



Title	鉄-シリカ無機高分子凝集剤の特性と水処理性
Author(s)	江原, 康浩; 長谷川, 孝雄; 王, 建中 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 水処理2 . 5-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 225-230
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7240">https://hdl.handle.net/2115/7240</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-5-7_p225-230.pdf



5-7

## 鉄-シリカ無機高分子凝集剤の特性と水処理性

江原 康浩(水道機工)、長谷川孝雄(水道機工)  
王 建中(水道機工)、橋本 克紘(水道機工)

### 1. はじめに

日本の水道では、硫酸アルミニウム(AS)、ポリ塩化アルミニウム(PAC)といったアルミニウム系の薬品が凝集剤として使用されており、これら以外の凝集剤はほとんど使用されていない。一方、欧米では水道用凝集剤の多様化が進み、鉄系凝集剤および有機系高分子凝集剤などが広く採用されている。

さらに、平成12年度施行の施設基準省令によれば、アルミニウム系凝集剤に加えて鉄系凝集剤や有機高分子凝集剤が日本でも使用可能となっている。

筆者らは十数年来、重合ケイ酸と鉄をベースとした無機高分子凝集剤を研究開発してきた。<sup>1),2),3),4)</sup>鉄-シリカ無機高分子凝集剤(PSI)は、分子量が200,000~500,000ダルトンの安定化した重合ケイ酸に、鉄をシリカとのモル比(Si/Fe)が0.5~5となるように導入した凝集剤で、金属凝集剤特有の高い荷電中和能力と高分子凝集剤特有の強い架橋作用を兼備している。本実験では、PSIの物理化学的特性と藻類を含む水道原水を対象とした水処理効果について有用な知見が得られたので、以下に報告する。

### 2. PSIの物理化学的特性

#### 2-1. PSIの調製

実験に用いられたPSIは、以下のように調製された。市販の水ガラス(3号品)を希釈して得られるSiO<sub>2</sub>濃度6.6%のケイ酸溶液を塩酸によりpH1.5に調整する。その溶液を60℃で、120分間重合させ、高重合で安定な高分子重合ケイ酸溶液を得る。これに塩化第二鉄溶液を導入してPSIを調製する。ケイ酸と鉄のモル比(Si/Fe)を変化させて、モル比0.5~4.5の5種類のPSIを調製し、実験に用いた。

## 2-2. PSI の電気化学特性

PSI の電気化学特性を把握する目的で電気泳動実験を行い、電気移動度を測定した。実験には、図-1に示す Hittorf 型ガラス製泳動管と直流定電圧発生装置

からなる電気泳動装置を用いた。<sup>5)</sup>泳動管は、陽極部と陰極部および両極部の輸送部から成っており、管の内径は 13mm、電極間距離は 652mm である。直流定電圧発生装置の最大印加電圧は 1000V、最大電流は 200mA である。

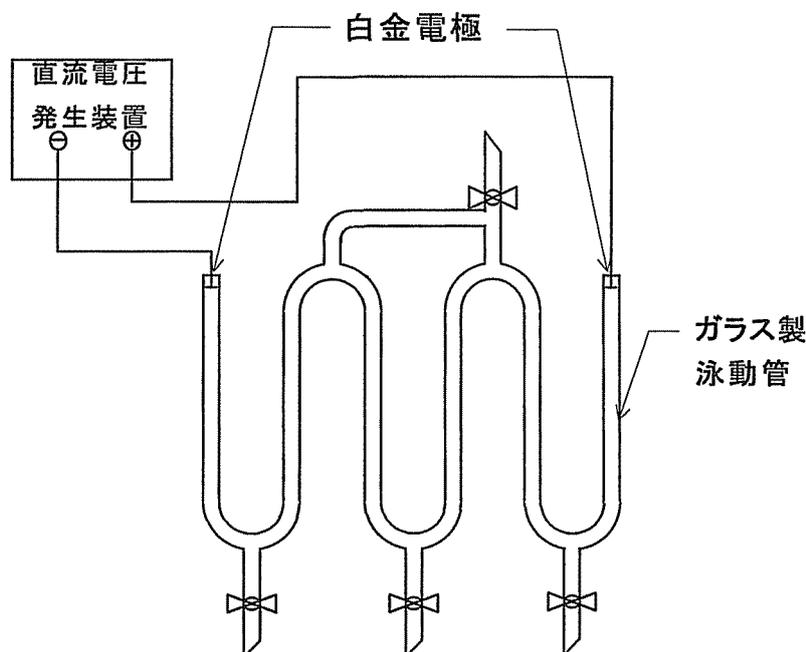


図-1 電気泳動装置の概略

実験に先立って、PSI を蒸留水で 9.0mg-

Fe/L に希釈し、1N-HCl と 1N-NaOH を用いて所定の pH に調整した。各々の試料を泳動管に封入し、900V 直流電圧を 120 秒間、印加した。なお、水温は 23.0℃であった。泳動終了と同時に、輸送部の試料をドレインコックから排出し、両極部の試料を分割した。電気移動度は、両極部の金属濃度を測定し、次式より求める。<sup>6)</sup>

$$U = R(C - C_0) / (AC_0t) / (V/L) \times 10^4$$

ここで、U は電気移動度 [ $\mu\text{ m/sec/V/cm}$ ]、R は電極部容積 [ $\text{cm}^3$ ]、 $C_0$  は試料濃度 [ $\text{mg/L}$ ]、C は泳動後の電極部の試料濃度 [ $\text{mg/L}$ ]、A は泳動管断面積 [ $\text{cm}^2$ ]、t は泳動時間 [ $\text{sec}$ ]、V は印加電圧 [ $\text{V}$ ]、L は各電極部の分離部距離 [ $\text{cm}$ ] である。

PSI-1 (モル比=1)、PSI-2 (モル比=2) および塩化第二鉄 (モル比=0) の pH 変化における電気移動度を図-2に示す。いずれも、弱酸性から中性に至る凝集領域で正荷電を有し、シリカと鉄のモル比が大きくなると等電点は酸性側に移行している。このことから、PSI のシリカと鉄のモル比を変えることによって、凝集剤の有している荷電中和能力が異なることが考えられる。

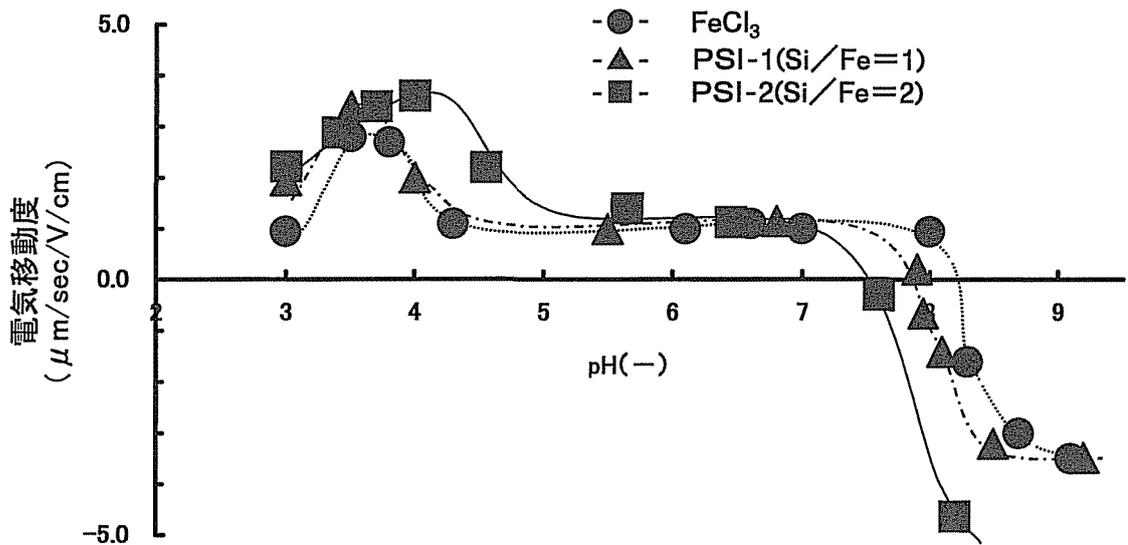


図-2 凝集剤のpHに伴う電気移動度の変化

### 2-3. PSIの分子量分布

PSIの主成分である重合ケイ酸の分子量測定には、高速液体クロマトグラフィー（日立 L-6000、RI 検出器 L-3300）装置を用いた。分離カラムには、水系のゲル浸透クロマトカラム（Shodex OHpak SB-806M HQ）を用いた。

図-3 にケイ酸の分子量分布曲線を示す。SiO<sub>2</sub>濃度 6.6%、pH1.5 のケイ酸溶液は、保持時間 24.7分 で最大ピークを示して

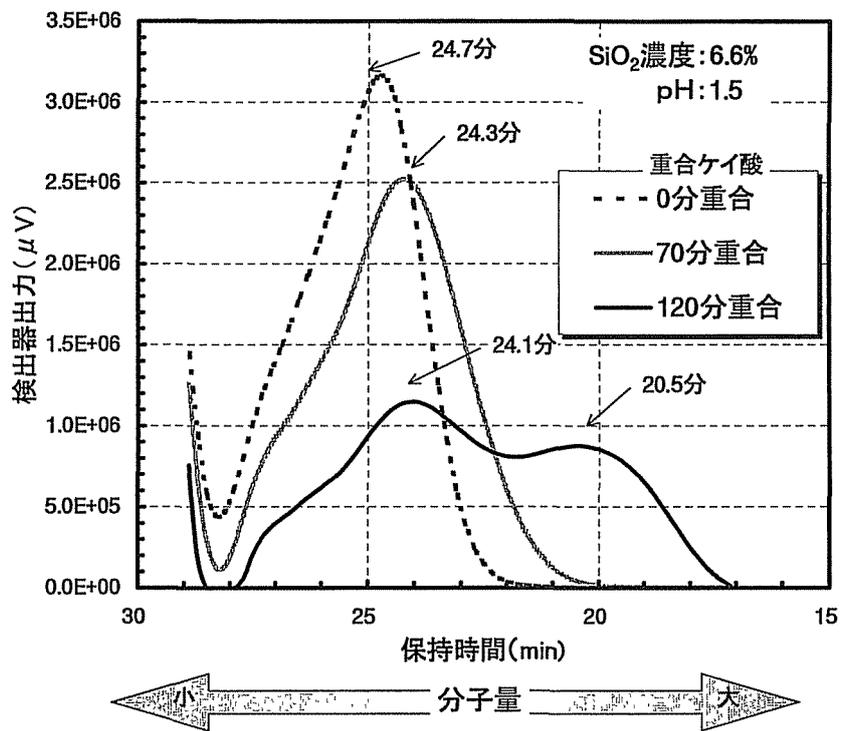


図-3 ケイ酸溶液の分子量分布曲線

いる。一方、温度 60℃で重合反応を施したケイ酸溶液は、重合時間 70分では全体

的に分子量が増加しており、ピークは1個である。しかし、重合時間120分の重合ケイ酸については、2個のピークが現われている。このことは、重合反応の当初は、均等に重合が進行し一次粒子が形成され、次いで一次粒子同士の重合が進んでいるためと考えられる。

### 3. PSIの水処理性

浄水処理において藻類による凝集障害が、大きな問題となっている。PSIの藻類に対する凝集効果について検討した。

#### 3-1. ジャーテストによる比較

凝集剤は、鉄濃度4000mg/L、モル比=0、0.5、1.5、2.5、3.5、4.5のPSIを、試料水に *Microcystis* を含んだ河川水をそれぞれ用い、ジャーテストを行った。実験に際しては、川面に浮遊した *Microcystis* を試料水に加え、濁度として約60度になるように調整した。ジャーテストの条件は、急速攪拌150rpm 1分間、緩速攪拌50rpm 10分間、静置10分間であった。従来の無機凝集剤であるAS、PACとの比較試験も実施した。

注入率10mg-Fe/Lにおけるモル比の変化に伴う上澄水の濁度変化を図-4に示す。塩化第二鉄のみでは上澄水濁度が46度であ

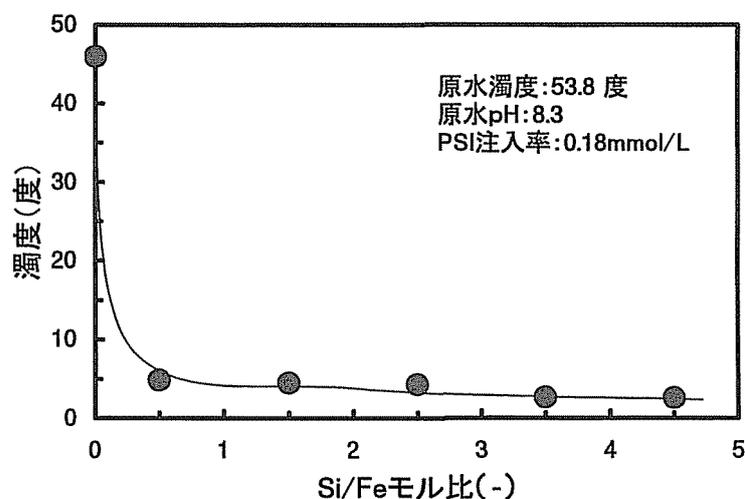


図-4 Si/Feモル比に伴う上澄水濁度の変化

るが、PSIを用いることにより、モル比の如何にかかわらず、上澄水濁度が大幅に低下しており、凝集効果が顕著である。

AS、PACとPSI(モル比=4.5)の三種類の凝集剤を用いて、同一の金属モル注入率(0.18mmol/L)で比較ジャーテストを行った。緩速攪拌終了後の上澄水

濁度の経時変化を  
 図-5に示す。PSI  
 を用いた場合、緩  
 速攪拌終了後、静  
 置時間1分経過時  
 の上澄水濁度は急  
 激に減少し、形成  
 されたフロックは大  
 半がビーカー底部  
 に沈積した。一方、  
 AS および PAC を  
 用いた場合、形成

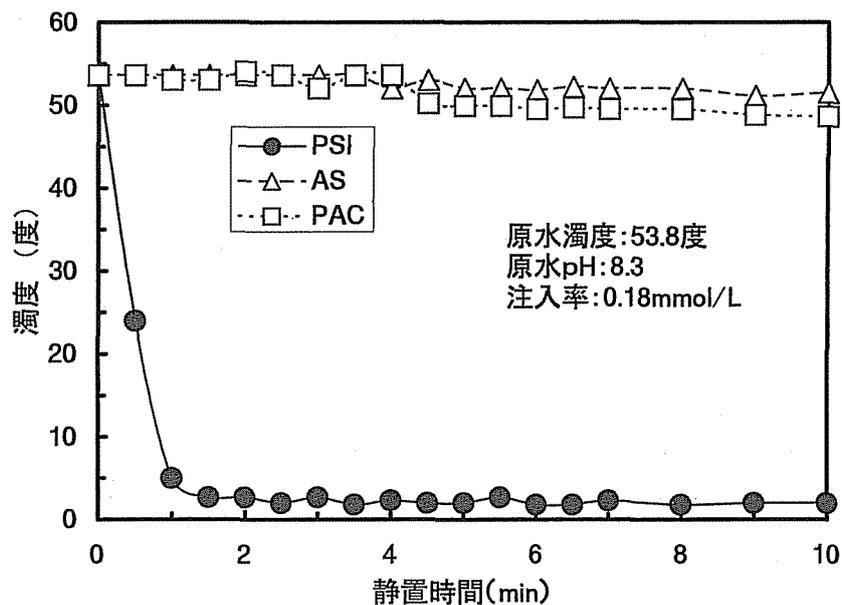


図-5 各凝集剤により形成されたフロックの沈降性

されたフロックは静置 10 分経過後も、ほとんど沈降をしなかった。このことは、PSI  
 により形成されたフロックは、粒径および密度が大きく、藻類の凝集に有効である  
 ことを示している。

### 3-2. 実証実験プラントによる比較

凝集・沈殿・ろ過のテストプラントを用いて、PSI の水処理性能を PAC のそれと  
 比較した。実験装置のフローを図-6 に示す。実験装置は、処理水量 50m<sup>3</sup>/日  
 の鋼板製凝集  
 沈殿装置 2 基、  
 ろ過塔 2 基で構  
 成されており、  
 本実験では同  
 一条件で同時  
 並行運転を行っ  
 た。実験に使用  
 した原水は、貯  
 水池水であった。

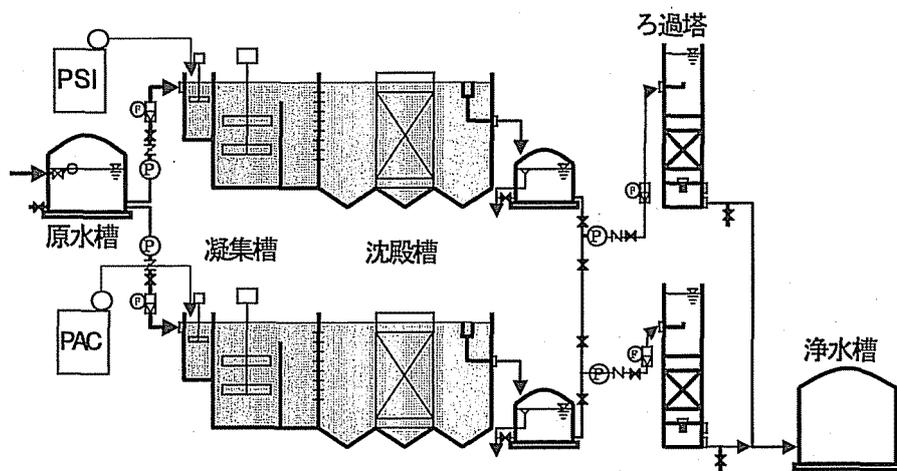


図-6 凝集・沈殿・ろ過の実証実験装置フロー

実験に用いた PSI については、モル比を変えて Si / Fe=0.5、1.0 の 2 種類を用いた。各凝集剤の砂ろ過における総損失水頭の経時変化を図-7 に示す。図から

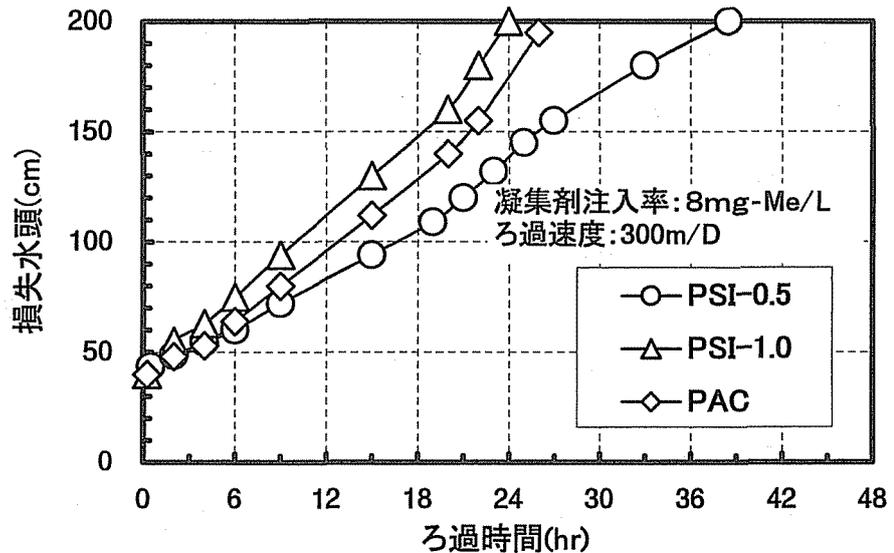


図-7 砂ろ過総損失水頭の経時変化(ろ過速度:300m/D)

明らかなように、総損失水頭が 200cm に至るまでの所要時間は、PAC の場合 26 時間、モル比 1.0 の PSI の場合 25 時間、モル比 0.5 の PSI の場合 40 時間であった。PSI の場合、ろ過継続時間は、モル比に大きく依存することが分かった。

#### 4. おわりに

本研究では、電気泳動装置ならびに高速液体クロマトグラフィーを用いて、物理化学的特性を明らかにした。次いで、藻類を含む天然水を対象としてジャーテストを行い PSI の凝集効果を検討し、PSI が藻類凝集に効果的であることを示した。さらに、貯水池水を原水として、凝集・沈殿・ろ過のテストプラントを用い、ろ過継続時間に及ぼす PSI のモル比の影響を検討した。今後は、ろ層内における PSI フロック粒子抑留機構について、検討を進めたい。

#### 5. 引用文献

- 1)長谷川孝雄、鬼塚卓也 他、第 39 回全国水道研究発表会講演集、pp.104~109.
- 2)長谷川孝雄、鬼塚卓也 他、第 41 回全国水道研究発表会講演集、pp.287~289.
- 3)長谷川孝雄、鬼塚卓也 他、第 42 回全国水道研究発表会講演集、pp.193~195.
- 4)長谷川孝雄、鬼塚卓也 他、北海道大学衛生工学シンポジウム(1993)、pp.225~230.
- 5)Kruyt, H.R.(1952), Colloid Science, vol.1. Elsevier Publishing Co., pp.2716~2718.
- 6)丹保憲仁、伊藤英司、水道協会雑誌、第 508 号、pp.38~50.