

中間塩素注入制御の最適化について

柳生眞喜男、内田力雄

大阪市水道局工務部施設課
大阪市北区南扇町6番28号

概要

琵琶湖においては、近年、植物性プランクトンの異常増殖によるかび臭が発生しており、流域の上水道事業体は、昭和56年以降毎年かび臭被害を受けている。

藍藻類が発生するかび臭物質の存在状態は、水中に溶解しているものだけでなく、藍藻類の藻体内に含まれているものもある。このため、より効果的なかび臭対策について調査検討した結果、溶解性のかび臭物質は活性炭注入により吸着除去する一方、藻体内のものについては藻体ごと凝集沈でん除去する方法が効果的であることが判明した。

大阪市では、従来から行なっている粉末活性炭の注入に加え、藻体内に含まれるかび臭物質の除去を目的とした中間塩素注入設備を、昭和61年から順次浄水系統毎に導入している。

中間塩素注入制御は、塩素注入後の残留塩素を計測して注入率を修正する自動制御方式を採用しているが、スラッジ処理水の返送等、水質変動による塩素注入制御の外乱が非常に大きく、また、塩素注入から残留塩素計測までのむだ時間が大きいという、フィードバック制御を行う上で困難な問題があった。そこで、制御装置のプログラムを工夫するとともに、残留塩素計を現場設置することなどにより、上記の問題点を解決し、中間塩素注入の自動制御を実現した。

キーワード

中間塩素 かび臭 フィードバック制御 残留塩素計 スラッジ ろ過準備 アンモニア性窒素

1 中間塩素処理実施に至る経過

最近の琵琶湖におけるかび臭の動向は、毎年6月上旬から9月下旬にかけて発生し、その発生場所も南湖全域に広がる傾向を示している。かび臭原因物質はアナベナのジオスミン、フォルミディウムのMIBのほかオシラトリアのMIBなどである。

本市では、昭和56年から毎年かび臭の被害を受け、その対策として原水に粉末活性炭の注入を行ってきた。とくに60年夏期のアナベナによるジオスミンは藻体内に多く含まれており、原水中の溶解性物質の占める割合が少なかったため、活性炭の効果は十分に発揮できなかった。

粉末活性炭吸着処理の対象となるかび臭物質は、溶解性物質であり、不溶性かび臭物質（藻体内かび臭物質）の除去は困難である。したがって、これらは浄水処理過程での前塩素処理によって藻体

が破壊され、処理水中に溶出することになる。不溶性かび臭物質は、凝集沈でん処理での除去が可能であることから、塩素処理を凝集沈でん処理後に行う中間塩素処理を実施することとした。

本論文は、本市における中間塩素処理の取組みの第一歩として、柴島浄水場第3系沈でん池で実施した中間塩素注入の自動制御の最適化について記述するものである。本市においては、これ以後、本設備で得た経験および知見を活かし、かび臭対策として、中間塩素処理設備を他の系統および浄水場へ順次導入している状況にある。

2. 中間塩素注入設備（図-1参照）

2.1 基本設計

柴島浄水場第3系沈でん池での中間塩素注入設備の設置にあたっては、不溶性かび臭物質の低減を目的とすることから、設備の使用時期がかび臭発生時の短期間に限定され、また試験的な要素も含まれるため、大幅な設備の改造をすることなく、既設設備を最大限流用することを基本とした。

中間塩素処理は、沈でん池出口で中間塩素を注入し、殺菌およびアンモニア性窒素等の酸化除去を行うが、沈でん池での殺藻を目的として低率の前塩素注入も併用した。またマンガンは、ろ過池のマンガン砂で除去するものとし、最後にろ過水に対して後塩素を注入した。

中間塩素注入制御は、未ろ水残留塩素濃度信号をフィードバックし注入率を修正する自動制御とした。制御フローは、図-2に示すとおりである。

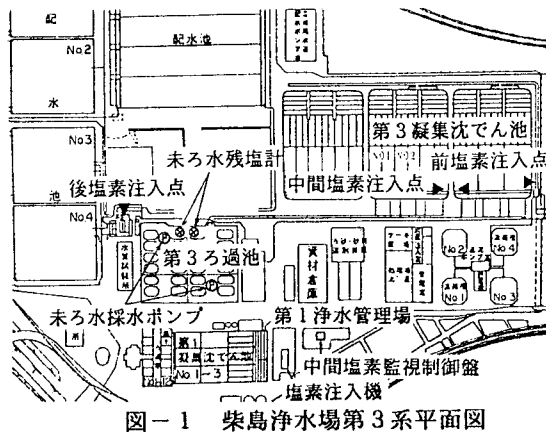


図-1 柴島浄水場第3系平面図

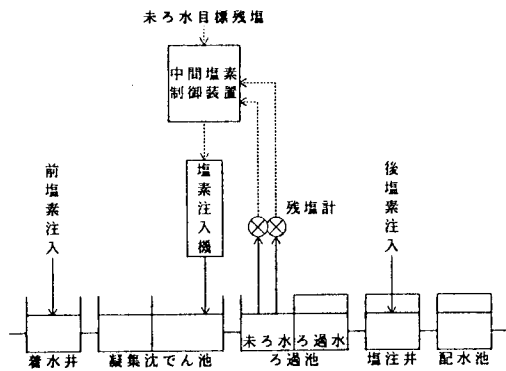


図-2 制御フロー図

2.2 中間塩素注入制御における問題点と対策

(1) プロセスの応答時間の短縮

フィードバック制御でプロセス制御を実現する場合、プロセスのもつむだ時間は制御性に大きく影響する。

中間塩素注入制御においても、塩素と沈でん水の混和、反応に要する時間、あるいは、塩素注入および残留塩素計測に要する時間の注入制御に及ぼす影響が懸念された。そのため、できるだけ良好な制御性を得るため、下記のような対策を実施し、従来の塩素注入方式では40分程度となるむだ時間を約25分まで短縮した。

ア 塩素注入に伴うむだ時間

注入機を注入点近辺に設置できればよいが現実には不可能であり、また、注入管の口径を小さくして流速を上げるという方法もあるが、注入機の問題（背圧の影響）などから限度がある。

したがって、予備の注入機を空運転し、給水量を増やし流速を上げることとした。

イ 残留塩素計測に伴うむだ時間

水質計器は、デリケートな計測機器であり、維持管理には相応の人手を必要とするため、現在まで、管理室近辺の屋内に設置されてきた。

しかし、今回、注入制御のむだ時間を極力小さくし、できるかぎり良好な制御を行うため、未ろ水残塩計をろ過池配管廊に現場設置することとした。

また、塩素注入は沈でん池出口の2ヶ所で注入しているため、注入がアンバランスになった場合を考慮して、2台の残塩計を設置した。

ウ 塩素と沈でん水の接触時間

かび臭対策としての中間塩素処理の実施時期は、夏季の高水温期であるという条件に加え、中アルカリ剤の注入により沈でん水pHを適正な値に調整することにより、必要な塩素と沈でん水の接触時間の確保に努めた。

(2) プロセスに加わる外乱

柴島浄水場第3系では、4系統分の高アンモニア、高マンガンのスラッジ処理水が、昼間に集中して着水井に返送されているため、塩素注入制御の大きな外乱となっている。

中間塩素注入制御では、沈でん池の緩衝作用により沈でん池出口での水質変動は、ある程度抑えられるが、スラッジ処理水の水質によっては、自動制御が困難になることが予想された。

また、中間塩素注入量は、注入率とろ過流量の乗算によって算出している。そのため、ろ過池洗浄後の「ろ過準備」指令により一時的に大量の水がろ過池へ流入し、実際の注入点である沈でん池出口での流量がろ過流量より大きくなるため、実質的な注入率が低下し、その結果、未ろ水残塩は大きく低下することになる。

したがって、未ろ水残留塩素が、異常に低下した場合は、注入率を一定量上げるようにした。

3. 試運転結果

設置工事完了後、中間塩素処理を実施した。

制御面での試験結果を図-3に示す。

未ろ水残塩の変動は見られるものの、中間塩素注入の自動制御はほぼ良好であった。

以下、中間塩素注入制御の結果について考察する。

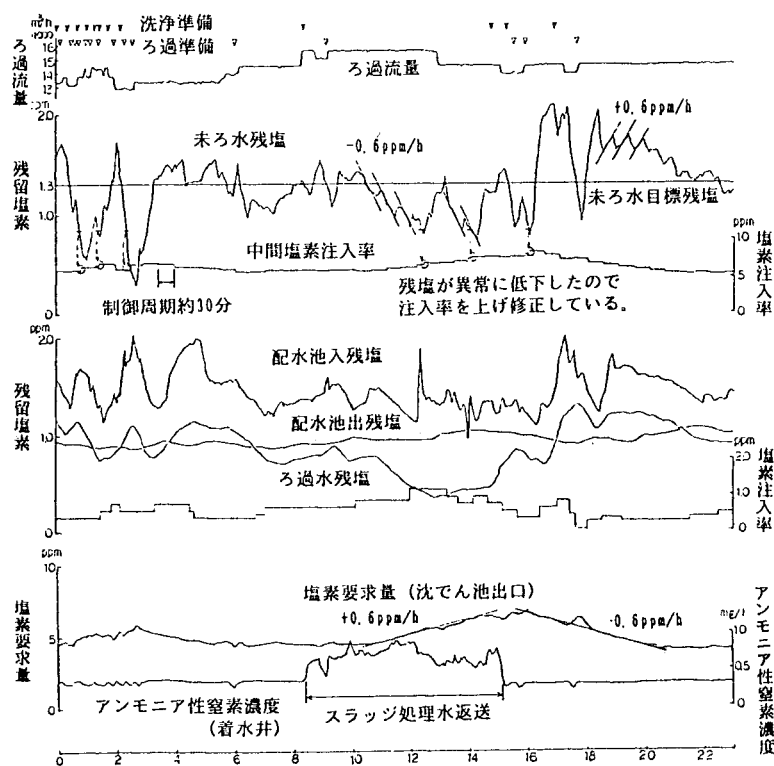


図-3 中間塩素注入制御結果

3. 1 スラッジ処理水の影響

当日は、スラッジ処理水の返送が 8時過ぎから15時まで行われ、着水井におけるアンモニア性窒素濃度は急変している。しかし、沈でん池の緩衝作用により沈澱池出口での塩素要求量の上昇、下降の割合は 0.6ppm/hr程度であった。12時と14時には、スラッジ返送水の影響によると考えられる未ろ水残塩の低下により、注入率の修正が行われている。

3. 2 「ろ過準備」による影響

「ろ過準備」時には、未ろ水残塩は大きく変動している。1～3時、16時には未ろ水残塩が異常に低下したので、注入率を自動的に上げ修正している。深夜と早朝のろ過池の連続洗浄時には未ろ水残塩は大きく変動し、制御のタイミングによっては未ろ水残塩の乱れを増幅している場合もある。

「ろ過準備」の影響を小さくするために、水張りを十分時間をかけて行い、同時にソフトウェア上で塩素注入量を一時的に増やすという方法をとったところ、制御性は改善された。

3. 3 後塩素注入への影響

中間塩素処理時のろ過水の残留塩素の変動幅は、沈でん池の緩衝作用がないため、前塩素処理時より大きくなったものの、後塩素注入率の補正、あるいは浄水池の緩衝作用により、浄水残塩は適正な値に制御できた。

また、後塩素注入を、フィードバック制御、フィードフォワード制御または両者の組合せにより自動化することで浄水残塩をさらに安定化することが可能である。

4. 中間塩素処理の効果

中間塩素設備設置後の処理では、前塩素処理に比べ、かび臭物質の低減が見られ、また、スラッジ汚泥中にかび臭物質が高濃度に蓄積されたことから、除去効果が確認された。

また、中間塩素処理ではトリハロメタン前駆物質の一部が凝集沈でん池において除去されることから、トリハロメタンの低減が期待されるが、トリハロメタン前駆物質および市内給水栓中におけるトリハロメタン濃度は前塩素処理に比べ低い値になっており、実際池において確認することができた。

5 今後の課題

今回の中間塩素処理設備は、かび臭対策としての短期間の使用を前提としたものであり、一定の成果を得ることができた。しかし、今後、塩素処理の一形態として中長期にわたり実施していくには、プロセスの外乱であるスラッジ返送方式の見直し、後塩素注入制御の改良などの制御性の改善ならびに以下に示す浄水処理上の問題点の解決が必要であり、現在、鋭意検討を進めているところである。

- (1) 高pH原水時の凝集pHの確保
- (2) 沈でん池における生物増殖の対策
- (3) ろ過池負荷量の増加に伴うろ層の維持管理
- (4) スラッジの悪臭対策
- (5) マンガン処理

引用文献

柴島浄水場 庭窪浄水場 水質試験所 施設課 (1988. 6)

柴島・庭窪浄水場における中間塩素処理の実施について

大阪市水道局水道事業研究 第121号 99-130