

北見工大 正員 海老江 邦雄

1 まえがき 岩崎を起点とする Ives, Minty ら系統のろ過公式に含まれる単位ろ床体積中のフロック抑留量 Q_s (vol/vol) については、従来より、ろ過の経過と共に圧縮を受けると言われながらも、それを具体的に解析する方法が示されないまま、フロックは水流から分離して砂粒上へ抑留されてもその体積は変わらない、またはその中の微フロックの体積 Q_s (vol/vol) を基準として (1) 式のように、フロック抑留量またはろ過時間にかかわらず一定の二次空隙率 f を持たせ、見かけ体積が増加するとして取り扱われてきた。

$$Q_s = (1-f) \cdot Q \quad \text{----- (1)}$$

しかし、抑留された後のフロック体積は、後述のように、抑留量の増加につれて二次空隙の減少に伴う圧縮が進行するため、ろ過公式を用いて最終的に阻止率を計算するにあたってはこの点を考慮しなければならない。ここでは、ろ過の進行に伴う Q の圧縮のプロセスについて解析し考察する。

2 基本式 (1) 式のように微フロックの Q_s を基準として圧縮現象を考える場合には、微フロック径、密度、個数の測定・計算など複雑な問題が派生してくるので、ここでは同一条件下の Jar Test により得られたフロック体積 (24 hrs. 静沈降) をいまだ圧縮を受けない基準体積 Q_0 として採用する。このようなフロック体積は、濁度 T (度)、液パン注入量 A (ppm) に対しては (2) 式で与えられる。

$$F.V. (\text{vol/vol}) = \{1.617 + 0.018(A-60) - 0.227(\log T - 1.85) + 0.049(N-1.5) + 0.003(A-60)(N-1.5)\} \times 10^{-3} \quad \text{----- (2)}$$

さらに、圧縮の進行した、つまり砂層に抑留されたフロックの体積 Q は損失水頭勾配 i との関連において (3) 式で与えられる。ただし、 i_0 = 清浄砂層の損失勾配、 P_0 = 清浄砂層の空隙率

$$i/i_0 = (1-P_0+Q)^2 \cdot P_0^3 \cdot (1-P_0)^2 \cdot (P_0-Q)^3 \left\{ \sqrt{\frac{Q}{3(1-P_0)}} + \frac{1}{4} + \frac{Q}{3(1-P_0)} + \frac{1}{2} \right\}^{-1} \quad \text{----- (3)}$$

これは清浄砂層に対する Kogeny や Fair & Hatch の損失水頭式を基にフロックの抑留による体積形状係数の変動に対する検討、さらに (3) 式の形で実験結果と照合したのち十分に使用可能であるとして Camp により提示されたものである。

3 実験 (2), (3) 式を用いて砂層内抑留フロックの圧縮率 $K = (Q-Q_0)/Q_0 = 1 - \frac{Q_0}{Q} = 1 - f$ (f : 圧縮比) の計算をするためには、実験によってあらかじめ Q と抑留量 f (mg/cm^3) の関係を把握しておくことが必要となる。それによって、ある一定の f に対する Q と f の両者を定めることができるわけである。そのために直接ろ過タイプの装置を用いて次の条件による 18 通りの実験を行なった。原水カオリソ濁度 20, 40, 80 度、液パンは各濁度につき 20, 40 ppm、使用砂は各条件につき 0.59~0.71, 0.71~0.84, 0.84~1.00 mm の 3 種、砂層厚 60 cm、空隙率 43.39 %, ろ速 240 m/h 、ろ過継続時間は 22 時間とした。実験においては、運転終了直前の損失水頭を測定し、その後ろ過筒より採砂を行ない、Jar Tester によって砂に付着したフロックを剝離し f を定量した。

4 結果と考察

1) 一般的傾向 (3) 式を媒介して Q と f との関係を求めると、その一部を図-1 に示すように両対数紙上でほぼ直線関係を得た。これを用いて、各実験条件における K を計算し一般的傾向を示すと図-2 (A), (B) のようである。どちらの場合にも f の増加に伴ない K は増加する傾向にあるが、その

カーブの変化は $\beta = 10$ 程度までが著しくその後は緩慢である。この点については濁質 1mg 当りのフロック体積 0.5 から同様の現象が観察される。

さらに、同一凝集剤量では原水濁度の低い方が、同一濁度では凝集剤量の多い方が砂層内での体積減少が大きく現われている。これは、 $Al\cdot T$ 比の大きな場合ほど二次空隙率が高く、密度の小さな圧縮され易いフロックが形成されるということから一応予想通りの結果といえる。

2) 圧縮率の表示 図-1の結果から圧縮比 k は両対数紙上で直線となる筈である。したがって K は式(4)にて示される。(4)式の()内を無次元化するため常に $1\text{mg}/\text{cm}^2$ で除しておく。

$$K = 1 - k = 1 - \left(\frac{\beta}{\beta_0}\right)^b \quad \text{----- (4)}$$

さて、各実験条件における指数 b の値は表-1に示すように、原水濁度に殆んど依存しないと見てよいようだ。さらに、 Q_0 を基準とした場合の f の β による変化を求めうように書き変えてみると、 $Q_0 = (1-f)Q = (1-f)\beta$ だから、 $f = F(\beta) = 1 - (1-f) \cdot \left(\frac{\beta}{\beta_0}\right)^b$ ----- (5) となる。式中の f は $Q_0 = (1-f)\beta$ の関係を使い実験的に求めておかなければならない。

3) 圧縮の作用因子 砂層内の圧縮力として水流の *freezing action* が称えられてきた。抑留フロックの f の減少分はその殆んどが微フロック相互の合一の際にとり込んだ二次空隙であり、これに直接作用するのは水流に他ならない。この水流の作用として具体的に二つ考えられる。その一つは、抑留量が増すにつれて水流の速度が大となりる過初期のように十分な空隙を抱えた格好での抑留は、さらに流速・抵抗の増大に拍車をかけることになるから、起りえなくなる。すなわちフロックは水流の圧着作用のため少量の二次空隙しか持ちえずに抑留される。残りの一つは水流の高速化による間隙水の吸い出し作用である。これらのうち、前者が卓越して起るものと推測される。今、先のデータを基に抑留量 $\beta = 10\text{mg}/\text{cm}^2$ の増加分がいかに圧縮されていくかを表-2に示した。ただし、フロックの新規の抑留に伴っては、既抑留分の圧縮は微少であるとして無視した。

5 あとがき 在来のろ過公式を体積基準で扱って阻止率などを計算する場合には β の増加に伴う圧縮率の変化、つまり f の減少を考慮に入れるべきである。

(参考文献) ④ 海老江・連田; 才23回全国水道研究会講演集(1972)
2) T.R. Camp; Jpnal of Sa. Engr. Division ASCE vol. 90. No. 4 (1964)

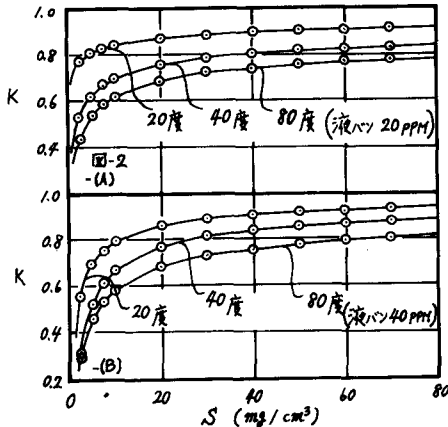
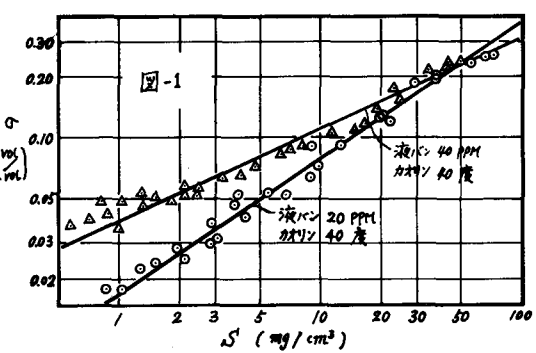


		表-1		表-2 (圧縮率K)			
液パン	濁度	b	平均b	$\beta = 0 \sim 10$	$\beta = 20 \sim 30$	$\beta = 40 \sim 50$	$\beta = 60 \sim 70$
20 PPM	20度	0.29	0.30	85.1%	91.7%	93.3%	93.8%
20	40	0.32		69.7	83.7	87.2	88.3
20	80	0.28		62.6	79.1	83.1	83.9
40	20	0.57	0.50	80.0	94.7	96.4	97.1
40	40	0.54		67.5	90.7	93.1	94.6
40	80	0.39		58.8	82.3	86.1	87.6