

猪名川浄水場におけるオゾン設備の更新事例

Update example of ozone facilities in the Inagawa Water Treatment Plant

○近藤 努 村上 武志 金子 周平 南木 進一
阪神水道企業団

論文要旨

阪神水道企業団の猪名川浄水場Ⅲ系オゾン設備が平成 5 年度より稼働し、導入してから約 25 年以上が経過したことで更新となった。更新に際し経済性、運転管理性、保守性などを検討し、施設の安定かつ効率的な更新に努めた。

Inagawa Water Treatment Plant III ozone system of Hanshin Water Supply Authority (hereafter referred to as HWSA) has been in operation since 1993, and has been renewed over 25 years since its introduction.

In the renewal, HWSA examined the economic efficiency, operation and management, and maintainability.

And HWSA made efforts to ensure stable and efficient renewal.

キーワード：水道水、高濃度オゾン発生器、低風量型散気装置

1. はじめに

阪神水道企業団（以下「企業団」という。）では、猪名川浄水場（916,900m³/日）でオゾン処理と活性炭処理を組み合わせた高度浄水処理を平成 5 年より開始した。このうち猪名川浄水場Ⅲ系オゾン処理設備は平成 5 年に 1,2 号、平成 7 年に 3 号、平成 9 年に 4 号が稼働を開始し、最終的に処理能力が 321,900m³/日となった。

本オゾン処理設備は稼働から約 25 年が経過し令和元年度より更新工事を実施している。本報告では、オゾン処理設備更新に至るまでの経緯、空気原料のオゾン発生器の仕様と台数の検討並びに異なる仕様の設備を既設と併用運転を行いながら更新する施工方法について報告する。

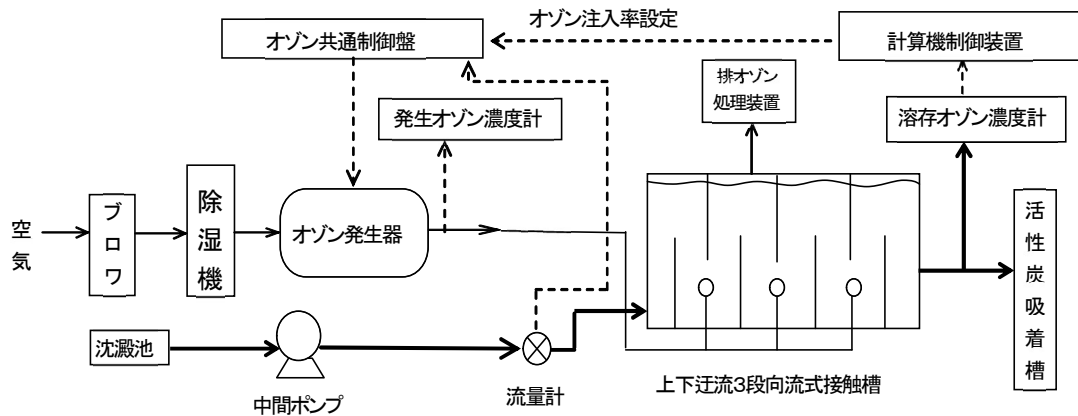
2. オゾン処理設備更新の経緯

猪名川浄水場の既設オゾン処理設備の仕様を表 1 に、システムフローを図 1 に表す。猪名川浄水場の特徴として、オゾン接触方式は上下迂流 3 段向流接触方式で有効水深 5 m、接触時間は約 10 分で空気原料によるオゾン発生器を採用している¹⁾。注入制御は、活性炭吸着槽流入渠末端にて溶存オゾン濃度が設定値（設定値 0.25mg/L）となるようフィードバック制御を行っている。なお注入量は、オゾン化空気量を一定とし、オゾン発生濃度を変化させる事で増減させている。

企業団では、独自に作成したオゾン処理設備の更新基準を定めているが、更新計画時に水処理性、運転管理性、維持管理性から稼働後の評価を実施した。評価の結果から、各機器の劣化が進行していること、部品製造が終了し供給が困難なこと、今後の維持管理費が増大傾向になることから、オゾン設備の更新が必要と判断し計画することとした²⁾。

表 1 既設オゾン処理設備の仕様

発生器	発生濃度	20g/m ³ (N)
	発生量	10.0kg/h
	設置台数	4台
空気ブロワ	出力	37kW
	風量	10.9m ³ /min
	設置台数	4台



図ー1 猪名川浄水場システムフロー

3. オゾン処理設備更新の基本検討

更新計画に際して、最新の技術動向調査を実施したところ、既設オゾン処理設備を導入した時点では、空気原料での高濃度オゾンの発生は困難であったが、技術の発展により、放電のギャップ長を短くするなど電極部の高精度化と冷却効率向上により、空気原料でも 40～50g/Nm³（他事業体の導入実績）に濃度を高められることがわかり、導入の検討を行った。

高濃度オゾン発生器は、既設オゾン発生器と比較すると散気装置への風量が少なくなるため、既設の散気筒では吹きムラが生じやすくなるが、低風量型散気装置との組合せにより解決できることがわかった。

また、処理性については、数値流体力学（CFD）でのシミュレーションの実施を行った結果、オゾン吸収効率や槽内の溶存オゾン濃度分布等が既設と同等であることが確認されたため、適用可能と判断した⁴⁾。

コスト面では、高濃度オゾン発生器と低風量型散気装置を導入する場合、空気量が少なくなるので、ブロワ、除湿機及び排オゾン処理装置等の補機類の容量の小型化が可能となり、機器費、維持管理費及び消費電力が低減することが見込まれる³⁾ので採用することとした。

また、既存のオゾン接触槽については、ほとんど劣化がみられず次期更新期間まで継続使用が可能と判断したので⁵⁾、一部補修し、使用することとした。

4. オゾン発生器仕様と台数の検討

オゾン発生器の仕様及び台数については、オゾン処理設備メーカーに対して調査を行い、更新に対し最適な機器仕様として1台当たりの発生容量や台数の検討を行った。

検討条件は、最大オゾン注入率と最大処理水量は現状と同じとし、更新機器全台は同仕様となるようにした。また、頻繁な追加起動や停止が発生しないような、オゾン注入量の変化に適した容量とするが、最大発生量時は予備機を設けないことにした。

既設オゾン発生器の導入時は、平均注入率 2 mg/L（最大注入率 3mg/L）で、オゾン接触槽を 2 槽運用から 3 槽、4 槽へ段階的に稼働することを考慮してオゾン発生器 10kgO₃/台×4 台の仕様としているが、現状では平均注入率は 1mg/L で運転状況が異なっている。そこで、既設と同じ仕様を Case1、オゾン発生器を 1 台減らして既設の合計発生量と同様となる 3 台とした場合を、Case2、Case2 より発生濃度の将来的な性能低下を見込んだ場合を Case3 として、工事費、維持管理費（保守費）、電力消費量（電力削減量）、発生器 1 台運転で処理が可能な運転月数について比較した結果を表ー2に示す。

表-2 III系オゾン処理設備の更新時の仕様ケースの比較

	Case1	Case2	Case3
		10.0kgO ₃ /h (40.0kgO ₃ /h)	13.4kgO ₃ /h (40.2kgO ₃ /h)
台数	4台	3台	3台
工事費	△	○ CASE1に対して減	○ CASE1に対して減
保守費	△	○	○
電力削減量	-	CASE1に対して 1.5%減	CASE1に対して 3.0%減
1台運転月数/年 ^{※)}	6.3ヶ月	9.4ヶ月	9.8ヶ月
総合評価	△	○	○

※) 平成23～28年度の6年間のオゾン注入量に基づく運転台数で算定

比較検討した結果、Case2及びCase3が優位となる結果となった。次にCase2とCase3の1台運転で運用可能な月数を比較すると、Case3が0.4ヶ月長く、故障バックアップ用の予備機を1台確保しても、もう1台の保守点検時間を長くとることができるため、維持管理上優位である。また、電力削減量も有利であることから、Case3の仕様に決定した。

5. 施工方法

(1) 工事施工の課題

本来であれば、施工リスクや経済性を考慮し、III系オゾン設備を全停止して施工するのが望ましいが、その場合、III系浄水処理施設を全停止させなければならず、構成市（神戸市、尼崎市、西宮市、芦屋市及び宝塚市）への給水量の確保が困難となるので、オゾン設備を稼働させながら更新を実施することが求められた。

(2) 既設設備を稼働させながらの施工方法

オゾン発生器4台のうち1台毎に施工し、残り3台の設備で運用を行うこととした。稼働期間が一番長い1号、2号の更新を優先することとし、新オゾン発生設備全体の制御を行う新共通制御盤の設置スペースの確保が可能となる2号から更新することとした。

(3) 更新工事中の最大処理水量検討と対応

更新工事中は運転可能なオゾン発生器の台数が1台減となるため予備機が確保できなくなる。III系浄水施設の過去10年の最大オゾン注入率（平成28年8月2.55mg/l）を踏まえて検討した結果、2号の更新期間中はIII系浄水施設の最大処理水量を13,000m³/hから12,000m³/h（7～9月の高水温期は11,000m³/h）に変更して運用を行うこととした。

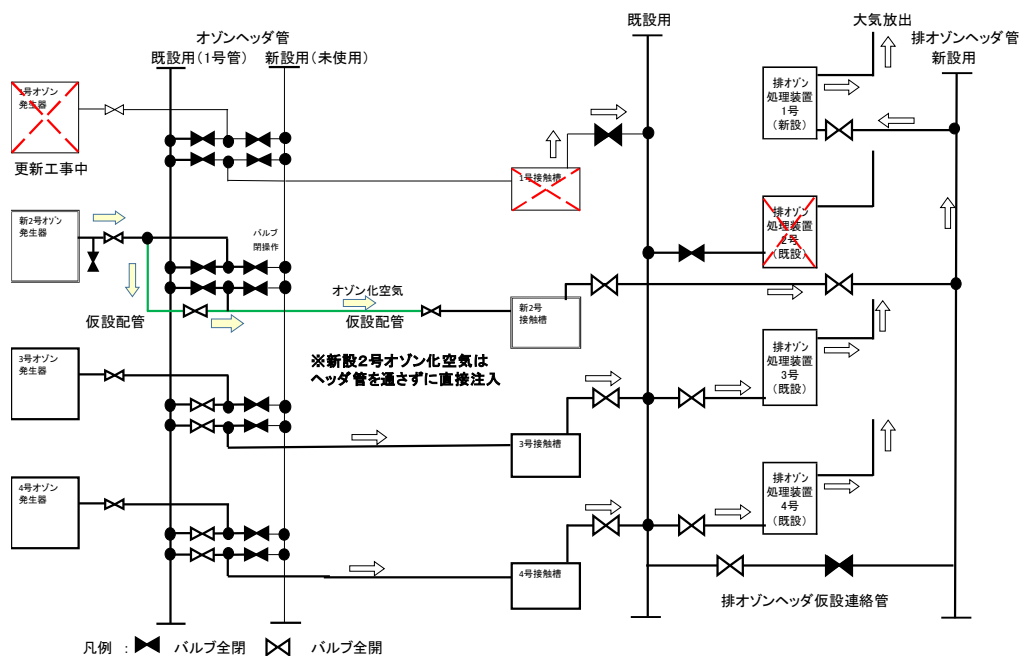
更新工事中に既設オゾン発生器の故障などにより、処理水量及びオゾン注入状況が既設オゾン発生器2台の最大発生量で対応できない場合は、他の浄水処理システムでバックアップを行うこととするマニュアルを整備し、加えて、既設オゾン発生器での故障の復旧が迅速に行えるように必要と思われる部品の備蓄を行った。

(4) 新旧設備併用運転時の運用方法

新2号稼働後は、機器仕様が異なる既設設備（発生オゾン濃度・風量・圧力）と併用した運用となるため、オゾン注入は、既設と新設を切り分けて、それぞれ単独運用を行うことにした。ただし、オゾン発生設備の故障停止時には双方のバックアップが可能となるようにオゾン化空気配管・排オゾン配管は接続することとした。

なお、更新過程におけるオゾン注入制御は、全処理水量に対して新オゾン発生器でオゾン注入を行う接触槽と既設オゾン発生器で注入を行う接触槽への流入水量を槽数の比率による水量配分を行うために、比率設定器を新たに設置した。

現在、新2号は運用を開始し、1号の施工を行っている。現状のオゾン処理設備の運用概略図を図一2に示す。1台を停止した状態で新旧設備を併用運転しているが、水処理や水運用に影響を与えることなく、工事並びに運転を継続できている。



6. おわりに

企業団で初めてオゾン処理設備が更新となり、高濃度オゾン発生器及び低風量型散気装置を導入することで通常時の低オゾン注入率でも運用がしやすい設備機器を導入することができたと考える。また、水処理性、運転管理性なども強化された。現在は新2号オゾン処理設備の更新が完了し実運用を行っており、残る設備も高度浄水処理を継続しながら安全に工事を完了させていく。

【参考文献】

- 1)花元ら：猪名川浄水場オゾン処理システムの技術的特徴第44回全国水道研究発表会,p234-236(1993)
- 2)岡ら：阪神水道企業団におけるオゾン処理施設の稼働状況第16回日本オゾン協会年次講演会講演集,p29-32(2006)
- 3)小椋ら：オゾン処理設備の更新の考え方について,第25回日本オゾン協会年次講演会講演集,p97-100(2016)
- 4)小椋ら：オゾン処理設備の更新に向けた既存接触槽への高濃度オゾン発生器の導入可能性調査,第27回日本オゾン協会年次講演会講演集,p41-44(2018)
- 5)新田ら：稼働後24年経過したオゾン接触槽におけるコンクリートの劣化調査,第28回日本オゾン協会年次講演会講演集,p27-30(2019)