

D3 多波長差分吸収法によるSO₂測定精度の理論検討

Analysis of SO₂ measurement accuracy by multiwavelength differential absorption

福地 哲生、後藤 直彦、藤井 隆、根本 孝七

Tetsuo Fukuchi, Naohiko Goto, Takashi Fujii, Koshichi Nemoto

(財)電力中央研究所 狛江研究所 電気物理部

Central Research Institute of Electric Power Industry

Abstract

Mutliwavelength methods to improve the accuracy of a DIAL system for measuring SO₂ are presented. By the selection of appropriate wavelengths, these detection methods can eliminate the effects of ozone and aerosols. A dual-DIAL using four wavelengths is advantageous in view of the measurement accuracy and speed.

背景

酸性雨の原因物質であるSO₂の鉛直濃度分布について、距離分解能100 m程度のデータが必要とされている。計測法としてゾンデ、航空機によるサンプリング、衛星からのリモートセンシング等が考えられる。しかし計測の容易性・即時性・連続性を考慮すると、地上からの遠隔計測が有望であり、SO₂計測用の差分吸収ライダー(DIAL)の開発が期待される。しかし、大気中SO₂濃度は数ppbオーダーと微量であるため、測定精度が問題になる。過去のDIALによるSO₂の測定では、排煙等において高濃度のSO₂を測った例、水平方向に長光路測定を行った例などがあるが、環境大気におけるSO₂の鉛直分布を測った前例がない。

二波長DIALの測定精度

従来の二波長(299.3、300.0nm)を用いたDIALについて計測時の統計的誤差を評価した結果、高度3km以下、距離分解能100 m、統計的誤差を1ppb以下でSO₂を計測するためには、(レーザー出力)×(計測時間)×(受光面積)×(光学系の全効率)を0.5 Jm²以上にする必要があることを明らかにした。しかし、レーザー波長に依存するオゾンによる吸収やエアロゾルによる散乱の影響は1ppb程度のSO₂測定誤差を生じる可能性がある。これらの誤差はシステムの向上のみでは除去出来ないため、より高精度な測定法が望まれる。

多波長DIALによる精度向上

オゾン、エアロゾルの影響を除去するためには、三波長以上を用いた多波長DIALが有力である。三波長又は四波長を用いたdual-DIAL(二波長DIALを二組併用する方法)と五波長を用いたcurvefit法(曲線近似法)を理論的に検討した結果、適切な波長の選択によりオゾン、エアロゾルの影響を除去出来ることを明らかにした。図1にSO₂の吸収断面積

及び計算に使用した dual-DIAL の波長を示す。計算の一例として、測定距離 3km、距離分解能 100m、大気の視程 10km におけるオゾンによる SO_2 の測定誤差を図 2 に示す。また、各測定法におけるオゾン、エアロゾルによる SO_2 の測定誤差を比較した場合、測定・処理速度の点で四波長を用いた dual-DIAL が優れている。

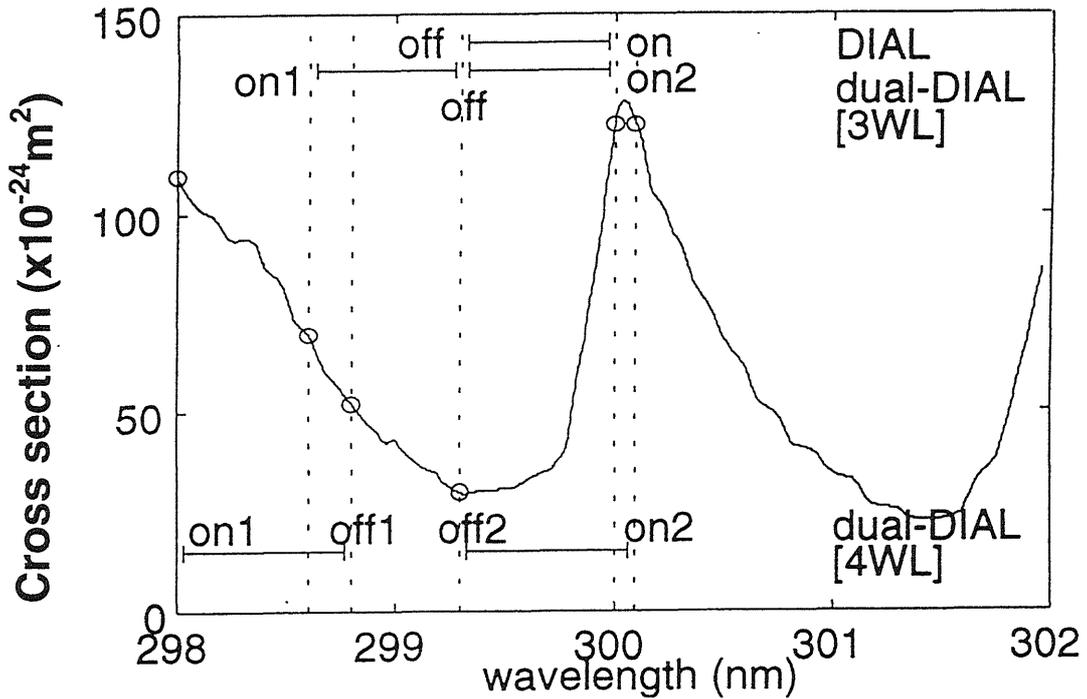


Fig. 1. Absorption cross section of SO_2 and wavelengths used in two wavelength DIAL and multiwavelength dual-DIAL.

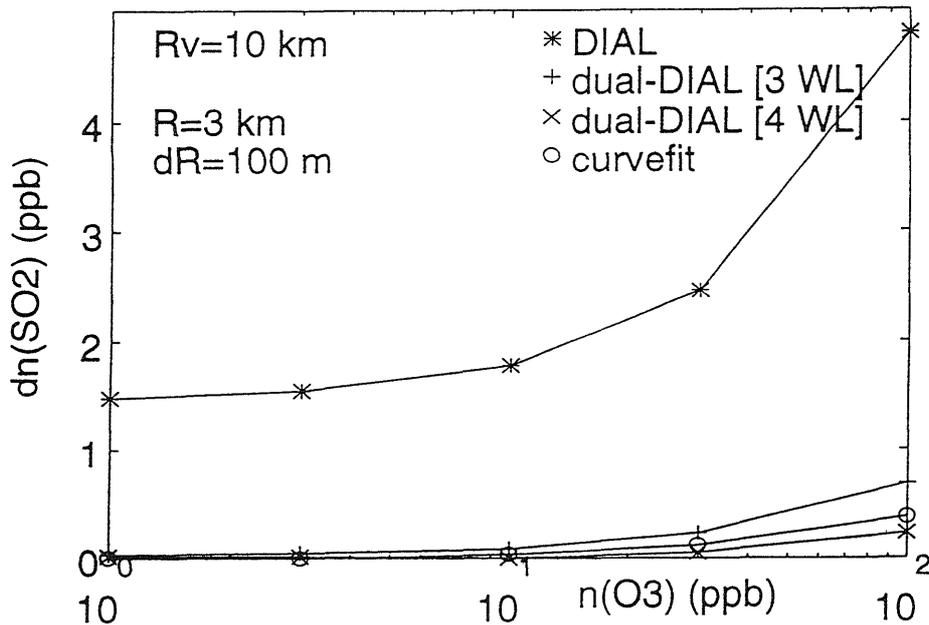


Fig. 2. SO_2 measurement error due to ozone, as a function of ozone concentration, at detection range 3 km, spatial resolution 100 m, visibility of atmosphere 10 km.