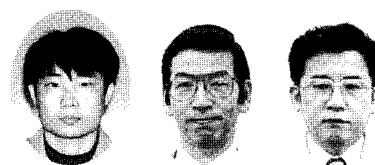


大規模浄水処理向け 浸漬型精密ろ過膜装置の紹介

Introduction of submerged microfiltration system for
large-scale drinking water treatment



(水)第1技術部第1グループ
藤井 匡
Tadashi Fujii
(環)廃棄物水環境室
小林 哲男
Tetsuo Kobayashi
(水)営業部第2グループ
山本 和良
Kazuyoshi Yamamoto

浄水水質の高品位化、維持管理の容易化を目的として、小規模設備を中心に浄水処理への膜ろ過技術の普及が進んでいる。また、最近になって中・大規模浄水処理への適用も検討され始めている。浸漬型精密ろ過膜装置は、従来の加圧型膜ろ過装置と比較して、省スペースでの建設が可能、大型化が容易等の特長を持ち、経済性に優れた大規模処理向けの膜装置である。

The membrane filtration system for drinking water treatment has spread mainly for small-scale plants, because this system offers high quality water and easy maintenance. Recently, the application of this system has also been considered for medium- and large-scale drinking water treatment plant.

Compared with the conventional pressurised-microfiltration system, the system using submerged-microfiltration membranes is much suitable for large-scale drinking water treatment, due to its characteristics of compact structure, cost effectiveness both in initial and running cost, and easy scale-up.

Key Words :

浸 漬 膜
膜 ろ 過
浄 水 処 理
精 密 ろ 過 膜
中 空 糸 膜

Submerged-membrane
Membrane filtration
Drinking water treatment
Microfiltration membrane
Hollow fiber membrane

まえがき

浄水処理における固液分離技術として、凝集沈殿・砂ろ過から構成される急速ろ過浄水システムが従来より主流であったが、膜利用型浄水システムの有効性を実証した官・学・民の共同プロジェクト MAC 21計画「膜利用型新浄水システム開発研究」(1991年～1993年)、及び高度処理 MAC21計画「膜利用型新高度浄水技術開発研究」(1994年～1996年)以来、国内での浄水処理における膜ろ過設備の稼働実績は年々増加傾向にある。

膜利用型浄水システムは、従来技術と比較して、処理水質の向上と安全性、維持管理の容易性、設備の省スペース性などの優位性を有し、近年問題視されている病原性原虫等による取水源の水質汚染、維持管理技術者の不足、浄水場建設用地確保の困難性に対応できる技術として期待されてきた。

このような背景のもと、2000年の6月現在で全国の膜ろ過浄水設備の普及数は、工事中や通水予定を含め185件、合計給水量は日量8万2千 m^3 に達している¹⁾。また規模的にも、普及当初は日量数百

m³の簡易水道向け小規模設備が主体であったが、膜処理の優位性が普及の進む中で充分に実証され、また社会的にも認知されてきたことにより設備の大型化が進み、最近では日量1万4千 m³ 規模の設備が導入されるに至っている。

本報では、今後も進んで行くと予想される膜ろ過浄水設備の大型化に対応できる技術として、最近になって開発された大規模浄水処理向け浸漬型精密ろ過膜装置についてその概要を紹介する。

1. 大規模浄水処理への膜ろ過の適用

1.1 当社の精密ろ過膜装置²⁾³⁾

当社は浄水処理用精密ろ過膜 (MF 膜) 装置として、特長ある洗浄機構を有する SP-MEMCOR を販売しており、全国の約10ヶ所の浄水施設において本装置を納入している。SP-MEMCOR の装置概観を第1図に、膜モジュールの概観を第2図に示す。

本装置では伸縮性に優れたポリプロピレン製の中空糸膜を使用しており、その伸縮性を利用した600 kPa の高圧空気による逆圧空気洗浄で膜のファウリング進行を抑制することを特長としている。

中空糸膜はセンターチューブと呼ばれるステンレス製容器内に収納されており、モジュール内を加圧することによって膜ろ過を行い処理水が得られる加圧方式 (ケーシング収納方式) を採用している。

1.2 加圧型膜ろ過設備の大型化の問題点

現在、国内で浄水処理用に普及している膜ろ過設備のろ過方式は、SP-MEMCOR と同様に加圧方式が主流となっている。しかし、加圧型膜ろ過設備により日量数万 m³ の大規模処理を行う場合には、処理水量の増加に比例してケーシングの数が増え、設備費的に不利になると共に、本来の膜ろ過設備のメリットである省スペース性、維持管理の容易性が充分に得られないものと考えられる。

1.3 浸漬型膜ろ過設備の適用

近年、膜モジュールを直接開放水槽に浸漬して膜ろ過を行う槽浸漬方式の膜ろ過設備が注目されてき

ている。本方式ではケーシングが不要であるため、大型化に伴う設備の煩雑化を招かないと同時に、既設の沈砂池や凝集沈殿池、また遊休水槽を改造しての設置が容易に可能であることから、設置面積及び設備費の大幅な削減が可能な技術として、大規模浄水処理への適用が期待される。

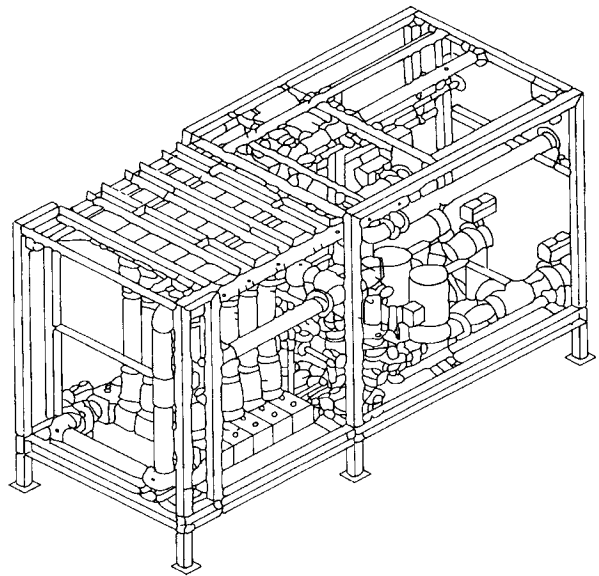
2. 浸漬型精密ろ過膜装置

大規模浄水処理向け浸漬型精密ろ過膜装置の概要について次に示す。本装置は当社と販売提携先である米国 U.S. フィルター社による開発商品で、当社にて実証研究を行っている。

2.1 概要

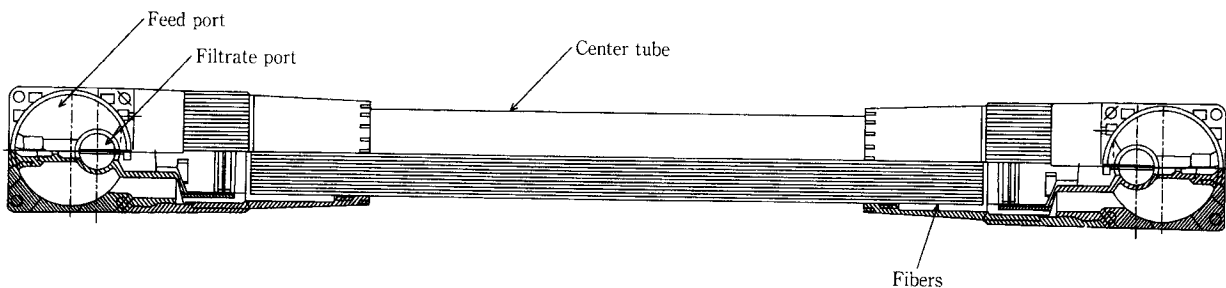
1) 処理方式

本装置は膜モジュールを直接コンクリート製または鋼製製の開放水槽に浸漬して使用される。ろ過の駆動力は膜二次側から処理水をポンプによって吸引することで得られ、ろ過差圧を吸引ラインに設置した負圧計によって監視することで自動運転管理を行



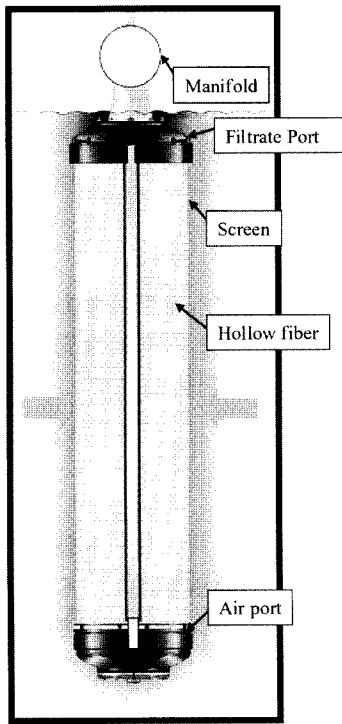
第1図 SP-MEMCOR (180~360 m³/日)

Fig. 1 SP-MEMCOR (180~360 m³/d)

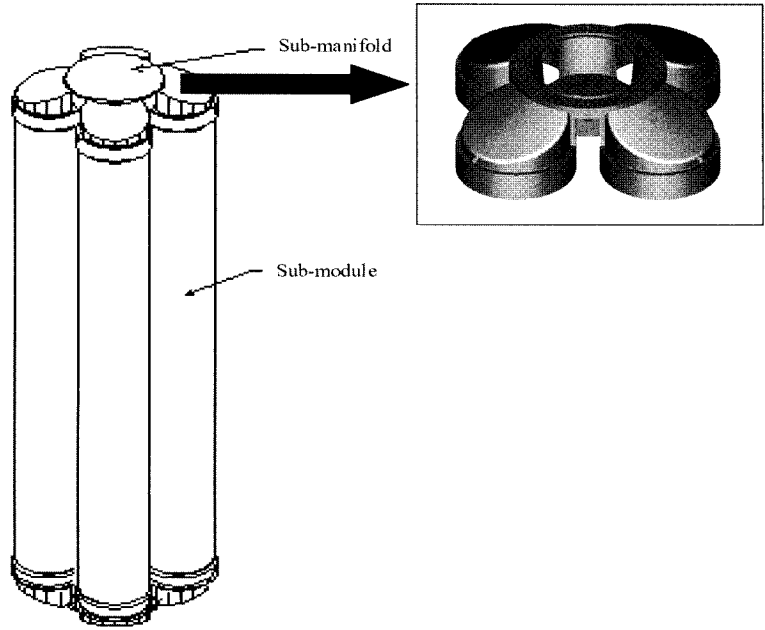


第2図 膜モジュール (M10C型, 膜面積: 15 m²)

Fig. 2 Membrane module (M10C type, membrane surface area: 15 m²).



第3図 サブモジュール (膜面積 : 13 m²)
Fig. 3 Sub-module (membrane surface area:13 m²).



第4図 クローバー (膜面積 : 52 m²)
Fig. 4 Clover (membrane surface area:52 m²).

うことを標準としている。

2)モジュール構造

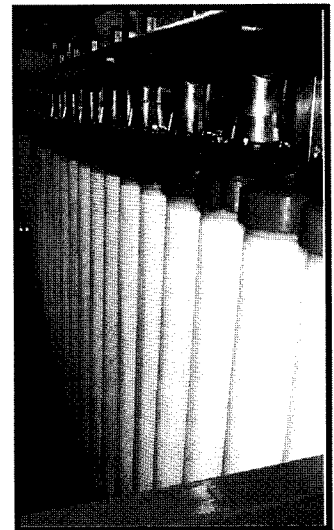
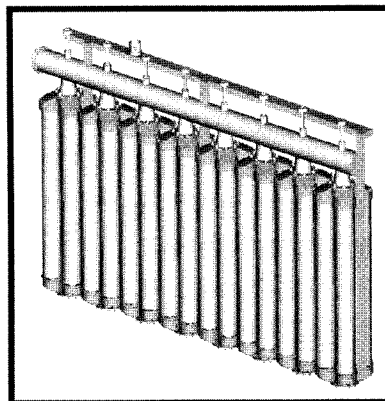
本装置では SP-MEMCOR と同じ MEMCOR 膜が使用される。円筒型の外圧中空糸膜は浸漬水槽内に縦方向に配置され設置面積の低減を図っている。膜モジュールは次に示すように標準化され、浸漬水槽 (フィルターセル) を複数並べることで容易に大規模処理への計画が可能ないように設計されている。

① サブモジュール

サブモジュールの模式図を第3図に示す。モジュールの下部には小さな穴が複数開けられており、そこから圧縮空気を均一に吹き出すことによって、上昇空気流により中空糸膜表面を洗浄するエアスクラビング洗浄方式を採用している。サブモジュールは1本当たり13 m²の膜面積 (U.S. フィルター社公称) を有する。

② クローバー

サブモジュール4本の集合体をクローバーと称する。クローバーの概観図を第4図に示す。クローバー1本当たりで52 m²の膜面積を有する。



第5図 モジュールラック (膜面積 : 416 m²)
Fig. 5 Module rack assembly (membrane surface area:416m²).

③ モジュールラック

8本のクローバーを吊り下げたモジュールラックの概観図を第5図に示す。モジュールラック1列当たりで416 m²の膜面積を有する。

④ フィルターセル

フィルターセルには設備容量に応じて複数のモジュールラックが設置される。フィルターセルの概観図を第6図に示す。1セル当たり最大

で18列のモジュールラックの設置を可能としており、1セルでの膜面積は最大7488 m²、日量1万~2万 m³の処理を可能としている。

3) 運転工程

本装置の標準運転工程を次に示す(第7図参照)。

① ろ過工程

水槽内に浸漬された膜モジュールからポンプによる吸引によって膜ろ過を行う。本工程は原水水質にも左右されるが、通常10~20分継続後、次の物理洗浄工程へと移行する。

原水は処理水排出に連動して、水槽水位が一定になるように供給される。

② 物理洗浄工程

サブモジュール下部から圧縮空気を吹き出し、膜面をエアスクラビング洗浄することによって、通水工程の間に膜面に蓄積したファウリング物質を除去する。必要により、エアスクラビング洗浄と併用して処理水による逆圧水洗浄も行い、ファウリングによるろ過差圧の上昇の軽減を図っている。

本工程終了後、通常は再びろ過工程に戻る。

③ 排水工程

ろ過工程と物理浄水工程の繰り返しが進むに従い、水槽内に懸濁成分が徐々に濃縮されていく。濃縮水の濁度または水回収率が設定値に達した時点で槽内の濃縮水を全量排出する。

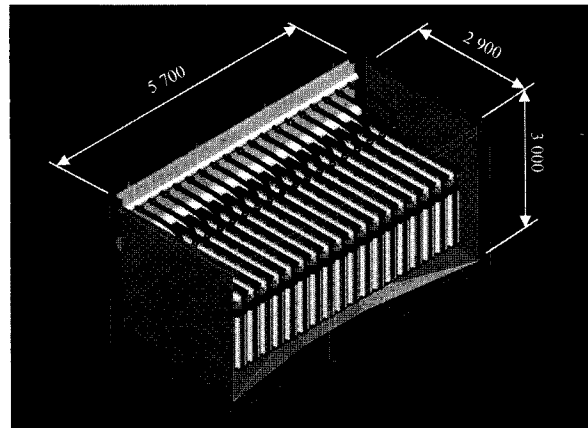
④ 水張り工程

排出工程終了後、処理原水で水槽内の水張りを行い次のろ過工程に備える。

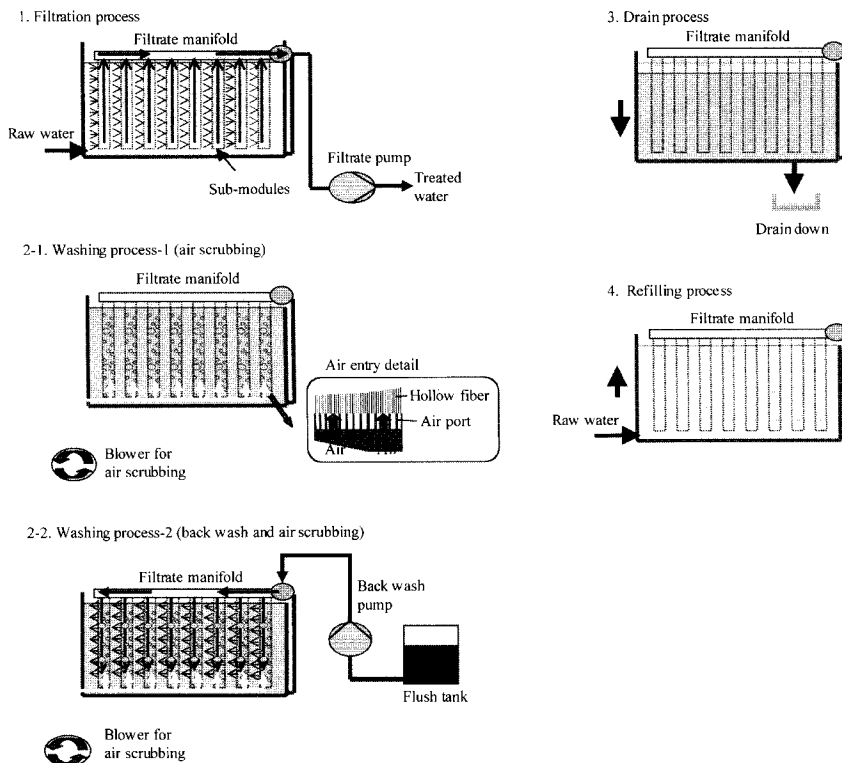
2.2 特長

1) 大規模処理での実績

本装置は、オーストラリアのヴィクトリア州において日量16万5千 m³(一期工事12万6千 m³を建設中)の世界最大規模の大型膜ろ過浄水設備に採用されている⁴⁾。本設備(一期工事)の概観図を第8図に示す。576本のサブモジュールを装着したフィルターセルが6槽で構成され、水槽と処理水ポンプ



第6図 フィルターセル(膜面積:7488 m²)
Fig. 6 Filter cell (membrane surface area:7488 m²).



第7図 標準運転工程
Fig. 7 Standard operating process.

の設置に必要な敷地面積が20 m×20 m とコンパクトな設計となっている。

2) コンパクトな設備

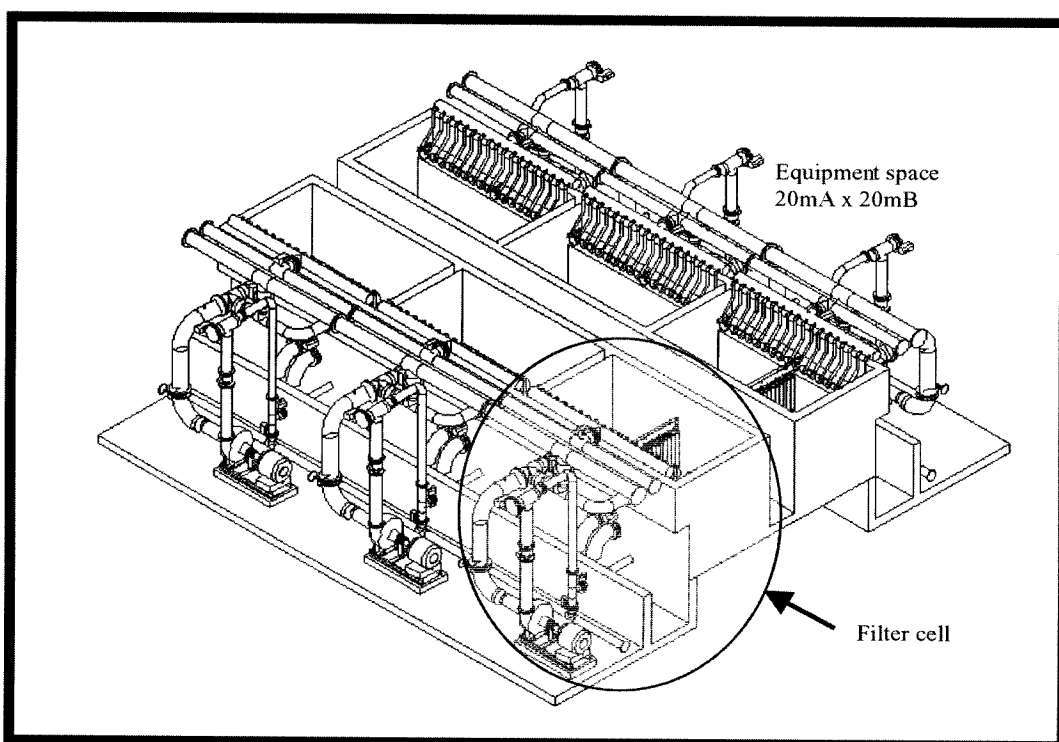
本装置では膜ケーシングが不要であるため、前述のように大規模処理の場合でも設備のコンパクト化が可能である。加圧型と浸漬型の MEMCOR 膜設備の仕様比較を第1表に示す。従来、コンパクト性を特長としていた加圧型 MEMCOR 膜設備（海外実績で単位面積処理能力59 m³/日/m²）と比較しても、浸漬型での単位面積処理能力は93 m³/日/m²と大幅な省スペース化が実現できる。尚、第1表の設備面積は前処理設備に必要な面積を含まないものとする。

3) 実績のある MF 膜

本装置では浄水分野において全世界で豊富な実績を有する MEMCOR 膜が使用される。ポリプロピレン製の本膜は延伸製法による伸縮性に富んだ膜であるため、従来の中空糸膜よりも多量の空気量によるエアスクラビング洗浄が可能である。また、膜装置前段での原水殺菌や鉄、マンガン酸化除去を目的とした前塩素が要求される場合には、耐塩素性に優れたポリフッ化ビニリデン膜の適用も可能である。

4) 標準化された装置

前述の通り、モジュールシステムが標準化されているため、処理水量に応じてフィルターセルを並べただけで容易に設備設計が可能である。



第8図 浸漬型精密ろ過膜装置の外観（6×フィルターセル，126 000 m³/日）

Fig. 8 Out side view of submerged microfiltration plant (6×filter cell, 126 000 m³/d)

第1表 加圧型と浸漬型の MEMCOR 膜設備仕様比較

Table 1 Comparison in specification of pressurised- and submerged-MEMCOR plants.

Location of plant	Australia	England
Module type	Submerged in open tank	Housed in pressure vessel
Capacity [m ³ /d]	165 000	59 000
Pre-treatment	Coagulation/sand filtration	Screen
Q'ty of skid (cell)	8 cells	19 skids
Total membrane area [m ²]	59 904	25 650
Total plant space* [m ²]	1 770	1 000
Capacity/plant space [m ³ /d/m ²]	93	59

*Exclude plant space for pre-treatment.

3. ACT21実証実験概要

(財)水道技術研究センターは、1997年～2001年の5ヶ年計画で水道における浄水技術の革新と高効率化の実現を最終目的にACT21「高効率浄水技術開発研究」を実施している。本研究は、従来浄水技術と比較して、(1)より高い汚染物質除去性能を有し、(2)処理施設の小型化・簡素化及び管理の省力化が図れ、(3)信頼性がより高い「高効率浄水技術」の開発を目指し、7グループに別れて研究を行っている。当社は、そのうちの第3グループの「膜ろ過法の新分野への適用技術に関する研究」に参画し、前述の浸漬型精密ろ過膜装置を使用した持ち込み研究を実施している。その内容について次に一部を紹介する。

3.1 実験場所

千葉県松戸市七右衛門新田540-5
北千葉水道企業団北千葉取水場

3.2 実験原水

江戸川表流水(取水場沈砂池より取水)

3.3 実験期間

2000年7月～2001年9月(予定)

3.4 実験目的

本実験では中・大規模浄水場への膜ろ過技術の適用開発を念頭に置いている。そのため、容易に大型化が可能な浸漬型膜ろ過装置を使用し、次の点に着目しながら、高透過流束で長期安定運転が可能な運転技術の確立を目指している。

1) 適切な薬品洗浄方法の確立

大規模膜ろ過設備で維持管理上問題になると考えられるのが、汚染膜の性能回復のために実施する薬品洗浄方法である。簡易水道等の小規模膜ろ過設備の場合では、汚染膜を取り外して場外で薬品洗浄を行うオフライン洗浄も可能であるが、莫大なモジュール数を有する大規模設備ではオフライン洗浄は管理上不可能と言え、オンラインによる洗浄が必要不可

欠と言える。本実験では、処理水に対してより高い安全性が求められる浄水設備において、安全、簡素で且つ効率良く、安価な薬品による洗浄方法を確立することを目的としている。

2) 適切な前処理法と物理洗浄法の確立

長期にわたり高い膜性能を維持するためには、膜ファウリングの原因となる懸濁成分やフミン質等の溶解性有機成分、鉄やマンガン等の金属成分を膜前段で極力除去することが望まれる。また、エアスクラビング洗浄や逆圧水洗浄等の適切な物理洗浄の併用が必要とされる。本実験では、膜ファウリングの軽減を目的とした経済的な前処理法や物理洗浄法の確立を目的としている。

むすび

海外において大規模浄水処理への適用が進んでいる浸漬型精密ろ過膜装置について紹介した。本装置は従来の膜ろ過設備の課題であった大型化の困難性を解決した技術である。

膜ろ過法はその優れた固液分離性能だけでなく、活性炭吸着や生物処理等の高度処理との組み合わせも容易に可能であることなどの優れた特性を有している。今後、国内の大規模浄水場においてもその適用が検討されると考えられ、本浸漬型精密ろ過膜装置の普及が期待される。

尚、ACT21における実証実験は前澤工業株式会社との共同実験として実施している。実験結果についてはまたの機会に紹介したいと考える。

[参考文献]

- 1) 渡辺義公：水道協会雑誌，Vol.69，No.9(2000)，p.2，(社)日本水道協会
- 2) 西尾弘伸：神鋼パンテック技報，Vol.38，No.3(1994)，p.26
- 3) 松井日出夫ほか：神鋼パンテック技報，Vol.41，No.1(1997)，p.48
- 4) 三浦邦夫：化学装置，Vol.42，No.9(2000)，p.52

連絡先

藤井 匡 環境装置事業部
水処理本部
第1技術部第1グループ
TEL 078-232-8098
FAX 078-232-8057
E-mail td.fujii@pantec.co.jp