

マルチフィード方式による高温多段型 UASB リアクターのアルカリ度削減効果

長岡技術科学大学 正会員 ○遠山 明、井町寛之、大橋晶良、原田秀樹

学生会員 Wilasinee YOOCHATCHAVAL

1. はじめに

Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) 法は易分解性の中・高濃度有機性廃水などに対して既に完成された技術であり、普及・発展しているメタン発酵プロセスである。現在稼働している UASB プロセスは廃水をリアクター底部に供給する単一フィード方式のため、供給口付近で有機物の分解に伴う集中的な酸生成反応が発生してリアクター内の pH が低下することで良好な処理が望めなくなる。この pH 低下を防ぐためには多量のアルカリ剤を使用する必要があるが、使用される多量のアルカリ剤コストは嫌気性処理において主要な経費となるため、添加するアルカリ剤の削減が望まれている。

この問題を解決するため、現行の単一フィード方式に替わる新規の供給方式「マルチフィード方式」を開発した。マルチフィード方式は廃水をリアクター高さ方向に分散供給することによって集中的な酸生成反応を分散化できると考えられるため、添加するアルカリ剤の削減が期待される。

本研究では、低アルカリ度添加条件において単一フィードとマルチフィード方式による比較検討を行い、マルチフィード方式によるアルカリ度削減効果を評価した。

2. 実験方法

Fig. 1 に本実験で使用した多段型 UASB リアクターの概要図を示す。リアクターの全長は 87.5cm、最大幅 15cm、最小幅 3.9cm、奥行き 10cm の矩型断面が折れ曲がった階段状の構造である。リアクター有効容積は 8L であり、高さ方向 15cm おきに 8 個の GSS (Gas-Solid Separator : 気・固液分離装置) が設置されている。廃水は高さ方向に 3 箇所の廃水供給口 (Inlet1 : 0cm, Inlet2 : 8cm, Inlet3 : 16cm) から供給した。リアクター内温度はウォータージャケットによって 55°C に制御した。

実験で使用した焼酎蒸留粕廃液の組成を Table 1 に示す。焼酎蒸留粕廃液はデカンター式遠心分離機によって固・液分離された分離液を用いた。廃水供給時には焼酎蒸留粕廃水を水道水で希釈し、アルカリ剤である重炭酸ナトリウムと微量金属およびミネラルをそれぞれ添加した。植種汚泥は高温焼酎蒸留粕廃液を処理したグラニューール汚泥（最大 COD 容積負荷 120kgCOD/m³・d, COD 除去率約 83%）を 35°C で約 3 ヶ月間保存したものを使用し、リアクター内には 161gVSS/reactor（汚泥濃度 20,000mg/L, SS/VSS 比 0.93）の汚泥量を投入した。

単一フィード方式 (Single feed mode) ではリアクターの最下部 (0cm) 一箇所のみに廃水を供給した。マルチフィード方式 (Multi-feed mode) ではリアクターの最下部から Inlet1, Inlet2, Inlet3 の順に逐次廃水を供給し、Inlet1 : Inlet2 : Inlet3 = 5 : 3 : 2 の流入割合で 1HRT あたり 3 サイクルするように設定した。

3. 実験結果および考察

容積負荷 50kgCOD/m³・d, 流入廃水濃度 10,000mgCOD/L, HRT4.8h の一定条件下で、単一フィード方式とマルチフィード方式により添加アルカリ度削減実験を行った。

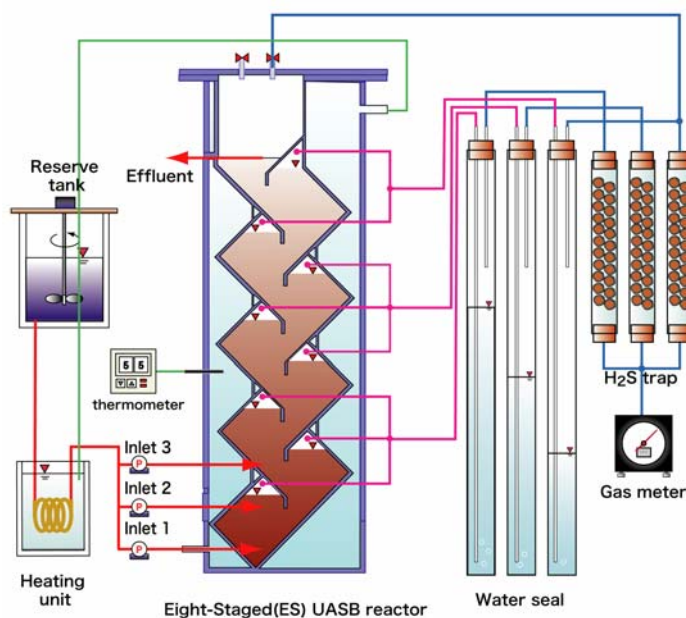


Fig. 1 Schematic diagrams of a thermophilic (55°C) multi-staged UASB reactor.

Table 1 Characteristics of Shochu wastewater.

pH	4.1	
COD total	48,800	mgCOD/L
COD soluble	47,500	mgCOD/L
Proteins total	5,900	mgCOD/L
Proteins soluble	5,100	mgCOD/L
Carbohydrate total	5,500	mgCOD/L
Carbohydrate soluble	5,400	mgCOD/L
total VFA	2,920	mgCOD/L
Acetate	2,450	mgCOD/L
n-Butyrate	470	mgCOD/L

キーワード : 多段型 UASB リアクター、高温メタン発酵、マルチフィード方式、アルカリ度削減

連絡先 : 〒940-2114 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 Tel. 0258-47-1611(6646)

Fax. 0258-47-9630 e-mail: toyama@stn.nagaokaut.ac.jp

Fig. 2 に単一フィード方式期間における添加重炭酸ナトリウム濃度, 処理水TBA5.75 濃度, COD除去率, 処理水pH, および処理水VFA (酢酸, プロピオン酸, n-酪酸, 全VFA) の経時変化を示す。添加重炭酸ナトリウム濃度 $0.18\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ から $0.12\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ 期間では, 添加重炭酸ナトリウム濃度の削減に伴い処理水中のTBA5.75 濃度が平均 $2892\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ から $2322\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ まで減少したが, 処理水のpHは平均 7.9 から 8.0 と高かった。しかし, 添加重炭酸ナトリウム濃度 $0.09\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ 期間では, 添加重炭酸ナトリウム濃度の削減に伴い処理水中のTBA5.75 濃度が $2080\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ から $138\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ まで減少し処理水pHも 7.9 から 5.9 と低下した。また, COD除去率も 90% から 44% まで減少して処理水全VFA濃度が $251\text{mgCOD}/\text{L}$ から $1210\text{mgCOD}/\text{L}$ と増加したため処理特性が急激に悪化した。

Fig. 3 にマルチフィード方式期間における添加重炭酸ナトリウム濃度, 処理水TBA5.75 濃度, COD除去率, 処理水pH, 処理水VFA (酢酸, プロピオン酸, n-酪酸, 全VFA) の経時変化を示す。添加重炭酸ナトリウム濃度 $0.18\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ から $0.04\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ 期間では, 添加重炭酸ナトリウム濃度の削減に伴い処理水中のTBA5.75 濃度が平均 $3307\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ から平均 $947\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ まで減少し処理水pHも平均 8.2 から 7.5 まで減少した。しかし, 添加重炭酸ナトリウム濃度が $0.04\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ 期間では平均COD除去率が 71%, 処理水TBA5.75 濃度が平均 $947\text{mgCOD}/\text{L}$ であり安定した処理が行われた。その後, 添加重炭酸ナトリウム濃度を $0.02\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ まで削減したところ, 処理水TBA5.75 濃度が $1050\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ から $355\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ まで減少したのに伴い処理水pHが 7.8 から 6.5 まで低下した。また, COD除去率も 74% から 61% まで減少し処理水全VFA濃度が $907\text{mgCOD}/\text{L}$ から $1320\text{mgCOD}/\text{L}$ まで増加したため, 一時処理特性が悪化した。しかし, 添加重炭酸ナトリウム濃度 $0.02\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ 期間において, 処理水TBA濃度が $622\text{mgCaCO}_3/\text{L}$, 処理水pHが 6.8, COD除去率が 71% まで回復した。そこで, 更に添加重炭酸ナトリウム濃度を $0.01\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ まで削減したところ, 処理水TBA5.75 濃度が $0\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ となり処理水pHが 4.5 まで急激に低下したためリアクター内が完全に酸敗化した。このため, COD除去率が 44% まで急激に減少し処理水全VFA濃度が $8030\text{mgCOD}/\text{L}$ まで蓄積し処理特性が完全に破綻した。

4. まとめ

本研究の結果, 容積負荷 $50\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ (廃水濃度 $10,000\text{mgCOD}/\text{L}$, HRT4.8h) の一定条件において, 単一フィード方式では最小アルカリ度添加量が 0.09 から $0.12\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ の範囲であったのに対して, マルチフィード方式で 0.01 から $0.02\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ の範囲であった。したがって, マルチフィード方式は単一フィード方式と比較して最小アルカリ度添加量を約 $1/6$ ($0.02/0.12$) まで削減できると考えられる。

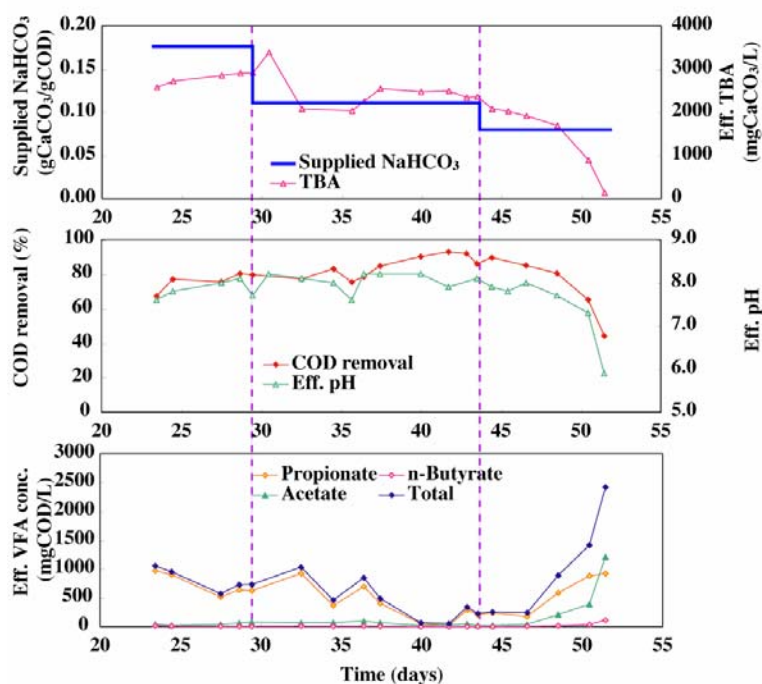


Fig. 2 Process performance of a multi-staged UASB reactor by a single feed mode at 0.09 to $0.18\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ under COD loading $50\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ with influent COD concentration $10,000\text{mgCOD}/\text{L}$, HRT 4.8 h.

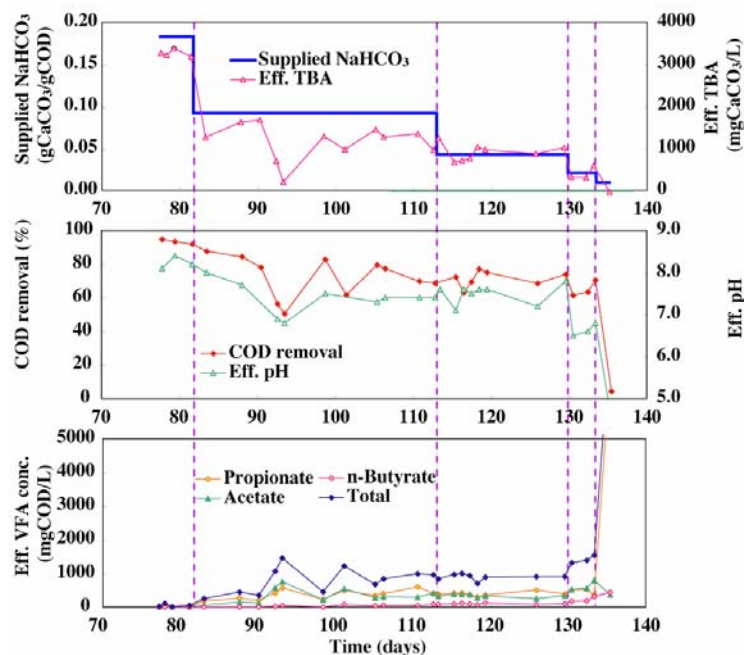


Fig. 3 Process performance of a multi-staged UASB reactor by a multi-feed mode at 0.01 to $0.18\text{gCaCO}_3/\text{gCOD}$ under COD loading $50\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ with influent COD concentration $10,000\text{mgCOD}/\text{L}$, HRT 4.8 h.