



# 小河内貯水池の水質管理に関する 共同研究成果報告書

—貯水池管理のハンドブックとして—

東京都水道局

首都大学東京

## 本報告書の執筆にあたって

東京都水道局 浄水部長 青木 秀幸

小河内貯水池は、多摩川の上流に位置する国内最大級の水道専用ダムであり、都民生活と首都東京の都市活動を支える上で大きな役割を果たしています。東京都水道局では、昭和 32 年のダム完成から半世紀以上にわたり、水源林の整備や流域自治体との協定の締結など、流域と貯水池の一体的な管理を行ってきました。

こうした中、平成 2 年頃から、貯水池ではアオコの発生日数が増加し、かび臭原因物質が検出されるようになりました。平成 15 年には、アオコの大量発生により下流の浄水場へ影響を及ぼす事態となり、小河内貯水池の水質管理強化が強く求められました。

これを受け、東京都水道局は首都大学東京との間で平成 17 年に締結した協定「水道分野における連携に関する協定書」に基づき、官学が連携した小河内貯水池に係る共同研究を開始しました。

本共同研究は、平成 17 年度から 3 年ごと、実に 4 期 12 年間にわたって行われました。第 1 期「小河内貯水池の富栄養化メカニズムと水質改善のための調査研究」では、小河内貯水池の富栄養化のメカニズムを解明するとともに水質改善策について研究しました。続いて平成 20 年度からの第 2 期「小河内貯水池の富栄養化と流動に関する調査研究」では、流入河川における洪水時の土砂や栄養塩の流出特性を把握するとともに、貯水池内の流動特性について調査研究を進めました。そして、平成 23 年度からの第 3 期「小河内貯水池の水質、流動

及びその予測に関する共同研究」においては、表層水移送装置の流動モデルを提案するとともに、底泥及び流域土壌のマンガン含有量の推定を行いました。さらに、平成26年度からの第4期「小河内貯水池の水質対策に関する共同研究」では、洪水時におけるマンガンの挙動を分析するとともに、貯水池の風分布を考慮した流動シミュレーションにより水質対策を評価する等の研究を推進しました。

これらの研究結果を踏まえた対策を講じた結果、アオコの発生日数が減少に転じ、平成17年度以降、小河内貯水池の放流水からかび臭原因物質は検出されていません。さらに、この研究を通じ、貯水池の富栄養化メカニズムの解明など、水源水質管理における非常に有益な知見を得ることができました。

本報告書は、この12年間にわたる共同研究の成果をまとめるとともに、基本的な貯水池管理に関する事項についても多く掲載し、東京都水道局の貯水池管理業務に従事する職員の参考となるよう、作成したものです。また、こうした知見は、水源等の管理に携わる国内の事業者の皆様にも活用していただけるものと感じております。

今後とも、得られた知見を最大限に活用し、貯水池の水質管理を着実に実施することで、将来にわたり安全でおいしい高品質な水の安定供給に努めてまいります。

最後に、首都大学東京・小泉教授をはじめ、本研究に参画した多くの研究者並びに学生みなさまに心から感謝申し上げます。

平成30年（2018）年3月

## 本報告書の執筆にあたって

首都大学東京 都市環境学部 特任教授 小泉 明

小河内貯水池は東京都民にとって毎日の生活や産業活動に必要不可欠な水道水源であり、将来も継続的にしっかりと管理運用していかなくてはならない貴重な財産と言えよう。近年アオコ等による水源水質の問題が発生したことに端を発し、東京都水道局と首都大学東京の連携共同研究（小河内貯水池の富栄養化および流動に関する共同研究）が12年前からスタートした。平成17年4月に、首都大学東京は東京都立大学をはじめ、東京都立科学技術大学、東京都立保健科学大学、東京都立短期大学の4大学が統合し、新たな名称のもとに設立された。そして、大学の主要な使命に東京都のシンクタンクとしての貢献が掲げられており、小河内貯水池の水質改善策は時宜を得た研究テーマであった。

同時にスタートした東京都連携共同研究としては、漏水の削減（合理的な漏水量算定方法の構築に関する共同研究）、送配水の適正化（水道送配水システムの合理的な水運用に関する共同研究）がある。その後、水道システムの省エネルギーに関する共同研究、管路更新における新たな優先度の考え方に関する共同研究、高度浄水処理施設におけるコンクリート劣化要因の解明に関する共同研究といった課題が採択され、いずれも水道を利用している東京都民にとって重要な研究テーマであり、水道局における実際のフィールド情報と大学における理論的解析手法とのコラボレーションにより素晴らしい研究成果を創出している。この12年間の間に共同研究として発表した論文は200編近くに達しており、小河内貯水池のテーマに限っても有に50編を超えている。さらには、東京都の

研究担当者と学生並びに大学スタッフとの共同研究を通じた人的交流は、この間における東京都水道局に入庁する希望者の急増にも大いなる好影響を呈しているといえよう。

小河内貯水池における水量・水質に関する挙動の解明は、今日までの共同研究によって従来の研究レベルを理論的かつ実用的な側面から向上させることができた。ここで、貯水池を点としてとらえた時、流入する河川は線であり、流域としての水源林は面であると言えよう。そして、空間として大気や地下空間としての土壌をも視野に入れた場合、小河内貯水池の水量・水質の把握には3次元的な広い範囲での調査研究が必要であると考えます。したがって、100年の計、あるいはミレニアムを意図した観点から小河内貯水池の超長期的水管理を考えると、将来に向けた貯水池の水量・水質や底泥の調査研究の継続は当然のこととして、水源林や流入河川をも考慮した調査研究が重要であると考えています。

最後に、小河内貯水池の共同研究を推進するに当たり、熱心に御協力をいただいた東京都水道局の皆様をはじめ、本学の卒業研究生並びに修士・博士課程の学生諸君に心から感謝申し上げます。

平成 30 年 (2018) 年 3 月

## 目次

<b>第1章 序論</b> . . . . .	<b>1</b>
1-1 はじめに . . . . .	2
1-2 小河内貯水池の概要 . . . . .	2
1-2-1 小河内貯水池について	
1-2-2 小河内貯水池の流入河川について	
1-3 本報告書が扱う範囲 . . . . .	5
1-3-1 「第2章 水源貯水池の基礎知識」について	
1-3-2 「第3章 小河内貯水池での水質管理の取組」について	
1-3-3 「第4章 流域における諸現象の調査研究」について	
1-3-4 「第5章 貯水池における諸現象の調査研究」について	
<b>第2章 水源貯水池の基礎知識</b> . . . . .	<b>7</b>
2-1 水文流出過程 . . . . .	8
2-1-1 雨水の移動経路	
2-1-2 雨水の流出率	
2-1-3 水文諸量データの不確実性	
2-2 流域河川の水・物質輸送 . . . . .	12
2-2-1 河川からの負荷量	
2-2-2 流域からの流入負荷及び流入水質の算定	
2-3 水質 . . . . .	13
2-3-1 貯水池水質管理に重要な水質項目	
2-3-2 水質調査方法	
2-4 貯水池水温の季節変化 . . . . .	23
2-4-1 春の水温分布（受熱期）	
2-4-2 夏の水温分布	
2-4-3 秋の水温分布（放熱期）	
2-4-4 冬の水温分布（循環期）	
2-4-5 ダム貯水池に特有の水温形成	
2-4-6 水温計測の方法	
2-5 貯水池で生ずる流れ . . . . .	27
2-5-1 風に起因する流れ	
2-5-2 内部静振と往復流	
2-5-3 河川流入水による流れ	
2-5-4 濁水長期化現象	
2-5-5 流動の計測方法	

2-5-6	流動の数値シミュレーション	
2-6	植物プランクトンの挙動	35
2-6-1	水中の光分布と植物プランクトンの関係	
2-6-2	透明度	
2-6-3	光以外の生育環境	
2-6-4	植物プランクトン現存量の分析方法	
2-6-5	蛍光センサーによる現場測定方法	
2-7	植物プランクトンの種類と好適環境	39
2-7-1	藍藻類	
2-7-2	緑藻類	
2-7-3	珪藻類	
2-7-4	その他の藻類	
2-7-5	生物障害とその対策	
2-7-6	小河内貯水池における植物プランクトンの季節遷移	
<b>第3章</b>	<b>小河内貯水池での水質管理の取組</b>	<b>45</b>
3-1	小河内貯水池の歴史	46
3-1-1	小河内ダム築造計画	
3-1-2	ダム工事の概要	
3-1-3	ダムの貯水動向	
3-1-4	第2号取水施設の築造	
3-1-5	多摩川冷水対策施設の築造	
3-1-6	水質監視の方法	
3-2	流域対策の実施	49
3-2-1	実施した流域対策	
3-2-2	流域対策の効果	
3-3	水質問題の発生	51
3-3-1	貯水池内におけるアオコの発生	
3-3-2	アオコ発生の原因	
3-4	湖内対策の実施	55
3-4-1	アオコ対策の基本的な考え方	
3-4-2	湖内対策の例	
3-4-3	小河内貯水池の特徴	
3-4-4	小河内貯水池で実施したアオコ対策	
<b>第4章</b>	<b>流域における諸現象の調査研究</b>	<b>65</b>
4-1	長期的な水質傾向	66

4-1-1	濃度による水質傾向	
4-1-2	負荷量による水質傾向	
4-2	洪水時の物質輸送	69
4-2-1	洪水時の河川試料採取	
4-2-2	洪水時水質測定データを用いた物質輸送の解析	
4-3	流域土壌と水質	71
4-3-1	流域土壌の採取	
4-3-2	濁質中の成分分析	
4-4	貯水池へのマンガン流入	73
4-5	貯水池への栄養塩流入	76
4-5-1	流域のリンの分布	
4-5-2	小河内貯水池流入河川流域土壌の土壌全リン含有量	
<b>第5章</b>	<b>貯水池における諸現象の調査研究</b>	<b>79</b>
5-1	貯水池の濁水長期化	80
5-1-1	データ解析による濁水長期化現象の把握	
5-1-2	セディメントトラップを用いた濁質調査	
5-2	分画フェンスの機能	86
5-2-1	分画フェンスの設置状況	
5-2-2	分画フェンス周辺の水温・流れ	
5-2-3	シミュレーションによる流動現象の理解	
5-2-4	分画フェンスの効果	
5-3	表層水移送装置の機能	89
5-3-1	表層水移送装置の概要	
5-3-2	吐出水のプルーム運動	
5-3-3	プルーム運動の一次元鉛直解析	
5-3-4	三次元シミュレーションによる吐出水の運動の確認	
5-3-5	表層水移送装置の効果	
5-4	選択取水の機能	94
5-4-1	選択取水施設の概要	
5-4-2	取水施設内の流速計測	
5-4-3	取水施設内の流速分布	
5-4-4	取水による流速分布のモデル化	
5-5	流動制御による水質管理	98