

---

**論 文**

---

**海岸砂丘クロマツ枯損木の年輪幅及び仮道管長の水平変動**川上 敬介\*  
古川 郁夫\*\***Horizontal Variation of the Annual-Ring Width and  
the Tracheid Length in the Declined Pine Trees**Keisuke KAWAKAMI \*  
Ikuo FURUKAWA \*\***Summary**

The growth of coniferous trees strongly depend on the growth environments. The abnormal increment of radial growth was found in the declined pine trees grown in the coastal sandy area in Tottori prefecture. In order to clarify the relationship between the tracheid length (TL) and the radial growth, the horizontal variations of the ring width (RW), and the TL of the declined pine trees, which showed prominently abnormal radial-growth, were investigated.

The unusual radial increment was found in the annual ring width(RW), earlywood ring width(ERW) and latewood ring width(LRW) after 1976. On the contrary, the tracheid length in the period of the unusual radial growth decreased about 10% compared with that of the normal growth period. The variation in the RW and the TL showed a negative correspondence. The value of the disagreement was very high in the period from 1976 to 1986.

The decrease of the tracheid length reflects the abnormal increment of the radial growth, which means that there were some growth promoting-factors, for example, nutriment conditions in the sandy soil. One of the possibilities considered is the supply of nitrogen source by aerial acid deposition.

**I 緒 言**

日本海沿岸地域は、冬の季節風や砂から耕地や宅地を守るために、古くから海岸砂防が行われてきた。江戸時代には既に本格的な砂地造林が始まり、明治時代には国家的事業へと発展してきた。

\* 鳥取大学大学院 農学研究科 農林環境科学専攻

\*\* 鳥取大学農学部 農林総合科学科 生存環境科学講座

Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

そして1953年、海岸砂地地帯農業振興臨時措置法が制定されたことから海岸砂防造林は急速に進み、鳥取県においても、鳥取砂丘を中心とする海岸地域一体で主としてクロマツの造林が行われ、現在では、樹齢40年程度を中心とするクロマツ2次林が広範囲にわたって形成されている<sup>1)</sup>。

ところが、10数年前から海岸地域一体で、クロマツが大量に衰弱・枯死している。この様な松枯れの原因については、マツノマダラカミキリと、これによって媒介されるマツノザイセンチュウに依るとされている。しかし最近は、異常気象や大気汚染などによる生育環境の異変もこの原因の一つに考えられつつある。古川・高橋らは、砂丘クロマツ林内より枯損木約25本について年輪幅の水平変動と気象要因との関連性を調べた結果、1975年頃から、それ以前の気象因子では説明できない、異常な肥大生長が認められたと報告している<sup>2)</sup>。加藤らは、火力発電所周辺地域のスギの活力度調査及び年輪幅解析調査を行い、大気汚染と樹木の生長との関連性を明らかにしている<sup>3)4)</sup>。また Kort は、ダグラスファーの衰弱・枯死に関連して、大気汚染や気象の変動が影響していることを、年輪幅と仮道管長の水平変動パターンから推定している<sup>5)</sup>。この様に針葉樹の肥大生長には、気象の変動や環境異変が強く影響していることが知られており、海岸地帯で見られた松枯れ現象にもこれらの要因が、年輪幅や仮道管長の変動に関与しているのではないかと考えた。

そこで本研究では、鳥取砂丘付近のクロマツ2次林から伐採した、樹齢約100年のクロマツ枯損木について年輪幅と仮道管長の経年変化、並びに、両変動の対応関係を調べることににより、枯損との関連性について検討した結果について報告する。

## II 実験方法

### 1. 供試木

供試木は、1987年10月に、鳥取県東部の鳥取砂丘に隣接したクロマツ2次林内で伐採した。伐採した供試木は、その衰弱程度により伐採当年(1987年)に樹冠の所々に黄色または茶褐色の葉がみられるもの(やや衰弱木)、樹冠の一部が崩れ、葉の大部分が黄色または茶褐色なもの(衰弱木)、葉がすべて枯れ上がっている、あるいは明らかに枯死しているもの(枯死木)に目視で区分した。本研究では、このうちの“やや衰弱木”5本(表1)

表1 供試木の概要

供試木No.	樹 齢	辺 材 含 水 率	心 材 含 水 率
1	93	3.2%	2.2%
2	104	4.3	3.4
3	102	3.5	3.2
4	122	4.9	3.3
5	119	3.5	3.6

を使用した。

### 2. 年輪幅測定

各供試木の胸高部位、もしくは樹高4mの付近から円盤を採取した。各円盤から髄を通る南北方向の測線に沿った木口ブロック(3(T)×直径(R)×2(L)cm)を作製した。木口表面を十分なめらかにし、年輪界を鮮明にするために白色ワセリンを塗布した。年輪幅は、0.01mm精度の読取顕微鏡を用いて各年輪幅の放射方向の距離を測定した。測定は、南北2方向について行い、その平均値を各形成年輪の年輪幅(RW)、早材幅(ERW)、晩材幅(LRW)とした。

### 3. 仮道管長測定

各供試木の仮道管長の経年的な変動を調べた。1986年度形成年輪から1945年度形成年輪までの42年分については毎年、それ以前の成熟材部については5年毎、未成熟材部は2年毎に該当年輪の材部から小片(1~2(T)×1~2(R)×10(L)mm)を採取した。これをJeffrey氏液(CrO<sub>3</sub>+HNO<sub>3</sub>)によって解繊し、各年輪毎の仮道管長を各年輪当り50本測定し、その平均値を各形成年輪の仮道管長(TL)とした。

### 4. 年輪幅と仮道管長の対応関係

年輪幅(RW)と仮道管長(TL)の変動の対応関係を次のような方法を用いて調べた。すなわち、各年の年輪幅及び仮道管長の当年値から前年値を差し引き、得られた値(ΔRW, ΔTL)の符号(プラス・マイナス)に着目した。ΔRWとΔTLの各年における符号の組合せが異符号の場合、すなわち、年輪幅の符号がプラス(マイナス)の時に仮道管長の符号がマイナス(プラス)となる年の、全測定年輪数に占める割合を変動の不一致率(%)とした。

$$\text{ただし } a = A / N \times 100 (\%) \cdots (1)$$

a : 不一致率

A : 符号の組合せが異符号であった年の総数

N : 全測定年輪数

全測定年輪数は、1945年から1975年までと、1976年から1986年までの2つに区分して、それぞれの不一致率の比較を行った。

## III 結果と考察

### 1. 年輪幅と仮道管長の水平変動

図1~5に、各供試木の年輪幅及び仮道管長の水平変動を示した。これによると、年輪幅は、1975年頃、特に1976年から急激な肥大生長が認められた。早材幅、晩材幅についても同様の結果であった。年輪幅は、ある一定の樹齢まで急激に減少した後安定することが知られている。供試木の樹齢を考えれば、1976年以降は成熟材部であり安定した肥大生長を示すはずであり、衰弱していることを考慮すればむしろ年輪幅は狭くなると予測したのであるが、結果は全く逆であった。

形成層始原細胞の垂層分裂頻度が高くなると、広い年輪幅が形成されることが知られている。今回認められた異常肥大生長でも、異常分裂活動が関与していたと推察される。この原因についてはまず、開放林分への誘導(ギャップ更新)や施肥等、人為的原因が考えられる。現地の林分状況や伐採跡地、管理状況から判断して、1976年以降にこれらの原因による異常肥大生長の起きる可能性は少ないと思われる。また、気象の温暖化による生長促進が考えられるが、気象因子は樹木の生長に複雑に作用するので、現段階においては判定し難い。次に仮道管長は、全体の傾向としては全て

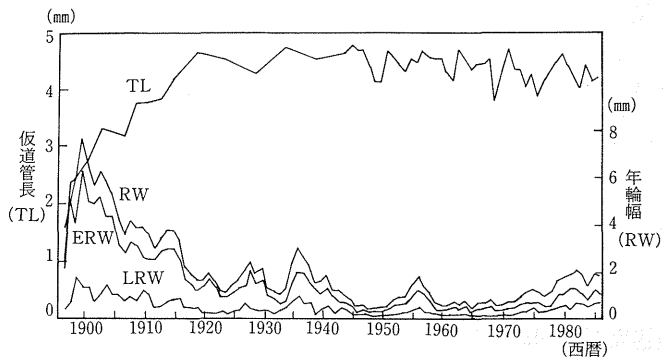


図1 No. 1 供試木の年輪幅と仮道管長の水平変動

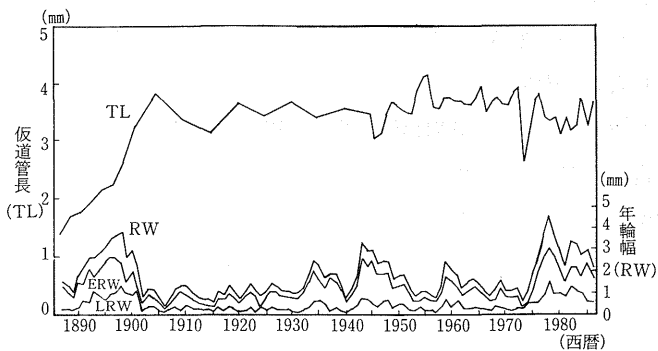


図2 No. 2 供試木の年輪幅と仮道管長の水平変動

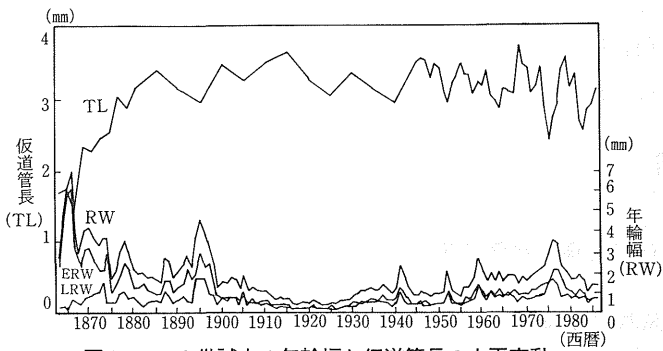


図3 No. 3 供試木の年輪幅と仮道管長の水平変動

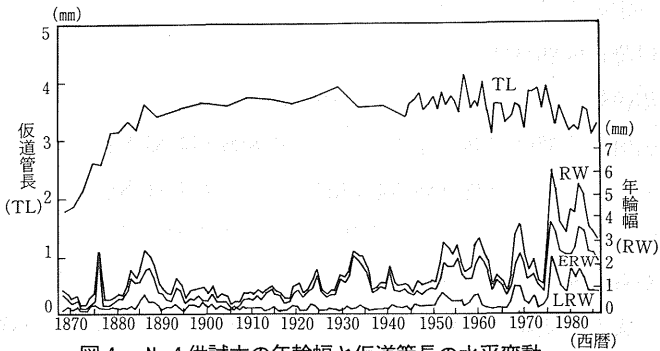


図4 No. 4 供試木の年輪幅と仮道管長の水平変動

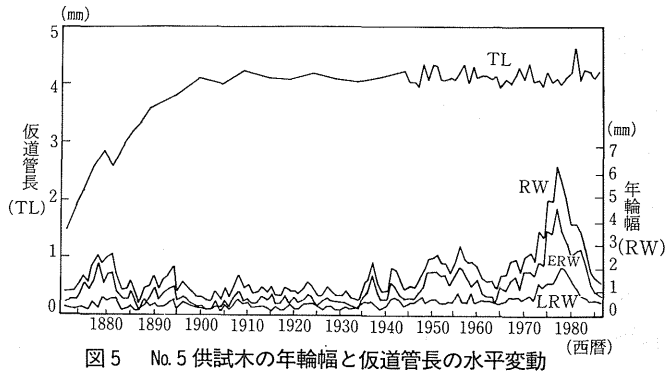


図5 No. 5 供試木の年輪幅と仮道管長の水平変動

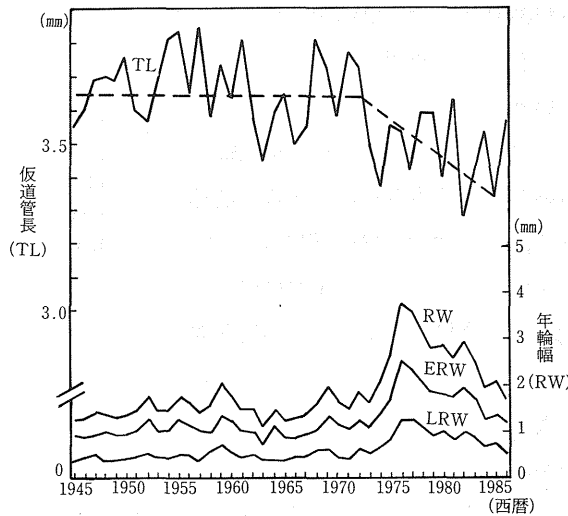


図6 1945年から1986年までの平均年輪幅と平均仮道管長の水平変動

の供試木において髓に接する木部で1～2mmと短く、その後急激に上昇し、樹齡20年前後でほぼ安定した長さ(約3.6mm)を示した。これはK.Sanio<sup>6)</sup>、須藤<sup>7)</sup>らの結果と同様であった。

異常肥大生長の認められた1976年以降の仮道管長の変動を拡大して示すと図6のようになる。図6は、1945年から1986年の間の、供試木5本の平均年輪幅及び平均仮道管長を示している。これによると年輪幅については前述の通りであるが、仮道管長については1974年頃から短くなる傾向を示すことがわかった。仮道管長は、1974年以前でほぼ一定に達したときの長さ(約3.6mm)に対して、異常肥大生長期においては約10%短くなった。Bannan<sup>8)</sup>によると、形成層の分裂活動が活発化すると仮道管長は短くなるとしており、未成熟材部においてはこれまでに多くの報告がなされている。しかし、成熟材部における仮道管長の減少については、Kort<sup>5)</sup>によって報告されているだけである。Kort<sup>5)</sup>はダグラスファーにおける仮道管長の減少の原因について、仮道管長の短かった年はかなり高温で乾燥しており、これがダグラスファーの生長に影響を与えたのではないかと指摘している。また、仮道管長が短いことは、強度の低下、通水機能の阻害など、材質劣化の原因となる。しかし本研究で認められた仮道管長の減少率は約10%であるため、材質への影響は小さいと思われる。

2. 年輪幅と仮道管長の対応関係

表2に、年輪幅と仮道管長の変動の対応関係を一覧表にして示した。これによると、1945年から1975年までは不一致率は45%であったものが、1976年以降では91%ときわめて高い値を示した。

須藤<sup>9)</sup>は、仮道管長と年輪幅との相関関係が高いのは未成熟材部であるとし、成熟材部については相関関係は極めて低く、両者の間に特に関係はないと報告している。本研究においても1976年以降（成熟材部）で、単相関分析を行った結果、相関係数0.17で、有為な相関関係は認められなかった。しかし不一致率という方法を用いた結果、異常肥大生長部において、それまでの成熟材部と比較して年輪幅と仮道管長の変動に高い対応関係が認められた。さらに前述の結果とあわせて考えると、クロマツの生育過程において、形成層の分裂活動に変化を生じさせ、通常の成熟材部では見られない異常な肥大生長を引き起こすような、外的な要因の存在が考えられる。マツクイムシのような生物的原因よりもむしろ異常気象や大気汚染、酸性雨といった生育環境の質的異変にその原因があるのかも知れない。Johnson<sup>10)</sup>は、酸性降下物が土壤中に窒素源を補給し、土壤の改良効果のあることを指摘している。今後この点について更に検討する必要がある。

IV 結 論

鳥取砂丘クロマツ2次林分内の枯損木5本について、その年輪幅及び仮道管長の水平変動を調べた結果、以下のことが明らかになった。

(1) 年輪幅は1976年以降約10年間にわたって異常な肥大生長が認められた。

(2) 仮道管長は、異常肥大生長と時期をほぼ同じくして約10%短くなった。

(3) 異常肥大生長期間の年輪幅と仮道管長の高い負の対応関係が認められた。

表2 年輪幅と仮道管長の変動の対応関係

年	ΔRW	ΔTL	不一致率
1945	-	-	45%
1946	+	+	
1947	+	+	
1948	-	+	
1949	-	-	
1950	+	+	
1951	+	-	
1952	+	-	
1953	-	+	
1954	+	+	
1955	+	+	
1956	-	-	
1957	-	+	
1958	+	-	
1959	+	+	
1960	-	-	
1961	-	+	
1962	+	-	
1963	-	-	
1964	+	+	
1965	-	+	
1966	+	-	
1967	+	+	
1968	+	+	
1969	+	-	
1970	-	-	
1971	-	+	
1972	+	-	
1973	-	-	
1974	+	-	
1975	+	+	
1976	+	-	91%
1977	-	-	
1978	-	+	
1979	-	+	
1980	+	-	
1981	-	+	
1982	+	-	
1983	-	+	
1984	-	+	
1985	+	-	
1986	-	+	

## 文 献

- 1) 田中一夫：海岸砂防の歴史について，砂丘研究，37(2)，1-8，(1990)
- 2) 古川郁夫，高橋雅裕：鳥取地方のクロマツ枯損木の年輪変動解析，樹木年輪幅短期研究会報告書，京大原子炉実験所，KURRI-TR-336，8-15，(1990)
- 3) 加藤輝隆，河野昭一：スギ年輪（幅）変動解析を用いた大気汚染の影響評価，樹木年輪幅短期研究会報告書，京大原子炉実験所，KURRI-TR-300，82-85，(1988)
- 4) 加藤輝隆，河野昭一：スギ年輪解析による過去の大気汚染状況の推定，樹木年輪幅短期研究会報告書，京大原子炉実験所，KURRI-TR-316，25-30，(1989)
- 5) Ingrid de Kort : TRACHEID LENGTH IN VITAL AND NON VITAL DOUGLAS FIR IN THE NETHERLANDS, IAWA Bulletin n. s., 11 (2), 203-209, (1990)
- 6) K. Sanio : Uber die Grosse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*), Tahrwiss batan, 8, (1872)
- 7) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について，木材学会誌，14(8)，401-405，(1968)
- 8) M. W. Bannan : Anticlinal Divisions and Cell Length In Conifer Cambium, Forest Products Journal, 17, No. 6, 63-69, (1967)
- 9) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について，木材学会誌，15(6)，241-246，(1969)
- 10) Dale W. JOHNSON : Acid rain and forest productivity, Proc. XVII IUFRO World Congress, Div. 1, 73-89, (1981)