

北見工業大学 フェロー 海老江 邦 雄

正 員 土 井 克 哉

浅 香 博 則

1. ま え が き：今回は、蛍光ラテックスマイクロビーズ（以下、蛍光ビーズと称す）のゼータ電位を測定し、クリプト原虫のゼータ電位との類似性を示した。また、砂ろ過における同ビーズの流出・抑留挙動を把握するための実験手法を開発し、それを適用した結果の一部を報告した。本論では、カオリンやフミン酸と共存する蛍光ビーズの凝集・沈澱処理性、および、原水 pH の変動またはろ速上昇に伴う蛍光ビーズのろ層流出挙動などを検討した結果を報告する。

2. 実験条件・方法：(1)蛍光ビーズの打ち込みと測定方法：濃度調整された後の蛍光ビーズ懸濁液からマイクロシリンジでその一定量を採水し、凝集実験ではビーカーに、ろ過実験ではろ過筒上部に打ち込む方法を採用している。また、蛍光ビーズ数については、試料を孔径 $1\mu\text{m}$ の MF を用いて希薄塩酸溶液をかけながら吸引ろ過した後、蛍光顕微鏡下で測定した。

(2)凝集実験：表1に凝集実験の条件を示す。各試料（500ml）を所定の条件に調整した後にジャーテストを行い、沈澱終了後に上澄水を 200ml 採水した。実験では、濁度、フミン酸濃度（孔径 $0.45\mu\text{m}$ MF ろ水）および蛍光ビーズ数を測定するため、同一条件の試料を2つ用意し、一方を濁度、フミン酸濃度測定用、他方をビーズ数測定用とした。また、ビーズ数の収支を確認するため、上澄水と残りの下部水についてビーズ数を測定した。

(3)ろ過実験：小型直接ろ過装置を用いて、表2に掲げる条件で運転した。蛍光ビーズは、ろ過開始の1時間後にろ層表面の5cm上に打ち込んだ。また、ろ過原水の pH の調整と変動に関しては pH コントローラーを用いた。ろ過終了後、水を抜いた後、ろ層を上から1cmずつ採取した。それらを蒸留水が入っているビーカーに移し、砂に付着していた濁質を攪拌によって剥離させた。このようにして得た剥離懸濁水とろ過運転中に採水したろ過水に含まれるビーズ数を測定した。蛍光ビーズ回収率が適正なデータを、凝集・沈澱、砂ろ過現象の説明に活用した。

3. 実験結果・考察：(1)ジャーテストによる処理性：図1(a)、(b)は、それぞれカオリン系およびフミン酸系原水における凝集・沈澱の結果を示す。同図(a)によると、pH6.4～7.2 の中性域で、上澄水濁度および残留ビーズ数はそれぞれ最低の度、4個となった。また、同図(b)によると、

キーワード：蛍光ビーズ、カオリン、フミン酸、pH、砂ろ過

連絡先：〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL 0157-26-9491 FAX 0157-23-9408

表1 凝集実験の条件

項 目	カオリン系原水	フミン系原水
原 水	カオリン フミン酸 P A C 蛍光ビーズ pH	20mg/l 5mg/l 20mg/l 98.6±5.3個 2~8
ジャーテスト	急速攪拌 緩速攪拌 沈降時間	100rpm、5分 40rpm、10分 10分

表2 ろ過実験の条件

原 水	カオリン P A C pH	20mg/l 20mg/l 6.8 (通常時) 5.5、8.0 (変動時)
ろ 層	ろ材 径 均等係数 ろ層深さ	0.61mm 1.39 6cm
ろ 過	ろ 速 ろ過時間	120m/d (通常時) 150m/d (変動時) 6時間
蛍光ビーズ	直 径 注入 数	6 μm 101.7±5.0個
変動時間	ろ過 2~2.5、3~3.5 または 4~4.5時間の30分間	

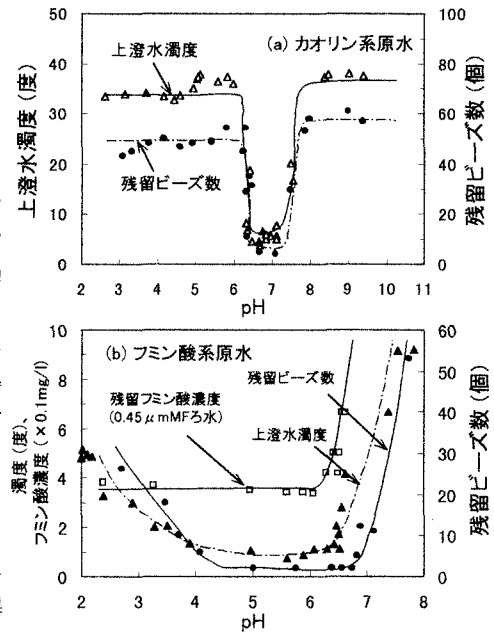


図1 ジャーテストによる凝集・沈澱効果

上澄水濁度、フミン酸濃度および残留ビーズ数は、pH4.5～6の範囲で同時に最小値となり、それらの値はそれぞれ1度、0.35mg/l、2個であった。これらから、蛍光ビーズはカオリン、フミン酸と類似した除去挙動を示し、幾分、高い除去率をとることが確認された。

(2)原水 pH・ろ速上昇に伴う蛍光ビーズの抑留挙動：図2は、3時間の定速ろ過の後、30分間、原水 pH またはろ速を変動させた場合のろ過水濁度の経時変化を示す。同図から、pH の酸性側、アルカリ性側への変動、ろ速上昇による濁質の流出率を算出すると、それぞれ 2.9、0.8、1.1% となった。また、後掲の表3から変動に起因した流出ビーズ数（流出率）を算出すると、それぞれ 10 個(12.2%)、2 個(2.4%)、6 個(7.5%)となった。凝集・沈澱の場合と異なり、変動におけるビーズの流出率は濁質の 4.2、3.0、6.8 倍に上ることから、変動における濁質の流出は多量のビーズの流出につながることを示している。こうした傾向は変動開始時間を変えた場合にも同様に認められた。これらの変動に伴う蛍光ビーズの抑留分布や流出数の動きを図3、4および表3に示す。

図3で原水 pH を酸性側に変動させた場合における蛍光ビーズの抑留分布を見ると、変動のない場合よりもろ層上部2 cm で7個(15%)減少し、それ以下の部分で4個(14%)増加している。このような変動に伴う抑留ビーズの下層への移動は、変動時間を変えた場合にも同様に認められた。また、表3を見ると、蛍光ビーズの流出は、変動の時間帯だけでなく、pH を 6.8 に戻した後にも約2時間続いた。

原水 pH をアルカリ性側に変動させた場合の図3を見ると、ろ層3～6 cm のビーズ抑留数は、酸性側変動時よりも4個(13%)多くなった。原水がアルカリ性になると、ろ層への供給ブロック量の増加に伴って、下層部における抑留ブロック量の増加と剥離ビーズの再捕捉が起こっている。表3において、蛍光ビーズの流出数が酸性側変動時の 10 個よりも大幅（8 個(80%)) に減少しているのはそのためと考えられる。

ろ速を短時間上昇させた場合の図4を見ると、ろ速の増加に伴い、抑留濁質が多いろ層上部3 cm の濁質が移動し、蛍光ビーズは深層抑留の傾向となっている。この傾向は、ろ速変動の時期が遅いほど顕著に認められる。また、表3を見ると、変動後における蛍光ビーズの流出は、酸性側変動時と同様に、変動中だけでなく変動終了後においても認められる。これは、上層部で剥離され、下層に移行したブロック内の一部のビーズが不安定な抑留状態にあったためと考えられる。

4. ま と め：クリプト原虫などを急速ろ過法で分離する際には、最適 pH における凝集・沈澱処理、および、原水 pH やろ速変動を引き起こさないろ過管理が必要である。今後、ろ過効率を高めるためには、ろ材表面の改善・調整技術の開発とその効果の検証が必要である。

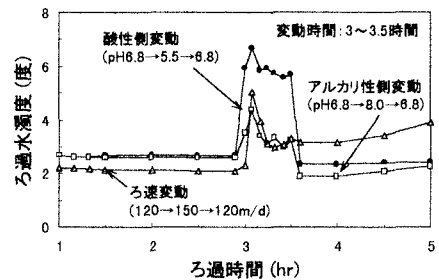


図2 ろ過水濁度の経時変化

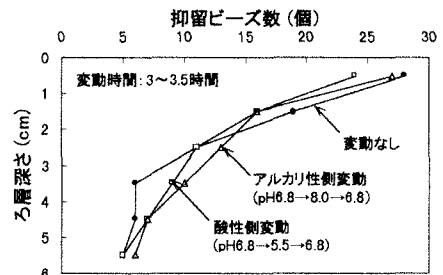


図3 蛍光ビーズのろ層内抑留分布

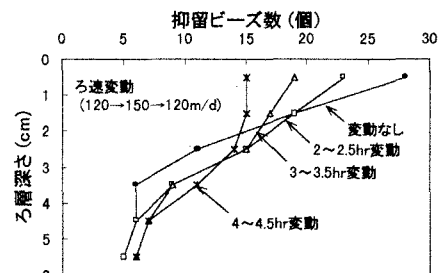


図4 蛍光ビーズのろ層内抑留分布

表3 流出ビーズ数の経時変化

ろ過時間 (hr)	変 動	pH 変 動		ろ 速 変 動 (hr)		
		酸性側	7分1個	2～2.5	3～3.5	4～4.5
0.0～0.5	—	—	—	—	—	—
0.5～1.0	—	—	—	—	—	—
1.0～1.5	13	11	13	13	14	12
1.5～2.0	1	1	1	0	1	2
2.0～2.5	1	0	1	1	0	1
2.5～3.0	0	0	0	2	1	0
3.0～3.5	0	2	1	1	2	0
3.5～4.0	0	3	1	1	3	1
4.0～4.5	1	2	0	0	3	3
4.5～5.0	0	2	0	0	3	3
5.0～5.5	2	1	1	0	1	1
5.5～6.0	0	0	1	1	0	0
流出数合計	18	22	19	19	23	25
抑留数合計	75	72	79	77	73	69
総回収数	93	94	98	96	96	94
回収率 (%)	91.4	92.4	96.4	94.4	94.4	92.4

注1) *は変動時間帯、灰色部分はビーズ流出時間帯を示す。

注2) pH変動については、ろ速 3～3.5hr変動の場合を示す。

注3) ビーズ注入数を101.7個として、回収率を算出した。