

**ブラジル国
サン・ベルナルド・ド・カンポ市
ビリングス湖流域環境改善計画調査**

和文要約

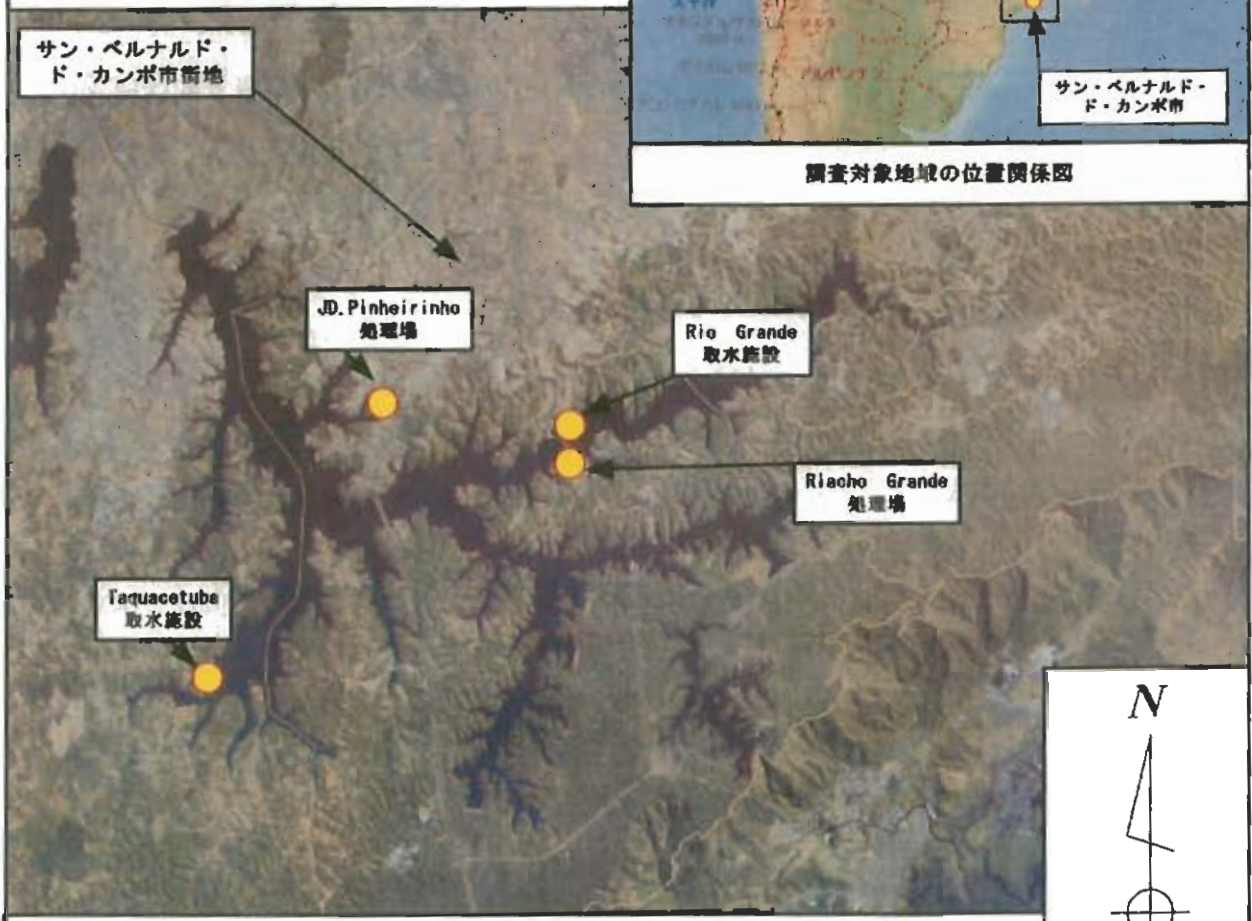
平成 19 年 2 月

**株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ
八千代エンジニアリング株式会社**



調査対象位置図

調査対象地域の位置関係図



ピリングス湖 (衛星写真)

ブラジル国サン・ベルナルド・ド・カンポ市ピリングス湖流域環境改善計画
調査対象地域位置図

序 文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府の要請に基づき、ピリングス湖流域環境改善計画に係る調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成17年7月から平成18年10月まで、株式会社 エヌジェーエス・コンサルティングの美和或男氏を団長とする調査団を現地に派遣いたしました。

また同期間、国際協力機構 国際協力総合研修所 国際協力専門員の岩堀春雄氏を委員長とする国内支援委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議を行いました。

調査団は、サン・ベルナルド・ド・カンポ市及びブラジル連邦共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を載せた関係各位に対して、心より感謝申し上げます。

平成19年2月

独立行政法人
国際協力機構
理事 松本有幸

伝 達 状

独立行政法人国際協力機構
理事 松本有幸 殿

ブラジル国ビリングス湖流域環境改善計画調査に関する最終報告書をここに提出致します。

本調査では、ビリングス湖流域環境改善の実現のために、水質保全目標の設定、水環境保全施策の基本方針、水質改善とその持続性を可能とする諸対策の立案、費用効果に焦点を当てた水質改善のマスタープランの作成、優先プロジェクトに関するフィージビリティ調査の実施、調査活動とセミナー・ワークショップを通じたカウンターパートに対する技術移転を実施致しました。

ビリングス湖は上水道水源として利用されていますが、水質汚濁の進行が顕著であり、今後の水源としての継続的利用に対する懸念が強まっています。流域では急激な人口増大とそれに起因する無処理下水の流入が続いています。また湖底の汚泥からの栄養塩の溶出も水質汚濁の原因としてあげられています。本調査においては、これらの課題に対処するため、下水道整備や道路透水性舗装などのハードウェア的な対策とともに、住民教育などのソフトウェア的な対策を計画し、持続的な効果を目指して環境センターの建設などを策定いたしました。調査団の提案については、その一部がサンベルナルド・ド・カンポ市のマスタープランにおいて採択されています。

本調査期間中、貴機構および国内支援委員会を始め、外務省、厚生労働省、国際協力銀行関係者には多大なる御理解並びに御協力を賜りましたことにつきまして、心より御礼申し上げます。また、ブラジル国においては、サン・ベルナルド・ド・カンポ市、SABESP（サンパウロ州上下水道公社）、ABC コンソーシアム（ビリングス湖流域関係自治体組織、貴機構ブラジリア事務所、在ブラジル日本国大使館に貴重な助言と御協力を賜りましたことを御礼申しあげます。最後になりましたが、最終報告書における提言がビリングス湖流域環境改善に寄与することを祈念する次第です。

平成 19 年 2 月

美 和 彥 男

ブラジル国
ビリングス湖流域環境改善計画調査
調査団長 美和 彥男

最終報告書構成

ブラジル国サン・ベルナルド・ド・カンポ市
「ビリングス湖流域環境改善計画調査」

2007年2月

●和文要約

要 約

第一部 基礎調査

1 背景

ビリングス湖は本来発電を目的として 1937 年に造られたダム湖であり、当初より発電用水の不足を補うためにサン・パウロを貫流するチエテ河の水をピネイロス川経由で、ポンプによってビリングス湖に逆送することが行われていた。これにより、サン・パウロの洪水を緩和するという目的もあった。しかし、大サン・パウロ圏の発展はいつしか生活排水・工場排水で汚濁されたチエテ河の水を逆送するようになり、1970 年代に入ってビリングス湖の水質は、発泡、悪臭、藻類の発生を伴って急速に悪化した。このため、1958 年に運転を開始したリオ・グランデ・アームから取水する SABESP のリオ・グランデ浄水場は、1982 年に堰堤を築いて、リオ・グランデ・アームを完全にビリングス湖から分離することをを行った。

1988 年のサン・パウロ州憲法は、3 年以内に汚濁水をビリングス湖へ逆送することのないように適切な対策をとることを要求したが、下水道整備が到底これに応えられる見込みがなかったため、1992 年にチエテ河の河川流量が 160 m³/sec が超えてサン・パウロが洪水警戒状態に入るときにのみ、逆送が許されるという風に改められた。

これによって、ビリングス湖は水質改善のきっかけをつかんだが、一方で、大サン・パウロ圏の発展はすでにビリングス湖流域まで押し寄せて来ており、1970 年に 11 万人といわれた流域内人口は 2000 年には 86 万人と約 8 倍に膨れ上がっていた。これらの下水はごく一部で下水処理が行われているのを除くと、大半は未処理のままビリングス湖に流れ込んでおり、水質悪化が進んでいる。

また、SABESP はリオ・グランデ・アームとは別に、水道水として使用するためにビリングス湖のタクアセトゥーバ・アームからグアラピランガ湖への送水を 2000 年より開始した。

2 ビリングス湖の重要性

ビリングス湖は本来の発電用貯水池としての機能のほかに、今日では水道水源、豊かな自然、いこいの場としての重要な機能を有している。とくに、リオ・グランデ・アームから取水するリオ・グランデ浄水場系統で 4.7 m³/s、タクアセトゥーバ・アームからグアラピランガ湖への送水分で 4.0 m³/s、あわせて大サン・パウロ圏の約 270 万人の水を賄っている。

3 ビリングス湖の水質汚濁状況

- (1) ビリングス湖及びリオ・グランデ・アームにおける TN、TP 濃度は、両湖で富栄養化が高いレベルにあることを示している。

- (2) クロロフィル-*a*に係る Vollenwider の富栄養化基準で見ると、ビリングス湖は強富栄養 (>25µg/L) に分類され、アオコが発生しやすい状況にある。また、2000年代に入ってリオ・グランデ・アームではアオコの発生が顕著になっている。
- (3) ビリングス湖には約 47 百万 m³、リオ・グランデ・アームには 5 百万 m³ の汚泥が堆積し、平均厚さはそれぞれ 51cm、34cm と推定される

4 考えられる汚濁源

ビリングス湖の最大の汚濁源は生活排水でこのほかに逆送水、雨水排水及び湖内堆積汚泥からの溶出がある。

第二部 マスタープラン

5 M/P の基本方針

(1) 水質保全目標

水質保全目標は長期的 (2025 年) には環境基準の達成とし、中期的 (2015 年) には環境基準を 1 クラス下げ、かつ現況水質を考慮して暫定目標を設定した。

(2) M/P の基本方針

- 1) 湖沼流域環境改善活動を持続可能にする仕組みを創る。
- 2) 流域環境改善はインフラを整備するなどのハードウェア的手段のみならず、環境への負荷の小さいライフスタイルの確立に向けて、人々の意識改革を促すために、ソフトウェア的手段を組み合わせたものとする。
- 3) 湖沼の水環境の保全には、「水質回復」、「水量回復」、「水生生物の生育・生息環境の確保」、「水と人と緑との係わり合いの強化」、及び「調査・研究」の総合的な視点からのプロジェクトを考える。

6 社会経済計画フレームワーク

- 1) 計画目標年次：現況は 2005 年としてその 20 年後の 2025 年とする。水質汚濁解析においては、中間年次として 2015 年を設定する。
- 2) 計画区域： ビリングス湖流域内とする。
- 3) 計画人口：人口増大の抑制策をビリングス湖流域水源保全区域において様々な形で適用していくという方針に拠って、2005 年の約 100 万人のビリングス湖流域内人口は 2025 年には 140 万人に増大すると想定する。

7 考えられるハードウェア的対策

水量回復：

- (1) 道路透水性舗装

- (2) 公園整備事業
- (3) 旧アルバレンガごみ処分場改善

水質回復

- (1) 都市部下水道整備事業
- (2) 散在コミュニティ下水道整備事業
- (3) 湖内堆積汚泥の浚渫

水生生物の生育・生息環境の確保（該当するものなし）

水と人と緑との関わり合いの強化

- (1) 環境体験学習センター

調査・研究

- (1) 水質管理センター
- (2) 植生浄化実験施設

8 考えられるソフトウェア的対策

ソフトウェア的対策として挙げられているものの多くは、ステークホルダー（地域住民・学校・NGO、農業共同組合、宅地開発事業者等）の普段の生活態度または行動に関わる、あるいは協力・ボランティア活動に依存するところが大きく、したがって、プロジェクトとしてではなく、そのような活動を維持できるような仕組み造りが焦点となる。住民啓発及び環境教育、環境体験学習センターの運営、さらには組織・制度の確立に関連して提案される「ビリングス湖をきれいにする会」がこれである。

9 組織運営

一度汚染された湖沼の回復は決して容易ではなく、長い年月と地道な努力の積み重ねを必要とする。これは個々のステークホルダーが単独でなしうるものではなく流域全体のステークホルダーが役割を分担しながら、互いに連携して行動することによりはじめてその成果が発揮される。このためはビリングス湖に係るステークホルダーを集めて「ビリングス湖をきれいにする会」を組織することが提案される。

10 経済財務分析

9プロジェクト合計で投資費用 1,101,620R\$。その 50%を都市部と散在型コミュニティの下水道整備が占める。

経済分析（経済的費用・便益計算）の対象は、ビリングス湖からの取水コストおよび浄水コストとして、EIRR：6.3%、NPV：-57,490,000R\$、B/C 比率：0.92 が得られた。経済的に実施可能なプログラムである。

11 水質保全目標の達成状況

ビリングス湖流域における下水道整備により、DO、BOD₅、NH₄-Nについては2015年に2025水質保全目標（Water Quality Conservation Targets : WQCTs）クラス1達成が可能であるが、Chl-aについては2025年に2015水質保全目標クラス2をようやく達成し、TPについては達成が難しいことを示している。

リオ・グランデ・アームにおいては、2015年でChl-aは2015水質保全目標クラス2、BOD₅、DO、NH₄-N、TPはクラス1を達成し、この傾向は2025年においても変わらない。

表1 ビリングス湖における水質保全目標達成状況

		2005	2015		2025		2025WQCT クラス2
			w/o Project	w/ Project	w/o Project	w/ Project	
ビリングス湖							
Chl-a	(µg/L)	70.96	75.18	62.76	74.89	59.74	≤30µg/L
BOD ₅	(mg/L)	3.40	3.68	2.91	3.68	2.77	≤5mg/L
DO	(mg/L)	6.82	6.86	6.76	6.85	6.73	≥5mg/L
NH ₄ -N	(µg/L)	27.52	29.23	24.63	28.86	23.26	≤500µg/L
PO ₄ -P	(µg/L)	3.67	4.32	2.69	4.32	2.43	—
T-P	(µg/L)	101.24	110.63	85.23	110.64	80.48	≤30µg/L

リオ・グランデ・アーム

Chla	(µg/L)	53.80	57.05	24.34	59.94	15.43	
BOD ₅	(mg/L)	3.79	3.94	1.26	4.26	0.83	
DO	(mg/L)	7.46	7.49	7.42	7.50	7.40	
NH ₄ -N	(µg/L)	44.86	45.59	16.90	48.67	11.14	
PO ₄ -P	(µg/L)	1.55	1.70	0.82	1.86	0.70	
T-P	(µg/L)	52.07	55.57	17.03	60.57	10.51	

注) 値は全水面セルの平均を示す。

第三部：フィージビリティ・スタディ

12 優先プロジェクトの概要

プロジェクト名	概要
下水道（都市部）	ビリングス湖流域北岸の都市部については、下水を集めてポンプにより流域外に移送し、まだ建設が行われていないコウロス川流域のコウロス幹線に接続してABC下水処理場に導いて下水処理を行う。このときコウロス幹線とこれに接続する準幹線の整備を併せて行う。また、ビリングス湖流域は公設ますの取付管までの面整備を含むものとする。
下水道（散在コミュニティ）	既存のリアッシュョ・グランデ下水処理場をオキシレーションディッチ+凝集剤添加りん除去方式に造り直して、処理区域を処理場周辺地区+カペリ

	<p>ーニャ+アレイアン（対岸）+ジュサーラ（対岸）まで拡張する。</p> <p>計画処理人口（2025） 38,200 人</p> <p>計画下水量 7,330 m³/日</p> <p>汚泥処理 機械脱水後 ABC 処理場に搬送 （後述のサンタ・クルズ処理場の汚泥も一緒に処理する）</p> <p>ビリングス湖南部のサンタ・クルズ地区にオキシデーションディッチ+凝集剤添加りん除去方式の下水処理場を建設して周辺地区を下水道整備する。</p> <p>計画処理人口（2025） 4,000 人</p> <p>計画下水量 780 m³/日</p>
道路透水性舗装	<p>非正規居住地区は SBC 市による合法化が前提となる。</p> <p>計画対象区域 ビリングス湖北側湖畔地区</p> <p>舗装延長 29.2 km</p>
アルバレンガ公園整備	<p>アルバレンガ幹線敷設に伴う河川整備に併せて公園を設置するもので、雨水流出抑制と地下水涵養の他に副次的な機能も期待できる。</p> <p>位置 アルバレンガ地区</p> <p>計画対象面積 21,121 m²</p>
旧アルバレンガごみ処分場改善	<p>ごみ処分場の一部が崩れてごみが露出し、そこから浸出液が流出している。このため法面安定化工事を行った後、盛り土、排水、緑化を施す。浸出液は貯留槽に集めて後、SABESP の ABC 処理場に搬送する。この他管理用施設として道路、フェンス、監視小屋、照明設備を設置する。</p> <p>位置 アルバレンガ地区</p> <p>計画対象面積 25ha</p>
環境センター	<p>M/P で提案された環境体験学習センターと水質管理センターが同じ場所で隣接して計画されていたが、SBC 市との協議の中でそれぞれの機能を維持した上で、環境センターとして一体化されたものである。</p> <p>位置 リアッシュョ・グランデ地区のエストリル公園内</p> <p>建築面積 2,700 m²</p> <p>施設 展示室、体験学習室、資料室、学習室、食堂、合宿用寝室、水質試験室、研究室、事務/管理室</p> <p>機材 水質試験機器、フローティング・スクール用船舶、バス、業務用車両</p>
植生浄化施設	<p>自然浄化機能を活用した植生浄化技術に関する知見を得るために施設を設置してデータを収集する。</p> <p>場所 ピニエイリニョ処理場前面水域（2,250 m²）</p> <p>適用植生 ホテイアオイ等浮遊性植生</p>

13 事業評価

(1) 財務

- 1) SBC 市所管の 5 事業に係る投資費用は 52,913 千 R\$, 年間維持管理費用は 1,619 千 R\$ でこのうち環境センター事業が 1,379 千 R\$ で 85.2% を占める。
- 2) SABESP 所管の 2 事業に係る投資費用は 147,585 千 R\$, 年間維持管理費用は 1,962 千 R\$ である。SABESP 費用便益計算は下表の通り。

表 2 SABESP の費用便益計算結果

プロジェクト	NPV (1000R\$)	B/C 比率	FIRR
都市部下水道整備事業	-34,334	0.45	2.6%
散在コミュニティ下水道整備事業	-8,529	0.42	0.1%

(2) 社会経済面

本計画はビリングス湖の水質悪化を防止し、水質改善により、とくにこれを水道水源として利用している大サン・パウロ圏の人々の生活を守るものであることに留意する必要がある。SABESP は現在、リオ・グランデ・アームより 4.7 m³/s を取水して、主に大サン・パウロ圏 ABC 地域の 160 万人に給水を行っている。一方、グアラピランガ湖からは 13.38 m³/s を取水して 380 万人に給水を行っているが、このうち 4.0 m³/s (30%) はビリングス湖タクアセトゥーバからグアラピランガ湖への送水分に依存しており、ビリングス湖の給水人口は約 114 万人 (=380 万人 x 0.30) となる。したがって、両湖を合わせると 274 万人の水源となっており、大サン・パウロ圏の総給水人口 1,880 万人の 14.6% を担っている。SABESP は需要水量の増大に応えるために、ビリングス湖のリオ・ペケーノ・アームをリオ・グランデ・アームと同様に堰堤で仕切って完全にビリングス湖から分離し、リオ・グランデ・アームとトンネルで結んでリオ・グランデ浄水場を拡張することを計画しており、リオ・グランデ・アームを含むビリングス湖の水道水源としての重要性はいよいよ増している。本計画で提案されているプロジェクトの実施は、「水と人と緑の共生」を求めて安全な水の供給、豊かな自然の保護、憩いの場の確保を図るという明白な便益に加えて、雇用機会の増大、浄水コストの削減、藻類・水草の除去費用削減、土地価格の上昇以下の社会経済的便益をもたらす。

(3) 技術面

本計画で提案されているプロジェクトは、環境センターと植生浄化を除くと、関係実施機関においていずれも実績のあるものであり、安全性・確実性・実現性から見て問題となるものはない。

(4) 組織体制面

提案プロジェクトのうち下水道事業を所管する SABESP はそのずば抜けた規模にも関わらず効率的な運営を行っており、組織的には問題ない。

下水道以外の透水性舗装、公園整備、旧ごみ処分場改善、環境センター、植生浄化のうち、

SBC 市にとっては環境センター及び植生浄化がまったく新規のプロジェクトで、これに伴うスタッフの確保が必要となる。

(5) 環境

提案される各プロジェクトは、環境社会に対しては重大な影響を与える（カテゴリーA）ものとは想定されず、ほとんど、カテゴリーB（カテゴリーAに比較して与える影響が小さいもの）に該当するものと想定する。なお、都市部下水道整備プロジェクトについては、一部、住民移転及び計画地の土地収用による土地問題が発生する。

(6) 総合評価

これまでの検討の結果、提案されているプロジェクトは財務、社会経済、技術、組織制度、環境の各項目に照らして実施するのが妥当であると判断される。

14 事業実施計画

事業実施スケジュールは、2007年より、融資機関及び国内手続きを開始し、同年中に融資機関とのL/A締結をめざすものとする。2008年にはコンサルタントを選定して、同年中頃より詳細設計を開始する。2009年にはコントラクターの選定を行って、2010年より工事に着手し、2014年にはすべての工事の完了するものとする。

表3 優先プロジェクト建設費総括表

担当機関	事業名	R\$	Equivalent JY
SBC	道路の透水性舗装	25,879,000	1,348,500,000
SBC	旧アルバレンガごみ処分場改善	11,965,000	623,400,000
SBC	アルバレンガ公園整備	1,168,000	60,800,000
SBC	環境センター	8,192,000	426,800,000
SBC	植生浄化	665,000	34,600,000
	計	47,869,000	2,494,400,000
SABESP	都市部下水道整備	113,446,000	5,911,600,000
SABESP	散在コミュニティ下水道整備	21,062,000	1,097,500,000
	計	134,508,000	7,009,200,000
	合計	182,377,000	9,503,600,000
	コンサルティング・サービス	14,733,000	767,700,000
	予備費	18,238,000	950,300,000
	用地費	3,388,000	176,500,000
	工事費×0.10	218,736,000	11,398,300,000
	総計	218,736,000	11,398,300,000
SBC		57,700,000	3,006,700,000
SABESP		161,036,000	8,391,600,000
	総計	218,736,000	11,398,300,000

15 勧告と提言

- 1) 下水道普及率の向上
- 2) 非正規住居地区の合法化の促進

- 3) 「ビリングス湖をきれいにする会」の早期立ち上げ
- 4) 環境センターの共同運営
- 5) 植生浄化への実験的取り組み
- 6) ビリングス湖堆積汚泥からの溶出負荷のさらなる調査
- 7) 住民啓発・環境教育の重要性

ブラジル国
サン・ベルナルド・ド・カンポ市
ビリングス湖流域環境改善計画調査
和文要約

目 次

要 約	ES-1
目 次	i
図表目次	iii
略語集	v
第一部 基礎調査	1
1 ビリングス湖の変遷.....	1
2 ビリングス湖の重要性.....	1
3 ビリングス湖の水質汚濁状況.....	2
4 考えられる汚濁源と現状.....	4
5 汚濁負荷量の予測.....	6
6 水質汚濁関連インフラの整備状況.....	7
第二部 マスタープラン (M/P)	8
7 M/Pの基本方針.....	8
8 社会経済計画フレームワークの設定.....	13
9 考えられるハードウェア的対策の検討.....	14
10 考えられるソフトウェア的対策の検討.....	20
11 事業実施計画.....	21
12 組織運営.....	23
13 初期環境影響調査.....	24
14 経済財務分析.....	26
15 水質保全目標の達成状況.....	27
16 事業評価.....	39
第三部 フィージビリティ・スタディ (F/S)	42
17 優先プロジェクトの選定.....	42
18 優先プロジェクト.....	46
19 財務評価.....	48
20 環境影響評価に係る支援.....	50
21 事業評価.....	52

22	事業実施計画.....	55
23	勧告と提言.....	58

図 表 目 次

<表>

表 1	ビリングス湖及びリオ・グランデ・アームの水質.....	要約-3
表 2	藻類の発生状況.....	要約-4
表 3	関連都市別ビリングス湖流域人口.....	要約-5
表 4	水質保全目標.....	要約-9
表 5	将来計画人口.....	要約-13
表 6	ハードウェア的対策の概要.....	要約-14
表 7	マスタープランの提案プロジェクトに対するスクリーニング結果.....	要約-25
表 8	プロジェクト費用概要.....	要約-26
表 9	ビリングス湖における水質保全目標達成状況.....	要約-29
表 10	リオ・グランデ・アームにおける水質保全目標達成状況.....	要約-33
表 11	緊急時逆送と常時逆送における水質保全目標の達成状況.....	要約-36
表 12	優先プロジェクトの選定	要約-43
表 13	プロジェクト別緊急性、効果、実現の可能性の評価.....	要約-44
表 14	プロジェクトの概要.....	要約-46
表 15	SBC 市所管事業費用まとめ.....	要約-48
表 16	SBC 市所管事業資金の計画（案）	要約-49
表 17	SABESP 所管事業 事業費用.....	要約-49
表 18	SABESP 所管事業 資金計画（案）	要約-50
表 19	SABESP 所管優先プロジェクトの費用便益計算結果.....	要約-50
表 20	優先プロジェクトの環境認可の必要性.....	要約-51
表 21	優先プロジェクトの実施により想定される環境社会影響.....	要約-52
表 22	優先プロジェクトの建設費総括表.....	要約-56

<図>

図 1	ビリングス湖への逆送水量の推移.....	要約-6
図 2	ビリングス湖流入汚濁負荷量の推移（推定）	要約-7
図 3	ビリングス湖流域環境改善のコンセプト.....	要約-8
図 4	ビリングス湖流域環境改善計画フレーム.....	要約-12
図 5	ビリングス湖流域における下水道計画.....	要約-18
図 6	SBC 市下水道整備計画.....	要約-19
図 7	マスタープラン事業実施計画.....	要約-22
図 8	計画推進のための体制.....	要約-24
図 9	シミュレーション結果を表す図の見方.....	要約-30
図 10 (1)	ビリングス湖における 2025WQCT 達成状況(BOD ₅).....	要約-31
図 10 (2)	ビリングス湖における 2025WQCT 達成状況(TP).....	要約-32
図 11 (1)	ビリングス湖のシミュレーション結果の比較（BOD ₅ ）	要約-37

図 11 (2)	ビリングス湖のシミュレーション結果の比較 (TP)	要約-38
図 12	ビリングス湖流域環境改善事業実施スケジュール.....	要約-57

略語集

ポルトガル語－日本語

略称	ポルトガル・英名	和名
ABEP	Associação Brasileira de Estudos Populacionais	ブラジル調査会社協会
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	ブラジル技術協会基準
ANA	Agência Nacional de Águas	国家水利庁
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários	連邦舟運機構
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres	連邦陸上輸送機構
AP	Area Espacial de Preservação Ambiental	環境保全特別地域
APA	Area de Proteção Ambiental	環境保護地域
APP	Area de Preservação Permanente	永久保全地域
APM	Area de Proteção aos Mananciais	水源保護地域
APRM	Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais	環境保全・改善区域
ARA	Área de Recuperação Ambiental	環境回復地域
ARIE	Áreas de Relevante Interesse Ecológico	エコロジー関連地域
ARTESP	Agência de Transporte do Estado de São Paulo	州輸送規制機構
CBH	Comite de Bacia Hidricas	流域委員会
CBH-AT	Comite de Bacia Hidrografica do Alto Tiete	チエテ河上流域委員会
CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo	サンパウロ州住宅都市開発公社
CEAM	Coordenadoria de Educação Ambiental	環境教育調整機関
CEF	Caixa Economica Federal	国家金融公庫
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental	衛生・環境技術公社
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hidricos	国家水資源審議会
CNIPT	Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte	統合的輸送政策連邦審議会
COFIEEX	Comissao de Financiamento Externos	対外債務委員会
CONAMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente	連邦環境審議会
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente	サンパウロ州環境審議会
CPA	Camada Porosa de Atrito	透水性開粒型アスファルト系混合物
CPLEA	Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental	戦略環境計画環境教育調整部
CPRN	Coordenadoria de Proteção de Recursos Naturais	州環境局天然資源保全部
CRH	Conselho de Recursos Hidricos dos Estados	州水資源審議会
DAE	Departamento de Água e Esgoto	(SBC 市) 上下水道部
DAEE	Departamento de Agua e Energia Eletrica	水エネルギー発電部
DAESP	Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo	州航空運輸部
DAIA	Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental	州環境局環境影響評価課
DEA	Departamento de Educação Ambiental	環境教育局
DEPRAM	Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais	サンパウロ州天然資源保護局
DER	Departamento de Estradas de Rodagem	州道路部
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S.A.	州高速道路開発公社
DH	Departamento Hidroviário	州舟運部
DNIT	Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes	連邦輸送インフラ部局
DUSM	Departamento de Uso do Solo Metropolitana	大都市圏土地利用課
EIA	Estudo de Impacto Ambiental	環境影響評価
EMAE	Empresa Metropolitana de Agua e Energia	首都圏水エネルギー会社
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano	
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hidricos	水資源基金
FPM	Fundo de Participação dos Municípios	市参加基金
FUNDEF	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental	(基礎教育維持開発基金の) 控除勘定
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde	保健省・国立保健財団
GEPAM	Gerenciamento Participativo de Area de Mananciais	水源保護地域参加型行政
IBGE	Instituto Brasileira de Geografia e Estatística	ブラジル地理統計院

略称	ポルトガル・英名	和名
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços	商品サービス流通税
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas	州技術開発研究所
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano	土地家屋税
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores	自動車所有税
ISSQN	Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza	役務サービス全般税
ITBI	Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis	不動産移転税
LI	Licença de Instalação	設置許可
LO	Licença de Operação	操業許可
LP	Licença Previa	事前許可
MCE	Memorial de Caracterizacao do Empreendimento	事業概要書
MMA	Ministério do Meio Ambiente	環境省
MP	Medida Provisoria	暫定的措置令
MT	Ministério dos Transportes	運輸省
PAC	Plano Ambiental para Construcao	建設工事に対する環境計画書
PAT-PROSANEAR	Projeto de Assistência Técnica ao Programa de Saneamento para Populações em Áreas de Baixa Renda	低所得者地域衛生プログラム技術支援プロジェクト
PDE	Plano Diretor Estrategico (do Municipio de Sao Paulo)	(サンパウロ市) 戦略的マスタープラン
PDE	Plano Diretor de Esgoto	下水道マスタープラン
PDLI	Planos de Desenvolvimento Local Integrado	地方統合開発計画
PDPA	Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia	流域開発・保全計画
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos	州水資源政策
PESM	Parquet Estadual Serra do Mar	州立海岸山脈公園
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental	環境教育プログラム
PSI	Projetos de Saneamento Integrado	総合衛生事業計画
PTS	Plano de Trabalho Social	社会事業計画
PTU	Programa Transporte Urbano	(SBC 市) 都市交通プログラム
RAP	Relatório Ambiental Preminar	予備環境報告書
RESEX	Reservas Extrativistas	伐採禁止地域
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental	環境影響報告書
RMSp	Região Metropolitana de São Paulo	サンパウロ首都圏地域
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural	私有地保全区
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	サンパウロ州上下水道公社
SANED	Companhia de Saneamento de Diadema	ディアデーマ市上下水道局
SANESP	Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo	サンパウロ首都圏衛生公社
SBC	São Bernardo do Campo	サン・ベルナルド・カンボ
SEAIN	Secretaria de Assuntos Internacionais	経済企画局国際部
SEMASA	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André	(サント・アンドレ市) 環境局
SHAMA	Secretaria de Habitacao e Meio Ambiente	(SBC 市) 住宅環境局
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos	水資源運営総合機構
SP	Secretaria de Planejamento e Tecnologia da Informação	(SBC 市) 企画情報局
TACs	Termo de Ajustamento de Conduta	事業調整協定
UC	Unidade de Conservacao	保護区
UCP	Unidade de Coordenação do Programa	(SBC 市) プロジェクト・マネジメント・ユニット
UGP	Unidade de Gerenciamento do Programa	プログラム運営ユニット
UGRI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos	流域運営機構
ZEIA	Zona Especial de Interesse Ambiental	環境関連特別ゾーン

英語－日本語

略称	ポルトガル・英名	和名
BOD	Biological Oxygen Demand	生物学的酸素要求量
CAEDYM	Computational Aquatic Ecological Dynamics Model	三次元流動生態系水質モデル

略称	ポルトガル・英名	和名
C/B	Cost by Benefit	費用／便益
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発事業団
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DAF	Dissolved Air Flotation	浮上分離方式
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DOM	Dissolved Organic Matter	溶存有機物
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済内部収益率
ELCOM	Estuary, Lake and Coastal Ocean Model	入江、湖及び海域モデル
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務内部収益率
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IDH	Index of Human Development	人間開発指標
ISO	International Standard Organization	国際標準化機構
ISOG	Interim Sediment Quality Guideline	暫定底質ガイドライン
NGO	Nongovernmental organization	非政府機関
NPS	Non-point Source	非点源汚濁源
NPV	Net Present Value	純現在価値
PAD	Project Appraisal Document	事業評価図書
PCD	Project Concept Document	事業概念図書
PS	Point Source	点源汚濁源
SS	Suspended Solid	浮遊物質
TN	Total Nitrogen	総窒素
TOC	Total Organic Carbon	全有機炭素
TOR	Terms of Reference	指示書
TP	Total Phosphorous	総リン
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor	嫌気性汚泥床法
WHO	World Health Organization	世界保健機構

和文要約

第一部：基礎調査

1 ビリングス湖の変遷

ビリングス湖は本来発電を目的として 1937 年に造られたダム湖であり、当初より発電用水の不足を補うためにサン・パウロを貫流するチエテ河の水をピネイロス川経由で、ポンプによってビリングス湖に逆送することが行われていた。これにより、サン・パウロの洪水を緩和するという目的もあった。しかし、大サン・パウロ圏の発展はいつしか生活排水・工場排水で汚濁されたチエテ河の水を逆送するようになり、1970 年代に入ってビリングス湖の水質は、発泡、悪臭、藻類の発生を伴って急速に悪化した。このため、1958 年に運転を開始したリオ・グランデ・アームから取水する SABESP のリオ・グランデ浄水場は、1982 年に堰堤を築いて、リオ・グランデ・アームを完全にビリングス湖から分離することをを行った。

1988 年のサン・パウロ州憲法は、3 年以内に汚濁水をビリングス湖へ逆送することのないように適切な対策をとることを要求したが、下水道整備が到底これに応えられる見込みがなかったため、1992 年にチエテ河の河川流量が $160 \text{ m}^3/\text{sec}$ が超えてサン・パウロが洪水警戒状態に入るときにのみ、逆送が許されるという風に改められた。

これによって、ビリングス湖は水質改善のきっかけをつかんだが、一方で、大サン・パウロ圏の発展はすでにビリングス湖流域まで押し寄せて来ており、1970 年に 11 万人といわれた流域内人口は 2000 年には 86 万人と約 8 倍に膨れ上がっていた。これらの下水はごく一部で下水処理が行われているのを除くと、大半は未処理のままビリングス湖に流れ込んでおり、水質悪化が進んでいる。

また、SABESP はリオ・グランデ・アームとは別に、水道水として使用するためにビリングス湖のタクアセトゥーバ・アームからグアラピランガ湖への送水を 2000 年より開始した。

2 ビリングス湖の重要性

ビリングス湖は本来の発電用貯水池としての機能のほかに、今日では以下の重要な機能を有している。

(1) 貴重な水源

- リオ・グランデ浄水場系統で $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 、タクアセトゥーバ・アームからグアラピランガ湖への送水分で $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、あわせて大サン・パウロ圏の約 270 万人の水を賄っている。

- SABESP はリオ・グランデ・アームと同様に、リオ・ペケーノ・アームに堰堤を設けてビリングス湖から分離し、リオ・ペケーノ・アームの湖水をトンネルでリオ・グランデ・アームに導いてリオ・グランデ浄水場を拡張することを計画している。
 - 標高 700～800 m の河川上流部に位置する大サン・パウロ圏にとって新規水源開発の余地は狭まりつつある。
- (2) 豊かな自然
- チエテ河の最上流部に位置し、沿海部との分水嶺になっている海岸山脈に接しているためまだ多くの自然（再生林）が残されている。
- (3) 憩いの場
- 魚釣り
 - 水泳
 - ボートのり
 - くつろぎの場

3 ビリングス湖の水質汚濁状況

(1) ビリングス湖水質の経年変化

CETESB のビリングス湖 4 箇所、リオ・グランデ・アーム 2 箇所のモニタリングポイントにおける 2005 年と過去 10 年間（1995-2004）との平均水質の比較結果（表 1 参照）は以下の通りである。

- (1) 2005 年の水質は過去 10 年間（1995-2004）の水質と比べて改善傾向が見られる。すなわち、BOD は 4/6（6 地点中 4 地点、以下同じ）、NH₄-N は 4/6、TP は 6/6、Chl-a は 4/5 が改善されたのに対し、NO₃-N は 5/6 が悪化した。
- (2) BOD はペドゥレイラ・ダム及びタクアセトゥーバの SABESP 取水点で環境基準クラス 2（≤5mg/L）を達成していない。
- (3) DO はすべての地点で環境基準クラス 1（≥6mg/L）を達成している。
- (4) NO₂-N、NO₃-N はすべての地点で環境基準クラス 1（それぞれ、≤1mg/L 及び ≤10mg/L）を達成している。
- (5) TP はリオ・グランデ・アームの SABESP 取水点だけが環境基準クラス 2（≤30μg/L）を達成している。
- (6) TN/TP 比は 29～49 で窒素分が豊富に存在していることを示している。
- (7) ビリングス湖及びリオ・グランデ・アームにおける TN、TP 濃度は、両湖で富栄養

養化が高いレベルにあることを示している。

- (8) クロロフィル-*a* に係る Vollenwider の富栄養化基準で見ると、ビリングス湖のペドゥレイラ・ダム、タクアセトゥーバ・アーム合流点及びタクアセトゥーバ SABESP 取水点は強富栄養 (>25µg/L) に分類される。このためアオコが発生しやすい状況にある。
- (9) 2000 年代に入ってリオ・グランデ・アームではアオコの発生が顕著になっている。
- (10) ビリングス湖の堆積汚泥調査結果とそれに基づく推定によれば、ビリングス湖には約 47 百万 m³、リオ・グランデ・アームには 5 百万 m³ の汚泥が堆積し、平均厚さはそれぞれ 51cm、34cm であった。

表 1 ビリングス湖及びリオ・グランデ・アームの水質

湖 沼		ビリングス湖					リオ・グランデ・アーム	
地 点	単 位	BILL02100	BILL02500	BILL02900	BITQ00100	RGDE02200	RGDE02900	
		ペドゥレイラ・ダム	タクアセトゥーバ・アーム合流点	スミット・ダム	SABESP 取水点	リオ・グランデ川合流点	SABESP 取水点	
BOD	1995-2004	mg/L	7.5	4.9	4.4	6.3	5.1	3.4
	2005	mg/L	5.2	4.5	3.8	4.4	5.2	3.5
DO	1995-2004	mg/L	7.5	7.6	8.0	10.1	8.3	7.4
	2005	mg/L	7.5	8.77	8.7	9.9	8.6	7.5
NH4-N	1995-2004	mg/L	0.26	0.11	0.09	0.12	0.74	0.26
	2005	mg/L	0.22	0.11	0.17	0.09	0.61	0.19
NO ₂ -N	2005	mg/L	0.12	0.05	0.01	0.03	0.05	0.04
NO ₃ -N	1995-2004	mg/L	0.98	0.64	0.48	0.36	0.73	0.53
	2005	mg/L	2.63	0.97	0.20	0.48	0.89	0.63
Kjd-N	2005	mg/L	1.64	1.18	0.95	1.31	1.38	0.59
TN	2005	mg/L	4.38	2.20	1.16	1.82	2.81	1.26
TP	1995-2004	mg/L	0.149	0.053	0.064	0.087	0.100	0.066
	2005	mg/L	0.090	0.052	0.040	0.053	0.058	0.027
Chl-a	1995-2004	µg/L	83.4	42.1	20.3	56.8		12.6
	2005	µg/L	67.8	41.3		52.5		7.0
TN/TP	2005		49	42	29	34	48	47

CETESB, “Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado São Paulo – 2005”

(2) ビリングス湖の富栄養化の状況

表 2 に藻類の発生状況を示すが、クロロフィル-a はビリングス湖においてはペドゥレイラ・ダム側で高く奥に行くほど低くなる傾向にあり、一方、リオ・グランデ・アームはまだビリングス湖ほど高くはない。藻類の優先種については両湖の間に明らかに相違が見られ、ビリングス湖では藍藻類が、リオ・グランデ・アームでは緑藻類が優先種となっている。

表 2 藻類の発生状況

Código do ponto	Chlorofila a (µg/L)		優占種
	Media '94-'03	Media '04	
BILL02100	89.35	54.93	強富栄養、藍藻類 (ミクロシスティス)
BILL02500	42.18	41.93	
BILL02900	20.33		
BITQ00100	58.09	48.22	
RGDE02200			富栄養、緑藻類 (ムウゲオティア)
RGDE02900	13.01	10.00	

4 考えられる汚濁源と現状

(1) 生活排水

- 生活排水の影響は次第に大きくなりつつあり、今後主要な汚濁源となると考えられる。
- ビリングス湖流域の人口は 1970 年の 11 万人が 2000 年には 86 万人へと 30 年間に約 8 倍に膨張しており、この 10 年間（1991～2000 年）の年間平均伸び率を見ても 5.5%と依然として高く、流域内には現在約百万人の人口が居住していると考えられる。
- ビリングス湖（本湖）ではアルバレンガ地区・コカイア地区、リオ・グランデ・アームではリベイロン・ピーレス地区の汚染が顕著である。

表 3 関連都市別ビルングス湖流域人口

	1970	1980	1991	1996	2000
サン・パウロ	51,000	160,000	262,087	371,822	469,041
ディアデーマ	8,000	24,000	44,556	49,967	59,804
SBC	16,000	51,000	114,613	158,328	188,181
サント・アンドレ	4,000	9,000	17,518	23,653	25,283
リベイロン・ピーレス	24,000	49,000	69,309	77,662	86,470
リオ・グランデ・ダ・セーハ	8,000	20,000	26,338	29,534	34,225
ビルングス湖流域	111,000	313,000	534,421	710,966	863,004

(2) 事業場

事業場に対する CETESB の監視は厳格で、規制に従った工場排水処理が行われている。排水の発生の少ない事業場が比較的多く、また工場排水処理にはラグーンあるいはオキシデーション・ディッチ等の方式が採用されている。多くの企業において、処理水の再利用・放流水の山地や畑への灌漑による処分を実施しており、湖水への直接放流は少ない。流域内の最大の工場は、サント・アンドレのソルベイ（化学工場）であるが、近く、この工場排水処理水も SABESP による下水管に排出する予定である。

(3) 農業排水

施肥の必要となる大規模農地は確認できない。小規模のものは集落周辺に見られる。水面における蓮根等の施肥を必要とする野菜栽培はない。

養魚については、小規模な釣り堀が数カ所確認されたが、それ以外は見られない。

(4) 畜産廃水

養豚場は流域内にほとんど存在しない。Billings 2000 の記述にはディアデーマ、サン・パウロに養豚場が存在したとの記述があるが、現状ではそのうちの 1 件のみが確認できたのみで、サン・ベルナルド・ド・カンポではすべて撤去された。

その他には少数の放牧（牛・馬）が見られるが、現状では問題になるほどのものではない。

(5) 観光排水

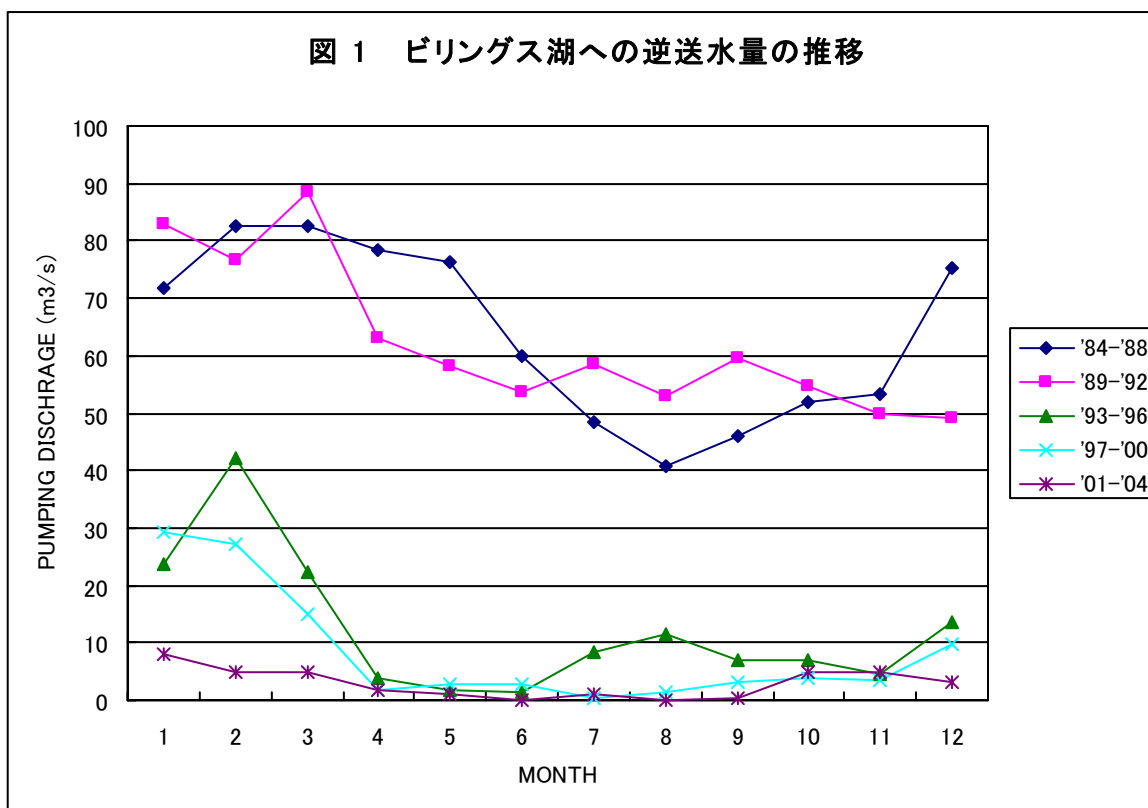
観光地としてはサント・アンドレの東南端にパラナピアカバがあるが小規模である。その他には流域内に大きな観光スポットはなく、現状では問題はない。

(6) 雨水排水

降雨特性解析によれば 10mm/時以下の降雨強度の生起頻度は 97% で、年間の降雨日数は 177 日であるので、これをカットできれば表面流出の発生頻度を 5 日程度に抑えることができる。

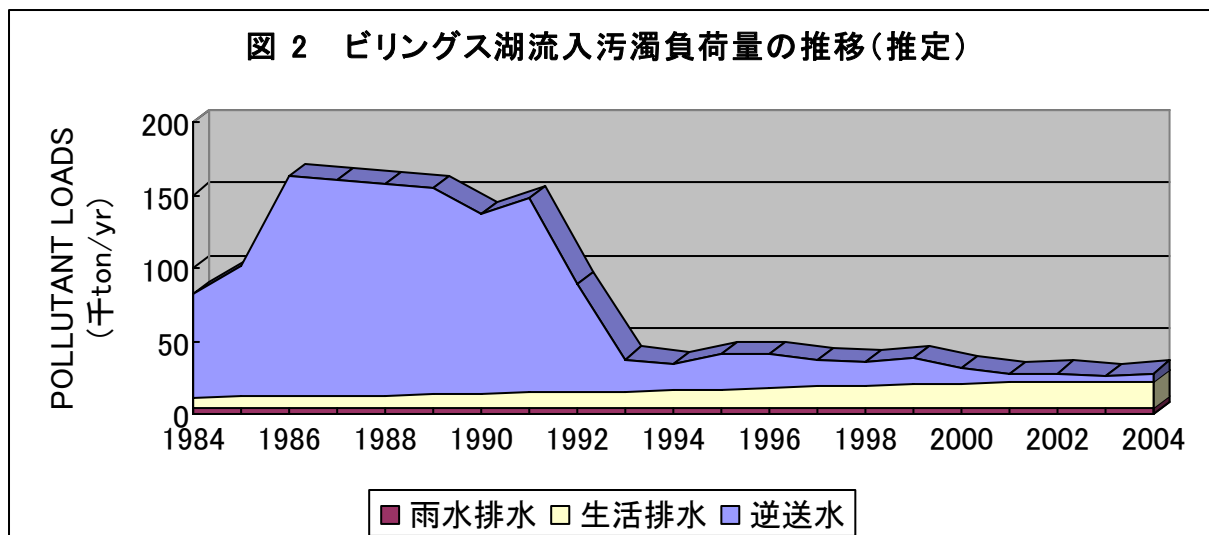
(7) 逆送水

1986～1992年の逆送水量の年間平均は70 m³/sとされている。大サン・パウロ圏1,700万人が排出する下水量が（一人1日当り200Lとして）39 m³/sであり、チエテ河水系の自流分を考慮したとしてもかなりの下水が逆送されていたと考えられる。図1に示すようにチエテ河河水の逆送水量は1992年の逆送制限によって激減し以降も徐々に減ってきている。



5 汚濁負荷量の予測

- 図2に示すように生活系污水は増加しつつある。これが今後のビリングス湖汚濁の主役となると考えられる。
- 湖底の堆積汚泥が、潜在的汚濁源となることが考えられる。特に窒素・リン・重金属の溶出による汚濁が懸念される。
- サン・パウロが洪水警戒時に入るときに緊急避難的に行われる逆送は今後も継続されるため、逆送水量、頻度によってはそれが大きな汚濁源となると考えられる。



6 水質汚濁関連インフラの整備状況

ビリングス湖流域においては州の上下水道サービス・プロバイダーである SABESP が、サン・ベルナルド・ド・カンポは直営で、サン・パウロ、リベロン・ピーレス及びリオ・グランデ・ダ・セーハはコンセッション契約の下で、下水道サービスを提供している。ディアデーマ及びサント・アンドレは市が単独で下水道サービスを提供しているものの、都市部の下水は SABESP が所有し運転管理を行っている ABC 下水処理場で処理されることになっている。

現在、SABESP はビリングス湖流域においてサン・ベルナルド・ド・カンポで 2 箇所、リベロン・ピーレスとリオ・グランデ・ダ・セーハで各 1 箇所の計 4 箇所の小規模下水処理場を運転管理しているが、ビリングス湖流域の都市部については基本的には北の流域外に移送し、サン・パウロの下水はバルエリ下水処理場（既存）で、その他 5 都市の下水は ABC 下水処理場（既存）で処理することとしている。

すでに、サン・パウロ、リベロン・ピーレスで関連工事を行っている。市単独で下水道事業を行っているディアデーマ、サント・アンドレもビリングス湖流域内で下水道工事を行っている。

サン・ベルナルド・ド・カンポの上下水道施設の SABESP への移管に伴う混乱の中で、ビリングス湖流域の下水道計画が定まっておらず、工事も行われて来なかったため、サン・ベルナルド・ド・カンポのビリングス湖流域の下水道整備は他の流域関連都市からかなり遅れることとなった。このため早急にサン・ベルナルド・ド・カンポについて、ビリングス湖流域の下水道計画を定めて整備を進めていく必要がある。

第二部：マスタープラン（M/P）

7 M/Pの基本方針

(1) 水質保全目標

ビリングス湖のこのような背景を勘案して、水質保全計画の目標としては、究極的には「かつてのビリングス湖とその流域に存在していた水と緑の豊かな環境の再生に加えて、人との調和を取り入れて「水と人と緑の共生」を掲げ、中長期的には「水質環境基準の達成」とした。

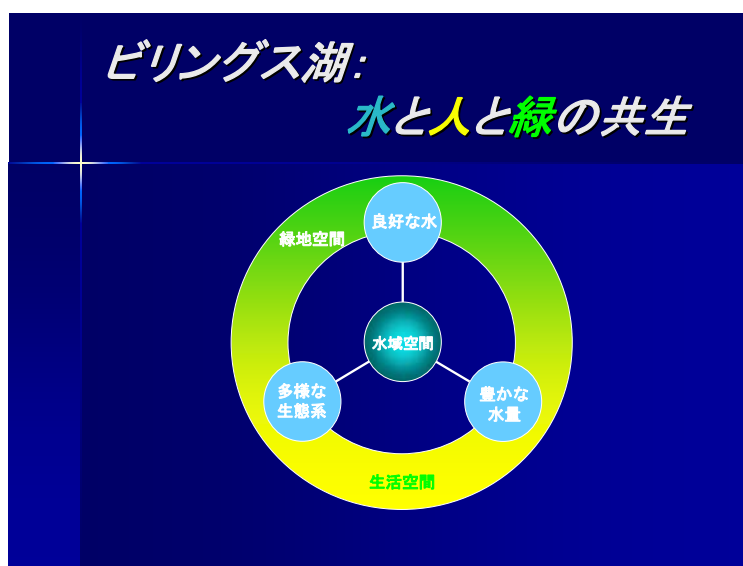


図3 ビリングス湖流域環境改善のコンセプト

1) 目標年次

マスタープランの対象となっている湖・流域の大きさ、流域の環境行政の現状、州政府が実施しようとしている世界銀行等の緊急計画（Plano Emergencial）のスケジュール等を考慮して、マスタープランの目標年次は中期を2015年、長期を2025年とした。

2) 目標レベル

ビリングス湖及びリオ・グランデ・アームの汚染現況、住民の要望、解決に要する対策の規模、対策の効果が現れるまでの時間等を考慮して、2025年までに環境基準を達成することを長期目標とし、中間年である2015年に対しては暫定目標を設定するものとする（表4）。

表4 水質保全目標

項目	中期目標 (2015)			長期目標 (2025)		
	ビリングス (暫定 1)	ビリングス (暫定 2)	リオ・グランデ (暫定 2)	ビリングス (クラス 1)	ビリングス (クラス 2)	リオ・グランデ (クラス 2)
E. Coli (MPN/100mL)	—	—	—	1,000	—	—
BOD (mg/L)	5	8	8	3	5	5
DO (mg/L)	5	4	4	6	5	5
pH	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0
Chla (mg/L)	30	60	60	0.01	0.03	0.03
TN (mg/L)	1.5	2.5	2.5	0.8	1.2	1.2
TP (mg/L)	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.03

(2) M/P の基本方針

以下の方針の下にビリングス湖の流域環境改善を推進するものとする。

- 1) 湖沼は水が滞留するという特性を有する。こうした閉鎖的な水理特性から、流入した汚濁物質が蓄積しやすく、水質の汚濁が進みやすい上に、いったん水質が汚濁するとその改善は容易ではない。このため構造的対策を行って終わりということではなく、息の長い取り組みが要求される。このために流域環境改善活動を持続可能にする仕組みを創る。 ▼「ビリングス湖をきれいにする会」
- 2) 流域環境改善はインフラを整備するなどのハードウェア手段のみならず、住民及び事業者一人ひとりが水環境にやさしくしようという意識を持ち、日常生活において水質浄化に向けた積極的な取り組みを行うことが重要であるので、環境への負荷の小さいライフスタイル、ビジネススタイルの確立に向けて、人々の意識改革を促すために、ソフトウェア的手段を組み合わせるものとする。 ▼住民啓発・環境教育と住民参加
- 3) 湖沼の水環境の保全には、流域管理による湖沼全体の視点からの取り組み、水質だけでなく水量の確保、水辺地の保全といった、水循環の回復や水生生物の生育・生息環境の確保といった総合的な視点が重要である。また、施策の実施には NGO、NPO を含めた地域住民の参画が重要である。さらに、近年国民の湖沼の水環境に対する意識の高まりやニーズの多様化から、湖沼には従来の役割に加えて、豊かな景観の形成や、親水空間やレクリエーションの場の提供など、水と人と緑の係わり合いの強化も求められている。一方、流域における汚濁負荷の調査・モニタリングによる施策効果の把握等を実施する体制を構築し、モニタリング結果については、地域住民に

対し、平易な解説結果を付すなど実態に関する情報発信を行い、湖沼の水環境保全に対する理解を得ていくことが必要である。したがって、とるべき対策は発生汚濁負荷量の削減という視点のみならず、流域環境改善という計画フレームワークの中で考えるものとする。 ▼総合的な視点からのプロジェクト選択

- 4) 地域住民等を含めた多岐にわたる関係者は、湖沼の水環境保全施策の担い手であり、湖沼の水環境保全は、そうした関係者による多様な視点から評価がなされるものである。従って、このような多様な視点に対応できる流域を含めた湖沼の全体像の把握が不可欠である。

湖沼の水環境保全施策の推進の前提として、湖沼の全体像を詳細に把握し分かりやすい形で情報発信することが、地域住民等関係者が関心を持ち共通認識を持つために必要である。更に問題意識を共有化し、協力体制を再構築することが施策全体を支える基盤となる。例えば、共通認識の醸成、問題意識の共有化のために環境情報・教育の拠点づくりが重要である。 ▼両湖の全体像の把握と問題意識の共有化

(3) 実施すべき施策

1) 「ビリングス湖をきれいにする会」の設立

一度汚染された湖沼の回復は決して容易ではなく、長い年月と地道な努力の積み重ねを必要とする。ビリングス湖流域には流域内に6つの都市が存在し、州の機関、地域住民、住民組合、学校、NGO、農業共同組合、宅地開発事業者、排水排出事業者、大学等さまざまなステークホルダーが関わっている。流域の環境改善は流域内の個々のステークホルダーが単独でなすものではなく、流域全体のステークホルダーが役割を分担しながら、互いに連携して行動することによりはじめてその成果が発揮される。このため将来的にはビリングス湖に係るステークホルダーを集めた「ビリングス湖をきれいにする会（仮称）」を組織することが提言される。

2) 住民啓発・環境教育

住民啓発・環境教育に係る調査によれば、ビリングス湖流域住民は自身がビリングス湖を汚しているという意識は希薄であり、また、自身の住宅が下水道に接続されたときにも料金支払い意思は低いという結果が出ている。このようにビリングス湖住民の流域環境改善に対する意識は低い。計画の効果をより確実なものにするためには、住民の環境に対する意識を高めて、下水道が整備されたら速やかに下水道に接続し下水道料金の支払いを当然の義務と自覚し、さらには、地域の流域環境改善活動に積極的に参加してもらうようにするには、住民啓発及び環境教育がきわめて重要である。

3) 総合的な視点からのプロジェクト選択

ビリングス湖の流域環境改善は、**図4**に示す「水質回復」、「水量回復」、「水生生物の生育・生息環境の確保」、「水と人と緑との係わり合いの強化」、及び「調査・研究」の5つの視点から捉える計画フレームワークの中から、考えられる対策について検討する。

図4の考えられる対策は施設を建設するハードウェア的対策と、住民・事業者に働きかけて意識改革を図るものあるいはその協力を得て実施すべき活動のソフトウェア的対策に分けて考えられる。

ソフトウェア的対策は基本的にはそれぞれの関係者に自覚を促して行動してもらうべき性質のものであり、このような意識を醸成する手段として行政側の住民啓発及び環境教育活動があり、あるいは、「ビリングス湖をきれいにする会」の課題として取り組むべきものと言える。

視 点	アプローチ	ソフトウェア的対策 (M/P目標年度:持続的)	ハードウェア的対策 (M/P目標年度:右欄参照)	M/P目標年度	
水 量 回 復	地下水涵養量の確保 水使用量の削減	自然林の回復	道路透水性舗装	2007-2025	
		土地利用の適正化	公園・緑地の整備	2007-2015	
		地下水の適正利用			
		水使用量の削減			
水 質 回 復	流入負荷量の削減	台所等での生活排水負荷削減	下水道整備	2007-2015	
		水路側溝清掃	下水高度処理の導入	2010-2012	
		湖畔清掃	腐敗槽の普及	持続的	
		施肥量の適正化	河川水路の直接浄化	不採用	
		農地からの土壌流出防止	特定汚染源対策	2010-2012	
		アオコの回収	湖水エアレーション	不採用	
	湖内浄化対策		湖内堆積汚泥の浚渫	2016以降	
			水生植物植生・回収	設置:2010、運 転:2011-2015	
	水生生物の生育・生息環境の確保	水辺地の保全・再生	鳥の楽園の保全		
	水と人と緑との 関わり合いの強 化	住民啓発・環境教育 等	市民への情報提供	環境体験学習センターの設置	2010-2011
水管理保全への意識啓発					
豊かな景観の形成		コミュニティ組織の管理能力向上			
親水性の向上		森林の適正管理や植林	水辺公園の整備	不採用	
調査・研究	水質モニタリング	水質データの蓄積・活用	水質管理センターの設置	2010-2011	
	研究の促進	環境調査の実施			

図 4 ビリングス湖流域環境改善計画フレーム

8 社会経済計画フレームワークの設定

(1) 計画目標年次

将来予測における現況は2005年とする。計画目標年次は現況に対して20年後とし、2025年とする。水質汚濁解析においては、中間年次として2015年を設定する。

(2) 計画区域

計画区域はビリングス湖流域内とする

(3) 計画人口

ビリングス湖流域内の現況人口（2005年）及び2025年までの5年毎の将来予測人口を表5に示す。これは、人口増大の抑制策をビリングス湖流域水源保全区域において様々な形で適用していくという方針に拠っている。2005年に約100万人のビリングス湖流域内人口は、抑制策が働いたとしても2025年に140万人に増大する見通しとなる。

表5 将来計画人口

	2000 ¹⁾	2005 ²⁾ (現況)	2010	2015	2020	2025
人口(人)	865,870	989,970	1,096,462	1,205,486	1,294,475	1,393,398
伸び率(%)		1.027	1.021	1.019	1.014	1.015

1) 2000年は国勢調査結果

2) 2005年は、実人口伸び率を適用した想定現況人口

(4) 土地利用

ビリングス湖流域582.8km²のうち、陸地は475.5km²(81.6%)、水面は107.3km²(18.4%)である。陸地約475km²のうち、草原・森林がおよそ346km²(約73%)を占め、人間が比較的密集して居住しているのは87km²(商工業含む、約19%)である。農業地域は約9km²(1.9%)、商工業地域は、3km²(0.65%)である。残りは、別荘地(Chacara)である。自治体毎に見ると、SBCがもっとも大きい陸地のシェア(32%)を持っている。次いでサン・パウロが大きく(29%)、この2自治体で61%の陸地を占めている。森林草原が保存されており、農地・商工業面積のシェアが小さいことが特徴である。農地は統計的に年々縮小しており、その反対に、住居地域は人口の増大とともに拡大している。違法と思われる造成・開発が現在でも行われていることが現地を確認される。

(5) 経済

ビリングス湖流域全域が水源保全地域に指定されており、水源保全地域の土地利用に関しては三つの地域に分類されている。

- 占有禁止地域 (ARO)

- 占有制限地域（AOD）
- 環境回復地域（ARA）

このうち、占有禁止地域は海岸山脈南の一角が指定されているためビリングス湖流域に該当地域はない。占有制限地域はビリングス湖の南部地域に指定されているが、水質汚濁に影響しない土地利用形態を許可される区域とされており、制限付きの宅地利用の他に湖に関係した利用として観光・レジャーが考えられている。また、環境回復地域は水質を回復する環境対策を可能とする区域とされている。

ビリングス湖西部・北部・東部流域では、このような法律の規定と非正規住宅及びファベラーの出現を厳しく規制していることから、今後は合法的な住居地域を中心として発展し、これに伴って小規模商業及び工業の立地が予想される。SBC のビリングス湖流域では家具製作、金属加工、機械整備といった業種が比較的多く見られる。古くからある工場を除くと大規模工場の新規立地は難しい。

ビリングス湖南部流域では農業生産地として現状を維持するものと思われ、畜産は牛・豚・鶏の飼育はほとんどなく、ビリングス湖流域から消えて行く傾向にある。

9 考えられるハードウェア的対策の検討

表 6 ハードウェア的対策の概要

プロジェクト名	概要
下水道整備（都市部）	<p>1) SABESP の基本方針（図 5）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サン・パウロのビリングス湖流域については（海岸山脈まで）全域バルエリ処理場で処理する。 ・その他の都市のビリングス湖流域については、ディアデーマ（SABESP 管轄外）は全域、サン・ベルナルド・ド・カンポは北部流域、サント・アンドレ（SABESP 管轄外）は北部流域、リベイラン・ピーレス及びリオ・グランデ・ダ・セーハは全域 ABC 処理場で処理する。 <p>2) 下水道整備の現状</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サン・パウロ、リベイロン・ピーレスについては既にビリングス湖流域内で下水を流域外に移送するポンプ場建設工事が行われている。 ・ディアデーマはビリングス湖流域内にポンプ場を建設して、既に一部地域の下水の流域外移送を開始している。 ・サント・アンドレはビリングス湖流域について独自に事業を進めている ・サン・ベルナルド・ド・カンポのリアッショ・グランデについては SABESP の単独事業として、処理区域拡張と下水処理場改良工事が本年度に予定されている。 ・サン・ベルナルド・ド・カンポのアルバレンガ地区については連邦政府都市省の PAT PROSANEAR 補助金を使った下水道計画が完了している。

	<p>3) SABESP と SBC の合意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・下水の収集率を 2009 年までに 74%から 95%まで改善する。 ・収集下水の 90%を 2011 年までに下水処理場に受け入れる。 <p>4) SBC 下水道計画 (図 6)</p> <p>現在 SBC 市をカバーする SABESP の遮集幹線は二本あり、東部をメニーノス幹線が西部をコウロス幹線がカバーしている。このうちメニーノス幹線の主要部分はずでに完成しているのに対し、コウロス幹線はメニーノス下水幹線との合流点からクーラル・グランデ (Curral Grande) まではすでに建設済みである。クーラル・グランデからジュルバツバ水路 (Corrego Jurubatuba) 区間は、SBC 市都市交通プログラム (Programa Transporte Urbana - PTU) に米州開発銀行 (IDB) が融資して、2006 年から 2009 年に河川改修および道路整備を行うことが決まっており、SABESP はそれに合わせて同区間の実施設計及び建設工事を自己資金で 2006 年より開始することを決定済みである。</p> <p>しかし、SBC 市との約束を履行するためにはコウロス幹線のさらなる延伸とビリングス湖流域の下水を取り込む必要がある。既存のメニーノス幹線及びジュルバツバ準幹線敷設時にはビリングス湖流域で発生する下水受け入れるという計画そのものがなかったため、容量的に見込んでいない。したがって、ビリングス湖流域で発生する下水を流域外の ABC 処理場に移送するためにどうしてもコウロス幹線の整備が必要である。</p> <p>このような状況からサン・ベルナルド・ド・カンポ市ビリングス湖流域を対象にアルバレンガ地区下水道計画に含まれていない地区もこの計画に統合して、それらの下水を流域外に移送し、ABC 処理区のコウロス下水幹線に接続して ABC 処理場まで導いて処理するものとする。このビリングス湖流域の下水道整備に伴うコウロス幹線の建設にあわせてサン・ベルナルド・ド・カンポ市の中でも下水道整備の遅れていたコウロス幹線流入区域の下水道整備を図るものとする。</p>
<p>下水道整備 (散在コミュニティ)</p>	<p>2005 年においてビリングス湖流域には 16 箇所の散在コミュニティが存在する。これらについて北の流域外への移送、単独処理、近隣コミュニティを統合した処理、腐敗槽処理についていくつかのケースを検討した結果、リアッショ・グランデ地区とサンタ・クルズ地区について近隣コミュニティを統合した処理方式が合理的であると判断される。その他の地区については腐敗槽処理を基本とする。</p>
<p>道路透水性舗装</p>	<p>今後の人口増大による流出係数の増大に対しては道路の透水性舗装が有効で、路面に降った雨のうち 10 mm/hr 程度 (継続時間 1 時間程度) までは、浸透処理ができる。人口稠密地区はおおよそ道路面積が 25%であるので、透水性舗装の導入によって、総括流出係数を現況の 75%程度に縮小できる。アルバレンガ地区等の人口集中地区に対して適用する。</p>

<p>公園緑地の整備</p>	<p>雨水流出抑制と地下水涵養を目的として、公園・緑地にその機能を持たせるものである。これは荒れ地、平地である現状を改善して公園として整備し、上部空間利用を行うものである。また、アメニティ面において水辺・せせらぎの保全創出の効果も副次的に期待する。</p> <p>ビリングス湖流域では広大な土地はあるものの、①雨水浸透が求められる都市部にあること、②ある程度の用地面積が平面的にも法的にも確保できるところ、③水辺空間に近接するところ、できれば下水道整備やその他の水質浄化対策効果が市民に身近に感じられるところ、④公園として利用できるよう住民がアクセスしやすいところ、などの要件を有している用地が望ましい。</p>
<p>特定汚染源</p>	<p>旧アルバレンガごみ処分場に対しては、覆土・浸出水対策・雨水排水・斜面崩壊防止による安全性の向上を図るものとする。浸出水は収集・貯留後 SABESP の ABC 処理場に搬送、処理する。また、安全柵を設置して侵入者を防止する。埋め立てられた廃棄物の圧密性が高く用地の沈下は今後も緩慢に続くものと考えられるので、有効利用方法は緑地や公園に限定される。</p>
<p>湖内堆積汚泥浚渫</p>	<p>ビリングス湖底には汚泥が堆積している可能性が高い。特にペドゥレイラ・ダム直近に大量の汚泥が堆積していると考えられる。この汚泥の溶出によって長期間の湖水水質への影響が懸念される。この対策として汚泥の浚渫ないしは汚泥の覆土を行うことが考えられる。</p>
<p>植生浄化</p>	<p>水生植物の代表的なものにホテイアオイがあり、ビリングス湖においても一部で自生が見られる。ホテイアオイは、成長速度が速く、生産性が高く、高い窒素、リンの含有率を有する。また、根を水中に出して浮かんでいるため、栽培や回収が容易であり、これらの特徴をいかして湖水の窒素・リン除去手段として注目されている。しかし、繁殖力が旺盛で繁茂し過ぎると水路や湖面全体を覆い尽くして水の流れを妨げたり、水面に日光が当らなくなるため水中に酸素不足を引き起こして水質も返って悪くなるといった作用があるため、ビリングス湖についてその適応性より調査する必要がある。</p>
<p>環境体験学習センター</p>	<p>学校教育における環境教育は法的にも義務付けられており、実際教育現場では、パンフレット等印刷物を用いて環境教育がかなり実施されている。しかしながら、体験学習等を通じた環境教育はまだ十分に浸透しているとは言えない。このため、以下の機能、内容を持った環境体験学習センターをビリングス湖流域の中心地域に位置する SBC 市に建設し、水質汚濁問題を中心にした環境問題を理解／体験できる施設を整備する。</p> <p>目的</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・環境学習に係る機能 ・交流・情報に係る機能 ・市民活動との連携・支援に係る機能
<p>水質管理センター</p>	<p>現在、ビリングス湖の水質モニタリングは CETESB 及び SABESP によって行われている。前者は州の公共用水域における水質取締機関であり州全体を対象にしているためビリングス湖で2箇所、リオ・グランデ・アームで2箇所の計4箇所の水質観測地点を持っているに過ぎず、汚濁負荷量流入の影響を真っ先に受ける河川水路あるいはアームの水質監視にまで手が回らないというのが実情である。また、SABESP は上下水道サービス・プロバイダーとして、水道水源としての水質監視に関心が強く、取水地点に至る中央水路を対象を絞っている。河川・水路あるいはアームの水質変化が最終的には中央水路に影響を与えるわけで、これらの水質を把握することにより、問題発生箇所の特定ができ対策が立てやすくなる。また、さまざまな水質改善活動の効果を確認してその普及への方向性を示すことも可能になる。このため、主に CETESB 及び SABESP の水質モニタリングでカバーしきれない河川水路あるいはアームの水質を監視し、調査研究・技術開発を行う「水質管理センター（仮称）」を設立する。</p>

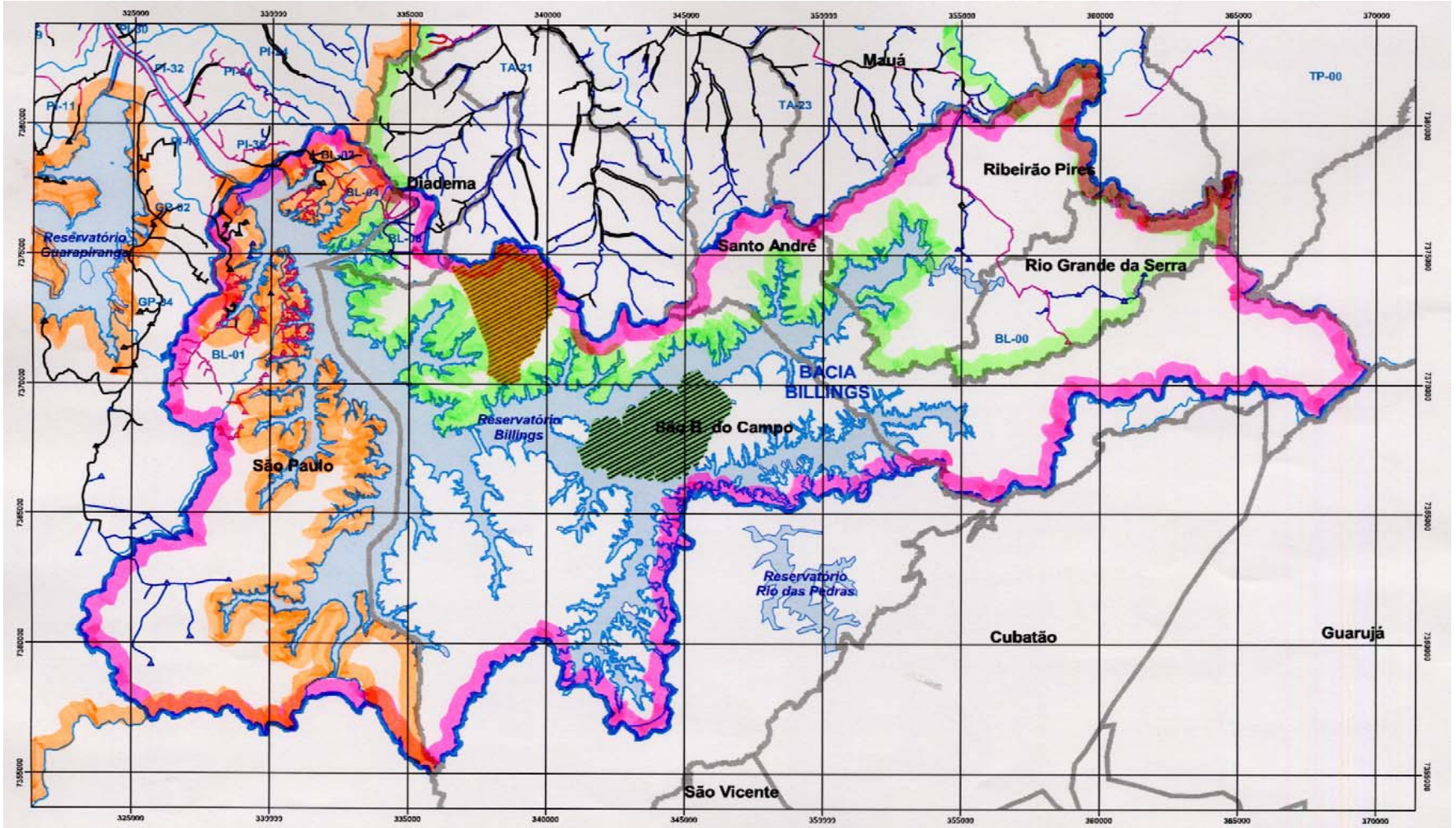


図5 ビリングス湖流域における下水道計画

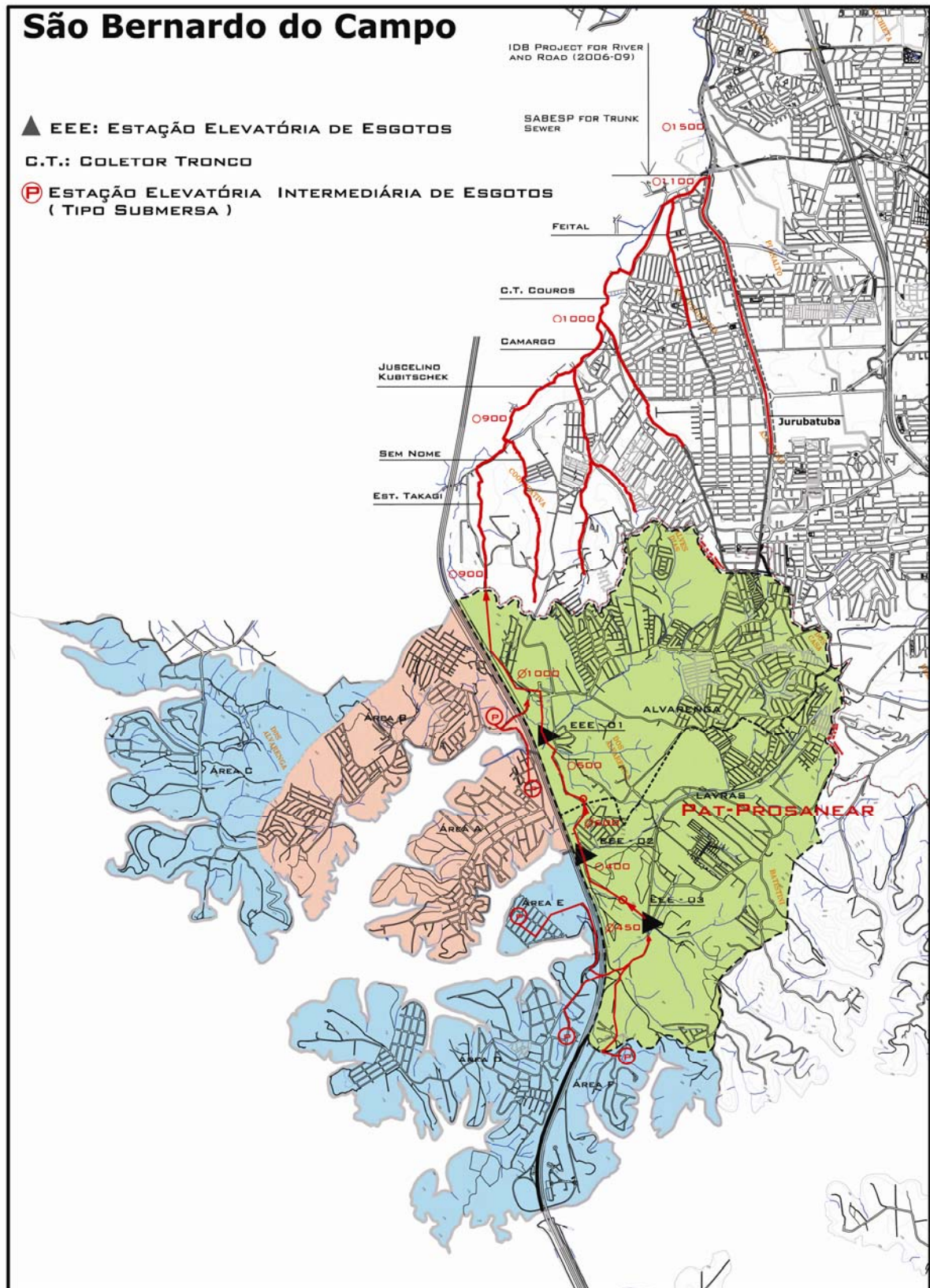


図 6 SBC 市下水道整備計画

10 考えられるソフトウェア的対策の検討

ソフトウェア的対策として挙げられているものの多くは、ステークホルダー（地域住民・学校・NGO、農業共同組合、宅地開発事業者等）の普段の生活態度または行動に関わる、あるいは協力・ボランティア活動に依存するところが大きく、したがって、プロジェクトとしてではなく、そのような活動を維持できるような仕組み造りが焦点となる。住民啓発及び環境教育、環境体験学習センターの設置、さらには組織・制度の確立に関連して提案される「ビリングス湖をきれいにする会」がこれである。

これらのソフトウェア的対策は現在すでにおこなわれているものもあるが、ハードウェア的施設の完成を待つことなく、流域全体の運動として展開されることが望ましい。

1) 住民・事業者の生活態度の改善に係るもの

- ・ 地下水の適正利用
- ・ 使用水量の削減
- ・ 台所等での生活排水負荷削減

現在汚濁負荷量の中で最も大きなウェイトを占めるのは生活排水で、流域内の人口増加によって今後とも増加傾向にある。しかし、流域内の下水道整備にはなお時間がかかる見込みである。このため流域内で発生する汚濁負荷量を減らす必要があるが、すでに工場排水・畜産排水に起因する汚濁負荷量は問題にするレベルでなくなっていることから、生活排水が主たる対象となる。

$$[\text{発生汚濁負荷量}] = [\text{下水の濃度}] \times [\text{発生下水量}]$$

で求められるため、「下水を汚さない、出さない」ことがその基本となる。これはこれまでの生活スタイルを変えることにもなるため、住民啓発には市の広報、コミュニティ活動、学校教育（子から親へ）等さまざまなチャネルを通じて繰り返して行うことが望ましい。

2) 住民・事業者の流域環境改善活動への参加にかかるもの

- ・ 自然林の回復

第二次大戦中に失われた自然林の回復は成果を挙げており、いまや焦点はこれらの自然林を都市化の波からどのように守って発展させていくかに移りつつある。

- ・ 湖畔の清掃
- ・ 河川の清掃

湖畔・河川に散乱するごみは見た目にも見苦しく湖・河川に対するイメージを著しく損ねてしまう。それらが水道水源として使われているときにはなおさらである。これらには湖畔・河川が家庭ごみの処分先として使われているものと、路上に置かれていたものが降雨により流出したものが考えられる。いずれにしてもごみが指定された収集場所に置かれていないために起こるもので、収集車の入れない地域で起こりやすい。

これらに対しては住民組合を通じての働きかけが効果的である。

- ・アオコ、藻類の除去

アオコ、藻類の除去はリオ・グランデ・アームで、SABESP が取水及び浄水施設の運転確保のために否応なく行っている。アオコ、藻類は死滅して湖底に堆積すると新たな汚濁源となるため湖から除去するのが最も確実であり、これは今後も SABESP によって継続実施されることになろう。

3) 法律の遵守及び行政指導に係るもの

- ・土地利用の適正化

宅地開発事業者には法律上の要求を遵守するよう厳しく監視、指導することが大切で、非正規住宅をこれ以上増やさないためにも、違反に対しては早めに警告して改善を求めるべきで、野放しにすれば膨れ上がって大きな発言権を有するようになることに留意すべきである。

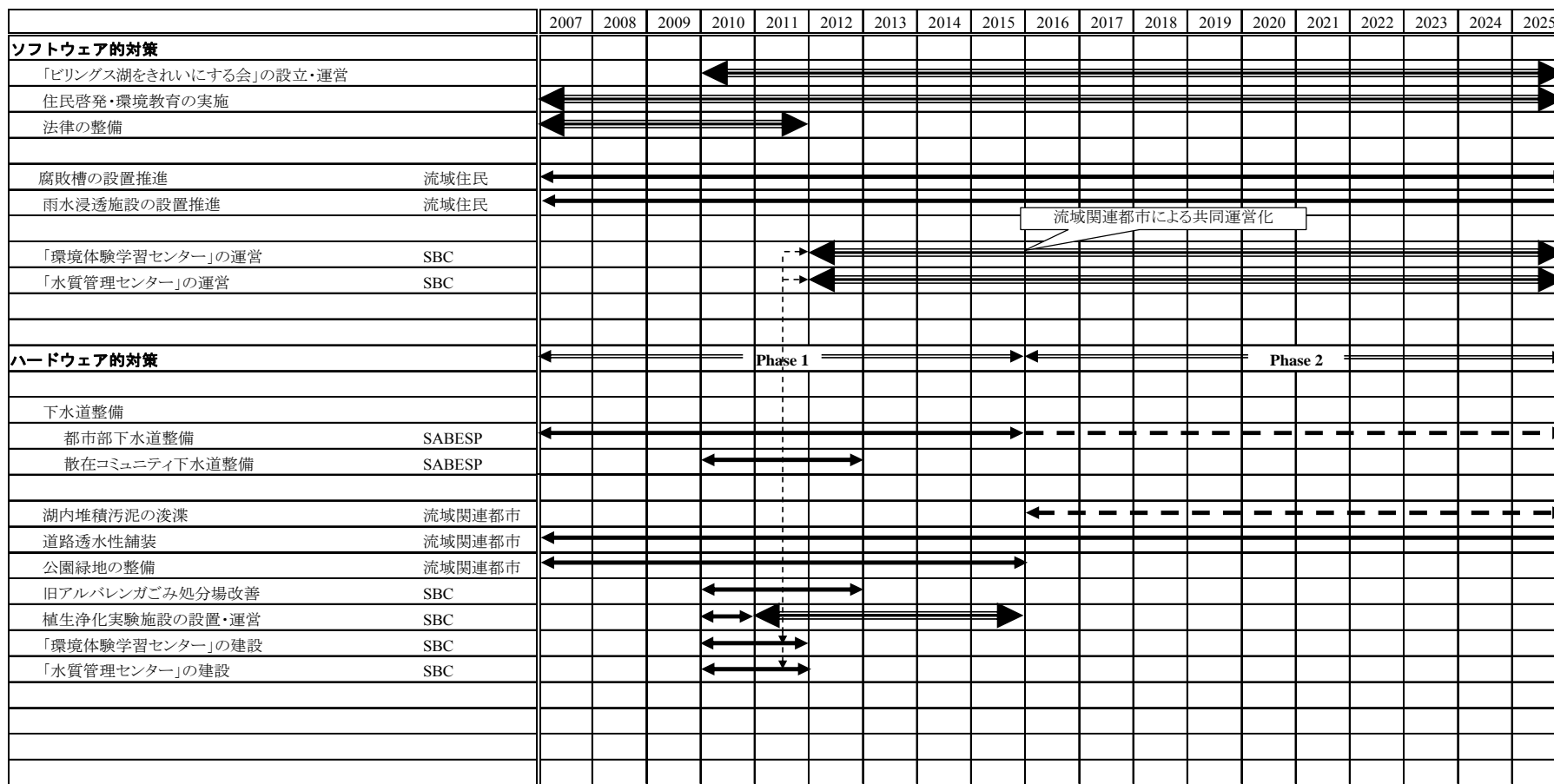
- ・施肥法等の改善

- ・農地からの土壌流出

ビリングス湖流域で農地が多く見られるのはボロエとタクアセトゥーバの流域で、ぶどう園あるいはクリスマス・ツリー等が栽培されているが、規模はそれほど大きくはない。これらの施肥に用いられた農薬は、降雨時に土壌とともに湖に流出する恐れがあるため、農地利用に当っては生産者は農地から土壌が降雨によって流出しないように配慮すべきで、これは傾斜地においてとくに重要である。タクアセトゥーバについては SABESP のグアラピランガ湖に送水するための取水点があるため、肥料の適正利用、裸地の最小化等について生産者に対する積極的働きかけが望まれる。

11 事業実施計画

マスタープランの事業実施計画を **図 7** に示す。



建設期間
 運営期間

図7 マスタープラン事業実施計画

12 組織運営

一度汚染された湖沼の回復は決して容易ではなく、長い年月と地道な努力の積み重ねを必要とする。これは個々のステークホルダーが単独でなしうるものではなく流域全体のステークホルダーが役割を分担しながら、互いに連携して行動することによりはじめてその成果が発揮される。このためはビリングス湖に係るステークホルダーを集めて図8に示すような「ビリングス湖をきれいにする会」を組織することが提案される。

「ビリングス湖をきれいにする会」は基本的には合意形成及び方針決定の場であり、その中で議論を重ねてその決定に基づいて個々のステークホルダーが行動することが望ましく、以下のような役割を担っている。

- 計画の積極的な推進
- 取り組み状況と目標達成状況の評価
- 情報の発信
- 計画の見直し

「ビリングス湖をきれいにする会」と個々のステークホルダーの基本的関係は、「ビリングス湖をきれいにする会」は個々のステークホルダーに対し、

- 目標達成状況等情報提供
- 取り組み促進のための勧告

を行い、個々のステークホルダーは「ビリングス湖をきれいにする会」に対し、

- 取り組み状況の報告
- モニタリング結果報告
- アイデア、提案

を行う責務を負う。

「ビリングス湖をきれいにする会」の運営が軌道に乗るまではさまざまな紆余曲折が予想されるが、この間はサン・ベルナルド・ド・カンポ市が事務局となってその組織化を図るものとする。

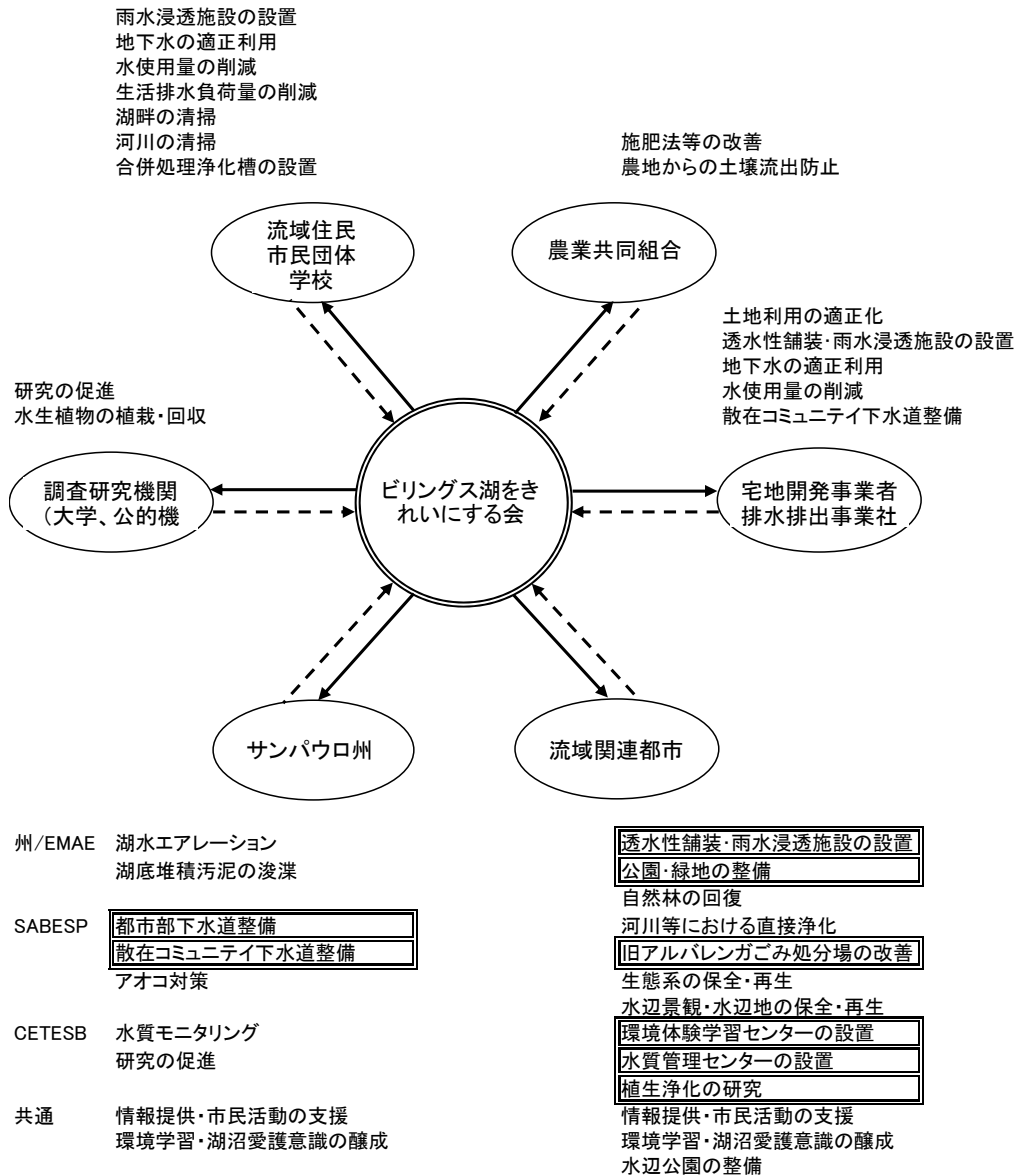


図8 計画推進のための体制

13 初期環境影響調査

本マスタープランで提案される各プロジェクトに対して実施された初期環境調査（IEE）の結果に基づき、相手国環境影響評価（EIA）制度の要件も加味した JICA ガイドラインに基づくスクリーニングを行った結果を表 7 に示す。IEE の結果、マスタープランで提案される各プロジェクトは、湖底堆積汚泥浚渫プロジェクトを除き、環境社会に対しては重大な影響を与える（カテゴリーA）ものとは想定されず、ほとんど、カテゴリーB（カテゴリーA に比較して与える影響が小さいもの）に該当するものと想定する。

表7 マスタープランの提案プロジェクトに対するスクリーニング結果

番号	プロジェクト	IEEの結果	相手国政府による EIA 制度上の要件	最終スクリーニング
1	都市部下水道整備	B	EIA/RIMA の作成及び環境予備認可 (LP) の申請は必要でなく、LI (建設認可) の申請を開始すればよい。	B
2	散在コミュニティ下水道整備	B	事前環境報告書 (RAP: Relatorio Ambiental Reliminar) の作成でよく、環境予備認可 (LP) 及び LI (建設認可) の申請をする必要がある。	B
3	道路透水性舗装	B	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ない。	B
4	公園緑地整備	B	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ない。	B
5	旧アルバレンガごみ処分場の改善	B	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ない。	B
6	湖底堆積汚泥浚渫	B	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成及び LP 以降の環境許認可手続きが必要。浚渫汚泥の処理、運搬及び処分に係る環境ライセンスの取得が必要。	A
7	植生浄化	B	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ないが、LP、LI 及び LO に係る環境許認可が必要。	B
8	環境体験学習センターの設置	C	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ない。	C
9	水質管理センターの設置	C	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ない。	C

14 経済財務分析

9プロジェクト合計で投資費用 1,101,620 R\$である。その 50%を都市部と散在型コミュニティの下水道整備が占める。

表 8 プロジェクト費用概算

プロジェクト	投資費用 (1000 R\$)	シェア	運転管理費 (2015 年) (1000 R\$)	シェア
都市部下水道整備	527,862	48%	4,687	60%
散在コミュニティ下水道整備	22,752	2%	837	11%
道路透水性舗装	498,045	45%	449	6%
公園・緑地整備	19,638	2%	199	3%
旧アルバレンガごみ処分場改善	12,803	1%	129	2%
湖内堆積汚泥対策	11,042	1%	0	0%
植生浄化	712	0%	98	1%
環境体験学習センター	4,383	0%	690	9%
水質管理センター	4,383	0%	690	9%
合計	1,101,620	100%	7,778	100%

マスタープラン（ビリングス湖環境改善プログラム）の経済分析（経済的費用・便益計算）を行った。経済分析における費用は国民経済的見地から、税金や補助金などを除き、さらに市場価格の歪みを調整する転換係数をかけて得られる経済価格を用いる。今回の分析では、算定コストを要素別に分解することなど計算をする条件が整わないので転換係数は採用せず、市場価格から税金・補助金相当として 31%を控除して経済価格とした。便益については、ビリングス湖環境改善プログラムを構成するプロジェクトを実施して、湖の水質を改善することで、その効果は、費用の削減効果、産業振興効果、公衆衛生向上効果、環境保全効果、生活環境改善効果と多岐に及ぶと考えられる。しかしながら、定量化が難しい効果項目を含んでいる。今回の分析の対象は、ビリングス湖からの取水コストおよび浄水コストとした。

EIRR : 6.3%、NPV : -57,490R\$、C/B 比率 : 0.92 を算出した。経済的に実施可能なプログラムである。

15 水質保全目標の達成状況

1) ビリングス湖

シミュレーション結果を表す図の見方については**図 9**に解説する。

事業実施による水質保全目標（Water Quality Conservation Targets : WQCTs）の達成状況を水質項目別に**図 10**、**表 9**に示す。

水質保全目標は**表 4**に示されているが、2025年の水質保全目標（2025WQCT）は環境基準と同じである。

シミュレーション結果によれば、2005年（下水道未整備）と2015年（下水道整備）の間における水質改善効果はDOを除くクロロフィル-a、BOD₅、NH₄-N、PO₄-P、TPのすべての項目に現われているが、クロロフィル-a、TPのように水質保全目標を達成できない項目もある。水質改善の度合いは水質項目によって異なり、2005年に対する2025年水質の改善率はPO₄-Pが35%で最も大きく、これに、TP（22%）、BOD₅（20%）が続いている。

クロロフィル-a

- ・ 水面分布は2005～2015で著しく改善されるが、2015～2025の改善はわずかである。
- ・ 2025年に2015水質保全目標クラス2をようやくクリアしている。
- ・ クロロフィル-aはリオ・ペケノ、リオ・キャピバリといったペドゥレイラ・ダムから最遠地点を除くと2025水質保全目標クラス1の30 µg/Lを超えており、とくに、アルバレンガ、ペドラ・ブランカのアーム最奥部は80 µg/Lの高いレベルにある。

BOD

- ・ 水面分布は2005～2015で著しく改善されるが、2015～2025はわずかである。
- ・ 2015年には2025水質保全目標クラス1をクリアしている。
- ・ 断面で見るとタクアセトウーバ、スミット・ダムでは2～4mg/Lで年間を通じて安定している。

DO

- ・ DOに関しては濃度の高いほうが好ましいが、水面分布は2005、2015、2025と徐々に低下してきている。
- ・ 中央値は2005年から2025水質保全目標クラス1をクリアしている。

NH₄-N

- ・ 水面分布は2005、2015、2025ともすべて30µg/L以下で安定している。
- ・ NH₄-Nは2005年の新環境基準ではpHによって変わり、制限値はpHが低いと高くなり、高いと低くなる。pHが8.5以上では500 µg/L以下とされているが、2005年から2025水質保全目標クラス1をクリアしている。
- ・ スミット・ダムでは1～4月と9～12月に底泥からの溶出が見られる。
- ・ 2025年には湖全体の均質化が著しく進み、中央値は23.26µg/Lまで低下している。

PO₄-P

- ・ 水面分布は 2005～2015 で著しく改善されるが、2015～2025 の改善はわずかである。
- ・ PO₄-P は環境基準に含まれていないが、中央値で 2.43 μg/L の低い水準にある。
- ・ スミット・ダムでは 1～4 月と 8～12 月に底泥からの溶出が見られる。
- ・ 断面で見るとタクアセトゥーバでは 0～5mg/L で年間を通じて安定している。

TP

- ・ 水面分布は 2005～2015 で著しく改善されるが、2015～2025 の改善はわずかである。
- ・ 2025 年においても 2015 水質保全目標クラス 2 の 50μg/L 達成にはほど遠く、80.48μg/L のレベルにある。

表9 ビリングス湖における水質保全目標達成状況

		2005	2015		2025		2025WQCT クラス2
			w/o Project	w/ Project	w/o Project	w/ Project	
緊急逆送あり							
Chla	(µg/L)	70.96	75.18	62.76	74.89	59.74	≤30µg/L
BOD ₅	(mg/L)	3.40	3.68	2.91	3.68	2.77	≤5mg/L
DO	(mg/L)	6.82	6.86	6.76	6.85	6.73	≥5mg/L
NH ₄ -N	(µg/L)	27.52	29.23	24.63	28.86	23.26	≤500µg/L
PO ₄ -P	(µg/L)	3.67	4.32	2.69	4.32	2.43	—
TP	(µg/L)	101.24	110.63	85.23	110.64	80.48	≤30µg/L
(参考) 逆送なし							
Chla	(µg/L)	48.52		31.02		25.35	≤30µg/L
BOD ₅	(mg/L)	2.38		1.60		1.34	≤5mg/L
DO	(mg/L)	6.53		6.34		6.27	≥5mg/L
NH ₄ -N	(µg/L)	26.84		20.60		17.36	≤500µg/L
PO ₄ -P	(µg/L)	1.38		0.93		0.82	—
TP	(µg/L)	61.27		38.62		31.31	≤30µg/L

凡例：

1.0

2025WQCT クラス1 達成

1.0

2025WQCT クラス2 達成

注) 値は全水面セルの平均を示す。

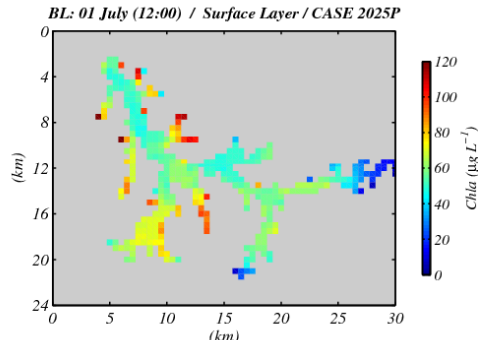
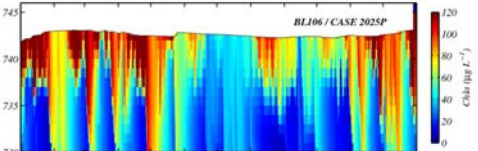
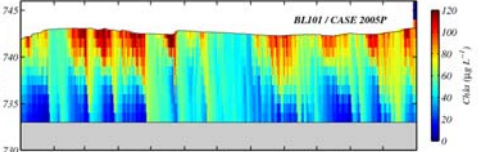
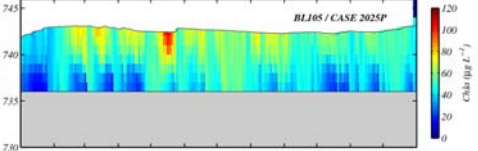
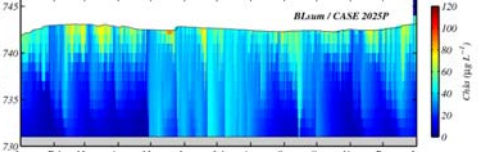
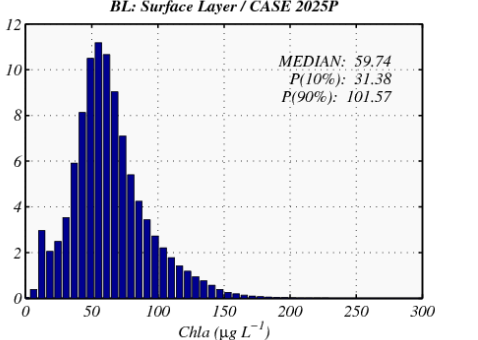
	シミュレーション結果を表す図	解 説
		<ul style="list-style-type: none"> 水面濃度分布はシミュレーション期間中のある時間（この例では7月1日12:00）における濃度分布を示し、時間によって変わって行く。
<p>BL106 <i>Pedreira</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> シミュレーション期間中における各モニタリングポイントの深さ方向の変化を示す。
<p>BL101 <i>Confluência</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> 左の欄に示す各モニタリングポイントの位置については本文参照。
<p>BL105 <i>Taquacetuba</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> 下層の灰色部分はモニタリングポイントによって深さが基準面より浅いことを示す
<p>BLsum <i>Summit</i></p>		
<p>Class 1 $\leq 10 \mu\text{g/L}$</p> <p>Class 2 $\leq 30 \mu\text{g/L}$</p>		<ul style="list-style-type: none"> このヒストグラムはシミュレーション期間中（1年間）、3時間毎の全水面セルにおける濃度別発生頻度を百分率で表したもので、横軸は濃度、縦軸は頻度（%）を示す。 左の欄のクラスは水質項目別 2025 水質保全目標を示す。 右上の数字はそれぞれ発生濃度の中央値、10%値、90%値を示す

図9 シミュレーション結果を表す図の見方

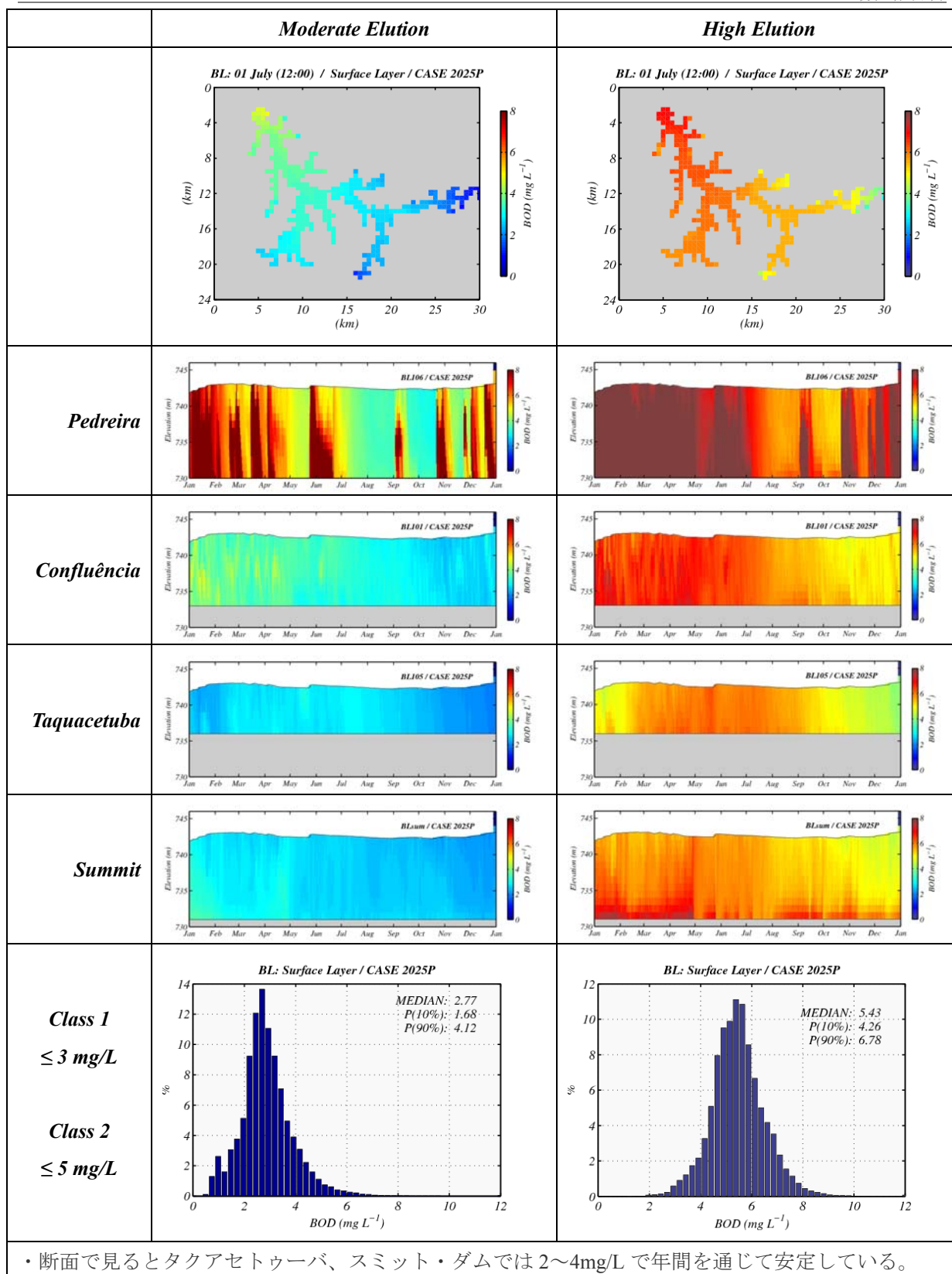


図 10(1) ビリングス湖における 2025WQCT 達成状況 (BOD₅)
[2025 年下水道整備あり]

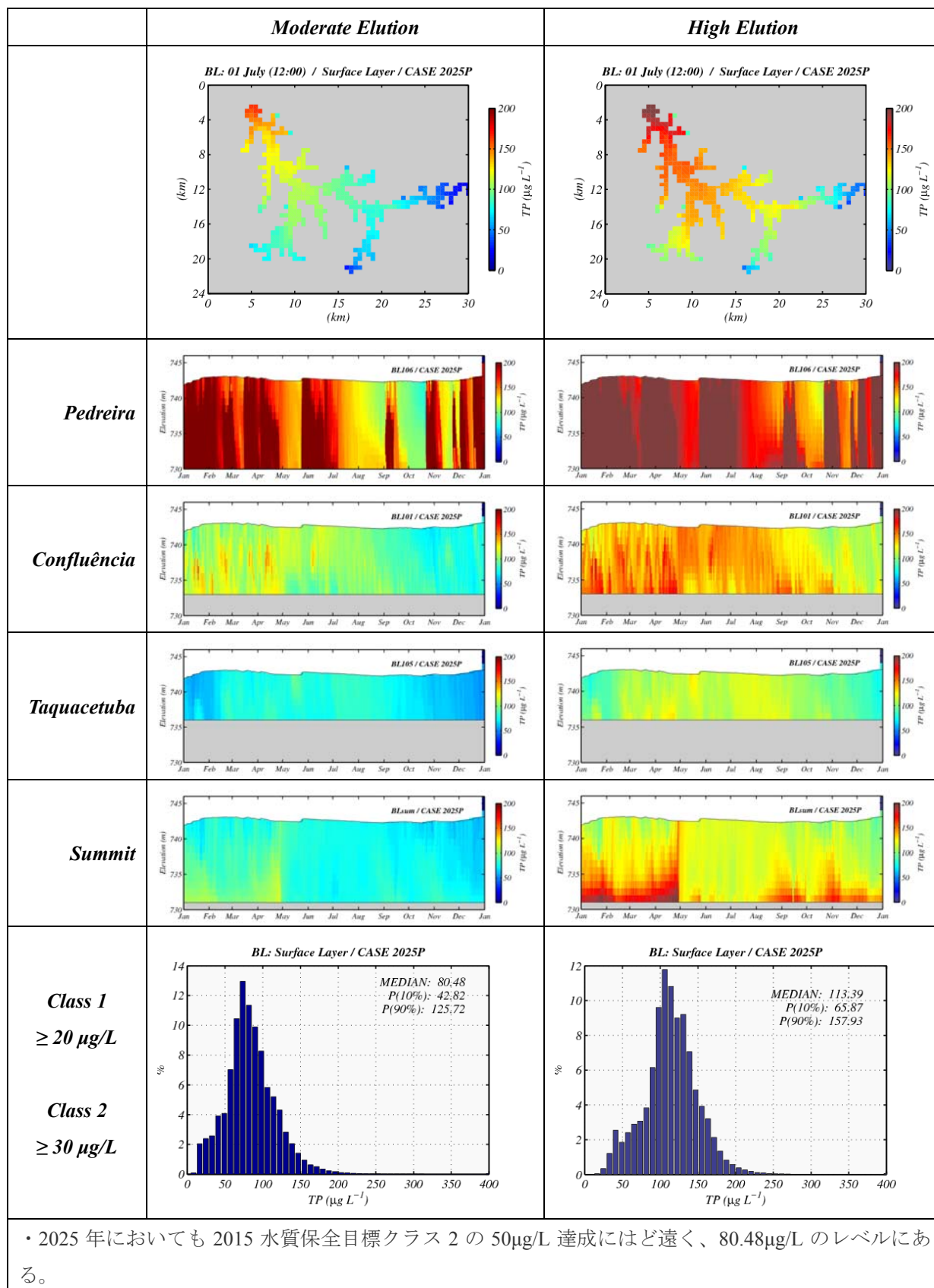


図 10(2) ビリングス湖における 2025WQCT 達成状況 (TP)
[2025 年下水道整備あり]

2) リオ・グランデ・アーム

表 10 に示すシミュレーション結果はいかのように要約される。

表 10 リオ・グランデ・アームにおける水質保全目標達成状況

水質項目		2005	2015		2025		2025WQCT クラス 1
			w/o Project	w/ Project	w/o Project	w/ Project	
Chla	($\mu\text{g/L}$)	53.80	57.05	24.34	59.94	15.43	$\leq 10\mu\text{g/L}$
BOD ₅	(mg/L)	3.79	3.94	1.26	4.26	0.83	$\leq 3\text{mg/L}$
DO	(mg/L)	7.46	7.49	7.42	7.50	7.40	$\geq 6\text{mg/L}$
NH ₄ -N	($\mu\text{g/L}$)	44.86	45.59	16.90	48.67	11.14	$\leq 500\mu\text{g/L}$
PO ₄ -P	($\mu\text{g/L}$)	1.55	1.70	0.82	1.86	0.70	—
TP	($\mu\text{g/L}$)	52.07	55.57	17.03	60.57	10.51	$\leq 20\mu\text{g/L}$

凡例： 1.0 2025WQCT クラス 1 達成 1.0 2025WQCT クラス 2 達成

注) 値は全水面セルの平均を示す。

溶出率が普通るとき：

クロロフィルー a

- ・ 水面分布は 2005、2015、2025 と段階的に著しく改善されている。
- ・ 2015 年には 2015 水質保全目標クラス 2 及び環境基準クラス 2 をクリアし、2025 年にはクラス 1 の $10\mu\text{g/L}$ に迫っている。
- ・ 断面で見ると RG03 の 4~9 月が $80\sim 100\mu\text{g/L}$ と高いが、RG01 では高濃度域は 1~6 月の $30\mu\text{g/L}$ にまで低下している。

BOD

- ・ リベロン・ピーレス川河口の汚濁が顕著である。
- ・ 水面分布は 2005、2015、2025 と段階的に著しく改善されている。
- ・ ヒストグラフの幅も著しく縮まってきていることから、湖全体が均質に浄化されていることを示している。
- ・ 2015 年には 2025 水質保全目標クラス 1 をクリアしている。
- ・ 断面で見ると RG03 は 5~6 月を除くと 8mg/L と高いが、RG01 では 2mg/L にまで低下している。

DO

- ・ DO に関しては濃度の高いほうが好ましいが、水面分布は 2005、2015、2025 と徐々に低下してきている。
- ・ 中央値は 2005 年から 2025 水質保全目標クラス 1 をクリアしている。

NH₄-N

- ・ 水面分布は 2005、2015、2025 ともすべて $100\mu\text{g/L}$ 以下で安定している。
- ・ 各地点において 1~4 月と 9~12 月に底泥からの溶出が見られ、大きいところでは濃度は $500\mu\text{g/L}$ に達している。

- ・ 2005年から2025水質保全目標クラス1をクリアしている。
- ・ 2025年には湖全体の均質化が著しく進み、中央値は11.14 $\mu\text{g/L}$ まで低下している。

PO₄-P

- ・ 水面分布は2005、2015、2025と段階的に徐々に改善されている下流のほうが水質的に悪い。
- ・ 各地点において1～4月と8～12月に底泥からの溶出が見られ、大きいところでは濃度は20 $\mu\text{g/L}$ に達している。
- ・ 断面で見るとRG03の4～9月が80～100 $\mu\text{g/L}$ と高いが、RG01では高濃度域は1～6月の30 $\mu\text{g/L}$ にまで低下している。

TP

- ・ 水面分布は2005、2015、2025と段階的に徐々に改善されている。
- ・ 2015年には2025水質保全目標クラス1を達成している。

(3) ピニェイロス川河水常時逆送時のビリングス湖への影響

本調査の目的はビリングス湖の水質汚濁防止と水道水源としての利用を確保することにある。現在計画されているピニェイロス川浄化河水の常時逆送は、本調査の目的に反する結果をもたらすことが予想され、以下の懸念がある。

- ・ 逆送水がビリングス湖に流入する状況をシュミレーションした結果、水質項目によってはタクアセトゥーバの取水地点水質に大きな影響を及ぼす（**図8**）。
- ・ 逆送水は下水処理水といってよいが、混入率約78%で取水されることにより、水道原水としての安全性に懸念がある。
- ・ BOD₅についてみると、常時逆送によってビリングス湖に流入する汚濁負荷量は、下水がビリングス湖に垂れ流し状態にある現在の発生汚濁負荷量にほぼ等しい。したがって、下水道が整備され発生下水の大半が流域外に移送されてもビリングス湖に流入する汚濁負荷量は変わらないことになり、水質改善に効果があるか、疑問である。
- ・ 浮上分離処理は汚濁物質の除去に限定的である。

したがって、ピニェイロス川浄化河水の常時逆送は、水道原水のリスクと安全性の観点より、ブ国側において十分に議論を尽くすことが望まれる。

シミュレーション結果を**図11**及び**表10**に示し、この結果を要約すると以下のとおりである。

ビリングス湖への流入汚濁負荷量の大きさ及び水質汚濁状況を最も端的に表しているBODについて見れば、以下のとおり、「常時逆送+緊急逆送」は、ビリングス湖の水質を悪化させていることが分かる。

- ・ 2005、2015、2025年のいずれも、「常時逆送+緊急逆送」は「緊急逆送」の1.6倍程

度を示している。

- 「緊急逆送」は、2005 ではクラス 2 を越えているものの、2015、2025 では下水道整備の効果により、2025 水質保全目標クラス 1 を達成している。
- 「常時逆送+緊急逆送」は、2005、2015、2025 のいずれも、下水道整備の効果もなく 2025 水質保全目標クラス 1 を達成できない。
- さらに、「常時逆送+緊急逆送」で下水道整備の 2015、2025 の値、4.84 と 4.71 は、「緊急逆送」で下水道未整備の 2005 の値 3.40 を上回っている。これは、with project として下水道整備した効果を帳消ししていることを意味する。

なお、他の水質項目の評価は以下のとおりである。

クロロフィル-a

- 水面分布、モニタリングポイントの断面水質変動、ヒストグラフの分布の幅は、常時逆送+緊急逆送のケースが安定し水質的に良い結果をもたらすことを示している。
- 常時逆送の場合、逆送水のクロロフィル-a はゼロとしているのが効いている。
- 常時逆送+緊急逆送の場合でも 2025 水質保全目標クラス 1 に若干届かない。

DO

- DO に関しては濃度の高いほうが好ましく、常時逆送+緊急逆送は水質的に悪影響を与えている。
- 逆送水の水質を見ると緊急逆送の 0.1mg/L に対し、常時逆送+緊急逆送は 4.8mg/L とはるかに良いが、シミュレーション結果は緊急逆送が常時逆送+緊急逆送より良い結果をもたらしている。これは、ビリングス湖では DO は湖面の波浪による DO の取り込みが大きい、常時逆送+緊急逆送はその水量の大きさが災いして、DO の上昇が遅いためと推測される。
- どちらも 2025 水質保全目標クラス 1 をクリアしている。

NH₄-N

- 緊急逆送と常時逆送+緊急逆送の水質パターンの違いがペドゥレイラのモニタリングポイントによく現われている。
- 緊急逆送の場合ヒストグラフの幅は常時逆送+緊急逆送の場合に比べて著しく狭まっており、水面分布に見られるように均質化が進んでいる。
- 常時逆送+緊急逆送は明らかに水質を悪化させている。
- 底泥からの溶出が 9~4 月に見られる。

PO₄-P

- 水面分布、モニタリングポイントの断面水質変動、ヒストグラフともに常時逆送＋緊急逆送が良いことを示している。
- 底泥からの溶出が9～4月に見られる。

TP

- 緊急逆送による負荷のかかり方は同じであるが、常時逆送＋緊急逆送の場合にはTP濃度の薄い常時逆送分が希釈効果をもたらしている。
- 水面分布、モニタリングポイントの断面水質変動、ヒストグラフともに常時逆送＋緊急逆送が良いことを示している。
- 水質的に良い常時逆送＋緊急逆送の場合でも80 µg/Lのレベルで2025水質保全目標クラス2の達成はほど遠い。

表 11 緊急時逆送と常時逆送における水質保全目標の達成状況

逆送パターン		濃度			2025WQCT ¹⁾
		2005	2015 下水道整備	2025 下水道整備	
Chl-a	緊急逆送	70.96	62.76	59.74	≤30µg/L
	常時逆送＋緊急逆送	33.34	31.53	30.66	≤10µg/L
BOD ₅	緊急逆送	3.40	2.91	2.77	≤5mg/L
	常時逆送＋緊急逆送	5.32	4.84	4.71	≤3mg/L
OD	緊急逆送	6.82	6.76	6.73	≥5mg/L
	常時逆送＋緊急逆送	6.16	6.11	6.10	≥6mg/L
NH ₄ -N	緊急逆送	27.52	24.63	23.26	≤500µg/L
	常時逆送＋緊急逆送	106.06	103.01	101.54	≤500µg/L
PO ₄ -P	緊急逆送	3.67	2.69	2.43	—
	常時逆送＋緊急逆送	1.61	1.48	1.42	—
TP	緊急逆送	101.24	85.23	80.48	≤30µg/L
	常時逆送＋緊急逆送	77.25	68.39	65.66	≤20µg/L

凡例：1.0 2025WQCT クラス 1 達成 1.0 2025WQCT クラス 2 達成

注) 値は全水面セルの平均(3時間毎1年間)を示す。

1) 2025WQCTの上段はクラス2、下段はクラス1を示す。

Billings - DBO₅ - 2025

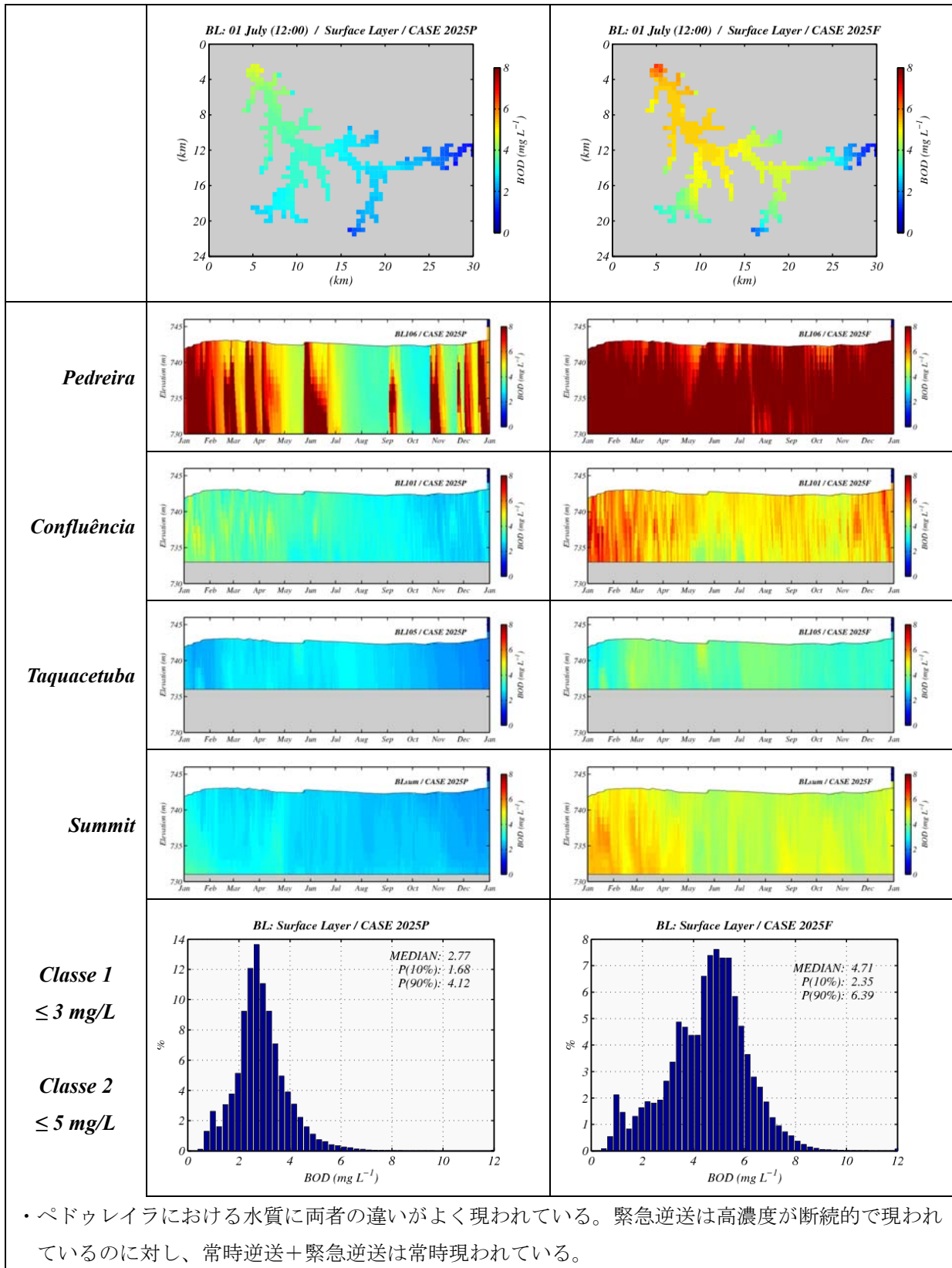


図 11(1) ビリングス湖のシミュレーション結果の比較 (BOD₅)

Billings - PT - 2025

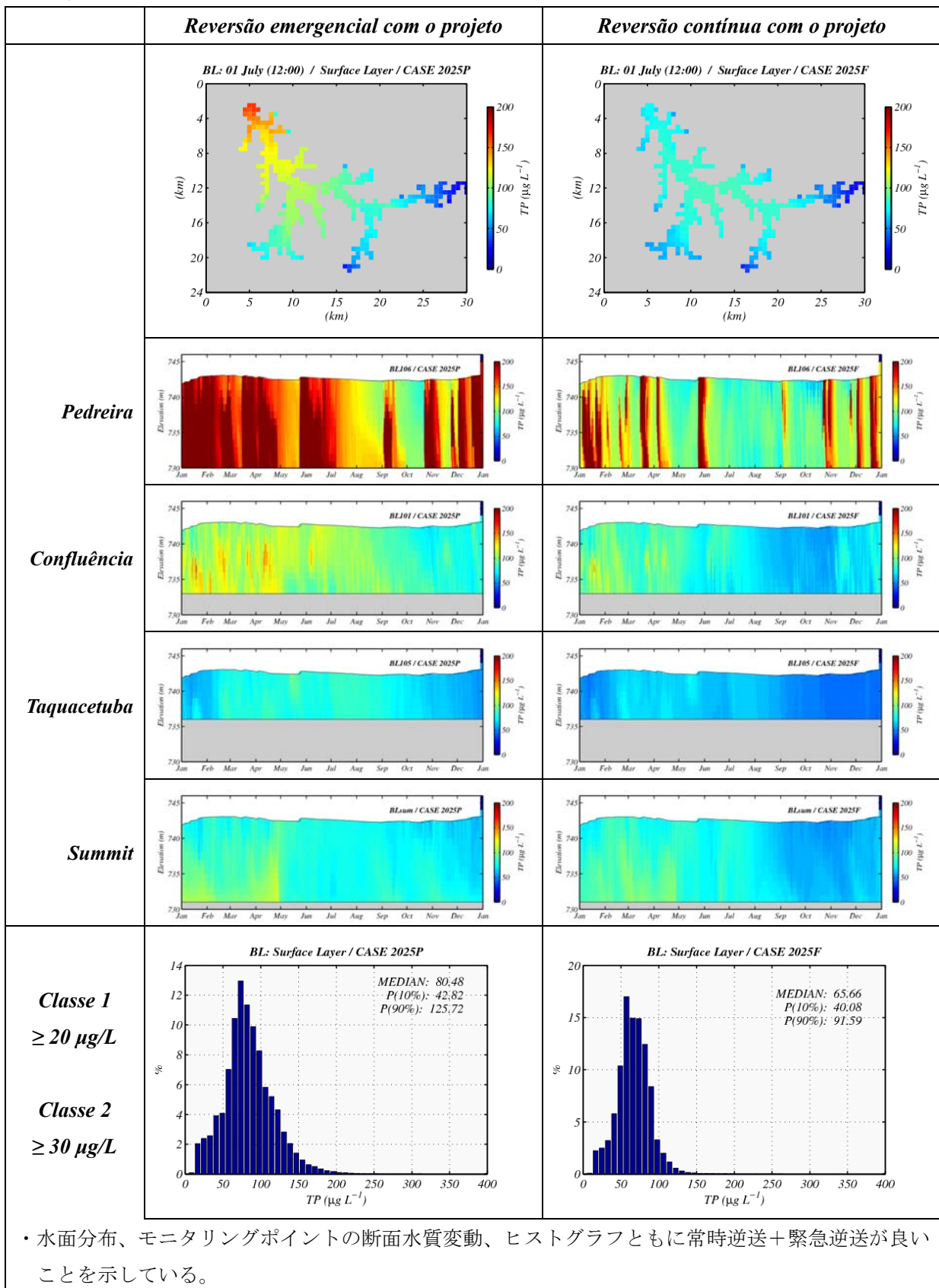


図 11(2) ビリングス湖のシミュレーション結果の比較 (TP)

16 事業評価

ビリングス湖流域環境改善計画について、財務、社会経済、技術、組織制度、環境の各項目について評価を行った。

(1) 財務面

本計画で提案されているプロジェクトのうち収入が見込めるのは、都市部下水道整備と散在型コミュニティ下水道整備プロジェクトだけで、費用総額の 89% を占めている。このため、下水道整備プロジェクトだけで財務分析した。FIRR の値がプロジェクト都市部下水道整備 2.0%、散在コミュニティ下水道整備 0.1%、2 つのプロジェクトをあわせると 1.9% という計算結果を得た。散在コミュニティ下水道整備については財務的实施可能性低いが、都市部下水道整備は、料金アップなどの方策をとることにより可能性あるといえる。流域住民の意識向上をはかり、下水道収入の徴収率を高く保つことが事業成功の鍵である。

現在ビリングス湖から取水しているリオ・グランデ浄水場と、別水系で比較的水質の良いグアラウ浄水場における過去 10 年間 (1996 年–2004 年) の使用薬剤 (化学薬品、酸化剤、殺菌剤の合計) と浄水生産量のデータから、グアラウにくらべ、リオ・グランデは、約 2 倍の薬剤を使用している実態が明らかになった。このため without Case では水質が悪化すると浄水コストが増大する、すなわち、現状の 0.5 R\$/m³/年から 2025 年に 2 倍の 1.0 R\$/m³/年に増加し、with Case では、現状より 40% 減の 0.3 R\$/m³/年になると設定して、EIRR は 6.3% という結果を得た。経済的に実施可能なプログラムである。

(2) 社会経済面

本計画で提案されているプロジェクトの実施は、「水と人と緑の共生」を求めてビリングス湖流域環境の改善を通じて豊かな自然の保護、安全な水の供給、憩いの場の提供を図るという明白な便益に加えて、以下の社会経済的便益をもたらす。

- 雇用機会の増大
- 浄水コストの削減
- 藻類・水草の除去費用削減
- 土地価格の上昇

本計画はビリングス湖の水質悪化を防止し、水質改善により、とくにこれを水道水源として利用している大サン・パウロ圏 274 万人の人々の生活を守るものであることに留意する必要がある。

(3) 技術面

ビリングス湖流域環境改善の上で現在流域内の極めて限られた地域を除いて無処理のままビリングス湖に排出されビリングス湖の水質に大きな影響を与えている下水の取り扱いについて、関連計画・上位計画との整合性を勘案しながら、対象区域を大きく市街地に隣接している区域と離れている区域に分けて、それぞれ流域内処理と流域外移送（タマンダテイ流域のABC処理場で処理）、施設の配置、建設工法、等についてさまざまな代替案を比較検討し、システムの最適案を策定した。流域内処理のケースについては、ビリングス湖への放流水に対する要求水質、建設費と維持管理費、維持管理の難易等について検討を行っている。

下水道整備以外のプロジェクトはSBC市の所管となるが、透水性舗装、公園整備、旧ごみ処分場改善、環境体験学習センター、水質管理センターは建設上の問題は少ないと考えられる。植生浄化、湖底堆積汚泥の浚渫は技術上の経験もほとんどないため、実験規模あるいは小規模に初めて経験を積みながら、進むのが懸命な方策といえる。

(4) 組織体制面

本計画で提案されているプロジェクトのうち下水道事業はサン・パウロ州が大株主になっている上下水道サービス会社のSABESP所管となる。SABESPはそのずば抜けた規模にも関わらず効率的な運営を行っており、ブラジルはもとより国際的にも日本・韓国と同等の水準にある。したがって、組織的には問題ない。

下水道以外の透水性舗装、公園整備、旧ごみ処分場改善、環境体験学習センター、水質管理センター、植生浄化、湖底堆積汚泥の浚渫はSBC市の所管となる。SBC市は透水性舗装、公園整備、旧ごみ処分場改善についてはすでに経験を有しており体制も整っている。

環境体験学習センター及び水質管理センターはまったく新規のプロジェクトでこれに伴うスタッフの確保が必要となるが、ビリングス湖については”Seminário Billings 2002”に代表されるようにさまざまな人々が関心をもっており、広く募れば人材確保は可能で、またボランティアに協力してもらうことも可能と考えられる。ビリングス湖流域環境保全の活動拠点としての施設の建設及び運営にあたっては広く意見を集めることが望ましい。

植生浄化もまた新しい取り組みであるが、大学等研究機関の協力を得ながら段階的にまず実験施設でノウハウの蓄積から始めれば対応は可能と思われる。

湖底堆積汚泥の浚渫は、莫大な費用と長期にわたる取り組みが予想されるため、初めは限定的に実施して経験を積むことが望ましい。

(5) 環境面

本調査では本計画で提案されているプロジェクトについて相手国環境影響評価制度の要件勘案しながら JICA 環境ガイドラインに基づくスリーニングを行った。その結果は書くプロジェクトは環境社会に対して重大な影響を与えるもの（カテゴリーA）とは想定されず、ほとんどはカテゴリーA に比較して与える影響が小さいもの（カテゴリーB）に該当するとみなされている。

ブラジル国の EIA 制度に基づく要件については、湖底堆積汚泥の浚渫は EIA/RIMA の作成、環境予備認可以降の手続き、浚渫汚泥の処理、運搬及び処分に関する環境ライセンス取得が必要であるが、これをのぞくと EIA/RIMA の作成は必要でない。

本計画はビリングス湖の流域環境改善を目的にしており、採用された工事を伴うプロジェクトは行政側が中心となり、環境改善活動は行政側を含めて地域住民・市民団体・学校といったステークホルダーが協力して行うことを提案しており、その環境影響を最小限にとどめるよう努力することは言うまでもない。

(6) 総合評価

これまでの検討の結果、提案されているプロジェクトは財務、社会経済、技術、組織

第三部：フィージビリティ・スタディ

17 優先プロジェクトの選定

優先プロジェクトの選定は次の三段階で行うものとする。すなわち、評価項目を、緊急性・効果・負の影響への対応と実現の可能性に分け、実現可能性が高ければ、(第一段階を合格していれば) 緊急性・効果・負の影響への対応が低くても実施に移す。

- 第一段階評価 (緊急性、効果)
 - 緊急性
 - 効果 (視点別)
 - 負の影響への対応
- 第二段階評価 (実現可能性)
 - 用地確保
 - 環境許可
- 第三段階評価 (総合評価)
 - 第一段階合格 + 第二段階合格

表 11 に表 12 (緊急性・効果に係る評価・状況) 及び負の影響への対応に基づく優先プロジェクトの選定結果を示す。

表 12 より優先プロジェクトは以下の通りとする。

- (1) 透水性舗装
- (2) 公園緑地の整備
- (3) 旧ごみ処分場改善
- (4) 下水道 (都市部)
- (5) 下水道 (散在コミュニティ)
- (6) 植生浄化
- (7) 環境体験学習センター
- (8) 水質管理センター

表 12 優先プロジェクトの選定

評価項目	第一段階					第二段階（実現可能性）				第三段階
	緊急性	効果	負の影響	小計	評価(≥5)	用地確保	環境認可	小計	評価(≥4)	総合評価
透水性舗装	1	2	2	5	○	2	3	5	○	◎
アルバレンガ公園整備	2	1	2	5	○	3	3	6	○	◎
旧ごみ処分場改善	2	1	2	5	○	3	3	6	○	◎
下水道（都市部）	3	3	2	7	○	2	3	5	○	◎
下水道（散在コミュニティ）	2	3	2	7	○	3	2	5	○	◎
湖内堆積汚泥浚渫	2	2	1	5	○	1	1	2		
植生浄化	2	1	2	5	○	2	2	4	○	◎
環境体験学習センター	3	3	3	9	○	3	3	6	○	◎
水質管理センター	2	3	3	8	○	2	2	4	○	◎

注) 評点の意味は以下の通り。

3：高い（または、易しい）、2：ほどほど、1：低い（または、難しい）

表 13 プロジェクト別緊急性、効果、実現の可能性の評価

プロジェクト名	第一段階：緊急性及び効果		第二段階：実現の可能性	
	緊急性	効果	用地取得	環境許可
水質回復				
都市部下水道整備	都市部生活排水が最大の汚濁負荷発生源。	流域外移送で負荷量はゼロになるため、効果は極めて大きい。 削減負荷量：15.95 ton/日 ¹⁾	コウロス川沿いのルートでの用地の収用（4～5 軒）と使用が生じる。	EIA/RIMA は必要でない。建設許可（LI）の申請以降の手続きが必要。
散在コミュニティ下水道整備	散在コミュニティ生活排水は都市部に次ぐ汚濁負荷発生源。	りん除去対応二次処理のため効果がある。 削減負荷量：2.07 ton/日 ²⁾	リアッシュョ・グランデ処理場は既存の建替え、サンタ・クルズ処理場の用地取得は問題ない。	EIA/RIMA は必要でない。RAP を DAIA 又は CETESB に提出する。DAIA 又は CETESB が LP、LI 及び LO の認可を出状する。
水量回復				
透水性舗装、雨水浸透施設の設置		地下水涵養効果が大きい。 流出量を抑制する。 未舗装地の土壌浸食が食い止められる。	透水性舗装による用地の収用はない。	EIA/RIMA は必要でない。
公園緑地の整備	放置すると不法占拠される可能性がある。	地下水涵養効果がある。	用地取得は問題ない。	EIA/RIMA は必要でない。
旧アルバレンガごみ処分場の改善	放置すると不法占拠が増える可能性がある。法面崩壊の危険性がある。	地下水涵養効果がある。	現在の不法占拠者は既往移転計画に含まれる。 新たな住民移転はない。	EIA/RIMA は必要でない。 計画地は CETESB によりサン・パウロ州の汚染地域として指定され CETESB 指定の汚染地域マネジメントに基づく調査が必要。
湖内浄化				
湖内堆積汚泥浚渫	全域わたって 30～50cm の汚泥堆積が見られる。	部分的に行っても効果ははっきりしない。 緊急逆送は今後も続く。	所有者 EMAE の許可が必要	環境影響評価（EIA/RIMA）の作成及び LP 以降の環境許認可手続きが必要。浚渫汚泥の処理、運搬及び処分に係る環境ライセンスの取得が必要。

植生浄化	実験的研究が必要。	自然浄化機能を利用するためうまくいけば理想的。	所有者 EMAE の許可が必要。	環境影響評価 (EIA/RIMA) の作成は必要ないと考えられるが、今後確認調査が必要である。
水と人と緑の関わり合い強化				
環境体験学習センター	住民啓発・環境教育は早くかかるほどよい。	住民啓発・環境教育の実践の場として有効。 ビリングス湖流域のシンボリック施設となることが期待される。	市の公園内の駐車場に建設するため問題ない。	EIA/RIMA は必要でない。
調査研究				
水質管理センター	現状では河川・アームの汚濁状況把握ができない。	河川・アームの汚濁状況把握に効果がある。 湖沼浄化の研究ができる。	市の公園内の駐車場に建設するため問題ない。	EIA/RIMA は必要でない。

1) SBC 市を対象とするとき、2025 年計画人口 295,331 人、一人 1 日汚濁負荷量 54 g/人・日であるから

$$295,331 \times 54 = 15,948 \text{ ton/日}$$

2) SBC 市を対象とするとき、2025 年計画人口はリアッショ・グランデ 37,159 人 (7,135 m³/日)、サンタ・クルズ 4,041 人 (776 m³/日)、一人 1 日汚濁負荷量 54 g/人・日、計画目標 BOD 20 mg/L であるから

$$(37,159 + 4,041) \times 54 - (7,135 + 776) \times 20 = 2.225 - 0.158 = 2.067 \text{ ton/日}$$

18 優先プロジェクト

表 14 プロジェクトの概要

プロジェクト名	概要																								
下水道（都市部）	<p>ビリングス湖流域北岸のアルバレンガ及びラプラス地区を中心とする都市部については、下水を集めてポンプにより流域外に移送し、まだ建設が行われていないコウロス川流域のエストラダ・タカギ準幹線～コウロス幹線に接続して ABC 下水処理場に導いて下水処理を行う。このときコウロス幹線とこれに接続する準幹線の整備を併せて行う。また、ビリングス湖流域は公設ますの取付管までの面整備を含むものとする。</p> <table border="0" data-bbox="531 667 1241 1039"> <tr> <td>イミグランテス準幹線</td> <td>Ø400～1,000 mm</td> <td>4.4 km</td> </tr> <tr> <td>エストラダ・タカギ準幹線</td> <td>Ø250～900 mm</td> <td>2.3 km</td> </tr> <tr> <td>コウロス幹線</td> <td>Ø250～1,200 mm</td> <td>4.4 km</td> </tr> <tr> <td>コウロス幹線接続準幹線</td> <td>Ø250～500 mm</td> <td>21.8 km</td> </tr> <tr> <td>面整備</td> <td>Ø200～600 mm</td> <td>104.2 km</td> </tr> <tr> <td>主ポンプ場</td> <td colspan="2">3 箇所</td> </tr> <tr> <td>ポンプ場（A～F 地区）</td> <td colspan="2">6 箇所</td> </tr> <tr> <td>マンホールポンプ場</td> <td colspan="2">72 箇所</td> </tr> </table>	イミグランテス準幹線	Ø400～1,000 mm	4.4 km	エストラダ・タカギ準幹線	Ø250～900 mm	2.3 km	コウロス幹線	Ø250～1,200 mm	4.4 km	コウロス幹線接続準幹線	Ø250～500 mm	21.8 km	面整備	Ø200～600 mm	104.2 km	主ポンプ場	3 箇所		ポンプ場（A～F 地区）	6 箇所		マンホールポンプ場	72 箇所	
イミグランテス準幹線	Ø400～1,000 mm	4.4 km																							
エストラダ・タカギ準幹線	Ø250～900 mm	2.3 km																							
コウロス幹線	Ø250～1,200 mm	4.4 km																							
コウロス幹線接続準幹線	Ø250～500 mm	21.8 km																							
面整備	Ø200～600 mm	104.2 km																							
主ポンプ場	3 箇所																								
ポンプ場（A～F 地区）	6 箇所																								
マンホールポンプ場	72 箇所																								
下水道（散在コミュニティ）	<p>既存のリアッシュョ・グランデ下水処理場をオキシデーションディッチ+凝集剤添加りん除去方式に造り直して、処理区域を処理場周辺地区+カペリーニャ+アレイアン（対岸）+ジュサーラ（対岸）まで拡張する。処理場周辺地区の面整備は SABESP が自己資金で行い、その他の地区は本プロジェクトに含む（ただし、整備済み区域は除く）</p> <table border="0" data-bbox="531 1290 1241 1464"> <tr> <td>計画処理人口（2025）</td> <td colspan="2">38,200 人</td> </tr> <tr> <td>計画下水量</td> <td colspan="2">7,330 m³/日</td> </tr> <tr> <td>汚泥処理</td> <td colspan="2">機械脱水後 ABC 処理場に搬送 （後述のサンタ・クルズ処理場の汚泥も一緒に処理する）</td> </tr> </table> <p>ビリングス湖南部のサンタ・クルズ地区にオキシデーションディッチ+凝集剤添加りん除去方式の下水処理場を建設して周辺地区を下水道整備する（基本的には既設済みである下水管を確認できない、使用できないものもある）。</p> <table border="0" data-bbox="531 1671 963 1760"> <tr> <td>計画処理人口（2025）</td> <td colspan="2">4,000 人</td> </tr> <tr> <td>計画下水量</td> <td colspan="2">780 m³/日</td> </tr> </table>	計画処理人口（2025）	38,200 人		計画下水量	7,330 m ³ /日		汚泥処理	機械脱水後 ABC 処理場に搬送 （後述のサンタ・クルズ処理場の汚泥も一緒に処理する）		計画処理人口（2025）	4,000 人		計画下水量	780 m ³ /日										
計画処理人口（2025）	38,200 人																								
計画下水量	7,330 m ³ /日																								
汚泥処理	機械脱水後 ABC 処理場に搬送 （後述のサンタ・クルズ処理場の汚泥も一緒に処理する）																								
計画処理人口（2025）	4,000 人																								
計画下水量	780 m ³ /日																								
道路透水性舗装	<p>非正規居住地区は SBC 市による合法化が前提となる。</p> <table border="0" data-bbox="531 1816 1177 1995"> <tr> <td>計画対象区域</td> <td colspan="2">ビリングス湖北側湖畔地区</td> </tr> <tr> <td>舗装延長</td> <td colspan="2">29.2 km</td> </tr> <tr> <td>排水ます</td> <td colspan="2">202 個</td> </tr> <tr> <td>マンホール</td> <td colspan="2">24 個</td> </tr> </table>	計画対象区域	ビリングス湖北側湖畔地区		舗装延長	29.2 km		排水ます	202 個		マンホール	24 個													
計画対象区域	ビリングス湖北側湖畔地区																								
舗装延長	29.2 km																								
排水ます	202 個																								
マンホール	24 個																								

	排水管 2.5 km 宅地排水管 12.4 km
アルバレンガ公園整備	公園整備の対象となるアルバレンガ地区の下水幹線は、アルバレンガ川に沿って建設されるが、自然河川のままになっているため河川整備が必要で、生活環境改善計画（Pat-Prosanear）の下で実施されることになっている。この河川整備とアルバレンガ幹線敷設に併せて公園を設置するもので、雨水流出抑制と地下水涵養の他に副次的な機能も期待できる。 位置 アルバレンガ地区 計画対象面積 21,121 m ²
旧アルバレンガごみ処分場改善	ごみ処分場の一部が崩れてごみが露出し、そこから浸出液が流出している。このため法面安定化工事を行った後、盛り土、排水、緑化を施す。浸出液は貯留槽に集めて後、SABESPのABC処理場に搬送する。この他管理用施設として道路、フェンス、監視小屋、照明設備を設置する。 位置 アルバレンガ地区 計画対象面積 25ha
環境センター	M/Pで提案された環境体験学習センターと水質管理センターが同じ場所で隣接して計画されていたが、SBC市との協議の中でそれぞれの機能を維持した上で、環境センターとして一体化されたものである。 位置 リアッシュョ・グランデ地区のエストリル公園内 構造 鉄筋コンクリート及び一部鉄骨造り 建築面積 2,700 m ² 施設 展示室、体験学習室、資料室、学習室、食堂、合宿用寝室、水質試験室、研究室、事務／管理室 機材 水質試験機器、フローティング・スクール用船舶、バス、業務用車両
植生浄化施設	自然浄化機能を活用した植生浄化技術に関する知見を得るために施設を設置してデータを収集する。 場所 ピニエイリニョ処理場前面水域（2,250 m ² ） 適用植生 ホテイアオイ等浮遊性植生 備考 植生の浮遊散逸防止のためフローティング・フェンスを設置する。

19 財務評価

ビリングス湖水質改善プログラムの優先プロジェクトは SBC 市と SABESP が実施する。各事業主体別に財務計画を検討する。

SBC 市所管事業

- 1) 環境センター（環境体験学習センター、水質管理センター）事業
- 2) 道路透水性舗装事業
- 3) 旧アルバレンガごみ処分場改善事業
- 4) 植生浄化モデル事業
- 5) アルバレンガ公園整備事業

SABESP 所管事業

- 1) 都市部下水道整備事業
- 2) 散在コミュニティ下水道整備事業

(1) SBC 市所管事業

表 15 SBC 市所管事業費用まとめ

	投資費用 (1000R\$)	シェア	運転管理費 (1000R\$)	シェア
環境センター事業	8,766	16.6%	1,379	85.2%
道路透水性舗装事業	27,691	52.3%	2	0.1%
旧アルバレンガごみ処分場改善事業	12,803	24.2%	128	7.9%
植生浄化モデル事業	712	1.3%	98	6.1%
アルバレンガ公園整備事業	2,942	5.6%	11	0.7%
合計	52,913	100.0%	1,619	100.0%

円借款の適用条件を前提に、各事業の費用項目別に、資金調達源を仕分けした。事業費積算の際、内貨部分、外貨部分に区分して費用見積もりを出したが、外貨部分は 100%JBIC 資金とした。内貨部分は 25%を SBC の自己資金、75%を JBIC 資金とした。SBC は財政責任法に基づく直接借款の適格性については 2004 年データにより確認できている。すなわち、円借款を要請する基本条件は満たしている。

表 16 SBC 市所管事業資金計画 (案)

	投資費用 (1000R\$)	SBC 資金 (1000R\$)	円借款 (1000R\$)	円借款 (1000Yen)
環境センター事業	8,766	1,938	6,827	355,767
道路透水性舗装事業	27,691	6,470	21,221	1,105,815
アルバレンガ旧ゴミ処分場改善事業	12,803	2,991	9,811	511,267
植生浄化モデル事業	712	166	545	28,416
アルバレンガ公園整備事業	2,942	1,984	958	49,928
合計	52,913	13,550	39,363	2,051,193
	100%	26%	74%	

(2) SABESP 所管事業

1) 都市部下水道整備事業

投資費用は合計で 124,833 千 R\$ と算定された。その内訳は、建設費用 Lot1 が 54,571 千 R\$ (44%)、建設費用 Lot2 が 21,660 千 R\$ (17%)、建設費用 Lot3 が 37,215 千 R\$ (30%)、設計管理費 9,907 千 R\$ (8%)、用地収用費 1,480 千 R\$ (1%) である。

運転管理費は、毎年 1,140 千 R\$ である。

2) 散在コミュニティ下水道整備事業

投資費用は合計で 22,752 千 R\$ と算定された。その内訳は、サンタ・クルス建設費用（設計管理費、用地収用費を含む）が 4,956 千 R\$ (22%)、リアッショ・グランデ建設費用（同上）が 17,796 千 R\$ (78%) である。

運転管理費は、2013 年稼働以降漸増するが初年度は 822 千 R\$ である。

表 17 SABESP 所管事業 事業費用

	投資費用 (1000R\$)	シェア	運転管理費 (1000R\$)	シェア
都市部下水道整備事業	124,833	85%	1,140	58%
散在コミュニティ下水道整備事業	22,752	15%	822	42%
合計	147,585	100%	1,962	100%

2 事業合計 147,585 千 R\$ の投資費用は、SABESP 自己資金 33,809R\$ (23%) および JBIC 資金 113,776 千 R\$ (77%) により調達される。円換算で JBIC 資金は 59.3 億円になる。

運転・維持費用は全額 SABESP の自己資金となる。

表 18 SABESP 所管事業 資金計画 (案)

	投資費用 (1000R\$)	SBC 資金 (1000R\$)	円借款 (1000R\$)	円借款 (1000Yen)
都市部下水道整備事業	124,833	29,842	94,992	4,950,020
散在コミュニティ下水道整備事業	22,752	3,968	18,784	978,833
合計	147,585	33,809	113,776	5,928,852
	100%	23%	77%	

財務分析 (費用便益計算)

事業費 (費用) の見積もりと合わせて費用便益計算を行った。表 18 に費用便益計算の結果をまとめた。2006 年度を基準年にして、2008 年事業 (詳細設計) 開始から 25 年間 2033 年までをプロジェクト期間として、12% の割引率を用いた。

表 19 SABESP 所管優先プロジェクトの費用便益計算結果

プロジェクト	NPV (1000R\$)	B/C 比率	FIRR
都市部下水道整備事業	-34,334	0.45	2.6%
散在コミュニティ下水道整備事業	-8,529	0.42	0.1%

都市部下水道整備事業について、正味現在価値 (NPV)、費用カバー率 (B/C Ratio) はマイナスであり、財務的内部収益率 (FIRR) は 2.6% と財務的にはフィージブルとは言いがたいが、円借款の金利を上回っている。設定した徴収率よりも高い徴収率で収入を増やす努力、投資費用、運転維持費用を節約することが必要である。

散在コミュニティ下水道整備事業は、都市部下水道に比べても採算性はわるい。FIRR はほぼゼロであり、NPV はマイナスである。料金徴収率を高める、あるいは適用料率を変えるなどの収益向上対策、工事コストの削減、維持管理コストの削減などの対策を総合的に検討する必要がある。

20 環境影響評価に係る支援

(1) 優先プロジェクトの環境認可の必要性

本調査で提言された優先プロジェクトに対しサン・パウロ州環境影響評価制度に基づく環境影響評価 (EIA/RIMA) の必要性について、また、EIA/RIMA が不要でない場合の他の手続きの必要性について、サン・パウロ州環境局 (SMA) 環境影響評価部 (DAIA) 及び SBC 市住宅環境局 (SHAMA) 環境ライセンス評価部に確認を行った結果、表 19 に示す結果を得た。

表 20 優先プロジェクトの環境認可の必要性

プロジェクト名	EIA/RIMA の必要性	EIA/RIMA 以外の手続きの要件
都市部下水道整備	EIA/RIMA は必要でない。	建設許可（LI）の申請以降の手続きが必要。事業者は、サン・パウロ州政府関係機関である CETESB、DUSM 及び DEPRAM に必要書類を提出する。
散在コミュニティ下水道整備	EIA/RIMA は必要でない。	RAP を DAIA 又は CETESB に提出する。DAIA 又は CETESB が LP、LI 及び LO の認可を出状する。
透水性舗装	EIA/RIMA は必要でない。	サン・パウロ州 DUSM に届け出、必要書類を提出する。
公園・緑地の整備	EIA/RIMA は必要でない。	サン・パウロ州 DUSM に届け出、必要書類を提出する。
旧アルバレンガ地域ごみ処分場の改善	EIA/RIMA は必要でない。	計画地は CETESB によりサン・パウロ州の汚染地域として指定され CETESB 指定の汚染地域マネジメントに基づく調査が必要。
植生浄化によるモデル・プロジェクト	EIA/RIMA は必要でない。	LP、LI 及び LO の認可取得が必要。さらに、ビリングス湖管理機関である EMAE 等からの許可取得が必要。
環境センターの設置	EIA/RIMA は必要でない。	サン・パウロ州 DUSM に届け出、必要書類を提出する。

(2) 優先プロジェクトによる想定される環境社会影響

初期環境調査結果より、以下の優先プロジェクトが、カテゴリ A ほどではないが、**表 20** に示す環境社会に対する影響が想定された。なお、環境センターについては、大きな影響が想定されず本件の検討の対象とはしない。

表 21 優先プロジェクトの実施により想定される環境社会影響

番号	プロジェクト名	環境社会影響		
		工事前	工事中	供用時
1	都市部下水道整備 (代替案1)	<ul style="list-style-type: none"> 住民移転/土地問題 	<ul style="list-style-type: none"> 交通問題/生活施設 災害(工事中の事故) 	<ul style="list-style-type: none"> 経済問題 騒音
2	散在コミュニティ下水道整備	<ul style="list-style-type: none"> 土地問題 	<ul style="list-style-type: none"> 災害(工事中の事故) 	<ul style="list-style-type: none"> 経済問題 廃棄物 悪臭
3	透水性舗装		<ul style="list-style-type: none"> 交通問題/生活施設 廃棄物 	
4	公園・緑地整備 (アルバレンガ公園)	<ul style="list-style-type: none"> 土地問題 		
5	旧アルバレンガ地区ごみ処分場の改善	<ul style="list-style-type: none"> 住民移転/土地問題 	<ul style="list-style-type: none"> 災害(工事中の事故) 	<ul style="list-style-type: none"> 災害
6	植生浄化によるモデル・プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 水域の使用権 		<ul style="list-style-type: none"> 保健衛生 廃棄物 動植物/生態系 水質汚濁 悪臭

なお、都市部下水道整備プロジェクトについては、一部、住民移転及び計画地の土地収用による土地問題が発生する。

21 事業評価

ビリングス湖流域環境改善計画について、以下の7つのプロジェクトが優先プロジェクトとして提案された。

SBC 市所管事業

- 1) 環境センター事業
- 2) 道路透水性舗装事業
- 3) アルバレンガ公園整備
- 4) 旧アルバレンガごみ処分場改善事業
- 5) 植生浄化

SABESP 所管事業

- 1) 都市部下水道整備事業
- 2) 散在コミュニティ下水道整備事業

(1) 財務面

SBC 市所管事業は 5 事業とも収入を見込まない。このため、5 事業合計 52,913 千 R\$ の投資費用は、SBC 自己資金 13,550 千 R\$ (26%) および JBIC 資金 39,363 千 R\$ (20.5 億円) (74%) により賄われる。運転・維持費用毎年 1,690 千 R\$ は全額 SBC の自己資金となる。しかし、SBC は財政責任法に基づく直接借款の適格性については 2004 年データにより確認できている。すなわち、円借款を要請する基本条件は満たしている。

環境センターについては、収入を得る可能性はあり、これを考慮したときには依然財務的にフィージブルといえないが、低利資金を導入して、運営を工夫すれば、実施しうる事業計画案と言える。

SABESP 所管事業のうち、都市部下水道整備事業について、NPV、B/C Ratio はマイナスであり、FIRR は 2.6% と財務的にはフィージブルとはいえないが、円借款の金利を上回っている。設定した徴収率よりも高い徴収率で収入を増やす努力、投資費用、運転維持費用を節約することが必要である。

また、散在コミュニティ下水道整備事業は、都市部下水道に比べても採算性はわるい。FIRR はほぼゼロであり、NPV はマイナスである。料金徴収率を高めるなどの収益向上対策、工事コストの削減、維持管理コストの削減などの対策を総合的に検討する必要がある。

感度分析の結果によれば、徴収率を高める工夫、たとえば住民に対する環境教育などをもって収入向上を図ることで、財務的な健全性は良くなる、ことを示している。

(2) 社会経済面

本計画はビリングス湖の水質悪化を防止し、水質改善により、とくにこれを水道水源として利用している大サン・パウロ圏の人々の生活を守るものであることに留意する必要がある。SABESP は現在、リオ・グランデ・アームより 4.7 m³/s を取水して、主に大サン・パウロ圏 ABC 地域の 160 万人に給水を行っている。一方、グアラピランガ湖からは 13.38 m³/s を取水して 380 万人に給水を行っているが、このうち 4.0 m³/s (30%) はビリングス湖タクアセトゥーバからグアラピランガ湖への送水分に依存しており、ビリングス湖の給水人口は約 114 万人 (=380 万人 x 0.30) となる。したがって、両湖を合わせると 274 万人の水源となっており、大サン・パウロ圏の総給水人口 1,880 万人の 14.6% を担っている。SABESP は需要水量の増大に応えるために、ビリングス湖のリオ・ペケーノ・アームをリオ・グランデ・アームと同様に堰堤で仕切って完全にビリングス湖から分離し、リオ・グランデ・アームとトンネルで結んでリオ・グランデ浄水場を拡張することを計画しており、リオ・グランデ・アームを含むビリングス湖の水道水源としての重要性はいよいよ増している。

本計画で提案されているプロジェクトの実施は、「水と人と緑の共生」を求めてビリングス湖流域環境改善を通じて豊かな自然の保護、安全な水の供給、憩いの場の提供を図るという明白な便益に加えて、雇用機会の増大、浄水コストの削減、藻類・水草の除去費用削減、土地価格の上昇以下の社会経済的便益をもたらす。

(3) 技術面

本計画で提案されているプロジェクトは、環境センターと植生浄化を除くと、関係実施機関においていずれも実績のあるものであり、安全性・確実性・実現性から見て問題となるものはない。環境センターと植生浄化は SBC 市にとっては新しい経験で、前者は技術的というより運営面での経験を積んでいく必要がある。後者は計画から設置、維持管理まで CETESB、大学・研究機関及び国内・国外の知見を集めて慎重に進める必要がある。

(4) 組織体制面

本計画で提案されているプロジェクトのうち下水道事業はサン・パウロ州が大株主になっている上下水道サービス会社の SABESP 所管となる。SABESP はそのずば抜けた規模にも関わらず効率的な運営を行っており、ブラジルはもとより国際的にも日本・韓国と同等の水準にある。したがって、組織的には問題ない。

下水道以外の透水性舗装、公園整備、旧ごみ処分場改善、環境センター、植生浄化のうち、SBC 市にとっては環境センター及び植生浄化がまったく新規のプロジェクトで、これに伴うスタッフの確保が必要となる。環境センターについては”Seminário Billings 2002”に代表されるようにさまざまな人々が関心をもっており、広く募れば人材確保は可能で、またボランティアに協力してもらうことも可能と考えられる。運営にあたっては広く意見を集めることが望ましい。環境センターの研究課題となる植生浄化については水質・生物に詳しい経験者を求めるべきである。

(5) 環境面

本調査では本計画で提案されているプロジェクトについて相手国環境影響評価制度の要件勘案しながら JICA 環境ガイドラインに基づくスリーニングを行った。その結果は各プロジェクトは環境社会に対して重大な影響を与えるもの（カテゴリーA）とは想定されず、ほとんどはカテゴリーA に比較して与える影響が小さいもの（カテゴリーB）に該当するとみなされている。

本計画はビリングス湖の流域環境改善を目的にしており、採用された工事を伴うプロジェクトは行政側が中心となり、環境改善活動は行政側を含めて地域住民・市民団体・学校といったステークホルダーが協力して行うことを提案しており、その環境影響を最小限にとどめるよう努力することは言うまでもない。

(6) 総合評価

これまでの検討の結果、提案されているプロジェクトは財務、社会経済、技術、組織制度、環境の各項目に照らして実施するのが妥当であると判断される。

22 事業実施計画

(1) 実施スケジュール

事業実施スケジュールは図 12 に示すように、2007 年より、融資機関及び国内手続きを開始し、同年中に融資機関との L/A 締結をめざすものとする。2008 年にはコンサルタントを選定して、同年中頃より詳細設計を開始する。2009 年にはコントラクターの選定を行って、2010 年より工事に着手し、2014 年にはすべての工事の完了するものとする。

対融資機関借款交渉	12 ヶ月
対 COFIEX 承認申請	12 ヶ月 (対融資機関借款交渉と並行作業)
コンサルタントの選定	6 ヶ月
詳細設計	42 ヶ月
施工管理	60 ヶ月 (詳細設計と一部並行作業)
コントラクターの選定	12 ヶ月
建設工事	60 ヶ月

ここで、詳細設計に 42 ヶ月と長くとっているのは、ビリングス湖の北部地域で計画している都市部下水道整備及び道路透水性舗装の対象地区に非正規住居地区を含んでいるため、これらの合法化作業の進捗を待つて都市部下水道整備及び道路透水性舗装の詳細設計を開始することを想定していることによる。

(2) 事業実施計画

表 22 優先プロジェクト建設費総括表

担当機関	事業名	R\$	Equivalent JY
SBC	道路の透水性舗装	25,879,000	1,348,500,000
SBC	旧アルバレンガごみ処分場改善	11,965,000	623,400,000
SBC	アルバレンガ公園整備	1,168,000	60,800,000
SBC	環境センター	8,192,000	426,800,000
SBC	植生浄化	665,000	34,600,000
	計	47,869,000	2,494,400,000
SABESP	都市部下水道整備		
	下水移送システム	54,571,000	2,843,600,000
	Area A-Fのポンプ施設及び圧送管	21,660,000	1,128,700,000
	Area A-Fの面整備	37,215,000	1,939,200,000
	小計	113,446,000	5,911,600,000
SABESP	散在コミュニティ下水道整備		
	Ria c ho Grandeシステム	16,632,000	866,600,000
	Santa Cruzシステム	4,430,000	230,800,000
	小計	21,062,000	1,097,500,000
	計	134,508,000	7,009,200,000
	合計	182,377,000	9,503,600,000
	コンサルティング・サービス	14,733,000	767,700,000
	予備費	工事費 x 0.10	18,238,000
	用地費	3,388,000	176,500,000
	総計	218,736,000	11,398,300,000
SBC	工事費	47,869,000	2,494,500,000
	コンサルティング・サービス	3,352,000	174,700,000
	予備費	工事費 x 0.10	4,787,000
	用地費	1,692,000	88,200,000
	合計	57,700,000	3,006,700,000
SABESP	工事費	134,508,000	7,009,200,000
	コンサルティング・サービス	11,381,000	593,100,000
	予備費	工事費 x 0.10	13,451,000
	用地費	1,696,000	88,400,000
	合計	161,036,000	8,391,600,000
	総計	218,736,000	11,398,300,000

R\$1=JY52.11

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
対国際金融機関借入交渉	■	■							
		▲ L/A締結							
対COFIEX承認申請	■	■							
土地使用/収用手続き	■	■	■	■	■				
非正規住居地区の合法化・地区再整備	■	■	■	■	■				
コンサルタントの選定									
ショート・リストの作成		■							
招請状の作成		■							
プロポーザル作成(45-60日)		■							
プロポーザルの評価		■							
コンサルタント選定		■							
契約交渉		■							
コンサルタント契約承認申請		■							
コンサルティング・サービス									
詳細設計		■	■	■	■	■	■	■	■
環境認可(RAP/EIA)取得手続き		■	■	■	■	■	■	■	■
施工管理				■	■	■	■	■	■
コントラクターの選定									
公示			■						
事前資格審査書類作成			■						
事前資格審査			■						
入札公示			■						
入札書類作成(45日以上)			■						
入札内容の評価と評価報告書の作成			■						
コントラクター選定			■						
契約交渉			■						
コントラクター契約承認申請			■						
建設工事									
SBC関連工事									
道路透水性舗装工事						■	■	■	■
アルバレンガ公園整備工事						■	■	■	■
旧アルバレンガごみ処分場改善工事						■	■	■	■
環境センター建設工事					■	■	■	■	■
植生浄化施設設置工事					■	■	■	■	■
SABESP関連工事									
Imigrantes-Couros下水幹線(ポンプ含む)工事					■	■	■	■	■
A-F地区下水道整備工事					■	■	■	■	■
Riacho Grande & Santa Cruz System工事					■	■	■	■	■

図 12 ビリンガス湖流域環境改善事業実施スケジュール

23 勧告と提言

(1) 下水道普及率の向上

ビリングス湖流域における最大の汚濁負荷発生源は生活排水であるが、現在の下水処理率は、わずか 8%に過ぎず、大半の下水はビリングス湖へ垂れ流しされている。したがって、ビリングス湖流域においては下水道の普及が最優先課題であり、このため、都市部及び散在コミュニティの下水道整備は住民が望めば直ちに下水管に接続できるように、各家庭の前面道路に配置される公設ますまでを対象にしている。

事業実施後における課題はビリングス湖流域における下水道接続率をいかに高めるかにかかっている。環境社会意識調査によれば、流域住民に自分がビリングス湖を汚しているという意識は希薄で、下水道に接続したときの料金支払い意思も低いという結果が出ているが、一方で環境改善活動に対する高い参加意識を有している。このことはきっかけを与えれば住民意識を変えられる可能性を示唆しており、このためには住民啓発・環境教育を通じて、あるいは、「ビリングス湖をきれいにする会」の活動を通じて、ビリングス湖を汚しているのは自分自身であることを一人ひとりが自覚して、下水道に早期に接続するようにもって行くことが重要である。

また、後述するようにビリングス湖湖畔に多い非正規住宅の合法化の過程で、下水道への接続と料金支払いを合法化の一つの要件とすることも有効な手段と考えられる。

下水道事業の実施機関は SABESP であるが、下水道への接続推進は保健所の役目とされている。しかし、ビリングス湖の水質改善に向かって、SABESP、保健所、SBC 等関係機関が一丸となってキャンペーンを張って、接続率の向上に全力を挙げて取り組むことを助言する。

(2) 非正規住居地区の合法化の促進

今日においてビリングス湖の最大の汚濁源が生活排水であることは論を待たない。湖畔に多く位置するこれら非正規住居地区の生活排水を放置しては、提案された下水道整備も画龍点睛を欠くといわざるを得ない。これらの非正規住居地区に対しては家庭から排出される生活排水の下水道への排出と下水道料金の支払いを条件に、合法化を促進すべきである。住民、市及び環境検察官との間で締結されている三者協定 TAC は住民と市の分担してなすべきことを定めているが、SABESP による下水道面整備は住民と市双方の負担を軽減するものであり、その見返りとして、住民に下水道への接続と料金の支払いを求めることは十分な正当性があり、ビリングス湖流域環境改善に最も直接的関わる根幹的要求である。

(3) 「ビリングス湖をきれいにする会」の早期立ち上げ

ビリングス湖の流域環境改善は SBC 市の努力のみで達し得ず、流域におけるすべてのステークホルダーが協力、分担して行動しなければ、目標達成は難しい。そのためにはできるだけ早く「ビリングス湖をきれいにする会」を立ち上げ、全員が一体とな

って行動することである。この「ビリングス湖をきれいにする会」の母体として期待できるのが、地域都市連合である ABC コンソーシアムである。この ABC コンソーシアムには流域 6 都市のうちサン・パウロを除く 5 都市が加盟し、しかも、水源保護地域であるビリングス湖流域のあり方について議論を重ねている部会もある。また、ABC コンソーシアムの会長は SBC 市市長が勤めており、その協力を得やすい状況にあるといえる。

問題はサン・パウロの参加が得られるかにかかっている。SBC はビリングス湖流域に最大の行政面積と湖水面積を有するが、サン・パウロは流域人口の 54.3% を占めており、ビリングス湖流域における最大の汚濁負荷発生源であり、その協力なくしては、効果は半減するため、その参加を積極的に働きかけるべきである。

(4) 環境センターの共同運営

SBC 市所管事業として提案されている 5 つのプロジェクトは、現状では収入を伴わないため、外国援助機関の融資を受けて事業が実施されたとしても、SBC 市は「投資費用の自己負担分」＋「投資費用の借款分の元利償還費」＋「運転管理費」を長期にわたって負担しなければならない。なかでも、環境センターの運転管理費は全体の運転管理費の 64% を占めている。この環境センターはその運営方法によっては収入を得られる可能性がある。例えば、その利用を流域住民に開放することによって、流域関連都市の共同運営としてその費用を分担するということが考えられる。そのような共同運営に参画することによって、流域関連都市間に流域環境改善への連帯意識が生まれ、環境センターはそのシンボルとして持続可能性が大きく高まると期待される。

(5) 植生浄化への実験的取り組み

日本の湖沼浄化における経験によれば、下水道が整備されても湖沼の浄化が期待したほど進まないという状況に直面する。ビリングス湖流域のように下水処理率がまだ 8% という極めて低いレベルで、植生浄化の実験施設を設置して調査を開始しようというのは時期尚早であるという意見もあるが、ブラジルにおいては植生浄化の研究が進んでいないため、早めに調査研究に着手して、知見を集めておこうということで、環境センターのために企画されたものである、ホテイアオイがビリングス湖に自生しているのが散見されるが、爆発的繁殖に至らない理由、植生浄化におけるデング熱を媒介する蚊の発生の可能性、窒素・リンの吸収速度、ホテイアオイの収穫量、処分方法の検討等が当面の研究テーマとなる。

(6) ビリングス湖堆積汚泥からの溶出負荷のさらなる調査

ビリングス湖には大量の汚泥が堆積していることが判明している。これら汚泥からの汚濁物質の溶出については不明のことが多い。これはブラジルでは湖沼の堆積汚泥からの溶出についてほとんど調査がなされていないため、現状では溶出による汚濁負荷量を精確に把握することは困難である。下水道が整備されても窒素、リン等については堆積汚泥からの溶出によって環境保全目標を達成できないということも在りうる。このためには堆積汚

泥からの溶出について調査し、溶出による汚濁負荷量を精確に把握するよう努めることが肝要である。汚泥の浚渫に多大の費用と時間がかかるため、溶出による汚濁負荷量に基づいてその是非を検討すべきである。

(7) 住民啓発・環境教育の重要性

湖沼は一度汚染されたらその回復は容易ではない。考えられるハードウェア的対策をとるにしても、流域住民がビリングス湖の重要性をよく認識して、その恵みを享受するために「排水を出さない、汚さない」という精神の下に日々の生活を律することが求められる。このためには、これまで以上に、学校、コミュニティ、メディア等さまざまなチャネルを通じて住民啓発・環境教育を持続的に行っていくことが必要である。