

# 論文審査の結果の要旨

氏名 福島 寿和

本研究（「生物学的リン除去プロセスにおけるポリリン酸蓄積細菌の新規定量手法の確立とその生理・生態学的研究への応用」）は、廃水処理法の一つである生物学的リン除去プロセス（以下 EBPR プロセス）においてリン除去を担っているポリリン酸蓄積細菌（以下 PAOs）の生理・生態学的知見を得ることを目的として行われたものである。また、PAOs の増殖や衰退を捉えるための定量手法の開発も、本研究の相当な部分を占めている。論文の構成および内容は次の通りである。

1 章は緒論、また、2 章は関連する文献のレビューである。

3 章では、主要な PAOs の一つとして知られる *Candidatus 'Accumulibacter phosphatis'*（以下 *A.p.*）の定量 PCR 法による定量条件を確立し、活性汚泥への適用性を検討している。さまざまな条件について検討した結果、インターカレーター法による定量 PCR 法を用いて方法を確立することができた。この手法は従来 *A.p.* の定量のために用いられて来た蛍光遺伝子プローブ法よりもきわめて簡便かつ迅速である。

4 章では、*Microlunatus phosphovorius*（以下 *M.p.*）を定量 PCR 法により定量することを試みている。*M.p.* は PAOs と共通する代謝能を持つ数少ない分離株である。また、グラム陽性細菌であるために蛍光遺伝子プローブ法による定量が困難であることが知られており、そのために、実下水処理場でのリン除去への寄与について信頼に足る情報が限られていた。本章では QP-PCR 法により定量する方法を確立し、かつ、さまざまな活性汚泥中の *M.p.* の定量を行った。この結果、下水中の有機成分の種類によってはリン除去性能と類似した変動を示すことを見いだしたが、それでも *M.p.* のリン除去への寄与は最大でも全 PAOs の数%に過ぎないとの結果となった。また、酢酸系の成分が多く含まれる場合にはその寄与はさらに小さかった。こうしたことから、*M.p.* のリン除去への寄与はそれほど大きくないと結論した。

つづく 5 章では、3 章にて確立した定量 PCR 法を用いて、*A.p.* の好気培養での増殖条件の探索を試みた。希釈した活性汚泥を好気条件下さまざまな温度、pH、および炭素源を用いて液体培養し、*A.p.* の増殖の有無を定量 PCR 法により確認した。グルコース（500mgC/L）を炭素源として、pH10.0 および 20 °C の条件で培養すると、*A.p.* がわずかではあるが統計的にも有意に増殖することがわかった。つづいて、その培養条件を用いて *A.p.* の分離を試みたが、うまくいかなかった。

6 章では、実験室規模 EBPR リアクターを運転し、*A.p.* の挙動を解析した。EBPR プロセスの欠点はリンの処理性能が不安定な点であるが、それに関して低 pH では特にリン除去が悪化しやすいとこのことがこれまでに報告されている。そこで、運転中に pH を変動させ、それに伴う *A.p.* の挙動を調査した。

pH を運転途中に 6.5 に低下させたリアクターについて、リン除去性能および *A.p.* の変動を把握した結果、*A.p.* がリン除去の悪化に一週間ほど先立って減少することがわかった。そうした現象には再現性があった。また、リン除去の悪化や *A.p.* の減少は pH 低下後すぐに見られるものではなかった。また、はじめから pH を 6.5 に設定して運転したリアクターでは、*A.p.* が増加し良好なリン除去がみられた。

これらの結果から、低 pH はリン除去や *A.p.* の増殖に悪影響を及ぼすようである事はわかったものの、リン除去の悪化には低 pH が直接の原因となるのではない可能性が強く示唆された。

7 章では、6 章で運転した *A.p.* の挙動を数値シミュレーションにより再現する事を試みた。シミュレーションにあたっては、IWA ASM2 モデルをもとに行った。リアクターの運転開始からリン除去が良好に行われる過程での、シミュレーション上での PAOs の挙動は、実際に定量 PCR 法により観察された *A.p.* の挙動と定性的には似通っていた。

以上のように、本研究では、定量 PCR 法によって PAOs の新規定量方法を確立し、さらに主要な PAO の一つである *A.p.* の活性汚泥内における詳細な挙動を得ることができた。特に、6 章でおこなった検討からは、pH の低下はリン除去悪化の引き金になる事はあるようだが、直接リン除去の悪化に結びつくとは考えにくいような結果が得られた。リン除去を不安定にする要因の一つとして pH をあげる事ができることは本研究においても確認されたが、さらに複雑な要因がある可能性を示唆するものである。今後より正確な議論を行っていくために、非常に有用なツールおよび知見を導出した研究として評価できる。よって、博士（環境学）の学位を授与できるものと認める。