

実施課題番号：2006A0180

実施課題名：ヒ素高集積植物（モエジマシダ）の地上部における元素移行・蓄積過程の解明

実験責任者所属機関及び氏名：株式会社フジタ 技術センター環境研究部 北島信行

使用ビームライン：BL37XU

<実験結果>

1. 目的

イノモトソウ属のシダ植物であるモエジマシダ (*Pteris vittata* L.) はその体内にヒ素を高濃度で吸収・蓄積できる能力を持っており、植物を用いた汚染の低減・除去（植物浄化）に対しての活用が期待されている。

実際の浄化事業においては植物体の収穫によって汚染物質を除去するが、その際に根を含めた植物全体を取り除くことは工法として難しく、地上部のみの刈り取りによって汚染除去を図るのが効率的である。したがって、根から吸収されたヒ素が地上部に移行・蓄積される過程を解明し、植物体全体としてのヒ素高集積機構を把握することは、植物生理学上の興味深い知見となるとともに、栽培管理を含めたファイトレメディエーション技術の確立に資するものである。今回の測定では、ヒ素投与後にモエジマシダの葉にヒ素が移行、蓄積される状況を時系列データとして取得することを目的とした。

2. 実験

孢子散布から6ヶ月間育成した株を水耕栽培に移し、約1ヶ月を経過したところでヒ素投与（ヒ酸カリウムにて10 mg As/L）を開始した。ヒ素投与から6時間、24時間、1週間を経過したところで葉を採取し、凍結乾燥切片を調製した。採取した葉はバーチカルスライサーにて厚さ130~150 μmの横断面切片として、速やかにドライアイス上で凍結した後に凍結乾燥機にかけて分析用の試料とした。測定対象とした領域は、葉の中央をはしる主脈の周辺と葉の周縁部に位置する孢子嚢周辺である。

XRF放射光マイクロビームによる蛍光X線分析はBL37XUにて実施した。エネルギー12.8 keVのX線をK-Bミラーによって1 μm程度のサイズに集光し、μ-XRFイメージングを実施した。凍結乾燥切片では、室温での測定が可能であり、水分を含まないので乾燥防止の措置を施すことなく、長時間のイメージングを行うことができる。このようなハンドリングの良さがある一方で、乾燥過程における組織の収縮が避けられず、マイクロビームでの測定に適した平滑な断面を持つ試料を得にくいという欠点がある。現状では、なるべく数多くの切片を作成して光学顕微鏡による観察によって試料を選別して測定に供しているが、必ずしも良好な断面状態の試料が得られていないのが事実である。今後は、マイクロビームによる高解像度のイメージングに適した断面状態の切片を歩留まり良く調製出来る手法の開発が必要であると考えている。

3. 結果

Fig. 1にヒ素投与から6時間後における(a)孢子嚢周辺と(b)主脈周辺とのヒ素の蛍光X線イメージング結果を光学顕微鏡像とともに示した。Fig. 2にはヒ素投与から60時間後のイメージングの結果を示した。

Fig. 1の(a)に示した蛍光X線イメージングの結果から、投与後6時間で既に孢子嚢のある葉の周縁部にまでヒ素が到達していることが判った。一方、(b)の主脈周辺のイメージング結果を見ると、投与後6時間の時点では葉の維管束にはヒ素の局在が見られるが、その左右の葉肉組織には殆どヒ素が分布していなかった。

Fig. 2の投与後60時間のデータでは、(a)の図中中央の孢子嚢周辺においては組織全体で高いヒ素の蛍光X線強度が得られ、ヒ素の分布によって孢子嚢を含む周縁部組織の構造を判別することができるレベルであった。また、図(b)の主脈周辺では、左右の葉肉組織にもヒ素の分布が認められ特に表皮の直下の領域にヒ素が偏在していた。ここではデータを示していないが、葉肉組織へのヒ素分布は投与後24時間のイメージング像でも認められたが、この時点では維管束でのヒ素の蛍光X線強度の方が高いという結果が得られた。

これらの結果から、モエジマシダの葉においては、葉肉組織におけるヒ素の蓄積に先行して、投与後6時間という比較的早い段階で蒸散流の末端である葉の周縁部までヒ素が到達し蓄積され始めることが明らかになった。これまでに50 μmサイズの通常ビームによるイメージング結果からモエジマシダの葉の周縁部にヒ素が濃集することが判っていたが、今回は1 μmサイズのマイクロビームによる測定でヒ素の移行・集積の過程を追跡することが出来た。

今回の実験結果からは、根から吸収されたヒ素が比較的短時間で葉の周縁部に到達することが明らかになり、ヒ素の植物体内での移行に関してモエジマシダが効率の高い輸送システムを持っている可能性が示唆された。今後は更に投与後短時間でのヒ素分布を測定できる実験系を検討することで、モエジマシダ体内におけるヒ素の動態を詳細にトレースしたいと考えている。

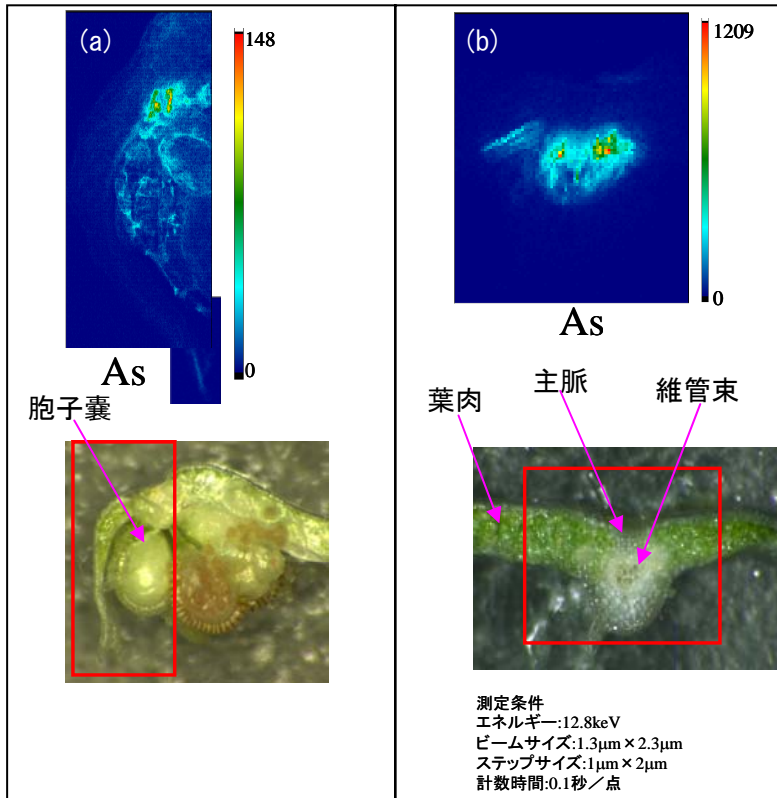


Fig. 1 葉の横断面におけるのヒ素の蛍光 X 線イメージング結果<投与後 6 時間>
(a) 胞子嚢周辺 (b) 主脈周辺
(下段の光学顕微鏡像内の枠はイメージングを行った領域を示す)

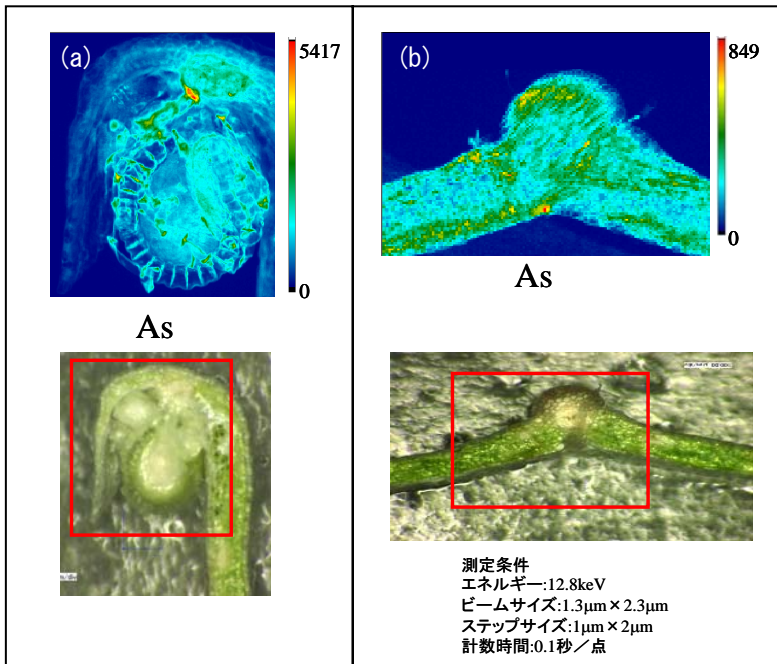


Fig. 2 葉の横断面におけるのヒ素の蛍光 X 線イメージング結果<投与後 60 時間>
(a) 胞子嚢周辺 (b) 主脈周辺
(下段の光学顕微鏡像内の枠はイメージングを行った領域を示す)