

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1巻 要 約

平成23年7月
(2011年)

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

2010 年 10 月 1 日現在

1 Baht = 0.0330 アメリカドル

1 Baht = 2.76 円

目 次

1.	調査全体工程及びフェーズ2調査の実施.....	1
1.1	調査全体工程及びフェーズ2調査の目的.....	1
1.2	フェーズ2調査の対象地域.....	1
1.3	相手国実施機関.....	1
1.4	調査実施方針.....	1
1.5	調査実施体制.....	1
2.	Nong Bon 処理区計画・設計条件.....	3
2.1	処理区の概要.....	3
2.2	目標年・計画区域・下水収集方針・処理水/汚泥有効処理方針.....	3
2.3	基本フレーム.....	5
2.4	処理場予定地.....	5
3.	遮集管の概略設計.....	7
3.1	遮集管計画検討.....	7
3.1.1	計画汚水量.....	7
3.1.2	基本的事項.....	8
3.2	遮集管ルート計画.....	10
3.2.1	ルート選定.....	10
3.2.2	遮集管施設のまとめ.....	12
3.3	課題と将来の技術的対策.....	12
3.3.1	運河からの逆流防止対策.....	12
3.3.2	未収集汚水の遮集管への接続強化.....	12
3.3.3	既設排水管維持管理の強化.....	13
4.	下水処理場の概略設計.....	14
4.1	設計条件.....	14
4.1.1	Nong Bon 下水処理場の概要.....	14
4.1.2	設計水質.....	14
4.1.3	晴天時汚水流入予測と下水処理場計画能力.....	14
4.1.4	設計方針及び要求事項.....	15
4.2	汚水処理方式の選定.....	16
4.2.1	汚水処理方式代替案の比較.....	16
4.3	施設計画.....	16
4.3.1	施設計画の基本方針.....	16
4.3.2	設計水量.....	17
4.3.3	処理水の放流先.....	17
4.3.4	水位高低計画.....	18
4.3.5	汚泥処理方式の選定.....	18
4.3.6	気候変動対策.....	19

4.3.7	Nong Bon 下水処理場の処理プロセス	19
4.3.8	施設設計の概要.....	20
5.	概算事業費の算定と実施計画.....	24
5.1	概算事業費.....	24
5.1.1	概算事業費の算定条件.....	24
5.1.2	概算事業費の算定.....	24
5.1.3	運転・維持管理費の算定	25
5.2	事業実施計画の策定.....	26
5.2.1	事業の実施工程.....	26
5.2.2	事業の年次別実施費用.....	28
5.3	事業管理体制.....	28
5.3.1	事業実施管理.....	28
5.3.2	運転管理.....	30
5.4	技術支援.....	31
5.4.1	研修.....	31
5.4.2	業務改善プロジェクト.....	31
6.	環境社会配慮（ IEE ）	32
6.1	環境社会配慮調査の実施.....	32
6.2	事業実施に伴い予想される負の影響予測及びその緩和策、モニタリング計画の検討	32
6.3	住民意識調査.....	37
6.3.1	調査概要.....	37
6.3.2	まとめ.....	37
6.4	住民公聴会.....	38
7.	経済・財務分析.....	39
7.1	料金体系の検討.....	39
7.1.1	BMA の下水道料金徴収の計画.....	39
7.1.2	下水道料金の支払意思額（ WTP ） 支払可能額（ ATP ）	39
7.2	経済分析.....	41
7.2.1	経済分析の前提.....	41
7.2.2	経済費用.....	41
7.2.3	経済便益.....	43
7.2.4	経済分析結果・感度分析	44
7.3	財務分析.....	45
7.3.1	財務評価の前提.....	45
7.3.2	財務費用.....	45
7.3.3	収入予測.....	47
7.3.4	財務分析結果.....	48
8.	優先プロジェクト事業の総合評価	50

8.1	各側面からの評価.....	50
8.2	総合評価及び提言.....	51

報告書の構成

ファイナルレポート() 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() 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

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

バンコク下水道整備事業準備調査は、全工程（約 15 ヶ月間）をフェーズ 1（6 ヶ月間）及びフェーズ 2（9 ヶ月間）に分けて実施された。調査フローチャートを図 1.1 に示す。

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 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。

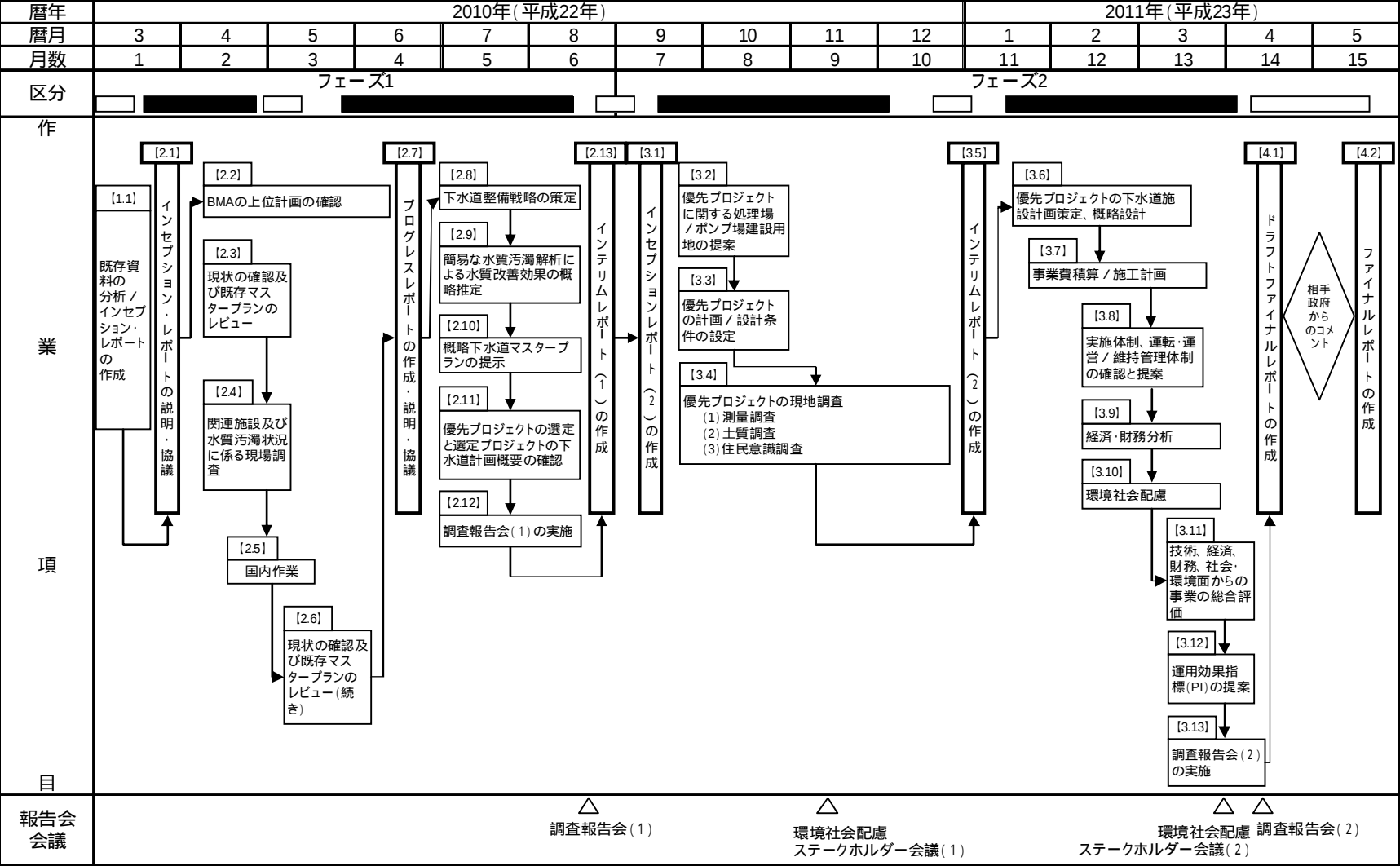
1.4 調査実施方針

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



Phra Khanon 運河

図 1.1 調査フローチャート

2. Nong Bon 処理区計画・設計条件

2.1 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。

2.2 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の目標年は 2040 年である。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(フィー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。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 2.1 に Nong Bon 処理区の土地利用計画図を、表 2.1 に土地用途別の面積を示す。



出典: 調査団

--- District 境界線

図 2.1 Nong Bon 処理区の土地利用計画

表 2.1 Nong Bon 処理区の土地用途別面積

(ha)

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。

(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その他、隣接するラマ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。

2.3 基本フレーム

(1) 計画人口

Nong Bon 処理区の計画人口を表 2.2 に示す。Nong Bon 処理区を構成する 3 つの District のうち、Prawet, Suan Luang の 2 つの District では人口増加傾向を示している。

表 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

(2) 計画汚水量

Nong Bon 処理区の計画汚水量は表 2.3 のとおりである。

表 2.3 Nong Bon 処理区計画汚水量

	計画人口 (人)	配水量原単位(ℓ/人日)			配水量 (m ³ /日)	汚水 転換率(%)	発生汚水量 (m ³ /日)
		生活系	業務系	計			
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 (m ³ /日)	汚水収集率 (%)	収集汚水量 (m ³ /日)	地下水量率 (%)	地下水量 (m ³ /日)	計画汚水量 (m ³ /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

出典: 調査団

2.4 処理場予定地

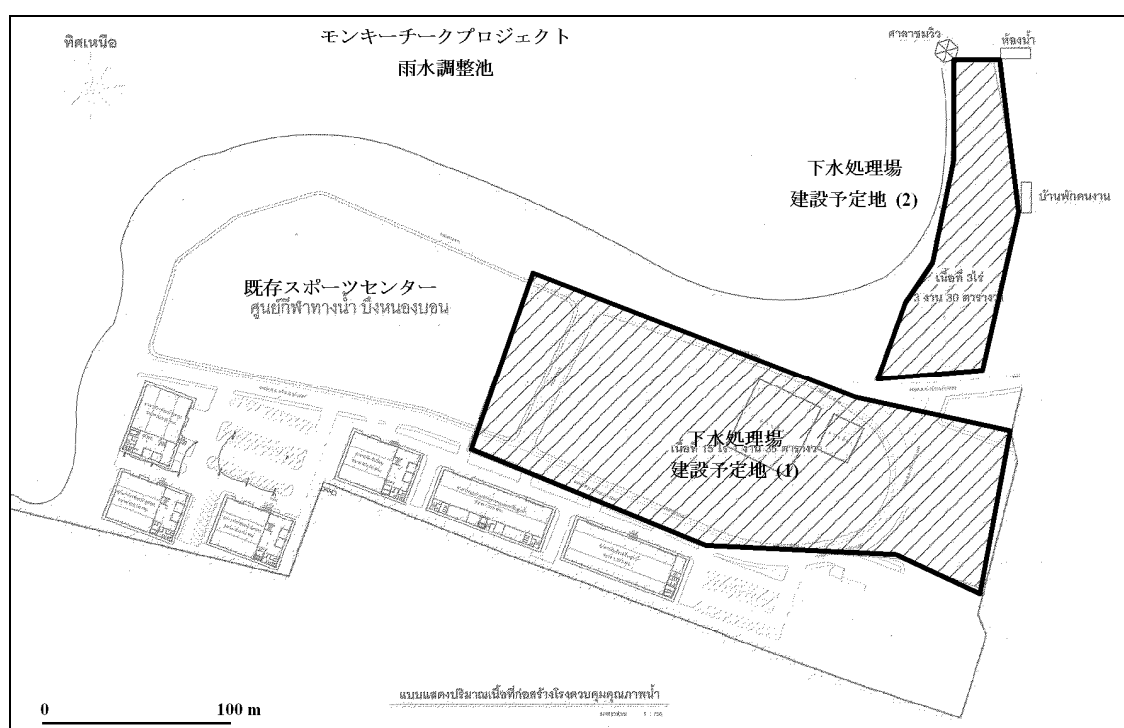
Nong Bon 下水処理場の概要を図 2.3 に示す。処理場予定地は、Rama 9 世公園に隣接し、Monkey Cheek プロジェクトで建設された雨水調整池の DDS 管理用地である。

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、ボーリングデータによると概略地表下 30m 付近から N 値 40 以上の地盤が、40m 付近からは N 値 50 以上の支持地盤が現れる。



出典: 調査団

図 2.2 Nong Bon 下水処理場予定地

3. 遮集管の概略設計

3.1 遮集管計画検討

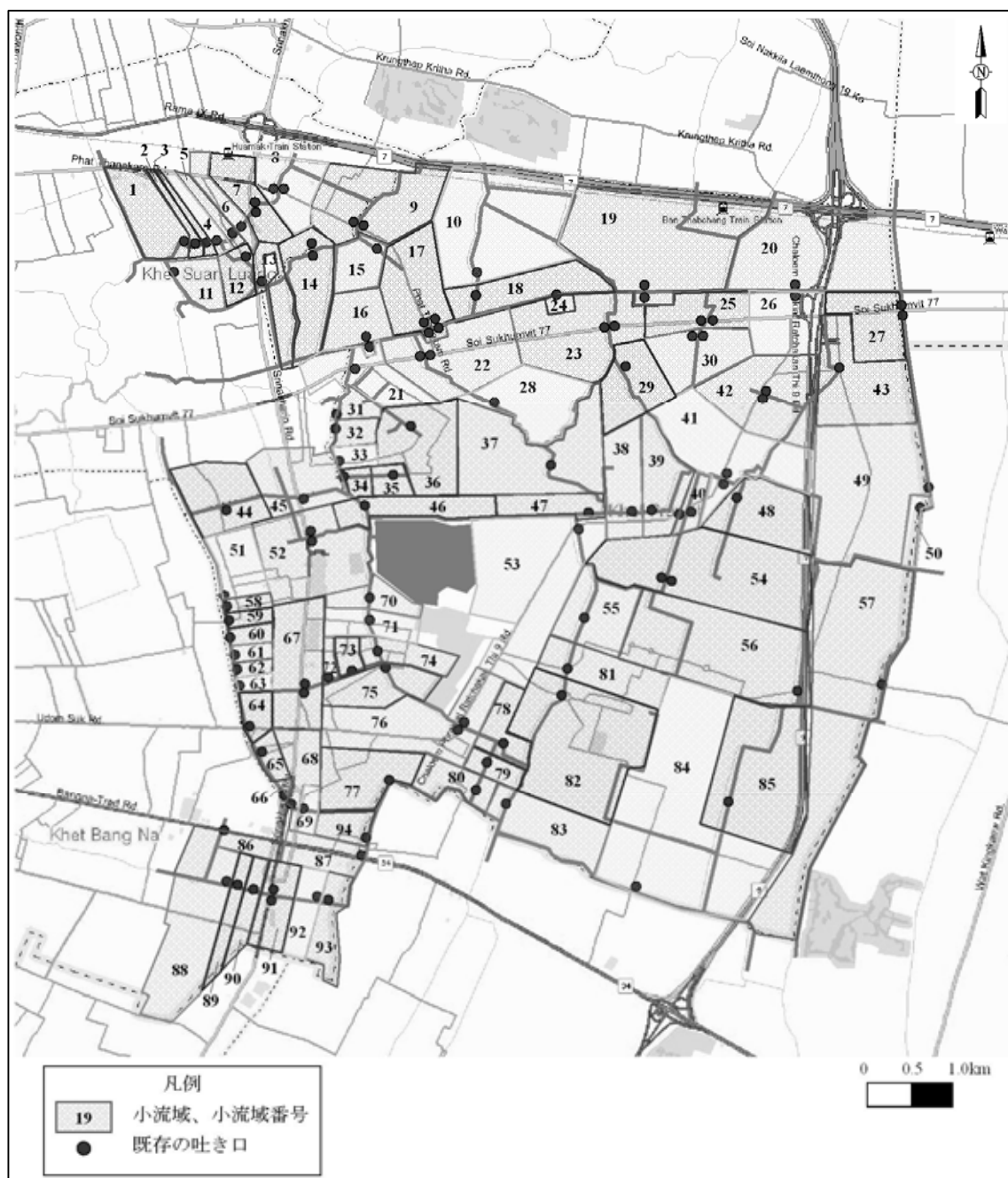
3.1.1 計画汚水量

(1) 既存吐き口ごとの集水流域分割

バンコク都で採用する遮集式下水道では、既存排水管の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。Nong Bon 処理区内には、これら既存吐き口は 136 ヶ所存在している。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 3.1 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。

(2) 各小流域の計画汚水量

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、計画水量が示されており、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。



出典: 調査団

図 3.1 Nong Bon 処理区内の既存吐き口ごとの集水流域分割図

3.1.2 基本的事項

(1) 遮集倍率

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。

(2) 雨水吐き室の構造

既設排水管からの流入量と運河の水位を考慮し、適切な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。また、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、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。

(3) 雨水吐き室数の削減

近接する複数の雨水吐き口を 1 ヶ所へ統合し、雨水吐き室数を削減する。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。

(4) 遮集管敷設場所（運河または道路）

遮集管を道路下及び運河の下に敷設する。それぞれメリット、デメリットがあるが、最適な場所を選定する。

(5) 遮集管敷設工法

Nong Bon 処理区では、運河下に敷設する場合は勿論、道路下に敷設する場合でも路線の大半は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。

一般的に管径 2,000 mm 以下の場合は推進工法の方がシールド工法より安価であり、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、これらの条件を満足するので、遮集管敷設工法として推進工法を採用する。

(6) 中継ポンプ場

汚水量及び遮集管の埋設深さに共に増大する最下流部付近では中継ポンプ場が必要となるが、処理場用地に近接することになるため、処理場内ポンプ場のみで揚水するものとする。

(7) 運河に直接放流されている汚水の収集方法

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汚水が直接放流されている箇所では、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。

3.2 遮集管ルート計画

3.2.1 ルート選定

Nong Bon 処理区の遮集管ルートを数案検討し、その中から最適ルートを選定する。

遮集管のルート選定については以下のような条件を設定した。

- (1) 処理区域内の既存の雨水吐き室を全て遮集する。
- (2) 遮集管は道路下あるいは運河下に敷設する。
- (3) 処理区域はほぼ平坦な地形であるから、各雨水吐き室から処理場まではなるべく最短距離で結ぶようにする。
- (4) 遮集汚水は、処理場建設予定地のラーマ 9 世公園隣接地へ流下させる。

最終的に、処理場への流入を 2 方向からとし、これにより遮集管末端の管径を縮小でき、建設費の低減が可能な最適な遮集管ルート(図 3.2)を提案した。

- ・ 最適案の遮集管総延長：64.3km
- ・ 遮集管平均埋設深さ：10.3m
- ・ 処理場流入部の深さ：GL - 20 ~ 21m

3.2.2 遮集管施設のまとめ

最適遮集管ルート計画の施設数量を表 3.1 に示す。

表 3.1 遮集管数量

管径(mm)	遮集管		立坑			
	延長 (m)		立坑数		平均深さ (m)	
	道路下	運河下	道路下	運河下	道路下	運河下
300	480	0	4	0	6.9	-
450	0	1,455	0	11	-	7.8
600	4,970	24,900	36	172	7.5	8.1
800	4,025	9,720	27	50	14.9	10.0
1,000	4,270	755	22	5	11.7	13.3
1,200	1,595	4,125	11	23	16.7	14.8
1,500	4,970	2,645	21	19	19.0	15.6
2,000	385	0	3	0	20.6	-
合 計	20,665	43,600	124	280	-	-

出典: 調査団

3.3 課題と将来の技術的対策

概略マスタープランで示したように、現在の遮集式下水道には様々な課題が存在するため、当 F/S で提案した下水処理場、遮集管及び雨水吐き室を整備した後も、以下に示す中長期対策を講じていく必要がある。

3.3.1 運河からの逆流防止対策

下水道整備後も以下に示す短期的あるいは中長期的の対策が必要である。

- 1) 当面は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し、維持管理に努める。
- 2) 中長期的には処理区全体で吐き口を閉鎖し、ポンプ排水区とする。

3.3.2 未収集汚水の遮集管への接続強化

下水道整備により公共用水域の水質改善を図るためには、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の補助を実施することにより、将来的には下水道への接続率 100%を目指す必要がある。

以上の接続強化対策については、現在家屋から排水管までの接続部分の管理責任を有して

いる PWD と DDS が協力して実施すべきである。

3.3.3 既設排水管維持管理の強化

バンコク都では雨水吐き室及び遮集管は DDS が建設及び維持管理を行うが、既設排水管については公共事業局（PWD）あるいは各区役所が管轄している。当 F/S において、既設排水管の維持管理面で表 3.2 に示す課題があることが判明した。これらの維持管理面の課題は下水道の整備率が向上してくると必ず浮き彫りになるものであるため、PWD 等と連携して早急に取り組んでいく必要がある。

表 3.2 既設排水管維持管理に関する課題と対策案

区分	課題	対策案
管路の 情報管理	当 F/S で既設排水管情報資料の収集を試みたが、整備時期がかなり古いため必要な資料が保存されておらず、区役所で急きょ作成して頂いた経緯がある。 日本など他国で実施されている下水道台帳等が整備されておらず、情報管理が一部の技術者の記憶だけが頼りとなっている。	時間及びコストが必要となるが、下水道台帳の整備が急務である。 日本の大都市では地図情報とリンクした電子台帳システムが導入されており、バンコク都でも管路情報管理の効率化のためには非常に有効な対策である。
管路内部の 現状把握	既設排水管の清掃作業については実施されているが、管路内部の劣化状況等の現状把握はあまり進んでいない。	既設管の劣化・老朽化に伴う破損等により道路陥没等の被害が発生する可能性がある。これらの被害は管路内部の現状を把握していれば事前対策が可能となるため、管路内 TV カメラ調査等を計画的に実施していくことが必要である。
管路の 流下能力	遮集管は 5DWF を処理場へ流下できるよう設計しているが、既設排水管については設計対象流量や流下能力の有無等が全く不明である。したがって遮集管を正確に整備しても雨水吐き室へ 5DWF を流下させる前に道路へ溢水する可能性もある。	全既設排水管の集水域を調査し、計画流入量及び流下能力を検証する。流下能力が不足している場合の対策として、既設排水管の敷設替えや増補管の新設を実施する。

出典: 調査団

4. 下水処理場の概略設計

4.1 設計条件

4.1.1 Nong Bon 下水処理場の概要

優先プロジェクトに選定された Nong Bon 下水処理場の概要を表 4.1 にまとめる。

表 4.1 Nong Bon 下水処理場の概要

項目	数値 / 備考
下水処理区面積	6,385 ha
排除方式	合流式
計画人口	265,000人（目標年次2040年）
下水処理場能力	135,000 m ³ /日（目標年次2040年）
下水処理場予定地	Rama 9世公園の隣にMonkey Cheek Projectで建設された雨水調整池の隣接地 （用地面積3.5 ha、ただし地上部利用可能面積は1.1ha）

出典: 調査団

4.1.2 設計水質

Nong Bon 下水処理場に適応される計画流入水質及び排水基準を表 4.2 にまとめる。

表 4.2 Nong Bon 下水処理場の計画水質

水質項目	流入水質		排水基準
	2040年（M/P）	2020年（F/S）	
pH			5.5 – 9
生物化学的酸素要求量（BOD）	150 mg/l	100 mg/l	20 mg/l
浮遊物質（SS）	150 mg/l	100 mg/l	30 mg/l
全窒素	30 mg/l	20 mg/l	10 mg/l
アンモニア性窒素	-	-	5 mg/l
全リン	8 mg/l	6 mg/l	2 mg/l
溶存酸素濃度	-	-	5 mg/l
脂質	-	-	5 mg/l

出典: 調査団

4.1.3 晴天時汚水流入予測と下水処理場計画能力

2020 年からマスタープランの計画目標年次である 2040 年までの Nong Bon 下水処理場に流入する晴天時汚水量の予測を表 4.3 に示す。

表 4.3 晴天時流入下水水量

	2020年	2030年	2040年
日平均水量	87,100 m ³ /日	111,100 m ³ /日	133,600 m ³ /日
時間最大水量	174,200 m ³ /日	222,200 m ³ /日	267,200 m ³ /日

出典: 調査団

下水処理場は晴天時汚水の流入予測及び水処理施設の適切な規模から一系列を 45,000 m³/日とし、全体計画時に 3 系列構成とする。

土木・建築施設は構造面から段階施工が不経済的であることから、優先プロジェクトで全体時の水処理 3 系列分の施設を建設する。一方、機械・電気施設は段階的な機器の投入が可能であることから、初期投資を抑えるために優先プロジェクトの対象年数の必要能力を確保するため水処理 2 系列分の施設を優先プロジェクトで建設する。

Nong Bon 下水処理場の段階的建設計画と計画能力を表 4.4 に示す。

表 4.4 Nong Bon 下水処理場の計画能力

	土木・建築	機械・電気	計画処理能力
開始- 2021年	水処理 3 系列	水処理2系列	90,000 m ³ /日
2022 - 2031年	水処理 3 系列	水処理2.5系列	112,500 m ³ /日
2032 - 2040年	水処理 3 系列	水処理3系列	135,000 m ³ /日

出典: 調査団

4.1.4 設計方針及び要求事項

Nong Bon 下水処理場の施設計画を行う上での設計方針及び要求事項を以下にまとめる。

- 1) 処理施設の施設容量は日平均水量を対象に設計する。一方、処理施設の水理的容量は時間最大水量を対象に設計する。
- 2) Nong Bon 下水処理場は雨天時に計画水量の 5 倍を受け入れるものとする。計画水量の 3 倍量に対しては汚水に含まれるしき及び沈砂除去で構成される一次処理を行う。そのうち、計画水量に対し生物処理で構成される二次処理を行い、計画水量の 2 倍量は一次処理までとする。また、残りの計画水量の 2 倍量は未処理で放流することとする。
- 3) 排水基準に適合するために窒素及びリンの除去が可能な処理プロセスを採用する。

- 4) 下水処理場の供用開始時に流入汚水の汚濁負荷が計画汚濁負荷と比較して大幅に低い可能性があるため、初期対策として汚濁負荷の変動に対して柔軟性がある処理プロセスを採用する。
- 5) 汚水処理で発生する汚泥は下水処理場内で脱水後、BMA の下水処理場で発生する汚泥を集約処理している Nong Kheam 下水処理場に搬送する。
- 6) 下水処理場周辺の環境及び土地利用用途を考慮して、景観への配慮及び悪臭・騒音・振動等の公害対策を講じる。

4.2 汚水処理方式の選定

4.2.1 汚水処理方式代替案の比較

Nong Bon 下水処理場の用地条件及び要求事項に適合する汚水処理方式として、循環式硝化脱窒法(RNDP)、回分式活性汚泥法(SBR)、膜分離活性汚泥法(MBR)、担体添加活性汚泥法(CAASP)を代替案とした。

汚水処理方式代替案(4 案) 比較の結果、以下に挙げる優位性により担体添加活性汚泥法(CAASP)を推奨する。

- 1) 担体に固定化された硝化細菌及び微生物により有機物除去と硝化反応に対して安定的な性能が得られる。
- 2) 基本的な運転維持管理は循環式硝化脱窒法(RNDP)と同じであることから、BMA は処理プロセスの技術に慣れている。
- 3) 担体は反応タンクに留まり、浄化に必要な微生物を常に保持することができることから、CAASP は雨天時に対しても柔軟性がある。
- 4) 供用開始時の流入汚水の汚濁負荷に合わせて担体の添加量を調整することが可能であり、将来、担体の添加量を追加することで計画能力まで施設能力を増強することが可能である。
- 5) CAASP は初期投資及び維持管理費が最も低いことから現在価値の指標が示すように最も経済的である。

4.3 施設計画

4.3.1 施設計画の基本方針

施設計画の基本方針を以下にまとめる。

- 1) 初期投資、運転・維持管理費用および更新費用を含むライフサイクルコストの低減を図る。
- 2) 必要な予備機の設置、SCADA システムと計装機器による自動化の導入により安

定かつ容易な運転を可能とする。

- 3) 高効率技術の導入、運転方法の最適化および水理的損失の最小化により省エネルギー化を図る。
- 4) 流入水量および汚濁負荷に合わせた段階的な施設整備により初期投資の低減化を図る。
- 5) 環境・社会影響を配慮する。

4.3.2 設計水量

各処理プロセスに流入する設計水量を表 4.5 にまとめる。

表 4.5 Nong Bon 下水処理場設計水量の考え方

設計水量	説 明
流入水量	雨天時に下水処理場に流下する最大水量は、最大で計画水量の5倍。
一次処理	計画水量の3倍が沈砂池及び細目除塵機で構成される一次処理施設に流入する。
二次処理	計画水量が反応タンク及び沈殿池の生物処理で構成される二次処理施設に流入する。
雨天時活性汚泥法	一次処理水の残りの計画水量の2倍は、放流水域への簡易放流又は雨天時活性汚泥法で処理する2通りの対応を可能とする。雨天時活性汚泥法で処理する場合は、計画水量の2倍は反応タンクの後段に流入する。
直接放流	一次処理施設に流入する計画水量の3倍を超過する計画水量の2倍は、揚水ポンプで揚水した後に放流水域に直接放流する。

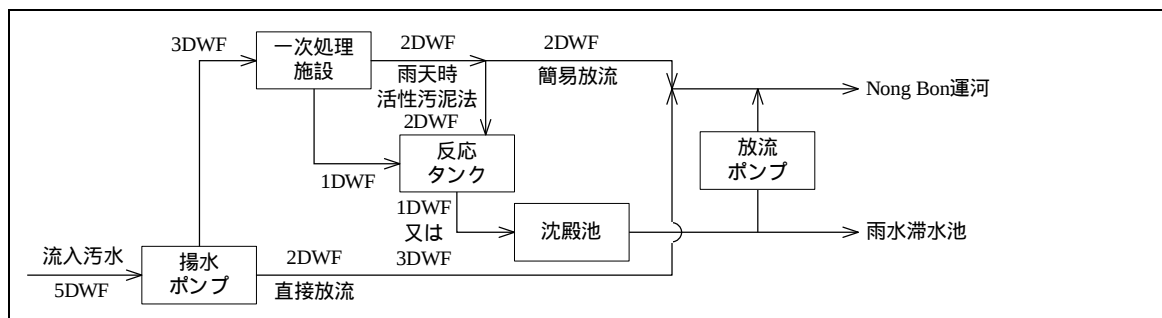
出典: 調査団

4.3.3 処理水の放流先

処理水の放流先は、状況及び目的に応じて選択できるように複数確保することとする。放流先として、Nong Bon 運河、Nong Bon 雨水調整池、Nong Bon 地区排水トンネルを想定する。

なお、処理水の一部は、Nong Bon 下水処理場に隣接する Rama IX 公園の修景用水として利用される計画である。

処理施設の計画水量及び処理水質による放流水域を示す系統フローを図 4.1 に示す。

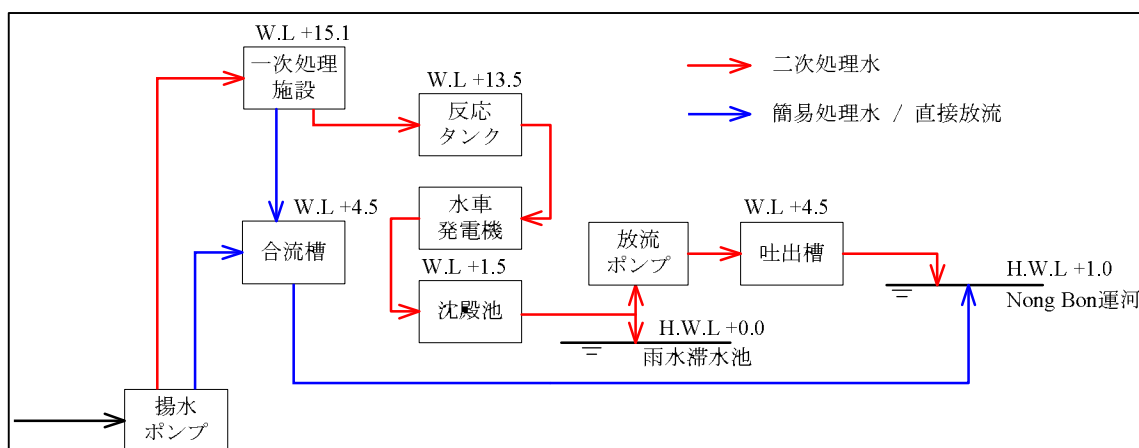


出典: 調査団

図 4.1 計画水量および放流水域

4.3.4 水位高低計画

晴天時及び雨天時における水位高低計画を図 4.2 に示す。



出典: 調査団

図 4.2 Nong Bon 下水処理場水位高低計画

4.3.5 汚泥処理方式の選定

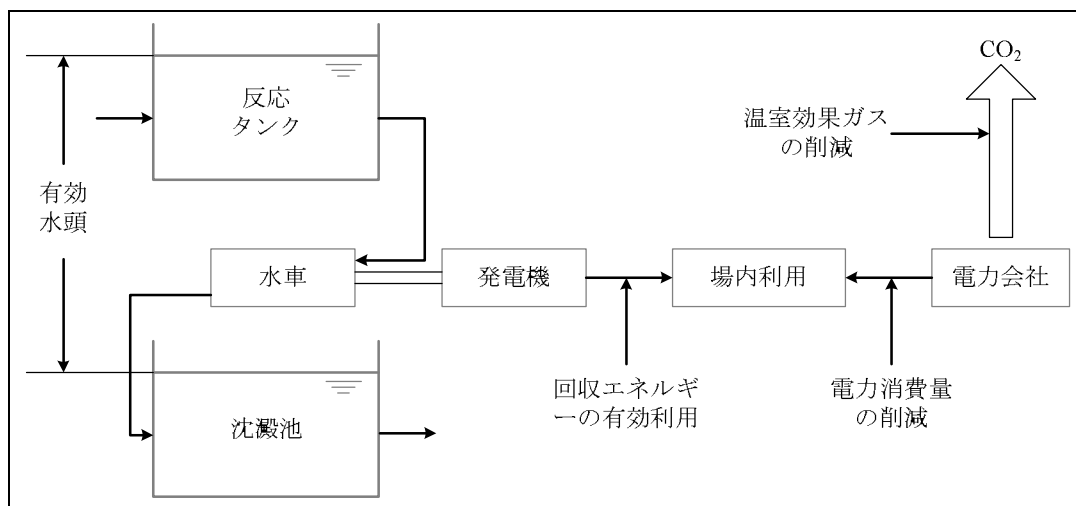
Nong Bon 下水処理場から発生する汚泥も既設処理場と同様に Nong Khaem 下水処理場に移送する計画であり、汚泥性状に対する脱水効率、経済性及び運転・維持管理を考慮して、汚泥脱水機を選定する。3 機種（ベルトプレス脱水機、遠心脱水機、スクリーンプレス脱水機）を比較検討した結果、以下に挙げる優位性によりベルトプレス脱水機を推奨する。

- 1) BMA の既存下水処理場で多く採用されていることから、BMA の下水処理場から発生する汚泥性状に対して脱水性状が保証されており、運転・維持管理にも慣れている。
- 2) 現在価値の指標が示すように最も経済的である。

4.3.6 気候変動対策

BMA は、地球温暖化防止対策のため CO₂ 排出量の削減を進めており、本計画においても、反応タンクと沈殿池の立体的配置による、反応タンクと沈殿池間の水頭差を利用して、水車発電機によるエネルギー回収技術の導入を検討する。

水車によるエネルギー回収の概略フローを図 4.3 に示す。発電機は水車により回収された余剰な水頭エネルギーを電力に変換する。発電された電力は、下水処理場内の設備により利用する計画とする。同時に、エネルギー回収は下水処理場内の電力会社から供給される電力の総消費量を削減することにより、温室効果ガスである二酸化炭素の排出量の削減にも貢献する。

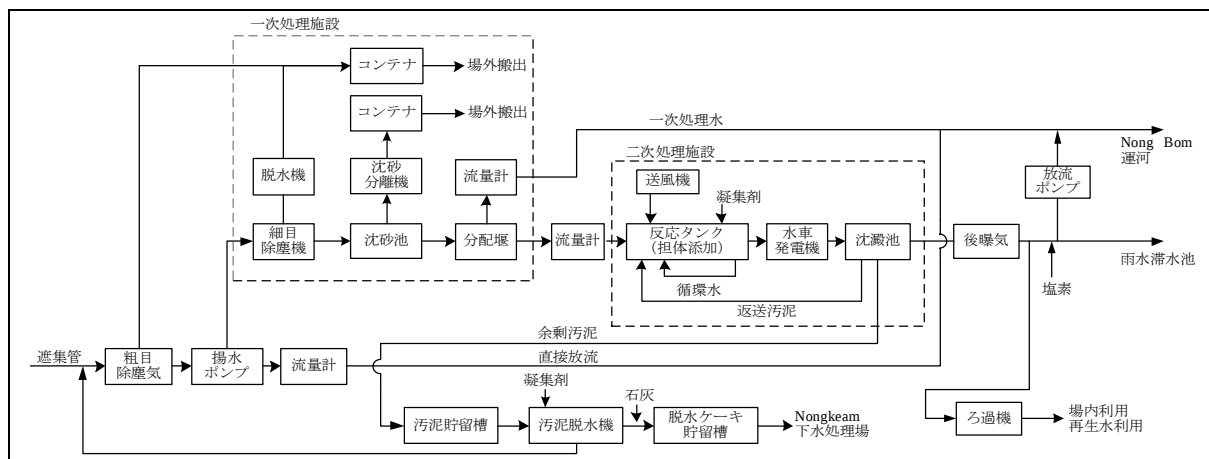


出典：調査団

図 4.3 エネルギー回収の概略フロー

4.3.7 Nong Bon 下水処理場の処理プロセス

上記に記述した施設計画を基に Nong Bon 下水処理場に推奨される処理プロセスの概略フローシートを図 4.4 に示す。



出典: 調査団

図 4.4 処理プロセスの概略フロー

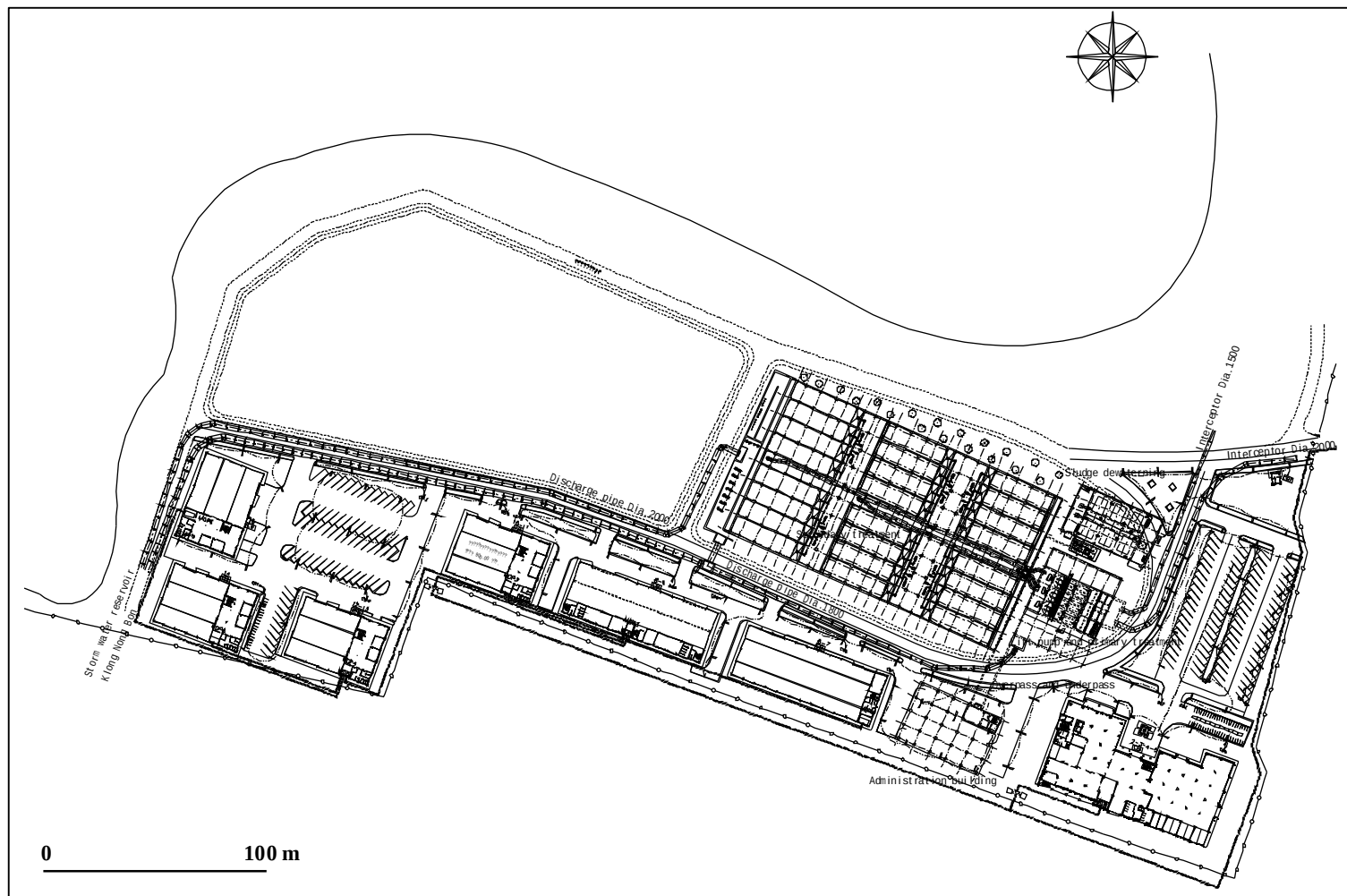
4.3.8 施設設計の概要

施設容量計算から得られる主要な施設の規模および機器の仕様を表 4.6 にまとめる。計画施設の一般配置図、水位高低図を図 4.5 及び図 4.6 に示す。

表 4.6 Nong Bon 下水処理場の施設概要

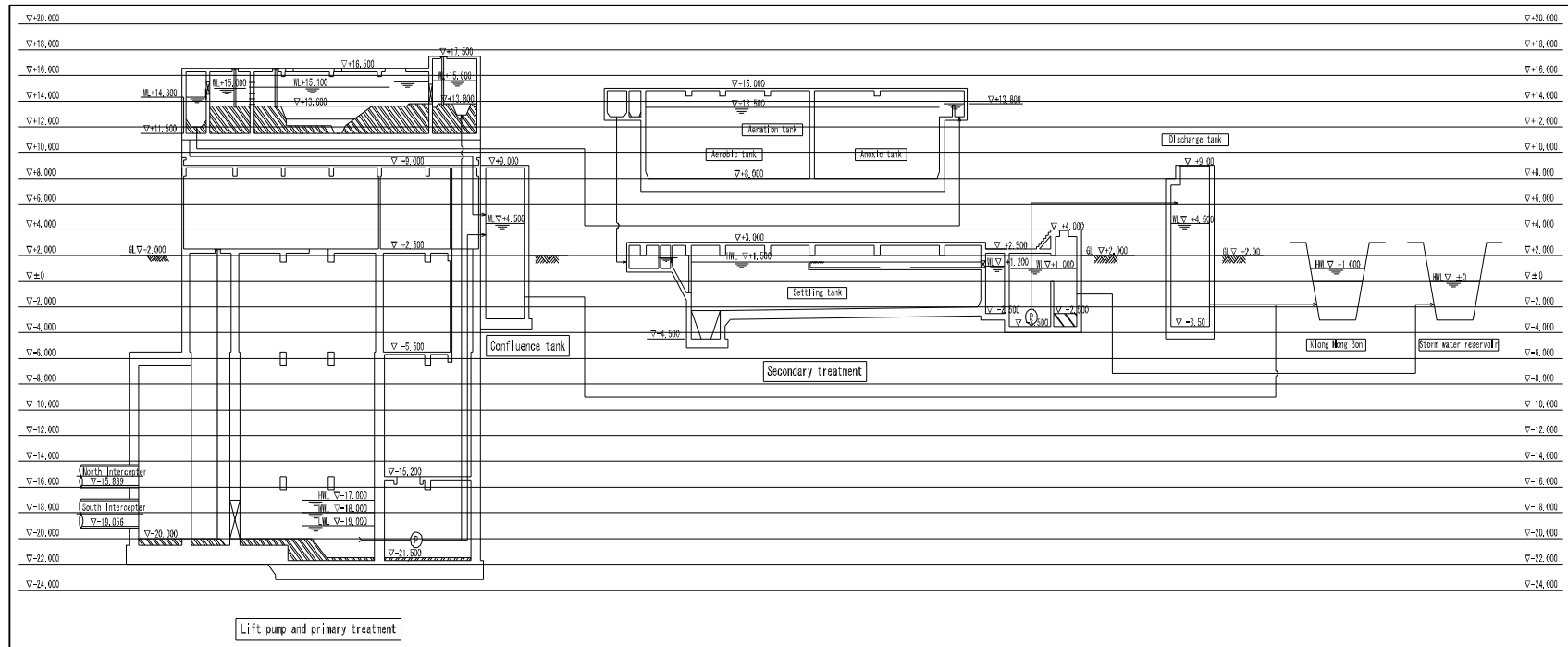
No	施設 / 寸法 / 仕様	数量 (M/P)	数量 (F/S)
1.	揚水ポンプ施設		
1-1	粗目除塵機 (水路幅: 2.5m)	3台	2台
1-2	大揚水ポンプ (94m ³ /分 × 38m × 800kW)	3台 (1台予備)	2台 (1台予備)
1-3	小揚水ポンプ (32m ³ /分 × 38m × 280kW)	3台	3台
1-4	直接放流ポンプ (94m ³ /分 × 25m × 540kW)	3台 (1台予備)	3台 (1台予備)
2.	沈砂池施設		
2-1	沈砂池 (2.0mW × 9.5mL)	6水路	4水路
2-2	細目除塵機 (水路幅: 1.4m)	9台	6台
2-3	沈砂脱水機 (7.5m ³ /時)	2台	2台
2-4	しよ脱水機 (3.0m ³ /時)	2台	2台
3.	反応タンク施設		
3-1	無酸素槽 (15.0mW × 13.0mL × 5.5mD)	12池	8池
3-2	好気槽 (15.0mW × 17.0mL × 5.5mD)	12池	8池
3-3	送風機 (160m ³ /分 × 6500mmAq × 260kW)	9台 (3台予備)	6台 (2台予備)
3-4	循環ポンプ (エアリフトポンプ)	12台	8台
3-5	返送汚泥ポンプ (8m ³ /分 × 17m × 45kW)	12台	8台
4.	沈殿池施設		
4-1	沈殿池 (5.0mW × 30.0mL × 4.0mD)	24池	16池
4-2	汚泥掻寄機 (2池1駆動)	12台	8台
5.	放流及び再利用施設		
5-1	放流ポンプ (47m ³ /分 × 8m × 110kW)	7台 (1台予備)	5台 (1台予備)
5-2	ろ過機 (ろ過面積: 12m ²)	3台	2台
6.	汚泥脱水施設		
6-1	ベルトプレス脱水機 (ベルト幅: 3.0m)	6台 (1台予備)	3台 (1台予備)
6-2	脱水ケーキ貯留槽 (40m ³)	2槽	1槽
7.	電力施設		
7-1	非常用発電機 (2,500kVA)	3台	2台
7-2	水車発電機 (20kW)	6台	4台
8.	脱臭施設		
8-1	生物脱臭塔 (240m ³ /分)	1台	1台
8-2	生物脱臭塔 (760m ³ /分)	1台	1台
8-3	生物脱臭塔 (380m ³ /分)	1台	0台

出典: 調査団



出典: 調査団

図 4.5 Nong Bon 下水処理場一般平面図



出典: 調査団

図 4.6 Nong Bon 下水処理場水位高低図

5. 概算事業費の算定と実施計画

5.1 概算事業費

5.1.1 概算事業費の算定条件

プロジェクト費用は、以下の条件に基づき算出した。

- 1) プロジェクト費用の構成は、建設工事費、事業管理費、エンジニアリング費、予備費（物理的/物価上昇）、建中金利、コミットメントチャージおよび税金関連とする。
- 2) プロジェクト費用は、内貨部分（L.C.）と外貨部分（E.C.）に分けて算出する。
- 3) 事業管理費は、建設工事費に対して2%とする。
- 4) エンジニアリング費は、建設工事費に対して10%とする。
- 5) 物理的予備費は、建設工事費、事業管理費およびエンジニアリング費に対して10%とする。
- 6) 物価上昇予備費は、内貨分を3.3%/年、外貨分を2.4%/年とし、表5.3に示す実施スケジュールをもとに算出する。
- 7) 積算時点は2010年10月とし、交換レートは1Baht=2.76円及び1ドル=83.63円とする。
- 8) 土地所得費は、既に本プロジェクトに必要な用地は取得済みであるため不要である。
- 9) 建中金利は、プロジェクト費用をJICA円借款により資金調達した場合を想定して算出する。（供与条件：優先条件/基準、金利0.65%、償還期間40年、据置期間10年）
- 10) 事業実施の促進を図るためにL/A発効後の未貸付残高に対して0.1%のコミットメントチャージを算定する。
- 11) 関税は国外調達の各製品に対して環境事業におけるタイ国の輸入税率より5%とする。また、消費税と必要な諸税を含む税金は7%とする。

5.1.2 概算事業費の算定

上記に基づいて算出されたF/S事業の内訳を表5.1示す。概算事業費は、税金・関税を含めると7,835百万Baht（216億円）、税金・関税を含めないと7,198百万Baht（199億円）となる。

表 5.1 概算事業費の内訳

No.	項目	内貨部分 (1,000 Baht)	外貨部分 (1,000 Baht)	合計 (1,000 Baht)
1.	建設工事費			
A	下水処理場			
A-1	揚水ポンプ施設	155,811	294,995	450,806
A-2	沈砂池施設	52,109	123,513	175,622
A-3	反応タンク施設	215,634	480,650	696,284
A-4	最終沈殿池施設	287,992	167,506	455,498
A-5	放流及び再利用施設	113,862	73,907	187,769
A-6	汚泥脱水施設	96,858	111,363	208,221
A-7	管理棟	177,909	11,697	189,606
A-8	電力施設	20,257	173,179	193,436
	小計 (A)	1,120,432	1,436,810	2,557,242
B	遮集管			
B-1	遮集管	1,609,424	0	1,609,424
B-2	立孔	721,165	0	721,165
B-3	雨水吐	137,000	0	137,000
	小計 (B)	2,467,589	0	2,467,589
	小計 (1)	3,588,021	1,436,810	5,024,831
2.	事業管理費	100,497	0	100,497
3.	エンジニアリング費	358,802	143,681	502,483
4.	物理的予備費	404,732	158,049	562,781
5.	物価上昇予備費	696,347	195,584	891,931
6.	建中金利	63,587	23,393	86,980
7.	コミットメントチャージ	20,320	7,683	28,003
8.	税金・関税	366,261	270,787	637,048
	小計 (2-8)	2,010,546	799,177	2,809,723
	合計 (税金・関税込み)	5,598,567	2,235,987	7,834,554
	合計 (税金・関税抜き)	5,232,306	1,965,200	7,197,506

出典: 調査団

5.1.3 運転・維持管理費の算定

F/S 事業により建設される計画施設を運転・維持管理するために必要な運転・維持管理費を表 5.2 に示す。運転・維持管理費は、人件費、電力費、保守管理費（点検・修理費）、汚泥ケーキ運搬費、消耗品費及びその他の費用で構成される。年間の運転・維持管理費は、112.1 百万 Baht/年（309 百万円/年）となる。

表 5.2 運転・維持管理の内訳

No	項 目	費 用 (百万Baht/年)
1.	人件費	14.8
2.	電力費	51.5
3.	保守管理費	20.0
4.	汚泥ケーキ運搬費	4.8
5.	消耗品費	13.8
6.	遮集管維持管理費	4.0
7.	その他	3.1
	合 計	112.1

出典: 調査団

5.2 事業実施計画の策定

5.2.1 事業の実施工程

ここでは JICA 調達ガイドラインに基づいて事業の実施スケジュールを作成した。

L/A 調印からの実施スケジュールは、各工程に必要な期間を積上げて表 5.3 となる。プロジェクトの実施工程は全工程で 72 ヶ月（6 年）と想定される。

表 5.3 実施スケジュール

	期間	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目
L/A 調印	-								
コンサルタントの選定	12 ヶ月								
詳細設計	12 ヶ月								
入札評価	12 ヶ月								
施工監理	36 ヶ月								
請負業者の選定	12 ヶ月								
建設工事	36 ヶ月								
試運転期間	24 ヶ月								

出典: 調査団

JICA の標準的な調達方式を考慮して算定されたコンサルタントおよび工事請負業者の選定に必要な期間を表 5.4 および表 5.5 に示す。

表 5.4 コンサルタント選定の詳細実施スケジュール

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
候補者リスト、RFP の準備												
タイ政府による RFP の承認												
JICA による RFP の同意												
コンサルタントへ RFP の発行												
プロポーザルの評価												
タイ政府による評価の承認												
JICA による評価の同意												
契約交渉												
タイ政府による契約の承認												
JICA による契約の同意												
契約締結												

出典: 調査団

表 5.5 工事請負業者選定の詳細実施スケジュール

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
入札図書の準備												
JICA による入札図書の同意												
入札業者の事前資格審査												
JICA による事前資格審査の同意												
入札期間												
入札評価												
JICA による入札評価の同意												
契約交渉												
JICA による契約の同意												
契約締結												

出典: 調査団

建設工事の実施スケジュールは、遮集管、下水処理場とも表 5.6、表 5.7 に示すように着工から試運転開始までに 36 ヶ月程度必要と想定される。

表 5.6 遮集管敷設工事の実施スケジュール（4 幹線同時着工）

	1 年目	2 年目	3 年目
North Nong Bon 幹線			
South Nong Bon 幹線			
Prawet 幹線			
Dok Mai 幹線			
雨水吐き室			

出典: 調査団

表 5.7 下水処理場建設工事の実施スケジュール

	1 年目	2 年目	3 年目
準備工	■		
揚水ポンプ施設	■	■	
沈砂池施設		■	■
反応タンク施設		■	■
沈殿池施設	■	■	
放流及び再利用施設		■	■
汚泥脱水棟		■	■
管理棟	■	■	
機械・電気設備工事		■	■

出典: 調査団

5.2.2 事業の年次別実施費用

実施スケジュールをもとに作成した年次別支出計画を表 5.8 に示す。

表 5.8 年次別支出計画

(百万 Baht)

		1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	合計
直接 事業費	L.C.	0	0	0	1,196.0	1,196.0	1,196.0	3,588.0
	F.C.	0	0	0	478.9	478.9	478.9	1,436.8
	合計	0	0	0	1,674.9	1,674.9	1,674.9	5,024.8
間接 事業費	L.C.	26.7	117.1	120.2	542.0	581.8	622.7	2,010.5
	F.C.	2.1	37.5	38.3	230.6	240.4	250.3	799.2
	合計	28.8	154.7	158.5	772.6	822.2	873.0	2,809.7
合計	L.C.	26.7	117.1	120.2	1,738.0	1,777.8	1,818.7	5,598.6
	F.C.	2.1	37.5	38.3	709.5	719.3	729.2	2,236.0
	合計	28.8	154.7	158.5	2,447.6	2,497.1	2,548.0	7,834.6

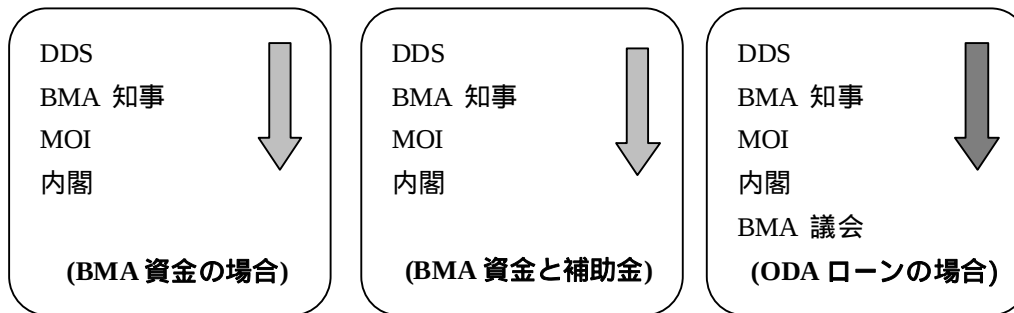
出典: 調査団

5.3 事業管理体制

5.3.1 事業実施管理

(1) 事業の認可過程

提案されている Nong Bon 下水道事業の JICA による F/S は、最初に BMA の DDS により承認され、次に首相府の下にある国家経済社会開発委員会 (NESDB) により承認され、事業実施の財源が準備される。財源としては、3 つの財源、 全て BMA、 BMA 及び中央政府の補助金、 ODA ローン、が考えられる。それぞれの財源に対する認可過程を以下に示す。



出典：BMA 財務局との協議に基づき調査団が作成

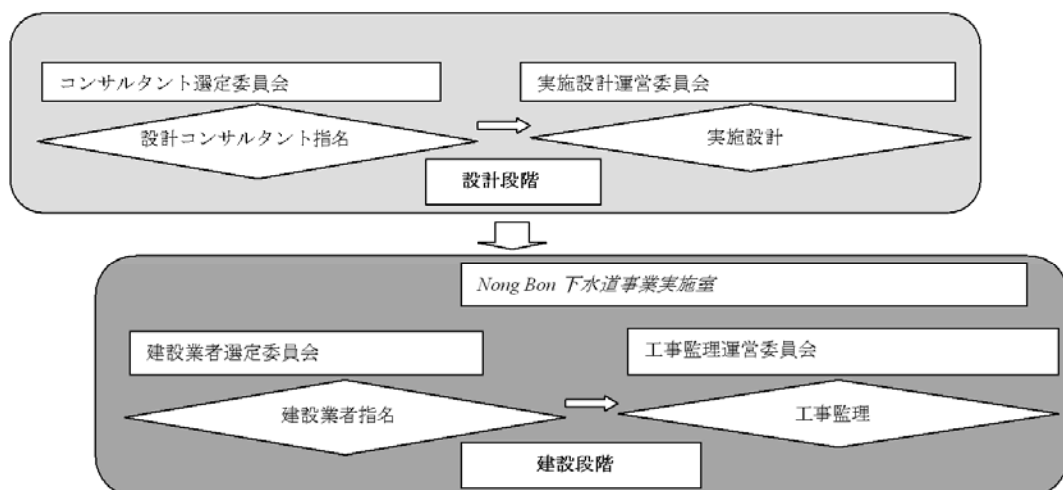
図 5.1 事業認可のフロー

現在の法規によれば、総額 10 億 Baht 以上のいかなる事業も内閣の承認が必要とされ、全て BMA の資金による場合でも内閣の承認が必要となる。ODA ローンの資金による場合は、BMA 議会による承認という余分な過程が加わる。

(2) 事業実施機関および事業のフロー

DDS は、これまでに 7 つの下水処理場とそれらの関連施設の事業を実施してきた。その他現在他の 4 つの処理施設（一つは建設中であり、他の 3 つは計画段階）の事業実施中である。これらの結果から、DDS は提案している Nong Bon 下水道事業を実施するに十分な能力と資格を有していると考えられる。

現在、DDS が行っている事業実施手続き及び管理体制について、図 5.2 に示す。提案する Nong Bon 下水道事業の実施においても、Nong Bon 下水道事業実施室が建設業者選定の直前に設置され、事業実施を行うと予想される。



出典：DDS, BMA との協議に基づき調査団が作成

図 5.2 事業実施のフロー

(3) 実施能力とその改善

前述のように DDS は下水道事業を実施する能力と資格を有しているが、今まで一度も建設資金として 2 国間や多国間のローンを扱った経験がないため、外部資金管理についての能力増強の必要性が推奨される。

能力増進には以下のような方法を推奨する。

表 5.9 能力開発実施の必要性

ニーズ	必要な行動
ODA ローン管理 実施管理	・ JICA 借款ガイドラインの検討 ・ JICA 職員との協議 ・ ODA ローンについて DDS を教育、訓練する JICA 短期専門家の要請 “事業実施室”の人的資源の増加 経済/財務、環境、組織、社会分野の専門家を含める

出典：調査団

5.3.2 運転管理

(1) 運転組織

下水処理場と下水道施設の運転は排水下水道局の水質管理部の管轄である。既設 7 下水処理場のうち、最初の 2 処理場は DDS の直営で運転されているが、その後新たに建設された 5 処理場の運転はマネジメント契約により民間企業に外部委託されている。この結果、Nong Bon 下水道事業についても同様な方法が踏襲されるものと考えられる。

(2) 運転契約の見直し

現在 DDS が民間企業と結んでいるマネジメント契約はよくできており、BMA の利益を適切に保護している。しかし、現在のマネジメント契約をさらに効率性向上を目指し改善する必要がある。

(3) 業務指標 (PI) の導入

BMA の下水道サービスは拡張し改善されてきているので、PI を導入することを提言する。これには DDS 自体ばかりでなく、下水処理場の運転のマネジメント契約者をも含むべきである。

(4) 研修プログラムを通じての能力向上

処理場の運転は外部委託され则认为るが、DDS の水質管理部は詳細な業務執行体制を理

解できる職員を必要とし、そうすれば契約の不適合を容易に発見できるようになる。これは事業の継続性にとって重要である。DDS は長年にわたり下水処理場を管理してきたことから高度な能力を身に付けているが、技量水準を維持し向上させるには適切な訓練が重要である。実際、2つのタイプの人的資源を開発すべきである。すなわち、管理レベルで政策、管理情報システム、契約管理、資産管理を担当する者と、運転レベルの監督員である。

5.4 技術支援

5.4.1 研修

職員が建設および運転段階で効果的に職務を遂行できるように、2種類の人的資源、すなわち管理レベルの職員と運転要員の中核となる職員を開発すべきである。

特に、これら職員の能力開発において、本フィジビリティスタディにおいて検討・提案している以下の新技術について、重点的に研修する必要がある。

- ・ 遮集式下水道の改善技術（ポンプ排水区など）
- ・ 小面積を可能とする新下水処理法（担体添加活性汚泥法、膜分離活性汚泥法など）
- ・ 雨天時の汚濁負荷削減技術（雨天時活性汚泥法など）
- ・ 下水道施設におけるエネルギー回収技術（水力発電、消化ガス発電など）

研修提供者としては、コンサルタント：実施設計段階での研修計画の作成及び研修の実施、建設業者：建設段階及び建設後の研修実施、外部機関（例えば JICA）：全ての期間を通じての研修実施、である。

5.4.2 業務改善プロジェクト

BMA の遮集式下水道は、標準的な合流式下水道への過度的な段階にあるため、長期的にその改善を目指す必要があり、概略マスタープランにおいて、バンコク下水道の整備戦略を提案している。

本プロジェクトの事業実施において、これら整備戦略の具体化（下水道システムの改善、業務改善、経営改善）を図るために、以下の業務改善プロジェクトの実施を提案する。

- 遮集式下水道システムの改善（3.7.1 及び 3.7.2）
- 既設排水管のインベントリー調査（3.7.3）
- 腐敗槽設置を免除できる下水道整備特区制度（付録 11）
- 業務指標（PI）の導入（5.4.2）
- 下水道条例の制定

6. 環境社会配慮（IEE）

6.1 環境社会配慮調査の実施

(1) 環境社会影響評価調査の目的

環境社会影響評価調査の目的は、プロジェクトの構成要素が環境的ならびに社会的に健全かつ持続的であり、プロジェクトの環境面の帰結が早い段階で認識され、プロジェクトの設計に考慮されることを確実にすることである。

(2) 本事業に係る環境社会配慮及び EIA レポート作成の必要性

本事業の環境社会配慮に係る基本的な方針を以下に述べる。

タイ国法規（環境保護法、1992 年）により環境社会影響評価（EIA）の実施・承認を必要とする事業が定められている。この規定に基づく下水道事業は EIA の実施・承認を必要とする対象事業ではない。

本事業に係る計画、建設、維持管理段階において以下のような深刻な影響の発生は予測されない。

- 下水処理場及び関連施設用地に係る重大な影響（非自発的住民移転発生や雇用・生計手段等の地域経済への影響）は発生しない。
- 下水処理場及び関連施設は、健康や安全に係る負の影響の発生源にならない。
- 事業実施により自然環境へ回復が困難な負の影響を与えない。
- 本事業は文化遺産や自然保全区域に負の影響を与えない。

従って、調査団は JICA 環境社会配慮ガイドラインに則り、DDS が実施する初期環境影響評価レベルの調査を支援し、この調査を通じて発生が予想される影響について影響の最小化・緩和を図る。

本件の環境社会配慮調査は既存データ、現地調査、および住民を含む住民公聴会（2011 年 2 月、3 月開催）に基づき、事業代替案、環境影響の予測・評価、緩和策、モニタリング計画の検討を行うものとする。

6.2 事業実施に伴い予想される負の影響予測及びその緩和策、モニタリング計画の検討

(1) 事業実施に伴い予想される負の影響

Nong Bon 下水道事業の実施に伴う環境社会への影響を検討し、スコーピング・マトリック

スにより影響の有無を示し、且つ、その影響の内容、評定及び影響発生期間について表 6.1 に整理する。

表 6.1 予想される影響の概要

環境項目		評定	理由
社会環境	5	既存の社会インフラ・社会サービス	B <u>建設段階</u> 1) 遮集管の敷設工事期間中に道路閉鎖（片側車線通行）、迂回路使用などによる交通混雑、公共施設等へのアクセスに不便が生じる恐れがある。 2) 下水処理場建設予定地への建設資材・建設廃棄物の搬出入により交通混雑が発生する可能性がある。（写真 6.2.1 参照）
	11	保健衛生	B <u>建設段階</u> 建設段階において、工事車両による粉じんや騒音の発生により周辺住民や資材搬入路に面した住民への保健衛生上の負の影響が想定される。 D <u>運転段階</u> 排水路を流下する汚水の遮集により汚濁負荷の削減効果により運河の水質改善が期待されるが、保健衛生状況を悪化させる要因はない。
	12	HIV/AIDS 等の感染症	C <u>建設段階</u> 工事作業者の宿舎滞在や女性との接触で、HIV/AIDS や他の感染症発生の可能性が考えられるが、現時点では実際の発生する影響は推定困難である。 （現時点では外国人労働者の雇用はないと推定される。）
	13	災害・治安リスク	C <u>建設段階</u> 工事作業者の滞在による犯罪等の治安悪化の可能性が考えられるが、上記項目と同様に実際の影響は不明である。
	14	事故（交通事故等）	B <u>建設段階</u> 工事車両の通行が増加するので交通事故の危険性が增大する可能性がある。 遮集管ルートに面して学校、病院などがある場合には特に配慮が必要であるが、現時点では不明である。
自然環境	18	流況、水文の特性	D 河川・運河からの取水は計画されていない。 C <u>運転段階</u> 下水処理水を運河に排出するため、運河の通水能力について留意する必要がある。
汚染・汚濁	24	大気汚染	B <u>建設段階</u> 短期間であるが建設工事の際に、建設機器、車両からの大気汚染物質の排出が予想される。 D <u>運転段階</u> 停電時、緊急発電装置からの排気ガスが想定されるが、停電時の極めて限られた時間である。
	25	水質汚濁	C <u>運転段階</u> 下水処理場における汚濁負荷削減により運河における水環境の改善に大きな効果が期待され、水環境への負の影響はない。但し、対象区域の Klong の中で下水の遮集により流量がほとんどなくなる区間が発生する可能性がある。このような区間では下水道による汚水の遮集効果が十分な水質改善効果に直結しないことが予想される。特に乾季は自己流量が減少するため、遮集出来なかった僅かな汚水量でも水質汚濁や臭気発生の原因となる可能性が考えられる。 雨天時における越流水による影響は雨水による希釈効果により深刻な水質汚濁の発生は予想されない。

環境項目			評価	理由
汚染・汚濁	26	土壌汚染	C	<u>運転段階</u> 下水処理場から発生する汚泥はコンポストにより肥料・土壌改良剤として利用する計画である。 下水中には重金属や有害物質を含む可能性があり、適切なモニタリングに基づく監視が必要である。そのモニタリング結果に基づいてコンポストの農地利用、もしくは緑地帯への利用など利用先の選定が必要になる。
	29	騒音・振動	B D	<u>建設段階</u> 建設工事の際に、建設機器、車両から騒音・振動の発生が予想される。 <u>運転段階</u> 運転段階における騒音・振動発生は、その発生源が全て建屋内に設置される計画となっており、処理場外への影響はない。
	31	悪臭	B	<u>運転段階</u> 臭気を発生する汚濁源として汚泥処理施設及び臭気濃度は低い曝気槽が予想される。これらの臭気発生源への対策が必要である。

A - 重大な影響見込まれる。
 B - 多少の影響が見込まれる。
 C - 影響の度合いは不明（検討の必要あり）
 D - 影響なし。IEE あるいは EIA の対象としない。
 出典: 調査団

(2) 緩和策の検討

建設段階および運転段階でのプロジェクトの負の影響に関連する緩和策を表 6.2 および表 6.3 に示す。

表 6.2 プロジェクト施設の建設段階での緩和策

項目	影響	緩和策
<既存の社会インフラ・社会サービス>	・遮集管工事に伴う交通障害、および公共施設等へのアクセス障害 ・建設資材 / 建設廃棄物の搬出入による大気汚染（粉じん）、騒音・振動	・ 工事内容とその予定に関する公示 ・ 工事作業、資材等運搬車両運行に係る時間帯の取り決めおよび遵守 ・ 交通整理要員の配置 ・ 工事車両の慎重（丁寧）な運転と速度自主規制 ・ 建設業者による工事車両運転手、建設作業員の交通指導の徹底 ・ 道路散水による粉じん発生の抑制 ・ 荷台の飛散防止カバーの設置 周辺住民からの苦情を受け付ける窓口の設置とその担当者の配置（苦情等への速やかな対応）
<保健衛生>	・下水処理場および建設資材搬入道路に面した住民への粉じんや騒音に係る影響	上記の緩和策と同じ
<事故（交通事故等）>	・建設車両の増加による交通事故のリスク増加 ・遮集管工事に伴う道路幅員の減少	上記の緩和策と同じ
<大気汚染>	・資材運搬や建設活動に伴う粉じん	・ 建設車両・機械等の慎重な運転と速度自主規制

	の発生 ・建設車両・機械等から排出される排気ガスによる影響	- 建設車両・機械等の予防保守の徹底 - 排出ガス対策型建設機械の積極的な使用 - 要望・苦情窓口の設置及び苦情の内容と件数のモニタリング
<騒音・振動>	建設車両・機械等に起因する騒音・振動による影響	- 建設車両・機械等の慎重な運転と速度自主規制 - 建設車両・機械等の予防保守の徹底 - 低騒音型・低振動型建設機械、の積極的な使用 - 要望・苦情窓口の設置及び苦情の内容と件数のモニタリング - 騒音・振動に係る苦情に係る情報に基づいて騒音のモニタリングを実施する。
< HIV/AIDS 等の感染症 >	建設工事関係者による感染症の発生の可能性	建設工事管理会社による建設工事関係者の啓蒙教育の実施
< 災害・治安リスク >	建設工事に係る労働災害 建設工事関係者による犯罪等の治安悪化の可能性	- 建設工事関係者への安全教育の実施及び安全対策の実施 - 労働環境に係る法律の遵守 - 建設工事管理会社による建設工事関係者の啓蒙教育の実施

出典: 調査団

表 6.3 プロジェクト施設の運転段階での緩和策

項目	影響	緩和策
<流況、水文の特性>	放流先運河の通水能力への影響	運河の水位モニタリング
<水質汚染>	乾期の流量低下による水質改善効果の低下	- 浄化用水の導入や下水処理場放流水の導入による水質改善 - 周辺運河の水質モニタリングの実施
<土壌汚染>	下水汚泥の再利用による土壌汚染	汚泥の有害物質含有量に関するモニタリング
<騒音・振動>	下水処理場（騒音源）の影響	- 騒音源（ブロワー、ポンプ施設等）の建屋内設置 - 騒音モニタリングの実施
<悪臭>	下水処理場（臭気源）の影響	- 汚泥処理施設の建屋内設置及び脱臭処理の実施。 - 臭気モニタリングの実施

出典: 調査団

(3) モニタリング・プログラム

建設段階および運転段階のモニタリング・プログラムを以下に述べる。

表 6.4 建設段階のモニタリング・プログラム

対象	モニタリング位置	項目
住民からの要望・苦情	アクセス道路と建設用地の周辺	要望・苦情の内容とその件数
騒音	－アクセス道路 －WWTP －遮集施設	騒音（簡易測計測器による測定）
粉じん	－アクセス道路と建設用地の周辺	総浮遊粒子状物質（TSP）
大気質	－アクセス道路 －WTP	一酸化炭素、オゾン、二酸化硫黄、二酸化窒素、TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5}

出典：調査団

表 6.5 運転段階のモニタリング・プログラム

対象	モニタリング位置	測定項目
水質汚濁	周辺運河	水温、pH、色、BOD（COD）、DO、SS、窒素、リン、大腸菌群数、運河水位
水質汚濁	流入下水 流入下水（系統別）	pH、BOD、SS、脂質、全リン、全窒素、アンモニア性窒素、ヒ素、カドミウム、水銀、ニッケル、クロム、鉛など
水質汚濁	放流水	pH、BOD、SS、脂質、全リン、全窒素、アンモニア性窒素、溶存酸素濃度
騒音	下水処理場敷地境界	騒音レベル
臭気	下水処理場敷地境界	臭気濃度
下水汚泥	汚泥処理施設	ヒ素、カドミウム、水銀、ニッケル、クロム、鉛等の安全性に係る項目

出典：調査団

(4) 結 論

環境項目の中で特に配慮すべき項目、言い換えると、一旦影響が発生した場合、容易に回復することが困難な項目、もしくは重大な影響を発生する環境項目は以下に示す 5 項目である。これらの項目について本事業の実施に伴う負の影響はないと判断した。

表 6.6 特に配慮すべき環境項目

特に配慮すべき環境項目	本事業における負の影響
非自発的住民移転の発生	既に施設用地は DDS 管理用地であり、新たな土地確保、および非自発的住民移転は発生しない。
生活手段の喪失	本事業の建設、運転段階においていかなる生活手段、およびそれに係る土地などの資産の喪失はない。
二次汚染源の発生（下水中の重金属や有害物質による新たな環境汚染源の発生）	計画区域内の運河・排水路において重金属や有害物質による汚染は認められない。しかしながら、将来の防止対策は排除せず、重金属・有害物質の流入がないことを確認するために流入下水

	および汚泥についてモニタリングを実施する。
文化財・遺跡の破損・喪失	下水処理場および遮集施設の建設予定地内には文化財・遺跡に係る構造物・形跡はない。
自然保護区域への影響	計画区域内に自然保護区域はない。最も近い国際条約で指定された区域は西方 30km 離れている。

出典: 調査団

結論として、本事業活動により自然・社会的環境を著しく悪化させる可能性はないと判断する。但し、事業の建設段階および運転段階において配慮すべき環境項目（軽微な負の影響）が予想され、その軽減対策とモニタリングの実施が必要である。

その一方、本プロジェクトは Nong Bon 処理区域の汚水を遮集・処理することにより運河の水環境の改善、将来の水質汚濁の防止に貢献し、その結果として地域住民の生活環境向上と社会基盤施設整備を推進させることが期待される。

6.3 住民意識調査

6.3.1 調査概要

住民意識調査は、F/S 対象地区内住民の下水道や運河水環境に関する意識、および衛生施設状況を把握することを目的として実施された。この調査はアンケート調査方法（事前に準備された質問票を用い家庭戸別訪問によるインタビュー形式の調査方法）を採用した。現地コンサルタントは 2010 年 11 月から 12 月のインタビューを行なうために割り当てられた。主な質問内容は以下のとおりである。

- a) 世帯の給水・電力等の利用状況
- b) 世帯の污水处理施設の状況
- c) 下水道や運河水環境に対する住民意識
- d) 下水道サービスに対する料金支払い意思額

調査対象の主体は一般世帯（350 サンプル）であるが、付帯（捕捉）的な調査として一般世帯以外（ホテル、病院、デパート、青果市場、学校、寺院および工場の合計 50 サンプル）についても類似した質問内容の調査を実施した。

6.3.2 まとめ

住民意識調査（一般世帯）により判明した事項を以下に要約する。

- F/S 対象地区内（Nong Bon 処理区域）の住民において下水道の役割や情報が十分に浸透していない可能性がある。今後、マスコミや学校などを通じて下水道の情報（役割や効果）に接する機会を提供する必要がある。
- 運河の水環境（臭気、色、ゴミなど）について十分に認識されており、水環境の改善への要望は強いと考えられる。

- 運河の水質汚濁の原因として生活排水（し尿＋雑排水）が最も大きいことが住民に認識されている点は評価できる。しかしながら生活排水においてし尿排水よりも生活雑排水の汚濁負荷量が大きいことも認識し、生活雑排水の汚濁負荷削減には下水道が必要であることを住民に周知させる必要がある。
- 下水処理水の再利用において住民の汚水処理水への「忌避感」が強くないと推測される。しかし、実際の利用事例については十分な情報が提供されていないと考えられ、速やかに処理水再利用の具体的な利用方法やその効果に関する情報を提供し、住民のコンセンサスを得られるよう配慮する必要がある。
- 下水道料金への支払意志額（平均値 73Baht/世帯・月）に関する情報が得られたが、決して大きな金額ではないと考えられる（水道料金と比較して 1/7）。上述した下水道に関する情報（役割や効果）について住民に周知し、支払意志額の増大を図る必要が認められる。

6.4 住民公聴会

Nong Bon 下水道整備事業に係る住民公聴会は、2011 年 2 月 17 日、および 3 月 29 日に開催された。この会議の目的は Nong Bon 下水道整備計画概要、事業実施により予想される環境社会への負の影響、およびその軽減対策等を住民、コミュニティーを含む利害関係者および事業関係者に説明し、参加者からの要望・意見を事業計画に反映させることである。同時に 2 回の住民公聴会を通じて住民を始めとする参加者の事業実施に係る理解と協力を得ることも重要な目的の一つである。

2 回の住民公聴会の結果、Nong Bon 下水道事業に反対する意見はなく、また、Din Daeng 下水処理場の住民見学会を通じて下水道施設の役割・効果や環境対策について住民・コミュニティーの理解が得られたことにより、出席者全員が下水道事業の速やかな事業実施を要望していることが判明した。

ただし、会議において建設段階（遮集管工事）における交通障害や運河内の運航・漁業への影響については詳細設計段階において十分な配慮を行うことを約束している。従って、詳細設計において Srinakarin 道路や運河内における立坑（推進工法における立坑）の位置決定に際しては、住民、関係機関との綿密な協議が必要である。

さらに、下水道料金についても質問が出されており、DDS は「下水道の役割・効果」に関する情報を積極的に提供し、「下水道サービスへの適切な対価」としての料金設定に関する理解を深める努力が必要である。

7. 経済・財務分析

7.1 料金体系の検討

7.1.1 BMA の下水道料金徴収の計画

BMA は、以前より下水道料金を徴収すべく、様々な準備を進めてきた。BMA は 2004 年に「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。

料金は水道使用量を元に、下水処理が行われている地区の維持管理費用分をまかなうことを目的とし、従量制による課金を行う計画である。ちなみに、住宅、公共施設等は 2.0 Baht/m³、大規模商業施設等は 4.0 Baht/m³、工場 4.0 ~ 8.0 Baht/m³ といった金額となっているが、一般住宅に対しては料金制度の適用後の経過措置として、1.0 Baht/ m³ から徐々に 2.0 Baht/ m³ まで増加していく計画である。

2010 年に、BMA の委託により現地コンサルタントが実施した料金分析の調査では、計画料金体系による、現在下水処理が行われている 7 下水処理地域全体の料金収入額予測結果は、徴収水量 216 百万 m³、料金収入総額 495 百万 Baht となり、住宅からの収入額は全体の 19.5 % 程度、商業施設からの収入が最も大きく約 51 % となった。(住宅の料金単価は 2.0 Baht/m³、水道使用量 10 m³/月以下は含まず、で計算)

現在稼働している 7 処理場の維持管理費用 (遮集管の補修費を含む) は 445.4 百万 Baht であり、上記の予想徴収金額より低いため、料金設定の基準である O&M 費用をまかなうことができる水準となっている。一方、検討のために 2007 ~ 11 年における DDS 平均予算額 (3,084 百万 Baht) と、予想される徴収水量 (234 百万 m³) よりフルコストリカバリー (資本費用の回収) のための平均徴収料金単価を試算すると 13.18 Baht/m³ となった。

予定されている平均下水道料金単価の 2.29 Baht/ m³ を、フルコストリカバリーののための平均料金 13.18 Baht/ m³ 比較すると、そのうちの 17 % 程度を占めるに過ぎない

7.1.2 下水道料金の支払意思額 (WTP) 、支払可能額 (ATP)

予定されている支払料金を、住民が受け入れるか、また支払可能か判断するため、支払意思額 (WTP) と支払可能額 (ATP) を計算した。

(1) 支払意思額 (WTP)

過去に BMA の対象地域で実施された、下水道料金の支払意思額調査結果を表 7.1 に、調査内容をそれ以降に示す。

サンプル数、質問方法はそれぞれ異なるが、世帯・月当りの支払意思額は、39.2～100.8 Baht 程度の範囲に収まっている。本調査で実施した社会調査結果は、73.3 Baht/世帯/月となっており、過去の調査結果と比較しても妥当な数値である。

表 7.1 過去に実施された支払意思額調査の結果

調査名	質問方法	質問方法	月当たり支払意思額
JICA 調査（2010 年）	Nong Bon 処理区、350 サンプル	仮想評価法	73.3 Baht/世帯/月
BMA 調査（2010 年）	7 処理区、2,300 サンプル	3 項目選択	41.4 Baht/世帯/月
BMA 調査（2006 年）	Ban Sue 処理区、326 サンプル	自由回答	39.2 Baht/世帯/月
IDRC 等調査（1999 年）	6 処理区、1,100 サンプル	仮想評価法	100.8 Baht/世帯/月

出典：調査団

本調査（JICA 調査団調査）で実施した社会調査結果

本調査では、350 世帯に対してインタビューによる社会調査を実施した結果、各世帯の支払意思額（WTP）平均は 73.3 Baht/世帯/月、中央値は 49.6 Baht/世帯/月となった。

回答結果について、自然対数(logit-linear)モデルにより近似曲線を想定し、支払意思額（WTP）の算定を行った。

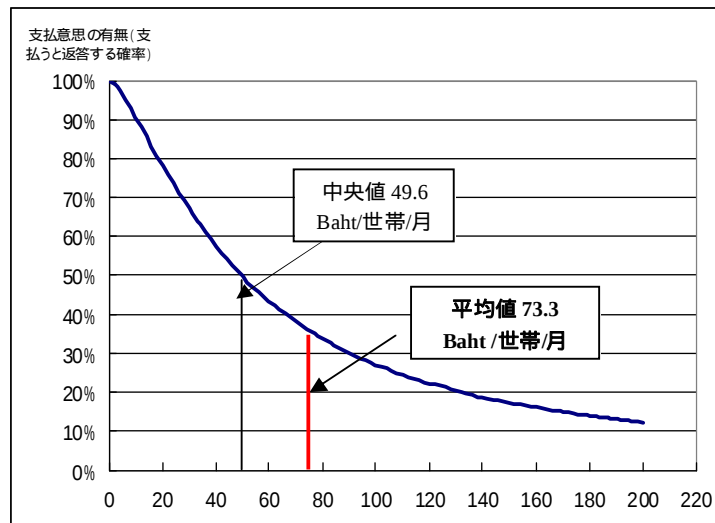


図 7.1 支払意思額平均値、支払う意思を有する確率（Baht/世帯/月）

(2) 支払可能額（ATP）

国際機関では、住民の下水道料金への支払可能額について目安を設けている機関が多く、IBRD は可処分所得の 1 % 程度、PAHO (Pan American Health Organization) では家計収入の 1.5 % 程度としている（「JICA 開発調査における経済評価手法研究（下水道編）」）。

本経済評価では安全側をとり、支払可能額(ATP)は平均世帯収入の 1.0 %と想定する。なお、本調査で 350 サンプルに対して実施された社会調査結果では、平均世帯収入が 33,428 Baht となったことから、支払可能額は世帯・月当たり 334 Baht と計算された。

(3) 支払能力分析の結果

前述したとおり、現在の MWA の月平均使用水量は 47.1 m³/世帯であり、住宅向けの計画料金単価 2.0 Baht/m³ より、平均支払額は 94.2 Baht/世帯/月となる。社会調査による支払意思額 73.3 Baht/世帯/月と比較すると、ほぼ同程度の費用となり、住民は支払意思を有すると言える。一方、支払可能額 334 Baht/世帯/月と平均支払額 94.2 Baht/世帯/月比較した場合、本平均支払額は 28 %を占めることから、十分に支払い能力があると判断する。

表 7.2 支払意思額・可能額のまとめ

	根拠	月当たり料金
想定平均支払額	平均使用量より計算	94.2 Baht/世帯/月
支払意思額	社会調査結果（支払意思額）	73.3 Baht/世帯/月
支払可能額	社会調査結果（世帯収入 × 1 %）	334.0 Baht/世帯/月

出典：調査団

7.2 経済分析

7.2.1 経済分析の前提

経済分析方法は、一般的に用いられる費用便益分析を用い、評価期間における事業を実施する場合（With Project）と事業を実施しない場合（Without Project）の状況を想定して分析した。評価は以下の前提に則って行われ、分析結果としては、経済内部収益率（EIRR）と純現在価値（NPV）、費用便益比（B/C）を用いた。分析は以下の条件で行った。

- (1) 経済分析の評価期間は、計画・建設期間の 2012 年～2017 年（6 年間）及び事業開始後の運営期間 2018 年～2047 年（30 年間）の合計 36 年間と規定した。
- (2) 本事業の概算事業費は、税金を除いた 2010 年 10 月時点の物価を用い、初期建設費用と維持管理費について算出した。積算額には、物理的予備費を含むが、物価上昇予備費は含んでいない。また、タイ国の換算係数（コンバージョンファクター）を用いて、財務費用を経済費用に換算した。

7.2.2 経済費用

以下に事業を実施する場合(With Project)の初期建設費用及び維持管理費用を示す。なお、事業を実施しない場合(Without Project)は、各々初期建設費用及び維持管理費用を計上しない。

(1) 初期建設費

年毎の処理場・遮集管の建設費は、概算事業費算定より、以下のとおりとした。

表 7.3 業務実施費の年度割り当て（財務費用）

(百万 Baht)

		2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	合計
工事 資機材費	内貨	24.4	103.5	103.3	1,446.2	1,435.1	1,423.5	4,536.0
	外貨	2.0	33.7	33.6	571.1	566.8	562.4	1,769.6
	合計	26.4	137.2	136.9	2,017.3	2,001.9	1,985.9	6,305.6

出典：調査団

表 7.4 業務実施費の年度割り当て（経済費用）

(百万 Baht)

		CF	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	合計
工事 資機材費	内貨	0.92	22.4	95.2	95.0	1,330.5	1,320.3	1,309.6	4,536.0
	外貨	1.00	2.0	33.7	33.6	571.1	566.8	562.4	1,769.6
	合計		24.4	128.9	128.6	1,901.6	1,887.1	1,872.0	5,942.6

出典：調査団

経済分析への変換係数は、世界銀行発行のレポートを参照し、内貨に標準換算係数（SCF: Standard Conversion Factor）の 0.92 を適用した。参照レポート：Shadow Prices for Economics Appraisal of Project :An Application to Thailand, World Bank Staff Working Paper, Number 609. (Sadiq Ahmed)

施設の拡張・補修・残存期間等は以下の前提で計算した。

- ・ 初期建設費のうち電気・機械設備分（1,249.9 百万 Baht）については、15 年後に 100% の更新費が必要となる。
- ・ 処理場の拡張工事費用は、2021 年と 2031 年に各 22,500 m³/日 増加する工事費、539.8 百万 Baht を計上する。拡張費用は全て電気・機械設備として計上し、15 年毎に更新費が 100% 発生する。
- ・ 浄水場躯体、配管施設（工事費用から電気・機械設備分を除いた費用）の耐用年数を 50 年、電気・機械設備を 15 年と想定し、評価年数終了時の 2045 年に残存価格を計算し、便益として計上する。

(2) 維持管理費

維持管理費は、90,000 m³/日（32,850,000 m³/年）の処理量において、年間 112.1 百万 Baht と

試算されている。従って、平均下水処理単価は 1 m^3 当たり 3.41Baht であり、これを平均単価として各年の計画処理量から処理場の維持管理費を算出した。2041 年以降は MP 段階の最大処理量である $135,000 \text{ m}^3/\text{日}$ となり、維持管理費は一定となる。

7.2.3 経済便益

事業実施により発生する主な便益のうち、貨幣価値での定量化が可能である以下の 3 項目を便益計算に含めた。

- ・ 生活環境の改善効果
- ・ 運河周辺の土地価格上昇効果
(環境保全目的の事業において、通常の JICA プロジェクトでは認められない)
- ・ 処理水再利用による費用削減効果

(1) 生活環境の改善効果

便益の計算は、裨益家庭数に、世帯毎の支払意思額(WTP)をかけて求めた。ただし、下水道事業においては、裨益住民が事業の必要性、および事業実施後に享受できる便益について想定することが難しいとされていることから、世界銀行等の国際機関において、下水道事業へ一般的に支払可能とされる支払可能額(ATP)についても、住民の裨益効果値として計算した。

(2) 水質が改善した運河周辺の土地価格上昇効果

現地調査、および地元不動産会社にインタビューを実施し、効果について検討した。現地踏査では、風向にもよるが運河より 30m 程度の地域まで悪臭が感じられたこと、及びインタビュー結果より運河から 30m までの土地の価値が向上すると仮定する。

表 7.5 運河延長と裨益地域面積

種類	運河延長	裨益地域の幅	裨益面積
両側	72.4 km	60 m	$4,344,000 \text{ m}^2$
片側 (排水区境)	27.2 km	30 m	$816,000 \text{ m}^2$
合計			$5,160,000 \text{ m}^2$

出典：調査団

事業地の地価に関し、国税局が資産税徴収のために公表している地価は $2,500\text{--}10,500 \text{ Baht/m}^2$ と大きな差異がある。一般的に固定資産税用の土地価格は、実際の取引額と比較してより 2 ~ 3 割低い値に設定されていると言われている。本データ及び現地の不動産会社における情報収集結果を考慮し、運河周辺の平均土地価格は 1 m^2 あたり 5,000 Baht 程度と判断した。

便益の計算では、事業開始後 3 年目の 2020 年から 2022 年の 3 年間に於いて土地価格が年間 5% ずつ上昇すると想定した。また、2023 年以降では、価値が上昇した地域から得られる年間収益を土地価格の 10 % 程度と仮定し、そのうち事業実施により価格上昇した分(15%)つまり基準地価の 1.5 % 分を年度ごとの収益率とし、事業による毎年の便益向上効果と見なした。

$$\text{便益} = \text{効果を受ける土地面積}(\text{m}^2) \times \text{平均土地価格}(\text{Baht}/\text{m}^2) \\ \times \text{価格上昇率または追加的収益率}(\%)$$

(3) 処理水再利用による、水道費用削減効果

現在 BMA では、主に公園・公共用地の植物散水・景観用水を利用用途とし、処理水の再利用に取り組んでおり、既設下水処理場の 2008～10 年度の平均は処理水量 3.69 % となった。これらの水使用分は、代替的に利用される水道からの給水料金が減少することから、事業実施の便益として計上する。

$$\text{便益}(\text{Baht}/\text{年}) = \text{処理水量}(\text{m}^3/\text{年}) \times \text{再利用割合}(\%) \times \text{水の価値}(\text{Baht}/\text{m}^3)$$

将来的に、BMA は処理水量における再利用の割合を 2012 年までに 5%、それ以降長期的に 10% 程度に増加させる予定としている。BMA は 5 年計画で業務を推進していることから、2013-17 年に 7%、2018 年以降に 10% を再利用すると想定し、本水量分の水道料金が削減できると想定した。

水の価値は、現在 MWA の平均水道料金（総収入/総水量）の半分と想定し、6.2 Baht/ m³ を採用した。

7.2.4 経済分析結果・感度分析

経済分析結果は以下のとおりとなった。

表 7.6 経済分析結果のまとめ

	EIRR	NPV (D.R.=10.0%)	B/C
ケース 1: WTP を採用	4.0%	-1,900 百万 Baht	0.64
ケース 2: ATP を採用	7.2%	-972 百万 Baht	0.82

出典: 調査団

EIRR は支払意思額を利用した場合 4.0 %、支払可能額を利用した場合 7.2 % となり、いずれも期待される 10 % 以下であり、本事業は社会経済的に実行可能であるとは言えない。しかしながら、下水道事業は裨益効果が実感されにくい傾向があり、計量化されなかった便益と社会的必要性を考慮し、業務を実施することは重要である。

感度分析

便益が 10 %減る場合、費用が 10 %増える場合、およびその双方が同時に発生する場合について、感度分析を実施した。その結果を以下に示す。

表 7.7 感度分析結果のまとめ

	条件	EIRR	NPV (D.R.=10.0%)	B/C
WTP による結果	A：基本ケース	4.0%	-1,900 million Baht	0.64
	B：便益 - 10%	2.8%	-2,240 million Baht	0.58
	C：費用 + 10%	2.9%	-2,430 million Baht	0.58
	D：便益 - 10%、費用 + 10%	1.7%	-2,769 million Baht	0.52
ATP による結果	A：基本ケース	7.2%	- 972 million Baht	0.82
	B：便益 - 10%	5.8%	- 1,404 million Baht	0.73
	C：費用 + 10%	5.9%	- 1,502 million Baht	0.74
	D：便益 - 10%、費用 + 10%	4.7%	- 1,934 million Baht	0.67

出典: 調査団

便益の 10 %減少、および費用の 10 %増加は、EIRR、NPV 等指標に同程度の影響を与えている。便益を高く保つためには、既に述べたとおり、住民の理解促進、広報の継続が重要だと言える。また、建設・維持管理費用については、予算額の増加を防ぐために、建設時の慎重な予算・工程管理、および運営時の維持管理費低減に努める必要がある。

7.3 財務分析

本節では、本事業実施の財務的妥当性を評価するため、事業の財務分析を実施した。財務分析は、評価期間における、事業を実施する場合（With Project）と事業を実施しない場合（Without Project）の将来の収入・費用を予測し、その財務状況の差分より、財務内部収益率（FIRR）と純現在価値（NPV）を算出した。

7.3.1 財務評価の前提

財務分析は、経済分析と同様の前提に則って行った。ただし、財務妥当性を図る FIRR の基準として、タイ国の 2010 年の実質金利 3.13 %の数値を用いた。実質金利は、2010 年の商業銀行の最低貸出利息平均である 5.94 %より、インフレ率（CPI）2.72 %を除いて算出した。（出典：Bank of Thailand）

7.3.2 財務費用

以下に事業を実施する場合(With Project)の初期建設費用及び維持管理費用を示す。なお、事業を実施しない場合(Without Project)は、各々初期建設費用及び維持管理費用を計上しない。

(1) 初期建設費

基本ケースの年度毎の建設費割り当ては、以下の表 7.8 のとおりであり、初期建設費への政府補助の割合と、JICA 有償資金を利用した場合に分けて、表 7.9 に示す 5 つの代替案を作成した。

表 7.8 業務実施費の年度割り当て（財務費用）

(百万 Baht)

		2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	合計
工事・ 資機材費	内貨	24.4	103.5	103.3	1,446.2	1,435.1	1,423.5	4,536.0
	外貨	2.0	33.7	33.6	571.1	566.8	562.4	1,769.6
	合計	26.4	137.2	136.9	2,017.3	2,001.9	1,985.9	6,305.6

出典：調査団

表 7.9 初期建設費の代替案

	初期建設費（2015～17 年の建設費の分配）		
	BMA 負担	政府補助	JICA 円借款利用(*)
代替案 1：フルコストリカバリー	100%	0%	-
代替案 2：40% 補助	60%	40%	-
代替案 3：60% 補助	40%	60%	-
代替案 4：O&M 費用のみ	0%	100%	-
代替案 5：フルコストリカバリー、円借活用	15%	-	85%

* JICA 円借款の条件：返済期間: 40 年、返済猶予期間: 10 年、利率: 0.65%

評価期間は 36 年を想定したため、最終年度に 5 年分を返済する想定とした。

*代替案の設定は、初期建設費用のみに適応し、その他、以下に記載する施設の拡張、補修、残存価額等の前提は等しい。

出典：調査団

施設の拡張・補修・残存価額等は以下の前提で計算した。

- ・ 初期建設費のうち電気・機械設備分(1,249.9 百万 Baht)については、15 年後に 100% の更新費が必要となる。
- ・ 処理場の拡張工事は、2021 年と 2031 年に各 539.8 百万 Baht を計上する。拡張費用は全て電気・機械設備と想定し、15 年毎に更新費が 100% 分発生する。
- ・ 浄水場躯体、配管施設（工事費用から電気・機械設備分を除いた費用）の耐用年数を 50 年、電気・機械設備を 15 年と想定し、評価年数終了時の 2045 年に残存価格を計算し、便益として計上する。

(2) 維持管理費用

経済分析における維持管理費算出と等しく、予想された平均処理費用の 3.41 Baht/m³ を用いて算出した。

7.3.3 収入予測

料金収入予測に関し、水道事業の有収水量予測は、MWA から得たのデータに基づいている。また、料金は現在の料金計画に基づき、2010 年のレポートにおいて分析された、生活用カテゴリー (2.00 Baht/m³) と、商業用カテゴリー (2.37 Baht/m³) での料金平均値を用い、Nong Bon 処理区での平均値は 2.22 Baht/m³ と試算した。

下水道料金体系に関し、3 つの試算を作成したが、全てのケースで、既存処理区における料金徴収を 2012 年より開始する想定とし、BMA の計画している 5 年毎の料金補正で、10 ~ 30 % ずつ料金を上げる計画とした (図 7.2 参照)。なお、実際の料金改定には、この増加率以外に、インフレ率による料金改定を行なうこととなる。

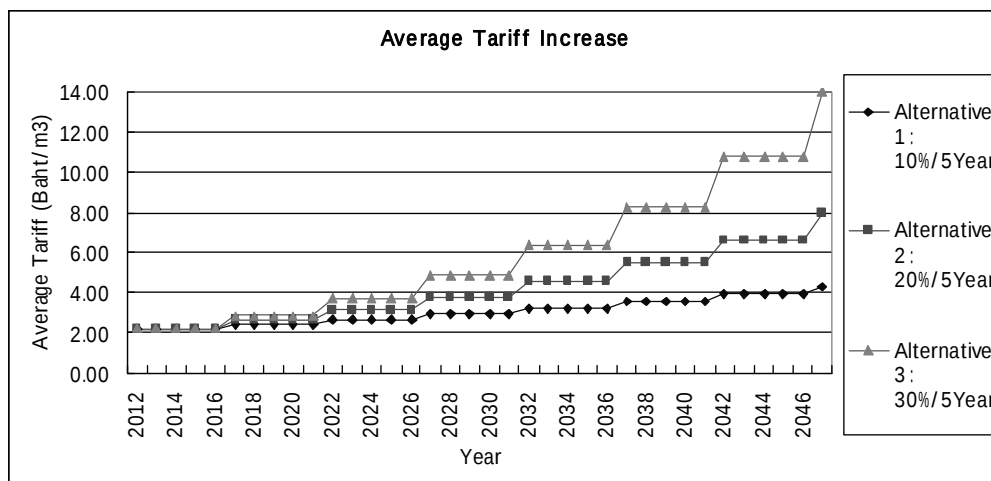
また、BMA は MWA に料金徴収委託料を支払う必要があり、各年の世帯数に毎月 3.5 Baht (年間 42 Baht、ただし初年度開始時のみ 10 Baht) をかけた金額を毎年の収入額より排除して計算した。なお、合計接続数は 2012 年に約 70,000 と予想されており、接続数は給水量に比例して 0.5% ずつ増加すると想定した。

表 7.10 料金収入の試算案

	徴収開始	5 年毎の料金増加率
料金試算 1 案 (10%/5 年)	2012 年	10%
料金試算 2 案 (20%/5 年)		20%
料金試算 3 案 (30%/5 年)		30%

出典：調査団

以下の図に、平均下水料金金額と収入額を示す。



出典：調査団

図 7.2 試算案毎の平均料金設定 (Baht/m³)

7.3.4 財務分析結果

5つの費用代替案、および3通りの料金試算案において財務分析を実施し、その結果をFIRR、及び割引率が0 %、3.13 %の場合の純現在価値（NPV）の値として以下に示す。

表 7.11 財務分析結果

FIRR			Revenue		
			Alternative1	Alternative2	Alternative3
			10%/5years	20%/5years	30%/5years
Cost	Alternative1	BMA 100%, Subsidy 0%	-5.7%	-3.8%	-1.7%
	Alternative2	BMA 60%, Subsidy 40%	-4.8%	-2.6%	-0.3%
	Alternative3	BMA 40%, Subsidy 60%	-4.2%	-1.8%	0.8%
	Alternative4	BMA 0%, Subsidy 100%	-2.1%	1.6%	5.9%
	Alternative5	BMA15%, ODA Loan 85%	-17.7%	-11.7%	-5.5%

NPV (Discount Rate =0%)			Revenue		
			Alternative1	Alternative2	Alternative3
			10%/5years	20%/5years	30%/5years
Cost	Alternative1	BMA 100%, Subsidy 0%	-7,675.7	-5,743.5	-3,002.2
	Alternative2	BMA 60%, Subsidy 40%	-5,027.7	-3,095.5	-354.2
	Alternative3	BMA 40%, Subsidy 60%	-3,703.8	-1,771.6	969.7
	Alternative4	BMA 0%, Subsidy 100%	-1,055.8	876.4	3,617.7
	Alternative5	BMA15%, ODA Loan 85%	-8,494.5	-6,562.3	-3,821.0

NPV (D.R.=3.13%)			Revenue		
			Alternative1	Alternative2	Alternative3
			10%/5years	20%/5years	30%/5years
Cost	Alternative1	BMA 100%, Subsidy 0%	-7,125.3	-6,247.5	-5,033.4
	Alternative2	BMA 60%, Subsidy 40%	-4,783.4	-3,905.6	-2,691.5
	Alternative3	BMA 40%, Subsidy 60%	-3,612.6	-2,734.8	-1,520.7
	Alternative4	BMA 0%, Subsidy 100%	-1,270.7	-392.9	821.2
	Alternative5	BMA15%, ODA Loan 85%	-5,182.2	-4,304.4	-3,090.3

出典：調査団

FIRR の値は、政府補助が 60 %得られる費用代替案 3 において、5 年間毎に 30 % ずつ料金上昇させる収支試算 3 案の場合、プラスとなった。また、政府補助が 100 %あり、維持管理費のみ支払う条件においては、収入試算 2 案（5 年毎の料金上昇 20 %）において FIRR はプラスを示し、収入試算 3 案（5 年毎の料金上昇 30 %）の想定では基準値である 3.13 % 以上となり、財務的な事業実施が妥当な水準となった。

一方、フルコストリカバリーの設定とした費用代替案 1・5 においては、どの収入試算案においても NPV はプラスを示さなかった。従って、現在の料金設定に基づいて料金徴収を開始した場合、フルコストリカバリーを達成することは、非常に難しい状況である。

結論として、財務的には、BMA が安定的に下水道サービスを続けるためには、できるだけ早い時期に料金徴収を開始し、その後の 5 年間の料金改定時に 10～20 %程度平均料金が上昇する状態を維持することで、固定費・建設費を含めた維持管理予算のうち、半分程度を徴収料金でまかなっていくことが現実的な対応として必要である。

ただし、前述のとおり、現在のタイ国の下水道料金徴収が実施されている地域は少なく、料金徴収を開始すること自体が難しい状況である。BMA が下水道料金徴収を開始し、順調に業務実施が進んだとしても、その後高い料金増率を達成していくことは、社会的な反対を生むことも考えられる。

これら住民の反発を避け、財務的にも持続的な事業を実施するために、BMA は住民の啓発活動に努めるとともに、サービスの品質向上等で、住民の事業理解を推進することが重用である。

8. 優先プロジェクト事業の総合評価

本章において、優先プロジェクト事業に選定した Nong Bon 処理区について、技術面、経済財務面、社会環境面、組織体制面から総合的に評価する。

8.1 各側面からの評価

(1) 技術面からの評価

本事業ではタイの合流式下水道方式を採用するため、既設下水処理場の流入実績から流入汚水量は発生汚水量の 80%程度を確保できるものとする。遮集管及び雨水吐き室等については、既にバンコク都で実績のある運河下埋設、推進工法を採用するので、事業実施に特に問題はない。下水処理場については、タイでは新技術となる担体添加式活性汚泥法の採用を提案しているが、適切な情報提供、必要な研修を行うことによって、対応可能である。

一方、バンコク都では、タイ式合流式下水道が抱える様々な課題を解決することが、今後のバンコク下水道発展のために求められている。

(2) 経済・財務面からの評価

経済分析結果、本事業の EIRR は各条件で 4.0 %、7.2 %となった。いずれも社会経済的に実行可能であるとされる 10%以下であるが、下水道事業は裨益効果を具現化されにくい、計量化されない便益と社会的必要性を考慮し、業務を実施することは可能である。

財務分析では、建設費への政府補助が 60 % ~ 100%得られ、5 年間毎に 20 ~ 30 % ずつ下水道料金を上げる場合に、FIRR 値はプラスとなり、財務的に事業実施が妥当な水準となった。一方、フルコストリカバリーを達成することは、非常に難しい状況である。

結論として、財務的には、BMA が安定的に下水道サービスを続けるためには、できるだけ早い時期に料金徴収を開始し、その後継続して下水道料金の上昇を維持することで、固定費・建設費を含めた維持管理予算のうち、半分程度を料金でまかなうのが現実的な対応として必要である。ただし、現在のタイ国においては料金徴収を開始すること自体が難しい状況であり、また、開始したとしても、その後高い料金値上げを継続することには困難も予想される。

(3) 社会・環境面からの評価

本事業の実施に伴い、環境項目の中で特に配慮すべき項目について負の影響はないと判断した。ただ、事業の建設段階および運転段階において、軽微な負の影響が予想される項目

については、その軽減対策とモニタリングの実施が必要である。

その一方、本プロジェクトは Nong Bon 処理区域の汚水を遮集・処理することにより運河の水環境の改善、将来の水質汚濁の防止に貢献し、その結果として地域住民の生活環境向上と社会基盤施設整備を推進させることが期待される。

(4) 組織・体制面からの評価

排水下水道局（DDS）は、大規模な下水道事業を実施した実績があり、既にマネジメント契約を通じて 5 つの下水処理場を管理した経験を持っているため、本プロジェクトの建設及び運転管理の事業を実施する能力を有している。

一方、下水道施設の目的達成、機能向上、適正管理のために、下水道施設の一元的管理や下水道条例の制定が求められる。

8.2 総合評価及び提言

(1) 総合評価

以上、各側面からの評価に示すように、本プロジェクトの事業実施は可能であり、本事業の実施によりノンボン処理区の水環境及び住環境は改善し、住民に多くの恩恵をもたらすことができる。

(2) プロジェクト業務指標

下水道サービスを評価するために、以下のプロジェクト業務指標を推奨する。

（運営指標）

- ・ 水処理施設稼働率（年間汚水処理水量/処理施設年間処理能力）
- ・ 流入水質達成率（計画流入水質に対する流入水質）
- ・ 目標放流水質達成率（計画処理水質に対する放流水質）
- ・ 目標運河水質達成率（運河目標水質に対する運河水質）
- ・ 再生水利用率（年間再生水利用量/年間汚水処理水量）

（経営指標）

- ・ 有収率（年間有収水量/年間汚水処理水量）
- ・ 汚水処理原価（維持管理費）（年間汚水処理費/年間有収水量）
- ・ 経費回収率（維持管理費）（年間下水道料収入/年間汚水処理費）

(3) 提言

上記評価に基づいて、以下を提言する。

ノンボン処理区は良好な住宅地域として今後の発展が見込まれ、水環境及び住環境の改善が求められていることから、早急に本プロジェクトに着手すべきである。バンコクの下水道事業を効率的効果的に推進するために、タイ式合流式下水道が抱える様々な課題を解決すべきである。

下水道料金徴収を開始し、下水道経営の安定化・健全化を図るべきである。そのためには、住民意識の向上を図る活動を促進すべきである。

下水道施設を管轄している関係機関と協力して、下水道施設の一元的管理を目指すべきである。あわせて、下水道条例を整備すべきである。

上記の業務を円滑かつ強力に推進するために、事業実施機関の人材育成、能力開発を強化すべきである。

最後に、本プロジェクトの事業実施に際し必要と考えられる、以下のソフトコンポーネント支援を提案する。

(研修)

遮集式下水道の改善技術及び雨天時の汚濁負荷削減技術の習得
小面積を可能とする新下水処理法及び下水道施設でのエネルギー回収技術の習得
建設管理、外部資金管理、下水道施設管理の人材育成・能力開発

(業務改善プログラム)

遮集式下水道システムの改善
既設排水管のインベントリー調査
腐敗槽設置を免除できる下水道整備特区制度
業務指標 (PI) の導入
下水道条例の制定