には油以外の膜面への付着物に対してはスポンジボールを用いて膜性能を一定以上に回復させている。化学的洗浄、物理的洗浄が容易にできるという点から管状膜タイプがよく用いられる。

2. アルミ不溶性塩の除去

図2はアルミ表面処理浴中の不純物であるアルミ不溶性塩をUF装置を用いて連続的に除去し、透過水はラインにもどし回収しているE社の例である。ここでは、浴が高温であるために耐熱性高分子管状膜を用いて成功している。UF装置内はSS濃度 $1,000\text{mg}\cdot\ell^{-1}$ 以上であるために他の型式では不向きであった。このUF設備の特徴は、脱脂や水溶性切削油排水では、透過水量が $40\sim 60\ell\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 、電着塗装¹⁾では $25\sim 40\ell\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 、活性汚泥²⁾では $100\sim 200\ell\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ に対して、高温であることと液性状のために、 $400\sim 800\ell\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ と大きな透過水量を有して装置がコンパクトになっていることである。目詰まり防止として、膜面に適当な流速で液を供給することはもちろんのこと、定期的な物理的洗浄（スポンジボール）と化学的洗浄（酸）により性能を回復させている。スポンジボール洗浄は装置を停止させることなく連続運転中に行うことがで

図2 E社での有価物回収

きるメリットがある。

3. 半導体洗浄排水の微粒子除去

上記の1, 2は目に見えて多くの不純物を含む場合であったため管状膜が用いられているが、MB塔処理後の純水中の微粒子の除去に対して単位容積当たりの膜面積の多いキャピラリー型（中空糸）が用いられる。F社は半導体の洗浄用純水を循環利用しているが、微粒子の少ない純水を必要としている（図3参照）。 $0.2\sim 1$ ミクロンの微粒子をほとんど完全に除去するには精密濾過（MF）による方法が従来用いられていたが非常にコストが高くつくことからUFまたは逆浸透（RO）による膜分離が最近普及してきている。本装置は定期的洗浄を必要とするほど目詰まりはしないが、長期的には微粒子（ほとんど死菌）によりわずかな目詰まりするためアルカリ洗浄により透過水量を回復させる方法をとっている。

図3 F社での微粒子除去

文 献

- 1) 兼松雅務（1973）電着塗装排水への膜利用とその問題点，別冊化学工業，17，No.7，87.
- 2) 日笠勝（1985）限外ろ過膜を組み込んだ高濃度活性汚泥法による排水処理，用水と廃水，27，No.10，43.

○食品加工排水*

鳴 戸 智

Satoshi Naruto

昭和34年 北海道大学卒業

同年 オルガノ（株）

技術士（衛生工学部門）

〔趣 味〕 テニス

1. はじめに

食品工業における膜利用については食品加工排水中の有価成分を回収し再利用することと排水規制に対する高度処理による排水の水質向上が期待される。さらに、膜利用によるエネルギー消費量の少ない効率的な処理法としてその活用が注目されている。

こうした風潮に対して、農林水産省が産業振興政策の1つとして食品加工排水を膜処理技術と嫌気性生物処理を活用した新しい技術を造りあげる研究組合を指

* The Application to Food Processing Wastewater, 昭和61年12月5日受理

導してきている。官産学一体化を基調とした「食品産業膜利用技術研究組合」は農林水産省の行政指導、大学研究室、国立研究機関の研究指導のもとに食品会社、エンジニアリング会社、膜メーカーの3者により3年間にわたり多角的に、効率よく研究成果をあげてことを意図したものである。今後の成果が注目される。

研究の対象排水としてあげると、澱粉糖排水、洗糖蜜排水、製めん排水、イースト製造排水等炭水化物を主対象とするものと、食肉加工排水、水産加工排水、アミノ酸排水、ミルク排水等蛋白質を対象とするものがある。

食品加工排水への膜処理の活用は民間ベースでの検討も行われており、酪農加工排水、澱粉加工排水、水産加工排水、大豆蛋白排水、製糖排水等に限外濾過(UF; Ultra filtration)膜を中心に実用化、試験機運転が行われている。

2. 利用の現状技術

欧米における食品工業への膜利用は酪農分野を中心に拡大してきたが、わが国においては小規模ながら多分野にわたって膜処理技術を進出させてきている。排水処理での膜利用も同じようにいろいろの食品について行っている。

2.1 澱粉排水処理

澱粉製造は、原料を摩砕後、澱粉とそれ以外の成分を大量の水を用い遠心分離法により分離する。この工程で出る高濃度の植物性蛋白や糖類等の有機成分を膜により水と分離し、膜による有効成分を再利用する。

主成分は蛋白質と糖分であり馬鈴薯汁液では糖0.4~0.7%、蛋白質2.0~2.5%となる。

膜は逆浸透(RO; Reverse Osmosis)のみで使用し濃縮をする場合とUFとROをシリーズで処理し高分子量蛋白と低分子量蛋白に分画して濃縮する場合がある。

濃縮に際しては省エネルギー性の高い処理法であるが、反面、膜の汚染による急激な透過流束の低下が容易に起きやすく、さらに、微生物の繁殖しやすい液質のため処理液水質の劣化と透過流束の低下をきたす。

これら問題点は洗浄法の工夫、膜材質の選定により適用化を位置づけている。

2.2 水産加工排水処理

スケトウダラ、イワシ等のスリミ加工において、加工身に含まれる油分、血、その他不純物を洗い出し、さらに操作を行う。さらに排水中には高いBOD、COD値を示す蛋白質が含まれている。また、残渣物は煮熟加工を行いフィッシュミールにするが、この加工工程ではさらに排水よりさらに高濃度の蛋白質が含まれるため(スティックウォーターと称する)この排水の処理が困難である。

活性汚泥処理による処理が行われるが、高蛋白質であり、かつ、濃度変動が急激に変わるため不具合になる例が多い。高蛋白質をUF膜で除去回収し、処理排水の規制値遵守と回収蛋白質の再利用が検討されてきている。

2.3 大豆蛋白加工排水

大豆と水で蒸煮し得られた蛋白質と酸凝固させ蛋白カードをとりだす工程においてホエーはそのまま排水設備に流入する。

排水処理に対してUF膜により高分子蛋白質の濃縮をして回収する。さらに、UF膜透過液中のオリゴ糖ミネラルはRO膜により濃縮回収をする。RO膜の透過液による排水水質として低BOD化が可能である。これにより排水処理設備への負荷を高めることができる。

味噌工場の排水では大豆蒸煮処理排水が80%以上を占める。その処理についてはRO膜により大豆蛋白の濃縮(15~12Bx)回収する。一方、透過液は大豆浸せき液として水回収再利用が行われる。

2.4 製糖工場排水処理

洗糖工程から脱色、濃縮、結晶化において、濾過機骨炭塔、イオン交換塔での水洗によるBx 1~2°までの含糖液は甘水としてRO膜による濃縮が実施される。

Bx 1以下の含糖排水も排水処理装置に入る前にRO膜による濃縮回収により膜透過水のCOD低減が認められている。

糖液の希釈によりバクテリアの繁殖が起りやすく、その処理については殺菌方法を工夫していくことが必要である。

3. 膜について

食品工業に用いられる膜は対象液が高濃度、高粘度の液性であり、かつ、腐敗を極度に避けるため膜モジュールの構造に残存物が出にくいようにしておくか、洗浄が容易になっていることが必要になる。さらには、各種殺菌剤の使用濃度に十分耐えられる膜モジュール材質であることも使用条件として必要である。

膜モジュールの種類はプレート・アンド・フレーム、管状、スパイラル状の膜モジュール構造を持ったUF膜、RO膜となる。これら膜モジュールはデッドスペースを可能な限りなくすと共に、膜面流速を過剰に流すことができる構造であることが必要である。

最近では、供給圧15kg/cm²以下の低圧RO膜の開発が活発化しており、省エネルギーの面とこの膜特性である食塩除去率が90%以下であることを利用して高分子有機物質と共存塩類との分離に活用されている。

4. 膜機能の変化と回復

膜機能の変化を大別すると透過流束の低減と分離機能の変化となる。この原因は目詰まりと濃度分極、ゲル層形成と考えられる。目詰まりについては膜表面のスキン層の孔径が影響し、食品の溶質のように分子量の小から大までの広範囲分子量分布の溶液ではUF膜のようなものは目詰まり現象は起こりやすい。濃度分極、ゲル層形成は低分子、高分子分子量の溶質の存在下で派生してくるが主としてゲル層形成が大きな因子と考える。食品工場の排水の場合、ゲル層形成による膜機能の低下原因としてクローズアップされる。

4.1 ゲル層形成による膜機能の変化

ゲル層の形成の現象は透過流束が低減してきて、やがて一定流量に固定化されるようになる。その低下率は対象液により異なるが1/2~1/10が通常みられる。また、分離機能にしても、UF膜を例にとると、使用する膜の分子量分画からみて明らかに透過する分子量を持つ対象物質が高分子量物質のゲル層形成により同時に膜面に捕捉され本来の分離処理ができなくなる。

ゲル層形成については密な膜ほど除去しやすいゲル層を生成し粗な膜ほど除去しにくいゲル層が形成される。また、ゲル層の形成については膜面流速を早くとることにより形成を阻止することができる。反面、一度ゲル層ができるとなかなか除去できにくい。ゲル層は低流速で形成されるが除去するのも容易である。

こうしたことから、ゲル層の形成について透過流速に対する抵抗の少ない透過条件を定め、かつ、適した洗浄法によりゲル層の形成排除による透過流量の回復をもたらす。

洗浄法については次の方法がとられている。

(1) 物理的手法

(a) 逆洗法

透過流束の低下が一定値に達した時点で圧力を下げると透過液が逆流し、目詰まり物質あるいはゲル層を洗い落とすことができる。図1に一例を示す。

(b) スポンジボール洗浄法

円管型モジュール内にスポンジボールを流し、ボール表面で膜面表面をこするようにして除去する。

(c) 乱流促進洗浄法

膜の形状から乱流促進機構で流れを乱すように洗浄流量、圧力を変えて除去するようにする。

(2) 化学的手法

次亜塩素酸ナトリウムの有機物分解力や水酸化ナトリウムによる薬剤処理が回復洗浄法として用いられ

図1 膜面付着物による透過流束の低下および洗浄による透過流束の回復²⁾

タンク圧力：30 kg/cm²，洗浄時間：10 秒。

図2 各種洗浄法による透過流束の回復（納豆製造における大豆蒸着液のUF処理³⁾）

る。図2にその効果の一例を示す。

文 献

- 1) 食品工業と膜利用，幸書房，p.52.
- 2) 食品工業と膜利用，幸書房，p.63.
- 3) 食品工業と膜利用，幸書房，p.73.