

第6章 総括

6-1 本研究の総括

生活排水処理対策として、下水道に対応する大きな要としての合併処理浄化槽には本研究で用いた活性汚泥法と生物膜法のハイブリッド型といった担体流動床型、微生物を高濃度化する膜分離活性汚泥法、また、好気槽内にセラミック担体を充填した生物ろ過方式等様々な種類の処理方式が開発されてきている。しかしながら、各家庭における排水の量や質等の問題からどのような排水にも対応でき、かつ高度処理が可能な処理方式は現在においては開発中であるのが現状である。本研究では、既存の処理施設の水質悪化時の改善、または処理施設のスタートアップの迅速化、処理槽内の汚泥の減量化・処理水質の透明化を目的として、輪虫類*P. erythrophthalma*に焦点を当てて、本微小動物の大量培養、製剤化、処理槽内への定着化について検討を行ってきた。本研究の成果は高度処理合併浄化槽のシステム開発を行う上での生物処理機能を最大限高め、有用な輪虫類の活用法を明らかにする上での重要な知見を提示するものであるが、得られた成果は以下の通りである。

1) 輪虫類の大量培養法の開発

*P. erythrophthalma*の大量培養を行うための増殖に有利でありかつ安価な培地の選定および、通気量の攪拌方法等の適切な諸条件を見出すことを目的として検討を行った。まず、クロレラ、洗米排水、粉末酵母、油脂酵母を用いて培養を行ったところ、等量の炭素量での個体数密度増加は洗米排水と油脂酵母において高まることがわかった。しかし、油脂酵母では輪虫類の虫体が収縮、すなわち活性の低い*P. erythrophthalma*が多数見られた為、洗米排水を用いることが適切であることがわかった。しかし、洗米排水は液体であるため扱いが困難であることから、米関連物質として、上新粉、破碎米、米糠を用いて、フラスコレベルで初期培地濃度を変化させ培養を行い、大量培養特性と内的自然増加率、環境飽和容量より評価を行った。その結果、米糠での培養系が他の2系と比

較し、内的自然増加率、環境収容力ともに高く、また、初期濃度として $\text{TOC}1,000\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ で行うことが内的自然増加率が高く効率的に培養が出来るものと考えられた。次に、10L、500L培養器へとスケールアップした場合にもフラスコレベルで得られた知見がいかにせるかどうかについて、検討を行った。その結果、増殖速度はスケールアップによって減少したが、最大個体数密度は高まり、さらに*P. erythrophthalma*を効率的に増殖させ、最大個体数密度を高めるためには低濃度の初期基質濃度である $1,000\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 濃度で段階的に基質を投入することが効果的であることが明らかとなった。

また、培養後の排液に関しては培養経過と共に有機物、窒素は生物体として回収され低濃度となったが、リンに関しては過剰に残存することがわかり、培地濃度を下げる等の培養条件の設定の必要なことがわかった。

2) 輪虫類の保存法の開発

大量培養された輪虫類を必要時に迅速に対応できる様、長期的に保存するために、乾燥法、凍結法により検討を行った。その結果、乾燥法では米糠、小麦のふすま、米のもみ殻を用いたが、もみ殻、ふすまにおいて、約50%の生存率が得られた。しかし、7日後の生存率はふすまでは0.1%以下となったが、もみ殻では50%のままであった。また、米のもみ殻を粉碎し、サイズに分けて同様に乾燥を行ったところ、粒径の大きさによる差は小さかったことから、生存率に関与するのはその含水率等の物理的構造にあるものと考えられた。次に凍結による保存法をDMSOおよびグリセロールを用いて行ったところ、グリセロールを用い、添加濃度を6%、 -80°C の超低温槽で行ったときに最も生存率が高く、95%であり、1年3ヶ月後の保存率も70%が生存可能であり、高い生存率の維持が可能であった。さらに増殖試験を行なったところ、継代培養のものと同等の増殖能力を示すことがわかった。

3) 輪虫類の生息場としての担体特性と定着条件の解明

輪虫類が付着するための生息場としての担体の影響について検討を行った。その結

果、輪虫類を処理槽内へ接種した場合、接種された*P. erythrophthalma*が担体へ付着するためにはその付着する担体の性状が重要な要素であり、多孔質担体を用いた担体流動床の場合、担体として*P. erythrophthalma*の体長である300 μ m以上の孔径が必要であり、このことが初期定着の効率化を図る上で重要であることがわかった。また、輪虫類を大量に処理槽内に定着させることによって透視度100cm以上のSSの低い処理水を得ることができた。この場合、SSの構成要因である細菌数が減ることによるDOC除去率の低下が考えられたが、*P. erythrophthalma*に細菌が捕食されることによって、単位生菌あたりの活性が高まり、有機物除去能が高まることがわかった。

6-2 課題および展望

生活排水をはじめとする発生源対策の強化のために浄化槽や下水処理場、河川、湖沼などに添加するのみで多大な効果を発揮するとして微生物製剤が多数市販されてきている。しかし、実際には効果の発揮できないものや、表示されている種類の微生物の存在が明確でない場合も多い。そこで、本研究では微小後生動物である輪虫類*P. erythrophthalma*に特に焦点を当て、合併処理浄化槽の機能強化を目的として、大量培養、保存、定着化といった点について検討を行ってきたが、*P. erythrophthalma*については、用途が概ね確立化されたものと考えられる。しかし、残された課題も存在することは事実であることから、以下において*P. erythrophthalma*や他の微生物の製剤化、汎用的活用を行う上での課題と展望を述べる。

1) 本研究では対象微生物として*P. erythrophthalma*を用いてきたが、現場でのサンプルを検鏡していると、同じヒルガタワムシでも繊毛環が大きい種などがしばしば観察される。これらの種では繊毛を動かしたときの水流が強く細菌を含めたSS成分の除去が効率的に行なえると考えられるため、他の輪虫類の活用についても検討を行っていく必要がある。

2) *P. erythrophthalma*を含めた輪虫類は広食性であり、かつ一度体内へ取り込んだ物を再び外へ吐き出すといった事例は観察されていない。この*P. erythrophthalma*の餌となる細菌の細菌叢の検討も重要であり、餌の嗜好性に基づき細菌類を捕食していた場合、例えば*Nitrosomonas* sp.や*Nitrobacter* sp.等、硝化に関与する細菌類を好んで捕食する場合、窒素除去等に影響する事も考えられる。そこで混合培養系における試験も十分に行い、特定の細菌類を優占化しようとした点を考慮に入れた捕食・被食関係の解析・評価を行う必要がある。

3) 輪虫類の大量培養では米糠を基質として用いたが、回収後の排水は下水放流等が必要となるため、今後は排水処理機能もあわせた培養法について検討する必要があり、可能であれば、洗米工場との処理槽を含んだ培養施設の併設により、効率的な培養が行なえる手法を開発する必要がある。

4) 米糠を用いた培養において、輪虫類は米糠を基質として増殖した細菌類と米糠の中に含まれる微粒子を摂食し、増殖したと考えられるが、このような条件下で培養した輪虫類は汚水処理現場に導入された場合、大量培養時とは基質が異なるために増殖できなくなる可能性も考えられる。今後、現場で活用する上ではこうした基質の変化による輪虫類の増殖特性についても検討する必要がある。

5) 輪虫類はろ過摂食者で、上澄水の透明化に貢献し、水生ミミズ等の貧毛類は凝集体摂食者で汚泥の減量化に貢献し、両者は共存可能なことが明らかにされているため、輪虫類を微生物製剤として接種すると同時に、増殖促進因子が徐々に溶解して増殖促進効果を発揮できるシステム化の開発が必要である。

6) 生物膜法としての浄化槽の多孔質担体への輪虫類定着の適正条件の解明はおおむねなされたものの、生活系排水対策の重要な位置づけにある下水処理の主たるプロセスであ

る活性汚泥法における輪虫類定着のための適正操作条件の確立を行う必要がある。