

第3章

小河内貯水池での 水質管理の取組



第3章 小河口貯水池での水質管理の取組

3-1 小河口貯水池の歴史

3-1-1 小河口ダム築造計画

小河口ダムの築造計画は、古く大正15年にさかのぼる。時の東京市会において、「将来大東京実現ノ場合ヲ予想シ、本市上水道事業百年ノ長計ヲ樹テラレタシ」との希望が表明され、水道拡張計画策定に向けた調査が開始された。

同計画策定に当たっては、当初、利根川や相模川などの水源について、拡張計画が立てられたが、いずれも支障多く断念せざるを得ない状況となった。

このため、最後に残された多摩川を水源とする拡張計画が立てられた。しかし、当時においても、多摩川の羽村地点における流量の平均利用率は6割に達していたことから、必要な水源量を得るためには、世界でもまれな高堰堤、大規模なダムの築造が必要であった。

この水道拡張計画は、東京市第二水道拡張事業として昭和7年7月13日の東京市会において議決され、小河口ダム築造の計画が決定された。

3-1-2 ダム工事の概要

小河口ダム築造工事は、昭和11年3月の事業認可を受け、資材運搬専用道路工事を皮切りに、排水路及び仮締切堰堤工事、堰堤基礎掘削工事等が開始された。

また、ダムコンクリート工事は、基礎岩盤とともにダムの安全性に直結する工事であることから、コンクリートの品質管理も含め慎重に行われた。

特にコンクリートの打込では、温度応力による亀裂防止や継手グラウチングの一体化を図るため、プレクーリングやパイプクーリングなどの人工冷却も行われ、作業は2交替制で昼夜の区別なく約4年4か月間行われた。

途中、第二次世界大戦等による工事中断があったものの、着工から19年の歳月をかけて、水道局の歴史において類のない大規模な工事により、昭和32年11月26日に小河口ダムが完成した。

3-1-3 ダムの貯水動向

小河口ダムの湛水は、昭和32年6月6日に開始されたが、昭和33年には、異常渇水に見舞われ、貯水半ばで放流を行ったことから、湛水開始後初めて満水になったのは、2年後の昭和34年5月であった。

満水後から昭和40年代初めにかけても、多摩川水系では降水量の減少や水需要量の大幅な増加などから度重なる渇水に見舞われ、小河口ダムの貯水量も回復することなく低下の一途をたどった。

特に「オリンピック渇水」あるいは「東京砂漠」と言われた昭和39年の渇水時には貯水率0.46%まで低下した。

その後、利根川水系の水源整備や朝霞・東村山原水連絡管など利根川水系と多摩川水系の相互融通施設の整備が進み、小河内ダム役割も当時の水不足の解消に併せて利根川水系の渇水や事故に対応するという新たな役割を持つようになった。

このため、平常時は利根川水系の原水を利用して、貯水量を確保し、利根川の渇水時及び夏季最大需要時に放流して給水することを基本とした計画の下に運用を行っている。

3-1-4 第2号取水施設の築造

小河内ダム第2号取水施設は、昭和47年、利根川の原水を導入して以来、初めて同水系の渇水となり、既得確定水源が取水制限されるという事態に見舞われたことから、利根川系と小河内ダムを基点とする多摩川系とを有機的に連絡する施設の増強を目的として第4次利根川系水道拡張緊急対策事業として、計画されたものである。

この第2号取水施設の取水量は、 $30\text{m}^3/\text{s}$ で、従来の発電放流量の $21.5\text{m}^3/\text{s}$ と合わせ、緊急時は最大 $51.5\text{m}^3/\text{s}$ の放流が可能となった。

3-1-5 多摩川冷水対策施設の築造

小河内ダムからの放流は、従来、満水位から73.5m下の多摩川第一発電所取水口から行われていたことから、夏季における放流水温は 6°C から 11°C と自然河川水温に比べて、低い状況にあった。

この低水温の放流に対しては、多摩川におけるアユの漁獲量の減少や夏季における観光への影響などを背景に、地元漁業組合や奥多摩町等から苦情や陳情が寄せられていた。

これに対して、夏季の一時期に余水吐から表層の温かい水を放流するなどの対応を行っていたが、発電に利用できないなどの運用上の課題があった。

多摩川冷水対策施設は、これらの課題に対し既に完成していた第2号取水施設を利用して比較的温かい表層の水を発電に利用しながら放流するため、ダム左岸側から多摩第一発電所を結ぶ導水路を築造したものである。

これにより、ダム放流水温は、従来よりも約 4°C から 5°C の昇温効果が確認され、平成29年現在は、4月1日から11月30日までの間、この施設を利用した放流が実施されている。

3-1-6 水質監視の方法

小河内貯水池は貯水容量に対して流域面積が狭く、水の滞留日数も約200日間と長いため、貯水池水質が悪化すると回復が非常に困難になる。このため、ダム竣工当時から現在に至るまで、貯水池水質をきめ細かく監視している。

貯水池水質の監視の一つとして、当貯水池では水質観測船を使用した縦断調査を実施してきた。この水質観測船は、平成11年3月に「みやま」に変わって「みやま丸」が就航し、併せて搭載している水質調査機器も更新した。

また、平成15年にダム前定点に、平成18年に深山台船に昇降式自動水質計器が設置さ

れ、湖内の水質モニタリング体制が整備された。

先人達から受け継いだ水質監視を現在まで実施してきたことにより、長期間に及ぶ水質データの収集を今も継続している。

表 3-1-(1) 建設経過の年表

- 建設経過 -	
昭和7年7月13日	東京市会が第二水道拡張事業を議決
昭和7年8月12日	事業認可申請
昭和11年7月23日	事業認可（内務大臣）
昭和11年7月29日	小河内貯水池建設事務所開設
昭和13年11月12日	総合起工式挙行
昭和18年10月5日	工事一時中止
昭和23年4月28日	東京都議会で第二水道拡張事業の再開議決
昭和23年9月10日	小河内貯水池建設事務所設置
昭和28年3月19日	ダムコンクリート打込み開始
昭和28年3月26日	定礎式
昭和32年6月6日	仮排水路閉鎖（貯水開始）
昭和32年7月21日	ダムコンクリート打込み完了
昭和32年11月26日	小河内貯水池しゅん工式
昭和50年12月1日	第2号取水施設に着手
昭和55年3月31日	同施設完成
平成2年5月29日	多摩川冷水対策施設（導水路）に着手
平成4年6月29日	同施設完成

3-2 流域対策の実施

3-2-1 実施した流域対策

小河内貯水池内では、昭和40年代末ごろから河川流入部において、夏季に富栄養化の兆候である水の華が発生し始めていた。小河内貯水池及びその流入河川沿いには、集落が存在しており、その生活排水及び水産排水に含まれる栄養塩の流入が水の華発生原因の一つとして考えられた。そこで東京都水道局は、集水地域に集落を有する丹波山村、小菅村及び奥多摩町の2村1町との間において、昭和57年に丹波山村及び小菅村と「小河内貯水池の水質保全に関する協定」、平成6年に奥多摩町と「水道水源の水質保全に関する協定」をそれぞれ締結した。また、同様の協定を流入河川流域の4つの主要な保養観光施設等とも締結した。締結した協定等の主な内容は表3-2-(1)のとおりである。

表 3-2-(1) 協定等の主な内容

協定対象	主な内容
丹波山村 小菅村 奥多摩町	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物の適切な処理等による河川の汚染防止に向けた取組 ・ 町村内でのリン酸塩を含む合成洗剤の使用禁止に向けた措置の実施 ・ 養魚場排水による汚濁負荷低減に向けた措置の実施 ・ 下水道の整備 ・ 下水道放流水に対する水質汚濁防止法よりも厳しい基準値の設定 ・ 下水道放流水水質の報告 ・ 東京都水道局による下水道の設置費用、維持管理費用及び排水設備等の設置費用の一部負担
保養観光施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 排水処理施設放流水に対する水質汚濁防止法よりも厳しい基準値の設定 ・ 排水処理施設の適切な維持管理 ・ 施設内でのリン酸塩を含む合成洗剤の使用禁止

この協定に基づき、東京都水道局の一部負担のもと、施設整備が着実にすすめられた。

下水道については、丹波山村では昭和62年、小菅村では昭和63年、奥多摩町では平成10年に浄化センターが供用開始となった。

養魚場については、昭和62年から平成2年にかけて5か所の養魚場に排水処理施設（沈殿池）が設置された。さらに、養魚場に溜まった魚糞や飼料を排除するために、平成7年から平成9年にかけて8か所の養魚場に魚糞回収機が導入された。

これら流域対策に係る取組年表を表3-2-(2)、表3-2-(3)に示す。

表 3-2-(2) 流域水質対策年表（生活系排水関連）

年 月	出来事
昭和49年1月	「東芝健康保険組合奥多摩保養所の排水処理に関する覚書」を交換
53年3月	奥多摩町と「奥多摩郷土資料館の排水処理に関する協定」を締結 (奥多摩水と緑のふれあい館建設のため、平成10年廃止)
57年4月	丹波山、小菅両村と「小内貯水池の水質保全に関する協定」を締結、覚書を交換
12月	「山のふるさと村」に係る小内貯水池の汚濁防止に関する協定」を締結
62年10月	丹波山村浄化センター供用開始
11月	「レイクサイドビルコテージの排水処理に関する覚書」を交換
63年4月	小菅村浄化センター(多摩清流苑)供用開始
平成6年4月	奥多摩町と「水道水源の水質保全に関する協定」を締結、覚書を交換
8年12月	小袖小規模集合排水処理施設(丹波山村) 完成
10年7月	小内浄化センター供用開始
12年4月	杉奈久保小規模集合排水処理施設(丹波山村)完成

表 3-2-(3) 流域水質対策年表（水産系排水関連）

年 月	出来事
昭和57年4月	丹波山、小菅両村と「小内貯水池の水質保全に関する協定」を締結、覚書を交換
58年4月	奥多摩町及び小内漁業協同組合と養魚場排水等を盛り込んだ「小内貯水池の水質保全に関する協定書」を締結
59年5月	沈澱池を備えた丹波山村の養魚場が完成、60年春から本格的に養魚を開始
62年3月	小菅村の養魚場2か所に排水処理施設(沈澱池)を設置、以後平成2年まで毎年1か所合計5か所の養魚場に設置
平成5年3月	峰谷川イワナ養魚場が完成、平成6年4月から養魚を開始
7年3月	小菅村の養魚場2か所に魚糞回収装置を導入、以後平成7年度に2か所、8年度に4か所、合計で8か所の養魚場(小菅村の全養魚場)を導入

3-2-2 流域対策の効果

図 3-2-(1)は小河内貯水池の主要な流入河川のひとつである小菅川の年平均総リン濃度を示している。小菅川流域においては、昭和 57 年に小菅村と「小河内貯水池の水質保全に関する協定」を締結後、昭和 63 年に小菅村浄化センター（多摩清流苑）の供用を開始し、平成 62 年から平成 9 年にかけて養魚場に対し沈澱池や魚糞回収装置の導入等の流域水質対策を行ってきた。小菅川の総リン濃度の平均値は、流域対策実施前の昭和 57 年～61 年では 0.053mg/L であったのに対し、流域対策実施後の平成 10 年～14 年では 0.038mg/L に減少しており、流域対策は、小河内貯水池へのリン流入の抑制に効果があったと考えられる。

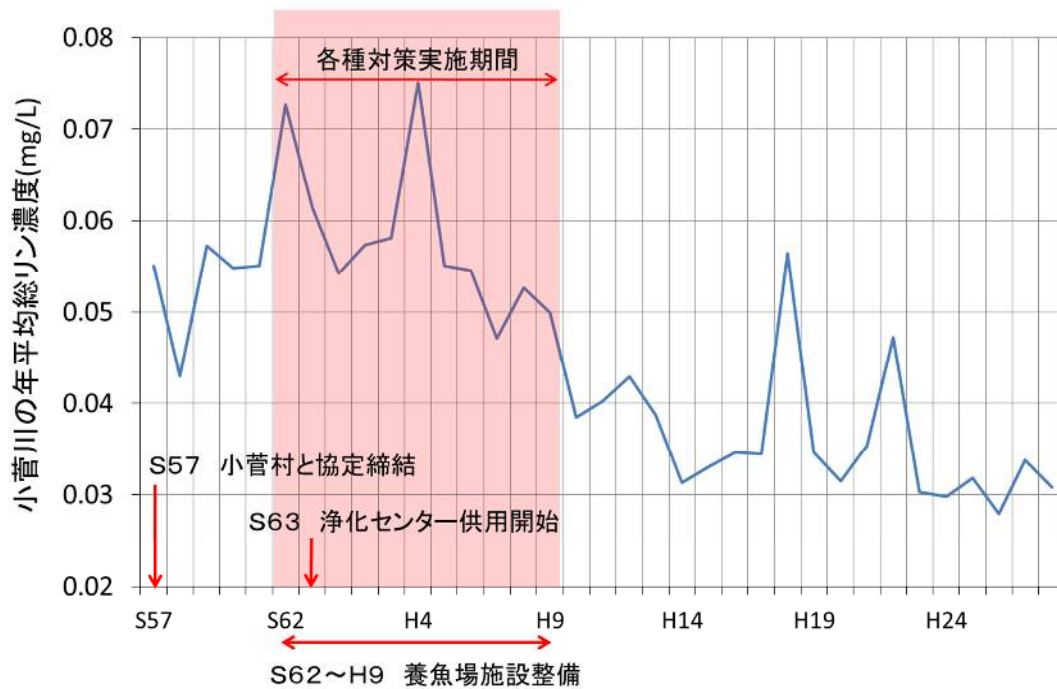


図 3-2-(1) 小菅川における年平均総リン濃度の推移

3-3 水質問題の発生

3-3-1 貯水池内におけるアオコの発生

3-2 で述べたとおり、東京都水道局は流域の栄養塩発生源に対し、積極的な対策を実施し、流入河川の栄養塩濃度は減少したが、水の華の発生日数は増加の傾向を示した。図 3-3-(1)に水の華及びアオコの昭和 50 年から平成 15 年までの水の華の発生日数を、図 3-3-(2)に小菅川に発生した水の華とアオコの写真を、表 3-3-(1)に同期間の発生した藻類の種類を示す。

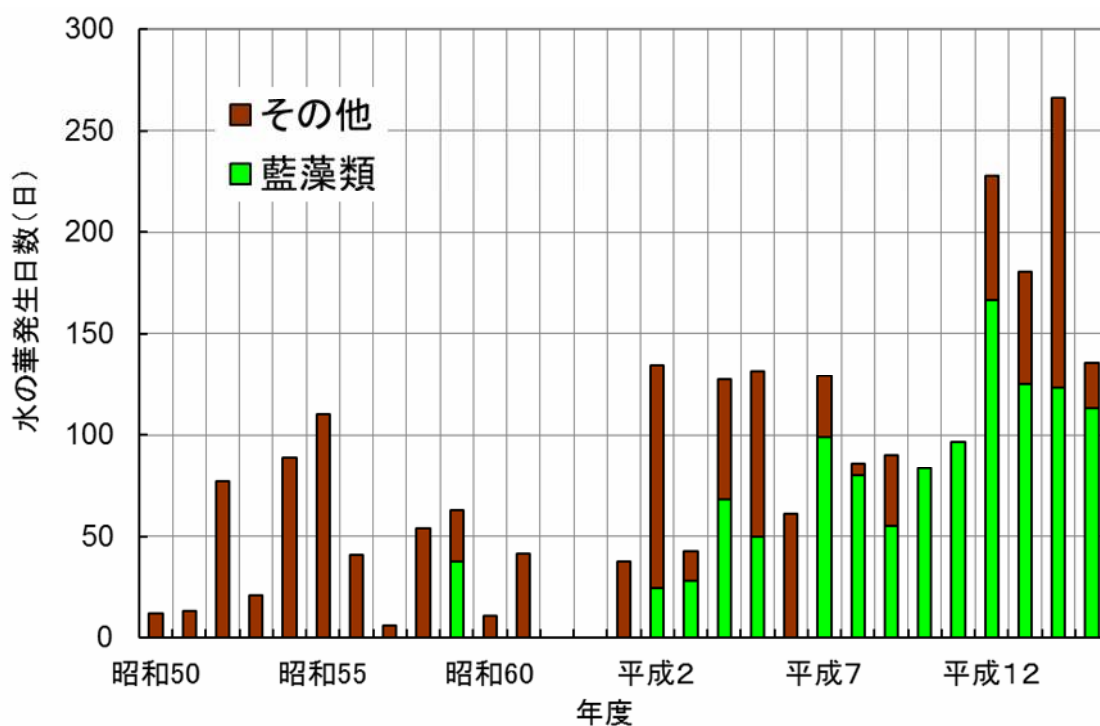


図 3-3-(1) 水の華発生日数



図 3-3-(2) 左：水の華 (*Peridinium*) と右：アオコ (*Microcystis, Anabaena*) の写真

表 3-3-(1) 発生した藻類の種類

年度	珪藻類				緑藻類	藍藻類		黄金藻類	渦鞭毛藻類
	<i>Synedra</i>	<i>Asterionella</i>	<i>Fragilaria</i>	<i>Cyclotella</i>	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Uroglena</i>	<i>Peridinium</i>
昭和50									○
昭和51					○				
昭和52									○
昭和53					○				
昭和54					○				○
昭和55					○				○
昭和56					○	○			○
昭和57									○
昭和58	○		○		○				
昭和59					○	○			
昭和60					○				
昭和61									○
昭和62									
昭和63									
平成元	○								
平成2					○	○		○	○
平成3					○	○			○
平成4		○			○	○	○		○
平成5						○	○		○
平成6						○			○
平成7			○				○		○
平成8						○	○		○
平成9			○			○	○		
平成10						○	○		
平成11			○			○	○		
平成12		○					○		○
平成13						○	○		○
平成14				○			○		○
平成15					○	○	○		

従来、小河内貯水池内で発生していた水の華は、緑藻類の *Chlamydomonas* や、渦鞭毛藻類の *Peridinium* によるものが多かったが、平成 2 年以降、毎年のように藍藻類の *Microcystis* や *Anabaena* によるもの（アオコ）が見られるようになり、発生日数も長期化の傾向が見られた。特に平成 4 年以降はかび臭原因物質であるジェオスミンを産生することで知られる *Anabaena* がほぼ毎年みられるようになった。この影響により平成 7 年には湖内でかび臭が確認されるようになり、平成 13 年にはダムの放流水からもかび臭原因物質が検出されるようになった。平成 15 年夏季には、これまでにない大規模なアオコの発生とそれに伴うかび臭により、下流の小作浄水場が影響を受けた。小作浄水場においては、水道原水中のかび臭原因物質（ジェオスミン）濃度が最高 120ng/L に達し、50 日間を超える長期にわたり粉末活性炭を注入した。このときの最高注入率は 60mg/L であった。

3-3-2 アオコ発生の原因

3-2で述べた流域対策により、栄養塩の排水対策を実施し、流入河川中のリン濃度の低減に成功したにも関わらず、アオコの発生日数が増加した原因として、平成4年から実施した冷水対策としての表層放流による、貯水池表層水温の上昇が考えられた。図3-3-(3)に表層放流前にあたる昭和61年から平成元年までと、表層放流後にあたる平成11年から平成14年までのダム前定点における4~10月の水温深度分布を示す。

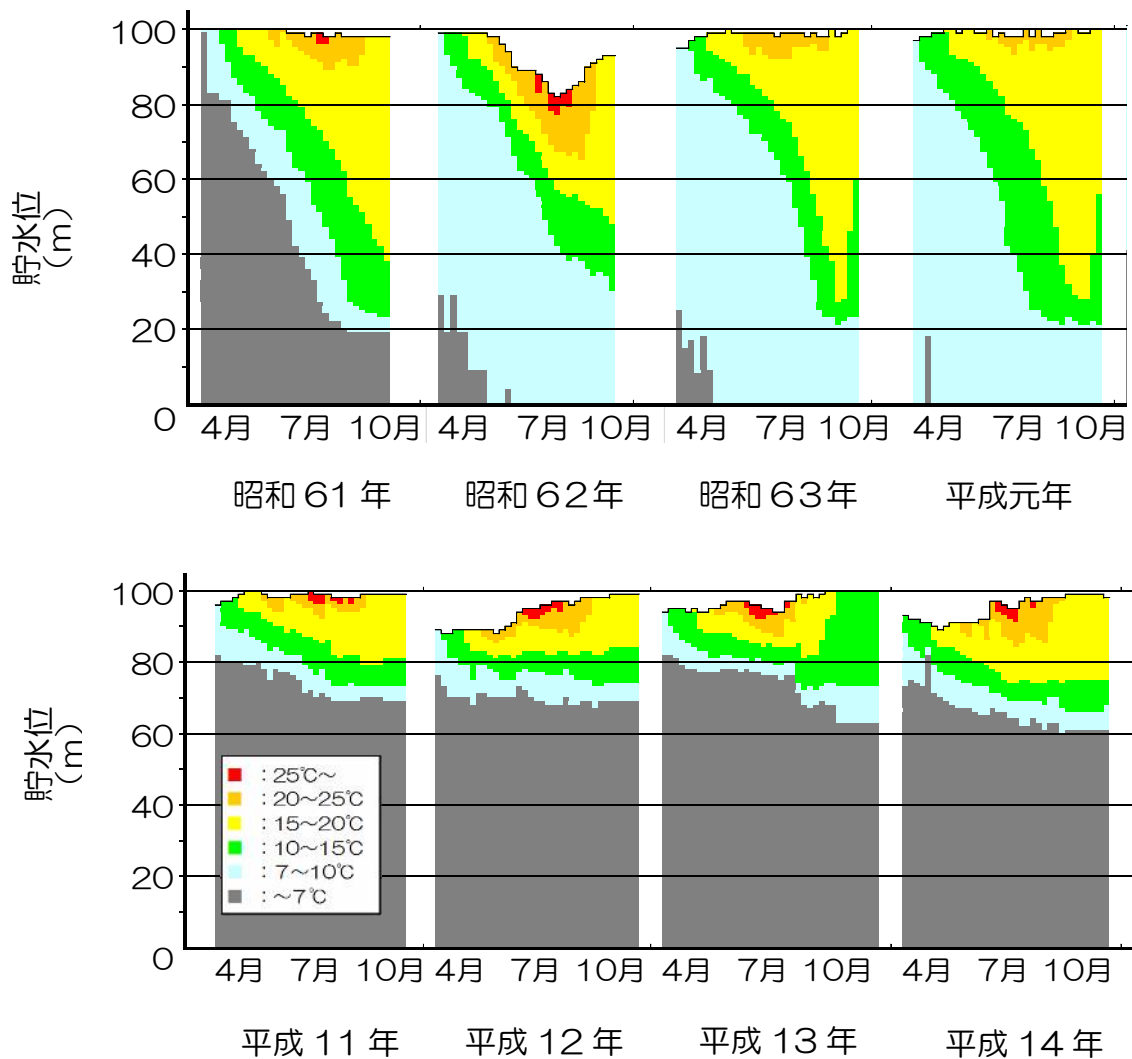


図3-3-(3) ダム前定点における4~10月の水温深度分布

図3-3-(3)から、表層放流実施後において、貯水池表面温度が25°Cを超過する頻度が増加していることが分かる。週に1回の調査において表層水温が25°Cを超えた回数は、表層放流実施前の昭和61年から平成元年まででは合計16回であるのに対し、表層放流実施後の平成11年から平成14年まででは合計39回と大きく増加していた。

この水温上昇は、表層放流実施により中層以深の流動が失われ、水温躍層が上昇したこ

とに起因するものと思われる。夏期における貯水池の流動は2-4で述べたとおり、水温躍層を境界に密度差が大きくなるため、水温躍層よりも上部でのみ発生する。エネルギーの授受も同様であり、水温躍層以深へは日射熱がほとんど伝わらない。つまり、水温躍層の位置が上昇したことで、日射熱の伝わる容量が小さくなったことから、エネルギーが集中し、水温躍層よりも上部の水温が高くなったと考えられる。なお、昭和62年の水温が高かった原因は、水温躍層の位置は例年どおりであるのに対し、貯水位が少なかったため、同様の事象が起こったものと考えられる。

増殖に適した水温は藻類の種類によって異なるが、アオコを形成する藍藻類について、次のような報告があげられている。

- ・アオコを形成する藍藻は珪藻や緑藻に比べて増殖に適する水温が高い¹⁾。
- ・水温が25°C以上になると *Microcystis* によるアオコが発生する²⁾。
- ・ *Microcystis* や *Anabaena* などの増殖速度は25°Cで最大となる³⁾。
- ・水温の上昇とともに藍藻の優占率が高くなり、水温25°C未満と25°C以上とでは藍藻の優占率に有意な差がある⁴⁾。

このようなことから、表層放流による表層水水温の上昇により、貯水池表層水温が25°Cを超える日数が増加したことで、より高温を好むアオコ形成藍藻の増殖に適した条件になったと推察される。

3-4 湖内対策の実施

3-4-1 アオコ対策の基本的な考え方

3-3で述べたとおり、平成4年から実施した表層放流はアオコの増殖に対し、影響を与えたと考えられる。しかし、表層放流は冷水対策として環境保全のため必要な施策であるため、その他の対策を講じる必要があった。そこでまず、藍藻類の発生要件等からアオコ対策の基本的な考え方について記述する。

(1) 日照

藍藻類も他の藻類と同様、光合成により有機物を生成する（一次生産）ため、増殖するには日照が必要である。また、2-6で述べたとおり水深が深くなるにつれて光が減衰し、光合成による生産量が低下するが、呼吸量と生産量が釣り合う深度（補償深度）より浅い領域では、藻類の増殖が可能である。補償深度の深さは表面光を100%とした場合の相対照度が1%となる深さとほぼ一致するといわれている⁵⁾。これにより小河内貯水池の補償深度を計算すると、概ね15~20mとなり、これより深い位置へアオコを形成する藻類を送り込むことでその増殖を抑制することが可能である。

(2) 温度

3-3-2で述べたとおり、アオコを形成する *Microcystis* や *Anabaena* は25°C以上の高水

温において優占率が高くなる傾向がある⁴⁾。そのため、表層水温を下げることは有意な対策である。温度を下げるための方策としては、日射熱を軽減するための遮光や、湖水の攪拌、放流水深の制御による水温躍層の深層化などが挙げられる。

(3) 栄養塩類

藍藻類が増殖するには、他の藻類同様、窒素及びリン等が必要である。また、2・3で述べたように、N/P比（水中の窒素とリンのモル比）が16以上である場合は、窒素が過剰に存在しても、リンの不足により藻類の増殖が抑制される。なお、小河内貯水池のダム前におけるN/P比は100に近く、貯水池内の環境はリン制限であるため、流入するリンの低減は効果的であるといえる。流入栄養塩負荷量の低減や、湖内に流入する前に処理をする等の対策が考えられる。また、湖内に沈降した栄養塩の再溶出を防ぐため底層への酸素供給を行うという対策もある。

(4) 滞留時間

藍藻類の増殖速度は、珪藻や緑藻と比べ遅い傾向がある⁶⁾。そのため、滞留時間を短くすることにより、藍藻類の増殖を抑制することができる。なお、自然界で藍藻類の増殖速度を測定した事例⁷⁾では、*Microcystis*の倍加時間が2.1～4.4日（15～20℃）、*Anabaena*の倍加時間が2.0～9.9日（11～26℃）である。

(5) その他

発生したアオコを直接除去する方法も対策として考えられる。考え方としては、異常増殖する前の段階で排除する方法や、他の生物に捕食させる方法も考えられる。また、*Microcystis*は湖底に沈み越冬する⁸⁾ため、底泥を除去や天日乾燥することで次年度のアオコ発生を抑制することができる。

3-4-2 湖内対策の例

3-4-1で挙げた考え方を踏まえ、考えうる具体的方策を挙げる。

(1) 遮光⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾

ネットやシートなどを用い、湖面へ届く日照を遮る方法である。光合成を抑制するほか、日射熱を軽減することにより水温を下げる効果も期待される。東総用水や北総東部用水等のファームポンド（灌漑用水を貯留する池）などで実施されている。なお、アメリカ等ではシェードボールという球体を湖面上に浮かべるといった対策も実施されている例がある。

(2) 曝気循環⁹⁾¹⁰⁾

気泡により湖水を攪拌し、水温躍層を破壊又は深層化させる方法である。これにより、植物プランクトンを無光層へ送りこむことによる増殖を抑制する効果や、底層への酸素供

給による、底質からの栄養塩溶出を抑制する効果等が期待される。高山ダム（京都府）や草木ダム（群馬県）などで導入実績がある。

(3) 分画フェンスの設置⁹⁾¹⁰⁾

河川流入部の表層に水を通さないフェンスを設置する方法である。河川流入部表層の水をせき止めることによる発生したアオコの流下を阻止する効果や、河川から流入する栄養塩等を潜行させ表層への供給を阻害することによる貯水池表層での藻類増殖を抑制する効果等が期待される。また、選択取水設備と併用し、下層に導入した流入水を速やかに排出することで効果の増大も見込まれる。上津ダム（奈良県）や青蓮寺ダム（三重県）、浦山ダム（埼玉県）などで導入実績がある。

(4) 選択取水⁹⁾

取水口の水深を変え、任意の層から選択的に取水する方法である。流動を制御することによる表層への栄養塩供給抑制効果や、放流水深を深層化し、水温躍層を低下させることによる表層の水温低下効果等が期待される。一庫ダム（兵庫県）や三春ダム（福島県）などで導入実績がある。

(5) 底泥浚渫⁹⁾

アオコ発生前に底泥を浚渫する対策である。越冬中の藍藻類や栄養塩を含む底泥を取り除くことによる藻類発生を抑制する効果等が期待される。児島湖（岡山県）などで実施されている。

(6) 池干し⁹⁾¹²⁾

数か月程度水を抜き、底泥を空気にさらす方法である。日光中の紫外線や乾燥、温度上昇等による休眠孢子等の殺藻効果や、酸化作用による底泥に含まれる栄養塩の不活化などの効果が期待される。大久手池（愛知県）や渡良瀬遊水地（栃木県）で実施されている。

(7) 富栄養化対策バイパス⁹⁾

汚濁負荷の高い流入河川に対し、バイパス水路を設置する方法である。汚濁負荷の高い河川を迂回させ貯水池外に排出することにより、貯水池へ流入する栄養塩等を低減する効果が期待される。旭ダム（北海道）などで実施されている。

(8) 植生浄化法⁹⁾¹²⁾

流入河川の河床等にヨシ等の植生帯を設置する方法である。河川水中の栄養塩の吸着・取り込む効果や流入濁質の補足による非溶存態栄養塩の湖内流入を抑制する効果が期待される。渡良瀬遊水地（栃木県）などで実施されている。

(9) 噴射衝撃装置¹³⁾

藍藻類を含む水を衝撃板に吹き付ける等により、藍藻類体内の気泡を潰し、沈降させることで光合成を抑制する効果が期待される。阿木川ダム（岐阜県）などで実施されている。

(10) 表層水移送装置¹⁴⁾

表層の水を吸い込み、湖底へ排出する装置を設置する方法である。無光層へ藻類を送りこむことにより、これを減少させる効果等が見込まれる。島地川ダム（山口県）などで実施されている。

3-4-3 小河内貯水池の特徴

3-4-2でアオコ対策の例を挙げたが、実施に当たっては小河内貯水池の特徴を考慮しなければならない。そこで、小河内貯水池の特徴を挙げる。

(1) 流入河川の位置

1-2で示したとおり、小河内貯水池の流入河川は丹波川、小菅川、峰谷川など複数存在するため、流入対策をする際、それぞれ対策しなければならない。

(2) 地形

図3-4-(1)に示すように、小河内貯水池の沿岸は地形が急峻であり、平地が少ない。そのため、大規模な工事等を要する対策の導入は難しい。



図3-4-(1) 小河内貯水池写真

(3) 国立公園

小河内貯水池は「秩父多摩甲斐国立公園」内に所在しており、一定の条件を超える施設の導入や生物を用いた対策などは自然公園法により規制されている。

(4) 水深

小河口貯水池におけるダム前の水深は最大 100m 程度となり、湖底からの曝気などの対策は導入が難しい。

(5) 滞留時間

小河口貯水池に1年間で流入する水の量は有効貯水量の1.2~2.1倍(平成18年~平成28年の実績)であり、水の交換率が低く、水の滞留時間が長い。

(6) 貯水池の用途

小河口貯水池は都民の水がめであり、貯水量を大きく低下させる対策は導入できない。また、薬剤散布など、イメージを損なう対策の実施も難しい。

(7) 面積

東西に約 10km と長く、満水面積で 4.25km² と広大である。

3-4-4 小河口貯水池で実施したアオコ対策

このような小河口貯水池の特徴を踏まえたうえで、どのような対策が現実的な解決策となりえるのか、実施の優先順位も踏まえアオコ対策の検討を行った。

(1) 分画フェンスと選択取水

小河口貯水池は東西に約 10 km と広大である。事前調査の段階で、貯水池内全域を対象とした遮光板の設置や水温躍層の破壊を目的とする循環曝気などの対策を実施するのは現実的ではないと考えた。そこで、もっとも優先すべき事項であるダム前でのアオコの顕在化を防ぐ対策として、栄養塩類が豊富な河川流入域で発生したアオコ状態が下流域に拡散することを防止することを目的とした分画フェンスを貯水池内の上流域に設置し、対策区域の限定化を試みた(平成15年度以降)。併せて、流入河川から供給される栄養塩類が、ダム前で藻類に利用されることを防ぐため、流入水を分画フェンスにより水深10m以深に潜らせ、その水深のまま放流するように第二取水口のゲート操作を行うこととした(16年度以降)。この分画フェンスと選択取水の考え方は、水資源機構の浦山ダム等で実施されている、貯水池内に濁水が長期間滞留することを防止する考え方を参考に導入した(図3-4-(2))。

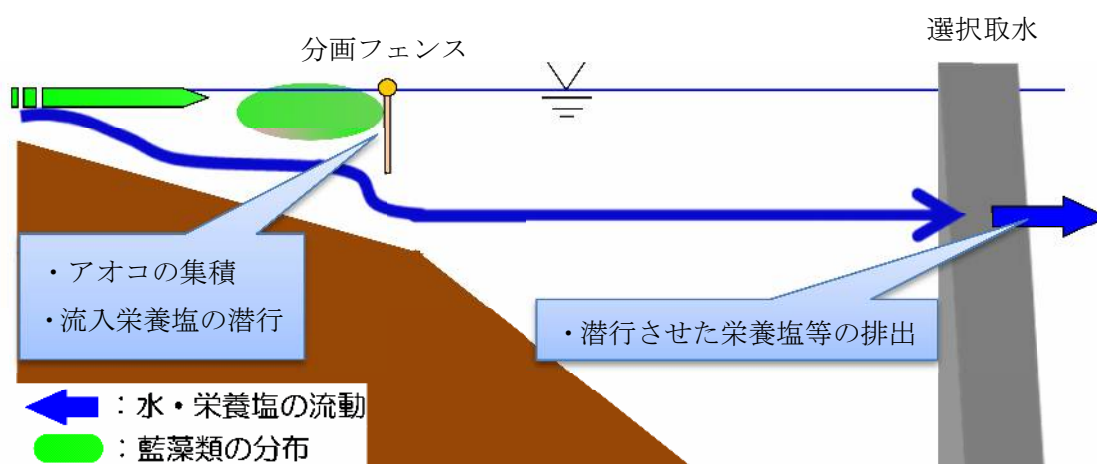


図 3-4-(2) 分画フェンスと選択取水の効果のイメージ

(2) アオコを沈降させる対策の検討

次に分画フェンスの上流域に限定されたアオコ状態の藻類を減らす手段について検討した。一番確実な方法はろ過装置によるアオコ回収であるが、アオコには粘着性があるため、ろ過装置がただちに詰まってしまう現実的な方法とは言えなかった。そこでアオコ状態になる藻類は藻体内に気泡を持ち、その浮力で水中に漂い活動することに着目し、何らかの手段を用いて気泡を破壊することで藻体を沈降させる方法について検討した。噴射衝撃方式は簡単な台船上に設置可能でアオコが大量に発生している地点に設置できるという利点があり、ポンプで吸引した藻類を含む水を高速で板にぶつけることで確実に藻体内の気泡を破壊し沈降することができた (図 3-4(3))。



図 3-4-(3) 噴射衝撃処理前後のアオコの様子

しかし、対象エリアの広大さに対しポンプ処理能力が小さかったため小河内規模の対策としては現実的ではなかった (16年度のみ実施)。その他、超音波方式等も検討を行ったが、超音波の及ぼす範囲が限定的であるため、小河内規模の対策としては現実的とは言えなかった。

(3) 表層水移送装置の検討

表層水移送装置は、もともと水温躍層を破壊するための水循環装置として開発されたもので、ポンプではなくスクリーを用いている点で大量の水を低エネルギーで移送できるという特徴があった。そこで、表層の藻類を含む水をスクリーで大量に吸引し、水圧が高く日光が届かない30m以深に送水することで、藻体内の気泡を潰して藻類の再浮上を防ぐとともに、光不足による藻類の不活化させる検討を行った（16年度以降実施）。

当初、表層水移送装置直下の水深を確保するため、表層水移送装置は、なるべく水深の深い位置、すなわち分画フェンス直近上流側に設置していた。しかし、貯水池表層の藻類は、表層反転流の影響で上流方向に向かって流され、表層水移送装置の吸引力が及ばない離れた河川流入部でアオコ状態となって集積した。表層水移送装置を最上流である河川流入部に移設すればよいのであるが、河川流入部は当然のごとく水深が浅いため、ある程度の水深を必要とする表層水移送装置の設置場所としては不適切であった。

この問題点を解決するために三つの対策を行った。一つ目は、第二分画フェンスの設置である。これは表層水移送装置の上流側にシート深さ2mとして設置したもので、表層反転流により河川流入部に流されてしまう表層のアオコ状態の藻類を堰き止め、対策区域をより限定化することを目的とした。二つ目は、表層水移送装置の移設である。表層水移送装置を第二分画フェンス下流近傍に移設することで、二つの分画フェンス間に限定されたアオコを効果的に吸引することを目的とした。三つ目は、表層水移送装置の移送水深の深層化である。表層水移送装置の移設位置の水深は浅いことから、表層水移送装置の放流ホースを水深の深い下流方向に約600m延長し、二次水温躍層より深い場所（水温約7℃、水深45m程度）に移送位置を変更することで、藻類の再浮上を防止することを目的とした（17年度以降）。

(4) 検討結果

以上の経緯により、平成17年度以降、分画フェンス、選択取水及び表層水移送装置の3つによる対策を実施することとなった。

これらの配置および簡単な紹介は図3-4-(4)のとおりである。これらの対策に関する詳細に関しては5-5から5-7に記載する。

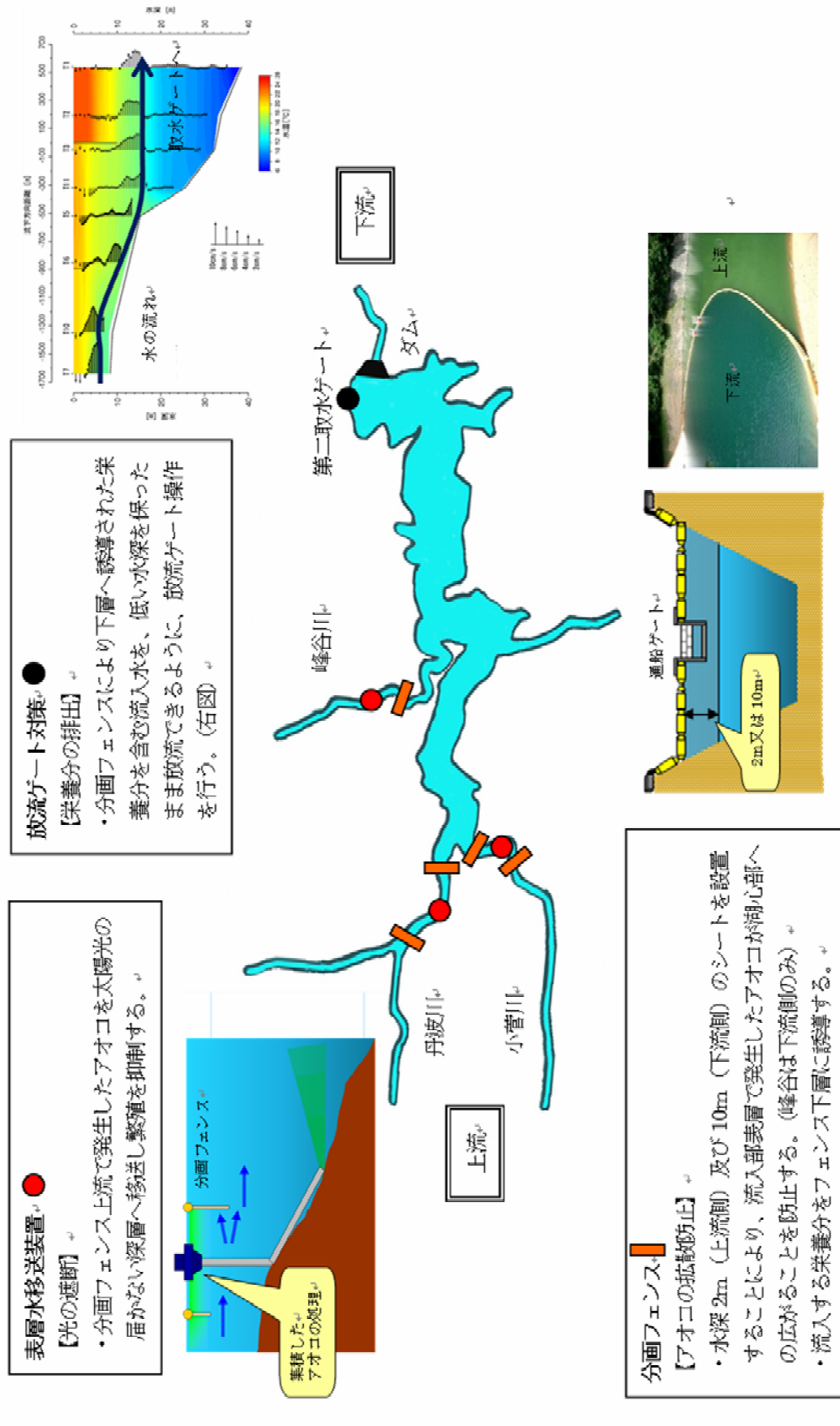


図 3-4-(4) 小河内貯水池におけるアオコ対策

参考文献

- 1) 島谷幸宏、細見正明、中村圭吾編：エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化，ソフトサイエンス社，東京都(2003)
- 2) 矢木修身、岡田光正、須藤隆一、荻原富司、高村義親： *Microcystis* の増殖特性，国立環境研究所研究報告，第 25 号，47～57(1981)
- 3) Konopka,A.、Brock,T.D.: Effect of temperature on blue-green algae (Cyanobacteria) in Lake Mendota, *Appl. Environ. Microbiol.*36, 572~576 (1978).
- 4) 藤本尚志、福島武彦、稲森悠平、須藤隆一：全国湖沼データの解析による藍藻類の優占化と環境因子との関係，水環境学会誌，18, 901~908 (1995)
- 5) 有賀祐勝：水界植物群落の物質生産Ⅱ、共立出版 (1973)
- 6) 岩佐義朗編著：湖沼工学、山海堂 (1990)
- 7) Reynolds,C.S. & Walsby,A.E : Water-blooms. *Biol. Rev.*,50,pp.437-481 (1975)
- 8) 土田幹隆ほか：ダム貯水池におけるアオコ発生に及ぼす *Anabaena spp.*の休眠細胞の影響、環境工学研究論文集、Vol.46, pp75-79, (2009)
- 9) 農林水産省農村振興局農村振興課：農業用貯水施設におけるアオコ対応参考図書 (2012)
- 10)水資源機構：平成 27 年度水質年報 (2016)
- 11) JWRC：水道ホットニュース第 309-2 号 (2012)
- 12)国土交通省関東地方整備局：第 21 回関東地方ダム等管理フォローアップ委員会(2012)
- 13) 井芹・横山・E. Rahim：物理的衝撃を用いた、富栄養化防止手法について、日本陸水学会第 65 回大会公園要旨集、p.78、(2000)
- 14) 国土交通省中国地方整備局山口河川国道事務所ホームページ
<http://www.cgr.mlit.go.jp/yamaguchi/gaiyou/kokudo9-10/kokudo9-10.html>

