

## 富栄養化を防止する省エネ型高速下水処理技術の開発

クリタス(株) 正 ○齊藤 一, 高知高専専攻科 学 濱口 威真  
高知高専 正 山崎 慎一, 長岡技科大学 正 山口 隆司  
東北大学 正 原田 秀樹

## 1. はじめに

近年, 内湾や湖沼などの閉鎖性水域では, 人為的な栄養塩類(窒素, リン)の流入による富栄養化で水質障害が生じている. 現在の下水処理に一般的に普及されている活性汚泥法では, 栄養塩類を処理することができないため, この処理を目的とした高度処理施設の導入が求められている. 筆者らは, 従来の循環式硝化脱窒法にUASB槽を適用した嫌気(UASB槽)－好気(接触酸化槽)－嫌気(UASB槽)法を提案し, 省エネルギーかつ高い処理性能(有機物除去率90%, 窒素除去率90%)を有する高速下水高度処理技術の開発を目指している<sup>1),2),3)</sup>. 本研究では, 本法により都市下水を想定した人工下水の処理を行い, HRT(水理学的滞留時間)と処理性能の関係について実験的に検討を行う.

## 2. 実験方法

図1にUASB+接触酸化処理システムの概要を示す. 原水は, 有機炭素源及び窒素源として, ショ糖(200mg/L), ポリペプトン(100mg/L), 塩化アンモニウムを用い, CODcr 300mg/L, 全窒素(T-N) 30mg/Lに調整した. リン源にはリン酸二水素カリウム, 硫黄源には硫酸ナトリウムを用い, 全リン(T-P) 10mg/L,  $\text{SO}_4\text{-S}$  100mg/Lとした. その他に緩衝剤として炭酸水素ナトリウムや微量の無機塩類も添加した. 実験装置は, 原水は1槽目UASB槽, 接触酸化槽, 2槽目UASB槽の順に送られ, 接触酸化処理水の一部が1槽目UASB槽に循環されるシステムになっている(循環比6). 1槽目UASB槽および2槽目UASB槽には他栄養性脱窒菌が生息している. 他栄養性脱窒菌は有機物を利用し亜硝酸および硝酸を窒素ガスに変換する. 接触酸化槽には硝化菌が生息しており, アンモニア性窒素を亜硝酸および硝酸に変換させる.

表1に実験条件を示す. 本研究ではHRTを段階的に減少させて処理性能を確認した. 運転期間はRUN 1(49日), RUN 2(77日), RUN 3(57日)の計183日間行った. 馴致期間を含むRUN 1ではHRTを16.7時間で運転を開始し, RUN 2では, HRTを従来の循環式硝化脱窒法と同程度の8.3時間とした. RUN 3では, HRTを6時間とし, 150日目に循環比4.3, 164日目に2槽目UASB槽流入水にメタノール(30mg/L)を添加した. 水質分析方法として, CODcr, T-N, T-Pは紫外線吸光度分析計(HACH製DR2800), アンモニア性窒素, 亜硝酸, 硫酸などはイオンクロマトグラフィー(島津製LC-VP, Shim-pack IC-A3, Shim-pack IC-C3)を使用した.

## 3. 実験結果および考察

図2にUASB槽内のORP(酸化還元電位)の経日変化を示す. ORPはその値が負になるほど還元力が強く, 嫌気状態を表す指標である. RUN1では1槽目及び2槽目UASB槽ともにORP -400mV前後と安定していたが,

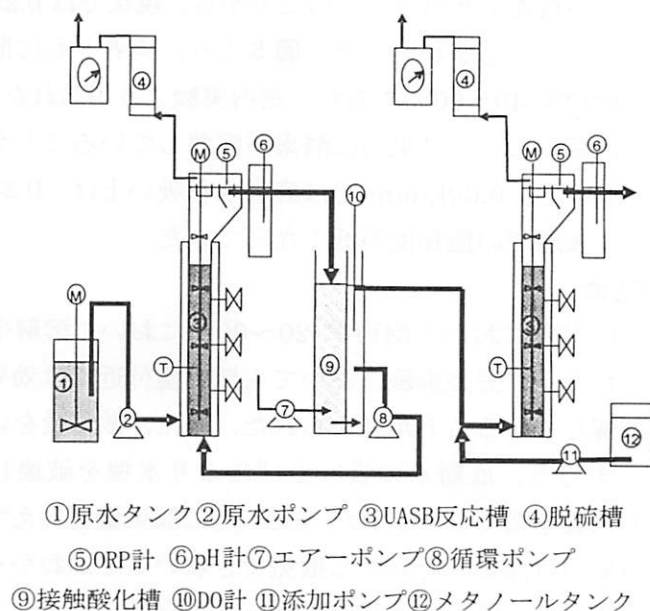


図1 UASB+接触酸化処理システム

表1 実験条件

|         | RUN1     | RUN2      | RUN3        |
|---------|----------|-----------|-------------|
| 運転期間    | 6/21~8/8 | 8/9~10/25 | 10/26~12/20 |
| 日数      | 49       | 77        | 57          |
| HRT(h)  | 16.7     | 8.3       | 6           |
| 循環比     | 6        | 6         | 4.3         |
| 温度制御    | 無        | 無→有       | 有           |
| メタノール添加 | 無        | 無         | 無→有         |

RUN2 の後半から水温低下により 2 槽目 UASB 槽で ORP が正の状態となる日が継続した。そのため 120 日目以降はヒーターにより温度調整を行った。また、RUN3 においても 2 槽目 UASB 槽への窒素の流入負荷が増加して、脱窒反応に必要な水素供与体が不足して、ORP が上昇したため、2 槽目 UASB 槽流入部にメタノールを 30mg/L で添加した。

図 3 に CODcr の経日変化を示す。原水中の CODcr は都市下水を想定して 300mg/L 程度になるように調整した。2 槽目 UASB 槽の処理水は、RUN 1 で 20～120mg/L、RUN 2 では 10～35mg/L、RUN 3 では 10～50 mg/L であった。

図 4 に T-N の経日変化を示す。原水の T-N は全運転期間を通じて 30～40mg/L 程度に調整した。1 槽目及び 2 槽 UASB 槽では他栄養性脱窒菌によって窒素除去が行われる。1 槽目 UASB 槽の処理水の T-N は RUN 1 で 4～12mg/L、RUN 2 で 6～14mg/L、RUN 3 で 6～16mg/L 程度、2 槽目 UASB 槽では、RUN 1 で 1.4～14mg/L、RUN 2 で 0.7～8.1mg/L、RUN 3 で 0.7～1.4mg/L であった。HRT を 6 時間に減少させても窒素除去は良好であった。

表 2 に処理性能の一覧を示す。汚泥の馴致が不十分であった RUN 1 を除くと、CODcr 除去率は RUN 2 で平均 91%、RUN 3 で平均 88%、T-N 除去率は RUN 2 で平均 91%、RUN 3 で平均 97%の値を得た。これより、本法は従来法の約半分の処理時間で非常に高い処理性能を獲得できることを確認した。

4. まとめ

嫌気 (UASB) - 好気 (接触酸化) - 嫌気 (UASB) 法により、処理温度 20～30℃、HRT 6h の高速運転下において、CODcr 除去率は平均 88%、T-N 除去率は平均 97%の処理性能を達成した。本法は、下水の高度処理法として極めて有効であることが確認できた。

5. 参考文献

1) yamazaki et al : The 6th International Symposium on Global Renaissance by Green Energy Revolution, Nagaoka, Japan, p315, 2006  
2)片岡ら：土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集Ⅶ部門, CD-ROM DISC2, 7-047, 2006  
3)濱口ら：平成 19 年度土木学会四国支部第 13 回技術研究発表会講演概要集, p.460-462, 2007

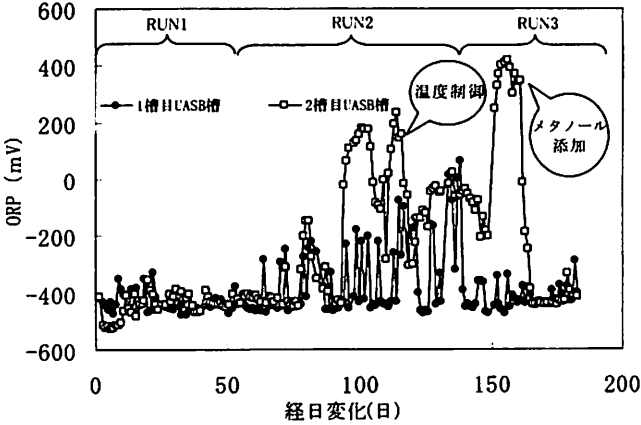


図 2 UASB 槽内の ORP の経日変化

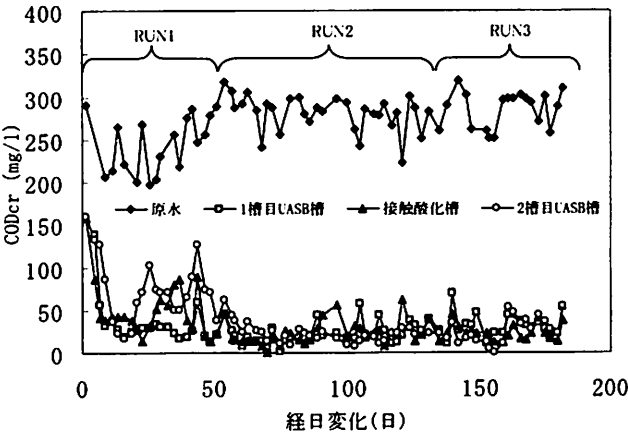


図 3 CODcr の経日変化

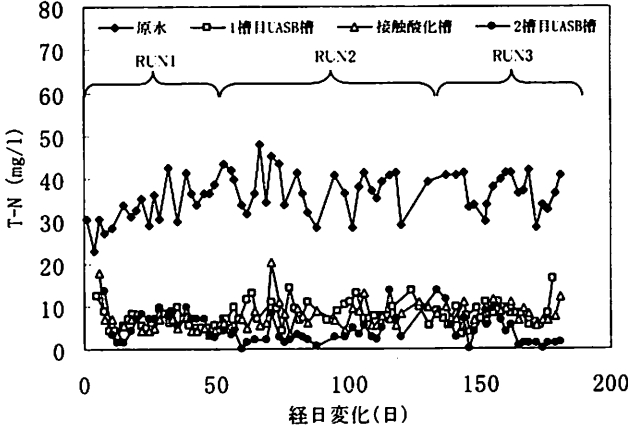


図 4 T-N の経日変化

表 2 処理性能一覧

|              |          | RUN 1 | RUN 2 | RUN 3 |
|--------------|----------|-------|-------|-------|
| 温度 (°C)      | 1槽目UASB槽 | 27.4  | 28.6  | 23.6  |
|              | 2槽目UASB槽 | 27.8  | 28.9  | 24.5  |
| ORP (mV)     | 1槽目UASB槽 | -448  | -389  | -408  |
|              | 2槽目UASB槽 | -431  | -389  | -426  |
| CODcr (mg/L) | 原水       | 256   | 287   | 290   |
|              | 処理水      | 74    | 27    | 35    |
| T-N (mg/L)   | 原水       | 34.5  | 38.0  | 35.9  |
|              | 処理水      | 7.2   | 3.3   | 1.1   |
| 除去率 (%)      | CODcr    | 71    | 91    | 88    |
|              | T-N      | 79    | 91    | 97    |