

氏名(本籍)	せつ 薛	きょう 強	(中 国)
学位の種類	博 士 (生物工学)		
学位記番号	博 甲 第 5903 号		
学位授与年月日	平成 23 年 7 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Study on Efficient Degradation of Musty Odor Compounds using Biological and Physico-chemical Treatment (生物・物理化学的処理手法によるかび臭化合物の効率的な分解に関する研究)		
主査	査	筑波大学教授	農学博士 杉浦 則夫
副査	査	筑波大学教授	博士(農学) 張 振 亜
副査	査	筑波大学准教授	博士(農学) 北 村 豊
副査	査	筑波大学准教授	博士(理学) 内 海 真 生

論 文 の 内 容 の 要 旨

上水道、工業用水、養殖産業などで異臭味、とくにかび臭は、低濃度レベルで人の嗅覚に感知すること、除去が困難なこと、さらに水産加工食品などの品質低下により産業経済に影響を及ぼしていることから内外で大きな問題となっている。原因は、主に糸状ラン藻類や放線菌が産生する 2-メチルイソボルネオール (MIB) やジェオスミンに起因することが明らかとなっており、その対策が喫緊の課題となっている。

本論文では、水環境中のかび臭物質の最適な除去条件を確立するため、まず生物処理法に注目し、生物処理施設の生物膜機能評価の一環としてかび臭物質分解細菌を分離・同定するとともに分解活性に関わる環境因子の解析をおこなった。ついで物理的吸着処理法によるセラミック担体吸着処理法、特定金属電極を用いた電気化学的処理法によるかび臭物質の分解・除去効果について検討した。かび臭物質の生物学的分解・除去法では、まず微生物の分解機能に注目し、分解菌を探索したところ浄水場の生物処理槽内の生物膜から 2 株、霞ヶ浦底泥から 3 株のいずれもかび臭物質ジェオスミンを分解する新規の分解菌を分離・培養できた。全細菌株は 16SrRNA 遺伝子配列解析により *Acinetobacter* spp. と同定した。分解能は 2 日間で初期濃度 2 mg/L のジェオスミンを分解でき、一次反応に従うことが明らかとなった。さらに分解菌によるジェオスミンの生物分解性について検討した。

その結果、分解菌の初期ジェオスミン分解速度に及ぼす律速因子は水温とかび臭物質濃度であることが明らかとなった。すなわち低水温では、かび臭物質分解菌の分解酵素の活性が低下し、最適な水温条件 (25℃ 付近) およびジェオスミンや MIB が高濃度に維持されることによって分解酵素が高い分解活性状態を保持し、分解速度が上昇することが示唆された。また、生物膜は、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (DGGE) 法を用いた微生物群集構造解析により多様の細菌群から構成されていることがわかったがかび臭物質分解活性はこのような条件下でも分解菌群のポピュレーションのみならず、分解酵素遺伝子の発現制御も関わっていることが予測できた。

一方、物理吸着処理法としてセラミック吸着担体 (CA) を用いてかび臭物質 MIB の除去特性を検討した。

CA の物理化学的性質は走査型電子顕微鏡やエネルギー分散型 X 線分析法やガス吸着ポロシメトリーにより解析した結果、MIB の吸着は一次反応機構によることが明らかとなった。CA は 25℃ で 80% 以上の MIB が除去され、MIB 初期濃度によらず高い除去能を示し、pH7 が最適であったが広範囲の pH に応応することができることがわかった。再生能を検討したところ、短時間で吸着再生潜在能力を回復でき効果的かつ迅速なかび臭物質除去能を示すことが明らかとなった。

物理化学的な処理技術として電気化学的分解法を開発し、典型的な陰極である Ti/IrO₂-Pt によるかび臭化合物の処理法を提案した。ジェオスミン分解に及ぼす各種因子の影響として重要な電解質 (NaCl) 濃度、電流密度、ジェオスミン濃度、溶液の初期 pH に注目し、分解実験および解析を行った。電気分解中における HOCl の形成はジェオスミンを酸化促進させ、重要な役割を担っていることがわかった。ジェオスミンの最適な分解条件を検討したところ、ジェオスミン濃度 600 ~ 800 ng/L では、3.0 g/L の NaCl、40 mA/cm² の電流密度で 60 分間の条件で最も分解能を示した。また、pH の分解影響については、pH7 が最適であったが幅広い初期 pH 域で効果的なジェオスミン分解が確認され、本実験条件において長時間の処理でも Ti/IrO₂-Pt 陰極の電気化学的酸化能は低下しないことがわかった。

生物学的手法と比べて、物理化学的手法はかび臭物質の迅速な除去が可能であるが実プラントでの長期間の使用を考慮すると、生物学的手法の生物膜法は物理化学的処理法のセラミックス担体吸着処理、電気化学的処理と比較し、処理時間はかかるものの低コストで二次汚染の影響が低くなり、自然に近い水質をつくるのが可能になると考えられる。従って、それぞれの欠点を補いつつ環境、管理運営、経済などといった各種条件に応じて生物と物理化学的処理法の組み合わせを考慮し、最適な方法が求められる。

審査の結果の要旨

本論文は、主に藍藻や放線菌が産生するかび臭原因物質で 2 環性テルペン類、2-メチルイソボルネオール、ジェオスミンの分解・除去に対し、生物学的手法、物理・化学的手法による最適条件、諸因子の特定化を検討したものである。

生物学的手法では生物膜を構成する微生物群集から、また水源池からかび臭物質を分解する新しいかび臭物質分解菌を単離することに成功し、実際の生物学的手法の浄水処理プラントからかび臭物質分解に関わる環境因子を見出した。さらに、物理的吸着処理としてセラミックス担体を用いた研究では担体が効果的なかび臭物質除去能を有することを証明した。また、新たな処理技術として注目されている物理化学的な電気化学的分解法によるかび臭物質の分解に関する研究では、かび臭物質の最適な分解条件を確立している。本研究成果は、今後、実際の水源池のかび臭発生の対策法として、これらの生物学的手法、物理・化学的手法は、重要な基盤となり、今後、応用が大いに期待できる。すなわちかび臭を浄水処理プラントで高効率・環境低負荷・低エネルギーで除去するための応用技術に極めて寄与するものである。とくに新規のかび臭物質分解菌を単離したことでかび臭が発生する水源池でのかび臭物質濃度制御が自然界でどの様に行われているかを解明するための生態学分野で基礎となる重要な研究である。以上により本論文は新規性、独創性、応用性があり高く評価される。

平成 23 年 6 月 2 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者の説明を求め、関連事項について口頭試問を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判断された。

よって、著者は博士 (生物工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。