

UASB 反応器ポスト・トリートメント槽における栄養塩の動態調査

呉高専 正 山口隆司, 正 市坪 誠 高知高専 正 山崎慎一
(株)ウエスコ 正 ○庄司 誠 長岡技科大 正 原田秀樹

1 はじめに

近年,新しい排水処理プロセスとして,省・創エネルギー型嫌気性微生物処理法である上昇流嫌気性スラッジブランケット (Upflow anaerobic sludge blanket:UASB) 法が注目されている。
現在,この排水処理プロセスにおける問題は徐々に解決されている。特に,有機物 (CODおよびBOD) の除去は,後段処理装置を改良することにより,公共水域への放流も可能なレベルに達しつつある。
しかしながら,将来を考えると,有機物の除去だけでなく,富栄養化の原因物質である栄養塩の除去も重要な課題となってくる。特にリンに関しては,その鉱山が35~50年で枯渇することが予測されるため,回収・再利用までが課題となっている。
そこで本研究ではUASB反応器を主体とする排水処理システムを構築し,その後段処理装置におけるリン除去および回収の可能性を検討した。

2 実験方法

2.1 排水処理装置

図-1は,本研究に用いた排水処理システムの概要を示す (後段についてのみ示す)。本システムは,前段のUASB反応器と後段処理装置で構成した。前段のUASB反応器は,内径270mm×高さ5000mmの円筒カラムに本研究室で開発した気固液三層分離装置 (Gas solid separator :GSS) を上部に備えた構造である (全容積404L)。後段処理装置は,カラム1~4で構成した。後段はすべて円筒カラムに塩化ビニル製の繊維状担体を充填した,固定床型の気液接触槽とした。内部はエアポンプで常時空気を供給 (5L-Air/min) し,好気槽とした。UASB反応器からの処理水はカラム上部から自然流下し,担体表面に滴らせた。カラム1は,内径150mm×高さ4000mmの円筒カラムを使用した。カラム2~4は内径500mm×高さ1500mmの円筒カラムを使用した。

反応器の運転は,完成したものから順次開始した。前段のUASB反応器は9月上旬から運転を開始した。後段処理装置は,10月下旬にカラム2~4が完成し,最初はUASB反応器に直結した。カラム1は後段処理装置の好気度を飛躍的に高める目的で12月上旬に取り付けた。供給下水は,処理場の流入スクリーン通過後の下水を原水槽にポンプアップして用いた。本システムは,広島県呉市の下水処理場に設置し,温度制御フリーで運転した。

2.2 担体付着微生物によるリン放出実験

2.2.1 予備実験

各カラムの流入水および流出水のリン酸濃度を測定し,どのカラムに最もリンが蓄積しているか調査した。表-1は,予備実験の結果を示す。カラム1においてリンの蓄積が進んでいると考えられる。このことからリン溶出回分実験はカラム1で行うことにした。

2.2.2 リン溶出回分実験

担体付着微生物からリンの溶出現象がみられるか調査した。また,処理水を高濃度のリン酸溶液として回収

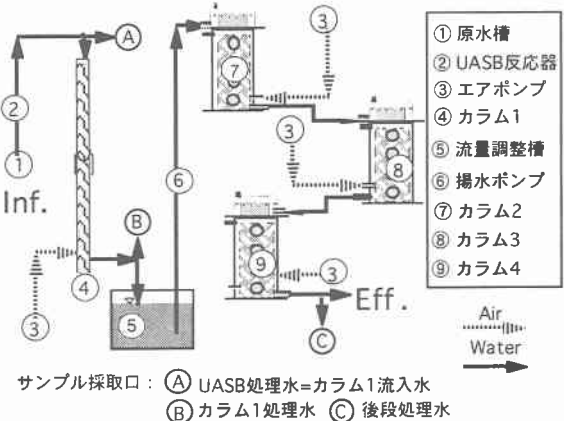


図-1 排水処理システムの概要

表-1 各槽におけるリン酸濃度

サンプル採取場所	リン酸濃度 (mg/L)	除去量 (mg/L)
原水	5.28	
UASB処理水	5.76	-0.48
カラム1通過後	4.72	1.04
カラム2通過後	4.64	0.08
カラム3通過後	4.52	0.12
カラム4通過後	4.44	0.08

可能か検討した。エアポンプを止めた直後から処理水の流出を止めカラム内に水を満たした。UASB 処理水の流入は満水になったところで停止した。

3 実験結果・考察

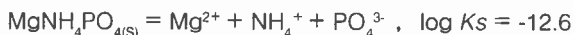
3.1 排水の流入状況（連続実験）

図-2 は連続排水処理実験における後段流入水と後段流出水（処理水）のリン酸濃度を示す。流入に比べ処理水のリン酸濃度が10～20%程度低くなっていることから、本システムを用いてリンの蓄積および除去の操作が可能であると考えられた。

3.2 リン溶出回分実験

図-3は、リン溶出回分実験時の結果を示す。カラム内の水温は、実験後半から徐々に下がり、6.0℃まで低下した。DOは実験開始から約1時間でUASB 処理水と同じレベルまで下がった。グラフから、実験開始から約8時間までは微生物が一定の割合でリンを放出し続けたことがわかった。しかし、8時間目以降は放出量が少なくなっている。この現象について2つの理由が考えられる。ひとつは、反応槽内の水温が低下したため、微生物の活動が弱まったこと。もうひとつは、微生物内に蓄積されているリンが放出限界に近づき、放出を停止したという理由である。この実験では、 $2.1 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ であったリン酸濃度を $18.7 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ まで濃縮できた。このことから、本システムはリンを高濃度のリン酸溶液として回収可能であるといえる。

実験により回収されたリン酸溶液に MAP（Magnesium Ammonium Phosphate）法を適用し、沈殿物を回収可能か検討した。次式は MAP の沈殿現象を表す。



本研究に用いた下水は、処理場が海の近くにあるため、マグネシウム及びアンモニアを十分含んでいる。図-4は、今回の実験における各物質の濃度をプロットしたものである。処理水の pH を 11 程度に調整するだけで MAP の沈殿が生じることがわかった。

4 まとめ

本システムは、以下のことから、リンの除去及び回収・再利用に利用可能であると考えられる。

- (1) 排水処理システム後段好気性接触酸化槽（固定床）設置後4カ月間における、UASB 処理水からの平均リン酸除去率は、10～20%であった。
- (2) リン溶出回分実験により、本システムのような固定床からのリン除去・回収が可能であることがわかった。また、微生物反応槽の水温が低い冬でも、排水のリンは、1オーダー近く濃縮されたリン酸溶液として回収できた。
- (3) リン酸回収操作により濃縮されたリン酸溶液は、MAP 処理など2次処理を容易にすることがわかった。

【謝辞】 研究の場を与えて下さいました呉市建設局下水道部及び関係各位の皆様に深く感謝いたします。また、本研究の一部は、土木学会中国支部から研究活動助成を受けて遂行しました。ここに記して深謝致します。

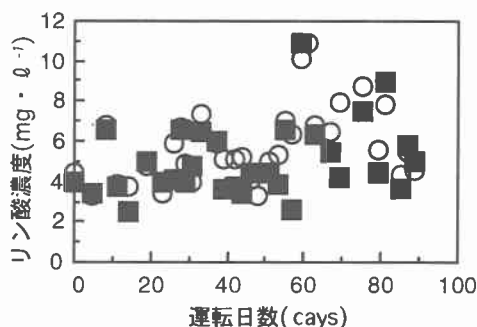


図-2 リン酸濃度の経日変化

○流入水(UASB処理水) ■後段処理水

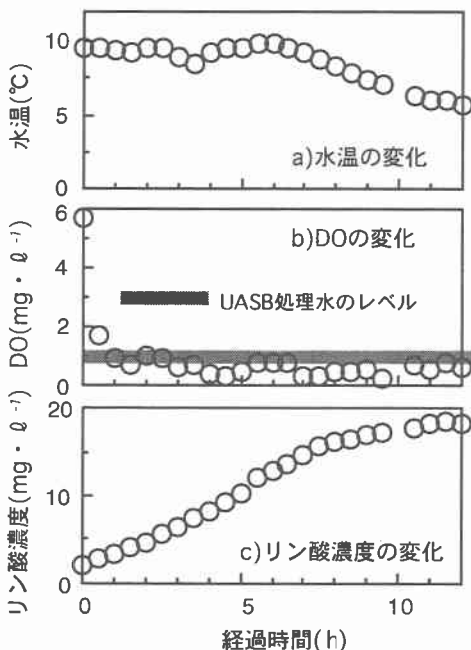


図-3 リン溶出回分実験の結果

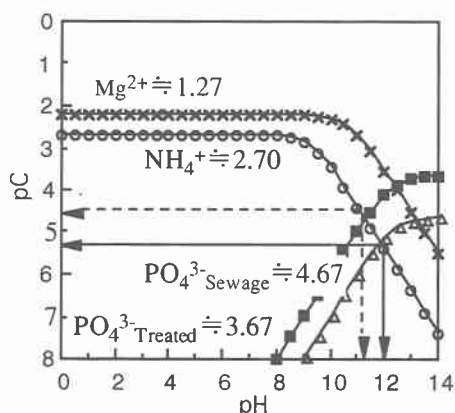


図-4 pC-pH 図