



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ポリシリカ鉄凝集剤（PSI）を用いた実施設における浄水処理
Author(s)	東, 義洋; 亀田, 修平; 江原, 康浩 他
Description	第12回衛生工学シンポジウム（平成16年11月4日（木）-5日（金） 北海道大学クラーク会館） . 一般セッション . 4 水処理 . 4-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 129-132
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/1247">https://hdl.handle.net/2115/1247</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-5_p129-132.pdf



## 4-5 ポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) を用いた実施設における浄水処理

○東 義洋、亀田修平、江原康浩、長谷川孝雄 (水道機工)

### 1. ま え が き

平成 16 年 4 月より施行された新水質基準においては、アルミニウムおよびその化合物が基準項目に追加されることとなり、基準値 0.2mg/L 以下の達成が求められることとなった。このような背景と相俟って、近年、浄水処理におけるアルミニウム系凝集剤の代替として鉄系凝集剤の検討が活発化している。

わが国の上水道では、これまでアルミニウム系凝集剤が伝統的に多用されており、鉄系凝集剤の使用例は殆どないのが現状である。一方、欧米諸国では鉄系凝集剤である塩化第二鉄を単独または有機性ポリマーと併用する方法が一般的に用いられている。このように、わが国と欧米諸国における鉄系凝集剤の使用については、大きく異なっているのが現状である。

このような中、鉄系凝集剤の一つであるポリシリカ鉄凝集剤 (以下 PSI と表記する) が注目されている。PSI は重合ケイ酸と塩化第二鉄とを組み合わせた無機高分子凝集剤であり、塩化第二鉄を単独で使用した場合を大きく上回る高い凝集性能や沈降分離性能を発揮するなどの特長を有している。このような PSI の基礎的特性については、これまで多数報告がなされているが、実施レベルでの検討結果に関する報告は殆どないのが現状である。

今回は、九州北部に位置する実施設に PSI を適用し、河川表流水中の濁質除去および損失水頭の低減を目的とした実証運転を行った結

果、いくつかの知見が得られたので報告する。

### 2. 施設概要と処理状況

PSI の実証運転を行った浄水場は河川表流水を原水としており、8,000m<sup>3</sup>/日の処理水量を有している。同施設は凝集剤として PAC を用いており、主な施設は急速混和池、フロック形成池、傾斜板付沈澱池および砂ろ過池から成り、処理フローは図 1 に示す通りである。

同浄水場の処理状況は、夏期間は良好な処理結果が得られているのに対し、冬期間には低温・低濁度に起因した凝集悪化や天日乾燥床における汚泥の乾燥不良などの問題を抱えている。特に、汚泥処分時における乾燥不良は、汚泥処分コストに大きく影響を与えることから、処理性の改善が望まれている。

### 3. 実証運転期間の原水水質

実証運転は平成 16 年 2 月 5 日から 18 日までの 14 日間で実施した。同期間における原水水質については表 1 に示す通りである。

同表より、濁度は平均値で 2.5 程度と低く、pH は 9.0 を上回る場合も見受けられ、凝集沈澱処理を行う上で非常に難しい水質であった。

表 1 実証運転期間の原水水質 (H16. 2. 5~2. 18)

項 目	最小値	最大値	平均値
濁 度 (度)	1.6	6.2	2.5
色 度 (度)	4.3	6.3	5.3
p H 値 (-)	7.3	9.5	8.4
KMnO <sub>4</sub> 消費量 (mg/L)	1.6	1.8	1.8
鉄 (mg/L)	0.09	0.21	0.20
マンガン (mg/L)	0.011	0.026	0.015
アルミニウム (mg/L)	0.38	0.11	0.24

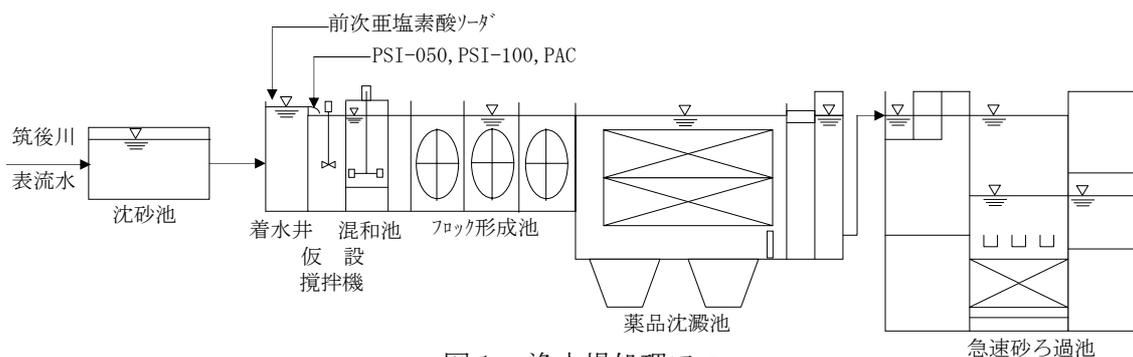


図 1 浄水場処理フロー

なお、KMnO<sub>4</sub>消費量は水質管理目標値(3mg/L以下)をも下回る、非常に低い値であった。

#### 4. 運転条件決定と評価方法

##### 1) 注入率の決定および最適凝集 pH 域

最適凝集 pH 域および PSI 注入率の決定については、ジャーテストにより検討を行った。ジャーテストは、原水 1L を 1L ビーカーに入れ、PSI-100 または PSI-050 を所定量注入し 150rpm で 3 分間の急速攪拌、40rpm で 10 分間の緩速攪拌を行った後、静置 10 分間の試料水を採取して水質分析に供した。

##### 2) 実証運転時における水質分析項目

原水、沈澱水、ろ過水に対して、濁度、色度、pH 値、過マンガン酸カリウム消費量、鉄、マンガンおよびアルミニウムの項目について水質分析を行った。

##### 3) ろ過損失水頭の測定

ろ過損失水頭は、ろ過池洗浄後に砂上水位の安定を確認した後、所定時間間隔ごとにスケールを用いて水位を測定した。なお、ろ過池洗浄頻度が 24 時間に 1 回であることから、損失水頭はろ過 23 時間後までの測定結果である。

##### 4) STR(Suction Time Ratio)の測定

ろ過抵抗の指標である STR は、沈澱水 500ml を孔径 0.45 μm メンブレンフィルターで吸引ろ過するのに要した時間とこのろ過水を再度孔径 0.45 μm メンブレンフィルターで吸引ろ過した場合の時間との比から算出した。この値が大きいほどろ過抵抗は大きく、1.0 に近づくほどろ過抵抗は小さくなる。

#### 5. ジャーテストおよび実証運転結果

##### 5.1 PSI 注入率と最適凝集域

##### 1) PSI 注入率の検討

図 2 に PSI-050 と PSI-100 の注入率に伴う処理水中の濁度および色度の動きを示す。

同図より、いずれの注入率においても PSI-100 に比べて PSI-050 を用いた場合の方が濁度は低く、後者は注入率 3.0mg-Fe/L で 0.5 度を下回っている。なお、色度については、両者の処理性に明確な差は認められなかった。

ここで、目標濁度を 0.5 度以下と設定した場合の必要注入率は、PSI-050 で 3.0mg-Fe/L (86mg/L)、PSI-100 で 3.5mg-Fe/L (175 mg/L)

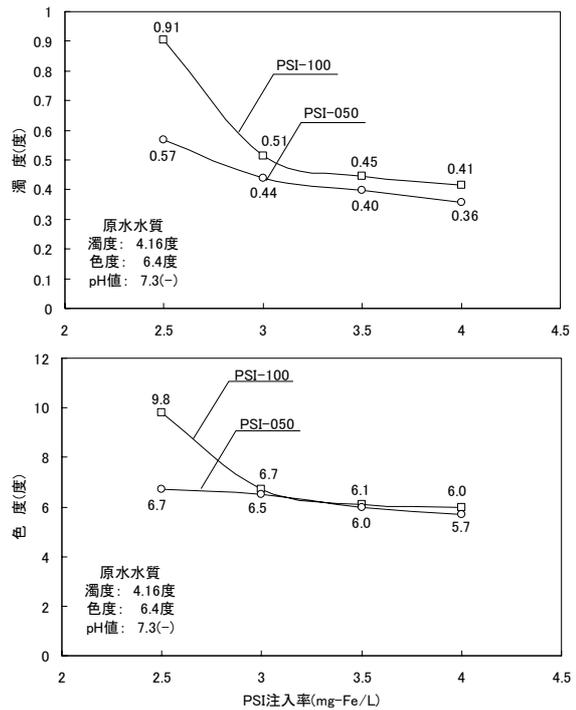


図 2 注入率に伴う濁度および色度の動き

となる。ちなみに、同原水に対する実施設における PAC 注入率は 1.55mg-Al/L (31mg/L)であり、沈澱水濁度は 0.5 度付近であった。

##### 2) 最適凝集域の検討

図 3 は、PSI-050 または PSI-100 を 2.5mg-Fe/L 注入した場合における、凝集 pH 値に伴う濁度および色度の動きを示している。

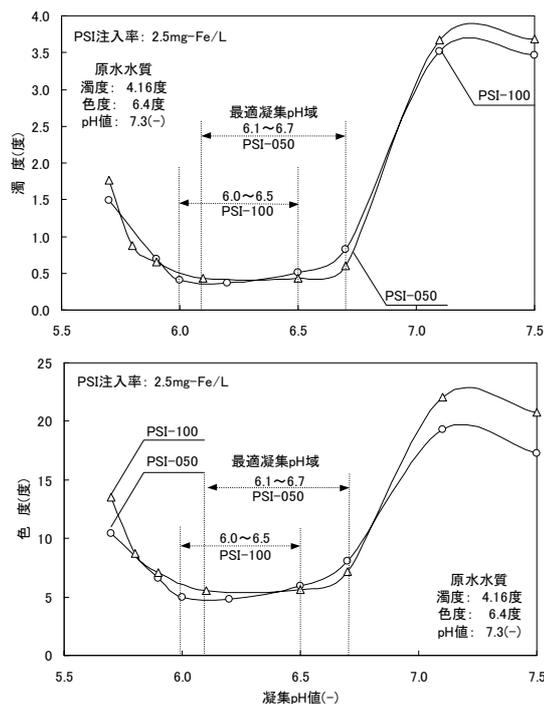


図 3 凝集 pH に伴う濁度および色度の動き

同図より、PSI-100 および PSI-050 の濁度および色度の除去については、PSI-100 は pH6.0～6.5 付近、PSI-050 は pH6.1～6.7 付近において良好な結果が得られている。よって、実証運転時には pH6.5 付近となるように PSI 注入率を設定することとした。

## 5.2 実施設における実証運転結果

### 1) PSI 適用時における処理性

実証運転には Si/Fe モル比の異なる PSI-100 と PSI-050 の 2 種類を用いた。運転期間における原水水質については、前掲の表 1 に示す通りである。なお、同期間における原水 pH 値については、実証運転に先立ち実施したジャーテスト時の pH7.8 を大きく上回っている。この原水 pH 値の上昇により、ジャーテスト結果よりも高い注入率が必要となり、いずれの PSI の注入率も 4.5mg-Fe/L(225 mg/L) に設定することとした。

図 4 と図 5 に沈澱水および浄水の濁度の動きについて示す。同図より、沈澱水濁度はいずれの PSI を用いた場合にも平均値で 0.5 度を下回っており、ジャーテスト結果と近い値が得られた。期間中の沈澱水濁度の動きについては、数回のピーク濁度が出現している点が注目さ

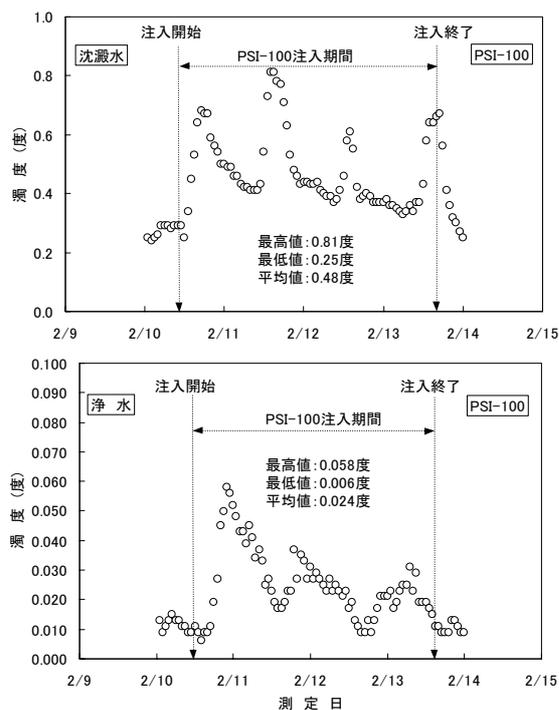


図 4 沈澱水および浄水濁度の動き(PSI-100)

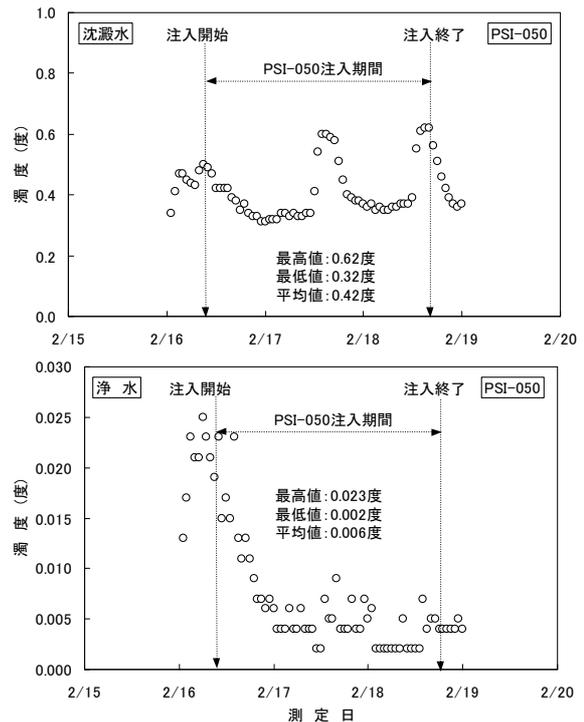


図 5 沈澱水および浄水濁度の動き(PSI-050)

れる。このピーク濁度は、ポンプの運転台数を切替えた直後に認められている。すなわち、処理水量の増加により、急速混和時間の不足や沈澱池内の流速増加などが生じ、処理水濁度が上昇したことを示している。この運転結果から、PSI を実施設に適用する場合には、十分な攪拌時間の確保が重要となることが窺える。

一方、浄水濁度については、PSI-100 と PSI-050 のいずれも 0.1 度を大きく下回っているが、PSI-100 よりも PSI-050 の場合の方が更に低い値となっている。このことについては、ろ過損失水頭の動きも含めて後述することとする。なお、浄水濁度においてもピークの出現が確認できるが、これは前述した沈澱水濁度の上昇と水量増加に伴うろ過速度の上昇に起因するものと考えられる。

### 2) PSI と PAC の処理性比較

前述の PSI の処理結果と PAC での処理性をまとめて表 2 に示す。同表より、沈澱水濁度は PAC で最も低い値(平均値 0.29 度)を示し、PSI-050(同 0.42 度)、PSI-100(同 0.48 度)の順に高くなっている。一方、浄水については沈澱水の場合とは異なり、PSI-050 を用いた場合で最も

表2 実証運転期間の水質およびSTR一覧

凝集剤 注入期間	項目	原水		沈澱水			浄水
		濁度	pH値	濁度	pH値	STR	濁度
PAC 2/6-2/9	最高値	5.70	9.5	0.60	7.3	6.0	0.017
	最低値	1.74	7.3	0.18	7.1	3.9	0.004
	平均値	2.47	8.6	0.29	7.3	5.0	0.009
PSI-100 2/10-2/13	最高値	6.22	8.7	0.81	7.1	8.6	0.058
	最低値	1.57	7.8	0.25	6.5	4.4	0.006
	平均値	2.95	8.4	0.48	6.5	6.1	0.024
PSI-050 2/16-2/18	最高値	3.03	8.6	0.62	7.1	5.3	0.023
	最低値	1.65	7.7	0.32	6.4	2.8	0.002
	平均値	2.14	8.2	0.42	6.5	4.0	0.006

低い値が得られており、ろ過抵抗の指標であるSTRの傾向と一致する結果であった。ちなみに、PACの浄水濁度は最低値で0.004度であるのに対し、PSI-050では0.002度であった。

表3は原水、沈澱水および浄水の水質分析結果である。残留鉄については、PACでは原水よりも沈澱水中の方が低い値であるのに対し、PSIの場合では原水よりも0.24~0.44mg/L高い値となる。この残留鉄はPSIに由来するものであるが、浄水の分析結果より、その後に配置される砂ろ過池において十分に低減されることが確認できた。一方、PACを用いた場合には、凝集剤由来のアルミニウムが残留しており、原水よりも沈澱水の方が高い値を示している。なお、この残留アルミニウムの大半は砂ろ過池で除去されるが、PSIを用いた場合と比べると高い値を示す結果となった。

表3 実証運転期間の水質分析結果一覧

測定項目	PAC 2月6日 15:00採水			PSI-100 2月13日 15:00採水			PSI-050 2月18日 15:00採水		
	原水	沈澱水	浄水	原水	沈澱水	浄水	原水	沈澱水	浄水
濁度 (度)	5.51	0.52	0.011	4.09	0.64	0.011	2.75	0.62	0.004
色度 (度)	5.3	0.9	0.2	4.3	5.1	0.4	6.2	6.0	0.3
pH 値 (-)	8.0	7.2	7.3	8.1	6.5	6.5	8.2	6.5	6.5
KMnO4消費量 (mg/L)	1.6	1.1	1.0	1.8	1.1	1.0	1.8	1.1	1.0
蒸発残留物 (mg/L)	151	153	136	139	141	136	129	135	134
鉄 (mg/L)	0.21	0.04	0.01	0.20	0.64	0.03	0.09	0.33	0.01
マンガン (mg/L)	0.011	0.004	<0.001	0.011	0.016	<0.001	0.012	0.017	<0.001
アルミニウム (mg/L)	0.38	0.43	0.12	0.24	0.04	0.04	0.11	0.04	0.03

### 3) ろ過損失水頭の発生量

図6はろ過時間に伴う損失水頭の動きを示している。23時間後における損失水頭は、PSI-100は77cm、PACは39cm、PSI-050は36cmの順になっており、損失水頭の発生量は沈澱水濁度ではなくSTRの大小と一致する傾向にある。なお、仮に現状のPACからPSI-050

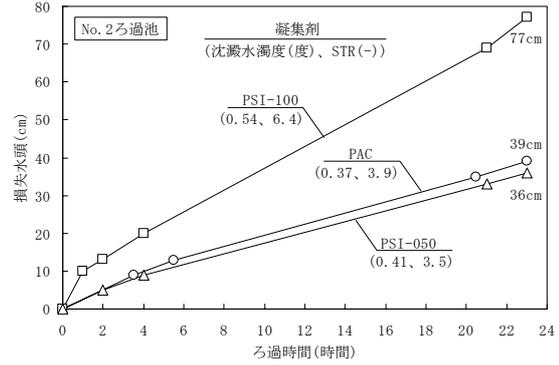


図6 ろ過時間に伴う損失水頭の動き

へ切替えた場合には、この運転結果から予測すると、4~5時間程度のろ過継続時間の延長が可能となることが分かった。これにより、ろ過池における洗浄頻度は少なくなり、洗浄水量を節約することが可能となる。

これら損失水頭の発生量は前述した浄水濁度の動きと密接に関わっている。すなわち、損失水頭が低いほど浄水濁度は改善される傾向にある。よって、沈澱水におけるSTRの改善がろ過水濁度の低減化には重要と考える。

## 6. まとめ

今回実施したPSI実証運転結果から得られた諸知見を以下に示す。

- 1) PSI-100およびPSI-050の濁度および色度除去に対する最適凝集域は、PSI-100がpH6.0~6.5付近、PSI-050がpH6.1~6.7付近であった。
- 2) PSIで良好な凝集処理を行うためには、PACと同様に急速混和池における攪拌時間を十分に確保することが重要となる。
- 3) PSI-100とPSI-050における沈澱水濁度では同程度であったのに対し、浄水濁度ではPSI-050の方が良好な結果が得られた。
- 4) PACとPSI-050を沈澱水濁度で比べると、前者の方が低い値を示したが、浄水濁度では逆に後者の方が優れていた。
- 5) PSI-050の適用は、ろ過損失水頭の発生量の抑制に対して有効であり、PACよりもろ過継続時間で4~5時間程度延長が図れる結果が得られた。なお、PSI-100を用いた場合には、PSI-050の2倍程度の発生量となった。