

機関番号：56203

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760422

研究課題名 (和文) 省エネ・脱炭素社会を実現する次世代型化学廃水処理システムの開発

研究課題名 (英文) Development of a novel chemical wastewater treatment system for realizing of energy saving and low carbonization society

研究代表者

多川 正 (TAGAWA TADASHI)

香川高等専門学校・建設環境工学科・准教授

研究者番号：30390511

研究成果の概要 (和文)：本研究では、嫌気性 DHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターを用い、水溶性切削油廃水への適応性検討を行った。連続実験では、水溶性切削油廃水を水道水にて約 17~20 倍に希釈した廃水を供給し、240 日以上連続通水実験を行ったところ、処理廃水量 5L/d の負荷では CODCr 除去率は 40%程度で安定した。それ以降は栄養塩類を添加し、負荷を半減させたところ、CODCr 除去率は 50%程度を推移したが、十分な処理水質を得ることは出来なかった。DHS スポンジ付着汚泥のバクテリアについて 16S rRNA 遺伝子を対象として微生物群集構造解析を行ったところ、酢酸生成細菌、油分分解細菌等が確認され、含油廃水の嫌気性処理の適応性が示唆された。

研究成果の概要 (英文)：In this study, low-cost, low environmental impact, possible acquisition of energy by methane recovery, focusing on anaerobic treatment. And yet, does not require the formation of granular sludge and can treat wastewater with high inhibitory, using the anaerobic reactor, examined adaptability of anaerobic treatment for water-miscible cutting oil wastewater. In the experiment, about 20 times diluted with tap-water soluble cutting oil wastewater was fed, performed more than 240 days of continuous water flow experiments. By 200 days, the amount of waste water is fed on 5L/day, CODCr removal rate stabilized at about 40 percent. Thereafter, Added nutrients and halved the load. CODCr removal rate was about 50 percent, but good treatment quality were not obtained. For bacteria in the sludge adhering to the sponge microbial community structure were analyzed, acetogenic bacteria and oil degrading bacteria was confirmed. Suggested that the adaptability of anaerobic treatment to oil wastewater.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究代表者の専門分野：土木衛生工学、環境工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：省エネルギー、脱炭素、嫌気性処理、嫌気性 DHS、水溶性切削油廃水

1. 研究開始当初の背景

国内の産業界における廃水処理の現状は、2つの難問を抱え、大変な転換期にさしかかっている。まず1点目は、2004年度の原油価格が年平均約40\$/Bであったのに対し、2007年度は約80\$/Bと、わずか3年間で2倍も上昇した原油価格の高騰による生産コストの上昇に伴い、廃水処理に対しては省エネルギーかつ産業廃棄物を出さない処理への転換が必要不可欠である。2点目として、2008年4月からの京都議定書第1次約束期間の開始に伴い、廃水処理に対しても二酸化炭素排出量の削減を達成可能な、脱炭素社会の実現を目指した地球環境に配慮した処理への転換が必要である。

2. 研究の目的

現在の産業廃水処理は、好気性生物処理（活性汚泥）と凝集沈殿といった物理化学処理を生物処理の後段に併用した方法が主流である。これらの処理方式では、エアレーションの多大な電気コスト、凝集剤の薬品コスト、生物余剰・凝集沈殿汚泥が廃棄物として大量に発生するといった問題点がある。この問題に対するブレークスルーとして、食品工場などから排出される廃水に対しては、嫌気性微生物の自己固定化作用を巧みに利用した、UASB（Upflow Anaerobic Sludge Bed）法に代表される嫌気性処理法が普及し、省エネルギー・創エネルギー（バイオガス回収）を実現した。しかしながら、UASB法も化学系廃水など、嫌気性微生物を阻害するような物質を含む廃水に対しては、分解に対しては馴養の可能性が確認されながらも、UASB法の成否である、グラニューールの長期間の成長・保持の点で問題があり、多数の化学系廃水に対して、省エネルギーな嫌気性処理を断念する例が多い。難分解、阻害を含む化学系廃水の分解を安定的に実現できる新規プロセスは、以下の点をクリアすることが必須条件である。

(1) 嫌気性微生物の廃水に対する適応性を向上させる（グラニューール化が不要）

(2) 嫌気性微生物を反応器から流出させることなく保持できるリアクター構造

3. 研究の方法

本研究では、研究目的にて記述した(1)、(2)を達成できる新規の形状の嫌気性リアクターを考案し、処理方法の検討が急務で、かつ難分解性な廃水種である水溶性切削油廃

水に対して、(1)嫌気性処理による高効率処理システムの開発と、(2)嫌気性微生物による水溶性切削油の分解に関する馴養、阻害・生分解性特性の把握および、(3)生物による分解機構をFISHやPCR-クローニング等の分子生物学的手法を適用し、水溶性切削油廃水分解に寄与する微生物叢の解析を行う。

4. 研究成果

切削工程で排出される水溶性切削油廃水は、使用時の希釈水起因の水分が90%以上を占め、基油や界面活性剤、防腐剤、消泡剤等の難分解性化学物質が含まれる高濃度有機性廃水である。この切削油廃水は既設排水処理設備内の凝集沈殿などによって処理されている現状にあるが、放流に際して十分な処理水質を得ることが難しく、薬品代や電力コストの負担も大きい。また、小規模工場においてはほとんどの切削油廃水が焼却処分されており、化石燃料消費やCO₂、NO_x等の温室効果、酸化ガスの排出といった環境負荷を与えている。

本研究では水溶性切削油廃水に対し、生物学的廃水処理システムの中でも安価で高濃度・高負荷汚濁に対応可能である嫌気性処理廃水システムの適用可能性を検討した。

(1) 実験方法

①水溶性切削油廃水の組成及び供給原水

実験に用いた水溶性切削油廃水の分析結果より、COD_{Cr} 97,800mg/L、全窒素 2,300mg/L と非常に高濃度の有機性汚濁と窒素成分を含む廃水であり、嫌気性処理のメリットを生かしやすい高濃度の有機性廃水であるが、バイアル実験により水溶性切削油廃水はCOD_{Cr} 5,000mg/L以上の濃度において、酢酸からのメタン生成阻害が確認された。これより、供給原水は水溶性切削油廃水の原液をCOD_{Cr} 5,000mg/Lを越えないように水道水で17-20倍に希釈し、塩化第二鉄にて中性域(7-7.5)にpH調整したものを使用した。

②嫌気性 DHS リアクター開発

種々の嫌気性処理システムのうち、スポンジ担体に汚泥を付着させて廃水の浄化を図る DHS 法は、汚泥の剥落・流失が少なく、UASB 法のようにグラニューール状汚泥が不要であるため、阻害成分を多く含んだ廃水の処理に適応できる可能性がある。連続通水実験に使用した嫌気性 DHS リアクターのフローを図1に示した。

嫌気性 DHS リアクターは容積 60L(G3 型スポンジ容積 23.5L)であり、水溶性切削油廃水処理の予備検討にて運転していた小型(5L)嫌気性 DHS リアクター内汚泥付着スポンジ 100 個と新たに 900 個の新品スポンジを追加し、合計 1,000 個のスポンジ汚泥をリアクターに充填した。また、リアクター内温度は混合槽を温水浴中に設置することで中温度域の 30°C 以上とした。

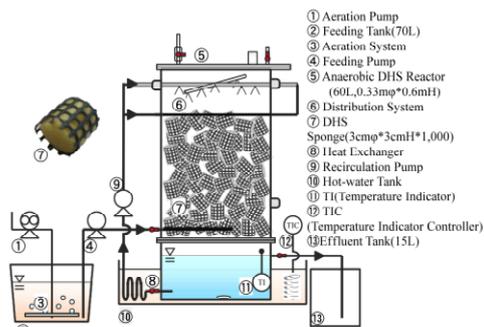


図 1 水溶性切削油廃水処理リアクター

馴養期間および連続運転条件は 3 つに分けられ、その処理特性の追跡を行った。以下にその条件を示す。

条件①：2L の原水を 5 日間循環させ、5 日後混合槽より 2L 排水し、新たな原水を 2L 添加する馴養期間(26 日目まで)、条件②：原水供給量 5L/d での連続通水期間(206 日目まで)及び、条件③：原水供給量 2.5L/d および窒素(NH₄Cl)、リン(KH₂PO₄)を追加した連続通水期間(207 日目以降)

③リアクター内汚泥の微生物群集構造解析

連続通水実験開始 56 日目にリアクター内スポンジをサンプリングし、domain *Bacteria* の 16S rRNA 遺伝子を標的としスポンジ汚泥中の微生物群集構造解析を行った。PCR における反応液調製には、EUB338F および UNIV1490R プライマーを用いた。クローニングによって得られたクローンは、Rebosomal Database Project(RDP)を用いて菌種の検索を行った。

(2) 実験結果

①嫌気性 DHS システムによる連続通水実験

連続通水実験における供給原水および DHS 処理水の COD_{Cr} 濃度の経日変化、およびリアクター内ガスの濃度組成測定結果を、図-2 および図-3 に示した。連続通水実験開始直後は処理水 COD_{Cr} 600mg/L と高い処理水質であったが、これは馴養期間にスポンジ担体に油分や SS が吸着・捕捉されたためと考えられる。その後 COD_{Cr} 除去率は低下し、条件②の期間の平均 COD_{Cr} 除去率は 40% 程度であった。

運転条件③では負荷の低減および栄養塩の添加により COD_{Cr} 除去率は若干改善され、平均除去率 45~50% で推移するが、十分な有機物除去能は現状では得られていない。リアクター内ガス組成に関してもメタン濃度は 40% 程度まで上昇した(208 日目以降のメタン濃度低下はスポンジ付着汚泥の確認のためリアクターを開放したためである)。また、窒素濃度が 80% 超であったことから、脱窒反応による有機物除去の可能性が示唆されたが、ガス組成分析の継続によってメタン濃度の増加と窒素濃度の 60% 以下までの減少が見られ、メタン発酵による嫌気分解が確認された。

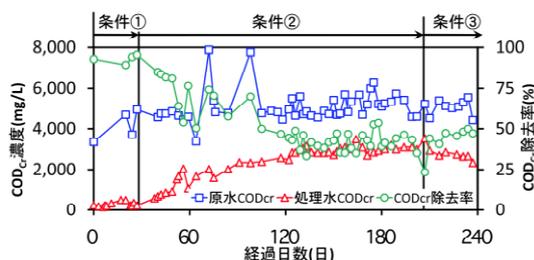


図 2 COD_{Cr} 濃度および除去率の経日変化

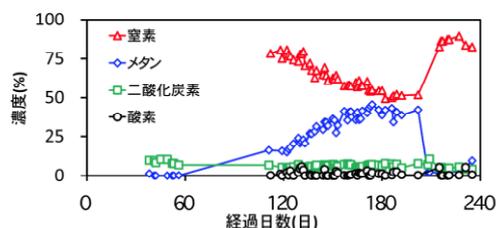


図 3 リアクター内ガス組成の経日変化

①微生物群集構造解析結果

domain *Bacteria* をターゲットとしたクローニングにより 96 クローン中 50 クローンの解析結果を得た。解析結果では、*Holophagaceae* 科 *Holophaga* 属酢酸生成細菌、*Porphyromonadaceae* 科 *Petrimonas* 属酢酸生成細菌等が確認できたほか、*Sphingomonadaceae* 科 *Novosphingobium* 属土壌油分解細菌等、切削油の油分分解に関わる細菌群も数例確認され、微生物学的観点からも含油廃水への嫌気性処理の適応性は示唆された。

(3) 総括および今後の展開

嫌気性 DHS リアクターによる水溶性切削油廃水の連続通水試験の結果、COD_{Cr} 除去率は 40~50% と低い値であった。しかしながら、難分解性物質、特に界面活性剤や防腐剤といった汚泥中の微生物を失活・死滅させかねない種々の物質を含む水溶性切削油廃水に対しても、メタン発酵による嫌気性処理が確認

できたため、適用可能性は十分にあると考えられる。今後は更なる除去率の向上、希釈水必要量の低減、処理原水量のアップを目標とし、嫌気性 DHS(生物学的処理)単独のみならず、前段・後段の物理化学処理の適用、嫌気・好気性 DHS の直列運転などのプロセスの組み合わせを検討していく。

本研究課題にて考案した新規の嫌気性廃水処理装置システムはこれまで適応が困難であった水溶性切削油廃水に対しても処理が可能であったため、現在国内にて特許出願準備中であり、新規の水溶性切削油廃水処理プロセスが構築されれば、水溶性切削油を使用する欧州において、焼却処分にとって代わる国際的に標準な技術としてなりうる可能性を秘めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① Yuma Miyaoka, Tadashi Tagawa, Takuma Kadono, Kazuya Dehama, Yuta Sasaki and Takashi Yamaguchi: Development of Revolutionary Anaerobic Wastewater Treatment System using a novel ER-An-DHS and UASB Reactor Combination, 12th World Congress on Anaerobic Digestion, 査読有, 2010, CD-ROM

[学会発表] (計 3 件)

①薬師侑祐、宮岡佑馬、出濱和弥、多川正：水溶性切削油剤含有廃水を対象とした効率嫌気性処理システムの提案、平成 23 年度土木学会四国支部技術研究発表会講演集、2011、CD-ROM、VII-21, 2011

②薬師侑祐、出濱和弥、上原大和、佐々木優太、中尾均、多川正、山口隆司：水溶性切削油廃水の嫌気性生分解特性の把握、第 45 回日本水環境学会年会講演集、2011、p.514

③多川正、宮岡佑馬、片沼拓士、薬師侑祐、出濱和弥、山口隆司：嫌気性 DHS リアクターによる食品・化学系廃水処理への適応性評価、第 45 回日本水環境学会年会講演集、2011、p.396

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

該当無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多川 正 (TAGAWA TADASHI)

香川高等専門学校・建設環境工学科・准教授

研究者番号：30390511

(2) 研究分担者

該当無し

(3) 連携研究者

該当無し