【5-1704】 水銀を利用する環境とその周辺における水銀ばく露測定システムの開発 (H29～H31)

研究代表者 野田 和俊（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

1. 研究開発目的

誰にでも容易に活用できる小型・高感度の水銀ばく露測定システムを開発し、水銀削減に貢献する目的で研究を実施した。

国連環境計画で「水銀に関する水俣条約」が制定され、水銀の使用・排出の削減や廃棄物管理などが求められた。特に、途上国などの小規模金採掘作業からの排出の対策が喫緊の課題となっている。これから、大気汚染と個人ばく露による健康影響の懸念があるが、現場で利用可能な高感度測定システムがないため、これらのデータがほとんど無い状況である。そこで、取り扱いが容易な小型デバイスの水晶振動子を活用したオンサイトでの測定システムの研究を実施している。

ここでの目的と目標として、

サブテーマ（1）の達成目標として、WHO の作業環境基準値である $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ を測定可能で 100g 以下のシステムを開発することである。

サブテーマ（2）の達成目標として、実験動物を用いて水銀蒸気の個人ばく露モニターとしての QCM センサの有効性を確認するとともに、実際の作業環境等での使用方法についても検討する。また、センサを有効利用することで作業員の水銀ばく露低減策及び周辺環境への拡散防止策を検討する。

サブテーマ（3）の達成目標として、水銀蒸気の個人ばく露モニターとして開発する水晶振動子式センサの信頼性評価を行うためのデータを蓄積することである。

サブテーマ（4）の達成目標として、対象地域における水銀のばく露シナリオを設定し、人へのばく露に関する種々のパラメータや地域特有の環境条件などを明らかにすることである。

2. 研究の進捗状況

サブテーマ（1）の進捗状況は、年度計画通りに進捗している。ここでは、小規模金採掘地域での水銀使用作業環境個人ばく露測定システムの有効性を明らかにした。この測定手法では、水晶振動子の金電極と水銀との反応（アマルガム）を利用し、WHO の作業環境基準である $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ （約 0.12ppb 程度）程度を検知可能であることが示された。さらに、ミニロガーと小型ポンプを使用したシステムにおいて、水銀濃度と発振周波数変化量間の比例関係が示され、身体に装着可能なシステムとして現場測定で有効活用可能と考えている。

サブテーマ（2）の進捗状況は、年度計画通りにほぼ進捗している。QCM センサと生体反応との関係を明らかにするための予備実験の結果、実験動物に影響のある高濃度水銀の環境下（約 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）では、QCM センサの信号値がプラトーとなる飽和状態に数十分で到達することがわかった。このような短時間では実験動物の臓器に水銀蒸気ばく露の影響が現れる可能性が低いことから、今年度予定の動物実験を再検討し、水銀蒸気濃度を 10 分の 1 程度低く設定して実施する。また、実験動物がその蒸気を吸引したことがわかる鼻の組織を対象として総水銀濃度を測定し、実験動物それぞれに取り付けた QCM センサの信号値との相関関係を調べる。一方、ブラジル国の金鉱山での QCM センサの動作では、センサの信号値と気中水銀濃度、並びに水銀を使用する作業内容との関連性が認められた。

サブテーマ（3）の進捗状況は、年度計画通りに進捗している。本サブテーマでは、作業環境等における水銀蒸気の個人ばく露モニターの開発と評価として、今年度インドネシア共和国リアウ州クワンタン県の金製錬地域において、現地の政府機関や大学の協力の下、周辺環境の水銀濃度測定を実施した。また、金製錬の作業場において、水銀濃度測定のための個人ばく露モニター

(QCM センサ) を設置し、既存法 (原子吸光法) との比較を実施し、その有効性が示された。

サブテーマ (4) の進捗状況は、年度計画通りに進捗している。本研究では、一般環境及び森林の土壌を対象として土壌の水銀フラックスの測定を行うことで土壌-大気への水銀の移動現象に寄与する要素の検討及び水銀に関する作業環境と一般環境と森林の水銀ばく露によるリスク評価を行った。一般環境及び森林の土壌の水銀フラックスは、土壌中の全含有量によって寄与していることが示された。温度、日照及び土壌含水比などの土壌に関連する要素と水銀フラックスには、分散が大きくなることが示された。また、このリスク評価モデルにおいても、土壌または堆積物中の水銀全含有量が大気中の水銀濃度の最も重要な要素となることが示唆された。地質的な特徴を調査において、季節変動に伴う気温、日照及び降雨量などは、長期間の調査により評価する必要があると考えられる。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

現場環境下において、簡便で高感度検知可能な計測システムの開発は、「水俣条約」に対する日本の技術を世界に広くアピールし、行政ニーズおよび環境政策への貢献に資するものである。特に、日本が率先して水銀の諸問題に直面している途上国などへ、使用削減に向けて各種対策技術を提供することが可能である。特に、世界の排出量の約 40%に近い割合である小規模金採掘業界に対する貢献として、今まで行われていなかった作業中の個人ばく露測定に関する研究開発は、現在未解明である作業環境の実態を把握するだけに留まらず、作業者自らのリスク低減につながり、我が国の優れた技術を国際展開できるものでもある。

4. 委員の指摘及び提言概要

センサの開発は順調に進捗していると思われるが、実測データは未だ断片的であるので、今後は、ASGM 周辺環境での Hg 動態や作業者曝露の時空間変動の解析に役立つ様なシステムティックなデータ集積を行ってほしい。実用への道筋をより明確にした研究の推進を望みたい。

測定システムとしての知財権の取得や製品 (商品) 化への対応を検討願いたい。

5. 評点

総合評点 : A