

オゾン濃度測定装置の開発

○中村 広隆^{*1)}、武田 有志^{*2)}、菅野 裕靖^{*3)}、
阿彦 由美^{*3)}、武内 道一^{*4)}、青柳 克信^{*4)}

1. はじめに

現在、オゾン濃度の計測は水銀ランプを用いて行われているが、水銀ランプは有害な水銀の使用、小型化が不向き等の課題がある。そこで本研究では、水銀ランプに代わる新たな光源として、深紫外半導体発光素子 (DUV-LED) を用いたオゾン濃度測定装置の開発を行った (図 1)。

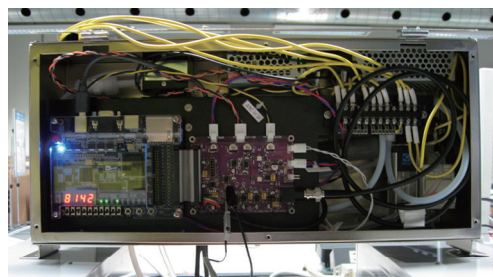


図 1. 開発したオゾン濃度測定装置

2. 内容および実験方法

装置の開発として、DUV-LED 光源のスペクトル評価、オゾン濃度測定装置の製作と性能評価を行った。開発した装置は、30cm の直管型測定セル、LED 発光量を調整する 12 ビット D/A、PD (光検出器) からの I/V 増幅ならびに 12 ビット A/D 変換回路、ロックインアンプ等の各種演算を行う FPGA で構成されている。FPGA にはソフトコア CPU (Nios II) と組み込み OS (TOPPERS/ASP) が備わり、通信処理などの各種並列タスクが実行できる仕組みとなっている。ロックインアンプは、高周波成分をカットする 256 タップを持ったハードウェア FIR (Finite Impulse Response) フィルタとロックインの位相調整機能を備えている。測定アルゴリズムには、ゼロガスとオゾンガスを交互に測定セル内に投入し、PD での受光減衰量によりガス濃度を判定するランベルト・ベールの法則を使用している。

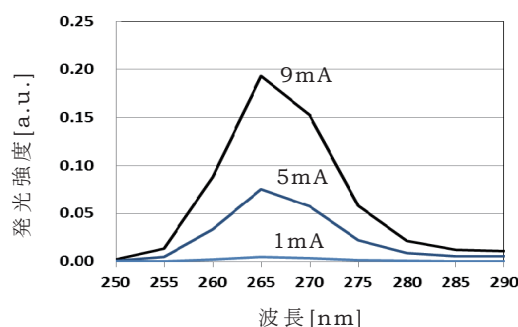


図 2. DUV-LED 光源の分光分布

3. 結果・考察

DUV-LED のスペクトル評価 (測定波長間隔:5nm) では、発光中心波長は約 265nm であり、電流を変化させても発光中心波長は変わらないことを確認した (図 2)。また、オゾン発生装置を用いて、測定セルに各濃度 (0.1ppm~1.0ppm) のオゾンを通し、オゾン濃度測定による装置の性能評価を行った (図 3)。その結果、ガス濃度に対する減衰率の近似曲線は $R^2=0.991$ と、相関関係が極めて強いことが示された。オゾン発生装置の性能は、5ppm フルスケールで $\pm 1\%$ ($\pm 0.050\text{ppm}$) の誤差まで許容するが、ガス発生器の近似曲線と本装置の最大誤差は 0.058ppm という良好な結果が得られた。また、工業利用の指標として $\pm 5\%$ の許容誤差と仮定したとしても、0.2ppm 程度まで測定可能であることが確認できた。

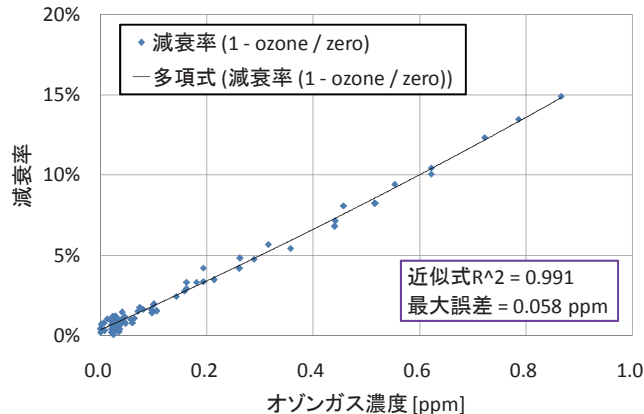


図 3. 濃度に対する受光処理後の減衰量

4. まとめ

本研究により、有害な水銀ランプを使用しない DUV-LED を用いたオゾン濃度測定装置が開発できた。今後の課題は、オゾン環境作業基準である 0.05~0.1ppm 以下での精度を向上するため、安定した低濃度のオゾンガス発生方法と測定アルゴリズムの改良である。

*1)光音技術グループ、*2)生活技術開発セクター、*3)有限会社光電鍍工業所、
*4)立命館大学