

正員 京都大学 エ博 末石富太郎

○正員 大阪市

森尾宗俊

原水水質が悪化し、かつその変動が激化しつつある現在、浄水場の位置する諸条件や技術管理の総合能力および経済性を考慮した独自の合理的管理が要求されている。

このような水質負荷の変動に対処した給配水水質の安全を確保し、より安価に給配水するために建設・維持・管理の全般を通じて経営上あるいは、経済上の考慮が払われなくてはならない。最近多くの分野で応用されるようになったORの手法は、このような問題を解決するための好個の手段である。

・本研究においては、線型計画法を応用した管理方法について述べる。また、非定常時の管理のあり方について、特に遷移状態の応答を実験的に考察する。

133%程度の処理能力を持つパイロット・プラントの最適操作が設計の指針を目的として、次の如き方法でそれを行なった。今わかりやすくするためと装置の特性を知るための実験において、多くの指標について行なうことが不可能であったので、水質指標として濃度ととり、一か前処理効果の判定が、ややもすれば沈殿池浮遊物除去のみに関心が集っていたが、本来は、ろ過性を良くし、ろ過水量を多く、かつ含有物が水質基準を満足することであるから、ここでは一応、ろ過池のろ過閉塞指数^{*1}および、フロック侵入度^{*2}に注目した。

浄水操作が、次の段階で行われるものとし、各々の段階の管理因子は、次の如くである。

I. 原水および薬品注入段階

X_1 : 原水濃度(度) X_2 : 硫酸バンド注入率(m) X_3 : ソーダ灰注入率(m)

X_4 : アルギン酸ソーダ注入率(m) X_5 : 薬品注入後水アルカリ度

II. 混和段階

X_6 : 第1混和池GT値 X_7 : 第2混和池GT値 X_8 : 第3混和池GT値

III. 沈殿段階

X_9 : 沈殿池フルード数 X_{10} : 沈殿池表面負荷率

X_{11} : 沈殿池滞留時間(分) X_{12} : 沈後水濃度

因子と各指標の関係は、実験の結果から得た4個の定常状態における資料を最小二乗法によって、次のごとく得られた。

$$X_1 = 0.182X_1 - 0.179X_2 + 0.624X_3 + 9.197X_4 \text{ ----- } \textcircled{1}$$

$$\begin{aligned} \text{沈後水濃度 } X_{12} = & -0.069X_1 + 0.238X_2 - 0.556X_3 - 13.3X_4 - 3.771X_5 - 0.543X_6 + 23.324X_7 - 42.55X_8 \\ & - 0.651X_9 - 9.090X_{10} - 2.166X_{11} \text{ ----- } \textcircled{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ろ過閉塞指数 } X_3 = & -0.190X_1 - 0.207X_2 + 0.700X_3 - 2.617X_4 + 0.557X_5 - 2.784X_7 + 3.562X_8 \\ & + 0.140X_9 + 6.446X_{10} + 0.270X_{11} + 0.211X_{12} \text{ ----- } \textcircled{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{フロック侵入度 } X_8 = & 0.0090X_1 - 0.0134X_2 - 0.0386X_3 + 0.2020X_4 + 0.4916X_5 + 0.0823X_6 + 1.3035X_7 \\ & - 2.8904X_8 - 0.0504X_9 - 0.6788X_{10} - 0.1863X_{11} - 0.1105X_{12} \text{ ----- } \textcircled{4} \end{aligned}$$

$$\text{沈殿除去率 } X_{11} = 0.748X_1 + 1.537X_2 - 2.178X_3 + 35.567X_4 + 30.75X_5 + 27.70X_7 + 1.379X_8 - 4.436X_9$$

$$+0.828x_9 - 9.603x_{10} - 3.087x_{11} \text{ ----- ⑤}$$

水質基準、処理 および線型式の適用範囲に基づく制約条件は、①式、②式、 $5 \leq x_3 \leq 3$ ---⑥
 $2 \leq x_4 \leq 1$ -----⑦ $90 \leq x_5 \leq 60$ -----⑧ と考える。 x_3, x_4 の条件は、実験結果から、この値の
 範囲より小さい値の場合は、ろ過水中の浮遊物の量が多くなり、これを起す場合は、ろ過水量が急激
 に減少し、ろ過継続時間が短縮されることが、わがうたので、これを採用することにした。

各段階の目的函数は、 $R_1(x_1, \dots, x_5)$, $R_2(x_6, x_7)$, $R_3(x_8, x_9, x_{10}, x_{11})$, $R_4(x_{12})$ とする。もし対象が同一の
 、例えば、費用を用いると、その総費用は次式の如くなる。

$$R(x) = R_1(x_1, \dots, x_5) + R_2(x_6, x_7) + R_3(x_8, x_9, x_{10}, x_{11}) + R_4(x_{12})$$

もし、これら費用を各因子の線型式で表現することは、不可能であるから、本方法では、最適性
 の原理を応用し次の如く考えた。

第I段階において、まず $x_6, \dots, x_{11}$ を仮定した制約条件のもとで、 $R_1(x)$ を最小にする、因子 $x_1, \dots, x_5$ を
 決定する。 $R_1(x)$ は線型式で表現することが不可能で次の如くなる。

$$R_1(x) = 1.85 (\text{円/日}) x_1 + 3.25 (\text{円/日}) x_2 + 6.67 (\text{円/日}) x_3$$

これは、シンプлекс解法によって容易に決定される。このときの費用 $R_1(x_1^0, x_2^0, x_3^0)$ を $G_1(x_1^0, x_2^0, x_3^0)$
 と表わし、これが最適操作時の費用である。これらと各種形状の泥殿池および混和条件について求め
 仮定するたりに用いられた混和池費用 $R_2(x_6, x_7, x_8)$ および泥殿池費用 $R_3(x_9, x_{10}, x_{11})$ を加算した費用が、
 最小となる操作を行えばよい。

第II段階としては、Iの最適操作 $x_1^0, \dots, x_5^0$ は、既値であるから、第II段階以後について仮定を行ない
 、上の条件式下で $R(x_6, x_7, x_8) \rightarrow \min$ となる x_6^0, x_7^0, x_8^0 をIと同様に求め、このときの費用を $G_2(x_6^0, x_7^0)$ と
 して $G_1(x_1^0, x_2^0, x_3^0) + G_2(x_6^0, x_7^0) + R_3(x_9, x_{10}, x_{11})$ が最小となる操作を行えばよい。

第III段階では $x_6, \dots, x_{11}$ は相互に関連し、各々の費用を単独にとりだすことはできないが、すでにI, II
 段階で $x_1, \dots, x_5$ が決定されており、費用は三者として計算し最適条件 $x_1^0, \dots, x_5^0$ を求めればよい。この結
 果、もし、これから設計を行なう場合は $x_6, \dots, x_{11}$ によって、泥殿池の形状が決定出来る。また現設備に
 おける管理を行なう場合は、流量によって $x_6, \dots, x_{11}$ は決定されI, II段階の方法によってその最適操作条
 件を決定できる。結果については、講演時詳しく述べることにするが、ほぼ目的は達成することが
 できた。このようにして定常状態の管理を行なうことができるが、常水水質の変動が大きい現状では
 非定常状態における管理方法が確定されねばならない。特に遷移状態が存在するので遷移状態、遅滞効
 果について、特に研究が痛感される。講演時には、実験的な考察を加えたい。

※ろ過閉塞指数 $x_{12} = \frac{1}{V} \frac{h_2}{h_1 h_0}$

V: 20分間のろ過水量

h_1 : 間隔後の深さ15cmの損失水頭(cm)

h_0 : 間隔前の "

ろ過は定圧ろ過法により有効層0.6mm等係数1.67の砂層と
 70cmとし砂上水深70cmであった。ろ過速度は変動するが開始直
 後は約280%であったが、30分間隔に必要データーをサンプリング
 した。

※2フロツク侵入度

$$x_{14} = \frac{h_{12}}{h_{11}}$$

$$h_{12} = H_{12} - (V_{12}/V_{11}) - H_{11}$$

$$h_{11} = (H_{12} - H_{11}) \left(\frac{V_{12}}{V_{11}} \right) - (H_{11} - H_{12})$$

H_{12} : 表層4cmの20分後の損失水頭

H_{11} : 深さ15cm "

H_{10} : 表層4cmの間隔前の損失水頭

H_{11} : 深さ15cm "

V_{11} : 間隔前のろ過

V_{12} : 20分後のろ過