

# 高速凝集沈殿処理技術の 実用化に関する研究

## 1. 研究目的

大津市の下水道事業は、計画処理区域が約 6,807 ha で単独公共下水道 2 処理区（大津、藤尾）および琵琶湖流域関連公共下水道 2 処理区（湖南中部、湖西）の計 4 処理区で整備を進めている。

大津市浄化センターのある大津処理区は、市の中心市街地である大津および膳所地区を中心とした計画処理区域約 1,471 ha の単独公共下水道で昭和 36 年度より整備が進められている。このうち大津および膳所地区の約 155 ha は浸水解消を目的に合流式で整備されている。

この合流式下水道の雨天時における雨水吐室からの越流水、および大津市浄化センターの簡易処理水による琵琶湖への汚濁負荷削減の必要性があり、合流改善対策が緊急的な課題となっていた。

そこで、平成 8 年度より 4 年間をかけ合流改善調査を実施し(財)下水道新技術推進機構を事務局とする「合流式下水道の改善（大津市）検討委員会」において改善方策を検討した。ここで策定された合流改善計画における緊急対策のひとつとして大津市浄化センターの簡易処理能力の向上が位置付けられている。そこに適用する技術として、本研究の対象となっている高速凝集沈殿処理技術が選定されている。

本研究は、簡易水処理施設への適用を前提に本処理技術の実用化に向けた検討を行うものであり、具体的には合流改善計画で設定された汚濁負荷削減目

標の達成を前提として、経済性（建設費および維持管理費）に優れ、省面積が図れるよう水面積負荷率、除去率、薬品添加率等の設計諸元を確立し、主に雨天時の運転を念頭においた運転・維持管理について検討することを目的とするものである。

なお、前述した合流改善計画の中で高速凝集沈殿処理の性能について表-1 ような除去率が想定されている。

表-1 想定された除去率

水質項目	除去率 [%]
SS	80
BOD	75
COD	55
T-N	15
T-P	80

## 2. 研究内容

### 2.1 対象技術の概要

高速凝集沈殿法は、従来の凝集沈殿処理工程に微粒砂（粒径 100  $\mu\text{m}$  程度）を添加することにより、微粒砂を核とする凝集フロックの相当径と密度を大きくすることで、フロックの沈降速度を早くし、汚濁物質をとりこんだフロックがすみやかに沈殿するため、コンパクトな設備でありながら処理能力の高い処理法である。処理フローを図-1 に示す。

処理プロセスの基本構成は、通常の凝集沈殿法と同様に無機凝集剤を原水中に均一に拡散させるため

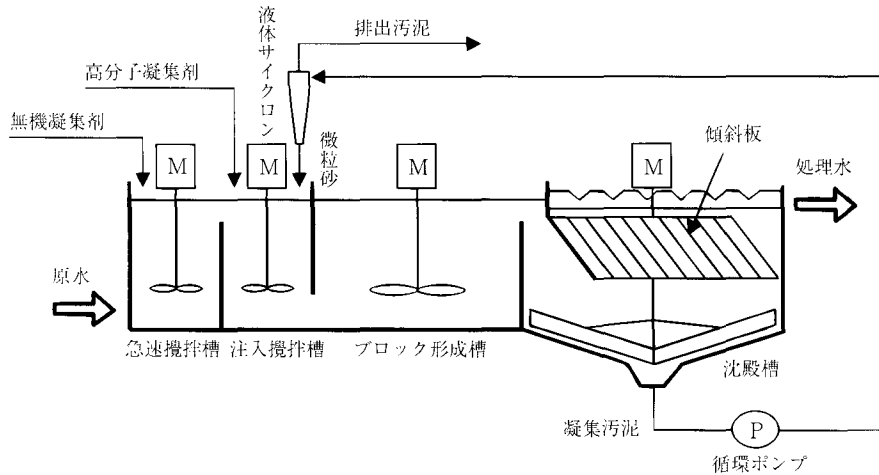


図-1 高速凝集沈殿処理フロー

の「急速攪拌槽」、高速凝集沈殿処理法の特徴でもある微粒砂とアニオン系高分子凝集剤を均一に混合させるための「注入攪拌槽」、無機凝集剤、微粒砂、および高分子凝集剤によって形成された微少フロックを大きく成長させるための「フロック形成槽」、生成したフロックを固液分離するための傾斜板を備えた「沈殿槽」からなる。

## 2.2 研究内容

### 2.2.1 研究項目

大津市浄化センター内に設置したパイロットプラントによる処理実験を行った。

#### (1) 基礎実験

##### ① 流入水性状の把握

実験を通じて流入水の性状を把握する。

##### ② 晴天時流入下水処理実験

雨天時流入下水処理実験を進めるにあたり、その実験条件の日安となるよう水面積負荷率、無機凝集剤およびアニオン系高分子凝集剤の注入率と処理性能の関係を求める必要があり、晴天時流入下水による処理実験を行う。

また、微粒砂の系内における存在量の違いによる処理性能へ与える影響を確認する。

#### (2) 雨天時流入下水処理実験

晴天時流入下水処理実験の結果から、適切と考えられた水面積負荷率および凝集剤注入率で処理実験を行い、本技術の処理特性を調査する。

処理対象水は、雨天時流入下水および雨天時最初沈殿池流出水（簡易処理水）とする。

#### (3) 処理能力の安定性の把握

雨天時流入下水量は時々刻々と変化するので、高速凝集沈殿処理施設においても流入量の変動を受ける。したがって、流入量の変動が処理性能に与える

影響を把握する。

#### (4) 運転・管理方法の検討

本装置は、雨天時に使用されることになるが、稼働前の待機状態をどのようにすべきかを検討する。

また、一度溶解したアニオン高分子凝集剤を未使用のまま、できるだけ長期間保存するための方法についても検討する。

#### (5) 設計諸元の把握

前述した成果を基に本処理施設の設計諸元を明らかにする。

### 2.2.2 全体研究スケジュール

本研究の全体研究スケジュールを表-2に示す。

表-2 全体研究スケジュール

研究項目	H12年度	H13年度
基礎実験	—	—
雨天時流入下水処理実験	—	—
処理能力の安定性把握	—	—
運転・管理方案の検討	—	—
設計諸元の把握	—	—

## 3. 研究結果

### 3.1 基礎実験（晴天時流入下水処理実験）

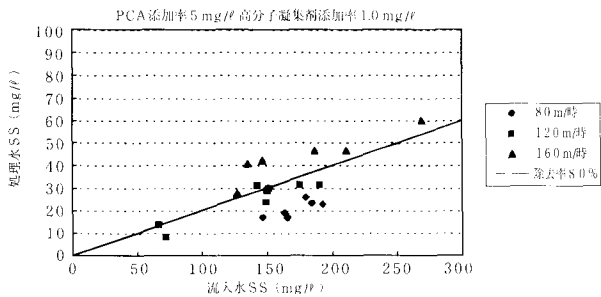
#### 3.1.1 水面積負荷率と薬品添加率の関係

昨年度の実験結果から、無機凝集剤（PAC）とアニオン系高分子凝集剤の添加量には最適な組み合わせがあることが明らかになった（表-3参照）。

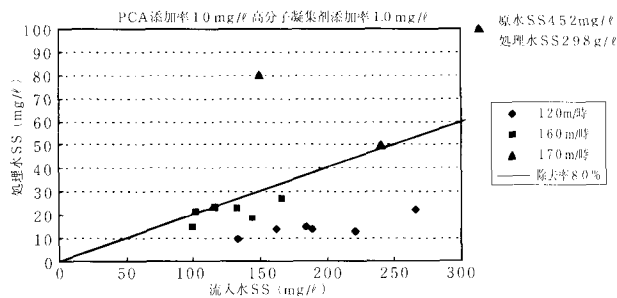
表-3 PAC注入率とアニオン系高分子凝集剤注入率

PAC注入率(mg/ℓ)	高分子凝集剤注入率(mg/ℓ)
5～10	0.8～1.0
15～20	1.2
25～30	2.0

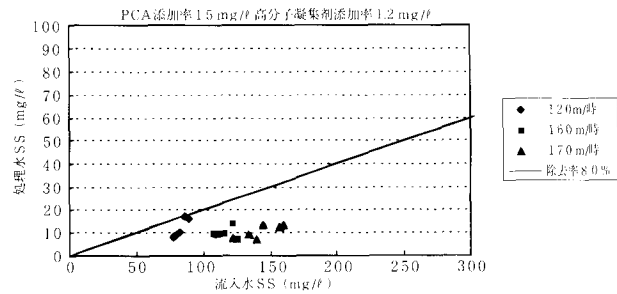
今年度は、最適な組み合わせの3種類の薬品添加率ごとに、水面積負荷率を変えて処理実験を行い、**図-2**～**図-4**に示す実験結果を得た。



**図-2** 水面積負荷率ごとのSS除去率 (PAC 5mg/l・アニオン系高分子凝集剤 1.0 mg/l)



**図-3** 水面積負荷率ごとのSS除去率 (PAC 10mg/l・アニオン系高分子凝集剤 1.0mg/l)



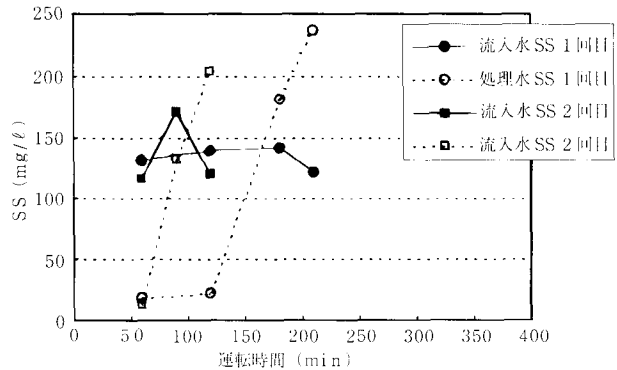
**図-4** 水面積負荷率ごとのSS除去率 (PAC 15mg/l・アニオン系高分子凝集剤 1.2mg/l)

この実験結果からSS除去率80%を目安とするならば、PAC 5 mg/l (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>として)・高分子凝集剤 1 mg/l では水面積負荷率としては120m<sup>3</sup>/時が最大であり、薬品添加率を増大させると、水面積負荷率も高くなる。

### 3.1.2 微粒砂の系内存在量の影響

微粒砂は本技術では装置系内を循環している。この循環量が処理性能に与える影響を調べた。微粒砂の循環率(微粒砂量/処理水量の値を百分率で表した値)を3~4%とした場合と6%とした場合の処理実験を行った。

なお、この実験の運転条件は、水面積負荷率が120m<sup>3</sup>/時、160m<sup>3</sup>/時とし、PAC添加率15mg/l、アニオン系高分子凝集剤添加率1.2 mg/lとした。実験結果を**図-5**、**図-6**に示す。



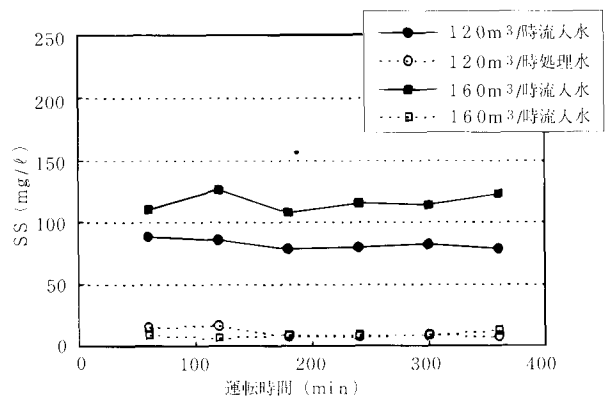
**図-5** 微粒砂の循環率が3~4%の場合

循環率を3~4%とした場合、運転時間が120分を超えた時点で凝集フロックが沈殿槽から流出し、流入水SS濃度を超える状態となった。

これに対し、循環率を6%とした場合には運転時間が約6時間経過した時点においても処理水SS濃度は良好で安定していた。

以上の結果から、本技術が極めて高い水面積負荷率で処理できるのは、凝集剤によって生成したフロックが付着できる微粒砂が十分にあることが必要であることを示している。

すなわち、微粒砂自体は、水面積負荷率が160m<sup>3</sup>/時でも流出しないので、凝集剤のフロックがアニオン系高分子凝集剤によって微粒砂表面に強固に付着した状態となれば、沈殿槽で確実に沈降分離ができるものと考えられる。



**図-6** 微粒砂の循環率が6%の場合

### 3.1.3 流入水量の変動による影響

雨天時における流入水量は短時間の内に急激な変動が起こる。したがって、その流入量の変動によ

て処理性能に影響を与え、処理水質の悪化を招くおそれがある。

そこで、流入水量の変動を人為的に与え、その時の処理水質（SS濃度）を調査した。

変動させるパターンは、①40m<sup>3</sup>/時から運転を開始し、40m<sup>3</sup>/時ごとに増大させた場合と、②80m<sup>3</sup>/時から運転開始し、20m<sup>3</sup>/時ごとに増大させた場合の2種類とした。なお、いずれも最大処理量は160m<sup>3</sup>/時とした。この実験結果を図-7、図-8に示す。

変動パターン①では、120m<sup>3</sup>/時→160m<sup>3</sup>/時と処理量を増大させた時点で処理水質（濁度）が不安定になっていた。ただし、減少させる場合には、影響は認められなかった

一方、変動パターン②では、20m<sup>3</sup>/時ごとと変動パターン①よりも、小刻みに増大させることで、処理量を増大させた直後であっても、処理性能の一时的な低下は認められなかった。

以上のことから、20m<sup>3</sup>/時ごとに増大させた場合

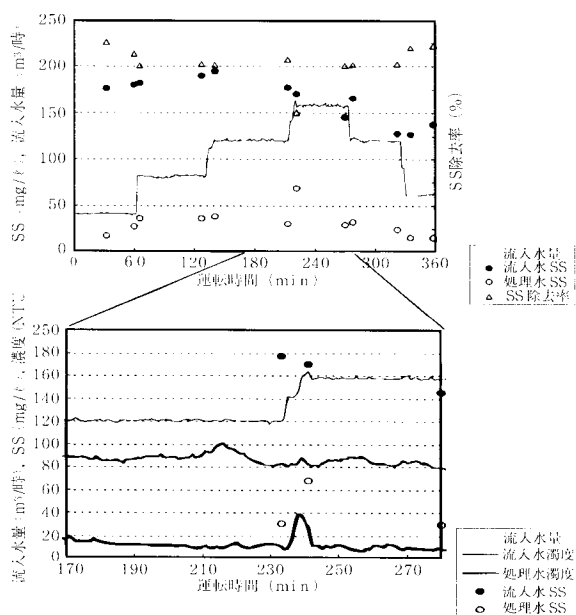


図-7 変動パターン①の実験結果

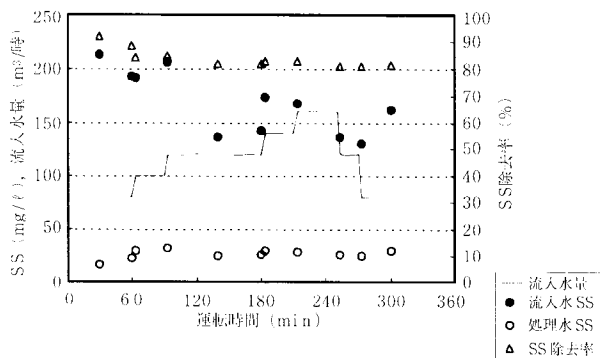


図-8 変動パターン②の実験結果

には処理水質に変化はなく、処理水量を増大させる最大変動幅は、20m<sup>3</sup>/時であることが明らかとなった。

### 3.2 雨天時流入下水処理実験

#### 3.2.1 雨天時最初沈殿池流入水処理実験

この実験における水面積負荷率、薬品添加率の条件を表-4に示す。

表-4 雨天時最初沈殿池流入水処理実験条件

水面積負荷率	PAC 添加率	高分子凝集剤添加率
160m <sup>3</sup> /時	5mg/l	0.8mg/l
120m <sup>3</sup> /時	5mg/l	0.8mg/l
120m <sup>3</sup> /時	3mg/l	0.6mg/l
80m <sup>3</sup> /時	3mg/l	0.6mg/l
40m <sup>3</sup> /時	3mg/l	0.6mg/l

昨年度は、雨天時最初沈殿池流入水の処理実験では、薬品添加率をPAC注入率5mg/lおよびアニオン系高分子凝集剤注入率は1.0~1.2mg/l、水面積負荷率は120m<sup>3</sup>/時とした。

今年度は、薬品添加率を小さくした場合の処理状況の確認と、その時に水面積負荷率を変化させることによる影響を確認した。実験結果を図-9に示す。PAC注入率3mg/l、アニオン系高分子凝集剤0.6mg/lの添加率で水面積負荷率120m<sup>3</sup>/時（図中の▲）とした場合には、SS除去率80%は達成できず、SS除去率約50%程度になった。また、水面積負荷率を80m<sup>3</sup>/時（図中の■）とした場合には、

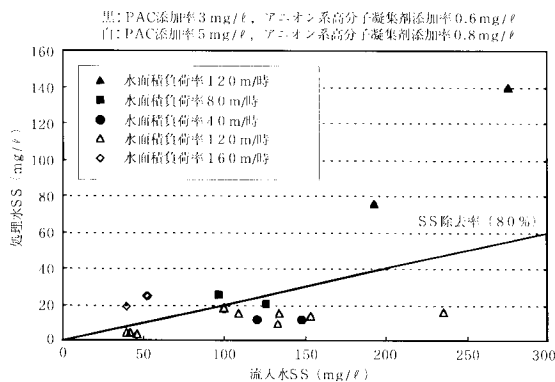


図-9 雨天時最初沈殿池流入水処理実験結果

ほぼSS除去率80%程度となり、40m<sup>3</sup>/時（図中の●）では90%を超える成績であった。

したがって、薬品添加量を極力少なくし、運転費の低減を図りたい場合には、あらかじめ沈殿槽の水面積を大きくすることも可能である。なお、PAC注入率5mg/l、アニオン系高分子凝集剤0.8mg/l

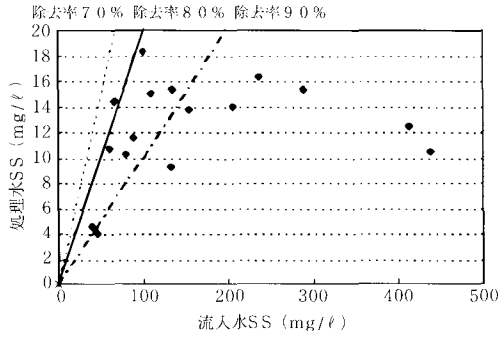


図-10 SS除去率 (雨天時最初沈殿池流入下水)

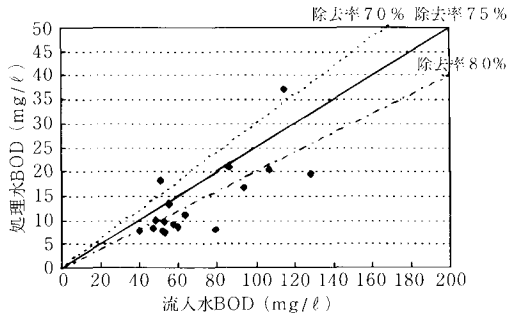


図-11 BOD除去率 (雨天時最初沈殿池流入下水)

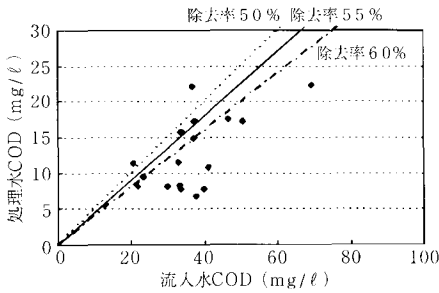


図-12 COD除去率 (雨天時最初沈殿池流入下水)

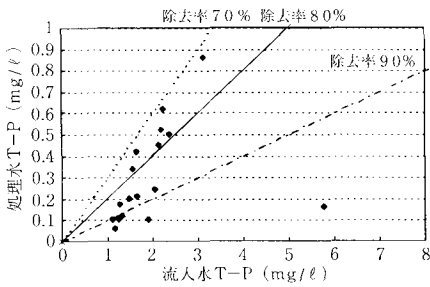


図-13 T-P除去率 (雨天時最初沈殿池流入下水)

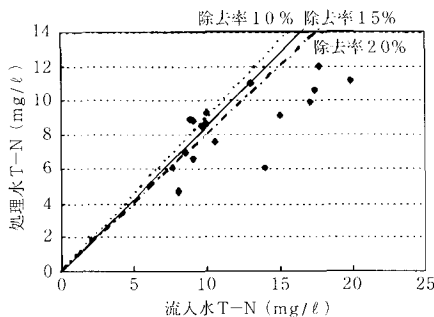


図-14 T-N除去率 (雨天時最初沈殿池流入下水)

の場合では、昨年度の結果と同様に、水面積負荷率を120 m<sup>3</sup>/時 (図中の△)とすれば確実にSS除去率80%以上を確保していた。

図-10～14に実験結果を示す。

### 3.2.2 雨天時最初沈殿池流出水処理実験

前項の実験は、雨天時簡易水処理施設の高度化を目的として、雨天時最初沈殿池流入水を対象としたものである。本実験は、雨天時簡易処理の方法のひとつとして、最初沈殿池の活用を考え、最初沈殿池流出水を処理対象とするものである。この方法の狙いは、流入水中の汚濁物質を、極力、最初沈殿池にて除去することで、本装置における薬品添加量の削減の可能性を調べるとともに、処理水質の一層の向上を図るものである。

図-15に薬品添加率と水面積負荷率、処理水質SS除去率の関係を示す。

無機凝集剤 (PAC) の添加率を上げると処理水質は向上し、SS除去率は上昇する。

今回の実験では水面積負荷率を120m<sup>3</sup>/時、160m<sup>3</sup>/時としたが、得られる処理水質は同程度であり、PAC 3mg/lの添加率でも処理水SS濃度で20mg/l程度、SS除去率で30～40%の結果を得た。したがって、合流改善対策において、簡易処理水として求められる水質のレベルによっては、薬品添加量を軽減することも可能である。

また、水面積負荷率120 m<sup>3</sup>/時、PAC添加率10 mg/l、アニオン系高分子凝集剤0.8 mg/lでは晴天時の高級処理水と同等の処理水を得ることができた。その結果を表-5に示す。

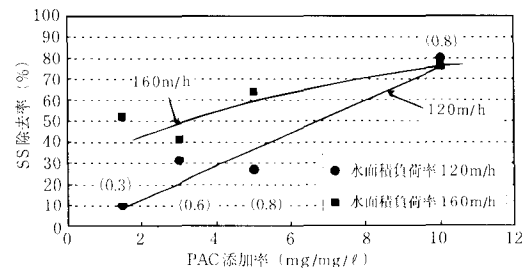
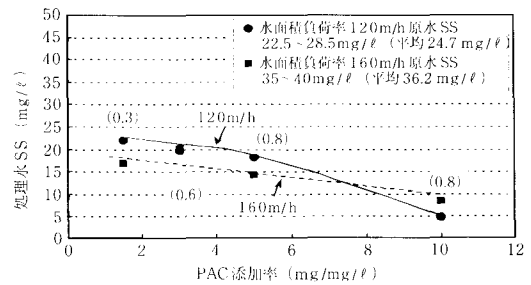


図-15 薬品添加率と水面積負荷率および処理水質SS除去率の関係

表-5 雨天時流入汚水処理実験結果例

水質項目	流入水質範囲 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	高級処理水質例 (mg/l)
SS	22.5~23.5	4.6~4.8	0.4~3.3
BOD	36.1~36.9	10.7~12.4	0.9~6.1
COD	21.8~25.8	10.2~10.3	5.6~7.9
T-N	10.2~10.7	7.9~8.4	3.6~5.4
T-P	0.93~0.96	0.09~0.1	0.1~0.2

## 4. 運転・管理方法と設計諸元

### 4.1 運転方法

本装置は雨天時に使用されるため、非定常な稼働となる。このため、始動に際して本装置の状態をどのようにしておくべきかを検討するために、以下の3つの条件で実験を行った。図-16に実験結果を示す。

条件1：降雨が予想された時点で、装置内に最初沈殿池流入水を満たした状態で運転開始する。(前年度実施済み)

条件2：装置運転後、そのまま3日放置した状態から運転開始。

条件3：装置運転後、フロック形成攪拌機を運転し、微粒砂から凝集フロックをはく離させながら、二次処理水を50m<sup>3</sup>通水し、そのまま3日放置した状態から運転開始。

条件1では運転開始から6分経過後から良好な処理水が得られるようになったのに対し、条件2および条件3では、処理水質は始動時から良好であった。したがって、始動前の準備として、使用頻度の高い時期は条件2で待機し、使用頻度が低い場合には、条件1の状態で待機するのが、妥当ではないかと思われる。

### 4.2 維持管理方法

添加薬品のうち、水に溶解したアニオン系高分子凝集剤は時間経過により凝集効果が失われるため、長期間の保管はできない。そこで、できるだけ長期保存をするための方法を検討した。

その結果、遮光密閉した状態で保管すれば2ヵ月

間の保存が可能であることを確認した。(屋外放置した場合は凝集効果は失われた)

### 4.3 設計諸元

実験結果を基に本装置に係る設計諸元をまとめ、それに基づいて、大津市浄化センターへ適用することを前提に基本計画を行った。

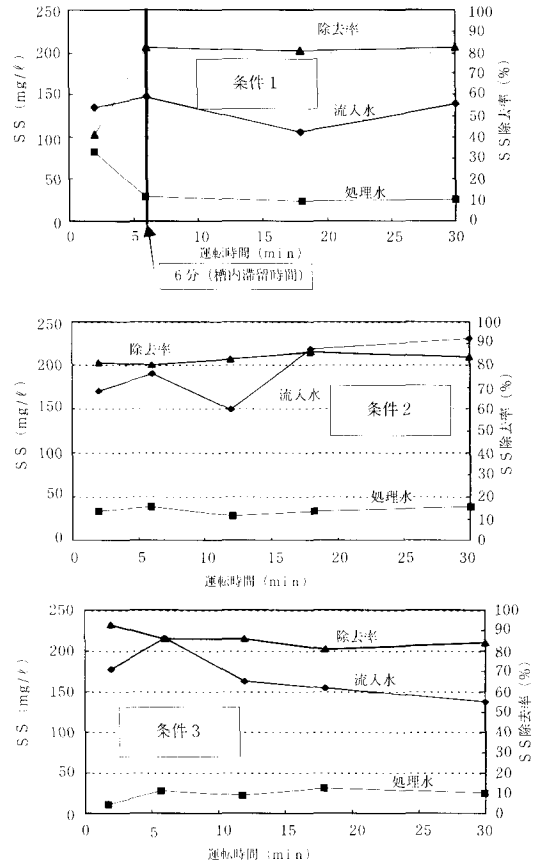


図-16 始動方法の比較検討

## 5. まとめ

2ヵ年にわたる共同研究を実施したことにより、本技術の特性を把握でき、合流改善の技術として有望であり、大津市においては、終末処理場における簡易水処理施設ならびに簡易水処理施設の増強施設等に適用できることが明らかとなった。今後、合流改善対策技術のひとつとして本技術が普及することと期待するものである。

#### ●この研究を行ったのは

研究第一部長 宮原 茂  
 研究第一部主任研究員 藤野 正人  
 研究第一部研究員 吉野 正章

#### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長 田中 修司  
 研究第一部主任研究員 藤野 正人  
 研究第一部研究員 吉野 正章