

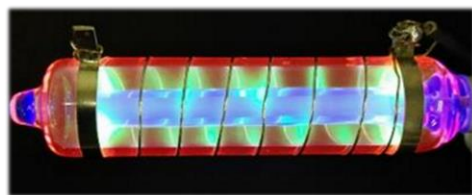
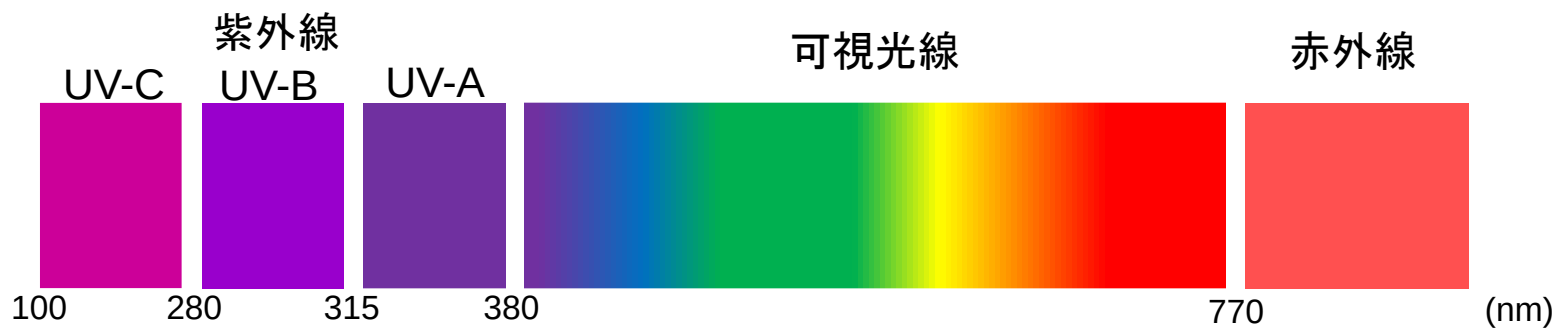
日本オゾン協会 第33回年次研究講演会

講演番号24

無水銀UVランプ方式と放電方式による オゾン発生方法の違いが水処理へ及ぼす 影響

北澤成、○小林剛、松島峻也、太田一秀、芹澤和泉

(株)オーク製作所

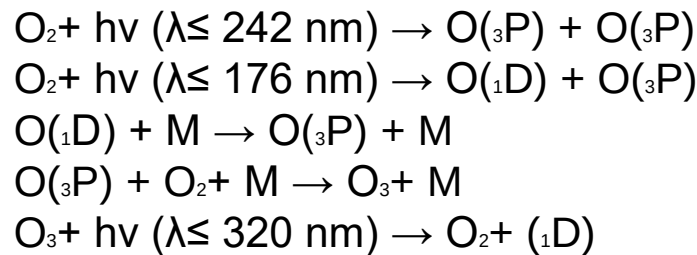
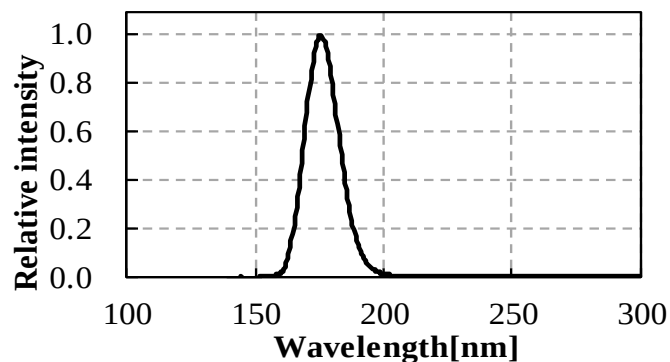


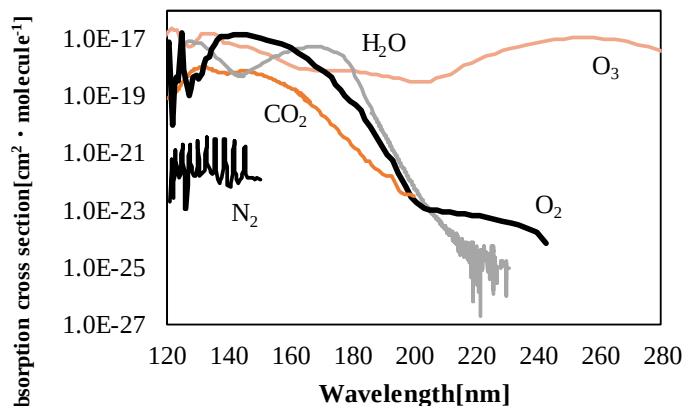
スマートエキシマ®ランプ

特徴

- ・水銀不使用の紫外線(UV) ランプ
- ・中心波長は172 nm (Xe封入)
- ・大気中の酸素を原料としてNOxフリーのオゾン生成が可能

発光スペクトル





大気成分の室温での吸収断面積

N₂ : Babcock et al. (1976) O₂ : Ackerman (1971)

O₃ : Ackerman (1971) CO₂ : Babcock et al. (1976), Bastien et al. (1985)

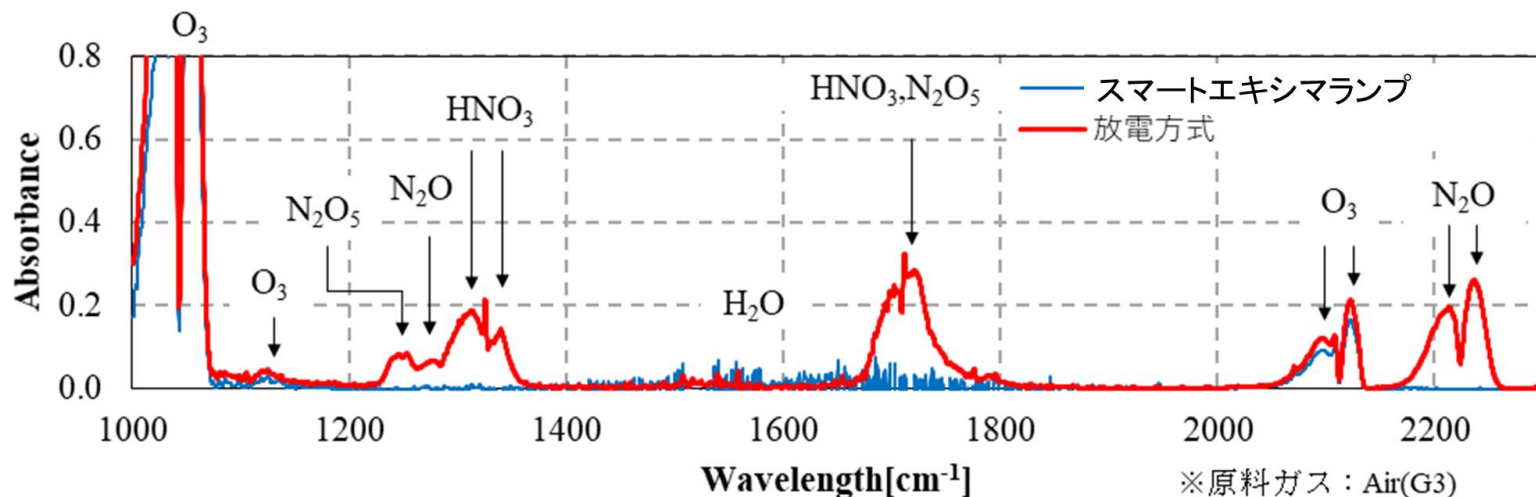
H₂O : Chung et al. (2001), Cheng et al. (2004), Ranjan et al. (2020)

結合解離エネルギーD (298.15K) および相当する光波長 λ ¹⁾

	D (kJ/mol)	λ (nm)	エネルギー (eV)
C-O	1076	111	11.17
N-N	945.3 ± 0.8	127	9.76
OC-O	532	225	5.51
O-O	498.4 ± 0.2	240	5.17
H-O	427 ± 1	280	4.43

1) 光励起プロセスハンドブック (サイエンスフォーラム)

窒素酸化物測定 (FT-IR)

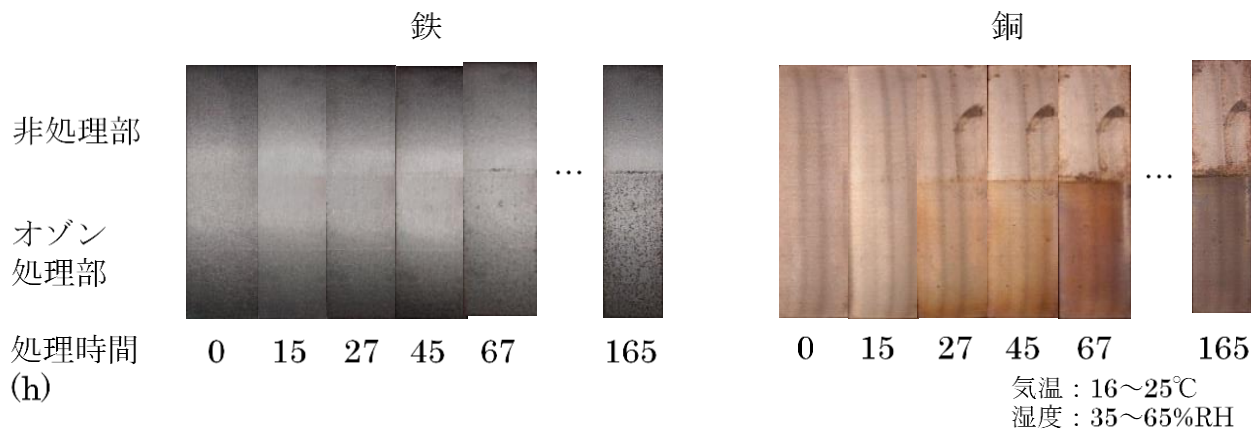


※原料ガス : Air(G3)

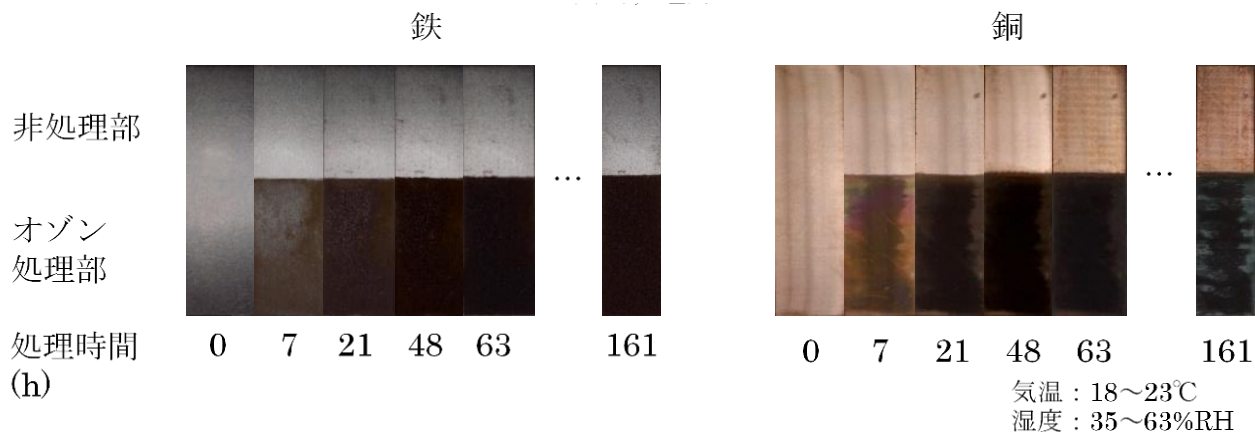
原料ガスによる吸収は減算

金属板へのオゾンガス曝露試験

スマートエキシマランプ(=UV方式)



放電方式



早川ら (2022) 空気を原料としてオゾン発生器で生成したオゾンガスに含まれる窒素酸化物の測定とその影響, 医療・環境オゾン研究, Vol. 29 (2), pp48-56

オゾンバブリングによる 硝酸イオン・pH推移

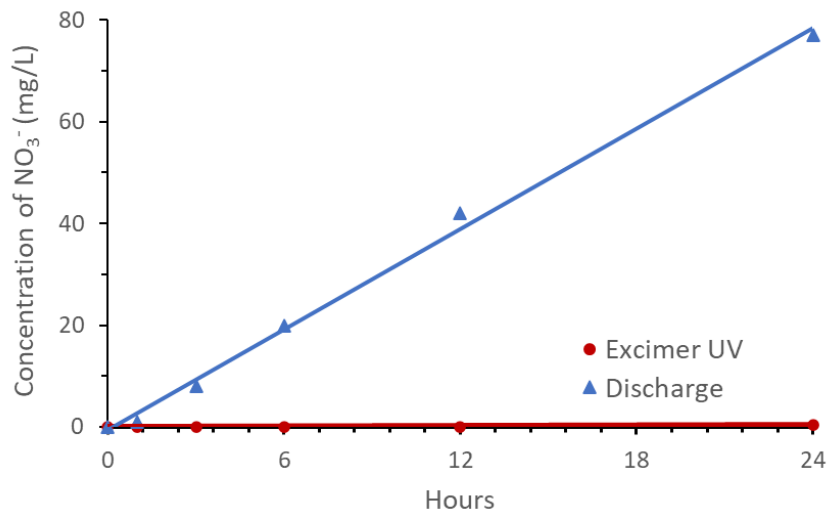


図2. オゾンバブリングによる NO_3^- 濃度推移

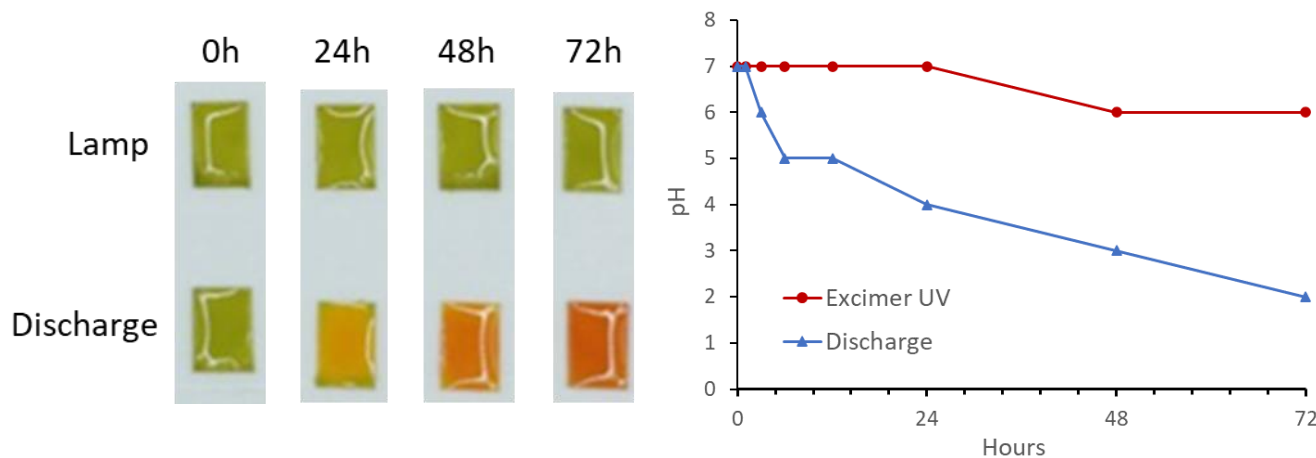


図3. オゾンバブリングによる pH 推移

高野ら. (2023) 異なるオゾン発生方式が硝酸イオン濃度・pH推移に及ぼす影響
日本オゾン協会年次研究講演会, 2023

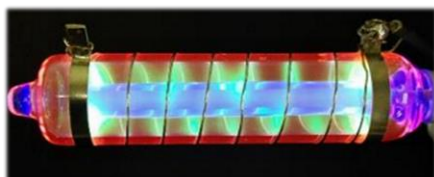
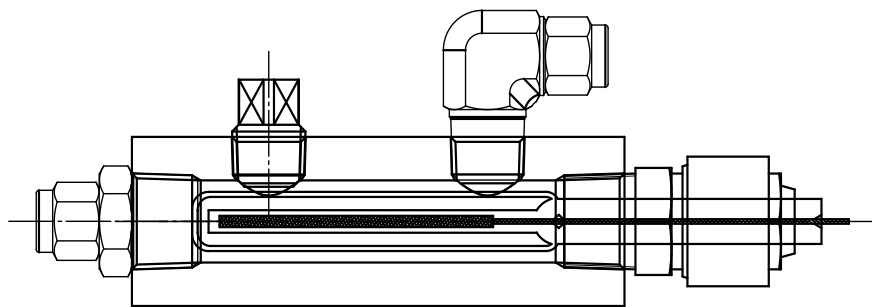
水処理におけるオゾン利用において、スマートエキシマランプによるUV方式と、一般的な放電方式のオゾン発生方法の違いがオゾン処理に及ぼす影響を明らかにする。

- ①配管、容器などに使用される金属に与える影響
- ②溶存オゾン濃度の変化
- ③殺菌・脱色の効果

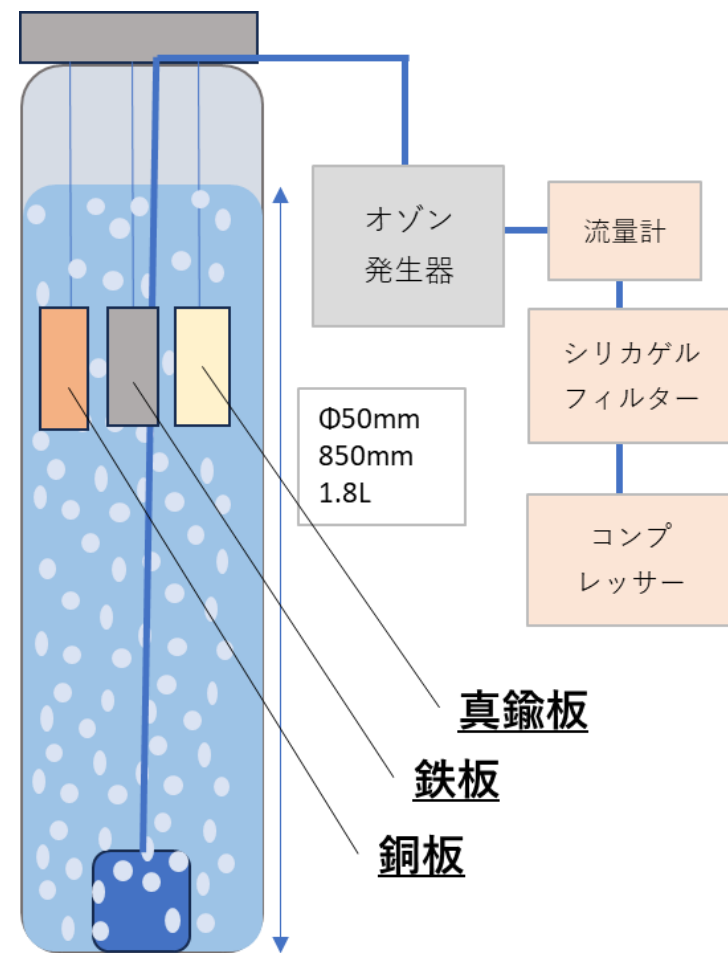
オゾンバブリング処理条件

- 放電方式:市販品オゾナイザ(300mg/h) 消費電力10W
- UV方式:スマートエキシマ®UVランプ(500mg/h→分岐調整)消費電力38W
- 供給ガス:シリカゲル通気(乾燥大気)
- 水量:1.8 L(純水)
- 水深:約850mm
- バブリングガス流量:1.0 L/min
- オゾンガス濃度: 約1800 ppm
- 銅板・鉄板・真鍮板を水面から約200mm位置に吊り下げ

- 定期的に金属板を取り出し乾燥後に表面を撮影
- 同タイミングでpH試験紙によるpH測定を実施

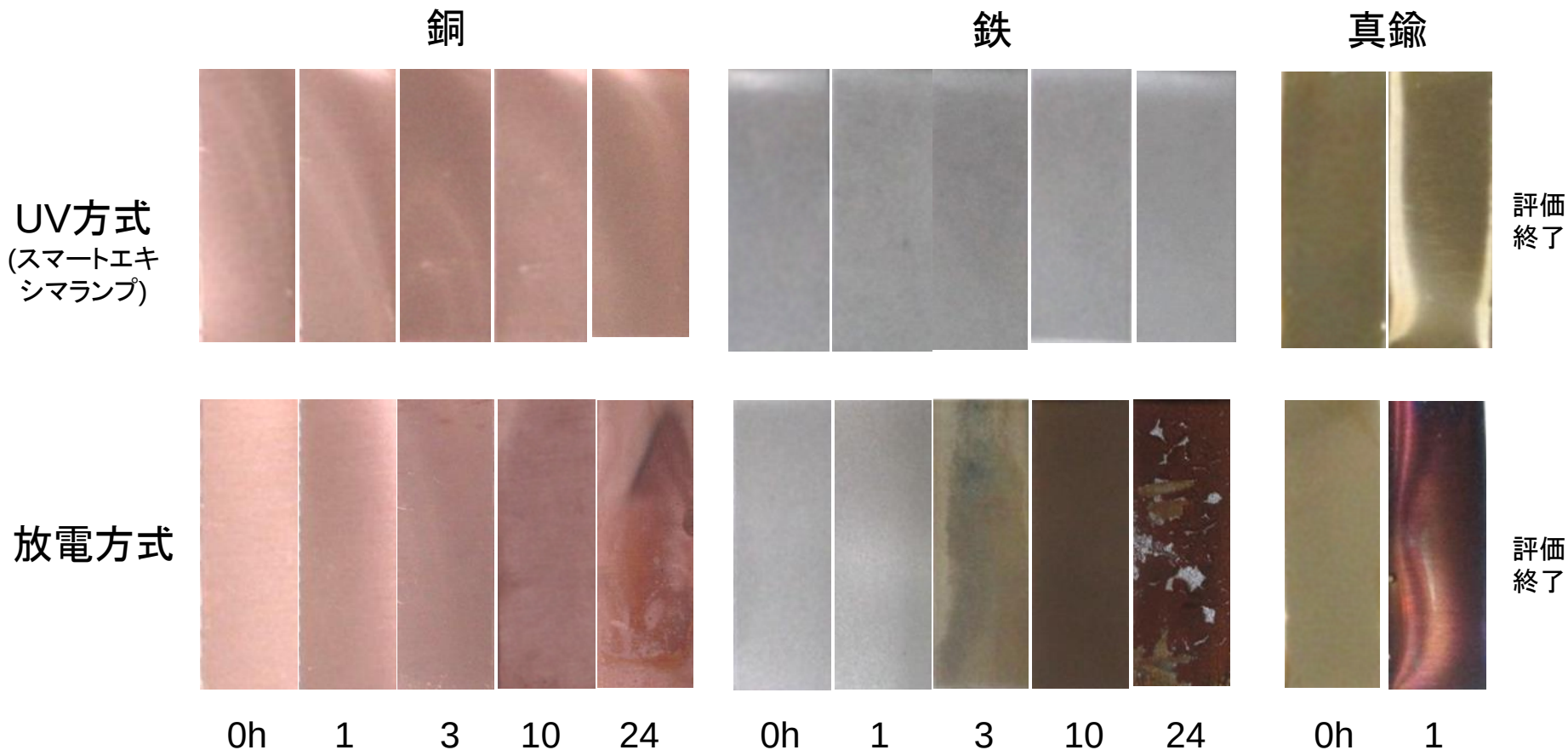


Φ15mm 発光長160mm



実験系模式図

オゾンバブリング処理による金属表面の変化



UV方式

(スマートエキシマランプ)



放電方式



0h

7h

17h

24h

処理条件

- UV方式:オーク製作所製 スマートエキシマランプ搭載
オゾン発生モジュール(消費電力:15W)
- 放電方式:市販品オゾナイザ 8台 (消費電力:37W)
- シリカゲル通気(乾燥大気)
- 水量:150 mL(純水)
- バブリングガス流量:0.4 L/min
- オゾンガス濃度: 約1300 ppm
- 連続稼働し、定期的に採水 (mL)
→溶存オゾン濃度測定、NO₃⁻濃度測定



オーク製作所製オゾン発生モジュール

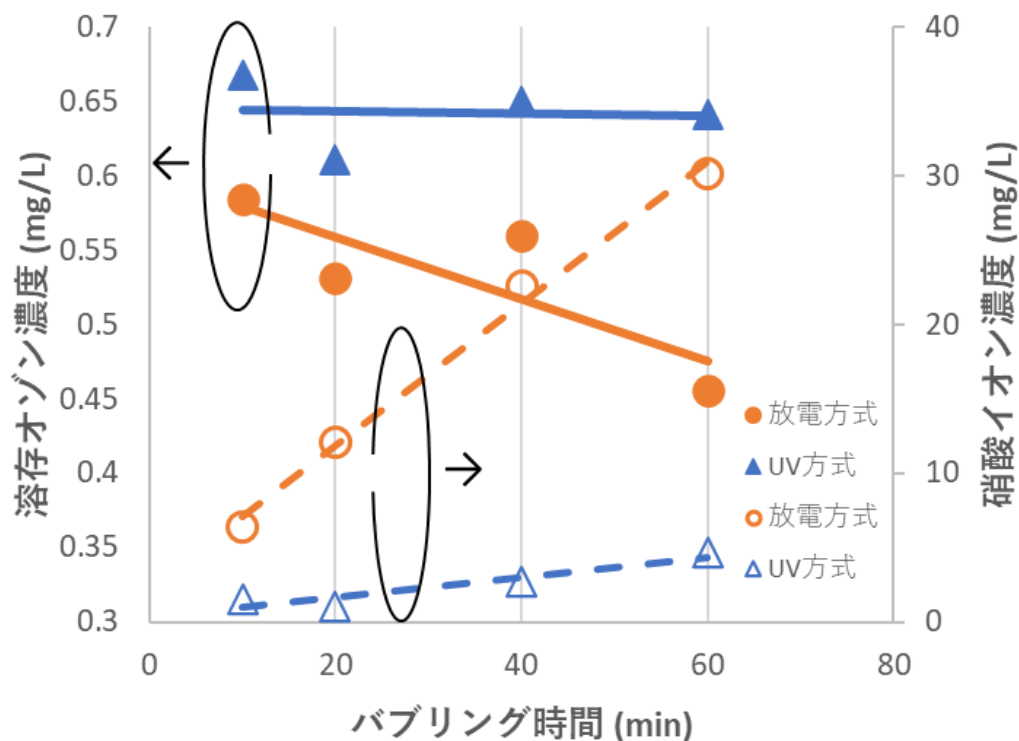
イオンクロマトグラフィー (IC)

- 標準物質 (NO₃⁻) を段階希釈して検量線作成
 - サンプル採水量:1 mL(冷暗所保管)
- ※NO₃⁻濃度100 mg/L以上のサンプルは純水で希釈し測定

表 ICによるNO₃⁻測定条件

移動相送液ポンプ	PU-2080 Plus (JASCO)
デガッサ	DG02080-53 (JASCO)
カラムオープン	CO-2060 Plus (JASCO)
分離カラム	SI-90 4E (Shodex)
サプレッサーカラム	ICSpak (JASCO)
電気伝導度検出器	CD-05 (Shodex)
カラム温度	25°C
移動相送液ポンプ	1.8 mM Na ₂ CO ₃ + 1.7 mM NaHCO ₃
試料注入量	15 µL
移動相流量	1 mL/min

- 放電方式：硝酸イオン濃度は増加し、溶存オゾン濃度が減少。
- UV方式：硝酸イオン濃度の増加は僅かであり、溶存オゾン濃度も高濃度を維持。



NO_xにより生成される亜硝酸イオンとオゾンの反応式

- $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ ($2\text{HNO}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2$)
- $\text{NO}_2^- + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{O}_2$

殺菌評価

実験方法

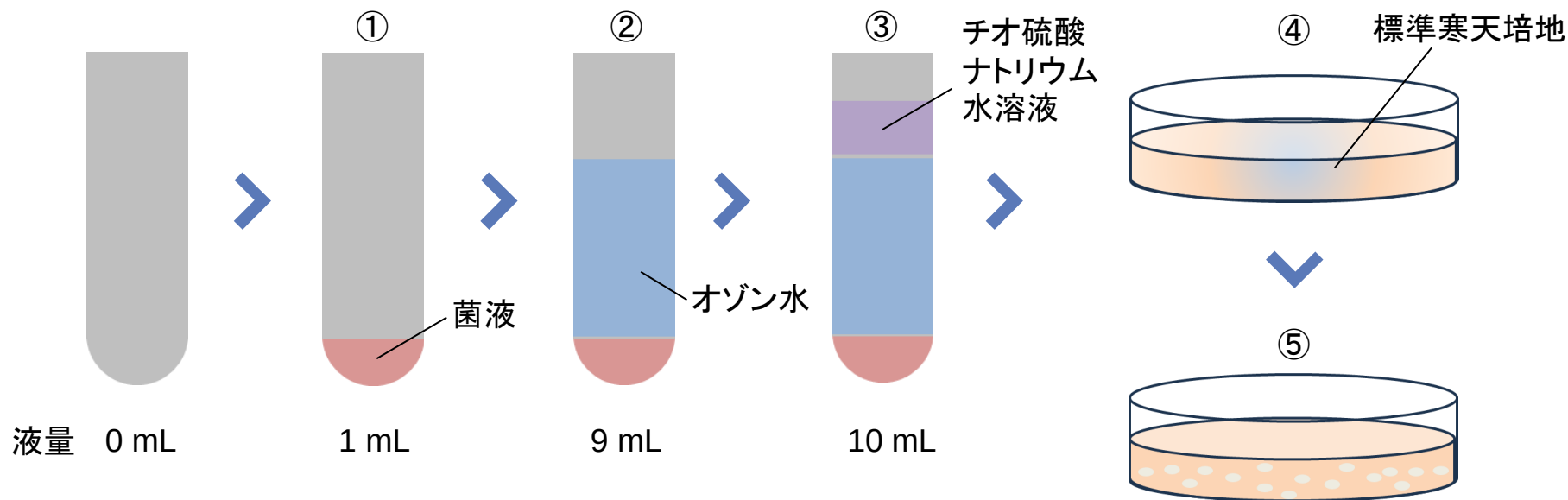
- ①再生水を使用しているトイレタンクより採水した水(菌液)を1 mL滴下
- ②バブリングにより生成したオゾン水※を8 mL滴下・攪拌し30分間静置
- ③0.1M チオ硫酸ナトリウム水溶液を1 mL滴下・攪拌しオゾンの反応を停止
- ④1mLを採取し溶解させた標準寒天培地に添加
- ⑤35℃下で72時間培養後、コロニー数から生菌数を計数

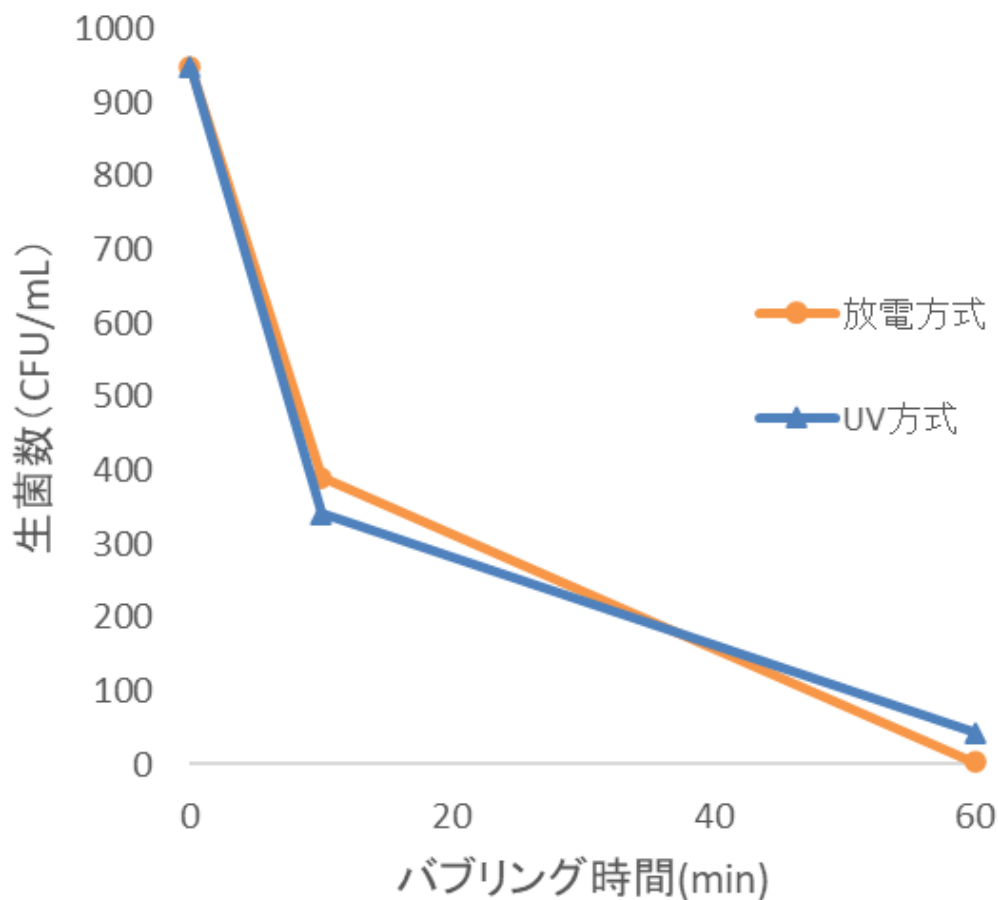
・3反復の実験結果より効果確認を実施

※硝酸イオン評価時には希釈硝酸を8mL滴下



72h培養後コロニー

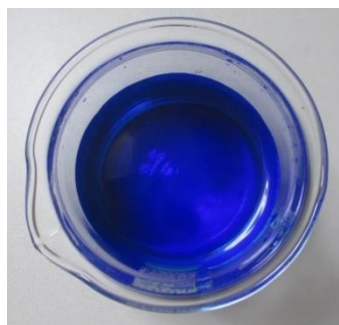


・オゾンバブリング時間に対する生菌数

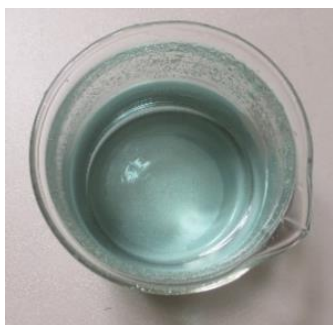
UV方式でも放電方式と同等の殺菌効果

脱色評価

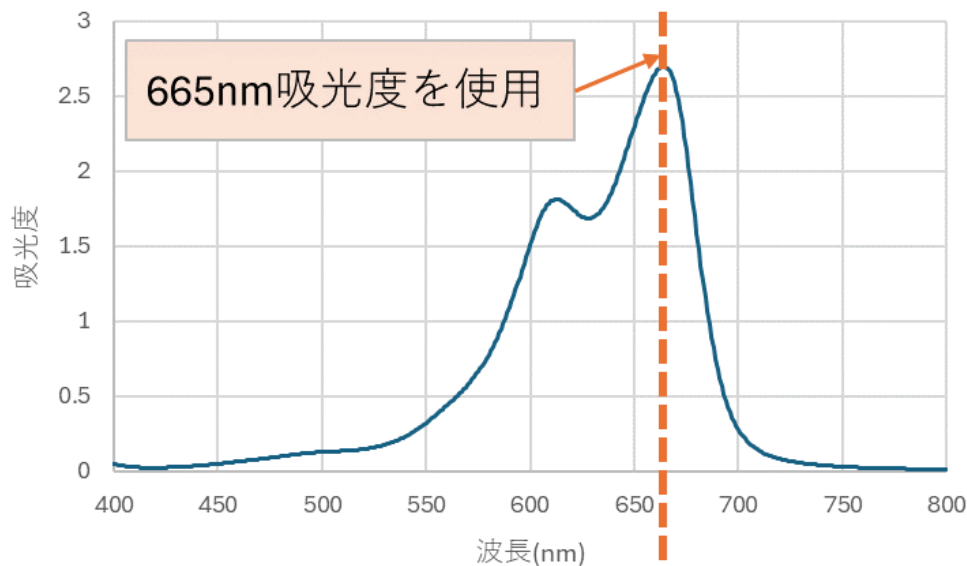
- メチレンブルー試薬を純水に溶解、段階希釈して検量線作成
- 紫外可視分光光度計による665nm吸光度より濃度を算出し、濃度減少割合から分解率を算出。



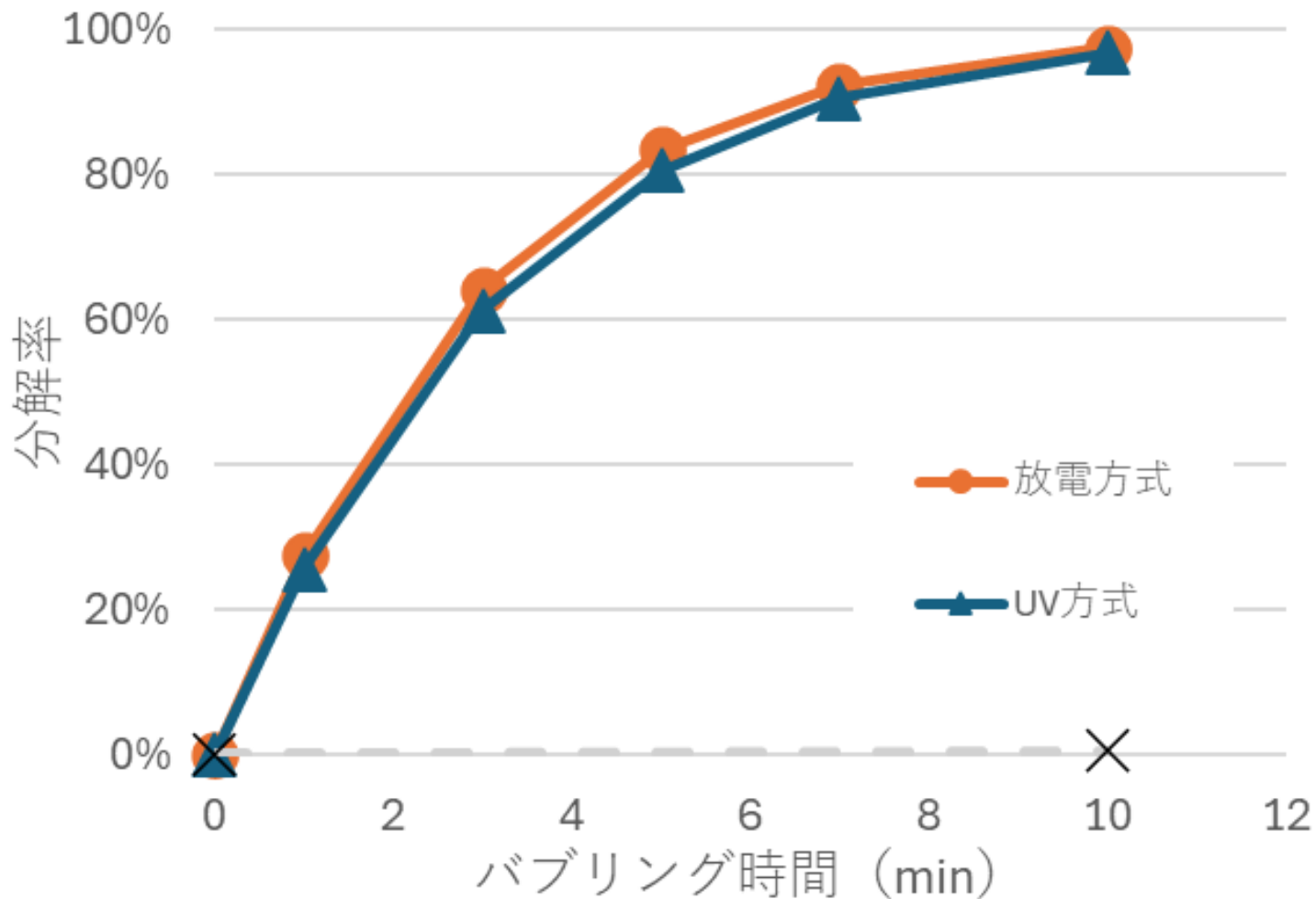
処理前



10分処理後



メチレンブルー溶液吸光度



UV方式でも、放電方式と同等の脱色効果が得られる

- 水処理におけるオゾン利用において、オゾン発生方法の違いが及ぼす影響を明らかにするため、①配管材、容器などに使用される金属に与える影響、②溶存オゾン濃度の変化、③殺菌・脱色の効果について調査を実施した。
- スマートエキシマランプを搭載したUV方式のオゾン発生器による水処理は、金属の腐食および処理水の汚染が発生しなかった。一方で、放電方式のオゾン発生器では、金属が腐食し処理水も汚染されることが分かった。
- スマートエキシマランプを搭載したUV方式のオゾン発生器によるオゾンバブリングは、硝酸イオン濃度の増加が極めて少なく、溶存オゾン濃度が高濃度で安定した。一方で、放電方式のオゾン発生器は、NO_xの影響により硝酸イオン濃度が増加し、溶存オゾン濃度が徐々に減少した。
- 殺菌・脱色の評価では、スマートエキシマランプを搭載したUV方式のオゾン発生器においても、硝酸イオンも生成する放電方式と同等の殺菌・脱色結果が得られた。

ご清聴ありがとうございました

光の技術で未来をつなぐ

株式会社 オーク製作所

本社/	〒194-0295 東京都町田市小山ヶ丘3-9-6	TEL:042-798-5131	FAX:042-798-5135
諏訪工場/	〒391-0011 長野県茅野市玉川4896番地	TEL:0266-72-3956	FAX:0266-73-5816
日の出工場/	〒190-0182 東京都西多摩郡日の出町平井28-5	TEL:042-597-4398	FAX:042-597-5862
大阪営業所/	〒564-0051 大阪府吹田市豊津町41-14榎原ビル	TEL:06-6386-0731	FAX:06-6386-0757

製品については下記までお問い合わせください。

諏訪工場 研究開発部

〒391-0011 長野県茅野市玉川4896番地
TEL : 0266-73-8340 FAX : 0266-73-8344
E-mail : lamp-devp@orc.co.jp