

2023 年度年次報告書

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成

2021 年度採択研究代表者

西澤 典彦

名古屋大学 大学院工学研究科
教授

任意制御光コムを用いた革新的環境分光計測技術の開発

主たる共同研究者：

阿部 恒（産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門 上級主任研究員）

富田 英生（名古屋大学 大学院工学研究科 准教授）

研究成果の概要

(1) ファイバレーザースペース任意制御コム光源の開発

(1-1) ガスセルを内包した非線形ファイバループミラーを考案し、信号対背景比 30dB 以上の高度スペクトルピークの安定な生成を実現した。更にこの手法を開発した高繰り返し光周波数コムに適応し、CH₄、および H₂O の吸収に対応する高度スペクトルピークコムの安定な生成を実現した。

(1-2) 適切な光増幅器が不在である波長 1.65 μm 帯 (CH₄ の吸収帯) において、コア径の細い 1 km のファイバやファイバデバイスを駆使したファイバラマン増幅器を開発し、スペクトルピークコムの低雑音且つコヒーレンスを維持した高度光増幅に成功した。

(1-3) 液晶空間光変調器による任意制御スペクトルフィルタを内包した超短パルスファイバレーザを開発し、共振器内の分散制御も行うことで、レーザ発振器内部・外部での任意波長における高強度スペクトルピークの生成に成功した。

(2) 任意制御コム光源を用いたキャビティリングダウン分光法(通称 CRDS)の開発と環境計測

(2-1) CRDS による微量水分の測定

リアルタイム計測が可能な CRDS 微量水分計を開発した。モル分率 1 nmol/mol (1 ppb) レベルの水の吸収スペクトルを測定時間 7 s で取得することに成功した(高性能市販品の測定時間は約 30 min)。波長 1.4 μm 付近において、国際単位系にトレーサブルな水の吸収線強度を報告した。

(2-2) 放射性核種分析への応用に向けた線形・非線形 CRDS の開発

任意制御コム光源による CRDS の開発の予備的検討として、4 μm 帯での線形・非線形 CRDS の開発に着手し、リング共振器の偏光特性を明らかにした。また、微量水分分析のための前処理・試料導入系を用いて 4 μm 帯 CRDS にて少量のトリチウム水を用いたホット試験を実施し、トリチウム水の分析のために導入系を改良した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Jung, S. Kitajima, and N. Nishizawa, “Frequency modes filtering of spectral peaks in optical frequency combs through molecular gas absorption and nonlinear polarization rotation,” *Opt. Express*, Vol.31, No. 17, pp.27935-27947 (2023).
- 2) N. Nishizawa, K. Jung, and S. Kitajima, “Background-reduced spectral peak generation using a nonlinear loop mirror with a gas cell,” *Opt. Lett.* Vol.48, No.18, pp.4869-4872 (2023).
- 3) S. Kitajima, K. Jung, N. Nishizawa, “206 MHz fully stabilized all-PM dispersion-managed figure-9 fiber laser comb,” *Scientific Reports*, Vol.14, No.1, 7108 (2024).
- 4) M. Amano and H. Abe, “Primary measurement standards for trace moisture in multiple gases: extension of gas species to He and O₂,” *Metrologia*, Vol.60, No. 4, 045003 (2023).
- 5) K. Hashiguchi, M. Amano, A. Cygan, D. Lisak, R. Ciuryło, and H. Abe “Accurate determination of line intensity of H₂O near 7181 cm^{-1} : SI-traceable measurement using primary trace-moisture standard in N₂ gas,” *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, Vol. 311, 108784 (2023).