

薬剤注入, 巻枯らしによるスギ樹幹内の含水率変動†

池田潔彦

農林技術研究所森林・林業研究センター

Variation of moisture content of sugi tree by chemical injection or debarking the stem

Kiyohiko Ikeda

Forestry and Forest Product Research Center / Shizuoka Res.Inst.of Agric.and For.

Abstract

The variation in trunk moisture content (MC) of sugi (*Cryptomeria japonica* D.don) and heartwood color by chemical injection or debarking was investigated and the following conclusion was made. As for trunks processed by chemical infusion with a drill or flea, branches and leaves near the crown began to die after one and a half months, then the dying branches and leaves spread to the whole trunk. After a further six months, it withered completely. In the sapwood MC, after the 6-month elapse from the drill and the flea chemical infusion or debarking it produced a lower value compared with no processing, in trees more than six meters, and a significant difference was observed between chemical infusion and no processing. As for the heartwood MC, in the 6-month elapse, no significant difference was observed between the chemical injection or debarking and no processing.

キーワード：スギ, 薬剤注入, 巻枯らし, 含水率, 立木

I 緒 言

スギは、樹幹含水率が高く、特に心材含水率は他の針葉樹と比べて高くかつ個体間のばらつきが大きい。このため、柱や梁桁など建築用製材品の人工乾燥等を行う際に、乾燥仕上がり程度のばらつきや材面等に生じる割れ発生等の抑制が困難な要因になり、乾燥コスト面でも問題となる。このことは、今後、林齢増や長伐期化により生産される中・大径材では心材率が高まるためより問題となることが予想される。

このため、林地等において立木状態で樹幹含水率（特に心材含水率）及びそのばらつきを減少させる手法が確立されれば、製材後の乾燥エネルギーの削減が図れるとともに、伐倒木搬出の際にも重量減少により労働作業性やコスト削減も図れるなど、木材加工業や林業にとって有効な技術となる。

吉野、秋田地域では、古くからスギやヒノキの葉枯らしや巻枯らし（立皮剥）が行われ伐採木の重量減少を図るとともに、剥皮した樹皮の利用も行われてきた¹⁾。特に葉枯らしは静岡県内をはじめ全国各地域で実施され、

辺材含水率が顕著に減少することが報告されている^{6, 7)}。

近年では、立木の枯死を目的として、樹皮の環状剥皮等による巻枯らしや薬剤注入が実施されている。巻枯らしは、作業が比較的簡便かつ安全で、労働生産性や急激な疎開が生ぜず風害等に対する抵抗性が高いことから、間伐が遅れた針葉樹林分の効率的な施業手法として各地で実施され、枯死状況やその後の害虫発生状況等が報告されている^{4, 10, 18, 20)}。一方、立木への薬剤注入は、ニセアカシアやハリエンジュなど水源林や海岸砂防林の林種転換^{2, 16)}や、ケヤキ林等における形質不良木の除伐省力手法²⁷⁾、及び竹類の繁殖抑制⁹⁾に関する調査、研究が行われている。

立木の巻枯らしや薬剤注入を行った場合、枯死に至る過程では樹幹中の水分減少が予想されるため、それらは木材乾燥の前処理手法としても期待される。特に、スギの心材部への薬剤注入を行った場合、樹幹中の辺材及び心材の含水率が無処理木と比べて低く、乾燥前処理として有効であることを小林ら^{13, 14)}が報告している。ただし、心材含水率は個体間のばらつきが特に大きい^{5, 6)}、伐

†本報告の一部は、2008年度日本木材学会中部支部大会(大垣市)で発表した。

採木調査では多くのサンプル数に基づく検証が必要であるが、小林らの報告は少ないサンプル数による結果である。また、薬剤注入で水ストレスや生育障害を生じ枯死に至る過程で、心材の水分がどのような組織経路を経て移動し減少するのか理論的な考察がなされていない。一方、巻枯らしによる樹幹含水率の変動を調べた報告^{17, 19, 20)}では、いずれもサンプル数が少なく心材含水率の変動についても明確な言及がない。更に、薬剤注入や巻枯らしによる樹幹含水率の変動を継続して調べる際、従来の成長錘試片による方法では測定精度が悪く、計測作業面でも困難な場合が多いため、新たな非破壊評価方法の検討が必要である。

これらの背景に基づき、本研究では、スギ立木への薬剤注入もしくは巻枯らしによる樹幹中の含水率変動について検討した。

II 材料及び方法

1 試験地等の概況

試験地は、森林・林業研究センター構内（浜松市浜北区根堅 2542-8）の林齢 25 年生のスギ林分で、方位傾斜角が西向き 5 度、土壌型が褐色森林土 (Bd) である。試験時における立木密度は 4500 本/ha で、植栽後に間伐等の施業は実施していない。

2 供試木の概要と事前測定項目

供試木は 25 年生のスギ立木 40 本である。それらの樹高と胸高直径を計測した後、成長錘を用いて胸高部位より試片を採取し、全乾密度、平均年輪幅及び全乾法による含水率を計測した。また、含水率変化のモニター手法として、辺材部では繊維方向における応力波伝播速度を、心材部では横打撃共振周波数を事前に計測した。応力波伝播速度は、携帯型ヤング率測定器 (Tree Checker : 日本ビニロン(株)製) を用いた。立木の繊維方向における応力波伝播速度は、①式で示される。なお、応力波伝播速度は樹幹形成層付近の辺材を伝わる値である。

応力波伝播速度 =

$$(\text{ヤング率} / \text{みかけの密度})^{1/2} \dots \textcircled{1}$$

みかけの密度は立木自体の重量と立木中に含まれる水分量の和を立木の材積で除した値である。このため、もし、辺材含水率が減少した場合には、みかけの密度は減

少し、繊維飽和点以上でのヤング率は一定であるため、応力波伝播速度が早くなる。

横打撃共振周波数は FFT アナライザーと加速度ピックアップを用いて胸高部位付近で計測した。横打撃共振周波数は心材含水率と直径より②式で示される⁹⁾。

$$\text{横打撃共振周波数} = ((130 \times \text{ヤング率}) / (\text{密度} \times \text{心材含水率} \times \text{係数}) - 100)^{1/2} / \text{直径} \dots \textcircled{2}$$

このため、心材含水率の減少が生じた場合には横打撃共振周波数が増加する。

胸高直径、樹高、成長錘による含水率の各値が概ね均等になるように 4 区分し、薬剤の辺材注入と心材注入、巻枯らし、無処理の各 10 本を選定した。表 1 に供試木各 10 本の各計測項目の平均値を示す。

3 薬剤注入、巻枯らしの処理方法

供試薬剤は NC-622(グリホサートカリウム塩 48% の 2 倍希釈液を用いた。同薬剤はアミノ酸の一種であるグリシンとリン酸が結合した低毒性の物質である¹⁾。

薬剤の心材への注入は、小林ら^{13, 14)}と同様の方法により、ドリルで心材に至る深さ約 15cm、直径 5mm の孔を幹に対し 10 度下方に 1ヶ所開け、供試木径級 20cm 前後に適量とされる 20mL を注射器で行った。辺材への注入は、根元部の周囲 10 箇所、等間隔(7~8cm)にノミで下方斜めに辺材部に傷をつけ、全数 1 箇所当たり 2mL、合計 20 mL を注射器で行った。

巻枯らし処理は、比較的作業効率の良いとされる「一定幅で樹皮を剥ぐ」方法¹⁸⁾により、地上高 50~70cm の部位で形成層までナタを用いて環状剥皮した。

薬剤注入処理、巻枯らし処理ともに 2007 年 6 月 15 日に行った。

4 薬剤注入、巻枯らし後における測定

薬剤処理後、定期的に枝葉の変色状況を目視で調べた。処理後約 6 ヶ月経過時 (2007 年 12 月 13 日) に、成長錘による含水率、応力波伝播速度、横打撃共振周波数を計測した。その後、処理木毎に 5 本ずつを伐倒した後、それらを材長 2m 毎に玉切りし、各部位より厚さ 5cm の円板試片を採取し、辺材と心材の全乾法含水率と全乾密度及び分光色差計による L*a*b*値を調べた。処理後 15 ヶ月経過時 (2008 年 9 月 15 日) に残りの供試木を伐倒し、

表1 スギ供試木の概要 (各処理前における10本の平均値)

処 理	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	平均 年輪幅 (mm)	成長錘による含水率			全乾密度		動的 ヤング率 (kN/mm ²)
				心材 (%)	辺材 (%)	平均 (%)	心材 (kg/m ³)	辺材 (kg/m ³)	
薬剤心材注入	22.0	17.5	4.4	134	119	123	412	361	7.6
薬剤辺材注入	21.3	17.1	4.3	137	123	120	430	346	7.7
巻枯らし	21.4	17.2	4.3	135	107	121	428	366	7.4
無処理 (対照)	21.5	16.8	4.3	133	119	117	427	373	7.8

6ヶ月経過時と同様の計測を行った。

Ⅲ 結 果

1 処理後における針葉の変色

辺材及び心材に薬剤を注入した立木は、半月経過後から樹冠梢端付近の葉が先端部より枯れ始め、1ヶ月後に葉枯れが斑状に広がり始めた。その後、葉枯れは、両処理ともに樹冠全体に広がり、2ヶ月後では赤褐色化、6ヶ月後では茶褐色化した。一方、巻枯らしでは、6ヶ月後では葉先端部に僅かに変色がみられる程度であったが、1年後から樹冠梢端上部での赤褐色化が進み、15ヶ月後では樹冠全体が茶褐色化し、多くの個体で落枝がみられた。既報では、巻枯らしや薬剤注入によるスギ樹冠の葉枯れに至る期間が、薬剤注入による場合で処理後1~3ヶ月後^{11,13)}、巻枯らしでは1年~17ヶ月^{4,19)}とされ、本試験でもそれらとほぼ同様の結果であった。

2 薬剤注入、巻枯らしによる樹幹含水率の変動

薬剤注入、巻枯らし後、6ヶ月、15ヶ月経過時の樹高方向における辺材と心材の全乾法含水率について、表2に平均値を図1に各個体の変動状況を示す。

辺材含水率は、薬剤を辺材、心材に注入した場合、6ヶ月経過時では既往値²⁰⁾と比べて樹幹上部で低く、分散分析では樹幹部位6m以上では薬剤注入木と無処理木との間に危険率1%で有意差が認められた。15ヶ月経過時では、薬剤注入木の辺材含水率は、辺材及び心材注入ともに、6ヶ月経過時と比べ減少し、樹幹下部でも減少がみられた。

巻枯らしによる辺材含水率は、6ヶ月経過時では無処理と比べていずれの樹幹部位でも分散分析の結果、有意差が認められなかったが($p < 0.05$)、15ヶ月経過時では10~2m部位でいずれも40%以下となり、6ヶ月経過時や無処理木と比べて辺材含水率の減少が顕著であった。

心材含水率は、6ヶ月経過時では2種の薬剤注入、巻枯

表2 薬剤注入、巻枯らし処理後6ヶ月と15ヶ月経過時の各樹幹部位における辺材、心材の全乾法含水率

処理	処理後経過月	辺材 全乾法含水率(%)						心材 全乾法含水率(%)				
		2m	4m	6m	8m	10m	平均	2m	4m	6m	8m	平均
薬剤	6ヶ月	179	184	162	139	105	154	104	98	138	163	126
心材注入	15ヶ月	138	119	121	105	78	112	114	90	99	106	102
薬剤	6ヶ月	169	172	124	106	68	128	158	173	138	140	152
辺材注入	15ヶ月	120	84	47	25	23	60	118	99	103	52	93
巻枯らし	6ヶ月	174	211	207	194	190	195	147	148	157	162	154
	15ヶ月	72	31	30	29	26	38	117	71	51	38	69
無処理	6ヶ月	177	195	193	179	167	182	131	121	127	157	134
	15ヶ月	202	208	205	188	184	197	109	95	97	149	113

各処理・経過月ごと5本ずつの平均値

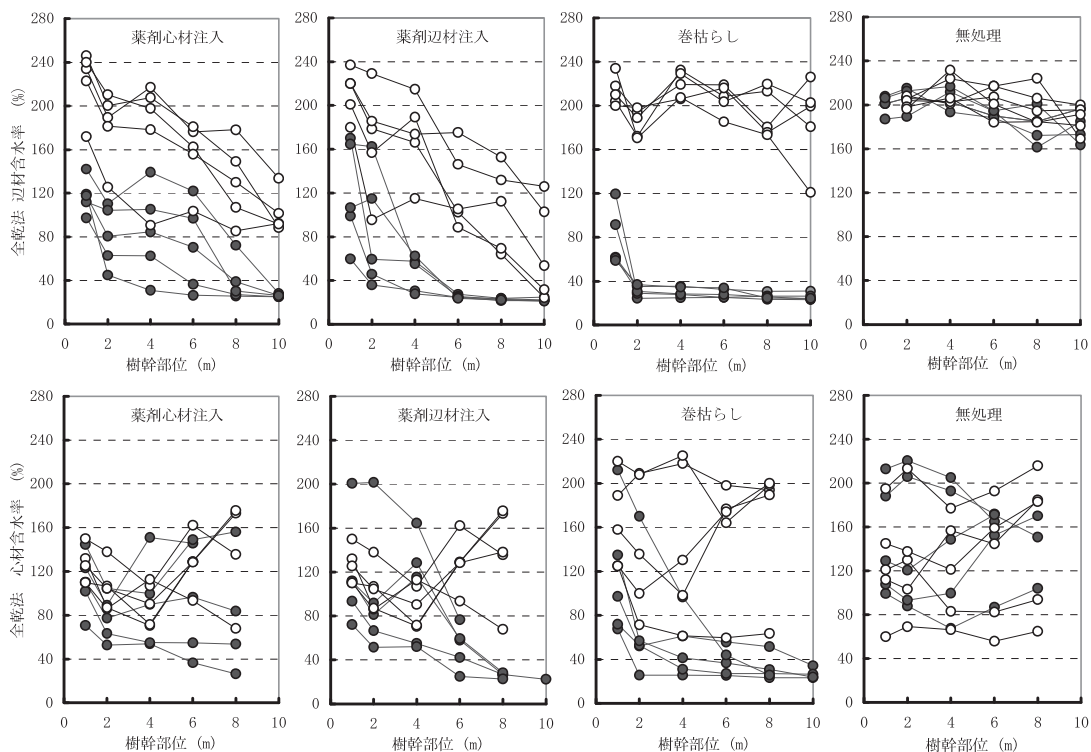


図1 薬剤注入、巻枯らし後、6ヶ月：○、15ヶ月：●経過時における樹幹部位の辺材と心材の全乾法含水率

らしともに、分布範囲が既往値⁵⁾と同様であり、それぞれ無処理木との間で各樹幹部位ともに分散分析の結果、有意差が認められなかった($p < 0.05$)。また、15ヶ月経過時でも、心材への薬剤注入の全てと辺材への薬剤注入の4m部位以下、巻枯らしの2m部位以下で無処理木との間に有意差が認められなかった($p < 0.05$)。

3 応力波伝播速度、横打撃共振周波数による評価

表3に処理時、処理後6ヶ月、15ヶ月経過時の応力波伝播速度、横打撃共振周波数を示す。また、応力波伝播速度の処理時と処理後6ヶ月、15ヶ月経過時の関係を図2に示す。応力波伝播速度は、薬剤注入、巻枯らしとも6ヶ月経過時と処理時の平均値に有意差が認められず($p < 0.05$)、前節で記した全乾法による辺材含水率でも2m部位の辺材含水率でも多くが高い状態にあった。一方、薬剤注入、巻枯らし後15ヶ月経過時の応力波伝播速度は、処理時と比べいずれも速く、それぞれ両者間の平均値にt検定の結果、有意差が認められた($p > 0.01$)。

横打撃共振周波数は、薬剤注入と巻枯らしともに、処理時と6ヶ月及び15ヶ月経過後の時点でいずれの処理個体及び平均値ともに変動が認められなかった($p < 0.05$)。

4 分光色差計による辺材・心材の材色(L*a*b*値)

表4に処理後、6ヶ月と15ヶ月経過時の辺材と心材の

L*a*b*値を示す。6ヶ月経過時での辺材では各L*a*b*値ともに分散分析の結果、各処理間で有意差が認められたが($p > 0.05$)、心材では認められなかった($p < 0.05$)。一方、15ヶ月経過時では、腐朽が生じており、辺材、心材ともに薬剤注入と無処理との間に有意差が認められた($p > 0.01$)。

IV 考 察

針葉樹の水分移動経路は、根の柔細胞を通して樹幹木部に入った後、仮導管を通して上昇し葉に到達し細胞間隙から気孔を経て大気中に蒸散する。水分(樹液)上昇のメカニズムは、現在では、葉からの蒸散で生じた吸水力(水ポテンシャルの低下)によって根から葉に至る連続した水柱を引き上げる凝集力-張力によると考えられている³⁾¹²⁾。樹幹が土壤乾燥により水ストレスを受けた場合や凍結した場合、仮道管内への気泡侵入でキャピテーション更にはエンボリズムが生じるが、通常使用していないその周囲の仮道管を水分通道に利用するなど様々な修復機能により、樹幹中での水柱の連続性を回復させ、樹液(水分)上昇を維持する³⁾。また、樹幹の一部を切断もしくは熱や毒素で殺した際にもほぼ同様の現象が起こる¹²⁾。本試験では、巻枯らし、薬剤注入により樹幹が衰弱、枯死に至る過程で、蒸散や水分通動組織など樹木生

表3 薬剤注入、巻枯らし時と6ヶ月、15ヶ月経過時の応力波伝播速度と横打撃共振周波数

処理	応力波伝播速度 (km/sec)			横打撃共振周波数 (Hz)		
	処理時	6ヶ月後	15ヶ月後	処理時	6ヶ月後	15ヶ月後
薬剤心材注入	2.74	2.77	2.95	1370	1375	1370
薬剤辺材注入	2.75	2.81	2.91	1375	1375	1375
巻枯らし	2.79	2.82	3.26	1380	1380	1380
無処理 (対照)	2.79	2.79	2.78	1385	1385	1385

各処理・経過月ごと5本ずつの平均値

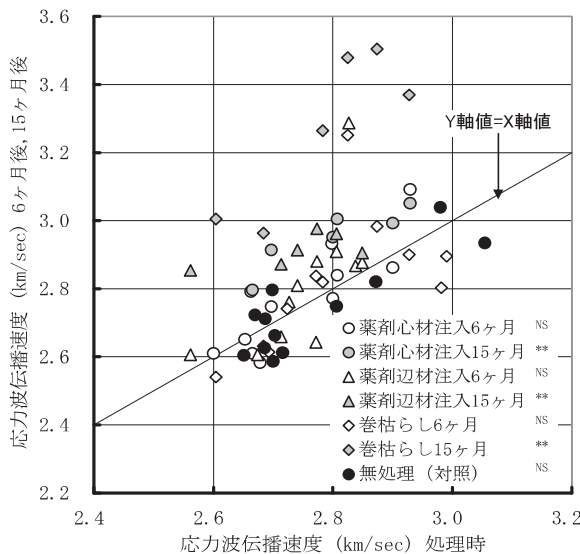


図2 処理時と6ヶ月、15ヶ月経過時における応力波伝播速度
**:危険率1%で有意差有り, NS:有意差無し

表4 スギ辺材と心材のL*a*b*値

	6ヶ月後			
	L*	a*	b*	
辺材	薬剤心材注入	56.1	11.6	30.9
	薬剤辺材注入	54.1	10.5	27.0
	巻枯らし	61.4	13.6	34.0
	無処理	60.5	13.7	33.2
心材	薬剤心材注入	37.1	12.2	24.6
	薬剤辺材注入	30.4	8.7	18.2
	巻枯らし	33.0	10.7	18.9
	無処理	37.5	13.4	23.1
	15ヶ月後			
	L*	a*	b*	
辺材	薬剤心材注入	62.2	6.8	28.3
	薬剤辺材注入	59.5	6.0	26.0
	巻枯らし	64.5	6.7	29.1
	無処理	66.6	7.8	31.3
心材	薬剤心材注入	45.0	11.9	24.1
	薬剤辺材注入	52.6	12.3	25.9
	巻枯らし	51.1	10.8	23.6
	無処理	38.0	11.9	22.4

供試木5本(各樹幹部位)の平均値

理機能の働きにより、樹幹中の水分を極力減少させるとともに、極度の水ストレス等が生じることに因る心材から辺材への水分移動を期待した。

本試験で用いた薬剤、グリホサートカリウム塩液剤は、注入後の浸透圧や凝集力により樹幹内や根系に移動し、樹木生長に必要なアミノ酸合成に関わる経路を短期間で特異的に阻害するため¹⁾、樹木の生長、生理機能が停止し枯死に至るまでの期間が短いと思われる。一方、巻枯らしは、樹皮剥皮により形成層及び辺材を直接外気に晒された際、水分通道を担う仮道管のキャビテーションの発生や、水柱の連続性が絶たれるエンボリズムの広がりやが緩やかに進むため、衰弱、萎凋及び枯死による葉枯れ発生に至る期間が長いと思われる。

これらの違いが、薬剤注入と巻枯らしとの間で、処理後、6ヶ月、15ヶ月経過時の辺材含水率の減少や葉枯れが発生した期間が異なった主因と思われる。特に、薬剤注入2種は、いずれも巻枯らしと比べて蒸散に伴う水分減少が生じる期間が短いことが葉枯れの発生状況から示唆され、このことが樹幹下部まで辺材含水率が低下しなかった要因と思われる。なお、薬剤注入2種は、処理後15ヶ月時では処理後6ヶ月時と比べて、辺材含水率が低い傾向にあった。それらの要因は、樹冠全体で葉枯れが生じていることから蒸散によるものでなく、水ポテンシャル（特に、重力・圧ポテンシャル）低下に伴う上部細胞から下部細胞への自由水の浸透・移動¹²⁾や樹幹表層からの放湿によるものと思われる。薬剤を辺材と心材へ注入した場合を比較すると、葉枯れに至る期間や辺材含水率の変動に明らか違いが確認されなかった。この結果は、薬剤が木部細胞や根系に浸透しそれらの生理機能を阻害するのに要する時間に、注入処理による大きな違いが無かったことを示すと考えられた。薬剤注入2種ともに処理後、辺材含水率が樹幹上部で特に減少したのは、蒸散に伴う水ストレスを樹幹上部ほど受け易く、スギでは蒸散に伴う含水率の変化が樹幹下部では辺材の一部であるのに対し樹幹上部では辺材全体であること²²⁾が関与したと思われる。

心材含水率は、辺材、心材への薬剤注入、巻枯らしとも6ヶ月経過時には無処理木との間に有意差が認められず、15ヶ月経過時でも放湿等に因るものと推定される樹幹上部を除いて認められなかった。中田²³⁾は、水ストレスなど様々な要因により辺材の大部分が水分消失した際にも心材の大部分が飽水状態であったこと、極端に含水率の低い白線帯が存在することから心材から辺材への放射方向における自由な水分移動は起こらず、心材の水分移動の可能性は低いこと、極度な旱魃時に心材中の水分が非常時の水分補給源として心材の水分を活用する可能性が低

いことを示唆している。また、枯死したスギの心材含水率は健全木のそれと比較して差異が無く、樹幹内水分の心材から辺材への移動の可能性は小さいことが報告されている²⁰⁾。更に、岡田が重水をトレーサーとして樹幹内の水分移動を調べた結果では、心材に含まれる水分は、心材化が樹幹内側から拡大する過程で極めてゆっくりと辺材から供給される可能性が高いとしている²⁰⁾。これらの事と本試験の結果を考えあわせると、薬剤注入や巻枯らしを行うことによる、樹木生理（蒸散、水ストレス）機能に関連した心材から辺材への樹幹半径方向での水分移動は生ぜず、心材含水率が減少する要因として、枯死以降での樹幹からの自然放湿に因るものと推察された。

以上のことから、スギ立木への薬剤注入、巻枯らしの処理では、辺材含水率の減少が期待されるものの、製材の乾燥コスト削減に大きく関連する心材含水率の減少は期待できないと考えられた。

応力波伝播速度は、処理後15ヶ月経過時には処理時と比べて大きく変動しており、その要因は、伐倒した処理木の辺材含水率（全乾法）も無処理木のそれと比べて低かった結果や、Ⅱの2項で記した①式の理論的な点から辺材含水率の減少に因るものと推察される。このため、応力波伝播速度の継続的な計測により立木の辺材含水率の変動の有無が判断でき、今後、多くのデータ蓄積により辺材含水率の変動を定量的に評価できるとと思われる。

横打撃共振周波数は各処理時と処理後15ヶ月経過時で変動が無く、各処理により心材含水率の減少が生じた可能性が低いことが示唆された。ただし、これまでに心材含水率が変動した場合に横打撃共振周波数がどの様に変動するのか検証したデータが無く、横打撃共振周波数による心材含水率の推定精度は必ずしも高くないことから⁹⁾、今後、更なる検討が必要と思われる。

V 摘 要

スギ立木への心材または辺材への薬剤注入、巻枯らしによる樹幹含水率の変動を調べ、以下の結論を得た。

- ・心材、辺材への薬剤注入木は、半月経過後から樹冠付近で葉先端部が枯れ始め、1ヶ月後では枝葉の枯れが樹幹全体に広がり始め、6ヶ月後に枯死状態となった。巻枯らし木は、1年後から樹冠梢端上部での赤褐色化が進み、15ヶ月後では樹冠全体が赤褐色化し、多くの個体で落枝がみられ枯死状況を呈した。
- ・辺材含水率は、巻枯らしでは15ヶ月経過時には10～2m部位でいずれも40%以下となり、6ヶ月経過時と比べて減少が顕著であった。心材または辺材への薬剤注入では、樹高上部で低い値を示し無処理木との間に差が認

められたが、巻枯らしと比べて樹幹下部での辺材含水率の減少が十分に進まなかった。

- ・心材含水率は、心材、辺材への薬剤注入、巻枯らしともに6ヶ月経過時では無処理との間に有意差が認められず、15ヶ月経過時でも薬剤辺材注入で6m部位以上、巻枯らしで4m部位以上を除き同様の結果であった。
- ・応力波伝播速度により胸高部位付近の辺材含水率変動を調べた結果、薬剤注入、巻枯らしの処理時と6ヶ月経過時とに有意差が認められなかったが、15ヶ月経過時では有意差が認められた。横打撃共振周波数により胸高部位付近の心材含水率変動を調べた結果、薬剤注入と巻枯らしともに変動が認められなかった。

謝 辞

本研究を実施する際、(社)林業薬剤協会、(株)日産化学の関係各位より多大な御協力と御支援を頂いた。また、森林総合研究所林木育種センターの中田了五氏より横打撃共振法について御教示頂いた。ここに謝意を表する。

引用文献

- 1) 藤山正康 (2007) 新規茎葉処理除草剤「ラウンドアップマックスロード液剤」, 植調 41(3), 21~26
- 2) 二見鎌次郎・金山信義 (1982) 2, 3 の林地除草剤の広葉樹巻枯らし効果, 日林関西支部論集, 33, 36~38.
- 3) 畑野健一・佐々木恵彦 (1998) 樹木の生長と環境, 養賢堂, 東京, 383pp.
- 4) 原勇治 (2008) 巻枯らし間伐における処理木の枯損状況と残存木の生長について, 第 119 回森林学会大会要旨集, CD-ROM
- 5) 平川泰彦 (2004) スギ造林木の心材含水率の変動, 木材工業 59(4), 159~165.
- 6) 池田潔彦・伊藤憲吾・平川泰彦 (2004) 林分内におけるスギ, ヒノキ生材含水率分布と葉枯らし処理後の変動, 木材工業 59(1), 13~18.
- 7) 伊藤憲吾・池田潔彦 (2004) スギ葉枯らしによる乾燥効果の季節変動, 静岡林技セ研報 32, 37~42.
- 8) 伊藤孝美 (2007) 薬剤注入によるモウソウチクの反応, 林業と薬剤 179, 9~14.
- 9) 釜口明子・中尾哲也・小玉泰義 (2000) 横打撃共振法によるスギ立木の心材含水率非破壊的推定, 木材学会誌 46(1), 13~19.
- 10) 加藤徹 (2007) 巻枯らし間伐木から発生する昆虫, 中部森林研究 56, 75~78.
- 11) 川井安生・高田克彦・渋谷栄・谷田貝光克・小林好紀 (2008) 薬剤注入によるスギ立木の乾燥機構の解明(1) 針葉及び材の変色と水分状態, 第 58 回日本木材学会大会要旨集, 539.
- 12) 小池孝良編 (2004) 樹木生理生態学, 朝倉書店, 東京, 257pp.
- 13) 小林好紀・佐々木正吾・石井陽一郎・吉田弘行 (2004) 薬剤を注入してスギ立木を乾燥する, 第 54 回日本木材学会大会要旨集, 542.
- 14) 小林好紀・佐々木正吾・川井安生・石井陽一郎・吉田弘行 (2005) 薬剤注入によるスギの立木乾燥, 注入条件と含水率挙動, 第 55 回日本木材学会大会要旨集, 187.
- 15) 鷺見博史 (1985) 見直される“葉枯らし, 巻枯らし”による素材の乾燥, 林業技術 524, 11~14
- 16) 本間広之 (1981) ニセアカシアの立木枯殺試験—薬剤処理の適期と施業方法, 新潟林試研報, 24, 23~28.
- 17) 宮野順一 (1990) 立木乾燥方法別含水率分布, 日林東北誌 42, 70~72.
- 18) 金澤好一・鶴瀬垣雄・浅野浩之 (2006) 巻枯らし間伐の施行と効果の 1 事例, 日林関東支論集, 56, 149~150.
- 19) 金澤好一・綿貫邦男・浅野浩之 (2006) ヒノキ人工林における巻枯らし間伐の効果と処理木の含水率, 日林関東支部論集, 57, 127~128.
- 20) 田村浩喜・金子智紀 (2003) 巻枯らしによるハリエンジュ水源林の林種転換—10 年経過後の林分評価—, 林学会学術講演集, 114, 781.
- 21) 岡田直紀 (2001) トレーサーを用いたスギ心材への物質移動の解明, APAST 38, 6~10.
- 22) 瀧澤英紀・速水啓介・窪田順平・塚本良則 (1996) 蒸散による樹幹の含水率と水ポテンシャルの変動, 日林誌 78(3), 225~230.
- 23) 中田了五 (2007) スギの WETWOOD の形成メカニズムの研究を目指して, 林木の育種 223, 14~17.
- 24) 中田了五 (1998) スギの生材含水率の樹高方向における変動, 木材学会誌 44(6), 395~402.
- 25) 山田範彦・段林弘一 (1988) スギ・ヒノキ間伐小径木の巻枯らしによる乾燥, 兵庫林試研報 35, 71~74.
- 26) 山田範彦 (1996) 枯死したスギ材の含水率, 兵庫林試研報 43, 20~22.
- 27) 吉田和弘 (1990) ラウンドアップの立木注入処理効果, 日林関西支部論集 56, 175~178.