

セラミック平膜の適用事例

渡辺哲文 Tetsufumi Watanabe

キーワード セラミック平膜, 下水処理, 工業排水処理, 浄水処理, 再利用

概要



セラミック平膜エレメント

当社はセラミック膜をキーテクノロジーとした海外市場展開を目指し、過去10年間、基礎開発から国内及び海外の処理場での実証試験を積み重ねセラミック平膜を製品化し、2011年に販売を開始した。

セラミック平膜は、既存の精密ろ過膜に比べて物理的に堅ろうであること、洗浄薬品に対する化学的な強さがあること、その結果として長期間の継続使用が期待できることなどをセールスポイントとし、工業排水分野を中心に販売活動を展開してきた。

当社の名古屋事業所にセラミック平膜の量産設備を構築し、大量供給ができる体制を整備した。それらの結果として、海外を中心に日量数万m³規模の下水処理場、浄水場に適用されるまでに至った。

1 まえがき

現在、世界的には人口増、一部の地域では慢性的な水不足の状況であり、排水を処理して再利用するあるいは海水を淡水化して利用する動きが活発化し、そのための水処理用のろ過膜が各社から販売されている。その多くは有機高分子製の膜（有機膜）であり、それらを使用したお客様からは、「膜の寿命が短い」・「膜ろ過に伴う消費電力量が高い」・「油含有水や高温の水に使用できない」といった改善要望が多数聞かれた。

当社は、このような社会情勢とお客様の要望に鑑み、長年がいしなどで培ってきたセラミック技術を活用し、セラミック製の水処理用精密ろ過（MF）膜を自社開発した。さらにセラミック平膜の販売を2011年に開始し、販売に不可欠な認証機関の膜認証を取得しつつ、実機を納入してきた。本稿では、セ

ラミック平膜の主な適用事例を紹介する。

2 セラミック平膜

セラミック平膜エレメントはW281×H1046×T12mm（膜部分の厚さ6mm）で、公称孔径0.1μmのMF膜である。このセラミック平膜エレメントを複数枚収納したユニットを汚水中に浸漬し、ポンプで吸引して清澄なろ過水を得る。

一般的にMF膜を用いたろ過では、ろ過継続に伴い膜が汚れ、目詰まりを起こす。セラミック平膜の表面は親水性で滑らかなため汚れが付着しにくく、汚れが付着しても剥がれやすい特長がある。また物理的に堅ろうで有機膜よりも高温で使用でき、化学的にも安定しており、膜洗浄に伴う薬液の接触を繰り返しても強度劣化が少ないため、長期間にわたり安定したろ過ができる。また保管に特殊な配慮（保

存液への浸漬など)が不要で、乾燥状態で長期保管ができる点や、使用終了後にマテリアルリサイクルとして他のセラミック製品に加工できるといった利点もある。

3 セラミック平膜の適用事例

3.1 工業排水処理分野

3.1.1 膜分離活性汚泥処理での事例

生活排水や産業排水の有機汚濁物質を低減する方法として、従来から活性汚泥処理法が広く使われている。この方法では水処理微生物である活性汚泥と処理水の分離を重力沈降で行うが、近年では確実に固液分離を行うために膜を利用した膜分離活性汚泥法(MBR: Membrane Bioreactor)が、特に処理水を再利用したいという要望を持つお客様に採用されている。当社のセラミック平膜は、他社の樹脂製MF膜に比べて丈夫で期待寿命が長いといった点から、MBRで採用される事例が増えてきている。

(1) 海外・工業団地集合排水処理施設 MBR 排水再利用に熱心なシンガポールで、ジュロン水再生センター工業団地集合排水処理設備にセラミック平膜を納入した⁽¹⁾⁽²⁾。工業排水処理では、セラミック平膜は有機膜に比べて、より強い化学耐性・より高い耐久性といった利点がある。

この設備は、上向流嫌気性汚泥床法(UASB)とMBRを組み合わせたもので、有機汚濁の指標である化学的酸素要求量COD_{cr}を高濃度に含む工業排水を日量4550m³処理するプラントである。そのMBR用のMF膜としてセラミック平膜が使用されている。セラミック平膜によるろ過水は、同所の生活排水処理系のMBRろ過水とブレンドすることで工業用水に再利用できるようになった。

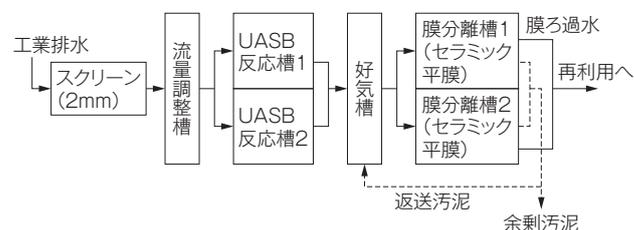
このセラミック平膜を用いた組み合わせ技術によって、これまで困難であった高濃度工業排水の再利用化及びエネルギー消費量の最適化をも実現することができた事例として、高い注目を浴びた。

第1図に工業団地集合排水処理設備を、第2図に工業団地集合排水処理設備の処理フローを、第3図にセラミック平膜ユニットの外観を示す。



第1図 工業団地集合排水処理設備

設備はジュロン水再生センター内に設置されている。



第2図 工業団地集合排水処理設備 処理フロー

UASBによる有機物除去の後段処理としてMBRがあり、その膜としてセラミック平膜が用いられている。

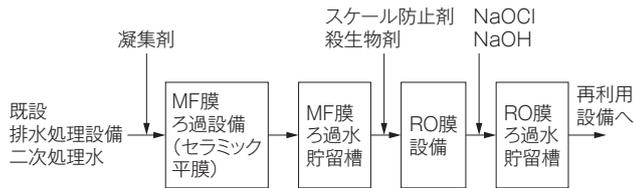


第3図 工業団地集合排水処理設備 セラミック平膜ユニット

工業団地集合排水処理設備の膜分離槽に設置したセラミック平膜ユニット(膜面積200m²)を示す。

3.1.2 凝集ろ過処理での事例

セラミック平膜は、MBRへの適用だけではなく



第4図 石油化学工場のセラミックMF/RO膜システム 処理フロー

石油化学工場の既設排水処理の二次処理水を、再生可能な水に変換するための処理フローである。

一般的な凝集・膜ろ過のアプリケーションにも用いることができる。

(1) 海外・石油化学工場処理水の凝集ろ過・再利用
シンガポールの石油化学工場でMF膜と逆浸透 (RO) 膜を用いた排水再利用システムへの納入事例である⁽³⁾。工場排水の再利用では、変動する水量・水質に対しRO膜プロセスに安定した水を供給することが前処理のMF膜ろ過プロセスに求められる。処理システムは、この工場の既設排水処理設備の二次処理水 (日量5000m³) を対象に、凝集剤添加+セラミック平膜ろ過を行い、その処理水を後段のRO膜処理プロセスに供給し、最終的に再利用可能なRO処理水を得る。

石油化学工場の排水処理設備の二次処理水は、通常油分を含んでおり、有機膜による前処理MF膜ろ過プロセスでは性能を長期間保つことが難しいと考えられるが、セラミック平膜では油分含有水をろ過でき、安定した再生水生産が期待できるとの観点から採用に至った。同所の設備は2016年から稼働し、セラ膜ろ過水質がRO膜システムの安定化に貢献し、再利用水生産を継続している。従来は排水を海に放流していたが、本システムの導入で再利用できるようになった。第4図に石油化学工場のセラミックMF/RO膜システムの処理フローを示す。

3.2 公共下水・生活污水处理分野

3.2.1 海外・下水MBR

シンガポールのチャンギ水再生センターに、セラミック平膜を用いた大形MBR設備を納入し、2016年1月から運用を開始した⁽⁴⁾。第5図にMBR設備の外観を示す。



第5図 チャンギ水再生センター MBR設備

水深6mを超える膜分離槽にセラミック平膜ユニットが設置されたMBR設備を示す。

シンガポール公益事業庁 (PUB: Public Utilities Board) は、これまで公共下水用MBR設備では有機膜を利用してきた。今回、PUBはセラミック平膜の高い耐薬性や耐久性を評価し、公共下水処理で初めてセラミック膜を採用した。本設備は既設の更新工事で導入され、生物処理槽の一部をMBR槽に改造し、設置面積を変えずに処理能力を高めるとともに、低濁度の高品質な処理水を得ている。セラミック膜を利用したMBR設備としては世界最大規模で、処理能力15,000m³/日、ピーク負荷30,000m³/日まで対応できる。この知見を生かし、国内公共下水MBRへの提案活動を進めていく。

3.2.2 国内・汚泥再生処理センター MBR

日立造船株が建設した紀南環境衛生施設事務組合の汚泥処理センターにセラミック平膜を納入した。第6図に汚泥再生処理センターの外観を示す。

処理能力が98kL/日 (し尿20kL/日+浄化槽汚泥78kL/日) で、処理方式が前脱水型高負荷脱窒素処理方式 (浄化槽汚泥対応)+高度処理 (活性炭吸着) の処理設備に、硝化・脱窒汚泥を高濃度に維持する固液分離を目的としたろ過膜として採用された。汚泥再生処理センターへのセラミック平膜の納入は初めてとなり、今後、同処理方式の処理施設への新規建設案、既存処理施設の基幹整備でセラミック平膜の導入が期待できる。

3.3 浄水処理分野

セラミック平膜を用いた実証試験による河川表流



第 6 図 汚泥再生処理センター

セラミック平膜を用いた MBR が導入された汚泥再生処理センターの外観を示す。

水・地下水などの水道原水ろ過で、比較的高い透過流束が得られることが明らかになったため、現在、浄水処理施設へもセラミック平膜を提案している。

浄水処理向けに提案するために必要な各種認証として、(一社)膜分離技術振興協会の「水道用膜モジュール規格 AMST-001 (第七版)」, National Sanitation Foundation (NSF) International の規格「NSF/ANSI Standard 61 及び 419」を取得した。また 2017 年にはオルガノ(株)と共同で、(公財)水道技術研究センターの「浄水用設備等技術認定」を取得した。

3.3.1 海外・浄水膜ろ過設備

シンガポールのチェスナッツアベニュー浄水場に、セラミック平膜を用いた大形膜ろ過設備を納入し、2017年6月に運用を開始した。PUBは、これまで浄水処理に有機膜を利用してきた。チェスナッツアベニュー浄水場では2003年から浸漬型有機中空糸膜のろ過設備が稼働しているが、今回、処理能力の増強のために既設の予備水槽へセラミック平膜ろ過設備を納入した。本設備は2系列36,400m³/日の規模で、表流水を対象としたセラミック平膜の浄水設備では世界最大となる。セラミック平膜の適用によって、膜洗浄に必要な空気量を大幅に削減でき、より低消費電力での運転が実現できた。第 7 図にセラミック平膜ろ過設備の外観を示す。

今後、高濁度対策や砂ろ過設備の更新など、日本



第 7 図 チェスナッツアベニュー浄水場 セラミック平膜ろ過設備

チェスナッツアベニュー浄水場では既設の水槽を活用し、セラミック平膜が導入された。

国内をはじめとした世界各国での本ろ過設備の活用が期待される。

4 むすび

シンガポールでの事例を中心に、セラミック平膜の主な適用事例を紹介した。今後も世界の水不足地域で排水再利用を目的とした膜処理技術の導入が、より一層進展することが期待される。また排水に限らず浄水処理分野でも、当社のセラミック平膜の性能は十分にお客様の役に立つものと考えている。そのような場面で当社のセラミック平膜が役に立ち、国内外の水問題の解決に貢献できれば幸いである。

最後に、適用事例として掲載を許可してくださったお客様、建設に携わったエンジニアリング会社に感謝の意を表する次第である。

・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。

《参考文献》

- (1) T. Niwa, M. Hatamoto, T. Yamashita, H. Noguchi, O. Takase, K. A. Kekre, W. S. Aug, G. Tao, H. Seah, T. Yamaguchi: "Demonstration of a full-scale plant using an UASB followed by a ceramic MBR for the reclamation of industrial wastewater, Bioresource Technology," 218, 1-8, 2016
- (2) H. Noguchi, T. Niwa, Y. Yamashita, J. K. Agrawal, W. S. Ang, K. Kekre, G. Tao: "Treatment of Industrial Used Water by UASB + CMBR Process to Produce Industrial Grade Water for Reuse.," Proceedings of SIWW2014, Singapore, 2014
- (3) E. Fong, R. Yin, H. Noguchi, T. Niwa, K. A. Kekre, R.C. Sekhara: "Water Reclamation by Ceramic Membrane and RO Membrane at Petrochemical Plant.," Proceedings of 8th

IWA Specialist Conference on Membrane Technology for Water and Wastewater Treatment, Singapore, Sep.5th-9th, 2017

- (4) T. Niwa R. Yin, M.H. Oo, H. Noguchi, T. Watanabe, L.Y. Razali, H.Y. Png, W.C.L. Lay, K.A. Ong, M. Alom: "Performance of a Full-Scale Ceramic MBR System to Treat Domestic Sewage," Proceedings of 8th IWA Specialist Conference on Membrane Technology for Water and Wastewater Treatment, Singapore, Sep.5th-9th, 2017

《執筆者紹介》



渡辺 哲文
Tetsufumi Watanabe

膜・水処理プラント部
セラミック平膜の販売・技術開発に従事
