阪神水道企業団　高度処理通水 30 周年記念シンポジウム　報告書

講演キーセンテンス

京都大学大学院　越後信哉氏

「水源水質と浄水処理の変遷及び今後について」

・水道水質の課題と対応
　水道水質課題の変遷と対応、オゾン処理目的、水質管理を取り巻く状況、消毒副生成物
・高度浄水処理の到達点と限界
　高度浄水処理プロセスの効果、臭素酸イオン生成・制御方法、カルキ臭問題
・化学物質管理を取り巻く状況
　人為由来化学物質、未規制副生成物のとらえ方、代替消毒剤
・新しい技術の探求と既存技術の最適化
　促進酸化処理、カルキ臭低減型処理プロセス(活性炭によらない高度処理)

大阪市水道局　宮田雅典氏

「大阪市における高度処理の導入効果　－通水開始から現在までの振り返り及び新たな課題－」

・施設の特徴
・浄水処理の変遷
・高度処理導入に至る経緯
　調査研究検証内容・結果、導入フローの検討結果と対象物質
・水質面から見た高度浄水処理の導入効果
　対象物質(THM、かび臭物質)、新たに発生した対象物質(1,4-ジオキサン、臭素酸)、明らかになってきた成果・懸案事項
・今後の課題
　酸化処理効果の低い新たな物質、外部環境に依存する課題、低水温時における処理システム

大阪広域水道企業団　井上裕彦氏

「高度浄水処理通水から現在までの振り返り及び新たな課題」

・施設の特徴

・高度浄水処理の水質面の評価

かび臭物質、総 THM、臭素酸

・課題と対応

臭素酸のオゾン管理適正化による対応、散気方法の見直し、粒状活性炭生物管理、粒状活性炭の劣化

・新たな課題への対応

送水系での一般細菌、冬期かび臭、有機フッ素

阪神水道企業団　小椋和生氏

「阪神水道企業団高度浄水処理通水 30 周年記念シンポジウム振り返り及び新たな課題」

・処理フローの決定経緯と特徴

浄水システム構築の基本思想、中オゾン/活性炭流動層、再凝集/ろ過、活性炭交換補充頻度

・高度処理導入の目的・実施の処理性

かび臭、総 THM

・振り返り：オゾン処理・活性炭処理における通水後の運転・施設改良(更新)・課題

オゾン注入制御方法改良、臭素酸抑制、シミュレーションによる効率化、活性炭流動層・下部装置の改良、粒状活性炭品質低下の可能性

・新たな課題と対応方法

気象状況の変化、送水工程の流達時間増加、冬期かび臭、有機フッ素

質疑、コメント、討論

〈質問〉

話の中でお聞きしたが、オゾンの後に活性炭を配備することは、オゾンでできた消毒副生成物を活性炭で取り除く目的だったと理解しているが、将来の浄水処理手法を考えていく上で、オゾン処理の後に活性炭処理を行う必要性についてどのように考えているかお聞きしたい。

例えば、活性炭処理がなくてもリスクとしては大きくないといった知見はあるか。

〈回答　越後教授〉

オゾンだと過酸化水素等ができるが、活性炭で還元できる。一方、海外でオゾンだけ使用しているところがあるが、水がきれいなため消毒目的である。日本の高度処理の目的ではオゾン処理、活性炭処理の処理工程でよいと思われるが、原水を見てプロセスを決める必要性がある。

〈質問〉

ある地域の方では、冬期にかび臭濃度が 80ng/L 近くまで検出されることや、冬期以外でも 100ng/L 近く検出、定常的に数十 ng/L 検出されることがあり、どのように対応するか苦労している。

⑴　冬期かび臭が定常的に生じた場合、どのように対応していくか。

⑵　夏季のかび臭濃度が通常よりも高い数百 ng/L(500ng/L) を超えるケースが出た場合に、オゾン処理の対応や臭素酸との兼ね合い等についてどのように考えているか。

〈回答　大阪市水道局〉

⑴　今後冬期にかび臭が発生する可能性があると思っており、現在のオゾン処理ではラジカル発生量は少なく、かび臭除去率が低いことがわかっている。何らかの方法でラジカルを発生させるか、粉末活性炭を使って除去することを考えている。

⑵　夏期の 500ng/L を超えるかび臭が生じた場合、生物処理（粒状活性炭処理）でもかなりの除去率があることがわかっている。(2-MIB：80%、ジェオスミン：90%)

そのため、400、500ng/L であれば、現行処理でも問題ないと考えている。万が一 500ng/L 以上のケースとなると新たな課題が発生するかもしれない。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

⑴　かび臭は浄水で１ng/L 未満を目指しており、濃度毎にアクションレベルの設定を行い対応している。冬期はオゾン粒状活性炭での除去性が低いため、浄水で基準値近くになるときには粉末活性炭に頼るしかないと考えている。

⑵　夏期のかび臭については、粒状活性炭での除去が期待できるが、浄水で検出するような場合には、臭素酸の状況を確認しながらオゾン強化を行う。オゾン処理前に少量の塩素を添加すると臭素酸を制御しやすくなる特徴もあるので、何を優先するか見定めて処理をしていきたいと考えている。

〈回答　阪神水道企業団〉

⑴　冬期かび臭が 80ng/L 程度来てしまうと、粉末活性炭でも対応しきれないのではないかと考えているが、粉末活性炭で対応せざるを得ないと考えている。また、80ng/L 程度といってもそのかび臭内訳(溶存態等)といった面も見ながら考えていく必要がある。

⑵　臭素酸の生成をどこまで許容し、その程度によってオゾン強化度合が変わってくると考えている。かび臭に健康影響はないが、苦情等水道の信頼を失う可能性がある。一方、臭素酸は健康影響があり、水質基準以内でどこまで許容するかであり、現在、基準値内で制御している。かび臭・臭素酸について、どのようにバランスを取るかも重要である。

〈質問〉

琵琶湖でのかび臭の最大濃度はどれくらいを想定したらよいか。

〈回答　浅田准教授〉

夏期かび臭の場合、今まで 100、200ng/L ぐらいまでと思っていたが、ある地点の環境水では 500ng/L まで上がるケースも出てきている。霞ヶ浦で１μg/L 以上の例もあるので、今後の状況次第で μg/L オーダーレベルが出てくる可能性も考えられる。

冬期危惧しているのは、仮に 10、20ng/L 程度が３ヶ月程度継続してしまった場合にどのように対応すべきかで、粉末活性炭で対応する場合コストがかかるので、バランスをどう考えるか等が問題になると想定している。

〈質問〉

３つの事業体がそれぞれ同じプロセスの組み合わせで違う高度浄水処理のシステムを持ち、大変な維持管理があって水質管理がなされていると理解している。阪神水道企業団でもこのシステムの肝である、活性炭流動層で、SS 排除や SS 排除用空気分散孔の洗浄や活性炭の年に 20%の交換補充等を行い、維持管理している。

それぞれのシステムの中でここが肝という部分及び水質管理や維持管理面の苦労もしくは工夫について教えて下さい。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

稼働当初は微粉炭や微小生物の問題へは適切な洗浄で対応できると考えていたが、粒状活性炭の性状変化(微粉炭管理)や微小生物の変化に対応する必要が出てきた。

大阪広域水道企業団では、微粉炭や微小生物対策を行いながら、生物活性炭を活かすために、最終工程をろ過にしていこうと意思決定し施設整備を進めている。現在、微小生物対策として、ワムシを管理対象にしており、１個体/L を超過した場合は臨時洗浄等の対応を行っている。微小生物対策が粒状活性炭の生物処理に影響がないかしっかり見ていかなければならないと認識している。

粒状活性炭は高度浄水処理の肝なので、きめ細やかな管理が必要であると考えている。

〈回答　大阪市水道局〉

最終段階である粒状活性炭処理が一番大事だと考えている。大阪市の場合も粒状活性炭が最終工程で、後にろ過工程がないため、微粉炭や微生物関係等が漏出することに注意していかなければならない。導入から時間が経過すると定期的な洗浄が必要ないという意見も出てくるが、活性炭中の生物を繁殖しないように定期的に排出するために、72時間に３回を必ず守るようにしている。それは、当初色々な検討した結果、それが良いというやり方で今でも維持しており、それほど微生物漏出等の問題がない水が供給できていると考えている。

そのため、なぜそのような運転をしているのか理由があるので、運転管理・維持管理は安易に問題ないからやめるということはしないことが大切である。

〈回答　阪神水道企業団〉

粒状活性炭は流動層で行っているので、トラブルがあった時に参考となる事業体が少ないことがある。

〈質問〉

冬期の臭気物質対応が大変であるということで、オゾンだけでは対応できないかもしれないということだが、私の立場だともっとオゾンを注入すればよいと思う。結局、臭素酸問題が出るまでは十分にオゾンを注入すればよいということから、臭素酸対応をしなければならなくなり、臭素酸とかび臭の両方対応できるオゾン制御を行っていたと考えられる。

科学的に言うと CT 値で制御すべきだと思うが、最終オゾン接触後もしくは活性炭手前の溶存オゾン濃度の設定値を用いたオゾンの注入になっていると思う。

そこで、オゾン処理の最適化、科学的な運転指標の導入と言うことで、CT 値での制御を使うことについてどのように考えているか。

〈回答　大阪市水道局〉

アンモニアのある状態でオゾン処理すると臭素酸ができにくいことがわかっている。中オゾンは常にアンモニアが残存し、後オゾンにおいても冬期は低水温で生物活性がないためアンモニアが残存しており、臭素酸生成をそれほど気にせずオゾン注入することは可能であるが、コストもあるので入れていない。

冬期かび臭発生時には、オゾン注入強化は可能な対応の一つであるが、ラジカル反応も少ないためどれだけ効果的かわからない。そのため、現在は粉末活性炭を組み合わせて対応する予定である。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

溶存オゾンで管理を行っていると夏期に臭素酸が上がって、冬期に下がる傾向があり、オゾン反応性が落ちてくる。そのため水温 10 度未満で原水かび臭濃度が 7 ng/L 超えた場合は臭素酸が水質基準の50％値までのオゾン注入強化を行うこととしている。それでも対応できない場合は処理全体のバランスで決定する。

〈回答　阪神水道企業団〉

冬期かび臭のあった翌年からオゾン注入率制御を行っているが、オゾンが完全に水中に溶け切らず、警報が生じた覚えがある。水処理だけではなく装置上の限界値もあるが、その中でもできる対応を行っている。

〈質問〉

⑴　給水量が減少しているため、余力があると思うが、かび臭対応として、活性炭の吸着性能が高い池を残して、高濃度かび臭発生時にそれを活用するあるいは、活性炭の流速を低下させ接触時間を延ばすことで低減効果が期待できるか。

⑵　上向流の場合、水量を落とすと流動状態は変化するため接触時間延長は難しいと思うが、導水管が長いことを利用してそこで粉末活性炭を投入した場合の効果は期待できるか。

〈回答　大阪市水道局〉

⑴　設計水量に対して給水量は減っている。そのため運用上、使用池を減らすあるいは接触時間を延ばして対応すると思う。接触時間が長くなると実際に粒状活性炭の吸着能について非常に良い結果を確認しており、接触時間を長くするのは有効な方法の一つであると考えている。

普段使わない活性炭接触池を作り、非常時だけその池を使うというアイデアは出るが、維持管理上の問題が生じてしまう。（一旦活性炭接触通水してしまうと、生物状態等が悪化するため、長期間放置することが出来ない。）

ただし、普段は水量を落として、非常時に水量を上げる等、運転の工夫はできると思うので、今後の課題と考えている。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

⑴　新炭の池は、通水開始時に微粉炭が流出するので、洗浄を繰り返した上で通水する。一旦通水した池は、維持管理上、連続通水する必要がある。

そのため、維持管理面から新炭池を少し残しておくということは難しい。

流速を落とすことで効果があるとお聞きしたが、データを確認したいと考えている。

〈回答　阪神水道企業団〉

⑵　阪神水道企業団では、導水管から浄水場まで到達するまで時間があるため、その間を生かして粉末活性炭で対応することを考えている。ただ、ウエット炭なので 20ppm の注入率でも 50％程度の除去率であり、冬期の高度処理では 80％程度の除去率の為、80ng/L のかび臭が発生した場合、対応しきれないと考えている。

そのため、今後ドライ炭を使用する等、効率的な処理を考えていく必要がある。

〈質問〉

粉末活性炭の運用について、緊急時に粉末活性炭使用対応が可能な設備や、活性炭のストック管理等の工夫についてお聞きしたい。また、粉末活性炭注入後の凝集沈澱池（脱水ケーキ等）への影響等についてもお聞きしたい。

〈回答　大阪市水道局〉

粉末活性炭のストック面については量の確保に取り掛からないといけないが、粉末活性炭注入の設備更新は行っているので、早急に投入できる設備は整っている。

凝集沈澱への影響についても、高度浄水処理導入前から粉末活性炭注入後の凝集処理をしていたため、汚泥処理面についても特に問題ない。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

使用頻度としては、高度浄水処理の導入前よりも少なくなっているが、油事故のケース等早急に対応する準備は整っている。

活性炭のストック面についても数日間は持つ状態にしており、連続して使用する際に補充するといった対応をすることとしている。

〈回答　阪神水道企業団〉

阪神水道企業団としては、人力でウエット炭を入れており、自動注入設備はない。

懸念事項として汚泥の再利用（有効利用）において問題があると聞いていたが、最近有効利用業者に聞くと問題ないと回答を受けている。

〈質問〉

高度処理導入にあたっての経緯や今後の課題・更新についてお聞きしたが、過去の事を振り返って、あの時ああすれば良かった、反省点等の思うところを教えてほしい。

〈回答　大阪広域水道企業団〉

30 年前に入庁し、当時は高度処理でなく毎日のようにかび臭を測定し粉末活性炭注入率の決定に苦慮していた姿を見ていたが、高度処理になりかび臭もトリハロメタンも制御できるようになった。従来処理にとどまらず、高度浄水処理を導入したことに感謝している。

今後については、大阪広域水道企業団の処理の肝である粒状活性炭処理の管理をどうするかについて考えており、具体的には、最終工程をろ過とするような施設整備を進めている。

今後も最新の水処理状況を見極め、そういった取り組みを進めていければと考えている。

〈回答　阪神水道企業団〉

阪神水道企業団としても反省及び、個人的な反省点がある。

まず、阪神水道企業団としての反省点は、H3～H13 年に集中して高度浄水処理を導入したため、更新のピークが重なってしまうことだと考えている。

Ⅲ系オゾン更新時に空気原料のオゾン発生器を高濃度・低風量で注入したらどうなるかについて事例調査していたが、データが後少し足りていないと思っていた。Ⅲ系のオゾン更新後、運転データはあるが、水質処理データ取得が少なかったと反省している。

〈回答　大阪市水道局〉

入庁時にはこの高度処理プロセスは決定していたため、決められたプロセスの中でいかにそれぞれのところでどう最適化したらいいか、それぞれの工程の特徴とその長所をどう生かすかについて行ってきた。その中で、オゾン活性炭を用いた高度処理プロセスはこれまでの浄水処理から比較的に優れている実感もあり、微量化学物質やかび臭の分解や新物質に対しても基本的に除去できる効果を持つことは優れていると感じている。

ただし、冬期のかび臭や PFAS 等はオゾン処理で除去が難しいが、今後高度浄水処理を基本として新たに付加価値をつけていくか、全く違うものを作っていくか、今後考えていかなければならない。

〈回答　浅田准教授〉

これまで気候変動に対して、適応と緩和の観点で研究を行ってきた。近年では、全国でかび臭問題発生頻度が高くなっている。

また、ここ数年で水源での生物相が変わってきており、どのように安全・安心な水道水を供給するか、改めてこれまでの高度浄水処理を今後どうすべきか丁寧に考えていく必要がある。

そして、高度浄水処理はエネルギーを消費するので、周りからはエネルギー削減に関する

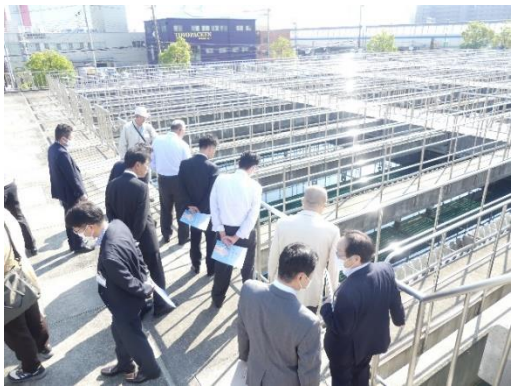
言葉が上がるかもしれないが、安全な水を供給するという観点では、必要な技術・エネルギーであることを皆さんに伝えていかなければならないことを改めて感じた。そういったところをうまく連携しながらやっていきたい。

＜シンポジウム風景＞

阪神水道企業団高度浄水処理
通水30周年記念シンポジウム

阪神水道企業団高度浄水処理
通水30周年記念シンポジウム

＜施設見学会風景＞

阪神水道企業団高度浄水処理
通水30周年記念シンポジウム

阪神水道企業団高度浄水処理
通水30周年記念シンポジウム