

光 SSB 変調器をループ内に実装した光コムキャビティーリング ダウン分光センサ構成法に関する研究

Study on system configuration of cavity ring-down spectroscopic (CRDS) sensor
with optical single side band (SSB) modulator, functioning as optical-comb generator

矢来 篤史 (YARAI Atsushi)

Fabry-Perot 型光共振器とほぼ同様な構造をもつ cavity(空洞)内に光パルスを閉じ込めて 光パルスを 2つの鏡の間を往復させ、実効的に光路長を増大させることで吸光度測定の高感度化が図れるキャビティーリングダウン分光(CRDS)法がある。しかし CRDS 法では大型の bulky 的な cavity が必要となり、そのままではガスセンサへの応用は不可能である。そこで光ファイバでリングループを構成し等価的に光路長を増加させ、小型ガスセンサへの応用がこれまで検討されてきた。本研究では光ファイバ方式 CRDS において更なる高感度をはかり、光通信等で使用されている波長帯において高感度ガス検出を目指し、次の 2つの検出方法を検討した。

1) 波長掃引式光ファイバ CRDS ガスセンサ

ループ内に光 SSB 変調器を実装し、光パルスがループ内を 1周するごとに波長をごくわずかにシフトさせることで、狭光吸収スペクトルをもつガスにおいて分光測定を検討した。その結果、CO₂ガスの R(18)吸収線においてリングダウン時間に差異が生じることを見出した。しかし検出信号振幅の不安定性で再現性に問題が生じ、その原因として、光 SSB 変調器の入力光の偏波方向が常時安定していないことが明らかとなり、この方法の継続検討は断念した。

2) 差動式光ファイバ CRDS ガスセンサ

光 SSB 変調器出力の上側波帯と下側波帯を外部から電氣的に切り替えられ、その波長差は 10GHz 駆動周波数で約 0.16 nm である。この波長差による狭吸収スペクトルをもつガスの差動検出の可能性を検討した。上記同様、CO₂ガスの R(18)吸収線を用いて検討した結果、ガス圧 200 Pa で検出信号に明確な差異が観測された。同様の実験系において差動化していない従来法では、リングダウン時間が約 1.3 μs と算出され、リングループでの損失のほうがガスの光吸収による損失に比べ顕著であり、ガスの光吸収による影響が全く観測されなかった。一方差動法では、ガスの光吸収に伴うリングダウン時間の変化が 87 μs と計測することができた。したがって差動化により、リングダウンタイムの分解能は少なくとも 50 倍、大きくなることが明らかとなった。これは差動化により、リングループ自体の損失を差し引くことができたことによるものと考えられる。またこの実験結果から、ガス圧 200 Pa において CO₂ガスの分子密度は 5.5×10^{21} (1/m³)と計算された。一方、理想気体の状態方程式から算出した値は 4.83×10^{22} (1/m³)であり、約 1 オーダーの差異が生じた。ガスの混合斑によるものと考えられる。ガス圧が 700 Pa を超えるあ

たりから、差動信号検出が困難となった。これは光吸収スペクトルの圧力広がりによるものと考えられ、波長差 **0.16 nm** は必ずしも十分な値ではないことも明らかとなった。