

廃水処理システムから採取した微生物によるゴム分解性能の評価

呉工業高等専門学校	学生会員	○村岡 祐輔
呉工業高等専門学校	正会員	木村 善一郎
呉工業高等専門学校	正会員	谷川 大輔
呉工業高等専門学校専攻科	非会員	新藤 義稀
住友理工株式会社	非会員	米山 史紀
住友理工株式会社	非会員	間瀬 昭雄

1. 研究背景

タイヤやゴム手袋の原料として用いられる天然ゴムは、植物由来のカーボンニュートラルな材料として注目を集めており、その生産量も増加傾向にある。一方で、生産量の増加に伴って大量のゴム廃棄物も排出されている。ゴム廃棄物の多くは、焼却・熔融処理後に埋立処分をされているが、埋立地問題等が生じていることから、新たなゴム廃棄物処理法が求められている。そこで、本研究では、微生物を用いたゴムの生分解に着目した。既往の研究では、ゴム分解能を有する単一の菌株を用いたゴム分解がおこなわれているが、特に加硫処理を施したゴムの分解については、分解速度や分解率等での課題を抱えている。そこで、本研究では、廃水処理システム内から採取した複合微生物系を用いた加硫ゴムの分解性能の評価をおこなった。

2. 実験方法

本研究では、300mL の三角フラスコを用いた連続培養実験により、加硫ゴムの生分解性を評価した。植種汚泥として、天然ゴム廃水処理システム内から採取した汚泥を標準系とし、生活排水処理システム内から採取した汚泥を対象系とした。炭素源として、1 cm × 1 cm の加硫ゴム片を 10 個ずつ投入した。各系列共に 2 本ずつ培養をおこない、炭素源を添加しないコントロール系 (C) もそれぞれ準備した。培養は 26°C の室温に設置したシェイカーを用いて、120 rpm で振とう培養をおこなった。三角フラスコは、シリコ栓で蓋をして通気状態とした。

連続培養では、水質分析用のサンプルを 1 ヶ月に 1 回採取し、遠心分離後の上澄み液の化学的酸素要求

量 (Chemical Oxygen Demand: COD) 濃度を測定し、COD 濃度の増加分を加硫ゴムの分解生成物として評価した。また、ゴム表面観察用のゴム片サンプル、およびゴム表面と培養液中の微生物解析用のサンプルを 2 ヶ月に 1 回採取した。ゴム表面観察用のゴム片サンプルは、表面を生理食塩水で洗浄し、4% グルタルデヒド溶液中に保存した後、走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) による観察をおこなった。微生物解析用のサンプルは、培養液を採取したチューブ内に加硫ゴム片を投入し、ピンセットで表面の生物膜を培養液中に懸濁させた液とし、次世代シーケンサー MiSeq により解析をおこなった。

3. 実験結果

図 1 に各系列の COD 濃度の経日変化を示す。COD 濃度は各系列の平均値を用いた。天然ゴム廃水処理システム内の汚泥を用いた標準系では、実験開始から 60 日目まで COD 濃度の増加が確認された。60 日目以降は、COD 濃度の増減が確認されたが、全体として増加傾向であった。また、コントロール系の COD 濃度が減少していることから、加硫ゴムの分解に伴い、COD 濃度が増加したことが示唆された。

一方、生活排水処理システムから採取した汚泥を用いた対照系では、培養初期において COD 濃度の挙動がコントロール系とほぼ一致していた。実験開始 97 日目以降から、加硫ゴムの分解に由来すると想定される COD 濃度の増加が確認された。

97 日目以降の各系列の COD 増加速度を算出したところ、標準系では 0.226 mgCOD/(L・日)、対照系では 0.094 mgCOD/(L・日) となっており、天然ゴム廃水処理システム内から採取した汚泥を用いた方が、加

キーワード ゴム分解、加硫ゴム、天然ゴム廃水、複合微生物系、廃水処理システム

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-1 1

呉工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL0823-73-8955

硫ゴムの分解速度が2.4倍高いことが確認された。また、対照系では、加硫ゴムの分解が開始するまで約3ヶ月の期間が必要となっていたことから、植種汚泥により加硫ゴムの分解性能に明確な差が確認された。

写真1に132日目に、標準系、対照系から採取した加硫ゴム片表面のSEM観察写真をそれぞれ示す。標準系では、加硫ゴム片の内部まで微生物が侵入し、分解が内部にまで進行していることが確認された。一方で、対照系では、加硫ゴム片の表面のみ微生物により分解されており、両系列の間で加硫ゴム片表面の分解状況にも明確な差が確認された。

図2に各系列内の主要細菌の変化を示す。まず、植種汚泥(0日目)に着目すると、標準系と対照系で大きく異なっており、標準系では *Spirosoma* 属、対照系では *Legionella* 属が主要な細菌となっていた。一方、培養168日目では、既知のゴム分解細菌が報告されている *Nocardia* 属が両系列で優占化していることが確認された。*Nocardia* 属の存在比は、実験初期から加硫ゴムの分解が確認された標準系では継続的に増加しているのに対し、97日目以降に加硫ゴムの分解が確認された対照系では、168日目のサンプルで増加していることが確認されており、COD濃度の挙動とも一致していた。また、加硫ゴム片を添加していない両系列のコントロールでは、*Nocardia* 属は確認されなかった。したがって、本培養系において、*Nocardia* 属が加硫ゴムの分解に寄与していることが示唆された。また、加硫ゴムの分解が進行していた標準系では根粒菌である *Bradyrhizobium* 属も増加しており、加硫ゴムの分解性生物を利用していることが考えられた。

4. まとめ

本研究により、用いる植種源によって加硫ゴムの生分解性が異なっており、天然ゴムを含む廃水処理に関わる複合微生物系を用いることで、加硫ゴムの生物分解を促進可能であることが明らかとなった。また、*Nocardia* 属が主要なゴム分解細菌として加硫ゴムの分解に寄与していることが示唆された。一方で、複合微生物系を用いた場合でも、加硫ゴムの分解速度はまだ低く、ゴム廃棄物処理技術として適用するためには、実験条件の最適化や必要な微生物量の確保などが今後の課題として確認された。

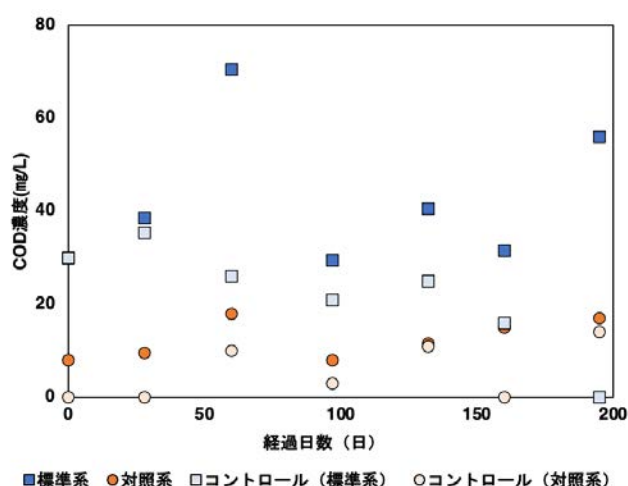


図1 各系列のCOD濃度の経日変化

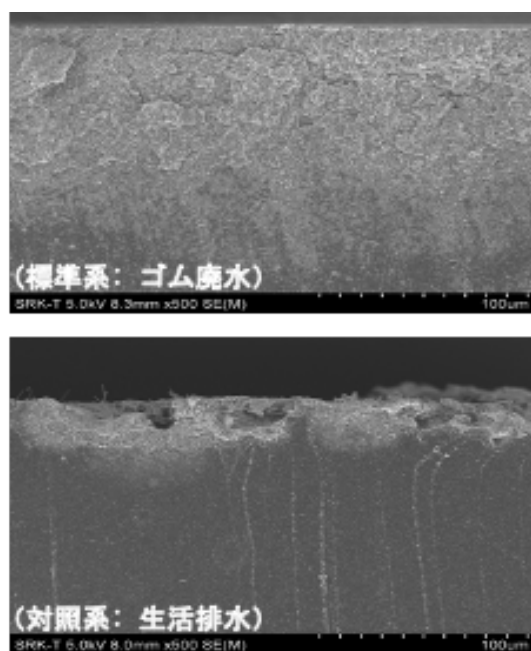


写真1 運転132日目の加硫ゴム片表面のSEM観察写真

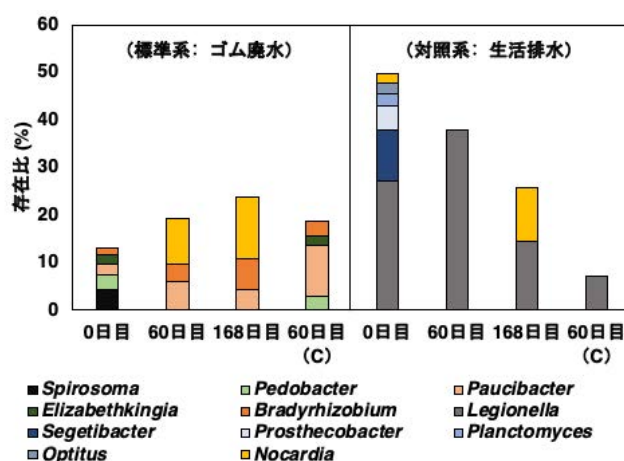


図2 各系列内の主要細菌の変化