

第 I 部 基礎調査

1.1 緒言

1.1.1 調査の背景

カリブ海諸国で最大の都市であるハバナシティ県 (Ciuda de La Habana Province) は、キューバ国の政治、文化、経済の中心地である。2000 年のハバナシティ県の推定人口は 2,188,000 人でありキューバ国全人口 12,000,000 人の約 20 % を占めている。

ハバナ湾 (面積 5.0 km²、平均水深 9 m、容量 47 百万 m³) は商工業港および観光地の一部として重要な役割を果たしている。ハバナ湾流域は面積 68 km² でハバナシティ県の人口 37% を占める約 800,000 人 (2000 年) が居住している。ハバナ湾は閉鎖性の特徴があるため、湾内の水は外洋の海水と交換されにくい。生活排水や工場排水に由来する汚濁負荷が未処理あるいは不十分な処理を受けただけで湾内に放流されているため、湾の水が汚濁され、底泥が蓄積されている。

汚濁制御対策が講じられない限り、水質汚濁はさらに進行し、富栄養化現象も顕在化して湾の生態系を破壊し、ハバナの観光や経済に悪影響を及ぼすであろう。

水質汚濁の問題を解決し、湾の水環境を改善するため、キューバ国政府は、ハバナ湾に関連した関係機関の調整を図るハバナ湾浄化国家ワーキンググループ (GTE) を設立した。GTE はハバナ湾の環境改善・管理に関わる計画を作成し、組織化し、調整し、監視する政府実施機関である。1995 年から 1997 年には、GTE の設立を提案した国連開発計画 (UNDP) の協力の下 Global Environmental Facility のプログラムにより、ハバナ地域の水質汚濁防止策に関する調査を実施している。

このような状況下、様々な汚濁源からの汚濁負荷を削減してハバナ湾の水質改善を図るため、キューバ国政府は日本国政府に対して、下水道マスタープランの策定と優先プロジェクトの F/S 調査を行う技術支援を要請した。

このキューバ国の要請に応えるため、日本国政府は国際協力機構 (JICA) に事前調査団 (団長、山本敬子) をキューバ国に 2002 年 2 月 17 日から 3 月 8 日に派遣させ、調査の範囲や内容について検討し、GTE と JICA との間で調査内容 Scope of Work (S/W) が合意された。

1.1.2 調査概要

調査の目的は以下のとおり。

- 目標年次 2020 年としてハバナ湾流域の下水道マスタープランの策定
- 優先プロジェクトの妥当性 (F/S) 検討実施
- 調査を通じての計画手法などに関するキューバ側カウンターパートへの技術移転

調査は、以下の三段階で実施された。

- 第一段階、 基礎調査
- 第二段階、 下水道マスタープランの策定
- 第三段階、 優先プロジェクトに関する F/S 調査

1.1.3 報告書の構成

本報告書は以下の構成となっている。

Volume I: Executive Summary (英文)
 Volume II: Main Report, Part I Master Plan Part II Feasibility Study (英文)
 Volume III: Supporting Report (英文)
 Volume IV: Executive Summary (西文)
 Volume V: Main Report (西文)
 和文要約

1.2 調査対象地域概要

1.2.1 自然などの条件

(1) 気候・気象

調査対象地域の気候や気象条件の概要を示す。

1) 気温

ハバナ市の年間の平均気温は、最高気温 28.8°C であり、最低気温は 21.4°C であるが、記録上の最高気温は 35.8°C、最低気温は 8.5°C である。一年を通じて最も暑い時期である 8 月の平均気温は 27.3°C であり、最も涼しい 2 月で 21.6°C となっている。

2) 降水と湿度

年間平均の降水量は 1,411mm であり、雨季（5 月から 10 月）では、年間の全降水量の 70% となっている。最も雨が多いのは 9 月から 10 月である。相対湿度は一般に高く年平均で 79.5% である。

(2) 水文

三つの河川等の流域（Luyanó 川、Martin Pérez 川 および Tadeo 川）があり、これらを合わせると流域面積は 45.7 km² となる。Luyanó 川は流域面積、河川延長、河川流量のいずれでもハバナ湾流域で最も大きい。

これらの流入河川には流量等の測定観測点は設けられていない。表 1.1 に各流入河川の特徴を示す。

表 1.1 ハバナ湾流入河川の特徴

項目	Luyanó 川	Martin Pérez 川	Tadeo 川	合計
流域面積, km ²	30.0	13.1	2.6	45.7
河川延長, km	10.1	6.4	2.3	
2002 年での測定値*, m ³ /日	114,860	62,105	8,004	184,969
平均流出量, L/km ² /秒	0.1214	0.1503	0.0976	0.1283

出展：* は CIMAB が 2002 年 8 月に測定したデータ

Luyanó 川は海拔 90m の高さから、Martin Pérez 川は 海拔 55 m の高さから流下している。Tadeo 川下水が流入する都市小河川である。

1.2.2 社会経済

(1) 人口

キューバの現在の人口は約 12 百万人である。キューバの面積は 110,860 km² であり、全体の人口密度 101 人/km² であり、ほぼフランスに匹敵する。2000 年の統計では全人口 11, 217,100 人のうち、8,445,036 (75%) が都市域に居住している。したがって、キューバは、農村部では人口が少なく、都市部に多い。

調査対象地域があるハバナシティ県 (Ciudad de La Habana Province) では 2000 年の全人口は約 2,188,000 人と概算されており、キューバの全人口の 20%、都市域の人口の 26% を占めている。ハバナシティ県の平均人口密度は 3,000 人/km² である。ハバナシティ県の 1981 年の人口調査データと 1995 年～2000 年の推定値を下表に示すが、人口は 1996 年以来減少している。

表 1.2 人口統計データと推定値

年	1981 調査	1995	1996	1997	1998	1999	2000
人口	1,929,432	2,184,990	2,204,333	2,197,706	2,192,321	2,189,716	2,186,332
% 変動率			0.885	-0.301	-0.245	-0.119	-0.155

DPPFA は 1996 年現在のハバナ湾流域人口を 795,144 人と推定した。表 1.3 は 2000 年のハバナ湾流域内の人口を推定したものである。調査対象地域であるハバナ湾流域にはハバナシティ県 (Ciudad de la Habana Province) の約 35%、ハバナ湾に関連する 10 の自治体の 51.6% の人口が居住している。流域内の平均人口密度は 約 11,250 / km² である。

表 1.3 ハバナ湾流域内人口推定 (2000 年)

自治体	自治体内総人口	ハバナ湾流域内人口
Plaza de la Revolucion	173,416	18,359
Centro Havana	153,878	73,684
Havana Vieja	99,499	97,026
Regla	42,870	40,764
Havana del Este	184,634	17,675
Guanabacoa	106,618	24,848
San Miguel del Padron	154,675	145,803
Diez de Octubre	230,865	217,038
Cerro	135,729	97,889
Arroyo Naranjo	199,317	31,676
合計	1,481,501	764,762

(2) ハバナ市の経済規模および経済成長

1989 年のベルリンの壁崩壊および 1991 年のソビエト連邦の解体はキューバ経済にとって厳しいものであった。1990 年は “Special period in Time of Peace” の正式に開始されたときであり、全てのキューバ人にとって厳しい時代であった。

1990年代の前半には、自由市場活動をある程度認めたり、旧ソビエト圏以外の経済相手を見つけて外国資本とのジョイントベンチャーを組んだりといったように、より開放的な政策転換を採用した。カナダ、メキシコ、ヨーロッパからの資本移入とジョイントベンチャーが石油産業、観光業、電話通信および鉱業分野で最初に形成された。

1990年代初めには、キューバのGNP 37%も縮小していたが、1990年代半ばには経済復興の兆しが見え、回復はゆっくりとしているものの、1994年から1998年までは約1%の増加であった。全ての分野に対して外国からの投資を解禁した1995年からは、防衛、健康および教育以外は今日まで上昇傾向にある。しかし、外部圧力、とりわけアメリカ合衆国のHelms-Burton法は米国内での市場を失うとの脅しから投資家の意欲を削いだ。この脅威を取り除けば、キューバ経済は急速に拡大するであろう。GDPデータを下表に示す。

表 1.4 GDP データ

	Year 1996	Year 1997	Year 1998	Year 1999	Year 2000
Total GDP (Million pesos)					
At current prices	22,815	22,952	23,901	25,504	27,635
At constant (1981) prices	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
% change, year on year	7.8%	2.5%	1.2%	6.2%	5.6%
By expenditure (Million pesos at constant 1981 prices)					
Private consumption	6,085	6,120	6,315	6,599	6,904
Government consumption	4,749	4,809	4,957	5,000	5,133
Gross fixed investment	1,166	1,180	1,254	1,615	2,185
External balance	2,403	2,375	2,302	2,586	2,467
Statistical discrepancy	-185	87	-74	-125	-132
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
By sector (Million pesos at constant 1981 prices)					
Agriculture	1,075	1,074	1,018	1,123	1,253
Industry	4,949	5,314	5,490	5,843	6,168
Mining	177	182	184	186	213
Construction	539	556	588	632	694
Electricity, gas & water sup]	398	422	427	430	468
Manufacturing	3,835	4,155	4,291	4,595	4,794
Services	8,193	8,185	8,247	8,708	9,135
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556

Sources: Banco Central de Cuba

キューバ人の5人に一人はハバナに住んでいることになり、国家経済が苦しい状況下はハバナでも同じである。ハバナ市には55の工業団地があったが1990年代当初の経済逼迫状況下で直撃を受け、現在は経済の回復期にある。市は観光産業の急激な発展で経済を押し上げられた。

(3) 観光産業の動向

観光産業は外国資本が注入された最初の分野であった。1994年の観光産業省の創設および1995年の外国投資法が成立以来、13の組織が形成された。

観光は雇用機会を拡大するだけでなく、米ドルを獲得できる有力な分野となった。

下表には観光客と観光産業収入の統計データを示す。

表 1.5 観光客数と観光産業収入 (単位：百万)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
外国人到着者数	0.619	0.745	1.004	1.170	1.416	1.603	1.774
観光客数	0.617	0.742	0.999	1.153	1.390	1.561	1.741
観光産業収入 (US\$)	0.850	1.100	1.333	1.515	1.759	1.901	1.948

注：観光客数は増加傾向にあり、観光収入も増加して、現在年間 20 億米ドル以上である。

ハバナはキューバ国内のホテルなどの部屋/ベッド数の約 28%を占めており、外国人用観光地である Varadero の約 30%とほぼ同じである。観光収入は 1994 年から 2000 年までに 230%増加しており、ベッドの数もこの間 150% 増加している。現在の部屋の占有率は約 75%であり、宿泊施設が増えれば観光収入はさらに増加するであろう。

1.2.3 都市整備基盤

(1) 都市計画および土地利用

現在の土地利用状況を下表に示す。

表 1.6 現在の土地利用

土地利用	面積 (km ²)	比率 (%)
1. 住居および商業地域	40.55	61
2. 工業地域	13.20	20
3. 農業地域	6.25	10
4. 公園緑地	4.00	6
5. 保留地	2.00	3
合計	66.00	100

出展：Estudio de caso: Bahía de La Habana, Cuba, under “Proyecto GEF/RLA/93/G41Proyecto Regional Planificación y Manejo de Bahías y Areas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe”

住居、商業および工業地域の占有比率は 80%以上であり、かなり都市化しているといえる。

(2) 水道供給状況と将来計画

現在の公共水道はハバナ市の 15 自治体の 220 万人に給水している。

浄水量は 1,317,000m³/日で、そのうち表流水の処理水は 48,400 m³/日で地下水は 1,268,600m³/日である。地下水源は全体の 96.6%以上であり、水道水源はほとんど地下水である。

全取水量が 4,806 百万 m³/年 (1.32 百万 m³/日)であり、一人当たりの供給量は 604 (lpcd) で給水人口は 2,180,000 人である。一人当たりの供給量は同じ規模の都市と比べ小さくはない。しかし実際には取水された水は浄水プロセス、送水本管、ポンプ場および配水管網で失われている。聞き取り調査によると、取水量の 50%が送水本管の老朽化と能力不足のため漏水している。

ハバナ市では、24 時間連続給水は限定的なものであり、10 時間給水程度の間欠給水が一般的に行われている。

給水状況を改善するための水道施設の将来計画を、ヨーロッパ共同体の資金により INRH によって作成準備中である。キューバ国の水道計画設計基準(Norm) で規定され

た給水量は、50万人以上の都市での一般家庭は 220 lpcd、事業所、公共施設、公園道路を含めて 470 lpcd である。

1.3 ハバナ湾

1.3.1 水理学的特性

ハバナ湾の重要な水理学的特性を以下に整理する。

- 湾の入り口部が幅 270m と狭いため、湾内の潮流は比較的小さく、潮位幅も平均 0.29m と小さい。
- 湾内の淡水の滞留時間は 4 ヶ月と長く、湾内の水と湾外の海水の交換も比較的小さい。
- 湾の平均および最大水深は、それぞれ 9 m と 17 m であるので、水温躍層は風や強い流れの影響を受け簡単に壊される。一方、Atares と Guasabacoa のような河口域で河川や雨水路からの淡水が大量に流入してくるので、水平および垂直方向の密度流が強い。
- 海水と大気との熱交換は湾内の水温に最も影響する因子のひとつである。
- 降水、特に雨期では湾内で密度流が発生しやすい。

1.3.2 水質上の特性

溶存酸素 (DO) と栄養塩類の水質データについて、1986 年から 1990 年のデータと 2002 年のデータを比較すると水質は向上しているが、これは経済の停滞と蒸留酒工場での処理プロセス変更により汚濁負荷量が減少したことに起因すると考えられる。

CIMAB による 2002 年の水質データ、今回の水質調査データ、その他報告書のデータから、ハバナ湾の水質汚濁問題の特性を以下のように整理した。

- DO 濃度は試料採取場所によりかなり違っている。一般的に、河口部に近い場所では DO 濃度は低い。特に Atares や Marimelena では下水や工場排水が流入してくるので DO 濃度の低下は著しい。雨期には DO は特に減少し上記の 2 ヶ所では 2.0 mg/L より低くなる。底部の DO 濃度は特に低い、これは生命の死滅と同様に底質から栄養塩類が過剰に溶出していることに起因している。栄養塩類はプランクトンの成長を促し水域の富栄養化現象を引き起こす。
- リン濃度が季節毎にあるいは場所的に変化している。リン酸塩と全リンの両方が雨期よりも乾期に高濃度を示している。Atares, Marimelena および Guasabacoa では、高濃度のリンが測定されている。濃度が徐々に変化していることから、リンの外部からの供給源は河川あるいは雨水排水路からの排水と考えられる。
- Atares, Marimelena および Guasabacoa といった湾奥部で高濃度のアンモニア性窒素が検出されている。特に Atares では表層部と第二層部 (中間層) で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 0.5 mg/L と高い濃度が検出された。亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) や硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) については場所によるバラツキが小さい。したがって、アンモニア性窒素のバラツキは汚濁源からの供給および底質からの溶出が原因であると考えられ、亜硝酸性窒素および硝酸性窒素は湾内の硝化反応に依存していると考えられる。

- Atares および Guasabacoa で高濃度の浮遊性固形物 (SS) が測定されている。これは他の水質項目と同様に河川や雨水排水路を經由して流入した浮遊性固形物に富む流れによるものと考えられる。
- 植物プランクトンとクロロフィル-a は、富栄養化レベルを評価するのに重要な水質項目である。測定結果は同一傾向を示さず、ハバナ湾の一次生産の特徴の把握が困難であった。一般的な傾向として Canal de Entrada (湾の入り口) Centro de la Bahía (湾中央部) ではクロロフィル-a の濃度が高い。一方、植物プランクトンは Canal de Entrada および Atares (湾奥部) で比較的高濃度である。栄養塩 (無機性窒素およびリン酸化合物) 濃度で比較すると、クロロフィル-a 濃度が比較的低いことが言える。

1.3.3 底質の特性

既存の表層の底質データ (1991 年-2001 年)によると、Atarés や Centro de la Bahía において、オランダの基準で何らかの対策が必要とされる濃度を超えた、高濃度の亜鉛 Zinc (Zn) と銅 (Cu) が測定されている。

今回の調査で実施した実測調査では、重金属は問題のない濃度レベルであったが、Atares ではオランダの基準を超える亜鉛 (Zn) 濃度が検出された。また、石油系炭化水素は一様に分布し、Atares で 1,759 mg/kg-乾燥重量、Guasabacoa で 1,230 mg/kg と、既存データと同じレベル(1,043 ~ 1,623 mg/kg)であった。

1.4 現在の汚濁負荷

ハバナ湾水質悪化は流入河川、污水管や雨水排水路を經由する下水あるいは湾岸にある汚染源から直接排出される汚濁負荷に起因している。

汚濁負荷は発生源およびハバナ湾への排出点においてそれぞれ算定した。発生源の負荷量は汚濁負荷原単位を用いて原則算定した。ハバナ湾への排出負荷量は最下流地点におけるモニタリングデータを元に算定した。湾周辺部の工場についてもモニタリングデータに基づいて算定した。ハバナ湾に設定した 9 流域別に負荷量の計算を 1996 年と 2000 年について行った。

表 1.7 は BOD₅ に関する発生負荷と排出負荷を示す。Habana Vieja 流域、Matadero 雨水排水路流域、Agua Dulce 雨水排水路流域での発生負荷量は、既存下水道の Colector Principal によって Playa del Chivo で外洋に放流される。しかし、污水管の雨水排水路への誤接続や Colector Principal から能力不足分を雨水排水路へ汚水を排除したりしているため、これらの地域からの汚水は雨水排水路を經由してハバナ湾に放流されている。さらに、Colector Paralelo Orenge はハバナ湾流域外での汚水を収集し、Colector Principal に接続しているため、その収集汚水の一部がハバナ湾に放流されている。

表 1.7 汚濁負荷に関する発生負荷量（推定値）と排出負荷量（実測値）の比較

流域	算定した BOD ₅ 発生負荷量 kg/d		意図した湾への排出負荷量	実測による BOD ₅ 排出負荷量 kg/d		備考
	1996	2000		1996/97	2002	
Habana Vieja	4,455	4,070	0	830	1,320	汚水は本来 Colector Principal で収集され外洋へ放流
Dren Arroyo Matadero	5,126	4,808	0	20,015	8,942	
Dren Agua Dulce	5,943	5,567	0	5,630	6,770	
Rio Luyano	36,594	12,688		29,803	9,784	
Rio Martin Perez	3,185	3,737		629	1,518	
Rio Tadeo	2,281	899		3,256	1,807	要調査
Refinery Area	23,701	22,634		22,823	21,723	
Casa Blanca	542	592		23	23	
Cabaña	26	27		0	0	
全体	81,853	55,021		83,009	51,888	

1.5 誤接続問題

1.5.1 概説

大量の汚水が Agua Dulce および Matadero 雨水排水路を通して湾へ流入している。この主な原因は汚水管が雨水排水路へ接続されているという誤接続問題にあることが報告されている。誤接続は調査地域では不法接続“illegal connections”と呼ばれており、現状を把握する目的で現場調査を行った。

雨水排水路内の汚水流量を考慮し、染料による染色法を選定し、宅内排水管から枝線管への接続を調べた。

1.5.2 最初の調査

Agua Dulce、Matadero、および San Nicolás の雨水排水路の集水域を対象に、10ヶ所を選定して実施した調査結果を以下の表に示す。

表 1.8 最初の誤接続調査の結果

排水区名	調査位置 確認 No.	調査実施 家屋数	誤接続 確認数
I) San Nicolas	1	31	0
	2	31	0
II) Matadero	3	24	0
	4	8	0
	5	33	2
	6	13	0
	7	5	0
III) Agua Dulce	8	17	1
	9	20	0
	10	35	0
合計		217	3

表に示したように、誤接続はほとんど見つからなかった、つまり、ほとんどの家庭から枝線污水管への確実に接続されていることが確認された。

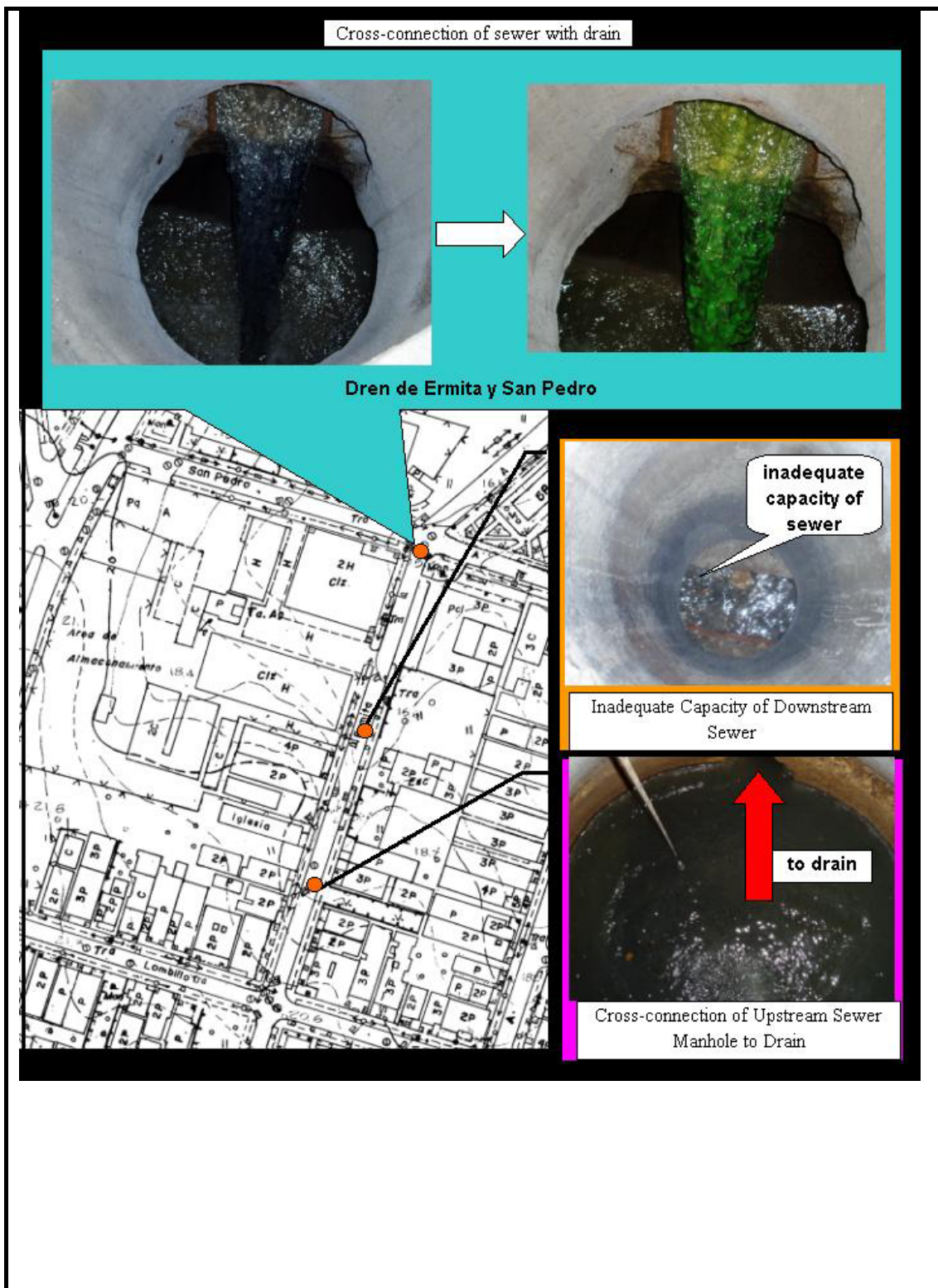
1.5.3 追加調査

INRH が事前に調査を行い誤接続がある Matadero 雨水排水路関連の 4 ヶ所について追加調査を実施し、3 ヶ所で誤接続の問題箇所を特定できた。誤接続管の問題解決策として以下のような方法が必要になる。

- Avenida Colon y Bellavista にある集合住宅からの誤接続では、生活雑排水が誤接続により雨水管に放流されていた。このような誤接続は直近の污水管に接続することで誤接続は容易に解消できる。
- Tulipan y Estancia で見つかった污水マンホールと雨水マンホール間の誤接続の場合では、直近の污水管の能力が不足しているためか、あるいは単純な間違いによると考えられる。この場合の誤接続解消には既存管の能力や敷設位置の調査が必要である。
- 図 1.1 に示したように、Ermita y San Pedro での污水管の能力不足に起因する誤接続がある。この場合污水管の能力を増強するために新設管を敷設する必要がある。

上記の他に、雨水排水路を污水管がサイフォン構造で横断する部分では、污水管の能力を超えた場合に汚水を雨水排水路に放流する構造物が作られている例もあった。

これらの調査結果から、長期の詳細な誤接続調査が必要であると考えられる。本格的な詳細調査により誤接続管の正確な位置と原因を明確にし、それぞれの場合にあった費用効果の高い適切な誤接続問題解決策を策定することが必要である。



ハバナ湾汚染源対策調査

国際協力機構 (JICA)

図 1.1 汚水管の能力不足のため、
汚水管マンホールから雨水管マン
ホールへ誤接続例

第 II 部 下水道マスタープラン

2.1 緒言

ここではハバナ湾の水環境改善に必要な下水道施設および下水道マスタープラン策定のために行った一連の検討、財務・経済評価、優先プロジェクトの選定について説明する。図 2.1 に下水道マスタープランの策定手順を示す。

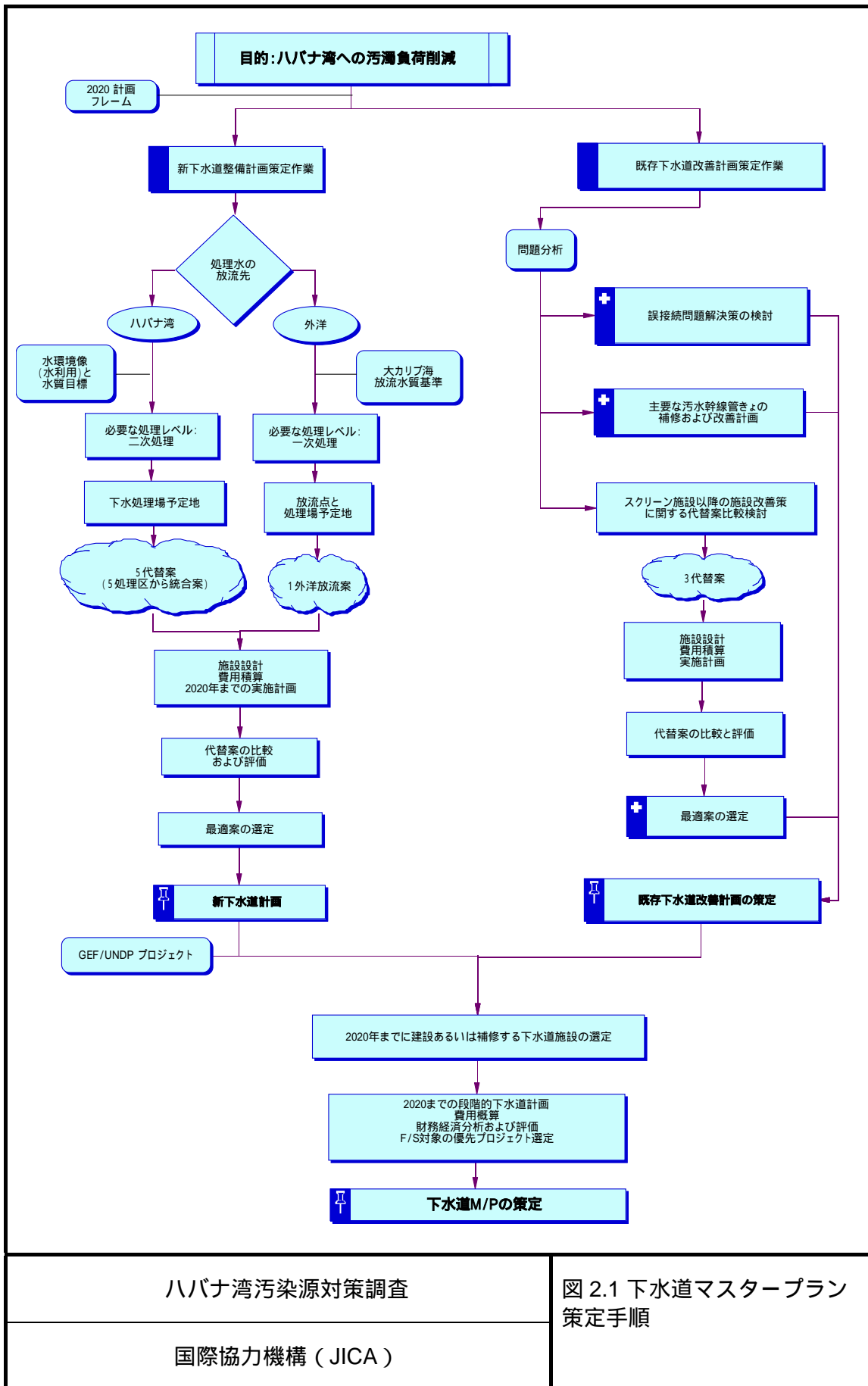
最初に水質汚濁防止の戦略について説明する。既存下水道の改善や新規の下水道整備によりどの程度まで湾の水質改善が可能かについて検討する。また現在および将来のハバナ湾の水利用を考慮した水質目標をキューバ国の水質基準案や水質シミュレーションの検討を踏まえて提案する。さらにハバナ湾に下水道施設からの処理水を放流する場合に求められる処理レベルについても明らかにする。

つぎに、下水道計画の基本事項である、下水道整備対象地域の特定と面積、普及人口、汚水発生量、汚濁負荷量、地下水などの浸入量などについて簡単に説明する。

下水道の建設や維持管理には多額の資金が必要であり、必要な下水道施設を一度に建設することは難しいため、長期間に段階的に建設する必要がある。したがって、提案した下水道マスタープランでは、ハバナ湾流域を対象に作成する下水道施設計画のうち、目標年次である 2020 年までに実施する下水道施設改善および整備計画を対象とする。

既存の下水道施設の改善計画は、現在抱えている問題の解決だけでなくシステムの信頼性向上を図り今後も長期間運転できるような内容を提案する。新下水道施設の整備計画では、処理水を湾内放流あるいは外洋放流の代替案を提案しこれらの比較検討を通じてハバナ湾への汚濁負荷を効果的効率的に削減できる案を提案する。

下水道マスタープランでは、下水道施設計画だけでなく、実施スケジュール、組織改善策、概算事業費積算、水質改善効果、財務・経済面の妥当性などについて、検討し提案する。また、F/S 調査対象の優先プロジェクトの選定も行う。



ハバナ湾汚染源対策調査

国際協力機構 (JICA)

図 2.1 下水道マスタープラン
策定手順

2.2 ハバナ湾における水質汚濁防止の戦略

2.2.1 水質目標像

(1) 水利用

将来の水利用は、下記の現在の水利用を確保することとした。

観光利用: 世界遺産に登録されている旧市街地や史跡がハバナ湾の入り口付近にあり、ハバナ市を訪れる多くの観光客にとって重要である。

レクリエーション: Malecon 通りから続くハバナ湾入り口付近の通りは、レクリエーション利用や魚釣りが行われており、市民にとって不可欠な憩いの場である。

商工業港: キューバで代表的な商工業港のひとつである。湾は工場の冷却水源であり、工場排水も受けている。湾岸には船舶等の修理工場が多く立地している。

交通: ハバナ市の東部と西部を結ぶ湾内交通利用もある。

(2) 水質目標

湾と海岸のための水質基準 “*Vertimiento De Aguas Residuales a Las Costas y Aguas Marinas - Especificaciones*” が準備段階にある。この基準では、以下の6つに分類して、規定している。

- Class A - 珊瑚礁地域 - 生態系保全・保護地域
- Class B - 海岸地域 - 水泳その他水に触れるようなレクリエーション活動地域
- Class C - 海岸地域 - 漁業開発地域
- Class D - 海岸地域 - 発電所など冷却水利用の地域
- Class E - 湾岸地域 - 港湾利用開発地域
- Class F - 海岸地域 - 利用指定なし

表 2.1 はそれぞれの目的利用に必要な水質基準を溶存酸素濃度 (DO) と大腸菌群数について示す。ハバナ湾の港湾利用目的では Class E が該当する。

表 2.1 海岸や湾岸での水質基準案

水質項目	単位	基準案				
		Class A	Class C	Class D	Class E	Class F
溶存酸素 (DO)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
大腸菌群数	MPN/100 mL	100	250	250	1000	5000

注: Class B の基準値は調査時点では提示されていなかった。

図 2.2 には現在の DO 濃度測定値を各利用目的と比較して示す。本調査および 2002 年の実測データによると、湾奥部にある Atares, Guasabacoa および Marimelena では Class E (港湾利用水質基準) を満足できない状況にある。Atares での DO は Class F 以下 Guasabacoa での DO は Class F 程度である。Marimelena では、Class D と Class F の間を変動している。湾中央部の Centro では Class C と Class F の間を変動しており、湾入り口では Class C と Class E の間で変動している。

現在の水利用を良好な状態で確保するため、水質目標を以下のように設定した。

目標水質 1 : Class E の水質基準を満足するため溶存酸素 DO 濃度 (3 mg/L)

目標水質 2 : Class E のための排出基準として油分濃度 (5 mg/L 以下)

表 2.2 は各目標と対応策を求められる関連分野を示した。溶存酸素濃度が増加するには湾内への有機物負荷を減らす必要があり、そのためには下水、雨水および工場排水を制御する必要がある。湾岸あるいは湾流域にある工場や修理作業場からは油分を湾に放流しないことが必要である。

表 2.2 各分野の目標と責任

目標	対応策実施が求められる分野		
	汚水	雨水	工場排水
溶存酸素濃度を向上させる	○	○	○
油分などを減少させる			○

下水道は主に有機物を除去対象とし、一部の栄養塩類も除去する。公共下水道処理施設では油分や重金属などの毒性物質は除去ができないため、対象外とする。

2.2.2 求められる下水処理レベル

(1) 緒言

水域の水質目標像は、水運、工場の冷却水利用、漁業などの水利用目的により大きく左右される。水質目標像を達成し維持するには、水域の水質基準あるいは水域への放流基準を規定する必要がある。場合によっては両方の基準を決める必要もある。

ハバナ湾流域での新下水道計画では、処理水を湾内あるいは湾外に放流する場合が想定される。

湾内に放流する場合には、受け入れ水域は河川あるいは湾となる。河川の場合には現放流基準 NC-27 (1999) “Discharge Standards to Inland Surface Waters”で規定される。Luyanó 川と Martin Pérez 川は農業利用の Type B の河川に該当する。湾の水質目標のひとつは、Class E の水域に必要な最低 DO 濃度 3 mg/L である。下水道施設整備計画についていくつかのシナリオを設定し水質シミュレーションを実施して、水質目標を達成できる下水処理レベルを決めることとする。最終的に採用する処理レベルは湾の水質目標を満足するだけでなく、河川への放流基準も満足する必要がある。

外洋に放流する場合には、大カリブ海の環境を保護するためのカルタヘナ (Cartagena) 会議を引き継いだ陸水起源の汚濁源の条約案 “Land Based Sources Protocol (LBS Protocol)” (調査時点ではキューバ国は批准していない) で規定された放流水基準を将来満足することが必要となる。



注) 本調査で測定した DO 濃度レベルに基づき比較した。

海岸や湾岸での水質基準案

水質項目	単位	基準案				
		Class A	Class C	Class D	Class E	Class F
溶存酸素 (DO)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
大腸菌群数	MPN/100 mL	100	250	250	1000	5000

注: Class B の基準値は調査時点では提示されていなかった。

- Class A - 珊瑚礁地域 - 生態系保全・保護地域
- Class B - 海岸地域 - 水泳その他水に触れるようなレクリエーション活動地域
- Class C - 海岸地域 - 漁業開発地域
- Class D - 海岸地域 - 発電所など冷却水利用の地域
- Class E - 湾岸地域 - 港湾利用開発地域
- Class F - 海岸地域 - 利用指定なし

ハバナ湾汚染源対策調査	図 2.2 ハバナ湾内における現況の溶存酸素 (DO) 濃度 (2002 年) とキューバ国の水質環境基準案との比較
国際協力機構 (JICA)	

(2) 汚濁負荷削減のシナリオ

湾内へ処理水を放流する場合の下水処理レベルを決定するために、いくつかの汚濁負荷削減シナリオを設定して水質シミュレーションを実施した。シナリオには、下水道で収集した下水を一次処理、二次処理、高度処理した場合、さらに石油精製工場排水や湾内の底泥による内部負荷の低減策を講じた場合も含まれる。

湾内への放流水については以下のシナリオである。

- ケース 2 - GEF/UNDP プロジェクト(Zone 4 と Zone 6)だけを実施した場合の将来 (2020 年)
- ケース 4 - 新規下水道施設全てにおいて二次処理を実施し、誤接続解消等の既存下水道改善計画を実施した場合
- ケース 5 - 新規下水道施設全てにおいて一次処理を実施し、誤接続解消等の既存下水道改善計画を実施した場合
- ケース 6 - 新規下水道施設全てにおいて高度処理を実施し、誤接続解消等の既存下水道改善計画を実施した場合

ケース 2 は、GEF/UNDP プロジェクト(Zone 4 と Zone 6)だけを実施し、その後何らかの策を講じない場合である。この場合には、Agua Dulce 雨水排水路に流入した下水、Luyanó 川周辺の工場排水、Luyanó-Abajo (Zone 6)の一部の下水に関連した汚濁負荷削減に限定される。

ケース 4 では、既存の下水道の改善計画を実施して、誤接続による雨水排水路からの下水放流を阻止するだけでなく、Luyanó 川、Martin Pérez、Arroyo Tadeo に新規下水道を全て整備し、二次処理を実施した場合である。つまり、このケースでは有機物除去を可能な限り実施した場合の水質改善効果を確認する。

ケース 5 では、ケース 4 での処理レベルを一次処理とした場合であり、ケース 4 より有機物除去割合を低く設定した場合である。

ケース 6 では、ケース 4 での処理レベルを高度処理レベルとし、有機物だけでなく栄養塩類の除去も実施した場合である。

(3) 水質予測結果

1) 溶存酸素 (DO)

図 2.3 に示したように、ケース 2 とケース 4 との間で溶存酸素 (DO) 濃度が顕著に増加した。ハバナ湾で最も有機汚濁が進んでいる Atares での DO 濃度が 3 mg/L となった。一方ケース 3 の一次処理の場合には、Atares での DO 濃度が 3 mg/L 以下であり、水質目標を満足できない。ケース 4 の場合、ケース 2 と同様に雨水排水路からの汚濁源流入がない Atares においても DO 濃度が向上したのは、二次処理導入により Guasabacoa での DO 濃度が向上したからと考えられる。

2) 溶解性・生物分解性 BOD (BODd)

湾奥部の Guasabacoa において、処理レベルの異なるケース 4 (二次処理) とケース 5 (一次処理) の場合で BODd (溶解性で生物分解性有機物) 濃度に差違が生じたが、ケース 4 (二次処理) とケース 6 (高度処理) では違いはなく、水質は向上しなかった。

3) アンモニア性窒素 (NH₄-N) とオルトリン酸リン (PO₄-P)

ケース 6(高度処理)の場合に、湾奥部 Gusabacoa において栄養塩除去の効果がみられる。

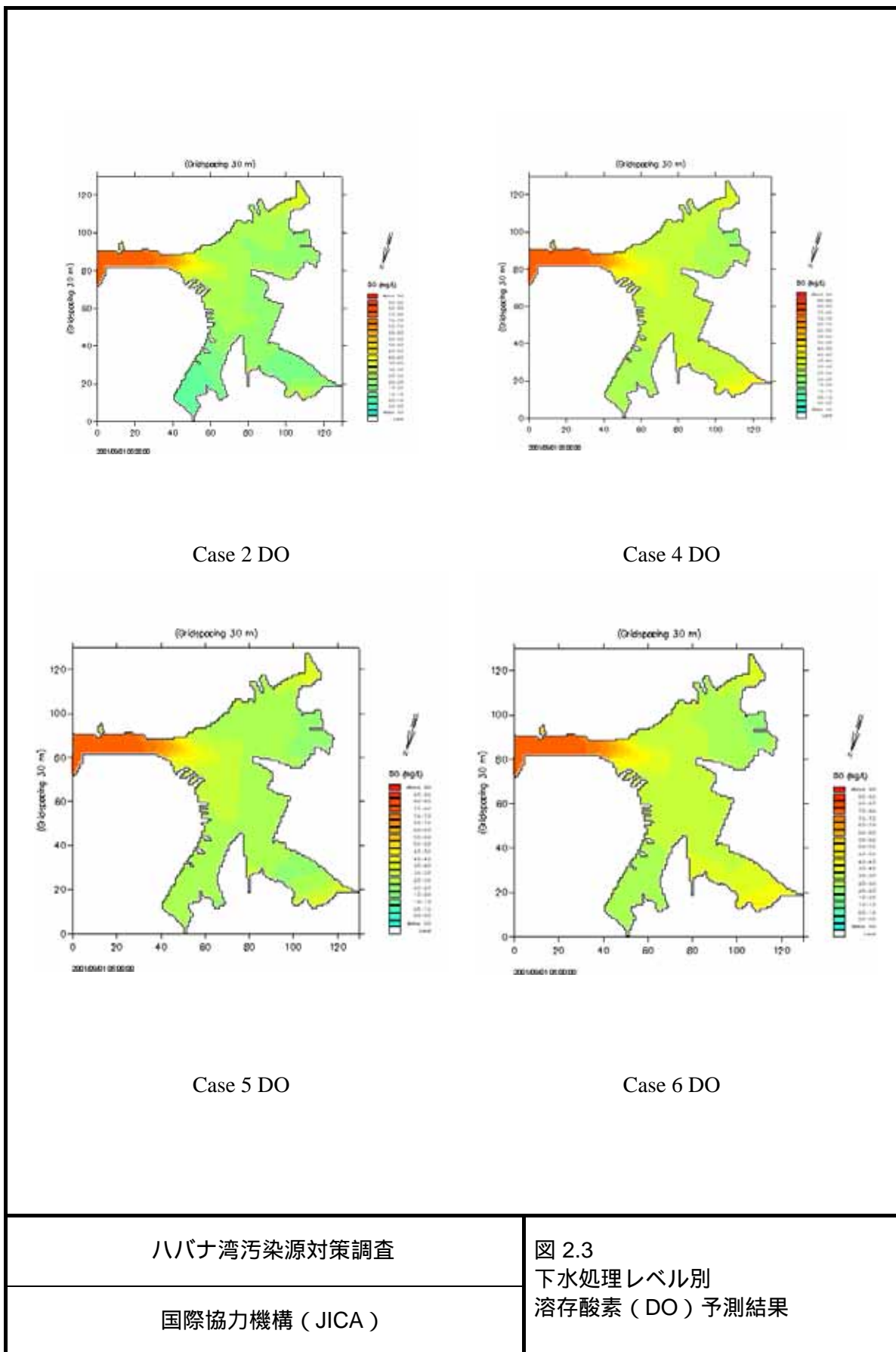
4) クロロフィル-a (Chl-a)

ケース 4 (二次処理) の場合に予想した Chl-a は約 6 µg/L であり、湾外での濃度と大差ない。ケース 6 (高度処理) では Chl-a 濃度が湾全域で減少する。

(4) 下水処理レベル

水質シミュレーション結果の比較から、水質目標である湾内の DO 濃度 3 mg/L 以上に
関して以下のことが言える。

- 現在最も DO 濃度が低い Atares で 3 mg/L 以上を確保するには、新下水道計画では二次処理レベルが最低限必要である。
- 新下水道計画で二次処理レベルを導入した場合、シミュレーション結果を見る限り富栄養化現象の傾向は見受けられない。ただし、今回のシミュレーションは入手可能なデータ数が限定されており、特に湾への負荷としての窒素とリンのデータにバラツキがみられ、富栄養化現象の指標であるクロロフィル-a (Chl-a) にもバラツキがあり、この調査時点では高度処理導入の必要性を十分に検証できなかった点も付記する。
- したがって、新下水道計画では二次処理施設の導入を図り、湾奥部の Atares と Guasabacoa で深刻な有機物汚濁負荷を削減することが重要である。



2.3 下水道の計画諸元

2.3.1 下水道計画対象地域

表 2.3 に下水道計画対象地域面積を示すが、総面積約 6,500 ha のうち、ハバナ湾流域内 5,700 ha 流域外 800 ha が対象である。流域外の他の下水道処理区の対象地区約 100 ha については調査対象外とした。下水道計画対象地域は、地形等を勘案し汚水を収集可能な地域を対象に、将来の人口集中や分散、住宅開発動向などを考慮して設定した。

表 2.3 下水道計画対象地域 (2020 年)

項目	面積	備考
1. 下水道計画対象地域	6,432.2 ha	
湾内流域	5,665.3 ha	
湾外流域	766.9 ha	
計	6,432.2 ha	
2. 湾外流域の他の下水道に接続する地域	97.1 ha	
5. 単独処理、個別衛生施設整備対象地域	1,086.6 ha	
衛生施設	851.0 ha	
工場単独処理	235.6 ha	
計	1,086.6 ha	

出展: JICA 調査団

2.3.2 人口

ハバナ湾流域内の 2020 年総人口は、1996 年当時とほぼ同じ 800,000 人と設定した。ハバナ湾内の自治体の人口は、人口調査データおよび 1996 年の調査データに基づいている。1996 年調査データに基づく各自治体の行政人口に占めるハバナ湾流域内人口比を参考に、2020 年の流域内人口予測を行った。表 2.4 にその結果を示す。

表 2.4 ハバナ湾内の人口予測

Municipality related Havana Basin	* 1996	2001	2005	2010	2015	2020
Plaza de la revolucion	9,395	9,400	9,400	9,400	9,500	9,500
Centro habana	86,106	78,700	77,800	76,800	75,700	74,600
Habana vieja	105,178	95,000	94,400	93,600	92,800	92,000
Regla	41,798	42,200	43,100	44,300	45,500	46,700
La habana del este	15,025	15,500	16,500	17,700	19,000	20,200
Guanabacoa	24,354	24,400	25,400	26,700	27,900	29,200
San miguel del padron	145,880	144,800	149,700	155,900	162,000	168,200
Diez de octubre	239,768	228,700	228,000	227,100	226,200	225,300
Cerro	97,507	95,200	96,000	96,900	97,900	98,800
Arroyo naranjo	31,087	31,700	32,500	33,500	34,500	35,500
Total	796,098	765,600	772,800	781,900	791,000	800,000

*:Estudio de Diagnostico sobre Asentamiento Humano en la Cuenca Bahia dela Habana

出展: JICA 調査団

上記の行政人口を参考に下水道計画人口を設定した。表 2.5 に下水道計画人口その他を示す。

表 2.5 下水道計画人口 (2020 年)

項目	人口	備考
1. ハバナシティ県の人口	2,110,256	
2. ハバナ湾内の人口	800,000	
3. 本調査での下水道計画人口	884,700	
ハバナ湾流域内	725,600	
ハバナ湾流域外	159,100	
計	884,700	
4. 他の湾流域外の下水道計画対象	19,900	
5. 単独処理・個別衛生施設等による対象人口	54,500	
個別衛生施設	54,500	
工場単独処理施設	0	
計	54,500	

出展: JICA 調査

2.3.3 下水発生量

(1) 基本事項

下水の種類を、給水状況に基づき以下の4つに分類した。それぞれの下水の算定式を表に示す。

表 2.6 下水発生量

下水の種類	発生量算定式
1. 一般家庭下水	一人当たりの給水量原単位 x 下水発生率 x 計画人口
2. 小規模の商業、事業所及び工場排水	一人当たりの給水量原単位 x 下水発生率 x 計画人口
3. 大規模の商業、事業所排水	給水量実績 x 下水発生率
4. 大規模の工場排水	給水量実績 x 下水発生率

出展: JICA 調査

2020 年の下水発生量は、キューバ国の水道計画の計画設計基準 (Cuban Norm) および大口顧客給水データならびに将来の経済成長を勘案し、算定した。

(2) 将来の下水発生量原単位

表 2.7 は各下水の種類別下水発生量原単位を、キューバ国水道計画設計基準に基づいて、汚水発生率を 0.9 として算定した結果を示す。

表 2.7 将来の下水発生量原単位

項目	単位	一般家庭	商業・事業所	公共施設	小規模工場
一人当たりの給水量原単位 (キューバ計画基準 Norma による)	lpcd	220	132	66	23
給水のうち、汚水管には排除されない給水	lpcd	-	-	20	-
計画基準で考慮されている損失分	%	15			
正味の一人当たり水使用量原単位	lpcd	187	112	39	20
		171			
汚水発生率	%	90			
正味の一人当たり汚水発生量原単位	lpcd	168.3 => 168	153.9 =>154		

出展: JICA 調査

(3) 下水発生量

表 2.8 には下水発生量を示す。

表 2.8 下水発生量総括表

項目	計画人口		汚水発生量(m ³ /日)	
	2001年	2020年	2001年	2020年
1. 調査対象地域内 (ハバナ湾流域)	765,800	800,000	240,300	256,900
2. 調査対象全体	862,600	884,700	268,600	315,900
2.1 一般家庭下水	-	-	145,000	148,600
2.2 小規模の一般家庭以外の下水	-	-	94,900	136,300
2.3 大規模の一般家庭以外の下水	-	-	28,800	31,000
3. ハバナ湾流域内の下水	703,500	725,600	216,500	256,800
3.1 一般家庭下水	-	-	118,200	121,900
3.2 小規模の一般家庭以外の下水	-	-	77,400	111,700
3.3 大規模の一般家庭以外の下水	-	-	20,900	23,200
4. ハバナ湾流域外の下水	159,100	159,100	52,100	59,100
4.1 一般家庭下水	-	-	26,700	26,700
4.2 小規模の一般家庭以外の下水	-	-	17,500	24,500
4.3 大規模の一般家庭以外の下水	-	-	7,900	7,900
5. 流域外の下水道計画対象の下水	14,900	19,900	4,200	6,400
6. 単独および個別衛生処理対象	47,400	54,500	13,200	24,000
個別衛生施設対象下水	47,400	54,500	13,200	17,600
工場での単独処理対象下水	0	0	6,400	6,400

出展: JICA 調査

2.3.4 汚濁負荷

(1) 一般家庭下水

下水道計画のため一般家庭下水の汚濁負荷原単位を使って汚濁負荷量を推定した。BOD₅ 負荷量原単位はキューバの実測データを元に設定し、固形物 (SS)、全窒素 (T-N) および全リン (T-P) の負荷量原単位は、文献等を参考に設定した。

表 2.9 一人当たりの汚濁負荷原単位

有機物 (BOD ₅)	- 40 g BOD ₅ /人/日
固形物 (SS)	- 40 g SS*/人/日
全窒素 (T-N)	- 7.4 g T-N/人/日
全リン (T-P)	- 1.9 g T-P/人/日

出展: JICA 調査

(2) 一般家庭下水以外の小規模排水

一般家庭以外 (商業・事業所・工場) で、小規模排水の負荷量原単位は、以下の仮定により設定した。

- 水質は一般家庭下水の雑排水と同等レベルである。
- トイレ利用水と雑排水の汚濁負荷量比率を、文献値を参考に設定をする。

表 2.10 トイレ用水および生活雑排水中の一人当たり汚濁負荷原単位

汚濁負荷原単位 (g/人/日)	BOD ₅	SS	T-N	T-P
- トイレ用水	18	18	5.2	1.3
- 生活雑排水	22	22	2.2	0.6

注: T-N および T-P について、トイレ用水と雑排水での比率を 70% 対 30% とした。

(4) 一般家庭下水以外の大規模排水

一般家庭以外で大規模排水は工場排水であり、現在の主要な業種は将来も基本的には存続するものと想定し、その負荷量計算に当たっては以下の条件を設定した。

- 食品加工業の場合、公共下水道への放流水質を許容できる最大濃度 (BOD₅: 300 mg/L、SS: 300 mg/L、T-N: 50 mg/L T-P: 10 mg/L) に設定した。
- 電気機械産業の平均放流水質を BOD₅: 100 mg/L、SS: 100 mg/L、T-N: 15 mg/L および T-P: 5 mg/L に設定した。
- 食品加工業対電気機械産業の排水量比率を 70 % 対 30% とする。

2.3.5 浸入水 / 浸透水

雨水や地下水の浸入水 / 浸透水 (I/I) について、一人当たり 20 ~ 40 lpcd (リットル/人/日) と一定割合として汚水量に加算する。この設定値は、地形条件、汚水管理設状況、および既存幹線污水管に関する報告書 “Análisis Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Principal de Ciudad de La Habana, 1996” による推定値: Colector Norte および Sur (5m³/ha/日)、他の幹線污水管 (3m³/ha/日) により一人当たりの I/I 換算値 19.4 lpcd を考慮して設定した。

2.4 下水道施設の改善計画および新規整備計画の検討

2.4.1 緒言

既存下水道の改善計画と新下水道の整備計画は、それぞれ以下のようなアプローチで策定した。

既存施設の改善計画の場合、現在抱えている問題を分析し、原因を明確にして対応策を検討した。以下のような計画について検討して改善計画を策定した。

- 雨水排水路を經由してハバナ湾に放流されている下水は、ハバナ湾には放流させないで、既存施設により外洋へ排除する。
- 重要な幹線汚水管の補修および改善計画を策定する。
- スクリーン施設から外洋放流管までの既存下水送水施設について代替案による比較検討を行って最適案を選定する。

新下水道の整備計画については、代替案を設定して、汚濁負荷削減や費用の面で効果的で効率的な最適案を選定した。なお、代替案として、処理水の放流先により、湾内放流の場合には5処理区から1処理区までの5代替案、外洋放流の場合には1代替案を設定した。

2.4.2 既存施設の改善計画

既存下水道施設の改善計画の概要を下表に示す。

表 2.11 既存の下水道システム（Central Sewerage System）の改善計画

項目	提案した改善計画	備考
1. 計画水量		
計画日平均	230,600 m ³ /日	
計画日最大	272,000 m ³ /日	
計画時間最大	329,500 m ³ /日	
3. 計画流入水質	BOD 濃度: 190 mg/L, SS 濃度: 190 mg/L	
4. 放流水質基準 （大カリブ海基準）	BOD 濃度: 150 mg/L, TSS 濃度: 150 mg/L	未だ正式に批准していない。
5. 改善計画		
5.1 誤接続管の詳細調査	Matadero および Agua Dulce の雨水排水路地域を対象に誤接続管特定のための詳細調査の実施および対応策の策定を行う。	
5.2 能力不足の幹線汚水管の補修	既存幹線汚水管（Colector Centro Habana, Cerro, Sur 1, Sur 2 and Sur 3）を対象に、将来能力不足となる管きよの増強あるいは交換を行う。	
5.3 幹線汚水管 Colector Sur の補修と提案した新送水システムの建設	既存幹線汚水管 Colector Sur（口径: 1500mm ~ 2100mm、CP、延長: 2.78km）の補修を行う。 提案した新送水システムを建設する。 <u>圧送管</u> （口径: 1,350mm、CP、延長: 1,020m）、 <u>新幹線汚水管 Colector Sur Nuevo</u> （口径: 1500mm、CP、延長: 1,830m）、 <u>接続汚水管</u> （口径: 1,030/1,200mm、HDPE ~ 1500mm、CP、延長: 500m）、 <u>新幹線汚水管 Colector Su A</u> （口径: 1500mm、CP、延長: 開削工法:580m、トンネル工法:1,070m）。 <u>Matadero ポンプ場</u> （ポンプ機器（Q=20 m ³ /min, H=12 m）を 3 台、1 台は予備） Colector Sur の補修期間中には、さらにポンプ（Q=40 m ³ /min, H=12 m）を 2 台配備。	遠心力鉄筋コンクリート管（CP）は内径表示。高密度ポリエチレン管（HDPE）は内径/外径の両方を表示。
5.4 スクリーン施設の補修とサイフォンの詳細調査	Caballeria にあるスクリーン施設 2 基の補修を行う。スクリーンと Casablanca ポンプ場間のサイフォンの補修が必要かどうかの詳細調査を実施し、必要であれば補修計画を策定する。	
5.5 Casablanca ポンプ場の補修	既存ポンプ機器（Q=1.75 m ³ /s, H=8 m）の交換（1 台の予備を含む 4 台の交換）、なおポンプ機器を新形式に交換するため、ポンプ井戸の一部改造を行う。	
5.6 送水トンネルの補修および再揚水ポンプ場の建設	送水トンネルの簡易な補修工事および再揚水ポンプ場の建設を行う。能力（Q=1.75 m ³ /s, H=5 m）のポンプ機器を 4 台配置（1 台予備）し、送水トンネル後の損失水頭を回復し、外洋へ放流可能とする。送水トンネル内を自然流下方式で送水するため、簡易な補修が可能とる。	
5.7 一次処理施設と污泥処理施設の計画	大カリブ海放流水水質基準を満足するのに必要な一次処理および污泥処理施設の計画を行う。	施設建設の判断は流入汚水水質に基づく。
5.8 外洋放流管の交換	新外洋放流管の新敷設。総延長 300m で分散放流管（延長 140m）を 2 本含む。	

出展: JICA 調査団

2.4.3 目標年次 2020 年までの新下水道整備計画

(1) 代替案の比較検討結果

6つの代替案の比較検討により、湾内放流の4下水処理区からなる案を最適案として選定した。各代替案で2020年までに実施可能な下水道整備計画を作成して比較した結果、4処理区からなる湾内放流案の Luyanó-Martín Pérez Abajo 下水処理区を整備する案が最もハバナ湾の汚濁負荷を効果的に効率的に削減できると考えられた。この下水処理区は人口密度が高く、多くの工場が配置されているからである。

(2) その他の検討課題

選定した Luyanó-Martín Pérez Abajo 処理区を2020年までの新下水道整備計画として採用するに当たり、つぎのような課題が明らかになり、さらに検討を重ねた。

- キューバ側から提案された Luyanó 流域の一部を既存下水道に接続し、Casablanca ポンプ場を経由して外洋放流案の可能性について検討する。
- 選定した最適案の Luyanó-Martín Pérez Abajo 下水処理区の下水処理場用地はコンテナヤードとしての利用計画があり用地確保が困難である。GTE と INRH は GEF/UNDP プロジェクトによる処理施設建設予定地には施設を拡張できる余地があり、Luyanó-Martín Pérez Abajo 処理区の下水処理場建設用地として提案する。その場合、下水および汚泥の処理施設の設計を本調査団と GEF/UNDP プロジェクトを担当しているキューバの設計会社と調整する必要がある。

最初の課題については、キューバ側の提案の内容・可能性について検討し、一部を修正した案を作成した。この案を下水道 M/P の一部である新下水道整備計画の第二期事業計画以降の代替案として受け入れることとした。

二番目の課題を解決するため、面整備対象地域の明確な区域割、下水処理場内の施設配置案の作成、先行整備する GEF/UNDP プロジェクトによる施設（流入ポンプ場、スクリーンや沈砂池といった予備処理施設、管理棟・オペレータ用務棟）の提案と設計条件の提示などを、関係機関との調整を通じて実施した。

GEF/UNDP プロジェクトによる下水処理施設は、高い栄養塩類除去率が要求されており、高度処理施設が必要である。しかし2.2節で述べたように、本調査では有機物除去に優先度を設定した、言い換えれば、二次処理施設の建設を提案した。したがって、下水処理レベルが異なる処理施設を建設することになるので、主要な処理施設は別々に建設し、共通の施設を GEF/UNDP プロジェクトにより建設することを提案した。

(3) 2020 年までの新下水道整備計画

表 2.12 は下水道 M/P の一部として新下水道整備計画の概要を示す。この計画では Luyanó-Martín Pérez Abajo 下水処理区で発生した下水はすべて Luyanó 処理場で処理する計画を原則としている。

表 2.12 目標年次 2020 年までの新下水道整備計画概要

項目	Luyanó-Martín Pérez Abajo 下水処理区	GEF/UNDP プロ ジェクトを含め た場合
1. 計画人口	138,300 人	163,600 人
2. 計画対象面積	1,054 ha	1,300 ha
3. 汚水発生量 (2020 年)	47,940 m ³ /日	56,400 m ³ /日
一般家庭下水	23,240 m ³ /日	27,485 m ³ /日
小規模の一般家庭下水 以外の下水	21,300 m ³ /日	25,194 m ³ /日
大規模の一般家庭下水 以外の下水	3,400 m ³ /日	3,704 m ³ /日
4. 下水収集施設		
4.1 下水管網	管口径 216/250 mm、HDPE で総延長 212 km 敷設。(幹線污水管 Luyanó- Martín Pérez Right Colector 関連は延長 105 km、Luyanó Left Colector 関連は延 長 107 km)	
4.2 幹線污水管 (Colector)	幹線污水管 Luyanó-Martín Pérez Right Colector: 開削工法 (口径 216/250mm ~ 1030/1200mm, HDPE, 延長 13.0 km) トンネル工法 (トンネル掘削断面口 径 1500mm, 挿入管口径 216/250 mm ~ 1030/1200mm, HDPE, 延長 5.4 km)	
	幹線污水管 Luyanó Left Colector: 開削工法 (口径 216/250mm ~ 1030/1200mm, HDPE, 延長 13.0 km) トンネル工法 (トンネル掘削断面口 径 1500mm, 挿入管口径 535/630 mm ~ 1030/1200mm, HDPE, 延長 1.3 km)	
5. 下水処理場	Luyanó 下水処理場	
5.1 計画処理能力	53,700 m ³ /日 (621 L/s)	71,000 m ³ /日 (821 L/s)
5.2 汚水処理レベルと処理 プロセス	二次処理レベル、 標準活性汚泥法 (予備処理 + 最初沈殿 池 + 曝気槽 + 最終沈殿池 + 返送汚泥装 置)	
5.2 発生汚泥の処理処分	汚泥濃縮 + 嫌気性消化 + 機械式脱水 + 陸地埋め立て処分	

注：高密度ポリエチレン管の口径は内径・外径の両方を表示した。

出展: JICA 調査団

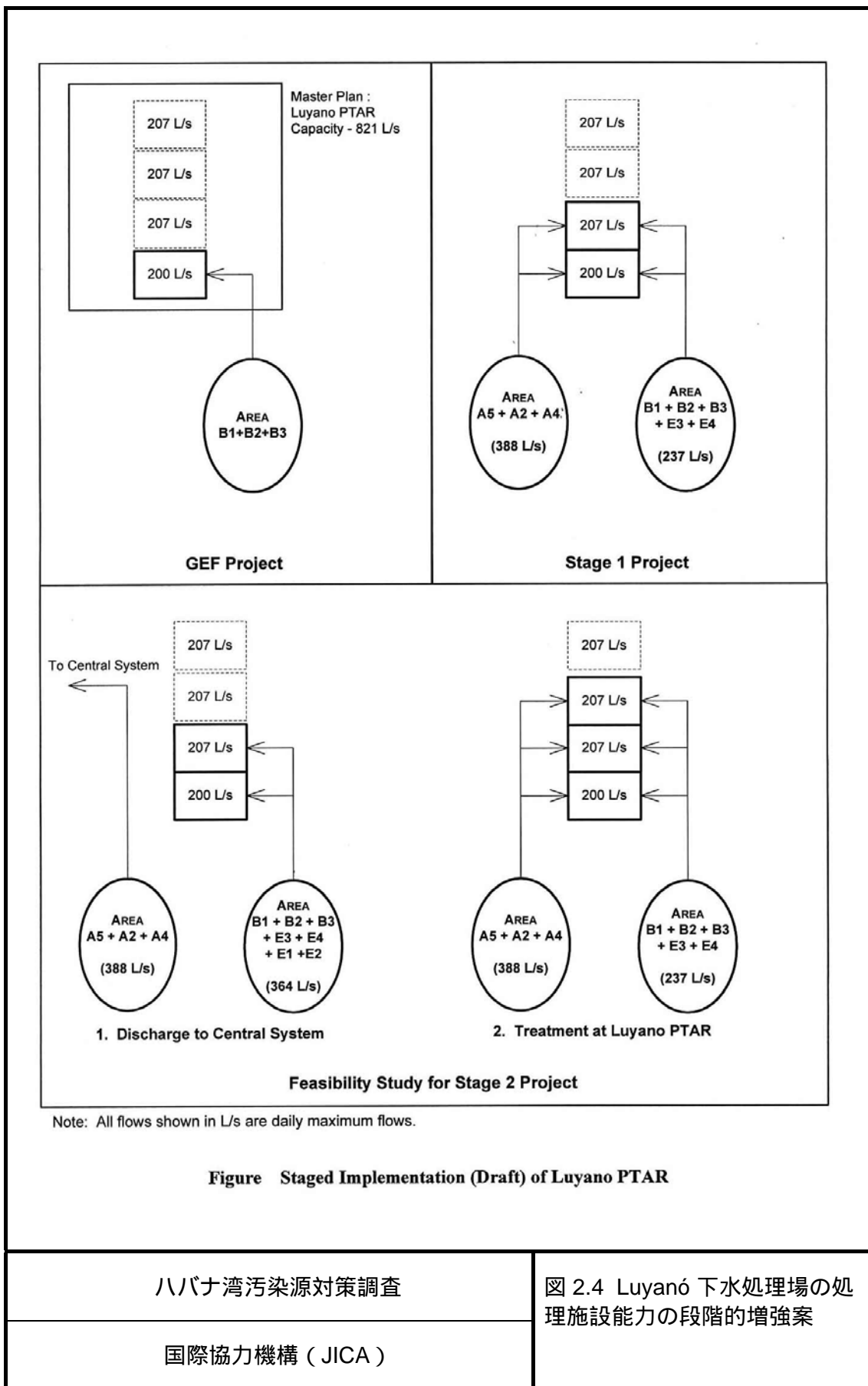
(4) Luyanó Left Colector 対象の地域 (Luyanó 川左岸地域) からの汚水外洋放流案

幹線污水管 Luyanó Left Colector により収集された下水を既存下水道に接続して外洋放流する案は、下水道 M/P で採用した下水処理場で処理する案の第二期事業計画以降の代替案として実施可能ではないかとの考えもある。つまり、Luyanó 川左岸地区の下水は、既存の基幹污水管 Colector Sur の補修を可能とし、能力の補強ならびに既存下水道システムの信頼性向上を目的として提案した、新幹線污水管システム (Matadero ポンプ場、圧送管および Colector Sur Nuevo) に Colector Sur A を経由して接続すれば、Casablanca ポンプ場を経由して外洋に放流可能となるからである。また、この外洋放流案においてキューバ政府が今後批准するカリブ海への放流水質基準 BOD 濃度 150mg/L を遵守するため下水処理が必要となる場合には、Chivo 地区に一次処理 (沈殿処理) 施設で対応可能であり、将来内湾の富栄養化問題への対応策としての高度処理施設導入が不要といった利点もある。

ただし、この代替案を実現化するには、Matadero 雨水排水路の排水区での污水管誤接続問題を第一期事業で解決することが前提条件であり、また第二期事業および第三期事業でも Agua Dulce 雨水排水路の排水区での誤接続問題の対応策を引き続き実施し、解決を図ることが必須条件である。したがって、誤接続管問題が解消される見通しが確認できた段階で、この外洋放流案の実現可能性を検討することを提言した。

なお、外洋放流案が新下水道整備計画の第二期事業計画以降に採用されれば、下水道 M/P の一部として提案した Luyanó 処理場での処理施設拡張計画は第二期事業計画以降早急に以下の点を考慮して改訂する必要がある。

- 第二期事業計画のうち、処理場拡張計画は図 2.4 に示すように中止となる。
- 第一期事業計画完了後の処理能力は 407 L/s または 35,200 m³/日となり、その後は拡張なしでも流入下水を処理可能である。図 2.4 の左下の図 (第二期事業の F/S) に、この場合の状況を模式的に示している。
- 第二期以降に外洋放流代替案が実施される場合には、実施した下水道事業の効果を評価して、4 処理区からなる下水道計画を再検討し見直すこと。この見直しでは、Luyanó 川上流域の下水処理区が Luyanó-Martín Pérez Abayo 下水処理区に併合する案についても検討の余地がある。



2.5 下水道マスタープラン

2.5.1 下水道施設計画

下水道 M/P 対象である 2020 年までに改善し建設する下水道施設の概要を表 2.13 に示した。

2.5.2 実施計画

段階的に下水道施設を改善および整備し、投資を長期間に分散する実施計画を提案した。図 2.5 に示したように、2006 年に開始し 2020 年に終了するまで 3 期に分けた下水事業計画を提案した。

表 2.13 下水道マスタープランの概要

項目	下水道マスタープラン (2020年までの整備計画)	内訳1：既存下水道施設の改善 (Central System)	内訳2：新規下水道施設の建設 ルジャノ・マルティンペレス下流下水処理区	調査対象地域 (ハバナ湾流域)	下水道マスタープランによる調査対象地域のカバー率
1. 計画人口	計画対象人口 750,600人 調査対象区域内 591,500人 区域外流入 159,100人	計画対象人口 587,000人 調査対象区域内 427,900人 区域外流入 159,100人	計画対象人口 163,600人 提案された実施計画 138,300人 GEF/UNDPプロジェクト外の対象人口 25,300人	総人口 800,000人	74%
2. 計画対象区域面積	総面積 4,289ha 区域内 3,522ha、 区域外 767ha	総面積 2,989ha 区域内 2,222ha 区域外 767ha	総面積 1,300ha (1,628ha) 提案された処理区面積 1,054ha GEF/UNDPプロジェクト外の対象面積 246ha	総面積 5,665ha	62%
3. 下水発生量(2020年)	区域内 204,600 m ³ /日 合計 263,700 m ³ /日	区域内 148,200 m ³ /日 合計 207,300 m ³ /日	56,400 m ³ /日 実施計画による (47,940 m ³ /日)	256,900 m ³ /日	80%
内訳 一般家庭	区域内 99,373 m ³ /日 合計 126,102 m ³ /日	区域内 71,888 m ³ /日 合計 98,617 m ³ /日	27,485 m ³ /日 実施計画による (23,240 m ³ /日)	121,900 m ³ /日	82%
その他(小口顧客)	区域内 91,091 m ³ /日 合計 115,592 m ³ /日	区域内 65,897 m ³ /日 合計 90,398 m ³ /日	25,194 m ³ /日 実施計画による (21,300 m ³ /日)	111,800 m ³ /日	82%
その他(大口顧客)	区域内 14,081 m ³ /日 合計 21,918 m ³ /日	区域内 10,377 m ³ /日 合計 18,214 m ³ /日	3,704 m ³ /日 実施計画による (3,400 m ³ /日)	23,100 m ³ /日	61%
4. BOD汚濁負荷(2020年) 発生汚濁負荷量	43.4トン/日	31.7トン/日	11.7トン/日	78.4トン/日 (MP対象外下水道計画内 11.1 トン/日、個別衛生施設 2.2トン /日、精油所 21.7トン/日を含 む)	55%
湾への放流汚濁負荷量	1.2トン/日	0.0トン/日	1.2トン/日	33.4トン/日	%
湾への削減汚濁負荷量	25.0トン/日	17.0トン/日	8.0トン/日		84%(下水道による削減可能値)
5. 段階的整備計画概要 5.1 第1次事業計画	マスタープランは右記内訳を 合わせたもの。	Matadero 雨水排水路関連区域の誤接続管詳細調査と改善策の策定。Matadero 雨水排水路関連区域対象の誤接続管対策の実施。サイフォンの詳細調査とサイフオンの新設を含む補修計画策定。Caballeria スクリーン施設2台の補修。カサブランカ・ポンプ場のポンプ機器を新規ポンプ機器4台(Q=1.75 m ³ /s, H=8 m)と交換改善。マタデロポンプ場の新設。マタデロポンプ場と Cerro 幹線污水管の間に接続管の新設。マタデロポンプ場と Caballeria のスクリーン施設間に圧送管と新幹線污水管“Colector Sur Nuevo”の新設。	提案したルジャノ・マルティンペレス右岸幹線污水管の新設。ルジャノ左岸幹線污水管の新設。ルジャノ下水処理場に2次処理(生物処理)を導入(GEF/UNDPプロジェクト外の処理能力 200L/s に 207L/s の処理能力が加わり、合計処理能力は 407L/s もしくは 35,200 m ³ /day となる)。ルジャノ・マルティンペレス下流処理区において污水管の面整備を実施。		
5.2 第2次事業計画	マスタープランは右記内訳を 合わせたもの。	Agua Dulce 雨水排水路関連区域を対象に誤接続管の詳細調査と改善策の策定。Agua Dulce 雨水排水路関連区域を対象とした誤接続管対策の実施。Sur 幹線污水管の補修。Sur A 幹線污水管の新設。再揚水ポンプ場(Q=1.75 m ³ /s, H=5 m, 4基内1基予備)の建設。既存のトンネルの簡易補修工事。外洋放流管の交換。	ルジャノ・マルティンペレス右岸幹線污水管の延長。ルジャノ左岸幹線污水管の延長。ルジャノ下水処理場の処理能力 207L/s 増設し、合計処理能力を 614L/s もしくは 53,100 m ³ /日とする。ルジャノ・マルティンペレス下流処理区において下水管の面整備実施。		
5.3 第3次事業計画	マスタープランは右記内訳を 合わせたもの。	Agua Dulce 雨水排水路関連区域を対象とした誤接続管対策の実施。	ルジャノ・マルティンペレス右岸幹線污水管の延長。ルジャノ左岸幹線污水管の延長。ルジャノ下水処理場の処理能力 207L/s 増設し、合計処理能力を 821L/s もしくは 71,000 m ³ /日とする。ルジャノ・マルティンペレス下流処理区において下水管の面整備実施。		

J-31

No.	期別	項目	準備期間			第一期事業					第二期事業					第三期事業				
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.		JICA Study	■																	
1.	第一期	国際機関、金融機関などの融資確保のための調整		■																
2.1		コンサルタントの選定			■															
2.2		詳細設計および入札準備			■															
3.		事前審査と契約締結					■													
4.		第一期事業の実施						■												
5.		工事監理						■												
6.	第二期	国際機関、金融機関などの融資確保のための調整					■													
7.1		コンサルタントの選定							■											
7.2		詳細設計および入札準備							■											
8.		事前審査と契約締結								■										
9.		第一期事業の実施								■										
10.		工事監理								■										
11.	第三期	国際機関、金融機関などの融資確保のための調整									■									
12.1		コンサルタントの選定										■								
12.2		詳細設計および入札準備										■								
13.		事前審査と契約締結											■							
14.		第一期事業の実施												■						
15.		工事監理												■						

国際協力機構 (JICA)

ハバチ湾汚染源対策調査

図 2.5
実施スケジュール

2.5.3 組織強化

(1) 中央政府機関

下水道とハバナ湾の環境に関連した政府機関の組織強化について提言した。その概要を下表に示す。

表 2.14 政府機関に対する組織強化のための提言

政府関係機関	組織強化のための提言
GTE	水質モニタリングと同様に、水質汚濁にも重要な役割を果たすこと。 MINAG、MINSAP および MIP 間の役割機能を調整し、ハバナ湾の環境保全に責任をもつ政府機関となるよう強化すること。 総合的な水質データベース確立に必要な十分な財源を確保すること。
CITMA	環境分野で環境法(No.81)を強化するため、追加の法律や規制を設け、法の強制執行権を確保すること。管理や執行力の強化が必要である。
INRH/DPRH	現時点では特になし。
その他	MINBAS は石油系炭化水素汚染に責任を負うべきである。現時点では MINBAS はハバナ湾汚染に関する組織体制には組み込まれていないようである。

(2) 上下水道公社

ハバナ水道公社（Agua de la Habana）は、上下水道サービスエリアを拡大し、東部水道公社（Acueducto del Este）を近い将来吸収する予定である。コンセッション契約を INRH とハバナ水道公社は結んでいることから、INRH は国を代表して資産の所有者となり、ハバナ水道公社は運転管理を行うことになる。

ハバナ水道公社は、バロセロナ水道会社（Agua de Barcelona）と 25 年間のコンセッション契約を結び現時点で 3 年目を迎え、運営管理の改善や所有資産の補修をほぼ終えている。

下水道 M/P で提案した下水道施設の運転維持管理に必要な人材の確保が必要である。次表には下水道 M/P の最終段階に必要な運転管理のための人材数を示す。その人材は新たに雇用するか、水道公社内部の配置転換で確保できる。

Luyanó 下水処理場は標準活性汚泥法を採用している。この方法は運転者の訓練が必要であるが、組織まで強化する必要はないであろう。人材部の管理・訓練課では職員の追加訓練プログラムに対応する必要がある。施設の建設契約により On-the-Job トレーニングが実施されるし、必要に応じて、バロセロナ水道会社とのコンセッション契約に基づき追加のトレーニング提供も可能である。観光地である Varadero では既に同じ処理法の下水処理場が稼働しており、キューバ人スタッフが必要な技術を会得しているので、この経験を活用すべきである。

表 2.15 下水処理場およびポンプ場の運転管理に必要な職員

職員	Luyanó 処理場	Matadero ポンプ場	Casablanca ポンプ場	Chivo 再揚水 ポンプ場
場長	1	0	1	0
課長-運営・管理	0	1	0	0
課長-処理	1	0	0	0
課長-運転	1	1	1	1
課長-水質	1	0	0	0
技師-処理	2	0	0	0
技師-水質	3	0	0	0
事務-運営・管理	1	1	1	1
オペレータ-技能者	2	8	12	6
オペレータ-一般	12	0	0	0
運転手	2	1	1	1
作業員	4	2	6	3
合計	30	14	22	12

ハバナ水道公社に対して、以下のような本部機能を下水道 M/P 実施に伴い増強することを提案した。

表 2.16 下水道マスタープラン実施に必要な本部での下水道関連職員

部門	必要な職員	備考
管理・サービス部	本部長<管理・サービス部長兼務> (1)、一般管理課(5)、経理課(4)、請求書管理課(9)、人事課(3)、資産管理(3)、情報管理(3)、車両管理(4)	第一期事業では 26 人、第三期事業までに 32 人とする計画。
建設部	部長(1)、一般管理課(6)、施設計画課(4)、施設設計課(6)、建設課(7)、排水設備技術課(7)	現技術部の建設課の管理下とする。
運転維持管理部	部長(1)、一般管理課(6)、下水管維持管理課(4)、処理場管理課(4)、水質管理課(3)、排水設備サービス課(7)	第一期事業では 20 人、第三期事業までに 25 人とする計画。 現技術部の下水・雨水課の管理下とする。
汚水管維持管理事務所、2ヶ所	所長(2)、技術者(8)、事務員(2)、運転者(12)、現場担当者(24)	第一期事業では 24 人、第三期事業までに 48 人とする計画。

注：カッコ内の数字は職員数を表す。

2.5.4 概算事業費

(1) 積算の基本事項

概算費用は 2003 年時点で算定したものであり、外貨(FC)分と内貨(LC)分に分け、外貨は米ドル、内貨はキューバペソで積算した。キューバ国内で調達可能である製品や

サービスは内貨で、外国から輸入される製品やサービスは外貨で原則見積もったが、データ不足のため外貨・内貨の分配が難しい場合には、調査団担当者とキューバ人カウンタートプの経験や実施例から費用をそれぞれ分配した。

(2) 投資額

投資額は以下の費目で算定した。

表 2.17 投資額の構成要素

費目	内容
(1) 直接工事費	汚水管 (管材、土木工事), ポンプ場および処理場(土木工事、建築工事、機械工事、電気・設備工事)
(2) 間接費	
(a) 土地収用費および補償費	
(b) 現地政府事務費	直接工事費(1)の内貨分の 3%
(c) コンサルタント雇用費	直接工事費の新設工事の 10% 直接工事費の補修工事の 12%
(d) 予備費	直接工事費の 10%

下水道 M/P 実施に必要な事業費概算値を表 2.18 に示し、さらに既存施設の改善計画および新下水道の整備計画の内訳を表 2.19 および表 2.20 にそれぞれ示した。

表 2.18 下水道 M/P 実施に必要な総投資額

単位: 外貨(x 1,000 US\$)、内貨 (x 1,000 Pesos)

No.	項目	既存施設の改善計画		新下水道の整備計画		下水道M/P	
		Central System		Luyanó-Martín Pérez		合計	
		外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
1.	汚水管きよ	19,525	12,367	60,010	40,006	79,535	52,373
2.	ポンプ場	7,881	4,117	0	0	7,881	4,117
3.	下水処理場	0	0	20,816	9,711	20,816	9,711
	直接工事費計	27,406	16,484	80,826	49,717	108,232	66,201
1.	土地収用費および補償費	0	0	0	0	0	0
2.	事務管理費	0	495	0	1,491	0	1,986
3.	コンサルタント費用	3,018	1,830	8,083	4,972	11,101	6,802
4.	予備費	2,741	1,648	8,083	4,972	10,824	6,620
	間接費計	5,759	3,973	16,166	11,435	21,925	15,408
	投資額合計	33,165	20,457	96,992	61,152	130,157	81,609

出展: JICA 調査団

表 2.19 既存下水道施設の改善計画に必要な投資額

単位: 外貨(x 1,000 US\$)、内貨 (x 1,000 Pesos)

No.	項目	M/P全体		第一期事業		第二期事業		第三期事業	
		外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
1.1	圧送管、新幹線污水管 Colector Sur Nuevo, および接 続管	3,139	2,091	3,139	2,091	0	0	0	0
1.2	誤接続管解消策	7,237	4,824	3,480	2,320	1,357	904	2,400	1,600
1.3	既存幹線污水管Colector Sur の補修	1,956	1,304	0	0	1,956	1,304	0	0
1.4	新幹線污水管Colector Sur A	3,271	2,181	0	0	3,271	2,181	0	0
1.5	能力不足の既存幹線污水管の 交換	1,848	1,232	0	0	822	548	1,026	684
1.6	送水トンネルの補修	174	260	0	0	174	260	0	0
1.7	外洋放流管の交換	1,900	475	0	0	1,900	475	0	0
1.	上記計	19,525	12,367	6,619	4,411	9,480	5,672	3,426	2,284
2.1	スクリーン施設の補修	190	87	190	87	0	0	0	0
2.2	Mataderoポンプ場の建設	2,971	1,490	2,971	1,490	0	0	0	0
2.3	Casablancaポンプ場の補修	2,508	1,358	2,508	1,358	0	0	0	0
2.4	再揚水ポンプ場の建設	2,212	1,182	0	0	2,212	1,182	0	0
2.	ポンプ場計	7,881	4,117	5,669	2,935	2,212	1,182	0	0
	直接工事費計	27,406	16,484	12,288	7,346	11,692	6,854	3,426	2,284
1.	土地収用費および補償費	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	事務管理費用	0	495	0	220	0	206	0	69
3.	コンサルタント費用	3,018	1,830	1,352	810	1,255	746	411	274
4.	予備費	2,741	1,648	1,229	735	1,169	685	343	228
	間接費計	5,759	3,973	2,581	1,765	2,424	1,637	754	571
	既存施設改善計画の投資額	33,165	20,457	14,869	9,111	14,116	8,491	4,180	2,855

出展: JICA 調査団

表 2.20 新下水道整備に必要な投資額

単位: 外貨 (x 1,000 US\$)、内貨 (x 1,000 Pesos)

No.	項目	M/P		第一期事業		第二期事業		第三期事業	
		FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
1.1	Luyanó-Martín Pérez Right 幹線污水管および面 整備管	35,303	23,535	19,234	12,822	7,554	5,036	8,515	5,677
1.2	Luyanó Left 幹線污水管お よび面整備管	24,707	16,471	4,730	3,154	7,211	4,807	12,766	8,510
1.	下水収集施設設計	60,010	40,006	23,964	15,976	14,765	9,843	21,281	14,187
2.	下水処理場	20,816	9,711	6,891	3,273	7,709	3,614	6,216	2,824
	直接工事費	80,826	49,717	30,855	19,249	22,474	13,457	27,497	17,011
1.	土地収用費および補償費	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	事務管理費	0	1,491	0	577	0	404	0	510
3.	コンサルタント費用	8,083	4,972	3,086	1,925	2,247	1,346	2,750	1,701
4.	予備費	8,083	4,972	3,086	1,925	2,247	1,346	2,750	1,701
	間接費	16,166	11,435	6,172	4,427	4,494	3,096	5,500	3,912
	新下水道整備の全投資額	96,992	61,152	37,027	23,676	26,968	16,553	32,997	20,923

出展: JICA 調査団

(3) 運転維持管理 (O/M) 費用

下水道施設の O/M 費用として 1) 人件費、2) 電力費、3) 薬品費を計上し、その概算費用を表 2.20 に示す。

1) 人件費

人件費はキューバペソで階層別の実績単価値をもとに、提案した人材計画 (表 2.15 および表 2.16) を確保するのに必要な費用として見積もった。

2) 電力費

電力費はキューバペソで、既存の Casablanca ポンプ場、新設の Matadero ポンプ場、および Luyanó 下水処理場を対象に、下水道施設に流入する下水量の推定に基づき算定した。

3) 薬品費

薬品費は、Luyanó 下水処理場において汚泥の機械脱水で必要となる薬品費用を見積もった。必要な薬品は外国からの輸入品であるため、米ドルで見積もった。

表 2.21 下水道 M/P の下水道施設の必要な年間運営維持管理費

年	年間人件費 (x 1,000 Pesos)							年間電力費 (x 1,000 Pesos)					年間	O/M 費用合計		
	本部 職員	既存下水道改善計画				Luyanó WWTP	計	既存下水道改善計画				Luyanó WWTP	計	薬品費 (x 1,000 USD) Luyanó WWTP	Posos x 1,000	USD x 1,000
		Matadero PS	Casablanca PS	Chivo Re-PS	小計			Madero PS	Casablanca PS	Chivo Re-PS	小計					
2011	540	73	107	0	180	145	865	53	180	0	233	44	277	17	1,142	17
2012	540	73	107	0	180	145	865	53	180	0	233	51	284	33	1,149	33
2013	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	56	374	46	1,239	46
2014	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	59	377	54	1,242	54
2015	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	63	381	62	1,246	62
2016	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	101	456	83	1,512	83
2017	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	111	466	104	1,522	104
2018	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	119	474	121	1,530	121
2019	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	124	479	133	1,535	133
2020	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	130	485	146	1,541	146
2021	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	164	523	166	1,614	166
2022	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	175	534	187	1,625	187
2023	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	184	543	204	1,634	204
2024	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	190	549	216	1,640	216
2025	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	197	556	229	1,647	229
2026	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	199	558	233	1,649	233
2027	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	201	560	237	1,651	237
2028	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	204	563	241	1,654	241
2029	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	206	565	245	1,656	245
2030	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2031	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2032	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2033	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2034	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2035	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249

2.5.5 下水道 M/P 実施による水質改善効果

(1) 汚濁負荷削減

下水道 M/P では、既存の下水道 Central System を改善し、新下水道計画の一部である Luyanó-Martin Perez Abajo 処理区を整備して二次処理施設を導入する。表 2.22 には新下水道整備計画による汚濁負荷削減量を、4 処理区全てに二次処理施設を導入した場合に可能な汚濁負荷削減量と比較して示す。

下水道 M/P における新下水道整備計画は、新下水道計画対象地域（4 処理区すべて）で発生する汚濁負荷量の 51% を対象とし、汚濁負荷削減量では 4 処理区全てを整備した場合に期待される削減量に対し、整備計画単独で 39%、GEF/UNDP を含めて 51% 削減する内容となっている。

表 2.22 新下水道整備計画による汚濁負荷削減

項目	汚濁負荷			
	BOD ₅	T-N	T-P	SS
新下水道計画-全 4 下水処理区				
発生汚濁負荷量 kg/d	22,794	3,481	892	22,794
汚濁負荷削減量 (A) kg/d	20,515	522	134	20,515
新下水道計画-M/P 対象のみ				
発生汚濁負荷量 kg/d	11,723	1,779	460	11,723
GEF/UNDP プロジェクトによる汚濁負荷削減量 (B) kg/d	2,546	64	17	2,546
下水道 M/P 実施による汚濁負荷削減量 (C) kg/d	8,005	203	52	8,005
GEF 及び M/P 実施による汚濁負荷削減量 kg/d	10,551	267	69	10,551
C/A	39%	39%	39%	39%
(B+C)/A	51%	51%	51%	51%

出展：JICA 調査団

一方、既存の下水道施設（Central System）の改善計画を実施すると、発生汚濁負荷は全て（100%）Playa del Chivo にて外洋に放流される。表 2.23 に Central System で発生する汚濁負荷量と誤接続問題等による雨水路から排出されている汚濁負荷量実測値を示す。

表 2.23 既存下水道改善計画による汚濁負荷削減

項目	汚濁負荷			
	BOD ₅	T-N	T-P	SS
発生汚濁負荷量 kg/d	17,116	3,167	813	17,116
発生量に基づく汚濁負荷削減	100%	100%	100%	100%
誤接続問題等による雨水排水路からの排出汚濁負荷実測値に基づく汚濁負荷削減量*	17,032	1,284	2,303	7,244

注）* - Matadero, Agua Dulce および San Nicholas 雨水排水路からの合計値。なお、現在ハバナ湾流域外からの汚水は将来本来の流域外で処理する計画があり、上記にはこの分の汚濁負荷量は含んでいない。

(2) 水質改善

ハバナ湾への排出される汚濁負荷量について、現況を表 2.24 に、下水道 M/P 実施の場合を表 2.25 にそれぞれ示す。

表 2.24 ケース 1- 現況(2002 年)

下水処理区等	放流点 (河川含む)	流量	BOD ₅	T-N	T-P	SS
		m ³ /日	kg/日	kg/日	kg/日	kg/日
Luyanó-abajo 処理区*	Luyanó 川	114,826	9,784	1,627	732	3,875
Luyanó-arriba 処理区*						
Martin Pérez-abajo 処理区*	Martin Pérez 川	62,122	1,518	245	55	1066
Martin Pérez-arriba 処理区*						
Tadeo 処理区*	Tadeo 川	8,517	1,812	104	46	98
既存 (Central)	(雨水排水路)					
San Nicholas	San Nicholas	8,554	1,320	145	79	352
Matadero	Matadero	77,760	8,942	610	1,053	3,650
Agua Dulce	Agua Dulce	43,200	6,770	529	1,171	3,242
石油精製所		6,406	21,723	54	1	
合計		321,385	51,869	3,314	3,137	12,283

出展：JICA 調査団。注) 上記*では5つの下水処理区を設定しているが、現況は下水道未整備区域であり、比較のため、便宜上、表記のように分けて算定している。

表 2.25 ケース M/P (下水道 M/P 実施の場合)

下水処理区等	放流点 (河川含む)	流量	BOD ₅	T-N	T-P	SS
		m ³ /日	kg/日	kg/日	kg/日	kg/日
Luyanó-abajo 処理区*	Luyanó 川	167,122	5,840	2,191	562	6,873
Luyanó-arriba 処理区						
Martin Pérez-abajo 処理区*	Martin Pérez 川	70,842	5,143	942	204	7,892
Martin Pérez-arriba 処理区						
Tadeo 処理区	Tadeo 川	10,635	1,934	307	76	1,945
既存 (Central)	(雨水排水路)					
San Nicholas	San Nicholas					
Matadero	Matadero					
Agua Dulce	Agua Dulce					
石油精製所		6,406	21,723	54	1	
合計		255,005	34,640	3,494	842	16,710

出展：JICA 調査団。注) *について、新下水道計画代替案の検討から、Luyanó-abajo 処理区と Martin Pérez-abajo 処理区をひとつの処理区とした下水道計画が下水道 M/P 対象に選定されている。

下水道 M/P 実施に伴う水質予測を水質シミュレーションにより行った結果、湾奥部の Atares での現在の水質はキューバ国の水質基準 Class F (最小値 2 mg/L)以下であるが、下水道 M/P 実施により Class F を満足できると考えられる。下水道計画対象地域全域に下水道施設を整備し二次処理レベルの処理を行った場合に達成可能となる DO 濃度 3mg/L 以上の水質目標に向って、貴重な第一歩を下水道 M/P 実施により踏み出すことになる。

2.5.6 財務力の検討

(1) プロジェクトの支払い者

下水道プロジェクト費用の支払い者を決めるために、汚濁者負担の原理と受益者負担の原理を用いた。

ハバナ湾の汚濁負荷削減を目的とする下水道 M/P では、様々な汚濁者と受益者が関わりあっている。また、汚濁者は受益者でもある側面を持っている。表 2.26 には、提案する下水道 M/P に関連する主要な利害関係者を明らかにし、それぞれの特徴を要約した。

表 2.26 汚濁者と受益者の分析

利害関係者	汚濁者としての側面	受益者としての側面
中央政府 (INRH を含む)	政府関連施設からの汚水の排出	ハバナ湾の浄化により様々な需要が発生し、関連する産業が利益を受ける。そのため政府は税収入の増加と補助金支出の削減を期待することができる。また、ハバナ湾流域における水系感染症の罹病率を下げることで、医療費を削減することができる。
ハバナ市政府	同上	同上
調査対象地域内の 10 の地方自治体	同上	同上
調査対象地域内の 3 つの水道公社	彼ら自身が直接の汚濁者ではないが、彼らの施設から汚水が排出されている。	下水道プロジェクトが実施されることにより、施設の維持管理費を軽減できる可能性がある。また、ハバナ湾の浄化に伴い様々な産業の需要が増えれば、より多くの水を売ることができる。
調査対象地域内の家庭	汚水の排出	湾周辺において、より余暇を楽しむことができる。
3 つの水道公社のサービス対象地域に含まれるものの調査の対象地域には含まれていない家庭	これらの家庭からの汚水は湾内に流入しないはずであるが、一部は調査対象地域内の下水管渠を通して湾内に排出されている。	同上
調査対象地域内の産業	汚水の排出	ハバナ湾の浄化により様々な需要が発生し、関連する産業が利益を受ける。
3 つの水道公社のサービス対象地域に含まれるものの調査対象地域には含まれていない産業	これらの産業からの汚水は湾内に流入しないはずであるが、一部は調査対象地域内の下水管渠を通して湾内に排出されている。	同上
船舶	脚荷としている水、船底のあか水、廃油が商業用船舶から排出されている。しかし、下水道によりこれらの汚染を軽減することは出来ない。また、小型船舶からの汚水の排出はわずかである。	貨物船は、ほとんどもしくは全く下水道プロジェクトから利益を受けない。旅客船は湾の浄化から利益を受けるかもしれない。また、小型船舶は浄化された湾の環境を楽しむことができる。
ハバナ市を訪れる観光客	観光客が利用するホテルやレストランを汚濁源として考えることができる。	湾が浄化されることで、観光客はより湾およびその周辺の環境を楽しむことができる。

(2) 支払い能力

政府: 下水道 M/P への政府の支払い能力を現在の支出の規模から推定した。環境保全のために過去 2 年の間に政府が出資した初期投資費を分析した結果、キューバ政府が年間約 1 億ペソを水および下水関連分野に投資している。

一般家庭: 一般家庭における下水道料金の支払い能力は、家庭収入の中で占める下水道料金の比率から推定する。家庭収入に占める下水道料金の比率が小さい家庭は、潜在的な支払い能力が高いと考えられる。一般に途上国で考えられている家庭収入に占める下水道料金の比率の最大値はおおよそ 2% である。したがって、設定した下水道料金徴収額の家庭収入にしめる割合が 2% 以下の場合には、その設定した下水道料金は支払い可能であり妥当だと考えた。

調査対象地域の平均的な家庭の人数は約 4 人であり、その構成は夫、妻、子供 1.5 人、老人 0.5 人である。また、平均的な家庭の 1 月当りの収入および支出は 760 ペソと推定された。

現在の 1 カ月当りの水道および下水道料金は 1 家庭当り合計 5 ペソである。この 5 ペソは水道料金 3.85 ペソとその 30% として設定された下水道料金 1.15 ペソから構成されている。

以下の表に示すように、食料および必需品ではない食料雑貨類の値段と比較して考えれば、水道および下水道料金が低く設定されていることが分かる。また、水道料金は電気料金のわずか 6 分の 1 程度に設定されている。

現在の下水道料金 1.15 ペソは、平均収入 760 ペソの 0.15% である。下水道料金徴収可能額となる 760 ペソの 2% は 15.2 ペソであり、この値は現在の下水道料金より 14 ペソ高い値である。つまり、家庭の支払い能力から考えて下水道料金が適切となるように料金を高めに設定し直すことが可能と考えられる。

表 2.27 ハバナ市での基本的料金例

(ハバナ市, 2002 年 10 月)

項目	価格	(単位: US\$ *)
水道料金	1.0 ペソ/人/月	0.04
下水道料金	0.3 ペソ/人/月	0.01
公衆電話	0.05 ペソ/3 分	0.00
バス	0.4 ペソ/回	0.02
タクシー (乗合型)	1.0 ペソ/回	0.04
新聞	0.2 ペソ/1 紙	0.01
米 (自由市場)	10.0 ペソ/kg	0.38
豆 (自由市場)	10.0 ペソ/kg	0.38
パン	10.0 ペソ/ポンド	0.38
コーラ	9.0 ペソ/缶	0.35
現地産のタバコ (マイルド)	9.0 ペソ/箱	0.35

*1 米ドルは 26 ペソに交換可能であり、このレートは非公式ではあるが法的なものであり、小口取引のみに用いられている。

出典: 調査団調査結果

(3) 外部の資金

キューバの対外的な債務返済額は 1997 年から 2001 年にかけて 1100 万 US ドル前後で安定化した。キューバは、世界銀行、国連通貨基金、米州開発銀行からの資金の貸付を受けておらず、ヨーロッパ共同体や世界食料計画、UNDP、UNICEF 等の国際連合の機関から多国間援助を受けている。1998 年から 2001 年までのキューバの債務返済比率は 20%程度である。

このような状況を考慮すると、この大規模な下水道 M/P に対して、一つの国もしくは国際機関が継続して融資することは難しいと思われる。

そのため、この下水道 M/P を複数に分割もしくは段階的に実施することで、各年の支払い額を小さくし、援助および融資機関が下水道プロジェクトに融資し易くする必要がある。

2.5.7 財務評価

(1) 分析方法

資本投資を伴うプロジェクトの財務的実行可能性は、財務的内部収益率(FIRR)、現在価値(NPV)、費用便益比(B/C)を指標とする現金収支割引法を用いて分析した。

(2) 条件および仮定

財務分析には以下の条件および仮定を適応した。

実施機関: DPRH (水利庁ハバナシティ県代表事務所)が建設機関となり、ハバナ水道公社が維持管理機関となる。

プロジェクト費用: プロジェクト費用は初期投資費用と維持管理費用からなる。維持管理費用としては、マスタープランに基づいて改善および新設される施設に関わる費用のみを計算した。

プロジェクト便益: プロジェクトの便益としては、下水道使用料金とハバナ市を訪れる観光客への負担金からなる。プロジェクトの便益は、プロジェクトを実施しない場合と実施する場合の状況の差から計算する。

為替レート: キューバでは、複数通貨の存在する、という特殊性がある。市場では外貨(おもに米ドル)、内貨(キューバペソ)、さらに法定為替レート(米ドル1対ペソ1)が適用される兌換ペソの3通りの通貨が流通している。本件 M/P および F/S 事業費用と便益は、米ドルとキューバペソの2通りの通貨から構成される。外貨(米ドル)でしか購入できない財・サービスがある一方、キューバペソでしか受け取れない料金収入などが存在するからである。これらの2通貨を交換する場合、小口の商業取引においては、米ドル1対キューバペソ 26 という公認為替レートが存在する。しかし、本件のように多額の事業費用、便益が発生する場合、この為替レートをを用いることはできない。

プロジェクトの財務・経済分析の指標であるIRR、B/C、NPVを算出する場合、一般には複数通貨部分を現地通貨建て、または外貨建ての一本に統合するが、キューバの場合、適当な為替レートがないため、通貨の一本化が難しい。そこで策定した下水道 M/P の財務評価を4種類の通貨条件 米ドル部分のみ、キューバペソ部分のみ、米ドル部分を1対1の公式為替レートをを用いてキューバペソに一本化した場合、1ドルを26ペソとする公認為替レートでペソに一本化して計算した場合のそれぞれについて財務分析を行

った。

プロジェクトライフ: プロジェクトの構成要素である様々な施設の耐久年数等を考慮してプロジェクトライフを第二期の建設が終了してから 30 年後までと設定した。

割引率 (投資の機会費用): 他のプロジェクトで用いられた値を参考に、米ドル部分に適応する割引率とキューバペソ部分に適応する割引率をそれぞれ 6% と 8% に設定した。

下水道利用者数と料金: 下水道プロジェクトの主要な便益は、下水道料金とハバナ市を訪れる観光客からの観光税である。便益を計算するために仮定した下水道利用者数、外国人観光客数、下水道料金、観光税額を以下の表にまとめた。

表 2.28 下水道料金と観光税

	項目	2002	2004	2006	2011
1.	一般家庭				
1.1	下水道料金 (ペソ/人/年)	5	6	12	36
1.2	普及人口(人)		860,000	=====>	1,000,000
2.	公共機関、その他の事業所				
2.1	下水道料金(ペソ/事業所/年)	150	180	360	900
2.2	既存下水道内事業所数	10,581	11,000	11,000	11,000
2.3	新規下水道接続事業所数	39 世帯当 り一箇所			13 世帯当 り一箇所
3.	米ドル支払いの事業所				
3.1	下水道料金(US\$/事業所/年)	* 220	270	365	495
3.2	米ドル支払いの事業所数	* 4,066	4,500		徐々に増加
4.	外国人旅行者				
4.1	観光税 (US\$/人)	-	-	-	2
4.2	旅行者数	959,000			1,300,000

注: * 印の数値は 2001 年と 2002 年の単純平均値である。

(3) 財務評価

4 通りの通貨条件下で行った財務分析結果を FIRR、B/C および NPV の財務評価指標として表 2.29 に示す。なお、4 つの通貨条件のうち、米ドルのみおよび キューバペソのみの場合に算出した財務評価指標は参考にすぎない。プロジェクトの実行可能性は か において算出された指標で判断する必要があるが、 は より楽観的な条件であるため、以下では の条件 (米ドル 1 対キューバペソ 26) において、プロジェクトが実行可能であるかどうかを検討する。

財務的実行可能性: 為替レート米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合では、下水道 M/P の FIRR 値は 1.8% であり目標の割引率よりも低い結果となった。この下水道プロジェクトに対し、利率率が 1.8 パーセントを超えない譲許的借款もしくはソフトローンの融資を受けることができれば、下水道 M/P を実施することは財務的に可能である。しかし、かなり厳しい状況に変わりはないが、為替レートが米ドル 1 対キューバペソ 1 の公定レートの場合では FIRR21% と割引率よりもかなり高い数値が得られている。現

実の経済状況を反映する場合には、両為替レートの中間的な分析結果となることも考慮すれば、下水道 M/P の財務的実行可能性はあるものと考えられる。

表 2.29 財務分析結果

ケース	FIRR	B/C	NPV	備考
I: US\$ 部分のみ	-0.1%	0.5	(\$) -40,511	参考
II: Peso 部分のみ	45.1%	4.5	(P) 176,239	参考
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	21.0%	2.1	(P) 135,728	楽観的条件
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	1.8%	0.6	(P) -877,044	厳しい条件

注 割引率: US\$ 6% Pesos 8%

感度分析: 建設コストと料金収入を変数とした財務評価の感度分析結果を次表に示す。

為替レートが米ドル 1 対キューバペソ 1 の場合には、基本ケース 21% に対して収入が 20% 減少する場合に FIRR は最も低い 16.4% を示した。一方、米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合には、基本ケース FIRR 1.8% に対して、建設費用が 20% 増加する場合に 1.3% 減少、収入が 20% 減少する場合に 1.6% 減少したが、いずれもプラスの値を保持した。一方、建設費用が 20% 減少する場合には、基本ケースに比べ 1.7% 向上し、収入が 20% 増加する場合には、1.5% 向上して 3.3% 以上を確保した。

表 2.30 下水道 M/P の財務評価に関する感度分析結果

検討ケース	US\$+Peso (US\$1:Ps1)	US\$+Peso (US\$1: Ps26)
基本ケース (財務分析結果)	21.0%	1.8%
建設費用が 20% 増加した場合	17.4%	0.5%
建設費用が 20% 減少した場合	26.2%	3.5%
収入が 20% 減少した場合	16.4%	0.2%
収入が 20% 増加した場合	25.3%	3.3%

2.5.8 経済評価

(1) 分析方法

経済評価も財務評価と同様に現金収支割引法を用いて行った。経済評価の指標としては、経済的内部収益率 (EIRR)、現在価値 (NPV)、費用便益比 (B/C) を用いた。

(2) 経済費用評価

財務的価値から経済的価値への変換係数を以下の表に要約して示す。

表 2.31 経済分析に関する変換係数

項目	変換係数	備考
外貨で購入する材料および機材費	0.9	輸入税を考慮。
外貨の取引手数料	0.96	標準変換係数 (SCF)
現地通貨で購入する材料および機材費	1.04	シャドー変換係数 (SERF) を適用。
労働賃金	0.8	標準賃金率係数 (SWRF) を用いる。
現地通貨の取引手数料	1.0	貿易のひずみ効果を取り除くために調節する必要はない。
管理・経営のための費用	1.02	この費用の半分は取引され、半分は取引されないと仮定。
外貨支払いのエンジニアリング・サービス料	1.0	調節する必要なし。
現地通貨払いのエンジニアリング・サービス料	1.0	標準賃金率係数 (SWRF) に 1.0 を適用。
外貨での物理的予備費	0.98	この費用の半分は取引され、半分は取引されないと仮定。 (SCF 0.96)。
現地通貨での物理的予備費	1.02	この費用の半分は取引され (SERF 1.04)、半分は取引されないと仮定。
維持管理用人件費	0.86	30%が熟練 (SWRF 1.0)、70%が非熟練 (SWRF 0.8)と仮定。
維持管理用電気料金	2.0	
維持管理用薬品費	0.9	

土地: 新規施設の建設用地の買収費用や立退き住民への賠償費用は発生しない。しかし経済評価という観点から、下水道プロジェクトのために用途転換される全ての用地が従来の土地使用目的下で持っていた価値を考慮する必要がある。キューバでは土地の市場は存在しない、もしくは不完全に存在すると言えるが、下水道プロジェクトで使用する土地の価値をその土地が持つ代替的な使用価値から推定することができる。使用する土地の現在の利用状況およびその周辺の状況から、都市農業がこれらの土地の合理的かつ実現可能な代替的な使用方法であると考えられる。このことからマスタープランを実施するために取得する土地の経済的な価値を計算し、表 2.32 に示した。

表 2.32 土地の経済価値

	取得面積 (ha)	耕作可能面積 ^b (ha)	保有期間	単位価値 (Ps/ha)	土地の価値 ^c (Ps)
Luyanó 汚水処理場	3.0 ^a	2.1	38 年 (2008-2045)	214,118	449,648
Matadero ポンプ場	0.2	0.1	38 年 (2008-2045)	214,118	21,412
Chivo 再揚水ポンプ場	0.2	0.0	35 年 (2011-2045)	159,408	0
合計	4.4	2.4			471,060

出典：調査団

^a 5.0ha の処理場建設予定地の内、GEF プロジェクトの 2.0ha は差引かれている。

^b 調査団による推定値

^c 耕作可能面積を基に計算した、土地保有が始まった時点での価格

維持管理用電気料金： 電気料金の変動についての情報を入手できないため、電気料金の財務的費用を経済的費用に変換することが困難である。また、補助金による電気料金の歪みを取除くために他の変換係数についても考慮する必要がある。ハバナ水道公社は、譲歩期間中は特別処置としてペソ立ての電気利用料金の支払いが許可されている。この特別処置は政府からの補助金であると考えられ、その処置は提案する下水道プロジェクトが終了するまで継続されると推測される。

電気の経済的価値はその財務的価値より高いため、経済的価値が財務的価値の 2 倍となるように変換係数を 2.0 に設定した。

割引率： 投資の機会費用は、許容経済返還率もしくは開発プロジェクトの割引率を用いて計算される。プロジェクトの経済的妥当性を評価するため、ここでは割引率を一般的な値である 10% と設定して分析を行った。

(3) 経済便益評価

住民に対する便益： 住民に対する便益の合計値は、推定された下水道プロジェクトに対する家庭の支払い意思額（WTP）に、下水道プロジェクトの対象となる世帯数を掛けることで計算した。プロジェクトを実施し湾の環境を改善するために、住民が支払い意思を示している額は、一ヶ月当り一世帯で 11 ペソ程度である。この WTP11 ペソは、M/P プロジェクトを実施することで湾の環境が大幅に改善されると仮定した場合の WTP である。

産業に対する便益： 産業による下水道プロジェクトへの WTP は、上・下水道サービスを提供するハバナ市内の 4 つの水道公社から得られた、各産業を顧客とした収益の入手可能な最新データから計算した。これら水道公社における、産業からの下水道料金収入は約 270 万ペソと推定され、下水道料金収入の総額である 675 万ペソの約 40% を占めている。また、産業からの下水道料金収入の 3 分の 1 は外貨で支払われている。

観光客に対する便益： 観光客一人当たりの WTP は 2 US ドルと推定された、この値は外国人観光客の平均的なキューバでの支出の 0.2% である。観光客の総数は 2011 年には 130 万人になると推定されているため、2011 年での観光客による WTP の総額は 260 万 US ドルになると計算された。

(4) 経済評価

経済的実行可能性: 上記の条件下で経済分析を行った結果を、要約して以下の表に示す。

表 2.33 下水道 M/P の経済分析結果

ケース	EIRR	B/C	NPV	備考
I: US\$ 部分のみ	3.4%	0.5	(\$) -20,821	参考
II: Peso 部分のみ	96.7%	10.3	(P) 330,635	参考
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	54.6%	4.9	(P) 309,814	
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	7.6%	0.8	(P) -210,707	

注: 割引率: US\$ 10% Pesos 10%

米ドル 1 対キューバペソ 1 の為替レート（公式レート）の場合には、EIRR、B/C、NPV とともに非常に高い経済的実行可能性を示している。一方、厳しい条件である米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合には、EIRR は 7.6% と一般的な目標率 10% 以下であり、策定した下水道 M/P の経済的可能性が低い結果となった。しかし、下水道プロジェクトの EIRR は水道、道路、橋梁といった他のインフラプロジェクトと比べると一般的に低いこと、策定した下水道 M/P は環境に対する住民のベーシック・ニーズを満たすことなどを考慮すると、策定された下水道 M/P の経済的価値は高く、その実施を推奨する。

感度分析: 経済評価の感度分析結果を表 2.34 に示す。米ドル 1 対キューバペソ 26 の厳しい設定条件下では、EIRR は基本ケース 7.6% に比べて、建設費用が 20% 減少する場合に 2.6%、収入が 20% 増加する場合に 3.1% それぞれ向上し、EIRR は目標の割引率 10% 以上となった。一方、建設費用が 20% 増加する場合には 1.9%、収入が 20% 減少する場合には 3.0% それぞれ減少し、EIRR は 5% を割り込む結果となった。

表 2.34 下水道 M/P の経済評価に関する感度分析結果

検討ケース	US\$+Peso (US\$1:Ps1)	US\$+Peso (US\$1:Ps26)
基本ケース（経済分析結果）	54.6%	7.6%
建設費用が 20% 増加した場合	47.6%	5.7%
建設費用が 20% 減少した場合	63.9%	10.2%
収入が 20% 減少した場合	45.7%	4.6%
収入が 20% 増加した場合	62.5%	10.7%

その他の経済的便益: 提案した下水道プロジェクトは様々な便益を生じると考えられるが、その便益には住民に認知されることで彼らの WTP に反映されるものと、認知されないものがある。また、幾つかの便益はその性質および利用できるデータ量等の制約から数量化することが難しい。

受益者の WTP は既に数量化して示したが、その他の便益の一例として住民の健康に及ぼす便益を下水道整備より削減される急性下痢疾患発生数から推定して示す。

次の表は、下痢疾患による経済損失を示している。

表 2.35 下痢疾患による経済損失

	キューバ人	外国人
診察	Nil	US\$30
薬	Ps10	US\$10
月平均収入	Ps 359 (a)	US\$3,000
労働時間損失	2 days	2 days
労働市場の占有率	42% (b)	40%
収入被害額 ($\div 30 \times \times$)	Ps10	US\$80
総損失額 (+ +)	Ps20	US\$120

(a) 参考文献 “Economic report 2001”, Ministry of Economy and Planning.

(b) 参考文献 “Statistics Yearbook of the City of Havana 2002”, The City of Havana

Territorial Office of Statistics から計算

他のデータは調査団により推定.

ハバナ市における年間の急性下痢疾患発生数は 25 万件程度である。ここでは、この急性下痢疾患発生数の 10% である 2 万 5 千件が不適切なし尿の処分に起因しており、提案する下水 M/P プロジェクトにより削減できると仮定すると、住民の健康に及ぼす年間の便益額は、この年間削減下痢疾患発生数に下痢疾患一回当りの総損失額を掛け、50 万ペソと計算された。

2.5.9 F/S 調査対象の優先プロジェクト

F/S 調査を実施する優先プロジェクトとして、第一期計画対象の下水道計画を優先プロジェクトに選定した。以下のその各構成要素を以下に列記する。

- (1) Matadero 雨水排水路対象地区に対して誤接続管問題の解消に必要な対策を講ずる。
- (2) Caballeria にあるスクリーン施設の補修を行う。
- (3) Casablanca ポンプ場の補修を行う。
- (4) Matadero ポンプ場を建設する。
- (5) Colector Cerro と Matadero ポンプ場間に接続管を敷設する。
- (6) Matadero ポンプ場と Caballeria のスクリーン施設間に圧送管と新幹線污水管 (Colector Sur Nuevo) を敷設する。
- (7) Luyanó-Martín Pérez 新下水処理区に新幹線污水管として Luyanó-Martín Pérez Right Colector の一部を敷設する。
- (8) Luyanó-Martín Pérez 新下水処理区に新幹線污水管として Luyanó Left Colector の一部を敷設する。
- (9) GEF-UNDP により進められている Luyanó 下水処理場建設用地に隣接した用地に生物学的二次処理の処理施設(処理能力 207 L/s または 17,900 m³/日)を建設し、全処理能力を 407 L/s または 35,200 m³/日とする。
- (10) Luyanó-Martín Pérez 新下水処理区の面整備管の一部敷設する。
以下の調査・設計も含む。
- (11) Matadero 雨水排水路に関連した地域の誤接続管解消のための詳細調査の実施と対応策の検討を行う。
- (12) スクリーン施設と Casablanca ポンプ場間のサイフォン施設の詳細調査を行う。

2.6 提言

2.6.1 既存施設の改善計画

既存下水道施設の改善計画を実施すれば、ハバナ湾へ放流されている下水を外洋へ放流できる。しかし、この改善計画の成功は、Matadero と Agua Dulce の両雨水排水路に関連した誤接続問題をどの程度解決できるかに左右される。

Playa del Chivo での一次処理施設は、放流水基準を遵守するために 2020 年までに流入下水を処理する必要があるかどうか不明な点があったこと、発生汚泥の処理を考慮すると処理施設用地の利用可能性が限られていることから、下水道 M/P には含めなかった。しかし、適切な汚泥処理を含めた一次処理施設は放流水基準を遵守するためには必須となる。適切な汚泥処理が可能な十分な土地確保と土地利用に関する規制の見直しや緩和を行うことを提言する。

2.6.2 新下水道整備計画

新下水道計画では、6 つの代替案を提示し比較検討を行い、ハバナ湾での水質改善効果や 2020 年までの下水道計画人口を最大にするなどを考慮して、4 つの下水処理区からなる下水道計画を選定した。4 つの下水処理区のうち Luyanó-Martín Pérez Abajo 下水処理区を 2020 年までに整備する計画を下水道 M/P の一部として提案した。他の 3 つの下水処理区、Luyanó Arriba 処理区、Martín Pérez Arriba 処理区、Tadeo 処理区の下水道計画は、下水道 M/P 実施後に実現化することになる。

メインレポートの第 12 章で検討したように、維持管理が容易で費用も安価な散水ろ床法や OD 法等の下水処理方式、天日乾燥床等の汚泥処理法を選定するためには十分な広さの処理場建設用地を確保することが必要である。Luyanó 下水処理場の場合には、入手可能な用地が限定されていたために、運転管理に高度な技術が必要で、建設および運転維持管理費用が高い、標準活性汚泥法と機械式汚泥脱水を採用するに至った。

下水道 M/P の後に残された 3 下水処理区の下水道計画を実施する際には、上述した適切な下水処理汚泥処理方式を採用できるように十分な広さの土地を確保することを提言する。

下水道 M/P の新下水道整備計画で、Luyanó 処理場の第二期事業以降の拡張計画の代替案として、Luyanó Left Collector で収集した Luyanó 川左岸地区の下水を Collector A、Matadero ポンプ場、圧送管、新幹線污水管 Collector Sur Nuevo によりスクリーン施設に送水して最終的に外洋に放流する案も採用した。ただし、この代替案の採用には、Matadero 排水区での誤接続管問題を完全に解消することを前提条件とし、第 2 期計画の F/S 実施時に詳細な検討を行うよう提言する。

なお、この代替案を実現化する場合、Luyanó 下水処理場の処理能力は、全体計画 $53,700\text{m}^3/\text{日}$ (621 L/s) のうち、第一期事業分の $17,900\text{m}^3/\text{日}$ (207 L/s) だけを建設すれば良いことになる。したがって、新下水道計画全体を見直す必要がある。

2.6.3 ハバナ湾の水環境

(1) 水質モニタリング

ハバナ湾の水質や汚濁負荷をモニタリングすることは、以下の理由や目的のため、重要である。1) 環境状況を把握する、2) シミュレーションモデルによる将来水質予測向

上のためデータや情報を提供する、3) ハバナ湾に放流されている汚濁負荷を削減するプロジェクトの効果を検証する、および 4) 既存下水道施設で放流基準を遵守するために一次処理施設が必要かどうかを検討する。

モニタリングの主な課題は、1) 統合された定期的な水質モニタリング体制の確立、2) ハバナ湾流域全体の水環境に関連するデータベースの確立、3) 関係機関の間でのデータ・情報の共有化を図り、一般公開するためのルール、制限事項、および手続きの整備、および 4) モニタリング体制を確立し維持するための予算の確保である。

(2) 水質シミュレーションモデルの改善

ハバナ湾の水質シミュレーションモデルの信頼性は、1) ハバナ湾に流入する汚濁負荷のモニタリングデータ、2) 湾の水環境を表す各種データ、に左右される。既存データはその数に限度があるため、モニタリング体制を強化して多くのデータを収集し、モデルの精度を上げることが重要である。

外部条件の変動（例えば、汚濁負荷量削減）に対するハバナ湾の水の挙動は、入手可能なデータ数に限りがあるため、これまでのところ確認されていない。優先プロジェクトの実施により湾の水環境がどのような挙動を示すかをモニタリングしデータを収集すれば、水質モデルの精度を上げる情報を提供でき、水質予測を確認、特に将来の富栄養化の何らかの兆候に関連した予測を確認することもできる。

水質シミュレーションモデルの精度が向上すれば、Luyanó 川左岸地区の下水を既存下水道に接続し外洋放流する代替案の実施が可能となり下水道計画の見直しを行う際にも重要な役割を果たすことになる。

(3) 水質環境像 Water Environment Objectives

ハバナ湾の目標水質は、ドラフトの段階の水質環境基準を元にしており、今後ハバナ湾の水環境改善の法的根拠とする必要がある。ハバナ湾汚濁防止に関わる全ての関係者で共通の理解を持つことが重要である。水質基準は将来の湾の水利用に基づいて設定されるが、この調査で設定した水質目標を関係者間でさらに検討して今後見直すことも必要である。下水道 M/P により、ハバナ湾水環境改善への下水道（汚水と雨水）の役割と貢献、必要な費用と時間が明らかになったことから、水利用と水質目標の検討はしやすくなったであろう。環境教育の役割もまた下水道 M/P に含まれている。他の分野、例えば工業分野、港湾船舶分野などの役割や貢献、底泥の浚渫などの対策を講じた場合には、費用と時間を配慮の上、水質目標の見直しを行う必要もある。

2.6.4 その他

下水道 M/P 実現化には、INRH と GTE だけでなく、CITMA、ハバナ市その他関係機関の緊密な協力や調整が必要である。

ハバナ市郊外への都市化は絶えず変化しているので、M/P の適宜見直しと更新は不可欠である。段階的下水道整備計画に最新の都市開発状況を反映するため、INRH はハバナ市の都市計画局と密な協力体制を持つ必要がある。

下水道計画を作成する段階において、既存の土地利用計画、あるいは土地利用や環境に関する規制により、下水処理場用地が非常に限定されたものとなった。確保できる用地に制約があれば、運転管理が難しく費用もかかる下水および汚泥処理方式を採用しなければならないこと、逆に十分に広い用地が確保できれば運転管理が容易で費用

も安価な処理方式を採用できることも説明した。これらの観点から、INRH、GTE、その他の関連機関は、今後下水処理場に適切な面積の用地を確保し、既存の土地利用計画や規制の見直しを行うことを提言する。

第 III 部 優先プロジェクトの妥当性 (F/S) 検討

3.1 緒言

目標年次 2020 年の下水道 M/P として既存下水道施設の改善計画と新規の下水道施設整備計画を策定し、段階的整備計画のうち第一期計画を優先プロジェクトとして選定した。

ここでは優先プロジェクトの下水道施設の概略設計とその妥当性の検討を行う。

3.2 優先プロジェクト

3.2.1 設計諸元

表 3.1 に優先プロジェクトが対象とする計画対象人口を 2010 時点として示す。なお、参考として目標年次の計画人口も表中に示す。

表 3.1 優先プロジェクト対象の計画人口

年	2001	2010	MP(2020)
1. 湾流域内の人口	703,500	714,100	725,600
2. 既存の下水道による湾流域内の計画対象人口	433,200	430,600	427,900
3. 新規下水道 MP による湾流域内の計画対象人口	154,400	158,900	163,600
4. 下水道 MP による湾流域内の計画対象総人口	587,600	589,500	591,500
5. 既存下水道施設が普及目標とする計画人口	-	430,600	427,900
6. 新規下水道施設が普及目標とする計画人口	-	57,000 (82,300)	96,200 (121,500)
7. 優先プロジェクトが普及対象とする計画人口	-	487,600 (512,900)	138,300 (163,600)

注: () 内の数字は GEF/UNDP Project による計画人口も含めた場合の合計

優先プロジェクトに関連する計画水量を表 3.2 に示す。

表 3.2 優先プロジェクト関連の計画水量 単位:m³/d

年	2001	2010	MP(2020)
1.既存下水道施設改善計画			
1.1 汚水発生量	130,900	138,700	148,200
1) 一般家庭排水	72,800	72,350	71,900
2) 小口の一般家庭以外の排水	47,650	55,980	65,900
3) 大口の一般家庭以外の排水	10,380	10,380	10,400
1.2 地下水浸入量	17,200	17,100	17,000
1.3 計画日平均水量	148,000	155,800	165,200
1.4 計画日最大水量	174,200	183,600	194,800
2. 新規下水道整備計画 Luyanó-Martín Pérez 処理区			
2.1 汚水発生量	45,400	50,400	56,400
1) 一般家庭排水	26,000	26,700	27,500
2) 小口の一般家庭以外の排水	17,000	20,700	25,200
3) 大口の一般家庭以外の排水	2,400	3,000	3,700
1.2 地下水浸入量	3,100	3,200	3,300
2.3 計画日平均水量	48,500	53,500	59,700

3.2.2 既存下水道施設の改善計画

既存下水道 Central システムの改善計画概要を下表に示す。

表 3.3 優先プロジェクトにおける既存下水道施設の改善計画概要

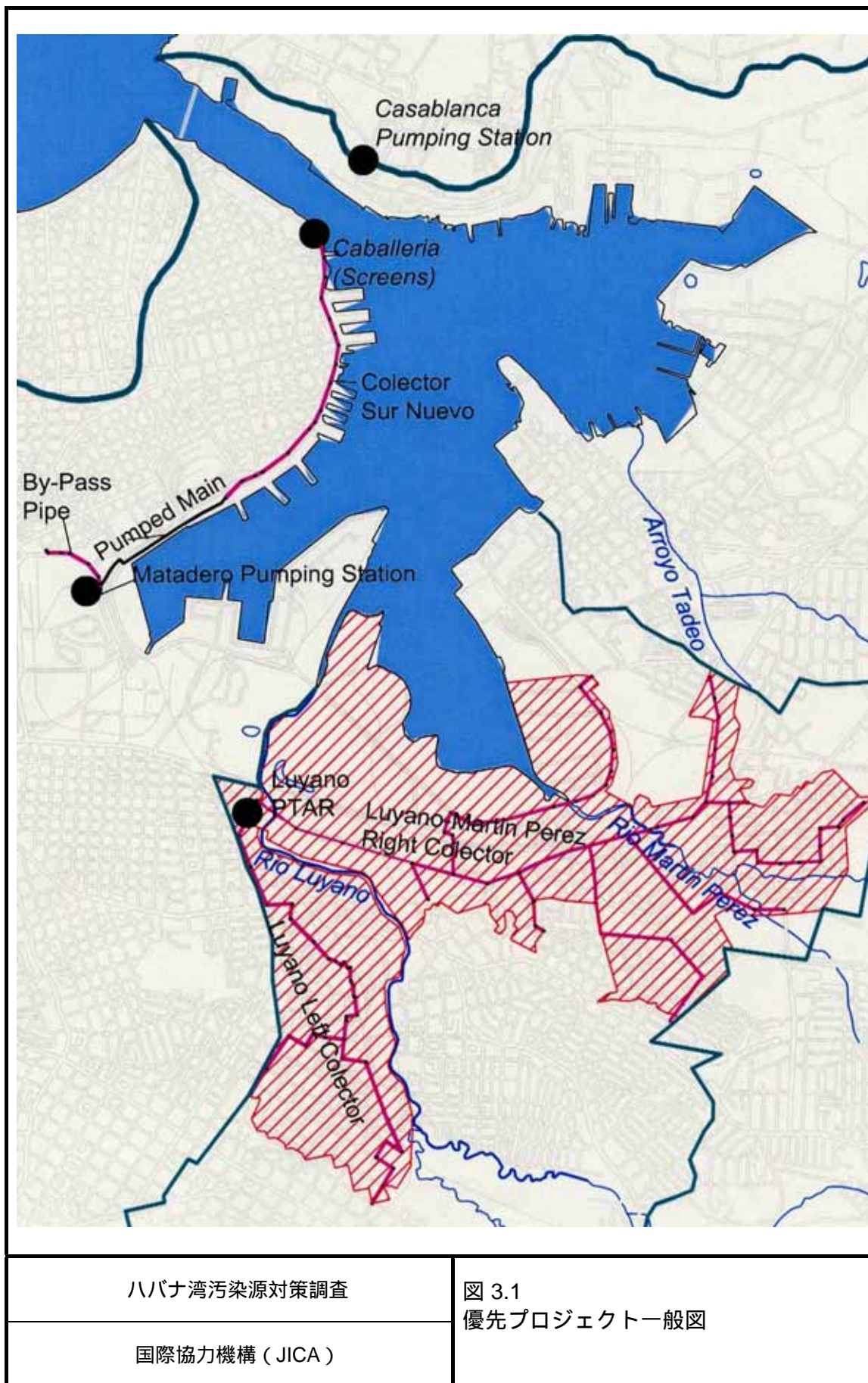
項目	提案内容	備考
1. 誤接続管の詳細調査と解決策の検討	誤接続管の位置特定と詳細を調査し技術的解決策の検討を行う。これにより Dren Matadero 雨水排水路から Atares への汚水放流を停止させ既存幹線污水管により外洋へ放流させる。	
2. 既存下水道施設の中で最も重要な污水幹線 Colector Sur の補修を実施し、能力不足を補い、信頼性を高めるために必要である、Matadero ポンプ場を含めた新污水幹線システムの整備。	提案した新幹線污水管きよの建設。 圧送管（口径 1,350mm, CP, 延長 1,020m） 污水管 Colector Sur Nuevo（口径 1500mm, CP, 延長 1,830m）、既存管 Colector Cerro および Colector Sur と Matadero ポンプ場間の連絡管（口径 1,030/1,200mm, HDPE ~ 1500mm, CP, 延長 500m） Matadero ポンプ場の新設 ポンプ機器（Q=20 m ³ /min, H=12m）3 台、内 1 台予備。Colector Sur の補修時には、さらにポンプ機器（Q=40 m ³ /min, H=12 m）が 2 台必要。	既存幹線污水管 Colector Sur（口径 1500 ~ 2100mm, 延長 2.78km）の補修は第二期事業での実施を提案。
3. スクリーン施設の補修およびサイフォン施設の詳細調査	Caballeria にあるスクリーン機器 2 機の交換と改善およびサイフォン施設の詳細調査と必要な補修計画作成	
4. Casablanca ポンプ場の補修改善計画	ポンプ機器（Q=1.75 m ³ /s, H=8 m）4 台の交換、1 台は予備。	

3.2.3 新規の下水道施設整備計画

図 3.1 に新規の Luyanó-Martín Pérez 処理区の下水道施設の一般図を示す。

表 3.4 優先プロジェクトにおける新規下水道整備計画概要

項目	提案内容	備考
1. 面整備管の建設	口径 216/250mm, HDPE の污水管を総延長 68km 敷設する計画。Luyanó-Martín Pérez Right Colector の対象エリアでは 54km、Luyanó Left Colector の対象エリアでは 14 km 敷設する計画。	高密度ポリエチレン管 HDPE は内径および外径を表示。
2. 幹線污水管の建設	幹線污水管を延長 14.4km, トンネル工事部分を 4.6km 含む。敷設する管の口径は 216/250mm ~ 1030/1200mm, HDPE, トンネルの内口径は 1,500mm。 Luyanó-Martín Pérez Right Colector は 6.5km、トンネル部分 4.0km、Luyanó Left Colector は 3.9km、トンネル部分 0.6km。	
3. 下水処理施設の建設	Lunanó 下水処理場。 処理施設の増設。処理能力は 17,900 m ³ /d (207L/s) 増強され、全処理能力は 35,200 m ³ /d (407 L/s) となる。 処理レベルは二次処理であり、主に有機物除去を目的とする。計画水質は以下のとおり。 BOD ₅ 濃度は流入水 200 mg/L、処理水 20 mg/L SS 濃度は流入水 200 mg/L、処理水 20 mg/L 下水処理方式および汚泥処理方式は処理場予定地およびその周辺環境を考慮して提案した。 下水処理方式は、標準活性汚泥法で最初沈殿池、曝気槽、最終沈殿池、その他必要な機器で構成される。汚泥処理方式は嫌気性消化法であり、汚泥脱水には機械脱水方式(ベルトプレス式)、最終処分は陸地埋め立てを提案した。	GEF/UNDP プロジェクトによる処理施設能力は 17,300 m ³ /d (200L/s)。 以下の施設および建物は GEF/UNDP により先行して建設するよう提案した。予備処理施設(スクリーン施設、沈砂池)、流入ポンプ建屋、管理本館、維持管理棟。



3.3 実施計画

3.3.1 実施スケジュール

優先プロジェクトの実施スケジュールを図 3.2 に示す。

3.3.2 概算事業費積算

(1) 投資額

投資額の積算では、以下の内容について行った。

表 3.5 投資額積算の項目

項目	備考
(1) 直接工事費	
(2) 間接費	
(a) 土地購入および補償費	
(b) 事務管理費	直接工事費内貨分の 3%
(c) 設計監理費	新規工事に関する直接工事費の 10% 補修工事に関する直接工事費の 12%
(d) 予備費	全直接工事費の 10%

優先プロジェクトに必要な投資額（2003 年価格）を表 3.6 に示す。

表 3.6 優先プロジェクトに必要な投資額

単位: 外貨(x1000US\$), 内貨(x1000Pesos)

項目	既存下水道改善計画		新下水道整備計画 (Luyanó-Martín Pérez Abajo) System		合計	
	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
1. 汚水管きょ	6,619	4,411	23,964	15,976	30,583	20,387
2. ポンプ場	5,669	2,935	0	0	5,669	2,935
3. 下水処理場	0	0	6,891	3,273	6,891	3,273
直接工事費計	12,288	7,346	30,855	19,249	43,143	26,595
1. 土地収用費および補償費	0	0	0	0	0	0
2. 事務管理費	0	220	0	577	0	797
3. コンサルタント費用	1,352	810	3,086	1,925	4,438	2,735
4. 予備費	1,229	735	3,086	1,925	4,315	2,660
間接費計	2,581	1,765	6,172	4,427	8,753	6,192
投資額合計	14,869	9,111	37,027	23,676	51,896	32,787

(2) 維持管理費

提案した下水道施設を運転するのに必要な維持管理費として、1) 人件費、2) 電力費および 3) 薬品費を計上した。年間の維持管理費概算値を表 3.7 に示す。

国際協力機構（JICA）		ハバナ湾汚染源対策調査						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Figure 3.2 優先プロジェクトの実施スケジュール	A 準備段階							
	A1 融資要請、契約など	■	■					
	A2 実施設計および入札など		■	■	■			
	A3 工事契約など				■			
	B 建設段階							
	B1 Central Sewerage Systemの改善策							
	B101 Dren Matadero排水区の誤接続管の解消策実施					■	■	■
	B102 Caballeriaのスクリーン施設の補修					■	■	
	B103 Casablancaポンプ場補修					■	■	
	B104 Mataderoポンプ場建設						■	■
	B105 Colecto Cerro/Sur とMataderoポンプ場間の接続管埋設					■	■	■
	B2 Luyanó-Martín Pérez Abajo 処理区の整備計画							
	B201 幹線污水管Luyanó-Martín Pérez Right Colectorの埋設					■	■	■
	B202 幹線污水管Luyanó Left Colectorの埋設					■	■	■
	B203 Luyanó WWTPでの処理施設建設					■	■	■
	B204 面整備管の埋設					■	■	■
	C 調査							
	C1 Matadero排水区を対象とした誤接続詳細調査と対策検討・設計			■	■	■	■	■
	C2 サイフンの詳細調査と対応策検討					■	■	■

1) 人件費

人件費はペソ建て（内貨）で見積もった。人件費単価は階層別の実勢値を元に、運営、工事監理、および維持管理に関わる人々の費用を見積もった。

2) 電力費

電力費もペソ建て（内貨）で見積もった。Casablanca ポンプ場、Matadero ポンプ場、Luyanó 下水処理場の運転に必要な電力費を、これらの施設への流入水量に基づいて算定した。

3) 薬品費

薬品費は Luyanó 処理場での機械脱水時に必要な薬品量に基づき算定した。この薬品（高分子凝集剤）は輸入品となるので、米ドル（外貨）で見積もった。

Table 3.7 優先プロジェクトに関わる年間運営維持管理費

年	年間人件費 (x 1,000 Pesos)						年間電力費 (x 1,000 Pesos)					年間	O/M 費合計	
	本部 職員	既存施設改善計画			Luyanó WWTP	計	既存施設改善計画			Luyanó WWTP	計	薬品費 (x 1,000 USD) Luyanó WWTP	Posos x 1,000	USD x 1,000
		Matadero PS	Casablanca PS	小計			Madero PS	Casablanca PS	小計					
2011	540	73	107	180	145	865	53	180	233	44	277	17	1,142	17
2012	540	73	107	180	145	865	53	180	233	51	284	33	1,149	33
2013	540	73	107	180	145	865	53	180	233	56	289	46	1,154	46
2014	540	73	107	180	145	865	53	180	233	59	292	54	1,157	54
2015	540	73	107	180	145	865	53	180	233	63	296	62	1,161	62
2016	540	73	107	180	145	865	53	184	237	85	322	67	1,187	67
2017	540	73	107	180	145	865	53	184	237	87	324	71	1,189	71
2018	540	73	107	180	145	865	53	184	237	89	326	75	1,191	75
2019	540	73	107	180	145	865	53	184	237	91	328	79	1,193	79
2020	540	73	107	180	145	865	53	184	237	93	330	83	1,195	83
2021	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2022	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2023	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2024	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2025	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2026	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2027	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2028	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2029	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2030	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2031	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2032	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2033	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2034	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2035	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83

Source: JICA Study Team

3.3.3 組織と法制度

ここではハバナ湾に関連する上下水道および環境分野の運営能力を向上させるために必要な強化策を提言する。

(1) 組織制度上の強化

今後実施される種々の調査では、責任分担を明確にし、情報入手や訪問先への許可取得を必要とときに迅速に対応でき、国際プロジェクトの一般的な手続きと同じように重要な情報を収集できるように環境整備を行う必要がある。

優先プロジェクトの実施には、全ての関係機関が連携するよう組織的調整機能の強化が必要である。なお、委員会による調整は強化されすぎると非効率的になるので委員会形式は提案していない。

1) GTE (ハバナ湾浄化国家ワーキンググループ)

GTE は中央省庁間、分野間の調整機関であり、関係中央省庁（運輸省：MINTRANS）、環境分野（CITMA：科学技術環境省）およびハバナシティ県（CAP）の議会などの利害関係者の調整を図っている。GTE を永久的な組織として存続させるため、“Acuerdo” 3330 の修正条項により権限委譲を延長する計画が進められており、GTE は今後もハバナ湾全体の環境に関する権限を有する機関としての機能を果たすことになる。

この組織の責任が増えるに伴い、人材面と財務面での強化が必要になる。優先プロジェクトに関しては、特に環境モニタリングと環境教育の分野での強化が必要である。

環境モニタリングに関しては、マスタープランの中で提言として述べたが、これからずっと提案事項を実施することが必要である。これまでは財源が限られているため、試料採取数や分析が制限されてきた。GTE は中央政府、外国機関から必要な財源を確保して、推奨した試料採取やモニタリングプログラムを適切に実施することが必要である。

環境教育プログラムの強化のため、本調査では、ビデオ作成、学校・コミュニティ向けおよび水利庁向けの教材を作成した。この環境教育プログラムを早急に実施することが望まれるが、教育プログラム実施には人材および財源が不足しているため、GTE は人材および資金を外国の諸機関等から確保することが必要となる。

2) INRH (水利庁)

INRH はハバナシティ県代表事務所（DPRH）を通して、ハバナシティ県を管轄してきた。INRH はハバナシティの上下水道公社の維持管理業務を監督する能力がある。しかし優先プロジェクトの中では特に下水道の面整備、各家庭から污水管への接続といった部分はINRHにより実施することになり、ハバナ市水道公社 Aguas de la Habana の職員もコンセッション契約等により関与することも想定される。

その場合には財源だけでなく人材についても慎重に計画することが必要であり、ハバナ水道公社とのコンセッション契約の改訂を行うことを推奨する。

3) Aguas de la Habana (ハバナ水道公社)

ハバナ水道公社は、サービス提供エリアが広がれば、優先プロジェクト唯一の運営管理者となり、運営、維持管理がこの組織に任されることになる。INRH と 2025 年まで

コンセッション契約を締結しているため、優先プロジェクトのなかで提案された下水道施設の改善および建設にバルセロナ水道会社の専門家を配置することも可能と考えられる。

4) CITMA (科学技術環境省)

CITMA は、つぎの2点を強化する必要がある。ひとつは円滑な運営のため関係機関間の調整能力強化であり、もうひとつは環境法制度を改訂し遵守して完成するための組織強化である。環境法制度の遵守、環境保護計画のモニタリング実施体制強化のための財源を内外から確保する必要がある。

(2) プロジェクト実施に必要となる組織

下水道 M/P や優先プロジェクトの下水道施設の補修・改善・建設は多額の投資が必要であり外国からの融資を受けるため、実施設計や工事監理に外国のコンサルタントや施工業者も参入することが考えられる。キューバ国でのプロジェクトを監理するには、外国からの投資に関わる中央省庁、環境およびハバナ市の上下水道に関わる関係機関の参加が必要である。

1) Project Institutional Framework

優先プロジェクトを開始する際には、全ての関係機関・団体を代表する運営委員会を設立することを提言する。運営委員会の構成、役割および責任を図 3.3 に示す。運営委員会は以下のメンバーから構成される。

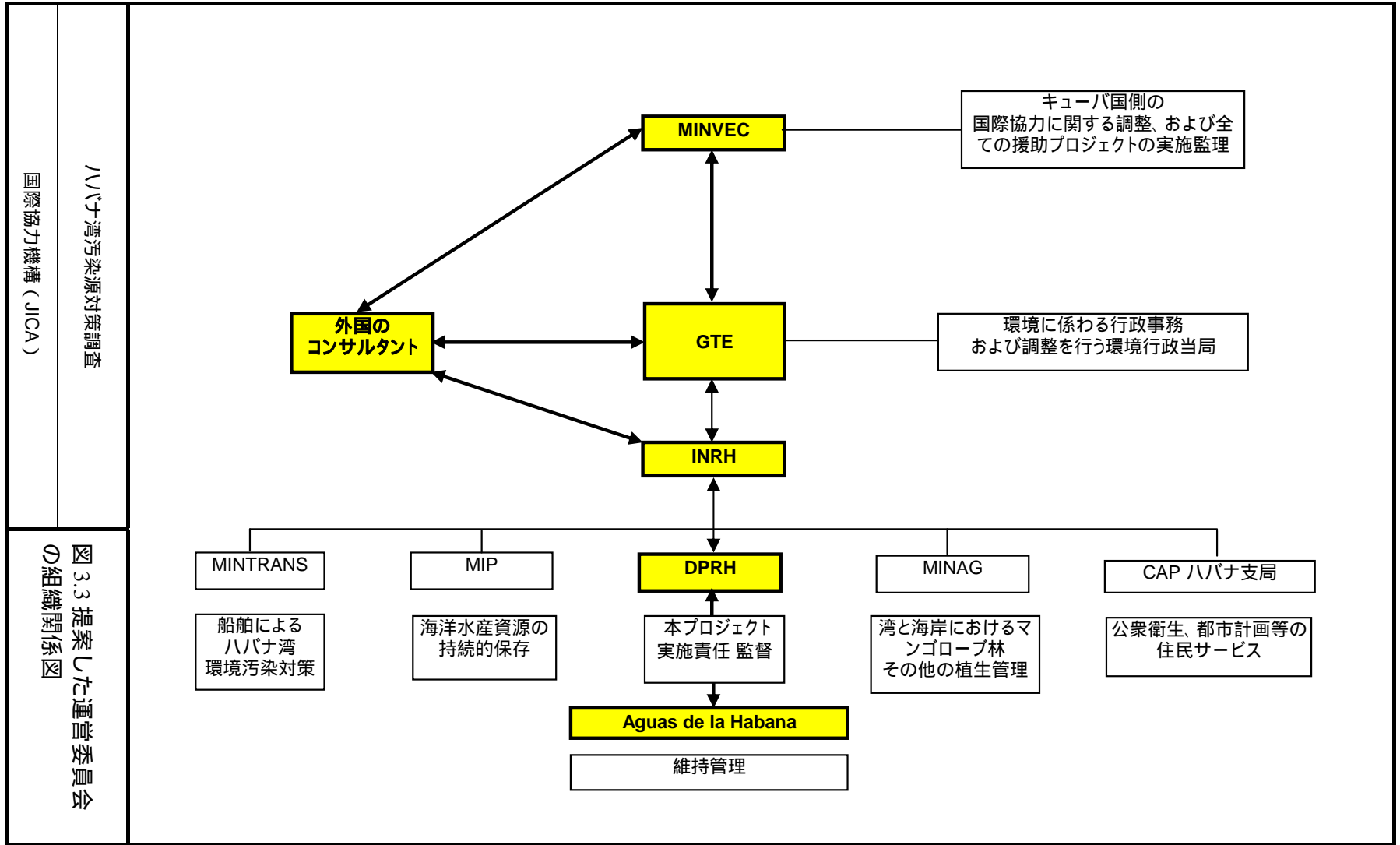
MINVEC
GTE
INRH (DPRH)
Aguas de la Habana
外国コンサルタント

国家レベルでの調整機関は、海外からの援助協力を担当している中央政府機関として MINVEC が担当し事業実施を監理する。

プロジェクトの事務局として、ハバナ湾の環境に関わる当局である GTE が担当し、ハバナシティ県やさらに小単位の行政レベルでの調整を行う。

GTE はハバナシティ、ハバナ湾、ハバナ湾流域の環境に関連する全ての関係機関・団体と強い繋がりを持っている組織でなければならず、そのためには、GTE が直接あるいは技術委員会を通して提供される水質や湾流域の人口動向等の情報を継続的に最新のものにする必要がある。技術委員会は現在関連する 12 の中央政府関係機関から構成されている。以下に関係機関を示す。

- MINTRANS CIMAB; SAMARP; DSIM
- MININT ハバナ港の最高責任者
- MIP 漁業規制理事会理事長
- INRH DPRH
- CAP 公衆衛生、都市計画等の住民サービス、ハバナシティ県の代表者、Habana Vieja, Regla, del Este 地区評議会



当該プロジェクトは上下水道セクターの設計工事であるので、最も重要な組織は施設の所有者となる中央政府を代表する INRH である。工事監理は INRH のハバナシティ県を管轄する DPRH が実施するのが望ましい。

完成後の施設の運転維持管理はハバナ水道公社に委託することになるが、本プロジェクトが既存施設の補修を行うことからの計画・設計段階からハバナ水道公社を参加させることを提言する。

2) 設計および工事監理

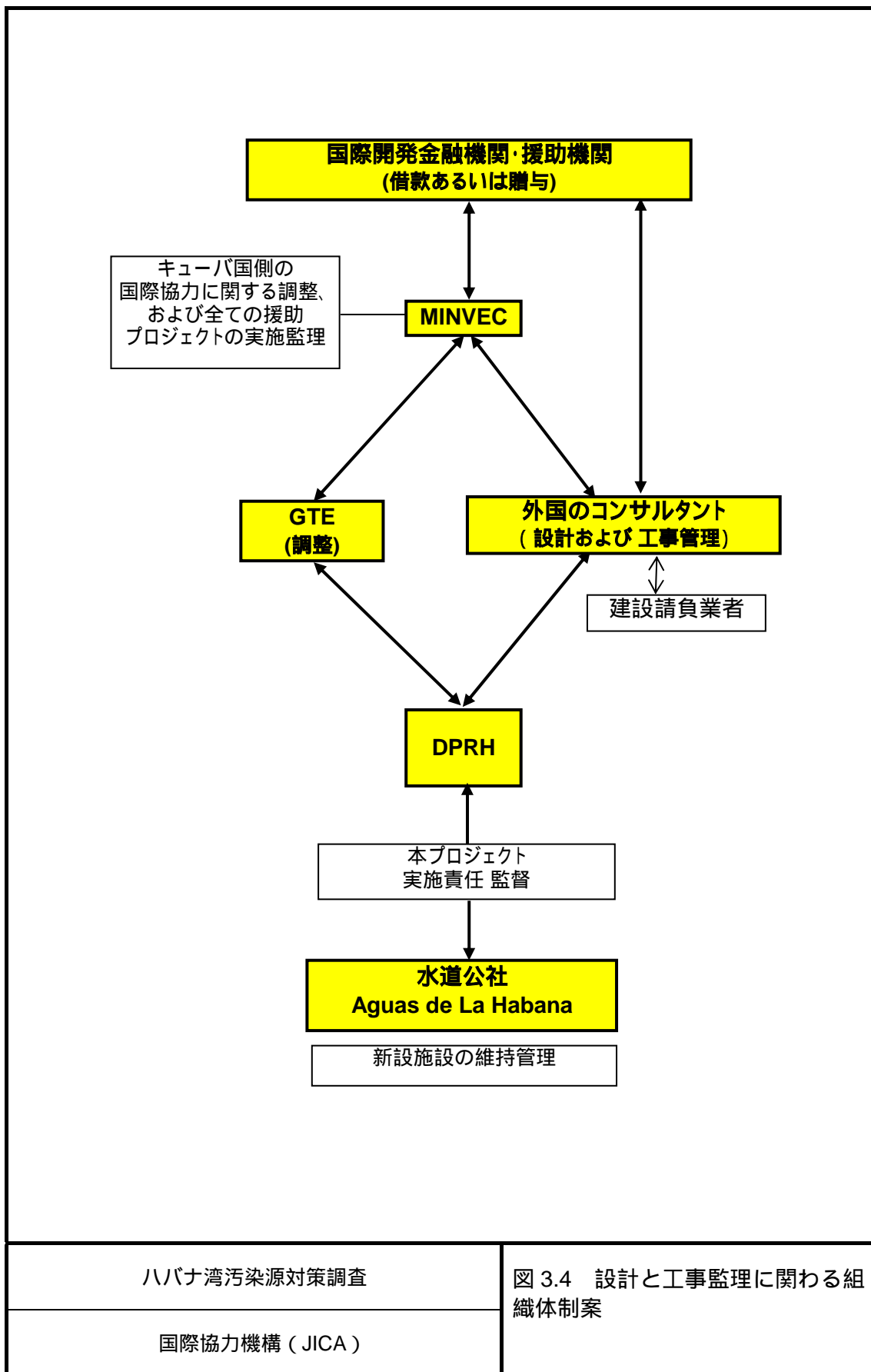
国際機関からの融資や無償資金は MINVEC を経由するが、資金を提供する国の融資や無償資金の仕組みに依存するため、外国コンサルタントが直接または MINVEC を通して財政その他の事項についてキューバ側と連携を保つことになる。

ハバナ湾の環境面の責任当局として、関係機関と密な連絡調整を行うことが必要であるが、このプロジェクトは建設プロジェクトであり、技術面は外国コンサルタントがプロジェクトの事業者としての責任を担う DPRH と契約によって技術面の責任を担うことになる。

ハバナ水道公社の役割は水利庁とのコンセッション契約内容により異なる。前述したように、優先プロジェクトが開始される前にコンセッション契約を改訂すべきである。というのは運転維持管理対象の新たな資産の加入、財務結果、既存の下水道施設を補修する際の工事などに起因するサービス低下などが考えられるからである。

契約の方が全ての関係者間で有利であり、しかも資金提供機関側のルールに合致するものであれば、契約のいくつかを水利庁の代わりに運転実施者の責任で実施するというシステムも採用できる。例えば、既存下水道システム障害を最小限に抑えるために緊密な連絡調整を行うという観点から、補修に関わる契約についてハバナ水道公社に“Client”としての責任を持たせた方が良いかもしれない。

設計および工事監理の推奨する組織体制を図 3.4 に示す。



3.4 プロジェクトの評価

3.4.1 技術面の評価

下水道 M/P 実施によりハバナ湾全体の水質改善が図られるが、優先プロジェクトでは、まず既存下水道施設の改善計画によりハバナ湾で最も汚濁されている Atares を改善し、さらに新規の下水道整備計画により Luyanó 川と Martín Pérez 川の最も人口が密集している地区の下水を収集・処理して Guasabacoa の改善にも寄与するものと期待される。

優先プロジェクトは既存と新規の下水道施設を生かしてハバナ湾への汚濁負荷を効率良く削減する計画となっている。下水収集施設と処理施設をハバナ湾流域で最も都市化し生活環境が悪化している下水道未整備地区を整備し、引き続き下水道整備を拡大する長期計画とも整合性のある計画となっている。

下水道施設は以下に述べる観点から適正なものであると評価した。

- (1) 下水収集施設： 新規の下水収集施設は自然流下方式を原則としており、ポンプ利用などで要求されるエネルギーを最大限削減する努力が払われている。既存の幹線汚水管きょで最も重要な管きょである Colector Sur は 90 年以上利用されており老朽化と敷設勾配が小さいため能力不足となっている。この管きょを補修し、既存下水道システムの信頼性を向上するため、Matadero ポンプ場、圧送管、幹線汚水管きょ Colector Sur Nuevo から成る新たな幹線汚水管システムを提案した。これらの幹線汚水管きょの補修と新設を行い、Matadero 排水区での誤接続問題の解決を同時に図れば、湾外の外洋に放流することになり、ハバナ湾への汚濁負荷を削減することになる。
- (2) 下水処理場： Luyanó 処理場の用地面積に限りがあり、標準活性汚泥法を選定した。この方法は高度な維持管理が必要であり維持管理も高いが、処理性能は高い。発生した汚泥は嫌気消化で安定化した後、ベルトフィルタープレス方式の機械脱水法で処理される。この方式は機械脱水法の中で比較的維持管理が容易で費用も安価である。
- (3) 維持管理： 提案した下水処理方式の運転維持管理の経験は乏しいが、GEF/UNDP プロジェクトで施設が先行して建設され運転されるので、この間に蓄積される経験や実務は優先プロジェクトの施設運転に役立つと思われる。スタッフの訓練プログラムを強化すれば、より適切な運転維持管理が可能となる。
- (4) 土地取得と権利： 新しい汚水管きょやポンプ場は道路内あるいは政府所有の土地に建設される予定である。処理場予定地については、GEF/UNDP による Luyanó 処理場と隣接した敷地に処理施設を建設する予定である。用地は空き地であり、住民移転の問題はない。発生汚泥による臭気や建設中の道路混雑などの環境配慮は必要で、防止策や緩和策を今後実施する必要がある。

3.4.2 財務評価

(1) 財務分析

1) 分析方法および条件と仮定

財務分析方法および設定した条件と仮定は下水道 M/P で提示したものと同一である。プロジェクトの主な収入源は、下水道料金とハバナ市を訪問する観光客への観光税である。これらの収入はプロジェクトを実施した場合と実施しなかった場合の差額分とする。下水道利用者と料金など収入算定のために基礎データを下表に示す。外国人旅行者への観光税のデータも含む。

表 3.8 下水道利用者と外国人旅行者からの収入データ

	項目	2002年	2004年	2006年	2011年
1.	一般家庭				
1.1	下水道料金 (Peso/人/年)	5	6	12	36
1.2	普及人口 (人)		860,000	=====→	1,000,000
2.	公共機関その他の事業所				
2.1	下水道料金 (Peso/事業所/年)	150	180	360	900
2.2	既存下水道内事業所数	10,581	11,000	11,000	11,000
2.3	新下水道接続事業所数	39 人当たり 一事業 者			13 人あたり 一事業所
3.	米ドル支払い事業所				
3.1	下水道料金 (US\$/事業者/年)	* 220	270	365	495
3.2	米ドル支払い事業所数	* 4,066	4,500		
4.	外国人旅行者				
4.1	観光税 (US\$/人)	-	-	-	2
4.2	観光者数	959,000			1,300,000

注) 印* のついた数字は 2001 年と 2002 のデータの平均値

2) 財務分析結果

上記の条件や仮定に基づいた財務分析結果を表 3.9 に示す。下水道 M/P の財務分析でも説明したように 4 つの通貨条件のうち、米ドルのみおよび キューバペソのみの場合に算出した財務評価指標は参考にすぎない。プロジェクトの実行可能性は かにおいて算出された指標で判断する必要があるが、 は より楽観的な条件であるため、以下ではより厳しい の条件 (米ドル 1 対キューバペソ 26) 下における優先プロジェクトの実行可能性を検討し考察を加える。

財務面の可能性: より厳しい設定条件である米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合でも、FIRR は 7.3% 以上と目標の割引率程度、B/C で 1.0 以上、NPV も正の値を確保できた。楽観的な条件である米ドル 1 対キューバペソ 1 の場合には、これらの財務評価指標はさらに大きな値を示し財務的実現可能性はより高くなっている。現実の経済状況を反映した為替レートは両為替レートの中間的な結果となることを考慮すれば、下水道利用者および観光客からの収入でプロジェクトの建設費や運転維持管理費を賄うことが可能であり、優先プロジェクトは提示した条件下では財務的に可能であると言える。

表 3.9 キャッシュフロー分析による財務指標結果

ケース	FIRR	B/C	NPV	備考
I: US\$ 部分だけ	5.2%	0.9	(\$) -3,393	参考
II: Peso 部分だけ	51.0%	7.6	(P) 175,413	参考
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	28.1%	3.6	(P) 172,020	楽観的条件
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	7.3%	1.1	(P) 87,185	厳しい条件

注 割引率: US\$ 6% Pesos 8%

感度分析: 建設費用と収入を考慮した感度分析結果を下表に示す。

為替レートが米ドル1対キューバペソ1の場合には、収入が20%減少する場合にFIRRは最も低い23.5%を示した。一方、為替レートが米ドル1対キューバペソ26である場合には、建設費用を20%増加するとFIRRは1.5%低くなり、収入が20%削減するとFIRRは1.9%低くなったが、FIRRは5%を越えており財務的に可能なレベルにあることが示された。

図 3.10 優先プロジェクトの財務評価に関する感度分析結果

検討ケース	US\$+Peso (US\$1:Ps1)	US\$+Peso (US\$1:Ps26)
基本ケース（財務分析結果）	28.1%	7.3%
建設費用が20%増加した場合	24.4%	5.8%
建設費用が20%減少した場合	33.2%	9.4%
収入が20%減少した場合	23.5%	5.4%
収入が20%増加した場合	32.4%	9.0%

借返済予測: 優先プロジェクトは実施機関にとって大きな出費が必要となる。キャッシュフローは最初の段階でかなりの投資により、収支上赤字が続くが、補修あるいは新設された施設が稼働すると黒字へと転換され、その後ずっと黒字のまま推移する。

2003年の段階では、キューバ政府がプロジェクトに予算を振り向けるかどうか不明であり、キューバが多国間あるいは二国間融資機関に借返済を要請を行う可能性もまた限られている。また、提案したプロジェクトの規模が大きいため無償資金協力を簡単に得ることも容易ではない。

このような状況下、現在可能な利率で借返済を得た場合の例を検討した。米ドル建ての借返済を利率年6%で30年支払い、10年の支払い猶予期間、また、ペソ建ての借返済は利率年8%で25年支払い、5年の支払い猶予期間を設定した。さらに債務返済比率も算定した。その結果、返済期間中の債務返済比率は1.0以上であり、実施機関は設定した条件下では返済可能であるとの結果が得られた。

(2) 財務評価

財務分析の結果、優先プロジェクトは財務上健全で、かなり有望なプロジェクトである。FIRRによると米ドルだけの部分では5.2%、ペソ部分では51.0%、米ドル対ペソを1対1とした場合28.1%、米ドル対ペソを1対26の場合7.3%となった。FIRRが28.1%の場合には非常に高い数値であり、一方最も低い7.3%でも事業としては自立して継続できるレベルにある。もし米ドル対ペソを1対26に適応させた場合厳しい条件であるにもかかわらず、FIRR7.3%は財務的には十分な数値である。

プロジェクトの健全性を財務指標で評価する場合、財務指標を算定する際に用いた前提条件や仮定は重要である。これらの仮定を保守的に設定したが、いくつかの仮定は未だ楽観的なものとなっている。主な仮定条件の妥当性を検討した結果を以下に示す。

為替レート: 将来の為替レートを予測するのは非常に難しい。公定の為替レートである米ドル1対キューバペソ1は会計上の便宜上存在しているだけである。公式ではないものの法的に認められた為替レート米ドル1対キューバペソ26は、現在個人の商取引だけに使われている。この為替レート米ドル1対キューバペソ26が優先プロジェクト

の計算に用いられると、為替市場はドルの大量流入による影響を受け、為替市場も米ドルに対してキューバペソが高く評価される方向へ進むであろう。その結果、為替レートはもはや同じではなく、キューバペソ高へと進むであろう。一方、外国為替市場の不透明な状況下ではあるが、もし為替レートとして米ドル対ペソ比を 1 対 1 で適応すると、事業実施機関にとってはもっとも好ましい状況になる。一方、1 対 26 では事業実施機関として最も厳しい条件であると言える。実際にはこの二つの為替レートの間の比率になるものと考えられる。

一般家庭の下水道料金：7年間に6倍の値上げ自体は実現不可能に見えるが、妥当なものである。現行の年間の一人当たりの下水道料金6ペソは各家庭の一ヶ月当たりの料金に換算すると約2ペソ/家庭/月となる。月平均の家庭収入を760ペソとすると、2ペソはわずか0.26パーセントにしかならない。したがって、現行の下水道料金を6倍にして、12ペソ/家庭/月としても家計収入の1.58%であり、一般的に妥当と言われている上下水道料金5%（水道料金3.5%、下水道料金1.5%）程度となっている。なお、収入の増加は、プロジェクト実施中に期待されるが、上記の検討には考慮していない。

政府関係機関および事業所の下水道料金：7年間に5倍値上げを仮定している。一般家庭の値上げよりも低く抑えている。

米ドル支払いの事業所：7年間に83%値上げを仮定している。これは一般家庭で500%、政府関係および事業で400%の値上げよりかなり低く抑えている。

外国人観光客からの観光税：2米ドルはキューバで旅行者が消費額の0.2%であり、旅行者が支払う遊興費に比べれば小額である。ハバナシティ県を訪れる観光客数は2002年の959万人から2011年には1,300万人に増加する、つまり9年間に36%の増加を見込んでいる。ハバナシティは1997年64万9千人から2000年95万1千人と3年間で47%の増加を経験している。

借款の返済予測：借款の借入と支払いおよび債務返済比率を検討した結果、優先プロジェクトは下水道料金と観光税で、当初の建設期間を除き、賄うことが可能であると考えられる。2003年段階では、キューバ政府が多国間あるいは二国間の融資を外国の金融機関に要請できるかどうかは不透明な状況である。またプロジェクト規模からみて無償援助を受けるのも容易ではない。中央政府が建設初期に資金を調達して割り当てることが重要である。

3.4.3 経済評価

(1) 経済分析

現金収支割引法により、経済的内部収益率（EIRR）を中心に、現在価値（NPV）、便益費用比（B/C）を算定して検討した。

1) 経済費用および経済便益の算定

優先プロジェクトの経済費用および便益の算定に用いた条件や仮定は下水道 M/P で設定したものと原則同じである。

土地：下水道 M/P と同じ仮定で、優先プロジェクトでは Luyanó 下水処理場と Matadero ポンプ場の 2ヶ所が対象となる。対象の土地の経済価値単価は 2040 年まで一律 Ps210,528 と見積ったので、2008 年の Luyanó 処理場で Ps442,108、Matadero ポンプ場で Ps21,053 となる。

割引率：一般的な目標値として 10 % を設定した。

住民の便益：住民の便益は一般家庭数に支払い意思額を掛けて算出した。下水道事業実施によるハバナ湾環境改善に関する一般家庭の支払い意思額を、11 ペソ/家庭/月と仮定した。この支払い意思額はマスタープラン実施の場合であるため、優先プロジェクトの意思額を以下に説明する方式で改善レベルに応じて調整した。

下水道計画によると、ハバナ湾内への汚濁負荷削減効果は、下水道 M/P で最大で 52 トン BOD/日であり、優先プロジェクトでは 46 トン/日である。そこで、優先プロジェクトの支払い意思額は、汚濁負荷削減量の比率で計算すると、 $Ps9.7 (= Ps11 \times 46 \div 52 = Ps9.7)$ となる。

工業セクターの便益：下水道 M/P の経済便益算出は下水道料金を支払い意思額とみて計算した。支払い意思額は生産額に対する割合では、ドル支払いの事業所 0.023%、ペソ支払いの事業所 0.046%であった。この割合は一般家庭の場合の 1.4% に比べるとかなり低く、環境への効果に対する貢献度の違いはでないため、上記のような汚濁負荷削減効果による優先プロジェクトに対する支払い意思額の調整は行わなかった。

旅行者の便益：旅行者の支払い意思額を 2 米ドルとしたが、キューバでの支出額の 0.2% と低いため、上記と同様に支払い意思額の調整は行わなかった。

2) 経済分析結果

経済的可能性：経済分析結果を表 3.11 に示す。厳しい為替レート条件下である米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合でも、EIRR は 13.4% と目標の割引率 10% 以上、B/C 比では 1.3 と 1.0 以上が確保され、NPV でも正の高い値が得られた。為替レートでも述べたように、現実の経済状況における為替レートは、米ドル対キューバペソが 1 対 1 から 1 対 26 の比率の間にあることを考慮すると、上記の経済評価指標結果はさらに良好な値が期待される。したがって、優先プロジェクトは経済価値が高く、実施可能な事業であると考えられる。

表 3.11 優先プロジェクトの経済分析結果

ケース	EIRR	B/C	NPV	備考
I: US\$ のみ	8.9%	0.9	(\$)-2,648	参考
II: Peso のみ	93.5%	14.1	(P) 295,126	参考
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	55.3%	7.2	(P) 292,477	楽観的条件
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	13.4%	1.3	(P) 226,272	厳しい条件

注) 割引率: US\$ 10% Pesos 10%

感度分析：建設費用と収入の影響について EIRR の感度分析結果を表 3.12 に示す。

表 3.12 優先プロジェクトの EIRR に関する感度分析

条件設定	US\$+Peso	US\$+Peso
	(US\$1:Ps1)	(US\$1:Ps26)
基本ケース (経済分析結果)	55.3%	13.4%
建設費用 20% 増加	49.1%	11.3%
建設費用 20% 減少	63.6%	16.3%
収入 20% 減少	47.4%	10.0%
収入 20% 増加	62.5%	16.9%

より厳しい条件である米ドル 1 対キューバペソ 26 の場合の基本ケースの EIRR13.4% に対して、建設費 20% 増加あるいは収入 20% 減少によりそれぞれ 2.1%、3.4% 減少したが、目標値 10% 以上を確保した。一方、建設費 20% 減少あるいは収入 20% 増加ではそれぞれ 2.9%、3.5% 増加し、十分に高い値が得られた。

(2) 経済評価

米ドルとキューバペソを組み合わせた EIRR 分析結果から、設定した条件や仮定の下では、優先プロジェクトの実施は経済的に妥当なものであると言える。

経済費用の算出の過程で、財務費用から経済費用に転換した際に種々の換算係数を設定したが、これらの換算係数の妥当性について検証した。換算係数の平均値は 0.8 であり、経済費用の産出としては標準的なレベルにある。

優先プロジェクトの経済便益は、ハバナ市内の住民や商・工業が享受する便益およびハバナ市を訪れる旅行者の便益である。これらは直接の便益ではなく、優先プロジェクトによる新しい下水道利用者はハバナ市のごく一部に限られている。しかし、ハバナ湾流域の環境改善の恩恵を受けると考え、上記の関係者すべての便益享受者とした。

上記の経済分析には含めていないが、上下水道システムの開発による水系伝染病罹患率の減少は便益として検討に値する。下痢疾患が排泄物の不適切な処理によるものであり下痢疾患の 10% を優先プロジェクトにより減少できると仮定すると、患者数では年間 25,000 人となる。経済便益は年間 50 万 Ps となり、外貨で 3 百万ドルとなる。

優先プロジェクトの実施は、キューバ政府がカリブ海地域の環境改善に向け責任を果たすことを表明することであり、環境教育プログラムとの効果的な組合せにより強力なアピールとなる。

3.4.4 環境評価

(1) 汚濁負荷削減

下水道 M/P と優先プロジェクトの BOD 汚濁負荷比較を、既存の Central 下水道と新下水道について、図 3.5 に示す。

1) 新下水道

GEF/UNDP プロジェクトを除く、本下水道 M/P のうち新下水道による汚濁負荷(RN-M/P)は、新下水道計画対象全 4 処理区における汚濁負荷の発生量(G-N4)の 35 %、削除可能な量の 39%、新旧下水道対象(G-CMN4)の発生量の 20%である。

優先プロジェクト(RN-F/S)による削減比は、下水道 M/P (RN-M/P)による削減量の 32% であり、同 M/P の発生負荷量(GN-M/P)当たりで 22% であり、4 処理区全体の発生量(G-N4)の 11%である。

2) 既存下水道 Central System

既存の下水道 Central システムでは、下水道 M/P の実施により雨水排水路からの汚濁負荷(RC-M/P)を削減するが、優先プロジェクト(RC-F/S)の実施により 60%削減できる。

全体として、優先プロジェクトで削減可能な汚濁負荷量 (R-F/S) は下水道 M/P による負荷削減量 (R-M/P) の 51%である。

(2) 水質改善効果

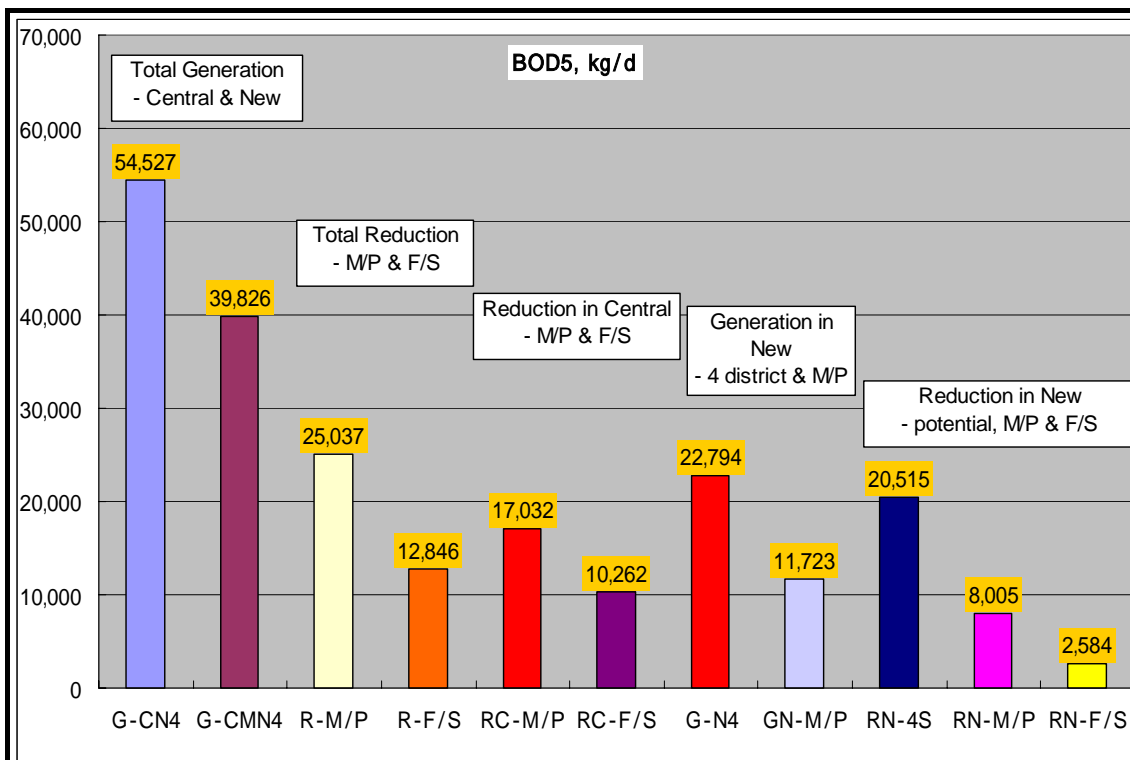
優先プロジェクトによって Atares と Guasabacoa での溶存酸素 (DO) 濃度は 1.5 ~ 2.0 mg/L になり、下水道 M/P 実施による 2.0 ~ 2.5 mg/L と比較して図 3.6 に示す。

Atares での F/S と M/P の DO 濃度の違いは Atares の位置に関連している。Atares はハバナ湾の最奥部にあり、酸素の供給源である海水が他の場所と違い到達しにくいいため、DO 濃度レベルが低くなっている。優先プロジェクトの実施により Matadero 排水路に関連する誤接続管が解消され、またベルギーおよびイタリアの援助で進められている Agua Dulce 雨水排水路への汚濁負荷は処理された後、Guasabacoa に放流されるため、雨水排水路経由の汚濁負荷はカットされる。第二期以降の事業計画実施により Atares での DO 濃度はさらに向上し、湾の他の地域でも水質が向上すると期待される。

Atares での現況の水質が DO 濃度で 1.0 mg/L 以下であり、優先プロジェクトにより 1.5 ~ 2.0 mg/L への改善は最終目標が 3.0 mg/L であることを考慮すると顕著であり、Atares への汚濁負荷を削減し、Guasabacoa での水質改善に貢献する。

(3) 環境影響評価 (EIA)

環境影響評価調査により、提案した優先プロジェクトは、環境面で健全なプロジェクトである。なお、下水道施設から発生すると考えられる悪臭や汚泥に関連した影響については、適切な防止策や緩和策がとられなければ、部分的に問題発生が考えられる。施設建設中の悪影響も懸念されるので、EIA 調査の結果に基づいて提案された防止策予防策を今後実施する必要がある。

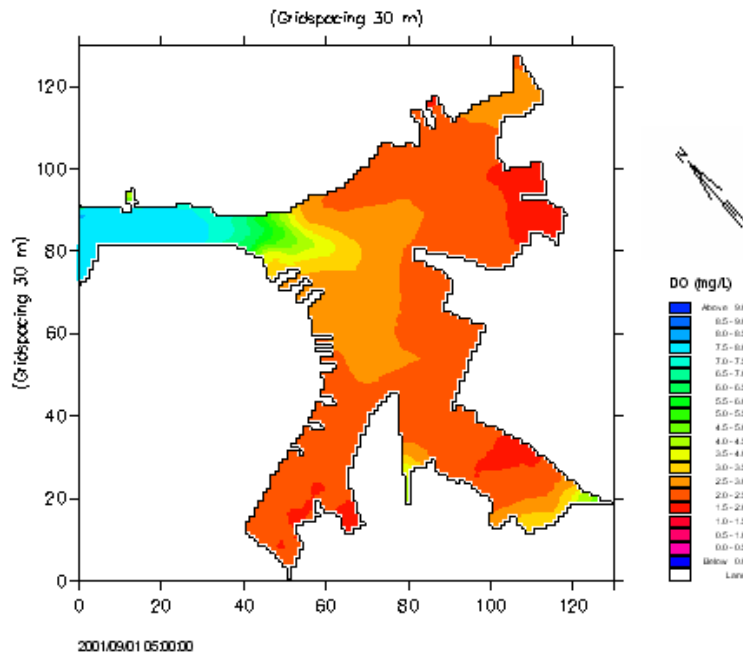


項目	内容
G-CN4	全汚濁負荷発生量(既存 Central System および新規下水道計画区域内)
G-CMN4	全汚濁負荷発生量 (既存 Central System の実測による推定値および新規下水道計画区域内算定値)
R-M/P	下水道 M/P による全汚濁負荷削減量
R-F/S	優先プロジェクト(F/S)による全汚濁負荷削減量
RC-M/P	下水道 M/P のうち、既存下水道 Central System の改善計画による全汚濁負荷削減量
RC-F/S	優先プロジェクト(F/S)のうち、既存下水道 Central System の改善計画による全汚濁負荷削減量
G-N4	新下水道計画区域の全域 (4 処理区) 内の汚濁負荷発生量
GN-M/P	新下水道計画区域のうち M/P 対象区域内における汚濁負荷発生量
RN-4S	新下水道計画区域の全域 (4 処理区) 内における下水道整備による汚濁負荷削減量の期待値
RN-M/P	新下水道計画区域のうち M/P 対象区域内における下水道整備による汚濁負荷削減量の期待値
RN-F/S	新下水道計画区域のうち F/S 対象区域内における下水道整備による汚濁負荷削減量の期待値

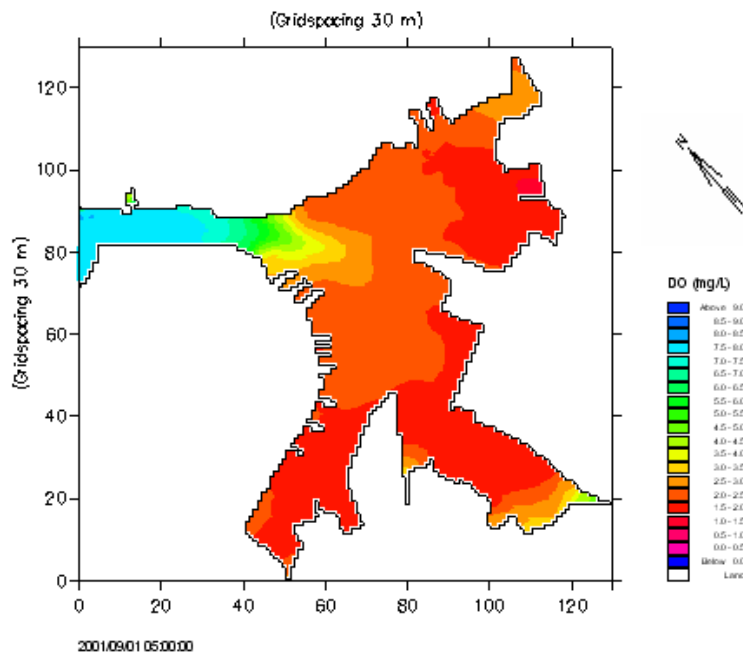
比較	比率(%)
(RN-M/P)/(G-N4)	35
(RN-M/P)/(RN-4S)	39
(RN-M/P)/(G-CMN4)	20
(RN-F/S)/(RN-M/P)	32
(RN-F/S)/(GN-M/P)	22
(RN-F/S)/(G-N4)	11
(RC-M/P)/(RC-M/P)	100
(RC-F/S)/(RC-M/P)	60
(R-F/S)/(R-M/P)	51

ハバナ湾汚染源対策調査
国際協力機構 (JICA)

図 3.5 BOD₅に関する発生汚濁負荷量と汚濁負荷削減量との比較



Case M/P (下水道 M/P を実施した場合)



Case F/S (優先プロジェクトを実施した場合)

ハバナ湾汚染源対策調査

国際協力機構 (JICA)

図 3.6 下水道マスタープラン (M/P) および優先プロジェクト (F/S) を実施した場合の DO 改善効果比較

3.5 結論と提言

3.5.1 結論

プロジェクトの妥当性の検討結果、提案された優先プロジェクトは技術面、経済面、組織法制度面および環境面のいずれの面でも妥当な計画であることを確認した。

優先プロジェクトは、既存下水道の改善により、ハバナ湾で汚濁が最も進んだ Atares の環境改善に貢献し、新下水道の整備により Guasabacoa を改善して、ハバナ湾全体の水環境改善に貢献するものと期待される。

3.5.2 提言

優先プロジェクトの実施は妥当なものであるとの結論であった。しかし、外部（外国）からの財政上の支援やキューバの中央政府からの補助金や自己財源がなければ優先プロジェクトの実施は難しいことも事実である。というのは、プロジェクトの開始初期には新設や補修工事に係る投資額が大きくキューバ側の実施機関となる INRH や GTE にとってかなり重い財政負担となるからである。

この調査を実施した 2003 年段階では、キューバ政府が多国間あるいは二国間の借款をその関係機関に要請する可能性は不透明である。提案したプロジェクト規模では無償資金協力を得るのは難しいであろう。そこで、キューバ政府には、以下の調査や事業は緊急度や重要度が高いが資金は比較的小規模であるので、資金を確保して実現化することを提言する。1) Matadero 排水区に関連した地域を対象に誤接続管の詳細調査と技術的対策検討、2) サイフォン構造物の補修工事的必要性に関する詳細調査、3) Matadero 排水区を対象とした誤接続管解消のための管工事の実施。これらの調査および工事は、Matadero 排水区からの汚水を排除できるかどうかに係っており、既存下水道施設改善計画が成功するかどうかを左右する重要な部分である。

組織や制度および関連する全ての組織間の調整を強化し確実にするために重要な組織改善案を提案した。GTE はハバナ湾流域全体の環境部門を統括する組織であり、特に環境モニタリングおよび環境教育を実施するのに十分な財源を確保するよう提言する。INRH および DPRH はプロジェクト実施で重要な役割を果たすことになるが、プロジェクトにより建設された施設の運転維持管理は Aguas de la Habana に委託して実施することになる。そのためには Aguas de la Habana とのコンセッション契約を見直し改訂版を作成することを提言する。

事業実施を円滑にするため、プロジェクト実施に必要な組織体制を提案した。ハバナ湾関連の全ての関係政府機関や団体、組織、例えば MINVEC、GTE、INRH (DPRH)、Aguas de la Habana、外国コンサルタントなど、を代表する運営委員会 steering committee を設立することを提言する。また、施設の設計・工事管理を行う組織の設立も提案する。

下水道施設は正常な運転が行われて始めて下水道は汚濁負荷を削減できることを再認識して頂きたい。正常な運転が行われるには、運転管理のための予算が十分に確保され、安定した電力供給が行われ、下水道施設に関わる運転者や関係者一同が適切な訓練を定期的に受け、技術習得だけでなく、使命感や責任感を高めることが、不可欠な要件である。下水道の運転運営に関して財務・組織の面で中央政府の援助が重要であり、確実に実行されることを提言する。