

生物処理と膜処理のハイブリッド型 浄水処理システム

Water Purification System by the Collaboration
of Biological Treatment and Membrane Filtration



技術開発本部
水・汚泥技術開発部 水処理室
高 田 一 貴
Kazutaka Takada
(工学博士)

技術本部
水処理技術部 プロポーザル室
西 尾 弘 伸
Hironobu Nishio

水道原水となる地下水や表流水には、溶解性の鉄・マンガン、有機物等の膜ろ過だけでは処理できない成分を多く含む。これら原水に対して、生物処理と膜処理を併用することにより、より高度な処理水を与えることを目的として実証実験をおこなっている。これまでの実験により、原水中に含まれる高濃度の鉄、マンガン、有機物等が良好に除去できると同時に、膜処理により水道基準を満たす処理水がえられることが実証された。

本方式は薬品をまったく使用しないため、安全でおいしい水を与えることができるとともに、設置スペースや運転費低減を可能にするため、多様な原水に対応できる新しい処理法として適用が期待できる。

Ground or surface water as a source of drinking water contain soluble iron, manganese, and/or organic matters those are not removed by a membrane filtration. For the purpose of obtaining the highly purified water, the experiment is being conducted using a unique system by a collaboration of biological treatment and membrane filtration. From the experiment so far, relatively high concentration of soluble iron, manganese and/or organic matters are well removed by the biological treatment, and treated water through membrane filtration is confirmed to meet the drinking water standard. The advantage of this method is that no chemical usage enables to produce the safety and fine water, and the installation space and operating cost can be reduced. Therefore this system is expected to apply as a new treatment method to the various kind of raw water.

Key Words :

水	道	Drinking water
高	度	Advanced treatment
膜	ろ	Membrane filtration
生	物	Biological treatment
活	性	Activated carbon

まえがき

膜処理システムは耐塩素性病原微生物（クリプトスポリジウムなど）対策として普及しており、近年は処理水量規模の拡大が進んできている。今後、容易な維持管理性等の理由により、浄水技術の中心として普及するものと考えられる。水道原水として利

用される地下水や表流水については、地域特性はあるものの地殻を構成する岩石層からの鉄やマンガンなどが多く含まれたり、フミン酸やフルボ酸などに代表される天然有機物質が多く含まれていたりしている。

これら不純物を含む水道原水の処理は、一般に、溶存している鉄やマンガンに対しては酸化（次亜塩

素酸ナトリウムなどの酸化剤注入、曝気による空気酸化等)の後、凝集沈澱、ろ過する方法が広く採用されてきた。これら方法は、溶存物質の除去のために大量の薬剤を必要とするため、安全でおいしい水の概念を損なうばかりでなく、薬品使用量の多さのために発生する廃棄物(汚泥)の増加という短所もある。一方で、鉄分が多い地下水等に対しては鉄細菌が含まれていることが良く知られている。当社は、この鉄細菌を利用して無薬注で除鉄、除マンガン処理をおこなうプロセスを開発し、建設費および運転費を削減した実績を増やしてきた。¹⁾

本稿では、財団法人水道技術研究センターが主催する「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究(e-Water II)」の持込み研究の概要について報告する。特長とするプロセスは、膜処理だけでは処理できない水道原水に対して、生物処理と膜処理を併用することである。このプロセスによって、より高度な処理水を効率的にえる処理技術を開発することを目的として、奈良県斑鳩町にパイロット実証実験装置を設置して実験をおこなっている。

1. 斑鳩町の原水性状と実証実験について

実証実験装置を設置している奈良県斑鳩町第1浄

表1 原水水質分析結果(実験期間中)

主な項目	原水
温度 [°C]	16.5~25.0
pH [-]	6.8~7.7
濁度 [度]	0.205~4.859
色度 [度]	15~50
鉄 [mg/L]	0.65~2.62
マンガン [mg/L]	0.29~0.46
アルミニウム [mg/L]	0.10~0.18
有機物質等(TOC) [mg/L]	1.5~2.5
アンモニア態窒素 [mg/L]	1.3~1.7
一般細菌 [個/ml]	1~4

水場は地下水を水道原水としている。原水である地下水の水質を表1に示す。鉄、マンガン、アンモニア態窒素、色度成分が高い数値を示している。井戸からの取水直後は透明であるが、数時間放置すると写真1のような金属成分由来の色に変色する。また、原水には硫化水素を含有している。なお、水温については地下水であるため、年間の水温変動は小さく、本実験をおこなった期間内の最低水温は約16.5°C(2月)、最高水温は約25.0°C(8月)であった。

本開発では、膜処理だけでは対応できない、水道原水に含まれる高濃度の鉄、マンガン、有機物等を生物処理により無薬注で効率良く除去する処理技術を開発することを目的としている。膜処理との併用により、既設設備よりも高度な処理性を目指している。

2. 実証実験と装置諸元

2.1 実証実験装置

図1に実験装置の概略フローを示す。また写真2に装置設置の様子を示す。原水は着水井より原水槽に受け入れ、原水送水ポンプにより生物処理槽へ供給される。生物処理槽には粒状活性炭(平均粒径0.7mm)が投入されており、常時エアレーションにより流動状態を保持し、槽底部への堆積を防止し



写真1 原水と処理水の状況

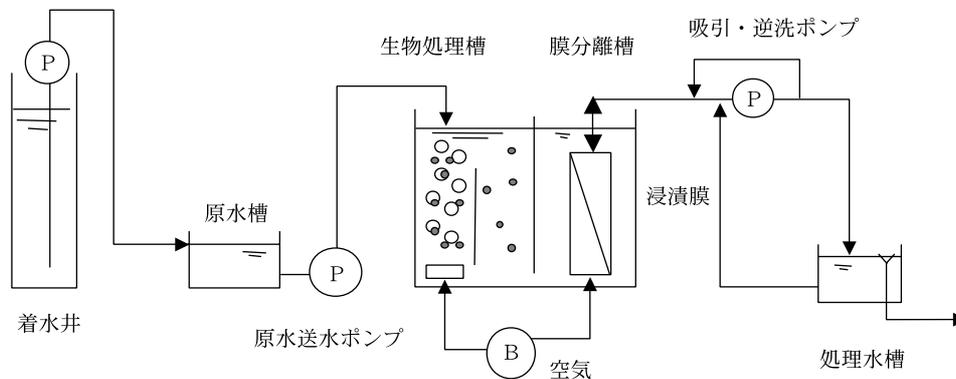


図1 実験装置のフロー図

ている。一定の滞留時間を経て原水中に含まれる硫化水素、鉄、マンガン、アンモニア態窒素、有機物等が酸化・除去された後、生物処理水は槽下部より膜分離槽へ流入し、浸漬膜により吸引ろ過される。

浸漬膜モジュールには、PVDF製中空糸型MF膜をもちいている。膜の物理洗浄では処理水による逆圧水洗浄および空気によるエアスクラビングを実施



写真2 実験装置の設置状況

しており、バルブ切り替えにより吸引ポンプが逆洗ポンプの機能を果たす。なお、薬品等は一切もちいることなく、原水由来の微生物と活性炭による処理で除鉄、除マンガンおよび有機物除去をおこなった後、膜による精密なるろ過をおこない処理水をえる。処理水量は25~70 m³/dである。

槽には仕切りがあるものの全体として1槽で処理することができるため、設置スペース削減、生物処理と浸漬膜の併用によるランニングコスト低減が期待できる。

3. 結果および考察

3.1 膜ろ過流速および濁度

膜ろ過は0.5~1.4 m/dで変化させ、生物処理槽内の生物濃度を増加させながら実験をおこなった。この膜ろ過流速の範囲内では、膜差圧上昇速度は0.04~5 kPa/dであった。本結果より、薬品洗浄の頻度が6カ月程度で運転できる膜ろ過流速は0.7~0.75 m/dであることがわかった。

図2に原水および処理水の濁度経時変化を示す。処理水濁度は安定して水道基準未満となっており、膜により濁質の高度除去ができていたことが確認できた。

3.2 生物処理性

図3に処理性の一例として鉄の経時変化を示す。

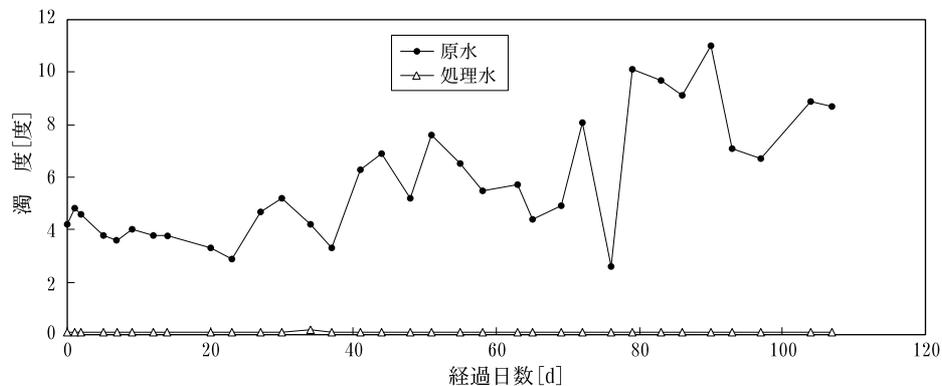


図2 濁度の処理性

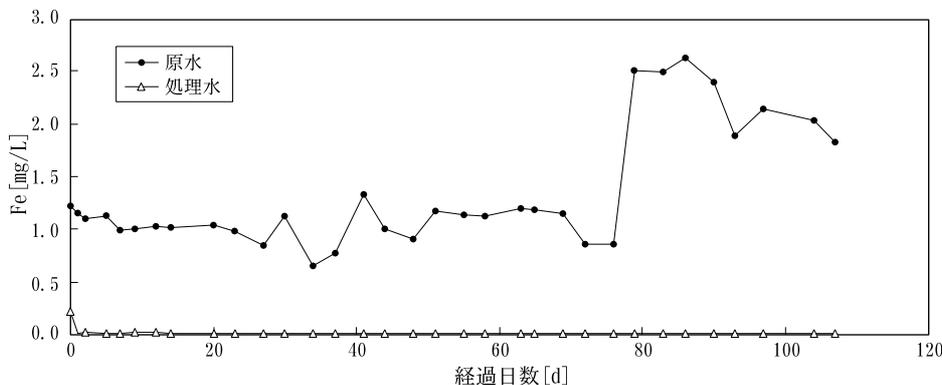


図3 鉄の処理性

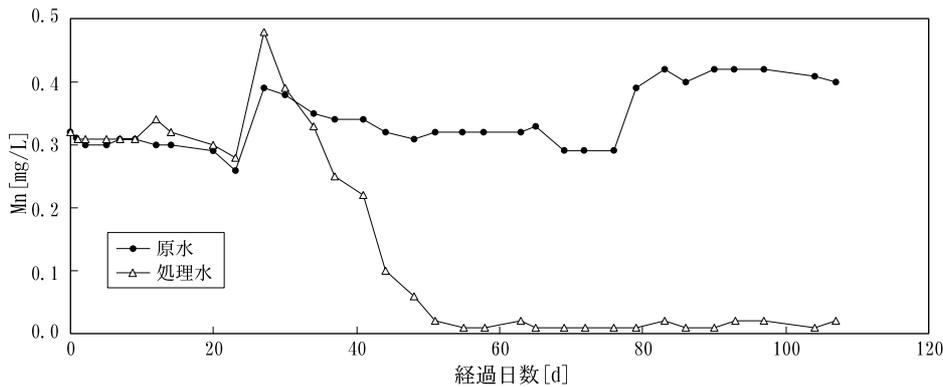


図4 マンガンの処理性

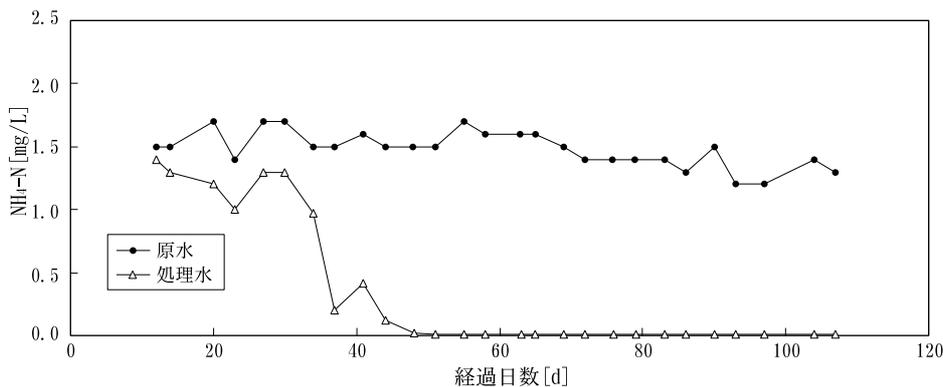


図5 アンモニア態窒素の処理性

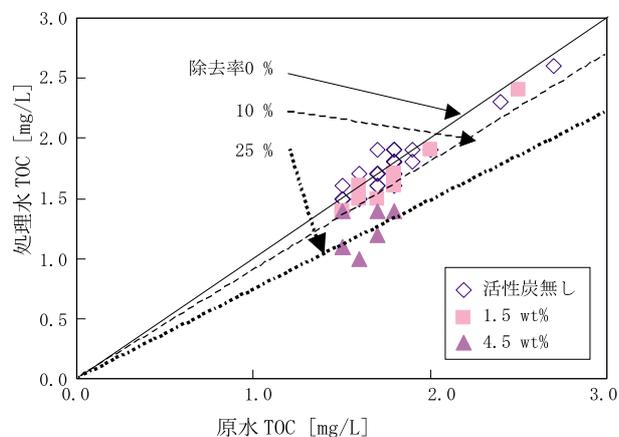


図6 TOC 除去性に及ぼす活性炭投入濃度の影響

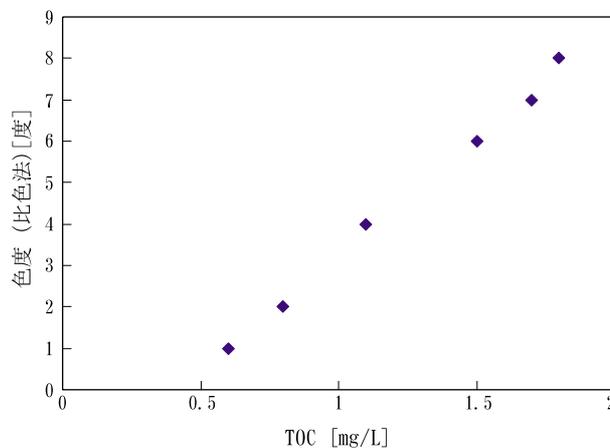


図7 処理水の TOC と色度の関係

鉄については実験開始当初より0.01 mg/L 未満まで除去されている。マンガンおよびアンモニア態窒素については図4、5に示すように約2カ月間の馴養期間を要した。馴養後は安定した除去性を示し、比較的高濃度の原水成分濃度に対して、マンガンについては0.02 mg/L 未満、アンモニア態窒素については0.01 mg/L 未満となった。有機成分由来の色度については生物処理のみでは完全に除去できなかった

が、活性炭の段階的投入により TOC の除去性は向上することが確認できた(図6)。処理水の色度と TOC には図7に示すような相関が認められているため、TOC 除去により色度改善が可能となる。現在までの実験結果では、活性炭の段階的な投入によって TOC 除去率は約25%まで増加することを確認している。活性炭を生物処理槽へ添加することにより、活性炭による有機物等の吸着効果、活性炭槽に付着

する微生物による吸着成分の生物処理効果が期待される。そのため、活性炭の引き抜きを最小限にすることができるため、廃棄物の削減が期待できる。

本プロセスにより処理水は水道基準を満足しているが、処理水色度のさらなる改善については活性炭の段階的追加投入のほかに、処理水へ塩素を添加することにより色度1未満を達成できることが確認された。このことは、処理水に残留している有機成分由来の色度が塩素により酸化分解されることを示すものであり、生物処理により、鉄、マンガン等の溶解性金属成分が完全に処理されていることをも同時に示すものである。

む す び

本実験は現在も継続している。これまでの実験により高濃度の鉄、マンガンを除去する鉄細菌とアンモニア態窒素を除去する硝化菌が一つの生物処理槽内に共存し、これらの除去が一槽で可能であることが実証された。また、活性炭を添加することにより、それが生物処理槽内で生物活性炭としての機能を発

揮し、有機成分の吸着処理により色度改善が期待できる。

鉄細菌および生物活性炭を一槽内で共存させ、薬品を一切使用しない生物処理を特長とする本処理法は、エアレーション条件の最適化により生物活性炭の接触効率を高めることと浸漬膜利用による相乗効果によって運転費低減を可能にすると同時に、廃棄物の削減も可能としている。さらに設置スペースの削減および維持管理をも容易としており、多様な水道原水に対応できる新しい処理法として適用が期待できる。

本研究をおこなうにあたり、国立保健医療科学院水道工学部 水道計画室長 伊藤雅喜博士の多大なご指導を戴きました。記して深謝申し上げます。

[参考文献]

- 1) 中町真美ら：神鋼パンテック技報，Vol.45，No.2 (2002)，p.16