

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術名称】 1 - 6 - 3 - 1 シート型（平膜）

【技術内容】

シート型（平膜）とは、平面状又はシート状に成形した膜エレメント・モジュール形状を言う。膜ろ過設備に平膜をどのように組み込むかにより、シート型、スパイラル型、回転平膜型などがある。さらにシート型（平膜）の構成方式によりプレートアンドフレーム型とスタック型がある。

シート型は平膜板の間が原液の流路となり、平膜板内部の集水部を通してろ過水が集められる。現在実用されている平膜型モジュールには、プレートアンドフレーム型、スタック型などがある。プレートアンドフレーム型は、図 1 のように平膜と膜支持板により構成された加圧給水室とろ過水室を交互に組み合わせ、フィルタープレスのような多層構造として、膜を垂直に多数配置したものである。膜の充填密度は大きくないが、スペーサー間隔を調整することにより高濃度懸濁物質を含む原水にも適用できる。スタック型は、図 2 のように膜を水平方向に重ね合わせて配置し膜の充填密度を上げる構造である。これらは、クロスフローろ過方式で運転されるのが一般的である。

【図】

図 1 プレートアンドフレーム型モジュール

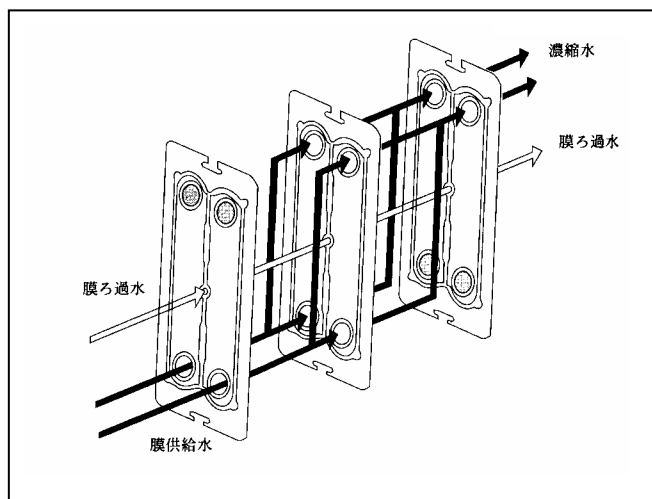
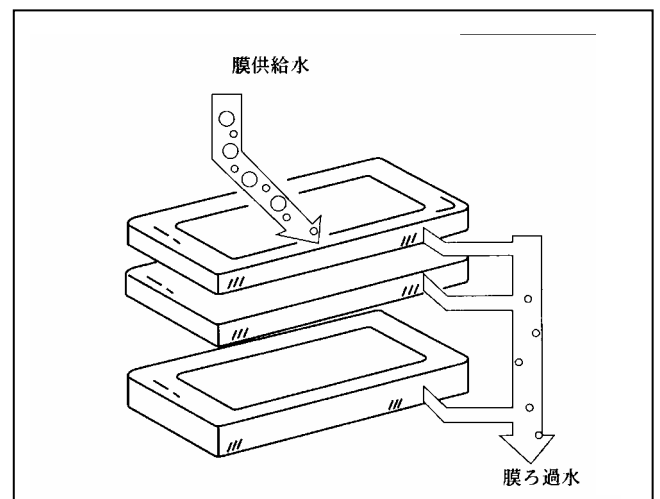


図 2 スタック型モジュール



出典：水道における膜ろ過法 Q&A、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、168 頁 プレートアンドフレーム型モジュール、169 頁 スタック型モジュール

【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、74 - 75 頁

「水道における膜ろ過法 Q&A」、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、168 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、日刊工業新聞社発行、17 - 18 頁

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術の名称】 1 - 6 - 3 - 2 回転平膜型

【技術内容】

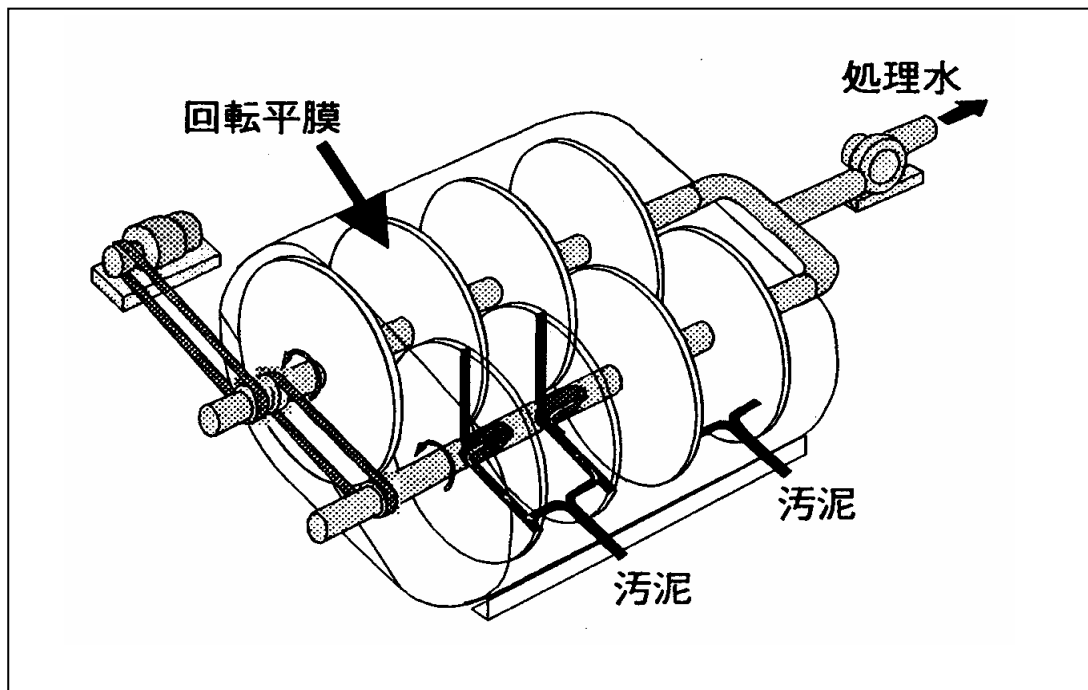
回転平膜型は、膜エレメント・モジュール自体が回転することで膜面流速を得、膜面に形成されるケーキ層を強制的に剥離除去することができる型式である。本モジュールは、高濁度質系の固液分離に適しており、し尿処理分野で多くの実績を持つ。

ここでは新たな試みとして、浄水汚泥の濃縮分野への適用について紹介する。

図 1 に回転平膜型モジュールの基本構成を示す。円形ディスクの両面に分画分子量 75 万の有機平膜を貼り付けた膜ディスクを中空の回転軸に装着し、一つの軸の膜ディスクと膜ディスクの間に、隣の軸の膜ディスクを配置した「かみ合わせ型」を基本構成としている。原水は膜面で分離され、処理水はスパーサーを通して中空の回転軸に集められ、系外に非出される。

【図】

図 1 回転平膜型モジュールの基本構成



出典：浸漬平膜および回転平膜モジュールの排水処理への適用、用水と廃水 Vol. 47 No.4、2005 年 4 月 1 日、竹村清和、大西真人、吉川慎一著、株式会社産業用水調査会発行、77 頁 図 3 回転平膜モジュールの基本構成

【出典 / 参考資料】

「用水と廃水」、2005 年 4 月 1 日、竹村清和、大西真人、吉川慎一著、株式会社産業用水調査会発行、Vol. 47 No.4 76 - 80 頁

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術名称】 1 - 6 - 3 - 3 スパイラル型

【技術内容】

膜とその支持体及び流路材などが一体化されて組み立てられていることから膜エレメントと言う。この膜エレメントを、ベッセル(耐圧容器)に複数本収めたものが膜モジュールである。尚、このベッセルはハウジングとも言われる。

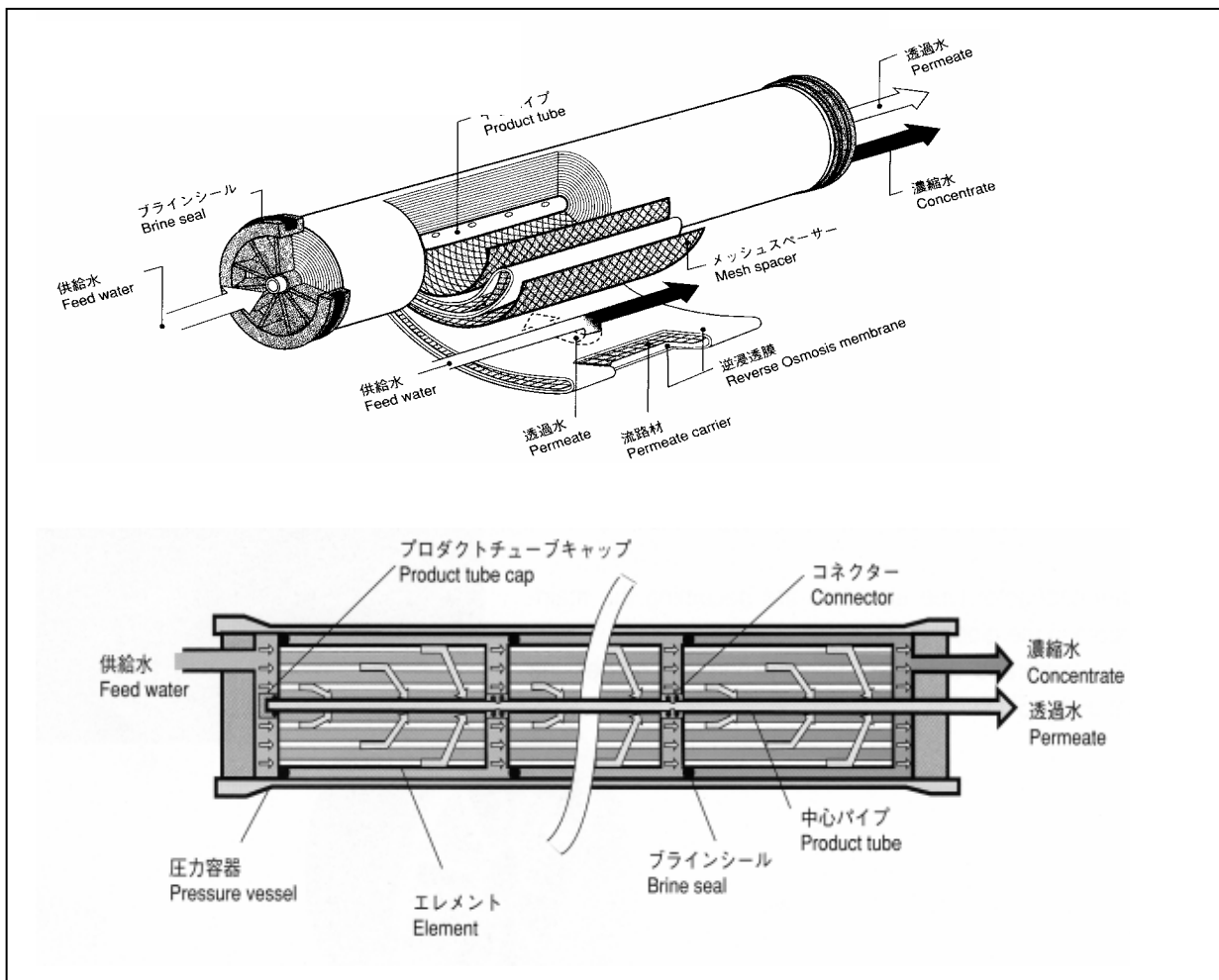
スパイラル型膜エレメントは、2 枚の平膜を重ね、その 3 辺をシールし、残りの 1 辺だけ開いた袋状に成形した平膜の間に透過液の通路となるスペーサーを挟み込み、その袋状開口部に取り付けられたる液集水管軸を中心にして袋状平膜の両側にある原液の通路となる網目状のスペーサーとともにのり巻状に巻いたものである。膜の充填密度は高いが膜の間隙が狭いため、原液に懸濁粒子が含まれる場合にはこの懸濁粒子を前処理にて規定値内に除去する必要がある。

純度の高い水が得られるが、濃度分極現象（膜面近傍の濃度が高くなる現象）が生ずるため、原液は一定値以上の流量を維持しなければ、透過水の純度が低下したり、原液側の膜面に析出物が沈着したりするので、注意が必要である。

スパイラル型膜モジュールは逆浸透（RO）膜の使用形態として広く採用されている。

【図】

図 スパイラル型の膜エレメント及び膜モジュール



出典：ROMEMBRA の構造とシステム例、東レ株式会社カタログ、東レ株式会社著、東レ株式会社発行カタログ

【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、76 頁

「水道における膜ろ過法 Q&A」、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、150 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、17 頁

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術名称】 1 - 6 - 3 - 4 チューブラー型

【技術内容】

チューブラー型は、管状膜を用い円管状に成形した膜エレメント・モジュールで、管の内径が 3～5mm 以上のものを言い、内径がそれ以下のものは中空系膜（又はキャピラリー膜、ホローファイバー膜）と呼んで区別している。管に直接製膜するか、あるいは管状に成形した膜を管に取り付ける。膜が管の内側にあるものと、外側にあるものとがある。

管状膜の材質には有機膜と無機膜があるが、有機膜は多孔質支持管に膜を固定した単管として用いられる。樹脂の焼結体、有孔 FRP など用いられる。無機膜エレメントにはセラミックが用いられ、単管以外に 1 本の膜エレメントに多数の小孔を持つモノリス型がある。モノリスの場合は原水は管内を通り、ろ過液はモノリスの外表面から流出する。セラミックのほか、有孔ステンレスを使用する場合もある。

内圧式の場合、管径の太いチューブラー膜では膜面積は小さいが、詰まりにくいという特徴がある。高分子膜では管径が太くなると耐圧性が減少するため補強材として支持体を用いる。

管状モジュールは、管状の膜エレメントを数十本まとめて耐圧容器の内部に設置したものである。膜の充填密度は小さいが、原水側流路断面が大きいために懸濁粒子を含んだ原水にも適用できる。単管の内圧式でろ過する場合にはスポンジボール洗浄ができる。

また、管状モジュールの使用例としては、ろ過方式が浸漬型のものがある。これは管状膜を多数本集め、端部をシールした集合体からなる膜エレメントを両端部でまとめてモジュール化する。管状膜の内側を吸引して膜ろ過水を取り出すもので、管状膜の外側には気泡流を流して、膜表面を洗浄する。

【図】

図 チューブラー型モジュールの例及びモノリス型の例

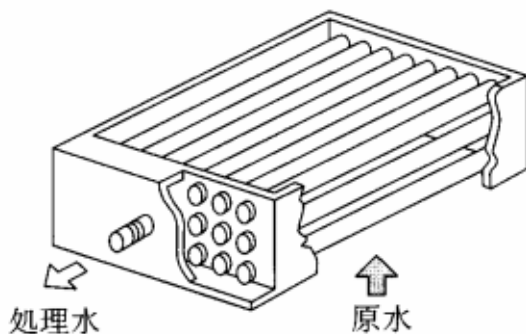


図 2.4 - 38 管形モジュールの例

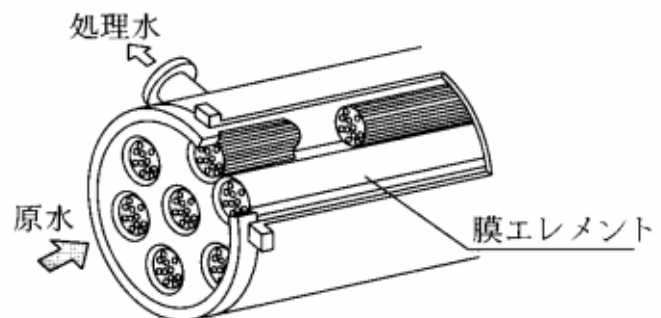


図 2.4 - 39 管形モジュール（モノリス型）の例

出典：浄水技術ガイドライン、2000 年 5 月、浄水技術ガイドライン作成委員会著、財団法人水道技術研究センター発行、91 頁 図 2.4 - 38 管形モジュールの例、図 2.4 - 39 管形モジュール（モノリス型）の例

【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、74、76 頁

「水道における膜ろ過法 Q&A」、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、159 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、17 頁

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術名称】 1 - 6 - 3 - 5 中空糸円筒型

【技術内容】

中空糸円筒型は、内径 1mm 程度以下の中空糸膜（キャピラリー膜又はホローファイバー膜とも呼ばれる）を多数本束ねて、片端あるいは両端を樹脂等で固定（ポッティング）成形された膜エレメント・モジュールである。

中空糸膜そのものが分離機能を有すると共に支持体であることから、流路材が不要であり、膜の集積度、容積効率を高くできる。そのため、膜エレメント・モジュールの単位容積当りのろ過流量を大きくすることができる特徴がある。

膜の素材としては、有機膜がほとんどで、酢酸セルロース、ポリエチレン、ポリアクリロニトリル等があり、相転換法、延伸法などによって作られる。中空糸膜は、精密ろ過、限外ろ過、逆浸透膜などに広く用いられる。

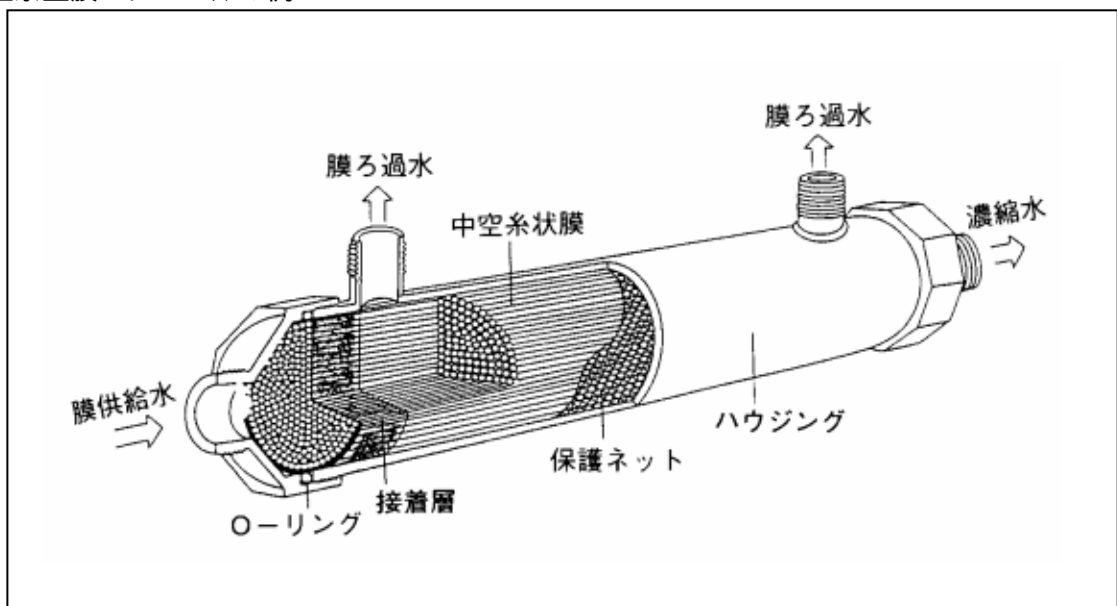
中空糸円筒型膜モジュールのろ過方式は、加圧型と浸漬型に分けられ、加圧型はさらに通水方向によって、内圧式と外圧式に区分できる。

内圧式は、中空糸膜の内側に原水を給水し、膜の内側から外側に向かってろ過させる方式である。内圧式は、小流量で膜面流速を高く維持できることから濃度分極を低く抑えられる特徴があるが、圧力損失が高くなること、懸濁粒子により膜入口部で流路閉塞を生じる懸念があることから、適性な操作が必要である。

外圧式は、中空糸膜の外側に原水を給水し、膜の外側から内側に向かってろ過させる方式である。外圧式は内圧式と比べると、膜面流速を高く維持することが難しいが、精密ろ過や限外ろ過の場合には、エアースクラビングや逆流洗浄を実施することができることから、内圧式と同様に適正な操作が必要ではあるが、原水中に懸濁粒子が多い場合にも使用できるとされる。外圧式はエアースクラビングが必要なことから、膜モジュールは縦置きで使用されている。

【図】

図 中空糸型膜モジュールの例



出典：水道における膜ろ過法 Q&A、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、159 頁 中空糸型膜モジュールの例

【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、76 - 78 頁

「水道における膜ろ過法 Q&A」、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、159 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、16 - 17 頁

【技術分類】 1 - 6 - 3 単位操作 / 膜分離 / 膜エレメント・モジュール形状

【技術名称】 1 - 6 - 3 - 6 モノリス型

【技術内容】

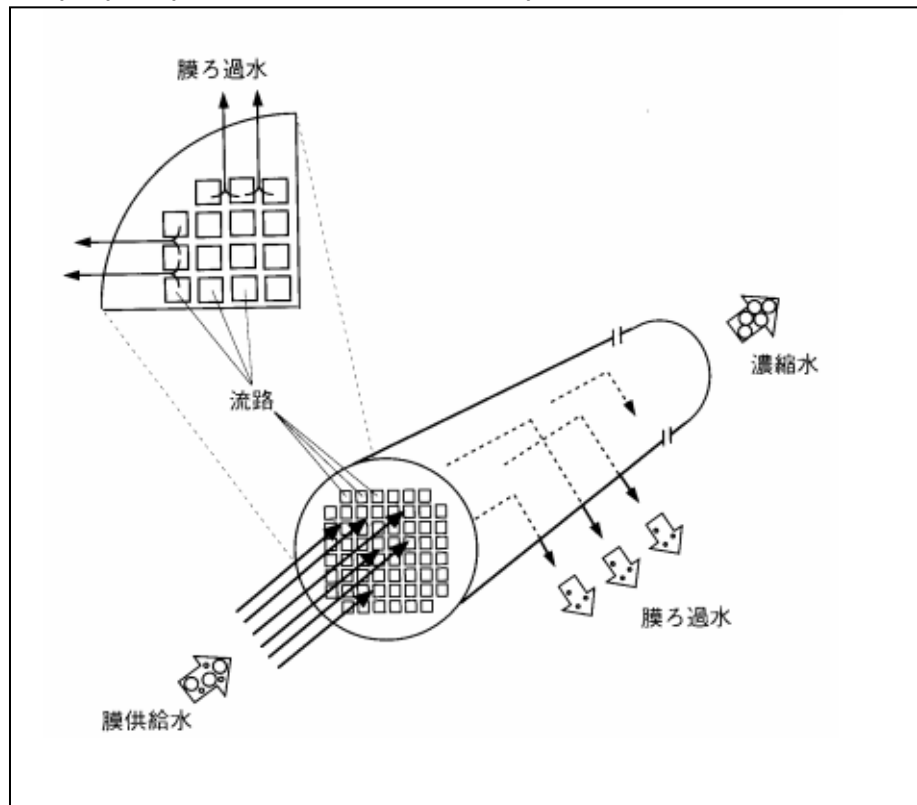
円管状に成形した膜であるチューブラ型の変種であると言える。マルチルーメン型あるいは、マルチチャンネル型とも呼ばれている。柱状体の内部に蓮根のように円筒状の流路を配置する構造で、その柱状に成形した複数の流路の内壁面に緻密層を形成した膜エレメント・モジュールで、形状が一本の石柱（モノリス）に似ていることからこう呼ばれている。

このモノリス型膜エレメントを単独、または、複数まとめて圧力容器に収納して膜モジュールとする。膜の形状から内圧式に限定される。加圧ろ過方式で、通水方式はモノリスの内部の孔に原水が供給され、外側にろ過水が流れ、膜ろ過水取出口から膜ろ過水が取り出される。

一般に使用されているモノリス型の材質はセラミック系である。

【図】

図 モノリス（型）膜（クロスフローろ過方式の例）



出典：水道における膜ろ過法 Q&A、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、179 頁 モノリス（型）膜（クロスフローろ過方式の例）

【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、78 - 79 頁

「水道における膜ろ過法 Q&A」、1995 年 2 月 28 日、社団法人水道浄水プロセス協会著、社団法人水道浄水プロセス協会発行、178 - 179 頁