

大気中のエアロゾルを一粒ずつ化学分析する装置を開発し、日本に飛来する黄砂分析で威力を実証

チームリーダー 松見 豊 (名古屋大学太陽地球環境研究所・教授)

Keyword

光イオン化、微粒子、揮発性有機物、質量分析、黄砂粒子

開発課題名 光イオン化質量分析法による微粒子・微量成分計測

■ 参画機関名：(株)堀場製作所、東京大学、京都大学、(独)国立環境研究所、(株)トヤマ

■ 開発期間：平成16～20年度(予定)

課題概要

サイズごとに微小粒子の化学成分を測定するレーザーイオン化微粒子質量分析器、および揮発性有機化合物を高感度検出する可搬型高感度光イオン化質量分析器を開発する。健康への悪影響が懸念されるディーゼル排ガス粒子などの大気中の微小粒子の分析、およびダイオキシン前駆体、シックハウス症候群原因物質や危険物などの高感度検出定量が可能となり、大気環境問題やリスク低減へ貢献する。

得られた開発成果の概要

■ 開発の背景／経緯

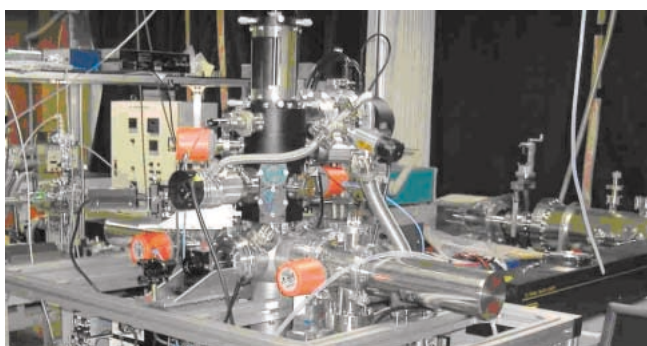
大気環境問題の解決に当たっては、大気中の微粒子の分別やその化学組成の解明、また排出源の特定、各地域における大気濃度分布の詳細な測定等が必要である。そのため本課題では、サイズごとに微小粒子の化学成分を測定する「レーザーイオン化微粒子質量分析器」、および揮発性有機化合物を高感度検出する「可搬型高感度光イオン化質量分析器」を開発した。

■ 開発の成果

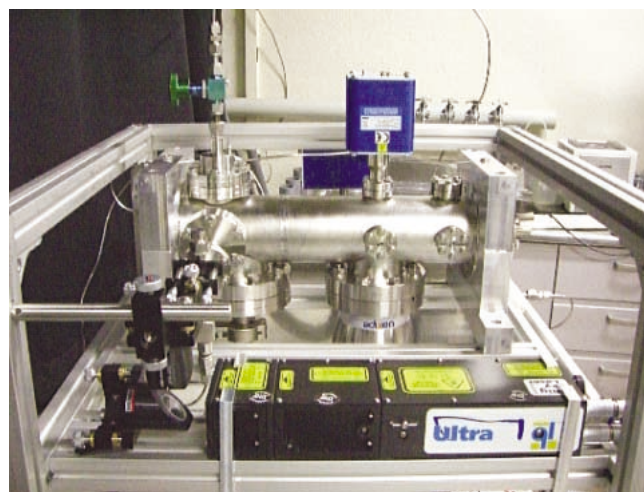
レーザーイオン化微粒子質量分析器では一つ一つのエアロゾルの粒子に高い強度のレーザー光を照射して、気化・イオン化させて、そのイオンを質量分離して成分を測定する。粒子の真空導入部、粒子の検出とサイズ測定部、粒子の気化・イオン化部、質量分析部、およびイオン検出器とその信号処理部からなる。大気中の粒子を、段階的に真空度を高めた部屋を通して粒子ビームの形でイオン化領域に到達させる。真空チャン

バーに取り込んだ大気エアロゾル粒子を、紫外パルスレーザー光を照射し、粒子をアブレーション・イオン化する。粒子から生成した化学成分のイオンを質量分離して計測する。質量分離に飛行時間型質量分離法 (time-of-flight mass spectrometry, TOF-MS) を用いる。TOF-MSは一度に全ての質量のイオンを検出して質量スペクトルを得ることができる。これにより、微粒子一粒ずつの質量スペクトルをリアルタイムで計測することができるようになった。

揮発性有機化合物 (VOC) のフィールド測定を目的とした真空紫外光をイオン化源とした可搬型光イオン化飛行時間型質量分析計の開発を行った。質量分析の問題点の一つとして、イ



レーザーイオン化微粒子質量分析器



可搬型光イオン化飛行時間型質量分析器

オン化の際のフラグメンテーションがある。真空紫外一光子イオン化法を用いることでVOCのイオン化における余剰エネルギーを小さく抑えることができ、フラグメントの少ない単純な質量スペクトルが得られリアルタイムの計測が可能となった。これにより、従来の質量分析法では困難であった都市大気など

の混合気体系における高感度・高精度のVOC計測が可能となった。また、フィールドへの持ち運びが可能な小型装置の設計・開発を行った。装置全体のスケールとして50×50×60 cm³、重さ約30kgと小型であるにも関わらず質量分解能800@m/z=112の高質量分解能を達成した。

黄砂や排ガス粒子などのその場分析により、環境問題に貢献

開発した「レーザーイオン化個別粒子質量分析計」は、大気微粒子一つ一つの粒子径とそれらに含まれる化学組成の詳細が実時間で得られる、環境問題の解決に不可欠な情報を提供する装置である。また、「可搬型微量有機成分検出器」については、環境・安全に対するリスク低減への貢献も期待される。

■黄砂粒子の分析への活用

レーザーイオン化個別粒子質量分析計を用いて、日本に飛来する大気中の黄砂粒子の分析を行った。日本で地上に沈着する黄砂エアロゾルが、汚染大気物質の窒素酸化物や硫酸化物を吸着していることを見出した。中国から日本に飛来する際に、中国や韓国の都市域や工業地帯の上空を通過するためであると考えられる。大気汚染物質の付着により呼吸器官等への健康影響も懸念される。この観測結果は、国際的な地球物理の学術誌に掲載された(下記論文1)、さらに新聞やテレビで大きく取り上げられた(右参照)。

■排ガス中微粒子等の分析への活用

ディーゼルエンジンの排ガス中の微粒子に含まれる健康影響が懸念される多環芳香族分子(PAH)の解析応用が注目を集め、自動車技術会の専門委員会などで招待講演を行っている。これから微粒子の環境影響問題が重要になるが、開発している微粒子計測器はそのニーズにこたえるものである。

■環境リスク低減への貢献

可搬型微量有機成分検出器は光化学スモッグの原因物質であるVOC、ダイオキシン前駆体、シックハウス症候群原因物質などの大気環境問題に関連した化学物質のリアルタイムでの高感度計測が可能である(下記論文2)。

■安全対策への貢献

また、可搬型微量有機成分検出器は、空港手荷物検査での化学兵器関連化学物質の検出や空港や街などでの麻薬の検出など幅広い用途に応用が可能である。



新聞報道：読売新聞 2006年4月25日朝刊
他にも日経新聞2008年4月1日など多数



テレビ報道：2007年5月2日朝日放送テレビ
他にも2008年3月31日NHKテレビなど多数

上記成果の科学技術的根拠

【出願特許】

1. 特開 2006-133149、「粒子分析装置」、出願人：名古屋大学、(株)堀場製作所

【発表論文等】

1. J. Matsumoto, K. Takahashi, Y. Matsumi, A. Yabushita, A. Shimizu, I. Matsui and N. Sugimoto, "Scavenging of pollutant acid substances by Asian mineral dust particles", Geophys. Res. Lett., Vol. 33, No. 7, L07816, 10.1029/2006GL025782 (2006).
2. N. Kanno and K. Tonokura, "Vacuum ultraviolet photoionization mass spectra and cross sections for volatile organic compounds at 10.5 eV", Appl. Spectrosc. 61, 896-902 (2007).