

活性炭ろ過筒の逆洗の最適操作

小川 進¹・佐野 茂²

¹正会員 工博 Cornell University (Ithaca, NY 14853-5701, USA)

²東京都水道局水質センター (〒113 東京都文京区本郷2-7-1)

東京都水道局金町浄水管理事務所における活性炭ろ過筒の逆洗の最適条件を決定するために、基礎実験を行った。活性炭の逆洗は、空気洗浄と水洗浄とを連続して行う。実験により、ろ過筒の活性炭層の損失水頭は表層～50cmまでがほぼ全損失水頭に相当することがわかった。したがって、この層を重点的に空気洗浄することとした。モデル実験の結果、洗浄時の水位、時間及び同時注入する空気量の最適値が求められた。さらに、水洗浄の最適水量は逆洗速度と時間の積がほぼ一定であることが確認され、その量は空気洗浄で使用した水量の約5倍となった。また、最適条件によれば、従来と比べ、時間で70%の短縮、水量でも70%もの節減が期待されることになる。

Key Words: activated carbon treatment, backwashing, diffusion equations, filtration rate, head loss

1. はじめに

東京都水道局金町浄水管理事務所では、現在活性炭ろ過池の逆洗を空気及び水洗浄を併用して実施している。この逆洗法は従来の砂ろ過池の水のみの逆洗とは異なり、水と空気を併用する洗浄法であり、経験的に操作が決められている。しかし逆洗の最適操作を決定することは、合理的な運転管理とともに、経済的なろ過池を将来設計する上でもきわめて重要である¹⁾。そこで、その第1段階として逆洗に関するモデル実験を行い、活性炭ろ過筒の逆洗の最適条件を決定した。なお、逆洗操作は空気洗浄と水洗浄とを分離して行った。

2. 逆洗の最適水量

活性炭ろ過筒の逆洗は、空気洗浄と水洗浄からなる。空気洗浄は、ろ過筒を一定水位に保った状態で空気を下方から送り、活性炭層を一定時間流動させ活性炭粒子間の衝突により、その表面濁質を除去する (Fig.1参照)。水洗浄は、膨張率を一定にし、ろ過筒内の濁水を清水で押し流し、濁質が消失した時点で終了する。すなわち、活性炭ろ過筒の逆洗は空気洗浄が主であり、水洗浄は単に空気洗浄時に生じた濁質を除去する操作過程となっている。逆洗の最適操作には、空気洗浄時のろ過筒内水位、流量及び時間と水洗浄時の必要水量の各最適値が必要であるが、今のところ、空気洗浄時のろ過筒内水位、空気流量及び時間の最適値は実験的に求めるしかない。これに対し、水洗浄時の必要水量に関しては、初期濁度が1%に低下する水量とすると、空気洗浄時のろ過筒内水量の約5倍の洗浄水に相当した²⁾。必要水量は流速と時間との積であるから、流速を2

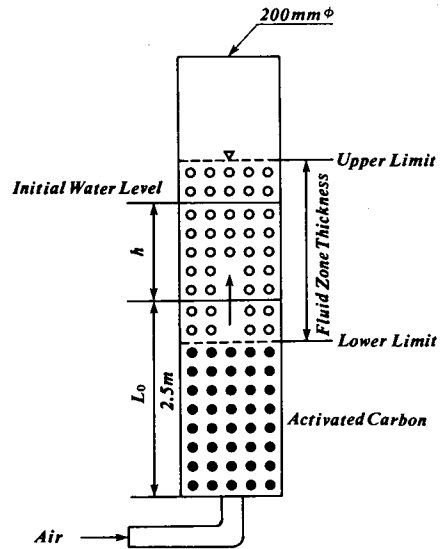


Fig. 1 An activated carbon filtration pond washed by air scouring.

倍にすれば時間は半減できる。また、空気洗浄時の水位を下げることで水洗浄時の必要水量が低減できることが予想される。

3. 活性炭ろ過筒の逆洗の実験

これまで経験的に逆洗は5分間の空気洗浄と引き続き15分間の水洗浄で行っていたが、ここでは空気流量と水洗浄時の必要水量の最適化を試みる。す

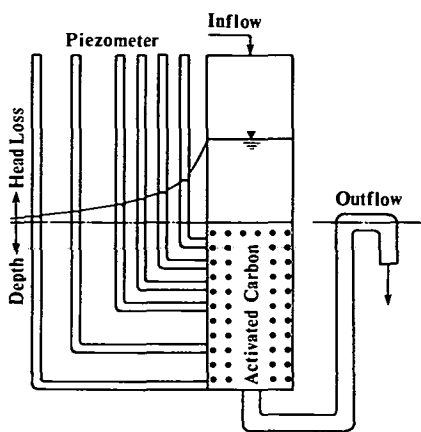


Fig. 2 A piezometer and head loss in the activated carbon filtration pond.

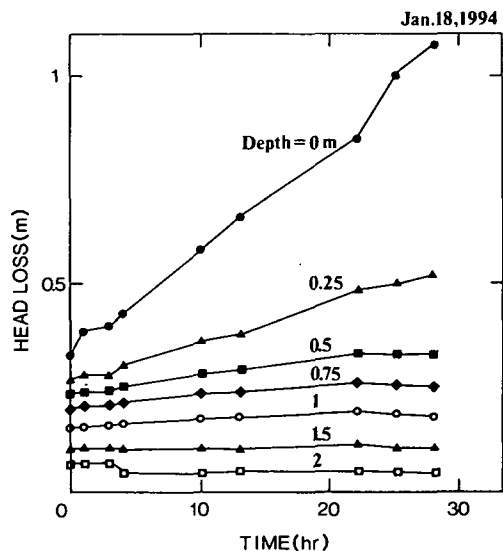


Fig. 3 Time series in head loss for each layer.

なわち、空気洗浄時のろ過筒内水位、空気流量、洗浄時間及び水洗浄時の時間の最適値を求める。逆洗の実験には、水質センター朝霞水処理実験所に設置されている活性炭ろ過筒を用いた。実験筒は直径20cmのアクリル製で内部に層厚 2.5m で粒度の異なる活性炭層が形成している。

活性炭ろ過層の濁質による目づまりは、水理学的には損失水頭で表現され、ピエゾメータで計測される (Fig.2参照)。ピエゾメータは、各層の水圧を透明塩ビ管の水位で計測する。水位は測定点以下の層の損失水頭を表している。したがって、ろ過筒の運転とともにFig.3に示すように、各水位 (損失水頭) は上昇していく。観測された各層の水頭の時間

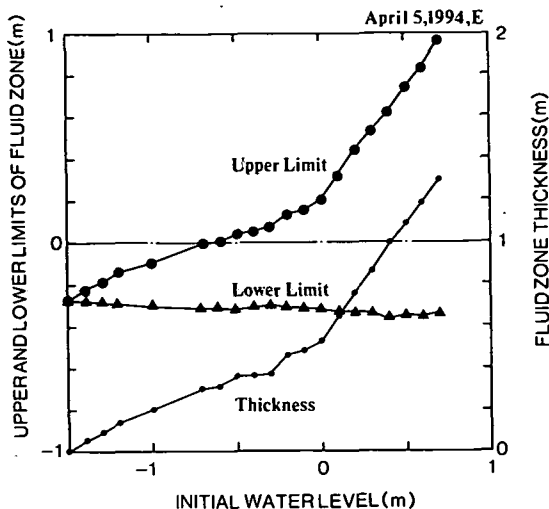


Fig. 4 Initial water levels, and the upper and lower limits of a fluid zone.

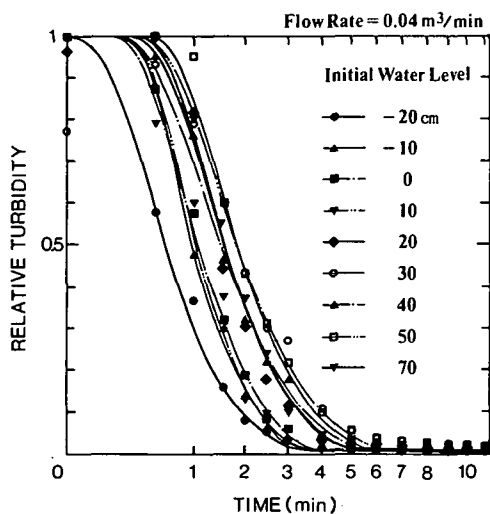


Fig. 5 Time series in relative turbidity and its dependence on initial water levels.

変動はほぼ直線的に増加し、表層から 25cm までの層が損失全体の約4分の3で、25cm~50cmの層がその約4分の1を占めている。50cm~250cmの層は全損失の数%にすぎない。よって活性炭表層の 50cm までの層を洗浄すればよいことになる。

これに対し、空気洗浄時には活性炭層は上部の一定の層厚だけが流動し洗浄されるが、その下部層は流動せず、したがって、洗浄されない。そこで、空気洗浄時のろ過筒内初期水位と活性炭流動の関係を求めるために、空気流量一定(1.6m³/h)でろ過筒内初期水位を変化させて、流動層の厚さを調べた。なお、ろ過筒内初期水位は運転時の活性炭表層を基準

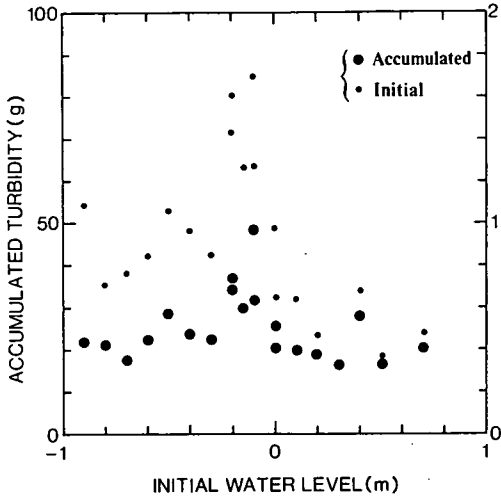


Fig. 6 The dependence of initial and accumulated turbidity on initial water levels.

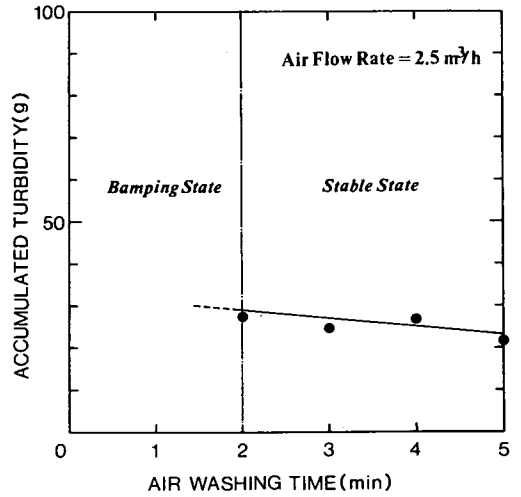


Fig. 8 Air washing time and accumulated turbidity.

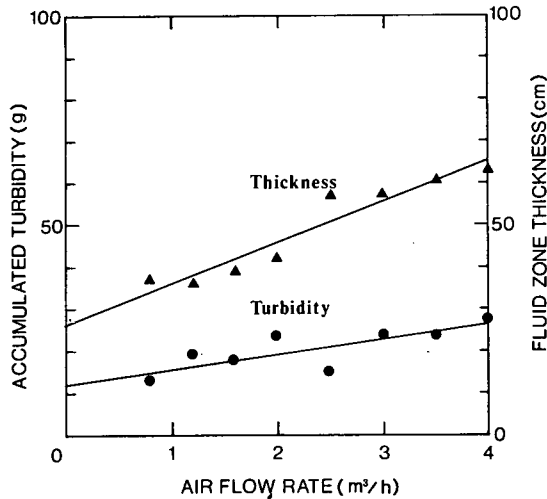


Fig. 7 Air flow rate, fluid zone thickness, and accumulated turbidity.

とし、上向きを正とした。

この結果、ろ過筒内初期水位が下がるにつれて、流動層の厚さは減少した (Fig. 4 参照)。さらに下げると -150 cm で完全に流動しなくなった。空気洗浄時の流動層の層厚が 50cm となるのは、ろ過筒内初期水位がほぼ 0cm のときである。また、流動層の下限は余り変化しなかった。

次に空気洗浄時のろ過筒内初期水位を変えて、逆洗時の流出濁度の相対値の時間変動をみたところ、Fig. 5 に示すように、ろ過筒内初期水位が減少するにしたがって、濁度の低減が早くなる傾向が -20cm まで認められた。ろ過筒内初期水位が約 -20cm のと

きに、初期濁度は最大となり、約 4 分で 100 分の 1 まで低下した。この時点の使用水量は 5.09m である。流速 $v = 1.273 \text{ m/min}$ 及びろ過筒内初期水位 -20 cm から計算すると、空気洗浄時のろ過筒内水量の 4.4 倍に相当した。

Fig. 6 には、初期濁度 (単位: 度, TU) と累積濁度 (単位: g) のろ過筒内初期水位依存性を示す。ここで、累積濁度とは濁度の時間積分値のことである。ろ過筒内初期水位が 0 ~ -20 cm のとき、濁度は初期値だけでなく累積値も最大となった。よって、ろ過筒内初期水位 0 ~ -20 cm が最適水位と考えられる。ろ過筒内初期水位をこれより下げると、流動層の層厚が減少し洗浄効果が下がるため、流出濁度が低下すると推測される。

さらに、洗浄時の空気流量を増やしたところ、Fig. 7 に示すように流動層の層厚が増加し、空気流量が $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ のとき、層厚が 50cm を越えた。同時に累積濁度も増えたが、その勾配はゆるやかであった。損失水頭のほとんどが表面から層厚 50cm までに集中しているので、この空気流量を最適値とすることができる。

次に空気洗浄時間を変えて、累積濁度の変化をみた。Fig. 8 に示すように 2 分以上洗浄しても全く効果に違いはなかった。なお、空気洗浄時間が 2 分以下では、活性炭ろ過層は沸騰状態で一般的な空気の流れは得られなかった。よって、この一般的な流動状態にいたるまでの時間 2 分が最適時間になる。つまり空気の流れが一般になった時点で空気洗浄を終了させることを意味する。

したがって、この場合、空気洗浄はろ過筒内初期水位 0 ~ -20 cm、空気流量 $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 、時間 2 分が最適値であると考えられる。

以上、空気洗浄と水洗浄を連続して行う場合の逆洗の最適条件を実験により求めることができた。これにより空気洗浄では従来の 5 分が 2 分に短縮さ

れ、水洗浄では従来の 15 分から 4 分に短縮可能となった。したがって、時間にして全体で 20 分から 6 分へと 70% もの大幅な短縮となり、水量でも 70% の節減が期待できることになった。

4. 結論

活性炭ろ過池における空気洗浄と水洗浄による逆洗の最適条件を決定するために、モデル実験を実施した。これらの結果より、以下の結論に達した。

- (1) ピエゾメータによる各層の損失水頭の時間変動をみると、表層から 25cm までの層が損失全体の約 4 分の 3 で、25cm~50cm の層が約 4 分の 1 を占めている。よって、活性炭表層の 50cm までの層を対象に空気洗浄すればよいことがわかった。
- (2) 空気洗浄時のろ過筒内初期水位の低下が洗浄効率とともに水洗浄時の水量低減に有効であると考えられる。モデル実験により、ろ過筒内初期水位 0~20cm が最適値であることが判明した。
- (3) 今回の空気洗浄のモデル実験では、空気流量 2.5m³/h 時間 2 分が最適であると考えられる。すなわち、空気流量は表層から 50cm までの層を流動させるのに必要なもので、時間はろ過層の突沸状態が終了し一様な空気の流れが開始した直後ものである。

(4) 最適条件によれば、従来の方式と比べ時間にして、20 分から 6 分へと短縮され、水量にして同じく 70% もの節減が期待される。

活性炭ろ過筒の逆洗の最適条件を理論式に基づくモデル実験から求めたが、今後、東京都水道局金町浄水管理事務所等の実験池での検証が期待される。また、逆洗の最適操作には研究の余地が大いにあり、砂ろ過で行われている膨張率制御に代わる新たな手法の開発が至急望まれる。

謝辞：なお本論をまとめるにあたり、東京都水道局水質センターの職員諸氏からいただいた御助言、御協力には謝意を表したい。特に、同センター朝霞水処理実験所における、石塚清史郎、半野田幸隆、池田広数、牧野育代の各氏の実験への全面的な御協力を心から感謝したい。

参考文献

- 1) 藤田賢二：急速ろ過池における洗浄に関する諸元の水理学的考察，水道協会雑誌，第41巻，第8号，第455号，pp. 2~31, 1972.
- 2) 小川進，佐野茂：活性炭ろ過筒の運転管理の水理，土木学会論文集，1997.
- 3) 東京都水道局水質センター：水質年報，1994.

(1995.9.11受付)

OPTIMUM BACKWASHING PROCESS FOR ACTIVATED CARBON FILTRATION

Susumu OGAWA and Shigeru SANO

Optimum backwashing conditions for activated carbon filtration ponds were examined with a series of model experiments. A backwashing process consists air scouring upward and water backwashing. Since the total head loss of the ponds was caused mainly by a layer between its surface and 50-cm-depth in activated carbon layer, this layer should be washed by air scouring. In the air scouring, the optimum water level, time, and air flow rate were determined by a series of the model experiments. On the other hand, the optimum water amount in the backwashing became a constant product of flow rate and its time theoretically and experimentally. On the optimum conditions, the operation time can be reduced by 70 % and backwater can be also reduced by 70 % compared with the traditional conditions.