

金沢大学 大学院 学生員 木村 洋
金沢大学 建設工学科 正員 松井 三郎
京都府庁 正員 大滝 裕一

1. はじめに

近年、省資源・省エネルギー的な要求から、廃水処理としての嫌気性処理が見直されつつある。本研究室では、都市下水のような低濃度廃水（COD_{Cr} 600 mg/l以下）を常温において処理できる嫌気性処理法の開発をめざし、実験を行っている。ここでは、二相嫌気性処理を想定したプロセスを試みている。本研究は、都市下水中には必ず硫酸塩が存在することを考慮し、酸生成相における、1) 蛋白質の嫌気性代謝の特徴を調べる、2) 嫌気性流動床の硫酸塩還元能力を把握することを目的とした。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概要と主な実験条件を図-1、表-1に示す。流動床カラムは高さ100cm、内径5cmのアクリル樹脂製円筒よりなり、生物膜担体としては、造粒型軽量骨材（ $\rho = 2.32 \text{ g/cm}^3$ ）を用い、粒径は日本工業規格 No. 0.4mmとNo. 0.85mmの篩によって整えた。微生物の接種は金沢市A下水処理場の初沈越流水を用いた。また、アミノ酸の測定は液体クロマトグラフィー分析で行い、蛋白質の定量は主としてLowry法を用いた。

3. 実験試料

実験試料としては、豆腐・大豆製品製造工程における大豆分離蛋白質を用いた。試料の溶解度を一定に保つために、試料10gに対して温水1ℓを加え、 $\text{N}/10 \text{ NaOH}$ を用いて pH 7.8～pH 8.0に調整した後、約90分間攪拌を行い、試料原液とした。また、これは $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで分画すると、溶解性蛋白質と浮遊性蛋白質の比率は6:4となった。この他の試料としてアミノ酸14種類を溶解させた混合アミノ酸溶液を用いた。

4. 実験結果及び考察

(1) 混合アミノ酸及び単一アミノ酸溶液定性実験

表-2に混合アミノ酸代謝実験（流入アミノ酸総濃度 147.1 mg/l 、 SO_4^{2-} 濃度 69.1 mg/l ）および単一アミノ酸代謝実験（流入アミノ酸濃度 $80 \sim 100 \text{ mg/l}$ 、 SO_4^{2-} 濃度 $40 \sim 45 \text{ mg/l}$ ）結果を示す。混合アミノ酸では、特にアスパラギン酸・アルギニン・リジン・グルタミン酸に高い分解効率を得られた。また、溶解度の悪いものを除いた各アミノ酸単品の実験では、概してアミノ酸除去効率は低く、硫酸塩還元率も低い。これは、アミノ酸除去が不完全であるため、硫酸還元菌の必要とする電子供与体が少なく、硫酸塩還元反応が起こりにくいためと思われる。

(2) 流入分離蛋白質濃度変動実験

K_2SO_4 を用いて硫酸濃度を 45 mg/l に設定し、分離蛋白質の濃度変動に対する

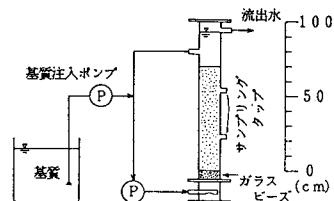


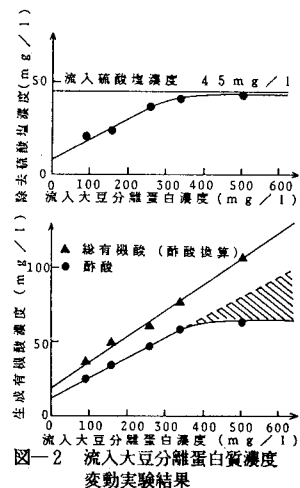
図-1 実験装置の概要

表-1 主要な実験条件

項 目	実 験 条 件
水理学的滞留時間	24.5 min
流 量	52.0～60.0 ml/min
切 高	40.0～45.0 cm
層 高	65.0～75.0 cm
層 能 率	1.40～1.50
V S S	34.000～38.000 mg/l
温 度	16.0～22.0 °C
pH	7.0～7.5

表-2 混合アミノ酸及び単一アミノ酸定性実験結果

アミノ酸 No.	混合アミノ酸溶液			単一アミノ酸定性実験結果			
	流入 濃度 mg/l	流出 濃度 mg/l	分解 効率 %	流入 基質濃度 mg/l	流出 基質濃度 mg/l	酸除 去率 %	硫酸 還元率 %
1 Asp	11.10	0.55	95.0	92.7	71.1	9.1	18.3
2 Thr	11.06	7.72	30.4	90.8	29.1	41.8	47.6
3 Ser	11.28	5.81	48.5	157.1	105.3	---	27.4
4 Glu	11.67	2.40	82.5	84.0	65.3	12.6	13.4
5 Gly	11.27	6.36	43.6	90.5	64.9	12.1	18.7
6 Ala	11.00	5.68	48.4	87.0	87.0	12.3	7.4
7 Val	10.87	8.19	24.7	101.4	91.5	15.3	25.3
8 Met	11.12	7.55	32.1	87.8	58.0	34.2	45.3
9 Ile	4.83	1.64	66.1	95.5	72.2	8.9	16.4
10 Leu	10.65	7.64	26.6	91.0	64.3	16.5	20.4
11 Tyr	11.82	9.04	23.4				
12 Phe	9.67	6.20	35.9				
13 Lys	9.38	0.76	91.9				
14 Arg	11.40	0.64	94.4				

図-2 流入大豆分離蛋白質濃度
変動実験結果

除去硫酸塩濃度と生成有機酸濃度を求めた結果を図-2に示す。流入分離蛋白質は低濃度废水を想定しているため、50~700 mg/l (CODcrで55~780 mg/l)を採用した。図より、流入分離蛋白質濃度の上昇とともに、除去硫酸塩濃度が上昇し、基質が過剰となり除去硫酸塩濃度の上昇が停止すると、それに対応して生成酢酸濃度の上昇も停止している。一方、生成総有機酸量(酢酸換算)は硫酸塩還元反応の停止にかかわらず、流入分離蛋白質濃度の上昇とともに線形的に上昇している。以上の結果より、分離蛋白質の加水分解・脱アミノ反応の効率は硫酸塩還元反応に関係なく、流入基質濃度と流動床の処理効率(HRT・VSSなど)によって決定されていると考えられる。従って、硫酸塩還元反応は、蛋白質・アミノ酸の代謝により、マ生じた有機酸のうち、電子供与体として利用できるものをすみやかに酢酸に転換している反応であるといえる。

(3) 流入硫酸塩濃度変動実験

流入大豆分離蛋白質濃度を300 mg/lと500 mg/lに設定し、流入硫酸塩濃度の変動に対する除去硫酸塩濃度と生成有機酸濃度を求めた結果を図-3に示す。除去硫酸塩濃度の上昇に対応して、生成酢酸濃度は上昇している。更に、流入硫酸塩濃度が過剰になり、分離蛋白質が律速となると、除去硫酸塩濃度の上昇は停止し、それに対応して生成酢酸濃度の上昇も停止している。これより、酢酸生成と硫酸塩還元反応が密接に関係していることが確かめられた。

(4) 水理学的滞留時間(HRT)変動実験

流入大豆分離蛋白質濃度300 mg/l、流入硫酸塩濃度76 mg/lで、水理学的滞留時間の変動に対する生成有機酸濃度と除去硫酸塩濃度を求めた結果を図-4に示す。HRTの上昇とともに除去硫酸塩濃度は上昇し、それに対応して生成総有機酸および酢酸濃度も上昇している。これはHRTを長くとることににより分離蛋白質の分解効率が上がり、それとともに生成総有機酸量が増加し、この有機酸のうち硫酸還元菌が電子供与体として利用可能なものを酢酸に転換するためである。また、図-5にLowry法による蛋白質の除去効率を示す。

HRT 100分以下では極めて溶解性蛋白質と浮遊性蛋白質の除去効率の差は大きい。HRTは長いほど蛋白質の除去効率は高まる。しかし、最適HRTを求めるためには、微生物系の維持などの条件を考え合わせなくてはならない。

5. まとめ

蛋白質の代謝経路において、加水分解・脱アミノ反応までは硫酸塩還元反応は関与しておらず、他の嫌気性微生物の代謝による生成有機酸と酢酸に転換する働きをしていることがわかった。また、溶解性蛋白質と浮遊性蛋白質では除去挙動に大きな違いがあることが確認された。表-3に大豆分離蛋白質除去モデルを示す。

尚、今回の実験では流出水中にはアミノ酸はほとんど見られずすみやかに代謝されていることが確認された。

最後に、本研究に参加し、協力してくれた川田工業の大谷浩君と東亜建設工業の木村好孝君に感謝します。

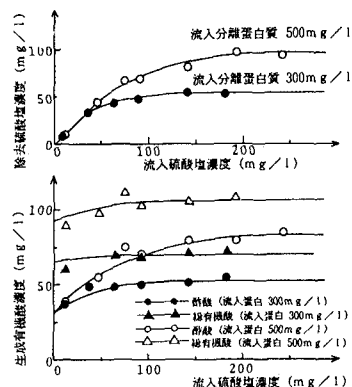


図-3 流入硫酸塩濃度変動実験結果

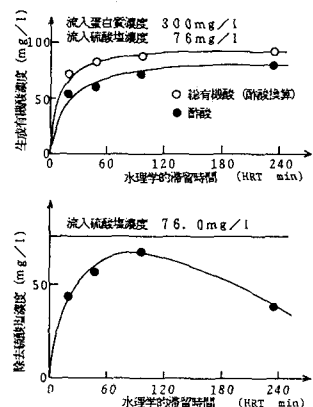


図-4 水理学的滞留時間変動実験結果

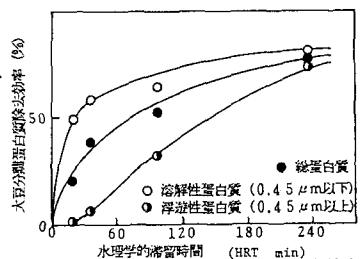


図-5 HRT変動に対する蛋白質除去効率

表-3 大豆分離蛋白質除去モデル

