第5章　汚濁負荷

第５章　汚濁負荷

５．１　人口及び土地利用

調査対象地域の 380㎢は、12のディストリクトからなり大きく市中心部(City corearea) と東部郊外地域に分割される。

調査対象地域内人口は、1986年で 3,666,000人、将来の2000年で 4,751,000人と推定される。現在及び将来人口を各ディストリクトごとに配分し表５．１に示す。

市中心部は既に市街化されており、将来における大規模な土地利用の変更は想定されない。しかしながら、東部郊外地域は将来の人口の伸びに対応して都市化の進展が予想されている。

調査対象地域内の市街化区域は、1980年に 204㎢（全体の53.7%）であったものが、2000年には 286㎢（全体の75.3%）まで拡大することが予測される。これに反して農業用地及び空地は1980年に 176㎢（全体の46.3%）であったものが、2000年には約半分の94㎢（全体の24.7%）にまで減少することが予測されている。表５．２に現在及び将来の土地利用状況を、図５．１及び図５．２にその分布を示す。

５．２　調査対象地域の水使用の現状

現在、調査地域内で使用されている生活用水、営業用水及び工業用水の40%は首都圏水道公社による上水道により、残りの60%は地下水によって賄われている。

首都圏水道公社によると、現在地下水を利用している地域も2000年までには、全て表流水を水源とした首都圏水道公社の給水区域に含まれる計画であり、将来は地下水の利用量が減少するものと思われる。

1986年の給水量原単位は、生活用水として 154ℓ ／人／日、営業用水及び工業用水として 132ℓ ／人／日であり、調査区域内の１日当りの総水使用量は 1,049,000 ㎥である。

本調査の目標年次である2000年には給水量原単位も増加し、生活用水として 216

ℓ ／人／日、営業用水及び工業用水として 186ℓ ／人／日と推定され、１日当りの総水使用量も1,910,000 m³にまで増加する事となる。各ディストリクトごとの給水量原単位及び１日当り水使用量を表５．３にまとめた。

５．３　汚濁負荷量原単位

5.3.1　汚濁発生源

調査地域内の主な汚濁発生源としては、生活排水、営業排水及び工場排水があり、その概念図を図５．３に示す。

このうち住宅団地及び大工場からの汚水は、個別に設置された処理施設で処理された後、公共水域へ排水されている。現在、一般家庭からのし尿は汚水溜めまたはセプティックタンクで貯留あるいは処理される仕組みになっているが、維持管理が十分に行なわれておらず、処理効率は概して低く、本計画における汚濁発生量の算定には、汚水溜め及びセプティックタンクの処理効果は考慮しなかった。

5.3.2　汚濁負荷量原単位調査

ＪＩＣＡ調査団は、典型的な生活排水としての汚濁負荷量原単位調査を単独のコミュニティープラントを有するディデンとボンカイにある住宅団地で実施した。各々の住宅団地の居住者数は 1,320人と 1,900人であった。

汚水の採水は、各コミュニティープラントへの流入口で行なった。その測定結果を表５．４に示す。

さらに、営業排水の負荷量原単位を推定する目的で、典型的なビジネス街であるスリウォン通りとシロム通り及び商業地域としてのサイアムスクエアーの３ヶ所で排水の水質試験を実施した。その結果を表５．５に示す。

5.3.3　汚濁負荷量原単位の算定

本計画では一般家庭、営業及び中小工場から発生する汚濁負荷量は、発生源別の汚濁負荷量原単位にフレームを乗じて算出し、大工場及び住宅団地は各々個別に算出した。

汚濁負荷量原単位は、各発生源別の汚水量原単位に平均水質を乗じて算定される。一般家庭排水及び営業排水の平均水質はＢＯＤで各々 130mg／ℓ と 145mg／ℓ であり、地域別に異なる汚水量原単位を乗じた場合、汚濁負荷量原単位はＢＯＤで1986年で23.1～60.2ｇ／人／日、2000年で49.2ｇ／人／日～71.1ｇ／人／日の範囲となる。詳細を表５．６に示す。

5.3.4 地域別発生汚濁負荷量

各排水区ごとの発生汚濁負荷量は、人口密度に各地域ごとの発生源別の汚濁負荷量原単位を乗じて算出した。また、住宅団地及び大工場については、各々が位置する排水区に直接加えた。その結果、1986年及び2000年の総発生汚濁負荷量はＢＯＤで 119トン／日及び 230トン／日であり、その地域分布を図５．４に示す。

５．４ 流 達 率

本調査で設定する流達率は、家庭、事業所等から排出された負荷量とそれが主要クローンに流達した時の負荷量の比率で規定した。すなわち、

流達率＝（主要クローンへの流達負荷量）／（排出負荷量）

である。

ＪＩＣＡ調査団が、土地利用形態の異なる７地点で24時間連続して実施した流達率調査結果によると、流達率と比流量には、次のような相関があることが判明した。

比 流 量（10^3 m³／日／km²）	流達率（%）
0－10	50
10－20	60
20－30	80
＞30	90

この比流量と流達率を基に、調査対象地域内の平均流達率を求めると52%であり、1986年のＢＯＤの主要クローンへの流達負荷量は61.9トン／日となる。

表5．1　調査区域の現況人口と将来人口

District	Present Population (1986)	Future Population (2000)
Phra Nakhon	111,875	112,000
Pom Prab Sattru Pai	87,955	88,000
Sampanthawong	51,121	51,000
Pathumwan	143,199	143,000
Phya Thai	359,604	360,000
Huai Khwang	255,774	359,000
Phra Khanong	629,386	840,000
Bang Kapi	409,785	710,000
Bang Khen	548,078	809,000
Bang Rak	90,672	91,000
Dusit	562,990	772,000
Yan Nawa	415,703	416,000
Total	3,666,142	4,751,000

表5．2　調査区域の現況土地利用と将来土地利用

(Unit: km^2)

Land Use Classification	Present (1980)	Future (2000)
Residential	134	222
Commercial	16	24
Industrial	6	6
Institutional	37	15
Park, Sport Groud etc	11	19
Agricultural & Open Space	176	94
Total	380	380

表5．3　調査区域の現況水使用量と将来水使用量

(Unit: m^3 /day)

District	Present (Year 1986)						Future (Year 2000)					
	Population	Residential		Commercial & Others		Total	Population	Residential		Commercial & Others		Total
		lcd	Consumption	lcd	Consumption			lcd	Consumption	lcd	Consumption	
Phra Nakhon	111,875	158	17,676	274	30,654	48,330	112,000	215	24,080	297	33,264	57,344
Pom Prab Sattru Pai	87,955	158	13,897	274	24,100	37,997	88,000	215	18,920	297	26,136	45,056
Sampanthawong	51,121	158	8,077	274	14,007	22,084	51,000	215	10,965	297	15,147	26,112
Pathumwan	143,199	158	22,625	274	39,237	61,862	143,000	215	30,745	297	42,471	73,216
Phya Thai	359,604	133	47,827	61	21,936	69,763	360,000	215	77,400	146	52,560	129,960
Huai Khwang	255,774	133	34,018	61	15,602	49,620	359,000	215	77,185	146	52,414	129,599
Phra Khanong	629,386	209	131,542	126	79,303	210,845	840,000	221	185,640	146	122,640	308,280
Bang Kapi	409,785	133	54,501	40	16,391	70,892	710,000	215	152,650	146	103,660	256,310
Bang Khen	548,078	133	72,894	40	21,923	94,817	809,000	215	173,935	146	118,114	292,049
Bang Rak	90,672	158	14,326	274	24,844	39,170	91,000	215	19,565	297	27,027	46,592
Dusit	562,990	158	88,952	274	154,259	243,211	772,000	215	165,980	297	229,284	395,264
Yan Nawa	415,703	138	57,367	103	42,817	100,184	416,000	215	89,440	146	60,736	150,176
Total	3,666,142	154	563,702	132	485,073	1,048,775	4,751,000	216	1,026,505	186	883,453	1,909,958

表5．4　負荷量原単位調査結果（生活排水）

Site	Date	Flow (m^3/d)	Quality (mg/l)			Pollution Load (kg/d)			Population	Per Capita Flow (lcd)	Per Capita Pollution Load (gcd)		
			BOD	COD	SS	BOD	COD	SS			BOD	COD	SS
Din Daeng	Feb. 24-25	267	99	273	91	26.4	73.0	24.2	1320	202	20.0	55.3	18.3
Din Daeng	Jul. 21-22	175	80	187	77	14.0	32.7	13.5	1320	133	10.6	24.8	10.2
Din Daeng	Sep. 7-8	190	132	308	120	25.0	58.6	22.8	1320	144	18.9	44.4	17.3
Bon Kai	Aug. 10-11	266	109	192	98	28.9	51.0	26.1	1900	140	15.2	26.8	13.7
Bon Kai	Sep. 7-8	315	220	385	154	69.5	121.5	48.5	1900	165	36.6	63.9	25.5
Total	-	1213	*128	*269	*108	163.8	336.8	135.1	7760	*157	*20.3	*43.0	*17.0

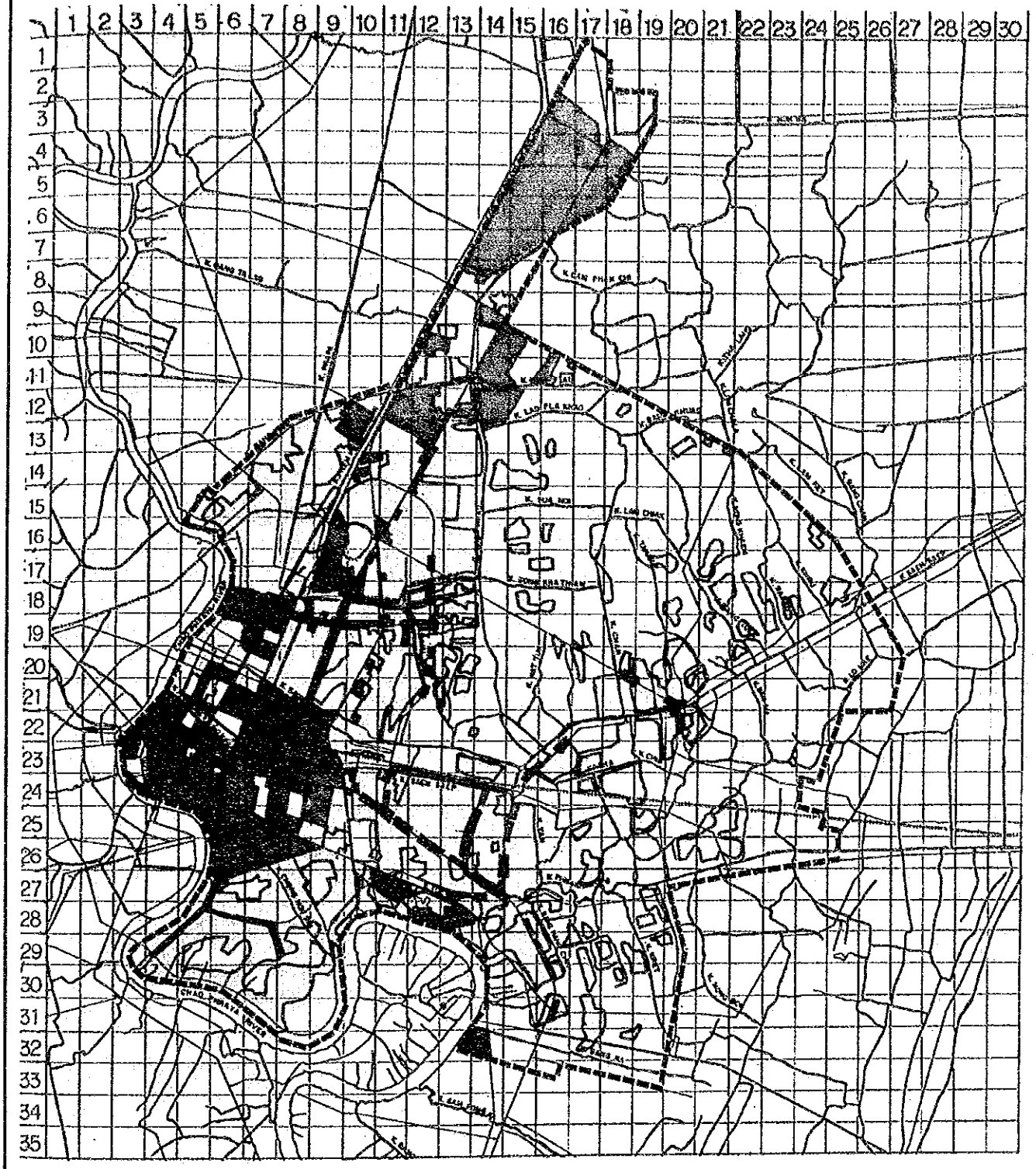
* Average

表5．5　負荷量原単位調査結果（営業排水）

Name	Flow m^3/d	Water Quality (mg/l)			Pollution Load (kg/d)		
		BOD	COD	SS	BOD	COD	SS
Suriwong Rd.	5108	74	137	30	375.6	698.0	153.4
Silom Rd.	15064	60	115	75	905.5	1725.3	1134.6
Siam Square	-	305	457	133	-	-	-
Average	-	146	236	79	-	-	-

表5．6　現況・将来の負荷量原単位　(BOD)

District	Item	Present (1986 Year)			Future (2000 Year)			Remarks
		Residen.	Commer.	Total	Residen.	Commer.	Total	
	Quality	130 mg/l	145 mg/l	-	130 mg/l	145 mg/l	-	
Dusit Phra Nakhon Pom Prab Sattru Pai Sampanthawong Pathmwan Bang Rak	Discharge	158 lcd	274 lcd	432 lcd	215 lcd	297 lcd	512 lcd	
	Pollution Load	20.5 gcd	39.7 gcd	60.2 gcd	28.0 gcd	43.1 gcd	71.1 gcd	
Phya Thai Huai Khwang	Discharge	133 lcd	61 lcd	194 lcd	215 lcd	146 lcd	361 lcd	
	Load	17.3 gcd	8.8 gcd	26.1 gcd	28.0 gcd	21.2 gcd	49.2 gcd	
Phra Khanong	Discharge	209 lcd	126 lcd	335 lcd	221 lcd	146 lcd	367 lcd	
	Load	27.2 gcd	18.3 gcd	45.5 gcd	28.7 gcd	21.2 gcd	49.9 gcd	
Bang Kapi Bang Khen	Discharge	133 lcd	40 lcd	173 lcd	215 lcd	146 lcd	361 lcd	
	Load	17.3 gcd	5.8 gcd	23.1 gcd	28.0 gcd	21.2 gcd	49.2 gcd	
Yan Nawa	Discharge	138 lcd	103 lcd	241 lcd	215 lcd	146 lcd	361 lcd	
	Load	17.9 gcd	14.9 gcd	32.8 gcd	28.0 gcd	21.2 gcd	49.2 gcd	

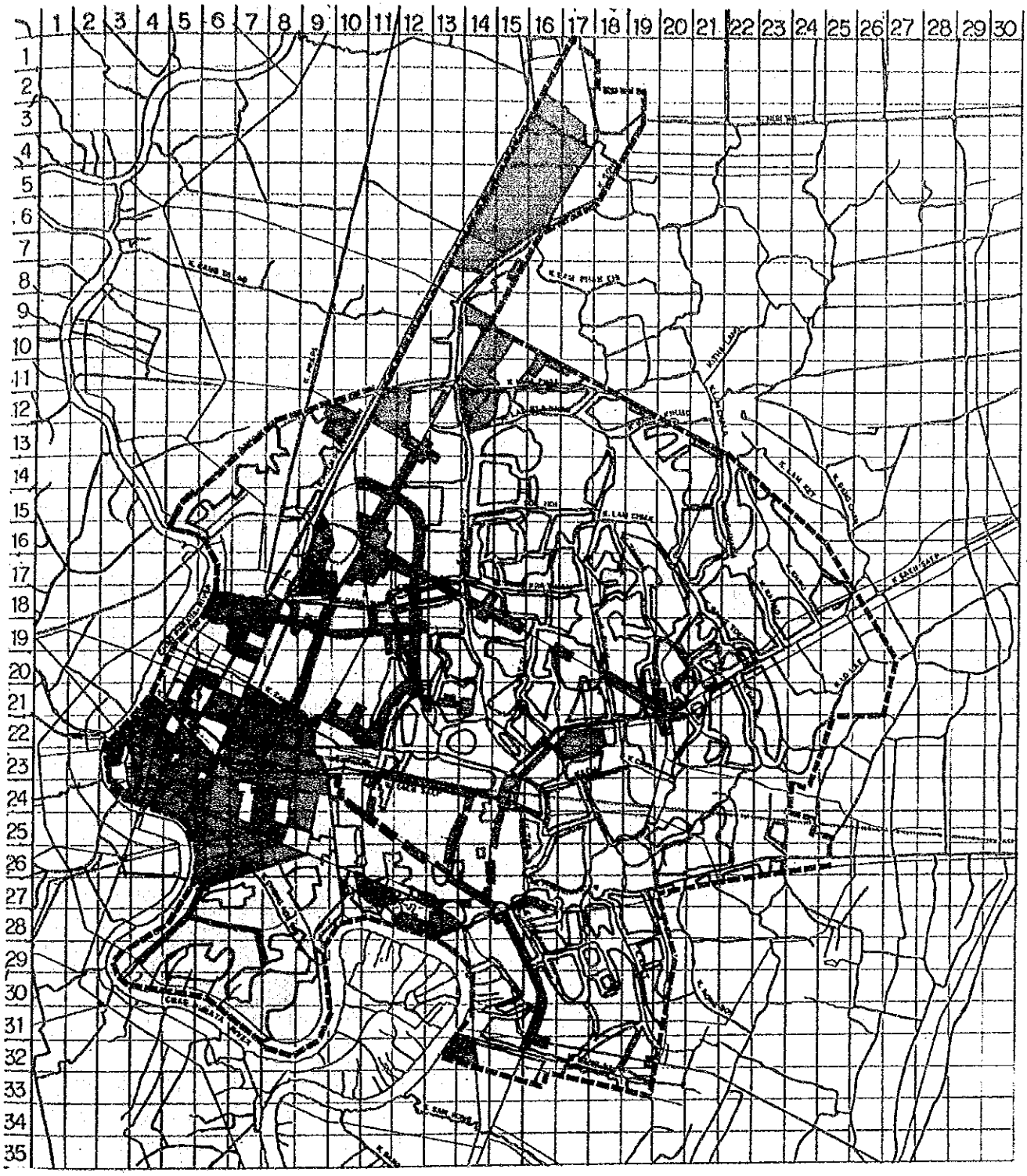


LEGEND

- Residential Area
- Residential and Commercial Area
- Institutionl Area
- Commercial Area

図5－1　現況土地利用

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK



LEGEND

- Residential Area
- Residential and Commercial Area
- Institutioni Area
- Commercial Area

図5－2　将来土地利用

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

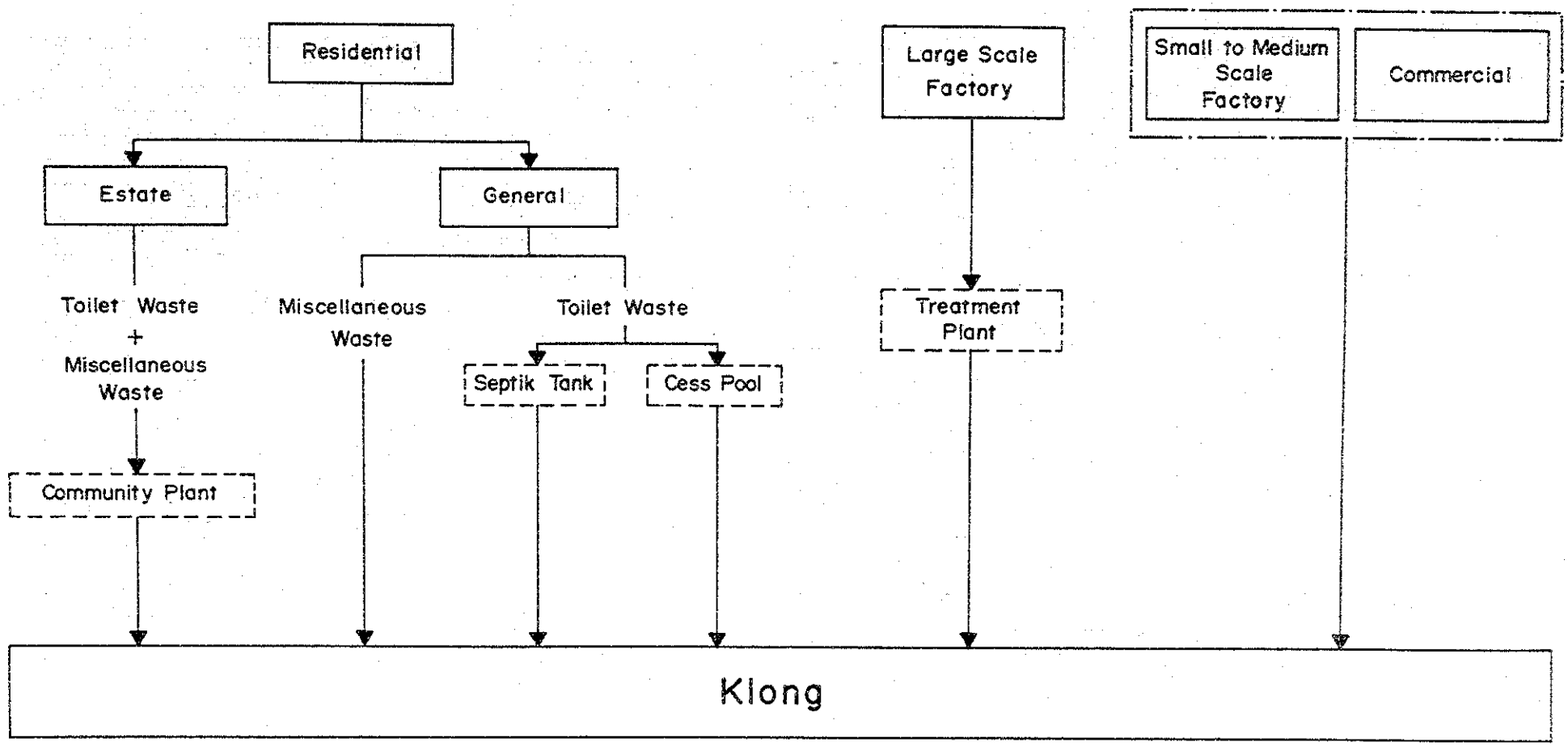
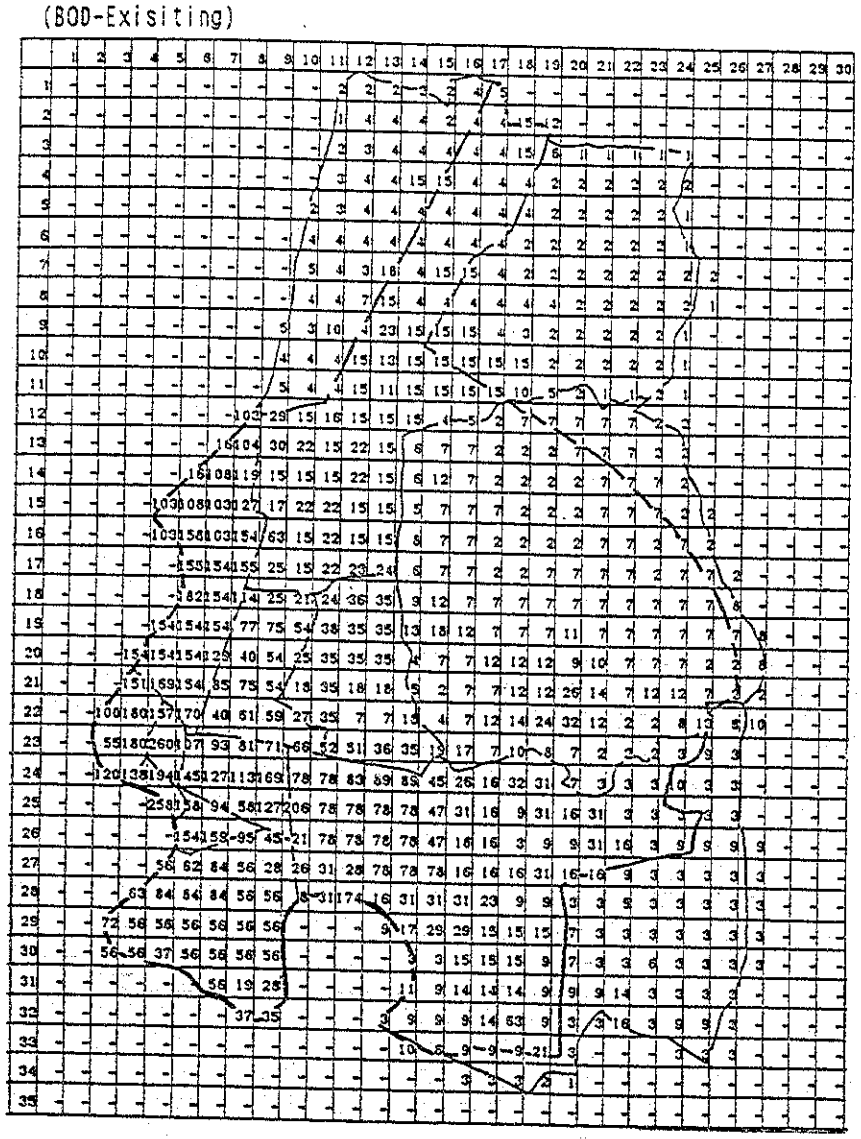


図5．3　クローンへの汚濁負荷流達形態

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.



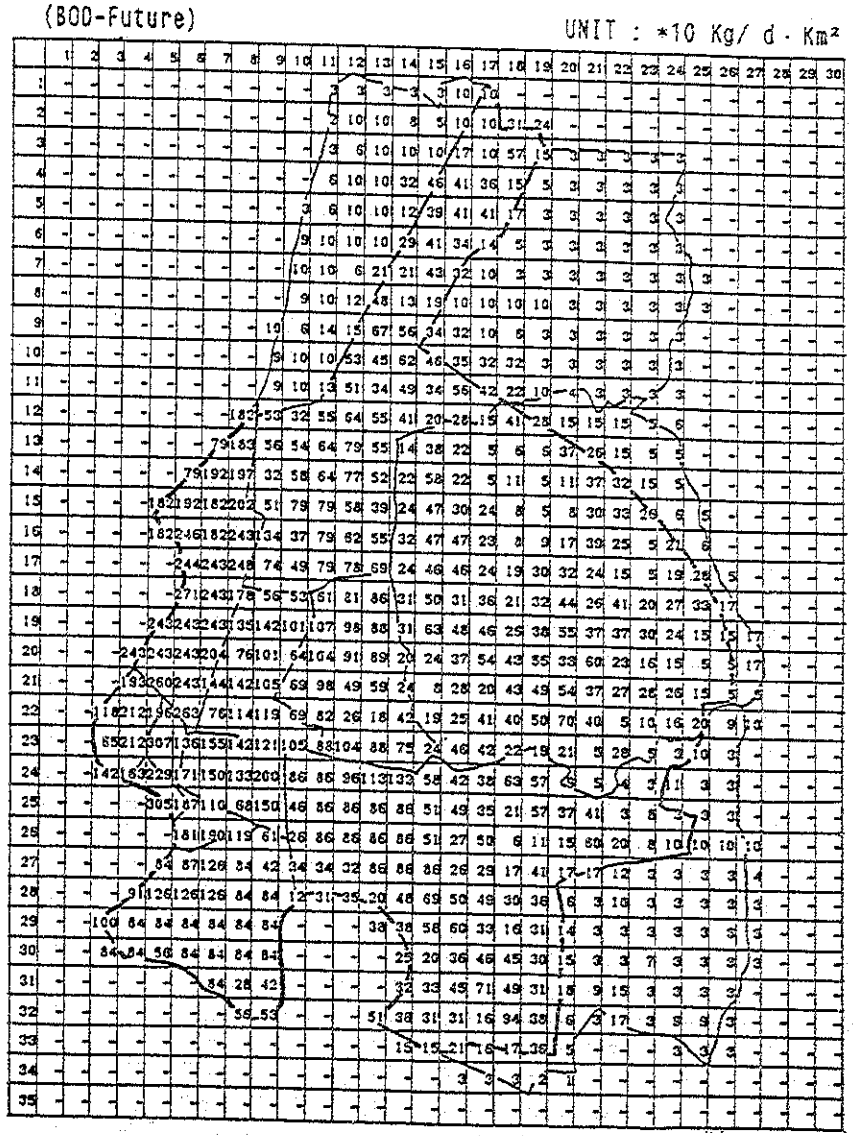


図5．4　現況及び将来発生汚濁負荷量の地域分布

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第６章　曝気式ラグーン処理

第６章　曝気式ラグーン処理

６．１　概　　要

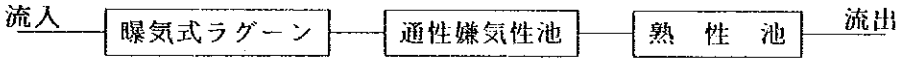
ＪＩＣＡ調査団は図６．１に示すラマⅨポンドを使用して、クローンの水を浄化する低コストの曝気式ラグーン処理実験を実施し、クローンの水質改善計画立案のための必要データを収集した。

処理実験は、生態的に非常に異なった乾季と雨季について、数ケースの滞留時間と曝気強度を設定して実施した。

６．２　実験計画

6.2.1　実験計画の概要

本実験で採用した曝気式ラグーン処理のプロセスを以下に示す。



クローンの水は生物学的に異なった条件の３つの連続した池で処理されたのち、再びクローンに排水される。

曝気式ラグーンには３台のフローティング式エアレーターが設置され、池は常時好気性に保たれるように設計されている。

曝気式ラグーンの処理水が流入する通性嫌気性池では、通常上層が好気性に下層が嫌気性に保たれ、藻類とバクテリアが共存する条件下で光合成によって発生する酸素を利用して有機物の分解が行なわれる。

このプロセスの最終段階となる熟性池は、前の２池でバクテリアにより有機物の分解を受けた処理水から沈殿効果によって病原菌をも除去する機能を有する施設である。

6.2.2 処理施設

ラマⅨポンドの実験池は、図6．2に示すようにクローンラドプラオから原水を導水し、処理した後、再びクローンラドプラオに排水するシステムである。また、調査期間中のクローンラドプラオの平均水質はＢＯＤで13mg／ℓ ～22mg／ℓ であった。以下に主要実験処理施設の概要を示す。

(1) 流入施設	ポンプ　２基×20m³／分		
(2) エアレーター	フローティングタイプ　出力11kW×３基		
(3) 曝気式ラグーン	容量　19,200m³		
	深さ　３m	池面積　6,400 m²	
(4) 連絡水路	長さ　120 m	深さ　３m	
(5) 通性嫌気性池	容量　49,700m³		
	深さ　2.5 m	池面積　19,900m²	
(6) 熟 性 池	容量　45,900m³		
	深さ　2.5 m	池面積　18,400m²	
(7) 放流施設	角落し　幅2.0 m		

6．3　実験方法

(1) 実験条件

表6．1に示すように滞留時間の異なった４ケースについて実験した。３池の合計の滞留時間を４日としたケース１とケース３では、それぞれ３回及び２回の実験を行ない、滞留時間が12日のケース２及び滞留時間が２日のケース４ではそれぞれ１回の実験を行なった。

(2) 実験スケジュール

実験スケジュールは表6．3に示すように、1989年の２月初旬から８月中旬にかけて実施した。

(3) 水質分析

1) 採水地点

各池での処理効率を確認するために、各池の流入、流出点で採水を行なった。（図６．２参照）

ポイント①	曝気式ラグーンの流入点
ポイント②	曝気式ラグーンの流出点
ポンイト③	連絡水路の流出点（通性嫌気性池へ流入点）
ポイント④	通性嫌気性池の流出点
ポンイト⑤	熟性池の流出点

2) 採水頻度と採水時間

採水頻度は１日１回とし、採水時間はクローンラドプラオが平均水質となる午前10時とした。

3) 水質分析項目

水質分析項目は表６．２に示すようにＰＨ、ＤＯ、ＢＯＤ、ＣＯＤ等の14項目について実施した。

６．４　実験結果と考察

７種類の実験結果（Case 1-1、Case 1-2、Case 1-3、Case 2、Case 3-1、Case 3-1 、Case 3-2、Case 4）を付録Ｄ及びデータブックに記載した。

ＢＯＤ、ＣＯＤ及び大腸菌の曝気式ラグーン、連絡水路、通性嫌気性池及び熟性池での除去率を４ケース（Case 1、Case 2、Case 3、Case 4）についてまとめ、表６．３～表６．６に示した。

ＢＯＤの曝気式ラグーンでの除去効率は、実験を通じて40～60%であったが、これは原水であるクローンラドプラオの水質がそれほど汚染されていなかった事に起因すると思われる。

図6．4にＢＯＤとＣＯＤの除去率と曝気式ラグーンの滞留時間を示した。この図で示すCase 1とCase 3は各々の平均値で与えた。ＢＯＤの除去率は滞留時間及び曝気強度には関係なくほぼ一定であるが、ＣＯＤの除去率は滞留時間の長短及び曝気強度の強弱によって変化することが判明した。従って、ＣＯＤの除去を考えた場合、クローンの水を満足に処理するには、曝気式ラグーンでの滞留時間は１日以上とするべきであろう。

6．5 結　論

各実験結果に対する考察は付録Ｄに細述したが、ここではその結果を取りまとめる。

(1) 本実験においては曝気式ラグーンの滞留時間及び曝気強度は、ＢＯＤの除去率と関係がないことがわかったが、これは流入原水のＢＯＤが低い事が原因していると思われる。

(2) 色相及び臭気に関しての改善では、３つの池は非常に有効であった。黒色で悪臭を発するクローン水は、曝気式ラグーンでブラウンに変色し、通性嫌気性池及び熟性池では緑色に変色する。また、臭気はどの池でも感じられなかった。

(3) 滞留時間を１日とした場合、曝気式ラグーンでのＢＯＤ及びＣＯＤの除去率は各々50%、30%である。

(4) 通性嫌気性池及び熟性池での藻類の発生が、そのプロセスにおけるＢＯＤ及びＣＯＤの除去率を低下させる結果となっている。

(5) 病原菌の除去という観点からすると、藻類の発生によりＢＯＤの除去効率は低下するが、通性嫌気性池を熟性池の効果は非常に大きいものがある。

6．6 曝気式ラグーン建設候補地

図6．5に示すように、調査対象地域内には現在池となっている８ヶ所の曝気式ラグーンの建設候補地があり、その池の名前、池面積、深さ、容量及び所有者と近傍のクローンを以下に示す。

候補地の名前	面積(ha) 深さ	容　量 (m³)	所有者	近傍クローン名
(1) ﾊﾟﾎﾘﾖﾁﾝの貨物集配所	10（浅）	220,000	役　所	ﾌﾞﾚﾑﾌﾟﾗﾁｬｺｰﾝ
(2) マカサン	16（浅）	310,000	役　所	サムセン
(3) タバコ工場	20（浅）	680,000	役　所	下水
(4) ホワイクワン	6（深）	570,000	民　間	ラドプラオ
(5) ラマⅨポンド	20（浅）	300,000	役　所	ラドプラオ
(6) クローンチャン	6（深）	250,000	役　所	タナン
(7) クローンクム	25（浅）	30,000	役　所	バントイ
(8) ラマⅨ公園	10（浅）	90,000	役　所	ヌンボン
計	90.5	2,450,000		

注）（浅）は池の深さが４ｍ未満を示す。
（深）は池の深さが４ｍ以上を示す。

６．７　クローンの水処理計画

(1) 水処理計画

今回実施した曝気式ラグーン、通性嫌気性池及び熟性池からなる汚水処理システム実験結果及び関連資料を検討した結果、クローンの水質浄化には以下に述べる理由により、曝気式ラグーン単独による処理システムの採用を提案する。

－　本事業“バンコク市クローン水質改善計画”は、暫定的な計画であり、曝気式ラグーンは、導入された浄化用水をチャオピア川へ排水することによって増加する汚濁負荷を削除する目的のものである。

－　クローンの水質改善の第１目標は、クローンの美的景観の回復であり、それは色相と臭気の改善であり、続いて汚濁負荷量（ＢＯＤ、ＣＯＤ）の削減である。

－　曝気式ラグーンでの有機物の除去効率は、通性嫌気性池、熟性池に比して非常に高く、制限された処理用地を有効に利用するには、曝気式ラグーン単独処理が優れている。

(2) 曝気式ラグーン

前述した８ヶ所の曝気式ラグーン候補地のうち、発生汚濁負荷の現状、池の形状、土地の収容の難易等を検討した結果、マカサンポンドとラマⅨポンドを曝気式ラグーンとしてクローンの水を処理した場合、ＢＯＤの除去率を50％とすれば、調査対象地域内の流達汚濁負荷量の７％にあたる約 4,470kg／日のＢＯＤが除去可能となる。

表6．1　実　験　条　件

Item		Case-1 (Case-1-1 ~ Case-1-3)	Case-2	Case-3 (Case-3-1 ~ Case-3-2)	Case-4
Influent Flow Rate (m^3/day)		28,800	9,600	28,800	57,600
Pump Operation (Units x Hrs.)		1 x 24	1 x 8	1 x 24	2 x 24
Aerator (Units x Hrs.)		3 x 24	3 x 24	2 x 24	2 x 24
Detention Time	A.L (Hrs.)	16	48	16	8
	F.P (Days)	1.7	5.1	1.7	0.9
	M.P (")	1.6	4.8	1.6	0.8
	Total (")	4	12	4	2

Note: A.L : Aerated Lagoon
F.P : Facultative/Maturation Pond
M.P : Maturation Pond

Note: In case-2 pump operation was only for 8 hours per day, from 6:00 am ~ 4:00 pm.

表6．2　地点別分析対象水質項目

Parameter	Point ①	Point ②	Point ③	Point ④	Point ⑤	Remark
Color/Odor	*	*	*	*	*	On-Site
Water Temp.	*	*	*	*	*	"
PH	*	*	*	*	*	"
DO	*	*	*	*	*	"
BOD Total	*	*	*	*	*	Lab.
Soluble	*	*	*	*	*	"
COD Total	*	*	*	*	*	"
Soluble	*	*	*	*	*	"
SS	*	*	*	*	*	"
VS/VSS	*	*				"
NH_4-N	*	*	*	*	*	"
NO_2-N	*	*	*	*	*	"
NO_3-N	*	*	*	*	*	"
T-P	*	*	*	*	*	"
Coliform Count	*	*		*	*	"
Chlorophyll-a				*	*	"

* indicates analysis of the respective parameter at the point concerned.

表6．3　施設別除去率 —— ケース1－1～ケース1－3 ——
（フェーズ1～フェーズ3）

(1)　Case-1-1 (13, Feb. - 17, Feb.) - Phase 1

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	55%	6%	- %	- %
	Soluble	47	60	37	54
COD	Total	23	19	0	-
	Soluble	-	3	10	17
Coliform		87.6	-	98.9	99.2

(2)　Case-1-2 (13, Mar. - 17, Mar.) - Phase 2

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	60%	68%	35%	10%
	Soluble	13	50	47	18
COD	Total	42	50	30	32
	Soluble	32	32	13	42
Coliform		95.6	-	99.1	99.9

(3)　Case-1-3 (29, Mar. - 1, Jun.) - Phase 3

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	46%	48%	35%	29%
	Soluble	46	68	59	52
COD	Total	35	33	17	15
	Soluble	28	31	21	31
Coliform		97.3	-	91.8	95.6

Note: All efficiencies are determined with respect to the water quality of influent to Aerated Lagoon only.

表6．4　施設別除去率 —— ケース2 ——
(1988年 2月27日～ 3月10日)

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	41%	32%	23%	55%
	Soluble	56	66	62	66
COD	Total	48	32	25	16
	Soluble	52	55	73	69
Coliform		98.5	-	99.5	99.9

表6．5　施設別除去率 —— ケース3－1～ケース3－2 ——

(1) Case-3-1 (7, June. - 29, Jun.) - Dry Season

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	63%	65%	33%	22%
	Soluble	47	68	65%	49
COD	Total	19	14	10	14
	Soluble	17	20	23	30
Coliform		99.2	-	99.8	99.7

(2) Case-3-2 (5, Jul. - 31, Jul.) - Rainy Season

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	39%	52%	42%	- %
	Soluble	46	52	46	32
COD	Total	3	11	16	16
	Soluble	4	19	33	19
Coliform		13.0	-	94.8	99.9

表6．6　施設別除去率 —— ケース4 ——
（1988年 8月 3日～ 8月17日）

Parameter		Aerated Lagoon	Open Channel	Facultative Pond	Maturation Pond
BOD	Total	39%	46%	44%	36%
	Soluble	53	46	63	68
COD	Total	18	30	28	38
	Soluble	22	30	30	22
Coliform		97.5	-	99.2	99.7

図6．1　ラマ IX ポンド位置

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

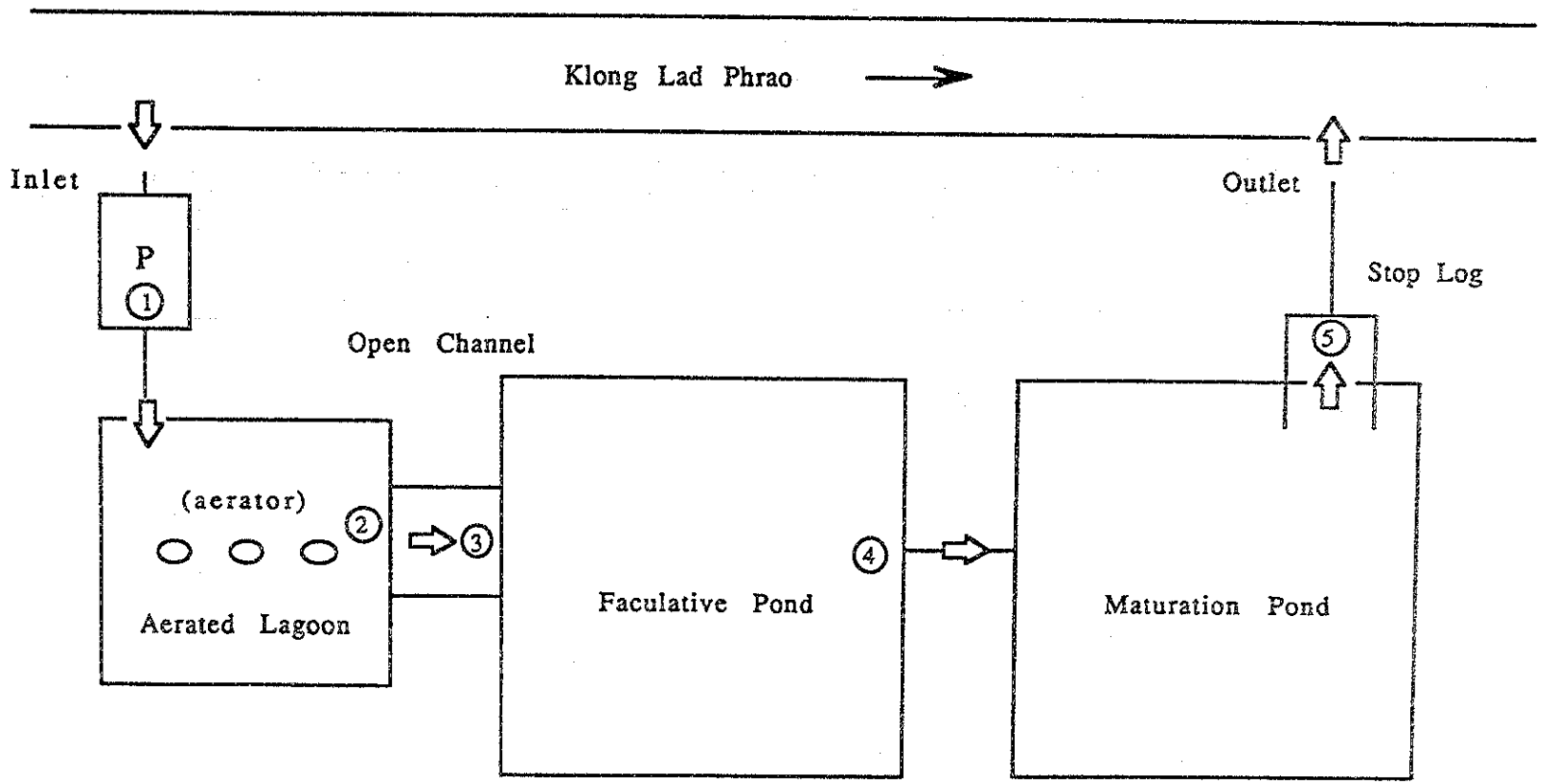


図6．2	ラマⅨポンド曝気式ラグーン配置と採水位置

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

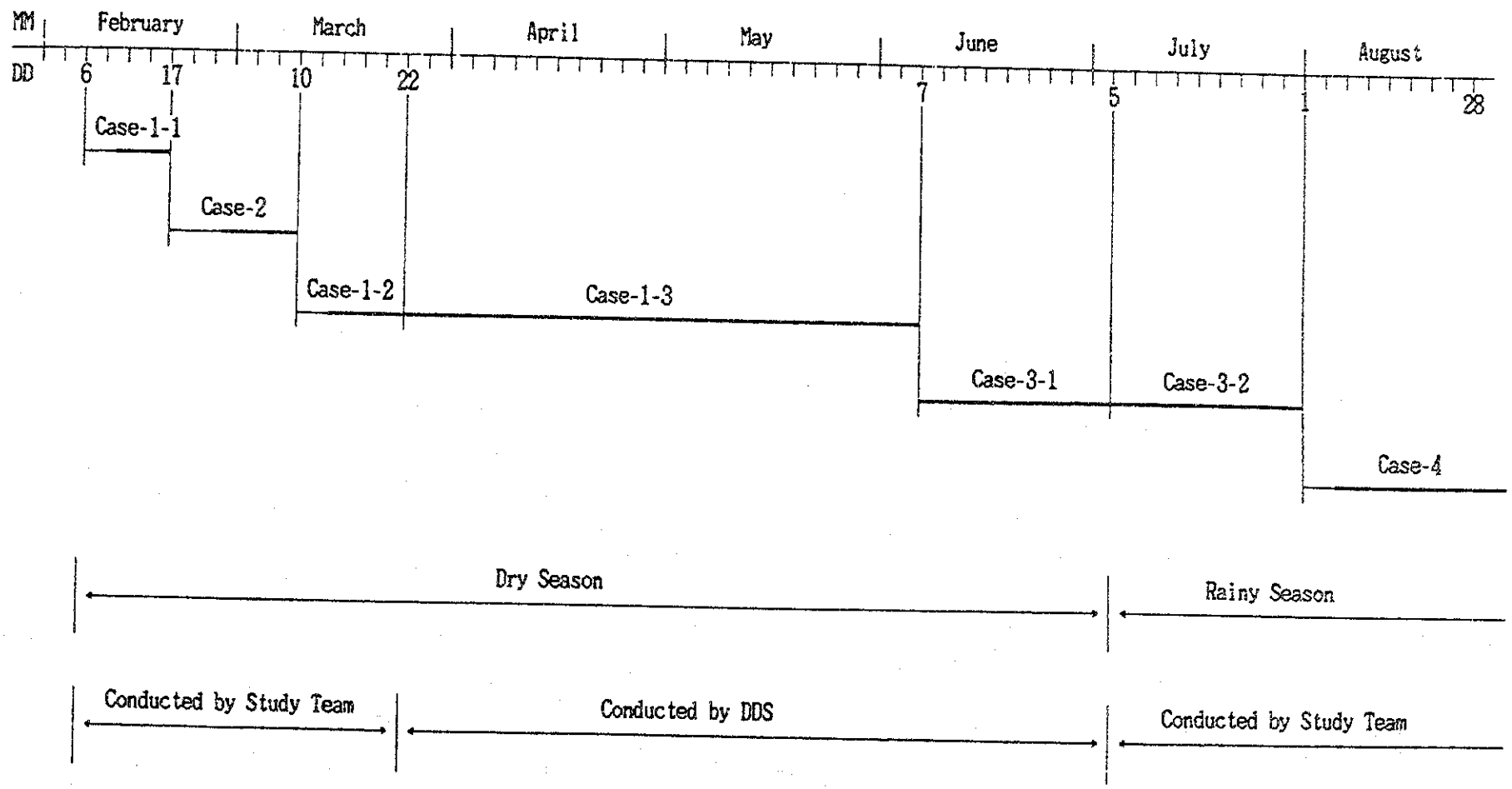
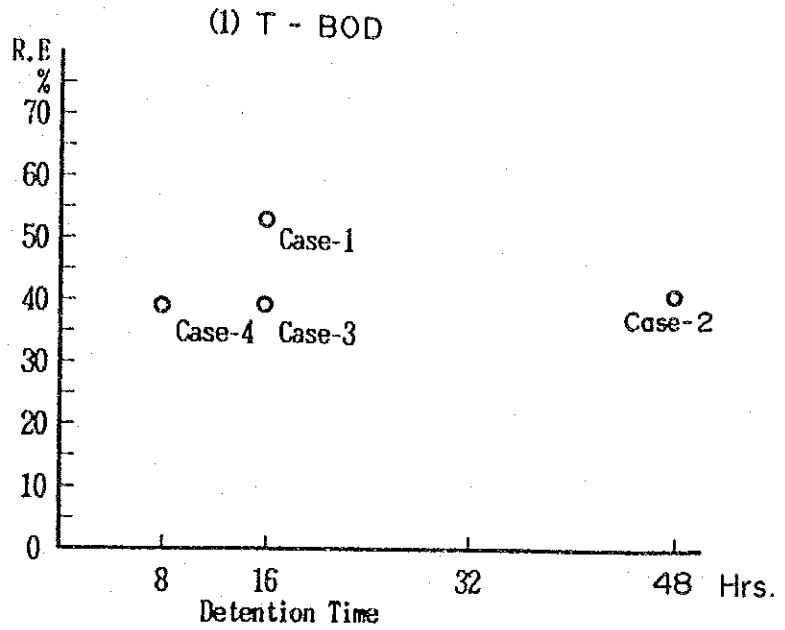


図6．3　ラマ IX ポンド曝気式ラグーン実験工程

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.



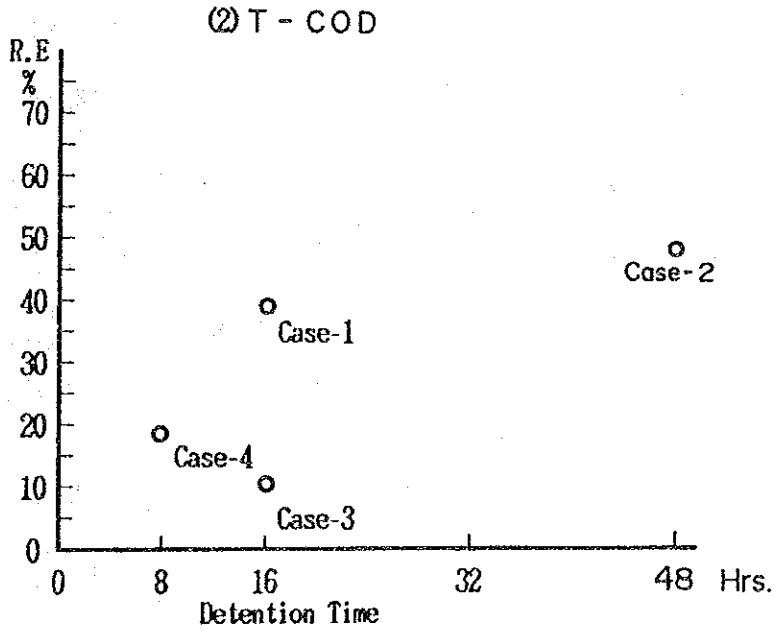


図6．4	除 去 率 と 滞 留 時 間 と の 相 関

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

Potential Pond

Name of Pond	Area (ha)	Stor. Cap. (m3)	Diversion from	Ownership	Remarks
1. Pahonyothin Cargo Station	10	220,000	K. Premprachakorn K. Bang Sue	Government	Dredging, low loading
2. Makkasan	16	310,000	K. Sam Sen	Government	Squatters
3. Tobacco Factory	20	680,000	Sewage Line	Government	Low loading, recreation site
4. Huai Khwang	6	570,000	K. Lad Phrao	Private	Fishery
5. Rama IX Pond	20	300,000	K. Lad Phrao	Government	Excavation, flood regulation
6. K. Chan	6	250,000	K. Tanang	Government	Low loading
7. K. Kum	2.5	30,000	K. Bang Toei	Government	Low loading, Park flood regulation
8. Rama IX Park	10	90,000	K. Nong Bon	Government	Low loading, Park flood regulation
Total	90.5	2,450,000			

図6．5　曝気式ラグーン候補地

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第７章　浄化用水の導入計画

第７章　浄化用水の導入計画

７．１　計画の基本方針及び基準

本計画の目的は、浄化用水の導入による緊急的なクローンの水質改善策を立案することであり、以下に示す基本方針および基準に従うものとする。

7.1.1　計画の基本方針

(1) 本計画は現況におけるクローンの水質汚濁の改善を目的とする。

(2) 本計画で対象とする水質項目はＢＯＤとする。クローンの外観（色相・臭気）とＢＯＤで代表されるクローンの水質との関係は以下のとおりである。
ここでは、現況クローンの外観を４つのランクに分類した。

		色　　相	臭　　気
ランクＡ	：	緑色または明るい茶色	無　　臭
ランクＢ	：	暗緑色または暗い茶色	微　　臭
ランクＣ	：	灰　　色	強い臭気
ランクＤ	：	黒　　色	刺 激 臭

色相・臭気にもとづく各ランク別の平均ＢＯＤ値はランクＡ：13mg／ℓ、ランクＢ：15mg／ℓ、ランクＣ：21mg／ℓ、ランクＤ：28mg／ℓ であった。
以上のことより、調査地域内クローンの水質は次のとおり特徴づけられる。

1) 色　　相

緑色または茶色　：　ＢＯＤ＜15mg／ℓ
黒色または灰色　：　ＢＯＤ＞20mg／ℓ

2) 臭　　気

無臭または微臭　　：　ＢＯＤ＜15mg／ℓ
強い臭気または刺激臭　：　ＢＯＤ＞20mg／ℓ

(3) クローンの水質は少なくともランクB以上に改善する。
ランクBの平均BOD値は15mg／ℓ であるから、本計画の最低目標はBOD 15mg／ℓ に設定し、汚濁解析を実施する。

(4) 対象クローンは現況で高度に都市化した地域にあり、汚濁の著しいBOD15mg／ℓ 以上のクローンとする。
水質改善の対象となる主要なクローンは、以下のとおりである。

- ラタナコシン地区のクローン：
  ロッド、オンアン、ワットテプティダ、ワットラジャボピット、バンランプー、マハナク、パドンクルンカセム
- クローン　センセップ
- クローン　バンスー
- クローン　サムセン
- クローン　プレムプラチャコン
- クローン　ホワイクアン
- クローン　タン
- クローン　サトーン
- クローン　チョンノンスリ
- クローン　トイ

これらの主要対象クローンは、図7．1のとおりである。

(5) 浄化用水の導入計画は、緊急的かつ暫定的な水質改善策である。従って、費用がかかる大規模な施設の建設は行なわない。考えられる対策としては、以下のものが上げられる。

- チャオピア川沿い及び周辺地区に現存または計画中の洪水防御及び排水施設（ポンプ、ゲート）を利用し、浄化用水をクローン導入する。

- クローンを浚渫・改修することにより、クローンの通水能力を増加し、浄化用水の導入を促進する。

7.1.2 浄化用水導入策における計画基準

(1) 浄化用水導入期間

チャオピア川からの浄化用水導入は、11月から6月までの乾季に限定する。一方、雨季（7月～10月）にはチャオピア川沿いのゲートは全て閉じられ、クローン内水位は洪水の来襲にそなえ低く保たれているため、チャオピア川からの浄化用水の導入は行なわない。

(2) チャオピア川からの可能取水量

乾季の代表的な時期である1月～4月のチャオピア川での最低流量はバンサイ地点で月平均 120m³／秒程度である。バンサイ地点から調査区域までの区間では現在利水目的で14.5m³／秒の取水がなされている。
従って、将来利水のための取水量が増加することを考慮すると、チャオピア川からの浄化用水の可能取水量は70～80m³／秒と想定される。

(3) 東部郊外地域からの導入可能水量

乾季にはポルダー外部から、農業用水として10m³／秒が期待される。
一方、雨季には35m³／秒の導入が可能である。

(4) クローン内の水位

クローン内の水位は、乾季には M.S.L+0.77m以下に維持する。一方、雨季には洪水防御策としてクローン内水位は M.S.L−0.23m以下に維持する。

(5) チャオピア川の水位

チャオピア川の水位は、調査区域内においても河口からの距離によって変化している。そのため、本調査で浄化用水導入計画の際に用いる水位曲線は現存する13ヶ所のゲート、ポンプ場の実測値をもとに設定した。

1988年2月3日～4日及び7月16日～17日に記録された水位変化をもとに乾季・雨季それぞれの計画水位曲線を作成した。この理由は、この時期に観測された水位変化の幅及び形状が、第2章で設定された値にほぼ等しいためである。

採用した水位曲線を付録EのFig.E. 6、E. 7に示す。

7．2　クローンの水質シミュレーション

7.2.1　シミュレーションモデル

解析に用いるクローン網は図7．2のとおりであり、クローン網を 128に分割し、それぞれの水路区間への流入区域を設定した。従って、調査地域を 128の小流域に分割した。

解析対象の水質項目としては、クローンの汚濁が主としてバンコク市内から排出される有機汚濁物質が原因であるため、有機汚濁の最も一般的指標であるＢＯＤを対象とした。

クローン内の流れや水質は、チャオピア川の水位変動の影響を受け時々刻々変化している。しかし、クローン内の流速や水質は水平方向及び鉛直方向ではそれほど大きな変化を示していないことから、流れについては一次元非定常流れモデルを、水質については一次元非定常拡散モデルを採用した。

7.2.2　シミュレーションモデルの検証

1988年２月３日～４日（乾季）と７月16日～17日（雨季）の流れ及び水質の時間変動データをもとに、本調査で設定したシミュレーションモデルで現況が再現できるか否かの検証を行なった。

図7．3及び図7．4に示すとおり、主要地点についてＢＯＤの実測値と計算値を比較すると乾季・雨季とも、ほぼ似かよった値を示し、このモデルで現況を充分再現できる。

7．3　クローン水質改善の代替案

現況ではチャオピア川からの浄化用水は、チャオピア川水位が高い時期のみゲートから自然流下により流入している。また、現在チャオピア川沿いに設置されているポンプは内水を排除するためだけに機能している。

7.3.1　代替案の設定

本調査では、次に示す３つの代替案を設定した。

(1) A　案

既存のポンプ場をリバーシブルタイプに改造することにより、チャオピア川の水位が低い時期でも浄化用水の導入を可能にする。
改造するポンプ場はバンスーポンプ場、サムセンポンプ場、タベートポンプ場及びサトーンポンプ場とする。このうち、バンスー、サムセンポンプ場は既存ゲートの一部改造でリバーシブル化が可能である。タベート、サトーンポンプ場については、浄化用水導入用ポンプを新設する。
各ポンプ場の浄化用水ポンプの能力は以下のとおりである。

ポンプ場名	ポンプ能力 既存ポンプ 台×m³／秒	可逆ポンプ 台×m³／秒	新設ポンプ 台×m³／秒
バンスー	17×3＝51	4×3＝12	
サムセン	15×3＝45	4×3＝12	
タベート	5×1＝5	－	2×3＝6
サトーン	2×3＝6	－	2×3＝6
合計	107	24	12

図7．5に改造対象ポンプ場の位置を示す。

(2) B　案

A案に加え、浄化用水導入量を増すため一部クローンの改修を行なう。改修はラタナコシン地区のクローンを対象とし、詳細は以下のとおりとする。

クローン名	改修計画 長さ (m)	幅 (m)	浚渫容量 (m³)	河床高 (M.S.L, m)
ワットテプティダ	745	7.0	4,000	-1.5
ワットラジャボビット	1,122	6.8	8,000	-1.5
チョンノンスリ	3,600	6.0～10.0	77,000	-1.5～-2.0
合計	5,467		89,000	

図7．5に改修クローンの位置を示す。

(3) C　案

B案よりもさらに浄化用水導入量を増加するため、さらに大規模にポンプ場の改造及びクローンの改修を実施する。

ポンプ場名	ポンプ能力 既存ポンプ 台×m³／秒	可逆ポンプ 台×m³／秒	新設ポンプ 台×m³／秒
バンスー	17×3＝51	7×3＝21	
サムセン	15×3＝45	6×3＝18	
タベート	5×1＝5	－	3×3＝9
サトーン	2×3＝6	－	2×3＝6
合　計	107	39	15

クローン名	改修計画 長さ (m)	幅 (m)	浚渫容量 (m³)	河床高 (M.S.L, m)
ワットテプティダ	745	7.0	4,000	-1.5
ワットラジャボピット	1,122	6.8	8,000	-1.5
チョンノンスリ	3,600	6.0～10.0	77,000	-1.5～-2.0
バンスー	8,011	20.0	194,000	-2.5
サムセン	6,834	10.0～15.0	100,000	-2.0
ホアイクワン	3,465	6.0	20,000	-1.4
ラットプラオ	7,100	35.0	271,000	-2.3
タ　ン	1,922	26.0	14,000	-2.8
合　計	32,799		688,000	

図7．5に改造対象ポンプ場及び改修クローンの位置を示す。

7.3.2 排水ポンプの最適運転水位

(1) 乾　　季

チャオピア川から導入された浄化用水は、プラカノンポンプ場、クルンカセムポンプ場からチャオピア川に排出される。

クローンの維持水位は M.S.L+0.77m以下に設定されている。ここで浄化用水導入側の水位を M.S.L+0.77mとすると、浄化用水導入水量、水質改善度合、浄化用水のポンプ取水量、及び排出水量などはプラカノンポンプ場とクルンカセムポンプ場の運転水位によって変化する。従って、これらポンプ場の最適運転水位を各代替案ごとにクローン水質の改善度合、浄化用水のポンプ取水量及び排水量をトライアル計算し求めた。その結果は以下のとおりである。

	運転水位（m：M.S.L）	
	プラカノンポンプ場	クルンカセムポンプ場
A　案	0	+0.30
B　案	0	+0.30
C　案	−0.50	0

(2) 雨　　季

雨季にはクローン内水位は洪水にそなえて M.S.L−0.23mに維持されている。プラカノンポンプ場、クルンカセムポンプ場の運転水位はクローン内での水位勾配を確保するために、クローンの維持水位よりもさらに低く保つ必要がある。

本調査では、これら２つのポンプ場の運転水位を現況の運転操作状況をもとにM.S.L −0.35mとした。

7.3.3 代替案の比較検討

浄化用水導入に関するそれぞれの代替案の効果は、水質の改善度合い、建設費及び維持管理費等を比較・検討することにより求めた。
水質の改善度合いは対象クローンをグループ分けし、平均ＢＯＤ、最大ＢＯＤの

変化で比較した。表7．1に各代替案の水質改善効果を一覧表として示す。
表7．1より明らかなように、B案が経済的で最も効果があるため、本調査ではB案を提案する。

7．4　水質改善策の決定

B案では水質改善対象クローンの乾季の水質をかなりの程度改善できる。
BODを対象とした水質予測結果では、クローントイを除く全ての改善対象クローンで平均BOD値15mg／ℓ 以下を達成している。
しかし、雨季では顕著なクローン水質の改善効果は得られない。
最終的なクローン水質改善策を要約すると、以下に示すとおりである。

7.4.1　乾季における計画条件

乾季におけるチャオピア川からの浄化用水導入計画は、以下の計画条件に従うものとする。

(1) クローンへの流達汚濁負荷量	:	現　況
(2) 降 雨 量	:	1.1 mm／日
(3) 蒸発散量	:	1.8 mm／日
(4) 東部郊外域からの流入水量	:	10m³／秒
(5) クローンの維持水位	:	M.S.L ＋0.77m
(6) 排水側ポンプ場の運転水位	:	プラカノンポンプ場 M.S.L　0m クルンカセムポンプ場 M.S.L ＋0.3 m
(7) チャオピア川の水位変動	:	付録E　Fig. E.6参照

7.4.2　建設すべき施設

乾季にチャオピア川から浄化用水を導入するため、4つのポンプ場を改造し、さらに流下能力を増加させるため3本浅いクローンを改修する。

(1) ポンプ場

バンスーポンプ場　：　既存のゲートを改造することにより、既設17ポンプのうち４台を可逆ポンプとする。可逆ポンプの排水能力は１台当りの３m³／秒である。

サムセンポンプ場　：　既存のゲートを改造することにより、既設15ポンプのうち４台を可逆ポンプとする。可逆ポンプの排水能力は１台当り３m³／秒である。

タベートポンプ場　：　３m³／秒の取水ポンプ２台を新たに設置する。

サトーンポンプ場　：　３m³／秒の取水ポンプ２台を新たに設置する。

(2) クローンの改修

以下に示す仕様に従い、ワットテプティダ、ワットラジャポピット、チョンノンスリの各クローンを改修する。

クローン名	長さ (m)	幅 (m)	浚渫容量 (m³)	河床高 (M.S.L, m)
ワットテプティダ	745	7.0	4,000	-1.5
ワットラジャポピット	1,122	6.8	8,000	-1.5
チョンノンスリ	3,600	6.0～10.0	77,000	-1.5～-2.0
合　計	5,467		89,000	

7.4.3　乾季における水質改善効果

本調査で提案する改善策に基づく、乾季のクローンの水質を現況水質と比較して以下に示す。
クローンごとの水質予測結果の詳細は表７．２、図７．６に示すとおりである。

	BOD濃度（mg／ℓ）	
	現　況	改善策
タラナコシン地区		
クローン　ワットテプティダ クローン　ワットラジャボピット	17 (56)	12 (24)
その他のクローン*1	12 (22)	10 (18)
周辺地区の対象クローン*2	20 (33)	12 (16)
クローン　トイ	23 (30)	25 (31)
クローン　サトン クローン　チョンノスリ	47 (52)	12 (15)

注）＊1　クローン名：ロッド、バンランプー、オンアン、パドンクルンカセム、マハナク

＊2　クローン名：バンスー、サムセン、プレムプラチャコン、センセップ、バンカピ、ホワイクワン、タン、プラカノン

＊3　カッコ内数値は最大値を示す。

＊4　カッコ外数値は平均値を示す。

7.4.4　雨季における水質改善の効果

(1) クローン水質の予測条件

改善策を実施後の雨季におけるクローン水質を以下に示す計算条件に従い予測した。

(a) チャオピア川からの浄化用水量　：　0㎥
(b) クローンへの流達負荷量　：　現況
(c) 降 雨 量　：　7㎜／日
(d) 蒸発散量　：　3㎜／日

(e) 東部郊外域からの流入水量　：　35m³／秒
(f) クローンの維持水位　：　M.S.L －0.23m
(g) 排水側ポンプ場の運転水位　：　M.S.L －0.35m
（プラカノンポンプ場、
クルンカセムポンプ場とも）
(h) チャオピア川の水位変動　：　付録E　Fig. E.7参照

(2) 予測結果

改善策後の雨季におけるＢＯＤ予測結果を、クローン別に表７．３及び図７．７に示す。これらの表・図より雨季においては、顕著な水質改善効果は認められない。

予測結果では、雨季にラタナコシン地区内のクローン（バンランプー、オンアン、ロッド及びワットラジャボピット）では、現況の実測水質（ＢＯＤ）より悪い値となっている。この原因は、予測計算ではチャオピア川沿いのゲートを完全に閉じ、浄化用水は全く見込んでいないのに対し、実際にはパラピンカオやオンアンなどのゲートが若干開いていたため、チャオピア川から河川水がクローンに流入していたためである。

表7．1　代替案の比較

			Existing	Plan A	Plan B	Plan C
Improved Water Quality in Dry Season (BOD: mg/l)	Ratanakosin Area	K. Wat Tep Tida & K. Wat Rajabopit	17 (56)	16 (27)	12 (24)	11 (24)
		Other Klongs /1	12 (22)	11 (18)	10 (18)	9 (16)
	Klongs in Surrounding Area /2		20 (33)	12 (16)	12 (16)	9 (13)
	K. Toey		23 (30)	25 (31)	25 (31)	24 (30)
	K. Sathorn & K. Chong Non Sri		47 (52)	43 (52)	12 (15)	12 (15)
Construction Cost (million Baht)			0	38.0	46.4	1,080.3
Pump Operation Cost (million Baht/year)			12.8	31.7	34.8	58.2

Note: 1) /1 ; Lod, Bang Lum Phu, Ong Ang, Phadung Krung Kasem, Mahanak

2) /2 ; Bang Sue, Sam Sen, Prem Prachakorn, Saen Saep, Bang Kapi, Huai Khwang, Tan, Phra Khanong

3) Figure in parenthesis is maximum value.

4) Figure outside parenthesis is average value.

表7．2　代替案による水質改善効果の比較（乾季）　BOD：mg/ℓ

	Recorded	A	B	C
K. Bang Sue	11 - 13 (16 - 18)	8 - 10 (9 - 10)	8 - 10 (9 - 11)	7 (8 - 9)
K. Sam sen	16 - 25 (26 - 28)	6 - 16 (7 - 16)	6 - 15 (7 - 16)	5 - 10 (5 - 10)
K. Prem Prachakorn	24 - 25 (29 - 32)	9 - 13 (10 - 15)	9 - 13 (11 - 15)	10 (12)
K. Huai Khwang	31 (33)	15 (15)	15 (15)	10 (10)
K. Mahanak - K. Saen Saep	14 - 25 (21 - 28)	12 - 15 (13 - 16)	11 - 14 (13 - 15)	10 - 12 (12 - 13)
K. Bang Kapi	24 (26)	14 (15)	14 (15)	9 (9)
K. Phadung Krungkasem	14 - 16 (20 - 22)	9 - 13 (10 - 14)	9 - 13 (10 - 13)	8 - 11 (10 - 12)
K. Bang Lamphu	8 (18)	11 (18)	11 (18)	10 (16)
K. Ong Ang	9 (15)	9 (15)	9 (13)	8 (11)
K. Lod	8 - 10 (17 - 19)	8 - 9 (13 - 14)	8 (12 - 13)	6 - 7 (11 - 12)
K. Wat Teptida	18 (56)	15 (26)	10 (16)	9 (14)
K. Wat Ratchabopit	15 (30)	16 (27)	14 (24)	12 (24)
K. Tan	16 (17)	14 (14)	14 (14)	10 (10)
K. Phra Khanong	12 (13)	12 (13)	12 (13)	10 (10)
K. Toey	23 (30)	25 (31)	25 (31)	24 (30)
K. Sathorn	44 (45)	35 (36)	9 (13)	9 (13)
K. Chong Non Sri	50 (52)	50 (52)	14 (15)	14 (15)

cf.) Figure in parenthesis indicates maximum BOD.

表7．3　雨季における水質改善効果

Unit : mg/l

Name of Klong	Water Quality as BOD		Name of Klong	Water Quality as BOD	
	Recorded	Rroposed Plan B		Recorded	Proposed Plan B
K. Bang Sue	8 – 14 (9 – 15)	8 – 17 (8 – 17)	K. Lod	14 – 22 (18 – 24)	44 – 45 (45 – 46)
K. Sam Sen	11 – 29 (15 – 30)	8 – 22 (8 – 23)	K. Wat Teptida	44 (55)	47 (47)
K. Prem Prachakorn	26 – 35 (27 – 39)	28 – 39 (28 – 41)	K. Wat Ratchabopit	28 (33)	50 (50)
K. Huai Khwang	11 (11)	9 (9)	K. Tan	5 (5)	5 (5)
K. Mahanak K. Saen Saep	20 – 22 (22 – 24)	15 – 45 (15 – 47)	K. Phra Khanong	5 (6)	5 (5)
K. Bang Kapi	16 (20)	8 (9)	K. Toey	19 (26)	18 (23)
K. Phadung Krungkasem	30 – 37 (30 – 38)	30 – 33 (31 – 34)	K. Sathorn	37 (37)	35 (35)
K. Bang Lamphu	18 (23)	48 (49)	K. Chong Non Sri	32 (33)	30 (30)
K. Ong Ang	16 (20)	45 (46)			

Note : Figure in parenthesis is maximum value.
Figure with no parenthesis is average value.

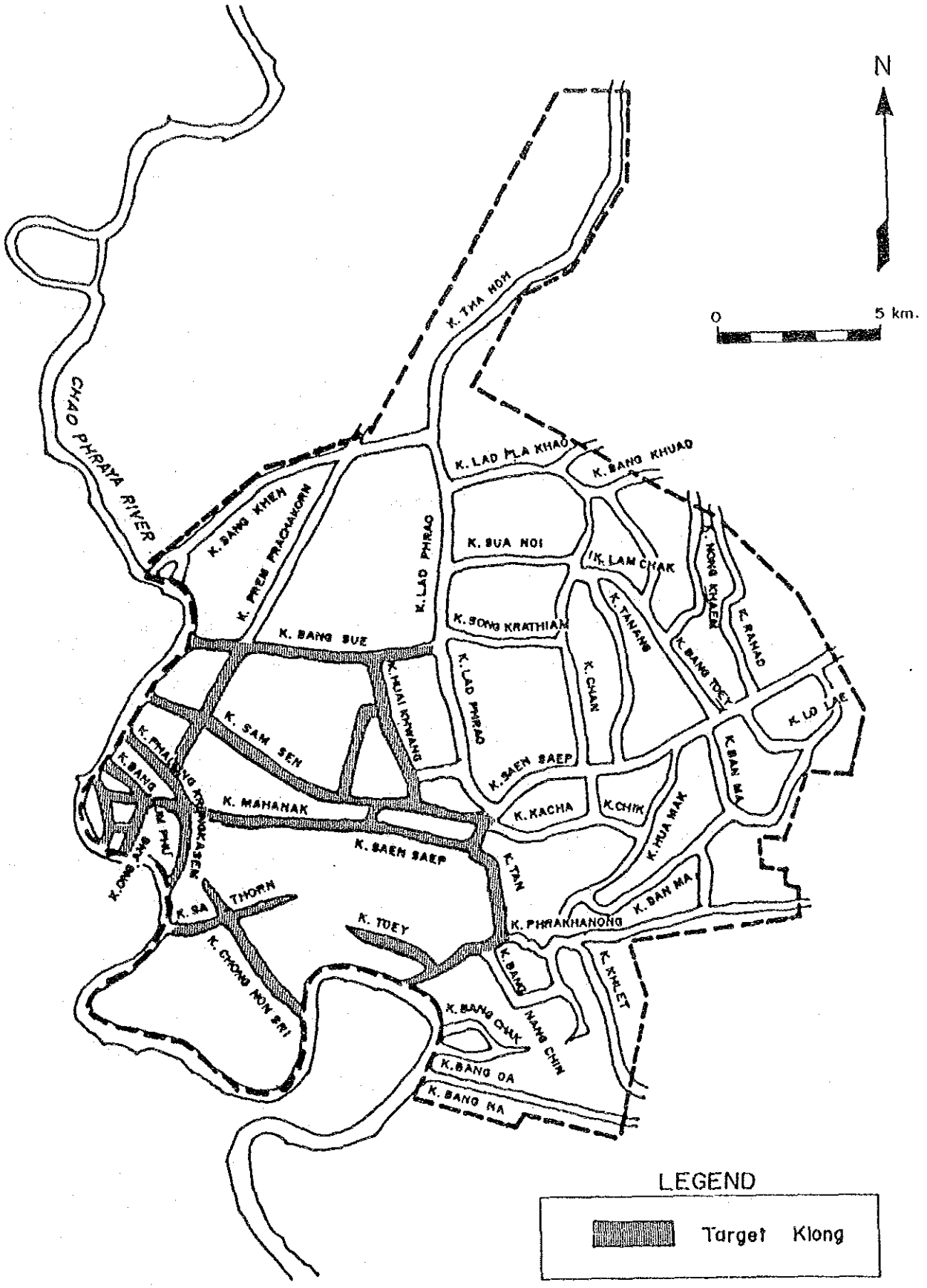


図7．1　水質改善対象クローン

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

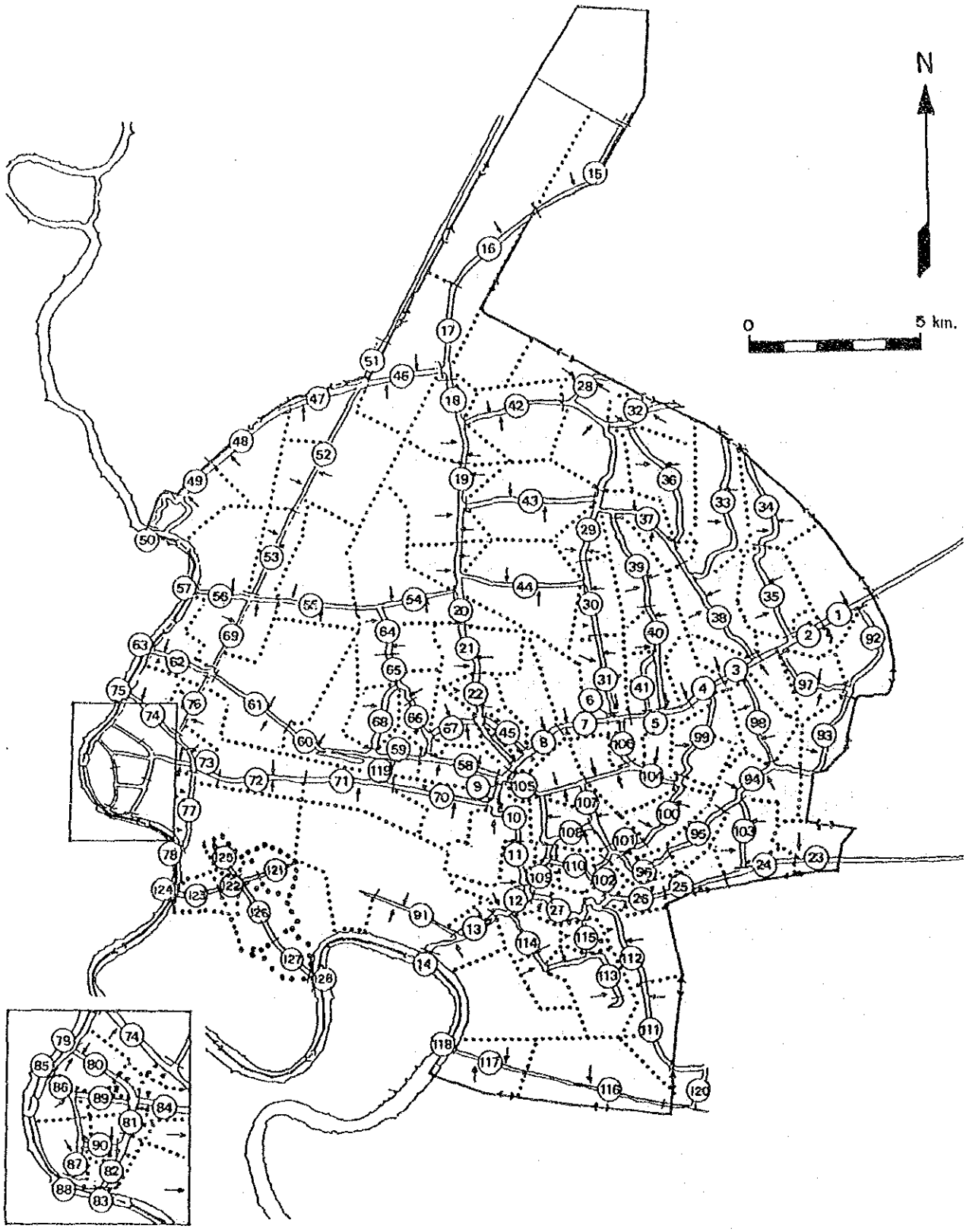


図7．2　解析モデル

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

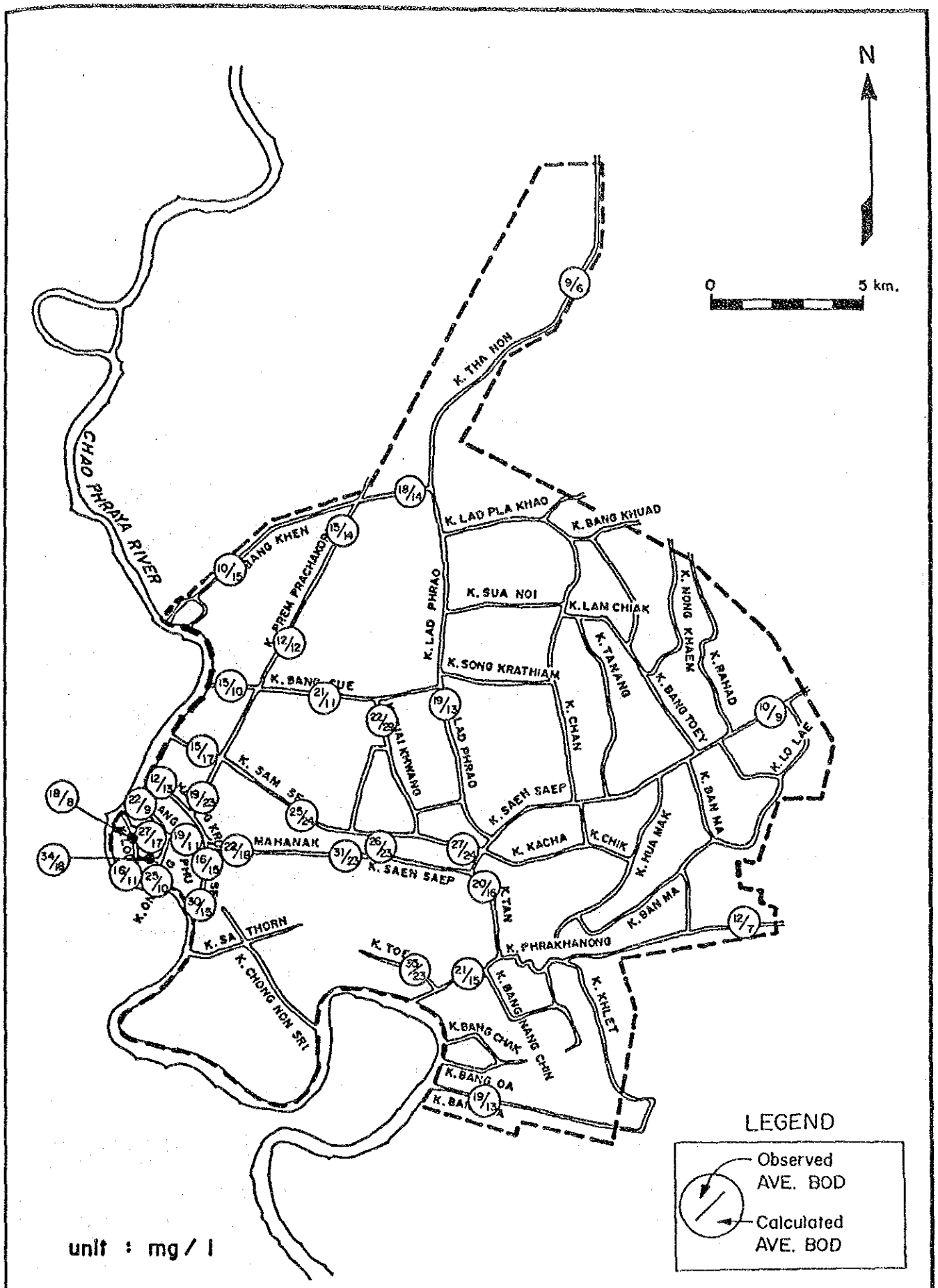


図7．3　実測水質と計算水質の比較（乾季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

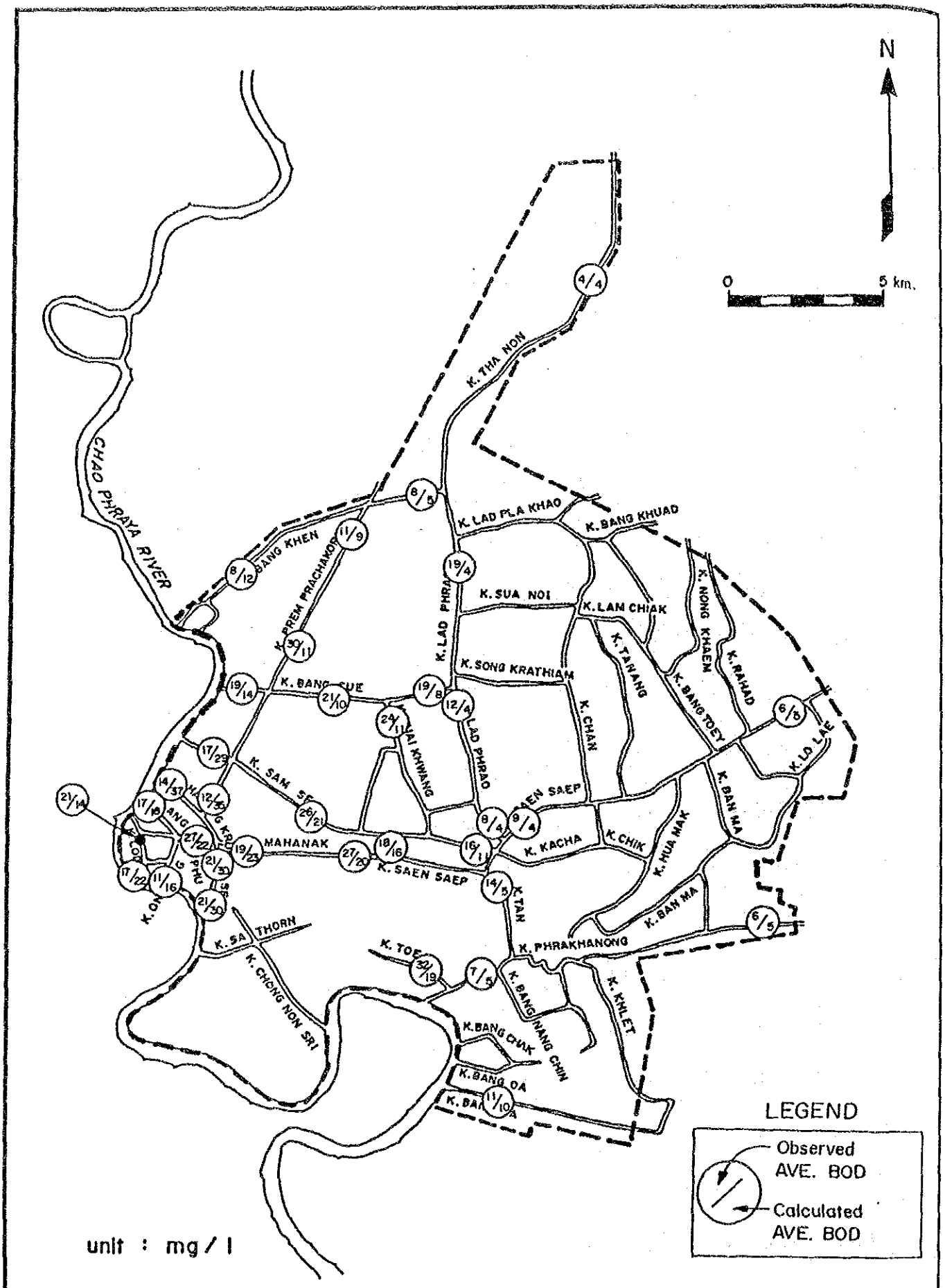


図7．4　実測水質と計算水質の比較（雨季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

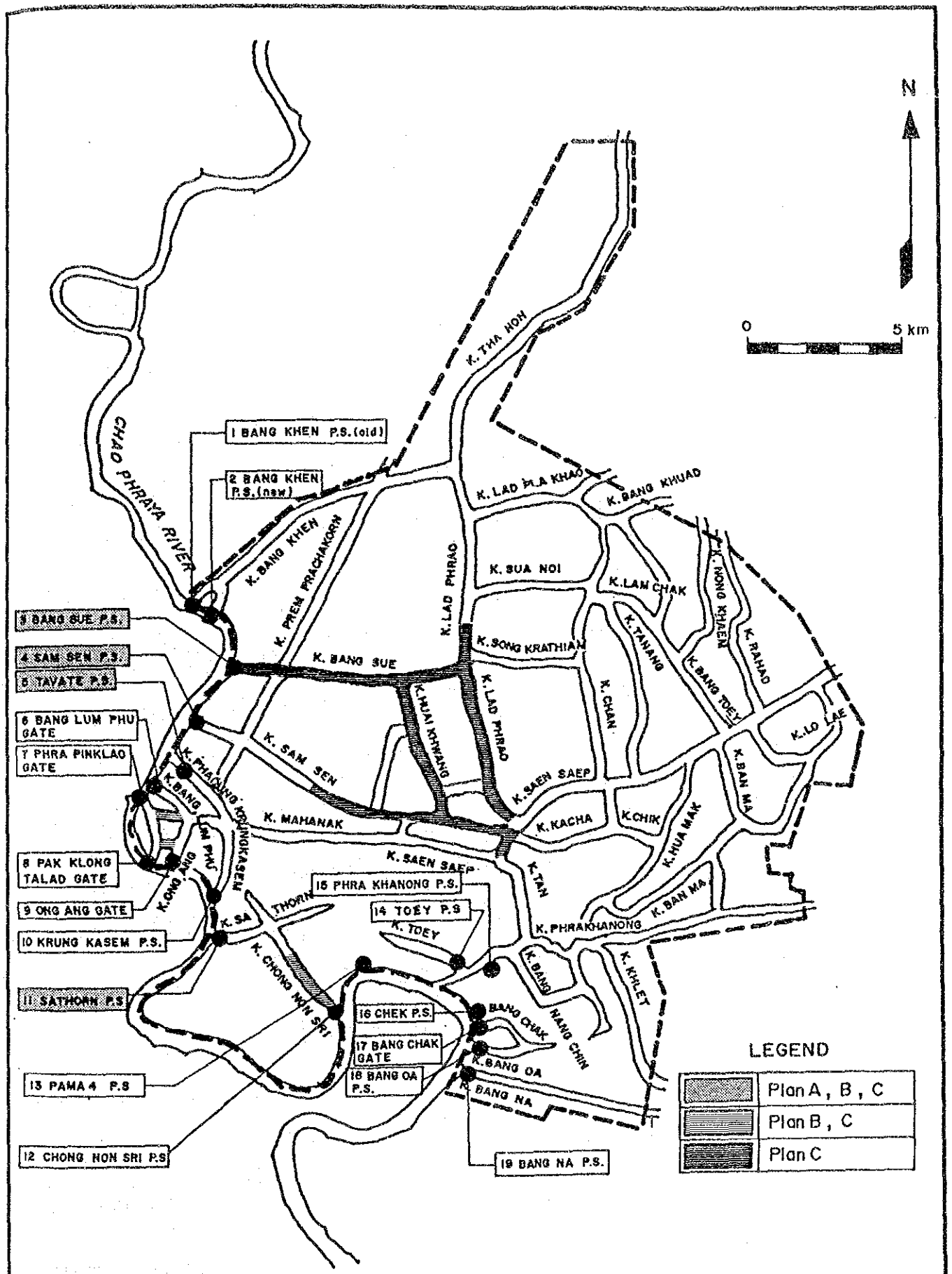


図7．5　各代替案における改善対象施設

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

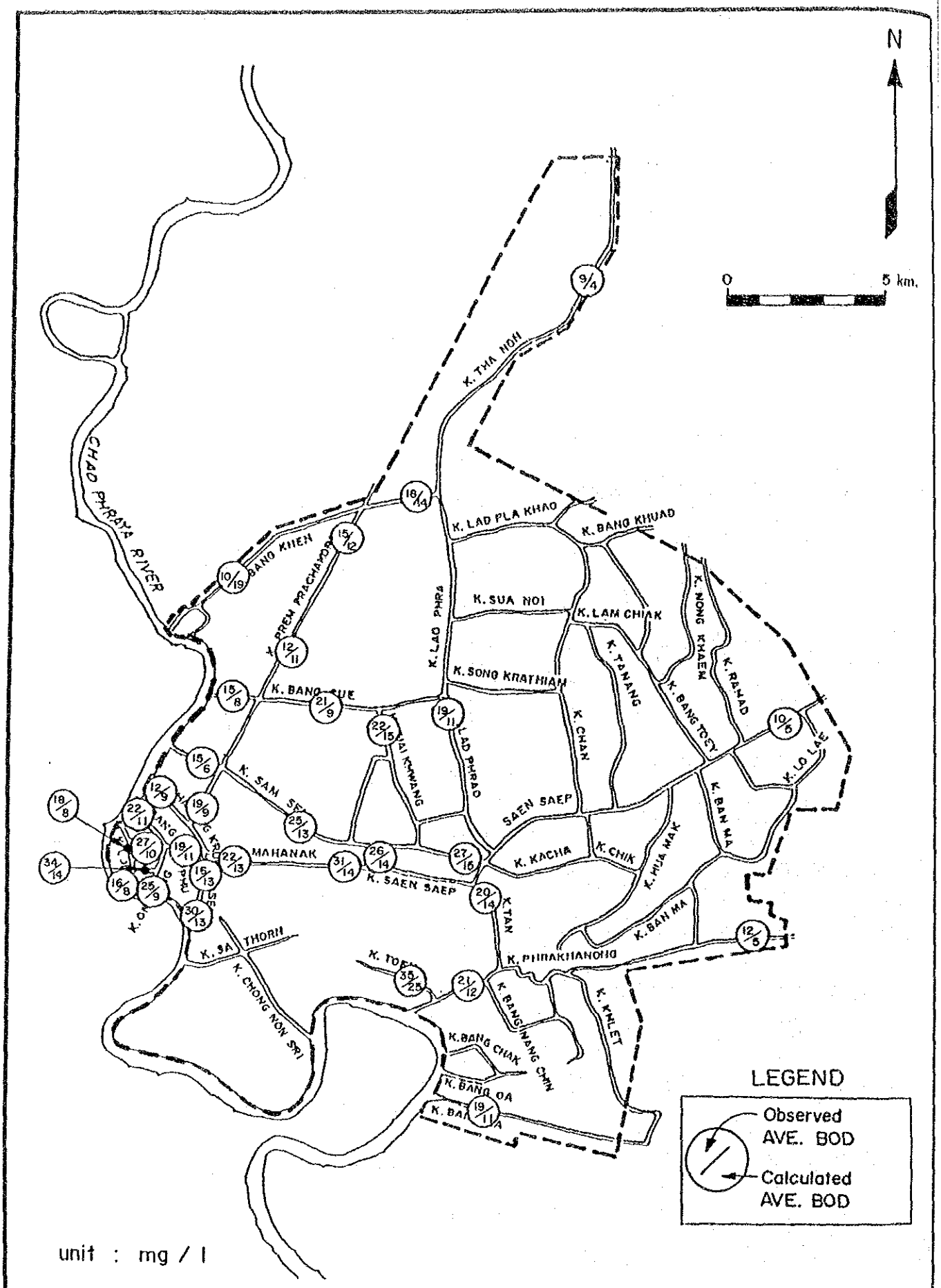


図7．6　現況水質と施策後水質の比較（乾季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

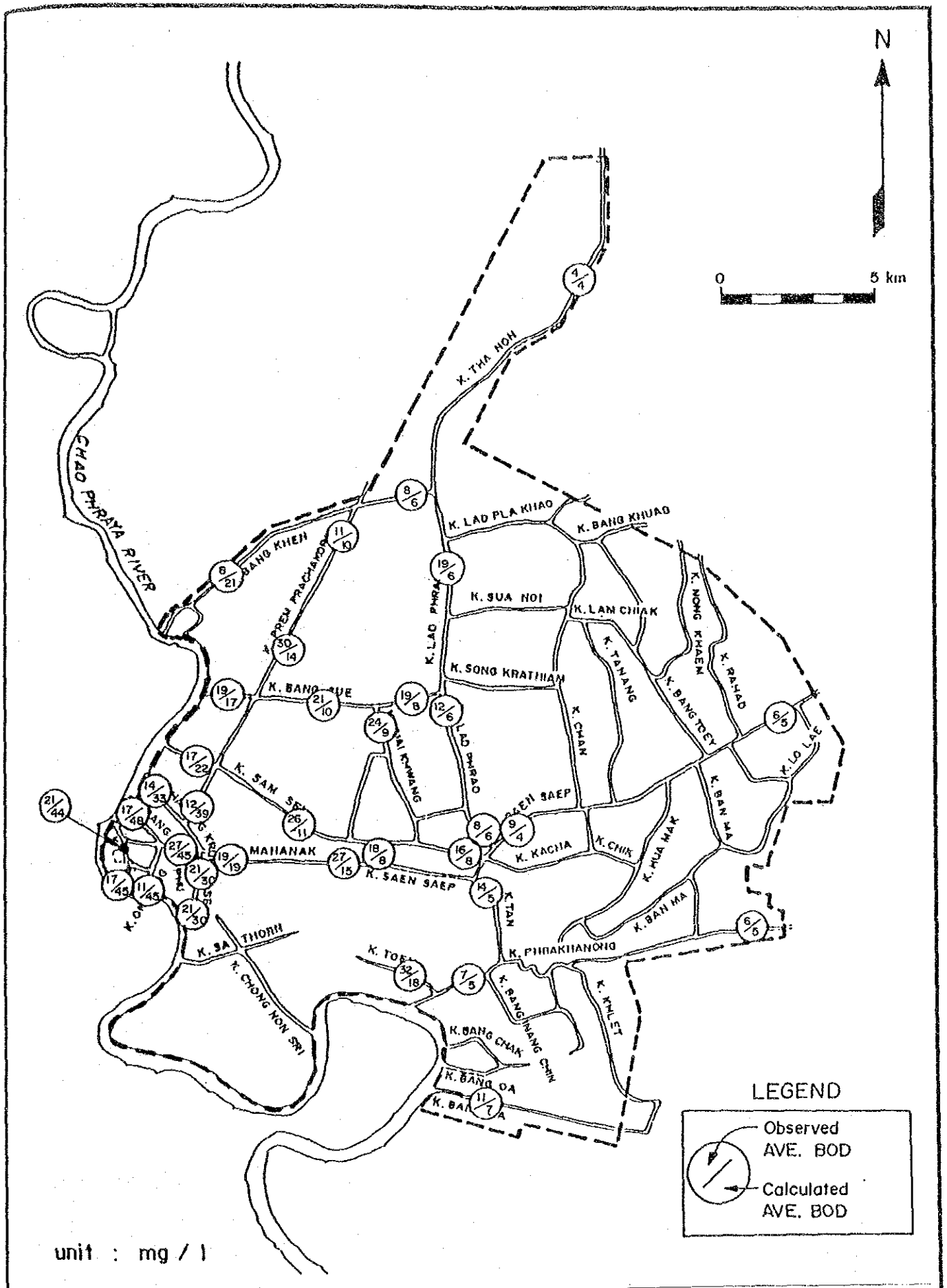


図7．7　現況水質と施策後水質の比較（雨季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第８章　施設計画と概算事業費

第８章　施設計画及び概算事業費

８．１　施設計画

本調査で提案するクローンの水質改善策は既存のポンプ場の改造とクローン改修による浄化用水導入と、曝気式ラグーンの設置である。

8.1.1　既存ポンプ場の改造

チャオピア川の水位が低い場合でも、浄化用水の導入を可能にするため、既存のポンプ場を可逆形式に改造する。対象のポンプ場はバンスー、サムセン、タベート及びサトーンの４ポンプ場とする。

(1) バンスーポンプ場

チャオピア川からの浄化用水の導入のために、３ヶ所にゲートを新設するものとする。新たなポンプの設置は行なわず、17台の既設ポンプのうち４台を取水用として用いる。
新設するゲートの仕様は、以下のとおりである。

			高さ×幅	
ゲートⅠ	：	ローラーゲート	6.5 m×6.0 m	(Type A)
ゲートⅡ	：	ローラーゲート	6.5 m×3.0 m	(Type B)
ゲートⅢ	：	ローラーゲート	6.5 m×6.0 m×２スパン	(Type C)

図８．１にポンプ場の改造計画を示す。

(2) サムセンポンプ場

チャオピア川からの浄化用水の導入のために３ヶ所にゲートを新設するものとする。新たなポンプの設置は行なわず、15台の既設ポンプのうち４台を取水用として用いる。
新設するゲートの仕様は、以下のとおりである。

			高さ×幅	
ゲートⅠ	:	ローラーゲート	6.0 m×6.0 m	(Type A)
ゲートⅡ	:	ローラーゲート	6.0 m×3.0 m	(Type B)
ゲートⅢ	:	ローラーゲート	6.0 m×6.0 m	(Type C)

図8．2にポンプ場の改造計画を示す。

(3) タベートポンプ場

チャオピア川からの浄化用水導入のため、2台のポンプを新設する。新設するポンプの仕様は以下のとおりである。

揚水能力 : 6㎥／秒（3㎥／秒×2台）
タ イ プ : 水中ポンプ
関連施設 : 導水管、擁壁

図8．3にポンプ施設の改造計画を示す。

(4) サトーンポンプ場

チャオピア川からの浄化用水導入のため、2台のポンプを新設する。新設するポンプの仕様は、以下のとおりである。

揚水能力 : 6㎥／秒（3㎥／秒×2台）
タ イ プ : 水中ポンプ
関連施設 : 導水管、擁壁

図8．4にポンプ施設の改造計画を示す。

8.1.2 クローンの改修

浄化用水導入のためにワットテプティダ、ワットラジャボピット、チョンノンスリの3本の浅いクローンを改修する。改修計画の概要は、以下のとおりである。

クローン名	長さ (m)	幅 (m)	浚渫容量 (m³)	河床高 (M.S.L. m)
ワットテプティダ	745	7.0	4,000	-1.5
ワットラジャボピット	1,122	6.8	8,000	-1.5
チョンノンスリ	3,600	6.0～10.0	77,000	-1.5～-2.0
合計	5,467		89,000	

しかし、これら３クローンのうちワットテプティダ、ワットラジャボピットについては、ＤＤＳで改修が実施されつつある。従って概算事業費の算出からは、これら２クローンの改修費は除外する。

8.1.3 曝気式ラグーンの設置

調査地域内にある８つの曝気式ラグーン候補地のうち、クローンの水質浄化のためにはマカサンポンドとラマⅨポンドの２つが利用可能である。

(1) マカサンポンド

マカサンポンドは表面積約16ha、水深４ｍ以内、貯留容量約 310,000m³の池である。マカサンポンドを利用した曝気式ラグーンの原水はクローンサムセンから導水される毎秒３m³のクローン水であり、その水を処理後ポンプによりクローンサムセンに放流する。
以下に示す方針に従い、マカサンポンドを曝気式ラグーンに改造する。

(a) 流入ゲート、放流ゲート、放流ポンプを設置する。
(b) 池の中央部に仕切の壁を設置し、長方形の２つの池に分割する。流入口から流出口に向い曝気式ゾーン、沈殿ゾーンを設置する。
(c) 池の掘削は必要ない。

曝気式ラグーンの主要構造は、以下のとおりである。

流入施設	:	角落し	5.0 m (H) ×1.5 m (W) ×２スパン
		バースクリーン	5.0 m (H) ×1.5 m (W) ×２スパン
曝気装置	:	フロート式	11kW×10台
排水ポンプ	:	水中ポンプ	60m³／分×３m×３台

ｺﾝﾄﾛｰﾙｹﾞｰﾄ　：　ローラーゲート　5.0 m（H）×4.0 m（W）
（クローンサムセンに設置）
仕切り壁　　：　　1,600 m（L）×5m（H）

図8．5にマカサンポンド曝気式ラグーンの概要を示す。

(2) ラマⅨポンド

ラマⅨポンドは表面積約20ha、貯留容量 300,000m³の池である。
この池を利用した曝気式ラグーンの流入原水は、クローンラッドプラオからポンプにより流入させ（処理水量3m³／秒）、処理後、自然流下により同クローンに放流する。
以下に示す方針に従い、ラマⅨポンドを曝気式ラグーンに改造する。

(a) 150,000 m³の池を掘削する。
(b) 流入ポンプ、流入ゲート及び放流ゲートを設置する。
(c) 流入から流出の流れに従い、池を仕切り壁により6つの区域に分割する。前5つの区域は曝気ゾーンとし、最後の1つを沈殿ゾーンとする。

曝気式ラグーンの主要構造は、以下のとおりである。

流入施設	：	水中ポンプ	60m³／分×3m×3台
		ローラーゲート	6.0 m（H）×3.0 m（W）
		バースクリーン	6.0 m（H）×3.0 m（W）
曝気装置	：	フロート式	11kW×10台
対流施設	：	角落し	6.0 m（H）×1.5 m（W）×2スパン

図8．6にラマⅨポンド曝気式ラグーンの概要を示す。

8．2　概算事業費の積算

8.2.1　概算事業費積算の条件

(1) 全ての建設作業は、現地業者入札による請負業者契約にもとづき実施させるとして事業費を算出した。

(2) 価格は全て1988年10月価格で表わしている。

(3) 利益・税金を含む総経費は、設備費と土木費の合計の30%とした。

(4) 技術経費、一般管理費は直接工事費の10%とした。

(5) 予備費は直接工事費、技術経費、一般管理費の合計の10%とした。

(6) 年間物価上昇率を５%と仮定した。

8.2.2 概算事業費

直接工事費、技術経費、一般管理費及び予備費からなる全事業費は1988年10月価格で203,000,000 バーツであり、その内訳は以下のとおりである。（物価上昇分を含めると、223,000,000 バーツとなる。）

区　　分	価　格 ($\times 10^3$ バーツ)
A. 直接工事費	167,790
(1) バンスーポンプ場改造	9,280
(2) サムセンポンプ場改造	7,910
(3) タベートポンプ場改造	10,370
(4) サトーンポンプ場改造	10,420
(5) クローン改修	11,010
(6) マカサンポンド曝気式ラグーン建設	59,500
(7) ラマⅨポンド曝気式ラグーン建設	59,300
B. 技術経費、一般管理費（10%）	16,779
C. 予 備 費　　（10%）	18,456
小　計	203,025
D. 物価上昇分	19,975
合　計	223,000

直接工事費の内訳は、表８．１に示すとおりである。

表8．1　直接工事費の算出

Work Item	Quantity	Unit Cost (฿)	Amount (฿)
Reconstruction of P.S.			
Ban Sue			
Coffering	40 m	11,300	452,000
Gate, Type A	1 unit	1,898,000	1,898,000
Gate, Type B	1 unit	1,374,000	1,374,000
Gate, Type C	1 unit	2,974,000	2,974,000
Floring	1 unit	38,000	38,000
R.C. Retaining Wall	20 m	20,000	400,000
Overhead (30%)			2,144,000
Total			9,280,000
Sam Sen			
Coffering	35 m	11,300	395,500
Gate, Type A	2 units	1,850,000	3,700,000
Gate, Type B	1 unit	1,351,000	1,351,000
Flooring	1 unit	39,000	39,000
R.C. Retaining Wall	30 m	20,000	600,000
Overhead (30%)			1,824,500
Total			7,910,000
Tavate			
Coffering	20 m	11,300	226,000
Pump Pit	1 unit	543,000	543,000
Pump & Electrical Eq.	2 units	3,250,000	6,500,000
Discharge Pipe	36 m	8,500	306,000
R.C. Retaining Wall	20 m	20,000	400,000
Overhead (30%)			2,395,000
Total			10,370,000
Sathorn			
Coffering	10 m	11,300	113,000
Pump Pit	1 unit	802,000	802,000
Pump & Electrical Eq.	2 units	3,250,000	6,500,000
Discharge Pipe	24 m	8,500	204,000
R.C. Retaining Wall	20 m	20,000	400,000
Overhead (30%)			2,401,000
Total			10,420,000
Dredging of Klong			
Chong Non Sri	77,000 m^3	110	8,470,000
Overhead (30%)			2,540,000
Total			11,010,000
Construction of Aerated Lagoon			
Makkasan Pond			
Aerator and Installation	10 units	950,000	9,500,000
Pump Facilities	3 units	5,600,000	16,800,000
Inlet Facilities	1 unit	3,000,000	3,000,000
Partition Wall	1,600 m	6,000	9,600,000
Coffering	10 m	11,300	113,000
Gate, 5 m (H) x 4 m(W)	1 unit	1,410,000	1,410,000
Other Miscellaneous Works			5,400,000
Overhead (30%)			13,677,000
Total			59,500,000
Rama IX Pond			
Excavation	150,000 m^3	100	15,000,000
Aerator and Installation	7 units	950,000	6,650,000
Pump Facility	3 units	5,600,000	16,800,000
Gate 6.0m (H) x 3.0 m (W)	1 unit	1,268,000	1,268,000
Outlet Facility	1 unit	1,400,000	1,400,000
Other Miscellaneous Works			4,500,000
Overhead (30%)			13,682,000
Total			59,300,000
Grand Total			167,790,000

Note: Overhead includes profit and tax.
Three (3) aerators in the existing Rama IX pond will be reused.

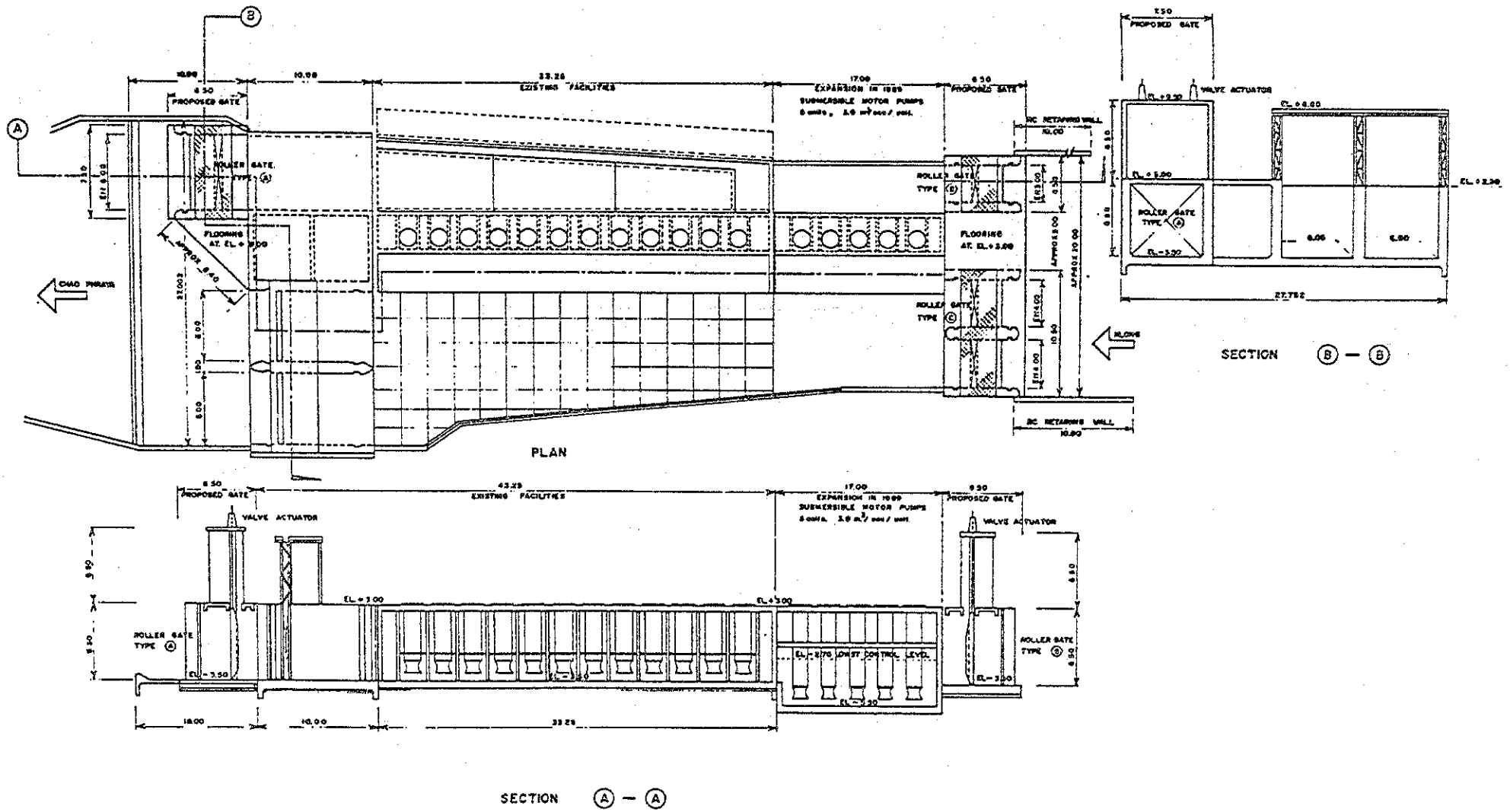
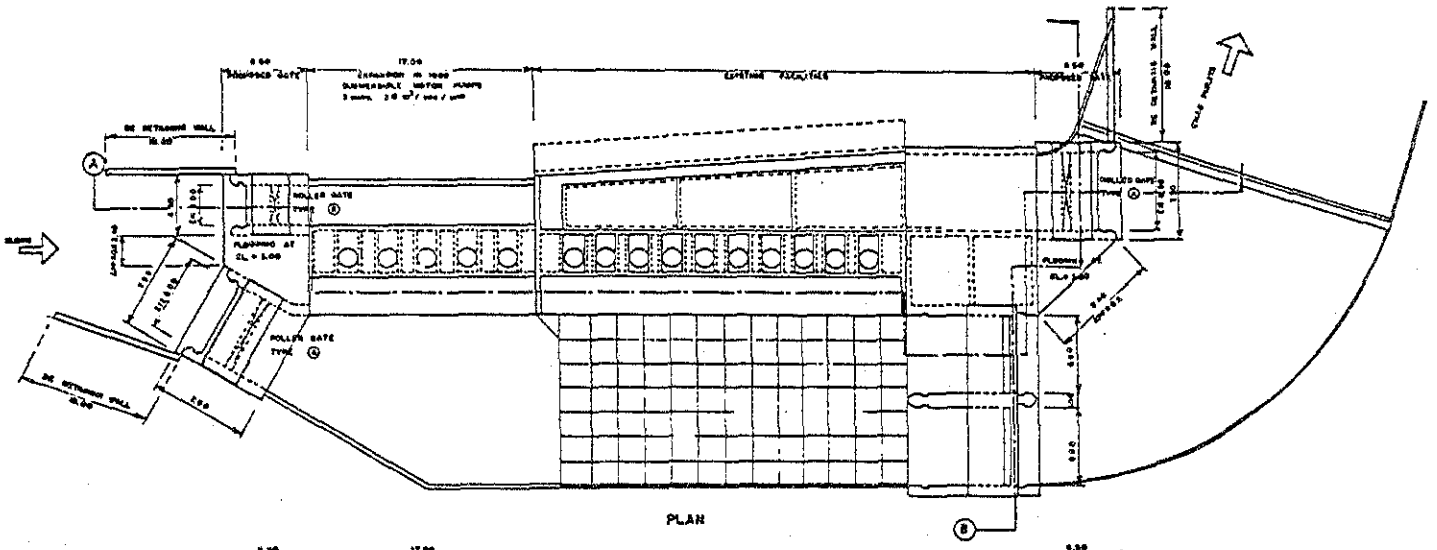
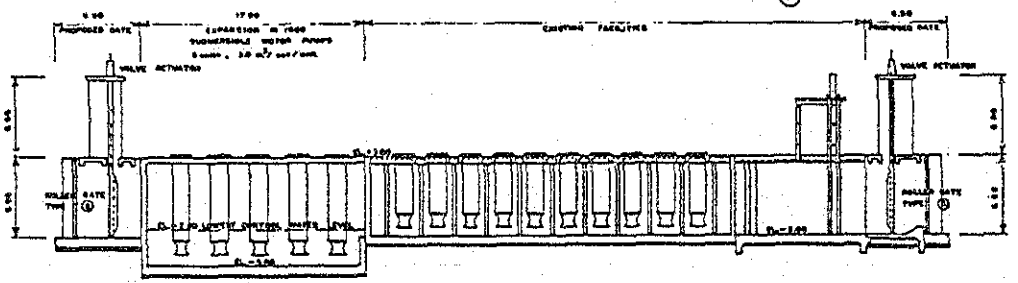


図8．1　バンスーポンプ場改造計画

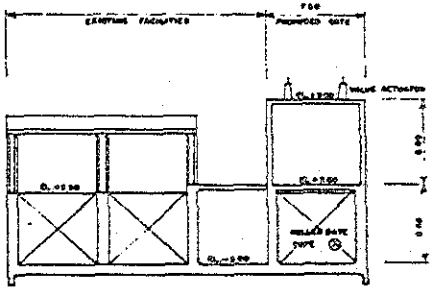
THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.





SECTION Ⓐ－Ⓐ



SECTION Ⓑ－Ⓑ

図8．2　サムセンポンプ場改造計画

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

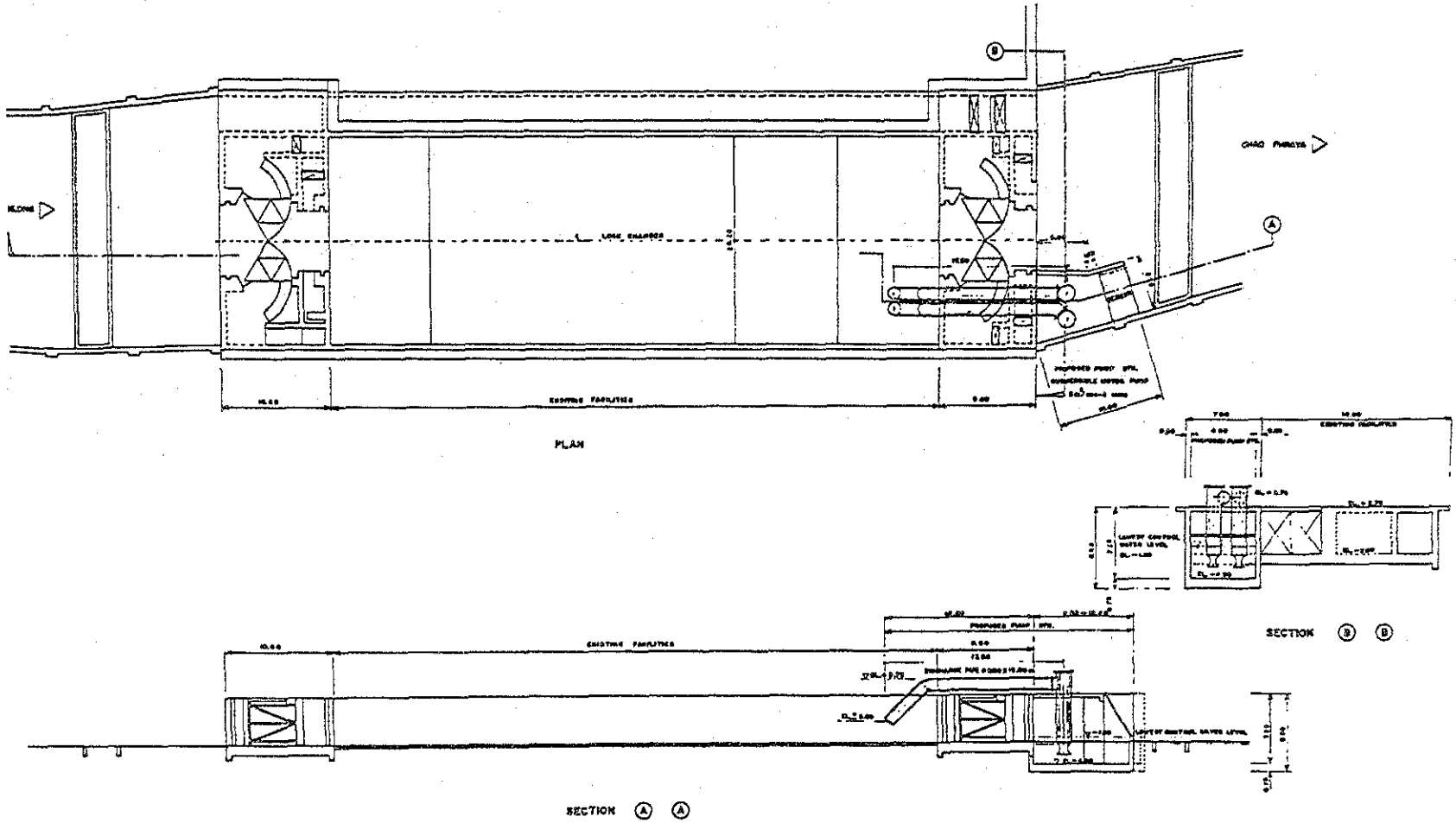


図8．3　タベートポンプ場改造計画

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

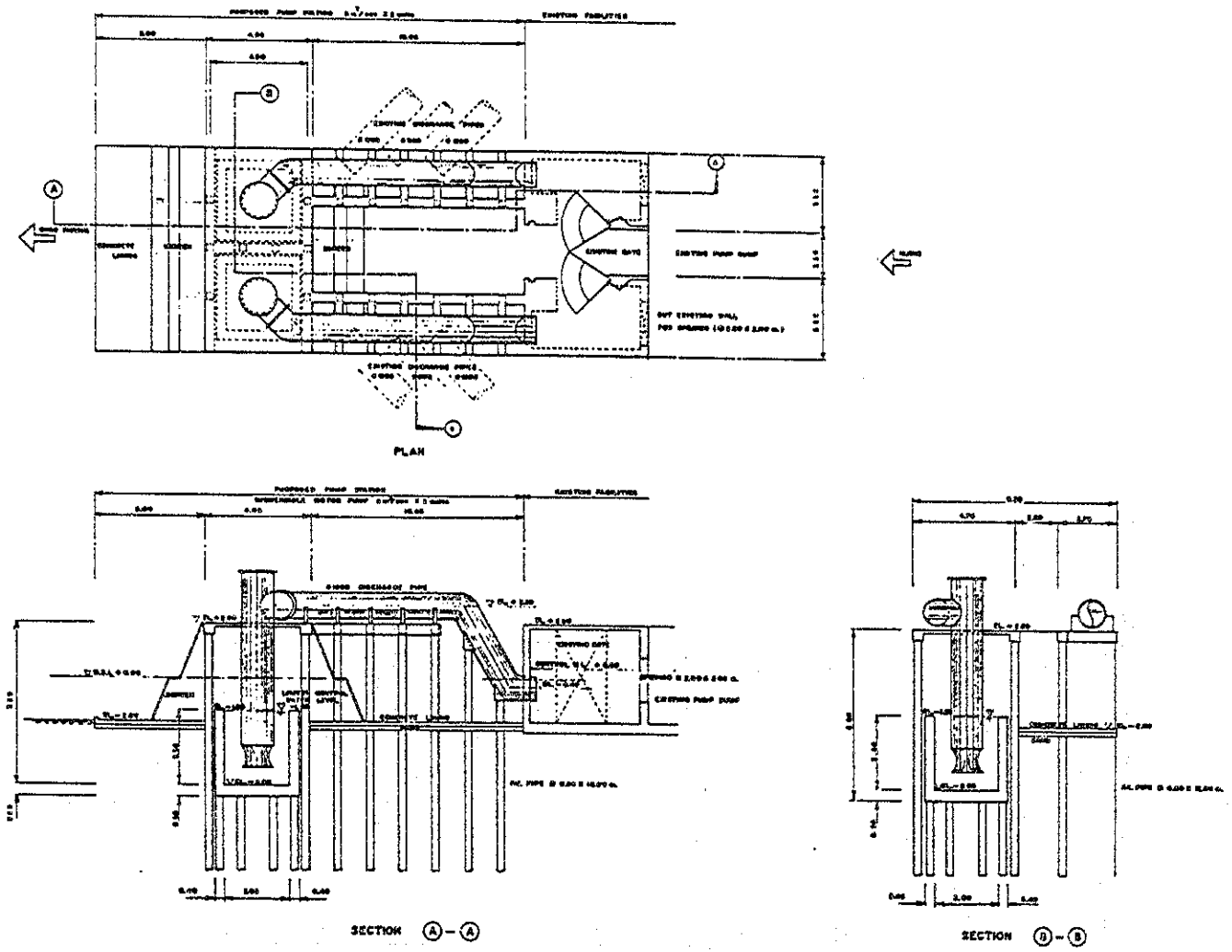


図8．4　サトーンポンプ場改造計画

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

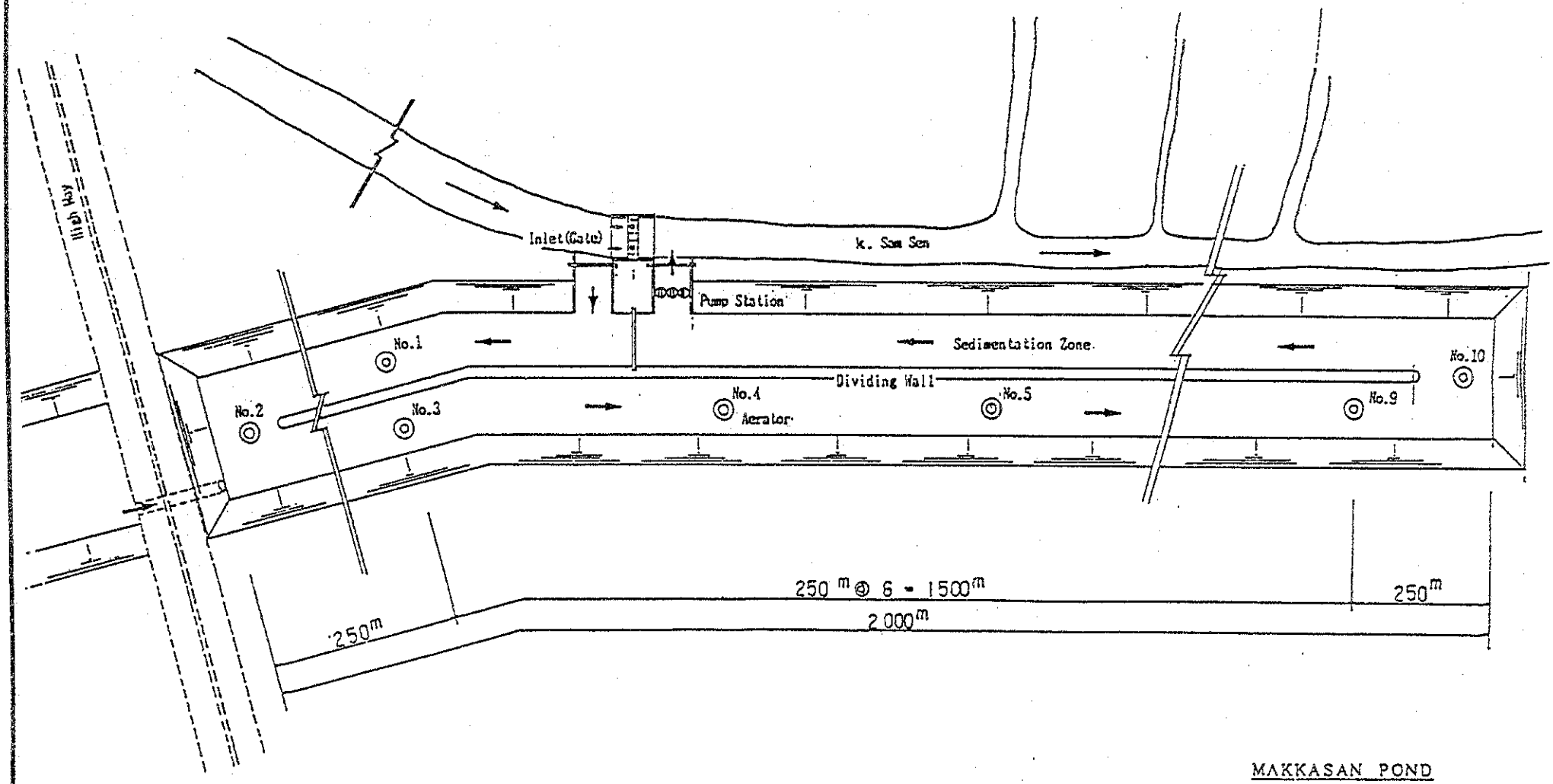
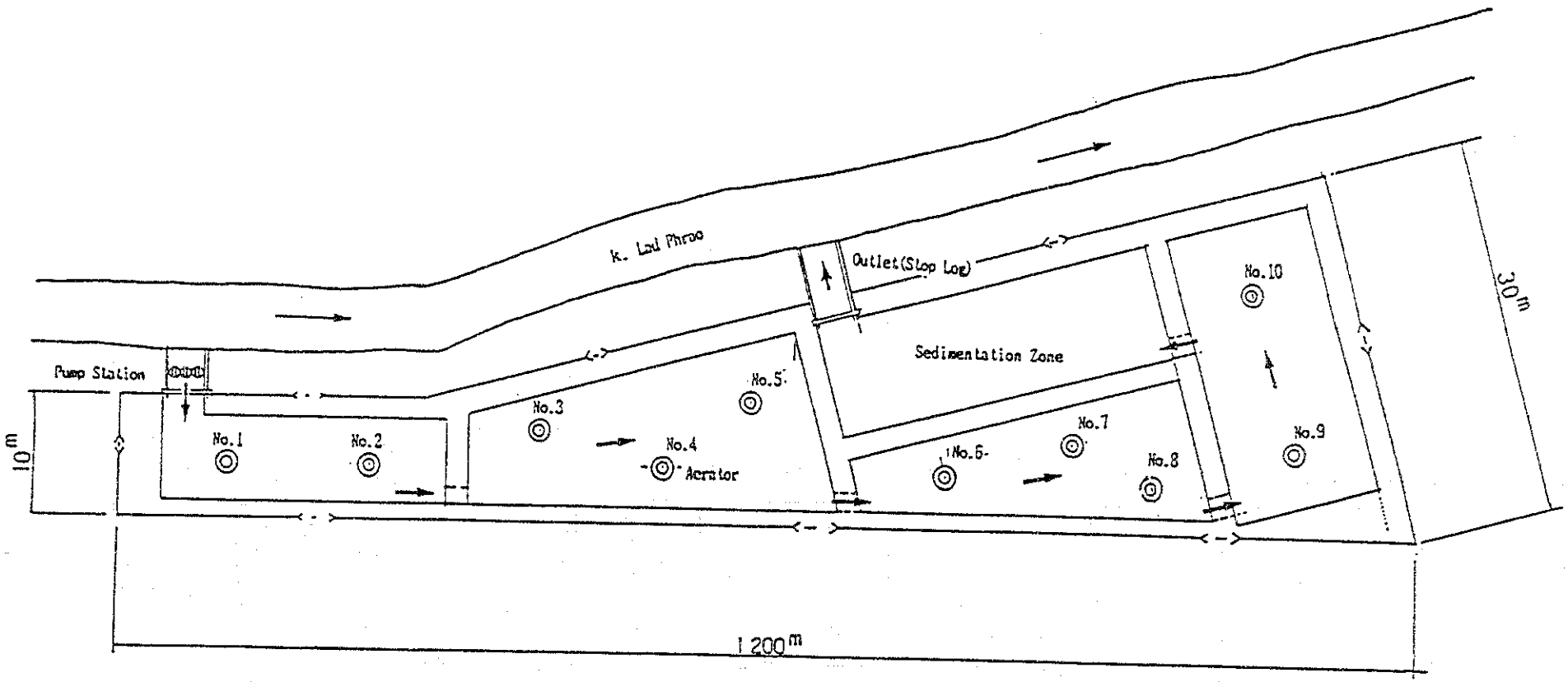


図8．5	マカサンポンド曝気式ラグーン建設計画

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.



RAMA IX POND

図8．6	ラマIXポンド曝気式ラグーン建設計画

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第９章　運転及び維持管理

第９章　運転及び維持管理

９．１　ゲートとポンプの運転操作

9.1.1　現況の運転方法

現在、フラッシングを目的としたチャオピア川からクローンへの浄化用水の導入は、実験的に乾季の間のみ行なわれている。浄化用水はチャオピア川の堤防沿いの旧及び新バンケン、バンスー、サムセン、タベートの各ポンプ場、バンランプー、プラピンカオ、パックロンタラート、オンアンの各ゲートから満潮時に導入されている。導入された水はクルンカセム及びプラカノンポンプ場から排水されている。

ポンプとゲートの操作に関する責任は、各地点に配置された職員に委任されている。

これらの浄化用水の導入によって、チャオピア川沿いのクローン及びチャオピア川に近いクローンの水質は、ある程度は改善されている。しかしながら、バンスー、サムセン、ホワイクァンのような内陸部のクローンはあまり改善されていない。

雨季の間、クローンで十分な洪水緩和貯留能力が持てるように、クローンの水位は低く維持されており、原則としてチャオピア川からの浄化用水の導入は行なわれていない。

9.1.2　施策時の運転方法

本調査では乾季におけるチャオピア川からクローンへ浄化用水を導入するために、以下に述べるゲートとポンプの運転方法を提案する。

乾季には、チャオピア川の堤防沿いに位置するゲートとポンプの運転形態は次の４つに分けられる。

(1) ゲートとリバーシブルポンプの併用運転による浄化用水の導入

この運転形態は、バンスー、サムセン、タベート、サトーンのポンプ場で行なうこととする。浄化用水がチャオピア川から導入されている間、ポンプ場

の内水位はバンスー、サムセン、タベートのポンプ場では＋0.70mM.S.L 以下に、サトーンポンプ場では＋0.40m以下に維持する。

- 干 潮 時　　浄化用水はリバーシブルポンプを運転して導入する。
- 満 潮 時　　浄化用水はゲートを開いて導水する。

(2) ゲートのみによる浄化用水の導入

ゲート操作のみによる浄化用水の導入は、ラタナコシン地区のバンランプー、パラピンカオ、パックロンタラート、オンアンの４つのゲートで行なうこととする。浄化用水のチャオピア川からの導入時には、内水位は＋0.70 M.S.L 以下に維持する。

- 浄化用水は満潮時にゲートから導入する。
- 干潮時にはゲートを閉じ、クローンからチャオピア川への水の流出を防ぐ。

(3) 現在と同様のポンプ、ゲートの運転操作による浄化用水の導入

旧及び新バンケンポンプ場は、現在と同様の方法によって運転を続ける。満潮時には、浄化用水はゲートから導入され、干潮時にはクローンの水は同じゲートからチャオピア川へ排水される。

(4) ポンプとゲートによる排水

クルンカセム、チョンノンスリ、プラカノンのポンプ場ではポンプ及びゲート操作によりクローン水の排水のみを行ない、浄化用水の導入は行なわない。内水位はクルンカセムポンプ場で＋0.30m M.S.L以下、プラカノンポンプ場で＋0.00m M.S.L以下、チョンノンスリポンプ場に＋0.30m M.S.L以下で維持する。外水位が内水位より低いとき、クローンの水はゲートから排水され、外水位が内水位より高いときは、ポンプによって排水される。

9．2　モニタリングシステム

チャオピア川からの浄化用水の導入目的を十分に達成するために、現在のモニターシステムに対して次の改善を提案する。モニタリングの項目はクローンの水質、水位、降雨量、ポンプとゲートの運転状況とする。

9.2.1 クローン水質のモニタリング

このプロジェクトでは、クローン水質のリアルタイムによる連続したモニタリングは必要ではない。ＤＤＳによる現在の定期的なクローン水質のモニタリングプログラムを変更することなく続けることを提案する。得られたデータは、浄化用水の導入による効果を最大限に発揮できるような有効なポンプとゲートの運転操作を確立するために利用する。

モニタリングの有効性とクローン水質の保全を確実にするために、有害性物質と重金属の分析もまたクローン水質のモニタリングのパラメータとして組入れる。モニタリングするべき水質項目は以下のものである。

シアン、アルキル水銀、有機リン、鉛、六価クロム、ヒ素、フッソ、カドミウム

9.2.2 水位計、ポンプとゲートの運転状況のモニタリング

チャオピア川から導入する浄化用水の量及びチャオピア川への排水量を予測するために、以下の13ヶ所で、時間水位及びポンプとゲートの運転状況をモニターする。

- 旧バンケンポンプ場、新バンケンポンプ場、バンスーポンプ場、サムセンポンプ場、タベートポンプ場、バンラムプーゲート、パラピンカオゲート、パックロンタラートゲート、オンアンゲート、クルンカセムポンプ場、サトーンポンプ場、チョンノンスリポンプ場、プラカノンポンプ場（図９．１参照）

北部及び東部郊外からの余剰かんがい用水の導入量を推定するために、以下の３ヶ所で時間水位をゲートの運転状況をモニターする。

- ドンムーアンのクローンソンゲート、ミンブリのクローンセンセップゲート、ラックラバンのプラカノンゲート（図９．１参照）

9.2.3 降雨観測

３ヶ所で降雨観測を行なう。クローンへの浄化用水の導入の方法に基づき、ポンプとゲートが運転されている時、突然の大雨があった場合、観測された降雨に

基づいてポンプとゲートの運転方法を洪水調節のための雨水排水に直ちに切替える必要がある。調査区域の降雨観測所として、他のプロジェクトである "The Procurement of Equipment for Flood Control Center in Bangkok and its Vicinity" として実施されている３ヶ所の観測所を、このプロジェクトのためにも使用することを提案する。バンケンのラッドプラオ、ディンデンの洪水管理センター、バンカピのセンセップの観測所の位置を図９．１に示す。

９．３　維持管理費

クローン水質改善システムは、チャオピア川からの浄化用水の導入、浄化用水の導入を容易にするためのクローン浚渫、クローン水の曝気式ラグーン処理で構成されている。

(1) 浄化用水導入費用

浄化用水導入によるクローン水質改善計画は、現在の洪水防御施設を利用することになる。
水質改善（浄化）計画で利用される施設は以下のとおりである。

施　設　名	現況のポンプの数と容量	浄化用水導入と排水に使われるポンプ容量
バンスーポンプ場	17×３m³／秒 ＝51m³／秒	４×３m³／秒 ＝12m³／秒
サムセンポンプ場	15×３m³／秒 ＝45m³／秒	４×３m³／秒 ＝12m³／秒
タベートポンプ場	５×１m³／秒 ＝５m³／秒	２×３m³／秒 ＝６m³／秒
クルンカルセムポンプ場	５×５m³／秒 ＝25m³／秒	１×５m³／秒 ＝５m³／秒
プラカノンポンプ場	35×３m³／秒 ＝105 m³／秒	５×３m³／秒 ＝15m³／秒
チョンノンスリポンプ場	２×１m³／秒 ＋１×0.5 m³／秒 ＝2.5 m³／秒	２×１m³／秒 ＋１×0.5 m³／秒 ＝2.5 m³／秒
サトーンポンプ場	２×３m³／秒 ＝６m³／秒	２×３m³／秒 ＝６m³／秒

浄化用水の導入期間を１年のうち、11月から６月までの８ヶ月間であると仮定すると、水質改善のためのポンプの年間運転時間は各ポンプ場ごとに次のようになる。

バンスーポンプ場	14,048 hour.unit
サムセンポンプ場	10,072 hour.unit
タベートポンプ場	4,244 hour.nnit
サトーンポンプ場	4,416 hour.unit
プラカノンポンプ場	48,480 hour.unit
チョンノンスリポンプ場	4,066 hour.nnit
クルンカセムポンプ場	7,832 hour.unit

上記の運転時間に基づいて、水質改善計画のためのポンプの概算年間運転費用は次のようになる。

	電気料金 (百万バーツ)
バンスーポンプ場	5.3
サムセンポンプ場	3.8
タベートポンプ場	1.6
サトーンポンプ場	1.7
プラカノンポンプ場	18.4
チョンノンスリポンプ場	1.5
クルンカセムポンプ場	2.4
合　計	34.7

ポンプ場の運転及び維持管理のための人件費と修理費用は、洪水防御事業に見込まれているので本計画には計上しない。しかしながら、浄化用水の導入のためだけに設置されるポンプ場とゲートの修理費用は 121,000バーツ／年となる（全建設費の５％）。

ポンプの平均減価償却を７年間とすると、水質改善計画におけるポンプの交換費用は、水質改善計画と洪水防御計画のそれぞれのポンプの運転時間の比率で分担させる。
水質改善計画のためのポンプの交換の概算費用は、以下のとおりである。

外 貨 分	621 万バーツ／年
内 貨 分	47万バーツ／年

(2) 曝気式ラグーン

曝気式ラグーンは十分な用地が得られれば、熱帯地方では経済的な下水処理システムの１つである。

マカサンポンドとラマⅨポンドで通年、曝気式ラグーンを運転した場合、ポンプと曝気装置の年間運転時間は、概算でそれぞれ26,280時間と87,600時間となる。２ヶ所の曝気式ラグーンの運転の年間電気料金は、約 630万バーツとなる。

これらの曝気装置の運転と維持管理の人件費は、約 130万バーツ／年。

各曝気式ラグーン処理施設に対して配置される人員は、以下のとおりである。

	マカサンポンド	ラマⅨポンド
主　任	1	1
機 械 技 術 者	1	1
電 気 技 術 者	1	1
作 業 員	3	3
合　計	6	6

ポンプと曝気装置の平均減価償却を７年とすると、ポンプと曝気装置の年間の概算の交換費用は次のようになる。

	ポ ン プ	曝 気 装 置
外 貨 分	418 万バーツ／年	240 万バーツ／年
内 貨 分	32 万バーツ／年	31 万バーツ／年

(3) その他の費用

クローン水質改善プロジェクトに必要なその他の業務は、次のとおりである。

- 定期的な水質の監視
- データ収集及び処理、ポンプとゲートの運転方法の検討、運転知識の伝達

上記の業務は、洪水管理センターでのＤＤＳの日常業務の一部として実施する。その結果、上記の業務に関係している運転と維持管理の費用は、クローン水質改善プロジェクトでは計上しない。

(4) 運転及び維持管理の年間費用

クローン水質改善計画のシステムの運用と維持管理の年間費用は、56.3百万バーツである。

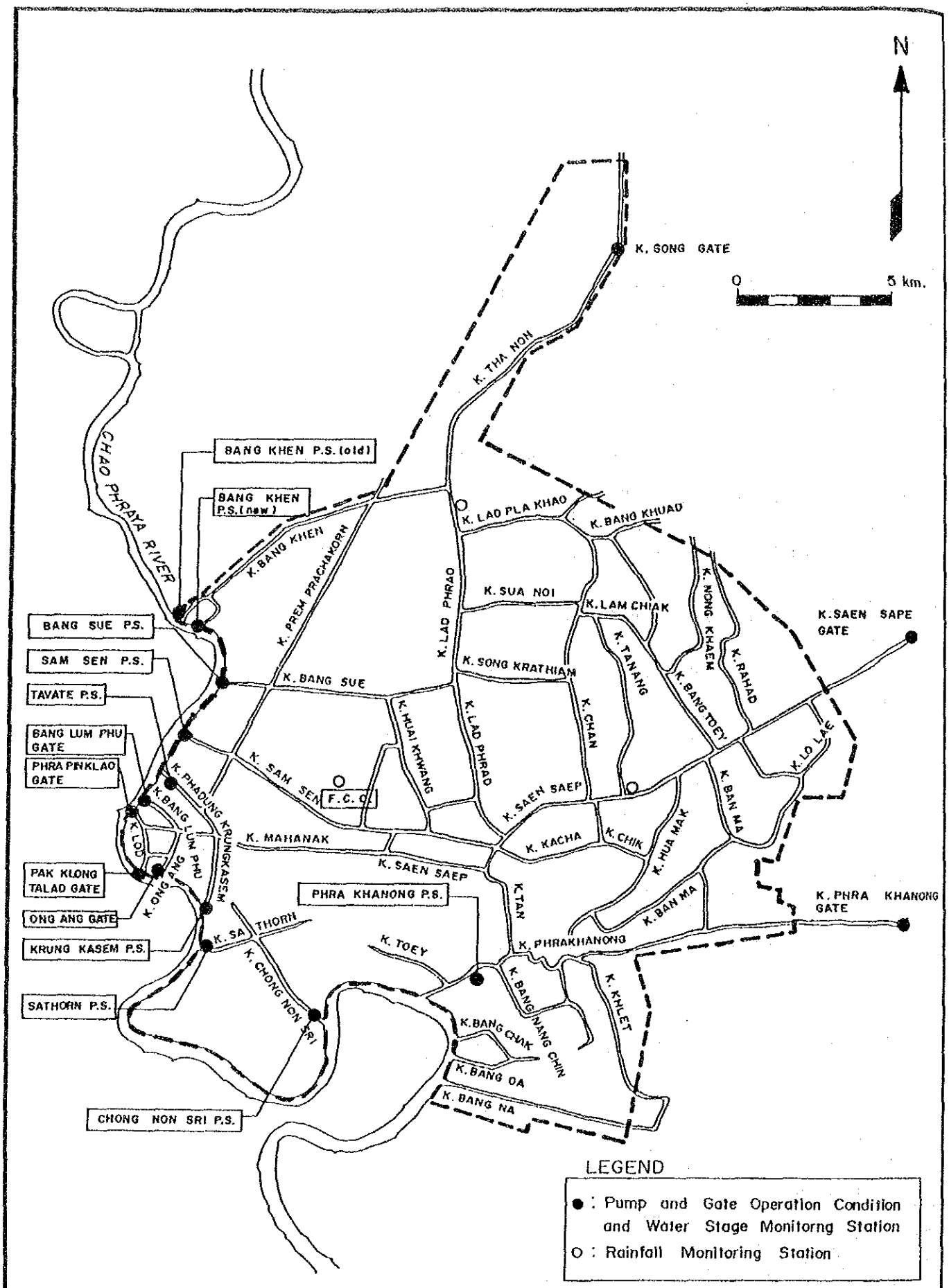


図9．1　　観測地点位置

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第10章　プロジェクト評価

第10章　プロジェクト評価

10. 1　便益の算定

10.1.1　序

浄化用水導入による本プロジェクトの便益は、典型的な雨季の４ヶ月間（７月～10月）を除いた８ヶ月（11月～６月）のみを対象とする。

クローンの水質改善による便益としては、次の５つが考えられる。

1) クローンを利用した水上交通による便益
2) クローンを利用した水上マーケットによる便益
3) 健康と衛生状態改善による便益
4) 生活用水としてクローンを利用することの便益
5) レクリエーションにクローンを利用することの便益

上記の便益は、クローンからの刺激臭を除去し、不快な色相を改善すること、すなわちクローンの美的景観を取り戻すことによって全てが発生するものである。その他の便益としては、算定するのが困難ではあるが、クローンの生態の回復、観光客に与える便益がある。

10.1.2　水上交通及び水上マーケットによる便益

クローンの水質が改善されることによって、クローンを利用した水上交通利用頻度が増加し、水上交通を利用した場合の時間の短縮により水上交通による便益が算定される。本プロジェクトが1992年から稼働した場合、同年の水上交通による便益は年間で 4.3百万バーツ、同様にして水上マーケットついての便益を求めると1992年で17.2百万バーツとなる。

10.1.3　健康及び衛生状況改善による便益

聞き取り調査によると本プロジェクトで最も重要な便益は、健康及び衛生状況による改善とそれによる病気発生率の低下であるとの指摘がなされたが、これらの便益を算定することは非常に困難であり、また算定方法も確立されていない。

従って、ここではバンコクにおいてクローンの汚れと直接的な関係が深いと言われている日本脳炎の罹病率が、他の疾病に比して非常に高いことに着目し、クローンの水質が改善された場合に、この日本脳炎の罹病率が減少するものとして、本便益を代表させた。その場合、1992年で年間12.9百万バーツの便益が見込まれる。

10.1.4 生活用水としてクローンを利用することの便益

クローンの水質が改善された場合、生活用水としてクローンを利用する機会が増大することにより、新しい上水道の需要も減少し、また維持管理費の節約も期待できる。1992年で期待できる便益は年間27.2百万バーツである。

10.1.5 レクリエーションにクローンを利用することの便益

クローンがレクリエーション施設として利用されることにより、他に施設を建設、維持管理する費用が節約でき、1992年でその便益は 0.1百万バーツと推定される。

10.1.6 支払い意志

調査地域内住民のクローンの水質改善事業に対する税金の支払い意志は高く、1992年で65.5百万バーツと見積られる。これは前述した５つの便益の合計とほぼ等しい値となる。

10.1.7 土地の価格に与える影響

1988年に本プロジェクトが実行に移された場合の調査対象地域内の住居地域の土地価格の上昇分は、61億 7,960万バーツと推定される。実際には、1990年にプロジェクトの建設が開始され、1992年から稼働される計画であるため、1992年の価格に換算すると現在価値では、43億 9,850万バーツの地価上昇となる。

10. 2 経済分析

10.2.1 便益とコスト

前述した５つの便益、“水上交通”、“水上マーケット”、“健康及び衛生”、“生活用水”及び“レクリエーション”を合算したものが本事業の便益となる。

事業費は建設費と維持管理費からなり、その内容を以下に示す。

建 設 費

- 浄化用水導入のための排水ポンプ場の改修工事費
- クローンの浚渫費
- 曝気式ラグーンの建設費

維持管理費

- ポンプ場の動力費
- 曝気式ラグーンの動力費
- ポンプ場及び曝気式ラグーンのその他の維持管理費
- ポンプ及びエアレーターの修理費

10.2.2 経済分析

本事業の有効期間を21年とした場合、内部収益率は 5.5%となる。

10. 3 チャオピア川の水質に与える影響

浄化用水の導入によりクローン内の流速が増大し滞留時間が短くなるため、沈殿効果、生物分解などのクローンの自浄作用が減少し、チャオピア川へ流出する汚濁負荷の増大が懸念される。

本プロジェクトがチャオピア川の水質に与える影響を明らかにするため、調査地域内の“現況”及び“事業実施後”のＢＯＤの収支を以下に示す。（図10. 1参照）

	ＢＯＤ収支（kg／日）	
	現　況	事業実施後
チャオピア川からの流入	6,900	8,700
調査地域からの発生	61,900	61,900
東部郊外地域からの流入	4,300	4,300
クローン内での浄化	23,400	19,600
曝気式ラグーンでの浄化	－	4,470
チャオピア川への流出	49,700	50,830
チャオピア川への実質流出	42,800	42,130