

# 嫌気性消化における有機物分解へ及ぼすアンモニア性窒素の阻害

東北大学大学院 学生会員○藤島繁樹, 静岡大学 正会員 宮原高志  
福島県庁 非会員 穴戸喜彦, 東北大学大学院 フェロー会員 野池達也

## 1. はじめに

アンモニアは、タンパク質やアミノ酸等の分解により生成される。アンモニア性窒素は、細菌の増殖に必須の栄養源であるが、過剰に存在すると、嫌気性消化プロセスに対し阻害を及ぼすことが多くの研究者により報告されている。これまでの研究から、嫌気性消化に關与する細菌群の中では、メタン生成細菌がアンモニアによる阻害を受けやすいとされているが、高アンモニア濃度の条件下で、馴養され続け、その環境に順応した場合、高いアンモニア性窒素濃度においてもメタン生成は維持されることが知られている。筆者ら<sup>1)</sup>は、嫌気性消化において投入汚泥の固形物濃度(TS)を増大させた場合の影響を明らかにするため、脱水汚泥を基質とした連続実験を行った。その結果、投入汚泥濃度を11.0%(TS)にあげても、安定した処理性能が維持されていた。これは、消化槽中のメタン生成細菌がアンモニアによる阻害に対して順応したためである<sup>2)</sup>。しかしながら、この時、炭水化物の分解は、投入汚泥濃度の増大に伴い、大きく減少しており、投入汚泥濃度11.0%の条件での分解率は27%程度であった。それにより、メタンの生成効率も、10%程度減少していた。この原因については様々なものが考えられるが、メタン生成細菌に比べ高いアンモニア濃度ではあるが、グルコース資化性の酸生成細菌もアンモニアによる阻害を受ける<sup>3)</sup>ことが報告されていることから、酸生成細菌へのアンモニアの阻害が最も有力と考えられている<sup>4)</sup>。

高濃度汚泥や固形廃棄物の消化を行う場合、これまではメタン生成細菌へのアンモニアの阻害に対して、注意が払われていたが、メタン生成細菌が阻害に順応にした場合でも、加水分解段階が律速段階である場合には、炭水化物からの酸生成への阻害により、嫌気性消化全体の効率が低下する可能性がある<sup>4)</sup>。炭水化物は汚泥中の有機成分の中では本来、分解されやすい物質であるため、その分解が阻害された場合は、汚泥の嫌気性消化におけるメタンとしてのエネルギー回収や廃棄物処理という目的を達成できなくなる。しかしながら、これまでのアンモニアによる嫌気性消化への阻害に関する研究はメタン生成への影響を検討したものがほとんどで、酸生成への影響を扱ったものは少なく、その詳細は明らかでない。そこで、本研究では、連続培養における炭水化物とタンパク質からの酸生成に及ぼすアンモニア性窒素の影響を明らかにすることを目的とし、以下の実験を行った。

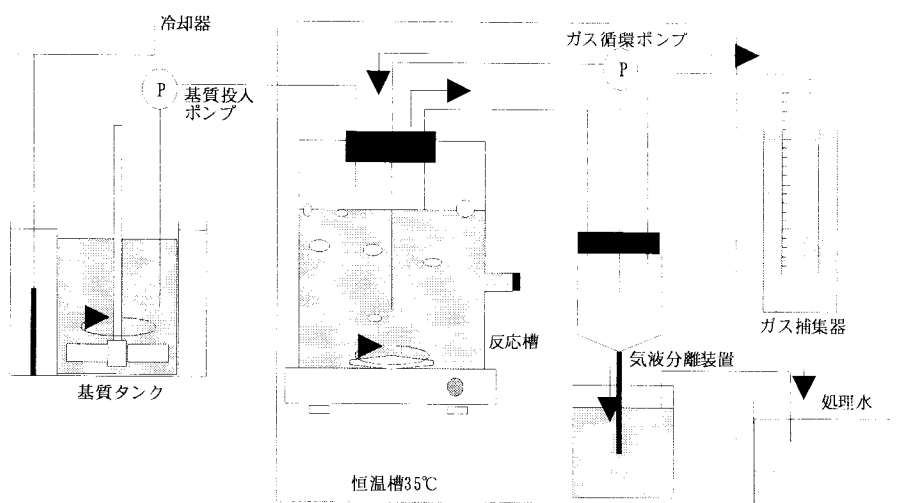


図-1 実験装置概要図

## 2. 実験方法

本研究で用いた反応槽の概略図を図-1に示す。反応槽は、連続的に基質を投入し、発生したガスをポンプで循環させることによって槽内を攪拌し、増加した消化液を連続的に引き抜く完全混合型反応槽である。種汚泥には、山形市下水道部浄化センターの汚泥消化槽より採取した中温消化汚泥を用いた。反応槽は35℃の恒温槽内に設置し、表-1に示した基質で、滞留時間を14.4時間に設定して連続運転を行った。反応槽内のアンモニア性窒素濃度は、基質中の $\text{NH}_4\text{Cl}$ 添加量を増加することで変化させた。測定は、各アンモニア性窒素濃度条件で2週間以上連続培養し、定常状態に達した後に行った。

表-1 基質の組成

| 試薬(mg/L)                                  | 濃度      |
|-------------------------------------------|---------|
| デンプン                                      | 10000   |
| ペプトン                                      | 20000   |
| $\text{NH}_4\text{HCO}_3$                 | 4500    |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$                  | 250     |
| $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 100     |
| $\text{NaHCO}_3$                          | 10000   |
| $\text{NH}_4\text{Cl}$                    | 0-23000 |
| Mineral solution <sup>4)</sup>            | 10mL    |

キーワード : anaerobic digestion, ammonia inhibition, acidogenic bacteria

980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06 環境保全工学研究室 TEL:(022)217-7466 FAX:217-7465

### 3. 結果および考察

溶解性炭水化物および溶解性タンパク質の除去率の及ぼすアンモニア性窒素濃度の影響を図-2に示す。この図から、各除去率が半減したアンモニア性窒素濃度を算出したところ、炭水化物の分解では6750(mg-N/L)、タンパク質では8330mg-N/Lであった。この結果から、炭水化物分解の方が、アンモニアによる影響を受けやすいことがわかる。また、本研究ではアンモニア性窒素濃度が3900mg-N/Lの場合で、すでに炭水化物代謝の阻害を示すエタノールの蓄積<sup>1)</sup>が見られたことから、阻害自体はさらに低いアンモニア濃度で開始していたと考えられる。しかしながら、本研究では、滞留時間を14.4時間と比較的長く設定していたことにより、除去率に対して影響があらわれるアンモニア濃度は高くなったと考えられる。

菌体濃度に及ぼすアンモニア性窒素濃度の影響を図-3に示す。菌体濃度は、アンモニア性窒素濃度が低い場合は4000mg/L前後で変動しているが、6600mg-N/Lを越えると2000mg/Lまで減少していた。アンモニア性窒素濃度が6600mg-N/Lを越えた場合、炭水化物の除去率も大幅に減少していることから、減少した菌体濃度の大部分が炭水化物を優先的に分解する細菌の菌体濃度に依存していたと考えられる。図-4は各有機物の分解効率に及ぼすアンモニア性窒素濃度の影響を示したものである。アンモニア性窒素濃度が低い場合は、炭水化物が優先的に分解されるが、炭水化物分解が阻害を受けると、タンパク質の方を生存している細菌群が優先的に利用していることがわかる。嫌気性消化で主にタンパク質分解に関与する*Clostridium*属細菌は、通常、炭水化物も資化できるが、資化性の強さは菌種により様々である。よって、この細菌群の中でも元々タンパク質を優先的に利用しているものやタンパク質優先資化性へと遷移できるものが、高アンモニア濃度条件下では生き残り、優占種となったことで、菌体量当たりのタンパク質分解量が増大したと考えられる。

### 4. 結論

各有機成分の除去率が半減したアンモニア性窒素濃度は、炭水化物の分解で6750mg-N/L、タンパク質で8330mg-N/Lであった。また、アンモニアによる阻害を受けた場合、菌体量は半減し、生き残った細菌の大部分はタンパク質を分解することで増殖を維持していた。

### 参考文献

- 1) 藤島繁樹, 宮原高志, 水野修, 野池達也: 脱水汚泥の嫌気性消化に及ぼす固形物濃度の影響, 土木学会論文集, No. 662/ VII-11, pp. 73-80, 1999.
- 2) Fujishima, S., Miyahara, T. and Noike, T.: Effect of moisture content on anaerobic digestion of dewatered sludge: ammonia inhibition to carbohydrate removal and methane production, Water Science and Technology, in press, 2000.
- 3) Gallert, C., Winter, J.: Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic wastes: effect of ammonia on glucose degradation and methane production, *Appl Microbiol Biotechnol*, Vol. 48, pp. 405-410, 1997.
- 4) 藤島繁樹, 宮原高志, 角田俊司, 野池達也: 嫌気性消化における酸生成相へのアンモニア性窒素の影響, 土木学会論文集, 印刷中, 2000.

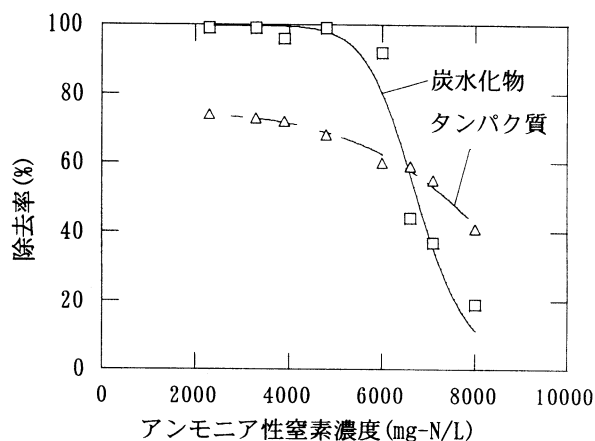


図-2 有機物の分解に及ぼすアンモニア性窒素の影響

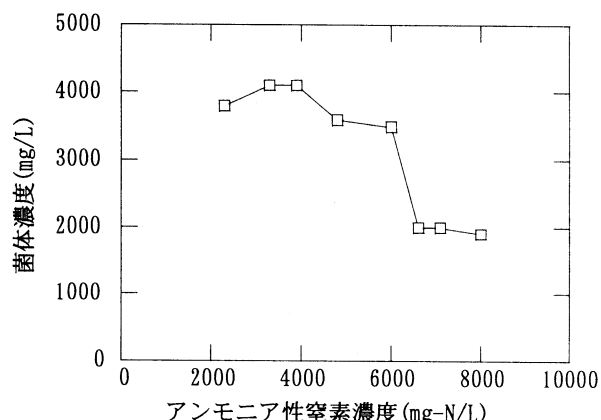


図-3 菌体濃度に及ぼすアンモニア性窒素の影響

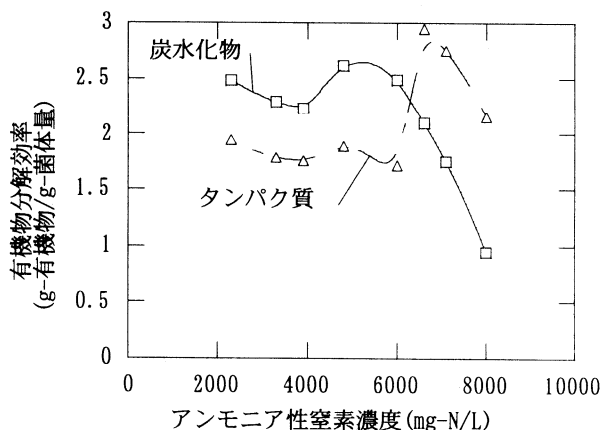


図-4 有機物分解効率に及ぼすアンモニア性窒素の影響