

# 当社の膜処理技術

## KOBELCO ECO-SOLUTION's Technical Innovation of Membrane Technology



技術開発本部  
水・汚泥技術開発部  
真 鍋 恵  
Megumi Manabe

近年、膜処理技術の進歩は目覚ましいものがあり、当社も膜処理技術の開発に精力的に取り組んできた。浄水処理では、生物処理と膜ろ過の組み合わせにより、薬品を使用しないで溶解性物質の除去を可能とした。下水処理や産業排水処理では、膜分離活性汚泥法を開発し、埋立浸出水処理では、簡単な前処理のみでRO膜処理を可能とするDTモジュールシステムを開発した。また、海水淡水化処理では、2段RO膜処理で安定したホウ素除去を可能とした。

Recently, membrane treatment technology has been remarkably progressed. In line with this trend, Kobelco eco-solution has earnestly worked on this technology, and developed many advanced products. For example, by combining biological treatment system and membrane filtration, dissolved organic matter has been successfully removed without the use of chemicals. Also membrane bioreactor has been developed for sewage and industrial wastewater treatment, and DT module system that is one of RO systems with simple pretreatment has been brought to the market of leached wastewater. In addition, for purification of seawater, 2 steps RO treatment system is provided which can remove Boron stably.

### Key Words :

精密ろ過 (MF) 膜  
限外ろ過 (UF) 膜  
逆浸透 (RO) 膜  
膜ろ過  
膜分離活性汚泥法

Micro-filtration membrane  
Ultra-filtration membrane  
Reverse osmosis membrane  
Membrane filtration  
Membrane bio-reactor

### まえがき

わが国の水処理分野において、処理水質の高度化要求への対応として、膜処理技術の向上と膜コストの低下から、近年、膜処理法の導入が活発化している。

当社においても、精密ろ過 (MF) 膜、限外ろ過 (UF) 膜、逆浸透 (RO) 膜をもちいて、浄水処理、下水処理、浸出水処理、産業排水処理、海水淡水化処理など、さまざまな水処理分野での開発に組み実用化を図ってきた。本稿では、当社の保有する膜処理技術の概要を紹介する。

### 1. MF・UF膜処理技術の概要

#### 1.1 浄水処理

従来の凝集・沈殿・砂ろ過といったプロセスをひとつのプロセスでおこなうことのできる新しい浄水処理方法である膜ろ過法は、1991年から始まった水道分野の官・学・民の共同プロジェクト「膜利用型新浄水システム開発研究」(MAC21)で本格的な開発に着手し、1993年に導入が開始された。また、1996年に国内でクリプトスポリジウムの集団感染が発生し、水道水の安全性確保の目的で膜ろ過法の導入が加速された。

表1 MF・UF膜一覧

膜種	モジュール型式	膜面積	特長
MF膜	有機系 (PP, PVDF) 外圧式中空糸	15 m <sup>2</sup> /モジュール	濁度変動への適応性が高く、100度以上の原水濁度にも対応可能である。
	有機系 (PVDF) 外圧式中空糸	50 m <sup>2</sup> /モジュール	耐塩素性を有する PVDF をもちいることで、次亜塩素酸ナトリウムの注入が可能で高流束運転ができる。 高流束化により、設置面積を削減できる。
		72 m <sup>2</sup> /モジュール	
	有機系 (PP, PVDF) 槽浸漬型中空糸	25 m <sup>2</sup> /モジュール×4モジュール	膜を槽に浸漬させることにより、高い集積率がえられる。これにより設置面積が削減できる。 また、従来の沈殿池への設置も可能である。
UF膜	有機系 (CA) 内圧式中空糸	50 m <sup>2</sup> /モジュール	親水性の CA をもちいることで、高流束を長時間維持できる。
		125 m <sup>2</sup> /モジュール×2モジュール	親水性の CA を使用。 大型の膜モジュールを使用することで、設置面積が削減できる。

さらに「膜利用型新高度浄水技術開発研究」(高度 MAC21)、「高効率浄水技術開発研究」(ACT21)、「環境影響低減化浄水技術開発研究」(e-Water)をとおして技術力および信頼性の向上が図られ、現在では10万 m<sup>3</sup>/d 程度の大規模浄水場への導入の動きが生じている。

当社は、1991年から始まった MAC21 に参画以来、高度 MAC21、ACT21、e-Water と10年以上にわたり浄水膜ろ過技術の開発に取り組んできた。

### 1.1.1 膜利用型浄水システムの特長

当社は1998年に第1号機を納入してから着実に実績を増やしている。処理の確実性・安全性から、浄水処理において今後主流となる技術である MF 膜・UF 膜の一覧を表1に示す。

外圧式中空糸 MF 膜は濁度変動への適応性が高く、空気による逆洗で優れた洗浄回復性を有する。

槽浸漬型中空糸 MF 膜は、水槽内に膜モジュールを浸漬設置し吸引により固液分離することから、既存の沈殿池やろ過池の活用が可能で省スペース適性を有する。

内圧式中空糸 UF 膜は高透過流束を長時間維持でき、大型の膜モジュールを使用することで設置面積の削減が可能となる。

### 1.1.2 ハイブリッド型膜ろ過システムの特長

ダム水などを水源とする場合は溶解性の有機物や色度、溶解性マンガ・鉄、アンモニア性窒素などを含み、さらに富栄養化による藻類の繁殖が原因となる異臭味の発生も予想される。膜ろ過のみではこれらの溶解性物質を除去できないが、生物処理と膜ろ過の組み合わせにより、薬品を使用しないで溶解性

物質を除去低減することを可能とした。このハイブリッド型膜ろ過システムは、安全性の確保、より自然でおいしい水、維持管理性が良い、薬品費の低減、発生汚泥量の減少などの特長を有する。

アンモニア性窒素やカビ臭物質などの除去には生物接触ろ過との組み合わせが有効で、溶解性マンガ・鉄の除去には鉄バクテリアによる自然ろ過との組み合わせが有効である。

## 1.2 下水処理

下水処理分野では、膜透過流束が大きく取れないため必要膜面積が大きくなりコスト面で不利であるとの認識が大勢であったが、近年、膜コストの低下や高度な処理水質への要求などにより、処理の容易性・安定性への評価から膜分離活性汚泥法の導入が増える傾向にある。

当社は、1996～1997年度に平膜による浸漬型膜分離活性汚泥法の開発を建設省(現;国土交通省)土木研究所との共同研究で実施した。その後、平膜の長期実証試験で本システムの実用性を確認し、さらに2003年度からは、耐薬品性が高く機械的強度に優れたポリフッ化ビニリデン (PVDF) 製の中空糸膜での実証試験をおこなってきた。

### 1.2.1 浸漬型膜分離活性汚泥法の特長

本方式は、従来の活性汚泥法における SS 除去のための最初沈殿池、最終沈殿池および砂ろ過施設の代替として、反応槽内に MF 膜を浸漬設置し物理的な固液分離をおこなうもので、以下の特長を有する。

- ① 処理プロセスの簡略化と省スペース
- ② 反応槽の水理学的滞留時間 (HRT) が標準活性汚泥法と同等以下で有機成分のみならず窒素除去

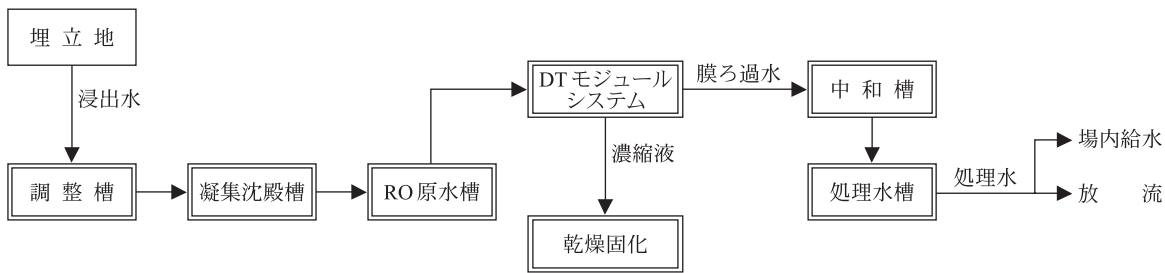


図1 処理フロー

表2 膜モジュールの主要仕様

モジュール仕様	
形状	槽浸漬型中空糸
膜材質	PVDF
有効膜面積	25 m <sup>2</sup> /モジュール
平均膜孔径	0.1 μm

も可能

- ③ 孔径0.1 μm の MF 膜で固液分離するため SS 除去が安定
- ④ 反応槽の汚泥滞留時間 (SRT) を長く取ることができるため汚泥の自己酸化作用による汚泥減量化が可能

表2に中空糸膜モジュールの仕様を示す。

### 1.3 産業排水処理

下水処理分野と同様、コスト面で不利であるとの認識であったが、施設能力の増強や高度な処理水質の要求などにより膜分離活性汚泥法の導入が現実的な選択肢となりつつある。

#### 1.3.1 浸漬型膜分離活性汚泥法の特長

当社では平膜または PVDF 製中空糸の MF 膜を使用する。本方式は、反応槽内に MF 膜ユニットを浸漬設置し、吸引による物理的な固液分離をおこなうもので、運転圧力も低く、膜分離装置としては省エネルギータイプである。

#### 1.3.2 加圧型膜分離活性汚泥法の特長

本方式は、平膜の UF 膜ユニットを反応槽外に設置する。活性汚泥混合液を循環ポンプで反応槽から膜モジュールへクロスフローで加圧供給することで膜ろ過処理水がえられる。浸漬型に比べ、運転圧力も高く、省エネルギータイプではないが、ろ過性の悪い汚泥の場合には適性を有する。

## 2. RO 膜処理技術の概要

### 2.1 埋立て浸出水処理

わが国では、循環型社会形成推進基本法で唱える循環型社会への移行にともないゴミの減量化やリサイクルの推進が急務となっている。また、最終処分

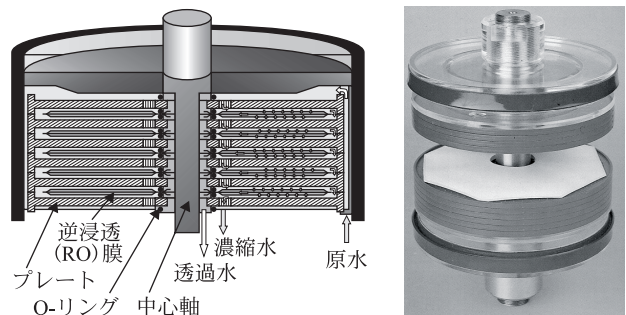


図2 DTモジュール構造

場の建設難から最終処分量の減容化のための努力がなされ、廃棄物の焼却処理の比率が高くなっている。このような焼却残さが主体で処分される埋立地からの浸出水は、高濃度の無機塩類と低濃度の難分解性有機物を含む傾向にある。無機塩類や溶解性の難分解性有機物を分離除去する技術として当社は RO 膜処理技術に着目し、プレート & フレーム型の RO 膜モジュールシステム (DT モジュールシステム) を技術導入した。1996年に簡単な前処理と組み合わせることで水道水レベルの清澄な処理水がえられることを実証試験で確認し、1999年には実施設での供用を開始し、以後、本分野での実績を重ねながら技術を確認した。

#### 2.1.1 DTモジュールシステムの特長

図1にDTモジュールシステムの浸出水処理フローを示す。DTモジュールは、簡単な前処理のみで、無機塩類などに加え、従来の BOD, COD, T-N, SS を直接処理できる技術である。埋立地からの浸出水は調整槽で貯留・均質化された後、DTモジュールの SS 負荷を低減させる目的で凝集沈殿処理される。その後、炭酸カルシウムのスケール防止の目的で PH 調整され DTモジュールへ供給される。

DTモジュールは、平膜とディスクと呼ばれるプラスチック製スペーサーを合わせたモジュール (図2) であり、1段目 RO 膜および2段目 RO 膜による膜分離で水道水レベルの処理水質と高い回収率を確保する。DTモジュールは、原水の流路が広

表3 膜の主要仕様

モジュール仕様		
UF膜	形状 膜材質 有効膜面積 ろ過方式	スパイラル型UF膜 PVDF 30 m <sup>2</sup> /モジュール 全量ろ過
第一段RO膜	形状 膜材質 ろ過方式	中空糸型RO膜 三酢酸セルロース クロスフローろ過
第二段RO膜	形状 膜材質 ろ過方式	スパイラル型RO膜 ポリアミド系 クロスフローろ過

表4 水質例

水質項目	単位	原水 (海水)	処理水 (生産水)
濁度	度	0.4	<0.1
色度	度	<1	<1
pH	—	8.2	7.5
蒸発残留物	mg/L	37 700	161
ナトリウム	mg/L	10 300	1.4
全硬度	mg/L	6 460	85
塩素イオン	mg/L	19 500	34
ほう素	mg/L	4.91	0.4
有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)	mg/L	3.9	0.7

く独特の形状を有するスペーサーディスクの働きにより、膜の目詰まりや生物ファウリングを受けにくいため、従来のRO膜では不可欠であった前段での高度処理を不要とすることを実現した。

本システムは、環境への負荷を極限まで抑えることのできる浸出水処理設備であることのみならず、

処理水の再利用においても優位性が高く、クローズド（無放流）システム処分場や既存施設の増設強化などに適性を有するシステムである。

## 2.2 海水淡水化処理

海水淡水化の方法として、RO膜法、電気透析法、蒸発法があるが、わが国における水道用海水淡水化施設の特徴は、①離島地域の簡易水道、②500 m<sup>3</sup>/d以下の小規模施設が大半であるため、エネルギー消費量が少なく、コンパクトで運転管理が容易なRO膜法の採用が多い。一方近年では、40 000 m<sup>3</sup>/d（沖縄県）や50 000 m<sup>3</sup>/d（福岡市）の大規模施設でRO膜法が採用され稼働している。

### 2.2.1 ほう素除去を目的とした二段RO膜処理システムの特長

海水中に5 mg/L程度含まれるほう素を水質基準以下にするため、当社は、高圧RO膜の後段に、ほう素の除去を目的とした低圧RO膜を配置した二段RO膜処理システムで安定した運転を実現した。

RO膜の前処理は砂ろ過とUF膜の組み合わせが有効であり、RO膜でのほう素除去率は平均85%を達成した。また膜の薬品洗浄は2回/年実施することで安定した性能を継続することができる。表3に膜仕様、表4に水質例を示す。

### むすび

当社が取り組んできた膜処理技術について概説した。その他にも、排水回収処理、下水処理水の再利用処理、汚染地下水処理、極性転換方式電気透析法(EDR)による地下水の硝酸性窒素除去処理など、さまざまな水へ膜処理技術の適用をおこなってきた。

さらに技術の研鑽に励み、顧客ニーズに応えていく所存である。