

河川環境総合研究所資料

第 23 号

第 1 2 回世界湖沼会議とインドの湖沼環境改善
に関する調査報告書

平成 20 年 1 月

財団法人 河川環境管理財団
河川環境総合研究所

はじめに

財団法人河川環境管理財団では、湖沼の水環境保全を目的とした適切な管理手法について、国土交通省、千葉県等の委託による調査や財団の独自研究などにより研究を進めてきた。最近では平成 11 年度より始まった湖沼技術研究会において、網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖をフィールドとした調査・研究を行い、「湖沼における水理・水質管理の技術」をとりまとめたところである。

世界湖沼会議は湖沼の管理及び環境改善についての経験の共有と今後に向けた議論を行うとともに、関係する政治家や行政担当者、科学者、NGO などの利害関係者の交流を促進することを目的とした会議で、昭和 59 年に滋賀県の提唱により始められた。様々な条件下における湖沼の課題とその解決策、解決のプロセスを知ることが、わが国の湖沼にとっても極めて有意義と考えられる。

当財団は、北海道東北部の網走湖において青潮とアオコの抑制を主たる目的とした水質保全策の検討を昭和 62 年度より実施しており、その成果を踏まえて、これまでに第 8 回と第 9 回の世界湖沼会議で報告している。第 12 回にあたる今回は網走湖において海水の遡上を抑制することを目的として平成 17 年度と 18 年度に行われた実験結果を中心とした論文を国土交通省と共著で発表した。

会議のあと、インドの湖沼環境の現状とその改善策の実施状況に関して現地調査を行った。インドの実情を踏まえた課題と対策は広範囲に亘っており、全てを紹介することは困難なので、湖沼保全に関するインドの制度、都市域からの汚濁という課題の解決に挑む 2 つの湖沼と汽水域で再生を果たした湖沼の事例に絞って紹介する。

平成 20 年 1 月

技術参与 酒井憲司

目 次

はじめに

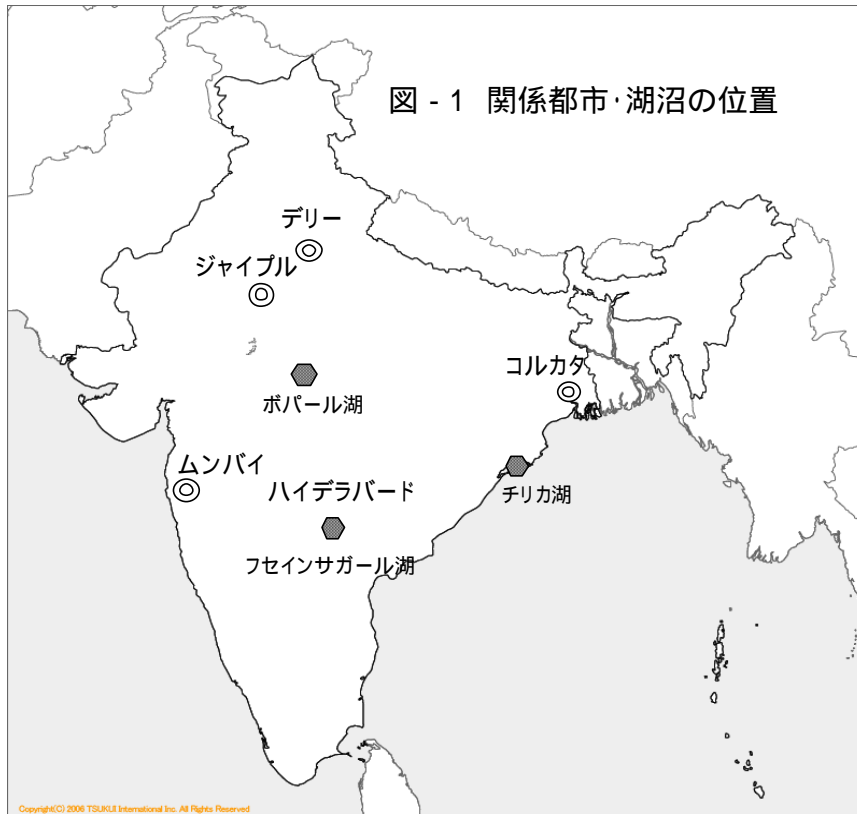
1 . 会議及び調査の概要	1
2 . 会議の開会式の挨拶から見た課題の総括	2
2.1. インドノパティル大統領の挨拶	2
2.2. インド環境森林省のミーナ大臣の演説	5
2.3. チョブラ博士の基調演説	6
3 . 会議の紹介	8
3.1. 世界湖沼会議の経緯	8
3.2. ジャイプル宣言	8
3.3. インド以外の国からの情報	9
4 . インドの河川・湖沼の保全に関する制度	12
4.1. 河川等の所管	12
4.2. 環境保全関連の法律	12
4.3. 国レベルの水域保全計画	13
4.4. 下水道に対する補助制度	14
4.5. 下水道に関する情報	14
5 . インドにおける湖沼環境保全の取り組み事例	16
5.1. チリカ湖再生事業とその成果	16
5.2. ボパール湖再生事業とその成果	20
5.3. フセインサガール湖再生事業の概要	26
6 . 財団発表論文の概要	35
7 . 謝辞	37
参考資料	38

1. 会議及び調査の概要

第12回の世界湖沼会議は平成19年10月29日から11月2日にインドのジャイプルで開催された。会議は湖沼の管理及び環境改善についての経験の共有と今後に向けた議論、及び政治家、行政、科学者、NGOなどの利害関係者の交流等を目的としており、今回は「未来のための湖沼と湿地の保全」をテーマに、59カ国から約600人が参加して行われた。

この会議は滋賀県の提唱により始められ、第1回が昭和59年に滋賀県大津市で開催され、その後平成7年に第6回が茨城県つくば市と土浦市で、平成13年に第9回が再び大津市で開催されている。また滋賀県草津市にある財団法人国際湖沼環境委員会（ILEC）が12回全ての会議の共催者となるなど、わが国が会議の運営において主導的な役割を果たしている。

当財団では、国土交通省と連名で網走湖に関する論文を提出するとともに、10月28日から11月7日の日程で、会議への参加とインドの湖沼環境改善に関する情報



収集を行った。論文については国土交通省河川局河川環境課の井田課長補佐が10月29日に発表を行った。インドの湖沼環境改善については、会議での情報収集とともに会議の前後にインドに滞在中のJICA専門家の協力を得て情報収集を行った。本報告は世界湖沼会議の概要とインドの湖沼環境改善の取り組みについてまとめたものである。

る。

図 - 1 に会議の開かれたジャイプルと湖沼環境改善で取り上げる3つの湖沼（チリカ湖、ボパール湖、フセインサガール湖）の位置を示す。

2. 会議の開会式の挨拶から見た課題の総括

10月29日の開会式における挨拶・演説の中で、湖沼の意義、湖沼における現状と課題、インドにおける取り組みなどが分りやすく報告された。以下、インドのパティル大統領、ミーナ環境森林省大臣、チョプラ博士の3名の演説内容を紹介することで湖沼に関する課題の総括とする。

2.1. インドのパティル大統領 (Ms.Patil) の挨拶

パティル大統領はインドにおける湖沼の存在の大きさ、課題を抱えた湖沼の再生の取り組み、世界の湖沼におけるこれまでの経緯と今後の課題などにふれながら、湖沼の保全に対する決意を表明された。素晴らしい内容なので、以下に全文を紹介する。

(写真 - 1 : 前列左から4人目が大統領)



インド環境森林省がラジャスタン州政府の協力を得て開催した第12回世界湖沼会議に、世界各地及びインド各地から参加された多数の皆様を心より歓迎いたします。またこの会議をインドのジャイプルで開催することを快く了承していただいた国際湖沼環境委員会に対して御礼を申し上げます。湖沼を含めて多様な水域のあることでよく知られている南アジアで初めて開催されますことを嬉しく思います。

水は生命であり、生命あるものは水なしには存在できません。また水は生命を育み、支える働きゆえに聖なるものであります。このことは詩聖ラヒムの次の言葉にうまく表されています、『水を守りなさい、水なしでは全ては命を失うから。真珠もヒトも穀物も何も育たなくなる。』

水は地球上に豊富に存在していますが、ヒトの生活を支えているのは地球上の淡水のたった2%です。この淡水の3/4以上は湖沼と湿地に存在しており、ヒトの生活、農業、産業に利用されるとともに、豊かで多様な生物の生息・生育の場となっています。

湖沼は景観の中で最も美しく、表情豊かな存在です。湖沼はよく「地球の眼」と

表現されますが、まさにその通りです。汚れない湖沼は周りの美と喜びを反映していますが、ゴミの投棄にむせぶ汚染された湖沼は盲目のようです。残念ながら現在は、過度の開発や生活及び産業廃棄物の投棄により多くの湖沼が汚染され盲目にされつつあります。肝に銘じておくべきは、私たちは地球とその資源の管理人であるということです。適切な処置を怠ると、私たちは後世の世代の人々から自然の美や偉大さ、そして豊かな恩恵を奪ってしまうという罪を犯すことになります。

インドには多数の、変化に富んだ湖沼があります。それらの多くはユニークな生態系を持ち、歴史的、文化的、生物学的に価値があるだけでなく、機能面でも大切な役割を果たしています。ヒマラヤには規模は小さいけれども多くの賢者たちが瞑想にふけてきた極めて神聖な湖が何百とあります。宇宙の創始者であるブラフマーに捧げられたプシュカール湖などの湖は、毎年冬の始めに行われる沐浴のために世界各地から来る何百万という信者や観光客を魅了しています。

インドでは自然の湖沼が重要であるとともに、降水を貯めて利用するために湖を作るという昔からの伝統があります。湖の建設は良き王の務め、共同体の聖なる行為と考えられてきました。ボージ王がボパールにボージ湿地という名前で知られる大きな湖を建設したのは 1000 年以上前です。ラジャスタンにはピチョーラ湖やジャイサマンド湖、ファテサガール湖、ウマイドサガール湖などの大規模な湖が建設されており、人工湖建設の中心地でした。ここジャイプルにマンサガール湖が作ら

れたのは 400 年以上前で、市の建設より前で、また市に飲料水を供給するためにジャムワラムガルフ湖が建設されたのは 125 年以上前です。人工湖が最も集中しているのはアンドラプラデッシュ州とカルナタカ州です。現在インドには小さなため池まで含めると 130 万以上の人工湖があります。



(写真 - 2 : ジャイプルのマンサガール湖、かなり富栄養化している。)

都市化及び産業化とともに水域の状態が非常に悪化したことは極めて重大です。湖岸ぎりぎりまでの開発、ゴミの投棄、家庭下水や産業排水の流入が莫大なものとなっていますが、こうした状況はインドやその周辺だけのものではないでしょう。約 50 年前にヨーロッパと北アメリカの湖沼は大変汚染されました。ヨーロッパで

は農地からの栄養塩と洗剤の流入が湖沼の富栄養化を招きました。北アメリカの五大湖では家庭下水の流入により同様の現象が発生しました。他の地域でもそれぞれの事情により湖沼に重大な環境悪化が起きています。日本の琵琶湖は家庭下水により水質が悪化しました。こうした湖沼の中には再生のために甚大な努力が払われ、環境の改善を達成したところもあります。こうした事例は、先進国の湖沼と途上国の湖沼との間に協力関係を構築するという「姉妹湖沼」という取り組みの可能性を開くことにつながります。この取り組みに参画する先進国は、経験の共有とともに途上国に対する資金面の支援や技術面の協力を約束すべきです。

地球温暖化と気候変動は世界中の湖沼と湿地の将来にとって重大な脅威となっています。IPCC の最新の報告によれば地球温暖化は淡水資源と内陸の水系生態系に大きな影響を及ぼすとされています。降雨の変動の激化と気温の上昇は、氷河の溶解を引き起こすことにより、最初は河川への流出量を増やしますが、やがて河川の水の枯渇をもたらします。湖沼と湿地はその水域と生物の多様性において重大な変化を受けるでしょう。特に淡水資源の統合的管理計画においては、気候変動の影響に対する対応策を主要な要素として考慮すべきです。

湖沼を救うためには効果的で法律に基づく保護が必要な場合があります。インドは湖沼と湿地に関する問題についてよく認識しており、対応策を取り始めています。インドは世界で最初に水質汚染防止のための包括的な法律を制定した国の一つであり、1981年には湿地に関するラムサール条約の一員となることで地球的な保全運動に参加しています。また国家湿地委員会を設立し、主に都市域の湖沼を対象として汚染の防止と流域の改善を目的とした国家湖沼保全計画を制定しています。現在、1986年の環境(保護)法に基づいて国内の湖沼と湿地の保全に資する規制の枠組み作りを進めています。いくつかの湖沼の再生に向けた私たちの取り組みは広く世界に知られています。チリカ湖では自然の力によってベンガル湾との連絡が絶たれたことにより水の交換が悪くなり、塩分濃度が変化しました。そこでチリカ湖の水循環再生事業が直ちに実施され、そのことに対してラムサール保全賞がインドに贈られました。またボパール湖の再生事業では、地域の集落の積極的な参画と湖の流域を含めた検討の実施により国際的な賞賛を得ています。

しかしながら、私たちは他の国々の湖沼再生に関する経験から学び、私たちの条件に合う手法と技術を利用したいと考えています。湖沼保全の運動は世界規模で行うべき分野です。水の安全を確保するために国際的な協調への道筋を真剣に検討する時期に来ています。技術の共有と能力開発がそうした協調における主要な項目となるでしょう。私たちの湖沼の健全さを取り戻すためには個人、地域の集落、NGO、政府など全ての利害関係者の参画が必要と信じます。持続可能な方法による湖沼保全を成功させるためには人々の参画が鍵となります。このために人々がいかなる行為にせよ意識して水域を汚さないという行動様式が必要となります。地域の団体を参画させることは、湖沼が自分たちのものという意識と湖沼の維持・管理に対する

プライドを植え付けることにつながります。NGO は湖沼を保全するというニーズの把握だけでなく、地域の集落における能力開発にも貢献できます。私たちは「湖沼救済運動」において成功を収めるためにはひとつになって働かねばなりません。今回の世界湖沼会議がそうした運動の先駆けになってもらいたいと思います。

私は一週間にわたる会議における討議を通して、水域の保全とよりよい状態（汚染がない状態ではないかもしれないが）への再生に関する新しい知識とアイデアがもたらされることを期待しています。私はこの会議で現実的な勧告を出されることを確信しています。以上をもって開会の言葉とします。

2.2. インド環境森林省のミーナ大臣（Mr.Meena）の演説

主催者であるインド環境森林省の環境担当のミーナ大臣は、湖沼と湿地の保全に取り組むインドの政策について述べられたので、以下に全文を紹介する。

第 12 回の世界湖沼会議が桃色の街として有名なジャイプルで開かれることを歓迎する。湖沼は地球上の景観にとって重要な要素である。湖沼は河川水や地下水と並んで重要な水源となっているだけでなく多様な動植物の生息環境を提供している。湖沼は地域の気候に影響を及ぼすとともに美しい景観の要素ともなっている。



(写真 - 3 : 桃色の街にふさわしい色の建物、残念ながら工事中)

湖沼の周辺は水に近いことや気候が穏やかなことから多くの人々が居住している。過去数十年間における急速な人口増加や都市域の拡大が、直接的に湖沼とその流域との関係に大きな影響を及ぼし、その結果、湖沼に流入する水の量と質の劇的な変化をもたらしている。湖沼とその周辺における生物多様性は猛烈な人間活動の犠牲となっている。

インド政府は国内の水域が直面している課題をよく認識している。国家水政策においても水にとって環境の重要性を認識しており、現在、環境流量について国内で議論が行われている。2006年に承認された国家環境政策では湿地が提供している生態系サービスの価値について認めている。政策では、水域の悪化による経済的損失を正当に評価することによりこのサービスの適切な経済的評価を求めている。

国では 94 の湿地を対象とする湿地保全計画を策定しており、そのうち 25 がラムサール条約の指定を受けている。チリカ湿地では海との連絡を回復させたことが評価され、2003 年にラムサール保全賞を受賞している。ボージ湿地では統合的管理の取り組みが国際的に大きな賞賛を得ている。他にも集中的に取り組んでいる湿地がある。

国家湖沼保全計画は都市域及び半都市域の湖沼の汚染防止と水質改善に焦点を当てている。計画では 13 の州の 48 湖沼を対象として支援している。著名な湖沼としてはダル湖やナイニタル湖などがある。

水域の保全のために、わが省で環境保護法に基づく規制の枠組みを制定中である。世界湖沼会議は、湖沼と湿地の管理に関する様々なアイデアや経験を共有する機会を提供している。60 カ国を超える国から 800 の投稿を得ている。また会議には政府関係者、湖沼と湿地の管理者、学生、NGO、政策決定者の参加が予定されている。会議における協議と参加された科学者と管理者の皆さんが作成される提言に期待している。

2.3. チョプラ博士の基調演説 (Dr.Chopra)

インド政府の計画委員会委員であるチョプラ博士は具体的な課題に踏み込んだ演説を行ったので、その概要を紹介する。

湖沼と湿地は淡水の 0.5% を保持し、全ての生物と人間活動を支えていることから極めて重要な存在である。我々は世界中の多くの小さな湖沼や池が最も人間のニーズに応えていることをよく認識しなければならない。湖沼と湿地は様々な産物とサービスを提供してくれているが、その中で最も重要なのは洪水と渇水を緩和する能力であり、またシルトを捕捉する機能である。魚と米は水域から得られる最も重要な産物であり、世界の半分の人口を養っている。湿地は温室効果ガスの発生源とも吸収源ともなりうる。

水域はその流域から沈殿性物質、栄養塩、動植物の遺体、種、卵など様々なものを受け入れている。過去数十年間の都市化、産業開発及び農業の集約化を受けた土地利用の急速な変化により、淡水域の生態系の質は急激に悪化した。湖岸への侵入により湖沼はその面積と貯水容量を減少させている。小規模の湖沼は排水と埋立のため多くが消失している。残りも泥質の堆積あるいは激しい富栄養化を経験している。この結果、淡水域の生物多様性と魚類の減少がもたらされている。

灌漑は乾燥地においては食物生産を増加させているが、多くの場合、十分な公共投資がなされないため不安定なものとなっており、目詰まりや塩分集積による灌漑システムの機能低下や病原媒介昆虫の蔓延などの課題がある。ラジャスタンのガンジー運河区域におけるマラリアの流行はその例である。

他の主な課題は、主として農業目的で行われる水のバイパス利用である。世界遺

産に登録されているケオラデオ国立公園の湿地はインドで最も有名な湿地であるが、上流で農業向けに水がバイパス利用されたため、状況は悪化している。

水域の現状は世界各地で関心を集めている。富栄養化の問題は 1950 年代にすでにヨーロッパと北アメリカの湖沼に影響を与えた。アメリカ合衆国の 50%以上の湿地が 1980 年代までに消失して、排水路と化している。過度の水のバイパス利用はカスピ海やアラル海の流域で既に起きている。

地球規模の気候変動は水資源に大きな影響を及ぼすであろう。

インドでは 1974 年に水資源の汚染防止を目的として水質汚染防止法が制定された。ガンジス川行動計画と全国河川保全計画では、下水と産業排水による汚染防止に焦点が当てられている。全国河川保全計画は現在 34 河川を対象としている。多くの湿地は野生生物法に基づいて保護されてきた。

2001 年に環境森林省は全国湖沼保全計画を策定し、13 の州の 48 の湖沼を対象としてその再生と管理のための事業を承認した。この計画への財政的支援は 2001 年当初は 2 億 5 千万ルピーであり、計画期間における総額は 22 億ルピーである。かなりの部分が観光で名高いダル湖の再生事業に向けられている。当地のマンサガール湖も計画に基づく財政支援を受けている。

統合的水資源管理に急いで取り組む必要がある。我々は食料生産のための水需要の削減に努め、灌漑や水道給水の無駄を無くして水の節約と環境の改善を進めなければならない。最低の水質の水でも灌漑やその他の用途に再利用できる。

湖沼と湿地の保全は我々にとって水の安全性を高めることとなる。このためには多方面にわたる取り組みと全ての利害関係者の参画が不可欠である。問題と取り組みの重要性を理解してもらうために、公教育と広報が必要である。

水は人類の発展、幸福そして生存にとって極めて重要である。人口の増加と水需要の増加により、現在水にゆとりのある地域でも将来はきびしい状態になる。水資源の保全と管理は極めて優先度の高いもので、生態系を踏まえた全体的かつ統合的な取り組みが求められる。湖沼と湿地の保全及び様々な水利用者のニーズの統合は最も関心と呼ぶとともに最も優先されるものである。

3. 会議の紹介

会議は10月29日から11月2日まで行われ、湖沼に関する幅広い分野の発表と討論が行われた。全てに参加することは不可能であるので、参加できた発表を中心に、会議の内容を報告する。

3.1. 世界湖沼会議の経緯（松井三郎：ILEC）

松井三郎さんから、これまでに開かれた世界湖沼会議の議論の総括が行われた。その中で、湖沼に関する主要な課題として富栄養化、酸性化、有害物質、地球温暖化が取り上げられてきたこと、議論の範囲が湖沼の管理から湖沼流域を含めた管理へと拡大してきたこと、また都市域の湖沼では環境改善の目標として水浴可能とすることが採択されるケースが多いことなどが紹介された。また今回の会議のキーワードとして水の民主主義（Water Democracy）を提案していることが披露された。

「水の民主主義」に関しては、後述するジャイブル宣言では残念ながら触れられていないが、今後の水問題を考える上で、大事なコンセプトといえる。

3.2. ジャイブル宣言

会議での議論を踏まえて、最終日の11月2日に会議から世界への呼びかけといえる勧告が出された。ジャイブル宣言と名づけられたこの勧告文は2つの部分から構成されており、前半が湖沼の現状に関する認識、後半が今後に向けた提言となっている。以下に全文を紹介する。

生活や農業、レクリエーションにおける利用、及び生物多様性保全のための生息生育環境の改善における湖沼と湿地の重要性を認識し、

生態系のもたらす様々な産物・機能の提供の点で湖沼と湿地が果たしている決定的な役割を考慮し、

社会的、文化的、精神的な面での重要性を含めた価値や機能の面から湖沼と湿地の賢明な利用に力点を置き、

開発及び人為的な圧力による湖沼と湿地の急速な悪化に関する懸念を表明し、
気候変動が湖沼と湿地に及ぼす影響に注意を払い、

湖沼と湿地が人類にもたらす様々な産物・機能についてその経済的な価値が十分に報告及び理解されていないことに留意し、

湖沼と湿地の管理についての科学的知見、適用できる技術、共有できる経験について十分に議論を行い、

湖沼と湿地の水量水質と生態学的健全性に影響を及ぼす湖沼流域の重要な役割を評価し、

統合的湖沼流域管理という考え方の出現に留意し、

湖沼と湿地の悪化を防止するために国レベルから地球レベルで必要とされる対策

の緊急性をよく理解することを踏まえて、
インド政府環境森林省により組織され、2007年10月29日より11月2日までジャ
イプルで開催された第12回世界湖沼会議は、各国政府と国際機関に対して以下の
呼びかけを行う；

- (ア)管理のための行動計画を推進するために、適切な研究方法が用いられ、デ
ータバンクが構築されること
- (イ)湖沼と湿地の状態を把握するために物理的、化学的、生物学的な基準を設
けること
- (ウ)侵略的水生生物を管理するための優先度に関する指針を定めること
- (エ)湖沼と湿地の再生を進めるために先進的で、低コストで、環境にやさしい
技術を開発すること
- (オ)水域の保全と賢明な利用のための広報計画を通して地域社会の女性と若者
を含めた全ての利害関係者の積極的な参画を進めること、及びよりよい結
果を得るために最新の技術と伝統的な知恵の融合を図ること
- (カ)湖沼と湿地を保全し、生態系から受ける様々な便益を維持するために合理
的な官民連携を進めること
- (キ)気候変動に対応するために優先度に関する科学研究が行われ、とるべき
戦略を明らかにすること、そして湖沼の持続可能性をクリーン開発メカニ
ズムと連携させることの可能性を探ること
- (ク)湖沼と湿地の管理と再生のための国際的な取り組みを進めるため強力な組
織と資金確保の仕組みを作ること
- (ケ)湖沼と湿地の持続可能な管理と再生のための研究、訓練、教育及び適正技
術の開発を進めるために、国際的な支援を受けてアジアセンターを設立す
ること
- (コ)国際的な支援を踏まえた取り組みを通して湖沼と湿地の再生と管理が進め
られること



(写真 - 4 : 会議の
昼食風景、テントの
中で扇風機を回して
食事)

3.3. インド以外の国からの情報

インドにおける湖沼と湿地の保全の取り組みについては後段で詳細に紹介するので、ここではインド以外の国の発表（の一部）を紹介する。

3.3.1 フィリピンのラグーナ湖開発庁によるラグーナデベイ湖の流域管理における挑戦（サントス - ボルジャ(A.C.Santos-Borja)さん：ラグーナ湖開発庁）

ラグーナデベイはフィリピンのルソン島にある面積900km²のフィリピン最大の湖である。ラグーナ湖開発庁は1966年に法律により設立された。湖の利用は漁業が主であるが、近年は水道水源や輸送としての利用や、湖岸の住宅地や商業地としての利用といった要請が強くなっている。

最近の20年間における流域の急速な開発は、湖へのシルトの堆積を促進し、また急速に増加する人口と産業集積による家庭と工場の廃棄物は湖の水質を脅かす存在となっている。

これに対してラグーナ湖開発庁は流域の環境悪化を防止するために、漁業に対する規制、水質汚染防止のための環境利用システム、包括的な水質監視計画、意思決定システムの継続的開発、最近では京都議定書に基づくグリーン開発メカニズムによる温室効果ガス排出量の移転などに重点を置いている。

その一環として、環境保全のために湖に排水を放流する事業者から料金を徴収している。この制度は1997年に導入され、対象は3399事業者である。料金は、排水量により決められた固定分と、BOD負荷量に応じた変動分の和である。

固定分（年間）30m³/d以下 - 155USドル

31～150 275 USドル

150以上 410 USドル

変動分（BOD負荷1kgあたり）（1USドル=43.6ペソ）

BOD 50mg/L以下 5ペソ（0.115USドル）

50以上 30ペソ（0.688USドル）

効果として、既設の処理施設的能力向上と廃棄物の減量が図られた。

3.3.2 オーストリアにおける湖沼水質の改善（ドクリル(M.Dokulil)さん）

国内には5～6千の湖沼がある。1970年代には富栄養化による水質悪化を経験した湖沼があるが、下水処理におけるりん除去の導入、湖内エアレーションの導入などにより回復した。現在は「2015までに生態学的に良好な状態にもっていく」というECフレームの実現を目指している。

3.3.3 人工湿地による排水処理（ヴィマザル(Dr.Vymazal)さん、チェコ、システム生物学・生態学研究所）

湿地の植物を利用した排水処理はドイツで1950年代に始められた。その後の様々な取り組みを経て、今日では下水、工場廃水、廃棄物埋立地からの浸出水、農

地からの流出水、降雨時の流出水などの処理に応用されている。共通する重要事項として、排水を湿地に入れる前の前処理（特にSSの除去）がきちんと行われていることが前提である。

USAでは既存の湿地を改良して用いる事例が多いが、他では人工的に作るケースが多い。

利用する植物はその生活形により、浮標植物、浮葉植物、抽水植物、沈水植物の4つに分類される。浮標植物はホテイアオイ、ウキクサのように植物体が水に浮くもの、浮葉植物はハス、スイレンのように葉のみが水に浮くものであり、抽水植物は茎や葉が水から出ているもの、沈水植物は植物体が全て水中にあるものである。

処理システムとして見た場合には、対象となる排水の流れ方により表面流方式と浸透流方式に分けられ、浸透流方式はさらに水平流と鉛直流及びこれらの組み合わせ（ハイブリッド型）に区分される。表面流方式では上記の4タイプの植物全て利用可であるが、浸透流方式では抽水植物のみ利用できる。

各地での採用事例とコメントの概要は以下の通りである。

浮標植物：ホテイアオイ（USA, サンディエゴ）の例では、クレーンで収穫し、ガスを生産している。

浮葉植物：ハスやスイレンの事例

抽水植物：下水の三次処理（スウェーデン、エストニア）、自動車道の雨天時排水処理（カナダ）

沈水植物：DOが十分に高いこと、光の透過のため濁度が高すぎないこと

鉛直流：土壤中への酸素の供給が大事、間欠通水の例あり

ハイブリッド型：水平 鉛直と鉛直 水平があり、後者の例が北海道別海町にある。

処理システムとしての特徴は以下の通りである。

施設の形状：浅い、覆い無し、

植物の扱い：植物は収穫しない（ガス生産用の場合は別）

酸素の供給：水面から酸素供給、

処理性能：SS、有機物、バクテリアの除去は良好、重金属の除去も可能、りんの除去はわずか、窒素は脱窒と揮散で除去されるが硝化は遅い。

処理性能は湿地に用いる土の材料を工夫すれば向上可能

維持管理の特徴：電力消費が無く、メンテナンス費用が安い。

質問として流入水のSSと植物の管理の問題が出された。SSについては堆積による閉塞等の障害を防ぐために前処理の徹底が必要との回答であった。植物の管理については特に熱帯では植物生長が速いことによる除草の必要性及びその費用が指摘された。

4．インドの河川・湖沼の保全に関する制度

インドの環境森林省の河川保全担当課長であるシッカさん (Mr.Sikka) に、インドにおける河川及び湖沼の保全に関する制度についてヒアリングを行った。その結果を中心としてインドの制度について紹介する。

4.1. 河川等の所管

河川等に関する所管については以下の通りである。

：河川、湖沼、湿地に関する環境保全は、環境森林省

河川の流量観測、州をまたがる水の配分は、水資源省

河川の堤防の建設・維持管理は、各州の灌漑部門

下水道の建設と運転は、基本的には各州（首都のデリーは市）

水域の水質調査及びモニタリングは、環境森林省の外郭組織の中央汚染防止委員会（CPCB と略す：Central Pollution Control Board）

環境森林省が担当している環境保全は主に汚濁負荷の削減に関するものである。

4.2. 環境保全関連の法律

インドの憲法は、環境の保全に対する国の関与について規定している。

第 48 条の A では、「国は環境の保全と改善に努めるとともに、森林と野生生物の保護に努める」と明記されており、第 51 条の A(g)では、「全てのインド市民にとって、森林、湖沼、河川、野生生物を含む自然環境を保全・改善すること、及び生き物を慈しむことは、根本的な義務である。」と規定されている。また憲法の規定により、地方自治体は湖沼の環境に関連する機能と責任を付与されている。

水質汚濁防止法の制定は 1974 年、環境保護法の制定は 1986 年である。

水質に関する環境基準は、基本的なものとして水域の利用用途に対応した A～E の類型とそれに係る項目と基準値が定められている。各類型の想定用途、水質項目と基準値を表 - 1 に示す。河川に対してはこの類型が適用されている。なお大腸菌群数は糞便性ではなく、日本と同じく土壌由来のものも含む指標を用いている。

表 - 1 基本的水質基準

類型	用途	項目							
		大腸菌群数 MPN/100mL	pH	DO mg/L	BOD mg/L	遊離NH4-N mg/L	電気伝導度 μ / ·cm	Na吸着比	ホウ素 mg/L
A	通常の浄水処理なしは 消毒のみで飲用可	50以下	6.5～8.5	6以上	2以下				
B	水浴可	500以下	6.5～8.5	5以上	3以下				
C	通常の浄水処理と 消毒で飲用可	5000以下	6～9	4以上	3以下				
D	野生生物の生育と 漁業		6.5～8.5	4以上		1.2以下			
E	灌漑、工業用冷却水 及び廃棄物処分		6.0～8.5				25 で 最大2250	最大26	最大2

湖沼の改善目標は湖に応じて設定されており、以前の状態に戻すという内容が多い。ハイデラバードで聞いた話では、国の機関である CPCB が類型分類の方法を指示、あてはめを州政府が行っているとのことである。

4.3. 国レベルの水域保全計画

環境森林省は河川、湖沼、湿地を対象とした保全計画を策定している。

a. 国家河川保全計画

1985年にガンジス川を対象とした保全計画(GAP-)が制定され、その後1995年に国家河川保全計画として拡大した。表-2 国家河川保全計画の事業費の主な用途

現計画で承認を受けている事業費は480億ルピー（12億USドル、1440億円）で、対象河川は35で、20州の164都市に関わりを持っている。事業費の主な用途を表-2に示す。下水関連が大半を占めているが、低コストトイレや火葬場の整備も盛り込まれている。

事業費の用途	割合 (%)
下水の遮集・バイパス	52
下水の処理	37
低コストトイレ	7
河岸整備	1.2
火葬場整備	0.7
市民への広報	0.3

国家河川保全計画により、対象となる河川へ放流する下水処理水に対して水質汚濁防止法より厳しい基準が課すことができる。大腸菌群に替わって糞便性大腸菌群がこの計画に基づいて2000年に導入された。

BOD：30mg/L

TSS：50mg/L（水質汚濁防止法の基準では、100mg/L）

糞便性大腸菌群：望ましくは 1000MPN / 100mL、
最大 10000MPN / 100mL

b. 国家湖沼保全計画

2001年に制定され、主に都市域の湖沼を対象としており、現在62湖沼が対象となっている。（注：2.2と2.3の開会式の挨拶では48湖沼と紹介されたが、現在は62とのことである。）

事業費は56.6億ルピー（170億円）である。

主な対策は、下水の遮集・バイパス・処理、水草の除去などである。

計画で最大規模の湖はダル湖で、ここだけで約30億ルピー（90億円）が必要とされている。なおダル湖は観光地であり、湖内に水上生活を営む人が5万人いるといわれている。

c. 国家湿地保全計画

1980年代後半に制定された。2006年時点で24州の94湿地が対象であり、うち25湿地はラムサール条約の指定地である。

事業費は2億ルピー（6億円）である。

4.4. 下水道に対する補助制度

水質保全の観点から、環境森林省が下水道の建設に対して補助を行っている。

また都市のインフラ整備の観点から、国の都市開発省が2007年から下水道建設への補助を開始している。

a. 環境森林省による補助

環境森林省下水道建設への補助は、事業主体である州への補助で、下水の幹線（遮集管に相当）と処理施設が対象であり、浸水対策は対象外である。

補助率は以前は建設費の100%、現在は建設費の70%を補助で、都市規模によらず一律である。州負担の30%のうち1/3の10%分を地方自治体が負担している。維持管理は全て州が負担し、利用者からの料金はそこに充当される。

幹線管きよの実態は汚水の遮集管で、汚水を運ぶ管や水路から汚水を受け入れて処理場へ運ぶ管である。

補助額は、年間で約30億ルピー（90億円）である。

b. 都市開発省による補助

2007年から始まり、63都市が対象である。

下水道の末端管きよまで補助対象としている。

補助率の例として、国50%、州30%、市20%という例がある。

4.5. 下水道に関する情報

多くの都市では、合流式が採用されている

下水処理率は、インド全体で約25%、デリーで約50%である。

河川保全事業の一環として処理場や幹線管きよが建設されることが多い。河川保全事業の先駆けであるガンジス川保全事業（GAP- ）で建設された下水処理場の評価は以下の通りである。

a. 下水処理場の概要

GAP- で建設された下水処理場の能力は86.5万m³/dで、有機物質の除去はかなりのレベルで行われている。

採用された処理方式は主に活性汚泥法と散水ろ床法である。

b. 問題点

下水処理場に関して指摘された問題点は以下の通りである。

電力消費が多いこと

維持管理費が高いこと

たびたび停電になること（注：これは処理方式との関係というよりインドの電力事情が背景にあると思われる）

維持管理を行っている機関・自治体の財政面での制約

運転管理ができる能力を有する人材の確保ができないこと

c. 最適技術選定のための検討項目

インドの状況に合致した最適技術を選定するために検討すべき項目として取り上げられたのは以下の項目である。

下水の量と性状

必要な処理レベル

用地の必要面積、入手可能性とコスト

電力消費量

停電にも耐えられること

建設費

維持管理が容易で、運転できる人材が確保しやすいこと

汚泥の発生量と処分のための要件

d. 検討中の技術

現在検討中の技術は以下の通りである。

イ．従来の活性汚泥法

ロ．UASB（上向流嫌気性汚泥床）+浄化池

ハ．好気性流動担体

ニ．酸化池

ホ．安定化池（嫌気性 通性 好気性）

ヘ．カルナール（Karnal）法（下水給水による育樹）

注：カルナール法とは、下水で樹木を育てることにより下水の処理と木材資源の獲得を目指す技術。下水は滞水及び地下浸透による地下水汚染を防止するために、散水後 12～18 時間で蒸発もしくは消費されるように供給する。使用する樹木はユーカリ、ポプラ、Leucaena などで、7～8 年で成長し、燃料、材木、パルプ材などに用いられる。但し、土地が必要で 1 m³/d の処理に 15～20m² を要する。

なお糞便性大腸菌群の基準を満たすためには安定化池とカルナール法以外においては何らかの消毒が必要とされている。

e. 処理方式選定の優先順位

持続可能な下水処理のために留意すべき事項として、以下の事項を優先的に検討する。

極力機械化しない技術、及び電力を用いない技術を採用する。

十分な土地が安く入手できる場合は安定化池かカルナール法を採用する。

経済的に引き合う場合には分散化を図る（下水の運搬費用を省く）

実行可能な方法についてライフサイクルコストの比較を行う

インドの高い気温の活用を図る。

可能なかぎり処理水を灌漑に活用する。

資源の回収による維持管理費の確保に努める。

5. インドにおける湖沼環境保全の取り組み事例

インドにおいて湖沼と湿地の環境悪化を食い止めて再生に成功したという事例はどのくらいあるのかと質問すると、いくつもあるという答えが返ってきた。湖沼の自然条件や社会的条件に応じて様々な事例があるようである。わが国の湖沼と似た状況での事例としては、大統領の演説でも触れられているチリカ湖とボパール湖があり、また現在進行中の事例としては、会議で報告され現地の視察を行ったフセインサガール湖がある。これら3つの湖沼の環境改善の取り組みについて紹介する。

5.1. チリカ(Chilika)湖再生事業とその成果

{情報源：チリカ湖の環境改善の経験とその教訓（会議の資料、環境開発センターのゴッシュさんとチリカ開発庁（CDA）のパトナイクさんによる） 積極的な集落参画によるチリカ湖の生態系の再生（2007年2月発行の世界湖沼ビジョン活動報告、CDAのパトナイクさん） 及び JICA 専門家で CDA の佐々木真矢さん}

5.1.1. チリカ湖の概要

チリカ湖は、図 - 1 に示すようにインド東部のベンガル湾に面した湖で数千年前に形成されたといわれる。湖とその流域を図 - 2 に、湖の概要を表 - 3 に示す。湖の面積は20世紀初頭にはモンスーン期に 1165km²、乾期に 906 km²あったとされているが、農業や宅地利用のための埋め立てやシルトの堆積等により減少し、現在は 760km²である。水深は流入量の変化により年毎に変動している。

チリカ湖の特徴は、湖と海とが2つの水路により連絡されていることにより湖の中に淡水と海水の多様な混合状態が存在することである。このため生物の多様性が極めて高く、渡り鳥が冬を過ごす場所として有名であり、ラムサール条約の指定を受けている。現在、湖と海との連絡は2000年に開削された新連絡水路と湖の南西端から出る水路（パルル運河）の2つであり、海水の流出入は主に新連絡水路を通して行われている。



図 - 2 チリカ湖とその流域

表 - 3 チリカ湖の概要

流域面積	km ²	4300
湖面面積	km ²	760
最大水深	m	3.82(1995-96年)
		1.42(1996-97年)
平均降雨量	mm	1200

2000年までは新連絡水路よりずっと北東側に旧連絡水路があったが、湖へ流入するシルトと海流がもたらす砂により徐々に閉塞していった。このため海水の流入が制限され、湖水の塩分濃度が全般的に低下した。CDAによると、湖の平均塩分濃度は1960-61年には13.2‰であったが、1995年には1.4-6.3‰となった。塩分濃度の低下を受けて図-3に示すような漁獲の激減や水草の繁茂を経験している。

なお旧連絡水路の閉塞の一因となっている流域からのシルトの流入は、流域の土地利用の変化や土地（特に農地）の荒廃の結果、増加したとされている。

湖水の塩分濃度の低下の他に、チリカ湖ではエビの養殖をめぐって1990年代に長期間に亘る紛争があり、現在法的な決着はつけられているが、完全な解決には至っていない状況である。この問題については、後段で詳述する。

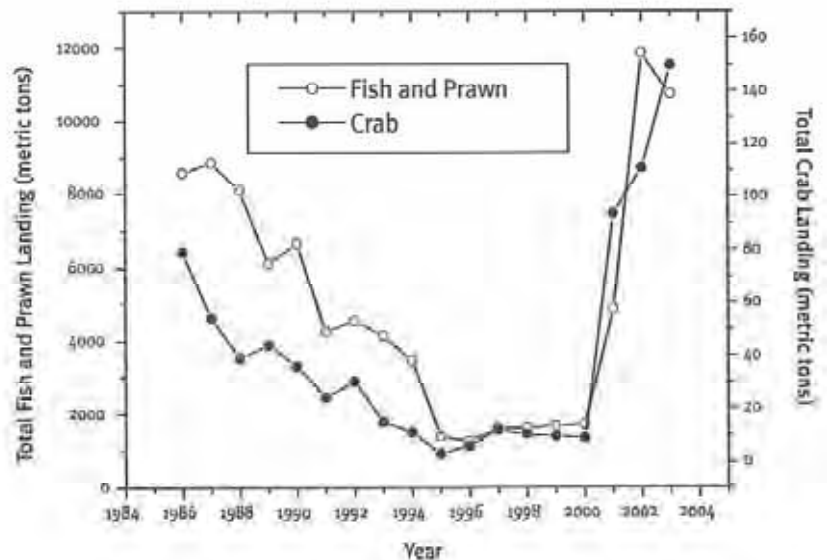


図-3 チリカ湖における魚、エビ、カニの漁獲高の推移

5.1.2. チリカ開発庁(CDA)

上記の課題を抱えたチリカ湖に関わる組織としては、1992年までは州の漁業局と観光局、森林（野生動物）部のみであった。1992年に州政府は森林環境局の管轄下の組織として、生態系とその生物多様性の保護や湖及びその流域の再生を目的としたCDAを設立した。CDAは州の首相がトップで、州の担当部局、専門家、科学者、議会、漁業集落の代表などで構成されている。

効果的なネットワークや連携先、調整機能などの欠如から設立後はほとんど死に体の状態であったが、1998年に財政面の権限が付与されたことにより、柔軟かつ速やかに意思決定がなされるようになった。

[湖管理に関するCDAの方針]

CDAが掲げている方針は、「生態系に立脚した集落の積極的参画による統合的な湖管理」であり、湖管理の7原則として次の項目が示されている。

- 第1 集落は生態系の主要な要素と位置付ける
- 第2 当初から流域の管理を含めて計画する
- 第3 湿地の荒廃の原因究明を科学研究機関に委ねる
- 第4 科学的研究の成果を管理計画に反映させる
- 第5 長年の懸案解決に向けた計画策定への参加プロセスを用意する

第 6 集落と利害関係者を天然資源に関する計画策定と管理に参画させ、意思決定の責任を分担させる

第 7 CDA の強力なリーダーシップにより運営する

5.1.3. チリカ湖再生事業

チリカ湖の統合的管理行動計画が作成され、中央政府からの補助を受けて事業が実施された。補助額は、1996-2000 年が 270 百万ルピー、2001-2004 年が 300 百万ルピーである。両期間における主な事業と事業費を表 - 4 に示す。この行動計画は正式には未採択であるが、そこに盛り込まれた事業の多くは実施されている。

表 - 4 チリカ湖再生事業の内容と事業費

事業内容	事業費 (百万ルピー)	
	1996-2000年	2001-2004年
海水交換の促進(浚渫含む)	151.24	180.33
流域でのシルトの流出防止	24.78	47.29
野鳥の聖域の保全	4.68	6.77
広報・宣伝・環境教育	5.00	11.15
社会経済状態の改善		
: 交流・通信手段の提供	10.00	
: 漁獲水揚げ施設、他		15.05
交通		
: 道路・橋梁の建設	47.00	
: 渡し舟の提供		9.86
漁業	4.30	7.55
研究センター設立	21.00	19.05
水草の管理	2.00	2.95
合 計	270.00	300.00

実施された事業の中でもっとも重要なのは新しい連絡水路の建設である。水路は幅 200m で、建設は 2000 年 9 月に完成し、並行して連絡水路に至る水域の浚渫を実施した。海水の流入がスムーズになったことで湖水の塩分濃度は急速に上昇し、漁獲は図 - 3 に示すように急速に回復し、水草の繁茂も建設前の 523km² から

建設後には 351km² と抑制効果が現れている。こうした効果と合わせて生態系の再生が図られたことから、2002 年にラムサール保全賞が授与された。

[集落で採用された流域対策]

流域における対策として関係集落が採用した主要な方策としては、以下のものがあげられている。

雨水により涵養される年 1 回の泥田耕作

雨水涵養用の施設建設

雨水を地下水層に注入することにより畑の水分濃度の上昇を図る。不安定な降雨でも安定した収穫と年 2 回の耕作による生産性向上が期待される。

生態系の改善と集落の経済状態の向上が両立

湖は百万羽を越す鳥が飛来し、冬を過ごす場所であるので、集落に立脚したエコツーリズムを新たな雇用として推進する。

[残る課題]

今後課題として以下のものがあげられている。

冬期の高濃度の NO₃ の流入

未処理下水の流入、

上流で計画されているナラージ堰の影響（特に分水による湖への影響）
統合的管理の方針が未公開であること

5.1.4. エビ養殖を巡る争議

エビ養殖を巡って伝統的漁民と新規養殖事業者の間で争われたのは漁業権の再配分問題である。その経緯は以下の通りである。

：1980年代、州政府が貧困対策として極貧層を対象とした小規模のエビ養殖事業を導入

1990年 エビ価格の高騰により、資本を有する非漁民からエビ養殖への参入の圧力

1991年 州政府が漁業権を漁民以外にも開放
（注：ここでいう漁民とは伝統的カースト制度で定められた漁民）
第1号事業は州政府とTATA財団による共同事業だが、直ちに重機を持ち込んで養殖池の造成を始めたことから漁民、NGO等の反発を招いた。

1993年 州の高等裁判所が州政府に見直しを勧告
TATA財団は事業を白紙撤回

1994年 州政府が大規模事業による集約的、半集約的養殖を禁止、
伝統的で粗放的な養殖を、水域をリースする方式で漁民及び非漁民に許可

1996年 最高裁判所が裁定を下し、農地・塩田跡地・マングローブ域・湿地・森林・村落共有地をエビ養殖に転換させてはならない、及びチリカ湖では湖内と湖の周辺1kmの範囲内はいかなる商業養殖、エビ養殖を行ってはならない、とした。

1996年以降、州政府は水域リースの更新を認めていない

但し現在も粗放的なエビ養殖は行われており、当局による施設の撤去とのいたちごっこが続いている。

5.2. ボパール（Bhopal）湖再生事業とその成果

{ 情報源、ボージ湿地の保全と管理（世界湖沼ヴィジョン活動報告：マディヤプラデッシュ州湖沼保全庁のミシュラさん）ボパール湖保全事業のハイライトという資料、ボージ湿地という資料、会議に参加された環境省の内村さん }

5.2.1. ボパール湖の概要

ボパール市は人口 146 万（2001 センサス）で、インドでは湖のまちとして知られる。市域には 25 の水域があるが、その中で最大かつ最古の水域がボパール湖の上流側の湖である。湖とその流域を図 - 4 に示す。この湖は 11 世紀に建設された人工湖であり、その下流にも規模はかなり小さいが 1794 年に建設された湖がある。1947 年以前は上流湖の水質は極めてよかったのがボパール市にそのまま（無処理で）飲料水として供給されていた。湖の概要を表 - 5 に示す。



図 - 4 ボパール湖とその流域

表 - 5 ボパール湖の概要

		上流湖	下流湖
流域面積	km ²	361	9.6
湖面積	km ²	30.7	1.29
水深			
最大	m	11.7	6.0
平均	m	9.4	--
貯水量	万m ³	10150	350
建設時期		11世紀	1794年
水の用途		飲用	洗濯・ボート
下水流入量	m ³ /d	5381	36627

過去 30 年間における都市の成長により、2 つの湖の水質は大きな影響を受けた。その結果水資源の悪化を招いたことが当局の関心を呼び、ボージ湿地（注：ボパール湖の別称）保全のための実行計画策定のきっかけとなった。こうして主として上流湖の保全と管理を目的としたボパール湖保全・管理事業が策定された。この事業は JBIC の融資を受けており、日印協力による水資源保全事業の好例と評価されている。

事業に基づく取り組みにより湖は以前よりよく保全されるようになった。さらに 2 つの湖に対して長期間にわたり持続可能な管理を行うために統合的湖沼流域管理の考えに基づく取り組みに向けた努力が始められている。

5.2.2. 再生事業の内容

環境悪化の原因は多岐にわたっているため、それぞれの湖毎にトラブルの状況についてまとめて示す。

[上流湖]

- ・シルトの堆積
- ・化学肥料、除草剤、殺虫剤の流入

- ・水草等の増殖
- ・下水・排水の流入
- ・ゴミの投棄（旅行者も含む）
- ・野外での排泄
- ・衣類、自動車、牛等の洗濯
- ・祭りの際の像の投入

[下流湖]

- ・シルトの堆積
- ・下水の流入
- ・洗濯を業とする集落の存在
- ・衣類、自動車等の洗濯
- ・祭りの像の投入場所の下流湖への変更
- ・藻類の大発生

州政府のイニシアティブで計画が準備され、中央政府の環境森林省経由で日本政府に財政的支援を申し入れた。その結果、JBIC（国際協力銀行）が 21 実施項目に対して 24.7 億ルピーの支援を行うこととなった。事業の枠組みと主な実施項目は以下の通りである。

- (ア) 事業の目的：上流湖と下流湖の全般的な環境状態の向上
 汚染の防止、水質の改善、飲料水の確保、生物多様性の保全、
 土壌浸食の防止と湖岸の管理

(イ) 期間：1995 年 4 月～2004 年 6 月

(ウ) 実施機関：マディヤプラデッシュ州の環境部

(エ) 主な実施項目とその目的、実施状況を表 - 6 に示す。

注：洗濯活動と祭りの像はわが国ではほとんど聞いたことがなく、当初は理解できなかったが、以下のようにインドの文化に関わっている。

- ・洗濯活動：洗濯活動はカースト制度に基づくものとして行われているものと思われる。洗濯機の普及前は、裕福な家は家に洗濯者が来て洗濯を行い、裕福でない家は洗濯者に洗うものを渡して洗濯してもらっていたとのことである。シャツから下着まで大抵のものが対象となる。なお洗濯機の普及とともに減少しているが、デリーではシャツを河原に並べて干しているのをよく見かけた。
- ・祭りの像：祭りの際に土で作った像を湖水に投入する習慣がある。水に溶解すると土は堆積物となるだけでなく、像の装飾に用いられる塗料等に含まれる重金属が溶け出す恐れが指摘されている。

表 - 6 ボパール湖再生事業の主な実施項目とその実施状況

実施項目	目的	実施状況
堆積シルトの除去	湖の容量の回復	上流湖270万m ³ 、下流湖8.5万m ³ の堆積シルトを除去、これにより湖容量約3%増加
水草の除去	栄養塩の除去	湖岸域421ha、抽水植物601ha、
植林	蒸散による湖水の消失防止	沈水植物74198t、浮標植物27153tを除去
流域でのシルト除去	シルトの流出防止	湖周に1000haの植林
ゴムの管理	人間及び動物の活動抑制	流入河川にダムを75、シルト除去槽を2箇所設置
洗濯場所の移動	シルトと汚染物質の流入防止	ゴミ処理施設の整備、さらに70t/日受け入れ可能
下水道整備	湖へのゴミの投棄防止	洗濯を営む248家族のための移転先を下流湖の流域外に整備
流出水路の掘削・拡幅	洗濯活動による汚染の防止	家庭下水をバイパスし、処理場へ運ぶ管86.7km、
魚の養殖	下水の湖への流入防止	10箇所のポンプ場と4箇所の処理場建設
居住地との間への障壁の設置	流域の衛生状態の改善	流出水路2600mの掘削と拡幅、流下能力向上
市民のための広報センター設置	洪水対策	コイや草魚を放流、漁獲量は100%増加
湖岸の遊歩道の設置	水草の制御、栄養塩の除去	水草の密度は約40%減少
水質の監視	漁民の就業機会の確保	
古いアースダムの補強	市民への情報提供	上流湖の湖岸に建設
交通の切り回し	湖岸の防護、湖週地帯の保護	上流湖で2.5km建設
エアレーション装置等の設置	堰の上の交通の切り回し	専用の分析室を設置、120項目の分析を実施
湖沼保全庁の設置	湖水への酸素の供給、美観	高規格の橋を建設
その他	事業の継承、他への展開	15箇所に浮上式の噴水を設置、うち2箇所はオゾン発生機付き
建設禁止ゾーンの設定	湖周地帯の保全	本事業の終了後に設立
タキア島の修復	宗教的施設の修復	上流湖で満水位から50mの幅で設定
市民の参画	事業への理解	島の周りに壁と石畳を設置(土壌浸食防止)
		50のNGO、10の大学、25の学校及び一般市民との連携



(写真 - 5 : 洗濯民による洗濯場所の移設のために建設された洗濯施設、多数の洗濯槽がある。)



(写真 - 6 : 湖内の水草の除去作業)



(写真 - 7 : 湖へのシルトの流入を抑制するために設けられたシルト除去槽)

5.2.3. 再生事業による改善効果とその教訓

湖水の水質は湖沼の生態系の有用性の基礎となるもので、水質の保全是保全対策の中で最も優先されるべきである。事業の前後の水質の変化を表 - 7 に示す。上流湖及び下流湖の双方とも Mn、Pb、Cr などの重金属は顕著に減少しており、濁度や大腸菌群数でも改善が見られる。

表 - 7 事業によるボパール湖の水質の変化

		上流湖		下流湖	
		事業前	事業後	事業前	事業後
pH		8.08-8.95	6.9-8.66	8.7+	8.54+
濁度	FAU	4~6	1~6	42>	21>
硬度	mg/L	62-190	48-120	98-172	120-204
アルカリ度	mg/L	65-160	46-104	70-226	50-200
溶存酸素	mg/L	5-11.4	6.4-26.8	1.6-18.7	1.2-20
BOD	mg/L	10-37.6	10.9-27.5	30>	26+
大腸菌群数	MPN/100mL	2400+	2100>	4400+	2400+
Mn	mg/L	0.148	0.02	0.3	0.06
Pb	mg/L	0.06	0.03	0.09	0.03
Cr	mg/L	0.32	0.009	0.026	0.006

しかしながら BOD では顕著な差は見られず、上流湖では事業後も 10mg/L を超す水が水道水源として用いられていることになる。

[事業による効果]

事業による効果は以下のようにまとめられている。

- 1) オゾン処理：微生物汚染と重金属汚染の解消として湖水のオゾン処理を実施した。汚染原因の除去に有効であり、溶存酸素の供給にもなった。
- 2) 有機農業の推進：農業廃棄物から製造した堆肥を用いた農業のために土着の堆肥製造手法が導入された。
- 3) 湖内のシルト堆積削減のための生物の利用：コンクリートの壁に替えて植物を利用してシルトの堆積を抑制する。生育した植物は地域の人々により縄や屋根の材料として利用されている。
- 4) 水草の異常繁茂対策として草魚の導入：漁民の新たな収入ともなる
- 5) 像の投入場所の変更：積極的な広報活動と関係集落との討論などの結果、集落側が像の投入場所を上流湖から下流湖に移すことに同意した。本事業の最も重要な成果の一つである。
- 6) ヒシの栽培：上流湖における水生植物の大規模な栽培はインドでも稀。現在ヒシの栽培に対して制限を課している。
- 7) モーターボートの規制：上流湖ではモーターボートに対して限定的な利用が認められているが、湖への影響について継続的に監視されている。
- 8) 湖からの採取物の活用：湖から刈り取った植物体は堆肥として利用される。浚渫されたシルトは農地の表土の生産性を増加させるために用いられた。
- 9) 人間活動の制御：様々な活動により湖から便益を得ている者や利害関係者の間に形成された自覚により湖への人間活動による影響はかなり軽減されてきた。ゴミ投棄、水浴、衣類の洗濯や洗車への規制を設けたことにより、湖の水質は改善された。洗濯活動を湖の下流端に移したことは、湖に依存して生計を営んでいる人々へ影響を与えることなく汚染問題の解決に成功した一つの例となっている。
- 10) ホテイアオイの生物学的制御法：ホテイアオイ対策について検討した結果、ゾウムシの導入が実施された。
- 11) 汚水と雨水の分離収集：インドの都市では通常、汚水と雨水を共通の管で収集している。将来に向けては、これらの水を2つの管で別々に収集する必要がある。(注：この部分は成果ではなく提言である。)
- 12) 湖周辺域の管理：湖の資源を長期間にわたり保全していくためには、湖の周辺域の土地利用の管理が重要である。上流湖では、湖の周り 150m 幅のゾーンが建設を行わず生物を保全するためのゾーンと宣言されている。下流湖ではこのゾーンの幅は 30m である。この決定は湖にいい影響を及ぼすものになりうる。

[得られた教訓]

事業から得られた教訓は以下のようにまとめられている。

- (ア) 統合的流域管理：特に環境にやさしい有機物活用農業（あえて有機農業と言わず）により近代的化学物質多用農業に見られる化学肥料や除草剤に起因する水質汚染を回避することが可能となる。
- (イ) 利害関係者の参画：政府機関だけでは湖管理実行計画を着実に具体化することは難しいので、湖に依存する集落や組織を利害関係者として組み込むことが重要である。
- (ウ) レクリエーション活動への継続的監視
- (エ) 生態系利用技術の活用：人工湿地、生物ろ過、緑の橋（注：意味不明）、水草と魚の収穫などの生態系利用技術には下水に起因する富栄養化を食い止める可能性がある。
- (オ) 汚水と雨水の分離：汚水と雨水の分離は湖の水収支を維持するために必要である。
- (カ) 継続的監視：湖の水質、生物多様性、及び外来種や侵略種の影響について継続的に監視することは、湖の生物的健全性の要である生物多様性の保全計画において極めて重要である。
- (キ) 認識向上：湖の環境や保全の必要性についてよく認識することは湖を持続可能なものとするために最も大切な要素である。
- (ク) 湖の管理機関：湖の保全問題は、多方面にわたり、複数の部局にまたがるもので、部局を超えた取り組みとともに、市民団体を含めた取り組みが求められる。人類にとって貴重な水の安全性を確保するために湖の果たす役割の大きさから見ると、湖の資源の保全と永続的な管理のための機関が重要である。本州はインドで最初にそのような機関を設立した州である。

5.2.4. その他

湖の魅力、汚染の経緯、保全事業の取り組みなどを分りやすくまとめた「ボージ湿地」という資料の最後のページには、「みんなのできること」という見出しで、水を賢く使おう、から始まる10項目を掲げている。その中に、「ボパール市に協力して浄化された水の供給のための費用を負担しよう」という項目があり、費用負担をきちんと呼びかけていることに注目したい。

ボパール湖の再生に関して、下水の流入、洗濯活動、祭りの像の投入などによる汚染物質の流入に対してはかなり効果があったと評価されている一方、流域の6割を占めるとされる農地からの栄養塩や農薬などの流出に対する懸念が持たれている。今後のテーマは農地からの流出に対する対策になるものと思われる。

5.3. フセインサガール湖再生事業の概要

{情報源、フセインサガール湖の保全(世界湖沼ヴィジョン活動報告、水生生物学協会のコダルカールさん)、ハイデラバード都市開発庁のヒアリングと現地調査}

5.3.1. 湖の概要と汚染の経緯

フセインサガール湖はハイデラバード市の中心部にある人工湖で、ハイデラバードと隣接するセクンデラバードに飲料水と灌漑用水を供給することを目的として 1562 年に建設された。湖とその周辺の地図を図 - 5、湖の概要を表 - 8 に示す。降雨の大半は 6 月から 9 月に降る。ハイデラバードは 2007 年にセクンデラバードと合併しており、合併前の旧ハイデラバードは面積 1864km²、人口 650 万人(2001 年)である。



図 - 5 フセインサガール湖とその周辺

湖の流域は都市化、産業化が進んでおり、ゴミの投棄、工場廃水及び未処理下水の流入、牛の水浴び、洗濯、水草の侵入、シルトの流入、湖岸の不法占拠や公園整備・道路建設などにより、水質の悪化、湖の面積の減少、地下浸透の減少、地下水位の低下、生態系の破壊などを招いている。富栄養化現象は 1970 年まではほとんど見られなかったが、藻や水生植物(ホテイアオイなど)の大量発生が始まり、病原媒介昆虫の発生、魚の死亡、異臭などが見られるようになり、1993 年には魚の大量死が観察されている。こうした状況から漁業は 1980 年代に禁止された。湖への栄養塩の流入量は 1991 年と 2002 年の報告では N、P それぞれ 1204kg/d、1041kg/d と推定されている。

表 - 8 フセインサガール湖の概要

			備考
流域面積	km ²	275	240の資料あり
湖面積	km ²	5.7	
水深			
最大	m	12	
平均	m	5.2	
貯水量	万m ³	2860	2718の資料あり
年間降雨量	mm	800	
流域標高	m	500-642	
建設時期	年	1562	
水の用途		散水等	
下水流入量	m ³ /d	115000	増加傾向

湖の面積は過去 50 年間で 1/3 減少したといわれており、不法占拠や公園整備、湖周道路の建設などにより湖岸域が埋められた結果とのことである。

現在、湖水は公園等の散水に用いられているのみである。湖面の利用は水上で水と接触しないタイプのスポーツとレクリエーションが主である。

湖の中央には大きなブッダの像がある。ハイデラバードがかつて仏教の中心地であったことを記念して建立されたそうで、一度倒れて湖中に水没したが引き上げられて今の姿になっている。USAの自由の女神に譬える人もいる。

状況悪化の原因を少し詳細に見ていくと、排水については4つの河川を通して晴天時に合わせて約11万 m^3/d が湖へ流入しているが、現在大半はバイパス管で湖の下流へ切り回され、一部(下水2万 $m^3/日$)が下水処理場で処理して湖へ放流されているとのことである。しかしながら流入河川の一つからは真っ黒な水が流れ込んでおり、また流出河川の一つを見たところ水量が0.3~0.5 m^3/s 程度あったので、排水は完全にはバイパスされていないようである。

(写真 - 9 : 湖の流入部を覆うホテイアオイ)

シルトは、流域における建設工事等で大量に流出しているとのことである。

伝統文化として、ガネーシュとデュルガピュージャの祭りの最後に像を湖に沈める。これらの像に用いられるシルトに加えて塗料、顔料が湖の汚染源の一つとされている。

(写真 - 10 : 湖への流入河川でゴミの作る砂洲)



(写真 - 8 : フセインサガール湖、河川の流入部)



上述した流入河川を見た印象は、写真 - 8 ~ 10 のように水は真っ黒で、ガスがブクブク出ており、かなり嫌気性になっている。ホテイアオイの群落はかなり広がっており、鳥の姿も少し見られるが、魚は全く見えない。

地下水の水質の実態として、北西から流入する河川の流域にある工業地域の地下水の値が挙げられている。

: 平均値NO₃: 57、 NO₂: 2.3、 SO₄: 618、 PO₄: 0.48 mg/L

(注: NO₃-N:13、 NO₂-N:0.7、 SO₄-S:206、 PO₄-P:0.16 mg/L)

5.3.2. ハイデラバード都市開発庁 (HUDA) と湖の保全

フセインサガル湖の再生事業はハイデラバード市の都市開発を担当している HUDA の所管である。HUDA は職員約 800 人の組織で、主に計画策定を行い、時にモデルとして自ら事業を行うことがある。トップは政治的任命で選ばれ、州の首相が指名している。ナンバー 2 が実質的に事務方のトップとなり、現在は中央政府から出向の事務官であるランジャンさんが務めている。HUDA の目下最大の課題は、交通渋滞の解消と市街地の計画的拡大とのことである。

2002 年から 400 の湖沼 (流域面積: 1 ha ~ 400km²) が HUDA の管轄になり、そのうち流域面積 10ha 以上で汚染の進んでいる 169 を保全の対象としている。

169 湖沼の中で汚染の度合いが深刻な 87 湖沼はハイデラバード環境保全計画 (GHEP) の対象とされている。GHEP の事業はオランダ政府からの財政支援を受けて実施された。なおフセインサガル湖に関しては現在 JBIC の財政支援を受けて環境改善に向けた取り組みが進行中である。



(写真 - 11 : HUDA で催された JICA 専門家荒井さんの歓迎会、中央がランジャンさん、その左が荒井さん)

5.3.3. フセインサガール湖再生事業

フセインサガール湖保全の目的としては、ヒトの健康、生物多様性の回復、下水の再利用などが挙げられている。GHEP の中でフセインサガール湖の再生を目指して取られた措置は以下の通りである。

流入及び流出の水路の保全

浚渫：栄養塩及び有害物質の除去を目的とした堆積シルトの除去

植樹及び景観形成：湖の周囲に公園・緑地帯・レクリエーションゾーンの設置

緩衝地帯の設置：湖に悪影響を及ぼす活動を禁止するために、湖の満水位と湖岸の交点から幅 30 m の緩衝地帯の設置

湖岸周回道路の建設による湖岸の開発等の防止

下排水のバイパス：下排水を湖の流出河川までバイパスさせることによる湖への流入防止

下水の処理：湖水位の維持のための下水の処理及び湖への放流

下水を全量バイパスさせると蒸発の盛んな夏期（3 月～5 月）には湖から流出する水量がなくなり湖水位の低下を招くことから、水位の低下を防止することを主たる目的として下水の処理・放流を行う。

2 万 m³/d の能力の下水処理場が 1998 年から運転されている。

ゴミの管理

湖の管理への利害関係者の参画

[再生事業の成果]

上記の取り組みの結果もたらされたものとして以下の点が挙げられている。

- a. 下排水のバイパス：湖の水収支に大きな影響を及ぼし、（注：流入水量の減少は水位低下を招き、湖岸に陸地が現れたことから）湖岸域の開発を呼び込む結果になった。また現在行われている 2 万 m³/d の下水の処理は湖水の水質改善にほとんど効果がなかった。
- b. 湖の面積の縮小：過去 25 年間に行われた湖岸沿いの開発で湖の面積が縮小した。
- c. レクリエーション機能：湖岸等の景観改善により湖はレクリエーションの場、公園等として評価されるようになった。（注：湖岸沿いには公園やレストランが整備されており、写真 - 13 に示すように HUDA が経営しているレストランもある。）
- d. 水上スポーツ：ボートやレガッタ等が行われるようになった。
- e. その他：祭りの際の像の投入に対して HUDA は祭りのあと像の引き上げを行っている。



(写真 - 1 2 : 湖岸の
開発抑制の意味もある
湖岸道)



(写真 - 1 3 : HUDA
が整備し経営する湖岸
のレストラン)

[得られた教訓]

上記の取り組みから得られた教訓は以下のようにまとめられている。

- イ．下水の扱いが重要：都市域の湖の流域における開発にとっては最も重要なポイントは下水の扱いであり、その量、バイパス、処理の点から検討が必要である。
- ロ．許容限界：湖はある意味で下水を受け入れる容量を有しているが、その限界を超えると下水の負荷は汚染をもたらし、湖の環境悪化を招く。
- ハ．生態学的原則：いかなる湖管理においても生態学に基づく原則に従った方法が基本となる。

- ニ．下水処理の代替手法：技術的解決策として人工湿地、緑の回廊、漁業は下水処理と同様に検討に値する方法である。
- ホ．産業開発：産業開発は湖の流域では許可すべきではない。もし既に存在しているのなら排水の処理を優先して行わせる必要がある。
- ヘ．湖保全のための組織：湖の保全と管理のための組織として、漁民、洗濯従事者、小規模酪農者、宅地所有者協会、教育機関、政府系機関、湖に関連する NGO などを集めた組織を設ける必要がある。こうした組織に対して都市機関、地方政府などは財政面の支援を行うべきである。
- ト．開発の制限：湖周辺で行われる開発行為は湖の満水位より高い地域で行われるべきである。また生物の保全のための緩衝地帯として湖の周りに 500～1000m のゾーンを確保すべきである。そこでは生態系に優しい行為のみ許可される。
- チ．利害関係者の参画：利害関係者の参画が湖の保全の鍵となる。参画を進めるためには広報・啓発が重要であり、湖の情報センターを設けるべきである。

[課題解決のための合意事項]

湖の環境再生をさらに進めるためには以下の課題の解決が不可欠であることが様々な利害関係者の中で合意されている。

- a. 水のバランスをとるための水質と水量の確保
- b. 過度の開発による湖面積の減少
- c. 生物多様性、食物連鎖、生物地球化学的循環に関する完全な調査研究
- d. 湖に関する意思決定において人々の参加を保証するために様々な利害関係者の参画する組織の構築
- e. 湖水面及び周辺の保全を目的とした既存の法律の強化
- f. 流域における開発に対する強い規制の導入

[改善のための戦略と計画]

こうした認識に立ち、統合的湖沼流域管理の考え方に基づいて以下に示す「改善のための戦略と計画」が立てられ、JBIC の財政支援を受けて 2006 年より事業が行われている。

- 1) 下水等の湖下流へのバイパスによる湖への流入防止：既に実施済み
- 2) 下水の処理：2 万m³/d分は 1998 から運転
2 つ目の 3 万m³/dの処理場がJBICの資金援助で計画中
下水の処理は湖の水バランスの維持が主目的で、合わせて湖水の水質を水浴及び接触型のスポーツ、商業的漁業などに適するレベルにすることを目指している。
- 3) 湖岸の改良：湖の東岸で、湖岸改良により鳥類の生息に役立つ藻や底生動物の生息環境の造成を進める。

- 4) 浚渫：これまでも湖岸沿いに栄養塩や有害物を含む堆積物の浚渫を行ってきたが、JBICのフセインサガール湖改善事業により5つの主要な流入河川の流入部で100万m³の浚渫を行う。
- 5) エアレーション：DOを増やしてBODを下げるためエアレーションを行う。
- 6) ゴミの管理：湖をゴミによる汚染から守るために地方自治体の協力を受けてゴミの収集と処分のための包括的計画を実施する。
- 7) 啓発と参画：人々への啓発を推進する。まもなく湖情報センターがオープンする。

5.3.4. 下水に関する対策の概要

湖の再生において下水の扱いが重要との評価があることから、下水に関する計画と施設について HUDA のチーフエンジニアであるデシュムクさんの話を中心に紹介する。なおデシュムクさんはインドの大学のあと USA のコネティカット大学で環境工学の修士を取得したエンジニアである。

1) バイパス

フセインサガール湖には流入河川が4つあり、その途中に堰を設け、晴天時の水量（下水が主）を受け入れて湖をバイパスさせる管がある。バイパス管の建設時期の詳細は分らないが、30年以上前であることは確かだそうである。河川を流下する水量は1992年のデータでは家庭下水8万m³/d、工場廃水1.5万m³/dの合計9.5万m³/dであるが、現在は約11.5万m³/dで増加傾向にある。

しかしながらバイパス管への泥の堆積や維持管理不足による流下能力の低下、人口増による下水量の増加により、上述したように湖へ直接流入する下水が少なくないのが現状である。

2) 下水の処理

処理すべき下水の量は日平均5万m³/dと設定している。この量は湖の水位を維持するために必要な水量と有効利用のための水量の和であり、湖沼の維持には平均3.2万m³/d、最大で4万m³/d、有効利用として一般利用2.1万m³/d、HUDAによる利用0.7万m³/dとしている。

またこの処理は年間を通して行う計画であり、NとPを高度に除去することにより湖水の水質改善をも狙っている。

下水処理場は2つ計画されており、そのうち1つが稼働中である。

稼働中の施設（ここではマクタ処理場と呼ぶ。なおインドでは処理場に名前を付けてはいない。）は能力2万m³/dで、バイパスした下水の一部を受け入れて処理し、湖へ放流している。処理方式は長時間エアレーション、汚泥は脱水、乾燥の後、緑農地利用されている。現在、マクタ処理場の改良が計画されており、処理水量はそのままNとPの高度処理を狙っている。

もう一つの施設は現在設計段階で、北から流下する河川の運ぶ下水を対象とし

ており、3万m³/dの能力でNとPの高度処理を想定している。

NとPの計画処理水質は、Nが1mg/L以下、Pが0.5以下でNがかなり厳しい。処理プロセスとしては、生物学窒素除去(A₂O) + Al添加 + ろ過 + 塩素消毒が採用されている。

マクタ処理場の改良と新設の処理場の建設はJBICの融資を受けて進められており、その計画・設計は日本上下水道設計が受託している。

高度処理した下水処理水を鉄道(洗車用)に販売し、処理場の維持管理費に充当する計画があり、話し合い中とのことである。

なお工場排水は工場の責任で処理することとなっており、下水処理場の計画には含まれていない。

3) 下水道事業

下水道事業はハイデラバード市の上下水道庁が担当しており、管きよの敷設、処理場の建設・維持管理は上下水道庁の所管である。

HUDAは自らが所管する湖沼の保全・再生のための事業として上記の処理場の改良・新設、一定期間の維持管理を実施している。

4) マクタ(Maktha)処理場

遮集管から来る下水をポンプで全量汲み上げている。ポンプは4台あり、2台ずつ交互に、ほぼ定格能力で運転されている。1日の汲み上げ量はほぼ2万m³/dで、流量変動はほとんどない。

水処理と污泥処理のフローは以下の通りである。

水処理：スクリーン(25mmと12mm) 沈砂池 生物反応槽 沈殿池 塩素混和池

污泥処理：遠心脱水 乾燥床

生物反応槽は1槽のみで、サイズは77m×77m×3m(H)で、HRTは21hrである。表面攪拌のエアレータが16台設置されており、BODとMLSSに応じて台数を制御している。エアレータの稼働は連続2時間までで、次は停止中のエアレータを動かしている。

乾燥床では11月では2日程度、雨期でも4～5日で乾燥し、全て緑農地利用されている。

処理場の運転管理の作業は委託されており、18人が働いている。

課題は、電気代の高いことで、下水1m³あたり6ルピーがかかっている。

処理水は透明感があり、水質もかなり良好と思われた。

5) デュルガムチェルブ(Durgam Cheruvu)湖とそのそばの下水処理場

デュルガムチェルブ湖に隣接して建設された下水処理場は、オランダの融資を受けて建設され、運転開始から3ヶ月の真新しい施設である。

処理能力は5000m³/dで、現時点の流入水量は3000m³/dである。

水処理のフローは以下の通りである。

：スクリーン 沈砂池 生物反応槽 1(脱窒) 生物反応槽 2(硝化) 沈殿池
Al 添加 沈殿池 塩素混和池

HRT は、生物反応槽 1 が 30 分、生物反応槽 2 が 24 時間、沈殿池はいずれも 2 時間である。

Al 系凝集剤としては硫酸アルミニウムが用いられ、フラッシュミキサで攪拌混合される。設計では、凝集剤として硫酸アルミニウムの他にポリマーと有機ポリマーを使用することになっているが、今のところ硫酸アルミニウムのみである。

汚泥処理は天日乾燥で、生物処理の余剰汚泥と凝集沈殿の汚泥を分けて乾燥することになっている。なおまだ汚泥の投入に至っていない。

訪問した日の直前の処理状況は以下の通りである。

	(流入水、	処理水)
BOD	175mg/L	3 (27 、 3 日間)
COD	380	16
N	44	3.4
P	3.2	0.45
SS	220	4
E.coli	4.8×10^5 /100mL	Nil

注：インドでは気温が高いことから、20 、 5 日間に替えて 27 、 3 日間の BOD がよく用いられている。

運転管理は 12 名であるが、他にスクリーンしさをの除去や植栽の世話などの作業者多数働いている。



(写真 - 14 : デュルカムチェルブ処理場の生物反応槽 2 (硝化))

6. 財団発表論文の概要

当財団は国土交通省と連名で「網走湖における青潮の発生機構とその抑制対策」という論文を提出した。

執筆者は下記の3名である。

：国土交通省河川局河川環境課
課長補佐 井田泰蔵
国土交通省北海道開発局
網走開発建設部治水課長
中島州一
河川環境管理財団技術参与
酒井憲司



(写真 - 15 : 会議で発表する井田補佐)

論文の概要を以下の通りである。

：網走湖は網走川の下流にある汽水湖で、潮位によっては海水の流入があることから湖水の上層はほぼ淡水、下層は塩水となっている。この躍層は年間を通して維持されるため、下層は無酸素で栄養塩濃度が極めて高い状態となっている。図 - 6 に示すように、塩水層の上昇によりヤマトシジミの漁獲量が増え、近年は湖の漁獲の主要な部分を占めるに至っている。

しかしながら塩水層の上昇により強風時に無酸素の塩水が表面まで巻き上げられるという青潮が見られるようになった。漁業に深刻な影響をもたらす青潮を防止するため調査が続けられてきた。これまでに青潮が発生した時の風と湖の条件と風による湖水の動きのシミュレーション結果に基づく青潮

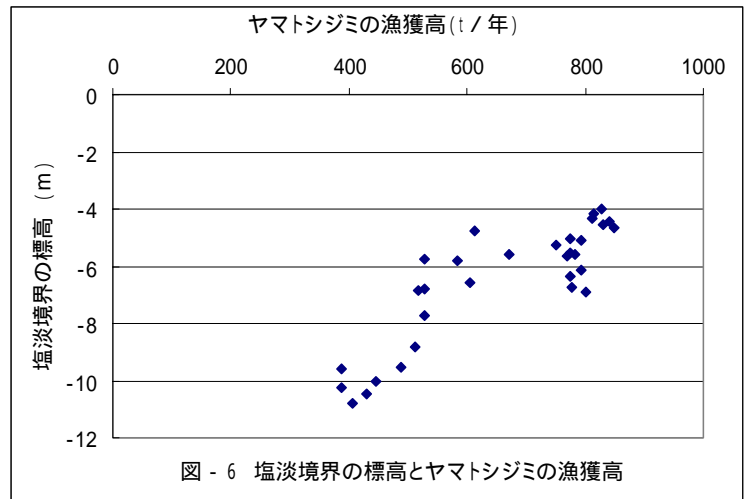


図 - 6 塩淡水境界の標高とヤマトシジミの漁獲高

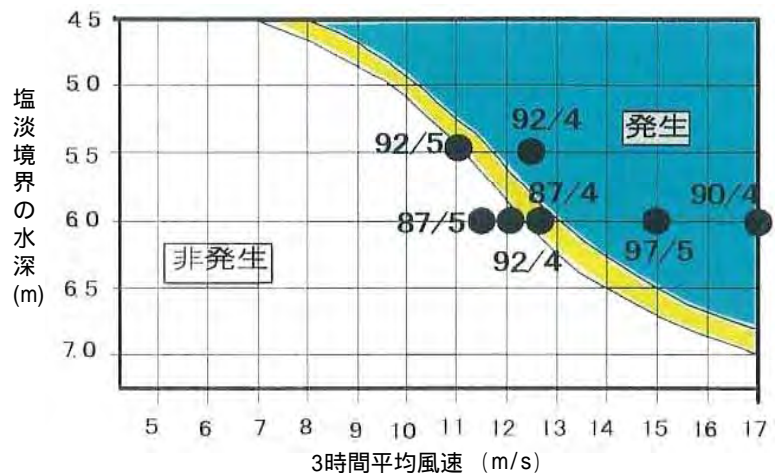


図 - 7 青潮発生条件の予測と実績 (春の南風の場合)

は発生条件を図 - 7 に示す。図から 7 年に 1 回程度想定される強風（3 時間平均風速で 14m/s に相当）に対して青潮の発生を防止するとともに、ヤマトシジミの生育を確保するためには塩水層の深さを 6m ~ 7m に維持することが必要であることが示される。

塩水層を一定のレベルに維持するための手段として、海水の逆流を抑制することが効果的ではないかと考え、湖の流出部の河川に可動堰を設け、湖と海の水位に応じて堰を開閉して海水の逆流を抑えるという実験を行った。期間は湖の生息するワカサギなどの魚類に影響の無い時期として 1 月中旬から 3 月中旬を選んだ。実験は 2006 年と 2007 年の 2 回行い、2006 年には堰を完全に閉鎖する操作、2007 年は堰の上部を少し下げて水が通過できる操作とした。シミュレーションにより推定した堰無しの場合との比較では、塩分の逆流は完全閉鎖では 98% 阻止でき、部分閉鎖でも 96% 阻止できることが分った。また塩水層の深さの推定結果を図 - 8 に

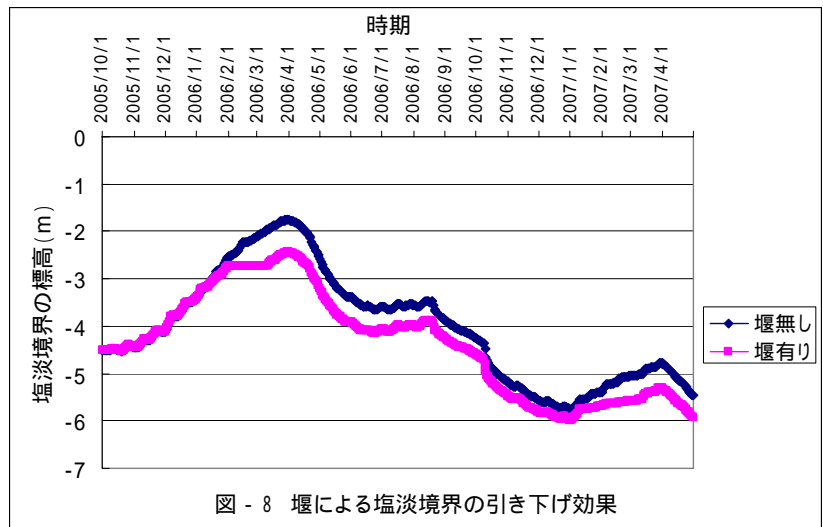


図 - 8 堰による塩淡水境界の引き下げ効果

示す。図から塩水層の深さを完全閉鎖では 70cm 低く抑えられることが分った。

堰による海水逆流防止により塩水層の深さをある程度低く維持することができることが分ったが、目標とするレベルを達成するためには不十分といわざるを得ない。目標の達成のためには、堰の操作期間を長くする工夫とともに、出水時に塩水を効果的に排出させる手法について検討する必要がある。

7. 謝辞

会議及び視察に関して多くの方に大変御世話になりました。

ILEC の理事で京都大学名誉教授の松井三郎さんには会議の全容や議論の方向などについてご指導をいただきました。

環境省水環境課の内村求さんにはボパール湖における事業について情報提供をいただきました。

JICA の専門家としてインド環境森林省国家河川保全局に派遣されている若林淳司さんには、インドにおける河川、湖沼の保全のための制度について情報提供をいただきました。

同じく JICA の専門家としてハイデラバード都市開発庁に派遣されている荒井俊博さんには、フセインサガール湖再生事業に関する情報提供と現地視察の便宜を図っていただきました。

同じく JICA の専門家としてチリカ開発庁に派遣されている佐々木真矢さんには、チリカ湖の現状、エビ養殖問題の経緯等について情報提供をいただきました。

論文の共著者であり、会議で発表された国土交通省河川環境課の井田泰蔵さんには、論文の作成、会議での情報交換等で御世話になりました。

また当財団北海道事務所の池上迅さんには、論文作成に必要な資料と情報の提供をいただきました。

以上の皆様及び今回の出張に関して御世話になりました方々に心より感謝申し上げます。

[参考資料]

- 1 . Address by SMT.Pratibha Devisingh Patil
- 2 . Welcome Address by Shri Namoo Narain Meena
- 3 . Keynote Address by DrV. L. Chopra
- 4 . Jaipur Declaration of the 12th World Lake Conference
- 5 . Management of Lakes in India : M.S.Reddy, N.V.V.Char
- 6 . Chilika Lagoon, Experience and Lessons Learned Brief : Asish K. Ghosh, Ajit K. Pattnaik, Lake Basin Management Initiative(会議の配布資料)
- 7 . Eco-Restoration of the Chilika Lake with Active Community Participation : Dr A. K. Pattnaik (World Lake Vision Action Report February 2007)
- 8 . Conservation and Management of Bhoj Wetland Bhopal, Madhya Pradesh, India : S. M. Misra, (World Lake Vision Action Report February 2007)
- 9 . Bhoj Wetland, Experience and Lessons Learned Brief : Mohan S. Kodarkar, Aniruddhe Mukerjee, Lake Basin Management Initiative(会議の配布資料)
- 10 . ボパール湖保全事業のハイライト
- 11 . Conservation of Lake Hussainsagar Hyderabad, India: Mohan S. Kodarkar, (World Lake Vision Action Report February 2007)