

磁気を組み込んだミューマグレータの開発

小嶋久夫*1), 有坂晃一*2), 竹林昌洋*3)



株式会社ミューカンパニーリミテド

磁気を組み込んだミューマグレータの開発

小嶋 久夫*¹⁾ 有坂 晃一*²⁾ 竹林 昌洋*³⁾

1. はじめに

21世紀の1丁目1番地は、「人間・社会・地球環境の持続的な発展」であり、SDGsが叫ばれる今日、持続可能な環境・社会・経済の実現に向けて省エネやCO₂削減など統合的な取り組みが行われている(図1)。

水処理などの分野に求められるものは、1 環境への負荷の少ない技術であること、2 処理水や汚泥などが再利用の対象になり得ること、3 水の潜在能力を引き出した技術であること、といった条件を満たす必要があるものと考えられる¹⁾。

これまでの排水処理は、大きな沈殿槽、水理学的滞留時間(HRT)が長い反応槽、大量の薬品の使用、大量の汚泥処理ならびに施設の運営管理での電力使用量や保守点検費用など多くの課題を抱えていた。他方、これらの問題を解決させるために、水の特性を生かし強い磁場環境を利用した磁気による、新しい排水処理技術の研究や開発が行われている。

これらの、磁気処理技術を排水処理に組み込むことで、排水処理の水溶液に対しての物理的操作や反応速度、薬品の使用量を抑制することなどができ、装置全体のダウンサイジング化を図りながら、モア(More)コンパクトの装置設計が可能となり、多くの課題を解決できる画期的な排水処理技術と言える。

本稿では、エアレータに永久磁石を組み込んだ、ミューマグレータ(マグレータは、Magnet:磁石とAerator:ばっ気装置の造語)を開発したことについて紹介する。

*¹⁾KOJIMA Hisao:(株)ミューカンパニーリミテド 代表取締役(米国化学会員)

〒110-0007 東京都台東区上野公園18-8
TEL:03-3828-7090 FAX:03-3823-2890
E-mail:01150324kojima@mu-company.com

*²⁾ARISAKA Koichi:同上 技術副部長(設備設計一級建築士)

*³⁾TAKEBAYASHI Masahiro:同上 技術部課長

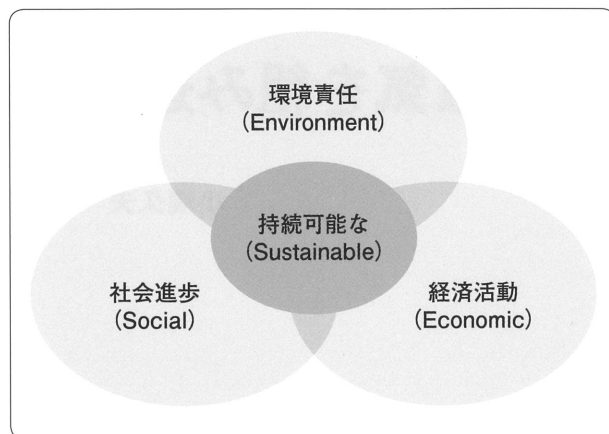


図1 SDGsの環境・社会・経済の総合的取り組み

表1 水の活性化処理での現象や物性の変化

現象	物性
水(H ₂ O)の分子集団が変化	浸透性, 粘性率, 反応速度, 表面張力
・OHラジカルの生成	pH, 反応速度
酸化還元電位(ORP)の変化	電気伝導率(EC), pH, 反応速度
水の溶解定数の上昇	反応速度
水の溶解度の上昇	誘電率, 浸透性, 反応速度

2. 磁気を組み入れた装置の開発

2-1. 磁気処理装置を用いた物性の変化と磁気水の利用用途

機能水とは、「人為的な処理によって再現性のある有用な機能を獲得した水溶液の中で、処理と機能に関して科学的根拠が明らかにされたもの、および明らかにされようとしているもの」と定義されている²⁾。磁気装置、電解装置およびマイクロ(ナノ)バブル装置などを用いて、水(H₂O)を活性化処理させると水の性質が変化し物性が異なってくることが知られている(表1)。

磁石を用いて活性化処理させる方法は多くの手法が挙げられるが、一般的に磁石のゾーンに水を通過させ、ローレンツ力の作用や電磁誘導作用が加わり、水(H₂O)の分子集団の変化、溶解度の上昇、剥離

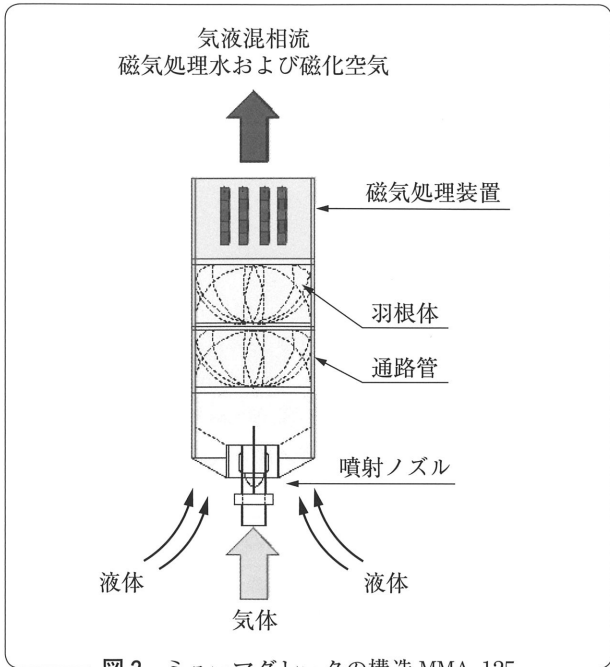


図2 ミューマグレータの構造 MMA-125

作用，細菌類の制御などの変化が生じるものと考えられる。この磁化水を用いて，水のヌメリが抑制される，大腸菌や一般細菌を減少⁵⁾させることができる，薬品の添加量を削減できる，配管内部に付着した鉄分，カルシウム，マンガンおよびシリカ等のスケールの抑制，汚泥の削減，臭気の低減などが期待できることから，農業，水産業，畜産業，食品産業，水処理分野および一般家庭向けと幅広い用途において効果や事例が知られている。

2-2. ミューマグレータの構造

ミューマグレータ (Mu Magrator) は，衝突式の散気装置に位置づけられ，スタティックエアレータの発展型の装置である³⁾。本散気装置は，静止型

(Static) の流体混合器で，気体の供給部に螺旋状に高速噴射する噴射ノズルと羽根体の混合部，そして永久磁石が配置される磁気処理装置で構成される。

まず，筒内で気液混相流が螺旋形状の羽根体を通過する際，強力に混合，攪拌，せん断，破碎が生じながら高速で通過する気泡を含んだ気液混相流は，その後，N極とS極の異なる永久磁石を交互に配置した磁気処理装置に移流し，磁場を発生させた磁気区間を通過する。微細気泡を含んだ気液混相流に磁性を帯びさせ，その後，水中へ磁気処理水および磁化空気が放出される (図2)。また，気体をマイクロバブル化にすることで，気泡の比表面積が大きくなり，そこに強い磁力線が照射することで照射効率は向上する。

なお，ブロワなどから排出された気体は，気泡を含んだ気液混相流の最初の段階で磁気処理装置を配置し磁性を帯びさせ，続いて羽根体で混合を行い磁気処理水および磁化空気が放出される組み合わせも可能としている。

磁石は，2つの磁石を異極対向に連続的に配置させ，この空間を気液混相流が高速で通過する構造になっている (図3)。通過空間は，磁界の強さを最大限に活かすために，隙間が狭いほど磁気の効果は向上するところである。しかし，気液混相流を適切な流速で処理させることや，排水の特性，浮遊物質量 (SS) の詰まりなどを考慮して10~30mm程度の気液混相流部分をスリット形状とすることにより磁気処理水などが効率的に生成される構造にしている。また，装置規模に応じて，磁石配置を複数個所に並列設置が可能であり，磁気処理効果が高まるようにしている。

他方，大型放射光施設 (Spring-8) に，電子ビーム

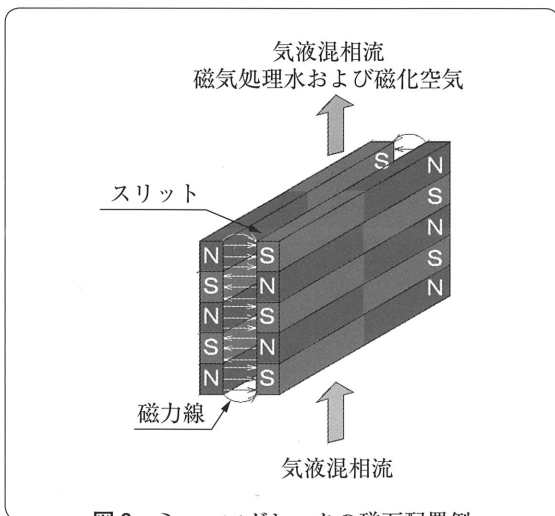


図3 ミューマグレータの磁石配置例

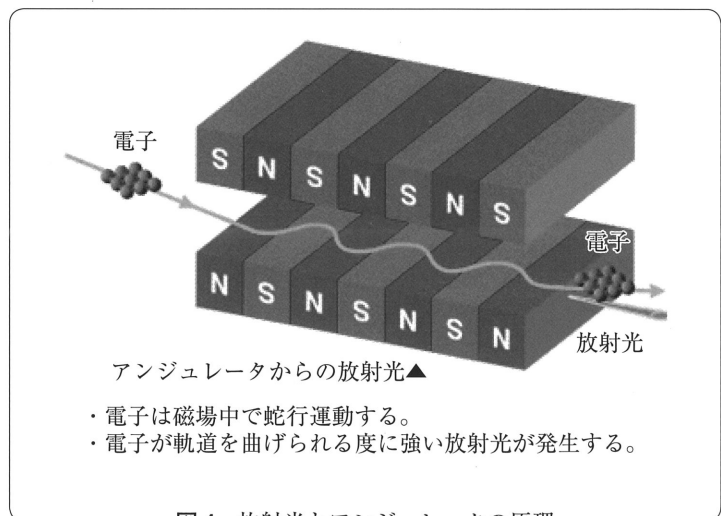


図4 放射光とアンジュレータの原理

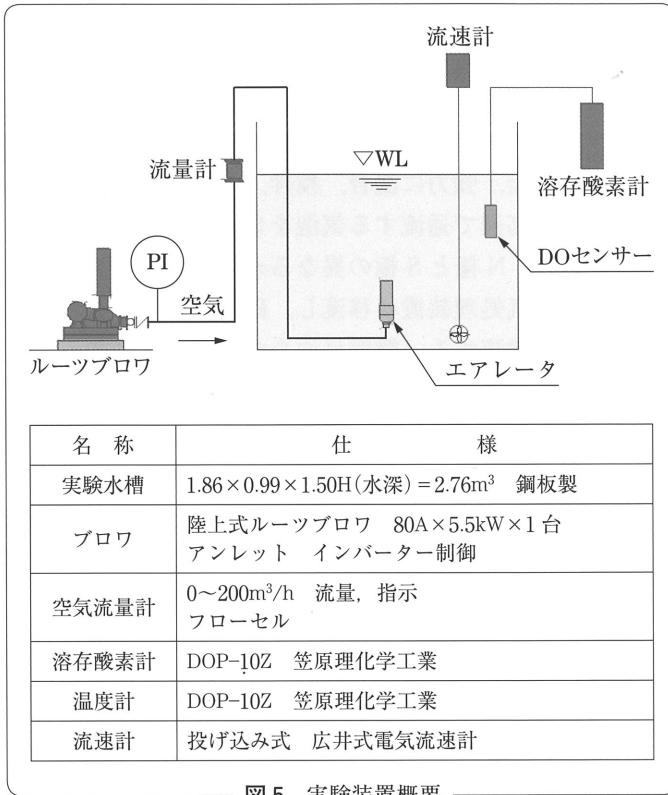


図5 実験装置概要



写真1 現地試験状況

表2 測定対象の条件

No.	試験内容	設定条件	備考
1	ミューマグレータ MMA-125	0.3m ³ /min	
2	ミューエアレータ MA-125	0.3m ³ /min	No.1 の対象実験

を蛇行させることで運動方向を変え、高輝度の放射光を発生させるアンジュレータといった装置がある⁴⁾。電子流は光速のスピード299,792,458 m/sec (約30万 km/sec) であるが、本装置は、気液混相流の領域であり気体の速度は最大でも100m/sec 程度である。規模や使用用途は異なるものの永久磁石配列など類似した構造になっている (図4)。

3. ミューマグレータの試験概要

3-1. 試験内容

令和2年12月8~9日、当社試験場においてミューマグレータの性能試験を実施した。散気装置の評価を行う指標である、総括酸素移動係数 (KL_a) や酸素溶解効率 (E_a) の算出にあたって、「下水試験法」および(一財)日本建築センターの「浄化槽型式適合認定申請要領での通水試験要領 DO, KL_a の測定」に準拠し実施した。

また、測定にあたり酸素移動効率の要因である気泡径について、定点状態のデジタルカメラで映像を撮影し、併せて金尺を映し込み映像から気泡径を測定することとした。

実験装置の概要は以下のとおりである (図5, 写真1)。

また、今回のミューマグレータ試験に併せて磁石を有していない同型のミューエアレータの

表3 ミューマグレータおよびミューエアレータの各試験結果

		No. 1	No. 2	備考
機種		ミューマグレータ MMA-125	ミューエアレータ MA-125	
測定日		令和2年12月 8日 10:30~	令和2年12月 9日 10:00~	
項目	単位			
水深	m	1.50		
水槽容量	m ³	2.76		
エアレータ数	基	1		
気温	℃	12.0	12.0	
水温	℃	11.5	11.8	
ブロワ風量	Nm ³ /min	0.30	0.30	流量計部
ばっ気強度	m ³ /m ³ ・h	6.52	6.52	
ばっ気圧力	kPa	20.0	22.0	ブロワ吐出部
KL_a (総括酸素移動容量係数)	L/h	4.104	3.402	
KL_{a20}	L/h	5.020	4.132	
酸素移動量	kg・O ₂ /h	0.148	0.120	
酸素供給量	kg・O ₂ /h	2.212	1.819	
酸素溶解効率 (E_{a20})	%	2.456	2.021	
酸素溶解効率 ($E_{a20, 5m}$)	%	12.29	10.11	
底部流速	m/sec	0.05	0.04	
気泡径の分析	mm	5前後~	5前後~	

注) 酸素移動量 (kg・O₂/h) = KL_{a20} (L/h) × 水深補正した測定時飽和酸素濃度 [mg/L] × 水槽容量 [m³] × 10⁻³

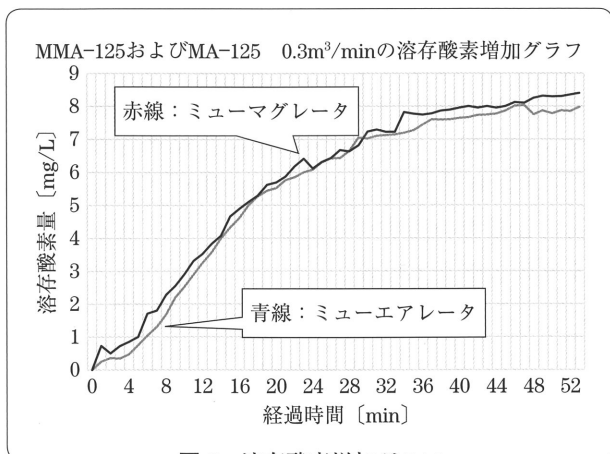


図6 溶存酸素増加グラフ

※溶存酸素増加グラフより、赤線のミューマグレータの酸素溶解効率が多少ながら高い結果を示した。

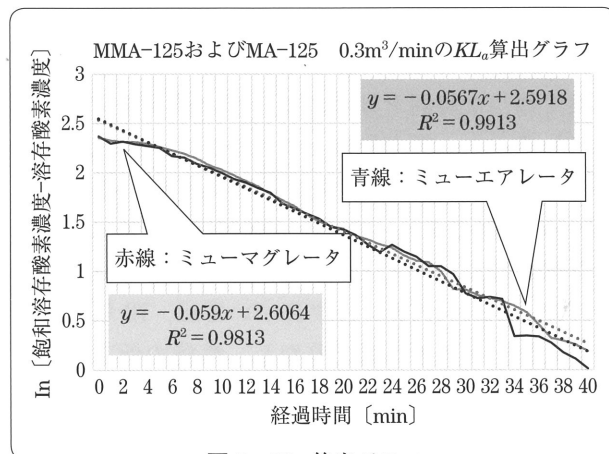


図7 KL_a 算出グラフ

試験を行い、対象実験とし性能の優越について確認を行った(表2)。

4. 調査結果および考察

4-1. 試験結果

ミューマグレータ MMA-125 およびミューエアレータ MA-125 の総括酸素移動容量係数 (KL_a) や酸素溶解効率 (E_{a20}) をはじめ、各試験結果については、表3のとおりである。また、溶存酸素増加グラフおよび KL_a 算出グラフを図6、図7に示す。

4-2. 考察

KL_{a20} [L/h] 値において、ミューエアレータ (MA-125) 4.132 に対し、ミューマグレータ (MMA-125) 5.020 と若干良好な数値となった。これらを元に5m水深時での酸素溶解効率 ($E_{a20, 5m}$) を算定すると、ミューエアレータ (MA-125) 10.11%、ミューマグレータ (MMA-125) 12.29% となった。なお、実験水槽は写真1の現地試験状況のとおり1.5mの浅い水深であることや一般のゴム製や多孔質製などの散気装置とは異なり、スタティックエアレータタイプの空気分散は、エアレータ装置吐出し以降も気液混相流のエネルギーが高く空気分散が進行していく特性があることから5m水深時の計算においては補正を行っている。

ミューマグレータの成績が多少良かった要因として、装置の構造面より磁石のスリット通過の際に気液混相流の分散効果などがあったのではないかと考えられる。また、ミューエアレータの性能特性と比較して、圧力損失の上昇、ばっ気攪拌の水流の変化など、磁気処理装置を付加したことによる性能の低下は生じていないことが確認できた。

一方、磁石通過による水 (H_2O) の分子集団が変

化することや水の溶解度の上昇などは現在のところ不明のため、さらなる実験が必要とされる。今回の試験は、清水での実験であったが汚水中での運転による磁気の効果、ばっ気槽中の細菌や微生物への影響、浮遊物質 (SS) の凝集性、油などの分解や汚泥の削減および臭気の抑制などについて、今後も粛々と実験等を進めていきたい。

前述したとおり、磁化水の利活用には幅広い効果や事例があるため、私見ではあるが、ばっ気槽などにミューマグレータを配置した場合の複合効果が十分得られるものと考えている。

おわりに

散気装置においては、微細気泡性、大気泡性、衝突式や噴射式などのものがあり、施設の規模や排水特性を考慮して選定されている。その際、散気装置の酸素溶解効率の高いものに着目しがちであるが、筆者は建設費、維持管理費および最終処分費用を含めたライフサイクルコスト (LCC) を総合的に評価して提案している。

一般に最初の建設費は、全体コストの2~3割程度で残り7~8割が維持管理費および最終処分費用と言われている。高性能で高価な装置を導入した場合、恒久的に機能が継続されれば何ら問題はないが、数年ごとに機器のメンテナンスや更新を行っていくことが一般的である。これらの更新費用を抑制させることは非常に重要な課題である。

筆者は30年以上、排水処理施設の計画、設計、維持管理に携わってきたが、当時は流行りなどで高価な装置を導入した施設があった。運転当初は、一見すると先進的な取り組みで画期的であったが、十分な性能を発揮させるために維持管理費用が想定以上となり、結果、施設の一部休止や汎用性の機器に余儀

なく変更した事例があった。また、施設担当者はトラブル対応をはじめ、休止や変更のための事務処理作業で相当な時間を奪われてしまい散々な結果になってしまった。話が脱線してしまったが、読者の皆様も少なからずこのような事例は誰もが経験するSDGsの一例であり、技術者は倫理規範を高め、どう取り組みが良いか考えていただきたいと思っている。

一方、ミューエアレータについては、10年以上ノーマンテナンスで目詰まりなし、性能の低下も全くなく、故障しない装置として国内外において数多く採用されているところである。そして、今回の永久磁石を組み込んだミューマグレータは、強い磁場を用いた装置として磁化処理水を生成させ排水処理での複合 (hybrid) 効果を期待している。磁化処理水は、光散乱測定や電子スピン共鳴法などを用いてその効果は実証されつつあるが、今現在において科学的根拠に乏しいため、今後、新たな測定器や分析装置の開発が求められる。

磁気を利用した本装置は、水の潜在的な能力を引き出すことで、これまでの環境負荷を抑制することができ、排水処理の建設費や改修費、維持管理費用の

抑制が期待できる方式として、これからの21世紀に展開される分野として飛躍を期待してやまない。

これらの性能を向上させ発展していく新技術として将来的には、ガンマ (γ) 線を放射するコバルト60⁶⁾などの物質が磁石の代わりに使用できれば、より強力な殺菌力を有する放射式エアレータが提供できるものと考えている。

〈参考文献〉

- 1) 文部科学省, 水の特性を生かした様々な活用, 1 新しい水処理, 東京都立大学院工学研究科教授・渡辺恒雄
- 2) 日本機能水学会, (財)機能水研究振興財団 HP
- 3) 小嶋久夫, 鈴木照敏, 有坂晃一, 化学装置 2020 年 8 月号, [特集] 進化する日本の水処理技術と実際, MU-SSPW を採用したミューグリーンリアクタとその水処理技術の大型化, p.32-p.42
- 4) 文部科学省, 量子ビーム Spring-8 ってなあに?
- 5) 紀國 聡, 工藤憲三, 深澤達矢, 清水達雄, 北海道大学大学院工学研究科, 水の磁気処理効果に関する基礎研究, 2003.11
- 6) 放射性物質医療用器具, 定位放射線手術向け治療用放射線源 コバルト60 レクセルガンマユニット線源, 公益社団法人 日本アイソトープ協会

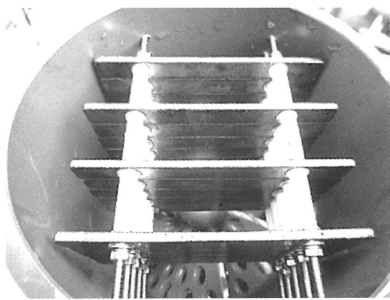
画期的な技術で環境改善と省エネルギー、ノーメンテナンスに貢献する、ミュカンパニー製品を御紹介いたします。

MU Green Technology®

MU Static Spiral Perforated Wings <MU-SSPW>+MU Magrator

磁気式 ミューマグレータ

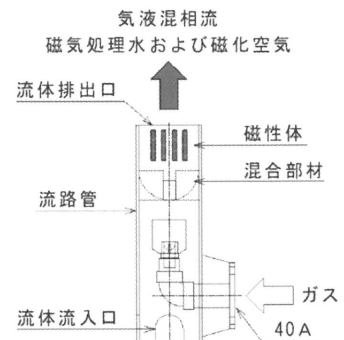
高性能 メンテナンスフリー 省エネルギー



ミューマグレータの内観



磁気式マグレータ
MMA-125 の K L a 試験状況



ミューマグレータ
MMA-125-40 の構造図

ミューマグレータ (Mu Magrator) は、これまでのスタティックエアレータの発展型の装置で、永久磁石を取り入れることにより、磁力線を発生させ排水処理を効率的に行う装置です。また、気体の一部はマイクロバブル化することにより高い酸素溶解効率になります。排水処理の水溶液に対しての物理的操作や反応速度、薬品の使用量を抑制することなどができ、装置全体のダウンサイジング化を図りながら、モア (More) コンパクトの装置設計が可能となります。

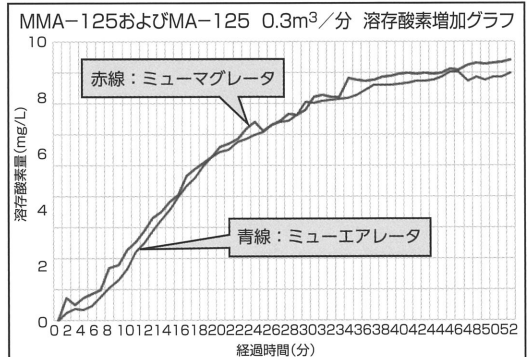
本装置は機械的駆動部や摺動部がありません。このため、摩耗や機械的故障等がないためメンテナンス費用は不要です。

主な効果：溶存酸素濃度の向上、薬品使用量の低減、臭気や腐敗の抑制、大腸菌や一般細菌などの減少、配管内のスケール抑制、赤錆の防止、ヌメリ防止

用途：農業、水産業、畜産業、食品産業、生活排水および水処理分野などの排水処理

仕様：供給空気量：0.33~3.00m³/分・基

材質：PP、PVC、SUS、アルミ

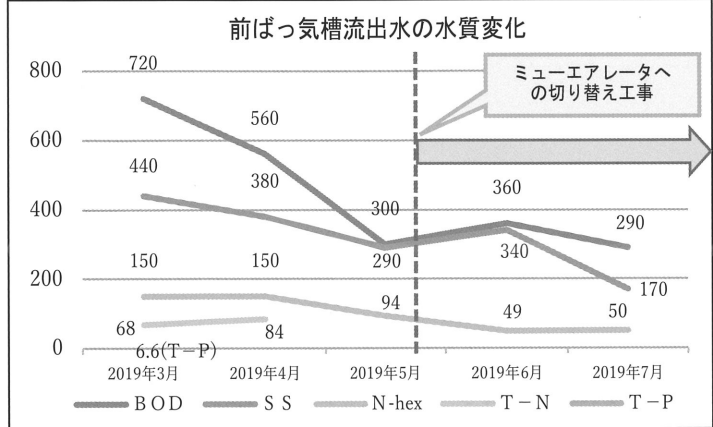


ミュエアレータの排水処理施設への適用例 MA-25PP 6基採用

用途：肉加工品製造業排水 日平均汚水量 1000m³/日

流入水質：BOD 500mg/L、SS 500mg/L、T-N 100mg/L、N-hex 200mg/L

ミューマグレータは、これまでの製品と同等以上の性能を有しています。酸素溶解効率：10~25%



ミュエアレータに変更後は、BOD、SS、N-hexなどが低下し良好な水質に移行しています。併せて、メンテナンスフリーや省エネが達成できました。

■ ミューマグレータ仕様

型 式	材 質	空気取入口
1 MMA-125-40	PP、PVC、SUS、AL	G1-1/2(40A) JIS 10k TS
2 MMA-25	PP、PVC	G1(25A) オネジ
3 MMAH-25	PP、PVC、SUS、AL	G1(25A) オネジ

株式会社 ミュカンパニーリミテド

〒110-0007 東京都台東区上野公園18番8号
TEL.03-3828-7090 FAX.03-3823-2890

URL : <http://www.mu-company.com>

技術提携：MU USA CORPORATION

(特許) 日本・米国・EU・中国・インド

・仕様は予告なく変更する場合があります。 © 2021 MU Co., Ltd

 (株) ミューカンパニーリミテド
〒110-0007 東京都台東区上野公園 18-8
TEL:03-3828-7090(代) / FAX:03-3823-2890
URL: <http://www.mu-company.com/>