

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 本多 了

本論文は「ORGANIC WASTEWATER TREATMENT BY A PHOTOSYNTHETIC POND PROCESS FOR TROPICAL REGIONS AND POPULATION DYNAMICS OF PHOTOSYNTHETIC BACTERIA IN THE POND (熱帯地域向け光合成池プロセスによる廃水処理と光合成細菌群の動態解析)」と題し、紅色非硫黄細菌を利用した嫌気性池プロセスを“光合成池プロセス (Photosynthetic Pond Process)”として提案し、アジア熱帯地域を中心とする発展途上国向けの新しい環境管理技術としての実用化に関わる諸問題を検討し、プロセス中で競合する可能性のある細菌に対して紅色非硫黄細菌を選択的増殖するための因子及び紅色非硫黄細菌を適切に培養し処理性能を維持するために必要な制御条件を、動態解析を行ない明らかにしたものである。

第1章は「緒論」である。研究の背景と研究目的、及び論文構成等を述べている。

第2章は「既往の研究」である。紅色非硫黄細菌やその応用に関する研究、光合成細菌の検出や定量化の方法、硫酸塩還元細菌等の競合微生物に関する既往の研究をまとめている。

第3章は「実験方法及び予備調査」である。化学的及び生物学的分析方法について述べた後、タイの製麺工場に関する予備調査結果、実験室規模及びパイロット規模の実験方法等について述べている。

第4章は「廃水の流入及び排出方法の最適化」である。朝に廃水を流入させた系の方が菌体タンパク生産量が大きくなるという結果を得ている。有機物除去率は流出入時間に関わらず90%以上と良好であった。また、FISHによる結果 *Rps. palustris* は EUB338 に対して30~40%の割合で存在していた。有機酸の経時変化からも、グルコースを基質としたことで、酸生成菌によって生成された有機酸を紅色非硫黄細菌 (*Rps. palustris*) が利用する共存系が機能することが明らかとなった。既往の研究では前段に酸生成処理を行うことを前提とするものが多かったが、そのような前処理は必ずしも必要でなく、菌体生産、有機物除去ともに十分な性能が得られることが示された。

第5章は「廃水中の窒素と硫酸塩濃度の影響」である。結論としては、廃水中の窒素、硫酸塩濃度に関わらず硫酸還元が起こった。低濃度窒素条件では窒素固定能をもつ紅色非硫黄細菌が有利になると期待されたが、硫酸塩還元細菌の収率が低いため、菌体増殖は少量でもそれに伴って大量の硫化水素が生成されることが試算により明らかとなった。したがって、硫酸塩還元細菌の増殖を抑制することで硫化物を抑制するのは実際には困難であると結論している。硫酸塩が豊富な廃水を処理する場合には、硫酸塩還元細菌そのものを除去するか、生成した硫化物の濃度自体

を制御することが重要になると指摘している。

第6章は「赤外透過フィルターによる屋外における藻類制御」である。タイにおける実際の製麺工場廃水を用いて、太陽光照射下における赤外線透過フィルターによる紅色非硫黄細菌の選択的増殖に対する効果を検討したものである。このパイロットスケール実験の結果から、赤外線透過フィルターが太陽光照射下でも藻類抑制に効果があることが実証された。またフィルターで覆わなかった系では藻類増殖に伴って紅色非硫黄細菌の光合成色素であるバクテリオクロロフィル_aが急速に減少した。バクテリオクロロフィル_aは光によって分解が促進される一方、合成は酸素によって阻害されることから、屋外太陽光照射下では藻類増殖に伴う酸素発生が紅色非硫黄細菌の光合成活動に大きな影響を与えることが示唆された。フィルターで覆った系では、藻類の増殖は見られなかったが、紅色非硫黄細菌もほとんど増殖していないことが分かった。廃水中の亜硫酸塩により増殖が阻害されたことがその原因と推定された。別に実験室規模での亜硫酸塩添加実験により、実際に紅色非硫黄細菌の増殖に影響を与えることを確認している。

第7章は「高濃度硫酸塩含有廃水において必要な運転条件」である。完全混合および池内鉛直分布を考慮した2つの数理モデルを構築し、硫酸塩が豊富な廃水を処理する場合に必要な紅色非硫黄細菌と硫酸塩還元細菌の増殖制御についてシミュレーションにより検討を行ったものである。実際に想定される運転条件下では、完全混合では硫酸塩還元細菌は系内に維持されないことが示されたが、実際の池においては完全混合を実現するのは困難で、現実には底泥に硫酸塩還元細菌は多く存在していると考えられる。硫酸塩還元細菌の底泥への沈降と紅色非硫黄細菌の走光性を考慮した鉛直分布モデルによるシミュレーションの結果、水面近くに集積する紅色非硫黄細菌の培養には水表面への連続的な基質の供給が不可欠であり、また、表面近くで廃水中の有機物が消費されることにより、底泥の硫酸塩還元細菌への基質供給が制限されることが分かった。これを実現するための制御方法としては、廃水を連続投入する場合は水表面への連続投入、朝一回流入する場合は表面付近への投入と表面攪拌の併用が有効であることが示された。また、底泥への基質流入が不可避な場合には、浚渫による底泥中の硫酸塩還元細菌の除去が有効であり、同時に紅色硫黄細菌を投入することにより硫化物の一時的な増加による紅色非硫黄細菌の減少を少なくすることができることが示された。

第8章は「結論」である。

以上要するに、本論文で提案した光合成池プロセスが、有機物除去、菌体タンパク生産プロセスとして十分なポテンシャルをもつことを明らかにしたものであり、アジア熱帯地域を中心とする発展途上国向けの新しい環境管理技術として、本プロセスを実現させるための設計条件に関して重要な知見を与えており、独創性の高い研究であると評価できる。また、本研究で得られた知見は、都市環境工学の学術の発展に大きく貢献するものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。