

写真6-29 膜ろ過設備設置状況

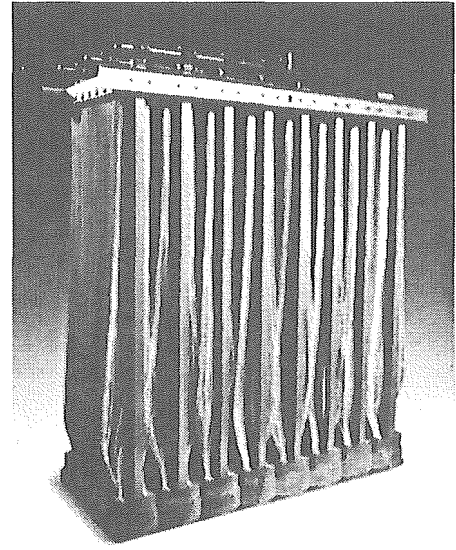


写真6-30 膜モジュール設備

(2) 処理性能

1) 原水水質

原水水質はミネラル含有量が低く、硬度60mg/L (CaCO₃) 程度である。濁度は通常5NTU以下、しかし、季節によってはピーク時に50NTUに達する。粒子数(2 μ m以上)は10,000個/ml以下、DOCは通常1.6mg/L程度と非常に低い値である。クリプトスピリジウムオーシストやジアルジアシストが検出されたことがある。原水水温は季節により1~20 $^{\circ}$ Cまで変化する。

2) 膜ろ過水水質

膜ろ過水水濁度は0.02NTU、粒子数(2 μ m以上)は1~3個/ml、色度<1TCU、クリプトスピリジウムやジアルジア、バクテリアは不検出と安定した処理性能が確保されている。

6. 2. 4 ネルソン (O. Fred Nelson) 浄水場 (アメリカ) 膜ろ過設備の概要

ネルソン浄水場 (写真 6-31) はアメリカ イリノイ州シカゴの北約120kmのミシガン湖畔にある浄水処理施設である。以前の処理法は、砂ろ過+塩素処理 (1916年建設) であったが、老朽化のため更新が必要となった。処理方法の検討に際しては、所在地がミルウォーキーに近く、住民がクリプトスポリジウムに対して、高い関心を持っていたこと、新施設に使用できる場所が非常に狭いことなどを考慮する必要があった。これらの前提条件で検討が進められた結果、膜ろ過法が採用され、1998年に膜ろ過施設 (最大処理水量 75,700m³/日) が建設された。膜ろ過法採用の理由としては、①安全な飲料水を安定供給できること、②クリプトスポリジウム除去が確実であること、③狭いスペースに設置可能なコンパクトな施設であることなどが挙げられた。

(1) 施設の概要

図 6-29 に浄水処理設備フロー、表 6-29 に施設概要を示す。また、膜ろ過設備平面配置図を図 6-30 に、膜ろ過設備全景および膜ろ過設備を写真 6-32 に示す。

1) 前処理設備

前処理として、ストレーナ (500 μ m) が設置されている。原水の高濁度に対しても凝集剤注入は行っていない。

2) 膜ろ過設備

膜モジュールは、外圧式中空糸MF膜を用いている。膜材質はポリプロピレンである。膜ろ過設備は、1設備90モジュールで、8設備を1系列として2系列で構成されている。定流量制御の全量ろ過で通水し、洗浄は空気逆洗を一定時間定期的に行う。

3) 薬品洗浄設備

薬品洗浄は、オンサイトでオンライン洗浄が行われている。使用薬品はアルカリ洗浄として膜洗浄用薬品 (主成分は水酸化ナトリウムと界面活性剤) を使用する。アルカリ洗浄で膜差圧の回復が悪い場合には、1~2%のクエン酸で再洗浄する。

洗浄液は繰り返し6回使用后、中和処理して下水道へ放流する。また、薬洗リンス水は無処理で下水道へ放流する。

4) 薬品注入設備

薬品注入設備は、消毒設備 (塩素滅菌)、フッ素注入設備 (虫歯予防)、ポリリン酸注入設備 (防食) から構成されている。

(2) 処理性能

1) 原水水質

原水濁度は10~30NTU程度である。天候により500~1,000NTUまで上昇する。

また、原水中にはクリプトスポリジウム、ジアルジアなどが検出されている。

(表 6-30 参照)

2) 処理水水質

表 6-30 に処理水水質を示す。膜ろ過水は、原水水質変動に影響されず安定して

おり、水質基準を満足している。

表6-29 施設概要

事業体	ケノーシャ市	
浄水場	ネルソン浄水場	
最大給水量	75,700 m ³ /日 (膜ろ過)	
稼働開始年	1998年	
取水源	ミシガン湖水	
浄水設備		
前処理	型式	全自動自動洗浄ストレーナ
	目開き	500 μm
	数量	3基
	凝集剤注入	なし
膜および膜モジュール仕様		
	膜種類	精密ろ過膜 (MF膜)
	膜型式	外圧式中空糸
	膜材質	ポリプロピレン
	公称孔径	0.2 μm
	モジュール型式	ケーシング型
	モジュール膜面積	15m ² /本
	モジュール寸法	180mmL×180mmW×1,748mmH
	許容膜差圧	200 kPa
膜ろ過設備仕様		
	モジュール本数	90本/設備
	設備数	8設備 (4設備/系列×2系列)
運転条件		
	ろ過方式	全量ろ過
	駆動圧方式	ポンプ加圧方式
	運転制御	定流量制御
	膜ろ過流束	3.5 m ³ /m ² ・日
	洗浄方法	逆圧空気洗浄
	洗浄頻度	30.5分
	逆洗時間	2.5分
	回収率	92%
	逆洗排水処理	下水道へ放流
	薬品洗浄方法	オンライン洗浄
	膜損傷対策	メンブレンテスト+ソニックアナライザーテスト

表 6 - 3 0 原水水質および膜ろ過水水質

項 目	原 水		膜ろ過水
	平均値	最小～最大値	
水温 (°C)	—	0～21	—
pH (—)	8.1	7.1～8.4	—
濁度 (NTU)	50.4	1.5～401	0.02以下
クリプトスポリジウム (cysts/100ml)	—	0～1	0
ジアルジア (cysts/100ml)	18	0～83	0
バクテリア (HPC colonies/ml)	109	0～2,600	0
大腸菌群 (cfu/100ml)	99	0～1,600	0

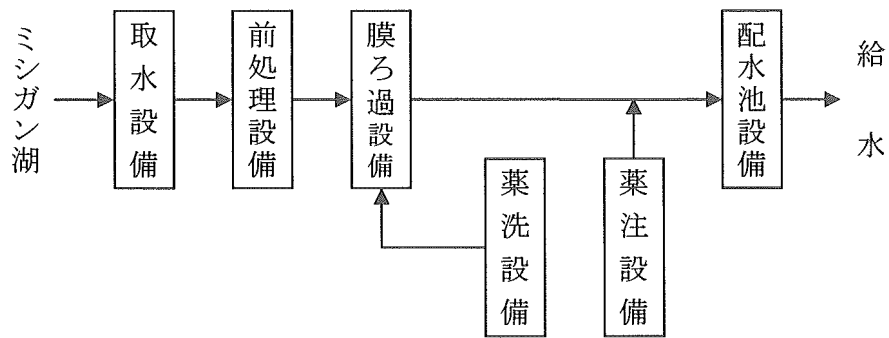


図 6 - 2 9 浄水処理設備フロー

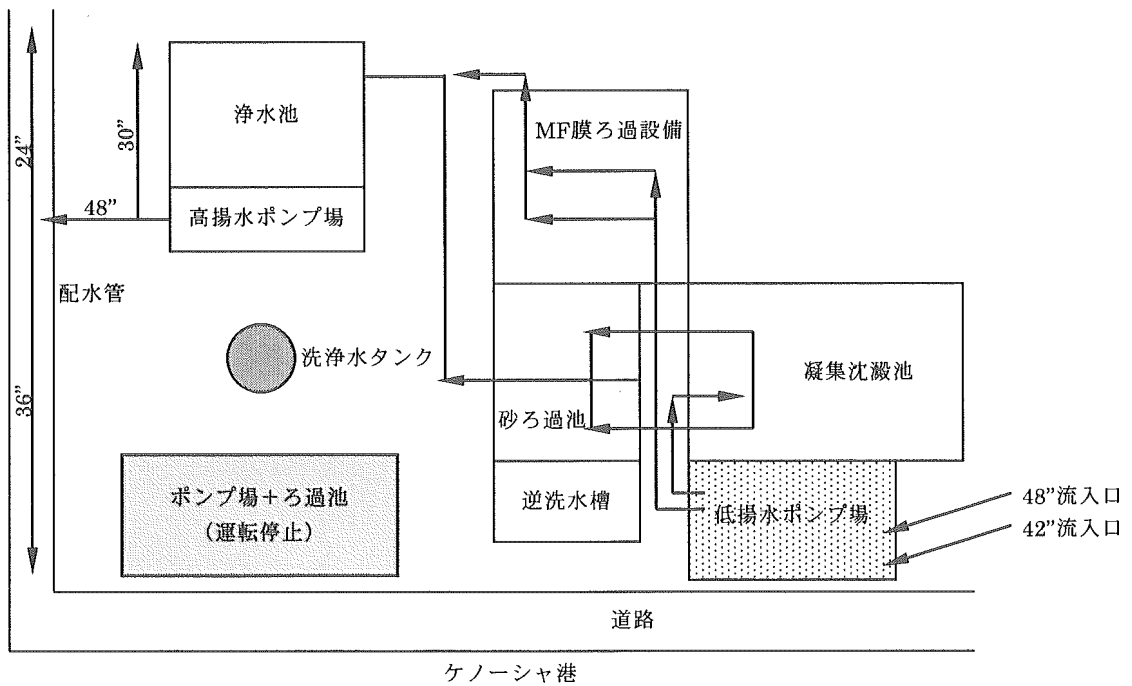


図 6 - 3 0 膜ろ過設備平面配置図

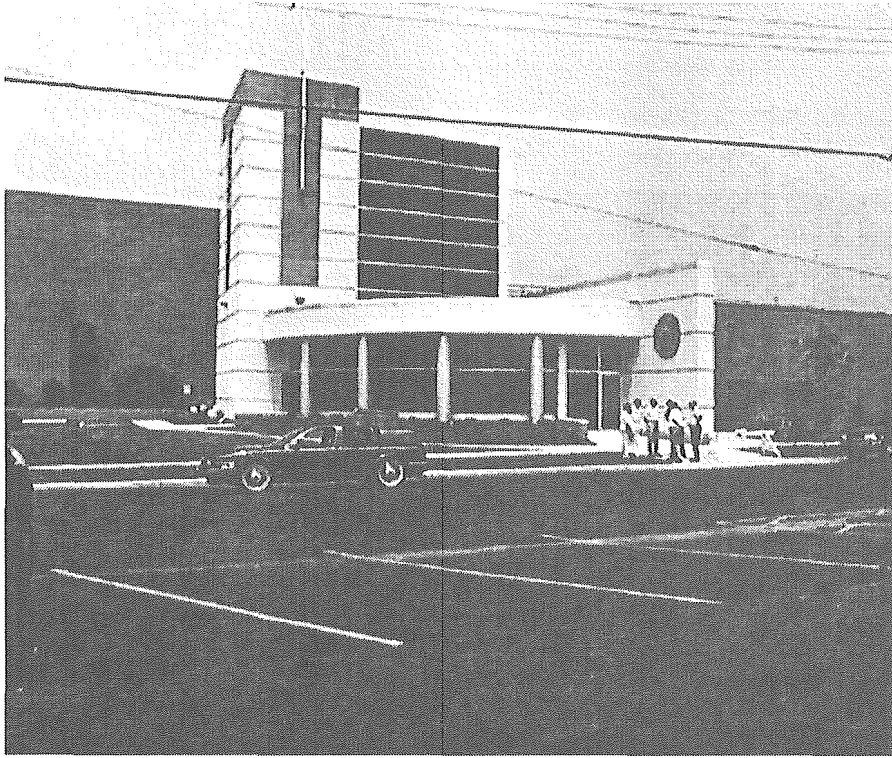


写真 6 - 3 1 ネルソン浄水場正面

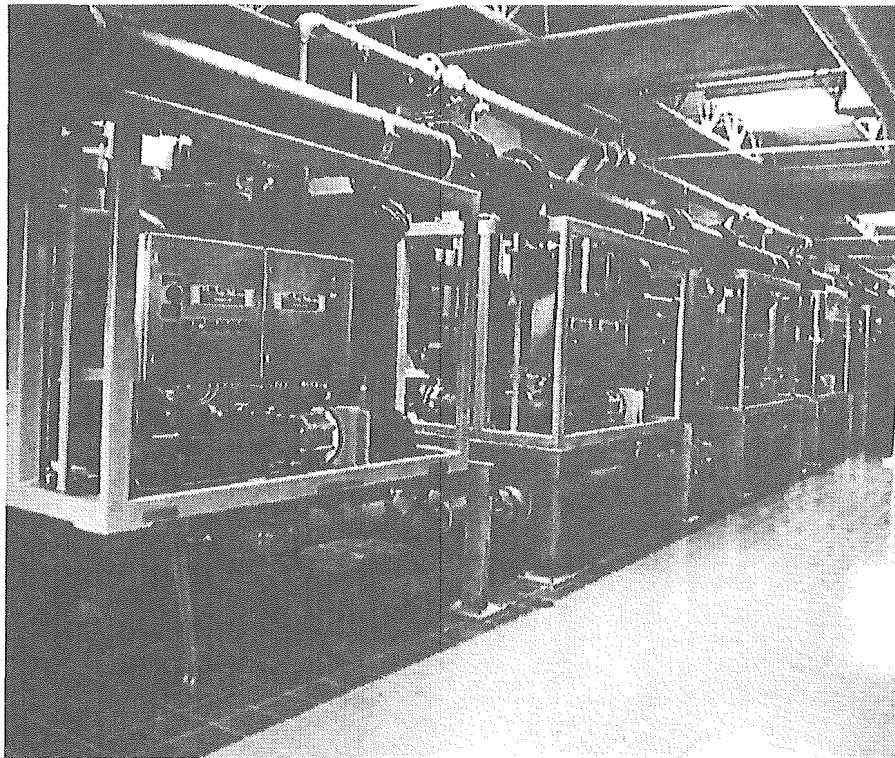


写真 6 - 3 2 膜ろ過設備

6. 2. 5 サンパトリシオ (San Patricio) 浄水場 (アメリカ) 膜ろ過施設の概要

アメリカ テキサス州イングルサイド市にあるサンパトリシオ浄水場 (写真6-33) は、37,500m³/日の上水道と22,700m³/日の工業用水を凝集沈澱ろ過処理して配水している。今回の膜ろ過設備は、新たに化学プラントのコジェネ用水および上水道のバックアップ用として、化学会社とイングルサイド市で共同で建設した29,500m³/日の施設である。アメリカでは水質、メンテナンス性はもちろんのこと、最近では設備費の面でも従来法と比べて膜ろ過法の優位性が出るようになり、急速に広まりつつあるが、本件も事前のパイロットテストの結果および経済性などが検討された結果、膜ろ過法が導入された。

(1) 施設概要

図6-31に浄水処理設備フロー、表6-31に施設概要を示す。また、膜ろ過施設全景を写真6-34に示す。

原水であるニューセス川の水は、藻類対策およびトリハロメタン低減のために二酸化塩素が注入されるとともに、高濁度対策として凝集剤が添加され沈澱池に流入する。ストレーナー通水後、消毒用として塩素が添加された後、MF膜により懸濁物質を完全に除去され浄水となる。

1) 前処理設備

前処理設備は、膜ろ過の安定稼働を考慮して膜供給水の濁度変動を極力少なくするため、硫酸バンドによる凝集沈澱が配置されている。

2) 膜ろ過設備

膜モジュールは外径6インチ (140mm) で2m長の大型タイプ (膜面積50m²) で、膜材質は塩素の常時添加にも耐性が強く、また物理的強度にも優れ長寿命が期待できるPVDFが採用されている。膜ろ過設備は1系列50モジュールで、6系列で構成されている。定流量制御のクロスフローろ過で通水され、物理洗浄は膜ろ過水に塩素を注入した水による逆圧水洗浄と空洗が一定時間定期的に行われる。

3) 薬品洗浄設備

膜の薬品洗浄は、膜モジュールの本数が多いことからオンサイトで行われる。使用薬品は、酸と次亜塩素酸ナトリウムを標準とし、膜ろ過設備毎洗浄される。

4) 薬品注入設備

薬品注入設備として、二酸化塩素注入設備、凝集剤注入設備、塩素水注入設備が配置されている。二酸化塩素注入設備は、藻類対策およびトリハロメタン低減用である。凝集剤注入設備としては硫酸バンド注入設備が配置され、その注入率は濁度5~200NTU (平均14NTU) に対応するため通常60mg/Lである。塩素水注入設備は、浄水消毒用と膜物理洗浄用である。

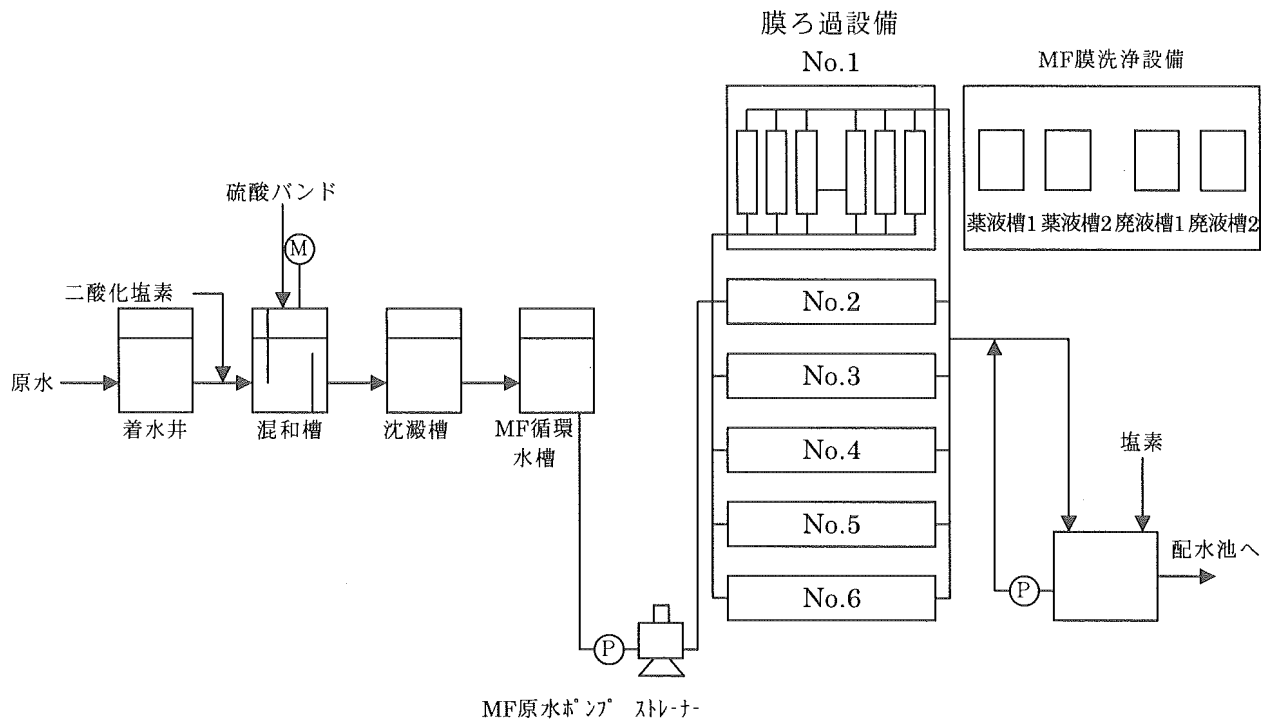


図 6 - 3 1 浄水処理設備フロー



写真 6 - 3 3 サンパトリシオ浄水場

表 6 - 3 1 施設概要

事業体 浄水場 最大給水量 稼働開始年 取水源	San Patricio Water Distict サンパトリシオ浄水場 29,500 m ³ /日 1999年 ニューセス川	
浄水設備		
前処理	型式	凝集沈澱設備，二酸化塩素注入設備
	薬品注入量	硫酸バンド 通常60mg/L
	二酸化塩素注入量	通常1.2mg/L
膜および膜モジュール仕様		
	膜種類	精密ろ過膜（MF膜）
	膜型式	外圧式中空糸
	膜材質	PVDF
	公称孔径	0.1 μm
	中空糸径	0.7mm（内径）/1.3mm（外径）
	モジュール型式	ケーシング型
	モジュール膜面積	50m ²
	モジュール寸法	φ165mm×2,338mm
	モジュール数量	300本
	許容膜差圧	300 kPa
		膜ろ過設備仕様
モジュール本数	50本/設備	
	付帯設備	循環ポンプ，逆洗ポンプ，空気圧縮機，空気作動弁，定流量弁，精密濁度計など
	数量	6設備
設計条件		
	ろ過方式	クロスフローろ過
	駆動圧力方式	ポンプ加圧方式
	運転制御	定流量弁による定流量制御
	膜ろ過流束	2.0 m ³ /m ² ・日
	洗浄方法	膜ろ過水による逆圧水洗浄 （物理洗浄水に塩素を注入）
	逆洗頻度	30分に1回
	逆洗時間	30秒
	空洗頻度	60分程度に1回
	空洗時間	120 秒
	回収率	95%
	逆洗排水処理	必要に応じて着水井に返送
	薬品洗浄方法	オンライン洗浄
	膜損傷対策	膜ろ過設備毎に膜ろ過水を精密濁度計（0.0001～2度）で測定 インラインエアリークテストも適宜実施

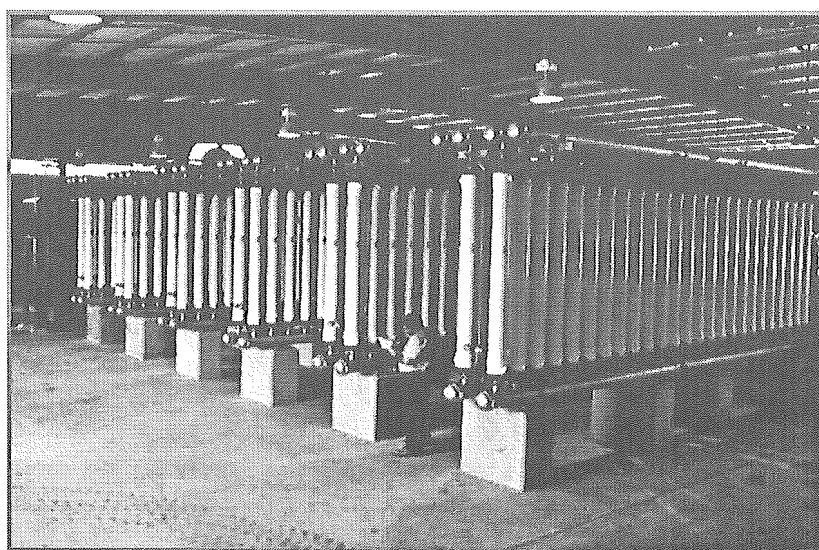


写真 6 - 3 4 膜ろ過設備全景

(2) 処理性能

1) 原水水質

原水濁度は平均で14NTUと高く、色度も100度前後と高い。降雨時には濁度は200NTUまで上昇する。そのため前処理で凝集沈澱処理を行うことによって、膜供給水濁度を2NTU程度まで下げている（表 6 - 3 2）。原水水温は平均22℃で、最低8℃から最高30℃程度の変動幅がある。

表 6 - 3 2 膜供給水水質例

測定項目		膜供給水水質 (平均)
pH	(—)	8.3
アルカリ度	(mg/L)	14.1
濁度	(NTU)	1.75
硬度	(mg-CaCO ₃ /L)	217
シリカ	(mg-SiO ₂ /L)	20
TOC	(mg/L)	6

2) 膜ろ過水水質

膜ろ過水は、原水水質変動に影響されず安定しており、水道水水質基準を満足している。

6. 2. 6 ピッツバーグ (Pittsburgh) 浄水場 (アメリカ) 膜ろ過施設の概要

アメリカ ペンシルベニア州ピッツバーグ市にあるピッツバーグ浄水場 (写真6-35) は、75,700m³/日の膜ろ過施設である。本設備に膜ろ過が採用された背景は、昨今アメリカで重要な水質問題となっているクリプトスポリジウムの除去が目的であり、事前のパイロットテストの結果および経済性などが比較検討された結果、本膜ろ過法が導入された。

(1) 施設概要

図6-32に浄水処理設備フロー、表6-33に施設概要を示す。また、膜ろ過設備平面配置図を図6-33に示す。

原水である河川水は凝集沈澱処理後砂ろ過で除濁され、消毒用として次亜塩素酸ナトリウムを添加された後、MF膜により懸濁物質を完全に除去され浄水となる。

1) 前処理設備

前処理設備は、既存の硫酸バンドによる凝集沈澱および砂ろ過が配置されている。

2) 膜ろ過設備

膜モジュールは外径6インチで2m長の大型MF膜モジュール (膜面積50m²) で、膜材質は次亜塩素酸ナトリウムの常時添加にも耐性が強く、また物理的強度にも優れ長寿命が期待できるPVDFが採用されている。特に前処理済みの低濁度水が膜ろ過原水であるため均一な孔径分布を持ち、空孔率の高いMF膜で高透水性 (2.8m³/m²・日) での運転が可能となっている。膜ろ過設備 (写真6-36) は1系列53モジュールで、10系列で構成されている。定流量制御のクロスフローろ過で通水され、物理洗浄は膜ろ過水に次亜塩素酸ナトリウムを注入した水による逆圧水洗浄と空洗が一定時間定期的に行われる。

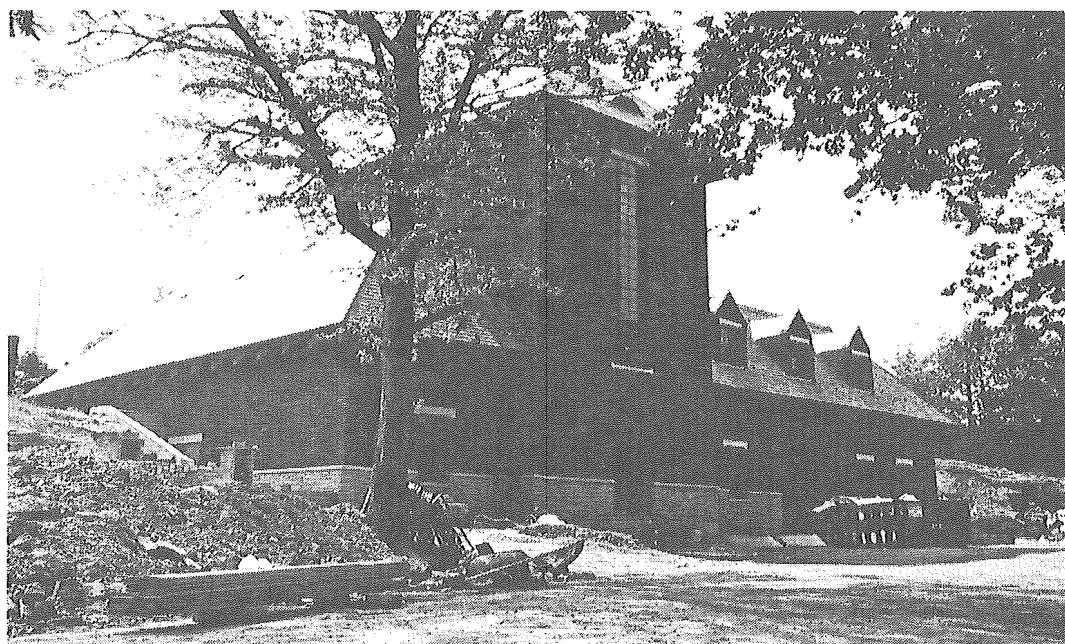


写真6-35 ピッツバーグ浄水場

3) 薬品洗浄設備

膜の薬品洗浄は、膜モジュールの本数が多いことからオンサイトで薬品洗浄設備を配置した。使用薬品は、酸と次亜塩素酸ナトリウムを標準とし、膜ろ過設備毎に洗浄を行う。

4) 薬品注入設備

薬品注入設備として、凝集剤注入設備、次亜塩素酸ナトリウム注入設備が配置されている。

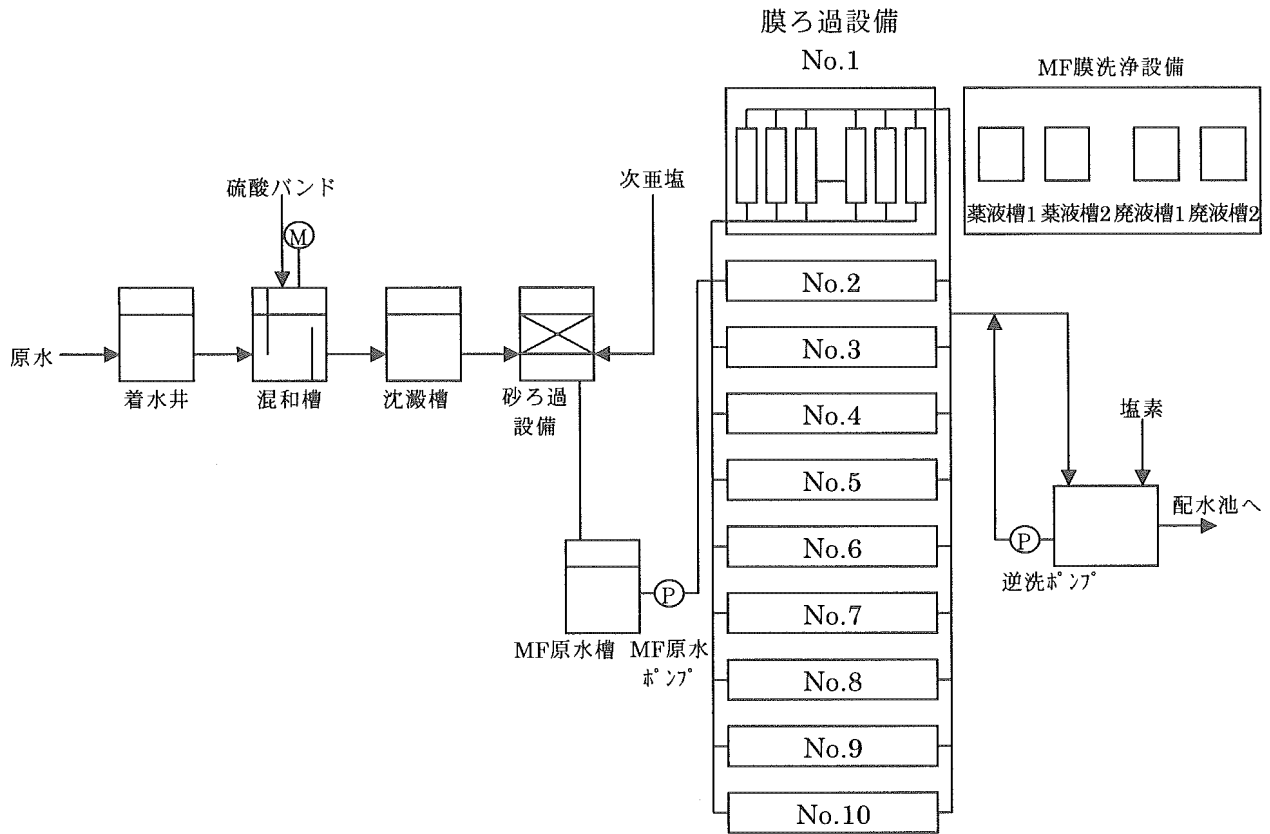
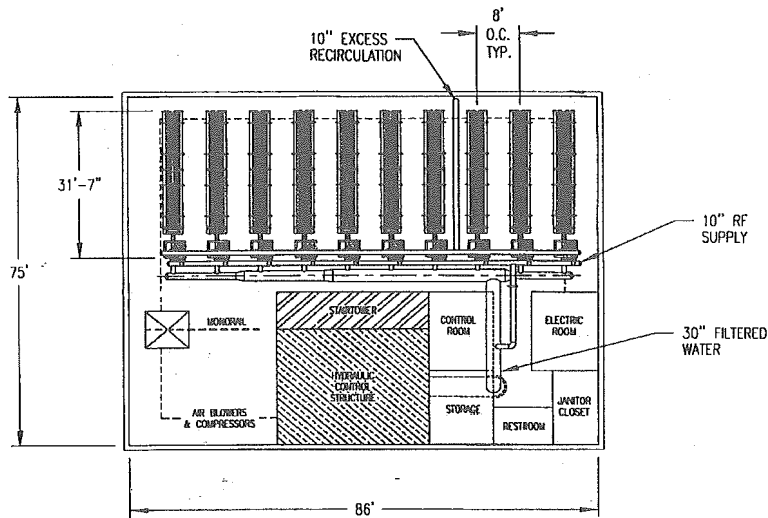


図 6 - 3 2 浄水処理設備フロー



建屋寸法 32m×22.5m

図 6 - 3 3 膜ろ過設備平面配置図

表 6 - 3 3 施設概要

事業体 浄水場 最大給水量 稼働開始年 取水水源	ピッツバーグ市 ピッツバーグ浄水場 75,700 m ³ /日 2000年5月 河川表流水	
浄水設備		
前処理	型 式	凝集沈澱設備, 急速ろ過設備
膜ろ過設備	膜および膜モジュール仕様	
	膜種類	精密ろ過膜 (MF膜)
	膜型式	外圧式中空糸
	膜材質	PVDF
	公称孔径	0.1 μm
	中空糸径	0.7mm (内径) / 1.3mm (外径)
	モジュール型式	ケーシング型
	モジュール膜面積	50 m ²
	モジュール寸法	φ 165mm×2,338mm
	モジュール数量	530 本 (600本まで増設可能)
	許容膜差圧	300 kPa
膜ろ過設備仕様		
	モジュール本数	53本/設備
	付帯設備	循環ポンプ, 逆洗ポンプ, 空気圧縮機, 空気作動弁, 定流量弁, 精密濁度計など
	数 量	10設備
設計条件		
	ろ過方式	クロスフローろ過
	駆動圧力方式	ポンプ加圧方式
	運転制御	定流量弁による定流量制御
	膜ろ過流束	2.8 m ³ /m ² ・日
	洗浄方法	膜ろ過水による逆圧水洗浄 (物理洗浄水に次亜塩素酸ソーダを注入)
	洗浄頻度	30分程度に1回
	逆洗時間	30秒
	空洗頻度	60分程度に1回
	空洗時間	120 秒
	回収率	95%
	逆洗排水処理	必要に応じて着水井に返送
	薬品洗浄方法	オンライン洗浄
	膜損傷対策	膜ろ過設備毎に膜ろ過水を精密濁度計 (0.0001~2度) で測定 インラインエアリークチェックも適宜実施

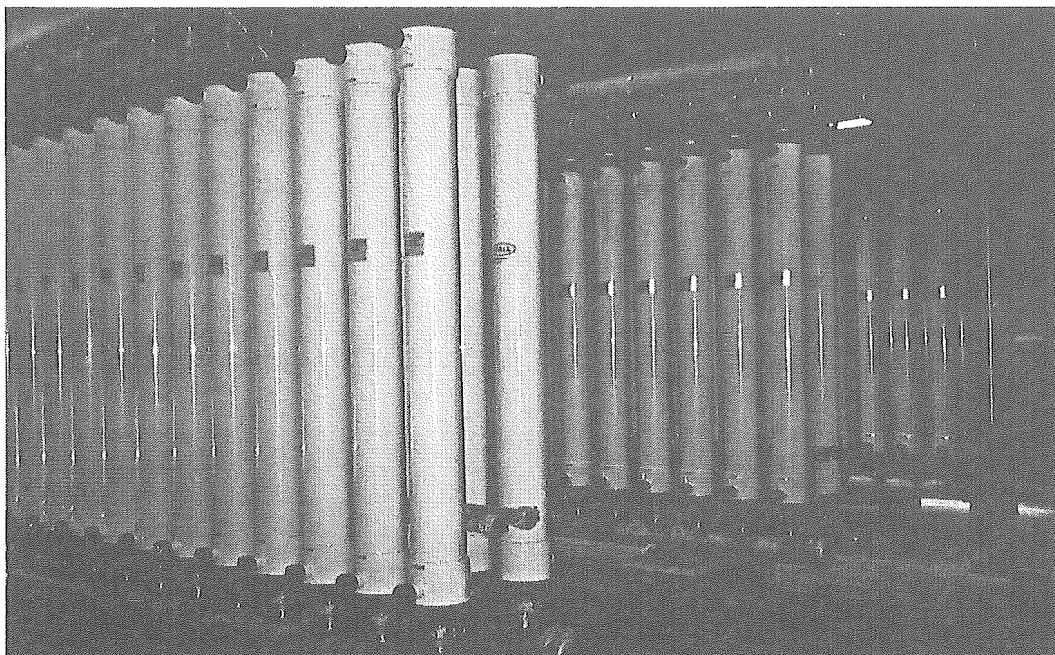


写真 6 - 3 6 膜ろ過設備

(2) 処理性能

1) 原水水質

膜供給水は凝集沈澱ろ過が行われているため、表 6 - 3 4 に示す通り平均濁度で 0.3NTUまで下がっている。

表 6 - 3 4 膜供給水水質例

測定項目		膜供給水水質 (平均)
pH	(—)	8.1
アルカリ度	(mg/L)	55
濁度	(NTU)	0.3
鉄	(mg/L)	<0.05
マンガン	(mg/L)	<0.05
硬度	(mg-CaCO ₃ /L)	140
TOC	(mg/L)	1.86

6. 2. 7 ビニユー・シュー・セーヌ (Vigneux-sur-Seine) 浄水場 (フランス)

膜ろ過施設の概要

ビニユー・シュー・セーヌ浄水場 (写真6-37) は、パリ市南部郊外に位置し、55,000m³/日の既存浄水施設 (高速凝集沈澱→粒状活性炭ろ過→オゾン処理→浄水) のポリッシングおよび夏場の浄水の味と臭い、農薬の除去を目的として設置された膜ろ過施設 (55,000m³/日) である。

膜ろ過施設における処理においては、系内に粉末活性炭を注入し、処理水質の向上を図っている。

セーヌ川はフランス国内を東西に横断する大河であり、沿岸には多数の工場を有するため、本浄水場では、凝集処理・活性炭吸着処理といった農薬などの化学物質の除去に主眼が置かれている。

(1) 施設概要

図6-34に浄水処理設備フロー、表6-35に施設概要を示す。また、膜ろ過設備を写真6-38に示す。

セーヌ川より取水された原水は、スクリーンにて夾雑物の荒取りの後、高分子凝集剤を使用した高速凝集沈澱池にて濁度除去および高濁度のピークカットが施される。その後、粒状活性炭ろ過池、オゾン処理槽 (Uチューブ方式) にて高度処理がなされた後、添加濃度8mg/L程度の粉末活性炭が添加され、膜ろ過により懸濁物質を完全に除去し、次亜塩素酸ナトリウムで消毒して浄水とする。

1) 前処理設備

前処理設備は、目開き200 μ mのディスク型プレフィルタを設置し、既設高度処理施設より流入する粗大濁質成分および、粉末活性炭の粗大粒子の膜ろ過設備への進入を阻止している。

2) 膜ろ過設備

膜モジュールは内圧式中空糸UF膜を用い、外径約320mm、膜面積55m²の大型膜モジュールを搭載し、膜材質は親水性が高く比較的高い膜ろ過流束を得ることのできる酢酸セルロース系である。膜ろ過設備は1系列28モジュール) で、8系列、計224モジュールで構成されている。定流量制御の下向流クロスフローろ過で通水し、次亜塩素酸ナトリウムを5mg/L程度含有した膜ろ過水により、60分に1回の頻度で物理洗浄 (逆洗) が実施されている。

物理洗浄 (逆洗) 排水は、高速凝集沈澱池に返送され、回収率を高めている。

3) 薬品洗浄設備

膜の薬品洗浄は塩素・有機酸を含む洗剤溶液によってオンサイトで実施される。

洗浄薬品溶液がクロスフロー用の配管内に注入され、循環ポンプにより中空糸膜内を循環されることによって、膜の薬品洗浄が行われる。

薬品洗浄排水は、浄水場内の排水処理場にて処理される。

薬品洗浄頻度は、6ヶ月に1回の計画であったが、1996年の供用開始以来、2000年

10月現時点で薬品洗浄は実施されていない。

洗浄方法は、8系列の内の1系列に実施され、洗浄中は残り7系列にて浄水処理される。そのとき膜ろ過流束は14%上昇する。

4) 薬品注入設備

薬品注入設備としては、浄水消毒用と膜物理洗浄用の次亜塩素酸ナトリウム注入設備が設置されている。

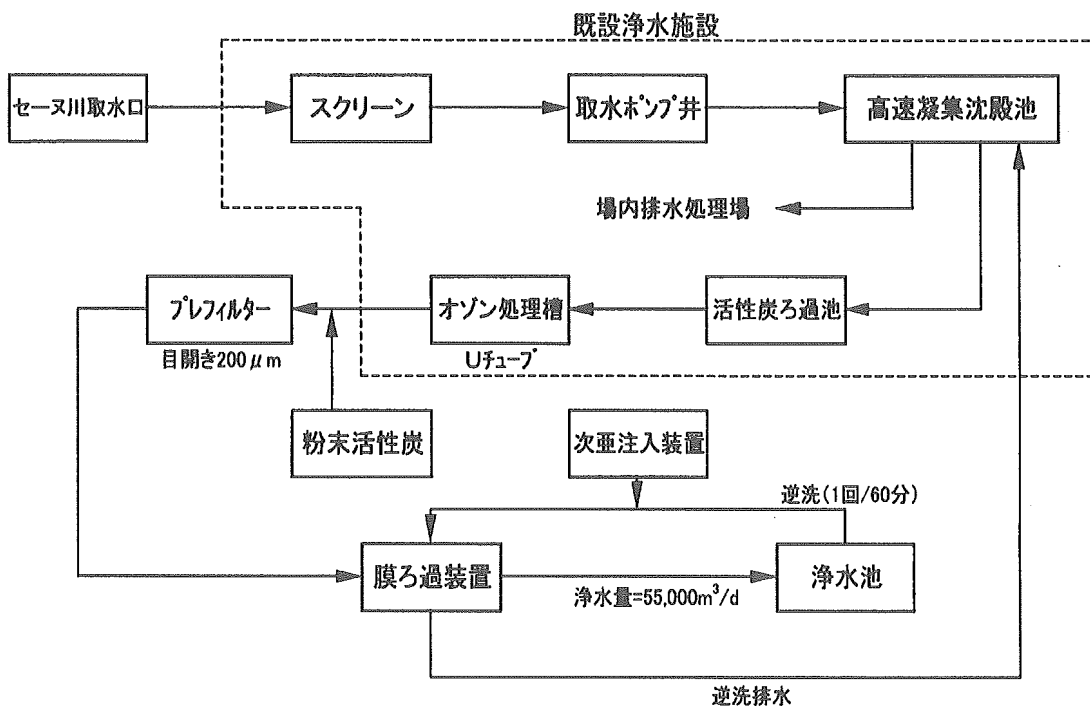


図6-34 浄水処理設備フロー

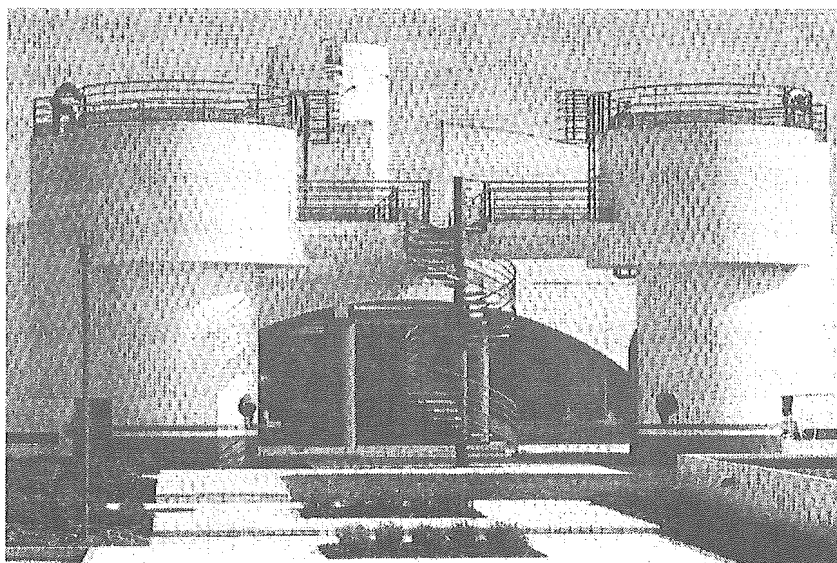


写真6-37 ビニュー・シュー・セーヌ浄水場

表6-35 施設概要

事業体 浄水場 最大給水量 稼働開始年 取水源	スエズ・リオネーズ社（運営委託） ビニュー・シュー・セーヌ浄水場 55,000 m ³ /日 1996年 セーヌ川	
浄水設備		
前処理	型式	ディスク型ストレーナ
	数量	32基（17' ロックに4基×87' ロック）
	処理水量	80m ³ /時・基以下
膜ろ過設備	膜および膜モジュール仕様	
	膜種類	限外ろ過膜（UF膜）
	膜型式	内圧式中空糸
	膜材質	酢酸セルロース系
	分画分子量	100,000
	中空糸径	0.9 mm
	モジュール型式	ケーシング型
	モジュール膜面積	55m ²
	モジュール寸法	φ324mm×長1,300mm
モジュール数量	224 本	
膜ろ過設備仕様		
	モジュール本数	28本/系列
	付帯設備	循環ポンプ，空気作動弁，濁度計など
	数量	8系列
設計条件		
	ろ過方式	クロスフローろ過
	駆動圧力方式	ポンプ加圧方式
	運転制御	定流量制御
	膜ろ過流束	4.46 m ³ /m ² ・日
	洗浄方法	膜ろ過水による逆圧水洗浄 （逆洗水に次亜塩素酸ソーダを残留塩素で5mg/L程度注入）
	洗浄頻度	60分に1回
	逆洗時間	40秒
	回収率	99.5 %（逆洗水返送のため）
	逆洗排水処理	高速凝集沈澱池にて汚泥のみ 産業廃棄物処分
	薬品洗浄方法	オンライン洗浄

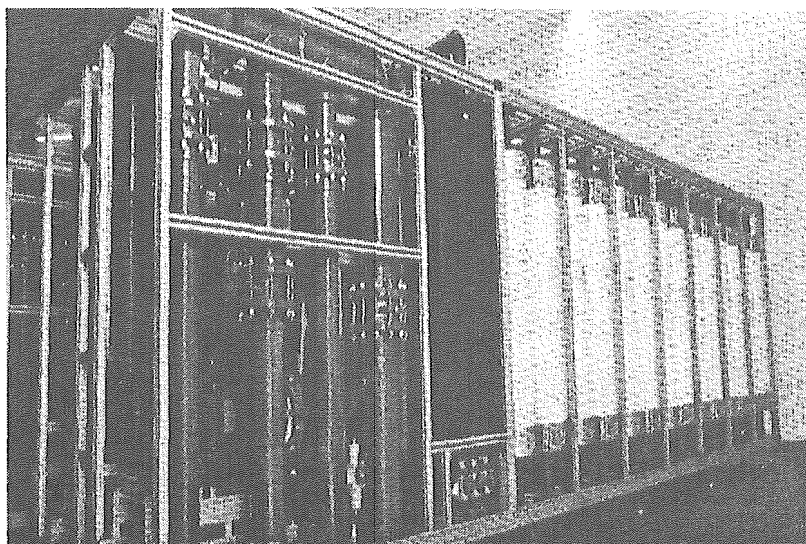


写真6-38 膜ろ過設備

(2) 処理性能

1) 原水水質

項目	単位	平均	最大
濁度	(NTU)	5	150
水温	(°C)	10	25

カルシウム：80 (mg/L) カリウム：24 (mg/L)

2) 膜ろ過室設置面積

432 m² (24m×18m)

6. 2. 8 ルアン (ROUEN) 浄水場 (フランス) 膜ろ過施設の概要

1995年にフランスルアン市の近くのルアンの町は、ロベック泉の地下水の処理を膜を使って処理するパイロットプラントテストを開始した。ロベックの湧水は浅い地下水でカルスト地質の特徴で水質の変動、雨季における濁度の急上昇の問題がある。水温は11℃と年間を通して安定しているが、雨季は高濁度と有機物、バクテリアによる汚染のピークとなる。テストは当初6ヶ月を予定していたが、雨季の原水水質の激しい変動に対処する方法を探るなどの理由により、16ヶ月にもおよんだ。

ルアン浄水場の膜ろ過設備は、限外膜ろ過設備の占有面積を減らすために1モジュール125m²の巨大な限外ろ過膜(UF)モジュールを使用した初めてのプラントで、2001年4月～5月に試運転が行われ、6月から給水を開始した。



写真6-39 ルアン浄水場全景

(1) 施設概要

浅井戸地下水を直接UF膜でろ過するシステムとしている。

前段に200μmのスクリーンを設置している。このプレフィルターユニットは1ユニットにまとめられている。プレフィルターの設計流量は1,300m³/時である。

UF膜は、1本125m²のモジュールを24本組み込んだユニットを、4ユニット設置した。計96本のUF膜で処理をする。(写真6-41, 図6-35参照)

設計流量は、1,000m³/時×24時間/日である。

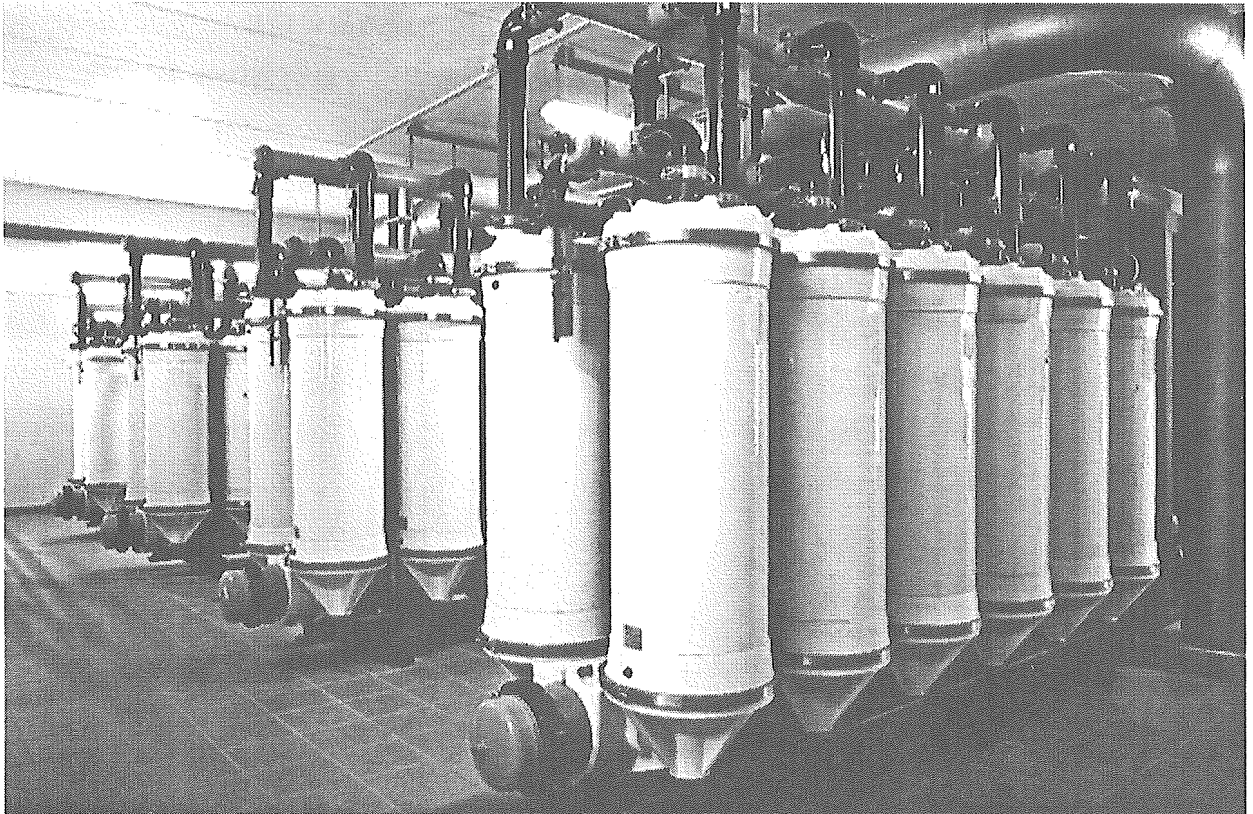


写真6-40 膜ろ過設備（24本モジュール/系列）

（2）膜ろ過設備

本浄水場では、前処理はプレフィルターだけであり、直接膜でろ過しているため、付帯設備が少ない。したがって膜の設置面積を小さくすることが、処理設備の設置面積を小さくすることに直接つながる。このUF膜モジュールは1本のモジュールに125m³の膜を収納することにより、1モジュールあたりの処理水量が増え、設置面積を小さくすることができた。

UF膜ろ過設備をU字型に組むことにより、外観を良くするとともに、通行性、作業性が改良された。

さらに透過水の出口部分を軸方向に統一したことにより、組み立て時のすべての接続が上部だけで行えることになり、2つのモジュール間の間隔が最小限に縮小された。

写真6-40でも見られるように、膜ろ過設備がすっきりとした、整理された設備となり、清掃、保守性が向上した。

原水の水質が悪いときはクロスフローモードでの運転のための循環ラインを備えている。

水質による運転流量変動制御は、薬品洗浄をすることなしに膜のファウリングをコントロールする。このような運転制御は「フラックス マネジメント」と呼ばれている。

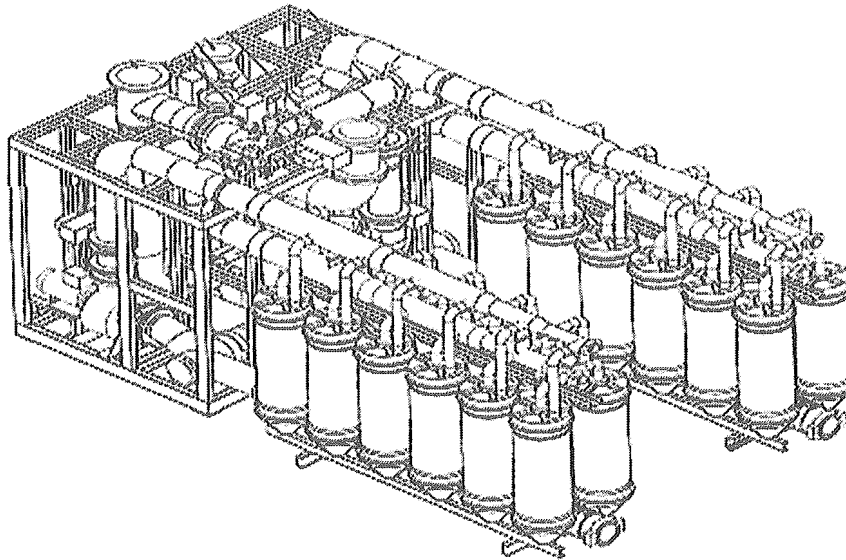


図 6 - 3 5 24 本のモジュールを搭載した膜ろ過設備 (1 系列)

表 6 - 3 6 膜モジュールの特徴

膜種類	UF 膜 (中空糸)
膜材質	酢酸セルロース
分画分子量/公称孔径	100,000 / 0.01 μm

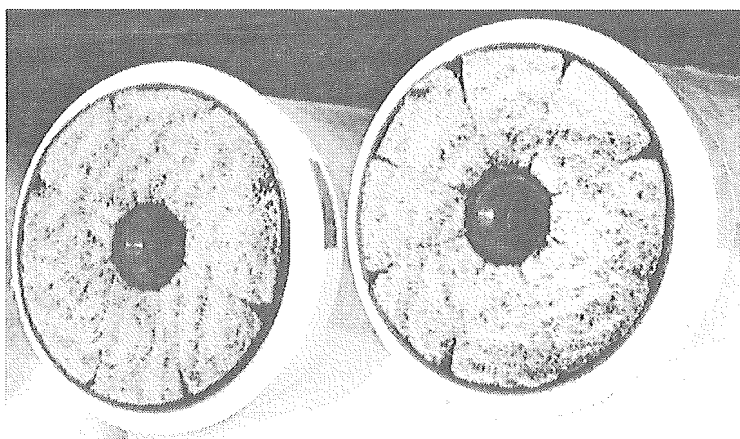


写真 6 - 4 1 125 m²モジュールの端部