

(2) 実証実験プラントでの凝集比較

図 3-2-2 に各凝集沈殿処理水濁度の比較を示す。なお、PAC および塩化第二鉄の注入率は、同モル注入率とした。実験開始時は、各凝集沈殿池とも表面負荷率 ( $v$ ) を 14mm/min として運転を行ったが、小型 1 系より小型 2 系のほうが、全体的に処理水濁度は高く、高い時で 5 倍程度となり、目標濁度である

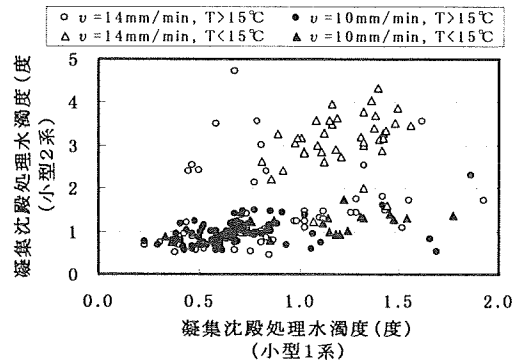


図 3-2-2 各凝集沈殿処理水濁度の比較

る 0.8 度以下を維持することが困難であった。そこで目標濁度を達成し、安定した処理水を確保するため、処理水量による緩速攪拌 GT 値と表面負荷率を検討した。表 2 に実験結果を示す。表 2 より、小型 1 系では緩速攪拌 GT 値を大きくすると処理水濁度が低く、小型 2 系では表面負荷率を小さくすると処理水濁度が低くなる結果となった。一般に鉄系フロックは、アルミ系フロックより沈降速度が速いと考えられているが、この実験結果では鉄系フロックの沈降速度が速いとは言えなかった。また、各凝集剤の水温による凝集効果の違いについて検討した結果、小型 2 系では、水温の影響よりも表面負荷率のほうが処理効果に影響を与え、適切な表面負荷率で処理することが重要であると考えられる。

表 2 緩速攪拌 GT 値および表面積負荷率の検討結果

	急速攪拌	緩速攪拌	緩速攪拌	表面積負荷率 (mm/min)	処理水濁度 (度)
	G 値 (1/sec)	GT 値 (1段目)	GT 値 (2段目)		
小型 1 系 (PAC)	291	34560	34344	14	1.31
		69120	68688	7	1.33
小型 2 系 (FeCl <sub>3</sub> )	291	34560	34344	14	2.46
		69120	68688	7	1.45
					1.07

この結果を踏まえ、後段の処理に影響を与えないことを考慮し、表面負荷率を 10mm/min とし実験を継続しているが、各凝集沈殿池とも安定した処理水が得られ、目標濁度で推移している。

その他の水質項目では、E260 と KMnO<sub>4</sub> 消費量は若干であるが小型 2 系のほうが低く、色度は高い傾向となった。

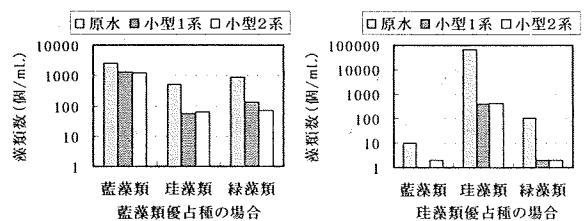


図 3-2-3 各凝集沈殿池の藻類数

(3) PAC と塩化第二鉄による藻類の除去比較

図 3-2-3 に藍藻類および珪藻類類優占種の場合での各凝集沈殿池の藻類数を示す。各凝集沈殿池とも藻類数に相違は見られず、各凝集剤とも同程度の藻類除去性を示した。

(4) まとめ

実証実験プラントで PAC と塩化第二鉄との凝集沈殿処理の比較を行った結果、PAC 系では緩速攪拌 GT 値が、鉄系では表面負荷率が凝集沈殿処理に影響を与えており、

鉄系の処理水は、E260 や  $\text{KMnO}_4$  消費量の有機物関連項目が低減されることが確認された。また、各凝集剤での藻類除去性は、優占種に関わらず同程度を示すことが確認された。

### 3. 5. 3 高速ろ過処理実験

#### (1) 実験概要

凝集剤に  $\text{FeCl}_3$  を用いた凝集沈殿処理水による高速ろ過実験を、平成 11 年 9 月～平成 12 年 9 月にかけて実施した。比較のため、PAC を用いた凝集沈殿処理水による実験も合わせて行い、(1)高速ろ過における PAC と  $\text{FeCl}_3$  の違いと藻類の影響、(2)初期損失水頭の推移について評価を行った。実験は図 3-3-1 に示すように、 $200\text{m}^3/\text{日}$  規模の凝集沈殿装置 2 基を用い、PAC と  $\text{FeCl}_3$  による凝集沈殿処理を行って、それぞれの処理水をろ過カラムに通水した。

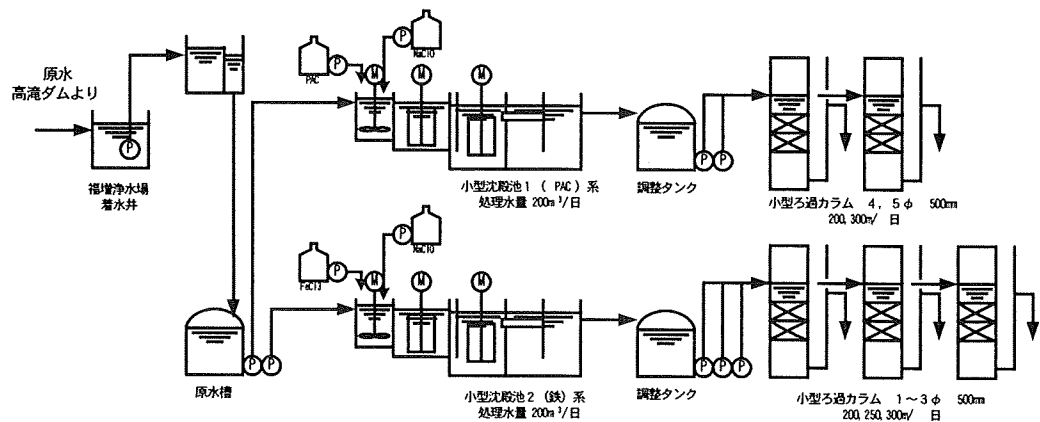


図 3-3-1 実験フロー

実験期間中の主な原水水質は、濁度 3～200 度、色度 9～60 度、 $\text{pH}$  7.1～9.0、水温 6～29℃、藻類総数 500～67,000 個/ml であった。凝集条件は、PAC 20～100mg/l—凝集  $\text{pH}$  6.8、塩化第二鉄 40～100mg/l—凝集  $\text{pH}$  6.3、前塩素処理有り（残留塩素濃度 0.3～0.5mg/l）とした。沈殿池の表面負荷率は、数ヶ月毎に 7、10、14mm/min（処理能力の 50、70、100%）の 3 段階で変更を行った。ろ過カラムは、小型カラム  $\phi$  500mm（ろ過面積  $0.196\text{m}^2$ ）× 5 本で、ろ層構成は、アンラサイト 400mm（有効径 0.82mm 均等係数 1.3）、ケイ砂 400mm（有効径 0.47mm 均等係数 1.4）で、ろ過速度は、PAC の場合が 200、300m/日、 $\text{FeCl}_3$  の場合が 200、250、300m/日とした。ろ過継続時間は、ろ過水濁度 0.1 度以下または損失水頭 2,500mm 以下の保持時間とした。運転工程は、次の通りである。

通水 (48hr) → 水抜き (ろ層上部 100mm まで) → 空気洗浄 (速度 0.8m/min × 3min)

→

水逆流洗浄 (速度 0.8m/min × 6min) → 静置 (2min) → 通水 (48hr)

## (2) 結果と考察

### 1) ろ過水濁度と藻類の種類

平成 12 年 3 月から 4 月にかけての沈殿水濁度、ろ過速度 300m/日の場合のろ過水濁度の経時変化を、PAC 系については図 6-3-2 に、 $\text{FeCl}_3$  系については図 6-3-3 に示す。3 月 17 日まで PAC 系の沈殿池の表面負荷率は 14mm/min で 100%であったが、ろ過水濁度が 0.1 度を大きく超えてしまったため 70%へ変更した。 $\text{FeCl}_3$  系の表面負荷率は、この期間中 50%とした。図 6-3-2 と図 6-3-3 を比較すると、沈殿処理水濁度がの違いがろ過水濁度に大きく影響し、特に PAC 系の場合はより顕著にその影響が現れている。また同年 9 月の  $\text{FeCl}_3$  系の沈殿処理水とろ過水濁度の経時変化を図 6-3-4 に示す。沈殿水濁度が 0.5 度前後で安定しているのにも関わらず、ろ過水濁度が 48 時間以内に 0.1 度以上となることが多く見られる。なお、図には示していないが、この間の PAC 系では、ろ過水濁度は 48 時間 0.1 度未満で安定してた。

これらの原因として、原水中の藻類の種類と数が、沈殿処理及びろ過処理に大きく関係しているものと考えられる。3 月から 4 月にかけては、珪藻類（主に *Cyclotella.spp*）が優占種となり、最大で 67,000 個/ml にも達していた。一方平成 12 年 9 月上旬のろ過処理水濁度には、総数で見ると最大でも 6,360 個/ml と多くはないが、緑藻類（主に *Sphaerocystis*）が優占種となっていた。珪藻類が優占種になっている場合は、沈殿水濁度にろ過水濁度は連動して変化するが、緑藻類が優占種の場合は、沈殿水濁度にろ過水濁度はあまり連動せず、特に凝集剤  $\text{FeCl}_3$  系では、沈殿水濁度が低い場合でもろ過水濁度が比較的高くなる傾向が認められた。

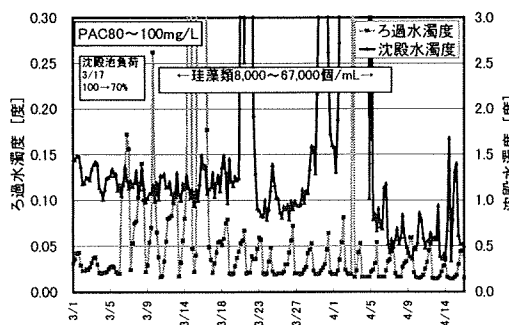


図 3-3-2 濁度の経時変化 PAC

従って、高速ろ過を行う場合、単に沈殿水濁度を低減するだけではなく、藻類を中心とする原水水質と凝集剤の種類により、高速ろ過のろ過性能は大きく変化することを考慮する必要がある。

### 2) 初期損失水頭の推移

約 12 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、全てのろ過カラムで見られない。凝集剤に  $\text{FeCl}_3$  を用いた高速ろ過においても、今回の通水・洗浄条件で、洗浄は十分に行われている。

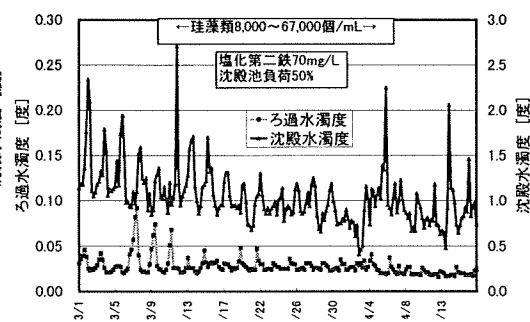
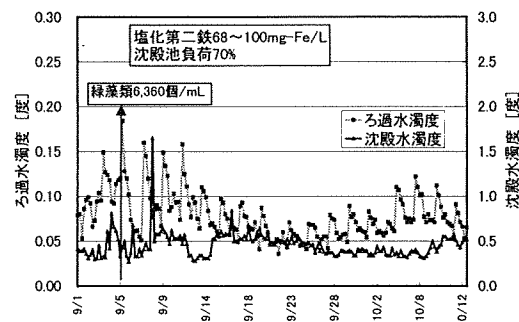


図 3-3-3 濁度の経時変化  $\text{FeCl}_3$



(3) まとめ

藻類を中心とする原水水質と凝集剤の種類が、高速ろ過に大きく影響を与える事が確認できた。今後は、高分子凝集剤を併用した場合の影響についても研究を行っていく予定である。

3. 5. 4 凝集剤の種類が藻類数と微粒子数に与える影響

(1) 実験方法

凝集剤に PAC、塩化第二鉄（以下、塩鉄）を用いた凝集沈澱・高速ろ過（300m/d）実験にて、凝集剤の種類が藻類の除去率、およびろ過水微粒子数に与える影響を調査した。藻類の定量試験は定期的に行い、採水は午前 10 時に行った。微粒子数は連続測定タイプの前方散乱光方式微粒子カウンタで測定した。また、藻類の優占種が異なる期間ごとに粒度分布を求め、PAC と塩鉄とで比較を行った。

(2) 藻類数の比較

図 3-4-1 は平成 12 年 3 月から 10 月までの原水の藻類数である。3 月～4 月に珪藻類（優占種：*Cyclotella* spp.）が増加し、7 月上旬、8 月上旬、10 月下旬には藍藻類（優占種：*Microcystis* spp.）、8 月下旬から 9 月上旬に緑藻類が増加した。図 3-4-2 に藻類の凝集沈澱処理による除去率を示

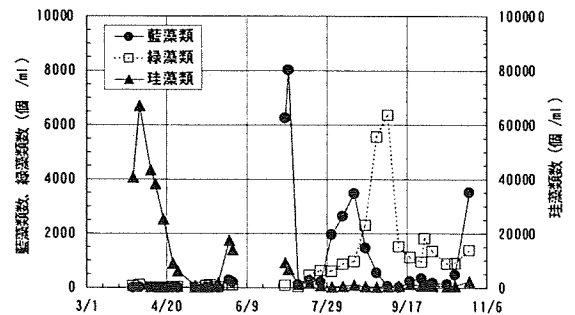


図 3-4-1 原水の藻類数

す。8 月下旬の藻類除去率には凝集剤による違いがあり、塩鉄による藻類除去率 97% に対して PAC は約 80% に低下した。この期間は原水中の緑藻類 *Sphaerocystis* spp. が 5000 個/ml 以上に増加しており、この藻類に対する凝集特性が PAC と塩鉄とで異なっていたと考えられる (*Sphaerocystis* は寒天質に包まれて、球形の群体を形成する。直径は 5~12 μm)。他の期間は PAC、塩鉄ともに同程度の除去率で推移した。また、3 月～4 月の珪藻類が多い時期は PAC、塩鉄ともに除去率は 90% 以上あったが、8 月上旬の藍藻類が増加した時期の除去率はどちらも約 70% に低下した。図 3 にろ過水の藻類数を示す。凝集剤が PAC の場合のみ 8 月下旬に約 1000 個/ml に達した。凝集沈澱 (PAC) による緑藻類の除去率が低かった影響と

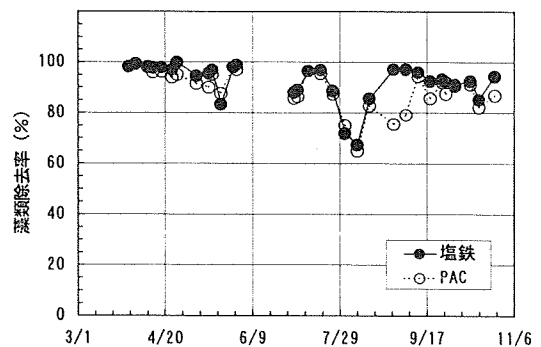


図 3-4-2 凝集沈澱処理による藻類除去率

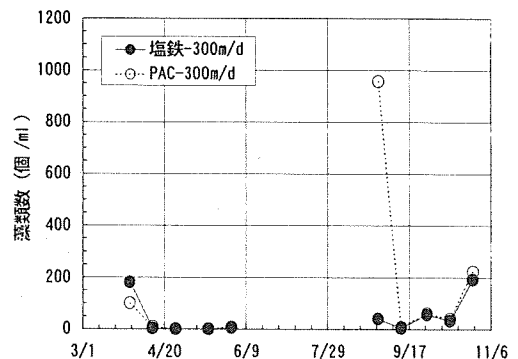


図 3-4-3 ろ過水の藻類数の変化

考えられる。その他の時期は凝集剤の違いによる差は小さかった。

### (3) 微粒子数の比較

図 3-4-4、5 に  $1\sim 3\mu\text{m}$ 、 $3\sim 7\mu\text{m}$  のろ過水の微粒子数を示す。データは藻類定量試験の採水と同時刻（逆洗から 20 時間後）の値をプロットした。どちらの粒径区分も凝集剤が PAC の場合に、緑藻類に由来すると思われるピークが 8 月下旬に観測された。また、凝集沈澱による藻類の除去率が 90% 以上で安定している時期は、微粒子数も安定して推移した。

図 3-4-6 に藍藻類が優占種である 8 月上旬のろ過水粒度分布を示す。データは 8 月上旬の平均値である。粒径が大きくなるに従い PAC の場合の微粒子数が塩鉄より多くなる傾向にあった。図 3-4-7 に珪藻類が優占種である 3~4 月の粒度分布を示す。塩鉄の  $1\mu\text{m}$  以下の微粒子数は PAC の約 5 倍あった。また、ろ過水の藻類が少ない期間であったので、 $3\mu\text{m}$  以上の微粒子数は他の期間と比較して少なく、原水の藻類が少なかった時期（5 月）とほぼ同じ粒度分布となった。図 3-4-8 に緑藻類が優占種である時期のろ過水粒度分布を示す。 $1\mu\text{m}$  以下の微粒子数は PAC と塩鉄とで同程度だったが、 $3\mu\text{m}$  以上は PAC の方が多かった。また、他の期間と粒度分布は大きく異なっており、直径  $5\sim 12\mu\text{m}$  とされる緑藻類 *Sphaerocystis* spp. が測定されたと考えられる。

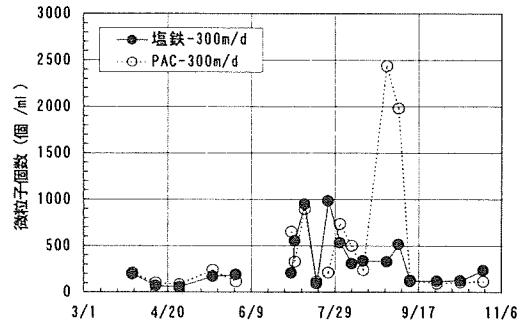


図 3-4-4 ろ過水の微粒子数 ( $1\sim 3\mu\text{m}$ )

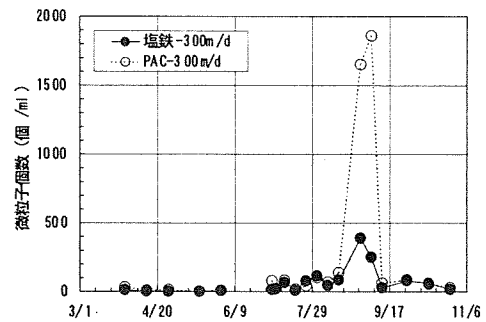


図 3-4-5 ろ過水の微粒子数 ( $3\sim 7\mu\text{m}$ )

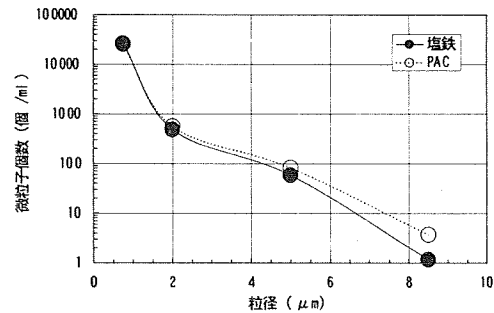


図 6-4-6 ろ過水の粒度分布 (藍藻類が)

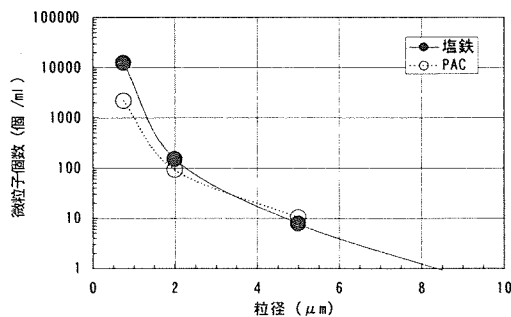


図 3-4-7 ろ過水の粒度分布 (珪藻類が優占種)

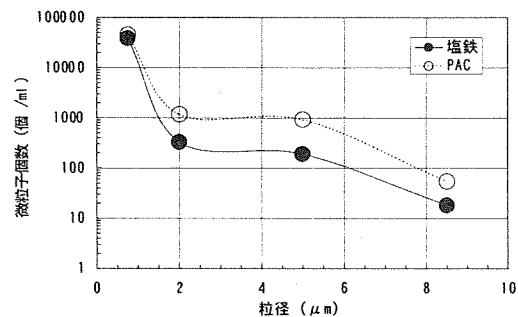


図 3-4-8 ろ過水の粒度分布 (緑藻類が優占種)

#### (4) まとめ

湖沼・貯水池系を原水とした実験プラントにて凝集剤の違いによる影響を調査し、藻類数と微粒子数が PAC と塩鉄とで異なる場合のあることを示した。今後は、高分子凝集剤を添加した場合の藻類数と微粒子数の変化を調査する予定である。

### 3. 6 まとめ

#### 3. 6. 1 本年度研究テーマ

本年度の研究はテーマは、次に示す通りである。

・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、

沈澱設備関係：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

〔具体的テーマ〕

1. 高分子凝集剤を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認
2. 塩化第二鉄を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認
3. ろ層構成の高速ろ過への適応性確認
4. ジャーテストによる凝集沈澱処理に関するデータの収集
5. 文献調査

#### 3. 6. 2 進捗状況

##### (1) 高分子凝集剤を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認

千葉県水道局よりアクリルアミド系有機高分子凝集剤での凝集沈澱・高速ろ過処理確認実験の承諾を頂く。実験プラント処理水が、実施返送されることから、事前調査を行い、実証実験プラントおよび福増浄水場実施設におけるアクリルアミドモノマーおよび 2, 3-ジクロロプロパン酸濃度の調査を行い施設基準値を満たすことを確認。11月より凝集沈澱・高速ろ過処理確認実験を開始。凝集剤は塩化第二鉄、高分子凝集剤は中アニオンとノニオンの2種類を使用、ろ過処理における濁度と損失水頭を評価基準として処理効果を検討。その結果もとに、実証実験プラントにおいて実験を開始した。

##### (2) 塩化第二鉄を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認

高分子凝集剤での実験を開始するまでは、PAC と塩化第二鉄での沈澱・高速ろ過処理実験を継続。高分子凝集剤を使用した凝集沈澱・高速ろ過処理実験は、無機凝集剤として塩化第二鉄を使用し、高分子凝集剤を使用した系との比較系として、凝集沈澱・高速ろ過処理実験を継続。

##### (3) ろ層構成の高速ろ過への適応性確認

時間等の問題で現状でのろ層構成で高速ろ過実験を継続。

##### (4) ジャーテストによる凝集沈澱処理に関するデータの収集

実証実験プラントではデータ収集に限界があるため、月1回の定期ジャーテストで凝集沈澱処理に関するデータを収集。

ジャーテストは、凝集剤（PAC、塩化第二鉄）・高分子凝集剤（アニオン、ノニオン）・攪拌強度・攪拌時間・pH調整有無・前塩素有無・水温等条件を変え行い、藻類・微粒子数を含む水質を調査。

#### （5）文献調査

平成10年度に文献調査を行ったが、実証実験では確認できない部分等を補足強化する意味で、再度、ワーキンググループを設置し文献を見直中。

### 3.6.3 研究成果

#### （1）高分子凝集剤を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認

事前調査および高分子凝集剤比較運転結果で、中アニオンよりノニオンの方が処理効果が良いことから、ノニオンを使用して実証実験を行っている。その結果、高分子凝集剤による沈澱処理水濁度の低減は0.5度程度と期待していたほどではないが、高速ろ過処理の効果においては、負荷を下げている PAC 系 300m/日ではろ過水濁度 0.1 度未満を維持できた時間が 13～36 時間だったのに対し、34～48 時間であり、処理性も非常に安定していた。また、藻類・微粒子の数から見ても、高分子併用＜塩化第二鉄のみ＜PAC の順であり、高分子を併用したろ過速度 300m/日と塩化第二鉄のみの 200m/日がほぼ同程度である等、高分子凝集剤の効果がはっきり確認出来た。

#### （2）塩化第二鉄を使用しての凝集沈澱・高速ろ過処理確認

##### 凝集沈澱処理について

塩化第二鉄の場合、PAC に比べ表面負荷率が大きく取れず、沈澱処理水濁度や色度が概して高くなるが、E260、過マンガン消費量、THM 生成能、藻類、微粒子数は低くなる。

##### 高速ろ過について

PAC の場合は、前回報告したが、沈澱処理水濁度が 0.1～1.5 度で推移する藻類の発生も少なく水質が安定している時期は、ろ過速度 350m/日でもろ過水濁度 0.1 度未満、ろ過時間 48 時間以上可能。損失水頭も 2,500mm に到達することはない。

沈澱処理水濁度が 0.5～2.0 度で推移する藻類が発生、水質が悪くなる時期は、ろ過速度 200m/日でも処理が不可となる。

塩化第二鉄の場合は PAC 同様、原水水質が安定していて沈澱水濁度が 1 度前後のレベルに維持されている限りは、ろ過速度 300m/日の条件でも、ろ過水濁度 0.1 度以下を 48 時間以上維持することがおおむね可能である。藻類、微粒子数は PAC より低い、損失水頭の上りは早い。

##### ろ層深度の損失水頭分布について

PAC、塩化第二鉄と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。

#### （3）ろ層構成の高速ろ過への適応性確認

現状のろ層構成で特に問題が出ていないが、今後の運転状況から判断し、対応を検討することにする。なお、時間的余裕が取れば、ろ層構成を変え実験を行う。

#### （4）ジャーテストによる凝集沈澱処理に関するデータの収集

多くの場合、pH 調整か塩素添加を行うことで処理効率を上げることが出来るが、時として pH 調整と塩素添加両方が必要となることがある。（水質との関係は不明）ただし、未調整との比較においては、pH 調整と塩素添加、pH 調整、塩素添加のどれをとっても処理効果が高い傾向にある。

高分子凝集剤でのジャーテスト結果は、フロックの沈降性は大幅に向上、無機凝集

剤単独注入の場合よりも、上澄水濁度は低下、使用した 3 種の高分子凝集剤のうち、ノニオン系のものがより良好な処理水濁度を示した。藻類総数は、低減される傾向にはあるが、劇的な除去効果というほどではない。E260 については低減効果は見られなかった。無機凝集剤の削減は、概ね 20%程度見込めた。

### 3. 6. 4 今後の問題点

- (1) 濁度測定法による計測値の違いについて。
- (2) 塩化第二鉄・高分子凝集剤を使用した時のろ層構成・洗浄方法。
- (3) 凝集沈殿処理の高効率化。
- (4) 第 2 研究グループとの関連付け。

## 3. 7 高分子凝集剤ジャーテスト結果

### 3. 7. 1 目的

このジャーテストは、福増浄水場実験プラントでの有機高分子凝集剤を使用した処理実験に平行し、プラント実験を補完することを目的として行ったものである。プラントと同じ福増浄水場原水を使用し、平成 12 年 6 月～平成 13 年 2 月まで、計 7 回実施した。検討項目は、

- ①高分子凝集剤注入による処理水質向上と最適注入率
- ②高分子凝集剤注入により無機凝集剤注入率がどの程度削減できるのか
- ③フロック沈降性がどの程度向上するのか

の 3 点とし、濁度、色度、E260 および藻類の 4 項目で評価した。以下に、結果を報告する。

### 3. 7. 2 使用した凝集剤

有機高分子凝集剤として、中アニオン、弱アニオンおよびノニオン系のポリアクリルアミド 3 種を使用した。物性を表 6-5-1 に示す。3 種ともあらかじめ水道水で 0.1% (1000mg/L) に溶解し、その溶解液を注入している。

無機凝集剤には、PAC および塩化第二鉄を使用した。

表 3-5-1 有機高分子凝集剤物性

	分子量 ( $\times 10^4$ )	0.1%水溶液粘度 ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ 15°C)	残留モノマー (wt%)
ノニオン系高分子凝集剤	1600	21	0.0028
弱アニオン系高分子凝集剤	1600	26	0.0010
中アニオン系高分子凝集剤	1600	86	0.0044

### 3. 7. 3 ジャーテスト方法

#### 1) ジャーテストの項目

##### (1) 高分子凝集剤注入による上澄水水質向上と最適注入率を検討するジャーテスト

無機凝集剤注入率を一定とし、高分子凝集剤注入率を 0.1～0.8mg/L の範囲で変えて凝集沈殿処理を行い、得られた上澄水水質を測定し、その結果から高分子による上澄水質向上効果と最適注入率を検討した。無機凝集剤の注入率は、あらかじめ無機凝集剤のみでジャーテストを行い決定した注入率（以下、無機最適注入率）とした。



## (2) 高分子凝集剤による無機凝集剤注入率の削減効果を検討するジャーテスト

高分子凝集剤注入率は一定（(1) で得られた最適注入率）とし、無機注入率は最適注入率から 0、10、20、30、40、50%削減したものとし、処理を行い、上澄水水質を測定した。削減効果は、その削減した注入率での上澄水濁度が、無機凝集剤単独かつ最適注入率で処理したときの濁度より低い場合、その削減率まで削減できると判定した。

## (3) 高分子凝集剤によるフロック沈降性向上を検討するジャーテスト

無機凝集剤および高分子凝集剤を注入し凝集処理後、静置時間が 1、2、3、5、7、10 分の時点で上澄水を採水し、濁度を測定した。その結果から濁度 1 度にまで低下するのに要する静置時間を求めた。また、比較対象として、無機凝集剤単独で同様のジャーテストを行い、同じく濁度 1 度にまで低下するのに要する静置時間を求めた。フロック沈降性の向上に対する高分子の効果は、この静置時間で評価した。

## 2) ジャーテストの凝集・攪拌条件

### (1) 凝集 pH、前塩素処理

凝集 pH pH調整には硫酸を使用し、PAC 使用時 pH=6.8、塩化第二鉄使用時 pH=6.3 とした。

前塩素処理 次亜塩素酸ナトリウム水溶液を 3mgCl<sub>2</sub>/L 注入。

### (2) 攪拌条件

無機凝集剤注入 → 急速攪拌 150rpm×1 分 → 高分子凝集剤注入 → 急速攪拌 150rpm×1 分→緩速攪拌 40rpm×10 分 → 静置 10 分 → 上澄水 200mL 採水

### (3) 測定項目

濁度、色度、E260、pH、藻類（色度および E260 は、ろ紙（5A）でろ過後測定）

## 3. 7. 4 結果

### 1) 高分子凝集剤注入による上澄水水質向上と最適注入率

#### (1) 濁度

高分子凝集剤の各注入率における濁度の結果のうち、夏季（9 月）および冬季（2 月）分を図 3-5-1~4 に示す。

中アニオンまたは弱アニオンで処理した場合、PAC、塩化第二鉄との併用に関わらず、ある一定の注入率（0.1~0.3mg/L 付近）までは注入率が增大するにつれ濁度は低下するが、その注入率を超えると逆に濁度は増大する。ノニオンで処理した場合も概ね同様の傾向を示すが、図 6-5-1 のように、ある注入率を超えると、濁度が上昇も低下もしない場合もあった。また、弱アニオンおよびノニオンでは、12 月および 2 月の冬季（2 月分は図 3-5-4）に、塩化第二鉄との併用、0.1mg/L という低注入率において、塩化第二鉄単独注入処理よりもむしろ高い濁度を示すことがあった。

濁度が最も低くなる注入率（以下、最適注入率）は、高分子の種類に関わらず、ほぼ 0.1~0.3mg/L の範囲にある。その中で、原水濁度が 10 度以上と比較的高い 6~7 月、10~2 月の最適注入率は 0.2~0.3mg/L であり、原水濁度が 10 度以下と低い 8~9 月は、0.1~0.2mg/L である。原水濁度が高い時期は最適注入率が多くなり、逆に原水濁度が低い時期は最適注入率も低くなる傾向が見られる。

最適注入率における濁度低減効果、すなわち無機凝集剤単独処理時の濁度と高分子最適

注入処理時の濁度の差は、

- ・中アニオン      PAC+中アニオン 0.2~0.5度、      塩化第二鉄+中アニオン 0.4~1.6度
- ・弱アニオン      PAC+弱アニオン 0.2~0.8度、      塩化第二鉄+弱アニオン 0.4~1.7度、
- ・ノニオン          PAC+ノニオン      0.3~0.8度、      塩化第二鉄+ノニオン 0.5~1.1度

である。効果としては、3種類とも塩化第二鉄と併用したほうが大きい。

高分子凝集剤の種類による濁度低減効果を比較すると、中アニオンと弱アニオンでは、両者を比較した6月~9月の結果から、PAC・塩化第二鉄との併用に関わらず、若干、弱アニオンのほうが効果が高かった。弱アニオンとノニオンでは、両者を比較した9月~2月の結果から、PAC・塩化第二鉄との併用に関わらず、総じてノニオンのほうが効果は高かった。

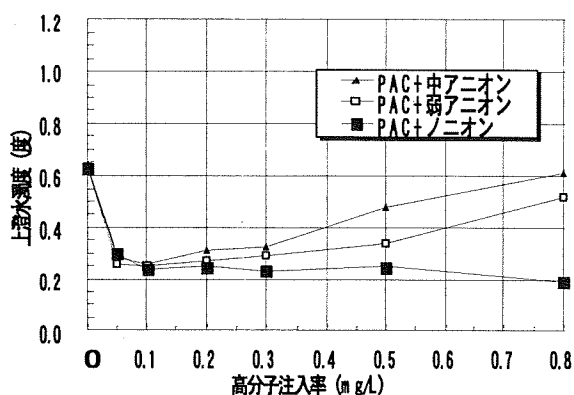


図1.高分子注入率と上澄水濁度 (PAC併用 9月)

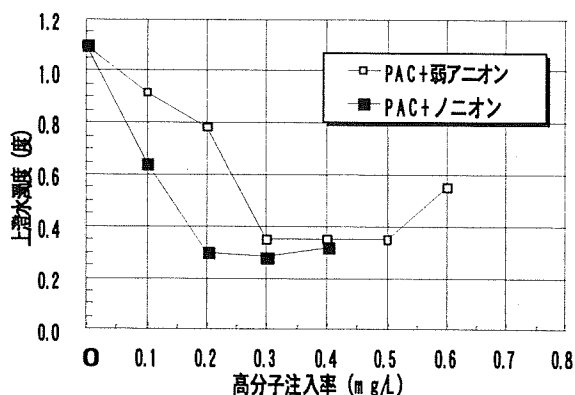


図2.高分子注入率と上澄水濁度 (PAC併用 2月)

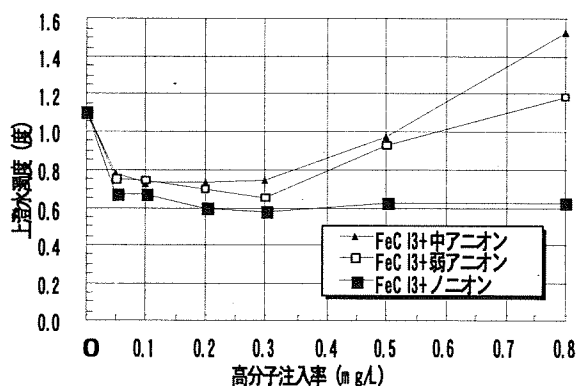


図3.高分子注入率と上澄水濁度 (塩鉄併用 9月)

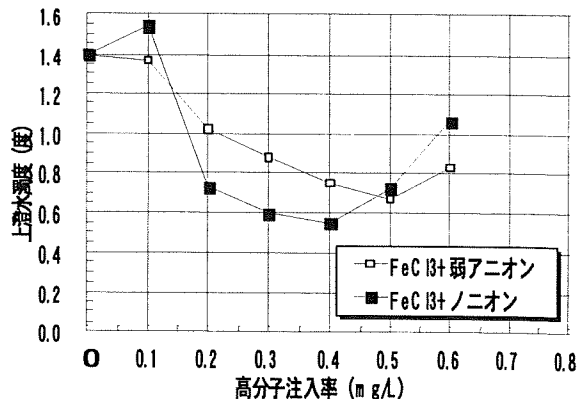


図4.高分子注入率と上澄水濁度 (塩鉄併用 2月)

## (2) 色度、E260

高分子凝集剤各注入率における色度・E260の、2月分を図3-5-5および3-5-6に示す。

高分子凝集剤の種類に関わらず、色度・E260を指標とする溶解性有機物に対する除去低減効果は見られない。これは、2月に限らず、他の月も同様である。むしろ、高分子注入率が高くなるにつれ、色度・E260が増大する場合が多かった。また、増大の程度は、

塩化第二鉄との併用時に、より顕著であった。

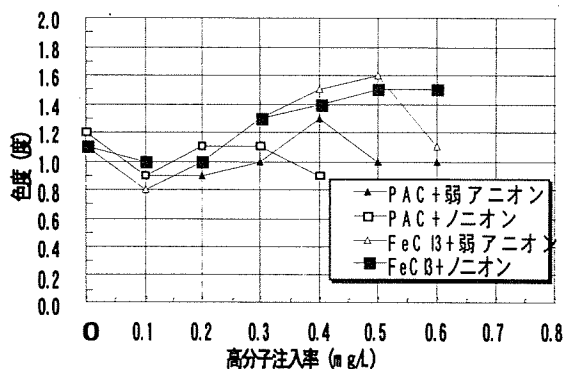


図5. 高分子注入率と色度 (2月)

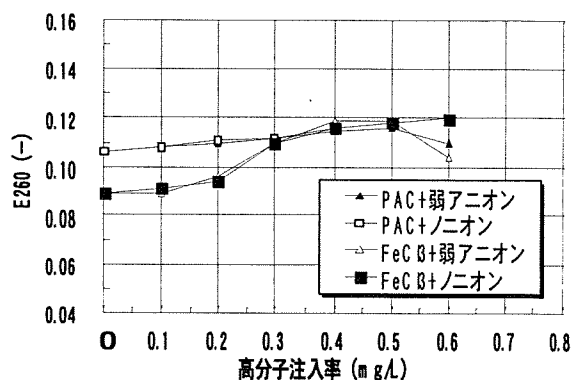


図6. 高分子注入率とE260 (2月)

### (3) 藻類

無機凝集剤単独処理および高分子最適注入率処理時の上澄水中藻類数を表 3-5-2~3-5-4 に示す。原水中藻類は、藻類総数で 1200~4900N/mL、7~9月には緑藻類が卓越し、12月には珪藻類が卓越していた。

#### ・藻類総数

藻類総数でみると、各月とも PAC 単独で 70~90N/mL 程度に除去されているが、高分子使用で、さらにそのほぼ半分の 30~50N/mL 程度に除去されている。また、塩化第二鉄処理では、7月~9月、40~60N/mL 程度に除去されおり、7月と8月は高分子使用で、さらにほぼその半分の 10~20N/mL に除去されている。9月は高分子による除去効果はやや小さかったが、珪藻類が多くなった12月、塩化第二鉄単独では、やや高く 160N/mL であったのに対し、高分子使用で、半分以下の 50~80N/mL 程度に除去されている。なお、高分子の種類による藻類除去性の違いは、データが少なく不明である。

#### ・藍藻類

原水中の藍藻類数は表 3-5-2 に示すとおり、各月とも少なく、増殖期の結果はない。優先種は、7月、9月と12月がミクロキスティスであり、8月がフォルミジウムである。7月は PAC 単独で 66 N/mL であるが、高分子使用で 30~40 N/mL と約半分に低減され、また、塩化第二鉄単独で 26 N/mL であるのが、中アニオン使用で 10 N/mL と約半分に低減されている。8月については、無機単独処理だけでほとんど除去されたため高分子の効果はわからない。9月および12月については無機単独と高分子使用の場合とで、藻類数の差はほとんど無く、高分子の効果はみられなかった。

#### ・珪藻類

原水中の珪藻類は、7~9月は 1000 N/mL 未満であるが、12月には約 2000 N/mL に増殖していた。12月の優先種は、キクロテラおよびシネドラである。この増殖期である12月の結果では、PAC 単独処理では 36 N/mL、高分子の使用により 14~22 N/mL と約半分に低減された。また、塩化第二鉄単独処理では 106 N/mL であるのが、高分子の使用により 28~30 N/mL と半分以下に低減された。

表 3-5-2 藻類総数 (N/mL)

	原水	PAC 単独	PAC+ ノニオン	PAC+ 弱アニ	PAC+ 中アニ	塩鉄 単独	塩鉄+ ノニオン	塩鉄+ 弱アニ	塩鉄+ 中アニ
7/25	1,200	92	—	44	50	42	—	—	12
8/29	4,914	68	—	28	32	42	—	22	22
9/21	1,926	86	68	—	52	56	56	—	36
12/6	3,298	88	38	84	—	164	58	82	—

表 3-5-3 藍藻類総数 (N/mL)

	原水	PAC 単独	PAC+ ノニオン	PAC+ 弱アニ	PAC+ 中アニ	塩鉄 単独	塩鉄+ ノニオン	塩鉄+ 弱アニ	塩鉄+ 中アニ
7/25	154	66	—	30	40	26	—	—	10
8/29	56	2	—	0	0	6	—	0	4
9/21	84	28	28	—	20	32	38	—	24
12/6	130	8	6	16	—	6	12	14	—

表 3-5-4 珪藻類総数 (N/mL)

	原水	PAC 単独	PAC+ ノニオン	PAC+ 弱アニ	PAC+ 中アニ	塩鉄 単独	塩鉄+ ノニオン	塩鉄+ 弱アニ	塩鉄+ 中アニ
7/25	542	10	—	6	6	8	—	—	2
8/29	646	4	—	2	8	2	—	0	0
9/21	864	22	22	—	18	6	6	—	6
12/6	2,040	36	14	22	—	106	28	30	—

## 2) 無機凝集剤注入率の削減効果の検討

図 3-5-7 および図 3-5-8 に 10 月の PAC および塩化第二鉄注入率削減の検討結果を示す。図 7 は、高分子を最適注入率で使用し、PAC の注入率を最適注入率 70mg/L から、10、20、30、40、50%削減した注入率（すなわち、63、56、49、42、35mg/L）で処理したときの濁度を示している。また、図 3-5-8 も同様に、塩化第二鉄の注入率を最適値 120mg/L から 10～50%削減した注入率で処理したときの濁度を示している。

PAC 単独最適注入（70mg/L）での濁度は 0.6 度であるが、ノニオン 0.3mg/L を使用すると、PAC 注入率は 50%削減した 35mg/L でも同等の 0.6 度が得られている。したがって、この場合最大 50%の PAC 削減が可能であるといえる。また、塩化第二鉄の場合も、同様に単独最適注入（120mg/L）での濁度は 0.8 度であるが、ノニオン 0.3mg/L あるいは弱アニオン 0.2mg/L を使用すると、PAC 注入率は 50%削減した 35mg/L でも同等の 0.8 度が得られている。したがって、最大 50%の削減は可能である。

他の月の結果についても同様の評価をすると、各月とも PAC 注入率は、ノニオンまたは弱アニオン使用で最大 40～50%、中アニオンの使用で最大 30～40%の削減が可能である。また、塩化第二鉄注入率もノニオンまたは弱アニオン使用で最大 30～50%、中アニオンの使用で最大 30～40%の削減が可能である。ただし、この最大削減率まで削減すると無機凝集剤単独処理時と濁度は変わらなくなってしまうので、濁度低減効果も期待するならば、削減できる注入率は 20%程度にとどまる。

以上はあくまで濁度のみを考えた場合であり、色度・E260 で表される有機物除去も考慮に入れると、無機凝集剤注入率の削減は難しくなる。図 6-5-8 と同じ実験での色度および E260 を、それぞれ図 3-5-9 および図 3-5-10 に示す。色度および E260 は、塩化第二鉄注入率が低くなる（削減率が高くなる）につれて、単独最適注入処理（120mg/L）よりも高くなっている。また、PAC の場合も、図示していないが同様である。これは、色度および E260

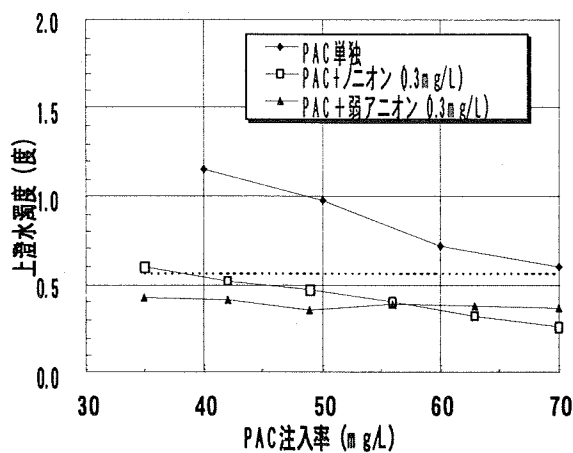


図7. PAC 注入率の削減 (10月)

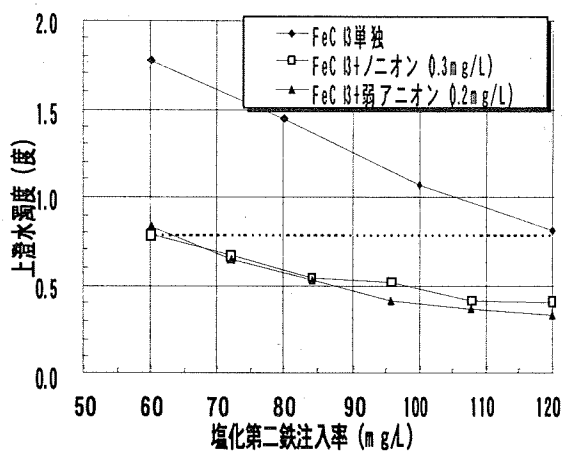


図8. 塩化第二鉄注入率の削減 (10月)

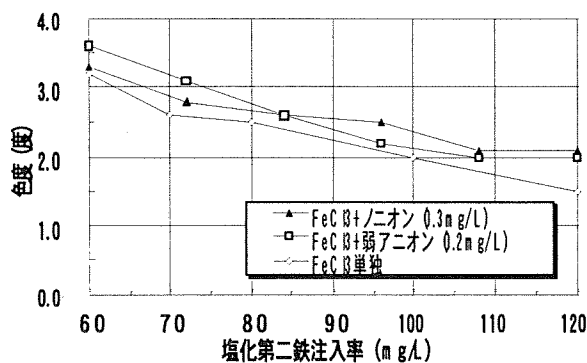


図9. 塩化第二鉄注入率削減による色度の上昇 (10月)

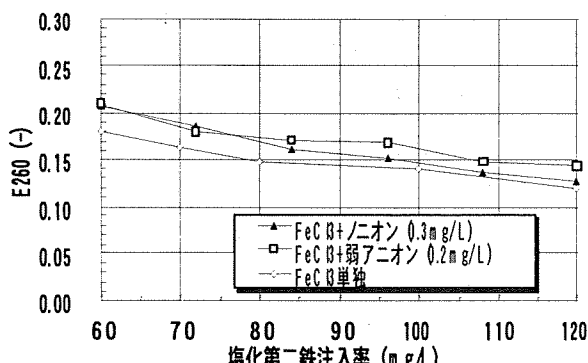


図10. 塩化第二鉄注入率削減によるE260の上昇 (10月)

の除去低減に対し、有機高分子の効果がないことによる。

### 3) フロック沈降性向上の効果

静置時間による上澄水濁度の変化 (12月分) を図 3-5-11 および 3-5-12 に示す。高分子使用で、無機単独処理よりもフロックの沈降性は大幅に増大している。濁度 1 度までの低下に要する時間で評価すると、PAC 単独で 7 分要しているのに対し、ノニオン使用で 1 分、弱アニオン使用で 2.5 分しか要していない。図は 12 月分のみであるが、他の月も同様に、フロック沈降性は向上している。

各月の結果から、濁度 1 度までの低下に要する時間をまとめると、PAC 単独では、6~12 月、3~7 分であるが、高分子使用で 1~3 分に短縮されている。2 月は、原水中の珪藻の影響で、PAC 単独処理でも 10 分以上要したが、高分子使用で 4 分に短縮されている。

塩化第二鉄単独では、各月とも8～10分以上要しているが、高分子使用で、PACと同様、ほぼ1～3分に短縮されている。2月は珪藻類の影響で6～7分要しているが、塩化第二鉄単独に比べると大幅に短縮されている。沈降性の向上効果としては、塩化第二鉄との併用のほうがPACとの併用よりも大きい。なお、高分子の種類によるフロック沈降性の差異に

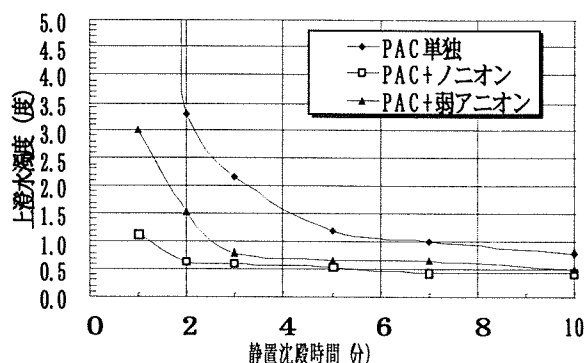


図11. 静置沈殿時間に伴う上澄水濁度の変化 (PAC系・12月)

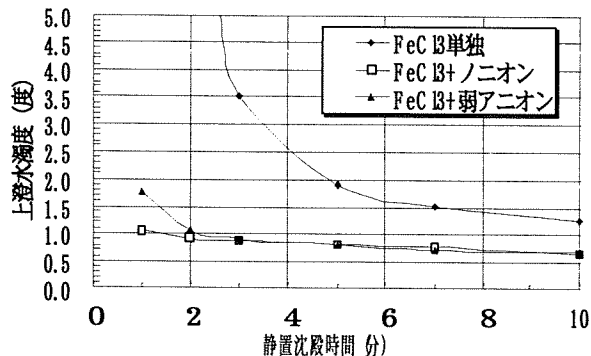


図12. 静置沈殿時間に伴う上澄水濁度の変化 (FeCl3系・12月)

については、データ数が少ないため評価できない。

### 3. 7. 5 まとめ

有機高分子凝集剤 3 種 (中アニオン、弱アニオンおよびノニオン) と福増浄水場原水を使用し、計 7 回ジャーテストを行い、以下のような結果を得た。

- ・上澄水濁度は、高分子使用により、無機凝集剤単独処理の場合よりも低減する。また、濁度低減は PAC・塩化第二鉄との併用に関わらず、総じてノニオン使用の場合が最も大きかった。
- ・高分子凝集剤 3 種の最適注入率は、いずれも、原水濁度が比較的低いとき 0.1～0.2mg/L、原水濁度が比較的高く 10 度を超えるとき 0.2～0.3mg/L であり、原水濁度が高いほど最適注入率も高くなる傾向が見られた。
- ・色度・E260 で表される有機物に対し、高分子凝集剤の低減効果は見られなかった。
- ・濁度を基準として考えた場合、高分子の使用により、PAC・塩化第二鉄とも 20% 程度の注入率削減が見込める。

高分子使用によるフロック沈降性の向上は各月とも確認できた。特に塩化第二鉄との併用時において、効果はより顕著であった。

### 3. 8 持ち込み研究

#### 3. 8. 1 向流加圧浮上／ろ過装置に関する研究

##### 1) 本年度研究テーマ

藻類を効率的に除去するための向流式加圧浮上・ろ過装置に関する研究検討

日本の湖沼系原水水質に対する向流式加圧浮上・ろ過装置の適正を検討するため、平成 11 年度研究に引き続いて、霞ヶ浦(西浦)湖水を原水とした春季後半、夏季及び秋季の連続運転を行う。

申請企業 クロリンエンジニアズ株式会社

共同研究企業 株式会社荏原製作所 水道機工株式会社  
実験場所 茨城県企業局県南水道事務所 霞ヶ浦浄水場  
実験期間 平成 12 年 4 月～平成 14 年 3 月

## 2) 進捗状況

- ・ 4 月 1 日～8 月 9 日 春季後半及び夏季前半連続運転実施
- ・ 8 月 10～8 月 17 日 ろ過実験装置付設工事及び保全工事実施

本システムは浮上分離部とろ過部が一体となっている。ろ過部を分離した場合、また、日本で代表的なろ層構成の場合どの様になるか検討するため、小規模実験カラム 2 本を併設した。

- ・ 8 月 18 日～11 月 30 日現在 夏季後半及び秋季連続運転実施  
平成 11 年度の実施期間を含め、1 年間の実験を終了した。

- ・ 平成 13 年 3 月 1 日～現在 補足実験のため運転再開。

## 3) 研究成果

霞ヶ浦(西浦)湖水を原水とした 1 年間の連続運転では、所期の高速ろ過性能(ろ過水濁度 0.1 度以下、ろ過速度 300m/日以上、ろ過継続時間 24 時間以上)を満足出来ることが確認できた。

## 4) 今後の問題点

データ整理・解析を行い、経済性も含めた総合的評価を行うと共に ACT21 の評価可能な範囲内で実証プラントによる補足実験を継続する予定である。

研究課題としては、浮上分離汚泥(含気泡汚泥)の処理法の検討、及び 70 度以上の高濁度時の性能確認・対処法の検討並びに本システムの適用上限の検討である。

## 3. 8. 2 鉄系凝集剤及び新型下部集水装置を用いた高効率沈殿・ろ過技術の開発

### 1) 本年度研究テーマ

鉄系凝集剤および新型下部集水装置を用いた高効率沈殿・ろ過技術の開発

高アルカリ、高 pH 原水に対し有効な鉄系凝集剤の調査  
最適な鉄系凝集剤と PAC の比較実験

ジャーテストによる有機高分子凝集剤等の凝集助剤の併用効果検討

研究企業 新日本製鉄株式会社  
実験場所 北九州市水道局 本城浄水場  
実験期間 平成 11 年 6 月～平成 14 年 3 月

### 2) 進捗状況

今年度は、鉄系凝集剤 2 種類(塩化第二鉄およびポリ硫酸第二鉄)およびアルミ系凝集剤を硫酸バンドから PAC に替えての実験を実施し、凝集、ろ過条件の検討を行った。同時に、ジャーテストにより有機高分子凝集剤等の凝集助剤の併用効果を検討した。

### 3) 研究成果

2 種の鉄系凝集剤の比較実験では、同一注入率とした場合、塩化第二鉄とポリ硫酸第二鉄の沈殿池濁度は、ほぼ同等であったが、ろ過池の損失水頭は、塩化第二鉄が若干高い結果となった。

塩化第二鉄と PAC の比較においては、昨年度の硫酸バンドとの比較同様、鉄系の色度

が高めに推移したが、ろ過後は改善され、アルミ系と同等となった。ろ過池の差圧は、鉄系が高めに推移した。有機物除去については、鉄系凝集剤が優れている傾向が見られた。昨年度、硫酸バンドを使用した場合、240m/日の高速ろ過時に濁度の流出が認められたが、PACでは見られなかった。鉄系のろ層は、マッドボールが発生しやすく、高速ろ過を長期間安定して行うには空気洗浄が効果的であった。

#### 4) 今後の問題点

鉄系凝集剤は、高速ろ過を行った場合、アンスラ表層部分に濁質が捕捉されやすく、ろ過損失をおさえるためには、ろ材構成の検討が必要である。

金属ハニカム下部集水は、ろ材洗浄や中塩素による物理化学的劣化は認められていないが、大規模となった場合、空気洗浄時の空気分散等を検討する必要がある。引き続き、これらの検討を実施する予定である。

### 3. 8. 3 超高速凝集除濁処理実験

#### 1) 本年度研究テーマ

##### 超高速凝集除濁処理実験

高速で安定した凝集沈澱処理を行える装置を提案、具体的には処理速度 10m/h 以上で処理水濁度 1 度以下とする凝集沈澱装置が、実装置として適用可能であることを実証する。

研究企業 オルガノ株式会社

実験場所 神奈川県企業庁 谷ヶ原浄水場

実験期間 平成 11 年 11 月～平成 13 年 10 月

#### 2) 進捗状況

- ・ 2 月～7 月 下記条件にて連続運転

##### 超高速凝集除濁装置

通水速度 10 m/h

凝集 pH 7.0 に調整

前塩素 処理水残留塩素濃度 0.5mg/L 程度に調整

##### 急速ろ過塔

ろ過速度 120m/日

- ・ 8 月～継続中 下記条件にて連続運転

##### 超高速凝集除濁装置

通水速度 7.5 m/h

凝集 pH 7.0 に調整

前塩素 処理水残留塩素濃度 0.5mg/L 程度に調整

##### 急速ろ過塔

ろ過速度 120m/日 240m/日 (2 塔での比較実験)

#### 3) 研究成果

- ・ 超高速凝集除濁装置の通水時間は、原水濁度に大きく影響され、通水時間 24 時間を達成できない場合があった。
- ・ ろ過水濁度は、超高速凝集除濁処理水濁度が 1 度以上となっても、0.1 度を維持できた。



- ろ過速度の違いによる、処理水濁度の差はほとんどなかった。  
原水中の藻類（主に珪藻類）は、ほとんど除去されていた。

#### 4) 今後の問題点

- 通水時間 24 時間での安定した運転方法の検討。

### 3. 8. 4 有機高分子凝集剤等を使用した浄水処理実証

#### 1) 本年度研究テーマ

- 本実証実験は湖沼系原水を対象とし、有機高分子凝集剤等を使用した凝集沈澱・ろ過における処理性能、特性を確認することにより、既存浄水設備の処理及び水質の安定性を計る。また有機高分子凝集剤等の使用による浄水処理の効率化に関する検討を行う。

- 申請企業 株式会社荏原製作所
- 共同研究企業 無し
- 実験場所 茨城県潮来町 田の森浄水場
- 実験期間 平成12年11月～平成13年11月

#### 2) 進捗状況

- (平成12年9月 室内予備実験 (ジャーテスト))
- 平成12年11月～12月  
通常浄水処理実証実験 (有機高分子凝集剤使用無し)
- 平成13年1月～現在  
有機高分子凝集剤を使用した浄水処理実験

#### 3) 研究成果

室内予備実験として行ったジャーテスト結果

無機凝集剤（硫酸ばんど）での最適注入率100mg/lに対し、有機高分子凝集剤0.1～0.15mg/l注入にて濁度のみを対象に考えれば無機凝集剤は30～50%の削減が図れる。色度も対象にした場合は削減率は10%程度に留まる。また有機高分子凝集剤0.2mg/l注入ではフロックの沈降速度は上昇するが、微少フロックとの接触が悪くなるためか上澄み水濁度が高くなる現象が見られた。

実証実験結果

有機高分子凝集剤の注入率、注入濃度、注入位置等を変更し、凝集沈澱処理水水質、ろ過水水質、ろ抗等のデータを採取中

#### 4) 今後の問題点

- 浄水処理システムとして最適な有機高分子凝集剤の種類、注入率、注入濃度、注入位置等の把握
- 原水水質変動時（特に藻類）の有機高分子凝集剤注入の対応
- 有機高分子凝集剤使用の場合、ジャーテスト結果のみでは、ろ過水水質、ろ抗等の予見が難しい。

### 3. 8. 5 繊維ろ材を用いた高速ろ過処理による藻類除去技術の開発

#### 1) 本年度研究テーマ

繊維ろ材を用いた高速ろ過処理による藻類除去技術の開発

##### ・概要

繊維ろ材を用いた高速ろ過装置で藻類を除去することで、後段の急速ろ過等での処理性がどのように向上するかを調査する。また藻類を同定することにより、凝集障害、ろ過閉塞、異臭味へのそれらの影響を考察する。

##### ・目標

凝集沈殿・急速ろ過や緩速ろ過の前処理用として、藻類の低減に十分な除去性能を有する処理設備の開発。具体的には繊維ろ材を用いた高速ろ過装置で前処理することによる、凝集沈殿・急速ろ過での処理性、ろ材洗浄頻度の減少を確認する。

##### ・試験フロー

原水 → 繊維ろ材ろ過機 → 凝集沈殿槽 → 急速ろ過装置

原水 → → → → 凝集沈殿槽 → 急速ろ過装置

研究企業 株式会社 石垣  
実験場所 香川県飯山町 楠見池浄水場  
実験期間 平成 13 年 3 月～平成 14 年 3 月

#### 2) 進捗状況

- ・繊維ろ材ろ過機は設置済みであり、単独運転中である。
- ・試験設備全体を 3 月末までに設置完了し、4 月より全体の運転を開始する予定である。

#### 3) 研究成果

- ・繊維ろ材ろ過機はろ過速度 1,400m/日 で順調に自動運転中である。

#### 4) 今後の問題点

- ・早期に設備の立ち上げ。
- ・短期間のテストのため、効率的な試験の実施。

### 3. 8. 6 効率凝集沈殿処理に関する開発研究

#### 1) 本年度研究テーマ

高効率凝集沈殿プロセスの最適運転条件を把握するため、浄水原水およびろ過池洗浄排水を用いた 30m<sup>3</sup>/Hr 規模（排水;60m<sup>3</sup>/Hr）の実証実験装置を沖縄県北谷浄水場内に設置し、処理速度 60m/Hr（排水;120m/Hr）で処理水濁度 1 度以下（排水;5 度以下）を達成する処理条件の把握を目的とする。

（本年度の結果を踏まえて、次年度に長期実証試験を行なう。）

研究企業 株式会社 西原環境衛生研究所  
実験場所 沖縄県企業局 北谷浄水場  
実験期間 平成 13 年 2 月～平成 13 年 11 月

## 2) 進捗状況

<平成13年3月2日現在>

- ・ 1月10～31日 実験装置設置
- ・ 2月 1～ 9日 試運転調整（浄水原水）
- ・ 2月13～20日 凝集剤添加率変化実験（＼）
- ・ 2月 21日 処理水量変化実験（＼）
- ・ 2月22～23日 循環水量変化実験（＼）
- ・ 2月26～27日 標準条件運転（＼）
- ・ 2月28～3月2日 排水処理実験
- ・ 3月 5～ 9日 排水処理実験（予定）

浄水原水水質（濁度3～4度、色度1～2度、pH7.3～7.5、EC36～41mS/m）に対し、処理水水質（濁度0.2～1.0度、色度0.7～1.5度、pH7.2～7.5）の処理水が得られた。

今後は連続処理実験に移行し、下記の確認事項を実施する予定である。

- ① 最適運転条件における安定性
- ② 最適運転条件における処理性能および処理水質
- ③ 砂ろ過池や膜ろ過などの後段のプロセスとの適合性
- ④ 汚泥の処理性と発生量

## 3) 研究成果

浄水原水（濁度3～4度）に対し、処理速度60m/Hrで処理水濁度が1度以下になることを実証できた。

## 3. 9 問題と課題

### 3. 9. 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1年間、塩化第二鉄に高分子凝集剤を併用した高速ろ過実験を5ヶ月間行った。高速ろ過実験のろ過器仕様は、全ての実験において同じ仕様とした。PACを使用した高速ろ過実験でも塩化第二鉄を使用した高速ろ過実験でも、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。その傾向は、冬期、藻類の珪藻類が発生し、水温が5度以下となる時期に一番顕著に表れる。

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比べさらに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、高分子凝集剤を併用した場合、高分子凝集剤の種類によって処理性が異なり、アニオン系では具体的目的を満足することが出来なかったが、ノニオン系では何とか満足

することが出来た。しかし、ろ過継続時間の変動は大きく決して満足できる状況ではない。

また、今までは高速ろ過が可能かどうかの評価を沈澱処理水の濁度だけで行ってきたが、この濁度評価だけでは説明できない現象が見られ、評価方法そのものを考え直す必要がでてきた。

### 3. 9. 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。
- ③凝集沈澱処理の高効率化。
- ④高速ろ過評価方法の確立。

#### 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。

#### 5) 第5研究グループとの関連。

- ①無機凝集剤の違いや高分子凝集剤を併用した時の汚泥処理の相違。