

神奈川県内広域水道企業団

酸注入設備の導入とその効果について

(2007年4月掲載)

1. はじめに

神奈川県内広域水道企業団は、県内の主要河川である酒匂川と相模川を水源とした大規模水道用水供給事業者として、4つの構成団体（神奈川県及び横浜、川崎、横須賀各市の水道事業者）に水道水の供給を行っています。

当企業団の4つの浄水場に設置した酸注入設備の導入経緯とその効果について、最初に導入した伊勢原浄水場を例にとり報告いたします。

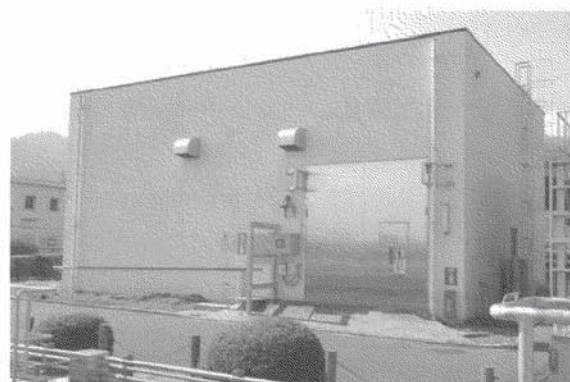
表-1 各浄水場の施設能力と酸注入設備導入時期

浄水場	施設能力	酸設備使用開始
伊勢原浄水場	220,000m ³ /日	平成14年9月
相模原浄水場	527,600m ³ /日	平成15年11月
西長沢浄水場	937,000m ³ /日	平成16年12月
綾瀬浄水場	500,000m ³ /日	平成16年8月

2. 酸注入設備導入の経緯

薬品注入設備の設置当初は、凝集剤としてはポリ塩化アルミニウム（以下「PAC」という。）、塩素剤として液化塩素を使用していました。その後、平成に入るところから液化塩素から次亜塩素酸ナトリウム（以下「次亜」という。）への設備更新が行われました。この更新の目的は、液化塩素の取扱上の危険性を考慮してのことでした。次亜の注入により、液化塩素使用時に比較して、沈でん池入口pH値が0.2前後上昇する結果となりました。

また、企業団は2つの河川を水源としています。いずれも河川の表流水を取水していることから、降雨による増水時を除き藻類の光合成（炭酸



▲酸注入棟



▲酸注入棟内部

同化作用)によるpH値の上昇のため、凝集剤による凝集効果の悪化に悩まされてきました。

一方、平成4年度には、より質の高い水道水の供給を目指すための快適水質項目にアルミニウムが目標値(0.2mg/l)として設定されました。また、クリプトスポリジウム対策上からも、沈でん池出口濁度の処理目標値を下げるが必要となったため、酸性であるPACを過剰に注入しpH値を下げることで、目標値をクリアする状態が続いていました。PACを過剰注入したため沈でんスラッジの処理の悪化という弊害も生じました。

これらの問題に対する抜本的対策として、平成6～7年度に伊勢原浄水場において硫酸を使用したpH値調整のミニプラント実験、水質試験所でのジャーテストによる実験を実施し、その後相模原浄水場で平成8～9年度に実プラントを使用した検証試験を実施し、好結果が得られました。当時は他団体でのpH値調整の実例が少なかったこと及び硫酸の取扱いに対する不安などから、実設備の設置までには時間を要しましたが、PAC注入率を低減させる目的で平成14年度に伊勢原浄水場で酸注入設備を設置し、その後、他の3浄水場においても平成16年度中に酸注入設備を設置するに至りました。

表一 伊勢原浄水場酸注入設備概要

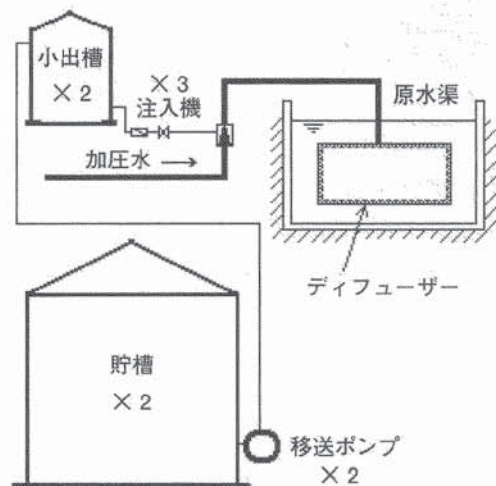
使用開始	平成14年8月	
酸の種類	濃硫酸（濃度95%以上）	
貯蔵槽	鋼板（SS）製 12m ³ ×2基	
小出槽	鋼板（SS）製 1m ³ ×2基	
注入機	調節弁+インジェクター希釈注入	
注入能力	5.6～127ℓ/時	
処理水量	220,000m ³ /日	
注入率	最大20mg/ℓ	
移送ポンプ	自吸式マグネットポンプ×2台	
運用形態	常時注入	
設備費用	電気・機械設備	167,000千円
	建屋・付帯設備	47,000千円
	計	214,000千円

(1) 酸注入設備の概要

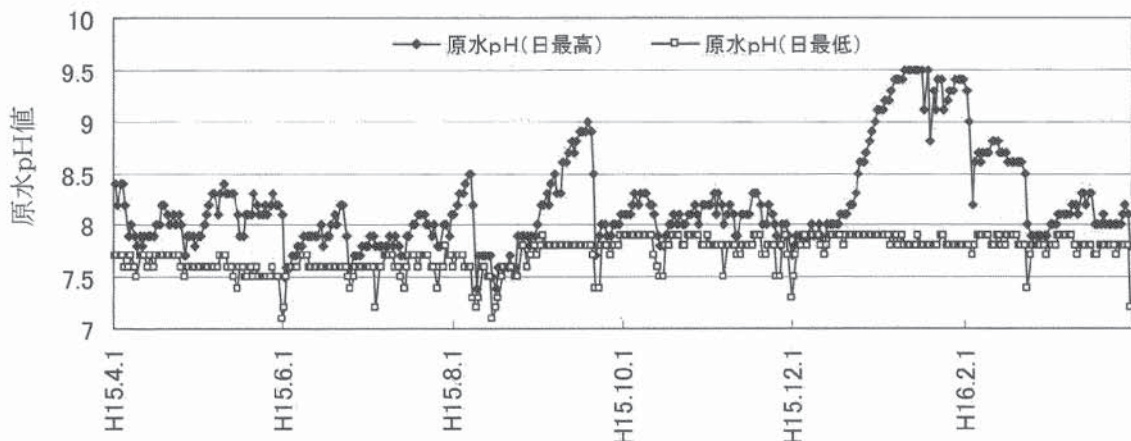
pH値制御に使用される薬品としては、硫酸と炭酸ガスがありますが、炭酸ガスについては設備費と薬品費が高くなるため、硫酸（濃硫酸）を採用しました。表一及び図一は当浄水場の設備概要ですが、他の3浄水場もほぼ同様の設備となっています。注入は着水井出口で行い、均一に混合させるためインジェクターにより浄水で希釈したのちディフューザー（多孔管）で注入しています。注入制御は沈でん池入口pH値が一定となるようフィードフォワード及びフィードバックを併用し、安定した制御結果を得ています。

(2) 原水pH値の状況

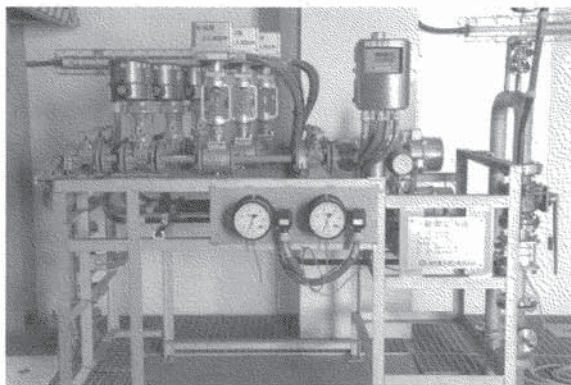
伊勢原浄水場では、主に酒匂川の原水を処理しています。酒匂川の下流に位置する飯泉取水堰で取水された原水は導水トンネルを経由して伊勢原



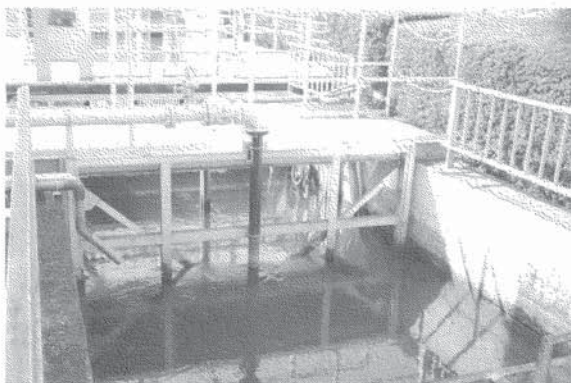
図一 酸注入設備概要図



図二 原水pH値変動（平成15年4月～16年3月）



▲酸注入機



▲酸注入点

浄水場に到着します。原水pH値は、平均して7.8前後ですが冬の渇水期には9を超えることも珍しくありません。図-2は平成15年4月～16年3月にかけての原水pH値の変動の様子です。藻類の光合成によるpH値の上昇は、光合成により水中に自然に溶解している炭酸ガスが消費され、その結果、水中の水素イオンが減少することが原因です。河川では晴れた日には昼過ぎにピークに達し、浄水場到着は午後9時過ぎとなります。ピークでは9.5に達することもあります。これは公共水域への排出基準である8.6を上回っていますが、自然現象なのでどうしようもありません。

3. 酸注入による水処理効果

(1) PAC注入量の低減

伊勢原浄水場におけるクリプトスポリジウム対策として、徹底した濁度管理を行うために硫酸注入を行う前からPACを酸として過注入し、沈でん池入口目標pH値を7.3に下げる処理を行ってきました。そのため、PAC注入率は高めであり、平成13年度の平均注入率は37.2mg/ℓでした。

硫酸注入は、平成14年9月から開始し、沈で

ん池入口の目標pH値を徐々に下げながら、PAC注入率を減少させました。平成15年度には19.7mg/ℓ、平成16年度には17.9mg/ℓとなりました。なお、平成17年度は16.0mg/ℓで酸注入開始以前と比較して50%以下の注入を継続し、浄水濁度としては硫酸注入開始以前と同等かそれ以下に保たれています。PACの凝集効果は、pH値7よりやや酸性側で最大となりますが、その分硫酸注入率が増大するので、pHの目標値はその他の水質指標（アルミニウム濃度やろ過水中の微粒子数など）や全体のコストをみながら調整する必要があります。

PACと硫酸のkg単価はほぼ同じであることから、注入率を単純に比較することで、おおよそのコスト比較が可能です。図-3は平成13年度～17年度のPACと硫酸の注入量を比較したものです。硫酸とPACの合計注入量は酸注入開始以前のPAC注入量より少なくなっています。

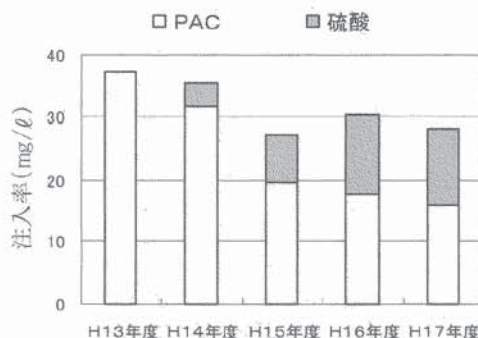


図-3 PAC及び硫酸平均注入率（単純年平均）

(2) 浄水中のアルミニウム濃度の抑制効果

硫酸注入を行う前の平成13年度には浄水の平均アルミニウム濃度は0.09mg/ℓでしたが、平成15年度～17年度に沈でん池入口の目標pH値を変えながら調査したところ、表-3の結果が得られました。硫酸注入を行い、目標pH値を7.3以下に制御すれば、水質基準の半分の0.1mg/ℓ以下にアルミニウム濃度を抑えることが確認できました。

表-3 目標pH値と浄水アルミニウム濃度

沈でん池入口目標pH値	浄水アルミニウム濃度
7.3	0.06mg/ℓ（平均）
7.1	0.06mg/ℓ（"）
6.9	0.04mg/ℓ（"）

(3) ろ過水濁度及び粒子数 (0.5 μm 以上)

他の条件が同等であれば、一般的には沈でん池入口目標pH値を6.8～7.0程度に運用すれば良好なフロックが形成され、ろ過水濁度及び粒子数は低下すると考えられます。これは、平成8～9年度に相模原浄水場で行った実験結果からも検証されています。伊勢原浄水場では、4、5、6月の田植え時期には、粘土粒子や小型の藻類の流入によると思われる濁度及び粒子数の増加が度々発生しています。この時期は沈でん池入口pH値を低め(6.9)に運用し、かつPAC注入量を少し増加することで対応しています。(表-4参照)

ろ過水の微少濁度及び粒子数の抑制対策として酸注入は有効な方法といえます。

表-4 目標pHとろ過水濁度・粒子数(平均値)

項目	H13.4.1～ H14.8.25	H16.3～ H16.7
目標pH値	酸注入なし	6.9
ろ過水濁度	0.010度	0.008度
ろ過水粒子数	11,000個/ml	9,600個/ml

(4) 浄水ランゲリア指数

ランゲリア指数は、水質管理目標設定項目で配管等の腐食性に係わる項目の一つとして設けられたもので、目標値は「-1程度以上とし、極力0に近づける」とされています。ランゲリア指数はpH値が低いほど、また水温が低いほどマイナス側に傾くため、硫酸注入を行うと目標値を満たすことが難しくなります。さらに、水温の低い冬期はより困難です。

硫酸注入前は、PACの過注入を行い、目標pH値を7.3まで下げた結果、ランゲリア指数が目標値を下回ることが多い状況でした。硫酸注入後における目標pH値が7.3の場合は、硫酸注入前とほぼ同じ値でした。水温が低下する1～3月に目標pH値を6.9に設定した場合、ランゲリア指数は-2.0程度まで低下しました。ランゲリア指数を改善するには石灰等の後アルカリ剤注入設備が必要ですが、これは今後の課題となっています。

(5) 送水中の残留塩素濃度低下の抑制効果

伊勢原浄水場から送水される距離が約11.5kmのA供給地点までの流達時間は約25時間です。

伊勢原浄水場調整池出口とA供給地点の残留塩素濃度の差から、残留塩素濃度の低下量を調査し、硫酸注入前後で比較した結果を図-4に示しています。硫酸注入前の平成14年8月までは残留塩素の減少は0.2mg/ℓ前後でしたが、硫酸注入後は残留塩素の減少は0.1mg/ℓ前後に減少しました。原因としては、処理pH値が下がることで凝集が良くなり、残留塩素と反応する有機物が減少したものと考えられます。

この結果、調整池出口における残留塩素濃度を硫酸注入前よりも0.10～0.15mg/ℓ引き下げて送水することが可能となりました。



図-4 送水残留塩素減少の向上

(6) 浄水スラッジの脱水性の向上

浄水場沈でん池に沈でんしたスラッジは、排水処理施設の排泥池に送られ、ある程度濃縮させた後、濃縮槽に送られます。濃縮槽引抜スラッジ濃度はALT比と同様に原水濁度に大きく左右されますが、濁水で低濁度が続く、1、2、3月はスラッジ濃度が低くなる傾向があります。酸注入前である平成13年度の1、2、3月では、スラッジ濃度は1%強でしたが、酸注入後の平成14年度、15年度の1、2、3月では約2倍まで改善されました。

伊勢原浄水場の場合、濃縮したスラッジを造粒脱水し、灯油バーナーを使用した回転式の乾燥機で含水率約40%まで乾燥させ、農業資材(さがみ粒土)として有効利用しています。濃縮槽スラッジ濃度の上昇及び灯油バーナーの運転調整により、灯油消費率が減少し、発生土量自体も約23%減少しています。

この結果、業務委託で実施している排水処理の運転時間(通常は平日昼間のみ)が短縮され、時

間外運転等の強化運転費用が減少しました。
(表-5参照)

表-5 排水処理時間外等運転費用の変化

年度	強化運転費用	備考
H12	4,272万円	台風等の影響
H13	1,428万円	
H14	852万円	9月から酸注入
H15	708万円	
H16	456万円	
H17	240万円	

4. 酸処理による経済効果

表-6は酸注入による効果を要約したものです。水質改善としては、この他に先に述べた残留塩素濃度の低下抑制により、結果として次亜塩素の使用量も減少しています。これらの薬品や排水処理で使用する薬品（ポリマー、水ガラス）と灯油の使用量と購入単価から処理水量1 m³あたりの原単価を求めると、硫酸注入以前に比べて硫酸の単価が増加した以上にその他の薬品等の減少が大きく、結果的には0.4～0.5円の減少となっています。

伊勢原浄水場の処理量は、現在約10万 m³/日ですが、酸注入による処理原単価の減を0.45円/

m³とすると年間では1,640万円となり、これに排水処理強化運転費の減（約1,000万円）を加えると、設備投資に要した費用は約8年で回収できることとなります。定期的な保守については、設置した平成14年9月から平成18年12月までの4年間で1回実施し、費用は130万円程度でした。今後は保守の必要な頻度が増え、貯槽や配管についても15年程度で交換が必要になると思われますが、それらを考慮しても経済効果は十分にあると思料されます。

5. おわりに

伊勢原浄水場では、酸注入設備の導入によりランゲリア指数を除くすべての面で水処理が大きく改善されました。平成6年に酸注入のミニプラントを作って実験を始めた当時に比べて、最も顕著な現象は沈でん池のフロック沈降速度が速くなり池の透明度が高くなったため、池底まではっきり見えるようになったことです。

今後の課題としては、後アルカリ剤の注入や、硫酸注入設備の腐食対策を含めた維持管理方法の検討が必要と考えています。

表-6 酸注入効果のまとめ

酸注入効果の指標		単位	13年度	14年度	15年度	16年度	備考
水質改善	浄水アルミニウム濃度	mg/l	0.09	0.07	0.06	0.04	目標値0.1以下
	排水処理のスラッジ濃度	%	2.6	2.7	3.2	4.6	濃縮槽引抜スラッジ
薬品注入率等の低減	凝集剤(PAC)注入率	mg/l	37.2	31.6	19.7	17.9	
	次亜注入率	mg/l	19.8	18.9	16.7	14.0	市販次亜使用濃度約12%
	排水処理灯油消費率	l/t-DS	665.4	611.7	589.4	537.3	乾燥土(ドライ換算)1t当たり
	薬品等の原単価	円/m ³	1.98	1.86	1.46	1.54	PAC+次亜+酸+排水処理薬品+灯油
	硫酸注入率	mg/l	0	3.85	7.43	12.57	14年度は9月以降
沈でん池入口pH			7.86	7.53	7.18	7.02	