

急速攪拌の適正化及び複層ろ層の導入による急速ろ過処理の改善

フェロー 海老江 邦雄 (北見工業大学)
 学生員 水 森 豊 (北見工業大学)

学生員 安藤 直哉 (北見工業大学)
 学生員 樋口 真也 (北見工業大学)

1. ま え が き: クリプトスポリジウム原虫の流出事故に伴って、ろ過水濁度の基準が厳しくなった。現在採用されている急速攪拌条件は、比較的弱く短い。そのような急速攪拌条件のもとで高い凝集沈澱処理性を達成するために、凝集剤の多量注入が一般的に採用されている。しかしながら、それに伴って、沈澱汚泥量の増加及びろ過損失水頭の急上昇によるろ過時間の短縮が問題となっている。我々は、回分式の凝集実験において、急速攪拌 G_R 値及び T_R 値を適正化すれば、凝集剤の多量注入に頼らなくとも、凝集沈澱の処理性を改善できることを指摘してきた。

本論では、 G_R 値及び T_R 値を適正化すれば、連続流式の凝集沈澱及びろ過の両方において、大幅に処理性を改善できることを報告する。

2. 実 験: 図1及び写真1に示す急速ろ過プロセスの全工程を備えた連続流の実験装置(G_R 値及び T_R 値を自由に設定できる点が特徴)を用いた。北見市広郷浄水場で処理された浄水中に、カオリン 5mg/L(濁度で5度に相当)及びPAC20ppmを注入して試料水(pH6.8±0.1)とした。これを急速攪拌(G_R 値 150, 450s⁻¹, T_R 値 1, 3, 5min)、緩速攪拌(G_S 値 20s⁻¹, T_S 値 20min)及び沈澱(表面負荷率 0.20cm/min)した後、60cm厚の珪砂層及び複層(アンスラサイト 20cm+珪砂 40cm)でろ過(ろ速 120m/d)を行った。実験中に採取した凝集沈澱処理水及びろ過処理水については、それらの濁度(濁度・色度計、高感度濁度計)、Al濃度(オキシ法)及びSTRを測定した。STRは、同水温の凝集沈澱処理水及び蒸留水 500mLを、孔径 0.45 μmのMFで吸引(到達真空度 26.7kPa)するに要した時間(sec)の比から算出された。

3. 実験結果及び考察

3.1 G_R 値及び T_R 値の上昇に伴うろ過の処理性: 表1及び表2は、浄水場で多用されている急速攪拌条件(G_R 値 150s⁻¹・ T_R 値 1min、以下、従来条件と記載)及びPACによる濁度処理の最適急速攪拌条件(G_R 値 450s⁻¹・ T_R 値 1, 3, 5min)で、水温を 20 または 2 に設定して凝集沈澱及びろ過した結果である。20 における凝集沈澱処理水の濁度は、従来条件 G_R 値 450s⁻¹・ T_R 値 1min G_R 値 450s⁻¹・ T_R 値 3min G_R 値 450s⁻¹・ T_R 値 5minの順に低下している。STRは濁度の場合と同じ急速攪拌条件の順に低下しているが、 G_R

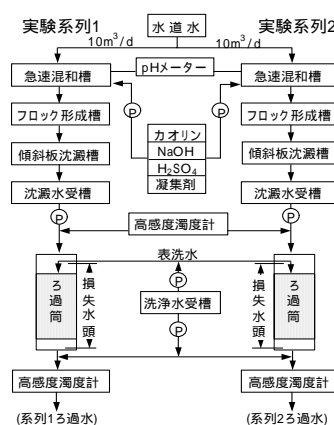


図1 連続流の実験装置フロー



写真1 連続流の実験装置

表1 凝集沈澱処理の結果

水温 (°C)	G_R 値 (s ⁻¹)	T_R 値 (min)	濁度 (度)	Al (mg/L)	STR (-)
20	150	1	1.03	0.51	5.6
		1	0.87 (15.5)	0.50 (2.0)	5.1 (8.9)
	450	3	0.75 (27.2)	0.46 (9.8)	4.2 (25.0)
		5	0.61 (40.8)	0.38 (25.5)	2.8 (50.0)
		1	2.19	0.61	6.0
	2	150	1	1.85 (15.5)	0.57 (6.6)
1			1.43 (34.7)	0.54 (11.5)	5.3 (11.7)
450		3	1.24 (43.4)	0.43 (29.5)	3.8 (36.7)
		5			
		5			

* カッコ内は、 G_R 値150s⁻¹, T_R 値1minを基準とした改善率(%)

表2 ろ過処理の結果

水温 (°C)	G_R 値 (s ⁻¹)	T_R 値 (min)	ろ過0~2時間		ろ過2~24時間		損失水頭 (cm)	
			ピーク濁度 (度)	平均濁度 (度)	平均濁度 (度)	平均Al (mg/L)		
20	150	1	0.032	0.014	0.009	0.024	133.7	
		1	0.034 (-6.3)	0.015 (-7.1)	0.006 (33.3)	0.030 (-25.0)	122.4 (8.5)	
	450	3	0.036 (-12.5)	0.011 (21.4)	0.002 (77.8)	0.022 (8.3)	113.4 (15.2)	
		5	0.040 (-25.0)	0.007 (50.0)	0.001 (88.9)	0.029 (-20.8)	88.0 (34.2)	
	2	150	1	0.036	0.014	0.009	0.033	142.1
			1	0.022 (38.9)	0.010 (28.6)	0.008 (11.1)	0.006 (81.8)	125.1 (12.0)
450		3	0.045 (-25.0)	0.013 (7.1)	0.003 (66.7)	0.038 (-15.2)	118.6 (16.5)	
		5	0.046 (-27.8)	0.017 (-21.4)	0.001 (88.9)	0.011 (66.7)	92.8 (34.7)	

* カッコ内は、 G_R 値150s⁻¹, T_R 値1minを基準とした改善率(%)

キーワード: 低水温、STR、急速攪拌強度(G_R 値)、急速攪拌時間(T_R 値)、複層ろ過、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 土木開発工学科 TEL 0157-24-9501 FAX 0157-23-9408

値 $450s^{-1} \cdot T_R$ 値 5min の場合を除けば、処理目標値 2.0 付近を大幅に超過している。それゆえ、 G_R 値 $450s^{-1} \cdot T_R$ 値 5min の場合を除けば、24 時間ろ過後の損失水頭は大きく、十分なる過継続時間を確保できない。一方、2 の場合の処理性は、全体的に悪化しているが、20 の場合と同様に急速攪拌の適正化によって改善されている。また、ろ過水の平均濁度は、いずれの条件を採用した場合にも 0.1 度を大幅に下回っている。 G_R 値 $450s^{-1} \cdot T_R$ 値 5min 採用時の損失水頭は、抑制されて 92.8cm となっており、目標のろ過継続時間を確保することができる。

3.2 複層ろ過の採用による低水温時の損失水頭の抑制：

低水温時や十分な T_R 値を確保できない場合における損失水頭の抑制を目的に、上部にアンスラサイト層を置いた複層ろ過の実験を行った。表 3 は、水温 2、 G_R 値 $450s^{-1}$ で T_R 値 1min 及び 3min とした際の凝集沈澱処理水を 24 時間ろ過した場合の損失水頭である。同表の損失水頭は、それぞれ 122.4 28.6cm（改善率：76.6%）及び 113.4 26.9cm（同：76.3%）へと低下しており、ろ速を 240m/d としても目標の 72 時間以上のろ過継続時間を確保できることが分かった。ついで、複層ろ層の損失水頭を見ると、上部 10cm の発生割合は、それぞれ 1/3 程度に低下する反面、深さ 20～60cm の発生割合は大幅に上昇している。このように濁質の内部進入に伴って、表 4 のろ過初期（0～2 hr）におけるピーク濁度及び平均濁度はいずれも上昇している。なお、ろ過の安定期（2～24 hr）には、ろ過水の AI は僅かに上昇しているものの、平均濁度は十分に改善されており、処理は良好である。

表 3 24 時間ろ過における損失水頭の発生量（2）

G_R 値 (s^{-1})	T_R 値 (min)	ろ過方式	全損失 (cm)	0～10 (cm)	10～20 (cm)	20～30 (cm)	30～60 (cm)
450	1	単層	122.4	100.6 (82.2)	21.1 (17.2)	0.7 (0.6)	0.0 (0.0)
		複層	28.6	7.3 (25.5)	4.1 (14.3)	12.8 (44.8)	4.4 (15.4)
	3	単層	113.4	101.5 (89.5)	10.7 (9.4)	0.8 (0.7)	0.4 (0.4)
		複層	26.9	7.4 (27.5)	4.8 (17.8)	8.4 (31.2)	6.3 (23.4)

* カッコ内は損失水頭の割合（%）

表 4 単層・複層ろ過におけるろ過水水質（2）

G_R 値 (s^{-1})	T_R 値 (min)	ろ過方式	ろ過0～2時間		ろ過2～24時間	
			ピーク濁度 (度)	平均濁度 (度)	平均濁度 (度)	平均 AI (mg/L)
450	1	単層ろ過	0.032	0.014	0.006	0.030
		複層ろ過	0.125 (-290.6)	0.024 (-71.4)	0.002 (66.7)	0.031 (-3.3)
	3	単層ろ過	0.036	0.011	0.002	0.022
		複層ろ過	0.181 (-402.8)	0.017 (-54.5)	0.002 (0.0)	0.031 (-40.9)

* カッコ内は、単層ろ過の値を基準とした改善率（%）

3.3 補助ろ過法の導入による漏出濁度の抑制：

図 2 及び図 3 は、 G_R 値 $450s^{-1}$ で T_R 値を 1min 及び 3min に設定した場合における通常の急速ろ過及び低速スタートろ過（ろ速上昇 3 段，1 段目：ろ速 40m/日、ろ過開始からの時間 0～25min、2 段目：80m/日、25～50min、3 段目：120m/日、50～1440min）の初期における濁度の動きを示している。なお、ろ過開始時からろ過水濁度が 0.01 度に低下するまでを初期漏出期とした。同図から、低速スタートろ過の採用によって、ピーク濁度はそれぞれ、0.125 0.091 度（改善率：27.2%）、0.181 0.106 度（同：41.1%）へと低下している。また、初期漏出時間はピーク濁度が抑制されるほど短くなり、ろ過の安定期における平均濁度は低下している。

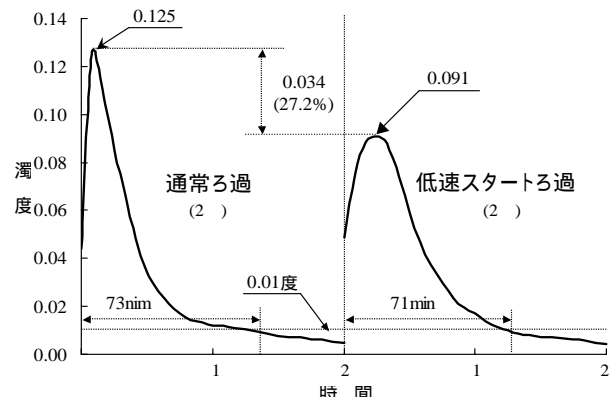


図 2 ろ過初期におけるろ過水濁度の経時変化 (G_R 値 $450s^{-1} \cdot T_R$ 値 1min)

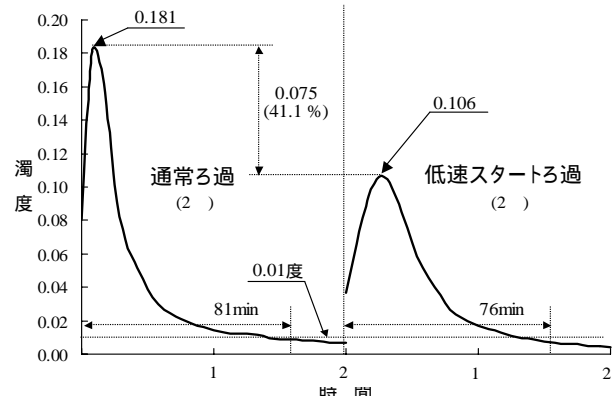


図 3 ろ過初期におけるろ過水濁度の経時変化 (G_R 値 $450s^{-1} \cdot T_R$ 値 3min)

4. 総括：急速攪拌条件の適正化によって凝集沈澱の処理性、ろ過水の濁度と AI 濃度、及びろ過損失水頭を大幅に改善できる。また、低水温時や T_R 値を十分に確保できない場合のろ過では、損失水頭の抑制には、複層ろ層の導入が有効であること、更に複層ろ過時のろ過水濁度の抑制には、低速スタートろ過などの補助ろ過法の導入が有効であることを説明した。