

スギの葉枯らし乾燥に対する伐採時期や伐倒方向等の影響

桐林真人

Effects of felling time and direction of Sugi trees by natural drying without lopping after felling in the forest

Kiribayashi Masato

要旨

スギ(*Cryptomeria japonica* D.DON)は通直で加工性に優れた本邦を代表する用材樹種である。しかし、生材の含水率が高く、木製品の製造では、設備や燃料、時間等を必要とする乾燥が必須である。

そのようなスギに対し、素材生産現場で可能な乾燥手法として、枝葉が付いた状態で林内に放置する「葉枯らし」があるが、効果的な葉枯らしの開始時期や放置期間等、実際の森林施業に組み込むための諸条件が不明瞭であった。そこで、鳥取県東部のスギを対象に、葉枯らしの開始時期や伐倒方向による乾燥の違いを調べた結果、8月下旬に尾根向きに伐採すると効果的であることが明らかになった。

Keyword: 葉枯らし乾燥、伐採時期、伐倒方向、応力波伝播時間

1 はじめに

スギは我が国の代表的な造林樹種で、成長性・加工性に優れるが、含水率が高いために天然乾燥では長い期間を要し、また人工乾燥では多くの燃料を消費する。そのようなスギの素材生産現場では、特に優良な材を対象に、伐木を造材しないで枝条をつけたままで林内に放置する「葉枯らし」と呼ばれる施業を行い、材色の改善や搬出時の重量軽減をすることがある¹⁾。

色艶が良く刃当たりも良いとされる葉枯らし材は、住宅建築の現場では施主の自然志向と相まって人気があり、木材市場でも葉枯らし材は高値が付きやすい状況となっている。また、葉枯らし施業によって出材以前に含水率を低減させることができるので、人工乾燥経費が低減されることが示されている²⁾。しかし葉枯らし材の生産では、伐採後ある程度の期間において再度現場に赴く必要があり、作業効率が低下するため、葉枯らし乾燥材の出荷は低調である。葉枯らし乾燥技術を利用し、現場作業の効率化とスギ原木の付加価値化を両立するには、葉枯らしに

要する期間や含水率の低減状況の把握が必要である。

葉枯らしに必要な期間については、伐採時期や伐採条件、地域などの環境に左右され、かつては1年以上の長い期間が必要とされる場合もあったが³⁾、1990年代初頭に日本各地で実施された研究により、概ね2~3ヵ月程度でよいことが判っている⁴⁾。また、鳥取県八頭郡智頭町等の林業地域では「葉枯らしは尾根倒しにすると乾きやすい」と口伝えされているが、同文献では伐倒方向の差は無いとしている。しかし従来葉枯らし研究では、試験体を鋸断して円盤等を採取し含水率を計測するため、同じ試験体における乾燥状況の経時的な把握は不可能だった。特にスギでは含水率の個体差が大きいので、乾燥状況の推移を適正に把握するためには、非破壊的な手法による計測を行う必要がある。

さて、本県では立木の強度性能選抜のために、FAKOPP (FAKOPP Enterprise 製)を用いた応力波伝播時間 (Stress wave Propagation Time 以下、SPT) の計測における出力結果の再現性を高めた計測手

法(以下、MM 法)を独自に確立した⁵⁾。筆者らはこの手法を用いて、露天ではい積み乾燥中のスギ丸太の重量変化を非破壊的かつ効率的に把握できることを示し⁶⁾、これを応用して葉枯らし乾燥行程での相対的な水分減少を非破壊的に把握可能であることを示したところである⁷⁾。

本報では森林施業の現場で活用できる情報を得るため、MM 法による SPT 計測を用いて、葉枯らしの開始時期や伐倒方向等による乾燥の進行の差を調べたので報告する。

2 材料と方法

2.1 試験地

試験地は鳥取県八頭郡智頭町大字宇波地内の新見川上流左岸側にある石谷林業株式会社の社有林で、標高 580~720m の概ね南東向きのスギ人工林である(図1)。

2.2 試験体

試験体は同社有林内のスギ(74-78 年生)計 44 本を用いた。各試験条件における試験体本数や葉枯らし開始日(伐採日)等は表1のとおりである。

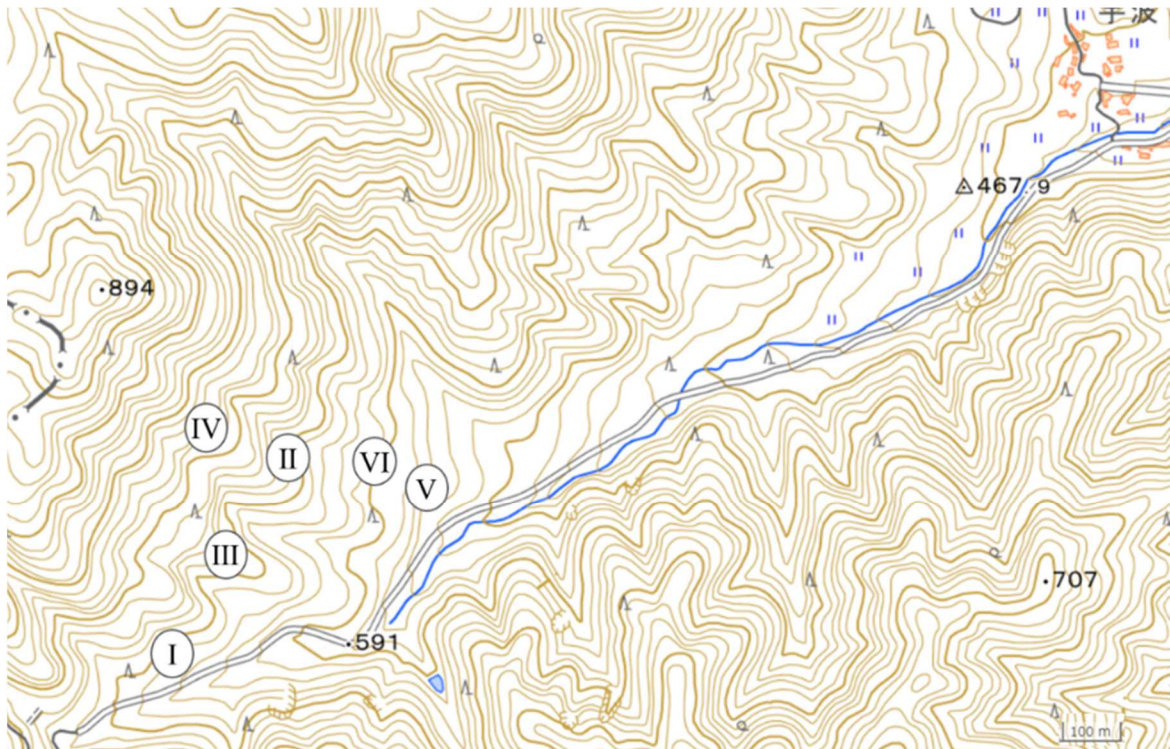


図1 試験地位置図 (図中の番号は表1参照)

表1 試験名、条件一覧

試験名	試験条件	伐倒方向	試験体本数	伐採日	造材日	葉枯らし期間
I	梅雨中伐採	—	7 本	2016/7/14	2016/9/9	57 日間
II-1	梅雨前伐採	尾根向き	6 本	2017/5/25	2017/7/31	67 日間
II-2	梅雨前伐採	谷向き	6 本	2017/5/25	2017/7/31	67 日間
III	盆過ぎ伐採	—	6 本	2017/8/31	2017/11/6	67 日間
IV	雪解け伐採	—	6 本	2018/5/10	2018/8/27	109 日間
V	晩秋伐採	—	7 本	2018/10/20	2019/4/22	184 日間
VI	梅雨入り伐採	—	6 本	2019/6/25	2019/11/15	143 日間

注:試験 II 以外の伐倒方向は概ね尾根向きである。また、葉枯らし期間は特に定めず、作業の都合に合わせた。

2.3 試験方法

2.3.1 試験概略と計測間隔

葉枯らしによる試験体の乾燥状況は、既報⁷⁾に基づき、試験体の樹幹の特定部位を対象とした計測で得た SPT の相対値(計測期首値に対する計測値の指数)で観察することとした。試験体は伐採後、当日(試験 I のみ翌日)に初回の SPT 計測を実施し、以後は概ね 1 週間から 10 日間で SPT 計測を行い、最終の SPT 計測直後に造材した。

2.3.2 測線の設定

樹幹全体の状況进行评估するために MM 法⁵⁾に準じた樹幹に斜めとなるセンサー配置(以下、測線)を設定した。測線の設定にあたっては、試験体の木口から 1.0m 以上離れたところを起点として、FAKOPP のセンサーケーブル長いっばいの間隔(約 3.0m)とした。なお、計測の対象区間を統一するため、初回の計測時にセンサー差し込み部分の樹幹全周にガムテープを巻いて油性ペンでセンサー挿入箇所をマークし、毎回同じ箇所にセンサーを挿入するようにした(写真1)。また、センサーを加力する打撃の強さの違いによる計測値のばらつきを防ぐため、全ての計測に同じ定力打撃装置⁵⁾を使用した(写真2)。

センサーは緩みがない程度にゴムハンマーで軽

打して樹幹に挿入するが、毎回同じ箇所に挿入するため回を追うごとにセンサーの挿入深さが深くなる。FAKOPP で検知される応力波はセンサー先端間を伝播したものであるが、センサー挿入深さが深くなるとセンサー先端間距離(=測線長)が短くなるため計測に影響を及ぼすことが考えられた。そこで計測ごとにセンサー挿入深さを鋼尺で測定していたが、期間中のセンサー差し込み深さの増加は数ミリで、最大でも測線長の 1/500 以下に収まっていた。SPT の計測値に与える影響もこれと同じとなるが、観測された SPT の相対値の変動は 0.2% を大幅に上回るものだったので、本報における測定ではセンサー挿入深は考慮しないこととした。

2.3.3 計測値の処理

SPT 計測では、樹幹のマーキングした箇所にセンサーを挿入後、定力打撃装置を用いて数回打撃し数値が安定するのを確認し、その後 7 回打撃して 7 つの SPT を得た。計測した SPT は中央値から最も遠い 2 つの数値を控除し、残った 5 つの数値の平均値を算出して当該計測回における各試験体の SPT 値とした。計測回ごとの SPT 値から期首値に対する指数を算定し、これを SPT 相対値として、試験体の乾燥状況を推定した。



写真1 センサーの設置状況



写真2 定力打撃装置でのセンサーへの加力

2.3.4 含水率の測定

試験Ⅲ～Ⅵでは、葉枯らしによる乾燥効果の確認のため、期首と期末において含水率を計測した。伐採当日に伐採木口から円盤を採取し、全乾法によって期首含水率を算定した。また計測終了後の造材時に、元玉と二番玉の間で円盤を採取し、全乾法によって期末含水率を算定した。

2.4 測線長の影響と検証方法

林内に伐倒された試験体周辺には、他の立木や岩等の障害物があり、測線長を統一することが難しい。本研究では、計測した SPT は期首値に対する相対値として扱うため、測線長の違いによる絶対値の差は控除できる。しかし、樹幹に斜めにセンサーを配置する場合、直径に加えて測線長が異なると樹幹に対して測線がなす角度(以下、測線角度)が異なるが、測線角度の違いが樹幹内の水分の減少の検出に与える影響が不明であった。そこで試験Ⅱ-1、2の12本の試験体のうち支障の無かった10本の試験体で、ケーブル長いっぱい(約3.0m)の間隔の斜め測線(以下、長測線)の他にセンサー間隔1.5mの斜め測線(以下、短測線)を設定し、計測日ごとに両方の測線で SPT を計測し、その相対値の推移を比較した。

2.5 伐倒方向の影響と検証方法

文献⁴⁾では伐倒の方向は乾燥の進行に明確な関係が確認できないとされているが、伝統的林業地域である智頭町では、葉枯らしは尾根に向かって倒すとされている。そこで、試験Ⅱでは、連続する斜面で尾根向きと谷向きにそれぞれ6本ずつ伐倒して葉枯らしに供し、乾燥の進行の差を確認した。

3 結果と考察

3.1 測線長の影響

試験Ⅱの試験体10本で設定した短測線と長測線それぞれで期間中に計測した SPT の相対値の関係を図2に示す。短測線の相対値と長測線の相対値

の関係式は $y = 0.99x + 0.9$ と、 $y = x$ に極めて近く、相関係数も $r = 0.95$ ($P < 0.01$) と高かった。これは、計測期間中に、長測線で確認された SPT の変動と短測線で確認された SPT の変動がほぼ同じであることを示しており、この結果、葉枯らしを対象とした SPT 計測では測線の長さが相対値に与える影響はほとんどないことがわかった。

このことから、測線の設定や計測が簡便な短測線での観察も検討したが、葉枯らしの観察では可能な限り樹幹の長い部位を観察することが望ましいと考えられたため、試験Ⅲ以降では個々の試験体の状況に応じて、出来るだけ長い区間での SPT 計測を実施することとした。

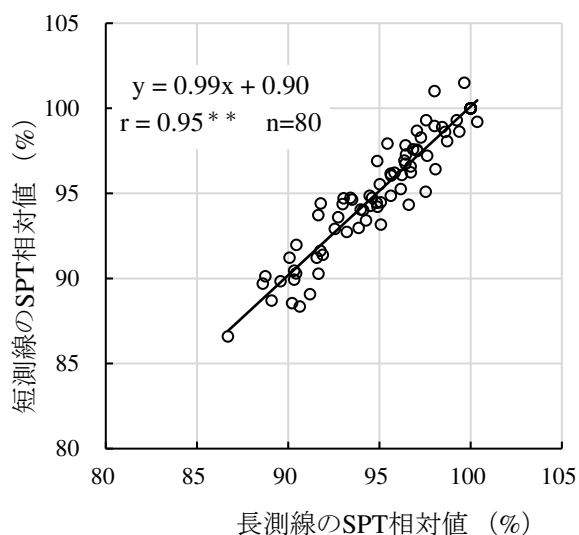


図2 長測線と短測線の SPT 相対値の関係

3.2 伐採時期による乾燥の進行の違い

試験Ⅰ～Ⅵそれぞれの区分において、伐採後の経過日数における SPT 相対値の平均値の推移を図3に示す。なお、試験Ⅱの結果はⅡ-1とⅡ-2の平均値である。

試験Ⅴを除いた全ての試験で SPT 相対値は経時的に減少することが確認できた。SPT 相対値の減少は丸太等木材の水分減少と高い相関を持つため⁶⁾、この推移は葉枯らしによる乾燥の進行を示すと考えられる。なお、試験Ⅴ以外で葉枯らし乾燥の推移は

いずれも伐採から概ね2ヶ月は順調に進行することもわかったが、伐採時期により進行に差が生じた。乾燥が最も速く進んだのは試験Ⅲの盆過ぎ伐採であった。これは既報⁷⁾とほぼ同時期に開始した葉枯らしであり、SPT 相対値は概ね既報と同じ推移を示した。試験Ⅲに次いで試験Ⅱ、Ⅳも SPT 相対値は円滑な減少を示し、乾燥が順調であったと考えられた。特に試験Ⅳでは伐採後2ヶ月以上経過しても SPT 相対値の減少傾向は続いていたため、雪解け時期の伐採では、木材乾燥に対する葉枯らしの効果が大きいと考えられた。スギ生立木の樹幹内水分は、3月下旬から梅雨開始期にかけて増加し梅雨期にピークを迎えることが示唆されているが^{8,9)}、スギが樹幹内水分を増加させる時期が、葉部の活動が盛んな時期と同じと考えると、この時期での葉枯らしでは、蒸散の他にも葉部が伸長成長等のために水分を必要とするため、乾燥が進行しやすい可能性が考えられる。しかし試験Ⅱ、Ⅳの試験体は穿孔性害虫による樹幹の虫害が著しく(写真3)、木材市場での原木の評価が下がる可能性が大きい。このため、

雪解けから梅雨前にかけての時期は、葉枯らしの適期とは言いがたく、この時期の伐採木はできるだけ速やかに林外に搬出すべきと判断する。

また試験Ⅴを除く全ての試験で、特に降雨後の計測において相対値の漸増が見られた。特に試験Ⅵでは乾燥が円滑に進まなかった。これは降雨等の水分を木口から吸収しやすいことが原因である可能性があると考えられた。

なお試験Ⅴでは、積雪の期間はほとんど SPT の相対値に変化がなく、乾燥が進行しないことが示された。このため、冬期間は葉枯らしによる乾燥は期待できないことがわかった。しかし、試験Ⅴの試験体の搬出に際し、造材された丸太の木口の色を目視確認したところ、直前に伐採された別個体の丸太の木口に比べて心材色が良好だった(写真4)。智頭町の木材市場では、降雪前の伐採による冬期間の葉枯らしで色を調整することを推奨しているが、これは木材の乾燥ではなく、材の変色抑制効果の発現を狙ったものと考えられる。

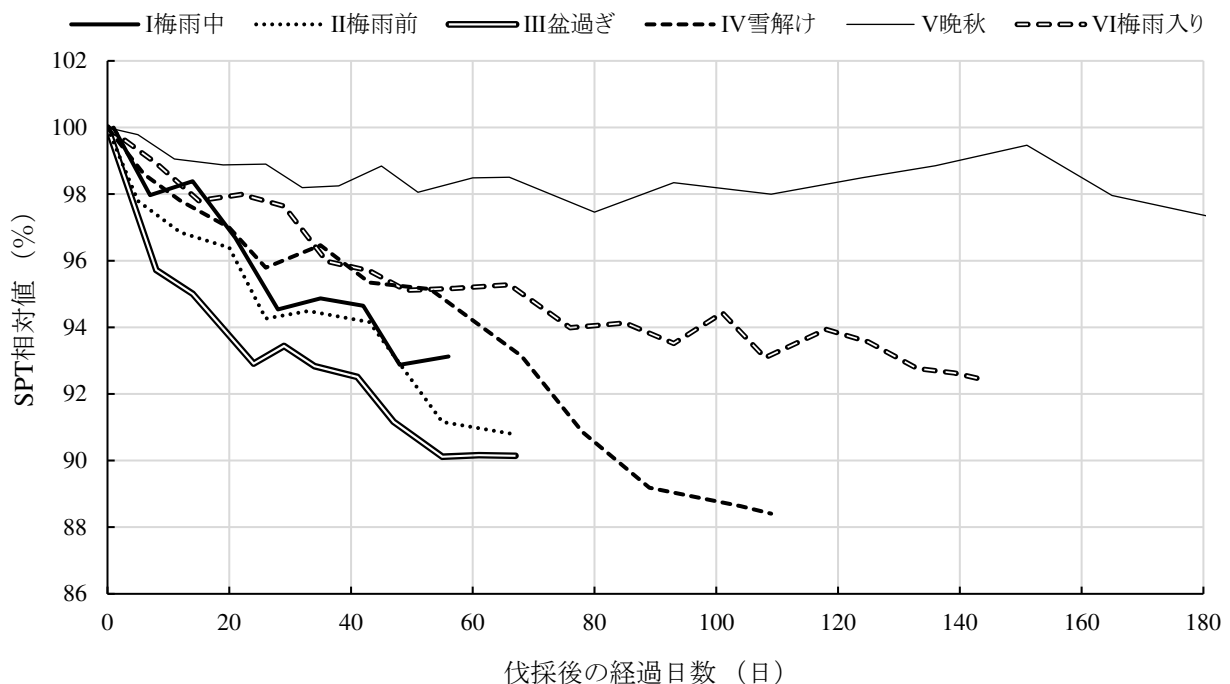


図3 伐採時期別の SPT 相対値の平均値の推移



写真3 穿孔性害虫による虫害



写真4 葉枯らし後の丸太(左上2本)と伐採直後の丸太の木口の変色の違い

3. 3 葉枯らしによる乾燥の効果

表2に、試験Ⅲ～Ⅵの全ての試験体の含水率について、試験別、部位別に、期首値と期末値の平均値を示す。これらの試験では、葉枯らしによって大幅な含水率の低下が確認され乾燥効果が大きいことが示された。特に試験Ⅳでは期首値に比べて半分以下の含水率まで乾燥したほか、乾燥効果が低いと考えられた試験Ⅴでも雪解け後に乾燥が進行していた。なお、葉枯らしでは心材は乾燥しないとされているが^{3,4)}、全ての試験で心材部でも含水率の低下が確認された。

また表2の低減割合(含水率の低下した割合、(期首値－期末値)÷期首値)では、試験Ⅳが最も高い数値となったが、日効率(低減割合を試験日数で割った一日当たりの低減効率)を見ると、試験Ⅲの数値が平均で0.6%と高くなっており、試験Ⅲの時

期の葉枯らしが最も乾燥が進みやすく、葉枯らしの適期であることが明らかとなった。

また試験Ⅲ～Ⅵの全ての試験体における円盤全体の含水率を用いて、含水率の低減割合を算出し、各試験体の期末時点のSPT相対値との関係を調べた(図4)。この結果、含水率の低減割合とSPT相対値には強い負の相関が確認された($r = -0.80$ 、 $P < 0.01$)。

なお、心材と辺材での低減割合についてもSPT相対値との関係を調べたが、その相関係数は、心材 $r = -0.57$ 、辺材 $r = -0.70$ と、円盤全体のものに比べて小さい値を示した。MM法のように、樹幹等の実大材において斜め方向でSPTを計測する場合、応力波は随(樹芯)を経由する放射断面を直線的に伝播するため¹⁰⁾、SPT相対値には心材辺材を問わず材全体の乾燥状況が反映されたと考える。

表2 各試験の部位毎の含水率の平均値や低減割合 (%)

試験名	試験Ⅲ			試験Ⅳ			試験Ⅴ			試験Ⅵ		
	部位名	心材	辺材	全体	心材	辺材	全体	心材	辺材	全体	心材	辺材
期首値	205.3	169.1	190.9	167.4	190.4	178.9	164.1	199.6	180.6	212.3	207.1	209.7
期末値	95.3	147.8	120.5	64.6	80.3	72.4	122.5	141.8	132.2	114.1	132.8	123.4
低減割合	53.6	12.6	36.9	61.4	57.8	59.5	25.3	29.0	26.8	46.2	35.9	41.2
日効率	0.8	0.2	0.6	0.6	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3

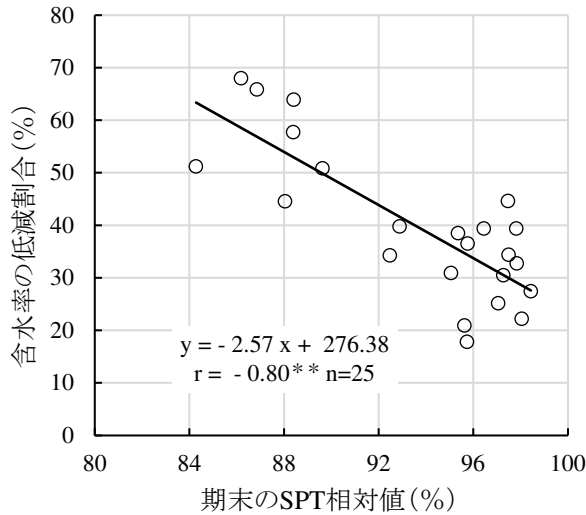


図4 SPT 相対値と含水率の低減割合との関係

3. 4 伐採方向による乾燥の進行の違い

試験Ⅱで計測した、連続する斜面で尾根向き伐採と谷向き伐採各6本で得たSPT相対値の平均値について、期間中の推移を図5に示す。この結果、期末時点のSPT相対値が、尾根向き伐採は88.03%、谷向き伐採は89.78%と、相対値で1.75ポイントの差が生じた。このことについて図4の回帰式を用いると、含水率の低減割合は尾根向き伐採が50.15%、谷向き伐採が45.66%となり、尾根向き伐採の方が4.5%近く含水率が低減することを示していた。これは、立木状態の含水率が150%のスギを尾根向きと谷向きに伐倒して葉枯らしした際、期末時点で

含水率に6.75%の差が生じることを意味する。この木材の伐採直後の重量が1000kgだったとすると、次式から期末時点で尾根向き伐採の方が谷向き伐採より27kg軽くなる。

$$\text{式}; 1,000\text{kg} \div (100+150) \times 6.75 = 27.0\text{kg}$$

これは材内における水分の差であるが、その後の製材や乾燥を考慮すると、尾根向きに伐採する価値は充分あると考える。

なお計測ごとに得た各6本の全てのSPT相対値を対象に、一元配置の分散分析をしたところ、有意な差($P < 0.05$)が確認されたことから、尾根向き伐採の方が確実に早く乾くと判断できる。

図5には、試験地直近のアメダス観測点「智頭」で計測された日照時間について、計測日に挟まれた期間における日平均の推移を重ねて示す。試験Ⅱの計測中、日平均日照時間が多い期間ではSPT相対値の減少が急激に進み、逆に日平均日照時間が少ない期間にはSPT相対値がほとんど減少していないことが読み取れる。これは日照時間が葉枯らしの乾燥の進行に大きく影響していることを示していると考えられる。さらに尾根向き伐採と谷向き伐採で乾燥の進行に差が生じた原因として、葉の表裏どちらに日光が当たるのかが影響した可能性も考えられる。

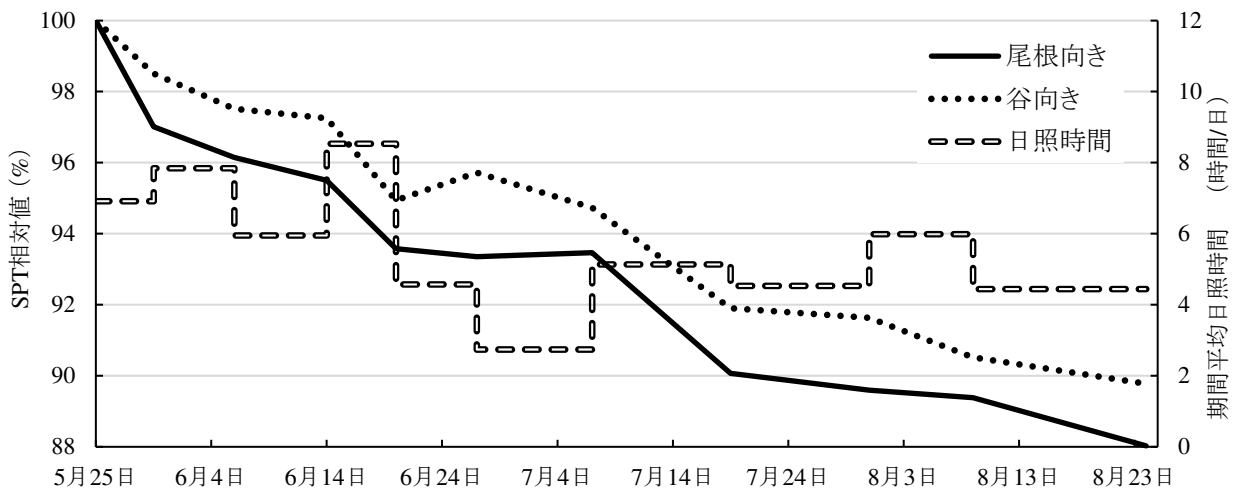


図5 尾根向き伐採と谷向き伐採のSPT相対値の推移と期間中の日平均日照時間

4 まとめ

スギの葉枯らしによる乾燥について、時期別、伐倒方向別に進行状況を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- ①葉枯らし乾燥の開始適期は、8月中下旬(林業地域でいう「盆過ぎ」)である。
- ②5月上旬(雪解け)から7月下旬(梅雨中)開始の葉枯らしでも乾燥は進むが、5月上旬(雪解け)から5月下旬(梅雨前)開始の葉枯らしでは穿孔性害虫による虫害が著しい。また、6月下旬(梅雨入り)から7月下旬(梅雨中)開始の葉枯らしでは、天候不順による乾燥遅延のおそれがある。
- ③冬期間は葉枯らし乾燥がほとんど進まない。
- ④葉枯らしは尾根向きに倒し2ヶ月以上の期間を設けるのが効果的である。
- ⑤葉枯らし中の乾燥の進行の緩急は日照時間の影響を受ける。

以上の結果と既往の研究結果⁷⁾から、葉枯らしは8月中旬から9月上旬に尾根向きに伐倒して最低2ヶ月は林内に放置し、降雪前に造材搬出するのが最も好適な施業になると考える。

今回の結果は、林業地域において経験則で実施されていた施業に、数値的な裏付けを付与したもの

であるとともに、林業の効率化や高収益化に資する内容を包含するものである。スギ材の付加価値施業として葉枯らしを現場で活用いただくために、引き続き情報発信に努めたい。

引用文献

- 1) 例えば、齋藤周逸、最新木材工業辞典、(社)日本木材加工技術協会、106、1999
- 2) 河崎弥生、第52回日本木材学会大会 研究発表要旨集、日本木材学会、127、2002
- 3) 徳島県農林水産部林業課、スギ葉枯らし乾燥の手引き、5、1988
- 4) 例えば、鷺見博史:葉枯らし乾燥、(社)全国林業普及協会、1990
- 5) 桐林真人ら、森林バイオマス利用学会誌、10(2)、41-47、2015
- 6) 桐林真人ら、木材工業 71(8)、312-316、2016
- 7) 桐林真人ら、木材工業 72(3)、95-98、2017
- 8) 桐林真人、森林バイオマス利用学会誌、12(1)、9-15、2017
- 9) 桐林真人、森林バイオマス利用学会誌、16(1)、1-9、2021
- 10) 名波直道ほか、木材学会誌、38(8)、739-746、1992

Summary

Sugi (*Cryptomeria japonica* D.DON) is a wood species representative of Japan that is straight through and has excellent processability. However, the moisture content of green wood is high, and drying, which requires equipment, fuel, and time, is essential in the production of wood products.

For such Sugi, one possible method of drying them at material production sites is “Hagarashi-drying”, which involves leaving the cedars with branches and leaves attached in the forest. However, the various conditions for incorporating it into actual forestry, such as the effective timing of starting or the period of “Hagarashi-drying”, were unclear. Therefore, as a result of investigating differences in dryness depending on the timing of the start of “Hagarashi-drying” and the direction of felling for Sugi trees in eastern Tottori Prefecture, it was found that felling trees in an upward direction in late August is effective.