

II - 495

直接二層ろ過におけるろ過水色度の抑制に及ぼすノニオン系ポリマーの効果

北見工大 正 員 海老江 邦雄 北見工大 学生員 李 富生
北見工大 学生員 土 井 克哉 北見工大 学生員 玉村 英

1. まえがき …… 低温、低濁、高色度の河川表流水を対象にした直接砂ろ過において、PAC 注入率を抑えて色度除去率を高めるためには、既に指摘¹⁾したように、pH調整やカチオン系ポリマーの注入が有効である。それらの知見を二層ろ過（アンスラサイト+砂）に適用した場合、損失水頭は単層ろ過より大幅に抑制されて十分な余裕があるにも関わらず、ろ過水色度の終期漏出が顕著になった。そこで、色度を抑制してろ過時間を延長させるために、pH調整やPAC+カチオン併用条件（pH5.5の場合PAC16mg/lのみ、pH7.0の場合PAC16mg/lとカチオン0.5mg/l併用）において、さらにノニオン系ポリマーの注入を行い、それに伴うろ過の諸挙動を検討した。

2. 実験 …… 実験には直接ろ過装置を用いた。ろ過筒には下層に珪砂（有効径0.62mm，均等係数1.5以下）、上層にアンスラサイト（有効径0.92mm，均等係数1.48）をそれぞれ 30cmの厚さ（空隙率はそれぞれ44.3、48.4%）に充填した。原水としては北見市広郷浄水場の冬期の原水（河川表流水・水温1.1～3.0℃）をpH調節（pH5.5または7.0）して用いた。実験においては、所定の前処理を行った後の原水をろ過筒に導き、ろ速120 m/dで所定のろ過を行った。ノニオン系ポリマーについては、ろ過開始時からの注入とろ過水色度が 5度付近に達した時からの注入による色度抑制効果を調べた。

3. 実験結果

(1) 表1は、終期色度漏出が発生（5.0 度）するまでのろ過水の平均濁度と色度などの結果を示している。いずれの場合にも、濁度と色度の過半は上層30 cmのアンスラサイト層で抑留され、そこでの平均除去率は濁度 63.3～77.7%、色度56.3～66.1%、また、全層ではそれぞれ90.0～94.6、81.9～86.8%となった。表で見られるように、終期漏出の発生時間は個々の前処理条件によって大きな差があるが、平均の濁度と色度の除去率には大きな差は認められなかった。

表1 ろ過の条件と終期色度漏出が発生するまでの平均濁度など

Run No.	PAC mg/l	Organic Polymer(mg/l)		pH	時間 (hr)	平均濁度(度)			平均色度(度)			損失水頭(cm)		
		Cationic	Nonionic			原水	上層	全層	原水	上層	全層	H1	H2	H1/H2
1	16.0	0	0	5.5	16.0	3.23	0.87	0.24	18.28	6.19	2.57	31.0	66.5	46.6
							73.1	92.6		66.1	85.9			
2	16.0	0	0.5	5.5	39.7	3.08	1.01	0.29	16.83	6.75	2.46	134.2	248.5	54.0
			22.5時間後				67.2	90.6		59.9	85.4			
3	16.0	0	0.25	5.5	44.0	2.80	0.80	0.18	15.22	5.80	2.01	129.0	188.0	68.6
			ろ過開始後				71.4	93.6		61.9	86.8			
4	16.0	0.5	0	7.0	24.0	2.24	0.50	0.12	16.64	6.13	3.01	85.6	131.0	65.3
		ろ過開始後					77.7	94.6		63.2	81.9			
5	16.0	0.5	0.25	7.0	33.5	2.26	0.83	0.18	16.12	7.05	2.70	165.0	265.0	62.3
		ろ過開始後	20.5時間後				63.3	92.0		56.3	83.3			

Note *: Polymer の添加時点; アンダーライン: 平均除去率(%); H1/H2 (%); V: 120m/d; 水温: 1.1～3.0℃

(2) 図1は、pH5.5においてPAC16mg/lのみを注入した場合のろ過水色度の推移を示している。ろ層60cmからの流出水色度は比較的短時間(16時間)のうちに許容値5.0に達している。その後、PAC注入率を増加させてもカチオンを注入しても色度は殆ど抑制されなかったが、ノニオン 0.5mg/l注入の場合には、損失水頭が許容値の2.5mに到達したろ過40時間後においてもろ過水色度は抑制されている。

(3) 図2は、ろ過開始からノニオンを注入した場合における色度の推移を示している。ここでも、ノニオン系ポリマーの注入はろ過水色度を抑制しており、ろ過時間の延長に大きな効果を発揮することが確認された。しかしながら、ろ過30時間からろ過水色度は徐々に上昇し44時間後にはほぼ 5度に達している。この場合、損失水頭に余裕があるので、ノニオンの注入率を高めれば、さらに抑制効果が期待される。

(4) 図3は、pH7.0におけるろ過水色度の動きを示している。PAC +カチオン注入の場合、ろ過24時間後に色度がほぼ5度に達した。

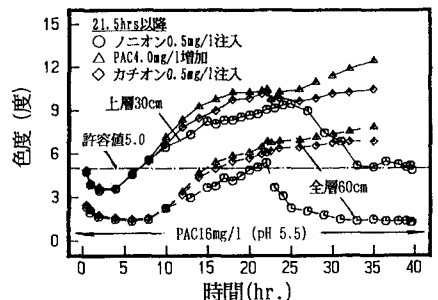


図1 ろ過水色度の推移

そこで、カチオン注入率を0.75、1.0 mg/lにまで増加させたが、ろ過水色度は抑えられなかった。それに対し、ノニオン系ポリマー注入の場合には効果が認められた。

(5) 図4は、表1のRun 1~3における上層と全層の色度阻止率の動きを示している。上層の阻止率の最大値は 2.61×10^{-2} (PACのみの場合)、 2.81×10^{-2} (1/cm) (ノニオンを併用した場合)となり、ノニオン注入による阻止率の上昇幅は小さい。しかしながら、全層60cmの阻止率の動きに注目すると、ろ過途中におけるノニオンの注入は、阻止率の上昇、すなわち、ろ層の抑留能力を回復させている。また、ろ過開始から注入した場合の阻止率は、長期にわたって高い値で推移しており、ノニオン系ポリマーの注入による色度抑制効果を示している。

(6) こうしたろ過挙動は、フロックのゼータ電位やその強度に強く関連していると考えられる。Adinら²⁾による剥離因子を考慮したモデルを用いて今回の実験(Run 4と5)で形成されたフロックの強度を計算したところ、付着係数(k_1)と剥離係数(k_2)は次のようであった。

Run4の場合: $k_1 = 8.7 \times 10^{-5}$, $k_2 = 12.3 \times 10^{-2}$;

Run5の場合: $k_1 = 18.6 \times 10^{-5}$, $k_2 = 0.5 \times 10^{-2}$

このように、ノニオン系ポリマーを用いた場合、付着係数は2.14倍、剥離係数は1/24.6倍となり、せん断力に抵抗できる強いフロックが形成されていたこと、したがって、海老江がその存在を指摘した懸濁粒子規模の剥離や抑留物の全層厚さ規模の剥離が抑制されたため、ろ過時間を大幅に延長したものと考えられる。

また、これらのろ過条件におけるAdinらのモデルによるろ層の理論上の最終抑留量、すなわち、損失水頭勾配がろ過速度より極めて大きい時の抑留量の外挿値 [Run4では46.27、Run5では13.70 (度 $\cdot$ l/cm²-bed)] などから、ろ層内部におけるフロックの抑留構造はフロックの強度によって大きく異なることが推測される。すなわち、PAC のみの場合には、形成されたフロックの付着力が小さく、フロックは既抑留表面またはろ材表面から水流の推進力によって移動しやすいため、抑留表面が次第に平滑となるのに対し、ノニオンを併用した場合には、一旦付着したフロックは移動せず、その表面に後続の粒子を抑留させ、抑留表面は粗となる。したがって、堆積したフロック群内の未利用空隙(二次空隙)は、PAC のみの場合よりノニオンを併用した場合の方が多くなると考えられる。

4. あとがき …… 低温、低濁、高色度の原水を対象にした直接二層ろ過のろ過持続時間は、一般に損失水頭ではなく、ろ過水色度によって支配されている。本論では、pH調整やPAC+カチオン併用注入によるろ過水色度の除去率を一層高めてろ過継続時間を延長させるためには、ノニオン系ポリマーの注入が有効であることを明らかにした。

【文 献】

- 1) K. Ebie and F.S. Li : Direct Filtration to Treat Surface Water with High Color Content in a Cold Region, International Conference and Exhibition on Water and Wastewater, July 12-16, '94, Beijing, China (in print)
- 2) A. Adin and M. Rebhun : A Model to Predict Concentration and Head-Loss Profiles in Filtration, J. AWWA, Vol. 69, No. 8, pp. 444-453, '77

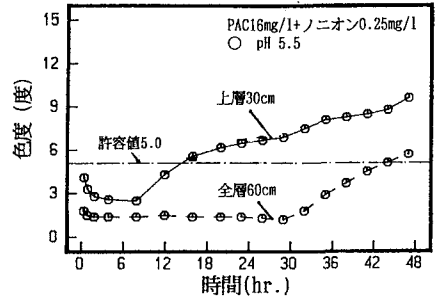


図2 ろ過水色度の推移

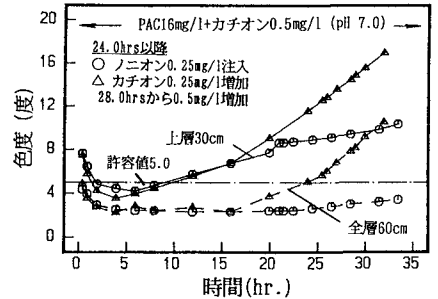


図3 ろ過水色度の推移

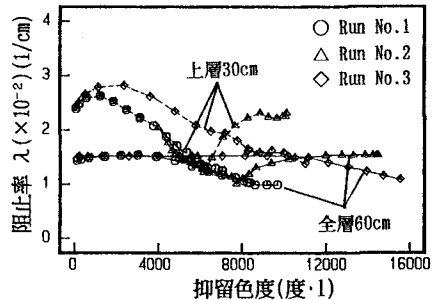


図4 阻止率の推移