

蛍光 XAFS による植物の重金属蓄積機構の解明

保倉明子 (東京電機大学工学部環境化学科)

【はじめに】ある種の植物は、水や養分を吸収する際に汚染土壌中の重金属も体内に取り込み、高濃度に蓄積することが知られている。近年、重金属汚染された土壌を浄化するためにこれらの植物を用いるファイトレメディエーションが、環境にやさしい浄化技術として注目を集めている。ファイトレメディエーションを高効率に実施するため、植物体内における重金属蓄積機構の解明が求められると共に、何故これらの植物は重金属を高濃度に蓄積しても枯死しないのか、その植物生理機構にも興味をもたれる。本講演では、タバコについての最近の研究成果を紹介する。

タバコは Cd に耐性を持つ植物であり、高濃度の Cd を蓄積する。体内に取り込まれた Cd は、グルタチオン (γ -Glu-Cys-Gly) やファイトケラチンのような化合物のシステインと結合して無毒化されるといわれている。また Cd を添加して栽培したタバコの葉のトライコーム(毛状突起組織)の先端から結晶性物質が排出され、この物質は Cd を固溶した方解石であると報告されている。本研究では、植物の器官毎の蛍光 XAFS およびトライコームや根の切片などの微小组織における μ -XANES スペクトルの測定を行い、タバコにおける Cd の蓄積機構の解明を目指した。

【実験】約 1 か月間栽培したタバコ (*N. tabacum* L. cv. Xanthi と *N. rustica*) を 100 μ M Cd を含む培養液で、約 2~4 週間栽培した。根、茎、葉部位別に分け、凍結乾燥処理を施し錠剤試料を作製した。またトライコームを数百本採取し凍結乾燥した。これらについて、PF-AR の NW10A で Cd の K 吸収端について XAFS 測定を行った。一方、上記と同様の試料の根を切り出して包埋し、先端付近と基部について約 30 μ m の切片を作成した。試料の凍結状態を維持したまま SPring-8 の BL37XU で高エネルギー μ -XRF イメージングと Cd の μ -XANES を行った。また凍結乾燥処理した葉切片を調製し、トライコームについても同様の測定を行った。

【結果と考察】タバコの根、茎、葉における Cd の化学形態を調べたところ、いずれの XAFS スペクトルも、参照物質であるファイトケラチン ($(\gamma$ -Glu-Cys)_n-Gly) Cd 又はメタロチオネインの Cd とよく類似しており S と結合していることがわかった。グンバイナズナやハクサンハタザオなど Cd 超集積植物の数種では、蓄積された Cd は酸素と結合した化学形態であることが報告されているが、タバコでは異なる蓄積機構であるといえる。一方、数百本採取したトライコームの XANES スペクトルから、S と結合した化学種の他に O と結合した化学種も存在していることが示された。さらに 1 本のトライコームにおける Cd の μ -XANES スペクトルを測定した結果、トライコームの先端付近の非常に狭い領域においても S と結合した化学種と O と結合した化学種が混在しており、不均一な状態で蓄積されている様子が示された。

このように μ -XRF イメージングと μ -XAFS の手法の併用は、重金属の空間的な分布に対応した局所的な化学形態分析が可能となることから、植物における重金属蓄積機構を解明するために有用である。特に含水率の高い植物試料の場合には大気下での測定が望ましく、カドミウムのような重金属の K 線分析が可能な高エネルギー μ -XAFS は非常に優位性が高いといえる。

参考文献 A. Hokura, *et al.*: *J. Anal. At. Spectrom.*, **21**, 321–328 (2006). N. Fukuda, *et al.*: *J. Anal. At. Spectrom.*, **23**, 1068-1075 (2008). E. Harada, *et al.*: *Plant Cell Physiol.*, **51**, 848-853 (2010).