

二層直接ろ過池におけるろ過と洗浄に関する研究

北見工業大学工学部 海老江 邦 雄 天野 重己 飯沼 真治
 日水コン東京水道事業部 藤 縄 憲 通

1. ま え が き

欧米等の浄水処理で広範に採用されている有機性高分子凝集剤は、密実な大型フロックの形成に効果的であり、水処理性能とくにろ過性を大幅に改善すると報告^{1,2)}されている。ここでは、二段注入法（前段で凝集剤のPAC、後段で助剤としてノニオン系有機性高分子凝集剤（以下、N-ポリマー）を注入）を採用した二層直接ろ過法におけるろ過と洗浄の諸現象に及ぼすN-ポリマーの影響を中心に報告したい。

2. 実験装置および実験条件

実験には図1に示す直接ろ過装置を用いた。同装置は急速混和槽（縦55cm×横20cm×高さ25cm，フラッシュミキサー回転数200rpm），ろ過筒（断面積50～51cm²で矩形），自動採水機などからなり，ろ過後，逆洗・空洗・表洗を単独もしくは組合せて行うことができる。ろ材としては，表1に示す珪砂，アンスラサイトを単層（厚さ60cm）または二層（厚さは各30cm）で充填した。ろ過原水は，本学水道水に急速混和槽の第1槽でカオリン20mg/l，第2槽でPAC7.5mg/l，第3槽（凝集助剤）またはろ層表面55cm（ろ過助剤）上でN-ポリマーを注入したものである。ろ過と洗浄条件および実験における測定項目は後記の通り。

表1 ろ材の諸特性

ろ種	材類	有効径mm	均等係数	比重	空隙率%
珪砂	S(S)	0.62	1.31	2.57	44.3
珪砂	S(L)	0.75	1.64	2.58	44.3
アンスラ	A(S)	0.93	1.37	1.51	49.3
アンスラ	A(L)	1.53	1.29	1.51	49.3

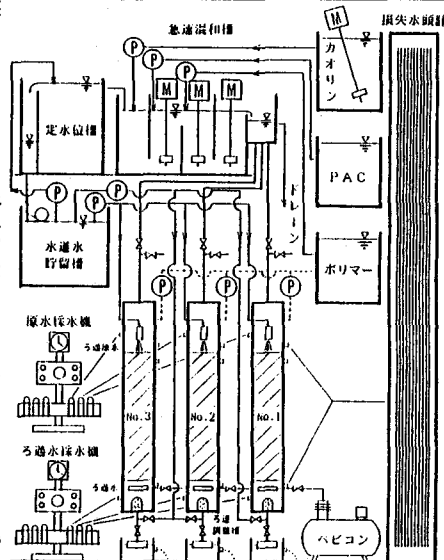


図1 実験装置の概要

表2 最終損失水頭(cm)の動き (N-ポリマーを凝集助剤)

ろ速 m/d	ポリマ 注入率 mg/l	単層ろ過		二層ろ過	
		S(S)	S(L)	A(S)+S(L)	A(L)+S(L)
120	0.00	117.3(18)	38.5(18)	20.5(18)	13.9(18)
	0.15	120.3(18)	36.9(18)	20.5(18)	14.1(18)
	0.30	247.6 (6)	98.7(18)	60.1(18)	23.3(18)
	0.45	—	—	242.8(18)	95.1(18)
240	0.00	212.2(18)	75.8(18)	38.1(18)	32.6(18)
	0.15	218.9(18)	66.7(18)	45.3(18)	38.0(18)
	0.30	183.8 (2)	159.3(18)	125.2(18)	31.4(18)
	0.45	—	—	261.8 (9)	224.0(18)
360	0.00	222.2(13)	97.6(18)	62.2(18)	58.0(18)
	0.15	179.4 (6)	112.1(18)	83.7(18)	65.5(18)
	0.30	206.2 (2)	201.3(18)	179.6(18)	108.6(18)
	0.45	—	—	195.1 (6)	239.0(12)
480	0.00	—	—	76.1(18)	80.8(18)
	0.15	—	—	116.4(18)	99.7(18)
	0.30	—	—	233.3 (9)	234.2(18)
	0.45	—	—	209.6 (4)	242.7 (7)

3. 実験結果および考察

3・1 N-ポリマーを凝集助剤として用いた

単層ろ過と二層ろ過³⁾

表2に示す最終損失水頭は，いずれのろ速においてもポリマー注入率が高いほど大きな値を示している。単層ろ過と二層ろ過の比較では，表層部のろ材径が小さい単層ろ過において顕著な損失水頭の発生が認められ，損失水頭を抑制する上で，大径ろ材，二層ろ層の使用が非常に効果的であることを示している。また，図2，3では，ポリマー注入が平均ろ過水濁度に及ぼす効果は単層ろ過，二層ろ過のいずれにおいても非常に大きく，注入率の微増に伴って平均ろ

注) …… () 内はろ過継続時間を示す。

過水濁度が大幅に低下して行く様子が認められる。さらに、清澄期の最低濁度ならびに清澄期間についてもポリマー注入の場合二層ろ過の方がより良好な結果を示したなど、基本的にポリマー注入を伴う二層ろ過の有効性が確認された。

3・2 N-ポリマーをろ過助剤として用いた二層ろ過

ポリマーを凝集助剤として注入した場合、急速混和槽・輸送ホース内およびろ層表面にろ過の経過に伴って徐々に粗大なフロックの蓄積が認められ、特に、ろ層表面の粗大フロックは損失水頭の増加と強く関係している。そこで、ポリマー注入率を低下させる一方、注入点をろ層表面55cm上に移して以下の実験を行った。

表3に示す最終損失水頭(ろ過時間は、ろ速360m/d, ポリマー0.075mg/l で15時間, それ以外は18時間)は、表2の結果と同様に、ろ速およびポリマー注入率の増加とともに上昇しているものの、凝集助剤として使用する場合より20~30%程度減少している。また、低ろ速の場合ほどPAC単独注入時より損失水頭発生量の少ない領域が幅広く認められ、ポリマーをろ過助剤として極微量注入する方法が損失水頭の抑制上より効果的であることが明確になった。図4で平均ろ過水濁度に対するポリマー注入の効果を見ると、PAC単独注入時に高かったろ過水濁度は、ポリマー注入とともに、特にろ速が大きい場合ほど、顕著に低下して行き、0.05mg/l以上の注入ではいずれのろ速でも検出限界以下の値となっている。清澄期の最低ろ過水濁度は、PACのみ注入の場合 0~1.27mg/lであったが、ポリマー注入率0.025mg/l以上の全ての条件で検出限界以下となった。また、PACのみ注入時の清澄期間(濁度 1 mg/l 以下)は 5~18時間であったが、ポリマー注入率0.05mg/l以上の条件では終期漏出は出現しなかった。このように、二層ろ過においてポリマーをろ過助剤として微量注入する方法は、凝集助剤として用いるよりも、最終損失水頭の抑制ならびにろ過水濁度の大幅な低減化に非常に効果的であることが明らかに

3・3 (PAC+N-ポリマー)によるフロックを抑制した二層直接ろ層の洗浄⁵⁾

洗浄に先行するろ過としては、本学水道水にカオリン 20mg/lとPAC 7.5mg/l 注入後、ポリマーをろ過助剤として0.05mg/l注入したろ過原水を、A(L)(上層30cm)+S(L)(下層30cm)の二層ろ層によって240m/dで18時間ろ過している。

表4でろ層全体の濁質残留率の動きを見ると、膨張率 10%程度で40%前後であるが、逆洗強度の上昇とともに

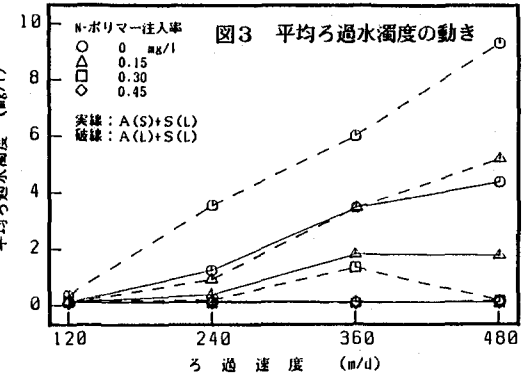
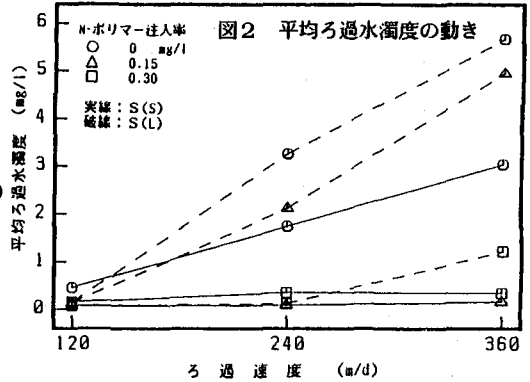
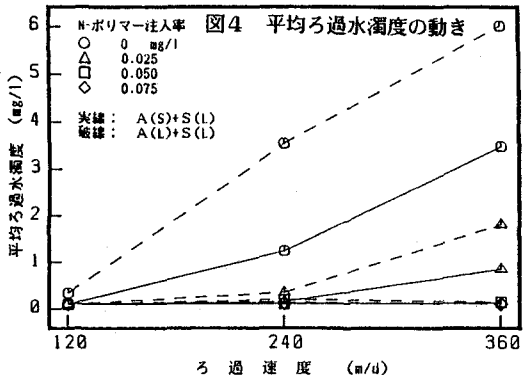


表3 最終損失水頭(cm)の動き

ろ 速 m/d	ポリマ mg/l	A(S)+S(L)	A(L)+S(L)
120	0.000	20.5(18)	13.9(18)
	0.025	15.8(18)	12.5(18)
	0.050	16.2(18)	14.0(18)
	0.075	19.8(18)	10.0(18)
240	0.000	38.1(18)	32.6(18)
	0.025	29.9(18)	32.1(18)
	0.050	37.4(18)	33.7(18)
	0.075	95.0(18)	52.3(18)
360	0.000	62.2(18)	56.0(18)
	0.025	77.0(18)	58.5(18)
	0.050	196.3(18)	105.1(18)
	0.075	229.4(10)	248.7(15)

注) () 内はろ過継続時間を示す。
N-ポリマーをろ過助剤として使用。



急速に低下し、膨張率30と50%では3分間程度で既にろ材上濁質の付着力と水流せん断力・摩擦による剝離力とがほぼ平衡に到達した状況が認められる。また、これらの動きを表5のPACのみ使用、珪砂単層ろ層の逆洗後の濁質残留率の動きと比較すると、今回のようにポリマー併用に伴う粘着性の高密度フロックを捕捉した二層ろ層においても逆洗強度を高めることによって、使用水量は増加するが、単層ろ層と同程度の

表4 二層ろ層逆洗後の濁質残留率の動き (N-ポリマーはろ過助剤)

凝集剤 mg/l	逆洗強度 cm/min		逆洗時間 min	残留量 mg	残留率 %	アンスラ層の 残留率 %	残留量/抑留量 分子：アンスラ 分母：珪砂
	設定値	実測値					
PAC 7.50 + ポリマ 0.05 (ろ過 助剤)	69 膨張率 約10%	57.3	1	5,649	46.5	86.8	38.15/26.28
		50.4	3	4,532	37.2	87.8	30.94/19.96
		41.4	5	4,790	42.8	90.2	33.58/16.99
	115 膨張率 約30%	120	1	920	6.30	87.6	6.27/4.11
		119	3	328	2.08	69.5	1.83/3.71
		116	5	280	2.24	59.0	1.28/4.14
	160 膨張率 約50%	161	1	443	3.21	81.0	2.79/3.04
		162	3	208	1.23	72.2	1.17/2.09
		157	5	215	1.27	74.2	1.24/2.00

洗浄効果を達成することが可能である。また、ろ過過程で濁質の大部分を捕捉したアンスラサイト層は逆洗後においても全濁質残留量の過半(60~80%)の濁質を残留している。

つぎに、所定のろ過後における空洗結果を表6で見ると、二層ろ層においてもろ材上の水深が大きくなほど多くの濁質が排出(水深10cmで40~50%程度、30cmで50~60%程度)されている。しかし、二層ろ層の濁質排出率を珪砂単層(有効径0.71mm, 均等係数1.38)の場合と比較して見ると、前者の場合においては排出率が10~15%程度低い。これは、二層ろ層では、(1)ろ速とろ材径が大きいため濁質が深層抑留された、

表5 珪砂単層ろ層の逆洗後の濁質残留率の動き (有効径0.61mm, 60cm厚さ, 空隙44.3%)

ろ 速 m/d	PAC mg/l	逆 洗		残留量 mg	残留率 %
		強 度 cm/min	時 間 min		
120	7.5	60	3 5	226 149	2.44 1.61
	15.0		3 5	346 274	3.52 2.79
240	7.5		3 5	318 263	1.86 1.54
	15.0		3 5	364 292	2.30 1.85

(2) アンスラの粉碎を抑えるために低い空洗強度を採用せざるを得なかった、等のためと考えられる。さらに、珪砂単層の場合と同様に、空洗時間を長くすると一旦ろ層外に排出された濁質の舞い戻り現象が認められた。このように、空洗の採用にあたっては洗浄強度と洗浄時間の設定が重要になる。

表6 空洗後の濁質残留率の動き (N-ポリマーはろ過助剤)

ろ材	ろ速 m/d	凝集剤 mg/l	ろ材上深 cm	空洗		残留量 mg	残留率 %					
				強度 Nm/min	時間 分:秒							
アン スラ + 珪 砂	240	PAC 7.5 + ポリマ 0.05	10	30	2:15 4:30 13:30	10,050 9,930 12,651	47.3 46.7 59.5					
			30		2:15 4:30 13:30	8,483 8,174 9,069	39.9 38.5 42.7					
			珪 砂		120	PAC 7.5	10	50	2:15 13:30	2,553 2,784	30.5 32.7	
							30		2:15 13:30	1,600 1,873	20.5 22.4	
							PAC 15.0		10	2:15 13:30	3,550 4,364	41.1 46.8
									30	2:15 13:30	1,943 2,397	22.5 28.1

5. あ と が き

二段注入法・直接ろ過法におけるろ過と洗浄に及ぼすN-ポリマーの影響について検討した結果、単層ろ過よりも二層ろ過が、また、N-ポリマーは凝集助剤としてよりもろ過助剤として使用の方がより良い結果を与えることが明らかになった。さらに、ろ層の洗浄については、洗浄強度を若干増加させることによって、通常程度の洗浄効果を挙げることが可能である。今後は、併用洗浄の効果を検討することが必要と考えている。

【 参 考 文 献 】

- 1). Committee Report on Survey of Polyelectrolyte Coagulant Use in U.S., JAWWA, Vol.74, No.11
- 2). 河村 勲：水道協会雑誌, No.457
- 3). 海老江・藤縄・天野：土木学会道支部講 第43号
- 4). 海老江・藤縄・天野：第38回全国水道研発
- 5). 海老江・飯沼・天野：土木学会第43年会講