

# 3種類の *In-vitro* 胃小腸模擬モデルを用いた 様々な汚染土壤中(半)金属のバイオアクセシビリティ

曹培青

キーワード: 金属、半金属、バイオアクセシビリティ、汚染土壤、*in-vitro*アッセイ、リスク評価

## 1. 研究背景

汚染地帯におけるヒトへの健康リスク評価には、汚染物質の総濃度がよく用いられる。汚染物質の総濃度は予防策としての利点がある一方、ヒトを含む生体内で吸収される汚染物質の量を過大評価し得るという問題があった。そこで本研究では、新たな*in-vitro*アッセイの開発とその検証を行った。ここでの*In-vitro*アッセイとは、ヒトによる摂取経路の代表として胃腸管の条件を模擬し、固相(土壤や食品など)を通じて取り込まれる(半)金属のバイオアクセシビリティを推定するものである。本研究は2つのサブテーマに分けて実施した。1つ目に、PBET法を用いて、ガーナAgbogbloshieの廃電気・電子製品(E-waste)野焼き土壤中の銅、ヒ素、カドミウム、アンチモン、鉛のバイオアクセシビリティおよびヒト健康リスク評価を行った。2つ目に、PBET、SBRC、UBMの3種類の異なる方法を用いて、オーストラリアにおける汚染土壤中のヒ素、鉛のバイオアクセシビリティおよびヒト健康リスク評価を行った。最後に2つの比較から、*In-vitro*アッセイ手法の違いおよび汚染地帯の違いを考察・評価した。

## 2. 方法

まず、酸分解法により汚染土壤中(半)金属の総濃度を測定した。また、総有機炭素、粒径分布などの物理化学的キャラクタリゼーションを行った。次に、異なる土壤試料を対象に複数の*In-vitro*アッセイ手法を適用し、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)を用いて(半)金属のバイオアクセシビリティを推定した。複数の手法および異なる汚染地帯間の比較を行った後、アメリカ合衆国環境保護庁の公定法に従いヒト健康リスク評価を実施した。

## 3. 結果と考察

(半)金属の総濃度は、全対象汚染地域において農地土壤の基準値を超えており、総濃度で見るとほとんどの汚染地域住民のヒト健康リスクは見過ごすことのできないレベルであった。しかし、バイオアクセシビリティにより補正した値を用いてヒト健康リスクを算出するとヒト健康リスクは著しく低下し、バイオアクセシビリティの重要性が示唆された。バイオアクセシビリティは(半)金属の種類ごとに大きく異なった。その違いを胃相と腸相で比較すると、胃相で大きく、腸相で小さいことが分かった。基本的に銅、カドミウム、鉛は、腸相よりも胃相においてより大きなバイオアクセシビリティを示した。これは、pH、共存化合物、液固比など様々な要因によるものであると考えられる。一方、アンチモンのバイオアクセシビリティはほとんどの試料で腸相における増加が見られた。これは鉄化合物の沈殿と関係していると考えられる。ヒ素ではアンチモンで見られたような顕著な傾向は見られなかった。また、土壤試料の粒径分布はバイオアクセシビリティと大きく関係していた。粒子が細くなるにつれ、ヒ素とアンチモンのバイオアクセシビリティは小さくなり、銅と鉛のバイオアクセシビリティは大きくなった。ただし、銅では粒径とバイオアクセシビリティの相関は比較的小さかった。本研究で明らかとなった手法によるバイオアクセシビリティの違いは先行研究で示された違いと類似していた。*in vitro*と*in vivo*を比較検証した結果から示されたように、(半)金属種ごとに適切な*in vitro*アッセイ手法を選択することが重要である。