

X線トモグラフィによる植物中の放射性セシウム分布状態の解析 Distribution Analysis of Radioactive Cesium in Plants by X-ray Tomography

伊芸 滋光^a, 平野 由里香^a, 吉田 博久^a, 梶原 堅太郎^b
Shigemitsu Igei^a, Yurika Hirano^a, Hirohisa Yoshida^a, Kentarou Kajiwara^b

^a 首都大学東京都市環境科学研究科, ^b (財)高輝度光科学研究センター,

^a Graduate School of Urban Environmental Science, Tokyo Metropolitan University, ^aJASRI,

放射性物質で汚染した木の枝(スギ、ひのき、こなら)のセシウムの分布を調べるために、X線イメージングを行った。セシウムのK吸収端前後のエネルギーでのCT測定と、K吸収端を挟むエネルギー走査を行いながら実施した二次元透過像測定の2通りの方法で評価した。測定試料に含まれるセシウム137が3 ngと低濃度であったため、いずれの測定でも優位な差を得ることができなかった。

キーワード: 放射性セシウム、樹木、枝、X線イメージング

背景と研究目的:

福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質は土壌や樹木を汚染した。特に福島県の主力産業の林業・製材業は主な素材であるスギやひのきなどが、放射性物質のフォールアウトで樹皮、枝葉が高濃度に汚染され、林業を継続することができるかという問題に直面している。これまでに、汚染された樹木の汚染状況の外部の三次元解析と断面の二次元解析を行い、主に樹木外部の汚染に留まることを明らかにしてきた。しかし樹木に付着した放射性物質が樹皮を通り形成層に入る可能性があるため、樹皮から内部への放射性物質の分布をX線イメージングで評価することを目的に本測定を行った。

実験:

福島県林業研究センター実験林(空間線量: 2 μSv/hr)で採取したスギ、ひのき、こならの枝を試料として用いた。枝は放射性物質として取扱い、ポリエチレンチューブ(直径10 mm、長さ40 mm)に封入した。すべての試料はゲルマニウム半導体検出器(セイコー・イージーアンドジー、GEM25P4-70)で放射能測定を行い、いずれの試料も実験ホール内持込み制限値の 1×10^4 Bq以下であることを確認した。測定前に、安全管理室でポリエチレンチューブ外部のス放射性物質による汚染のメアリングを行っている。

測定はBL19B2のイメージング光学系とCCD検出器を用いて行った。CTの測定は、CsのK吸収端35.99 keV前後の35 keVと37 keVのX線エネルギー、1.5 sec/shotの露光時間および0.2°ならびに0.1°の回転角度ステップで実施した。得られた二次元データはコンボリューションバックプロジェクションで断面像に変換した。

放射能測定で最も高い値(9×10^3 Bq)を示したこならの透過像を、X線エネルギーを35.975から36.068 keVの範囲でスキャンして測定した。エネルギー走査のステップは0.002 keVとした。エネルギー走査で得られた一連の二次元透過像は、35.975 keVのX線エネルギーで得られた二次元透過像で規格化された。

結果および考察:

CT測定で得られたこならの横断面像を図1に示す。X線エネルギーはA(35 keV)とB(37 keV)である。内部組織は35 keVで得た画像が明瞭である。37 keVで測定した画像では表皮と周皮の差は明確ではないが、内皮(コルテックス)と形成層の識別とコルテックス内部の道管の様子を観察できる。濃淡の差はあるもののどちらも樹皮、形成層、髄などの組織が明確に観察できており、良好な測定が行われたことがわかる。

測定したスギ、ひのきおよびこならの枝は、事前のイメージングプレートでの検査では、枝内部ではなく枝の樹皮部分から放射性物質が検出されており、樹皮部分に注目してそれぞれのエネルギーでの断面像を比較した。断面像の画素値は線吸収係数であり、白い色はX線の吸収が大きいことを示している。従って、セシウムが存在すれば画像中に白い色で示される。特に 37 keV の画像ではセシウムを含む部分とその周辺と比較して極端なコントラストが着くことが予想される。図 1 に示したこならの枝は放射能測定で最も高い値(9×10^3 Bq)を示したものであるが、セシウムの存在を示すようなコントラストを見ることはできない。図 1(A)と図 1(B)の差分画像でも樹皮の部に局在するような明確なコントラストは観察されなかった。

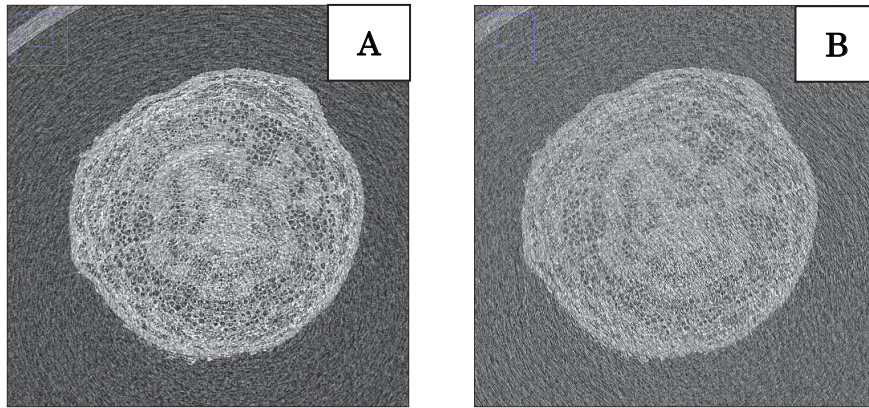


図 1 こなら枝の断面像 X線エネルギー35 keV(A)、37 keV(B)

エネルギー走査を行いながら測定した二次元透過像の結果を以下に示す。図 2(A)はこなら(9×10^3 Bq)の透過像である。画素はX線の吸収率を示している。X線のエネルギーを変化させると、徐々に全体が白くなるが、吸収端を超えるとセシウムが存在する部分だけ急激に黒くなる。しかしながらそのようなコントラストは観察されなかった。

画素毎にエネルギー走査による強度変化をプロットすると、画素毎にスペクトルが得られる。それぞれのスペクトルを 35.975 keV の強度で規格化したときの最小値の分布を図 2(B)に示す。画像は一様であり、スペクトルに大きな変化がなかったことを示している。

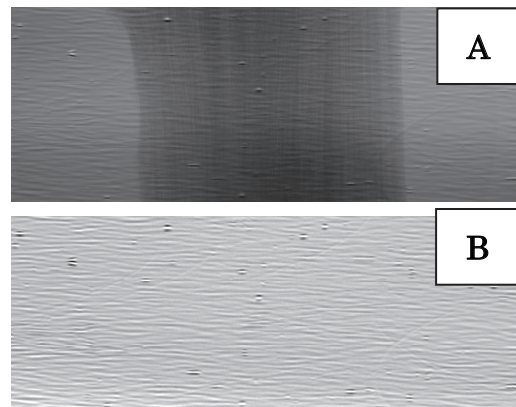


図 2 こなら枝の透過像(A)とセシウムの分布像 (B)

今後の課題：

1×10^4 Bq を Cs137 で概算すると試料 (直径 5 mm、長さ 30 mm) に 3 ng に相当し、凝集した状態ではなく単原子に近い状態で分散していると予想されるので、今回の測定では観察できなかったと考えられる。非放射性セシウムを吸収された試料での検討が必要と考えられるが、塩溶液での非放射性セシウムの吸着は大気中に放出された放射性セシウムの挙動を反映しないので、試料調整に注意が必要である。また、測定に用いたこなら樹皮表面の蛍光 X線分析ではわずかではあるがセシウムが検出されているので、測定のサンプリングなどを再検討する必要がある。