

VII-12

分割水逆洗法による活性炭固定層の洗浄効果

北見工業大学 フェロー 海老江 邦雄  
 // 学生員 林田 武志  
 // 学生員 李 宰昊  
 // 正会員 土井 克哉  
 // 学生員 玉川 幸慎

1. ま え が き

高度浄水処理の吸着工程として普及しつつある活性炭固定層の洗浄においては、急速砂ろ過池の場合と同様に、一般に空気洗浄の直後またはそれに重複して水逆流洗浄（以下、水逆洗）が採用される。しかし活性炭層は砂層とは異なり、強度の大きな洗浄を行うと、摩耗による粒子の微細化とそれに伴う流出が懸念される。また、この現象を抑制するために低い強度で洗浄を行うと、洗浄後における吸着効果の低下、洗浄水量および洗浄回数の増加などの弊害を招くこととなる。したがって、高度浄水処理の時代を迎え、砂より比重が小さく脆弱な活性炭層に適した洗浄方法を開発することが今後における重要な課題となっている。

海老江ら<sup>1)</sup>は、砂層の水逆洗過程には不安定期（洗浄開始からろ層が完全に流動化するまでの時期）と安定期（ろ層が一定厚さを維持しつつ流動する時期）とが存在し、不安定期における濁質の排出は安定期に比べて極めて良好であることを指摘している。それゆえ、水逆洗を分割して、不安定期の導入回数を増加させることによって、従来より低い洗浄強度で、高い洗浄効果を発揮させるのではないかと考えた。

本論では、最初にカオリン・PAC系フロックを抑制した砂層を対象に、通常の水逆洗（以下、連続水逆洗）と3分割の水逆洗（以下、分割水逆洗）とを行ってそれぞれの効果を比較検証した後、活性炭固定層を対象に、前段の空気洗浄に続いて同様の連続水逆洗と分割水逆洗を行い、後者の有効性について詳細に検討を行っている。

2. 実験条件と実験方法

活性炭固定層を組み込んだ実験装置のフローシ-

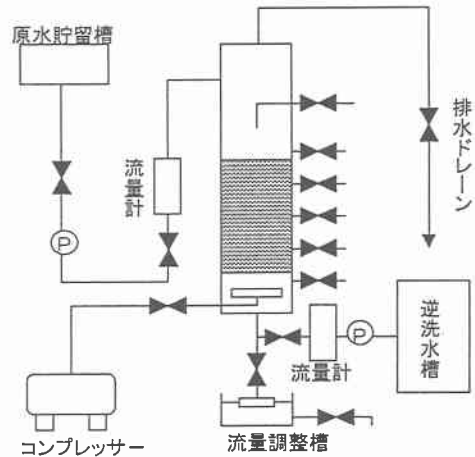


図1 実験装置のフローシート

表1 活性炭固定層を用いた実験条件

運転条件	装置仕様
凝集沈殿処理水 ろ過時間: 24, 48 hr ろ過速度: 250 m/d	ステンレス製 70×70×1300mm 2筒 活性炭層厚: 40 cm 有効径: 1.2 mm 均等係数: 1.3 以下

表2 洗浄条件および洗浄工程

空洗強度 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hr	空洗時間 min	水逆洗速度 m/min	水逆洗時間 min
48	3	0.4	12
		0.6	8
		0.8	6
洗 浄 工 程			
空洗	連続水逆洗		
空洗	分割水逆洗		
	STEP 1	2	3

Effectiveness of Dividing Water Back-wash on the Cleansing of Fixed Beds Activated Carbon by Kunio EBIE, Takeshi HAYASHIDA, Jae-Ho Lee, Katsuya DOI, and Yukinori TAMAKAWA

トおよび実験条件を図 1 および表 1 に、洗浄条件および洗浄工程を表 2 に示す。砂層を用いた洗浄実験においては、北見工業大学の水道水にカオリン 20mg/l、PAC7.5 または 15mg/l 注入後に急速攪拌したものをろ過原水とした。これを厚さ 60cm（有効径：0.61mm、均等係数：1.39、空隙率：44.3%）の砂層に、120 または 240m/d の速度で 18 時間通水した後、速度 0.4、0.6、0.8m/min で水逆洗した。この際の水逆洗時間については、連続水逆洗の場合、0.4、0.6、0.8m/min の速度に対してそれぞれ 4 分 30 秒、3 分、2 分 15 秒とした。したがって、総洗浄水量はいずれも 1.8m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> となる。また、分割水逆洗（いずれも 3 分割）の場合、1 回あたりの洗浄時間（水量）は、順に 1 分 30 秒（0.6m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>）、1 分（0.6m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>）、45 秒（0.6m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>）となる。その後、砂ろ過筒側部のピーコックからろ層内水を慎重に抜き、所定の位置から砂を採取しジャーテスターを用いて、付着した濁質を剥離させてその濁質量を定量するなど、最終的に、各ろ層ごとの抑留濁質量を算出し洗浄前の値と比較することによって洗浄効果を評価している。

活性炭層の洗浄実験においては、フミン質を多く含む常呂川表流水を PAC 注入によって処理した北見市広郷浄水場の凝集沈殿後水を原水として使用した。実験方法としては、所定の吸着処理を行って、多量の濁質を捕捉した活性炭層を表 2 に掲げる種々の条件で洗浄を行い、図 1 に示す排水ドレーンから採水した洗浄排水の濁度を測定することによって、洗浄効果を評価した。濁質・色度成分の抑留量分布の確定手順は砂層の場合と同様の方法であり、活性炭固定層の各部から活性炭を採取後、ジャーテスターにより剥離させ、その懸濁試料について濁質と色度成分とを定量した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 分割水逆洗による砂層の洗浄効果

図 2 および図 3 は前述のカオリン・PAC 系フロックを抑留したろ層を分割水逆洗および連続水逆洗した際の洗浄効果を示している。

いずれの図においても、水逆洗速度が大きい 0.8m/min の洗浄における排出率が高くなっている。また洗浄方法に関しては、水逆洗速度 0.8m/min の場合には、連続、分割いずれにおいても、ほぼ同程度の濁質排出率を示している。それに対し、水逆洗速度 0.4m/min の場合には、いずれも分割水逆洗の方が 7、8% 高い濁質排出率となっている。これは、水逆洗速度 0.8m/min の場合には、比較的洗浄強

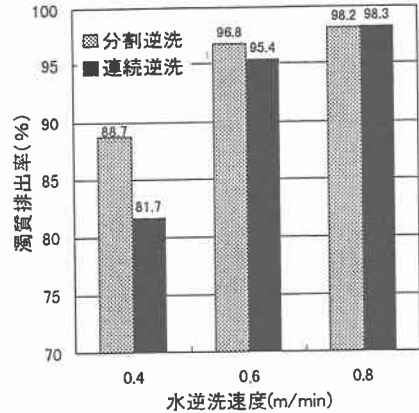


図 2 カオリン 20mg/l、PAC7.5mg/l、ろ速 120m/d、18 時間ろ過の砂層の洗浄における濁質排出率

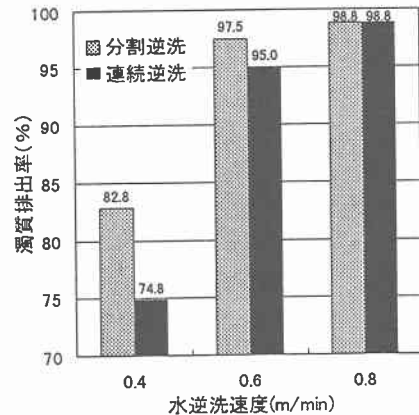


図 3 カオリン 20mg/l、PAC15mg/l、ろ速 240m/d、18 時間ろ過の砂層の洗浄における濁質排出率

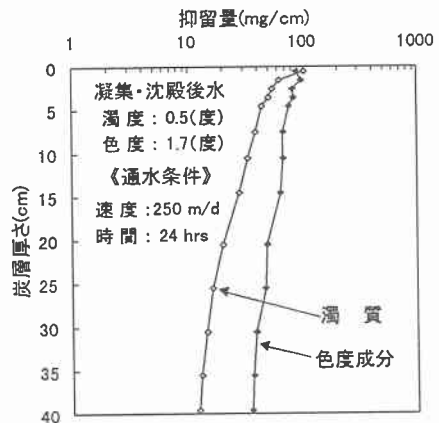


図 4 活性炭固定層における濁質および色度成分の抑留分布

度が大きいために、1回目の分割洗浄中に殆どの濁質が水流力により剥離、排出されたためと考えられる。それに対し、水逆洗速度 0.4m/min の場合には、十分な洗浄強度が得られず、濁質の剥離、輸送が徐々に進行するため、海老江らが指摘<sup>1)</sup>したように、不安定期における押し出し流れやろ材相互の擦れなどの効果が顕在化し、分割水逆洗が連続水逆洗よりも高い洗浄効果を発揮したと考えられる。

これらのことから、砂層の洗浄においては、強度の低い低速の水逆洗を採用する場合ほど、分割の効果が大きく現れることが明らかになった。

### 3.2 活性炭層内部の濁質・色度成分の抑留分布

図4は活性炭固定層内の濁質および色度成分の抑留分布を示している。この図から明らかなのは、濁質および色度成分は砂層内と同様に上層部で抑留されているが、砂層内よりは内部抑留の傾向を強く示していることである。これは、活性炭が砂に比べて有効径や空隙率が大きいことが原因と考えられる。したがって、活性炭固定層の洗浄においては、上層部付近の洗浄はもとより、砂層の場合よりも全層にわたる入念な洗浄を行うことが重要である。

### 3.3 分割水逆洗による活性炭層の洗浄効果

図5、図6および表3は通水24時間および48時間経過後に行った洗浄方法と濁質排出率を、図7は分割1回目の濁質排出率を示している。

最初に、図5において、分割水逆洗と連続水逆洗の効果を比較してみると、いずれの水逆洗速度においても分割水逆洗が連続水逆洗よりも若干高い洗浄効果を示している。砂層の場合と同様に、水逆洗速度が最も低い0.4m/minの場合に最も大きな濁質排出率の差、1.6%、が生じている。

また、図6を見ると、通水時間が長くなった分、全体として濁質排出率が低下しているが、いずれの場合にも水逆洗速度が大きくなるほど高い洗浄効果を発揮している。また、分割水逆洗と連続水逆洗の効果に関しては、図5の場合と同様に、低速の水逆洗の場合ほど分割水逆洗の排出率が連続水逆洗の値より大きくなる傾向を示し、速度0.4m/minの場合4.1%となっている。

表3を見ると、通水48時間後の抑留濁質量は、24時間後の値より1.6~4.6倍も増えている。このことは、濁質の内部抑留の割合が大幅に上昇していること、また、そのために、空気洗浄後に残留する濁質量も増加していることを意味している。このように、通水時間が長くなると水逆洗方法および速度が濁質排出率に大きく影響している。そうした状況を表3の水逆洗速度について見ると、水逆洗速度0.8m/minにおいては、一般に最適と考えられてい

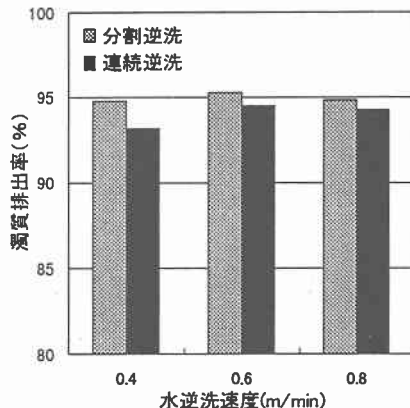


図5 24時間通水後の活性炭固定層における濁質排出率

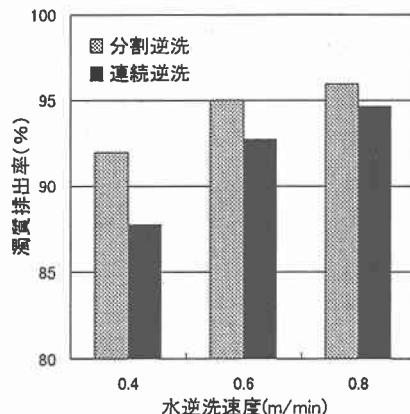


図6 48時間通水後の活性炭固定層における濁質排出率

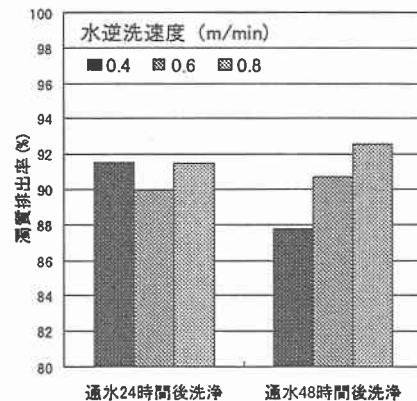


図7 空洗および分割1回目における濁質排出率

る約 30%の膨張率が得られていたのに対し、水逆洗速度 0.6、0.4m/min においては、それぞれ約 26%、17%と最適膨張率よりも低かった。このため、洗浄の剥離段階における水流量およびろ材相互の擦れによる剥離力の低下、さらに空隙率が十分に得られていなかったことによる輸送効率の低下などが起こったものと考えられる。また、水逆洗速度が低速になるほど分割水逆洗が連続水逆洗より大きな洗浄効果を示した要因としては、図 7 で高速の水逆洗の場合ほど、空洗および分割 1 回目の濁質排出率が高くなっていることから、水逆洗そのものの洗浄能力が高かったためと考えられる。

表 3 洗浄方法と濁質排出率

ろ過時間：24 hrs

水逆洗速度 (m/min)	0.4		0.6		0.8	
	分割	連続	分割	連続	分割	連続
洗浄方式						
水温 (°C)	14.4		14.4		16.9	
膨張率 (%)	19.2		28.9		38.2	
総濁質量 (mg)	508.6		402.5		437.5	
全濁質排出率 (%)	94.8	93.2	95.3	94.5	94.8	94.3
分割1回目における濁質排出率 (%)	91.5		89.9		91.5	

ろ過時間：48 hrs

水逆洗速度 (m/min)	0.4		0.6		0.8	
	分割	連続	分割	連続	分割	連続
洗浄方式						
水温 (°C)	21.1		24.2		22.0	
膨張率 (%)	16.8		26.4		30.8	
総濁質量 (mg)	816.3		1701.4		1870.9	
全濁質排出率 (%)	91.9	87.8	95.0	92.7	96.0	94.7
分割1回目における濁質排出率 (%)	87.8		90.7		92.6	

それに対し、低速の水逆洗では、分割 1 回の水逆洗後に残留した濁質量が多かったため、砂層の洗浄時と同様に、分割による水流の押し出し流れや擦れ、さらには洗浄強度の一時的な増幅などの効果が両洗浄の差として認識される形で顕在化したものと考えられる。

#### 4. まとめ

今回行った連続水逆洗と分割水逆洗の効果の比較実験により、以下のような知見が得られた。

- 1) 砂層の洗浄における分割水逆洗と連続水逆洗との洗浄効果を比較し、分割水逆洗法は水逆洗速度が低い場合、すなわち、洗浄強度が低い場合ほど有効であることを検証した。
- 2) 活性炭固定層における濁質および色度成分の抑留分布については、上層抑留の傾向ではあったが、砂層内におけるよりは内部抑留の傾向が強かった。したがって、砂層の場合よりも活性炭層においては全体を入念に洗浄することが重要と考えられる。
- 3) 活性炭固定層の洗浄における分割水逆洗および連続水逆洗の効果を検討し、通水 24 時間後の洗浄では、前段の空洗によって大部分の濁質が排出されるため、両洗浄には殆ど差は生じないが、濁質量が多い通水 48 時間後の洗浄では、砂層の洗浄結果と同様に、膨張率の低い低速の水逆洗を採用する場合ほど分割水逆洗の効果が大きく現れることを明らかにした。

#### 5. あとがき

今回の実験にあたり、御協力いただいた北見市広郷浄水場水質係の萩下隆氏、北見工業大学工学部土木開発工学科卒論生の高田善公、長谷川茂両君に感謝したい。

#### 【参考文献】

- 1) 海老江邦雄：急速ろ過層における抑留物質の挙動(v)、水道協会雑誌、第 518 号、pp.2-27、1977.11.
- 2) 海老江邦雄：急速ろ過池の洗浄における空気洗浄のメカニズムと効果、水道協会雑誌、第 720 号、pp.23-31、1994.9.
- 3) 海老江邦雄：急速ろ過池の洗浄における空洗・水逆洗併用法の効果、水道協会雑誌、第 729 号、pp.27-36、1995.6.
- 4) 海老江邦雄・空原伸介：急速ろ過池の空気洗浄に伴う排出濁質の舞い戻り現象、水道協会雑誌、第 741 号、pp.13-21、1996.6.
- 5) 藤田賢二：急速ろ過池における洗浄に関する諸元の水理学的考察、水道協会雑誌、第 455 号、pp.2-31、1972.8.