

第 7 章 今後の課題

本書では、湖沼の水理・水質管理のための調査・解析に関する情報をとりまとめた。

湖沼の水理・水質管理は、湖沼環境の変遷の中で第Ⅰ段階（水質問題の顕在化前）、第Ⅱ段階（水質問題の顕在化後）、第Ⅲ段階（水質問題の顕在化後、かつ対策後）に分けて考えることができ、こうした段階に適した水理・水質管理を進める必要がある。また、今後は湖沼における水理・水質と生態系との関係がよりいっそう重要となるなど、これまで以上に多様な現象を把握することが必須となる。このため、今後は、生態系を含めたさらなる調査・研究を進める必要がある。また、多様な主体との連携や情報の連携・共有なども今後継続して進めなければならない。

本節においては、こうした状況を踏まえ、湖沼の水理・水質管理の今後の課題について整理する。

(1) モニタリング

湖沼における流動機構を把握した上で水質並びに景観も含めた環境の管理を目指す今後の湖沼管理においては、湖内での流動を規定する要因としての水文、気象、海象、湖盆形状などや、結果としての流向流速分布、密度分布、D0 等の湖内水質、プランクトン量、透明度等の環境に係る項目を含めたモニタリング・データの取得・蓄積も必要となってくる。また、湖内の水質現象の把握のためには、流入河川水質、底質等の湖沼（湖水）に入ってくる負荷の把握も必要となってくる。さらに、今後、微量化学物質の蓄積など現状では顕在化していない現象についても、長期的な視野に立って、監視していくことが望ましい。

また、今後のモニタリングにおいては、目的に応じ空間的・時間的分布を考慮し、精度の高い計測を実施する必要がある。湖沼管理の基本的な情報である「水文情報」、「気象・海象情報」や「水質」などの環境情報を的確に把握する必要があり、このような情報の常時計測（連続計測とオンライン管理）を行う必要がある。このような常時計測を適切に行うことで、水環境の異変の早期発見という予防的な効用も得られる。一方、時空間的に密な観測を行う必要がある場合は、計測場所、深度、測定間隔などについて、湖沼の全体像、長期的変遷、及び既往の調査研究を十分考慮して決定する必要がある。

(2) 湖沼で生起する諸現象の理解

湖沼の水理・水質現象を解析し理解する上で、重要であるが解明が充分発達していない分野の一つとして、湖面における大気と水、底部における水と底泥、流入・流出部における河川と湖、湖岸部分での地下水と湖水といった湖水と周辺環境との境界部において生起する諸現象が挙げられる。また、湖水内部においても塩水と淡水の境界部や水温躍層部において生起する諸現象もある。これら諸現象は、水や物質の循環を知る上で重要であると共に、湖内の水理・水質現象を規定する要因であり、湖内での流動、物質移動、水質現象について知るために正確に把握する必要があるが、調査が困難であることなどから情報が不足している。

たとえば、湖における流動の中でも重要な流れの一つに風による吹送流があるが、吹送流を解析するためには、湖面に働く風応力の分布を正確に知る必要がある。しかし、湖面上に吹く

風の分布について観測値を得ると言うことはまず不可能であり、このため通常は近傍の気象観測所において観測されたデータを用いて風応力を推定することになるが、場合によっては、観測所が近傍に無かったり、あったとしても 1 ヶ所のデータしか手に入らないと言う場合がほとんどである。小川原湖における解析に見られるように、湖面に働く風向風速の場について別途大気モデルを用いて計算した結果を、流動モデルに入力するといった試みも始まっている。この例に見られるように、境界における現象が外力として湖沼流動に与える影響が大きいと考えられる場合には、連続したデータの取得のための観測所の整備を進め、一歩進んだ解析を行うなどの努力が必要になってくると思われる。

また、比較的水深の浅い湖沼では、水位の変動が温度躍層の生起に微妙に影響する。さらに、連結する湖沼間においては湖水の移動にサージ現象が見られる。これらの湖沼の水理・水質現象については未解明な部分も多く、今後とも調査研究を継続して正確な水理・水質現象の把握に努め、より適正な湖沼の水理・水質管理に反映していく必要がある。

湖沼における水理・水質現象のメカニズム解明には、室内実験や数値シミュレーションが重要である。数値シミュレーションを利用した現象の理解は、質の高い現場観測データの存在と相まって深まるものであるため、理解しようとしている現象の特性に応じた観測データが必要である。

(3) 新たな調査解析技術の開発と活用

湖内の特異な流動現象を効率的に把握するために、市販されている計測機器だけでは対応できない場合には、新しい計測機器の開発や利用方法の工夫を行う必要がある。例えば、3 章で検討を行った流入負荷量の調査方法では、流域情報の蓄積を目的としたリモートセンシングデータの活用、底質と湖水との関係についての調査手法では、費用のかからない簡易な調査手法の開発、現地での状況を再現できるような調査手法の確立等が今後の課題としてあがっている。

また、解析技術についても、新たな技術動向に目を向け、必要に応じて積極的に取り入れる必要がある。3 章で触れたように、流域内に蓄積された負荷や湖内の底泥の影響が大きい湖沼では、流域の状況変化に対する湖沼水質の応答は必ずしも鋭敏でなく、年単位の時間遅れを生じると考えられる。この点を踏まえると、湖沼の水質管理にあたっては、流域での物質移動や底泥の影響を考慮できる水質モデルにより、長期的なシミュレーション解析をしていくことが望ましい。

調査研究的な機器の開発と同様に、今後の常時計測においても、種々の有用な機器の開発が考えられる。

(4) データ収集・管理

湖沼における調査結果は膨大であり、適切な書式によるデータの電子化を行いデータ蓄積に努める必要がある。このような目的から、データの精度検証や膨大なデータを有用な情報に加工するソフト開発も課題である。こうしたデータは、常時計測データと水質や生態系に関するデータの相関性の追求に大変有効である。

さらに、湖沼管理を行うための必要データに関し、土地利用状況をはじめとした流域情報は特に重要であり、かつ湖沼の管理者のみで調査するのが困難なデータである。日射量・雲量等

の気象データを含め、この種のデータについては、地方自治体等、他機関により取得されているデータを直接取得しているデータと連携させて使用することが今後重要となるため、これら他機関により取得されているデータとの連携も含めてデータを管理する手段の構築が必要である。

(5) 多様な主体（国、自治体、研究機関、NPO、住民等）との連携

富栄養化対策のみならず湖沼環境保全のためには、流域における各汚濁負荷の影響度を総合的に勘案し、流域と一体化した効果的な対策を策定していく必要がある。下水道整備、合併浄化槽等の生活排水対策の普及が有機汚濁負荷の削減に大きく貢献していると考えられるが、湖沼の保全という観点からはそれらに加えて窒素やリンの栄養塩除去を行うことでさらに大きな効果が期待できる。流域の汚濁負荷対策としての河川浄化施設も同様である。また、窒素やリンの負荷は畜産排水や農地からの雨天時流出水の寄与がかなり大きいことが指摘されている。したがって、これらの面源負荷対策も含めて湖沼の流域対策がなされることが期待されている。しかしながら、これらの流域対策は、湖沼の管理者が直接行える部分は限定されており、流域の自治体など関係者の協力を得て実施されることとなる。

(6) 順応的な管理

湖沼の水理・水質管理は、規定等にもとづいて継続的に実施するのみでなく、湖沼の自然的・社会的条件の変化や管理そのものの結果によって生じる変化に順応的に対応する必要がある。

このため、本書は、湖沼の管理段階ごとに適切な流動・水質調査技術を用いてモニタリングを行い、数値シミュレーションなども活用しながら現象を理解するとともに、データの収集・管理に努め、必要な施策を実施するといった湖沼管理の流れに沿って必要な技術を解説している。

湖沼の適切な水理・水質管理を将来にわたって継続していくためには、その時々湖沼の状況を理解し、PDCA サイクルの理念に基づいて、それまでの湖沼の変遷と将来の予測も踏まえて、本書で示した水理・水質管理技術も参考としつつ、管理手法を随時見直していくことが重要である。

(7) 湖沼の水質・生態系の現象解明への展開

湖沼は、淡水を湛える大きな容積により水資源空間として機能するが、同時に流域からの栄養塩類の寄与により高い一次生産が保証され、水産資源の産出に寄与するほか、多様な生物を育む場としても重要となる。

また、湖沼水辺は人々が憩う場であるとともに、多様な生物が生息する場として、新しい湖岸整備の方策などが多様に提示されている。このような観点からは、湖沼の水質や生態系の保全を考慮した湖沼の水理・水質管理が今後ますます求められることになると考えられる。

湖沼水質や生態系の挙動の理解については、これまでの湖沼学や生態学の知見に基づく必要があるが、湖沼の水理・水質が生態系に及ぼす影響はかなり大きいと類推される。湖沼水質問題では、アオコ・赤潮に代表されるプランクトンの異常増殖に伴うものが大きな割合を占め

ており、生態系に関する重要な問題となっている。

湖沼プランクトンの増殖について考えると、プランクトンの増殖を規定する栄養塩濃度は、湖水・底泥間の物質移動の影響を大きく受けるし、プランクトンの優占種を決る上で重要な湖沼表層における混合状況等は水理・水質現象により決定付けられている。このため湖沼の生態系の現象解明を進めるためには、水理・水質研究の総合化、高度化が求められている。