

2. 1.1 生物担体を用いた水処理性の調査について

1. はじめに

本市では、現行処理の老朽化に伴う大規模施設の更新が迫っており、施設更新においては、既存浄水処理技術に加え、今後の給水量減少も見据えた費用対効果の高い新技術の導入も視野に入れて検討する必要がある。このため、凝集沈殿・砂ろ過処理の代替フローとして、膜ろ過技術の適用可能性を調査するため、膜ろ過技術のノウハウを有するメーカーと共同研究を行ったところ、導入条件次第では、現行処理の耐震化よりも安価となる可能性が示された¹⁾⁻³⁾。その一方で、砂ろ過で有している生物処理機能が消失することによる、GACへの負担増加やかび臭発生等の原水異常時における処理性低下が新たな課題となった。本稿では、その補完候補である生物処理についての基礎的な調査を行った。また、調査期間中に淀川上流に位置する下水処理場の生物処理能低下による、高濃度アンモニア態窒素の流下が確認されたため、これについての生物処理における処理性の結果を報告する。

2. 生物処理について

浄水処理において用いられている主な生物処理方法としては、生物の付着しやすい物体（担体やハニコームチューブ）を水に漬ける浸漬ろ床方式と、処理水槽内に設置した円板の列をゆっくり回転させ、付着した生物膜と接触させて処理を行う、回転円板方式⁴⁾が挙げられるが、回転円板方式は設置面積や処理水量の都合上、本市のような大規模浄水場にはそぐわないため、浸漬ろ床方式での検討を行うこととした。浸漬ろ床方式は、ろ床の状態によって固定床と流動床に大別され、固定床は濁質分の除去（ハニコームチューブ除く）が期待でき、流動床は洗浄の必要性が無いといったそれぞれの特徴がある。本市の処理工程上、生物処理は膜処理の前段に設置することが想定され、濁質除去効果による膜ファウリング・膜洗浄コストの低減や、ランニングコストの縮減に寄与すると考えられたため、生物担体を充填した固定床カラムにて調査を行った。

3. 実験条件

3. 1 器具・薬品

処理性調査には柴島浄水場の新実験処理設備原水を使用し、固定床カラムには、Φ150 mm × H400 mmのアクリル製円筒カラムを使用した。生物担体は、微生物の付着に優れていること、比表面積の大きい形状であること、化学的に安定で耐久性に優れること、空隙率が大きく高速ろ過に耐えうこと、安価で容易に供給できること等の選定条件から、ポリビニルアルコール（以下 PVA）、ポリエステル（以下 PEs）、ゲル状 PVA の 3 種類を選択し、さらに本市の GAC 経年炭（3 年）を加えた、計 4 種類の担体をそれぞれ充填したものの、新実験処理施設原水を下向流で通水し、100m/d を想定した生物処理性調査を行った（図-1、表-1）。また、カビ臭物質の処理性調査には 2-MIB 標準物質（富士フィルム和光純薬工業社製）を使用した。

3. 2 測定項目

調査は馴致も含め、10月初旬から固定床カラムを設置して行った。ゲル状 PVA については流動床にて馴致の後、令和元年 11 月 27 日以降に固定床カラムとしての検証を行った。測定項目は濁度・色度、アンモニア態窒素、マンガンの他、有機物指標として E260、TOC (DOC)、過マンガン酸カリウム消費量を対象に生物処理担体の水処理性を確認した。また、カビ臭物質として 2-MIB 標準物質を 50ng/L となるように添加し、その処理性調査を行った。

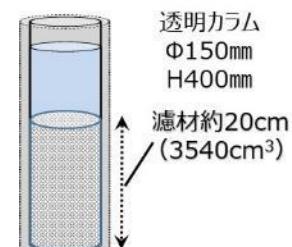


図-1 実験カラム

表-1 実験条件

SV	2.3
流量(ml/min)	136
接触時間(分)	26
<ul style="list-style-type: none">・ポリビニルアルコール(PVA)・ポリエステル(PEs)・ゲル状ポリビニルアルコール(ゲル状PVA)・3年経年炭(GAC)	

4. 結果及び考察

4. 1 各測定項目の処理性

図-2~9に各測定項目の除去率を示したものと、表-2に生物担体毎の平均除去率を示す。

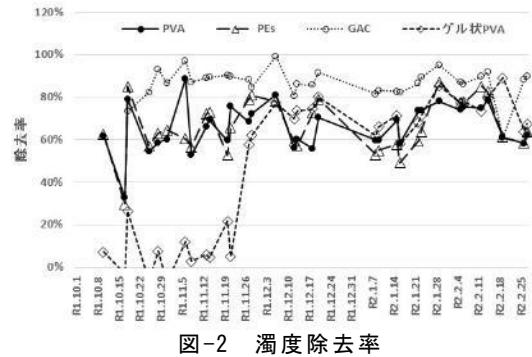


図-2 濁度除去率

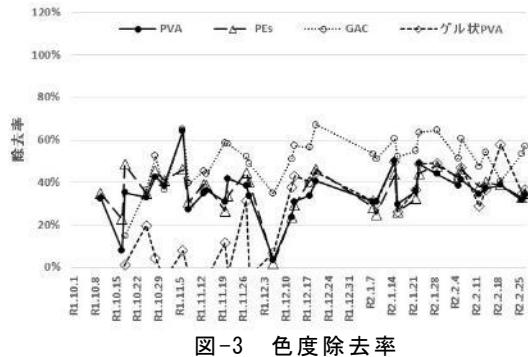


図-3 色度除去率

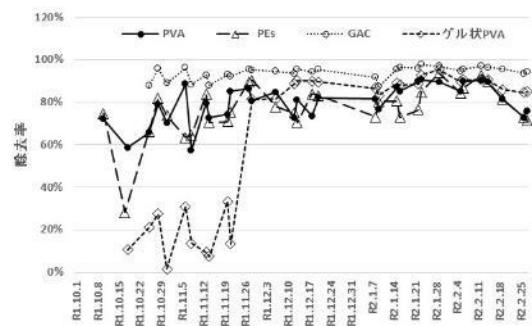


図-4 総マンガン除去率

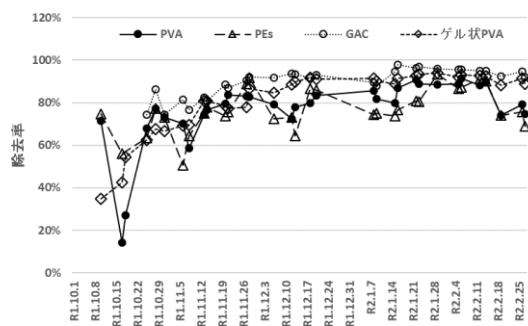


図-5 溶解性マンガン除去率

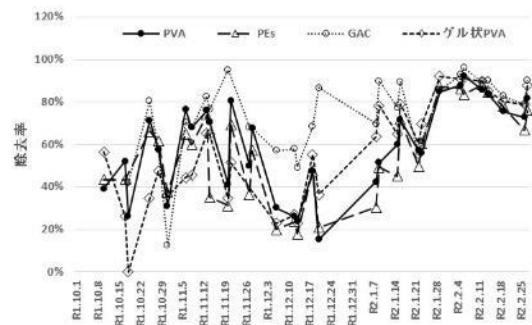


図-6 アンモニア態窒素除去率

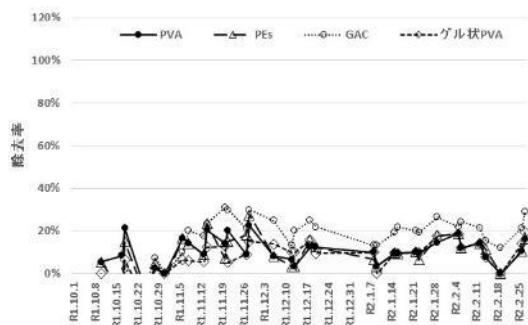


図-7 E260除去率

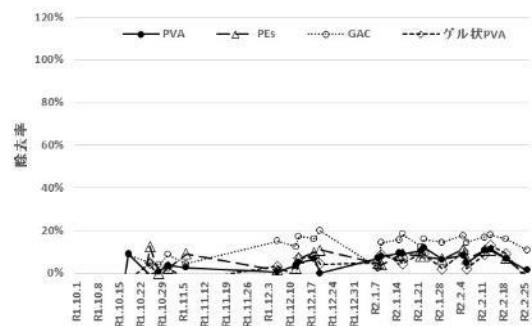


図-8 DOC除去率

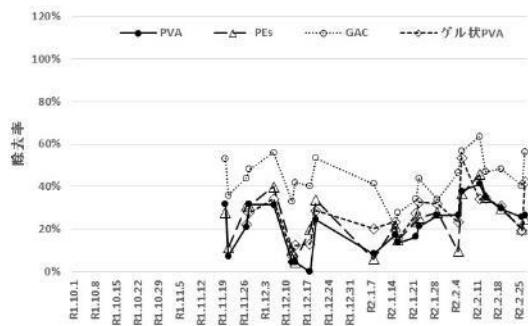


図-9 過マンガン酸カリウム消費量除去率

表-2 各生物処理担体の除去率平均

生物担体	除去率平均 (%) (令和元年10月10日～令和2年2月27日)								洗浄間隔
	濁度	色度	総マンガン	溶解性マンガン	アンモニア態窒素	E260	DOC	過マンガン酸カリウム消費量	
PVA	66%	35%	81%	76%	59%	10%	6%	22%	168時間以上
PEs	66%	36%	79%	77%	55%	10%	3%	24%	168時間以上
GAC	87%	51%	94%	90%	73%	18%	13%	44%	48時間程度
ゲル状PVA※	72%	36%	88%	90%	67%	11%	2%	27%	168時間以上

※ゲル状PVAは11月27日以降データを参照

濁度は70～80%程度、色度は40～50%、マンガン（総、溶解性）は80～90%の除去率を示し、アンモニア態窒素については60～70%程度の除去性を示した。一方で有機物の指標であるE260、DOC、過マンガン酸カリウム消費量の除去率は、概ね10～30%と低い除去率となった。また、生物担体の内、ほぼすべての項目において、GACの除去性が優れていたが、GACカラムは2日程度の通水でろ過閉塞が起こり、設定流量の確保が困難であった。

4.2 カビ臭添加実験

令和2年2月27日、28日に行ったカビ臭添加実験の結果を図-10に示す。PVA及びPEsは45%程度の除去率を示し、ゲル状PVAは約70%程度の除去率を示した。また、GACについては、ほぼ全ての2-MIBが除去されており、水温10°C以下の低水温期においても良好なカビ臭物質の処理性を示した。

さらに、生物処理の2-MIB除去率を約70%（残存率30%）と仮定し、膜処理導入後に低水温期に想定される2-MIBの最大濃度である50ng/Lが流入した場合のシミュレーションを行ったところ（図-11）、生物処理が有る場合、水質基準値10ng/L以下に低減できることがわかった（シミュレーションは各処理工程の2-MIB残存率を乗じたものである）。

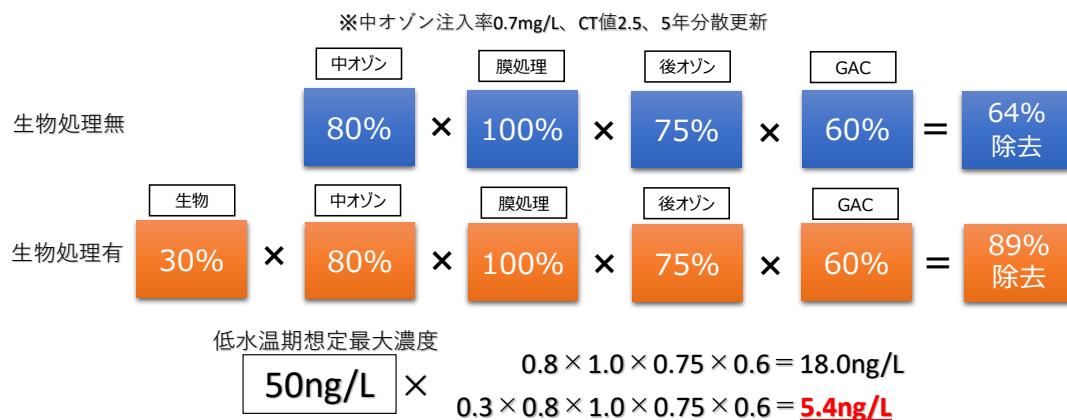
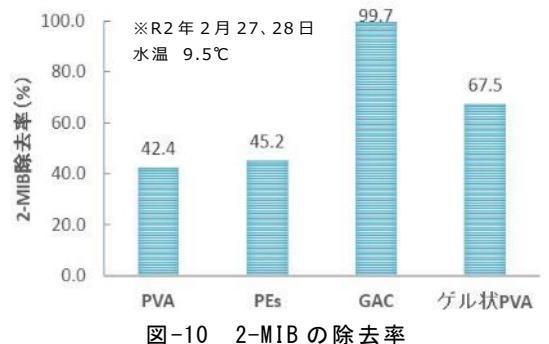


図-11 低水温期における2-MIB想定最大濃度流入時のシミュレーション結果

4.3 高濃度アンモニア態窒素の処理性

令和2年1月14～17日にかけて、淀川上流に位置する洛西浄化センターに高濃度の六価クロムが流入し、その放流水についても、通常検出されない六価クロムが検出された。これに伴い、浄化センター活性汚泥槽のアンモニア処理機能が低下する事態が起こった。本市柴島浄水場においてもその影響を受け、高濃度アンモニア態窒素が検出される期間が続いた。図-12～13に柴島新実験施設及び実施設でのアンモニア態窒素濃度の処理性を示す。



図-12 柴島浄水場新実験施設でのアンモニア処理性（沈殿水→GAC）

新実験施設、実施設共にアンモニア態窒素濃度の上昇に伴いその除去率が低下しており、現行浄水処理工程の処理能力を超過したアンモニア態窒素が流入していたと考えられる。また、実施設に高濃度アンモニアが流入している期間の平均除去率はGACまでの処理工程全体で約21%と低く、塩素注入によるブレークポイント処理に、通常時と比較して多量の薬品が使用されたと考えられた。

一方で、生物処理実験カラムでの高濃度アンモニア態窒素の処理性を確認したところ、1月22日～2月20日の期間中で約80%程度の除去率を示し（図-14）、生物処理は低水温期の高濃度アンモニア態窒素の除去に有効であることがわかった。

5.まとめ

- 生物処理について、カラムを用いた基礎的な調査を行ったところ、濁度は70～80%程度、色度は40～50%、マンガン（総、溶解性）は80～90%の除去率を示し、アンモニア態窒素については60～70%程度の除去性を示した。一方で有機物の指標であるE260、DOC、過マンガン酸カリウム消費量の除去率は、概ね10～30%と低い除去率となった。
- カビ臭原因物質として2-MIBを添加し、処理性調査を行ったところ、水温10℃以下の低水温期においても45～70%程度の処理性を示した（GAC除く）。また、膜処理導入後、2-MIB想定最大濃度50ng/Lの流入を想定した処理性のシミュレーションを行ったところ、生物処理が有る場合、水質基準値以下に低減できることがわかった。
- 高濃度アンモニア態窒素の流入に伴い、その処理性を確認したところ、流入期間中のアンモニア態窒素平均除去率は実施設の処理工程全体（原水→GAC）で約20%程度、生物処理カラムで約80%であった。このことから生物処理は低水温期においても高濃度のアンモニア除去に有効であることがわかった。

6.参考文献

- 柏原ら：「淀川を原水とした浄水処理への膜ろ過技術の適用可能性に関する調査」日本水道協会平成29年度全国会議（水道研究発表会）講演集, pp240-241 (2017)
- 田川ら：「淀川を原水とした浄水処理への膜ろ過技術の適用可能性に関する調査（II）」日本水道協会平成30年度全国会議（水道研究発表会）講演集, pp354-355 (2018)
- 田川ら：「淀川を原水とした浄水処理への膜ろ過技術の適用可能性に関する調査（III）」日本水道協会令和元年度全国会議（水道研究発表会）講演集, pp300-301 (2019)
- 石黒政儀：「日本における回転円板法の現状と展望」環境技術 Vol.13 No.5 pp26-37 (1984)



図-13 柴島浄水場実施設でのアンモニア処理性（原水→GAC）

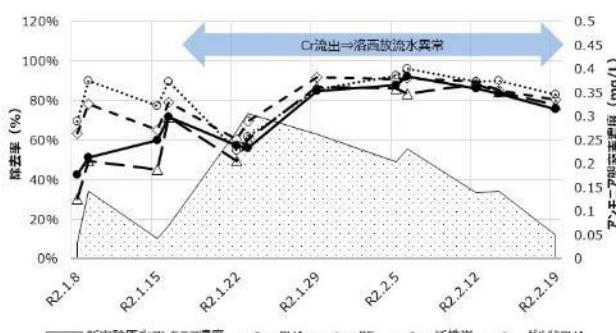


図-14 生物処理カラムでのアンモニア態窒素の処理性