

粒状活性炭流動床型嫌気性反応器による含フェノール廃水の処理特性に関する研究

京都大学 ○ 芳 善根

宗宮 功

津野 洋

河村正純

1. はじめに

近年、エアレーションコストが不要で、さらにエネルギー回収、余剰汚泥の低減化が可能な嫌気性廃水処理法が再び注目されつつある。嫌気性処理法で高濃度及び低濃度の易生物分解性有機物を含む廃水を処理する研究が比較的多く報告されているが、高濃度の生物分解阻害性有機物や難分解性有機物を含む廃水への適用性についての報告が少ない。高濃度の生物分解阻害性有機物が活性炭で吸着除去され低濃度になれば、生物学的除去法を直接に適用できない廃水に対してもその適用が可能となる。さらに、粒状活性炭は生物付着媒体として優れていることや嫌気性反応器は有用なメタンを回収し得るという利点も有する。

このような認識に基づき、本研究では粒状活性炭流動床型嫌気性反応器を使用して、合成フェノール廃水を対象とした連続処理実験を行い、その処理特性を検討した。

2. 実験方法

実験に用いた嫌気性流動床型反応器は、図1に示すように、内径10cm、有効高さ127cm（有効容積10 L）の温水ジャケット管付きの透明塩化ビニール製のカラムで、流動担体としては平均粒径0.9-1.1mmの粒状活性炭（FILTRASORB 400）を充填した。反応器上部から処理水の一部を引き抜き、マグネットポンプにより底部に循環することで担体の流動化を行った。膨張率が25%となるように循環流量を調整した。反応器内で発生するガスは湿式ガスメーター（品川計測器製作所）を用いて測定し、生成ガス組成よりメタンガス生成量を計算した。この反応器を2セット使用し流入濃度を変えて実験を行った。実験に用いた原水は表1及び表2に示される組成の合成フェノール廃水とし、基質及び栄養塩類を分けて別々にマイクロチューブポンプを用いて原水貯留槽から流動床循環ラインへ供給した。各々の流量は1L/日（全流入量は2L/日、HRT=5日）とした。操作開始に当たって両方の反応器に水道水を満たし粒状活性炭1.5 kgを充填した。同時に都市下水処理場嫌気性消化槽汚泥100mlを添加することにより植種を行った。水温は30℃となるように制御した。

週1回の頻度で原水及び処理水を採水し、以下の項目の分析を行った：フェノール（270nmにおける紫外外部吸光測定法）、CODcr（" Standard Methods : Closed Reflu-

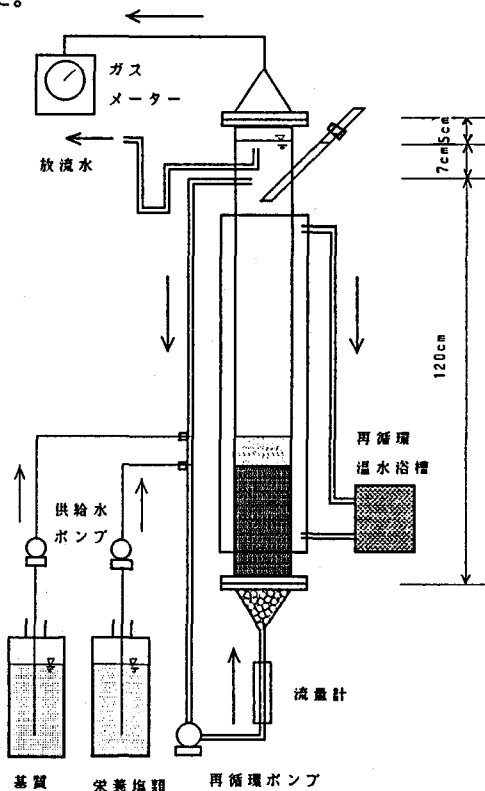


図1 実験装置の概略

x Titrimetric Method ”)、溶解性有機炭素(DOC)(住化ガスクロ方式TOC-TN装置)。また反応器内の混合液を一部取り出し、溶存酸素(DO)、ORP、pHを測定した。

3. 結果及び考察

第一反応器では実験期間を通じてpHは6.3~7.3範囲にあり、またORPは-322~-211mVの範囲にあった。原水及び処理水のフェノール、DOC各濃度及びメタンガス生成速度の経日変化を図2に示す。また、第2反応器では実験期間を通じてpHは6.0~7.1の範囲にあり、ORPは-321~-211mVの範囲にあった。原水及び処理水のフェノール、DOCの各濃度及びメタンガス生成速度の経日変化を図3に示す。

第1反応器及び第2反応器の実験期間中のフェノール、COD_{Cr}、DOCの各濃度の平均値及び除去率を表3に示した。両方ともフェノールの除去率は99%以上、COD_{Cr}の除去率は95%以上、DOCの除去率は96%以上であった。これらの結果は含フェノール廃水の良好な処理効果が得られたことを示している。

メタンガス生成は第1反応器では運転開始約36日後に、第2反応器では42日後に観測された。その後両方の反応器とも90日まではほぼ一定のメタン生成速度であり、各々平均0.53及び0.23 L/日であった。90日を過ぎるとメタンガス生成速度は両方とも急速に増大し始めた。図には各反応器のフェノール及び酢酸ナトリウムの供給量に対する理論的ガス生成量(STP)を実線で示したが、メタンガス生成開始日から90日までの平均メタンガス生成速度は各々酢酸ナトリウムからの理論量とよく近似していた。従って、生物学的には90日までは酢酸ナトリウムの分解が先行し、90日を過ぎてフェノール分解が始まったと考えられる。実験期間の終わりにはメタンガス生成速度は両方の反応器とも理論的生成量にほぼ一致した。

4. まとめ

嫌気性粒状活性炭流動床型反応器を用いて高濃度(964、467mg/l)の含フェノール廃水の連続処理実験を行い、実験結果からこの反応器を高濃度含フェノール廃水処理に適用できる可能性を確認した。実験より得られた結果をまとめると次のとおりである。

表1 流入水の有機基質組成

成分	反応器1	反応器2
フェノール	1000 g	500 g
酢酸ナトリウム	1000 g	500 g
水道水	1 L	1 L

表2 流入水の栄養塩類組成

K ₂ HPO ₄	0.348 g
KH ₂ PO ₄	0.227 g
NH ₄ Cl	0.5 g
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.41 g
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.25 g
NaCl	2.25 g
1) FeCl ₃ ·6H ₂ O solution*	1 mL
2) Vitamin solution*	1 mL
3) Trace elements*	3 mL
4) Cystein hydrochloride*	10 mL
5) Ti(III)citrate*	0.1 mL
水道水	1 L

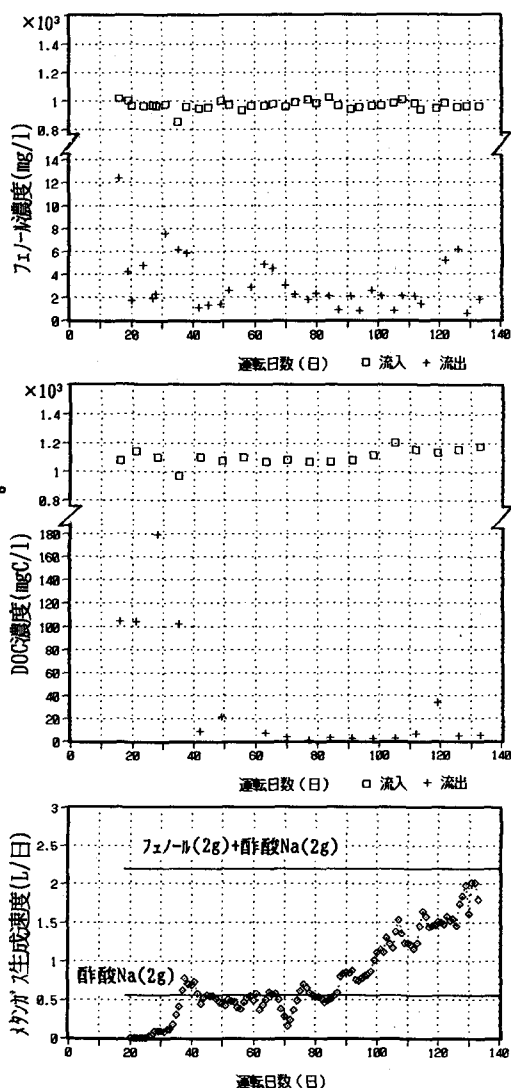


図2 第1反応器の運転結果

(1) 第1反応器及び第2反応器は流入水量は両方とも2L/日(HRT=5日)、平均CODcr負荷率は各々0.638kg/m³・日及び0.346kg/m³・日、平均DOC負荷率は各々0.222kgC/m³・日及び0.104kgC/m³・日、水温は30℃、pHは6.2~7.3、ORPは-211~-322mVで運転された。実験期間中に得られたフェノール、CODcr及びDOCの除去率は第1反応器では各々99.5、95.9及び96.8%、第2反応器では各々99.7、95.6及び97.9%であり、良好な処理効果が得られた。

(2) メタンガスの生成は第1反応器では運転開始の35日後、第2反応器では42日後から見られた。そして90日までは各々のメタンガス生成速度は平均0.53及び0.23L/日とほぼ一定であり、酢酸ナトリウムからのメタンガス生成理論量に相当するものであった。90日をすぎると両方の反応器のメタンガス生成速度は急速に増大し実験の終わりには両方の反応器とも供給基質に対する理論的メタンガス生成量にほぼ一致した。このことから、生物学的には実験の初期に酢酸ナトリウムの分解が先行し、90日過ぎてからフェノールの分解が始まったと考えられる。

表3 連続運転平均水質

項目 (単位)	フェノール (mg/l)	CODcr (mg/l)	DOC (mgC/l)
第1反応器			
流入水	964.0	3192.0	467.0
流出水	4.5	130.1	35.5
除去率%	99.5	95.9	96.8
第2反応器			
流入水	467.0	1733.0	520.0
流出水	1.6	75.5	10.7
除去率%	99.7	95.6	97.9

(参考文献)

- 1) 津野 洋, Suidan, M.T (1990) 粒状活性炭流動床型嫌気性反応器による石炭ガス化廃水の処理特性のモデル化に関する研究, 水質汚濁研究, 13, 515-524.
- 2) 津野 洋, Suidan, M.T (1990) 数理モデルによる粒状活性炭流動床型嫌気性反応器での石炭ガス化廃水処理の操作因子に関する研究, 水質汚濁研究, 13, 813-820.
- 3) 津野 洋, Suidan, M.T., Fox, P. (1990) 改良型粒状活性炭流動床嫌気性反応器の処理特性のシミュレーション, 用水と廃水, Vol.32 No.6, 21-27.
- 4) Wang, Y.T., Suidan, M.T. and Rittman, B.E. (1986) Anaerobic Treatment of phenol by expanded-bed reactor, J. WPCF Vol.58 No.3.

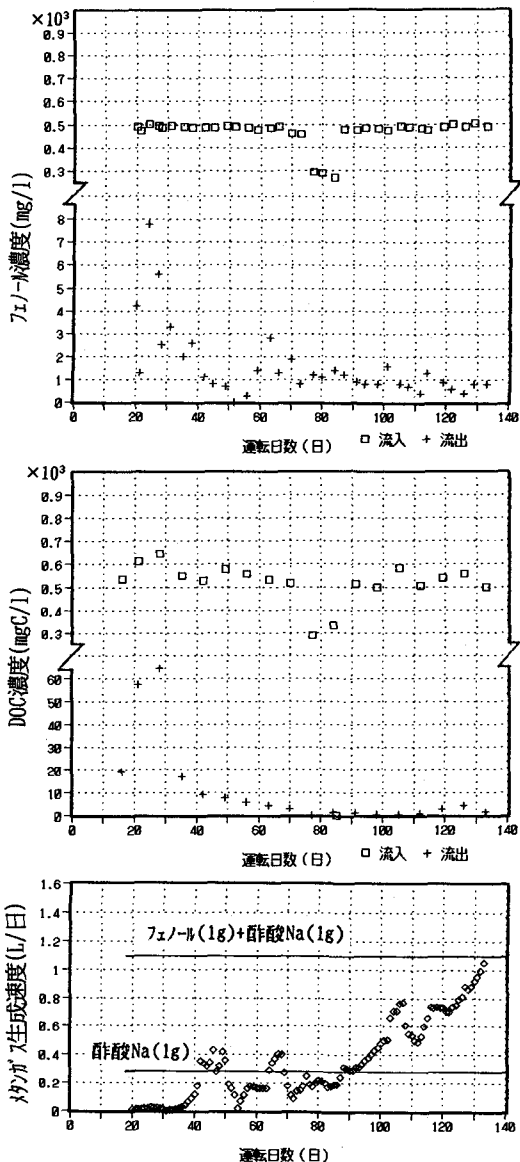


図3 第2反応器の運転結果