

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07475

研究課題名(和文) 多雪地域における木製グライド防止工を用いた防雪林造成法の確立

研究課題名(英文) Establishment of avalanche prevention forest constructed of wooden anti-glide tripods in a high snow accumulation region

研究代表者

中田 誠 (Nakata, Makoto)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：80217744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：富山県の最大積雪深2mまでの急斜面において、間伐材を用いた木製三角枠工によって雪崩防止林の造成が可能であるかを検討した。スギ植栽から10年程度が経過した7箇所の林分を対象に調査を実施し、木製杭の残存率と、スギ植栽木のうち雪上直立木(樹高が最大積雪深の2倍以上で直立状態のもの)となった本数密度を経時的に評価した。その結果、木製杭の残存率は9年経過で約8割に、12年経過で約4割になると推定された。スギ植栽木は、一般的なスギの植栽密度である2,500本/haの場合、雪上直立木が9年経過で900本/haに、12年経過で1,500本/haに達すると推定され、雪崩防止林の造成が可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to evaluate the conditions necessary for the establishment of an avalanche protection forest on a steep slope mounted with wooden anti-glide tripods. We investigated seven forest stands, past about 10 years after construction of tripods and planting of sugi seedlings. We evaluated the survival rates of the tripods and stand densities of erect sugi trees, which had grown up to twice the annual maximum snow depth. Survival rates of the tripods decreased to ca. 80% and 40% after 9 and 12 years, respectively. On the other hand, under the conditions of 2,500 trees/ha, stand densities of erect sugi trees were estimated to be 900 and 1,500 trees/ha after 9 and 12 years, respectively. It is considered that snow cover can be stabilized in more than 1,000 trees/ha of erect sugi. These results suggested that, for avalanche protection, sugi forests can be successfully established with wooden tripods on a steep, plain slope, under 2 m of annual maximum snow depth.

研究分野：森林環境科学

キーワード：木製グライド防止工 雪崩防止林 積雪グライド 斜面積雪安定度 スギ植栽密度 木材耐久性 積雪  
荷重 多雪急傾斜地

1. 研究開始当初の背景

北陸を中心とした日本海側多雪地域では、勾配が 30~40 度の山間急傾斜地で自然災害や伐採等により森林が消失すると、積雪移動(グライド及びそれに伴う全層雪崩)によって樹木の生育が困難となり、草地化することが多い。このような場所で雪崩防止林を造成する場合、積雪を安定化させるための雪崩防止施設が必要となる。従来は切取階段工が施工されてきたが、大量の土砂を発生し、景観を損なうといった難点があった。そうした中で、木材利用拡大の観点から、簡易構造物である木製杭が期待されている。本研究分担者である柴(2013)は、スイスの木製ピラミッド杭を参考に、雪崩予防杭に準じて構造設計した組杭タイプの木製杭を約 15 年前に開発し、丸太柵工法と組み合わせた雪崩防止工法を提案した。そして、試験施工で斜面積雪が安定しているか確認するために 1 冬期間の積雪移動量を測定したところ、概ね 1m 以内に抑えられており、植栽木の良好な生育環境を確保できることを確認した(柴 2013)。

2. 研究の目的

木製杭は、部材劣化のために耐久性が限られているが、国内では木製杭の耐久性と植栽木の生育を関連付けた研究事例はほとんどない。そのため、両者の関係を明らかにすることは、実用上の重要な課題である。木製杭によって雪崩防止林造成を行う施工地(以下、施工地と略す)では、木製杭が設計に基づいて一定間隔に設置されると同時に、治山造林で一般的な樹種であるスギが植栽される。その後、経年とともに木製杭は腐朽による損壊を徐々に生じるため、木製杭による斜面積雪の安定機能は低下していく。それに対して、スギ植栽木が埋雪木の状態を脱して雪圧害を受けにくい雪上直立木(以下、直立木と略す)(豪雪地帯林業技術開発協議会 2000)になるまで生育することができれば、雪崩防止林としての機能を発揮することが期待できる。斜面積雪を安定させるために必要な直立木密度に関しては、相浦(2005)がスギ及びブナ林で、30~40 度程度までの斜面であれば、1,000 本/ha と報告している。このことから、雪崩防止林造成には、スギ植栽木による直立木密度が、少なくとも 1,000 本/ha となることが目標となる。

本研究では、スギの植栽密度が異なる施工地において、複数年にわたって木製杭の残存率と、スギ植栽木の生育に伴って増加する直立木密度を調査し、木製杭とスギ植栽木が斜面積雪の安定に及ぼす効果を経年的に評価した。それにより、木製杭が斜面積雪の安定に寄与している間に、スギ直立木密度が目標値の 1,000 本/ha に達することが可能であるかどうかを検証した。

3. 研究の方法

(1)調査地

調査地は、富山県氷見市棚懸(以下、TG と表記する)、南砺市上田(同 ND)、南砺市山田郷(同 YD)、魚津市平沢(同 HS)、魚津市大松倉(同 MT)、入善町舟見(同 NF)、南砺市大崩島(同 NK)の 7 箇所の施工地である(施工面積は 0.26~2.28ha)。これらの施工地では、2002~2010 年に富山県の森林整備事業により、木製杭の設置と樹木の植栽を同時に実施した(以下、施工と略す)。これらの調査地は、最大積雪深が 1.2~2.3m で、斜面傾斜角が 33~41 度の平衡な急斜面である(表-1)。現地での聞き取りによれば、少なくとも施工の 10 年以上前から草地のままであり、現状のまま放置しても樹林化が見込めない場所であった。現地調査は、可能な限り施工から 10 年程度が経過した時点と、その前後年のデータが取得できるように、それぞれ 3~6 年にわたって継続的に実施した。

表-1 調査地の概要

調査地名	施工及び植栽の完了年月	調査年 [経過年数]	斜面方位	斜面傾斜 (度)	標高 (m)	最大積雪深 (m)
棚懸(TG)	2002.3	2012~2017 [10~15]	南	41.0	240	1.2
上田(ND)	2004.11	2014~2018 [9~13]	南東	36.2	380	2.1
山田郷(YD)	2010.11	2016~2018 [5~7]	北西	35.6	420	2.1
平沢(HS)	2006.11	2014~2018 [7~11]	南東	39.8	400	2.0
大松倉(MT)	2008.11	2015~2018 [6~9]	南東	33.0	390	2.0
舟見(NF)	2005.10	2014~2018 [8~12]	北	37.0	440	2.0
大崩島(NK)	2004.11	2013~2018 [8~13]	西	33.1	430	2.3

(2)木製杭の構造と配置

木製杭は、図-1 のような三角形の頂角を挟む 2 本の主材と 1 本の支柱で構成された組杭であり、設計積雪深 2.0m (TG、ND、NF、NK) もしくは 2.5m (YD、HS、MT) で構造設計(部材の応力度、転倒や沈下に対する安定性を確認)したものである(柴 2013)。なお、使用した木材部材は、スギ間伐小径材から採材した直径 10~12cm の丸棒である。また、木材部材には耐久性を高めるために、針葉樹の構造用製材等の JAS に規定される保存処理の性能区分 K4 に準じて、ACQ 防腐薬剤 (JIS K1570:2010) を加圧注入している。

木製杭は、まず施工地の上端から等高線方向に 3m 間隔で並べて水平列状にした後、斜面方向に対して、図-2 のように斜面傾斜角 40 度では斜長間隔 7m (620 基/ha)、35 度では 9m (450 基/ha) の間隔を取りながら、下方に次の木製杭の水平列を設置した。また、木製杭の各水平列の斜長間隔の間には、グライド抑制効果を高めるための丸太柵工を水平方向に連続配置した。このように斜面方向に木製杭と丸太柵が交互に存在することで、冬期間の積雪移動量を概ね 1m 以内に抑

えることが期待できる(柴 2013)。なお、豪雪地帯の林地で積雪移動量を測定した研究によると、1m以内の積雪移動量であれば、積雪の移動速度の変動が抑えられるために、斜面積雪が安定することが明らかにされている(相浦ら 1996; 相浦 2005)。

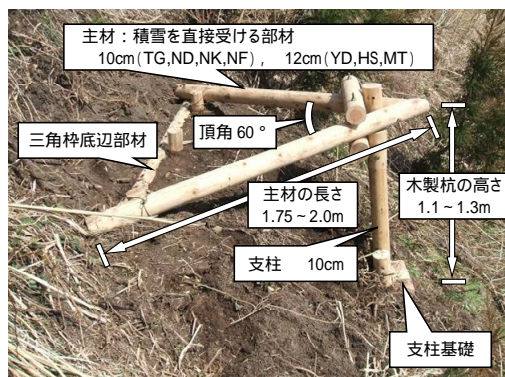


図-1 木製杭の構造

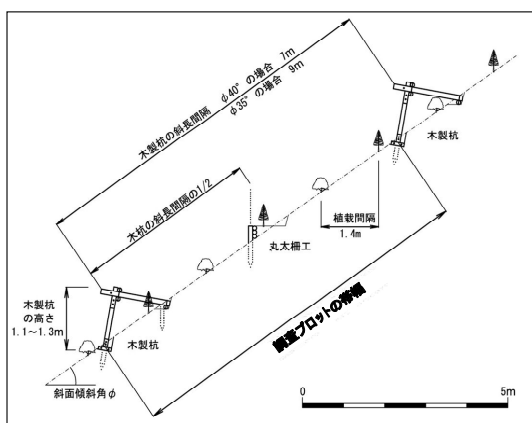


図-2 木製杭の施工定規図

### (3) 樹木の植栽および保育方法

樹木の植栽は、1.4m 間隔の正方形植栽により 5,102 本/ha の密度とした。スギ(タテヤマスギ 3 年生 4 号実生苗、根元径 8mm、苗丈 35cm 以上)はすべての調査地で植栽した。TG、ND、YD、HS、MT ではスギ、ケヤマハンノキ(肥料木)の植栽密度をそれぞれ 2,551 本/ha とした。NF ではスギとミズナラの植栽密度をそれぞれ 1,275 本/ha とした。NK ではスギとともにブナ、ミズナラ、ケヤキ、トチノキの 4 種の広葉樹を植栽した(各樹種とも植栽密度は 1,020 本/ha)。

植栽木の保育は、樹高が最大草丈の 1.7 倍程度になるまで下刈りを、樹高が最大積雪深の 2 倍程度になるまで雪起こしを実施した。

### (4) 調査プロットの設定

調査プロットは、できるだけ施工地の上端部で、かつ水平方向に設定した。ただし、斜面上部の残存広葉樹林による被陰が想定される場合には、その影響を受けないように数段下側に調査プロットを設定した。調査プロットの形状は、上段側の木製杭の支柱を起点とし、そこから直下の木製杭の支柱までの斜

長間隔をプロットの帯幅とし、水平方向の延長が 50m 以上になるような帯状プロットとした。ただし、延長が 50m に満たない場合は、調査プロットを 1 段下に折り返し、合計 3 段の木製杭を含む、2 段の帯によるプロットとした。このようにして設定した調査プロットの面積は 0.034 ~ 0.042ha である。

### (5) 木製杭の残存率調査

融雪後間もない時期に、各調査プロット内にある木製杭 30 ~ 40 基を対象に残存率調査を実施した。これらの木製杭について、主材及び支柱の計 3 本の部材(図-1)のうち、1 本でも折損が認められた場合は、所期の性能(斜面積雪を受け止め移動を抑制する)を満たせなくなると想定されることから、当該木製杭は損壊したものと見なした。以上により、経過年数  $t$  に対する木製杭の残存率  $R(t)$  を次式により求めた。

$$R(t) = \frac{M_0 - M(t)}{M_0} \quad (1)$$

ここで、 $M_0$  は調査対象とした木製杭の基数、 $M(t)$  は経過年数  $t$  における損壊した木製杭の基数を示す。ただし、本調査地のように木製杭と植栽木が共存する場合、植栽木の生育に従い、木製杭に対する積雪荷重の負担が施工直後に比べて減少していくと考えられる。そのため、木製杭の部材が腐朽により設計強度を満たさない状態になっても、木製杭の損壊まで至らないことが想定される。そこで、すべての主材と支柱について、腐朽被害により設計強度を満たしていないかどうかを判断するために、以下の目視判定を実施した。

### 目視判定

目視判定は、木材保存剤-性能基準及びその試験方法(JIS K1571:2010)の野外試験に規定されている被害度判定に準じて実施した。その方法は、次の基準によっている。

被害度 0: 健全

被害度 1: 部分的に軽度の腐朽

被害度 2: 全面的に軽度の腐朽

被害度 3: 部分的に激しい腐朽

被害度 4: 全面的に激しい腐朽

被害度 5: 腐朽により形が崩れる。

なお、上記の被害度に関わらず、調査時に折損していた部材は被害度 5 とした。また、被害度 2 以上と判定した部材は設計強度を満たさないものと仮定し、これに該当する部材を持つ木製杭を損壊したものとして扱い、(1) 式の  $M(t)$  に含めた。

### 簡易曲げ試験による目視判定の検証

施工後 14 年が経過した TG において、プロット内の 36 基にプロット外の 24 基を追加した合計 60 基の木製杭を対象にして、目視判定が部材の残存強度の推定に有効であるかを検証した。現地の木製杭に対して、主材(す

べて直径 10cm) 120 本のうち、図-3 に示すような方法で、試験装置を現地に設置できた被害度 0~4 の主材 88 本を対象とし、曲げ試験を実施した。スパン 120cm の中央集中荷重法により、主材の設計耐力に相当する曲げ荷重 (4.84 kN) まで読取計で確認しながら、油圧ジャッキにより負荷していくことで、主材に破壊が生じないかを確認した。

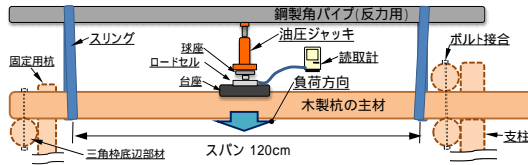


図-3 簡易曲げ試験の模式図

#### (6) 木製杭による斜面積雪安定度の予測

斜面積雪は、斜面傾斜角に応じた必要数の木製杭が一定間隔に配置されることで、安定するものと考えられる。経年に伴い木製杭が減少すると、その間隔が広がり局部的な斜面積雪の不安定化を生じると想定される。そこで (1) 式による木製杭の残存率  $R(t)$  を、残存木製杭により斜面積雪が安定し続けている施工地の面積率と見なすこととし、木製杭による斜面積雪安定度  $F_w(t)$  とした。

木製杭の残存率  $R(t)$  の推定には、損壊しているか否かの 2 値によるカテゴリ変数を当てはめた二項分布が仮定されるため、経過年数を説明変数としてロジスティック回帰式を当てはめた。以上により、次式を経過年数  $t$  に対する木製杭の斜面積雪安定度  $F_w(t)$  の予測式とし、パラメータ  $a$ 、 $b$  を推定した。

$$F_w(t) = \frac{e^{(at+b)}}{1+e^{(at+b)}} \quad (2)$$

#### (7) 毎木調査

調査プロット内のスギ植栽木に対して、融雪後間もない時期に、樹高 (直立、斜立に関わらず樹幹長として測定) 及び胸高直径、根元直径を測竿と輪尺で測定した。また、雪害状況を確認しながら、埋雪や積雪移動に伴う倒伏度を、根元曲がり部分を除いた樹幹にポールを沿わせてスラントで測定し、スギ植栽木の形態を次の 3 つに区分した。

「直立木」: 樹高が最大積雪深の 2 倍以上に達しているとともに、倒伏度が 10 度以下のもの。この場合、積雪期間中も埋雪することなく雪上木として存在すると想定され、斜面積雪の安定に寄与することが期待できる。

「その他生存木」: 倒伏度が 10 度を超えるもの。または、樹高が最大積雪深の 2 倍に満たないもの (幹や梢端折れしたものを含む)。

「消失木」: 既に消失または枯死しているもの。または、根返りによる倒伏、根元折れ、根元割れ等の致命的な雪害を受けたもの。

これらの区分に基づいて、植栽本数に対する生存木本数の割合を生存率とした。また、

生存木に占める直立木の割合を直立木出現率とした。平均樹高は生存木を対象に算出した。また、平均樹高については、富山県人工林収穫予想表の林齢と照合し、3 段階に分類された地位級 (地位上、地位中、地位下) のうち、どの段階に相当するかを判定した。

#### (8) スギ植栽木による斜面積雪安定度の予測

本研究では、雪害を受けにくく生存し続けることが期待できる直立木のみを、スギ植栽木による斜面積雪安定度  $F_v(t)$  の評価の対象とした。そして、斜面積雪を安定させるための目標値に対する直立木密度の比率として、次式を  $F_v(t)$  の予測式とした。

$$F_v(t) = \frac{S_n(t)}{D_n} \quad (3)$$

ここで、 $S_n(t)$  は直立木密度の推定値 (本/ha)、 $D_n$  は雪崩防止林造成を目的とした直立木密度の目標値 (1,000 本/ha) である。

なお、直立木密度  $S_n(t)$  を推定するのに必要となる生存率と直立木出現率は、経過年数  $t$  の関数として次のように求めた。

生存率は、植栽時 (0 年経過) から経年に伴って雪害等により徐々に減少していく。やがて、直立木が多く占めるようになると、経年に伴う生存率の低下が小さくなると想定される。そこで、調査データの範囲内の 15 年経過までを適用範囲として、次のように漸近指数曲線式を便宜的に当てはめて生存率  $s(t)$  を求めた。

$$s(t) = a \cdot b^t + c \quad (4)$$

ここで、 $s(t)$  は経過年数  $t$  に対する生存率 (比率) の推定値、 $t$  は経過年数、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  は推定パラメータである。なお、 $t=0$  のとき  $s(t)=1$  となるように、 $a+c=1$  をパラメータの設定条件とした。

直立木の出現には、直立しているか否かの 2 値によるカテゴリ変数を当てはめた二項分布が仮定される。直立木出現率は、経過年数に伴って増加した後、徐々に増加が緩やかになり、やがて頭打ちとなる S 字型を示すと想定される。そこで、直立木出現率にはロジスティック回帰式を当てはめることにした。直立木出現率  $p(t)$  は経過年数  $t$  の関数として次式により、パラメータ  $a$ 、 $b$  を推定した。

$$p(t) = \frac{e^{(at+b)}}{1+e^{(at+b)}} \quad (5)$$

以上により、直立木密度の推定値  $S_n(t)$  は、スギの植栽密度  $P_n$  に (4)、(5) 式で得られた値  $s(t)$ 、 $p(t)$  を乗じることで、次式のように表される。

$$S_n(t) = P_n \cdot s(t) \cdot p(t) \quad (6)$$

最後に、(6) 式を (3) 式に代入することで、スギ植栽木による斜面積雪安定度  $F_v(t)$  の予測値を求めた。



#### 4. 研究成果

##### (1)木製杭による斜面積雪安定度の経年変化

木製杭の主材における目視判定の被害度と残存強度の関係を検証した結果、被害度 0 及び 1 と評価した主材は、設計耐力以下で破壊に至るものはなかったが、被害度 2、3、4 と評価した主材では、それぞれ 29%、90%、100% が設計耐力を満たさずに破壊した。木製杭の残存率  $R(t)$  の評価方法では、被害度 2 以上の部材は設計強度を満たさないものとしていることから、 $R(t)$  の評価は妥当と判断された。

各調査地における木製杭の残存率  $R(t)$  の実測値を図-4 に示す。 $R(t)$  は、いずれの調査地でも経年とともに低下しており、全体的に 8 年目から急速に低下する傾向を示した。(2) 式により求めた木製杭による斜面積雪安定度  $F_w(t)$  の予測式は、決定係数が高く有意であった ( $R^2=0.913$ ,  $p<0.001$ )。本式により  $F_w(t)$  は、9 年経過時に約 0.8 となり、12 年経過時には約 0.4 になるものと推定された。

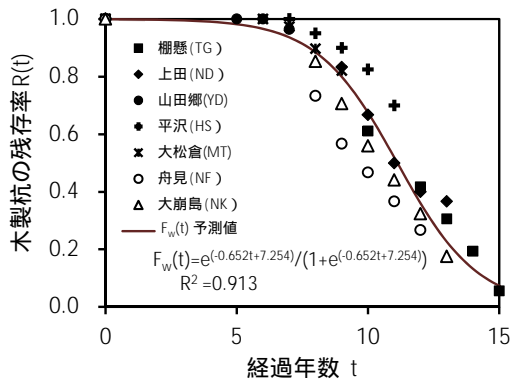


図-4 木製杭の残存率の実測値と斜面積雪安定度の予測値の経年変化

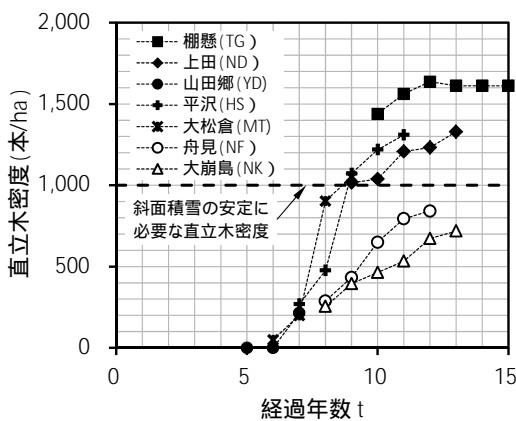


図-5 スギ直立木密度の実測値の経年変化

##### (2)スギ植栽木の生育状況

スギの直立木密度の実測値の経年変化を図-5 に示す。植栽密度が 2,551 本/ha の TG, ND, HS, MT では、9 年経過時の直立木密度が目標値 1,000 本/ha に達していた。本調査地のスギ植栽木の平均樹高の経年変化を富山県の地位級別の樹高成長曲線と比較すると、ND, YD, MT は地位上 (地位指数 23.2) に近

く、TG, HS, NF, NK は地位中 (地位指数 19.4) に近い成長過程であり、いずれの調査地も概ね順調な樹高成長となっていた。

##### (3)スギによる斜面積雪安定度の経年変化

スギ植栽木の生存率の経年変化を図-6 に示す。各調査地の実測値をみると、10 年経過時までに生存率は 0.55~0.70 まで低下した後、経年に伴う生存率の低下は収まりつつあった。(4) 式に当てはめた生存率  $s(t)$  は、決定係数が高く有意であった ( $R^2=0.844$ ,  $p<0.001$ )。

次に、スギ植栽木の直立木出現率の経年変化を図-7 に示す。直立木出現率の実測値は、7 年から 10 年経過までの間に大きく増加し、それ以降は増加が徐々に緩やかになり、経過年数に対して S 字型を示した。(5) 式に当てはめた直立木出現率  $p(t)$  は、決定係数が高く有意であった ( $R^2=0.966$ ,  $p<0.001$ )。

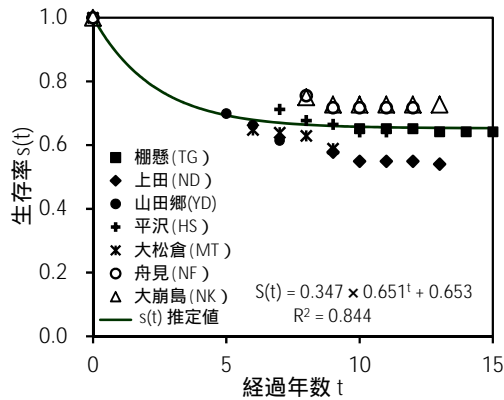


図-6 スギ植栽木の生存率の経年変化

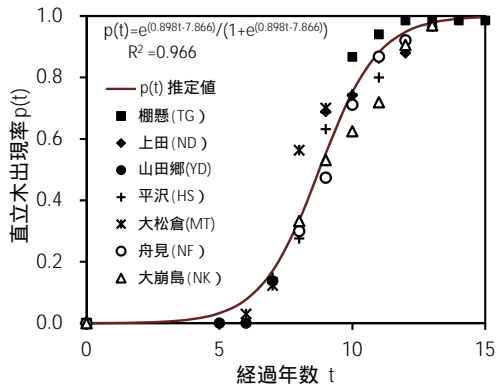


図-7 スギ植栽木の直立木出現率の経年変化

以上の  $s(t)$ 、 $p(t)$  式に基づいて、(6)、(3) 式から求めた  $F_v(t)$  予測値の経年変化を、図-4 の  $F_w(t)$  と合わせて図-8a に示す。なお、(6) 式における植栽密度  $P_n$  は、治山事業における一般的なスギの植栽条件としての 2,500 本/ha (TG, ND, YD, HS, MT に相当)、NF の 1,275 本/ha、NK の 1,020 本/ha とし、さらに参考条件として加えた 2,000 本/ha の合計 4 条件とした。 $F_v(t)$  予測値は、スギの植栽密度 2,500 本/ha では、9 年経過で 0.9 を超え、斜面積雪を安定維持できると想定される目標値

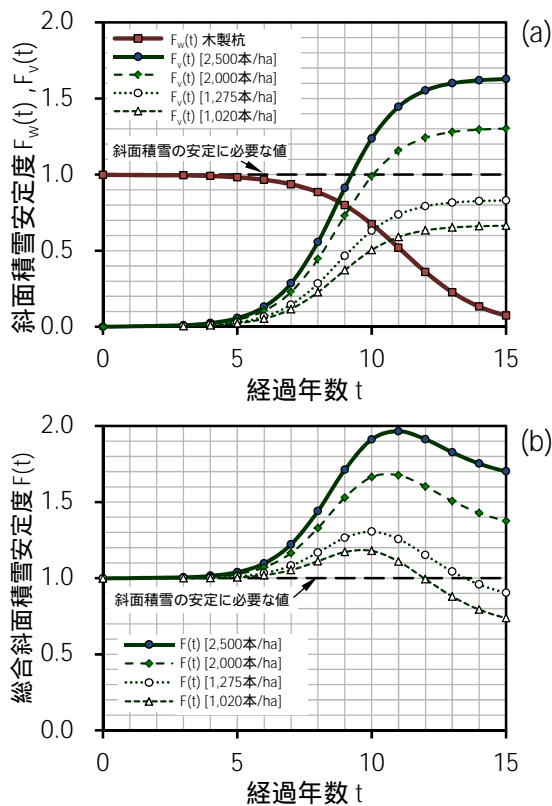


図-8 木製杭とスギ植栽木による斜面積雪安定度の経年変化の比較(a)、木製杭とスギ植栽木の斜面積雪安定度を合計した総合斜面積雪安定度の経年変化(b)

( $F_v(t)=1$ ) 近くまで達し、さらに 12 年経過時には 1.5 に達した。それに対して、スギの植栽密度がそれぞれ 1,275, 1,020 本/ha の NF、NK では、12 年経過時の  $F_v(t)$  予測値はそれぞれ 0.8、0.6 となり、これ以降の増加も少なく目標値に達しないことが明らかとなった。また、参考条件であるスギの植栽密度 2,000 本/ha では、 $F_v(t)$  予測値が 10 年経過時で 1.0 に、12 年経過時で 1.2 に達した。なお、ここで示した予測値は、調査地の最大積雪深(表-1)の平均値から、概ね 2m までの積雪深で適用できると判断される。

ここで、 $F_w(t)$  と  $F_v(t)$  を合計した総合斜面積雪安定度  $F(t)$  ( $=F_w(t)+F_v(t)$ ) を新たな指標として設け、木製杭と直立木により斜面積雪の安定が常に維持できるか ( $F(t) > 1$ ) 検討した(図-8b)。 $F(t)$  は、いずれのスギの植栽密度においても、ほぼ 10 年経過時にピークを示し、その後  $F_w(t)$  の減少に伴って、 $F(t)$  も減少していた。一般的なスギの植栽密度である 2,500 本/ha の場合、 $F_w(t)$  の低下が始まるのと同時に  $F_v(t)$  が急速に増加して速やかに 1 に達するため、 $F(t)$  は 2 に近い値に達した。それに対して、スギの植栽密度が 1,275、1,020 本/ha の場合、 $F(t)$  はピークに達する 10 年経過時にはそれぞれ 1.3、1.2 となっているものの、15 年経過時にはそれぞれ 0.9、0.7 まで低下した。これらを踏まえると、一般的なスギの植栽密度 2,500 本/ha であれば、木製杭が斜面積雪の安定に寄与しているう

ちに、スギ植栽木が雪圧害の発生しやすい状況を脱することができると想定される。そして、12 年経過時の  $F_v(t)$  は 1.5 (直立木密度 1,500 本/ha) に達することから、早く確実に目標値 1,000 本/ha を満足していくものと判断される。

以上により、最大積雪深 2m までの平衡な急斜面において、一般造林地並み(中位の地位)の生育が期待される場合は、一般的なスギ植栽密度 2,500 本/ha であれば、木製杭が斜面積雪の安定に寄与している間に直立木密度が 1,000 本/ha を超え、雪崩防止林造成が可能であることを明らかにできた。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表](計 6 件)

柴 和宏、中田 誠、雪崩防止林造成における木製杭への積雪荷重の測定、第 129 回日本森林学会大会、2018

中島陽平、柴 和宏、中田 誠、多雪地域における木製ガイド防止工が植栽した広葉樹の成長に与える影響、第 129 回日本森林学会大会、2018

柴 和宏、長谷川益夫、土木利用における木材の劣化予測-マルコフ連鎖モデルによるシミュレーション-、第 67 回日本木材学会大会、2017

柴 和宏、長谷川益夫、現場における木材耐久性調査に即した曲げ試験方法の検討、2016 年度日本木材学会中部支部大会、2016

柴 和宏、中田 誠、木製杭工によるスギ-広葉樹混交林造成の試み、第 6 回中部森林学会大会、2016

柴 和宏、中田 誠、ガイド抑制工施工地におけるスギ植栽木による斜面積雪安定度の経年変化とその定量化、第 127 回日本森林学会大会、2016

[図書](計 1 件)

柴 和宏 他、公益社団法人土木学会、土木技術者のための木材工学入門、2017、217

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

中田 誠 (NAKATA, Makoto)  
新潟大学・自然科学系・教授  
研究者番号: 80217744

(2) 研究分担者

柴 和宏 (SHIBA, Kazuhiro)  
富山県農林水産総合技術センター・木材研究所・副主幹研究員  
研究者番号: 90446641

(3) 連携研究者

相浦 英春 (AIURA, Hideharu)  
富山県農林水産総合技術センター・森林研究所・所長  
研究者番号: 20446628