

放射光で読み解く植物の重金属蓄積機構

保倉明子

東京電機大学工学部環境化学科

ある種の植物は、カドミウムやヒ素、鉛など有害元素濃度が高い環境でも生育でき、かつ体内に高濃度の重金属を蓄積する[1]。これら重金属蓄積植物は、ファイトレメディエーション（植物による環境浄化技術）への応用が期待されている。植物を用いる環境保全・浄化技術は、省エネルギーで高い経済性をもち、環境適合性にすぐれた特性を有するが、一方では、汚染浄化の速度・効率が低いという問題がある。植物の持つ浄化機能を最大限発現させ、より効率の良い浄化を実現するためには、植物が有害元素を吸収・移行・蓄積するメカニズムの理解が重要である。

我々は放射光 X 線マイクロビームの有用性に着目し、世界に先駆けて 2003 年から放射光マイクロビーム蛍光 X 線イメージング (μ -XRF イメージング) を重金属蓄積植物へ適用し、As や Cd が特定の組織や細胞において高濃度に蓄積されることを明らかにしてきた[2,3]。また X 線吸収微細構造(XAFS)解析を植物へ適用し、植物に蓄積された有害元素の化学状態を明らかにしてきた。たとえばヒ素汚染土壌において、ヒ素は 5 価で存在しているが、モエジマシダに取り込まれると、還元されて 3 価として高蓄積されることを示し、生きた植物を非破壊で計測できる X 線分析の特長を生かした研究を展開してきた。現在、東欧では、重金属汚染土壌が深刻な問題になっており、欧州の第三世代放射光施設 ESRF を中心とする研究グループでも、放射光 X 線マイクロビームを重金属蓄積植物へ応用する動きが、年々活発化している。

本講演では、有害元素を蓄積する植物[4][5]や有用メタルを蓄積する藻類細胞などの研究を紹介し、放射光マイクロビームを光源とする走査型顕微 XAFS システムのポテンシャルを議論したい。

植物などの生体は、細胞から組織・器官レベルまで高次に発達した構造をもつ不均一な試料である。放射光マイクロビームを光源とする、実用性の高い走査型顕微 XAFS システムは、高い空間分解能で生体における化学反応を追跡し、今まではバルクでしか評価できなかった、特異的・局所的な反応を詳細に解明する革新的な分析ツールとなるであろう。また植物細胞は含水率が 90%程度であり、分布や化学状態の知見を得るには、生きた状態を保持して計測することが重要である。できるだけ前処理なしでモニターすることにより、“加工されたスルメ”ではなく“生”の状態を明らかにし、環境浄化技術であるファイトレメディエーションに資する“サイエンス”を開拓していきたい。

[1] I. Raskin, B.D. Ensley (ed): *Phytoremediation of Toxic Metals*, 1999.

[2] A. Hokura, *et al.*, *J. Anal. At. Spectrom.*, 21, 321-328 (2006).

[3] A. Hokura, *et al.*, *Chem. Lett.*, 35, 1246-1247 (2006).

[4] E. Harada, *et al.*, *Metallomics*, 3, 1340-1346, (2011).

[5] H. Kowata, *et al.*, *J. Anal. At. Spectrom.*, 29, 868-874, (2014).