

高濃度デンプン含有排水の嫌気性処理

金沢大学大学院自然科学研究科 学 ○高橋 佑輔・江川 史将

金沢大学理工研究域 正 池本 良子・中木原 江利

1. はじめに

水質汚濁防止法の規制が適用されない小規模事業場（日量排水 50 m³未満の特定事業場）の排水が近隣水域の水質悪化の原因となっていることが指摘されている。特にうどん製造業や麩、菓子製造業から高濃度のデンプンなどの固形物を含む排水が排出され、デンプンの腐敗による悪臭など放水先の水質悪化等の問題の対策が急務となっている。

近年、高濃度有機物を含む排水の処理に UASB を主体とする嫌気性処理が多く導入されてきたが、本処理方式を固形有機物含有排水に適用する場合には、あらかじめ固液分離を必要とし、分離した固形物の処理が必要となることから、腐敗しやすく固まりやすいデンプン排水の処理には困難な点が多い。一方、筆者らは硫酸塩還元条件により稲わら等の固形有機物が効率的に有機酸に分解されることを報告しており、あらかじめ硫酸塩還元により固形有機物であるデンプンを低分子有機酸に分解することができれば、効率的な嫌気性処理が可能となると考えられる。そこで本研究では硫酸塩還元を活用したデンプン含有排水処理法の開発を行うための基礎的研究として、硫酸塩還元条件での連続デンプン分解実験を行った。

2. 実験方法

実験には、図 1 に示す容積約 3000ml のアクリル製円筒カラムに炭素繊維担体約 60cm を投入した嫌気槽と、後処理を目的とした好気槽を組み合わせた装置を用い、嫌気槽には種汚泥として下水処理場から採水した消化汚泥を約 300ml、好気槽には返送汚泥を約 100ml 添加し、表 1 に示す人工デンプン排水を流量 1L/day で嫌気槽下部から流入させた。運転は 2 系列同時に行い Run 1 は、硫酸無添加条件で、Run 2 では硫酸塩添加条件とした。運転開始後、155 日目に、Run 2 の硫酸塩濃度を減少させたが、同時にアンモニア濃度を合わせるために Run 1 の組成も変更した。

原則として 1 週間に 1 回嫌気槽の流入水、流出水を採水し水質の測定を行った。また嫌気槽上部に設置したガスパックに捕集された発生ガス量およびガス組成を分析した。

表 1 人工排水の組成

成分(mg/L)	Run 1/Run 2
期間(day)	0-144 145-
sterch	2250
NH ₄ Cl(Run 1)	556 334
(NH ₄) ₂ SO ₄ (Run 2)	687 413
K ₂ HPO ₄	21.75
KH ₂ PO ₄	8.5
Na ₂ HPO ₄ ・12H ₂ O	44.6
NH ₄ Cl	1.7
CaCl ₂	27.5
FeCl ₂ ・6H ₂ O	0.25

図 1 実験装置概要図

3. 実験結果と考察

3.1 実験装置内の経日変化

表 2 に各 Run のガス発生量を示す。Run 1,2 ともにメタンガス発生量は極めて少なく（メタン転換率は 0.1%以下）、発生したガスの大半は二酸化炭素で占められていた。温度条件 20℃で行ったことから、嫌気槽内ではほとんどメタン発酵は進行せず、酸発酵が進行したと考えられる。

嫌気槽流出水中の溶存態有機炭素濃度および硫酸塩濃度の経日変化を図 2 に示す。流入水中には溶存態炭素は含まれず、固形有機炭素濃度は 1000mg/L(理論値)であったが、Run 1 では流出水中に酢酸や酪酸を主体とする溶存態有機炭素が 100-200mg/L 検出された。これは、流入したデンプンが加水分解されて可溶化し、発酵が進んだことを示している。しかし、検出された溶存態有機物は流入有機炭素の 1-2 割程度であり、デンプンが実験装置内部に沈澱していることが観察されたこと、前述したようにメタン発生量が微量であることから、Run 1 ではデンプンの分解率は低いと考えられる。一方、硫酸塩を添加した Run 2 では、処理槽内で硫酸塩が 200mg/L 程度減少しており、採水時に硫化水素臭が確認されたことから、装置内で硫酸塩還元が進行していたことがわかる。

キーワード：デンプン含有排水、嫌気性処理、硫酸塩還元
〒920-1192 石川県金沢市角間町 (TEL/FAX) 076-234-4641

流出水中の溶存態有機物濃度は実験開始から徐々に増加し、300-400mg/L と、Run 1 の 2 倍程度となった。硫酸塩還元に伴うデンプンの分解が進行したものと考えられる。155 日目以降、流出水中に残存する硫酸塩濃度を減少させる目的で、硫酸塩濃度を低下させた結果、硫酸塩減少量も減少したことから、硫酸塩還元速度は一次反応的に進行しているものと考えられた。

表 2 ガス発生量と組成

成分	Run 1	Run 2
CH ₄ (ml/day)	0.29	0.10
CO ₂ (ml/day)	0.98	5.47

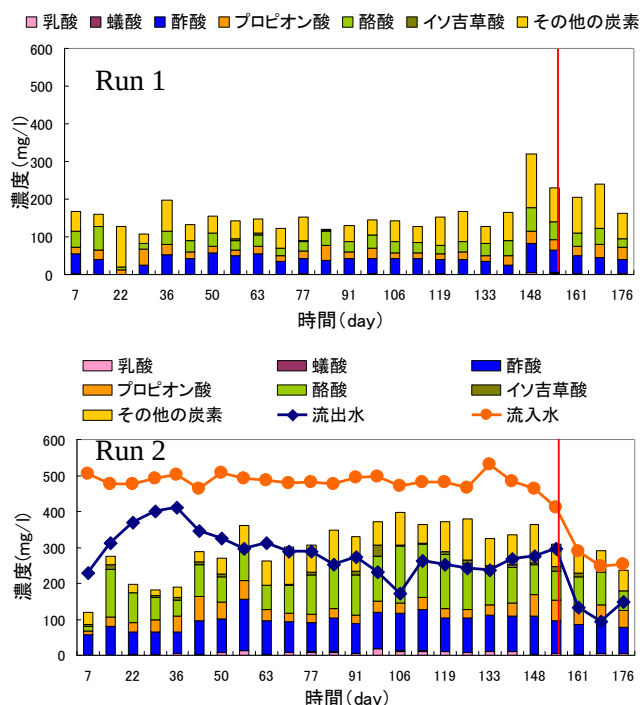


図 2 嫌気槽における溶存有機炭素および硫酸塩濃度の経日変化

3.2 酢酸発生量と硫酸塩消費量の関係

Run 2 の嫌気槽内における酢酸発生量と硫酸塩消費量の関係を図 3 に示す。図中の実線は以下の式に従い、デンプンが硫酸塩還元に伴って酢酸に分解された場合の理論値を表している。実験値は理論値と近い値を示していることから、硫酸塩還元によりデンプンが酢酸に分解されていたと推定される。

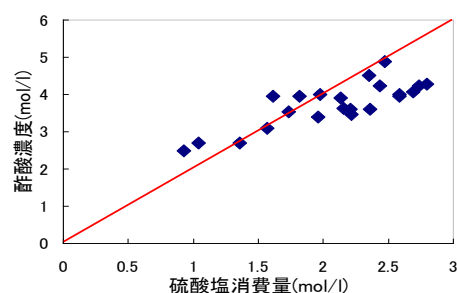
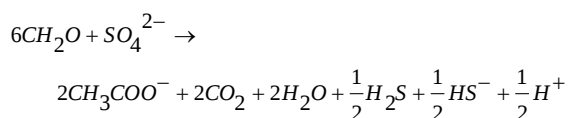


図 3 酢酸発生量と硫酸塩消費量の関係

3.3 炭素換算を用いたデンプンの分解率

生成した有機酸濃度から生成した無機炭素濃度を計算し、デンプンの可溶化率および無機化率を以下のように求めて図 4 に示した。Run 1 では可溶化率は約 20%，無機化率は約 5%であったのに対し、Run 2 では可溶化率約 40%，無機化率約 10%と約 2 倍の値を示した。

$$\text{無機化率} = \frac{\text{装置内での理論生成 IC}}{\text{流入水中の TOC の理論値}}$$

$$\text{可溶化率} = \frac{\text{流出水中の DOC} + \text{装置内での理論生成 IC}}{\text{流入水中の TOC の理論値}}$$

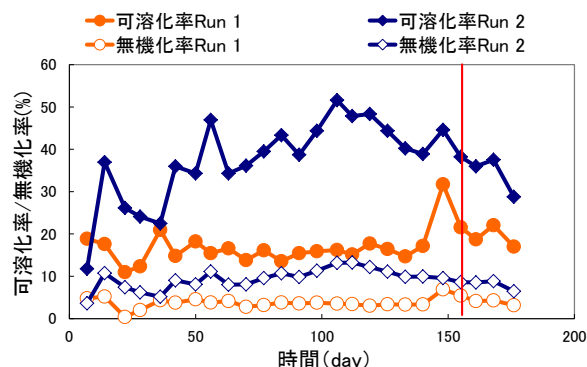


図 4 デンプンの分解率

4. まとめ

- 硫酸塩無添加条件では、メタン発酵がわずかに進行したが、メタン転換率は 0.1%以下であり、デンプンの可溶化率は 20%程度であった。
- 硫酸塩条件下では、高濃度の有機酸が生成され、分解率は 40%を示した。硫酸塩還元微生物は、デンプンからの酢酸生成に関与していた。

硫酸塩還元により生成した酢酸をメタンガスに転換することにより効率的な嫌気性処理が可能となると考えられる。