

黒色色素の膜分離等に関する研究開発

平良直秀、渡部翔之、仲地健次、市場俊雄

宮古島のバイオエタノール発酵試験プラントで発生する難分解性黒色色素を含む蒸留廃液について、成分分析を行い性状を把握すると共に、限外ろ過膜による色素成分の除去（分離）技術について検討を行った。

その結果、分画分子量 1,000 の膜で色度の約 80%が分離可能であり、残存する色素については、オゾン処理との組み合わせにより、色度 500 以下とすることができた。

一方、蒸留廃液の持つ有用性について検討したところ、蒸留廃液にはポリフェノールが含まれており、抗酸化力を有していることが分かった。また、それらは色素分と相関していることが判明した。

1 緒言

平成18年度環境省地球温暖化対策技術開発事業「沖縄産糖蜜からの燃料用エタノール生産プロセス開発およびE3等実証試験」では、バイオエタノールガソリン(E3)への添加用エタノールの原料として甘蔗糖蜜の利用技術の確立を目指し、平成18年度から本格的にプラント試験を開始された。

糖蜜を原料として、アルコール発酵を行う際、発生するアルコール蒸留廃液（以下、蒸留廃液）は有機汚濁度が極めて高く、糖蜜由来の難生分解性な黒色色素が含まれており¹⁾、その効率的な除去あるいは利用技術は、まだ十分に確立されていない。そのため、糖蜜をアルコール発酵原料として利用を図っていくために、有効な廃液処理法の開発が重要な課題となっている。

一方で、色素成分は抗酸化作用や各種生理活性効果を持つことが知られており²⁾、それを分離精製することによって有価物として利用できる可能性がある。

色素分の除去や分離については、限外ろ過膜等を用いた膜処理法が有効な方法の一つと考えられる。これまで、膜処理法について様々な研究³⁾が行われており、工場廃水処理・再利用について膜処理技術の応用研究⁴⁾が実施されている。

膜処理により、蒸留廃液に含まれる色素分を分離濃縮して廃液の色度軽減が図れるとともに、色素分を有価物として取り出すことが可能になると考えられる。

このようなことから、本開発事業の再委託を受け、本研究では平成17年度より発酵廃液中の色素分の除去や分離を行うため膜処理法を検討している。

平成17年度は、本事業で対象としている沖縄製糖(株)の糖蜜を用いて熊本大学で実施されたベンチ発酵試験の廃液を用い、それを対象に膜処理試験等を行った。

その結果、蒸留廃液の化学性状を把握すると共に、色素成分を分離するための膜分離に関する諸条件、オゾン処理との組み合わせによる完全脱色条件を得た。

平成18年度は、実証プラントから排出された蒸留廃液を対象に化学性状の把握及び廃液の安定性を確認し、平成17年度の結果に基づく膜処理試験の再検証、膜透過液画分についての機能性測定等を行った。

2 実験方法

2-1 蒸留廃液

今回試験に用いた蒸留廃液は宮古島の実証プラントにて、平成18年6月6日及び11月26日、11月27日に行われたプラント試験でアルコール蒸留設備より排出・採取されたものをプラント担当の方より提供いただいた。

実証プラント試験アルコール蒸留設備は100℃の常圧蒸留と60℃の減圧蒸留の2系統に分かれているが、設備機器の配置等の関係で排出部分からサンプルを少量ずつしか採取できない状況になっており、それぞれ別々に採取するには時間がかかる等の制約があるため、提供いただいた蒸留廃液試料は基本的に両方が混合されたものであった。11月27日の試料については、常圧及び減圧蒸留それぞれの試料も入手できたので、分析を行い化学性状を比較した。

試料は冷蔵便で発送され、その後は5℃の冷蔵保存とし、試験に必要な分を適宜小分けして使用した。

なお、今回行った一連の実験には11月27日の混合試料を用いた。

2-2 試料溶液の分析方法

今回、蒸留廃液及び膜処理透過液、オゾン処理液につ

いて行った化学性状分析方法は以下のとおりである。

pH と SS 測定以外は希釈などを行った後、予め 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、分析試料とした。

pH は試料水をマグネチックスターラーで攪拌しながら、pH メーター (METTLER セブンマルチ) で測定した。SS はガラスフィルター (アドバンテック GS25) で、試料水 1 ~ 3ml をろ過し、105 $^{\circ}\text{C}$ で乾燥させ、ろ過前後の重量差から算出した。

色度及び吸光スペクトルは紫外可視分光光度計 (日本分光 Ubest-V550Ds) で測定した。色度の吸光波長は下水試験方法⁵⁾ に準じて、390nm とした。

全有機炭素量 (TOC) は全有機炭素分析計 (島津製作所 TOC-VCSH) で測定した。

また、COD_G の測定は、「水の分析」⁶⁾ の方法で行った。

また、Na 及び K は原子吸光光度計 (日本ジャーレルアッシュ(株)、SOLAAR)、Ca 及び Mg は ICP 発光分光分析装置 (パーキンエルマージャパン、Optima 4300DV)、を用いて測定した。Cl、SO₄²⁻ の測定は、イオンクロマトグラフ装置 (日本ダイオネクス DX-120) で行った。

2-3 蒸留廃液の安定性試験

蒸留廃液の熱による安定性を確認するため、300ml の三角フラスコに試料水 100ml を入れてガラス冷却管を装着し、湯煎中で 60 $^{\circ}\text{C}$ 及び 100 $^{\circ}\text{C}$ の条件にて 2~8 時間加熱した。加熱後、容量が変化していないことを確認し、色度及び TOC の測定を行った。

一方、蒸留廃液をしばらく静置しておくとし、沈殿物が発生したため色素分の一部が沈殿物に取り込まれて色度等が減少するのではないかと予想された。そこで、遠心分離処理を行い、処理後の分離液の性状変化を確認した。25ml のプラスチック製遠沈管に試料を入れ、回転数 2000、4000、6000rpm (480、1930、4350 m/s^2) で 20 分間遠心分離し、沈降物の確認をするともに分離液の色度と TOC の測定を行った。

2-4 膜処理試験

膜処理試験は平成 17 年度と同様の方法で行った。図 1 に示したステンレス製の回転式膜処理装置 (内径

100mm、容量約 1.5L) に限外ろ過膜 (径 47mm) を装着し、蒸留廃液 1L を入れて蓋をし、膜表面を付属する攪拌子で、膜処理装置下部よりマグネチックスターラーを用いて約 800rpm で回転攪拌した。膜処理装置上部に窒素ガス配管を接続し、所定圧 (0.05 ~ 0.5MPa の範囲) まで加圧することにより、液を透過させた。透過流束は、透過液の重量を時間毎に天秤で秤量することにより算出した。なお、出初めの約 20ml は捨て、その後流出する液を透過液とした。また、膜処理試験前後に水の透過流束を測定し、膜の性能確認を行った。

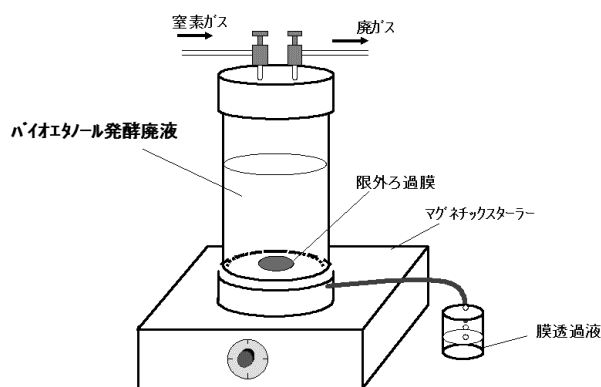


図 1 膜処理試験装置

今回膜処理試験に用いた限外ろ過膜種及び分画分子量、材質を表 1 に示す。平成 17 年度の試験では、分画分子量 30 万 ~ 1,000 の範囲のものを用いたが、今回新たに分画分子量 50 万及び 500 の膜についても膜処理試験を行った。膜は膜処理装置に合わせて、径 47mm (有効膜面積: 12.56 cm^2) に切り抜いて使用した。

また、蒸留廃液の pH 調整には 0.2mol/1NaOH 溶液及び 1mol/1HCl 溶液を用いた。

表 1 供試限外ろ過膜の種類と分画分子量

膜種	PBVK-300	XM-300	YM-100	YM-10	YM-1	YC-05
分画分子量	500,000	300,000	100,000	10,000	1,000	500
材質	ポリエーテルスルホン	ポリアクリロニリル/ポリ塩化ビニル共重合体	再生セルロース	再生セルロース	再生セルロース	酢酸セルロース

メーカー : 日本ミリポア株式会社

径 (有効膜面積) : 47mm (12.56 cm^2)

2-5 タービスキャンによる凝集性試験

タービスキャンはサスペンションやエマルジョン等の分散系試料を濃厚状態のまま内部の粒子の振る舞い

を短時間で特徴づけることができる装置である。

試料を 20ml 程度のサンプル管に入れて装置中に導入し、850nm の光を照射して、サンプル高さ（最大 8cm）の透過光と後方散乱光を一定時間毎に検出することにより粒子の移動や粒径の変化をみることができる。

今回、蒸留廃液は、酸もしくはアルカリ添加により pH を変化させた場合、沈殿物の量及び色調が変化したことから、タービスキャン（Formulaction TURBISCAN MA 200 Lab）による測定を実施し、凝集性を確認した。

試料の蒸留廃液 30ml をスターラーで攪拌しながら NaOH 溶液又は HCl 溶液を加えて所定の pH とし、条件をそろえるため水を加えて各調製液とも全量を 35ml とした。

pH 調製液から約 20ml を試料セルに入れて装置に導入し、サンプル高さ毎の透過光強度及び後方散乱光強度を測定した。一つのサンプルにつき、測定は 10 分間隔で 70 分間行った。

2-6 オゾン処理試験

今回、膜処理の後処理として、オゾン処理を行った。オゾン処理には図 2 に示した回分式酸化反応装置を用いた。アクリル製反応槽（内径 65mm、容積約 1.5L）に膜処理後の透過液 500ml を入れて、オゾンガスを通気してオゾン酸化を行い、所定時間毎にオゾン処理液を採取し、分析に供した。なお、反応に用いたオゾンガスは酸素ガスを用いてオゾン発生器（日本オゾン㈱社製 ON-3-2 型）で発生させた。通気流量は 100NL/hr、オゾン (O_3) 濃度は 36.3g/Nm³であった。

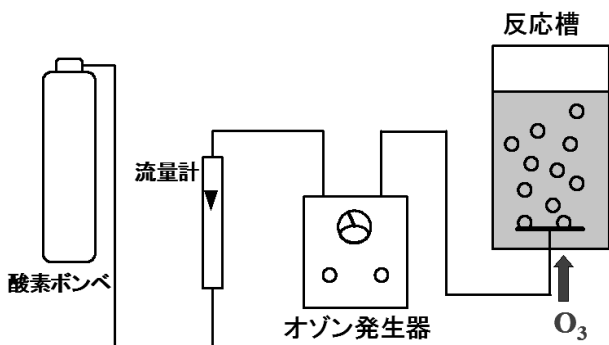


図 2 オゾン処理装置

2-7 ポリフェノール及び機能性の測定方法

蒸留廃液及び膜処理液について、機能性を評価するためポリフェノール含量の測定及び DPPH ラジカル消去能、アンジオテンシン (I) 変換酵素(ACE)阻害活性の測定を行った。

ポリフェノール含量は試料液を適宜希釈した後、(+)-カテキンを標準として Folin-Dennis 法で測定した⁷⁾。

DPPH ラジカル消去能及び ACE 阻害活性の測定は既報⁸⁾に従って行った。なお、DPPH 消去能は 125mM の DPPH を消去する量で示し、値が小さい程高活性である。

3 実験結果と考察

3-2 バイオエタノール発酵廃液の性状

表 2 に実証プラント試験蒸留廃液の分析結果と比較のために平成 17 年度用いた熊本大学ベンチ試験蒸留廃液の分析結果を示した。

廃液の pH はどの試料についても 4.5 付近の弱酸性であった。

色度は約 6 万の非常に高い値であり、ほとんどの試料で同様な値であったが、6 月のプラント試験蒸留廃液のみは約半分の 3 万程度であった。また、K は約 2 万 mg/l、Cl は 1 万～1 万 2 千 mg/l の高濃度で、Ca や Mg も 1000 ～ 2000mg/l 程含まれている。K や Mg 及び Cl は製糖やアルコール発酵工程から考えると原料の糖蜜由来でないかと推測している。また、Ca は製糖工程の中で大量に石灰を投入するので、大部分はそれを起源としていると考えられる。SO₄²⁻については、大部分は原料由来と考えられるが、一部アルコール発酵の栄養源として添加する (NH₄)₂SO₄ に由来していると思われる。試料により若干のバラツキがみられ、5000 ～ 9000mg/l の濃度範囲であった。

一方、COD_{Cr} と TOC（全有機炭素量）は有機負荷量の指標として測定を行ったが、それぞれ 10 万～19 万及び 3 万～7 万 mg/l の高濃度であった。11 月 26 日及び 27 日の COD_{Cr} と TOC はともに平成 17 年度より高い値であった。この時の実証試験では、アルコール蒸留機内の配管に一部詰まりが生じ、アルコールが 2%程度残留したとの情報を得ており、このことが濃度を高めている原因と考えられる。

多くの成分について 6 月のプラント試験蒸留廃液は

表2 ベンチ試験及びプラント試験蒸留廃液の化学性状

採取年月日	05. (熊本大学)	06.06	06.11.26	06.11.27		
採取位置		混合	混合	常圧蒸留	減圧蒸留	混合
pH	4.6	4.9	4.5	4.6	4.6	4.6
色度	62000	31700	55700	60900	60400	64300
TOC (mg/l)	49000	36400	57400	62400	72600	68700
COD _{Cr} (mgO ₂ /l)	98000	79200	135000	135000	187000	153000
SS (g/l)	2.6	1.5	3.0	3.5	3.6	4.5
Na (mg/l)	530	400	480	520	540	550
K (mg/l)	18300	15800	18000	18300	18800	19000
Ca (mg/l)	1460	1100	1390	1020	990	1050
Mg (mg/l)	2180	1680	1820	2080	2100	2100
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	8710	6460	7190	5360	5140	5380
Cl ⁻ (mg/l)	12700	11000	9800	11200	11700	11800

他のものと比較してみると濃度割合が 0.8 程度低い値であった。このことから 6 月期の試料は何らかの要因で希釈されたものと考えられる。

SS 値は 1.5 ~ 4.5g/l でバラツキがあったが、これはサンプリング時の状況により生じるものと思われる。

3-2 廃液の安定性

前述の結果から同様の条件でアルコール製造を行った場合、蒸留廃液は概ね同様な化学性状となることが予想されたが、若干の製造条件の変動を想定し、蒸留時の加熱温度や加熱時間等に対する安定性を確認するため加熱試験を行った。

図3に色度及びTOCの変化を示す。60℃の加温条件では色度、TOC共に大きな変化はみられなかったが、100℃加熱では色度が徐々に増加する傾向が見られ、8時間

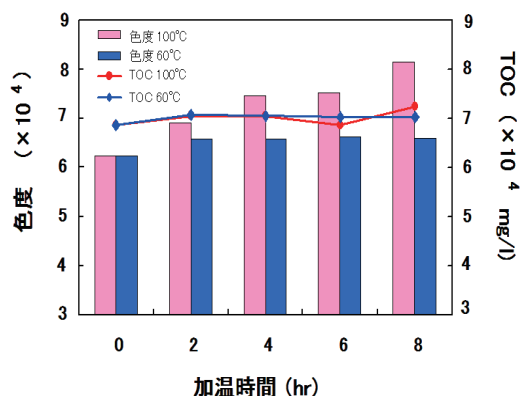


図3 加温による蒸留廃液の色度とTOCの変化

の煮沸で約6万から約8万となった。TOCの変動は小さかった。このことから、100℃の加熱により全有機物量の変化はないが、重合等により色素成分が生成・増加する等して、色度が高くなることが分かった。

次に遠心分離による沈殿物沈降に伴う液性の変化をみた。図4に遠心分離後の外観を示す。視覚的には、回転数 2000rpmからほとんどの沈殿物が分離されたように観察

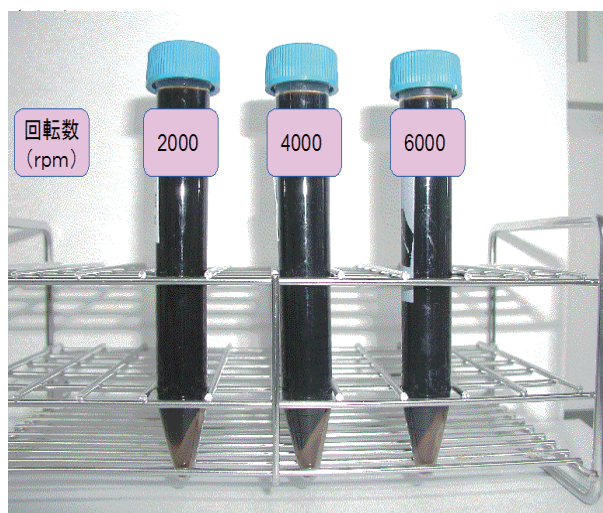


図4 遠心分離による凝集成分の沈降

図5に示すように分離液のTOCはほとんど変化しなかったが、色度が10%程度低くなった。沈殿物の色合いは茶色味を帯びた白色であり、CaSO₄等の無機塩と考えられるが、色素分の一部は沈殿物に取り込まれて溶液中から除かれ、その結果色度が低下するものと思われる。

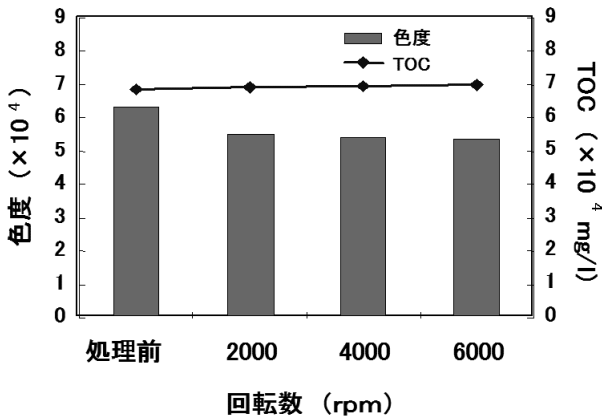


図5 遠心分離による色度とTOCの変化
(480、1930、4350 m/s^2)

3-3 膜処理による黒色色素の分離

3-3-1 膜種の検討

平成17年度のベンチ試験蒸留廃液を対象とした膜処理試験において、加圧条件を0.05MPaとし、分画分子量の異なった膜(分画分子量30万~1,000)それぞれについて膜処理試験を行ったところ色素成分は分画分子量30万以上と10万~1万、1,000以下の成分が多く含まれ、逆に30万~10万、1万~1,000のものは少ない等の結果が得られていた。

今回、実際の発酵プラント蒸留廃液を対象に同様の条件で試験を行い、膜処理の再検証した。

図6に膜の分画分子量と透過流束の関係を示す。昨年と同様に分画分子量1万の膜までは $0.2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 以上の透過流束が得られたが、分画分子量1,000の膜になると

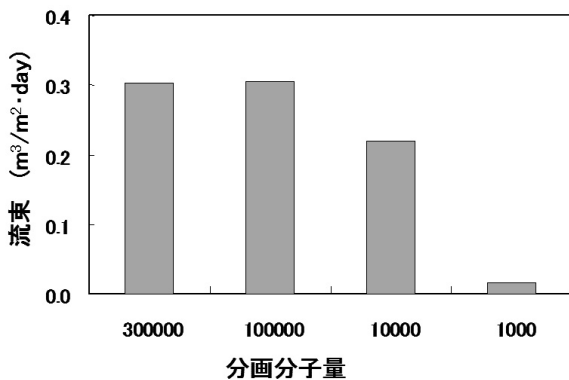


図6 膜種(分画分子量)と流束の関係
透過圧力: 0.05MPa

流束は極端に小さくなり、 $0.005\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 程度となった。

一方、図7に膜種と透過液の色度の関係を示す。分画分子量30万の膜を通すことにより、色度は約40%阻止された。続いて、10万の膜でろ過すると逆にわずかに色度が大きくなり、阻止率が悪くなる結果となった。両者の違いはわずかであったので、わずかな条件の違いにより差が生じたためと考えられるが、昨年度のベンチ試験蒸留廃液と同様に分画分子量30万と10万の間の成分が少ないことが推測される。分画分子量1万の膜で処理すると約66%、1000の膜で処理すると約76%の色度の除去効果が得られた。

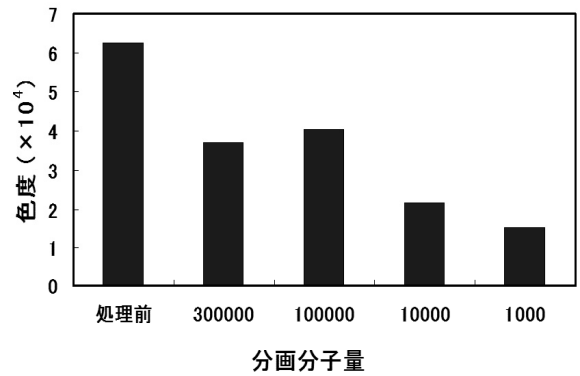


図7 膜処理による色度の変化

吸収波長の特徴は図8の吸光スペクトルに示したとおりで、短波長側にいくにつれて大きく増加し、270nm付近に小さなショルダーが確認された。全波長域にわたって290nmの吸光度である色度と同様の傾向が見られた。分画分子量30万と10万の膜透過液の吸収スペクトルはほぼ重なっており、その間の色素がほとんどないことが分かった。

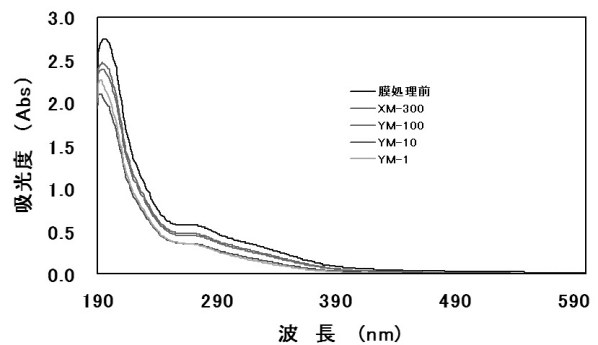


図8 膜処理による吸光スペクトルの変化

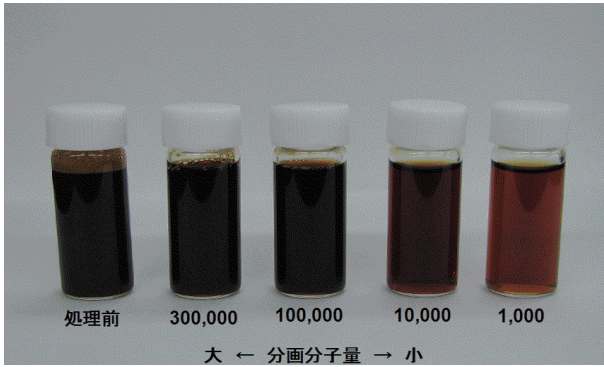


図9 各種分画分子量の膜浸透過液の色調
透過圧力：0.05MPa

分画分子量 1000 の膜処理後の透過液色度は約 1 万 5 千で、図9の写真のように濃い茶褐色が残存しており、後処理等を行う必要があることが示唆された。

3-3-2 分画分子量5万及び500の膜による処理

前述のように分画分子量 30 万の膜で約 40%の色度が阻止できたが、今回、さらに分画分子量の大きな 50 万の膜による処理試験を行った。表3に結果を示すように約 30 %の色素除去が可能であることが分かった。このことから、色素成分の中には分画分子量 50 万の膜で阻止されるような分子径の大きなものがあることが示唆された。また、TOC 阻止率は 11 %程度であった。

表3 分画分子量50万の膜による処理試験

	処理前	処理後	阻止率(%)
色度	62500	43400	30.5
TOC (mg/l)	68600	60900	11.2
流束 (m ³ /D・m ²)		0.32	

透過圧力：0.05MPa

一方、分画分子量 1000 の膜で色素阻止が不完全であったので、分画分子量 500 の膜を用いてさらに完全な色素除去を試みた。しかし、膜の制限圧力まで加圧したが、ほとんど透過液が得られなかった。分画分子量 500 の付近になると被ろ過成分の大きさだけでなく、液の粘性等も大きく関与してくると思われ、ろ過処理が困難になってくることが分かった。膜処理による色度除去の場合、さらに高压条件で処理が可能な逆浸透膜等の適用が考えられるが、耐圧容器等の設備費がかかることが想定されるため、コスト等を含めた検討が必要である。

3-3-3 pHの膜処理への影響

着色液の pH 変化による色度低減や凝集等による膜処理への効果の可能性を期待し、pH を変化させて膜処理を検討した。まず、蒸留廃液の酸度及びアルカリ度をみるため、蒸留廃液に NaOH 溶液及び HC 1 溶液を滴下していき、pH の変動をみた。図 10 及び図 11 に結果を示す。蒸留廃液の pH は 4.6 であるが、0.2mol/l NaOH 溶液を滴下した場合、pH の変動は最初緩やかで、

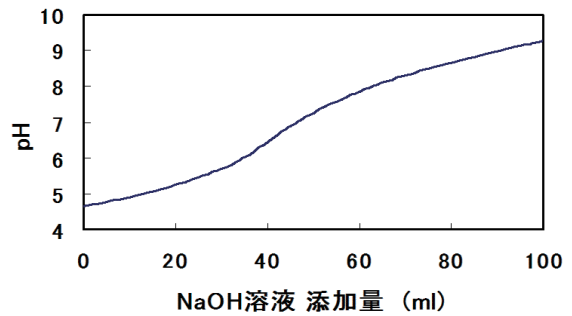


図10 NaOH溶液添加量とpH変化
蒸留廃液 100 mlに対する0.2 mol/l NaOH添加量

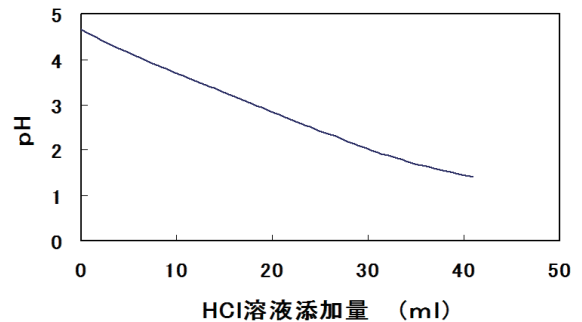


図11 HCl溶液添加量とpH変化
蒸留廃液 100 mlに対する1.0 mol/l HCl添加量

滴下量 40ml で pH6 付近からやや pH 上昇勾配が大きくなり pH8 付近からまたやや緩やかになる傾向がみられた。一方、1mol/l HC 1 溶液を添加した場合の変動は緩やかであった。

図 12 は蒸留廃液原液と pH2 および pH7 に調整した液をしばらく静置して、液の外観を観察したものである。しばらく置

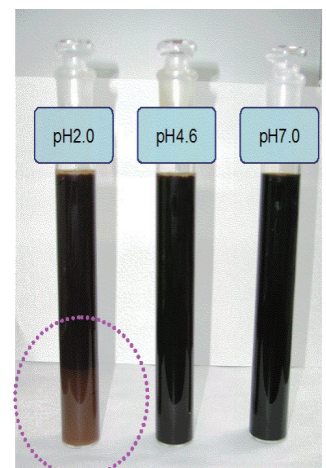


図12 pH変化による沈殿物の発生

いても pH7 の溶液ではあまり沈殿物の発生はわずかであり、色調も濁りが少なく、黒色が濃くなっているように感じられた。

一方、pH2 では、多量の沈殿物の発生がみられ、色調も茶色味が帯び濁りも発生した。

このように視覚的に色調の変化や懸濁物の変化がみられたため、pH を変化させた廃液についてタービンスキャンにより凝集性の確認を行った。図 13 に測定結果を示す。

今回の測定では、どのサンプルについても透過光が得られなかったため、測定は後方散乱光強度のみであった。

蒸留廃液原液 (pH 約 4.6) の後方散乱強度は約 5%程度であるが、pH を下げると徐々に増加し、pH2 では7%以上となった。一般的に粒子数が増加すると後方散乱光強度が増加すると考えられるため、pH を下げることにより溶液中の成分が凝集したものと考えられる。

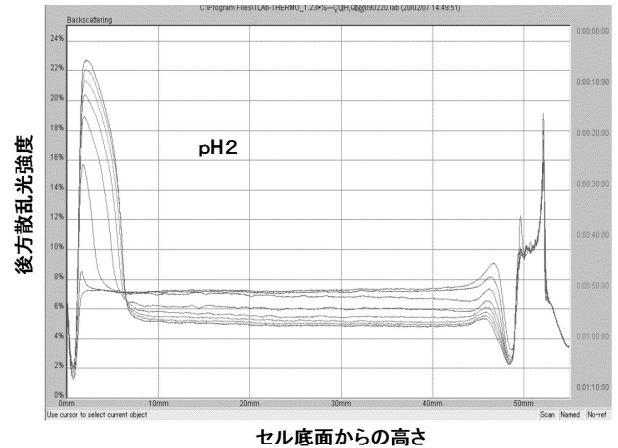
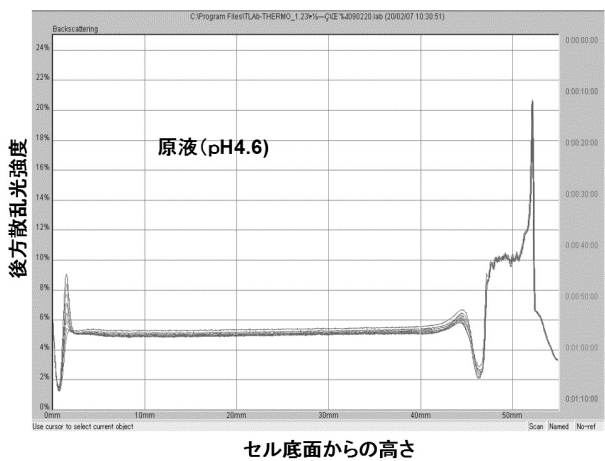
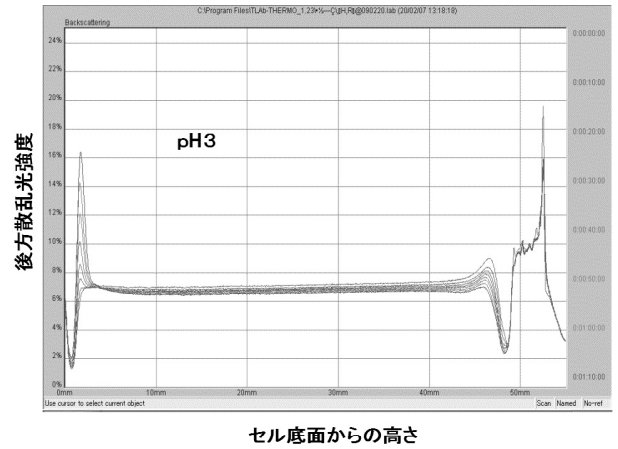
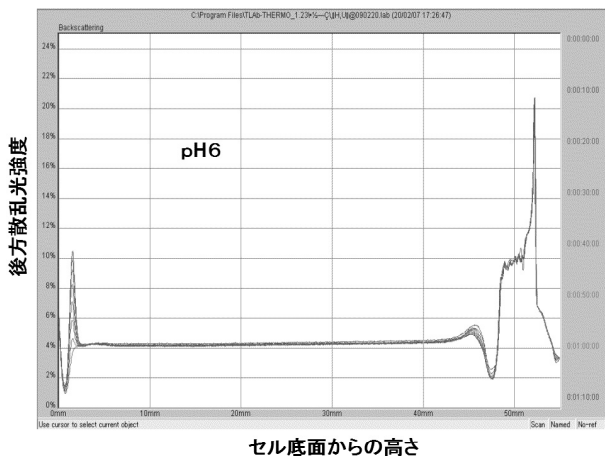
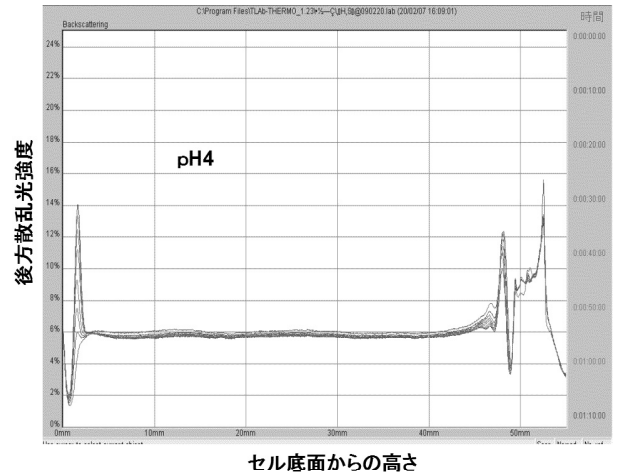
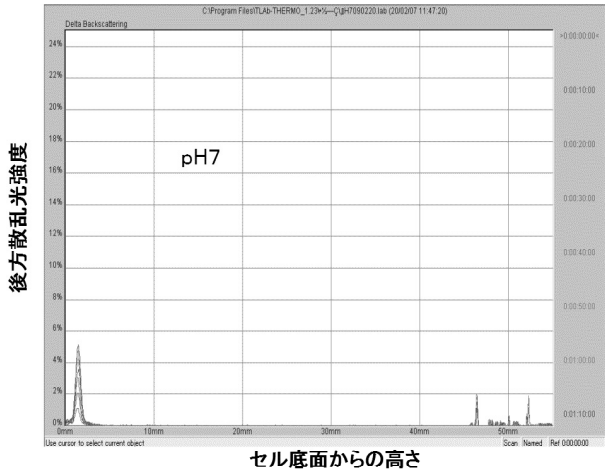


図13 タービンスキャンによる蒸留廃液の凝集性測定

一方、pH を上げていくと徐々に後方散乱光強度が減少し、pH7 では散乱が観察されなくなった。このことから、pH を上昇させることにより、分散していた懸濁粒子が溶解して散乱がなくなったものと考えられる。

後方散乱光は時間毎に徐々に減少していく様子が観察された。逆に試料セル下部の散乱は徐々に増加するが、これは、凝集沈殿した粒子によるものである。

今回の結果から、廃液中の懸濁粒子は pH を下げると増加し、pH を上げると溶解して少なくなることが推測された。

pH を上昇させると若干色度が上昇することが分かっており、色素成分の中には分散又は溶解により増大するものがあるのではないかと推測している。

図 14 に原液 (pH4.6) 及び NaOH 溶液及び HC 1 溶液で pH をそれぞれ 7 及び 4 に調整した液について膜処理を行った結果を示す。

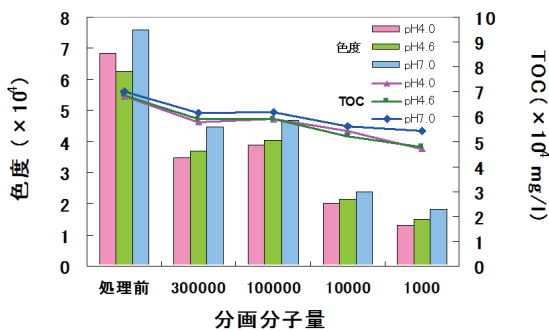


図14 pHによる膜処理液の色度とTOCの変化

pH を 7 とすると処理前の液の色度は 8 万 5 千程に増加した。各分画分子量における膜処理透過液についても調整前に比べると若干高い値であった。pH を上げることにより色度成分が解離するなどして増加するのではないかと考えられる。このことは、タービスキャンの結果とも合致している。

3-3-4 オゾン処理による完全脱色

分画分子量 1000 の膜による透過を行っても、色素の完全除去は達成できなかった。そこで、分画分子量 1000 の膜透過液について、オゾン処理を行った。

図 15 にオゾン処理による色度及び TOC の変化を示した。

オゾン処理前の色度は約 6 千で、前述した分画分子量

1000 の透過液より低い色度である。これは、透過液を短時間で得るため膜処理圧力を 0.5MPa として行ったためと考えられる。圧力を上げると流束が大きくなり、膜面における色素濃度が低下し、結果として透過液の色度が減少するためである。

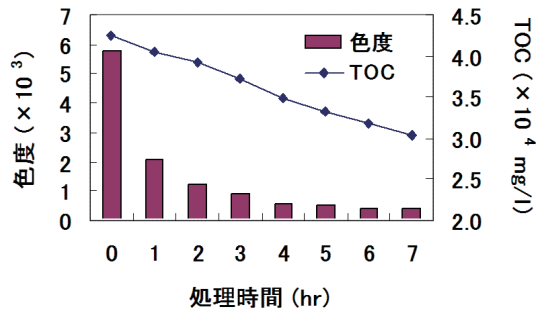


図15 オゾン処理による色度及びTOCの変化

図 16 にオゾン処理による膜透過液の色調の変化を示す。オゾン処理初期から急激に脱色が進行し、2 時間の処理で色度が約 1000 となり、4 時間後には 580 まで低下した。その後緩やかな減少であったが、7 時間後には色度 400 以下となった。

アルコールプラントでは、多量の冷却水等を使用するため、それらを用いて希釈することにより、色度を目標値である 80 程度まで低減できると考えられる。

一方、オゾン処理による TOC の除去効果はさほど大きくなく、7 時間処理で 30 % 程度であった。

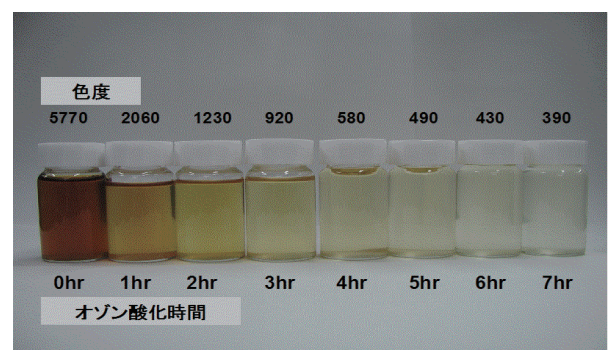


図16 オゾン処理液の色調

3-3-5 蒸留廃液及び膜処理液の機能性

さとうきび及び製糖産物には様々な機能性があることが知られている²⁾が、膜処理によりそれらを分画できる可能性があると考えられたため、機能性成分の測定と機能性評価を行った。

図 17 に蒸留廃液及び膜透過液画分について、ポリフ

エノール含量と DPPH ラジカル消去能を測定した結果を示す。蒸留廃液中のポリフェノール含量は 0.8mg/l であるが、膜処理により含有量が減少した。また、DPPH ラジカル消去能も同様の傾向を示した。

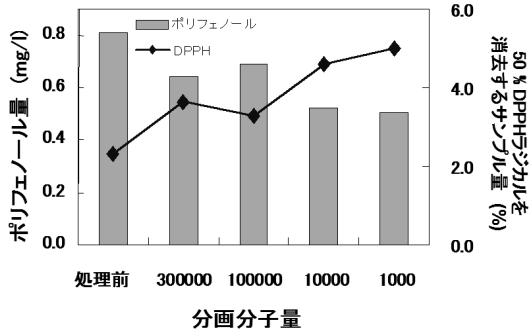


図17 膜透過液画分のポリフェノール量とDPPH消去能

これら機能性は色度の変化と類似した形で現れており、図 18 及び図 19 に示すように色度と良い相関を示していることが分かった。すなわち、機能性は色素成分の作用によるものであることが推測される。また、機能性は色素成分の分子量により効果の違いはないものと判断され

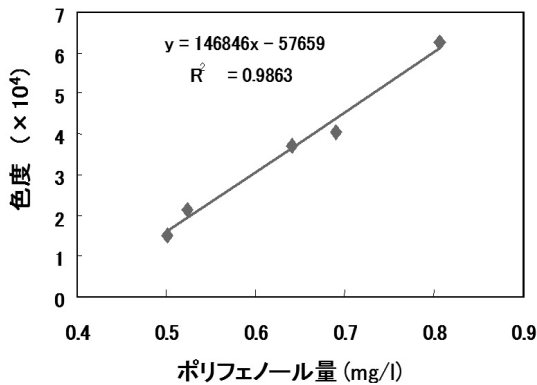


図18 膜透過液の色度とポリフェノール量との関係

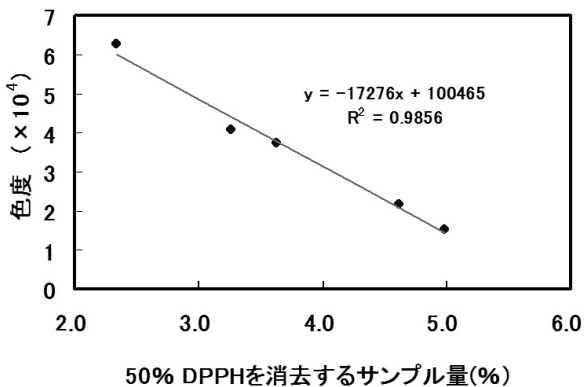


図19 透過液の色度とDPPH消去能の関係

る。

一方、アンジオテンシン (I) 変換酵素 (ACE) 阻害活性について、測定を行ったが、蒸留廃液及び膜分離液画分について、活性は確認できなかった。

4 まとめ

今回、宮古島の実証プラント蒸留廃液を対象に成分分析及び膜分離試験、分離液の機能性評価等を行った。その結果、以下の結論が得られた。

- ①蒸留廃液の化学性状はほぼ一定している。
- ②煮沸により色度は増大する。また、遠心分離により、色素が 10%程度分離される。
- ③プラント試験蒸留廃液による膜分離試験の結果、昨年度のベンチ試験廃液と同様の傾向が得られた。分画分子量 1,000 の膜で色度の約 80%が分離可能である。
- ④分画分子量 5 万の膜で色度の約 30%が分離可能。分子量の大きな色素も多く含まれていることが示唆される。
- ⑤オゾン処理との組み合わせにより、色度 500 以下に脱色が可能であった。プラント内の雑排水で希釈し、色度 80 以下を達成できる。
- ⑥蒸留廃液は抗酸化力を有し、ポリフェノールが含まれる。それらは色素分と相関している。

謝辞

本研究は平成 18 年度環境省地球温暖化対策技術開発事業「沖縄産糖蜜からの燃料用エタノール生産プロセス開発および E3 等実証試験」の再委託事業として実施した。本事業の委託者である株式会社りゅうせきをはじめ、関係機関の方々に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

また、膜処理試験の実施にあたり、独立行政法人産業技術総合研究所産学官連携推進部門次長 柳下宏氏 及びバイオケミカルプロセスグループ長 榊啓二氏、根岸秀之氏他、産業技術総合研究所の方々に技術指導やご協力をいただき、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 社団法人日本機械工業連合会 社団法人日本産業機械工業会、産業廃水の合理的な脱色処理システムに関する調査報告書、1995
- 2) 奥儀健一、地域農産物の品質・機能性成分総覧

- 第6章九州・沖縄 第5節沖縄県 I サトウキビ、
572-575、株式会社サイエンスフォーラム、2000
- 3) 柳下宏・中根堯・高津普・若林勝彦・吉留浩、限外ろ過膜の評価に関する研究(Ⅱ)膜、Vol.15 No.2、1990
- 4) 納崎克也、めっき総合廃水の再利用、「膜による水処理技術の新展開」、シーエムシー出版、205-214、2004
- 5) 建設省都市局下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修 下水道試験方法 上巻1997版 社団法人
- 日本下水道協会
- 6) 池間洋一郎、平良直秀、比嘉三利、メチルメルカプタンに対するタイリングットウ抽出物の消臭効果、沖縄県工業試験場研究報告第22号、1995
- 7) 中林敏郎、日本食品工業学会誌、Vol.15 No.2、1968
- 8) 豊川哲也、鎌田靖弘、与座江利子、県産資源を活用した機能性食品素材の開発、沖縄県工業技術センター研究報告第2号、2000

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。