

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：32644

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656565

研究課題名(和文) 後方ラマン散乱光観測による火山性流体のリモートセンシング

研究課題名(英文) Remote sensing for the volcanic fluid by use of back scattering Raman light

研究代表者

大場 武 (Ohba, Takeshi)

東海大学・理学部・教授

研究者番号：60203915

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：活動的火山湖などの天然における強酸性水溶液の酸濃度を遠隔的に観測するための基礎的な実験を行った。532nm, 0.6Wの固体レーザーを励起光として、純水、各種濃度の塩酸水溶液の後方散乱ラマン光を30cmの距離において観測した。ラマン散乱光はモノクロメーターで分光し、フォトマルチプライヤーで光検出した。その結果、642nmと650nmに水分子に特徴的なラマン光を観測し、それらのピーク高さの比が、酸濃度と相関することを確認し、ラマン光観測による水溶液酸濃度の推定が可能であることを実証した。

研究成果の概要(英文)：We carried out a basic experiment by which the acidity of natural water such as the lake water in active volcanoes. For the exciting light, 532nm 0.6W laser was employed. For the detection of Raman light, a monochromator and a photomultiplier were used. In a laboratory, water solutions with various acidities were excited by the laser and the back scattering Raman light was observed with the distance of 30 cm. The characteristic Raman light originating in the vibration of H₂O molecules were detected at 642 and 650 nm of wave length for the peak in spectra. The relative height of those peaks was correlated to the acidity of solution, implying the possibility of remote sensing of water acidity based on the Raman light observation.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・地球・資源システム工学

キーワード：ラマン光 火山 流体 火山湖 リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

火山活動の駆動力はマグマに含まれる揮発性成分 (H_2O , CO_2 , SO_2 , H_2S , HCl , H_2 など) の脱ガスである。これらの成分は噴気などの火山ガスや活動的火山湖に溶け込んで地表に現れる。火山ガスの $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は火山活動の活発化に伴い増加することが知られている。1976 年の草津白根山水釜火山口における水蒸気爆発では 1 年以上前から火山ガスの $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比が上昇した (Ossaka et al. 1980)。火山ガスに含まれる SO_2 や H_2S は人体に有害であり、噴気地帯で火山ガスを採取することは基本的に危険を伴う。草津白根山では 1990 年に地震が頻発し、山頂の火山湖「湯釜」(図 1) の湖水 pH が急激に低下し Cl 濃度が増加した (Ohba et al., 2008)。この変化は、マグマから湖水に対して供給される HCl の量が急増したことを意味している。阿蘇山中岳火山口には湯釜に似た「湯だまり」が存在する。1958 年 6 月の噴火は殆ど兆候と見られる地震活動がない状態で突然発生し、噴石により 12 名の死者が出ている。「湯だまり」の化学組成は湯釜と同様にマグマ活動を反映するので定期的なモニタリングにより噴火を予測できる可能性がある。しかし「湯だまり」は深い火山口の底にあるので人手により採取することができない。

現在、火山ガスに含まれる SO_2 は DOAS (Galle et al., 2002) により遠隔的に観測できるが晴天の日中しか観測できない。これは青空の紫外線を利用するためである。複数の気体分子を遠隔的に観測する技術としては望遠 FT-IR (Mori et al., 1993) があるが、赤外光を発する高温の岩石が背景にあるなどの恵まれた条件がないと観測はできない。湖水の pH を遠隔的に観測する技術は未だ開発されていない。

2. 研究の目的

本課題では、安全に火山ガスや火山湖に関する化学的な情報を得るためにラマン散乱光を利用する観測技術を開発する。

3. 研究の方法

気体や液体に振動数 ν_0 の光を当てると振動数 ($\nu_0 - \nu_1$) のラマン光が散乱される。その振動数の差 ν_1 は物質に固有なのでラマン散乱光を分光することにより物質を特定し、スペクトルピークの強度から濃度を知ることが可能となる。

ラマン散乱はよく知られた現象であり、物質の特定などに利用されているが、火山観測に利用した例は皆無である。Inaba and Kobayashi (1972) はラマン散乱光を用いた気体の遠隔観測を先駆的に実験したが、その後実用化に至っていない。その原因として、検出器の感度が低かったことが挙げられる。本研究では光検出器にフォトマルチプライヤーを使い、さらにノイズを大幅に低下させる目的で、パルスレーザーと同期検波器を組み合わせ、ラマン光の検出感度を格段に向上させる。

火山ガスを遠隔的に観測する手法としては、DOAS や望遠 FT-IR があるが、それぞれ自然に存在している紫外光と赤外光を利用する。そのために観測は恵まれた気象条件や、高温の岩石が背景に存在するなど特殊な条件を必要とする。これに対し、本研究の原理は能動的に観測対象に励起光を当てるので、観測条件に制約が少ない。また、レーザー光は殆ど広がらずに遠隔対象に照射できるので、気体の分布や湖水面上の pH 分布を細かく観測できる。

4. 研究成果

図 1 に示す装置を作成し、ラマン光の観測を行った。励起光には、532nm 0.6W の固体レーザーを用い、実験室において試験管に塩酸水溶液をいれて、照射し、30cm の距離を隔て、

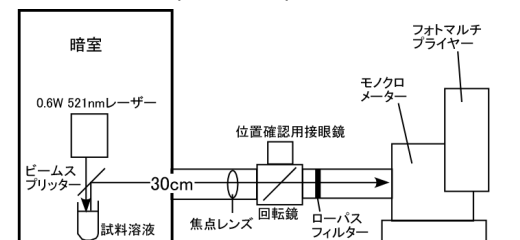


図 1. ラマン光観測実験装置

てラマン散乱光を焦点レンズを介し、分光器に導入した。分光された光の検出にはフォトマルチプライヤーを用いた。観測されたラマン光のスペクトルを図2に示す。

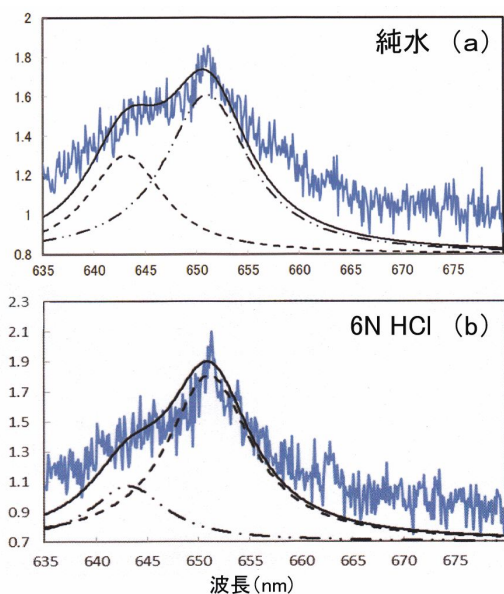


図2. ラマン光スペクトル

この図に示されるスペクトルを見ると、純水と塩酸溶液の両者について、二つのブロードなピークが重畳していると推定される。既存の研究を参考にすると、650nm 付近にピークを持つ大きなピークは、水分子の H-O 振動に対応している。一方、642nm 付近に見られる比較的小さなピークは、水分子間の水素結合に起因している。ここで、650nm のピークと 642nm のピークをモデル化し図3に示す。

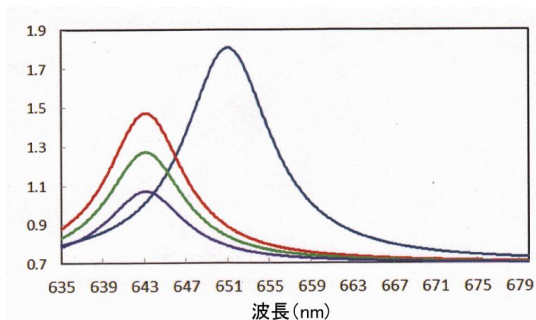


図3. モデル化したラマンピーク

これらの二つのピークについて、650nm のピーク高に対する 642nm のピーク高の比を取り、塩酸濃度の相関を図4に示す。

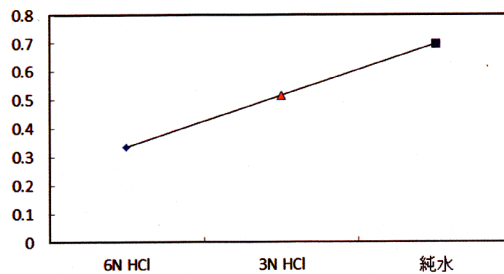


図4. 塩酸濃度をピーク高比の相関

図4によると、塩酸濃度は、ラマン光をモデル化した2ピークの強度比の単純な関数として与えられることが示唆される。つまり、ラマン光の観測から、遠隔的に水溶液の酸濃度が推定可能であることが実証された。

本研究で確立された手法を実際の火口湖などに応用するには、今後以下の課題に取り組む必要がある。

1. 励起光であるレーザーの大幅な出力向上
2. 微弱ラマン光を遠距離で観測するための光検出器の感度の大幅な向上。
3. 酸以外の水溶液成分とラマンピークの形の相関の有無を調べるための基礎実験。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 0件)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

[その他]

ホームページ等 該当なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大場 武 (OHBA, Takeshi)

東海大学・理学部・教授

研究者番号 : 60203915