

本格的な膜処理技術の展開へ

日本版次世代MBR技術展開プロジェクト「A-JUMP」



改築MBRの実証が行われている守山水処理センターの水処理施設

国主導で初の実証実験

日本企業が海外企業に先駆けて最先端の技術開発を行い、世界屈指のノウハウを持つ「膜処理技術」。この膜を使った新たな下水処理方式である膜分離活性汚泥法（MBR :Membrane Bioreactor）の適用性を実際の下水処理施設で実証する日本版次世代MBR技術展開プロジェクト「A-JUMP」が、愛知県内の2カ所の施設で進められています。

このプロジェクトでは、大中規模下水処理場の水処理施設の改築に合わせてMBRを導入する「改築MBR」とともに、処理水の有効利用の観点から下水が処理場に送られてくる途中の施設で処理を行う「サテライトMBR」の実証も同時に行われており、本格的な膜処理技術の展開に向けた取り組みに関係者の期待も高まっています。

高まるMBRへのニーズ

MBRとは、目に見えない微細な穴が無数に開いた“膜”を用いて水中の汚れや微生物などを分離して水を浄化する技術を下水処理に応用したもので、国内ではすでに兵庫県福崎町の福崎浄化センターや福岡県新宮町の新宮中央浄化センターなど11カ所の下水処理場で導入されています。

これまでの下水道事業におけるMBR導入はいずれも新設の水処理施設ですが、最終沈殿池が不要で施設のコンパクト化が図れるほか、安定した高度処理水が得られるなど多くのメリットがあることから、近年で

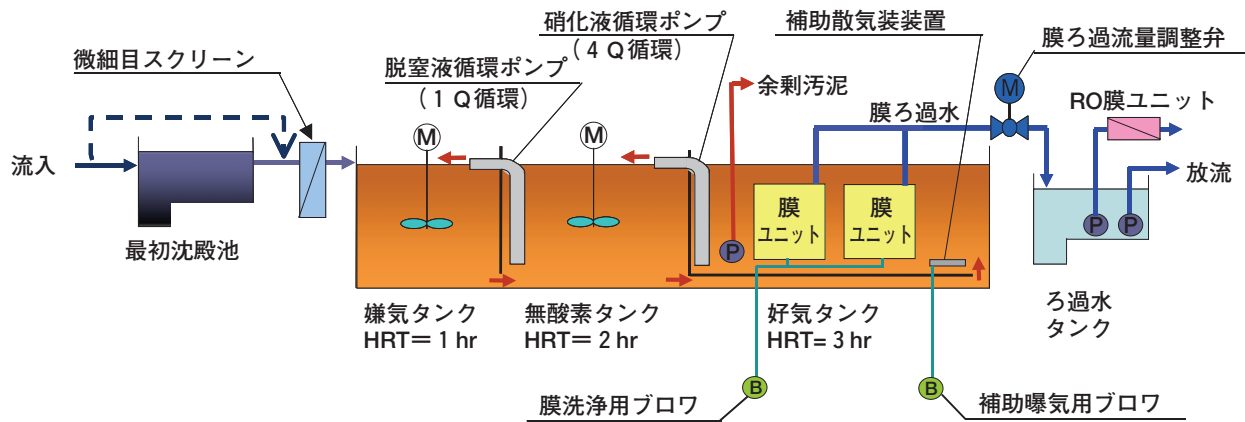
は施設の拡張が難しい都市部の処理場で改築の際にMBRの採用を検討する事例が増えてきました。また、処理水の再利用においても、コスト面からこれまでは処理場周辺での利用に限られてきましたが、需要のある施設の近くで再生水を利用したいとのニーズが高まっています。国ではこのような動きをさらに促進させるとともに、将来的なMBR技術の海外における展開を視野に入れ、今回の実証実験に踏み切りました。

浸漬型で改築への適用を実証

「改築MBR」実証事業は、名古屋市の守山水処理センターの4系統ある水処理施設のうち、増設のための予備施設として設けられていた1系統を実証フィールドとしています。槽浸漬型平膜の膜ユニット12基を改築した水処理施設の好気槽に設置して4,000～5,000 m³/日の汚水処理を行い、MBRの改築への適用性に



3 mm 夾雑物を除去するスクリーンは



改築MBR実証設備のフロー図



嫌気槽の酸化還元電位は200台前半を維持している



中央の送気管を挟むように膜ろ過された処理水の送水管が並ぶ



好気槽の下には4,800枚のMF膜が設置されている



好気槽内の状況

について調査し、今後の本格的な普及に向けた知見やデータの収集が進められています。

具体的な調査内容は①既設水処理施設の構造に合わせたMBR施設の配置方法②既設反応槽などの構造的な検討・留意事項③送風設備など既設設備の活用を考慮した改造方法④流入水の量的・質的変動に対応した最適な運転方法⑤従来法との並列処理を含むMBRの最適な運転方法⑥MBRから発生する余剰汚泥の処理

方法⑦改築、運転にかかるコスト構造の把握およびコスト削減方策の検討⑧維持管理方法…などです。

なかでも流入水量変動に対する処理性能や、雨天時に不安定になりやすいリン除去のプロセスをいかに安定させるかに重点が置かれています。

膜型UCT方式

プロジェクトの実施者に選ばれたクボタ環境サービス（株）と名古屋市が導入した実証システムは、膜型



処理水はサイフォン機構によって自然流下でろ過される



高度再生水をつくるためのRO膜処理設備

UCT（汚泥2段階循環による生物学的窒素・リン除去）方式と呼ばれるMBRプロセスです。従来の嫌気＋無酸素＋好気法（ A_2O 法）の汚泥返送を好気槽から無酸素槽へ、無酸素槽から嫌気槽へと段階的に行うことによって溶存酸素が嫌気槽に与える影響をなくすとともに、 NO_x を低減させる効果もあるため、従来の A_2O 法よりリン除去の安定性が高いと言われている最新型の水処理方式です。

好気槽に設置した膜ユニットは、プラスチック製ろ板の両側に、公称口径で平均 $0.2\mu m$ の微細な孔のあいたMF膜を張り合わせた「膜カートリッジ」を上下2段に400枚収納した構造になっています。膜カートリッジの大きさは横575mm×縦1,560mmで、上部と側面にチューブが付いており、そこから処理水を引き抜く仕組みです。

ユニットの下部に取り付けられた散気管からのエア

レーションは、活性汚泥の働きを活発にして処理を促進させるとともに、気泡が上昇する流れによって膜面を常に洗浄するという役割もあります。また、定期的に行われる膜の薬液洗浄は、ユニットを好気槽から引き上げずに、バルブ操作によって薬液を注入する方法が採用されているとのことでした。

この実証実験では、大型膜ユニットの導入による膜洗浄用風量の削減に加え、エアリフトポンプによる汚泥循環や、槽間の水位差とサイフォン効果によって自然流下で処理水の引き抜きを行うなど、施設全体の省エネルギー化にも取り組んでいます。

こうして得られた処理水の一部は、さらにRO膜で処理し、高度再生水（ $300m^3$ ／日）とする試みも行われており、これらシステム全体の運転管理のノウハウや適正な維持管理のあり方なども調査の対象になっているそうです。

槽外型でサテライト処理への適用を調査

一方の「サテライトMBR」実証実験は、愛知県・衣浦東部流域下水道の見合ポンプ場（碧南市内）を実証フィールドとしています。ここで実証実験が行われているMBRシステムは、セラミック製の精密ろ過膜をケーシングに収納した「膜ユニット」を生物反応槽の外側に設置する槽外型と呼ばれるもので、これまで下水処理としては例のないシステムです。ポンプ場を通過する汚水のうち数百 m^3 ／日の汚水を処理しながら、再生水利用を目的としたサテライト処理へのMBRの適用性について様々な調査が実施されています。

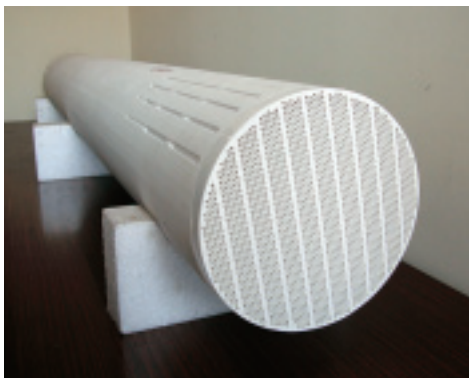
ここでの具体的な調査内容は、①流入水の質的変動、



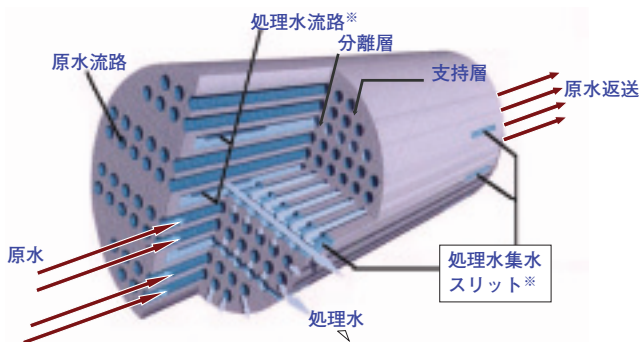
見合ポンプ場に設置された槽外型MBR実証プラント

再生水の需要変動に対する処理水質の安定性②再生水の再利用用途に応じた処理水質への適用性③システムから発生する余剰汚泥・し渣の下水管への返送の影響④設置、運転にかかるコスト構造の把握およびコスト削減方策の検討⑤維持管理方法⑥臭気や騒音など周辺環境への影響の把握…などを柱としています。

特に、公園の親水用水や渇水時の生活用水など水を必要とする場所での需要変動に合わせた処理方法の検証とともに、返送する余剰汚泥などが処理場に与える



セラミック膜の構造はハチの巣のようには無数の孔がある



セラミック膜の構造とろ過の仕組み

影響を確認することも重要な要素になっています。

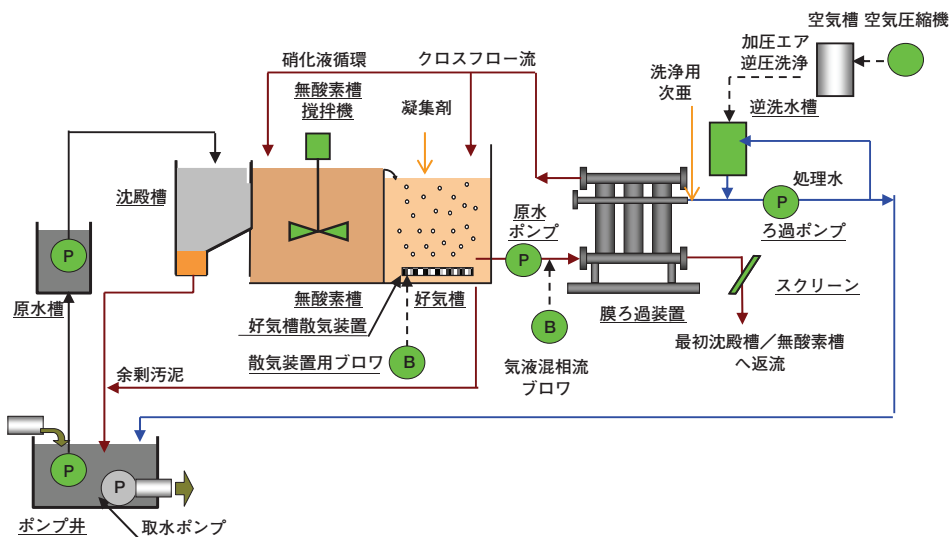
モノリス型セラミック膜

プロジェクトの実施者に選ばれたメタウォーター(株)と愛知県が見合ポンプ場の敷地内に建設した槽外型クロスフローMBR実証プラントは、沈殿槽と無酸素槽、好気槽で構成された反応槽の後段に膜ユニットとスクリーンを設置したシンプルな構造で、将来の転用の可能性を考えて移設が簡単に行えるユニット可搬型のシステムとしています。

使用されているセラミック膜は、「内圧式モノリス型」と呼ばれる無機膜で、膜とはいっても直径180mm、長さ1,500mmの円筒形をしたいわゆる“焼き物”です。その筒に内径2.5mmの孔(セル)が約2,000個空いており、水はその中を流れながらろ過さ



コンパクトな沈殿槽と反応槽(無酸素槽・好気槽)



サテライトMBR実証設備のフロー図



セラミック膜をケーシングした膜モジュールを1系統に3本使用している



膜ユニットの後段に設けられた逆洗排水スクリーンれ、セラミック膜の内側にはきれいな水だけが染みこんでいきます。こうしてろ過された水は、集水スリットに集められ膜の外側に引き抜かれます。

分離層と呼ばれる膜のろ過面の孔径は約 $0.1\mu\text{m}$ ととても小さく、汚濁物質はもちろん細菌やクリプトスポリジウムなどの原虫もろ過することが可能で、高分子膜に比べて透過水量が多いため $2\sim 3\text{m}/\text{日}$ という高いろ過流束があります。また、薬品や熱、圧力などにも強く、長寿命で安定したろ過が持続できるということも大きな特徴のひとつです。

ろ過面に汚濁物質が溜まらないようクロスフロー（気液混相流）による洗浄を行いながらろ過していますが、汚濁物質が溜まってくると、定期的（10分に1回）に逆圧洗浄によって除去します。逆圧洗浄工程には、次亜塩素酸ナトリウム水をセル内に充填して不純物を膜から剥がれやすくする工程や、圧縮空気によるブローによって汚濁物質をセルの外に押し出す工程が適宜組み込まれています。

システムの1系統あたりの処理能力は最大 $120\text{m}^3/$



透明パイプを使って「見える化」の取り組みも

日で、実証実験では、短期間で様々な条件下でのデータ収集を図るため、セラミック膜を1系統に3本使用したシステムを3系統設置し、標準的な処理のほか、水量を通常より多くした処理、夏季を想定して原水の汚濁負荷を低くした処理の3パターンの実験を行っているとのことでした。

水ビジネスとしての期待も

現在、この二つの実証実験は、3月26日の実験期間終了を経て、これまでに集められた様々なデータの分析が進められており、その結果は「下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン」の第2版に反映される予定です。

これにより、「改築MBR」実証事業は、省スペース型の改築が求められているケースや合流式下水道に膜処理を検討しているケース、高度処理の導入が求められているケースなど、さまざまな水処理の課題解決へ向けた貴重な情報提供になると考えられます。

また、「サテライトMBR」は、再生水のせせらぎ用水としての利用のほか、地震などの災害時の生活用水、あるいは渇水時の農業用水としての利用など緊急時の水資源としての活用につながる技術と言えます。

さらに、MBR技術の国内における導入が進めば、将来的には、海外における下水道施設の建設や水資源の確保が困難な地域での再生水利用事業の受注など、水ビジネスとしての展開にもつながるとして関係者から大きな期待が寄せられています。

最後になりましたが、お忙しい中、取材にご協力いただいた名古屋市上下水道局、クボタ環境サービス(株)、メタウォーター(株)の方々にご協力いただきまして御礼申し上げます。