２）運転結果

図 3.2.1－53～56 に系列ごとの膜差圧の経時変化を示した。各系列とも予備実験にて決定した運転条件にて実験を開始したが、冬季に入ると水温の低下と原水水質の影響により膜差圧の上昇が見られ、特に、原水を直接膜ろ過するＤ系ではろ過継続期間が極端に短くなり連続した実験が困難となった。このため、全系列ともフラックスを 3.0 m³/(m²･d)から 2.5 m³/(m²･d)に変更し、短期負荷実験として平成 16 年 1 月末より、循環実験、中程度濁度添加実験を順次実施した。その後 6 月以降、運転圧力が安定したため、フラックスを 3.0 m³/(m²･d)に変更し、ピーク濁度添加実験、高フラックス実験を実施した。10 月には日本に甚大な被害をもたらした台風 23 号の影響により、自然由来の高濁度実験となった。12 月に膜モジュールを交換し、凝集条件検討実験を実施し、実験終了後には、膜モジュールの解体解析を行ない、膜の蓄積成分の調査を行なった。

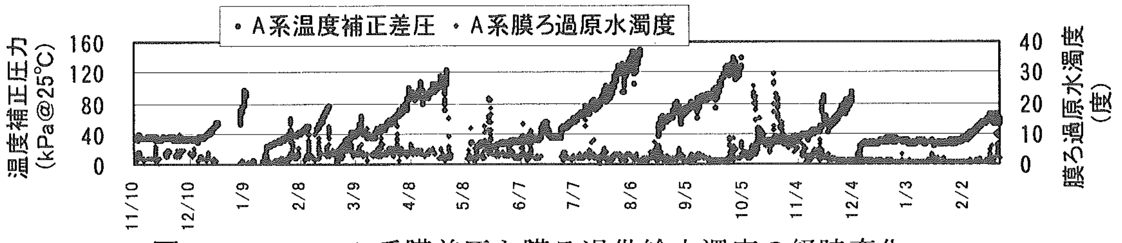

図 3.2.1－53　A 系膜差圧と膜ろ過供給水濁度の経時変化

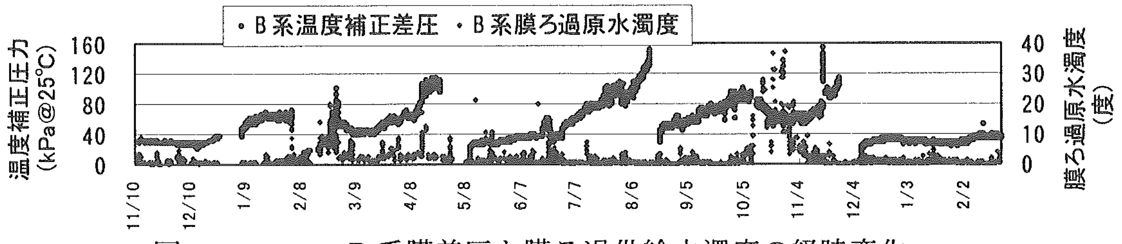

図 3.2.1－54　B 系膜差圧と膜ろ過供給水濁度の経時変化

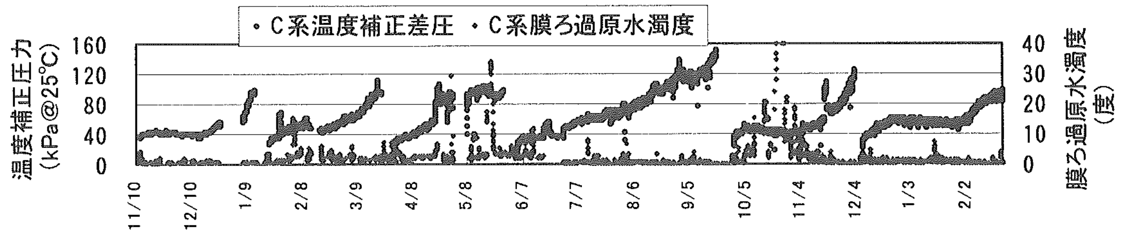

図 3.2.1－55　C 系膜差圧と膜ろ過供給水濁度の経時変化

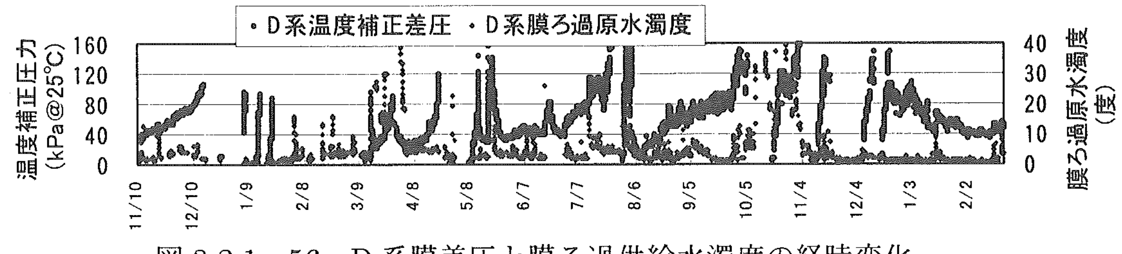

図 3.2.1－56　D 系膜差圧と膜ろ過供給水濁度の経時変化

表3.2.1－3に各系列の薬品洗浄間隔と回復率、図3.2.1－57～60に累計ろ過水量を示した。薬品洗浄の条件は、膜入口圧力が150kPaに達した場合（負荷実験時は200ｋPa設定）、もしくは負荷実験の開始直前に実施した。したがって、単純に薬品洗浄間隔を比較することはできないが、短いほど膜ろ過における負荷が大きいと考えられ、負荷量が多い順に、Ｄ系＞Ｃ系＞Ａ系＞Ｂ系の順となった。また、薬品洗浄回復率は透水量初期値に対し84％～100％の範囲となっており、特異な傾向は見られなかった。

表3.2.1－3 各系列の薬品洗浄間隔と回復率（平成15年11月～平成16年12月）

薬品洗浄回数	Ａ系（５回）		Ｂ系（３回）		Ｃ系（４回）		Ｄ系（９回）	
	間隔（日）	回復率（％）	間隔（日）	回復率（％）	間隔（日）	回復率（％）	間隔（日）	回復率（％）
１回目	49	99	74	94	53	84	33	85
２回目	31	100	66	89	59	84	2	100
３回目	58	100	100	87	56	95	2	98
４回目	89	92	88	－	108	92	2	100
５回目	45	89	－	－	67	－	41	100
６回目	56	－	－	－	－	－	81	98
７回目	－	－	－	－	－	－	68	92
８回目	－	－	－	－	－	－	20	85
９回目	－	－	－	－	－	－	6	－
平均	54.8	96.0	82.0	90.0	68.6	88.8	28.3	94.8
最大	89	100	100	94	108	95	81	100
最小	31	89	66	87	53	84	2	85
膜交換後（平成16年12月～平成17年2月）								
１回目	－	－	－	－	－	－	7	84

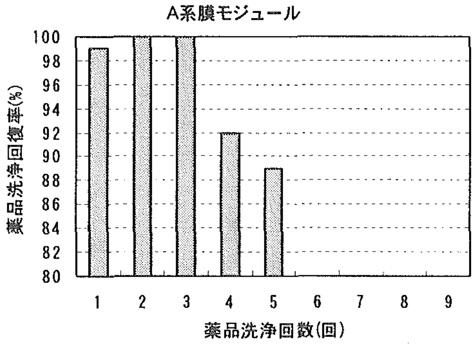

図3.2.1－57 Ａ系洗浄回数と回復率

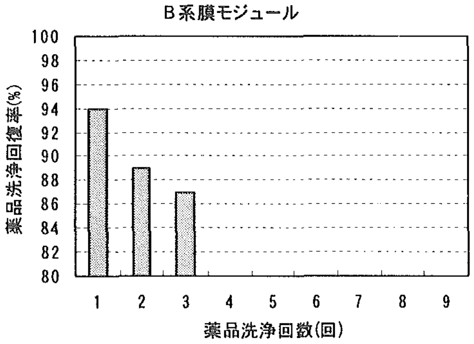

図3.2.1－58 Ｂ系洗浄回数と回復率

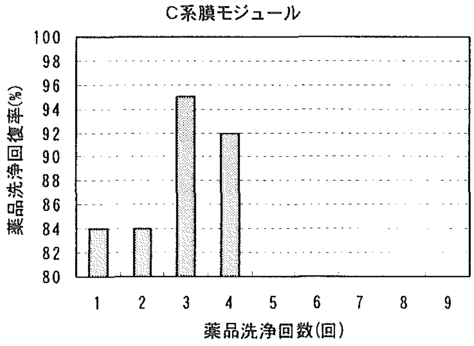

図3.2.1－59 Ｃ系洗浄回数と回復率

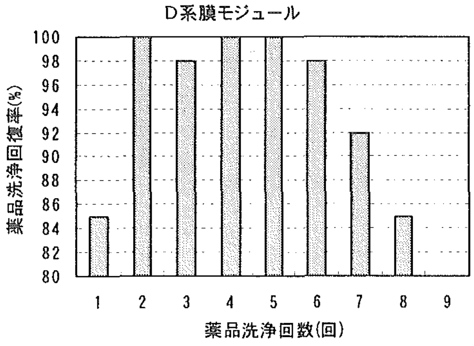

図3.2.1－60 Ｄ系洗浄回数と回復率

図 3.2.1－61～64 に、薬品洗浄回数と稼動から薬品洗浄までの期間におけるろ過水量及び累積ろ過水量の関係を示した。平成 15 年 12 月～平成 16 年 12 月までの期間を示したが、D 系列は、平成 16 年 2 月～3 月にかけて約 40 日間別のテストモジュールにて実験を行ったため、A、B、C 系列に比べて累積ろ過水量が少ない。全体の傾向としては水温の高い夏季にろ過水量が多くなっている。本実験では薬品洗浄条件を温度補正なしの膜入口圧力にて設定し、定量ろ過運転を行っているため、夏季の高水温時は冬季の低水温時に比べ補正なしの圧力は低くなる。このため薬品洗浄の設定圧力に達する時間が長くなるためである。

図 3.2.1－65 に、各系列の薬品洗浄までの平均ろ過水量を示した。ろ過水量が多い順に、B 系＞C 系＞A 系＞D 系の順となった。水質的な負荷に関しては、前記の通り、台風時以外には極端な変動は見られなかったので、系列ごとの前処理の種類による差異の方が大きく影響していると判断できる。

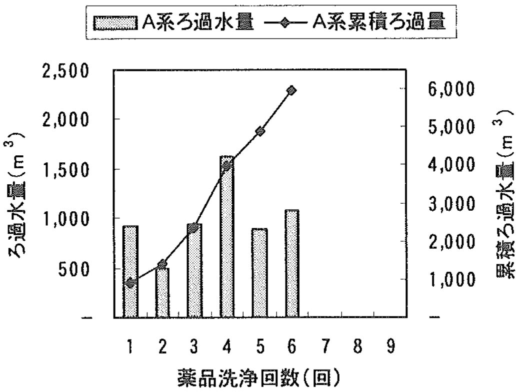

図 3.2.1－61　A 系洗浄回数とろ過水量

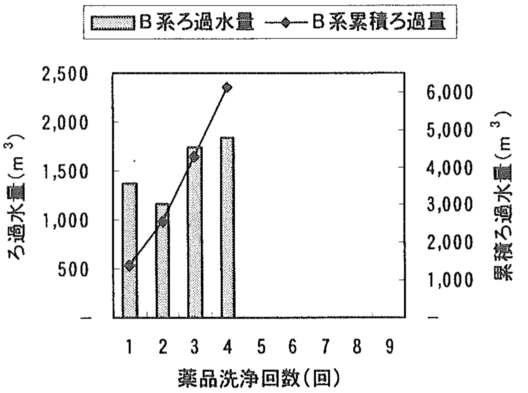

図 3.2.1－62　B 系洗浄回数とろ過水量

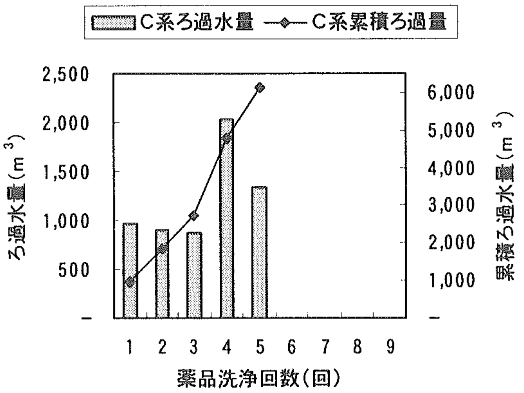

図 3.2.1－63　C 系洗浄回数とろ過水量

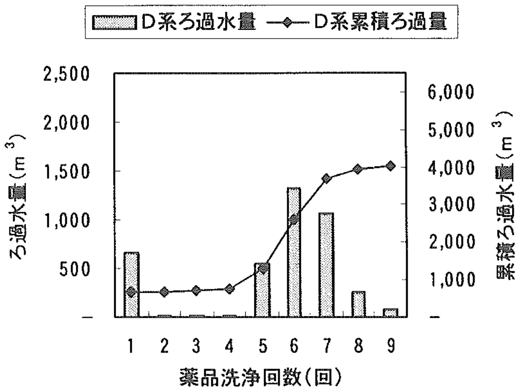

図 3.2.1－64　D 系洗浄回数とろ過水量

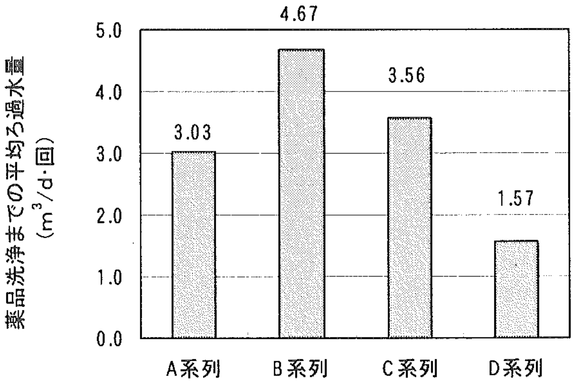

図 3.2.1－65　各系列の薬品洗浄までの平均ろ過水量

また、通年の運転データを、温度補正膜差圧の上昇速度により整理した。各系列で、フラックスの変更を行なったことや物理洗浄間隔を変更したこと、薬品洗浄条件が圧力設定だけではなかったこと、短期実験を同時ではなく順次実施したことなどから、温度補正膜差圧による直接比較ができないので、運転日数(d)、積算ろ過量（m^3)、薬品洗浄時の温度補正圧力（kPa）から、平均フラックス（$m^3/(m^2 \cdot d)$)、温度補正膜差圧上昇速度（ΔkPa/d)、単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度（ΔkPa/m）を算出した。表 3.2.1－４に運転結果一覧表、図 3.2.1－66 に系列ごとのフラックスあたりの膜差圧上昇速度を示した。

表 3.2.1－４ 運転結果一覧表（連続運転期間全体を対象）

	Ａ系	Ｂ系	Ｃ系	Ｄ系
平均フラックス　$m^3/(m^2 \cdot d)$	2.59	2.67	2.54	2.25
膜差圧上昇速度　ΔkPa/d	2.06	1.51	1.73	4.87
上昇速度/フラックス　ΔkPa/m	0.80	0.57	0.68	2.16

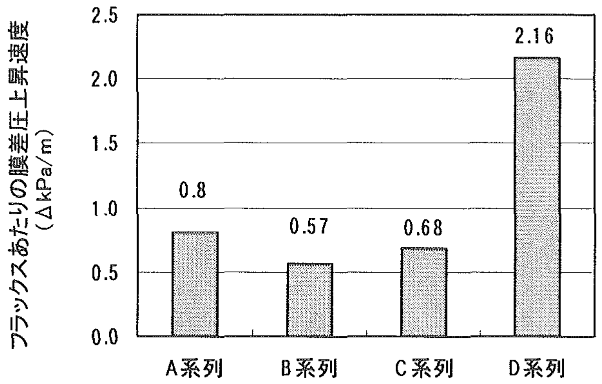

図 3.2.1－66　各系列のフラックスあたりの膜差圧上昇速度

単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度（ΔkPa/m）を見ると、Ａ系列 0.80、Ｂ系列 0.57、Ｃ系列 0.68 に比べ、Ｄ系列は 2.16 と非常に差圧の上昇速度が速いことがわかる。また、Ｄ系列においても比較的順調な運転が行なえていた時期のみでの平均値でも 1.29 となり、他の系列に対し差圧上昇速度が高く、負荷が高いといえる。

ここで、各系列で薬品洗浄間隔が最も長かった期間を抜粋し、水質負荷量の算出と運転結果の解析を行った。抜粋実験期間は、結果的に、平成 16 年５月７日～9 月 17 日のうち各系列が連続して運転している期間となった。図 3.2.1－67 に抜粋期間における膜差圧の経時変化を示した。

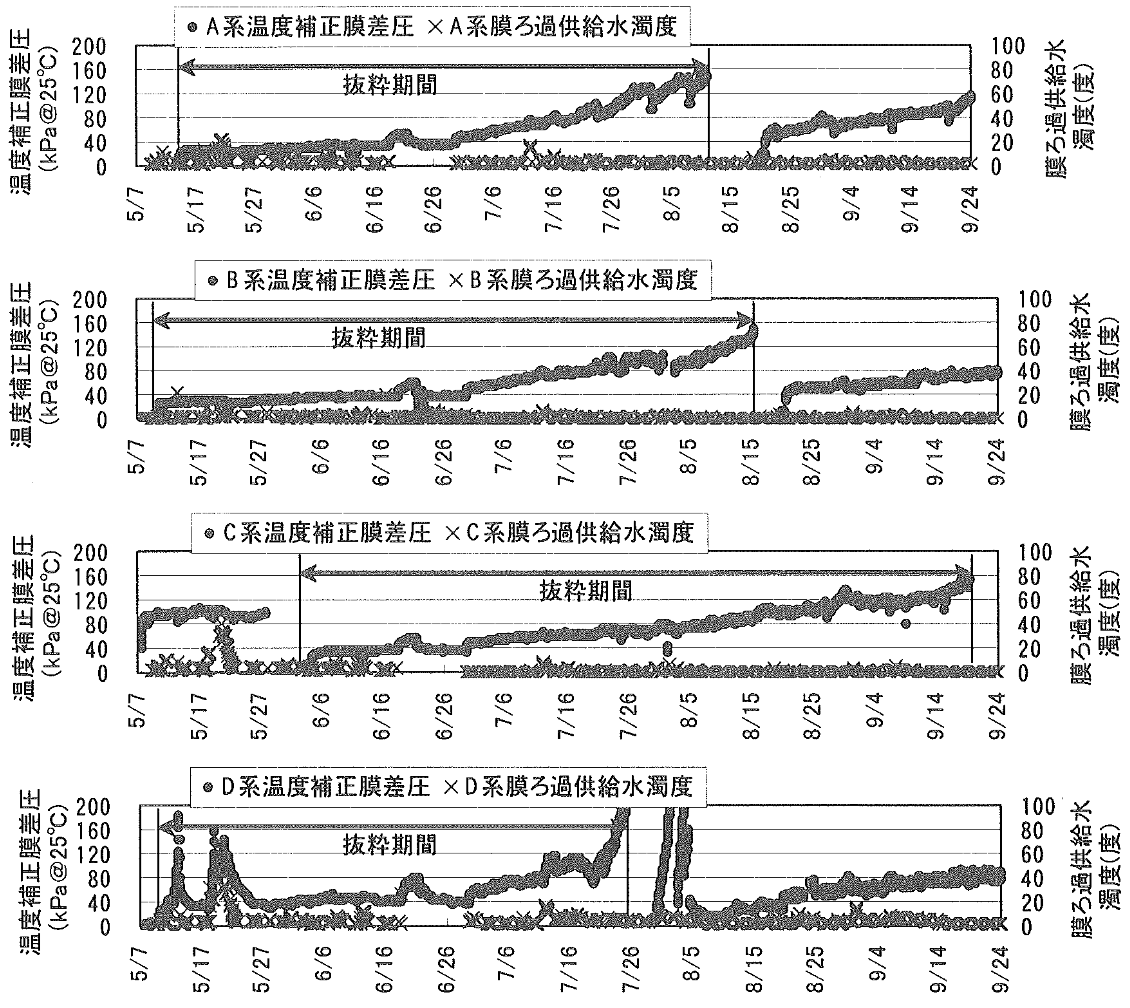

図 3.2.1－67 抜粋期間における膜差圧の経時変化

表 3.2.1－5 に、各系列の抜粋実験期間における、濁度、色度、E260 の平均、最大、最小値を示した。年間平均値に比べると、濁度、色度ともにやや低めであり、E260 は高めとなっているが、系列ごとの処理性の傾向は変わっていない。

表 3.2.1－5 抜粋実験期間中の水質分析結果

	A系			B系			C系			D系	
	原水	凝集沈澱	膜ろ過	原水	直接ろ過	膜ろ過	原水	活性炭ろ過	膜ろ過	原水	膜ろ過水
濁度(度)											
平均	6.5	3.5	0.0	6.2	1.0	0.0	6.3	1.0	0.0	6.1	0.0
最大	23.4	12.7	0.0	23.4	8.6	0.0	21.4	7.0	0.0	23.4	0.0
最小	2.3	1.1	0.0	2.3	0.2	0.0	2.3	0.2	0.0	2.4	0.0
色度(度)											
平均	3.1	1.0	0.3	3.0	1.0	0.3	2.7	0.7	0.2	3.1	0.9
最大	12.0	2.6	0.9	12.0	2.1	0.9	12.0	1.6	0.7	12.0	1.6
最小	1.0	0.1	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.3	0.0
E260(-)											
平均	0.070	0.048	0.046	0.070	0.049	0.047	0.064	0.027	0.026	0.072	0.066
最大	0.118	0.087	0.084	0.118	0.083	0.080	0.118	0.049	0.049	0.118	0.103
最小	0.015	0.005	0.004	0.015	0.004	0.004	0.015	0.000	0.000	0.024	0.012

表 3.2.1－6 に、抜粋実験期間中の各系列の稼働日数とろ過水量、薬品洗浄回復率を示した。期間中、系列によっては中濁度添加実験や高フラックス実験などを実施しているほか、フラックスの変更を実施しているため、単純に運転日数やろ過水量による比較することはできないが、おおむね同時期のデータであるため、系列ごとの負荷比率の傾向を見ることができる。

表 3.2.1－6 抜粋実験期間中の稼動日数と総ろ過水量

	A系	B系	C系	D系
稼働日数（日）	89	100	108	81
ろ過水量（m^3）	1619.5	1745.1	1997.8	1319.0
薬品洗浄回復率（%）	92	87	92	98

ここで、表 3.2.1－7 に抜粋実験期間中の各水質項目の総負荷量を、毎日の水質測定値と処理水量の積により算出した。ここに示した数値は、各系列が薬品洗浄に達するまでに、どれだけの負荷量を処理したかを示している。実験の期間が異なるため、各系列の原水負荷量と前処理水の負荷量を示した。ここに示した水質項目においては、すべての項目においてＤ系列の負荷量が最も多く、他の項目についてはばらつきがあるが、色度、Ｅ260 については、活性炭ろ過を前処理に持つＣ系列の負荷量が最も少なくなっている。

表 3.2.1－7 抜粋実験期間中の総負荷量

	Ａ系		Ｂ系		Ｃ系		Ｄ系
総負荷量	原水	凝集沈澱	原水	直接ろ過	原水	活性炭ろ過	膜供給水
濁度総負荷量	10,683	5,618	10,549	1,676	12,862	2,039	7,856
色度総負荷量	4,858	1,653	5,146	1,774	5,279	1,434	4,145
E260 総負荷量	113	77	122	85	127	54	97

※濁度負荷量算出：濁度負荷量＝濁度（度）×処理水量（m^3）
※色度負荷量算出：色度負荷量＝色度（度）×処理水量（m^3）
※E260 負荷量算出：E260 負荷量＝E260（－）×処理水量（m^3）

表 3.2.1－8 に抜粋実験期間中の各系列における、平均フラックス、膜差圧上昇速度、単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度（ΔkPa/m）を示した。

表 3.2.1－8 運転結果一覧表（抜粋実験期間全体を対象）

	Ａ系	Ｂ系	Ｃ系	Ｄ系
平均フラックス　$m^3/(m^2\cdot d)$	2.61	2.49	2.69	2.33
膜差圧上昇速度　ΔkPa/d	1.67	1.51	1.41	2.72
上昇速度/フラックス　ΔkPa/m	0.64	0.61	0.52	1.17

単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度（ΔkPa/m）を見ると、Ａ系列、Ｂ系列、Ｃ系列に比べ、Ｄ系列は高い値となっているが、表 3.2.1－4 に示した年間平均値（Ｄ系：2.16）よりは低い値となっている。また、負荷の順番については年間平均値と同様に、Ｄ＞Ａ＞Ｃ＞Ｂとなっている。

（３） 連続実験考察

今回の実験結果から膜ろ過を含むトータルシステムフローを評価する際に、水処理システムにおける負荷分配の観点から、水質面の負荷量と膜ろ過装置の運転における負荷量により整理した。

水質面からの解析として、Ｄ系膜ろ過供給水水質を基準として各系列の膜ろ過供給水の水質を比率で表し、膜ろ過供給水水質負荷割合を算出した。表3.2.1－9に膜ろ過供給水負荷割合を示した。

これらの値から、直接膜ろ過した場合(Ｄ系)に対して、前処理を使用した場合の負荷量が比較でき、また処理特性の違いが明らかになった。

表3.2.1－9 膜ろ過供給水負荷割合（水質）

	Ａ系 凝集 沈澱	Ｂ系 直接 ろ過	Ｃ系 活性炭 ろ過	Ｄ系 原水
濁度	0.46	0.57	0.48	1
色度	0.20	0.22	0.20	1
$KMnO_4$	0.49	0.47	0.38	1
TOC	0.80	0.64	0.56	1
鉄	0.45	0.37	0.38	1
ﾏﾝｶﾞﾝ	0.53	0.21	0.28	1
ｱﾙﾐﾆｳﾑ	2.26	1.84	1.93	1

今回の実験条件では、終末に除濁機能を有する膜ろ過を持つ浄水処理システム構成であったため、凝集剤量を減らした結果、前処理における除濁効果は低減したと思われるが、原水に対して4～5割の処理がなされていた。色度に関しては8割程度が除去されており、凝集剤による効果と考えられる。また、金属類に関しては、Ａ系よりもＢ系、Ｃ系の方が前処理による除去効果があった。ただし、アルミニウムの項に関しては、Ｄ系以外は凝集剤を使用しているので、負荷割合がＤ系（原水）よりも大きくなっている。

同様に、運転状況からの解析として、単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度をＤ系に対して整理した。表3.2.1－10に単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度割合を示した。

表3.2.1－10 単位フラックス当たりの温度補正膜差圧上昇速度割合

Ａ系膜ろ過	Ｂ系膜ろ過	Ｃ系膜ろ過	Ｄ系膜ろ過
0.37 (0.62)	0.26 (0.44)	0.31 (0.53)	1 (順調運転時)

Ｄ系列は、薬品洗浄回数が多く、薬品洗浄間隔も短かったため、単位フラックスあたりの温度補正膜差圧上昇速度が異常に大きい値を示した期間があり、比較的安定した運転を行なった時期の値を基準としても整理した。実験期間中全体での数値比較では、前処理を行なうことによりおよそ7割程度、膜ろ過単独でも順調な運転が行なえた期間においても4～6割の負荷低減が可能であった。負荷量の順番としては、Ｂ系が最も少なく、次いでＣ系、Ａ系の順となり、いずれの系列においてもＤ系列よりも負荷量はかなり小さいことががわかった。

（４） 連続実験まとめ

今回の実験では、各系列の運転条件を最適化するのではなく、環境影響低減化を図るため

に既存設備を最低限の改良により使用することを考えた。そこで、凝集剤の注入率を通常浄水場にて使用する量の 1/3 から 1/2 とした処理条件とし、凝集沈澱または直接ろ過、活性炭ろ過をそれぞれ膜ろ過の前処理として用いた。その結果、膜ろ過供給水水質および膜差圧の上昇速度による評価によっても、およそ４～６割程度の負荷を低減できることが明らかとなった。

浄水処理システムとして負荷分配を検討する際に、膜ろ過供給水水質に関する評価は、水質項目ごとに、膜ろ過に対する影響が異なると考えられるため一概に評価することは難しいが、ここで示した原水水質負荷と膜ろ過運転負荷の数値を参考とし、原水水質と既存設備の能力に応じた前処理方法を選定することにより環境影響低減化膜ろ過浄水処理システムを絞り込むことが可能である。

３．２．２　循環実験

（１）実験目的

既存処理法と膜ろ過を組み合わせた浄水処理プロセスにおいて、回収率の向上を図る目的で排水を循環使用する際の負荷配分、回収率、物質収支、エネルギー消費量、返送水・排水・処理水の水質などを調査する。

（２）実験概要

原水を膜濃縮装置により濃縮し、3 系凝集沈澱設備、直接ろ過設備、活性炭ろ過設備および膜ろ過設備に供給する。また、凝集沈澱池の引き抜き汚泥、直接ろ過逆洗排水、活性炭ろ過逆洗排水および膜ろ過逆洗排水は、濃縮槽により重力分離し、上澄水を返送水として原水に混合する。

実験は、A～D の処理系列のうち１つを選択して行う。運転は選択した 1 系列だけとし、他の系列は休止する。

（３）実験方法

１）実験期間

平成 16 年 1 月 20 日～4 月 2 日（本実験期間：各系列につき約 2 週間）

実験日程を表 3.2.2－1 に示す。

表 3.2.2－1　実験日程

1 月 19 日～1 月 25 日	1 月 26 日～2 月 1 日	2 月 2 日～2 月 9 日	2 月 17 日～2 月 22 日
実験計画見直し	C 系循環実験		B 系循環実験
実験装置設定及び確認	排水貯留期間	検水期間（2 回）	装置設定及び排水貯留期間
2 月 23 日～2 月 27 日	3 月 1 日～3 月 7 日	3 月 8 日～3 月 12 日	3 月 15 日～3 月 28 日
B 系循環実験	A 系循環実験	A 系循環実験	D 系循環実験
検水期間（2 回）	装置設定及び排水貯留期間	装置設定及び排水貯留期間	装置設定及び排水貯留期間
	3 月 29 日～4 月 2 日		
D 系循環実験			
	検水期間（2 回）		

２）実験条件

・原水

膜濃縮装置により濃縮した水と濃縮槽上澄水を混合して実験原水とする。

濃縮倍率は、約 7.5 倍（受け入れ量 300 m³/日、濃縮排水量約 40 m³/日）とする。原水濁度は、実験開始時点（2004 年 1 月）時点で１度～２度付近であり、濃縮により 7.5 度～15 度前後となる。

・PAC 注入率

連続実験では、表 3.2.2－2 に示す条件としたが、原水として膜による濃縮水と逆洗排水上澄水の混合水を使用するため、PAC 注入率を 15 mg/L に固定する。

表 3.2.2－2　PAC 注入率（連続実験）

原水濁度	PAC 注入率
7 度未満	7 mg/L
7 度以上	15 mg/L

・膜フラックス

膜ろ過装置の日平均膜フラックスは、2.5 m³/(m²･日)とする。したがって、膜モジュール 1 本あたりの流量は 17.5 m³/日（2.5 m³/(m²･日）×7 m²＝17.5 m³/日）となる。

・流量バランス

各処理系列の流量バランスを図 3.2.2－1 から図 3.2.2－5 に示す。

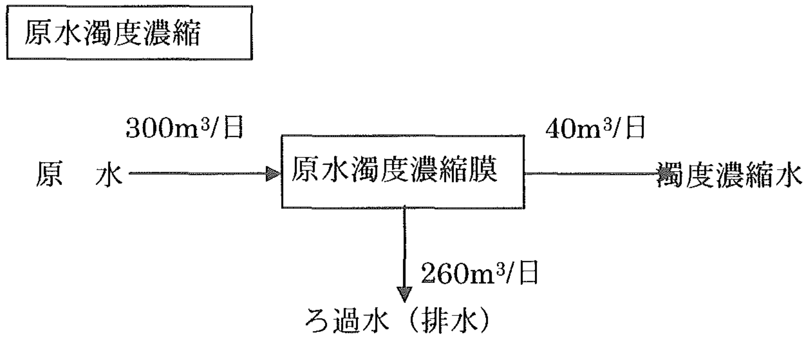

図 3.2.2－1　原水濃縮系（A～D 系列共通）

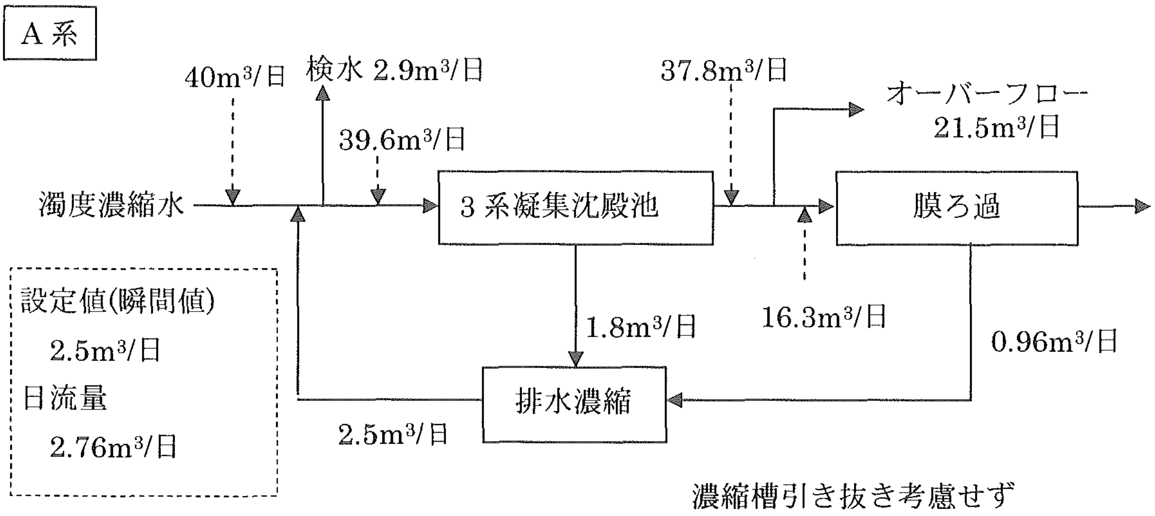

図 3.2.2－2　A 系の流量バランス

・排水量

凝集沈殿槽　　　　　　　　　　　　　　　　一時間交互で 30 秒間開

排泥弁	①200L/分	$0.2m^3$/分×0.5 分×12 回/日＝$1.2m^3$/日	$1.8m^3$/日
排泥弁	②100L/分	$0.1m^3$/分×0.5 分×12 回/日＝$0.6m^3$/日	

膜ろ過

逆洗工程排水 15L/回	20L/回	20 l /回×48 回＝$0.96m^3$/日
排水工程排水　5L/回		

1 日の排水量＝$1.8m^3$/日＋$0.96m^3$/日＝$2.76m^3$/日

排水槽容量　　＝$4.8m^3$/槽

濃縮槽容量　　＝$7.2m^3$/槽

返送水槽容量＝$4.8m^3$/槽

計　　　　$16.8m^3$

返送水を戻すことが可能な日数

$$日数 = \frac{16.8m^3}{2.76m^3} = 6.1 日$$

→7 日かかる。

返送水量は $2.5m^3$/日に設定する。（途中の濃縮槽の排泥は行わない。）

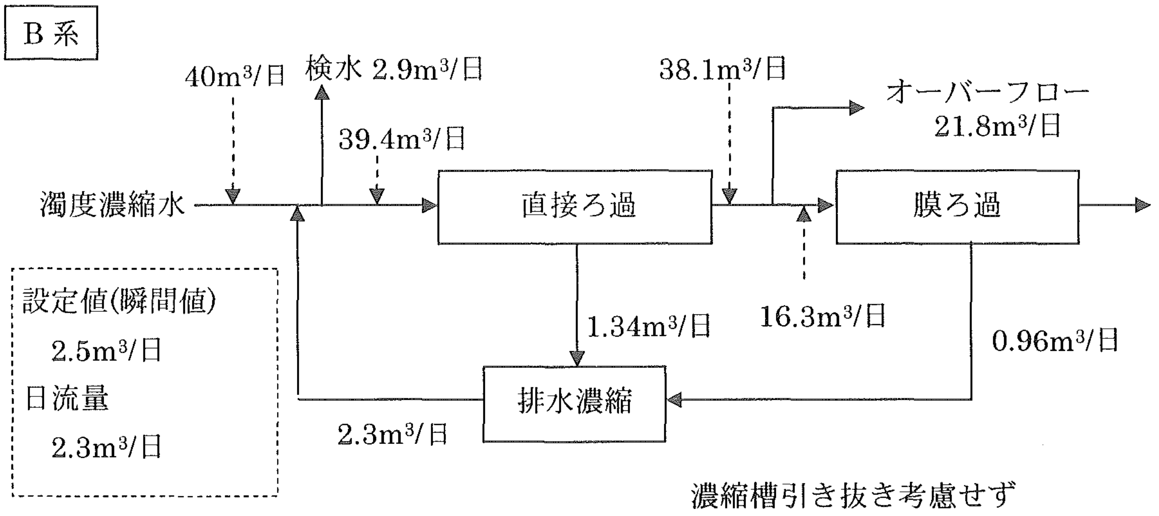

図 3.2.2−3　B系の流量バランス

・排水量

直接ろ過塔

逆洗排水	$1.29m^3$/回	$1.34m^3$/日	１日１回逆洗にセットすると $1.34m^3$/日
捨水	$0.05m^3$/分		

膜ろ過

逆洗工程排水	15L/回	20L/回	20ｌ/回×48回＝$0.96m^3$/日
排水工程排水	5L/回		

１日の排水量＝$1.34m^3$/日＋$0.96m^3$/日＝$2.3m^3$/日

排水槽容量　＝$4.8m^3$/槽

濃縮槽容量　＝$7.2m^3$/槽

返送水槽容量＝$4.8m^3$/槽

計　$16.8m^3$

返送水を戻すことが可能な日数

日数 $= \dfrac{16.8m^3}{2.3m^3}$ ＝7.3日

→8日かかる。

返送水量は $2.5m^3$/日に設定する。(途中の濃縮槽の排泥は行わない。)

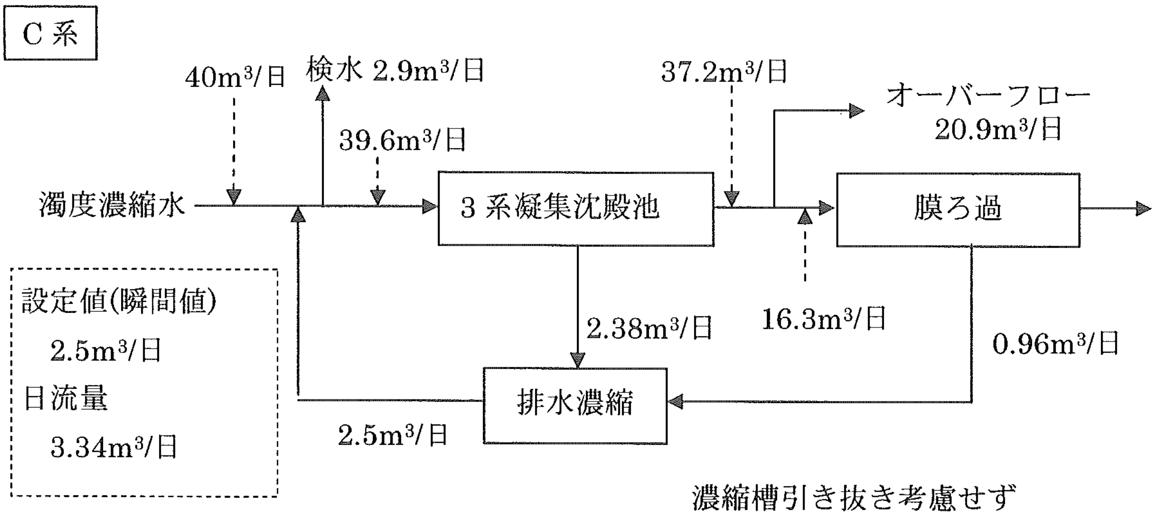

図 3.2.2−4　C系の流量バランス

・排水量

直接ろ過塔

逆洗排水	2.33m³/回	2.38m³/日	1日1回逆洗にセットすると 2.38m³/日
捨水	0.05m³/分		

膜ろ過

逆洗工程排水	15L/回	20L/回	20 l /回×48 回＝0.96m³/日
排水工程排水	5L/回		

1日の排水量＝2.38m³/日＋0.96m³/日＝3.34m³/日

排水槽容量　＝4.8m³/槽

濃縮槽容量　＝7.2m³/槽

返送水槽容量＝4.8m³/槽

計　16.8m³

返送水を戻すことが可能な日数

$$日数 = \frac{16.8m^3}{3.34m^3} = 5.2日$$

→6日かかる。

返送水量は 2.5m³/日に設定する。（途中の濃縮槽の排泥は行わない。）

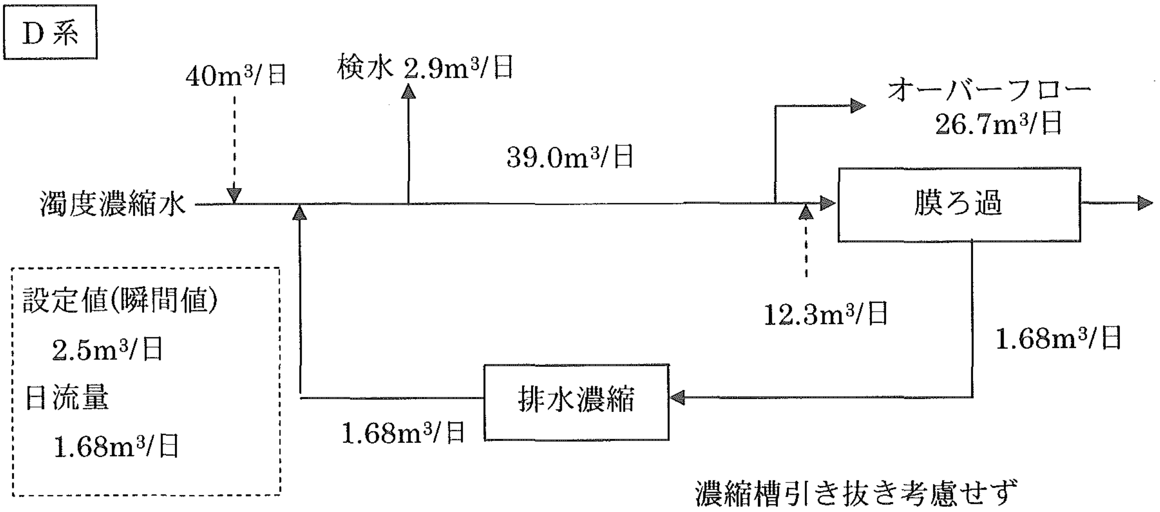

図 3.2.2－5　D 系の流量バランス

・排水量

膜ろ過

逆洗工程排水 15L/回 ┐
　　　　　　　　　　　├ 20L/回　　　　20 l /回×84 回＝1.68m³/日
排水工程排水　5L/回 ┘

1 日の排水量＝1.68m³/日

排水槽容量	＝4.8m³/槽
濃縮槽容量	＝7.2m³/槽
返送水槽容量	＝4.8m³/槽
計	16.8m³

返送水を戻すことが可能な日数

日数 $= \dfrac{16.8\text{m3}}{1.68\text{m3}} = 10$ 日

→10 日かかる。

返送水量は 2.5m³/日に設定する。（途中の濃縮槽の排泥は行わない。）

・採水場所

各系列の採水場所を図 3.2.2－6 に示す。また、採水場所の名称と処理系列ごとの採水場所の組み合わせをそれぞれ表 3.2.2－3 及び表 3.2.2－4 に示す。

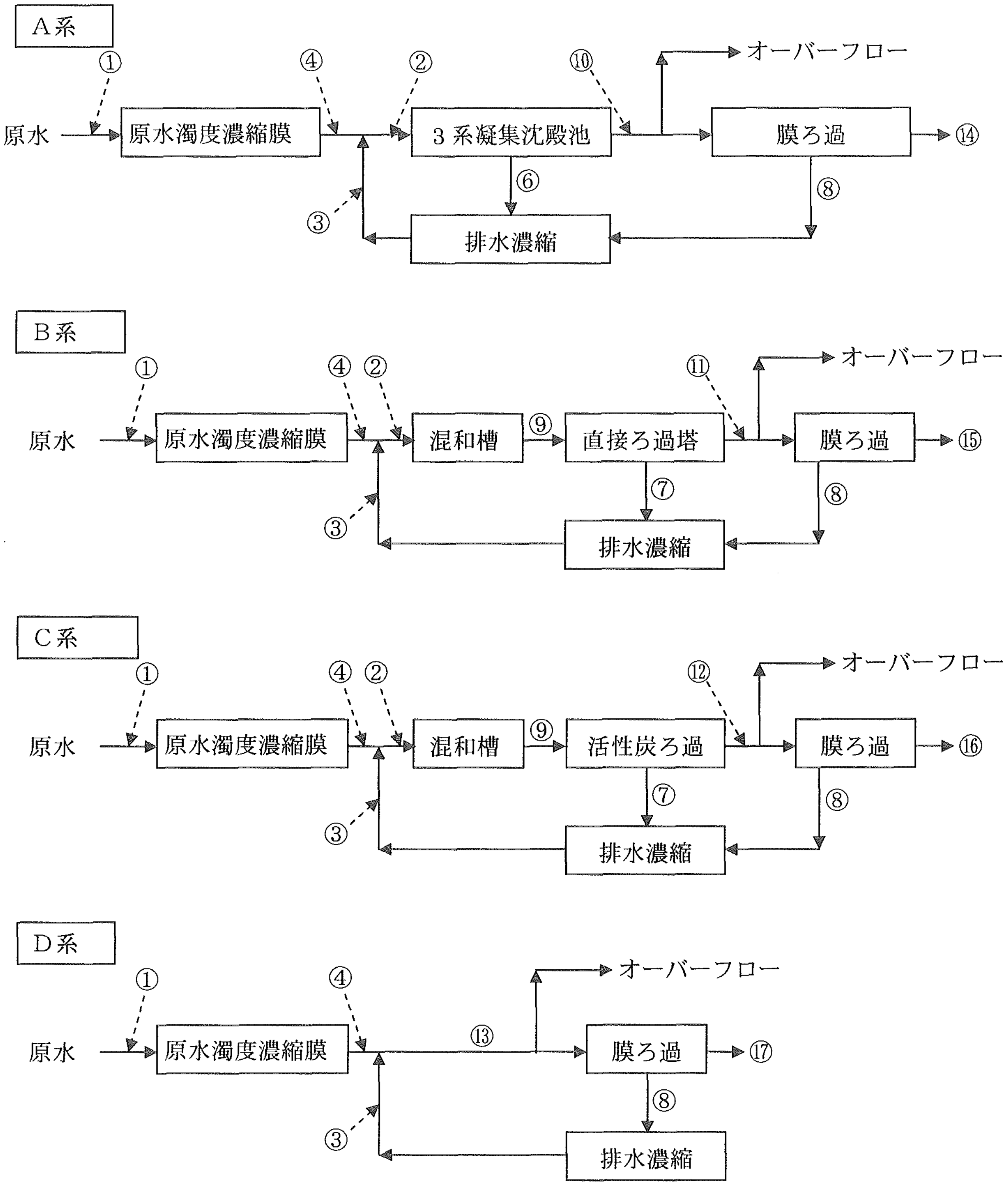

図 3.2.2－6　各処理系列の採水場所

表 3.2.2－3　採水場所

場　　所	検水種類	備　　考
①3 系着水井	全体原水	
②返送水＋濃縮濁度水ライン（混合原水）	３系原水	
③返送水槽または返送水ライン	返送水槽	
④濃縮濁度水槽または濃縮水ライン	濃縮濁度水	
⑤濃縮槽排泥ポンプ排出口	濃縮汚泥	濃縮槽からの排泥は行わない。
⑥参考；凝集沈殿槽汚泥ピット	凝集沈殿槽排泥	沈殿池より直接引き抜き 吸い込み器具必要
⑦排水槽ろ過塔洗浄排水槽	ろ過塔洗浄排水	排水槽洗浄槽は、混合水（A 系実験の時は、沈殿汚泥と膜ろ過逆洗排水の混合。B,C 系の実験では、ろ過の逆洗排水と、膜ろ過逆洗排水の混合となる。 それぞれ、膜ろ過の逆洗排水濃度がわかるので、計算により、排水濃度を計算する。
⑧膜ろ過逆洗排水槽	膜ろ過洗浄排水	膜ろ過洗浄排水は、膜ろ過洗浄排水から検水する。
⑨直接ろ過原水槽、または、活性炭ろ過原水槽	３系混和水	
⑩A 系膜ろ過原水槽	３系凝集沈殿水	
⑪B 系膜ろ過原水槽	直接ろ過水	
⑫C 系膜ろ過原水槽	活性炭ろ過水	
⑬D 系膜ろ過原水槽	直接膜ろ過原水	
⑭A 系膜ろ過逆洗水槽	A 系膜ろ過水	
⑮B 系膜ろ過逆洗水槽	B 系膜ろ過水	
⑯C 系膜ろ過逆洗水槽	C 系膜ろ過水	
⑰D 系膜ろ過逆洗水槽	D 系膜ろ過水	

表 3.2.2－4　採水場所の組み合わせ

A 系循環	①、②、③、④、⑥、⑦、⑧、⑩、⑭	9 箇所
B 系循環	①、②、③、④、⑦、⑧、⑨、⑪、⑮	9 箇所
C 系循環	①、②、③、④、⑦、⑧、⑨、⑫、⑯	9 箇所
D 系循環	①、③、④、⑧、⑬、⑰	7 箇所

・水質調査項目

水質分析は、実験現場に設置した機器を用いて比較的容易に測定できる下記４項目の他は外部分析機関に委託した。

現場分析項目（各実験系にて２回程度）

水温、ｐH、濁度、色度、E260

外部分析項目

SS、過マンガン酸消費量、TOC、鉄、マンガン、アルミニウム（鉄、マンガン、アルミニウムはそれぞれ全鉄、全マンガン、全アルミニウムである。）

・運転管理指標の調査

運転管理指標として膜ろ過圧力と消費電力について調査する。

・膜ろ過圧力の変化

記録計により連続測定する。

・消費電力

設置した電力計はそれぞれ表 3.2.2－5 で示す機器の消費電力を記録する。

表 3.2.2－5　電力計と接続機器

A 系電力計（W1）	A 系膜ろ過装置
B 系電力計(W2)	直接ろ過塔原水ポンプ B 系膜ろ過装置
C 系電力計(W3)	活性炭ろ過塔原水ポンプ C 系膜ろ過装置
D 系電力計（W4）	自動ストレーナ D 系膜ろ過装置
混和フロック形成電力計(W5)	No.1 急速撹拌機 No.2 急速撹拌機 No.1 緩速撹拌機 No.2 緩速撹拌機

沈殿・ろ過設備と膜ろ過設備の造水能力が異なるため、評価は処理水 1 m^3 あたりの消費電力により行う。

各膜ろ過装置は、周波数制御を行っていないため、膜ろ過フラックスが異なっても電力量に差が生じない。従って、系列ごとの単位水量あたりの電力量は次の方法により算出した。なお、W1～W5 は表 3.2.2－5 に示す各電力計の値を示す。

A 系

A 系電力量(kwh/m^3)＝｛W5(kWh)/前処理水量(m^3)｝＋｛W1(kWh)/膜処理水量(m^3)｝

B 系

B 系電力量(kwh/m^3)＝｛W5(kWh)＋(W2－W1)(kWh)｝/前処理水量(m^3)
＋｛W1(kWh)/膜処理水量(m^3)

C 系

C 系電力量(kwh/m^3)＝｛W5(kWh)＋(W3－W1)(kWh)｝/前処理水量(m^3)
＋｛W1(kWh)/膜処理水量(m^3)

D 系

D 系電力量(kwh/m^3)＝｛W5(kWh)＋(W4－W1)(kWh)｝/前処理水量(m^3)
＋｛W1(kWh)/膜処理水量(m^3)

（４）実験結果と考察

１）水質の調査

処理系列ごとに水質を調査した。図 3.2.2－7 は 3 系原水（濃縮濁度水と返送水の混合水）に対する膜ろ過水の除去率を示す。図から明らかなように濁度、SS、TOC、過マンガン酸カリ消費量、鉄、マンガンについては、前処理方式による大きな差はなかった。アルミニウムは PAC を注入しているため、A、B、C 系の膜ろ過原水の濃度は高くなったが、膜ろ過水では 0.08mg/L 程度となり、原水に対する除去率では各系列とも約 90％となり良好な処理結果であった。D 系列の膜ろ過水は検出限界以下となり、除去率は 100％となった。E260 については凝集、活性炭ろ過を行った C 系列の除去率が大きかった。

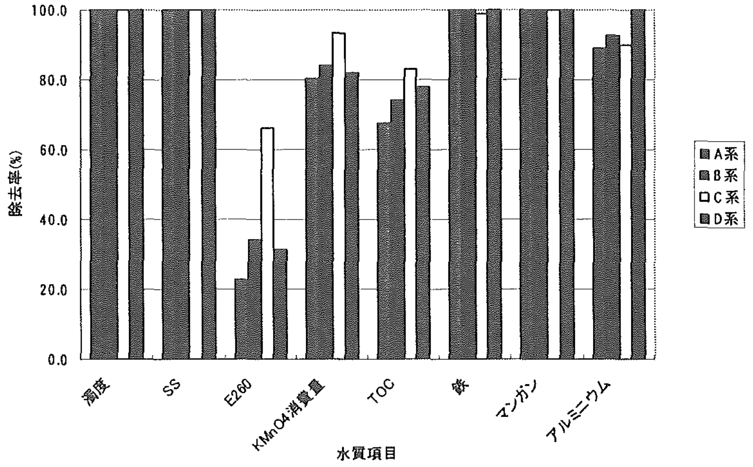

図 3.2.2－7　処理系列ごとの除去率の比較（総合）

次に、前処理による水質改善効果を調査した。図 3.2.2－8 の調査結果で示すように各処理系列とも、前処理による水質改善効果が見られた。濁度は 40～70%程度除去され、有機物の指標でもある過マンガン酸カリウム消費量と TOC はそれぞれ 20～50%、10～40%程度除去された。前処理で除去された分、膜ろ過への負荷が軽減されたことになる。

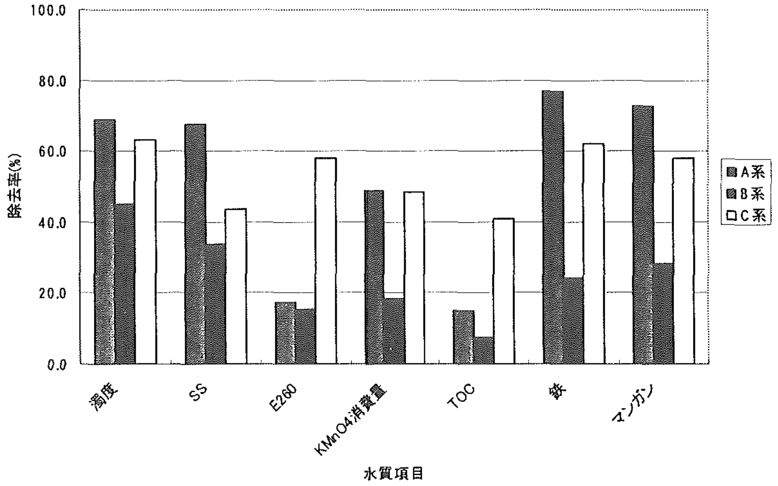

図 3.2.2－8　前処理の効果

また、前処理と膜ろ過で負荷の分配率は、図 3.2.2－9～図 3.2.2－15 に示すようになっていた。濁度、SS についてはＡ系列の前処理の分配率が最も高く、約 70%が除去されていた。次いでＣ系列が高く、約 60%の分配率であった。有機物の指標である過マンガン酸カリウムではＡ、Ｃ系列の分配率が高く、50～60%の分配率であった。TOC についてもほぼ同様な傾向であった。Ｂ系列では両指標とも比較的低く、10～20%程度の分配率であった。E260 でも同様な傾向を示し、Ｃ系列では 80%以上の分配率となり、フミン質等不飽和有機物の除去には凝集、活性炭ろ過が有効であることが分かった。

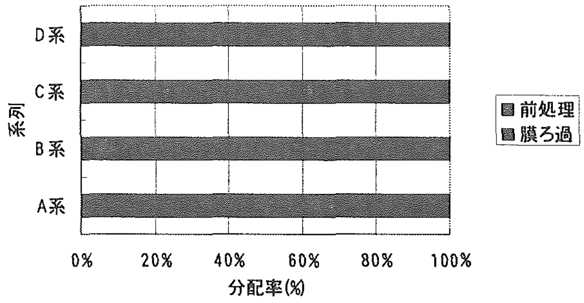

図 3.2.2－9　負荷分配率（濁度）

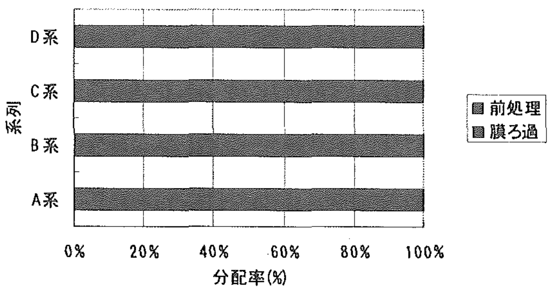

図 3.2.2－10　負荷分配率（SS）

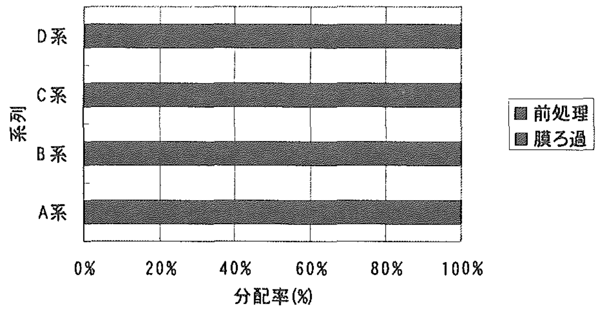

図 3.2.2－11　負荷分配率（E260）

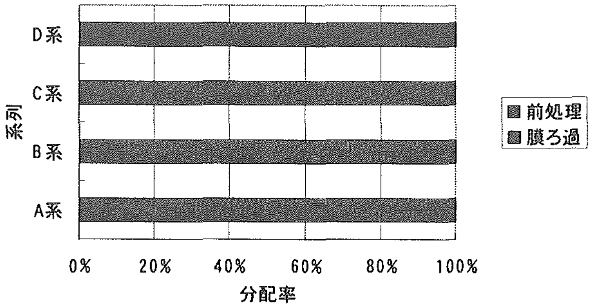

図 3.2.2－12　負荷分配率（$KMnO_4$消費量）

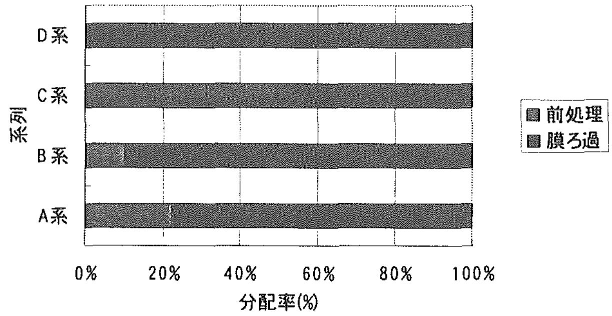

図 3.2.2－13　負荷分配率（TOC）

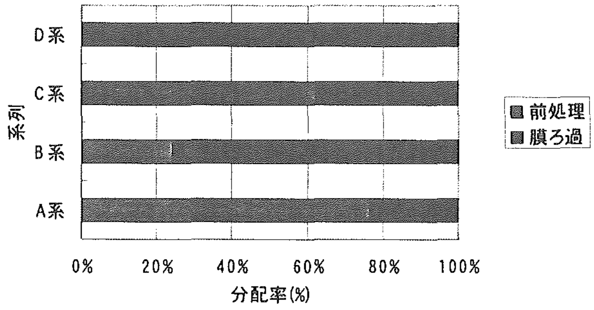

図 3.2.2－14　負荷分配率（鉄）