

VII-20

嫌気性消化におけるアンモニアの阻害性

東北大学 実戸喜彦
 東北大学大学院 学生会員 ○藤島繁樹
 東北大学大学院 正会員 宮原高志
 東北大学大学院 フェロー 野池達也

1. はじめに

筆者ら¹⁾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。しかしながら、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。このように炭水化物の分解率が減少した原因については、様々なものが考えられるが¹⁾その一つとしてアンモニアの蓄積が挙げられる²⁾。嫌気性消化において、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、嫌気性消化に関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。そのため、これまで行われてきたアンモニアによる阻害の研究は、メタン生成を対象としたものがほとんどであり、酸生成への阻害を扱った研究は少ない。しかし、GallertとWinter²⁾は、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ことを報告している。また、Webb, A.R.ら³⁾はpoultry manureを基質とした中温嫌気性消化の実験を行ったところ、投入基質濃度の増大に伴い、アンモニア性窒素の蓄積は増大し、VS当たりのメタン生成も減少していた。そして、この時、Holocelluloseの分解率も2/3程度に減少していた。

これらのことから、加水分解段階が律速段階である場合にはアンモニアによる酸生成段階への阻害のため、嫌気性消化全体の効率が低下する可能性がある。そこで本研究では、デンプンとペプトンを基質とした連続実験を行い、各成分の分解および酸生成へのアンモニアの影響について検討した。

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、2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NH₄Cl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

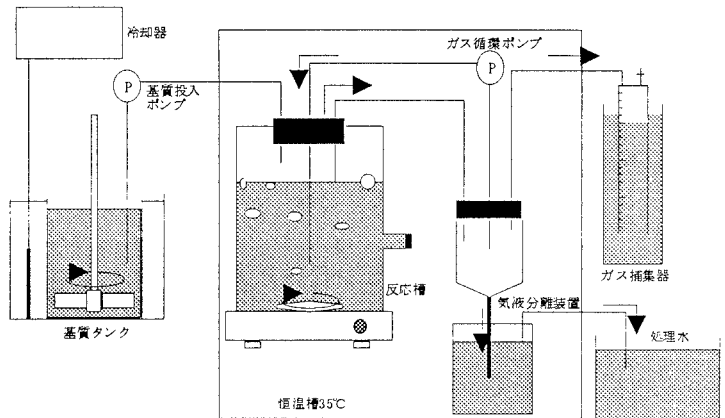


図-1 実験装置概要図

表-1 基質の組成

試薬 (mg/L)	濃度
デンプン ^{*1}	9500
ペプトン ^{*2}	10000
NH ₄ HCO ₃	4500
K ₂ HPO ₄	250
MgCl ₂ ・6H ₂ O	100
NaHCO ₃	10000
NH ₄ Cl	0-23000
Mineral solution (mL/L)	10

*1: グルコース換算

*2: アルブミン換算

表-2 Mineral solutionの組成

試薬	濃度 (g/L)
FeCl ₂ ・4H ₂ O	0.4
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.12
AlK(SO ₄) ₂ ・Na ₂ MoO ₄	0.01
H ₃ BO ₃ , CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.01
NaCl	1.0
CaCl ₂ , NiCl ₂ ・6H ₂ O	0.02
MnCl ₂ ・4H ₂ O, ZnCl ₂	0.10

状態に達した後、VFA濃度、アルコール濃度、炭水化物濃度、タンパク質濃度、アンモニア性窒素濃度、菌体濃度、pHについて行った。

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、炭水化物では6750(mg-N/L)、タンパク質では8330(mg-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。メタン生成細菌へのアンモニアによる阻害機構は、遊離アンモニアが細胞内に入り、細胞内pHが変化し、活性が低下するとされている⁴⁾。タンパク質を主に分解している酸生成細菌では、タンパク質およびアミノ酸の分解に伴いアンモニアを細胞外に排出していることから、細胞内の遊離アンモニア濃度は細胞外に比べ高いことが予想される。そのため、メタン生成細菌や炭水化物質化性酸生成細菌に比べ、遊離アンモニアが細胞内に浸透しにくく、細胞内pHの変化やそれに伴う活性の低下という影響も小さかったと考えられる。

図-3は、代謝産物の生成に及ぼすアンモニアの影響を示したものである。これまでの研究から⁵⁾、エタノール生成の増加と酸生成の減少は、炭水化物分解への阻害を示す現象であることから、本研究ではアンモニア性窒素濃度が3900(mg-N/L)に達した時点で、阻害を受けていたと考えられる。しかし、炭水化物の除去率はアンモニア性窒素濃度6000(mg-N/L)付近から減少し始め、濃度がさらに増大して急激に減少していた。このことから、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ので、除去率に対し阻害の影響があらわれるアンモニア濃度が6000(mg-N/L)付近に上げられることがわかる。よって、加水分解が律速段階となるような条件では、炭水化物除去への阻害の影響は、即座にあらわれることが予想され、これが、従来の研究^{1),3)}でのプロセス全体の効率低下につながったと考えられる。

4. 結論

高濃度下水汚泥や厨芥等の嫌気性消化を行う場合、これまでメタン生成細菌へのアンモニアの阻害に対して、注意が払われてたが、メタン生成細菌が阻害に順応した場合でも、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ことが本研究から明らかとなった。

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) 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.
- 3) Webb, A.R., Hawkes, F.R.: The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium-nitrogen levels, *Agricultural Wastes*, 14, pp. 135-156, 1985.
- 4) Sprott, G.D., Patel, G.B.: Ammonia toxicity in pure cultures of methanogenic bacteria, *System. Appl. Microbiol.*, Vol. 7, pp. 358-363, 1986.
- 5) 藤島繁樹, 角田俊司, 宮原高志, 野池達也: 下水汚泥の嫌気性消化に及ぼすアンモニアの影響, 第36回下水道研究発表会講演集, pp. 755-757, 1999.

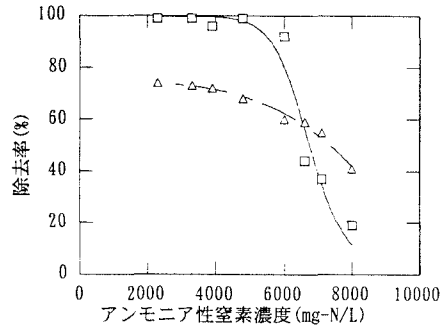


図-2 各有機成分の分解に及ぼすアンモニア性窒素の影響

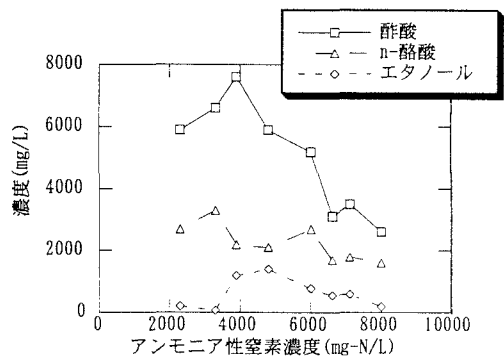


図-3 代謝産物の生成に及ぼすアンモニア性窒素の影響