

鉄を使用した2系凝集沈澱池（以下、小型-2）は、小型-1と比較すると濁度および色度が高く、濁度は小型-1の2～3倍程度あり、色度も小型-2の2～4倍程度となっている。しかし、E260および過マンガン酸カリウム消費量は、PAC系の大型と小型-1より若干低く、有機物の処理に対しては処理効果が高い傾向となる。

小型-2において濁度と色度の低減を目的とした実験を11～12月にかけて行った。実験での検討項目としては、排泥条件（汚泥引抜時間）、塩化第二鉄注入率、水量負荷（表面積負荷）とする。その結果、排泥条件（汚泥引抜時間）、塩化第二鉄注入率での濁度および色度の低減効果はあまり確認されず、水量負荷（表面積負荷）を変えた場合において処理水の濁度および色度は小型-1と同程度に処理することが確認できた。

## 2) 凝集剤と藻類除去の関係

図3-6にPAC注入率（Al表示）と藍藻類の除去率を、図3-7にAl1mg/L当たりの藍藻類除去数を示す。

Al注入率の増加に伴い、除去率は高くなる傾向を示し、3mg/L以上で100%の結果が得られた。図3-7より、原水の藻類数に対する影響は藻類数の増加に伴い、Al1mg/L当たりの藻類除去数も増加している。PAC注入率を増やすことにより藻類除去対策となるが、AIT比が高くなり、アルミの問題や後段のろ過処理・排水処理等への影響が懸される。実証実験では藍藻類の除去率は平均85.5%、珪藻類87.2%、緑藻類90.3%と高い結果が得られ、ジャーテストと同様にpH調整と塩素注入による藻類の除去性改善効果が認められた。PAC注入率は平均4.3mg/L（Al）、AIT比は平均0.39、塩素注入率は平均4.0mg/Lであった。

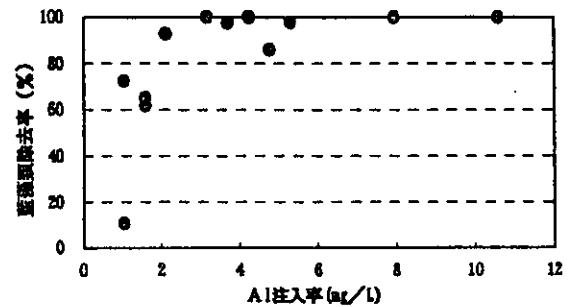


図3-6 Al注入率と藻類

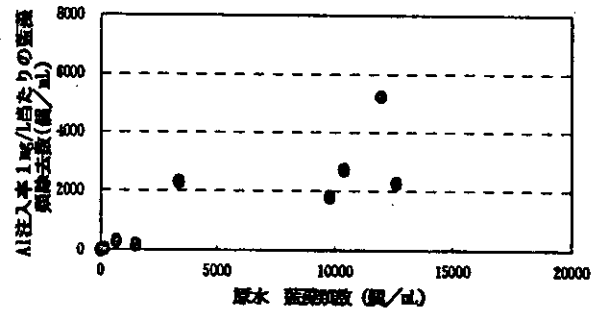


図3-7 Al1mg/L当たりの藻類除去数

## (3)まとめ

実証実験プラント凝集沈澱池は、原水水質の影響が大きいものの、本年度の凝集沈澱処理は水量負荷を50%（表面積負荷率：7mm/min）とし運転を行ったため、原水水質が大幅に変動しない限りは、比較的安定した処理性である。また、9月より運転を開始した2系列の小型凝集沈澱池を比較すると、凝集剤に塩化第二鉄を用いた2系小型凝集沈澱池の濁度および色度の処理効果が、PACを用いた1系小型凝集沈澱池より低い傾向にあるが、E260や過マンガン酸カリウム消費量等の有機物の処理効果は、2系小型凝集沈澱池のほうが高い傾向を示す。

PACにおける凝集改善のために行っているpH調整および塩素処理については、夏期の藍藻出現時にはpH調整の効果が大きく、冬期の珪藻出現時には塩素処理の効果が大きい傾向を示す。

湖沼・貯水池系の難凝集性原水の凝集沈澱処理を行う場合は繁殖する藻類の種類によりpH調整や塩素注入等の前処理を適切に行い、凝集剤の注入率を増減すること、表面負

荷率を考慮することが重要である。

### 3. 4. 3 高速ろ過処理実験

#### (1) PACによるろ過高速実験

##### 1) ろ過速度とろ過継続時間の関係

4～5月, 7～10月は藻類の発生も少なく水質も安定していることから沈殿処理水濁度も0.1～1.5度で推移、150～350m/日のろ過速度で通水時間48時間後でもろ過水濁度は0.1度未満を確保。損失水頭も2,500mmになることはない。

6月, 8月初旬藻類(藍藻類)が発生、水質が悪くなったため沈殿処理水濁度が0.5～2.0度で推移、高速でのろ過処理が不安定となる。

##### 2) 藻類の種類とろ過処理水濁度の関係

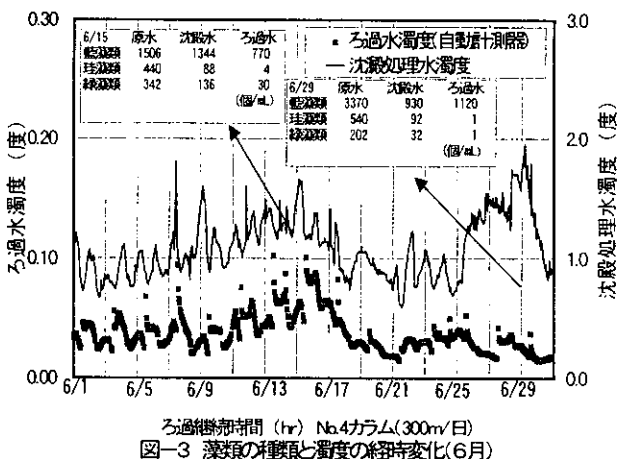
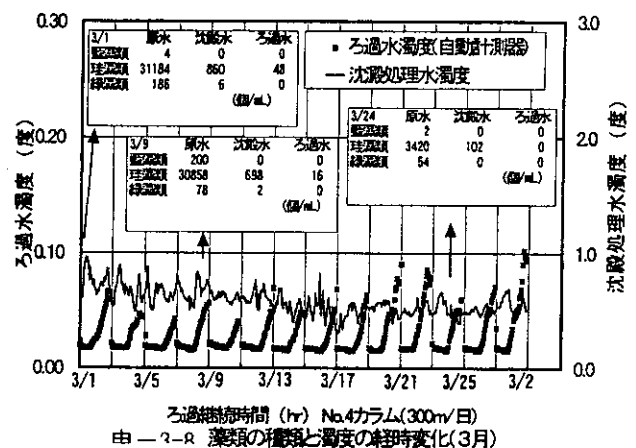
藻類の優先種が珪藻類の時と藍藻類の時では、ろ過水濁度、ろ過水粒子個数及び損失水頭の挙動に以前と全く違う状況が見らる。図3-8、図3-9にろ過速度300m/日における沈殿処理水濁度とろ過処理水濁度の経時変化と、ろ過速度250m/日での藻類数分析結果を示す。珪藻類の *Cyclotella.spp* が優占種の場合(図3-8)、ろ過水濁度はろ過の継続とともに上昇するが、藍藻類の *Microcystis.spp* が優占種の場合(図3-9)、ろ過初期に濁度が高く、ろ過水濁度はろ過の継続とともに減少する傾向が見られた。粒子個数においても同様な傾向を示している。この時期の損失水頭の上昇は大きくろ過流速の早いカラムでは2,500mmを越える。ろ層深度の損失水頭分布を見ても表層での損失水頭の上昇が激しく表層ろ過になっている。藻類の種類がろ過の特性に大きく関連していると考えられる。

藻類が発生した時でも確実に凝集沈殿処理が出来ていれば、ろ過速度の高速化の可能性はある。

#### (2) 塩化第二鉄によるろ過高速実験

##### 1) ろ過速度とろ過継続時間の関係

PACと比較する、損失水頭の上がり方には大きな違いが見らる。塩化第二鉄の方



が急激な上がり（PACの約2倍）を示し、ろ過継続時間も24時間程度と短くなる傾向にある。

### (3) 初期損失水頭の推移

約9ヶ月間の連続実験後、初期損失水頭（ろ過開始時の損失水頭）の上昇は、全てのろ過カラム（通水速度150～350m/日）で見られない。今回の通水条件、洗浄条件において、洗浄は十分に行われている。

### (4) まとめ

高速ろ過の連続通水実験から、以下のことが示唆された。

- ①ろ過継続時間には、沈殿処理水濁度と前塩素の有無が影響している。
- ②藻類の種類がろ過の特性に大きく関連している。
- ③空気洗浄・水逆洗により、ろ材の洗浄を十分に行うことが可能である。

## 3. 4. 4 ろ過水微粒子調査結果

### (1) 純粋培養した藍藻類数と濁度、微粒子数の関係

2週間純粋培養した藍藻類の *Microcystis viridis* は  $10^6$  個/mL となり、細胞は直径  $2 \sim 3 \mu\text{m}$  程度の大きさで群体を形成せず、存在した。これを顕微鏡にて定量し、*Microcystis viridis* の設定個数（100, 500, 1,000, 5,000, 10,000 個/mL）になるように精製水中（容量 10L）に添加し、濁度および微粒子数を測定する。濁度は卓上分析用の積分球式濁度計で、微粒子数は卓上分析用レーザ式微粒子カウンターで測定する。図 3-10 藻類数と濁度の関係に示す。ろ過処理水の濁度を 0.1 度とすると、藻類数（*Microcystis viridis*）は約 1,300 個/mL 程度を示した。

図 6-4-2 藻類数と微粒子数（粒径別）の関係を示す。藻類数が 5,000 個/mL のとき、粒径  $1 \leq d \leq 3 \mu\text{m}$  の粒子数は約 6,400 個/mL となり、藻類数と濁度および微粒子数の関係では高い相関が見られる。

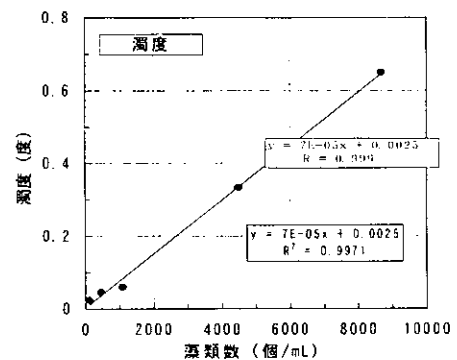


図 3-10 藻類数と濁度の関係

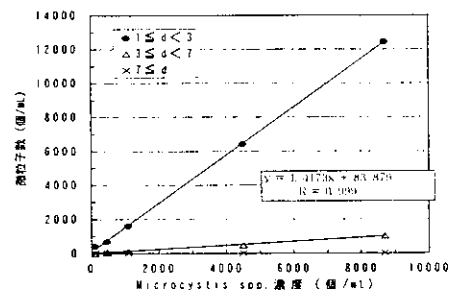


図 3-11 藻類数と微粒子数

### (2) 実証実験プラントの藻類数と濁度、微粒子数の関係

原水藻類は、夏場の6月頃から10月までは藍藻類が多く見られる傾向にあり、ろ過カラムより藻類の漏出が見らる。9月中旬から珪藻類が増加し、12月～4月は珪藻類が藻類総数の大半を占めている傾向である。藍藻類に関しては、*Microcystis spp.*が優占種である。珪藻類に関しては、10月まで *Melosira granulata* が優占種であったのに対し、これ以降は *Cyclotella spp.*が優占種として出現する。

表3-3 原水・沈澱水・ろ過水の藻類数・濁度・微粒子数の結果

(平成10年12月～平成11年10月 サンプル21回) ろ過速度300m/日

分析項目		12.8	1.12	3.9	4.20	5.28	6.29	7.27	8.23	9.14	10.28
原水	藍藻類 個/mL	0	34	200	10	0	3,370	11,930	1,600	12,610	14,452
	珪藻類 個/mL	5,022	6,380	30,858	7,480	174	540	294	72	986	2,334
	総計 個/mL	9,672	9,672	31,214	7,736	256	4,256	12,344	4,008	14,606	17,360
	濁度 mg/L	34.4	14.1	22.1	28.9	4.64	8.17	11.4	9.28	9.87	20.7
沈澱水	藍藻類 個/mL	0	0	0	0	0	930	880	274	1800	2,590
	珪藻類 個/mL	154	326	698	90	26	92	46	30	94	90
	総計 個/mL	344	344	702	92	28	1,068	946	752	1,914	2,728
	濁度 mg/L	1.36	1.31	0.73	0.74	0.55	1.78	1.04	0.72	0.49	1.1
ろ過水	藍藻類 個/mL	0.6	0.008	0.004	0.02	0.02	1,120	920	59.2	1,830	260
	珪藻類 個/mL	6.7	26.7	16.2	0.12	0.17	0.83	0.55	0.33	0.48	0.05
	総計 個/mL	21.6	27.6	16.2	0.14	0.38	1,122	921	289	1,832	268
	濁度 mg/L	0.22	0.31	0.02	0.02	0.01	0.11	0.13	0.14	0.11	0.03
	微粒子数 (1~3 $\mu$ m) 個/mL	-	1,598	13	194	93	1,195	952	449	971	235

藻類総計濃度と濁度の関係を図3-10に示す。原水からろ過水までの濁度と藻類総計の相関係数は0.69（データ数68、有意水準0.1%）となっている。藻類数と濁度の相関は、統計学的に高いと決定づけられないが無機性粒子の影響を考慮すると、このデータの本プラントの藻類数と濁度の関係は高いと言える。藍藻類 *Microcystis spp.* 数とろ過水の微粒子（粒子径  $1 \leq d \leq 3 \mu\text{m}$ ）の関係を図3-11に示す。データ数9であるが微粒子数と *Microcystis spp.* の相関は高く、相関係数0.92、有意水準0.1%を表している。 *Microcystis spp.*

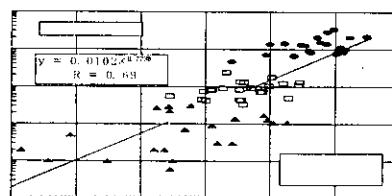
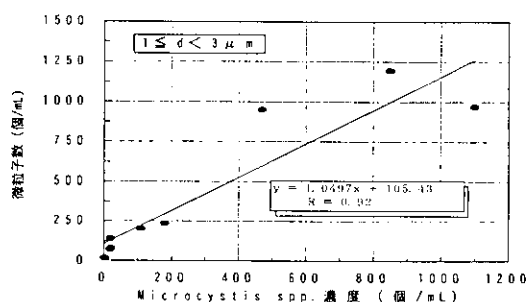


図3-10 全藻類数と濁度(平成10年12月～平成11年11月)



の形状は球形であるため、実際の大きさ（数 $\mu\text{m}$ ）と比較的近い粒子区分で測定されていると考えられる。珪藻類 *Cyclotella spp.* は、3～7 $\mu\text{m}$ の微粒子数の相関係数は0.83～0.77（優意水準1%）と関係を示した。*Cyclotella spp.*はペレットのような形状をしており、その大きさの範囲は5～50 $\mu\text{m}$ と広いためと考える。

### (3) まとめ

今回の調査は、藻類数と濁度、藍藻類、珪藻類とろ過水の微粒子の高い相関が得られた結果になったが、測定方法、測定誤差もそれぞれ異なっているため、同一レベルの評価は検討を要す。

## 3. 4. 5 定期ジャーテスト実験結果

### (1) 第1回定期ジャーテスト

平成11年8月3日（火）～6日（金） 福増浄水場 ACT21 高効率浄水実験棟

主な内容：最適pH領域、最適凝集剤注入率、ゼータ電位、フロック沈降性等の検討

主な結果：	塩化第二鉄	硫酸第二鉄	鉄—シリカ	PAC
最適pH領域（－）	6.0	6.0	6.0	7.0
最適凝集剤注入率(mg/L as Fe,Al)	13	13～15	11～13	5～6

### (2) 第2回定期ジャーテスト

平成11年11月15日（月）～19日（金） 福増浄水場 ACT21 高効率浄水実験棟

主な内容：最適pH領域、最適凝集剤注入率、ゼータ電位、フロック沈降性等の検討

主な結果：	塩化第二鉄	硫酸第二鉄	鉄—シリカ	PAC
最適pH領域（－）	6.1	6.1	6.1	6.8
最適凝集剤注入率(mg/L as Fe,Al)	11～13	13～15	15～16	5～6

### (3) 第3回定期ジャーテスト

平成12年2月21日（月）～25日（金） 福増浄水場 ACT21 高効率浄水実験棟

主な内容：最適pH領域、最適凝集剤注入率、ゼータ電位、フロック沈降性等の検討

主な結果：	塩化第二鉄	硫酸第二鉄	鉄—シリカ	PAC
最適pH領域（－）	6.1	6.1	6.1	6.5
最適凝集剤注入率(mg/L as Fe,Al)	9～13	11～12	8～11	4～5

## 3. 4. 6 高分子凝集剤ジャーテスト実験結果

### (1) 高分子凝集剤による効果

有機高分子凝集剤の注入により、硫酸バンドについては上澄水濁度及びろ過水 E260 が大幅に低下する。塩化第二鉄については、ろ過水色度及び E260 が低下する。PAC については、原水水質が比較的良好であり、PAC 単独でも十分な処理効果が認められ、有機高分子凝集剤を添加してもその水質には大きな変化は認められない。

また、アニオン系及びノニオン系による水質の相違については、各凝集剤ともに、濁度についてはアニオンが、また、色度についてはノニオンが若干ではあるがより良好な結果を示す。

### (2) 高分子凝集剤による効果

無機凝集剤と有機高分子凝集剤を添加したものとの違いは顕著に現れない。強いて言えば、有機

高分子凝集剤を添加したほうが、微粒子の除去率が高い。

### 3. 5 問題と課題

#### 3. 5. 1 問題

凝集剤としてPACを使用した高速ろ過実験を1年間、塩化第二鉄を使用した高速ろ過実験を約3ヶ月行った。塩化第二鉄での高速ろ過実験のろ過器の仕様は、PACで使用してろ過器仕様とな同じである。PACを使用した高速ろ過実験では、福増浄水場の原水水質の特性による影響と考えられるが、凝集処理が安定せず、沈澱処理水濁度が0.5～1.5度と大きく変動してしまう。

その結果、ろ過速度の向上として具体的にあげた目的、

- ・ろ過速度：従来の2倍程度、300m/日
- ・ろ過水質：従来と同等かそれ以上、濁度0.1度以下
- ・ろ過継続時間：24時間以上
- ・回収率：従来に比べて大きく減少しない

を、常に安定して満足することができなかった。

塩化第二鉄の場合は、PAC比べ凝集処理が安定せず、沈澱処理水濁度が0.7～3.0度と変動幅も大きくなる傾向にある。

一方、水量を半分にし負荷を50%にした大型沈澱池の処理は安定しており、凝集沈澱処理水濁度は常に0.5度以下となり、高速ろ過処理も安定している。

上記、具体的目標を満足するには、沈澱池処理水濁度を0.5度以下にすることが望ましいと考えられる。

今まではいろいろな制約から許された範囲内の凝集処理を行い、その沈澱処理水により高速ろ過実験を行ってきた。この方法では、既に限界に来ている。当初から問題として話し合われた「凝集沈澱処理についての実験が先ではないか」との点に立ち返り考え直す必要がある。

#### 3. 5. 2 課題

凝集沈澱処理と高速ろ過処理とを分けて課題をあげると、

##### 1) 凝集沈澱処理の条件把握

- ①PAC・塩化第二鉄さらには高分子凝集剤を使用した時の最適凝集処理条件、特に藻類と凝集処理条件の関係・pH調整の影響・塩素処理の影響を確認する。
- ②藻類と沈澱処理状況の確認。表面負荷率と沈澱処理状況の確認。

##### 2) 高速ろ過処理の条件把握

- ①最適凝集沈澱処理におけるろ過速度とろ層構成との関係を確認。
- ②上記条件での最適洗浄条件の確認。

##### 3) ろ過水質の評価手段

- ①ろ過水質の指標として、現在採用している濁度の測定方法、機器による差異を明確にする必要がある。
- ②水中に存在する固形物の成分によって計測される濁度値が異なる。これの確認。

##### 4) 第2研究グループとの関連付け。

実際には、平成11年度の研究報告書をまとめていく中で課題・問題点を洗い出し、今後の進

め方を考えることになるが、例えば、

- ①実験装置のフロック形成層出口水でのPACと塩化第二鉄との沈降比較、処理の違いを確認。
- ②水温が凝集に与える影響調査。
- ③ジャーテストにおいて攪拌力・攪拌時間・高分子凝集剤添加のタイミング・沈降速度等工夫してデータを集める。

等やらなければならない事が予想される。

### 3. 6 平成 12 年度実験計画

#### 3. 6. 1 高効率浄水技術開発研究の目的と第 1 研究グループの課題

水道界においては、

- ・良質な水道水を確保するため、原水水質に見合った適切で確実なより効率的な浄水処理技術
- ・適切で効率的な新しい排水処理技術
- ・浄水施設の処理機能の適切な診断、評価手法の確立

が強く求められている。

そこで、水道における浄水技術の革新と高効率化の実現と、「水道における浄水処理等に関する高効率化ガイドライン」作成を最終目的として「高効率浄水技術開発研究」は水道技術研究センターを中心に官学民一体で平成 9 年度のから 5 カ年計画でスタートした。

具体的には、従来技術と比較して、

- ・より高い汚染物質除去性能を有すること。
- ・処理施設の小型化・簡素化及び管理の省力化が図れること。
- ・信頼性がより高いこと。

を旗印に、固液分離や消毒等の基本的浄水技術を中心に、新たな技術の開発や既存技術の活用につき、柔軟で新しい発想のもとに実用化を前提として総合的な検討を行う。

この場合、個別の処理プロセス（例えば、沈澱・ろ過等）で高い処理性能が得られなくても、処理システム全体として上記の要件を満たすような浄水技術も対象に含むものとされた。

第 1 研究グループは、湖沼・貯水池系原水を対象としたより効率的な新しい浄水技術の開発を行うもので、富栄養化に伴い発生するかび臭・ろ過閉塞・トリハロメタン生成量の増加、また、凝集阻害に伴うろ過池からの微細藻類の漏出や浄水中の残留アルミニウム濃度の増加などの諸問題の解決を図る事が目的であり具体的には、

- ・藻類ならびに藻類由来の臭気物質やその他の代謝生成物を効率的に除去するための新しい浄水技術の開発。
- ・凝集剤注入率の適正化に関する検討及び鉄系凝集剤や高分子凝集剤の適用可能性に関する検討。
- ・ろ過速度の向上とろ過池の洗浄技術に関する検討。
- ・浮上分離技術に関する検討。

が主な検討課題とされた。

### 3. 6. 2 研究テーマ

目標を達成するため全体の研究計画を作成、それに沿って進めている。本年度の研究テーマを、次に示す。

・高分子凝集剤を使用しての浄水処理確認。

浄水処理確認とは、

沈殿設備関係：薬品注入方法・攪拌方法・各池の滞留時間・排泥方法等

ろ過設備関係：ろ過速度とろ層構成・洗浄方法等

### 3. 6. 3 実験計画

次の考え方により開発研究を進める。

#### (1) 高分子凝集剤を使用しての浄水処理確認

藍藻類のミクロキステスが発生し原水水質が悪化する6月から実験が開始できるよう、実証実験プラントにおける高分子凝集剤の使用許可をとるとともに注入設備の設置工事を行う。

基本的には、PAC+高分子凝集剤と塩化第二鉄+高分子凝集剤による浄水処理実験を1年間行う。

#### (2) 凝集剤として塩化第二鉄を使用しての浄水処理確認

塩化第二鉄を使用して、従来の浄水処理が出来るか確認するとともに注入量、攪拌条件、沈殿槽面積負荷等と処理性の関係を調査する。その時の、ろ過処理性についても確認する。

#### (3) 最適ろ層構成の確認

使用する凝集剤が変われば、当然、最適ろ層構成も異なる可能性がある。また、今までは凝集沈殿処理水濁度を0.8度以下にするよう沈殿槽の運転を行った。しかし、この条件を満足させることは難しく、特に中小規模のしっかりした技術者が居ない浄水場を想定した場合、凝集沈殿処理水濁度を少し高めに設定した方が現実的と判断し、1.0度に設定する。今後は、この条件における最適ろ層構成を見出すため、直径100mm程度のカラムを6～8本設置し、手動にて確認実験を行えるようにする。

条件が決定され次第、今までのカラムでの連続実験を行う。

また、凝集沈殿処理水濁度が低い場合は、従来のろ層構成でろ過速度をどこまで速められるかを確認する。

#### (4) ジャーテストによるデータ収集

実証実験プラントではデータ収集に限界があるため、ジャーテストのよりデータを収集する。

ジャーテストは、定期的（月1回程度）に行うことにし、水質の変化が見られた時にも行うこととする。

ジャーテストは、凝集剤・高分子凝集剤、攪拌強度、攪拌時間、pH調整、水温、塩素あり無し等条件を変え行い、藻類、ゼーター電位、微粒子数等についても調査する。

#### (5) トリハロメタンの低減

前塩素の添加方法を変えたり、二酸化塩素での処理性をジャーテストで調査・確認をし、トリハロメタンの低減を計る。



## 4. 第2研究グループ報告

### 4. 1 研究の概要

#### 4. 1. 1 研究の目的

本研究グループでは、排水の流入や水源の富栄養化による原水水質の悪化、浄水中のアルミニウム濃度の増加といった諸問題の解決を図ることを目的として、河川系原水の水質特性に見合った、高効率な浄水技術の開発、研究を行う。

なお、技術開発、研究にあたっては、以下の要件に留意する。

- ① 凝集沈澱・砂ろ過等の従来型固液分離技術分野を主たる対象とすること。
- ② より高い汚染物質除去性能を有すること。
- ③ 処理施設の小型化・簡素化及び管理の省力化が図られること。
- ④ 信頼性がより高いこと。
- ⑤ 省エネルギー・環境保全

#### 4. 1. 2 研究実施体制

本研究を実施するための委員構成は下記のとおりである。

・学識委員	3名
・事業体委員	3名
・企業委員	19名
・事務局	水道技術研究センター (計26名)

#### 4. 1. 3 研究内容

平成11年度の主たる研究内容は以下のとおりである。

- ① 急速ろ過の高速化に関する検討。
- ② 凝集剤注入率の適正化に関する検討及び鉄系凝集剤の適用可能性に関する検討。
- ③ 海外における事例調査

#### 4. 1. 4 研究方法

本研究は、下記の構成により実施する。

##### (1) 合同研究（合同実験）

本研究グループに所属する全機関が共同で実施する実証研究で、本研究グループが責任をもって計画、実施するものである。合同研究の実施施設は以下の場所とした。  
大阪府水道部 村野浄水場内

##### (2) 持ち込み研究

本研究グループに所属する会員事業体／会員企業が、研究グループが定める統一的な研究計画に基づき、任意の実験施設にそれぞれ独自の実験装置を持ち込んで行う実証実験であり、報告された結果は、本研究グループが責任をもってとりまとめる。

### (3) 基礎研究

本研究グループに所属する大学等の研究者が、担当研究課題につき基盤技術確立を目的としておこなうものである。

### (4) ワーキンググループ活動

本研究グループに所属する会員事業体/会員企業で、小規模な研究班（ワーキンググループ）を組織し、合同研究の実施及び技術資料の作成をサポートするための資料収集・整理等の作業をおこなうものである。

## 4. 2 合同研究実験結果

### 4. 2. 1 実験施設

大阪府水道部村野浄水場内に、実験処理水量 1000 m<sup>3</sup>/d 規模の薬品沈澱池 2 系列、及びろ過面積 2.0 m<sup>2</sup> の高速ろ過塔を設置した。

### 4. 2. 2 実験方法

実証実験プラント運営ワーキンググループ及び第 2 研究グループ委員会において決定された実験方針に基づき、高速ろ過処理実験、凝集剤としてポリ塩化アルミニウム及び塩化第二鉄を使用した凝集沈澱処理実験を実施した。

### 4. 2. 3 実験内容と結果

#### (1) 急速ろ過の高速化に関する継続実験

##### 1) 実験方法

凝集剤として PAC を使用した凝集沈澱処理と、LV=300 m/d の高速ろ過塔の組み合わせにより、高速ろ過塔における全損失水頭が 2000 mm の達するまでを一つの run とした実験を繰り返し、ろ過処理性の季節的変動、原水水質変動との関連等に注目してデータの収集を行った。

実験プラントの運転条件は以下の通りである。

- ・凝集剤注入率：村野実証プラント標準演算式により濁度に対して比例注入とした。
- ・高速ろ過塔のろ層構成：表 4-1 の通り

表 4-1 高速ろ過塔のろ層構成

アンスラサイト				けい砂				全層厚 (mm)	L/Dh
層厚 (mm)	有効径 (mm)	均等係数 (-)	比重 (-)	層厚 (mm)	有効径 (mm)	均等係数 (-)	比重 (-)		
400	1.03	1.28	1.44	400	0.61	1.38	2.62	800	840

表 4-2 洗浄条件

	空気・水逆洗重複工程	→	水洗浄工程
空気洗浄流速	0.8 m/min		—
水洗浄流速	0.15 m/min		0.6 m/min
時間	2.5 min		10 min

## 2) 実験結果

年間を通じた各 run における平均原水濁度及び水温、平均沈澱処理水濁度、ろ過水濁度が 0.1 度以下に保持されるろ過継続時間の変化を図 4-1 に示す。これらのデータより以下のことが明らかとなった。

- ①夏期、沈澱処理が良好に行われ、沈澱処理水の濁度が概ね 0.5 度以下に維持されている状況において、ろ過開始後 50~70 時間程度までろ過水濁度 0.1 度以下の処理水質を維持することができた。
- ②梅雨時、降雨による原水の濁度変動のため沈澱処理性が悪化したことに伴い、ろ過水濁度 0.1 度以下の維持時間が 40 時間未満に短縮した。これは、前段の凝集工程において原水濁度上昇に伴う攪拌不足、アルカリ度の低下等によりろ過分離が困難な未凝集の懸濁質がろ層に流入したため、一定時間経過後にブレイクスルーし始めたものと考えられ、前処理としての沈澱処理操作が非常に重要であることが示唆された。
- ③秋期から春期にかけての比較的水温が低い時期においては、沈澱処理水濁度が低いにも関わらず、ろ過処理水における濁度の秋期漏出が目立つ結果となった。これは、水温の低下により粘性係数が上昇し、ろ層に抑留されたフロックに加わるせん断力が増大すること、原水濁度が低いため ALT 比が高くなりフロック自体の強度も弱くなること等が要因となっているものと推察された。
- ④高速ろ過塔の逆洗は、空気及び水の併用洗浄により行っているが、初期圧力損失の上昇は認められず、複層ろ層に対する空気、水併用洗浄の有効性が確認された。

## (2) ジャーテストによる鉄系凝集剤の検討

### 1) 実験結果

河川系原水を対象に、3 種類の鉄系凝集剤を用いてジャーテストを行い、至適凝集 pH、適正凝集剤注入率、処理水質、フロック汚泥からの溶出について以下のような結果を得た。

- ①凝集 pH 5.5~7.5 の範囲において、鉄系凝集剤に関しては、pH が低いほど、良好な処理水質が得られた。
- ②原水濁度に関わらず、鉄系凝集剤の適正注入率は、PAC のその 2 倍程度 (Fe 及び Al のモル注入率としてはほぼ同量) であった。
- ③PAC 処理水質に比べて、鉄系凝集剤処理水質が著しく悪化した水質項目は、塩化第二鉄処理水中のニッケル、および硫酸第二鉄処理水中のマンガンであった。但し、この結果は、凝集剤原液の品質とも関係しているものと思われる。
- ④汚泥からの溶出は、鉄及びマンガンについて、鉄系凝集剤が PAC を上回っていた。

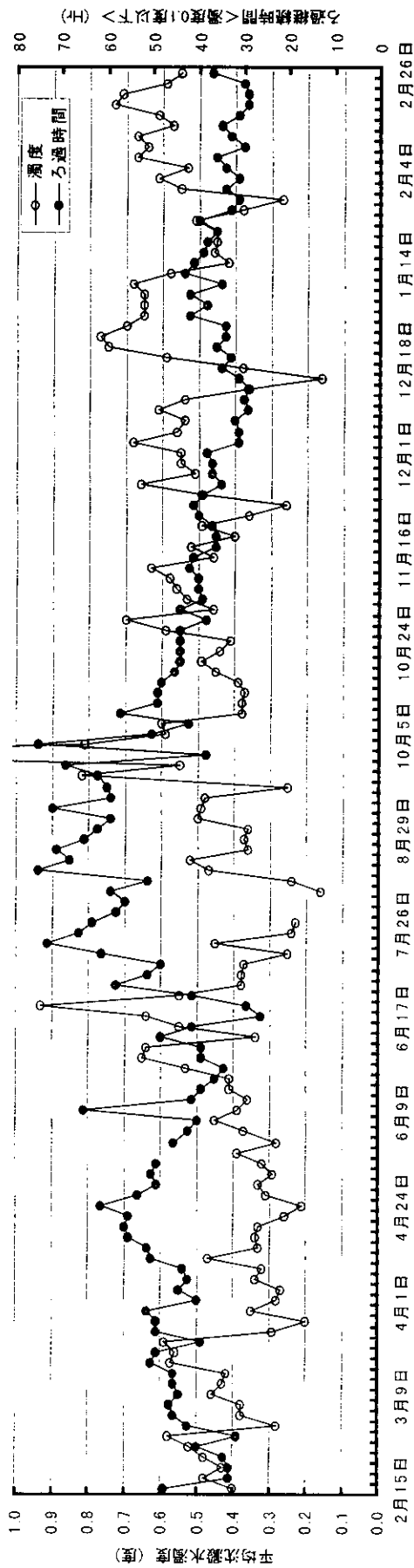
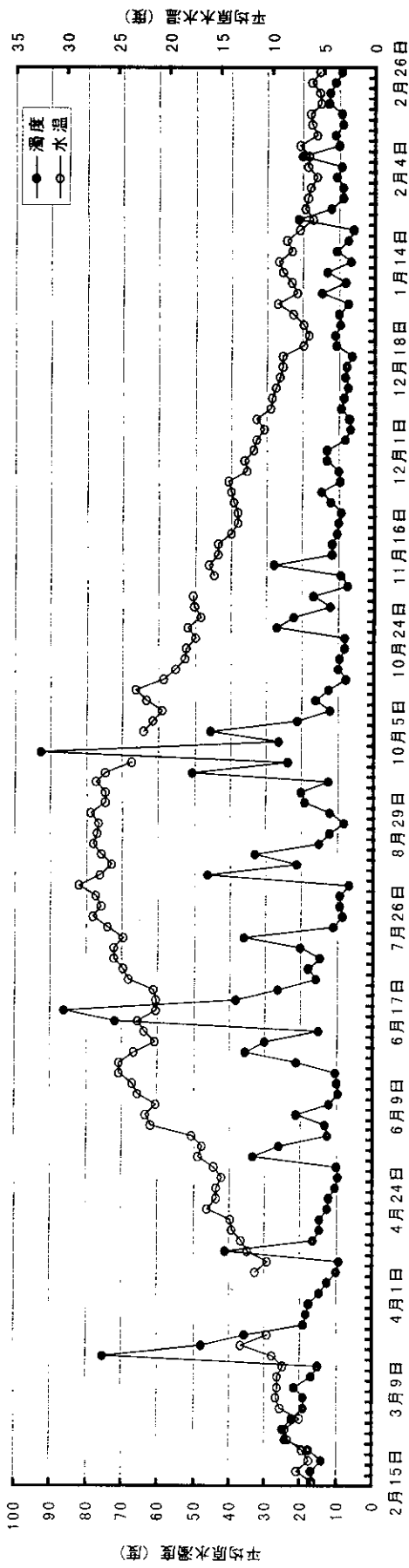


図 4-1 高速ろ過実験結果

#### 4. 3 ワーキンググループ活動

##### 4. 3. 1 概要

実証実験によらない研究活動の場として、3 ワーキンググループを編成している。本年度の主な活動内容と成果は以下の通りである。

##### (1) 第1 ワーキンググループ

村野実証プラントにおける合同実験で使用する鉄系凝集剤を選定するための資料として、村野浄水場原水を対象に種々の鉄系凝集剤を用いてジャーテストを行い、至適凝集 pH、適正凝集剤注入率、処理水質、及びフロック汚泥の溶出、を検討した。

結果は、4. 3. 2 項に示した通りである。

##### (2) 第2 ワーキンググループ

この分野で先行しているアメリカ合衆国における高速ろ過の運転実績、鉄系凝集剤及び高分子凝集剤の適用事例を調査するための資料として、下記の文献の翻訳作業を行い、参考データの抽出を行った。

・翻訳文献: Design and Operation Guidelines for Optimization of the High-Rate Filtration Process: Plant Survey Results,  
American Water Works Association Research Foundation

##### (3) 第3 ワーキンググループ

国内における多層ろ過採用浄水調査の実態調査を行うために、調査用アンケートの作成、多層ろ過採用浄水場のリストアップを行った。

#### 4. 4 持ち込み研究

以下の3 研究テーマが進行中である。いずれのテーマも成果のまとめは平成 12 年度末以降となる見通しとなっている。

- ① 研究課題名：「レオポルドブロックを用いた河川系凝集沈澱処理水の再凝集法による高速ろ過および洗浄条件の検討」  
研究実施企業等：神奈川県内広域水道企業団  
東海大学工学部土木工学科  
神鋼パンテック株式会社  
前澤工業株式会社
- ② 研究課題名：「河川系原水を対象とした高度浄水システムにおける効率的ろ過プロセスの研究」  
研究実施企業等：阪神水道企業団  
神鋼パンテック株式会社  
前澤工業株式会社
- ③ 研究課題名：「凝集沈澱代替プロセスとしての生物高速ろ過の研究」  
研究実施企業等：阪神水道企業団  
株式会社クボタ

神鋼パンテック株式会社  
日本鋼管株式会社

4. 5 今後の課題

本年度の結果を踏まえ、平成 12 年度は以下の課題について研究を継続する。

1) 急速ろ過高速化のための最適条件の検討

a) カラム実験設備を使用した各種比較検討

- ・最適ろ層構成に関する検討 (LV = 300 m/d を基本として)
  - ろ材種類－粒径－層厚の組み合わせ
  - L/D 値
  - 3 層ろ過 (13 年度)
- ・LV = 400 m/d 超での処理性評価
- ・凝集沈澱処理条件 (沈殿水の水質、凝集剤の種類等) との関係に関する検討
- ・洗浄後の初期濁度漏出に関する調査
- ・ろ材物性値に関する調査。(13 年度)
  - 後凝集、ろ層調整
- ・微粒子数の評価
  - ろ過管理指標としての適用可能性
  - 濁度－微粒子数の相関

b) 文献調査

- ・AWWFRF 発行の高速ろ過に関する文献の翻訳とまとめ
  - Design and Operation Guidelines for Optimization of the High-Rate Filtration Process : Plant Demonstration Studies

c) 国内実態調査

- ・複層ろ過に関するアンケート調査

2) 鉄系凝集剤の効果的な使用方法に関する検討

a) ジャーテスト、及び実証沈澱池を用いた調査

- ・最適注入条件、運転操作条件の把握
- ・鉄系凝集剤のメリット把握 ⇔ 限界把握
- ・原水水質変動に対する適応性
- ・(凝集助剤の併用効果)

3) 高分子凝集剤を使用した浄水処理に関する検討

a) 大阪府水道部殿向け検討委員会資料の作成

- ・予備実験 (ジャーテスト等) によるデータ収集 (第 1WG)
  - 最適使用条件の検討
  - 高分子凝集剤の種類についての比較検討
  - 残留モノマー等処理水質の確認
  - 発生汚泥の性状調査

- ・維持管理体制の検討
- ・検討書の作成
- b) 実証プラントにおける調査（村野実証プラントにおける使用が許可された場合）
  - ・既存の設備で高分子凝集剤を使用した場合の処理効果、汚泥性状への影響等についての検証
  - ・最適使用条件の検討  
    添加位置
  - ・高分子凝集剤使用のメリット把握
- 4) 膜ろ過技術の検討（第3グループと共同）
  - a) 多様な浄水システムの検証
    - ・従来システムが有する固有の処理能力に膜ろ過が有する高度な除濁・除菌機能を組み合わせた、システムとしての広範な膜の利用法を検証。

以上

## 5. 第3研究グループ報告

### 5. 1 研究概要

#### 5. 1. 1 はじめに

第3研究グループ研究課題：「膜ろ過法の新分野への適用技術に関する研究」

本グループの目指す研究目標は、大・中規模浄水場への膜ろ過法の導入促進にある。そもそも、日本における水道への膜ろ過技術適用検討の諸は、平成3年～平成6年度に亘って実施された MAC21 計画にある。官学民共同のナショナルプロジェクトとして実施された同計画の成果は

- ①従来の凝集・沈殿・ろ過の処理工程が単一の「膜ろ過」工程に置き換えられる。
- ②施設のコンパクト化とモジュールでの膜集積によって処理水量が増大するので、用地面積が従前より大幅に節減され、建設工期は短縮する。
- ③懸濁物質、細菌除去に卓越した効果があり、水質の向上が図られる。
- ④凝集剤は必要としないか、使用しても通常処理の1/3程度である。
- ⑤運転は自動であり、維持管理は極めて容易である。システムとしての安定性が高い。
- ⑥電力消費量は、従来型の浄水施設とほぼ同じか少し高い程度。

と総括され、膜ろ過は、技術者等の人材確保の困難な簡易水道に代表される小規模水道事業体に最適な処理法とされた。そして平成6年度水道法上の認可対象となるや、平成11年度までに120件余の膜ろ過施設評価（財）水道技術研究センター）を数えるに至った。

小規模水道は井戸水の他、主に山間部の小河川や伏流水に水源を求めている。これらの水源は濁度成分を除いて概ね清澄であり、常時は濁度負荷も小さく、また降雨後も比較的短時間に清澄になるという特性を有している。したがってある種の負荷調整設備を設けることにより、膜処理を採用することはそれ程困難なことではなかった。

一方、大・中規模水道事業体の多くは、中・下流域の比較的汚濁の進んだ原水に依存しており、一般的に砂ろ過法が採用されている（膜ろ過単独処理による対処は難しい）。そのためさらに浄水の高度化を目指すには、オゾン・活性炭処理といったいわゆる高度処理技術を付加することになる。

ところが近年、クリプトスポリジウムに代表される病原性微生物の存在や、配水管内における微生物のリグロウス（再増殖）が大きな問題となってきている。前者の予防対策としては、例えば「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」によると

- ・クリプトスポリジウムによって水道水源が汚染されるおそれのある浄水場では、クリプトスポリジウムを除去することができる浄水処理等を行うこと。

- ・ろ過池出口の水の濁度を常時把握し、ろ過池出口の濁度を0.1度以下に維持すること。

と規定されている。すなわち、ここに濁度2度以下という水道水質基準とは別に、0.1度以下という遵守基準が存在するところとなった。ちなみに従来の急速ろ過法では、凝集沈殿と砂ろ過の組合せにより概ね0.1度をクリアしている（尚、膜ろ過法は従来法に比べ2桁高い濁質除去性を有しており、クリプト対策としては適法であるとされる）。一方、後者の配水管内における微生物再汚染を抑制するには、できる限り配水管内に濁質を流さないこと、換言すると濁度0の水が求められる。

すなわち、浄水処理においては浄水濁度0.1度以下を満たすことは当然のこととして、真に目指すべきは濁度0の水であり、さらに濁度0の内容として可能な限り清澄な浄水（例



えば粒子数を指標として) を目標としなければならない。

さて「高効率浄水技術開発研究」の実施に関する基本方針では、本研究が目指すところの「高効率技術」として、従来の技術と比較して

- 1) より高い汚染物質除去性能を有すること
- 2) 処理施設の小型化・簡素化及び管理の省力化が図れること
- 3) 信頼性がより高いこと

と定義している。そして“個別の処理プロセス（例えば、沈殿、ろ過等）で高い処理性能が得られなくても、処理システム全体として上記の要件を満たすような浄水技術も、本研究の対象として含めるものとする”としている。

以上のことを勘案すると、凝集、沈殿、ろ過等の従来処理プロセスに、膜ろ過が有する卓越した除濁、除菌機能を組合せることで、きわめて良質な処理水を得るフローが可能となる。もちろんオゾン、活性炭処理等との組合せによる高度な処理フローも想定することができる。

膜ろ過は必ずしも単独処理で使う必要はなく、また中・下流域の比較的汚濁の進んだ原水に対しても、組合せ処理として適用することにより幅広い用途が見出される。その帰結として、頭書で述べた“大・中規模浄水場への膜ろ過法の導入促進”も進められて行くと考えている。

#### 5. 1. 2 研究課題

目標：大・中規模浄水場への膜ろ過法の適用

- 膜ろ過法の前処理技術の検討
- 膜ろ過法における膜の洗浄（物理洗浄、薬液洗浄）に関する検討
- 超低压ルーズROを用いた配水過程における浄水システムの検討
- 膜ろ過法を用いた浄水処理システムのリスクアセスメント

#### 5. 1. 3 研究体制

学識委員（渡辺教授〔委員長、北大〕、中尾教授〔東大〕、大村教授〔東北大〕）、事業体委員（福岡市、札幌市）、企業委員（33社）、研究センター事務局の研究体制は継続している。平成11年7月から事務局が、中村前常務理事より谷口常務理事に引き継がれている。

### 5. 2 平成11年度研究報告

#### 5. 2. 1 研究報告

第3研究グループは、従来から持ち込み研究を主体に研究を進めてきたが、本年度からは研究成果の整理として膜に関する技術資料の取りまとめに着手した（技術資料作成ワーキングの項参照）。また学識者による基礎研究を継続するとともに、第2研究グループとの連携による、凝集、沈殿、砂ろ過および膜ろ過の4つのプロセスの種々の組み合わせ処理システムに関する合同実証実験実施への協力の検討に入った。

(1) 持ち込み研究

表 5-1 持ち込み研究一覧

研究課題名または目的	研究実施企業 (○印代表社)	備考
オゾン耐性膜による高効率高度処理	○旭化成工業(株) 磯村豊水機工(株) 日本鋼管(株) 富士電機(株)	
UF 膜の前処理としての効果的凝集沈殿技術の開発	○川崎重工業(株) 東レ(株)	
膜ろ過の効率化のための前オゾン・膜ろ過の検討	栗田工業(株)	平成 11 年 3 月 31 日実験終了
生物酸化、吸着、紫外線消毒を用いた膜汚染軽減と有機物除去効率に関する研究	三機工業(株)	
振動型膜分離装置による膜ファウリングの低減	神鋼パンテック(株)	
生物活性炭・膜ろ過システムの研究	アタカ工業(株) ○日立造船(株)	
ハイブリッド膜処理法および給水管末端でのルーズRO膜処理の研究	前澤工業(株)	
高速繊維ろ過を前処理とした高効率UF膜浄水システムの開発	住友重機械工業(株)	
効率的な前処理技術の開発に関する研究	(株)石垣	
中大規模浄水場へのセラミック膜の適用研究	日本ガイシ(株)	平成 12 年 4 月より実験開始

各持ち込み研究の概要を添付資料に示す。

(2) 基礎研究

本研究グループに所属する学識者による基礎研究を表 5-2 に示す。

表 5-2 基礎研究課題

課題名	研究者
河川水のUF膜ろ過における膜ファウリング発現機構の解明	渡辺教授
環境応答性ゲル薄膜を用いた省エネルギー浄水処理システムの開発	中尾教授
膜ろ過処理における膜破断の影響評価モデルの構築	大村教授

(3) 技術資料作成ワーキング

膜に関する幅広い情報を収集すべく、技術資料の章立てを行った。また執筆担当グループ分けを行った。

表 5-3 技術資料作成グループ活動

技術資料章立て	新班名	担当 (太字: 取りまとめ企業)
1. 研究の目的と活動方針	A 班	渡辺教授、中尾教授
2. 膜の基礎		
3-1 導入の検討 ~	B 班	アタカ工業、石垣、磯村豊水機工

3-4 前処理		東レエンジニアリング、富士電機、日水コン 日本上下水道設計
3-5 膜及び膜モジュール	C 班	旭化成工業、カメイエンジニアズ、東レ 日本ガイシ、共和化工
3-6 膜ろ過施設設計のための基本 事項 ～ 3-9 維持管理上の留意点	D 班	浅野工事、荏原製作所、水道機工 月島機械、日本ガイシ、日立造船 日立プラント建設、三菱重工業
3-10 持ち込み研究の成果	E 班	石垣、栗田工業、三機工業、神鋼 パンテック、住友重機械工業、東レ 日本ガイシ、日立造船、富士電機 前澤工業
3-11 中・大規模設備稼働例	F 班	旭化成工業、川崎重工業、栗田工業 住友重機械工業、大日本イソ環境エンジニア リング、日本鋼管
4. RO,NF を用いた配水過程にお ける浄水システム	G 班	栗田工業、新日本製鐵、東洋紡績 東レ、日東電工、扶桑建設工業 前澤工業、三井造船
5. 膜ろ過法を用いた浄水システムの リスクアセスメント	H 班	大村教授、三機工業、神鋼パンテック 日立製作所、日水コン
6. ケーススタディー	I 班	サブ幹事・幹事社

#### (4) 第2研究グループ合同実証実験協力

現時点では実験実施の方向性が示された段階であり、具体的な計画は4月以降に詰める予定である。以下に協力実験（案）を示す。

目的：凝集沈殿や（高速）ろ過が有する固有の処理能力に、膜ろ過が有する高度な除濁、除菌機能を組合せて、システムとしての広範な膜の利用法を検証する。

期間：平成 12～13 年度

場所：第2研究グループ合同研究実証プラント

フロー：原水 → 凝集 → 膜ろ過  
 原水 → 凝集沈殿 → 膜ろ過  
 原水 → 凝集沈殿 → 高速ろ過 → 膜ろ過

検討業務：第2、第3研究グループの代表による実験運営委員会を設置し、適宜軌道修正を行いながら進めて行く。検討項目は

- ・凝集または凝集沈殿を前処理とした膜ろ過の性能評価
- ・ろ過のバックアップとしての膜ろ過の適用

#### 5. 2. 2 活動報告

委員会、研修会、持ち込み研究ヒアリング、技術資料作成グループ打ち合せ会開催状況について、開催日時順にまとめる。

##### 1) 持ち込み研究ヒアリング

- ・開催日時：平成 11 年 6 月 4 日（金）18：00～19：00
- ・開催場所：新宿住友ビル住友スカイルーム No. 5 会議室
- ・出席者：渡辺委員長、大村教授、中村常務理事、住友重機械工業(株)

## 2) 持ち込み研究ヒアリング

- ・開催日時：平成 11 年 8 月 31 日（火）10：00～11：00
- ・開催場所：東條会館
- ・出席者：渡辺委員長、大村教授、谷口常務理事、(株)石垣

## 3) 研究グループ委員会（第 5 回）

- ・開催日時：平成 11 年 10 月 21 日（木）13：00～17：00
- ・開催場所：ホテルパステル京都会議室右近
- ・出席者：渡辺委員長、大村教授、小澤研究員、藤野係長、佐渡係長、企業委員 32 社、谷口常務理事、三井主任研究員、幹事会社（山本、小山）

## 4) 研修会（第 4 回）

- ・開催日時：平成 11 年 10 月 22 日（金）
- ・見学施設：大阪府水道部村野浄水場高度処理設備、第 2 研究グループ合同実験実証プラント

## 5) 持ち込み研究ヒアリング

- ・開催日時：平成 11 年 12 月 6 日（月）13：00～14：00
- ・開催場所：研究センター会議室
- ・出席者：渡辺委員長、中尾教授、谷口常務理事、日本ガイシ(株)（ヒアリング受企業）

## 6) 研究グループ委員会（第 6 回）

- ・開催日時：平成 12 年 2 月 25 日（金）10：30～17：00
- ・開催場所：ホテルモンテ山王会議室パスカリ
- ・出席者：渡辺委員長、中尾教授、大村教授、小澤研究員、藤野係長、佐渡係長、企業委員 30 社、谷口常務理事、幹事会社（山本、野嶋）

## 5. 3 平成 12 年度研究計画

### ○持ち込み研究

一部終了した研究もあり、全体として佳境に入ってきている。相当高度な知見が得られており、グループの枠を越えて ACT 参加全社対象の研究発表会開催も考慮したい。

### ○技術資料作成ワーキング

本年度半ばを目安に「膜に関する技術資料」の草稿をまとめる予定。すでに各グループ毎の活動に入っている。

### ○第 2 研究グループ合同実証実験協力

実験運営委員会を 4 月中に立ち上げ、7 月通水を目指して実験条件の設定、装置の設計・製作・据付工事を進めていく予定である。

以上