

表 1 地域毎の調査対象事業体・浄水場数

地域名	事業体数	浄水場数
北海道・東北	13	44
関東	13	40
中部	9	25
関西	17	48
中国・四国	13	37
九州・沖縄	11	34
合計	76	228

表 2 アンケート調査における生物障害の分類

障害の分類	適合するケースの考え方
凝集沈殿処理 障害	生物に起因して凝集沈殿処理が悪化して、沈殿水濁度を下げるために凝集沈殿処理を強化した場合
ろ過閉塞障害	生物に起因してろ過池の損失水頭が上昇し、急速ろ過方式では通常の洗浄間隔が維持できなかった場合（洗浄の前倒しなど）、緩速ろ過ではろ過池の停止および掻き取りを前倒した場合
ろ過漏出障害	生物がろ過池を漏えいしてろ過水の濁度が上昇して、凝集沈殿処理の強化、後凝集処理の実施または強化、対策としての洗浄を実施した場合
異臭味障害	生物に起因して原水、工程水または浄水に異臭味が発生し、粉末活性炭の注入など異臭味対策のために浄水処理を強化した場合や、異臭味対策としてその他の対策を行った場合
肉眼的生物の 流出障害	ろ過池からの漏出やその他の原因により、給水栓水から肉眼で確認できるサイズの生物（小動物）が発見された場合
その他の障害	1 から 5 までに該当しない生物に起因する障害（浄水処理やその他の工程で対策が必要となった場合）

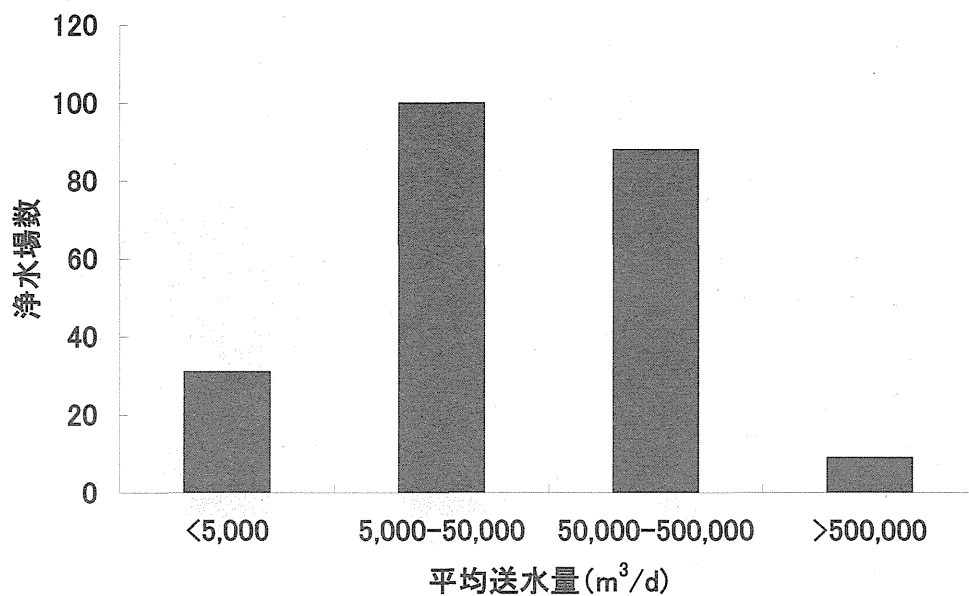


図1 調査対象浄水場の平均送水量の分布

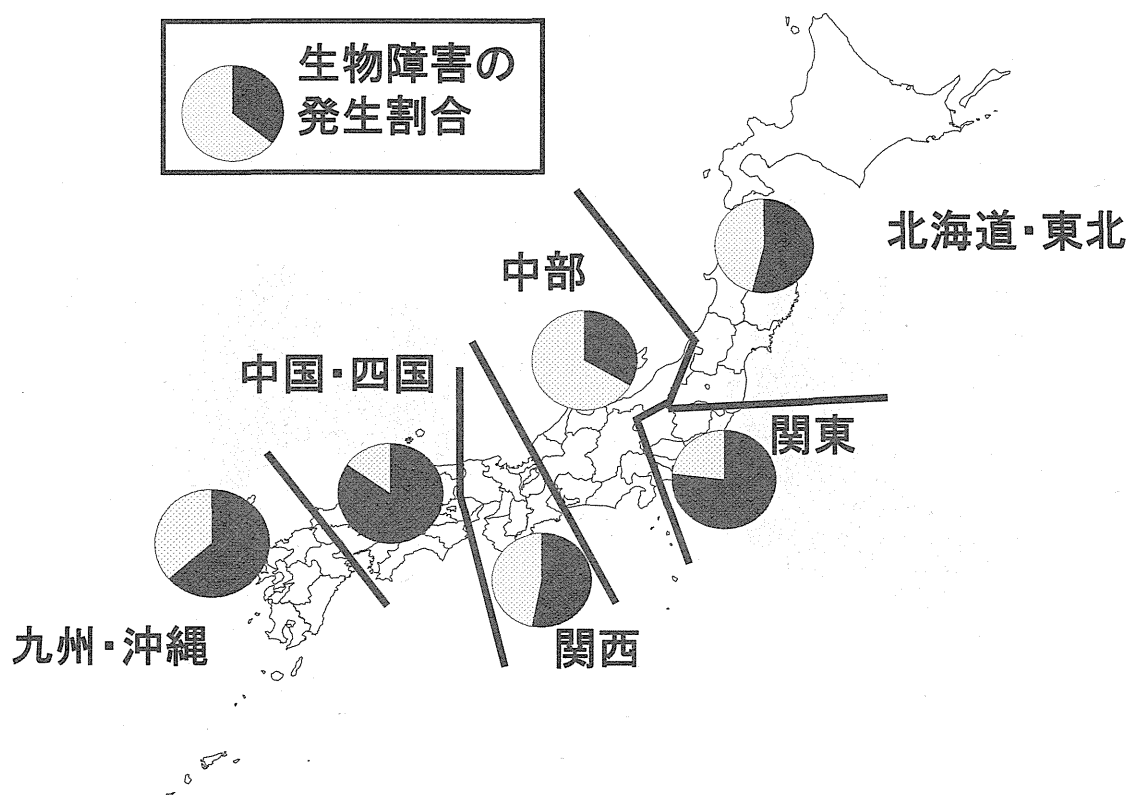


図2 地域別の生物障害の発生割合（事業体数ベース）

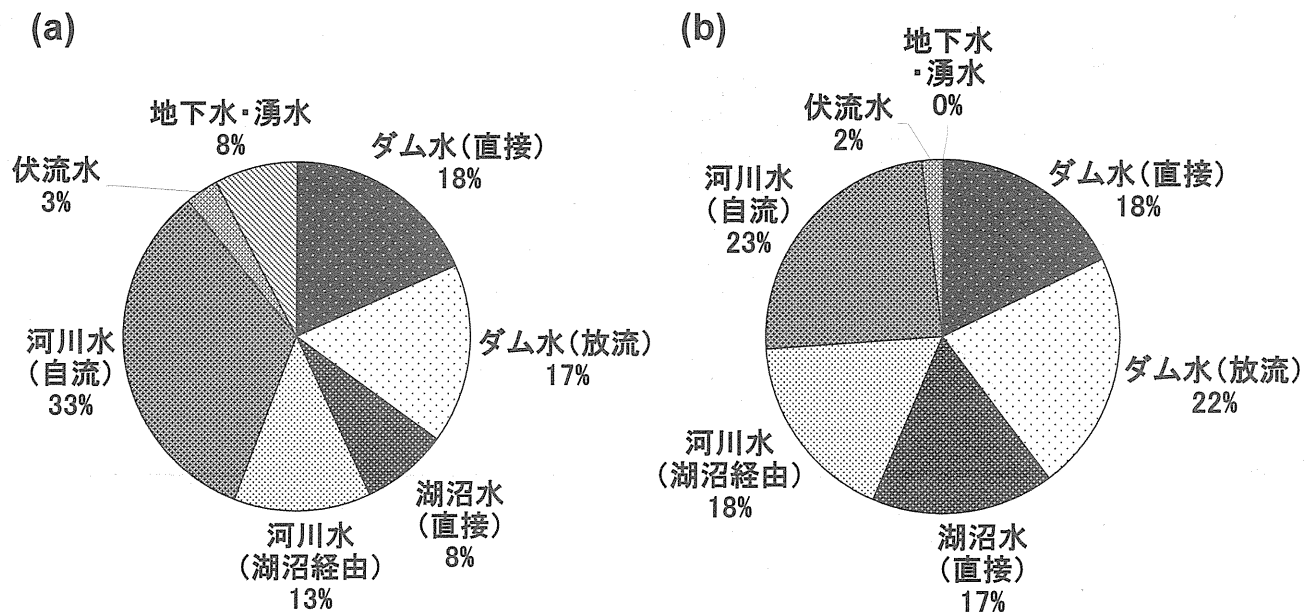


図3 水源の種類の割合（浄水場数ベース）
 (a)全調査対象浄水場; (b) 生物障害が発生した浄水場

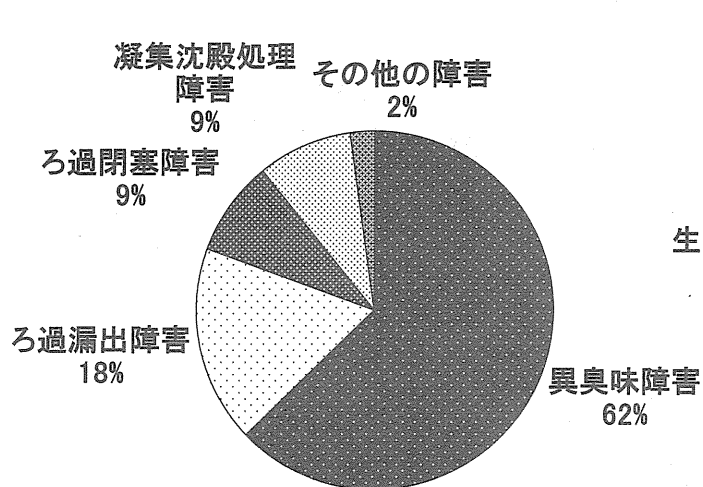


図4 生物障害の種類の割合（浄水場数ベース）

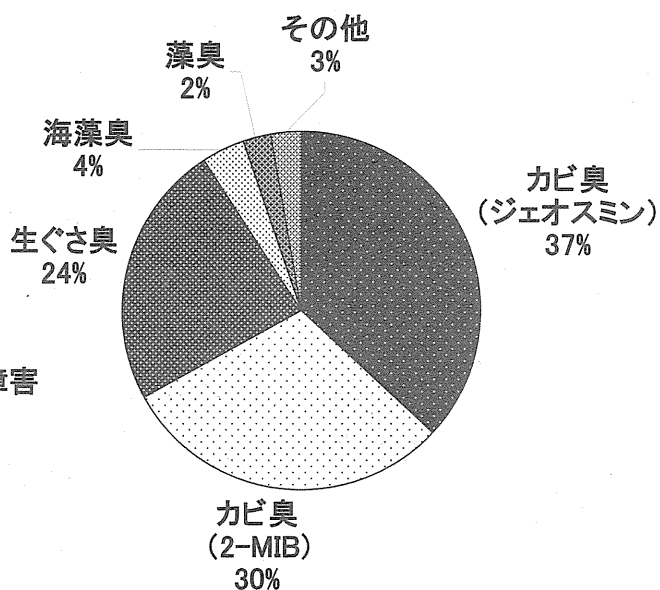


図5 異臭味（障害）の種類（事例数ベース）

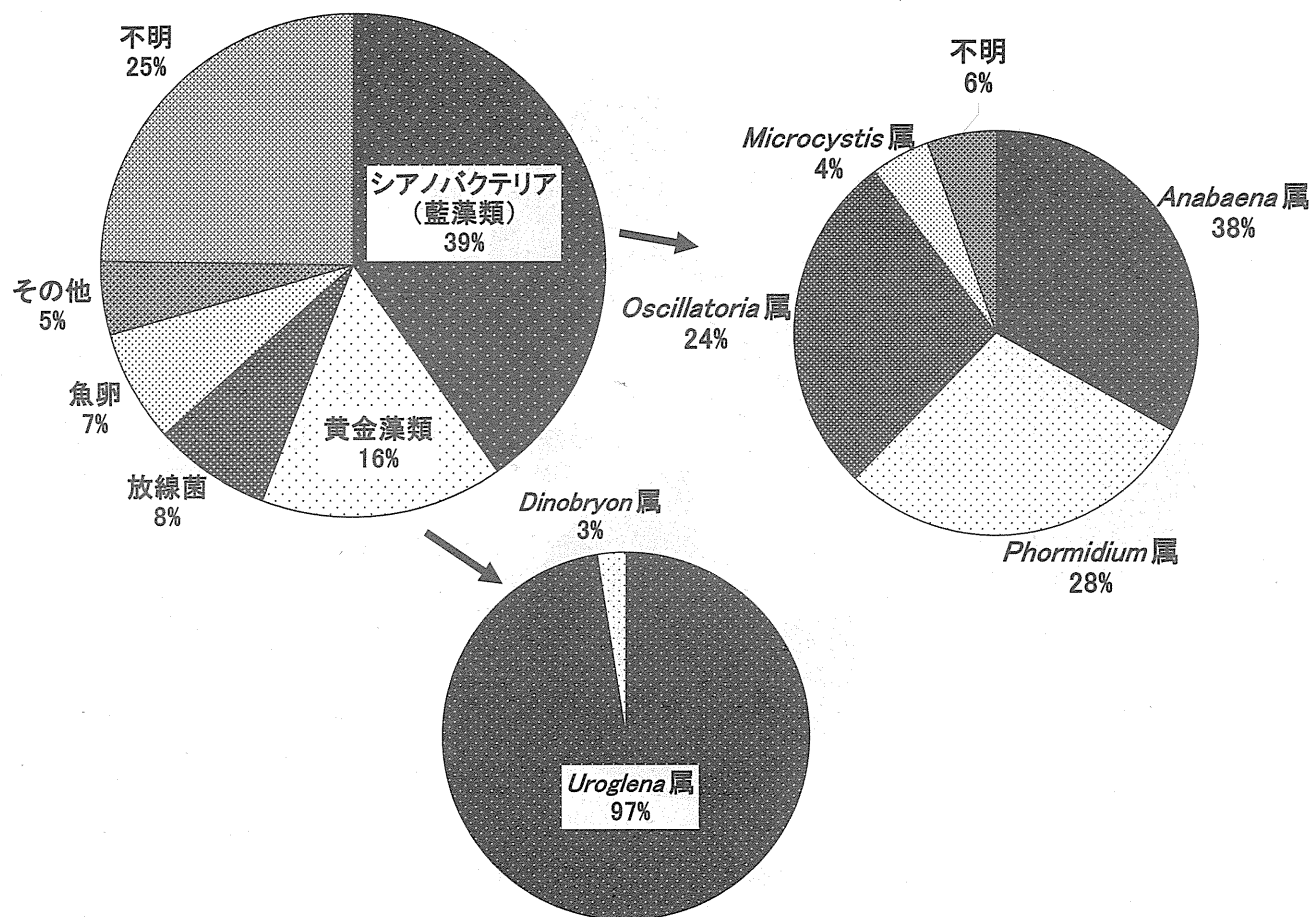


図 6 異臭味障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

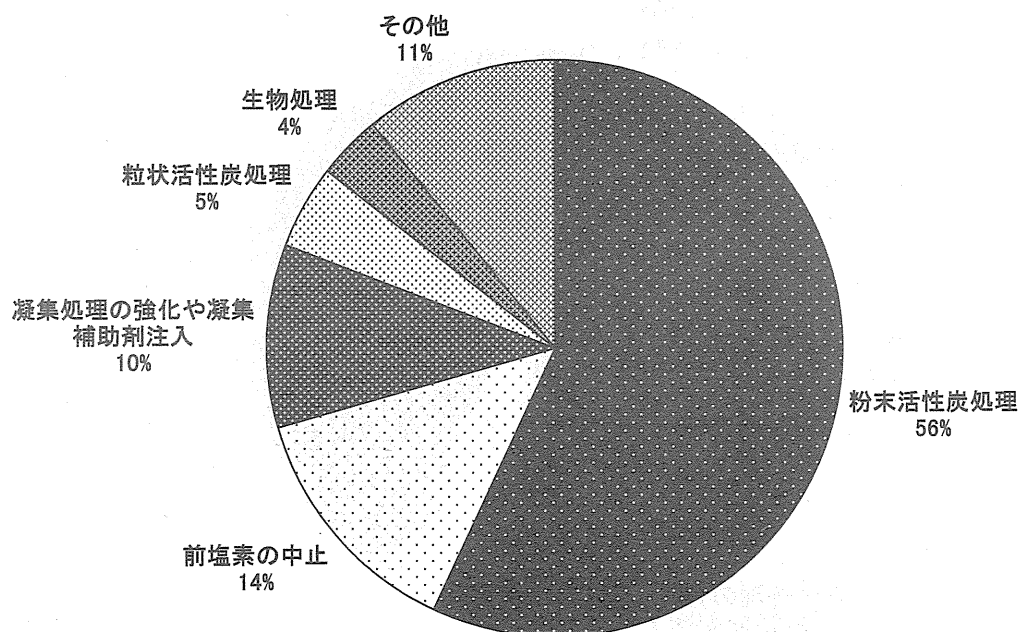


図 7 異臭味障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

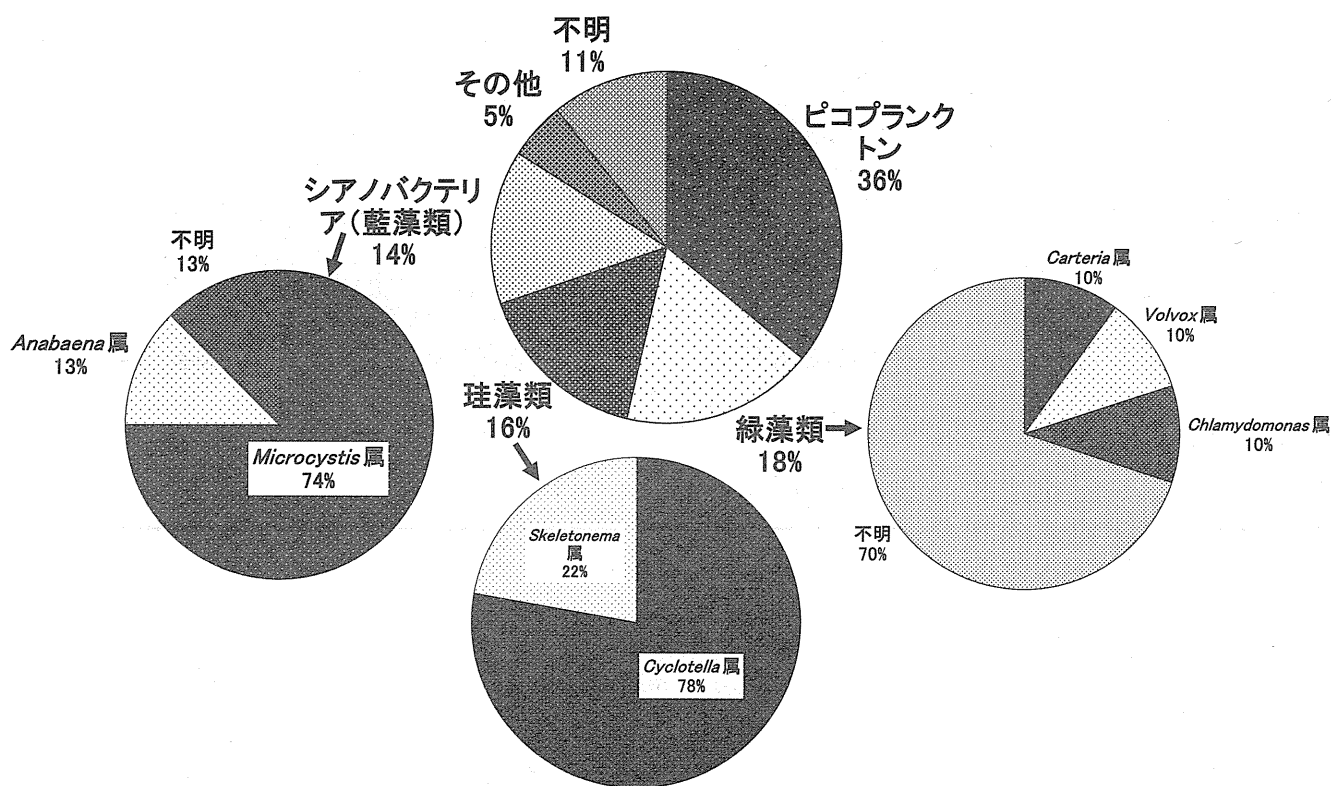


図 8 ろ過漏出障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

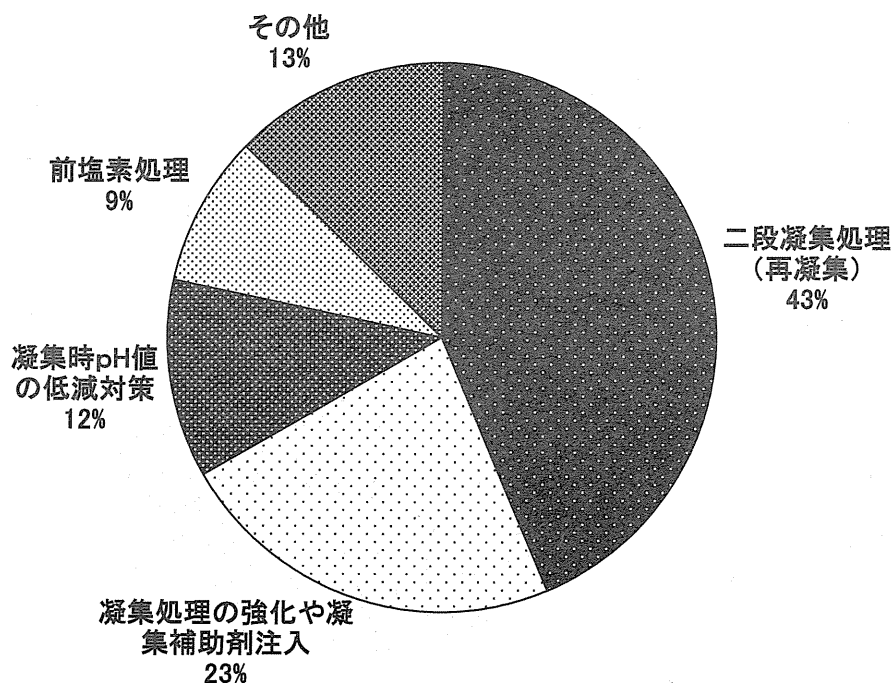


図 9 ろ過漏出障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

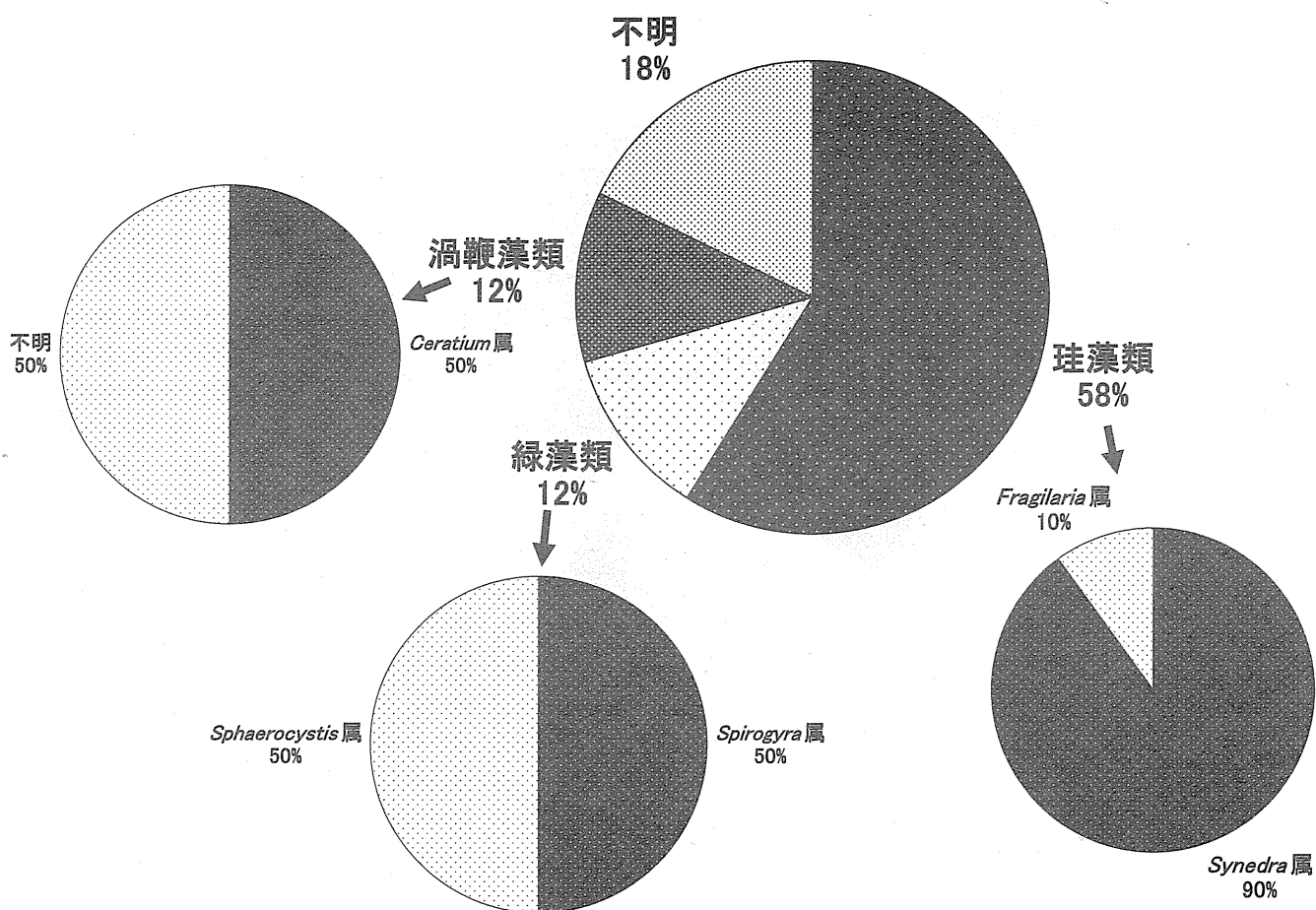


図 10 ろ過閉塞障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

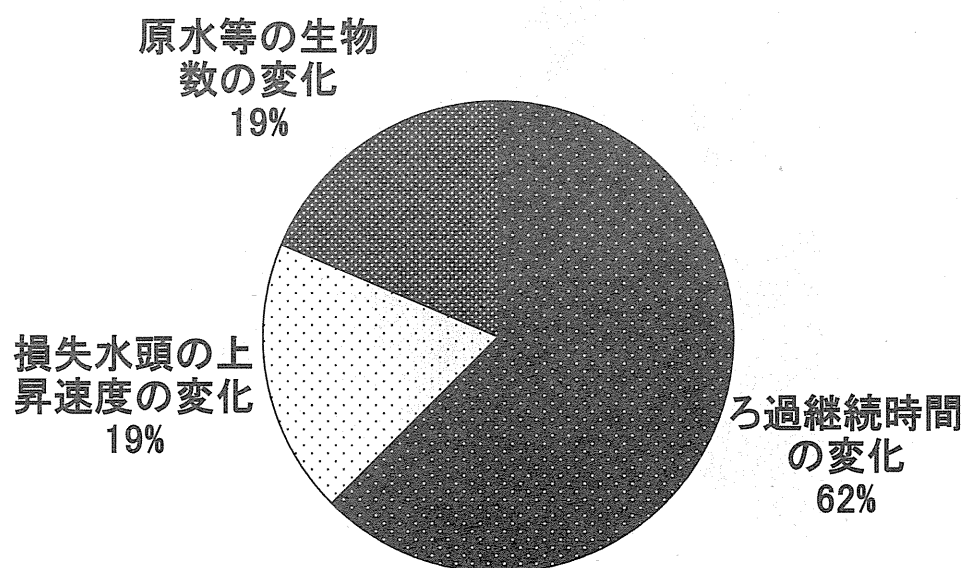


図 11 ろ過閉塞障害への対策を行う際の判断基準の内訳（事例数ベース）

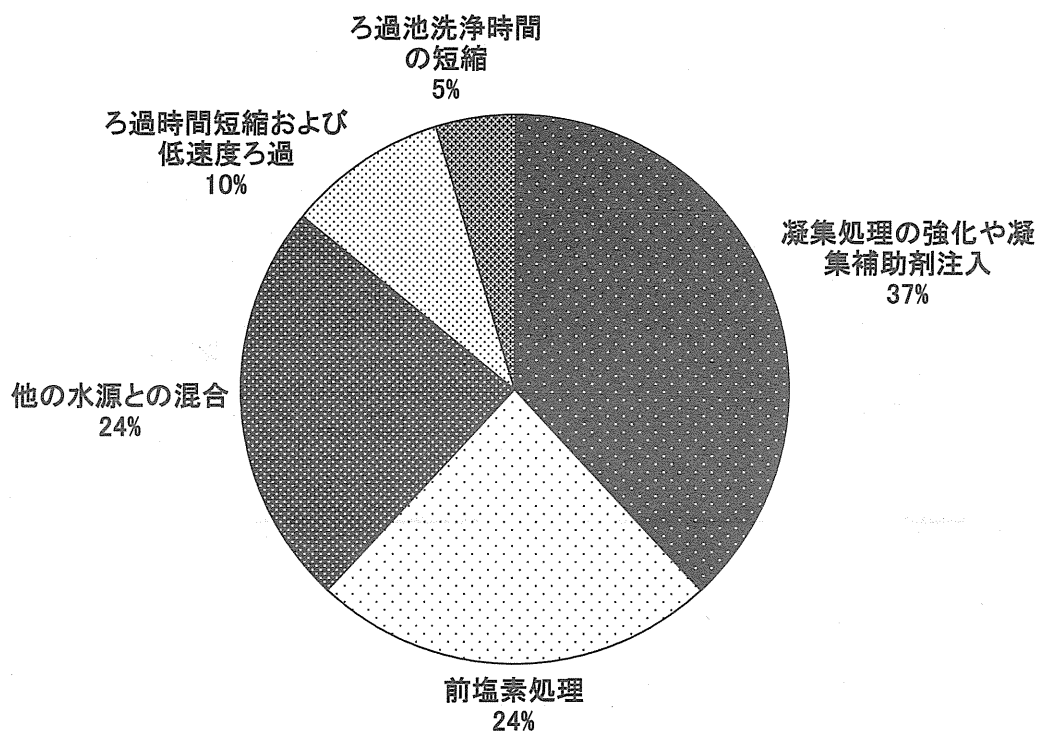


図 12 ろ過閉塞障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

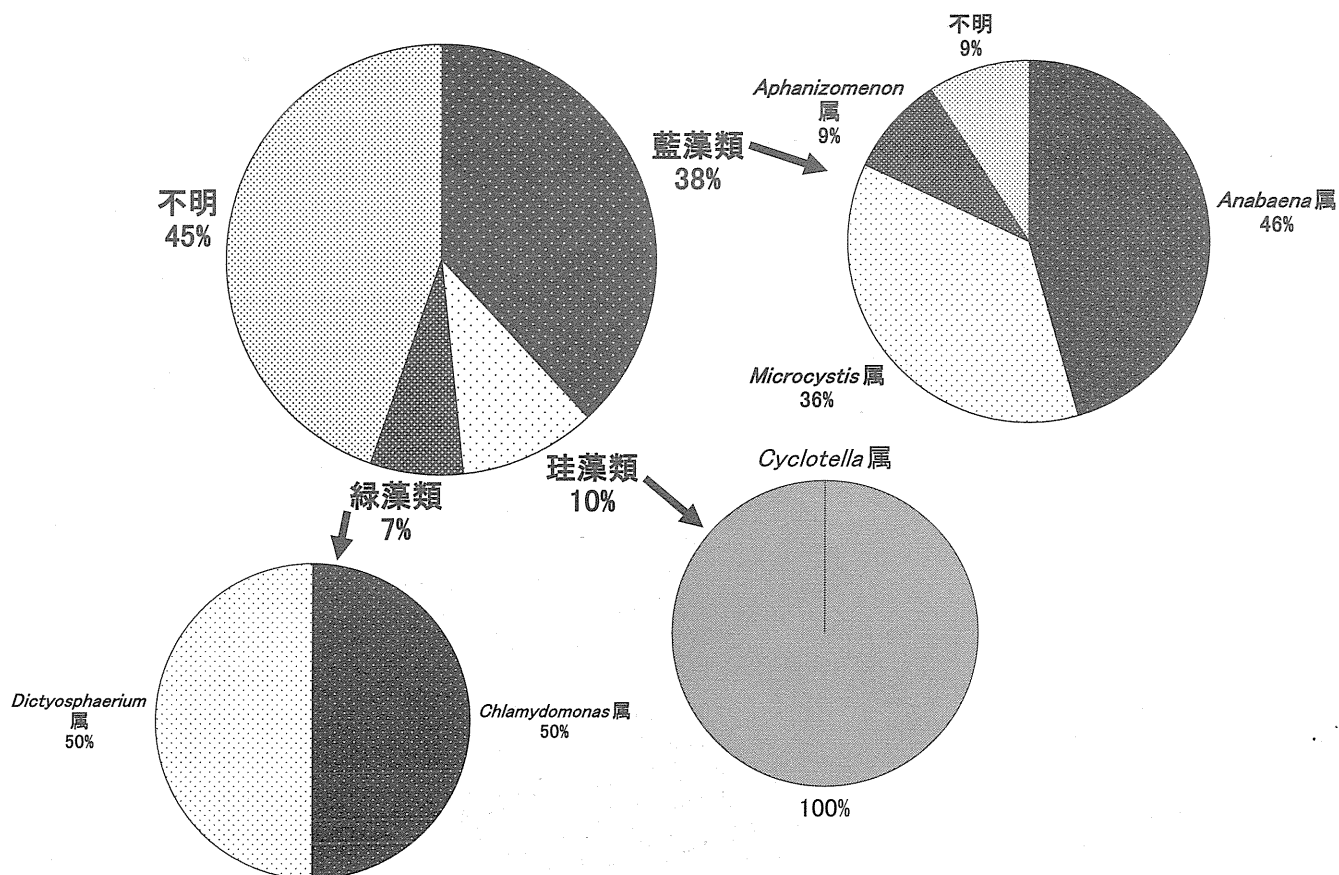


図 13 凝集沈殿処理障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

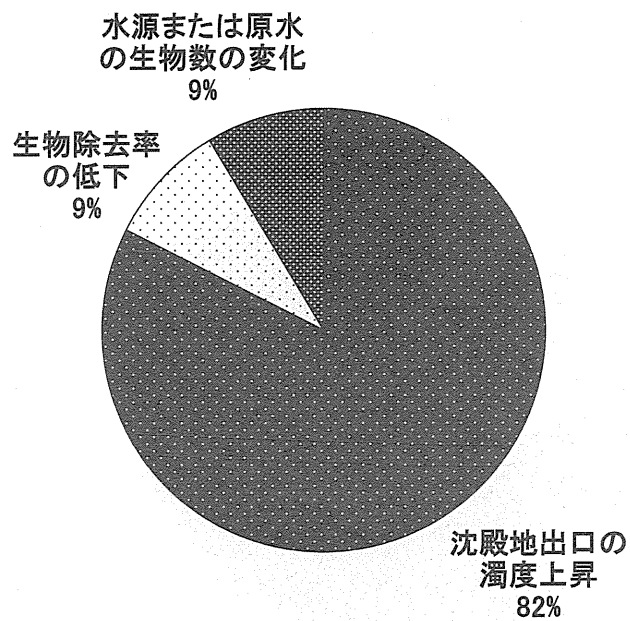


図 14 凝集沈殿処理障害への対策を行う際の判断基準の内訳（事例数ベース）

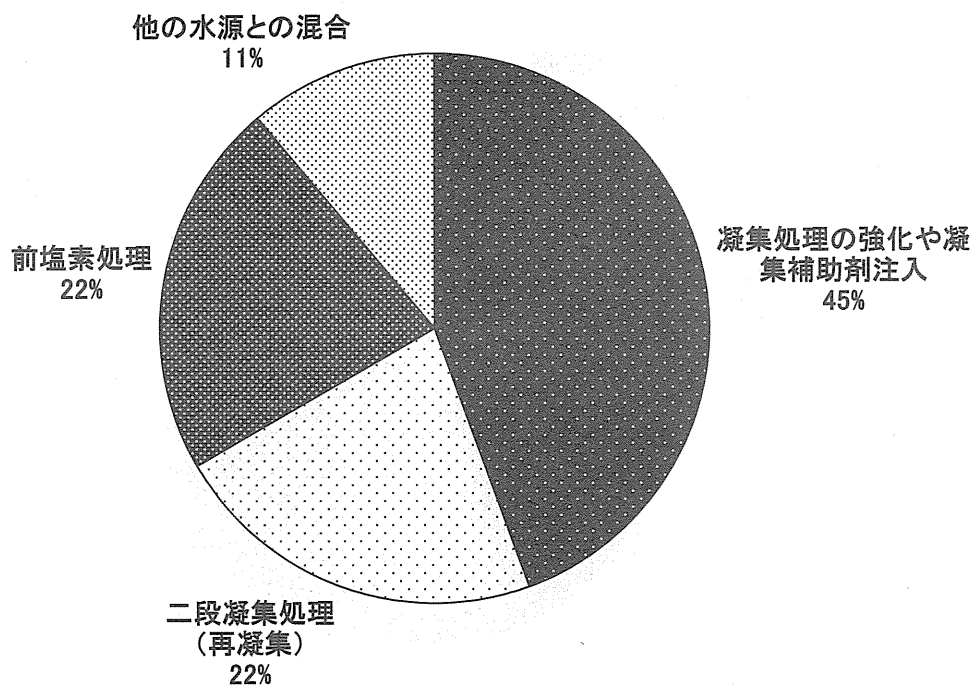


図 15 凝集沈殿処理障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

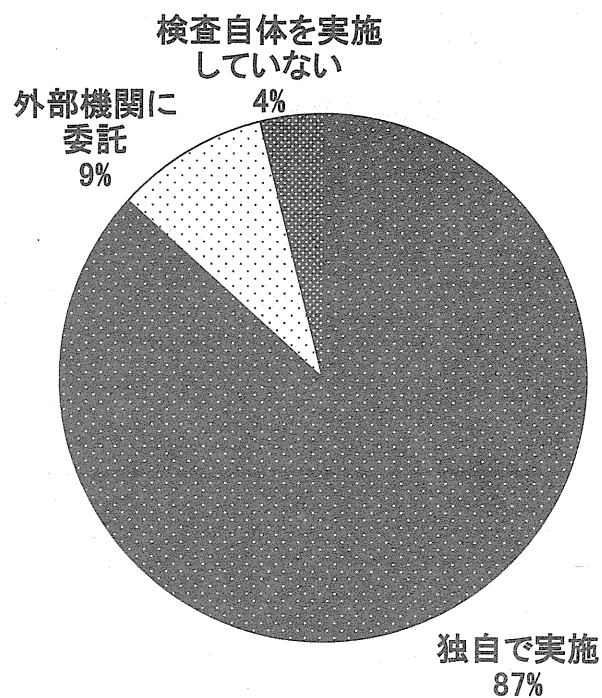


図 16 生物試験の実施状況（事業体数ベース）

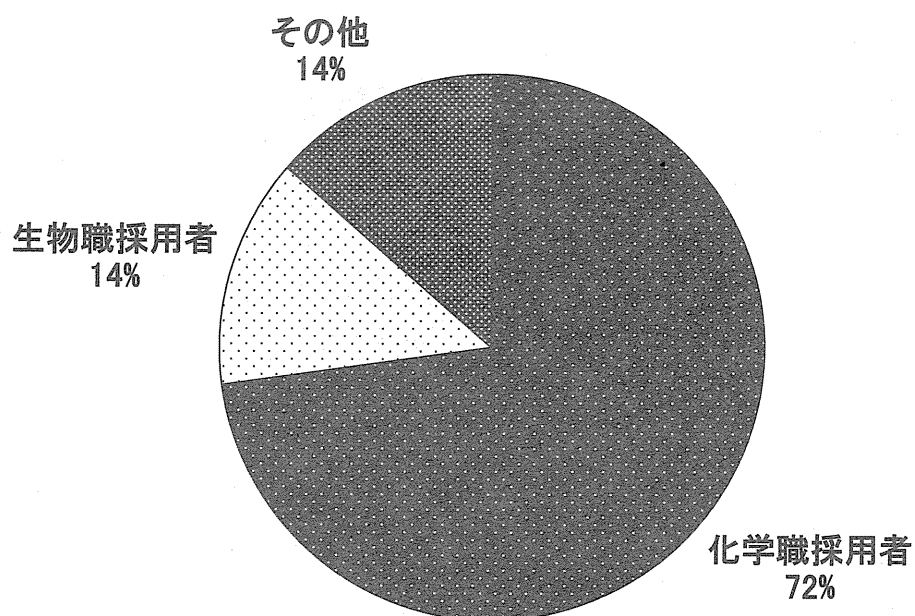


図 17 生物試験担当者の職種（事業体数ベース、複数回答あり）

分担研究報告書 2

分子生物学的手法による
ろ過漏出障害の原因生物の解明

研究分担者 藤本 尚志

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策に関する研究」
分担研究報告書

研究課題：分子生物学的手法によるろ過漏出障害の原因生物の解明

分担研究者 藤本 尚志 東京農業大学応用生物科学部醸造科学科 教授

研究要旨

ピコプランクトンとは 0.2～2 μ m のプランクトンであり、水源において細胞数が高まると、浄水場においてろ過池の出口の濁度を 0.1 度以下に維持することが困難になる。ピコプランクトンは落射蛍光顕微鏡による観察において、真核ピコ植物プランクトン(CH-type) ピコシアノバクテリア(PE-type、PC-type) に分けられる。しかしながら光学顕微鏡や落射蛍光顕微鏡による観察において、形態的な特徴に乏しく、ろ過漏出障害の原因生物は明らかとなっていない。そこで本研究では分子生物学的手法（クローン解析）により浄水場におけるろ過漏出障害原因生物の調査を行った。検出された塩基配列について相同性検索を行ったところ複数の系統に位置づけられるピコシアノバクテリアのクローンおよび緑藻綱 *Mychonastes homosphaera* に近縁なクローンが検出され、これらの微生物がろ過漏出障害の原因となる可能性が示唆された。ろ過水の生物相が多様であり、クローニングにより生物相を完全に評価できていない可能性があるため、さらに知見を集積するとともに次世代シーケンシング等による詳細な生物相評価の必要性が示唆された。

A. 研究目的

近年、湖沼・貯水池を水源とする浄水場においてピコプランクトンによるろ過漏出（濁度）障害が発生し問題となっている。これには耐塩素性病原生物であるクリプトスポリジウム及びジアルジアに関して、平成 19 年に厚生労働省が水道事業に対して義務付けた「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」において、水道原水に係るクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの程度に応じた対策を講じるよう求められていることが背景にある。クリプトスポリジウム等による汚染の対応措置として、リスク判断がレベル 4(クリプトスポリジウム等による汚染のおそれが高い)またはレベル 3(クリプトスポリジウム等による汚染のおそれがある)の場合、ろ過池またはろ過膜の出口の濁度を 0.1 度以下に維持することが可能なろ過設備（急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等）を整備することが義務付けられている。ピコプランクト

ンによるろ過漏出障害が発生すると、この対策指針に従って濁度 0.1 度以下に維持することが困難になり、浄水場では対応に苦慮している。この問題となるピコプランクトンとは 0.2～2 μ m の大きさのプランクトンを指し *Synechococcus* 属等の藍藻類と真核生物に属するものが含まれる。ピコプランクトンはこれまで落射蛍光顕微鏡による観察における蛍光の色調により 3 グループに分けて検討されているがろ過池から漏出する種に関する知見が不足しているのが現状である。そこで本研究ではピコプランクトン対策に関する基礎的知見を得ることを目的として、相模湖等を水源とする川崎市上下水道局長沢浄水場、江戸川から取水する千葉県水道局栗山浄水場、桐生川ダムを水源とする桐生市水道局上菱浄水場の各工程水を対象とし、分子生物学的手法を用いてピコプランクトンの生物相について解析した。

B. 研究方法

B-1 供試試料

2012年2月21日、3月27日、4月17日、5月24日、6月19日、7月18日、9月19日、10月17日、11月22日、12月19日に川崎市上下水道局長沢浄水場着水井、凝集沈殿池、急速砂ろ過池より採水した試料を用いた。千葉県水道局栗山浄水場各工程より2012年1月27日、8月7日、9月11日、12月17日に採水した試料を用いた。桐生川ダムを水源とする桐生市水道局上菱浄水場より、2012年6月19日に採水した原水、ろ過水を用いた。

B-2 細胞数測定方法

原水は50ml、沈殿水は200ml、ろ過水は300ml、孔径0.2 μ m メンブレンフィルターを用いて吸引ろ過を行った。ろ過したフィルターについて落射蛍光顕微鏡のB励起、G励起で20視野それぞれ写真を撮影し、PE-type、PC-type、CH-typeの細胞数を計測した。

B-3 クローニングによる生物相の解析

真核ピコプランクトンの生物相解析はLefranc ら¹⁾Richards ら²⁾に従って行った。ピコシアノバクテリアについてはIvanikova ら³⁾に従って行った。

長沢浄水場の2月から7月の試料は、試料を0.2 μ m のポリカーボネート製メンブレンフィルターを用いて吸引ろ過し集菌を行った。9月の試料からは、ナノサイズのプランクトンの除去を目的として試料を孔径5 μ m のメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過を行い、前処理を行った後、そのろ液を0.2 μ m のポリカーボネート製メンブレンフィルターを用いて吸引ろ過し集菌を行った。栗山浄水場の試料は、2012年1月は原水のみ5 μ m のメンブレンフィルターによる前処理を行った。8月以降は原水、沈殿水、ろ過水すべてについて前処理を行った。上菱浄水場の試料は原水のみ前処理を行った。集菌したフィルターを裁断して50ml 容ファルコンチューブに回収した。CTAB (Cetyltrimethyl ammonium bromide) 法により遺伝子の抽出を行った。アガロースゲル電気泳動によりゲノム DNA

の確認を行った後 PCR に供した。16S rRNA 領域の PCR には 106F および 789R のプライマーペアを用いて行い、18S rRNA 領域の PCR には 3Fphp および 1749Rphp のプライマーペアを用いた。PCR 終了後、アガロースゲル電気泳動により PCR 産物の確認を行い、切り出したゲルを QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN 社) を用いてゲル精製を行った。精製した PCR 産物を用いて TOPO TA Cloning Kit によりクローニングを行った。コロニーPCR により挿入部分の遺伝子を増幅し、RFLP 法により、グルーピングを行った。これに基づいて目視でグループ分けを行い、各グループについて塩基配列の解析を行った。クローンの塩基配列約 600 塩基もしくは 1700 塩基の前半 100~150 塩基、後半 100~400 塩基について FASTA サーチを行い、近縁種が一致するか確認を行った。一致しないものはキメラとした。その後、アライメントを行い決定した塩基配列を基に相同性検索を行った。

C. 研究結果

C-1 長沢浄水場

落射蛍光顕微鏡によって観察したところ、ろ過水に存在するピコ植物プランクトンはピコシアノバクテリアであり、月によっては真核ピコ植物プランクトンが存在することが明らかとなった (写真 1、2)。原水におけるピコシアノバクテリア (PE-type, PC-type) は、 $10^2 \sim 10^3$ cells/ml のオーダーを推移した。7月に原水の CH-type が 1.1×10^4 cells/ml にまで増加し、ろ過水において 2×10^3 cells/ml 検出された。原水、沈殿水はほぼ全ての試料において DNA 抽出および PCR による 16S rRNA の増幅が見られたが、ろ過水の試料では3月および10月試料でのみ 16S rRNA の増幅がみられた。これは試料中のピコシアノバクテリアの細胞数が少なく、ゲノム DNA の抽出が不十分だったためと考えられた。7月試料までは孔径5 μ m メンブレンフィルターによるナノプランクトンの除去を行っていなかったために、ナノプランクトンの葉緑

体が多く検出された(表 1)。9 月以降の試料より、5 μ m メンブレンフィルターによる前処理を行ったため、ナノプランクトンの葉緑体が検出される頻度が減少した。ろ過水では、*Synechococcus* sp. MH305、*Synechococcus* sp. MA0607K、*Synechococcus* sp. 0BB26S03、*Synechococcus* sp. LBB3 に近縁な微生物が検出され、ろ過漏出障害の原因となる可能性が示唆された。Uncultured cyanobacterium clone TH_d331 や Uncultured cyanobacterium clone TH_c210 は真核生物の葉緑体と考えられた。7 月にはろ過水中に真核のピコプランクトンが多くみられたことから真核ピコプランクトンをターゲットとした解析を行った。原水ではクリプト植物門ゴニオモナス綱 *Goniomonas* sp. ATCC 50108 に、沈殿水では繊毛虫門旋毛綱 *Tintinnidium* sp. 1LS-2012 に、ろ過水では緑藻植物門緑藻綱 *Mychonastes homosphaera* に近縁なクローンが多く検出された(表 2)。*M. homosphaera* は桐生市水道局元宿浄水場のろ過水からも検出されており、主要なろ過漏出障害原因生物と考えられた。

C-2 栗山浄水場

8 月 7 日及び 9 月 11 日の栗山浄水場原水において PC-type の細胞数が極めて多く(写真 3)、PE-type、PC-type の合計が 10⁵cells/ml となった。冬季には減少し、12 月 17 日では検出限界以下となった。クローニングを行った結果、ろ過水の生物相を解析できたのは 2012 年 1 月のみで、他の月は落射蛍光顕微鏡によってピコシアノバクテリアを確認できるものの(写真 4)、PCR による増幅が見られなかった。Uncultured *Synechococcus* sp. clone LS38 は 1 月の原水、沈殿水、ろ過水と全ての工程から検出され、ろ過漏出障害の原因となる可能性が示唆された(表 3)。8 月および 9 月の栗山浄水場原水において *Synechococcus* sp. PS721、*Synechococcus* sp. 0BB23S03 に近縁なクローンが検出され、これらは夏季に細胞数が増加することが考えられた。

また、1 月のろ過水から *Pseudanabaena* 属に近縁なクローンが検出され、原水では検出さ

れなかったことから施設由来の生物であることが示唆された。

C-3 上菱浄水場

細胞数は原水において 7.2 $\times$ 10⁴cells/ml、ろ過水において 1.9 $\times$ 10⁴cells/ml であった。また、細胞の特徴として、桿菌の PE-type と球菌の PE-type の両方が観察された(写真 5、6)。原水において *Synechococcus* sp. MH305 および *Synechococcus* sp. MH301 に近縁なピコシアノバクテリアが多く検出された(表 4)。MH305 桿菌、MH301 は球菌であることが報告されているため⁴⁾、顕微鏡観察結果との整合性がみられた。ろ過水において球状の細胞が観察されるが、MH301 に近縁なピコシアノバクテリアは検出されなかった(表 5)。これは細菌が多く検出されたため、ピコシアノバクテリアの生物相を完全に評価できていないことが原因の一つと考えられた。

D. 考察

長沢浄水場 3 月のろ過水において *Synechococcus* sp. MH305 が検出されたが、原水、沈殿水では検出されなかった。これは、約 50 クローンの解析のため、真核生物の葉緑体や細菌を検出し、ピコシアノバクテリアの生物相を完全に評価できていない、*Synechococcus* sp. MH305 に近縁な微生物がろ過池を通過しやすい、ろ過池に蓄積されていた *Synechococcus* sp. MH305 に近縁な微生物が漏出していることが可能性として考えられた。長沢浄水場、栗山浄水場、上菱浄水場のろ過水において検出されたクローンの 16S rRNA に基づく系統樹を図 1 に示す。MH305 クラスター、LBB3 グループ、groupE、PD II に位置づけられるクローンおよび、groupA と分岐する新規性の高い系統に位置づけられるクローンが存在することが明らかとなった。浄水場工程水の生物相評価において葉緑体や、細菌が多く検出されることがあり、ピコシアノバクテリアの生物相を完全に評価できていないことが示唆された。さらに調査を継続し知見を集積するとともに、解析するクローン数の増加、PCR 条件の検討お

よび次世代シーケンスによる評価の必要性が示唆された。

E. 結論

クローニングにより浄水場工程水の生物相解析を行ったところ浄水場ろ過水から複数の系統に位置づけられるピコシアノバクテリアが検出され、ろ過漏出障害の原因生物となる可能性が示唆された。さらに真核生物では緑藻植物門緑藻綱 *Mychonastes homosphaera* に近縁なクローンがろ過水から検出され、ろ過漏出障害の原因生物となる可能性が示唆された。

G. 研究発表

1) 論文発表

・藤本尚志, 村田昌隆, 大西章博, 鈴木昌治, 矢島 修, 岸田直裕, 秋葉道宏. 分子生物学的手法による浄水場における濁度障害原因生物の解明. 水道協会雑誌 (印刷中)

2) 学会発表

・横山友紀, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 蘭勝司, 岸田直裕, 秋葉道宏. 分子生物学的手法による宮ヶ瀬湖におけるピコシアノバクテリア群集構造解析と変動要因の評価. 第47回日本水環境学会年会; 2013年3月; 大阪

・大谷将太郎, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 山口茂, 岸田直裕, 秋葉道宏. 分子生物学的手法による草木湖におけるピコシアノバクテリア群集構造解析. 第47回日本水環境学会年会; 2013年3月; 大阪.

・石原匠, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 山口茂, 岸田直裕, 秋葉道宏. 分子生物学的手法による草木湖における真核ピコプランクトンの生物相の解析. 第47回日本水環境学会年会; 2013年3月; 大阪.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

該当なし

I. 参考文献

1) Lefranc, M., Thenot, A., Lepere, C. and Debroas, D., Genetic diversity of small eukaryotes in lakes differing by their trophic status, *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 5935-5942 (2005).

2) Richards, T.A., Vepritskiy, A. A., Gouliamova, D. E. and Nierzwicki-Bauer, S. A., The molecular diversity of freshwater picoeukaryotes from an oligotrophic lake reveals diverse, distinctive and globally dispersed lineages, *Environmental Microbiology*, 7, 1413-1425 (2005).

3) Ivanikova, N. V., Popels, L. C., McKay, R. M. L., Bullerjahn, G. S., Lake Superior supports novel clusters of cyanobacterial picoplankton, *Applied and Environmental Microbiology*, 73, 4055-4065 (2007).

4) Crosbie, N. D., Pöckl, M., Weisse, T., Dispersal and Phylogenetic Diversity of Nonmarine Picocyanobacteria, Inferred from 16S rRNA Gene and *cpcBA*-Intergenic Spacer Sequence Analyses, *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 5716-5721 (2003).

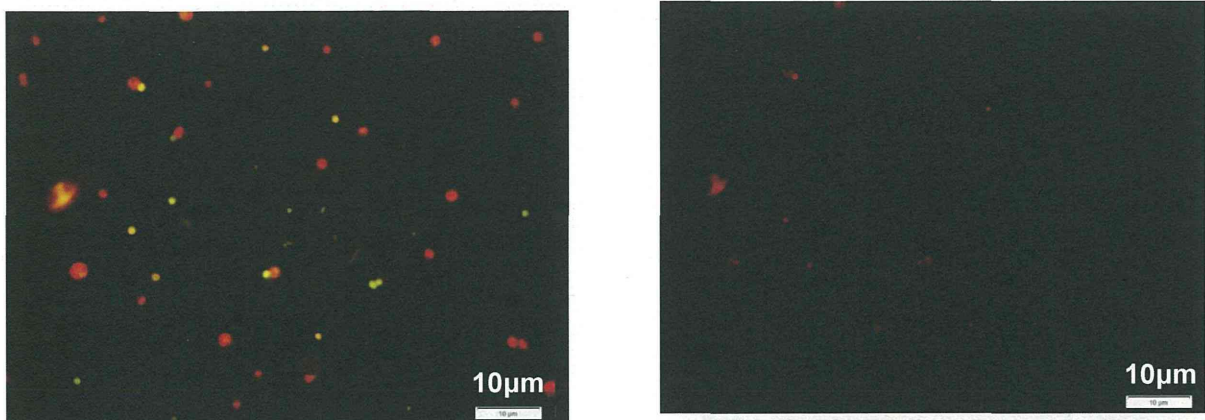


写真 1 長沢浄水場ろ過水の落射蛍光顕微鏡観察写真（7 月 18 日左：B 励起 右：G 励起）

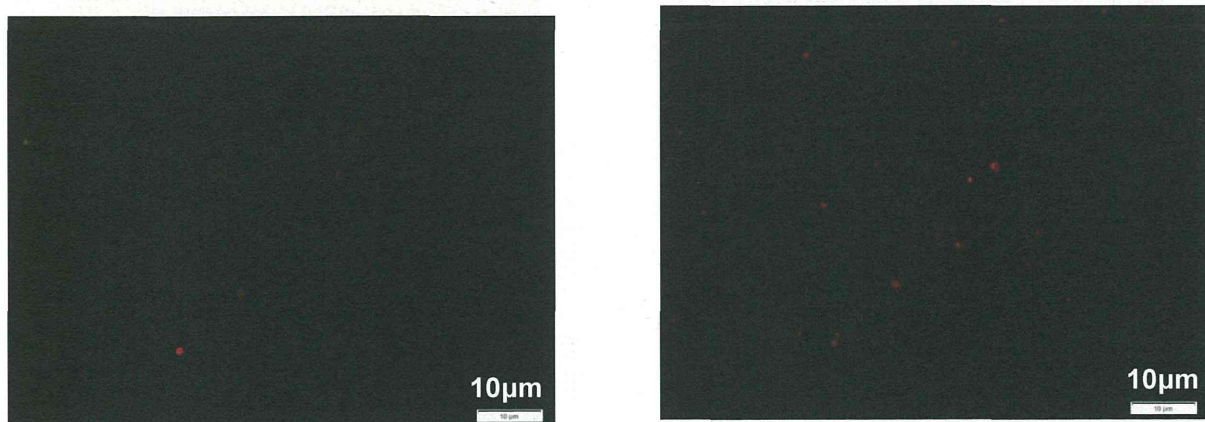


写真 2 長沢浄水場ろ過水の落射蛍光顕微鏡観察写真（10 月 17 日左：B 励起 右：G 励起）

表 1 長沢浄水場工程水で検出されたクローンの近縁種

近縁種	原水											沈殿水											ろ過水										
	2	3	4	5	6	7	9	10	11			2	3	4	5	6	7	9	10	11			2	3	4	5	6	7	9	10	11		
<i>Synechococcus</i> sp. MH305																																	
<i>Synechococcus</i> sp. MW76B2																																	
<i>Synechococcus</i> sp. MW28B3																																	
<i>Synechococcus</i> sp. MW6B4																																	
<i>Synechococcus</i> sp. MA0607K																																	
<i>Synechococcus</i> sp. 0BB26S03																																	
<i>Synechococcus</i> sp. PS717																																	
<i>Synechococcus</i> sp. LBB3																																	
<i>Synechococcus rubescens</i> SAG 3.81																																	
Uncultured cyanobacterium clone TH_c145																																	
Uncultured cyanobacterium clone TH_f17																																	
Uncultured cyanobacterium clone TH_d221																																	
Uncultured cyanobacterium clone TH_d331																																	
Uncultured <i>Synechococcus</i> sp. clone LS51_PD_Sep_5m_7-E3																																	
<i>Cryptomonas curvata</i> (葉緑体)																																	
<i>Thalassiosira pseudonana</i> isolate C11 (葉緑体)																																	
<i>Thalassiosira gravida</i> isolate C140 (葉緑体)																																	
<i>Dinophysis norvegica</i> strain norvCC04 (葉緑体)																																	
<i>Dinophysis acuta</i> strain acutNP09 (葉緑体)																																	
<i>Synedra acus</i> (葉緑体)																																	
<i>Melosira varians</i> (葉緑体)																																	
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (葉緑体)																																	
<i>Cymbella affinis</i> strain NJCA38 (葉緑体)																																	
<i>Chlorophyta symbiont of Lubomirskia</i> sp. Isolate R65 (葉緑体)																																	
<i>Asterionella ralfsii</i> clone D44 30 (葉緑体)																																	
<i>Aulacoseira granulata</i> var. angustissima isolate C104 (葉緑体)																																	
<i>Limnithrix redekei</i> CCAP 1443/1 (葉緑体)																																	

表 2 長沢浄水場ろ過水で検出された真核生物のクローンの近縁種

OTUs	クローン数	近縁種	分類	相同性(%)
NR1JUL2012	28	<i>Mychonastes homosphaera</i>	緑藻植物門	99.3
NR2JUL2012	2	<i>Chlamydomonas orbiculans</i>	緑藻植物門	98.7
NR3JUL2012	2	<i>Carteria lunzensis</i> strain SAG 8-3	緑藻植物門	96.9
NR4JUL2012	1	<i>Mychonastes zofigiensis</i> strain CAUP H6503	緑藻植物門	99.6
NR5JUL2012	1	<i>Scenedesmus obliquus</i>	緑藻植物門	99.9

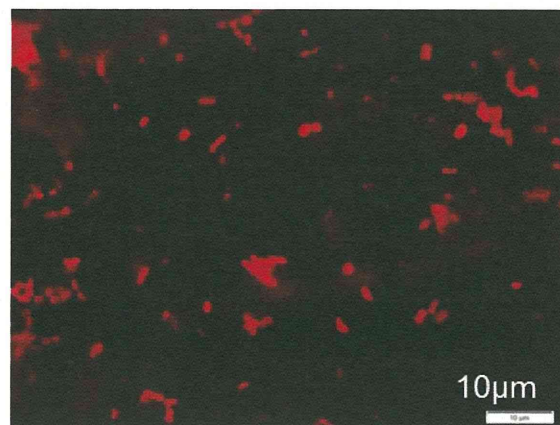
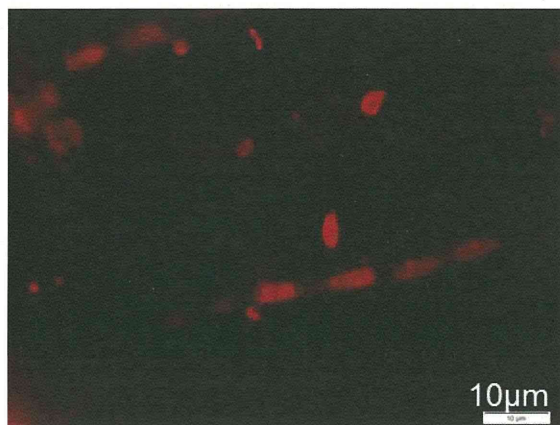


写真 3 栗山浄水場原水の落射蛍光顕微鏡写真（9 月 11 日左 B 励起、右 G 励起）

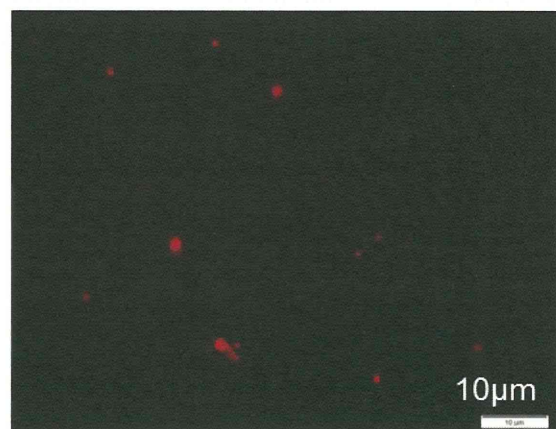
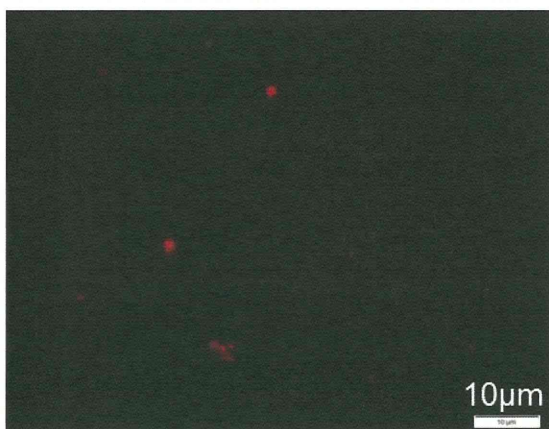


写真 4 栗山浄水場ろ過水の落射蛍光顕微鏡写真（9 月 11 日左 B 励起、右 G 励起）

表 3 栗山浄水場工程水で検出されたクローンの近縁種

分類	近縁種	相同性(%)	採水日					
			1月27日 原水	沈殿	ろ過	8月7日 原水	9月11日 原水	12月17日 原水
藍藻綱	Uncultured <i>Synechococcus</i> sp. clone LS38	99.8	4	5	8			
	<i>Synechococcus</i> sp. PS721	99.0～99.4				5	3	
	<i>Synechococcus</i> sp. OBB26S03	99.2～99.4				2	3	
	<i>Synechococcus</i> sp. Otu30s01	98.9					2	
	<i>Merismopedia</i> sp. CENA106	98.5					1	
	<i>Pseudanabaena</i> sp.ABRG5-3	97.9			15			
	Uncultured cyanobacterium clone TH_f35	88.1	6					
	Uncultured cyanobacterium clone TH_h29	99.7		3				
	Uncultured cyanobacterium clone LK1mC-3	98.8～99.5		1			2	
	Uncultured cyanobacterium clone LPR90	99.8			10			
渦鞭毛藻綱	Uncultured cyanobacterium clone balF5	99.3			1			
	<i>Dinophysis acuta</i> strain acutNP09	99.2						2
珪藻綱	Uncultured diatom clone f3R-8	93.7～94.5	4					2
	<i>Thalassiosira gravida</i> isolate C140	99.0					6	
	<i>Skeletonema subsalsm</i> isolate C105	99.5					22	
	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	99.2						2
真正眼点藻綱	<i>Nannochloropsis oleanica</i> isolate NABC1031	98.9		9				
クリプト藻綱	<i>Cryptomonas curvata</i> plastid	95.1～99.4	1	30	5		1	8
	<i>Chroomonas</i> sp. SAG980-1	98.5～98.7						2
	細菌		33			44	11	30

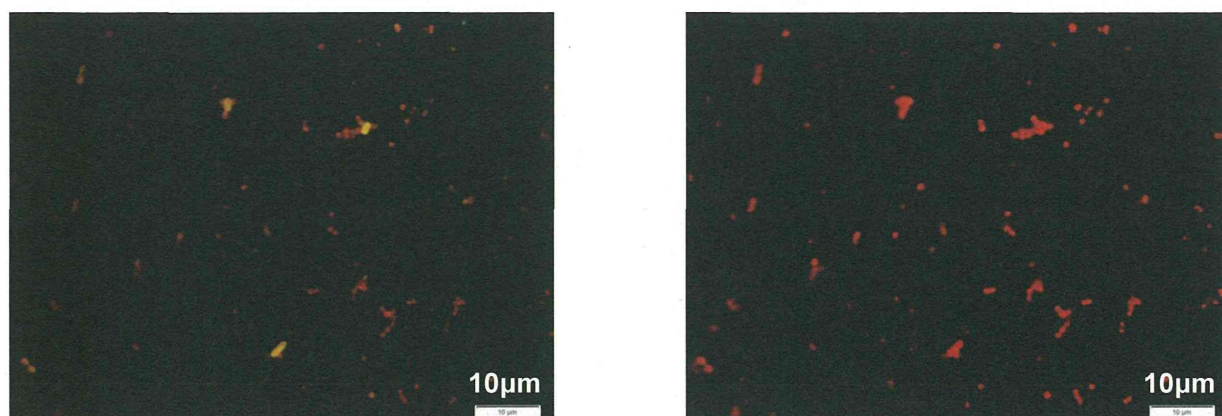


写真 5 上菱浄水場原水の落射蛍光顕微鏡写真（6 月 19 日左 B 励起、右 G 励起）

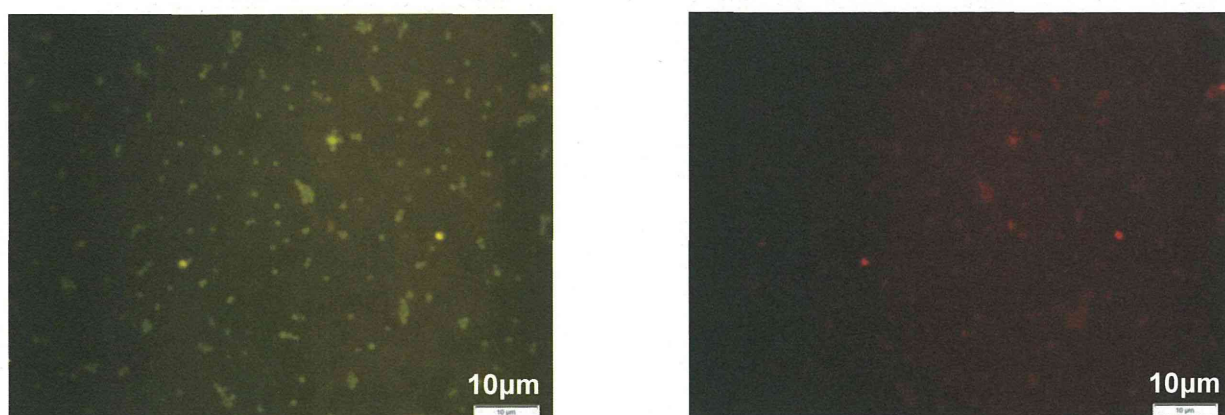


写真 6 上菱浄水場ろ過水の落射蛍光顕微鏡写真（6 月 19 日左 B 励起、右 G 励起）

表 4 上菱浄水場原水から検出されたクローンの相同性検索結果

OTU	クローン数	近縁種	相同性(%)
KBG1JUN2012	18	<i>Synechococcus</i> sp. MH305	99.8
KBG2JUN2012	23	<i>Synechococcus</i> sp. MH301	99.7
KBG3JUN2012	2	<i>Synechococcus</i> sp. MW76B2	99.5
細菌	3	Verrucomicrobia bacterium	98.0
葉緑体	2	真核生物の葉緑体	99.2

表 5 上菱浄水場ろ過水から検出されたクローンの相同性検索結果

OTU	クローン数	近縁種	相同性(%)
KBR1JUN2012	7	<i>Synechococcus</i> sp. MH305	99.7
KBR2JUN2012	1	<i>Synechococcus</i> sp. PCC7009	98.0
KBR3JUN2012	4	<i>Pseudanabaena</i> sp. ABRG5-3	96.7
細菌	24	Verrucomicrobia bacterium	99.5
葉緑体	10	真核生物の葉緑体	99.0

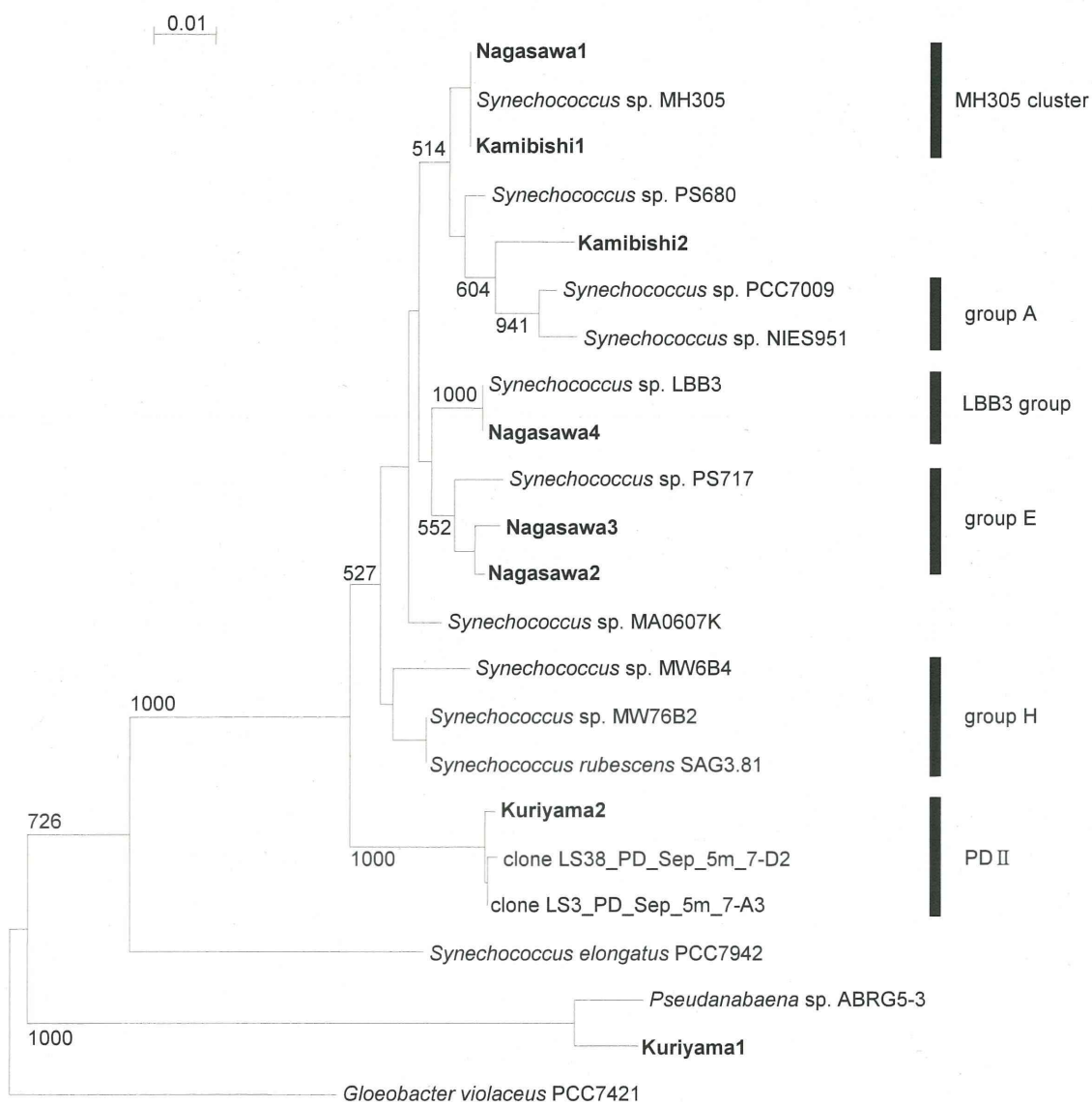


図1 浄水場ろ過水から検出されたクローン(OTU)の16S rRNAに基づく系統樹
約 560 塩基に基づいて作成

水道水源における障害生物の
発生実態の把握と発生抑制手法の検討
(水道水源における障害生物の発生実態)

研究分担者 柳橋 泰生

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策に関する研究」
分担研究報告書

研究課題：水道水源における障害生物の発生実態の把握と発生抑制手法の検討
(水道水源における障害生物の発生実態)

分担研究者 柳橋 泰生 福岡女子大学国際文理学部環境科学科 教授

研究要旨

水道における障害生物として、上水試験方法（2011 年版）に掲載されている「水道における試験対象生物（障害生物）」のうち、植物プランクトンについて、水資源機構が管理しているダム・堰における発生状況を解析した。対象とした生物は、藍藻類 10 種類、珪藻類 11 種類、緑藻類 23 種類、クリプト藻類 1 種類、黄金藻類 4 種類、渦鞭毛藻類 2 種類、ユーグレナ藻類 2 種類の計 53 種類である。22 のダムおよび 4 つの河口堰の貯水池では、ほぼ毎月植物プランクトンの種別調査が行われている。平成 20 年から平成 22 年の 3 年間の出現状況を解析した。平均すると、各ダム・河口堰において 31 種類の解析対象生物が観察された。また、32 種類の生物が半分以上のダム・河口堰で観察された。最も多くの解析対象生物が観察されたのは、寺内ダム（福岡県）および利根川河口堰の 39 種類であり、味噌川ダム（長野県）が 17 種類と最も少なかった。

A. 研究目的

国内広範囲のダム貯水池を対象として、過去に発生した障害生物叢の変遷を調査し、近年の障害生物の発生傾向を把握する。

日本水道協会の上水試験方法（2011 年版）では、生物が水道システムに及ぼす危害のうち、非病原生物によって、水質基準不適となる、水道水の品質が低下する、又は水道システムの運転管理上の問題が引き起こされること等により、何らかの対策が必要になることを生物障害と定義し、当該の対策が必要な状況に関係する生物を障害生物と定義している。生物障害の種類については、浄水施設の運転管理に係る障害として凝集沈殿処理障害、ろ過閉塞障害、ろ過漏出障害の 3 障害、給水栓における水道水の品質に係る障害として異臭味障害、浄水着濁障害、浄水着色障害、肉眼的生物の流出障害の 4 障害、そしてどちらにも当てはまらないその他の障害に分類されるとしている¹⁾。それぞれの障害の定義等については、上水試験方法（2011 年

版）や「生物障害を起こさないための浄水処理の手引き」（日本水道協会）²⁾に述べられているが、その概要は次のとおりである。

凝集沈殿処理障害は、生物が直接的又は間接的に関与して、凝集沈殿処理が悪化し、通常の凝集剤使用量では、原水中の生物等の懸濁物質の多くが、沈殿処理水に残存してしまう現象である。原因として、生物が直接関与するものとしては、鞭毛運動あるいは一部珪藻類にみられる滑走運動等により、藻類が一度凝集捕捉されたブロック中から抜け出してしまふ現象や、光合成に伴う気泡発生により、ブロックに強い浮上性が生じて藍藻類のようにスカム状となって水面へ浮上してしまふ現象がある。間接的に関与するものとしては、藻類が産生する、または藻体由来する有機物質により無機系凝集剤の凝集が阻害される、又は藻類の光合成に伴い水中の遊離炭酸が失われ、原水 pH 値の上昇でアルミニウム系凝集剤の凝集至適 pH 値を超えてしまふ、凝集沈殿が悪化して沈殿処理水中の懸