

II-71

ろ材表面変化とろ過初期の濁質除去に関する検討

北見工業大学 正 員 海老江 邦 雄

〃 学生員 安 出 卓 司

〃 〃 渋谷 真 祐

〃 〃 笠 原 伸 介

1. ま え が き

急速ろ過池で長期間使用したろ材の濁質除去能が新しいろ材より優れていることは、一般に良く知られている。これはろ材表面の物理的、化学的性状とろ材径が変化することによる総合効果と推測される。ろ過に及ぼすろ材径の効果については既に多くの研究¹⁾があるが、ろ材表面の物理的、化学的性状の変化の影響についてはいまだ十分に検討されていない。

ろ材表面の性状変化は、原水中のフロックや溶解性金属などの付着によって引き起こされ、次第にろ材表面を包み込む薄い膜に発展する。この付着膜は黒色もしくは茶色を呈する場合が殆んどであり、ろ層の濁質除去能に少なからず影響を与える。

本論では、急速ろ過に長期間使用したろ材表面の化学的性状の変化を取り上げ、この変化がろ過初期の濁質除去に及ぼす影響を評価するために、(1) ろ過砂の元素分析、(2) 長期間使用したろ過砂とそれを再生したものとの濁質除去能の比較実験、(3) 走査電子顕微鏡と画像解析装置によるろ材表面の懸濁粒子捕捉部の観察と解析を行ったが、それらの結果について報告する。

2. 長期間使用したろ過砂の表面成分分析

表1は、H浄水場ろ過池のろ層表面から10cmごとに採取した珪砂を対象に、原子吸光および発色分析法によって付着膜の成分を定量分析した結果である。試料の作製方法は、採取したろ過砂を約10分間振とうしながら水洗いを行い、フロックなどの付着汚泥を除去（以下、この砂を使用砂と称す）する。その後、この砂10gを塩酸(1:1) 100ml 中で30分間振とうして付着膜を溶解（以下、この砂を再生砂と称す）させその溶液について測定した。

同表で各成分の付着量の全体的傾向を見ると、表層ほど多く、下層になるにつれて徐々に減少している。またその減少傾向は元素によって異なる。Mg、Ca、Fe、Mn、Alは、0~20cmまでの表層部分で急激に、またNa、Kはろ層の深さにほぼ比例して減少している。元素別の付着量については凝集剤に由来すると考えられるAlが圧倒的に多く、ついでMn、Feの順となっている。

表2は、前述の方法による使用砂と再生砂を、走査電子顕微鏡に組み込まれたエネルギー分散型X線分析装置を用いてNaより原子量の大きな元素について、砂表面から約2μmの深さまでを定性、定量分析した結果である。

同表において、使用砂表面の付着膜に含まれる元素の重量割合を見ると、ろ層の深さによって顕著な差が認められない

表1 H浄水場ろ過砂成分分析結果（原子吸光および発色分析法）

ろ層深さ (cm)	元 素 (mg/g)						
	Na	Mg	Al	K	Ca	Mn	Fe
0	0.035	0.027	6.188	0.060	0.044	1.501	0.877
10	0.034	0.017	4.854	0.051	0.042	1.220	0.596
20	0.021	0.015	4.844	0.042	0.040	1.010	0.510
30	0.017	0.015	4.359	0.036	0.039	0.989	0.506
40	0.017	0.014	4.260	0.035	0.037	0.952	0.501
50	0.009	0.012	4.169	0.032	0.037	0.940	0.455
60	0.005	0.012	4.130	0.031	0.036	0.927	0.426

Influence of ripening of silica sand on the removal of suspended particles at the initial stage of filtration by Kunio EBIE, Takuji YASUDE, Shinsuke SHIBUYA and Shinsuke KASAHARA

ことから、付着膜の成分はろ層内でほぼ均一であると考えられる。また砂の主成分であるSiを除く元素の重量割合は、Al、Ca、Fe、Mnの順となった。他方、再生砂に含まれる元素の重量割合は、当然のことながらろ層の深さによって殆んど変化しなかった。使用砂と再生砂で元素重量割合を比較してみると、前者においてAlの割合が著しく増加している点が注目される。これは、H浄水場で使用していたPAC中のAlが付着したことが原因と考えられる。したがって、ろ材の濁質除去能が使用後次第に高まるのは、付着膜中に多量に取り込まれたAlが懸濁粒子の捕捉サイトを増加させたことによる効果ではないかと考えられる。

表2 H浄水場ろ過砂元素重量割合（エネルギー分散法）

種 類	ろ層深さ (cm)	元 素 (%)						
		Na	Al	Si	K	Ca	Mn	Fe
使用砂	0	0.89	40.41	51.79	0.84	1.67	2.50	1.89
	10	0.72	40.29	54.98	0.36	1.54	0.75	1.36
	20	1.25	39.67	51.93	1.90	1.42	2.12	1.72
	30	0.47	39.94	54.98	0.38	1.59	0.97	1.67
	40	0.00	40.63	52.72	1.09	1.34	1.47	2.75
	50	0.34	41.16	53.32	0.37	1.83	1.22	1.77
	60	0.40	40.22	53.55	1.53	1.64	1.14	1.51
	全層平均	0.58	40.33	53.32	0.92	1.58	1.45	1.81
再生砂	全層平均	1.15	8.89	84.73	1.49	0.37	—	2.87

* 測定視野数 使用砂：1粒3視野×10粒=30視野
 (各層における) 再生砂：1粒1視野×20粒=20視野

3. 使用砂と再生砂の濁質除去能の比較

H浄水場で使用したろ過砂と付着物を除去した再生砂の濁質除去能をろ過実験によって評価するためにそれぞれの砂を有効径：0.59mm、均等係数：1.424 に厳密に調整した。表3は、調整後におけるそれぞれのろ過砂の径を画像解析装置を用いて測定した結果である。予想通り、両ろ材の円相当径と水平フェレ径は平均値で約0.03mm、標準偏差で約0.05mm以内の僅かな差となったので、粒径差が実験結果に及ぼす影響はないと判断した。

表3 ろ材径の測定

ろ過砂	測定 個数	円相当径 (mm)		水平フェレ径 (mm)	
		平 均	標準偏差	平 均	標準偏差
使用砂	246	1.00	0.24	1.09	0.30
再生砂	201	0.97	0.19	1.08	0.25

図1は、ろ過砂の濁質除去能を評価するために用いたろ過装置である。図中のろ過筒内（幅30mm、奥行8mm）に、上述のろ過砂を60mm厚さ（空隙率44.3%）に充填した。ろ過原水はカオリン20mg/lと所定量の硫酸アルミニウムを注入（中性付近にpH調整）後、急速混和したものであり、ろ速240m/dで4時間のろ過を行った。

図2は、硫酸アルミニウム注入率6.23mg/lの実験における経時の濁度流出率を示している。使用砂の方では、ろ材表面に蓄積したAlの効果が発現したためか、再生砂を用いた場合よりも初期漏出濁度が低く、短時間で終了している。また、その後の清澄期においては両ろ材の濁質除去能に差は認められなかった。

図3は、硫酸アルミニウム注入率の増加に伴う両ろ材のろ過開始から1時間までの初期漏出期と、その後4時間までの平均濁度流出率を示している。再生砂と比較して使用砂の濁度流出率はろ過開始から1時間まででは0.98～7.68%、その後4時間までは0.15～1.14%低下している。

このように、使用砂の濁質除去能が主に初期漏出期において向上したのは、この時期における懸濁粒子の捕捉が、

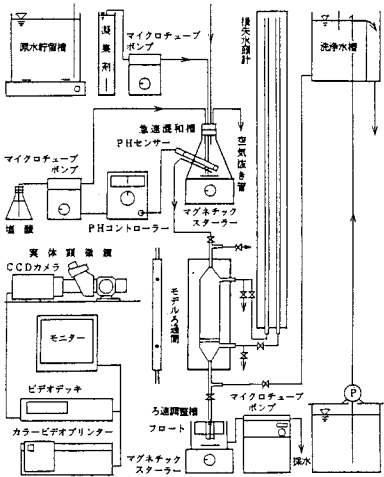


図1 実験装置図

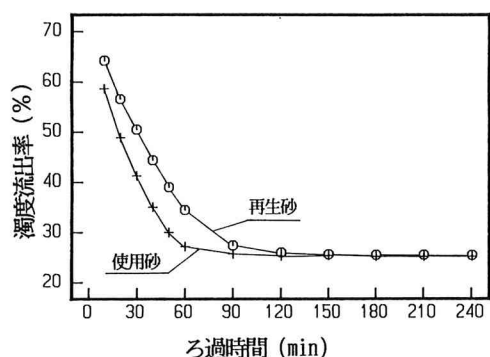


図2 使用砂と再生砂の濁度流出率

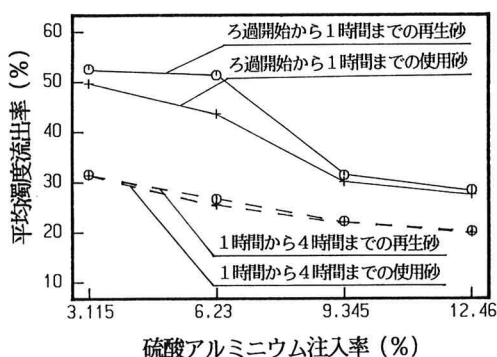


図3 使用砂と再生砂の平均濁度流出率

直接ろ材表面の性状に強く影響されるためと考えられる。すなわち、ろ過初期には露出しているろ材表面そのものに流入フロックが接触するのに対し、初期漏出期が終わり、ろ材表面がフロックによってある程度被覆されると、ろ材表面性状の影響が相対的に低下するためと考えられる。

4. ろ材表面における懸濁粒子捕捉部の検討

ろ材表面の化学的変化が、ろ過初期における懸濁粒子の捕捉に及ぼす効果を把握するために、付着膜を構成する成分中、最も重要と考えられるAlを蒸着したガラス玉と蒸着していないガラス玉を用いてろ過を行い、それらによって捕捉された懸濁粒子を電子顕微鏡によって観察するとともに、その捕捉面積について画像解析を行った。試料の作製方法は、直径約0.5mmのピアノ線上に塩酸

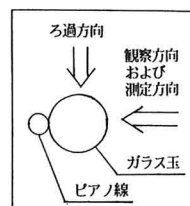


図4 測定と観察の方向

で洗浄したガラス玉を固定した後、Alを蒸着した。これを図1のろ過筒断面の中央部に装填して、カオリン20mg/lと硫酸アルミニウム6.23mg/lを注入して急速混和後、この原水をろ速120m/dで10分間ろ過した。

写真1と写真2はそれぞれAlを蒸着していないガラス玉と、蒸着したガラス玉の表面における懸濁粒子の捕捉状況を、図4に示す方向から観察した電子顕微鏡写真である。写真1のAl無蒸着のガラス玉においては頂部とその周囲に懸濁粒子が捕捉されているが、下向面には懸濁粒子は殆んど捕捉されていない。それに対し、写真2のAlを蒸着したガラス玉の捕捉状況は上向面においては写真2と同様であるが、下向面においては、上向面より少ないものの、写真1の下向面よりは多くの懸濁粒子が捕捉されている。

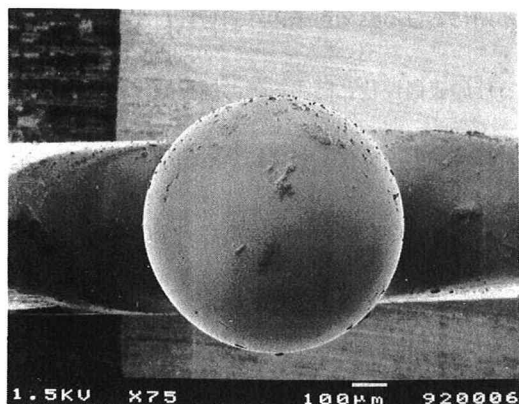


写真1 Al蒸着しないガラス玉の懸濁粒子捕捉状況

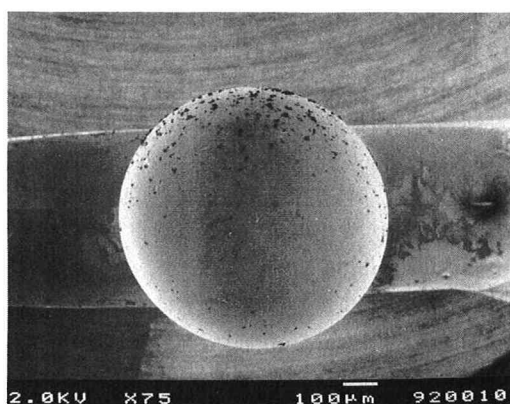


写真2 Al蒸着したガラス玉の懸濁粒子捕捉状況

表4は、それぞれ10個ずつのガラス玉を対象に上向面と下向面における捕捉率（懸濁粒子の捕捉面積／測定面積）を画像解析装置により測定した結果である。電子顕微鏡観察の結果から予測されたように、上向面の捕捉率は変化していないが、下向面の捕捉率は蒸着したガラス玉において無蒸着ガラス玉の約2.5倍となり、A1の蒸着すなわち人工的に形成した付着膜がろ材の下向面における懸濁粒子の捕捉効率を改善したものと考えられる。

以上の結果、使用砂の場合には、特に下向面におけるろ過初期の懸濁粒子の捕捉効率が向上するので、それが使用砂の初期漏出期におけるろ過性能を高めているものと考えられる。

5. ま と め

（1）長期間使用されたるろ過砂の付着膜には、Mn、Feなどの他、凝集剤に由来するAl（約40%）が含まれていた。このAlの付着が濁質除去能の向上に関係するものと考えられる。

（2）付着膜中の金属成分はろ層の深さによって変化しない。しかしながら、それらの重量はろ層の表層ほど多く、ろ層表面から20cmの間で急激に減少していた。

（3）付着膜は、主に初期漏出期の濁質除去能を（0.98～7.68%）向上させるが、澄清期以降の除去能には影響していない。これは、初期漏出期を経ると、ろ材表面は懸濁粒子で覆われるため、ろ材表面そのものが濁質除去能に関与しなくなるためと考えられる。

（4）Al蒸着、無蒸着の両ろ材を用いたろ過実験において、上向面、下向面における懸濁粒子の捕捉率を比較測定した。その結果、Al蒸着ろ材の方が、下向面における捕捉率が高かった。このことは、使用砂の初期漏出期における懸濁粒子除去能を向上させた一因と考えられる。

6. あ と が き

最後に、本研究に協力いただいた北見工業大学土木工学科上下水道工学研究室の輪島 秀則技官および小坂茂仁君に対し心から感謝したい。

【 文 献 】

- 1) 徳平淳：急速ろ過におけるろ過砂の粒度のろ過効率に及ぼす影響，水道協会雑誌，第302号，pp.19-33 '59.11
- 2) 海老江邦雄，輪島秀則：ろ材の表面性状と急速ろ過初期における懸濁粒子の除去特性，土木学会支部論文報告集，第47号，pp.515-520，'91.2
- 3) 海老江邦雄，安出卓司，井戸井毅：直接ろ過における珪砂表面性状と懸濁粒子の捕捉機構，土木学会第46回学術講演集第2部，pp.400-401，'91.9
- 4) 海老江邦雄，安出卓司，渋谷真祐：直接ろ過におけるろ材の表面性状と懸濁粒子の捕捉，土木学会支部論文報告集，第48号，pp.601-604，'92.2
- 5) 海老江邦雄，安出卓司，渋谷真祐：ろ過砂の表面性状に関する2，3の検討，第43回全国水道研究発表会講演集，pp.169-170，'92.5
- 6) 海老江邦雄：急速ろ過ろ層における抑留物質の挙動（Ⅲ），水道協会雑誌，第507号，pp.20-34 '76.12
- 7) T.R.Camp：Theory of Water Filtration，Jour.of Sa.Eng.Div.，ASCE，Vol.90，SA4，Aug.1964
- 8) R.M.Galvin：Ripening of Silica Sand Used for Filtration，Water Research，Vol.26 No.5，pp.683-688，1992

表4 懸濁粒子の捕捉率（%）と標準偏差

ろ材の 表面性状	上 向 面		下 向 面	
	捕捉率	標準偏差	捕捉率	標準偏差
Al蒸着	3.77	1.48	1.58	0.79
Al無蒸着	3.70	1.85	0.62	0.19