

# 富山県産スギ 3 品種中径材の材質特性 (第 2 報)

## ボカスギ, カワイダニスギ, タテヤマスギ ;

### 野外杭試験による辺材と心材の耐朽性

長谷川益夫\*

#### Qualities of Three Varieties of Sugi Cropped from Toyama Prefecture II. Boka-sugi, Kawaidani-sugi and Tateyama-sugi; Durability of Their Sapwood and Heartwood Based on a Field Stake Test

Masuo HASEGAWA\*

スギは、富山県において民有林造林面積の約 93% を占める最も重要な造林樹種である。ボカスギ, カワイダニスギ, タテヤマスギの富山県産スギ 3 品種の中径材 (直径 15~30cm) について材質特性を調べた。本報では、これらの辺材, 心材の耐朽性を調べるために行った野外杭試験 (森林総研法: 杭の寸法 3×3×60cm) の結果について報告する。杭の耐用年数 (6 段階評価法 (0~5) において被害度 2.5 を耐用限界とした場合) の推定は成長関数回帰分析によって行った。地際部の耐用年数において 3 品種間の明確な差は認められず、辺材が 1.8 年、心材は 2.9 年であった。また、被害度進行速度の変化型は辺材と心材で異なっていた。

#### 1. はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) は重要な植栽樹種であり、富山県の民有人工林の 93% がこれで造林されている。県産スギ材の強度を中心とした材質に関して、木材試季報「木材と技術」<sup>1)</sup> や他の文献<sup>2,3)</sup> に記載が見られる。第 1 報では、ボカスギ (以下ボカ), カワイダニスギ (以下カワイダニ), タテヤマスギ (以下タテヤマ) の県産スギ主要 3 品種中径材素材の気乾比重, 平均年輪幅, 材色, 吸水量, 注水量について報告した。県産スギ品種別の野外環境における耐朽性に関しては報告が見あたらなかったため、これら 3 品種の野外杭試験を行った。本報では、辺心材別の耐用年数, 被害度進行速度の変化型について報告する。

#### 2. 試験方法

##### 2.1 供試杭の材質

供試したボカ, カワイダニ, タテヤマの伐採場所, 個体本数, 径級は、第 1 報<sup>4)</sup> のとおりである。3×3×60cm の辺材および心材の杭を、各原木よりおおよそ 2 本あて採材した。辺材杭は樹皮近くから、心材杭は、節をできるだけ避けるため移行材部寄り心材から採材した。また、比較のために、ヨシノスギ (以下ヨシノ) 杭も供試した

供試した杭の本数, 採材した原木本数, 気乾比重を表-1 に示す。

##### 2.2 暴露条件

杭試片は、木材試験場構内の杭試験地 (広さ: 7×10m, 土壌: 一部粘土混じりの褐色森林土, 位置: 東経 137.102°, 北緯 36.703°, 標高 14m) において、1995 年 6 月 10 日から 2003 年 4 月 16 日まで野外暴露した。試片は、材種をランダムイズして、杭間隔 50cm で、杭長さの半分 30cm まで地中に埋めて設置した。試験地の様子を写真-1 に示す。地際で折損し

表-1 供試杭の材質

材種	原木 個体数	供試 本数	気乾 比重
ボカスギ 辺材	11	20	0.330
ボカスギ 心材	10	20	0.351
カワイダニスギ 辺材	8	20	0.329
カワイダニスギ 心材	9	20	0.377
タテヤマスギ 辺材	10	20	0.377
タテヤマスギ 心材	10	20	0.398
ヨシノスギ 辺材	-	10	0.371

た試片の地上部は、写真のように、細い樹脂被覆鉄パイプを支柱として2~3cm北側に差込み、樹脂被覆針金で折損前の位置に保持して暴露を継続した。地中部も、埋設状態を保ち同様に暴露を継続した。

暴露地周辺の気象条件すなわち降水や気温は、腐朽菌の活性や試片の耐朽性成分の溶脱を通じて間接的に腐朽の進行に影響を及ぼし、杭試片の劣化外力としてはたらく。そこで、木材腐朽劣化気候外力指標値として修正クライメート・インデックス(CI')を試験地近傍のAMeDAS気象観測点4箇所(富山、伏木、八尾、砺波)のデータを基に求めた。CI'は、アメリカ合衆国で提案されたクライメート・インデックス<sup>5)</sup>(木材腐朽気候指数, CI; 式(1))に変更を加えた式(2)<sup>6)</sup>より算出した。

$$CI = \sum_{1月}^{12月} \frac{(d-3)(t-2)}{16.7} \dots \text{式(1)}$$

$$CI' = \sum_{1月}^{12月} \frac{d'(t-2)}{16.7} \dots \text{式(2)}$$

ここで、d: 日降水量0.25mm以上の月間降水日数  
 d': 日降水量1mm以上の月間降水日数  
 t: 月平均気温



写真-1 野外杭試験地の様子 (2002年4月)

### 2.3 被害度の評価方法

杭の被害(腐朽あるいは虫害)は、ほぼ1年毎に頂部、地際部、底部について森林総合研究所の評価体系<sup>7)</sup>(表-2)に準拠して評価した。評価は、主に目視によって行ったが、内部の被害状態が判別しにくい場合は、マイナス型ミノドライバ(先端の幅1.5mm)を使用した。評価に迷う場合は、中間の0.5刻みの評価値を与えた。

表-2 被害度の表し方<sup>7)</sup>

被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	全面的に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえに部分的に激しい腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形がくずれる

### 2.4 耐用年数の算出と被害度進行パターンの評価方法

各試験材の暴露期間(t)と平均被害度(D)についてRichardsの成長関数回帰分析<sup>8,9)</sup>を行い、得られた回帰式に一般的な耐用限界とされる平均被害度2.5を代入して暴露期間を求め、これを耐用年数とした。使用した成長関数回帰モデル式を式(3)に示す。解析には、統計解析ソフトSTATISTICA Pro 98Jの非線形回帰分析を用いた。

$$D = A(1 - e^{-kt^{1/(1-m)}}) \dots \text{式(3)}$$

ここで、D: 平均被害度  
 A: 最終到達被害度(理論的には5)  
 e: 自然対数の底(≒2.718)  
 k: 被害度進行速度  
 t: 暴露期間  
 m: 被害度進行速度の変化パラメータ

野外杭試験における被害度の経年変化については、近似直線による考察が見られる<sup>7)</sup>。しかし、被害度進行速度は一定ではなく変化することが知られている<sup>10)</sup>。この変化のパターンは、成長関数において被害度進行速度の変化パラメータmに対応し、この値によって分類することができる<sup>11)</sup>。そこで、m値の範囲0.3~0.3はMitscherlich(M)型、同0.3~0.7はMitscherlich-Gompertz(M-G)型、同0.7~1.3はGompertz(G)型として分類した。

## 3. 結果と考察

## 3.1 試験地の環境条件

今回の杭試験では、ヤマトシロアリの被害はみられなかった。また、全体としては褐色および白色腐朽が主であったが、試験地の水はけが悪い一部の場所では軟腐朽もみられた。しかし、軟腐朽は顕著ではなかったため、区別せずに被害度の評価を行った。試験地の気候環境は、表-3に暴露期間の各年の平均気温、降水量、CI'を示す。ここで、CI' (年間値)の標準偏差は12.5で、その変動係数は11%となった。このように、CI'の年変動はかなり大きいことがわかった。

野外杭試験は、これまで各地で行われ、その結果として示される耐用年数は、暴露期間中の気温の高低や降水の多少についてはほとんど考慮せずに示されてきた。したがって、その耐用年数は厳密にはその試験地とその期間に対応した値である。これをある程度時期普遍的な値として扱うには、暴露期間の気候変動について確認が必要と思われる。そこで、CI'月値の変動とその積算値の変動を図-1に示した。CI'月値は大きく変動しているが、その積算値は、停滞期を持ちながらもほぼ直線的に上昇している。このことから、耐用年数が1年未満のような極く短い場合を除けば、この試験地で今回得られた耐用年数に気候変動の影響は考慮しなくてよいと考えられた。

表-3 試験地の気候環境

年 [期間]	年平均気温(°C)	年降水量(mm)	CI'
1995 ['95 6~'96 5]	13.1	2327	99.3
1996 ['96 6~'97 5]	13.8	2114	108.8
1997 ['97 6~'98 5]	14.3	2463	117.1
1998 ['98 6~'99 5]	14.1	2659	128.8
1999 ['99 6~'00 5]	14.0	2409	120.2
2000 ['00 6~'01 5]	14.2	2124	92.2
2001 ['01 6~'02 5]	14.2	2468	123.7
2002 ['02 6~'03 5]	13.6	2614	107.2
平均 <標準偏差>	13.9 <0.4>	2397 <202>	112.2 <12.5>

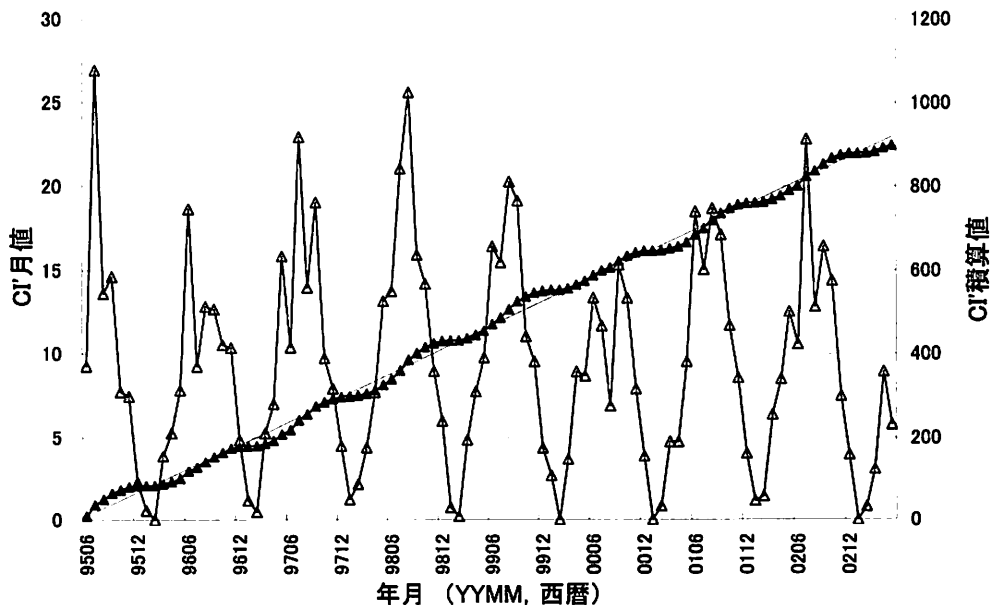


図-1 試験地のクライメート・インデックスの変化

△: CI'の月値 ▲: CI'の積算値

### 3.2 耐用年数の品種間比較と被害度進行速度の変化

品種、辺心材、部位別に被害度の経時変化について成長関数回帰分析した結果、すなわち回帰式の寄与率と各係数を表-4に示す。まず、回帰式の寄与率( $r^2$ )は、ほとんどが0.99以上で、被害度の経時変化について説明力の高い回帰が得られた。ただし、心材頂部は3品種ともに、2~5年の間被害度が1付近で停滞した後に急激に進行する傾向が認められ、 $r^2$ が0.939~0.951と小さくなった。そこで、前段と後段の2段階に分けて回帰を行い、両回帰式を線形結合した。

図-2は、県産スギ3品種の辺・心材およびヨシノの辺材について、各部位の被害度経年変化のプロットと回帰曲線を示している。また、材種別のグラフ下部に各部位の耐用年数を示した。

いずれの材種においても、地際部の耐用年数が最も短く、底部、頂部の順に長くなり、たとえばタテヤマ辺材で、頂部3.4年、地際部1.8年、底部2.5年であった。他の品種においても同様であった。また、各

品種の辺心材別の耐用年数では、心材が辺材に比べて長くなった。

各品種の地際部の耐用年数は、辺材ではタテヤマ1.8年、カワイダニ1.7年、ボカ1.8年、ヨシノ2.0年となった。心材では、タテヤマ2.9年、カワイダニ2.7年、タテヤマ2.9年であった。辺材心材ともに、品種による耐用年数の差は0.3年(約4ヶ月)以内で、明らかな差は認められなかった。

つぎに、被害度進行パターンについて考察する。図-2の各回帰曲線は、部位及び辺心材の違いによって明らかに異なったパターンを示した。この違いは、各回帰式の $m$ 値(表-4)に基づく変化型の分類結果にも表れた。ヨシノを含む辺材の $m$ 値は0.61~0.95で、タテヤマ底部を除いてG型、すなわち被害度1.8付近で被害が急速に進むパターンに分類される。一方、県産スギ3品種の心材の $m$ 値は0.28~0.56(2段階回帰の頂部を除く)で、ほとんどがM-G型、すなわちごく初期に被害度進行速度変化が極大になりその後は被害度進行速度が漸減するパターンに分類された。

表-4 県産スギ3品種の野外杭試験における成長関数回帰分析の結果

材種	部位	寄与率 ( $r^2$ )	A ·	k ·	m ·	備考
タテヤマスギ 辺材	頂部	0.993	4.86	1.026	0.951	
	地際部	0.996	5.00	1.039	0.763	
	底部	0.997	5.03	0.582	0.612	
タテヤマスギ 心材	頂部	0.951	26600.00	0.00443	0.618	線形結合
		0.999	0.85	1.489	0.914	
	0.996	124.00	0.145	0.893		
地際部	0.987	5.25	0.354	0.411		
底部	0.995	6.63	0.156	0.333		
カワイダニスギ 辺材	頂部	0.995	5.03	0.929	0.939	
	地際部	0.999	5.00	1.440	0.874	
	底部	0.998	5.01	0.889	0.780	
カワイダニスギ 心材	頂部	0.941	19200.00	0.00457	0.611	線形結合
		1.000	0.75	3.320	0.998	
	0.998	65700.00	0.0313	0.847		
地際部	0.996	4.90	0.496	0.550		
底部	0.999	5.21	0.257	0.563		
ボカスギ 辺材	頂部	0.993	4.96	0.889	0.930	
	地際部	0.999	5.03	1.263	0.841	
	底部	0.999	4.99	0.765	0.778	
ボカスギ 心材	頂部	0.939	6340.00	0.0142	0.697	線形結合
		1.000	0.63	3.658	0.998	
	0.999	180.00	0.169	0.924		
地際部	0.995	5.87	0.258	0.276		
底部	0.993	5.58	0.246	0.416		
ヨシノスギ 辺材	頂部	0.993	4.95	0.780	0.873	
	地際部	0.998	5.03	1.257	0.886	
	底部	0.994	4.87	0.779	0.843	

注) \* 本文中の式(3)を参照

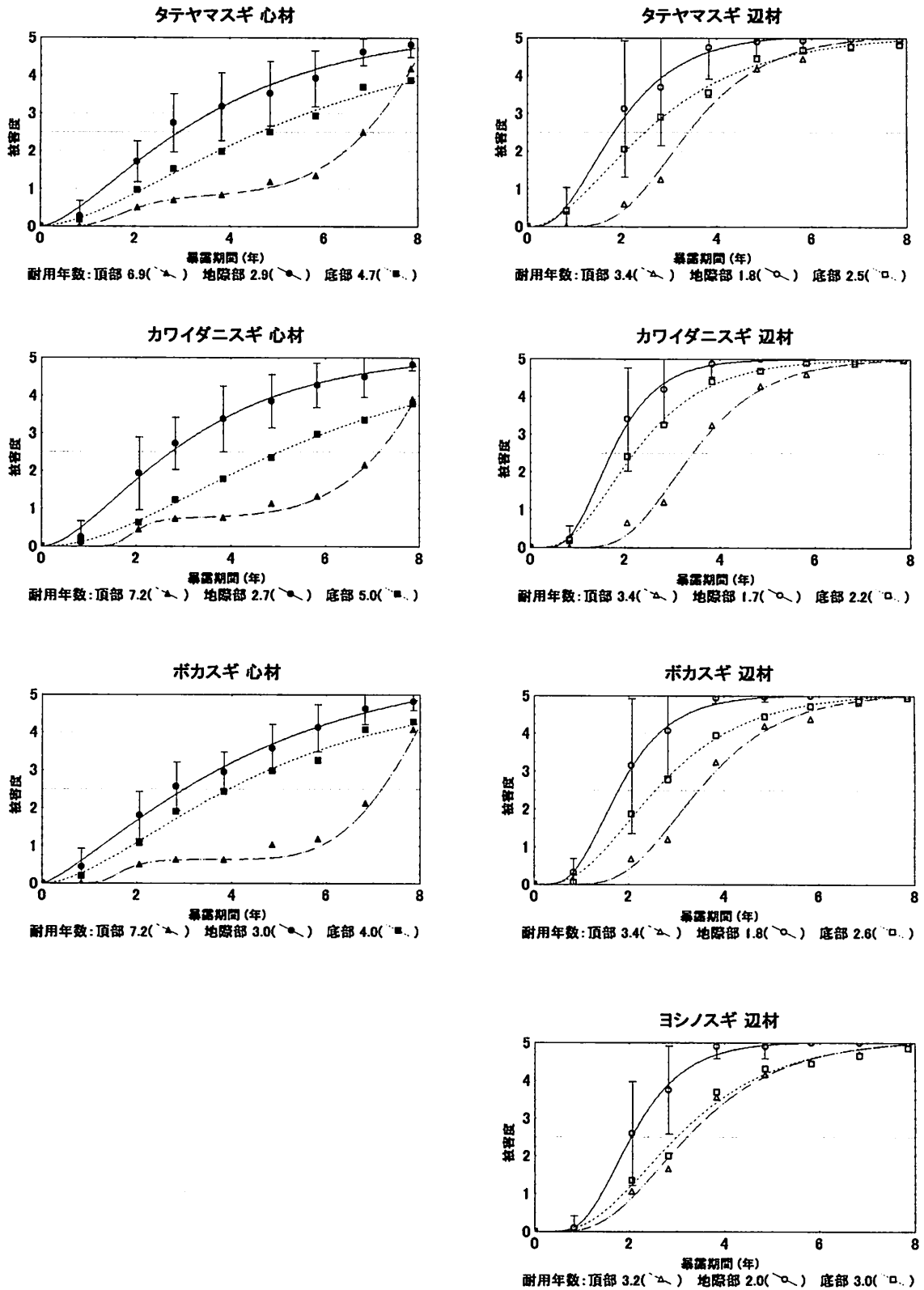


図-2 県産スギ3品種及びヨシノスギ辺材の平均被害度の経年変化

注) 地際部の被害度については、平均±標準偏差の範囲を線で示した。

#### 4. まとめ

富山県産スギ3品種ボカスギ, カワイドニスギ, タテヤマスギの中径材(直径15~30cm)および比較対照としてヨシノスギ辺材(大径材)について, 野外杭試験によって, これらの辺心材の耐朽性(耐用年数)を調べた。杭の耐用年数は, 成長関数回帰分析によって求めた。

1) 杭地際部の耐用年数において, 3品種間の差はほとんどなく, 辺材が1.8年, 心材は2.9年であった。また, 辺材の耐用年数において, 県産スギ3品種はヨシノスギ(2.0年)と比較して, 明瞭な差は認められなかった。

2) 腐朽進行速度の変化型は, 辺材と心材で異なっていた。

#### 文 献

- 1) 例えば; 武田和正, 中谷浩, 大森幹夫: タテヤマスギとボカスギ間伐材の材質特性, 木材と技術, 46, 13-16 (1981).
- 2) 強度性能研究会: “製材品の強度性能に関するデータベース データ集<6>”, 森林総合研究所, 2002.
- 3) 佐々木光, 角谷和男, 瀧野真二郎: スギ36品種の力学的性質, 木材研究・資料, 17, 192-205 (1983).
- 4) 長谷川益夫: 富山県産スギ3品種中径材の材質特性(第1報) - 気乾比重, 平均年輪幅, 材色, 吸水量, 注入量 -, 富山県林業技術センター研

究報告, 11, 29-34 (1998).

- 5) Theodore C. Scheffer : A Climate Index for estimating potential for decay in wood structures above ground, FPJ, 21(10) , 25-31 (1971).
- 6) Masuo Hasegawa : Climate Index of Wood Decay in Japan and Toyama Prefecture, High-Performance Utilization of Wood for Outdoor Uses (Report on Research Project, Grand-in-Aid for Scientific Research) , 2001, p.15-25.
- 7) 例えば; 松岡昭四郎ほか5名: 浅川実験林苗畑の杭試験(3)各樹種の野外試験による耐朽性調査結果, 林業試験場研究報告, 232, 109-135 (1970).
- 8) F. J. Richards : A Flexible Growth Function for Empirical Use, Jour. Exp. Bot., 10, 290-300 (1959).
- 9) 大隅慎一, 石川善朗: RICHARDSの生長関数をあてはめるためのコンピュータープログラムの作成, 京都府立大学演習林報告, 24, 64-88 (1980).
- 10) 中村嘉明: 油性防腐注入処理杭の野外における経過年数と劣化の相関, 材料, 32(359), 929-934 (1983).
- 11) 長谷川益夫: 富山県における木材の野外杭試験(第1報) 19年間の被害度変化, 富山県林業技術センター研究報告, 13, 97-106 (2000).

#### Summary

Sugi (*Cryptomeria japonica*; Japanese cedar) is the most important planting species which occupies about 93% of afforestation area of the private forests in Toyama Prefecture. Material property was examined for the 3 varieties Boka-sugi, Kawaidani-sugi and Tateyama-sugi. Diameter of these tested logs is middle size (15~30cm), and that of yoshino-sugi logs for the reference is over 30 cm. In this paper, the results of field stake test (FFPRI method: stake size 3 × 3 × 60cm) to investigate the decay resistance of the sapwood and heartwood is reported. Service life (the case in which it is serviceable until the damage rate becomes 2.5 in the 6-stage evaluation method (0~5)) of the ground line position of these stakes was calculated from each growth function regression formula. There was no significant difference of service life between the 3 varieties, and the averages of sapwood and heartwood were 1.8 and 2.9 years. The pattern of the extent of damage progress is different in sapwood and heartwood.