特集・上水道における高度処理技術の導入

大阪府における高度浄水処理技術の現状

大 住 旦 生 *

1. はじめに

大阪府営水道は、昭和23年以来、用水供給事業として、大阪府下の水需要増に対処するため、施設の拡張を続けてきた。その結果、現在の供給能力は日量200万 m^3 、受水市町の数37となり、これらの市町の配水量の約70%を供給するに至っている。

一方、大阪府営水道の水源である淀川の水質は、関係機関等による水源水質保全の努力により、部分的には改善効果があるものの、依然としてかび臭の発生、アンモニア性窒素の増加等の問題をかかえている。さらに、トリハロメタンをはじめとする微量有機物質の問題もでてきた。

このような水源の状況を反映して、需要者からの水道水に対する不安感がつのつてくるとともに、生活様式の高度化、多様化により高品質の飲み水に対する要求も高くなってきた。これに対して、大阪府営水道は飲み水の質を高めるとともに、需要者の信頼を損わないようにするのが水道事業体の務めであるとの認識で、早くから高度浄水処理技術の開発に努めてきた。以下に、その経過と成果の概要について報告する。

2. 水源水質の状況と浄水処理上の問題点

大阪府営水道は、淀川下流域から取水している庭窪浄水場と、これより約10km上流から取水している村野浄水場の2か所の浄水場を有しており、いずれも淀川表流水を原水としている。淀川は上流域に人口の集中域をかかえるため、全国的にみても汚濁した河川といえる。

両浄水場の原水水質の経年変化を図-1に示す。村野原水については、BOD、アンモニア性窒素、過マンガン酸カリウム消費量が昭和40年以来、ほぼ直線的

に増加しており、昭和61年度時点で、それぞれ3 mg/ℓ 、0.45 mg/ℓ 、9 mg/ℓ 程度となっている。庭窪浄水場原水については、アンモニア性窒素が急激に増加しており、昭和61年度現在で0.9 mg/ℓ と村野浄水場の倍になっている。

現状のブレイクポイント塩素処理においては、原水中のアンモニア性窒素が増加すれば、水道水の残留塩素濃度の管理に大きな障害となる。

また、原水の過マンガン酸カリウム消費量の増加にともなって、浄水においても増加しており、水道水を

図-1 原水水質の経年変化

* 大阪府水道部参事兼浄水課長

Asao OSUMI

まずくする要因ともなっている。

一方、琵琶湖におけるかび臭の発生により、府営水道の原水は、昭和56年から毎年その影響を受け、最高で9日に1日の割で粉末活性炭を投入した年もある。それにもかかわらず、完全な除去は望めないのが現状である。

水道水中のトリハロメタン濃度については、大阪府営水道の送水管路末端で $0.03\text{mg}/\ell$ 程度と制御目標値の $\frac{1}{3}$ と低い、今後増加しないという保障はない。また、トリハロメタンは発がん性の疑いがあることからできるだけ低い方がよいと考えられる。また、淀川原水では農薬等の合成有機化学物質が検出されてきており、この点についても検討しておく必要がある。

以上のことから、現在の浄水処理方法の見直しが必要であると考え、かび臭物質の除去、トリハロメタン等の微量有機物質の低減化、アンモニア性窒素の除去等により「より安全でおいしい水」づくりをめざして、高度浄水処理プラント実験を行っている。

3. 高度浄水処理技術の開発

高度浄水処理プラント実験は昭和57年度から続けており、その流れを大きく分ければ、以下のようになる。

① アンモニア性窒素の除去を主目的とした生物処理技術の開発（昭和57～58年度、一津屋取水場、 $60\text{m}^3/\text{日} \times 3$ 系列）

② 微量有機物質、かび臭物質の低減化を主目的としたオゾン、粒状活性炭処理技術の開発（昭和57～61年度、村野浄水場、 $30\text{m}^3/\text{日} \times 2$ 系列）

③ アンモニア性窒素、微量有機物質、かび臭物質の除去を主目的とした生物、オゾン、粒状活性炭処理の組み合わせによる高度浄水処理技術の開発（昭和60～62年度、庭窪浄水場、 $30\text{m}^3/\text{日} \times 2$ 系列）

④ ②の技術の実証運転（昭和62～64年度、村野浄水場、 $1,000\text{m}^3/\text{日} \times 2$ 系列）

4. 実験の成果の概要

各実験の成果を以下に述べる。

1) 生物処理技術の開発

回転円板法とハニコーム法の処理効果の比較を行い、両者の処理効果にほとんど差がないことを把握した。また、これらの処理法により、アンモニア性窒素やかび臭物質をはじめ多くの水質項目の改善が望めることがわかった。図-2にかび臭の標準物質を添加して行った除去効果の例を示す。この結果より、かび臭物質の

図-2 生物処理によるかび臭物質の除去効果

除去率は接触時間と正の相関があることがわかった。

トリハロメタン生成能（THMFPP）については、除去効果がないが、TOX生成能に対しては15%の除去率を示した¹⁾。

2) オゾン、粒状活性炭処理技術の開発

低pH凝集²⁾、過マンガン酸カリウム添加³⁾、中間塩素処理⁴⁾、粉末活性炭添加等各種の処理方法について、THMFPPの除去効果の把握を行った結果、いずれも実効ある処理法とは考えられなかった。したがって、最終的には、オゾンと粒状活性炭の併用処理が必要であることがわかった。ただし、この方法の従来処理への組入れ方によって処理効果、特に粒状活性炭の寿命に以下のように影響することがわかった。

粒状活性炭単独のTHMFPP除去率が50%のところを寿命とすると、

- ・前塩素処理をした後粒状活性炭処理すれば1か月の寿命

- ・粒状活性炭処理のみでは、3か月の寿命
- ・粒状活性炭処理の前にオゾン処理をすることにより、6か月の寿命

以上の実験から、凝集・沈澱→砂ろ過→オゾン→粒状活性炭→塩素という処理フローが大阪府営水道の浄水場に適していることがわかった。

このフローによるTHMFPの低減効果の一例を示すと図-3のようになり、現状の約 $\frac{1}{3}$ 以下にすることができる。

3) 生物、オゾン、粒状活性炭処理技術の開発

①と②の実験で得られた技術を合わせた実験プラントをアンモニア性窒素濃度の高い庭窪浄水場に設置して、約2年間にわたり実験を行った。この実験では、ハニコムタイプの生物処理（接触時間74~100分、水量負荷127~172 $\ell/\text{m}^2/\text{日}$ ）の後に凝集・沈澱処理及び高度浄水処理を行うものである。

この実験で、凝集・沈澱・砂ろ過処理の前に、生物処理を付加することにより、TOC、THMFPで約10%、鉄、マンガンで15%程度原水に対する除去率が高くなり、この分後続のオゾン・粒状活性炭処理への負荷を低減できることがわかった。

また、①の実験では得られなかった連続運転によるアンモニア性窒素の除去効果の把握を行い、図-4の

図-3 高度浄水処理によるトリハロメタンの低減効果

図-4 アンモニア性窒素の除去状況

ような結果⁵⁾が得られた。除去率は、水温の低い冬期で70%、水温の高い夏期で90%、年平均で80%が得られ、原水で最高1.5mg/ℓ程度になるものが処理水では0.45mg/ℓ以下にできた。実験で得られたアンモニア性窒素の硝化反応速度式は図-5⁶⁾のとおりである。

本実験の期間中に、フォルミディウムとオシラトリアを原因生物とするかび臭(MIB)が発生したので、この実験プラントで天然のかび臭物質の除去効果の把握が可能となった。この結果は図-6に示すように、除去率は原水MIB濃度依存性を示した。また、標準物質を添加して行った①の実験と同一条件（滞留時間74分、MIB 200ng/ℓ）と比較すると、①の実験が除去率60%に対して、本実験で54%とほぼ同じ結果となり、天然のかび臭物質の除去にも効果があることが明らかになった。なお、生物処理の後のオゾン処理、粒状活性炭処理により完全にかび臭物質が除去できた。

さらに、ハニコムチューブのセルサイズを20mmとし、夏期のみ遮光すれば、アンモニア性窒素の処理効果に影響することなく、藻類の増殖によるハニコムチューブの目詰まりを防止することができた⁶⁾。

生物処理とオゾン、粒状活性炭処理の組合せの利点

図-5 硝化反応速度式

図-6 原水MIB濃度と生物処理による除去率

図-7 高度浄水処理実証プラント処理フロー

の第1は、最終的にはブレイクポイント塩素処理を行うと仮定すると、これが容易になることにある。オゾン、粒状活性炭処理ではBAC効果により、アンモニア性窒素の低減が期待されるが、水温の低い冬期にはほとんど期待できない。そのため、原水のアンモニア性窒素が高い場合は、塩素処理が非常に困難になると予想される。これに対して、生物処理によりあらかじめアンモニア性窒素を低減しておけば、この問題は解決できると考えられる。

以上の実験により、原水中のアンモニア性窒素濃度が高い場合は、生物→凝集・沈澱→砂ろ過→オゾン→粒状活性炭→塩素、そうでない場合は、生物処理を除いたフローが適していることがわかった。

ただし、上記の処理フローでは、マンガン除去を従来のマンガン砂による処理から、オゾン・粒状活性炭処理に置き換えているが、オゾンは粒状活性炭を劣化させたり、マンガン酸化物による目詰まりによって、粒状活性炭層を閉塞させる⁷⁾等の欠点がある。その対策としては、オゾン処理をした後アンスラサイトでろ過することが最良であることが、実験により判明した。

4) 高度浄水処理実証プラント実験

これまでの生物処理も含めたミニプラント実験により、アンモニア性窒素、かび臭物質、THMFP等の低減のための大阪府営水道に適した高度浄水処理方法については、ほぼ把握できたと考えている。しかし、実用化する場合、実施規模でミニプラントと同じ処理効果が得られるか、また新しい処理方法の維持管理や実施の詳細な設計諸元等についての課題が残っている。したがって、ミニプラントをさらにスケールアップした日量2,000m³ (1,000m³/日×2系列)の実証プラントにより、現在実験を行っているところである。

この実証プラントは図-7のような処理フローを基本としている。本プラントの処理フローはミニプラントによる実験から得られた最適な処理フローと違い、オゾンを2段階にわたって組み込んでいるのが特徴である。これは、すでに述べたマンガンの除去対策を主目的としたものである。つまり、砂ろ過池はアンスラサイトと砂の二層となっており、マンガンをおオゾンで

酸化し、アンスラサイトで除去してしまう方法である。後段のオゾン・粒状活性炭処理プロセスでは、ミニプラントの実験から得られたオゾンによる粒状活性炭の劣化を防止するための対策が必要と考えている。その方法としては、適切な量のオゾン注入を行い、水中残留オゾン濃度を低くすることや、なんらかの方法で脱オゾンすること等が考えられるが、今後の課題である。

5. お わ り に

昭和57年度にミニプラントによる高度浄水処理実験を開始して7年目を迎え、大阪府営水道の高度浄水処理技術は実証レベルに達したわけであるが、まだ、技術的に不明点があるので、今後の実証プラント実験により解決していきたいと考えている。

また、高度浄水処理の導入はコストアップにつながるから、需要者の十分なコンセンサスを得るように努力するとともに、粒状活性炭の寿命を伸ばしたり、オゾン注入率の低減等のコストを低く抑える技術の開発も行っていきたい。

かび臭物質の除去の困難性に代表されるように、既存の浄水処理方法でつくった飲み水の質は水源水質に大きく左右され、原水水質の悪い大阪府営水道は高度浄水処理の導入で対処せざるを得ないと考えられる。しかし、高度浄水処理の導入後に水質がさらに悪化すれば粒状活性炭の再生頻度等の水処理コストを決定する要因に響いてくることは必至であることから、淀川の水質保全は水道事業体にとって今後も最重要課題であることはいうまでもない。

参 考 文 献

- 1) 浜野、佐藤、藤好、河相、水道協会雑誌、54、9、12 (1985)
- 2) 中尾、水道協会雑誌、54、3、84 (1985)
- 3) 甲田、伊藤、中尾、井田、服部、井上、第35回全国水道研究発表会講演集、462 (1984)
- 4) 有田、水道協会雑誌、54、3、86 (1985)
- 5) 藤田、山本、川崎、第39回全国水道研究発表会講演集、191 (1988)
- 6) 藤田、山本、川崎、第39回全国水道研究発表会講演集、215 (1988)
- 7) 奥野、立入、服部、笹野、第31回全国水道研究発表会講演集、157 (1987)