

20 Km低損失光ファイバを用いたCH<sub>4</sub>の近赤外域遠隔吸収計測

Remote Absorption Measurement of CH<sub>4</sub> Gas in the Near Infrared Region  
Using 20 Km Long, Low-loss Optical Fiber Link

陳 建培 \* 古谷恒雄 伊藤弘昌 稲場文男

Kinpui Chan \* Tsuneo Furuya Hiromasa Ito Humio Inaba

東北大学電気通信研究所 \* 仙台電波工業高等専門学校

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

\* Sendai Radio Technical College

1. はじめに

我々は低損失光ファイバを用いた遠隔地点における可燃性ないし爆発性ガスや環境汚染などの全光学的な検出方法を先に提案し、<sup>1)</sup> 都市や工業地帯、鉱山地区におけるガス濃度遠隔監視、分析のための新しい計測システムを開発してきた。<sup>2-6)</sup> 既に全長2kmの低損失石英光ファイバを用いてCH<sub>4</sub>ガスの波長1.33μmと1.66μm付近での遠隔吸収測定を行ない、それぞれ爆発下限限界値(LEL)の4%<sup>3)</sup>と1.3%<sup>4)</sup>以下の濃度のガス検出を発表した。また、実用性の高い二波長差分吸収計測システムを試作してLELの0.8%のCH<sub>4</sub>ガスの遠隔測定を実現した。本文では、さらに広域にわたる遠隔計測システムの開発のために、全長5-20kmの低損失石英光ファイバを用いたCH<sub>4</sub>ガスの遠隔計測を試みたので、それらの実験結果と検討を報告する。

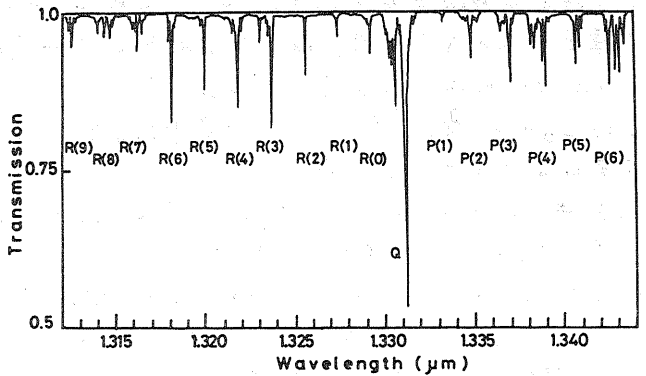


Fig.1 CH<sub>4</sub>分子の  $\nu_2 + 2\nu_3$  バンドにおける吸収スペクトルの測定結果 (測定分解能: 0.05nm, 光路長: 50cm, CH<sub>4</sub> 圧力: 300Torr)

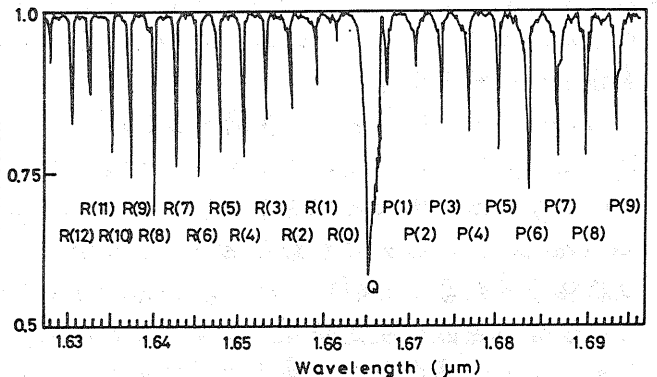


Fig.2 CH<sub>4</sub>分子の  $2\nu_3$  バンドにおける吸収スペクトルの測定結果 (測定分解能: 0.3nm, 光路長: 50cm, CH<sub>4</sub> 圧力: 60Torr)

2. CH<sub>4</sub> ガスの近赤外域吸収特性

Fig.1とFig.2にそれぞれCH<sub>4</sub>分子の1.33μm<sup>3,7)</sup>付近の $\nu_2 + 2\nu_3$  bandと1.66μm<sup>4,5)</sup>付近の $2\nu_3$  bandによる吸収スペクトルの測定結果を示す。後者の $2\nu_3$  bandは前者のbandに比べて強い吸収特性をもち、特にQ branchには約3nmの吸収スペクトルが存在するので光ファイバを用いた遠隔濃度測定に有用である。

3. 長尺光ファイバを用いたCH<sub>4</sub> ガスの遠隔吸収測定

Fig.3に長尺の低損失光ファイバを用いた簡易型ガス遠隔計測装置のブロック図を示す。光源には中心波長1.33μmのInGaAsPおよび1.64μmのInGaAs LED (出力共に0.1mW以下)を用いた。LEDの出力光は送信用多モード光ファイバによって遠隔測定点にある長さ50cmの吸収セルへ導かれ、セルを通過後再び多モード光ファイバによって送信点に送り返される。遠隔測定のために全長

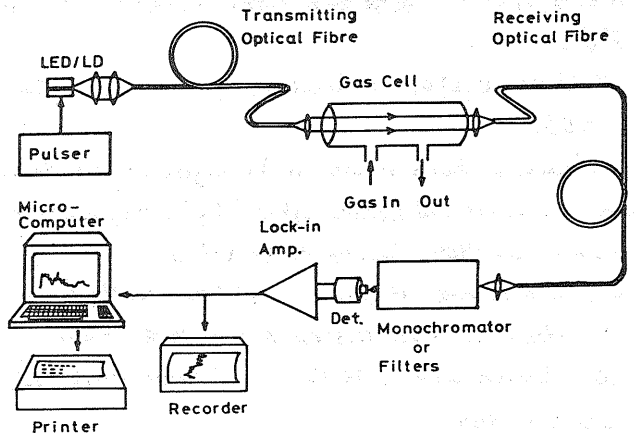


Fig.3 5-20kmの低損失石英光ファイバを用いた近赤外域ガス遠隔吸収計測システムのブロック図

5km,<sup>8)</sup> 10km, 16km および 20km の光ファイバリンク (1.3 - 1.7  $\mu\text{m}$  波長域での伝送損失は 1 dB/km 以下) を構成した。吸収分光測定には、波長分解能を変えられる回折格子型分光器および小型軽量で実用上便利な誘電体干渉フィルタを用いた。CH<sub>4</sub> 吸収の検出用干渉フィルタには中心波長 1.331  $\mu\text{m}$  (半値幅約 2.5nm) と 1.666  $\mu\text{m}$  (半値幅 3nm) の両方を使用した。これらの干渉フィルタを用いて吸収セル内の分圧と吸光度の関係を測定した結果、1.33  $\mu\text{m}$  帯では約  $2.2 \times 10^{-2} \%$  / torr·m, また 1.66  $\mu\text{m}$  帯では  $2.8 \times 10^{-1} \%$  / torr·m の値が得られた。

Fig. 4 は CH<sub>4</sub> の波長 1.6654  $\mu\text{m}$  における分光器の波長分解能にたいする吸収係数, および長さ 5-20km の光ファイバを用いた遠隔測定における分解能と受信光強度対雑音比の測定結果を示している。これより高感度な遠隔測定を実現するためにはシステムの最適な波長分解能を選定する必要があることがわかる。Fig. 5 に遠隔測定における分解能に対する空気中の CH<sub>4</sub> ガスの最小検出可能圧力の測定結果を示す。分光器を使用した本測定により 5-20km の光ファイバを用いた場合, 最適な波長分解能は 2- 4nm の範囲内にあることが分かった。

次に, 干渉フィルタを用いた各ファイバ長に対する空気中の CH<sub>4</sub> ガスの最小検出圧力の測定結果を Fig. 6 に示す。これより 1.66  $\mu\text{m}$  帯では 3sec の測定時間で直径 20km の範囲内, また 1.33  $\mu\text{m}$  帯では 30sec とすると直径 12km の範囲内でガスセンサに要求される LEL の 25% の検出感度を実現できることが確認された。本装置の検出能力は使用光源の出力や光検出器の感度および装置の光学的効率に依存するので, これらを改善することによりさらに広領域にわたる遠隔測定が期待される。

4. むすび 近赤外域光ファイバ遠隔計測方式は CH<sub>4</sub> ガスの広域にわたる遠隔監視, 分析に優れた特性を有することが実証された。このような全光学的計測システムは CH<sub>4</sub> ガスを多く含む天然ガスや都市ガス, LNG, さらに C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ガス,<sup>6)</sup> LPG など幅広く実用できるもので, 安全かつ高信頼度の新しい光ネットワークを提供するものである。

- 1) H. Inaba, T. Kobayasi, M. Hirama, & H. Hamza, *Electron. Lett.* **15**, 749 (1979).
- 2) T. Kobayasi, M. Hirama, & H. Inaba, *Appl. Opt.* **20**, 3279 (1981).
- 3) K. Chan, H. Ito, & H. Inaba, *Appl. Phys. Lett.* **43**, 634 (1983)
- 4) K. Chan, H. Ito, & H. Inaba, *IEEE/OSA J. Lightwave Tech.* **LT-2**, 234 (1984).
- 5) K. Chan, H. Ito, & H. Inaba, *Appl. Opt.* **23**, 3415 (1984).
- 6) K. Chan, H. Ito, & H. Inaba, *Appl. Phys. Lett.* **45**, 220 (1984).
- 7) K. Chan, H. Ito, & H. Inaba, *Appl. Opt.* **22**, 3802 (1983).
- 8) K. Chan, T. Furuya, H. Ito, & H. Inaba, *Opt. Quantum. Electron.* **17**, 153 (1985).

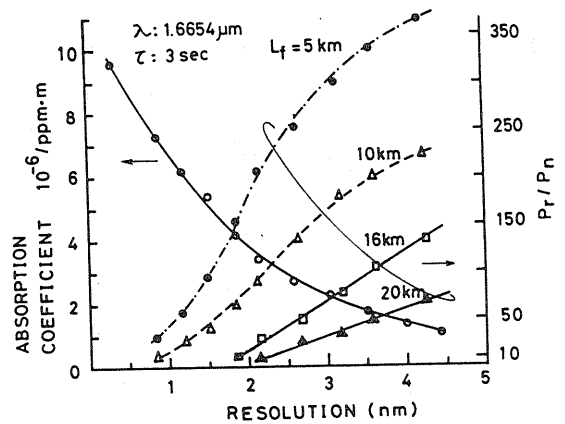


Fig. 4 CH<sub>4</sub>ガスの1.6654  $\mu\text{m}$  における分光器の波長分解能に対する吸収係数および5-20km石英光ファイバを用いた遠隔測定における受信光強度対雑音比の測定結果

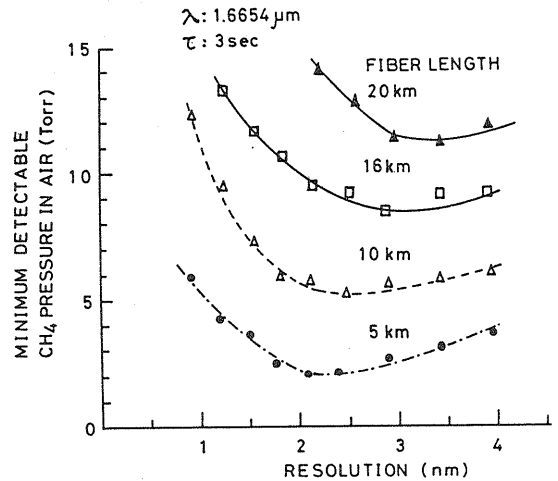


Fig. 5 5-20km石英光ファイバを用いた遠隔測定における分光器の波長分解能に対するCH<sub>4</sub>ガスの最小検出可能圧力の測定結果

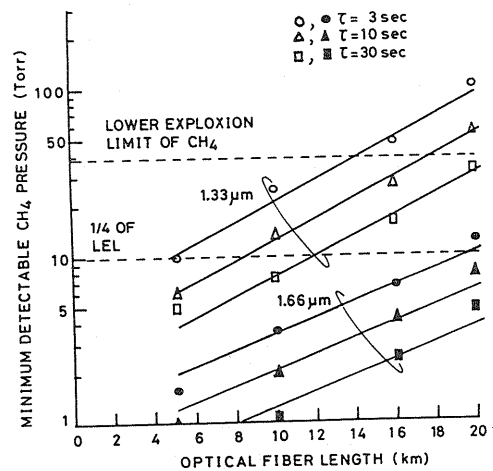


Fig. 6 干渉フィルタを用いた光ファイバ遠隔測定における5-20km石英光ファイバ長に対するCH<sub>4</sub>ガスの最小検出可能圧力の測定結果