

# タイ国・バンコク市における下水道システムの評価と選択

住宅都市整備公団都市開発事業部（前国際協力事業団派遣専門家） 正会員○松下 潤  
京都市下水道局（同 上） 住山 淳

## はじめに

筆者らは、都市下水道の専門家として国際協力事業団よりタイに派遣され、1983年10月までの二年間にわたりバンコク首都圏庁（以下、BMA）において技術協力に直接参画する機会に恵まれた。

“An Age of Nightmare Cities”（迫りくる都市の苦悩）— Newsweek誌（'83 Oct.30）が報じた通り、発展途上国ではいま、都市人口の爆発的増加が内圧を高めている。バンコクも、この30年間に総人口が10倍に肥大、今日では500万人以上を数えることから、都市の制御は国家レベルの政策課題として認識され始めたといつてよい。（首都行政拡充のため、1972年に県を改編、BMAが設立された。）

元来Chao Phya 川（メナム川）大平原の稲作農業と結びついた独特の風土に立脚しつつ、200年にわたり都市形成の展開をみたバンコクでは、近年に至るまでは旧来の「川の文化」<sup>1)</sup>により都市としての自律性を維持することができたのである。（写真-1）それが崩壊し始めたのは、戦後に入ってからのこと。近代的都市に不可欠なインフラ整備が不十分のまま、人口集中が急激に進行したことが最大の原因である。

これに対し、国全体では依然農業を基調とするため、BMAなど関係機関は、従来人材や資金の不足に苦しみ都市を計画的に制御できずにきた。その結果、今日では、複合的かつ集中的な都市問題 — スプロール、広域的地盤沈下、交通渋滞、浸水、環境汚染 — が顕在化し始めた。

実際、表面上の華やかな近代化に反し、環境問題をめぐるタイ社会の諸相は、我国との比較で述べると実態はむしろ明治期の社会相に酷似する。（表-1）

「道路橋梁河川ハ本ナリ、水道家屋下水ハ末ナリ」—— この言葉が、直接的便益を重視してきた本邦の都市政策を物語る。当時、胎動期にあった下水道は長年月、いわば産みの苦しみを味わった。<sup>2)</sup> 同じ轍をタイの都市論が踏まない理由は、ない。

1980年の国連総会で、「国際水道・衛生の10ヶ年計画」が宣言された。これを契機に、高まった途上国で下水道整備への関心度に反し、資金面では相変わらず伸び悩み状態にあるという。その原因の一部に、途上国の社会・経済条件になじみ易い技術というものへの情報・研究不足があるのではないかと。

そこで、本報告では、現地にて筆者らが手探りで得た知見を中心にひとつの試論を提供したいと考える。

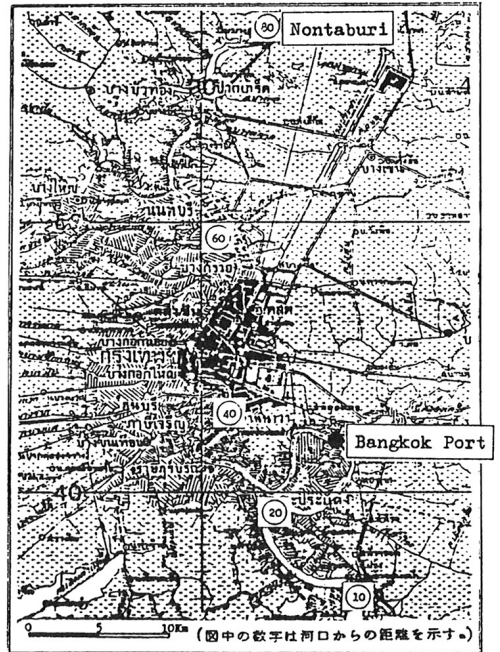


図-1 バンコクの市街地とChao Phya 川



写真-1 「川の文化」とバンコク（1900頃）

表-1 明治期の日本と今日のバンコク——社会相に関する比較

項目	日本(東京)	タイ(バンコク)
1. 人口動態	・都市人口は総人口の10% ・人口増はほとんど都市に狭収 (人口増加年率、全体1.5%、都市6%)	・都市人口は総人口の20% (バンコクのみで10%) ・人口増はほとんどバンコクに狭収 (人口増加年率、全体2%、バンコク5%)
2. 上水の供給	・「東京府民ハ……不潔物ノ混入スル上水オヨビ井水ヲ飲」 <sup>a)</sup> ・水売りの普及	・首都水道公社による水道普及率は60%に達する(雑用水) ・ビン詰飲料水の市販
3. 汚水の処理	・「原水(と雑排水)は酒に濾して、捨て糞は蓄えて肥として売った」 <sup>b)</sup>	・腐敗槽の普及 ・雑排水は雨水きよに流す ・大工場、ニュータウン等で小規模に下水処理
4. 排水施設の実態	・排水施設はたいそう貧弱 ・「大雨ノ際ニハエンセル汚水雨水ト共ニ道路ニ溢流スルニ至ル」 <sup>c)</sup>	・広域地盤沈下、ごみ投棄による目詰り等のため、著しい機能障害を生じ、降雨のたびに局部的に下水がはらん
5. 公衆道徳	・街路上で放尿脱ふんする悪習が警察権をもっても容易に取締られず、「幸田露伴を嘆かせた」 <sup>d)</sup>	・水路や公道への市民のごみ投げ捨てが目立つ
6. 下水道論のリーダー	・長与専斎、永井久一郎など数少ない指導者がけん引	・左記と同様の傾向

注) a: 永井久一郎「欧州事情」(1886年、大日本私立衛生会での演説)  
 b: 李家正文著「開化事情」  
 c: 石黒五十二「汚水き」改良説(1883年、大日本私立衛生会での演説)

### 1. 水質汚染と水質保全の現状

川のことを、タイ語でMae Nahn(母なる水)という。関東平野の10倍もの面積を誇るタイの穀倉、Chao Phya川大平原では、雨季の河水氾濫現象によってはじめて稲作が可能となった。このような熱帯デルタの豊饒を“水神”に帰した楔ぎの思想もひろく分布する。したがって、水が潤沢故にこの地域ではかえって治水・利水をふくめあらゆる面で水に対し弛緩した文化が育ってきた。タイ政府のやや場当り的な水質保全対策の背景には、このような風土環境が作用していると考えてよい。(表-2)

表-2 タイ政府の水質保全の体系(現状及び計画)

項目	規制等の対象	水質保全の方策	関係省庁等
(公共用水域環境基準)	(Chao Phya川)	(目標水質の設定)	環境庁
放流水の水質規制	工場など特定施設	工業法にもとづく放流水の水質基準*1	工業省
発生源対策 1. 都市下水	し尿	建設基準法にもとづく各戸腐敗槽*3	BMA+建築主
	都市下水	合併式浄化槽(公共的下水道)	BMA+住宅公団等(BMA)
2. 工場廃水	特定工場*2	工業法にもとづく廃水処理	工業省

注) ( )内は将来計画のものを示す。

\*1 概ね各項目とも日本の基準値と比べ二倍近く厳しい。

\*2 特定工場とは引込動力2馬力以上のものをいうが、現在対象となる15,000工場中廃水処理を行っているのは大手60社に限られている。

\*3 現在、BMAの汚泥収集サービス量は560m<sup>3</sup>/日(全体発生量の5%)

このため、とくに人口密度の高いバンコクでは、風物誌たるKlong(運河)は多量の下水流入によりドロ川状の外観を呈している。さらに今日では、その影響がChao Phya川にまで及び始めた。同川河口から上流140kmまでの間に設けられた20ヶ所の採水点における近年の通年水質分布をみると、市街地(河口距離20-60km)区間でDOが激減するなど、水質汚染が進んでいる。<sup>3)</sup> また、生態面でも、ホテイアオイの大発生にみるように、富栄養現象が表面化してきた。

ちなみに、バンコク周辺に立地する二ヶ所の採水点でこの15年間の通年水質分布の変化をみると、水系汚染の進行が明瞭である。<sup>6)</sup>(図-2)これについて、Bangkok Port における1971年時点のT-Nを、自然系(L<sub>0</sub>)、農村系(L<sub>1</sub>)、都市系(L<sub>2</sub>)に大別し、採水点の位置関係(図-1)から次のように仮定する。

自然系; Nontaburi におけるT-N (1956)

農村系; 同地点におけるT-N増分(1956-71)

都市系; 二地点間のT-N差分(1971)

T-Pについても同様の仮定にもとづき、年間の単位流出負荷を試算、霞ヶ浦に関する資料を比較してみた結果、当該負荷量は霞ヶ浦の数値と比べ凡そ1/2-1/3であることを認める。(表-3)しかし、流出率(Chao Phya 川では年間平均17%)や流域面積、汚染源の立地など、彼我の流域性状の較差を考え合わせれば、同川の汚染度は数値の表わす以上に厳しいと考えられる。

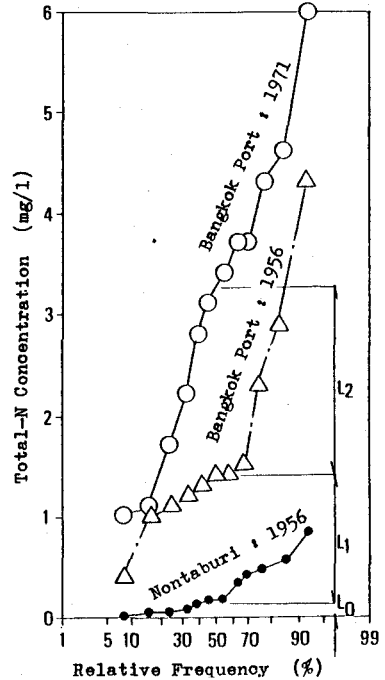


図-2 Chao Phya川のT-N分布の変化(1956-71)

## 2 バンコクの負荷流出特性

バンコクにおける既存の下水道システムをみると、次の三つの形態に大別できる。(図-3)

- ①各戸腐敗槽型; 既成市街地でひろく普及。ただし低湿地で浸透処分が困難故、槽の越流水は雑排水と合わせ、地先の雨水きよに流すものが殆んどである。(ごく一部が、BMAのし尿収集サービスに依存する。)
- ②合併式浄化槽型(腐敗槽あり); Case ③と同じ
- ③合併式浄化槽型(腐敗槽なし); これらは、ニュータウンの下水処理システムとして導入済み。

筆者らは、上記システム群の機能評価のため、

Case ①; 都心部の Rama IV 排水機場

Case ②; Klong Chan 団地下水処理場

Case ③; Hvy Kuwan 団地下水処理場

を選らび、各々の施設への流入下水の通年水質分布(1981-82)を比較した。

その結果、たとえば下水中のBODの分布をみてもめられる通り、Case ①、②とも、管内沈積効果と重なって腐敗槽は下水中の水質抑制に大きく寄与していることがわかる。(図-4)これらの数値をBOD当量に換算し、水質抑制効果を負荷流出率( $\alpha$ )で定量的に評価してみると、Case ①の既成市街地では $\alpha = 0.6$ (発生BOD当量を日本の都市に準拠し、66gと仮定)が、また新市街地ではCase ②、③のBOD当量の比較から $\alpha = 0.8$ がえられる。

表-3 年間の単位流出負荷(霞ヶ浦との比較)

項目		Chao Phya 川 (1971)	霞ヶ浦 (1982)
流域概要	流域面積	162,000km <sup>2</sup>	2,000km <sup>2</sup>
	流域人口	25,000千人	1,400千人
	工場	-	出荷額 8,000億円
	畜産	-	牛・豚 380千頭
Total -N	自然系	22 (7)	1.5 (13)
	農村系	51 (17)	10.1 (87)
	都市系	222 (76)	
計		295 (100%) 660 kg/km <sup>2</sup> ・年	11.6 (100%) 2,100 kg/km <sup>2</sup> ・年
Total -P	自然系	1 (1)	0.1 (8)
	農村系	23 (43)	1.2 (92)
	都市系	31 (56)	
計		55 (100%) 120 kg/km <sup>2</sup> ・年	1.3 (100%) 240 kg/km <sup>2</sup> ・年

注)1. Chao Phya 川の流量は平均年間流出高(200mm)より求めた。

2. 霞ヶ浦の流出負荷は、参考文献6)にもとづき作成した。

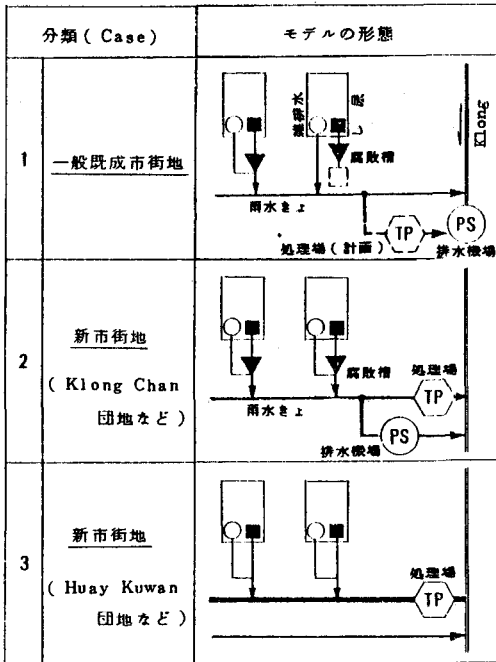


図-3 既存の下水道システムの形態比較

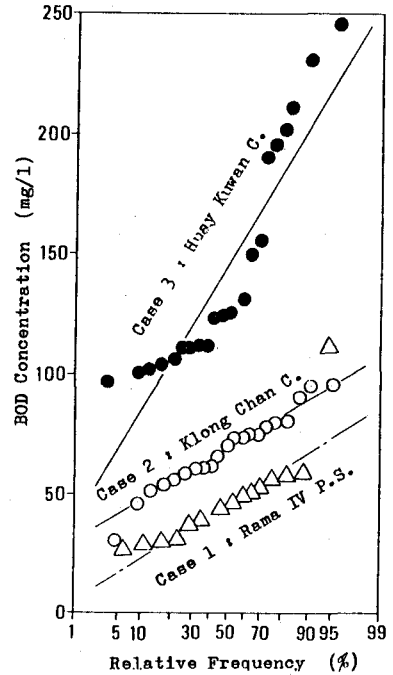


図-4 既存下水道システムの下水水質の比較

### 3. バンコクにおける下水道システムの評価と選択

前述の通り、バンコクでは公共的性格を持つ下水道（処理施設）は未整備である。旧来の基本計画（1968策定）は、分流式、かつ大処理区制（370km<sup>2</sup>）をベースとし、比較的成本高となりやすい故、今日まで雨水きよのみが先行的に整備されてきたにとどまるからである。

そこで、国際協力事業団の援助により作成された第1期下水道建設計画<sup>6)</sup>（1982）では、旧基本計画を抜本的に見直し、小処理区制（都心部10km<sup>2</sup>に限定）に変更、さらに既存の排水システムを合流式に改造（遮集きよの新設）することにより管きよ系統への投資の低減を図った。これに加えて処理系統に関しても、モディファイド法（ばつ気時間=1.5hr）により用地・施設費の抑制をも狙ったものである。

当該計画に対するタイ政府のその後の反応をみる限りでは、実施に至るまでに相当の年月を要しそうである。とくに資金面での制約から、市民1人当りのBMAの年間財政収入は処理対象人口1人当りの事業費（約4000パーツ）のたかだか1/5程度に過ぎないからである。（表-4）

第一期分の整備対象区域を限定せざるを得なかった最大の理由もこの点にあり、国庫補助金や受益者負担金など特別財源を抜きにして、公共的な下水道システムは普遍性を欠くように思う。が、実際財源確保へのコンセンサス形成は決して容易ではない。

従って、当面の課題は暫定的な汚染対策を確立すること。このため既存の腐敗槽システムの活用の可能性を筆者らは検討した。その主たる理由は、前節で述べた通り当該システムが負荷流出に一定の抑制効果を示

表-4 BMAの年間財政収入（東京都との比較）

財源内訳	BMA (1983)	東京都 (1983)
地 都市計画税	-	0
方 固定資産税	2	12
税 その他	53	57
小 計	55	72
地方交付税	15	-
国庫補助金	20	19
料金収入	10	99
	100%	100%
合 計	4,526百万パーツ (800パーツ/人)	3,430十億円 (300千円/人)

すこと、建設財源は事実上“私費負担”によっていること、などの特色から中間的な水質保全策としての有効性を認められる点にある。さらに、コンクリート製パイプを用いた腐敗槽の増設がそれ程困難でなく、腐敗槽や雨水きょ内の汚泥の清掃システムを拡充することも比較的容易であるため、システム全体のグレード・アップも可能性がある。

さらに、将来下水道整備に対するコンセンサスの形成が進んだ段階で、既存システムの水質保全機能を補充する施設として新たに公共の下水道システムの導入を図れば、公共的経費の低減につながり現実性が大きくなる。これについて技術的視点からみても、処理性・維持管理性のうえで全般的に優れていることを、前節Case ①及び③における下水を用いた比較処理実験から確認できた。(図-5にテスト用プラントのフローを示す)すなわち、モディファイド法によった場合でも、腐敗槽システム(Case ①)では、流入基質濃度が低くなるため、低負荷運転(SRT大)が可能となる。(表-5)この結果、Case ①に関する処理性の特徴は、下記の通りであった。

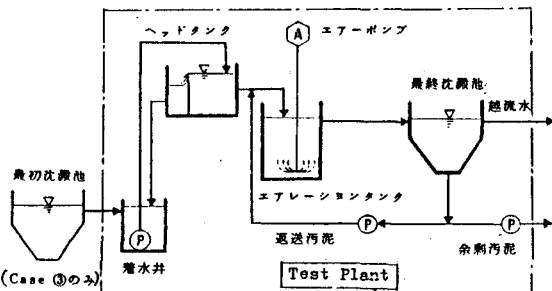


図-5 テスト用プラントのフロー

- イ 基質除去率・残留濃度とも好成績を得やすい(図-6にBODに関する処理成績を示す)
- ロ 汚泥沈降性が優れているため、沈殿池にてSS流出を抑制しやすい(図-7にSVIの比較を示す)
- ハ 余剰汚泥発生量は、除去BOD量に対する転換率ではそれ程差が小さいものの、対流入水量比ベースで見ると1/2程度になる。(表-5、図-8参照)

表-5 比較処理実験の運転条件 腐敗槽の有無比較(Case ①及び③)

Case	エアレーションタンク *1		汚 泥 *2				備 考	
	滞留時間	F / M比	SV	MLSS	SRT	余剰汚泥量		
①	A	2.8	0.5	37	1,200	9.5	1.8	(実験期間) 1982年3月 -1982年8月
	B	2.1	1.1	7	1,020	7.2	1.7	
	C	1.0	1.8	12	880	2.7	2.0	
	D	0.5	1.7	17	940	1.1	1.2	
③	E	3.0	1.4	21	700	5.2	3.7	1983年2月 -1983年5月
	F	2.0	1.9	21	800	2.4	4.2	
	G	1.0	5.9	26	520	0.5	1.9	

注)\*1 DOは1-4 mg / ℓに維持、水温は30 ± 1℃

\*2 汚泥返送率は返送チューブ内の目づまり防止のため、40-120%を維持

SRTはエアレーションタンク及び沈殿池内の汚泥量ベースで表示

余剰汚泥量は流入下水水量に対する比率で表示

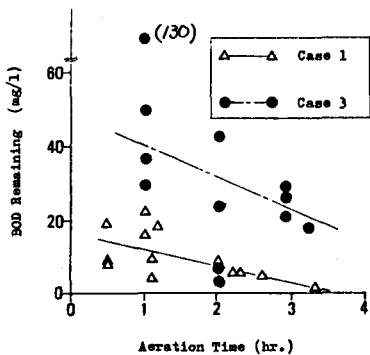


図-6 基質(BOD)除去率及び残留濃度の比較

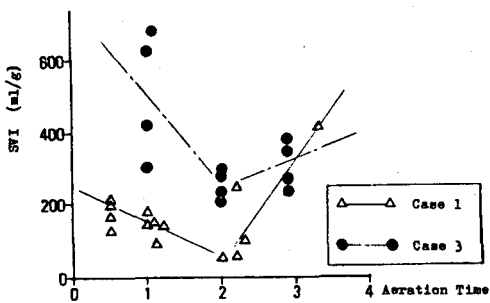
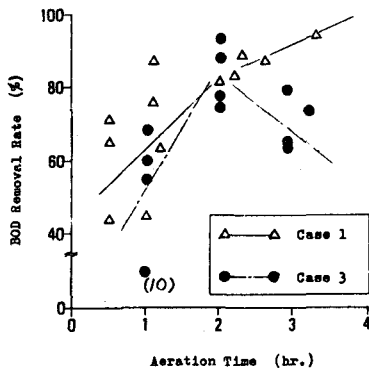


図-7 SVIの比較

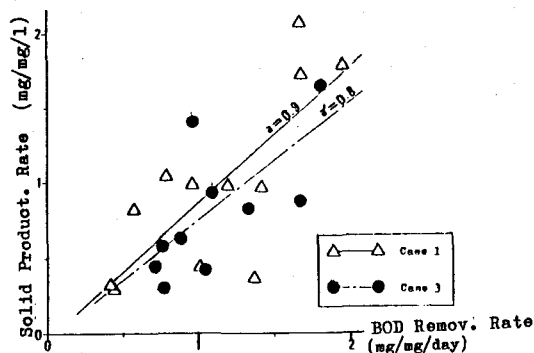


図-8 余剰汚泥量とBOD除去量の関係

#### 4. 結 論

ヒトの集住体としての都市には、人工的代謝システムが不可欠であり、その運営には、ハード・ソフトの技術に加えて、人員や財源の担保が必要である。が、途上国においてはこのような基本要件が社会的に成熟するには、近年の都市化はあまりにも急激だった。

タイについても、上記の原則があてはまる。近代的下水道をこの国に適用することは、単純にいかない。筆者らは現地での技術協力業務を通して、既存腐敗槽システムの再評価に加え、それを補完するための公共的下水道の整備手法について検討してきた。その結果、暫定的に既存システムを改善・適正化するとともに、長期的には合流式への改造(ただし腐敗槽は存置)を図っていく方式が比較的社会的経済条件になじみやすく、処理性でも優れているとの結論を得、BMAなど関係当局に提案してきた。

しかし、水系保全への人々の意識を変革し、当該プロジェクトの推進力に転化することは容易ではない。途上国でのケーススタディの蓄積によって認識レベルの向上を図る努力が早急に行なわれることを望みたい。今日人口圧の増々高まる中、環境計画は新たな展望を求められているとタイで感じた。

#### 参考文献等

- 1) 岩田慶治「日本文化のふるさと」、角川新書、1966年3月
- 2) 稲場紀久雄「下水道論の歴史的探訪」、日本水道新聞社、昭和55年7月
- 3) タイ環境庁(NEB)では1981年にChao Phya川の定期的水質モニタリングを開始した。
- 4) 1956年;小林純「東南アジア諸国の河川の化学的研究」、農学研究  
1971年;タイ厚生省「Pollution Study of Chao Phya River and Sources of Pollution」
- 5) 勝又豊高「霞ヶ浦富栄養化防止条例と下水道の対応」、下水道協会誌、Vol.19, No.216, 1982年
- 6) 国際協力事業団「Feasibility Study of Bangkok Sewerage System Project in Thailand」、1982年