

低濁水の直接ろ過における粒子分離の高効率化 最適攪拌+凝集剤の上乗せ注入+低速スタートろ過の効果

北見工業大学 フェロー 海老江 邦 雄 学生員 張 一 憲
学生員 山 田 直 之 学生員 樋 口 真 也

1. ま え が き 水道の蛇口水に起因する感染性原虫の流出事故が契機となり、低濁原水を塩素処理のみで給水している多くの浄水場では、直接ろ過法への転換を考えている。直接ろ過法を採用して粒子分離の高効率化を図るためには、終期漏出は勿論のことであるが、特に初期漏出を十分に抑制することが最も重要である。著者らは、既に直接ろ過効率の改善に急速攪拌条件の最適化が有効であることを指摘している。ここでは、最適攪拌条件の採用に加えて、ろ過開始から凝集剤注入率を短時間上昇させた通常の定速ろ過及び低速スタートろ過における初期漏出の抑制効果について検討した結果を報告する。

2. 実 験 図1に示す直接ろ過システム採用のろ過実験装置を使用した。ろ過筒の断面積は約 52cm²で、内部に珪砂(有効径 0.61mm、均等係数 1.39、比重 2.60)を厚さ 60cm(空隙率 44.3%)に充填している。また、北見工業大学水道水(深井戸水、濁度 0.05 ~ 0.03 度程度)に濁質としてカオリンを 1 mg/L(平均濁度 1.434 度)、凝集剤として PAC を基本注入率 3mg/L 及び上乗せ注入率 2、4.5、7mg/L を加えたものをろ過原水として使用した。急速攪拌条件としては、事前の実験で得られた最適値(強度 $G_R = 750s^{-1}$ 、時間 $T_R = 5$ 分間)を採用した。ろ速はいずれの実験においても 120m/d とした。損失水頭についてはガラス管マノメーターを用いて層 5cm 間隔で、濁度については微粒子アナライザー付き高感度濁度計(富士電機製、ZYU)で測定した。また、Al についてはオキシ法による吸光光度法で定量した。なお、初期漏出時間は、ろ過水濁度ピーク出現後の濁度低下区間の延長線と安定期の延長線との交点を求め、その交角の二等分線と濁度の経時曲線との交点の時間である。

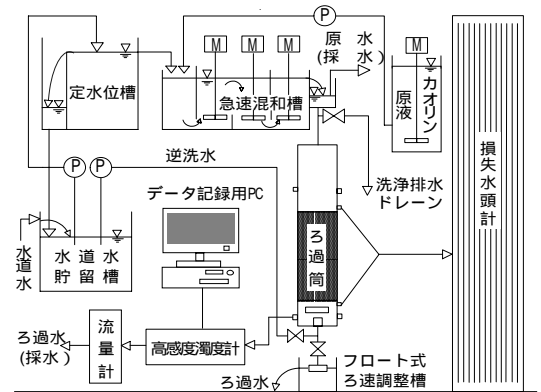


図1 直接ろ過実験装置

表1 凝集剤注入率の増加に伴う処理性

PAC (mg/L)	初期漏出期			安定期		ろ過 18 時間	
	ピーク濁度 (度)	濁度 (度)	時間 (min)	濁度 (度)	濁度 (度)	Al (mg/L)	損失水頭 (cm)
1	0.154 (-)	0.075 (-)	86 (-)	0.007 (-)	0.014 (-)	0.0118 (-)	2.3 (-)
3	0.056 (63.6)	0.030 (59.7)	68 (20.9)	0.001 (85.7)	0.004 (71.4)	0.0229 (1.9)	10.1 (4.4)
5	0.048 (68.8)	0.028 (62.9)	43 (50.0)	0.001 (85.7)	0.002 (85.7)	0.0318 (2.7)	19.5 (8.5)

下段の括弧内は、初期注入率 1mg/L を基準とした場合の改善率(%)
なお、Al 及び損失水頭の場合は倍率 (-)

3. 結果・考察

1) PAC 注入率が処理性に及ぼす影響 表1は、一定の PAC 1、3、5mg/L を注入した後、最適攪拌条件で急速攪拌したろ過原水を 18 時間ろ過した場合のろ過水水質及び損失水頭を示している。初期漏出期及び安定期のろ過水濁度は、いずれも PAC 注入率 1 5mg/L への増加に伴い大きく改善されており、ろ過 18 時間の平均ろ過水濁度の改善率はそれぞれ 71.4%、85.7%であった。しかしながら、初期漏出期の平均濁度は安定期(ろ過 12 ~ 18 時間)の平均濁度に比べると PAC 注入率 1mg/L で 11.1 倍、3mg/L で 19.0 倍、5mg/L で 27.7 倍と非常に高くなっており、ろ過水濁度を改善する上で、この初期漏出濁度をいかに抑制するかが重要である。

ろ過水中のアルミニウム濃度は、PAC 注入率を 1 から 5 mg/L に上昇させると、低濃度ではあるが、濁度の場合とは異なり 2.4 倍にも上昇している。このことは、PAC 注入率の増加に伴い、水流のせん断に弱いアルミニウム水酸化物フロックが形成されていたためと考えられる。さらに、ろ過 18 時間までの損失水頭は、注入率 1mg/L 時の 2.3cm を基準にすると、3mg/L では 4.4 倍、5mg/L では 8.5 倍へと大幅に増加している。

キーワード: 直接ろ過、凝集剤注入法、上乗せ注入率、損失水頭、低速スタートろ過

連絡先: 〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学 TEL 0157-26-9501 FAX 0157-23-9408

これらのことから、粒子分離効率の向上については、凝集剤注入率の増加のみに依存するのではなく、低い凝集剤注入率でろ過水質を改善する方法を探ることが重要と考えられる。そこで、初期漏出濁度の抑制を図るために、ろ過初期に、基本の PAC 注入に上乘せ注入を加えることの効果について検討した。

2) ろ過初期における PAC の上乘せ注入による処理性改善 今回の実験では、ろ過開始から約 20 分後にピーク濁度が現れるため、PAC の上乘せ注入はろ過開始から 20 分間とした。その結果を図 2 及び表 2 に掲げる。また、基本の注入率としては、安定期における濁度及び損失水頭などから判断して 3mg/L を採用している。ろ過水濁度の動きを見ると、ろ過初期の注入率上昇に伴ってピーク濁度は低下しているが、いずれの場合にも、ろ過開始から 20 分以降は基本の注入率(3mg/L)のみとなるため、濁度低下区間の勾配は、ほぼ一様である。初期漏出期におけるピーク濁度は、基本の注入率に 2、4.5mg/L 上乘せすることにより、それぞれ 15.5、25.9% 低下し、7 mg/L 上乘した場合には、ピーク濁度は完全に消失している。ついで、初期漏出期の濁度とその時間、及びろ過 6 時間の平均ろ過水濁度は、ピーク濁度と同様に、初期注入率の上昇に伴って改善されている。一方、基本の注入率に 7mg/L 上乘せした場合、ろ過 6 時間のろ過水中の平均 AI は 1.9 倍、損失水頭は 1.4 倍となった。

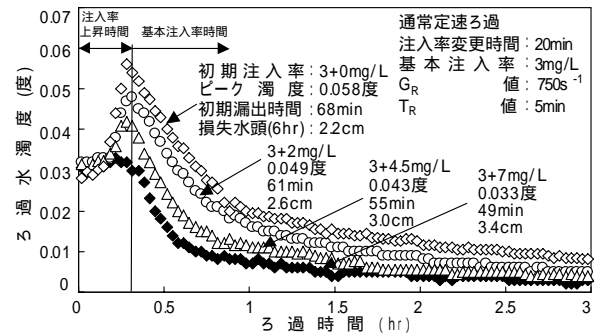


図 2 上乘せ注入率の上昇に伴うろ過水濁度
表 2 上乘せ注入率の上昇による改善

初期注入率 (mg/L)	初期漏出期			ろ過 6 時間		
	ピーク濁度 (度)	濁度 (度)	時間 (min)	濁度 (度)	AI (mg/L)	損失水頭 (cm)
3+0	0.058 (-)	0.033 (-)	68 (-)	0.013 (-)	0.0229 (-)	2.2 (-)
3+2	0.049 (15.5)	0.031 (6.1)	61 (10.3)	0.010 (23.1)	0.0311 (1.4)	2.6 (1.2)
3+4.5	0.043 (25.9)	0.026 (21.2)	55 (19.1)	0.007 (46.2)	0.0361 (1.6)	3.0 (1.4)
3+7	0.033 (-)	0.022 (33.3)	49 (27.7)	0.005 (61.5)	0.0433 (1.9)	3.4 (1.5)

下段の括弧内は、初期注入率 1mg/L を基準とした場合の改善率(%)
なお、AI 及び損失水頭の場合は倍率 (-)

3) PAC の上乘せ注入と低速ろ過による熟成層形成との併用効果 初期漏出濁度の更なる改善を目的にろ層上層部に薄い熟成層を形成する低速スタートろ過の効果について検討した。その結果を図 3 及び表 3 に示す。今回の実験で採用した 20 分間 3 段の低速スタートろ過では、ろ過開始から 40 分間の低速期間におけるろ過水量は、丁度通常の定速ろ過の半分になる。そこで、ろ過初期の PAC の上乘せ注入量を通常の定速ろ過の場合と等しくなるように、上乘せ注入時間をろ過開始から 40 分間とした。まず、濁度の動きを見ると、低速スタートろ過の採用により、いずれの注入率においてもろ過開始直後から低下し、ピーク濁度は完全に消失している。また、ろ過初期の上乗せ注入に伴って、初期漏出期の濁度低下と時間短縮だけでなく、ろ過 6 時間の平均濁度についても改善されている。ろ過 6 時間の平均 AI は上乘せ注入率の増加に伴って上昇しているが、通常の定速ろ過の場合に比べると、いずれも低い値となっている。基本の注入率に 7mg/L 上乘せした場合の AI 濃度の改善率は、32.9%(0.0433 → 0.0291 mg/L)となった。

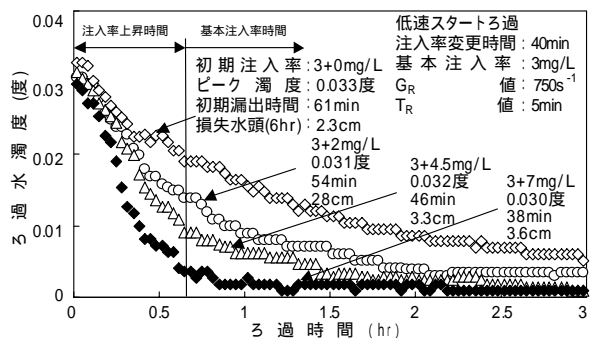


図 3 低速ろ過時のろ過初期の上乗せ
注入率の上昇に伴うろ過水濁度

表 3 PAC の上乘せ注入率の上昇及び
低速スタートろ過併用による改善

初期注入率 (mg/L)	初期漏出期			ろ過 6 時間		
	ピーク濁度 (度)	濁度 (度)	時間 (min)	濁度 (度)	AI (mg/L)	損失水頭 (cm)
3+0	0.033 (-)	0.022 (-)	61 (-)	0.009 (-)	0.0215 (-)	2.3 (-)
3+2	0.031 (-)	0.019 (13.6)	54 (11.5)	0.006 (33.3)	0.0231 (1.4)	2.8 (1.2)
3+4.5	0.032 (-)	0.018 (18.2)	46 (24.6)	0.004 (55.6)	0.0251 (1.2)	3.3 (1.4)
3+7	0.030 (-)	0.015 (31.8)	38 (37.7)	0.003 (66.7)	0.0291 (1.4)	3.6 (1.6)

下段の括弧内は、初期注入率 1mg/L を基準とした場合の改善率(%)
なお、AI 及び損失水頭の場合は倍率 (-)

4. ま と め ろ過初期における上乘せ注入の採用は、初期だけでなく安定期におけるの濁度の抑制にも効果的である。これに、低速スタートろ過を併用させると、初期及び安定期における濁度及び AI 濃度の更なる改善を実現することができた。以上、直接ろ過における粒子分離効果は、既に報告してある急速攪拌の最適化に加えて、ろ過初期における凝集剤の上乗せ注入及び低速スタートろ過の採用により、著しく高めうることを明らかにした。