

第2回浄水処理技術シンポジウム

要 旨 集

2016年11月14日(月)

東京大学武田ホール(武田先端知ビル)

主催 茨城県企業局

共催 東京大学大学院附属水環境制御研究センター

後援 公益財団法人茨城県企業公社

第2回浄水処理技術シンポジウム

要 旨 集

2016年11月14日(月)

東京大学武田ホール(武田先端知ビル)

主催 茨城県企業局

共催 東京大学大学院附属水環境制御研究センター

後援 公益財団法人茨城県企業公社

第2回浄水処理技術シンポジウム プログラム

- 13:00 開会・挨拶【茨城県公営企業管理者企業局長 中島敏之】
- 13:05 新しい浄水処理技術の導入経緯 【茨城県企業局水質管理センター長 伊藤睦雄】
- 13:15 研究成果発表 「霞ヶ浦を水源とする新しい浄水処理技術の実証実験」
帯磁性イオン交換樹脂と促進酸化処理を組み合わせたシステム評価
【茨城県企業局水質管理センター 中嶋淳】
促進酸化処理における低水温期の高濃度かび臭物質除去性能の評価
【茨城県企業局水質管理センター 助川英志】
帯磁性イオン交換樹脂の再生廃液処理
【茨城県企業局水質管理センター 古橋嘉一】
- 14:15 企業発表
帯磁性イオン交換樹脂処理の海外導入事例 【前澤工業株式会社 太田直輝】
オゾン・促進酸化処理の海外導入事例 【メタウォーター株式会社 加藤康弘】
- 14:45 休憩
- 15:00 パネルディスカッション「新しい浄水処理技術の持続的な運転管理に向けて」
サブテーマ 新しい浄水処理技術の開発・導入
サブテーマ 新しい浄水処理技術の維持管理
- 16:50 閉会・挨拶【東京大学大学院水環境制御研究センター長 森口祐一】
- 17:00 意見交換会（ホワイエ）

第2回浄水処理技術シンポジウム 要旨集

目 次

【講演資料】

1. 新しい浄水処理技術の導入経緯 2
2. 研究成果発表 「霞ヶ浦を水源とする新しい浄水処理技術の実証実験」
 - 帯磁性イオン交換樹脂と促進酸化処理を組み合わせたシステム評価 5
 - 促進酸化処理における低水温期の高濃度かび臭物質除去性能の評価 8
 - 帯磁性イオン交換樹脂の再生廃液処理 11
3. 企業発表
 - 帯磁性イオン交換樹脂処理の海外導入事例 14
 - オゾン・促進酸化処理の海外導入事例 18

【パネルディスカッション資料】

4. パネルディスカッション「新しい浄水処理技術の持続的な運転管理に向けて」
 - 元茨城県企業局実証実験検討委員会委員長（現鹿行水道事務所長） 高田浩幸 . . 22
 - 東京都水道局水質センター企画調査課長 高橋和彦 24
 - 株式会社神鋼環境ソリューション水環境技術本部シニアエキスパート 石丸豊 . . 26
 - 国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官 伊藤雅喜 28

【資料】

5. 座長及びパネリスト略歴 30

講演資料

新しい浄水処理技術の導入経緯



茨城県企業局水質管理センター 伊藤 睦雄

茨城県企業局の概要(その1)

設置 昭和42年(1967年)4月

職員数 180名 (再任用職員を含む) 平成28年4月1日現在

事業概要

水道用水供給事業

4広域 給水先 ; 33市町村2企業団
1日最大給水量 ; 572,075 m³

工業用水道事業

4事業 給水先 ; 235社(262事業所)
1日最大給水量 ; 1,132,680 m³

地域振興事業

土地造成事業 工業団地の造成・販売(3ヶ所)
ヘリコプター格納庫事業 格納庫の管理・運営

茨城県企業局の概要(その2)

県南広域水道用水供給事業
給水先: 7市町村, 1企業団
施設能力: 306,075 m³/日
給水開始: 昭和35年12月

県行広域水道用水供給事業
給水先: 5市
施設能力: 108,000 m³/日
給水開始: 昭和43年8月

県西広域水道用水供給事業
給水先: 13市町
施設能力: 78,000 m³/日
給水開始: 昭和63年4月

県中央広域水道用水供給事業
給水先: 10市町村, 1企業団
施設能力: 78,000 m³/日
給水開始: 平成4年1月

平成28年度
給水対象市町村 33市町村2企業団
施設能力 57万m³/日
計画給水人口 245万人
一日平均給水量 3.6万m³/日



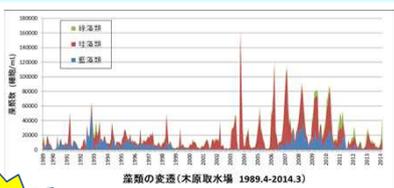
高度浄水処理の導入状況

浄水場名	給水開始	水源	1日最大給水量	処理方式	高度処理導入時期
霞ヶ浦浄水場	昭和35年12月	霞ヶ浦(西浦)	155,675 m ³		生物処理: S60 GAC: S50
阿見浄水場	平成7年4月	霞ヶ浦(西浦)	50,400 m ³		GAC: H7
利根川浄水場	昭和57年4月	利根川	100,000 m ³		O ₃ + BAC: H13(半量)
鹿島浄水場	昭和43年8月	霞ヶ浦(北浦)	78,000 m ³		GAC: S47
銚子浄水場	昭和57年7月	霞ヶ浦(西浦)	30,000 m ³		GAC: S57
間城浄水場	平成6年11月	霞ヶ浦(西浦)	37,400 m ³		GAC: H6
新治浄水場	昭和63年4月	霞ヶ浦(西浦)	8,000 m ³		GAC: S63
水海道浄水場	平成7年7月	利根川・鬼怒川	34,600 m ³		O ₃ + BAC: H26
水戸浄水場	平成7年7月	那珂川	54,000 m ³		-
潮沼川浄水場	平成4年1月	潮沼川	24,000 m ³		GAC: H4

(処理方式)

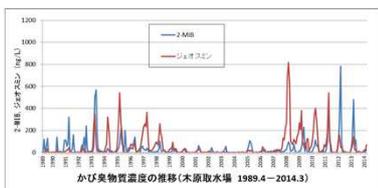
原水	凝集沈殿	砂ろ過	粒状活性炭処理 (GAC)	浄水	
原水	生物処理	凝集沈殿	砂ろ過	粒状活性炭処理 (GAC)	浄水
原水	凝集沈殿	オゾン処理	生物活性炭処理 (BAC)	砂ろ過	浄水
原水	凝集沈殿	砂ろ過	浄水		

霞ヶ浦を水源とする浄水場における水処理上の課題(その1)

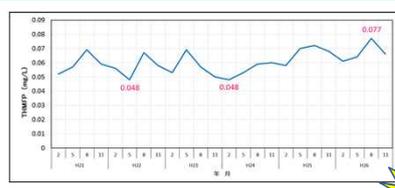


浄水処理に影響

- ・異臭味障害
- ・凝集障害
- ・ろ過障害

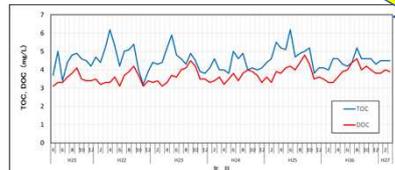


霞ヶ浦を水源とする浄水場における水処理上の課題(その2)

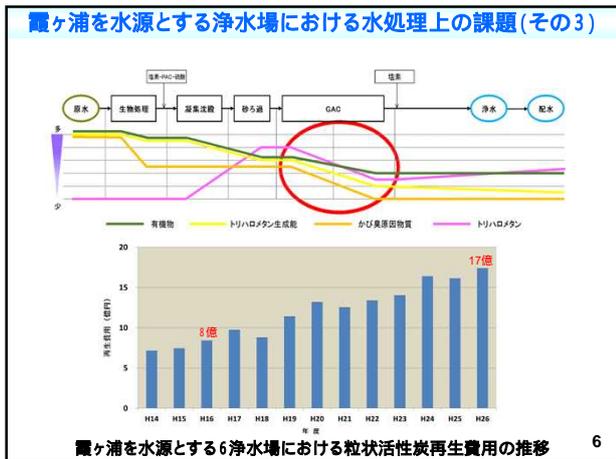


浄水処理に影響

夏季のTHM対策の強化



霞ヶ浦浄水場における原水の水質状況 (上: THMPF 下: TOC・DOC)



浄水処理手法改善の取組み(その1)

高度浄水処理(オゾン処理)の実証実験(平成12年度~15年度)

霞ヶ浦浄水場において、異臭味の改善とTHMFPの低減に有効とされる「オゾン+生物活性炭処理」の実証実験を実施

原水の臭化物イオン濃度が高い(0.1~0.2mg/L)ため、オゾン注入率を上げると臭素酸が水質基準(0.01mg/L)を超過

導入を断念

浄水処理手法改善の取組み(その2)

民間企業との共同研究(平成21年度~23年度)

民間企業の有する最新の水処理技術を公募し、6者との共同研究を実施
目的 水処理障害の改善, THMの低減, 処理コストの削減

【茨城県企業局】 運転・維持管理に係るノウハウ等
【民間企業】 最新の水処理技術・知見

<有効な処理技術として2技術を選定>

オゾン/促進酸化処理(O₃/AOP) + 生物活性炭処理(BAC)
→ 異臭味障害の改善

帯磁性イオン交換樹脂処理
→ THMの前駆物質となる溶解性有機物(DOC)の除去

<実用化に向けた実証実験の実施>

新しい浄水処理技術の特徴

<帯磁性イオン交換樹脂処理>
イオン交換を原理として、水中の溶解性有機物を樹脂上の交換基(CI-)と置換し除去する。

溶解性有機物に対する選択性に優れる。
樹脂は平均粒径が200μm程度と小さく、単位体積あたりの反応表面積が大きい。
樹脂は磁性を帯びており、樹脂粒子が集塊化するため、沈降性に優れる。
上向流流動床方式で使用可能。
使用した樹脂は、食塩水で再生し、繰り返し使用できる。

<促進酸化処理>
オゾンと過酸化水素を併用することにより、オゾンよりも酸化力の強いヒドロキシラジカルの生成を促進し、かび臭原因物質等の有機物の酸化分解を向上させる。

ヒドロキシラジカルは、オゾンよりも酸化力が強く、また、被酸化物との反応は選択性が低い。ヒドロキシラジカルは、被酸化物と短時間で反応するため、接触時間を短くすることができる。促進酸化処理は、水温の影響を受け難いため、低水温期においても2-MIBやジェオスミンの分解性が低下しない。オゾンと過酸化水素の注入比率を適正に保つことで、臭素酸の生成を抑制できる。

新しい浄水処理技術のイメージ

溶解性有機物, トリハロメタン生成能の低減
樹脂処理, O₃/AOP + BAC

かび臭原因物質の除去
O₃/AOP + BAC

活性炭については、前段の樹脂処理で溶解性有機物の負荷を低減するとともに、生物活性炭処理とすることで再生費用を大幅に削減できる。

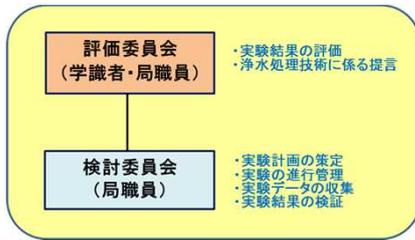
実証実験の目的

共同研究により単独での処理効果が確認された「帯磁性イオン交換樹脂処理」と「促進酸化処理」を既存の濃集沈殿・砂ろ過処理と合わせた一連のシステムとして運転した場合の浄水処理システムとしての有効性を確認する。

霞ヶ浦浄水場に、上記システムを導入することを想定し、認可変更に必要な諸元を得る。

* 実験場所 霞ヶ浦浄水場 (茨城県土浦市大岩田)
* 実施期間 平成26年12月 ~ 平成27年11月

実証実験の体制



委員長	古米 弘明	東京大学大学院工学系研究科 教授
委員	伊藤 雅樹	国立保健医療科学院 上席主任研究官
	堤 行彦	福山市立大学都市経営学部 教授
	小池 精一	茨城県企業局 次長
	伊藤 睦雄	茨城県企業局 水質管理センター長

12

実験結果の評価

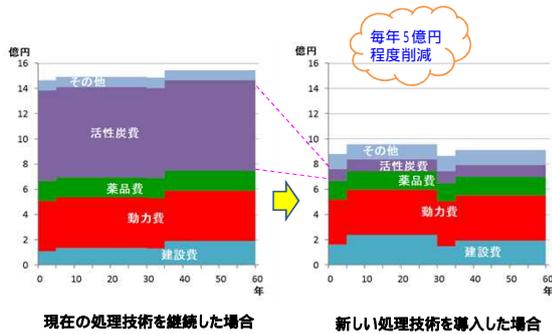
かび臭原因物質については、高濃度で流入しても、「O₃/AOP + BAC」で安定的に企業局で管理目標とする5ng/L以下に処理できる。

トリハロメタンについては、「帯磁性イオン交換樹脂処理」と「BAC」でトリハロメタン生成能を低減することにより、給水末端で水質基準の70%以下に制御できる。

「帯磁性イオン交換樹脂処理」と「O₃/AOP + BAC」を備えた浄水処理手法を導入することで、従来処理に比べコストを大幅に低減できる。

13

コストの比較



14

実証実験評価委員会からの提言

提言内容 (平成28年3月14日)

霞ヶ浦を水源とする浄水場において、「帯磁性イオン交換樹脂処理」と「O₃/AOP + BAC」を備えた浄水処理手法は、非常に優れたものであり導入することが適切と評価する。

「帯磁性イオン交換樹脂処理」と「O₃/AOP + BAC」施設の早期導入に向けた実務的な事業開始を図りたい。

本提言を受け、実施導入の方針を決定

15

実施の導入に向けたスケジュール

内容	2014 H26年度	2015 H27年度	2016 H28年度	2017 H29年度	2018 H30年度	2019 H31年度	2020 H32年度	2021 H33年度
実証実験	[Progress bar from H26 to H33]							
評価委員会 解析	[Progress bar from H26 to H28]							
計画・設計	[Progress bar from H26 to H29]							
事業認可	[Progress bar from H26 to H30]							
建設工事	[Progress bar from H26 to H33]							
供用開始	[Progress bar from H26 to H33]							

実証プラントの運転及びデータ収集は、運転管理や維持管理手法を確立するため、現在も継続している。

16



ご清聴ありがとうございました。



茨城県

霞ヶ浦を水源とする 新しい浄水処理技術の実証実験

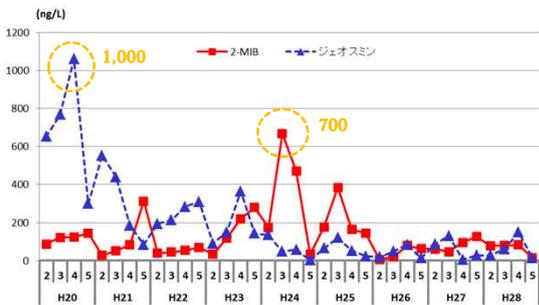
-帯磁性イオン交換樹脂と促進酸化処理を組み合わせたシステム評価-

茨城県企業局水質管理センター 中嶋 淳

発表内容

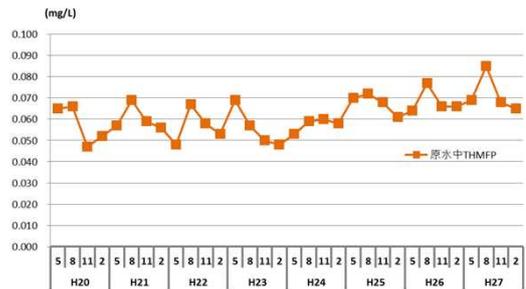
- 1 現状の課題
- 2 実証実験プラントの運転状況
- 3 実験結果
- 4 まとめ

【1 現状の課題(霞ヶ浦原水のかび臭)】



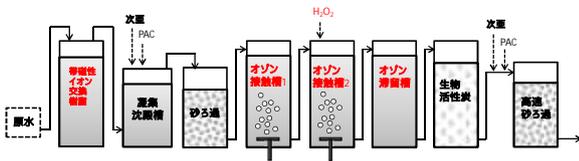
霞ヶ浦原水のかび臭物質濃度の推移

【1 現状の課題(霞ヶ浦原水のTHMFP)】



霞ヶ浦原水のトリハロメタン生成能 (THMFP) の推移

【2 実証実験プラントの運転状況】



処理過程	帯磁性イオン交換樹脂(MEX)	沈殿	砂ろ過	オゾン/過酸化水素(ACP)	生物活性炭	高速砂ろ過
処理水量 (m3/日)	124	80	50	40	40	40
仕様	樹脂接触4分 接触分離槽:22分 BVTR=10000 (BVTR:Bed Volume Transfer Rate 処理水/再生樹脂量)	横流式 傾斜板式 接触時間: 90分	珪砂0.6m LV:120m/日	<接触時間> 接触槽2槽:各4分 浮留槽1槽:4分 過酸化水素は通常 接触槽2に注入した	石炭系破砕炭 SV=5 LV=240m/日	アスライ0.2m 珪砂0.4m LV240m/日

【2 実証実験プラントの運転状況】

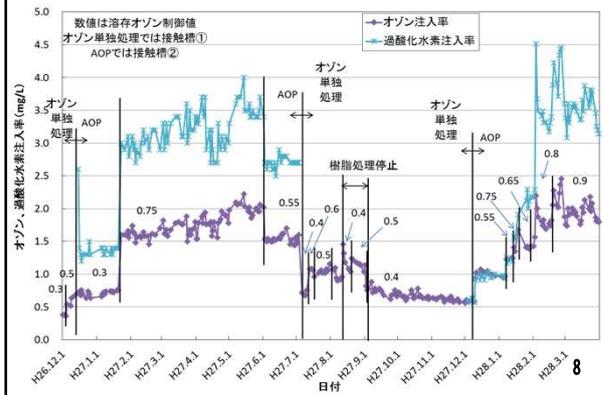
実証実験の水質目標及び管理目標

	項目	水質基準	目標値
水質目標	2-MIB	10ng/L以下	1ng/L以下
	ジェオスミン	10ng/L以下	1ng/L以下
	総トリハロメタン	0.1mg/L以下	0.020mg/L以下
	72h後の総トリハロメタン	0.1mg/L以下	0.070mg/L以下
管理目標	臭素酸	0.01mg/L以下	0.005mg/L以下
	樹脂処理のTHMFP除去率		20~30%
	樹脂処理のTHMFP除去率		年間平均30%

【3 実験結果】 (H26.12月 ~ H28.3月)

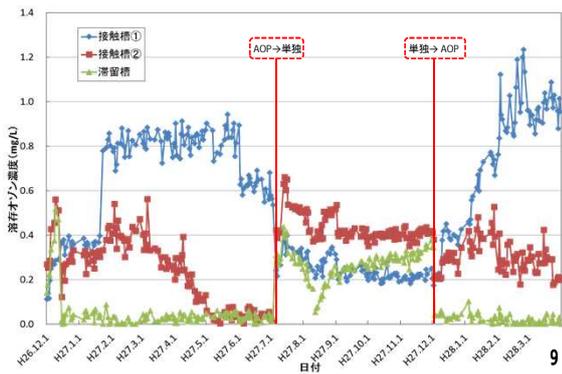
7

【オゾン及び過酸化水素の注入率】



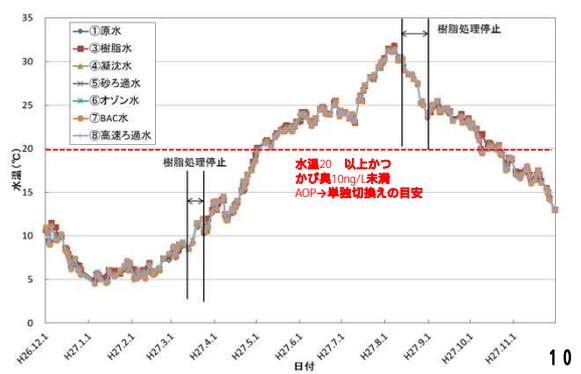
8

【溶存オゾン濃度】



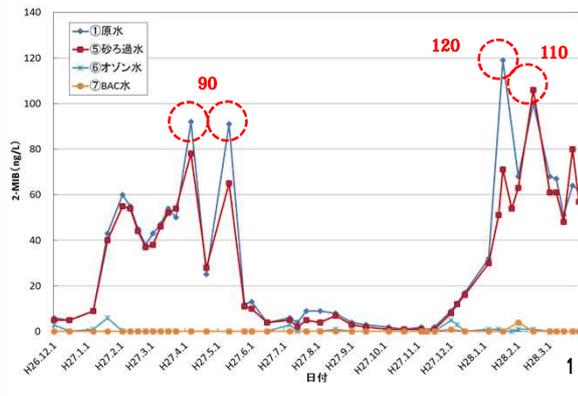
9

【3 実験結果:水温】



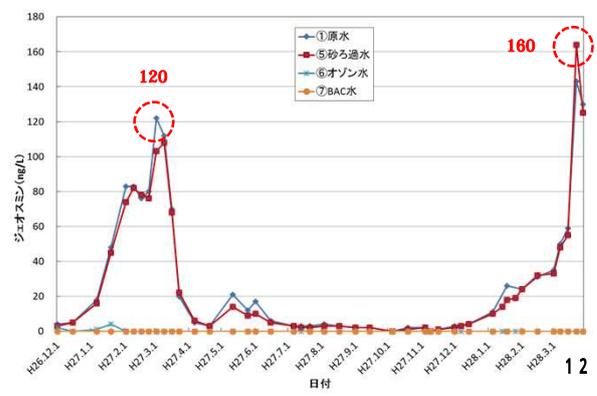
10

【3 実験結果(2-MIB)】



11

【3 実験結果(ジェオスミン)】

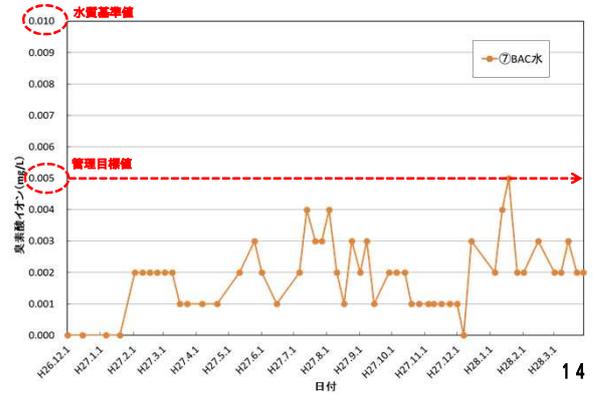


12

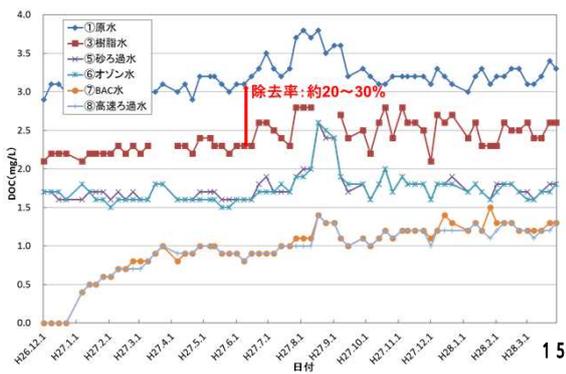
【3 実験結果 (THM)】



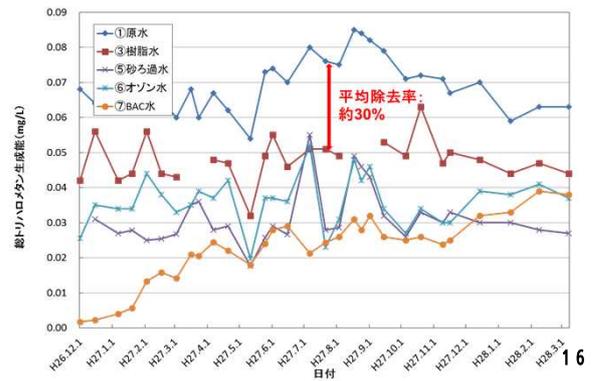
【3 実験結果 (臭素酸)】



【3 実験結果 (DOC)】



【3 実験結果 (THMFp)】



【4 まとめ】

実験目標の達成状況

項目		目標値	達成状況
水質目標	2-MIB	1ng/L以下	達成率95%
	ジェオスミン	1ng/L以下	
	総トリハロメタン	0.020mg/L以下	最大値0.0190mg/L
	72h後の総トリハロメタン	0.070mg/L以下	最大値0.0610mg/L
	臭素酸	0.005mg/L以下	最大値0.005mg/L
管理目標	樹脂処理のDOC除去率	20~30%	達成率82%
	樹脂処理のTHMFp除去率	年間平均30%	

17

ご静聴ありがとうございました

霞ヶ浦を水源とする新しい 浄水処理技術の実証実験

- 促進酸化処理における低水温期の高濃度かび臭物質除去性能の評価 -

茨城県企業局水質管理センター 助川英志

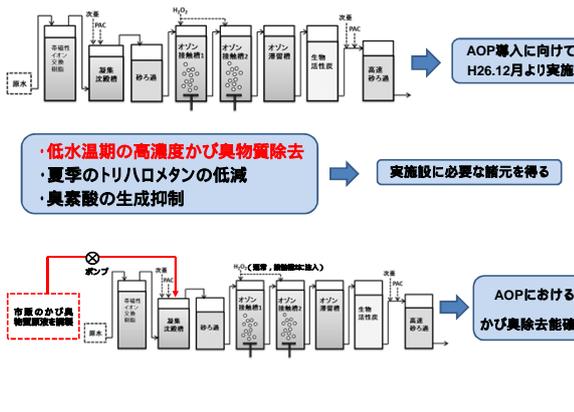
1

発表内容

- 1 はじめに
- 2 実験概要 (→各々のかび臭物質の添加濃度)
- 3 実験方法 (→各々のかび臭物質の添加方法)
- 4 結果及び考察 (→目標値を達成した運転条件)
- 5 まとめ

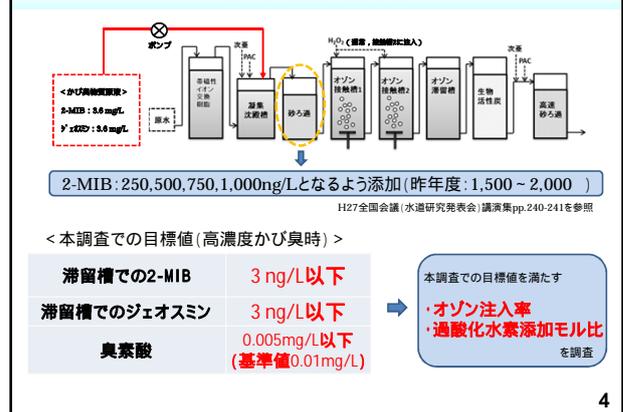
2

【1.はじめに】



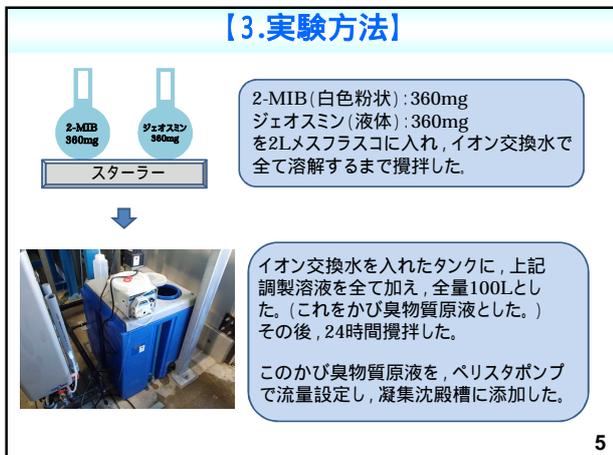
3

【2.実験概要】



4

【3.実験方法】



5

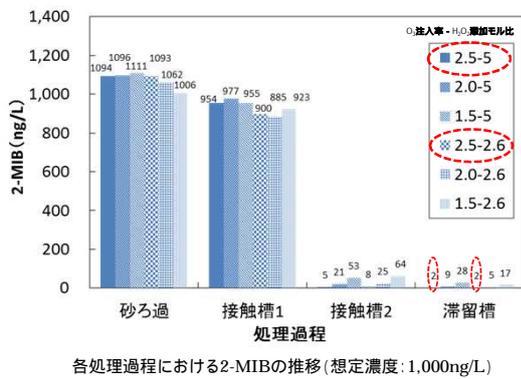
【3.実験方法:実験】

【実験】: ペリスタポンプで流量18mL / 分となるよう添加

実験番号	砂ろ過における			オゾン (mg/L)	過酸化水素 (添加モル比)
	水温 ()	2-MIB (ng/L)	ジェオスミン (ng/L)		
- 1	8.0	1,094	666	2.5	5
- 2	8.8	1,096	663	2.0	5
- 3	9.4	1,111	680	1.5	5
- 4	9.5	1,093	675	2.5	2.6
- 5	9.5	1,062	651	2.0	2.6
- 6	9.5	1,006	628	1.5	2.6

6

【4.結果:2-MIB(実験)】



7

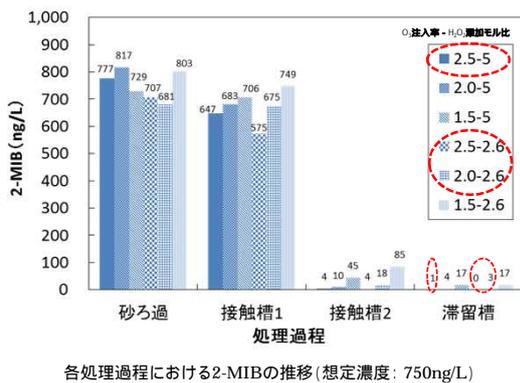
【3.実験方法:実験】

【実験】:ペリスタポンプで流量13.5mL/分となるよう添加

実験番号	砂ろ過における			オゾン (mg/L)	濃縮化水率 (濃縮モル比)
	水温()	2-MIB (ng/L)	ジェオスミン (ng/L)		
- 1	6.7	777	523	2.5	5
- 2	7.5	817	548	2.0	5
- 3	8.0	729	485	1.5	5
- 4	8.4	707	462	2.5	2.6
- 5	8.5	681	434	2.0	2.6
- 6	8.6	803	501	1.5	2.6

8

【4.結果:2-MIB(実験)】



9

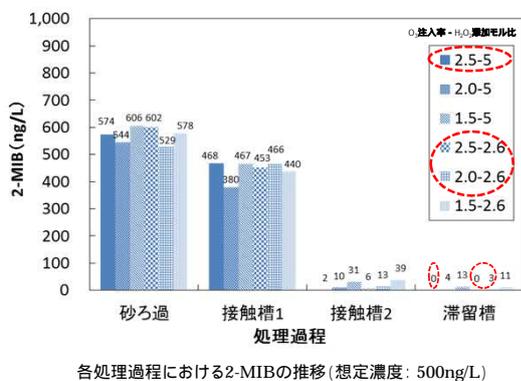
【3.実験方法:実験】

【実験】:ペリスタポンプで流量9.0 mL/分となるよう添加

実験番号	砂ろ過における			オゾン (mg/L)	濃縮化水率 (濃縮モル比)
	水温()	2-MIB (ng/L)	ジェオスミン (ng/L)		
- 1	6.4	574	382	2.5	5
- 2	7.0	544	374	2.0	5
- 3	7.6	606	405	1.5	5
- 4	8.0	602	423	2.5	2.6
- 5	8.2	529	357	2.0	2.6
- 6	8.2	578	347	1.5	2.6

10

【4.結果:2-MIB(実験)】



11

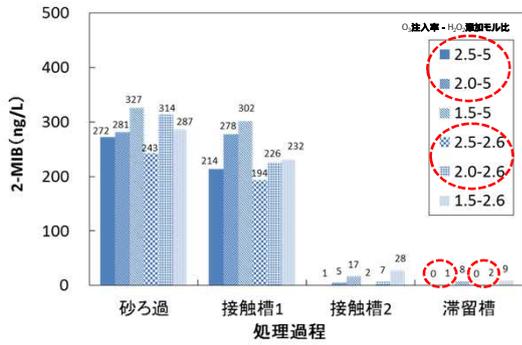
【3.実験方法:実験】

【実験】:ペリスタポンプで流量4.5 mL/分となるよう添加

実験番号	砂ろ過における			オゾン (mg/L)	濃縮化水率 (濃縮モル比)
	水温()	2-MIB (ng/L)	ジェオスミン (ng/L)		
- 1	6.5	272	168	2.5	5
- 2	6.7	281	175	2.0	5
- 3	7.3	327	192	1.5	5
- 4	8.0	243	146	2.5	2.6
- 5	8.5	314	181	2.0	2.6
- 6	8.6	287	172	1.5	2.6

12

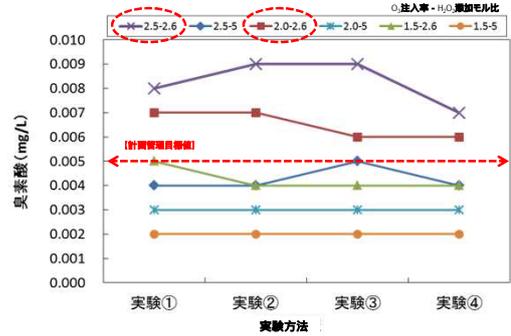
【4.結果:2-MIB(実験)】



各処理過程における2-MIBの推移 (想定濃度: 250ng/L)

13

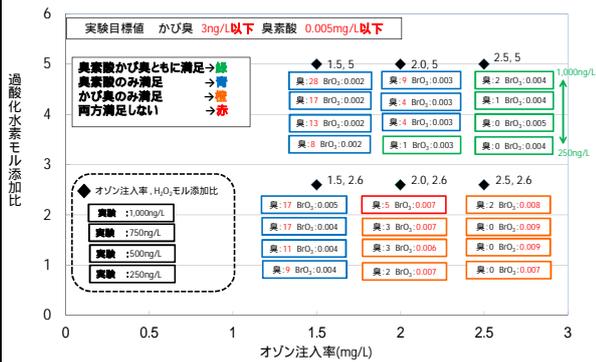
【4.結果:臭素酸(実験 ~)】



実験 ~ における臭素酸の推移

14

【4.結果:オゾンAOPの最適条件】



15

【5 まとめ】

・10 以下の低水温期における250ng/L以下の2-MIBを含む砂ろ過水を滞留槽で2-MIB:3 ng/L以下かつ臭素酸0.005mg/L以下とするAOP条件は,

オゾン注入率:2.0~2.5mg/L
過酸化水素モル比:5 であった。

・10 以下の低水温期における250ng/Lを超える2-MIBを含む砂ろ過水を滞留槽で2-MIB:3 ng/L以下かつ臭素酸0.005mg/L以下とするAOP条件は,

オゾン注入率:2.5mg/L
過酸化水素モル比:5 であった。

16

霞ヶ浦を水源とする新しい 浄水処理技術の実証実験

－帯磁性イオン交換樹脂の再生廃液処理－

茨城県企業局水質管理センター 古橋 嘉一

1

発表内容

1. はじめに
2. 実験概要
3. 実験方法
4. 実験結果
5. まとめ

2

はじめに

- ▶茨城県企業局では、
- ▶かび臭物質の除去に有効な促進酸化処理とTHM前駆物質等の溶解性有機物の低減化に有効な帯磁性イオン交換樹脂処理、これら組み合わせた実証実験を平成26年12月から行っている。
- ▶帯磁性イオン交換樹脂処理は、イオン交換を原理として溶解性有機物を除去するもので、樹脂は塩水による再生を繰り返しながら運用するため、高濃度の塩分と有機物を含む再生廃液が生じる。
- ▶本実験では、浄水場におけるクローズドシステムを想定し、再生廃液を排水処理システムで処理することを目指している。

3

本実験の内容

目的

廃液処理を含んだクローズドシステムを目指す

●プラント試験

- ・樹脂処理水質への影響
- ・各処理工程水への影響

●本論では、再生廃液と凝集沈殿汚泥を混合（廃液混合汚泥）し、その混合した濃縮槽の上澄水（廃液処理水）を樹脂処理の前段へ返送した水処理への影響について報告する。

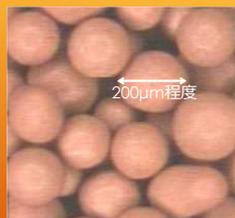
4

帯磁性イオン交換樹脂とは

イオン交換を原理として、原水中の溶解性有機物を除去する

- ・DOCの除去
- ・トリハロメタン前駆物質の除去

樹脂は、塩水と接触させることで再生され、繰り返し使用できる

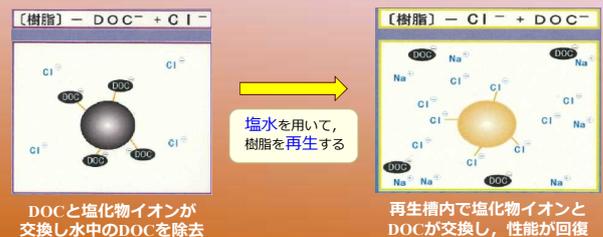


樹脂の外観写真

5

帯磁性イオン交換樹脂処理の概念

イオン交換を原理として溶解性有機物を除去する技術



6

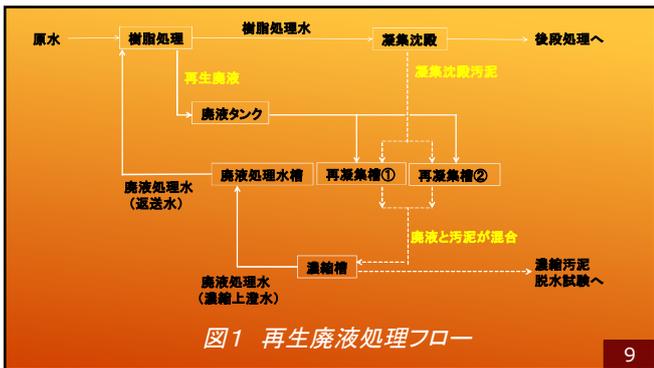
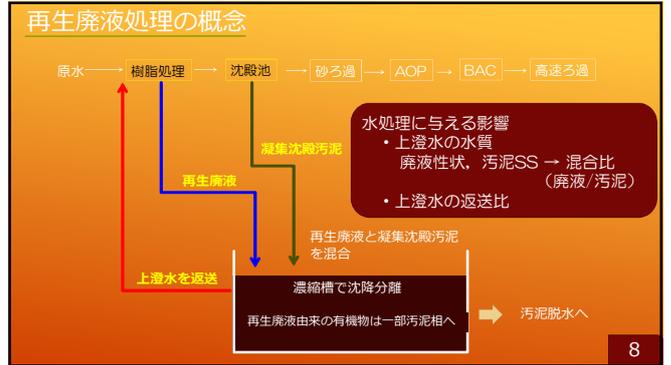
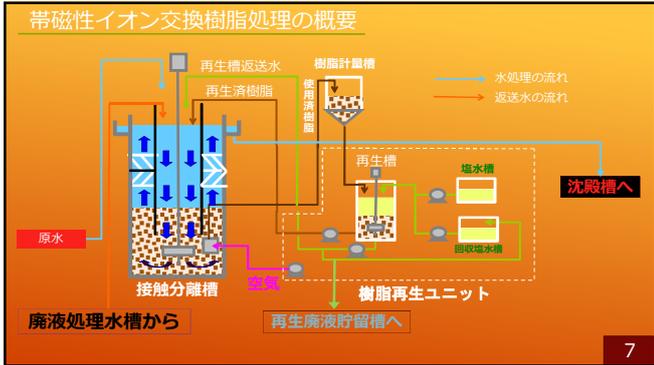


表1 再生廃液処理条件, 再生廃液と返送水の性状

項目	条件
樹脂処理	処理水量 86L/分 樹脂再生 約25L/回/2日, 再生剤 NaCl 約10%溶液 再生廃液量 約25~30L/回
凝集沈殿	処理水量 55L/分
廃液処理	混合比 0.9~2.3% (平均1.9%) 混合比=再生廃液量/凝集沈殿汚泥量 返送比 0.4~1.2% (平均0.6%) 返送比=返送水量/樹脂処理原水量
廃液性状	DOC 5200~13000mg/L (平均 9430mg/L) Cl ⁻ 6700~12600mg/L (平均 10200mg/L)

10

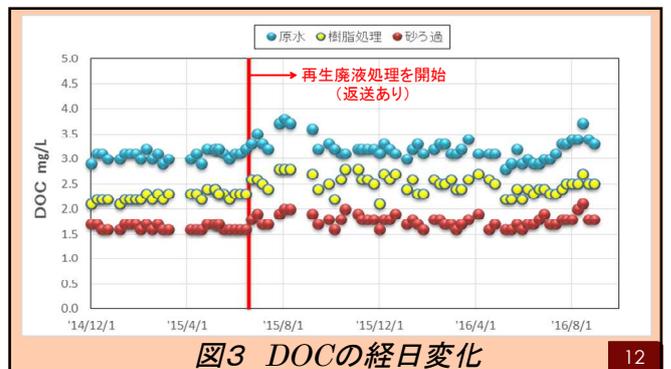
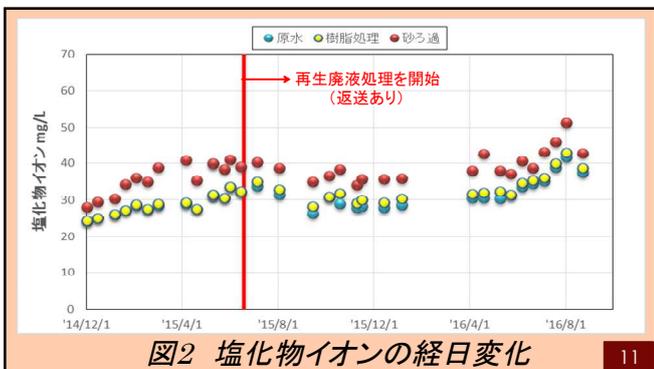




図4 THMFPの経日変化

表2 廃液処理水の返送が水質に及ぼす影響

		返送なし			返送あり		
		原水	樹脂処理	砂ろ過	原水	樹脂処理	砂ろ過
塩化物イオン (mg/L)	最大	33.6	33.5	40.9	41.6	42.9	51.2
	最小	24.1	24.3	28.1	26.3	28.2	34.1
	平均	28.5	28.6	35.9	32.0	33.3	39.4
DOC (mg/L)	最大	3.2	2.4	1.7	3.8	2.8	2.1
	最小	2.9	2.1	1.6	2.8	2.1	1.6
	平均	3.1	2.2	1.6	3.2	2.5	1.8
THMFP (mg/L)	最大	0.078	0.056	0.031	0.092	0.065	0.037
	最小	0.054	0.032	0.018	0.059	0.043	0.026
	平均	0.066	0.046	0.027	0.074	0.052	0.030

表3 汚泥の脱水結果

霞ヶ浦浄水場	濃縮汚泥		脱水汚泥	
	SS (mg/L)	含水率 (%)	強熱減量 (%)	全塩素 (mg/kg-dry)
最大	29,400	53.6	24.8	700
最小	21,800	50.9	22.3	540
平均	25,600	52.4	23.1	620

実験プラント	濃縮汚泥		脱水汚泥	
	SS (mg/L)	含水率 (%)	強熱減量 (%)	全塩素 (mg/kg-dry)
最大	55,600	62.6	37.5	770
最小	8,020	51.9	23.4	490
平均	21,655	57.7	29.3	571

まとめ

1. 樹脂処理で生じる再生廃液と凝集沈殿汚泥の混合による浄水場内での廃液処理を模した処理実験を行ったところ

▶クローズドシステムを想定して

→廃液処理水を樹脂処理の前段へ返送したが、実施で想定される廃液処理条件では返送による砂ろ過水への大きな水質変動は見られなかった。

2. 現状において

→再生廃液の浄水場内処理、廃液処理水の返送で生じる水質への影響は極めて小さいものと考えられる。

3. 汚泥の脱水結果から

→脱水汚泥の全塩素量は、霞ヶ浦浄水場と実験プラントを比べても大きな差は見られず、汚泥の再利用についてその可能性が示唆された。

今後の展望

1. 塩分濃度の高い浄水場においても汚泥性状を確認していく。
2. 樹脂処理について、DOC以外の物質についても低減できるかの特徴を把握する。
3. 今回の実験では、霞ヶ浦浄水場の実績を基本条件として混合比を2%、返送比を0.5%として評価したが、今後、混合比及び返送比の割合を変動した場合の性状についても検討していきたい。

帯磁性イオン交換樹脂処理の海外導入事例

平成28年11月

前澤工業株式会社

帯磁性イオン交換樹脂処理 (Magnetic Ion Exchange, MIEX処理)

イオン交換を原理として、原水中の溶存有機物を除去

塩素添加により生成するTHM量を抑える
(浄水処理過程でのTHM生成を抑制する)
給水末端までのTHM濃度上昇を抑える
ハロ酢酸等の消毒副生成物対策

ほぼ全ての導入実績は、THM等の消毒副生成物低減が目的となっている

浄水処理プロセスへの効果

MIEX処理システム

通常、凝集沈澱の前段に設置



後段処理の有機物負荷低減

- ・前塩素量 減
- ・凝集剤量 減
- ・オゾン注入量 減
- ・活性炭寿命 延長
- ・後塩素量 減

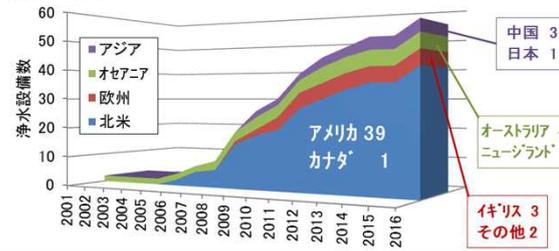
期待できる効果

導入状況(2016年8月現在)

2016年8月時点、米、英、豪、加、日、中など
稼働設備 浄水延べ 900,000 m³/日、54箇所

2001年 オーストラリアで1号機稼働、112,000 m³/日

設備数の推移

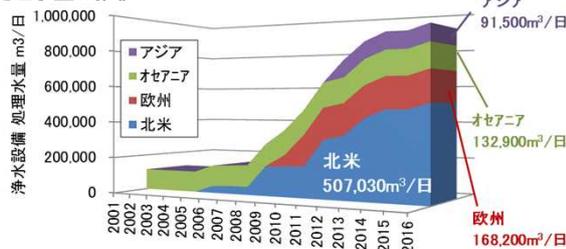


導入状況(2016年8月現在)

2016年8月時点、米、英、豪、加、日、中など
稼働設備 浄水延べ 900,000 m³/日、54箇所

2001年 オーストラリアで1号機稼働、112,000 m³/日

処理水量の推移

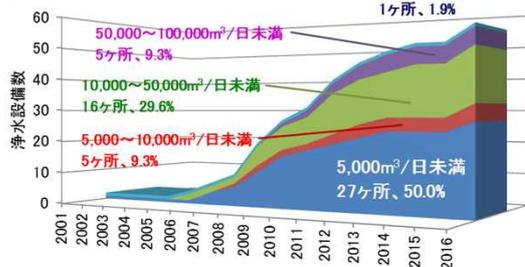


導入状況(2016年8月現在)

2016年8月時点、米、英、豪、加、日、中など
稼働設備 浄水延べ 900,000 m³/日、54箇所

2001年 オーストラリアで1号機稼働、112,000 m³/日

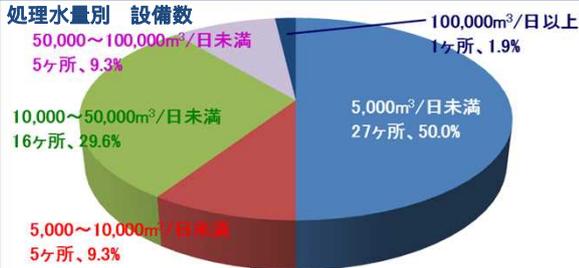
処理水量別 設備数の推移



導入状況(2016年8月現在)

第2回浄水処理技術シンポジウム

2016年8月時点、米、英、豪、加、日、中など
稼働設備 浄水延べ 900,000 m³/日、54箇所
2001年 オーストラリアで1号機稼働、112,000m³/日



導入状況(浄水処理以外の事例)

第2回浄水処理技術シンポジウム

浄水以外：工場用水、下水再利用

国名	処理水量 m ³ /d	運転 開始	適用	目的
オーストラリア	1,000	2008	製紙工場 再利用水	色度除去
中国	1,000	2011	製紙工場 再利用水	色度除去
日本	900	2012	食肉工場 プロセス水	色度除去
韓国	10,000	2013	下水再利用	硝酸態窒素 除去

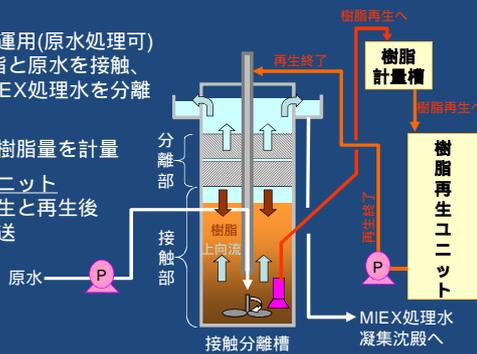
MIEX処理システムの構成（一体型）

第2回浄水処理技術シンポジウム

接触分離槽
上向流で運用(原水処理可)
MIEX樹脂と原水を接触、
樹脂とMIEX処理水を分離

樹脂計量槽
再生する樹脂量を計量

樹脂再生ユニット
樹脂の再生と再生後
樹脂の返送



MIEX処理システムの構成（分離型）

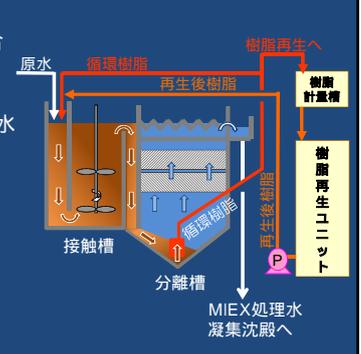
第2回浄水処理技術シンポジウム

接触槽
MIEX樹脂と原水を混合
攪拌、接触させる

分離槽
MIEX樹脂とMIEX処理水
を分離する

樹脂計量槽
再生する樹脂量を計量

樹脂再生ユニット
樹脂の再生と再生後
樹脂の返送



導入状況(2016年8月現在)



導入事例

Wanneroo浄水場/オーストラリア

背景

原水 DOC 6 ~ 18 mg/L
浄水 DOC 5mg/L超、高THM
配水系統での生物再増殖、特有の臭気

↓
オゾン/活性炭(BAC) or MIEXによる前処理の比較検討

↓
効果・コストとも優れるMIEXによる前処理の導入へ
(1号機、112,000m³/日、2001年稼働)

導入事例

Wanneroo浄水場/オーストラリア

エアレーション 凝集/沈澱 ろ過/消毒(従来)
 エアレーション MIEX 凝集/沈澱 ろ過/消毒

浄水 従来系50%、MIEX系50%のブレンド

	従来 処理	MIEX 導入後	効果
浄水DOC mg/L	2.6	1.6	38%向上
浄水THM μg/L	259	87	66%低減
凝集剤量 mg/L	100	52	50%低減
塩素剤量 mg/L	5.1	4.5	使用量減、残塩増

導入事例

Wanneroo浄水場/オーストラリア, 112,000m³/日



導入事例

Wanneroo浄水場/オーストラリア, 112,000m³/日



導入事例

Main浄水場/USA、フロリダ
 処理水量 23,000m³/日

Main WTP, Village of Palm Springs, FL
 2005年 供用開始



導入事例

Ruakaka浄水場/ニュージーランド
 処理水量 12,000m³/日



導入事例

Ruakaka浄水場/ニュージーランド
 処理水量 12,000m³/日



導入事例 北京路浄水場/中国、中国1号機
処理水量 90,000m³/日



導入事例 扇浦浄水場/日本、父島
処理水量 1,000m³/日



導入事例 扇浦浄水場/日本、父島
処理水量 1,000m³/日



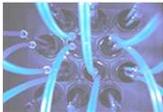
導入事例 Boynton Beach, FL/USA
処理水量 60,000m³/日
2016年10月供用開始予定



第2回浄水処理技術シンポジウム

METAWATER

オゾン・促進酸化処理(AOP)海外導入事例



2016年11月14日
メタウォーター株式会社
事業戦略本部 R&Dセンター 加藤 康弘

METAWATER

目次

- はじめに
 - 促進酸化処理の種類と効果
 - オゾン処理施設導入状況(国内と北米)
- 事例紹介
 - Henry J. Mills Treatment Plant
 - Weymouth Water Treatment Plant
 - Burloak Water Purification Plant
 - Oakville Water Purification Plant
 - Andijk III
- まとめ

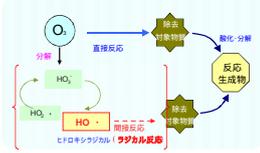
METAWATER

促進酸化処理の種類と効果

・オゾン単独処理時の酸化作用

分子状オゾンによる直接反応
オゾンの分解に伴い生成したOHラジカルによる間接反応の2経路が存在する。

OHラジカルの方が酸化力は大きいものの、通常の処理条件(水温、pH)では上記 直接反応が主体的に進行。



Copyright METAWATER Co., Ltd. All Rights Reserved.

METAWATER

促進酸化処理の種類と効果

・促進酸化処理(Advanced Oxidation Process)

紫外線、過酸化水素、酸化チタン、貴金属触媒、高pH、放射線照射、超音波、EDTAなどをオゾンと併用することにより、オゾン分解およびOHラジカルの生成を促進し、酸化力の向上を図る処理方法。



Copyright METAWATER Co., Ltd. All Rights Reserved.

METAWATER

促進酸化処理の種類と効果

促進剤添加	UV併用	触媒利用
<ul style="list-style-type: none"> O₃(高pH) O₃+H₂O₂ 	<ul style="list-style-type: none"> O₃+UV H₂O₂+UV 	<ul style="list-style-type: none"> O₂/触媒 H₂O₂/Fe NaOCl/触媒
O ₃ +H ₂ O ₂ +UV		H ₂ O ₂ +Fe+UV

初期投資 UV / H₂O₂ O₃ / H₂O₂
 微量化学物質対策として欧米で件数を伸ばす(再生水プロセスで顕著)
 運転費用 UV / H₂O₂ O₃ / H₂O₂

Copyright METAWATER Co., Ltd. All Rights Reserved.

METAWATER

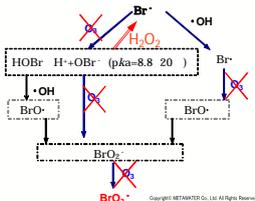
促進酸化処理の種類と効果

・促進酸化処理の適用効果

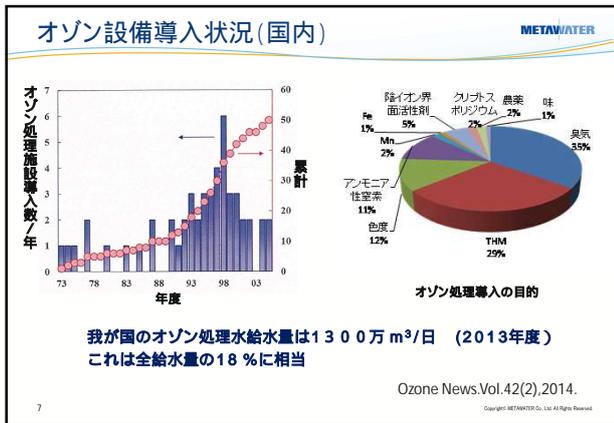
酸化力向上のみならず、過酸化水素を用いた促進酸化処理では、オゾン処理副生成物である臭素酸イオンの生成抑制効果が得られる。

H₂O₂による臭素酸イオン生成の抑制

- 臭化物イオン一次酸化物質
- 次亜臭素酸イオン(OBr⁻)の還元
- 溶存オゾンの分解



Copyright METAWATER Co., Ltd. All Rights Reserved.



オゾン設備導入状況(北米)

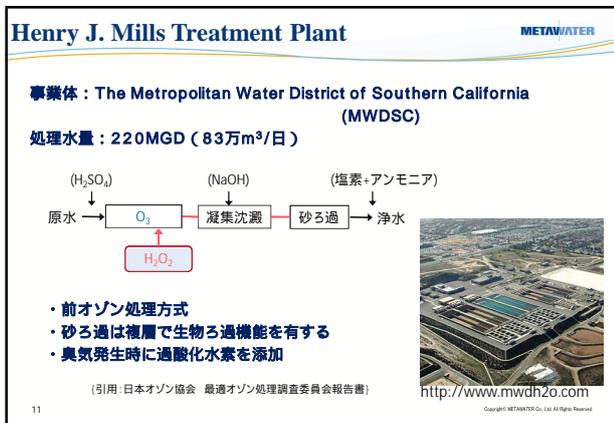
北米におけるオゾン処理導入の目的

- 異臭味
- 消毒(クリプトスポリジウム)
- 塩素系副生成物抑制
- 凝集および急速ろ過の効率化
- 微量化学物質 (PPCP、EDC)
- その他

近年は消毒目的にオゾン処理を導入するケースが増えている。
CT値確保の観点から、促進酸化処理を積極的に採用しないケースもある

事例紹介

Burloak WPP (RMOH)
Oakville WPP (RMOH)
Andijk III (PWN)
Henry J. Mills TP (MWD)
Weymouth WTP (MWD)



Burloak Water Purification Plant

METAWATER

事業体：The Regional Municipality of Halton, Toronto CANADA
 処理水量：5.8 MGD (22万m³/日)

原水 (オンタリオ湖) → 凝集 → UF膜 → UV → O₃ → BAC → 浄水

Lake Ontario → Prescreening → Flocculation → UV disinfection with ZeWaed membranes → Ozone contactors → Future BAC contactors → Clearwell → To distribution

- 高い水質基準に対応するため柔軟なプロセス設計
- オゾン接触池のH₂O₂対応
- 生物活性炭の付加 (AOC対策)

13 <https://www.gewater.com>

Oakvill Water Purification Plant

METAWATER

事業体：The Regional Municipality of Halton, Toronto CANADA
 処理水量：109MLD (11万m³/日)

Lake Ontario → ACTIFLO → Ozone → Filtration → Clearwell → Reservoir → WHT → Gravity Thickener → WWTP

Chlorine, Sulphuric Acid, Alum, Dry Polymer, Hydrogen Peroxide, Calcium Thiosulphate, F-T-W, Liquid Polymer, Calcium Thiosulphate, Lake Ontario, Sodium Hydroxide, Oakville WSS, WWTP

- 過酸化水素添加時のCl₂管理指針を策定

14 (引用: 18th world congress of the International Ozone Association (2007)) <http://www.nacsworld.com>

Andijk III

METAWATER

事業体：PWN (北オランダ水道公社)
 処理水量：120万m³/日

原水 → イオン交換 → MFろ過 → UV → GAC → GAC → 浄水

H₂O₂, H₂O₂+UV

- UV工程はH₂O₂併用によりAOPとして機能
- 膜ろ過前段で添加することで透水性能確保

{参考: 環境浄化技術 2015.7-8 Vol.14 No.4}

15 <http://pwntechnologies.com>

まとめ

METAWATER

- 北米地域では、異臭味発生時の対策として、過酸化水素の添加が一般的に行われている。
- 微量化学物質対策としてUV+H₂O₂の適用もみられる。
- 定常的に高負荷な臭気物質への対応、臭素酸生成抑制を目的としたAOPの適用事例は少ない。

パネルディスカッション 資料

【新しい浄水処理技術の持続的な運転管理に向けて】

◎ 茨城県企業局鹿行水道事務所 高田 浩幸

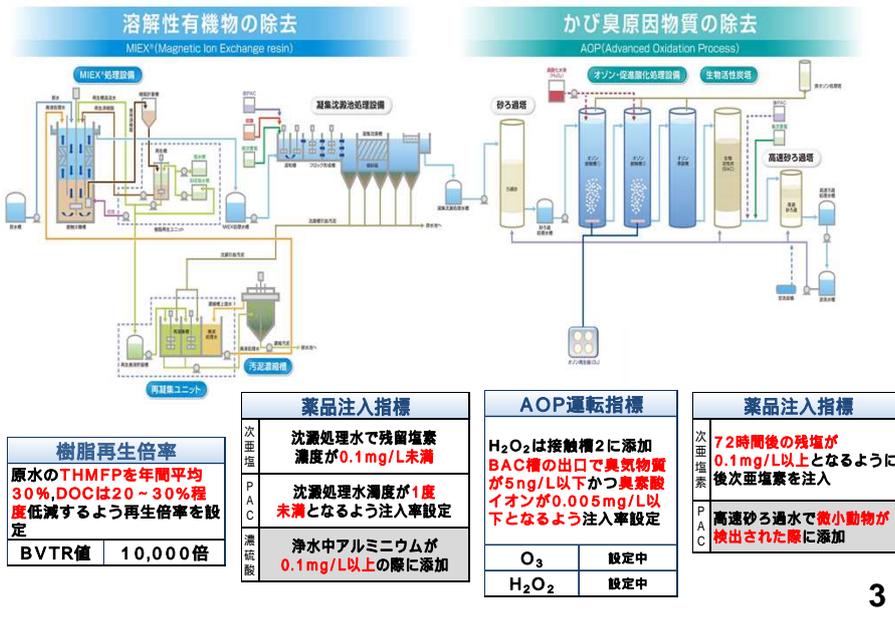
運転管理指標設定のための課題

- ・ 注入率等の設定
樹脂再生倍率, 前次亜・オゾン注入率, 過酸化水素のモル比
- ・ O₃/AOP切替のタイミング
かび臭濃度と水温とを指標として切替を行う
- ・ 生物活性炭の運用(更新サイクル)
4系列ある活性炭をサイクル運用することで延命化を図る

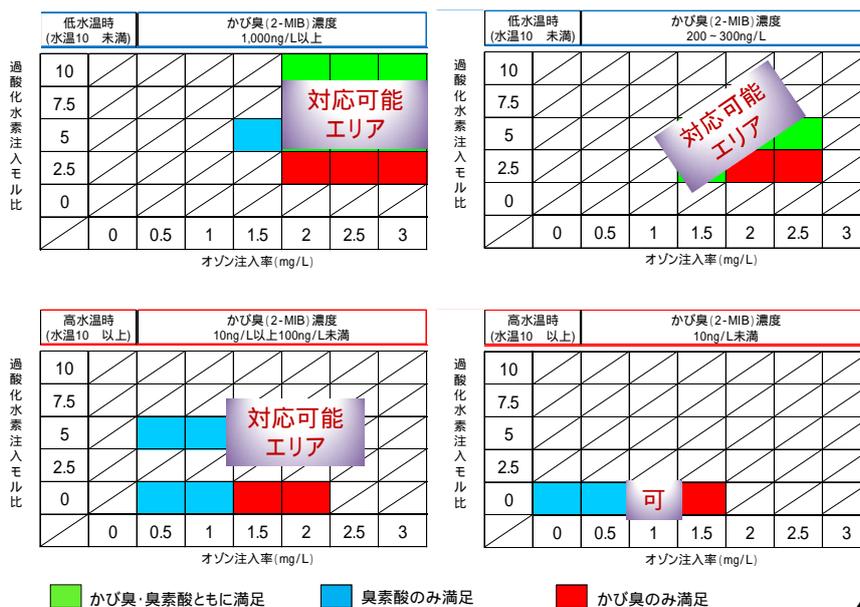
1



浄水処理運転指標(注入率等の設定)

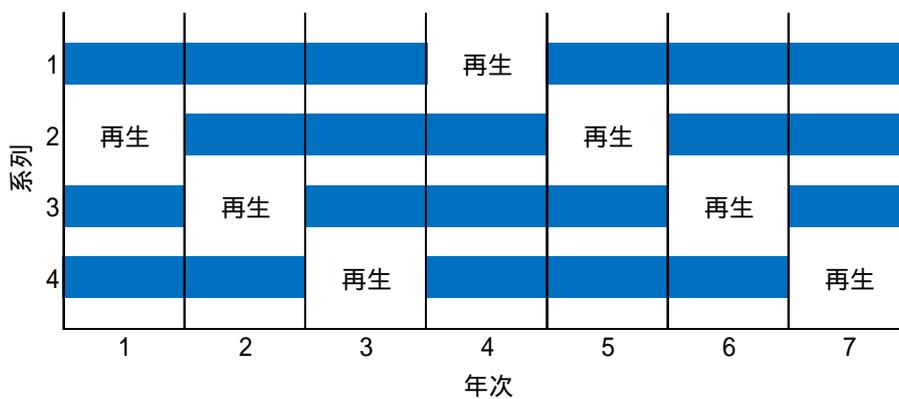


O₃/AOP運転指標の模式図(かび臭発生時)



生物活性炭の運用イメージ

4系列のうち常時供用する系列を3とした場合



浄水場送り出しのTHM濃度: 20 μ g/Lを目標に運用池数を調整

使用する池の供用年数は1, 2, 3年目となり, 平均で2年
 現在整備中の吸着活性炭は1系列あたりSV = 4で4万5千 m^3 の能力

5

東京都水道局における高度浄水施設の導入経緯

原水水質の悪化

- ・ 急速な都市化に伴う生活排水の増加
- ・ 下水道整備の遅れ
- ・ 流入河川の水質悪化（例 坂川）
- ・ 複雑な水質変化



昭和50年当時の坂川の状態

- ・ 従来の浄水処理の処理性の限界
- ・ お客さまニーズの高まり

高度浄水処理の導入

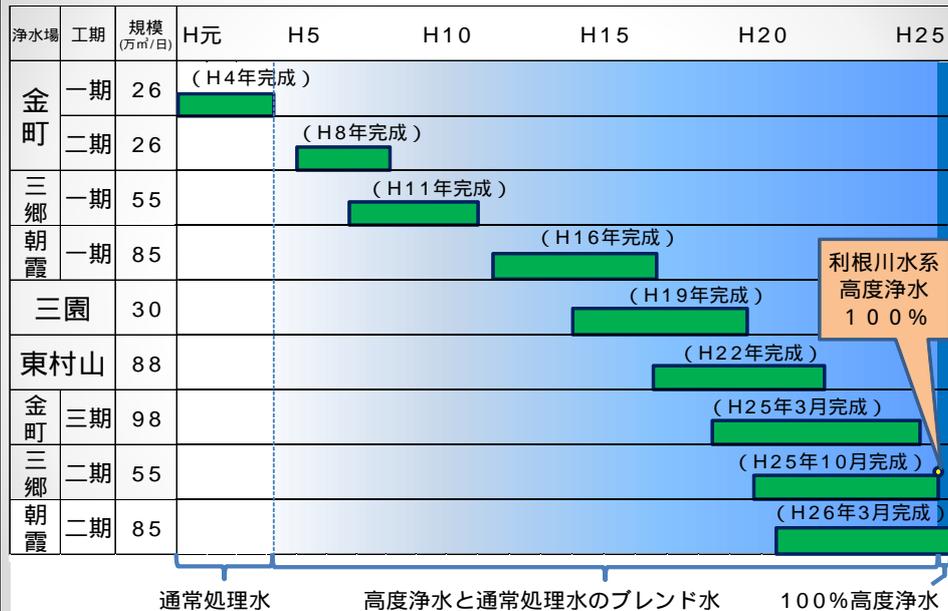
従来の「凝集・沈殿、急速ろ過」では十分に除去できない物質を除去対象物質とする。

- ・ かび臭原因物質（2-MIB、ジェオスミン）
- ・ アンモニア態窒素
- ・ 陰イオン界面活性剤
- ・ トリハロメタン前駆物質 など

第2回浄水処理技術シンポジウム（2016.11.14）

高橋 和彦：東京都水道局

高度浄水処理の導入経過



第2回浄水処理技術シンポジウム（2016.11.14）

高橋 和彦：東京都水道局

水質事故対応事例

- 利根川水系の浄水場におけるホルムアルデヒド検出事故 -



事故概要

原因

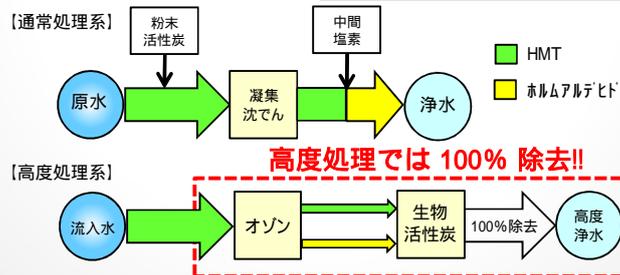
平成24年5月に、浄水場で注入する消毒用塩素と反応してホルムアルデヒドを生成する化学物質（HMT）が利根川に流入。

社会的影響

- ・千葉県内では5市36万戸が断水
- ・87万人に影響

浄水処理

- ・事故対応用の粉末活性炭では処理できない。
- ・消毒用の塩素と反応してホルムアルデヒドになる。
- ・高度浄水処理では100%除去できる。



第2回浄水処理技術シンポジウム（2016.11.14）

高橋 和彦：東京都水道局

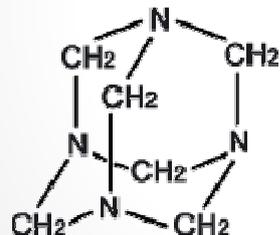
事故原因

埼玉県の化学メーカーが処理委託した廃液が十分に処理されず、**ヘキサメチレンテトラミン（HMT）が河川に流出**

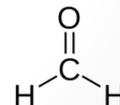
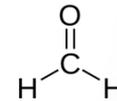
浄水場でHMTが塩素と反応しホルムアルデヒドを生成

通常処理では除去できず浄水へ

ヘキサメチレンテトラミン → ホルムアルデヒド



塩素による酸化



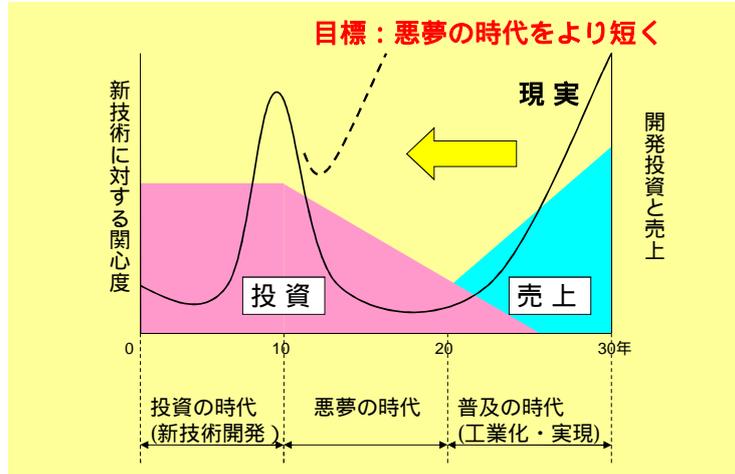
プラスチックやゴムの製造時や医薬品の原料として使用

第2回浄水処理技術シンポジウム（2016.11.14）

高橋 和彦：東京都水道局

デスバレー (Valley of Death)

悪夢の時代?



1

開発投資資料：膜ろ過開発研究

プロジェクト名	企業数	持込研究総数	膜ろ過関連持込研究数
MAC21	18社	35件	35件
高度MAC21	24社	19件	19件
ACT21	45社	37件	13件
e-Water	37社	23件	17件
e-Water	31社	10件	7件
Aqua10	20社	5件	3件
J-Step	21社	3件	3件

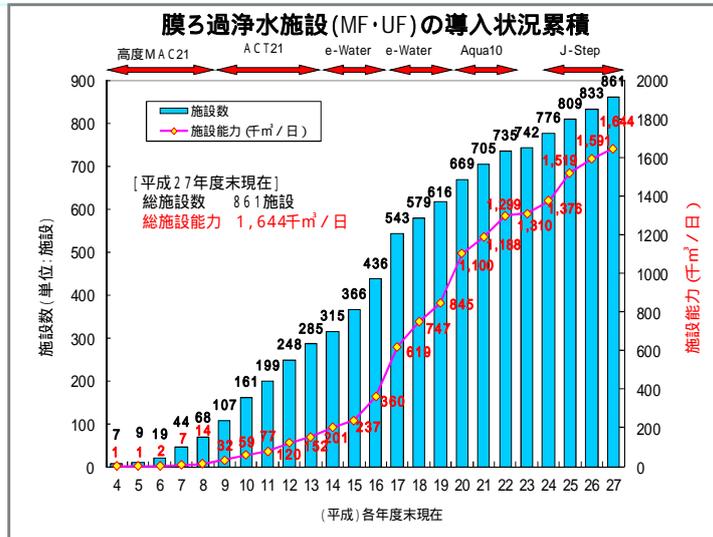
出典：(公財)水道技術研究センター資料

2



投資回収資料：膜ろ過施設の普及状況

神鋼環境ソリューション



出典：(公財)水道技術研究センター資料

3



課題と解決のキーワード

神鋼環境ソリューション

▶ 新技術採用のハードル

- ・開発投資と回収期間
- ・新技術認証機関、認可変更
- ・事業体の実績主義
- ・開発投資意欲、技術力の低下

▶ 解決のキーワード

- ・DB & O、官民連携
- ・共同研究と公的認知 (新技術認証機関)
- ・モデル事業の推進
- ・オープンイノベーション

4

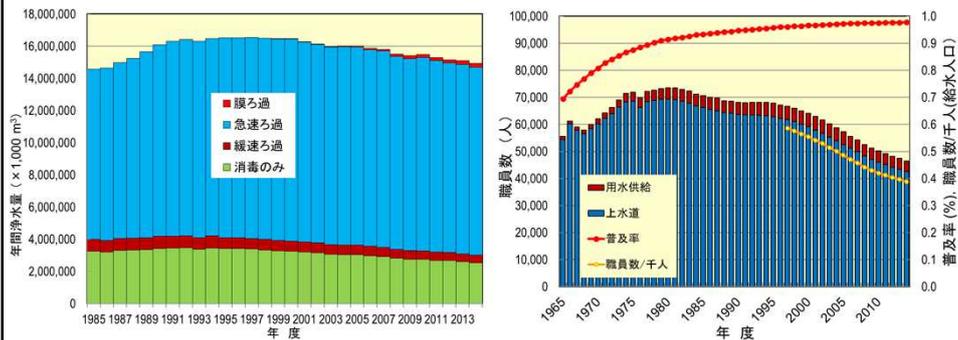


これまでの水道における新技術導入と課題

浄水場の更新・耐震化、原水水質に応じた処理方式への変更

- ➡ 検討すべき処理方式の複数選定と実証実験
- ➡ 数年の実証実験と実用化

- ★ 浄水量の減少 ➡ 料金収入の減少、コストをかけられない
- ★ 職員の減少(人口の減少) ➡ 通常業務外にどれだけ余裕があるか

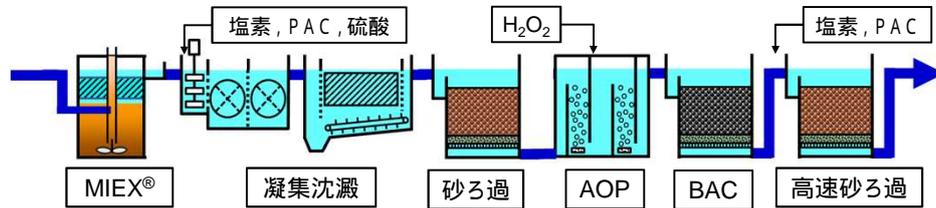


実証実験は必要か？

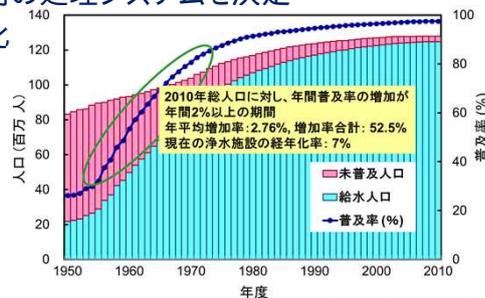
- ★ 実証実験の目的は？
 - 新技術の実用化(単位プロセス)
 - 新しい浄水システムの導入
 - 認可変更
- ★ 実証実験はどこまで必要か
 - 目的、期間、実験すべきシステム
- ★ 実証実験はどこまで簡略化できるか
 - 高度浄水処理の導入における実証実験の簡略化



茨城県企業局での実証実験



- 事前の共同研究において、個別の処理プロセスの実験を行っている
- 共同研究の結果を基に1系列の処理システムを決定
 - 実証実験の目的の明確化
 - 実証実験のコスト低減
 - 検証すべき項目の削減
 - 実験期間の短縮



実証実験と実用化への課題

- 実証実験はなくせるか
 - 処理プロセスの性能がわかっているならば、処理システムの設計は可能
 - 複数処理プロセスをもつシステムでは、システムとしての性能、運転方法の検討は必要
- 実用化へ向けての課題は?
 - 実証実験と実プラント運転の違い

運転条件の検討

➡

運転マニュアルの作成
- 新しい浄水処理システムを導入する場合には、最小限の実証実験(または確認実験)は必要ではないか
 - 浄水場更新において膜ろ過と他のプロセスを併用する場合などに有効ではないか

* 註) 本シンポジウムにおける意見は、すべての場合にすべきであるということではありません

座長及びパネリスト略歴

古米 弘明（ふるまい ひろあき）氏

（東京大学大学院工学系研究科 教授 附属水環境制御研究センター / 工学博士）

- ・1979年 東京大学工学部都市工学科 卒業
- ・1984年 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻博士課程 修了
- ・1984年 東北大学工学部 助手 土木工学科
- ・1986年 九州大学工学部 助手 水工土木学科
- ・1988年 同上 助教授
- ・1990年-1991年 スタンフォード大学及びイリノイ大学 客員研究員
- ・1991年 茨城大学工学部 助教授 都市システム工学科
- ・1997年 東京大学大学院工学系研究科 助教授 都市工学専攻
- ・1998年 東京大学大学院工学系研究科 教授 都市工学専攻
- ・2000年-2001年 オレゴン州立大学及びEAWAG(スイス) 客員研究員
- ・2003年-2004年 附属水環境制御研究センター センター長（兼任）
- ・2006年 東京大学大学院工学系研究科 教授 附属水環境制御研究センター

伊藤 雅喜（いとう まさき）氏

（国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官 / 工学博士）

浄水処理が主たる研究分野。1991年度のMAC21プロジェクトから水道技術研究センターを主体とする研究プロジェクトに関わっている。e-Water II、Aqua10、J-Step、Aqua-Batonsでは研究委員会委員長としてプロジェクトを推進。浄水施設の更新手法に関する研究や、膜ろ過施設導入ガイドライン、高分子凝集剤使用ガイドラインを作成した。現在はAqua-Batons第2研究委員会委員長として、水道における技術継承に関する研究を実施中。

- ・1986年 北海道大学工学部衛生工学科助手
- ・1987年 国立公衆衛生院（現国立保健医療科学院）衛生工学部研究員に異動。
水道工学部主任研究官、水道計画室長を経て
- ・2011年 組織改組により、国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

石丸 豊（いしまる ゆたか）氏

（株式会社神鋼環境ソリューション 水環境技術本部 シニアエキスパート）

1974年神鋼ファウドラ（株）入社。高速凝集沈澱池やイオン交換設備などの水処理設備の設計・試運転、ダム貯水池の水質保全設備の開発設計、高度浄水プロセスの調査及び開発企画、浄水施設・生物処理・膜ろ過処理施設の計画・設計業務に従事。その間、工業用水道施設設計指針改訂（2004年版）分科会委員、（公財）水道技術研究センターの研究プロジェクトや浄水技術ガイドラインの発行に参画。

- ・2003年 神鋼パンテック（株）環境本部 計画部 室長
- ・2003年 （株）神鋼環境ソリューション（株）神戸製鋼所との事業統合で社名変更）
- ・2005年 同上 技術本部 水処理技術部 担当部長
- ・2013年 同上 理事 水環境事業部 事業部長代理
- ・2015年 同上 水環境事業部 シニアエキスパート（上水技術統括）

高橋 和彦（たかはし かずひこ）氏

（東京都水道局 水質センター 企画調査課長）

高度浄水処理（オゾン処理・生物活性炭吸着処理）のほか、急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過方式など当局の様々な浄水処理及び水質管理に関する豊富な実務経験を有し、浄水処理の高度化に関する調査研究や職員の人材育成にも携わる。

- ・1985年 東京都入庁（現 福祉保健局）
- ・1998年 東京都水道局入局
- ・2008年 南部第一支所給水課長
- ・2009年 小作浄水場長
- ・2011年 多摩水道改革推進本部調整部水質管理担当課長
- ・2012年 浄水部水質担当課長
- ・2016年 水質センター企画調査課長（統括課長）

高田 浩幸（たかだ ひろゆき）

（元茨城県企業局実証実験検討委員会委員長 現茨城県企業局鹿行水道事務所長）

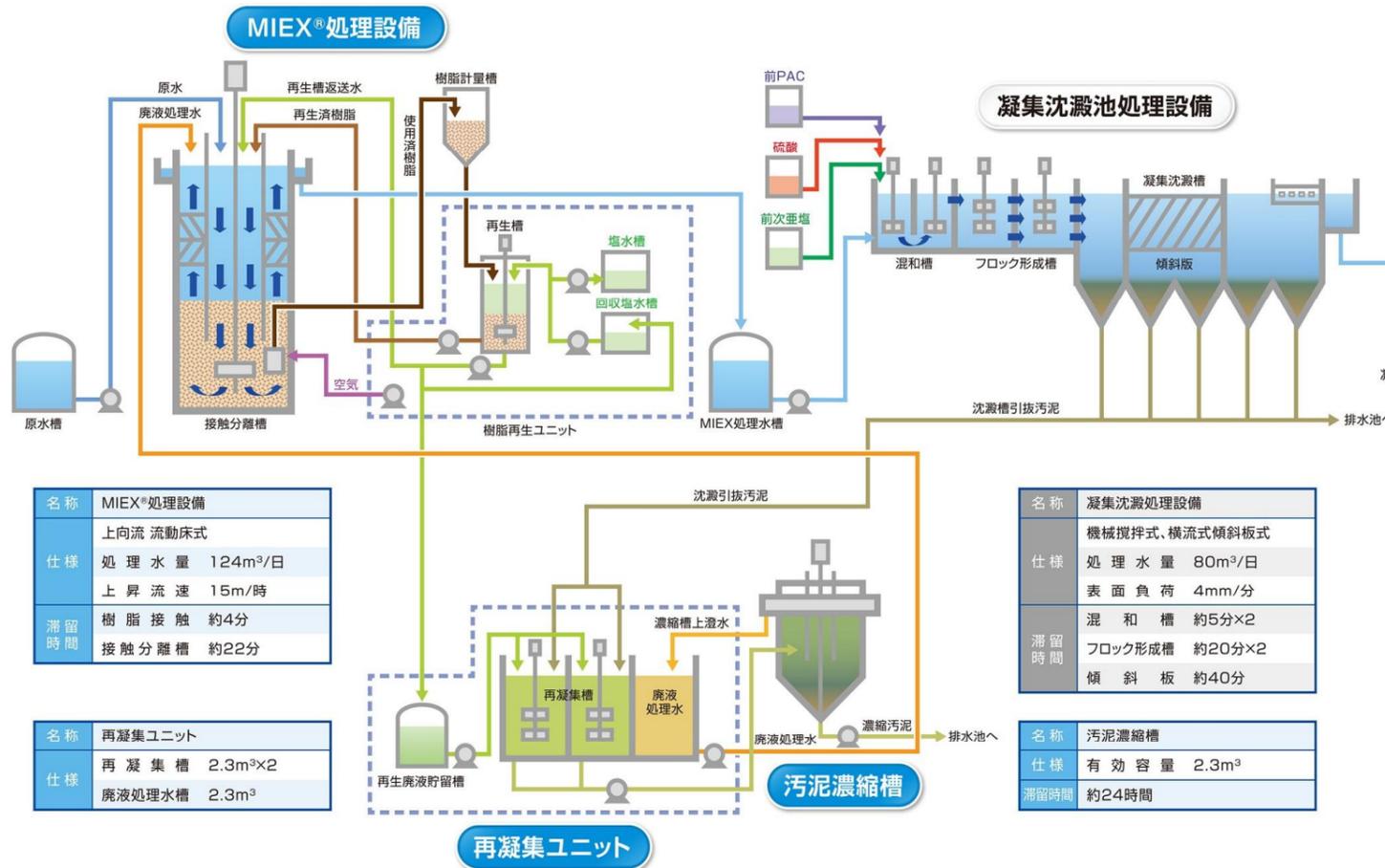
- ・1987年 茨城県入庁（企業局鹿島水道事務所）
- ・2010年 企業局施設課 施設管理担当課長補佐
- ・2012年 利根川浄水場長
- ・2014年 企業局施設課 技佐兼課長補佐（技術総括）
実証実験検討委員会委員長として、帯磁性イオン交換樹脂処理と促進酸化処理を組み合わせた浄水処理システム評価実験の企画運営に携わる。
- ・2016年 鹿行水道事務所長

參考資料

実証実験設備フロー図

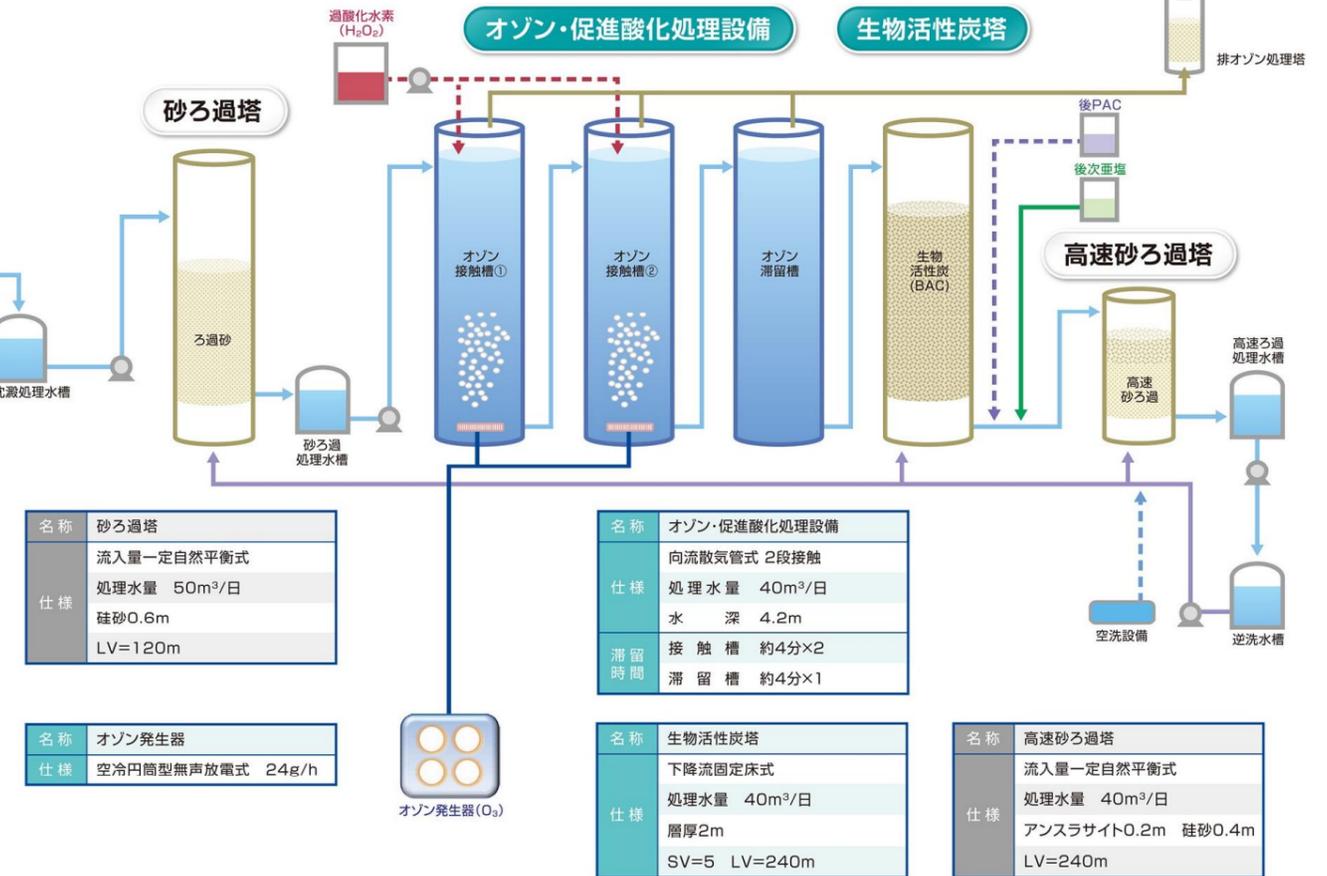
溶解性有機物の除去

MIEX® (Magnetic Ion Exchange resin)



かび臭原因物質の除去

AOP (Advanced Oxidation Process)



実験の背景

- ・ 水質基準の改正や霞ヶ浦の水質変化から、水に溶けている汚れやかび臭物質を除去するための浄水処理費用が、年々上昇しています。
- ・ 効率的、安定的な浄水処理手法を開発するために、H21～H23に霞ヶ浦が水源の5浄水場で、民間企業6者と共同研究を行いました。

実験の目的

- ・ 共同研究により単独の処理効果が確認された帯磁性イオン交換樹脂処理(MIEX)とオゾンと過酸化水素を使用した促進酸化処理(O₃/AOP) + 生物活性炭処理(BAC)を、今までの浄水処理フローに組み合わせた新しい浄水処理システムを実用化するため、処理効果の確認や効率的な運転方法を検証しています。

実験概要

- 1) 事業費：建設費 331 百万円 運転管理費 85 百万円
- 2) 実験期間：平成 26 年 12 月～平成 27 年 11 月(1 年間)
- 3) 実験内容：溶解性有機物の除去、かび臭原因物質の除去
- 4) 施設規模：面積 400m²、処理水量 40m³/日

第2回浄水処理技術シンポジウム 要旨集

発行日 2016年11月14日

発行者 茨城県企業局

代表者 茨城県公営企業管理者
企業局長 中島 敏之

〒310-8555

茨城県水戸市笠原町 978-6