

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 1 大孔径ろ過膜装置（外圧型中空糸）

【技術内容】

1996年、国内において水道水を介したクリプトスポリジウムによる集団下痢症が発生したことから、各地の水道事業体は、市民に対するより安全な水道水の供給が急務となった。

その中で、「大孔径膜ろ過浄水方式」を採用した、東京都羽村市浄水場の例を説明する。

大孔径膜は一般的にはMF膜に分類されるが、クリプトスポリジウムの除去目的に特化して開発されたものであることから、水道用に限定した場合は、MF膜とは異なる分類に定義されている。膜分離技術振興協会の規格AMST-004では、 $3.0\mu\text{m}$ 粒子の除去性能は 51log 以上と規定している（羽村市の場合は、 61log を確保している）。

今回新たに建設された大孔径膜ろ過施設の主要設備には原水槽、大孔径膜ろ過ユニット、排水設備、排液槽、水質計器、薬品設備、空気源設備がある。

施設の概要を記す。

まず、原水槽では取水ポンプから汲み上げた原水を一時貯留し、大孔径膜ろ過ユニットとの水頭差のみにより、ろ過を行う。原水槽水位を制御することにより、膜一次側圧力を一定に保ち、安定した運転が可能となる。

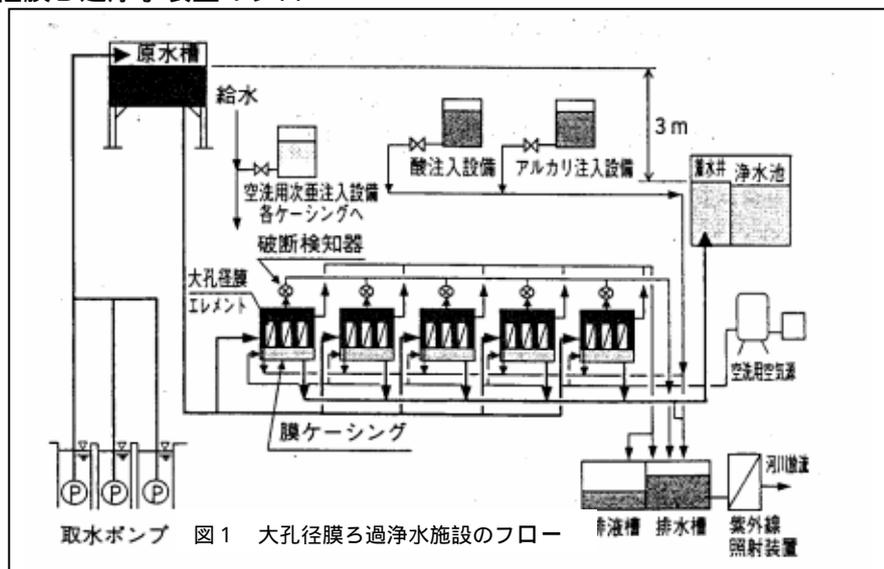
膜ろ過設備は、膜ろ過ケーシング1台のなかに、1本当たり 2.0m^2 のろ過面積を有する膜エレメントが56本挿入され、5ケーシングを1系列とし、18系列(90ケーシング)が設置されている。

ろ過流束は $3.0\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ で、設備全体では約 $30,000\text{m}^3/\text{日}$ の能力を有する。

膜損傷検知システムとしては、原水が非常に清澄であるため、光センサによる直接検知方式を採用している。

【図】

図 大孔径膜ろ過浄水装置のフロー



出典：羽村市大孔径膜ろ過浄水設備の運転状況と今後の課題、用水と廃水 Vol.47 No.1、2005年1月1日、加藤憲一著、株式会社産業用水調査会発行、51頁 図1 大孔径膜ろ過浄水施設のフロー

【出典 / 参考資料】

「用水と廃水」、2005年1月1日、加藤憲一著、株式会社産業用水調査会発行、Vol.47 No.1 50 - 54頁

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 2 精密膜ろ過装置 (外圧型中空糸)

【技術内容】

精密ろ過膜 (MF 膜) は、除去対象物質の粒径が $0.01 \mu\text{m}$ より大きい膜である。膜表面の孔径は、 $0.01 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度であり、溶解性物質は透過する。

一般的には対称膜が多く、膜の製法は有機膜の場合は延伸法、抽出法、相転換法などが用いられ、無機膜では焼結法である。

膜材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリフッ化ビニリデン、ポリスルホン、セラミック (アルミナなど) が使用される。

MF 膜を浄水施設に使用している例として、三重県紀宝町鷺殿水道企業団御船浄水場の例を示す。計画浄水量、 $7,850\text{m}^3/\text{日}$ (うち膜ろ過水量 $5,000\text{m}^3/\text{日}$) であり、原水は河川表流水である。

膜の仕様

膜の種類 MF 膜 (公称孔径、 $0.1 \mu\text{m}$)、膜材質 ポリエチレン (親水化処理)、膜形状 中空糸、膜モジュール形式 槽浸漬型、通水方式 外圧型、モジュール有効面積 78m^2

膜ろ過設備の仕様

膜モジュール数 120 組 (12 組 / ユニット \times 10 系列)
設計膜ろ過流束 $0.5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$
ろ過方式 全量ろ過方式
洗浄 間隔、30 分、洗浄時間 1 分 (エアスクラビング)
計画回収率 95%

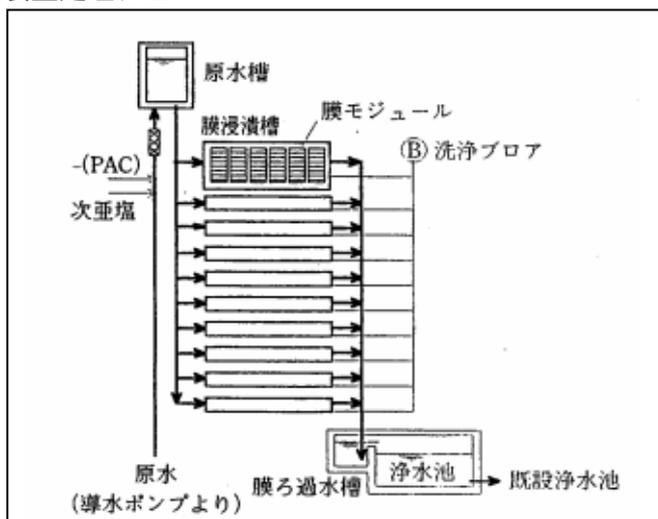
運転結果

| | | | | | | |
|----------|-----|------|---------|-----|-----|---------|
| 通常時の原水濁度 | 7.4 | 膜ろ過水 | 0.05 未満 | 台風時 | 74 | 0.05 未満 |
| " 色度 | 5 | " | 1 | | 150 | 1 |

この結果、良好な運転結果といえる。

【図】

図 精密膜ろ過装置処理フロー



出典：浄水膜、2003 年 6 月 10 日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、97 頁 (3) 処理フロー

【出典 / 参考資料】

「浄水膜」、2003 年 6 月 10 日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、96 - 97 頁

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 3 精密ろ過膜装置（オゾン耐性型外圧型中空系）

【技術内容】

オゾン耐性型膜モジュールの仕様を表 1 に示す。本膜は、オゾン、酸化剤(次亜塩素酸ナトリウム)、酸、アルカリに対して優れた耐性を有す。

オゾン処理と膜ろ過を併用することにより、原水中の有機物の分解および膜表面のファウリング物質を防止しつつ高い膜ろ過流速が得られる。

本技術を下水二次処理水に適用した場合のプロセスフローを図 1 に示す。膜ろ過流速は 3.3m/日であり、各処理工程における水質を表 2 に示す。

【図】

表 1 オゾン耐性膜モジュールの仕様

| | |
|----------------|-------------------------|
| 膜モジュール寸法 | 6 インチ径 X1.7m (有効長 1.4m) |
| 公称孔径 | 0.1 μm |
| ろ過方式 | 外圧ろ過方式 |
| 中空系 | 高結晶性ポリフッ化ビニリデン (PVDF) |
| 膜面積 | 24m ² |
| ポッティング剤 | シリコン樹脂 |
| ハウジング、カートリッジ外筒 | SUS 製 |

図 1 プロセスフロー

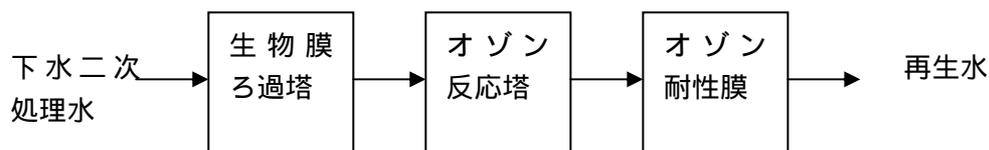


表 2 各処理工程における水質

| | 原水 | オゾン処理 | オゾン耐性膜 |
|----------|----|-------|--------|
| BOD mg/L | 16 | 2.3 | 2.1 |
| COD mg/L | 11 | 5.9 | 5.7 |
| 色度 度 | 31 | 8 | 1 |

出典：オゾン耐性を有する中空系型精密ろ過膜モジュールを用いた下水処理水の高度処理、用水と廃水 Vol.47 No.4、2005 年 4 月 1 日、塚原隆史、橋野昌年、森吉彦著、株式会社産業用水調査会発行、83 頁 表 1 オゾン耐性膜モジュールの仕様
図 1 及び表 2 は本標準技術集のために作成

【出典 / 参考資料】

「用水と廃水」、2005 年 4 月 1 日、塚原隆史、橋野昌年、森吉彦著、株式会社産業用水調査会発行、Vol.47 No.4 81 - 86 頁

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 4 限外ろ過膜装置 (内圧型中空糸)

【技術内容】

限外ろ過膜 (UF 膜) は、精密ろ過膜より更に膜孔径小さいもので、除去対象物質の分子量が 1,000 ~ 300,000Da 程度の膜である。膜表面の孔径は、0.01 μm 以下であり、分離可能な物質の大きさを分子量で示した分画分子量であらわされる。水、イオン分子、低分子量物質は透過する。

膜材質としては、ポリアクリロニトリル、ポリスルホン、酢酸セルロースなどが使用される。

UF 膜は、微生物や微粒子などの粒子状物質以外に、ウイルスや溶解性有機物の一部も除去できる。

UF 膜を浄水施設に使用している例として、栃木県今市市瀬尾浄水場の例を示す。

計画浄水量、14,400m³/日であり、原水は河川表流水である。

膜の仕様

膜の種類 UF 膜 (分画分子量 150,000)、膜材質 酢酸セルロース、膜形状 中空糸 (内圧型)、
有効膜面積 54m²/モジュール

膜ろ過設備の仕様

膜モジュール数 120 本 (20 本 / ユニット × 6 系列)

設計膜ろ過流束 1.7m³ / m² · 日

ろ過方式 クロスフローろ過方式

洗浄 間隔、60 分、洗浄時間 60 秒

計画回収率 90%

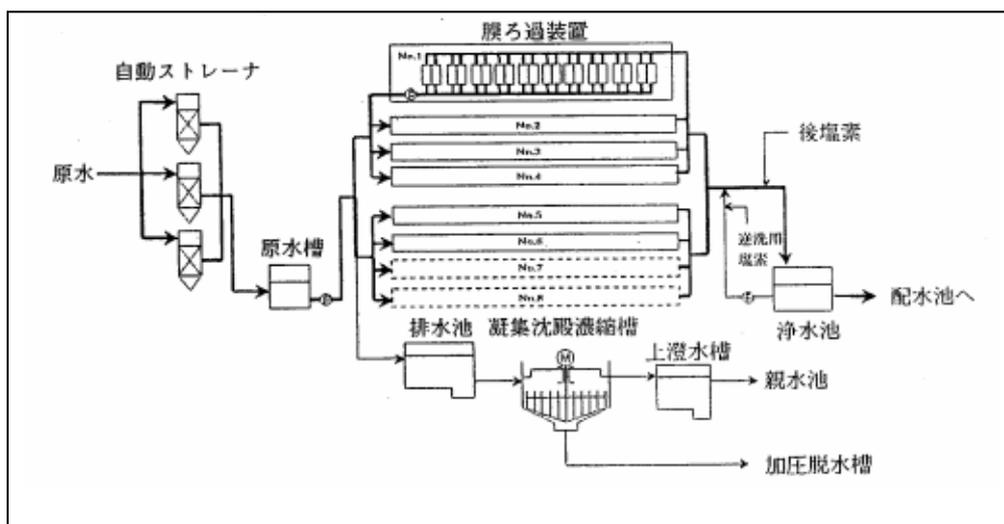
運転結果

通常時の原水濁度 1.1 膜ろ過水 0.1 未満、色度 2 1 未満

一般細菌 原水 300 以上 (個 / mL) 0

【図】

図 限外ろ過膜 (内圧型中空糸) 装置処理フロー



出典：浄水膜、2003 年 6 月 10 日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、107 頁 フロー概略図

【出典 / 参考資料】

「浄水膜」、2003 年 6 月 10 日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、106 - 107 頁

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 5 ナノろ過膜装置

【技術内容】

ナノろ過膜 (NF 膜) は、硬度成分などの二価金属イオンから広範囲の低分子量物質を除去する場合に用いられる。限外ろ過膜 (UF 膜) と逆浸透膜 (RO 膜) の中間に位置づけられる。操作圧力が 0.2 ~ 1.5MPa 程度であり、「ルーズ RO」と呼ばれて、RO 膜の低圧、低塩除去率膜として位置付けられている。膜の構造、製造法は RO 膜と同じである。

NF 膜の浄水処理施設への適用例は国内では少ないが、欧米では、オゾン・活性炭法と同様の高度処理として使用されている。香川県多度津町平瀬浄水場の事例を説明する。

平瀬浄水場の処理水量は、9,900m³/日であるが、低圧 RO 膜と電気透析を組合わせた高度処理施設の一部として設置されている。原水は浅井戸水であるが、低圧 RO 膜で濃縮された 5,940m³/日 (約 60%) が NF 膜で処理される。

NF 膜の仕様 ; 型式 スパイラル型 NF 膜、膜材質 架橋全芳香族ポリアミド複合膜

NF 膜ろ過設備の仕様 ; 膜モジュール数 (50 + 25) 本 × 4 ユニット

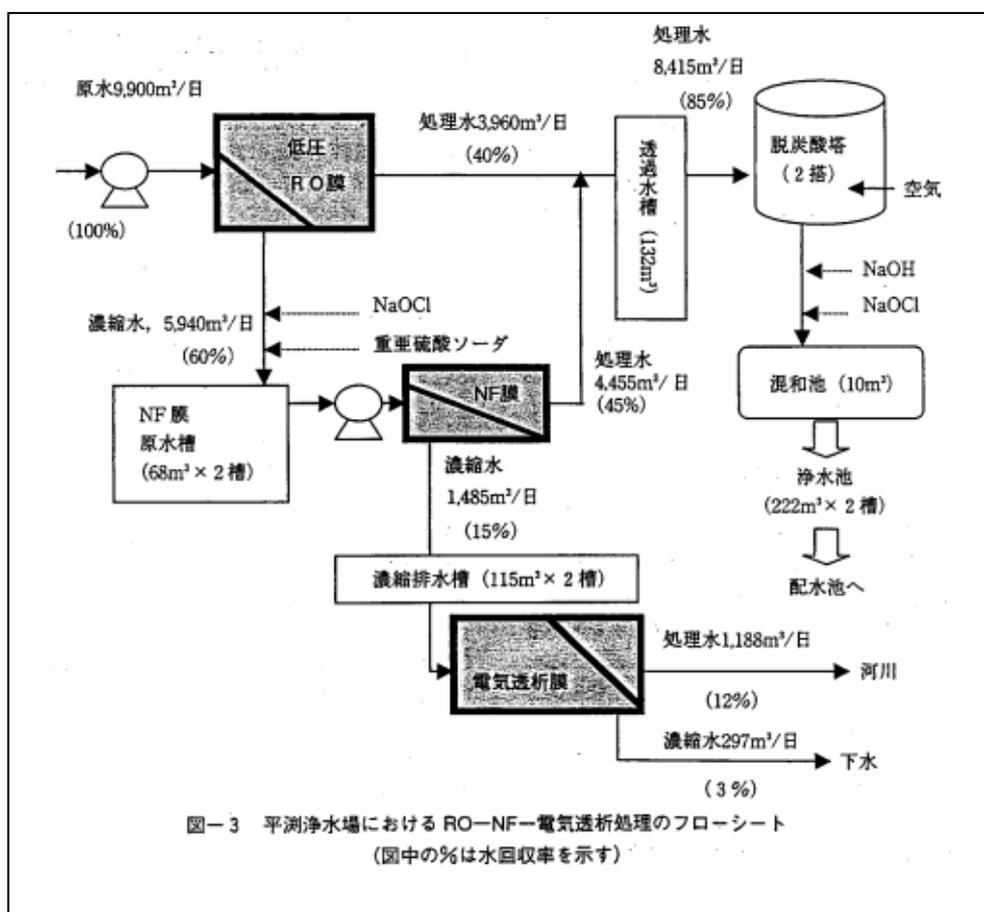
水質試験データ (運転結果) の例

本施設の NF 膜は、濃縮後の排水を電気透析膜へ送り、非濃縮水を浄水に送るため、濃縮水の水质が記録されている。濃縮水量、1,485m³/日 (原水の約 15%) である。

NF 膜入口硬度 18.5 NF 膜出口 768、蒸発残留物 入口、77 出口 1,760 (mg/L)

【図】

図 ナノろ過膜装置処理フロー



出典：香川県多度津町平瀬浄水場高度処理施設、造水技術 Vol.30 No.3、2005年1月31日、川崎睦男著、財団法人造水促進センター発行、25頁 図-3 平瀬浄水場におけるRO-NF-電気透析処理フローシート

【出典 / 参考資料】

「造水技術」、2005年1月31日、川崎睦男著、財団法人造水促進センター発行、Vol.30 No.3、21 - 26頁

「浄水膜」、2003年6月10日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、70 - 71頁

【技術分類】 1 - 6 - 9 単位操作 / 膜分離 / 膜分離装置

【技術名称】 1 - 6 - 9 - 6 逆浸透膜装置

【技術内容】

逆浸透膜（RO 膜）は、ナトリウムやカルシウムなどの金属イオン、塩素イオンや硫酸イオンなどの陰イオン、農薬などの低分子量有機物を除去対象とする。RO 膜の塩化ナトリウム除去性能は、水道用膜モジュールの規格では、93%以上とされている。操作圧力が 0.4～4MPa 程度であるが、海水の淡水化施設の場合は、海水の浸透圧が 2.5MPa であることから、7MPa 程度で運転されている。

他の膜処理に比較して操作圧力が高いのが特徴である。海水の淡水化施設として日本では離島、海外では中近東のサウジアラビアなどで広く使用されている。

沖縄県企業局北谷浄水場の事例を説明する。

処理目的；海水淡水化による飲料水の製造

基本仕様；生産量 40,000m³/日（5,000m³/日ユニット 8 基で構成）

回収率 40%

運転圧力 6.5 MPa

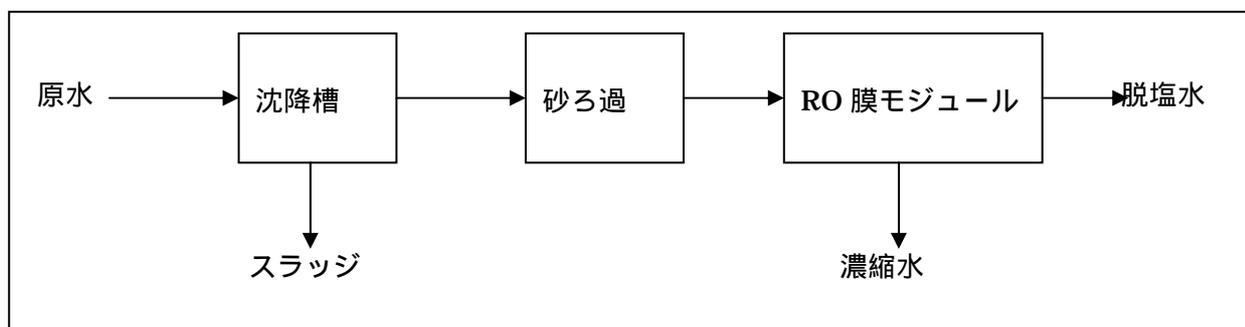
膜形式、スパイラル型（8 インチ径） 材質、架橋芳香族系ポリアミド複合膜

膜モジュール、504 本（膜エレメント：3,024 本）

| 代表的な水質 | 原水 | 生産水 |
|-------------------------------|--------|-----------|
| 濃度（TDS） | 35,300 | 211（mg/L） |
| Cl ⁻ | 19,500 | 121（mg/L） |
| SO ₄ ²⁻ | 2,780 | 2.2（mg/L） |
| 総硬度 | 6,380 | 4.8（mg/L） |

【図】

図 逆浸透膜装置処理フロー例



出典：本標準資料集のために作成

【出典 / 参考資料】

「浄水膜」、2003 年 6 月 10 日、浄水膜編集委員会編、技報堂出版株式会社発行、124 - 125 頁

「ユーザーのための実用膜分離技術」、1996 年 4 月 30 日、化学工学会・膜分離技術ワーキンググループ編、株式会社日刊工業新聞社発行、237 - 251 頁