

ダム貯水池におけるフォルミジウム由来カビ臭発生機構の検討

A Study of Musty Odor Caused by *Phormidium Tenue* in Dam Reservoir

横山 洋* 山下 彰司**

Hiroshi YOKOYAMA and shoji YAMASHITA

本研究で対象としている滝里ダムでは、2002年から04年にかけて、夏季にカビ臭発生が確認されている。滝里ダムのカビ臭は、貯水池内で藍藻類の一種である *Phormidium tenue* (フォルミジウム)が増殖し、2-メチルイソボルネオール(2-MIB)が生成されたのが原因と推定されている。現在のところ、フォルミジウム増殖のきっかけとなる因子は明確ではなく、今後、効果的なカビ臭抑制対策の検討を行うにあたり、カビ臭発生のきっかけとなる条件解明が必要である。

本研究では、様々な条件下で藻類増殖試験を行った。最初に出水がフォルミジウムの増殖に及ぼす影響を把握するため、河川水と湖水を混合してフォルミジウム単種培養試験を行った。その結果流入河川水のSSに含まれるリンがフォルミジウム増殖に寄与することが示された。また現地湖水中に含まれる混合藻類で培養試験を行った。その結果、窒素リン比(N/P)が比較的 low、リン濃度が高い場合に藍藻類及びフォルミジウムの増殖が進むことが示された。

《キーワード：ダム貯水池；カビ臭；2-メチルイソボルネオール(2-MIB)；フォルミジウムテヌエ；藻類増殖試験；浮遊物質(SS)；窒素リン比(N/P)》

In Takisato dam reservoir, musty odor of 2-Methylisoborneol (2-MIB) has increased in summer from 2002 to 2004. It is estimated that 2-MIB was generated by proliferation of *Phormidium tenue* in the dam reservoir. The peak of 2-MIB is different in each year and lower than threshold level in some years. It is important to determine the trigger of outbreak of musty odor.

First AGP test of *Phormidium tenue* were carried out on the medium consisting of dam water and suspended solid from inflow river. In this test, phosphorous that was included in suspended solid of inflow river contributed the growth of *Phormidium tenue*. Then AGP tests of mixture algae using on-site sample of dam water were carried out. The growth rate of cyanobacteria and *Phormidium tenue* were higher under lower ratio of nitrogen and phosphorus (N/P), higher concentration of phosphorus.

《Keywords: Dam reservoir; Musty odor; 2-Methylisoborneol (2-MIB); *Phormidium tenue*; AGP test; Suspended Solid (SS); ratio of nitrogen and phosphorus (N/P)》

1. はじめに

ダム貯水池をはじめとする水道水源におけるカビ臭発生は、多くの事例が報告されている。カビ臭物質としては、ジオスミンや2-メチルイソボルネオール(以下2-MIBと略記する)が確認されており、水滞留域への汚濁負荷の流入による植物プランクトンの増加や放線菌の増殖がその発生原因とされている。これらのカビ臭物質は5~10ng/L程度の低濃度であっても人間に感知されやすい。水源からのカビ臭除去には、活性炭投入や高度浄水処理等の対策が必要となる場合もあり、水道事業者への負担増につながるものが懸念される。そのため、カビ臭発生傾向が見られる水源から水道水を供給する事業者にとり、カビ臭の抑制とその対策は重要な問題といえる。

本研究で対象としている滝里ダムは、石狩川水系空知川に建設された多目的ダムであり、下流への水道用水の供給を目的の1つとしている。滝里ダムでは、1999年のダム完成から3年後である2002年6月に、下流の水道利用者から水道事業者に対して異臭味に関する苦情が寄せられた。その後03年、04年にも8月上旬~9月下旬にかけてカビ臭濃度上昇が確認された。滝里ダム管理所で実施した調査によると、滝里ダムでのカビ臭は藍藻類の一種である *Phormidium Tenue* (以下、特に断らない場合「フォルミジウム」と記す)がダム湖内で増殖する際に生成する2-MIBが原因と推定されている¹⁾。

滝里ダムにおける2-MIB発生状況とそのメカニズムについては、現在までに様々な調査及び研究が進められてきている。高田らは滝里ダム流域の汚濁負荷量を取りまとめ、貯水池へのオルトリン酸態リンやアンモニア態窒素による負荷は、農地利用の進んだ支川の富良野川流域が占める役割が大きいことを示している²⁾。また杉原らはフォルミジウム増殖時の2-MIB発生現象を取り込んだ水質予測モデルを構築しており、カビ臭発生年における水質現象を評価している³⁾。これらの研究により、ダム湖への負荷流入状況把握や、発臭性藻類が初期状態で存在しそれが増殖する場合の水質予測は、ある程度進んできている。しかし2-MIB濃度上昇前には滝里ダム湖内にはほとんど見られないフォル

ミジウムが、ある時期を境に急激な増殖を開始するきっかけがそもそも何であるかは、現在のところ明らかでない。次章で述べるが、ダム湖の水温、栄養塩濃度がほぼ同様の条件下であっても、カビ臭は発生する年としない年がある。しかし現状では、「いつ」「どのような条件で」カビ臭濃度上昇が開始するのか、予測は非常に困難である。今後カビ臭抑制策を検討する上で、フォルミジウム増殖の引き金となる条件、因子を明らかにすることは、より効率的な対策の立案に資する。

本研究では2-MIB発生原因と推定されているフォルミジウムについて、様々な条件下において藻類増殖試験を行い、現地でフォルミジウム増殖の引き金となる因子を考察する。増殖試験では、まず出水時の河川水流入を想定した条件でフォルミジウム単種培養試験を行った。次に多種の藻類が混合する現地湖水を対象に、現地栄養塩濃度に合わせた水質条件を設定して混合藻類培養試験を行い、藻類組成の変化及び混合藻類中でのフォルミジウム増殖特性を検証した。

2. 滝里ダムにおけるカビ臭発生及び現地概況

本研究で対象とする滝里ダム及び流入河川の概況を図-1に示す。滝里ダムは堤高50.0m、堤頂長445.0m、総貯水量108,000千 m^3 の重力式コンクリートダムである¹⁾。その流域面積は1662 km^2 であり、空知川流域の約63%、石狩川流域の約12%を占めている。ダム上流の主要流入支川である富良野川は、農業地帯である富良野盆地を貫流して、ダム上流の富良野市街地で空知川と合流しており、ベベルイ川、ヌッカクシ富良野川の各支川を有している。以下、富良野川、ヌッカクシ富良野川、ベベルイ川を合わせて「富良野3川」と称することとする。

本章では、過去のカビ臭発生状況を検証する。一般に藻類の増殖には、栄養塩類、水温、光、藻類の種間の競合が関係するといわれている⁴⁾。これらのうち、藻類の種間の競合評価は、現地湖水中に多くの種類の藻類が混在し、その組成も一様ではないことから、その評価は困難である。よって、その他の増殖因子とカビ臭発生期の2-MIB濃度の関係について検証する。なお以下断りのない限り、「カビ臭発生期」とは過去にカビ臭が確認された毎年6月から9月までの4ヶ月間を指すものとする。

図-2に、02~06年のダム近傍にあたる芦別アメダスデータによる月別日照時間⁵⁾、滝里ダムサイト表層における水温、藻類増殖の主たる制限因子である総リン濃度、カビ臭物質である2-MIB濃度の変遷を示す^{6), 7), 8), 9), 10)}。

滝里ダムで過去に閾値以上の2-MIB濃度上昇が確認された時期の水温は約15 $^{\circ}C$ (02年: 6月)、約15~25 $^{\circ}C$ (03年及び04年: 8~9月)である。工藤らは、複数のダムにおける水質観測結果から、フォルミジウ



図-1 滝里ダム流域図

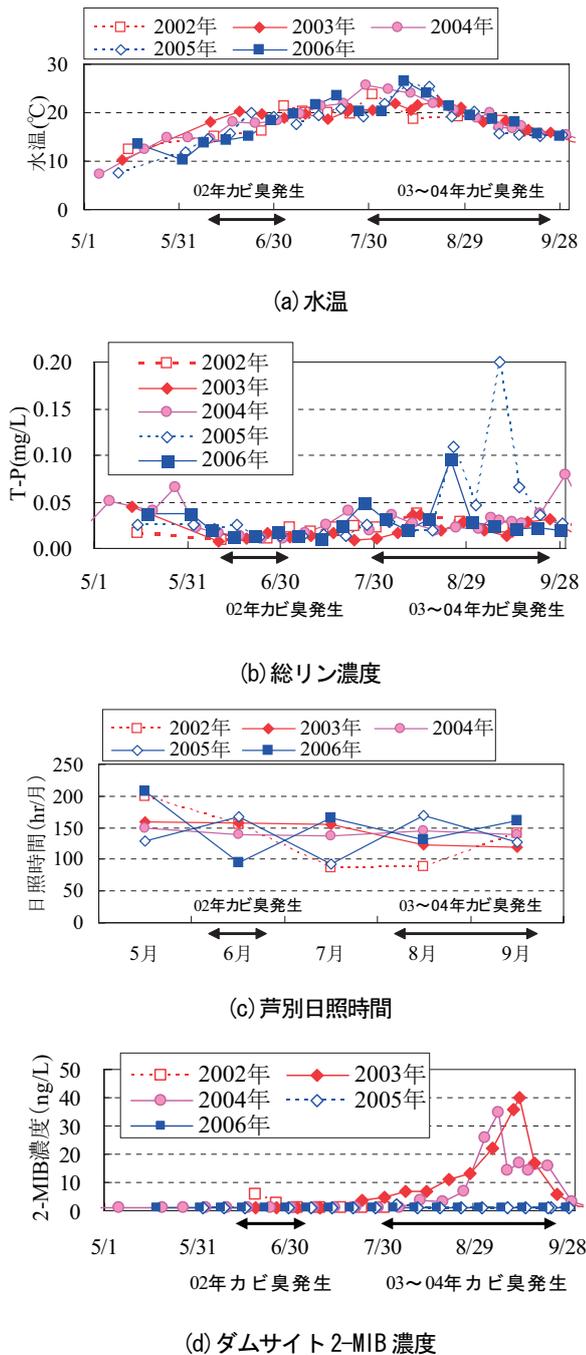


図-2 滝里ダムサイト表層における水温、水質、芦別日照時間と2-MIB濃度の関係

ム増殖が顕著となる水温は、15～30℃であることを示している¹¹⁾。滝里ダムにおける2-MIB濃度上昇時の水温はこの範囲に入っている。なおカビ臭発生期の現地水温は、カビ臭発生年(02～04年)と非発生年(05、06年)で大きな違いはなく、水温を指標としたカビ臭発生の有無は分類できなかった。

また現地総リン濃度は、融雪出水がほぼ終了する5月下旬に向けてゆるやかに低減し、カビ臭発生期は概ね0.01～0.05mg/Lで推移している。カビ臭非発生年である05、06年は8～9月の出水直後に一時的な総リ

ン濃度の上昇が見られた。一方カビ臭発生年である03年にも8月上旬に05、06年と同規模の出水があったにも関わらず、総リン濃度の急上昇は見られない。この傾向の違いの原因は、現在のところ不明である。出水時を除く期間の総リン濃度は、カビ臭発生年(02～04年)と、非発生年(05、06年)で大きな違いは見られず、リン濃度を指標としたカビ臭発生の有無は分類できなかった。

最後に現地日照時間について検証する。6月にカビ臭が発生した02年は、5～6月にかけての日照時間が他の年に比べ長い。しかし、この年のデータだけではカビ臭発生に日照時間の違いが寄与したかは判別できない。また8～9月にカビ臭が卓越した03、04年とその他の年を比較したが、日照時間の傾向に違いは見られない。よって現地日照時間を指標としたカビ臭発生条件の判別は困難である。

以上、現地水温、リン濃度、日照時間を指標に、カビ臭発生年と非発生年の分類を試みたが、発生年と非発生年間で各指標に明確な違いは見られなかった。よって現状ではカビ臭発生年と非発生年を現地湖水の条件から分類することはできなかった。

3. 藻類増殖試験

3.1 流入河川水添加試験(フォルミジウム単種培養)

滝里ダムで過去に2-MIB濃度が上昇した03年及び04年は、2-MIB濃度上昇の数日前に日雨量約50～90mm程度の降雨が、ダム上流域である富良野アメダスデータで確認されている⁵⁾。このことは栄養塩を多く含む河川水がダム湖へ流入し、フォルミジウムの増殖に影響を及ぼす可能性を示している。そこで流入河川水がダム湖水中の藻類増殖に及ぼす影響を把握するため、以下の条件で藻類増殖試験を行った。

(1) 試料採取及び培地調整

カビ臭発生機構の解明には、現地で実際に2-MIB濃度上昇が確認されたときの湖水からフォルミジウムを分離培養し、カビ臭生成能を検討することが本来望ましい。しかし滝里ダム湖水中のフォルミジウム分離培養試験を試み始めた2005年以降、カビ臭の原因となるフォルミジウムが現地でほとんど増殖が見られず、湖水の2-MIB濃度も常時閾値以下であった。また混合藻類で増殖試験を行うにあたり、フォルミジウム単種の増殖特性を把握しておくことも必要である。そこでフォルミジウム標準種(NIES-512; 国立環境研究所)による単種培養試験を行った。

まず藻類増殖試験に用いる培地の栄養塩設定条件について説明する。藻類増殖の制限因子となることが多いリンは、出水時にSSに吸着、あるいはSS自身に含まれて流下すると考えられる¹²⁾。そこで本研究では平水時のダム湖水に、出水時の河川水中に含まれるSSを添加した培地を作成し、流入河川水のSSがダ

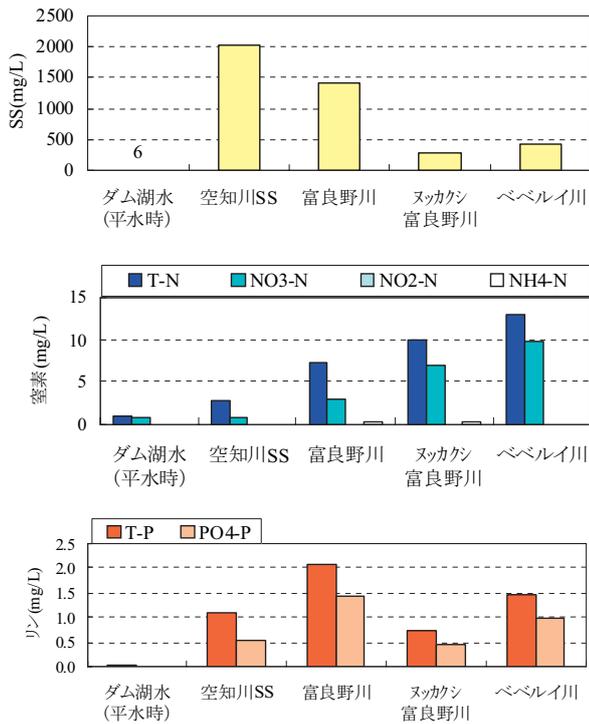


図-3 採取した原水(ダム湖水、河川水)の水質

ダム湖水の藻類増殖に及ぼす影響の把握を試みた。増殖試験の培地となる河川水及びダム湖水採水地点は図-1に示すとおりである。ダム湖水は平水時である2005年9月30日に、河川水は台風の影響による出水時にあたる2005年9月8日に採取した。湖水中のSSはろ過(0.45 μ mメンブランフィルター)により除去し、培地中のSSの影響は添加河川水によるもののみとした。ろ過湖水への河川水SS添加時には、添加直後のSS濃度が全ての培地で概ね40mg/Lとなるよう調整した。

図-3に採取した原水(ろ過前の平水時湖水及び出水時流入河川水)のSS、窒素及びリン濃度を示す。河川水原水のSSは空知川が最も高く、次いで富良野川が高い値を示した。ヌッカクシ富良野川とベベルイ川は前述した2河川に比べ低い値である。窒素成分は空知川に比べ富良野3川が高い。リン成分は富良野川が最も高く、次いでベベルイ川、空知川、ヌッカクシ富良野川の順となっている。なお本稿では省略するが、単位量SS中の総リン含有量は大きい方からベベルイ川、ヌッカクシ富良野川、富良野川、空知川の順であった。

図-4に増殖試験開始時における各培地の栄養塩濃度を示す。総窒素はいずれの河川水SSを添加したケースでもろ過湖水とほぼ同濃度であり、SS中に懸濁態窒素がほとんど含まれていないことを示している。また総リン濃度は、富良野3川SS添加が空知川SS添加に比べて高い値を示す。藻類増殖に利用されやすいオルトリン酸態リンも、富良野3川SS添加は空知川SS添加に比べやや高い値を示している。

培養期間中の温度は25 $^{\circ}$ Cに保ち、照度は2500lux(白

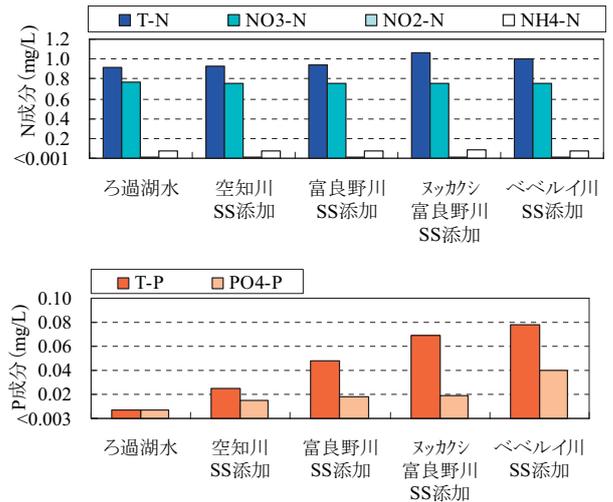


図-4 単種培養における各培地の栄養塩濃度(試験開始時)

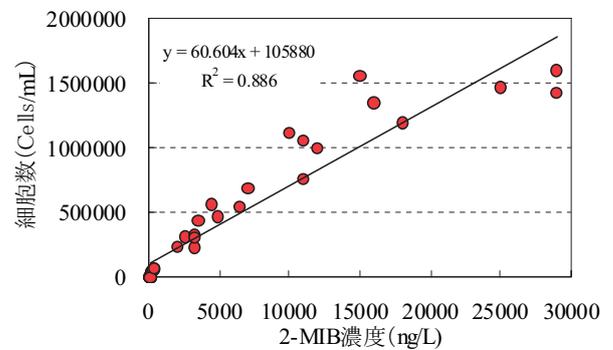


図-5 フォルミジウム細胞数と2-MIB濃度

色蛍光灯、明暗12時間周期)に設定した。以下に増殖試験結果を述べる。

(2) フォルミジウム増殖試験結果

最初に、本試験で培養したフォルミジウムと、カビ臭成分の関係を示す。図-5は試験中のフォルミジウム細胞数と2-MIB濃度である。両者には明確な相関関係が確認でき、本試験で植え付けたフォルミジウムの増殖により2-MIB濃度が上昇することが確認された。以上から、単種培養試験での増殖特性は、フォルミジウム細胞数の時間変化をもとに考察を進めていく。

図-6に各培地でのフォルミジウム細胞数増加を示す。なお河川水SS添加の影響を検証するため、ろ過湖水での試験結果も併せて示している。

いずれの培地でも、試験開始後2日目から8日目にかけてフォルミジウムは急激に増殖しており、対数増殖期に該当する。この期間まではいずれの培地もフォルミジウム細胞数の増加状況はほぼ同じである。培地間での増殖状況に違いが見られ始めるのは、試験開始後10日目以降である。フォルミジウム細胞数は、富良野3川SS添加がほぼ同じ傾向で増加を続けるのに対し、空知川SS添加は増殖が鈍化しており、ろ過湖水

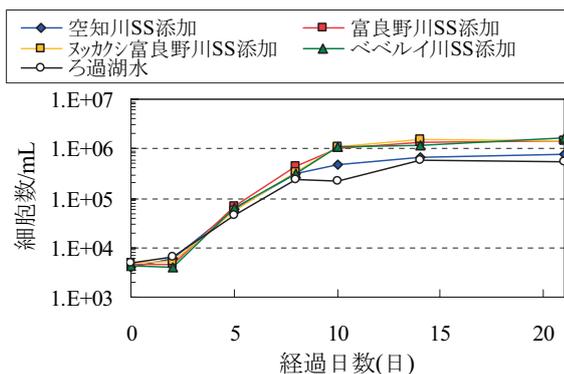


図-6 単種培養試験におけるフォルミジウム細胞数変遷

表-1 単種培養試験終了時(21日目)のフォルミジウム細胞数と初期栄養塩濃度

培地	細胞数 (cells/mL)	T-N (mg/L)	PO4-P (mg/L)	T-P (mg/L)
ろ過湖水	547,693	0.92	0.007	0.007
空知川 SS 添加	757,054	0.93	0.015	0.025
富良野川 SS 添加	1,428,988	0.94	0.018	0.048
ヌッカクシ富良野 川SS 添加	1,466,389	1.06	0.019	0.069
ベベルイ川 SS 添加	1,597,938	1.00	0.040	0.078

では増殖がさらに抑制されている。試験開始後10日目以降は、富良野3川SS添加及び空知川SS添加の細胞数はほぼ一定であり、ろ過湖水でも14日目以降、細胞数はほぼ一定となった。試験終了時である21日目のフォルミジウム細胞数をみると(表-1)、富良野3川SS添加の3ケースではほぼ同数である。細胞数は富良野3川SS添加と比べると、空知川SS添加は約半分、ろ過湖水は約1/3である。

各培地のフォルミジウム増殖能力について、栄養塩との関係を検証する。総窒素(T-N)濃度はいずれのケースでもほぼ同様の値をとっている。藻類増殖はリンが制限因子となることが多いため、フォルミジウム増殖能の比較にあたっては、リン成分の違いに着目して比較する。

藻類増殖に利用されやすい形態であるオルトリン酸態リン(PO4P)は、空知川、富良野川及びヌッカクシ富良野川SS添加で0.015～0.019mg/Lと近い値を示している。しかしPO4P濃度が近い3培地での試験終了時フォルミジウム細胞数は、空知川SS添加に比べ富良野川、ヌッカクシ富良野川SS添加が約2倍の値を示しており、培地中に同程度のPO4P濃度が存在してもフォルミジウム増殖数にはばらつきがある。よって今回の試験結果からは河川水SSに含まれるPO4P濃度を指標としたフォルミジウム増殖能の比較

はできなかった。

続いて総リン(T-P)濃度を比較する。T-P濃度が低いグループ(ろ過湖水及び空知川SS添加:0.007～0.025mg/L)と高いグループ(富良野3川SS添加:0.048～0.078mg/L)の2つに分類し、試験終了時のフォルミジウム細胞数を比較する。T-Pが低いグループの細胞数はT-Pが高いグループに比べて約1/2～1/3であり、増殖状況に差が出ている。よってフォルミジウムの増殖に、河川水SSに含まれるT-P濃度が影響することが確認された。

以上から滝里ダムでは、出水により上流河川からSSに付着したリン成分により、ダム湖内のフォルミジウム増殖の潜在能力が高くなる可能性が示された。手塚らは富栄養化が進むダム貯水池において、増水時の微細土粒子に含有されるリンが藻類増殖に利用されることを示している(14)。滝里ダムにおいても、流入河川水のSSが同様に藻類増殖に影響を及ぼす可能性が確認された。

3-2 現地湖水による混合藻類培養試験

前項では、フォルミジウム単種培養試験を行い、出水時のSSに含まれる総リンが増殖に影響していることが示された。しかし実際の湖水はフォルミジウムの他に多種多様なプランクトンが混在しており、フォルミジウム増殖特性が単種の場合と異なることも考えられる。そこで、現地湖水に含まれる混合藻類で培養試験を行った。この方法は、採取試料に適応した藻類が優占的に増殖する可能性が高く、現地条件により近い状態における藻類増殖能力の把握が期待できる¹³⁾。本研究では栄養塩濃度を変化させ、藻類全体での増殖特性、藻類組成及び培地中のフォルミジウム増殖特性を検証する。

(1) 試料採取及び試験条件

試料となる湖水の採取は、ダムサイト地点(全水深25.3m)において2006年9月21日に行った。本来であれば前項で述べたとおり、藻類増殖試験では現地でカビ臭濃度が上昇した際の湖水を採取することが望ましいため、当初現地での2-MIB濃度上昇を確認後に採水を予定していた。しかし06年は05年に引き続きダム湖の2-MIB濃度は閾値以下で推移したため、03年及び04年にカビ臭発生が確認されている9月下旬に採水を実施した。

採水は表層(水深0.5m)、中層(水深12.7m)、下層(水深24.3m)の3層で実施した。採取した原水中の優占種は、いずれの層でも珪藻類(Cyclotella spp.)であった(図-9参照)。この藻類は滝里ダムにおける過去の水質調査においても春季、秋季を中心に卓越する種であることが確認されている。フォルミジウムは表層では確認されず、中層に1400cells/L、下層に360cells/Lであった。

混合藻類の培養基本条件は、水温20℃、照度条件

表-2 混合藻類培養試験 設定条件一覧

条件名	N/P 比	備考
ケース1	19~37	原水 (無調整湖水)
ケース2	23~26 (24)	03年出水後ダムサイト表層N/P比に調整 (カビ臭発生年)
ケース3	40~45 (41)	04年出水後ダムサイト表層N/P比に調整 (カビ臭発生年)
ケース4	16~17 (17)	06年出水後ダムサイト表層N/P比に調整 (カビ臭非発生年)
ケース5	59~64 (60)	高N/P比に調整
ケース6	9~10 (10)	低N/P比に調整

※N/P比の () 内数字は各ケースのN/P設定目標値である

5000lux (白色蛍光灯)に設定した。培養期間は4週間で、試験開始から1週間おきに植物プランクトン、カビ臭成分の分析を行う。混合藻類試験条件一覧を表-2に示す。過去のカビ臭濃度上昇は、出水の数日後に生じてることが多い。そこで試験条件は出水後のダムサイトにおける栄養塩濃度を参考に設定した。藻類増殖に対する影響因子として、藤本らは藍藻類の優占化に重要な環境因子の1つとして窒素リン比(N/P比)に着目している¹⁵⁾。そこで本研究でもN/P比をパラメータとして増殖特性の違いを比較することとした。ケース1は原水(総窒素、総リン濃度調整なし)である。また、夏季にカビ臭発生が見られた03年、04年出水時のダムサイト表層N/P比に調整した条件(ケース2、3)、カビ臭発生が見られなかった06年の出水時ダムサイト表層N/P比に調整した条件(ケース4)、高N/P比(ケース5)、低N/P比(ケース6)を設定した。なお各培地のT-N、T-P濃度調整には、硝酸カリウム及びリン酸カリウムを用いている。

図-7に各培地の総窒素、総リン濃度を示す。ダム原水(ケース1)の総窒素は表層から下層に向かうに連れやや上昇する傾向が見られるが、大きな差はない。一方総リン濃度は下層が表層の2倍以上である。本研究では表-1に示すN/P比を目標に栄養塩濃度の調整を行うため、同一ケースでも下層湖水による培地は表層に比べリン濃度が高い設定となっている。

(2)混合藻類全体の増殖状況

まず混合藻類全体の増殖状況を把握する。ここではクロロフィルa(単波長)濃度をその指標とし、栄養塩初期条件による増殖形態を比較する。図-8に、ケース1~6までの試験期間中におけるクロロフィルaの変遷を示す。試験期間中のクロロフィル最大濃度を採水層別に見ると、表層ではケース2、4、6が他ケースに比べ3倍近い値を示している。中層でもケース2、4、6が他ケースに比べ高いが、その差は表層ほど大

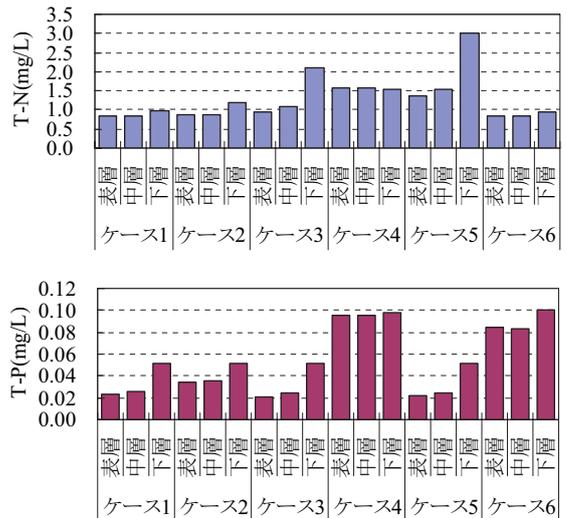


図-7 混合藻類培養試験の培地 T-N、T-P 濃度

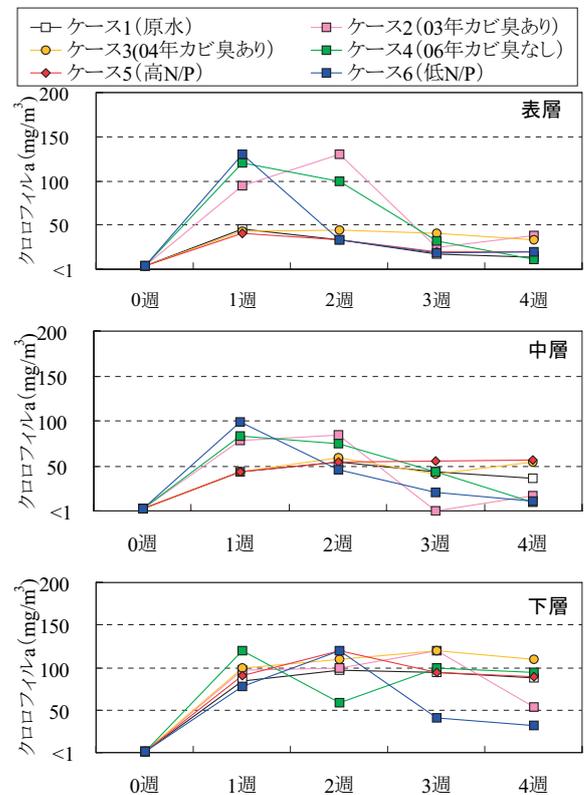


図-8 混合藻類全体のクロロフィル濃度(ケース1~6)

きくはない。下層ではいずれのケースもクロロフィル最大値は100~120mg/m³とほぼ同一である。ケース2、4、6は他ケースに比べN/P比が低く、総リン濃度が高い。藻類全体での増殖にリンが重要であることを示している。

(3)藻類組成の変遷

続いて藻類組成について検証する。ここでは省略するが、本試験結果ではフォルミジウムを含む藍藻類が、試験開始2週間~3週間後に増殖のピークを迎える

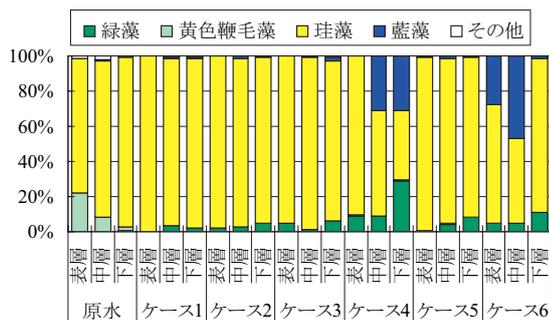


図-9 試験開始2週間後の藻類組成

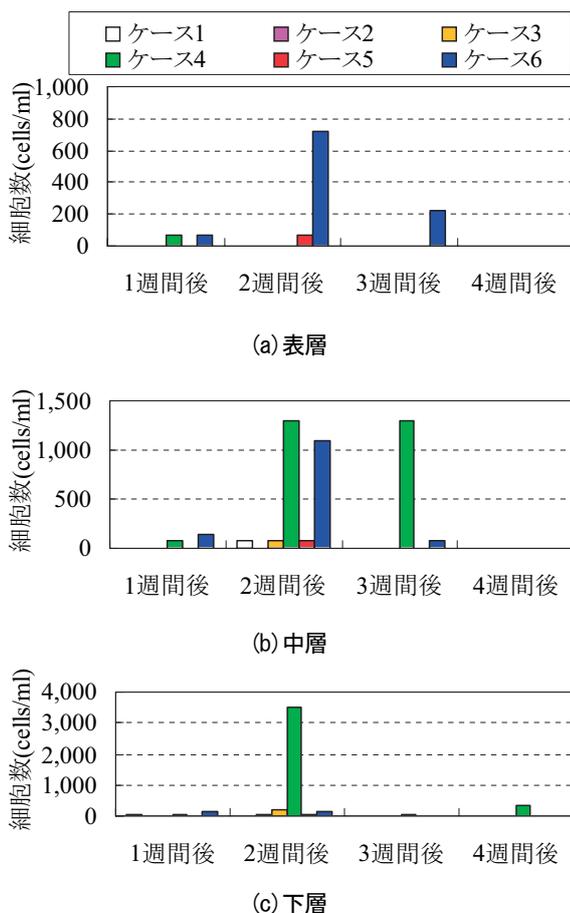


図-10 フォルミジウム細胞数変遷

ケースが多かった。そこで原水と試験開始後2週間後の藻類組成を比較した(図-9)。試験開始前の原水は珪藻類が藻類全体の8~9割と主体であり、黄色鞭毛藻が残りを含んでいる。試験開始後2週間後は全ケースで黄色鞭毛藻が見られなくなった。全体的に珪藻類が卓越しているが、N/Pが低く総リン濃度が高いケース4とケース6では、藍藻類が3~4割を占め、緑藻類も他ケースより占める割合が若干高くなっている。

藤本らは藍藻類の優占率はN/P比が30未満の湖沼で高くなり、30を超えると著しく低くなることを、全国の湖沼水質データをもとに示している¹⁵⁾。本試験でも藍藻類が卓越する傾向にあるケース4、6のN/P

比は約10~20であり、藤本らの既往研究に近い傾向が見られる。またケース4、6は他ケースに比べて総リン濃度が高く、このことが藍藻類を卓越させたとも考えられる。

(4) フォルミジウム細胞数の変遷

続いてカビ臭発生と密接に関連するフォルミジウム増殖状況と栄養塩濃度の関係を検証する。

図-10にフォルミジウム細胞数の変遷を示す。いずれの層においても、増殖開始から2~3週間経過後に、ケース4及びケース6でフォルミジウム増殖が顕著に見られた。その他のケースのフォルミジウム増殖はわずかであり、全く増殖しないケースも多く見られた。

フォルミジウムについても、藻類全体での増加特性と同じく、N/P比が低く総リン濃度が高いケース4、6で増殖が顕著である。

ここで現地湖水のN/P比で調整したケース2~4についてフォルミジウム増殖状況を比較する。現地においてカビ臭発生年である03年、04年を模したケース2、3ではフォルミジウム増殖はみられず、逆にカビ臭非発生である06年を模したケース4でフォルミジウムが増殖している。N/P比を指標で比較すると、混合培養試験の結果は現地のカビ臭発生現象と傾向が異なる結果となる。その原因については、次章で検証を行うこととする。

なお混合藻類培養試験の培地から検出された2-MIBはほとんどが定量下限値以下であった。フォルミジウムにはカビ臭発生能を有する株と有しない株があることが知られており、¹⁶⁾今回の採取試料に含まれていたフォルミジウムは、2-MIB生成能が非常に低いか、有していない株であった可能性が高い。今回採取したフォルミジウムでは2-MIB発生を確認できなかったが、混合藻類中でのフォルミジウム増殖特性について有用な知見を得ることができた。

4. フォルミジウム増殖要因の考察

前述したとおり、N/P比を指標で比較すると、混合藻類培養試験でのフォルミジウム増殖は、現地でカビ臭が卓越したケースと一致しない。

ここでは、①現地出水直後の水質を参考にしたN/P比の設定が妥当であったか、②採取した藻類が、過去のカビ臭発生時と同様の性質を有しているか、この2点について検証を進める。

まず①のN/P比設定の妥当性について考察する。図-11はダムサイト表層の水質(T-N、T-P、N/P比)と2-MIB濃度の03~06年夏季(6~9月)における変遷である。4ヵ年のN/Pは7~63と幅広い値で変動している。夏季の総窒素濃度は約0.6~1.6mg/L、総リン濃度は約0.015~0.2mg/Lで推移している。N/P比設定対象とした出水後の水質について、カビ臭発生年の03年、04年とカビ臭非発生年の06年で比較する。

あり、混合藻類増殖試験とは異なる傾向を示した。これは藻類増殖試験で条件設定の参考としたカビ臭非発生年における出水直後の水質が、一時的にリン濃度が上昇し、N/P比が低い時期に該当していたことが一因であった。

今回の試験では、フォルミジウム増殖のきっかけとなる因子解明や現地試料によるカビ臭の再現には至らなかったものの、フォルミジウム増殖試験の試料採取や条件設定にあたり、多くの有用な知見を得ることができたと考えている。

今後の課題については、以下にまとめる。

- 1) 今回実施した混合藻類試験では、試料採取が秋季であり、湖水中のフォルミジウム細胞数は減少期にあたる。今後、湖水中のフォルミジウムを含む藍藻類がより多く確認されている7~8月のダム湖水でも同様の試験を実施し、季節によるフォルミジウムの活性やカビ臭生成能を把握することが必要である。
- 2) 今回実施した藻類増殖試験では、出水時の水質に着目して条件設定したが、平水時の水質が藻類増殖に及ぼす影響も今後把握することが必要である。
- 3) ダム湖で増殖するフォルミジウムは、湖内にとどまっていたものが再増殖したのか、あるいは流入河川に由来するかは、現段階では判別できない。カビ臭発生原因の考察のため、今後ともダム湖内、上流及び下流において、流入負荷、植物プランクトン増殖、カビ臭発生のモニタリングを続けることが望ましい。

これら増殖試験実施によりデータを集積し、カビ臭発生の引き金となる要因の把握を進めていく予定である。

謝辞

北海道開発局石狩川開発建設部、同滝里ダム管理所、旭川開発建設部には、本研究を進めるにあたり各種データの提供をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 越後貞、吉田裕敏、田中雅基：滝里ダムにおける

カビ臭発生の原因調査と防止方策について、第47回北海道開発局技術研究発表会、2004

- 2) 高田賢一、杉原幸樹：ダム湖上流域からの流入負荷によるカビ臭発生要因の解析、第48回北海道開発局技術研究発表会、2005
- 3) 杉原幸樹、山下彰司、高田賢一：ダム貯水池におけるカビ臭発生機構の解析、河川技術論文集、第12巻、341-346、2006
- 4) 岩佐義郎：湖沼工学、山海堂、367-368、1990
- 5) 気象庁 HP (URL:http://www.jma.go.jp/)
- 6) 平成14年度石狩川下流ダム湖水質外調査業務報告書、石狩川開発建設部、2002
- 7) 平成15年度空知川ダム群水質調査業務報告書、石狩川開発建設部、2003
- 8) 平成16年度滝里ダム水質外調査業務報告書、石狩川開発建設部、2004
- 9) 平成17年度滝里ダム水質外調査業務報告書、石狩川開発建設部、2005
- 10) 平成18年度滝里ダム水質調査外業務報告書、石狩川開発建設部、2006
- 11) 工藤勝弘、河上智行、山田正：ダム貯水池におけるフォルミジウムとカビ臭、水文・水資源学会誌第17巻4号、331-342、2004
- 12) 山下俊彦、菅沼剛、橘治国、齊藤大作、渡邊康玄、山崎真一：融雪期に河川から供給された物質の河口沿岸域での挙動、河川技術論文集 No.7、241-244、2002
- 13) 須藤隆一、田井慎吾、矢木修身、岡田光正、細見正明、山根敦子：藻類の培養試験法による AGP の測定、国立公害研究所研究報告第26号、38-41、1981
- 14) 手塚公浩、佐藤洋一、中村玄正：閉鎖性水域の富栄養化に与えるリン含有微細土粒子の影響、土木学会論文集 No.804 / VII -37、113-123、2005
- 15) 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、Vol.18 No.11、63-70、1995
- 16) 中村寿子：Phormidium tenue の分類学、生理学的検討、日本水処理生物学会誌、別巻7、69、1987



横山 洋*
Hiroshi YOKOYAMA
寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ
水環境保全チーム
主任研究員



山下 彰司**
shouji YAMASHITA
寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ
水環境保全チーム
上席研究員