
9	885	1,129	1,360	0.020	0.026	0.031	0.051	0.065	0.079
10	1,959	2,521	3,059	0.045	0.058	0.071	0.113	0.146	0.177
11	955 773	1,191 964	1,401 1,134	0.022	0.028	0.032 0.026	0.055 0.045	0.069 0.056	0.081
13	1,121	1,400	1,646	0.016	0.032	0.038	0.045	0.030	0.095
14	344	428	503	0.008	0.010	0.012	0.020	0.025	0.029
15	408	525	637	0.009	0.012	0.015	0.024	0.030	0.037
16	574	739	896	0.013	0.017	0.021	0.033	0.043	0.052
17	940	1,209	1,467	0.022	0.028	0.034	0.054	0.070	0.085
18	789	1,016	1,232	0.018	0.024	0.029	0.046	0.059	0.071
19 20	2,570 1,960	3,308 2,523	4,013 3,060	0.059 0.045	0.077 0.058	0.093 0.071	0.149 0.113	0.191 0.146	0.232 0.177
21	446	574	696	0.043	0.038	0.071	0.113	0.033	0.040
22	1,574	2,026	2,458	0.036	0.047	0.057	0.091	0.117	0.142
23	1,783	2,295	2,783	0.041	0.053	0.064	0.103	0.133	0.161
24	134	172	209	0.003	0.004	0.005	0.008	0.010	0.012
25	539	693	841	0.012	0.016	0.019	0.031	0.040	0.049
26	640	823	999	0.015	0.019	0.023	0.037	0.048	0.058
27 28	656 926	844 1,192	1,025 1,446	0.015 0.021	0.020 0.028	0.024	0.038 0.054	0.049 0.069	0.059 0.084
29	739	950	1,154	0.021	0.028	0.033	0.034	0.055	0.067
30	750	965	1,171	0.017	0.022	0.027	0.043	0.056	0.068
31	151	194	235	0.003	0.004	0.005	0.009	0.011	0.014
32	195	251	305	0.005	0.006	0.007	0.011	0.015	0.018
33	152	196	238	0.004	0.005	0.006	0.009	0.011	0.014
34	123	158	192	0.003	0.004	0.004	0.007	0.009	0.011
35 36	187 1,003	241 1,290	292 1,566	0.004	0.006	0.007 0.036	0.011	0.014 0.075	0.017 0.091
37	1,762	2,267	2,750	0.041	0.052	0.064	0.102	0.131	0.159
38	646	831	1,009	0.015	0.019	0.023	0.037	0.048	0.058
39	653	841	1,020	0.015	0.019	0.024	0.038	0.049	0.059
40	211	272	330	0.005	0.006	0.008	0.012	0.016	0.019
41	1,372	1,765	2,142	0.032	0.041	0.050	0.079 0.067	0.102	0.124
43	1,165 1,214	1,500 1,562	1,820 1,895	0.027 0.028	0.035 0.036	0.042	0.067	0.087 0.090	0.105 0.110
43	609	783	950	0.028	0.030	0.044	0.070	0.045	0.110
45	368	474	575	0.009	0.011	0.013	0.021	0.027	0.033
46	700	901	1,093	0.016	0.021	0.025	0.041	0.052	0.063
47	372	478	580	0.009	0.011	0.013	0.022	0.028	0.034
48	931	1,198	1,453	0.022	0.028	0.034	0.054	0.069	0.084
49	1,870	2,407	2,920 196	0.043	0.056	0.068	0.108 0.007	0.139	0.169
50 51	126	162 1,321	1,603	0.003	0.004	0.003	0.007	0.009 0.076	0.011
52	2,816	3,624	4,397	0.024	0.031	0.102	0.163	0.210	0.053
53	2,243	2,886	3,502	0.052	0.067	0.081	0.130	0.167	0.203
54	2,187	2,814	3,416	0.051	0.065	0.079	0.127	0.163	0.198
55	702	903	1,096	0.016	0.021	0.025	0.041	0.052	0.063
56	2,162	2,783	3,376	0.050	0.064	0.078	0.125	0.161	0.195
57 59	3,504	4,511	5,473	0.081	0.104	0.127	0.203	0.261	0.317
58 59	215	276	335	0.005	0.006	0.008	0.012	0.016	0.019 0.022
60	239	307 356	373 431	0.006 0.006	0.007 0.008	0.009	0.014 0.016	0.018 0.021	0.022
υU	270	330	431	0.006	0.008	0.010	0.010	0.021	0.025

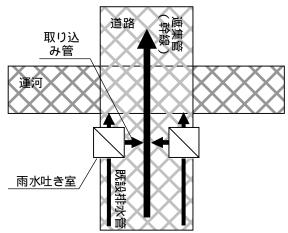
表 3.3.1 (2) Nong Bon 処理区の小流域別計画汚水量 (2/2)

小流域	晴天時日平均汚水量(DWF)			晴天時時間最大汚水量(2DWF)			雨天時遮集量(5DWF)		
番号	2020年	2030年	2040年	2020年	2030年	2040年	2020年	2030年	2040年
		m <sup>3</sup> /day		m <sup>3</sup> /sec			m <sup>3</sup> /sec		
61	240	308	374	0.006	0.007	0.009	0.014	0.018	0.022
62	186	239	290	0.004	0.006	0.007	0.011	0.014	0.017
63	208	267	324	0.005	0.006	0.008	0.012	0.015	0.019
64	448	576	699	0.010	0.013	0.016	0.026	0.033	0.040
65	333	429	520	0.008	0.010	0.012	0.019	0.025	0.030
66	67	86	104	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006
67	2,085	2,684	3,256	0.048	0.062	0.075	0.121	0.155	0.188
68	782	1,006	1,221	0.018	0.023	0.028	0.045	0.058	0.071
69	462	570	662	0.011	0.013	0.015	0.027	0.033	0.038
70	409	526	638	0.009	0.012	0.015	0.024	0.030	0.037
71	540	694	842	0.012	0.016	0.020	0.031	0.040	0.049
72	159	205	249	0.004	0.005	0.006	0.009	0.012	0.014
73	292	375	456	0.007	0.009	0.011	0.017	0.022	0.026
74	440	565	686	0.010	0.013	0.016	0.025	0.033	0.040
75	832	1,071	1,299	0.019	0.025	0.030	0.048	0.062	0.075
76	2,237	2,879	3,493	0.052	0.067	0.081	0.129	0.167	0.202
77	1,594	2,052	2,490	0.037	0.048	0.058	0.092	0.119	0.144
78	423	544	660	0.010	0.013	0.015	0.024	0.032	0.038
79	451	580	704	0.010	0.013	0.016	0.026	0.034	0.041
80	808	1,040	1,261	0.019	0.024	0.029	0.047	0.060	0.073
81	859	1,105	1,341	0.020	0.026	0.031	0.050	0.064	0.078
82	2,228	2,867	3,478	0.052	0.066	0.081	0.129	0.166	0.201
83	978	1,258	1,527	0.023	0.029	0.035	0.057	0.073	0.088
84	3,938	5,067	6,149	0.091	0.117	0.142	0.228	0.293	0.356
85	1,990	2,560	3,107	0.046	0.059	0.072	0.115	0.148	0.180
86	1,395	1,688	1,928	0.032	0.039	0.045	0.081	0.098	0.112
87	2,128	2,575	2,941	0.049	0.060	0.068	0.123	0.149	0.170
88	1,578	1,910	2,181	0.037	0.044	0.050	0.091	0.111	0.126
89	503	608	695	0.012	0.014	0.016	0.029	0.035	0.040
90	488	591	675	0.011	0.014	0.016	0.028	0.034	0.039
91	923	1,118	1,276	0.021	0.026	0.030	0.053	0.065	0.074
92	680	823	940	0.016	0.019	0.022	0.039	0.048	0.054
93	723	875	999	0.017	0.020	0.023	0.042	0.051	0.058
94	1,250	1,513	1,729	0.029	0.035	0.040	0.072	0.088	0.100

#### 3.3.2 雨水吐き室の構造

Nong Bon 処理区では新設する遮集管が運河下に敷設されるケースと道路下に敷設されるケースに分けられる。各ケースの既設排水管、道路、運河、遮集管、雨水吐き室の位置関係を図 3.3.2 に示す。





ケース 1: 運河下の遮集管へ汚水を取り込む場合

ケース 2: 道路下の遮集管へ汚水を取り込む場合

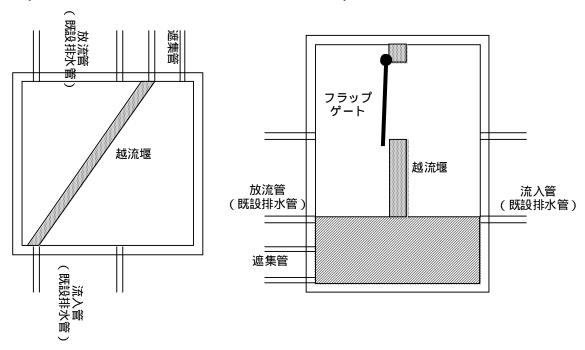
出典: 調査団

図 3.3.2 既設排水管、道路、運河、遮集管、雨水吐き室の位置関係

ケース 1 に示すように運河下に敷設された遮集管(幹線)へ汚水を取り込む場合、取り込み管は既設排水管と並行する方向となる。一方、ケース 2 に示すように道路下へ敷設された遮集管(幹線)へ汚水を取り込む場合、取り込み管は既設排水管とクロスする方向となる。

以上を考慮し、各ケースの雨水吐き室概略構造図を図 3.3.3 に示す。なお、既存の処理区と同様にNong Bon 処理区も既設排水管から運河への吐き口が運河水位より低い箇所が多数存在するため、雨水吐き室内にフラップゲートを設置し、運河からの逆流を防止する。

### (ケース1:運河下の遮集管へ汚水を取り込む場合)



(ケース2:道路下の遮集管へ汚水を取り込む場合)

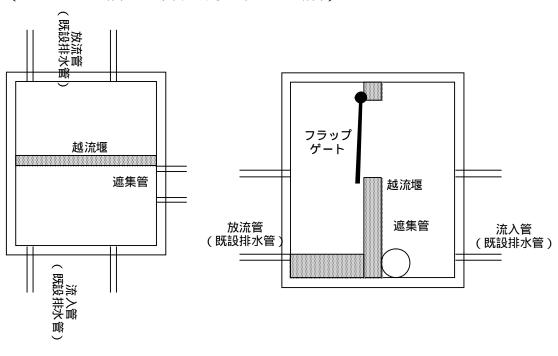


図 3.3.3 雨水吐き室概略構造図

出典:調査団

Nong Bon 処理区では既設排水管から運河への吐き口が136ヶ所存在し、現時点では未処理 汚水が直接運河へ放流されている。これら全ての吐き口からの未処理汚水を処理場へ遮集 するためには、各既設排水管の形状寸法や運河水位に合わせた雨水吐き室を築造する必要 がある。以下に雨水吐き室設計に当って留意すべき点をまとめる。

- 1) 既設排水管からの流入量が 5DWF の時に雨水吐き室水位 = 堰頂高となるよう、堰高と遮集管径を設定する。必要に応じてオリフィスを設置する。
- 2) 運河からの逆流防止のためにフラップゲートを設置するが、ゴミ等が詰まると正常 に機能しなくなるため、可能であれば運河の計画高水位(H.W.L)より堰頂高を高くする。

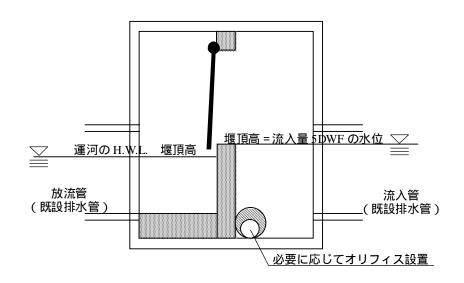


図 3.3.4 雨水吐き室設計の留意点

#### 3.3.3 遮集管敷設場所(運河または道路)

バンコク都の既存 7 下水処理区では、遮集管敷設位置は道路下が多く、特に運河に沿った 道路下へ布設されているものが多い。下水管を道路下へ敷設することは、バンコク都だけ でなく他国でも一般的であり、マンホールを道路へ設置することにより下水管路の維持管 理作業の際に、車両で容易にアクセスできるというメリットがあるが、建設時や維持管理 作業時に道路交通へ及ぼす影響が大きいというデメリットがある。

一方、事業実施中の Bang Sue 処理区及び Klong Toei 処理区では、道路下とともに運河の河床下へ遮集管を布設する案が採用されており、特に建設中の Bang Sue 処理区では遮集管の約75%が運河下へ布設されている。下水管を運河下へ敷設する場合、建設時や維持管理作業時に交通への影響を大幅に軽減できるというメリットがあるが、維持管理作業においてマンホール内への入坑や機材搬入の際に船を使用しなければならないというデメリットがある。運河下への下水管の敷設に当って開削工法は適用できないため、運河内に立坑を設置し、推進工法あるいはシールド工法を適用する必要がある。バンコク都内で実際に運河内へ設置された立坑の状況写真を以下の写真3.3.1に示す。





出典: ウェブサイト「2Bangkok.com、2002 年 12 月 14 日」)

写真 3.3.1 運河内に設置された立坑の状況

遮集管の敷設場所としては、道路下及び運河下のいずれもメリットとデメリットがあるが、 バンコク都の事業実施中のプロジェクトでは、遮集管の敷設場所は道路下及び運河下を問 わず最適な場所を選定している。この傾向を踏まえ、本 F/S で対象とする Nong Bon 処理区 においても同様とする。

#### 3.3.4 敷設工法

一般的に下水管の敷設工法は埋設深さ、施工作業環境、建設コスト等の観点から開削工法、推進工法、シールド工法より選定される。各工法の概要を以下に示す。

## 開削工法

人力あるいは機械により掘削した溝に管を敷設し、埋め戻しを行う工法である。掘削には 矢板等の土留め壁が使用されることが多い。管路全線が地上作業となる。最も簡易な工法 であり、埋設深さが浅い場合は最も経済的であるが、深い場合は不経済となる。また、周 囲の交通への影響が大きい。

### 推進工法

立坑から管体を推進ジャッキで土中に圧入させ、管内から土砂の掘削、搬出を行いながら順次管を継ぎ足して管路を埋設する工法である。そのため、地上での作業は立坑部のみとなる。工法の種類によりほとんどの土質に対応可能である。シールド工法と比較して地上の必要作業場面積は小さいが、一工程で1kmを超える長距離施工や急曲線部への施工には適していない。

## シールド工法

推進工法と同様に立坑を作業基地としてトンネルを築造する工法である。管体を推進する

推進工法と異なり、トンネル先端部に設置したシ・ルド機を用いて、トンネル本体となる セグメントを組立てながら土中を掘進する事から、長距離施工や大断面施工に適しており、 地下鉄工事等で多用される。一般的に最も高価な工法である。

開削工法は施工が比較的簡易であり、また最も低コストであるため可能な限り採用されるが、以下に示すような条件の場合は開削工法の採用が難しいため、推進工法またはシールド工法が採用される。

- ・ 下水管敷設箇所の交通量が非常に多いため、開削工事に伴う影響が非常に大きい場合
- ・ 下水管敷設箇所が非常に狭隘な道路で、かつ家屋等が密集している場合
- ・ 下水管の埋設位置が非常に深いため、開削工事のコストが増大する場合
- ・ 運河、河川、鉄道、大口径水道管、その他地下構造物等を下越しする場合

Nong Bon 処理区では、後述の「3.4 遮集管ルート計画」において選定するように遮集管の埋設場所の約70%は運河の下となる。また、道路下に敷設する路線の大半は上下流側で運河を横断するため埋設深さが非常に大きくなる。したがって、Nong Bon 処理区の遮集管敷設には開削工法は適さない。

次に、推進工法またはシールド工法を敷設する管径及び一工程の施工延長により選定する。 次頁の表 3.3.2 に開削工法、推進工法、シールド工法の一般比較を示す。

一般的に管径 2,000 mm 以下の場合は推進工法の方が安価である。また一工程の施工延長が1,000 m 程度までなら推進工法が適用可能である。Nong Bon 処理区に敷設する遮集管は後述の「3.4 遮集管ルート計画」にて検討した結果、全線で管径 2,000 mm 以下となる。また、点在する雨水吐き室から汚水を遮集するため、あるいは供用後に維持管理するため最大距離で 200 m ごとにマンホールが必要となる。このため必然的に立坑数が多くなるため一工程の施工延長が短くなる。以上より、Nong Bon 処理区の遮集管敷設工法には推進工法を採用する。

表 3.3.2 (1) 下水管敷設工法の一般比較(開削工法)

I	頁目	開削工法				
		Bracing Wall  Sewer Pipe  Installed Pipe  http://parkó.wakwak.com/-shokaisaku/				
概要	<b>概略図</b>	ntip // nume:-pipe.jp				
	定義	開削工法は人力あるいは機械により掘削した溝に管を敷設し、埋め戻しを行う工法である。掘削には矢板等の土留め壁が使用されることが多い。管路全線が地上作業となる。				
適用	用管径	3,000mm以下				
適用	用延長	制限無し				
施工	ニコスト	・ 埋設位置が浅い場合には最も安価な工法。 日本では埋設深さが4m未満であり、既設の大型埋設物等の支障が無い場合には、一般的に最も安価な工法である。				
周辺環境への影響		・ 敷設箇所が非常に交通量の多い道路である場合、非常に影響が大きい。 ・ 掘削作業に伴う騒音・振動により、周辺への影響が大きい。				
施工(	の難易度	・ 最も簡易な工法である。 ・ 施工後に土質が部分的に変わっていたり、支障埋設物が新たに見つかった場合に対応しやすい。 ・ 地下水位が掘削深よりも高い場合、地下水位を下げることは非常に困難であり、施工環境が悪化する。				
工期		・ 撤去復旧すべき大規模な埋設物が無ければ、一般的に他の工法よりも工期は短い。				
その他		・ 下水管敷設箇所が新設道路の場合、開削工法は許可されない場合がある。 ・ 河川や移設が困難な構造物を横断する場合、開削工法は適用できない。				

表 3.3.2 (2) 下水管敷設工法の一般比較(推進工法)

I	項目	推進工法					
概要	概略図	Gantry Crane  Plant (for Jacks, Slurry Treatment, etc)  Strut Thrust Reaction Wall  TBM (Tunnel Intermediate Boring Machine) Jacking Station Jacking Floor  http://www.kouhounavi.com  http://www.daiwalklo.co.jp					
	定義	推進工法は発進立坑から到達立坑までの間を掘進しながら二次製品の管体を 敷設する非開削工法である。管体は発進立坑に設置されたジャッキより推進 される。立坑を築造する時には開削工事を伴う。					
適用	用管径	150mm - 3,000mm					
適用	用延長	一工程で約1,000mまで (一般的には150 m - 500 m)					
施工	ニコスト	・ 埋設位置が深い場合には開削工法よりも安価である。 ・ 地盤が軟弱あるいは地下水位が高い場合、地盤改良が必要となりより高 価になる。 ・ 一般的に同条件下においては 2,000mmまではシールド工法よりも安価で ある。					
周辺環境への影響		・ 掘削を伴う作業は立坑設置箇所に限られるため、道路交通への影響を抑制できる。 ・ 掘削に伴う騒音・振動は立坑設置箇所に限られる。 ・ 下水管敷設箇所の地盤が軟弱の場合、地盤沈下の原因となる可能性がある。					
施工(	の難易度	・ 掘削土量は管敷設工法の中で最少である。 ・ 立坑及び作業ヤード面積はシールド工法に比べて小さい。 ・ 施工開始後に土質が部分的に変わっていたり、支障埋設物が新たに見つ かった場合、対応することが難しい。					
=	工期	・ 二次製品の管材を使用するため、シールド工法よりも工期は短い。					
その他		・ 管径800mm未満の推進工法は小口径推進工法と呼ばれる。 また、管径700mm以上に適用する推進工法は開放型と密閉型に分類され、さらに密閉型は泥水式、土圧式、泥土圧式に分類される。					

表 3.3.2(3) 下水管敷設工法の一般比較(シールド工法)



#### 3.3.5 中継ポンプ場

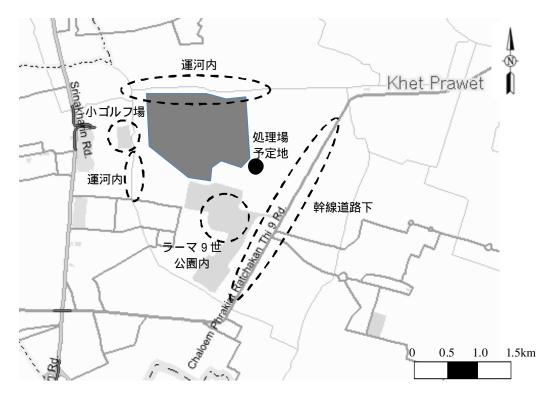
### (1) 中継ポンプ場の必要性

新設する遮集管は晴天時には汚水を処理場まで自然流下させるため、下流に向かって埋設深さが漸増していく。したがって、遮集管の埋設位置が非常に深くなる場合には中継ポンプ場を設置し、遮集管の位置を再度浅くする必要がある。一方、ポンプ場を設置することにより自然流下だけでは必要の無かったポンプや電動機等の機器類の維持管理費や更新費がかかるため、中継ポンプ場の設置数は最小限とする必要がある。

## (2) 中継ポンプ場の候補地

Nong Bon 処理区で中継ポンプ場を設置する場合、比較的上流部分では道路下に設置するマンホールポンプのサイズの用地で対応可能であるが、汚水量及び遮集管の埋設深さ共に増大する最下流部付近ではマンホールポンプでは対応できず、別途ポンプ場用地が必要となる。

処理場予定地が Nong Bon 雨水調整池の隣接地に決定していることから、遮集管の埋設位置が深くなり中継ポンプ場が必要となる箇所は、最下流部であるラーマ9世公園の近辺となる。 図 3.3.5 に中継ポンプ場の候補地を示す。



出典:調査団

図 3.3.5 中継ポンプ場の候補地

### (3) 中継ポンプ場用地の選定

処理場予定地近辺の中継ポンプ場候補地は幹線道路下(Chaloem Phrakiat Ratchakan Thi 9 Road) 運河内、小ゴルフ場内、ラーマ9世公園内が挙げられる。各ポンプ場候補地については、以下の点が考えられる。

- 1) 当該幹線道路下は非常に交通量が多く、交通渋滞が激しい箇所である。このため、ポンプ場建設工事、及び供用後の維持管理作業に伴いさらなる交通渋滞を引き起こす可能性があることから用地として望ましいといえない。
- 2) 処理場予定地付近の運河は非常に幅が狭いため、ポンプ場用地として利用することは非常に困難である。
- 3) 小ゴルフ場はポンプ場用地として利用可能なサイズはあるが、私有地であるため新たに 土地の買収交渉が必要となり、事業が進まなくなる可能性が高いためポンプ場用地とし て望ましいといえない。

以上より、最下流部付近でポンプ場用地として利用可能と考えられる場所はラーマ9世公園のみである。したがって、Nong Bon 処理区内には中継ポンプ場を設置せず、処理場建設地であるラーマ9世公園に隣接する処理場内ポンプ場のみで揚水するものとする。

#### 3.3.6 他の大型地下埋設物の現況及び将来計画

当プロジェクトで遮集管を埋設する Nong Bon 処理区の道路や運河の下には、下水道以外の公共施設が既に埋設されている。また、新たな公共施設が今後埋設される計画もある。現在 Nong Bon 処理区には水道、電話、電気の各公共施設が埋設されており、今後は大深度雨水排水トンネル(Deep Drainage Tunnel)の建設が計画されている。また、大量輸送鉄道(Yellow Line: Lat Phrao – Samrong Line)の建設が当エリアに計画されているが、地下鉄ではなく地上高架式の予定である。図 3.3.6 に Nong Bon 処理区内の既設及び計画の大型地下埋設物配置状況を示す。

Nong Bon 処理区内の幹線道路( Srinakharin Road, On nuch Road, Phat Thanakan Road, Chaloem Phrakiat Ratchakan Thi 9 Road、Udon Suk Road)には以下の既設大型地下埋設物が存在する。

水道幹線:埋設深さ2~3m未満

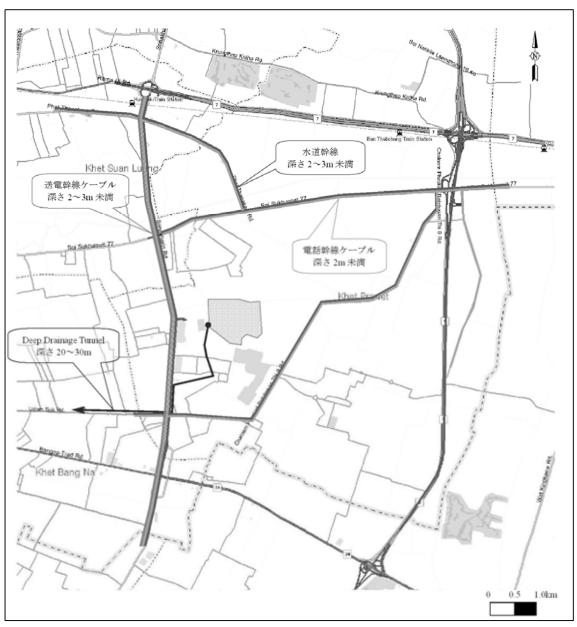
- 電話幹線ケーブル:埋設深さ2m未満

- 送電幹線ケーブル:埋設深さ2~3m未満

当プロジェクトで計画している遮集管の埋設深さはこれら幹線道路では8~18m程度であるため、既設埋設物が支障にはならない。ただし、道路へ築造する立坑の位置を決める際には既設埋設物が支障にならないよう詳細設計で検討する必要がある。

また、大深度雨水排水トンネルが Nong Bon 運河付近に計画されている。このトンネルの埋

設深さは  $20 \sim 30$  m に設定されている。Nong Bon 運河付近では遮集管の埋設深さは  $5 \sim 10$  m 程度であり、トンネルは 10 m 以上深い位置に埋設されるため支障にはならない。



出典:調查団

図 3.3.6 Nong Bon 処理区内の既設及び計画大型地下埋設物配置状況

### 3.3.7 家屋等から直接放流されている箇所の汚水収集方法

Nong Bon 処理区ではバンコク都内の他の下水道未整備地区と同様に、家屋等から排出される汚水の大部分は道路沿いに埋設されている既設排水管を経由し、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地点では、排出される汚水が道路に埋設されている既設排水管を経由せず、直接運河へ放流されるところが見受けら

れる。特に当該処理区の西端に位置する運河 (Klong Khlet) 沿いにはこのような家屋が多数 存在している (図 3.3.7、写真 3.3.2 参照)。

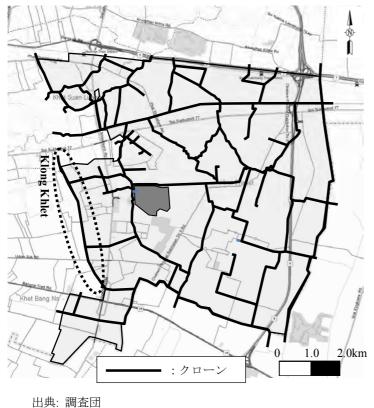
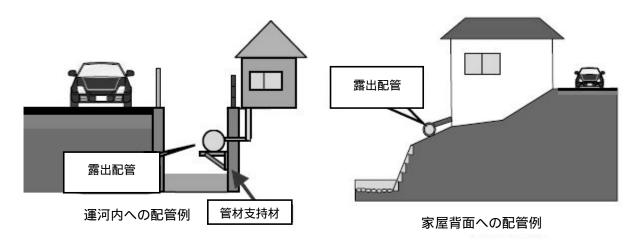


図 3.3.7 Klong Khlet の位置

写真 3.3.2 Klong Khlet 沿い家屋からの直接放流状況

Nong Bon 処理区ではバンコク都内の他の処理区と同様に合流式下水道(遮集式下水道)を採用するため、排水管が運河へ放流する吐き口の上流側に雨水吐き室を設置し、汚水を遮集管へ取り込むシステムとなる。しかしながら、Klong Khlet 沿いのように家屋等から運河へ直接放流される箇所では雨水吐き室の設置が困難である。

このような箇所の汚水を遮集管へ取り込むために、日本の山間部にて下水道を整備する際に しばしば採用される露出配管を運河沿いに敷設し、下流部でまとめて遮集管へ取り込む手法 を提案する。この手法を採用する際には、管材として外部からの衝撃に強いポリエチレン管 等を用いる必要がある。図 3.3.8 に露出配管のイメージ図を示す。



出典:調查団

図 3.3.8 露出配管のイメージ図

#### 3.3.8 雨水吐き室数の削減

Nong Bon 処理区はバンコク都の既存処理区と同様に、標高が低く平坦な地形が広がっている地域である。このため、処理区内で確認されている 136 ヶ所の雨水吐き口の中には、晴天時でも運河水位よりも低く水没している箇所が多数確認される。

Nong Bon 処理区では既存の他処理区と同様に各吐き口に雨水吐き室を設置し、汚水を遮集するシステムとする。さらに運河水の逆流防止のため「図 3.3.2 雨水吐き室構造」に示したように各雨水吐き室はフラップゲートを設置し、また可能であれば堰高を運河水位よりも高くすべきである。しかしながら、ゴミ等の詰まりによりフラップゲートが密閉されない場合には運河からの逆流を防止できないため、設置後も定期的に雨水吐き室の清掃を実施する必要がある。

一方、雨水吐き室やマンホールの清掃作業は既存処理区でも実施されているが、非常に数が多く、また交通量の多い道路に敷設されている箇所が多いことから清掃作業実施にはかなりの手間と時間を要することが予想される。したがって維持管理を容易にし、さらには既存処理区が抱える運河水逆流や未処理汚水放流の課題へ対応するためには、雨水吐き室を統合し、設置数を出来る限り削減することが重要である。

雨水吐き室の具体的な削減手法は、近接する複数の吐き口を 1 ヶ所へ統合し、残りの吐き口を閉鎖するものである。図 3.3.9 に Nong Bon 処理区内において雨水吐き室の削減を提案可能な7地点の位置を示す。また、図 3.3.10 に7地点の具体的な雨水吐き室数削減手法を示す。

これらの方策により雨水吐き室数を 136 ヶ所から 121 ヶ所へ削減可能となる。ただし、バンコク都内の既設排水管及び吐き口は公共事業局 (PWD) が管理しているため、PWD との協議、調整等が必要と考えられる。

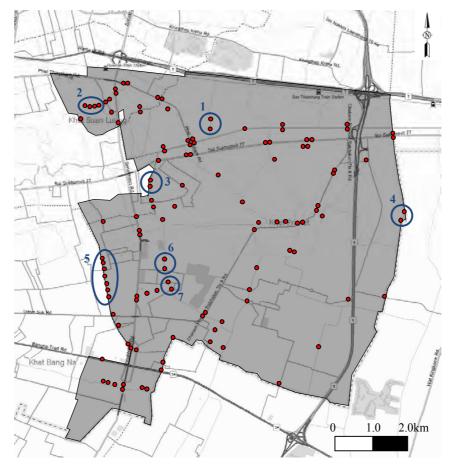


図 3.3.9 雨水吐き室数削減を提案する 7 地点の位置

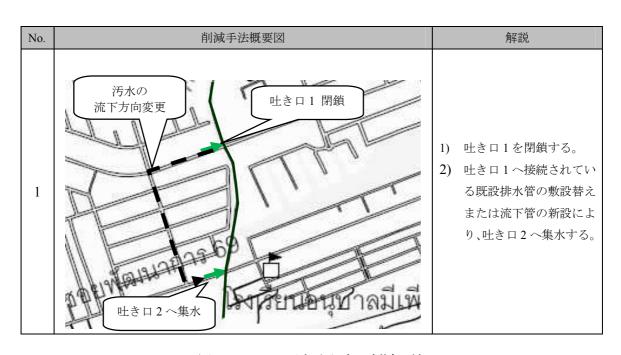


図 3.3.10(1) 雨水吐き室の削減手法

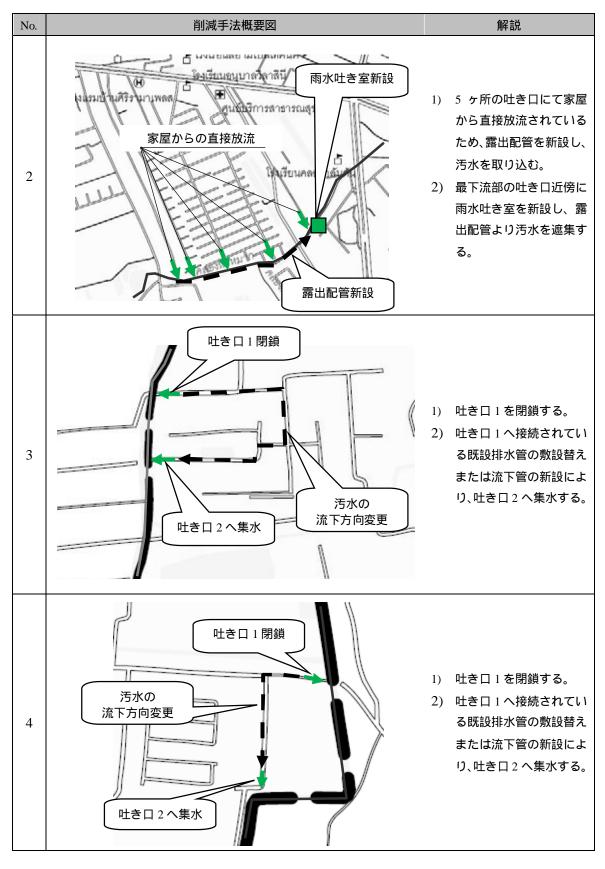


図 3.3.10(2) 雨水吐き室の削減手法

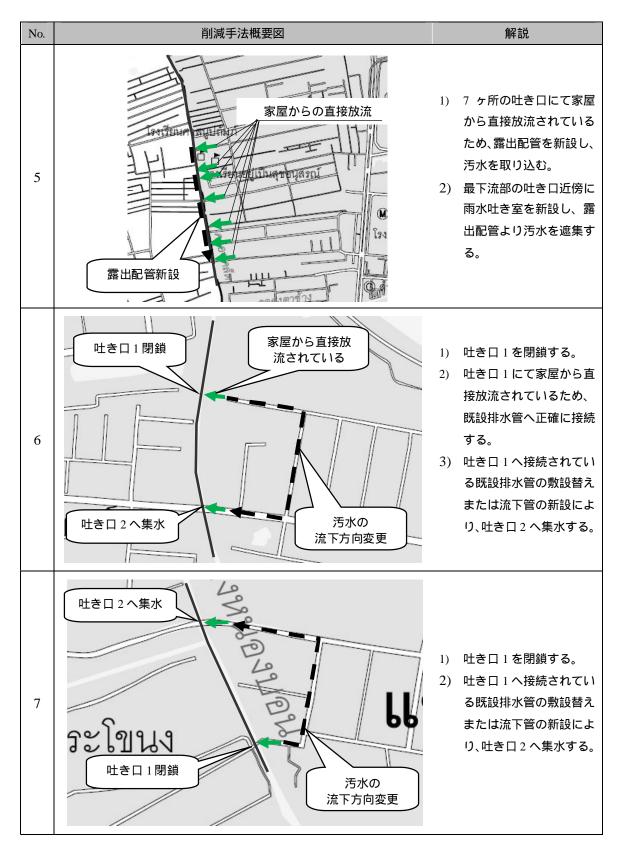


図 3.3.10(3) 雨水吐き室の削減手法