

浄水オゾン高度処理 最適運用システムシミュレーション

田村哲也*、久川義隆*

*三菱電機株式会社 制御製作所 公共部 環境装置設計課
神戸市兵庫区和田崎町 1-1-2

概要

日本では、浄水分野において臭気除去や有機塩素化合物の生成抑制方法として大規模なオゾン高度処理プラントが計画されている。

こうしたプラントでは、四季を通じてオゾン必要量が大きく変動する。これは水質浄化に必要なオゾン注入率が年間を通じて変化すること、また給水量が日間、年間において大きく変化することによるためである。この変動に対応でき、設備コスト・運転コストを最小とする設備構成と運用方法が要求される。

しかし、こうしたプラントの総合的な評価を行った事例はまだなく、一年のうちで最大のオゾン必要量をオゾナイザ台数で等分して構成を決定しているのが現状である。

そこで、計算機によりオゾン高度処理プラント全体の設備構成とその運用方法を解析し、設備コストや運転コストの最適化を図るシミュレーションを完成させた。

その結果、現状の等分割によるオゾナイザの構成決定が必ずしも最適ではないということが明らかになった。

これにより、オゾン高度処理プラント計画に対し、最適なオゾナイザ構成の決定が容易に可能となった。

キーワード

浄水 オゾン 高度処理 設備コスト 運転コスト シミュレーション

1. シミュレーションの必要性

浄水オゾン高度処理プラントでは、年間のオゾン必要量の変動が大きく、冬季は夏季

に比べ極端に落ち込んでしまうことが多い。しかし、大型オゾン高度処理プラントを総合的、科学的に評価した事例はまだなく、最大のオゾン必要量に合わせて設備構成が決定され、その運用方法については十分考慮されていないのが現状である。

現在のオゾナイザシステムのフロー（Fig. 1）では、オゾン発生器へ投入する電力量を増減することでオゾン濃度を変化させオゾン発生量を変化させているが、原料空気量は一定（空気量一定制御）であるので、ブロワ・空気冷却装置・空気乾燥装置は、オゾン発生量の多少にかかわらず常時定格の空気量を処理しており、そのためこれら補機の消費電力はオゾン発生量を低下させても常に一定である。

このため、年間のオゾン必要量の変動に対応でき、また最適なコストパフォーマンスを得るために、最適なオゾナイザの機種・台数・運用方法が必要となってくる。

従って、最大オゾン必要量を等分割するという現状では最適な構成が得られない場合が出てくる。

そこで、具体的な運用方法に則した台数・機種さらに運転コスト、メンテナンス、予備機器そして水処理効果までも考慮したシステムシミュレーションの必要がある。

今回は、特にオゾン水処理プラントにおけるオゾナイザの最適な組み合わせ、運転パターンの設定を行うシミュレーションを実施した。

2. オゾン設備概要

2.1 オゾナイザシステムフロー：大型オゾナイザの概略フローをFig. 1に示す。

2.2 オゾナイザ概要：大型オゾナイザの機種構成をTable. 1に示す。

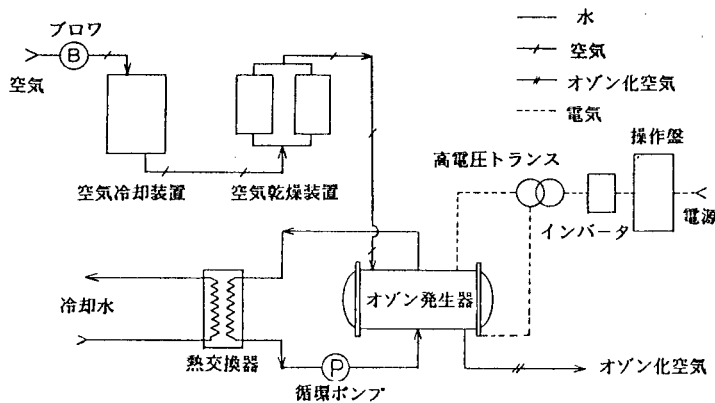


Fig. 1 オゾナイザシステム概略フロー

Table. 1 オゾナイザ機種構成

型名	オゾン発生量 kg/h	原料空気量 Nm ³ /h	オゾン濃度 g/m ³
OT-1E	1.0	50	20
OT-1.5E	1.5	75	20
OT-2E	2.0	100	20
OT-2.5E	2.5	125	20
OT-3E	3.0	150	20
OT-4E	4.0	200	20
OT-5E	5.0	250	20
OT-6E	6.0	300	20
OT-8E	8.0	400	20
OT-10E	10.0	500	20
OT-20E	20.0	1,000	20
OT-30E	30.0	1,500	20

3. システムシミュレーションによる検討結果

3.1 システムシミュレーションフロー：このシミュレーションのフローをFig. 2に示す。このシミュレーションは、オゾン必要量の大きな変動に対し、空気量一定制御と台数制御により対応する組合せ（機種と台数）および運転パターンを表示する。

3.2 入力事項：データベースとして該当浄水場の月別平均日間送水量、平均オゾン注入率がファイリングされている。

さらにシミュレーション条件としてオゾン発生量計画値、オゾナイザ冷却方式、台数、最小使用機種などを入力する。

今回入力したデータ例をTable. 2およびTable. 3に示す。

3.3 出力結果：前記入力データによる出力結果を示す。オゾナイザのすべての組合せを設備コスト順位に並べたものをTable. 4に、運転コスト（消費電力）の順位に並べたものをTable. 5に示す。

また設備コスト3位、消費電力3位の組合せ（OT-10E×1台、OT-6E×1台、OT-4E×1台）についての運転パターンをFig. 3に示す。

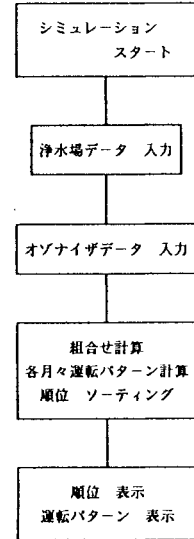


Fig. 2 シミュレーションフロー

3.4 考察：Table. 4の設備コスト順位によると最も設備コストの低い組合せと、最も設備コストの高い組合せの差は8%、Table. 5の消費電力順位によると最も消費電力の少ない組合せと最も消費電力の多い組合せの差は59%であり、設備コストによる組合せの差は小さいものの消費電力による組合せの差は非常に大きい。

ただし設備コスト1位の組合せでは、オゾナイザ台数が1台であり通年運転の場合、予備機が必要になるので実際の設備コストは上昇する。

今回の結果によると、消費電力の大きな組合せは設備コスト1位と2位であり、その他の組合せの場合、差は10%以内と小さく、設備計画にあたっては運用方法や設置面積の問題、保守管理の容易性などによりオゾナイザの組合せを検討する必要性がある。

なお、今回のシミュレーションではオゾナイザ台数を1～4台で検討したが、1台の組合せの場合、消費電力が最小のものより59%増、同じく2台の場合は23%増となっている。これは1

Table. 2 浄水場データ

月	平均日間送水量 (千m ³ /day)	平均オゾン注入率 (gO ₃ /m ³)
4	110	0.5
5	115	1.0
6	127	1.0
7	143	2.0
8	130	3.0
9	124	2.5
10	117	2.0
11	109	1.0
12	107	0.5
1	100	0.5
2	103	0.5
3	103	0.5

Table. 3 オゾナイザデータ

オゾン発生量計画値	20 kg/h
オゾナイザ冷却方式	熱交換器 方式
オゾナイザ台数	1～4 台
最小使用機種	OT-3E

年のうち月別平均オゾン必要量の最大が、最小の月の約8倍もあるため、このように年間を通じて、オゾン必要量 (kg/h) が1桁近く変動する場合には、オゾナイザ台数は3台程度以上に分割したほうが適切であることがわかる。

Table. 4 出力結果 (設備コスト順位)

順位	設備コスト※1	消費電力 ※2	構成
1	100	1,750 (159)	OT-20E
2	101	1,360 (123)	OT-10E×2
3	104	1,130 (102)	OT-10E, 6E, 4E
4	104	1,140 (104)	OT- 8E×2, 4E
5	106	1,100 (100)	OT-10E, 4E, 3E×2
6	107	1,110 (101)	OT- 8E, 6E, 3E×2
7	107	1,130 (102)	OT- 6E×2, 5E, 3E
8	108	1,160 (106)	OT- 5E×4

※1 最も安価なものを、100としてあらわす。
 ※2 年間の消費電力 (千kWh) をあらわす。() は最も消費電力の少ないものを100としてあらわす。

Table. 5 出力結果 (消費電力順位)

順位	設備コスト※1	消費電力 ※2	構成
1	106	1,100 (100)	OT-10E, 4E, 3E×2
2	107	1,110 (101)	OT- 8E, 6E, 3E×2
3	104	1,130 (102)	OT-10E, 6E, 4E
4	107	1,130 (102)	OT- 6E×2, 5E, 3E
5	104	1,140 (104)	OT- 8E×2, 4E
6	108	1,160 (106)	OT- 5E×4
7	101	1,360 (123)	OT-10E×2
8	100	1,750 (160)	OT-20E

※1 最も安価なものを、100としてあらわす。
 ※2 年間の消費電力 (千kWh) をあらわす。() は最も消費電力の少ないものを100としてあらわす。

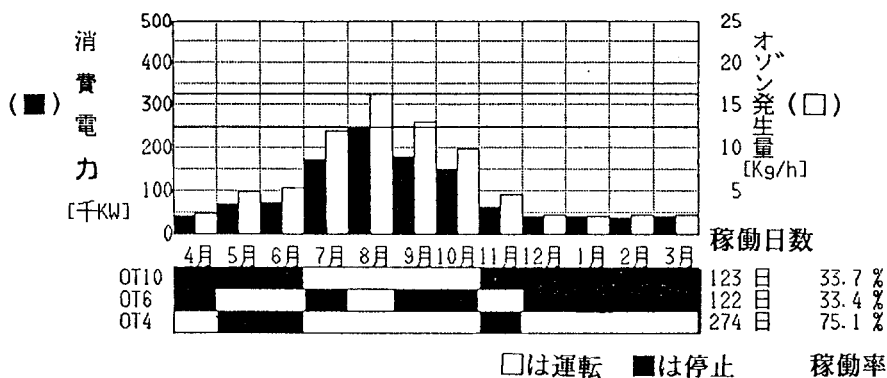


Fig. 3 月別オゾナイザ運転パターン

なお、Fig. 3には設備コスト順位、消費電力順位ともに3位の組合せについての月別オゾナイザの運転パターンを示したが、今回の場合、オゾナイザ台数が3台と少なく、設置面積・工事費も比較的少ないことが予想され、しかも3台同時運転の期間が一月間なので保守管理も容易であり、該当浄水場に適した組合せであると考えられる。

4. まとめ

オゾン水処理負荷、すなわちオゾン必要量の大きな変動に対応できる最適なオゾナイザの組合せを、容易に算出できるシステムシミュレータを完成させた。

本シミュレータにより、浄水オゾン高度処理プラントの最適な設備計画の決定が、容易に可能となった。