

赤外レーザーによるフロンガスの分光計測に関する研究  
 Studies on Infrared Absorption of Chlorofluorocarbon  
 with Infrared Lasers

小林丈志、野村直弘、笠田洋文、宮崎和彦

Takeshi KOBAYASHI, Naohiro NOMURA, Hirofumi KASADA, Kazuhiko MIYAZAKI

鳥取大学 工学部

Faculty of Engineering, Tottori University

Abstract: By using tunable InSb SFR (Spin-Flip Raman) laser and line selective infrared  $\text{NH}_3$  laser in the infrared region of  $12.4 \sim 13.0 \mu\text{m}$  ( $770 \sim 810 \text{cm}^{-1}$ ) infrared absorption properties of CFC (chlorofluorocarbon),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{H}_2\text{O}$  gases were studied, suggesting that  $12.92 \mu\text{m}$  ( $774.4 \text{cm}^{-1}$ )  $\text{NH}_3$  laser line was considered to be one of the candidates for infrared source for laser sensing of CFC gas in the atmosphere.

我々は、これまで各種の赤外レーザーを用いて、樹木揮発成分や、大気中有害成分の赤外分光計測に関する研究を行ってきたが、ここでは赤外域  $\text{NH}_3$  レーザ、赤外域同調可能レーザーである InSb SFR (Spin-Flip Raman) レーザによるフロン (CFC、クロロフルオロカーボン) ガスの分光計測について報告する。

今回の実験で用いた測定装置の構成を Fig.1 に示す。実験装置は、大別するとレーザー系装置と測定系装置から構成され、レーザー系装置は、 $\text{NH}_3$  レーザ励起 InSb SFR レーザ、赤外域  $\text{NH}_3$  レーザ、 $\text{NH}_3$  レーザ励起用 TEA  $\text{CO}_2$  レーザで構成され、測定系装置は、回折格子波長計、透過光路長 2.2 m の多重反射吸収セル、Ge:Cu 光検出器、出力測定用オシロスコープなどから構成されている。

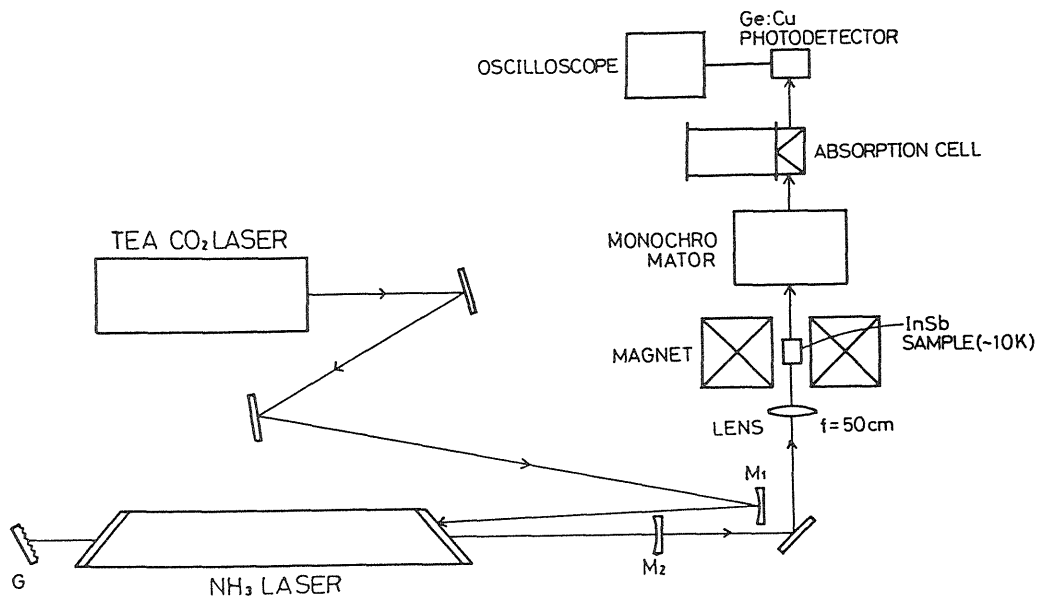


Fig.1. InSb SFR Laser Pumped with Infrared  $\text{NH}_3$  Laser.

InSb SFRレーザーは、TEA CO<sub>2</sub> レーザ励起NH<sub>3</sub> レーザを超電導マグネット装置内で磁界を印加されたInSb試料に照射することにより発振する。印加磁界を変化させることによりInSb SFRレーザー発振波長を変化させ、吸収セル内のガス試料に導き、透過光強度を計測した。なお、吸収セル内のガス試料の圧力は、ガスフローシステムにより、調節した。使用したInSb SFRレーザーの磁界-波長特性をFig.2 に示す。

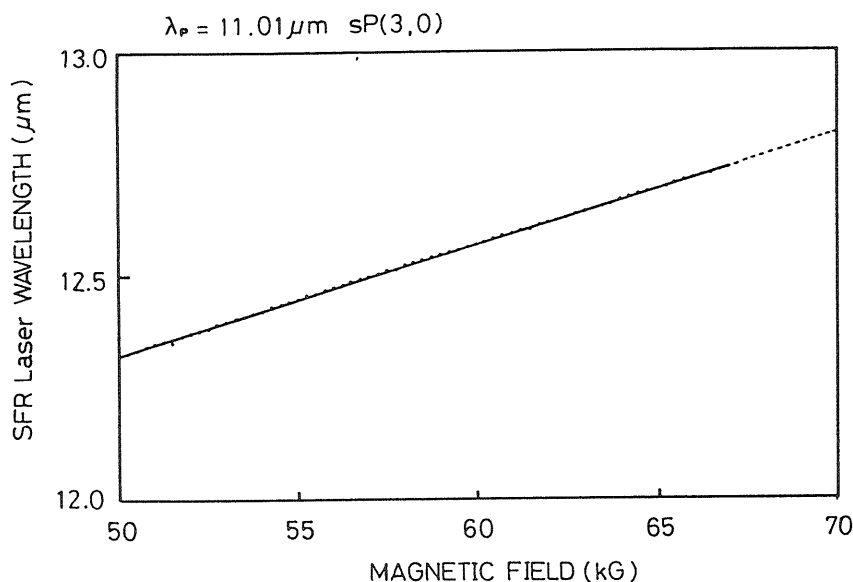


Fig.2. Emission Wavelength of InSb SFR Laser Pumped with sP(3,0)11.01 μm Line of Infrared NH<sub>3</sub> Laser as a Function of Magnetic Field(kG).

InSb SFRレーザー、及びNH<sub>3</sub> レーザを用いて噴射スプレー用フロンガスの12.4~13.0 μm (770~810cm<sup>-1</sup>)域での波長-吸収特性を調べた。まず、同調可能InSb SFRレーザーを用いた計測によると、フロンガスはこの波長域においてスパイク状の鋭い吸収ではなく、ブロードな赤外吸収特性を示している。この波長域にはNH<sub>3</sub> レーザの発振線が10数本あるので(Table 1) この種のフロンガスは、発振波長の選択が可能(line selective)なNH<sub>3</sub> レーザによっても計測が可能である (Fig.3)。次に、いわゆる妨害物質との関連で、上記の波長域に赤外吸収線を有する可能性のある各種の分子ガスについてもNH<sub>3</sub> レーザによる計測を行った結果、CO<sub>2</sub> ガス (Fig.4) では、aP(7,5)12.63 μm (792.1cm<sup>-1</sup>)、aP(8,3)12.85 μm (778.5cm<sup>-1</sup>)の発振線以外では、吸収は観測されなかった。NO<sub>2</sub> ガス (Fig.5) では、aP(7,5)12.63 μm (792.1cm<sup>-1</sup>)、aP(8,5)12.92 μm (774.4cm<sup>-1</sup>)の2本の発振線で、吸収は観測されなかった。また、H<sub>2</sub>O 分子ガス (Fig.6) では、aP(7,5)12.63 μm (792.1cm<sup>-1</sup>)、aP(7,6)12.69 μm (787.8cm<sup>-1</sup>)、aP(8,0)12.81 μm (780.8cm<sup>-1</sup>)~aP(8,6)12.97 μm (770.9cm<sup>-1</sup>)の各発振線で吸収は、確認されなかった。したがってNH<sub>3</sub> レーザの発振線aP(8,5)12.92 μm (774.4cm<sup>-1</sup>)を用いれば、CO<sub>2</sub> ガス、NO<sub>2</sub> ガス、H<sub>2</sub>O 分子ガスなどの存在する大気中でもフロンガスを計測することが可能である。

Wavelength (Observed) [ $\mu\text{m}$ ]	Assignment	Frequency (calculated) [ $\text{cm}^{-1}$ ]
10.740	aQ(3,3)	931.099
10.764	aQ(5,5)	929.023
11.007	sP(3,0)	908.513
11.217	aP(2,0)	891.504
11.256	sP(4,1)	888.415
11.456	aP(3,1)	872.905
11.518	sP(5,0)	868.206
11.710	aP(4,0)	853.971
11.724	aP(4,2)	852.951
11.743	aP(4,3)	851.571
11.793	sP(6,1)	847.961
11.976	aP(5,1)	835.003
11.986	aP(5,2)	834.307
12.017	aP(5,3)	832.154
12.036	aP(5,4)	830.841
12.076	sP(7,0)	828.089
12.255	aP(6,0)	815.993
12.277	aP(6,3)	814.531
12.308	aP(6,4)	812.480
12.345	aP(6,5)	810.045
12.381	sP(8,3)	807.689
12.398	sP(8,5)	806.582
12.524	aP(7,1)	798.467
12.536	aP(7,2)	797.703
12.556	aP(7,3)	796.432
12.587	aP(7,4)	794.470
12.625	aP(7,5)	792.079
12.694	aP(7,6)	787.774
12.718	sP(9,3)	786.287
12.808	aP(8,0)	780.762
12.845	aP(8,3)	778.513
12.873	aP(8,4)	776.820
12.914	aP(8,5)	774.353
12.972	aP(8,6)	770.891
13.032	aP(8,7)	767.342
13.108	aP(9,1)	762.893
13.121	aP(9,2)	762.137
13.142	aP(9,3)	760.919
13.172	aP(9,4)	759.186
13.213	aP(9,5)	756.830
13.270	aP(9,6)	753.580
13.332	aP(9,7)	750.075
13.408	aP(9,8)	745.823
13.577	aP(10,6)	736.540
13.826	aP(10,9)	723.275

Table 1. Emission Lines of Infrared  $\text{NH}_3$  Laser.

今回の実験では、当面規制から除外されているフロン22についても12.2~13.1 $\mu\text{m}$  (760~820  $\text{cm}^{-1}$ ) 域で波長-吸収特性の計測を行ったが、これは12.2~12.7 $\mu\text{m}$  (790~820 $\text{cm}^{-1}$ )域で特に強い吸収を示した。

また、FT-IR法によるとフロンガスは、11.7~12.5 $\mu\text{m}$  (800~850 $\text{cm}^{-1}$ )域にも強い赤外吸収が観測される。この波長域にも、 $\text{NH}_3$ レーザの10数本の発振線が確認されているので、この波長域でのフロンガスの計測も現在すすめている。

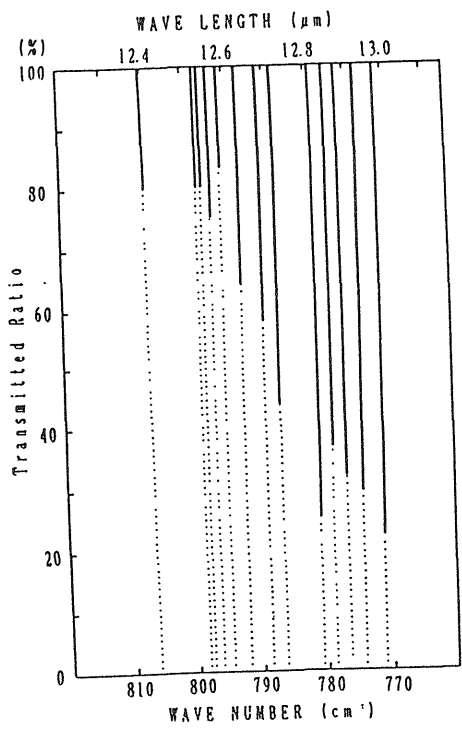


Fig. 3. Infrared Absorption of CFC Gas.

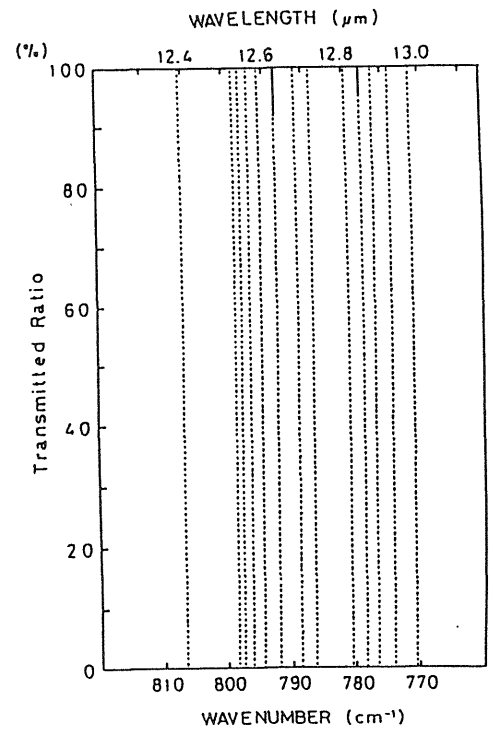


Fig. 4. Infrared Absorption of CO₂ Gas.

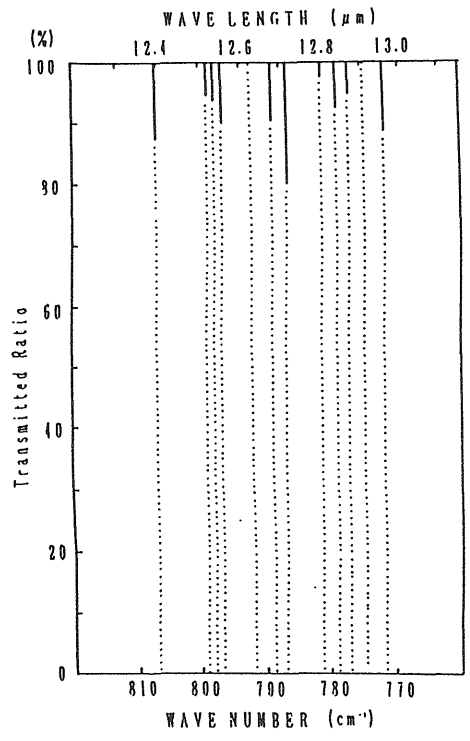


Fig. 5. Infrared Absorption of NO₂ Gas.

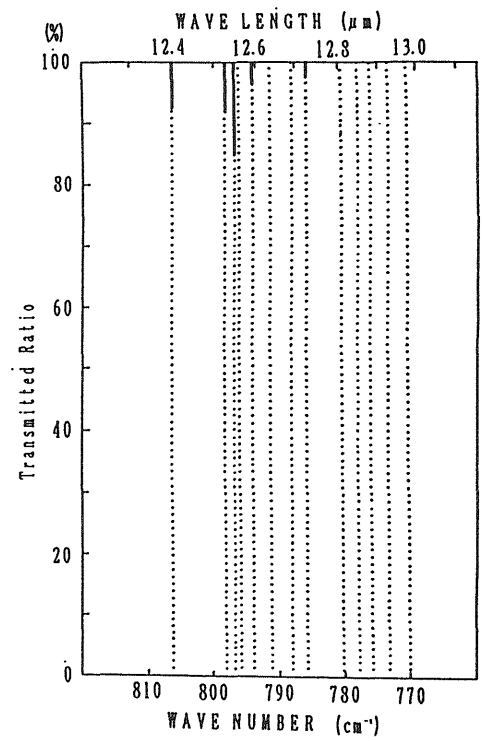


Fig. 6. Infrared Absorption of H₂O Gas.