

# 水銀フリーの安全で「新奇」な ろ過殺菌水処理・循環システム

大阪産業大学 デザイン工学部 環境理工学科

准教授 高浪 龍平

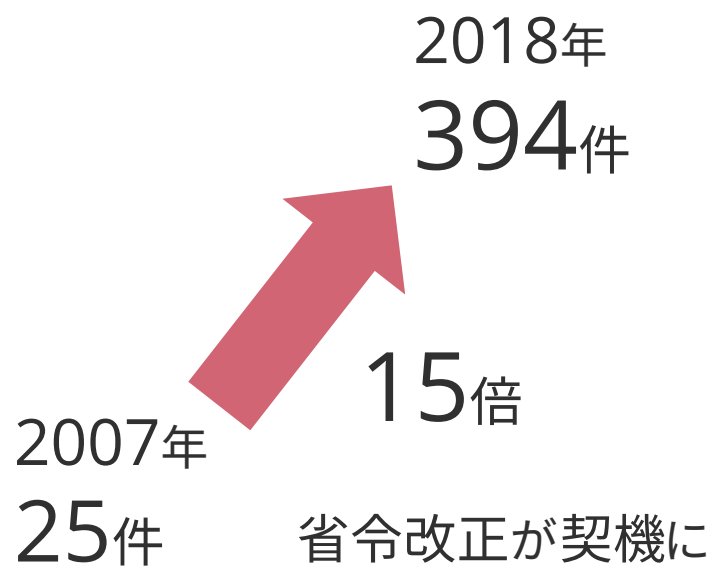
2023年 3月 2日

水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

# 水の紫外線処理の背景

## 水道の紫外線照射装置の導入



## 水俣条約、水銀規制

水銀フリー  
紫外線ランプのニーズ



しかし

低圧水銀ランプ  
低コスト化・規格化  
競争力高い

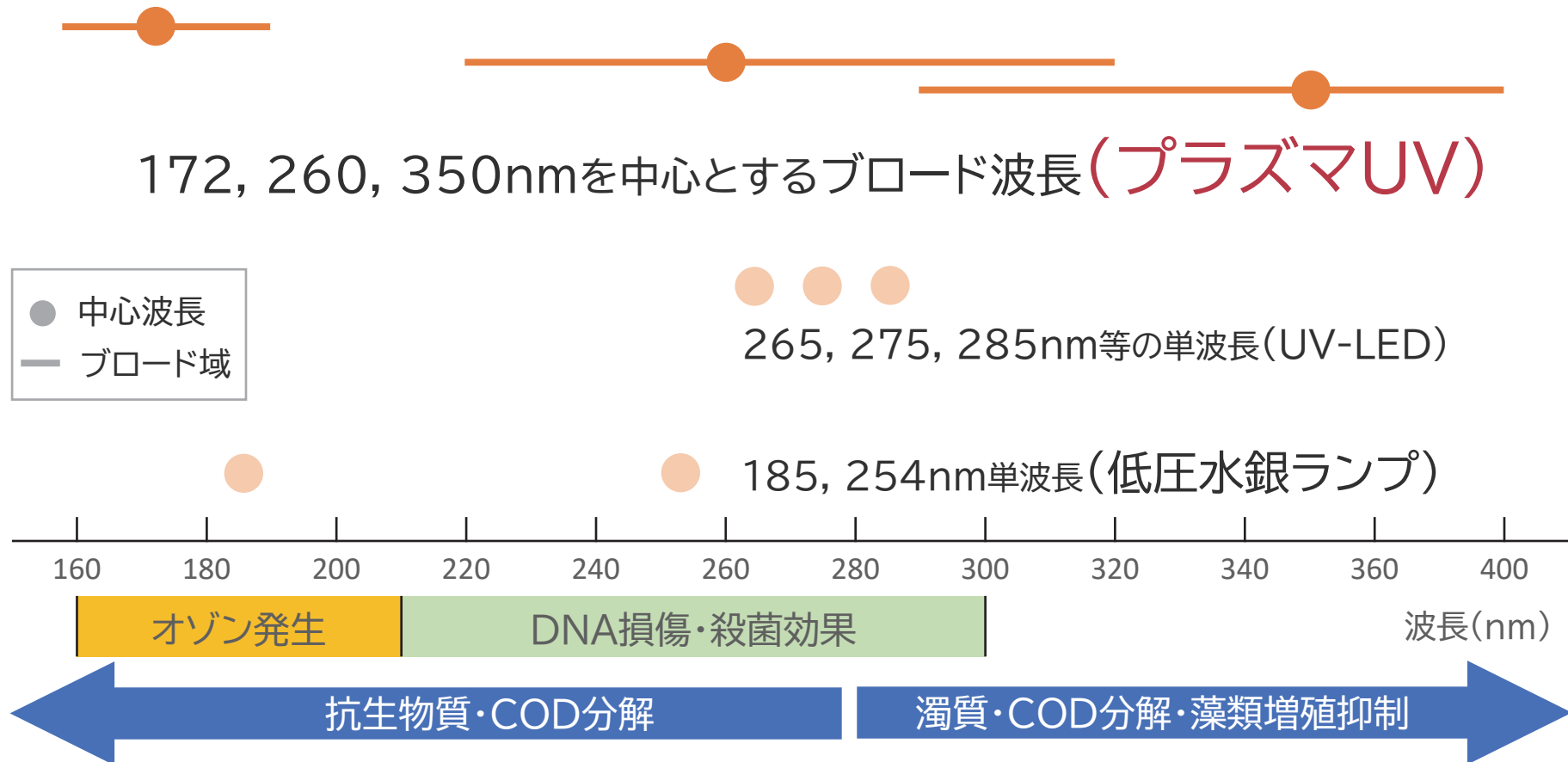
## 水銀フリー光源黎明期

UV-LED  
深紫外領域の出力不足



プラズマUV  
深紫外領域に対応  
ブロード発光が特徴  
→補完技術に着目

# 深紫外光源の特徴



# 水の循環・再利用のニーズと課題

安全・安定性を高めて  
水の循環・再利用を身近に

## 🐟 陸上養殖場

水の循環率を上げたい

導水コスト ↓  
水質悪化(濁質)リスク ↑  
雑菌繁殖リスク ↑  
藻類発生リスク ↑

## 🍏 食品工場

洗浄水の再利用をしないと  
排水基準を満たさない

COD・次亜塩素酸Na排水量 ↓  
水質悪化(ろ過閉塞)リスク ↑  
雑菌繁殖リスク ↑  
藻類発生リスク ↑  
色度悪化リスク ↑

💡 水の循環・再利用を促進するベース技術

水銀フリーでブロード波長の紫外線ランプに交換

(代替)水銀を使わず安全  
(補完)菌の不活化に有効な260nmに対応  
(補完)光回復現象に対応  
→次亜塩素酸Na使用量を低減  
(補完)濁質の分解・藻類の増殖抑制  
→COD成分を分解し水質改善  
(補完)色度分解に対応

解決すべき課題

当該の深紫外線光源が上市されて間もないため  
→出力性能が弱く、水処理装置の工夫が必要  
→オゾンを活用した促進酸化の効率化  
→未検証が多く、効果検証が必要

循環・再利用を促進し水需要に貢献

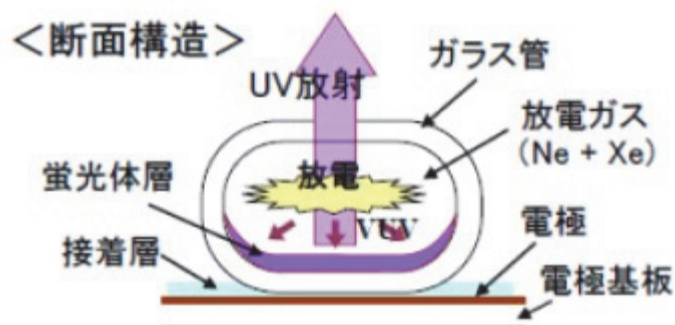
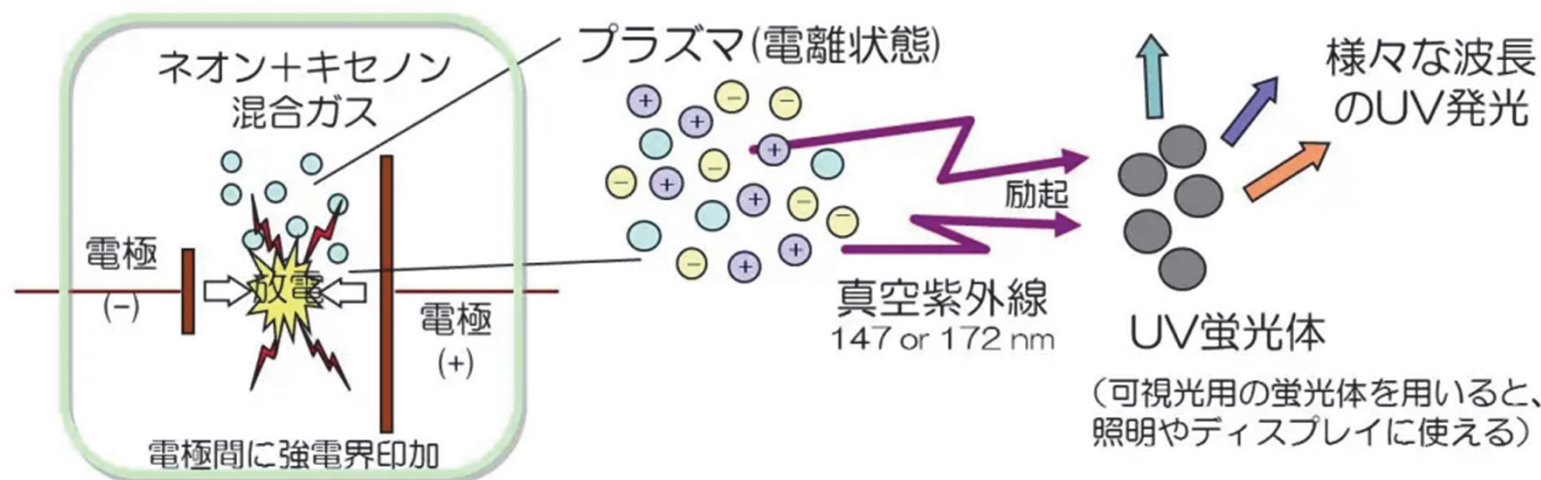
水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

# プラズマUVの発光原理と光源の構造

ネオン・キセノン混合気体に電圧印加 ⇒ 放電

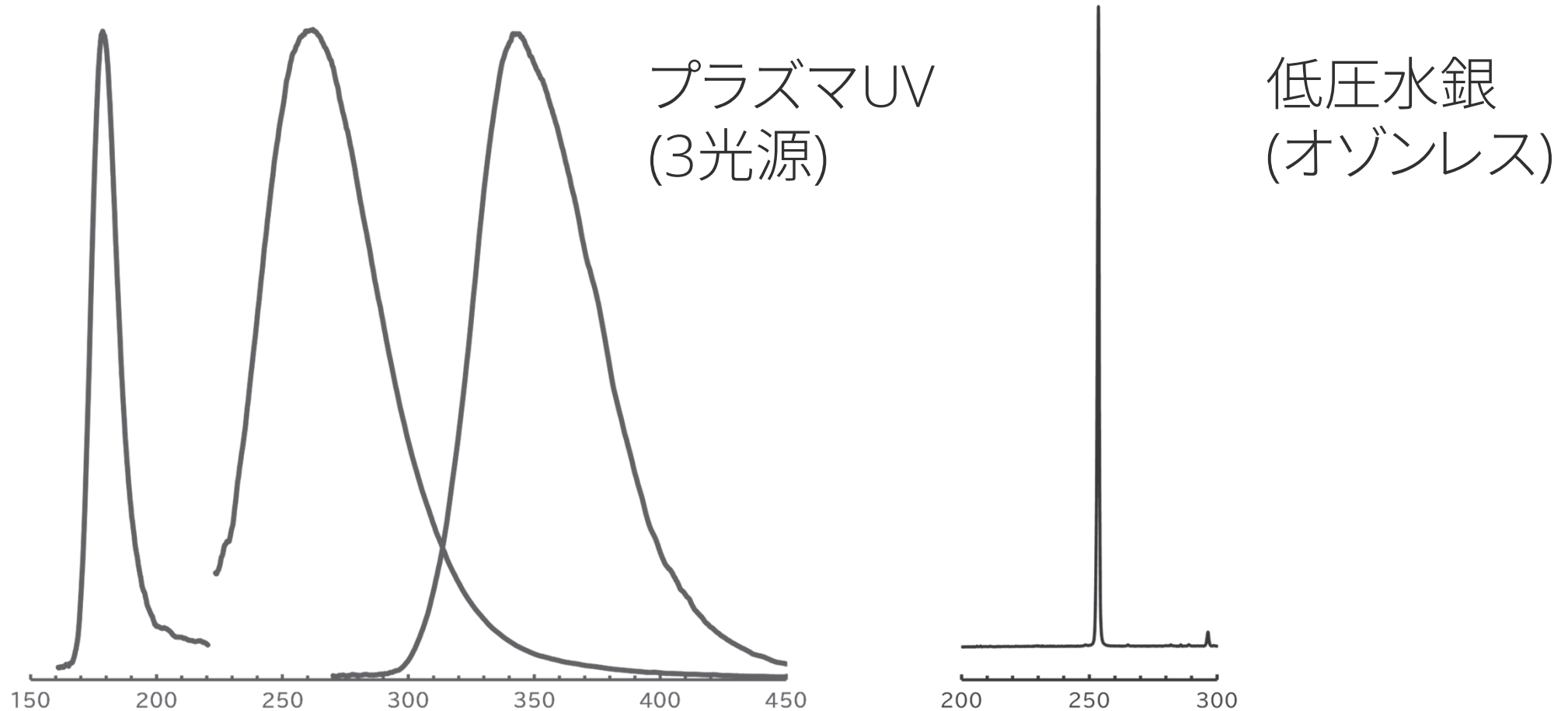
⇒ 気体が電離（プラズマ）⇒ 真空紫外線放射 ⇒ 蛍光体励起 ⇒ 目的紫外線発光



Xeプラズマから発生する真空紫外光 (147nm, 172nm)によりUV蛍光体を励起

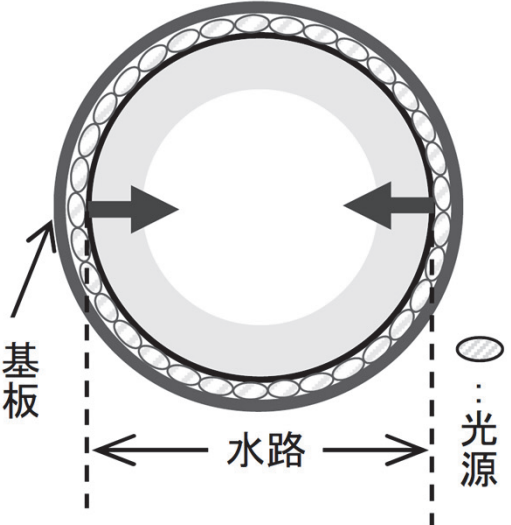
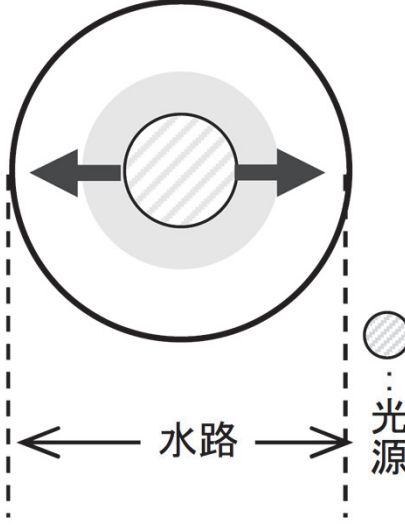
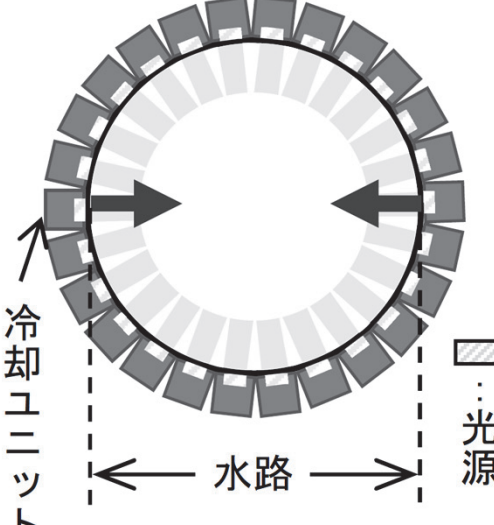
- 放電させる気体に**キセノンガス**を用いると、真空紫外線が発生
- 蛍光体**を用いることで、発光波長を長波長に変換

# プラズマUVの発光波長



ブロードな波長帯域が殺菌・酸化力に寄与

# 深紫外線光源を用いた反応槽の構造と特徴

|                                                | プラズマUV                                                                             | 低圧水銀ランプ                                                                              | UV-LED                                                                               |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 光源<br>の配置<br>(上面)<br>グレー部分が照射域、<br>矢印が照射<br>方向 |  |  |  |
| 特徴                                             | 光源冷却の制限を受けず、連続的な外照が可能                                                              | 光源の直径が大きい<br>ため、内照式が主流                                                               | 光源冷却の制限により、<br>連続的な外照は不可                                                             |



プラズマUVは  
均一かつ連続的な照射が可能な面光源

# プラズマUVの特徴

|       | LML (低圧水銀)     | LAF (プラズマUV)      |
|-------|----------------|-------------------|
| 安全性   | △<br>水銀使用      | ○<br>水銀不使用        |
| 応答性   | △<br>安定まで1時間   | ○<br>数秒で安定        |
| 拡張性   | △<br>サイズ・形状に制約 | ○<br>サイズ・形状に自由度大  |
| 波長選択性 | △<br>254nmの単波長 | ○<br>VUVからのブロード波長 |
| 課題    |                | 導入コスト・互換性         |

割れても安全

オンデマンド運転可

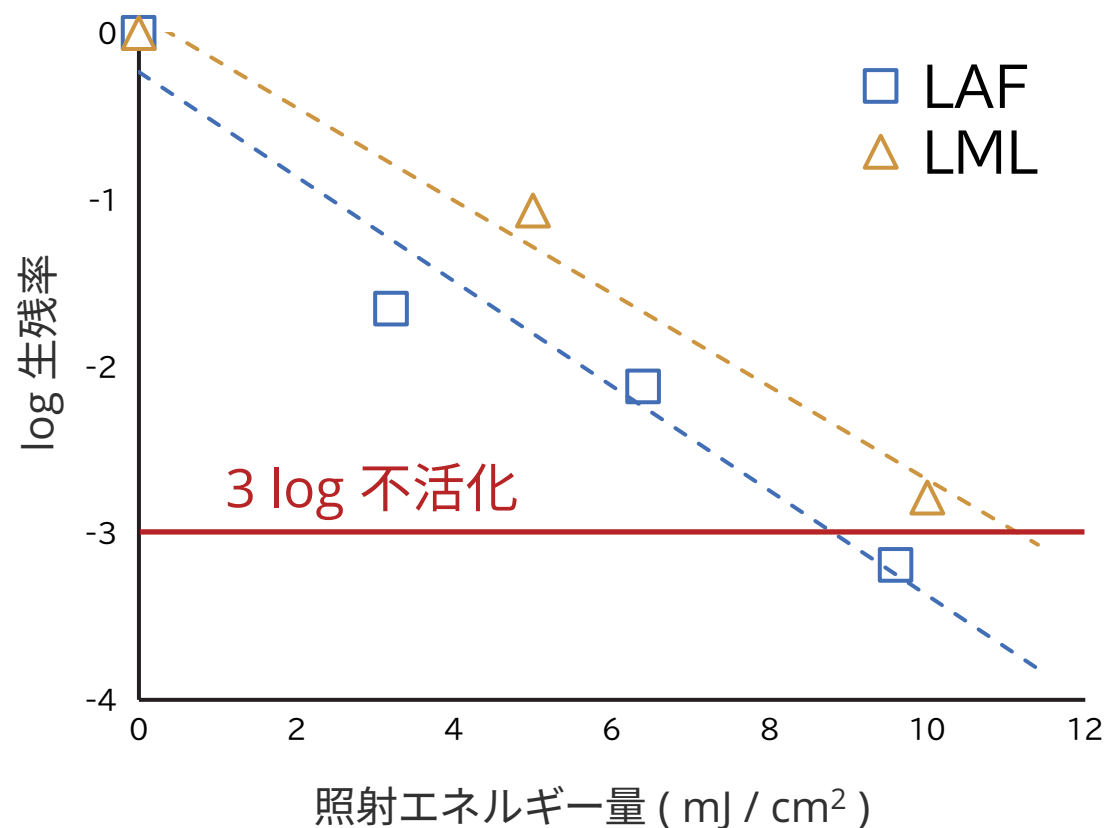
小規模処理可

カスタマイズ可



割れても安全！水銀不使用の新光源！

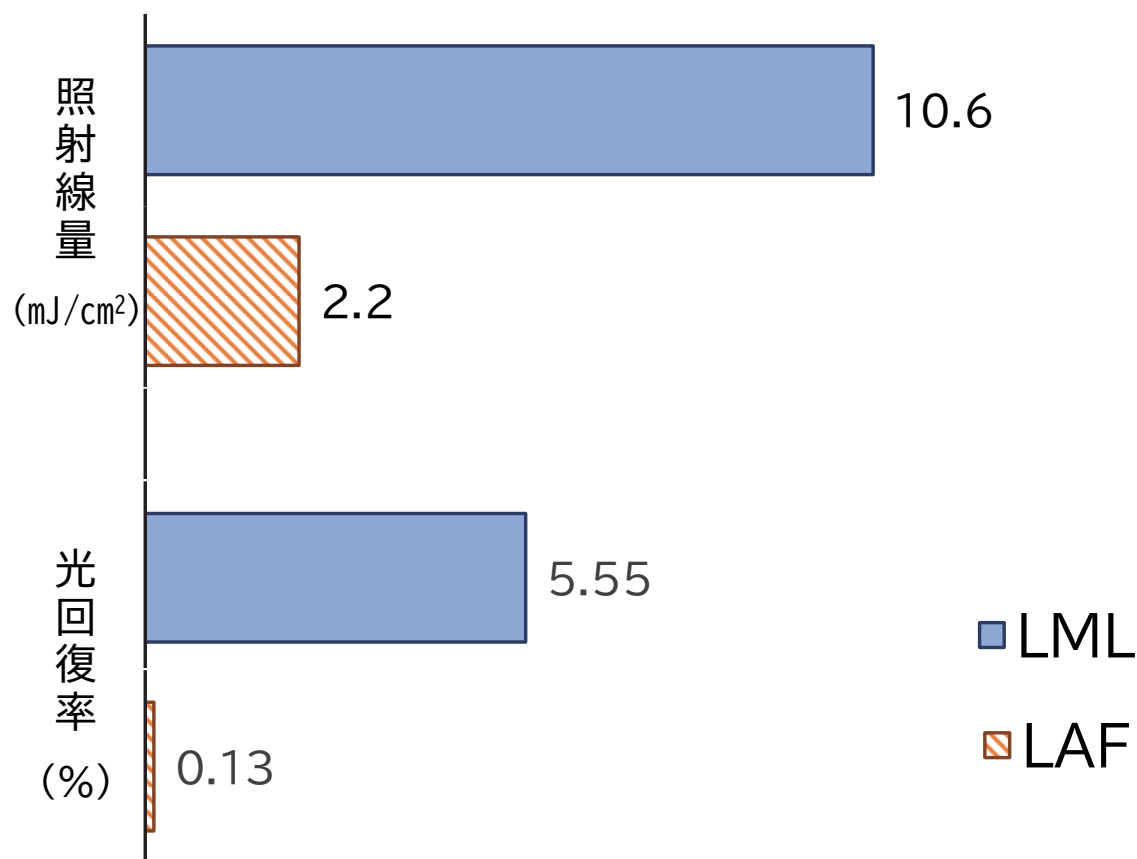
# 枯草菌の不活化



## 2. 新技術の特徴・従来技術との比較

- LAF (プラズマUV) および LML (低圧水銀) の枯草菌の不活化を確認した
- 3 log 不活化に必要な照射エネルギーは、LAFで約 9 mJ/cm<sup>2</sup>、LMLで約 11 mJ/cm<sup>2</sup>となり、LAFはLML相当かそれ以上の不活化能力を有している

# 大腸菌の不活化と光回復

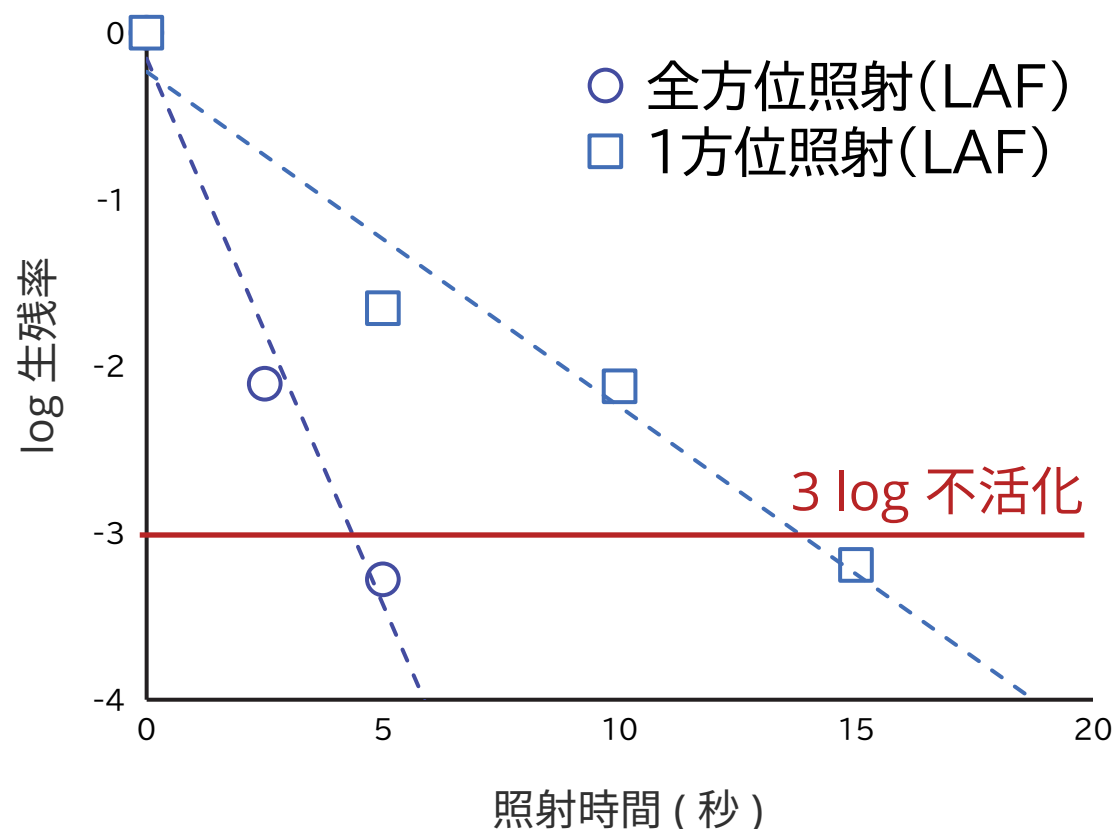


※継続して確認中  
紫外線照射条件を固定

## 2. 新技術の特徴・従来技術との比較

- 大腸菌を3 log 不活化に必要な照射エネルギーは、LAFで 2.2 mJ/cm<sup>2</sup>、LMLで10.6 mJ/cm<sup>2</sup>となり、LAFはLMLの5倍程度の不活化能力を有している
- LAFの光回復率は0.13%とLMLより低く、高い不活化能力を有している

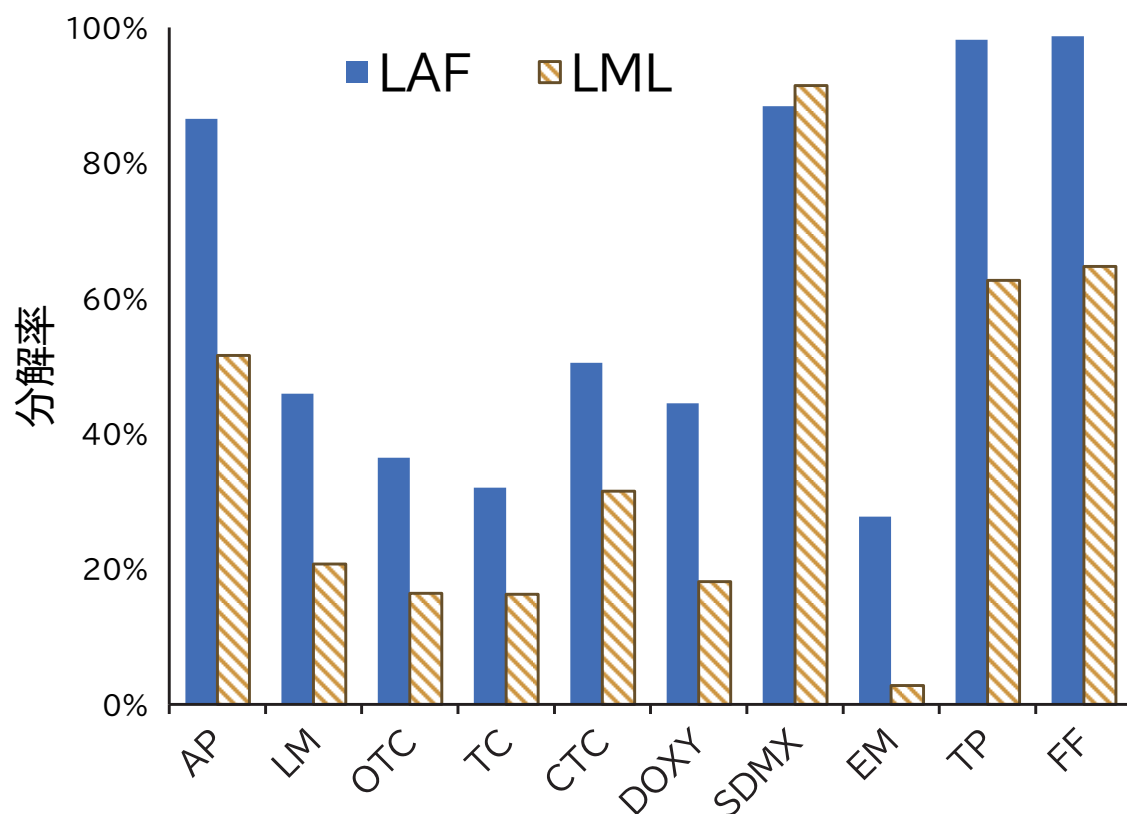
# 反応槽の構造で3倍の性能



※全方位における照射強度の測定は  
困難なため照射時間で比較

- 平面と円筒の異なる構造により、1方位と全方位照射による枯草菌の不活化を確認した
- 3 log 不活化に必要な照射時間は、全方位で約 4.5 秒、1方位で約 14.5 秒となり、**全方位照射により処理性能が 3.2 倍向上した**

# 有機物(抗生物質)の分解

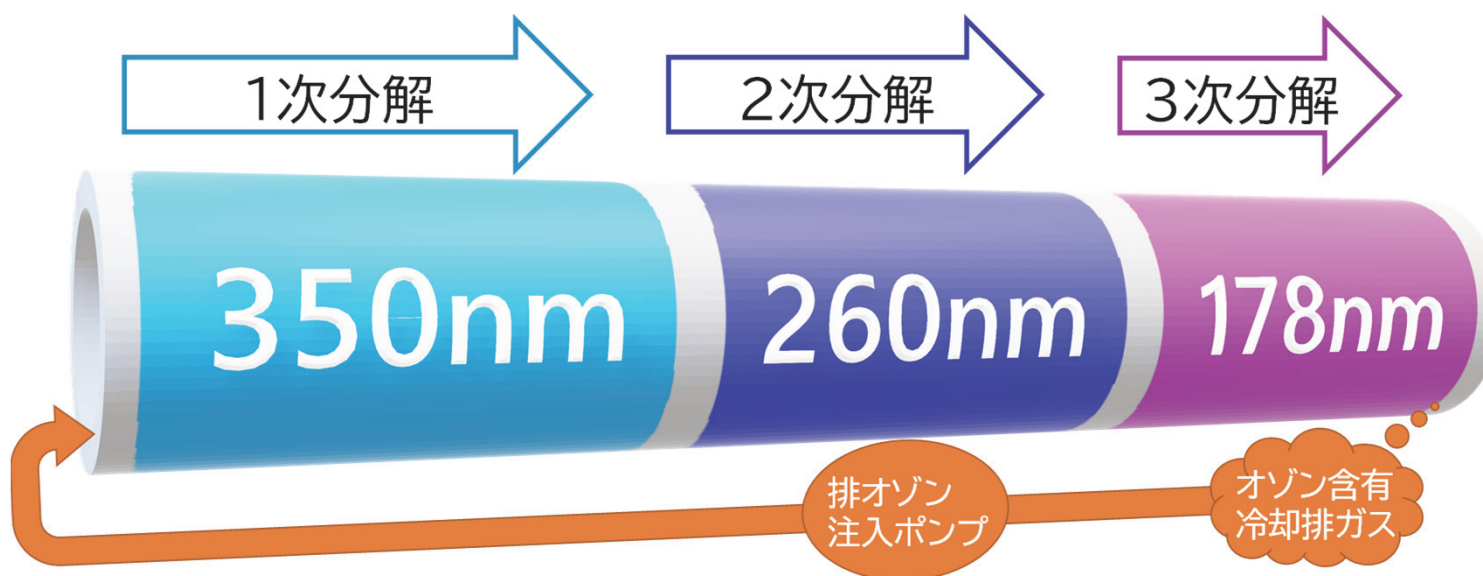


- LAFおよびLMLの抗生物質の分解を確認した
- SDMXを除いたすべての物質においてLAFの分解率が高く、LAFはLML相当かそれ以上の有機物分解能力を有している

水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

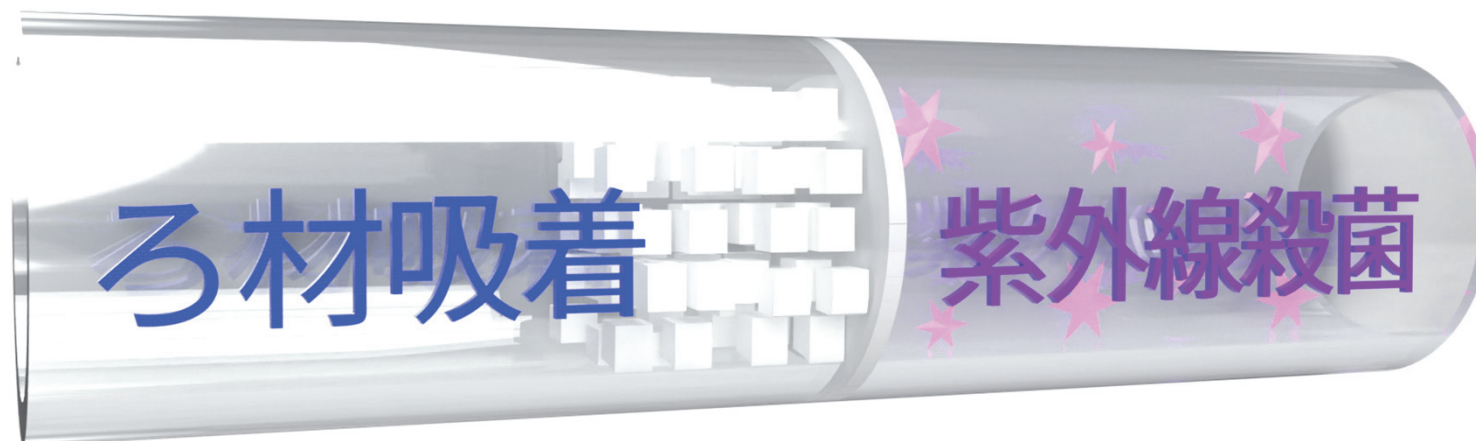
# 高分子対応促進酸化システム



350nm → 260nm → 178nm の光源を組み合わせ、  
光源冷却時に発生する排オゾンを活用した、濁質などの  
高分子有機物に対応する促進酸化水処理システム

※ 特許出願済(特願 2021-093268)

## 「高耐久」流水ろ過殺菌システム



装置全体が樹脂製のため  
**振動と海水**に対応

水路を紫外線透過率の高い樹脂に置き換えた、  
振動などへの耐久性が高く、割れても安全な  
紫外線殺菌と高性能なる材吸着を組み合わせ  
せた「高耐久」な流水ろ過殺菌装置

水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

# 光源による紫外線処理コスト

| 光源              | 紫外線<br>発光効率 | 紫外線<br>線量               | 紫外線<br>実効エネルギー比 |
|-----------------|-------------|-------------------------|-----------------|
| 低圧水銀<br>(LML)   | 30 %        | 12.6 mW/cm <sup>2</sup> | 46.6            |
| プラズマUV<br>(LAF) | 3 %         | 2.7 mW/cm <sup>2</sup>  | 1<br>(基準)       |

| 光源              | 大腸菌<br>不活化能力 | 全方位照射<br>に改善 | 実効<br>不活化能力比 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 低圧水銀<br>(LML)   | 1<br>(基準)    | 1<br>(1方位照射) | 1<br>(基準)    |
| プラズマUV<br>(LAF) | 5            | 3            | 15           |

$$46.6 \div 15 \div 3$$

プラズマUVは低圧水銀の3倍処理コストがかかる  
安全等の付加価値と技術進歩で対応

# 処理規模の最適化と規格化

## ろ過の最適化

ろ材の前処理で濁質の7割を除去可能  
紫外線処理に最適な透過率まで循環ろ過する

## ユニットの構築

ろ過と紫外線処理の最適バランスで処理装置を  
ユニット化し、処理システムを規格化する



比較的小規模なろ過殺菌水処理・循環処理を  
ユニット化したシステムで対応し、  
生産コストを削減する。

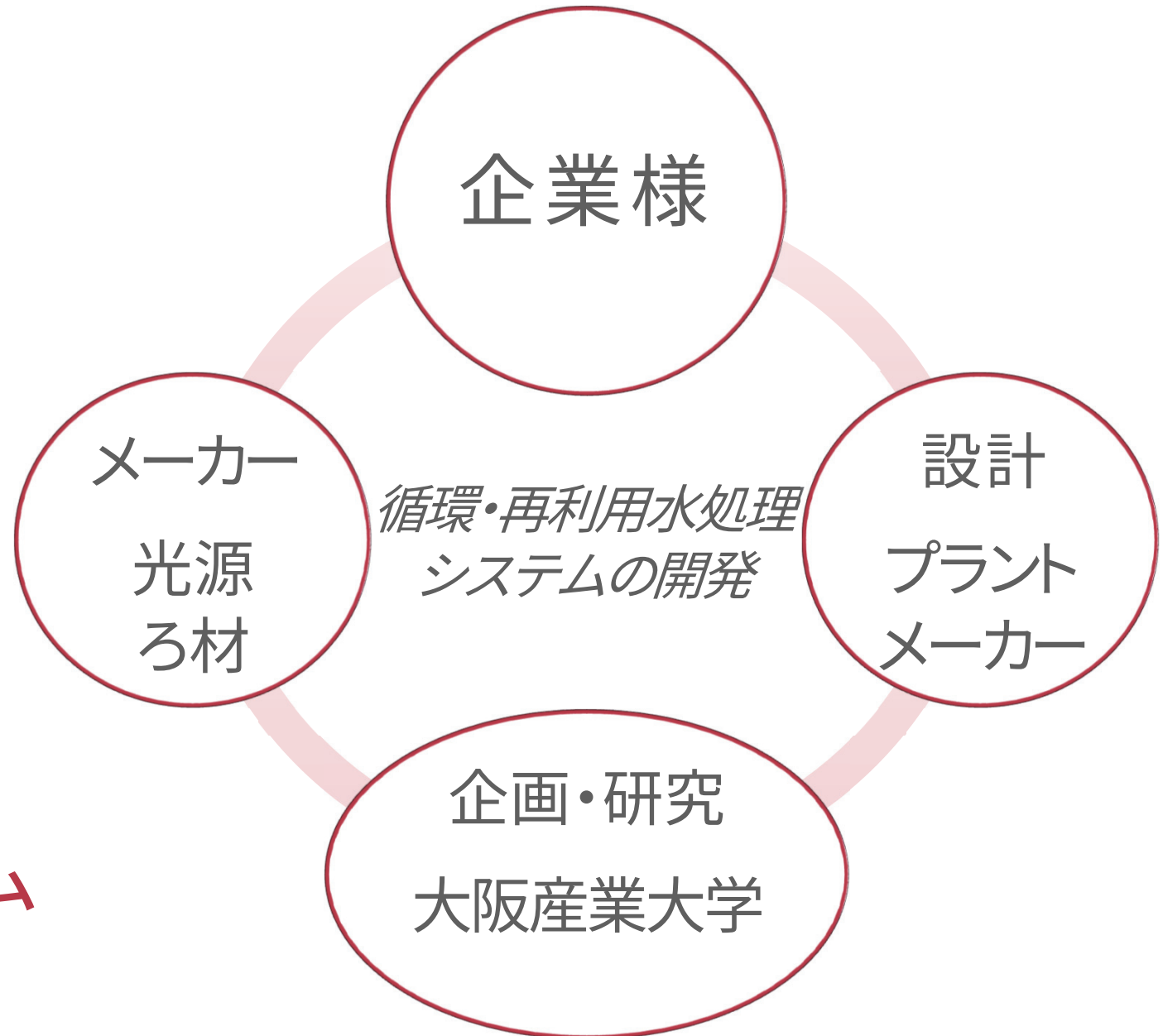
水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

# 紫外線処理はすそ野が広い



ニーズに沿った  
**コンソーシアム**  
の構築が必要



水銀フリーの  
安全で「新奇」な  
ろ過殺菌水処理  
・循環システム

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する情報

## 本技術に関する知的財産権

発明の名称 : 水処理装置および水処理方法

出願番号 : 特願2021-093268

出願人 : 学校法人大阪産業大学

発明者 : 高浪龍平

## お問い合わせ先

大阪産業大学

社会連携・研究推進センター 産業研究所事務室

〒574-8530

大阪府大東市中垣内3丁目1番1号

Tel : 072-875-3001 (代)

Fax : 072-875-6551

Email : [sangaku@cnt.osaka-sandai.ac.jp](mailto:sangaku@cnt.osaka-sandai.ac.jp)

ご清聴  
ありがとうございました

本技術の紹介パンフレット  
もご覧ください

プラズマディスプレイ、  
この光はその技術の結晶だ。  
水銀不使用の光源から、  
比べることのできない殺菌力、酸化力を持つ、

新奇な  
水処理装置が誕生した。

ブレイクスルーしたこの水処理装置は、  
殺菌、酸化処理に新たな価値をもたらした。  
この装置が輝ける新たなステージを探している。  
※LEDではありません