

医薬有効成分が排水処理微生物生態系へ与える影響評価と分解特性の把握

香川高等専門学校 賛助会員 ○溝渕和 香川高等専門学校 正会員 多川正

1. はじめに

1980年代以降、水環境の医薬品が原因とされる汚染が多く報告されている。服用された医薬品は体内で代謝し無効化されるものもあるが、その効果を保持したまま排泄物として汚水に流入されるものも存在する。これらの汚水は下水処理場や浄化槽で好気性微生物により処理されるが、難分解性の医薬品成分は通常の生物処理では浄化されずに水域に放流されるため、環境中に残留することが懸念されている。このことから、河川などの微生物生態系への影響や薬剤耐性菌の発生の原因、飲料水を通じたヒトへの健康影響が懸念されている。近年、新型コロナウイルス感染症のワクチン接種後に起こる副反応に対して市販の解熱鎮痛剤の服用が急激に増加しており、下水中に含まれる解熱鎮痛剤の成分が増加することが予測される。本研究では、解熱鎮痛剤が活性汚泥(好気性微生物)に与える影響を把握するため、活性汚泥による解熱鎮痛剤の分解特性を検証した。

2. 実験方法

2.1 実験対象とする解熱鎮痛剤の選定

厚生労働省は新型コロナウイルスのワクチン接種後の発熱・痛みへの対応として、アセトアミノフェン、ロキソプロフェン、イブプロフェンを有する解熱鎮痛剤の使用が可能であると明示している。本研究では、解熱鎮痛剤の市販薬の中でアセトアミノフェンの含有量が最も多いA社の解熱鎮痛剤Aとロキソプロフェンを有効成分とするB社の解熱鎮痛剤Bを対象とした。

2.2 好気性微生物の培養方法

解熱鎮痛剤Aおよび解熱鎮痛剤Bそれぞれ成人処方量の5回分を40°Cの蒸留水に溶かしたものをそれぞれA溶解液(2.3475 g/L)、B溶解液(18.86 g/L)として作成した。好気性微生物はK浄化センターの分流式曝気槽より都市下水処理活性汚泥を入手し、BLリアクター、Aリアクター、Bリアクターと称す約3Lのプラスチック容器3つに2.5Lずつ分注し、培養を開始した。BLリアクターには基質として同浄化センターの下水のみを1週間に1度20 mL供給し、Aリアクターは下水20 mLとA溶解液を0.25 mL、Bリアクターは下水20 mLとB溶解液0.25 mLを添加し、培養を行った。培養71日目からはA溶解液、B溶解液の添加量を2倍量の0.5 mLに増加し、培養を継続した。いずれの培養条件もエアープンプを用いて酸素を供給した。培養した3種類の活性汚泥微生物を用いて、酸素消費速度および解熱鎮痛剤の有効成分の分解試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 解熱鎮痛剤添加前後の酸素消費速度の変化

測定条件は各培養汚泥に対して、①解熱鎮痛剤溶解液添加前、②解熱鎮痛剤溶解液添加直後の酸素消費速度を測定した。A培養汚泥にはA溶解液を、B培養汚泥にはB溶解液をそれぞれ添加した。なお、BL培養汚泥については、A溶解液添加後およびB溶解液添加後の両方の条件を測定した。酸素消費速度は、各リアクターから100 mL培養汚泥を採取してDO瓶に移し、マグネティックスターラーにてゆるやかに攪拌しながらDO計(HACH HQ30d)にて3分毎に30分間測定した。好気性微生物は溶存酸素(DO)を利用して有機物を水と炭酸ガスに分解し、エネルギーを獲得するため、酸素消費が速くなる現象が観察されれば解熱鎮痛剤を分解していると判断される。酸素消費速度は経過時間とDOのグラフを作成し、一次近似式によるグラフの傾きを算出して比較を行った。

図-1にBL培養汚泥の実験結果、図-2にA培養汚泥の実験結果、図-3にB培養汚泥の実験結果を示す。図-1のBL培養汚泥における酸素消費速度は解熱鎮痛剤添加前が0.0038 mg/L・S(以下同単位のため省略する)、A溶解液添加後が0.0034、B溶解液添加後が0.0048であり、解熱鎮痛剤を与えていないBL培養汚泥に関しては解熱鎮痛剤の添加の有無、種類にかかわらず酸素消費速度は同程度の大きさであった。A培養汚泥においては、A溶解液添加前の酸素消費速度は0.0022であるのに対して、溶解液添加後は0.0093と添加後の方が酸素消費速度は約4倍大

きくなっていた。また,B 培養汚泥においては,B 溶解液添加前の酸素消費速度は 0.0036,添加後は 0.0055 と僅少の差ではあるが添加後の方が酸素消費は大きくなっていた。このことより,基質として解熱鎮痛剤を添加していない培養系の活性汚泥 (BL) は解熱鎮痛剤を分解せず,基質として投与した培養系の活性汚泥は両者とも解熱鎮痛剤を分解している可能性が高いと考えられた。また,BL 培養汚泥は解熱鎮痛剤を添加しても酸素消費速度が添加前と比較して減少していないことから,活性汚泥にとって解熱鎮痛剤が毒性である可能性は低いと判断される。

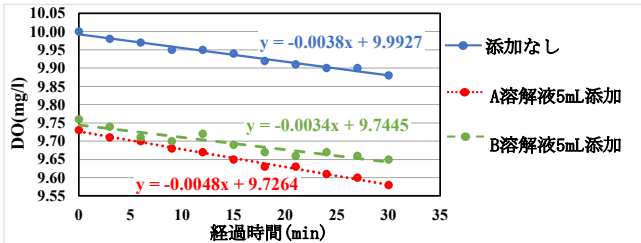


図-1 BL 培養汚泥の酸素消費速度

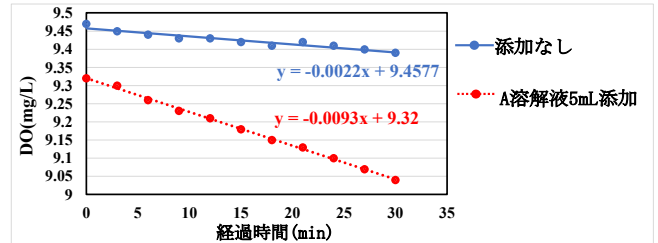


図-2 A 培養汚泥の酸素消費速度

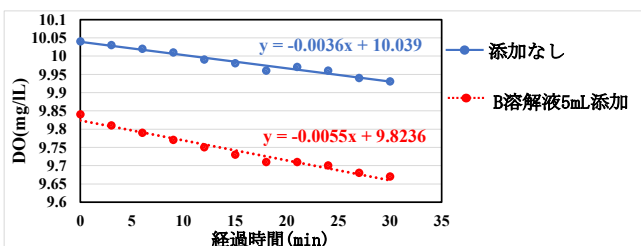


図-3 B 培養汚泥の酸素消費速度

表-1 解熱鎮痛剤・有効成分溶解液の CODcr 濃度

種類	CODcr(mg/L)
A溶解液	3,490
B溶解液	1,914
アセトアミノフェン溶解液	2,596
ロキソプロフェン溶解液	553

3. 2 解熱鎮痛剤添加後の CODcr の変化

解熱鎮痛剤の分解試験は,300 mL の三角フラスコに A 培養汚泥 200 mL を採取したものをそれぞれ 3 つ用意し,解熱鎮痛剤 A の有効成分であるアセトアミノフェン試薬を A 溶解液のアセトアミノフェンと同濃度になるようアセトアミノフェン溶解液(1.5g/L)を 10 mL, 20 mL, 30 mL の 3 段階の添加量で各三角フラスコに添加し,マグネティックスターラーにて毎分 200 回転の高速度で攪拌して混合・酸素供給を行った。同様に B 培養汚泥も 200 mL 汚泥を採取し,B 溶解液と有効成分のロキソプロフェンの濃度が等しくなるように試薬でロキソプロフェン溶解液(0.3g/L)を作成し,3 段階に分けて添加した。添加後,0 分,30 分,1 時間,2 時間,3 時間,1 日 2 日経過した溶液を 0.45 μm 孔径のフィルターで濾過し,CODcr 濃度を測定した。

アセトアミノフェンを添加した実験系の CODcr 濃度の結果を図-4,ロキソプロフェンを添加した実験系の結果を図-5に示す。図-4 よりアセトアミノフェンを A 培養汚泥に添加した結果,3 段階の条件すべてにおいて CODcr 濃度が減少し,最大で約 87% の除去率を確認した。一方,B 培養汚泥にロキソプロフェンを添加した結果については,3 段階とも試験期間中 CODcr 濃度はほぼ一定で,減少は確認されなかった。表-1 に解熱鎮痛剤・有効成分溶解液の CODcr 濃度の測定結果を示す。A 溶解液の CODcr 濃度は B 溶解液の CODcr 濃度より 2 倍以上高く,A 培養汚泥の方が解熱鎮痛剤を分解している可能性が高いことから CODcr 濃度の数値が大きい基質の方が解熱鎮痛剤を分解する好気性微生物の活性が高く,活発に増殖するのではないかと推論でき,またロキソプロフェンはアセトアミノフェンと比較すると難生物分解性の成分である可能性も示唆された。今後は培養を更に継続し,分解速度の向上や阻害性の確認分解に加え,関与する微生物叢の解析を含め検証したい。

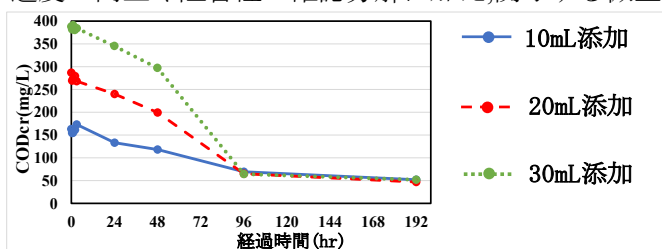


図-4 A 培養汚泥の結果

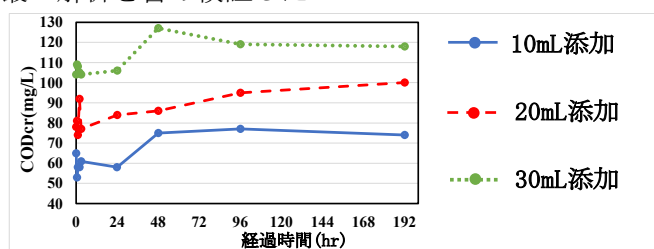


図-5 B 培養汚泥の結果