

審査の結果の要旨

氏名 サディア カンワル

本論文は4章からなる。第1章では水銀の環境動態、ヒトへの曝露、毒性などについて概説した後、水銀の全球的な使用削減を目指すとともに、人々の曝露モニタリングを求める水俣条約の締結国であるパキスタンには信頼できる曝露データがないことに言及し、本論文全体の目的として、パキスタン一般公衆の水銀曝露評価を行うこと、曝露源を先進的な分析化学的方法によって明らかにすること、高レベル曝露の健康リスクを見積もることの3点としている。

第2章では、2015～2016年にパキスタン6都市に在住する291人の対象者から収集した頭髪の水銀分析を行い、同対象者に行った、属性や生活習慣等に関する質問票調査結果と、頭髪水銀濃度の個人間変動との関連を調べている。その結果、頭髪水銀濃度の中央値は0.34 mg/kgと、わが国の1/10程度であり、全体としては人々の水銀曝露レベルが低いことが判明した一方で、一部の対象者に頭髪中濃度として565 mg/kgまでの、きわめて高レベルの水銀曝露があることを見いだしている。この高レベル曝露は、スキンケア等スキンケア製品の使用と統計学的に有意な関連があり、一般に水銀曝露源として知られている魚食や喫煙などとは関連がないことから、同国一般公衆における水銀曝露プロファイルは特異的なものであることを見

出している。

第3章では、第2章で得られた頭髪水銀濃度の分布の95パーセンタイル以上の対象者の頭髪に検出された水銀 (>11 mg/kg) の化学形態分析、安定同位体分析を行って、頭髪中の水銀をより詳細にキャラクタライズするとともに、頭髪水銀濃度が高かった対象者が使用していると回答した、パキスタン国内で市販されているスキンケア製品の水銀濃度・同位体比分析を行い、頭髪中水銀同位体比と比較して、これらが曝露源であるかについて考察している。さらに、高濃度の水銀を含有するスキンケア製品を使用することの健康リスクについても考察している。

第3章第1項では、液体クロマトグラフ-ICP 質量分析法により、頭髪中水銀のほとんどすべてが無機水銀であり、メチル水銀はごく低濃度、エチル水銀、フェニル水銀は不検出であったこと、これ以外の水銀含有化合物が頭髪中に低濃度で検出されたが、未同定であることが報告されている。

第3章第2項においては、頭髪について還元気化 - マルチコレクター型 ICP 質量分析法によって測定した7つの水銀安定同位体に基づき算出された同位体比は、これまでいくつかの国の人々について報告されている値と比べて、光酸化されている水銀のレベルが低いことが見いだされている。また、パキスタンで市販されている10種のスキンケア製品の水銀濃度分析の結果、2~3%という高濃度水銀を含有するスキンクリームが2種あることを見出している。4名の対象者について、頭髪水銀同位体比と、彼らが日常使用して

いと回答した製品の同位体比を比較し、1名では一致が見られたが、他3名では一致していない。彼ら自身が回答したスキンクリーム以外の製品の使用による頭髮水銀汚染がある可能性に言及している。

第3章第1項、第2項の結果から、個人レベルでは一部齟齬が見られるものの、第2章で統計学的手法に基づき推定された、スキンケア製品の使用が高レベル水銀曝露源である、という仮説がおおむね支持されたとしている。第3章第3項においては、高濃度の無機水銀を含有するスキンクリームの使用による健康リスクについて、スキンクリームの皮膚への塗布から推計した無機水銀の体内取り込み量と、国際機関による無機水銀の耐容摂取量とを比較する Hazard Quotient (HQ) により検討している。一般に $HQ > 1$ でリスク管理の必要性が指摘されるのに対し、第3章第2項で見いだされた、最も高い水銀濃度のスキンクリーム使用による HQ は 320 であり、リスク管理が強く求められることを指摘している。

第4章では、以上の結果を要約したうえで、今後の展望について言及している。

本研究は、国際的な取り組みが強化されるようになった水銀問題に焦点を当て、水俣条約締結国であるパキスタンにおける水銀曝露の現状を把握しただけでなく、調査の過程で見いだされたきわめて高レベル水銀曝露の原因について、先端的化学分析手法と統計学的手法を併用して同国内で市販されているスキンクリームが疑わしいことを指摘し、かつその使用による健康リス

クについても定量的な評価を行ったものである。この結果に基づく人々の行動変容により、水銀の健康リスクを著しく低下させることができる可能性を示した点で、学術的のみならず、現実的な意義があるものである。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1947 字