多種類のガス分析のための 10cm 可搬型ボール SAW ガスクロマトグラフの開発

Development of 10cm Portable Ball SAW Gas Chromatograph for Analysis of Multiple Gases

ボールウェーブ [1]，宇宙航空研究開発機構 [2]　°岩谷 隆光 [1]，赤尾慎吾 [1]，山中一司 [1]，岡野達広 [1]，竹田宣生 [1]，塚原祐輔 [1]，大泉透 [1]，福士秀幸 [1]，菅原真希 [1]，辻俊宏 [1]，田中智樹 [1]，武田昭信 [1]，島明日香 [2]，松本聡 [2]，菅原春菜 [2]，星野健 [2]，坂下哲也 [2]

Ball Wave Inc. [1], JAXA [2], °Takamitsu Iwaya[1], Shingo Akao[1], Kazushi Yamanaka[1], Tatsuhiro Okano[1], Nobuo Takeda[1], Yusuke Tsukahara[1], Toru Oizumi[1], Hideyuki Fukushi[1], Maki Sugawara[1], Toshihiro Tsuji[1], Tomoki Tanaka[1], Akinobu Takeda[1], Asuka Shima[2], Satoshi Matsumoto[2], Haruna Sugahara[2], Takeshi Hoshino[2], and Tetsuya Sakashita[2]

E-mail: iwaya@ballwave.jp

はじめに　宇宙探査における月・惑星・小天体の表面その場分析や有人宇宙滞在環境測定などで、多種類の揮発性ガスを分析できる可搬型ガスクロマトグラフ(GC)が求められている。本研究は、球状素子の多重周回する弾性表面波(SAW)を利用したボール SAW センサ[1]を用いた可搬型のボール SAW GC を開発した。

ボール SAW GC　2 種類のガス分離カラムとセンサを用いるガス直進法[2]を適用した 10cm 角のボール SAW GC を Fig.1 に示す。キャリアガスは水素吸蔵合金キャニスターより供給し、圧力レギュレーターで流量制御した。ステンレス板のエッチングと拡散接合により長さ 3m の流路を形成したメタル MEMS カラム[3]の流路長の増加のため、熱的鏡映面を有する流路長 10m の 3 層構造カラムを開発した。1 段目のカラムは 10m の流路に 5%diphenyl -95% polydimethylsiloxane (PDMS)を固定相として塗布し、2 段目のカラムは polyethylene glycol を塗布した 10m の流路を 3 枚連結して総流路長 30m とした。カラム温度は、カラム両面に設置したシートヒーターと空冷ファンで制御した。カラム 1 の出口に感応膜として PDMS を成膜したセンサ 1 を、カラム 2 の出口に Poly-N-vinylpyrrolidone を成膜したセンサ 2 を適用した。この他に濃縮器を備えた試料ガスの捕集・注入ユニットやボール SAW センサの検波回路、バルブやヒーター等の制御回路を含む。キャリアガスラインを除いた装置の大きさは 10×10×10 cm で重量は 762g だった。

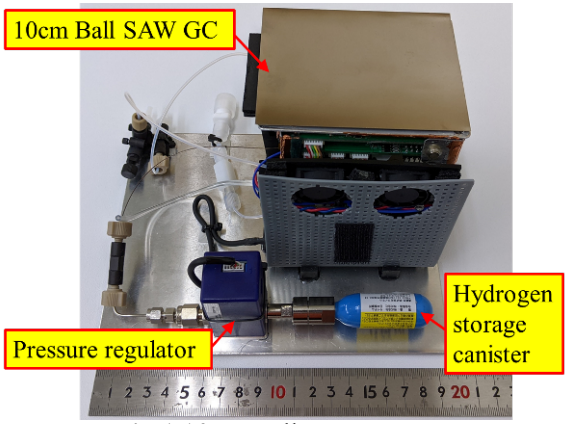


Fig.1 10cm Ball SAW GC.

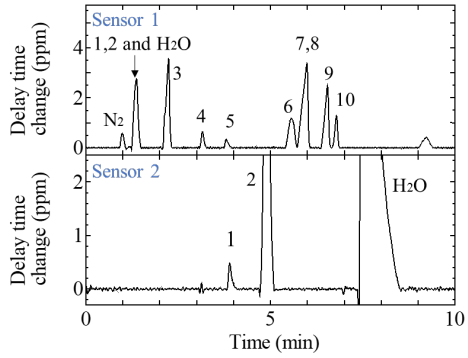
分析　宇宙機における空中汚染物質[4]より選定した 10 種の有害ガスを暴露期間 180 日間における最大許容濃度で混合し、開発したボール SAW GC を用いて分析した。試料ガスは、流量 33 ml/min で 2 分間捕集した。カラム温度は 40℃で 5 分間保持した後 10℃/min で 140℃まで昇温した。分析結果を Fig.2 に示す。Acetone、2-propanol および試料作製の過程で混入した水分は、1 段目のカラムでは分離されず、センサ 1 で 1 つのピークとして検出されたが、2 段目のカラムにより分離されてセンサ 2 で検出された。その他の成分はカラム 1 で分離されセンサ 1 で明瞭なピークとして検出された。

結論　サンプラー、濃縮器やカラム温度制御など既存の卓上 GC と同等の機能を有する 10 cm 角 762g の小型 GC を開発し、約 10 分の測定で 10 種類の有害ガスの分離・検出に成功した。

謝辞　本研究は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙探査イノベーションハブとの共同研究として実施したものである。

参考文献

[1] K. Yamanaka: Appl. Phys. Lett. 76 (2000) 2729.
[2] 岩谷ら 2021 年春季応物予稿 17p-Z13-8.
[3] T. Iwaya: Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 07GC24.
[4] https://standards.nasa.gov/standard/jsc/jsc-20584



1: acetone (22 ppmv), 2: 2-propanol (60), 3: 1-butanol (12), 4: toluene (4), 5: n-octane (3), 6: ethylbenzene (12), 7: m-xylene (8.5), 8: p-xylene (8.5), 9: o-xylene(8.5), 10: nonane (3)

Fig.2 Chromatograms by ball SAW GC. The number in parentheses indicates concentration.