

富山県産スギ中径材の耐朽性 ドブ漬け防腐木製雪崩予防柵としての16年間の被害度変化

長谷川 益夫*, 中谷 浩*, 柴 和宏*

Durability of Medium Diameter Sugi Logs in Toyama Prefecture Changes in Damage Rate over 16 Years as Avalanche Prevention Fence Parts Treated by Soaking

Masuo HASEGAWA*, Hiroshi NAKATANI*, Kazuhiro SHIBA*

富山県の山間地は、急傾斜地が多くかなりの降積雪がある。そのため、伐採跡地の再造林地には、雪崩を抑制し成林を助ける雪崩予防柵がよく設けられる。比較的緩い傾斜地では、工事による表土攪乱が小さく、育林施業や伐採時の障害にならない雪崩予防柵が求められている。そこで、植栽木による雪崩予防が可能になるのに必要と思われる15年を設計耐用年数とする県産スギ中径材製の雪崩予防柵を1989年に試験施工した。

スギ中径材に対し、耐用年数15年を確保するため、ナフテン酸銅系油剤でドブ漬け防腐処理を施した。これらを部材として雪崩予防柵(設計条件：傾斜40° 最深積雪3 m)を施工後、柵の形態、部材の被害度の変化について16年間追跡調査した。その結果、つぎのことがわかった。

- 1) 木製雪崩予防柵の形態が16年後に耐用限界に達した。すなわち、部材の一部に折損がみられ構造物全体の形状がやや崩れた状態に達した。
- 2) 16年経過後のドブ漬け防腐処理された縦柵、支点横木、支柱の平均被害度と折損率は、それぞれ3.6と38%、3.7と50%、2.1と6%であった。観察から柵が耐用限界に達した主因は、支点横木と支柱の劣化と認められ、両部材の耐用限界被害度はそれぞれ3.5と2.0が妥当と思われた。縦柵の耐用限界被害度は、折損の状態から3.5が妥当と思われた。
- 3) これらの耐用限界被害度での各部材の耐用年数は、ドブ漬け防腐処理材では、縦柵が15.5年、支点横木は14.5年、支柱が16年であった。比較のために同時に施工した縦柵部材のうち無処理材が6年、CCA注入防腐処理材が11年であった。

1. はじめに

富山県の山間林は比較的急峻で積雪量も多い。民有林では傾斜30°以上の面積は66.8%あり¹⁾、伐採跡地の再造林には雪崩や積雪グライドに対する配慮が求められている。植栽木には、幼齢期は積雪の中で柔軟に耐え、速い成長で積雪高から抜け出すスギ *Cryptomeria japonica*が経験的に選ばれてきた。しかし、積雪量と傾斜が大きく雪崩が多発する林地は、成林が困難である。この場合、雪崩予防柵を設け、雪崩の発生を抑制する方法がとられる。これま



写真-1 鋼製雪崩予防柵の施工例(旧上平村)

* 木材試験場

で、写真-1に示すような鋼製・コンクリート基礎の強固な工作物を山肌に設けることが多かった。この工作物には、基礎工事が大きかりなため表土を攪乱し過ぎること、積雪に耐えられる大きさに林木が成長しても残存して育林施業や伐採の障害になりやすいなどの問題があった。

そこで、植栽木による雪崩予防が可能になるのに必要と思われる15年間を設計耐用年数とし、以降は地上部分が朽ちて構造が消滅する県産スギ中径材製の雪崩予防柵を試作し耐久性について検討した。

設計耐用年数15年を確保するため、地際塗布用として実績のあった油剤で簡易に保存処理を行った。すなわち、スギ中径材を剥皮・乾燥し、ドブ漬けによる防腐処理を行った。これらを部材とした木製雪崩予防柵を試作し、柵全体の形状が崩れないことを耐用限界として、それまでの部材の腐朽被害度、折損率の変化を16年間にわたって追跡調査した。

2. 試験方法

2.1 施工地と雪崩予防柵の構造

施工地は、南砺市（旧平村）入谷花房地内の村道上の斜面（図-1）で、毎年のように雪崩の発生により交通に支障をきたしている場所である。施工地条件は、北緯36° 26.4'，東経136° 58.9'，標高470 m，斜面方位0°（北），傾斜40°であった。また、この地点の野外地上部における木材腐朽指標である修正木材腐朽気候指数CI'（式(1)）²⁾は約90と推定された。

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

ここで、d：日降水量1mm以上の月間降水日数

t：月平均気温

設計は、新防雪ハンドブック³⁾の鋼製雪崩予防柵に準拠し、斜度40°，積雪深3mを設計条件とした。図-2のような、埋込み型の基礎横木(φ20cm×L3.8m)に40cm間隔で緊結し斜面に対して105°の角度に立てた縦柵(φ14cm×L3.38m)10本の上部下面に支点横木(φ18cm×L3.8m)を配し、その横木に対して3本の支柱(φ18cm×L2.8m)を谷側から入れる構造を1単位として、等高線にそって並べる方式をとった。鋼製柵と比べた特徴は、縦柵を密に用いながらも簡易な丸太基礎のため工事が簡略化さ

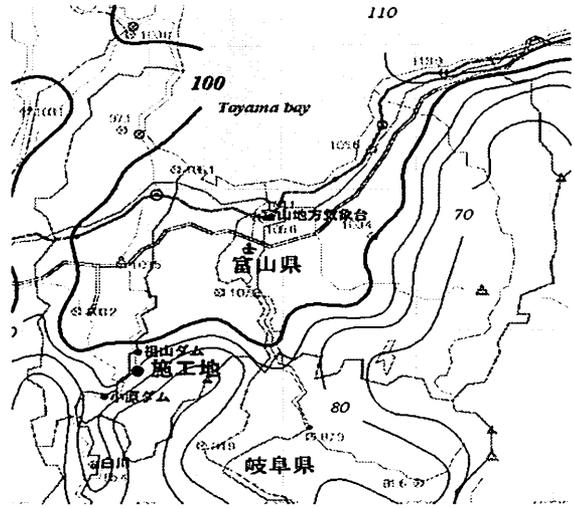


図-1 施工地の位置図

注) 図中の等値線および数値：CI'（式(1)）

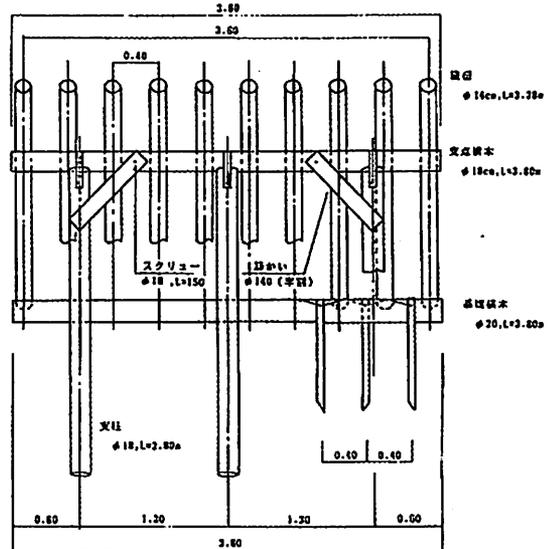
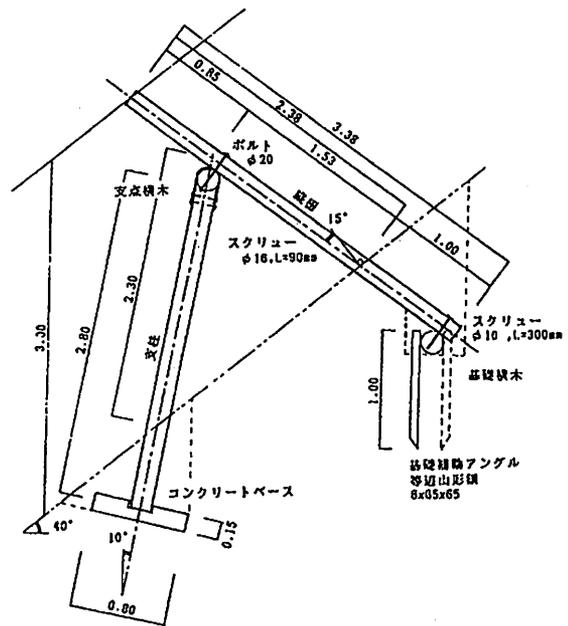


図-2 雪崩予防柵の構造図



写真-2 スギ中径材のドブ漬け防腐処理

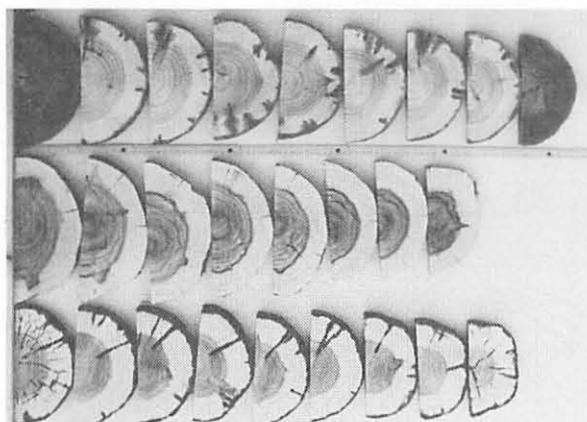


写真-3 薬剤の浸潤状態

注) 材端から50cm間隔の断面(半分)
 上段: CCA加圧注入材(呈色)
 中段: 無処理剤
 下段: ナフテン酸銅系油剤塗布材



写真-4 縦柵脚部の埋め戻し作業(1989.9.21)



写真-5 雪崩予防柵完成直後の状態(1989.10.20)

れて斜面の攪乱が少ないことである。

2.2 スギ中径材部材と簡易防腐処理

雪崩予防柵は、縦柵、支点横木、支柱および基礎丸太の4種の部材からなり、いずれにも県産スギ中径材を用いた。過去に行った柵工木杭の耐朽性調査結果から、スギ小径材の耐用年数が約6年と推定されていた⁴⁾ので、構造体の耐用年数15年を担保するため、部材とするスギ中径材を防腐処理する必要がある。そのため、木電柱地際塗布用として使用実績のある油性防腐剤で簡易に処理することにした。すなわち、剥皮のあと防水シートを上には掛けた露地で約10日間放置乾燥し、油性のナフテン酸銅系防腐防蟻剤(旧(株)山陽木材防腐製“サンプルザーOGRグリーン”⁵⁾原液に1分間ドブ漬け(ユニックを使用し140秒/回の処理サイクル)して(写真-2)、部材の防腐処理を行った(以下OGRg処理)。

OGRg処理の効果を比較するために、中径材の未処理材(2本)と当時工場防腐加工として一般的であったCCA加圧注入処理(以下CCA処理)材(1本)とを、比較的影響の小さいであろう縦柵部材の一部として用いた。比較対照材はいずれもボカスギ材であった。CCA処理は県内の防腐処理工場においてCCA3号液をベセル法(-600mmHg減圧1時間・10kgf/cm²加圧3時間)で注入処理したもので、同時に注入した中径材の浸潤度調査(写真-3)から十分な薬液浸潤は得られなかった。理由は、この工場では普段ロシア産カラマツ土台角のみを処理しているため、作業液中に還元性糖類や微粉を含む懸濁物が多く存在し、これが壁孔閉塞を顕著に生じさせたためと思われる。

2.3 施工方法

部材準備からはじまる一連の施工作業は、地元の建設業者が、1989年6~10月に行った。接合部切欠きやボルト穴の加工は、防腐処理後に行ったが、いずれも加工後にドブ漬け処理の残液を十分に塗布した。施工途中と完成後の状況を写真-4、5に示す。木製柵の設置開始は1989年9月上旬であった。柵完成後に、スギ間伐材を使ったグライド抑制工とスギ(160本)とニセアカシア(160本)の植栽工が施された。

2.4 施工地の気候環境調査

施工後の気候環境は、工作物の耐久性、設計の妥当性等を考察評価する際に必要である。施工地での

観測を行わなかったため、気温がほぼ同様であろうと考えられた、同一水系でほぼ標高が等しい最寄りのAMeDAS白川（標高478m、直線距離で南南西に約21km）の観測データを、施工地の気候環境データとして利用した。収集計算した気候要素は、暴露経過1年ごとの年平均気温、年降水量、降水日数、最深積雪とし、さらに修正木材腐朽気候指数CI'を加えた。データは、月別値を気象庁の公表統計値からインターネット経由で入手し、CI'は施工後1年ごとにそれらを使い式(1)により算出した。

2.5 被害度の追跡調査と解析の方法

雪崩予防柵の耐用限界は、部材の腐朽劣化あるいは積雪による損傷があっても柵全体の形態が崩れない限界の状態と考えられる。ここでは、支点横木の谷方向下がり30cmを柵全体の耐用限界とした。

柵部材の縦柵、支点横木、支柱、基礎横木のうち、基礎横木は全体が深く埋められたため被害度の追跡調査を行わなかった。施工地の下段の柵6基分の縦柵と支柱についてはほぼ1年毎に被害度調査を行った。支点横木については、被害が目立ち始めた13年目から調査した。被害度の評価は、森林総合研究所の評価体系（表-1）⁶⁾に準拠して評価した。評価は、目視によって行ったが、内部の被害状態をみるために千枚通しとシノ（先端の尖った十手状の番線締め具）を使い劣化部分を判別した。劣化部分の断面に対する比率により0.5(10%)刻みの被害度(断面欠損率)を与えた。そして縦柵16本、支柱18本、支点横木6本の平均被害度と折損率を算出した。

経過年数(t; 年)あるいは積算CI'を時間パラメータとして、平均被害度(D)についてRichardsの成長関数(式(2)) 回帰分析^{7, 8)}を行った。

$$D = A (1 - e^{-kt})^{1/(1-m)} \dots \text{式(2)}$$

ここで、D: 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 (速度パラメータ)

t: 経過年数 (時間パラメータ)

m: 被害度進行速度の変化パラメータ (形状パラメータ)

分析は、統計解析ソフトSTATISTICA Pro 03Jの非線形回帰分析を用いた。回帰にあたって一段で

表-1 被害度の表し方⁶⁾

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

表-2 施工地の気候環境 (1989.9~2005.8; AMeDAS白川)

年 [期間]	平均気温 (°C)	降水量 (mm)	降水日数	最深積雪 (cm)	CI'
1990 ['89.9~'90.8]	11.2	2480	171	102	81
1991 ['90.9~'91.8]	10.9	3100	207	277	102
1992 ['91.9~'92.8]	10.8	2036	187	138	84
1993 ['92.9~'93.8]	10.1	2584	193	135	92
1994 ['93.9~'94.8]	10.6	1776	166	201	69
1995 ['94.9~'95.8]	10.6	2582	200	167	95
1996 ['95.9~'96.8]	9.6	2364	171	254	66
1997 ['96.9~'97.8]	9.5	2564	192	193	84
1998 ['97.9~'98.8]	11.4	2847	177	117	103
1999 ['98.9~'99.8]	11.2	2386	193	187	99
2000 ['99.9~'00.8]	11.0	2188	185	163	78
2001 ['00.9~'01.8]	11.1	2377	188	173	85
2002 ['01.9~'02.8]	11.2	2442	172	187	81
2003 ['02.9~'03.8]	10.3	2593	193	164	90
2004 ['03.9~'04.8]	11.5	2498	183	226	95
2005 ['04.9~'05.8]	11.2	3036	205	224	103
平均	10.8	2491	186	182	88
標準偏差	0.6	335	12	48	11

は寄与率が低かったものは、前段と後段に分け、それぞれの回帰式を線形結合した。時間パラメータとして用いた積算CI'は、気候環境で補正された経過年数ともみなされるもので、山間部では木材腐朽環境が変わる(図-1)ため、今後の木製雪崩予防柵の耐久設計において参考になろう。

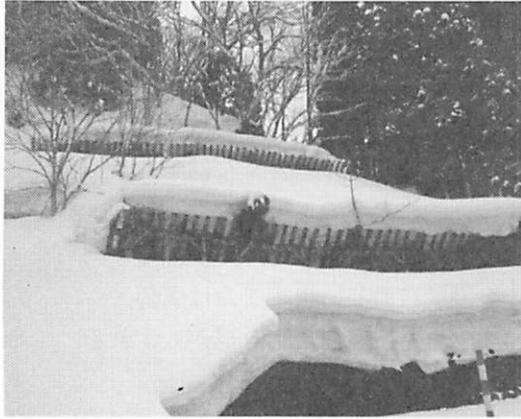


写真-6 施工地の冬季積雪時の状態 (12年目2001.3.13)



写真-7 施工後の植生復旧状態 (16年目2005.8. 8)



写真-8 16年後の柵の状態 (2005.8.8)

上：横木および縦柵の折損

下：支柱の損失と縦柵並びの乱れ

3. 結果と考察

3.1 施工地の気候環境

施工地の気候環境としては、最寄りのAMeDAS観測点白川の観測データを用い集計したものを表-2に示す。表には暴露経過1年ごとの年平均気温、年降水量、降水日数、最深積雪、修正木材腐朽気候指数CI'の値を示す。

一方、施工地付近の祖山ダム（施工地からの距離3.4km、標高250m）と小原ダム（7.7km、320m）の年降水日数および降水量は、それぞれ200日、2812mm、195日、2534mm⁹⁾で、白川から施工地に近くなるほど、観測値が大きくなる傾向を示している。また、施工地は両ダムより高標高で、最深積雪はより大きくなる傾向にあると思われる。したがって、施工地の降水量、降水日数、最深積雪は、白川の観測値と少なくとも同等かわずかに上回ると推定される。

調査期間の年平均気温、年降水量、降水日数、最深積雪、修正木材腐朽気候指数CI'の平均値は、それぞれ10.8℃、2491mm、186日、182cm、88であった。富山地方気象台の平年値（1971～2000）は、それぞれ13.7℃、2245mm、175日、69cm、104であった。すなわち、施工地は、富山地方気象台と比べて、最深積雪では約110cm大きい低温多雨多雪な気候環境と推定される。またCI'は、全国平均85¹⁰⁾よりわずかに大きかった。

雪崩予防柵の設計最深積雪は3mであったが、施工後16年間の最深値は、2年目冬に記録した277cmで、15、16年目冬も2.2mを超える最深積雪で、積雪条件において妥当な設計であったといえる。

3.2 施工地の状態

施工後12年目の積雪期の状態を写真-6に示す。植栽木スギの樹冠が、柵に押しつけられたものは認められるが、雪面より上のは認められなかった。施工目的は、植栽樹種のスギの成林を促し雪崩発生の予防効果を引き継ぐことである。施工後16年目の施工地の植生状態を写真-7に示す。施工地全体が侵入樹木（オニグルミ、キリ、タニウツギ）に覆われているが、当初植栽本数160本のスギは、生育本数が十数本で、残存率約10%程度と低く、雪崩予防効果が期待できるほどには成長していなかった。今後の施工には、施工後の観察とそれに基づいた補植と柵の耐用年数を伸ばすための補修等の事後管理が必要と思われる。

3.3 木製雪崩予防柵の劣化と耐用限界

雪崩予防柵の劣化は、暖候期4～11月の生物劣化と寒候期12～3月の積雪外力による損傷(折損)からなる。16年目の柵の状態を写真-8に示す。積雪外力による損傷劣化がかなりみられるが、その全ては生物劣化が大きく進んだ部分(生物被害度4以上)に限られ、積雪のみによる健全部材の大きな損傷は見られなかった。したがって、柵の劣化は生物劣化のみに起因すると考えてもさしつかえなかった。

雪崩予防柵全体の耐用限界は、積雪3m時に雪崩発生を抑止できない劣化状態である。部材別の被害度を表-3に示す。縦柵がかなり折損(16本中6本:折損率38%)し、支点横木の半数が折損(6本中3本:折損率50%)して、16年後の柵の状態は、写真-8に示すように柵列がやや乱れていた。さらに、支柱全体では18本中1本の折損(折損率6%)が見られたが、折損支柱を含む柵ユニットは残る2本の支柱で形状を保ってはいたが、支点横木の位置が谷側に約35cm下がっていた。これらのことから、雪崩予防柵は耐用限界に達したと判断した。

図-3に示すように、柵全体の耐用限界到達時点(16年後)のOGRg処理材の被害度は、部材別に縦柵が3.6、支点横木が3.7、支柱が2.1であった。また、被害度3.5付近で被害度進行が停滞する様子が窺える。これは、防腐剤が浸潤していない耐久性の低い辺材部(断面面積率70%前後)が劣化した段階と考えられ、停滞後に心材部分と薬剤浸潤部分が劣化する段階に入るとみられる。

木材の耐用限界被害度は、通常は2.5が採用される⁶⁾が、負荷条件が異なる木材部材には必要に応じて別に設定すべきと考える。今回の試験施工で、支点横木と支柱の劣化によって柵が耐用限界に達したことから、部材別の耐用限界被害度は、支点横木が3.5、支柱が2.0が妥当と考えられる。支柱において

表-3 簡易防腐処理スギ中径材の被害度と折損率

部 材	調査本数	被害度(0~5)	折損本数	折損率(%)
縦 柵	16	3.6	6	38
支点横木	6	3.7	3	50
支 柱	18	2.1	1	6

は、負荷が大きく折損に伴う柵全体の变形が大きいいため、一般より小さい値を耐用限界とした。

縦柵は、先端部が折損しても下部がそのまま残ることが多く、柵列全体の乱れとしては現れにくかった。しかし、被害度3.6で折損率38%に達していることから、支点横木と同じ被害度3.5を耐用限界とした。

3.4 スギ中径材部材の耐用年数

スギ中径材部材別の被害度経時変化を図-3に、リチャード成長関数式の回帰係数を表-4に示す。回帰分析にあたって時間パラメータとして、冬期低温により2~4ヶ月間 木材腐朽が進行しないCI'=0状態が続くため、経過年数(年)のほかに積算CI'をとりあげた。表-4では、計算上の理由から、桁調整をして(積算CI')/100をパラメータとしたが、これは積算CI'100を1年とした経過年数とみることもできる。二つの時間パラメータは、重相関係数がほとんど変わらず、置き換え可能であった。施工場所によってはその気候環境から劣化進行がかなり異なることが考えられる。この場合でも、気候データが入手できれば、このように時間パラメータとして木材腐朽外力が推定でき、耐久設計の参考となる。

無処理材(2本)とCCA加圧注入処理材(1本)の縦柵は、それぞれ6年、11年で耐用限界(被害度3.5)に達した。無処理中径材の耐用年数は、スギ材の既報耐用年数6年(治山柵工小丸太木杭)^{4, 11)}、7.5年(直径約9cmの剥皮小丸太)¹²⁾と比較して、長くはならなかった。一般に、直径が大きいと耐用年数が長くなるいわゆる断面寸法による割増し効果¹³⁾があるといわれているが、ボルト穴加工されていたためか、この効果は認められなかった。CCA加圧注入処理は、辺材部にまで薬剤が浸潤していなかった(写真-3)ため、耐用年数はそれほど長くなかった。OGRg処理スギ中径材では、前項の耐用限界で、縦柵が15.5年、支点横木が14.5年、支柱が16年になった。支点横木は、縦柵10本分の加重を受け止める構造でドブづけ処理後の受部平面やボルト穴などの切削加工が最も多く、また横置きによって雨水が滞留しやすいため、耐用年数が短くなったと思われる。

耐用年数の比較において、ドブづけのOGRg処理スギ中径材縦柵15.5年は、既報の刷毛塗布の同剤処理小径材の地際部8年¹²⁾の2倍近くで、長かった。

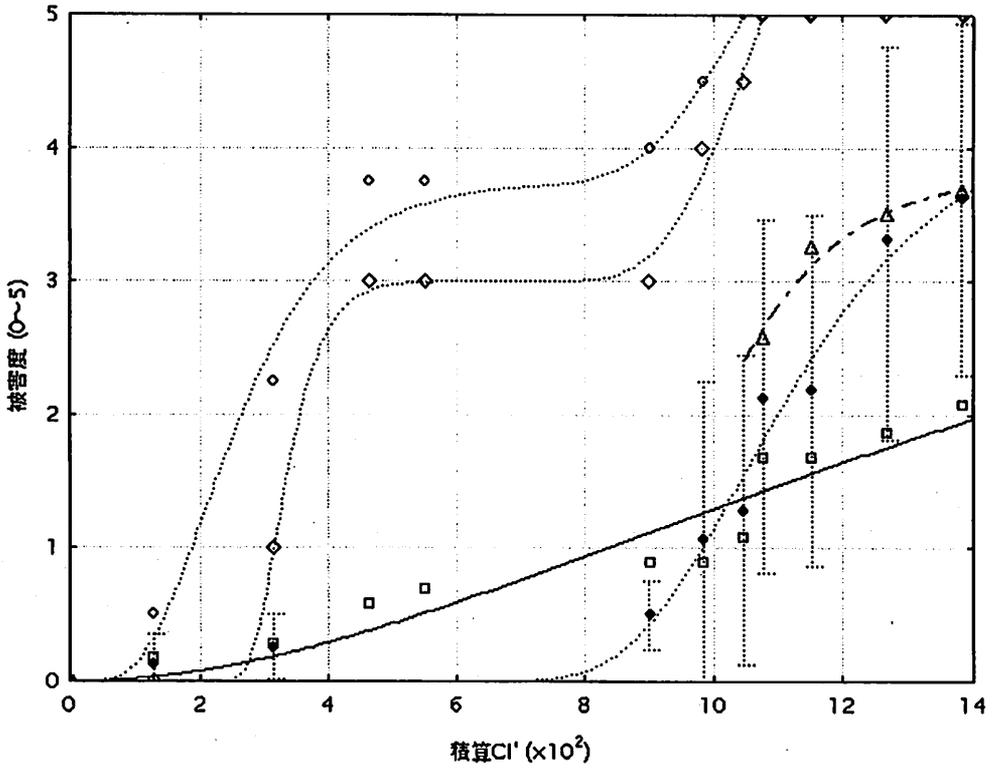
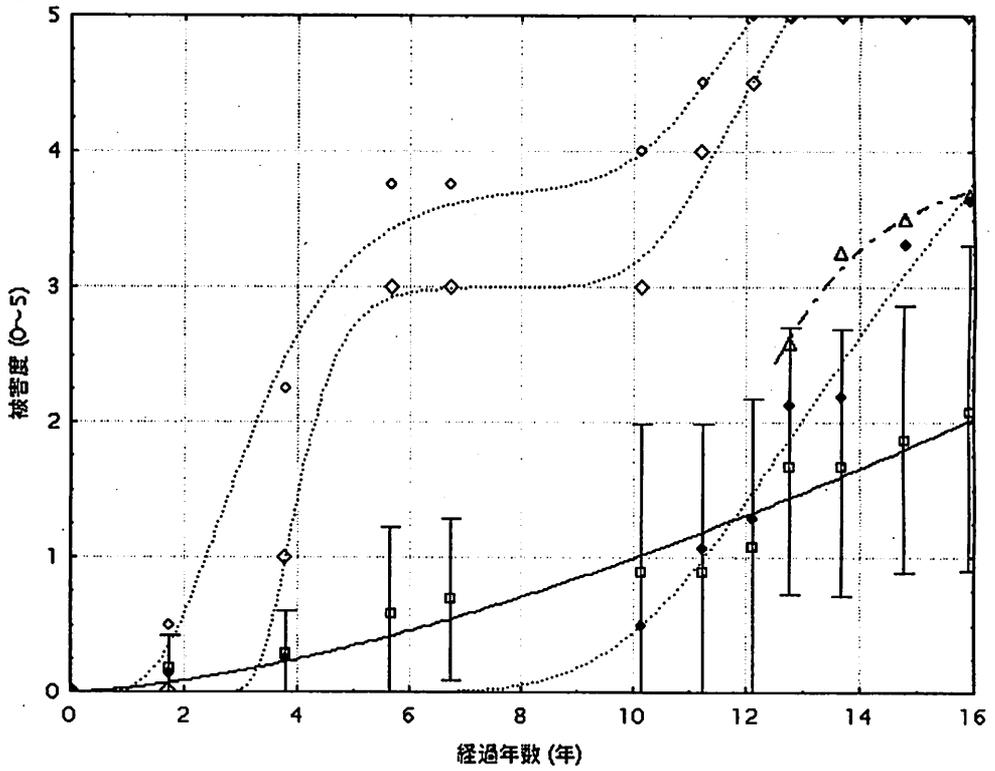


図-3 スギ中径丸太部材の平均被害度の経年変化

● OGRg処理縦柵 ◇ CCA処理縦柵 ○ 無処理縦柵 ▲ OGRg処理支点横木 □ OGRg処理支柱
 注) 被害度の平均±1sd(標準偏差)区間を、OGRg処理縦柵 ([]) とOGRg処理支柱 ([]) について示した。

表-4 被害度変化のRichards成長関数回帰分析

時間パラメータ <i>t</i>	部 材	前・後段の別	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	重相関 係数	備 考
経過年数	縦柵 OGRgドブ漬け処理	—	5.74	0.29298	0.978516	0.99035	—
	縦柵 CCA加圧注入処理	前段	(3.00)	1.9565	0.999452	0.99966	線形結合
		後段	3.70	0.58951	0.999108	0.99198	
	縦柵 無処理	前段	(3.75)	0.79490	0.877252	0.99189	線形結合
		後段	3.40	0.48016	0.997022	0.99988	
	横木 OGRgドブ漬け処理	—	3.88	0.67535	0.999533	0.99917	—
支柱 OGRgドブ漬け処理	—	4.06	0.090186	0.625765	0.96209	—	
積算CI/100	縦柵 OGRgドブ漬け処理	—	4.25	0.56110	0.99722	0.98894	—
	縦柵 CCA加圧注入処理	前段	(3.00)	2.5389	0.999695	0.99970	線形結合
		後段	5.55	0.674533	0.999321	0.99186	
	縦柵 無処理	前段	(3.75)	0.90303	0.846757	0.98924	線形結合
		後段	3.96	0.59197	0.998249	0.99995	
	横木 OGRgドブ漬け処理	—	3.81	0.80150	0.999512	0.99883	—
支柱 OGRgドブ漬け処理	—	4.40	0.083529	0.53637	0.95407	—	

注) (): 回帰値ではなく測定値

今回は防腐薬剤の吸収量を測定していないため、この原因はわからなかった。

図-3において、防腐処理縦柵の被害度のばらつきを平均±1sd(標準偏差)区間で表示している。被害度のばらつきは平均被害度3.5付近で最も大きくなる傾向が認められる^{11, 12)}が、今回は1.5であり、刷毛塗布した小径材地際部sd=1.2¹²⁾よりやや大きかった。これは、縦柵部材については地際部に限定せず地上部全体について評価したためと材径が大きくなったためであろう。

4. まとめ

富山県産スギ中径材を簡易なドブ漬け防腐処理を施し雪崩予防柵部材として、傾斜40°最深積雪3mの山間地に試験施工した。施工後16年間にわたって、柵の形態保持、部材の被害度、植生の状態について追跡調査した。その結果、つぎのことがわかった。

1) 雪崩予防柵は1.0~2.8mの積雪を経ても雪による大きな損傷はなかった。16年後に支点横木が30cm以上下がった状態(柵の耐用限界)に達し、その設計耐用年数15年が確認できた。

2) 16年経過時の植栽スギ残存率は約10%と低かったが、広葉樹の侵入成長が認められた。

3) OGRg処理したスギ中径材を部材とした縦柵、支点横木、支柱の平均被害度と折損率は、施工後16年において、それぞれ3.6と38%、3.7と50%、2.1と6%であった。柵の耐用限界に達した主因が支点横木と支柱の劣化であったため、支点横木と支柱の耐用限界被害度はそれぞれ3.5と2.0が妥当と思われた。また、縦柵の耐用限界被害度は、折損の状態からみて、3.5が妥当と思われた。

4) この基準で耐用年数をみると、OGRg処理材では、縦柵が15.5年、支点横木が14.5年、支柱が16年となった。縦柵における無処理材の耐用年数は6年で、無処理スギ小径材の既報値と差がなかった。

謝 辞

試験にご協力いただいた治山課(現森林政策課)および出先事務所の方々に感謝する。

文 献

- 1) 富山県農林水産部：平成15年度富山県林業統計書，2005.
- 2) 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.
- 3) (社)日本建設機械化協会：新防雪工学ハンドブック，179-187，森北出版，1983.
- 4) 長谷川益夫，飯島泰男：富山県における治山(柵工)木杭の耐久性調査，富山県治山課報告書，1986.
- 5) 山陽木材防腐(株)：製品資料“サンプルザー-OG Rグリーン”，1982.
- 6) 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).
- 7) F. J. Richards : A Flexible Growth Function for Empirical Use, Jour. Exp. Bot., 10, 290-300 (1959).
- 8) 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プログラムの作成，京都府立大学演習林報告，24，64-88 (1980).
- 9) (財)林業土木コンサルタンツ：地域防災対策特別整備治山事業中間報告書(富山県平村)，1988.
- 10) 長谷川益夫：未発表.
- 11) 長谷川益夫ほか8名：富山県における治山木杭の耐久性(第1報)柵工におけるスギ及びカラマツ木杭の耐用年数について，木材保存19(1)，13-22(1993).
- 12) 長谷川益夫：富山県における治山木杭の耐久性(第2報)皮付きと皮剥ぎ-塗布防腐処理スギ小丸太の耐用年数，富山県林業技術センター研究報告，18，23-29(2005).
- 13) 日本建築学会：建築物の耐久計画に関する考え方，129，丸善，1993.

Summary

A considerable part of the mountainous region in Toyama Prefecture has steep inclination. Furthermore, there is extensive snowfall and deep snow cover. Therefore, when the forest is felled, measures for helping the growth of young trees and restoration such as an avalanche prevention fence are often required. In 30~40° of comparatively gentle sloping land, we need an avalanche prevention fence that creates little disturbance of the topsoil and disappears when it becomes unnecessary or intrudes on the care or deforestation of the land. Therefore, we produced experimentally an avalanche prevention fence made of cedar logs with a medium-sized diameter whose design service life was 15 years. In order to extend the service life of the fence beyond 15 years, preservative treatment was administered by soaking the cedar logs in a copper naphthenate system oil solution. After the wooden avalanche prevention fence was constructed on a slope with an inclination of 40°, a follow up survey on the changes in deformation of the fence and damage rate of the logs was conducted for 16 years.

The results are summarized as follows:

- 1) The deformation of the wooden avalanche prevention fence reached the durable limit after 16 years of service. The durable limit is defined here as the condition in which there is a certain degree of log breakage and slight collapse of the shape of the entire structure.
- 2) Sixteen years after the construction and planting, the alive ratio of sugi planted was about 10%, and the growth was not sufficient to prevent avalanche.
- 3) Average damage rates and breakage rates after 16-year service of the pales, the rails and the posts of the cedar logs treated with the oily preservative were 3.6 and 38%, 3.7 and 50

%, and 2.1 and 6%, respectively. Deteriorations of the rails and the posts were sufficiently effective to reach the durable limit. Therefore, the average damage rates of 3.5 and 2.0 seemed to be appropriate as the durable limit for rails and posts, respectively.

- 4) When limit average damage rate of 3.5 was adopted for the pales, the service life of those non-treated was 6 years which is almost equivalent to those of the small diameter varieties reported.