

小型水浄化ユニット

和田 聰^{*1}, 松永直人^{*1}, 岡田 誠^{*1} 出向井幸弘^{*1}, 飯田充彦^{*1}, 林 貴文^{*1}

Compact Water Purification Unit

Satoshi Wada^{*1}, Naoto Matsunaga^{*1}, Makoto Okada^{*1}, Yukihiro Demukai^{*1},
Mitsuhiko Iida^{*1}, Takafumi Hayashi^{*1}

1. はじめに

菌やウイルスが増殖しないようにすることを不活化と呼び、太陽光に含まれる紫外線による不活化による除菌は天日干しをはじめ、古来より活用されている。紫外線はその波長により UV-A, UV-B, UV-C に分類され、特に 100 ~ 280 nm の波長となる UVC は深紫外線と呼ばれ、特に高い不活化能力を有する（図-1）。深紫外線は太陽光が地表に届く前にオゾン層等により吸収されるため、地球上には自然には存在しない。深紫外線はその不活化効果により、様々な用途での除菌に用いられている。

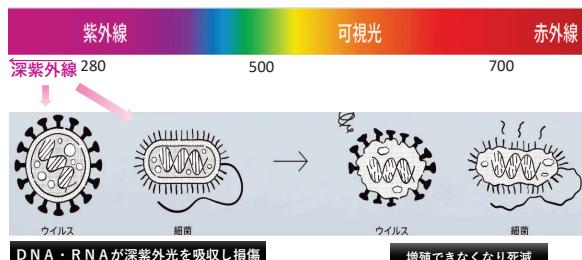


図-1 光の波長と不活化効果

浄水場や養殖場などの大型施設における水処理では、水銀ランプを使用した水殺菌が運用されている。近年、深紫外 LED の高出力化・高効率化が進んだ結果、従来の水銀ランプでは実現できない小型の殺菌装置を必要とするエコキュートなどへの搭載が進んでいる。豊田合成では 2022 年より、深紫外 LED を使用した水冷構造の小型水浄化ユニット（図-2）を量産している。

今回、高い不活化性能を有し、配管スペースに収容しやすいスリム形状、かつ小型ヒートシンクによる連続点灯が可能な「空冷式小型水浄化ユニット」を開発したので紹介する。

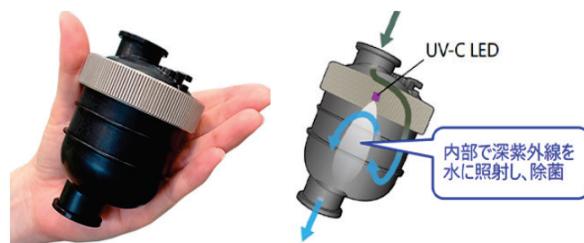


図-2 エコキュート搭載水冷水浄化ユニット

2. 製品の概要

図-3に本製品の外観を示す。流入口から流入した水は深紫外線の照射を受け、水中の菌を不活化し、流出口から流出する構造となっている。



図-3 製品仕様

図-4に水流と紫外線光の照射の模式図を示す。内部に設置された深紫外線 LED からの光を水流方向へ照射する構造になっている。LED 発熱は取り付けられたヒートシンクによって放熱される構造となっている。

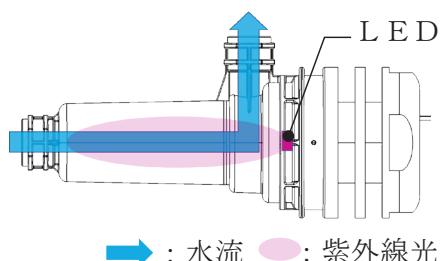


図-4 水流と紫外線照射模式図

*1 新価値2技部 製品技術室

本製品は流量 0.5L/min から 2.0L/min まで対応し、3W 以下の低電力で動作する。不活化性能は水 1L/min の通水量で、大腸菌において 99.999% となる。

3. 開発のポイント

3-1. 連続動作可能な放熱設計

本製品の特長の一つ目は、ヒートシンクによる空冷によって連続動作が可能であることである。表-1 に水冷と空冷の比較を示す。空冷方式の最大のメリットは、水が流れていないときも紫外線処理ができる空焚き動作が可能な点である。不定期に流れる水や通水間隔が短い用途に対しても、確実に紫外線を照射することができる。

表-1 冷却方式比較

冷却方式	水冷	空冷
本体サイズ	小	水冷より大
ヒートシンク	不要	必要
空焚き動作	不可（数秒）	連続動作可

ヒートシンクを使用した放熱では LED から発生した熱を効率よくヒートシンクへ伝え、空気へ伝達させることが必要である（図-5）。冷却ファンなどを取り付けることで放熱性を高めることは可能であるが、故障のリスクがあるためファンを使用しない自然空冷を実現するため、熱シミュレーションを活用し、最適な形状を導出した。図-6 に放熱シミュレーション結果を示す。ヒートシンク部分は温度が均一に広がっており、放熱効果を最大限発揮できる構造となっていることが分かる。周囲の空気対流などを考慮し、スリット形状などを設定している。

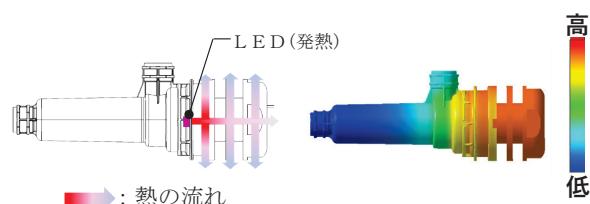


図-5 LED 発熱の冷却模式図

図-6 热シミュレーション結果

3-2. 不活化性能向上

菌、ウイルスが不活化するために必要な紫外線照射量（紫外線照射線量 mJ/cm^2 ）がそれぞれ実験的に求められている。LED から発する紫外線を効率よく利用し、不活化性能を高めるためには、水の流れおよび紫外線照射分布を均一し、ムラなく光を照射することが必要となる。

水流と紫外線照射分布をシミュレーションした結果を図-7、図-8 にそれぞれ示す。水流は流入口から流出口の方向へ均一に流れていること、紫外線照射分布は流路内で均一に分布していることが確認できる。

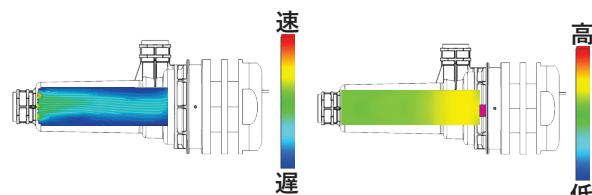


図-7 水の流れ分布 図-8 紫外線照射分布

上記検討結果より、高い不活化性能を達成するユニットを実現できた。図-9 に、枯草菌、緑膿菌、大腸菌で、流量 1.0L/分における本製品の不活化率の評価結果を示す。

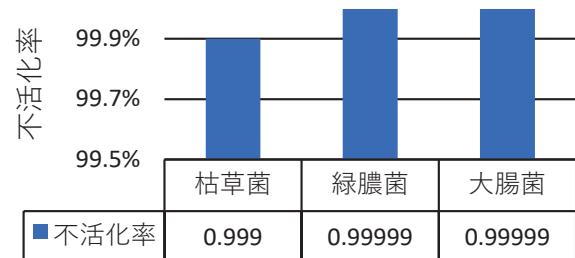


図-9 各種菌における不活化率

いずれの菌において、99.9%以上の不活化率を有することを実証した。紫外線照射が有効な様々な菌、ウイルスに対し、用途に応じて幅広い製品への活用が期待できる。

4. まとめ

空焚き動作が可能な小型の水浄化ユニットにより、様々な装置への搭載が可能となり、多くの水の不活化要望に対し適用可能と考える。本技術を活用し、社会のニーズにこたえられるより小型で高効率な製品をお届けできるよう開発を推進していく。

謝辞

本研究の一部は環境省「革新的な省 CO_2 型環境衛生技術等の実用化加速のための実証事業」の援助を受けた。

本製品の開発設計に携わった皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 和田ら, 豊田合成技報「UVC-LEDによる空調機向け抗ウイルスダクトに関する研究」
- 2) Yoshiki Saito et al 2021Jpn.J.Appl. Phys. 60 080501

著者



和田 聰



松永直人



岡田 誠



出向井幸弘



飯田充彦



林 貴文