

発表論文:

## Application of the Quartz Crystal Microbalance Method for Measuring Mercury in the Air of Working Environments Involved to Artisanal and Small-scale Gold Mining (ASGM)

零細・小規模金採掘等の作業現場における気中水銀測定への水晶振動子式検知法の適用  
Kohji MARUMOTO, Kazutoshi NODA, João P. G. PEREIRA, Marcelo DE OLIVEIRA LIMA, Iracina M. DE JESUS, Masumi MARUMOTO, and Hirokatsu AKAGI  
Analytical Sciences, Vol. 36(12), pp.1515-1519, 2020 (Open access paper)  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/36/12/36\\_20P178/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/36/12/36_20P178/_article)

零細・小規模金採掘(以下 ASGM)は、人間活動による最大の水銀排出源であり、世界 70 か国以上において 1,000 万人以上の労働者が従事しているといわれています。金を精錬する際に、水銀アマルガム法を用いることが多いため、発生する水銀蒸気による労働者への健康影響が懸念されていますが、その曝露状況の詳細は明らかではありません。その要因の一つとして安価で簡易な水銀モニタリング方法が確立されていないことが挙げられます。本研究では、ブラジル国の ASGM 現場及び ASGM 現場で採取された水銀を含む粗金を取引するゴールドショップにおいて水銀計測用の水晶振動子式検知器(QCM-Hg、図 1)による安価かつ簡易な気中水銀モニタリング方法について検討しました。なお、QCM-Hg は産業技術総合研究所との共同研究で開発されたもので、センサ部で水銀等の重さを検知すると、重さに応じて水晶振動子の振動数が変動することを測定原理としています。

ゴールドショップにおける QCM-Hg と従来の測定装置との相互比較により、店内の気中水銀濃度が数～数十  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、この濃度範囲において振動数変動量の傾きと気中水銀濃度との間に極めて強い相関関係があることが明らかになりました。そこで、ある一定時間の振動数変動の傾きを連続的に計算し、濃度換算する方法を提案し、当該時刻から 2 分前までの 2 分間の振動数データを用いて傾きを連続的に計算すれば、ほぼリアルタイムで水銀濃度を計測できることがわかりました。一方、ASGM の現場(図 2)では、作業内容によって約 9,990  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の気中水銀濃度を検出することもあり、このときの QCM-Hg の振動数は 1 分以内に約 1,000 Hz の急激な変動を示しました。その後振動数の変動が見られないプラトーの状態となりましたが、これは極めて高濃度の水銀蒸気に QCM-Hg が曝されたときの反応として興味深く、警報装置として応用できる可能性があります。

QCM-Hg の振動数変動は気温や湿度の影響も受けるため、それらの変動が小さいエアコンのある室内や短時間であれば、気中水銀濃度の簡易モニタリング法として有用であることが本研究によりわかりました。しかし、気温や湿度の変動が大きい屋外や労働時間を想定した長時間の計測への応用については今後の課題です。

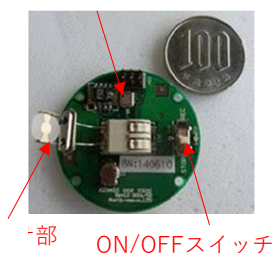


図 1 QCM-Hg



図 2 金採掘現場での調査風景