

Ⅲ 緩速ろ過の維持管理 (Ver. 3)

(1) ろ過池の立ち上げ (運転開始)

事項	水道維持管理指針 (参考資料 4)	WHO (参考資料 1)	AWWA (参考資料 2)	日水協アンケート 60 事業体 (参考資料 10)	基本整理 関連カ所
ろ過池の 充水	ろ過水逆張り 速度 2m/日 砂面上 10-20 cmまで	ろ過水逆張り 砂面上まで水 位上昇	ろ過水逆張り 速度 0.1-0.2m /hr砂面上ま で	-	-
	ろ過池の底から他の池のろ過水を導入し、砂の間隙から空気を抜き、全ての砂表面が水と接触するようにする。これは、エアロックを防止し、ろ過の際水が均等に流れるようにするためである。引き続きろ過水を底から入れ、水位を、原水の導入により砂層の洗掘や乱流による攪乱が起きないようにするまで上げる。原水の流入場所には、砂層に加えてろ過池運用後の生物ろ過膜の攪乱を防止するために、整流壁を設置する、ろ過池の排出トラフの上に流入させる、砂層表面にコンクリートスラブなどの防護を設置するなどの対策が必要となる。原水の導入は、砂層を乱さないように低流速で開始し、その後ろ過池の水のクッションが効くようになれば流速を上げて、ろ過池の運用水位まで水位を上げる。				
ろ過池の 通水開始 ろ過速度	1m/日程度	標準ろ過速度 の 1/4 程度	2.4m/日	-	I - 2.2
	ろ過水を、ろ過水井から排出し原水に戻すなどしつつ通水を開始する。砂層深くに濁質を侵入させないように低ろ過速度で通水を開始し、その後生物ろ過膜の成熟を待って順次上昇させる。その間、生物ろ過膜やズーグレアの溶存酸素を確保するために、中断のないよう継続的に通水する。				
生物ろ過 膜の成熟 の判断	ろ過水濁度 0.1 度以下	理化学的(濁 度、色度)、微 生物学的(一般 細菌、大腸菌) 項目	細菌除去率 99%以上	-	I - 2.1 I - 2.4
	生物ろ過膜の成熟が進むにつれ、ろ過層の損失水頭が僅かに増加し、生物ろ過膜が次第に視認できるようになる。原水とろ過水の水質分析を行い、ろ過池が十分機能していることを確認後、ろ過水の使用を開始する。ろ過水濁度 0.1 度以下は、日本においてクリプトスポリジウム対策で求められている指針である。また、一般細菌や大腸菌は生物ろ過膜の機能の発現を知るにはよい指標であるが、大腸菌が原水に検出されないような場合には、大腸菌を指標とすることは難しい。一般細菌や大腸菌は、検査結果が得られるまでに少なくとも 1 日は必要となるが、濁度は連続濁度計でも計測可能で瞬時にデータが得られるという利点がある。これらを考慮し、適切な判断指標を定める必要がある。				

生物ろ過膜の成熟の期間 (新設・補砂後)	ろ過機能の回復後(夏季で1ヶ月、冬季では2ヶ月程度)	熱帯地方では数週間、水温が低い温帯ではより長くなる	1週間から数か月と幅がある	-	I - 1.3 I - 2.1
	この期間は、気候条件及び原水水質に依存する。原水水質が清冽であるほど成熟期間は長くなる、また、砂に付着した濁質が多い場合、ろ過水濁度 0.1 度以下に到達させることが難しく、濁質の洗浄除去のための期間が必要となるが、この場合、ろ過速度を上げた方が洗浄効果は高くなる。				
生物ろ過膜の成熟の期間 (清掃後)	夏季1日 冬季7日	1～2日	-	-	I - 2.1
	ろ過池の清掃期間が速ければ速いほど、細菌相の攪乱が少なく、次のろ過膜成熟期間が短くなる。砂層が完全に乾燥状態にならないければ、表面直下の微生物は早期に回復し、新しい砂層レベルでの生息ゾーンが調整される。このような場合には、ろ過膜の再成熟に必要な期間は短くなる。				

(2) ろ過池の運転

事項	水道維持管理指針 (参考資料 4)	WHO (参考資料 1)	AWWA (参考資料 2)	日水協アンケート 60 事業体 (参考資料 10)	基本整理関連カ所
最大ろ過速度 (m/日)	4～5(最大8クリプト対策では5)、ろ過速度の上昇幅は標準の10～20%/日	-	9.6	平均 3.09 (0.2～10)	I - 2.2 I - 4.2
	ろ過速度は、流出管の制御弁で制御し、あまり変動させないようにする。ろ過水量を測定するために、弁の直上流にベンチュリメーターを設置する。あるいは、堰又はテレスコープ管を越流する高さで流量を測定する方法もある。 ろ過速度が高いと、濁質の捕捉効率が落ち砂層深く濁質が侵入するおそれがあるが、溶存酸素の供給が多く生物ろ過膜での生物の呼吸や有機物の分解の影響を抑えることができる。ろ過速度が低いと、損失水頭の上昇が抑制できるが、夜間の溶存酸素低下が起こり易くなる。必要な浄水量とろ過水水質を監視しつつ、適切なるろ過速度で運転する必要がある。				
水質監視	濁度、色度、細菌試験(ろ過膜成熟まで毎日)	理化学的(濁度、色度)、微生物学的(一般細菌、大腸菌)項目の毎日検査	濁度(連続、4hr 毎、毎日)、細菌試験(大腸菌、大腸菌群、毎月)	-	I - 2.4
	定期的に水質監視すべきで、ろ過水の分析は、ろ過池が満足に運転されていることを確認し、原水の分析は処理効率に影響する水質変化を知ることが目的として行う。瞬時のデータが得られる連続水質自動監視装置は有用で、濁度(原水及びろ過水)、全有機炭素(原水及びろ過水) 溶存酸素(ろ過水)、残留塩素				

	<p>(塩素注入後の浄水) などがある。微生物学検査（一般細菌、大腸菌）は、生物ろ過膜の浄化機能を確認する上で重要であるが、24 時間の培養時間が必要で、データが得られるまでに 1 日以上が必要であるという問題もある。</p> <p>生物ろ過膜の状況を簡単に知る方法として、アンモニアを測定するという方法がある。アンモニアは、ろ過池が好氣的に保たれている場合ろ過水に検出されないの、その検出は、浄化機能に問題があることの指標となる。</p> <p>これらに加えて、ろ過池水および生物ろ過膜の藻類繁殖状況を調査又は確認することも必要である。</p>				
運転監視	-	水位(ろ過池及びろ過水)、損失水頭、ろ過速度を毎日	水温、損失水頭、ろ過速度を毎日	-	I - 3.1
	<p>運転状況を日常的に監視し、ろ過が不能になることや複数の池が清掃のために同時に停止するというようなことを避ける必要がある。水位(ろ過池及びろ過水)、損失水頭、ろ過速度（あるいはろ過水量）の自動計測は、効率的な運転に有用である。</p>				
溶存酸素の確保	砂層中の DO6-7mg/L	ろ過水 3mg/L 以上	-	-	I - 4.1 I - 2.2
	<p>生物ろ過膜に有機物が蓄積していくと、酸素消費量が溶存酸素量を上回ることがある。この場合、ろ過層内で嫌氣的な状態が広がり、鉄、マンガン及びアンモニアの溶出や、異臭味の問題が生ずる。昼間、ろ過池水の藻類繁殖により溶存酸素は供給されるが、夜間の溶存酸素の低下に注意する必要がある。</p> <p>原水の酸素消費量が高い場合、あるいは溶存酸素濃度が低い場合は、原水のエアレーションで溶存酸素濃度を増加させる方法もある。また、一時的ではあるが、ろ過水井内で曝気されたろ過水の一部を、原水に再循環させる方法もある。</p> <p>溶存酸素の目安は、生物ろ過膜が部分的に嫌氣的になる可能性を考慮し、ろ過水ではある程度高く設定しておく必要がある。</p>				
ろ過池清掃の判断基準	ろ過水の水位を砂層表面まで低下させない。	損失水頭の上昇	ろ過水の水位を砂層表面まで低下させない。	損失水頭の上昇、生物発生、水質変化	I - 3.1
	<p>ろ過抵抗が急速に増加すると、ろ過池の清掃が必要となる。この指標として、損失水頭を定期的に測定すると、ろ過閉塞の進行とろ過終了の時期が直接分る。損失水頭を測定しない場合は、調節弁の開度で判断することになる。</p> <p>別の判断基準としては、生物ろ過膜の付着藻類など生物量が多くなると、夜間の溶存酸素の低下等の障害が発生し、ろ過停止せざるを得なくなることがある。また、ろ過水水質が僅かに悪化することでも判断できる。</p>				
ろ過継続日数	-	-	-	平均 52.8 (3~365)	I - 4.2
	<p>浄水施設の適切な運転管理のためには、少なくとも 2 週間以上のろ過継続日数が必要である。また、複数のろ過池を同時に清掃しなければならない事態を避けるために、清掃の判断基準に至らなくてもろ過停止し、清掃を開始することがある。</p>				

(3) ろ過池の清掃

事項	水道維持管理指針 (参考資料 4)	WHO (参考資料 1)	AWWA (参考資料 2)	日水協アンケート 60 事業体 (参考資料 10)	基本整理関連カ所
ろ過池の排水	砂層表面下約 20cm まで	砂層表面下 10cm 以上まで	砂層表面下 2.5-5cm まで	-	I - 2.3
	<p>ろ過池清掃のためには、原水の流入弁を最初に閉止し、ろ過は出来る限り継続する。植物プランクトンが大量繁殖している場合は、濃縮されて砂層内にもぐり込むことがあるので、ろ過速度の急変に注意する。また、ろ過池の周壁の付着物をブラシ等で洗い落して清掃するが、ブラシ等の先端で生物ろ過膜を剥がし、砂層内に濁質を侵入させることの無いように注意する。</p> <p>ろ過池水位が下がるにつれろ過速度は急速に低下し、排水には多くの時間が必要となるため、ある程度でろ過水の流出弁を閉止し、ろ過池水は砂面上排出弁から排水する。ただし、排水を急激に行うと生物ろ過膜を破壊し砂層内に濁質を侵入させるおそれがあるので注意する。</p> <p>ろ過池水を砂層表面まで排出した後、ろ過水排出弁により、ろ過層内の水位を砂層表面から低下させる。これは、生物ろ過膜が扱いやすいように乾燥させるためである。一方、充水の際の時間と水量の節約と、小動物を砂層深く移動させないために、必要以上に水位を低下させないようにする必要がある。</p>				
削り取り	約 1 cm	1~2cm	1~3cm	-	I - 2.1
	<p>削り取りは、刃の付いた道具（機械）により、出来る限り速く、生物膜とそれに付着している砂を剥がし、うね又は山状に積み重ね、それをろ過池から搬出する。トラクターなどの機械を用いる場合、ろ過砂の表層部分を乱して、細菌叢を攪乱しないようにする必要がある。また、搬出のための手押し車やカートも保護板を敷いた上を走行するようにしなければならない。</p> <p>削り取り後、速やかに表面を均す必要がある。ろ過池の清掃が速ければ速いほど、砂層が完全に乾燥状態にならず、表面直下の微生物は早期に回復し、新しい砂層レベルでの生息ゾーンが調整され、次のろ過膜成熟期間が短くなる。</p> <p>作業の間、作業員自身によるろ過層表面の汚染を最小限とするように注意を払う必要がある。例えば、清浄なブーツを使用させ、衛生的な行動を厳しく要求する、水系伝染病や寄生虫病の兆候のある作業員は、直接または間接的でもろ過層には接触しないようにすることなどである。</p>				

(4) 補砂

事項	水道維持管理指針 (参考資料 4)	WHO (参考資料 1)	AWWA (参考資料 2)	日水協アンケート 60 事業体 (参考資料 10)	基本整理 関連カ所
補砂前 限界砂層 厚さ	40 cm	50～80 cm	50～70 cm	-	I - 1.3 I - 1.4 I - 2.4
	ろ過層の浄化機能（除濁や大腸菌除去能）を維持できる最低限の砂層厚さを確保する。原水中の有機物が多い場合は、生物ろ過膜から砂層内で、有機物分解ゾーンと硝化など無機物酸化ゾーンが分かれて分布するので、最低 40cm の砂層は必要となる。原水の生物分解性有機物が少ない場合は、生物ろ過膜付近で硝化が起こるので、このことは余り考慮する必要がない。また、粒子除去に関して、ろ過水濁度 0.1 度以下を維持するためには、原水濁度にもよるが、ある程度の砂層厚さが必要となる。				
新砂の 補充方法	切り返し	切り返し	切り返し	-	I - 1.3
	ろ過池を長期稼働させると、原水中の不純物や生物化学的な分解生成物が、砂の粒径にもよるが、30cm～50cm の深さまで入り込んでいる。補砂では、その砂をある場所に移動させ、そこに新砂を入れ、さらに元の砂をその上に戻す。これにより、活性のある層が保持され、成熟期間が最小にできる補砂が可能となる。このプロセスは、「切り返し」といわれ、一列ごとに実施する。この際、下の支持砂利層を乱さないよう深く掘りすぎないようにする。最初の列から除去した砂は、長辺方向の片側の上に積み上げて、開削した場所に新砂を入れ、次に隣接する列を開削して、掘り出した旧砂を、最初の新砂の上に積み上げる。順次この操作を繰り返す。これは、「天地返し」ともいわれる。 なお、充水による沈下を見込んで 5～10cm 余盛りをしておくといよい。				
洗砂	削り取った砂を再利用する場合には、洗浄後保管して、将来の補砂に使用する。ろ過池から削り取りした砂は、出来るだけ早く洗浄する。なぜなら、有機物に富んで酸素を消費し続けているので、嫌気になりやすく腐敗し異臭味物質を産生するので、後で洗浄する時それらを除去する必要が生ずるからである。 洗浄では砂粒子に強く付着した有機物被膜は容易に除去できないが、その後空気にさらされた後、この被膜は可溶性となり細菌の成長の栄養となる。このため、新砂より洗砂の方が浄化機能発現に必要な期間が短くなる傾向がある。 また、洗砂時に細かい砂が失われ、有効径が大きくなることがある。これにより、ろ過運転時にろ過層深くに不純物が浸入しやすくなる。				