以上のように、本事業実施後のチャオピア川ＢＯＤ負荷量は、42,130kg／日となり、現況の42,800kg／日より 670kg／日減少し、わずかながらチャオピア川下流域への負荷量を削減できることが判明した。

10. 4 将来に対する下水道計画の必要性

10.4.1 2000年の事業効果の算定

本プロジェクトの有効期間と下水道を必要とする時期を明確にするため、2000年の乾季におけるクローンの水質予測を以下の２ケースについて行った。

(1) ケース１

クローンへの流達負荷量

調査対象地域の2000年の人口は、1986年の2.92百万人から3.94百万人に増大し、また１人当りの平均汚水排出量も1986年の 298ℓ ／日から、2000年には 408ℓ ／日になると推定される。

従って、2000年での汚水発生量は1.61百万m³／日となり、汚濁負荷量もＢＯＤで 218,000kg／日となる。このうち、クローンに流達する汚濁負荷量は発生量の53%である 116,000kg／日と推定した。

地盤条件

調査対象地域の地盤高は地下水の過剰汲み上げにより、2000年には現地盤より平均で 0.5m沈下するものと想定した。

また、以下に示す他の予測条件は全て第７章で述べたクローンの水質予測シミュレーションと同一した。

- チャオピア川の水位及び水質
- 東部郊外地域からの流入水量及びその水質
- ゲート及びポンプの運転状況
- 調査地域内降雨量
- クローンの形状及び自浄係数

(2) ケース２

クローン断面

調査対象地域内のクローンは、“バンコク市中心地区排水対策事業”（1984年NEDECO）と“バンコク市東部郊外地区洪水防御・排水対策計画”（1986年ＪＩＣＡ）で提案された改修が2000年までに全て完了しているものとした。

その他の予測条件は全てケース１と同一とした。

10.4.2 乾季の浄化用水導入効果

(1) ケース１

地盤が現況より 0.5m沈下したことにより、チャオピア川からの浄化用水の導入量は、現況での2.91百万m³／日から3.02百万m³／日に増大する。

表10. １に主要クローンの水質について、現時点で事業を実施した場合の水質と比較してまとめた。また、表10. ２及び図10. １には2000年での各々のクローンの推定ＢＯＤの最大値及び平均値を示した。

図10. １より明らかなように、ラタナコシン地域内のクローンの水質は他の地域のクローンに比して良好であり、ＢＯＤでも15mg／ℓ 以下に保つことが可能である。これは、チャオピア川からの浄化用水の導入効果とラタナコシン地域の負荷量の増加が少ないことに起因している。

しかしながら、ラタナコシン地域以外の内陸部及び東部郊外地域においては、人口増に伴う汚濁負荷量の増加により、また内陸部であるため浄化用水の導入が困難なことにより、クローンの水質は悪化しＢＯＤで25mg／ℓ 以上となる。

(2) ケース２

ケース２においては、地盤沈下及びクローンの改修により浄化用水量は増加し 4.1百万m³／日がチャオピア川から導入され、プラカノン及びクルンカセ

ム両ポンプ場から常時ポンプで排水されることになる。

ケース１とケース２を比較した場合、クローンの改修が完了し浄化用水の導入量が多いケース２がクローンの水質は良好となるが、その場合でも内陸部及び東部郊外地域のクローンの平均水質はＢＯＤで19mg／ℓ となり目標水質である15mg／ℓ 以上となる。（表10．１、表10．２、図10．２参照）

10.4.3 チャオピア川の水質に与える影響

チャオピア川の水質に与える影響を検討するために、調査対象地域のＢＯＤ収支を前述した２ケースについて、図10．３に示す。

	乾季におけるＢＯＤ収支（kg／日）	
	2000年	
チャオピア川からの流入	9,100	12,300
調査地域からの排出	116,600	116,600
調査地域外からの流入	4,300	4,300
クローン内での浄化	20,300	19,900
曝気式ラグーンでの除去	6,870	4,280
チャオピア川への排出	102,830	109,020
チャオピア川への実質流出	93,730	96,720

以上より、調査対象地域からチャオピア川へ排出されるＢＯＤ負荷は、ケース１で93,730kg／日、ケース２で96,720kg／日となる。

以上述べたように、将来2000年には人口増に伴う汚濁負荷量の増加により両ケースともチャオピア川へ排出されるＢＯＤ負荷量は、1986年の２倍以上となりチャオピア川の乾季平均流量を 174m³／秒とした場合、調査対象地域より下流側のチャオピア川の平均水質は、現況の３mgＢＯＤ／ℓ よりケース１で 6.4mgＢＯＤ／ℓ 、ケース２で 6.6mgＢＯＤ／ℓ に悪化することが予想される。

10.4.4 結　　論

本事業が実施された場合にも、以下に述べる理由により５年～６年以内には下水道の整備が不可欠なものとなる。

(1) 現時点においては、本事業を実施することにより乾季のクローンの平均水質をＢＯＤで20mg／ℓ から12mg／ℓ に改善することが可能であるが、2000年には汚濁負荷量の増加によりクローンの平均水質はケース１、ケース２でそれぞれ24mg／ℓ 及び15mg／ℓ に悪化する。（表10．１参照）

将来のクローンの平均水質は、ケース１及びケース２の検討結果より明らかなように、クローンの改修程度による浄化用水の導入量に大きく影響され、図10．４に示す２本の直線に囲まれた範囲になるものと想定され、５～６年以内にはＢＯＤで15mg／ℓ 以上に悪化する可能性が高い。

(2) 本事業による実質的な汚濁負荷の除去は、曝気式ラグーン以外に期待できない。従って、調査地域内の増え続ける汚濁負荷によってチャオピア川の水質は現況のＢＯＤで３mg／ℓ が2000年では 6.5mg／ℓ に悪化する。

(3) 本事業の有効な季節は年間を通じて典型的な雨季を除いた８ヶ月のみで、表10．３及び表10．４より明らかなように、雨季のクローンの水質は負荷量の増大に伴ってさらに悪化することとなり、2000年ではＢＯＤで20～50mg／ℓ となる。

表10．1 地域別クローン水質＜ＢＯＤ＞の比較（乾 季）

Unit: mg/l

			Present (1986)		Future (2000)	
			Existing Condition	With Urgent Project	Case 1	Case 2
Improved Water Quality in Dry Season (BOD: mg/l)	Ratanakosin Area	K. Wat Tep Tida & K. Wat Rajabopit	17 (56)	12 (24)	12 (25)	8 (18)
		Other Klongs /1	12 (22)	10 (18)	12 (23)	9 (15)
	Klongs in Surrounding Area /2		20 (33)	12 (16)	24 (45)	15 (27)
	K. Toey		23 (30)	25 (31)	30 (35)	30 (35)
	K. Sathorn & K. Chong Non Sri		47 (52)	12 (15)	17 (22)	17 (22)
Dilution Water Introduction ($10^6 m^3$ /day)			2.3	2.91	4.10	3.02

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 within parenthesis is maximum water quality.

4) Figure with no parenthesis is average water quality.

表10．2 クローン別平均BOD，最大BODの比較（乾 季）

Unit: mg/l

	Present (1986)		Future (2000)	
	Existing Condition	With Urgent Project	Case 1	Case 2
K. Bang Sue	11-13 (16-18)	8-10 (9-11)	21-24 (32-35)	13-14 (20-27)
K. Sam Sen	16-25 (26-28)	6-15 (7-16)	12-30 (28-35)	7-18 (16-22)
K. Prem Prachakorn	24-25 (29-32)	9-13 (11-15)	18-23 (33-35)	14-16 (25)
K. Huai Khwang	31 (33)	15 (15)	39 (45)	18 (23)
K. Mahanak - K. Saen Saep	14-25 (21-28)	11-14 (13-15)	11-23 (16-26)	8-17 (11-19)
K. Bang Kapi	24 (26)	14 (15)	28 (33)	16 (21)
K. Phadung Krungkasem	14-16 (20-22)	9-13 (10-13)	16-17 (21-23)	12 (14-15)
K. Bang Lamphu	8 (18)	11 (18)	11 (19)	8 (13)
K. Ong Ang	9 (15)	9 (13)	9 (15)	6 (10)
K. Lod	8-10 (17-19)	8 (12-13)	7-8 (13)	5-6 (8-9)
K. Wat Teptida	18 (56)	10 (16)	10 (16)	7 (12)
K. Wat Rajabopit	15 (30)	14 (24)	13 (25)	9 (18)
K. Tan	16 (17)	14 (14)	26 (28)	18 (19)
K. Phra Khanong	12 (13)	12 (13)	23 (24)	18 (19)
K. Toey	23 (30)	25 (31)	30 (35)	30 (35)
K. Sathorn	44 (45)	9 (13)	13 (19)	12 (17)
K. Chong Non Sri	50 (52)	14 (15)	20 (22)	19 (20)

Note: Figure in parenthesis indicates maximum BOD

表10．3 地域別クローン水質＜ＢＯＤ＞の比較（雨 季）

Unit: mg/l

			Present (1986)		Future (2000)	
			Existing Condition	With Urgent Project	Case 1	Case 2
Improved Water Quality in Dry Season (BOD: mg/l)	Ratanakosin Area	K. Wat Tep Tida & K. Wat Rajabopit	36 (55)	49 (50)	53 (54)	53 (54)
		Other Klongs /1	24 (38)	40 (49)	50 (57)	51 (58)
	Klongs in Surrounding Area /2		17 (39)	15 (41)	28 (70)	26 (63)
	K. Toey		19 (26)	18 (23)	21 (27)	21 (27)
	K. Sathorn & K. Chong Non Sri		35 (37)	33 (35)	39 (41)	43 (45)

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 within parenthesis is maximum water quality.

4) Figure with no parenthesis is average water quality.

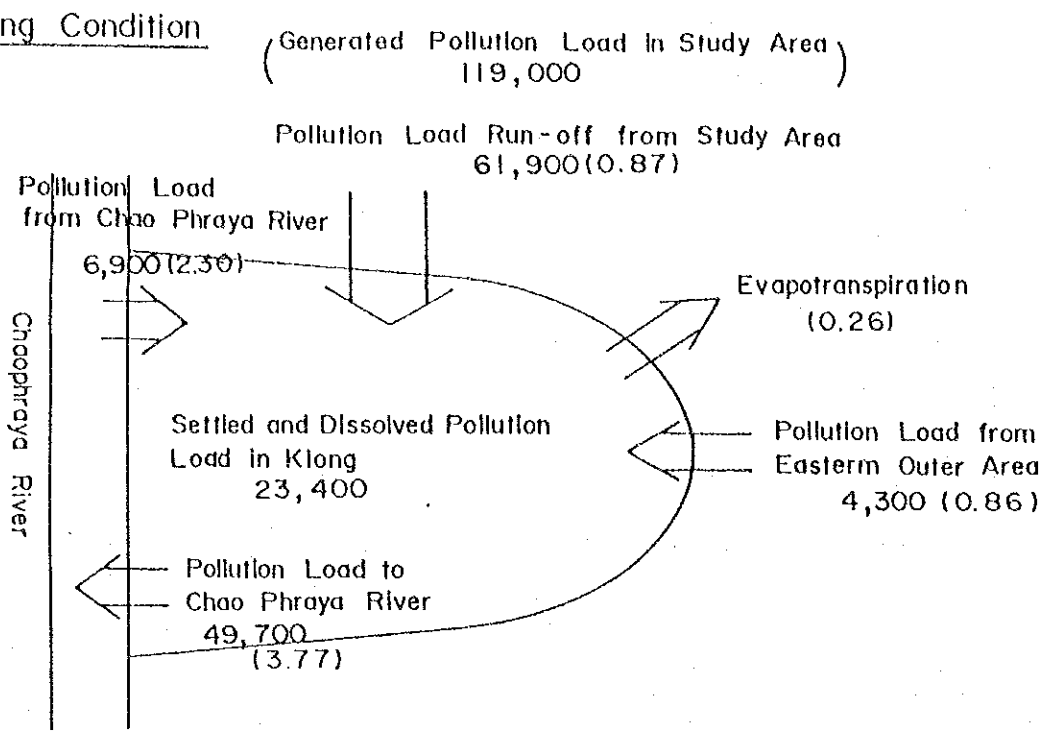
表10．4　クローン別平均ＢＯＤ，最大ＢＯＤの比較（雨　季）

Unit: mg/l

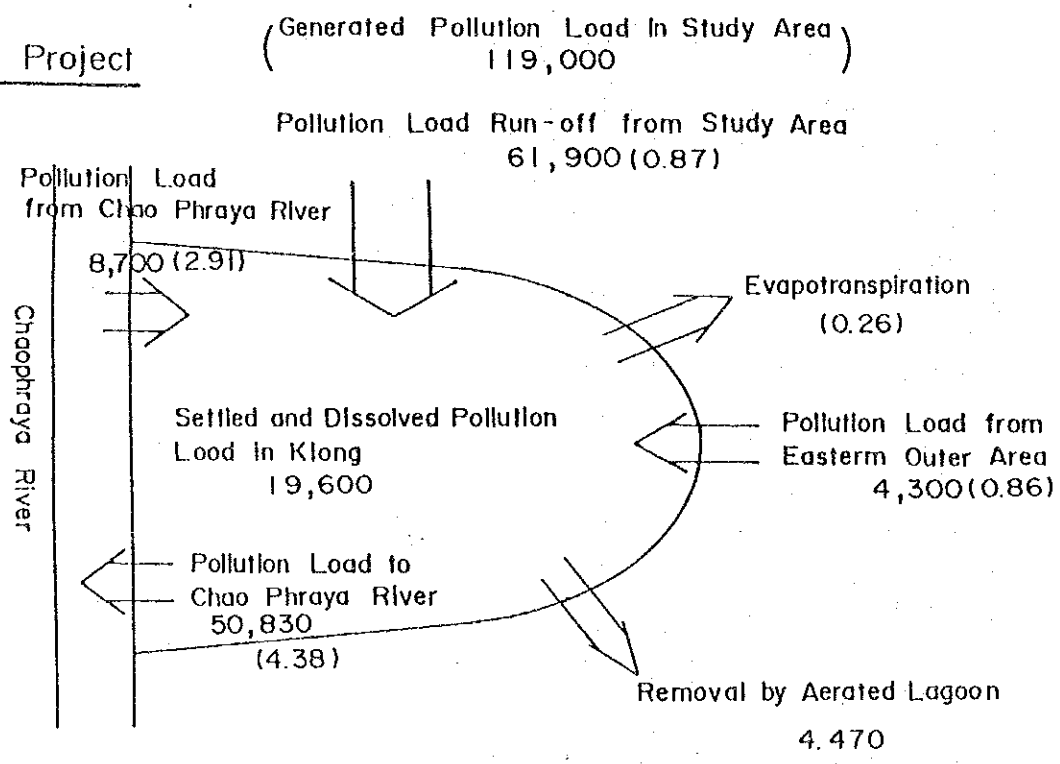
	Present (1986)		Future (2000)	
	Existing Condition	With Urgent Project	Case 1	Case 2
K. Bang Sue	8-14 (9-15)	8-17 (8-17)	22-30 (22-31)	19-27 (19-27)
K. Sam Sen	11-29 (15-30)	8-22 (8-23)	17-41 (17-41)	17-39 (17-39)
K. Prem Prachakorn	26-35 (27-39)	28-39 (28-41)	48-67 (48-70)	46-63 (46-63)
K. Huai Khwang	11 (11)	9 (9)	23 (23)	22 (22)
K. Mahanak - K. Saen Saep	20-22 (22-24)	15-45 (15-47)	25-55 (25-55)	25-56 (25-56)
K. Bang Kapi	16 (20)	8 (9)	18 (18)	18 (18)
K. Phadung Krungkasem	30-37 (30-38)	30-33 (31-34)	43-55 (44-57)	44-58 (44-58)
K. Bang Lamphu	18 (23)	48 (49)	57 (57)	58 (58)
K. Ong Ang	16 (22)	45 (46)	50 (51)	50 (50)
K. Lod	14-22 (18-24)	44-45 (45-46)	50 (50)	50 (50)
K. Wat Teptida	44 (55)	47 (47)	51 (52)	51 (51)
K. Wat Rajabopit	28 (33)	50 (50)	54 (54)	54 (54)
K. Tan	5 (5)	5 (5)	13 (14)	12 (12)
K. Phra Khanong	5 (6)	5 (5)	9 (9)	9 (9)
K. Toey	19 (26)	18 (23)	21 (27)	21 (27)
K. Sathorn	37 (37)	35 (35)	41 (41)	45 (45)
K. Chong Non Sri	32 (33)	30 (30)	36 (37)	41 (41)

Note: Figure in parenthesis indicates maximum BOD

Existing Condition



With Project



Note : Figures within parentheses mean water volume in million m^3/day
Figures with no parentheses mean pollution load in kg BOD/day

図10. 1	現況汚濁負荷量収支

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

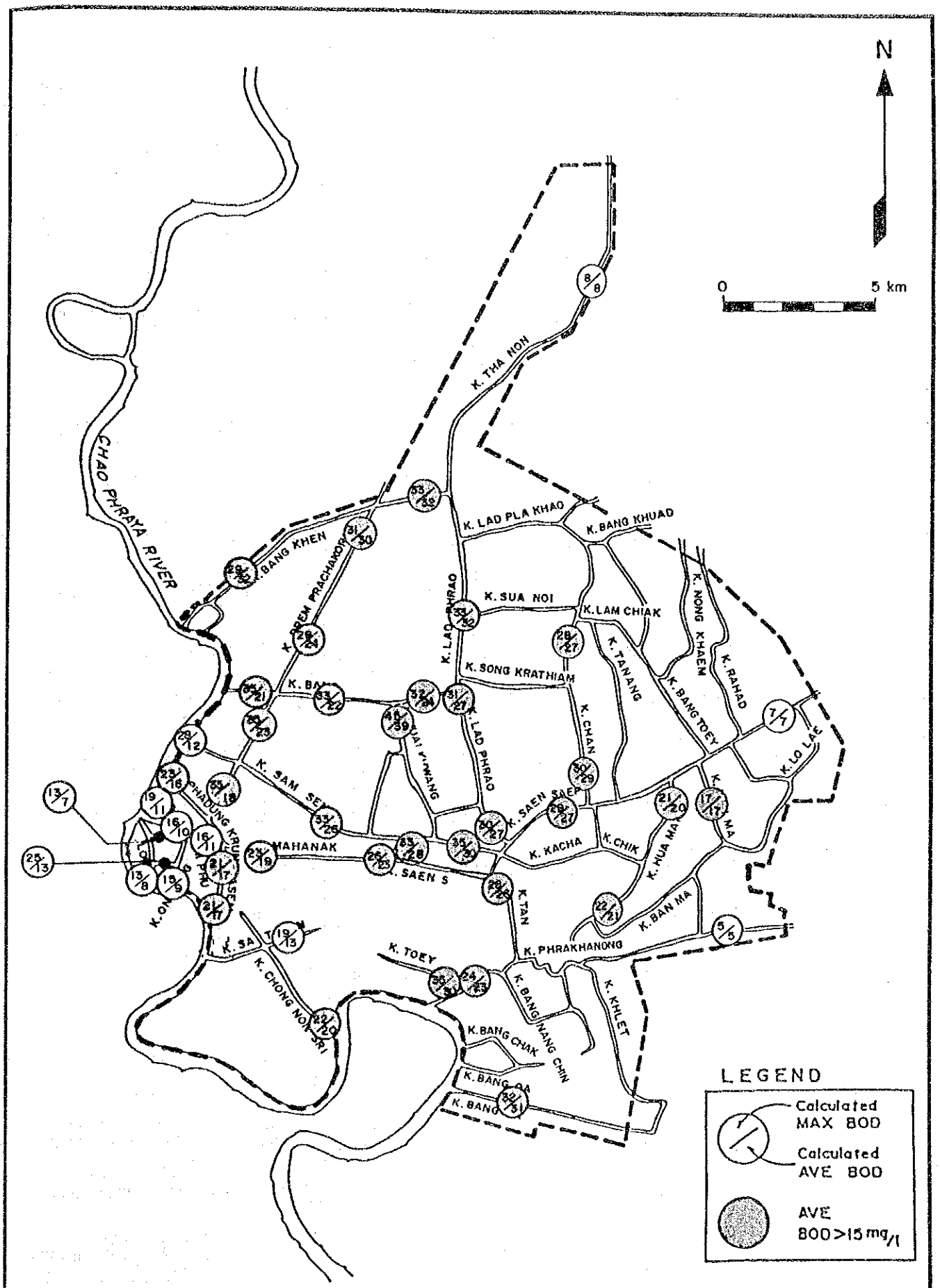


図10．2　ケース1における2000年のBOD分布（乾季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

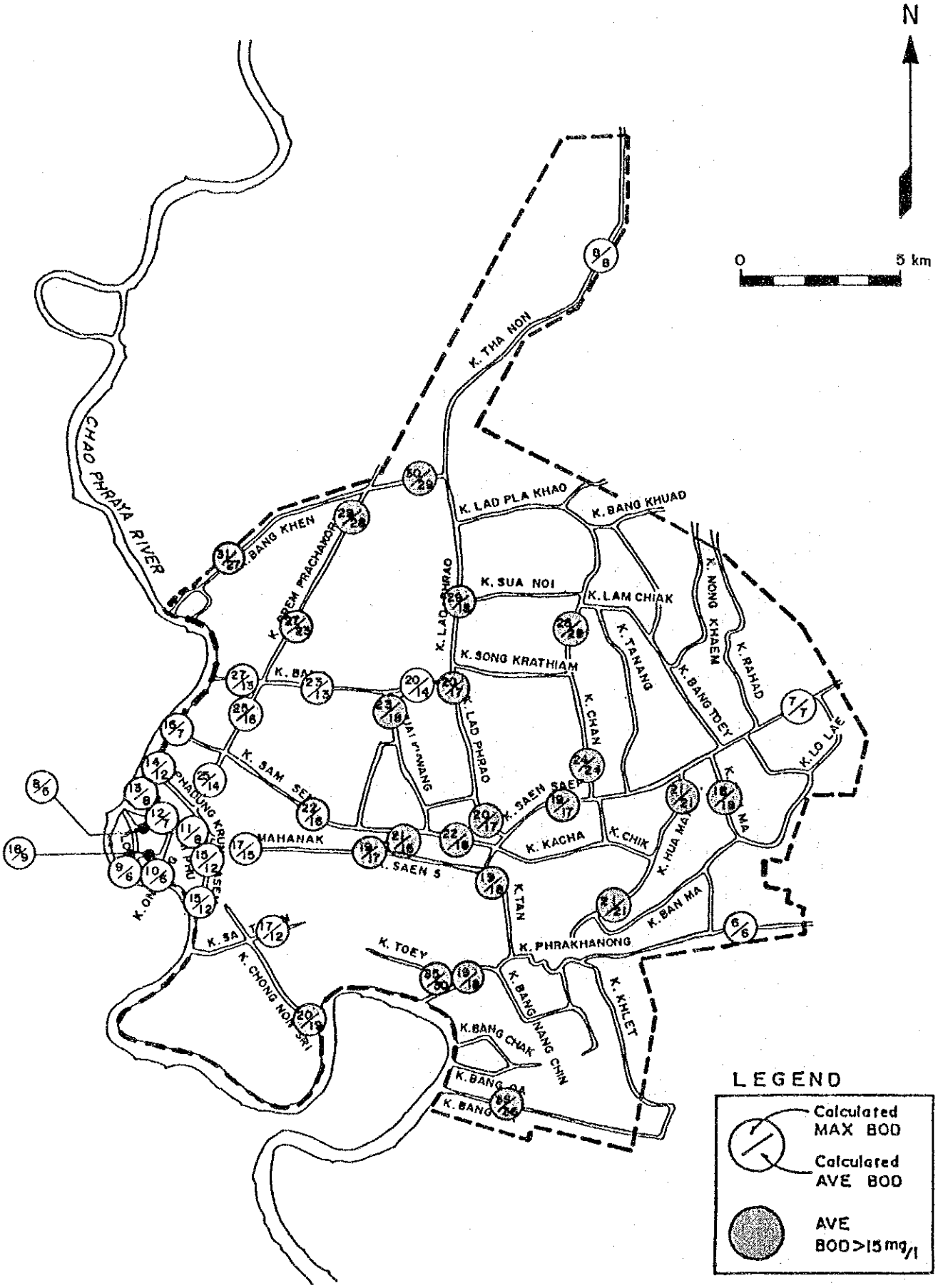
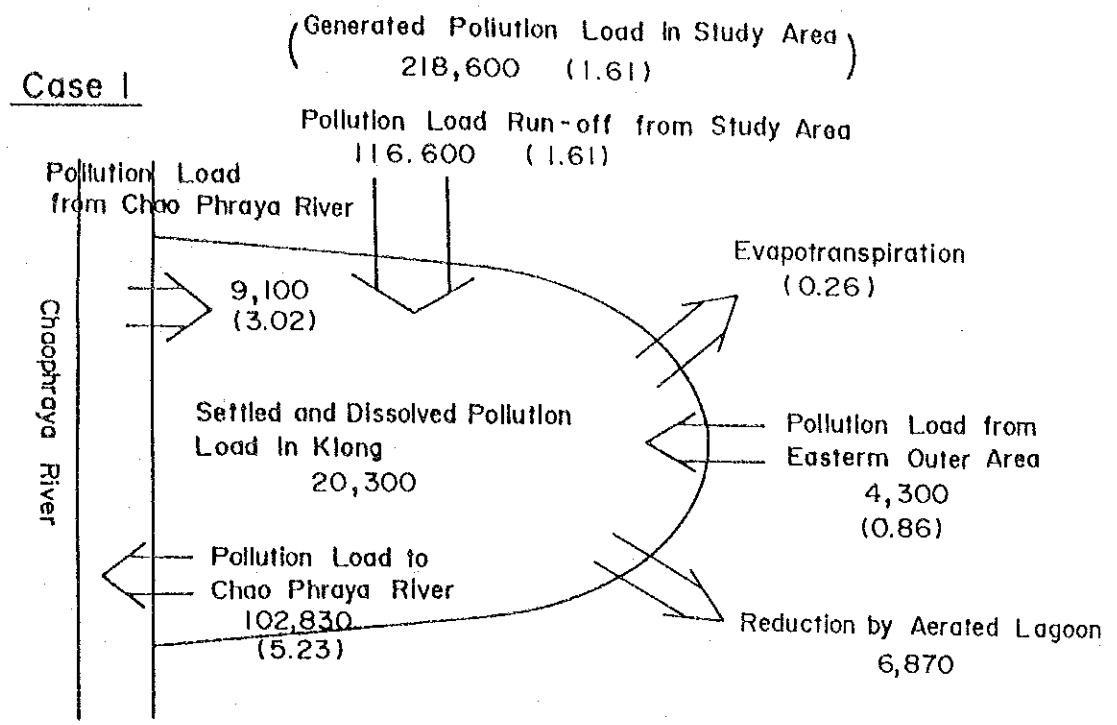
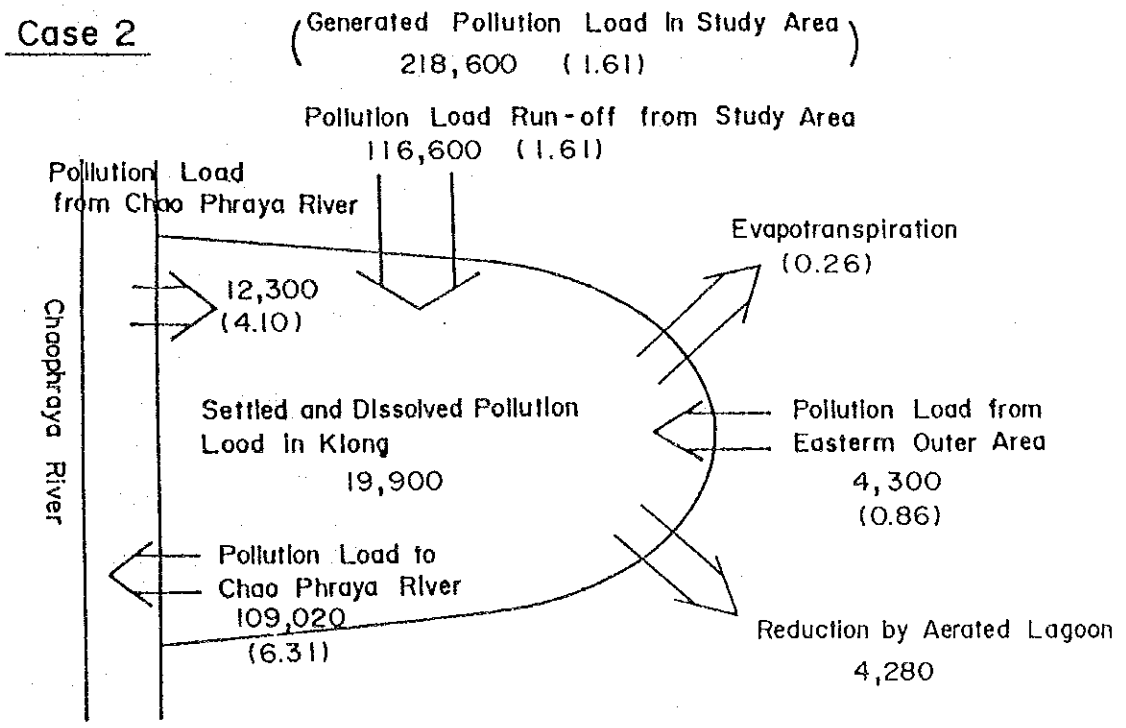


図10．3　ケース2における2000年のBOD分布（乾季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.





Note : Figures within parentheses mean water volume in million m^3/day
Figures with no parentheses mean pollution load in kg BOD/ day

図10. 4	2000年での汚濁負荷量収支

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

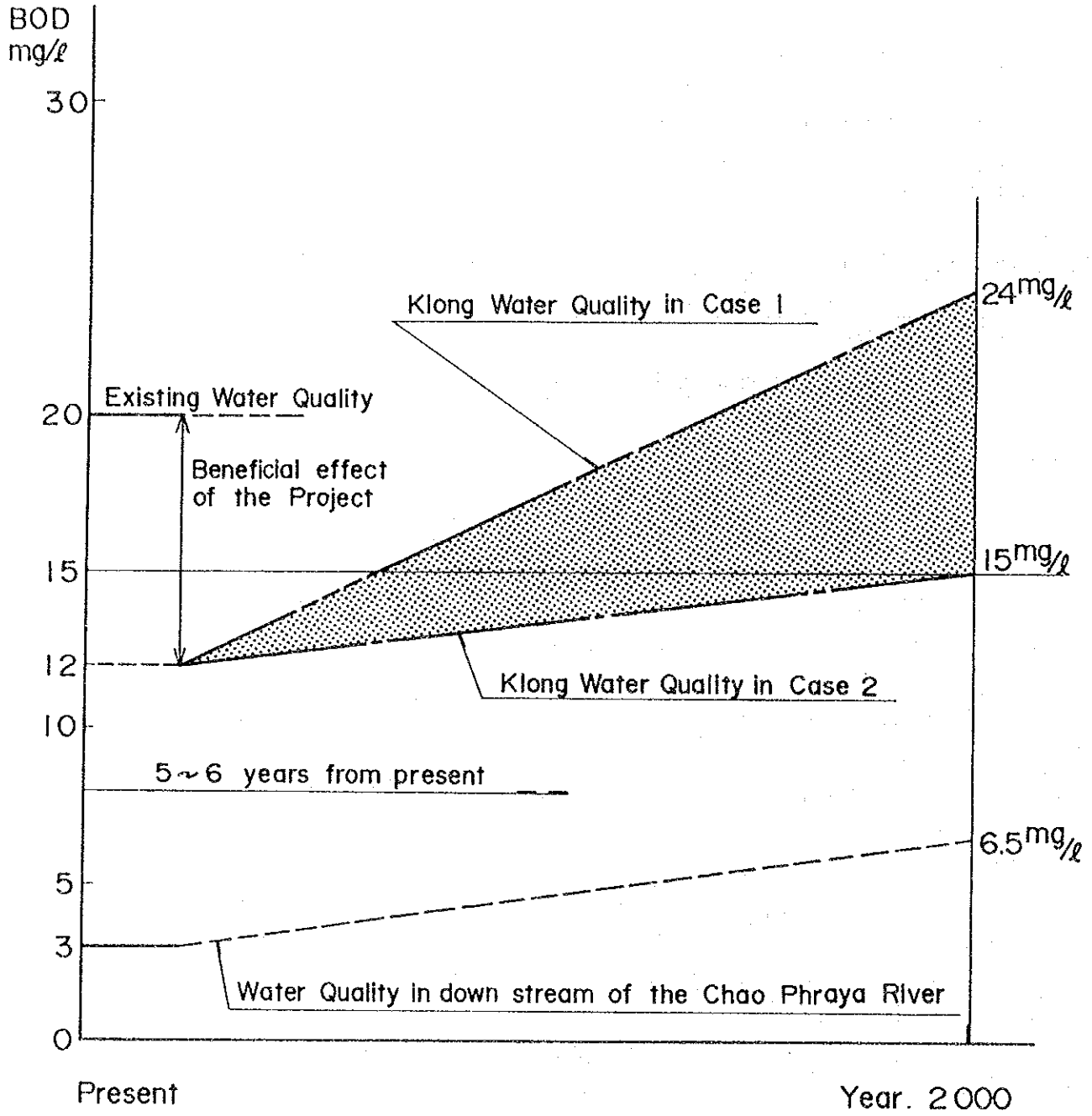


図10．5	周辺地区クローン及びチャオピア川の平均ＢＯＤ値の予測

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

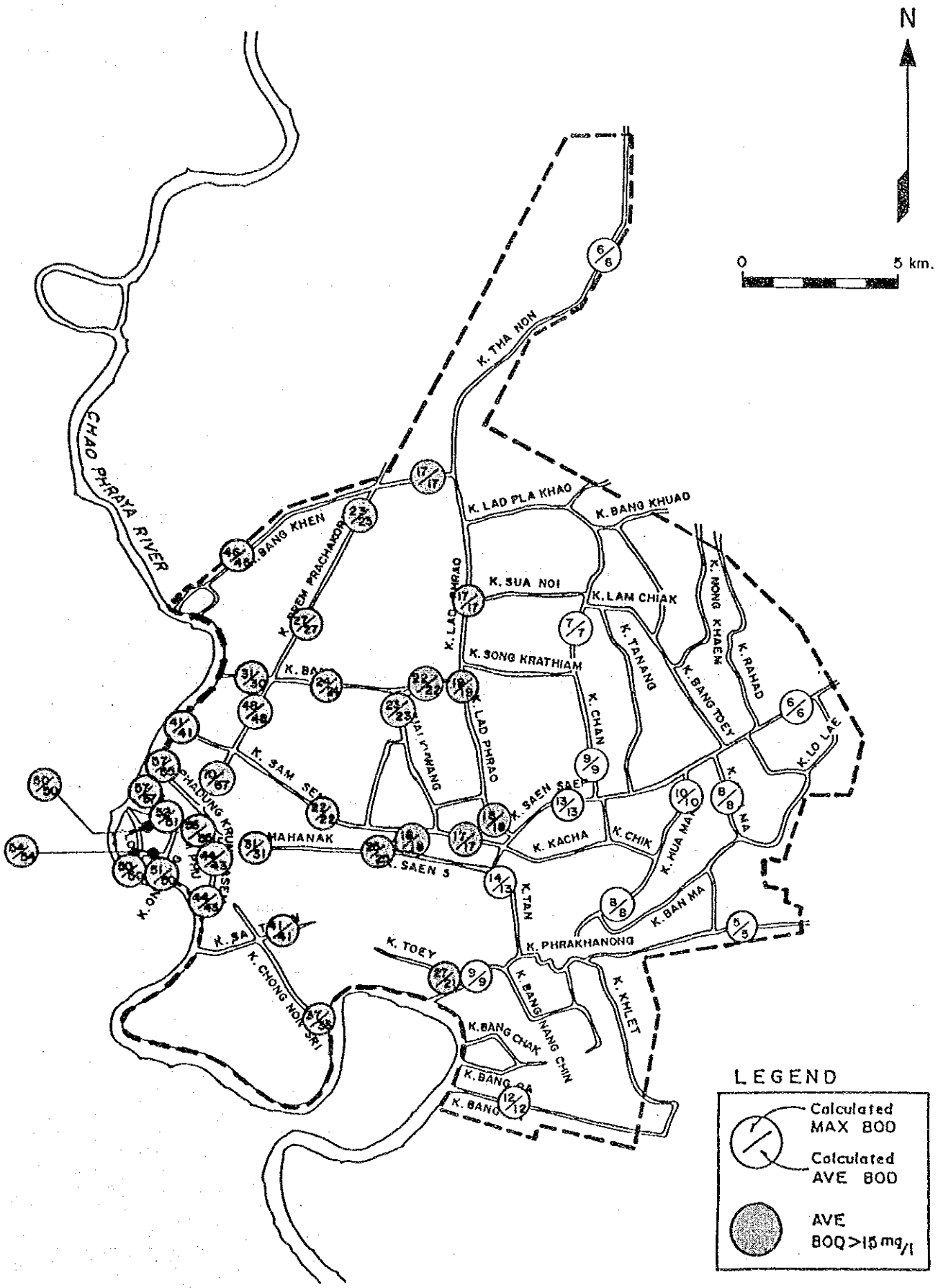


図10．6　ケース1における2000年のＢＯＤ分布（雨　季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

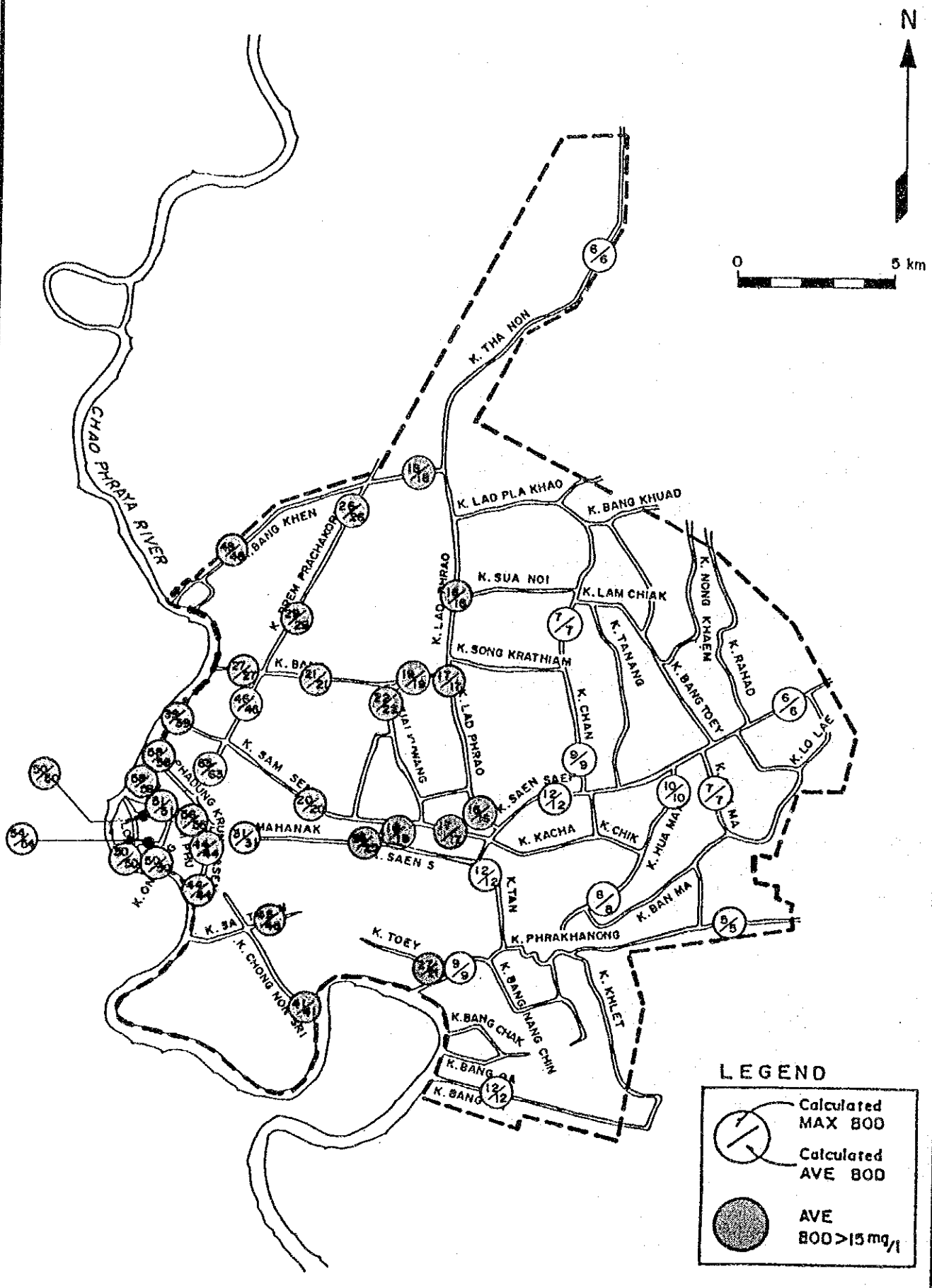


図10．7　ケース２における2000年のＢＯＤ分布（雨　季）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

第11章　補 足 調 査

第11章　補足調査

11. 1　トンブリ地区クローンの現状調査

11.1.1　概　　要

本調査はチャオピア川右岸のバンコク地区を対象にクローン水質改善計画を立案した。しかし、チャオピア川の対岸であるトンブリ地区にもクローンが縦横に走っており、水質悪化が問題となっている地点もみられる。

トンブリ地区における主なクローン網は図11. 1に示すとおりである。これらのトンブリ地区のクローンについて、ＤＤＳで行なった既存の水質調査結果を整理し、さらに本調査で実施した色相・臭気調査結果を合わせ、クローンの水質状況と水質改善の必要性について検討した。

11.1.2　現況水質

本調査では、ＤＤＳの調査結果のうち1981年から1986年までのデータを用いトンブリ地区クローンの現況水質を検討した。トンブリ地区クローンの現況水質は以下に示すとおり要約される。

(1) ＤＯ濃度の変動は０～ 3.8mg／ℓ の範囲を示しており、郊外地域及びチャオピア川との水の交換が良いクローン（バンサイ、マハサワト、サナムチャイ、バンコクノイ、バンパカエオなど）では１mg／ℓ 以上の値を示している。

一方、クローンバンコクヤイとチャオピア川とを結ぶクローンサムラエ、クローンバンナムチョン及びチャオピア川沿いの小クローンであるサン、バンプラコクなどでは、ほとんどの時期でゲートが閉じられており、水の交換がないため０～ 0.1mg／ℓ の低いＤＯ値を示している。

(2) ＢＯＤ濃度は４～68mg／ℓ の範囲を示し、ＤＯ値が低いクローンサムラエ、クローンバンナムチョンではそれぞれ68mg／ℓ 、48mg／ℓ と高い値を示している。またサン（66mg／ℓ ）、バンプラコク（36mg／ℓ ）などの一部の小クローンでも高い値が観測されている。

しかし、ほとんどの地点では10mg／ℓ 以下の低い値を示し、特に郊外部のクローンマハサワトでは４mg／ℓ とチャオピア川に近い値を示している。

11.1.3 クローンの色相・臭気

1988年８月（雨季）及び1989年１月（乾季）に実施したクローンの色相・臭気調査の結果をそれぞれ図11. ４、11. ５に示す。黒色もしくは灰黒色を示すクローンは強いH_2S臭・下水臭をはなち、水域は嫌気化し水質が悪化しているといえる。

11.1.4 クローン水質改善対策の必要性

既存水質資料及び色相・臭気調査の結果、有機汚濁が進行し不快感を受けるクローンとしては、サムラエ、バンナムチョン、バンサカエ、バンサイカイ、サン、バンプラコクなどである。

これらのクローンの水質悪化の原因は、常時ゲートが閉められているため外水との水の交換が起こらないためである。従って、これらのクローンの水質改善のためにはゲートを開き水を交換することで対応でき、新たな水質改善の施策は現在のところ必要ないものと考えられる。

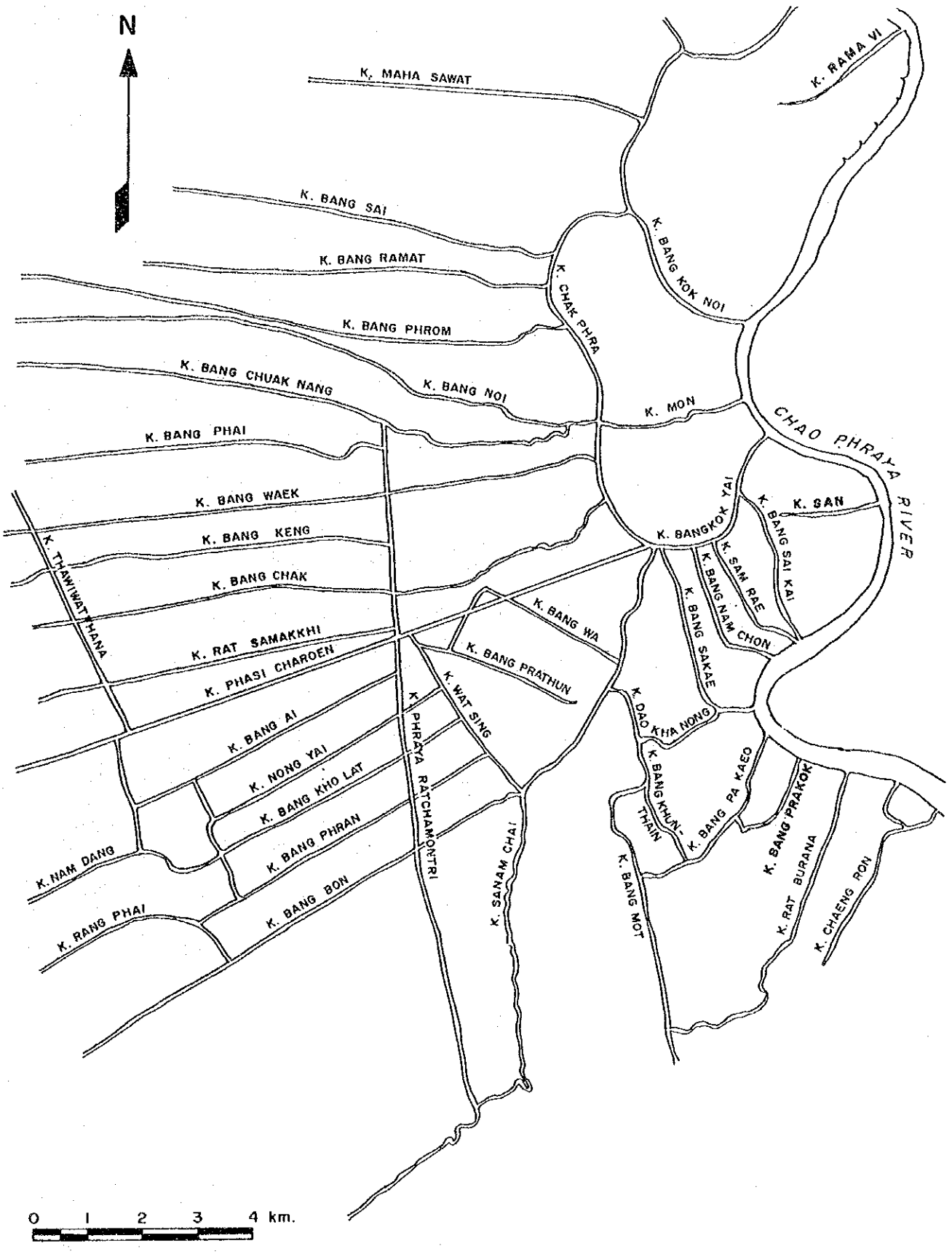


図11．1　トンブリ地区における主要クローン網

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

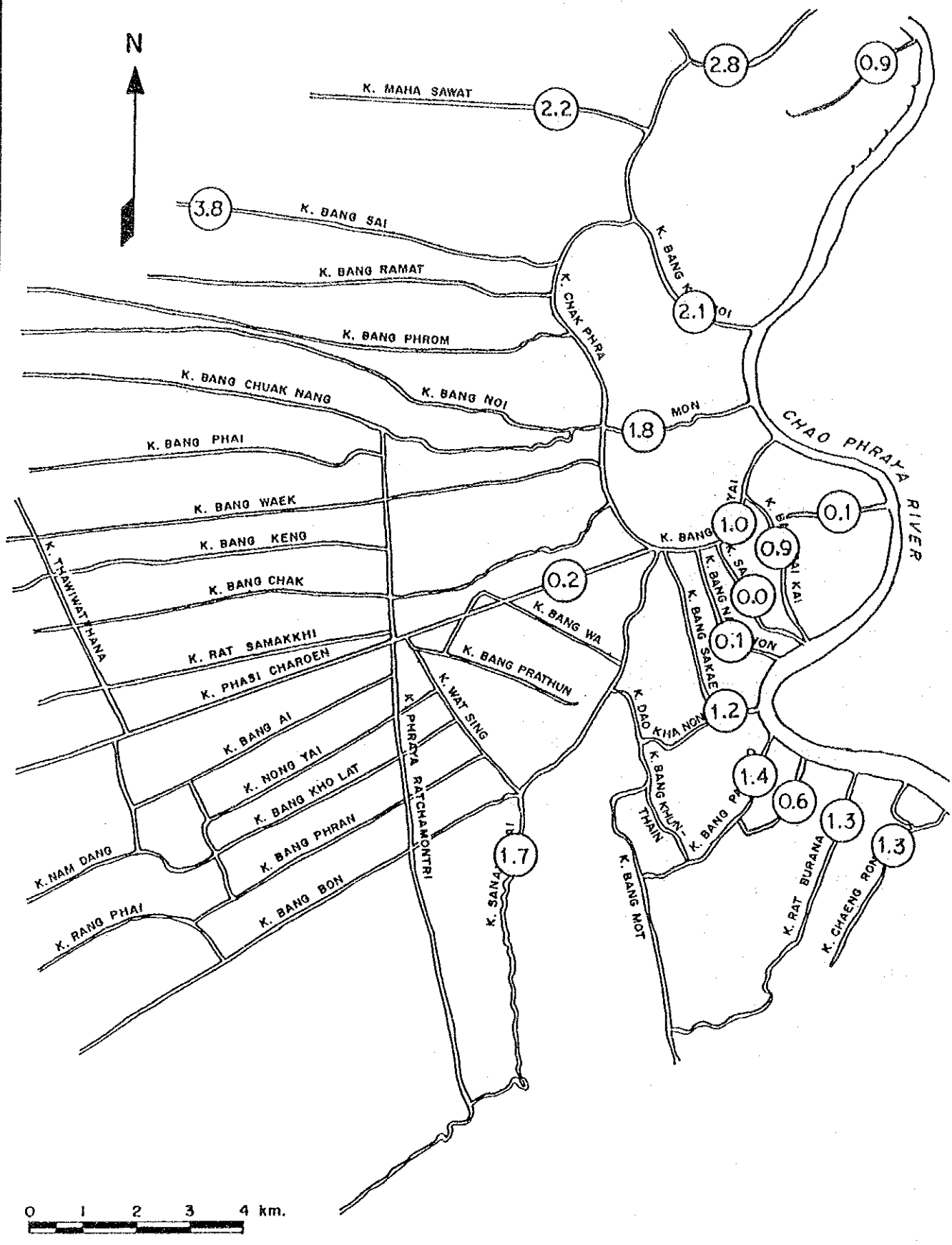
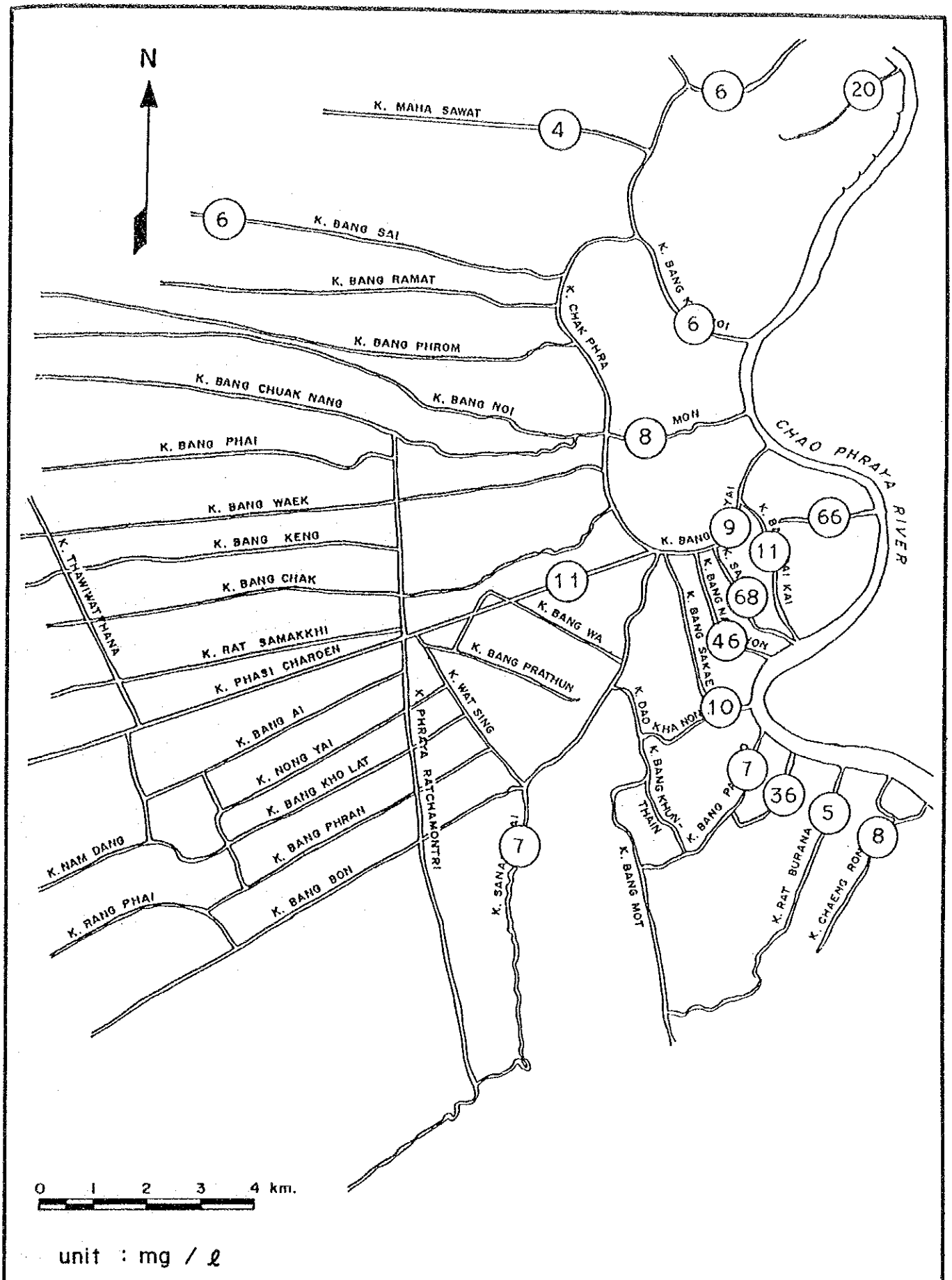


図11．2　水質の平面分布（DO）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.



unit : mg / ℓ

図11．3　水質の平面分布（BOD）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

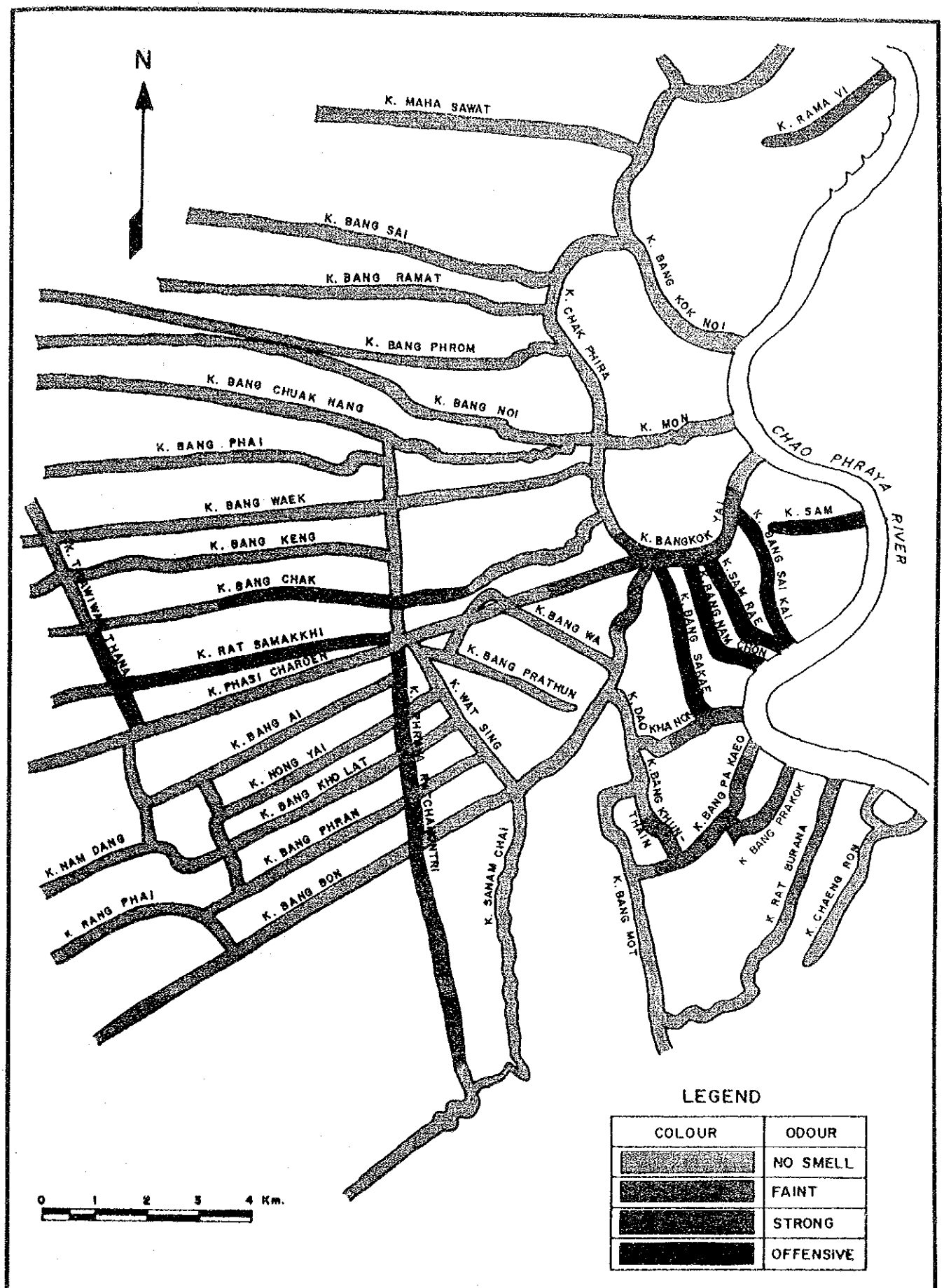


図１１－４　雨季におけるクローンの色相・臭気の現状（トンブリ地区）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

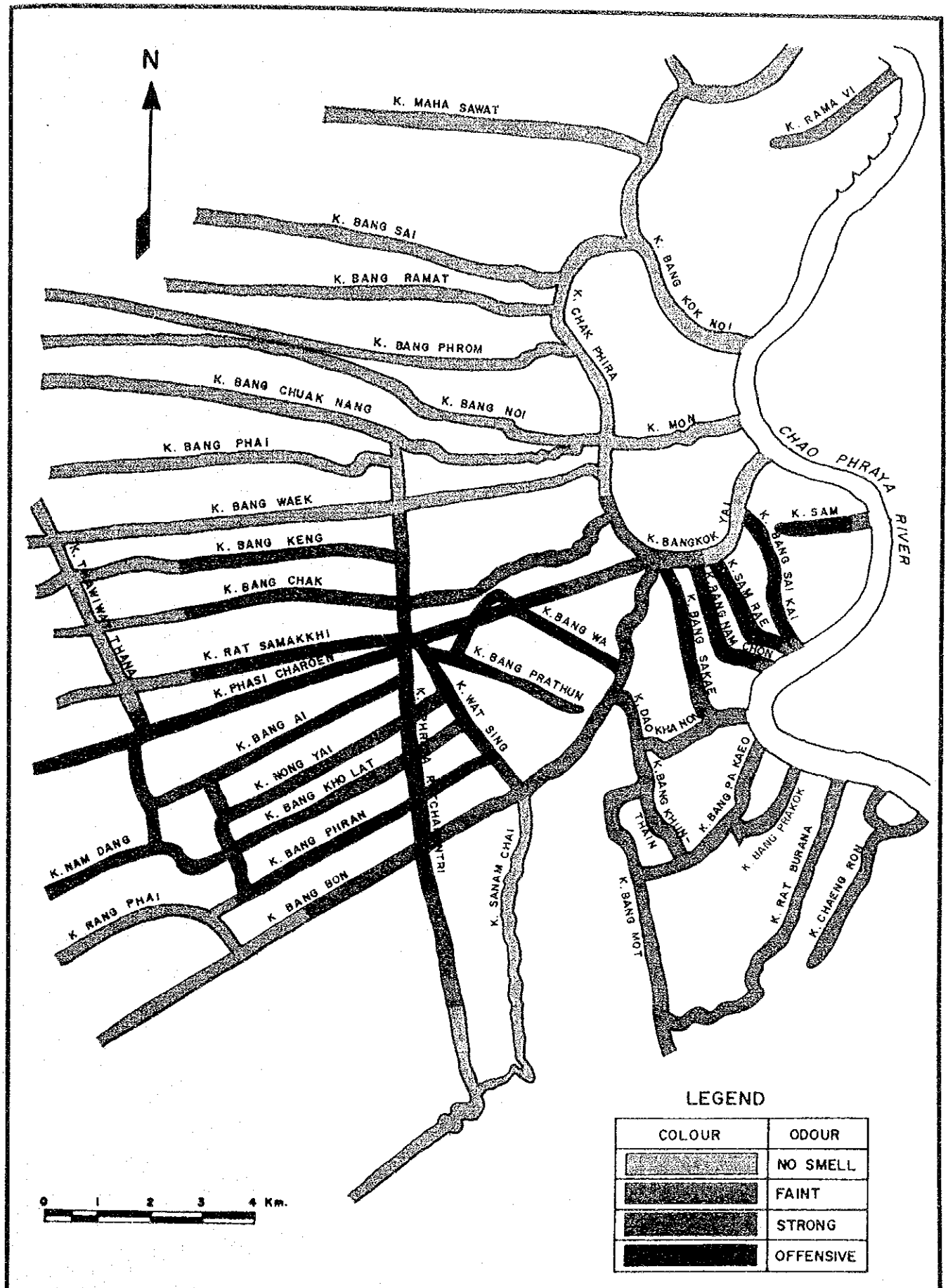


図１１－５　乾季におけるクローンの色相・臭気の現状（トンブリ地区）

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK

JICA 2532B.E. 1989A.D.

第12章　提言と今後の調査

第12章　提言と今後の調査

12. 1　クローン水質改善計画

チャオピア川からの浄化用水の導入と、マカサンポンドとラマⅨポンドの曝気式ラグーンによるクローンの水質改善計画は、暫定的ではあるが現在の汚濁したクローンを甦らせることができる最も実現性の高い低コストの施策であり、調査対象地域内のクローンの水質をＢＯＤで15mg／ℓ 以下にまで改善でき、刺激臭を発していた灰色または黒色のクローンはグリーンまたはブラウンに変色し、悪臭も発しなくなるまで改善される。この色と臭気の改善はクローンの環境改善の面から非常に大きな効果を発揮するものである。

さらに２ヶ所の曝気式ラグーンによりクローンサムセン及びクローンラドプラオの水を直接処理することにより、チャオピア川に流出する汚濁負荷の軽減が計られ、チャオピア川の水質保全にも効果があることが判明した。
以上より、本プロジェクトの早急な実施を提言する。

12. 2　プラカノンポンプ場の改修

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及びクルンカセムポンプ場より再びチャオピア川に排水される。浄化用水の導入期間は、典型的な雨季を除いた８ヶ月（11月～６月）で、その間の各ポンプ場の現時点でのポンプ運転時間は各々48,480時間・台と 7,832時間・台となっている。

しかし、2000年においては、地盤沈下の進行により導入される浄化用水量は著しく増大し、また導入された浄化用水は絶えずポンプによって排水されることになり、プラカノンポンプ場とクルンカセムポンプ場でのポンプ運転時間は各々106,000 時間・台と21,200時間・台に増大する。

従って、現在は暫定的なポンプ場であるプラカノンポンプ場を将来のポンプ運転時間の増大に対処可能な恒久的なポンプ場に改修することが必要であり、早期の実施を提言する。

12. 3　下水道整備計画

将来の人口増加に伴う汚濁負荷量の増大により、本プロジェクトが実施された場合でも、５年～６年後にはクローンの水質を計画目標水質であるＢＯＤで15mg／ℓ以下に維持することが困難となる。さらに、2000年にはクローンの水質はさらに悪化しＢＯＤで15mg／ℓ～24mg／ℓとなる。これに伴ってチャオピア川へ排出される汚濁負荷も増大し、現在のチャオピア川の水質であるＢＯＤで３mg／ℓが6.5 mg／ℓまで悪化することとなる。

また、雨季には現時点においてもチャオピア川からの浄化用水の導入が期待できないことにより、クローンの水質は、ＢＯＤで20～50mg／ℓまで悪化している。

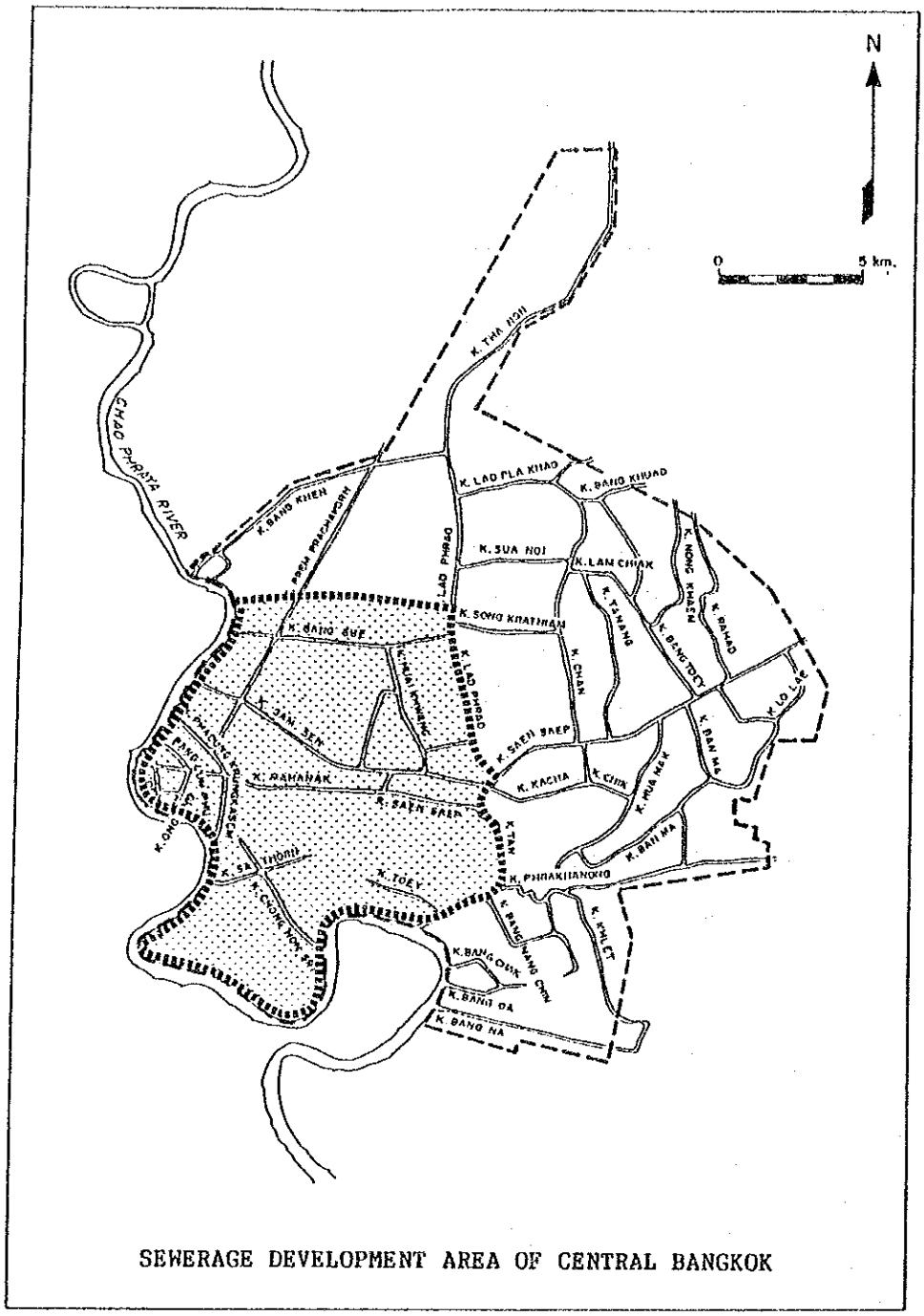
このような、将来の汚濁負荷の増加に伴うクローンの水質汚濁の進行を防止し、雨季のクローンの水質を改善するには、バンコクの市街化区域を対象とした恒久的な対策としての下水道の整備が不可欠であると考えられる（図12. １参照）。

しかし、下水道の建設は一般に莫大な投資と長年月の建設期間を要し、そのため投資に応じた便益を発生させることが困難な事業の一つである。それを解消するためには、プロジェクトを小分割し、優先順位を決定し、段階的に事業を実施することにより早期に便益を発生させることが必要である。ここではクローンおよびチャオピア川の水質保全を第一義とした下水道整備計画の実施を提言する。

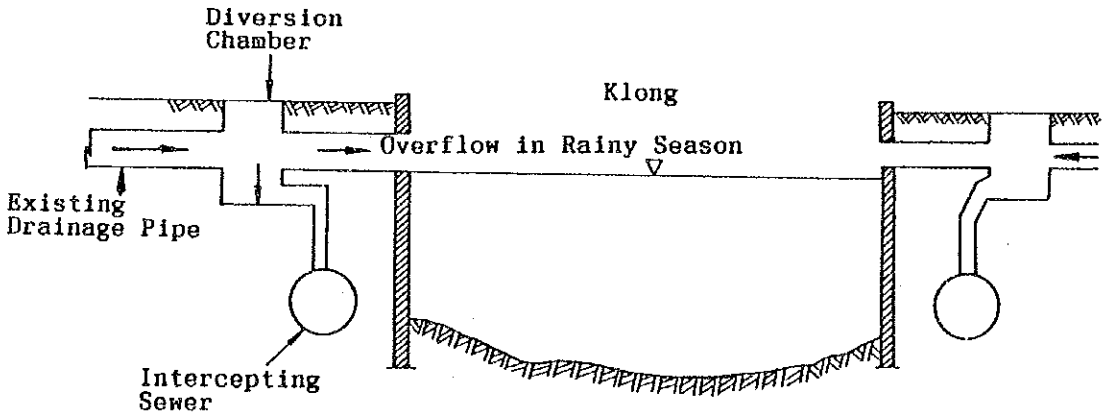
現在、バンコク市内の主な汚濁発生源としては、生活雑排水、し尿排水および営業排水が考えられ、そのうち、生活雑排水と営業排水は、現況の雨水排水施設を利用して、直接、公共用水域（クローン、チャオピア川）に排水されている。また、し尿排水についても、セプティックタンクからの越流水が同様に道路側溝等を経て、クローンに排水されている。

従って、クローン沿いに遮集管を建設することにより、現在無処理でクローンに排出されている汚水を分水し、クローンへの汚濁を軽減することが可能となる。このような遮集管方式による下水道整備が現在のバンコク市に最も適した、また、最も低コストで実現性の高い下水道計画と考えられる。バンコク市街地を対象とした遮集管方式による下水道の概略調査が、1988年にタイ国開発調査協会（ＴＤＲＩ）によって実施されたが、それによると建設費は約80億バーツで年間の維持管理費は約2.5 億バーツであった。

以上述べたごとく、将来におけるバンコク市内のクローン及びチャオピア川の水質を保全するためには、下水道の整備が不可欠であり、バンコク市街化区域を対象とした下水道のフィージビリティー調査を早期に実施することが肝要である。



SEWERAGE DEVELOPMENT AREA OF CENTRAL BANGKOK



TYPICAL SEWER INTERCEPTOR

図12．1　下水道整備優先地域と代表的汚水収集方式

JICA