

メキシコ合衆国「モンテレイ上下水道事業」

評価報告：1999年9月

現地調査：1999年4月

事業要項

借 入 人：メキシコ合衆国政府

実 施 機 関：モンテレイ上下水道公社

交換公文締結：1992年 6月

借款契約調印：1992年 10月

貸 付 完 了：1997年 12月

貸付承諾額：13,482 百万円

貸付実行額：13,482 百万円

調 達 条 件：一般アンタイト

貸 付 条 件：金利 3.0 %

償還期間 25年（うち据置7年）

参 考

(1) 通貨単位 : メキシコペソ (Peso)

(2) 為替レート : (IFS年平均市場レート)

年	1992	1993	1994	1995	1996	1997
ペソ / US\$	3.1	3.1	3.4	6.4	7.6	7.9
円 / US\$	126.7	111.2	102.2	94.1	108.8	121.0
円 / ペソ	40.9	35.9	30.1	14.7	14.3	15.3
CPI ^{注)}	141.7	155.5	166.3	224.5	301.7	364.0

注 : CPI : 1990 = 100

(3) アプライザルレート :

円 / US\$ = 137円

(4) 会計年度 : 1月 ~ 12月

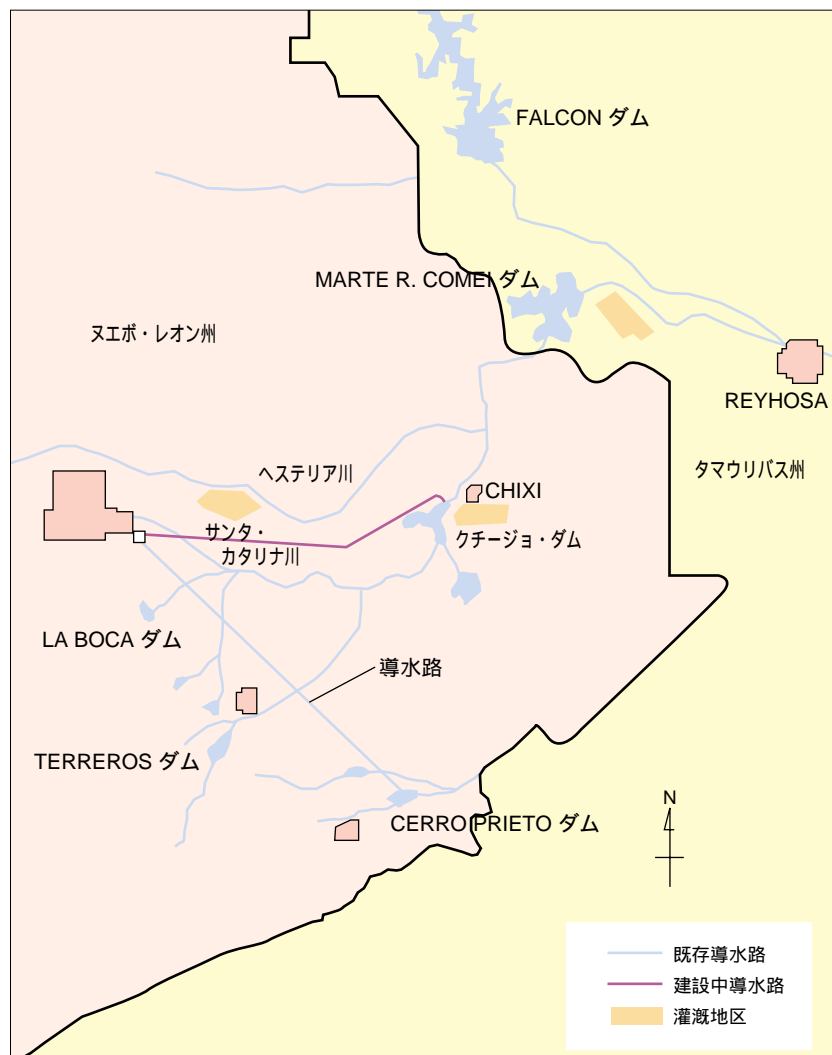
(5) 略語 :

IDB : Inter-American Development Bank (米州開発銀行)

CAN : Comision Nacional del Agua (国家水委員会)

SADM : Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (モンテレイ上下水道公社)

事業地



I 事業概要と主要計画/実績比較

1. 事業概要と国際協力銀行分

本事業は、メキシコ第2の工業都市であるヌエボレオン州のモンテレー都市圏の人口増に対応し、上下水道の整備を図るモンテレイ上下水道計画の一環として、2005年を目標とする下水処理システムを構築し、現在未処理のまま下水を放流していることから生じている河川の汚染を防止するものである。モンテレイ上下水道計画のうち、上水道の整備については米州開発銀行 (IDB) が融資を行い、国際協力銀行 (以下、「本行」) は下水道整備に対して融資を行う。

本事業 (すなわち下水道部分) は、3ヵ所の下水処理場の建設、集水管の建設、ポンプ場の建設から成っており、総事業費は17,976百万円 (うち内貨分13,094百万円) である。このうち、下水処理場の建設費の全額、およびコンサルタント費用が円借款の対象である。(借款金額13,482百万円)

2. 本事業の背景

2.1 モンテレイ都市圏の人口増加

モンテレイ市とその周辺部(都市圏)の人口 (250万人) はヌエボレオン州の人口の約80%を占めていた。近隣からの人口流入による人口増加が顕著で、年間約5%の増加率であり、2000年には450万人となることが予想されていた。

2.2 下水道サービスの状況

集水管は、上水道供給地域の82%をカバーしており、一次、二次集水管総延長は164km、末端集水管網は総延長3,378kmであった。しかし、集められた汚水は、何ら処理されることなく、約60%は灌漑用に使用され、残りのほとんどは河川に放流されていた。汚水のごく一部については、民間により処理され工業用に再利用されていた。

2.3 事業の必要性

モンテレイ都市圏の2000年の上水需要は、1990年当時の供給能力である約8.8 m³/s の約2倍、17 m³/s となると見込まれていた。上水の供給を増加させても、下水処理をせずに汚水を放流すれば河川の汚染が一層進行し、下流の水利用にも影響が生じるため、これに対する対策が必要であった。

2.4 本事業に係る経緯

1990年 12月	IDBとメキシコとの間で、本事業の上水道部分に関する借款契約に調印 メキシコ政府より円借款の要請
1991年 5月	本行アプレイザルミッション派遣
1992年 3月	事前通報
6月	交換公文締結
10月	借款契約調印

3. 主要計画・実績比較

(1) 事業範囲(アンダーラインが本行借款対象)

事業範囲	計画処理能力	実績	差異
<u>下水処理場の建設</u>			
- Dulces Nombres	5.0 m ³ / s	同左	なし
- Norte	2.5 m ³ / s	同左	なし
- Noreste	0.5 m ³ / s	同左	なし
集水管の建設	130km		
ポンプ場の建設	0.7 m ³ / s		
<u>コンサルティング・サービス</u>	34M / M	91M / M	+57M / M

(2) 工期

	計画	実績	差異
借款契約締結	1992年 6月	1992年10月	+4ヵ月
調達手続、契約	1992年 9月～1993年 3月	1992年 3月～1993年11月	+8ヶ月
下水処理場建設工事	1993年 4月～1995年10月	1994年 3月～1996年 2月	+4ヶ月
追加工事	(当初は予定なし)	1994年11月～1997年 9月	-

事業費

単位：外貨：百万円、内貨：百万円

項目	計画		実績		差 額	
	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
下水処理場	4,297	7,583	4,227	8,975	70	+1,392
(内本行分)	(4,297)	(7,583)	(4,227)	(8,975)	(70)	(+1,392)
集水管	0	3,630	0	3,438	0	192
ポンプ場	36	77	0	140	36	+63
コンサルタント	105	0	280	1,608	+175	+1,608
(内本行分)	(105)	(0)	(280)	(0)	(+175)	(0)
土地取得	0	151	0	982	0	+831
合計	4,438	11,441	4,507	15,143	+69	+3,702
(内本行分)	(4,402)	(7,583)	(4,507)	(8,975)	(+105)	(+1,392)
予備費	444	1653				
(内本行分)	(444)	(1,053)				
借款金額	13,482					

注：[換算レート] 円 / US\$ = 137円 (アプレイザル時)
126.2円 (実績)

メキシコ「合衆国モンテレイ上下水道事業」第三者評価報告書

広島大学大学院
国際協力研究科助教授
松岡俊二

1. はじめに

1999年4月18日から4月29日にかけて、国際協力銀行による円借款事業の第三者による事後評価を、メキシコ合衆国・モンテレイ上下水道事業を対象として実施した。

評価対象とした事業は、メキシコ第3の都市圏であるモンテレイ地域の河川水質向上を目的としたもので、平均処理能力 $5.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ という3つの下水処理施設建設を中心とする。同都市圏では1970年より、米州開発銀行 (IDB) により上下水道整備事業が行われてきており、今回対象とした事業は、第4期の上下水道整備事業 (モンテレイ) のステージ1にあたるものである。

以下、調査団の構成、調査日程、主要面談者を記した後に、本評価の方法論を述べ、評価結果を報告する。

2. 調査団の構成

団長：松岡俊二 広島大学大学院国際協力研究科助教授

団員：河内幾帆 広島大学大学院国際協力研究科博士後期課程

3. 調査日程

1999年

4 / 18 (日)	関西空港発、ロサンゼルス経由、メキシコ・シティ着
4 / 19 (月)	日本大使館およびメキシコ大蔵省表敬訪問 メキシコ・シティ発、モンテレイ着
4 / 20 (火)	ノルテ下水処理場およびノレステ下水処理場視察
4 / 21 (水)	デュルセス・ノンブレス下水処理場視察、 国家水委員会 (CNA) リオ・ブラボ事務所
4 / 22 (木)	モンテレイ上下水道公社 (SADM) 本部、SADM中央研究所
4 / 23 (金)	パスケリア川流域およびクチージョ・ダム視察
4 / 24 (土)	モンテレイ上下水道公社 (SADM) 本部
4 / 25 (日)	モンテレイ発、メキシコ・シティ着
4 / 26 (月)	米州開発銀行 (IDB) メキシコ事務所、CNA本部、 日本大使公邸・評価結果の概要報告
4 / 27 (火)	メキシコ環境研究研修センター (CENICA)、Tula灌漑地帯視察
4 / 28 (水)	メキシコ・シティ発、ロサンゼルス経由
4 / 29 (木)	関西空港着

4. 主要面談者

4.1 モンテレイ

- (1) モンテレイ上下水道公社 (SADM : Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.)

Mr. J. H. Tijerina (General Director)

Mr. L. R. Herrera (Sanitation Director)

Mr. J. A. Infante F (Finance Director)

Mr. J. M. Rendon Leal (Plant Manager)

- (2) 国家水委員会 (CNA : Comision Nacional del Agua)Rio Bravo Office

Mr. A. A. Enderle (Regional manager)

Mr. J. E. G. Cardenas (Technical Sub-Manager)

4.2 メキシコ・シティ

- (1) 米州開発銀行 (IDB : Inter-American Development Bank) メキシコ・オフィス

Mr. F. Lari (Sector Specialist)

Mr. H. L. Castillo (Local Specialist)

- (2) CNA本部 (財務セクション)

Mr. S. A. Verduzco (Financial Manager)

Mr. M. H. Wong (Sub-Manager)

Mr. G. G. Ochoa (Hydrology Specialist)

Mr. E. P. Valadez (Sub-Manager of Financial Management)

Mr. C. D. Garza (Sub Manager of Financial Engineering)

Ms. G. M. Laguna (Chief of Financial Planning)

- (3) CNAメキシコ・オフィス

Mr. A. A. Sanchez (Construction Manager of Waste Water Treatment Plant)

Mr. A.L.Pevex (Director)

- (4) 在メキシコ日本大使館

田中克之 (大使)

水上正史 (公使)

魚住 聡 (一等書記官)

- (5) メキシコ大蔵省

Mr. S. O. Chandez (Advisor of Public Credit division)

Ms. V. P. Romero (Sub-Manager of Project Finance division)

- (6) メキシコ開発銀行 (BANOBRAS)

Mr. A. A. Guerrero (Negotiator of Foreign Credit)

(7) メキシコ環境研究研修センター (CENICA)

Mr. V. J. G. Avedoy (所長)

蒲生郁男 (チーフ・アドバイザー)

西下孝夫 (大気汚染専門家)

松村治夫 (有害廃棄物専門家)

広住 清 (業務調整)

5. 評価の対象と方法

本評価は、国際協力銀行の円借款対象である3つの下水処理場を直接の対象としつつ、集水管システムや上水供給も含んだ全体の計画であるモンテレイ にも、必要に応じてふれることとする。まず、本報告書が採用する評価項目について述べる。

Cassenは、援助プロジェクトの評価を大規模に実施した著書の中で、「開発援助というものが複数の目的を持つものである以上、プロジェクトを評価するための唯一の評価基準というものはありえない」(Cassen 1986) と述べている。このことは、評価基準や評価方法は、対象とするプロジェクトの性質や評価者の立場などによって違いうるし、むしろ、違うべきである、と解釈できる。

例えばWorld Bankは、投入、成果、効果、インパクトに焦点を当て評価しているし、カナダの援助機関であるCIDAは、妥当性 (Rationale)、有効性 (Effectiveness)、効率性 (Efficiency)、インパクト (Impacts)、効果 (Effects) を評価項目としている (湊 1999)。

また、国際協力銀行は「審査業務、案件管理業務等に関わる教訓を得る」ことを目的に、独自の事後評価を行っている (総務庁行政監察局 1997)。そこでは、事業範囲、工期、事業費、事業実施体制、運用維持管理体制、運用維持管理状況の計画と実績の比較、および事業効果という7つの評価項目を採用している。

他方、こうした評価項目の世界標準化も進んでおり、1982年12月以来、OECD・DACは評価専門家会合を設置し、援助効率の向上を念頭に援助評価の改善等を協議してきた。1991年12月にはDAC上級会合で、評価を実施する際に依拠すべき原則(評価原則)が採択された。その基本的評価項目は以下の5項目である。妥当性 (Relevance)、目標達成度 (Effectiveness)、効率性 (Efficiency)、自立発展性 (Sustainability)、効果 (Impact) である。各項目は以下のように定義されている (DAC 1991)。

妥当性： 被援助国・受益者のニーズに対する妥当性、および活動の目標に対する一貫性の評価

目標達成度： 当初の目標に対する達成度、また達成可能性の評価。さらにその達成において影響を与えた諸要因の評価

効率性： 目標を達成するために採られた手段、方法、期間、費用の適切度の評価

効果： プロジェクトによるあらゆる効果 (負の効果を含め)の評価

自立発展性： 援助終了後の案件継続性の評価

日本でも外務省やJICAは、上記のDACの評価原則を踏まえ、5項目を中心とする評価を行

っている。以上の国際的な動向および第三者評価としての特徴を踏まえ、本報告書では上記の5項目を評価項目として採用する。ただし、評価項目の順序については、分析的論理フレームを重視して、OECD・DACの順序を組み替え、以下の分析・評価を行う。

第1に、プロジェクトのベースとなった計画における目標とその到達度の比較を行う。第2に、下水道の維持管理が効率的にされているのかどうかという効率性評価、第3に、維持管理体制が持続的かどうかを分析する持続性あるいはアクター分析を行う。第4は、下水処理を行ったことによりどのような社会経済的・環境的インパクトがあったのかを分析するインパクト分析であり、第5に、そもそもの計画や目標の合理性、妥当性がどの程度のものであったのか、また、現在どの程度あるのかをみる計画の妥当性分析を行う。

6. 事業の目標到達度

(1) 事業の計画概要

本事業は、モンテレイ とよばれるモンテレイ都市圏における第4期の上下水道整備計画の一環であり、下水処理場の建設を対象としたものである。モンテレイ は、都市圏の人口増加に伴う水需要の増加に対応した新たな上水供給計画であり、また下水処理計画でもある。まず、モンテレイ の計画概要について簡単に明らかにする。

モンテレイ周辺地域の略図は259頁事業地参照。また、モンテレイ の計画の概念図を図1に、モンテレイ都市圏の水需給計画を図2に、それぞれ示した。事業のフィージビリティ・スタディ（以下、F/S）では、モンテレイ都市圏の計画時（1990年）人口は252万人で、2000年には350万人から410万人へ増加するものと予測されていた。この急激な人口増加予測に対応し、1993年にクチージョ・ダムを建設し、そこからの導水管を敷設することにより、1990年の上水供給能力 $9.5\text{m}^3/\text{s}$ を1997年には $14.5\text{m}^3/\text{s}$ へ拡大することを計画した。こうした水資源開発計画を進めるためには、上水源となるクチージョ・ダム集水域の水質保全とともに、水利権を持つ下流のタマウリパス州への安定的（処理）水供給といった課題を解決する必要があった。

このためモンテレイ では、集水管網を拡大し、従来サンタ・カタリナ川へも流入していた下水を、全てペスケリア川へ放流することを計画した。また、その際、二次処理施設を含む下水処理場を建設し、河川への排水規制値を満たすように、処理後の水質をBOD $30\text{mg}/\text{l}$ 等と設定した。

こうした目的のもとに作成された下水道事業計画は、以下の3事業から構成されている。

平均処理能力 $5.0\text{m}^3/\text{s}$ （デュルセス・ノンプレス下水処理場）、同 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ （ノルテ下水処理場）、同 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ （ノレステ下水処理場）という3つの下水処理施設を建設し、都市圏北方を東西に流れるペスケリア川に放流し、上水源となるサンタ・カタリナ川（クチージョ・ダムへの流入河川）への汚水流入を防止する。既設集水管に加え、新たに総延長130km分の集水管を敷設し、全ての汚水を3つの下水処理場に集める。南部のサンタ・カタリナ川から北部のデュルセス・ノンプレス下水処理場への汚水のポンプアップのため、 $0.7\text{m}^3/\text{s}$ の能力を持つポンプ場を建設する。

これら3つのうち、本事業は の下水処理施設建設のための円借款である。

(2) プロジェクトの目標

本事業の目標達成度を評価するためには、その目標を明確にする必要がある。調査および事業関連資料に基づき、この点を明らかにする。

国際協力銀行のアプレイザル時資料によれば、事業目的は、モンテレイ都市圏の人口増に対応し、上下水道の整備をはかるモンテレイ上下水道計画（モンテレイ ）の一環とし

て、2005年を目標とする下水処理システムを構築し、現在未処理のまま放流している事から生じる河川の汚染を防止するとともに下流域の水使用に対応することである。

また、下水処理場の敷地面積は、計画目標年次である2005年に必要な大きさを確保するものとしている。さらに、下水処理の能力は水供給計画に基づき決定した。つまり、現下の水供給：9.5m³/s、1993年～1997年における増量：5.0m³/s、合計14.5m³/sの水供給から汚水として排出されるのは8.0m³/sと算定し、下水処理全体の能力を8.0 m³/s (1997年レベルに対応) としている。

他の資料、例えばF/Sでは、表1に示したような1993年開始のステージ1と1996年開始のステージ2という2段階に計画を分けており、この見方に立つと第1段階の完了年は1995年となる。また、事業実施機関であるモンテレイ上下水道公社 (SADM) では、表2に示した3つのフェーズよりなる下水道計画を当初持っていた。この計画からは、フェーズ1の完了年は1999年となる。

ここではアプレイザル時資料にもとづき、2005年を最終的な目標年とみなし、1997年に全ての処理場が100%稼働することを本事業の量的目標とする。

次に水質目標について、アプレイザル時資料によれば以下の通りとなっている。計画水質は1989年10月(雨期終)の1週間、1990年6月(雨期初)の1週間の計2回、10カ所のサンプリング調査、河川の水質基準及び河川水の利用目的等を鑑み、表3のとおり決定したとされ、BOD30mg/lなど9項目の水質目標を掲げている。その他の主要な指標では、TSS 30mg/l、N-NH₃(アンモニア性窒素)2mg/l、大腸菌数1000/100mlとなっている。なお、1996年にメキシコの排水基準値は大幅に緩和され、BOD基準値は30mg/lから150mg/lへと緩和された。

以上の量的・質的目標を達成するため、本事業の範囲は計8.0 m³/sの処理能力をもつ3つの下水処理施設の建設とされ、その工期は1993年4月から1995年10月とされた。また借款額は13,482百万円となった。

本事業の結果、計8.0 m³/sの処理能力をもつ3つの下水処理施設が多少の工期遅れがあったものの、規模および事業費とも計画どおりに実施された。工期の遅れに関しては、開始時期が1994年3月と遅れたものの、ノルテ下水処理場 (2.5m³/s)とノレステ下水処理場 (0.5m³/s) は、それぞれ1995年7月、1995年5月と計画よりも早く完成した。最大の規模であるデュルセス・ノンプレス下水処理場 (5.0m³/s)だけは、メキシコ経済危機や天候等の理由から、完成が1996年2月と、4ヶ月遅れとなったが、事業全体に与えた影響は少ないと考えられる。

(3) 目標達成度

プロジェクトの目標達成度を、量的側面と質的側面から分析する。図4に各下水処理場の平均処理量の推移を示した。目標年次である1997年平均でみると、合計処理量は5.548m³/sで、計画値8.0m³/sに対して69.4%の達成度 (稼働率) となっている。また各処理場ごとにみると、デュルセス・ノンプレス下水処理場の処理水量は3.423m³/sで、計画値5.0m³/sに対し68.5%の達成度である。同様にノルテ下水処理場は1.523m³/sで、計画値2.5m³/sに対し60.9%の達成度である。一番小さなノレステ下水処理場のみ0.602m³/sと、計画値0.5m³/sを上回り、120.4%の目標達成度である。

日本の下水処理場が1日最大処理能力で設計されているのに対し、モンテレイの下水処理場は平均処理能力で設計されており、ノレステ下水処理場の処理能力0.5 m³/sは平均処理能力を示している¹。設計標準が異なるため単純には言えないが、ノレステ処理場の1日最

¹ 1日最大処理能力とは、1年を通じた1日当りの最大汚水量に基づき決定される下水処理施設の処理能力であり、現在の日本の下水処理場はこの値を基準として設計されている。1日平均処理能力とは、1年の総汚

大処理能力は $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ となっている。したがって、1日をとおして $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ まで処理できるのであるが、図4に示したように、1日の内17時間程度（1999年4月20日）、この最大処理能力を超えて、表4で示したように、1997年平均で $0.112 \text{ m}^3/\text{s}$ ほどオーバー・フローしている。オーバー・フロー分については、ゴミの除去、沈砂の後、一次処理・二次処理を経ずに、塩素注入のみで河川に放流されており、水質の悪化を招いている。

SADMは、オーバー・フローの原因を下水管敷設工事の不備による地下水流入としており、対策として既存の下水管渠のなかにビニール（orポリエチレン）パイプを入れ込む、さらに独立系統となっているノルステ下水処理場への集水管網とデュルセス・ノンプレス下水処理場への集水管システムをつなぐことを考えている。いずれにしる、全体として7割弱の稼働状況のなかで、ノルステ下水処理場のみがオーバー・フローを生じ、全体としてみれば少ないとはいえ、未処理水が河川に放流されている状況は1998年においてもみられ、調査を行った1999年4月現在も続いていた。

以上から明らかなように、下水処理量の目標達成度を稼働率で評価するとき、稼働率が100%を超過すれば良いというものではなく、処理場が有効に稼働し当初目的の水質が確保されることが重要である。7割という稼働率に関しては、日本の下水処理場の稼働状況と比較しても悪い数字とは言えず、施設の有効利用状況としては許容範囲であると考えられる。また、当初の量的数値に達していない最大の要因は、1990年代にはいつてからの渇水である（表5参照）。この地域での降水量は1990年代に入ってから著しく減少しており、新たな上水源として建設されたクチージョ・ダムも十分な貯水を確保できない状況にある。そのため、同ダムからの導水も $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ の当初計画値が $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ にとどまっている。さらに、上水供給機関でもあるSADMの節水運動も功を奏し、1人・1日当り水需要原単位は計画時の350リットルから250リットル程度まで減少している。下水サービス人口は、1997年に295万6,000人とほぼ計画どおりであるが、モンテレイ都市圏で発生する下水総量は、当初予定よりも大幅に下回って推移している。

次に、水質について述べる。表6に各処理場の処理水質を示した。1997年に水質目標に達していないのは、ノルテ下水処理場のアンモニア性窒素(N-NH_3)だけであり、他は全て目標に達している。（ただし、1998年平均ではノルステ処理水においてもアンモニア性窒素が $3.6 \text{ mg}/\text{l}$ と、 $2.0 \text{ mg}/\text{l}$ の基準値を上回った）。ノルテ下水処理場のみ目標が達成できなかった要因としては、流入水の問題と、処理方式の問題が考えられる。通常、二次処理でアンモニア性窒素を除去することは難しい。ノルテ下水処理場への流入水中のアンモニア性窒素濃度は $68 \text{ mg}/\text{l}$ であり、日本のし尿処理場なみの高濃度である。高濃度の原因としては、流入水の4割程度をしめる産業排水に起因する可能性が高い。例えば、アンモニア性窒素を原料とする工場（肥料製造工場等）からの排水が考えられ、こうした排水に対する規制が必要であろう。また処理方式では、純酸素法（デュルセス・ノンプレス下水処理場）や長時間エアレーション法（ノルステ下水処理場）では十分に曝気が行われ、アンモニア性窒素は、酸化されて硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)や亜硝酸性窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)に変化しやすい。しかし、ノルテ下水処理場の標準活性汚泥法では曝気が相対的に不十分で、酸化される割合が少なく、アンモニア性窒素の濃度が高いまま放流される。対策としては、エアレーション・タンク内混合液の平均浮遊物濃度（MLSS）を高くし、大量の空気で攪拌する方法が考えられる。ただしこの方法は送風に要する電気代が増大し、費用対効果を考慮する必要がある。

ともあれ、水量面でも水質面でも、事業の目標達成度は全般に高く、本事業は当初の目標を達成したと評価できる。

水量から求めた1日当りの平均量に基づき決定される下水処理施設の処理能力であり、一般には1日最大汚水量の70%から70%を標準とする（佐藤 1980）。

7. 下水処理場の維持管理状況と効率性

本節では、3つの下水処理場の維持管理状況を分析することにより、各処理場が有効に機能しているのかどうかを、効率性の観点から評価する。

(1) 3つの下水処理場の概要

まず、3つの下水処理場の概要を明らかにする。モンテレイの3つの下水処理場を概観した後、日本の下水処理場との比較を行うことで特徴を明確にする。²

表7にモンテレイの各下水処理場の概要を示した。さらに、計画人口と処理能力という観点から、日本の大都市の下水処理場との関係を図5に示した。すでに述べたように、日本の処理場の設計標準が1日最大処理能力を基本としているのに対し、モンテレイの場合は平均処理能力を基本としているという違いがあり、イコール・フィッティングのため、本図はモンテレイの処理能力も1日最大でとっている。この図から、モンテレイの3つの処理場の計画人口に対する計画処理能力は、日本の回帰線よりも下方に位置し、原単位（1人1日当り最大下水排出量）が日本よりもかなり小さく設定されている事がわかる。また、処理場規模という点では、デュルセス・ノンプレス下水処理場は比較的規模が大きな処理場であり、ノルテ下水処理場は平均的なものである。ノルステ下水処理場は、日本の中でも小規模なものであると言える。

処理方法の選択に関し、F/Sは、標準活性汚泥法、長時間エアレーション法（活性汚泥法）、濾過フィルター法、2種類のエアレーション・ラグーン法という5つの処理方法の比較考量を行っている。ここでは、効率性、柔軟性、経験、土地条件、エネルギー条件、汚泥処理、水質、気候条件、労働投入量という9つの指標を設け、それぞれにウエイトをつけ、評価するという多基準分析法（MCA）を採用している。こうして得られた各処理方法の得点と要する費用とを比べるという費用効果分析により、長時間エアレーション法が全ての処理場において最良の方法と評価していた。

ところが、その後、施工方式が変更され、3つの処理場が個別にターン・キイ・ランプ・サム方式で入札されることとなり、入札対象は処理方法のデザイン、処理場建設、及び完成後3年間の運営となった。その結果、表7に示したように、デュルセス・ノンプレス下水処理場は活性汚泥法であるが、純酸素法という日本ではあまりみられない方法が採用された。

純酸素法とは、エアレーション・タンクにおけるBOD容積負荷の増大と経済性の向上を目的としたもので、空気の代わりに酸素ガスを用いる方法である。この方法ではタンク内のDOを高く維持でき、したがって微生物の活性度が高く、エアレーション時間を短くできるのでタンク容積を小さくすることができる。その他、余剰汚泥発生量が少なく、汚泥の沈降性が良く、高BOD下水も処理することができるなどの特徴がある。また、臭気、騒音等の二次公害の防止に好都合などの利点をもつが、多量の炭酸ガスの発生によるpHの著しい低下や炭化水素の蓄積に注意する必要があるといわれている（佐藤 1980）。

ノルテ下水処理場には、日本でも一般的な標準活性汚泥法が採用された。

ノルステ下水処理場は活性汚泥法であるが、長時間エアレーション法が採用された。長

² 以下の分析では、日本の大都市の下水処理場データに基づきレファレンス・ラインを導出している。こうした分析手法に関して若干の補足説明を行っておく。(1)本分析は、二次処理まで含んだ下水処理場という技術的特性の共通性に基づき、比較を行うものであり、先進国（日本）と途上国（メキシコ）ということは、分析を制約する条件とはならない。(2)日本の大都市・下水処理場のデータは、1990年前後のものを使用した。このことは、活性汚泥法という技術的特性の上に分析を行うという今回の手法からして、10年程度のずれは分析内容および結果の信頼性を損なうものではない。

時間エアレーション法とは、余剰汚泥の発生量を極力減らし、維持管理の面で軽減を図る方法で、曝気時間を極端に長くすることで汚泥を自己分解させ、余剰汚泥の発生を抑えるものである(佐藤 1980)。この方法は汚泥の沈降性が悪く、放流水中に流出して処理水質を低下させる可能性がある。また、負荷変動には比較的強いが、エアレーション・タンク容積が大きく、運転費も大きいので、主として小規模な処理場で採用されるといわれている(茂庭 1985)。

(2) 維持管理の効率性

建設された3つの下水処理場の有効利用という観点から、効率性の評価を行う。ただし、前節で稼働率については述べたので、本節では費用や労働投入との関係で各処理場の維持管理の効率性を評価する。さらに、F/Sおよびアプライザル時点では同一の処理方法を計画していたにもかかわらず、実際には3つ異なる処理方法となったことの問題点にふれる。また、建物(床面積)の有効利用についても述べる。

最初に、3つの処理場の比較を行う。表8に、1998年の3つの処理場の処理量当りの職員数、維持管理費用等を示した。表より、処理量当りの職員数および処理費用については、デュルセス・ノンプレス下水処理場が最も低い。ただし、下水処理場は規模の経済が大きく作用するので、規模の違いを考慮した比較をしなければならない。そのため、日本の大都市の下水処理場との関係で相対的な位置をみることにした。

処理量に対する職員数を、図6に示した。回帰線は日本についてのものである。日本の処理場の回帰線をレファレンス・ラインとすると、デュルセス・ノンプレス下水処理場およびノルテ下水処理場は相対的に職員数が多く、ノルステ下水処理場は少ないという結果が得られた。この点は、ノルステ下水処理場が、維持管理要員が少なく済む長時間エアレーション法を採用していることを反映している。

処理量に対する処理原価を、図7に示した。ペソと円との換算や購買力平価等の問題があり、あくまでも目安であるが、ノルステ下水処理場およびノルテ下水処理場は回帰線よりも下方に位置し、デュルセス・ノンプレス下水処理場は線上に位置する。このことは、デュルセス・ノンプレス下水処理場は他の2つの処理場に比べ、費用効率が低い可能性を示唆している。

この点は、各処理場における稼働率の相違も考慮しなければならないが、処理方法の違いにも起因すると考えられる。すでに述べたように、F/Sおよび審査時点では費用対効果の観点から、長時間エアレーション法が最適であるとの結果であったにもかかわらず、実際にこの方法を採用したのはノルステ下水処理場のみであった。F/Sの結論が常に正しいとは言えないが、プロジェクト形成(F/S)とプロジェクト実施との整合性というプロジェクト・サイクルにおける一貫性という観点からは、なぜF/Sの結論が修正されたのか、それは合理的な修正であったのかどうかについて検討する必要がある。一般的に言って、3つの下水処理場がそれぞれ別の処理方法を採用していることは、組織内における経験・技術の蓄積や共有という点からは望ましくない。実際、SADMの下水道局長Romero氏も、そうした懸念を本調査団に述べており、今後の同様の案件実施において配慮すべき項目であろう。

次に建物(床面積)の有効利用という点では、入札時とは異なり、現在、SADMに3つの下水処理場の維持管理が一元化されたことにより、各下水処理場がそれぞれ管理運営や水質検査用に使っていたスペースが必要なくなっている。デュルセス・ノンプレス下水処理場およびノルステ下水処理場で各80m²、ノルテ下水処理場では150 m²が未使用スペースとなっており、こうした点は入札形態ともかわり、再検討を要す点であろう。なお、SADMはこうしたスペースを、地元の大学等の研究者、あるいは環境教育のために活用するという方向で検討しているとのことであった。

以上のように、処理方法の選択で多少の問題はあるものの、全体としては、実際の維持

管理費用が計画時予測よりも低く推移しており（表9参照）、効率性において大きな問題はないものと評価できる。

8. 下水処理場の維持管理体制と持続性

本節では、事業の持続性という観点から、下水処理場の維持管理体制について評価する。

(1) 維持管理体制の概要

審査時資料では、維持管理体制について「本事業完成後の維持管理はSADMのオペレーション部が担当する」とし、SADMの一元的な直轄管理を想定していた。しかし、その後の事業の実施段階では、各処理場ごとにデザイン、建設および当初3年間の維持管理を含めた契約形態がとられた。その結果、3つの下水処理場はそれぞれ異なる処理方法を採用するとともに、3社のコントラクターにより、各下水処理場は運営されてきた。契約時及び運転当初の時点では、3年を経た後もSADMの監督のもとで、各下水処理場は民間委託による運営を予定していた。

しかし、SADMは徐々に下水道運営のノウハウを蓄積するとともに、各コントラクターによる下水処理場の維持管理が、かならずしも効率的でないとの認識を持つようになった。例えば、各コントラクターは塩素やポリマーなどの薬品購入において十分な競争入札を行わず、単価の高いものを購入していた。そのため、当初の3年間で終了した1998年末から1999年初め（各処理場の供用開始時期の違いによる）を契機として、各下水処理場の維持管理体制はSADMによる一元的直轄運営へと移行した。こうした移管にともない、デュルセス・ノンプレス下水処理場で16人、ノルテ下水処理場で18人、ノレステ下水処理場では7人のオペレーション・スタッフが、コントラクター会社よりSADMへ転職した。これは、全オペレーション・スタッフの21%にあたり、組織強化に貢献していると評価できる。

(2) SADMについて

審査時資料によると、SADMの料金徴収率は90%を超えており、途上国の中では例外的に強力な上下水道公社である。表10に、SADMの歴史を示した。SADMは、1906年にカナダ・トロントに本拠を置く会社の子会社として出発し、その後1945年にヌエボ・レオン州政府がこの子会社を買収し、その運営をモンテレイ商業銀行に委託した。1956年には、州法によりモンテレイ上下水道公社として設立され、現在に至る。1995年には、SADMが上下水道サービスを供与できる行政区域が、従来のモンテレイ都市圏からヌエボ・レオン州全域に拡大された。

首都であるメキシコ・シティにおける上下水道サービスが、約20の事業体に分立して供給されていることを考えると、ヌエボ・レオン州におけるSADMという一元的組織の存在は際だっている。こうした背景としては、歴史的経緯とともに、モンテレイ都市圏が工業地域で地域所得が高く、水という財に対する支払い容認価格（WTP）が高いと考えられる。いずれにしろ、事業の持続性を考えるとき、実施機関の経営能力に依存するところが大きく、今後の援助に際しては、どのようにすればSADMのような組織形成を支援できるのかについて考えることが重要であろう。

SADMとの下水道契約者数は、計画時（1990年）の46万8,941件（約227万人）から1998年には65万6,656件（約308万人）へと、順調に増加しており、下水道サービス対象人口の97.21%をカバーするまでになっている。また、料金回収も順調に推移しているとのことであり、処理水を工場向けの冷却水等として販売するといった営業努力や、基準を超える産業排水に対しチャージをかけるといった対策も行っており、本事業の持続性は極めて高いと評価できる。

9. 事業実施による効果

以上の目標達成度、効率性、持続性という評価分析から、本事業は極めて高いパフォーマンスを示していると言える。こうした3つの指標は、事業のいわば内部における評価であるが、次に、事業が行われたことによる、事業「外」への社会経済的、あるいは環境に対する効果（インパクト）を評価する。

(1) 効果（インパクト）の分類

本事業による効果分析のマトリックスを、表11に示した。本事業の予期された効果は、審査時に予期された、河川の汚染を防止し、下流域への水利用に資することである。また、予期されなかった効果には、望ましい効果（プラス効果）と望ましくない効果（マイナス効果）が考えられる。プラス効果としては、SADMの能力が下水処理場の一括管理が出来るまで向上したことがあげられる。予期されなかったマイナスの効果としては、ペスケリア川へ全ての処理水が放流されるようになったことにより、同流域での灌漑用取水が増加し、水争いが悪化したことである。この点は、すでに指摘したように、1990年代の「異常」渇水が背景にあり、また同流域の水利権が下流のタマウリパス州にあることに起因するものである。

(2) 効果（インパクト）の評価

まず本事業の予期した効果として、河川の水質改善を分析する。すでに述べたように、本事業により、全ての処理水はモンテレイ都市圏北部を流れるペスケリア川に放流されることとなった。そのため、サンタ・カタリナ川をはじめとする都市圏内を流れる河川に下水は流入せず、下水処理を行うか否かにかかわらず、これら都市河川の下水による汚染は防止されたといえる。

以下、処理水の放流先であるペスケリア川の水質に焦点をあて、本事業実施による効果をみる。本調査を実施した時期は乾期にあたり、モンテレイ都市圏を流れるペスケリア川以外の河川は、時折、地下水のわき水がある程度で、全くと言っていいほど水が無く、涸れ川の状態であった。他方、ペスケリア川に流れる水は全て下水処理水という状況で、処理水の水質がペスケリア川の水質を規定している。

図8、図9および図10に、ペスケリア川流域のBOD、SSおよび大腸菌数の1994年から1998年（SSに関しては1997年）における測定値を示した。

ノルテ下水処理場下流に位置するエスコベド（Escobedo）測定ポイントでは、同下水処理場が稼働し始めた1996年に、各指標値において著しい改善がみられる。SSは1995年の462 mg / lから170 mg / lへ、63.2%の減少を示した。BODは281 mg / lから23 mg / lへと、実に91.8%の減少をみせた。大腸菌数に至っては、1995年の5,082万5,000 NMP / 100mlが1996年には3,540 NMP / 100mlへ減少し、実に99.99%という削減率を達成している。

全ての排水口（3つの下水処理場からの排水口）の下流に位置するラ・アレーナ（La Arena）測定ポイントの数字から、1995年7月稼働したノルステ下水処理場の効果が確認できる。SSは1994年の226 mg / lから1995年には19 mg / lへと、実に91.6%減少し、大腸菌数は2695万6667 NMP / 100mlから137万 NMP / 100mlへ、91.9%も減少した。こうしたことから、本事業のペスケリア川の水質向上への効果は極めて大きなものであったと評価できる。

しかし、アレーナから約65km下流のロス・ヘレーラ（Los Herrera）測定ポイントでみると、BODは1994年から1998年にかけて余り変化しておらず、また大腸菌数も1996年に増加しており、本事業の効果は確認できない。SSに至っては、1995年より1997年にかけて増加の一

途をたどっており、これは渇水による流量減少の影響が大きいと考えられる³。これより、本事業による河川水質向上という効果がみられたのは都市圏周辺のみであったといえる。

次に、予期していた効果の2点目である「下流域の水利用に資する」という点を検討する。まず、この「下流域」がどこを指しているのかを明確にする必要がある。前述したように、この地域を流れる河川の主な水利権は、ヌエボ・レオン州の下流に位置するタマウリパス州の農民が持っている。そのため、クチージョ・ダム建設に際しては、両州間協定が結ばれ、同ダムからの導水の見返りとして、SADMはペスケリア川へ下水(処理水)を6 m³/s以上排水するという義務を負うこととなった。したがって、この水は本来タマウリパス農民のものであり、本事業が想定する「下流域」とはタマウリパス州である。

本事業による下流域の水利用への効果という点では、「渇水」という外部条件の変化が大きく、下流域、特にタマウリパス州の水利用へのプラスの効果は確認できなかった。近年、この地域全体の降雨量が減少し、河川流量が減少していることに加え、目の前を処理された水が流れることとなったペスケリア川流域の農民達による取水が増加しており、タマウリパス州にまで水がいかないという事態が起きている。(SADMも予定の水量が取水できておらず、排水量も6 m³/s以上とはなっていない。)これにより上流・下流の水争いが深刻化するという流域水秩序の混乱がみられる。

以上から、本事業の効果は次のように評価しうる。都市内河川および排水口に近いペスケリア川下流域の水質は著しく改善し、プラスの効果を確認できた。他方、本来受益者である下流のタマウリパス州では、もともとモンテレー都市圏の下水水質の影響をほとんど受けていないため、本事業による水質改善の効果は認められない。また、処理水のペスケリア川への放流により、流域の水秩序が混乱するといったマイナスの効果も観察された。

10. 事業の妥当性

最後に本事業の妥当性を、事業の必要性、合理性(一貫性)、適合性という3つの観点から分析する。必要性基準は、当該事業に対する社会的ニーズの強さ、大きさを検討することにより、事業の妥当性を評価する。合理性(一貫性)基準は、事業の目標が評価時においても有意義かどうか、事業の成果が全体目標と一貫性があるのかどうか、事業の成果と効果に一貫性があるのかどうか等を検討する。適合性基準は、事業の当該途上国における優先順位を検討するものである。以下、順に評価する。

(1) 本事業の必要性

本事業の必要性について、審査時資料では「上水供給を増やしても、現在のように汚水を未処理のまま河川への放流を続けると、河川の汚染が一層進行し、下流の水利用に影響が生じるので、汚水処理が必要である」と述べられている。

すでに述べたように、1996年の排水基準改正により、例えばBOD基準値は30 mg/lから150 mg/lへと、水質規制が大幅に緩和された。これは、なかなか進まない処理場建設の現実に、法律側が歩み寄った結果であり、現時点では、メキシコにおける下水処理場は二次処理を行う必要性が小さくなった。現にメキシコ・シティでは、多くの下水は未処理のまま流されており、当面の課題は一次処理である。

しかしながら、モンテレー都市圏における二次処理を含む下水処理場の必要性がどれほどあったのかは、単にメキシコの現行の法規制値との関係でではなく、一貫した下水処理政策の中で論じられるべきである。このような観点からは、現行の法規性は過渡的なモラ

³ ロス・ヘレーラ測定ポイントのごく近い上流に、メキシコ石油公社(PEMEX)の精油所からの排水が流入するポイントがあり、その影響もあると考えられる。

トリウム措置と理解され、先進国のレベルからみて望ましいレベルを目指したモンテレイの処理施設は、過剰な施設としてではなく、適切なレベルとして肯定的に評価されるべきである。

(2) 本事業の合理性 (一貫性)

前節で述べたように、水質基準の緩和等により、前水質基準によった本事業の目標が、現時点においても有効とは必ずしも言えない。また、下流への水供給という点も、インパクト分析で明らかにしたように、気象条件の変動という外部条件の変化によるとはいえ、十分に機能しておらず、むしろ混乱を招いている。

(3) メキシコにおける適合性

外務省の1995年版ODA白書は、援助は途上国の発展段階に応じ行うべきであるという援助アプローチ (Differentiated Approach) の重要性を指摘している。そのなかで、メキシコは「民間資金の活用が可能であることを考慮し、円借款は経済発展の過程で生じた地域格差是正や環境保全等の課題に対する分野に供与し、技術協力により高度な技術の移転を図る」べき援助対象国とされている (外務省経済協力局 1995, p.53)。

こうした観点からは、環境保全を目的とした下水処理場建設という本事業は、メキシコに適合的な事業であると評価できる。また、援助におけるカウンター・パート、円借款における実施機関の能力は、援助の効率的かつ効果的实施において決定的な要因である。こうした点からは、SADMというメキシコでは群を抜いた経営能力をもつ上下水道公社の存在が、モンテレイ都市圏のプライオリティを高めたとも評価できる。

11. 結論

本事業は、目標達成度、事業の効率性、事業の持続性という3つの評価項目において高く評価できる。さらに妥当性という観点からは、本事業はメキシコに適合的な環境事業といえる。ただし、事業実施による効果という点では、プラスの効果と同時にマイナスの効果も認められた。

12. 参考文献

DAC (1991), The DAC principles for the Evaluation of Development Assistant, OECD

Feasibility Study : (F / S), (1990), Monterrey Sanitary Program

外務省経済協力局 (1995), 我が国の政府開発援助 : ODA白書, 国際協力推進協会

広島市下水道局 (1989), 広島市の下水道

川崎市下水道局 (1988), 下水道事業概要

北九州市下水道局 (1989), 下水道事業概要

湊 直信 (1999), プロジェクト評価手法の課題と展望, 国際開発研究8(1)

Cassen, R. (1986), Does Aid Work?, Oxford U. P.

SADM (1998), Project Completion Report (PCR)

SADMホーム・ページ (1999), <http://www.aguaydrenagemty.gob.mx>.

札幌市下水道局施設部 (1989), 維持管理年報(ダイジェスト版)

佐藤昌之 (1980), 下水道工学, 丸善株式会社

茂庭竹生 (1985), 上下水道工学, コロナ社

総務庁行政監察局 (1997), ODAの仕組みと問題点：有償資金協力について・総務庁の行政監察結果から, 大蔵省印刷局

東京都下水道局 (1990), 下水道事業概要

13. 収集資料

(1) SADM

コントラクター vs. SADM維持管理費用比較表、サイトマップ (特大)、研究センターパンフレット、ファイナンシャルレポート、下水処理流量 (1998、1999)、下水処理水質(BOD、SS、N - NH₃) (1998、1999)、下水処理水質 (大腸菌) (1996 - 1999)、維持管理費用 (1998 - 1999)、維持管理予算 (1999)、下水場組織図、Norma001、002、003、下水処理場処理能力、上水・下水サービス供給人口 (1998)、ノレステ接続地域 (一部) の人口増加、ノレステ処理流量日変化グラフ (1999)、プロジェクト前下水排水状況写真 (3枚)、処理場パンフレット

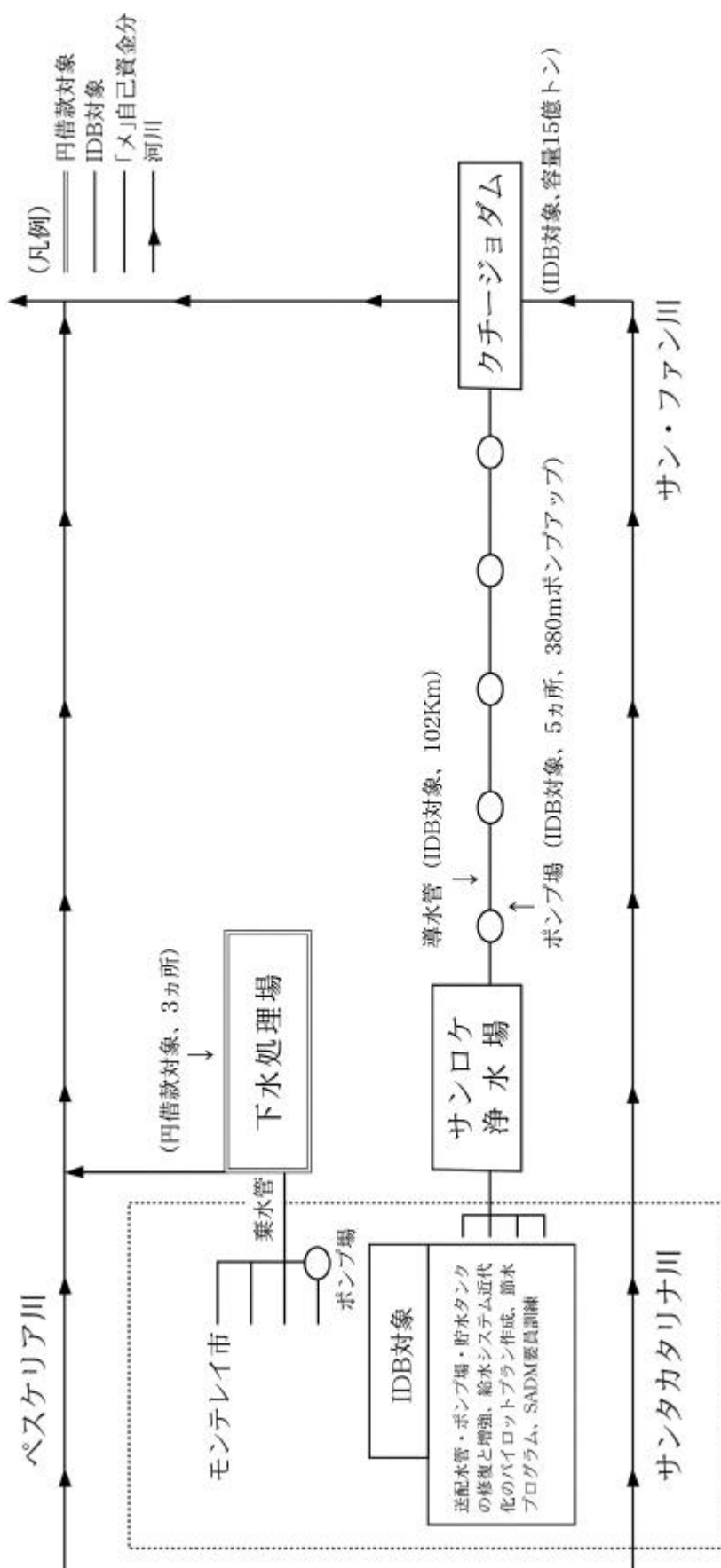
(2) CNAモンテレイオフィス：4月21日ブリーフィング資料

(3) CNA本部：CNA年報1997、CNA組織図 (1枚)

(4) IDBメキシコ・オフィス：モンテレイ 終了時評価レポート (Draft)

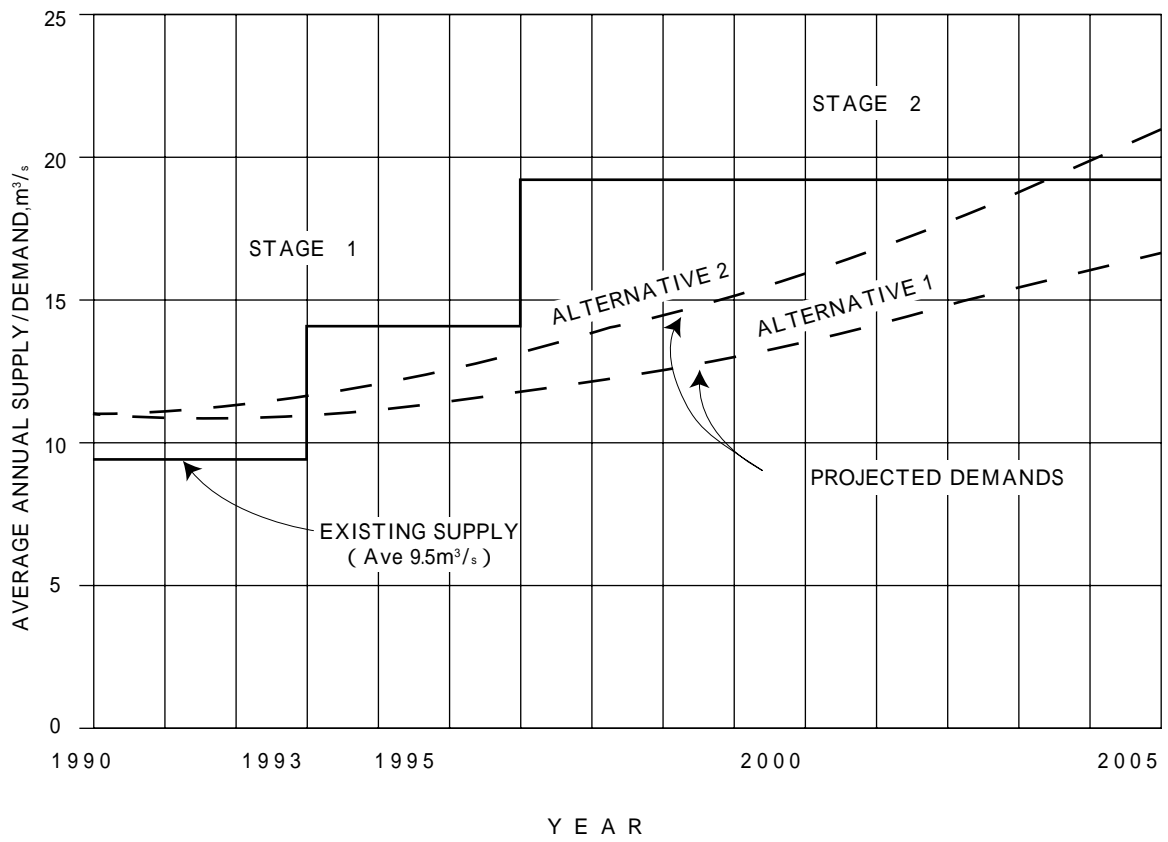
(5) CENICA：資料6冊

図1 モンテレイ上下水道事業（モンテレイIV）概念図



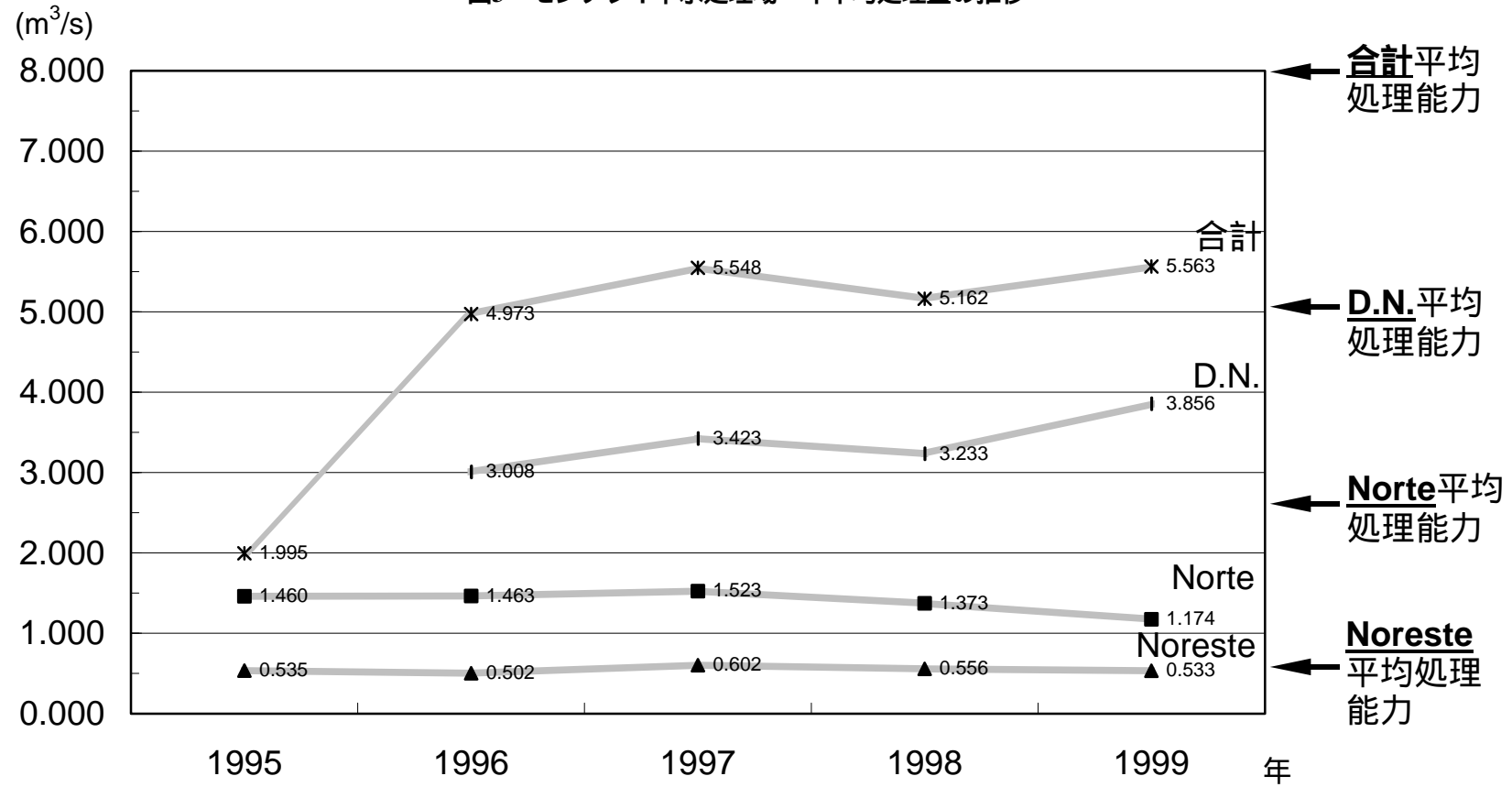
出所：JBIC資料

図2 モンテレイ都市圏の水需給計画



出所：JBIC資料

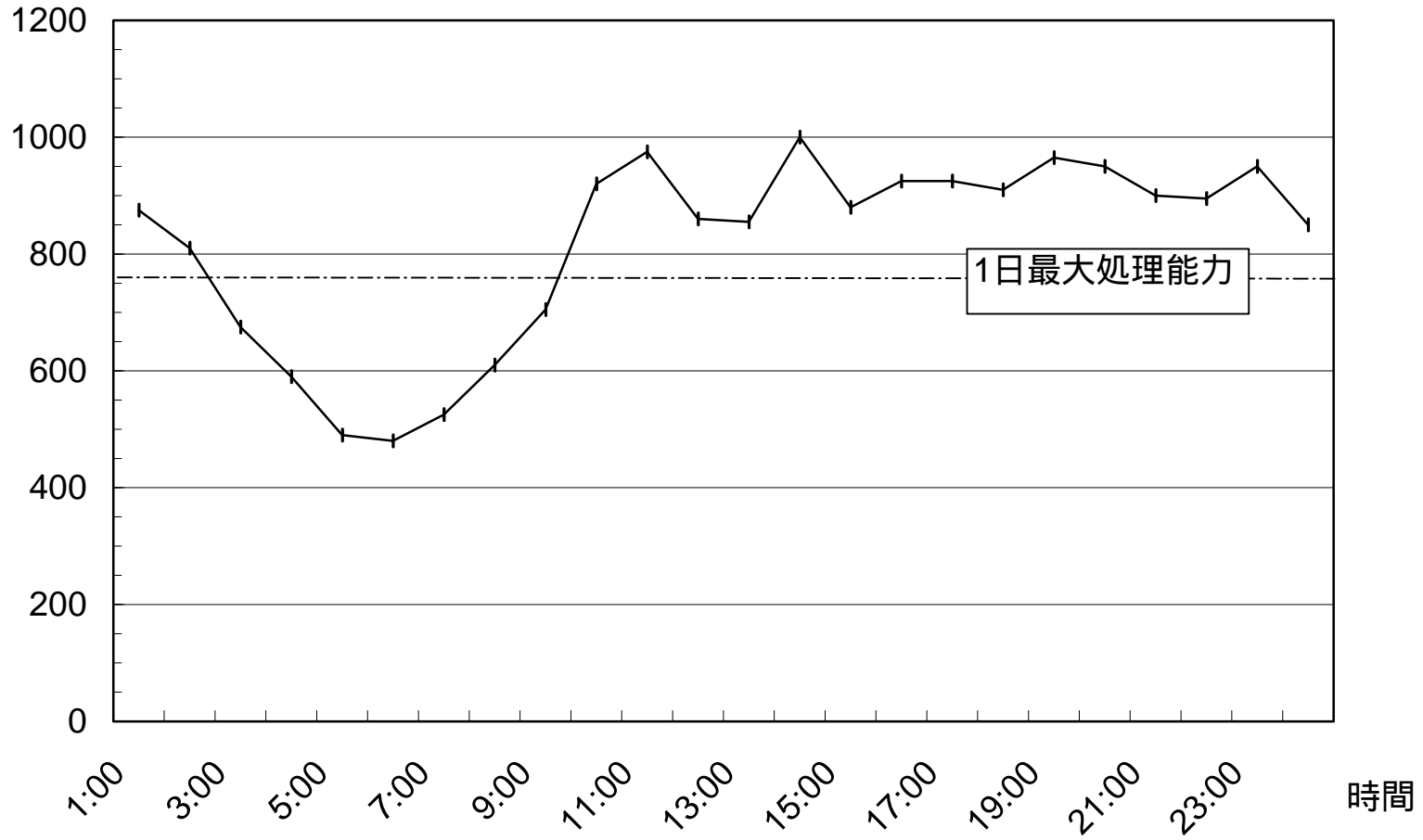
図3 モンテレイ下水処理場・年平均処理量の推移



出所：SADM(1998)およびSADM資料より作成

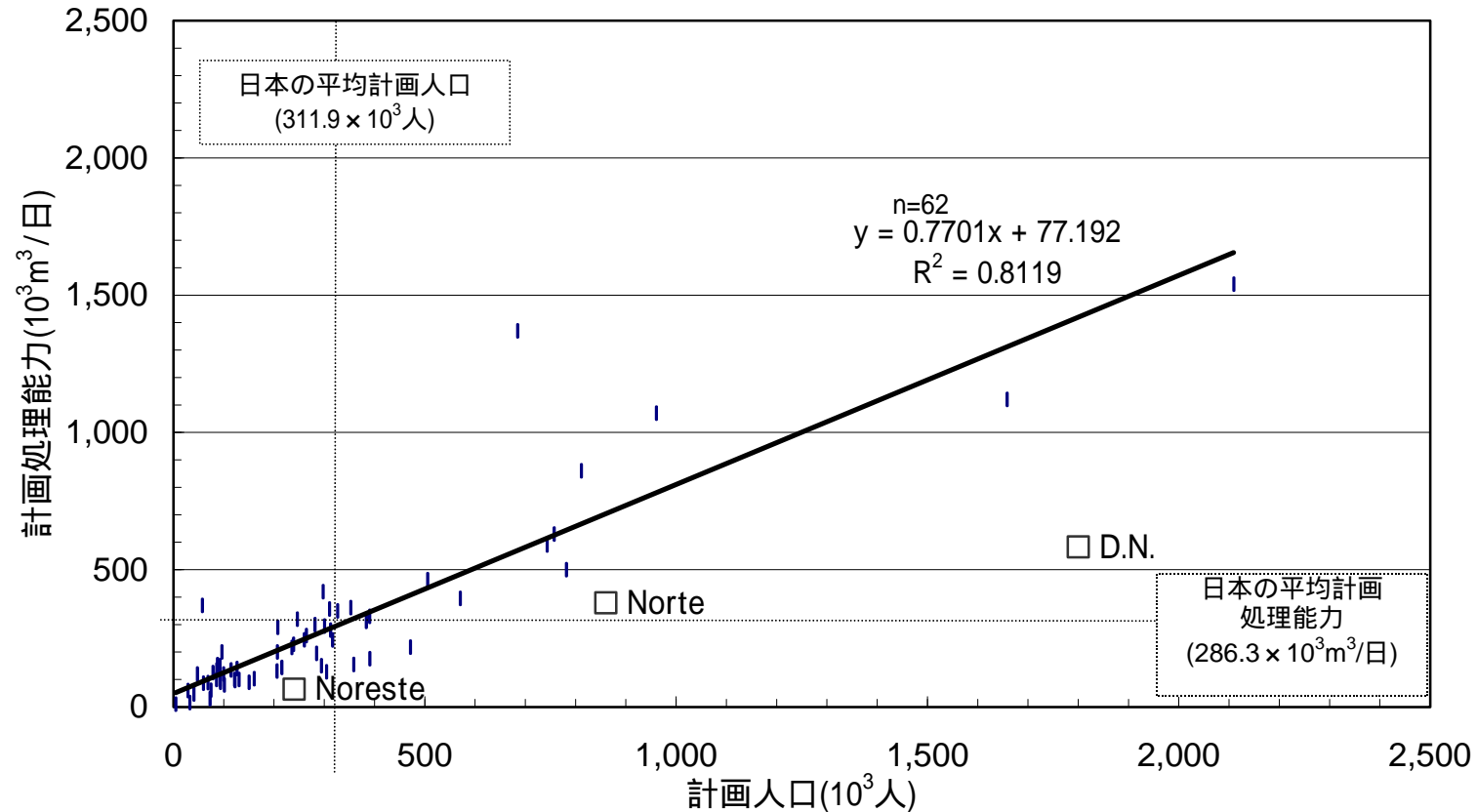
(l.p.s)

図4 Noreste処理場の流量変化 (1999年4月20日)



出所：SADM資料より作成

図5 日本及びモンテレイにおける下水道処理場の計画人口および計画処理能力

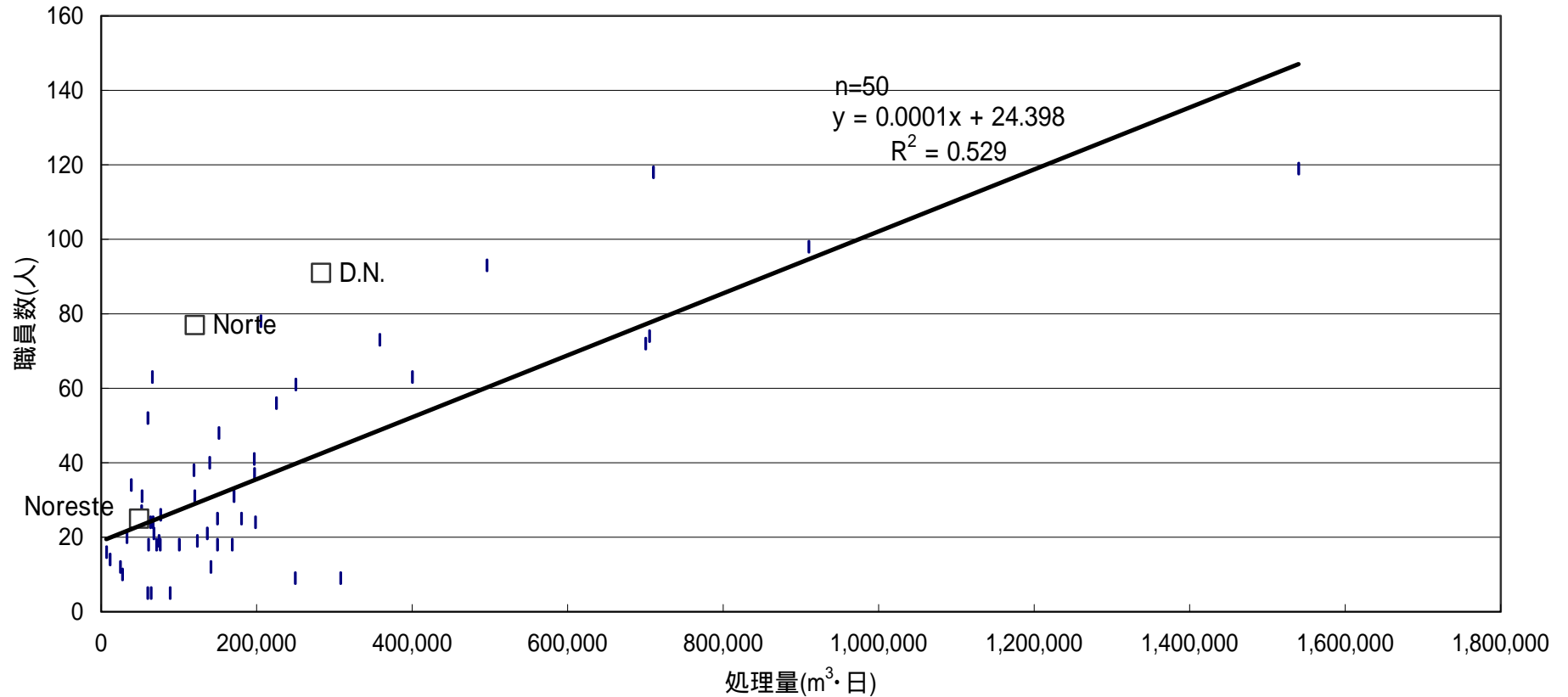


出所：SADM資料、北九州市建設局(1999)、広島市下水道局(1999)、大阪府土木部下水道課(1999)、千葉市下水道局(1999)、東京都下水道局(1998)、札幌市下水道局(1998)、川崎市建設局(1998)より作成。

注：1.モンテレイ3カ所(1999年現在)、北九州5カ所(1998年現在)、広島市5カ所(1998年現在)、大阪府12ヶ所(1998年現在)、千葉市2ヶ所(1998年現在)、東京都10カ所(1998年現在)、札幌市9カ所(1998年現在)、川崎市4カ所(1998年現在)、名古屋15ヶ所(1998年現在)のデータである。

2.近似曲線は日本のデータに対するものである。

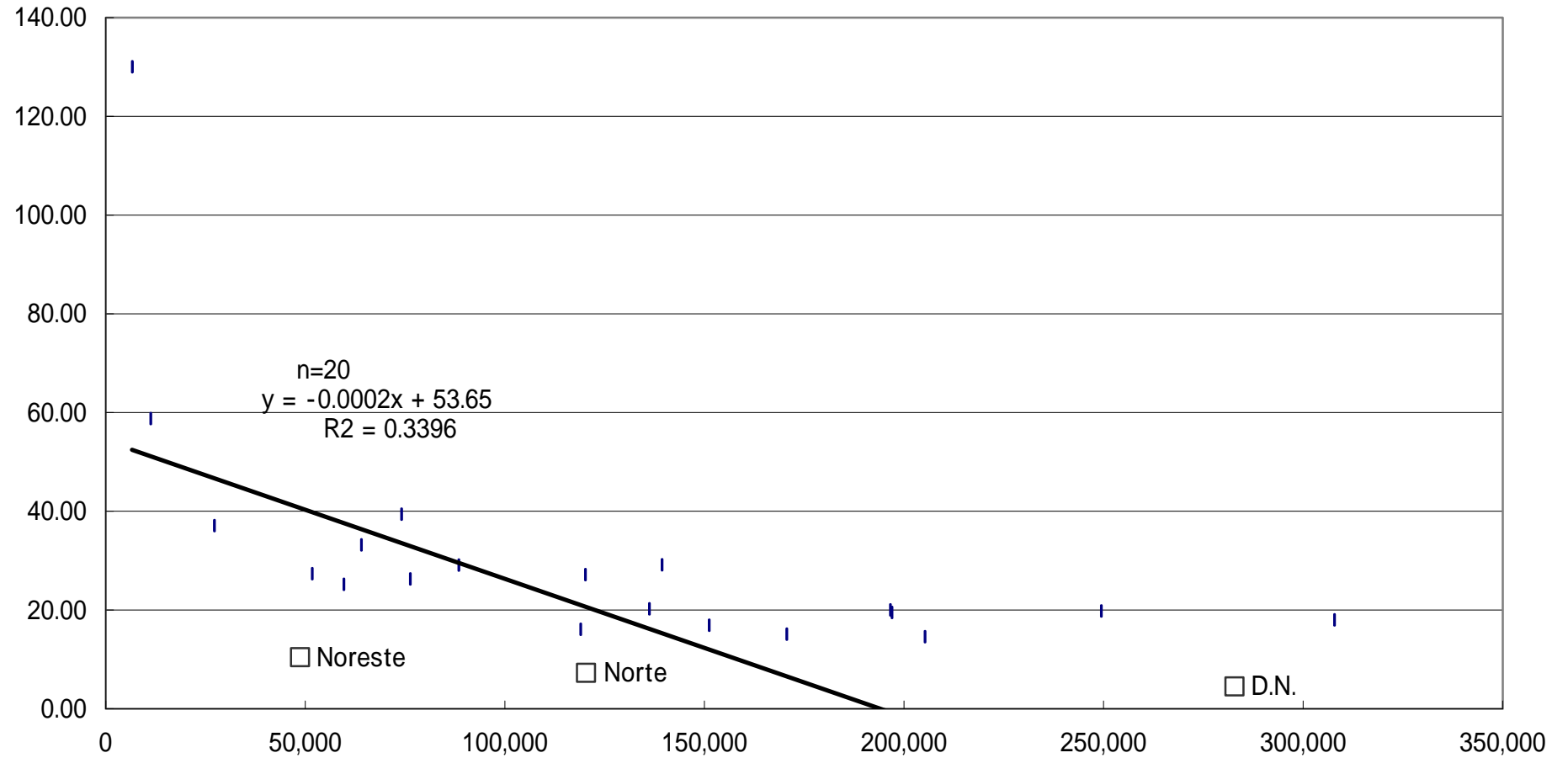
図6 日本およびモンテレイにおける下水処理場の処理量に対する職員数



出所：SADM資料、広島市下水道局(1998)、千葉市下水道局(1998)、東京都下水道局(1998)、札幌市下水道局(1998)、北九州市建設局(1999)、川崎市建設局(1998)より作成。

注：1) データは、モンテレイ3カ所(1999年現在)、広島市5カ所(1998年現在)、千葉市2ヶ所(1998年現在)、東京都10カ所(1998年現在)、札幌市9カ所(1998年現在)、川崎市4カ所(1998年現在)、北九州市5カ所(1998年現在)、名古屋15ヶ所(1998年現在)のものである。
2) 日本の下水処理場の職員数には「事務職」は含まない。

図7 日本およびモンテレイにおける下水処理場の処理量に対する処理原価(円/m³)



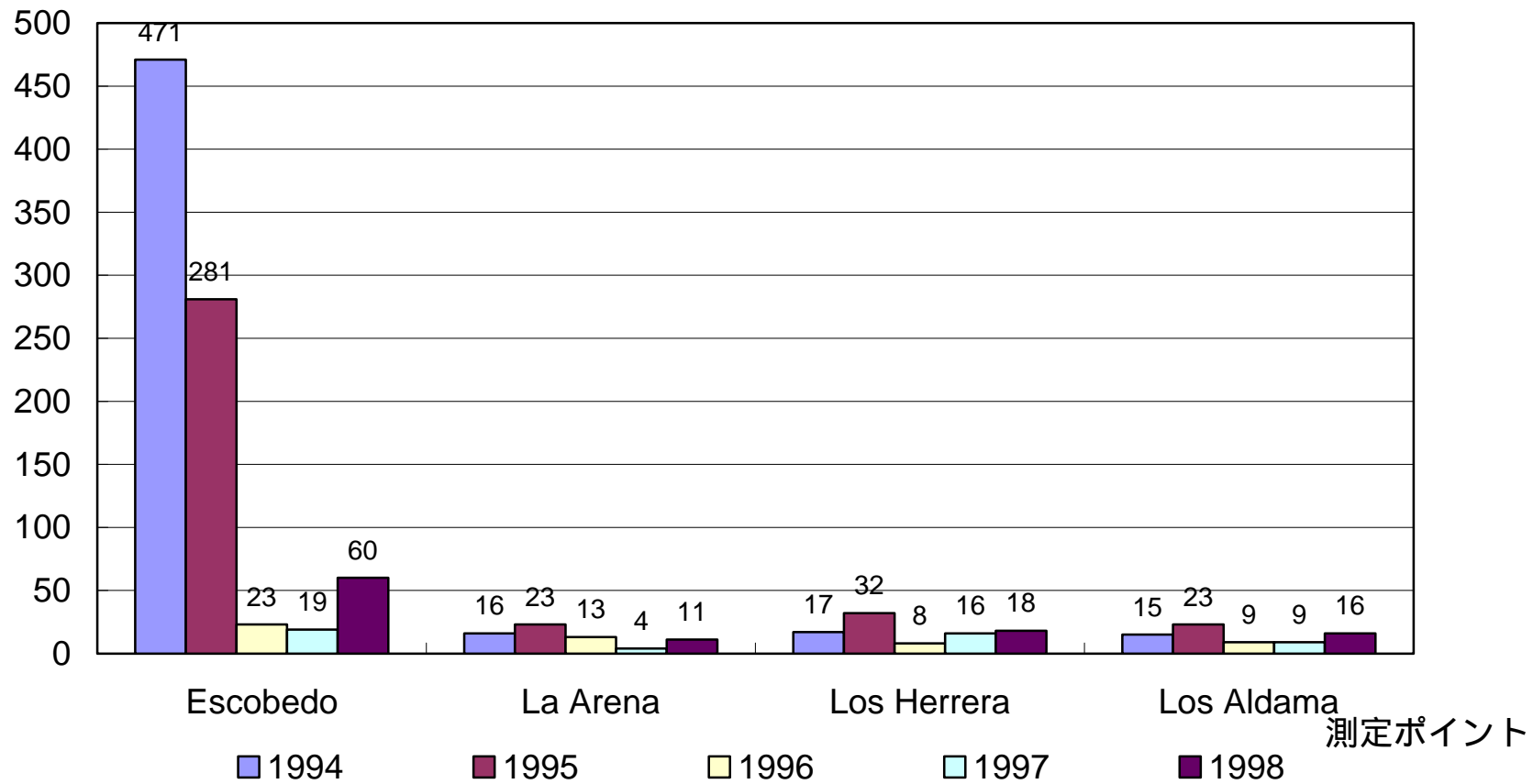
出所：SADM資料、北九州市建設局(1999)、千葉市下水道局(1998)、札幌市下水道局(1998)、川崎市建設局(1998)より作成。

注：1) データはモンテレイ3カ所(1998年現在)、北九州5カ所(1998年現在)、千葉市2ヶ所(1998年現在)、札幌市9カ所(1998年現在)、川崎市4カ所(1998年現在)のものである。

2) 1ペソ13.75円(1999年5月のレート)で換算した。

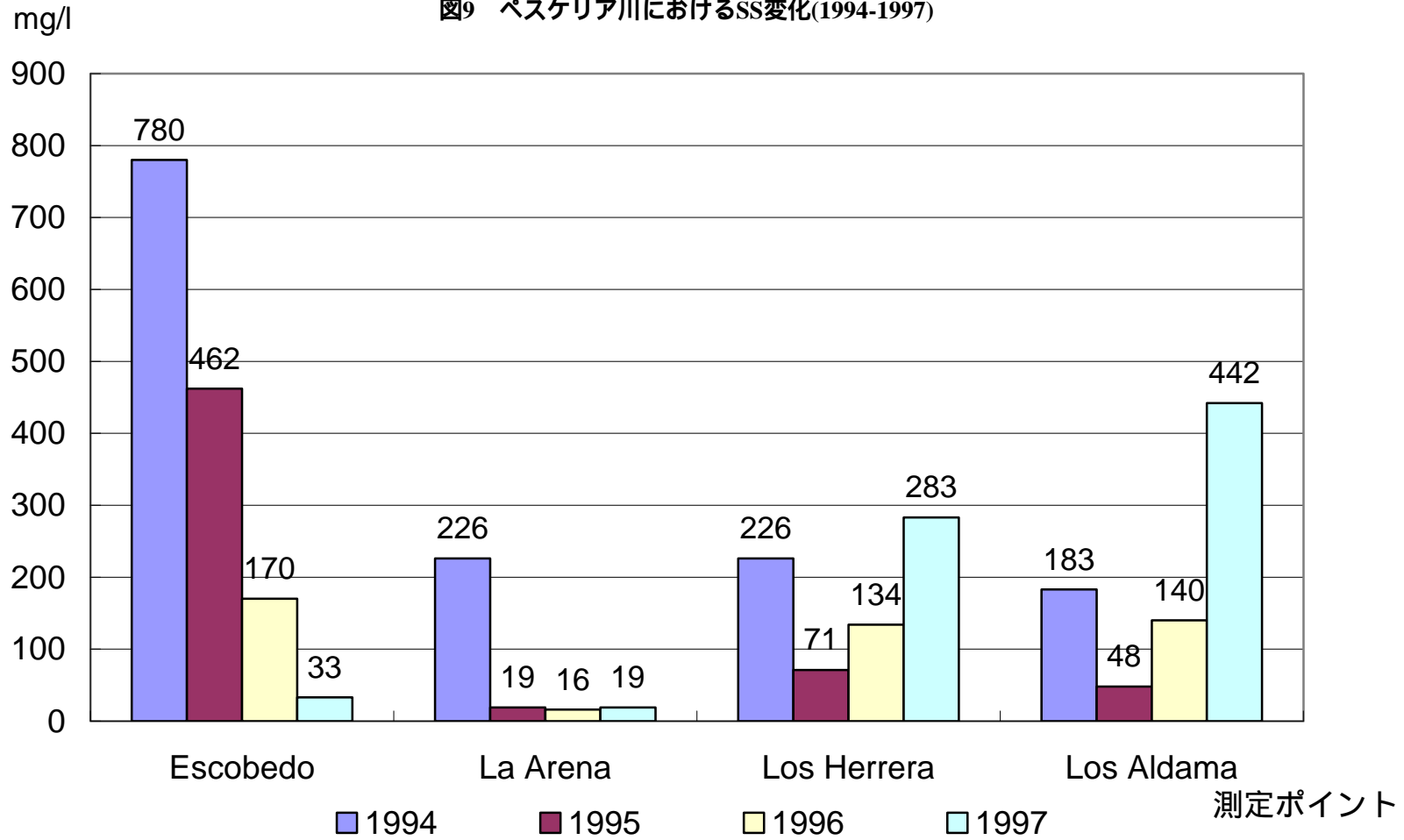
mg/l

図8 ペスケリア川におけるBOD変化(1994-1998)



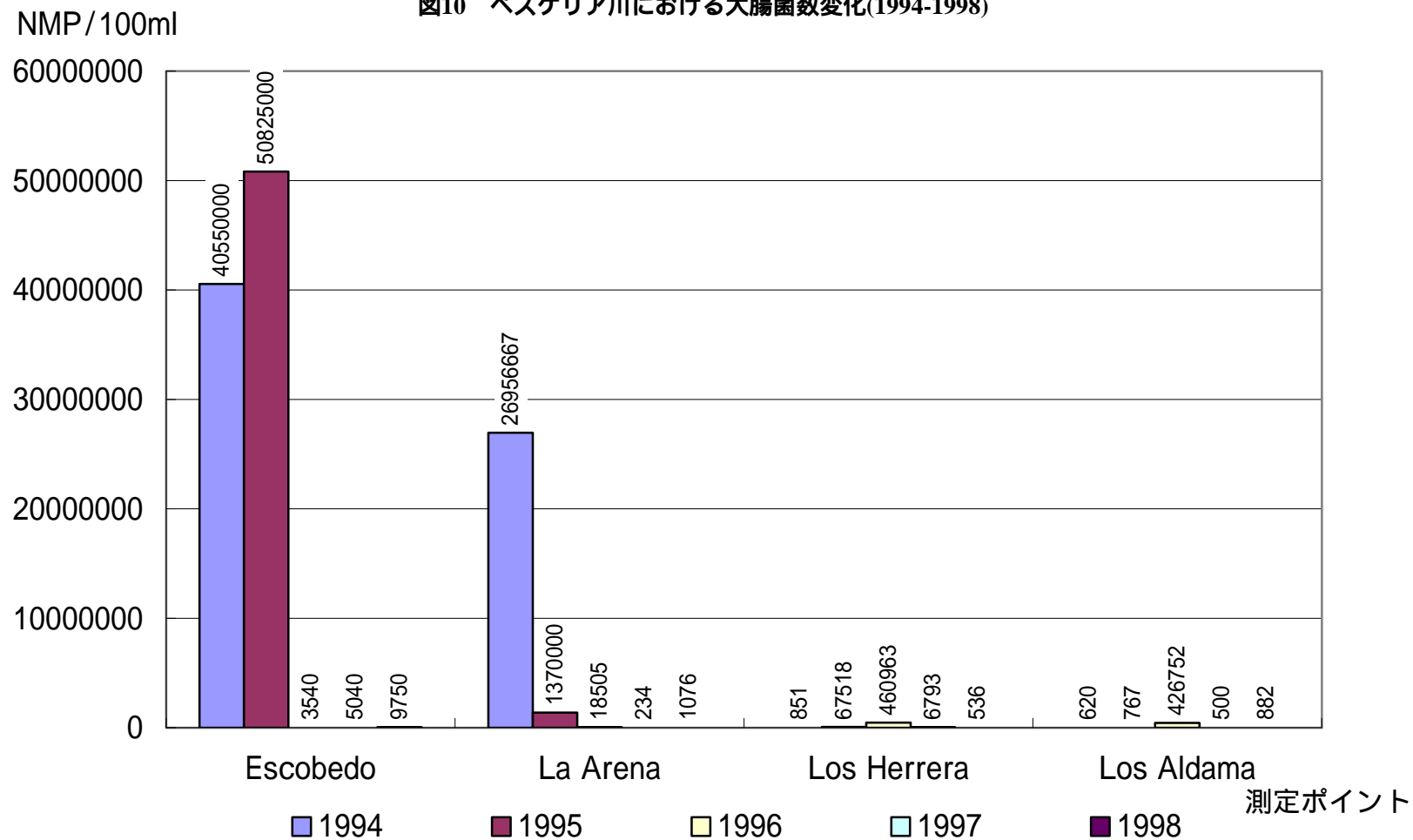
出所：CAN・リオ・ブラボー・オフィス資料より作成

図9 ペスケリア川におけるSS変化(1994-1997)



出所：CAN・リオ・ブラボー・オフィス資料より作成

図10 ペスケリア川における大腸菌数変化(1994-1998)



出所：CAN・リオ・ブラボア・オフィス資料より作成

表1 モンテレイ マスタープラン(上下水道施設拡張部分)

		目標	TORs
1st Stage	上水	1993年に 14.5m ³ /s (1990年比+5.0) の供給能力確保	<ul style="list-style-type: none"> ・クチージョダム (10m³/s) 建設 ・1本目アクアダクト(6m³/s) 建設 ・サン・ロケポンプ場 (6m³/s) 建設 ・5m³/s増量分対応排水管の増設
	下水	8.0m ³ /sの処理能力確保	<ul style="list-style-type: none"> ・集水管 (131km) の増設 ・8.0m³/s (5.0、2.5、0.5) の下水処理施設の建設
2nd Stage	上水	1996年に 19.5m ³ /s (1990年比+10.0) の供給能力確保	<ul style="list-style-type: none"> ・2本目アクアダクト (6m³/s) 建設 ・サン・ロケポンプ場 (6m³/s) 増設
	下水	11.5m ³ /sの処理能力確保	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の処理施設を11.5m³/s (7.0、3.5、1.0) へ増設

出所：F/Sより作成。

表2 SADM下水部分プラン詳細

単位：m³/s

	D.N	Norte	Noreste
Fase1	5.0	2.5	0.5
Fase2 (2000年)	7.5	3.75	2.5
Fase3 (2005年)	10.0	6.0	4.0

出所：SADMホームページより作成。

表3 計画水質

指標	流入前	処理後
BOD	200	30
COD	654	60
TSS	347	30
S Set(M1 / l)	13.4	0
N-NH3	14	2
N Org	23.5	8
PO4	14.2	7
Grease and Oil	114	10
Total Coliforms(NMP / 100ml)	3.6×10^7	<1000

出所：JBIC資料より作成。

注：単位がないものはすべてmg/lである。

表4 Noreste のオーバーフロー状況

年	1995	1996	1997	1998	1999
オーバーフロー量 (l.p.s)	0	18.7	111.5	183.0	266.0

出所：SADM資料より作成。

表5 ベスケリア川流域の流量変化

単位：m³/年

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1993-1998 平均	50年平均
El Canada (Escobedo)	7.112	16.397	12.613	32.824	35.149	28.514	22.102	12.773
La Arena	120.246	60.987	66.672	148.918	81.646	51.623	88.349	102.888
Los Herrera	133.137	120.637	162.150	115.182	165.032	106.475	133.769	162.182
Los Aldama	332.134	120.451	191.682	423.484	283.389	110.271	243.569	975.490

出所：CAN・リオ・ブラボー・オフィス資料より作成。

表6 各処理場・処理水質比較(1997年実績)

		D.N	Norte	Noreste
流入水	BOD (mg / l)	355	342	150
	SS (mg / l)	468	460	185
	N-NH3 (mg / l)	24	68	15
	大腸菌 (/ 100ml)	-	-	-
放流水	BOD (mg / l)	6.1	10	15
	SS (mg / l)	20.5	26	11
	N-NH3 (mg / l)	1.4	35	0.3
	大腸菌 (/ 100ml)	336.8	314.7	384.1

出所：SADM(1998)およびSADM資料より作成。

表7 モンテレイ下水処理場概要

	Dulces Nombres	Norte	Noreste	合計	
敷地面積(ha)	136	48	18.36	202.36	
使用面積(ha)	25	22	4	51	
計画処理人口(千人)	1,800	860	240	2,900	
処理能力	平均 m ³ /s	5.00	2.50	0.50	8.00
	最低 m ³ /s	2.60	1.12	0.16	3.88
	1 時間最大 m ³ /s	9.50	5.33	0.93	15.76
	1 日最大 m ³ /s	6.80	4.39	0.75	11.94
処理方式	活性汚泥法 (純酸素法)	活性汚泥法 (標準法)	活性汚泥法 (長時間エアレーション法)	-	
建設コスト(百万円)	6,699.0	4,797.7	1,692.0	13,188.7	
施設完成年月日	1996年2月	1995年7月	1995年5月	-	
供用開始年月日	1996年2月	1995年12月	1995年7月	-	
1998年 実績	処理水量(m ³ /s)	3.23	1.37	0.56	5.16
	職員数(人)	91	77	25	193
	維持管理費用(年間:ペソ)	33,613,339	22,742,742	17,526,806	69,634,418
	乾燥汚泥発生量 (年間:t)	26,559	16,150	4,477	47,186
	エネルギー消費 量(kw/m ³)	0.49	0.51	0.62	1.62

出所：SADM 資料より作成。

表8 モンテレイ下水処理場・処理場間比較(1998年実績)

	Dulces Nombres	Norte	Noreste
処理水量 (m ³ / s)	3.23	1.37	0.56
職員数 (人 / m ³ / s)	28.15	56.08	44.96
処理費用 (ペソ / m ³)	0.33	0.53	0.76
汚泥発生量 (kg / m ³)	0.26 (0.261)	0.37	0.26 (0.255)
エネルギー消費量 (kw / m ³)	0.49	0.51	0.62

出所：SADM(1998)より作成。

表9 維持管理費用の推移

単位：千US\$

	計画 (per 5m ³ / s)	実績 (per 5m ³ / s)
1995	14,951	1,621
1996	14,951	6,159
1997	14,951	6,618
1998	14,951	8,538

出所：SADM(1998)およびSADM資料データより作成。

注：ただし実績値は1995年から1997年は各年の換算レート、1998年は1US\$ = 7.9ペソ(1997年換算値)にもとづく。

表10 SADMの歴史

1906年	カナダ、トロントの“Monterrey Water-Works and Sewage, limited”により上下水道サービスが開始される
1945年	ヌエボ・レオン州が上企業を買収し、モンテレイ商業銀行に運営が委託される
1956年	ヌエボ・レオン州法により、モンテレイ都市圏住民に対し上下水道サービスを提供する目的で“モンテレイ上下道公社”が設立される
1995年	“SISTELEON”の解消によりヌエボ・レオン全土がSADMの管轄となる

出所：SADMホームページ

(<http://www.aguaydrenajemty.gob.mx/organigrama.htm>)より作成。

表11 モンテレイ下水道プロジェクトによる効果

	予期された効果	予期されなかった効果
プラス	河川の水質が改善され、下流域の水利用に資する。	SADMの能力が下水処理場の一括管理ができるまで向上する。
マイナス		ペスケリア流域で、灌漑用取水が増加し、水争いが悪化する。

出所：筆者作成。



ノレステ下水処理場の二次沈殿施設



モンテレイ上下水道公社 (SADM) の
汚泥肥料化実験場 (デュルセス・
ノンプレス下水処理場に隣接)



モンテレイ都市圏における本事業実施
前の下水放流状況