

メンブレン・バイオリアクターによる糖蜜アルコール発酵廃液の嫌気性処理

三機工業株式会社 小林浩志、戸田浩之

○長野晃弘、有川悦朗

1 はじめに

工業用アルコールの生産方法の一つとして、廃糖蜜を原料とする発酵法がある。廃糖蜜は50%以上の糖を含んでいる。廃糖蜜を約2倍程度の水で希釈し酵母を加えて糖をアルコール発酵したのち、蒸留してアルコールを精製する。蒸留した残渣が糖蜜アルコール発酵廃液（糖蜜廃液）である。廃糖蜜に含まれる糖の多くはアルコールに転換されて、製品になるが、それでもなお廃液はCOD濃度 170,000mg/lの有機物を含んでおり、現在日本では、飼料、肥料として利用されるほか海洋投棄処分等を行っており、廃水処理されている例はない。そこで、メンブレン・バイオリアクターによる嫌気性処理について検討を行なった結果について報告する。

2 試験概要

2.1 対象廃液

試験で用いた糖蜜廃液の組成を表1に示す。糖蜜廃液はCOD濃度170,000mg/l、BOD濃度 58,000mg/lに代表されるように超高濃度の有機性廃水である。有機物のなかには、黒褐色を呈するカラメルやメラノイジン等の生物難分解性の有機物を多く含んでいる。無機物も高濃度に含まれている。無機物の中で特に濃度の高いものは、硫黄とカリウムである。硫黄の大半は硫酸イオンの形態で廃液中に存在する。これらの物質の影響で、メタン生成活性が著しく低下することが確認されている¹⁾ため、阻害が起こらない濃度まで希釈してリアクターに供給した。

2.2 試験装置

試験装置のフローシートを図1に示す。実験装置は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）鹿屋アルコール工場内に設置した。原液槽に貯留された廃液は、井水で設定倍率に希釈されて硫黄成分除去塔（5 m³）に供給される。硫黄成分除去塔では、流入してきた硫酸イオンが硫酸還元菌の働きで硫化水素に転換される。上部のフリーボード部分のガスをブロウで循環しながら、硫化水素を除去する。その働きで、硫黄成

表1 糖蜜廃液の分析値

分析項目	分析値
COD _{Cr}	170,000 mg/l
BOD	58,000 mg/l
TOC	64,800 mg/l
全窒素	2,780 mg/l
全リン	147 mg/l
全硫黄	4,230 mg/l
カリウム	11,000 mg/l
pH	4.5

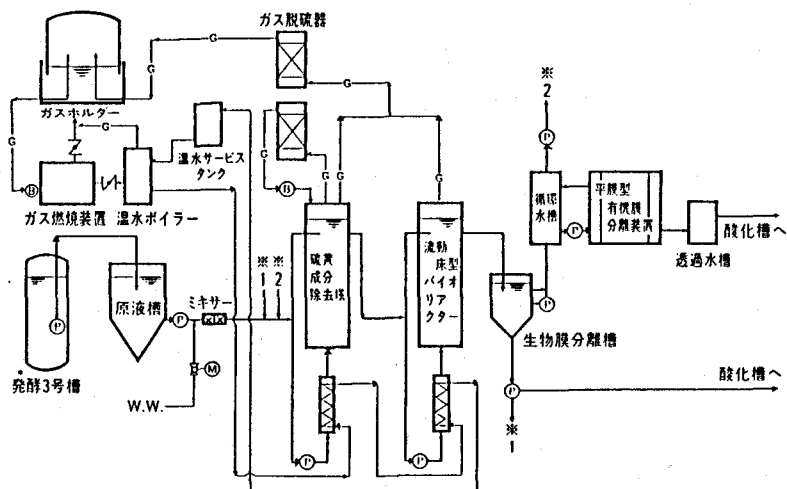


図1 実験装置のフローシート

分除去塔の流出部では、比較的低い硫化水素濃度になる。硫黄成分除去塔の流出液は、流動床型バイオリアクター（8.5m³）に供給される。流動床型バイオリアクターには、粒径0.3mmの珪砂が生物付着担体として投入されている。流動床型バイオリアクターでは、主としてメタン発酵によって有機物がメタンに転換される。この処理液は、さらに分画分子量 2,000,000の平板型有機膜分離装置によって処理され、その透過液が処理液として排出される。膜分離装置によって濃縮された濃縮液は、硫黄成分除去塔に返送される。発生したガスは、脱硫塔で硫化水素を除去された後、ガス燃焼装置で燃焼される。燃焼熱はガスボイラーによって回収され、硫黄成分除去塔および流動床型バイオリアクターの加温用熱源として利用される。硫黄成分除去塔および流動床型バイオリアクターの温度は35℃に保って実験を行なった。

2. 3 試験方法

硫黄成分除去塔および流動床型バイオリアクターに嫌気性ラグーンより採取した汚泥を2m³づつ投入し、廃液を通水し次第に負荷を増大させた。約1年間にわたって馴養を行なった後、膜分離装置を連続運転し汚泥の流出のない完全クロードシステムで実験を行なった。負荷の状況はその他の計測値と併せて図2に示す。

3 試験結果および考察

3. 1 リアクターの処理状況

試験期間中の負荷およびガスおよびメタン発生量、リアクターに供給した希釈原液と処理液のBOD濃度、COD_{Cr}濃度を図2に示す。負荷は、COD_{Cr}ベースで最大11.5kg/m³/d、BODベースで4.0kg/m³/dまで上昇させた。ガスおよびメタンの発生量は、負荷に対応して変化し、ガス発生量の最大値43.7m³/d、メタン発生量の最大値は25.6m³/dであった。ガス発生量およびメタン発生量を希釈する前の原液あたりに換算すると、廃液1m³あたりガス50m³、メタン30m³になる。

次に処理水質について述べる。リアクターに供給した希釈原液のBOD濃度は、10,000mg/l～15,000mg/lの間で変動したが、処理液のBOD濃度は、実験期間を通じて500mg/l以下であった。除去率は、99%以上になる。希釈原液のCOD_{Cr}濃度は、30,000mg/lで当初供給を行なっていたが、80日目以降ではリアクターの負荷を上昇させるために50,000mg/lまで高めて供給した。処理液のCOD濃度は、12,000mg/lで安定していたが、供給液の濃度の上昇に伴い20,000mg/lまで上

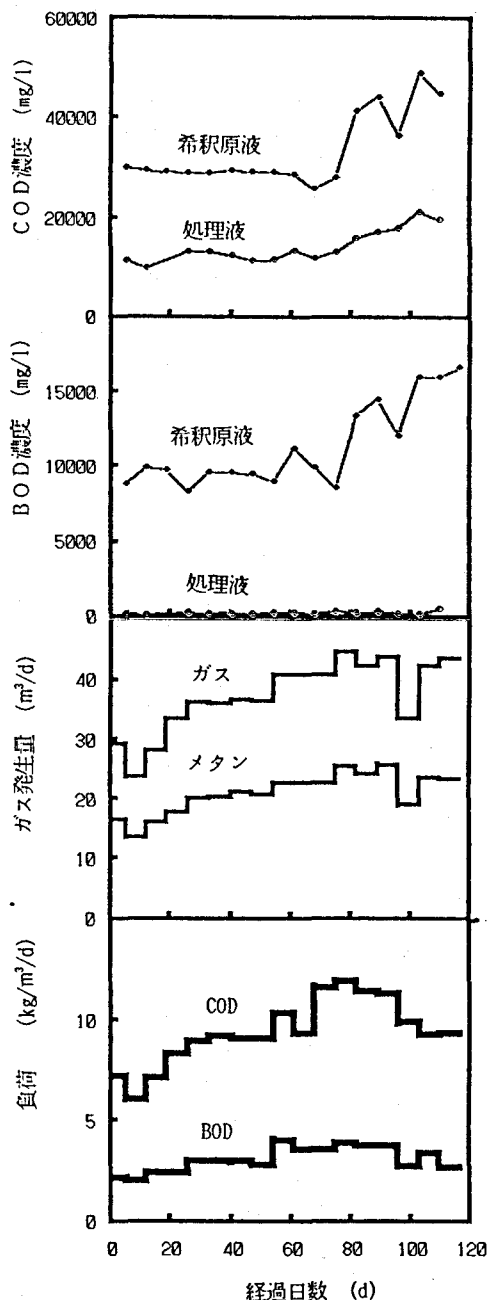


図2 負荷および測定値の経日変化

昇した。CODの除去率は60%程度であった。除去できなかった40%の有機物は、生物難分解性のメラノイジン等に起因するものと考えられる。

膜分離装置に供給液と透過液のゲルクロマトグラフィを図3に示す。ゲルクロマトグラフィで分子量分画した液を410nmの分光光度計で吸光度を測定した。このクロマトグラムから、着色物質が膜によってほとんど阻止されていないことがわかる。

3. 2 リアクター内のMLVSSの状況

リアクターのMLVSS濃度の経日変化を図4に示す。原液中のVSS濃度は1,000mg/l以下と小さく、さらに希釈されて300mg/l以下になることから、リアクター内で増加したMLVSSは、ほとんど菌体由来のものであると思われる。MLVSSは、実験開始時の5,000mg/lから、117日間で15,000mg/lまで上昇した。メタンガスとして除去した理論TODあたりに換算すると0.4kg-VS/kg-TODの菌体転換率となる。この値は、文献値²⁾の中でも低い値に近いことからメンブレン・バイオリアクターを用いることにより発生する余剰汚泥の量を小さくできるものと思われる。

4 おわりに

メンブレン・バイオリアクターを用いることにより、阻害物質を高濃度に含む糖蜜アルコール発酵廃液を処理することができることがわかった。メンブレン・バイオリアクターを用いるとBOD負荷 $4\text{ kg/m}^2/\text{d}$ で連続運転が可能であり、BOD除去率99.5%以上を保持できる。廃水 1 m^3 あたり、 50 m^3 のバイオガス(メタンガスとして 30 m^3)をえることができる。さらに余剰汚泥の発生量も $0.4\text{ kg-VS/kg-除去TOD}$ 程度に低減できる。

このように糖蜜アルコール発酵廃液をメタン発酵処理することが可能であることを示したが、残存する生物難分解性のCOD_{cr}が $12,000\text{ mg/l}$ 以上であることや、黒褐色に着色することを考え併せると処理水を河川や海洋に放流することは困難である。残存する生物難分解物質の処理方法についてさらに検討を行っていく必要がある。

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構からアクアルネサンス研究組合への委託業務「高性能分離膜複合メタンガス製造装置開発」の一環として実施されたものである。

参考文献

- 1) A. Nagano H. Kobayashi WATER POLLUTION RESEARCH AND CONTROL KYOTO 1990
PREPRINT OF POSTER PAPERS PP. 381-384
- 2) M. Henze ANAEROBIC TREATMENT OF WASTEWATER IN FIXED FILM REACTORS PP. 1-101 (1983)

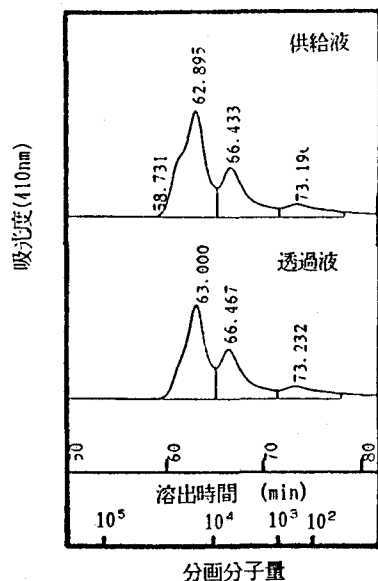


図3 膜分離装置供給液と透過液のゲルクロマトグラフィ

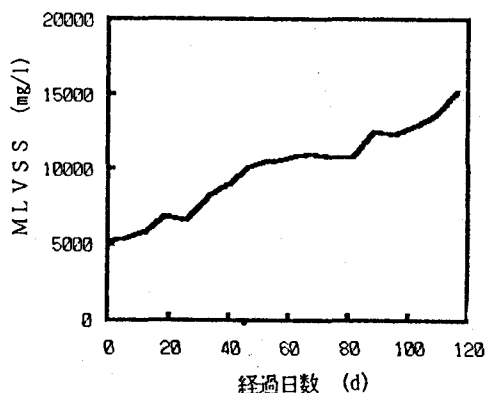


図4 MLVSS濃度の経日変化