

実規模オゾン反応槽の混合特性

栗原 潮子*1 升 方正*2 石川 勝広*3
 三浦 良輔*1 田口 健二*1 上山 祐一*3

*1 (株) 東芝 重電技術研究所 東京都府中市東芝町1
 *2 (株) 東芝 公共システム技術第一部 東京都港区芝浦1-1-1
 *3 (株) 東芝 府中工場 東京都府中市東芝町1

概要

高度浄水処理のオゾン注入制御シミュレータ確立のため、オゾン反応槽の混合状態の検証を目的として、実規模オゾン反応実験槽によるインパルス応答試験を行った。横流式のオゾン反応槽はおおむね完全混合、またそれに続く迂流部は押出しモデルで記述できることがわかった。

キーワード

高度浄水処理, オゾン注入制御, 完全混合, 短絡, インパルス応答試験

1. はじめに

高度浄水処理のオゾン注入制御を検討する場合、検討手法の一つとして、プロセスのシミュレータを作成して行う方法がある。オゾン処理のプロセスシミュレータを作成するには、オゾンの溶解、反応はもちろんであるが、系の無駄時間や遅れの要素となる反応槽内部の混合状態を把握することが重要である。そこで、横流式の実規模のオゾン反応実験槽を使用して、食塩水をトレーサとしたインパルス応答試験により、オゾン反応槽の混合状態の実体を把握することを試みた。

2. 実験方法

(1) 実験方法および装置

インパルス応答試験には実規模のオゾン反応槽を使用した。反応槽は水深5m、幅1.15m、長さ1.7~6.6m可変のコンクリート製であり、迂流部仕切による第1段目の分割槽を模擬している。散気管は槽長方向に等間隔で設置した⁽¹⁾。

図1に反応槽の概要を示す。

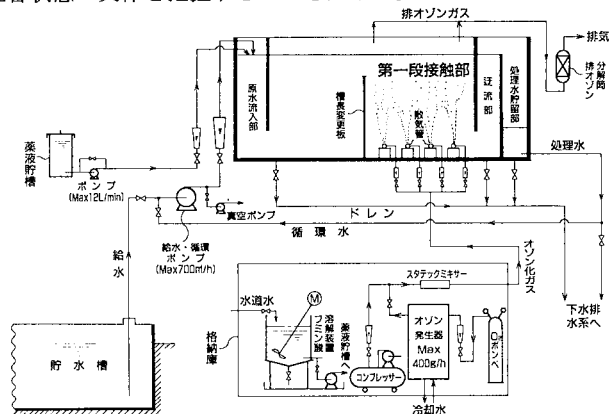


図1 オゾン反応槽実験装置の構成

トレーサである食塩水は、オゾン反応槽入口の仕切板の上部に平行に、逆蒲鉾型に切り欠いた円筒を設置し、この容積約26リットルの半円筒に食塩500gを溶解した。この半円筒をいっきに回転させることによって、できる限り均等になるようにトレーサを仕切板上に投入した。トレーサ濃度はオゾン反応槽出口及び反応槽に続く迂流部に設置した導電率計で計測した。なお、本実験では、オゾンの注入は行わず、空気のみを散気管から反応槽に通気した。

実験のスタンダード条件を表1に示す。

表1 スタンダード条件

反応槽長	3.3 m
散気管取付本数	4本
処理流量	345 m ³ /h
通気流量	11.5 Nm ³ /h
接触時間	3.3分=198秒
液ガス比	30.0
迂流部槽長	0.8 m

表2 実験条件

実験No.	実験内容	槽全体の通気量	使用散気管
1	スタンダード	スタンダード	1-4(全数使用)
2	通気量を1/2	スタンダード÷2	1-4(全数使用)
3	通気量を1.5倍	スタンダード×1.5	1-4(全数使用)
4	使用散気管数が1/2	スタンダード	1, 3(半数使用)
5	通気量, 流量とも1.3倍	スタンダード×1.3	1-4(全数使用)
6	通気量, 流量とも0.7倍	スタンダード×0.7	1-4(全数使用)

インパルス応答試験の実験条件を表2に示す。実験No.4は槽全体としての通気量はスタンダードの条件とし、散気管1本あたりの通気量を2倍にしたものである。この実験No.4では、上流側から数えて1番目と3番目の散気管2本のみを使用し、導電率はオゾン反応槽出口のみ計測した。

(2) シミュレータ

混合状態の解析を行うために、オゾン反応槽を1槽型の完全混合とみなしたシミュレータを作成した。混合の方程式は物質収支から以下のようになる⁽²⁾。

$$\frac{dC}{dt} = \frac{Ql}{V}(C_{in} - C)$$

ここで、C：槽内および槽から流出するトレーサ濃度

C_{in}：槽へ流入するトレーサ濃度

Ql：処理流量

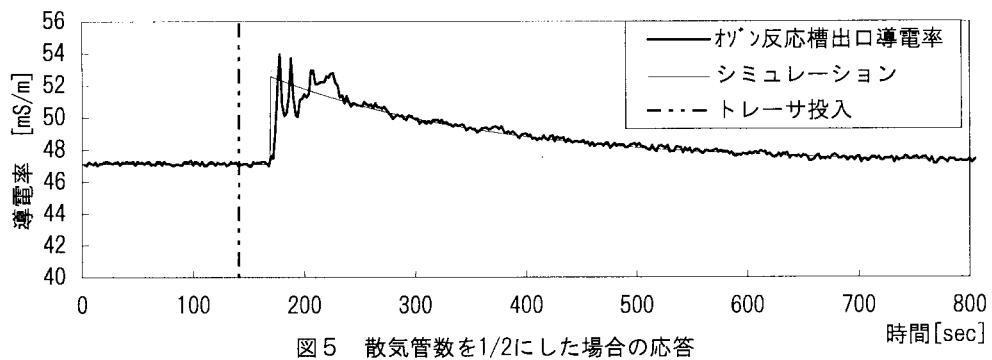
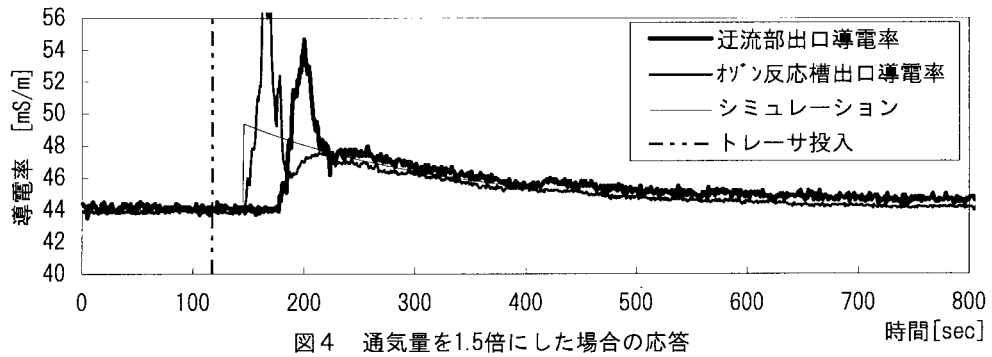
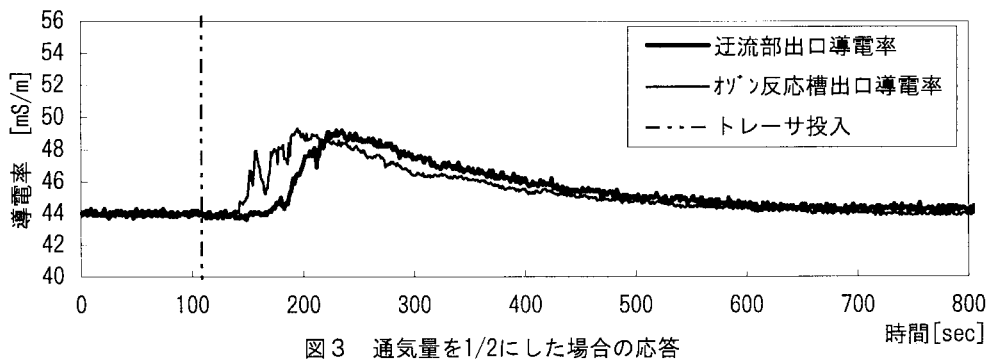
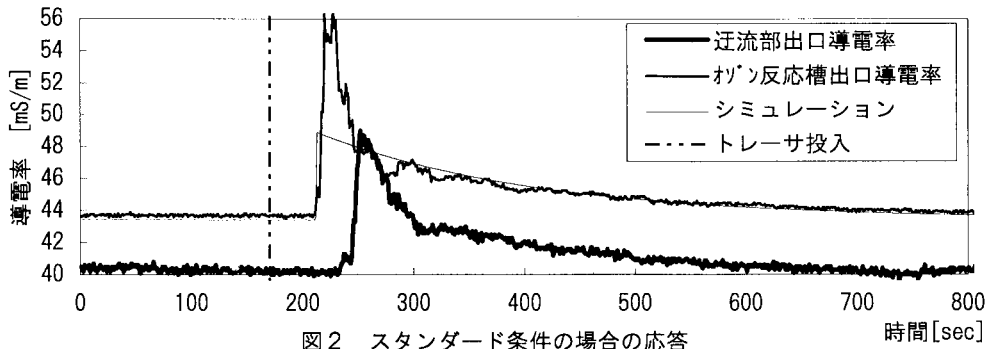
V：槽容積

上式を時間について積分し、トレーサ濃度の時間変化を演算した。

3. 結果と考察

表2に示した諸条件で行った結果を図2～図7に示す。図2, 4, 5には、オゾン反応槽を1槽の完全混合と仮定して作成した上記モデルによるインパルス応答のシミュレーション結果を合わせて示した。全体としては、シミュレーション結果と類似した結果を得ていることから、1槽型の完全混合とみなすことができる。

しかし、図2, 4, 6, 7には、濃度変化開始直後の急激な濃度上昇がみられる。このことから、オゾン反応槽の混合では、短絡を生じていることがわかる。図3, 図5のように、短絡が発生しないのは、通気量が小さい場合や使用する散気管を変化させたときの一部の場合であることが確認できる。オゾン反応槽内には、図1の反応槽上部の水流の入口から下部出口へ向かい、反時計回りの流下方向の旋回流があることが当然考えられ、この旋回流に乗って反応槽内部に戻りきれずに、そのまま反応



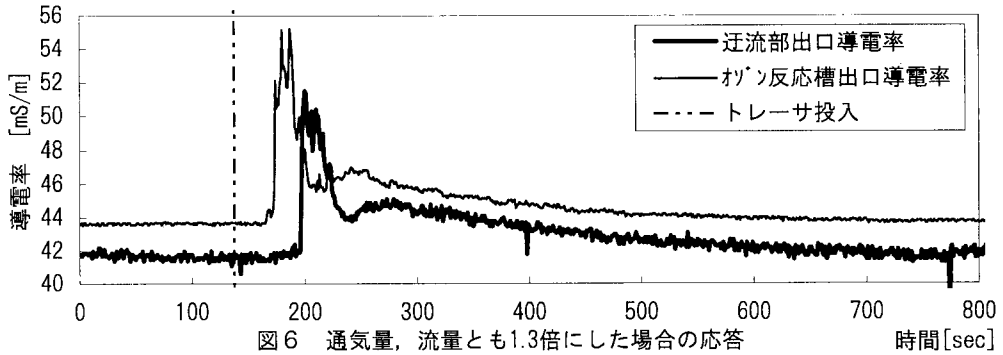


図6 通気量，流量とも1.3倍にした場合の応答

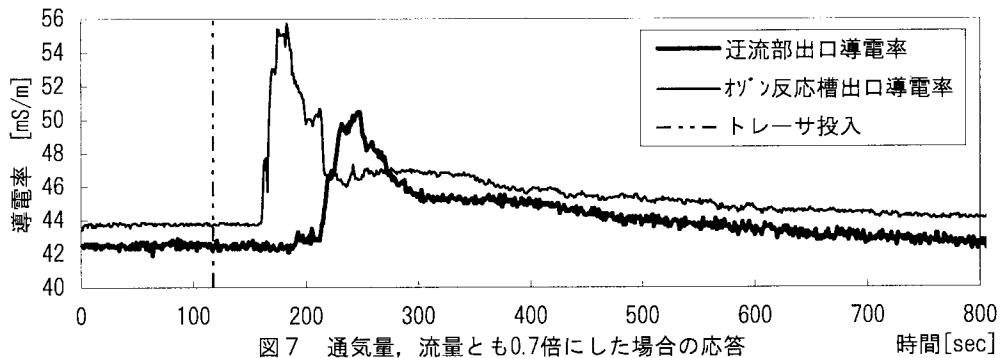


図7 通気量，流量とも0.7倍にした場合の応答

槽から流出してしまった水塊が短絡流であると考えられる。シミュレーション結果の完全混合流と実験結果の短絡流との面積から、短絡するトレーサの量を概算すると 10%~20%にもなる。しかし、多くの実機は多段槽型であるので、処理効果への影響は小さいと予想される。

オゾン反応槽に続く迂流部では、迂流部出口と反応槽出口の導電率計測値のインパルス応答パターンが、多少の遅れはあるものの良く一致することから、実験条件内では、通気量・処理流量にかかわらず、押し出し流れであることを確認した。

4. まとめ

シミュレータ作成の基本となるオゾン反応槽の混合状態は、完全混合であることを確認した。オゾン反応槽の混合状態は通気量や散気管の設置場所に影響を受ける。また、反応槽に続く迂流部は、今回の条件内では、通気量および処理流量とは無関係に常に押し出し流れで近似できることがわかった。

今後、上記結果をプロセスシミュレータの作成に反映させ、モデルの向上をはかる所存である。

5. 参考文献

- (1) 石川ほか，「高度浄水処理オゾン接触槽のオゾン溶解特性」，第5回日本オゾン協会年次研究講演会講演集，p.137(1996)
- (2) L.G.リッチ著，神保元二ほか訳，「環境システム工学入門」，産業図書株式会社，p.85(1979)