

バイオエタノール製造工程廃水を処理する生物処理・膜処理システムの処理特性

長岡技術科学大学 (学) ○山下 拓也, Narin Pattanauwat, (正) 高橋 優信  
 (正) 幡本 将史, (正) 山口 隆司  
 三機工業(株) (正) 田中 秀治, (正) 長野 晃弘

1. はじめに

サトウキビからの製糖産業が盛んな沖縄県では製糖廃糖蜜からバイオエタノールを生産する実証実験がなされている。そのバイオエタノール製造工程から排出される廃水は、糖蜜由来の有機物や、着色成分などを含んでおり、その処理が必要とされる。そこで我々はバイオエタノール製造工程から発生する廃水の処理プロセスとして、生物学的に有機物、SS、TN を除去する生物処理プロセスと、物理的に着色成分、TP を除去する膜処理プロセスを組み合わせた処理システムを開発した。生物処理プロセスでは、省エネルギー技術として研究が進められている Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) / Down-flow Hanging Sponge (DHS) / Upflow Sludge Blanket (USB) プロセスを採用し、膜処理プロセスでは、実績が報告されている MF 膜/UF 膜/NF 膜を採用した。

本研究では、排水放流基準及び着色度の処理水基準を継続的に達成することを目標とし、新規開発処理システムにおいてバイオエタノール製造工程廃水を 200 日間にわたって連続処理し、その処理特性を調査した。

2. 廃水処理設備

本研究では、沖縄県宮古島市にあるバイオエタノール生産実証プラントの廃水処理設備で実証実験を行った。図-1 に廃水処理フローを示す。廃水処理設備は、生物処理設備と膜処理設備の 2 段からなるシステムである。生物処理設備は嫌気調整槽 (3.0 m<sup>3</sup>) , 1st UASB (17.3 m<sup>3</sup>) , 2nd UASB (2.8 m<sup>3</sup>) , DHS (28.8 m<sup>3</sup>-sponge, No.1 及び No.2 の並列とした) , 脱窒槽 (4.0 m<sup>3</sup>) で構成し、膜処理設備は MF 膜, UF 膜, NF 膜により構成した。処理流量はバイオエタノール生産工場からの排出量に応じて 2~8 m<sup>3</sup>/Day とした (許容処理流量 = 15 m<sup>3</sup>/day) 。表-1 にバイオエタノール製造工程廃水の組成と処理水質目標値 (着色度を除いて国が定める一律排水基準) を示す。

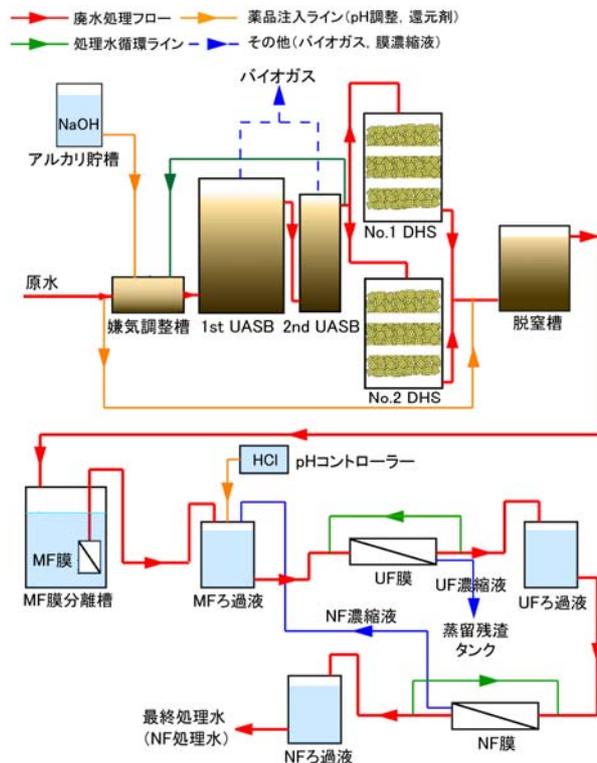


図-1 バイオエタノール製造工程廃水の処理フロー

表-1 バイオエタノール製造工程廃水の組成

Parameter	Average±SD <sup>*1</sup>	Unit	処理水基準
pH	7.14 ± 0.25	-	5 - 9
Total COD <sub>Cr</sub>	11200 ± 7700	mg/l	120 <sup>*2</sup>
Soluble COD <sub>Cr</sub>	10500 ± 7600	mg/l	-
Total BOD	8210 ± 3360	mg/l	-
Soluble BOD	7640 ± 3260	mg/l	-
SS	655 ± 570	mg/l	150
VSS	483 ± 380	mg/l	-
TN	150 ± 101	mg/l	60
Sulfate	357 ± 180	mg/l as S	-
TP	22 ± 9	mg/l	8
Color	2950 ± 1660	度	100

\*1 : Standard Deviation, \*2 : COD<sub>Mn</sub>を用いる

3. 実験結果及び考察

( a ) 有機物

図-2 に原水、生物処理設備処理水、最終処理水の全 COD<sub>Cr</sub> 濃度の経日変化を示す。原水の COD<sub>Cr</sub> は工場の運転状況等により、3,200~17,000 mg/l の範囲で

変動した。突発的に COD<sub>Cr</sub> 濃度が上昇することがあったが、最終処理水の COD<sub>Cr</sub> 濃度は 30 mg/l (最大値 = 76 mg/l) であり、運転期間中は安定した処理を維持することができた。また、生物処理設備処理水は、全 COD<sub>Cr</sub> 濃度平均 1,060 mg/l に対して、全 BOD 濃度平均は 260 mg/l であった。したがって、生物による分解が困難な有機物を多く含んでいることがわかった。また、膜処理設備において有機物は UF 膜により除去されており、UF 膜の濃縮液は高濃度の有機物を含有していた。

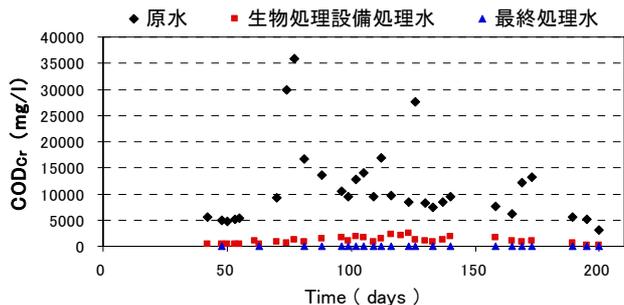


図-2 各箇所の全 COD<sub>Cr</sub> 濃度

( b ) SS 及び TN

SS は、DHS 処理水で 113 mg/l であったが、脱窒槽においてスカムが発生したため生物処理設備処理水の SS 濃度は 446 mg/l となった。生物処理設備から流出した SS は MF 膜により MF 膜分離槽内に蓄積しており、184 日目において MF 膜分離槽内の MLSS 濃度は 13,000 mg/l であった。最終処理水の SS は、MF 膜においてほぼ完全に除去されており、水質目標値を達成した。

TN は、生物処理設備において処理水濃度が 42.9 mg/l となり、水質目標値を達成した。DHS において硝化を確認しており、DHS と脱窒槽での硝化・脱窒プロセスが良好に進んでいた。最終処理水の平均 TN 濃度は、16.5 mg/l (最大値 = 30.5 mg/l) となり、良好な処理結果を維持することができた。

( c ) TP 及び着色度

図-3 に 184 日目における膜処理設備の着色度及び TP の処理状況を示す。TP は、生物処理設備において 59% が除去されたが、MF 膜分離槽に高い濃度で蓄積している。TP は NF 膜によって濃縮されており、NF 膜と UF 膜を循環していることが考えられた。最終処理水の TP 濃度平均は、2.5 mg/l (最大値 = 6.8 mg/l) であった。

着色度は、UF 膜において大部分が濃縮分離されており、UF 膜の濃縮液は高濃度の着色成分を含有していた。図-4 に 184 日目の MF 処理水 (左、着色度

3050 度)、UF 処理水 (中央、着色度 182 度)、NF 処理水 (右、着色度 1.6 度) の写真を示す。最終処理水の着色度平均は、20 度 (最大値 = 53 度) であり、良好な処理結果を維持することができた。

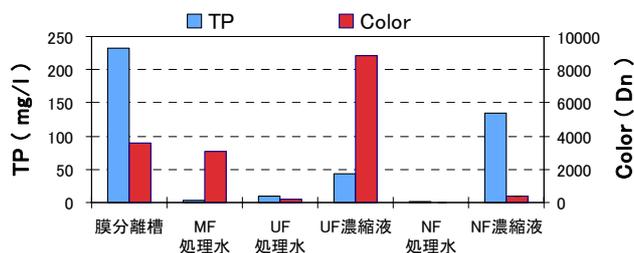


図-3 膜処理設備における着色度及び TP の処理状況



図-4 MF 処理水 (左)、UF 処理水 (中)、NF 処理水 (右)

( d ) バイオガス

UASB から生成されるバイオガスの主成分はメタン及び二酸化炭素であり、それぞれ約 75%、16% であった。バイオガス中の硫化水素は、一般的に数百~数千 ppm であるが、本処理設備の UASB から生成されるバイオガスに含有される硫化水素濃度は 40,000 ppm に達することもあり、非常に高濃度であった。バイオエタノール製造工程廃水に含有される高濃度の硫酸塩が、UASB 内で還元されたことにより発生したものだと考えられる。

4. まとめ

200 日間にわたる運転の結果、生物処理設備処理水の水質は COD<sub>Cr</sub> 濃度 1,060 mg/l、BOD 濃度 260 mg/l、SS 濃度 446 mg/l、TN 濃度 42.9 mg/l、TP 濃度 9.0 mg/l が得られた。最終処理水の水質は pH 7.2±0.4、COD<sub>Cr</sub> 濃度 30 mg/l (最大値 = 76 mg/l)、SS 濃度 12.5 mg/l、TN 濃度 16.5 mg/l (最大値 = 30.5 mg/l)、TP 濃度 2.5 mg/l (最大値 = 6.8 mg/l)、着色度 20 度 (最大値 = 53 度) が得られ、良好な処理水質を維持することができた。

謝辞

本研究を行うにあたり、多岐にわたる援助を提供してくださった株式会社 りゅうせき バイオエタノールプロジェクト推進室の方々に謝意を表します。