

# 「ファウリングの原因と対策・抑制技術」

## 目次

### 第1章 膜ファウリング機構

1. 浄水膜における膜ファウリング
  - 1.1 有機物による膜ファウリング機構
  - 1.2 無機物による膜ファウリング機構
2. MBRにおける膜ファウリング
  - 2.1 原水有機物濃度の影響
  - 2.2 膜材質の影響
  - 2.3 不可逆ファウリング物質の同定
  - 2.4 曝気強度の影響

### 第2章 各種膜の劣化・ファウリングと洗浄技術

#### 第1節 水処理薬品の特性と使用のポイント

はじめに

1. 膜分離設備で使用する薬剤
  - 1.1 主要なファウリング原因
  - 1.2 無機成分に対するファウリング防止
    - 1.2.1 スケール分散剤によるファウリング防止機構
    - 1.2.2 薬剤添加量の最適化
    - 1.2.3 自動分析と管理機構
  - 1.3 有機物, 微生物由来のファウリング防止
  - 1.4 膜の洗浄剤と使用法
  - 1.5 膜を洗浄するタイミング
2. 膜分離活性汚泥 (MBR) 処理で使用する薬剤
  - 2.1 薬品処理の原理と効果
  - 2.2 処理方法と処理実績例

おわりに

#### 第2節 槽外型 MBR 膜の劣化・ファウリングと洗浄技術

はじめに

1. 槽外型 MBR の設計ポイント
  - 1.1 AirLift MBR の設計ポイント
    - 1.1.1 生物処理の最適化
    - 1.1.2 膜の設置位置
    - 1.1.3 散気装置の設計
    - 1.1.4 循環流速および空気の投入量
    - 1.1.5 処理水制御ポンプ/バルブ
    - 1.1.6 汚泥ドレン機能
    - 1.1.7 膜ユニットの設計
    - 1.1.8 AirLift MBR の運転条件
  - 1.2 CrossFlow MBR の設計ポイント
2. 膜洗浄技術
  - 2.1 AirLift MBR の洗浄技術
    - 2.1.1 水逆洗
    - 2.1.2 ドレン洗浄工程
    - 2.1.3 薬品強化逆洗工程 (CEB)
  - 2.2 CrossFlow MBR の洗浄技術
    - 2.2.1 フラッシング工程
    - 2.2.2 薬品洗浄工程 (CIP)
  - 2.3 膜表面に螺旋状に加工

#### 3. 膜寿命と交換

おわりに

### 第3節 平膜型 MBR における膜のファウリングと洗浄技術

はじめに

1. 平膜型 MBR の特徴
  - 1.1 平膜形状の膜ろ過装置
  - 1.2 平膜型 MBR
2. 膜のファウリング
  - 2.1 ファウリングのメカニズム
  - 2.2 ファウリングの検知
  - 2.3 ファウリングの抑制
  - 2.4 ファウリングの解消
    - 2.4.1 物理的洗浄
    - 2.4.2 化学的洗浄

おわりに

### 第4節 海水淡水化における UF 膜の劣化・ファウリングと洗浄技術

はじめに

1. 海水淡水化における UF 膜のファウリング
  - 1.1 UF 膜のファウリング原因物質
  - 1.2 海水の有機物の測定, 及びファウリング指標
    - 1.2.1 Transparent Exopolymer Particles (TEP)
    - 1.2.2 Biopolymers (LC-OCD 分析)
    - 1.2.3 Modified Fouling Index - Ultra-Filtration (MFI-UF)
  - 1.3 UF 膜の運転に影響を与える因子
2. UF 膜の洗浄方法
  - 2.1 UF 膜の薬品洗浄方法
  - 2.2 次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄
  - 2.3 脱塩水を用いた洗浄方法
3. 実施例
  - 3.1 UF 膜による RO 海水淡水化処理の実例
  - 3.2 加温脱塩水洗浄を組み込んだ UF 膜ろ過試験

### 第5節 RO 膜の劣化・ファウリングと洗浄技術

はじめに

1. 前処理プロセスによるファウリング対策
  - 1.1 海水淡水化プラントの前処理プロセス
  - 1.2 前処理水の水質評価
2. スケールによるファウリングと対策
  - 2.1 スケール形成のメカニズム
  - 2.2 原水の評価とスケール形成の推予測
  - 2.3 スケール対策と洗浄
3. バイオフィウリングとその対策
  - 3.1 微生物の挙動およびバイオフィーム形成の基礎
  - 3.2 バイオフィウリング発生予測のための水質評価
  - 3.3 対策技術と洗浄

おわりに

## 第3章 浄水処理・MBR・海水淡水化におけるファウリング対策技術

### 第1節 帯磁性イオン交換樹脂によるファウリング抑制技術

はじめに

1. 帯磁性イオン交換樹脂とは?

- 1.1 特長
  - 1.2 除去物質と除去原理
  - 1.3 樹脂処理システム概要
  - 2. 膜ろ過に対する樹脂処理の効果
    - 2.1 実験フローと運転条件
    - 2.2 実験結果
      - 2.2.1 膜の透過性能
      - 2.2.2 処理水質
  - 3. 樹脂処理による有機物除去特性
    - 3.1 実験概要
      - 3.1.1 試料水
      - 3.1.2 分画手法
      - 3.1.3 分析
    - 3.2 実験結果
      - 3.2.1 原水(湖沼水)
      - 3.2.2 各処理水の処理性比較
      - 3.2.3 樹脂処理による膜のファウリング抑制効果
- (考察)
- おわりに

- 第2節 PVDF膜の親水化によるファウリング抑制技術
- はじめに
- 1. ファウリングとは
  - 2. 中空糸膜の親水化処理によるファウリング抑制
    - 2.1 親水化処理の目的と効果
    - 2.2 ファウリング抑制に効果的な親水化処理
    - 2.3 恒常的な親水化処理方法とその効果
  - 3. 運転技術によるファウリング抑制
    - 3.1 当社のファウリング抑制の指針
    - 3.2 中空糸膜の選定によるファウリング抑制
    - 3.3 運転技術によるファウリング抑制
  - 4. ファウリング抑制効果に優れた高Flux対応型中空糸膜と運転事例
    - 4.1 高Flux対応型の中空糸膜の特長
    - 4.2 高Flux対応型の中空糸膜を利用した運転事例
- おわりに

- 第3節 セラミック平膜におけるファウリング抑制技術
- はじめに
- 1. セラミック平膜の概要
  - 2. ファウリングの種類
    - 2.1 有機ファウリング
    - 2.2 無機ファウリング
  - 3. ファウリングの抑制・洗浄方法
    - 3.1 膜面洗浄散気
    - 3.2 逆圧洗浄
    - 3.3 薬品洗浄
      - 3.3.1 使用薬品
    - 3.4 セラミック平膜の親水性
  - 4. セラミック平膜の運転事例紹介
    - 4.1 プラント諸元
    - 4.2 結果および考察

- 第4節 MBRにおける長期的ファウリング予測およびファウリングの進行を抑制する運転方法探索
- はじめに
- 1. 長期的ファウリング予測モデル
    - 1.1 TMP予測モデル
    - 1.2 TMP jump予測モデル

- 2. ファウリングの進行を抑制する運転方法の探索  
おわりに
- 第5節 ROプラントにおけるバイオフィアウリング予測のための水質評価法 mBFR とその活用例
- はじめに
- 1. mBFRについて
  - 2. mBFRの活用例
    - 2.1 栄養源の量と mBFR の関係
    - 2.2 薬液添加によるバイオフィアウリングへの影響と mBFR の関係
    - 2.3 mBFRによる殺菌剤添加量の適正化
    - 2.4 薬洗頻度と mBFR の関係
    - 2.5 今後の活用のイメージ
- おわりに

- 第6節 耐ファウリング性を有する海水淡水化用RO膜の開発
- はじめに
- 1. RO法の原理と特徴
  - 2. RO膜の素材
    - 2.1 選択透過性(透水性能, 塩阻止性能)
    - 2.2 耐ファウリング性
    - 2.3 耐久性
  - 3. 海水淡水化用の中空糸型 RO膜モジュール
    - 3.1 中空糸型 RO膜モジュール
    - 3.2 三酢酸セルロース製中空糸型 RO膜モジュールの特長
  - 4. 中空糸型 RO膜モジュールの開発
    - 4.1 中空糸膜の交差配置化
    - 4.2 間欠塩素殺菌法
    - 4.3 両端開口化, 長尺化・大型化
  - 5. 応用例(中東地域での実用例)
- おわりに

- 第7節 RO海水淡水化プラントにおけるファウリング対策
- はじめに
- 1. 劣化とファウリング
    - 1.1 劣化とファウリングの比較
    - 1.2 劣化とファウリングの発生要因
    - 1.3 RO膜に対する劣化・ファウリングの影響
  - 2. ファウリングの定義
  - 3. ファウリング・ポテンシャルの指標
  - 4. RO膜のファウリング対策
    - 4.1 カテゴリーA
      - 4.1.1 前処理システムの計画
      - 4.1.2 使用薬品・薬品注入率の計画
      - 4.1.3 RO膜システムの計画
    - 4.2 カテゴリーB
      - 4.2.1 オンサイト水質分析
      - 4.2.2 オフサイト水質分析
      - 4.2.3 運転制御・監視
    - 4.3 カテゴリーC
      - 4.3.1 薬品洗浄設備の設置
      - 4.3.2 膜交換設備の設置
      - 4.3.3 ROテスト装置の設置
    - 4.4 カテゴリーD
      - 4.4.1 薬品洗浄
      - 4.4.2 膜交換

- 4.4.3 膜の分析
  - 5. 実プラントでの事例
    - 5.1 カタールでの事例
    - 5.2 サウジアラビアでの事例
    - 5.3 UAEでの事例
- おわりに

#### 第4章 ファウリング抑制に向けた研究・開発・設計

##### 第1節 バイオフィリングを抑制する複合酵素固定化型ろ過膜

はじめに

1. バイオフィルムの形成過程と求められるろ過膜の性状
  2. あらゆるバイオフィルム形成ステージに対応可能な複合酵素固定化型ろ過膜
  3. DMGABA 導入の効果:ろ過膜の透水性
  4. 固定化された Acylase I の AHL の分解活性
  5. Acylase I を導入した酵素固定化材料のバイオフィルム形成抑制の効果
  6. 複合酵素固定化型ろ過膜のバイオフィリング抑制の効果
- まとめ

##### 第2節 水のマイクロ構造の理解に基づくファウリング抑制膜の開発

はじめに

1. 水のマイクロ構造に着目したファウリング抑制膜の開発戦略
  - 1.1 バイオマテリアル研究分野での知見
    - 1.1.1 MPC ポリマー
    - 1.1.2 MEA ポリマー
    - 1.1.3 CMB ポリマー
  - 1.2 水のマイクロ構造から見たファウリング抑制能を有するポリマーの共通点
2. CMB ポリマーを用いたファウリング抑制膜の開発
3. MEA ポリマーを用いたファウリング抑制膜の開発

おわりに

##### 第3節 計算化学支援によるファウリング抑制膜の開発

はじめに

1. 計算化学シミュレーションの種類と適用範囲
  2. 分子動力学法によるファウリング防止効果の予測
  3. ファウリング耐性発現機構の微視的考察
- まとめ

##### 第4節 RO膜のバイオフィリングを抑制する水処理薬品

はじめに:バイオフィリングとは

1. バイオフィリングに影響を与える因子
  - 1.1 細菌数
  - 1.2 栄養分(P, N, TOC)
  - 1.3 水温
  - 1.4 アデノシン3リン酸
2. バイオフィリング対策
  - 2.1 洗浄による対策
  - 2.2 スライムコントロール剤による対策
3. スライムコントロール剤
  - 3.1 次亜塩素酸ソーダ
  - 3.2 重亜硫酸ソーダ
  - 3.3 DBNPA
  - 3.4 イソチアゾリン系殺菌剤
  - 3.5 塩素系化合物
    - 3.5.1 クロラミン
    - 3.5.2 その他結合型塩素系化合物

おわりに

##### 第5節 膜ファウリングを抑制する水処理装置設計

1. 膜ろ過のための前処理
2. 凝集処理
3. 膜ろ過における前処理
  - 3.1 凝集操作との組み合わせ
  - 3.2 オゾン活性炭との組み合わせ
  - 3.3 オゾンの積極的利用