

ハイブリッド型膜ろ過設備の納入実績 (岡山県吉備中央町竹谷浄水場)

Hybrid Water Purification Plant
Combined System of Upflow Bio Contact Filter
and Membrane Filtration



技術本部水処理第二技術部技術室
藤本 瑞生
Mizuki Fujimoto
西尾 弘伸
Hironobu Nishio

吉備中央町（人口14 400人）の竹谷浄水場はダム水を水源としている。ダム水に含まれる溶解性物質を前処理の上向流式生物接触ろ過にて低減除去し、濁質および混入の恐れのある病原性原虫クリプトスポリジウムを膜ろ過法にて除去するために、それぞれを組合わせたハイブリッド型膜ろ過設備を納入した。その結果、良好な結果をえたのでここに報告する。

Taking its source water from dam reservoir, a water purification plant of a hybrid membrane filtration system has been satisfactorily serving for a population of 14 400 with quality water. The system is a combination of upflow bio-contact filters and dead-end MF membrane filtration. The former can reduce iron, manganese, color and organic matters contained in the raw water, while the latter is efficient in removing Cryptosporidium from source water.

Key Words :

上向流式生物接触ろ過
膜ろ過
クリプトスポリジウム

Upflow bio-contact filter
Membrane filtration
Cryptosporidium

まえがき

従来の浄水処理プロセスの主体であった「凝集沈澱-砂ろ過」に代わる除濁方法として、精密ろ過膜（MF膜）、限外ろ過膜（UF膜）をもちいた「膜ろ過」が注目されている。浄水処理に膜ろ過法を導入することにより、従来の砂ろ過法と比較して濁質や耐塩素性のある病原性原虫クリプトスポリジウムなどを完全に除去できる。

加えて膜ろ過法は全自動運転のため維持管理が容易であり、省スペース化が図れ、建設工期が短くなるというメリットも有する。

ダム水などを水源とする場合は、溶解性の有機物、溶解性の色度、溶解性のマンガン、アンモニア性窒素などを含む場合がある。さらにダム水は富栄養化

による藻類の繁殖が原因となり異臭味の発生も予想できる。膜ろ過法では、これらの溶解性物質を除去できない。

そこで、これらの溶解性物質を除去するための前処理として粒状活性炭を担体とした生物処理を付加し、膜ろ過設備と組合わせたハイブリッド膜ろ過方式が必要とされる。

岡山県吉備中央町（平成16年10月に賀陽町と加茂川町は合併し、吉備中央町となった）は、人口約14 400人、総面積約269 km²の町であり、竹谷浄水場は、近隣に大きな河川がなく、ダム水を水源としている。

本報では、竹谷浄水場に2004年3月に納入した上向流式生物接触ろ過を精密ろ過膜（MF膜）の前処

理として組込んだハイブリッド型膜ろ過設備の特長、概要および運転状況について報告する。

1. ハイブリッド型膜ろ過設備の特長

本設備は、精密ろ過（MF膜）の前処理として河川に存在する微生物の自然浄化作用を利用した上向流式生物接触ろ過方式を採用している。

これは生物接触ろ過池内のろ材（粒状活性炭）に微生物を付着繁殖させ、原水がろ過層を通過する際にろ材と接触することで膜ろ過法では除去できない溶解性の有機物、溶解性の色度、溶解性のマンガ、臭気物質、アンモニア性窒素などを低減除去する方式である。

上向流式生物接触ろ過と精密ろ過を組合わせたハイブリッド型膜ろ過方式は、凝集剤を使用せず、薬品は消毒剤として次亜塩素酸ナトリウムを添加するだけである。そのため、「より安全でおいしい水」をえることができ、発生汚泥量が少なく維持管理が容易であるという特長を有する。

また、膜ろ過の物理洗浄に薬品を使用しないことから、洗浄排水の回収が可能であり設備としての回収率を高めることが可能である。

2. 設備概要

2.1 上向流式生物接触ろ過池

図1に設備全体のフローを表1に上向流式生物接触ろ過池の仕様と運転条件を示す。

1) 上向流式生物接触ろ過池の特長

上向流式生物接触ろ過池は濁質除去を目的とせず、溶解性の有機物質やマンガ、アンモニア性窒素、臭気物質などの低減除去をおこなうものである。後段を完全な除濁機能を有する膜ろ過法とすることで、上向流式生物接触ろ過方式の特長を有効に活用できる。上向流式生物接触ろ過池の特長を次に示す。

- ① 上向流方式であるため原水を速い通水速度で接触させることができるので、設備の設置面積を少なくできる。

表1 上向流式生物接触ろ過池の仕様および運転条件

項目	仕様
計画浄水量	900 m ³ /d
型式	上向流式生物接触ろ過池
池数	2池
材質	鋼板製（SUS304）
寸法	1.2 mW×1.2 mL×5.0 mH
ろ層	粒状活性炭
層厚	1.5 m
通水速度	15 m/h
空間速度	10 1/h
洗浄方法	空気・水洗浄
洗浄工程	排水→水抜→空洗→空気・水併用洗浄→水洗→水抜→通水洗浄
洗浄頻度	1回/2d

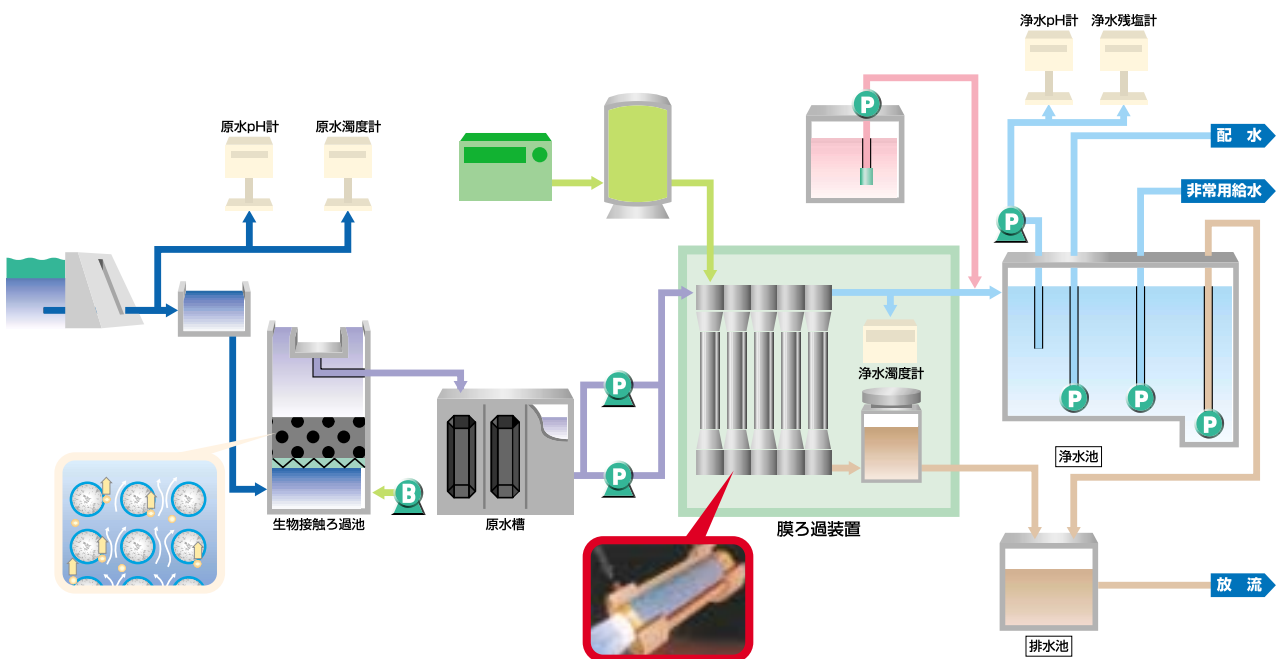


図1 設備フロー

- ② 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。通水にともなう損失水頭の上昇が少なく、低い水位差で運転できるため自然流下方式が採用できる。
- ③ 流動床であるため、接触ろ過層全体を有効に利用でき、生物処理効率がよい。
- ④ 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、生物の繁殖量が多く生物処理効果を高められる。
- ⑤ ろ材である活性炭自体が付着した生物により再生すると考えられるため、活性炭としての効果が長期にわたり期待できる。

2) 上向流式生物接触ろ過池の運転方法

竹谷ダムより取水した原水は、原水分配槽にて2池の生物接触ろ過池へ分配される。生物接触ろ過池外観を写真1に示す。

原水は生物接触ろ過池の下部より流入する。流入した原水は、気水洗浄型多孔板より池内へ均等分散され、支持砂利層、ろ層（生物活性炭層）の順に上向流で流れる。この後生物接触ろ過池内の集水トラフにて処理水を集水し、いったん原水槽に貯留する。生物接触ろ過池は上向流で通水することによりろ層である粒状活性炭を流動化させ、ろ層の閉塞を抑制しつつ、粒状活性炭表面に微生物を生息させ生物処理をおこなっている。生物接触ろ過池の洗浄は基本的に2日に1回の頻度にて（1池／1日）実施している。洗浄は空気洗浄、気水洗浄、水洗浄、洗浄通水（捨水）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へ排出する。1回の洗浄時間は約2時間である。

なお、1池洗浄中は、生物接触ろ過池の処理水量が半分となるため、原水槽は、生物接触ろ過池が1池洗浄中であっても、膜ろ過装置は連続運転可能な容量としている。



写真1 上向流式生物接触ろ過池外観

2.2 膜ろ過装置

表2に膜ろ過装置の仕様および運転条件を示す。

1) 膜ろ過装置の特長

本膜ろ過装置の膜はポリプロピレン製の公称孔径0.2 μ mの中空糸型精密ろ過膜（MF膜）であり、ろ過方式は全量ろ過方式である。

本膜ろ過装置の特長を次に示す。

- ① 安全性を最優先した膜ろ過システムである。延伸法による伸縮性に富んだ膜であるため膜破断が起こりにくい。さらに膜破断に対する検知システムとして、直接法と間接法を併用し二重の安全対策を施している。直接法とはモジュールのろ過側に無菌圧縮空気（100 kPa）を加えて、単位時間における圧力の減少度を測定することにより膜の破断を検知する方式である。間接法とは、ろ過水濁度を精密濁度計により常時監視し、膜破断を間接的に検知する方法である。
- ② 長期安定な運転がおこなえる。膜の特性（伸縮性）により、圧縮空気（600 kPa）での逆圧空気洗浄をおこなっている。この強力な物理洗浄機構は洗浄回復性が優れており、長期にわたって安定した運転がおこなえる。また、物理洗浄に薬品を使用しないため、洗浄排水の回収が可能である。
- ③ 維持管理が容易である。全自動運転が可能である。構成機器が非常に少なく主たる機器はポンプと空気圧縮機のみである。設備の設置面積が小さくなり維持管理が容易である。
- ④ 経済性が優れている。全量ろ過方式を採用しているため、クロスフ

表2 膜ろ過装置仕様および運転条件

項目	仕様
膜種類	精密ろ過膜（MF膜）
膜材質	有機膜（ポリプロピレン）
膜孔径	0.2 μ m
膜形状	外圧式中空糸
系列数	6系列（3系列×2ユニット）
膜モジュール本数	60本（10本/系列）
有効膜面積	900 m ² （15 m ² /モジュール）
膜ろ過流速	1.0 m ³ /m ² /d（浄水量900 m ³ /dに対して）
ろ過方式	全量ろ過方式
物理洗浄方式	逆圧空気洗浄方式
物理洗浄間隔	57 minに1回
薬品洗浄方式	持ち帰り洗浄方式

ローろ過方式にくらべて消費電力が少なく、維持管理費用が安い。

2) 膜ろ過装置の運転方法

原水槽に貯留された生物接触ろ過処理水は膜ろ過ポンプにて膜ろ過装置に供給される。膜ろ過装置外観を写真2に示す。

本装置は、6系列で構成されている。運転方式は各系列の原水入口に設けたコントロール弁にて定流量制御運転をおこなっている。6系列のうち、2系列停止しても計画浄水量を100%自動的に確保できるようにになっている。

本膜ろ過装置の物理洗浄方式である逆圧空気洗浄は、逆洗ポンプおよび空気槽内の無菌圧縮空気(600 kPa)を利用しておこなっている。60分をろ過、物理洗浄の1サイクルとしており、1サイクルのなかで57分間ろ過、3分間物理洗浄をおこなっている。

物理洗浄をおこなっても膜差圧は運転日数の経過とともに徐々に上昇する。そのため、半年～1年に1回薬品洗浄をおこなう必要がある。

本膜ろ過装置の薬品洗浄は、膜モジュールを工場に持ち帰りおこなう洗浄方式を採用している。

実装置においては、夜間停止することも考えられ、



写真2 膜ろ過設備外観

冬期水温低下による膜モジュールの凍結が懸念される。そこで凍結防止対策として、運転待機中に水温の低下を検知すると、強制ろ過(捨水)をおこなうシステムを有している。

膜ろ過水は消毒用として次亜塩素酸ソーダ注入後、浄水池へ送られる。

3. 運転状況

3.1 ハイブリッド型膜ろ過設備の水質分析結果

表3に原水、生物接触ろ過処理水、および膜ろ過処理水の水質分析結果を示す。

原水において濁度、色度が水質基準値を超えており、鉄・マンガンも多く含んでいる。

上向流式生物接触ろ過池により色度や有機物質(TOC)、UV260などが低減されており、さらにアンモニア性窒素などの除去も期待できる。上向流式生物接触ろ過池は溶解性物質の除去を目的としたものであり、その効果がえられている。

膜ろ過処理水においては十分に水質基準値を満足する水質がえられた。これらより、本方式で良好な処理性能がえられることがわかる。

3.2 ハイブリッド型膜ろ過設備の運転状況

図2に原水濁度の経日変化を示す。

竹谷浄水場の原水は通常の原水濁度は10度以下で

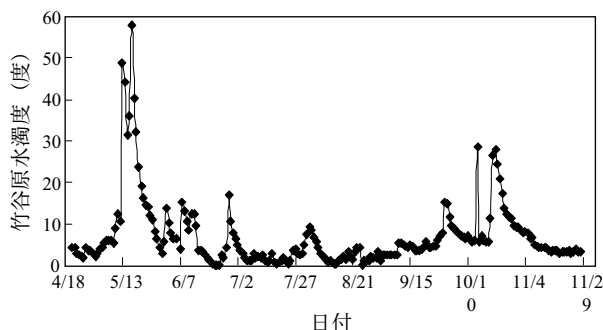


図2 原水濁度の経日変化

表3 原水と浄水の水質分析結果

項目	原水	生物接触ろ過処理水	膜ろ過処理水
濁度 (度)	5.4	4.9	0.1未満
色度 (度)	24	16	2
pH (—)	7.5	7.3	7.4
有機物 (TOC) (mg/L)	1.2	1.0	0.9
UV260 (—)	0.032	0.025	0.015
鉄およびその化合物 (mg/L)	0.250	0.236	0.027
マンガンおよびその化合物 (mg/L)	0.039	0.031	0.001未満
溶解性マンガン (mg/L)	0.001	0.001未満	0.001未満
アンモニア性窒素 (mg/L)	0.02	0.01未満	0.01未満

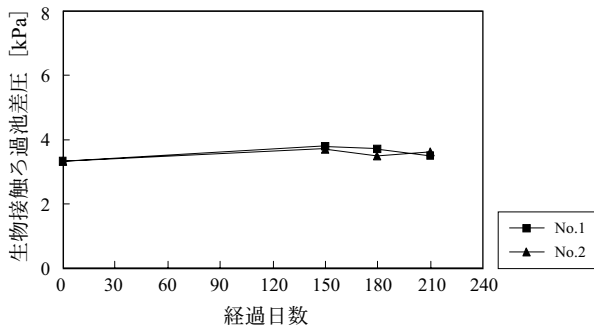


図3 上向流式生物接触ろ過池の差圧

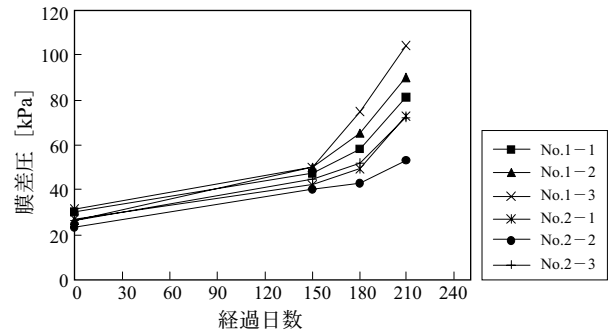


図4 膜ろ過装置の膜差圧

あるが、降雨等の影響を受け20～60度といった高い濁度を示す。

図3に上向流式生物接触ろ過設備の差圧を示す。運転開始より上向流式生物接触ろ過池は2池とも通水流速15 m/hで連続運転をおこなった。

運転開始より7カ月経過したが、差圧は約4 kPaという低い値で安定して運転を継続している。このことは、洗浄が効果的におこなわれ、ろ層および支持砂利層への濁質の滞留が少ないことを示している。

図4に膜ろ過装置の膜差圧を示す。

膜ろ過設備は各系列すべて膜ろ過流束1.1 m³/m²/dで連続運転をおこなった。運転開始後約7カ月間安定に運転できた。

むすび

本設備は、2004年4月に給水を開始し現在も安定した運転を継続している。

膜ろ過では除去困難な溶解性物質は上向流式生物

接触ろ過池により低減除去し、濁質や細菌、耐塩素性のある病原性原虫クリプトスポリジウムなどを膜ろ過装置により完全に除去し、良好な水質がえられる。

薬品は消毒剤として次亜塩素酸ナトリウムを添加するだけであり、ダム水源にハイブリッド型膜ろ過方式を導入し「より安全でよりおいしい水」をえられることがわかった。

本方式は維持管理が容易であり、設備の設置面積削減などのメリットも多く、今後ますますの普及が期待される。

[参考文献]

- 1) 中町真美ほか：神鋼パンテック技報，Vol.46，No.1 (2002/8)，p.32, 33
- 2) 西尾弘伸：神鋼パンテック技報，Vol.38，No.3 (1994/12)，p.28