

河川環境改善計画

～水元小合溜のこれからの水環境に向けて～



平成 30 年 6 月

河川環境改善計画

目次

1. 本計画の目的.....	1
2. 水元小合溜の概要.....	2
2.1 水元小合溜について.....	2
2.2 水元小合溜の歴史.....	4
2.3 水元小合溜の環境.....	6
2.4 水元小合溜の水辺利用.....	8
3. これまでの取り組み.....	9
3.1 カムバックかわせみ作戦.....	9
3.2 水質の改善状況.....	14
3.2.1 昭和51年～平成28年の水質.....	14
3.2.2 現在の水質.....	18
3.3 水環境の状況.....	23
3.4 「カムバックかわせみ作戦」の取り組みについての評価及び課題.....	25
3.4.1 「カムバックかわせみ作戦」の評価.....	25
3.4.2 「カムバックかわせみ作戦」の課題.....	25
4. 水環境改善に向けた基本的な考え方と目標.....	28
4.1 河川環境改善計画の位置づけ.....	28
4.2 対象区域.....	29
4.3 計画期間.....	29
4.4 望ましい水環境の方向性および目標の設定.....	30
4.4.1 望ましい水環境の方向性の設定.....	30
4.4.2 本計画の目標.....	31
5. 対策内容.....	33
6. 実施スケジュール.....	39

1. 本計画の目的

水元小合溜は、昭和 30 年代当時、豊かな生態系および水郷景観を有する市内でも貴重な環境であった。しかし、周辺の市街地化にともなって生活排水が流入したこと、さらに取水先である大場川の水質汚濁が進んだことなどから、昭和 50 年代から昭和 60 年代にかけて、溜水の水質が著しく悪化した。その結果、魚の大量死やアオコの発生などといった水環境問題が顕在化することとなった。

そこで、水元小合溜の水質改善を目的として、平成元年から水質浄化対策事業（以下、「カムバックかわせみ作戦」とする。）が実施された。その努力が結実し、水元小合溜の水質は改善され、魚の大量死などの問題は解消された。

ところが近年、ヒシ類などの水生植物が水面を埋め尽くすほど繁茂し、景観の悪化や水利用の障害となっている。さらに、「カムバックかわせみ作戦」で整備した水質浄化施設の老朽化、および各施設の管理費の増大などが問題となっている。

これらの現状を踏まえて、水元小合溜の貴重な環境を次世代に向けて継承していくために、「河川環境改善計画」を策定し、より効果的・効率的な管理を実施していく。

2. 水元小合溜の概要

2.1 水元小合溜について

水元小合溜は、東京都葛飾区および埼玉県三郷市の境界を流れる準用河川である。水域面積は25.5ha、延長は約3.6km、平均水深は約1.1mである。

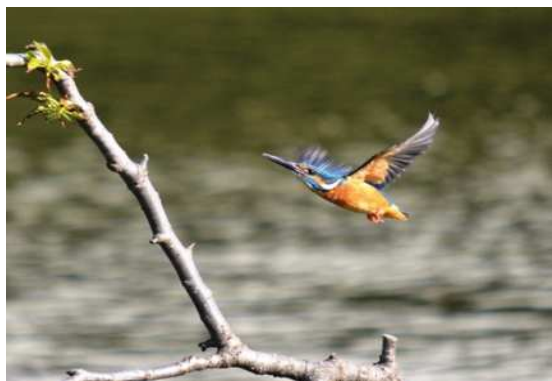
また、水元小合溜を中心として、都立水元公園が存在し、その対岸には埼玉県営のみさと公園が存在する。昭和30年代に造成された水元公園は、豊かな緑に囲まれた都内最大の水郷公園であり、多くの人々の憩いの場となっている。

水元小合溜および水元公園の位置は、図1に示す通りである。



図1 水元小合溜および水元公園の位置

さらに、水元小合溜は、様々な生物の生息・繁殖の場となっており、都内にありながら豊かな生態系にあふれる貴重な空間となっている（参考：写真1）。次ページに水元小合溜の写真を掲載した（図2）。



水元小合溜に生息するかわせみ



水生植物帯に咲くハスの花

写真1 水元小合溜の豊かな生態系

水元小合溜

水元かわせみの里
(水質浄化センター)



水生植物帯



さくら大滝



記念広場



内溜



水元大橋

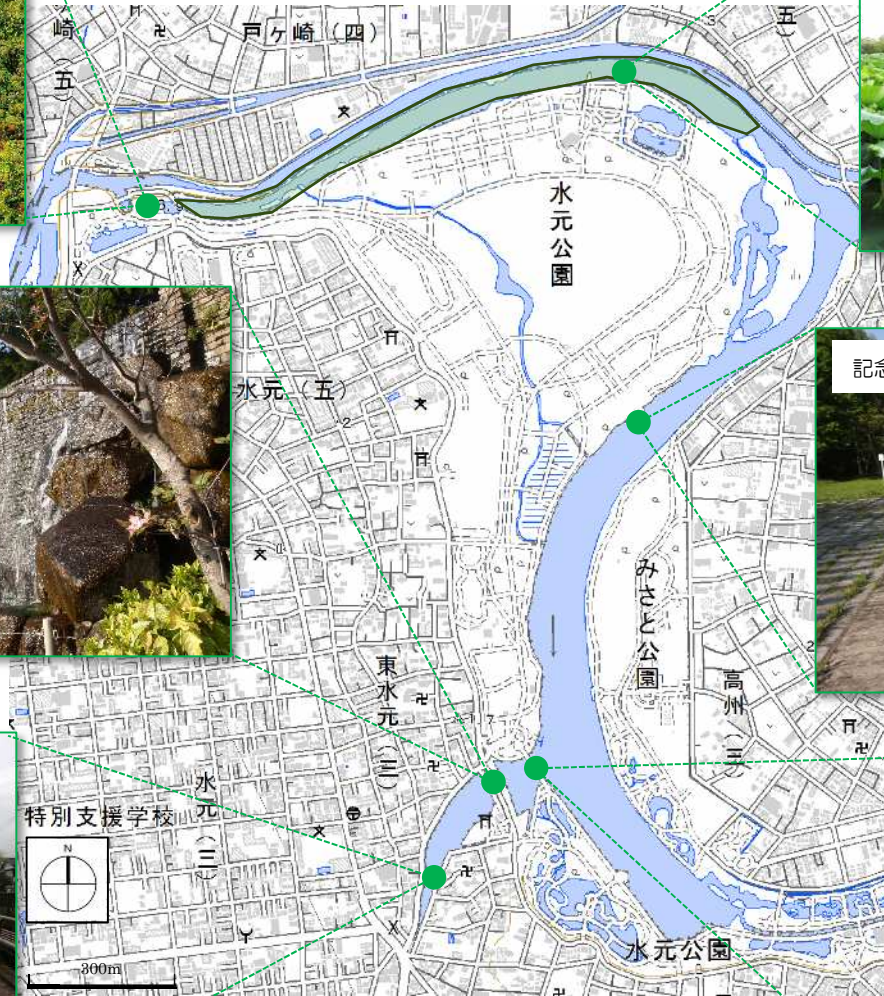


図 2 水元小合溜 各所の様子

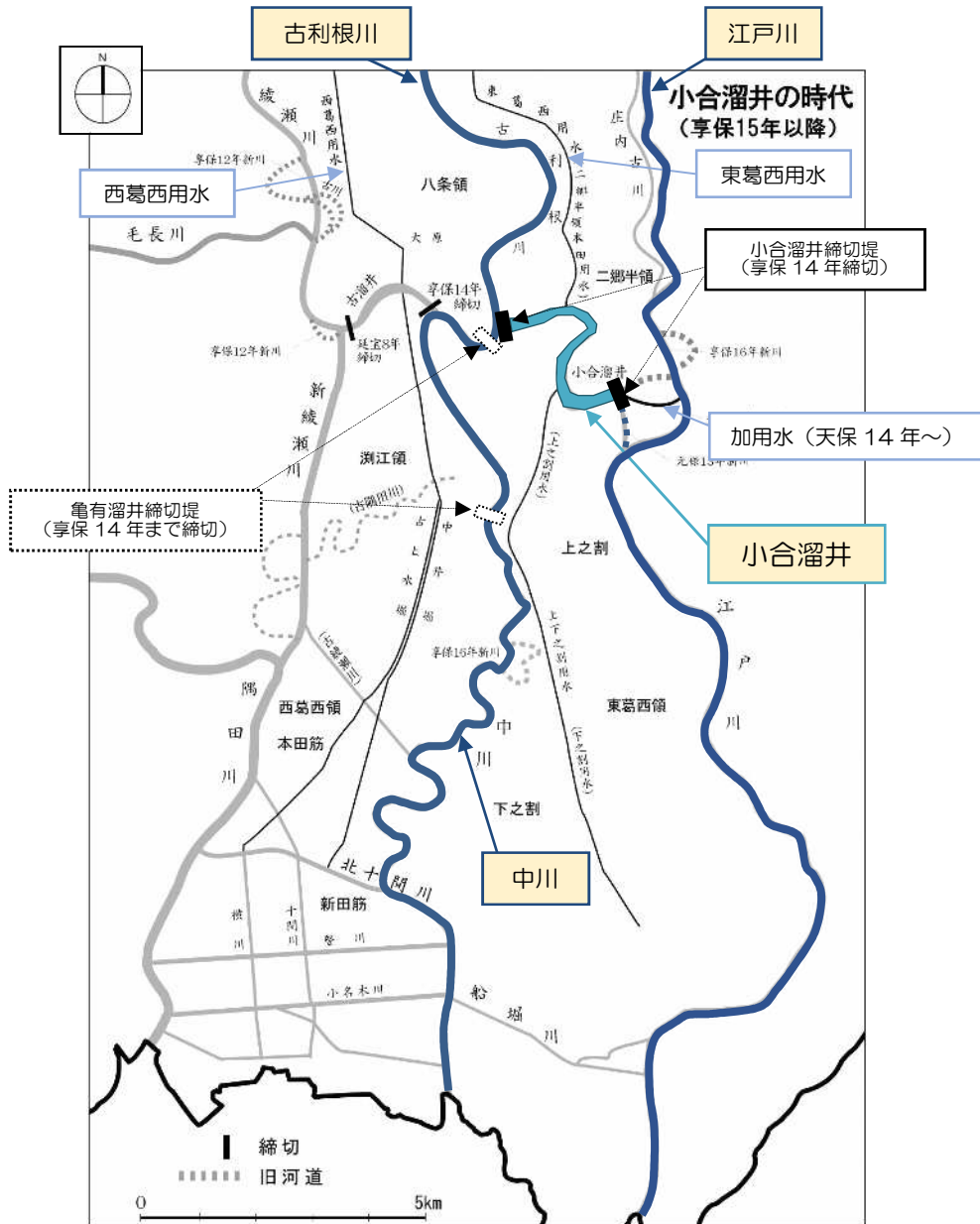
2.2 水元小合溜の歴史

江戸時代から平成元年までの水元小合溜の変遷について、表 1 に取りまとめた。

(1) 江戸時代

現在「水元小合溜」とされている区間は、江戸時代の初期から中期まで古利根川（現在の中川）の本流で、江戸川に合流していた。「溜井」とは、川を堰き止めた貯水施設を指す用語である。享保 14 年、現在の形で中川が本流となった時、上流と下流を締め切って葛西用水*の灌漑貯水施設である「小合溜井」が設けられた。小合溜井時代の周辺の様子を図 3 に示す。

※ 葛西用水：中川低地部の用水



出典：「耕地開発と景観の自然環境学」（平成 22 年 2 月、橋本直子）

図 3 小合溜井時代の河川と用水（享保 15 年以降）

(2) 明治以降 ～ 昭和初期

江戸川の河床への土砂の堆積によって、水元小合溜への加用水の自然流下が難しい状態が続き、取水量が不足した。そこで、昭和9年に揚水ポンプを設置し、翌年に大場川からの取水を開始した。

(3) 昭和中期 ～ 現在

昭和30年代以降、水元小合溜周辺は都市化によって農地から宅地への転換が進み、市街地へと変貌していった。そして昭和47年には、江戸時代から続いた灌漑用の貯水施設としての役割を終えた。一方で、水元公園が昭和40年に開園し、水元小合溜と一体となり水と緑の空間として、現在に至るまで多様な生物の生息場所や住民の憩いの場となっている。

和暦（西暦）	できごと
承応3年（1654年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現在の水元小合溜は古利根川（現在の中川）の本流であり、江戸川に合流していた。当時の中川は、葛西用水の溜井である亀有溜井となっていた。 ▶ 江戸幕府は利根川の改修を行い、江戸湾に流れていた利根川を銚子口へ付け替えた。かつての本流は古利根川と呼ばれるようになった。
享保14年（1729年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 亀有溜井が本流に戻され、小合溜井が設けられた。 ▶ なお、2年後には青戸付近の改修も行われた。
天保14年（1843年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 用水不足のため江戸川から加用水が引かれた。
明治以降 昭和5年（1930年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 江戸川からの取水が取り止め ▶ 江戸川風致地区に指定
昭和9年（1934年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水利組合による揚水ポンプの設置
昭和10年（1935年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大場川からの取水を開始 ▶ 山王台公園（水元公園の前身）が開園
昭和25年（1950年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 都立江戸川自然公園に指定
昭和32年（1957年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 都市計画決定。「水元公園」に改名
昭和40年（1965年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水元公園が開園
昭和44年（1969年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 都中期計画の指定事業として工事規模が拡大
昭和47年（1972年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水元小合溜の農業用水としての役目が終了
昭和54年（1979年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 都立江戸川自然公園の指定が解除
昭和58年（1983年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 内溜の浄化施設（さくら大滝）竣工
平成元年（1989年）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水質浄化対策事業「カムバックかわせみ作戦」の実施

表 1 水元小合溜に関する年表



2.3 水元小合溜の環境

水元小合溜は美しい緑に囲まれた、都内では貴重な水辺環境である。昭和30年代には、大滝^{おおたき}末男^{すえお}氏^{*}の調査によって、64種もの水生植物が確認されている。昭和33年当時の水元小合溜の植生の参考として、大滝氏が作成した植生分布図を図4に示す。

また、同調査では48種の魚類が生息していたことが記録されており、水生動物にとっても豊かな環境であったことが伺える。

しかし、高度経済成長期を経て、水元小合溜の水環境は悪化の一途を辿った。主な要因としては、取水元である大場川の水質悪化、周辺地域の人口増加、公園を造成するための護岸整備による湿生植物の減少などである。この頃、魚の大量死やアオコの発生といった水環境問題が顕在化した。

水元小合溜の豊かな水郷景観をよみがえらせるため、葛飾区では水質改善事業「カムバックかわせみ作戦」を平成元年から実施し、水環境の改善を図ってきた。

※大滝末男氏は、日本の水草研究の基盤を構築した「水草の父」である。自身の研究として、日本の水草を詳細に調査・観察し、日本初の水草図鑑である「日本水生植物図鑑（北隆館）」を完成させた。
(出典：「筑波実験植物園ホームページ」<http://www.tbg.kahaku.go.jp/event/2011/08mizukusa/ootaki.html>)

「葛飾小合溜（水元釣仙境）に於ける生物の調査」の圧巻は、22、23 ページの 2 ページに亘る「小合溜水生植物分布」図です。昭和 33 年当時の小合溜の主要植物景観である 19 種類の水生植物を、ユニークな記号で表示した分布図です。展示ではこれを長手方向 9m ほどに拡大、彩色し床全面に展開しました。

凡 例

- ハス
- ⊙ オニバス
- ⋯ ツサジュンサイ
- △ ヒシ
- △ ヒメヒシ
- ⊖ マコモ
- ㄥ ヨシ
- ㄥ キクモ
- ♡ トキカガミ
- × アサザ
- 十 カガツタ
- ヒシモトキ
- ㄥ ジャシクモ
- ㄥ ッラスモ
- レレレ イバラモ
- グロモ
- ||| コウガイモ
- ⊖ ミズネバコ
- へへ ヤナギモ



出典：「水元小合溜水草世界」（平成 23 年、水元公園水生植物センター）

図 4 昭和 33 年の植生分布図

2.4 水元小合溜の水辺利用

平成16年度に、都区、自治町会、釣友会および自然保護団体等の代表によって、水元小合溜の水辺利用方法に関する協議が行われた。これを受けて、以下のゾーニング区分（図5）が設定された。

① 水生植物ゾーン

水質浄化センターにおける水の浄化や、水生植物による浄化作用を利用して、水元小合溜の水質浄化に取り組む区域とする。

② 自然保護ゾーン

「バードサンクチュアリ」として人の出入りを禁止していることから、野鳥等の保護、自然環境の保護に取り組む区域とする。

③ 水辺ふれあいゾーン

いろいろな催事を開催し、水と触れ合う楽しさを提供できる場所として、地域の活性化を図る中心区域とする。ただし、利用者の安全確保のため、一定の規制は行う。

④ 水辺環境ゾーン

新たに整備される中央水路の環境を保全するとともに、水産試験場跡地の様々な施設を活用して自然環境学習が効果的に行える区域とする。

⑤ 釣り場ゾーン（内溜）

栈橋が整備されており、既に多くの釣り客が集まっていることから、釣りを楽しむことができる区域とする。

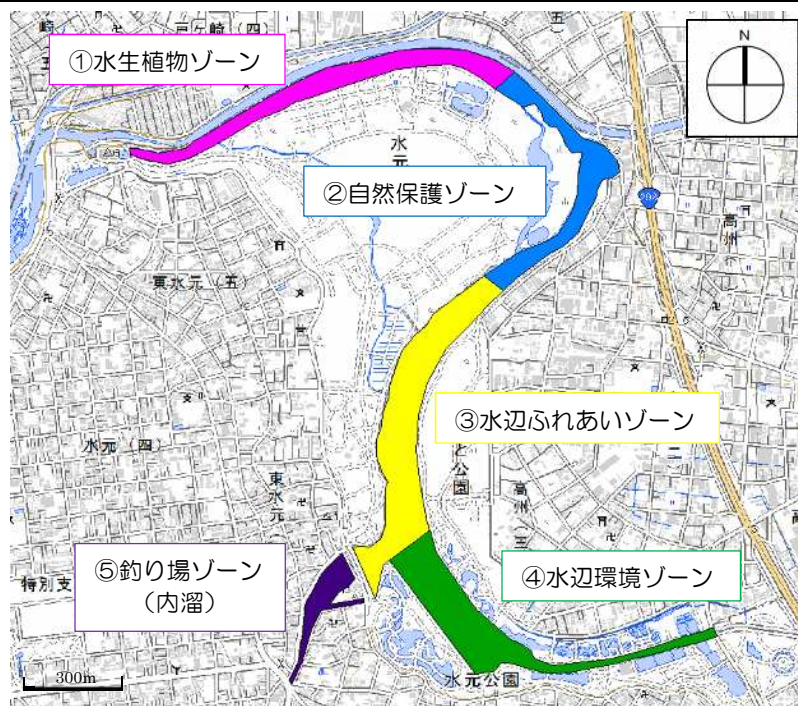


図5 水元小合溜のゾーニング

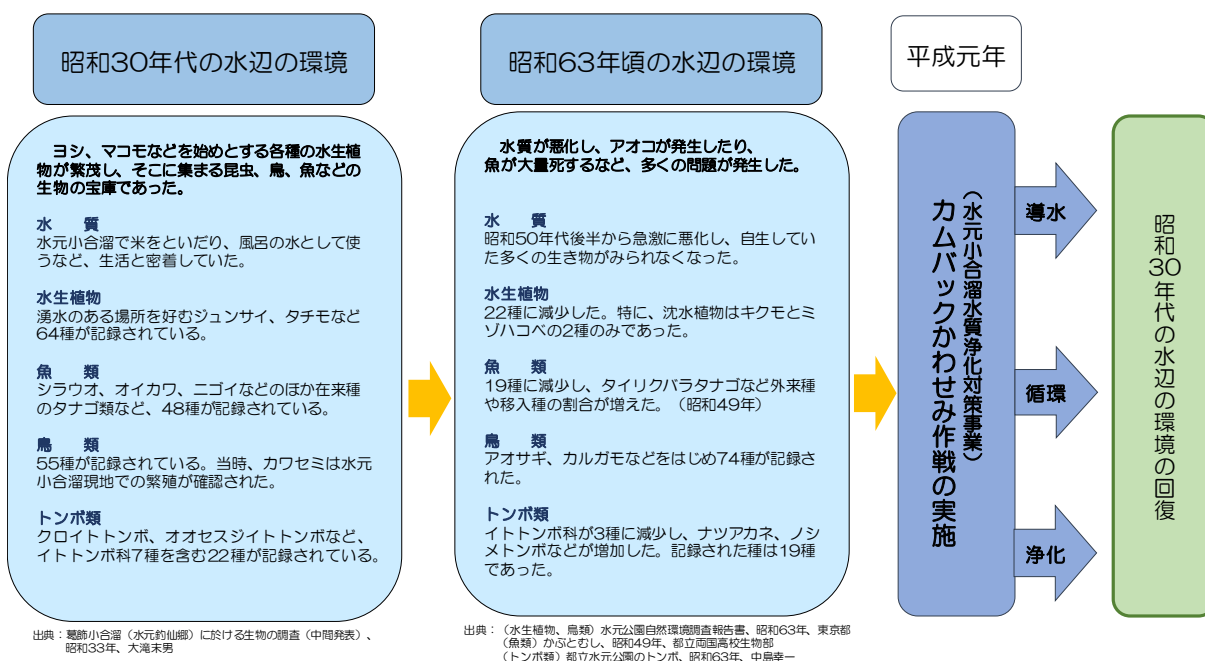
出典：「水元小合溜の水環境再生について」（平成23年6月、葛飾区都市整備部）

3. これまでの取り組み

3.1 カムバックかわせみ作戦

水質浄化対策事業「カムバックかわせみ作戦」は、昭和30年代に見られた豊かな水辺環境の回復を目標として、平成元年から実施され、現在に至っている。

事業実施の経緯および目標を図6に示す。

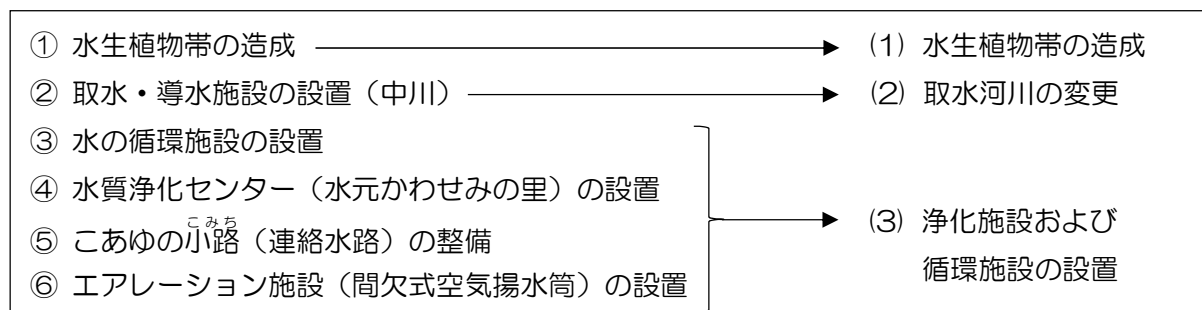


<カムバックかわせみ作戦の目標>

○昭和30年代に水元小合溜に生息していた生物群をよみがえらせる環境をつくり、水元の原風景である水郷景観を復活させることで、人々の生活にゆとりとうるおいを与える。

図6 カムバックかわせみ作戦の事業実施の経緯・目標

「カムバックかわせみ作戦」では、以下に示す6つの事業（概要は表2）が実施された。
 ここでは、各事業について「水生植物帯の造成」、「取水河川の変更」、「浄化施設および循環施設の設置」の3つに分けて説明する。



	仕 様	概 要
①水生植物帯の造成	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 造成面積 1ha ➤ 植栽種 8種 (約 15万株) 	水生植物のもつ浄化作用を利用して水をきれいにするとともに、生物のすみかとしての役割や水郷景観を復活させる役割を担う。
②取水・導水施設の設置（中川）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 取水施設 RC 構造 ポンプ 2 台 ➤ 延長 約 2km ➤ 取水量 10,000m³/日 	取水先の大場川の水質汚濁が著しく、潮位によって取水が不安定であるため、比較的水質が良好かつ水の安定供給が可能な中川に水源を変更した。
③水の循環施設の設置	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 取水施設 RC 構造 ポンプ 3 台 ➤ 循環量 30,000m³/日 	溜水を強制的に循環させることで、植物プランクトンの増殖抑制を図った。
④水質浄化センター（水元かわせみの里）の設置	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建築面積 RC 構造 1,034m² ➤ 処理方法 好気性ろ床法 ➤ 処理能力 10,000m³/日 	取水した河川水をより良い水質にするため設置された。また、関連施設（水門、外溝など）を統合して集中管理する役割も果たしている。その他、レクチャールームを設け、区民の水辺環境保全意識を啓発する施設としても位置付けられた。
⑤こあゆの <small>こみち</small> 小路（連絡水路）の整備	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 整備延長 150m ➤ 幅員 16m 	内溜と外溜を繋ぐ水路を整備し、溜水の十分な疎通を図った。
⑥エアレーション施設（間欠式空気揚水筒）の設置	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 間欠式空気揚水筒 11 基 ➤ 機械棟 RC 構造 1 棟 	水循環の際に生じる止水域を強制的に流動させ、水中の溶存酸素の増加、水温の均一化を図った。

表 2 カムバックかわせみ作戦の事業概要



(1) 水生植物帯の造成

水質浄化、魚類や鳥類の住みかの生成、および豊かな水郷景観の復活を目的として、水元小合溜の上流に水生植物帯を造成した。水生植物帯の造成位置および当時の植栽図を図 7 に示す。

植栽種はヨシ、オモダカ、マコモ、トチカガミ、コウホネ、ハス、スイレン、ホテイアオイの 8 種であり、植栽数はおよそ 15 万株であった。

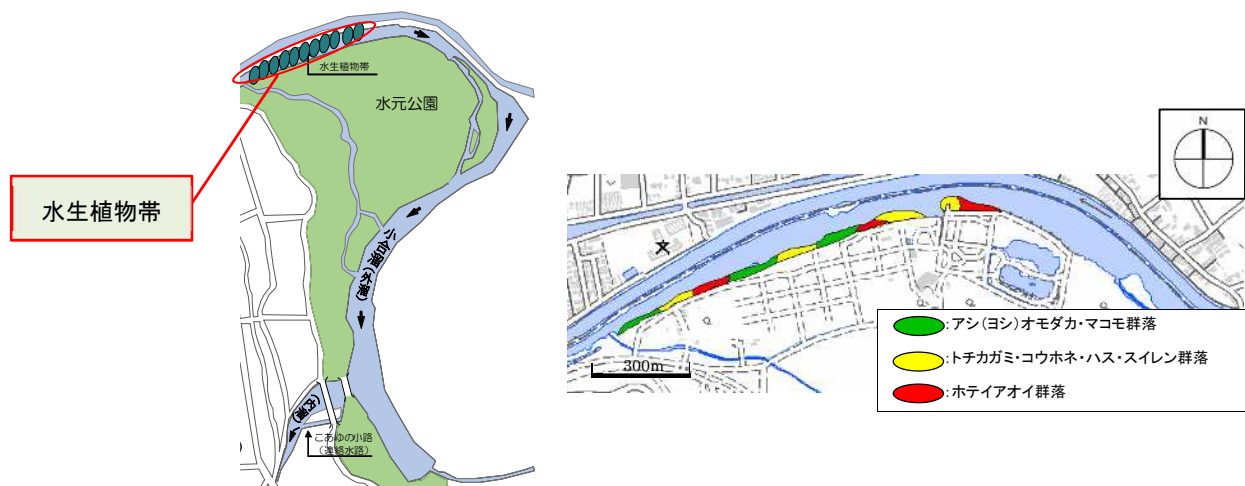


図 7 水生植物帯の概要（左：水生植物帯の造成位置、右：植栽図）

(2) 取水河川の変更

「カムバックかわせみ作戦」を実施する以前は、大場川から取水を行い、水元小合溜に供給していた。しかし、高度経済成長期を経て大場川の水質が著しく悪化したため、大場川と比較して水質の良好な中川からの取水に切り替えた。

この事業では中川に取水施設を設置し、さらにおよそ 2km の導水管を敷設して、水元小合溜への水の供給を開始した。施設の様子を写真 2 に示す。



写真 2 取水・導水施設（左：中川の取水施設、右：導水施設）

(3) 浄化施設および循環施設の設置

中川の河川水に含まれる有機汚濁物の流入を防ぐため、最上流部に水質浄化センター（写真 3 左）を設置した。

また、水質改善策として、内溜から外溜に水を循環させるための水循環施設（写真 3 右）を設置した。さらに、外溜と内溜の通水を改善するため、両者をつなぐこあゆの小路（写真 4）を整備した。加えて、溜水の循環を実施した際に生じる止水域（水元小合溜の下流側）に、水の滞りを解消するためのエアレーション施設（図 8）を設置した。



写真 3 水質浄化施設および水循環施設（左：水質浄化センター、右：循環ポンプ取水口）



写真 4 こあゆのこみち小路（連絡水路）



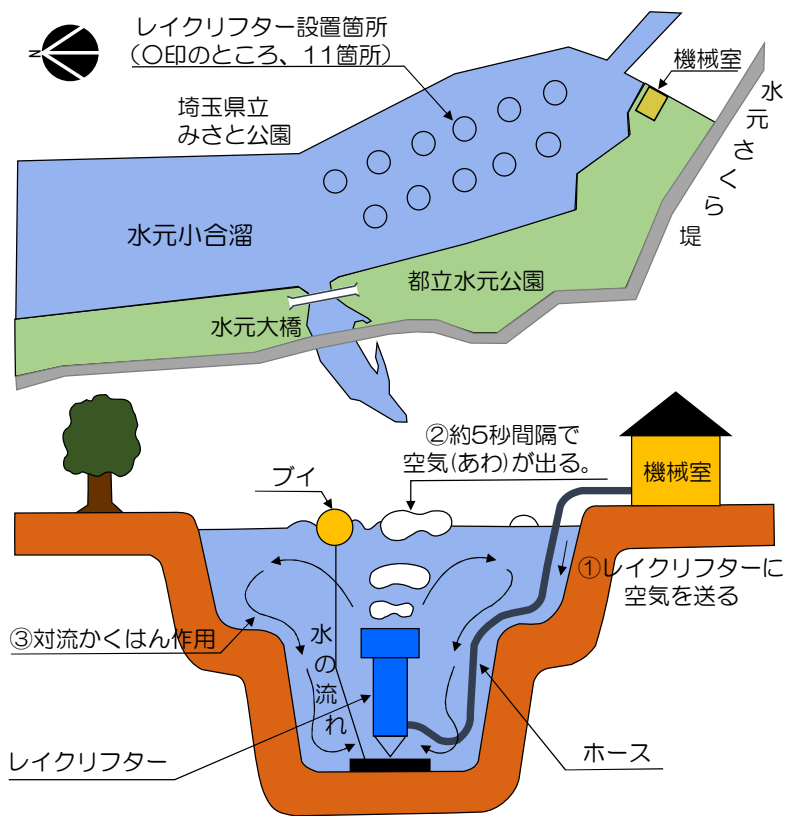


図 8 エアレーション施設の概要

カムバックかわせみ作戦前後の水元小合溜の概念図を図 9 に示す。

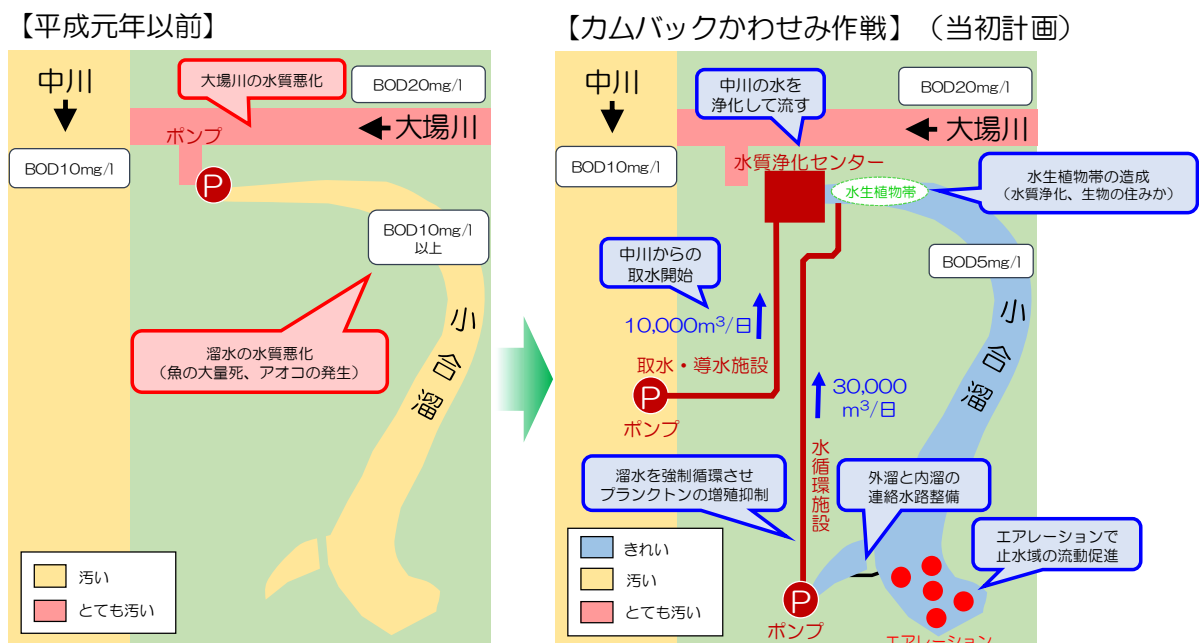


図 9 カムバックかわせみ作戦前後の水元小合溜の概念図

3.2 水質の改善状況

3.2.1 昭和51年～平成28年の水質

昭和51年度以降、水元小合溜では葛飾区環境課による定期水質調査が実施されている。ここでは、水元小合溜内の3地点（旧山王台公園、水元大橋、内溜：図10参照）における昭和51年度～平成28年度の水質について取りまとめた（図11(1)、図11(2)）。

調査結果より、BODに代表される有機物濃度など改善傾向が確認された。しかし、平成28年度時点では、全窒素や全リンなど多くの水質項目で、「カムバックかわせみ作戦」で設定した目標値を達成できていない状況である。

各水質項目の改善状況を、後述する現在の水質（H29 平均値）と合わせて表3に示す。

	作戦 実施前※1	カムバック かわせみ作戦 目標値	H29年 平均値※2	水質の改善状況
pH	8.7	6.5～8.5	7.5	旧山王台公園（水生植物帯の範囲内）では、H3以降減少する傾向が見られた。これは、水生植物帯によって植物プランクトンの増殖が抑制された影響であると考えられる。水元大橋、内溜では目標上限値（8.5）を上回る年度も見られた。
BOD （生物 化学的 酸素 要求量）	8.9 mg/L	5mg/L 以下	5.9 mg/L	H7の各施設の供用開始後、やや低下傾向が見られた。さらに、H15以降にも改善傾向が確認され、目標値である5.0mg/Lを達成する年度も見られた。また、滞水域である外溜下流部を除くとH29平均値は3.8mg/Lとなる。
COD （化学的 酸素 要求量）	13.5 mg/L	5mg/L 以下	13.2 mg/L	H7の各施設の供用開始初期には、低下は見られなかった。BOD同様、取水ポンプの付け替えを実施したH15以降、8～14mg/Lまで低下した。また、滞水域である外溜下流部を除くとH29平均値は9.8mg/Lとなる。
DO （溶存酸素）	11.2 mg/L	5mg/L 以上	6.0 mg/L	カムバックかわせみ作戦実施前から、おおむね8mg/L程度を維持している。旧山王台公園が最も低く、pH同様、水生植物帯の造成による影響であると考えられる。
SS （懸濁物質）	48 mg/L	15mg/L 以下	21 mg/L	H3の水生植物帯造成後、40mg/L以下まで減少している。さらに、H7の各施設の供用開始後、低下する傾向が見られた。
T-N （全窒素）	2.30 mg/L	1mg/L 以下	1.32 mg/L	H1以降、地点によっては5mg/Lを上回る年もあった。H7の各施設の供用開始後、2mg/L程度まで低下した。
T-P （全リン）	0.20 mg/L	0.1mg/L 以下	0.123 mg/L	H1以降、地点によっては0.5mg/Lを上回る年もあった。H7の各施設の供用開始後、0.15mg/L程度まで低下した。
まとめ	-	-	-	pH、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの6項目で、カムバックかわせみ作戦による改善傾向が見られた。

表3 「カムバックかわせみ作戦」による水質の改善状況

※1 葛飾区環境課による調査結果のS62～H3平均値を用いた。

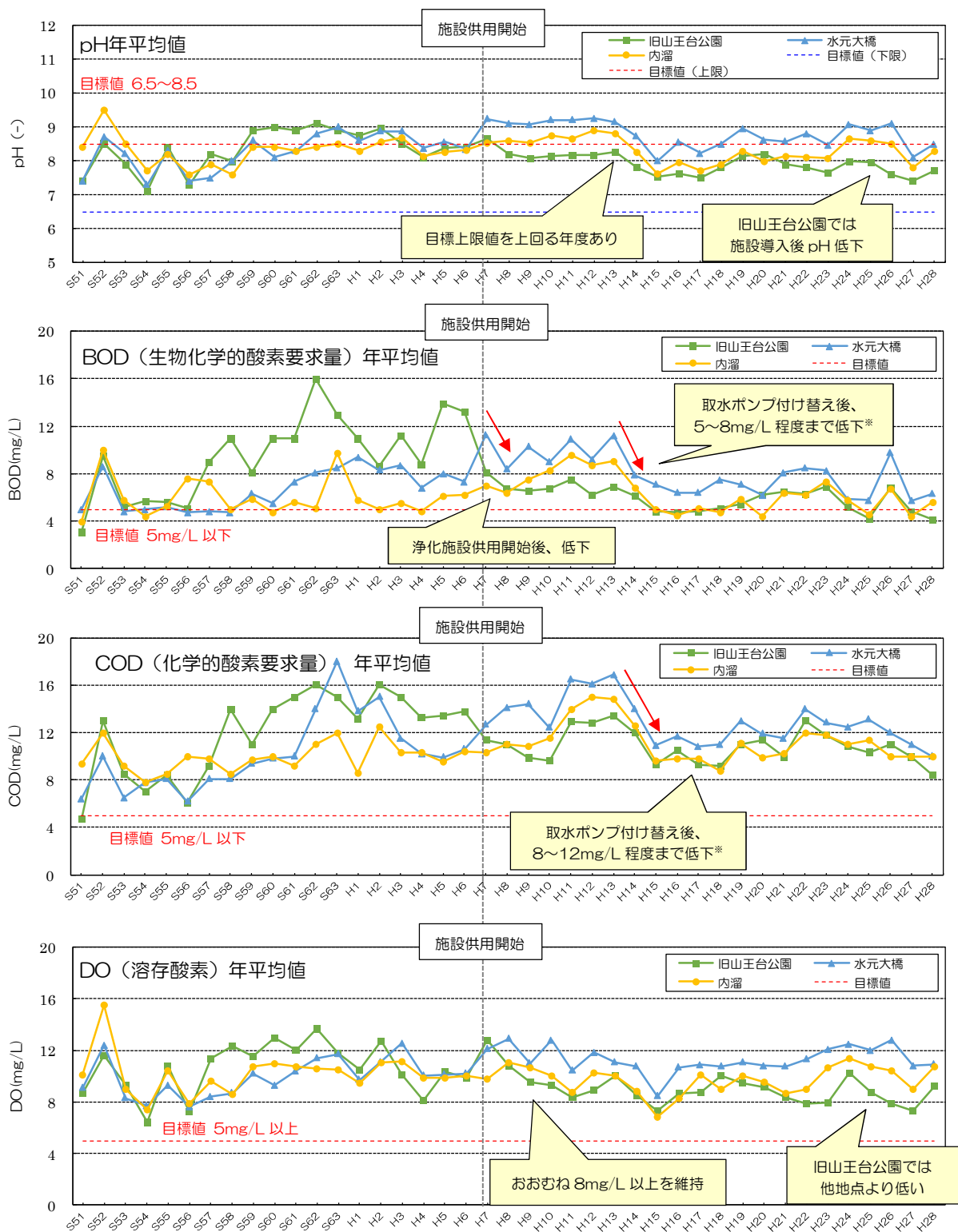
※2 H29年平均値は、「河川環境改善計画策定業務委託」で実施した定期調査の全地点平均値を用いた。



葛飾区環境課による定期水質調査実施地点



図 10 調査地点（定期水質調査）



※ 取水施設の供用開始初期（平成 14 年以前）は猿町排水機場の樋管を転用しており、川底のヘドロ混じりの水を取水していたため水質が悪化していた。

図 11(1) S51~H28 の水質状況 (pH、BOD、COD、DO (年平均値))

出典：「環境調査報告書」(平成 22 年度~平成 28 年度、葛飾区環境課)

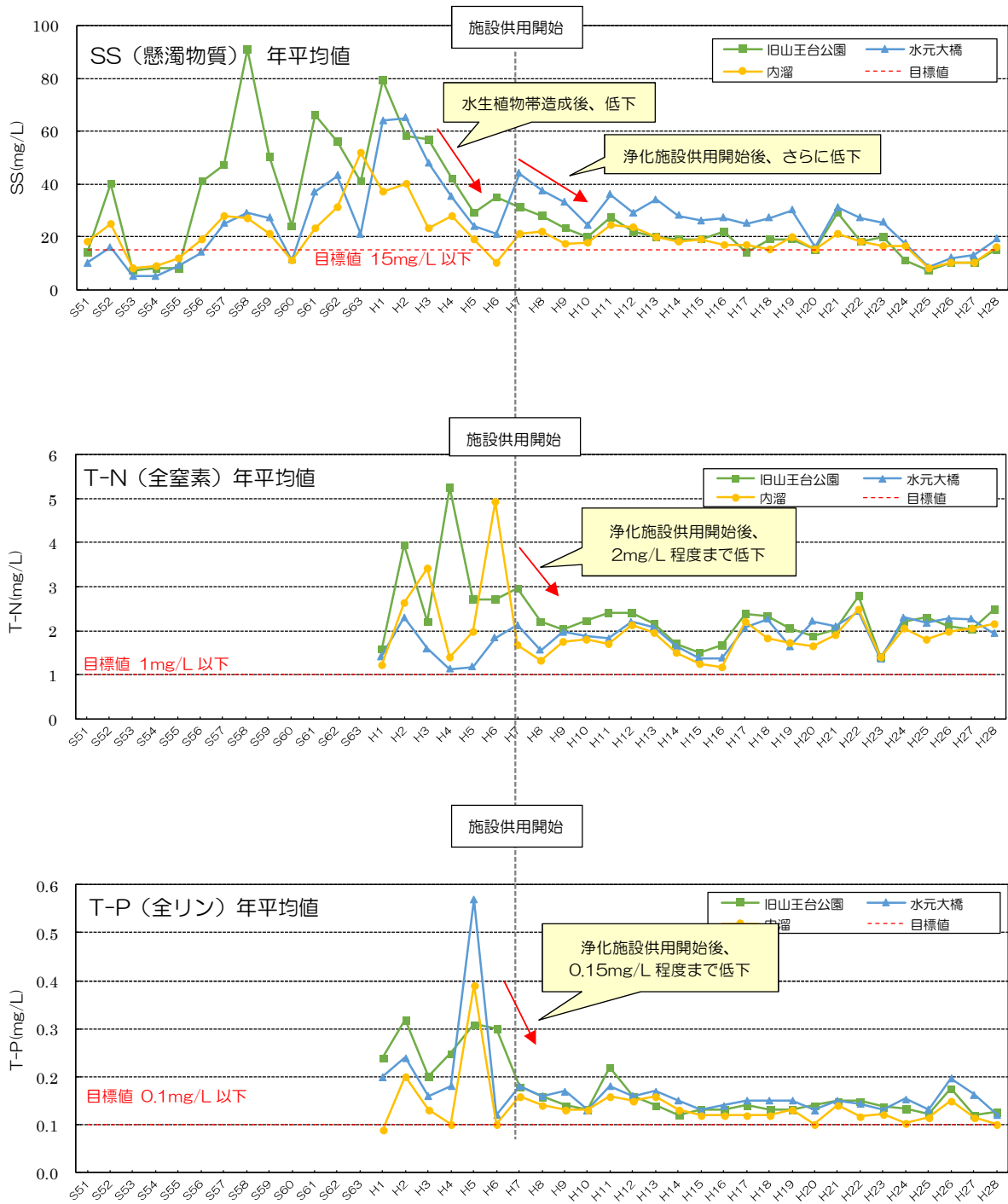


図 11(2) S51～H28 の水質状況 (SS、全窒素、全リン (年平均値))

出典：「環境調査報告書」(平成 22 年度～平成 28 年度、葛飾区環境課)

※ 水元小合溜における全窒素および全リンの濃度は、浄化施設の供用後大幅に低下している。しかし、設定した目標値を達成できておらず、現状は未だに富栄養状態である。現在問題となっているヒシ類の繁茂を抑制するためには、栄養塩の更なる削減が必要である。

3.2.2 現在の水質

平成 29 年 5 月～9 月の期間、図 12 の地点で月 1 回の水質調査を実施した。結果を次ページ以降に示す（図 13(1)、図 13(2)）。

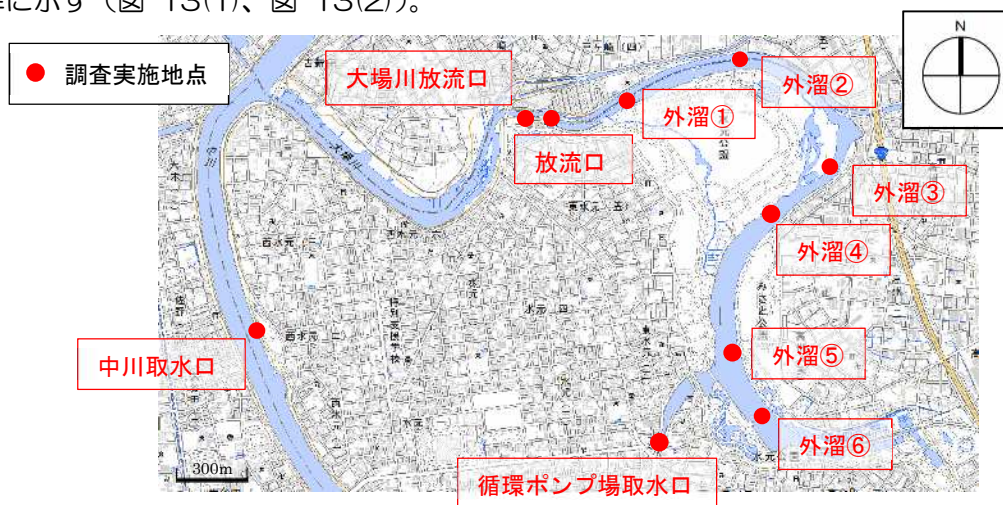


図 12 調査実施地点（定期調査）

(1) 地点ごとの各水質項目（年平均値）

調査結果から把握した平成 29 年度の水質状況を表 4 に示す。

	水 質 状 況
pH	7.0～8.0 と目標値の範囲内である。水生植物帯を抜けるとやや上昇するが、これは水生植物によって水面が葉で覆われることがなくなり、植物プランクトンが増加した影響であると考えられる。
BOD (生物学的 酸素要求量)	水生植物帯を抜けてから値が上昇しているが、おおむね目標値 5mg/L のレベルで留まっている。ただし、循環エリア外ではやや高い値となっている。植物プランクトンが増えることによって、有機分が増加したためであると考えられる。
COD (化学的 酸素要求量)	全ての地点で目標値 5mg/L を上回っている。また、BOD 同様の上昇傾向が見られる。
DO (溶存酸素)	おおむね目標値 5mg/L を上回っており良好な状態であるが、外溜①（水生植物帯）では下回っている。このことから、水生植物の葉が水面を覆っていることにより、植物プランクトンの光合成が阻害されている可能性があると考えられる。
SS (懸濁物質)	中川から多く流入し、水元小合溜内で低下している。さらに、水生植物帯で低下しているが、これは水生植物が有機分を捕えるためであると考えられる。また、水生植物帯を抜けると上昇しており、これは植物プランクトンの増加によるものであると考えられる。
T-N (全窒素)	中川取水口で最も高く、流入負荷が大きいことがわかる。水元小合溜内では、ほぼ目標値 1mg/L となっている。
T-P (全リン)	中川では著しく高い値を示したが、水元小合溜内では、いずれの地点もほぼ目標値 0.1mg/L となっている。ただ、水生植物帯を抜けると、0.05mg/L 程度の上昇が見られる。これは、植物プランクトンが増加した影響であると考えられる。
クロロフィル a	中川取水口～外溜②では高くないが、水生植物帯を抜けると上昇している。このことから、水生植物帯を抜けた外溜③より下流で植物プランクトンが増加していることがわかる。
まとめ	中川から懸濁物、栄養塩が多く流入しているものの、水元小合溜内ではいずれも低下が見られることから、水質浄化による効果が確認できる。また、水生植物帯での溶存酸素の低下、水生植物帯より下流での植物プランクトンの増加などの傾向が見られる。

表 4 平成 29 年度の水質状況

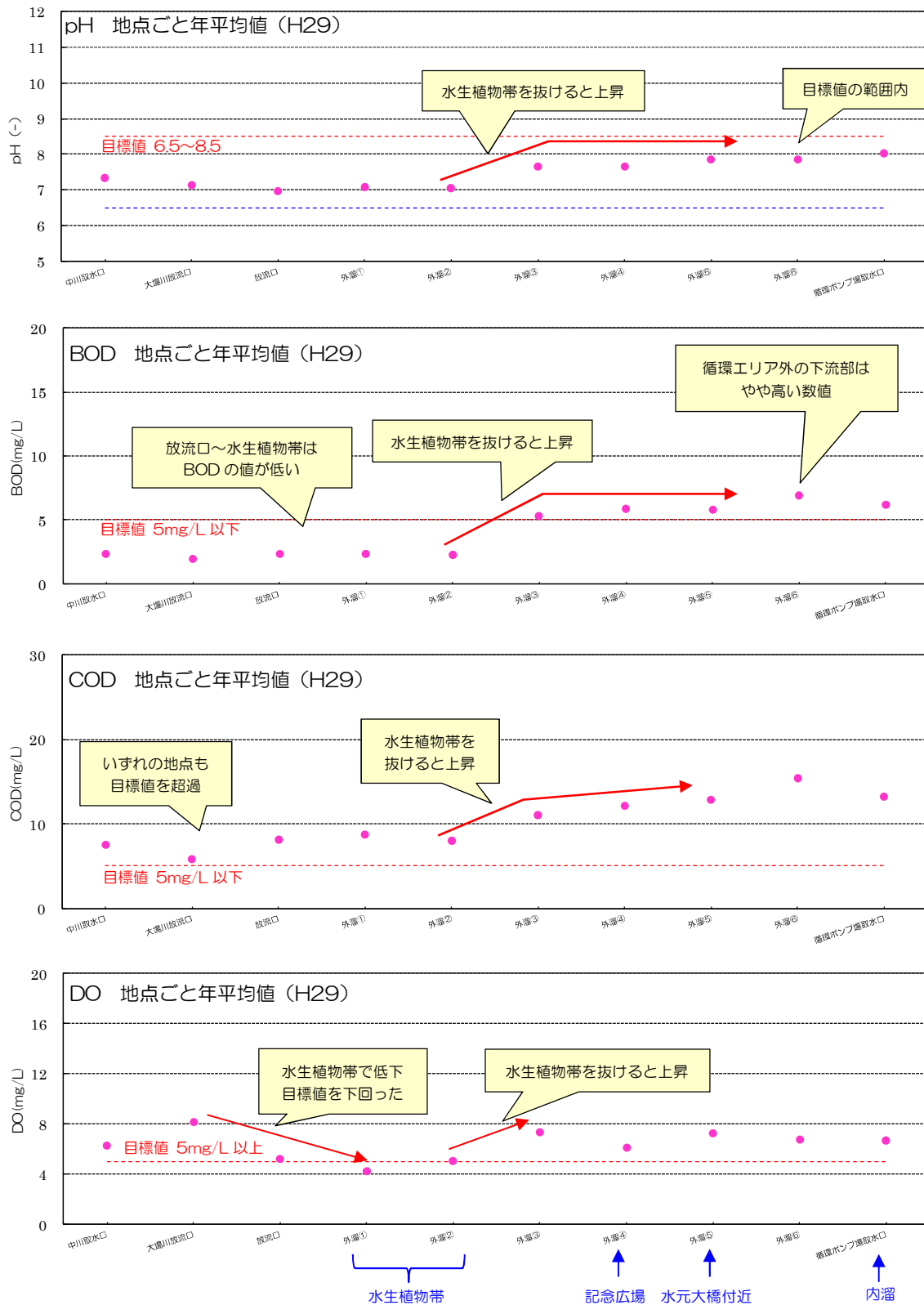


図 13(1) H29 水質項目の地点ごと年平均値 (pH、BOD、COD、DO)

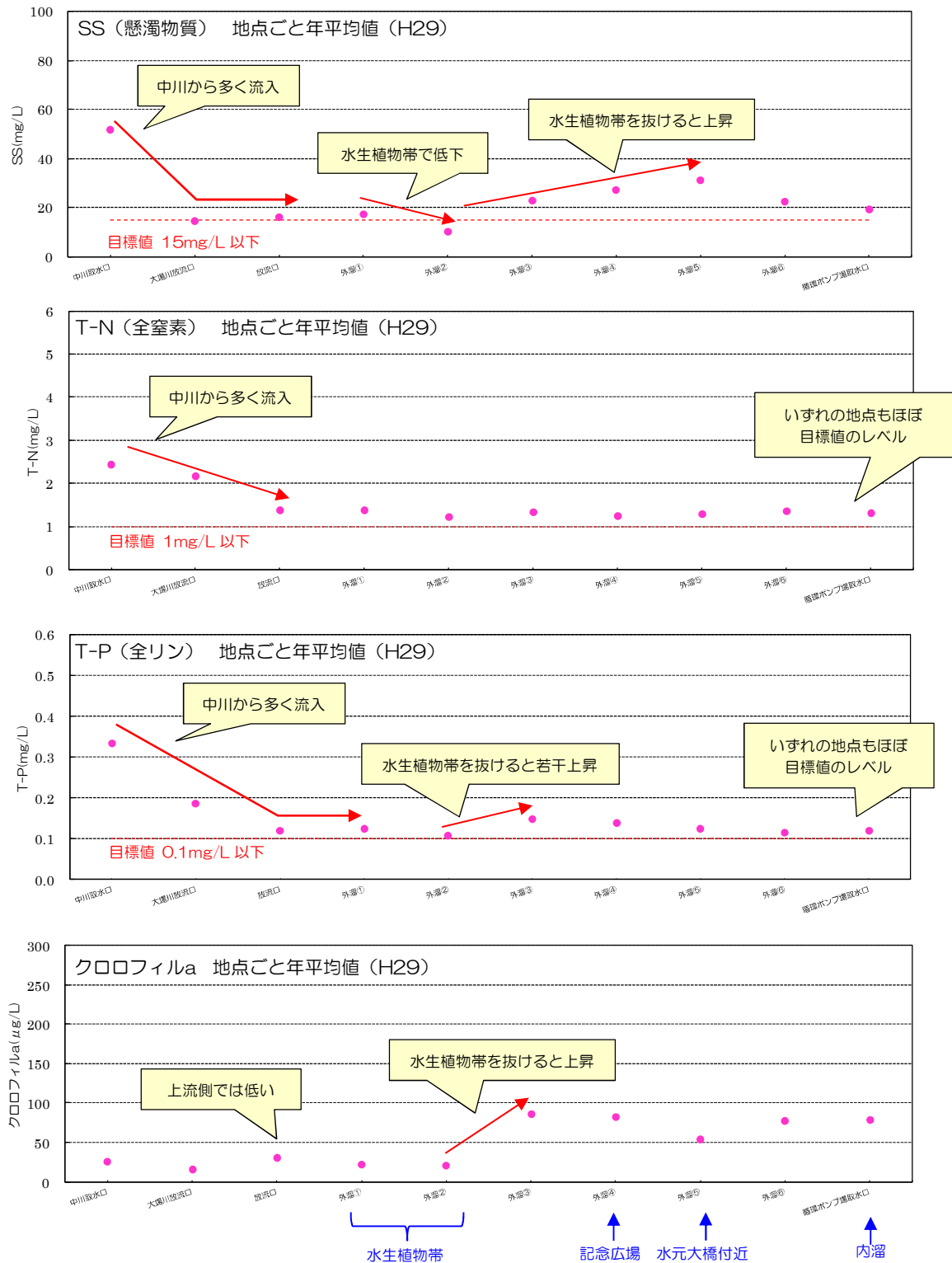


図 13(2) H29 水質項目の地点ごと年平均値 (SS、全窒素、全リン、クロロフィル a)

(2) 窒素およびリンの形態ごとの割合

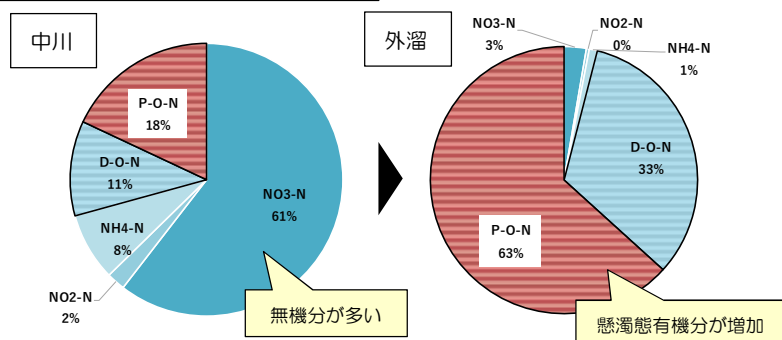
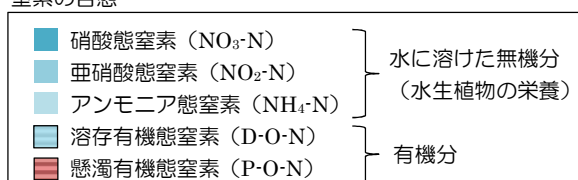
取水地点である「中川取水口」および水元小合溜内の「外溜④」で、窒素とリンがどのような形態で存在しているか示す（図 14）。

調査結果より、取水先である中川の水に含まれる窒素のおよそ 8 割は水に溶けている状態（溶存態）の無機分であった。これは、水生植物が直接吸収して栄養とすることが可能な形態である。リンについても、およそ 3 割が溶存態の無機分だった。

一方、外溜④の水（溜水）に含まれる窒素・リンには、無機分はほとんど存在しない。さらに、いずれも有機分のうち懸濁態が多くを占めていた。懸濁態はプランクトンを含んでいる。

このことから、栄養塩が豊富に含まれる中川の水が溜水に流入することで、プランクトンが大量に増殖していると推察できる。

窒素の各態



リンの各態

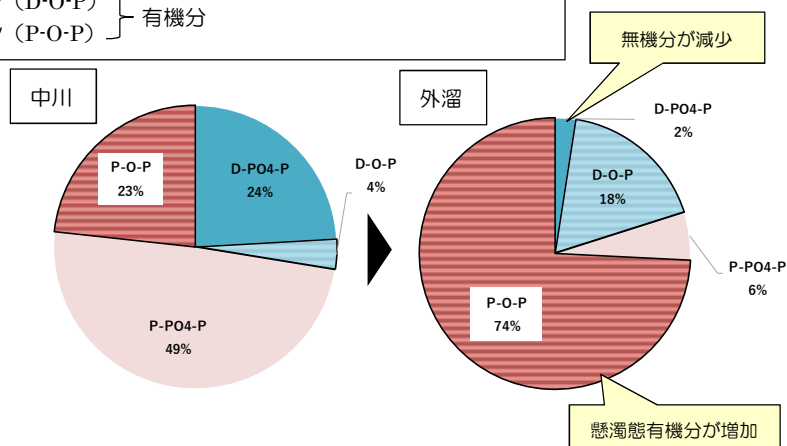
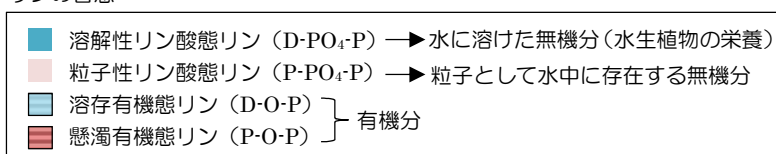


図 14 窒素およびリンの形態ごとの割合（H29 年平均値、上：窒素 下：リン）

(3) リンの収支

ヒシ類が繁茂する大きな原因となっているのが、水に含まれている栄養塩（窒素とリン）である。特に、水元小合溜ではリンが制限栄養塩※1となっている。このことから、水元小合溜におけるリンの収支を把握することが、ヒシ類の繁茂対策を考えるにあたって重要である。

※1（参考）制限栄養塩とは

制限栄養塩とは、窒素とリンのどちらが植物プランクトンの増殖にとってより強い制限因子となるか判断するものである。OECD（経済協力開発機構）では、植物プランクトンの細胞の窒素とリンの比（NP比(=窒素/リン)）が5~20であることから、以下のように定義されている。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{NP 比} \leq 10 \quad \text{窒素制限（窒素の削減が有効）} \\ \text{NP 比} \geq 17 \quad \text{リン制限（リンの削減が有効）} \end{array} \right.$

水元小合溜に導水している水は、NP比が18.4であり、リンが制限栄養塩となっている。

（H29 調査結果より）

現在、水元小合溜でのリンの収支は、図 15 の状態になっていると考えられる。

流入してくるリンは、中川からの導水に含まれるものがおよそ9割を占めており、その他の要因による流入は僅かであった。

一方、流入負荷の5割は河床に沈降・堆積し、およそ3割が現在実施しているヒシ類の刈取りによって水域外へ搬出され、残りは大場川への放流によって流出していると考えられる。

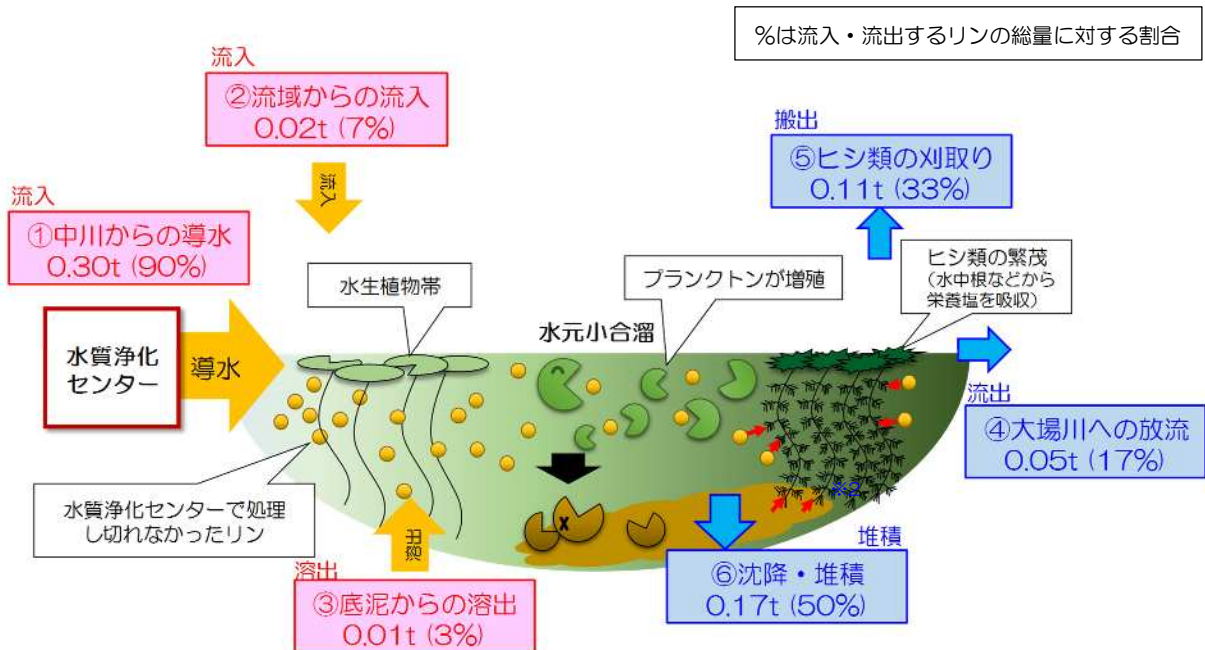


図 15 現在の水元小合溜におけるリンの年間収支（H29 調査結果より）

※2 一般に、河床に沈降・堆積したリンは底泥から溶出する。しかし、水元小合溜の水には溶存酸素が十分に含まれており、底泥からほとんど栄養塩が溶出しない。したがって、一度沈降したリンが水質に及ぼす影響は少ないといえる。

3.3 水環境の状況

(1) 水生植物

水元小合溜では、昭和 30 年代には多くの沈水植物を含む 64 種の水生植物が確認されていた。現在その種数は大きく減少し、平成 29 年度には、13 種の水生植物が確認されている。

さらに近年、水元小合溜の一部区域において、特定の水生植物が過度に繁茂するようになった。水生植物帯付近ではハスが、記念広場や水元大橋付近の下流側ではヒシ類が多く繁茂している。図 16 に平成 29 年 6 月の植生分布図およびハス・ヒシ類の繁茂状況を示す。

水生植物によって懸濁態物質が沈降することで、水の濁りが改善したり、栄養塩が減少したりするなど、水元小合溜の水質改善に寄与していると考えられる。一方で、夏季には繁茂した水生植物によって水面が見えなくなるなど、景観を悪化させている。

このような状況から、葛飾区では平成 6 年度より水生植物帯におけるハスの刈取り、平成 27 年度よりヒシ類の刈取りを行っている。しかし、ハスやヒシ類などの繁茂の抑制には至っておらず、大きな管理負担となっている。

(2) 水生動物

水元小合溜では、平成 23 年度に葛飾区による「生物多様性保全状況調査」が実施された。調査結果によると、生息している魚類は 3 種、底生生物は 8 種（うち、水生昆虫は 4 種）に留まった※。昭和 30 年代には 48 種もの魚類が確認されていたことから考えると、その種数は著しく減少している。

※ ただし、生物調査は水元小合溜で活動する各環境団体なども実施しており、実際にはさらに多くの種の目撃情報が存在する。

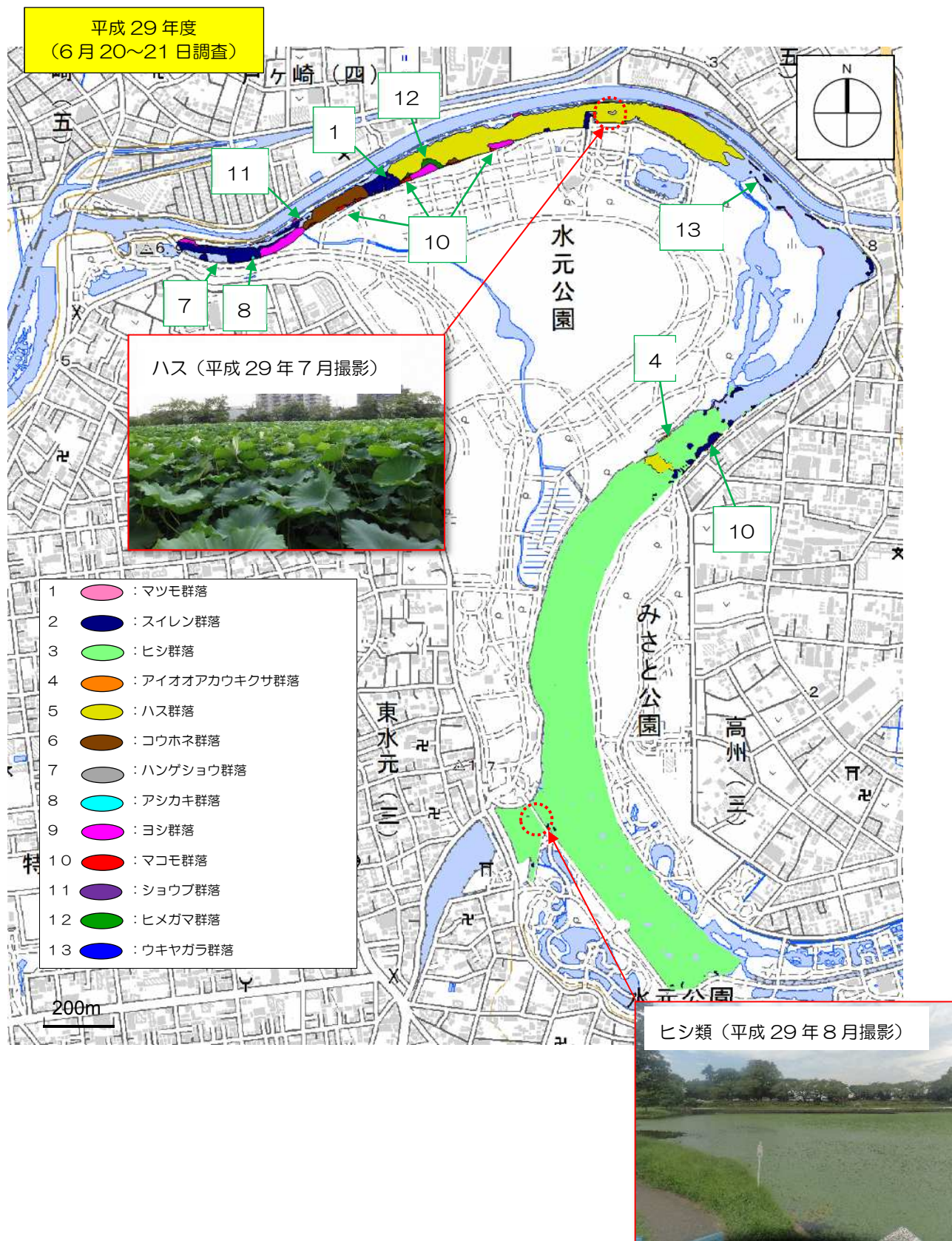


図 16 H29 植生分布図および夏季のハス・ヒシ類の繁茂状況

3.4 「カムバックかわせみ作戦」の取り組みについての評価及び課題

3.4.1 「カムバックかわせみ作戦」の評価

各施設の供用後、BOD など有機物濃度を示す水質項目が低下し、魚の大量死やアオコの発生といった水環境問題が改善された状況から、各事業の実施により一定の水質改善効果を得られたものと評価できる。

一方で、当初設定した環境目標を達成できていない水質項目も存在する。現在もなお全窒素や全リンは目標値を上回っており、水域は富栄養状態である。また、水生植物の繁茂による景観の悪化といった新たな問題も発生しており、水質については未だに改善の余地がある。

3.4.2 「カムバックかわせみ作戦」の課題

(1) 水生植物の単一化、異常繁茂への対策

「カムバックかわせみ作戦」によって、有機物量を表す BOD や、水の濁りに関わる SS などの項目を大きく低減することができた。

一方で、現在の浄化・循環機構では、中川からの流入水に含まれる水生植物の栄養（無機態のリンや窒素）の除去が困難である。そのため近年、溜水が富栄養状態となり、また濁りの低下によって水中の日照条件が良くなったことも重なり、特定の水生植物が過度に繁茂している。

したがって、水生植物の繁茂を抑制する対策を実施する必要がある。

水元小合溜における水質の現況を図 17 に示す。

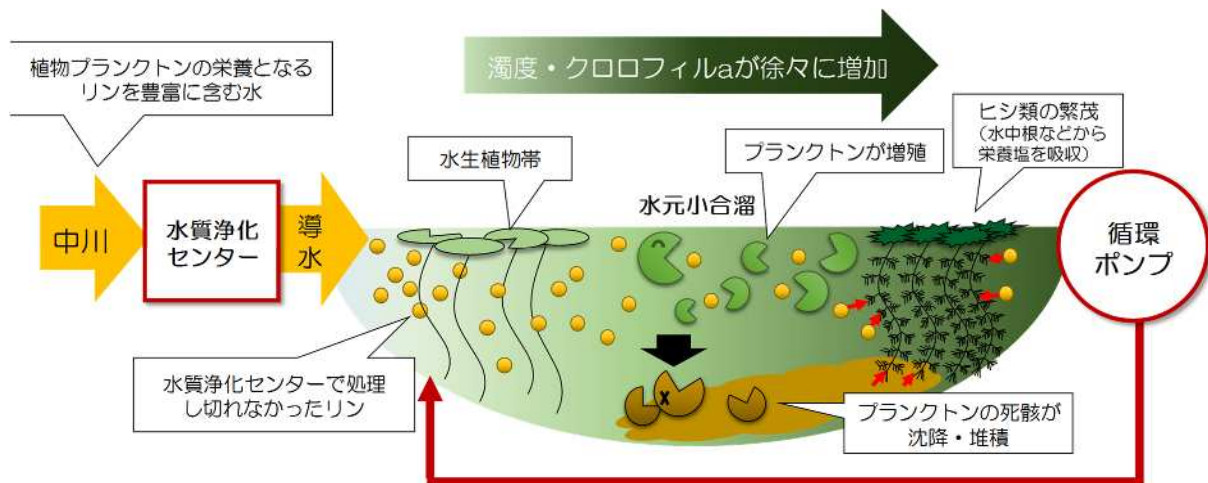


図 17 水元小合溜の水質の現況

(2) 施設の老朽化および管理コスト増大への対策

平成 7 年度以降、取水・導水施設および水質浄化施設が稼働しており、中川から取水した水が水元小合溜に流入している。

しかしながら、中川の取水施設付近の土砂堆積や、干潮時に取水ができないといった問題から、計画導水量（10,000m³/日）の安定した確保ができていない状況である。また、水質浄化施設については、故障等によって計画処理能力を発揮できていない。

このような状況から、各施設の老朽化対策を行い、それぞれの施設が最大処理能力を発揮できるようにすると同時に、今後の維持管理コストを縮減することが喫緊の課題である。

(3) 水元小合溜にふさわしい生態系の保全

現在、水元小合溜に生息している生物種の実態は不明である。葛飾区による水元小合溜の詳細な生態系調査は、平成 23 年度以降行われていない。葛飾区のほか、各環境団体による生態系の調査が実施されているものの、水元小合溜に生息する生物種について整理されていないというのが現状である。

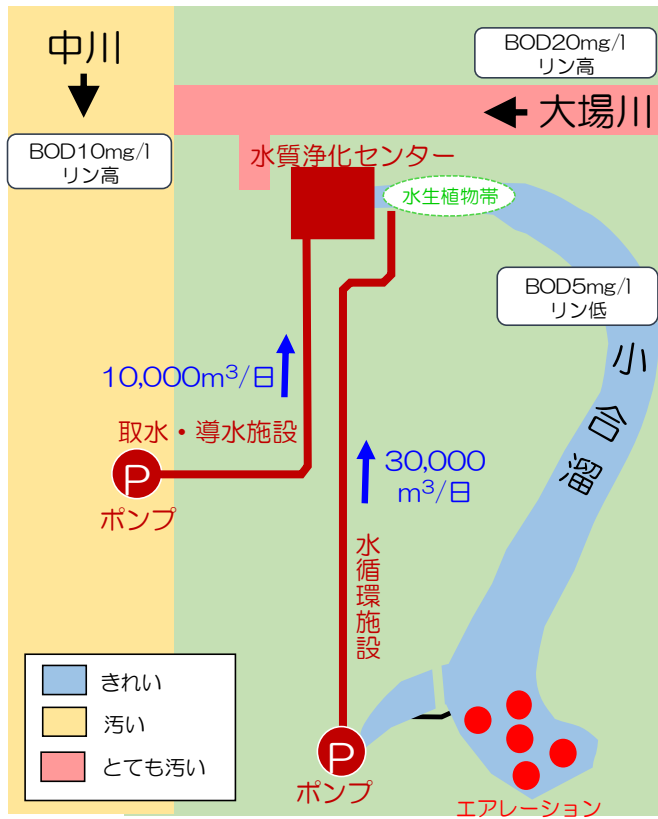
また近年、水元小合溜で、特定外来生物であるカミツキガメなどが目撃されたとの情報がある。これらの外来種を放置することによって、在来種の魚類や鳥類を絶滅させてしまうおそれがある。

こういった現状を踏まえて、水元小合溜の現在の生態系を把握し、水元小合溜にふさわしい生物種を保全していくことが課題として挙げられる。

「カムバックかわせみ作戦」の当初計画、および現況（平成 29 年度現在）の水元小合溜を比較した概念図を図 18 に示す。



【カムバックかわせみ作戦】（当初計画）



【現況】

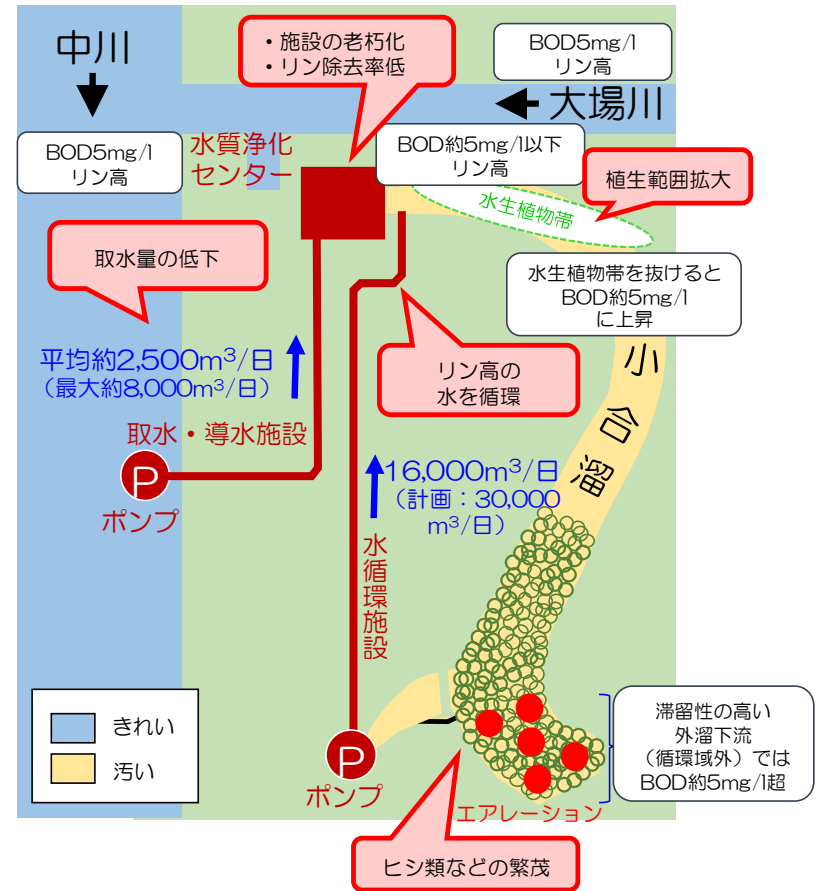


図 18 カムバックかわせみ作戦の当初計画と現況の水元小合溜の比較

4. 水環境改善に向けた基本的な考え方と目標

4.1 河川環境改善計画の位置づけ

本計画は、「カムバックかわせみ作戦」によって改善した水元小合溜の水環境をさらに改善し、さらに新たに発生した水環境問題へ対処しつつ、望ましい水環境の方向性および目標を踏まえて河川環境改善計画を策定し、目標を達成する。

本計画の位置づけを図 19 に示した。

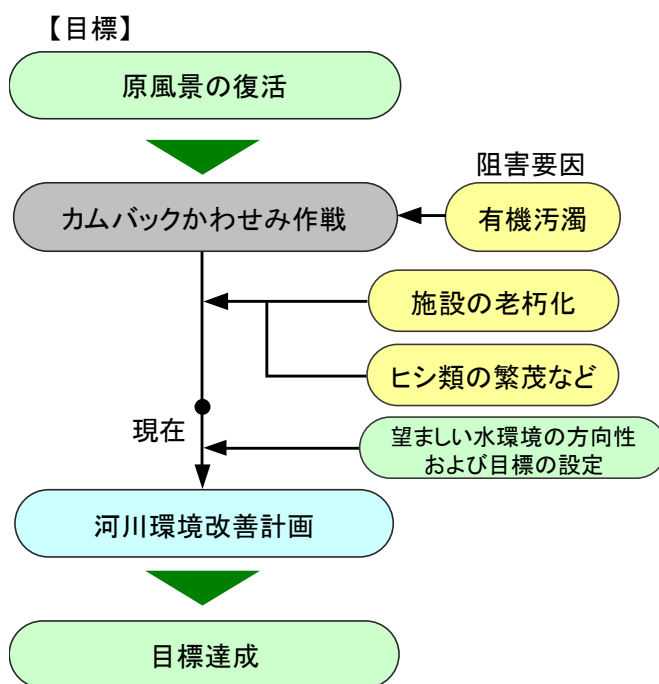


図 19 河川環境改善計画の位置付け

4.2 対象区域

本計画の水質改善の対象区域は、水元小合溜（外溜・内溜）の水域とする。

図 20 に対象区域を示す。



図 20 計画対象区域

4.3 計画期間

事業完了までの期間は、平成 30 年度より 5 年と想定する。

事業完了時までには、モニタリング結果を踏まえた対策の検討を実施し、必要に応じて目標や計画を更新していく。

計画期間：平成 30 年度～平成 34 年度（5 年間）

4.4 望ましい水環境の方向性および目標の設定

水元小合溜の水環境を改善するためには、地域が一体となって持続的な取り組みを進めることが重要である。本計画では、地域住民や水元公園の利用者の意見を踏まえて、望ましい水環境の方向性を設定した。さらに、望ましい水環境を実現するための具体的な目標を設定した。

4.4.1 望ましい水環境の方向性の設定

望ましい水環境の方向性を設定するにあたって、過去に実施された調査結果を整理し、水元公園の利用状況および公園の水環境に関する要望を取りまとめた。

まず、「世論調査（H27）」から「公園に期待される機能」について把握した。次に、「水元小合溜利用者意識調査（H28）」から「水元公園に対する利用者の要望」を把握した。

さらに、水元公園で活動している各環境団体へのヒアリングを実施し、上記の調査をもとに設定した望ましい水環境の方向性について、意見を聴取した。望ましい水環境の方向性の設定フロー、およびそれぞれの調査結果から得られた意見を図 21 に示す。

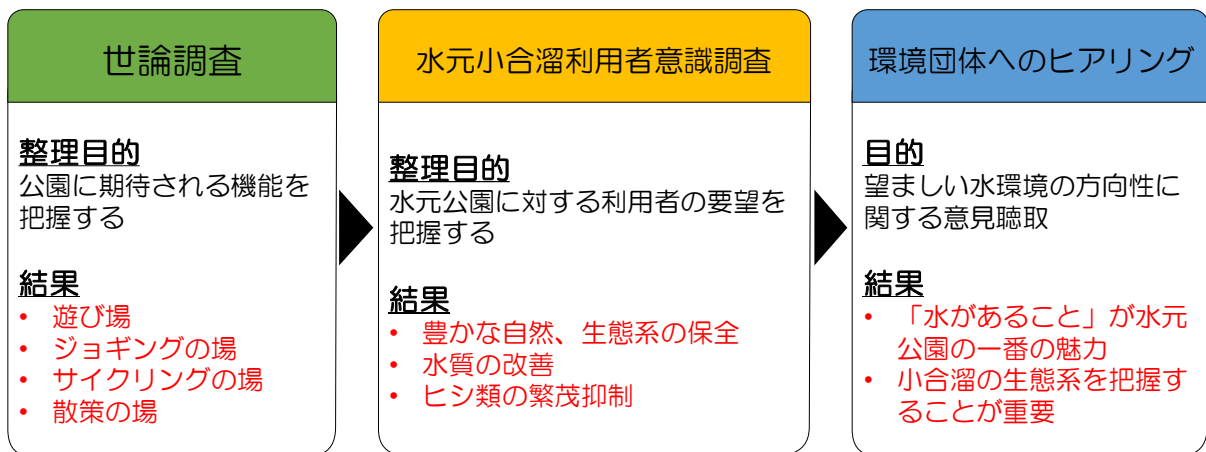


図 21 望ましい水環境の方向性の設定フローおよびそれぞれの結果

4.4.2 本計画の目標

望ましい水環境の方向性を実現するために、具体的な目標を設定した。

- <豊かな自然・生態系の保全>
 - 在来の生物が生息できる環境の保全
 - 水生植物種の単一化防止
- <水郷景観・親水環境の保全>
 - 持続的な水面の維持
 - 透明度の向上
 - 水質の劣化や悪臭の防止
- <維持管理の効率化>
 - トータル・コストの縮減

(1) 豊かな自然・生態系の保全のための目標

水元小合溜が持つ多様な生態系を保全していくことは重要である。望ましい水環境の方向性を踏まえて、水元小合溜に生息する貴重な生物の保全を目指し、“在来の生物が生息できる環境の保全”と“水生生物の単一化防止”を目標として設定した。

(2) 水郷景観・親水環境の保全のための目標

水辺は人と水とのふれあいの場であり、豊かな自然景観や良好な親水環境の確保は重要である。アンケート調査の結果より、水元公園は水辺の散歩の場、自然観察場、写真撮影場、釣り場として利用されていることが明らかになった。さらに同調査では、利用者から「ヒシが繁茂している」、「水が濁っている」などの意見が挙がった。

そこで、豊かな自然景観や良好な親水環境を確保するため、“持続的な水面の維持”、“透明度の向上”および“水質の劣化や悪臭の防止”を目標として設定した。

(3) 維持管理の効率化のための目標

上記の環境を維持するための管理の効率化を図り、トータル・コストの縮減を図る。



本計画でも「カムバックかわせみ作戦」と同様、水質改善目標を設定する（表 5）。

基本的には、昭和 30 年代の水辺環境の改善を目指した「カムバックかわせみ作戦」と同値として設定した。ただし、SS については透明度を向上させるため目標値を 10mg/L に下げた。また、T-P の削減がヒシ類などの大量繁茂の抑制に効果が期待できるため、T-P は現状値の約半分である 0.05mg/L まで低下させ、状況をみながら 0.05～0.1mg/L の間で調整することとした。

これらの値については確定的なものではなく、水質の状況をモニタリングしながら適宜見直しをする。

方向性	水質指標	作戦実施前の値 ^{※1}	「カムバックかわせみ作戦」目標値	現状値 ^{※2}		河川環境改善計画目標値	改善後に期待される効果
				H28	H29		
豊かな自然・生態系の保全	pH	8.7	6.5～8.5	8.2	7.5	6.5～8.5	魚類（特に底生魚類）の生息環境を保全
	BOD （生物化学的酸素要求量）	8.9 mg/L	5mg/L 以下	6.7 mg/L	5.9 mg/L	5mg/L 以下	
	COD （化学的酸素要求量）	13.5 mg/L	5mg/L 以下	11.0 mg/L	13.2 mg/L	5mg/L 以下	
	DO （溶存酸素）	11.2 mg/L	5mg/L 以上	10.9 mg/L	6.0 mg/L	5mg/L 以上	
水郷景観・親水環境の保全	SS （懸濁物質）	48 mg/L	15 mg/L 以下	19 mg/L	21 mg/L	10mg/L 以下	透明度を高め、水郷景観・親水環境を改善
	T-N （全窒素）	2.30 mg/L	1 mg/L 以下	1.93 mg/L	1.32 mg/L	1mg/L 以下	ヒシ類繁茂を抑制、かつ植物単一化を防止し、景観・親水環境を改善
	T-P （全リン）	0.2 mg/L	0.1mg/L 以下	0.121 mg/L	0.123 mg/L	重点的に削減 0.05～0.1 mg/L	

表 5 水質改善目標

※1 葛飾区環境課による調査結果の S62～H3 平均値を用いた。

※2 H28 は葛飾区環境課の調査結果、H29 は「河川環境改善計画策定業務委託」で実施した定期調査の全地点平均値を用いた。いずれの項目についても年平均値（BOD、COD は 75%値）を示した。

※ T-P（全リン）を重点的に削減する理由

水元小合溜ではリンが制限栄養塩である（22 ページ参照）ため、リンを削減することでヒシ類などの繁茂抑制に効果が期待できる。



5. 対策内容

目標を達成するため、次の対策を実施する。対策の実施にあたっては、「生物多様性かつしか戦略（葛飾区）」や「水元公園生物多様性保全管理計画（東京都）」との整合を図り、周辺地域や関係機関と一体となって実施する。

(1) 水循環システムの改修

取水、浄化および循環システムの改修を実施し、安定した通水量を確保するとともに、水循環システムを改修することでヒシ類の大量繁茂の原因となっているリンなどの栄養塩類の負荷量を大幅に削減する。

① 大場川からの取水

近年、水元小合溜に隣接する大場川の水質が中川と同程度になっているため、取水の効率化を目的として、取水地点を大場川の水質浄化センター付近に変更する。

最大取水量は、近年の年間最大取水量を踏まえて最大 9,000m³/日とする。ただし、大場川の水は植物の栄養源となる窒素・リンを豊富に含んでいる。そのため、取水量を極力小さくし、水位を維持することができる最低限の水量を取水することで、水元小合溜に流入する栄養塩類を削減する。

② 浄化施設の更新

水生植物の大量繁茂の最大の要因となっている窒素・リンの流入量の削減を目的として、水質浄化センターの浄化施設を好気性ろ床法から凝集沈殿法ぎょうしゅうちんてんに変更し、大幅な窒素やリンの削減を図る。凝集沈殿法とは、水に凝集剤を添加し、水中の濁質やイオン化合物を大きな固まりにして沈殿・分離する浄化手法である。

最大浄化水量は、流入水を全量浄化することを考えて、最大 9,000m³/日とする。

③ 溜水の循環

水元小合溜内の水を循環させることで流れを発生させ、アオコの発生や底層の貧酸素化などの水環境問題を防ぐ。最大循環量は 30,000m³/日（従来計画と同じ）とする。循環量については、水元小合溜の水質を監視しながら適切に調整する。



(2) 既存施設の有効活用

既存の浄化施設として、「さくら大滝」や「エアレーション施設」が稼働している。これらの施設は有効利用をしながら、状況に応じてメンテナンスなど適切な管理を行っていく。

① さくら大滝

さくら大滝は水質浄化機能を有するとともに、内溜におけるシンボルになっており、今後も維持管理を行い、これらの機能を維持していく。また、他の対策により水元小合溜における貧酸素化、富栄養化などの水環境問題が改善した場合には、今後のあり方について検討していく。

② エアレーション施設

エアレーション施設については今後も維持管理を行い、稼働を継続していく。また、他の対策により水元小合溜における貧酸素化、富栄養化などの水環境問題が改善した場合には、今後のあり方について検討していく。

(3) 水生生物の適切な管理

多様な水生生物の保全を目的として、下記の対策を実施する。

① ヒシ類の刈取り

水面の大部分を覆うようなヒシ類などの異常繁茂が認められる場合には、必要に応じて刈取りを実施し、水元小合溜の水面景観を維持する。

刈取り方法については、過去の実績や他事例を踏まえつつ、効果的な方法を選定する。

② 水生植物帯のハスの刈取り

水生植物ゾーンについては、水面を確保するために、また多様な水生植物相を維持するために、必要に応じて優占するハス等の占有植物の刈取りを実施する。

刈取り方法については、現地試験等を行い、効率的な方法を決定する。

③ 生息種の把握

水元小合溜に生息する水生生物の種および生息状況を、モニタリングやヒアリングにより把握し、水質や気象の変化などによる経年的な生物種の変化を捉えるようにする。

④ 外来種の拡大防止

外来種被害予防三原則（入れない、捨てない、拡げない）を基本とし、今後被害を引き起こす可能性が高い外来種については駆除などの拡大防止策を実施する。



(4) 水環境モニタリング

水元小合溜については、従前より行っている水質項目に関する定期的なモニタリングを継続して実施する。また、生息種の現状把握が重要であることから、重点的なモニタリングを行う。さらに、水質や気象状況によって水生植物の状況も大きく変化することから、今後もモニタリングを継続し、経年把握を行うことが重要である。

- 水質および底質のモニタリング
- 水生生物のモニタリング

(5) 住民や環境団体との協働

水元小合溜においては、住民や環境団体と協力して、貴重な環境を維持・改善していく必要がある。そのために、定期的に以下の活動を実施する。

- 情報交換会
- 植生の刈取りや外来種駆除

(6) 情報の収集、保存

下記の内容について、今後も情報収集を行い、水元小合溜に関する情報を蓄積・保存していく。

- 水元小合溜の歴史的資料
- 水元小合溜の動植物の生息状況に関する資料

(7) 情報発信

水元小合溜における水環境改善の取り組み等について、情報発信を行うことで水元小合溜の目指すべき姿を利用者に広く理解してもらうことが重要である。

以下の項目について、葛飾区ホームページへの掲載などを実施していく。

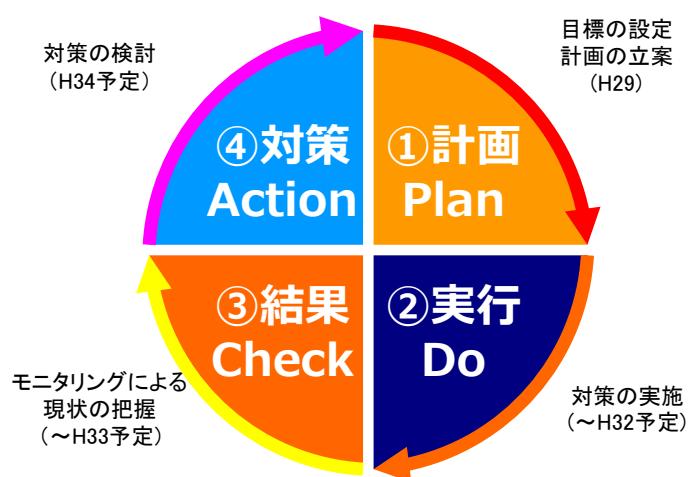
- 水元小合溜の水環境の現況
- 水元小合溜の水環境の目標像
- 水元小合溜に生息する水生植物が果たしている役割
- 河川環境改善計画について
- 水元小合溜の水環境改善に関わる技術について

(8) 順応的な管理※

今後は、対策の実施に合わせてモニタリングによる現状および効果の把握を行い、必要に応じて対策の見直しを行うPDCAサイクル(図 22)によって順応的な管理を実施する。今後、3～5年毎を目安に対策を見直し、より良い水環境を保全し、次世代へ引き継いでいく。

※ 順応的な管理とは、自然の環境変動により当初の計画では想定しなかった事態に陥ることや、歴史的な変化、地域的な特性や事業者の判断等により環境保全・再生の社会的背景が変動することをあらかじめ管理システムに組み込み、目標を設定し、計画がその目標を達成しているかをモニタリングにより検証しながら、その結果に合わせて、多様な主体との間の合意形成に基づいて柔軟に対応していく手段である。

出典：「順応的な管理による海辺の自然再生」(平成 19 年 3 月、海の自然再生ワーキンググループ)



※括弧は本計画での実施年度を示している。

図 22 PDCAサイクルのイメージ

現況(平成 29 年度現在)の水元小合溜と、本計画における対策実施による水環境の改善イメージを比較した概念図を図 23 に示す。さらに、本計画でリンを削減した場合の水元小合溜のイメージを図 24 に示す。

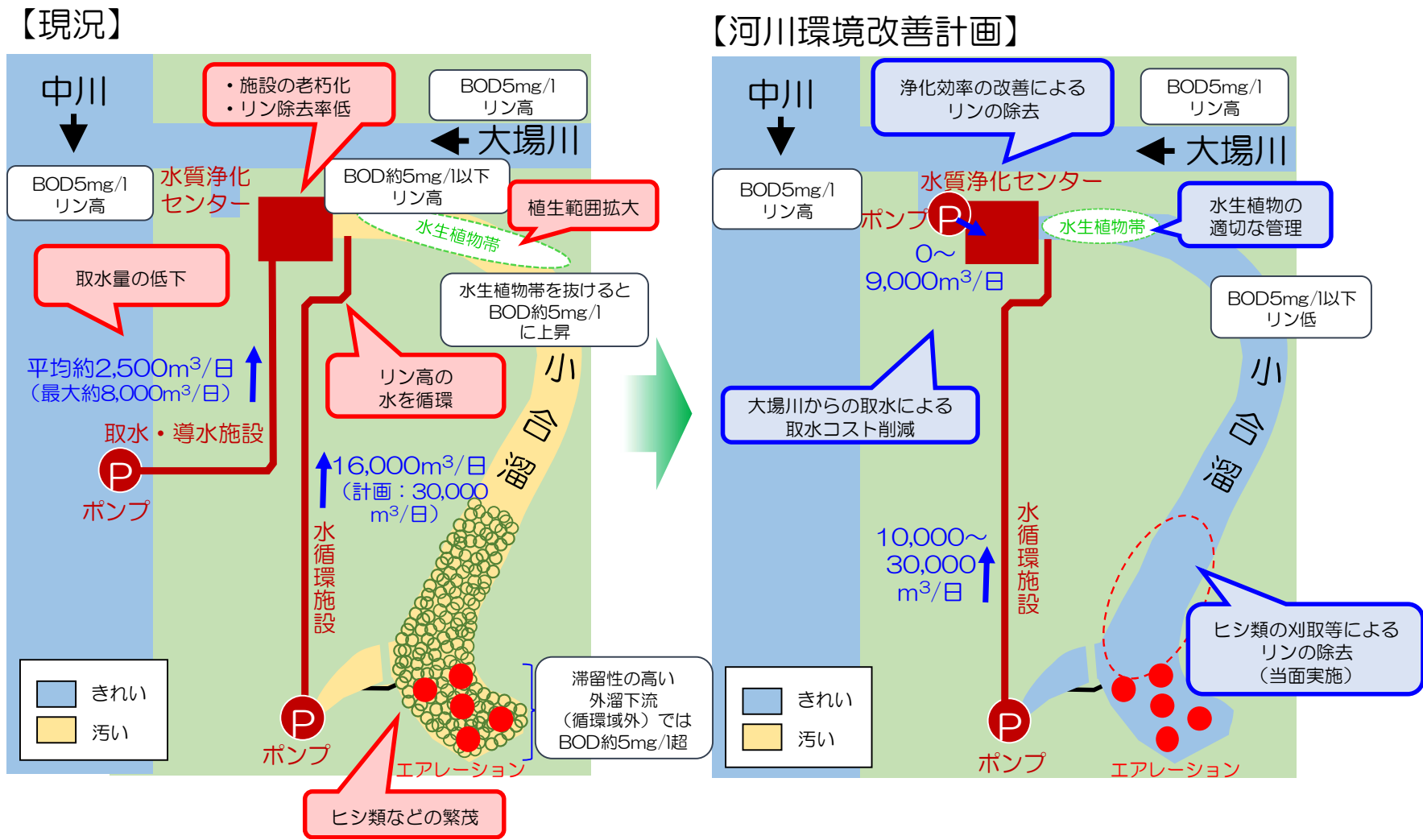


図 23 水元小合溜における河川環境改善のイメージ

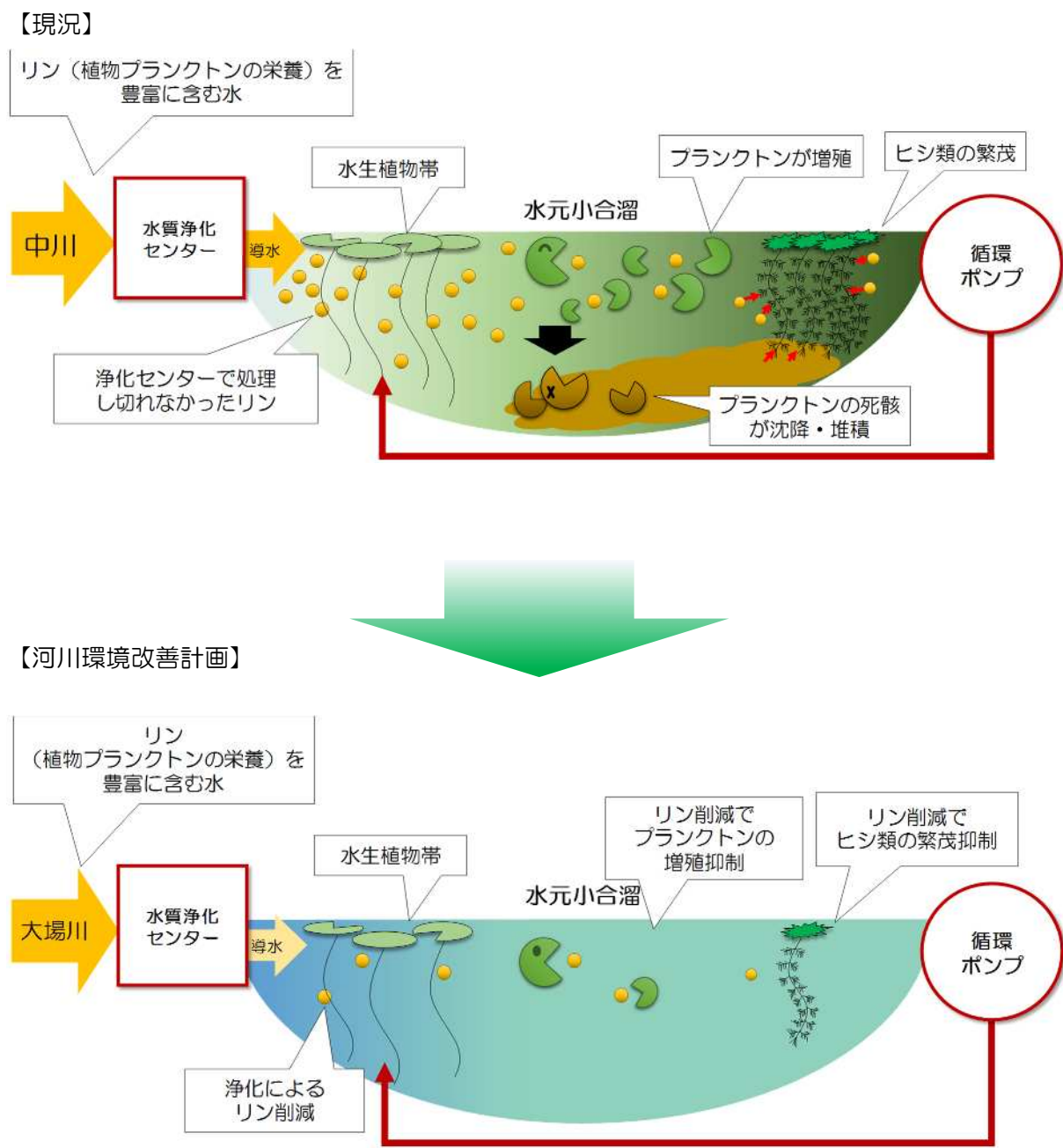


図 24 リンを削減した水元小合溜のイメージ

6. 実施スケジュール

対策の実施スケジュールを表 6 に示す。

取水の効率化のため“大場川からの取水工事”と水面景観の阻害や種の単一化を引き起こしているヒシ類の繁茂を軽減するため“水質浄化センターの改修工事”について平成 32 年度末までに優先的に実施し、窒素やリンなどの流入負荷を大幅に削減する。

また、“既存施設の有効活用方法の見直し”と“水生生物の適切な管理方法の見直し”は施設の状態を監視しつつ、平成 34 年度までに実施する。

“水環境モニタリング”、“住民や環境団体との協働”、“情報の収集、保存”や“情報発信”については、定期的に継続して実施していく。

“水生植物の刈取り”については、事業の進捗の効果を監視しながら、状況によって実施を判断し、必要がある場合には刈取りを実施していく。

	対 策 の 内 容
平成 32 年度末まで	<ul style="list-style-type: none">➤ 大場川からの取水工事➤ 水質浄化センターの改修工事
平成 34 年度末まで	<ul style="list-style-type: none">➤ (必要に応じて) 既存施設の有効活用方法の見直し➤ (必要に応じて) 水生生物の適切な管理方法の見直し
定期的に実施	<ul style="list-style-type: none">➤ 水環境モニタリング(水質・水生生物)➤ 住民や環境団体との協働➤ 情報の収集、保存➤ 情報発信
状況によって実施を判断	<ul style="list-style-type: none">➤ 水生植物(ヒシ類やハス等)の刈取り

表 6 対策の実施スケジュール※

※状況により変更することがあります。

