

# 矢作川浄化センターの放流先水域 における生物相に関する調査研究

## 1. はじめに

矢作川浄化センターでは、処理水を冷却池と植生浄化池に通水することによって、放流先水域（矢作川および三河湾）における水産業や河川環境への影響緩和を目指している。

このような観点から、生態系に配慮した下水処理のあり方について検討を行うことを目的とし、平成12年度より既存の冷却池や植生浄化池の実態調査を実施し、平成13年度からは建設した実験施設において、処理水によって形成される生物相の実態把握と、処理水の冷却効果の検討を目的とした水温連続調査を実施している。

平成14年度には四季の調査により実験施設における生物相の概要や実験手法等について検証し、平成15年度には条件設定に留意しながら矢作川浄化センター処理水のUV消毒の有無や滞留時間の違い、河床材料の違い等が生物相へ与える影響や効果を明らかにするため、生物投入実験および再現性確認実験などを実施した。

平成16年度は、過年度までの成果や課題を踏まえ、補足的に環境条件、生物相、生物投入、遮光・放熱に関する調査を実施したものである。

## 2. 実験施設概要

矢作川浄化センターの実験施設位置を図-1に、実験施設概要を図-2に示す。また、実験施設の構造をそれぞれ図-3及び図-4に示す。

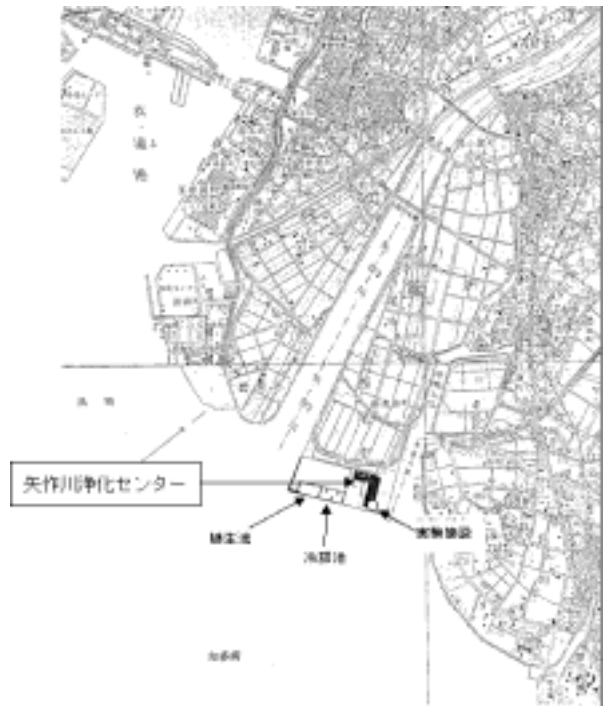


図-1 実験施設位置

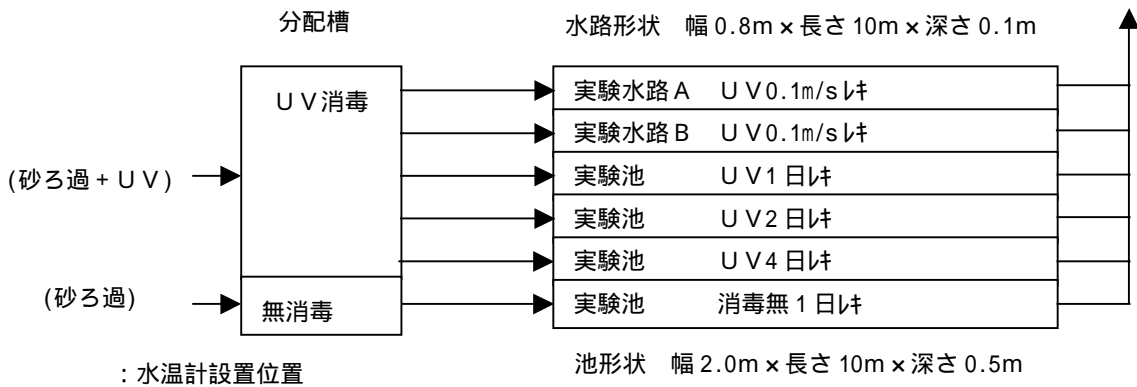


図 - 2 実験施設概要

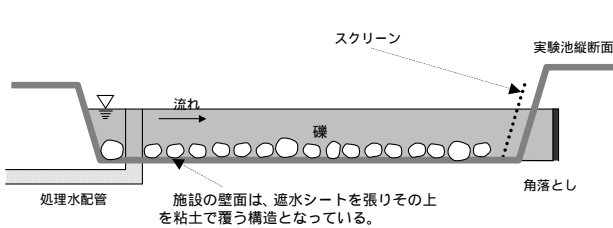


図 - 3 実験施設縦断面

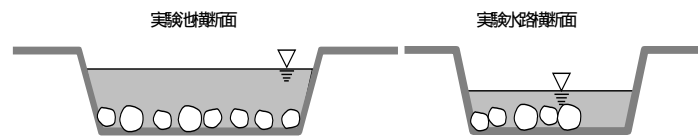


図 - 4 実験施設横断面

### 3. 調査内容

平成16年度は、平成15年度の成果を踏まえて以下の調査を実施した。

- (1) 環境条件調査 (平成15年度より継続)  
生物相の生息生育条件としての水質・底質を分析し把握する。
- (2) 生物相調査 (平成15年度より継続)  
付着藻類、植物プランクトン、動物プランクトン、底生動物等の実態について把握する。
- (3) 生物投入調査 (平成15年度より継続)  
放流先で発生する付着藻類に対して、生物の捕食を利用した除去法について調査する。
- (4) 遮光・放熱調査 (新規)  
平成15年度の成果から、遮光と生物の関係及び冷却・放熱効果に関する調査を、実験装置を用いて実施する。

### 4. 調査結果

#### 4.1 環境条件調査の結果

##### 4.1.1 流量観測

実験施設各槽の流入水量観測を行った結果、実験水

路では平成16年度に入り流量が減少する傾向が認められ、設定流速 (0.1m/s) に対して約65%~85%の流速となっていた。

また、実験地においては概ね順調で、所定に近い滞留時間が得られていた。

##### 4.1.2 流入水質

矢作川浄化センターからの放流水を引き込んで調査を行った結果、調査期間を通じて各項目で安定した水質が得られていた。これは、矢作川浄化センターの施設運営が適切に行われていることを示すものである。

また、実験施設の供給水質としては、リンを除き期間を通じて大きな変化がなかった。ここで、窒素との比率について着目すると、平成15年度の調査結果でリンは植物プランクトン等の制限要因となっている可能性が高いことから、実験に対して影響を及ぼしている可能性がある。

流入水質 (平成15年10月~平成17年2月までの2ヵ年分) を表 - 1 に示す。

表 - 1 流入水質

水質項目		最大	最小	平均
透視度 (cm)	UV 有	>50	>50	>50
	UV 無	>50	>50	>50
BOD (mg/L)	UV 有	1.2	0.5	0.9
	UV 無	1.2	0.5	0.9
COD (mg/L)	UV 有	7.3	5.4	6.0
	UV 無	7.3	5.4	6.0
SS (mg/L)	UV 有	<1	<1	<1
	UV 無	<1	<1	<1
T-N (mg/L)	UV 有	6.8	4.8	6.0
	UV 無	7.8	4.7	6.0
T-P (mg/L)	UV 有	0.14	0.03	0.06
	UV 無	0.14	0.03	0.06

#### 4.1.3 実験施設の水質

平成15年度の実験は、通水を開始する前に施設内の堆積物を除去した上で実験を実施しているが、平成16年度は平成15年度の条件からそのまま引き続いて実験を実施した経緯がある。

このため、平成15年度は植物プランクトンなどが沈降堆積しても水質にはあまり反映しない「蓄積系」のシステムであったと考えられるが、平成16年度は時間の経過とともに堆積物の蓄積が進行することで、溶出や巻き上げ等により底質から水質へ回帰する「循環系」のシステムに変化していると考えられる。

このため、平成15年度と平成16年度の同一調査時期の水質分析結果を比較すると、多くの項目で、平成16年度の値が、平成15年度の値よりも高くなる傾向が認められた。

また、T-P や P04-P などの変質を受けない項目であっても、平成16年度には流出水が流入水よりも濃度が高くなる逆転現象も認められた。

これらの傾向を分類した結果を表 - 2 に示す。中でも、実験池では水温のように季節的に規則的な変化を示した水質項目が多く、施設内における挙動は水温とリンの変化をベースとした生物の活動により生じていることが示唆された。

表 - 2 実験施設の水質特性

水温とリンの影響を受けている項目	SS, 濁度等, BOD, ATU-BOD, T-N 等
流入水質の影響下にある項目	EC, N-BOD, TOC, NH4-N, T-P 等
その他	O-N, DO 等

一方、実験水路における水質の変化は小さく、滞留時間1.8分程度では水質的な変化は認められなかった。実験水路に発生する付着藻類等の生物群は、水質的には大きな影響を与えないことが確認された。

#### 4.1.4 底質

実験施設の底にバット等を設置し、2ヶ月に1回の頻度でトラップしたものを採取し、期間内の堆積量として取りまとめた。

実験水路と実験池を比較すると、滞留時間が長く植物プランクトン等の水中に発生した生物が沈降して河床に堆積しやすい実験池のほうが実験水路を大きく上回る堆積量を示した。しかし、実験水路においても堆積物は少なからず発生しており、付着藻類由来の堆積物であると考えられる。

### 4.2 生物相調査の結果

#### 4.2.1 付着藻類

付着藻類は、月を追うごとに細胞数の増加を示した。これは、リセットを実施した昨年度も同様であったが、昨年度から大きな手を加えていない本年度にも当てはまる現象であった。

付着藻類は実験施設では水深や濁度により規定されるため、実験水路に多い結果が得られている。

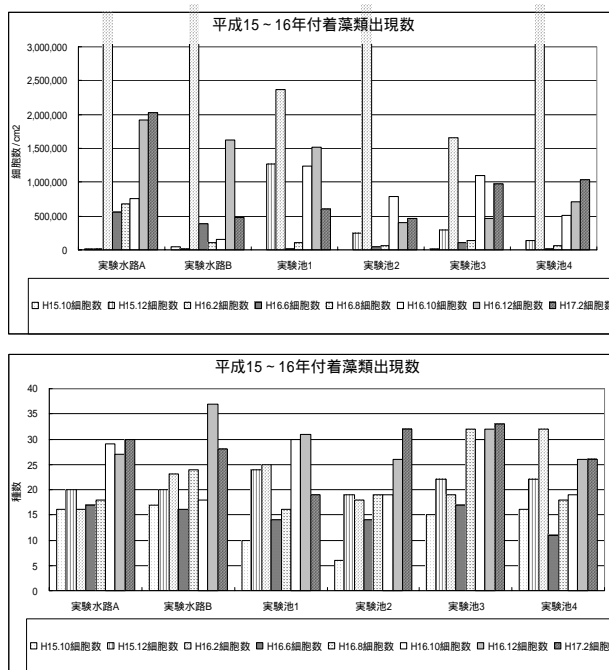


図 - 5 付着藻類経月変化

図 - 5 に示した細胞数に着目すると、実験水路では6~10月の期間で比較的安定しているが、12月に急激に増加している。実験池では、10月より増加傾向が認められる。また、種類数については、実験水路と実験池に有意な差がない点は過年度と同様の傾向である。

なお、実験水路Aは平成14年度までは実験水路Aの河床を砂とし実験水路Bの河床を礫として実験を行ったが、河床を砂とした実験水路Aでは付着藻類の発生が少なく、藻類抑制には砂が有効であることが明らかとなった。

#### 4.2.2 植物プランクトン

植物プランクトンの種類数は、図-6に示す通り、6月の調査時では実験水路と実験池の差が小さかったが、8月、10月と次第に差は拡大した。また、実験池では滞留時間と植物プランクトンの発生状況についての明確な関連性は認められなかった。

昨年度からの生物生産の結果、各槽の底に生物残渣が大量に蓄積しており、これがベースとなり各槽で少数の種が大増殖していると考えられる。

ランクトンよりも長い時間、変化が緩慢であることに起因するものと考えられる。しかし、餌となる食物の変動が大きいことを考慮すると、動物プランクトンの安定度は予想以上であり、餌として付着藻類や植物プランクトン以外に依存している可能性が強い。

この原因として、昨年度から各槽の底に沈殿堆積した有機物が餌として活用されていることが考えられる。

また、いずれの月においても、実験水路Aで滞留時間が短いにも関わらず、多種の動物プランクトンが確認されたことが注目される。

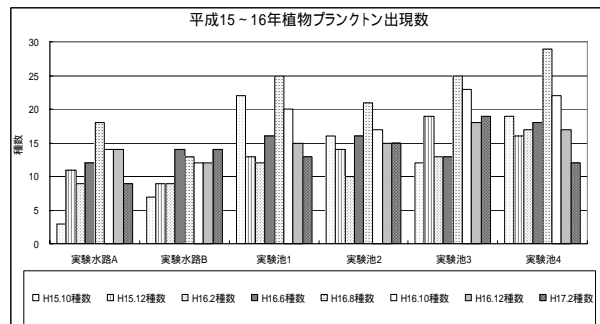
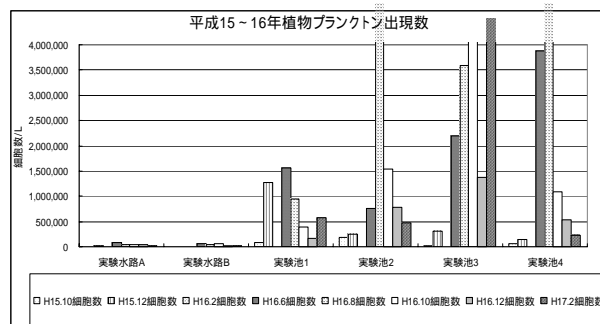


図-6 植物プランクトン経月変化

#### 4.2.3 動物プランクトン

動物プランクトンは、図-7に示す通り、月別の変化が少ない安定した挙動を示した。特に種類数については昨年度と同等な値となり、月別の変化は小さかった。個体数についても安定した結果が得られた。

これは、世代交代に要する時間が付着藻類や植物プ

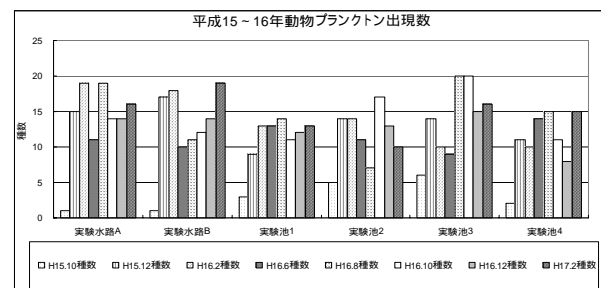
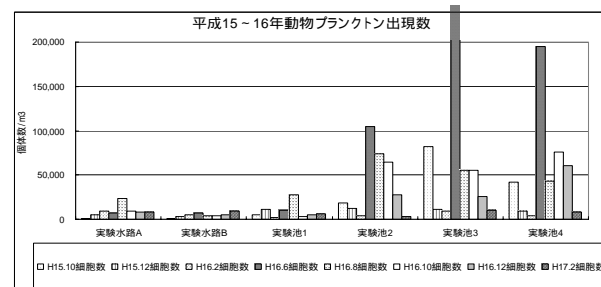


図-7 動物プランクトン経月変化

#### 4.2.4 底生動物

底生動物にとって、実験水路は河川でいえば瀬の環境に該当し、実験池はよどみ等の止水性の環境に該当すると考えられる。また、底層のD0は、堆積の少ない実験水路で少なく、実験池で多い結果となっているが、この結果が個体数や種類の構成にも表れていた(図-8参照)。

例えば、6月には単調であった種組織が夏季の8月には種の多様性が高まり、10月にはトンボの幼生等も確認されている。夏季に種類数が増加したのは水生昆虫類の影響であり、施設の外からこれらの親が飛来し、産卵したためと考えられる。

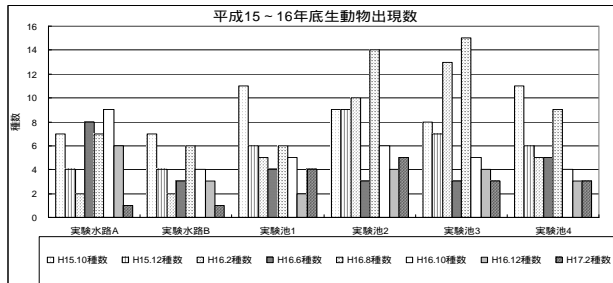
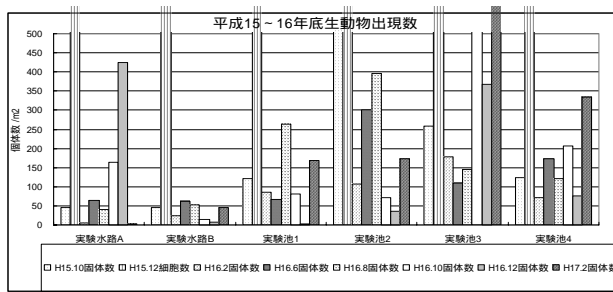


図 - 8 底生動物経月変化

### 4.3 生物投入調査の結果

#### 4.3.1 調査方法

調査時期は、夏季にオイカワの採捕が出来なかったため、生物投入を10月から12月にかけて実施した。また、投入箇所はオイカワが緑藻類を好むことから、8月までの調査結果で緑藻類が多いと判断された実験水路Bとした。

#### 4.3.2 調査結果

調査に際して、近傍の河川で捕獲したオイカワを100尾125g投入したので、投入時の収容密度は水路の面積(0.8m×10.0m=8.0m<sup>2</sup>)に対して0.08m<sup>2</sup>/尾であった。

約3ヵ月後にオイカワを回収し、個体数と重量測定を行った結果を表-3に示す。回収されたオイカワは30尾90gであった。尾数は投入量の30%に減少したが、1尾当たりの重量は1.25gから3.00gと約2.4倍となり、オイカワの成長が確認された。

また、付着藻類の状況について、藻類の現存量を対照区である実験水路Aと比較した。この結果を図-9に示す。これによると、10月時よりも12月時のほうが増加を示し、オイカワの投入による藻類抑制効果が認められなかった。

以上の結果から、オイカワによる藻類の摂食は認められるものの、藻類の除去を行うまでには至らないと考えられる。藻類抑制効果が得られなかった理由としては、オイカワが藻類以外の餌に対する嗜好性が高かったことが考えられ、表-4に示す底生動物の個体数を比較するとその傾向が伺える。

表 - 3 オイカワ投入実験結果

	尾数	重量 (g)	1尾当たり重量 (g)
投入 9月30日	100	125	1.25
回収 12月22日	30	90	3.00

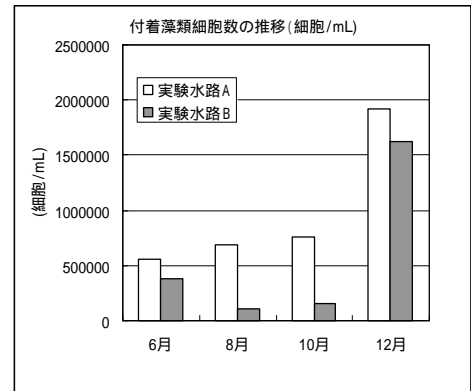


図-9 付着藻類発生状況の比較

表-4 底生動物の発生状況の比較

個体数	実験池A	実験池B
10月	164	14
12月	424	6

### 4.4 遮光・放熱調査の結果

#### 4.4.1 調査の目的

矢作川河口域の三河湾では冬季に海苔の養殖が広範囲に行われている。これに対し、冬季には放流水温が河川水と比較すると10℃以上も高いことから、矢作川浄化センターでは放流先の海苔養殖へ配慮し、滞留時間1日の冷却池とその後段に植生浄化池を設けて、水温低下と浄化を経て矢作川に放流している。

本調査は、実施における課題の対策の一環として、効率的な冷却と植物プランクトンや付着藻類の生物生産抑制を図ることを目的として実施したものである。

#### 4.4.2 実験装置の概要

調査は夏季から冬季にかけての遮光と熱交換による放熱効果について把握することを目的とし、8月末に調査を開始した。対象とした槽は実験池1と4で、実験池1には図-10に示す様にアルミニウムで製作した装置を投入し、実験水路は厚手で光を通しにくいシートで覆い、2つの実験池の植物プランクトン、水質、水温の調査結果を比較するものとした。

また、実験池4には図-11に示す遮光シートを設置し、夏季の植物プランクトン増殖期に、水面を遮光シートで覆い、水中へ光が到達しないようにすることにより、植物プランクトンの増殖を抑制することを目的とした。

#### 4.4.3 実験池1における放熱効果

実験池1における放熱装置の効果を把握するため、流入と放流の水温差を観測して外気温との関係で整理した結果を表-5に示す。

海苔の養殖は冬季に実施され3月頃まで続くと想定する。平成16年3月の愛知県蒲郡における日平均気温は、最低が3.0℃、最高が16.3℃、平均が9.5℃であった。

下表によると、この時期における放熱装置を用いた場合の効果は0.6~1.3℃程度であったと見込まれる。

ちなみに、平成15年度の業務において、実験池における滞留時間と水温低下の関係が得られているが、これによると放熱装置を用いずに水温を0.6~1.3℃程度下げようとした場合には池の面積が1.8~3.3倍程度必要となる。このことから、放熱装置の有効性が確認された。

表-5 観測結果から算出した気温別の放熱効果

外気温 (℃)	流入と放流の水温差(℃)		放熱効果 (℃)
	装置あり	装置なし	
0	8.0	8.3	0.3
5	6.6	7.2	0.6
10	5.2	6.2	1.0
15	3.8	5.1	1.3
20	2.4	4.1	1.7
25	1.0	3.0	2.0

#### 4.4.4 実験池4における藻類抑制効果

遮光シートを用いて実施した実験の結果を図-12に示す。遮光した実験池4の8月以降の植物プランクトンの出現状況は大きく減少を示している。クロロフィルaについても同様な結果となった。ただし、実験池全体の植物プランクトンの出現状況が12月に減少していることから、植物プランクトンの細胞数からは遮光シートが有効であったと判断することは出来ない。

一方、濁度については12月の実験池4において10月より上昇を示しており、池内の濁度成分に植物プランクトン以外のものが含まれることが示されている。12月の水温は外気温により水表面から冷却されるため、表層の密度が大きくなり、上下方向で混合が生じる状況(いわゆる循環期)となっている。このため、底部に沈降した浮遊物が巻きあがって、濁りを形成したものと考えられる。

このような現象は、平成15年度には認められなかったが、平成16年度に堆積状況が著しく進行したことを示していると考えられる。

この2カ年の堆積状況や生物の活動状況の違いは底質データによく反映しており、遮光シートの効果を妨げるほどになっていたと考えられる。

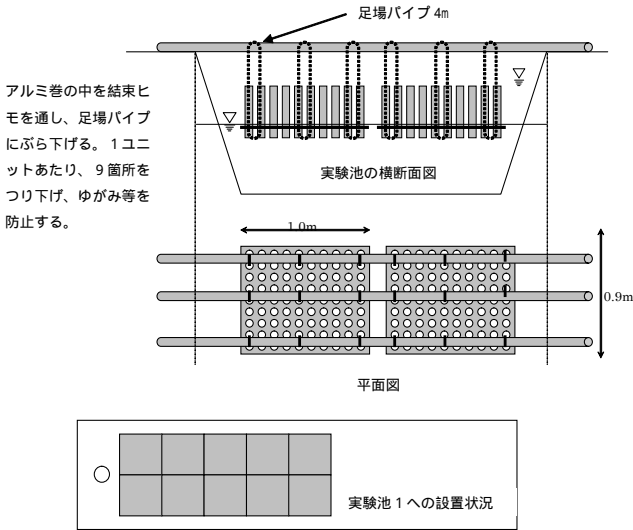


図-10 実験池1の冷却装置設置方法

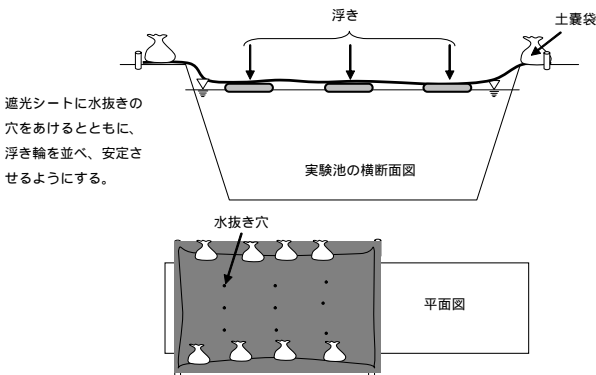


図-11 実験池4の遮光シート設置方法

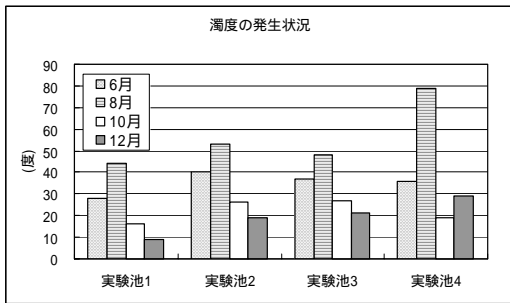
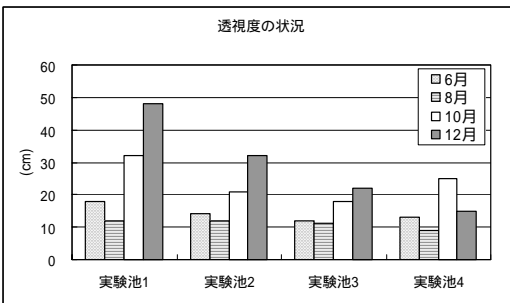
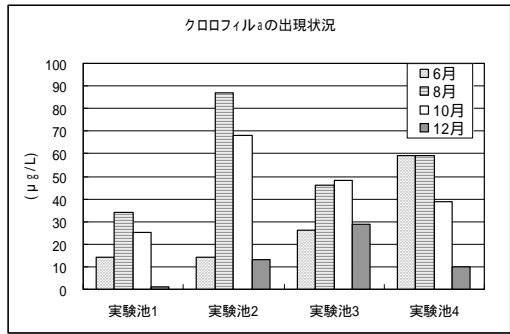
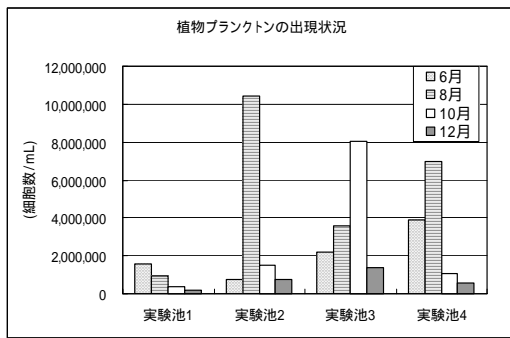


図 - 12 遮光シートの効果

平成16年10月以降に透視度の低下が認められた。水温低下に伴い循環期になり、底層の沈殿物が表層まで確認された結果と考えられ、2カ年の堆積物が相当量に達しているものと思われる。

## 5.2 生態系の取りまとめ

下水道放流水と生物からなる物質循環系、すなわち下水道放流水中に生じる“生態系”として取りまとめた結果を以下に示す。

生物生産の基礎となる栄養塩に着目すると、放流水中では多量の窒素やリンが含まれているとともに、実験施設の環境が非常に安定していることから、生産者である藻類の大増殖を生じ、これらの生産物は動物プランクトンや底生動物などの消費者の捕食量を大きく超えるものであった。

また、生産者である藻類については、一部の種が大増殖しピークを迎えた後他の種に遷移する状況が繰り返し生じる現象が認められた。このように、実験施設では高い生産力の結果、河床に有機物の堆積が生じ、平成15年度は蓄積系であったものが、平成16年では飽和状態に達して循環系の生態系となっていたものと考えられた。

施設内における生物を含む物質のフローは図 - 13のように想定される。

特に、平成16年度の実験池では、平成15年度と比較すると、植物プランクトン以外の浮遊生物と底質間の物質循環が活発になっていると考えられる。

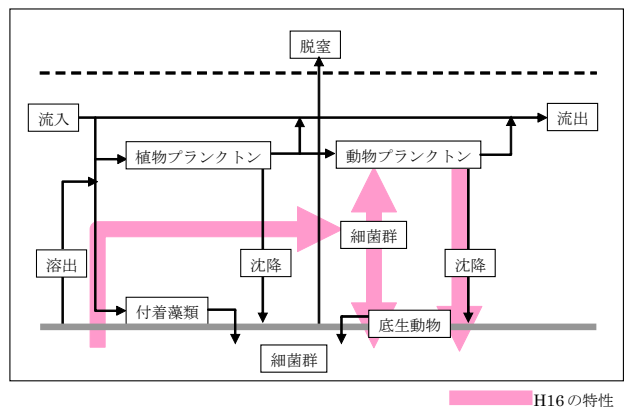


図 - 13 物質循環の概念図

## 5. まとめ

### 5.1 水質項目ごとの特性

水質項目ごとに2カ年の観測結果を比較すると、以下に示した特性が明らかとなった。

平成16年に入り蓄積系の項目については、放流水の値に増加したものが多く認められた。生物生産が、流入水のみでなく堆積物を含めた系により形成されているためと考えられる。

### 5.3 遮光・放熱効果

実験池に放熱装置を設置してその効果を調査した結果、放流水を効率的に冷却することができた。これにより、実際の冷却池の面積を拡張せずに、効率的に放熱することが可能であると考えられる。

## 6. おわりに

平成16年度の調査は、過年度までの成果や課題を踏まえて補足的に実施したものであるが、1) 施設内の生物を含めた物質循環、2) 放熱装置の効果等について明らかとなった。

一方で、1) 滞留時間と植物プランクトンの発生状

況の関連性、2) 生物投入による藻類抑制効果、3) 遮光シートの有効性に関しては、今後検討すべき課題が残されている。

平成12年度より継続して実施した生物相調査は平成16年度で終了となるが、本研究が下水処理水放流先水域における生物相と環境要因との関連性を検討する際の基本的な資料となることを期待する。

---

### この研究を行ったのは

研究第一部長  
研究第一部総括主任研究員  
研究第一部主任研究員  
研究第一部研究員

堀江 信之  
加畑 雅宏  
吉澤 正宏  
下関 聡

### この研究に対するお問い合わせは

研究第一部長  
研究第一部総括主任研究員  
研究第一部研究員

堀江 信之  
加畑 雅宏  
福嶋 研一