

(3) 設備仕様

1日の給水量が約99,900m³/日として、7.1.1に示す条件にて設計した。

薬品洗浄間隔の異なる膜ろ過設備設計例1および設計例2の仕様、使用する膜モジュールの仕様について下記に示す。

表7-16 膜ろ過設備の仕様

項目		設計例1	設計例2
薬品洗浄回数		1回/年	3回/年
給水量		99,900m ³ /日	99,900m ³ /日
排水量		100m ³ /日	100m ³ /日
膜ろ過 装置 仕様	系列数	20系	14系
	膜本数	1,140本/系列 22,800本(全数)	1,080本/系列 15,120本(全数)
	総膜面積	52,440m ²	34,776m ²
ろ過方式		クロスフローろ過	
駆動圧力方式		ポンプ吸引方式+水圧	
運転制御		定ろ過流量制御方式	
膜ろ過流束		2.0m ³ /m ² ・日	3.0m ³ /m ² ・日
予備力の考え方		系列毎の増量運転にて対処	同左
洗浄方法		膜ろ過水による逆圧水洗浄	
洗浄頻度		60分に1回	
物理洗浄時間		10~60秒	
設備回収率		99.9%	99.9%
薬品洗浄方法		オンサイトオンライン洗浄	

表7-18 膜モジュールの仕様

項目	仕様
膜種類	精密ろ過膜 (MF膜)
膜形式	管状膜
膜の材質	セラミック
公称孔径	0.1 μ m
膜面積	2.3m ²
モジュール寸法	150mm×258mm×871mm

(4) 薬品洗浄間隔が1回/年の場合の設計例

1) フローシート

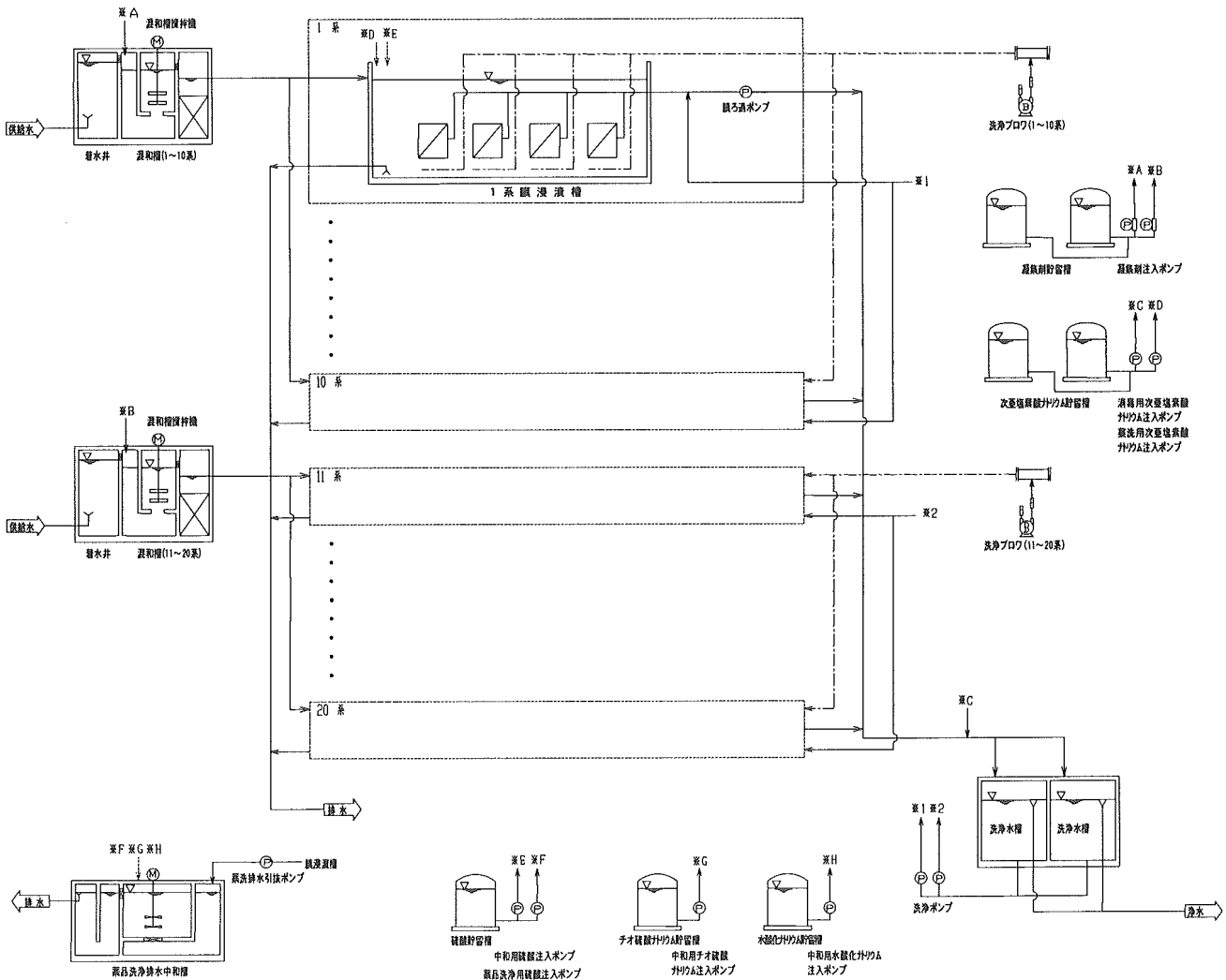


図7-57 フローシート (給水量 99,900m³/日、薬品洗浄 1回/年)

2) 配置図

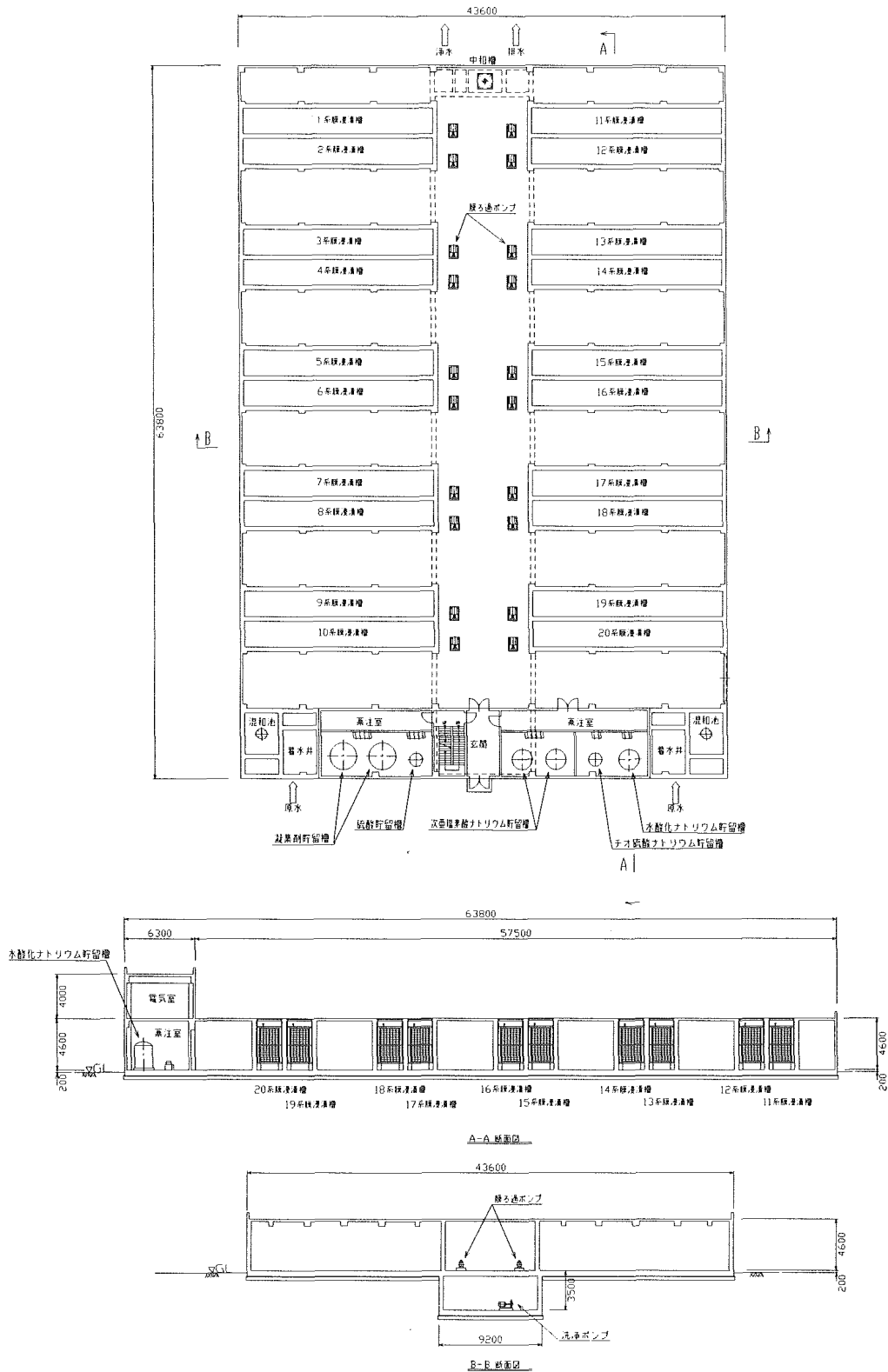


図 7-58 膜ろ過棟配置図 (給水量 99,900m³/日、薬品洗浄 1 回/年)

(5) 薬品洗浄間隔が3～4回/年の場合の設計例

1) フローシート

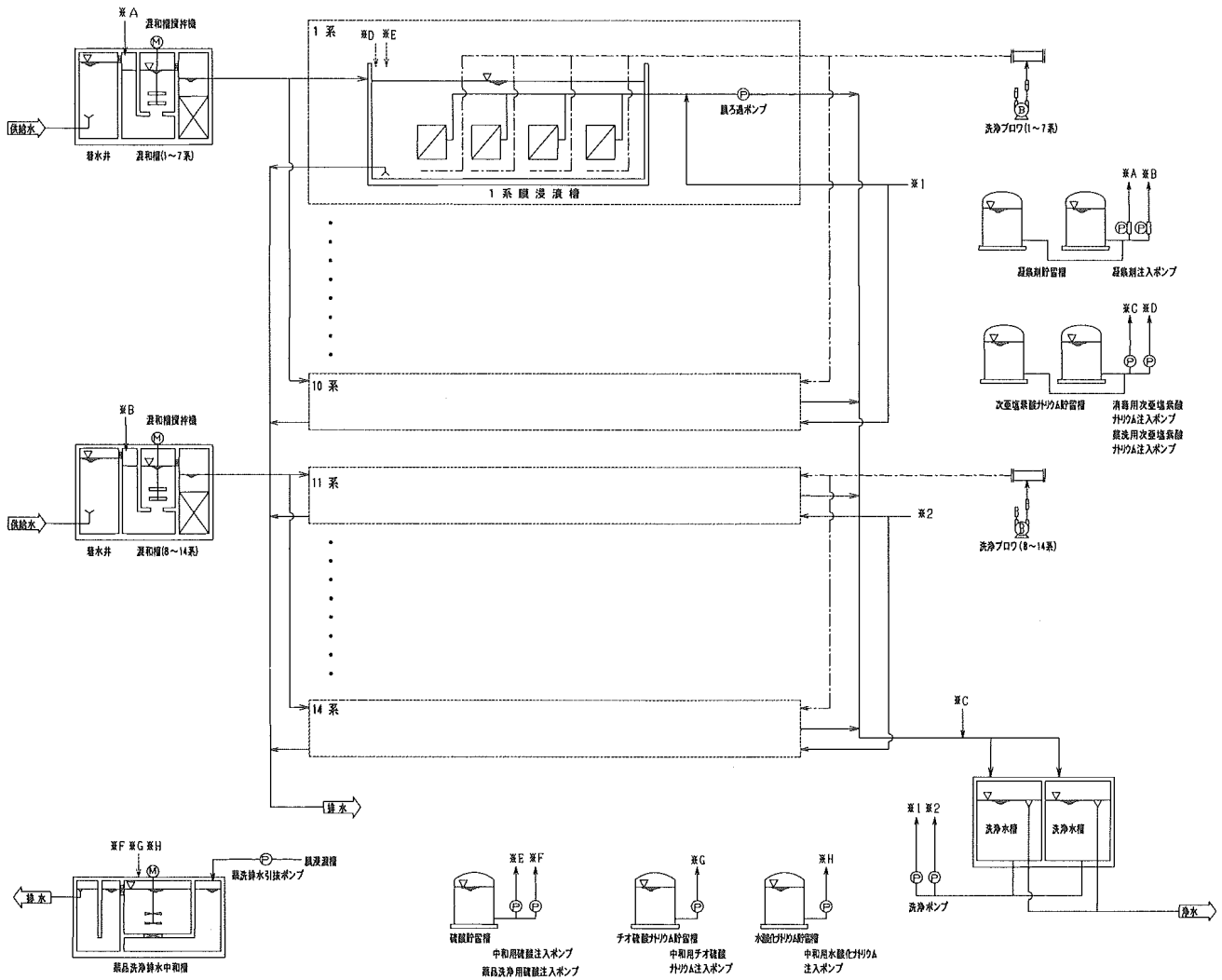


図7-59 フローシート (給水量 99,900m³/日、薬品洗浄 3回/年)

2) 配置図

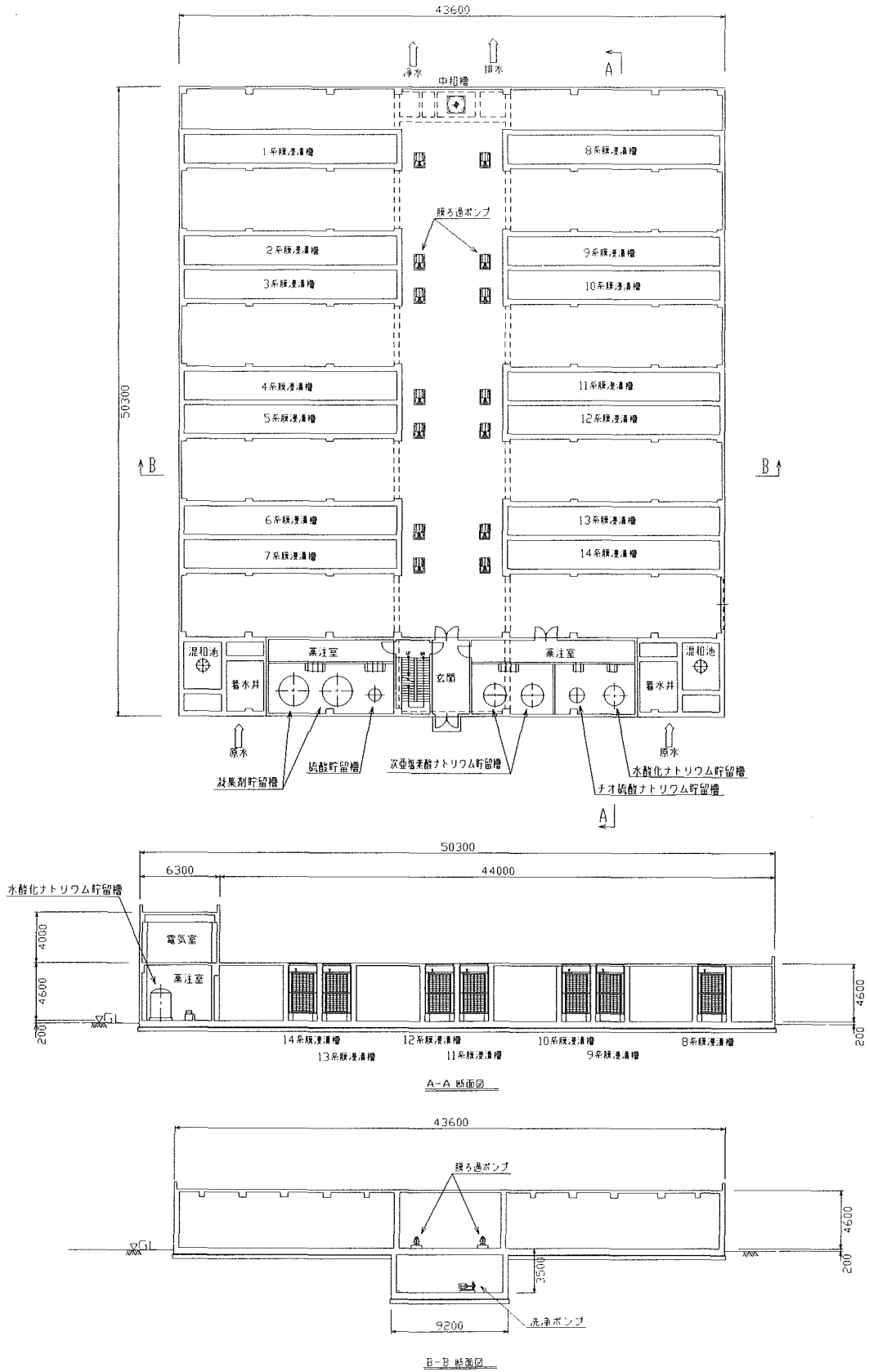


図7-60 膜ろ過棟配置図 (給水量 99,900m³/日、薬品洗浄 3回/年)

7. 1. 1 2 供給水②のケーススタディ<事例9>

(1) 設備概要

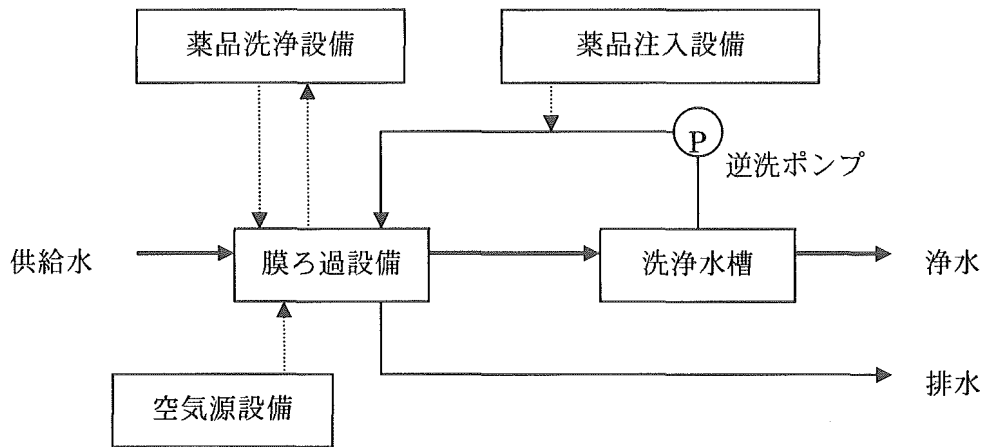


図7-61 設備概要フロー

1) 前処理設備

本設備では孔径が緻密でその分布がシャープなMF膜を用いるため、凝集剤注入設備は不要である。

2) ろ過装置

ストレーナを通して供給された供給水を供給水槽に一時貯留し、供給ポンプにて膜ろ過設備に供給して膜ろ過を行う。膜ろ過水は膜の洗浄水を一時貯留する洗浄水槽を通して浄水池に送られる。膜ろ過運転は流量一定とする定流量制御で行う。

一定時間毎に行う膜の物理洗浄は、逆圧水洗浄とエアースクラビング洗浄を併用している。洗浄水槽に一時貯留された膜ろ過水を用いて逆洗ポンプで膜の逆洗を行うと同時に膜一次側に膜モジュール下部から空気を供給し膜の洗浄効果を向上させている。さらに膜洗浄水には次亜塩素酸ナトリウムを添加し効果的に膜洗浄が行えるようなシステムとなっている。この膜の物理洗浄は20~60分毎に自動で行われる。

通常の膜ろ過運転では全系列を使用し、予備の系列は有しない。メンテナンスや故障などの場合には、1系列毎に休止させて残りの系列で膜ろ過水量を増量して対応する。

膜ろ過装置は、1つのスキッドの両側に、50m²の膜面積を有する膜を配置し省スペース化を図っている。1系列の膜ろ過設備は複数のスキッドで構成している。

1系列毎に供給ポンプは1台とし、予備は設けない。

3) 薬品注入設備

薬品注入設備は、膜の逆圧水洗浄に用いる洗浄水に次亜塩素酸ナトリウムを注入する目的で設置し、注入ポンプと薬液タンクで構成する。

4) 空気源設備

空気源設備は膜のエアースクラビング洗浄に使用する空気を供給するためのもので空気圧縮機と空気槽で構成する。

5) 薬品洗浄設備

膜の薬品洗浄はオンサイトで行う。薬品洗浄設備は薬液タンク、洗浄水槽、中和槽、薬液ポンプ、薬洗ポンプなどで構成される。膜の薬品洗浄は1スキッド毎に行う。

洗浄薬品は、硫酸、次亜塩素酸ナトリウムおよび水酸化ナトリウムを使用し、薬品洗浄排水およびリンス排水は中和した後、公共水域へ放流する。

(2) 特長

本設備に使用する膜は親水化処理したポリフッ化ビニリデン(PVDF)製のMF膜である。この膜は、物理的強度が非常に優れており膜損傷のリスクが極めて低い、次亜塩素酸ナトリウムや酸、アルカリに対しても優れた耐薬品性を有しており薬品洗浄などによる膜の劣化がほとんどないため長寿命が期待できる、孔径分布が非常にシャープであり膜ろ過水の水質が安定しているなどの特長を有している。

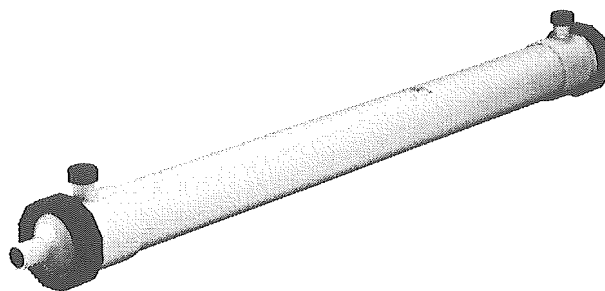


図7-62 膜モジュール

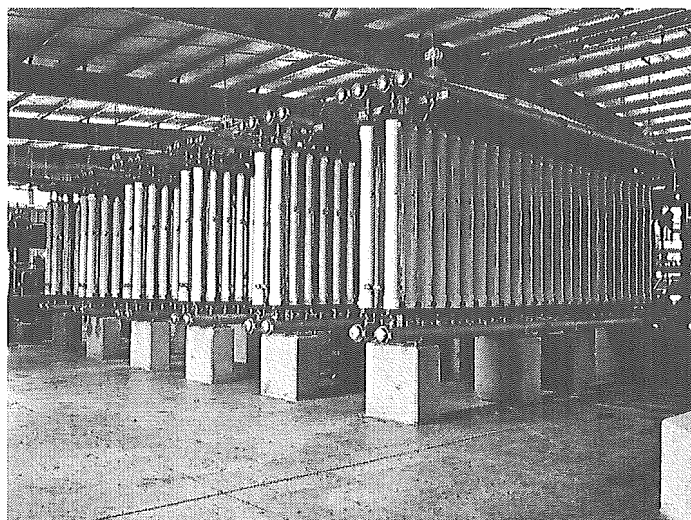


図7-63 膜ろ過装置の実施例

(3) 設備仕様

1日の給水量が100,000m³/日として、7.1.1に示す条件にて設計した。

薬品洗浄間隔の異なる膜ろ過設備設計例1および設計例2の仕様、使用する膜モジュールの仕様について下記に示す。

表7-18 膜ろ過設備の仕様

項目		設計例1	設計例2
薬品洗浄回数		1回/年	3~4回/年
給水量		100,000m ³ /日	100,000m ³ /日
洗浄排水量		5,240m ³ /日	3,830m ³ /日
膜ろ過 装置 仕様	系列数	8系	10系
	膜本数	176本/系列, 1408本(全数)	84本/系列, 840本(全数)
	総膜面積	70,400m ²	42,000m ²
ろ過方式		全量ろ過	
駆動圧力方式		ポンプ加圧方式	
運転制御		定流量制御方式	
膜ろ過流束		1.5m ³ /m ² ・日	2.5m ³ /m ² ・日
予備力の考え方		系列毎の増量運転にて対処	
洗浄方法		膜ろ過水による逆圧水洗浄および膜一次側のエアスクラビング(逆洗時に次亜塩素酸ナトリウムを注入)	
洗浄頻度		20~60分に1回	
物理洗浄時間		20~60秒	
設備回収率		95%	96%
薬品洗浄方法		オンサイトオンライン洗浄	

表7-19 膜モジュールの仕様

項目	仕様
膜種類	精密ろ過膜 (MF 膜)
膜形式	外圧式中空糸
膜の材質	ポリフッ化ビニリデン
公称孔径	0.1 μ m
中空糸内径/外径	内径 0.7mm/外径 1.2mm
膜面積	50m ²
モジュール寸法	ϕ 165mm \times 2,388mm

(4) 薬品洗浄間隔が1回/年の場合の設計例

1) フローシート

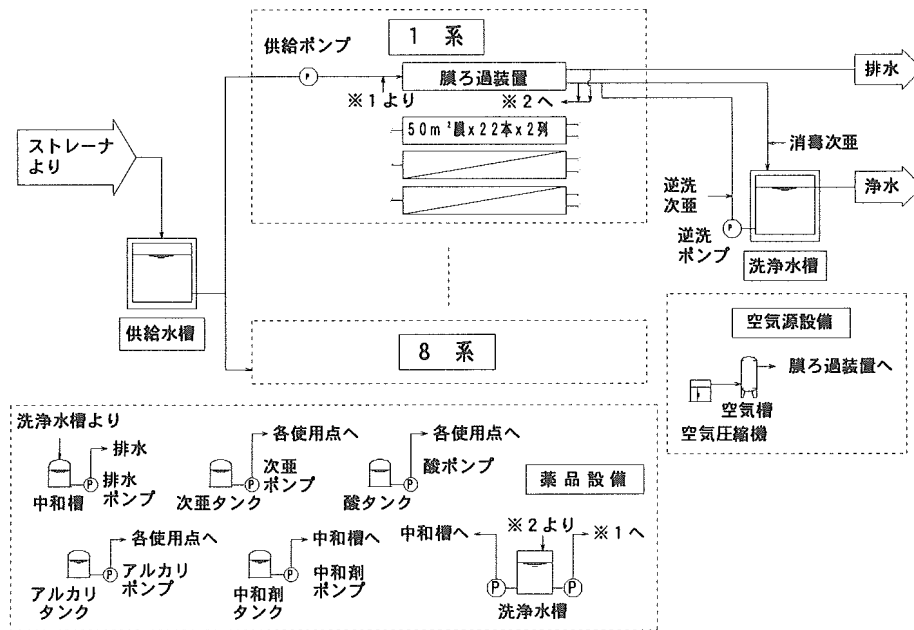


図7-64 フローシート (給水量 100,000m³/日、薬品洗浄 1回/年)

2) 配置図

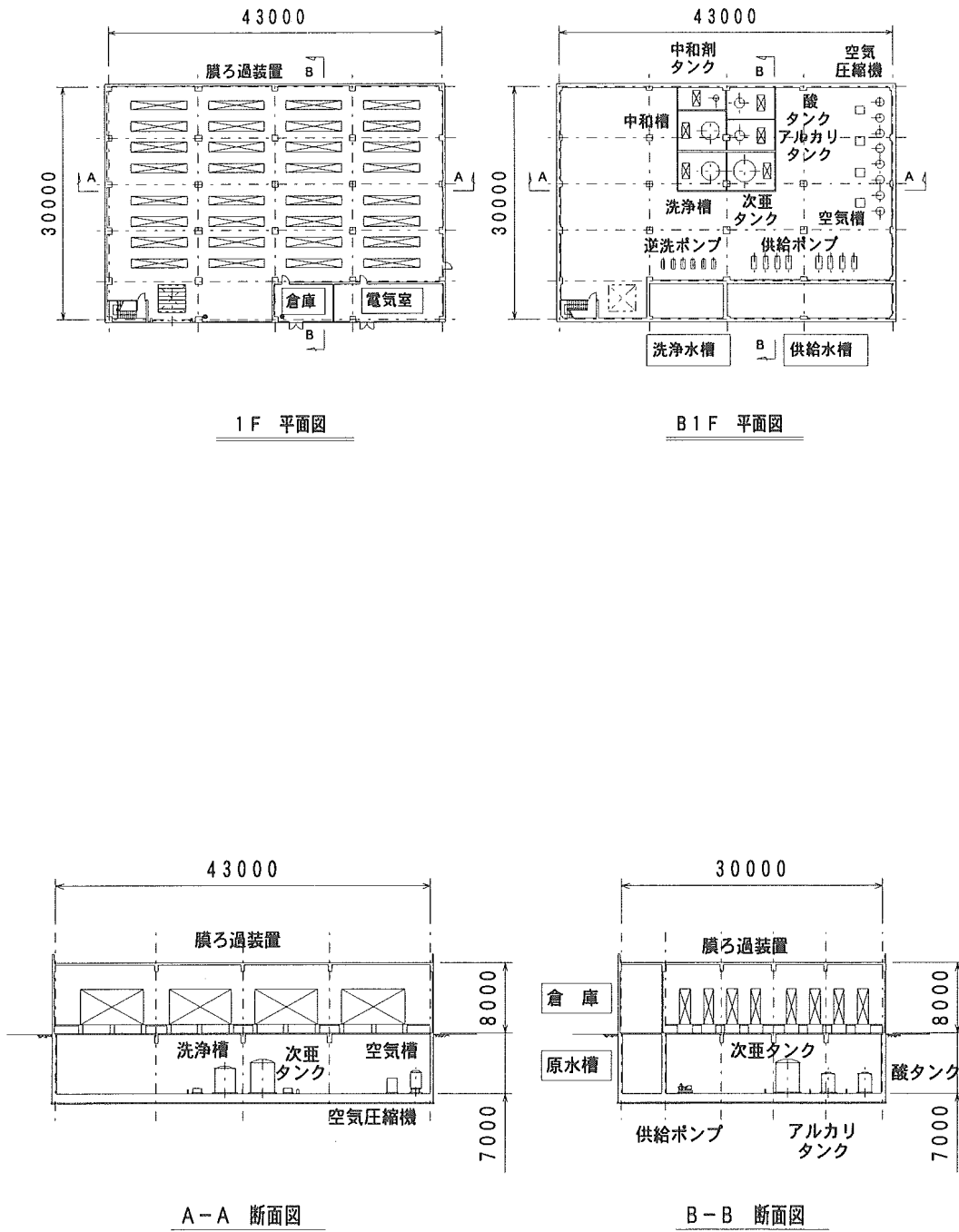


図 7 - 6 5 膜ろ過棟配置図 (給水量 100,000m³/日、薬品洗浄 1 回/年)

(5) 薬品洗浄間隔が3～4回/年の場合の設計例

1) フローシート

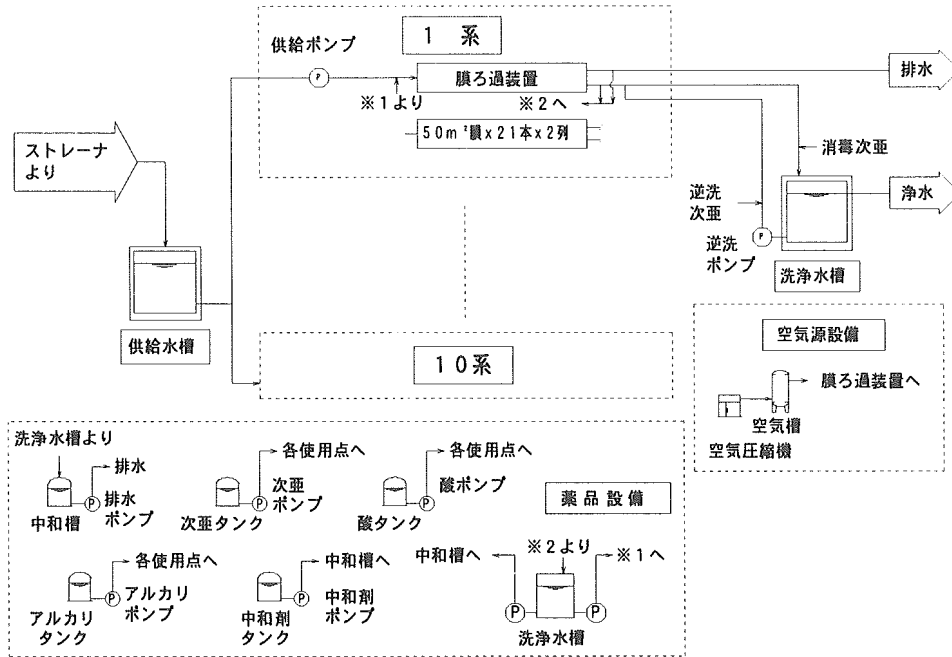


図7-66 フローシート (給水量 100,000m³/日、薬品洗浄 3回/年)

2) 配置図

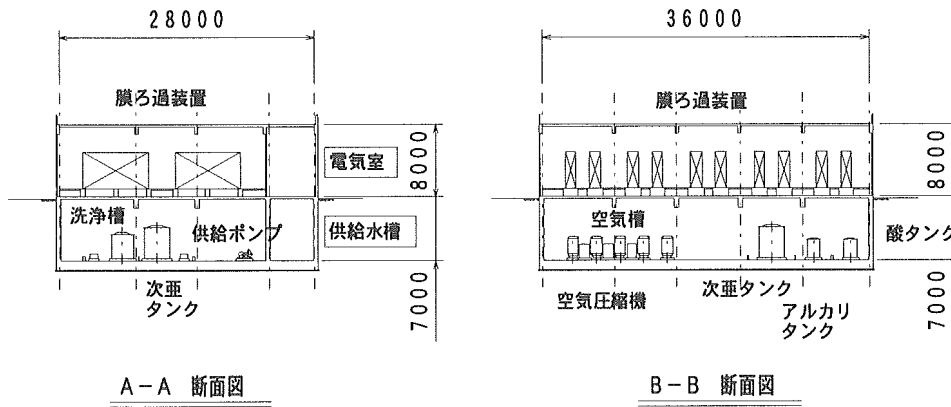
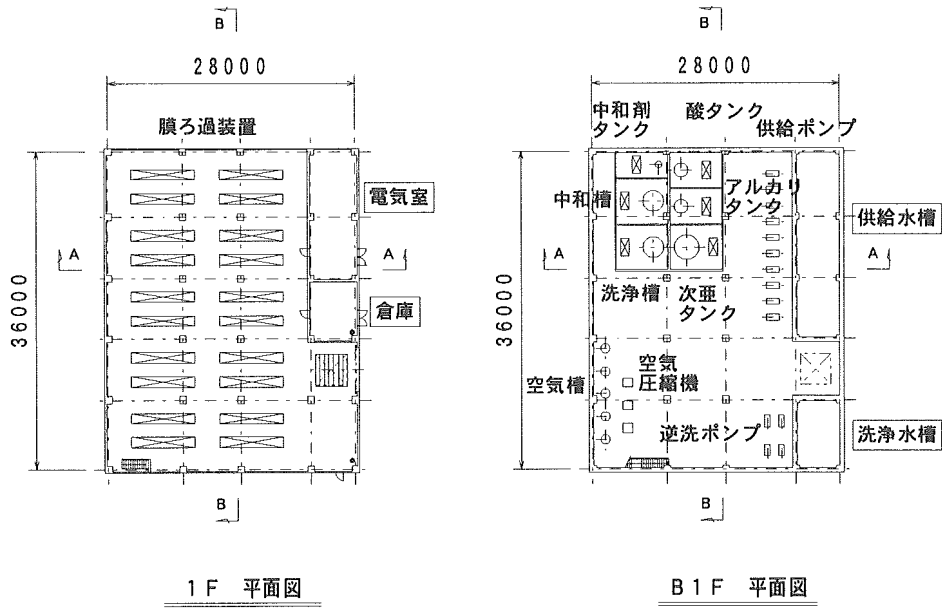


図7-67 膜ろ過棟配置図 (給水量 100,000m³/日、薬品洗浄 3回/年)

7. 1. 13 供給水②のケーススタディ<事例10>

(1) 設備概要

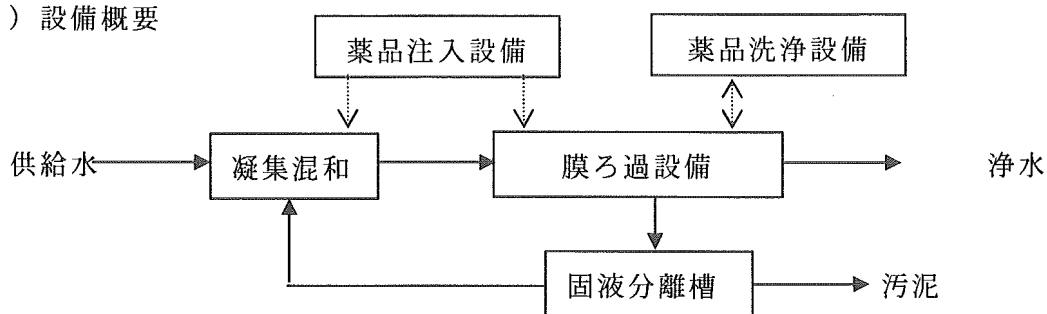


図7-68 設備概要フロー

1) 前処理設備

供給水に凝集剤（ポリ塩化アルミニウム・PAC）を添加、混和し、凝集沈澱を行うことなく、全量をセラミック膜ろ過を行う。

2) 膜ろ過装置

供給される凝集原水を、膜供給ポンプにて、膜ろ過設備に供給し、定ろ過流量に制御して全量ろ過（デッドエンド）方式で膜ろ過を行う。この膜ろ過水は、浄水池に送られる。

定期的に自動で行われる物理洗浄は、浄水池より必要な水量を逆洗水槽に移送し、次亜塩素酸ナトリウムを添加し、圧縮空気にて逆圧水洗浄およびエアブローを行い、逆圧水洗浄排水は固液分離槽へ送られる。

本セラミック膜ろ過システムより排出される逆圧水洗浄排水は、沈降性に優れる為、短時間で、固液分離が可能であり、上澄水は返送を行う。

膜ろ過流束は通常時、全系列を使用し、メンテナンスや故障などのトラブルが発生した場合は、1系列を休止させ、残りの系列で増量して対応する。

膜ろ過設備は、1つの膜ろ過装置に膜面積が 24m^2 の膜を 100 本設置し、3～4 設備で 1 系列として構成している。原水ポンプは 1 系列毎に 1 台設置し、システム全体とし 4 系列設置される。

3) 薬品注入設備

薬品注入設備は、前処理として行う凝集処理の PAC の貯留槽および注入装置と物理洗浄用および後段の消毒用に使用する次亜塩素酸ナトリウムの貯留槽および注入装置で構成されている。

4) 薬品洗浄設備

膜の薬品洗浄はオンサイトでを行い、薬品洗浄設備は薬品貯留槽と中和廃液槽などの槽類や薬品移送ポンプなどのポンプ類を具備した薬品洗浄ユニットにより実施され、洗浄は 1 スキッド毎に行う。

洗浄薬品は、硫酸、次亜塩素酸ナトリウムおよびリンス水を使用し、洗浄廃液およびリンス廃液は中和、希釈ののち、本ケーススタディでは公共水域へ放流することとする。

(2) 特長

本ケーススタディでのセラミック膜ろ過システムの特長を以下に示す。

【膜エレメント、膜モジュール】

- ①膜寿命が長い。
- ②許容温度、pH、圧力域が広い。
- ③薬品耐久性が高く、薬品洗浄による膜性能回復が良好。
- ④薬品洗浄は、オンサイト洗浄を採用。
- ⑤使用済み膜はセラミック原料として再生することができるため、廃棄物にならない。
- ⑥膜エレメントの長期間の保管が容易。

【膜システム、膜装置】

- ⑦全量ろ過法の採用などにより、ランニングコスト(電力消費量)が少ない。
- ⑧水回収率が高い(98%以上)。
- ⑨逆圧水洗浄の水量が少なく、排水処理の負担を軽減。
- ⑩運転の自動化により、維持管理が容易。
- ⑪膜装置のユニット化により、設置工期が短い。
- ⑫高濁時でも、安定運転を維持。
- ⑬凝集処理では、沈澱操作が不要であるマイクロフロック法を採用。

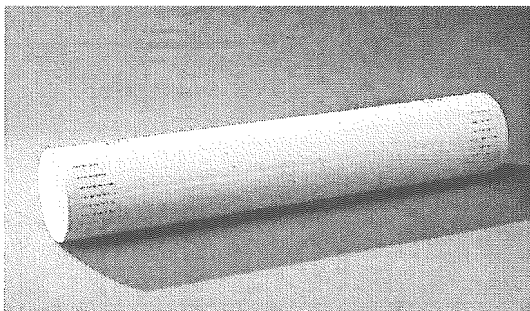


図7-69 セラミック膜エレメント

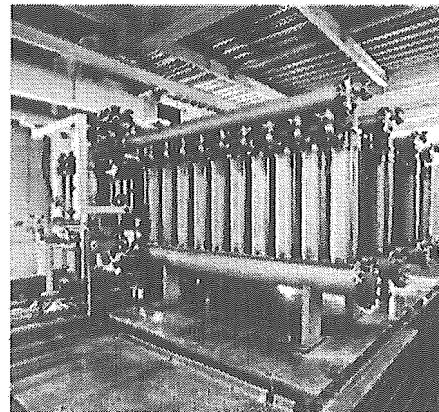


図7-70 膜ろ過設備の実施例

(3) 設備仕様

1日の給水量が約115,200m³/日として、7.1.1に示す条件にて設計した。

薬品洗浄間隔の異なる膜ろ過設備設計例1および設計例2の仕様、使用する膜モジュールの仕様について下記に示す。

表7-20 膜ろ過設備の仕様

項目		設計例1	設計例2
薬品洗浄回数		1回/年	3回/年
給水量		115,200m ³ /日	115,200m ³ /日
洗浄排水量		1,130m ³ /日	1,265m ³ /日
膜ろ過設備	系列数	4系	4系
	膜本数	400本/系列, 1,600本(全数)	300本/系列, 1,200本(全数)
	総膜面積	38,400m ²	28,800m ²
ろ過方式		全量ろ過	
駆動圧力方式		ポンプ加圧方式	
運転制御		定ろ過流量制御方式	
膜ろ過流束		3.0m ³ /m ² ・日	4.0m ³ /m ² ・日
予備力の考え方		系列毎の増量運転にて対処	同左
洗浄方法		膜ろ過水による逆圧洗浄および膜一次側のエアブロー (逆圧水洗浄時に次亜塩素酸ナトリウムを3mg/L程度注入)	
洗浄頻度		4時間1回	4時間1回
物理洗浄時間		120秒程度	
設備回収率		98.9%	
薬品洗浄方法		オンサイトオンライン洗浄	

表7-21 膜モジュールの仕様

項目	仕様
膜種類	精密ろ過膜(MF膜)
膜形式	内圧式モノリス型
膜の材質	セラミック
公称孔径	0.1μm
モノリス内径	内径2.5mm
膜面積	24m ²
エレメント寸法	φ180mm×1,500mm

(4) 薬品洗浄間隔が1回/年の場合の設計例

1) フローシート

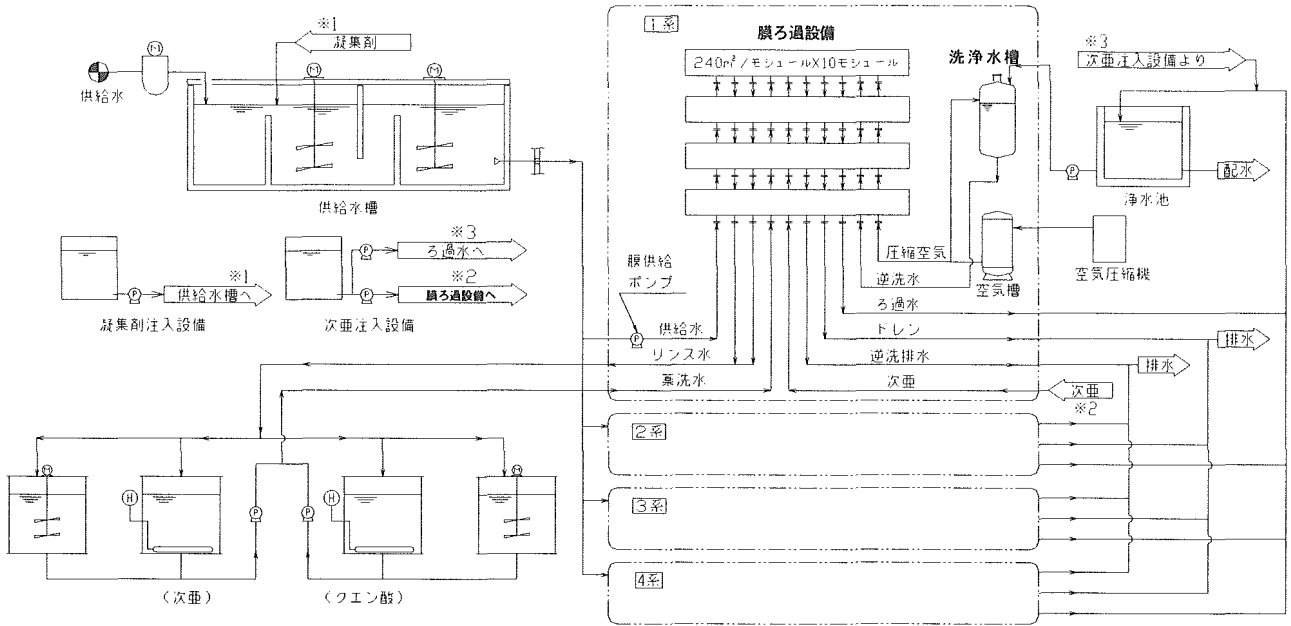


図7-71 フローシート (給水量 115,200m³/日、薬品洗浄1回/年)

2) 配置図

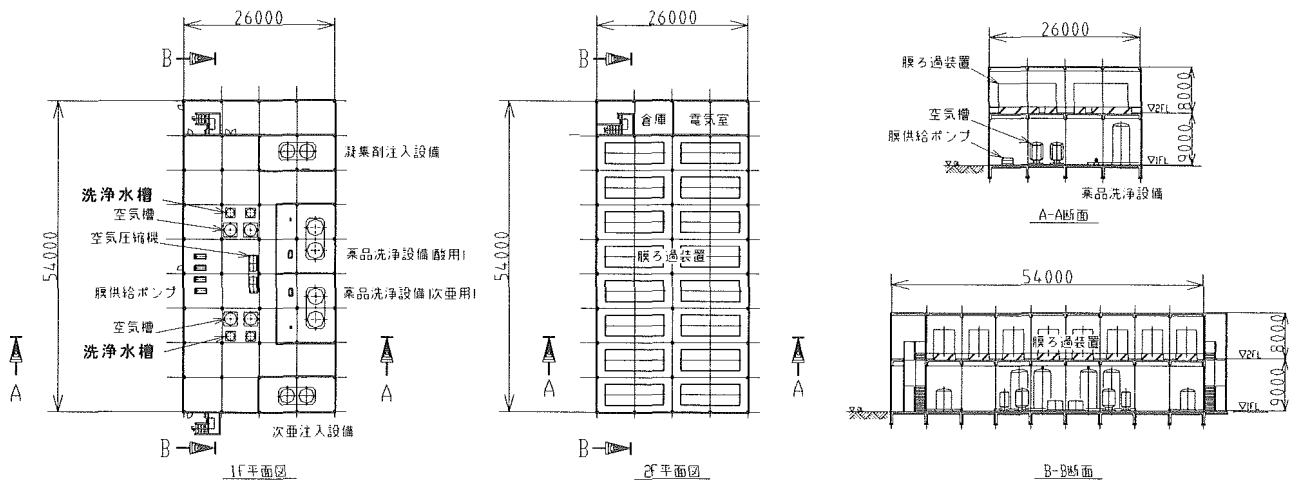


図7-72 膜ろ過棟配置図 (給水量 115,200m³/日、薬品洗浄1回/年)

(5) 薬品洗浄間隔が3～4回/年の場合の設計例

1) フローシート

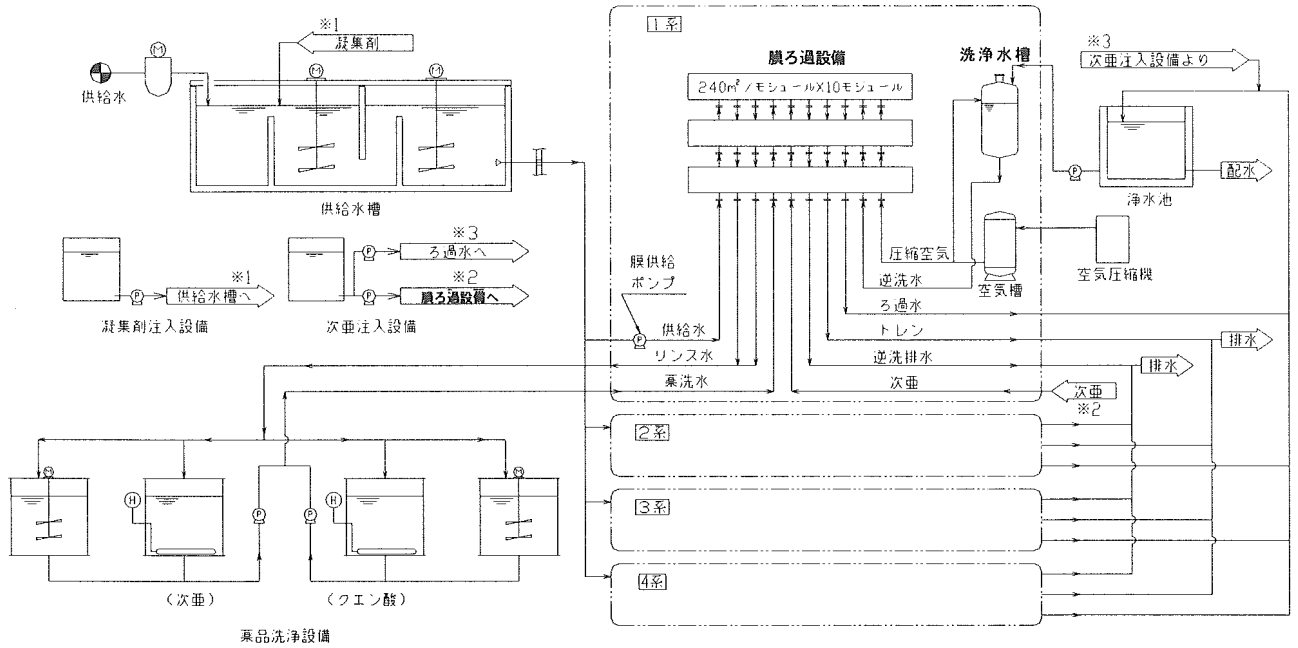


図7-73 フローシート (給水量 115,200m³/日、薬品洗浄 3回/年)

2) 配置図

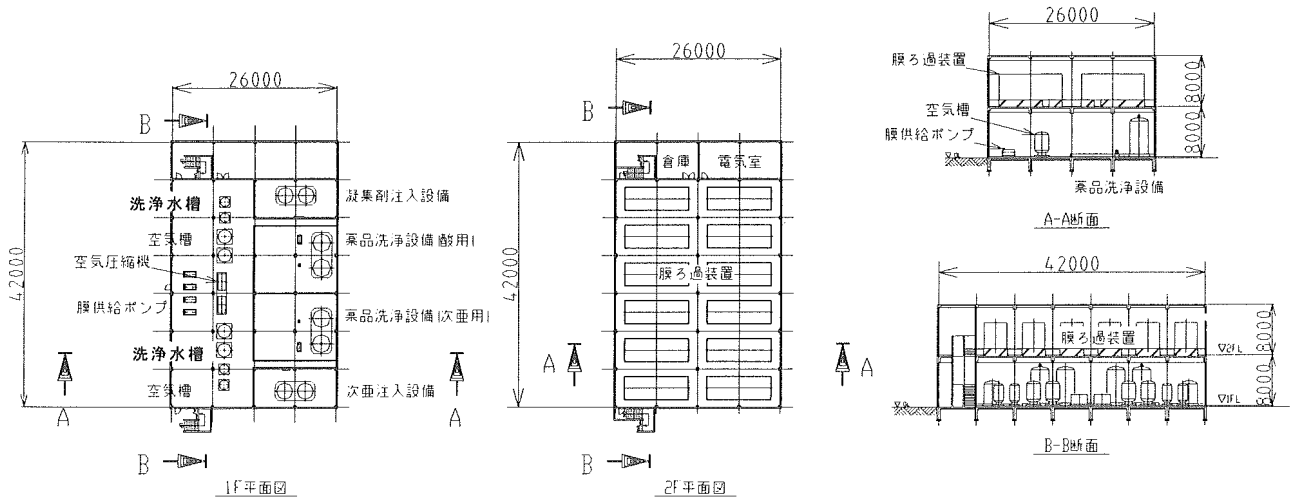


図7-74 膜ろ過棟配置図 (給水量 115,200m³/日、薬品洗浄 3回/年)

7. 2 費用試算

ここでは、7. 1の各設計事例に基づき、膜ろ過設備の建設費、建築物を含む総建設費、維持管理費、委託管理費の試算を行い、その内容について種々の考察を加えるものとする。

大規模膜ろ過施設を建設する場合、その建設条件また維持管理条件は各事業体により様々である。以下に記載する試算結果は、特定の条件下で試算されたものであり、条件によっては金額などが大きく変動することもありうるので、その取扱いには注意を要する。

7. 2. 1 建設費

建設費の試算は、設備費と総建設費の2通りについて行う。設備費は、膜ろ過の機械設備とそれに付帯する電気設備の費用を示したものであり、総建設費は、その設備が設置される建屋建築費用を含めたものである。また試算結果は、各設計事例により算出した面積を図中に記載し、その範囲を示したものとする。

(1) 設備費（機械+電気設備）

図7-75、図7-76に供給水①、図7-77、図7-78に供給水②の給水量毎の膜ろ過設備の建設費を示す。

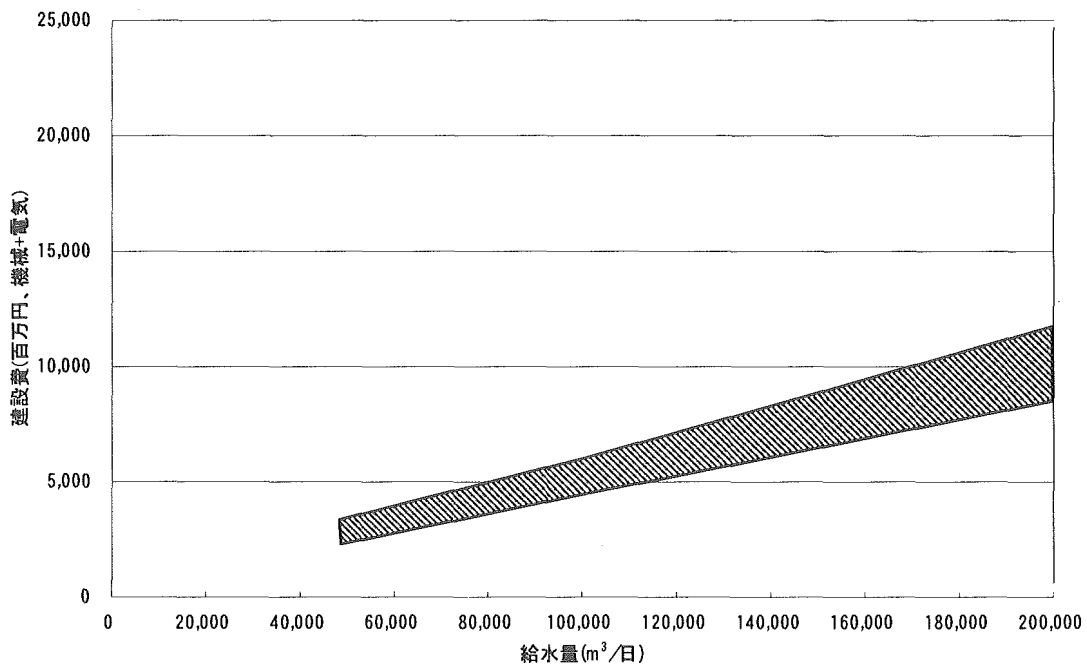


図7-75 膜ろ過設備の建設費（機械+電気、供給水① 薬品洗浄1回/年）

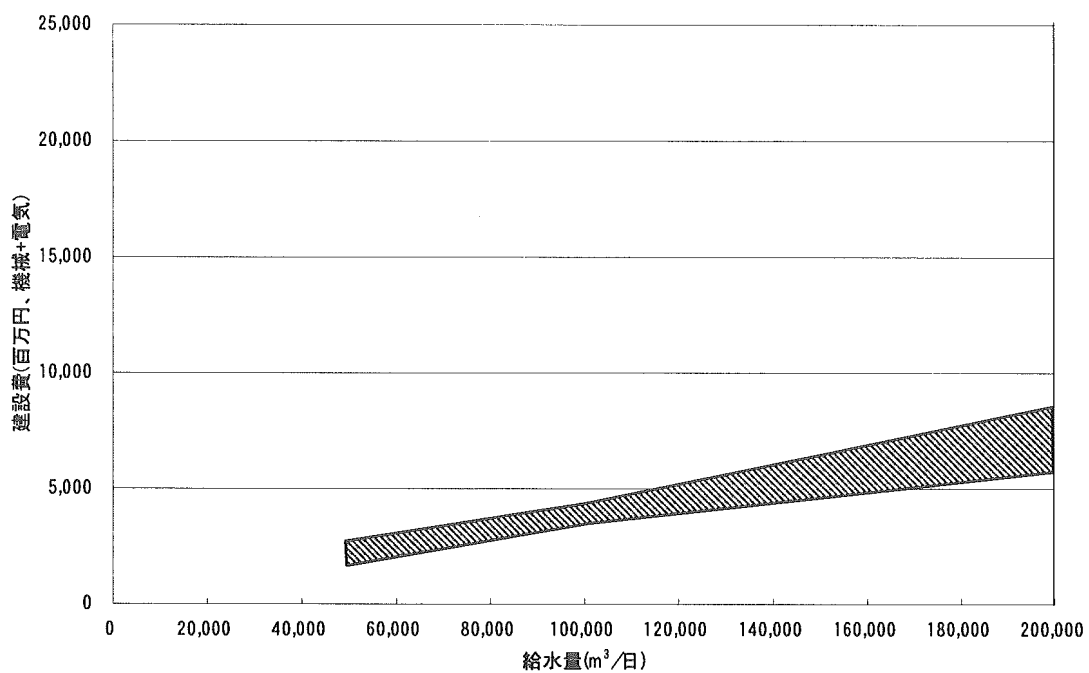


図 7 - 7 6 膜ろ過設備の建設費 (機械+電気、供給水①薬品洗浄 3~4 回/年)

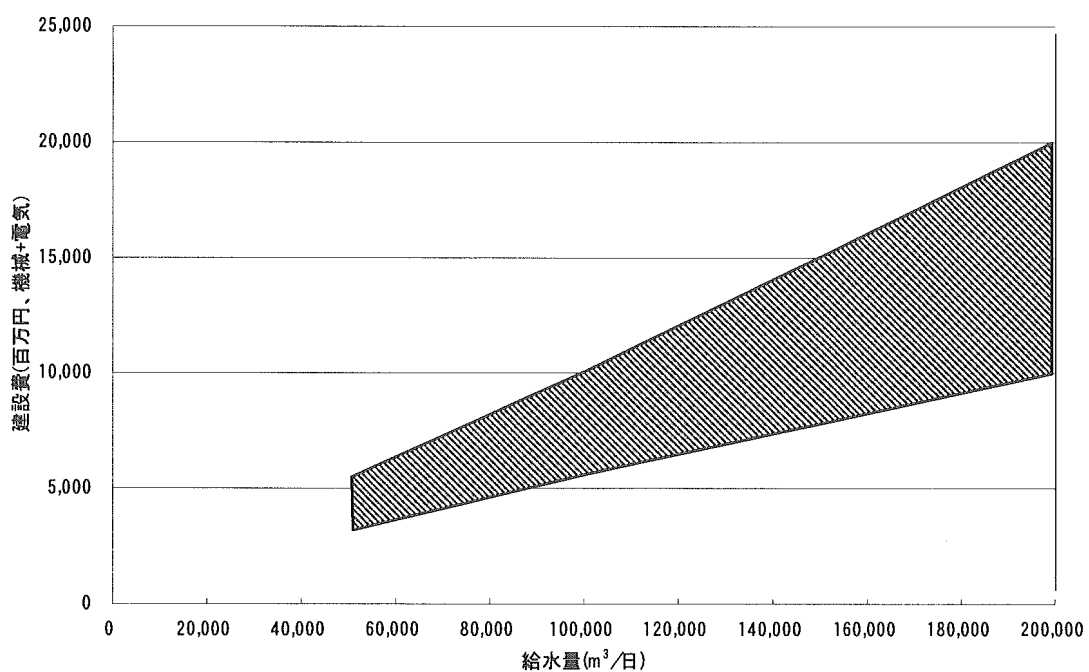


図 7 - 7 7 膜ろ過設備の建設費 (機械+電気、供給水② 薬品洗浄 1 回/年)

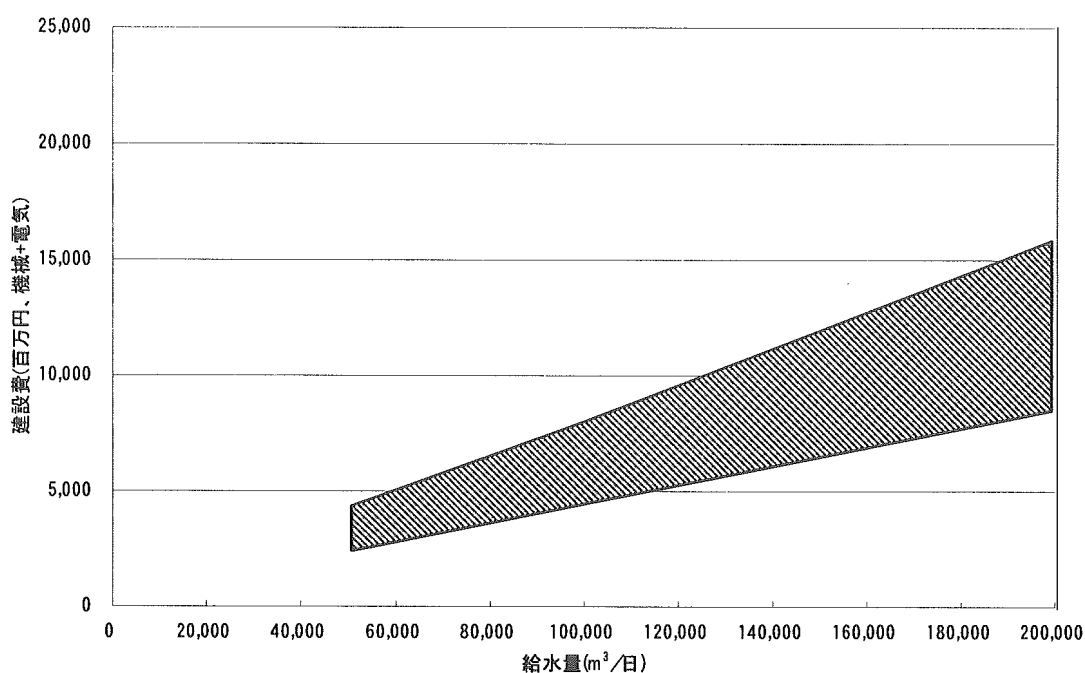


図7-78 膜ろ過設備の建設費（機械+電気、供給水②薬品洗浄3~4回/年）

供給水①、供給水②とも、設備費は給水量にほぼ比例して増加する傾向にある。給水量 m^3 /日当たりの設備費の単価を算出すると、表7-22のようになる。

表7-22 膜ろ過設備費単価

	薬洗回数	50,000 m^3 /日	100,000 m^3 /日	200,000 m^3 /日
供給水①	1回/年	4.4~6.6	4.3~5.8	4.2~5.0
	3~4回/年	3.7~5.0	3.3~4.2	2.8~4.2
供給水②	1回/年	6.3~10.5	5.5~10.0	4.9~10.0
	3~4回/年	4.8~8.4	4.4~7.9	4.2~7.9

※上記単価はすべて万円/ m^3 である。

同じ給水量においても単価に幅があるのは、主として膜ろ過方式や系列数の違い、薬品洗浄の実施回数に起因している。一般に、薬品洗浄の実施回数を増やせば高い膜ろ過流束で設備設計が可能となり、膜モジュールの使用本数が減少し、付帯する機器も少なくなることから設備費は低廉化する。逆に、薬品洗浄の回数を減らせば低い膜ろ過流束での設備設計となり、設備費は高くなる傾向にある。本ケーススタディにおいては、表7-22より薬品洗浄回数を1回/年実施する場合に比べ、薬品洗浄回数を3~4回/年に増やした方が、設備費価格として約15~20%低廉化していることが分かる。ただし、高い膜ろ過流束で計画する場合、以下の項目に留意する必要がある。