

エノキの内部構造に見られる被爆の影響

村田美美^{*1}、景守紀子^{*1}、師岡敏朗^{*1}

今関 等^{*2}、二ツ川章二^{*3}、世良耕一郎^{*4}

^{*1} 京都大学生存圏研究所
611-0011 宇治市五ヶ庄

^{*2} 放射線医学総合研究所
263-8555 千葉市稲毛区穴川 4-9-1

^{*3} (社) 日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

^{*4} 岩手医科大学サイクロトロンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

1. はじめに

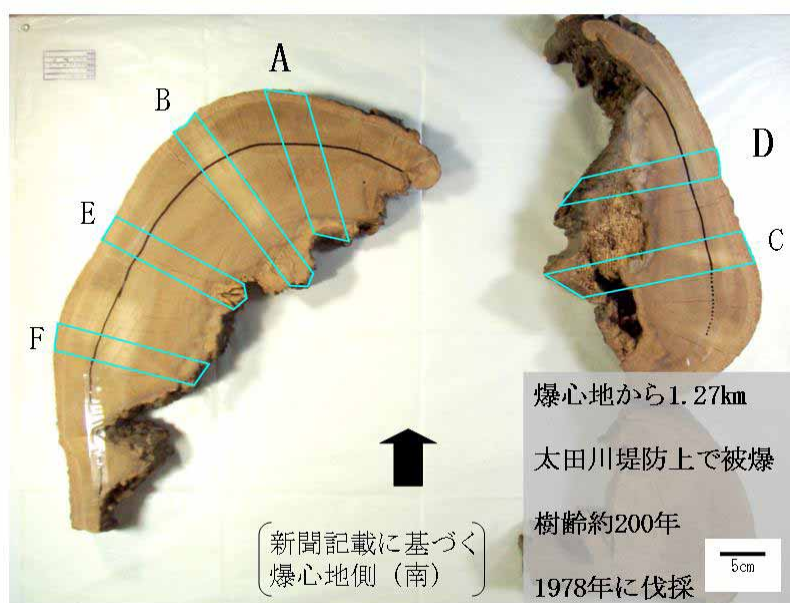
広島では終戦直後から樹木を「命と平和」の象徴とし、市内中心部に積極的に植樹してきた。しかし被爆後もなお生存を続けた樹木、つまり被爆樹木に対する人々の関心は低く、広島市の復興と再建の過程でそれらの多くは街中から消失した。現在生存する樹木についても被爆から 58 年が経過し、都市環境が著しく変化したため、全般に樹勢衰退の傾向が認められる¹⁾。広島市では約 52 カ所の約 150 本に関して被爆樹木の認定と保存を試みているが²⁾、その根拠となる被爆樹木に関する社会科学的調査や自然科学的研究はともに僅少であり、被爆の痕跡はその外形的な特徴のみで判断されている。そこで保存認定の基礎的資料を得るための調査を行うとともに、入手した被爆エノキについて樹体内部の構造に及ぼした被爆の影響を検討した³⁾。ここでは PIXE 分析の結果を中心に報告する。

2. 実験

2.1 供試材

爆心地から 1.27km、周囲に遮蔽物のない三篠橋下流の大田川堤防沿いで被爆したエノキ (*Celtis sinensis*) を用いた。1978 年道路拡張工事の際に伐採され、その後広島平和記念資料館に保管されていた幹の一部について提供を受けた。樹幹断面の写真を新聞記事に基づいて、爆心地の南側を下にして配置した(図 1)。樹幹内部は火災とその後の風化、脱落によって空洞化し、内部には腐朽が認められた。被爆時の 1945 年付近の年輪に黒く線を引き、実験で用いた試片の部位を A から F で示してあるが、以下では A と D の部位を分析試料としている。

図1 被爆エノキの樹幹断面



2.2 組織観察

A と B で挟まれる部位の写真を左に示す (図 2)。被爆時の年輪付近がいくぶん白色を呈し、他の年輪界とは異なっている。放射組織の細胞壁配列を見るとよくわかるように、被爆年輪付近で圧縮変形を受けたように、言い換えれば接線方向に剪断を受けたかのように大きくゆがんでいる。また同図の右にあげた末端部分では樹皮が巻き込まれながら、放射状にその後の組織が発達している。このような巻き込みは一般に形成層が熱的、機械的な原因で死滅あるいは剥離した際に生じるとされ、被爆の痕跡を形態学的に留めているといえる。

次に A と D の被爆前後の数年輪について、顕微鏡写真を示す (図 3)。左は染色した A の木口面、右は無染色の D の木口面である。A では 1945 年以前の生長が悪く、年輪幅が非常に狭いが、これは広葉樹の環孔材で見られるぬか目と呼ばれる様相である。被爆の翌年の 46 年では、不規則な形の傷害組織が認められた。被爆の影響で樹木の肥大成長を司る形成層が損傷を受けたことを示唆している。その後は次第に回復し、46 年の後半以降では正常の年輪形成が行われている。次に D では、1945 年に形成された中央の道管がやや大きく、その周りに暗色の樹脂様の物質が分布している。ここでは示されていないが、被爆時の年輪に沿って約 10cm にわたって、通常材では見られない十数個の樹脂様のスポットが肉眼で観察された。

図2 被爆エノキの木口面

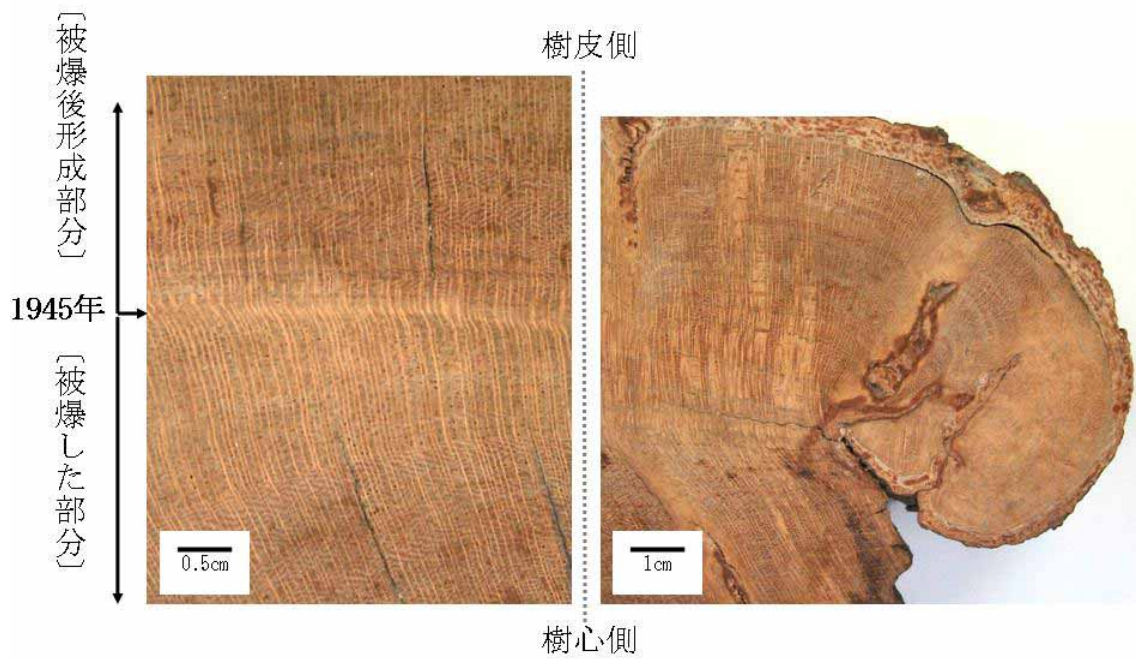
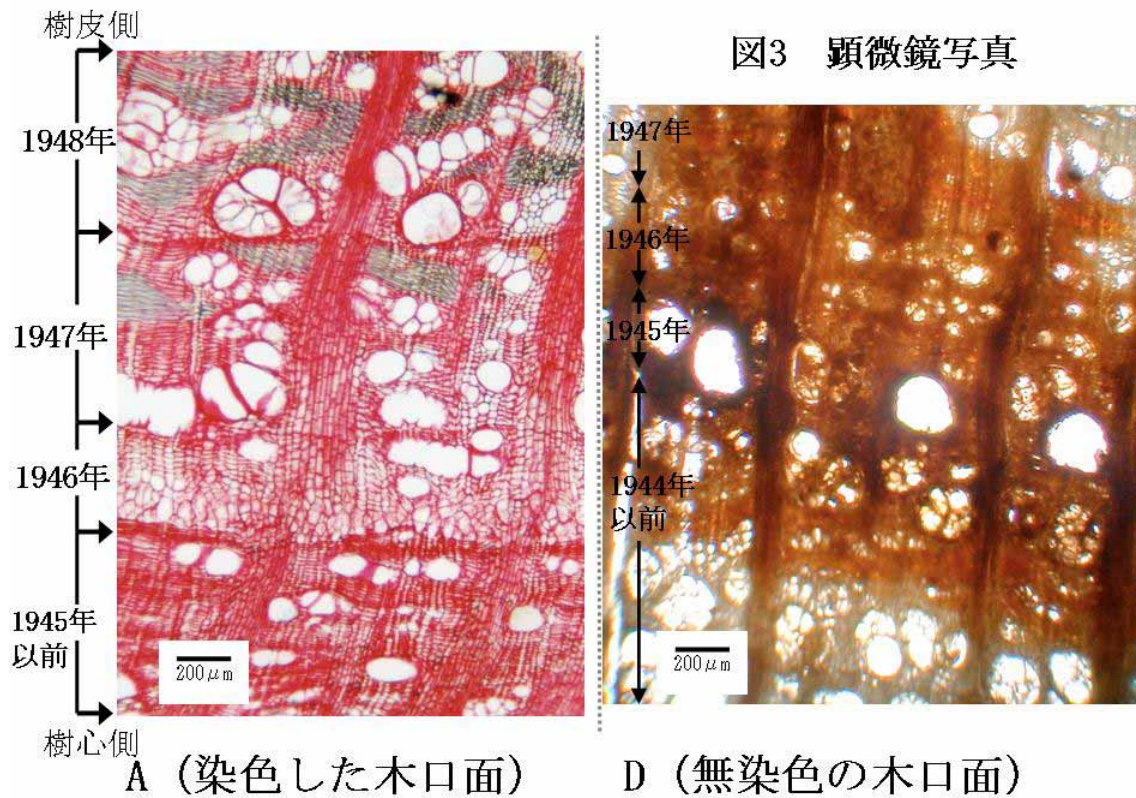


図3 顕微鏡写真



A (染色した木口面)

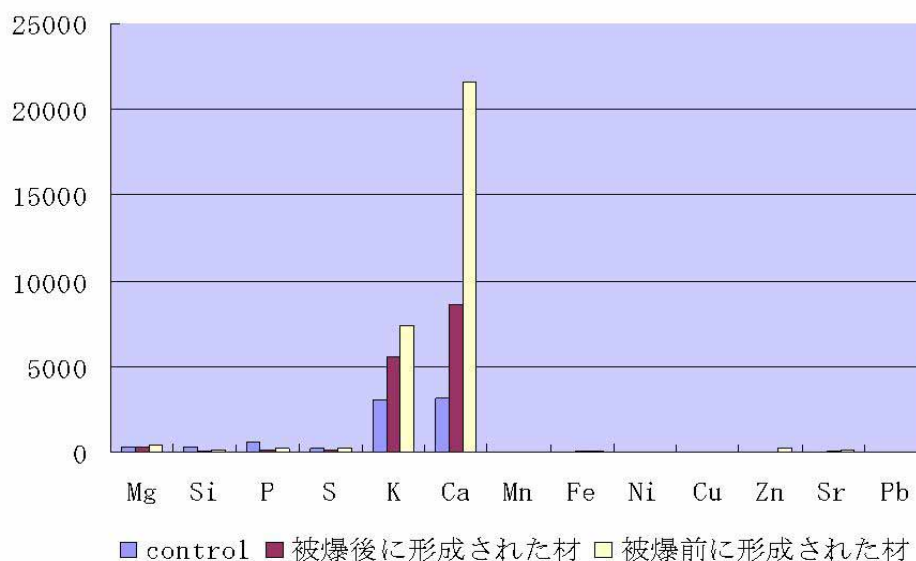
D (無染色の木口面)

2.3 PIXE 分析

2.3.1 硝酸灰化法による分析

組織変化のあった A の被爆前後数年輪とコントロール材に関して、PIXE 分析を行った⁴⁾。試料を粉砕した後に、硝酸灰化法で分析し各元素を比較した。この硝酸灰化法による A の各元素の含有率を、誤差率の高い元素は省いて示す (図 4)。ここでいう被爆前に形成された材とは、被爆時にすでに存在し、最も外側に位置し被爆した数年輪分の材をさす。また被爆後に形成された材とは、被爆時には存在せず、その直後に形成された数年輪分の材をさす。カルシウムの含有量は、被爆前後 (被爆前 21559 $\mu\text{g/g}$ 被爆後 8615 $\mu\text{g/g}$) で大きく数値が異なっている。

図4 硝酸灰化法によるAの各元素の含有率 ($\mu\text{g/g}$)



2.3.2 マイクロ PIXE による分析

エノキは本来放射線細胞などにシュウ酸カルシウムを結晶として含んでいる。そこで含有量の違いを知る上でシュウ酸カルシウムの存在が鍵になるのではないかと考え、A と D についてマイクロ PIXE で分析を行った⁵⁾。

カルシウムの元素マップとそれに対応した STIM の画像を比較して示す。1945 年に該当する年輪界付近を矢印で示し、写真の左を樹心側、右を樹皮側となるように配置した。左のマップで水色に見えている部分が、カルシウムを示している。初めに A のサンプルを示す (図 5)。右の画像と対応して見ると、被爆前の材の放射組織にカルシウムが多く含まれ、被爆後の材には少ないことがわかる。これを拡大して見ると (図 6)、放射組織の細胞中に存在することから、シュウ酸カルシウムの結晶であると推測される。次に D のサンプルを同様に示す (図 7)。1945 年の道管が中央に丸く並んでおり、周囲にカルシウムの存在が集中して認められる。またこれを拡大して見て見ると (図 8)、道管の内壁にカルシウムが存在していることがわかる。すなわちこの付近で観察されたカルシウムは、放射組織中に含まれるシュウ酸カルシウムの結晶ではなく、道管の内壁に存在する性質の異なるカルシウムの化合物であると推測される。

図5 A木口（被爆前後2mm×2mm）

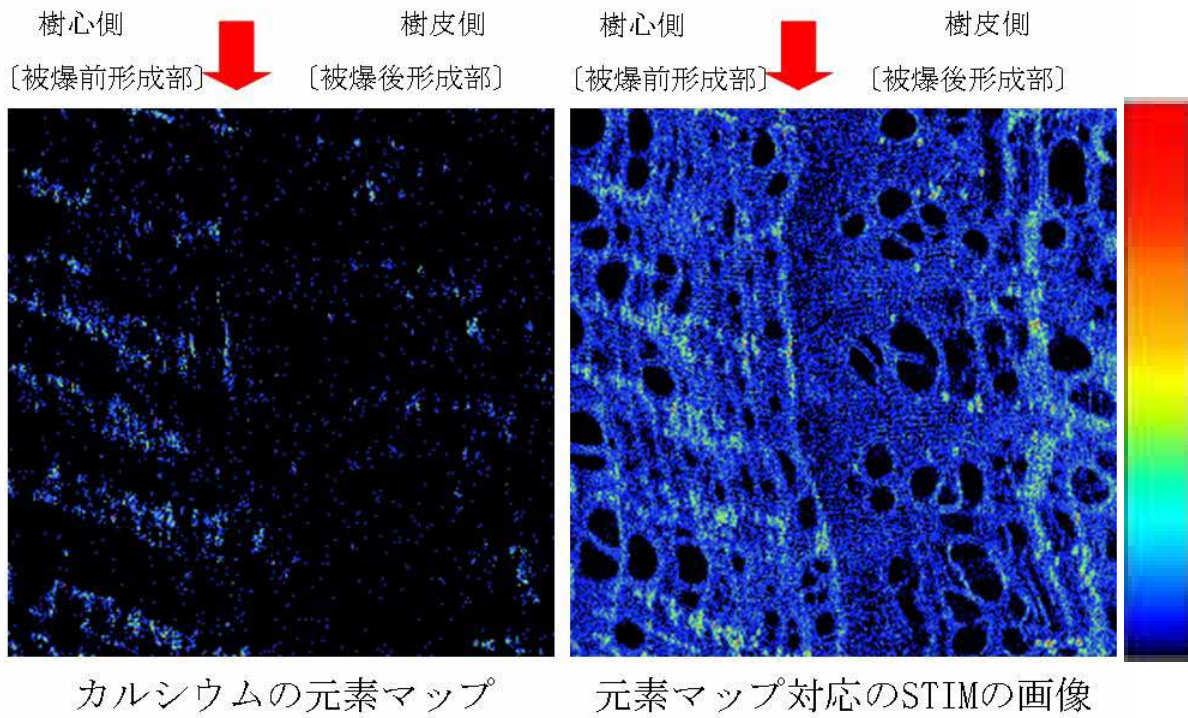


図6 A木口（被爆前後0.5mm×0.5mm）

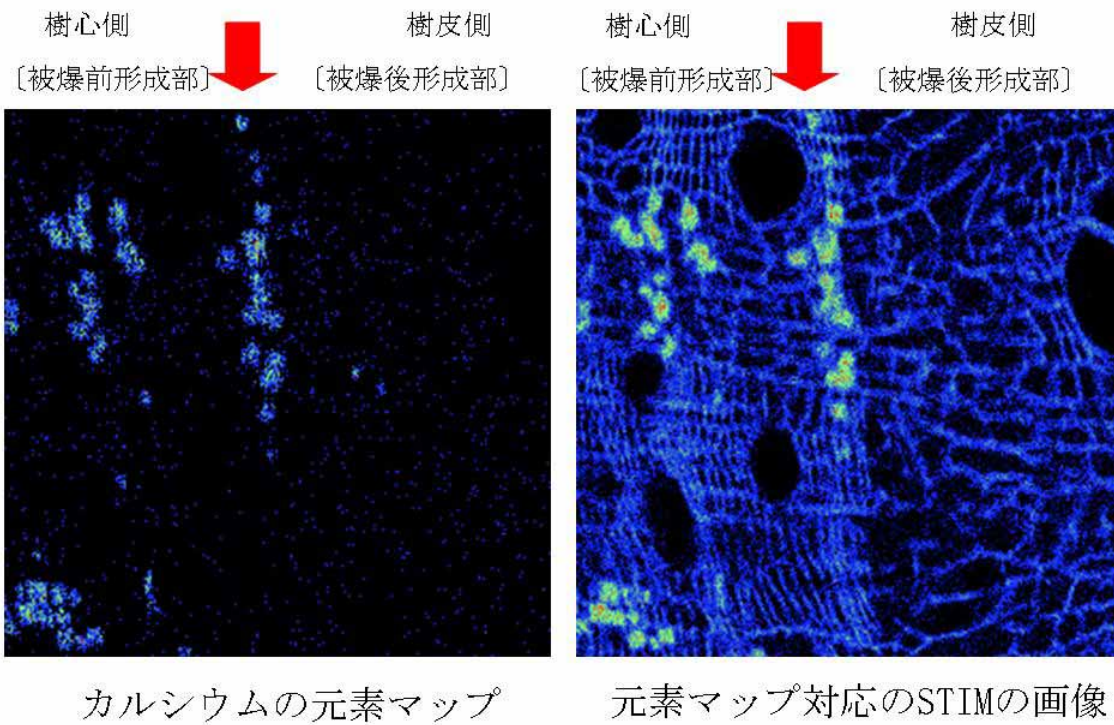
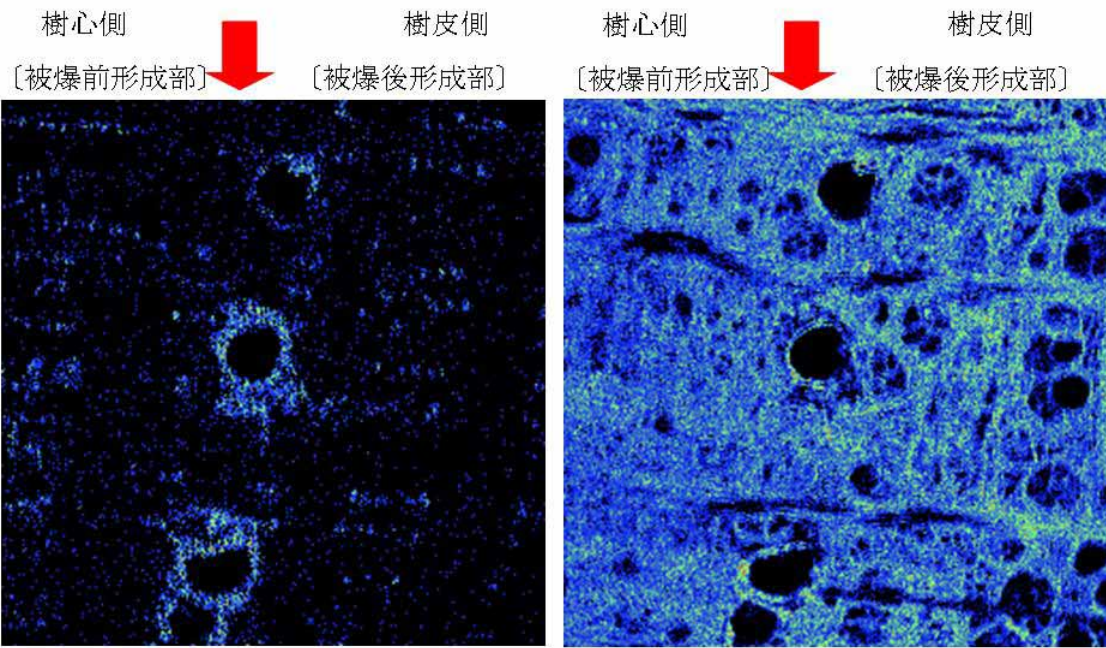


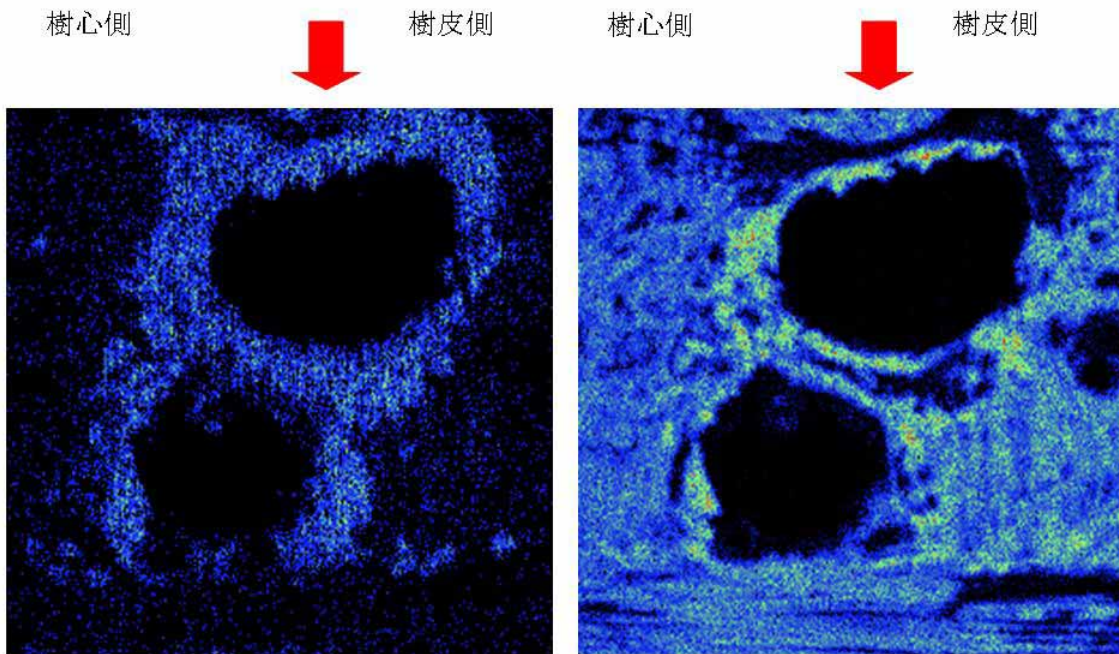
図7 D木口（被爆前後2mm×2mm）



カルシウムの元素マップ

元素マップ対応のSTIMの画像

図8 D木口（被爆前後0.5mm×0.5mm）



カルシウムの元素マップ

元素マップ対応のSTIMの画像

3. まとめ

組織観察では被爆年輪付近において、放射組織のゆがみ、樹皮や年輪の巻き込み、傷害組織、樹脂様の物質など他の部位と異なる様相が認められた。また硝酸灰化法による PIXE 分析によって、被爆前後の材ではカルシウムの含有量に大きく違いがあることがわかった。さらにマイクロ PIXE 分析では、そのカルシウムの形態が、従来知られている放射組織の細胞中に含まれるシュウ酸カルシウムの結晶だけではなく、部位によって 1945 年に形成された道管の周囲に存在する他のカルシウムの化合物としても存在することが推測された。このような既存の報告はなく、植物生理上重要な元素であるカルシウムが被爆のストレスを示唆すると思われる。

生物に及ぼす原爆の影響は極めて複雑であり、当時の状況も明確ではないが、被爆の影響は樹木の外形的な痕跡のみならず、内部の構造にも残されていると考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、快く御協力頂きました（社）日本アイソトープ協会滝沢研究所、岩手医科大学サイクロترونセンターおよび放射線医学総合研究所のスタッフの皆さんに深く感謝致します。

文献

- 1) 堀口力：平成 13 年 3 月被爆樹木調査報告書（2001）
- 2) 被爆建造物調査委員会：被爆 50 周年-ヒロシマの被爆建造物は語る-未来への記録、広島市（1996）
- 3) 村田英美：広島市の被爆エノキに関する調査とある被爆エノキの特性、京都大学大学院農学研究科森林科学専攻修士論文（2003）
- 4) ニツ川章二：生体試料のための電子レンジを用いた硝酸湿式灰化法
RADIOISOTOPES,49,447-450(2000)
- 5) 今関等：放医研の PIXE 分析用加速器システム（静電加速器棟）、放射線科学,44(4),106-115(2001)