

簡易防腐処理した丸太の野外耐久試験

城戸杉生・井戸聖富¹・阪本勝則²・村上明彦²・小南全良²・
児玉和久¹・中森由美子・森川陽平・山裾伸浩

和歌山県林業試験場

Field Test on the Durability of the Log which Carried Out Simple Preservative Treatment

Sugio Jyodo, Masayoshi Ido¹, Katsunori Sakamoto², Akihiko Murakami², Masayoshi Kominami²,
Kazuhisa Kodama¹, Yumiko Nakamori, Yohei Morikawa and Nobuhiro Yamasuso

Forestry Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

森林土木事業では、間伐小径木を用いて、木製筋工や柵工等が数多く施工されている。これらの工作物は、数年後、木材が腐朽してもその時点では植生が回復し、安定しているという前提で施工されるものである。従って、より耐久性が求められる場所への利用拡大を図るには、野外における木材の耐久性能の把握とその向上に関するデータが求められている。

木材の防腐処理については、銅系の薬剤やDDAC系薬剤などを加圧注入すれば高い耐久性を得られるが機械設備がないと処理できないため、現場処理には適さない。クレオソート油は加圧注入以外に浸漬処理にも用いられる木材保存剤であり、間伐木等の木材の簡易な保存処理に適している。

現在、クレオソート油に関しては、従来のものから環境配慮型クレオソート油に移行し、改正JIS K 1570²⁰¹⁰でそのことが示されている(桃原, 2010)。環境に配慮する点では、燻煙乾燥処理や表面炭化処理(焼き丸太)の試験が行われたり(山本ら, 1999)、防腐効力があると言われる天然物由来の木酢液や木タールを用いた、スギ心材での野外杭試験も行われている(山本ら, 2000)。このような中で、木材の経年劣化の調査による耐用年数の把握は、気象や設置条件により劣化の程度が著しく異なるため、耐用年数を一律に示すことは困難であり各地で種々の試験が行われている(金田, 2008; 小柳ら, 2012)状況にある。

そこで、簡易処理の可能な環境配慮型クレオソート、木酢液、木タール用いて、短時間浸漬したスギとヒノキの丸太の野外での耐久性を明らかにするため、2005年から腐朽状況を調査し取りまとめたので報告する。

¹現在：林業振興課

²現在：農林水産総務課

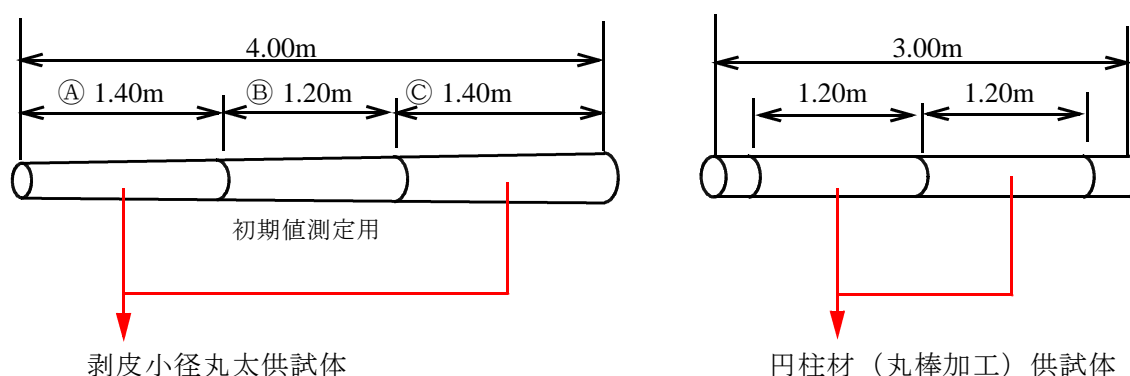
材料および方法

1 柵状耐久試験

供試木は、スギとヒノキを用い、丸太の形状は剥皮小径丸太と円柱材（丸棒加工）の2種類とした。

剥皮小径丸太は、末口径7～15cm、長さ4mのものから第1図に示すとおり試験体を採取し、④部分と⑤部分は野外試験に供した。また、③部分は、平成17年当初に生材状態で曲げ強度の測定に供し、同じ丸太から切り出した④と⑤部分の初期値とした。

円柱材（丸棒加工）は、末口径14～16cmの原木を直径10cmに加工（背割り入り）した3m材から長さ1.2mの供試体を採取し、試験に供した。



第1図 供試材料仕分け

供試体本数は、剥皮小径丸太の場合、スギ、ヒノキ各224本とし、④部分と⑤部分が偏らないようにそれぞれ試験区ごとに分けて、防腐処理当年から6年目までの測定に用いた。円柱材（丸棒加工）の場合は、スギ、ヒノキ各96本とし、切り出した部分の偏りが無いようにそれぞれ試験区ごとに分けて、防腐処理4年目から7年目までの測定に用いた。なお、区分ごとの直径、心材径、心材率は、第1表のとおりであった。

防腐処理剤は、環境配慮型クレオソート、木酢液、木タールの3種類で、30分間の短時間浸漬処理を行った。浸漬後は、林業試験場内の雨が掛からない屋根のある仮置場で1ヶ月間乾燥させた後、平成17年5月に埋設した。なお、木酢液はみなべ町森林組合、木タールは奈良県内の木炭関連会社のものを使用した。

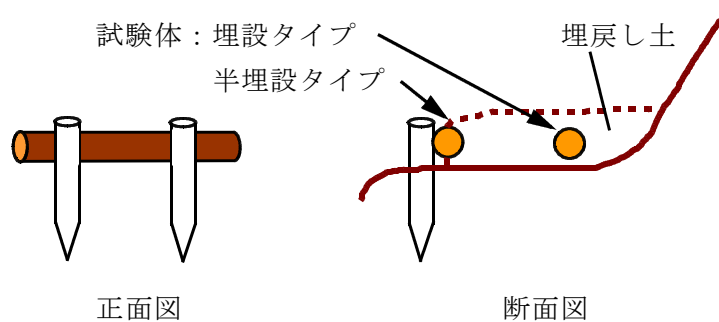
埋設場所は、西牟婁郡上富田町生馬地内の造成地残土処理場の盛土斜面で、試験体は、第2図、第3図に示すとおり実際の現場施工に近い柵状施工として、半埋設状態の半埋設タイプと完全に土砂に覆われる埋設状態の埋設タイプの2種類で野外耐久試験に供した。

剥皮小径丸太は平成23年まで6年間、毎年、供試体を掘取り土砂洗浄及び草本根茎除去後、目視で腐朽被害を調査した。

第1表 柵状耐久試験 供試体の形状

区分	樹種	個数	直径(mm)		心材径(mm)		心材率(%)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
剥皮小径丸太	スギ	224	99	±14	30	±18	10.5	± 8.2
	ヒノキ	224	99	±13	55	±18	29.7	±14.4
円柱材（丸棒加工）	スギ	96	100	±0	(72 ±12)		(52.8 ±17.9)	
	ヒノキ	96	100	±0	(90 ± 8)		(81.7 ±13.5)	

注) () 内の数字は、縦杭耐久試験のデータを参照して記載した。



第2図 供試木の野外埋設方法



第3図 柵状耐久試験の当初設置状況

腐朽被害調査は、森林総合研究所による判定基準（第2表）により、個々の試験体の被害度を6段階に分類し（雨宮，1963），各試験区の平均値を算出した．この平均被害度が2.5に達した年数をもって、その処理材の耐用年数とした．

曲げ強度試験にあたっては、水で加圧含浸処理（減圧 -700mmHg 60分，加圧 10kgf/cm² 120分）後，室内で約1週間乾燥しない状態で養生し，繊維飽和点以上に調整した．測定は，万能試験機（島津オートグラフAG-10TD）で3点荷重方式（支点間距離1.00m）で行った．

剥皮小径丸太は埋設後6年目まで毎年，円柱材（丸棒加工）は埋設後4年目から7年目の4年間，皮剥小径丸太材と同様に掘取り，腐朽被害調査及び曲げ強度試験に供した．

第2表 被害度の基準

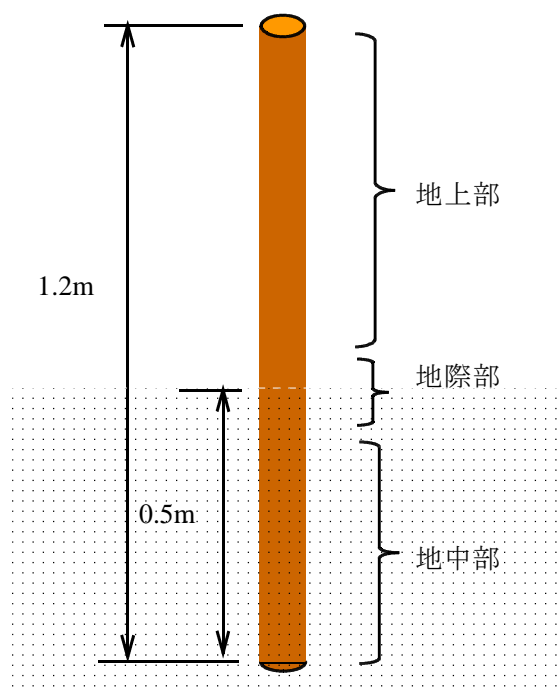
被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	広範囲に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえに，部分的に激しい虫害または腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形が崩れる

2 縦杭耐久試験

供試木はスギとヒノキを用い，丸太の形状は剥皮小径丸太と円柱材（丸棒加工）の2種類とした．供試体は4mの剥皮小径丸太からは1.2mを3本，円柱材（丸棒加工）から1.2mを2本採取し，全て供試杭として用いた．防腐処理は柵状野外埋設耐久試験と同様に行った．

供試杭の設置は林業試験場内の苗畑に縦杭試験地を設け，2005年6月に全長1.2mのうち元口側の下部0.5mを土壤中に埋設した（第4図，第5図）．腐朽調査は，埋設2年目，5年目，7年目に木杭を引き抜き，判定基準（第2表）により，各杭の地上部，地際部，地中部の被害程度をそれぞれ目視により6段階に分類し，平均値を算出した．いずれかの部位の平均被害度が2.5に達した年数をもって，その処理材の耐用年数とした．

供試体数は，剥皮小径丸太，円柱材（丸棒加工）それぞれ，スギ，ヒノキ各96本とし，採取部位による偏りが無いように試験区ごとに分けて，防腐処理後2年目，5年目，7年目の測定に用いた．なお，区分ごとの直径，心材径，心材率は，第3表のとおりである．



第4図 供試縦杭の埋設方法



第5図 縦杭耐久試験の当初設置状況

第3表 縦杭耐久試験 供試体の形状

区分	樹種	個数	直径(mm)		心材径(mm)		心材率(%)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
剥皮小径丸太	スギ	96	103	±15	37	±20	14.7	±10.6
	ヒノキ	96	98	±14	53	±19	28.1	±14.2
円柱材（丸棒加工）	スギ	96	100	±0	72	±12	52.8	±17.9
	ヒノキ	96	100	±0	90	±8	81.7	±13.5

結 果

1 柵状耐久試験

1) 腐朽被害調査による耐用年数

腐朽被害調査による被害度は第4表のとおりである。

被害度を基にした耐用年数は、剥皮小径丸太のスギの場合、半埋設で、無処理区（2年）＜木酢液区・木タール区（3年）＜クレオソート区（5年）、埋設で、無処理区（2年）＜木酢液区（3年）＜木タール区（4年）＜クレオソート区（6年）となり、いずれも、無処理区に対し、クレオソート区の耐用年数が最も長かった。

ヒノキの場合は半埋設で、無処理区・木酢液区（3年）＜木タール区・クレオソート区（4年）、埋設で、無処理区・木タール区（3年）＜木酢液区・クレオソート区（4年）となり、全ての区が3年～4年の耐用年数であった。

円柱材（丸棒加工）のスギの場合、半埋設で、無処理区（4年以下）＜木酢液区（4年）＜クレオソート区（5年）＜木タール区（6年）となった。埋設では無処理区（4年以下）＜木酢液（5年）＜

クレオソート区（6年）＜木タール区（7年）となった。無処理区は半埋設，埋設ともに耐用年数は4年以下であるのに対し，クレオソート区は5年～6年となりやや長く，木タール区はクレオソート区を上まわる結果となった。

ヒノキの場合は半埋設で，無処理区（4年以下）＜木酢液区（6年）＜クレオソート区（7年）＜木タール区（7年超）となった。埋設では無処理区（4年以下）＜木酢液区（5年）＜クレオソート区（7年）＜木タール区（7年超）となった。無処理区は半埋設，埋設ともに耐用年数は4年以下であるのに対し，クレオソート区は7年と長く，木タール区は更にクレオソート区を上まわる結果となった。

以上のことから，剥皮小径丸太の場合，スギでは無処理に比べクレオソートの防腐処理により3年～4年の延長効果が見られたが，ヒノキでは防腐処理による耐用年数の大きな違いは見られなかった。円柱材（丸棒加工）では，スギ，ヒノキともクレオソートと木タールの防腐処理により耐用年数が延長された。

2) 曲げ強度の経年変化

耐用年数は上記の腐朽被害調査の被害度によるものを基準にしたが，物性の確認のため，残存曲げ強度の経年変化による耐用年数についても推定して比較した。

曲げ強度の経年変化は第6図～第9図のとおりである。

スギの長期許容応力度は，スギ無等級材の基準曲げ強度 $22.2\text{N}/\text{mm}^2$ （建設省告示第1452号）に，建築基準施行令89条で定める係数（1.1/3, 0.7）を乗じた常時湿潤状態における長期許容応力度（ $5.7\text{N}/\text{mm}^2$ ）である。ヒノキの長期許容応力度は，ヒノキ無等級材の基準曲げ強度 $26.7\text{N}/\text{mm}^2$ （建設省告示第1452号）に，建築基準施行令89条で定める係数（1.1/3, 0.7）を乗じた常時湿潤状態における長期許容応力度（ $6.9\text{N}/\text{mm}^2$ ）である。本試験では各試験区の残存強度の最小値が長期許容応力度（常時湿潤状態）に達した時を耐用限界とし，それをもって強度の推定耐用年数とした。

剥皮小径丸太のスギの場合，半埋設で，無処理区・木酢液区（2年）＜木タール区（3年）＜クレオソート区（6年），埋設で，無処理区（2年）＜木酢液区（4年）＜木タール区・クレオソート区（6年）であった。これは，腐朽被害調査の結果と同様の傾向であった。

ヒノキの場合は半埋設で，無処理区（4年）＜木タール区・木酢液区（6年）＜クレオソート区（6年超），埋設で，無処理区（3年）＜木酢液区・木タール区・クレオソート区（6年超），であった。これは，腐朽被害調査の結果と比べると，無処理区は同程度であるが，その他の区では耐用年数が長くなる結果となった。

円柱材（丸棒加工）のスギの場合，半埋設で，無処理区（4年以下）＜木タール区・クレオソート区（6年）＜木酢液区（6年超），埋設で，無処理区（6年）＜クレオソート区・木酢液区・木タール区（7年超）であった。これは，腐朽被害調査の結果に比べ長くなった。

ヒノキの場合は半埋設で，無処理区・クレオソート区・木タール区（7年超），木酢液区（6年超：7年目は欠測），埋設で，無処理区・クレオソート区・木酢液区・木タール区（7年超）であった。これは，腐朽被害調査の結果と比べると長くなった。

3) 劣化状況

最終調査年の劣化状況は第10図，第11図のとおりである。

剥皮小径丸太は6年目で腐朽による劣化が進み，特に無処理区では原型をとどめなかった。一方，心材率の高い円柱材（丸棒加工）は7年目で表面の腐朽は進んでも，材心は残存していた。

劣化の要因に関しては，腐朽菌とシロアリによるもので，シロアリに関しては兵蟻の頭部が円筒

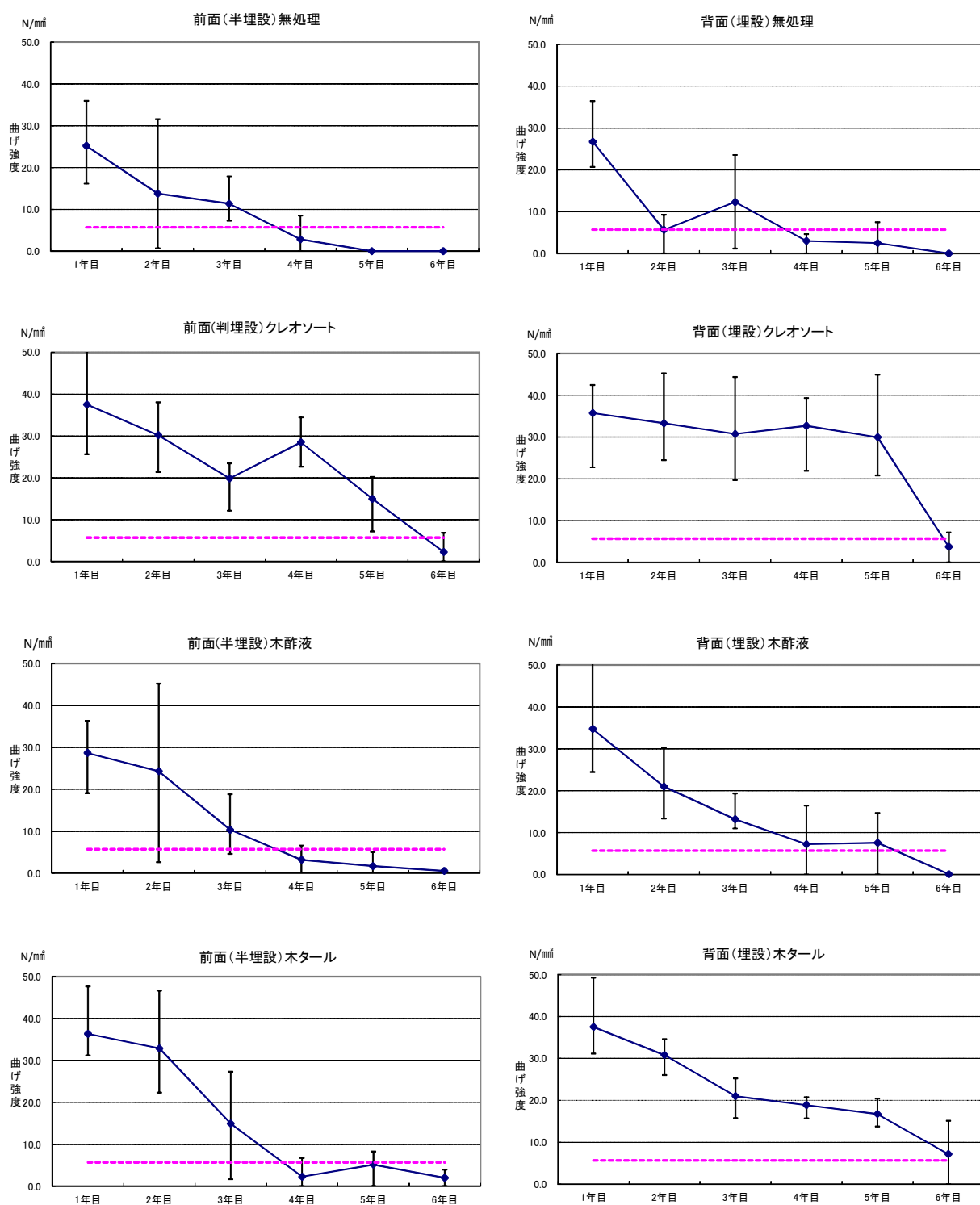
型であることからヤマトシロアリであることを確認した。

第4表 柵状耐久試験における被害度の経年変化

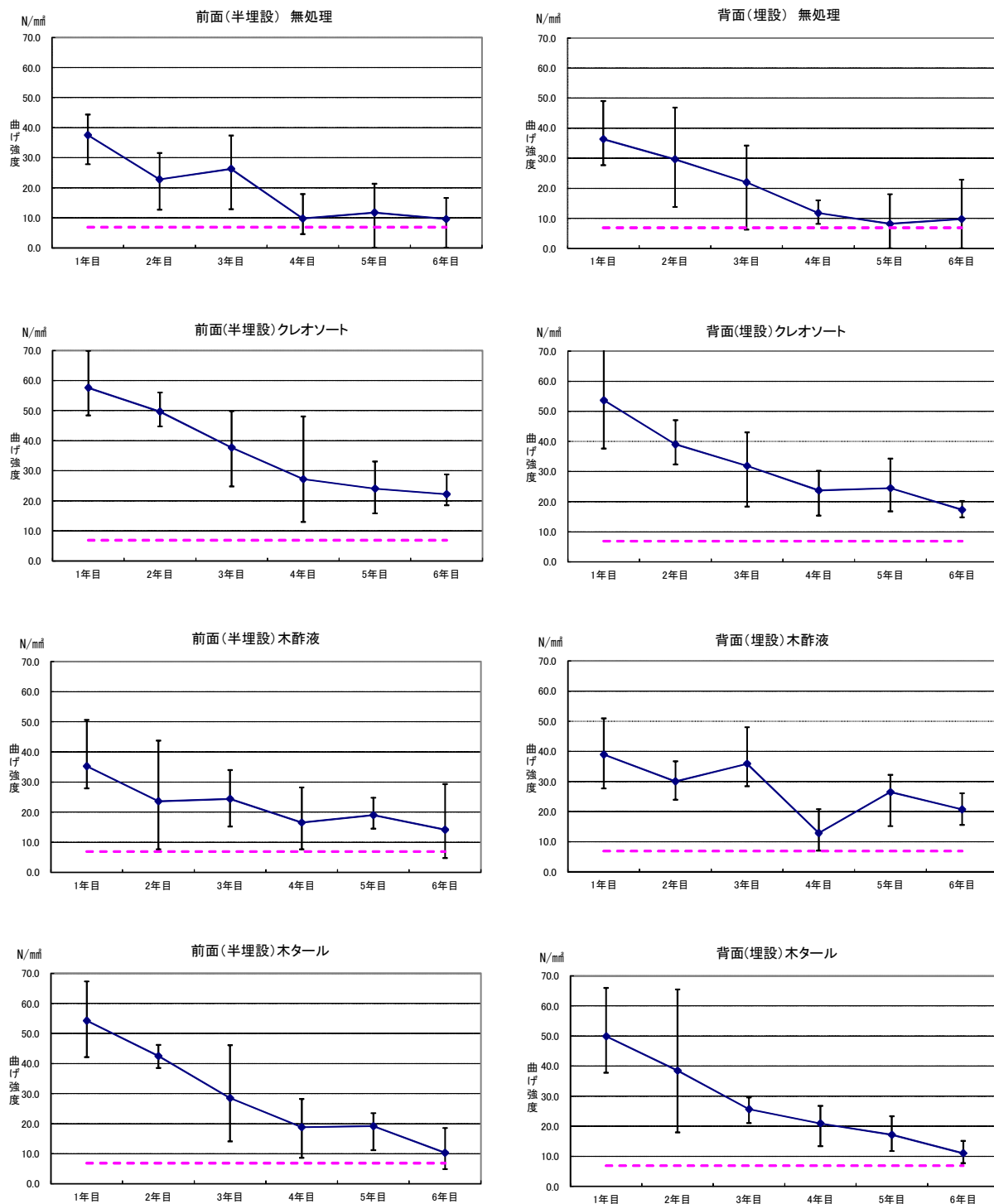
丸太種別 & 樹種	設置 方法	防腐処理	経過							耐用年数		
			経過年	半年(17年)	1年(18年)	2年(19年)	3年(20年)	4年(21年)	5年(22年)		6年(23年)	7年(24年)
			調査年月	2005.11	2006.9	2007.7	2008.7	2009.8	2010.6		2011.10	2012.4
剥皮小径丸太			調査本数	各4本	各5本	各5本	各5本	各3本	各3本	各3本		
スギ	半埋設	無処理	1.0	2.4	2.6	3.0	2.7	5.0	5.0	2		
		クレオソート	0.5	0.8	1.0	2.4	1.8	3.0	4.0	5		
		木酢液	1.0	0.2	1.8	2.7	2.5	4.7	4.0	3		
		木タール	0.3	0.2	0.2	2.5	2.7	4.2	4.0	3		
	埋設	無処理	1.5	2.4	2.6	3.0	3.0	4.3	4.5	2		
		クレオソート	0.0	0.6	0.4	1.7	1.3	1.7	2.5	6		
		木酢液	0.8	0.8	0.8	2.6	2.7	4.0	4.0	3		
		木タール	0.3	0.0	0.2	1.5	2.7	2.7	4.0	4		
ヒノキ	半埋設	無処理	0.8	0.6	2.2	3.0	3.2	4.3	3.5	3		
		クレオソート	0.8	0.6	1.6	2.1	3.0	3.5	3.7	4		
		木酢液	0.5	1.0	0.8	2.7	3.3	3.0	3.7	3		
		木タール	0.0	0.0	0.1	1.8	2.7	2.2	4.0	4		
	埋設	無処理	1.5	1.0	1.2	3.0	4.0	4.3	3.0	3		
		クレオソート	1.8	1.6	1.8	2.4	3.0	3.3	4.0	4		
		木酢液	1.5	1.8	1.2	2.0	3.0	3.7	4.0	4		
		木タール	0.3	0.0	1.0	2.7	2.0	3.0	4.0	3		
円柱材（丸棒加工）			調査本数	-	-	-	-	各3本	各3本	各3本	各3本	
スギ	半埋設	無処理					3.3	3.5	4.0	4.0	4以下	
		クレオソート					2.3	2.7	4.0	4.0	5	
		木酢液					2.5	2.8	4.0	4.0	4	
		木タール					1.7	1.5	4.0	3.0	6	
	埋設	無処理					3.0	3.7	4.3	4.0	4以下	
		クレオソート					2.3	1.7	3.3	3.0	6	
		木酢液					2.3	3.3	3.3	3.7	5	
		木タール					1.3	1.0	2.0	2.7	7	
ヒノキ	半埋設	無処理					2.7	3.0	3.4	3.2	4以下	
		クレオソート					2.0	1.3	2.3	2.5	7	
		木酢液					2.0	1.8	3.0	欠測	6	
		木タール					1.3	1.8	2.3	2.3	7超	
	埋設	無処理					3.0	3.3	3.0	3.0	4以下	
		クレオソート					1.7	2.0	2.0	3.0	7	
		木酢液					2.3	2.7	3.0	4.0	5	
		木タール					1.0	1.7	2.0	2.3	7超	

注) 円柱材（丸棒加工）の4年目で被害度2.5を超えた場合の耐用年数は「4以下」とした。

また、7年目で2.5に満たない場合は「7超」とした。

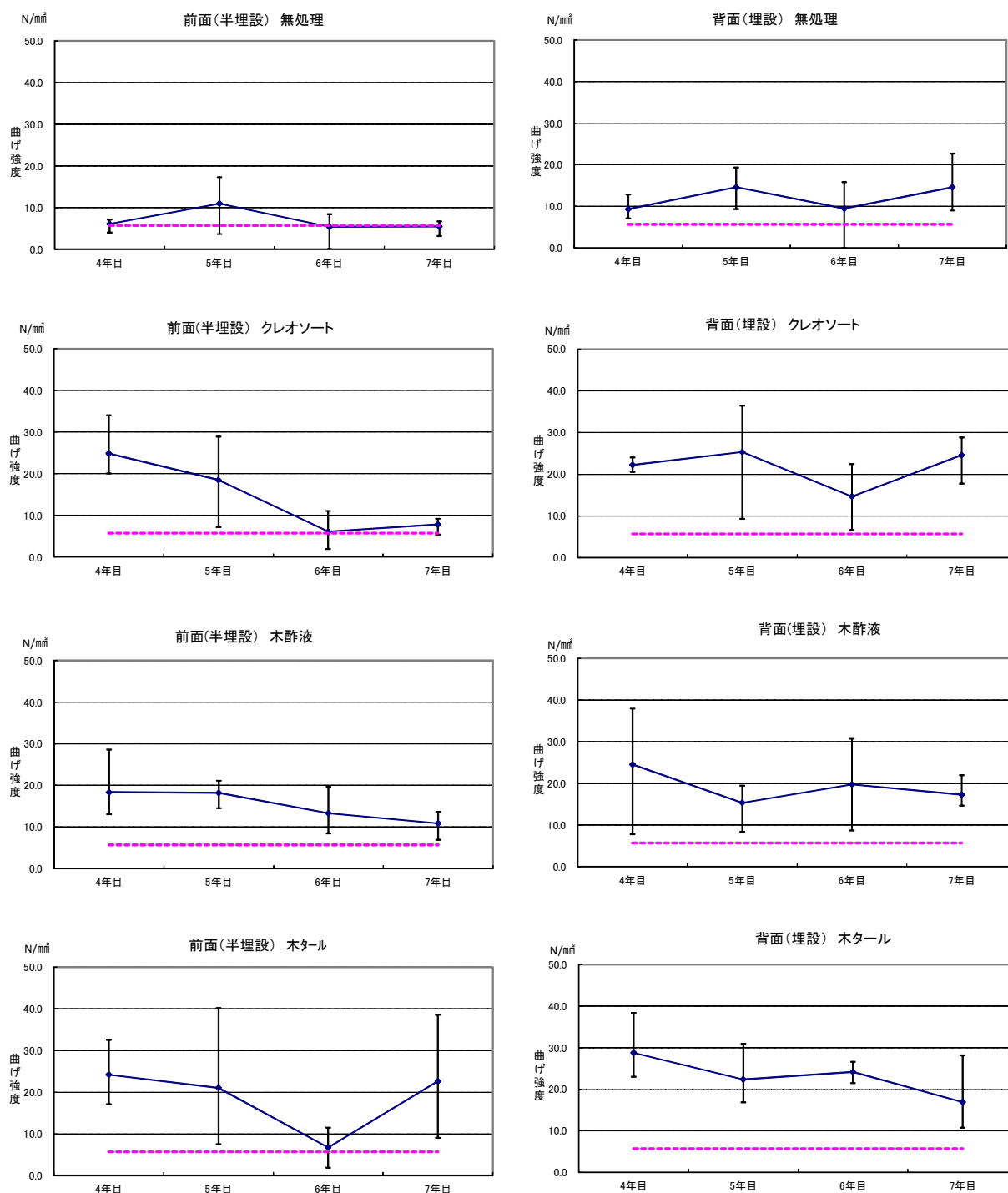


第6図 剥皮小径丸太スギの曲げ強度の経年変化
 注) ◆ : 残存曲げ強度 T・⊥ : 最大値・最小値
 : 長期許容応力度 (5.7N/mm²)



第7図 剥皮小径丸太ヒノキの曲げ強度の経年変化

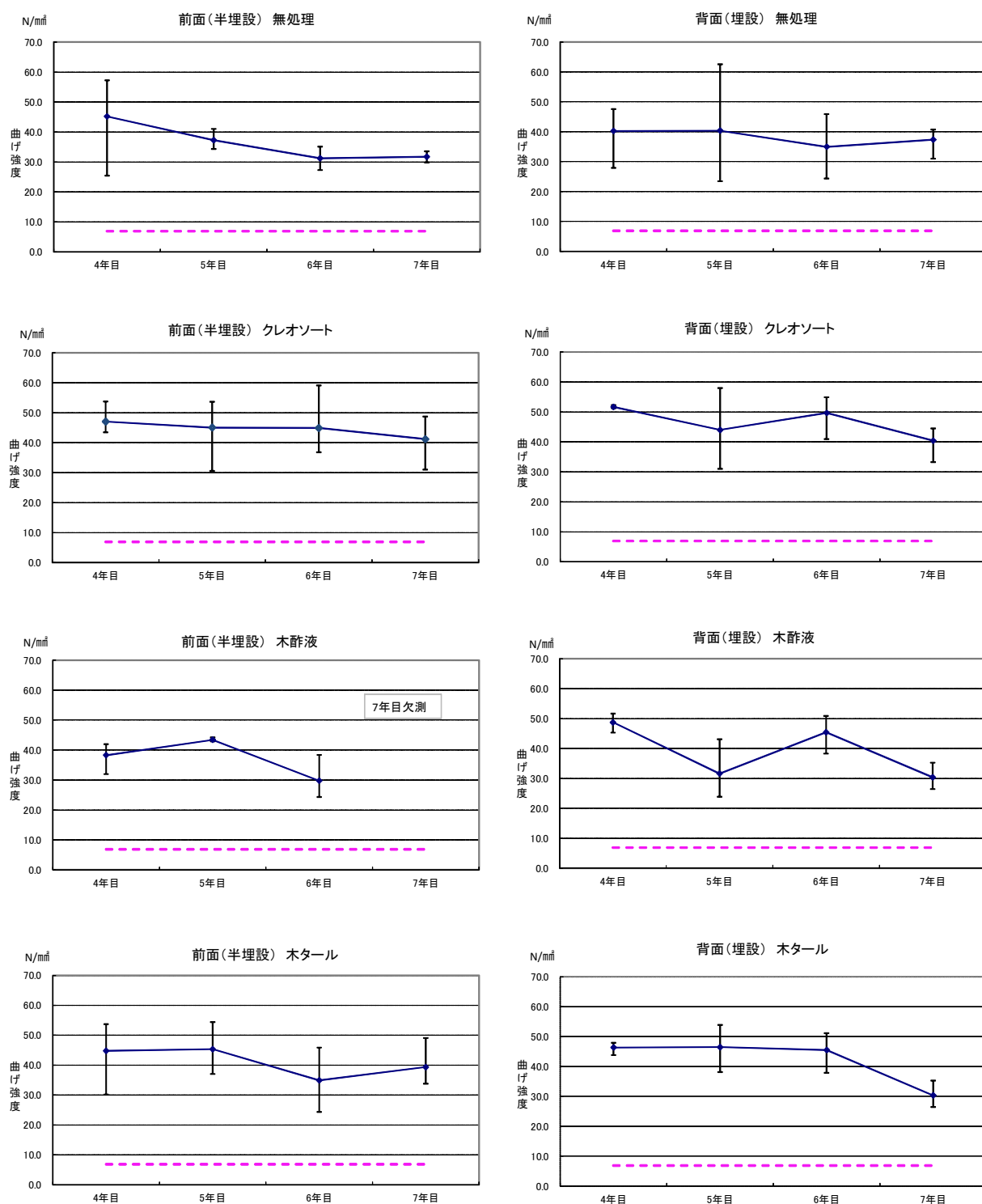
注) ◆：残存曲げ強度 T・┘：最大値・最小値
：長期許容応力度 (6.9N/mm²)



第8図 円柱材（丸棒加工）スギの曲げ強度の経年変化

注) ◆：残存曲げ強度 T・⊥：最大値・最小値

-----：長期許容応力度 (5.7N/mm²)



第9図 円柱材（丸棒加工）ヒノキの曲げ強度の経年変化

注) ◆：残存曲げ強度 T・⊥：最大値・最小値

.....：長期許容応力度（6.9N/mm²）



スギ 埋設 無処理区



スギ 埋設 クレオソート区



ヒノキ 埋設 無処理区



ヒノキ 埋設 クレオソート区

第10図 剥皮小径丸太6年目の腐朽状況



スギ 埋設・半埋設 無処理区



スギ 埋設・半埋設 クレオソート区



ヒノキ 埋設・半埋設 無処理区



ヒノキ 埋設・半埋設 クレオソート区

第11図 円柱材（丸棒加工）7年目の腐朽状況

2 縦杭耐久試験

被害度の調査結果は第5表のとおりである。また、7年目の劣化状況は第12図のとおりである。

杭の部位別では、地際部が最も腐朽が早く、地中部、地上部の順に進行する傾向であった。従って、地際部の腐朽が杭の寿命を決定することから、それをもって杭の耐用年数を推定した。

剥皮小径丸太のスギでは、無処理区・木酢液区・木タール区（3～5年）＜クレオソート区（6～7年）となり、クレオソート区の耐用年数が最も長くなった。

ヒノキでは、無処理区・木タール区（3～5年）＜木酢液区・クレオソート区（6～7年）となり、木酢液区とクレオソート区の耐用年数が長くなった。なお、木酢液区（6～7年）の被害度は、いずれの部位でもクレオソート区より腐朽が進んでいた。

円柱材（丸棒加工）のスギでは、無処理区・木酢液区（3～5年）＜木タール区（6～7年）＜クレオソート区（7年超）となり、クレオソートの耐用年数が最も長くなった。

ヒノキでは、無処理区・木タール区・木酢液区（6～7年）＜クレオソート区（7年超）となり、クレオソート区の耐用年数が最も長くなった。

劣化の要因に関しては、腐朽菌とシロアリによるもので、シロアリに関しては兵蟻の頭部が円筒型であることからヤマトシロアリであることを確認した。

考 察

1 柵状耐久試験

1) 剥皮小径丸太の耐久性について

耐用年数について、耐久比（処理材の耐用年数を無処理材の耐用年数で除したもの）が3以上を性能基準とする観点（桃原，2010）から見ると、スギの場合、埋設タイプのクレオソートのみが耐久比3となり、耐久性の良好な効果を評価できると考えられる。半埋設タイプのクレオソートは耐久比2.5となり、長期の耐久性を得るためには、浸漬時間を長くする必要があると考えられる。

木酢液は無処理と変わらず、木タールはやや効果が見られる程度の結果であったが、木酢液と木タールのスギ心材の野外杭試験において、木タールは浸漬（2時間）146kg/m³以上の注入で安定した防腐効果を示すが、木酢液は加圧注入しても長期の防腐効果は発揮されなかったことが報告されている（山本ら，2000）。従って、本試験の木酢液の結果は当然であり、防腐処理剤として効果を望めない。また、木タールは今回のような丸太形状で且つ浸漬処理（30分）では、十分な注入量が得られていない可能性があり、防腐効果を期待するためには注入量を増やす検討が必要である。

ヒノキは、無処理区（3年）に対し、木酢液区・木タール区（3年～4年）、クレオソート区（4年）となり、木酢液と木タールはスギの場合と同様に防腐効果は期待できない。クレオソートは耐用年数を1年延長したすぎず、耐久比も低く長期の効果が見られなかったが、これは、スギとヒノキの材質の違いと今回の浸漬処理（30分）ではクレオソートが十分浸透しなかったためと考えられるので、今後、処理方法を検討する必要がある。

各処理区間の有意差については、先に、曲げ強度残存率[＝暴露後強度（残存曲げ強度）÷初期強度値×100]の比較により報告されている。1，2年目ではスギ、ヒノキともにクレオソート区と無処理区との間で有意な差が認めれ（阪本・井戸，2007；村上・井戸，2008）、5年目のスギではクレオソート区と他処理区間で有意な差が認めれたことから（小南ら，2011）、クレオソートの防

第5表 縦杭耐久試験における被害度の経年変化

丸太種別 & 樹種	防腐処理	杭の部位	経過				耐用年数
			経過年	2年(19年)	5年(22年)	7年(24年)	
			調査年月	2007.6	2010.6	2012.6	
剥皮小径丸太			調査本数	各5本	各5本	各14本	
スギ	無処理	地上部	0.3	1.8	4.0		
		地際部	1.4	2.8	4.5	3~5	
		地中部	0.3	1.6	4.3		
	クオソート	地上部	0.2	0.0	1.3		
		地際部	0.6	1.2	3.3	6~7	
		地中部	0.1	0.7	2.3		
	木酢液	地上部	0.0	3.3	3.9		
		地際部	0.4	4.2	4.3	3~5	
		地中部	0.3	3.6	3.9		
	木タール	地上部	0.2	2.1	2.8		
		地際部	0.2	2.6	4.4	3~5	
		地中部	0.1	1.9	4.0		
ヒノキ	無処理	地上部	0.0	1.5	2.8		
		地際部	0.4	2.6	4.2	3~5	
		地中部	0.1	2.1	4.1		
	クオソート	地上部	0.0	0.2	1.1		
		地際部	0.0	1.6	3.5	6~7	
		地中部	0.0	0.9	2.8		
	木酢液	地上部	0.0	1.4	2.7		
		地際部	0.6	1.8	4.2	6~7	
		地中部	0.4	1.4	4.1		
	木タール	地上部	0.0	1.6	2.0		
		地際部	0.4	2.8	3.9	3~5	
		地中部	1.0	2.0	3.7		
円柱材(丸棒加工)			調査本数	各5本	各5本	各14本	
スギ	無処理	地上部	0.4	1.7	1.9		
		地際部	1.0	2.8	3.7	3~5	
		地中部	0.2	2.0	3.6		
	クオソート	地上部	0.0	0.2	0.6		
		地際部	0.0	1.8	2.2	7超	
		地中部	0.0	1.0	1.6		
	木酢液	地上部	0.0	1.9	2.5		
		地際部	0.6	3.0	3.6	3~5	
		地中部	0.0	2.0	3.5		
	木タール	地上部	0.0	0.5	1.2		
		地際部	0.0	1.6	4.0	6~7	
		地中部	0.0	0.8	3.6		
ヒノキ	無処理	地上部	0.0	0.9	1.1		
		地際部	1.2	2.0	3.7	6~7	
		地中部	0.3	1.8	3.7		
	クオソート	地上部	0.0	0.0	0.0		
		地際部	0.4	1.4	2.2	7超	
		地中部	0.2	0.7	2.1		
	木酢液	地上部	0.0	0.4	0.5		
		地際部	1.0	2.0	3.3	6~7	
		地中部	0.4	1.6	3.1		
	木タール	地上部	0.0	0.2	0.0		
		地際部	0.2	1.8	3.4	6~7	
		地中部	0.1	1.3	3.0		

注) 5年目で被害度2.5を超えた場合は未調査年を考慮して耐用年数を「3~5」、7年目については「6~7」とした。また、7年目で2.5に満たない場合は「7超」とした。



剥皮小径丸太 スギ



剥皮小径丸太 ヒノキ



円柱材（丸棒加工）スギ



円柱材（丸棒加工）ヒノキ

第12図 縦杭7年目の状況

注) 各写真左から、無処理区、クレオソート区、木酢液区、木タール区

腐処理効果が最も高いことが認められる。

2) 円柱材（丸棒加工）の耐久性について

剥皮小径丸太よりも耐用年数がやや長くなったのは、心材率（スギ52.8%、ヒノキ81.7%）が高いためと考えられるが耐久比は低く、防腐処理の長期効果は見込めない。

木タール（6年・7年超）がクレオソート（5年・6年・7年）より耐用年数が僅かに上回ったが、これは、木タールが削られた材表面に付着しやすかったこと、クレオソートは浸透すべき辺材が少なかったことなどが要因として考えられるが詳細は不明である。

目視による耐用年数を残存強度の経年変化と比較すると、スギ、ヒノキとも強度の低下の方が明らかに遅くなっていることについては、目視で耐用年数と判定されても、心材が残っているため、結果的に残存強度が長期許容応力度（常時湿潤状態）に至らなかったと考えられる。

3) 埋設タイプについて

設置方法について、半埋設タイプと埋設タイプの2タイプで試験を行ったが、剥皮小径丸太のスギ以外でその違いは見られなかった。野外暴露試験でスギ皮むき丸太と円柱加工材をそれぞれ横設置（単管パイプのやぐら上に設置）と横設置（直接地面に横置きにして設置）で供試した試験で有意差が認められた報告（小柳ら、2012）があるが、本試験のような埋設タイプの違い程度では耐用年数に大きな影響を与えるものではないと考えられる。

2 縦杭耐久試験

剥皮小径丸太のスギ・ヒノキでは、無処理区（5年）に対しクレオソート区（7年）が2年、また、円柱材（丸棒加工）では、無処理区（5年・7年）に対しクレオソート区（7年超）が1～2年以上耐用年数が長くなったが、耐久比3以上は見込めず、長期の効果は期待できない。

地際部が最も劣化しやすいのは、腐朽に適した含水率等の条件になる部位で、本試験の2年目においてすでにその傾向は見られた（中森・井戸、2008）。

摘 要

1 柵状耐久試験

1) 剥皮小径丸太の耐久性について

スギの耐用年数は、無処理区（2年）＜木酢液区（3年）＜木タール区（3年・4年）＜クレオソート区（5年・6年）となり、クレオソートの耐久比は高く長期の防腐処理効果が期待できるが、木酢液はほとんど見込めず、木タールはやや効果は見られる程度であった。耐久比3以上は半埋設のクレオソートのみであった。

ヒノキは、無処理区（3年）＜木酢液区・木タール区（3年・4年）＜クレオソート区（4年）となり、クレオソートでも無処理に対し耐用年数を1年延長したすぎず、耐久比は低く長期の効果は見込められなかった。これは、スギとヒノキの材質の違いと今回の短時間浸漬（30分）ではクレオソートが十分浸透しなかったためと考えられるので、今後、処理方法を検討する必要がある。

各試験区の残存強度の最小値が長期許容応力度（スギ5.7N/mm²、ヒノキ6.9N/mm²）に達した時を耐用限界として経年変化を調査したところ、スギの場合、目視による耐用年数と同様の傾向であったが、ヒノキでは無処理以外の処理区で耐用年数が過ぎた後も耐用限界に至っていない状況が見られた。

2) 円柱材（丸棒加工）の耐久性について

スギの耐用年数は、無処理区（4年未満）＜木酢液区（4年・5年）＜クレオソート区（5年・6年）＜木タール区（6年・7年）となった。木酢液はほとんど効果が見込めず、木タールとクレオソートの防腐処理効果は見られたが、耐久比は低く長期の効果は期待できない。

ヒノキの場合は、無処理区（4年以下）＜木酢液区（5年・6年）＜クレオソート区（7年）＜木タール区（7年超）となった。クレオソートと木タールは耐用年数がやや長くなったが、耐久比は低く、スギ同様に長期の効果は期待できない。

目視による耐用年数と比べて、残存強度の低下の方が遅くなったことについては、心材率（スギ52.8%、ヒノキ81.8%）が高くなり、材心が腐らずに残っていたためと考えられる。

3) 埋設タイプについて

供試体の設置方法の違いによる腐朽程度の差異を考慮して、半埋設タイプと埋設タイプの2タイプで試験を行ったが、剥皮小径丸太のスギ以外で差異は見られなかった。

2 縦杭耐久試験

剥皮小径丸太のスギでは、無処理区・木酢液区・木タール区（3～5年）＜クレオソート区（6～7年）となり、ヒノキでは、無処理区・木タール区（3～5年）＜木酢液区・クレオソート区（6～7年）となり、木酢液とクレオソートの耐用年数が長くなった。

円柱材（丸棒加工）のスギでは、無処理区・木酢液区（3～5年）＜木タール区（6～7年）＜クレオソート区（7年超）となり、ヒノキでは、無処理区・木タール区・木酢液（6～7年）＜クレオソート（7年超）となり、クレオソートの耐用年数が長くなった。

しかし、いずれもクレオソートの防腐効果は見られたものの耐久比3以上は見込めず、短時間浸漬（30分）では耐用年数を長期に延ばすには至らなかった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、7年もの長期にわたり野外耐久試験用地のご協力を頂いた上富田町生馬財産区に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 雨宮昭二. 1963. 浅川実験林苗畑の杭試験(1)杭の被害程度を評価する方法. 林業試験場研究報告. 150 : 143-156.
- 金田利之. 2008. 木材の耐用年数に関する研究—無処理木材の野外耐久性についてⅡ—平成20年度岡山県木材加工技術センター業務報告. 49-67
- 小南全良・山裾伸浩・橋本千賀子. 2011. 丸太の簡易防腐処理の効果調査（第6報）. 和歌山県林試業報. 68:37-39.
- 小柳正彦・岩崎昌一・菅原弥寿夫. 2012. スギ外構材の曲げ強度の経年変化. 新潟県森林研報. 53 : 33-37.
- 桃原郁夫. 2010. JIS K 1570「木材保存剤」及びJIS K 1571「木材保存剤—性能基準及びその試験方法」の改正について. 木材保存. 36 : 260-263.

- 村上明彦・井戸聖富. 2008. 性能評価による紀州材利用方法の開発（第4報）丸太の簡易防腐処理効果. 和歌山県林試業報. 65:31-33.
- 中森由美子・井戸聖富. 2008. 防腐処理した小径木の野外耐久性能試験（第1報）-圧縮強度の変化と劣化評価-. 和歌山県林試業報. 65:34-36.
- 阪本勝則・井戸聖富. 2007. 性能評価による紀州材利用方法の開発（第3報）丸太の簡易防腐処理効果. 和歌山県林試業報. 64:19-21.
- 山本幸一・桃原郁夫・西村健. 1999. 燻煙乾燥木材及び焼き丸太の野外杭試験. 木材保存. 25:219-222.
- 山本幸一・桃原郁夫・西村健. 2000. 木タール及び木酢液処理したスギ心材の野外杭試験結果. 木材保存. 26:26-29.