

省エネルギー型の都市排水処理システムの開発

愛媛大学 学○古田祐介 呉高専 正 山口隆司, 正 市坪 誠
高知高専 正 山崎慎一 長岡技科大 正 原田秀樹

1 はじめに

上昇流嫌気性スラッジブランケット（Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB）法は、反応槽内に微生物を高濃度に保持することによって、高速で高効率運転を可能にする嫌気性生物処理法である。UASB 法は、これまでに中・高濃度の有機廃水（産業廃水）の処理において高い能力を発揮している。しかし、都市下水等の低濃度有機性排水に UASB 法を適用した知見は乏しい状況にある。

そこで本実験では、広島県呉市下水浄化センターに UASB 反応器を主体とする排水処理システムを設置し、実際の都市下水を供給してそれを連続運転し、処理特性を評価した。また、本システムは、これまでに嫌気性生物処理法では報告の少ない無加温（温度制御フリー）の運転方式とした。

2 実験方法

2.1 実験装置

図 1 に実験で用いた排水処理システムの概要を示す。本システムは、大別して前段処理の UASB 反応器（全容積 12.0 L、有効容積 7.0 L）と、後段の接触酸化槽（カラム 1, 2、いずれも有効容積 1.5 L）で構成した。後段処理装置内部には塩化ビニール製の濾過材を充填した。また、カラム 1 ではエアポンプにより常時空気（1L-air/L-カラム/min）を供給し、カラム 2 では上部から処理水を自然流下させた。

供給下水は、呉市浄化センターの流入部スクリーン通過後の下水を 150 L の原水槽にポンプアップして、常時攪拌したものを用いた。反応槽内で生成されたガスは、ガスメーターに回収した。本システムは、呉市の下水処理場に設置し、無加温の条件で運転した。

2.2 活性評価試験

UASB 反応器保持汚泥のメタン生成活性と硫酸塩還元活性を評価した。いずれも COD 換算として $\text{gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 単位で求めた。まず、汚泥を活性試験用培地内（リン酸緩衝液、レサズリン、無機塩類を含む）で分散処理し、バイアル瓶に分注後、テスト基質（ H_2/CO_2 、酢酸）を投入した。次いでバイアル内の pH を 6.9 ~ 7.1 に調整して、35℃ 振とう培養環境下で経時的にガス量、ガス組成、硫酸塩濃度を測定して活性を求めた。

2.3 分析項目

試料採取は、運転期間を通して昼 14 ~ 16 時に行った。また、試料採取は、原水を採取した翌日に処理水（前段、後段）を採取する組合せで行った。試料採取と同時に気温、原水、処理水の pH、および UASB 反応器内の温度、pH、ORP の測定を行った。

採取した試料を持ち帰り、原水、処理水の COD、BOD の測定を全成分（Total）と溶解性成分（Soluble）について行った。なお、Soluble の試料は Total の試料を遠心分離（15,000 rpm、4℃、10 分）したものを用いた。ガスメーターに回収されたガスの組成（ H_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2 ）は、ガスクロマトグラフ（TCD）により分析した。

3 実験結果および考察

連続実験は平成 10 年 11 月中旬から開始して 4 ヶ月間行った。図 2 に反応器連続処理実験の結果を示す。a 図は採水時（14 ~ 16 時）の気温と、UASB 反応器内の水温を示す。

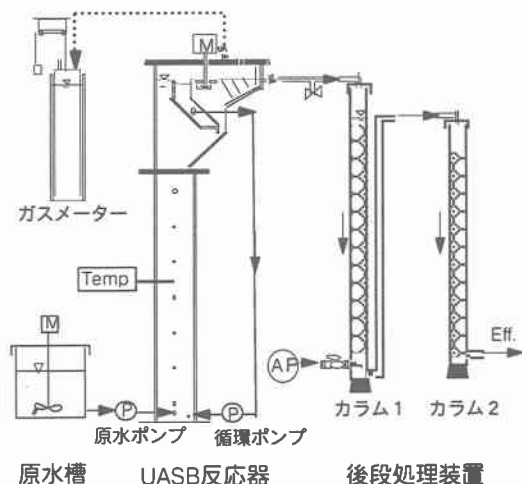


図 1 排水処理システム概要図

b 図は UASB 反応器容積負荷を示す。c 図は SolubleCOD の除去率を示す。採取時の気温は 4～22℃（平均 14.0℃）、UASB 反応器内の温度は 13～30℃（平均 21.5℃）であった。ただし、終日の反応槽内の平均気温はこれより 10～5℃程度低かった。これは温度制御を行う中温嫌気性反応槽（約 30℃）にくらべ、10℃以上低温の環境といえる。

運転開始時のシステム全容積基準の水理学的滞留時間（HRT）は 7 時間とした。また、運転 80 日目以降では HRT 4 時間（UASB のみでは 2.4 時間）とした。これに対応して、容積負荷（kgCOD/m³/day）は、運転前半で 1.0±0.4、80 日目以降では 2.1±0.9 となった。

全運転期間平均の Total COD 濃度（Soluble COD 濃度）は、流入原水で 375mg/L（158 mg/L）であったのが、UASB 反応器で 149mg/L（78 mg/L）、後段処理装置で 108 mg/L（42mg/L）にまで分解された。流出 COD の主成分は、SS 成分であった。すなわち、Total COD 除去率は、UASB 反応器で 60%，後段処理装置で 71%であった。Soluble COD 除去率においては、それぞれ 79%，89%を達成した。

UASB 反応槽の ORP は、-380～-515 mV（平均 -454mV）のレベルで嫌気的環境を維持した。発生ガス中の H₂、N₂、CH₄、CO₂ の組成は、運転期間を通して平均するとそれぞれ、0%，70%，29%，1.4%であった。

活性試験において保持微生物のメタン生成活性（gCOD・gVSS⁻¹・d⁻¹）は、運転 21 日目で水素基質で 1.3、酢酸基質で 0.1 となった。これは、種汚泥のそれに比べてそれぞれ 9 倍、1.2 倍のレベルであり、低濃度下水により培養された保持微生物の活性として高いレベルといえる。即ち、本 UASB にはメタン生成細菌の高密度の増殖が可能であることがわかった。

4 まとめ

UASB 法を主体とした本排水処理システムは、温度制御フリー（採水時、UASB 槽内平均 22℃＝一般的な温度制御付き嫌気性処理法より 10℃以上低い）、水理学的滞留時間 4 時間（活性汚泥法より 3 倍程度高速）のもとで、都市下水 SolubleCOD 除去率 89%を達成した。本システムは今後、都市下水への実用化が期待できると考えられた。また、後段処理槽の容積を大きくすることで安定した水質が得られると考えられた。

【謝辞】 研究の場を与えてくださいました呉市建設局下水道部および関係各位の皆様へ深く感謝いたします。

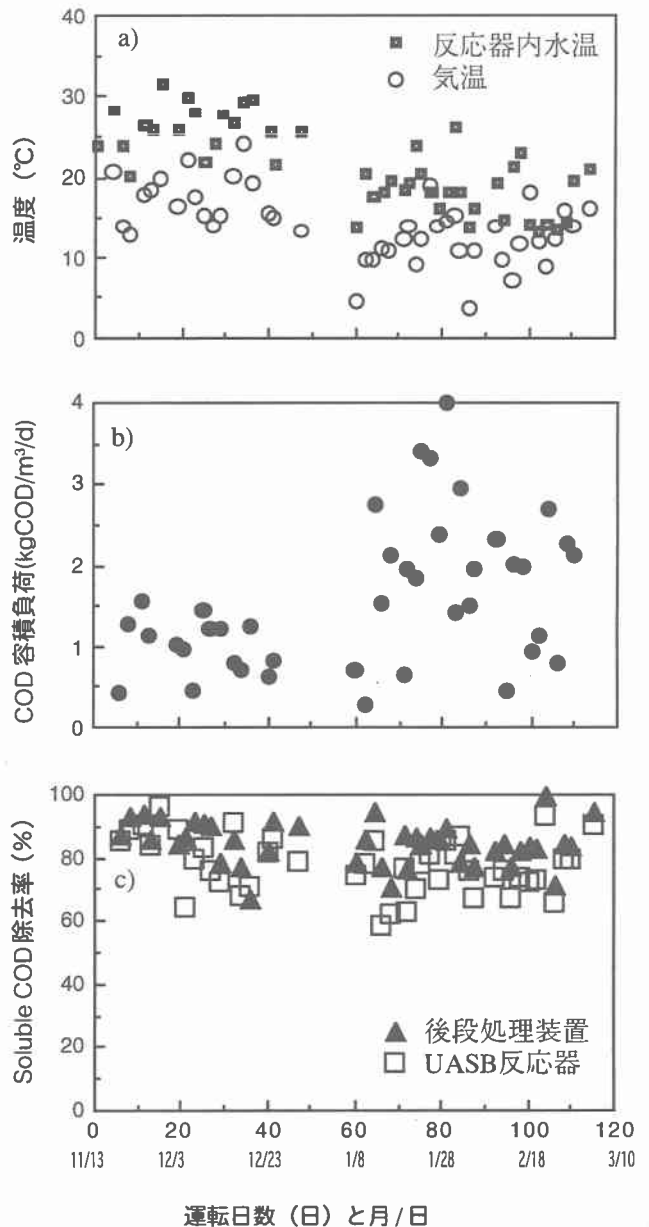


図2 反応器連続処理実験の結果