

# セラミック平膜のPACT MBRへの適用

高瀬長武 Osamu Takase

キーワード 水処理膜、水再利用、セラミック、オイル・ガス分野

## 概要

セラミック平膜は、耐久性が高く長寿命な水処理膜である。この特長から、製油所や石油化学プラントからの油含有排水を再利用するシーメンス社のPACT MBR（Powder Activated Carbon Treatment Membrane Bioreactor）処理システムにろ過膜としてセラミック平膜が適用され、市場開拓を進めている。

PACT MBRは、活性汚泥処理・粉末活性炭処理・ろ過処理を1槽で処理でき、従来の処理プロセスと比較し約50%の敷地で設置できるコンパクトなシステムである。また粉末活性炭は、難分解性有機物や油を吸着することに加え、セラミック平膜の表面を擦り上げることで、膜面へのファウラント（膜汚染を引き起こす物質）の付着を防止し膜処理を安定させる効果がある。

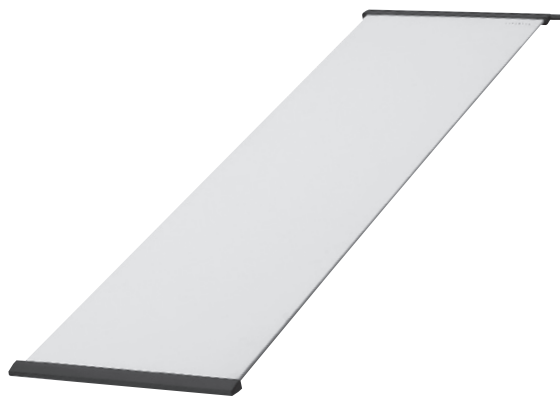
PACT MBRへのセラミック平膜の適用性を検討するため、実際に粉末活性炭とセラミック平膜による摩耗試験を36か月間行ったところ、未使用品と比較し磨耗による膜面への損傷は認められず、長期間使用できることを確認した。

## 1 まえがき

セラミック平膜はろ過部にセラミックを使用し、形状が平板状で物理的・化学的な耐久性が高い水処理膜である。本稿では、セラミック平膜を製油所や石油化学プラントから排出される油含有排水を処理するシーメンス社のPACT MBR（Powder Activated Carbon Treatment Membrane Bioreactor）処理システムへ適用した事例を紹介する。

## 2 セラミック平膜

第1図にセラミック平膜エレメントの外観を示す。主材料にアルミナを使用していることから、堅ろうで物理的・化学的な耐久性が非常に高い。そのため、有機膜では処理が難しい油や化学薬品を含有



第1図 セラミック平膜エレメント

セラミック平膜エレメントの外観を示す。

した工業排水や金属などの固形物を含んだ排水処理に適用できる。また、平板状の形状によって付着した汚れを容易に洗浄できるため、ろ過性能を長く維持できる。

**第1表**にセラミック平膜エレメントの仕様を示す。公称孔径は0.1 $\mu\text{m}$ で精密ろ過膜に分類される。通常水処理で使用する場合はユニットにセラミック平膜を組み込む。**第2表**にセラミック平膜ユニットの仕様を示す。標準ユニットは、膜枚数が200枚と400枚の2種類をラインアップしており、処理量やユニットを設置する水槽の水深によって選択できる。

これまでセラミック平膜は、主にシンガポールや中国など海外での販売実績が多く、特にシンガポールでは、セラミック平膜の耐久性や処理能力が評価され、大形の処理設備の導入が進んでいる。具体的には、チャンギ水再生センターの公共下水MBR（2017年1月運用開始、処理能力15,000 $\text{m}^3/\text{日}$ ）やチェスナッツアベニュー浄水場（2017年6月運用開始、処理能力36,400 $\text{m}^3/\text{日}$ ）で、セラミック平膜としては世界最大規模の膜ろ過設備が運用されている。

**第1表** セラミック平膜エレメント仕様

セラミック平膜エレメントの製品仕様を示す。

項目	仕様
膜種類	精密ろ過膜（MF膜）・平膜
原材料	アルミナ
公称孔径	0.1 $\mu\text{m}$
外形寸法	W281×H1046×T12mm
質量（乾燥）	1.8kg
膜面積	0.5 $\text{m}^2$

**第2表** セラミック平膜ユニット仕様

水処理の現場で使用するセラミック平膜ユニットの仕様を示す。

項目	仕様	
形式	CH250-1000TM100-U1DJ	CH250-1000TM100-U2DJ
膜枚数	200枚	400枚
膜面積	100 $\text{m}^2$	200 $\text{m}^2$
外形寸法	W2060×H1734×D720mm	W2116×H3280×D720mm
質量（乾燥）	610kg	1160kg

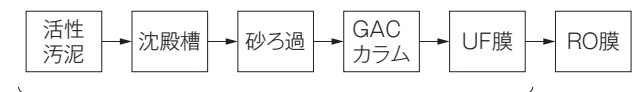
### 3 PACT MBR処理システムへの適用

有機膜は油・薬品・固形物に対する耐久性や寿命に課題があり、一般に工業排水への適用が困難である。これに対し、セラミック平膜はその特性を生かすことで、長期間安定したろ過性能と処理水質の維持を実現できる。その一例として、PACT MBR処理システムを紹介する。

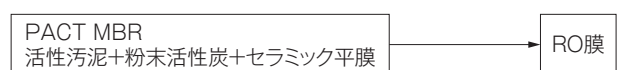
PACT MBRは、活性汚泥による生物処理・粉末活性炭による吸着処理・セラミック平膜による膜ろ過処理を1槽で行う。この処理方法と逆浸透膜（RO膜）処理を組み合わせた処理システムは、製油所や石油化学プラントからの油含有排水を再利用するためにシーメンス社によって開発された。

**第2図**に油含有排水処理における従来処理プロセスとPACT MBR処理システムの比較を示す。活性汚泥処理・砂ろ過・粒状活性炭（GAC）カラム、限外ろ過膜（UF膜）、RO膜を組み合わせた従来の処理プロセスと比較し、PACT MBR処理システムは処理工程が大きく減少する。PACT MBRは、活性汚泥処理・粉末活性炭処理・セラミック平膜処理を1槽で処理できるため、従来の処理に必要な設置面積の約50%の敷地で設置できる。

PACT MBRは、セラミック平膜のファウリングを抑制する効果大きい。これはバイオフィウリングの原因となる難分解性有機物や油を粉末活性炭が吸着することに加え、粉末活性炭がセラミック平膜表面を擦り上げることでファウラントの膜面への付着を防止するためである。PACT MBRに有機膜を



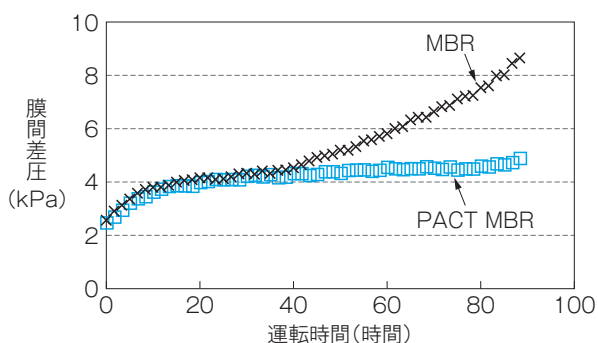
(a) 従来処理プロセス



(b) PACT MBR処理システム

**第2図** 従来油含有排水処理プロセスとPACT MBR処理システム比較

従来油含有排水処理プロセスと比較して、PACT MBR処理システムが非常にコンパクトなシステムであることを示している。



第3図 MBRとPACT MBRの膜間差圧比較

MBRとPACT MBRで同じ汚泥をろ過し、膜の閉塞の指標である膜間差圧を比較し、PACT MBRの方が膜間差圧が抑制され、ろ過が安定していることを示している。

第3表 MBRとPACT MBRの処理水質比較

MBRと比較し、PACT MBRの処理水質が優れていることを示す。

水質項目	原水水質 (製油所排水) (mg/L)	MBR処理水 除去率 (%)	PACT MBR 処理水除去率 (%)
BOD	~ 400	99	99
COD	~ 750	81	92
TOC	~ 200	86	94

適用した場合は、粉末活性炭との接触で膜表面の磨耗が進行する可能性があるが、セラミック平膜は堅ろうであるため、膜表面の磨耗はなく洗浄効果の向上のみが期待できる。

実際に粉末活性炭とセラミック平膜による摩耗試験を36か月間行ったところ、未使用品と比較し磨耗による膜面への損傷は認められなかった。この試験で、セラミック平膜は粉末活性炭に対して高い耐久性があり、長期間使用できることが確認された。PACT MBRは、粉末活性炭のセラミック平膜表面への洗浄効果によって、薬品洗浄頻度の低減やフラックスの向上が期待でき、安定したろ過ができる。

PACT MBRを評価するため、下水処理場から採取した活性汚泥に軽油(20mg/L)を添加し、MBRとPACT MBRでろ過時の膜間差圧(TMP)を比較した(第3図)。軽油添加濃度は、処理が想定される原水に含まれる油濃度で決定した。粉末活性炭の効果によって、PACT MBRではTMPの上昇が抑制されていることが分かる。第3表に製油所の排水をMBRとPACT MBRで処理した場合の処理水

質の比較を示す。処理水の生物化学的酸素要求量(BOD)の除去率は同程度であるが、化学的酸素要求量(COD)と全有機炭素(TOC)の除去率は、MBRよりもPACT MBRの方が優れていることが分かる。PACT MBRは粉末活性炭の吸着効果によって、MBRのみの処理よりも良好な処理水を得ることができる。

## 4 PACT MBR処理システムの特長

PACT MBR処理システムの特長は、以下のとおりである。

- (1) 処理水の有機物除去性能の向上(難分解性有機物の除去)
- (2) セラミック平膜のバイオフィウリングの抑制、膜洗浄頻度の低減とフラックスの向上
- (3) RO膜への汚染の低減、RO膜洗浄及び膜交換コストの削減
- (4) 残留する難分解性有機物や重金属によって生じる廃水毒性の低減
- (5) 従来の排水処理プロセスから沈殿槽やGACカラムなどが削減できることによる建設コストと設置面積の削減

## 5 むすび

PACT MBR処理システムは、従来の油含有排水処理プロセスに替わる簡素化されたコスト効率の高い次世代ソリューションである。今後、PACT MBRの特長を生かせる石油掘削、石油精製・石油化学分野でのシステム導入を目指していく。

- ・PACTは、シーメンス社の登録商標又は商品名である。
- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



高瀬長武  
Osamu Takase  
セラミック膜製造部  
セラミック平膜の研究開発に従事