

湖沼における水理・水質管理の技術

平成 19 年 3 月

湖 沼 技 術 研 究 会

はじめに

わが国の湖沼では様々な水質問題が発生しているが、残念ながらその解決を図る過程では湖沼の流動と水質の関係を十分に把握しないまま議論がなされてきた。

そこで、湖水の入れ替わり、密度層の形成や変化などの湖沼の流動現象を十分に把握した上で水質の問題を議論していかないと問題現象を解決できないという考えに基づき、官学共同の「湖沼技術研究会（座長 福岡捷二 広島大学大学院教授：当時）」が平成 11 年度に発足した。

本書は、「湖沼技術研究会」のメンバーにより、これまで実施してきた我が国の代表的な湖沼における水理・水質現象に関する調査研究成果をとりまとめるとともに、湖沼の水理・水質現象とその影響及び湖沼の水理・水質調査技術の紹介を行い、今後の調査・研究と総合的な湖沼管理のあり方について提言したものである。

なお、湖沼技術研究会では、湖沼管理にあたっては湖沼の流動機構を的確に把握することが重要という考えのもと、平成 15 年 3 月に「湖沼管理のための流動機構調査 - より高度な湖沼管理に資するための調査にむけて - 」をとりまとめた。同書の研究成果を該当する各章に活用しながら、本書は構成されている。

湖沼管理に現場で携わる人にも興味と関心を持っていただくために第 1 章で湖沼の流動現象と水質等への影響について概説した。

現在、湖沼の水理・水質機構の調査方法を一括してとりまとめた書籍がなく、河川砂防技術基準（案）でも触れられていないところが多いため、第 2 章では湖沼水理・水質機構の調査研究における計測方法の概要を示し、どのような現象を捉えるときにどのような方法があるのかを例示するとともに、最新の技術についても整理している。

湖沼の水質管理において、流入負荷量の的確な把握と底質の影響把握が重要課題と捉え、それぞれ「流入負荷量ワーキング」、「底質ワーキング」を設立し、詳細な検討を行った。流入負荷量及び底質の把握手法について、第 3 章で述べている。

第 4 章は、湖沼の水理・水質解析に数値シミュレーションを活用する際の留意点や数値シミュレーション選定の考え方を、代表的な湖沼の事例を紹介しながら整理している。

第 5 章では、湖沼水質の保全・改善対策の計画について述べている。あわせて、代表的な湖沼でとられている湖内水質の保全対策事例を紹介した。

第 6 章は水理・水質特性に関するこれまでの調査研究成果（河川管理者による成果や既発表論文等）の主なものを、網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖及び中海・宍道湖について、湖沼別にとりまとめて整理している。個々の論文には、調査研究目的、調査方法、調査結果、考察等が記載されているため、関連性のある論文を読むことで水理・水質調査の組み立て方、計測技術やシミュレーションモデルの適用方法などについて理解を深め、今後の水理・水質機構に関する調査研究に応用することができる。なお、第 6 章で紹介する調査研究成果は、湖沼技術研究会での成

果発表時点または論文の発表時点のものである。

第6章はわが国の代表的な湖沼の水理・水質特性の実態について理解を深めるためだけでなく、今後の流動機構の調査研究に携わる研究者、技術者に調査研究目的の起案、水理・水質調査技術の選定などにおいて役立つと考えている。

本書が、湖沼管理に携わる実務担当者、建設コンサルタント及び湖沼を調査研究フィールドとする研究者などの知識、知見の一助となれば幸いである。

平成19年3月

湖沼技術研究会

湖沼技術研究会

委員名簿

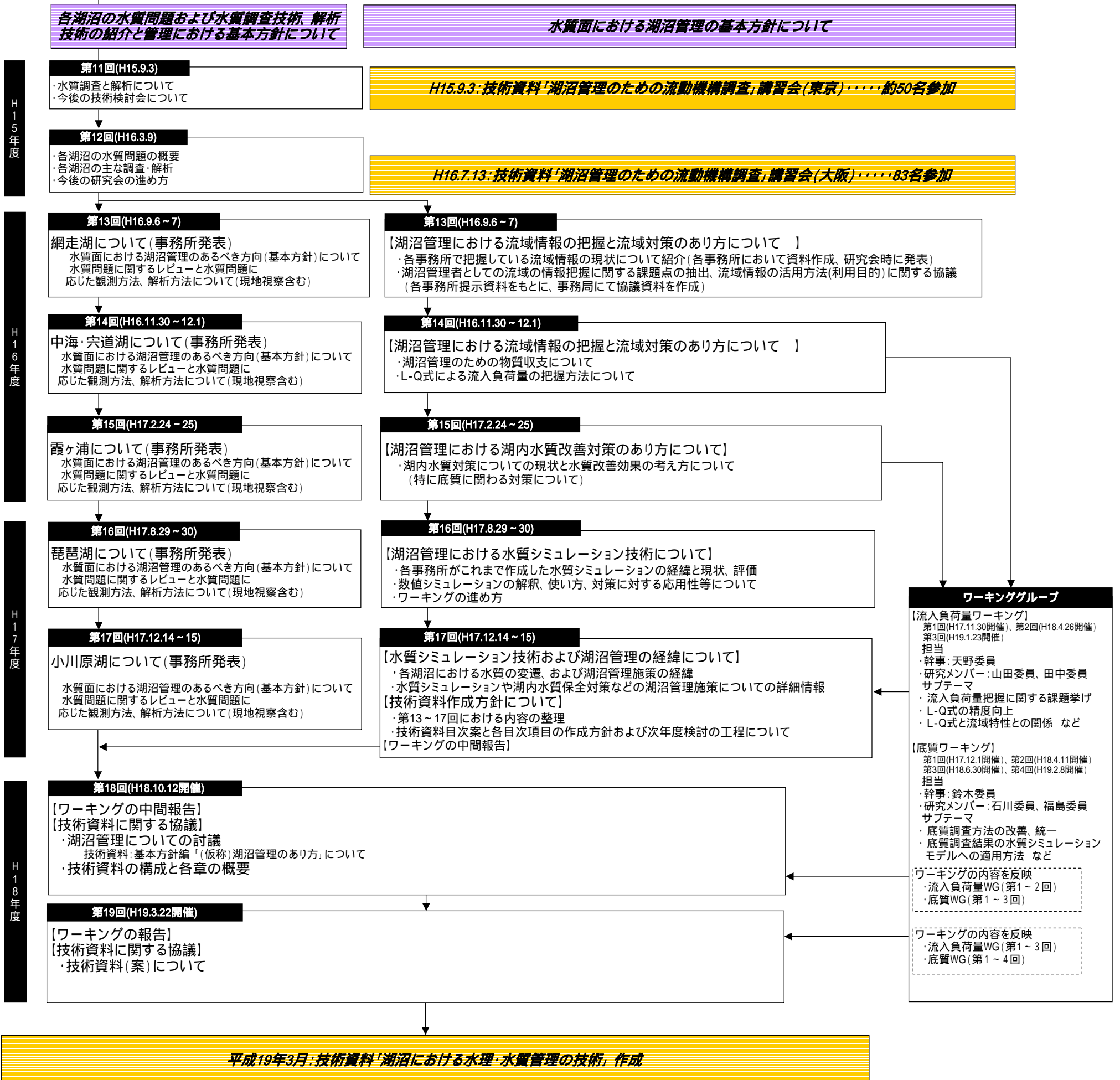
- 座長 福岡捷二 中央大学研究開発機構 教授
- 委員 井上和也 前京都大学防災研究所 所長
- 委員 石川忠晴 東京工業大学大学院 総合理工学研究科環境理工学創造専攻 教授
- 委員 山田正 中央大学工学部 水理研究室 教授
- 委員 田中宏明 京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター 教授
- 委員 福島武彦 筑波大学大学院 生命環境科学研究科生命共存科学専攻 教授
- 委員 藤田光一 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川環境研究室長
- 委員 鈴木穰 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ水質チーム 上席研究員
- 委員 天野邦彦 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ河川生態チーム 上席研究員
-
- 委員 国土交通省 河川局河川環境課 流域治水室長
- 委員 国土交通省 河川局河川環境課 河川環境保全調整官
- 委員 国土交通省 河川局河川環境課 課長補佐
- 委員 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部治水課長
- 委員 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部北見河川事務所長
- 委員 国土交通省 東北地方整備局 高瀬川河川事務所長
- 委員 国土交通省 関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所長
- 委員 国土交通省 近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所長
- 委員 国土交通省 中国地方整備局 出雲河川事務所長
- 委員 佐藤和明 財団法人河川環境管理財団 技術参与
-
- 事務局 財団法人河川環境管理財団 研究第二部

湖沼技術研究会の検討経緯

平成11年度:「湖沼技術研究会」発足

H11年度	第1回(H11.10.7~8)	・設立趣旨 ・網走湖及び各湖沼の概要について
	第2回(H12.1.17~18)	・霞ヶ浦等における調査研究実施状況
	第3回(H12.3.13~14)	・中海・宍道湖における調査研究実施状況
H12年度	第4回(H12.6.6~7)	・小川原湖における調査研究実施状況
	第5回(H12.8.22~23)	・琵琶湖における調査研究実施状況
	第6回(H12.11.20~21)	・渡良瀬遊水池における調査研究実施状況
	第7回(H13.2.28)	・湖沼管理のための流動調査マニュアル(案)の討議
H13年度	第8回(H13.5.31)	・湖沼管理のための流動調査マニュアル(案)の討議
	第9回(H13.8.28)	・湖沼管理のための流動調査マニュアル(案)の討議
	第10回(H12.11.20~21)	・湖沼管理のための流動調査マニュアル(案)の討議 ・世界湖沼会議、自主企画WSについて ・各湖沼の全国版トピックの説明

平成15年3月:技術資料「湖沼管理のための流動機構調査」作成 全国の地整・局、都道府県河川部局、河川系財団法人に配布(約300部)



目 次

序章 湖沼の水理・水質管理と調査解析技術	序-1
第1章 湖沼の水理・水質現象	1-1
1.1 湖沼の水理・水質現象把握の重要性	1-1
1.1.1 水質現象をとりまく多様な要因	1-1
1.1.2 流動現象の重要性	1-2
1.1.3 湖沼特有の水理・水質現象	1-4
1.1.4 変動する水理・水質現象と湖沼環境	1-4
1.2 湖沼管理上の重要な諸現象	1-5
1.2.1 藻類の異常増殖（アオコ）	1-6
1.2.2 成層による貧酸素水塊の形成	1-7
1.2.3 風による貧酸素水塊の上昇＜青潮＞	1-8
1.2.4 異臭味	1-9
1.2.5 淡水赤潮	1-10
1.2.6 藻類の増殖（一次生産）	1-11
1.2.7 底泥からの溶出	1-12
1.2.8 風による底泥の巻き上げ	1-13
1.2.9 物質の沈降	1-14
1.2.10 流入河川河口域の混合・拡散	1-15
1.2.11 風による塩水塊の移動	1-16
1.2.12 風、潮位変化による湖水の鉛直混合	1-17
1.2.13 砂州、湖岸植生等の形成	1-19
1.2.14 河床形状と塩分遡上	1-20
1.3 湖沼の水理水質現象のメカニズム	1-21
1.3.1 基本的な流動現象と主な要因	1-21
1.3.2 流出入による流れ	1-22
1.3.3 吹送流	1-24
1.3.4 表面静振 <small>せいしゆ</small>	1-26
1.3.5 内部静振 <small>せいしゆ</small>	1-27
1.3.6 水温差に伴う密度流	1-28
1.3.7 塩分濃度差に伴う密度流	1-29
1.3.8 内部波	1-31
1.3.9 環流	1-32
1.3.10 乱流	1-32
1.3.11 成層（水温、塩分）	1-32

第2章 湖沼の調査技術	2-1
2.1 調査技術の組み立て方のポイント	2-1
2.2 計測技術の活用	2-2
2.2.1 基礎調査	2-2
2.2.2 現地計測の心構え	2-4
2.2.3 流動現象と計測方法	2-7
2.2.4 水質現象と計測方法	2-33
第3章 湖沼水質に影響を及ぼす負荷の把握	3-1
3.1 湖沼に対する負荷の内訳	3-1
3.2 流入負荷量の把握	3-3
3.2.1 流入負荷の特性	3-3
3.2.2 流入負荷量の調査技術	3-16
3.2.3 流入負荷精度向上に向けた工夫・留意点	3-31
3.2.4 流入負荷量の検討・予測に向けた今後の展望	3-49
3.2.5 今後の課題	3-56
3.3 湖沼底質の把握方法	3-58
3.3.1 底泥の特性	3-58
3.3.2 湖沼底質の調査方法	3-64
3.3.3 底質把握方法の工夫	3-69
3.3.4 底質調査の組み立て方	3-74
3.3.5 今後の課題	3-81
第4章 湖沼の水理・水質解析技術	4-1
4.1 数値シミュレーションの活用	4-1
4.1.1 数値シミュレーションの意義	4-1
4.1.2 数値シミュレーション適用時の留意点	4-2
4.2 数値シミュレーション選定の考え方	4-4
4.2.1 数値シミュレーションモデルの種類	4-4
4.2.2 代表的な湖沼における水質シミュレーションの活用	4-6
4.2.3 数値シミュレーションの選定方法	4-8
4.2.4 数値シミュレーションの課題など	4-14
第5章 湖沼水質の保全・改善対策	5-1
5.1 湖沼水質の保全・改善対策方法	5-1
5.1.1 湖沼水質の保全・改善対策の検討	5-1
5.1.2 湖沼水質の保全・改善対策方法の分類	5-4
5.1.3 湖沼水質の保全・改善対策方法の概要	5-5
5.2 代表的な湖沼における湖沼水質の保全・改善対策方法	5-8

第6章 代表的な湖沼の水理・水質特性の実態	
6.1 各湖沼における調査・解析技術の概要	6-1
6.2 網走湖の水理・水質特性	6-3
6.2.1 湖沼の概要	6-3
6.2.2 水理・水質特性の調査技術	6-8
6.2.3 特徴的な現象の調査・解析	6-29
6.3 小川原湖の水理・水質特性	6-83
6.3.1 湖沼の概要	6-83
6.3.2 水理・水質特性の調査技術	6-88
6.3.3 特徴的な現象の調査・解析	6-94
6.4 霞ヶ浦の水理・水質特性	6-139
6.4.1 湖沼の概要	6-139
6.4.2 水理・水質特性の調査技術	6-142
6.4.3 特徴的な現象の調査・解析	6-156
6.5 琵琶湖の水理・水質特性	6-199
6.5.1 湖沼の概要	6-199
6.5.2 水理・水質特性の調査技術	6-203
6.5.3 特徴的な現象の調査・解析	6-211
6.6 中海・宍道湖の水理・水質特性	6-247
6.6.1 湖沼の概要	6-247
6.6.2 水理・水質特性の調査技術	6-259
6.6.3 特徴的な現象の調査・解析	6-269
第7章 今後の課題	7-1