

## (6-15) 砂層による溶解性物質除去の基礎的研究

—水中放射能除去に関する—

正員 京都大学工学部 工博 岩井重久  
 正員 同 合田健  
 准員 同 ○神山桂一

**1. 前書き** 水中放射性物質の除去は当面の重要な課題であり、すでに欧米では活発な研究が行われている。しかし大体において断片的な実験報告が多く、基礎理論には乏しい。また上水浄化に関しては、緩速ろ過のdataが特に少ないので、これが我が国水道で極めて大きい比重を有する点にかんがみ、模型により、放射性  $C_{60}$  および不活性  $C_0$  を用いて二、三のろ過実験を試みた。また、実験結果の解析では、ある濃度の溶解性物質を含む水が充填層（砂層）を通過する際における物質吸着、阻止率の理論式を用いた。

**2. 理論** ろ過膜や砂中汚泥は一応除外し、砂粒のみの層を考え、砂面に原点、下向きに  $z$  軸をとる。深さ  $z$  の層を通過する水の単位体積中の吸着可能物質量を  $M$ 、砂単位体積当たり時刻  $t$  までに貯えられる吸着可能物質量を  $S$ 、ろ速を  $v$ 、空隙率を  $\phi$  とすると、先ず吸着可能物質に関する次の連続式が成立する。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \phi \frac{\partial M}{\partial t} = -v \frac{\partial M}{\partial z}$$

次に、吸着に関する Langmuir の考えを適用し、単位体積中の砂の全表面積を  $\varphi$ 、そのうち物質を吸着しうる部分の割合を  $\delta$ 、それが既に占拠されている割合を  $\theta$  とし、 $\theta = S/S_s$  ( $S_s$  は saturate されたときの  $S$ ) と仮定する。一方吸着可能物質は、 $dt$  時間にこの部分を  $Mvdt$  だけ通過するから、次の吸着式が成立す。

$$\frac{\partial S}{\partial t} = kM \left(1 - \frac{S}{S_s}\right), \quad \text{ただし } k = p\varphi\delta v$$

$p$  は比例常数で吸着 rate をあらわす。境界条件には、 $M(0,t) = M_0$ 、および  $S(z,0) = 0$  を用い、上の 2 式を連立して解くと、 $M, S$  がそれぞれ求まる。

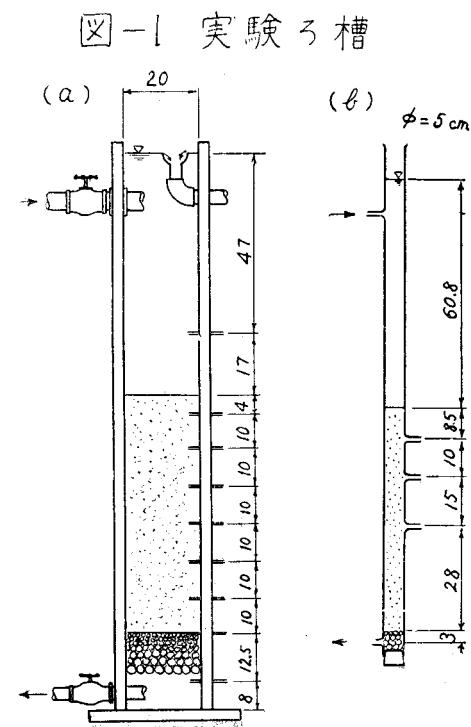
$$M = \frac{M_0 \exp[M_0 k \tau / S_s]}{\Psi(\zeta) + \exp[M_0 k \tau / S_s]}, \quad S = \frac{S_s}{k} \left\{ k - \frac{\Psi'(\zeta)}{\Psi(\zeta) + \exp[M_0 k \tau / S_s]}\right\}$$

$$\text{ただし, } \Psi(\zeta) = \frac{\exp[k\zeta] - \exp[-M_0 k \beta \zeta / S_s]}{1 + M_0 \beta / S_s}$$

$$\zeta = z/v, \quad \tau = t - \beta z/v$$

**3. 実験** 初めに、放射性同位元素  $C_{60}$  を塩化コバルトの形で含む原水を、図-1(a) のような前面ガラス張のろ槽中に feed した。原水は京都疎水のものであるが、ろ速は 5 m/d、 $C_{60}$  はろ過開始後 18 日、ろ膜が充分発達した状態で 24 時間注入を行つた。この時の原水の放射能は約  $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{c}/\text{cc}$  である。砂層各深さに挿入した採水管、水頭計などを用いて、砂層間隙水、ろ水の放射能や水頭変化を測つたが、ろ膜による阻止率は極めて高く、ろ膜下数 cm の間隙水ではすでに除去率 99% 以上を示し、 $C_0Cl_2$  に関する限り、緩速ろ過の効果、特にろ過が発達している時の阻止効果は充分期待できる。なお、実験後 core sampling によつて各層の activity を調べてみると、表層数 cm は強い汚染をうけているが、それ以下には大した activity は認められなかつた。

次に、ろ過効力発生前の砂層を対象とし、その溶解物質阻止率を知るため、不活性の  $C_0$  による  $C_0Cl_2$  溶液を原水とし、図-1(b) のような小ガラス円筒を用い、単なる透水実験によつて、透過水および各層間



隙水にあらわれる  $C_6$  イオン濃度の時間的変化をしらべた。放射性  $C_6^{60}$  を用いた前記の実験とは異なり、ろ過膜や砂中汚泥は存在しないので、この data には 2. の理論式がそのまま apply されるが、比較するとかなりよく適合することがわかつた。また、 $C_6$  以外の元素についても現在同様な方法で検討中である。なお、2. の理論式は濃度  $M$ 、蓄積量  $S$  を求めているが、これから activity を求めるならば、流れる間の自己減衰を考えねばならない。尤も  $C_6^{60}$  は半減期が 5.3 年であるからその影響は無視できる。

### (6-16) 二重ろ過の実験的研究（第1報）

正員 京都市水道局 土 田 恒 一

**1. 前書き** 京都市水道局では緩速ろ過による浄水施設の拡張を計画中であるが、本文はその建設費及び維持費の節約をはかるために昭和26年以来実施してきた二重ろ過実験の結果をとりまとめたものである。二重ろ過については、大正14年2月から昭和2年1月にかけても京都市で実験が行われ、ろ過持続期間が34%延長されたことが確かめられているが（ろ過は単一ろ過では20尺/日、二重ろ過では1次ろ過300尺/日、2次ろ過27.3尺/日であつた）、今回の実験では二重ろ過の効果がさらに顕著であることが実証された。

**2. 実験施設および要領** 試験池は鉄筋コンクリート造、1次および2次ろ過池より成るが、前者のろ過面積は  $1\text{ m}^2$ 、後者は  $10\text{ m}^2$  で、各々2池ずつ並列し各種の比較検討に便ならしめた。その他着水井、調整室、減菌室（配水池）および計量器等の附属施設を有するが、ろ水々質の詳しい比較判定が1つの主要な目的であるから、塩素滅菌は行わなかつた。なお、本研究では、二重ろ過方式が在来の緩速ろ過方式と同等以上の負荷に対して、どのていどの浄水能力を有するかを知りたいから、比較の対象として本市松ヶ崎浄水場の緩速ろ過池（ろ速6 m/d、原水は同じ京都疎水）をえらび、実験ろ速は1次ろ過  $80\text{ m/d}$ 、2次ろ過  $8\text{ m/d}$  とした。したがつて2次ろ過池のろ材は松ヶ崎のものと同じく、有効径  $0.45\text{ mm}$ 、均等係数  $1.67$  とし、最初敷厚は  $75\text{ cm}$  である。これに對し、1次ろ過池のろ材は細粗の砂利（ $2\sim5\text{ mm}$ 、 $3\sim9\text{ mm}$ 、 $6\sim15\text{ mm}$ 、 $10\sim20\text{ mm}$ 、 $20\sim30\text{ mm}$ ）を層状に敷き、粒径、層厚を種々に組合させ、また、上向きおよび下向きろ過についてそれぞれろ過能力の比較を行つた。浄水能力の比較に際しては、ろ過効力の発現時期、ろ過持続日数およびろ過損失水頭が主要な指標となるがろ過効力の発生時期は、ろ水が飲料水の判定標準に適合した時とみなし、毎日定時に行つた水質試験はすべて上記標準に準拠した。また、ろ層の損失水頭は、各深さに挿入したガラス管の manometer により、時間的、位置的変化を測定した。

**3. 実験結果と考察** 実験資料は多量に上るが、その詳細は省略し、得られた成果を要約すると次のようである。

(1) 従来の緩速ろ過速度  $6\text{ m/d}$  を  $8\text{ m/d}$  に上げても、なおその有効持続期間は約2倍に延長され、また、水質試験結果からみた浄水能力は、単一ろ過に比しいさゝかも劣らない。

(2) 1次ろ過は原水の細菌数、および生物数を少くとも半減させる能力があり、また、原水濁度の高い場合、濁度除去能力は著しく、この原水に対する予備処理法として適していると認められる。

(3) また、1次ろ過池の水頭損失は、上向きろ過の方が下向きろ過の場合に比し少なく、一方2次ろ過池に対する影響は両者とも大した差がないから、一応上向き1次ろ過を採用することが考えられる。なおこの上向きろ過の場合、ろ過開始後1ヶ月で、1次ろ過池の損失水頭は（原水の条件によつて異なるが）最高  $18\text{ cm}$ 、最低  $1\text{ cm}$ 、平均  $10\text{ cm}$  ていどである。

(4) 緩速ろ過池の持続期間は1ヶ月位が適當とされているが、水棲動物の生长期には、2次ろ過池の持続期間が1ヶ月以上におよぶことは好ましくない。

なお附表は実験池の原水と同じ松ヶ崎浄水場原水の水質を示す。

**4. 経済的考察** 松ヶ崎浄水場既設浄水能力  $114,000\text{ m}^3/\text{d}$  を  $144,000\text{ m}^3/\text{d}$  に増そうとする時、二重ろ過によるものと、単一緩速ろ過による場合とを比較するに、建設費については前者の方が約  $127,000,000$  円安くなり、且維持費も年間約  $10,000,000$  円の経費節減出来る見込である。

(附記) 本実験については渡辺水道局長、安田係長、御竿氏、浅田氏等に、又本稿を草するに當つては京都大学武居、石原、岩井、合田の各先生に負う所尠くない。記して深甚な謝意を表する次第である。