

1. まえがき

急速ろ過池の運転サイクルは、ろ層に供給された懸濁物質のろ過（捕捉）とろ層の洗浄（抑留物質の剥離排出）という全く相反する2種類の単位操作から成っている。後者のろ層の洗浄に関しては、過去に幾多の研究が報告されているものの、いまだ未解決の点も多いようである。既に報告してあるように、懸濁物質の捕捉機構は、O'Melia & Crapps により提唱された輸送ステップと付着ステップとの2段階説を基に考えられるべきであるが、ろ層の洗浄機構についても、第1段階目としてのろ材表面から抑留物質を剥離するステップと第2段階目として剥離した懸濁物質をろ層外に輸送排出するステップとの2段階で考えるべきであろう。

第1段階目の剥離ステップの要因としては、従来より“水流のせん断作用”と“ろ材粒子相互の衝突作用”とが挙げられているが、どちらが卓越するのか、また、そのウェイトの評価はいまだ行われていない。今回の実験的検討によって、剥離ステップの卓越因子は総体として“水流のせん断作用”であること、また、この卓越因子が、高濁排水流出期の“水流のせん断作用”から低濁排水流出期の“ろ材相互の衝突作用”へと洗浄過程中に推移することを知ったが、これらについて以下に報告した。

2. 実験装置と方法

実験には、図-1（ろ層は幅 30 cm ×奥行 7 cm ×厚さ 80 cm 、ろ材は $0.71\sim 0.84\text{ mm}$ の珪砂とガラス玉）と図-2（ろ層は断面 53 cm^2 ×厚さ 60 cm 、ろ材は $0.59\sim 0.71$ と $0.84\sim 1.00\text{ mm}$ の珪砂）に示す直接ろ過法採用の小型ろ過装置を使用した。

ろ速は 240 m/h 、空隙率は 44% であった。

図-1

剥離ステップの総体としての卓越因子を評価するためには、“水流のせん断作用”と“ろ材粒子相互の衝突作用”とを実験的に分離しなければならないが、ここでは、ろ過終了後に固定層のまま空隙内流速を増加させ、その際の剥離流出量と定量するという方法によって、“ろ材粒子相互の衝突作用”の効果を排除して“水流のせん断作用”のみの効果を評価できるとの判断に立った。主に図-1の装置を用い、カオリン 40 mg/l 、硫酸アルミニウム 40 mg/l の原水条件で、4時間ろ過後に5分間毎の段階的に大きな流速を発生させ、各段階毎の剥離流出量を採取・測定した。また、各段階で大方の剥離

終了時に実体顕微鏡を通したろ層内状況の写真撮影を行った。図-2の装置では、カオリン 20 mg/l 、硫酸アルミニウム 10 mg/l の原水条件で18時間のろ過を行った後、 25% の膨張率で逆流洗浄を行い、洗浄時間を変えた一連の実験により、洗浄排水濁度の推移、ろ層残留物量分布の観察と測定を行ない、抑留物質の流出過程を検討した。

3. 結果と考察

(1)、図-3は、抑留物に作用する水流のせん断力（空隙内流速）の上昇に伴う剥離流出率（剥離流出量/抑留物質質量）の推移を示したものである。予想通り、“ろ材粒子相互の衝突作用”のない状況でも剥離流出率は極めて大きな値となり、ろ速倍数 3.2 で 50% に達している（ガラス玉の剥離流出率が珪砂の値より高くなった

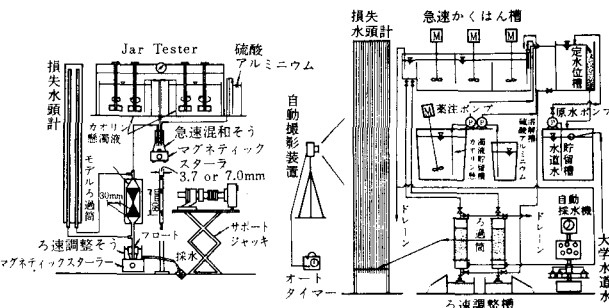


図-2

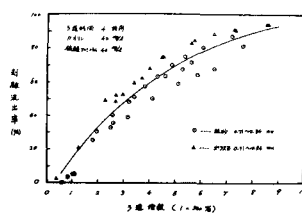


図-3

理由として、①珪砂よりも表面が平滑であること、および、②ろ材形状が均一であるため死領域が少なく流れが均等に配分されると推測されることを挙げる)。したがって、逆洗時の膨張ろ層空隙内流速がこのろ速倍数に相当する流速よりも速ければ、直ちに“水流のせん断作用”が卓越因子と判断できることになる。ところで、水道施設基準に掲げられている逆洗領域(膨張率 30% で逆洗速度 60~90 cm/分)を採用(ただし、ろ層空隙率は一定 44%とした)してろ速倍数を計算してみると 2.78~4.06倍となり、これらに対応する剥離流出率は 45~60%となった。一方、写真-1と2はろ速倍数 8.6と 7.5におけるろ層内を撮ったものであるが、ガラス玉では主にろ材接点部において、また、珪砂ではろ材接点部とその他の死領域部において抑留物質の残留が認められる。しかし、これらの残留物の様子から、ろ材が浮遊状態となる逆洗時には、その殆んどが“水流のせん断作用”で容易に剥離するだろうと考えられる。さらに、今回はろ速 240 %を基準にしているが、水道施設基準の標準ろ速 120~150 %を基にしたとすれば、逆洗時空隙内流速のろ速倍数は大幅に大きな値(高い剥離流出率に繋がる)になると推測される。したがって、総合的に判断すると、逆洗の剥離ステップでは“水流のせん断作用”が卓越すると結論づけて間違いなからう。

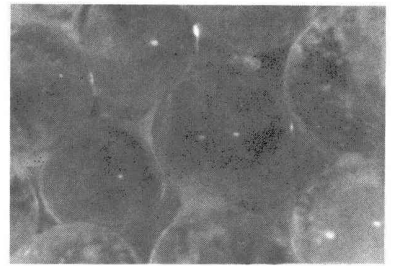


写真-1 (ろ速倍数 8.6)

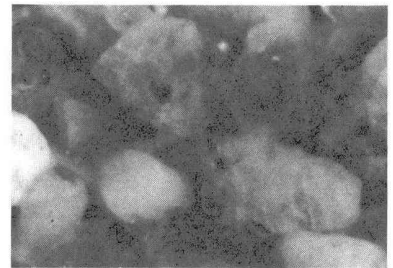


写真-2 (ろ速倍数 7.5)

(2)、図-2の装置でろ層表面に流出してくる逆洗排水を観察していると、逆洗開始時から観察されていた極めて高濁排水は30秒程度(逆洗速度による。大体、逆洗水が膨張ろ層を通過するに要する時間)で突然終了し、その後は、写真-3で見られるように、明確に一線を画する低濁排水が流出して来た。この時、ろ層上の高濁排水塊下端と流動ろ層表面との間隔は時間とともに広がり、同時に高濁排水塊は下方から来る低濁水により希釈・混合されつつろ過筒外へ流出した。それ故、洗浄排水濁度の減衰曲線上からは上述の不連続な現象は確認できない。ろ層表面に流出する排水濁度の低下は、この時点で抑留物質の剥離機構に変化が起ったためであると考えられる。図-4と5で、ろ過終了時抑留量と高濃度濁質の流出終了時のろ層残留量とから、この間の剥離流出率を求めたところ、それぞれ 84.4%, 92.8%もの高率となった。(1)の結果を併せ考察すると、逆洗開始から高濁排水の流出時には“水流のせん断作用”が、その後の低濁排水の流出期には、ろ材表面に強く付着して残留した抑留物に対して“ろ材粒子相互の衝突作用”がそれぞれ卓越したものと判断しうる。

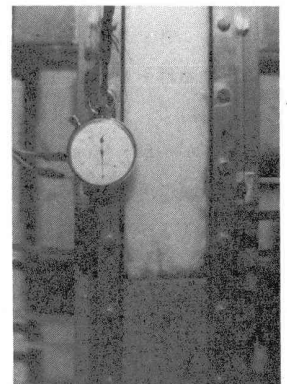


写真-3 (逆洗15分後)

弱も同様の結果を推測言及してゐる。図-4と5で逆洗5分間以後は残留量に殆んど変化が見られず、これが次のろ過で初期漏出率の低下に関係するのであろうと考えられる。

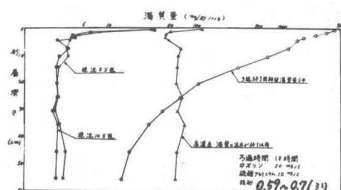


図-4 (膨張率 25.6%、逆洗速度 55.5 cm/分)

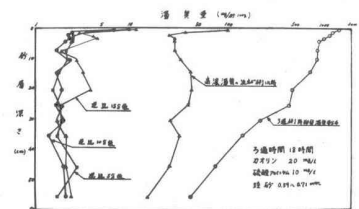


図-5 (膨張率 25.7%、逆洗速度 95.1 cm/分)