

平成29年 12月 1日発行(毎月 1回 1日発行)第59巻第 12号/昭和34年 5月13日第 3種郵便物認可

産業用水調査会発行

ISSN 0513-5907

水と環境保全対策の専門誌

用水と廃水[®] 2017 12

Journal of Water and Waste Vol.59 No.12



汚泥減容化の要因を探る ——ハイブリッド型活性汚泥法の実槽実験——

若林 健* 二瓶 正彦*

1. はじめに

排水の有機物を生物処理する活性汚泥法は、処理時間が短い、比較的高度な処理水が得られることで広く普及している。しかし、余剰汚泥発生量が多いこと、バルキングが起きやすいことなどの弱点がある。とくに、汚泥処分量は産業廃棄物の43%、1億6,000万t(2012年度)を占め、その大半が余剰汚泥と考えられる。この余剰汚泥の発生を防ぐため、従来から完全酸化法や微生物溶解法などが研究されてきた。

本稿の筆者の1人である二瓶は、30年以上前から活性汚泥法のなかに固定床を設置したハイブリッド型活性汚泥法の研究を行ってきた。固定床担体として芯入紐状担体を使用した。その担体には微小後生動物である水生ミミズ(貧毛類)が大量に棲息し、余剰汚泥発生量が極少である水処理に貢献していた。この方法は、流入BOD負荷が最大3kg/m³・dという高負荷に対応した。負荷に応じてMLSS濃度が0~22,000mg/lで推移した。汚泥は粒状化しており、SVIは40ml/g程度であった。この芯入紐状担体は、被覆銅線にポリ塩化ビニリデン(PVDC)糸をリング状に広がるように編んだもので、汚泥が付着しても内部が嫌気化しないようにリング状の径を決めている。これは曝気

液中で固定化されているので、固着部を好む原生動物、微小後生動物の棲息場所となっている¹⁾。基本的に逆洗をしないので、増殖速度が遅い生物が無理なく棲息し、微生物間の捕食作用、牽制作用が働くので、余剰汚泥発生量削減に貢献する²⁾。

微生物間の相互作用として、細菌類が原生動物、微小後生動物に捕食され、それら動物の分泌物が細菌類の食料となることは知られている³⁾。活性汚泥法では、常時、汚泥引き抜きをするので汚泥日齢が短く、増殖速度が遅い生物の棲息は困難である。そのために、食物連鎖による余剰汚泥の減少はあまり期待できず、内生呼吸による減少しか期待できない。また、生物膜による接触曝気法は、付着汚泥の増殖により汚泥内部が嫌気化したり、固定床内部が閉塞する懸念があり、その対処として逆洗をする必要がある。そのために多くの余剰汚泥が発生する。一方、自然界では逆洗というものはなく、そのために増殖速度が遅い生物が棲息しており、余剰汚泥等がない自然な状態が保たれる。増殖速度が遅い生物とは、細菌類、原生動物、微小後生動物などが含まれる。つまり、水生ミミズまで高度に繋がった微生物叢においては、それら微小後生動物の分泌物の存在下で細菌類の種類が活性汚泥法とは変わり、増殖速度が遅い細菌類の優占化が起こり、結果的に余剰汚泥発生率の減

少化が期待できる。

われわれは、芯入紐状担体と同じ材質ながら異なる形状の数珠状担体：サンプレオ®(以下、SB)を開発し、それをカプセル内に充填し曝気液の旋回流に乗って流動するカプセル：バイオカプセル®(以下、BC)を開発した。バイオカプセル内のサンプレオは逆洗が不要なので、固定床と同じ生物が棲息できる狙いがある。BCの直径は166mmで、「流動する固定床」を称した。本稿では、BCを食堂排水処理施設の曝気槽に投入し、その効果を検証したので報告する。この処理施設は20年以上前に設置され、2012年に現状の活性汚泥法に改造された。BC投入目的は、沈殿槽の汚泥界面が低位置で安定すること、余剰汚泥発生率の低減である。同時に、BCが芯入紐状担体と同じ効果があるかを確認する。

2. 繊維状担体を用いたハイブリッド型活性汚泥法

繊維の材質はPVDCであり、この材質は排水処理用接触材として付着性にすぐれている報告がある⁴⁾。高橋が開発時に、ナイロン、塩化ビニル(PVC)、PVDC、ポリプロピレン(PP)の板を下水道の最初沈殿池に入れ、微生物の付着性をみてPVDCに決めた¹⁾。

当初は固定床として充填したが、沈殿槽に汚泥が沈殿する。それを返送したところ、MLSSが発生した。原水BOD濃度が200mg/l程度の場合、MLSS濃度1,000mg/l程度で安定し、原水BOD濃度が3,000mg/l程度の場合13,000mg/l程度で安定した。原水に油が多く含まれる場合はさらにMLSS濃度は高くなり、20,000mg/l程度になった。この施設はBOD負荷2.0kg/m³・dで、10年間余剰汚泥の発生はなかった。水生ミミズは当初は芯入紐状担体が真っ赤な棒状になるくらい密度高く付着していたが、3年後には種類が変わり、付着量も減少した。

汚泥減容化が食物連鎖作用のみであれば、水生ミミズが非常に多いときはMLSS濃度が減少し、水生ミミズが少なくなればMLSS濃度は高くなる。それが、MLSS濃度は18,000~22,000mg/lで安定していた。そのために、汚泥減容化の因子と

して食物連鎖だけではなく、他に要因があるのではないかと考えた。過去の実例を2例示す。

1987年M社に設置した固定床の排水処理施設において、1年目のときに1m程度あった処理水透視度が10cm以下になった。原因は、*Amoeba*の大増殖であった。光学顕微鏡での観察の結果、*Amoeba*は活発に増殖していることが確認された。活性汚泥法においては、曝気量を低下させて酸素濃度を下げるという対応策を取るのであるが、曝気量をそのままにして観察した。1週間後には、*Amoeba*の活動は少し低下したが、処理水透視度の改善は小さかった。2週間後、*Amoeba*は観察されたが、当初の半分以下の量に減少しており、ほとんど動いていない状況だった。代わりに縁毛類の*Vorticella*、ワムシ類の*Philodina*が少しみられた。3週間後には透視度も元に戻り、*Vorticella*、*Philodina*が多くみられ、活発に活動していた。一方、*Amoeba*はほとんどみられなくなり、状況は改善した。その後、*Amoeba*が大繁殖することはなかった。

1993年には、S社の活性汚泥法の曝気槽に固定床を入れる改造を行なった。BOD負荷が2.0kg/m³・dという高負荷で設計し、MLSS濃度が10,000mg/l以上で運転していた。運転開始3カ月後に曝気槽水面上に厚さ1m程度の発泡がみられ、担当者は泡の除去に追われていた。泡の除去方法は、曝気槽水面に水中ポンプを入れたプラスチック桶を浮かべ、泡をそのなかに入れ、余剰汚泥貯槽に送り脱水装置で脱水し、除去していた。泡の発生原因は、*Nocardia*の大発生であった。その対処方法として、泡を除去しないで、そのままの状態を稼働することを提案した。*Nocardia*を完全に除去できずに少しずつ除去することは、増殖する条件が残るので、減少した量を元に戻すべく*Nocardia*の発生を促すことになる。除去せずにそのままの状態を維持すると*Nocardia*に対抗する微生物が発生し、その微生物作用で*Nocardia*の増殖を抑制すると考えた。約1カ月後に発泡は収まった。*Nocardia*が発生し増殖する環境と大発生した後の環境では、他の微生物にとっては異なった環境である。*Nocardia*が大量に存在する環境では、それを捕食する微生物が現われ、増殖したものと

* Ken WAKABAYASHI, Masahiko NIHEI, 旭化成ホームプロダクツ(株) サラン繊維営業部 〒101-8101 東京都千代田区神田神保町1-105, Asahi Kasei Home Products Corporation, 1-105 Kanda Jinbocho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8101 Japan (E-mail: nihei.mb@om.asahi-kasei.co.jp)

推測した。*Nocardia* が発生し、大增殖することは、原水基質や処理条件に要因があると思われる。しかし、その後は発泡することもなく、水処理は順調に推移した。これは、そのときに発生した *Nocardia* に対抗する微生物が棲息し、発泡を防いでいたものと思われる。つまり、微生物間の抑制作用が働いていたものと考えられる。

標準活性汚泥法は、除去BOD量の50%程度の量で余剰汚泥が発生する⁵⁾。一方、自然界では余剰汚泥というものがみられない。その差は、単位容積にかかる負荷、負荷を処理する範囲の違いなど種々ある。しかし、活性汚泥法の処理を担うのは浮遊汚泥にかぎることも余剰汚泥が発生する要因の1つであろう。また、固定床を利用した生物膜法の接触曝気法は、固定生物が主体であり、浮遊生物が副である。浮遊生物を許容しないという考えもある。

自然界に範をとった微生物処理を行なうのであれば、活性汚泥法の曝気槽に固定床を入れたハイブリッド型活性汚泥法がよいと考えてきた。前記の例は、固定床として汚泥の肥厚化が起こり難い芯入紐状担体を用いた。この担体には、その環境に応じた微生物種や微生物量が自発的に付着するので、有機物濃度が浄水処理の極低濃度から河川処理、中水処理、中濃度の下水処理、高濃度の工場排水処理など、ほとんどの水処理に対応してきた。

下水処理等の中濃度の原水においてMLSS濃度は1,000mg/l程度で安定し、食品排水や工場排水などの高濃度排水ではMLSS濃度が10,000~20,000mg/lで推移した。微生物は、初期には *Sphaerotilus* 等の糸状菌、*Zoogloea*, *Volvicella*, *Carchesium* などが観察され、徐々に微小後生動物である *Philodina*, *Dero*, *Aeolosoma*, *Nais* などが観察された。これらは、時間の経過とともに移り変わった。途中に *Amoeba*, *Paramecium* が出現したりするが、微生物叢が移り変わり、1年後には原水基質、環境に向けた微生物叢に移行した。その推移の過程で担体がミミズの棒になったりしたが、3年程度後になると、ミミズの量も棲息数が少なくなり、安定していた。ミミズは、初期に *Dero* と *Aeolosoma* が観察され、つぎに *Pristina* が

現われ、そのつぎに *Nais* が現われるころには *Dero* と *Aeolosoma* は見えなくなった。2年程度経つと *Nais* と *Tubifex* がみられ、安定した。

この方式は余剰汚泥の発生量が非常に少なく、流入BOD量の2%以下であった。BOD負荷: 2.0 kg/m³·d, MLSS濃度: 20,000mg/l で10年以上余剰汚泥が発生しない施設もあった。余剰汚泥が極少である原因として、当時は、理解しやすいように「微小後生動物による食物連鎖作用」によると説明していた。しかし、ミミズを観察していると、ミミズは担体にへばり付き、浮遊汚泥を旺盛に捕食しているとはいえない。確かに多くの原生動物、後生動物が棲息しているのであるから、食物連鎖が起きていることは違いないが、それだけで説明がつくのか疑問である。食物連鎖だけで余剰汚泥発生が抑えられるのであれば、ミミズの増加とともにMLSS濃度は低下するはずであるが、実際(前記: BOD負荷2.0kg/m³·dの施設)は多少増減するものの20,000mg/l程度で推移していた。

過去においては、水処理施設が設計通りの性能を出すこと、処理性に問題がないことなどを主眼として活動してきたので、性能が出たことで満足してきた。今回は、発生する微生物叢やその叢変化に注目して、ハイブリッド型活性汚泥法であるバイオカプセル(BC)を投入した実槽実験を行なった。光学顕微鏡観察において微生物叢の変化、何回かの再構築が確認できた。さらに、微生物叢の分子生物学の解析も行なった。処理性に問題がなく、汚泥発生率の低下が確認できたので、その原因について解析した。

3. バイオカプセル(BC)実槽実験

3.1 方法

図1に実験のフローを示す。

原水は、食堂排水である。原水の油分濃度が高いので、調整槽に酵素剤を1mg/l添加している。調整槽の水位が低下している場合、曝気用のプロワーは停止している。土曜日・日曜日等の休業日は原水の流入がないので、タイマーにより1時間ごとに45分間停止後15分間プロワーを動かし、曝気している。平日の朝方に調整槽の水位が低下したときも同様である。処理水は下水道に放流して

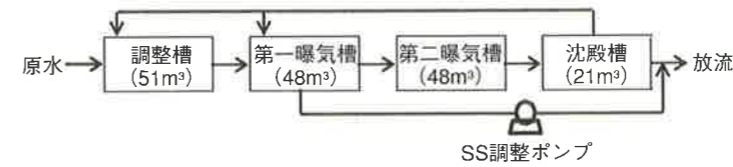


図1 BC実槽実験処理フロー

いるので、第一曝気槽の曝気液をタイマー稼働のSS調整ポンプ(定量ポンプ)で840l/dを沈殿槽上澄水に混入させている。返送汚泥は、調整槽と曝気槽に返送している。調整槽への返送は、原水の臭気対策である。原水は水質を把握するために、調整槽に入る前にサンプリング箱を設け、返送汚泥が入る前に採水した。

2016年5月22日(以下、5/22のように表記する)、第一曝気槽、第二曝気槽にBCを26個/m³(1,248個/槽)投入した。点検は、メンテナンス業者が月2回行ない、そのときに各槽の曝気液、BC内担体(SB)付着微生物の検鏡を行なった。点検時に、各槽の水溫、pH、DO、ORP、SV₃₀、MLSSの測定と放流水透視度、沈殿槽の汚泥界面位置、他の測定を行なった。同時に調整槽出口、曝気槽(2槽分)、沈殿槽上澄水を採水し、公定法(JIS K 0102)で分析した。時期をみて活性汚泥、SB付着微生物の16S rRNA遺伝子に基づく微生物の菌叢解析を、既往研究の方法⁷⁾に基づいて行なった。

検鏡ではサンプル液0.05ml程度を採取し、概略の数を数え、20倍した値を示したもので、大きさは考慮していない。個数は、曝気液はそのままの数を、そこにSB付着生物個数の1割の数を曝気液に加えている。曝気槽の曝気量は1.6m³/min程度であり、第一曝気槽:第二曝気槽は2:1程度に調整した。水溫が高くDOが低下した場合(0.3mg/l未満)は曝気量を若干調節したが、おおむね曝気強度

として、第一曝気槽:1.4m³/m³·h、第二曝気槽:0.6m³/m³·h程度で推移した。

3.2 結果と考察

表1にBC投入前の現場測定値、表2にBC投入後の現場測定値を示す。数値は左から最低値~平均値~最大値の順である。気温は、表1の期間が秋から春だったので9~15~21℃で、表2の期間は夏から冬だったので6~29~33℃だった。表1に比べて表2の期間は水溫が少し高めであるが、微生物処理の水溫としてはそれほどの違いはないと考える。

現場測定値において、BC投入による違いは少ない。目立つのは、BC投入直後にORPがマイナスになったが、すぐにプラスになった。マイナス値が出たのは、6/2のみであり、2週間後にはプラス20mV以上で推移していた。

図2に、第二曝気槽のSVIを示す。5/22にBCを投入したのだが、SVIが低下して100~150ml/gで推移した。10月末に嫌気汚泥が入る事故があり、一時上昇したが、2カ月余りで落ち着いた。

表1 BC投入前の活性汚泥槽内の各測定値(2015年11月4日~2016年5月20日)

項目	調整槽	第一曝気槽	第二曝気槽
水溫(℃)	21.3~26.0~31.2	20.4~26.0~31.1	20.6~25.8~31.2
pH(-)	7.2~7.3~7.5	7.2~7.4~7.5	7.2~7.3~7.5
DO(mg/l)	3.4~4.7~5.8	4.9~5.5~6.2	2.6~3.8~4.8
ORP(mV)	142~162~188	155~175~189	158~177~192
SV(%)	54~66~78	80~87~96	86~91~96

注) 表中の数値は、左から最低値~平均値~最大値

表2 BC投入後の活性汚泥槽内の各測定値(2016年6月2日~2017年2月16日)

項目	調整槽	第一曝気槽	第二曝気槽
水溫(℃)	21.6~27.6~33.8	21.3~27.6~33.1	21.2~27.7~33.0
pH(-)	6.7~7.1~7.6	6.8~7.1~7.6	6.7~7.1~7.5
DO(mg/l)	3.4~4.7~5.9	2.8~4.8~6.2	0.1~3.1~5.4
ORP(mV)	-56~75~148	-55~88~214	-27~96~216
SV(%)	37~65~87	41~83~95	50~85~96

注) 表中の数値は、左から最低値~平均値~最大値の順

BC投入前は沈殿槽で汚泥界面上昇がみられ、キャリアオーバーが年に2回程度あった。BC投入後は汚泥界面が水面下1m程度で安定し、キャリアオーバーの懸念がなくなった。

表3に設計値、実測定値、放流水の計算値を、図3に曝気槽内のMLSSの推移をそれぞれ示す。原水のBOD濃度は平均で約300mg/lであった。

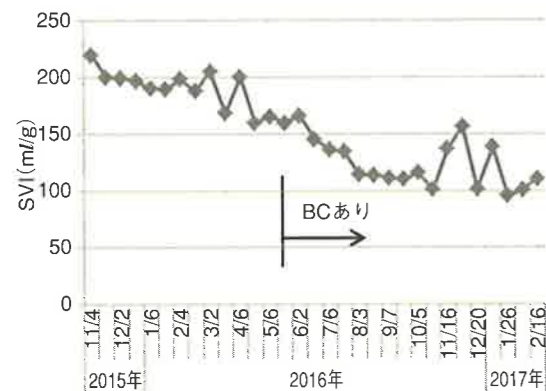


図2 第二曝気槽内のSVIの推移

表3 設計値と測定値

項目	設計原水	実原水	設計処理水	沈殿槽上澄水	規制値	放流水質(計算値)
水量(m ³ /d)	70	49~71	-	-	-	-
pH(-)	6~8	6.4~7.2	5.8~8.6	6.8~7.4	5~9	-
BOD(mg/l)	460	180~410	400以下	1~8	600未満	6~20
SS(mg/l)	210	13~190	400以下	2~18	600未満	56~157
n-Hex(mg/l)	145	15~160	15以下	1以下	30以下	0~2

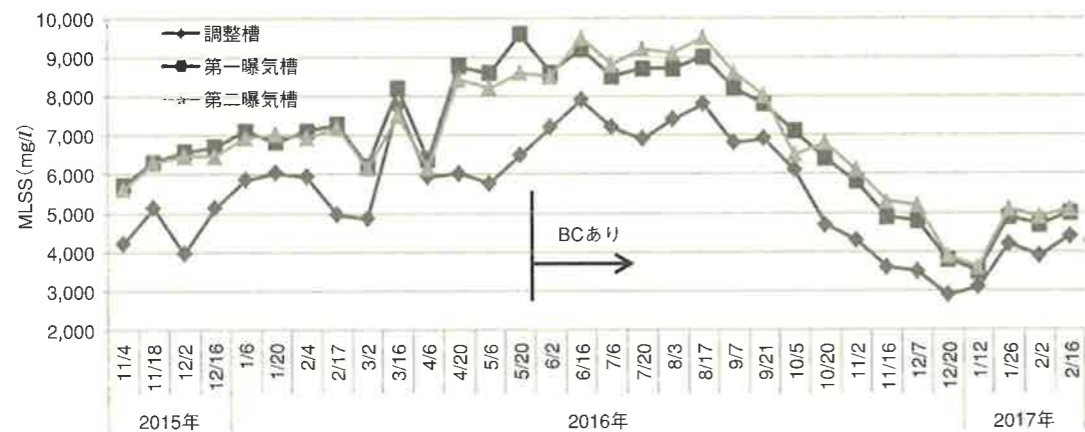


図3 曝気槽内のMLSSの推移

原水は、調整槽の流入部で2016年の3/1~3/5の毎日、8/1~8/6までの15サンプルを採取した。8/1と8/2は時間を分けて3サンプルずつ採取した。曝気液のMLSS濃度は変化している(図3)ので、それを含めての計算値が表3の放流水質(計算値)になった。BC投入から3カ月間は、MLSS濃度に変化はなかった。

図4に流入BOD量の推移を、図5にBC投入前(BCなし)と投入後(BCあり)の流入BOD量に対する汚泥発生率を示す。汚泥発生率は、第一曝気槽のMLSS濃度にSS調整ポンプの放流量(840l/d)を乗じて排出汚泥量を求め、それに沈殿槽上水のSS濃度に流入水量を乗じて求めた放流SS量を加算して発生汚泥量とした。その値を流入BOD量で除して汚泥発生率を求めた。除去BOD量を分母にしなかったのは、処理水BOD濃度がほとんど1mg/lと、ごく低濃度だったので、原水BOD濃度に比べて無視できると考えた。流入BOD量は、流入水量にBOD濃度である300mg/lを乗じた値である。流入水量は、2週間に1回のメンテ

ランス時に放流量計の値を稼働日で除して求めた2週間の平均日水量である。BCなしは、2015年11月4日~2016年5月20日の汚泥発生率で21~57%、平均37%であった。BCありは、2016年11

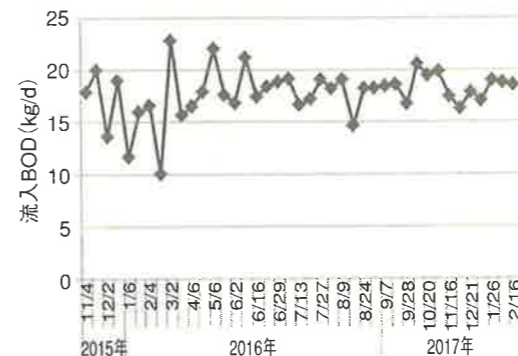


図4 流入BOD量の推移

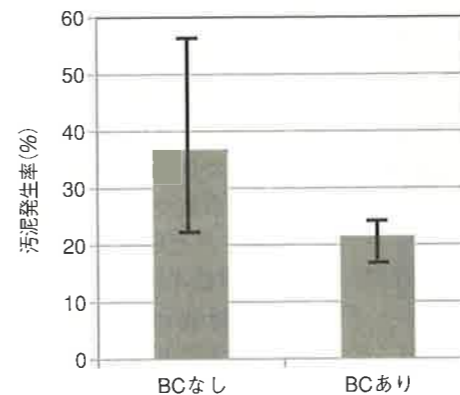


図5 汚泥発生率

月2日~2017年2月16日の汚泥発生率で17~25%、平均22%であった。2016年6月~10月は微生物叢の変遷が想定され、汚泥発生率は40%から28%と徐々に低下した。

写真1に、投入約9カ月後の第一曝気槽のBCを示した。左が全体で、右が付着汚泥の拡大写真である。担体:SBには、汚泥が空間をもって付着している。黒い嫌気汚泥は見当たらず、ほとんどが赤みを帯びた付着物である。これはミミズの塊で、*Pristina*, *Nais*が観察された。点検時の観察では、BC投入して1カ月後にうっすらと赤みのある汚泥が付き始め、2カ月目で写真1に確認されるような付着状況となった。4カ月目(9月)には付着生物がほとんど確認できなくなったが、5カ月目(10月)に赤みをおびた汚泥が少し付着した。6カ月目(11月)にほとんど付着汚泥が消え、8カ月目(1月)に写真1より少ないが赤みのある付着汚泥が確認できた。検鏡では、初期に*Nais*が観察された。これは従来からの曝気液のなかに存在したと思われる。約3カ月後にミミズは消え、少し後に*Dero*が現われたが6カ月後になると少なくなった。7カ月後に*Pristina*が現われ、少し遅れて*Nais*が現われた。現われた順序は、2.で示した過去の例と同じであった。

3.3 微生物群集構造の変遷⁷⁾

細菌類のフロック形成状況を図6に示す。当初は、高MLSSでBOD負荷が0.03kg/kg・d程度で推移していたので、フロックが粒状化していた。それが、2カ月程度経過後に新しい薄めのフロックが現われ始めた。さらに3カ月経過後に粒子が大きいフロックが現われた。それとともにMLSS濃度が低下し始めた。しだいに粒状化したフロックはみられなくなり、通常のフロック、新しい薄いフロック、粒子が大きいフロックが共存した。

前述のように10/30に事故があり、嫌気汚泥が流入して曝気槽で少し発泡した。粘性をもった細かい泡で、沈殿槽にも緑がかかったクリーミーな泡が薄いス

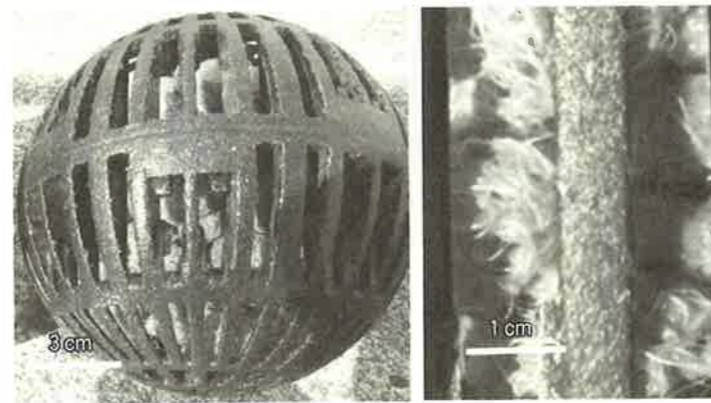


写真1 投入9カ月後のBC(左)およびその拡大部(右)

カムとして現われた。その泡がSBに付着し、曝気液面上に浮上して、BCが流動しなくなった。その泡を検鏡したが、*Nocardia*は確認できなかった。その影響で細菌叢が変化したと思われ、ミミズが極端に減少し、代わりにクマムシ(*Macrobiotus*)、渦虫(*Catenula*)が現われた。

12/20の点検時には、曝気液表面ではBC流動を確認できなかったが、塩ビ管を曝気液中に入れたところBCが衝突する衝撃があり、水中では流動していることを確認した。1/12には以前同様に曝気液面上からもBC流動を確認した。以後、BCは正常に流動している。

図7に、原生動物数と微小後生動物数の推移を示した。個体の大きさ(おもに長さ)は、現われた原生動物の有殻アメーバ目の*Euglypha*は80μm程



図6 細菌フロック状況の推移(BCあり)

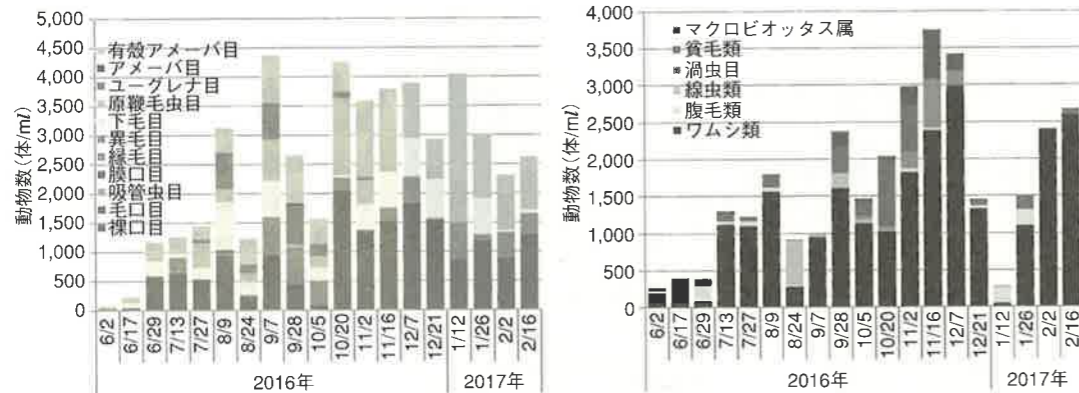


図7 原生動物数(左)および微小後生動物数(右)の推移(BCあり)

度の大きさで、原繊毛虫目は10μm程度、下毛目の*Aspidisca*は40μm程度、縁毛目の*Epistylis*は150μm程度、毛口目の*Paramecium*は250μm程度、裸口目の*Coleps*は50μm程度の大きさであった。微小後生動物であるワムシ類の*Philodina*は500μm程度、*Rotaria*は250μm程度、腹毛類の*Chaetonotus*は100μm程度、渦虫類の*Catenula*は500μm程度、貧毛類の*Nais*は1~2cm程度、*Dero*と*Pristina*は1~1.5cm程度、マクロビオッタス属の*Macrobiotus*は500~1,000μm程度の大きさであった。

原生動物は、初期の80体/mlから2カ月後以降は40~50倍の個数であった。微小後生動物は、初期の240体/mlから1.5カ月後には5倍程度に増加し、*Nais*も多量みられた。この*Nais*は、従来からの汚泥中に存在していたものと思われる。3カ月後には細菌類の再構築に伴い、*Nais*が消え、その後に*Dero*が出始めた。同時に、原生動物では*Coleps*が多数確認された。5カ月後(10月末)まで*Dero*は増加したが、10/30の事故で嫌気汚泥が原水に流入したためにミミズは確認できなくなった。直後の11/2には原生動物の下毛目である*Aspidisca*が出現、増加していた。微小後生動物は、*Colurella*、*Macrobiotus*、

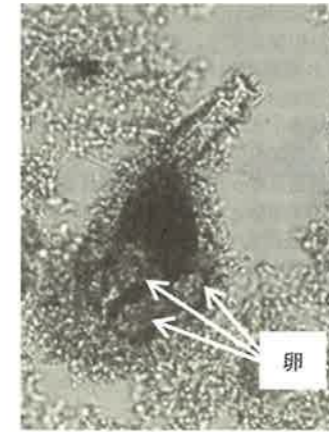


写真2 *Rotaria*と思われる微小後生動物

*Catenula*が増加した。

検鏡による細菌類叢は主立った変化はなかったが、少しずつ変化した。具体的には、12/7にかけて原生動物の*Aspidisca*、*Paramecium*が増加しており、異毛目の*Spirostomum*も確認できた。その細菌類叢の変化は微小後生動物に影響を与えたようで、12/21には微小後生動物の*Macrobiotus*、*Catenula*が確認できなくなった。*Colurella*も半減した。

その細菌類叢の再々構築が現われたのが1/12に観察した微小後生動物で、全体の個数は激減したが、*Chaetonotus*主体となり、わずかに*Colurella*、*Pristina*が確認されている。細菌類は、粒子が大きいフロックが多くなった。原生動物も*Coleps*とともに縁毛目の*Epistylis*が増加している。ワムシの数も急速に回復している。種類もそれ以前は*Colurella*が主体であったが、以降は大きな*Philodina*、*Rotaria*が主体となった。その*Rotaria*は、写真2に示したようにフロックのなかに卵を3個程度抱えている種で、通常の活性汚泥法ではみられない種類である。棲息する細菌群集により、原生動物、微小後生動物の種が決まることが生物処理の原則であれば⁸⁾、BC存在下でこのような微小後生動物が主体的に棲息しているということは、明らかに通常の活性汚泥法とは異なる細菌類種であると考えられる。

3.4 汚泥発生率と微生物

図7から、原生動物量は当初(6/2)から2カ月

で15倍以上に、微小後生動物量は、5倍以上増加している。それでも3カ月間は、曝気槽内MLSS濃度に変化はなかった(図3)。汚泥発生率に関わる汚泥減容化の主要因が微生物間の食物連鎖によるものであれば、この期間が最も汚泥発生率が低くなるはずである。しかしながら、汚泥発生率は流入BOD量の約40%のまま変化がなかった。

粒子が大きいフロックが確認された9/7から曝気槽内MLSS濃度が低下し始めた。9/7~10/20までの汚泥発生率は40%から28%へ徐々に低下した。11月から1月までは25%から17%と低下し、2月から22%と安定した。この時期に10/30の事故、それに伴うBCの流動不具合などがあった。それでも原生動物種の変化はあったが、量はおおむね保たれた。一方、微小後生動物の種の変化、量の変化はあったものの、汚泥発生率に変化はなかった。以上に鑑みると、汚泥発生率に大きく影響を及ぼしているのは、細菌類の種である可能性が考えられる。

細菌類を16S rRNA遺伝子に基づく菌叢解析を行なった。初期の菌叢と最後の菌叢の違い、曝気液と付着汚泥の菌叢の違いはみられた。しかし、科レベルの解析であり、種レベルでの違いは不明だった。種レベルの解析が必要と考えられた。

4. 結論

以前からの考えと今回の実験からわかったことは、以下の通りである。

- 1) 細菌類は、広義の活性汚泥法と比較して、多くの原生動物、微小後生動物の存在下では活性汚泥法とは異なる菌叢の細菌がフロックを形成した。この原因は未だ明らかになっていないが、微小後生動物の排泄物(溶解性微生物代謝物質:SMP)の影響が考えられる。
- 2) BCを導入した効果により、汚泥発生率が低下した。汚泥発生率の低下は、原生動物、微小後生動物による食物連鎖の影響だけではないことがわかった。
- 3) 原生動物、微小後生動物を多く、しかも長い期間安定して棲息させるためには、安定した微生物環境を保つ必要がある。そのために、担体を充填したハイブリッド型活性汚泥法が

向いており、その担体を逆洗浄しなくてもよい担体が必要である。

—参考文献—

- 1) 高橋正典：微生物集落相互作用の排水処理，月刊下水道，18(2)68～73(1995)。
- 2) 二瓶正彦：ACA法(微生物共生材FCRを活用した水処理法)による余剰汚泥の発生しない排水処理技術，汚泥の減容化と発生防止技術—脱水技術による減量化から余剰汚泥の発生しないゼロエミッション水処理技術，p.152～167，エヌ・ティー・エス，東京(2000)。
- 3) 栗原 康：有限の生態学—安定と共存のシステム—，岩波書店，東京(1975)。
- 4) 後藤景子，中田由美子，黒目智子，小野登喜恵，田川美恵子：排水処理用繊維材への汚れ付着，油化学，41(12)58～62(1992)。
- 5) 須藤隆一編著：水環境保全のための生物学，産業用水調査会，東京(2004)。
- 6) 浄化槽の構造基準・同解説編集委員会：浄化槽構造基準・同解説2006年版，日本建築センター，東京(2006)。
- 7) 須藤隆一，稲森悠平：図説 生物相からみた処理機能の診断，産業用水調査会，東京(1983)。
- 8) 千種 薫：図説 微生物による水質管理，産業用水調査会，東京(1996)。