

# モエジマシダによる土壌ヒ素の吸収除去に関する基礎的研究

東北学院大学 工学部 環境建設工学科 学生会員 小畑 和貴  
同上 非会員 簡 梅芳  
同上 正会員 宮内 啓介  
同上 フェロー会員 遠藤 銀朗

## 1. 序論

ヒ素は生体に対しては急性および慢性毒性を有し、土壌および水域のヒ素汚染が問題視されている。そのため、土壌および水域のヒ素汚染の除去技術の開発が求められている。一方、ヒ素による土壌汚染の浄化には、植物を用いるファイトエクストラクションが効果的と考えられる。ヒ素の高蓄積植物として知られているモエジマシダは、ヒ素土壌汚染の浄化に適用可能な植物の一つである。土壌中のヒ素はヒ酸イオン(As(V))と亜ヒ酸イオン(As(III))として存在し、モエジマシダは主にヒ酸イオン(As(V))を吸収することが知られているが、土壌中のヒ素酸化のメカニズムまだ明らかにされていない。一方、環境中でのヒ素の化学形態の変化には、物理・化学的な要因とともに、微生物活動が深く関わっていることが明らかになりつつある。本研究は、ヒ素高蓄積植物であるモエジマシダを用いたヒ素のファイトエクストラクションにおいて、モエジマシダによるヒ素吸収・蓄積に際しての土壌微生物の関与の度合いを明らかにすることを目的として行った。シダの栽培実験と土壌中のヒ素の化学形態を調べることによって、モエジマシダのヒ素高蓄積に対する微生物関与の可能性について検討する。本講演では、その研究の結果を発表する。

## 2. 実験方法

### 2.1 モエジマシダの栽培システムの確立およびヒ素取り込みと蓄積の実態解明

本研究では、人工気象器を用いたモエジマシダの栽培を行い、ヒ素添加下におけるモエジマシダの生育特性の変化を調べるとともに、シダによるヒ素の取り込みと蓄積の特性を調べた。実験開始時(0週)および1週、4週、8週経過したときに、栽培土およびシダの地上部と根圏の試料をそれぞれ採取した。栽培土については、水溶性全ヒ素、水溶性亜ヒ酸As(III)、全ヒ素含量を測

定しヒ素化合物の変化を調べた。

### 2.2 土壌中の微生物による亜ヒ酸酸化の評価

人工気象器によるモエジマシダの栽培実験において、0週間から1週間の間にほぼすべての亜ヒ酸As(III)がなくなり、代わりにヒ酸As(V)の上昇がみられたことから土壌中のヒ素酸化反応をより短い間隔で観察し、ヒ素酸化反応における微生物活動による影響を評価した。滅菌土壌と滅菌土壌に非滅菌畑土壌を5%加えた土壌およびこれに、原核生物抑制用抗生物質を加えた土壌を入れた栽培ポットをインキュベーターに入れ、30°Cで実験を開始した。0時間、3時間、6時間、9時間、12時間、48時間の際にそれぞれ土壌サンプルを採取し、土壌サンプルの水溶性ヒ素および全ヒ素の溶出を行った。

	A'	B'	C'	D'
亜ヒ酸As(III)	+	+	+	+
モエジマシダ	-	-	+	+
5%畑土	-	+	-	+

	A	B	C
滅菌ピートモス	+	+	+
5%畑土	-	+	+
抗生物質(Ab)	+	-	+

表1 各実験条件

## 3. 実験結果

### 3-1(i) ヒ素の土壌からモエジマシダへの移行

実験開始時(0週)、4週、8週を経た時に、土壌のサンプルを採取し、土壌中全ヒ素の溶出および測定を行った結果、図1に示したように、8週間において、シダを栽培した実験C' D'の土壌中ヒ素全量は、シダを栽培していない実験A' B'より顕著に下がったことが分かった。また、栽培していたシダに蓄積されたヒ素が上昇したことが確認できた。

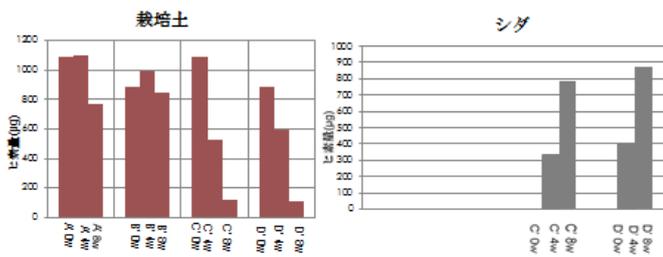


図 1 ヒ素の土壌からシダへの移行

### 3-1(ii) 土壌中の水溶出ヒ素の形態変化

土壌中の水溶性ヒ素を亜ヒ酸  $As(III)$  とヒ酸  $As(V)$  に分別して測定した結果、実験開始後 1 週間で、土壌中の水溶性亜ヒ酸はほぼなくなるまで減少したことが確認された(図 2(i))。水溶性のヒ酸は、実験開始時から検出され、8 週間後においては、実験 A,B ではわずかな減少が観察されたが、実験 C,D では顕著な減少が観察された(図 2(ii))。

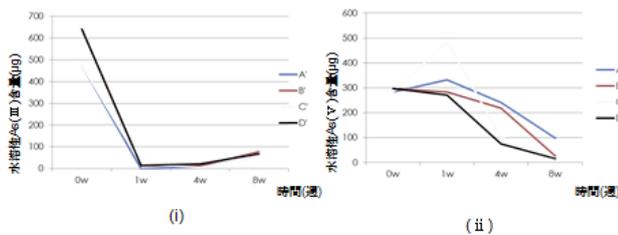


図 3-2 土壌中の水溶性ヒ素の形態変化

### 3-2 実験(A,B,C)の水溶性ヒ素の形態変化

各実験の水溶性ヒ素を測定した結果は以下図 3(i ~ iii)に示す。実験 A では、48h において、土壌中に添加した亜ヒ酸は酸化されることなく、亜ヒ酸のままだった。実験 B では、12 時間から 48 時間の間に亜ヒ酸がほぼなくなるまで減少した。よって、微生物の作用により、添加した亜ヒ酸は不溶化されたのち、ヒ酸に酸化されたことが示唆された。また、48 時間を経過した時点で、添加した亜ヒ酸はほぼなくなるまで減少した。実験 C では、比較的に実験 A に類似した結果となっている。畑土に抗生物質投与しているため原核生物である細菌によるヒ素の変換作用は働かないと推測していたが、亜ヒ酸から少々ではあるがヒ酸へ酸化された。

以上の結果から、C は B に比べて、抗生物質(細菌の活動を抑えるもの)を入れたため、A に似ている結

果となり、A と B の差は亜ヒ酸酸化細菌の活動が関与している可能性があると考えられる。

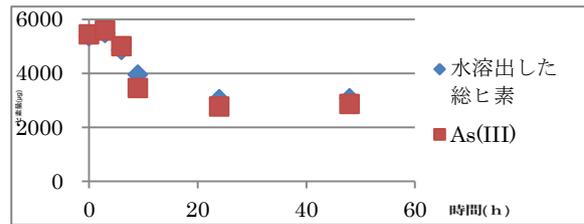


図 3(i) 実験 A(滅菌ピートモス+Ab)

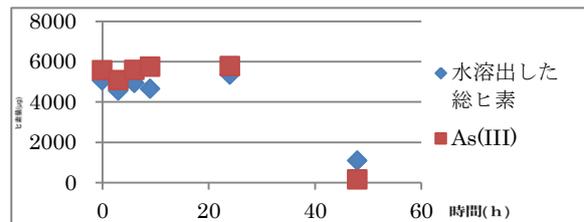


図 3(ii) 実験 B(滅菌ピートモス+5%畑土)

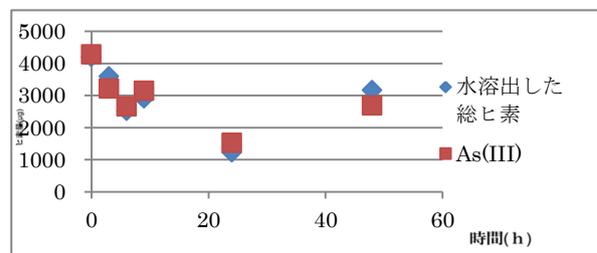


図 3(iii) 実験 C(滅菌ピートモス+5%畑土+Ab)

## 4.まとめ

本研究は、ヒ素高蓄積植物であるモエジマシダによるヒ素除去・吸収浄化技術に着目し、モエジマシダによるヒ素吸収のメカニズムを解明することを目的として行った。モエジマシダは 8 週間の栽培実験を通して、バイオマス量が増えたとともに、土壌中のヒ素を吸収し、地上部にため込んだことが確認できた。

一方、添加した亜ヒ酸  $As(III)$  はヒ酸  $As(V)$  に酸化されたのちに不溶化されたことや、モエジマシダにより酸化されたヒ素が吸収されることには、土壌中のヒ素酸化微生物の活動が寄与していると示唆された。モエジマシダのようなバイオマス量の大きいシダ科植物を用いたファイトエクストラクション技術は、広範囲のヒ素汚染除去に有効と考えられる。このような効率的なヒ素除去技術の適用には、植物自身と植物のヒ素吸収を促進する微生物との生物間相互作用が重要と考えられる。