

## 福岡県森林林業技術センター 研 究 報 告

第11号

2010年3月

- ・ **福岡県産スギ・ヒノキ材の耐久性に関する研究**  
村上 英人・占部 達也・吉次 昌則・片桐 幸彦・廣田 篤彦・・・ 1～5
- ・ **クロマツ第二世代マツ材線虫抵抗性種苗生産システムの構築**  
大川 雅史・森 康浩・宮原 文彦・・・・・・・・・・・・・・・・ 6～10
- ・ **福岡県における再造林放棄地の実態把握**  
桑野 泰光・佐々木 重行・廣田篤彦・猪上 信義・・・・・・・・ 11～15
- ・ **中小形タケノコ施業方法に関する研究**  
濱地 秀展・桑野 泰光・谷崎 ゆふ・野中 重之・・・・・・・・ 16～20
- ・ **福岡県におけるニホンジカによる人工林剥皮害発生要因の解明**  
池田 浩一・小泉 透・桑野 泰光・・・・・・・・・・・・・・・・ 21～32
- ・ **作業路での土砂移動と枝条による抑制効果**  
佐々木 重行・茅島 信行・桑野 泰光・・・・・・・・・・・・・・・・ 33～38



福岡県産スギ・ヒノキ材の耐久性に関する研究<sup>1)</sup>村上英人・占部達也・吉次昌則・片桐幸彦<sup>2)</sup>・廣田篤彦<sup>3)</sup>

## Studies on durability of sugi and hinoki in Fukuoka Prefecture

Hideto MURAKAMI, Tatsuya URABE, Masanori YOSHITSUGU,  
Yukihiko KATAGIRI, Atsuhiko HIROTA

村上英人・占部達也・吉次昌則・片桐幸彦・廣田篤彦：福岡県産スギ・ヒノキ材の耐久性に関する研究  
福岡県森林研報 11：1～5，2010 福岡県内に設置された28カ所の木製構造物で使われているスギ材（丸太および丸棒加工材）を対象に、ピロディンによる劣化度調査を行った。杭などの地際部で腐りやすい部分の耐用年数を推定した結果、防腐処理を行わない無処理材の場合で6.2年、防腐処理を行った処理材の場合で16.1年であった。また、福岡県産のスギおよびヒノキの心材部について、オオウズラタケによる強制腐朽試験を行い、輸入木材であるベイマツ、ペイツガ、ホワイトウッドと耐久性を比較した。その結果、福岡県産のスギおよびヒノキの心材部は、輸入木材と比べ同等もしくはそれ以上の耐久性を有することを示す結果が得られた。

キーワード：スギ，耐久性，ピロディン，強制腐朽試験

## I. はじめに

福岡県では木材需要拡大推進本部を設置し、全庁あげて県産木材の需要拡大に取り組んでいる。このため、県の公共事業における年間の木材使用量は、平成10年度の2,668m<sup>3</sup>から平成20年度においては5,021m<sup>3</sup>（うち土木用1,937m<sup>3</sup>）へと増加しており、土木資材など外構材として木材を使用する機会も多くなっている。一般に、木材を屋外で使用すると害虫や害菌の攻撃を受けやすくなり、屋内で使用する場合と比べ極端に耐用年数が短くなる。このため、目的に応じた構造物の設計を行う場合やメンテナンス等を行う上で、使用木材の耐用年数を把握しておくことは、設計者や施設の管理者にとって重要なことである。

このような屋外における木材劣化の研究は国内でも数多く行われており（長谷川ほか，1993；飯島，1999；津島ほか，2003）これらの研究により木材の劣化診断法や劣化診断基準、屋外における耐用年数が明らかになりつつある。一方、屋外における木材劣化の度合いはその場所の気候や環境によって異なることが知られており（長谷川，1996）国土が南北へ伸びている日本では気候による地域間の差が大きいと考えられる。これまで福岡県において屋外にお

ける木材の劣化に関して研究した事例はないことから、構造物の設計を行う際の部材選定や、メンテナンス時における判断材料として広く利用されることを目的に、森林土木事業等により福岡県内で施工された木製構造物の耐久性調査を実施した。

また、国内で使用されている木材の約8割は輸入木材である。このうち福岡県内でよく使われているのは、北米産のベイマツ、ペイツガやヨーロッパ産のホワイトウッド（以下、WWとする）で、これらと福岡県産のスギ、ヒノキ材との耐久性の比較はこれまで行われたことがない。そこで、腐朽菌の一種であるオオウズラタケを用いて、実験室レベルで輸入木材と福岡県産のスギ、ヒノキ材との耐久性の比較を行った。

## II. 木製構造物の耐久性調査

## 1. 調査方法

## 1) 調査対象

調査対象としたのは、過去に森林土木事業等で施工された木製構造物のうちスギ材が使用されていたものである。県内の調査箇所を図-1に示す。箇所数は28箇所であり、測定した構造物は木柵工、筋工、防護柵、階段工、ウッドブロックで111件であった。

1) 本研究は、県単研究課題「県産スギ・ヒノキ材の利用目的に対応した乾燥スケジュールの開発と多面的利用技術の開発」（平成16～20年度）で実施したものである。  
2) 福岡県農林水産部林業振興課  
3) 福岡県筑後農林事務所林業振興課

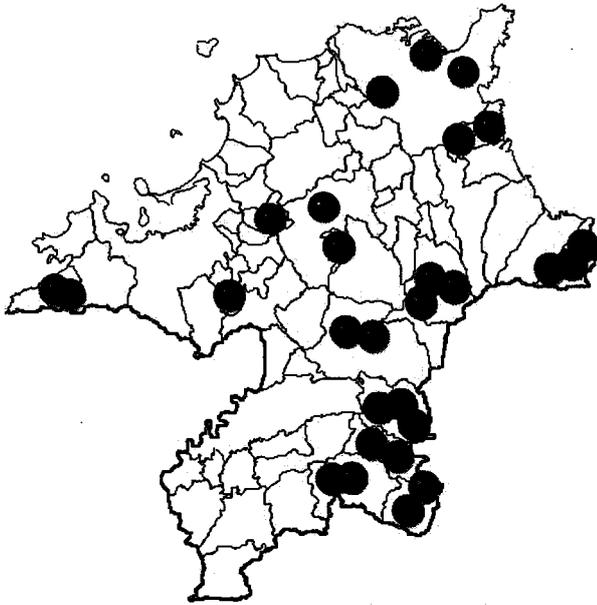


図-1. 調査箇所

2) 測定方法

現地でピロディン (写真-1, スイス proceq 社製, ピン直径 2.5mm, バネ強さ 6J, 貫入深さ 40mm) を使って劣化度を測定した。

ピロディンとは, 木材に一定の力でピンを貫入させるもので, その貫入深さを測定することにより劣化度を評価できる。ここで, 劣化度を評価する場合貫入深さの基準が必要になるが, 飯島 (1999) は, 秋田県における調査で貫入深さが 35mm を超えると使用不能と考え, また, 津島ほか (2003) は大分県における調査で, 貫入深さが 33mm を超えると使用不能とするのが現場実態に相応していると報告している。福岡県の場合, 大分県と隣接していることからピロディン貫入深さが 33mm を超えると使用不能とみなし劣化度の評価を実施した。各構造物における測定箇所は, 劣化が最も生じやすい箇所として木材が土に接している部位 (以下, 接地部) を選んだ。支柱等の構造物として重要な部材を主な対象とし, 1つの構造物について 10本の部材を目安に, また, 1部材当たり 3箇所ピロディンを用いてピンを打ち込んだ。その時のピンの深さを計測し, 1つの構造物毎に貫入深さの平均値 (以下, Pav) を算出した (写真-2)。

他の測定項目は, 標高 (m), 海岸からの距離 (km), 傾斜 (緩0, 中1, 急2), 水分状況 (乾0, 中1, 湿2), 丸棒加工 (無0, 有1), 防腐処理 (無0, 有1), 断面寸法 (cm), 経過年数 (年) である。

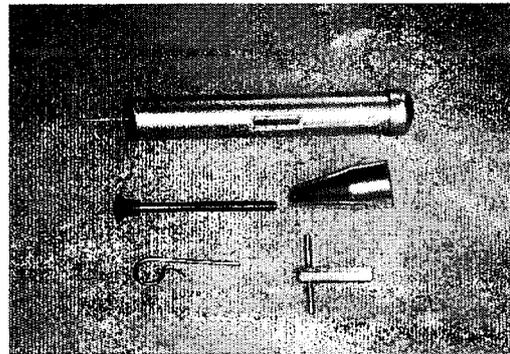


写真-1. ピロディン



写真-2. 調査の様子

2. 結果と考察

1) 木製構造物の概要

施工されてからの経過年数および工種ごとの調査件数を表-1に示す。施工されて1年目のものから14年経過したものまで調査した。また, 工種としては木柵工が全体の約4割を占めている。各構造物における調査箇所は, 工種毎に特徴的な差をつけず, 単に接地部のみを対象にした。

防腐処理, 丸棒加工の有無別の調査件数を表-2に示す。防腐処理の有無では, 木柵工, 筋工は全て無処理であり, 防護柵, 階段工, ウッドブロックは全て防腐処理されているものである。使用されている防腐剤は, 主なものはクレオソート, マイトレック ACQ, タナリス CuAz であった (処理方法は不明)。なお, 10年以上前の構造物には CCA 処理材も使われていたが, ほとんど腐朽していないこと,

表-1. 工種別経過年数別調査件数

工種	経過年数 (年)														合計	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14
木柵工	2	6	11		4	7	6		10							46
筋工		5	7		3											15
防護柵	1	2		1	1	1	1	2	7	1		1	1	1	2	22
階段工		1		1	1	1		1	4	1		2	1	1		14
ウッドブロック			2	1	1	1	1	1		2		1	1	3		14
合計	1	10	15	14	6	7	9	10	11	14	0	4	3	5	2	111

表-2. 防腐, 丸棒加工処理別調査件数

工種	防腐処理		丸棒加工	
	有り	無し	有り	無し
木柵工		46	22	24
筋工		15	12	3
防護柵	22		22	
階段工	14		14	
ウッド ブロック	14		14	
合計	50	61	84	27

また, 現在は全く使用されていないことから, 今回の調査からは除外した。

丸棒加工では, 防護柵, 階段工, ウッドブロックは全て丸棒加工されていたが, 筋工では 20%, 木柵工では半分以上の 52% が加工されず, 皮付きのまま使用されていた。

## 2) Pav と他の測定項目との関係

防腐処理材と無処理材について, Pav と経過年数等他の測定項目との間の相関を調べ, 木材劣化に影響する各要因についてそれぞれ検討した。

表-3 は防腐処理材, 表-4 は無処理材についてそれぞれの相関をとったものである。

防腐処理材の場合は, 経過年数と Pav の間に 1% 水準で有意な相関が認められたが, その他の項目との間には有意な相関が認められなかった。経過年数が増すほど腐朽菌やシロアリ等の虫害に遭う確率が高くなるなど, 劣化が進むことは当然であると思われるが, その他の項目である標高, 海岸からの距離, 傾斜などの現地の状況や丸棒加工の有無, 断面寸法などの材の形状については, 今回の場合, 耐久性にあまり影響しない結果になった。

一方, 無処理材の場合を見ると, 経過年数は防腐処理材の場合と同じく 1% 水準で有意な相関が認められ, さらに, 丸棒加工の有無や傾斜とも 1% 水準で有意な相関が認められた。丸棒加工を行えば耐久性が増すことが示唆されたが, 今回の調査での丸棒加工の有無とは, 皮付きのままか円柱加工を行ったものかで区別している。丸棒加工による耐久性の向上については, 飯島 (1999) は円柱加工した場合, 耐久性の低い辺材部分がカットされることによるものではないかと報告している。また, 皮付きの場合, 樹皮との間に水分が貯まることから腐朽が進行する可能性があることも原因として考えられる。

また, 現地の傾斜も 1% 水準で有意な負の相関があった。傾斜が大きいほど耐久性が増す傾向がみられたが, 原因についてはさらなる調査が必要である

と思われる。その他の項目は有意な相関は認められなかった。

表-3. Pav とその他の測定項目との相関 (防腐処理材)

測定項目	相関係数
経過年数 (年)	0.674 **
標高 (m)	-0.227
距離 (km)	0.022
傾斜 (緩0、中1、急2)	0.032
水分状況 (乾0、中1、湿2)	-0.181
丸棒加工 (無0、有1)	-
断面寸法 (cm)	0.028

\*\* : 1% 水準で有意。

表-4. Pav とその他の測定項目との相関 (無処理材)

測定項目	相関係数
経過年数 (年)	0.864 **
標高 (m)	-0.250
距離 (km)	-0.032
傾斜 (緩0、中1、急2)	-0.393 **
水分状況 (乾0、中1、湿2)	0.054
丸棒加工 (無0、有1)	-0.449 **
断面寸法 (cm)	0.038

\*\* : 1% 水準で有意。

## 3) 防腐処理有無別の耐用年数推定

Pav と, これらと最も有意な関係にあった経過年数との関係について直線回帰により検討した。

図-2 は防腐処理材について, 横軸に経過年数, 縦軸に Pav をとり直線回帰式を求めたものである。回帰式は  $y=1.0935x + 15.432$  となり相関係数 ( $R^2$ ) は 0.5352 であった。この式から耐用年数を計算すると, Pav が 33mm に達する年数は 16.1 年となった。

図-3 は無処理材について同様に回帰直線式を求めたものである。回帰式は  $y=2.2954x + 18.792$  となり相関係数 ( $R^2$ ) は 0.742 であった。この式から耐用年数を計算すると, Pav が 33mm に達する年数は 6.2 年となった。

これらの耐用年数推定値は, 先に村上ほか (2004) が九州各県の調査データを解析して報告した防腐処理材の場合の 14.7 年, 無処理材の場合の 6.2 年とほぼ等しい値である。また, 長谷川ほか (1993) は無処理材の場合 7.4 年, 飯島 (1999) は無処理材の場合皮付き 6 年, 円柱材 8 年, 津島ほか (2003) は防

腐処理材の場合 15.1 年，無処理材の場合 5.9 年という報告があり，今回の結果はそれらともほぼ等しい値となった。

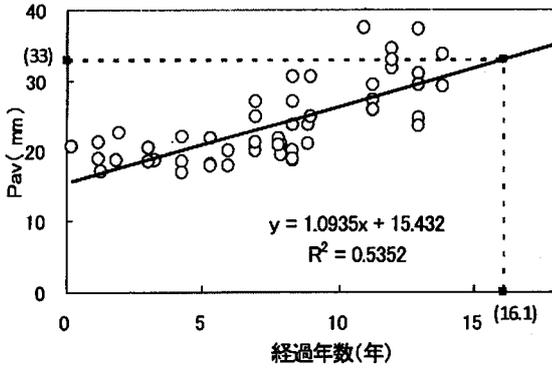


図-2. 設置後の経過年数と Pav の関係 (防腐処理材)

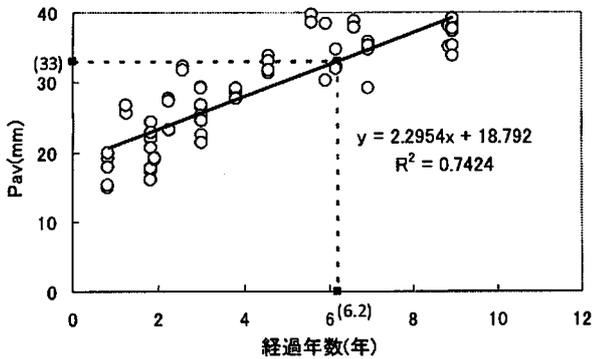


図-3. 設置後の経過年数と Pav の関係 (無処理材)

### Ⅲ. 県産スギ，ヒノキの強制腐朽試験による耐朽性評価

#### 1. 試験方法

県産材の耐朽性の把握を目的に，県産スギ，ヒノキおよび輸入木材のベイマツ，ベイツガ，WW 計 5 樹種を対象に心材部の強制腐朽試験を行った。

供試材には福岡県産のスギ（品種名：ヤマグチ）およびヒノキ，市販製材品のベイマツ，ベイツガ，WW の 5 樹種をそれぞれ 1 個体ずつ用いた（表-5）。これらの各心材部から腐朽操作試験体を各 9 体（20×20×20mm），補正用試験体を各 3 体ずつ採取した。対照材にはブナ辺材を用い同様な試験体を採取した。

これらを熱風乾燥機により 60℃で乾燥させ恒量に達したときの質量を計測後，JIS Z 2101 の方法に準じ，オオウズラタケ（褐色腐朽菌，FFPRI WD-1080

株）を用い，温度 26℃，湿度 70% の条件下で 60 日間にわたり強制的に腐朽させた。その後，付着菌体を取り除き約 20 時間風乾後，同様に乾燥後の質量を測定した。各腐朽操作試験体の質量減少率と補正用試験体の平均質量減少率との差を補正質量減少率として算出し，樹種間の比較を行った。

表-5. 供試材の概要

樹種	部位	推定 気乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均 年輪幅 (mm)	試験体数	
				腐朽操作	補正用
スギ	心材	0.391	10.5	9	3
ヒノキ	心材	0.555	4.7	9	3
ベイマツ	心材	0.431	8.1	9	3
ベイツガ	心材	0.485	1.3	9	3
ホワイトウッド	心材	0.471	1.3	9	3
ブナ(対照材)	辺材	0.697	1.5	9	3

#### 2. 結果と考察

試験結果を図-4 に示す。補正質量減少率の平均値はヒノキが最も小さく，続いて小さい順にスギ，ベイマツ，WW，ベイツガの順となった。

各樹種間の平均値の差の検定を Turkey-Kramer の HDS 検定を用いて行った結果，ヒノキは他の全ての樹種との間に危険率 1% で有意な差が認められた。

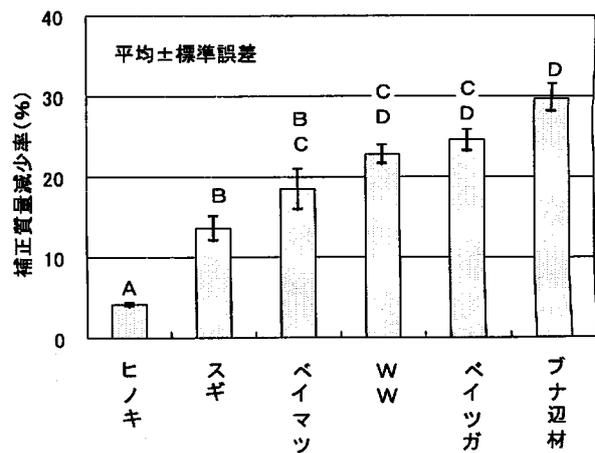


図-4. 心材部の強制腐朽試験結果 (異なる英文字間は危険率 1% で有意差あり)

スギ（品種名：ヤマグチ）については，WW およびベイツガに対しそれぞれ危険率 1% で有意な差が認められた。ベイマツに対しては，補正質量減少率の平均値ではスギが小さいものの，両者の間に統計的な有意差は認められなかった。

本試験の結果，福岡県産ヒノキは，他の樹種に比

べ優れた耐朽性を示し、福岡県産スギ（品種名：ヤマグチ）についても、WWやベイツガに比べ高い耐朽性を示す結果を得た。

#### IV. まとめ

ピロディンによる森林土木事業等で施工される構造物を対象にした耐久性調査を行った結果、以下のことが分かった。

ピロディンは携帯が便利であり、測定も容易であることから、現場で劣化度を判定することができる有効な手段になりうると思われる。

最も条件が厳しい接地部における耐用年数を推定した結果、スギ防腐処理材の場合 16.1 年、無処理材の場合 6.2 年であった。

耐久性に最も影響を及ぼすのは経過年数であった。また、無処理材の場合は丸棒加工を行った材の方が耐久性は良くなると思われた。

次に、福岡県産のスギ（ヤマグチ）およびヒノキ心材部と輸入木材であるベイマツ、ベイツガ、WWとの耐久性の比較を行った結果、福岡県産のスギ、ヒノキ心材部は、他の輸入木材と比べ同等もしくは

それ以上の耐朽性を有することを示した。

現在、市販されている代表的な木材保存処理材を用いた屋外における木杭の耐久性試験を、当センター内の実験畑において実施中である。今後結果が分かり次第報告する予定にしている。

#### 引用文献

- 長谷川益夫ほか (1993) 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
- 飯島泰男 (1999) 土木用木製構造物の耐用年数評価について. 木材保存 25(5): 3-12
- 長谷川益夫 (1996) 木材保存に関わる気候指数. 木材保存 22(5): 2-9
- 津島俊治ほか (2003) 土木用木製構造物の耐久性に関する研究. 大分県林業試験場研究報告 15: 1-65
- 村上英人ほか (2004) 九州地域における土木用木製構造物の耐久性. 第 54 回日本木材学会大会研究発表要旨集: 683

# クロマツの第二世代マツ材線虫抵抗性種苗生産システムの構築<sup>1)</sup>

大川 雅史・森 康浩・宮原 文彦<sup>2)</sup>

Construction of cutting propagation system of pine wilt disease-resistant *Pinus thunbergii*

Masafumi OKAWA, Yasuhiro MORI, Fumihiko MIYAHARA

大川雅史・森 康浩・宮原文彦：クロマツの第二世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築 福岡県森林研報 11：6～10, 2010 現行のマツ材線虫病抵抗性クロマツよりさらに抵抗性の高い苗木を挿し木増殖するために、抵抗性採種圃産実生苗2868個体の中から母樹の選抜を行った。全個体に3系統のマツノザイセンチュウ「島原個体群」「唐津3号」「NemaQ」を接種した結果、発病せず健全な173個体を選抜した。選抜個体を効率的に挿し木増殖するため、挿し穂の長さを検討したところ、10cmよりも5cmの方が有意に発根率が高いことがわかった。また、挿し穂をできるだけ多く得るため母樹を剪定した結果、5cmの挿し穂を供給できる6cm以上の萌芽枝は7～8月の剪定に比べて5～6月の剪定の方が約10倍多く発生した。さらに、得られた萌芽枝を長さ5cmに調製し、ガラス温室のビニールトンネル内で密閉挿し木を行った結果、トンネルをしない場合に比べて発根率が高まった。以上より、現行より抵抗性が高いクロマツの苗木を効率的に挿し木増殖できると考えられた。

キーワード：クロマツ、第二世代、抵抗性、マツノザイセンチュウ、密閉挿し木

## I. はじめに

1978年から7年間にわたって西日本の14機関で実施された「マツノザイセンチュウ抵抗性松選抜育種事業」により、抵抗性クロマツ16クローン（第一世代）が選抜され、それらの接ぎ木苗で各地に採種圃が造成された（藤本ら, 1989）。九州各地の種苗生産業者らは、この採種圃から得られた苗木すべてにマツ材線虫の病原体であるマツノザイセンチュウ（以下、材線虫）を人工接種し、健全に生き残った個体（検定合格苗）だけを「スーパークロマツ」などの名称で販売している（鳥羽瀬ら, 1993；宮原, 1997）。しかし、この人工接種には多大な労力を要することと、弱い苗木は枯死するので得苗率が下がることなどから、結果的に検定合格苗の価格が高くなっている。そこで、生産者と利用者双方からの要望を満たすために、現在見つかっている最も病原性の強い材線虫に対しても発病しないクロマツを選抜するとともに、それらを挿し木によってクローン増殖する技術の確立を試みた。

## II. 調査地および方法

### 1. 第二世代抵抗性個体の選抜（抵抗性選抜）

挿し木に用いる抵抗性の高い母樹を選抜するため、異なる材線虫系統を用いた選抜を行った。選抜対象としたのは抵抗性クロマツ12家系（波方ク-73号、波方ク-37号、三崎ク-90号、土佐清水ク-63号、夜須ク-37号、志摩ク-64号、津屋崎ク-50号、小浜ク-30号、田辺ク-54号、穎娃ク-425号、大分ク-8号、大瀬戸ク-12号）で、九州各県および森林総合研究所林木育種センター九州育種場の抵抗性クロマツ採種圃から得られた自然交雑実生苗である。これらは抵抗性マツ特性表の家系別抵抗性評価値区分が5（強）から1（弱）までの家系苗である（九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会, 1999）。種子が提供された採種圃の数は2～7カ所/家系、接種に供された苗木本数は115～377本/家系、計2868本であった。

苗木は家系別・採種圃別に配置を無作為とした3つのブロックに植栽した。これらすべてに材線虫の接種検定を、年1回ずつ異なる系統を用いて3年間行った。接種に使用した線虫は、1年目は島原個体群系統（藤本ら, 1989）、2年目は唐津3号（秋庭ら, 2002）、そして3年目は今回の共同研究で見出された現時点で最も病原性が強い材線虫個体群「NemaQ」である。人工接種は改良剥皮接種法（藤

1) 本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「クロマツの第二世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築」（課題番号1680；平成16～20年度）により実施したものである。

2) 福岡県朝倉農林事務所林業振興課

本ら, 1989) により行った (表-1)。なお, NemaQ は九州各地の2004年度マツ枯れ被害林分から収集された系統のうち, 病原性が極めて高く, かつ遺伝的な変異が大きな6系統を混合したものである。

各年とも, 接種後5~6ヵ月目に健全・部分枯れ・枯死に区分し, 各家系の健全個体は全部または一部を次年度の人工接種検定に供した。

表-1. 年度別の接種方法

年度	接種月日	接種時 満苗齢	線虫 系統	1本あたりの 接種頭数	接種 位置
2004	7月22~23日	1年4ヵ月	島原 個体群	5千頭 (0.05ml)	前年主軸
2005	7月21~22日	2年4ヵ月	唐津3号	1万頭 (0.05ml)	当年生 主軸下部
2006	8月2~3日	3年4ヵ月	NemaQ	2万頭 (0.1ml)	当年生 主軸下部

## 2. 抵抗性クローンの挿し木増殖技術の確立

### 1) 挿し穂の長さの検討

林業用苗木としてのクロマツ苗 (2年生2号苗) の規格は, 根元直径7 mm 以上で苗長25~50cm とされている。クロマツを挿し木した場合苗長が25cm 以上に成長するまでにはこれまで2~3年を要していた。そこで育苗期間を短縮させる目的で長いさし穂を用いた挿し木を検討するため, 挿し穂の長さが挿し木発根率へ及ぼす影響について調査した。

母樹には, 抵抗性クロマツ2家系 (川内ク-290号, 志摩ク-64号) の計30個体を用いた。2005年2月下旬に各母樹から前年枝を20本ずつ採取して切り口を2日間流水にさらした。その後冬芽基部から約2cmの間の針葉と冬芽を1本を残し, それ以外の針葉と冬芽を除去した。1母樹につき冬芽基部から切り口までが5cm, 10cmの挿し穂をそれぞれ10本調製した。切り口をオキシベロン液剤<sup>TM</sup>原液 (バイエルクロップサイエンス社製, インドール酪酸 IBA : 0.4%) に5秒間浸漬後, 直ちにガラス温室内の用土 (容積比で鹿沼土 : バーミキュライト=3 : 1) に挿し付けた。挿し付け深さは両区とも5cmとした。灌水は毎回3分間のミスト灌水を1日4回行った。

2005年10月に全ての挿し穂を掘り取り, 各処理区ごとに平均発根率を比較した。

### 2) 挿し穂大量生産方法の検討 (BAP 散布処理)

挿し木を効率よく行うためには, 挿し穂となる枝を大量に発生させることが重要である。マツは剪定

などによって頂芽優性が打破されると, 二葉の付け根に存在する短枝の茎頂から萌芽枝が誘導されることが知られている。涌嶋ら (1992) および涌嶋・吉岡 (1993) は, 接ぎ木した抵抗性アカマツ苗に, 人工サイトカイニン的一种であるベンジルアミノプリン (以下, BAP) 溶液を噴霧することで, それぞれの短枝の茎頂から萌芽枝が誘導されることを明らかにした。しかし, これらの報告では2ヵ月の間に16回の噴霧を必要とするなど手間のかかるものであった。そこで, より効率的に萌芽枝を出させる手法を探るため, BAP 処理回数を減らした上で, 処理別の萌芽枝発生量ならびに処理の適期を調査した。

供試材料には, 抵抗性クロマツ7家系 (田辺ク-54号, 三崎ク-90号, 波方ク-37号, 波方ク-73号, 志摩ク-64号, 大分ク-8号, 顛娃ク-425号) の3年生実生個体を用いた。処理方法は, 枝先を剪定しただけの区 (以下, 剪定のみ区) と枝先剪定後に細胞分裂を活性化させる植物ホルモンである BAP 液剤を噴霧した BAP 併用区の2通り, 処理時期は2005年5月区, 6月区, 7月区, 8月区の4通りとし, それらを組み合わせた8処理それぞれに21本 (7家系×3本) ずつを割り当てた。

各処理時期の開始日に両処理区ともすべての2年生枝上端で剪定を行った。BAP 併用区では直ちに BAP300ppm 溶液 (クミアイ化学工業製, ビーエー液剤<sup>TM</sup>の100倍希釈液) を苗木全体に噴霧するとともにその後も1週間おきに合計4回ずつ噴霧を行った。

2005年10月に目視による苗木全体の萌芽枝発生割合を調査し, さらに各条件区から標準的な萌芽枝発生を示した1個体を選び, その2年生主軸に発生した挿し木可能な6cm以上の萌芽枝数を調査した。

### 3) 密閉挿し木の検討

挿し木から発根までの期間短縮と根系の発達を図るため, ビニールトンネルによる密閉挿し木の効果を調査した。

母樹は, 接ぎ木増殖された抵抗性クロマツ6クローン (田辺ク-54号, 三崎ク-90号, 波方ク-37号, 波方ク-73号, 大分ク-8号, 顛娃ク-425号) で, 2006年3月に接ぎ木後10年生の個体から前年枝を約30本ずつ採取した。挿し穂は萌芽枝を用い, 長さ5cmに調製し, 切り口から3cmまでの針葉を除去した。切り口はオキシベロン液剤<sup>TM</sup>原液 (バイエルクロップサイエンス社製, インドール酪酸 IBA : 0.4%) に5秒間浸漬後, 直ちにバーミキュライトを入れた

ペーパーポット（日本甜菜製糖社製，8列×10穴，1穴の直径6cm，深さ15cm）に5cmの深さで挿し付けた。密閉挿し木区は，ガラス温室の砂地に農業用ビニールで幅約1m，高さ約0.5m，長さ約3mのトンネルを作った。この中にペーパーポットを置き，トンネルの裾は砂に埋めて密閉した。灌水は1週間おきにジョウロで散水した。コントロール区は，ペーパーポットに挿し付けたものを，ガラスミスト室でトンネルをせずに，毎回3分間のミスト灌水を1日4回行った。

2007年3月全ての挿し穂を掘り取り，各処理区ごとに平均発根率を比較した。

### III. 結果と考察

#### 1. 第二世代抵抗性個体の選抜（抵抗性選抜）

3系統の材線虫の接種による選抜結果を表-2に示す。最終選抜率は，顕娃ク-425号の1.3%から波方ク-73号の17.3%まで家系によってばらつきが認められた。これら健全苗は，九州各県で同様に選抜された個体とともに，（独）森林総合研究所林木育種センター九州育種場に集められ，挿し木増殖率および遺伝的多様性を考慮して決定する第二世代抵抗性クロマツの選抜候補とした。

表-2. 3回の線虫接種による選抜結果

家系	家系苗の 抵抗性 <sup>1)</sup>	供試 個体数 (本)	健全 個体数 (本)	最終 選抜率 <sup>2)</sup> (%)
波方73	5	146	16	17.3
波方37	4	342	15	8.8
三崎90	4	369	26	16.4
土佐清水63	4	116	11	11.2
夜須37	3	221	4	1.9
志摩64	3	377	24	12.5
津島崎50	3	167	21	14.6
小浜30	3	115	9	9.9
田辺54	2	257	12	6.3
顕娃425	2	271	3	1.3
大分8	1	310	24	8.9
大瀬戸12	1	177	8	5.5
全体		2868	173	9.0

1) 九州地区林試協育種部会（1999）より

2) 最終選抜率は，各年時の健全率を掛け合わせて算出。

#### 2. 抵抗性クローンの挿し木増殖技術の確立

##### 1) 挿し穂の長さの検討

挿し穂の長さ別の発根率を，図-1に示す。発根率は5cm区で66%，10cm区で38%となり，挿し穂を10cmにすると発根率が1%水準で有意に低かった。宮崎（2006）も同様に，挿し穂の長さを5cmと8cmとに調製した場合，8cm区の方が有意に発根率が低く

なると報告している。また，真崎ら（2007）は，挿し穂の長さを5cm，8cm，12cmに調製し，地下部の長さ（挿し付け深さ）を4cmに統一した場合，挿し穂の長さが長いほど発根率が低くなる傾向がみられたと報告している。挿し穂において頂芽に近い部位と離れた部位とでは発根に関わる物質の局在が異なることが影響しているのではないかと考えられる。以上から，5cm程度の短い挿し穂が挿し木に適していると考えられ，長い挿し穂利用による得苗率の向上には向かないことが明らかとなった。

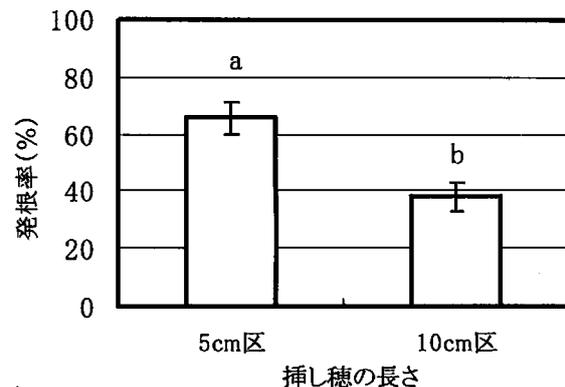


図-1. 発根率に及ぼす挿し穂長さの影響

縦線は標準誤差を示す。異なるアルファベット間は1%水準で有意差あり。

##### 2) 挿し穂大量生産方法の検討（BAP処理）

目視による萌芽枝の発生率を図-2に示す。BAP併用区の方が約39~44%と剪定のみ区の約25~35%よりも萌芽枝発生率が常に高い値を示していた。分散分析の結果，BAP併用区では5月区で5%，6，7月区で1%水準で有意に高く処理の効果が認められた。一方，8月区ではBAP処理の有無による有意な差は認められなかった。

標準的な2年生主軸において，通常挿し穂に用いる6cm以上に伸長した萌芽枝の本数を図-3に示す。BAP併用区では，5月区で約16本，6月区で約18本，7月区で約13本，8月区で約1本，剪定のみ区区ではそれぞれ約19，7，2，0本であった。分散分析の結果，処理方法間や交互作用には有意差は認められず，処理方法を込みにして，処理時間期間についてシェフェの多重比較を行ったところ，5月区と6月区，7月区と8月区の間には有意差が認められず，それ以外の組合せでは1%水準で有意差が認められた。

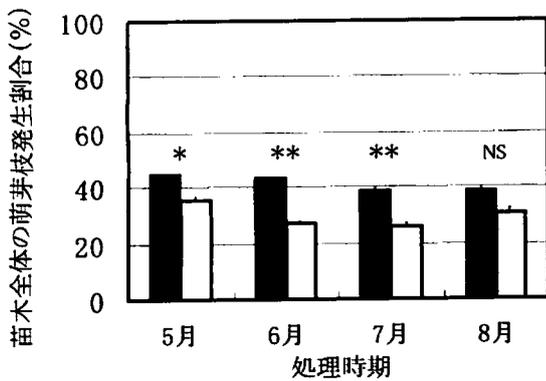


図-2. 目視による苗木全体の萌芽枝発生割合

■ : BAP 併用区 □ : 剪定のみ区

棒線は標準誤差を示す。\*は5%水準で、\*\*は1%水準で処理間に有意差あり。NSは処理間に有意差なし。

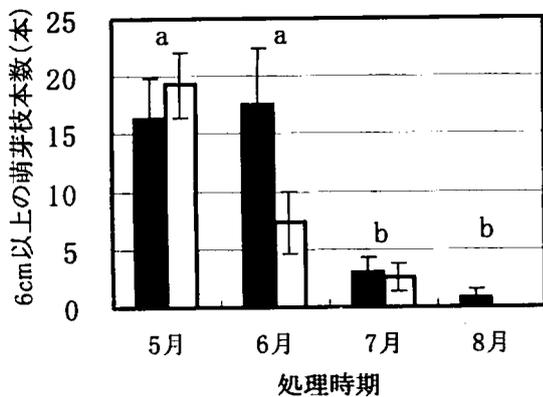


図-3. 萌芽枝の発生に及ぼす BAP 処理および剪定の影響

■ : BAP 併用区 □ : 剪定のみ区

棒線は標準誤差を示す。異なるアルファベット間は1%水準で有意差あり。

本研究では、BAP 処理による萌芽枝の発生促進効果は認められたが、挿し穂に用いる6cm(5cmの挿し穂を得るために必要な長さ)以上の萌芽枝数を増加させる効果は認められなかった。大平ら(2008)は、BAP 散布によって剪定処理だけの場合より多数の萌芽枝を誘導できるが、誘導された萌芽枝および針葉の伸長は抑制されると報告している。したがって、長さ6cm以上の萌芽枝を多く得るためには、BAP 処理の有無よりも剪定の時期が重要であると考えられた。

### 3) 密閉挿し木の検討

供試した6クローンの処理別の発根率を図-4に

示す。密閉挿し木区の発根率は平均28%、コントロール区の発根率は13%を示した。波方ク-37号を除く5クローンは、密閉挿し木区の方がコントロール区に比べて発根率が高かった。分散分析の結果、処理間に5%、家系間に1%水準で有意差が認められたが、交互作用は認められなかった。クローンによる発根反応に差はあるものの、ビニールトンネルによる密閉挿し木の有効性が確認された。

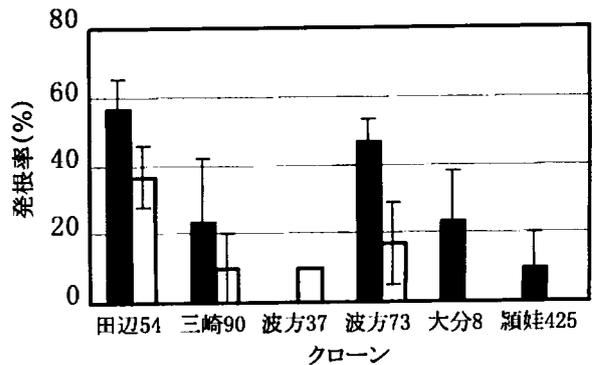


図-4. 各クローンに及ぼす密閉挿しの効果

■ : 密閉挿し木区 □ : コントロール区

棒線は標準誤差を示す。

## IV. まとめ

本研究では、マツ材線虫病抵抗性クロマツの実生個体(第二世代)群を選抜母集団として、系統の異なる病原性の強い材線虫による3回の接種により、高い抵抗性を有する個体を選抜した。

挿し木増殖に関して、挿し穂の長さを5cmに調整することで発根率が向上することがわかった。また、この長さの挿し穂を供給できる6cm以上の萌芽枝を多く得るためには、5~6月に剪定することが有効であることもわかった。さらに、ガラス温室でのビニールトンネルによる密閉挿し木により発根率の向上が認められた。以上より、挿し木が難しいと言われていたクロマツの挿し木増殖が十分可能であると考えられた。大平ら(2009)によると、現行の規格に適合する苗木を1万本生産するのに要する経費は、挿し木による生産方式の方が個々の苗木1本1本にマツノザイセンチュウを接種する現行方式よりも約21万円の経費を削減できると試算している。したがって、挿し木によって抵抗性の高いクロマツを低コストで生産することが可能と考えられた。

今後は、挿し木の母樹に供するため選抜個体を挿し木クローン増殖し、採穂圃の造成および改良を進

める。さらに、増殖技術の向上と省力化・低コスト化を進め、第二世代抵抗性クロマツを安定的に生産できる体制を整えていく必要がある。また海岸砂地での植栽試験を行い活着率等を調査して、生産者や利用者に好まれる個体の検討を行いたい。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、多くの方々のご理解とご協力を頂きました。九州大学の白石進教授と(独)森林総合研究所林木育種センター九州育種場の大平峰子博士をはじめ、共同研究機関である佐賀県・長崎県・大分県・宮崎県・鹿児島県・天草森林組合の方々と、当センターで苗の管理等をしていたいた山下氏・堤氏・矢ヶ部氏・国武氏に対して、厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 秋庭光輝・石原誠・中村克典・佐々木峰子・岡村政則・佐橋憲生(2002) 同一林分内のアカマツ枯死木から分離されたマツノザイセンチュウの病原力. 第113回日林講: 672.
- 藤本古幸・戸田忠雄・西村慶二・山手廣太・冬野劭一(1989) マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業—技術開発と事業実施10か年の成果—. 林育研報 7: 1-84.
- 九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1999) ヒノキ精英樹・抵抗性マツ特性表: 35-58.
- 真崎修一・宮崎潤二・森康浩・宮原文彦(2007) 挿し穂の長さや挿し付け深さがクロマツの挿し木発根率に及ぼす影響. 日林学術講118: 020.
- 宮原文彦(1997) スーパーまつ生産技術の民間移転. 現代林業375: 53.
- 宮崎潤二(2006) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖(IV) —挿し穂長さが発根率および苗高に与える影響—. 日林九支研論59: 237-238.
- 大平峰子・倉本哲嗣・藤澤義武・白石進(2009) マツ材線虫病抵抗性クロマツのさし木生産における密閉さしの有効性. 日林誌 91: 266-276
- 大平峰子・倉本哲嗣・松永孝治・星比呂志・白石進(2008) BAP 葉面散布がクロマツの萌芽枝発生および伸長に及ぼす影響. 日林九支研論61: 108-109.
- 鳥羽瀬正志・中村健作・宮島淳二・戸田忠雄(1993) マツノザイセンチュウ抵抗性種苗の生産(Ⅰ) —天草森林組合におけるスーパーマツの生産—. 日林九支研論46: 81-82.
- 涌嶋智・吉岡寿・升原一介(1992) マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツの増殖に関する研究. 広島県林試研報26: 15-22.
- 涌嶋智・吉岡寿(1993) アカマツクローンへのBAP噴霧処理の効果. 林木の育種特別号: 35-37

福岡県における再造林放棄地の実態把握<sup>1)</sup>桑野泰光・佐々木重行・廣田篤彦<sup>2)</sup>・猪上信義<sup>2)</sup>

## Current situation assessment of non-reforestation area in Fukuoka Prefecture

Yasumitsu KUWANO, Shigeyuki SASAKI, Atsuhiko HIROTA, Nobuyoshi INOUE

桑野泰光・佐々木重行・廣田篤彦・猪上信義：福岡県における再造林放棄地の実態把握 福岡県森林研報告 11：11～15，2010 福岡県における再造林放棄地の実態を把握するために、時系列衛星データを用いた再造林放棄地の抽出および現地調査による再造林放棄地の現況について調査を行った。福岡県において時系列衛星データより抽出された抽出伐採地は596点で、その内実際に森林が伐採されていた森林変化点は459点であった。森林変化点の約55%は転用地であり、44%が人工林伐採跡地であった。人工林伐採跡地の約10%が放棄地であることが確認され、英彦山周辺に多かった。九州全体では、人工林伐採跡地の約24%が放棄地となっており、福岡県は九州の他県と比較すると放棄地の割合は少なかった。調査したすべての放棄地が、未立木地化することなく植生が回復していた。しかし、一部の林地についてはシカやタケ類といった植生回復阻害要因が認められ、今後注意が必要だと考えられた。放棄地の土壤浸食・崩壊状況は未立木地化した放棄地がなかったこともあり、現時点では特に問題はみられなかった。

キーワード：再造林放棄地，リモートセンシング，時系列衛星データ，植生，土壤浸食

## I. はじめに

近年における林業経営の悪化で、人工林を伐採した跡地に再造林しない、いわゆる再造林放棄地<sup>3)</sup>（以下、放棄地）が九州各県をはじめ全国的に急速に広がりつつある（吉田，2009）。このような放棄地の拡大は、人工林の減少による森林資源の減少と、再造林の放棄による水土保持機能や土砂流出防止機能といった公益的機能の低下に加えて斜面崩壊等の危険性が大きくなることが懸念されている。

こうした中、平成16～20年度の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「九州地域の再造林放棄地の水土保持機能評価と植生再生手法の開発（代表：吉田茂二郎）」において、放棄地の実態把握が取り組まれた。本プロジェクトは九州大学を中核機関とし、九州各県（沖縄県は除く）の林業研究機関、および宮崎大学、鹿児島大学との共同研究として行われた。

本プロジェクトの研究内容は以下に示す3点である（吉田，2009）。

1. 放棄地の実態把握（九州全域の放棄地の位置、

立地・環境要因の把握）

2. 放棄後の植生再生手法の開発（過去の植生、現植生及び周辺植生の詳細調査・関係解析）
3. 放棄地の水土保持機能評価および斜面崩壊予測手法の開発

本報告では、筆者が担当した「1. 放棄地の実態把握」の研究成果について報告する。本プロジェクトでは、複数時期のリモートセンシングデータを活用し、特定期間の伐採地について九州全域（沖縄県を除く）を対象に共通の手法で調査した点が特徴となっている（村上・粟生，2002；太田ら，2005；村上ら，2006；村上ら，2007；村上ら，2008）。

## II. 調査方法

1. 時系列衛星データによる伐採地の抽出<sup>4)</sup>

伐採地を抽出する方法について概略図を図-1に示す。詳細については村上ら（2006）を参考にされたい。以下、概略について説明する。

- (1) リモートセンシングデータとして LAMDSAT5/TM および LANDSAT7/EM + を使用。
- (2) 本プロジェクトでは、1998年から2002年の5

1) 本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「九州地域の再造林放棄地の水土保持機能評価と植生再生手法の開発」の中で実施したものである。  
 2) 福岡県筑後農林事務所林業振興課  
 3) 本プロジェクトでは再造林放棄地を「針葉樹人工林を伐採し、その後3年以上経過しても造林及び人為的な更新補助作業が行われていない林地」と定義している（吉田，2009）。  
 4) 時系列衛星データによる伐採地の抽出は、新潟大学村上拓彦准教授が行った。

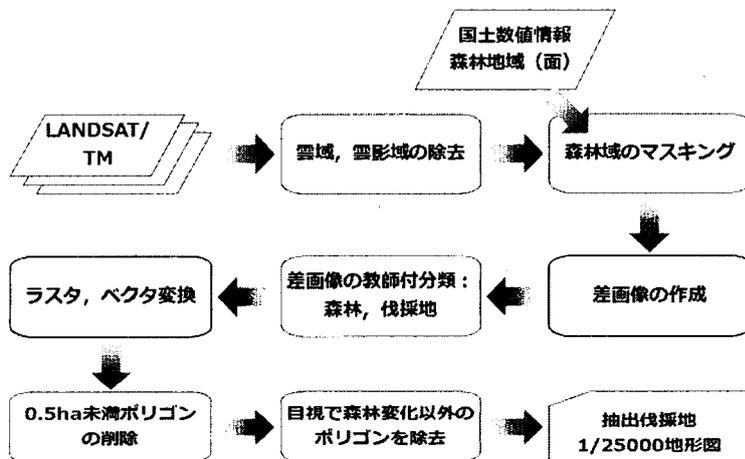


図-1. 時系列衛星画像データによる伐採地抽出作業のフローチャート

\*村上ら (2006) より抜粋

年間に生じた伐採地を抽出するため、その期間をカバーする直近の衛星データを選定。

- (3) 数値標高モデル (DEM) を用いて、地形歪み補正まで含めた幾何補正を実施。
- (4) 雲域、雲影域を調査対象外として除去。
- (5) 国土数値情報を利用して森林域以外の土地被覆を除去 (森林域のマスキング)。
- (6) 以上の前処理が行われた LANDSAT データについて、2 時期のデータを組み合わせた差画像を作成 (ここでは、1997年データと2000年データの組合せ、1997年データ2002年データの組合せを行った)。
- (7) 差画像に対して、教師付き分類である最尤法を適用し伐採地と森林の2クラスで分類。
- (8) 分類画像から伐採地のみを抽出し、ベクタ化。
- (9) すべての抽出伐採地に対し面積を計算し、0.5ha 未満のポリゴンを削除。
- (10) 0.5ha 以上の抽出伐採地を国土地理院発行の数値地図25000 (地図画像) に重ね、2次メッシュ単位で印刷し、各県の担当者に配付。

2. 抽出伐採地の分類 (放棄地の把握)

1で抽出した伐採地は、図-2に示したフローチャートに従って、いずれかの項目に分類した。分類は、まず福岡県地理情報システム (以下、森林 GIS) を利用して森林簿情報から行った。森林 GIS で分類できなかった抽出伐採地については、農林事務所や森林組合への聞き取り、および現地確認により分類した。

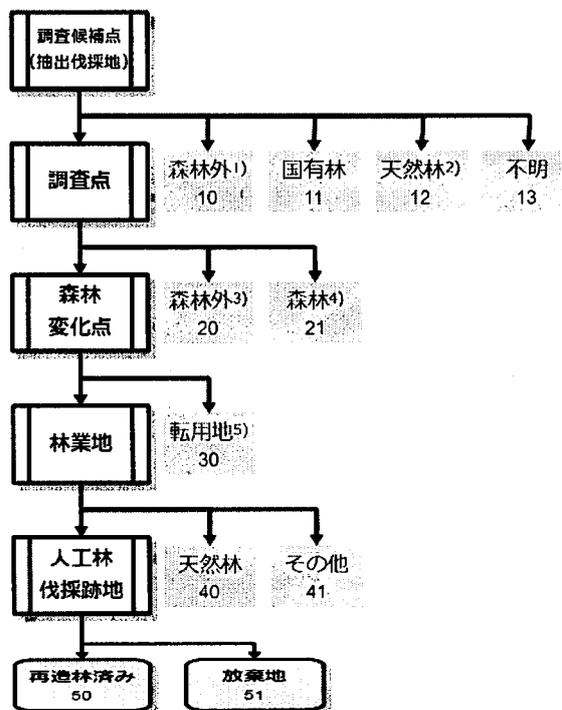


図-2. 伐採抽出地の分類フローチャート

\*村上ら (2007) を一部改変して作成。

\*図中の数値は分類コードを意味する。

- <sup>1)</sup> 事前に除外した5条森林外
- <sup>2)</sup> 事前に除外した広葉樹林
- <sup>3)</sup> 5条森林外 (農地, 果樹園, 施設等)
- <sup>4)</sup> 5条森林であるが変化が見られなかった地点
- <sup>5)</sup> 森林から宅地, 公園などに変化した地点

### 3. 放棄地の現況調査

2で「放棄地」と分類された林地に関して、九州大学から提示された野帳に基づき現況調査を行った。調査は植生回復の阻害状況、林地の浸食・崩壊状況について、放棄地全体を踏査し目視によってその発生状況を4段階（無し、一部、数カ所、全体）で評価した。

さらに、現在の植生状況を把握するために、10m×10mのプロットを設定し植生調査を行った。プロット内の植生を樹冠層と低木層にわけ、それぞれの植生高と樹種タイプ（先駆性高木種、先駆性低木種、先駆性以外の高木種、先駆性以外の低木種）別の植生被度を測定し、樹種名を記録した。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 時系列衛星データによる抽出伐採地の分類

福岡県における時系列衛星データによる抽出伐採地は596点であった。そのうち、森林変化点（実際に5条森林が伐採されていた抽出伐採地）は459点であった。森林変化点の約55%（253点）が林地開発や宅地造成、道路の開設などの「転用地」で、人工林伐採跡地は44.0%（206点）であった。また、クヌギ人工林伐採跡地や竹林伐採跡地が「その他」として分類された。人工林伐採跡地のうち9.9%（20点）が「放棄地」であった（図-3）。

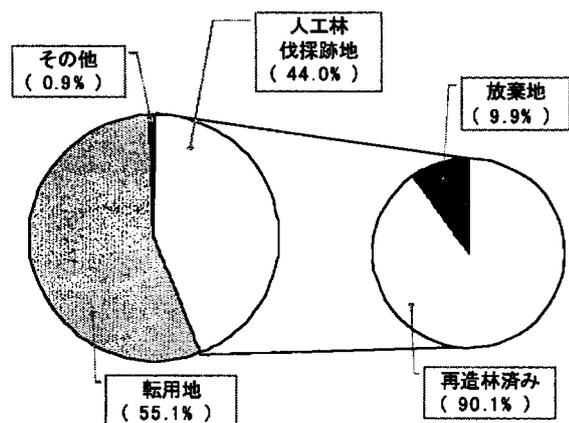


図-3. 森林変化点の内訳

\*ただし、森林変化点の分類結果は、2007年12月時点のもので、「放棄地」の中には、その後造林されたものも含む。

「転用地」、「再造林地」、「放棄地」それぞれの分布を図-4に示す。「転用地」は、主に福岡市周辺や北九州市周辺などの都市近郊に多い傾向がみられ、人工林伐採跡地は、人工林率の高い県南部や県中部に多かった。放棄地は、県中部にある英彦山周辺で多い傾向がみられた。

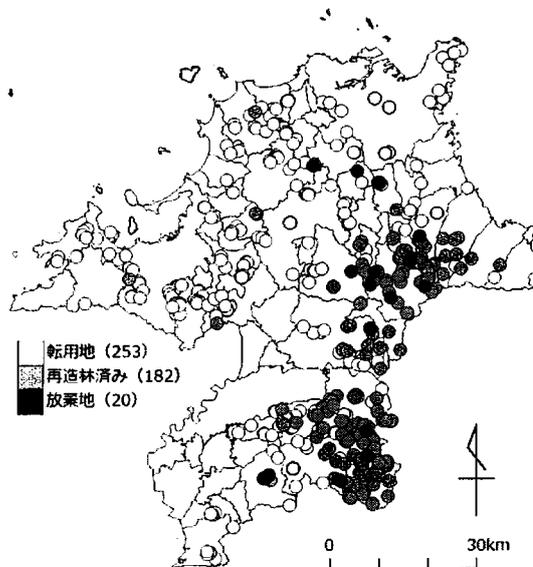


図-4. 森林変化点の分布図

\*市町村界は2007年4月時点のものである。

\*カッコ内の数字は点数を示す。

#### 2. 放棄地の現況

放棄地の現況調査は、隣接している複数の「放棄地」を同一の伐採地として16カ所にまとめ、そのうち12カ所で行った。調査結果は表-1に示す。

植生回復の阻害状況は、シカによる食害、タケ類の侵入、ツル性植物の繁茂について調査を行った。シカ生息地域にあるすべての放棄地で、シカによる食害がみられ、P1, P6では食害が放棄地全体で観察された。竹林が隣接していた放棄地では、タケ類の侵入がみられ、P3, P6では特に著しく、一部分が完全に竹林化していた。侵入した竹の種類は、モウソウチク、マダケ、ハチク、メダケ等様々であった。ツル性植物の繁茂は、多くの放棄地で観察された（50%）が、いずれも規模は小さかった。

林地の浸食・崩壊状況については、道（作業道、林道）起源と斜面とに分けて評価した。道起源、斜面とも一部の放棄地で小規模の浸食が確認されたのみで、崩壊については全く観察されなかった。

樹冠層の植生高は3.0~8.0m、低木層の植生高は1.2~3.0mであった。樹冠層の被度は5~90%で、樹種タイプ別にみるとほとんどのプロットで先駆性高木種が優占していた。低木層の被度は、20~80%で、先駆性低木種、非先駆性低木種が優占していた。樹冠層に出現した主な樹種は、先駆性高木種であるアカメガシワ、カラスザンショウや非先駆性高木種であるクマノミズキ、タブノキ、クスノキ、カナクギノキであった。低木層には、先駆性低木種のコア

表-1. 放棄地の浸食・崩壊状況と植生状況

プロットD		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12		
抽出伐採地D		AF0043	AF0051	AF0142	AF0360	BF0073	BF0301	BF0357 BF0359 BF0361	BF0413	BF0524	BF0560	BF0578 BF0580	BF0582 BF0585		
放棄地全体での状況	植生回復の阻害状況	シカによる食害 <sup>1)</sup>	3	2	0	0	3	2	2	2	0	0	0		
		タケ類の侵入 <sup>1)</sup>	0	0	3	1	0	3	2	0	0	1	0		
		ツル性植物の繁茂 <sup>1)</sup>	1	0	2	0	0	2	2	1	1	0	0		
	浸食・崩壊の状況		道起源の浸食 <sup>1)</sup>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
			道起源の崩壊 <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			斜面の浸食 <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		斜面の崩壊 <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
プロット調査による植生状況	(m) 植生高	樹冠層 <sup>2)</sup>	7.0	7.0	6.0	6.0	2.0	7.0	3.0	3.0	8.0	5.0	3.0	2.5	
		低木層 <sup>2)</sup>	3.0	2.0	2.0	3.0	1.5	1.5	2.0	1.2	1.5	2.5	2.0	1.8	
	樹冠層	樹冠層の合計	60	60	80	80	30	70	50	30	60	40	90	5	
		先駆性 高木種	40	40	80	60	10	65	15	18	50	25	20	0	
		先駆性 低木種	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	25	1	
		非先駆性 高木種	20	20	0	20	10	5	25	10	10	15	45	3	
		非先駆性 低木種	0	0	0	0	10	0	0	2	0	0	0	1	
	(%) 植生被度	低木層の合計	70	80	50	60	45	20	30	40	60	80	80	80	
		低木層	先駆性 高木種	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0
			先駆性 低木種	60	60	1	40	0	10	0	20	0	5	20	70
			非先駆性 高木種	5	5	40	10	5	0	5	0	5	0	10	5
			非先駆性 低木種	5	15	9	10	40	10	20	20	50	75	50	5
		草本層	80	80	80	80	80	70	20	60	30	30	60	50	

<sup>1)</sup> 各項目を0 (無), 1 (一部), 2 (数カ所), 3 (ほとんど全体) の4段階で評価した。

<sup>2)</sup> 樹冠層, 低木層は生態的な区分ではなく垂直構造的に区分した。

カソ, イヌザンショウ, タラノキ, ツクシヤブウツギ, クサギや, 非先駆性低木種のヒサカキ, ヤブムラサキ, ネズミモチが多くみられた。草本層の被度は20~80%で, ほとんどの調査プロットで50%以上となっていた。

#### IV. 考察

村上・吉田 (2009) によると, 時系列衛星データによる抽出伐採地は九州全体で7,600点あり, そのうち人工林伐採跡地は2,749点であった。人工林伐採跡地のうち, 669点が放棄地で, その発生割合は24.3% (=669/2749) であった。各県別に比較すると, 地点数では, 宮崎県 (293点), 熊本県 (270点), 大分県 (71点), 福岡県 (20点), 鹿児島県 (8点), 佐賀県・長崎県 (ともに3点) の順で多かった (吉田, 2009)。また, 放棄地は, 九州全域に均等に分布するわけではなく, 九州山地に沿って多く存在していた (村上ら, 2007)。

本プロジェクトが始まる前の放棄地に対する一般的问题意識としては, 再造林放棄による未立木地化とそれにとまなう水土保全機能の低下(「斜面浸食」, 「土砂流出」)ひいては「斜面崩壊」危険性の増大

があげられた (吉田, 2009)。今回調査した放棄地では, 未立木地化している林地はなく, 順調に植生の回復が進んでいた (表-1)。シカ高密度地域ではシカの食害によって植生の回復が著しく阻害されていることが報告されている (Sakai et al, 2006; 島田, 2008; 長島, 2008)。今回調査したシカ生息地にある放棄地においてもシカによる食害が確認されたが, 調査時点ではいずれも軽微なもので植生の回復に大きな影響はないと考えられた。しかし, 今回の調査対象に含まれていない放棄地 (2003年以降に発生した放棄地) においてシカの食害により森林の回復が遅れている林地がいくつか確認されたため, 今後この問題に関して調査を続けていく必要があると考えられる。

水土保全機能の低下に関しては, 浸食・崩壊の状況を観察することで評価した。浸食に関しては, 道起源の浸食および斜面浸食ともにほとんどみられなかった。今回の調査では, 未立木地化した放棄地はなく, いずれも樹木類または草本類によって林地表面が覆われており, 土壌の表土流出が抑制されたものと考えられる。また, 架線により搬出した放棄地がほとんどであるため, 搬出時における表土攪乱

が少なかったと考えられた。崩壊に関しては、今回調査を行った放棄地では全くみられなかった。しかし、表層崩壊の危険性は、根系による表層崩壊防止機能が最低になると予測される伐採10-20年後に最も高くなると考えられ(吉田, 2009), 今後も追跡して調査を行っていく必要がある。

## V. おわりに

本研究では、福岡県における再造林放棄地の実態を明らかにするために、時系列衛星データを活用した放棄地の抽出を行った上で、放棄地の植生状況やその阻害状況、および浸食・崩壊状況について現地調査を行った。その結果、福岡県の放棄地は人工林林伐採跡地のおよそ10%程度と少なく、また、当初懸念されていた林地の未立木地化や土壌浸食、斜面崩壊(吉田, 2009)について、調査時点では大きな問題点はみられなかった。

しかし、今回の調査対象期間外である2003年以降放棄地は増加傾向にある(吉田, 2009)ため、今後この問題に対し注意が必要である。植生に関しては、伐採後極めて初期の状況を観察したに過ぎず、浸食・崩壊のリスクも含め十分な評価はできていない。また、シカによる食害、タケ類による更新阻害も考えられ、長期間を要する森林の再生を鑑みるとさらなる調査・研究が必要である。これらは、今後の課題として取り組みたい。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、抽出伐採地の分類(放棄地の把握)では、県庁森林計画係、各農林事務所および各森林組合のご協力をいただいた。また、放棄地での植生調査では、植物の同定に際し筑後農林事務所の橋川ひろみ氏に協力いただいた。厚く感謝いたします。

## 引用文献

村上拓彦・粟生裕美子(2002) リモートセンシング

データからみた再造林放棄地. 九州森林研究55 : 126-129.

村上拓彦・太田徹志・溝上展也・吉田茂二郎(2006) 時系列リモートセンシングデータから得られた森林変化点の抽出精度. 九州森林研究59 : 285-288.

村上拓彦・太田徹志・加治佐剛・溝上展也・吉田茂二郎(2007) 時系列 LAMDSAT/TM データから得た抽出伐採地と再造林放棄地の分布. 九州森林研究60 : 173-175.

村上拓彦・吉田茂二郎(2009) 九州地域における再造林放棄地の分布状況とその実態把握. 日本森林学会大会発表データベース120 : 466

長島啓子・吉田茂二郎・村上拓彦・保阪武宣(2008) 九州地域における再造林放棄地の植生回復状況. 日本森林学会大会発表データベース119 : P 3a14.

太田徹志・村上拓彦・加治佐剛・溝上展也・吉田茂二郎(2005) LAMDSAT/TM データの差画像を用いた森林伐採地抽出方法の検討. 九州森林研究58 : 135-138.

島田博匡(2008) 三重県南部の暖温帯域における再造林未済地の森林再生に向けて. 山林1491 : 30-38

Sakai, A., Hirayama, T., Oshioka, S., Hirata, Y. (2006) Effects of elevation and postharvest disturbance on the composition of vegetation established after the clear-cut harvest of conifer plantations in southern Shikoku, Japan.

Journal of Forest Research 11 : 253-265.

佐々木重行・茅島信行・桑野泰光(2010) 作業路での土砂移動と枝条による抑制効果. 福岡県森林研報11 : 33-38.

吉田茂二郎(2009) 「再造林放棄地について」ーその実態を自然科学的に解明する試みを終えてー. 山林1503 : 2-10.

## 中小形タケノコ施業方法に関する研究<sup>1)</sup>

濱地秀展・桑野泰光・谷崎ゆふ・野中重之<sup>2)</sup>

### Study on production technique of middle size bamboo shoots

Hidenobu HAMACHI, Yasumitu KUWANO, Yuhu TANIZAKI, Sigeyuki NONAKA

濱地秀展・桑野泰光・谷崎ゆふ・野中重之：中小形タケノコ施業方法に関する研究 福岡県森林研報 11：16～20, 2010 販売単価の高い中小形サイズのタケノコの発生割合を高めるために、タケノコの大きさに関係する要因の調査を行ったところ、親竹の大きさや密度、竹林斜面の傾斜やウラ止めが関係していることが分かった。また、親竹を小さく仕立て、ウラ止めを行うことで伐採作業の省力化を図ることができた。

キーワード：タケノコ、ウラ止め、竹林、傾斜、立竹密度、伐竹

#### I. はじめに

福岡県は全国でも有数のタケノコ産地であり、それらは関西市場を中心に全国へ出荷されている。また、タケノコは現金収入の少ない春期に発生するため、生産者にとっては農閑期の貴重な収入源となっている。しかし、安価な輸入加工品の増加による価格低迷や生産者の高齢化等により、タケノコの生産量は1980年の4万tをピークに減少し、近年は8千t前後で推移している(福岡県, 2007)。福岡県内のA農協の出荷データによると、タケノコ1個あたりの重量が1kg前後のもの(L・Mサイズ)が高単価で取引されているのに対し、出荷量は2kg前後(3L～2L)が最も多く(図-1)、タケノコの収益性を高めるためには単価の高いL・Mサイズの割合を高める必要がある。

当センターでは2006年から2008年まで、山口県林業指導センターを中核機関として、農林水産技術会議の先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「新商品化に向けた皮付き水煮タケノコ生産技術の開発」に取り組んだが、新商品である皮付き水煮タケノコに加工するための主要なサイズも500g前後(S～2Sサイズ)と小さい。そこで本研究では、タケノコの大きさを決定する要因を分析するとともに、中小形タケノコの生産割合を高めるための施業が栽培作業の軽減をもたらすかどうかを検討した。

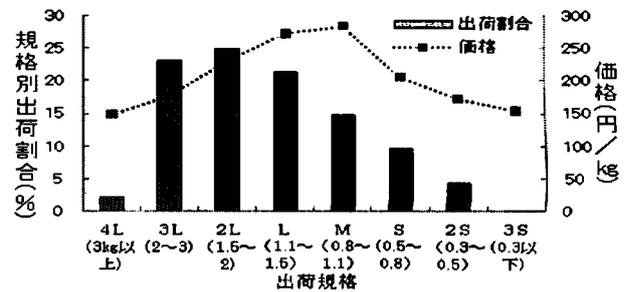


図-1. 2006年における福岡県 A 農協によるタケノコの出荷規格別出荷割合と価格

#### II. 調査地の選定および調査方法

##### 1. タケノコの大きさに関わる要因の解明

###### 1) 竹林の環境がタケノコの大きさに及ぼす影響

タケノコの大きさに環境要因がどう影響を及ぼすかを明らかにするため、大形タケノコの出荷割合の高い生産者と小形タケノコの出荷割合の高い生産者の所有竹林の環境を比較した。

福岡県内の主要産地(立花, 黒木, 八女, 大牟田, 高田, 合馬)の農業協同組合(以下, JA とする)出荷データから, 1t以上の生産量でLサイズ以上の生産量の多い生産者とMサイズ以下の生産量が多い生産者を各JA毎に上位から数名ずつ選出した。また, 県で行っている竹林品評会のデータからウラ止めを行っている生産者を選出して出荷データを照合し, それぞれ所有竹林の現地調査を行った。調査プロットの大きさは竹林の大きさに応じて100

1) 本研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「新商品化に向けた皮付き水煮タケノコ生産技術の開発」(平成18～20年度)により実施したものである。

2) 竹林利活用アドバイザー

～400 m<sup>2</sup>とし、調査項目は①立竹密度、②胸高直径、③竹林斜面の向き(方位)、④竹林斜面の傾斜、⑤ウラ止め竹の残枝段数の5項目とした。なお、⑤については、無し(ウラ止めをしていない)、弱度(18段以上)、通常(17.9～13.0段)、強度(12.9段以下)の4つにカテゴリ分けを行った。目的変数を小形タケノコ率(出荷に占めるMサイズ以下のタケノコの割合)とし、説明変数を①～⑤の項目として決定木分析を行った。

2) タケノコの小型化に及ぼすウラ止めの効果

若竹のうちに親竹の先端部分を折り取るウラ止め作業がタケノコの小型化に効果があるかどうかを調査した。

試験林は福岡県久留米市内に2ヵ所設置した(試験林I、IIとする)。試験林Iは傾斜約5°のなだらかな西向き斜面、試験林IIは傾斜約20°の北西向き斜面で、ともに標高約30～40mに位置していた。各試験林を3つに区分し、発生した新竹に対して残枝段数10段前後のウラ止めを行ったところを強度区、残枝段数15段前後のウラ止めを行ったところを通常区、ウラ止めを行わなかったところを対照区として、各試験区内にプロットを設置した。2007～2008年の3～4月に2～7日間隔で収穫調査を行い、掘上げたタケノコの本数、長さ、最大直径および重量を測定した。各年ごとの収穫調査時の竹林状況とウラ止めを行った割合を表-1, 2に示した。竹林の栽培管理は福岡県の栽培暦を基準として、各試験区とも均等に行った。

表-1. 試験林Iの立竹状況

プロット面積 (m <sup>2</sup> )	立竹密度 (本/10a)		平均胸高直径 (cm)		ウラ止め竹の割合 (%)		
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	
	強度区	200	275	300	10.5	10.1	87
通常区	200	275	290	10.5	9.8	93	99
対照区	200	275	285	10.5	10.4	0	0

表-2. 試験林IIの立竹状況

プロット面積 (m <sup>2</sup> )	立竹密度 (本/10a)		平均胸高直径 (cm)		ウラ止め竹の割合 (%)		
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	
	強度区	100	260	230	7.2	7.9	100
通常区	100	260	230	7.5	8.0	100	100
対照区	100	260	230	7.2	7.9	0	0

2. 親竹の大きさとウラ止めが伐竹整理作業に及ぼす影響

親竹の大きさとウラ止めが伐竹整理の作業時間ほどの程度影響しているかを調べた。

構成される親竹の胸高直径の平均が11cm以上の大径竹林、8cm未満の小径竹林を選定し、さらに大径竹林についてはウラ止めの有無で試験区を2つに分け、試験地を計3ヵ所設定した。つまり、A竹林は小径ウラ止め林、B竹林は大径ウラ止め林、C竹林は大径ウラ止め無し林とした。これら試験地で50代男性1名に、根切り→引き倒し→枝払い→玉切り→枝収集までの伐竹整理作業を20本程度ずつ行わせ、各工程ごとにストップウォッチで秒単位の所要時間を計測した。作業道具は高齢者が容易に扱える点を考慮し、根切り・玉切りには手ノコを、枝払いにはナタを用いた。一方、比較のため、チェーンソー使用による同工程の作業についても所要時間を調査した。また、実際に伐竹整理した竹の形状について、胸高直径・竹稈長・稈重量・枝重量・総重量・残枝段数を計測した。試験地ごとの供試本数と計測平均値を表-3に示した。

表-3. 供試竹林の概要

試験林	供試本数	ウラ止め	直径 (cm)	竹稈長 (cm)	稈重量 (kg)	枝重量 (kg)	総重量 (kg)	枝段数 (段)
A(小径)	21	有り	7.7	659	11	5.6	16.6	13.7
B(大径)	18	有り	11.1	958	25.7	7.1	32.8	17
C(大径)	20	無し	11.5	1561	30.6	6.3	36.9	24

III. 結果

1. タケノコの大きさに関わる要因

交差確認法により最適分岐回数を3回とし、分析を行ったところ、1回目は胸高直径(10.5cm)で分岐した。2回目は胸高直径10.5cm以下でウラ止めの有無(無と弱、通常、強)で分岐し、3回目は胸高直径10.5cm以上で竹林の傾斜(22.5°)での分岐となった(図-2)。つまり、最もタケノコの小型率

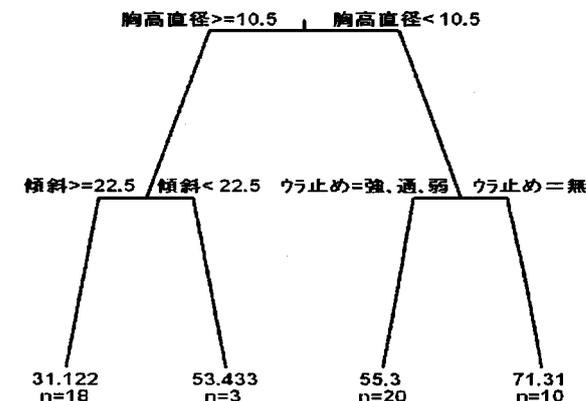


図-2. 小形タケノコ出荷割合に及ぼす要因分析

数字は小形タケノコが占める割合を示す。  
nは試験林の数を示す。

が高いのは胸高直径が 10.5cm 以下でウラ止めを行っていない竹林で、平均 71.31 %であった。最も低いのは胸高直径が 10.5cm 以上で傾斜が 22.5° 以上の竹林で、平均 31.12 %であった。以上の結果より、小形タケノコ率に影響を与える要因は、胸高直径、ウラ止め強度、傾斜の 3 要因で、最初の分岐要因である胸高直径が最も小形タケノコ率に強く影響していた。

次に、胸高直径に影響する要因を明らかにするために、目的変数を胸高直径、説明変数を立竹密度、方位、傾斜、ウラ止め強度として一般化線形モデル (GLM) で解析を行い、AIC (赤池情報量規準) による変数選択を行った。解析結果は表-4 に示す。AIC による変数選択の結果、傾斜、立竹密度、ウラ止め強度が変数として選択された。全ての変数の推定値が正の値となっていた。つまり、傾斜が急なほど、立竹密度が高いほど、ウラ止め強度が強いほど親竹の胸高直径は小さいことを意味する。

表-4. 胸高直径に影響を与える要因分析

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t )
切片	6.796	0.674	10.09	<.0001
傾斜	0.036	0.015	2.39	0.0208
立竹密度	0.005	0.002	2.20	0.0330
ウラ止め	0.377	0.202	1.86	0.0687

2. タケノコの小型化に及ぼすウラ止めの効果

2カ年の収穫調査において、JA の出荷規格にしたがい大きさ別にタケノコの発生割合を比較すると、強度区>通常区>対照区の順で小形タケノコの発生割合が高かった (図-3)。次にタケノコの平均重量をみると、2007 年の試験林 I での結果を除けばいずれも強度区と通常区には有意差がなかったが、これらと対照区との間では差がみられ、ウラ止めを行った方がタケノコの重量が有意に軽かった (図-4)。一方、収穫量については、通常区、強度区とも対照区に比べて極端な収穫量の低下は認められなかった (図-5)。

3. 親竹の大きさとウラ止めが伐竹整理作業に及ぼす影響

親竹の胸高直径と伐竹整理作業の所要時間との関係を図-6 に示した。ウラ止めの有無にかかわらず、両者には正の相関がみられたが、ウラ止めを行った竹はウラ止めを行わなかった竹と比較してほとんどの径級で作業時間の短縮が図れ、特に大径竹になるほどその効果が顕著であった。これを各工程別にみ

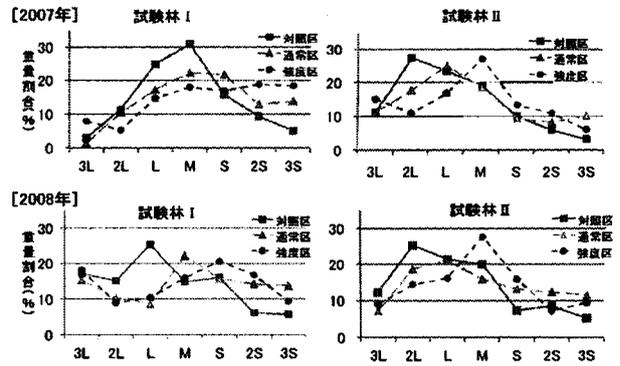


図-3. タケノコ規格別発生割合に及ぼすウラ止めの影響

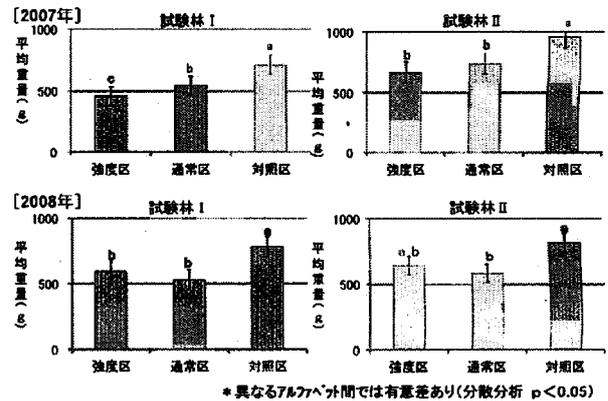


図-4. タケノコ重量に及ぼすウラ止めの影響

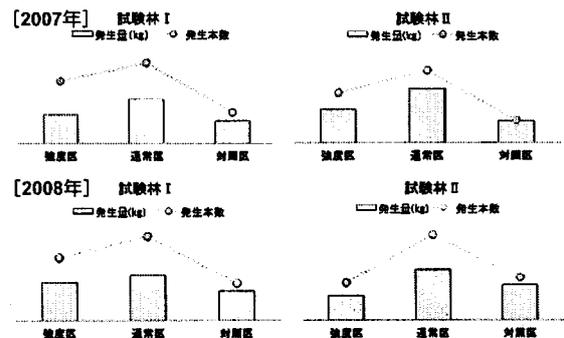


図-5. タケノコの発生量と発生本数 (10a 当り) に及ぼすウラ止めの影響

ると、枝収集に最も時間を要し、次いで玉切り・枝払いとなった (図-7)。栽培竹林ではタケノコ発生に備え園地は地面が見える状態に保たなければならないため、枝葉を集積する必要がある。この枝収集は、作業工程間で比較すると最も手間のかかる作業との結果が示された。さらにこのデータを試験地ごとにみると、総所要時間は、A竹林 (小径ウラ止め林) で平均 199 秒、B竹林 (大径ウラ止め林) で平均 296 秒、C竹林 (大径ウラ止め無し林) で平均 467 秒となり、親竹が大きい竹林と、ウラ止めを実施し

なかった竹林で作業時間が長かった (図-8)。以上の結果は、作業を手ノコ・ナタで行った場合であるが、これをチェーンソーでの作業と比較した (図-9)。チェーンソーでは、手ノコ・ナタの場合と比較して総所要時間が319秒から112秒へ約 65%短縮され、特に枝収集と玉切りの作業時間の短縮が大きかった。

また、供試竹全体の形状を分析したところ、胸高直径  $x$  と竹稈重量  $y$  の関係は次の一次式で回帰された。

$$y = 5.2776x - 24.641, \quad r^2 = 0.8675 \quad (a)$$

(a)式より、胸高直径が 1cm 大きくなると竹稈重量は約 5.3kg 増加する。両者に高い相関があることか

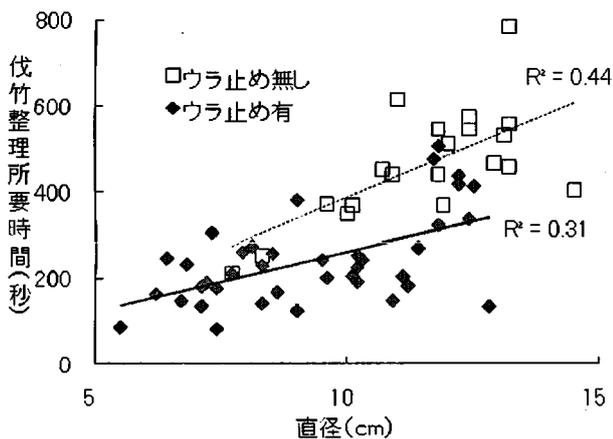


図-6. 親竹大きさと伐竹整理作業時間

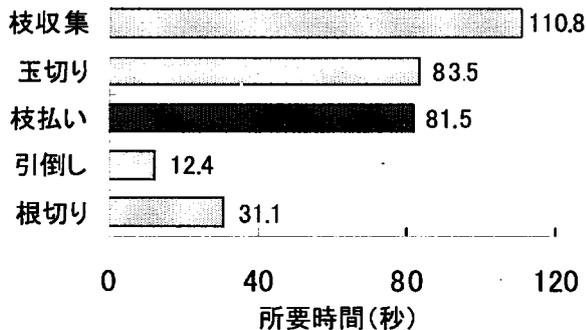


図-7. 伐竹整理作業工程別の所要時間

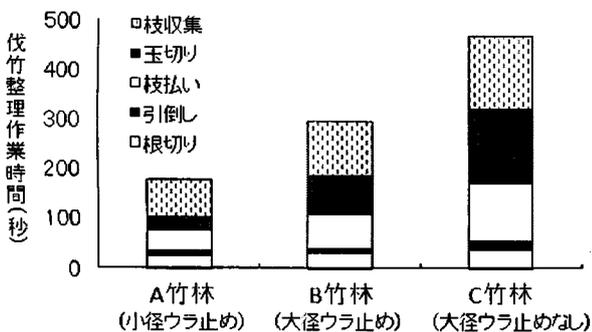


図-8. ウラ止めの有無と伐竹整理作業時間

ら、作業時間は竹稈重量と比例関係にあると推察される。

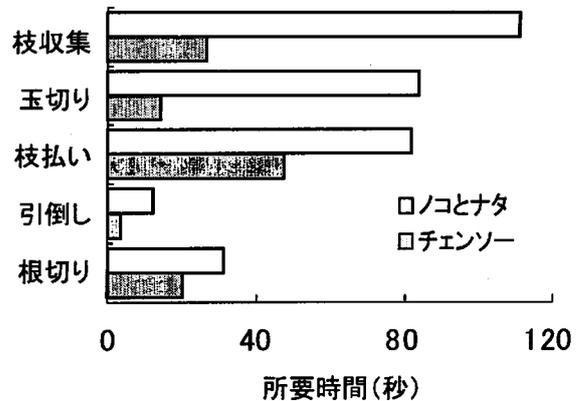


図-9. 作業道具が伐竹整理作業時間に及ぼす影響

#### IV. 考察

##### 1. タケノコの大きさに関わる要因の解明

タケノコの大きさは、親竹の大きさ (宇都宮, 1975 ; 野中, 1986) や立竹密度 (野中, 1979 ; 森ほか, 1983) に左右され、それぞれ親竹が大きく、立竹密度が高ければタケノコも大きくなるとされている。親竹の大きさは、一般に土壌の深さや肥沃度、傾斜の角度や方位といった立地、親竹管理、温度や降水量などの気象に左右されると言われているが (青木・野中, 1987)、実際に調査された事例は非常に少ない。またウラ止めとタケノコの収穫量との関係についても、残枝段数が少ないとタケノコは小さいものが多く発生し、全体収量は少なくなるとされているが (大島, 1931)、ウラ止め後のタケノコの形状について実際に調査した報告はこれまでなかった。今回の調査では、これらのことを実際に確認することができた。

出荷するタケノコの大きさ別に竹林環境をみた現地調査では、タケノコの大きさに最も関係がある要因は親竹の大きさであり、平均胸高直径 10.5 cm 以下で小形タケノコの割合が高くなると考えられた。また、親竹の大きさは立竹密度、ウラ止めなどの施業によって調整できることもわかった。特に、ウラ止めについて、親竹が平均胸高直径 10.5 cm 以下でウラ止めが無い方が小形タケノコの割合が高いと分析されたが、本結果は生産者を出荷データから区分しており、他の要因の影響も大きい。親竹の大きさを 10.5 cm 以下で揃えて並列に設定した試験地で発生量を調査すると、タケノコの小形化にウラ止めが有効であることが確認できた。

本研究から、小形タケノコの生産割合を高めるためには、緩傾斜の竹林を選んで立竹密度を 200 本/10a 程度に疎に管理し、胸高直径 10.5 cm 以下の新竹を親竹として残しながら残枝段数 15 段以下のウラ止めを行えば良いと考えられる。地形は人為的な改良が難しいが、親竹の大きさ、密度、ウラ止めの強度を組み合わせることで、発生するタケノコの大きさを調整できると考えられた (表-5)。

表-5. タケノコ大きさを左右する要因

	大形化	小形化
竹林の傾斜角	大きい ←	→ 小さい
親竹の大きさ	大きい ←	→ 小さい
親竹の密度	高い ←	→ 低い
ウラ止め	無し ←	→ 強度

## 2. 親竹の大きさとウラ止めが伐竹整理作業に及ぼす影響

親竹の大きさと作業時間の調査からは、親竹の大きさと竹稈重量には正の相関があり、親竹を小径に仕立てることにより竹の軽量化が図られ、作業効率を向上できることが示された。

また、親竹の形状別の作業時間調査をもとに、10a あたりの伐竹本数を 50 本と仮定して、各竹林の伐竹作業時間を試算すると、A竹林で約 2.7 時間、B竹林で約 4.1 時間、C竹林で約 6.5 時間となった。つまり、同径級である場合ウラ止め林は 4 割近く、小径竹林になると 5 割以上作業効率の向上が見込まれた。また、これらの作業時間の差は、図-8 で示された作業時間のかかる上位三工程 (枝収集・玉切り・枝払い) が小径ウラ止め林で大幅に短縮された

ことに起因していた。これは、ウラ止めにより竹稈の長さが抑えられ玉切り回数が減ったこと、残枝段数も少ないため最も所要時間を要した枝収集が容易になったことによると考えられた。

以上のことから、親竹をウラ止めし、胸高直径 7 ~ 10cm の小中径竹林に仕立てることで伐竹作業は大幅に軽減され、高齢化に対応したタケノコ栽培を可能にし、ひいては国産タケノコの安定的な生産に寄与すると考えられた。また、生産者が高齢化すると傾斜地でのチェーンソーの扱いは危険を伴うことが想定されるが、手ノコ・ナタでの作業に比べて作業時間は大幅に短縮できる。したがって、ヘルメットの着用など安全配慮を十分にしたうえで、伐竹が大径である場合や、園地が大面積の場合など条件によって道具を使い分けることも作業効率の改善になると考えられた。

## 引用文献

- 青木尊重・野中重之 (1987) 日本産主要竹類の研究。青木尊重編, 423pp, 葦書房, 福岡。
- 福岡県 (2007) 福岡県森林・林業の動向—平成 18 年度林業白書—。49pp。
- 森 格良ほか (1983) モウソウ竹林の管理技術に関する研究。愛媛県林試研報 8 : 131-137。
- 野中重之 (1986) タケノコ生産に関する研究。福岡県林試研究資料 10, 63pp。
- 野中重之 (1979) モウソウタケノコ増産試験 (2)。日林九支研論 32 : 357-358。
- 大島甚三郎 (1931) 孟宗筍栽培法。233pp, 博文館, 東京。
- 宇都宮東吾 (1975) モウソウチク林の施肥灌水試験。愛媛県林試研報 1 : 71-78。

福岡県におけるニホンジカによる人工林剥皮害発生要因の解明<sup>1)</sup>池田浩一<sup>2)</sup>・小泉 透<sup>3)</sup>・桑野泰光<sup>4)</sup>Causes of bark-stripping damage by sika deer in Sugi-Hinoki plantations,  
Fukuoka Prefecture

Koichi IKEDA, Toru KOIZUMI, Yasumitsu KUWANO

池田浩一・小泉 透・桑野泰光：福岡県におけるニホンジカによる人工林剥皮害発生要因の解明 福岡県森林研報 11:21~32, 2010 スギ、ヒノキ人工林へのシカによる角こすり害が発生している福岡県において、被害木の剥皮形態の観察、樹種による被害率の違い、発生時期、被害率とシカ生息密度や被害発生地を利用したシカの個体構成との関係を調べ、剥皮害の発生要因を明らかにした。角こすり害は8月下旬から2月にかけて発生し、月ごとの発生率は前足かきや角つきの痕と思われる林床の掻き起こし痕数と高い相関を示し、剥皮が発生しはじめる8月下旬はオス成獣の角の化骨化時期と一致していたことから、角こすりはオスの発情にともなうマーキング行動であると考えられた。角こすりはヒノキが選択的に剥皮され、広域で行われたシカ生息密度とヒノキの角こすり発生率の間には正の相関がみられ、シカの個体数調整は角こすり害の軽減に有効であることが示された。角こすり害が発生している林分で自動撮影カメラによる個体構成を調査したところ、オス成獣の撮影頻度が高い林分では、メスに対するオス成獣の割合が高くなると被害が増加した。これは、オス成獣の利用頻度が高くなると、他個体との緊張関係が高まるためと考えられた。角こすりの被害率を高める要因となっていた被害地を利用したオス成獣は、発情期に周辺から移動してきた個体と考えられたことから、林分における角こすりを軽減するためには、発情期のオス成獣の環境選択について明らかにする必要があると考えられた。

キーワード：ニホンジカ、剥皮害、自動撮影、発生要因、ヒノキ

## I. はじめに

シカによる森林被害は植栽直後から伐採にいたる全生産期間を通じて発生し、林業生産活動の大きな阻害要因となっている。特に、剥皮害は幼齢林から壮齢林までの長期にわたり発生するうえ、被害木の材質劣化を引き起こすため、各地で深刻な問題となっている。

これまでの人工林におけるシカの被害研究は、植栽当初に発生する枝葉採食害に重点を置いた研究が進められ、被害が密度依存的に発生することが明らかとなり、被害発生危険度を予測することが可能となった (Kondoh *et al.*, 2007)。一方、剥皮害については物理的なバリアの開発が進められ、その成果は認められたものの (金森ほか, 1998; 池田ほか, 2001)、被害発生要因 (密度、雌雄構成比、餌量などとの関連性) については解明されていない。このため、各地で実施されているシカの個体数調整が被害軽減に

有効かどうか不確実であるだけでなく、個体数調整と被害を予測しつつ、開発された防除手法を先行的に講じるなどの効率的な被害軽減対策を推進することができない状況にある。

そこで、シカによる剥皮害が恒常的に発生している人工林を調査地とし、剥皮害の発生要因について検討した。

## II. 剥皮害の形態、発生時期による被害発生原因の解明

## 1. 研究目的

福岡県では、剥皮害が県内各地で発生しているものの、被害地が局所的であったことなどから、枝葉採食害について主に研究が行われてきた (池田, 2001)。そのため、剥皮害の発生状況に関する情報が少ない。そこで、本節では剥皮害の発生原因 (角こすりと樹皮採食)、発生状況について検討した。

<sup>1)</sup>本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「外来野生動物等による新たな農林被害防止技術の開発」(課題番号18001;平成18~20年度)により実施したもので、本稿は「被害リスクに対応した経営管理技術の開発」研究成果集(独)森林総合研究所九州支所,2009年)を一部加筆し転載したものである。なお、本研究の一部は、池田・桑野(2008)、池田ほか(2009a)、池田ほか(2009b)として公表した。

<sup>2)</sup>福岡県筑後農林事務所 <sup>3)</sup>(独)森林総合研究所 <sup>4)</sup>福岡県森林林業技術センター

## 2. 調査地および調査方法

福岡県で発生している剥皮害は角こすりで、ヒノキに多発する傾向がある(池田, 2001)。角こすりは樹幹から剥皮されていたが、予備調査では、根張りから剥皮される被害が確認された。そこで、調査は両タイプの剥皮が発生している嘉麻市長野の24年生(標高540m)と同市小野谷の37年生(標高500m)のヒノキ林で行った。

### 1) 発生時期

2006年8月までに長野に348本、小野谷に364本の固定調査木を設けた。さらに長野では、2007年2月に新たに528本を追加設定した。その後、調査本数は、長野では2007年12月に行われた枝打ち、小野谷では2008年7月に行われた間伐などにより多少変化した。2006年9月以降、剥皮が多発している期間は月2回、それ以外は月1回被害の有無、剥皮形態、剥皮部の傷の状況を調べた。確認した剥皮箇所には木材チョークで印を付け、その後新たに発生する剥皮と区別できるようにした。また、角こすり、根張りタイプとも、同一木に複数の剥皮が発生する場合があった。このため、被害率の比較には本数被害率(剥皮された本数/調査本数×100)を、剥皮の時期別変化には発生率(剥皮箇所数/調査本数×100)を用いた。

角こすりの発生要因を考察する一助とするために、2007年7月から両調査地の固定調査木を設定した範囲において、シカによる前足かきや角つき(下層植生に角をこすりつける)と思われる林床を掻き起こした痕を記録した。両調査地にはイノシシが生息しているため、土が掘り起こされている場合はイノシシの痕跡とした。なお、調査した面積は、長野が1.3ha、小野谷が1.1haである。

### 2) 根張り剥皮の発生原因

根張りタイプの剥皮は、剥皮時期や剥皮部位が角こすりと明らかに異なっていたにもかかわらず、樹皮採食のような明瞭な歯痕が認められなかった。そこで、この剥皮が樹皮採食かどうか明らかにするために、剥皮部面積と剥皮部周辺に散乱していた樹皮片の面積が一致するかどうかを調べた。調査は2007年5～9月にかけて発生した94か所の剥皮部について、剥皮部の輪郭と剥皮部に内樹皮が残っていた場合は内樹皮を区別して透明シートにトレースし、剥皮部輪郭の長さ、最大幅を測定した。

剥皮部周辺に散乱していた樹皮片は、外樹皮のみの樹皮片、外樹皮に内樹皮が付着した樹皮片、外樹

皮に赤色または黄色を帯びた周皮と思われる部位が付着した樹皮片がみられた。そこで、隣接する剥皮部の樹皮片との混合がなかった44か所について、外樹皮に付着していた内樹皮と周皮と思われる部位について透明シートにトレースした。剥皮部、散乱樹皮片ともトレースごとに切り取り、重量からそれぞれの面積を推定した。そして、外樹皮が落下している割合として散乱樹皮割合=(樹皮片の内樹皮部分および周皮と思われる部分の面積)/(剥皮部面積)×100を、内樹皮が落下している割合として散乱内樹皮割合=(樹皮片の内樹皮部分の面積)/(剥皮部の内樹皮以外の部分の面積)×100を算出した。なお、2007年10月以降に発生した剥皮については、剥皮部の長さ最大幅を測定した。

### 3) 樹種による被害発生傾向

2006年8月には、樹種による被害の受けやすさを確認するために、長野、小野谷および豊前市岩屋のスギとヒノキが隣接または混在する場所において、1樹種あたり100本以上について、これまでに累積された剥皮の有無と剥皮の形態を調べた。調査した林齢は、長野がヒノキの24、29年生、スギの24、29年生の計4か所、小野谷がヒノキの28、37、37、38年生、スギの35、37、37、38年生の計8か所、岩屋がヒノキの41、42、44、46、46、50年生、スギの41、42、42、46、50年生の計11か所である。

## 3. 結果

### 1) 角こすり

角こすりによる剥皮は、樹皮が剥がされ木部が面状に露出した場合と面状の木部露出がなく溝状痕のみの場合がみられた。露出した木部表面には縦や斜め方向に長く走る筋状の痕跡があり、一部では木部にまで達する傷や木部表面に泥が付着していた。

月ごとの角こすり被害発生率の推移を図-1に示した。剥皮は年や調査地によって多少異なるものの、8月下旬から2月にかけて発生し、3月から7月の間は発生しなかった。そこで、8月から翌年2月までをその年の発生期間とすると、発生期間における本数被害率は、小野谷では2006年が9.9%、2007年が9.5%、2008年が10.3%、長野では2006年が1.7%、2007年が3.1%、2008年が3.1%で、いずれの年も小野谷の発生率が高かった。発生率は9～11月が高く、この期間に発生した剥皮は1発生期間内に発生した剥皮の83%以上を占めていた。形態別では、溝状痕のみの剥皮は8月を除いて全ての剥皮発生月で発生したが、木部が露出した剥皮は1月以降発生しな

った。また、各月に発生したすべての剥皮に占める溝状痕のみの剥皮の割合は、1発生期間において月の経過とともに増加する傾向を示した(図-2)。

林床の掻き起こしは両調査地とも8~12月にみられ、9月または10月に増加し、痕跡数は長野にくらべ小野谷が多かった(図-3)。月あたりの掻き起こし痕数と角こすり発生率の間には、高い正の相関がみられた(図-4)。

2) 根張り剥皮

長野では、根張りから剥皮される被害が調査期間中頻繁に発生したが、小野谷では2008年12月に1か所発生したにすぎなかった。そこで、長野における

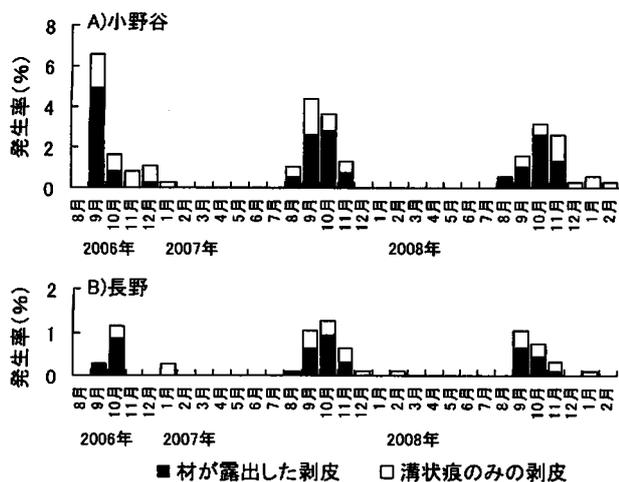


図-1. 角こすり害の月別発生率

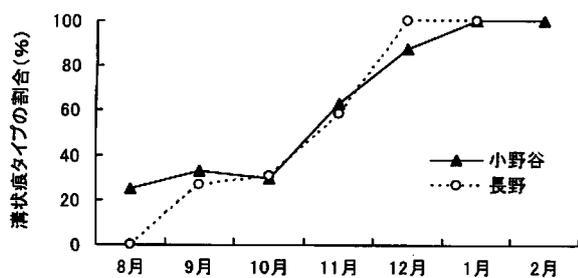


図-2. 角こすり害に占める溝状痕剥皮の割合  
2006年, 2007年の平均値を示す。

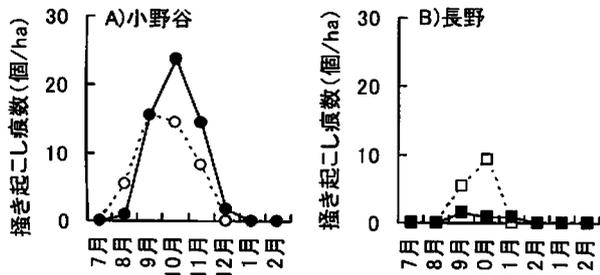


図-3. 掻き起こし痕数の月別推移  
点線は2007年, 実線は2008年の推移を示す。

月ごとの発生率の推移を図-5に示した。根張り剥皮は樹幹部の剥皮と異なり、年によって異なるもののほぼ1年をとおして発生し、6月に集中していた。

剥皮部は支持根にとどまる場合が多かったが、約3割は樹幹にまで達していた。春から秋に発生した剥皮のほとんどは内樹皮が剥がされ、剥皮部の中央付近に点状の傷がわずかに残っている程度で、明瞭な痕跡は確認できなかった。しかし、冬に発生した剥皮では内樹皮が残る場合が多く、表面には明瞭な二筋の短い傷が認められた。

2007年5~9月にかけて発生した剥皮では、散乱樹皮割合は $86.1 \pm 16.0\%$  (平均値 $\pm$ 標準偏差)であった。これに対し、散乱内樹皮割合は $14.8 \pm 15.2\%$ と少なく、最大でも59.5%であった。

剥皮面積(y)は、剥皮部の長さ $\times$ 最大幅から求めた長方形面積(x)と高い相関を示し(図-6,  $R^2 = 0.995$ ,  $p < 0.01$ ),  $y = 0.53x + 9.20$ の回帰式を得

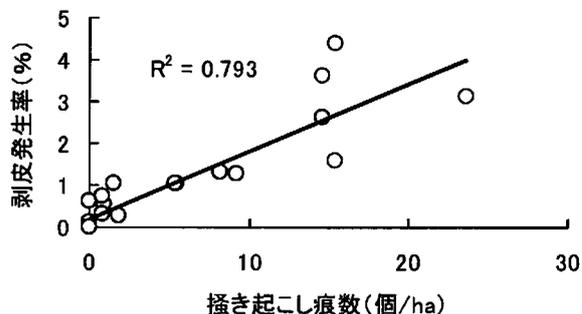


図-4. 掻き起こし痕数と角こすり発生率の関係

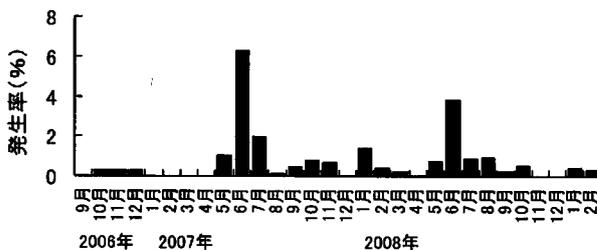


図-5. 根張り剥皮の月別発生率

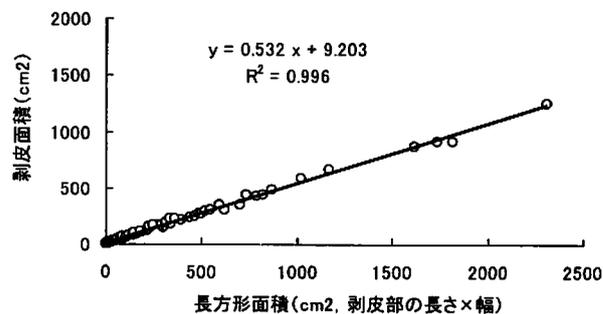


図-6. 剥皮面積と剥皮部の長さ, 最大幅から求めた長方形面積の関係

た。そこで、この式により2007年5月から2008年10月にかけて発生した228か所について剥皮面積を算出した。1か所あたりの剥皮面積は、2007年は6月と10月、2008年は5～8月が大きかった(図-7)。

### 3) 樹種による被害発生傾向

角こすり害は3調査地とも発生し、3調査地の平均被害率は、ヒノキが25.7%、スギが4.4%で、ヒノキが有意に高かった(KS検定; $p < 0.01$ )。スギの被害率は、ヒノキの被害率が高い調査地で高くなる傾向がみられた(図-8)。これに対して根張り剥皮は、長野、小野谷のヒノキでのみ発生していた。

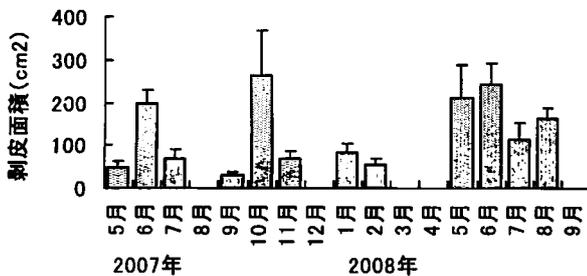


図-7. 根張り剥皮の1か所あたり剥皮面積の推移  
垂線は標準誤差を示す。

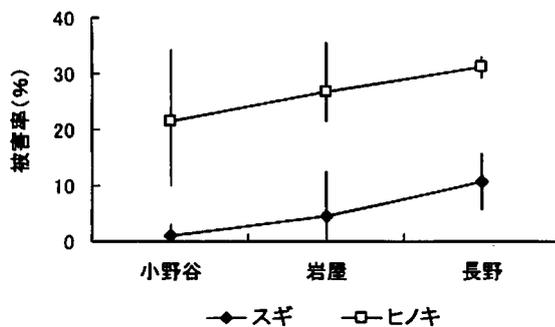


図-8. スギとヒノキの角こすり被害率  
垂線は標準偏差を示す。

## 4. 考察

角こすりは8月下旬から発生しはじめた(図-1)。この時期は、IV節で述べるように、オス成獣の角の化骨化時期と一致している。角の化骨化はオスの発情と連動し、発情したオスはこすりつけ(体の一部を樹木などにこすりつける)、前足かき(前足で地面を掻く)、角つき(下層植生に角をこすりつける)などのマーキング行動を盛んに行うようになる(三浦, 1980)。両調査地でみられた角こすりは、前足かきや角つきの痕跡数と相関が高く(図-4)、オスによるマーキング行動として発生したと考えられた。

一方、主に根張りから剥皮されるタイプは、発生時期、剥皮部の傷跡が明らかに角こすりと異なっていた。尾崎(2004)は兵庫県のスギで今回と同様な剥皮を調査し、剥皮形態から樹液をなめるための剥皮ではないかと推察している。本研究で剥皮部と地上に落下した樹皮の面積を測定した結果、外樹皮の86.1%は落下していたのに対し、内樹皮は14.8%にとどまっていた。また、冬に発生した剥皮部には菌痕と思われる傷が認められた。これらのことから、本調査地で発生した根張りタイプの剥皮は、外樹皮を剥皮後内樹皮を採食した、樹皮採食と考えられた。

スギ、ヒノキの幼齢木では、冬期～春期に樹幹の樹皮が採食され、その要因として餌不足が指摘されている(飯村, 1980; 大井・糸屋, 1995; 尾崎・塩見, 1998; Ueda *et al.*, 2002)。しかし、今回のヒノキ24年生林分で見られた樹皮採食は、草本類や樹木の新葉が展葉する5～7月に集中的に発生しており(図-5)、餌不足との関連性は低いと考えられた。このようなスギ、ヒノキの樹皮採食が春から夏に集中的に発生する例は、兵庫県や三重県でも報告されている(尾崎, 2004; 佐野, 2009)。一方、尾崎・塩見(1998)は兵庫県のスギ幼齢木の樹皮採食が春期に集中的に発生する原因として、餌の欠乏以外に樹液の流動開始による樹皮の剥がれやすさを指摘している。今回の調査でも剥皮が集中的に発生した5～7月は、調査員が根張り部を踏みつけただけで容易に樹皮が剥がれた。また、年によって異なるが、剥皮される面積は5月から10月が大きく、冬は小さかった(図-7)。これらのことから、今回の調査地においてもシカは樹皮が剥がれやすい時期に樹皮を利用したと考えられた。

今回の調査では、樹皮採食、角こすりとも明らかにヒノキを選択的に剥皮していた(図-8)。このような樹種選択性は、樹皮採食で知られている(鎌田ほか, 2008)。スギ、ヒノキの樹皮採食については、福岡県ではヒノキに多発していたが、兵庫県ではスギに多発し(尾崎, 2004)、三重県ではスギ、ヒノキ両樹種で発生しており(佐野, 2009)、好んで選択される樹種は地域によって異なるようである。角こすりの樹種による被害率の違いについては、熊本県でヒノキが17.4%、スギが12.5%であったという(宮島・草野, 2003)。角こすりについても、選好される樹種に地域性があるのかもしれない。樹種選択性は、開発された防除手段を先行的に講じる場所を選定する際の重要な情報となるため、今後、多くの地域での調査が必要である。

### Ⅲ. 剥皮害とシカ密度の関連性の解明

#### 1. 研究目的

前節でも認められたが、シカによる剥皮害は樹皮採食と角こすりに区分される(安藤・柴田, 2006)。シカ密度と被害の関連性については、樹皮採食では認められているが(尾崎・塩見, 1998)、角こすりについては認められていない(島根県農林水産部林政課, 1991)。このことは、発生している剥皮害のほとんどが角こすりである九州(池田ほか, 2001)では、シカによる被害軽減を目的として実施されている個体数調整の根幹にかかわる問題である。そこで、剥皮害とシカ密度の関係について検討した。

#### 2. 調査地および調査方法

##### 1) 広域調査によるシカ密度と剥皮害発生の関係

福岡県では、福岡県特定鳥獣(シカ)保護管理計画に基づいたシカの個体数調整の効果を評価するために、糞粒法によるシカの生息密度(以下、シカ密度)モニタリング調査を実施している。この調査は、調査対象地域の中から国土地理院の第3次地区区画(約1km四方の区画で、以下3次メッシュとする)を一つおきに市松模様になるように抽出された区画において、任意に設定された約400mのライン上を10m間隔で3人並び、10m前進するたびに1m×1mの方形枠内のシカの糞粒数をカウントし、シカ密度推定プログラム「FUNRYU」(池田ほか, 2006)によりシカ密度が推定されている。本研究では、福岡県添田町から東峰村にかけての森林で、2008年2月から3月に実施された18か所のモニタリング調査に同行し、ライン上に出現したスギ、ヒノキの本数と昨年秋以降に剥皮されたと推測される剥皮痕が新しい被害木の本数を調べた。そして、スギ、ヒノキが50本以上出現した調査地の被害率とシカ密度との関係を樹種別に比較した。

##### 2) 豊前市岩屋地域におけるシカ密度と剥皮害発生の経年変化

豊前市岩屋地域においても、前述とは異なる方法

でシカ密度モニタリング調査が実施されている。この調査では、1994年から毎年約90haの地域に約200m間隔で10m×10mの方形枠を18または19か所設定し、冬期に枠内のシカ糞粒をカウント後すべて除去し、2~3か月後に再び枠内の糞粒数をカウントし、Taylor・Williams(1956)の方法によりシカ密度が推定されている。この地域内で2003年から2008年にかけて間伐された14林分において、2006年、2008年に間伐木の中から585本の被害木を切断し、剥皮後の巻き込み年輪数と間伐年をもとに剥皮発生年を推定した。調査した林分の林齢、間伐年、調査本数を表-1に示す。推定密度の推移が剥皮発生と連動するかを調べるため、(i年に発生したと推定された剥皮数)/(調査本数-i年以降に間伐された調査本数)を剥皮発生頻度とし、i年の推定密度と比較した。

#### 3. 結果

##### 1) 広域調査によるシカ密度と剥皮害発生の関係

今回の調査で確認された剥皮は、全て角こすりによるものであった。角こすり被害率は、シカ密度が高いほど増加する傾向を示した。相関の程度は樹種で異なり、スギに比べヒノキが高かった(図-9)。

##### 2) 豊前市岩屋地域におけるシカ密度と剥皮害発生の経年変化

この地域で確認された剥皮は、全て角こすりによるものであった。結果を図-10に示す。角こすりの発生頻度は1978年以降1993年にかけて増加し、1995年以降減少する一山型を示した。シカ密度は1994年から2001年にかけては年による変化が大きかった。2002年以降は2006年に増加したが、緩やかに減少していた。シカの密度調査が行われた1994年以降の各年のシカ密度と角こすりの発生頻度の相関は低かった( $R^2=0.221$ )。しかし、毎年の変化が大きかったシカ密度を平滑化すると、シカ密度は減少する傾向を示し、角こすりの発生頻度の傾向と一致していた。

図-11に隣接した林分A、Eの角こすり発生頻度の推移を示す。発生頻度が高い、あるいは低い年は、林分によって異なっていた。

表-1. 調査林分の概要

林分番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	計
林齢*	32	32	32	41	43	47	43	42	51	51	51	39	48	52	
間伐年	2003	2003	2003	2003	2004	2005	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	
調査本数	70	40	15	7	15	51	113	31	14	28	21	97	32	51	585

\*間伐時における林齢を示す。

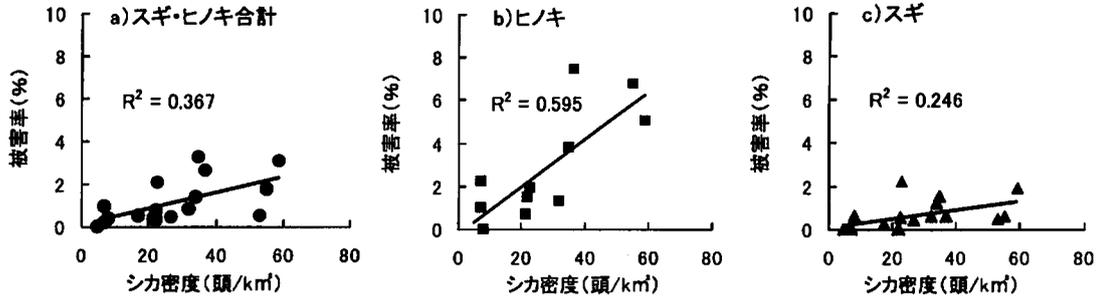


図-9. スギとヒノキの角こすり被害率とシカ密度の関係

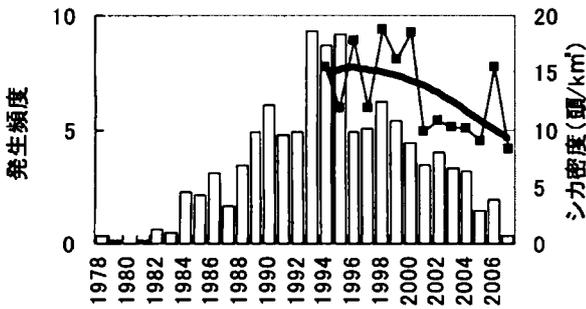


図-10. 豊前市岩屋地域における間伐木から推定された角こすり害発生頻度とシカ密度の推移  
 パーは発生頻度, 折れ線はシカ密度の推移, 太実線は折れ線を平滑化した推移を示す。

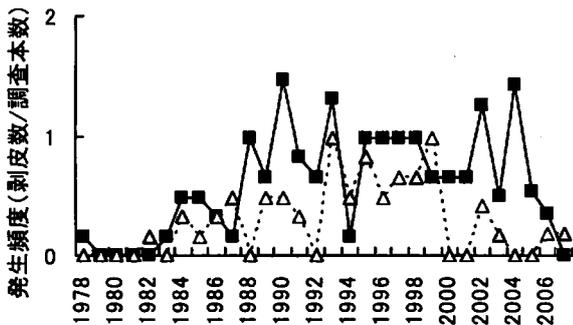


図-11. 豊前市岩屋の隣接したヒノキ2林分における剥皮発生頻度の推移

4. 考察

角こすり害はシカ密度が高い地域ほど多発する傾向を示していた(図-9)。したがって、現在県内で行われているシカの個体数調整は、枝葉採食害だけでなく、剥皮害の軽減にも有効と考えられた。

角こすり害は、久留米市やうきは市など最近シカの生息が確認されはじめた地域でも発生している。このことは、角こすり害がシカ密度が低い場所でも発生することを示している。造林木の枝葉採食害では、シカが生息しているにもかかわらず被害が発生

しない地域があることが報告されているが(小泉, 2002), 角こすりはオスの発情と連動したマーキング行動に由来するため、オスが生息する場所ではシカ密度が低い場所でも発生すると考えられる。

豊前市岩屋地域の調査では、地域全体の角こすり発生頻度はシカ密度の年変動に同調する傾向を示したが(図-10), 林分によって角こすり発生頻度の動向は異なっていた(図-11)。また、前節で剥皮害の発生時期を調査した嘉麻市長野と同市小野谷の角こすり被害率は、長野が1.7~3.1%, 小野谷が9.5~10.3%と両地域で異なっていたが、福岡県が両地域で2007年2月に複数の林相を含むライン上で実施した糞粒法により推定されたシカ密度は、長野が34.8頭/km², 小野谷が36.8頭/km²と差がなかった。このようなシカ密度と林業被害の発生率が林分によって異なることは、枝葉採食害でも報告されている(三浦, 1999; 池田, 2005)。このことは、被害とシカ密度の関係をみるためには、林分単位ではなく、広域的に検討する必要性を示していると考えられた。

IV. 被害発生地を利用したシカの個体特性の解明

1. 研究目的

九州で発生している剥皮害のほとんどである角こすりは、前節で示したように密度に依存して発生する傾向が認められた。しかしながら、被害が発生している林分では、隣接した林分やシカ密度水準が同レベルにもかかわらず、被害率が大きく異なる場合がみられた。このような現象は枝葉採食害でも報告されており、その原因として、被害地の環境条件、被害形態、被害地における動物の土地利用状況、隣接地域の餌量、動物個体群の動態などが指摘されている(三浦, 1999)。そこで、角こすりの発生量と被害地を利用したシカの個体構成の関係について検討した。

2. 調査地および調査方法

調査地は、II節で剥皮害の発生時期を調査した嘉麻市小野谷、同市長野のヒノキ林である。小野谷は標高470~530mの尾根部、長野は標高530~570mの谷~尾根部で、林床は小野谷では高さ20~80cm程度のナガバノモミジイチゴ、コガクウツギ、サルトリイバラ、ヒメバライチゴ、フエイチゴ、チヂミザサ、シダ類などが広範囲に生育しているのに対し、長野では林冠が開けた場所を除き、高さ20cm程度のサルトリイバラ、ヒメバライチゴ、ミツバアケビ、シダ類などが疎らに点在している。

発生時期調査用に設定した固定木の範囲内に、赤外線センサーによる自動撮影カメラを2007年3月1日までに両調査地とも4台ずつ、その後、小野谷では2007年11月と12月に各1台、長野では2007年9月に2台の合計12台設置し、2009年2月まで2週間または1か月間隔で点検を行った。使用したカメラは12台のうち11台がフィルムカメラ(トールマスター、フジプランニング、東京)、1台がデジタルカメラ(FieldNote DCs600、麻里府商事、山口)で、両調査地とも獣道の確認ができなかったため、立木が少なく比較的見通しの良い場所や下層植生の多い場所に40~80m間隔で設置した。特にデジタルカメラは、動物の検知からシャッターが切れるまでにタイムラグがあることから、長野の調査地の中でも下層植生が多く、シカの食痕が認められた場所に設置した。カメラ設置後、撮影頻度が低い場所や太陽光の入射によると思われる無効撮影が多かった場所については、設置場所を移動した。なお、小野谷では2008年7月に間伐が行われたため、7月1日から間伐作業が終了した8月10日まで撮影を中止した。また、小野谷に設置した1台は8月に再設置後不具合が頻発したため、8月以降は解析対象としなかった。

撮影された画像は全てデジタル化し、撮影日時の記録と動物種の確認、シカについては性、発育クラス、角のポイント数を判定した。角がない個体の発育クラスは、幼獣と亜成獣の判別が難しい画像が多

かった。また、オスでは被写体の向きや画像の鮮明度、立木の陰などで角の分枝数(ポイント数)を判定できない個体がみられた。そこで、ここではメスのうち体サイズや頭部の形態から成獣と推定された個体を「メス」、オスについては体サイズや頭部から頸部にかけての形態から3ポイント以上と推定された個体を「オス成獣」、幼獣や亜成獣、雌雄の判別ができなかった個体を「不明」とした。

1つの画像に同一種または別種の動物が複数頭撮影されていた場合、撮影された頭数をその種の出現回数とした。ただし、30分以内に連続して撮影されていた場合、明らかに別個体と判別できたものを除き、1回の出現としてカウントした。そして、出現回数をカメラが正常に作動していたと判断された日数(有効稼働日数)で除した値を単位カメラ・日あたりの撮影頻度(以下、撮影頻度)として算出した。

3. 結果

1) 自動撮影カメラによる撮影状況

2007年3月から画像解析が終了した2009年1月まで、間伐作業のために一時的に調査を中止した小野谷の8月を除いて、カメラは毎月作動した。月ごとのカメラの有効撮影日の割合(有効稼働日数/(月の日数×カメラ台数)×100)は、長野では期間をとおして75%以上であったが、小野谷では2007年6月から8月にかけて低下した月があった(図-12)。両調査地における撮影結果を表-2に示す。有効稼働日数は、小野谷が2,792.1日、長野が3,505.1日で、

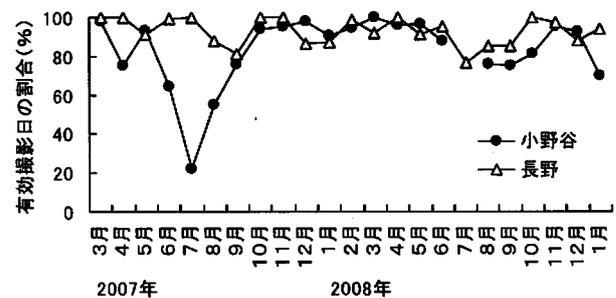


図-12. 自動撮影カメラの月別稼働状況

表-2. 2007年3月から2009年1月にかけて撮影された動物類

調査地	有効稼働日数	有効撮影枚数	野生動物の撮影枚数(下段は有効撮影枚数に占める割合(%))											
			シカ	ノウサギ	イノシシ	アナグマ	テン	アライグマ	タヌキ	キツネ	イヌ	キクガシラ コウモリ	鳥類 <sup>1)</sup>	不明
小野谷	2,792.1	2,086	1,196	125	36	15	9	5	3	1	5	0	0	12
			57.3	6.0	1.7	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6
長野	3,505.1	1,838	931	107	15	19	12	12	18	0	7	1	8	36
			50.7	5.8	0.8	1.0	0.7	0.7	1.0	0.0	0.4	0.1	0.4	2.0

1) 鳥類の内訳は、シロハラ(3枚)、ヤマドリ(2枚)、キジバト(1枚)、トラツグミ(1枚)、カケス(1枚)である。

撮影された画像のうち調査やメンテナンス時、機材の不具合、太陽光の入射によると思われる画像を除いた有効撮影枚数は、小野谷が2,086枚、長野が1,838枚であった。撮影された動物は小野谷が9種、長野が14種で、両調査地ともシカが最も多く、シカが撮影された画像の有効撮影枚数に占める割合は、小野谷が57.3%、長野が50.7%であった。

2) シカの撮影頻度

シカの撮影頻度の推移を図-13に示す。小野谷では月によって増減はあるものの、2007年12月まではほぼ安定していたが、2008年2月は増加した。3月には減少し、その後8月までは2007年12月までの頻度で推移したが、9月以降増加した。長野では2007年11月にかけて増加したが、12月から2008年4月にかけて低下し、7月以降再び増加した。長野における撮影頻度は、小野谷に比べ季節や年による変化が少なかった。小野谷では2008年7月に間伐が実施されたが、8月の撮影頻度は6月の値よりやや低下したものの、9月は6月の値より増加していた。

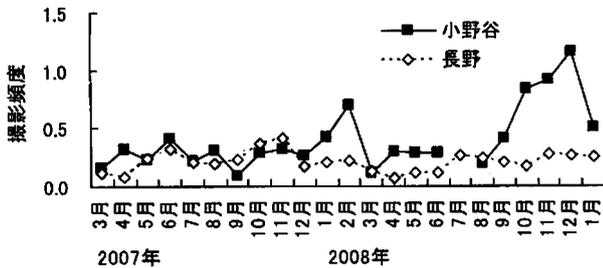


図-13. 嘉麻市小野谷，長野のヒノキ林におけるシカの撮影頻度の推移

3) シカの雌雄別撮影頻度と角こすりの関係

雌雄別撮影頻度の変化を図-14に、オスの発育クラス別撮影頻度の変化を図-15に示す。メスの撮影頻度は、小野谷，長野とも一時的に低下した、または増加した月があったものの、全期間を通してみると安定していた。一方、オスの撮影頻度は、両調査地とも季節による変化が大きかった。小野谷では2007年7月までは低く、9月を除き8月から2008年2月まで高い値で推移した。撮影頻度は3月になると急激に低下し、6月まで低い値で推移したが、8月以降再び増加した。2007年8月の増加は成獣の加入によるもので、成獣はその後減少し、2008年3月以降はほとんど撮影されなかった。その後成獣の撮影頻度は10月に急激に増加した。

長野におけるオスの撮影頻度は、2007年は6月と10、11月をピークとした二山型を示し、3月、4月、

8月にはオスは全く撮影されなかった。2008年は1月から6月まで低く、7月以降増加し、撮影頻度の季節変化には年による違いがみられた。しかし、成獣の撮影頻度は両年とも春から夏にかけて低く、9月以降増加した。

両調査地で8月から9月にかけて撮影されたオスの角の発育状況は、4ポイントでは8月が14個体、9月が7個体で判定でき、8月28日までに撮影された8個体は全て軟毛皮で覆われていたが、2007年8月29日に撮影された個体は枝角先端部の軟毛皮が脱落し、化骨化した角が露出していた。9月に撮影された個体は全て化骨化していた。3ポイントでは8月が1個体、9月が2個体で判定でき、2008年8月20日に撮影された個体は軟毛皮で覆われ、2008年9月8日の個体は軟毛皮が脱落中であつた。2ポイントでは2個体で判定でき、2008年9月4日の個体は軟毛皮で覆われていたが、同年9月22日の個体は化

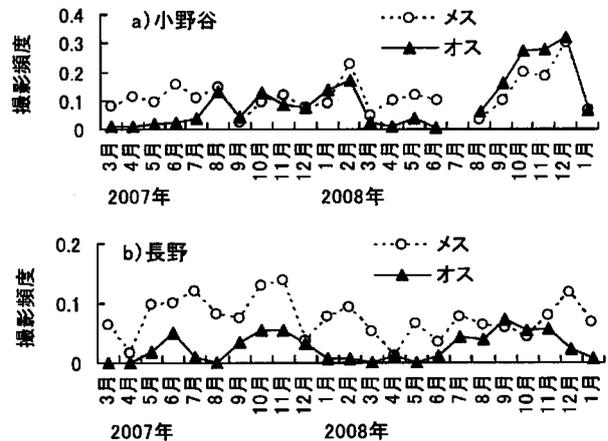


図-14. 雌雄別撮影頻度の推移

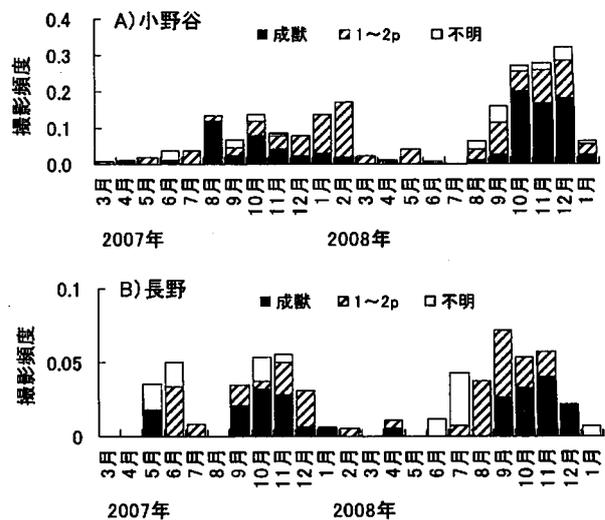


図-15. オスの発育クラス別撮影頻度の推移  
成獣は3ポイント以上の発育クラスを示す。

骨化していた。1ポイントでは8月が7個体、9月が14個体で判定でき、9月18日までに撮影された20個体は軟毛皮で覆われていたが、9月27日の個体は化骨化していた。

オス成獣（以下、Ma）の撮影頻度の変化は、小野谷の2007年9月、長野の2008年11月を除いて1か月ごとの角こすりの発生率の変化とよく符合していた（図-16）。小野谷の2007年9月は、成獣だけでなくオスの撮影頻度が低かった（図-14）にもかかわらず、角こすりの発生率は最も高かった。そこで、オス成獣（Ma）とメス（F）の比率（Ma/F比）を算出した結果、Ma/F比は2007年、2008年とも小野谷では8月から、長野では4月、5月に増加する月があるものの、両調査地とも9月から急激に増加した後緩やかに減少するパターンを示し、角こすりの発生傾向と一致していた（図-17）。また、角こすり発生率が高かった小野谷でMa/F比も高く、特に、角こすりが集中的に発生した9～11月の両調査地を込みにした1か月ごとの角こすり発生率とMa/F比は正の相関を示した（ $R^2=0.584$ ）。

角こすりが集中的に発生した9～11月のオス成獣の撮影頻度は、2007年は長野が0.027、小野谷が0.049、2008年は長野が0.033、小野谷が0.136と、角こすり発生率が高かった小野谷において2倍から4倍近く高かった。そこで、9～11月の角こすり発生率とMa/F比の関係を調査地別でみると、オス成獣の撮影頻度が高かった小野谷ではMa/F比と角こすり発生率の間には高い正の相関がみられるのに対し、オス成獣の撮影頻度が低かった長野では、Ma/F比が増加しても角こすり発生率は増加しなかった（図-18）。

4. 考察

オスの角の化骨化時期については、判定できた撮影画像は少なかったものの、4ポイントのオスほど早く、発育クラスが低年齢であるほど遅かった。このような傾向は三浦（1978）の報告と一致していた。4ポイントの角の化骨化は、8月下旬頃からみられた。オスは角の化骨化が進むと、角を樹木などにこすりつけ、外側を覆っている軟毛皮をはがす行動を行う（古賀、1977）。また、角の化骨化の完成はオスの発情と同調し、発情期に入ったオスは前足かきやこすりつけなどのマーキング行動を行うようになり、それは3ポイント以上のオスによってそのほとんどが行われる（三浦、1980）。今回、長野、小野谷でみられた角こすりの

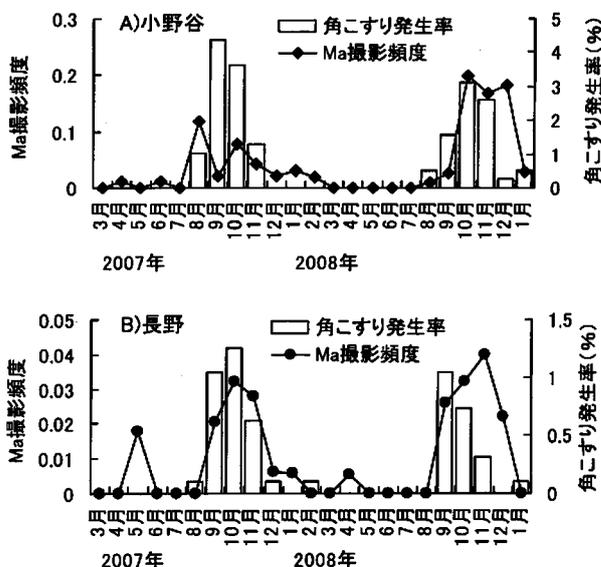


図-16. オス成獣（Ma）の撮影頻度と角こすり発生率の推移

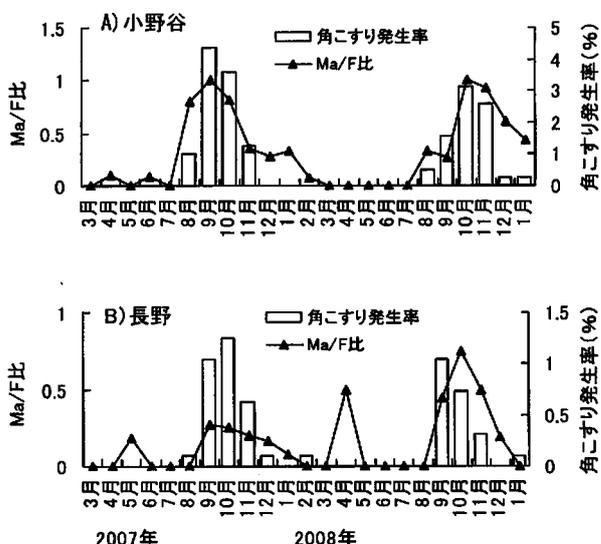


図-17. オス成獣とメスの比（Ma/F比）と角こすり発生率の推移

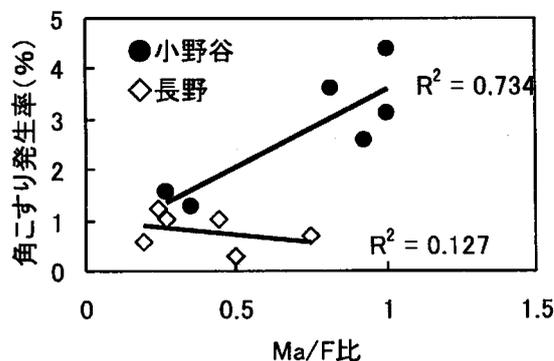


図-18. 調査地別にみた Ma/F比と角こすり発生率の関係

発生状況は、このような角の化骨化時期やマーキング行動の発生傾向と一致していた。

両調査地ともメスの撮影頻度は季節変化が少なかったが、オス成獣は8月頃から急激に増加し、発情後期になると減少した(図-15)。このようなメスの定住傾向と発情期におけるオス成獣の移動は、西南日本各地の報告(池田, 2001; 矢部ほか, 2001; 石塚ほか, 2007)と一致していた。

角こすりの発生率は両調査地で異なっていた。島根県弥山山地では、角こすりが多発する原因として、地域個体群のオスの割合が高いことが指摘されている(島根県農林水産部林政課, 1991)。本研究では、シカがマーキング行動を盛んに行う9~11月におけるオス成獣のメスに対する比が高いと角こすり発生率が高くなる傾向が認められた(図-17)。このことから、角こすりの発生には地域個体群の性比だけでなく、発情期にその地を利用したシカの性比も関与していることが考えられた。

しかし、オス成獣とメスの割合と角こすり発生率の関係は、長野と小野谷で異なっていた。奈良公園でオスのマーキング行動を詳細に調べた三浦(1980)は、発情期におけるオスのマーキング行動は他個体の行動に反応して生起する場合があります、それは異性間よりむしろオス間の相互行動との結びつきが多いことを報告している。今回の調査地では、角こすりが集中的に発生した9~11月のオス成獣の撮影頻度が高かった小野谷では、角こすり発生率とMa/F比の相関が高かった(図-18)。撮影頻度は実際にその地を利用した動物の個体数を反映しているとは限らないが、角の形状から2007年9~11月に撮影されたオス成獣は少なくとも小野谷で10個体、長野で6個体が識別され、撮影頻度の調査地間比率とほぼ同じであった。これらのことから、林分における角こすりは、オス成獣が高い頻度で利用し、オス成獣のメスに対する比が高い条件下で多発すると考えられた。

今回の調査地で角こすり害を発生させたオスは、発情期に周辺部から移動してきたと考えられた。長野、小野谷両調査地とも同一山塊の標高500m前後の北向きを中心とした緩やかな斜面に植栽されたヒノキ林であるが、下層植生は小野谷が豊かなのに対し長野は極めて疎らであった。このような下層植生の違いがオス成獣の利用頻度に影響したという明確な根拠は今回の調査からは得られなかった。一方、オス成獣の利用頻度の違いが角こすりの発生率に影響する一要因となっていることから、発情期にお

けるオス成獣の環境選択性は角こすり被害を軽減するための重要な手がかりになると考えられた。

## V. 剥皮害発生時期の自動記録装置の開発

### 1. 研究目的

剥皮時期の調査は、調査者が定期的に現地へ出向き、調査木を1本ずつ観察する方法が行われており、調査者の負担となっている。そこで、剥皮日を自動的に記録する装置の開発を行った。

### 2. 材料および調査方法

レコーダーは、市販の転倒感知器 TMCARD (黒田電気(株))を用いた。この機器は、外部に取り付けられているピンを抜くとピンを抜いた日時が、機器が90°以上傾くと、傾いた日時とピンを抜いた日時が表示されるようになっている。

そこで、自動記録装置のデザインは、剥皮センサーとして木綿糸を使用し、木に巻いた木綿糸が剥皮によって切断されると、テグスでピンと結ばれたおもりが落下し、ピンが抜ける仕掛けとした(「むける君」; 図-19)。TMCARDのピンの位置には、ペットボトルのキャップを半分に切り、1.5~2mmの穴を開けたキャップを接着し、その穴にテグスを通し、おもりで引かれたテグスがピンと一直線になるようにした。2006年に設置した「むける君」は、風による振動やテグスが樹皮の粗皮に掛ることによると思われるピンの抜けが発生した。そこで、2007年からは、ピンにパラフィルムを薄く伸ばしたものを巻き付け、むける君設置時にはテグス周辺の粗皮を除去した。

むける君の設置は、8月下旬~9月上旬に行い、木綿糸を張る高さは角こすりによって剥皮される頻度の高い50~60cmとし、TMCARDの取り付け高は約1.5mとした。設置数は2006年が小野谷に133個、2007年が小野谷に79個、長野に70個、2008年が小野谷に92個、長野に74個の計448個である。

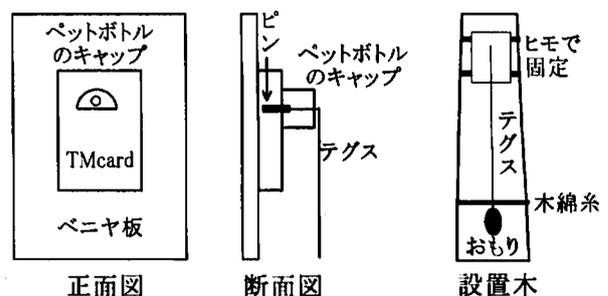


図-19. 剥皮時刻自動記録装置のデザイン

3. 結果および考察

角こすりが多発する11月までに剥皮センサーが正常にもかかわらずピンが抜けた誤作動率は、2006年は21.1%であったが、ピンの改良と粗皮の剥皮を行った2007年は4.0%、2008年は3.0%であった。そこで、誤作動率が低かった2007年、2008年に作動した8個について集計した(図-20)。このうち7個は18時台から4時台にかけての夜間に発生していたが、1個は13時台であった。

むける君設置木では、角こすりは発生したが、剥皮位置が剥皮センサーからズレていたものもみられた。このような剥皮を含めたむける君設置木の角こすり発生率は、長野では2007年が4.3%、2008年が0%、小野谷では2007年が5.1%、2008年が5.4%であった。両調査地における角こすり発生率は、長野では2007年が3.1%、2008年が3.1%、小野谷では2007年が9.5%、2008年が10.3%で、むける君設置木での発生率は長野の2007年を除いて低かった。設置木でみられた剥皮のほとんどは、無設置木と同様な剥皮が発生しており、設置木での剥皮率の低さは、シカが角こすりを忌避したのではなく、設置本数が少なかったことによると判断している。

今回開発した自動記録装置は、完全に誤作動を制御できなかったが、発生日だけでなく、発生時刻まで記録することが可能であった。装置の作成、設置に手間はかかるが、交尾期のオスの行動を知る新たなツールになると考えられた。

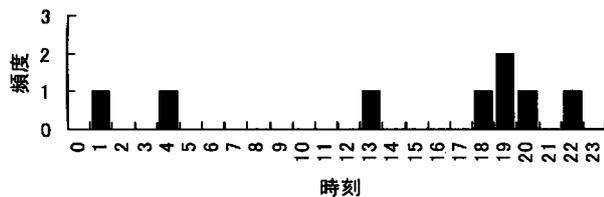


図-20. 2007年, 2008年に自動記録装置「むける君」で記録された角こすりの時刻別発生頻度

VI. おわりに

本研究により、シカによるヒノキの樹皮採食害が福岡県でも発生していることが明らかになった。スギ、ヒノキ人工林の樹皮採食については、これまで東日本から報告されていたが(大井・糸屋, 1995; Ueda et al., 2002), 近年、西日本でも報告されるようになった(尾崎, 2004; 佐野, 2009)。広葉樹では樹皮採食により枯死する例が各地でみられてお

り、シカによる樹皮採食は、今後スギ、ヒノキ人工林における重大な被害になる可能性がある。そのため、樹皮採食の発生要因を明らかにし、被害対策の解明を急ぐ必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、嘉飯山森林組合、豊築森林組合には試験地の設定で、福岡県森林林業技術センター井上忠司、山下政宏、堤 昭広の各氏には調査でご協力いただいた。厚く感謝します。

引用文献

安藤正規・柴田叡弉(2006) なぜシカは樹木を剥皮するのか?. 日林誌88: 131-136.  
 飯村 武(1980) シカの生態とその管理—丹沢の森林被害を中心として—. 149pp, 大日本山林会, 東京.  
 池田浩一(2001) 福岡県におけるニホンジカの生息および被害状況について. 福岡県森林研報 3: 1-83.  
 池田浩一(2005) 福岡県におけるニホンジカの保護管理に関する研究. 福岡県森林研報 6: 1-93.  
 池田浩一・遠藤 晃・岩本俊孝(2006) 糞粒を用いたシカ生息密度の調べ方. 森林防疫 55: 169-176.  
 池田浩一・桑野泰光(2008) 福岡県古処山地におけるシカによる造林木剥皮害の発生時期. 九州森林研究 61: 101-104.  
 池田浩一・小泉 透・桑野泰光(2009a) 古処山地のヒノキ林で2007年に発生した角こすりとシカの利用頻度. 九州森林研究 62: 102-105.  
 池田浩一・小泉 透・桑野泰光(2009b) スギ, ヒノキ人工林におけるシカによる角こすり害の発生要因. 森林防疫 58: 206-211.  
 池田浩一・小泉 透・矢部恒晶・宮島淳二・讚井孝義・吉岡信一・吉本喜久雄・住吉博和・田實秀信(2001) 九州におけるニホンジカの生態と被害防除. 森林防疫 50: 167-184.  
 石塚 譲・川井裕史・大谷新太郎・石井 亘・山本隆彦・八丈幸太郎・片山敦司・松下美郎(2007) 季節, 時刻および植生が大阪のニホンジカ(Cervus nippon)の行動圏に及ぼす影響. 哺乳類科学 47: 1-9.  
 金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄(1998) 島根半島弥山山地におけるニホンジカの角こすり剥皮害回避試験. 森林防疫 47: 48-52.

- 鎌田淳志・安藤正規・柴田叡弍 (2008) 樹種選択性, 選好性樹木の分布および土地利用頻度からみた大台ヶ原におけるニホンジカによる樹木剥皮の発生. 日林誌 90 : 174-181.
- 古賀忠道 (1977) シカの角について. (世界の動物分類と飼育 [偶蹄目 I]. 今泉古典他著, 120pp, 東京動物園協会, 東京). 84-86.
- 小泉 透 (2002) 九州におけるニホンジカによる森林被害の現状. 九州森林研究 55 : 162-165.
- Kondoh, H., Ikeda, K., Koizumi, T. (2007) Spatial estimation of sika deer population density distribution. J. For. Plann. 13: 1-14.
- 三浦慎悟 (1978) 奈良シカの年周期活動 I 発情期のオスを中心に. 昭和52年度天然記念物「奈良のシカ」調査報告, 春日顕彰会, 3-12.
- 三浦慎悟 (1980) 奈良公園におけるニホンジカの行動・社会学的研究IV 発情期におけるオスのマーキング行動 (予報). 昭和54年度天然記念物「奈良のシカ」調査報告, 春日顕彰会, 65-86.
- 三浦慎悟 (1999) 野生動物の生態と農林業被害 共存の論理を求めて. 174pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
- 宮島淳二・草野静代 (2003) 熊本県におけるシカ被害の実態. 九州森林研究 56 : 222-224.
- 大井 徹・糸屋吉彦 (1995) ニホンジカによるスギ食害の発生時期と造林地の餌量との関係. 日林東北支誌 47 : 91-92.
- 尾崎真也 (2004) 兵庫県におけるニホンジカによるスギ壮齢木の樹皮摂食害の実態. 森林応用研究 13 : 69-73.
- 尾崎真也・塩見晋一 (1998) ニホンジカによるスギ幼齢木樹皮摂食害—被害, 糞粒密度および林床植生の関係—. 森林応用研究 7 : 135-138.
- 佐野 明 (2009) ニホンジカによるスギ、ヒノキ若・壮齢木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴. 哺乳類科学 49 : 237-243.
- 島根県農林水産部林政課 (1991) 島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査 (II) —生息の分布様相, 生息数および被害回避試験—. 54 pp.
- Taylor, R. H. and Williams, R. M. (1956) The use of pellet counts for estimating the density of populations of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.). New Zealand J. Sci. & Technol. Sec. B 38 : 236-256.
- Ueda, H., Takatsuki, S., and Takahashi, Y. (2002) Bark stripping of hinoki cypress by sika deer in relation to snow cover and food availability on Mt. Takahara, central Japan. Ecol. Res. 17 : 545-551.
- 矢部恒晶・小泉 透・遠藤 晃・関 伸一・三浦由洋 (2001) 九州中央山地におけるニホンジカのホームレンジ. 日林九支研論 54 : 131-132.

作業路での土砂移動と枝条散布による抑制効果<sup>1)</sup>

佐々木重行・茅島信行・桑野泰光

Repression effect on erosion from yarding path by scattering branches

Shigeyuki SASAKI, Nobuyuki KAYASHIMA, Yasumitsu KUWANO

佐々木重行・茅島信行・桑野泰光：作業路での土砂移動と枝条散布による抑制効果 福岡県森林研報 11 : 33~38, 2010 再造林放棄地では無秩序に作業路が開設されることが多く、土砂の流亡の危険性があるため近年問題となっている。そこで、作業路からの土砂の移動と、スギの枝条散布による土砂移動の抑制効果について検討した。作業路では林内と比較して細土、礫、有機物の移動量がそれぞれ7~20倍、5~35倍、1~10倍といずれも作業路で多かった。また、作業路内では轍部分での移動量が轍以外の部分より多かった。これは、轍では転圧のため土壌硬度が高く土壌孔隙が低いためと考えられた。また、細土、礫、有機物の移動量は降水量と密接な関係が見られた。スギ枝条を作業路に散布したところ、細土、礫、有機物の移動量はそれぞれ1/2~1/8、1/3~1/20、1/6以下に減少した。このことから、枝条散布による土砂移動の抑制効果が確認された。

キーワード：作業路、土砂移動、轍、スギ枝条散布

## I. はじめに

木材の集材・搬出には、架線、林内作業車、高性能林業機械等、様々な機械が使用される。このためには林道や作業道、作業路は欠かせない。特に、高性能林業機械を使用して集材・搬出を行う場合には、作業路は必須条件となる。林道や作業道の開設は、急斜面が多い我が国においては地形改変を伴うため、崩壊や土砂流亡が危惧される。また、水土保持上、土壌は保水性を発現する基盤として重要であり、その流亡は保水性の低下をもたらすと考えられる。林道の表面侵食については福蔭ほか(1984)、古谷ほか(1984)やパヤッティポン(1988)の報告がある。しかし、林地での集材・搬出に使用される高性能林業機械や林内作業車が通行する作業路での土砂の流亡について研究された事例は見あたらない。

また、近年の材価の低迷や林業不振によって造林地を伐採しても再造林しないいわゆる再造林放棄地の増加が指摘されている(村上ほか, 2007)。再造林放棄地では伐採の際、低コストと搬出効率のみを考えるため、作業路が無秩序にかつ高密度で開設される可能性が高い。このため、再造林放棄地では、作業路からの土砂流亡が一般の伐採造林地より多くなることが懸念される。

そこで、本研究では作業路での土砂流亡の現状と、土砂流亡を抑制するためのスギ枝状の散布効果について検討した。

## II. 調査場所と方法

## 1. 土砂移動量の測定方法

調査は福岡県田川郡添田町の県営林内で2005年5~12月に土砂受け箱を設置して行った。本調査地では、2003年に受光伐が行われており、木材搬出のため作業路が新たに開設された。その作業路と、対照区として近辺にあるスギ、ヒノキの複層林を対照区として調査した。土砂受け箱は植生の侵入が見られる中傾斜(平均傾斜17°)の作業路(作業路1)、植生がほとんど見られない急傾斜(平均傾斜20°)の作業路(作業路2)、中傾斜(平均傾斜17°)の作業路(作業路3)、緩傾斜(平均傾斜12°)で1991年に開設された古い作業路(作業路4)にそれぞれ5個ずつ設置した。作業路の幅が2m程度であるため、各作業路での土砂受け箱は、轍部分に3個と轍と轍の間の中央部に2個に分け、同じ作業路の上部と下部それぞれ約5m程度離し設置した。土砂受け箱は幅25cm、高さ15cm、奥行き20cmの木製の枠を作成し、木枠の下部の底面前縁に前方へ水平にブリキ製のエプロン板を取り付けた。それと反対の背面

1) 本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(旧農林水産省高度化事業)「九州地域における再造林放棄地と水土保持機能評価及び植生再生手法の開発」の中で行った。

外部には 30 メッシュのサランネットを取り付け、そこからは水だけを通し、土砂が箱から流れ出ないようにした。サランネットの下辺は木枠底面に外れないように固定し、上辺と左右両辺は押しピンで脱着可能な状態にとめた(塚本, 1999)。

土砂の回収はほぼ月 1 回の割合で行った。回収した土砂は 105℃で 72 時間乾燥し、全重量測定後、水中で礫、有機物を分離した後 105℃で 72 時間乾燥しそれぞれの乾燥重量を測定した。全重量から礫、有機物を差し引いた値を細土の乾燥重量とした。これらの乾燥重量をいずれも移動量とした。

## 2. 枝条の散布

スギの枝条を 2006 年 6 月に作業路 2, 3, 4 で下部に当たる土砂受け箱の前面に散布した。スギの枝条の散布は生重で約 20kg (乾燥重量 3.1kg) を幅 2 m, 長さ 1 m, 厚さ約 15 ~ 20cm になるようにした。枝条散布後の土砂移動量の測定は 2006 年 11 月まで行った。

## 3. 土壌硬度と土壌円筒による孔隙解析

土壌硬度の測定は、山中式土壌硬度計(プッシュコーン DIK-5552 大起理化学工業株式会社製)を用いて、表層(0 cm)と深さ 5cm, 10cm, 20cm について、作業路 1 ~ 4 の轍と中央部で測定した。

土壌の採取は 100ml の土壌円筒を用いて深さ 0 ~ 5cm, 15 ~ 20cm で行った。孔隙解析は、pF0 ~ 0.7 (大孔隙)は砂柱法(砂柱法キット DIK-3520 大起理化学工業株式会社製)、中孔隙(pF0.7 ~ 1.7)、小孔隙(pF1.7 ~ 2.7)、細孔隙(pF2.7 以上)は加圧板法(多容量土壌 pF 測定器 DIK-3420 大起理化学工業株式会社製)を用いて行った。

## Ⅲ. 結果および考察

### 1. 作業路からの土砂移動

測定期間中(2005 年 6 月 ~ 12 月)の各作業路と複層林における細土、礫、有機物の平均移動量を図-1 に示す。細土の平均移動量は作業路 1 ~ 4, スギ複層林, ヒノキ複層林それぞれで 0.082kg, 1.853kg, 1.150kg, 0.592kg, 0.030kg, 0.043kg であった。細土の移動量は、急傾斜である作業路 2 で最も多く、次いで作業路 4, 作業路 3, 植生がある作業路 1, スギ複層林, ヒノキ複層林の順であった。作業路 1 では他の作業路と比較して、細土の移動量が 1/7 から 1/20 以下と少なかった。林地での細土の移動について、東(1989)は同様の土砂受け箱で測定した林地での移動量を取りまとめた結果、下層植生を伴わない林分では流亡細土量が増加するとしている。作

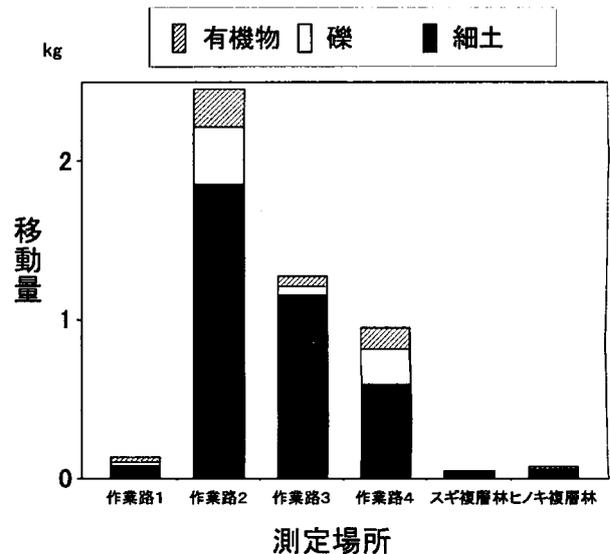


図-1. 細土、礫、有機物の平均移動量

業路での細土の移動に関して、林地の場合と同様に地表面に植生があれば少なくなり傾斜が急であれば多くなると考えられる。礫の平均移動量は作業路 1 ~ 4, スギ複層林, ヒノキ複層林それぞれ 0.021kg, 0.364kg, 0.058kg, 0.217kg, 0.007kg, 0.010kg であった。有機物の平均移動量は作業路 1 ~ 4, スギ複層林, ヒノキ複層林それぞれ 0.028kg, 0.236kg, 0.061kg, 0.141kg, 0.011kg, 0.021kg であった。礫や有機物の移動量は細土と同様にスギ, ヒノキの複層林では作業路と比較して少なかった。土砂受け箱の前面 1 m × 1 m の植生の被度は、作業路 1 ではほぼ 100%であったのに対して、他の作業路やスギ複層林での下層植生の被度は 5%以下であった。ヒノキ複層林の下層植生の被度は 50%と高かった。これは、2003 年に行われた受光伐の効果が発現したと考えられる。落葉腐植層の被度はスギ複層林では 100%, ヒノキ複層林では 80%以上であった。作業路 1 では 100%, 作業路 2, 3, 4 では 10%以下であった。下層植生の被度が高く落葉腐食層の被度も高いヒノキ複層林と作業路 1, 下層植生の被度は低い落葉腐植層の被度が高いスギ複層林では土砂移動量が少なかったことから、土砂流亡の抑制には下層植生だけでなく、落葉腐植層も重要であると考えられる。

作業路を移動する土砂が作業路表面のどこを移動しているかを見るために、作業路の轍、轍と轍の間の作業路中央での細土の移動量を図-2 に示す。細土は轍部分で多く作業路中央で少なかった。これは、作業路からの土砂流亡は、作業路内で均一に発生するのではなく、水が集積する轍を通路として発生し

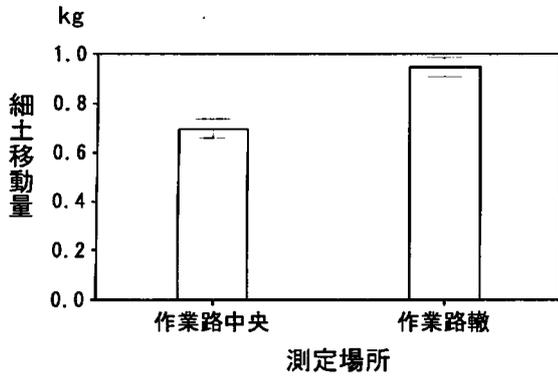


図-2. 作業路中央、轍での細土移動量  
バーは標準偏差

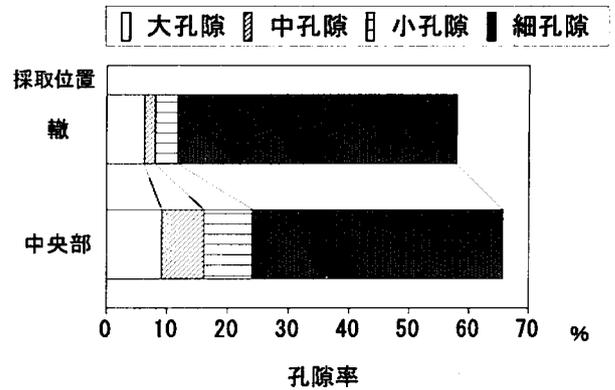


図-4. 轍と中央部の孔隙率 (0~5cm)

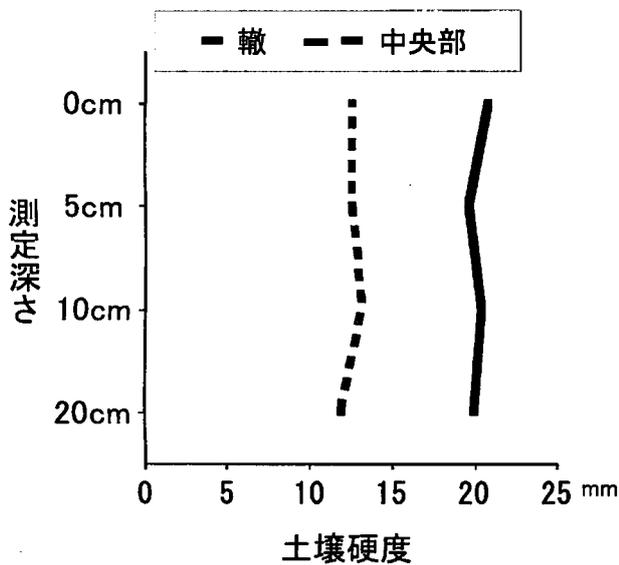


図-3. 轍と中央部の土壌硬度

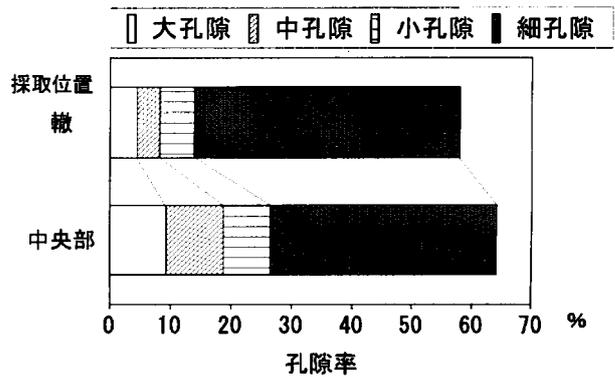


図-5. 轍と中央部の孔隙率 (15~20cm)

ていると考えられる。轍の特性を見るために、作業路1~4での轍と轍の中央部の平均土壌硬度、孔隙率を図-3, 4, 5に示す。表層から深さ20cmの平均土壌硬度は、轍では19.6~20mm、中央部では11.9~13.2mmであり、轍の方が約1.6倍高かった。深さ0~5cmの平均大孔隙率、中孔隙率、小孔隙率及び全孔隙率は中央部ではそれぞれ9.3%、6.8%、8.1%、65.6%、轍ではそれぞれ6.3%、1.8%、3.7%、57.9%で、轍がいずれも低く中央部が高かった。深さ15~20cmの平均大孔隙率、中孔隙率、小孔隙率及び全孔隙率は中央部ではそれぞれ9.2%、9.5%、7.8%、64.1%、轍ではそれぞれ4.4%、3.9%、5.7%、57.9%で、轍がいずれも低く中央部が高かった。土壌中を移動しづらいため、渓流水となって利用され無い水が貯留される細孔隙率は、深さ0~5cm、15~20cmの轍ではそれぞれ46.2%、43.9%、中央部ではそれぞれ41.5%、37.7%であり、轍が中央部よ

りも高かった。降った雨が浸透し自由に移動して導配水の役割を果たす大孔隙率が低いことや、貯留機能を果たす中・小孔隙が轍で低いことは、水土保持機能上の保水性が悪いことを意味している。これは、轍が中央部と比較して0~20cmの土壌硬度が高いこととあわせて、林内作業車やフォワーダ等の走行による転圧によって土壌が締め固められたためと考えられる。これらのことから、轍では水の浸透が悪いだけでなく、保水性も劣り、作業路路面の他の部分より低いため水が作業路を流れる時に土砂も一緒に流亡させていると考えられる。

林地での土砂流亡量は降水量と関係が深いとする報告(中村, 1983; 井上ほか, 1987; 岩川ほか, 1987A; 塚本, 1989など)がある。そこで、調査地点に最も近い添田町のアメダスデータを用いて、降水量と作業道での土砂移動の関係をみた。土砂の回収期間の降水量と細土、礫、有機物の移動量との関係を図-6, 7, 8に示す。作業路の場合も、細土、礫、有機物とも降水量と正の相関が見られた。特に、細土ではいずれの作業路でも高い相関(相関係数0.86以上  $p < 0.05$ )が見られた。危険率5%以下で相関が見られたのは礫で作業路3、有機物では作業路1、3であった。これは、礫はその大きさによって降水

時に流されるとは限らないこと(岩川ほか1987B)や、有機物は作業路にどの程度存在するかによって決まるため、降水との関係が出現しにくいと考えられた。

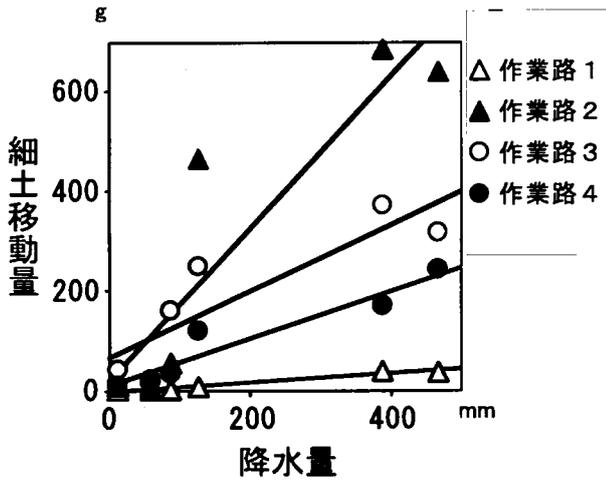


図-6. 降水量と細土の移動量の関係

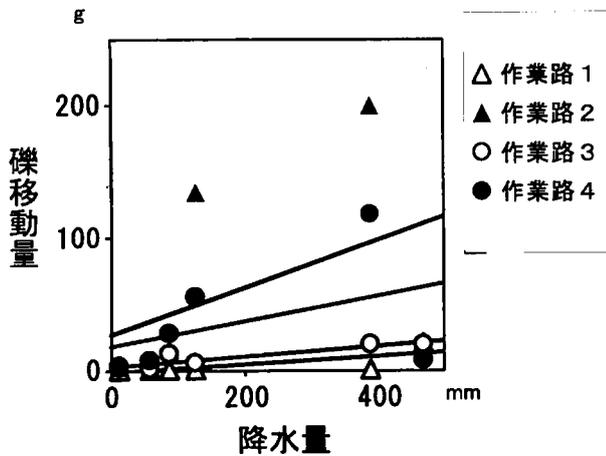


図-7. 降水量と礫の移動量の関係

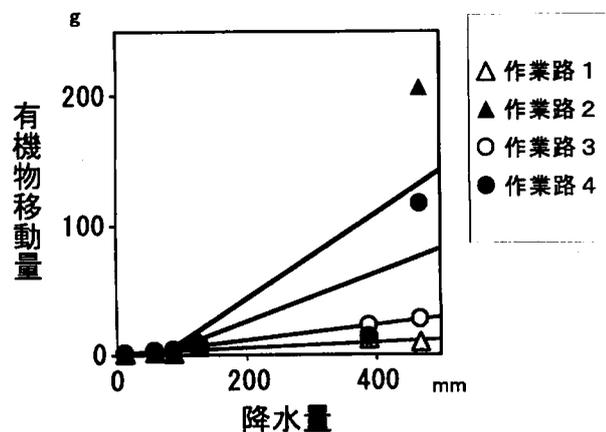


図-8. 降水量と有機物の移動量の関係

## 2. 枝条散布後の土砂移動量

作業路2, 3, 4におけるスギ枝条散布前後の細土, 礫, 有機物の平均移動量の変化を図-9, 10, 11に示す。細土の作業路2~4での平均移動量は散布前がそれぞれ1475g, 875g, 176gであったものが、散布後は642g, 101g, 95gとなり、それぞれ約1/2, 1/8, 1/2に減少していた。同じく礫の平均移動量は散布前がそれぞれ214g, 35g, 45gであったものが、散布後は11g, 6g, 14gとなり、それぞれ約1/20, 1/6, 1/3に減少していた。有機物についても平均移動量は散布前がそれぞれ198g, 55g, 46gであったものが、散布後は31g, 8g, 6gとなりいずれも1/6以下に減少していた。枝条散布前6ヶ月と散布後6ヶ月の降水量は1143.5mm, 2221mmで、枝条散布後の降水量が2倍近く多かつたにも関わらず、移動量が大幅に減少したことは、一般林地での地表面を覆う落葉腐植層の効果(岩川ほか, 1987A, 1987B; 東, 1989)やトラクタ作業路を緑化したものと同じ効果(市原, 1988)が枝条散布により発揮されたと考えられる。このように枝条散布によって作業路での細土, 礫, 有機物を含んだ土砂移動量が減少したことから、枝条の散布は作業路からの土砂流出を抑制する効果が期待できると考えられた。次に、枝条の散布前後の土壌硬度を図-12, 13に示す。散布前の深さ20cmまでの土壌硬度は作業路2, 3では13mm前後、作業路4では18mm前後であった。作業路4で土壌硬度が高かったのは、開設から年月が経過し、表士の柔らかい部分が流出し、基盤に近い硬い土壌層が表面に出てきたためと考えられた。散布後の土壌硬度は、いずれの作業路でも散布前の土壌硬度と大きな違いが見られなかった。また、土壌硬度と土壌孔隙は関係が深く、土壌硬度が高ければ、土壌孔隙も低い(竹下ほか, 1977)とされる。このことから、枝条の散布は、土砂の移動の抑制には効果があるが、短期間での土壌の改善までには至らないと考えられる。また、土壌硬度が高ければ植生の侵入も遅れる(遠藤ほか, 1988)とされる。しかし、山瀬ほか(2009)は、森林内での移動土砂には埋土種子が多く含まれることを指摘している。このことから、土砂移動を抑制することで、埋土種子の流出を抑制し、作業路での植生の回復を早め、その結果、土壌の改善が促進される可能性があると考えられる。

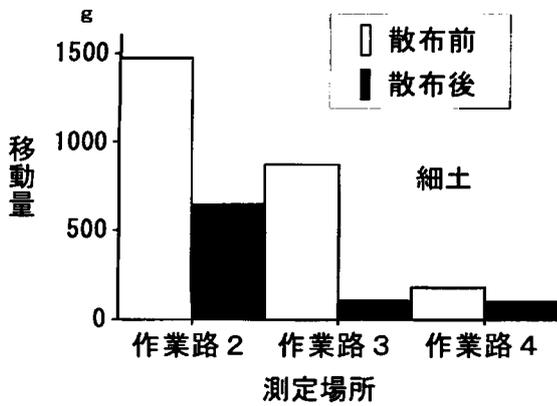


図-9. 細土の移動量の変化

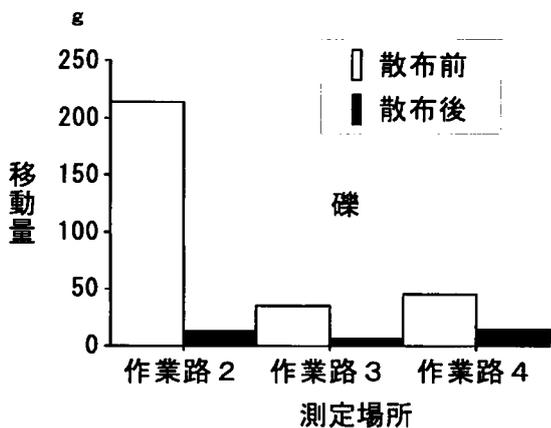


図-10. 礫の移動量の変化

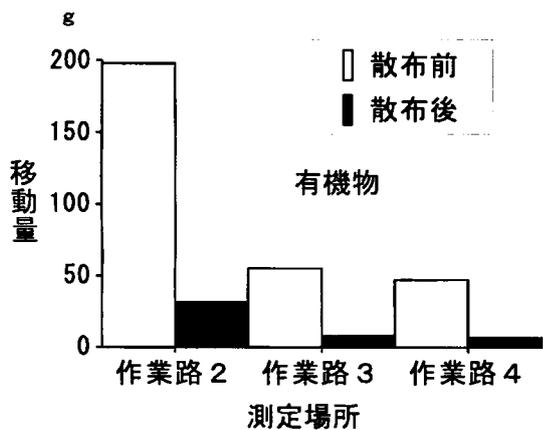


図-11. 有機物の移動量の変化

IV. まとめ

本調査では植生のある作業路や傾斜の異なる作業路での土砂の移動や土壌硬度、孔隙などの土壌特性を測定した。作業路ではスギ、ヒノキ複層林と比較して細土、礫、有機物の移動量がそれぞれ7～20倍、5～35倍、1～10倍といずれも作業路で多かった。細土の移動量は傾斜の急な作業路で多く、下層植生の被度が高い作業路では少なかった。また、

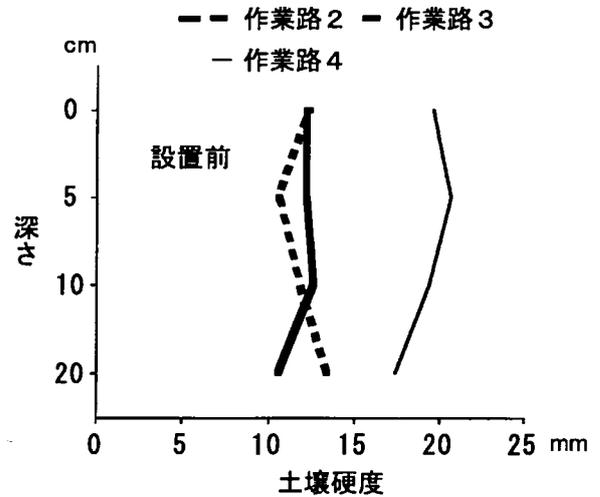


図-12. 枝条散布前の土壌硬度

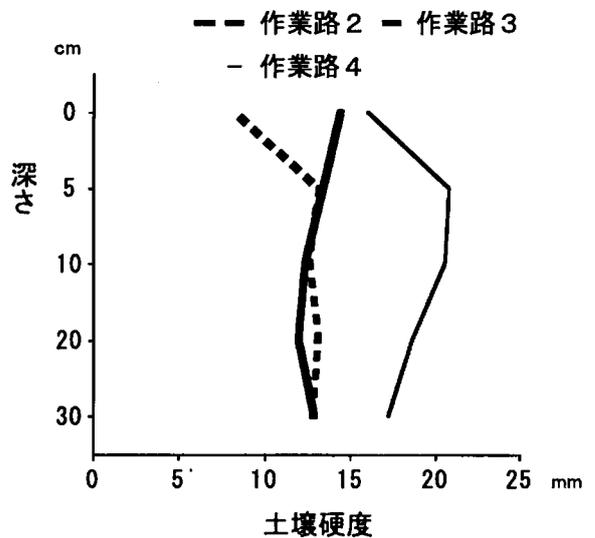


図-13. 枝条散布後の土壌硬度

細土、礫、有機物の移動量は降水量と密接な関係が見られた。作業路内では轍部分での移動量が轍以外の部分より多かった。これは、轍では林内作業車やフォワーダなどが通行する際、キャタピラーなどで転圧するため土壌硬度が高くなるとともに、土壌孔隙が低いため、路面を降った雨が流れる際、土砂が水と共に移動すると考えられた。

スギの枝条を作業路に散布したところ、細土、礫、有機物の移動量はいずれも減少した。このことから、作業路からの土砂の流亡防止には、スギの枝条散布が有効であることが分かった。しかし、短期間の散布では土壌硬度などの改善までには至らなかった。今後は、スギ以外の樹種の枝条や散布重量および方法について検討すると共に、散布による植生の定着や土壌孔隙の改善に要する時間などの調査を実施する必要がある。

## 引用文献

- 遠藤利明・鈴木和次郎 (1988) トラクタ集材作業による裸出地における植生回復(II) - 集材路跡地の植生の回復 - . 日林論, 99 : 687-688
- 福嶋義宏・黒田幸夫・渡正昭 (1984) 林道路面の流出量と侵食土砂量. 京大演報, 56 : 145-154
- 古谷士郎・酒井徹朗・佐々木功 (1984) 林道の路面侵食について (V) 1980 ~ 1983 年に観測された流出土砂量等に関する総合考察 - . 京大演報, 56 : 155-165
- 東敏年 (1989) 林地貯水能の定量化に係わる因子の測定・分析に関する試験. 広島県林試研報, 23 : 45-91
- 市原恒一 (1986) トラクタ作業路面の緑化と流出土砂 (予報). 日林論, 97 : 633-636
- 市原恒一 (1988) トラクタ作業路面の緑化と流出土砂(III) - 廃道 2 年目と 3 年目の流出土砂量 - . 日林論, 99 : 685-686
- 井上揮一郎・岩川雄幸・吉田桂子 (1987) ヒノキ単純林における落葉および土砂の移動. 林試研報, 343 : 171-186
- 岩川雄幸・井上輝一郎・酒井正治 (1987A) 山腹斜面のヒノキ林におけるリターおよび土砂の移動について(I) - 移動量と斜面位置ならびに降水条件との関係 - . 日林関西支講, 38 : 49-52
- 岩川雄幸・井上輝一郎・酒井正治 (1987B) 山腹斜面のヒノキ林におけるリターおよび土砂の移動について(II) - 移動量と立地因子との関係 - . 日林関西支講, 38 : 53-56
- 村上拓彦・太田徹志・加治佐剛・溝上展也・吉田茂二郎 (2007) 時系列 LAMDSAT/TM データから得た抽出伐採地と再造林放棄地の分布. 九州森林研, 60 : 173-175
- 中村恭二 (1983) ヒノキ林地における土砂等の流出量について. 日林関西支講, 34 : 61-64
- パヤッティボンナロンカチャワナ (1988) 林道上の土砂移動について - 横断排水溝内に設置した簡易トラップによる - 測定. 日林中支論, 36 : 187-190
- 竹下敬司・高木潤治 (1977) 暖帯林の水保全環境に関する土壌及び地形的研究. 福岡県林試時報, 26 : 1-51
- 塚本次郎 (1989) 林地斜面における表層物資の移動 (I) 細土の移動. 日林誌, 71(12) : 469-480
- 塚本次郎 (1999) 森林立地調査法. 森林立地学会. 284pp. 博友社. 東京
- 山瀬敬太郎・関岡裕明・栃木大介・藤堂千景 (2009) 森林の侵食土砂中に含まれる埋土種子量. 緑化工学会誌, 35, 1 : 130-133

---

---

福岡県森林林業技術センター研究報告 第11号

平成22年3月31日発行

発行 福岡県森林林業技術センター  
〒839-0827 福岡県久留米市山本町豊田1438-2  
TEL 0942-45-7870  
FAX 0942-45-7901

印刷 信光社印刷有限公司  
〒838-0065 福岡県朝倉市一木32-1  
TEL 0946-22-2831  
FAX 0946-26-1186

---

---

<b>Studies on durability of sugi and hinoki in Fukuoka Prefecture</b>	1~5
Hideto MURAKAMI , Tatsuya URABE , Masanori YOSHITSUGU , Yukihiro KATAGIRI Atsuhiko HIROTA	
<b>Construction of cutting propagation system of pine wilt disease-resistant <i>Pinus thunbergii</i></b>	6~10
Masafumi OKAWA , Yasuhiro MORI , Fumihiko MIYAHARA	
<b>Current situation assessment of non-reforestation area in Fukuoka Prefecture</b>	11~15
Yasumitsu KUWANO , Shigeyuki SASAKI , Atsuhiko HIROTA , Nobuyoshi INOUE	
<b>Study on production technique of middle size bamboo shoots</b>	16~20
Hidenobu HAMACHI , Yasumitsu KUWANO , Yufu TANIZAKI , Sigeyuki NONAKA	
<b>Causes of bark-stripping damage by sika deer in Sugi-Hinoki plantations, Fukuoka Prefecture</b>	21~32
Koichi IKEDA , Toru KOIZUMI , Yasumitsu KUWANO	
<b>Repression effect on erosion from yarding path by scattering baranches</b>	33~38
Shigeyuki SASAKI , Nobuyuki KAYASHIMA , Yasumitsu KUWANO	

福岡県行政資料	
分類番号 PF	所属コード 4706205
登録年度 21	登録番号 0004