

B-39 電子部品工場排水の 生分解性評価に関する検討

○坂本 修一^{1*}・古崎 康哲²・榊原 隆司³・石川 宗孝²

¹大阪工業大学大学院工学研究科環境工学専攻（〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号）

²大阪工業大学工学部環境工学科（〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号）

³パナソニック環境エンジニアリング株式会社（〒564-0062大阪府吹田市垂水町3丁目28番33号）

* E-mail: m1m08f02@eng.oit.ac.jp

1. はじめに

電子部品工場からの排水は生産品目、生産工程毎に組成・濃度・水量が異なり、また、生物処理が困難な物質を含む場合も少なくない。さらに、ラインの変更等に伴って新規の薬液等が混入すること考えられる。そのため、排水に適した処理プロセスの選定や設計を行うには生分解性の評価が重要となる。従来の生分解性の評価は、BOD もしくは、それに類似した手法を用いて行っているが、微生物の馴致を考慮しない場合が多くそれが設計ミスにつながることも考えられる。また、適正な設計を行うためには、基質除去および酸素消費に関する各種パラメータを把握することも重要である。本研究では、電子部品工場排水を対象とした生物処理システムにおいて、馴致可能性の判定および基質除去・酸素消費に関するパラメータの算出手法について検討を行った。

(2) 生分解性試験

連続培養実験にて培養した汚泥を用いて生分解性試験を行った。試験はBODをリアルタイムに把握することが可能なBODセンサー（アクタック社製）（図-2参照）を用いて行った。測定試料は、容量500mLの測定容器内に、基質としてNMP濃度63mg・TOC/Lとなるよう全量250mLに調整した。また、植種源としては装置Bおよび

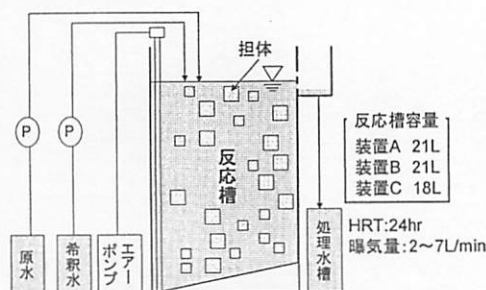
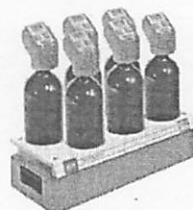


図-1 連続培養実験装置概略図

表-1 実験条件

装置	Run	供試原水	運転期間 (day)	TOC 容積負荷 (kg/m ³ /day)	流入TOC (mg/L)	充填担体
A	A-1	人工下水	0-15	0.1	101	F, F.C
	A-2	NMP	15-137	0.1	102	F, F.C, B
	A-3	NMP	138-175	0.2	204	B
B	B-1	人工下水	0-12	0.1	101	S
	B-2	NMP	13-99	0.1	104	S, K
	B-3	NMP	100-166	0.2	200	S
C	C-1	人工下水	0-103	0.1	101	S, F, F.C, K, B
	C-2	NMP	104-141	0.2	202	S

※S:スポンジ担体, F:繊維担体, FC:活性炭繊維担体, B:ポリプロピレン中空円筒状担体, K:ゲル状担体



型式	キャップオンBOD センサー、システム6
測定方式	電子圧力センサー
BOD値	リアルタイム表示
測定レンジ	0~999mg・BOD/L
容器容量	500mL

図-2 BOD センサー概略図および仕様

2. 実験方法

(1) 連続培養実験

図-1に装置の概略図を示す。反応槽は、有効容量21Lおよび18Lとし、担体は各装置ともに充填率10~20%となるようにスポンジ担体、繊維担体、活性炭繊維担体、ポリプロピレン中空円筒状担体、ゲル状担体（球体）を投入した。槽内温度は24℃に設定し、HRT24hr、曝気量は担体の流動性を考慮しながら2~7L/minで適宜調整した。

表-1に実験条件を示す。投入基質はグルコース、ペプトンを主成分とした人工下水と、電子部品工場において剥離剤として使用されている1-メチル-2-ピロリドン（和光純薬製、以下NMP）を用いた。装置A, Bについては2週間程度人工下水で運転後、基質をNMPに切り換えた。

びCの担体を使用し、試料調整後の各測定容器内に1つをそのまま投入した。測定開始後は、酸素消費量を1日毎に測定し、NMPの生分解性を検討した。

(3) 担体付着汚泥量の測定

各種パラメータを求めるためには、担体に付着した汚泥量を把握する必要があることから、担体付着汚泥量の測定を行った。付着汚泥量の剥離方法は、連続培養実験中の担体を6等分程度に刻み、蒸留水50mLと共にサンプル瓶に入れ、次に手振り振とう(180rpm, 10min)および超音波照射(10min)とし、剥離操作後の汚泥量(SS)を測定した。また、担体から剥離しなかった汚泥量を把握するために、ATP活性試験¹⁾により処理後の担体および担体から剥離した汚泥のATP量を測定し、担体に残存した汚泥と剥離汚泥の比率を調べた。

(4) 基質除去・溶存酸素消費に関するパラメータ算出

表-2に回分実験における実験条件を示す。装置は連続培養実験中の装置B、Cを使用し、投入基質の初発濃度は約150mg-TOC/Lとなるよう調整した。実験では槽内のDOC濃度およびDO濃度を測定した。反応式は、基質除去速度を式(1)、溶存酸素消費速度を式(2)として、回分実験結果を整理してパラメータを算出し、実験値との整合性を検討した。

$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot \frac{C}{K_s + C} \cdot X \quad \text{.....式(1)}$$

$$\frac{dDO}{dt} = -a' \left(\frac{dC}{dt} \right) - b' X + K_L a (DO_s - DO) \quad \text{.....式(2)}$$

ここで、C:基質濃度(mg-DOC/L)、X:槽内汚泥濃度(mg-SSL)、k:最大比DOC除去速度(1/day)、K_s:飽和定数(mg-DOC/L)、DO_s:溶存酸素飽和濃度(mg-O₂/L)、DO:溶存酸素濃度(mg-O₂/L)、a':基質DOC除去に必要な酸素利用率(mg-O₂/mg-DOC)、b':酸素利用速度係数(g-O₂/g-SS/day)、K_La:総括酸素移動容量係数(1/day)

表-2 回分実験における実験条件

装置	容量(L)	馴致基質	投入基質(mg/L)	曝気量(L/min)	K _a (1/hr)
B	20	NMP	NMP	3.0	5.5
C	15	人工下水	人工下水	2.0	5.6

表-3 生分解性の判定方法および判定結果

系	判定方法			判定結果
	根本		左合	
	COD _{5h} /BOD ₅	BOD ₅ /ThOD		
NMP馴致	0.23	0.71	I 型	易分解
人工下水馴致	0.39	0.43	II 型	難分解

3. 結果および考察

図-3に連続培養実験での各装置の処理水TOC濃度およびTOC除去率の経日変化を示す。装置A、B共にTOC容積負荷0.1kg/m³/dayではTOC除去率90%以上で運転が行えた。TOC容積負荷を0.2kg/m³/dayに上げたところ、装置Aでは処理水TOC50mg/L、TOC除去率76%まで低下した。一方、装置Bでは処理水TOC3mg/L、TOC除去率95%以上で運転が行えた。これは、装置Bに充填していた担体が装置Aに比べて担体付着汚泥量が多かったため、もしくは、馴致が良好であったと考えられる。このことから、装置Bのスポンジ担体が馴致汚泥の培養に有効であると判断した。また、人工下水を基質とした装置Cでは実験を通してTOC除去率90%程度を維持していた。

図-4に生分解性試験におけるBOD/ThOD比の経日変化、表-3に生分解性の判定方法および判定結果を示す。装置Bの担体を植種源としたものをNMP馴致系、装置Cを人工下水馴致系とした。NMP馴致系では1日目から速やかにBODの増加が見られ、5日目ではほぼ一定値となった。一方、人工下水馴致系では開始後3日目まではBODの増加が緩慢であったが、4日目以降から速やかに増加し、8日目ではほぼ一定値となった。この結果を、生分解性判定手法²⁾³⁾に当てはめNMPの生分解性を判定した。その結果、NMP馴致系では易分解性有機物、

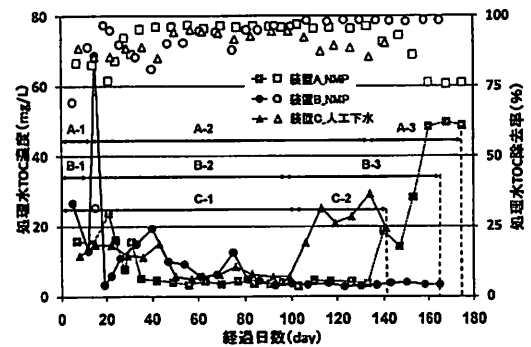


図-3 処理水TOC濃度、TOC除去率

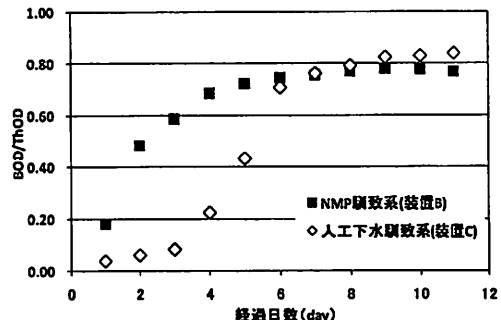


図-4 NMP生分解性試験におけるBOD/ThOD比の経日変化

人工下水馴致系では馴致可能な難分解性有機物と判定された。このことから、装置 B では NMP 分解能の高い微生物が培養されているとわかった。また、装置設計時の BOD の把握は馴致汚泥を植種源とした生分解性試験が重要であると確認できた。

図 - 5 に連続培養槽内担体の ATP 濃度と汚泥濃度を示す。剥離操作後の各担体の ATP 濃度に関しては、全体の 15~30%程度であった。このことから、振とう操作および超音波照射によって担体から剥離した汚泥量を担体付着汚泥量としてみなすことが可能であると考えた。しかし、ゲル状担体については汚泥を顕著に剥離させることができず付着汚泥量の算出は困難であった。

図 - 6 に回分実験における槽内 DOC 濃度および解析値を示す。槽内における DOC 濃度の経時変化は、NMP、人工下水ともに類似しており、NMP は馴致汚泥を用いることで易分解基質である人工下水とほぼ同じ分解性が得られることが分かった。また、実験値は NMP、人工下水ともに解析値との整合性も良く、DOC 除去は式(1)にて概ね表現できると分かった。

図 - 7 に DO 濃度および解析値を示す。槽内における DO 濃度の経時変化は、NMP、人工下水ともに実験開始 1hr 程度までは類似しているが、その後は異なる傾向を示した。解析値については式(2)を使用し、NMP については実験を通して高い整合性が得られた。一方、人工下水については、時間の経過とともに整合性が悪くなる傾向があった。これは、実験中において一定であると仮定したパラメータが実際の反応機構では無視できないほどに変化したことなどが要因として考えられる。

パラメータ k , K_s については Lineweaver-Burk Plot から求め、NMP 馴致系では $k=0.56(1/\text{day})$, $K_s=20(\text{mg-DOC/L})$, 人工下水馴致系では $k=0.92(1/\text{day})$, $K_s=52(\text{mg-DOC/L})$ となった。また、基質除去あたりの酸素利用率 a' , 酸素利用速度係数 b' については NMP 馴致系では $a'=0.80$, $b'=0.11(1/\text{day})$, 人工下水馴致系では $a'=0.30$, $b'=0.14(1/\text{day})$ となった。

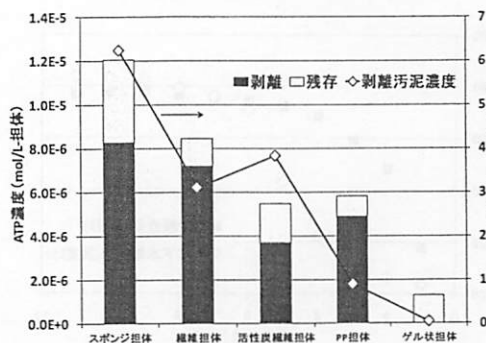


図 - 5 担体付着汚泥の ATP 濃度および剥離汚泥濃度

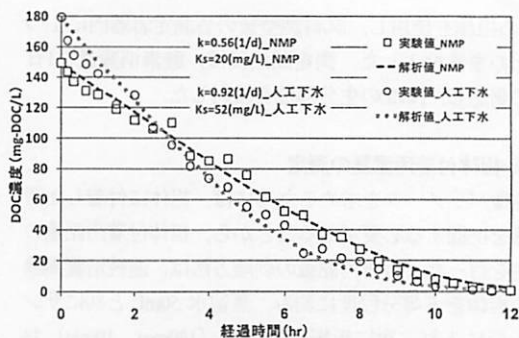


図 - 6 槽内 DOC 濃度および解析値

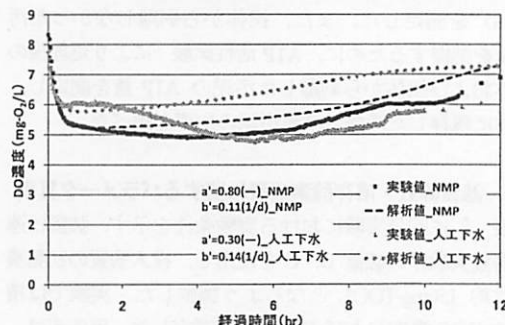


図 - 7 槽内 DO 濃度および解析値

4. おわりに

本研究では、結合固定化法を用いた連続培養実験により、NMP 分解能の高い微生物を培養できた。馴致を行うことで分解性が向上したことから、馴致汚泥を植種源とした生分解性の評価が重要であるといえる。

回分実験では、基質除去・溶存酸素消費についての各種パラメータの算出を行うことができた。本結果は、馴致の要する排水についての設計パラメータとして適用可能ではないかと考えられる。

【参考文献】

- 岡田真治：ATP を指標とした油脂含有廃水処理の評価手法に関する基礎的検討，平成 20 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，pp.VII - 6，2008。
- 橋本奨：活性汚泥法による PVA 等難分解性物質の処理の実用化に関する研究，大阪大学工学部環境工学教室，pp36，1976。
- 左合正雄，山口博子：工場廃水に含まれる有機薬品の生物酸化の可能性，下水道協会誌，Vol2，No.11，pp20 - 33，1965。