

東北大学 正員 松本順一郎

同 正員 野池達也

同 学生員 遠藤銀明

1. はじめに. 嫌気性消化過程は、高分子有機物を主として揮発酸に発酵する酸生成相と、その相での生成物をメタンと炭酸ガスに変換するメタン生成相によって構成されており、これら二つの相に関する微生物群の生理、代謝および増殖等の特性はかなり異なると言われている。従来より嫌気性消化はこれら二つの相の混在下でなされており、各相における最適環境条件に関する基礎的研究は十分には行われていない。本研究は、酸生成相の最適環境条件を知る目的の下に、酸生成相における基質C/N比と温度の影響について検討したものである。

2. 実験材料、装置および方法. 1) 裡汚泥; 下水消化汚泥を下記の合成基質に長期間馴致させたものを用いた。2) 投入基質; グルコースを単一C源、重碳酸アンモニウムを単一N源とし無機栄養塩類を添加した最小培地で、基質C/N比を3~11に変えるにはグルコース濃度を一定として、重碳酸アンモニウム濃度を变化させた。温度の影響に関する実験においてはC/N比5の基質を用いた。表-1にC/N比5の基質の化学的組成を示す。これらの基質のCOD_{cr}は平均11900 mg/L, pHは平均8.26である。3) 実験装置; 反応槽は混合液容量1.0 Lのケモスタット型連続反応槽で、ガス循環によって攪拌を行った。装置の概略を図

表-1. 連続実験に用いた基質成分

成分	濃度 (mg/L)
グルコース	11700
NH ₄ HCO ₃	5235
K ₂ HPO ₄	125
MgCl ₂ ·6H ₂ O	100
MnSO ₄ ·4H ₂ O	15
CuSO ₄ ·5H ₂ O	5
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.125
FeSO ₄ ·7H ₂ O	25

-1に示す。4) 実験方法; 平均滞留時間(SRT)を約1.0日に設定し、メタン菌をWash-outさせほぼ活性を失わせた後、各分析指標の定常状態が得られるまで連続実験を行った。基質C/N比の影響に関する実験ではC/N比を3, 5, 7, 9, 11の5段階に変化させた基質を投入し、35°Cに保たれた恒温器中に収納し加温した。温度の影響に関する実験では5~60°Cの温度範囲で5°C間隔にデータを得た。またこの場合の温度馴致は1°C/4日の温度上昇過程で行った。

3. 実験結果および考察. 平均菌体滞留時間(SRT)を約1.0日程度に制限した一連の実験において、CH₄ガス発生量から考えられるメタン菌の

活性はかなり低いもので、実質的に実験消化槽はいずれも酸生成相にあるとみなされた。以下に示すデータはいずれも定常状態における平均値である。

1) 基質C/N比の影響について; 図-2に基質C/N比によるアルカリ度(pH)とpHの変化を示した。このアルカリ度の挙動と残存NH₄-N濃度

はかなりよく相関し[アルカリ度(pH) = 4.04(NH₄-N濃度(mg/L)) - 268 (r² = 0.997)] NH₄-N濃度によってアルカリ度が決定されるとみなされる。pHの挙動もまた基質C/N比の条件による残存NH₄-N濃度に関連する様子を示し、大幅に変化した。菌体の増殖活性は、図-3に示したようにMLVSSに関しては一定基質C/N比範囲(5~9)で活発化され、一方DNA濃度は基質C/N比の増加に伴ってほぼ単純に減少する様子を示した。このことから、基質C/N比5~9においては、DNA含有率の低い換言すると不活性部分を多く含むような菌体増殖の形態を選択したと考えられる。図-4にDNA濃度に対する総揮発酸

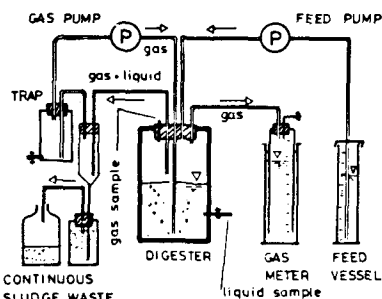


図-1. 連続消化実験装置概略図

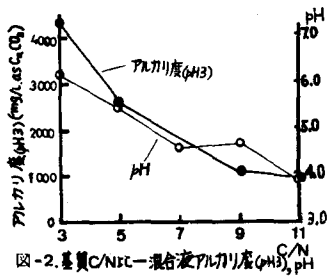


図-2. 基質C/N比-混合液pH

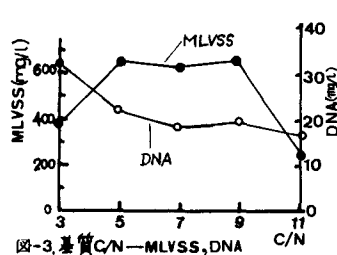


図-3. 基質C/N比-MLVSS, DNA

(TVA)濃度の変化を示した。DNA濃度16.1~21.5mg/lでのTVA濃度は、DNA濃度の増加に伴って増加するが、それ以上のDNA濃度ではほぼ飽和の様子がみられる。また図-5にDNA濃度をベースにしたTVAの比生成速度を示した。図-4と5から判断される揮発酸発酵にとっての最適基質C/N比は5程度であると考えられる。

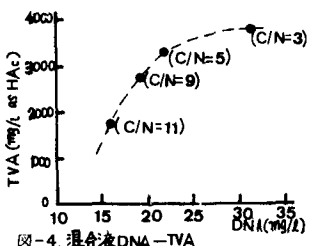


図-4. 混合液DNA-TVA

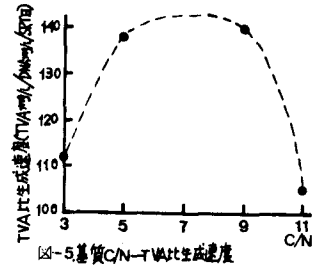


図-5. 基質C/N-TVA比生成速度

2) 温度の影響について；図-6に示した混合液中のグルコースとNH₄-N濃度の温度変化より、これらの利用量は中温域(20~40℃)で多いことが知られる。図-7にMLVSSとTVA濃度の温度変化を示した。これによれば、酸生成菌の菌体増殖および揮発酸発酵に対してある一定の最適温度範囲が存在し、MLVSSに関しては16~40℃、TVAに関しては20~35℃のほぼ中温域で最適温度条件となることが示されている。従来嫌気性消化には中温菌と高温菌が利用され、各々の最適温度は異なるとの報告があるが、それは主にメタン菌の特性によるものと考えられる。発酵された揮発酸は総濃度と同時に、揮発酸の種類によっても異なる温度変化を示した。図-8に示したように、偶数炭素の揮発酸は20~25℃と40~45℃で二つのピークを持ち、30~35℃では一旦濃度を低下させるが、奇数炭素の揮発酸は35℃で一つのピークを持っている。したがってこのことから、これら二つのグループの揮発酸の発酵菌種が異なり各々の最適温度条件に差異があるか、あるいは発酵に関与する酵素系の最適温度条件が異なることが推察される。図-9に、CODの物質収支の温度変化を示した。ブランクの部分は収支の合わない部分であるが、70%以上の収支がとれている。この図から知られるように、CODの分布は前述の溶解性物質の挙動に関連して、低温域と高温域における残存グルコースを中心としたものと、中温域での揮発酸を中心としたものとに分けることができる。また高温域においては、未同定物質によるCODがかなりの割合を占めることから、高温域ではグルコースは分解しうるが揮発酸の生成には至ることがないような発酵形式をとるものと考えられる。ガス態生成物CODは、低温域では主にH₂ガスによるもので、中温から高温域にかけての領域では主にCH₄ガスによるものであった。図-10に、TVA生成速度の温度依存性をArrheniusプロットに類似させて、絶対温度の逆数に対するTVA生成速度の対数の関係によって示した。これによれば5~15℃での温度依存性は大きく、20~40℃前後では温度依存性は小さく、40~45℃以上の高温域では失活過程にあることが知られる。5~15℃での活性化過程の温度依存性は $\log(\text{TVA生成速度}) = -4730 \cdot (1/T) + 19.9$ で表わすことができる。これと同様にMLVSS増殖速度に対しては $\log(\text{増殖速度}) = -5520 \cdot (1/T) + 22.3$ (5~15℃)で示され、MLVSSの温度依存性がやや大きいことが知られる。

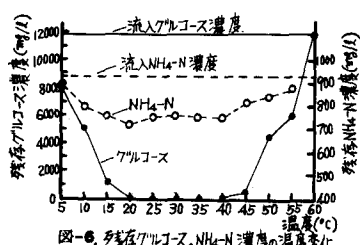


図-6. 残存グルコース、NH₄-N濃度の温度変化

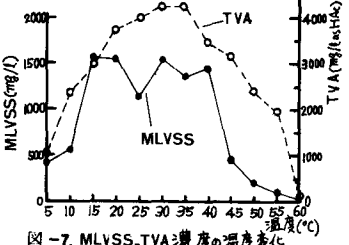


図-7. MLVSS, TVA濃度の温度変化

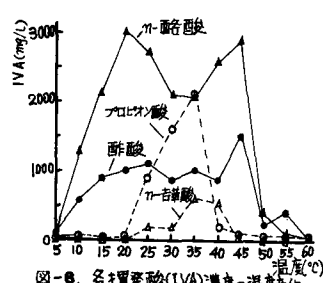


図-8. 各種揮発酸(VFA)濃度の温度変化

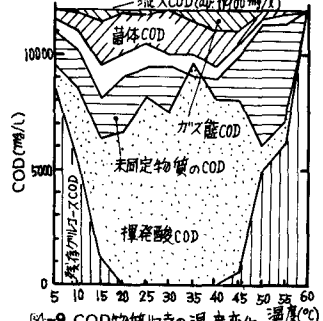


図-9. COD物質収支の温度変化

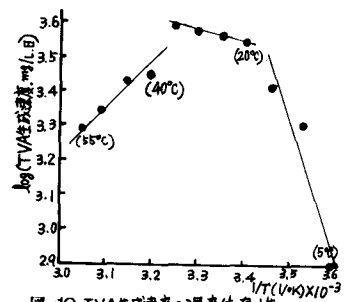


図-10. TVA生成速度の温度依存性

〔謝辞〕 共同研究者として協力をお願いした東北大学大学院進藤光司君に感謝いたします。