

愛媛県産スギ・ヒノキ・マツ円柱加工材の重量減少率から見た耐久性評価

誌名	愛媛県林業研究センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Forestry Research Center
ISSN	13489534
著者名	松岡,真悟
発行元	愛媛県農林水産研究所林業研究センター
巻/号	27号
巻号補足	
掲載ページ	p. 9-13
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈資料〉

愛媛県産スギ・ヒノキ・マツ円柱加工材の重量減少率から見た耐久性評価

松岡真悟

Shingo MATSUOKA

野外耐久性試験を行ったスギ・ヒノキ・マツ円柱加工材を、設置後7年3か月経過の後に回収し、最も客観的な指標の一つである重量減少率を求めることで耐久性を評価した。その結果、木材への防腐処理は十分に効果が大きいことが実証され、無処理材においては、重量減少率に明らかにヒノキ<スギ<マツの並びが確認されたことで、マツが多用されていた土木用木材の分野にも、スギやヒノキが十分に使用可能であることが示唆された。また、無処理材では接地部分の材で、防腐処理材では地上部分の材で被害度がより大きいことが判明し、さらに、被害度と重量減少率を照合して、劣化に対する指標を簡単に考察したところ、重量減少率が15~20%程度で使用不可のレベルに達するとの推測が得られた。

キーワード — 重量減少率、低毒性薬剤、野外杭試験

1. 緒言

県産スギ・ヒノキ・マツ材の土木・公園資材への利用を促進するため、加藤ら（2005）は、丸太に比べて運搬が容易で施工性に優れている円柱加工材を用いて、曲げ強度、注入性及び耐久性を検討し、次の知見を得た。①曲げ強度試験の結果いずれも十分な材料強度を有しており構造材への利用上問題がない。②防腐薬剤の注入性は、スギが比較的優れており、マツ、ヒノキの順に劣る。③注入前の乾燥条件では、中温乾燥材の注入性が高温乾燥材の注入性より優れていた。④無処理材の腐朽に対する抵抗性は、ヒノキが比較的優れており、スギ、マツの順に劣っていた。⑤腐朽の進行速度は部位別に異なり、接地材>縦支柱>地上材、地中材の順に腐朽が速く進行した。⑥スギ及びマツの無処理材の野外での強度的な耐用年数は3年であった。⑦材面に対するピロディン貫入深さから縦振動法による動的ヤング係数を推定することができ、動的ヤング係数の5%下限値から推定したピロディン貫入深さはスギ23mm、ヒノキ16mm、マツ17mmであった。

本報告では、加藤ら（2005）が野外耐久性試験

を行った試験体を、設置後7年3か月経過の後に回収し、設置前後の乾燥重量を元に、最も客観的な指標の一つである重量減少率を求め、そこに被害度も加味しながら耐久性を観察した。なお、5本組の試験体のうち、縦支柱1本（詳細後述）については、被害度や動的ヤング率及びピロディン貫入深さの継続調査用に残しており、今後も調査を継続することと、加藤ら（2005）が報告した以降の設置後5年目からの動的ヤング率及びピロディン貫入深さの調査データも保有していることを申し添える。

2. 供試材料及び試験方法

2.1 供試材料

試験体は、スギ、ヒノキ、マツの直径10cm、長さ100cmの円柱材であり、注入薬剤は銅・ほう素・アゾール化合物系木材防腐剤（希釈倍率20倍）である（詳細は、加藤ら（2005）を参照）。

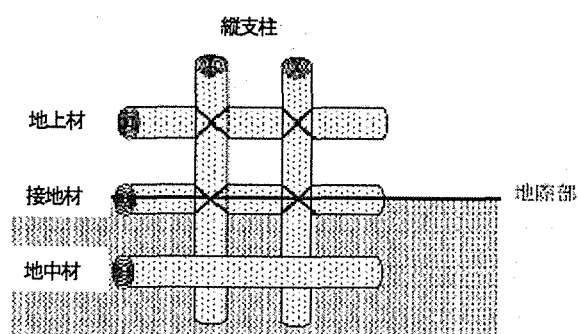
2.2 試験方法

試験体を、表-1のと通りの条件で用意し、これらを2000年2月に愛媛県温泉郡川内町（現在東温市）則之内の林業技術センター川内試験地苗

畑跡地（名称当時）に図－1のように設置した（2004年2月に用地の都合により、東側250mの地点に移設）。試験地は東経132°55′、北緯33°47′、標高185m、北向きの緩斜面で水はけはあまりよくなく、ヤマトシロアリの生息が確認されている。供試材は樹種別・防腐処理別に5本1組の10組、50本を、組みと組みの間を1.8m離して1列に配置し、列と列の間は、1.5m離して設置した。なお樹種別・防腐処理別50組のうち、25組については、材面上の一番大きい貫通割れが上面のなるように、残りの25組は貫通割れが下面になるように横木を設置した。

表－1 野外耐久性試験の設置条件

樹種	設置 位置別		防腐 処理		反復		
3	×	5本	×	2	×	10	= 300本
スギ	縦支柱2本		有り				
ヒノキ	地上材1本		無し				
マツ	接地材1本						
	地中材1本						



図－1 野外耐久性供試材の設置方法

設置後7年3か月が経過した2007年5月に、原則として5本組のうち縦支柱1本を継続試験用に残し、他は全て回収した。また、残すべき縦支柱のうちでも、腐朽損傷が激しく、継続調査が不可能と判断されたものはこの時点で回収した。回収した材については、被害度調査（後述）、重量調査、動的ヤング率調査、ピロディン貫入深さ調査を速やかに行った後、2007年11月まで屋外を経て屋内での自然乾燥を施し、その後重量測定を行った（この重量を試験後乾燥重量とした）。なお、

重量測定直前には材表面を泥落しのために軽く水洗し、3日間天日にて乾燥を行った。

重量減少率は、次の式で算出した。

重量減少率 [%] =

$$\frac{(\text{設置前乾燥重量} - \text{試験後乾燥重量}) \times 100}{\text{設置前乾燥重量}}$$

設置前乾燥重量

被害度は独立行政法人森林総合研究所の評価法（雨宮、1963）に準じて6段階（0：健全～5：破壊）評価し、縦支柱は地上木口、地際及び地中木口の3箇所、地上材は材面及び木口の2箇所、接地材は木口、地上材面、地際材面及び地中材面の4箇所、地中材は材面及び木口の2箇所、計11箇所で判定し、箇所毎に被害度の平均値（以下、平均被害度という）を求めた。

3. 結果及び考察

回収した試験体の本数は表－2のとおりである。中には事前の調査時に既に回収していたものもあったが、今回は、その分の重量減少率も便宜的に今回分として取り扱った。

表－2 回収した試験体本数

樹種	2007年5月回収分	消滅分	事前回収分	継続調査分
スギ	80	4	1 設置後5年:1本	15
ヒノキ	80	0	0	20
マツ	63	19	6 設置後5年:4本 設置後6年:2本	12

継続調査に残す予定の縦支柱のうち、腐朽損傷がひどく継続不可能なものは、スギで5本、マツで8本あり、いずれも無処理材であった。これらは継続させずに今回同時に回収したが、マツではこの中に腐朽消滅分もあった。しかしながら、腐朽消滅分についても重量減少率を100%として分析の対象としたため、結果的に今回の回収試験体数は縦支柱の無処理材では、スギが15本、マツが18本となり、それ以外では、設置位置・防腐処理の有無別で全て10本となった。これらの回収した試験体の重量減少率平均値を表－3に示す。

表－３ 条件別平均重量減少率

樹種	設置位置	防腐処理有無	割れ面の位置	重量減少率[%]	
				平均値	標準偏差
スギ	縦支柱	有	—	1.8	3.1
		無	—	39.3	23.9
	地上材	有	上下全体	2.1	2.2
				5.6	7.8
		無	上下全体	13.6	5.1
				64.1	44.0
	接地材	有	上下全体	3.4	3.1
				4.6	3.2
		無	上下全体	26.8	5.3
				73.9	31.0
	地中材	有	上下全体	1.9	1.9
				2.6	2.0
		無	上下全体	17.8	9.9
				31.2	19.5
ヒノキ	縦支柱	有	—	0.7	3.2
		無	—	16.0	14.3
	地上材	有	上下全体	0.1	1.5
				2.6	2.5
		無	上下全体	5.0	4.3
				3.8	1.6
	接地材	有	上下全体	-0.1	1.1
				-0.1	1.5
		無	上下全体	13.9	5.9
				22.0	10.6
	地中材	有	上下全体	0.8	1.3
				2.4	3.2
		無	上下全体	5.8	5.9
				15.2	11.8
マツ	縦支柱	有	—	3.3	4.0
		無	—	80.1	25.5
	地上材	有	上下全体	5.2	3.1
				9.3	4.4
		無	上下全体	48.9	26.7
				82.5	35.1
	接地材	有	上下全体	0.9	2.0
				5.2	1.6
		無	上下全体	82.0	12.3
				69.5	31.7
	地中材	有	上下全体	4.7	2.4
				4.7	2.2
		無	上下全体	33.4	17.2
				73.4	25.8

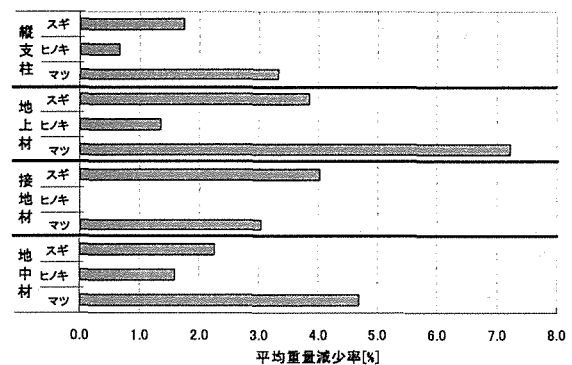
まず、貫通割れがある面の上下の違いであるが、ヒノキ地上無処理材とマツ接地無処理材以外では割れ面を下に接地したものの方で重量減少率が高く、特に無処理材でこの傾向が目立った。反面、処理材ではその差は誤差の範囲程度であり、防腐処理が割れ由来で生じる耐久面での欠陥を補っていることが分かる。

次に、樹種別、設置位置別に検証するにあたり、設置位置別平均重量減少率を図－２（処理材）及び図－３（無処理材）に、平均重量減少率の大きさ順に並べたものを表－４に示す（図－２と図－３のスケールの違いに留意）。

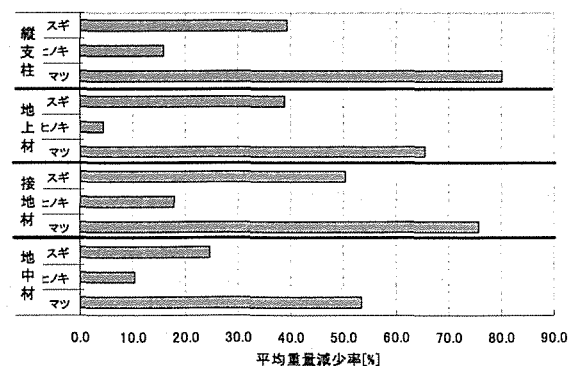
樹種ごとに見てみると、いずれも防腐処理の重

量減少率が無処理のそれよりも小さく、防腐処理効果が十分に見て取れる。また、設置位置別に見ると、無処理材においてはいずれの樹種においても縦支柱と接地材が地上材と地中材よりも重量減少率が大きく、空気と水分の両方に常時接触することで腐朽が促進されていることが確認できる。しかしながら、防腐処理材では、ヒノキ、マツでは縦支柱、接地材ともに重量減少が少ない上位に位置されており、スギにおいてもこれらの重量減少率は十分に小さいため、ここでも防腐効果の有効性が確認された。

次に、全体を重量減少率の少ない方から並べると（表－４右段）、防腐処理有無の両方で、明らかにヒノキ<スギ<マツの並びが確認された。特に、ヒノキの地上無処理材では、マツの地中及び地上処理材よりも重量減少率が少なく、ヒノキが元来持つ防腐性能の高さがうかがえる。



図－２ 設置位置別平均重量減少率（処理材）



図－３ 設置位置別平均重量減少率（無処理材）

表-4 重量減少率の順位

樹種別		全体	
樹種/設置位置/防腐処理有無	平均重量減少率[%]	樹種/設置位置/防腐処理有無	平均重量減少率[%]
スギ/縦支柱/有	1.8	ヒノキ/接地/有	-0.1
スギ/地中/有	2.3	ヒノキ/縦支柱/有	0.7
スギ/地上/有	3.9	ヒノキ/地上/有	1.4
スギ/接地/有	4.0	ヒノキ/地中/有	1.6
スギ/地中/無	24.5	スギ/縦支柱/有	1.8
スギ/地上/無	38.8	スギ/地中/有	2.3
スギ/縦支柱/無	39.3	マツ/接地/有	3.0
スギ/接地/無	50.3	マツ/縦支柱/有	3.3
ヒノキ/接地/有	-0.1	スギ/地上/有	3.9
ヒノキ/縦支柱/有	0.7	スギ/接地/有	4.0
ヒノキ/地上/有	1.4	ヒノキ/地上/無	4.4
ヒノキ/地中/有	1.6	マツ/地中/有	4.7
ヒノキ/地上/無	4.4	マツ/地上/有	7.2
ヒノキ/地中/無	10.5	ヒノキ/地中/無	10.5
ヒノキ/縦支柱/無	16.0	ヒノキ/縦支柱/無	16.0
ヒノキ/接地/無	17.9	ヒノキ/接地/無	17.9
マツ/接地/有	3.0	スギ/地中/無	24.5
マツ/縦支柱/有	3.3	スギ/地上/無	38.8
マツ/地中/有	4.7	スギ/縦支柱/無	39.3
マツ/地上/有	7.2	スギ/接地/無	50.3
マツ/地中/無	53.4	マツ/地中/無	53.4
マツ/地上/無	65.7	マツ/地上/無	65.7
マツ/接地/無	75.7	マツ/接地/無	75.7
マツ/縦支柱/無	80.1	マツ/縦支柱/無	80.1

次に、設置後7年3か月経過後の平均被害度について表-5に示す。

表-5 平均被害度

部位	位置	スギ		ヒノキ		マツ	
		処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理
縦支柱	地上木口	1.1	3.0	1.0	1.8	1.1	4.2
	地際	0.7	4.3	0.0	3.5	0.2	4.8
	地中木口	0.1	3.5	0.0	2.7	0.0	4.5
地上	材面	1.1	3.6	1.0	1.9	1.0	4.3
	木口	0.9	3.9	0.8	2.3	1.0	4.5
横接木	木口	0.0	4.1	0.0	2.9	0.1	4.7
	地上	1.0	4.1	0.8	2.7	1.0	4.4
	地際	0.0	3.9	0.2	3.2	0.1	4.6
	地中	0.0	4.1	0.1	3.5	0.1	4.6
	材面	0.1	3.0	0.0	2.7	0.0	3.9
地中	木口	0.0	3.1	0.0	2.7	0.0	4.0

材に欠損部分が生じた場合、目視による被害度判定と同時に、重量減少にも直接的に作用するため、重量減少率は、被害度を客観的に証明するものと言える。そのため、平均被害度においても重量減少率と同様に、無処理材においては縦支柱及び接地材で他と比べて高くなっており、また、ヒノキが他樹種よりも防腐性能が高いこともうかが

える。ただ、被害度調査では重量減少率と違い調査位置を分けており、縦支柱においては特に地際部で被害が大きいことや、防腐処理材では地上に位置する部位で一樣に、より被害が大きいことなど詳細が見て取れるため、被害度調査は、外構材のメンテナンスを行う場合などにおいても、初期の要素として重要であると言える。

材の劣化度合いを推測する指標には、ピロディン貫入深さや動的ヤング率によるものが挙げられるが、これらは前報に委ねるものとして、もし今回の試験から、平均被害度と、最も客観的指標である重量減少率との間に一つの指標を設けるとすれば、雨宮(1963)の「平均被害度が3では、40%の圧縮強度減少率となり、使用に耐えないと判定しても当然ではないかと考えられる。」という内容の論述をふまえ、次のように推測できる。

「重量減少率が5~10%程度の中から既に耐用年数に近づき、15~20%になると完全に使用不可の判断がなされる。」

このことは次の結果から裏付けられる。今回、無処理材において、どの部位においても平均被害度が3未満であったものは、ヒノキの地上材(材面1.9、木口2.3)とヒノキ地中材(材面2.7、木口2.7)であり(表-5の網掛け部)、その平均重量減少率はそれぞれ4.4%と10.5%であった(表-4の網掛け部)。次に、一つの材の中で、部位によって平均被害度3を前後するものはヒノキ縦支柱(1.8~3.5:平均2.67)とヒノキ接地材(2.7~3.5:平均3.07)であり(表-5の太枠囲み部分)、また、全体で平均被害度が3に近かったものはスギ地中材(材面3.0、木口3.1)であって(表-5の太枠囲み部分)、それぞれの平均重量減少率は16.0%、17.9%と24.5%である(表-4の太枠囲み部分)。なお、後に雨宮(1969)は「集団の平均被害度が2.5以上に達したときを耐用年数とする」という指標を用いているが、ここではデータ数等の都合により被害度3を基準にした。

4. 結論

野外試験設置後7年3か月が経過した円柱杭を回収し、最も客観的な指標の一つである重量減少率をもって劣化判断をしたところ次のような結論が得られた。

①木材への防腐処理は十分に効果が大きい。

②無処理材においては、重量減少率に明らかにヒノキ<スギ<マツの並びが確認され、マツが多用されていた土木用木材の分野にも、スギやヒノキが十分に使用可能であることが示唆された。

③最終的な被害度では、無処理材では地際部や接地材といった水と空気の両方に触れる部分で被害が大きくなり、逆に防腐処理材では、地上に位置する部分で比較的被害が大きくなった。

④重量減少率から見た劣化に対する指標を考察したところ、重量減少率が15%～20%程度で使用不可とするべきであると推測された。

参考文献

- 雨宮昭二(1963)浅川実験林苗畑の杭試験(1)杭の被害度を評価する方法:林業試験場研究報告第150号:143-156
- 雨宮昭二(1969)各種防腐処理外柵の被害経過と耐用年数:林業試験場研究報告第225号:133-143
- 加藤眞吾・村口良範・松岡真悟(2005)愛媛県産スギ・ヒノキ・マツ円柱加工材の耐久性に関する研究:愛媛県林業技術センター研究報告第23号:18-28