

## 第 部 湖沼資源の理解

第 部に収められている三つの章では、地球規模で湖沼流域が直面する課題、および持続可能な生計と開発を推進する上で鍵となる湖沼流域資源の価値、およびその利用上の問題点を理解するために必要なバックグラウンドを解説すると共に、生命を維持するために不可欠な生態系の保全についても述べている。第1章は、この報告書と本プロジェクトの紹介であり、本プロジェクトで対象とした 28 湖沼流域についての参考事項についても述べている。第2章は、湖沼の生物物理学的な事象と、ある湖沼とそれとは別の湖沼とを区別させている要因について論述すると共に、湖沼と湖沼以外の水域との一般的な差異についても述べている。第3章は、湖沼がどのように利用されているのか、そして、現存のおよび緊急の課題としてどのような問題に直面しているのかを紹介している。



## 第1章 他の事例を学ぶ：湖沼流域管理に関する教訓の抽出

### プロジェクト発足の契機：なぜ湖沼なのか？ なぜ今なのか？

湖沼は、天然であれ人工であれ、人間の発展とわが惑星上の健全な生態系と生物の多様性を守る上で重要な存在である。湖沼には地表における液状淡水の90%が存在しており、水の循環にとっては欠かせない要素であり、水生生物の多様性を維持しており、湖沼流域に住む人々の生活の質にとっては基本的な生活環境・社会経済環境および風土環境を生み出しているのである。

増大を続ける人間活動が、湖沼の生態に影響を与えてきている。しかしながら、その重要性や増大しつつある脅威にもかかわらず、湖沼は世界的な水政策検討の場において十分な注意が向けられてはいなかった。統合的水資源管理(IWRM)は、河川流域における水資源を管理するための適切な枠組みとして次第に受容されつつあるが、湖沼が河川流域内にある場合、IWRMは湖沼管理にどのように取り組むべきかについて反映したものと成り得ていない。湖沼の特性「全てを統合する性質」、「長い滞留時間」、および「複雑な応答動態」が管理方針にどういった意味合いをもつのかについては第2章で記述する。水資源の管理に従事する人々はこうした湖沼の特性が意味すること、すなわち管理組織・制度やその政策およびプランが「長期」にわたって策定され予算化される必要があるということ、外因性の変化に対する湖沼の「複雑な応答」を解明するためには科学的な知見が特に重要であること、および管理のための手段が湖沼の「全てを統合する性質」に見合ったものであること、を理解することが重要である。

特に、湖沼流域管理に関する実際的な教訓を援用する必要性が切迫しているのであるが、中でも熱帯や半乾燥地帯・乾燥地帯ならびに上述のような湖沼システムが増大する脅威にさらされている途上国においては、ことさら切迫しているといえよう。付言すれば、GEF やそのプロジェクトの実施機関のような国際機関によって実施されたプロジェクトから得られた初期の教訓を重ね合わせることは、湖沼流域管理を改善することになる政策展開において、実現可能かつ累積的効果を期待しうる変化をもたらすことになるであろう。

1996年に、世界銀行は、湖沼流域に焦点をあて、その管理方針の改善につながる湖沼流域管理イニシアティブを提唱した(Ayres その他、1966年)。第3回世界水フォーラムでは、湖沼流域管理の鍵となる原則を明らかにした世界湖沼ビジョン(Box 1.1)が提示され、こうした方向への歩みの第一歩を踏み出した(世界湖沼ビジョン委員会、2003年)。本プロジェクトである湖沼流域管理イニシアティブ(Lake Basin Management Initiative = LBMI)は、全世界においてそれぞれ地理的・社会経済的に異なる条件下にある28湖沼の流域を調査検討することで実用的な教訓を引き出すことにより、当該ビジョンの報告書をフォローしている。本プロジェクトの成果は、2005年に示された千年紀生態系評価(Millennium Ecosystem Assessment = MA)を補強するものでもある。

### 目的：教訓の抽出と分配

Box 1.1 に提示した多様な各種機関(Box 1.2)が一堂に会し、LBMI プロジェクトを推進することになった。プロジェクトの全体的な目的は、地域的、流域的、国家のおよび世界的レベルで、天然ならびに人工湖沼の流域管理能力を強化することにある。個別の事業推進目的としては、以下が挙げられる。

- 1) 湖沼流域事例についてのケーススタディをとりまとめ、管理の経験を報告書の形にすること。
- 2) 政策決定者と関係有識者(利害関係者)間で経験を分かち合う機会を設定すること。
- 3) 湖沼や貯水池の流域における効果的な管理についての学習や実施に移す方針を加速させること。

## Box 1.1 世界湖沼ヴィジョンの七原則

- 原則 1 :** 人間と自然との調和した関係は、湖の持続可能性にとって不可欠である。
- 原則 2 :** 湖の流域は、湖の持続的利用のための計画・管理の論理的出発点である。
- 原則 3 :** 湖の環境悪化の原因を防ぐための、長期的な予防的対応が必須である。
- 原則 4 :** 湖沼管理政策の立案と決定は、公正な科学と、入手可能な最良の情報とに基づいて行うべきである。
- 原則 5 :** 持続的利用のための湖の管理では、現世代および将来の世代の需要と自然が必要とする量とを合わせ考慮しつつ、競合する湖沼資源の利用者間の紛争を解決することが必要である。
- 原則 6 :** 重要な湖沼問題の把握と解決のためには、住民およびその他の利害関係者(関係有識者)<sup>1</sup>の有効な形での参加を奨励すべきである。
- 原則 7 :** 湖の持続的な利用のためには、公平性、透明性、全ての利害関係者(関係有識者)への権限付与を基礎とした良好なガバナンス(統轄制度)が不可欠である。

出典： ILEC ([http://www.ilec.or.jp/eg/wlv/WLV\\_Final.PDF](http://www.ilec.or.jp/eg/wlv/WLV_Final.PDF))

## 本報告書が対象とする読者

本報告書は、湖沼流域管理に関わり、あるいは関心を持つ広範な層を対象としている。「湖沼流域管理」という言葉はいろんな意味に使われており、通常は、いろいろな立場の利害関係者あるいは関係有識者・連携の取れない権限争いをしている公的機関・様々な資金源によって、異なる理解がされている。本報告書では、湖沼流域管理に関わりを持つ人々を糾合するための手っ取り早い手段として使用しており、場合によっては人々や機関の集合体が異なることについては配慮していない。本報告書は、地方レベル・地域レベルあるいは国家レベルで IWRM を実施している水資源の管理者に特に重点を置いていて、河川流域に重要な湖沼が含まれている場合の通常とは異なる対応の必要性を説いている。本報告書は、非政府機関のスタッフや研究機関および政策立案機関のスタッフにも有益となろう。また、本報告書は、GEF・世界銀行およびその他の国際開発援助機関にとっても、より効果的な湖沼流域管理プログラムの策定に役立つためのものでもある。本報告書と並行して、世界銀行と GEF を特定したターゲットとしての、教訓に関する文書が作成されている(世界銀行、2005 年)。

## プロジェクトの手法と手段

### 湖沼流域とその特性

28 の湖沼流域が本プロジェクトの対象として選定された(図 1.1 参照)。表 1.1 には対象となった 28 湖沼流域の詳細を示しており、付属資料 E には対象湖沼流域の地図を掲載している。

対象となった 28 湖沼流域は、気象条件・面積・直面している問題点・政治的な組織・体制形態および管理対策において幅広い内容を代表している。対象湖沼の中には、世界の主要な淡水湖沼と塩湖のいくつかを含んでいる。22 湖沼は生物の多様性にとって地球規模的に重要な湖沼である。12 湖沼は単一国内の湖沼であり、流域が属するのも単一国である。16 湖沼は越境(国際)湖沼であり、複数国家が流域と湖沼水域を領有している。こうした越境(国際)湖沼のうちの 3 湖沼(Baikal 湖, Cocibolca/Nicaragua 湖, Tonle Sap 湖)は湖沼全域が一カ国内に位置しているが、その流域は他の国にまたがっている。

単一国湖沼の中には、セクターごとの関心が異なって、上下流問題の対応に苦慮している例がよく見られる。越境(国際)湖沼も単一国湖沼と同様の問題に直面している。しかしながら、越境(国際)湖沼における管理は単一

<sup>1</sup> 原文では「stakeholder」となっているが、文脈により「利害関係者(関係有識者)」と「関係有識者(利害関係者)」を使い分けている。理由は、Stakeholder は日本語での単なる利害に関係のある者のみでなく、もっと幅広く、対象とする事態などに知識を有する者や関心を有する者をも含んだ概念としてとらまえるべきであり、また、記述の背景としてどちらに重点がおかれているかによって「利害関係者」を先に置くか「関係有識者」を先に置くかを使い分けたからである。

### Box 1.2 湖沼流域管理イニシアティブに関する主要機関

当該プロジェクトの中心的なスポンサーは、対象湖沼の約半数について流域管理プロジェクトの支援をしている地球環境整備基金(Global Environment Facility = GEF:[www.gefweb.org](http://www.gefweb.org))である。GEF は、地球規模の環境問題解決(生物多様性保護や温暖化ガスの削減等)に資するプロジェクト実施に必要な資金の不足分を補うための協調出資を行っている。原則として、GEF は一国のみに資するプロジェクトには資金提供をしない。そうした資金は当該国政府自体を含む他の財源が当てられることになる。当該プロジェクトへの GEF の協調出資は、「技術支援と評価ならびに学び得た教訓の誘導を通じて地球規模の環境保全に計画的・戦略的に資する地球的・地域的プロジェクトの集約」を推進するのに役立つことになる。GEF は、湖沼流域管理についての過去の経験を分析し周知させることが、対象湖沼のみでなくその他の湖沼や貯水池で現在進行中のプログラムや将来のプログラムを完璧なものにする要因となろうと考えてきたのである。

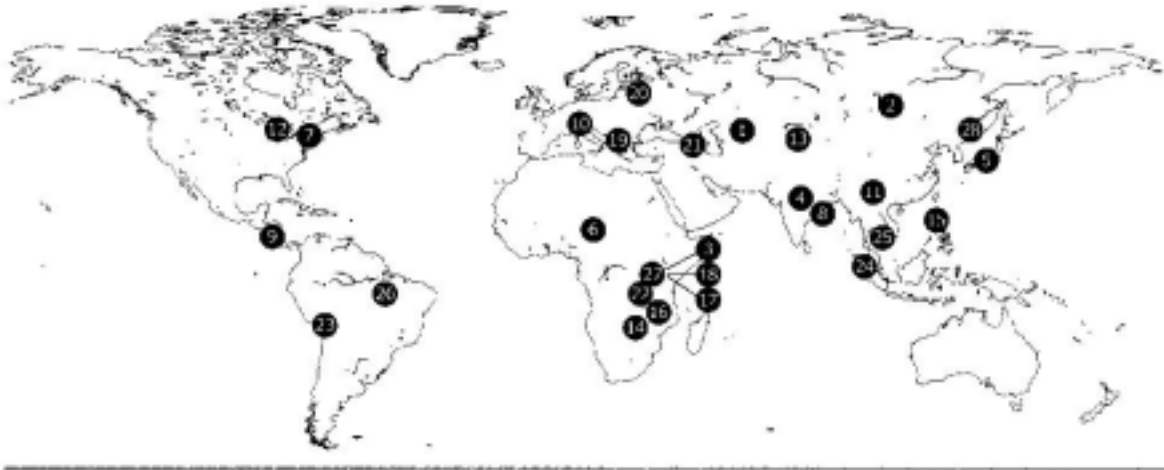
GEF プロジェクト実施機関である世界銀行は、湖沼流域管理イニシアティブ設計の一翼を担う世銀オランダ水パートナーシップ計画を通じて当該プロジェクトへの資金を準備した。世銀以外の GEF 実施機関である国連開発計画(United Nations Development Programme = UNDP)および国連環境計画(United Nations Environment Programme = UNEP)は、情報の提供と本プロジェクトの企画運営委員会にメンバーを派遣することでプロジェクトを支えてきた。合衆国国際開発機関(United States Agency of International Development = USAID, [www.usaid.gov](http://www.usaid.gov))は、関連するプロジェクトを通じて資金援助を行い、企画運営委員会のメンバーとして本プロジェクトの一翼をも占めてきた。湿地の保全と賢明な利用のための政府間条約であるラムサール条約事務局は、本プロジェクトの指導的役割を果たした。本プロジェクト対象湖沼の大半はラムサール条約登録湿地となっているからである。

日本国の滋賀県も本プロジェクトに資金を提供している。(財)国際湖沼環境委員会(ILEC:[www.ilec.or.jp](http://www.ilec.or.jp))は当該プロジェクトの取りまとめ機関ならびに資金提供者である。ILEC は 1986 年に滋賀県([www.pref.shiga.go.jp](http://www.pref.shiga.go.jp))の支援を受けて世界の湖沼の持続可能な管理を促進するために設立された国際 NGO である。ILEC は合衆国メリーランド州アナポリスにあるアメリカの NGO で湖沼の健全な姿を守るために 100 カ国以上の国々の人々や機関との地球規模ネットワークを築いている LakeNet([www.worldlakes.org](http://www.worldlakes.org))と協働で当該プロジェクトの運営に当たった。さらに、USAID は LakeNet と合衆国の聖マイケル大学に補助して、8 カ国の湖沼流域管理に関して技術的な支援を行った。

本プロジェクトの企画運営委員会のメンバーは、GEF・世界銀行・UNDP・UNEP・滋賀県・USAID である。

国湖沼のそれよりも困難である。なぜなら、国ごとの関心と優先順位に差異があること、および国境を越えた統治機関がなく、代わりに沿岸国は普遍的かつ補完的な管理行動に関しての相互の合意が得られる協定締結にいたる必要があるからである。こうした管理行動は国際法に基づかねばならない場合が多い。このような協定の締結に至るには、国家主権だけでなく、制度的・政治的な枠組みおよび情報や能力と組織・制度の差異の問題がからむために、典型的に複雑かつ長期にわたる経緯を経ることとなる。

本プロジェクトにおける調査研究は、GEF が資金を提供したもののうち 3 湖沼流域(Manzara 湖・Volta 湖および Caspi 海)以外の全ての湖沼流域を含んでおり、その内の 10 湖沼は GEF 検討項目の国際水域に属し、6 湖沼は生物多様性に属している。GEF プロジェクトへの採択を申請した数湖沼も取り入れられている。北米の五大湖・Champlain 湖および Constance 湖は、比較のために非 GEF 越境(国際)湖沼流域として取り入れられた。同様に、重要な生物多様性対象湖沼で非 GEF 湖沼流域として、Chilika 湖・Issyk-kul 湖・Naivasha 湖・Nakuru 湖および Sevan 湖を取り入れている。Aral Sea・Issy-kul 湖および Nakuru 湖の 3 湖沼流域は塩分濃度の濃い内陸水域であり、Chilika 湖は汽水の海岸ラグーンである。その他は淡水湖となっている。Constance 湖・Champlain 湖・琵琶湖および五大湖の 4 湖沼は高所得国から選定されており、7 湖沼は経済的



Aral Sea	Chilika Lagoon	Laguna de Bay	22 Tanganyika
Baikal	Cocibolca/Nicaragua	Malawi/Nyasa	23 Titicaca
Baringo	Constance	Naivasha	24 Toba
Bhoj Wetland	Dianchi	Nakuru	25 Tonle Sap
琵琶湖	五大湖	Ohrid	26 Tukurui Reservoir
Chad	Issy-kul	Peipsi/Chudskoe	27 Victoria
Champlain	Kariba Reservoir	21 Sevan	28 Xingkai/Khanka

図 1.1 対象 28 湖沼の分布

移行国から、それ以外は途上国から選定されている。本プロジェクトの対象湖沼流域が属する高所得国・経済的移行国および途上国の国民総所得の年間一人当たりの平均値は、それぞれ US\$31,855・US\$1,302・US\$712 である。

対象湖沼の内の 3 湖沼は貯水池であり、その内の一つ Bhoj 湿地の造成は 11 世紀に遡り、Kariba 貯水池と Tukurui 貯水池の 2 湖沼は水力発電のために 20 世紀の半ばに建設されたものである。貯水池の流域は湖沼流域と多くの点で共通の性格を持っている。しかしながら、湖沼流域とは区別すべき管理上の問題点もいくつか存在する。貯水池の建設は、従前は土地と水の自然の姿に依存していて、現在は貯水池の底に沈んでしまった土地の住民に影響を与えることになり、あるいはダムの下流域への流量に影響を与えることになる。極端な場合には、本プロジェクトの調査研究の中で Kariba 貯水池について述べられているように、適切な移転補償なしに住民の移住が行われることにもなる。一方、新たな貯水池ができると、生産目的で採取されるようになる生態状況を生み出すことがあり(Kariba 貯水池における食用およびスポーツフィッシング用の魚種の導入のように)、一般的には貯水池は、水力発電・上水・工業用水、および灌漑用水といった高い経済価値獲得の目的で建設され、その結果貯水池流域の管理に必要な収入の流れを生み出すことになる。また、万全の計画と技術的な調査によって、土砂の堆積や環境維持流量の欠落といった問題を小さくすることもできる。例えば、貯水量を多くして底部からの放流を行えば、土砂を放出し堆積を防ぐことができるし、環境流量の放流がダムの操作規定に盛り込まれることで、水生生態系を守って下流住民の便益に役立つような継続性を保証することができる。

### 湖沼概要書<sup>2</sup>・地域検討ワークショップおよび共通課題報告書

対象 28 湖沼からの経験と教訓を引き出す個別湖沼の概要書の作成には、地方や国際的な専門家が関わった。湖沼概要書では、それぞれの湖沼流域における生物物理学的な状態だけでなく、学び取った教訓を含む社会経済的な状況や管理の経験をも記述している。湖沼概要書の著者名は付属資料 B に掲載している。湖沼概要書の全

<sup>2</sup> 原文では「brief」となっており、湖沼流域管理の特徴的な課題と取り組みについて数十ページ程度に概略的にとりまとめた報告書である。

文は添付の CD-ROM に収録されている。

湖沼概要書については、以下の地域ワークショップで検討が加えられた：ヨーロッパ・中央アジア・南北アメリカの湖沼については、2003年6月に合衆国ヴァーモント州バーリントンで聖マイケル大学の協力により。アジアの湖沼については、2003年9月にフィリピンのマニラでラグナ湖開発機構の協力により。アフリカの湖沼については、2003年11月にケニアのナイロビで汎アフリカ大陸 START 事務局の協力により。これらのワークショップには41カ国から288名の参加者が集まり、湖沼流域管理についての貴重な追加情報を提供した(付属資料C)。28湖沼の概要書に加え、本報告書では、ウガンダの George 湖における地元ベースの管理対策設定に関する情報を引用している。こうした経験内容はアフリカ大陸の地域ワークショップに於いて提示されたものである。

湖沼概要書以外に、17項目にわたる共通課題報告書により、各湖沼流域共通の課題や地域的/地球規模の課題に関して取りまとめを行っている。これらの著者名についても、付属資料Bに掲載している。

### Web サイトによる情報センターと電子フォーラム

湖沼概要書や共通課題報告書および本報告書の一般公開による内容検討を含め、本プロジェクト関係者間の相互連絡と対話を進めるために、電子フォーラム([www.worldlakes.org](http://www.worldlakes.org))が設けられた。

### 本報告書の構成

本報告書は3部11章に分けられている。付属資料は6編からなり、添付の CD-ROM には湖沼概要書が収録されている。

**第 部：湖沼資源の理解**は、主要な生物物理学的な様相(第2章)と湖沼流域管理に挑むといった人間が関わる様相(第3章)を内容としている。対象28湖沼流域は、世界中の湖沼が直面している価値・利用・問題を幅広く内包している代表例であって、典型的な方策が展開されているものである。ここでは湖沼流域管理の鍵となる内容が記述されている。

**第 部：ガバナンスへの挑戦**は、本報告書の中心核を形成している。この部の各章には、湖沼流域管理の主な内容となる「ガバナンスの組織・制度(第4章)」「政策手段(第5章)」「住民(第6章)」「技術的対応(第7章)」「情報(第8章)」「資金(第9章)」に関して得られた教訓が記述されている。第 部の様々な話題を個別の章立てとして読むだけでなく、全体的に把握して読むことが最善である。

**第 部：総括**では、全ての教訓が首尾一貫した形で取り入れられており、まずプランの企画立案(第10章)を述べ、次いで将来に向けて(第11章)に関する記述を行っている。

付属資料Aは本報告書で使用されている語句の用語解説である。湖沼概要書と共通課題報告書とその著者名は付属資料Bに掲載されている。付属資料Cは三回の地域ワークショップの結果概要となっている。付属資料Dは参考文献のリストである。付属資料Eでは対象28湖沼流域それぞれの地図を掲載している。付属資料Fは、第11回世界湖沼会議最終日に採択されたナイロビ声明、同会議の一環として開催されたアフリカ水資源大臣会合で同日に採択されたナイロビ決議、および第9回ラムサール条約締約国会議で採択されたカンバラ宣言を全文掲載している。

表 1.1 28 湖沼流域の主要諸元

湖沼流域 名称	流域国		面積 ( )		人口密度 (per )	GNI <sup>b</sup> (\$) (一人当たり)
	沿岸国	非沿岸国	湖面	流域 <sup>a</sup>		
1. Aral Sea	カザフスタン、ウズベキスタン	アフガニスタン、イラン、トルキスタン、タジキスタン、トルクメニスタン	17,158	1,549,000	2.7	1,100
2. Baikal	ロシア	モロル	31,500	571,000	9.0	2,610
3. Baringo	ケニア		108	6,820	...	400
4. Bhoj Wetland	インド		32.3	370	1,351	540
5. Biwa	日本		670	3,848	338	34,180
6. Chad	カメルーン、チャド、コンゴ、エリトリア、ナイジェリア	アルジェリア、中央アフリカ、スーダン	1,350	2,400,000	9	355
7. Champlain	カナダ、合衆国		1,127	21,325	28	31,170
8. Chilika Lagoon	インド		906-1,165	4,300	47	540
9. Cocibolca/Nicaragua	コスタリカ	コスタリカ	8,000	23,844	211	740
10. Constance	オーストリア、ドイツ、スイス	リヒテンシュタイン	572	11,487	261	30,920
11. Dianchi	中国		300	2,920	1,082	1,100
12. Great Lakes (Laurentian)	カナダ、合衆国		244,160	765,990	43	31,170
13. Issyk-kul	キルギスタン		6,236	22,080	19	340
14. Kariba Reservoir	ザンビア、ジンバブウェ	アンゴラ、ボツワナ、タンザニア	5,580	687,049	20	430
15. Laguna de Bay	フィリピン		900	3,820	1,570	1,080
16. Malawi/Nyasa/Niassa	マラウイ、モザンビーク、タンザニア		29,500	100,500	68	223
17. Naivasha	ケニア		140	2,240	76	400
18. Nakuru	ケニア		30	1,800	222	400
19. Ohrid	アルバニア、マケドニア	ギリシャ	358	3,921	49	1,860
20. Peipsi/Chudskoe	エストニア、ロシア	ラトビア	3,555	47,800	21	3,995
21. Sevan	アルメニア		1,236	3,708	74	950
22. Tanganyika	ブルンジ、コンゴ、タンザニア、ザンビア	ルワンダ	32,600	223,000	45	218
23. Titicaca	ボリビア、ペルー		8,400	56,270	15.6	1,520
24. Toba	インドネシア		1,103	2,555	202	810
25. Tonle Sap	カンボジア	中国、ラオス、ミャンマー、タイ、ヴェトナム	2,500-16,000	70,000	59	300
26. Tucuruí	ブラジル		2,430	803,250	6.8	2,720
27. Victoria	ケニア、タンザニア、ウガンダ	ブルンジ、ルワンダ	68,800	193,000	155	317
28. Xingkai/Khanka	中国、ロシア		4,000-4,400	21,766	16	1,855

... 不明

注：大半の情報は湖沼概要書からの引用である。上記以外の情報は添付資料 A に掲載している。自然諸元については第 2 章に記述している。

a. 湖沼流域面積には湖面積が含まれている。

b. 国民総所得(Gross National Income = GNI)は 2003 年における一人当たり所得であり、世界銀行調査に基づく (<http://www.worldbank.org>)。数値は沿岸国の算術平均であり、非沿岸国は含まれていない。

(表 1.1 続き)

	湖沼タイプ	水質	気候	起原	標高 (m)	最大深 (m)	水量 ( )	滞留年
1. Aral Sea	閉鎖系	塩水	乾燥	氷河湖	30(アラル) 40(大アラル)	46	108 (2003年)	...
2. Baikal	開放系	淡水	寒冷湿潤	構造湖	456	1,637	23,600	330
3. Baringo	閉鎖系	淡水	半乾燥	構造湖	975	3.5	...	...
4. Bhoj Wetland	貯水池	淡水	温暖湿潤	人造湖	504	11.7	0.121	<1
5. Biwa	開放系	淡水	温暖湿潤	構造湖	86	104	27.5	5.5
6. Chad	半開放系	淡水	乾燥	構造湖	283	7	20	...
7. Champlain	開放系	淡水	寒冷湿潤	構造湖/ 氷河湖	29	120	25.8	3(主) 0.17(副)
8. Chilika Lagoon	海岸湖	淡水-塩水	熱帯湿潤 サバンナ	海岸閉鎖	0	3.7	4	...
9. Cocibolca/Nicaragua	開放系	淡水	熱帯湿潤 サバンナ	構造湖/ 火口湖	31	45	104	...
10. Constance	開放系	淡水	温暖湿潤	氷河湖	395	254	48.5	4.3(主) 0.07(副)
11. Dianchi	開放系	淡水	温暖湿潤	構造湖	1,887	8	1.56	2.74
12. Great Lakes (Laurentian)	開放系	淡水	寒冷湿潤	氷河湖	183(ハベリ湖) 74(オウチ湖)	406	22,684	191(ハベリ) 2.6(オウチ)
13. Issyk-kul	閉鎖系	塩水	高地半乾燥	構造湖	1,608	668	1,738	305
14. Kariba Reservoir	貯水池	淡水	半乾燥	人造湖	485	97	185	3
15. Laguna de Bay	海岸湖	淡水	熱帯湿潤 モンスーン	構造湖/ 海岸閉鎖	2	7.3	2.25	0.67
16. Malawi/Nyasa/ Niassa	過渡期	淡水	熱帯湿潤 サバンナ	構造湖	474	700	7,775	114
17. Naivasha	開放系	淡水	温暖湿潤	構造湖	1,885	18	...	...
18. Nakuru	閉鎖系	塩水	温暖湿潤	構造湖	1,759	4.5	0.092	...
19. Ohrid	開放系	淡水	温暖湿潤 地中海性	構造湖	690	289	58.6	70
20. Peipsi/Chudskoe	開放系	淡水	寒冷湿潤	氷河湖	30	12.9	25.1	2
21. Sevan	開放系	淡水	半乾燥	構造湖	1,896	80	32.9	...
22. Tanganyika	開放系	淡水	熱帯湿潤 サバンナ	構造湖	773	1,470	18,880	440
23. Titicaca	過渡期	淡水	熱帯高地	構造湖/ 氷河湖	3,810	283	930	56
24. Toba	開放系	淡水	熱帯湿潤 モンスーン	火口湖	904	505	240	109 279
25. Tonle Sap	閉鎖系・開 放系	淡水	熱帯湿潤 サバンナ	三日月湖	10	10	72.9 (最大)	...
26. Tucurui	貯水池	淡水	熱帯湿潤	人造湖	78	72	45	0.12
27. Victoria	開放系	淡水	熱帯湿潤 サバンナ	構造湖	1,134	80	2,760	23
28. Xingkai/Khanka	開放系	淡水	寒冷湿潤	構造湖	69	10.6	18.3(平均) 22.6(最大)	10

c. 出典：The Times Atlas of the World 総合第10版 36・37ページ

## 第2章 湖沼の生物物理学的性格

本章は、人間による利用と管理のための最大限の可能性を内包している湖沼とその流域の姿に焦点を当てている。より全般的な対応に関心のある読者は、Wetzel(2004年)・Klaff(2002年)あるいはHorne/Goldman(1994年)を参考にされたい。

### 湖沼の地球的な広がりと分布

Meybeck(1995年)による地球上の湖沼分布についての最も総合的な研究によれば、面積1ヘクタール以上の天然湖沼数はほぼ530万であるとしている(表2.1参照)。全体としてみると、湖沼は100,000立方キロメートルの淡水量を持ち、地表水が占める総水量の90パーセントにも及んでいる(Shilkomanov 1993年)。塩水湖は淡水湖とほぼ等しい水量である。

地球上の水の循環は河川を締め切った人工的な湖沼の建設によって深刻な変容を遂げてきた。こうしてできた貯水池には地球全体の年間流出水の14パーセント以上が蓄えられている。巨大貯水池の建設は近年になってからであるが、Bhoj湿地のような古くて小さい貯水池には1千年以上の歴史がある。

表 2.1 世界の湖沼の起原・数および面積(1ha以上)

起 原	数	総 面 積(ha)	対象湖沼数 <sup>1</sup>
氷河湖	3,875,000	1,247,000	4
構造湖	249,000	893,000	17
海岸閉鎖	41,000	60,000	2
三日月湖	531,000	218,000	1
火口湖	1,000	3,000	1
その他/不明	567,000	88,000	0
人造湖	...	...	3
合 計	5,264,000	2,509,000	28

... 不明

出典： Meybeck(1995年)から作成

1. 数湖沼は複数起原 およびまたは 起原不明である。当該欄の数字は表 1.1 に掲げられた起原分類に基づいている

湖沼の分布は一義的には地質と気候の違いに左右される。湖沼は、カナダや北欧の国々およびロシア連邦に最も多く存在しており、それらの国々には膨大な沈下窪地と、蒸発量を凌駕する降雨量がある。しかしながら、湖沼は世界中の全ての大陸(南極大陸 = 塩水湖沼密集地 = にさえ)に存在しており、南極大陸では数キロメートルの氷の下に埋もれている湖沼がいくつかある(例えば、Vostok 湖)。乾燥地域や半乾燥地域にさえ湖沼は存在し、その多くは高い蒸発比によって自然の塩水湖となっている。

貯水池や囲い込み池は、天然湖沼の実数が少ない地域で最も頻繁に建設されており、通常は湯水(旱魃)と大水(洪水)が繰り返されるという問題への対処となっている。世界ダム委員会(World Commission on Dams = 2000年設立)は、45,000以上の巨大ダム(ダム高15メートル以上、または貯水量300万立米以上の貯水池を有する高さ5メートルから15メートルのダム)が存在すると推定しており、その大半は20世紀後半に建設されたものである。

## 湖沼のタイプ分け：ある湖沼と別の湖沼とを区別させているのは何か？

ここでは五項目の鍵となる性格 流域タイプ・気候・起原・塩分濃度および混合 について見ていくことにす  
 るが、これらの性格は人間による湖沼利用を左右する主要項目である。

### 流域のタイプ

かつて、湖沼はそれ自体で完結する世界であるととらえられていた(Forbes 1875年)。湖水域と流域とは湖  
 岸線を境にした別々の独立した存在であると思われてきたのである。世界中の湖沼問題の研究が進むにつれ、  
 湖沼はその流域と密接に関係しているということが明らかになってきた。これは、世界湖沼ビジョンの第2  
 原則として整理されている(Box1.1)。対象28湖沼の湖沼概要書の内容分析(次章参照)は、湖沼自体の状態の変  
 化と流域(Catchment・Watershed および Drainage basin はほとんど同意義に使用されている)の状態の変  
 化との関連性を裏付けている。湖沼によっては、陸上の流域を越えた大気影響圏域内の活動に影響されるケー  
 スもある。

湖沼流域は水の収支によって分類される。つまり、水が湖沼にどのように流入し、湖沼から流出するかを見る  
 のである。科学者は、開放系流域と閉鎖系流域の間で区分するか、湖沼に流入する河川を有するか否かで区分  
 している。図2.1の分類は、対象28湖沼の流域タイプの区分勘定にこの単純な二分法を今少し拡大し応用し  
 ている。

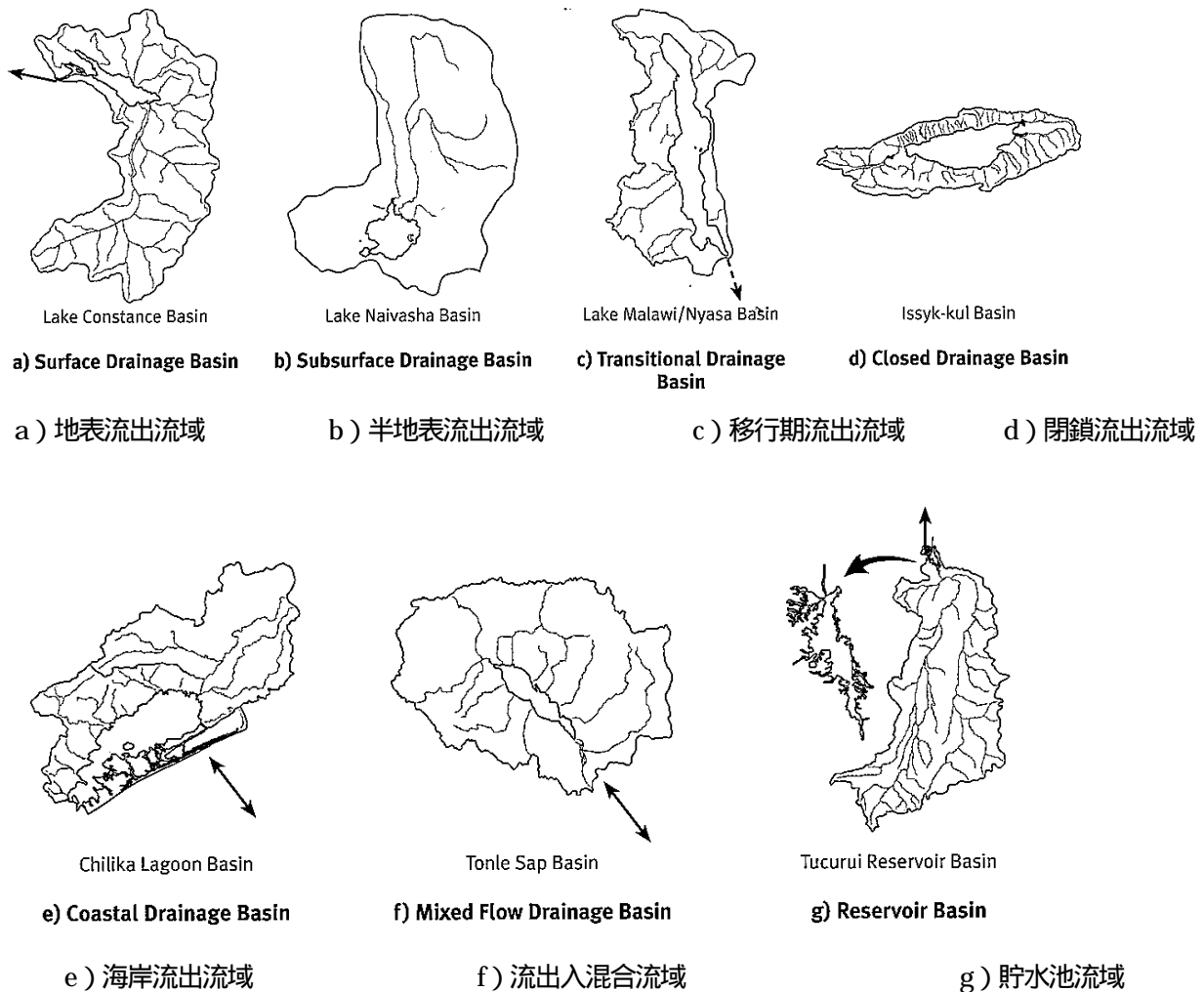


図2.1 湖沼流域タイプ

**地表流出流域** 地表からの流出水がある開放系流域である。一本または数本の川によって水は湖から流出し、塩分を構成するイオン成分は流し出されている。このため、淡水状態が保たれている。本報告書の多くの湖沼は、流出水の主要経路である河川を有する開放系集水域内に位置している。このタイプの湖沼では、水は蒸発や地下水によっても流出しているが、こうした要因は河川経由の流出に比べると量的にはあまり多くない。こうした湖沼流域の例としては、Baikal 湖・琵琶湖・Constance 湖・Dianchi 湖・五大湖・Peipsi/Chudskoe 湖・Toba 湖および Xingkai/Khanka 湖がある。

**半地表流出流域** 重要な半地表式流入/流出河川を有する開放系流域である。多くの湖沼は地表流出河川を持っていないが、それでも地下水を通じて水および塩分を流出させる実際の流れがあるために、淡水水質を保っている。Naivasha 湖は地下水からの流出が優先している顕著な例である。Ohrid 湖は、流入水の多くが別の湖沼流域から地下水を通じて流れ込んでいる興味深いケースである。こうした湖沼例には、Baringo 湖・Chad 湖・Naivasha 湖および Ohrid 湖がある。

**移行期流出流域** 地表ないしは半地表の流出河川を有するが、それら河川において大量の蒸発が起きている流域である。このタイプの湖沼は主に低緯度地帯に見られ、強烈な太陽光線による強度の蒸発が起きる乾燥・半乾燥地域に位置する。気候なり人為的影響による僅かな変化で、開放系から閉鎖系に湖沼流域を転換させることになる。湖面への降雨量と湖面からの蒸発量に大きく左右されるので、同等面積の他の開放系流域よりも大気からの補給に敏感に反応する。Malawi/Nyasa 湖流域には南部に流出河川があるが、その河川は時々枯渇し、流域を閉鎖系に変えている。このような例としては、Cocibolca 湖・Malawi/Nyasa 湖・Sevan 湖・Tanganyika 湖・Titicaca 湖および Victoria 湖がある。

**閉鎖流出流域** 見るべき地表流出河川も半地表流出河川も持たない終着流域である。湖水は蒸発のみで失われ、そのために塩分濃度（総イオン濃度）が次第に高まっていく。したがって、閉鎖系流域の大半の湖沼は塩湖（総イオン濃度 3g/L 以上）か、塩湖になりつつある状態である。閉鎖系流域湖沼の例としては、Aral Sea・Issyk-kul 湖および Nakuru 湖がある。

**海岸流出流域** 海洋からの海水の出入りがある集水域である。淡水は主に流入河川から入ってくる。湖沼からは時期的・季節的に海洋に流れ出し、時には海洋から湖沼に流れ込む。そのため複雑な動きを示し、生物層に重要な塩分の変化を季節的に左右する結果となっている。こうした湖沼例としては、Chilika 潟湖があり、それほど顕著ではないが、Laguna de Bay がある。

**流出入混合流域** 季節によって流入と流出の方向を変える河川を持つ集水域である。海岸閉鎖湖とは対照的に、流入は淡水河川からである。流出入の逆転現象は、湖水位と湖面積の大きな変動要因となる。こうした湖沼は、通常は内陸扇状地帯に発生する。Tonle Sap 湖は、このタイプの主要例である。このタイプの流域では、湖沼に連結している河川の流量が季節的に変化するため、湖沼の集水域の面積は季節的に変化する。

**貯水池流域** ダムでせき止められた河川の集水域である。建設理由は様々であり、しばしば論議的にはなるが、地質と気候とが天然湖沼の形成に適さない地域の多くで貯水池が建設されてきた。貯水池には湖面積対流域面積の比率が大きいものが多く、しばしば顕著な樹枝状の形態を示す。その二つの特徴を示す例として図 2.1(g) に Tukurui 貯水池とその広大な流域の両者を図示する。河川環境から湖沼環境への貯水池本体内での移行は段階的であり、ダムに近いほどその進行は早い。Bhoj 湿地・Kariba 貯水池および Tukurui 貯水池がこの例である。

## 起原と年代

表 2.1 は、現存する世界の湖沼の 75 パーセントが約 1 万年前に終息した最後の氷河期の結果として形成された

ことを示している。海岸閉鎖湖はさらに新しいもので、海水面が安定した約6千年前に形成されたものである。構造湖は年代的にはかなり変動を示すが、非常に古いという傾向がある。シベリアの地溝帯に位置する世界最古の Baikal 湖は2千万年以上の年齢であると考えられている。アフリカの大地溝帯には、Malawi/Nyasa 湖や Tanganyika 湖のように同様に古く深い湖沼が位置している。世界15古代湖(2百万年以上の年代のもの)の内の8湖沼が本プロジェクトに含まれている。

湖沼の起原はその湖沼の性格付けをするものとなっている。例えば、海岸が閉鎖してできた潟湖は、通常は大河川の受水域末端に位置しており、当然沈砂の影響を受けやすい。こうした潟湖は次第に沈砂に満たされるといった経過を辿って年代を重ね、海からの隔離がどんどんと進んで塩分濃度が低下していくことになる。他方、構造湖は深くて古いという傾向があり、したがって、より長い滞留時間となり、一般的に重要な生物多様性価値を有する在来種に富んでいる。

## 気候

太陽エネルギー量は、湖沼への流入水の量と季節変化や湖沼の熱特性および湖沼内の生物生育過程に影響を与える。第1章の表1.1は Köppen の気候システムによって湖沼流域を分類しており、極地性・寒冷湿潤・温暖湿潤・乾燥・熱帯湿潤・高地性の六項目の主要気候タイプが認められる。この六項目をさらに細分することができる。

対象28湖沼は気候タイプの広い範囲をカバーしている。大半は熱帯性(10湖沼)または亜熱帯性(5湖沼)気候帯に属し、大量の降雨と強い太陽光線が特質となっている。別の6湖沼は乾燥地域または半乾燥地域に位置し、年間降雨量はそれぞれ25~200mmと200~500mmの間の地域に分類されている。これら乾燥地域と半乾燥地域の多くは低緯度地域にあり、したがって強力な太陽光線と高蒸発の影響を受けやすいのである。世界の塩湖の主要部分は、乾燥地帯や半乾燥地帯の閉鎖系集水域に発生している(Williams 1998年)。Titicaca湖は高地性の熱帯湖沼という特異な位置を占めている。残りの6湖沼は温帯地域に位置している。

浅い湖沼は気候の影響を特に受け易い。例えば、Nakuru湖は水深が浅くて蒸発率が大きく、流入河川の水量が季節的に変化するため、同一季節内であれ季節が異なった場合であれ、気候の影響を排除する機能をほとんど有していない。流入水量の最初のピークは5月(降雨量のピークを過ぎた1ヵ月後)に起きるが、二回目のピークは8月の月間降雨量と一致している。Nakuru湖の流域は閉鎖流域であり、蒸発によってのみ湖沼からの水の亡失が起こり、その結果、1993年から1996年にかけての長期の旱魃が著しい湖水面の低下を招くことになったのである。

湖沼に関する科学的な知識は、まずヨーロッパや北アメリカにおける温帯湖沼の研究から得られたものである。こうした知識ベースを拡張するために、本プロジェクトでは多くの温帯以外の湖沼や途上国からの湖沼を対象に選んだ。

## 塩分濃度

1998年にWilliamsは、総イオン濃度が3g/L以上の湖を塩湖と定義した。これ以下の濃度の湖は淡水湖とみなされている。水が蒸発する際にイオンの大部分はそのまま残留する。湖沼からの水の喪失を支配しているのが蒸発である場合には、その湖沼の塩分濃度は次第に増大していく。対象湖沼のうち3塩湖(Aral Sea・Nakuru湖およびIssyk-kul湖)は閉鎖流出流域に存在している(もう一つの塩分濃度の高い湖沼はChilika潟湖である)。

対象湖沼は、淡水から過塩分濃度湖に変化した湖沼の姿を示すものを網羅している。湖沼の塩分濃度は、生物層に決定的な影響を及ぼし、結果的には湖沼を利用する人々にもその影響が及ぶ。Aral Seaは、かつては低塩分濃度水域であったが、淡水河川上流における分水によって湖沼の水収支は蒸発に大きく偏り、塩分濃度が劇

的に上昇した結果、漁業の壊滅を招くことになった。しかしながら、塩分濃度上昇が利益を招くことがあり得る。Chilika 潟湖の湖沼概要書では、高塩分水(海洋水)の供給が減ることで、高塩分生態系に適合していた魚種が減少する結果となった経緯が示されている。大地溝帯のケニア領内に位置する可変塩湖である Nakuru 湖は、極端な塩分濃度の変動が湖沼の最も重要かつ特徴的な価値を生み出している事例である(Box2.1)。

### Box2.1 Nakuru 湖 塩分と蒸散

Nakuru 湖は極端な塩湖の例であり、その塩分濃度のレベルは状況により 0.8~20%を示す。強度の塩分変化が起きるために、Nakuru 湖は人間による利用を遠ざけてきた。同湖の水は、灌漑・スポーツ・漁業あるいは水道用水としては不適当なものになっている。このような高アルカリ性湖沼は生息する生物種の数少なく、単純な生存構造をなすという特色があり、ここでは狭い適応範囲の生物種が高い汚染濃度に順応している。Nakuru 湖の場合、藍藻類の *Arthrospira fusiformis* (Voronichin = オシラトリアの近縁種)が高塩分濃度の水中で繁殖しており、レッサーフラミンゴの餌となっている。レッサーフラミンゴはこの藻類に特化した索餌習性を持っており、索餌場所は *Arthrospira fusiformis* が繁殖する湿地に限られている。レッサーフラミンゴは絶滅危機種である (CITES List )。

まずフラミンゴの一大群生地であるために Nakuru 湖は価値の高い国立公園であり、地域や国にとっての主要な収入源となっている。国立公園としての価値に加え、流域内に発生した廃棄物の天然の処理場たる貯水池としても役立っている。この湖の管理には、明らかに矛盾するこの二つの用途のバランスをとることが含まれている。

### 混合と成層

湖沼内の水の動きは一定の方向性を持たず、複雑である。多くの湖沼では、成層する期間、つまり上層の水が下層の水と混ざり合わない期間が観察される。事実上、一つの湖沼があたかも二つの湖沼(一つの湖沼が他の湖沼の上に乗る)に分離したかのようになる。成層は、湖水面に降り注ぐ太陽光線が上層水の水温を上昇させるとき、あるいは上層と下層の塩分濃度差によって形成される。上層と下層の大きな密度差による強力な成層は、熱帯の湖沼に特に生成しやすい。

成層が引き起こす主な影響は、底層の水が大気と接触しなくなり新鮮な酸素の経常的な供給が途絶えることである。このような状態になると、そこに生存するいろいろな生物が酸素を消費するために、水中の酸素濃度が低下する。魚類やその他の生物種はそうした酸素欠乏状態の水中では生存できない。望ましくない化学反応がメタンやリンといった汚染物質を底泥から遊離させるという事態が発生することがある。

成層と混合は様々なパターンで発生し、そのタイプとしては、単混合(monomictic=年に 1 回の混合)・対混合(dimictic=年に 2 回の混合)・多混合(polyimictic=年に数回の混合)および部分混合(meromictic=常に成層している)がある。単混合および対混合湖沼は通常、温暖な地域で見られ、ここでは太陽光線の季節性がはっきりとしている。浅い湖沼は年間を通じて混合しやすい(多混合)傾向があり、成層期間はごく短い。Malawi/Nyasa 湖や Tanganyika 湖のようないくつかの湖沼は、極深部に滞留する膨大な量の水を混合させるのに必要なエネルギーを風が供給できないため、永久に成層している。このような湖沼の低層に沈んだ物質は事実上永久にそこに留まる。

### 湖沼に共通する特徴：湖沼とそれ以外の水域を区別させているのは何か？

一般的に言って、湖沼は三つの基本的な特性 全てを統合する性質と長い滞留時間および複雑な応答動態 を有している。個々に見ると、これらの特性は湖沼に特有のものではない。例えば、地下水も長い滞留時間を有するし、河口部は複雑な動態を示すことがある。しかし、これら三つの特性を併せ持つのが湖沼であり、その流域管理に IWRM の原則を適用する際に重要な影響を与えるのである。

## 全てを統合すること

湖沼は集水域やその彼方の多くの発生源から様々な形で影響を受ける。湖沼に影響をもたらす現象は、大気からの降下物、河川その他の水路からの流入物、波を発生させる太陽光エネルギーや風力エネルギー、混合状態に影響を与える熱エネルギー、さらに土地や大気起源の汚濁・汚染物質や栄養塩類ならびに生物・無生物を含む有機物負荷である。

「全てを統合する」とは、こういった様々な流入物や力が混合し、湖沼全体に影響を与えることを意味している。混合には重要な制約がある。成層は完全な垂直混合を妨げ、閉鎖的な湾入部は水の水平移動に制限を加えることがある。にもかかわらず、魚類や（遊泳性の）無脊椎動物などの生物資源は、浮遊性植物や汚濁といった水質に影響を与えると共に、湖沼の上層域の大部分を移動したり移送されたりする。

## 長い滞留時間

湖沼は引き起こされる変化にゆっくり対応していく。湖沼は、洪水、汚濁物、熱などには敏感に反応せず、その影響を吸収することができる。水が留まる時間は、湖の水量を年間流入(あるいは流出)量で割った値として計算され、水の分子が湖沼の中で過ごす平均時間指標となっている。表 1.1 には本プロジェクトの対象となった湖沼の多くについての滞留時間を掲載している。最短滞留時間は 2 ヶ月(Tucurui 貯水池)であり、最長滞留時間は 440 年(Tanganyika 湖)である。湖沼の世界平均は 17 年で、ダムのない河川の平均滞留時間の 2 週間と比較される(Klaff 2002 年)。

長い滞留時間にはいくつか重要な意味がある。一つは、湖沼は相対的に安定しているということである。深刻な旱魃の際ですら、大半の湖沼は水をいくらかは湛えており、その大量の水量は多くの場合短期変動に対し緩衝となる。厳しい旱魃が続くと、特にそれが閉鎖流域に起きると、干上がってしまうことがある。Aral Sea は過去 2 千年間に数回干上がったことが知られており、Nakuru 湖は 1980 年代に大幅に干上がっている。頼りがいのある貯水槽として、湖沼は航行を容易にする平水面を提供している。加えて、滞留時間が長いことで、懸濁物を水底に沈積させるにすることができる。このことは、多くの物質に対する高効率の沈殿槽として機能しているということの意味している。比較的長期間存在しているために、多くの湖沼は文明を育み、文化の象徴となってきた。Sevan 湖や Ohrid 湖がそうした例を示している。Sevan 湖に人が住み着いたのは 9,000 年以上前に遡るし、Ohrid 湖のマケドニア側は世界遺産に指定されている。その理由の一部に住民の長い歴史を物語る遺跡があるからである。

もう一つの意味は、相対的に古い湖沼の長期間の安定性は、複雑でしばしば特異な生態系を進化させることである。Malawi/Nyasa 湖は数百万年間比較的孤立していた場合の例であり、自然淘汰を繰り返しつつ、現存 500 種以上の在来魚種を生み出している。しかしながら、こうした生物多様性は、Victoria 湖におけるナイルパーチの導入に伴う魚類構造上の大きな欠落と富栄養化の進行により明らかのように、急速に破壊されるものである。湖沼生態系は、進化に必要な時間枠を超えるストレスに対しては弾力的に対応するが、それまでに経験したことのないようなストレス、例えば外来種の導入といったような新たなストレスに対しては極度に脆弱である。

長い滞留時間は、湖沼が一度悪化すれば、仮に正常に戻せたとしても、非常に長い時間間がかかるということの意味する。五大湖における毒性化学物質の長期にわたる底泥からの溶出のように、湖沼概要書が語る証拠は、悪化を元に戻すのは困難かつ費用がかかり、しばしば不可能でもあるということを示している。湖沼の長い滞留時間は、人間の管理に要する時間の尺度とはほとんど合致しないという生態系の反応速度との時間のずれの原因になる。

## 複雑に絡み合う現象

河川とは異なり、湖沼は必ずしも外力の変化の大きさに応じた分だけ反応するとは限らない。図 2.2 は、栄養塩類濃度が増加する場合に、大半の湖沼で見られる典型的な非直線反応(履歴現象)を表している。具体的には、栄養塩類濃度が上昇(A から B へ)しても、湖沼環境の悪化は目に見える形では現れてこない。図中では、栄養塩類濃度が B から C に増加したときに始めてプランクトンが異常繁殖している。政策決定者にとって困難なことは、湖沼は単純には C から B に戻ってはくれないことである。生態系においては不可逆的な変化が起こりがちであり、そのために、回復の道筋は C から D を経て A に至ることになる。そのことは、政治的に困難な決定(湖沼を C から D に移行させるための栄養塩類排出規制といったような)が、直ちに良好な(たとえば植物プランクトンの異常増殖頻度が一気に低下する)結果を生み出さないということを意味している。

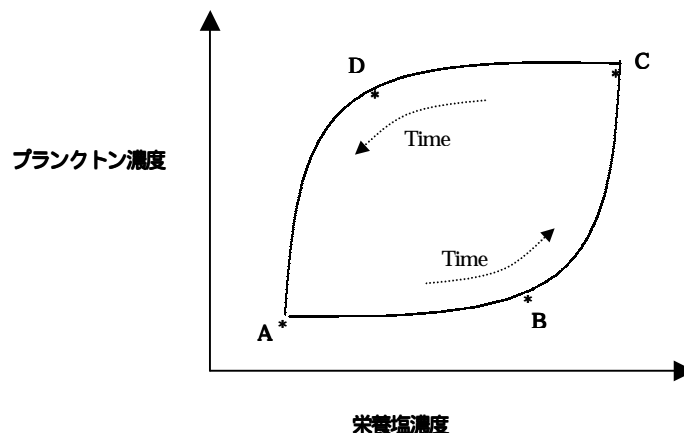


図 2.2 湖沼の複雑にからみあう動態の例

Victoria 湖は、この複雑な反応について周知の実例を示している。従前、優先植物プランクトン種であった珪藻類の *Aulacosiera* が湖中で最後に観察されたのは 1990 年であった。現在では、窒素固定微細藍藻類(特に *Cylindrospermopsis* 種)とそれよりは少ないが、*Anabaena* が植物プランクトンの優先種となっている。湖沼における食物連鎖の基盤部分におけるこのような突然の変換は、栄養塩類負荷が次第に増大した結果であり、湖沼の生態系全体に波及する主要原因となる。Naivasha 湖は、外来種が湖沼に導入されて状態が変わったと水生生態学者が推測しているもう一つの湖沼である。ルイジアナザリガニの導入が、元々沈水植物が優先していた生態系をほとんど水生大型植物が枯渇した生態系へと変えてしまったのである。

表 2.2 五大湖における生物濃縮

生 物	植物プランクトンを基準とした PCB 汚染濃度比較
人間	?
セグロカモメの卵	4,960
マス(大型魚)	193
ワカサギ(小型魚)	47
動物プランクトン	5
植物プランクトン	1

出典：USEPA およびカナダ政府(1995 年)より作成

生物濃縮が、湖沼の生態系における複雑性のもう一つの例である。生物濃縮とは、有機物の合成体である「生物」体内での濃度「拡大」を意味しており、食物連鎖によって進行する。PCB 類やダイオキシン類といった有害化学

物質は脂質に極端に溶けやすく、そのためにそれらを摂取した生物体内に留まり、食物連鎖の下位に位置する生物が上位に位置する生物に捕食され場合に濃縮される。表 2.2 は、PCB 類が五大湖における食物連鎖にしたがって上昇していく状況を示している。

### 湖沼流域管理のための示唆

湖沼は河川流域の一部であり、IWRM の原則により最善の管理が行われる。その中には最低層の利用者や湖沼に影響を与えるセクター間の調整およびかわりを持つ関係有識者全ての参画についての責任の付託を含んでいる。図 2.3 は、水資源管理には水利用者全てにわたっての調整が必要であることを示している。しかしながら、水資源管理者もまた、湖沼流域管理についての湖沼の特性と湖沼流域管理においてこうした特性が意味することの理解者である必要がある。IWRM のなかでのこうした特異な位置づけを統合的湖沼流域管理 (Integrated Lake Basin Management = ILBM) と呼ぶ。

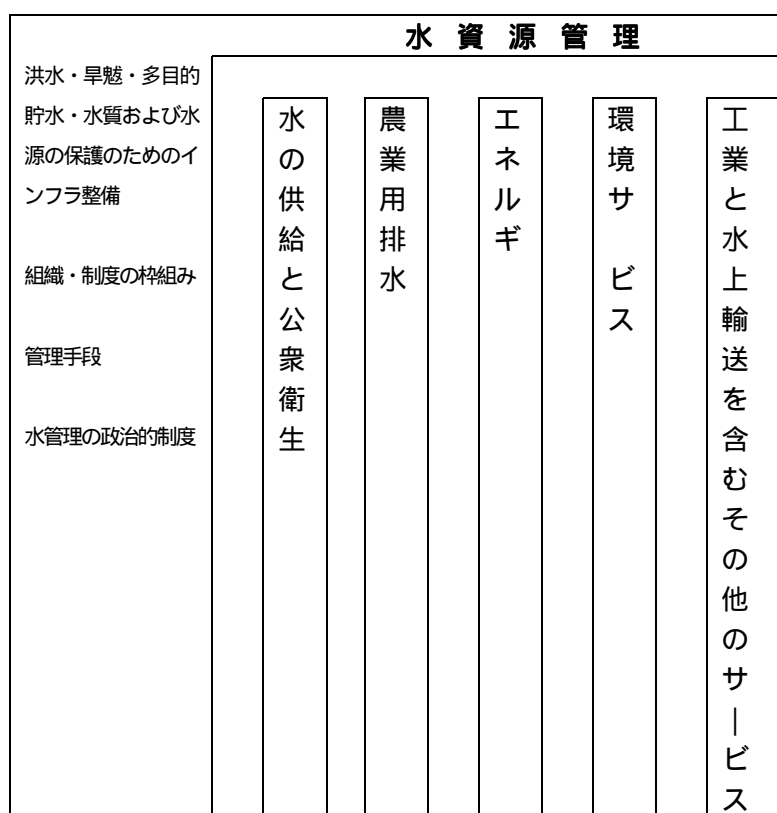


図 2.3 水資源とセクター別水利用間の関係を示す枠組みの概要  
出典：Global Water Partnership = GWP

湖沼の「全てを統合する性質」とは、湖沼資源も湖沼問題も、湖全体との関わりの中で考える必要があることを指している。したがって、ある湖沼について、その部分ごとに管理方策を施すのは賢明ではない。このことは、越境(国際)湖沼流域には特に当てはまる。例えば、持続可能な漁業は、沿岸国の全てが持続可能な漁業を実践しなければ、単一魚種についてすら達成することはできない。つまり、越境(国際)湖沼流域には、何らかの国際協力体制が必要であり、湖沼とその流域の両者を対象とする組織・制度を調整する国際協力のいくつかの例については、本報告書で後述する。湖沼の「全てを統合する性質」に関しては、一般的に湖沼資源の利用者を排除することは難しいことを意味している。効果的な規制を行う組織・制度がない場合には、個々の利益追求を目的とする利用が更に容易になり、過剰利用をもたらし、資源の基盤を破壊することになる。人々の行動を規制する方法は、法規制による場合であれ、経済的手法による場合であれ、あるいは公共教育や参画によ

る場合であれ、湖沼のこうした特性に基づいて定められる必要がある（より詳細な議論は次章で行う）。

長い滞留時間は多くの問題を生み出す。問題はゆっくりと持ち上がり、管理されるまでには同じく長い期間を要するため、湖沼流域管理に関わる組織・制度(上流域のものを含め)には、継続性を持った行動が取れるような配慮がされている必要がある。その組織・制度は、セクター別の機関や地元のグループとの強力なつながりを持つことを含め、長期的に機能するよう配慮されるべきであり、資金源が持続する必要がある。

科学的知見は、湖沼が長期滞留時間と複雑な動態の両者を兼ね備えるが故に、ILBM においては特に重要な役割を持っている。長期滞留時間という性質は、問題となる事項についてはモニタリングや指標の策定および分析的研究を通じてできる限り前もって予見する必要があることを意味しており、複雑な応答動態という性質は、詳細な科学研究がそうした複雑な動きとそれが意味することを解明するように運営される必要があることを意味している。科学研究はこうした問題への新たな解決策をもたらすことも可能となる。

現在、湖沼を内在させている河川流域の特性については水資源管理者による広範な理解には至っていない。本プロジェクトを通じて浮かび上がった教訓が、こうした特性を持つ湖の管理に必要な課題を賢明なる水資源管理者が理解する上で役立つものとなることを期待している。

### 第3章 人間による湖沼の利用：価値・問題点および対応

#### 湖沼とその流域の資源価値

湖沼や貯水池およびその流域は人間にとって様々な利用価値を持っている。飲用水・農業用水・工業用水ならびに家畜の用水および発電用水を供給し、下流域に対しては、洪水と渇水の両方を和らげる役割を果たし、下流を守るための懸濁物や汚濁物質の沈殿地(このことが湖沼自体にとっては問題の基になりうるが)となり、物資の輸送路となり、重要な食料となる生物種の生息地となっている。そういった価値を生み出すために私たちは人工的に湖沼を建設するが、天然の湖沼からもたらされる価値は、人工的な湖沼が生み出しうるものをはるかに凌駕している。Tonle Sap 湖は、湖辺や下流域の地域社会の利益となるような洪水と旱魃の緩衝池の役割を持つ珍しい例である。5月の中旬から10月の中旬にかけてメコン川の流量は増大し、メコン川デルタ地帯ではそれを受けきれなくて、流水はTonle Sap 川に逆流しTonle Sap 湖に入り、湖辺一帯は洪水で覆われる。この毎年繰り返される増水が世界で最も漁獲量が多い漁業を支えている。増水期に続く10月から翌年4月にかけてのメコン川へのゆっくりとした流出が、二期作目の米作のための用水となり、メコン川デルタ地帯に海水が逆流するのを防いでいる。

湖沼とその流域の多くの利用価値を高めている内容については次のBox 3.1 に列挙する。

#### Box 3.1 湖沼と湖沼流域の普遍的な利用

湖沼	湖沼流域
<ul style="list-style-type: none"><li>都市や農村域のための取水</li><li>観賞用・食用魚採捕漁業や養殖</li><li>水上輸送</li><li>耕作地や牧草地のための用地提供</li><li>下水を含む廃棄物の処理</li><li>生物多様性・風景あるいはスポーツ活動に関する観光</li><li>文化的・宗教的利用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>降雨の受け皿および灌漑農業</li><li>家畜の牧草地</li><li>工業</li><li>鉱山</li><li>居住地</li><li>林業</li></ul>

途上国の湖沼周辺におけるほとんどの集落社会は、用水・食糧および生計のために湖沼の生物と湖沼の自然状態に多くを依存していて、人口増によって湖沼資源は増大する圧力に曝されている(Box 3.2)。つまり、世界の最貧の人々のある部分を含む本プロジェクトにおける多くの湖沼流域社会は、蛋白資源を淡水生物に依存している。例えば、Malawi/Nyasa 湖は、マラウィにおける動物蛋白の70パーセントから75パーセントを供給しており、Tonle Sap 湖は、年間およそ230,000トンの魚類を提供し、これはカンボジアの総漁獲量のほぼ半分を占める。Victoria 湖は世界でも最大の淡水漁業を支えており、年間漁獲量は300,000トンを超え、6億ドルの価値を生み出している。ナイルパーチとナイルテラピアの外来2種が輸出用外貨を稼ぎ出し、レクリエーションの機会を生み出し、蛋白質の供給を増やし、漁民に雇用機会と収入の増大をもたらすことで、沿岸諸国にプラス面の貢献をしてきたが、一方では、この2種によって多くの在来種、特にキクラ科の魚類が消滅に追いやられてもいる。しかしながら、最近の調査では、Victoria 湖地域の主な湖からは消滅したと考えられていたキクラ科魚類のうちのある重要種が、主湖盆周辺の境界生息域や小内湖にまだ存続していることが明らかにされている。

湖沼は重要な生態系を支え、地球上の全社会にとって価値がある希少かつ絶滅の危機に曝されている生物種の生息地でもある。対象湖沼の多くは国際的な生物多様性の高い価値を持っている(表3.1)。28湖沼概要書の内

の 12 湖沼概要書において、湖沼流域管理の枠組みにとって大切だとして、国立公園・自然保護地あるいはその他の保護地域を含め、国ないしは地方自治体による指定がされている旨記述されており、28 湖沼流域のうち 18 湖沼流域には国際的にも重要な湿地が含まれている(ラムサール条約登録湿地)。5 湖沼流域は、生物層保全のための国連人間・生物層計画によって指定されている。2 湖沼は UNESCO の世界遺産として指定されている。Ohrid 湖は、指定は湖沼流域における自然遺産と文化遺産の両面についてであり、世界で最も生物多様性の高い淡水域である Baikal 湖は、指定は自然遺産についてである。いくつかのケース(Ohrid 湖・Champlain 湖および Issyk-kul 湖)では、こういった国際的な指定を受けることが、湖沼資源の重要性についての意識を呼び覚ますのに役立ち、国家的な水資源管理への取り組みの道筋を整えてきた。

生物多様性の保護は、危機に曝されている湖沼資源を有効に利用することと対象湖沼の多くで以下のようなつながりを持っている：

- Ohrid 湖では、天然のマスが、乱獲や産卵場所の喪失および外来魚種の導入によって危機に曝されている。マケドニアとアルバニア間での漁獲量規制についての漁業規則を調和させることと、湖岸帯の植生を保護することで、危機に瀕している天然のマスを保全し、商業価値のある食糧源を維持するのに役立つであろう。
- Tonle Sap 湖は、「流域の生態的現状を維持するための関係国間における合理的かつ公平な水利用」の達成を目的として 2000 年のかかりに策定された利水プログラム(Water Utilization Programme = WUP) がスタートしたメコン川流域の一部である。
- Tanganyika 湖と Malawi/Nyasa 湖では、多様な魚種が取引に供されている観賞用魚類の供給源となっている。しかしながら、こうした色鮮やかなキクラ科の魚種は、生息度が極度に限定されており、慎重に規制されずに漁獲が続けられると、絶滅の危機に曝されることになる。大きな位置を占めてはいないが、これらの魚種には持続的に産業を支える潜在性がありながら、現在、両湖沼においては、この取引の継続性を保つための規制はない。

最後に、湖沼は、先進地域・途上地域を問わず、多くの社会において文化的・宗教的な価値を有している。湖沼概要書では、数多くの事例が示されており、Laguna de Bay 湖では、洗礼や守護聖徒をたたえるパレードといった宗教儀式が湖岸地域に住む人々と密接なつながりを示している。Laguna de Bay 湖流域では、Laguna 県 Pakil 市や Pangil 市および Majayjay 市の一世紀を超える教会や、湖岸の都市 Binangonan Rizal 市にある岩石彫刻といった多くの文化遺産も残されている。Ohrid 湖がもう一つの例を示している。長い歴史を持つ湖岸域の居住地が、文化と自然が混合した世界遺産として 1980 年に UNESCO の世界遺産委員会により指定される基となっている。Ohrid 湖の地域社会は、今や、文化遺産観光の成長市場からの利益を享受するようになっている。

## 総経済価値

湖沼流域の総経済価値(Total Economic Value = TEV)は、個別の利用と利益の全ての価値の総和である。この見方は、どのような自然資源のシステムであれ多くの異なる利用者と利用形態があり、それぞれの利用は資源の価値に経済的な評価が行われるという現実に基づいている。

TEV で評価する場合には、使用価値<sup>3</sup>と非使用価値の両者を含んでいる。使用価値とは、漁業や取水あるいは湖上輸送といった湖の直接使用ないしは湖に何らかの関わりを持つことによってもたらされる利益である。非使用

<sup>3</sup> 資源は「使用する」という言葉より「利用する」という言葉がより相応しい場合が多いが、use value, non-use value で言う「use」は「手を下して使うことが可能か否か」を区別する表現なので、それぞれ、「使用価値」、「非使用価値」と訳すことにする。たとえば、汚染されて「利用価値が無くなってしまった」用水の価値区分は「使用価値」であって「非使用価値」とはならないが、「利用価値が無くなってしまった」用水の価値を「非利用価値」と混同してしまうことを避ける必要があるからである。但し、本書の経済的価値区分に関する記述以外では「資源の価値とその利用」といった一般的記述を踏襲する。

価値とは、湖自体に対してはいかなる形であれ直接の関わりを必要としない利益である。非使用価値の例としては、湖がそこにあるということ(存在価値)を知る利益あるいは自分の子孫が湖の幸を享受できるであろうこと(遺産価値)を知ることからの利益が含まれる。Box3.3には、Sevan湖の価値を列挙している。

### Box 3.2 環境悪化と人間の営みとの関り：Chad湖とNakuru湖

#### Chad湖

Chad湖は、気候の変化に対応して自然に水位が変動することで知られている。近年、灌漑用水の需要が4倍に増えてきて、水位の変動幅を拡大させており、劇的な環境変化をもたらしている。1963年には湖面積は25,000平方キロメートルであったものが、現在では1,350平方キロメートルになっている。湖の北部の植生は消滅してしまっており、干上がった湖底に砂丘が形成され始めている。流入河川の水量減少により、所々水路の途切れを招いている。加速する土砂の堆積と雑草の生長(一部は *Typha australis*)によって、Hadejia-Jama'are - Yobe川流域その他の場所で大きなダメージが生じてきている。人口と灌漑用水の需要が増加し続けているので、今後とも問題は悪化し続けると考えられる。

この環境悪化は、流域の人々の生活に直接影響を及ぼしてきている。牧草地の面積は旱魃以前の66パーセントにまで縮小しており、灌漑用の水路は水が切れ、川筋は土砂の堆積と水草によってふさがれ、天然の動植物のあるものは消滅してしまっている。漁業・牧畜および農耕といった経済活動の全てが悪影響に曝されており、多くの人々は環境難民として土地を離れなければならなくなっている。漁業者のように水に経済活動を左右されている人々は、国境線にとらわれることなく後退する水を追い求め続けている。1983年までに危機は生じてしまっている。難民たちは、気がつけば、何が起きたのかをはっきりと認識することなしに他所の国に住み着いていたのである。こうした難民たちと元々の地域社会との間での争いが起きており、湖の中に出現した島の領有権をめぐる関係国間の紛争も巻き起こっている。

#### Nakuru湖

Nakuru湖は、アフリカ大地溝帯東側の水文的に閉鎖された流域に存する、浅いアルカリ性塩湖の一つである。年間・10年単位およびそれ以上の長期スパンによる様々な気候変動によって、水深と塩分濃度に大きな幅があり、同時に湖の生態へも大きな影響を与えている。Nakuru市はケニアで四番目の大都市であり、人口は400,000人を数える。過去30年間で都市人口は年率10パーセントの割合で増加しており、水の供給に著しいストレスを与えるとともに、環境保全のための排水処理を難しくしている。

灌漑用水や家庭用水および工業用水に利用するために、流入河川の上流域での取水量も増大している。森林伐採と農耕地化は地域の水文状況に著しい変化をもたらす。森林域が破壊されれば、流水率の上昇、河川・水路における降雨時流出量の急激かつ破壊的な増加、河川水量の著しい季節変化、井戸(深井戸)や掘削井(浅井戸)の安定湧水量の劇的な減少などの水文影響が現実化してくる。水需要が増大し取水量が増え、流域における雨水貯留機能は明らかに低下していく。

自然資源の公平な配分や持続可能な環境の保全および経済発展をめぐる問題が流域内で浮かび上がってきた。増え続ける人口、環境保全行政に規制法の執行が伴っていない状況、および持続性を無視した自然資源の利用が資源をめぐる利害対立の根本的な原因をなしている。Nakuru湖国立公園(Lake Nakuru National Park = LNNP)周辺での貧困と、住民・野生生物間の資源利用をめぐる利害対立は、流域の自然資源とそこに住む人々との間の葛藤を示す好例である。

異なる民族からなる集水域における地域社会は、1992年までの30年間以上にわたり平和的に共存してきたが、同年、政治的に扇動された民族紛争が勃発し、多くの死者の発生と破壊行為ならびに居住者の強制移転を引き起こした。1998年の年初に民族間の闘争が再発し、同様の事態を招いた。人間と野生生物との葛藤は継続し、野生生物は農作物や耕作機械に危害を与え続け、流域住民は自らの環境を悪化し続けている。

都市域拡大の必要性和湖を保護する必要性との葛藤は、持続可能な都市開発への気の遠くなるような挑戦につながる複雑な事態を招いてきた。Nakuru市域の脆弱な生態状況は、人間生活にとって厳しいものとなっており、成長の限界を招いている。一方、急激な人口増加と経済的な発展への願望に応えるために、都市開発戦略と適切な都市プランの策定戦略が求められている。開発の過程における関係有識者(利害関係者)全ての見解の反映は、望ましい将来像を達成するために不可欠である。

出典：Chad湖概要書およびNakuru湖概要書

表 3.1 本プロジェクト対象湖沼流域における国際的生物多様性指定状況

湖沼流域名	国または地方自治体による指定	ラムサール条約登録湿地	生物層の保護	世界遺産
Baikal 湖				
Bhoj Wetland				
Baringo 湖				
琵琶湖				
Champlain 湖				
Chad 湖				
Chiloka Lagoon				
Cocibolca/Nicaragua 湖				
Constance 湖				
五大湖				
Issyk-kul 湖				
Laguna de Bay				
Malawi/Nyasa 湖				
Naivasha 湖				
Nakuru 湖				
Ohrid 湖				
Peipsi/Chudskoe 湖				
Sevan 湖				
Tanganyika 湖				
Titicaca 湖				
Toba 湖				
Tonle Sap 湖				
Xingkai/Khanka 湖				

湖沼流域の TEV を算定する上で最も困難な課題は、通常は市場で売り買いしない多くの利用形態についての経済的な価値を計算することである(これは特に非使用価値について当てはまる)。完全かつ正式な TEV の計算が行われるのは稀である(実施のためのデータと時間が必要となるため)が、TEV 分析を行う大きなメリットは、いかなる資源も、特定して計測しやすいものとそうではない様々な価値形態から成り立っていることを我々に想起させてくれることである。ともかく、TEV 評価は、政策決定者やプランナーが、誰が数あるうちの利害関係者(関係有識者)は誰なのか、管理上の選択肢それぞれが誰の価値(幸福)に影響を与えるのかについて考える上での助けとなる。

Laguna de Bay 概要書は TEV を計算している唯一の概要書である。TEV 分析は、USAID の支援による環境および自然資源評価プロジェクトで提案された汚濁規制プロジェクトによって生じる価値の変化を測定するために行われたものである。分析には使用価値と非使用価値の幅広い範囲を対象としたが、コストの計算は4使用価値に過ぎなかった。提案されたプロジェクトによる利益は以下のように算定されている：

- ・ 漁業にとっては年間 125,000 ドル(漁獲量と魚の市場価格における変化により)
- ・ 灌漑にとっては年間 1,250,000 ドル
- ・ 家庭用水にとっては年間 9,000 ドル
- ・ 観光にとっては年間 90,000 ドル

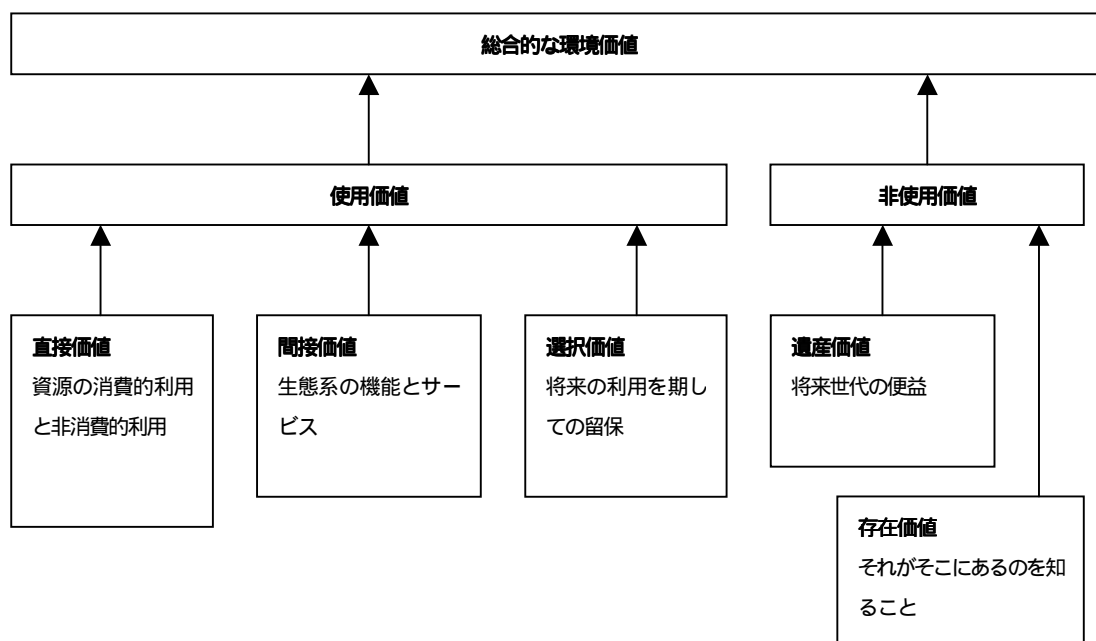


図 3.2 湖沼資源の利用分類

### Box 3.3 アルメニア、Sevan 湖の社会経済的評価

Sevan 湖とその流域はアルメニアに多大の財産とサービスを提供している。Sevan 湖概要書では、社会経済的価値の記述は、TEV 評価に用いられる別の類型に容易に置き換えることができる。概要書中の主な焦点は、直接利用に当てられているが、それ以外のタイプの価値についても説明されている。概要書で紹介されている情報に基づき、財産とサービスを以下のグループに分けることができる：

**直接使用(消費的)：**砂・砂利・ミネラルウォーター・泥炭・ヨシ・柳の枝・木材・マッシュルーム・その他の樹木・魚・鳥・食肉や毛皮のための哺乳動物・カエルおよび底棲無脊椎動物。

**直接使用(非消費的)：**観光・水上レクリエーション・バードウォッチング・教育・研究および風景美。

**間接使用：**水力発電・下流への灌漑・家畜の飲み水および人間の生活用水。

**非使用価値：**国の内外に住むアルメニア人にとっての Sevan 湖の文化的・歴史的重要性に関する現存および遺産的な両面の価値。

列挙されたもののうちの財産とサービスに関する部分のみが市場価格に取り上げられている。直接使用価値(消費的および非消費的の両方)は、かなり容易に計算されうる。間接使用や非使用価値は見積もるのが困難であるが、この湖の文化的・歴史的価値は重要であると考えられているので、湖水位の安定と回復に役立つ投資プロジェクトがそうした価値のいくつかを取り入れるよう再評価がされつつある。仮に他の使用価値の全てが含まれていなくても、こうした非使用価値そのものが、投資の決定を変える十分の理由となり得るであろう。

### 世界の湖沼が直面している典型的な問題点

湖沼の問題点の多くの原因は、湖沼資源を直接利用することからだけでなく、湖沼流域の内外で展開される人

間活動からも引き起こされ得るものである。つまり、湖沼の上流域に定住している農民は、降雨による流出によって湖内に運び込まれる土砂や化学物質(化学肥料や農薬あるいは除草剤等)の膨大な沈積で、漁業者にとっては汚染問題の原因者である。下流の利用者もまた、湖沼資源の利用者にとっての問題の原因者になり得る。例えば、下流の農地灌漑計画による水需要に応えるための湖からの取水が、湖周辺の開発に制約を加えることがある。このような外因性(あるグループが利益を享受し、別のグループが費用を負担する)は、湖沼にとっては特に重要である。

湖沼に関する問題は、1980年代の後半から1990年代の前半にかけて ILEC と UNEP によって編集された「世界の湖沼状況調査」で指摘されてきた(<http://www.ilec.or.jp/database/database.html>)。世界の湖沼状況調査の作業に基づき、1997年に吉良は、湖沼は多くの広範かつ継続的な問題に直面していると結論付け、そうした問題として、富栄養化・酸性化・毒性物質汚染・水位の変動・塩水化・土砂の堆積・外来生物種の導入を挙げた。より詳しい情報については、National Research Council(1992年)・UNEP(1994年)・Dinar 他(1995年)・Ayres 他(1996年)・Nakamura(1997年)・Duker(2001年)・Jorgensen 他(2003年)・Davis/Hirji(2003年)および世界湖沼ビジョン(2003年)に記述されている。

湖沼問題の発生と管理は、湖沼の特性 全てを統合する性質・長い滞留時間・複雑な応答動態 に影響される。湖沼の「全てを統合する性質」は、問題点が湖沼内に一点に留まることが稀であることを意味している。洪水は湖辺全域に影響し、汚濁物は発生源を越えて広がり湖の広い水域に影響を及ぼし、外来種の導入といった生物学的な問題は湖の広大な部分に広がる可能性がある。

相対的に長い湖沼の滞留時間は、多くの問題が明らかになるのに長時間を要することを意味している。このことは、問題が目に見えない湖沼内での何らかの長期変化によるものであるような場合には特に真理をついている。例えば、湖沼の食物連鎖の低位に位置する生物に起きる入れ替わり(水中の懸濁物によって入射する光線量が変わることによって引き起こされる)は、湖沼の利用者にはすぐには目に付かない場合がある。

湖沼の動態が複雑なことも、湖沼に於ける問題解明に影響している。Victoria 湖のケースでは、1990年代初期まで何事も無く数十年間栄養塩濃度が水中と底泥中に蓄積されてきて、全く突然に湖の生態系基礎部の様相が一変してしまった。湖沼が高い生産性を有してきたことは、底層水は今や有機物の堆積によって酸素不足状態にあったことに意味する。Victoria 湖の平均水深は40mであり、このことは、同湖の水量の大部分が、年間のある時期、漁獲対象・漁獲非対象を問わず、魚種の生息域に不適当な状況になっていることを意味している。他の湖沼の例からは、一旦このようになった湖を以前の状態に戻すのは非常に困難であることが判っている。

貯水池(および、貯水池のように水位操作が行われるいくつかの湖沼でも同じことであるか)における問題点と対応策のタイプは、湖沼流域管理における場合とは異なることがある。例えば、建設過程の貯水池は生物に新たな生態系ニッチ形成の機会を提供する。例えば、Kariba 貯水池では、Tanganyika 湖から沖帯魚類を放流したが、それによってこの貯水池で商業ベースの沖合漁業、カワスズメ科魚類を漁獲する小規模零細漁業、非常に人気のあるタイガーフィッシュのスポーツフィッシング業などの業界を成立させる契機となった。しかしながら、貯水池の建設によって地域の人々の移住も余儀なくされ、時には十分な補償も行われないこともある。こうした例は、Kariba 貯水池概要書や Tukurui 貯水池概要書に記載されている。貯水池は特別な目的=灌漑用水・水力発電・都市上水等=のために建設され、これらの目的のための操作が主体となる。その結果、水位はそういった特定の目的のために劇的に上下させることになる。一方、Naivasha 湖・Baringo 湖・Victoria 湖・Chad 湖・Toba 湖および Sevan 湖の概要書にある様に、大きな幅で変動する気象や水需要の変化によって湖水位の変化が引き起こされる場合もある。他方、貯水池の場合、水位操作によって、地元自治体、国家、地域圏の貯水池流域管理に必要な資金を生み出す高価値の利用を実現することが出来ることも意味している。

自然湖沼と人工湖が抱える問題点を整理すると、概要書の記述頻度により、20のカテゴリーにグループ分けできる(表3.2)。概要書が対象湖沼流域における問題点の全てを総合的に記載しているわけではないが、主要なも

のは網羅されているとみなしてもよいであろう。表では、問題点はそれぞれ生物物理学的起原によって特定されている。例えば、結果として起こる富栄養化ではなく、過剰栄養塩が問題として挙げられている。生物多様性の喪失は、生息地の喪失(Dianchi 湖)・外来種の侵入(Ohrid 湖や Victoria 湖)あるいは乱獲(Malawi/Nyasa 湖)といったその他の原因もかんけいしているため、明確には挙げられていない。

問題点は、それが生じた「域」=湖沼内・湖岸帯・湖沼流域から、あるいは地球規模の危機を含む湖沼流域を越えた広域から=ごとにグループ分した。「域」間である程度問題が重複するのは明らかであるが、もし問題点が生起する域内で対処する重要性を重視すれば、このグループ分けは管理に有効な指針を提供する。

### 湖内における問題点

**持続不能な漁業活動**：魚は湖沼が提供する最も一般的な資源の一つである。しかし、乱獲や根こそぎ魚を捕りつくすような漁法は、短期的には利益を上げるが長期的にはコスト高を引き起こし、この重要資源の価値の減少を招くことになる。

**導入された外来動物種**：外来魚や貝類は多くの湖沼に定着し、時には在来種をあっとうしている。外来種は人為的に導入される場合と、そうでない場合とがある。外来種は生息地を物理的に変化させたり、餌となる資源をうばいあったり、在来種を捕食したりする。極端な例では、水生の生物多様性を喪失させることもある。しかしながら、Issyk-kul 湖でのタイモドキやシロウオ、Victoria 湖でのナイルパーチのように、ある種の外来魚の導入が地元の人々にとり経済的な利益や蛋白源の供給となる例がある。

**水草の侵入**：水生植物の猛烈な繁殖が在来動物種の生息地を変化させ、水上輸送を困難に陥れ、ハエのような害虫の住処となり、取水を妨げ、湖面からの蒸発散を増加させる事態すら引き起こす。このような植物は、侵入先の湖沼の生態にはなじまないものが多く、それらは栄養塩類の濃度上昇に伴って優先してくることが多い。

**塩分濃度の変化**：湖沼の生態系は特定の塩分濃度レベルに適応している。このレベルが、増大側であれ減少側であれ、大きく変化すると、生態系に依存している生物群落到壊滅的な影響を与えることがある。

**生簀養殖からの栄養塩類**：生簀養殖中の魚の排泄物や過剰投餌により、栄養塩類が湖中に蓄積することもある。生簀養殖が密集している湖沼では、そこからの栄養塩類が富栄養化と水生植物の繁殖を進行させる可能性がある。こうした問題はアジアの湖沼に非常によく見られる。

### 湖岸帯における問題点

**湖岸における排水と雨水の溢流**：湖岸の集落からの無処理ないしは簡単な処理後の排水が汚濁原因となることがある。バクテリアその他の病原菌が人の健康に害を及ぼし、BOD が溶存酸素を減少させ、栄養塩類が湖の富栄養化を推し進めることがある。加えて、市街地から流出する雨水は、廃水やその他の都市汚濁物質(油・有機物・重金属等)で等しく汚染されており、汚濁負荷に加算されている。

**湖岸の産業汚濁物**：湖への直接排出は湖岸に立地する工場からの産業廃棄物の投棄にとっては便利な方法である。しかしながら、その結果は、有害化学物質や BOD および湖への流入水量を増加させ、場合によっては、水温や濁度といった湖の物理的な性状に変化をもたらすこともある。こうした汚濁物は浅層地下水に達することもあり、伏流水となって湖に運ばれることもある。

**湖岸での取水**：人口密集地や過度の灌漑取水が行われる場所では、湖の水位が影響を受ける場合がある。地下水の取水ですら、湖の水位に影響を与えることがある。

**湿地と湖岸の生育地の喪失：**湖辺の湿地や湖岸帯は、湖の生態的な健全性に密接な関わりを持っている。それらは、水生動物にとっての避難場所や生育場所となっている。また、栄養塩類と湖との交換地でもあり、フィルターとして機能し、流入してくる懸濁物や汚濁物質を濾しとっている。湖岸帯周辺での開発が、これら重要な生態系機能の破壊もしくは劣化を招く例が多い。例えば、Victoria 湖周辺の広大な湿地は、穀物の栽培地や砂・砂利の採取場への変換および廃棄物の投棄場所としての利用によって破壊され、悪化させられてきた。湿地帯は、その約 75 パーセントが人間活動により重大な影響を蒙り、約 13 パーセントは回復不能な状態にまで悪化していると推定されている。

### 湖沼流域における問題点

**膨大な堆積土砂の流入：**この問題は、湖沼流域における土地の裸地化および無秩序な土地利用や沿岸帯の管理によって引き起こされる。極端なケースでは、湖沼(貯水池の場合は、下流に土砂を放出することもできる)が土砂によって埋め尽くされてしまうことがあり、それほど極端でない場合でも、湿地を破壊したり、水中に透過する太陽光線量を減少させたり、栄養塩類その他の汚濁物を溶出したりする。

**ノンポイントソースからの膨大な栄養塩類の流入：**このような栄養塩類の大半は普通、土壌の逸失が原因となっているが、流域内で使用された肥料や家畜の排泄物に起因しての莫大な量が流入している場合も多い。こうした流入栄養塩類は、湖水の栄養塩濃度レベルを上昇させ、植物プランクトンの異常増殖や水生植物の異常繁茂を引き起こす。その結果、水中酸素濃度の低下をきたし、魚の斃死をもたらす。

**農業・化学肥料による汚染：**いろんな化学物質が農林業を主とする農村域の土地利用により湖内に持ち込まれる。こうした化学物質は、水生生物の食物連鎖に取り込まれ、魚を人間の消費に適さない状態まで汚染させることがある。分解に時間のかかる農薬の中には長期間湖沼の底泥に止まるものもある。

**膨大な水量の取水ないしは分水：**この問題は、通常、湖沼の上流域における開発による水需要の増大に伴って発生する。湖沼に流入する総水量に大きな変化がない場合であっても、例えば、水力発電用に上流河川から取水すれば、河川水が湖沼に流入するタイミングが変わり、湖沼内の生態系の過程に影響することがある。また、水力発電・都市用水あるいは灌漑用水の水需要が同様に湖沼の下流域で発生することがある。

**降雨流出パターンの変化：**流入河川の水文状況も、当該河川流域の土地利用の変化によって変えられることがあり、特に森林伐採や湿地の干拓が行われた場合に顕著に現れる。

**一般排水と雨水排水による汚染：**未処理あるいは処理レベルが低い一般排水や雨水排水が、河川や湖沼を汚濁することがある。バクテリアその他の病原菌が人の健康を害し、BOD が水中の酸素濃度を減少させ、栄養塩類が湖沼の富栄養化を増進させることがある。都市雨水排水は通常、油分や有機物および重金属といった汚濁物質を含んでいる。生物地球化学的・物理的な働きにより、こうした汚濁物質が湖沼に入ってくる前に河川や湿地に備わっている貴重な生態系サービスの重要な部分に影響を与えることになる。

**産業による汚染：**湖への直接排出は、湖岸に立地する工場からの産業廃棄物の投棄にとっては便利な方法である。しかしながら、その結果は、有害化学物質・BOD および湖への流入水量を増加させ、場合によっては、水温や濁度といった湖の物理的な性状に変化をもたらすことがある。

### 地域的/地球規模の問題点

**大気起原栄養塩類の長距離に及ぶ移送：**栄養塩類は、湖沼流域外の発生源から大気を通じて湖沼に移送されてくることがある。窒素はずっと以前から移送経路が知られていたが、リンもある条件下では同じような経路をたどって移送されるという証拠が現在明らかになっている。

**大気に放出される産業汚染物質の長距離に及ぶ移送:**産業活動や交通機関から排出される大気汚染あるいは産業期限の揮発性化学物質などが原因で生成される酸性雨を含む産業起源の汚染物質は、今では大気を通じて長い距離を移送されることが知られている。そうした汚濁物質は、乾燥した降水物や液体の(降雨等)降水物として湖沼やその流域に降下する。

**気候変動:**気候変動あるいは地球規模の温暖化が、降雨と流出・湖沼における熱の動態バランス・湖沼における生態系バランスに変化を与える原因となるであろうと予測されている。

それぞれの湖沼についてリストアップされた問題点の全てが等しく重要であるとは限らない。例えば、Sevan 湖概要書では、それ以外に5項目問題点が掲げられているが、水力発電と灌漑のための取水が最重要課題であるとされている。湖沼概要書の多くは、もしそのような事態が起これば、その存続を大きく脅かすことになるかもしれない潜在的な危機について記述している。例えば、Tanganyika 湖は、ある意味気候変動による温暖化の早期の兆候を示しているのかも知れない。こうした潜在的な問題点は、信頼性のある十分な証拠がある場合のみ、表中に含まれている。

多くの湖沼が複数の脅威に曝されている意味で、掲げられた問題点の大半は特定の地域に限られたものではなく、世界的に共通している。採り上げられた問題点のほぼ半数は湖沼流域で発生しており、湖沼流域を全体として管理することの重要性を示している。問題点が一つの湖の中あるいは一湖沼流域の中の限られた地域内で発生する場合でも、「全てを統合する」という湖沼の特性により、究極的には湖沼の他の部分に広がってしまうことが多いのである。

大半の湖沼で、概要書が書かれた時点で環境状況がどう変化していたか明確に記述されていないため、問題が改善の方向に向いているのか否かを判断に迷うことが多い。矛盾した証拠が提示されているケースもある。例えば、琵琶湖はリンや生物分解有機化合物(BOD)濃度においてはいくらか改善を示しているが、窒素や生物非分解有機化合物においては悪化ないしは矛盾した変化も示しており、改善の傾向は短期的のように思える。こうした制約はあるものの、表 3.2 の矢印は、対象湖沼における問題がどのような状況にあるかを示す現時点の点描となっている。

全体として見ると、表は、湖沼に影響を与えている問題点の多くが改善の方向にはないことを示している。問題の全てが改善方向を示している対象湖沼はないが、2~3のケースでは、湖沼問題のいくつかに大きな改善が見られる例がある。Ohrid 湖と Peipsi/Chudskoe 湖は、越境(国際)湖沼の管理協力による効果的な対策がとられている例である。Chilika 湖と Dianchi 湖および Laguna 湖は、途上国において最大の改善の傾向を示している例である。Chilika 湖は、上流域からの汚濁物質放流についてはまだ十分に対処しきれていないが、最大の課題 塩分濃度の低下 に対しては大きな改善を経験している。Dianchi 湖は工場排水からの栄養塩類排出についての削減方策を上手く導入(汚濁原因企業数の急激な増大は続いているが)すると共に、生簀養殖からの栄養塩類流出を制御している。それでも、全栄養塩類負荷の削減と湖辺の生物生息地の維持・回復のためには、なすべき多くの対策が残されている。Laguna 湖は、BOD の排出と湖内のいくつかの対策に進展を見せたが、外来種の侵入、生簀養殖の過剰栄養塩投与およびノンポイントソース汚濁問題は残されている。つまり、いくつかの問題への対処がなされている湖沼流域においてすら、他の問題が残されているのである。

多くの湖沼は、移入動植物問題(28 湖沼中の 16 湖沼)や非持続的な漁業活動問題に当面している。湖岸近くの集落からの未処理ないしは簡易処理後の廃水は、沿岸帯で多くに見られる共通課題であり、さらに、湿地や湖岸植生の喪失や破壊は先進国・途上国いずれにおいても起こっている。大量の土砂流入は流域問題の中でも最もよくみられるもので、28 湖沼中の 21 湖沼で課題とされている。土砂流入は、通常、広域汚染源から降雨に伴ってもたらされるため、先進国ですら制御するのが困難である。こうした面的な汚染源(ノンポイントソース)からの流入土砂問題は、世界最大規模で最も多様な生物種をもつ湖沼の一つである Tanganyika 湖にとって最も深刻な脅威として位置づけられている。土砂流入は、土壌崩壊率の劇的な増大を招く大規模な森林伐採

や不適切な耕作活動が原因で発生する

第 3.2 表 湖沼概要書に記載されている対象 28 湖沼流域に影響を与えている問題点の要約

湖沼流域名	湖内発生					沿岸帯発生				流域内発生							地域的/地球規模		
	非持続的な漁業活動	外来動物種の導入	塩化分濃度の変	水草の侵入	生の簗養殖類から	湖排岸水における	湖岸における工場排水	湖岸での取水	湿地の喪失	膨大な土砂の流入	非点源からの栄養塩類	農業・化学肥料	上流域での取水	雨水流出力の変化	排水と雨水排	工場排水汚濁	大気移送栄養塩類	大気汚染	気候変動
Aral Sea																			
Baikal 湖																			
Baringo 湖																			
Bhoj 湿地																			
琵琶湖													2						
Chad 湖																			
Champlain 湖																			
Chilika Lagoon																			
Cociboika/Nicaragua 湖																			
Constance 湖																			
Dianchi 湖									3	3	3								
五大湖																			
Issyk-kul 湖																4			
Kariba 貯水池																			
Lagna de Bay																			
Malawi/Nyasa 湖	5																		
Naivasha 湖																			
Nakuru 湖																			
Ohrid 湖																			
Peipsi/Chudskoe 湖											6					6			
Sevan 湖																			
Tanganyika 湖	5																		
Titicaca 湖																			
Toba 湖																			
Tonle Sap 湖									7										
Tucurui 貯水池																			
Victoria 湖		8														4			
Xingkai/Khanka 湖																	9		
合計発生数	12	10	3	9	4	18	10	1	11	21	16	12	9	4	19	7	4	4	7

凡例： 印；問題点が大きくは改善されていない。 印；問題点がいくらかは改善されている。 印；大きな改善が見られる。

- 湖沼概要書には、問題点の記述が完全にされている訳ではない。したがって、表中の空白欄は当該湖沼が問題を経験していないことを意味してはいない。多くの湖沼概要書には、問題改善の範囲について限られた情報しか記述されておらず、表中の矢印もそのような乏しい情報に基づいたものである。
- 取水量の大部分を占める京都/大阪/神戸は、琵琶湖の下流に位置する。
- 多額の投資にもかかわらず、Dianchi 湖の栄養塩類と化学物質の濃度は未だに改善を示していない。COD はいくらか改善の兆しが見られる。
- 流域における鉱山が湖沼への有毒化学物質の供給源である。
- 水産物の取引のための乱獲による魚類の生物多様性喪失を含む。
- 湖沼の栄養塩類と汚濁物質の状態が改善されているのは、計画的な政策の結果というよりは、ソ連の崩壊に続く農業生産と工業生産における栄養塩類利用量の低下に起因するものである。
- 毎年 Tonle Sap 周辺には膨大な量の土砂が持ち込まれているが、これは問題点というよりは基本的な自然現象と考えられる。
- 導入された外来種、特にナイルパーチとナイルティラピアは、多くの在来種を喪失させているが、同時に、地域社会にとっての貴重な収入源ともなっている。今回、外来種が湖沼の生物多様性に与えた影響の度合いについての評価をしている。
- Xingkai /Khanka 湖では高濃度の銅(Cu)が記録されているが、その発生源は不明である。

地球規模の問題は、湖中・沿岸帯および湖沼流域問題が与える影響と同じようにと影響を与えるものとしては見られていない。その影響に関するはっきりとした証拠は得られていないが、もちろん、気候変動は 7 湖沼に影響していると位置づけられている。

## 新たに深刻化しつつある課題

### 地下水の流れ

河川の流入、流出と湖水位のつながりは容易に確認できるが、地下水と湖水位との関係は目には確認しにくい。湖沼概要書では、湖沼の機能維持と人間への資源価値の提供が、地下水の湖沼への流入もしくは湖水の地下水への流出のいずれかに依存している例が多く示されている。例えば、流出河川をもたない Baringo 湖・Chad 湖および Naivasha 湖はどの湖も淡水状態を保っており、用水利用が可能であるが、その理由は、湖から水と塩分の両方を排出する膨大な量の地下水があるからである。Naivasha 湖で試みられた水の収支モデルは、流入河川水の約 25 パーセントが地下水脈を通じて流出し、残りが蒸発と灌漑用水の直接取水だとしている。

地下水が湖の水位にどう影響するかあまりよく知られていない。しかしながら、図で示した Ohrid 湖の例があり、同湖への流入水の 50 パーセント強が、集水域内の 150 メートル高所にある Prespa 湖沼群と Ohrid 湖をつないでいる石灰岩帯に広がる地下水路を通じて供給されている。水だけでなく、高い栄養塩類負荷もこの水路網を通じて供給されている。

このような湖沼と地下水脈とのつながりの重要性はよく認識されていない。人々は、湖沼水とは無関係だと信じて地下水をポンプアップしている。Box8.2 では、灌漑農民が、湖水位が地下水の流入に支えられている事実を多くの科学的なモデル計算の結果を示されて始めて理解することができた Naivasha 湖の例を紹介している。地下水脈と重要なつながりを持つ湖沼にとっては、地表の流域と共に地下の流域も、湖沼管理の一環として管理される必要がある。管理者たちの多くは、未だに、地下水と湖沼とのつながりについて十分には理解していない。多くの湖沼流域において、都市用水・工業用水および農業用水の需要を満たすために地下水の利用が広がっている現状の下でこの課題への認識の重要性が増しつつある。

### 大気を通じての栄養塩類の搬送

河川水の流入は、栄養塩類が湖沼に入ってくるメカニズムとして従前から考えられてきた。栄養塩類、とくに窒素とリンは都市排水、降雨時の雨水排水、および主に農業系負荷のノンポイントソースの三大発生源からもたらされる。北米の五大湖では、下水からの栄養塩類負荷削減のために大きな努力が傾けられており、ノンポイントソース負荷が今や湖への栄養塩類の主要な供給源となっている。

しかしながら、湖の表面積が流域全体の主要部分を占め、その一方で大気中に栄養塩類を放出するメカニズムが存在する所では、栄養塩類の大気による搬送が重要な要因となることがある。本プロジェクト対象の湖沼のうち 4 湖沼では湖面積と流域面積の比率が小さく、五大湖では 1 : 3.1、Toba 湖では 1 : 2.3、Sevan 湖では地上分水後で 1 : 3.0、Victoria 湖では 1 : 2.8 となっている。Victoria 湖における予備調査では、湖に流入するリン負荷の 65 パーセント以上と窒素負荷の 50 パーセントが大気によって運ばれてきたものであるとしている。アフリカにおける大湖沼地域の大気による栄養塩類負荷率は、通常、世界のその他多くの地域におけるよりも大きい。これらの栄養塩類は、広大な面積に及び草原の焼き払いや貧弱な耕作作業で大気中に飛散する土粒子に起因するものと考えられている。GEF 支援による調査によって、大気の搬送を通じての湖への栄養塩類負荷が量的に把握され、発生源が特定されることになるであろう。大気による搬送の重要性が確定されれば、その結論は、湖沼の管理にとって計り知れない重要性を持つことになる。面積比率の小さいその他の湖沼の概要書では、大気からの負荷が栄養塩類の重要な原因であるとの記述はないが、Malawi/Nyasa 湖と Naivasha 湖の両湖沼概要書には、リン負荷が大気経由で寄与していると報告されている。

## 気候変動

現在までのところは、湖沼流域に関する気候変動の影響については限られた証拠があるに過ぎない。湖沼概要書では、気候変動が湖沼に影響を与えていると信じられる異常現象が報告されており、Tanganyika 湖では 1960 年代以来 Malawi/Nyasa 湖では 1939 年以来湖の水温が上昇し、氷河湖である Issyk-kul 湖の水量が減少し、Kariba 貯水池と Chad 湖では過去 20 年流入水が減少(部分的には上流域での取水による)し、Kenya 山の雪解け水の Baringo 湖への流入が減少し、琵琶湖では酸素含有量が多い雪解け冷水量が減少した結果、湖底の酸素濃度が低下しているとする報告が、それぞれ紹介されている。

気候変動に関する政府間協議会(Intergovernmental Panel on Climate Change = IPCC)は、地球温暖化の結果として、降水・蒸発および気温に重大な変化が起きるであろうと予想している。このような変化は、世界の湖沼の多くに多大の影響を及ぼすことになるであろう(IPCC, 2001 年)。影響の現れ方は複雑なものとなるであろう。湖沼への影響としてまず現れるのは、入ってくる水量の増加あるいは減少、流入量の季節変化の狂い、水温上昇、および湖面からの蒸発量の増加になるであろう。また、生物的や化学的な動態に影響を与えている湖の成層の変化、水生植物の変化、湖沼流域内の土地利用の変化、および難民発生の結果として湖沼流域内の水需要の増減といった重要な現象が二次的に現れることになるであろう。

上記の変化は、湖沼を利用する人々に大きな影響を与えるものではあるが、気候変動によると予想されている衝撃的な変化は非常に大きな影響を及ぼすことになるであろう。こうした影響の大きさを予感させるいくつかの例を、Malawi/Nyasa 湖の水収支における不安定な気候の影響が示している。この湖の水収支は大気からの降水量に直接左右されており、湖からの流出は唯一の流出河川である比較的小さな Shire 川からのみである。マラウィは同河川に設けられている水力発電所で発電された電気に依存している。1915 年と 1935 年の間に、湖から Shire 川への放流が流量不足で完全に止まってしまったことがあり、より近年では、1997 年の水位低下の結果、電力の供給が 10 月と 11 月の乾季の終期には止められることになった。湖沼と河川とが気候変動によって長期にわたりつながりを失うと、環境面・経済面および社会面に明らかに非常に厳しい影響を与えることになるであろう。

## 湖面積の縮小

湖沼は流入土砂を効率よく溜め込むから、数十年から数千年の単位で埋まってしまうか湿地に変化する場合がある。本プロジェクト対象の多くの湖沼では、こうした自然の過程が更に人間活動によって加速されてきている。原因はいろいろある。Aral Sea と Chad 湖および Baringo 湖は、上流域の灌漑用水のための過大な取水によって縮小(少なくとも部分的には)してきている。Sevan 湖の場合は、下流の発電と灌漑のための放流水量の増加によるものである。Naivasha 湖では、湖水は直接および湖に密接につながっている地下水脈の両方から取水されてきた。上流の氷河からの流入水量を減少させる気候変動が、Issyk-kul 湖の水位を低下させていると信じられており、中央アフリカの気候変動が Chad 湖の湖面積縮小に一役買っており、Baringo 湖の劇的な水深の低下は湖近辺の過剰な耕作地開発による膨大な土砂の流入量増大によってもたらされたものであり、Bhoj 湿地もまた都市からの廃棄物で汚染された土砂によって埋まってきたことが知られている。

湖面積の縮小は、経済的・社会的および生態的な影響をもたらす。Chad 湖の劇的な縮小は漁獲量の減少をもたらし、地域紛争の種になる難民の発生をうながし、魚種数の減少や渡り鳥の休憩場所の喪失につながっている。湖沼とは、人々の水需要が、長期的な水収支予測に基づく湖沼の供給能力の限界とバランスするまで縮小を続けるものである。

## 地球規模化

地球規模化とは、財・サービス・金銭および思想の国境を越えて行き交う流れが増大し、その結果として経済

が地球規模的な統合に向かう傾向を表している。湖沼概要書の中には、地球規模化が湖沼流域の資源や経済に既に影響を与えつつあると報告しているものが多く存在する。Naivasha 湖における切花用の園芸植物栽培の急速な拡大はヨーロッパからの需要に促されており、Victoria 湖の漁業はナイルパーチに対する世界規模の需要に添っており、Laguna de Bay 周辺の工業化は工業製品の地球規模の市場を満足させている。地球規模化は、途上国に技術・基準・資本を移転することで対象とする国々の発展に寄与してきている。その結果、農業製品への残留農薬についてのヨーロッパ連合(EU)の基準が、Naivasha 湖での化学物質規制につながり、Victoria 湖での水揚げ地における魚の衛生改善につながっている。

計画経済の衰退と市場経済の拡大も湖沼とその流域に影響してきている。工場が閉鎖されねばならなくなったために、Xinghai/Khanka 湖や Baikal 湖に流入していた汚濁物質が減少しており、ロシア連邦の農業に対する肥料補助金が廃止されたために、Peipsi/Chudskoe 湖ではリンの負荷が減少してきている。他方、ロシア連邦の市場経済化に合わせて Baikal 湖の湖岸が民間に開放されたことによる圧力が増大してきている。

## 環境流量

本プロジェクトに含まれている巨大貯水池(Kariba 貯水池と Tukurui 貯水池)が建設された当時、下流の環境のために水量を確保することは重要課題であるとは考えられていなかった。しかしながら、ダムや堰堤が建設される場合に、下流の生態系を維持するための放流の時期や放流量を考慮しておく必要性は、今や、いろんな立場の人々により次第に認識されるようになってきている。

ダム以外にもいろいろな開発行為が下流域の利水を促して流量に変化をもたらすこともあるが、このことについてはまだダムほどには認識されていない。Aral 海、Chad 湖および Baringo 湖の概要書は、上流域の灌漑開発が下流の湖沼に深刻な影響を及ぼしてきた例を示している。しかし、森林伐採や都市の拡大および送水路の建設といった流域内のその他の開発行為も、湖沼や貯水池への流入水量に変化をもたらすことがある。

環境流量を確保するための第一歩として、湖沼や貯水池の環境用水の必要性とそれが人々にもたらすサービスについて、各層にわたる関係有識者(利害関係者)に理解される必要がある。国家政策と法律は、そうした流量が確保されることの重要性を認めることが必要であり、また、最低流量の制度化と施行の手順を確立しなければならない。そのためには、生態系維持のための水の必要性だけでなく利水者によって異なる流量への要請が及ぼす社会経済的側面についての知識がそれぞれのケースについて科学的に評価される必要がある。今のところ、こういった環境流量を確定するために必要な研究はほとんど行われていない。

世界銀行からの借款の申請には、河川流量とそれに依存する人および生態系の利用に与える可能性を含め、起こりうる環境的・社会的な影響についての厳しい評価が必要である。Orissa 川水資源整備プロジェクトのための世界銀行の資金借受者であるインドは、Chilila 瀉湖を保護するために Naraj 堰の操作規則に盛り込まれるべき必要流量を策定中である。GEF が支援する水利用プログラムの担当部署として、Mekong 川委員会は、将来における Mekong 川の水資源開発と規制および Tonle Sap 湖の保護を目的とした環境流量評価を実施する準備を進めている。多くの国では、ダム・堰堤および水路といった水資源のためのインフラ整備に投資しているので、湖沼が今後も資源供給を得る湖水量についての評価の必要性は増大してくるであろう。環境流量についての新たな施設をどう造るべきか検討することが重要で、たとえば、各放水孔の大きさがそれぞれの目的に応じた必要水量を供給する多段放水孔が必要となるかも知れない。

## 問題への対応：管理への介入

湖沼流域資源の管理者は、施設構造物の整備(取水施設の建設または下水道システムの整備といった)あるいは構造物の建設を伴わない対策(新たな漁業技術の導入または排水を規制するための新たな規則の導入といった)のいずれかによって、潜在的な問題の発現予防と既に起こっている問題の克服の両方に対応しようとする。

### Box3.4 共有資源・共有財産、そして Commons(共有権)

下の表は、共有資源とそれ以外の資源タイプを、競合関係と疎外関係に分けて示している。競合関係(時には引き算と呼ばれる)とは、ある一人の人物がある資源を利用すれば、他の利用者がその資源を利用できる可能量からその分が減少することを意味しており、例えば、誰かが魚を捕獲すれば、少なくとも短い時間枠内では、他の誰かが捕獲できる量が減るのである。非競合財については、ある一人が利用してももう一人が利用するのに支障が出ない、つまり、誰もが湖沼の持つ気候緩和機能を享受でき、あるいは湖沼が提供する景観を楽しむことができるのである。疎外関係では、ある資源を誰かが利用するのを制限する際の経費に関わってくる。非疎外財では、利用規制のための経費は肯定的に受け止められている。

	疎外	非疎外
競合	個人財	共有資源
非競合	団体財	公共財

湖沼が提供する資源の多くは共有資源であり、その好例は、漁業や取水および汚濁物の流出・沈積先としての湖沼利用である。洪水制御のようないくつかの利用は公共財である。ほとんど全ての利用にとって、私有地である湖あるいは沿岸私有地のような湖沼のある部分を私的に所有する場合を除き、利用者を排除するのは困難であるため、湖沼には個人財産や特定団体の保有する財産はほとんど存在しない。

ある湖沼の既存の資源利用は、自由利用かそうでないか(個人財産や共有財産あるいは政府財産の場合)のいずれかである。共有財産は、限定された団体に資源を利用する権利を付与する制度の一態様である。こうした団体には通常、その構成員の資源の利用方法についての特定の規則がある。Naivasha 湖は、共有財産としての湖を利用する沿岸団体(Naivasha 湖沿岸協会)の好例である。個人財産と政府財産(公共財産)もまた、社会が「自由利用」資源の利用を規制するために採用してきた方法である。

複数形の単語で表現される「commons」は、共有資源あるいは共有財産のどちらかの短縮形として使われることが多く、何を議論しているか、資源の性格なのか、その利用を規制する財産制度の形なのかについてしばしば混乱する。ある人々は、公共資源、それも過剰利用に何の制限もないという場合に、この言葉が当てはまると考えている。

全体として、資源の性質とその利用を統括する管理体制の特性を明確に区別することが大切である。湖沼は、異なる性格をもつ多種多様な資源を提供しているが、その多くは共有財ないしは公共財という性格を分け合っている。したがって、ある湖全体を共有資源として語ることは誤解を招く。その湖沼のどの利用について述べているのか特定すれば話はより明解となる。

湖沼の特性は、湖沼流域問題にどう対処すべきかに影響を及ぼす。「全てを統合する性質」、そしてその結果として湖沼資源を利用する者を排除することが難しいということは、管理のあり方に様々な意味合いを持つ。し魚類のような共有資源(Box3.4)は、利用者個々にとってはその利用を制限すべき何等の動機も存在しないがゆえに、乱獲に陥りやすい。一度資源が乱獲の兆候を示すと、共有資源が公平に配分されることを保証するために規制措置が導入される。規制措置は、もう一方の非排他的湖沼利用、公共財、を保護するためにも導入される場合がある。共有資源とは異なり、後者の規制は、競合する利用者間での財の配分というよりも、むしろ財の質を守るために必要となる。例えば、湖沼の景観美を保護するためにゴミの投棄を禁止する措置が導入される必要があるかもしれないし、洪水防御の恩恵を受ける全ての受益者がその費用の一部を負担する規則を制定する必要があるかもしれない。

湖沼の「全てを統合する性質」は、流域資源を利用するそれぞれのセクターにわたって、その管理を調整する必要があることをも意味している。このことは、必ずしも単一の流域管理機関を設立する必要があることを意味してはいない。時には、湖沼流域の共有財を相互に調整しながら協力し合うメカニズムを確立するほうがより効率的な場合がある。

特に大きくて深い湖沼で、「滞留時間の長い」湖沼については、その管理に長期間を通した予見性に、献身性、および計画性が求められる。それは同時に、価値観の変化や新たな知識に十分対応できる柔軟性も兼ね備えるべ

きである。事実、湖沼流域管理に必要な長い時間スケールは、個々人の時間スケールを超えた、永続的な管理を担保できる組織・制度の存在が望ましいと言うことに等しい。もう一つの問題は、施設構造物の整備あるいは構造物の建設を伴わない対策が長期的に効果を発揮するための持続的な資金源の確保である。

湖沼が「複雑に絡み合う動態」を有することは、応用可能な最善の科学的知識、必要ならば、管理に必要な追加的な知識を得るための応用研究プログラムの導入施策を取り入れることが求められるということである。こうした生物物理学的な動態に関する研究は、管理にとっての喫緊に必要な課題の追求に焦点を当てて遂行されるべきである。

### Box 3.5 湖沼流域管理の要素

良好な湖沼流域管理には、バランスよく統合された以下の六要素を必要とする。

**組織・制度：**湖沼流域資源利用者全ての利益のために湖沼とその流域を管理する組織・制度。こうした組織・制度は、効果的に運営するための必要な権限と期限を定めることが社会的に認知されている。地方レベル(役場のような機関)、地域レベル(流域管理機構のような機関)、国家レベル(関係政府省庁のような機関)、あるいは国際レベル越境(国際湖沼における国際委員会のような機関)で、運営される。組織・制度には、ケーススタディのいくつかで示されたように、関わりを持つ実在の個々人からその指導性を認知されることが求められる。

**政策：**湖沼資源の利用とそれによる湖沼への影響を統制する規範。国家レベルでは、正式な法律や条令および規則で定められ、公式な組織・制度によって施行される。非公式な定めによることもあり、湖沼流域や湖沼に生きてきた人々の伝統的な集団間で定められ受け入れられていることが多い。地方レベルでは、政策は、行動や動機付け、および抑制の規則や人々の行動に変化をもたらす教育を通じて実施される。

**参画：**湖沼管理の要である人々の参画。湖沼資源の利用に利害関係を持つ人々は、湖沼の資源から得られるべき価値の内容を判断し、知識を蓄え経験を積み、管理のための非公式の組織をつくり、規則の実効性を支え、管理を実現化させるのに必要な資金源ともなる存在である。彼らは、政策決定や湖沼流域を管理するのに用いられる物的・人的資源についての説明責任を求めることがある。

**技術：**管理にとって、技術は常に基本条件というわけではない。しかしながら、技術的な対応が進むと、湖沼資源の把握が劇的に進むことがあり、ある種の問題解決に役立つことがある。例えば、築堤が湖沼の洪水緩和能力(一種の間接利用価値)を大きく増進させ、他方、下水処理は一般的に汚濁発生源からの排出物や汚濁物を除去するのに非常に効果的である。

**情報：**湖沼流域管理は、伝統的な知恵と科学的な知見の両方が必要である。つまり、信頼できる明快な知識が特定され、利用されればされるほど、湖沼資源を利用する人々の目標は効率的に達成されやすいのである。本報告書は科学的な知識にかなりの重点を置いているが、その主な理由は、科学的知識が、公開的に検証される、またものごと理解の着実な改善に導く、プロセスを通して得られるものだからである。

**財源：**財源は、管理組織・制度の運営、技術的な解決策の実施、関係有識者(利害関係者)グループの参画、およびモニタリング情報収集と政策への適用に要する資金の確保に欠かせない。しかしながら、途上国においては、財源問題が湖沼流域管理の最大の弱点となっていることが多い。

## 湖沼流域管理の要素

上記に述べてきたことから、湖沼とその流域に兼ね備わっている性格には、その資源が公平かつ効率的に利用されるように湖沼流域を管理するためには、相互に関連する要素が存在することが明らかである。こうした要素については、Box3.5 で説明する。

湖沼流域管理の六つの要素は、本報告書第 部 の骨格をなしており、本プロジェクト中のケーススタディやその他の収集資料による湖沼流域管理の実際の経験から引き出された教訓に基いたものである。