

CW ダイオードレーザーを用いた キャビティーリングダウン分光法

(¹京大院工・²国立環境研) 川口紀光¹・中道真司¹・江波進一¹・橋本訓¹

川崎昌博¹・須藤洋志²・井上元²

[序論]

本研究では、連続光を用いたキャビティーリングダウン分光法（CRDS）に基づく装置の開発を行った。気体の吸収スペクトルからその濃度もしくは吸収断面積を求めることを目的とする装置である。この装置の特徴として、光源がコンパクトで、必要電力が少なく、比較的安価であることが挙げられる。また、測定に近赤外領域の回転線を用いることができるので、使用可能な吸収ラインが増え有利である。さらに、気体の同位体比測定を行うに際、代表的な機器として同位体比測定質量分析法（IRMS）があるが、同質量の同位体が測りにくいという欠点を持っており、おまけにサンプルを破壊してしまうのだが、CRDS では質量に関係なく同位体の測定が可能であり、サンプルを破壊することもない。（しかし、CRDS と IRMS を比較した場合、現時点では精度・確度ともに CRDS は IRMS に劣っている。）以上の特徴から実際のフィールド測定機器として期待されている。

[方法]

装置は、2 枚の高反射率ミラーを互いに平行に向かい合わせにしたキャビティーで構成される。（Fig.1）連続光が入り口のミラーを透過してキャビティー内に入ると干渉が起こるのだが、連続光の半波長の整数倍とキャビティー長が等しくなったとき互いに強め合う干渉が起き、連続光は効率よくキャビティーを透過す

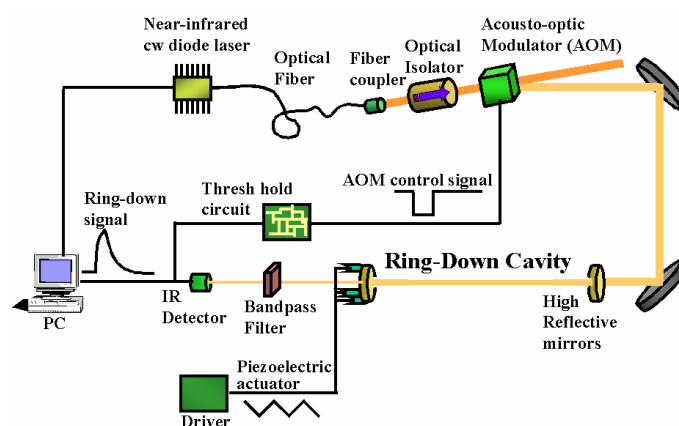


Fig.1 装置図

る。その強め合う干渉を定常的に起こすために圧電素子（ピエゾ）を出口側のミラーに取り付けた。また、このピエゾの振れ幅を連続光の波長スケールの半分強ほどのストロークにすると、そのスケールにおいてどの波長でも定常的に強め合う干渉は起こる。次に、互いに強めあった光はキャビティー内で増強されて出てくるのだが、純粋な光の減衰を見るために音響光変調器（AOM）を

用いた。AOM は出てきた光の光量がある一定のレベルに達すると数ナノ秒の速さで後続の連続光を遮断してくれる。減衰のタイムスケールはマイクロ秒オーダーなので後続の光はほぼ無視できる。そのレベルの設定や AOM 作動のオフタイムはサーキットで調整できるようにしている。

[結果]

装置の機能性を確かめるために二酸化炭素の ^{12}C と ^{13}C の同位体比測定を行い、ハイトランデータベースと比較することでその評価をした。ハイトランデータベースには天然平均存在比の比重がかけられており、今回測定した二酸化炭素も天然平均存在比に近いであろうという前提の上での比較である。比較する二本のスペクトルについて、ハイトランデータベースから吸収強度が同じぐらいでピークとピークができるだけ重ならないものを選び出した。今回比較したのは 6261.6 cm^{-1} 付近の $^{12}\text{CO}_2$ のピークと 6261.8 cm^{-1} 付近の $^{13}\text{CO}_2$ のピークである。(Fig.2) 両方のピークの高さの比とハイトランデータベースにおける線強度比を比較した。(Fig.3)

測定における比は 1.3、それに対しハイトランデータベースにおける比は 1.36 であった。現段階では 2 桁ぐらいしか精度がないものの、比の確からしさはなかなかのものであると言ってよいだろう。今後のシステムの改良によりさらなる精度の向上が見込まれる。また、レーザー発振可能な領域において吸収強度の強いピークをハイトランデータベースから選び出して、そのピークにおける二酸化炭素の検出限界を求めた。その結果は約 120 ppmV となった。現在の地球の平均二酸化炭素濃度は約 400 ppmV なので空気中に含まれる二酸化炭素なら測定できる程度である。

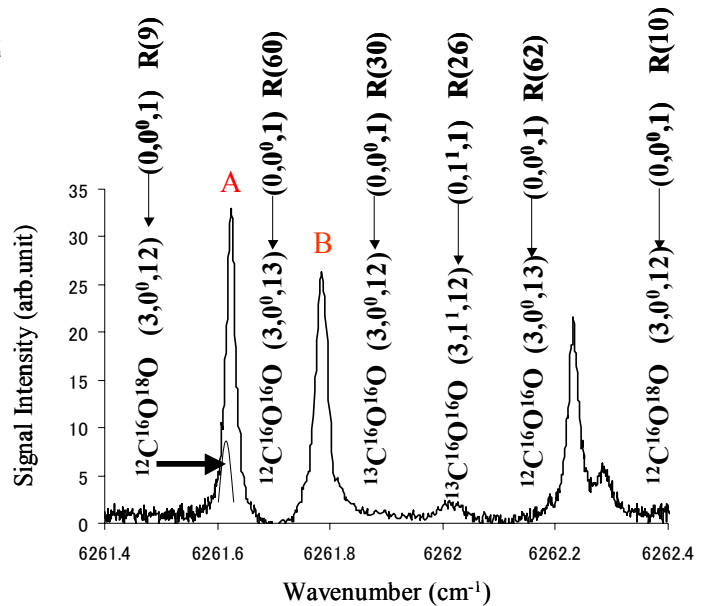


Fig.2 二酸化炭素のスペクトルとその帰属

Label	HITRAN data base		This work
	Wavenumber (/cm)	Line strength ($\text{cm}^{-1}\text{ cm}^2/\text{molec}$)	Signal intensity (arb/unit)
$^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$	6261.639	1.83×10^{-26}	—
A $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$	6261.644	1.50×10^{-25}	3.30
B $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$	6261.827	1.10×10^{-25}	2.63
A/B Ratio	—	1.36	1.3

Fig.3 実測とハイトランデータベースの比較