

# 中性子ラジオグラフィを用いた暗色枝枯病菌接種 スギ苗木の材内病変部の検出

山田利博（東大演田無）、小松雅史・楠本 大・鈴木和夫・中西友子（東大院農）

中性子線は水素中での減衰率が高いことから、中性子ラジオグラフィ法は樹木の材内をはじめとする植物体内の水の分布を非破壊的に知る有用な手法とされる。

ところで、針葉樹では一般に材内に病原菌が侵入して生じた材変色部およびその周囲の乾燥帯(移行帯)では、通水が阻害され含水率が低下している。スギでも暗色枝枯病菌 (*Guignardia cryptomeriae*) などの菌類が材内に侵入すると早い時期に乾燥した組織が形成される。こうした針葉樹における乾燥帯形成は、宿主樹木の防御反応に伴うものとされている。そこで、中性子ラジオグラフィ(NRG)法をスギと病原菌との相互作用に関する研究に応用して暗色枝枯病菌を接種したスギ苗木における材内の病変部の進展過程の非破壊的な追跡を試みた。

スギ材への菌感染の初期段階では材変色部の色は薄く肉眼ではほとんど識別できないが、その周囲にすみやかに乾燥帯(移行帯)が形成される。今回NRG法で検出した範囲は乾燥帯の範囲と一致すると考えられることから、本論ではこの範囲を病変部とする。

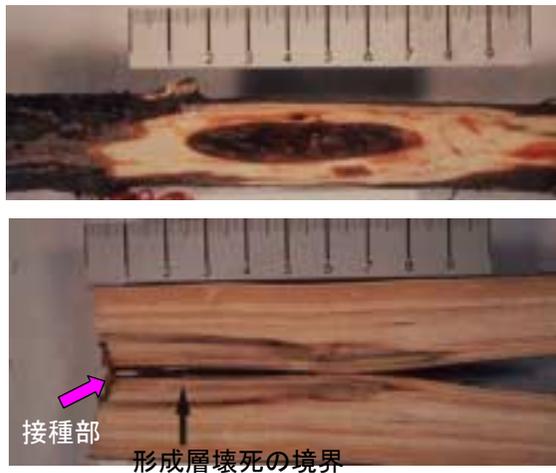


図-1 暗色枝枯病菌接種スギの樹皮の病斑(上)と材変色(下)  
1990年の接種試験

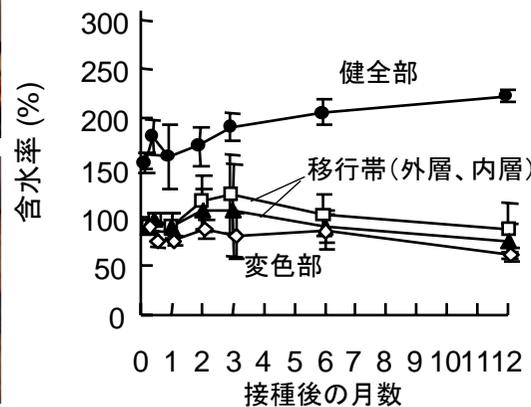


図-2 暗色枝枯病菌接種スギの材変色部の含水率  
1990年の接種試験



図-3 JRR-3Mの建家(左)と炉室内部(右)  
矢印が中性子ラジオグラフィ装置



図-4 JRR-3Mの中性子ラジオグラフィ装置  
左:全景、中:照射室内部、右:コンバータ/X線フィルムを内蔵したカセットに貼り付けた苗木とテフロンスタンド

# 菌の成長に対する中性子線の影響

## 方法

プラスチックシャーレ内のPDA平板培地上で培養した暗色枝枯病菌(強病原力菌株MA14と弱病原力菌株MA21の2菌株)に、日本原子力研究所の原子炉JRR-3Mで熱中性子線を19および38秒間照射した(図-3, 4)。中性子のフラックスは $1.5 \times 10^8$  n/cm<sup>2</sup>/sである。照射後は暗黒下12、20および25℃で培養し、菌糸の成長速度を測定した。

## 結果と考察

シャーレおよびPDA培地は中性子線をほとんど透過した(図-5)。しかし、用いた菌株、照射時間、温度条件で、シャーレの蓋を閉めて照射した場合、開けて照射した場合とも菌の成長を阻害する影響はみられなかった(図-6)。今回の苗木への照射では苗木内部の中性子線の強度はこれらシャーレでの培養に照射した条件下より小さいと考えられることから、今回の接種試験では中性子照射は苗木内の菌の伸長には影響を与えないものと考えられた。

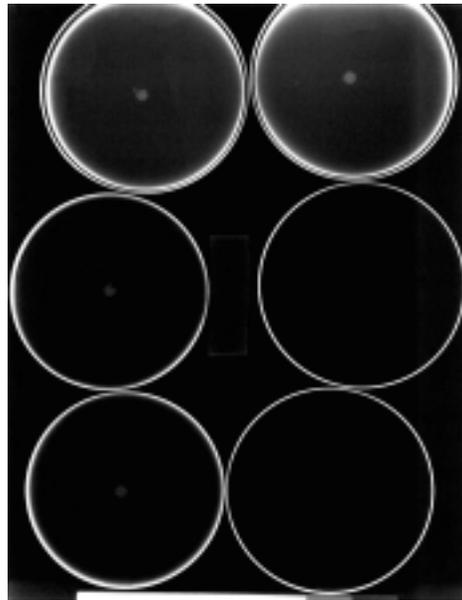


図-5 スギ暗色枝枯病菌培養の中性子ラジオグラフィ像  
上: 蓋閉め、中・下: 蓋開け

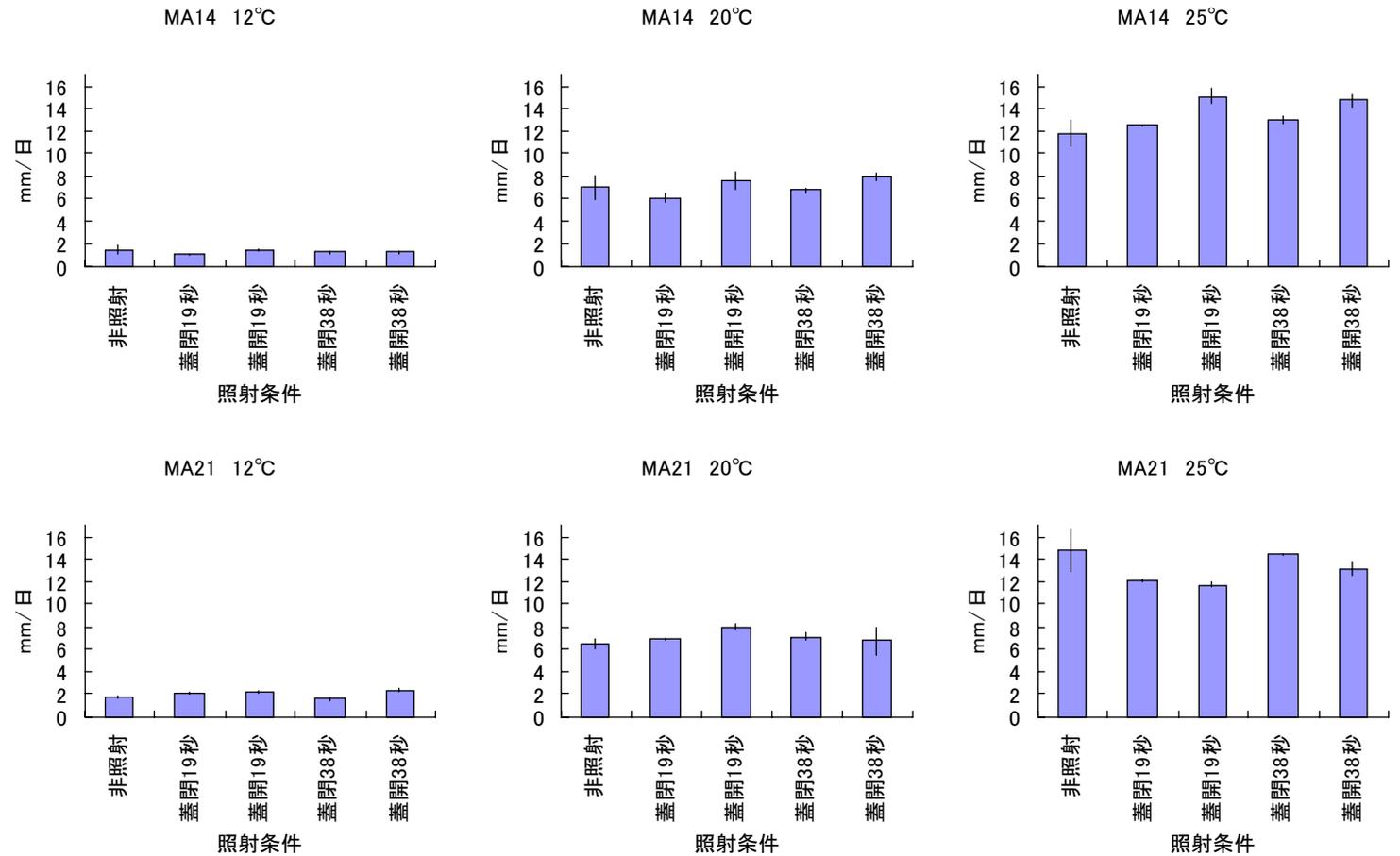


図-6 暗色枝枯病菌のPDA培地上での成長速度に対する中性子線の影響  
バーは標準偏差

# 材内病変部の検出

## 方法(1) 菌の接種

2002年6月、東京大学演習林田無試験地の苗畑において鉢植の2年生スギ実生苗木に暗色枝枯病菌(MA14とMA21の2菌株)を接種した(図-7)。接種菌は長さ2cmに切断した爪楊枝を載せたPDA培地上で25°C7日間培養し、錐で約3mmの深さにあけた穴に爪楊枝を差し込んだ。対照には湿らせた滅菌爪楊枝を用いた。

## 方法(2) 中性子線の照射

接種の3, 7, 13, 22日後に苗木に熱中性子線を19秒間照射し、ガドリニウム製n/γコンバータを使用してX線フィルムで撮影し、材内部の病変部の像を得た(図-8)。接種の3日後と7日後、13日後と22日後の照射には同じ個体を用いた。使用原子炉および熱中性子線の強度は菌に対する影響の実験と同じである。苗木は照射実験開始後は22°Cの炉室内に置いた。



図-7 接種スギ苗木  
矢印は接種部位を示す。

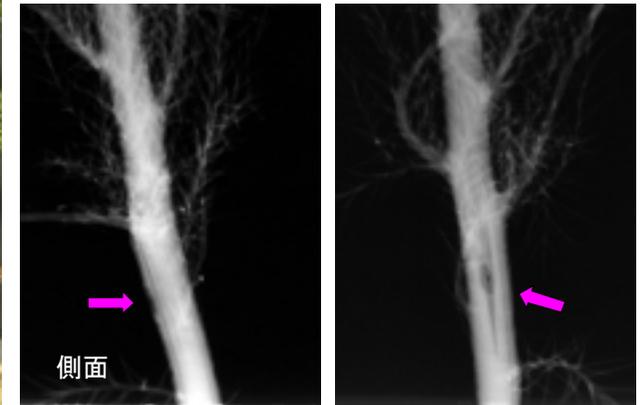


図-8 中性子ラジオグラフィ法で検出したスギ苗木材内の病変部  
MA14接種22日後。矢印は接種部位を示す。

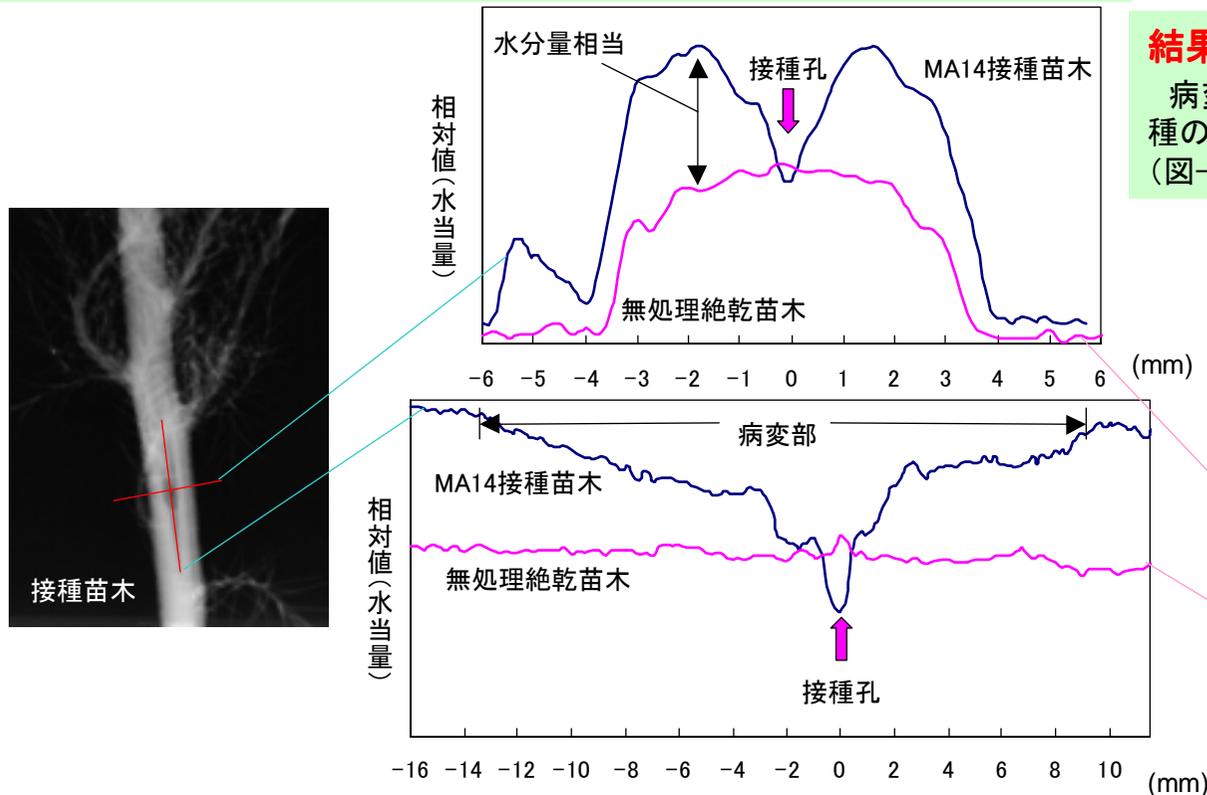


図-9 接種苗木と無処理(絶乾)苗木の像の相対水当量  
接種苗木と無処理苗木は別個体。

## 結果と考察(1)

病変部はX線フィルム上で暗い部分として認められ(図-8)、接種の3日後には明瞭に検出された。像の黒化度をグラフに示した(図-9, 11)。

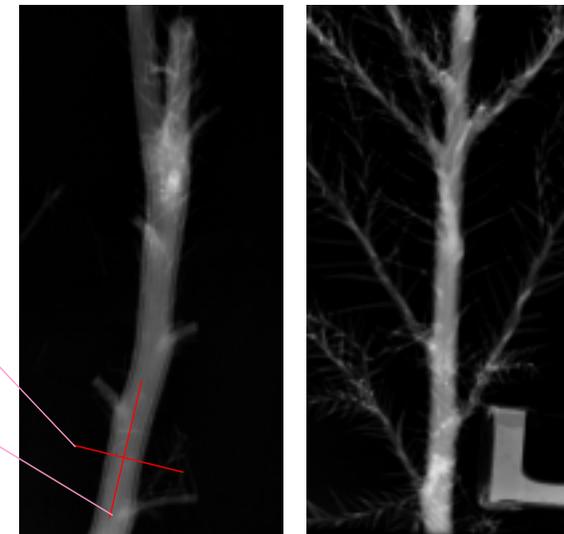


図-10 絶乾状態の苗木(左)と無処理苗木(右)の中性子ラジオグラフィ像  
→この差が水分量

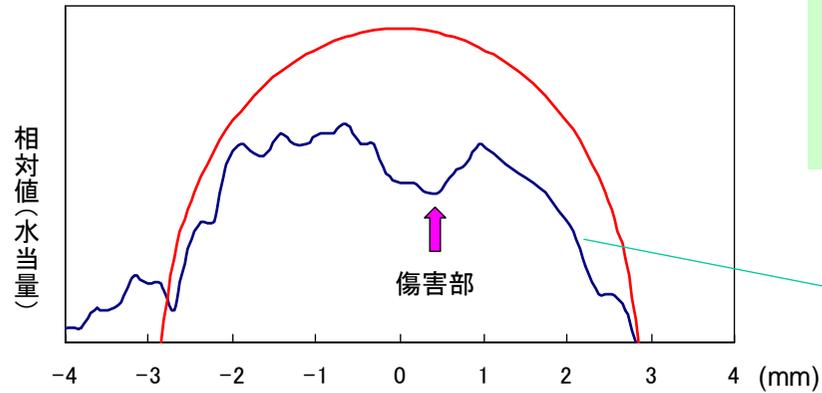


図-11 傷害処理苗木の像の相対水当量(青)と  
仮想水柱の理論値(赤)  
仮想水柱: 苗木の主軸を水柱に置き換えたと考える。

### 結果と考察(2)

傷害のみと菌接種、また接種菌の病原力の違いによる病変部の大きさの差異が観察された(図-12)。傷害／接種の3日後は非常に細長く、かつ明瞭な暗色部が認められたが、7日後には幅がやや広く、境界がややぼやけるようになった(図-13)。

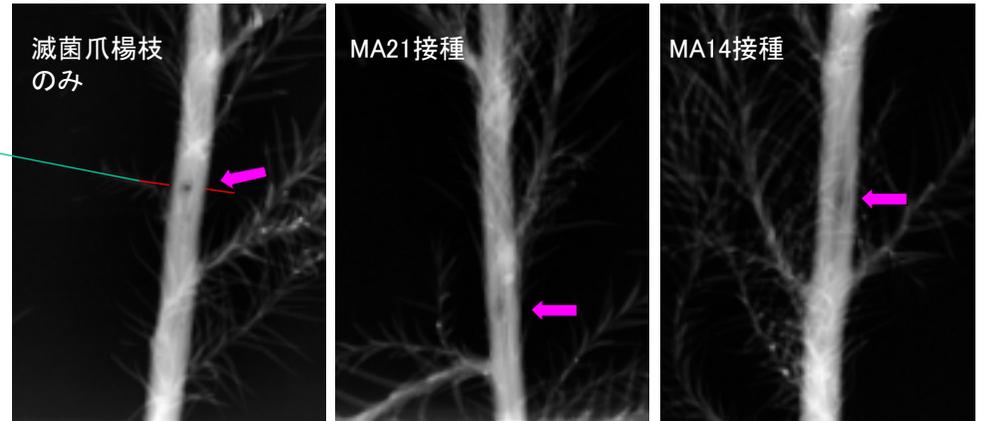


図-12 接種菌株とスギ苗木材内の病変部の比較  
接種22日後。矢印は接種部位を示す。

### 結果と考察(3)

材の病変部の範囲は時間の経過と共に広がる傾向を示した(図-14)。病変部の幅は接種菌株の違いなど処理間で大きな差異はなかったが、長さは初期段階から大幅に異なった。

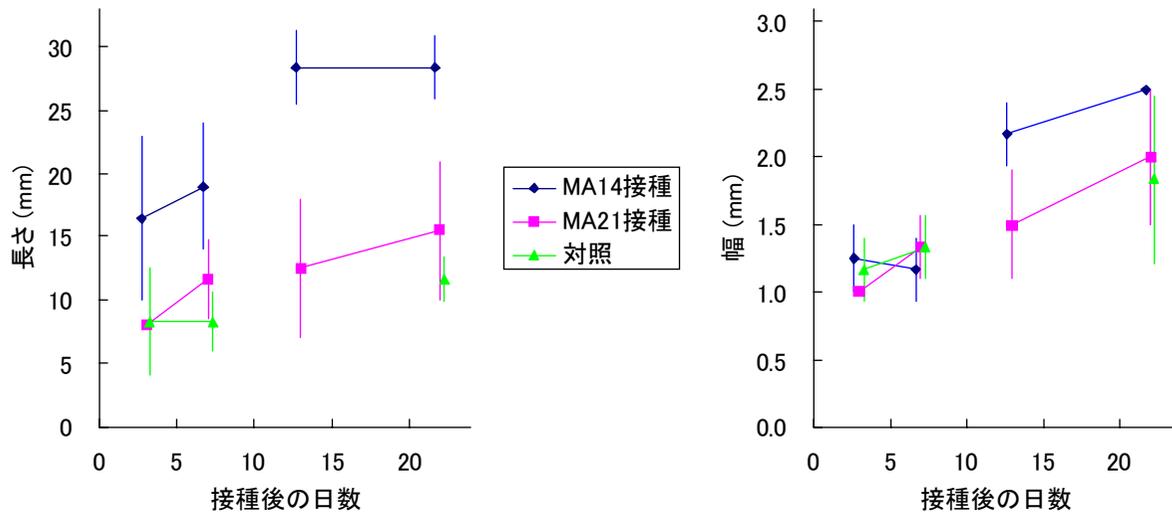


図-14 暗色枝枯病菌を接種したスギ苗木の材内の病変部の長さ(左)と幅(右)  
バーは標準偏差

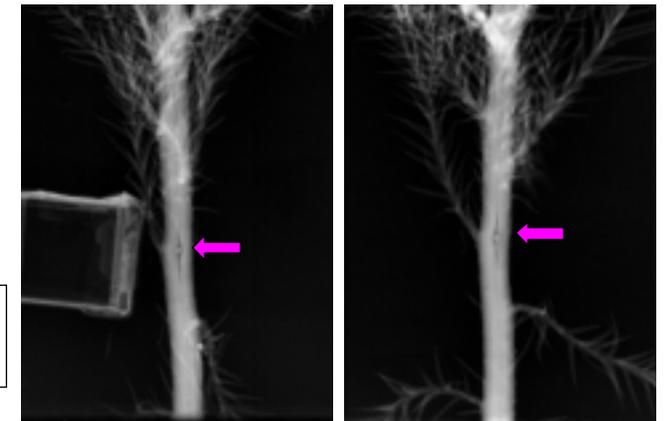


図-13 スギ苗木材内の病変部の変化  
(左)MA21接種3日後 (右) MA21接種7日後  
矢印は接種部位を示す。

### 結論

中性子ラジオグラフィは、スギの材内病変部の進展を移行帯の範囲として非破壊的に追跡することができることから、病理学的な研究手法として有用であると考えられた。