

北九州市水道局殿向 上向流式生物接触ろ過施設（穴生浄水場）の 施設概要と運転事例

Up-flow Biological Contact Filter for Removal of Ammonium Nitrogen and Dissolved Manganese for Kitakyushu-City Waterworks Bureau



技術本部
水処理第二技術部技術室
松 井 日出 夫
Hideo Matsui

生活排水や湖沼の富栄養化などのために、水道原水の水質にアンモニア性窒素や界面活性剤の増加、カビ臭などの異臭味の発生や溶存マンガンの濃度の上昇といった障害が起こる場合がある。

北九州市水道局ではこれらの対策に粒状活性炭をろ材とし生物の力を利用した上向流式生物接触ろ過池を穴生浄水場の前処理設備として設置し、アンモニア性窒素は100 %、溶存マンガンは70 %以上の除去率がえられている。また塩素、凝集剤および炭酸ガスの使用量も削減できた。さらに上向流式生物接触ろ過設備は高濁度の影響を受けにくいことが証明された。

Excessive nutrients in domestic wastewater and eutrophication of rivers and lakes often cause city water source troubles such as increases in ammonium nitrogen and surfactant, generation of objectionable odor, and increase of dissolved manganese concentration. An up-flow biological contact filter, utilizing granular activated carbon as filter media has been applied to Anou Water Purification Plant as pretreatment facility. As a result, ammonium nitrogen is removed by 100 % and dissolved manganese by more than 70 %. Consumption of chlorine, coagulant, and the carbon dioxide gas for pH control has been reduced. The plant proves that the up-flow biological contact filter is hardly influenced by high turbidity.

Key Words :

上向流式生物接触ろ過池
粒 状 活 性 炭
アンモニア性窒素
溶 存 マ ン ガ ン

Up-flow biological contact filter
Granular activated carbon
Ammonia nitrogen
Dissolved manganese

ま え が き

北九州市水道局は、主要水源である遠賀川の水質悪化に対し、「より安全で良質な水への取り組み事業」として種々の設備を導入されてきた。

その一つとしてカビ臭原因物質、アンモニア性窒素、溶存マンガンの除去、トリハロメタンの生成物質である有機物や陰イオン界面活性剤の低減を目的とした粒状活性炭をもちいた高度浄水処理施設として上向流式生物接触ろ過施設を建設され、北九州市

水道局本城浄水場では2000年8月7日より、さらに、穴生浄水場では2003年6月20日より供用を開始している。

当社はこれらの上向流式生物接触ろ過施設の機械設備の建設を担当し、本城浄水場、穴生浄水場とも現在順調に稼働している。

本報ではとくに穴生浄水場の上向流式生物接触ろ過設備の特長、概要および運転状況について報告する。

1. 上向流式生物接触ろ過方式

本施設は、河川に存在する微生物の自然浄化作用を利用した生物接触ろ過方式を採用している。これは、原水が生物接触ろ過池の接触ろ過層を通過する際に、微生物が付着繁殖したろ材と原水が接触することによって、微生物の作用でアンモニア性窒素、溶存マンガ、臭気物質、陰イオン界面活性剤などの溶解性物質を除去する方式である。

本施設では、微生物を付着繁殖するろ材として、小粒径の粒状活性炭をもちいている。

通水方式は、水道原水を直接通水した場合には一般的に実施されている下向流式では、原水中の濁質により接触層表面が詰まりろ過閉塞を起こすため、上向きに通水する上向流方式を採用している。さらに、通水速度を大きくして接触ろ過層を膨張させた流動状態（流動床）とし、生物接触ろ過池内の濁質捕捉を抑えるようにしている。

上向流式生物接触ろ過方式の特長を次に示す。¹⁾

- ① 流動床であるため、接触ろ過層全体を有効に利用でき、生物処理効率が良い。
- ② 小粒径の活性炭を利用することで、ろ材の表面積が大きくとれ、生物の付着量が多く生物処理効果を高められる。
- ③ 付加的な要素として、活性炭自体が付着した生物により再生することが考えられるため、吸着材としての能力が長期にわたり期待できる。
- ④ 上向流であるため、濁度が高い原水を速い通水速度（15 m/h）で接触ろ過できるので、施設の設置面積を小さくできる。
- ⑤ 濁質捕捉量が少ないため、損失水頭が少ない運転が可能となる。洗浄までの水位の上昇が少なく低い水位差で運転できるため、自然流下方式が採用でき中間ポンプなどの機器が不要になる。
- ⑥ 原水を直接生物処理することで、アンモニア性

窒素などが生物酸化され、前塩素や中間塩素処理で注入する塩素量の低減がえられる。

- ⑦ 濁質捕捉を目的としていないため、処理水中に凝集の核となる物質が残留するので、後段の凝集処理工程での凝集性能を悪化させない。

加えて、生物処理水の濁質は沈降性の良いものに変質するため凝集・沈澱処理に対し良好な影響を与えられる。

2. 施設概要

施設フローを図1示す。穴生浄水場には原水が4系統から流入し、最大171 000 m³/dの処理をおこなっている。原水は着水井へ流入した後、混和池、フロック形成池、薬品沈澱池を経て、急速ろ過池でろ過されて浄水池へと送水される。浄水場の混和池では凝集剤のほかに pH 調整用に炭酸ガスを、急速ろ過池の前後では中塩素、後塩素を注入している。

生物接触ろ過施設は本浄水場の前処理設備として設置される。浄水場への流入管から分岐した原水が生物接触ろ過施設で生物処理された後、既設着水井へ流入する。

生物接触ろ過施設の全景を写真1に示した。また、

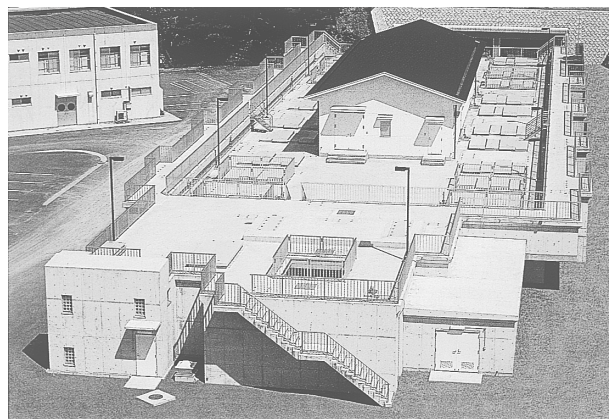


写真1 穴生浄水場 生物接触ろ過施設全景（北九州市水道局 穴生浄水場パンフレットから引用）

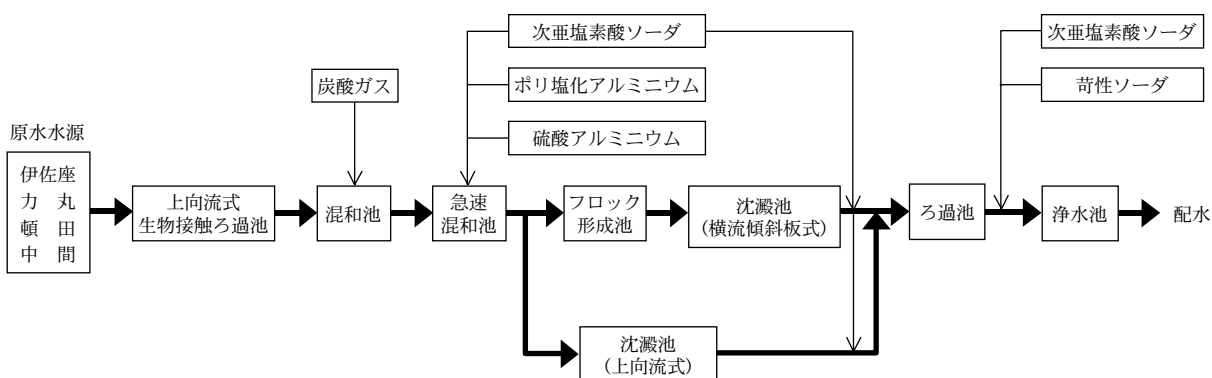
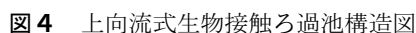
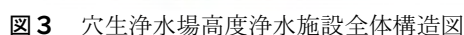
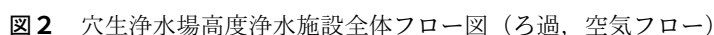


図1 北九州市水道局 穴生浄水場施設フロー



本施設は下部配水装置や支持砂利層に少量の濁質が捕捉される。さらに、接触ろ過層だけでなく下部

配水装置や支持砂利層にも生物が繁殖するようになるため、通水継続とともに損失水頭が上昇する。そのため、一定時間毎に洗浄をおこなう必要がある。

洗浄は「空気」洗浄→「空気＋水」洗浄→「水」洗浄をおこない、濁質や付着生物の一部を効率よく生物接触ろ過池の系外に排出する。

また、本施設では本城浄水場の運転実績を背景として次の改良をおこなっている。

- ① 水抜装置の水抜き箇所を1箇所から4箇所とし、洗浄工程の水抜き工程において、池内の水抜きの偏りをなくしている。
- ② 洗浄排水については、弁の切り替えて高濁度の排水は濃縮槽へ、低濁度の排水は流入井又は戻水池に戻るようになっている。
- ③ 洗浄工程における「水洗浄→水抜き」工程は生物接触ろ過処理水濁度によって、2回の繰返しまで追加することができる。これにより、洗浄によって剥離した濁質を排水する回数を増やすことができ、後段の凝集沈殿処理に負荷を与えないようにしている。
- ④ 近隣民家への騒音を考慮して、ブロワをルーツ型からターボ型へ変更し、また屋外の水路にカバーを設けている。
- ⑤ ブロワをターボ型にすることでバルブの開度調整が可能となり、空気洗浄の風量調整をインバータ制御から弁開度制御に変更している。

2. 1 設計諸元

処理水量：最大171 000 m³/d

池数：10池

池寸法：6.0 m^W×4.7 m^L×2床／1池

池面積：516 m² (51.6 m²／1池)

通水速度：360 m/d

2. 2 接触ろ過層仕様

種類：石炭系粒状活性炭（破碎炭）

有効径：0.4～0.5 mm

均等係数：1.7以下

充填密度：450～550 kg/m³

充填層高：1.5 m (77.4 m³／池)

2. 3 洗浄方法

洗浄方式：気水洗浄

洗浄工程：排水→水抜き→空気洗浄→気水洗浄
→水洗浄→水抜き

3. 施設仕様

3. 1 下部配水装置

型式：気水洗浄型多孔板式
(A/W 式有孔パネル)

材質：SUS304

設置面積：51.6 m²／池×10池

3. 2 空洗装置

型式：ラテラル管式空気洗浄装置

材質：SUS304

数量：10池分

3. 3 水抜装置

型式：ラテラル管式

材質：SUS304

数量：10池分

3. 4 ト ラ フ

型式：U字型角型トラフ

寸法：400 mm^W×400 mm^H×4 700 mm^L

材質：SUS304

数量：6条／池×10池分

3. 5 除塵ブロワ

型式：ターボブロワ

能力：8.5 m³/min×30 kPa×11 kW×200 V

台数：2台

3. 6 空洗ブロワ

型式：ターボブロワ

能力：36.1 m³/min×60 kPa×75 kW×3 000 V

台数：3台

3. 7 風量調節弁

型式：電動フランジレスバタフライ弁

口径：250 A

電動機：50 W×200 V

台数：2台

3. 8 返送水ポンプ

型式：ノンクロック型水中ポンプ

能力：2.5 m³/min×13 mAq×11 kW×200 V

台数：3台

3. 9 排泥ポンプ

型式：ノンクロック型水中ポンプ

能力：1.89 m³/min×25 mAq×18.5 kW×200 V

台数：2台

4. 運転方法

上向流式生物接触ろ過施設では、上向流の通水速度が遅いと洗浄により剥離された濁質が上部トラフから系外へ排出されにくく、ろ過池内に蓄積されていくことになる。また、通水速度が速いと上部トラフからのろ材の流出や、原水とろ材の接触時間が短くなることから処理性能の低下が危惧されることになる。このため、原水流量が変動する場合は、1池の通水速度を一定範囲内にする必要があり、本施設では通水する池の数を増減する方式（池数制御）に

表1 生物接触ろ過施設による除去（神鋼環境ソリューション分析）

項 目	2003/12/18 水温 8℃			2004/4/9 水温 15℃			2004/8/6 水温 25℃			本城浄水場 採水データ ¹⁾		
	原 水	処理水	除去率	原 水	処理水	除去率	原 水	処理水	除去率	原 水	処理水	除去率
アンモニア性窒素 [mg/L]	0.09	<0.01	100	<0.10	<0.10	100	0.01	<0.01	100	0.05	0.01	91
溶解性マンガ ン [mg/L]	0.007	0.001	85.7	0.033	0.002	93.9	0.007	0.002	71.4	0.013	0.000	90
濁度 [度]	3.5	3.1	11.4	9.3	6.6	29.0	5.5	5	9.1	—	—	—
TOC [mg/L]	2.8	2.5	10.7	4.4	2.7	16.6	1.8	1.5	16.7	7.5	5.5	23.0
S-TOC [mg/L]	2.8	2.5	10.7	2.7	1.8	33.3	1.8	1.5	16.7	—	—	—
E260 [—]	0.065	0.057	12.3	0.030	0.023	23.3	0.034	0.03	11.8	0.044	0.031	22.0
pH [—]	7.8	7.6	—	7.9	7.7	—	7.5	7.5	—	—	—	—
色度 [度]	14	10	28.6	32	22	31.3	18	14	22.2	—	—	—
硝酸性窒素 [mg/L]	1.14	1.26	—10.5	1.10	1.30	—18.2	0.92	0.95	—3.3	—	—	—
亜硝酸性窒素 [mg/L]	0.069	<0.003	100	0.030	<0.010	100	<0.030	<0.030	—	—	—	—

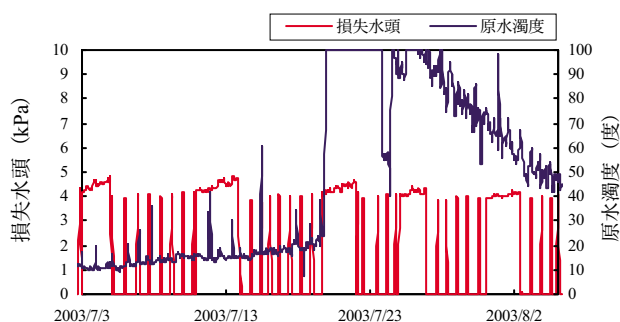


図5 原水濁度と損失水頭

て運転をおこなっている。池数制御においては、通水しない池は生物処理能力が低下しないように順次3時間の通水（水替え）をおこなっている。

5. 運 転 状 況

原水濁度と損失水頭の関係を図5に示した。原水濁度100度以上が4日間継続した場合でも、損失水頭は4.1 kPa から4.6 kPa へ0.5 kPa 程度の増加であり、100度以上になる前の値と大きな増加は見られなかった。また、運転確認期間中、原水濁度が70度以上になった時が4回あったが、いずれもその前後における損失水頭の急上昇は見られなかった。上向流式生物接触ろ過施設は、高濁度の影響を受けにくいと考えられる。

6. 処 理 性 能

当社にて稼動後1年間の追跡調査をおこない、2003年12月、2004年4月、8月に測定した処理水の水質と除去率を表1に示した。

アンモニア性窒素は100%，溶存マンガンは70%以上の除去率がえられている。また、E260、TOCについても10～20%程度の除去率であり、良好な処理性能が確認された。

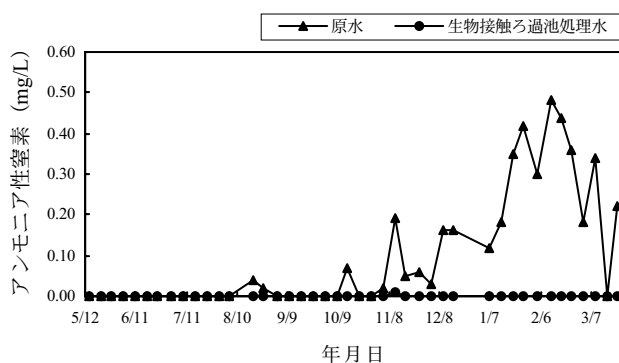


図6 アンモニア性窒素の年間の処理性（北九州市水質試験所分析）

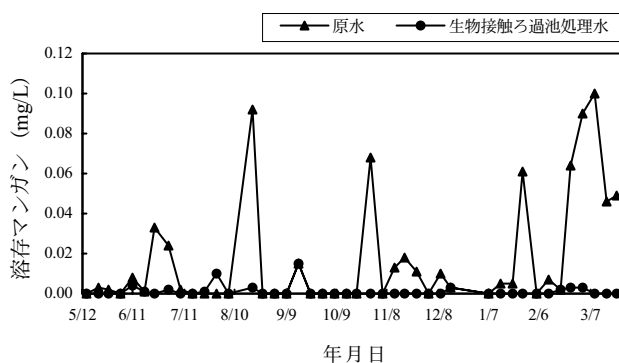


図7 溶存マンガンの年間の処理性（北九州市水質試験所分析）

本城浄水場とくらべると、アンモニア性窒素、溶存マンガンの除去性能は同程度であり、E260、TOCの除去性能は本城浄水場の除去率20%程度に対しやや低い程度で大きな差はなかった。

また、北九州市水道局水質試験所分析による2003年5月から2004年3月までの、年間のアンモニア性窒素及び溶存マンガンの処理性を図6、7に、年間

表2 年間の平均濃度と除去率の平均値
(2003年4月～2004年3月 北九州市水質試験所分析)

		原 水	生物接触 ろ 過 処 理 水	除去率の 平 均 値 (%)
アンモニア性窒素	[mg/L]	0.10	不検出	100
硝酸性窒素	[mg/L]	0.98	1.09	－11
溶存マンガン	[mg/L]	0.017	0.001	94
臭気強度	[－]	2(1.7)	0(0.3)	80
濁度	[－]	7.8	6.7	14
過マンガン酸カリウム消費量	[mg/L]	6.9	5.1	26
TOC	[mg/L]	1.7	1.3	24
DOC	[mg/L]	1.4	1.0	29
E260	[－]	0.037	0.025	32
陰イオン界面活性剤	[mg/L]	0.06	0.01	79
pH	[－]	7.5	7.4	－

の除去物質の平均濃度と除去率の平均値を表2に示した。

アンモニア性窒素は、冬期の最大0.48 mg/Lの原水水質においても生物接触ろ過処理水には検出されず、年間除去率の平均は100 %であった。溶存マンガンは、年間の原水の変動に対しても除去率の平均は94 %であった。アンモニア性窒素、溶存マンガンともに年間を通して、原水水質の変動に対し良好で安定した処理性能を示していることがわかった。さらに臭気強度や陰イオン界面活性剤の除去率の平均値はそれぞれ80 %、79 %と良好な除去性能が確認された。

む す び

粒状活性炭をもちいた上向流式生物接触ろ過方式により、水道原水の生物処理性能が確認できた。さらに浄水施設全体として塩素、凝集剤および炭酸ガスの使用量の減少も確認でき、設備の維持管理性の向上に寄与できた。

本報告にあたり、データの提供を含め多大なご協力を頂きました北九州市水道局殿に深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) 中町眞美ほか：神鋼パンテック技報 Vol.46, No.1 (2002)