

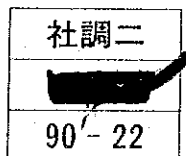
タイ 国

バンコク市クローン水質改善計画調査

要約報告書

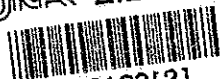
1990年2月

国際協力事業団



20847

JICA LIBRARY



1080132121

タイ国

バンコク市クローン水質改善計画調査

要約報告書

1990年2月

国際協力事業団

国際協力事業団

20647

序 文

日本国政府は、タイ王国政府の要請に基づき、同国のバンコク市クローン水質改善計画に係る開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1987年12月から1988年3月、1988年6月から1989年3月、1989年7月から1989年8月まで株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル 村田直人氏を団長とし、同社及び株式会社東京設計事務所から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、タイ国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年2月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

バンコク市クローン水質改善計画調査
伝 達 状

1990年2月

国際協力事業団
総裁 柳谷 健介 殿

タイ国バンコク市クローン水質改善計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、1987年12月7日、1988年5月31日及び1989年5月18日に国際協力事業団と株式会社パシフィック コンサルタンツ インターナショナルと株式会社 東京設計事務所の共同企業体との間で締結された契約に基づいて結成された調査団によって作成されました。

本調査ではバンコク市のクローンの汚濁の現況を調査し、チャオピア川からの浄化用水の導入と、曝気式ラグーン処理施設からなる低コストで維持管理の容易なクローン水質改善計画を策定いたしました。

報告書は、和文の要約報告書、主報告書、英文の要約報告書、主報告書、付属報告書に分冊されております。和文及び英文の要約報告書は調査全体を簡潔明瞭にまとめ、主報告書には調査の背景、クローン水質改善緊急計画ならびに提言を記述しております。付属報告書には、各種調査、検討内容及び事業計画内容の詳細を記述いたしました。

本報告書の提出にあたり、全調査期間にわたり多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在タイ日本大使館の諸賢ならびにタイ国政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するとともに本調査の成果がバンコク市内のクローンの水環境を改善し、バンコク市民の健康と衛生の向上の一助となることを希望する次第であります。

調査団長
村田 直人

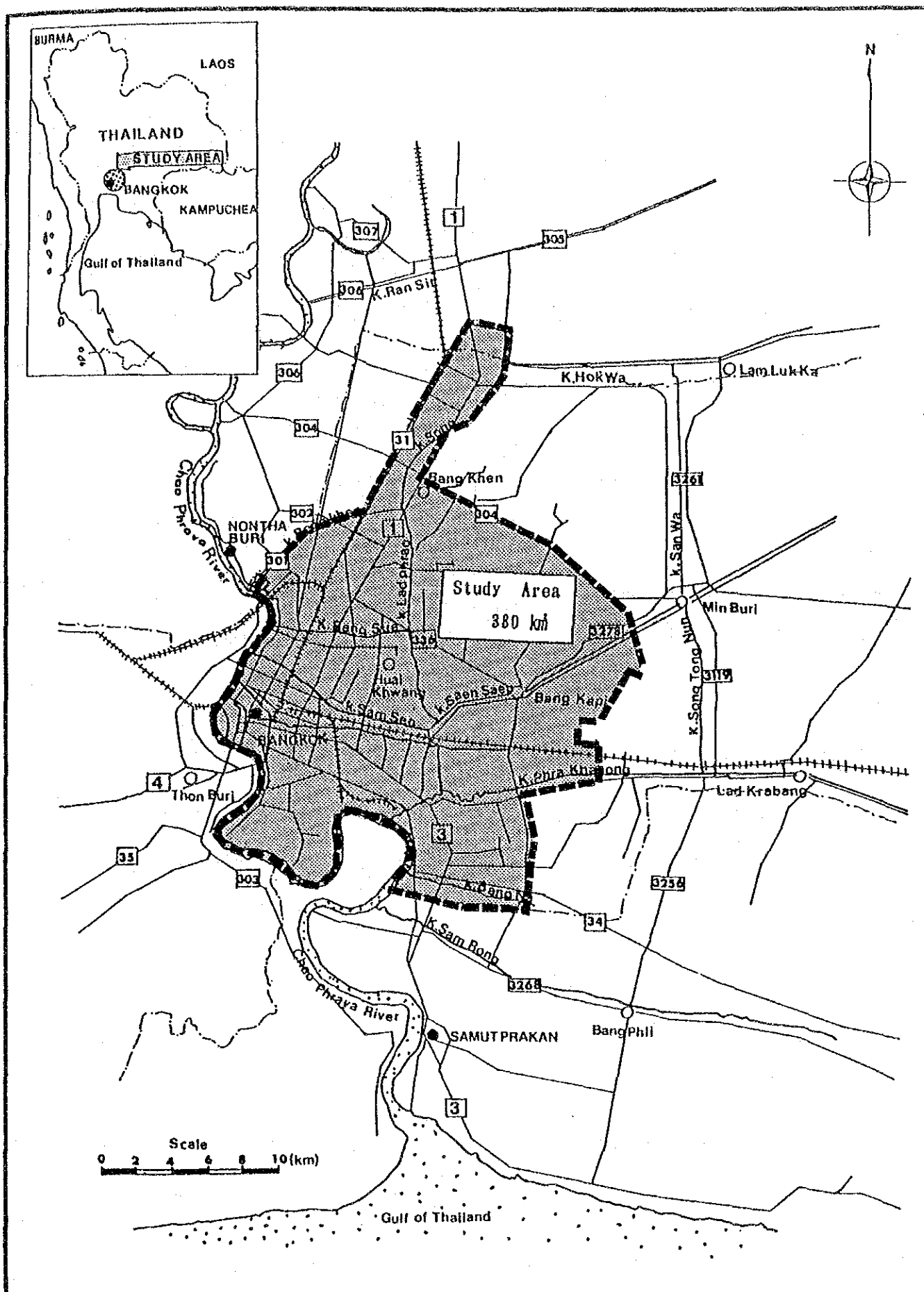


圖-1

調查對象地域

THE FEASIBILITY STUDY ON PURIFICATION OF KLONG WATER IN BANGKOK



2532B.E.
1989A.D.

要 約

1. 序 論

ASEAN諸国で近年とりわけ経済成長率が高いのはタイ国であり、その首都バンコク市は、ASEAN諸国の政治、経済の中心地として繁栄している。バンコク市は、チャオピア川の河口デルタ地帯に発達し、隣接するトンブリ地区と併せてバンコク首都圏を形成している。

バンコク市の近年の人口増は急激で首都圏の人口は、1960年の2.25百万人から1986年の5.47百万人に増大し、さらに2000年には、7.7百万人に達するものと予測されている。これに伴って市街化区域も1958年の96km²から1984年の350km²に拡大してきた。

バンコク市内にはクローンと呼ばれる運河が四通八達し、バンコクの船運、漁業、生活用水、かんがい用水路、排水路として重要な役割をはたしてきたが、近年の急激な都市化、工業化の影響により、クローンの下水路化が進行し、クローンの水質汚濁・悪臭はマンネリ化した交通渋滞とともにバンコク市の大きな社会問題となっている。

タイ国政府は、この様な状況に鑑み、日本国政府にクローンの水質改善計画のフィージビリティ調査の実施を要請した。日本国政府は、この要請を受けて、1987年12月にJICAの調査団を現地に派遣し、調査を開始した。

当初計画では、1989年3月に最終報告書を提出する工程であったが、曝気式ラグーン処理実験池に予定されていたマカサンポンドが使用できず、新たに建設されたラマ区ポンドに変更となったため、処理実験の工程が大幅に遅れることとなり、最終報告書は、調査開始後27ヶ月目の1990年2月に提出する事となった。

本調査は低コストによるクローンの水質改善計画を策定することであり、チャオピア川からの浄化用水の導入と曝気式ラグーンによる処理実験効果についてとりまとめたものである。

2. 調査対象地域

調査対象地域は、チャオピア川下流デルタ地域左岸側に位置するバンコク市の市中心地区(90km²)と東部郊外地域(290km²)からなる約380km²の低平地であり、満潮時にはチャオピア川の水位が現地盤より高くなり、それにより洪水が発生することがある。

また、バンコク市は、地下水の過剰汲み上げによる地盤沈下が著しく、年間平均で5cm程度の沈下が記録されている。

バンコク市の気候は、大きく乾季（11月～4月）と雨季（5月～10月）に大別され、年平均雨量 1,477mmの約70%がこの雨季に記録されている。さらに、9月から10月にかけては、広範囲なモンスーンの影響を受け、毎年最大の降雨を記録する。

3. 調査の目的

本調査は、バンコク市における主要なクローンの緊急的な水質汚濁改善計画の策定を目的とし、併せて、調査の実施を通じて、カウンターパートへの技術移転を図る。

4. チャオピア川とクローンの現況

4.1 チャオピア川の現況

チャオピア川は、流域面積 162,600km²（全国土面積の32%）、流路延長 980kmの大河川であり、北の山地部に源を発し、タイの中央部を南下したのちシャム湾に注いでいる。

調査対象地域の上流約50km地点のバンサイでの1963年から1976年の14年間に観測されたチャオピア川の各季節の最大、最小、平均流量は、以下のとおりである。

| | 乾 季 (1月～4月) | 雨 季 (8月～10月) |
|------|----------------------|------------------------|
| 最大流量 | 233m ³ /s | 2,172m ³ /s |
| 最小流量 | 120m ³ /s | 264m ³ /s |
| 平均流量 | 174m ³ /s | 1,095m ³ /s |

このうち、将来の水道水源等に対する水需要の増加を考慮すると浄化用水として本プロジェクトでの取水可能量は、70m³/s～80m³/sと考えられる。

チャオピア川の水質は、潮位、河川流量およびバンコク市から排出される汚水に影響される。雨季においては、チャオピア川の流量は多く、潮位およびバンコク市からの汚水の影響を打ち消し、チャオピア川下流全域を通じて一定した水質であるが、乾季においては、バンコク市からの汚水の影響が大きく、河口より60km地点を境に下流側では水質が大きく悪化している。

河口からの距離

| | | 0-60km | 60-130 km |
|-------|----|---------|-----------|
| D O | 雨季 | 3-4mg/Q | 3-4mg/Q |
| | 乾季 | 1-2mg/Q | 3-5mg/Q |
| B O D | 雨季 | 1mg/Q | 1mg/Q |
| | 乾季 | 2-4mg/Q | 1mg/Q |

また、河口より約40kmのバンコク橋付近までが海水の影響を受けている。

4.2 クローンの現況

調査対象地域内には、クローンが四通八達しており、1km²当り約1kmのクローンが存在する。そのうち、既市街化区域にある37のクローン（延長 219.1km）を本調査の対象とした。

クローンの幅は2~3mから50mであり、そのうち、川幅が20m以上のクローンは、センセップ、ラドプラオ、パドンクルンカセム、プラカノンである。

調査対象地域が低平地であるため、クローンの流下能力は下流側の水位条件となるチャオピア川の水位によって大きく変動し、護岸を越流して、洪水とまらない条件での最大流量は5m³/s~50m³/sの範囲となる。

現在、乾季には、チャオピア側から約16m³/sの浄化用水が既存水門より導入されており、その結果チャオピア川沿いのクローンの水質は比較的良好であり、BODも20mg/Q以下となっている。しかし、雨季においては、チャオピア川沿いにある水門が洪水防御の目的で全閉されるため浄化用水の流入がなく、クローン水質は悪化しBODは20~50mg/Qを示すようになる。

チャオピア川沿いのクローンは、乾季はブラウンか緑色を呈し、チャオピア川の色に近く臭いも無いが、雨季には黒色となり刺激臭を発するようになる。

さらにチャオピア川からの浄化用水が及ばない内陸部のクローンは年間を通じて色は黒く濁り、刺激臭を発している。

クローンの色、臭気による外観とBODを比較すると、以下のようになる。

1) 色

ブラウンまたは緑 : BOD < 15mg/Q
黒または灰黒色 : BOD > 20mg/Q

2) 臭気

無臭または若干の臭い : BOD < 15mg/Q
強臭または刺激臭 : BOD > 20mg/Q

4.3 排水システムの現況

調査対象地域は、西と南はチャオピア川の護岸により、また北と東および南の一部はボルダー（輪中）堤により囲まれており、チャオピア川や周辺地域からの外水の侵入を防いでいる。地域内の降雨は、チャオピア川護岸およびボルダー堤に設置されたポンプと水門により地域外に排水される。従って、特に雨季はチャオピア川沿いに設置された各クローンの水門は全閉される。

4.4 現況の汚濁発生量

調査対象地域内からクローンおよびチャオピア川に排出される汚濁負荷は、1986年でBODで119トン/日と推定される。

5. クローン水質改善計画

5.1 浄化水の導入

クローンの水質汚濁シミュレーションの結果、乾季においてはチャオピア川から連続して35m³/sの浄化用水をクローンに導入することにより、調査対象地域内の大部分のクローンの水質を目標水質であるBODで15mg/Q以下に保つことが可能である事が判明した。これは同時にクローンの色、臭気を改善し、クローンの利用価値を高めることに大いに役立つものである。

これは基本的には干潮時においても浄化用水を連続して導入できるようにすることであり、現在チャオピア川沿いにある14の排水ポンプ場のうち4ヶ所をリバーシブルタイプに改良する低コストな施策で実現可能である。

5.2 曝気式ラグーン処理

チャオピア川からの浄化用水の導入によるクローンの水質改善は、稀釈効果に依るところが大きくなる反面、滞流時間の短縮により沈殿効果が低下することにより、チャオピア川へ排出される汚濁負荷は、現況に比して若干(3,800kg・BOD/日)増加することとなる。このチャオピア川への汚濁負荷の増加を抑制するためにマカサンpondとラマIX pondに曝気式ラグーンを建設し、クローンの水を直接処理することとした。この2つの曝気式ラグーンでは、有機物を好気性状態で分解し、沈殿除去することにより1日当たり約4,470kgのBODが除去可能となる。従って、曝気式ラグーン処理システムを浄化用水の導入システムに組み込む事によって、乾季においてはクローンの水質を改善するとともにチャオピア川の水質保全にも有効である事が判明した。

クローンの水質改善計画を図-2に明示する。

5.3 事業費

直接工事費、技術経費、事務費および予備費を含む本プロジェクトの総事業費は、1988年10月価格で約203百万バーツである(物価上昇を見込んだ場合は、約223百万バーツとなる)。また、年間の維持管理費は約56.3百万バーツとなり、以下に各事業費の内訳を示す。

| 事業費 | 価格 (10 ³ バーツ) |
|----------------------------|--------------------------|
| A. <u>直接工事費</u> | 167.790 |
| (1) バンスーポンプ場の改修 | 9.280 |
| (2) サムセンポンプ場の改修 | 7.910 |
| (3) タベートポンプ場の改修 | 10.370 |
| (4) サトーンポンプ場の改修 | 10.420 |
| (5) クローンの浚渫 | 11.010 |
| (6) マカサンpond 曝気式ラグーンの建設 | 59.500 |
| (7) ラマIX pond " | 59.300 |
| B. <u>技術経費および事務費 (10%)</u> | 16.779 |
| C. <u>予備費 (10%)</u> | 18.456 |
| 小計 | 203.025 |
| D. <u>物価上昇 (10%)</u> | 19.975 |
| 計 | 223.000 |
| E. <u>年間維持・管理費</u> | 56.300 |

5.4 事業評価

(1) 経済評価

クローンの水質改善事業によって発生する便益のうち、金額に換算できるものとしては、以下の4つが考えられる。

| | 金額 (10 ³ パーツ) |
|----------------------------|--------------------------|
| - クローンを利用した交通と水上マーケットによる便益 | 21,600 |
| - 健康と衛生にかかわる便益 | 12,900 |
| - 生活用水としてクローンを利用することの便益 | 27,200 |
| - レクリエーションにクローンを利用することの便益 | 100 |
| 計 | 61,800 |

本プロジェクトの完成を1991年とすると、上述した如く1992年からは年間61.8百万パーツの便益が発生することとなり、本プロジェクトの有効期間を21年とした場合、内部収益率は 5.5%となった。

(2) チャオピア川に対する影響

浄化用水の導入と曝気式ラグーン処理システムからなる本プロジェクトは、単にクローンの水質改善にとどまらず、チャオピア川への排出負荷を軽減し、チャオピア川の水質保全にも有効である事が判明した。

6. 提言と今後の調査

6.1 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pondとラマ区pond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、BODで4,470kg/日の除去が可能となり、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。

このような理由から、本プロジェクトが早期に実施されることを提言する。

6.2 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およ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。浄化水の導入期間は、典型的な雨季を除いた8ヶ月間（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、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115,200時間・台と23,040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事が必要であり、早期の実施を提言する。

6.3 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、本プロジェクトを実施した場合でも、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6.5mg/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。

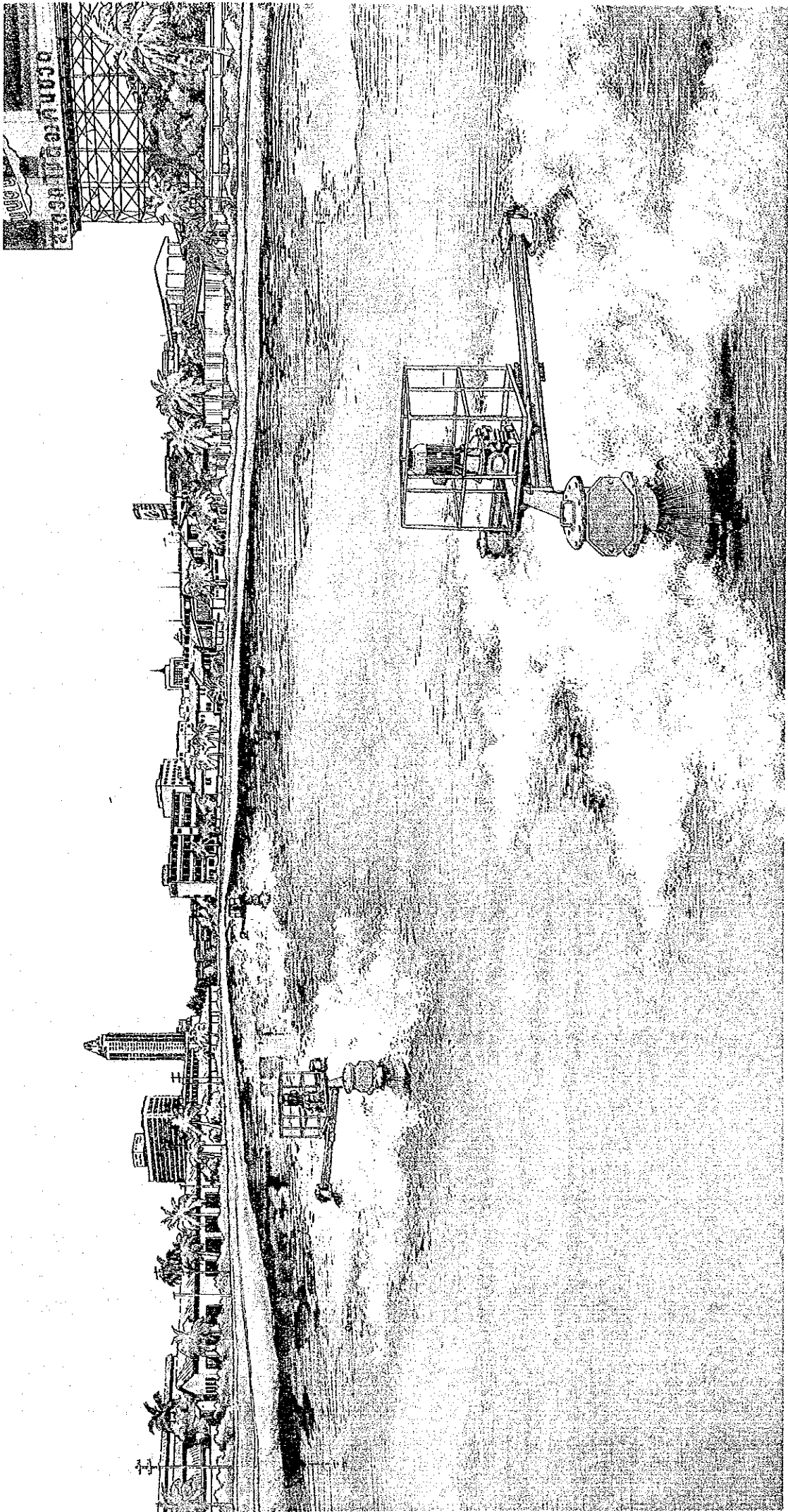
このような、将来の汚濁負荷の増加に伴うクローンの水質汚濁の進行を防止し、雨季のクローンの水質を改善するには、バンコクの市街化区域を対象とした恒久的な対策としての下水道の整備が不可欠であると考えられる(図2参照)。

しかし、下水道の建設は一般的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。

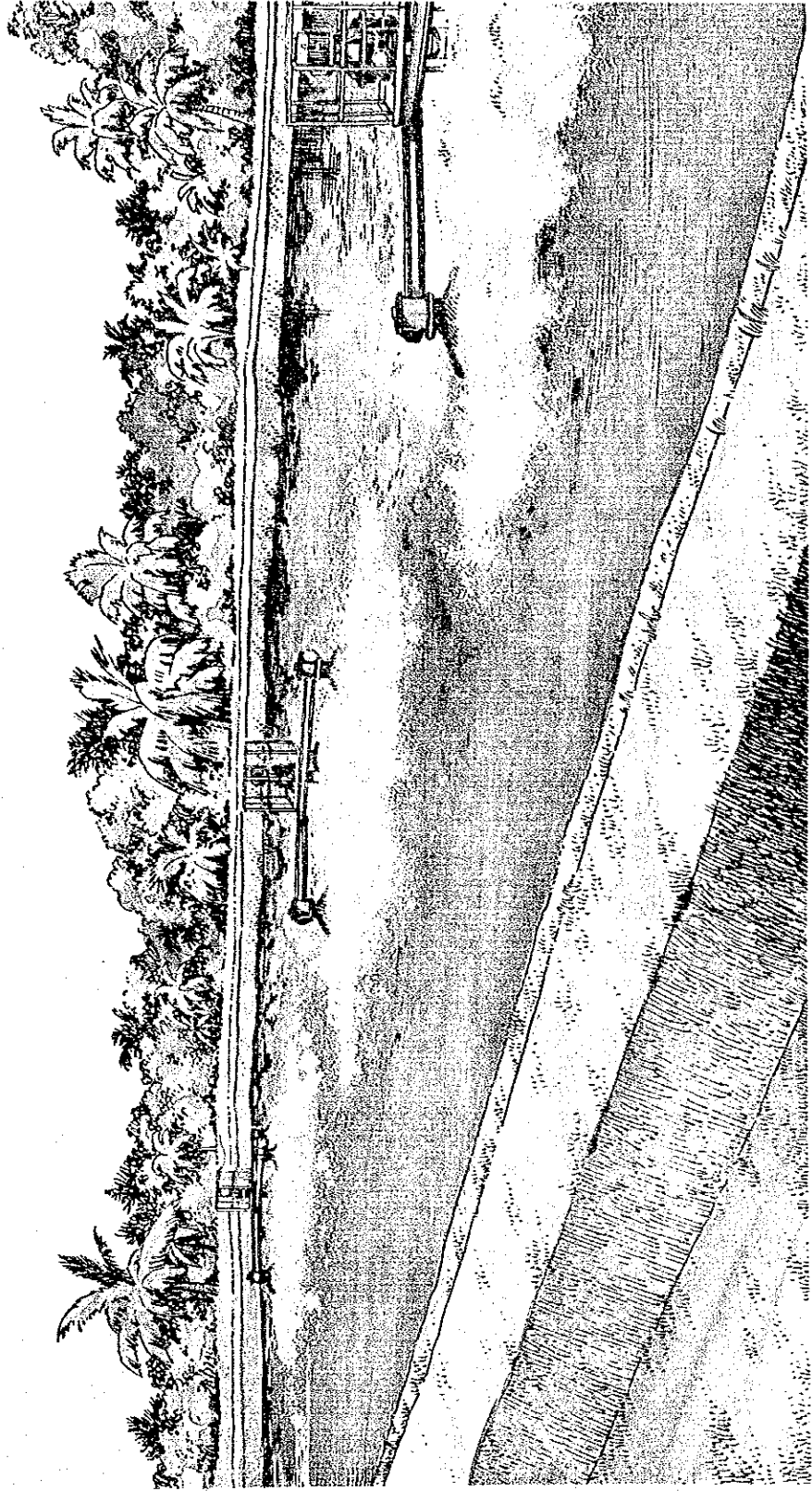
現在、バンコク市内の主な汚濁発生源としては、生活雑排水、し尿排水および事業所排水が考えられ、そのうち、生活雑排水と事業所排水は、現況の雨水排水施設を利用して、直接、公共用水域(クローン、チャオピア川)に排水されている。また、し尿排水についても、セプティックタンクからの越流水が同様に道路側溝等を経て、クローンに排水されている。

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。

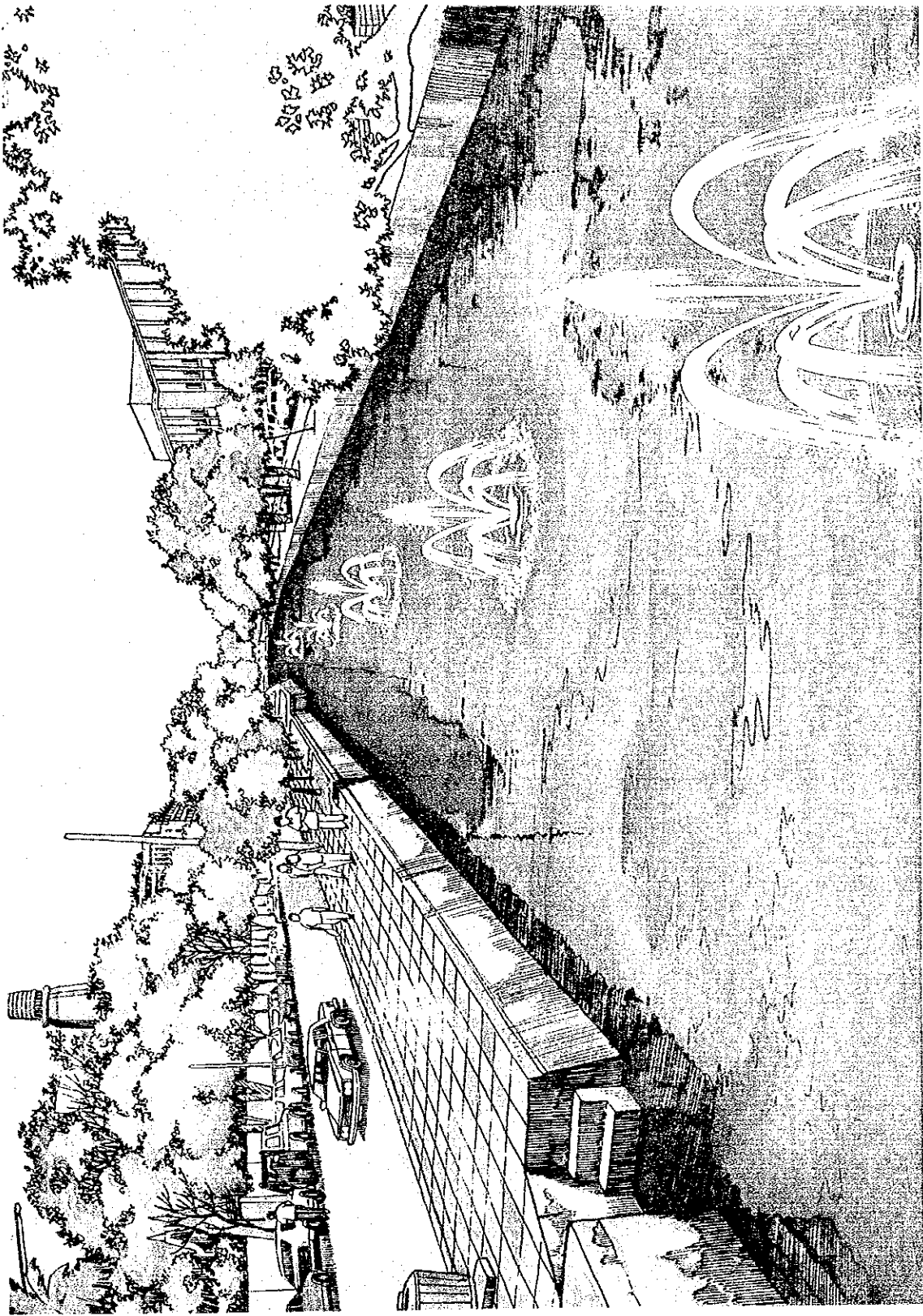
以上述べた如く、将来におけるバンコク市内のクローンおよびチャオピア川の水質を保全するためには、下水道の整備が不可欠であり、バンコク市街化区域を対象とした下水道のフェージビリティ調査を早期に実施することが肝要である。



マカサンプOND曝気式ラグーン処理施設



ラマⅩポンド曝気式ラグーン処理施設



水路内曝氣式淨化施設

JICA