

原水の pH 変動が直接砂ろ過の諸挙動に及ぼす影響

北見工業大学 フェロー 海老江 邦 雄
 北見工業大学 学生会員 玉 川 幸 慎
 北見工業大学 学生会員 李 宰 昊
 水道機工株式会社 土 井 克 哉

1. はじめに 直接砂ろ過の影響因子は多数あるが、本論では濁質の凝集と深く関わる原水 pH の影響について検討した。始めに、一定の原水 pH (4, 5, 6, 7, 8, 9) における 18 時間ろ過、ついで pH7 の 15 時間ろ過後に pH 変動(1 時間、pH6, 5, 4)を加えたる過を行い、これらの pH 変動がろ過の諸挙動に及ぼす影響について詳細に検討した。

2. 実験方法 実験には直接砂ろ過装置を用い、ろ過筒には有効径 0.61(小砂)、0.71(中砂)、0.94(大砂)mm(いずれも均等係数 1.4)の珪砂を空隙率 44.3%で充填(成層ろ層)した。ろ速は 120m/d とし原水として本学水道水にカオリン(20mg/l)、PAC(7.5, 15mg/l)、pH 調整剤(HCl、NaOH)を注入して急速混和したものを用いた。

3. 実験結果と考察

1) 原水 pH と 18 時間ろ過挙動 図 1 は、pH の全域にわたりろ材径が小さいほど、PAC 注入率が高いほど損失水頭が大きくなることを示している。pH4、5 における損失水頭が非常に低かったのは、PAC による凝集が十分に進行しなかったためである。また、海老江らは硫酸アルミニウムを用いた場合、原水 pH8、9 で損失水頭が減少すると報告しているが、今回の実験により PAC の凝集がアルカリ性領域にまで及ぶことが分かった。また、表 1 は直接ろ過池の性能の指標と考えるろ過水濁度(3~12 時間)のろ過水平均濁度を示している。pH6 以上で比較的低濁ろ過水が得られており、最良の結果は pH7 で小砂使用の場合に起こり、0.1mg/l 以下が達成されている。

2) 原水 pH に伴うろ過水濁度変動の分散分析 表 2 はろ過水の初期漏出期と清澄期における平均濁度をもとに三元配置法(主因子は原水 pH:pH、ろ材径:D、PAC 注入率:P の 3 個で、水準はそれぞれ 6, 3, 2)を用いて寄与率を算出した結果である。同表によると、ろ過水濁度変動に及ぼす pH の寄与率はいずれの時期においても 80%以上と非常に高く、以下ろ材径(5%弱)、PAC 注入率(1%弱)の順となった。このことは良質なるろ過水を得るためには原水 pH の調整が最も重要であることを示している。

3) 原水 pH の短時間変動による影響 図 2, 3 に、実験結果の一部を示す。いずれの場合にも pH 変動中は時間とともに

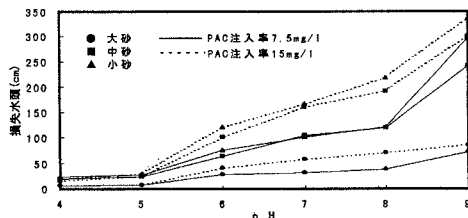


図 1 18 時間ろ過における全損失水頭

表 1 ろ過水平均濁度

pH	PAC 注入率 7.5mg/l			PAC 注入率 15mg/l		
	大砂	中砂	小砂	大砂	中砂	小砂
4	8.89	5.89	4.40	11.48	9.86	8.91
5	5.40	0.72	0.46	4.69	1.68	1.08
6	0.34	0.17	0.15	0.21	0.19	0.11
7	0.19	0.13	0.09	0.11	0.08	0.05
8	0.22	0.15	0.12	0.14	0.09	0.10
9	0.22	0.17	0.14	0.15	0.13	0.10

表 2 各因子の寄与率(%)

因子	初期漏出期		清澄期	
	F 検定	寄与率	F 検定	寄与率
pH	**	83.3	**	81.6
D	**	4.9	**	4.0
P	**	0.5	**	1.0
pH×D	**	7.8	**	7.2
pH×P	**	3.0	**	4.9
誤差		0.5		1.3
合計		100.0		100.0

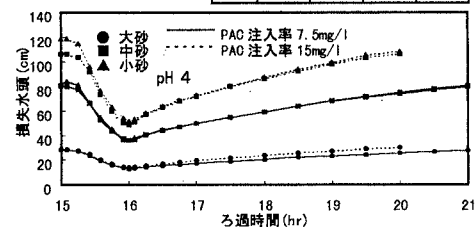


図 2 pH 変動中、後の損失水頭の動き

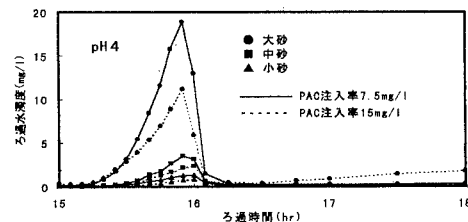


図 3 pH 変動中、後のろ過水濁度の動き

キーワード：直接砂ろ過、pH 変動、損失水頭、ろ過水濁度、三元配置法、寄与率

連絡先：〒090 北見市公園町 165 番地 上下水道工学研究室 TEL0157-26-9501 FAX0157-23-9408

に損失水頭が回復し、それに伴ってろ過水濁度が上昇した。また、表3 原水 pH の短時間変動と諸挙動

全実験結果をまとめた表3の全体的傾向としては、pH変動幅が大きくなるに従い損失水頭回復量と濁質流出量が増加している。さらに、ろ材径が小さくなるに従い損失水頭は大きく回復するが、濁質流出量は減少している。これは、ろ材径が小さい場合には、表層抑留の傾向が強くなるためと推測される。これらで特徴的な点は、損失水頭の回復率に比べて濁質流出率が極めて低い点にある。損失水頭の回復は、元来、原水 pH の低下に伴う抑留ブロック中の PAC の溶解に起因するが、特に抑留量の多い表層部におけるブロックの溶解がこのことに大きく影響したと考えられる。一方 pH 変動後の損失水頭は、変動前よりも上昇勾配が大きくなっているが、これはろ層内の剥離流出部にブロックの再抑留が起こったためではないかと考えている。

PAC (mg/l)	pH	注砂 (cm)	損失水頭		濁質		回復 時間 (hr)
			回復量 (cm)	回復率 (%)	流出量 (mg)	流出率 (%)	
7.5	6	大	0.5	2.0	6.7	0.08	0.20
		中	3.2	3.7	3.0	0.04	0.04
		小	1.8	2.0	2.6	0.03	0.02
	5	大	4.7	16.8	82.2	1.03	0.89
		中	14.7	17.6	4.9	0.06	0.55
		小	22.0	22.2	3.5	0.04	0.91
	4	大	15.2	53.9	153.6	1.95	5.00
		中	44.2	55.1	27.9	0.35	5.00
		小	47.9	57.2	12.1	0.15	5.92
15	6	大	1.9	5.6	8.1	0.10	0.18
		中	4.1	3.7	2.9	0.04	0.02
		小	6.6	5.4	2.4	0.03	0.10
	5	大	4.9	15.3	12.8	0.16	0.31
		中	16.1	15.4	4.2	0.05	0.37
		小	19.4	15.3	3.2	0.04	0.37
	4	大	14.7	51.4	95.1	1.19	3.22
		中	57.5	54.2	20.2	0.25	3.81
		小	67.3	56.6	7.5	0.09	6.13

4) 原水 pH の短時間変動に伴うろ過挙動の分散分析 表4は、原水 pH の変動中における損失水頭回復率と濁質流出率の変動に及ぼす因子の分散分析の結果である(pH変動、ろ材径、PAC注入率の水準は3,3,2)。損失水頭回復率では pH の寄与率が極めて大きい、濁質流出率では pH の寄与率は 24.6%ろ材径は 36.0%となっている。これは、ブロック溶解量が同じでも、ろ材径が小さければ下層部における剥離濁質の再捕捉量が増加したためと考えられる。

因子	回復率		流出率	
	F検定	寄与率	F検定	寄与率
pH	**	99.2	**	24.6
D	**	0.2	**	36.0
P	—	—	**	3.4
pH×D	*	0.1	**	24.4
pH×P	**	0.3	*	1.7
D×P	—	—	**	5.2
誤差		0.2		4.7
合計		100.0		100.0

5) 原水 pH 変動時のろ層各部損失水頭の動き 表5は、原水 pH 変動前(ろ過15時間)、変動後(同16時間)、全損失水頭の回復時 表5 ろ層深さと損失水頭の動き(変動時 pH4の場合)

(同20または21時間)におけるろ層5cmの損失水頭および、全損失水頭の動きを示している。始めに、原水 pH 変動前後における損失水頭の動きを見ると、ろ層0~5cm間における損失水頭の回復量が最も多くろ層15~20cm以下では原水 pH 変動の影響は殆ど認められなかった。そこで、全損失水頭の回復量に対する0~5cm間の回復量の割合を表5の場合について見ると49.7~78.1%の範囲と大きな値となっていた。また、pH変動前と全損失水頭がほぼ同一の値に回復した時点でろ層5cmの損失水頭の動きを見ると、回復時には0~5cm間では減少しているが、その下層では若干大きくなっている。これは、pH変動に起因して上層部で溶解したブロックの一部が、下層部で再捕捉されたためと考えられる。

PAC (mg/l)	注砂 (hr)	時間 (hr)	ろ層 (cm)							
			0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40
7.5	大	15	11.2	7.7	3.4	1.8	0.5	0.5	28.2	
		16	3.0	2.9	1.8	1.4	0.5	0.4	13.0	
		21	8.8	7.8	4.1	2.3	0.4	0.4	27.6	
	中	15	47.1	18.0	4.1	2.2	0.9	1.2	80.2	
		16	13.1	7.8	3.4	2.2	1.0	1.1	36.0	
		21	40.4	21.9	5.9	2.6	1.0	1.2	80.2	
	小	15	44.8	19.1	5.0	2.8	1.2	1.3	82.4	
		16	11.3	7.3	4.1	2.9	1.1	0.6	35.8	
		21	35.1	21.5	7.7	3.2	1.3	1.5	79.3	
15	大	15	10.3	7.1	4.0	2.5	0.6	0.5	28.6	
		16	3.0	3.1	2.0	1.4	0.6	0.5	13.9	
		20	8.5	7.2	4.8	3.0	0.6	0.6	29.2	
	中	15	66.6	21.6	6.4	2.3	1.1	1.1	106.0	
		16	21.7	10.2	4.4	2.5	1.0	1.3	48.5	
		20	58.4	24.6	9.5	3.4	1.3	1.1	106.2	
	小	15	54.7	32.1	12.7	5.0	1.3	1.1	118.4	
		16	13.9	11.5	6.5	4.2	1.6	1.5	51.7	
		20	39.3	31.0	15.8	6.3	1.7	1.5	108.2	

は若干大きくなっている。これは、pH変動に起因して上層部で溶解したブロックの一部が、下層部で再捕捉されたためと考えられる。

4. ま と め 今回の実験により PAC の凝集がアルカリ性領域にまで及ぶこと、ろ過運転中の pH 変動による損失水頭やろ過水濁度の変動幅、およびそれらの変動に及ぼす因子の寄与率などが明らかになった。

【 文 献 】

- 1) 海老江邦雄：ろ過水のアルミニウム濃度に及ぼす直接ろ過因子の影響、水道協会雑誌、第711号
- 2) 田口玄一：新版 実験計画法 上、丸善株式会社、'62.3.発行
- 3) 海老江邦雄ら：直接ろ過における初期漏出濁度の制御に関する研究、水道協会雑誌、第719号
- 4) 角田省吾・青柳由重：直接凝集ろ過法に関する実験的研究、水道協会雑誌、第486号
- 5) 海老江邦雄ら：深層ろ過における凝集性濁質の挙動に関する一解析、水道協会雑誌、第709号