

# MIEX 処理システムによる溶解性有機物の除去

太田直輝、後藤仁  
前澤工業株式会社

## 1. 研究の目的

霞ヶ浦を水源とする茨城県企業局の浄水場では、年間を通じてTOCが高く活性炭への有機物負荷が高いことに加え、前塩素処理によるトリハロメタン(THM)生成や、特に低水温期に著しいかび臭生成藻類による藻体外へのかび臭放出により、活性炭の寿命が短いことが問題のひとつとなっている。

MIEX 処理システムは、帯磁性イオン交換樹脂(Magnetic Ion EXchange resin:MIEX)を用いて、イオン交換を原理として水中の溶存有機物を除去するものであり、本システムを霞ヶ浦を水源とする浄水場に前処理として適用することで、消毒副生成物前駆物質の除去による浄水水質の向上、トリハロメタン、TOCを基準とした活性炭寿命の延長、溶存有機物除去による凝集剤使用量の低減、について効果を期待することができる。

本研究は、MIEX 処理により期待できる効果について、実際に霞ヶ浦原水にMIEX処理を適用し効果の実証を行ったものであり、企業局浄水場が抱える諸問題のうち、高い溶存有機物濃度に起因する問題の解決・低減化を目的としたものである。

## 2. 実験装置

### 2-1 実証実験フロー

実証実験は県南水道事務所(霞ヶ浦浄水場)にて実施した。実験フローは、企業局の基本フローである[凝集沈澱 砂ろ過 活性炭]を模した原水系、基本フローに対し凝集沈澱の前段にMIEX処理システムを設けたMIEX系、の2系列を並行運転し、MIEX処理の性能と後段処理への効果について検証した。

実証実験の概略フローを図-2.1に、実験装置の運転条件について表-2.1に示す。

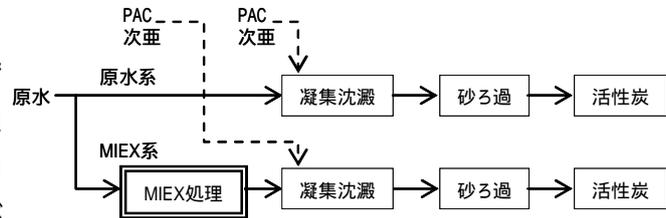


図-2.1 実証実験の概略フロー

表-2.1 実証実験装置の運転条件

処理工程	運転条件
MIEX 処理システム	処理水量 21.6m <sup>3</sup> /日 滞留時間 15分程度
凝集沈澱装置	処理水量 14.4m <sup>3</sup> /日 凝集剤 ポリ塩化アルミニウム(PAC) 塩素剤 次亜塩素酸ソーダ(NaClO)
砂ろ過装置	処理水量 8.4m <sup>3</sup> /日 線速度 LV 120m/日
活性炭吸着装置	処理水量 4.0m <sup>3</sup> /日 空間速度 5.3 /時

### 2-2 MIEX 処理システム

MIEX 処理システムの模式図を図-2.2に示す。システムは、原水と樹脂を接触させ有機物除去を行う接触分離槽、再生に供する樹脂を計量する樹脂計量槽、樹脂計量槽から移送された樹脂の再生を行う再生ユニットから構成される。

MIEX 処理システムは、一般的なイオン交換処理と異なり、樹脂の全量を一度に再生するのではないため、再生時の処理運転停止、あるいは再生時の処理水確保を目的とした複数台設置を必要としない。

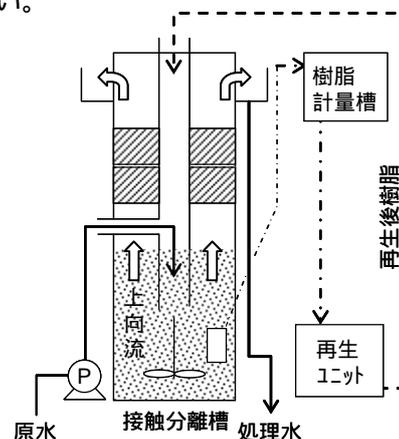


図-2.2 MIEX処理システム模式図

### 3. 実験結果

#### 3-1 原水性状

実験期間中、原水の DOC と全藻類数の経日変化を図-3.1 に示す。霞ヶ浦原水の特徴として、低水温期に藻類が増加すること、夏期に DOC で代表した有機物濃度が上昇すること、が挙げられる。

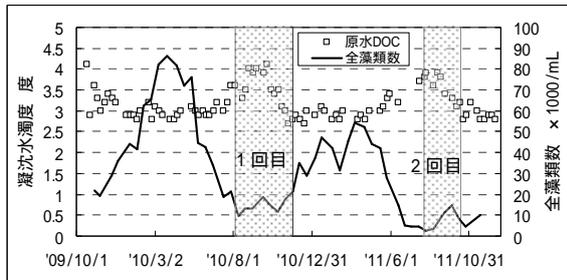


図-3.1 原水 DOC と全藻類数の経日変化

#### 3-2 MIEX 処理システムの性能

MIEX 処理システムの性能は、再生樹脂量あたりの水量負荷(BV:Bed Volume)で示される。

$$BV = \frac{\text{再生間の積算処理水量 } L}{\text{1回あたりの再生樹脂量 } L} \dots (3.1)$$

カラム通水試験による BV と UV260 除去率を図-3.2 に示すが、BV 増(水量負荷増)により除去率は低下する。本研究では、目標 UV260 除去率 50%、BV 10,000 程度として定常運転を行った。

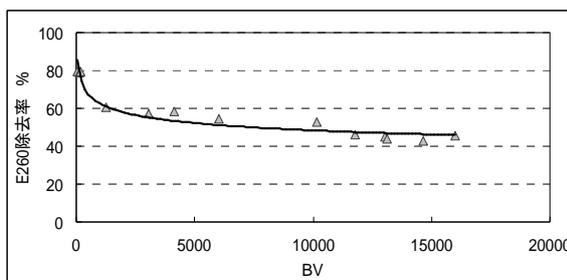


図-3.2 BV と UV260 除去率

MIEX 定常運転開始以降の期間において、MIEX 処理システムの性能例として、UV260 の経日変化を図-3.3 に示し、UV260、溶解性 THMFP、色度、DOC の除去性について、表-3.1 にまとめた。

図-3.2 の期間中、MIEX 処理システムはほぼ一定の樹脂再生頻度で運転しており、原水の変動に応じて MIEX 処理水の水質も変動した。溶存有機物の平均除去率は、UV260 で 50.5%、溶解性 THMFP で 39.3%、色度で 62.5%、DOC で 27.7%であった。

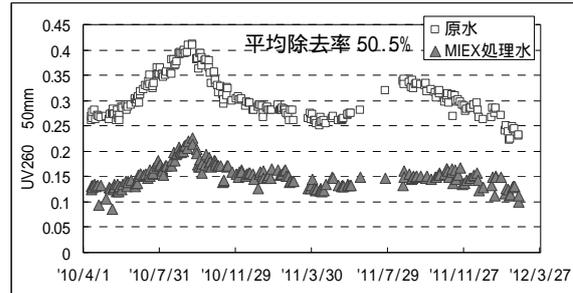


図-3.3 原水と MIEX 処理水の UV260 の経日変化

表-3.1 MIEX 処理システムの溶存有機物除去性能

	単位	原水		MIEX 処理水		除去率平均
		最大	平均	最大	平均	
UV260	abs	0.411	0.305	0.226	0.151	50.5
溶解性 THMFP	mg/L	0.076	0.059	0.045	0.036	39.3
色度	度	6.2	4.2	3.5	1.6	62.5
DOC	mg/L	4.1	3.2	3.2	2.3	27.7

原水、MIEX 処理水、および各系列の凝沈水について分子量分画結果の一例を図-3.4 に示す。原水は分子量 10,000 付近、6,000 付近にピークがあり、MIEX 処理水では 10,000 付近のピークが除去され、6,000 付近のピークが低減された。凝沈水の比較では、各ピークとも MIEX 系で強度が低く、10,000 付近の成分は MIEX 処理までで原水系凝沈水より低いピークであった。

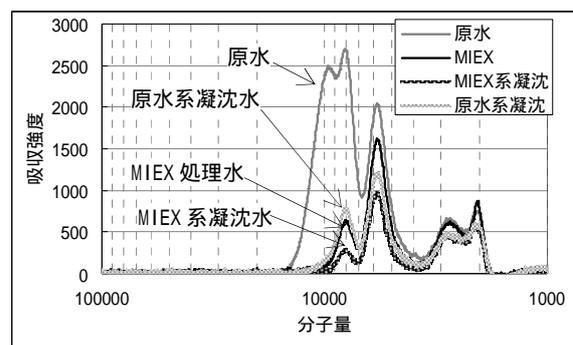


図-3.4 分子量分画の一例

#### 3-3 MIEX 処理システムの効果

##### (1) 浄水水質の向上

原水系・MIEX 系の活性炭処理水について、THMFP の経日変化を図-3.5 に示す。通水開始直後より両系列の活性炭処理水 THMFP には有意な差が認められ、通水の継続にしたがってその差は大きくなり、活性炭入れ替え前で原水系 0.03mg/L、

MIEX 系 0.02mg/L であった。

活性炭入れ替え後もこの傾向は変わらず、活性炭処理水の THMFP は MIEX 系で良好であり、MIEX 処理による THMFP の除去が、活性炭処理水 THMFP の低減に寄与していることを確認した。

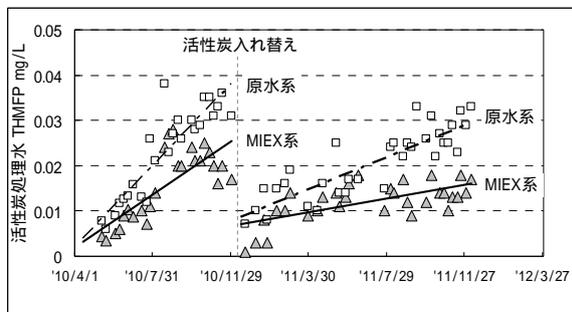


図-3.5 活性炭処理水 THMFP の経日変化

活性炭入れ替え前の活性炭処理水について、次亜塩素酸ソーダとの接触日数と THM 生成量の関係を表-3.2 に示す。THM 生成量は、原水系に対し MIEX 系で 30～40%程度少ない値であった。一方、添加塩素濃度は MIEX 系が 0.2mg/L 低いにもかかわらず、残留塩素濃度は MIEX 系で 0.1mg/L 程高く、MIEX 系では塩素消費量が少ない、との結果を得た。

表-3.2 次亜塩素酸ソーダ接触日数と THM 生成量

接触日数	添加有効塩素濃度 mg/L		残留塩素濃度 mg/L		THM 生成量 mg/L	
	原水系	MIEX 系	原水系	MIEX 系	原水系	MIEX 系
0	1.6	1.4	1.3	1.25	--	--
1	--	--	0.52	0.64	0.03	0.018
2	--	--	0.38	0.48	0.036	0.022
3	--	--	0.28	0.4	0.04	0.028
4	--	--	0.14	0.24	0.047	0.031

(試験温度 20 )

以上より、MIEX 処理システムにより活性炭処理水の THMFP が低減すること、塩素接触 1 日目以降の THM 生成量も低減できること、後塩素時の塩素消費量を低減できること、を明らかにした。したがって、MIEX 処理により給水末端の THM 量を低減でき、浄水水質の向上を図ることができる。

## (2) 活性炭寿命の延長

活性炭入れ替え前の 2010 年 4 月初旬/通水開始

～同年 8 月初旬までの期間中(前塩量が原水系と MIEX 系で同程度) THM および TOC について、活性炭への積算負荷量と活性炭処理水濃度の関係を図-3.6 および図-3.7 に示す。

THM について、活性炭処理水の目標値を 0.02mg/L とすると、外挿線より、原水系・MIEX 系とも負荷量上限は 0.85g-THM/kg-AC であり、原水系砂ろ過水の THM 平均値 0.03mg/L、MIEX 系砂ろ過水の THM 平均値 0.02mg/L を流入濃度として活性炭の通水倍率を求めると、原水系で 12,750 倍、MIEX 系で 19,125 倍であり、MIEX 処理による THM 基準での活性炭寿命延長率は 1.5 倍であった。

同様の手法で、TOC 目標値を 1.5mg/L とした場合の活性炭通水倍率は、原水系で 6,860 倍、MIEX 系で 12,500 倍であり、TOC を基準とした活性炭寿命の延長率は 1.8 倍であった。

以上、MIEX 処理システムにより、THM あるいは TOC を基準とした活性炭寿命の延長が可能であることを確認した。

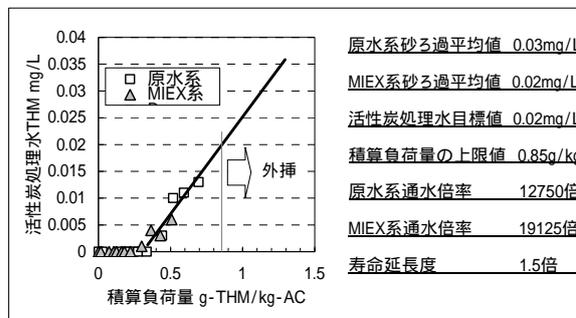


図-3.6 活性炭への THM 積算負荷量と活性炭処理水 THM

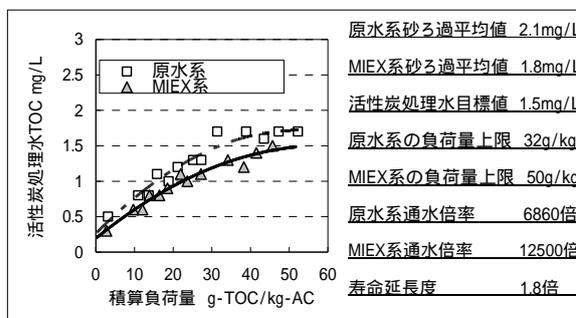


図-3.7 活性炭への TOC 積算負荷量と活性炭処理水 TOC

### (3) 凝集剤使用量の低減

各系列の凝沈水濁度は原水藻類数の増減と明らかに相関しており、藻類増加期(冬期～春期)に悪化した。したがって、藻類増加期において、MIEX 処理による凝集剤使用量の低減効果は、藻類増加による必要凝集剤量の増加に相殺され確認できなかった。

一方、藻類減少期(夏期～秋期)では、MIEX 処理による凝集剤使用量の低減効果を確認することができた。図-3.1 中の網掛け部(藻類減少期)について、凝集剤注入率、凝沈水濁度、および MIEX 処理による凝集剤使用量の低減率を表-3.3 に示す。なお、原水系・MIEX 系とも同程度の凝沈水濁度となるよう、凝集剤注入率を設定して運転を行った。両系列の凝沈水濁度 1 度に対し、凝集剤注入率の平均値は 1 回目の原水系で 112mg/L に対し MIEX 系で 86mg/L、2 回目の原水系で 150mg/L に対し 120mg/L であり、凝集剤低減率の平均値として、それぞれ 23.5% および 24.7% を得た。

表-3.3 夏期における凝集剤使用量の低減効果

	1 回目(2010 年)		2 回目(2011 年)	
	原水系	MIEX 系	原水系	MIEX 系
凝集剤平均 mg/L	112	86	150	120
凝沈水濁度の平均値 度	1.1	1.0	1.1	1.0
凝集剤使用量低減率の平均値 %	--	23.5	--	24.7

以上より、MIEX 処理システムを用いることで、藻類減少期における凝集剤使用量を 25% 程度削減できることを確認した。

### (5) MIEX 処理システムの効果の総括

MIEX 処理の効果は、原水中の溶存有機物除去による水質改善効果が主である。

また、有機物除去による副次的な効果を端的に示すものとして、TOC を例に、原水系・MIEX 系の各処理工程における TOC 除去量と活性炭処理水濃度の一例を図-3.8 に示す。凝集沈澱の前段で

MIEX 処理を用いて TOC を除去することで、少ない凝集剤使用量にもかかわらず、凝集沈澱までの累積除去量は MIEX 系の方が多い。したがって、活性炭への流入 TOC 負荷は MIEX 系が低く、活性炭への通水倍率(積算負荷量)が同じであれば活性炭処理水の TOC は改善され、あるいは、同程度の処理水 TOC に達するまでの通水倍率を大きくすることができる。

以上、MIEX 処理システムの効果は、消毒副生成物からみた水質改善効果に加え、後段処理への負荷を低減し、凝集剤使用量の低減や活性炭寿命の延長に寄与すること、といえる。

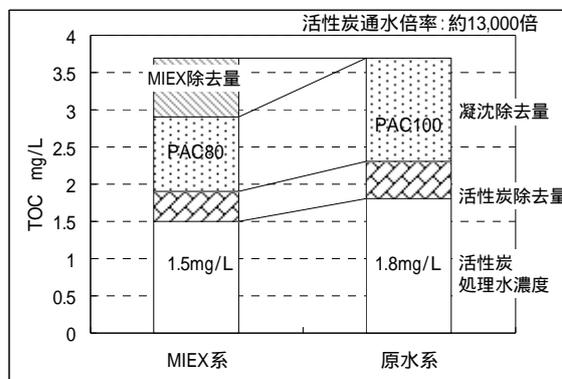


図-3.8 MIEX 処理による処理工程毎の負荷配分例

## 4. 結論

霞ヶ浦原水に対し、イオン交換を原理として溶存有機物を除去する MIEX 処理を適用し、以下の結論を得た。

- ・原水系との比較において、活性炭処理水の THMFP が改善され、給水末端の THM 量を 30～40% 低減できる。
- ・原水系との比較において、THM 基準の活性炭寿命は約 1.5 倍(目標 0.02mg/L)、TOC 基準では 1.8 倍(目標 1.5mg/L)となる。
- ・藻類減少期では、原水系との比較において、凝集剤使用量を 25% 程度削減できる。

## 5. 最後に

本共同研究の遂行にあたり、ご指導頂いた委員の方々、企業局職員の皆様に感謝の意を表す。