

可搬型ライダーによる火山ガス分布計測システムの開発

Development of volcanic gas distribution measurements using a mobile lidar system

首都大院シスデザ ◯柴田 泰邦, 加藤 美優

Tokyo Metropolitan University ◯Yasukuni Shibata, Miyu Kato

E-mail: sibata@tmu.ac.jp

1. はじめに

国内において火山活動が活発化しており、防災・減災のための様々な取り組みが行われている。火山ガスはマグマの上昇に伴って発砲した気体を主成分としているので、その組成は火山活動を反映している。また、火山ガスに含まれる二酸化硫黄 (SO_2) は呼吸器を刺激し、30 ppm を超えると呼吸困難を引き起こし、400 ppm 以上では数分で生命に危険が及ぶ。つまり、火山ガスの動態を明らかにすることは、噴火予知や噴火後の活動予測に役立つ。

長い間、人間が重装備で火山ガスを直接測定するのが一般的なスタイルだったが、1990年の雲仙普賢岳の噴火後に、溶岩ドーム成長にともない割れて露出する高温面を赤外光源として利用する赤外分光法によって衛星からの火山ガスの遠隔計測が行われた¹。より詳細な火山ガス動態解析のため、連続的かつ高分解能で SO_2 の立体的な濃度分布を、様々な立地条件で遠隔計測できる、可搬型ライダーシステムを提案する。

2. SO_2 分布計測用可搬型ライダーの開発

大気中の微量気体の濃度分布計測を行うライダーとして、差分吸収ライダー (DIAL: Differential Absorption Lidar) がある¹。従来の SO_2 DIAL は、色素レーザーの第2高調波が使われてきた。装置の大型化と煩雑なメンテナンス、低いビーム品質といった問題がある^{2,3}。色素レーザーは人体に有害な色素を用いることや色素の劣化により長時間運用が困難という点が問題となる。そこで、半導体レーザーを励起光とする DPSS レーザーを用いて小型化・高効率化する。589 nm 付近と 593 nm 付近の DPSS レーザーが実用化され、これらの第2高調波がそれぞれ 295 nm、297 nm と図1に示す SO_2 の吸収帯に一致する^{4,5}。この波長帯はオゾン層によるソーラーブラインドに対応し、昼間の背景光が無視できる利点がある。

表のシステムパラメータを用いて SO_2 測定誤差の数値計算を行った。結果を図2に示す。 SO_2 の分布は、ライダーから距離 400~600 m の区間で臭気を感じる 0.5 ppm と呼吸が困難になる 30 ppm の2通り、その他の区間を通常の大気中濃度に相当する 0.05 ppm と仮定した。図2より、 SO_2 濃度の高い区間を測定誤差 10% 以下で測定可能であることが分かった。30 ppm の場合、距離 560 m 以降で測定誤差が 10% を超えている。これは On 波長信号の減衰が激しいため十分な SN が得られていないことが原因である。実際の運用では、データ処理の段階で積算時間や距離分解能を適宜変更することで測定誤差 10% 以下の測定が可能である。

現在、試作機用に用いる DPSS (593.7 nm, 20mW) の性能評価を行っている。発振波長に 30 pm/°C の温度依存性がみられるため、DPSS 本体の断熱・温調機構を製作中である。これと並行して、BBO 結晶を用いた

第2高調波発生機構の開発も進めている。

表 ライダーシステムパラメータ

レーザー出力	100 μJ	On 波長	295.4 nm
		Off 波長	297.4 nm
積算回数	120,000	望遠鏡	150 mm ϕ
距離分解能	20 m	量子効率	0.3

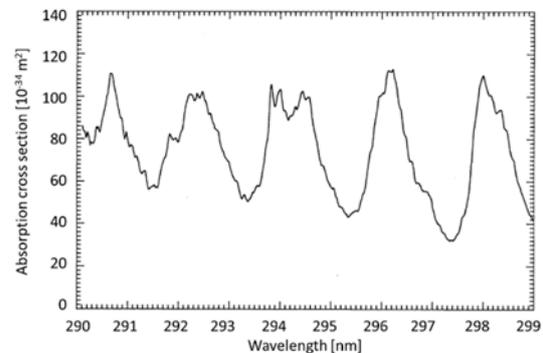


図1 SO_2 の吸収断面積

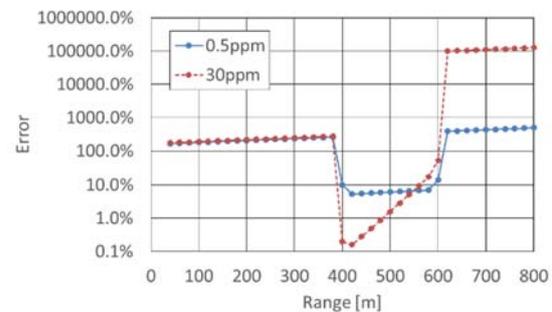


図2 測定誤差の数値計算結果

3. まとめ

火山ガス中の SO_2 濃度分布を計測するため、DPSS レーザーを光源とする DIAL を用いることで、機動性に富んだシステムを実現する。状況に応じてライダー設置場所を移動させることで、火山ガスの状況をリアルタイムで正確に把握できるようになる。これは、防災・減災のみならず、経済活動への影響を最小限に抑えることが期待できる。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16K12850 の助成を受けたものです。

参考文献

- 金子他, 火山, **47** (2002), 449.
- Y. Shibata, et al.: Appl. Opt. **56** (2017) 1194.
- U. B. Goers: Opt. Eng. **34** (1995) 3097.
- T. Fujii, et. al.: Appl Opt. **43** (2002) 524.
- D. J. Brassington: Appl. Opt. **21** (1981) 3774.