

中性子ラジオグラフィによる根の研究
(Application of Neutron Radiography to Root Study)

東京大学農学部 中西友子

1. 序論

中性子ラジオグラフィは、主として非破壊検査用として工学関連の分野で応用されてきている手法である。中性子は物質中、特に水に吸収されるため、X線フィルムの前に試料を置き中性子線を照射すると、丁度、X線により骨格写真が撮れるように、試料中の水分の像を得る事ができる。水分含量の多い植物試料は良い像が得られると予想されるにも拘らず、中性子ラジオグラフィの利用は殆ど行われてきていない。本法は非破壊法であり、かつ、経時的に測定できる手法である。今回、育成中の植物試料への応用の可能性を調べることを目的とし、本法の定量性、根の経時的な形態変化、及び、根の近傍の水分動態像等を調べる実験を行ったので報告したい。

2. 方法

① 土壌の調製

土壌水分量の検量線を得るために2種類の土壌試料を調製した。まず、豊浦の標準砂(105-297 μ m) 25gに水を0、5、10、15、20及び30%添加し、各々3カ所にアクリルで仕切った2つのアルミニウムの薄箱(150x70x3mm)に均一に封入した。次に、吸水性ポリマー(アクリホープ、日本触媒化学工業)を0.3%添加した標準砂に前者と同量の水を加え、かつ同様のアルミニウムの薄箱に封入した。これらの試料をX線フィルム内蔵のカセットに設置し、中性子照射を行った。

② 土壌水分の検量線

①で得られた画像をクロマトグラム・スキャナ(島津、CS9000)でスキャンすることにより検量線を求めた。スポット状に得られた吸水性ポリマー像は画像解析によりスポットの面積を求め検量線とした。

③ 植物試料の調製

ダイズ(*Glycine max* Merr.) 品種キタムスメ の種子を1%次亜塩素酸ナトリウム液で殺菌し、25°Cで発根させた。発根した植物試料を、18%水分添加の標準砂を封入したアルミニウムの薄箱(150x70x3mm)の上端に載せ、根を箱中で生育させた。この試料を植物育成装置(25°C、20,000lux)で生育させ、経時的に中性子ラジオグラフィを行い、根の形態変化及び根近傍の水分動態を調べた。2種類の吸水性ポリマー、アクリホープ(日本触媒化学工業)及び水もち一番(日本合成化学工業)を各々0.3%標準砂に添加した試料についても同様にダイズの育成を行い経時的に中性子ラジオグラフィ像を測定した。

④ 中性子ラジオグラフィ

X線フィルム(Kodak SR-5)を内蔵させたカセットに、アルミニウム薄箱試料をアルミテープで接着し、カセットを垂直に固定した。カセット中にはGdを蒸着さ

せたコンバータ（中性子を光に変換する）をフィルムと一緒に内蔵させ、真空にすることによりカセットを封じた。この試料に $1.9 \times 10^{23} \text{ n/cm}^2$ の中性子照射を行った。

3. 結果及び考察

① 土壌水分量の定量及び検量線

豊浦の標準砂に添加した水分量を変化させた場合の中性子ラジオグラフィ像を図1 aに示す。図に示されるように標準砂中の水分量が増加すると像の黒色度が濃くなる。同様に吸水性ポリマーを添加した場合には、ポリマー像は黒色のスポットとして得られた（図1 b）。各々の像中、黒色の棒状で示される像はカドミウムの像である。これらの標準砂中の水分をクロマトグラム・スキャナで測定した結果が図2である。○は標準砂のみの試料を測定した結果であり、水分量が約20%までは定量できることが示されている。△は吸水性ポリマー添加時の標準砂中の水分量を測定した結果である。図に示されるように、添加する水分を20%まで増加させても大部分の水分はポリマーに吸収され、砂中には殆ど残らない。水分添加量を30%まで増加させると、この量では砂のみの場合は殆ど飽和量に近いが、砂中の水分量は約5%となる。次に、吸水性ポリマー中の水分量の検量線を得る為にポリマー像の画像解析を行った。図3はカドミウム像の透過度を0とした場合に透過度0.48でポリマー像を切った断面図である。各々のスポットの面積を合計して添加した水分量に対しプロットした図を図4に示す。図4より、水分量が約10%までは直線的にスポット面積が増加するという結果が得られた。

② 植物試料の分析

アルミニウム薄箱で育成したダイズの中性子ラジオグラフィ像を図5に示す。図5のダイズの根を水平に横切ってクロマトグラム・スキャナでスキャンを行った結果が図5のクロマトグラムである。グラフの高いピークは根を示し、ピークの右側の減少ピークは根による水分の吸収を表している。

図6に経時的に得られたダイズの根の形態変化像を示す。図7 aは吸水性ポリマーのアクリホープを添加した場合のダイズ根の形態変化を示す。図中、白い球状のポリマーの大きさは不変であり、ポリマーから根へ水分が供給されていないことが示されている。同じ吸水性ポリマーである水もち一番の場合には、まず、砂中の水分が根により吸収されることがポリマー像周辺の砂像の黒化度の増大により示されている。次にポリマーから根に水分が供給されることが根周辺のポリマー像の減少で示されている（図7 b）。

以上、植物試料へ中性子ラジオグラフィを応用し、像で得られる土壌水分量定量性、根の水分吸収状況、及び根の形態変化等を検討した。更に、本手法を改良することにより測定の精度、定量性の向上を図る予定である。

（参考文献）

- ① Nakanishi, T. et al. Radioisotopes, 40, 126(1991)
- ② Nakanishi, T. et al. Radioisotopes, 40, 182(1991)

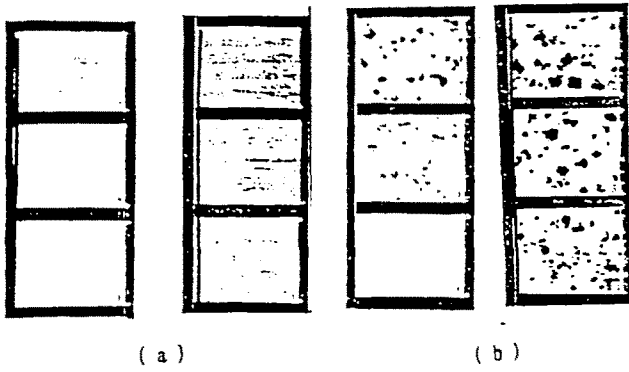


図1 水分量を変化させた場合の中性子ラジオグラフィ像
 (a) 標準砂
 (b) 標準砂+吸水性ポリマー

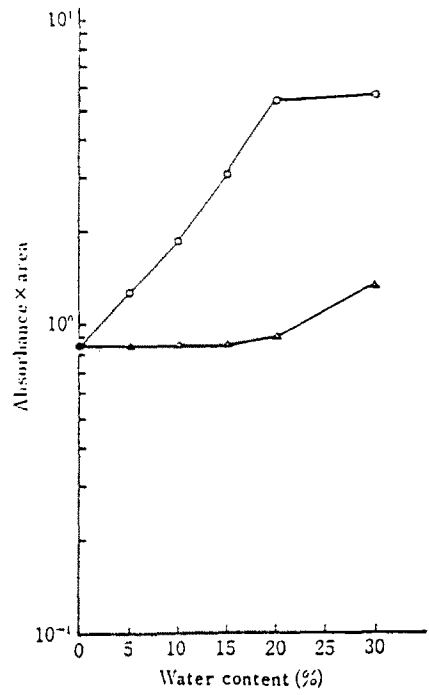


図2 図1における標準砂中の水分量

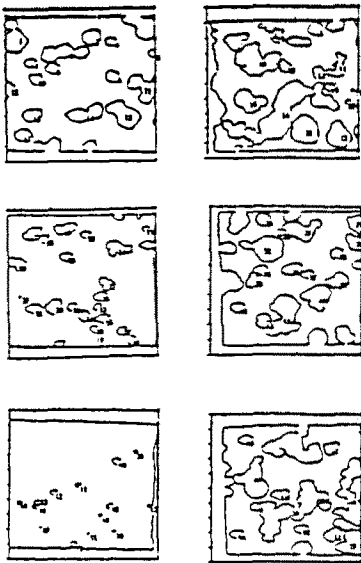


図3 図1(b)のポリマー像の画像解析図

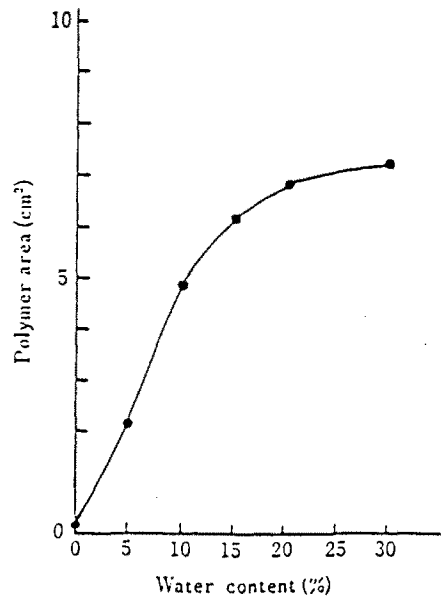


図4 図3のポリマー像の画像解析結果

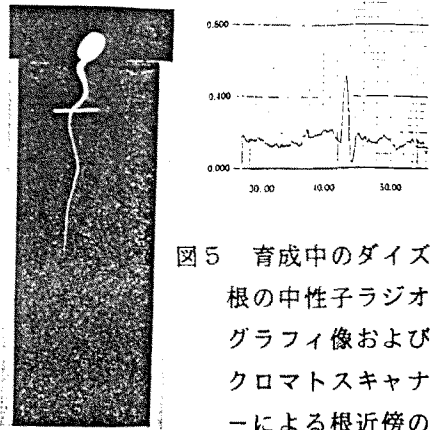


図5 育成中のダイズ根の中性子ラジオグラフィ像およびクロマトスキャナーによる根近傍の水分分布測定

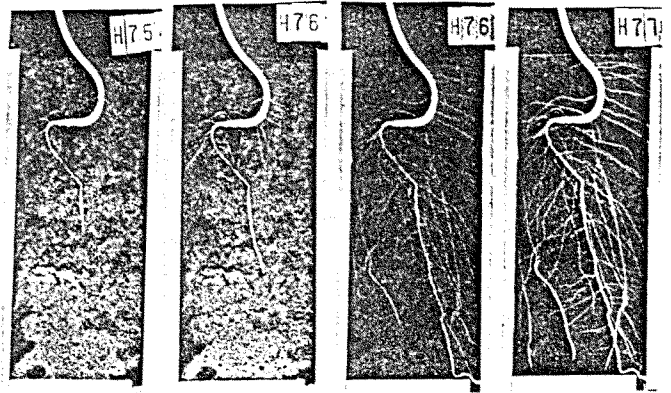
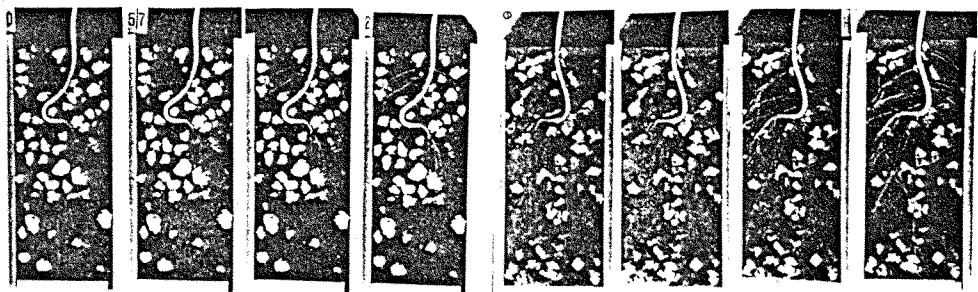


図6 育成中のダイズ根の中性子ラジオグラフィ像
左より播種後5, 6, 10, 12日目の像



(a) アクリル系ポリマー添加
(アクリホープ)

(b) ビニル系ポリマー添加
(水もち一番)

図7 育成中のダイズ根の中性子ラジオグラフィ像
左より播種後5, 6, 12日目