

森林総合研究所四国支所 公開シンポジウム

森林（もり）もダイエットで健康に！



2009年11月21日（土） 高知城ホール

主催：独立行政法人 森林総合研究所四国支所

後援：農林水産省四国森林管理局、高知県、高知県森林組合連合会、日本森林学会関西支部、NHK高知放送局、高知新聞社、RKC高知放送、KUTVテレビ高知、KSS高知さんさんテレビ、KCB高知ケーブルテレビ

森林総合研究所四国支所 公開シンポジウム
『森林（もり）もダイエットで健康に！』の開催にあたって

森林総合研究所四国支所長 今富裕樹

山村地域における林業の担い手の減少や高齢化、長引く木材価格の下落などにより、林業を取り巻く経営環境がとてつもない厳しい状況となっています。それに伴って、間伐などの手入れが十分にされていないスギ・ヒノキ人工林が増加しています。特に、人工林率が高い四国地方では、手入れ不足の森林が目につきます。人工林を手入れせずに放置すれば、森林が持っている木材を生産する機能や水土保持機能などが損なわれる心配があります。

このような状況の中で、手入れ不足の人工林に対して、人手がかからず、さらに間伐回数を減らすことで作業コストの削減が期待できる強度間伐が、近年、実施されるようになってきました。強度間伐は、今日の厳しい林業事情を考慮すると、手入れ不足した森林を健康にするための省力的で効果的な方法のひとつと言えます。しかしその一方で、強度の間伐は、長期間放置されていた森林を一時に高い間伐率で伐採するために、「風害や虫害の発生に対しては大丈夫なのか?」、「残存木にストレスがかかって、材質や林分の成長・収量は低下しないのか?」といったことが懸念されます。また、事業実施においては、四国地方のような急傾斜地が多い森林では、安全で効率的な間伐材搬出技術を開発することや、強度間伐によってどのくらいの収益が確保できるのかといった予測も必要となります。

そこで、これらの問題を解決すると共に、適切な強度間伐の実行を可能にする施業指針を築くために、森林総合研究所では、平成 19 年度から研究プロジェクト「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」を開始しました。本研究プロジェクトは、四国支所を中心として本所及び九州支所の協力を得て実施してきましたが、本年度で終了します。本研究プロジェクトでは、(1)間伐強度と、間伐後の風害や虫害の発生リスクとの関係を明らかにするための課題として、「強度間伐に伴う風害および虫害発生リスク」、(2)間伐強度と間伐後の個体成長および材質、収量変化の関係を明らかにするための課題として、「強度間伐による林分成長および材質への影響」、(3)安全で省力的に間伐木を搬出する技術開発するための課題として、「スイングヤード集材作業の省力・安全化技術の開発」、(4)強度間伐による収益を予測するための課題として、「林業事業体による強度間伐の作業特性の解明と収益予測手法の開発」を研究課題として取り上げ、実施してきました。

本日の公開シンポジウムでは、本研究プロジェクトで得られた研究成果の一部を公表すると共に、それらを題材としながら、森林を健康にするための手法として取り組まれている強度間伐について、皆様と一緒に考えていきたいと思います。

森林総合研究所四国支所 公開シンポジウム

ー森林（もり）もダイエットで健康に！ー

講演要旨

- | | |
|--|----|
| 「混んだヒノキ林を空かすとその後の成長はどうなる？」
森林総合研究所四国支所 奥田史郎 | 1 |
| 「風害を知ってリスクを避ける」
森林総合研究所 気象環境研究領域 鈴木寛 | 4 |
| 「スイングヤーダをより安全に」
森林総合研究所 林業工学研究領域 広部伸二 | 8 |
| 「伐採率をあげると間伐の収益性はどう変わっていくのか」
森林総合研究所 林業工学研究領域 田中良明 | 11 |

混んだヒノキ林を空かすとその後の成長はどうなる？

森林総合研究所四国支所

奥田 史郎

1. ほったらかしでは混み過ぎる

山でごく普通にみられるヒノキ林は、ほとんど人間の手で植えられたものです。将来木材を得るために植えるわけですが、自然を相手にするので成長する過程で枯れたり、うまく育たなかったりすることもあります。そこで、そのリスクを予め見込んで、必要とする本数より多めに植えることが多いのです。そのため、苗木の間隔を均等に保ちつつ1ヘクタールあたり3000本以上植えることが普通になっています。植えて間もない時期には、木も小さいので隣同士が触れたりすることはありませんが、成長するに従ってだんだん接するようになり林全体が混んだ状態になってきます。林の上部では葉同士が触れあうようになり、やがて林の高い位置は一面葉で覆われるようになります。

葉は光合成によって二酸化炭素を固定するための基本的な器官ですので、このように一面を覆う状態は林が生長するための物質を効率よく生産するためには不可欠です。ただ、この状態で木が成長し続けると一本の木の大きさに対する樹冠（葉の量）が少なくなり、また隣同士の木で競争が起こり林内は暗くなってしまいます。その状態が続くと（図1）、樹冠の下では葉が生育できないために、樹冠は小さくなり、また林床では植物が生えず、表面の土がむき出しになったりします。一本の木の大きさはそれでも少しずつ大きくなるので、専有できる面積を大きくできない中でどんどんひよろひよろのもやし状の林になってきます。こうなると、成長の遅い木は競争に負けて枯れます。このようにほったらかしにされたヒノキ林を健康な状態にするために本数を減らす間伐という処置が必要なのです。



図1 混んで内部が暗いヒノキ林

2. 間伐の方法

ヒノキ林は間伐することを想定して多めの本数を植えてある場合がほとんどです。ですから、間伐することで本数を減らして、林内を“空かして”あげることは本来想定されていることです。ただ、間伐には手間もかかるので最近では当初予定されていたような頻度での間伐がされなくなっている、という現状があります。どの程度の間伐をするか、どの様な間伐をするのかは状況や目的によって異なります。いわゆる間伐遅れの林が増えていることを解消する意味では、一度の間伐で大きな効果を上げるような間伐が有効であ

ると考えられます。間伐した林でも、木が成長するに連れて空いた空間が再び塞がることになるので、強度の間伐は効果を長期間持続させる目的にもなっていない。この様な“強度”の間伐では本来除くべき形質の悪い木だけでなく、残存木の配置を考えながらより多くの木を伐採することになります。間伐の程度は減った割合で示されますが、本数や胸高断面積（幹の横断面積の合計）、材積などを目安にします。強度の間伐である目安はまちまちで、本数で40%以上などの基準もありますが、現実には空間を開けた効果と持続性を考えると胸高断面積や材積で示した数値が目安としては適当と考えられます。たとえば、かなり強度だと考えられる50%程度の胸高断面積での間伐の場合、本数に換算すると60～70%以上の間伐になることが多く、残存木の方が少ないことになります。

間伐により木が除かれるので、間伐の強度にほぼ応じた割合で幹や枝、葉などの器官が減ります。特に葉は枝とともに除かれることで上部の林冠に空間を増やすことになり、その結果として暗かった

林内の光環境が改善され明るくなります。高知県内の2カ所のヒノキ林で調べた結果では（図2）、より強度に間伐するほど林内が明るくなる傾向がありましたが、間伐した割合ほどには上部空間が空くわけでは無いようです。

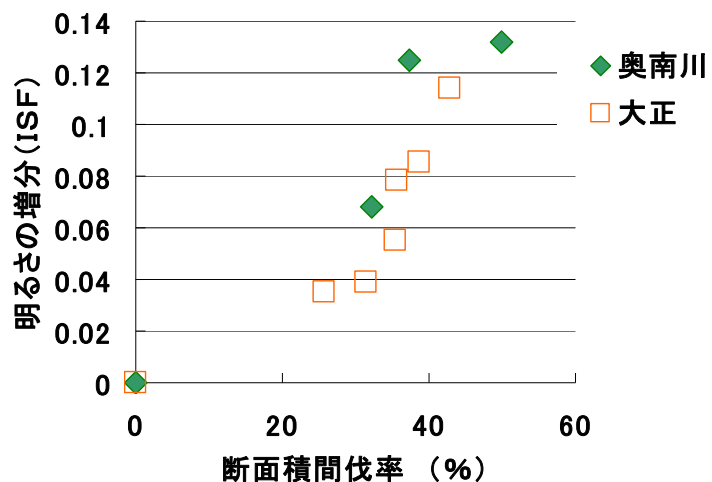


図2 間伐率と林内明るさの増加

3. 強度間伐の影響

強度の間伐は一樣に揃った林の木を一度に多く除くので、様々な環境因子が変化することが考えられます。残存する木の成長に関係する因子としては、光や水などが変化することがありますが、正負どちらに作用するのかは状況によって異なります。たとえば、光は全般的に増加し、光合成を行う植物にとっては正の要因ですが、一方で太陽光が林内の各所まで長時間に渡って届くようになると、気温が上昇したりして木の周囲では乾燥する可能性があります。また、残った木の樹冠がむき出しになるために、強風により揺すられ、樹体にストレスが加わり成長に対してマイナスに働くこともあります。

その中であって、木の成長にとって最も直接的に影響するのは生産器官としての葉量の回復です。単木あたりの成長量が増加するには、樹冠の葉の効率が上がることであり、樹冠を大きくして葉量自体を増やす必要があります。光学的機械を用いて樹冠葉量（LAI, 葉面積指数）を測定したところ、間伐後のヒノキ林では間伐強度に応じて葉量の減少がみられました。実際に伐採したサンプルから葉重量を推定しても、間伐強度が大きいほど相応に葉量が減少することがわかります。従って、間伐後の林分は葉量が回復するまでの間は間伐しない林分に比べて成長量が低くなるのは道理です。ただ、林分としての葉量の回復は意外に早い可能性があります。上記2カ所のヒノキ林で間伐後5年経過した時点で、林冠

の葉量を比較したところ(図3)、低標高の大正では無間伐区に比べて若干低いものの間伐強度の違う処理区でも葉量の差は見られません。標高の高い奥南川でも無間伐区に比べればまだ低いものの、間伐強度の差が葉量の違いには影響していない状況になっていました。

4. 間伐後の成長は

間伐後には、間伐強度に応じて一本一本の木の成長が間伐の影響を受けています。間伐後5年間でみた直径成長量は奥南川、大正とも無間伐区が最も小さく、間伐した林分では間伐強度が大きいほど直径成長量も大きくなっていました。林分の葉量も無間伐林分に追いつきつつあり、間伐林分では本数が減った分だけ間伐の効果はまだ続いていることがわかりました。平均的な樹高成長量は直径とは逆に無間伐林分で最も大きく、間伐強度が大きい林分ほど樹高成長量は小さくなる傾向がありました。間伐後しばらくは横方向への成長に重点がおかれ単木の形状が改善される方向にあると考えられます。

林分としての成長量で見ると、胸高断面積合計の増分では(図4)、奥南川の方が平均的に大きく、大正の方が小さいという結果でした。いずれの場合も、間伐後5年経過した林分では個体成長量の増大が本数減少をカバーし、間伐率による林分間での成長差が小さく収斂して無間伐林に追いついて来たことを示しています。林分単位での材積成長量と比較すると、樹高成長の差の分だけまだ無間伐林の方が大きいものの、間伐時の減少割合から大きく回復していることがわかりました。

強度の間伐は残存本数の劇的な減少をもたらすため、林分としてみたときに間伐後の一時的な成長量の減少は避けられません。ただし、林内環境の劇的な変化による急激な枯損等を別にすれば、葉量の増加など生産力の回復、林分成長の改善にはさほど多くの時間を要する訳では無いようです。また強度間伐による効果は、個体毎の成長改善においては当分の間は持続すると考えられます。初期植栽密度が高く、間伐の遅れてしまったヒノキ林では、間伐頻度を減らし効率的に健全な林分成長を促す施業方法の一つとして、実用的な選択肢と言えるでしょう。

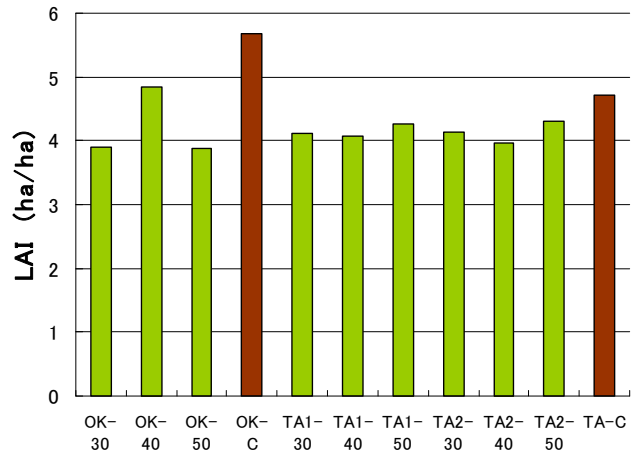


図3 異なる間伐強度の林分のLAI
数字は間伐率、茶色は無間伐区

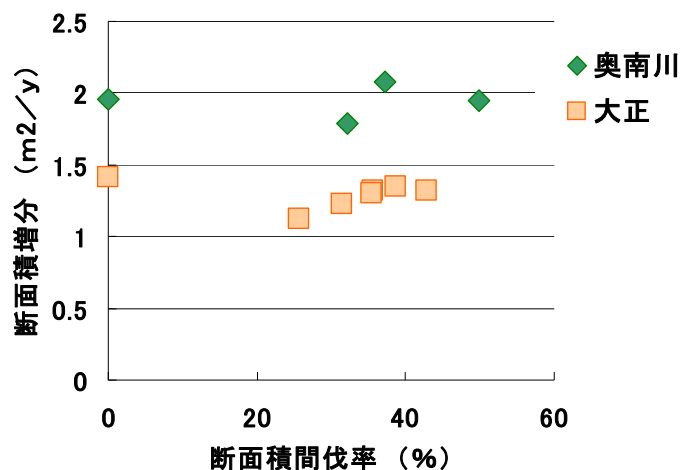


図4 間伐後5年目の胸高断面積合計の増分

風害を知ってリスクを避ける

森林総合研究所 気象環境研究領域

鈴木 寛

はじめに

近年の厳しい林業事情から人工林の保育や管理が十分に行えない状況にある。そのため、間伐適期を過ぎた放置林が大量に発生し、その整備が喫緊の課題となっている。限られた労力、費用で放置林を効率的に整備する必要があり、それが従来よりも強度な間伐を行う動機付けになっている。しかし、こうした施業では従来より一時に多くの立木を伐採するため、残存木に対する風害の発生が懸念されている。

一方、地球温暖化に伴い、海面温度の上昇がハリケーンの強大化をもたらすと以前から予測されてきたが、強大化と発生頻度の増加は現実に報告されるようになった。また、日本ではスーパー台風と呼ばれる風速67m/s以上の勢力を持つ巨大台風が接近あるいは上陸すると予測されている。

以上のように、保育・管理不足による森林の脆弱化と気候変動による風害リスクの増大は同時進行しており、風害リスクを軽減できる森林管理手法を開発し、風害に強い森林を整備していく必要がある。

風害を天災としてあきらめるのではなく、風害に対する知識を駆使しながら、耐風性の高い森林を仕立てることが、被害を最小限に抑えることにつながる。本発表では、風害への対応の基礎となる風害の発生状況と発生メカニズムを述べ、次に森林施業において風害と最も密接に関連する間伐との関係を検討する。

1. 風害の発生状況と被害形態

風害とは台風、低気圧、前線に伴う突風など強風による森林の被害のことを指すが、ほとんどは台風に伴う被害である。そのため、発達した台風が接近、上陸することが

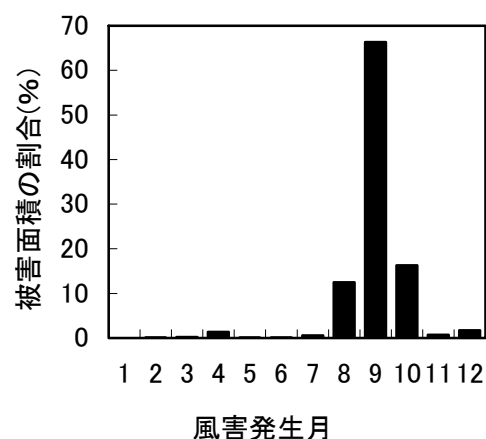


図1 風害の発生月とその割合



写真1 1991年台風19号による大分県の根返り被害



写真2 2004年台風23号による長崎県の幹折れ被害

多い9月に最も多く被害が発生し（図1）、単木的な被害から斜面すべての林木が被害を受けるようなものまで発生規模と発生地分布は様々である。

根ごとひっくり返る”根返り”（写真1,3）、幹の途中で折れる”幹折れ”（写真2）、幹が曲がったまま元にもどらなくなる”湾曲”、根の部分から樹体全体が斜めになる”傾斜”が主な被害形態である。このうち根返りが最も多く、次に幹折れが続く、この二つの被害がほとんどを占めるのが一般的である。

スギ、ヒノキでみると、どちらも根返りが最も多い被害形態であることは同じであるが、ヒノキよりスギの方が幹折れしやすい傾向がある。

20年生以下の林木が被害を受けることは少なく、それ以上の年齢の、しばしば収穫期に達した林木が被害を受ける。被害材積を被害面積で割った指標によって他の災害と比較してみると、風水害が最もその値が大きい（表1）。林業は木材の成長から収益を得るのであり、被害面積あたりの被害材積は被害の強度と定義してもよいであろう。従って、その値が最も大きい風水害が林業経営上もっとも打撃を与える可能性がある災害といえる。



写真3 2004年台風18号による北海道のシラカンバ根返り被害

2. なぜ風害は発生するのか

風による風圧は風速の二乗に比例するため、台風などによる強風では風圧を急激に増大させて林木に吹きつける。それに対して林木は枝葉や幹を流線型にたわませることで風圧が効きにくくなるようにして耐えようとする。このとき、強風による風圧が、林木の耐風性を上回ると被害が発生する。つまり、風圧の強さと林木の側の耐風性との大小関係で被害発生の有無と形態が決まり、”風圧>根の土壌緊縛力”のとき根返り、”風圧>樹幹の強度”のとき幹折れが発生することになる。

林木の耐風性を考えるとき、「林分としての耐風性」と「単木としての耐風性」を分けて考える必要がある。林分としてみたとき、樹冠に隙間が多く強風が入り込みやすいほど風害が起きやすい。単木の耐風性をみると風心の位置が重要になる。風心とは林木が受ける風圧を一点の力で代表させたときに、その力が作用する位置である。風心が高いほど、いわゆる挺子の原理で根元にはより強く林木を回転させようとする力が作用する（図2）。風心の位置は、一般的に樹冠の最下枝から樹冠長の1/3程度梢端側になるといわれている。同じ幹直径のものでも、形状比が大きいほど風心が高い位置になるため、より被害を受け

表1 気象災害による年間被害面積と単位面積あたりの被害材積

	風水害	雪害	林野火災
年平均被害面積(ha)	33000	26700	8200
被害材積/被害面積	54.5	19.0	25.6

やすく、樹冠長が小さく梢端近くだけに枝葉が分布する場合も風心が高くなり被害を受けやすい。経験的に、形状比 70-80 以下、樹冠長比 40-50 程度以上の林木が被害を受けにくいといわれている。

では、風が強すぎるから発生するのか、林木の耐風性の弱いところに発生するのか、つまり「風圧の強さ」と「林木の耐風性」どちらの要因が風害の発生に強く影響するのかを検討してみる。過去の風害で、被害の深刻さと地形条件・林況との相関を調べた幾つかの研究によると、地形的条件が林況よりも相関が高いという結果が出されている。相関が高いとされた地形条件は南向き斜面で、周囲に遮るものが無い地形の場所（露出度の高い場所）、というのが一致した結果である。この地形条件は”強風が吹きやすい”ことを反映しており、第一の原因は強風といってよい。このことをもって、どのような森林を整備しても、極端な強風に襲われれば被害を免れないと解釈することもできる。しかし、風害に対する知識を用いて耐風性の高い森林を仕立てれば、被害の発生と規模を最小限に抑えることができる。

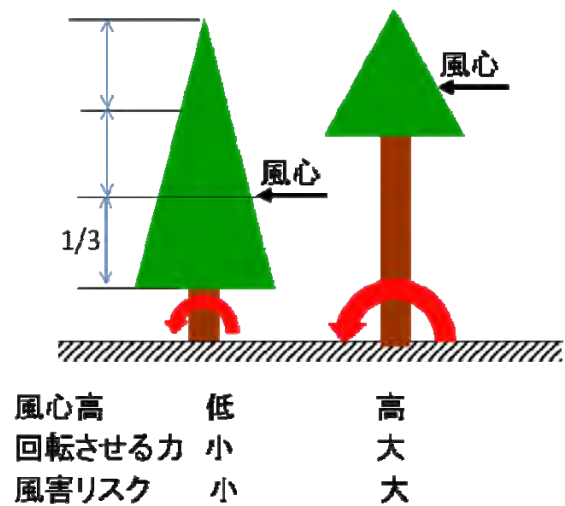


図2 樹形と耐風性の関係

3. 間伐と風害の関係

施業との関連でみたとき、風害リスクが最も高くなるのは間伐直後である。一般に、間伐率が高いほど被害が大きくなる傾向がある。立木の伐採で樹冠に生じた穴から強風が吹き込み、林木が経験してこなかった強風にさらされるためである。時間が経過すると樹冠に生じた穴は再び周囲の林木の枝葉で覆われることになるため、再び耐風性は回復されると考えられる。施業の面からみて、ここでの論点は、「間伐後何年までがリスクが高いのか」ということと、「耐風性からみた間伐率の許容範囲はどの程度か」ということである。

一般的に間伐後に被害が多いことは経験的に指摘されてきたが、間伐後の経過年数と被害の大きさを解析したものはわずかしかない。限られた事例ではあるが、間伐後の経過年数と被害率からすると、間伐後2ないし3年程度までは風害の被害率が大きく、以降漸減する。台風襲来しやすい地域や強風が吹くと判断される地形では、間伐後に速やかに樹冠が閉鎖するように、間伐率を低くする必要がある。

間伐率の設定に関して、特に問題となるのは間伐の遅れた過密林分である。過密林分は、林木の形状比が高く樹冠長が短い形態となり、根系の発達も一般によくない。いずれの条件も明らかに単木としての耐風性が小さいことを意味している。もっとも、こうした林分であっても、間伐前の林冠がうっ閉した状態であれば、強風が林内に吹き込みにくいと、林分としての風害リスクが高いとは一概にいけない。しかし、過密林分では将棋倒しのよう、ある範囲の林木がすべてなぎ倒されるような被害が発生することは経験的にわかっており、ひとたび林分の一部に被害が発生すると、そこを起点に大面積の被害に発展する

ものと考えられる。このことは、過密林分の不用意な間伐が大面積の被害の引き金を引いてしまう恐れがあることを意味する。したがって、風害リスクを低く維持しながら過密林分を適正な密度管理水準に移行させるには、間伐率を小さく、かつ回数を多くするのが理想的といえる。しかし、適正な間伐率は、施業に要するコスト、投入できる労働力、目標林型などとリスクの大きさを天秤に掛けることによって求められるべきであり、それが風害リスクを経営に反映させることでもある。そのためには、施業による風害リスクを定量的に評価できなければならない。そこで、本発表では間伐率、立木密度の違いによる風害リスクの定量的評価を試みる。

本発表で用いた手法は風害発生 of 力学的なメカニズムに立脚しており、林木が風を受ける面積（受風面積）と林木に作用する風圧を推定することによって、林木一本一本にかかる力を計算するものである。林分内では個体ごとが互いに接しているため、樹冠の形状は複雑に変形する。また、林外とは異なり、樹高より低い位置では個体同士が互いに被陰しあうことによって不均一な風環境が形成される。従って、林分としての風害リスクを評価するには、樹冠形状の変形と風速の不均一さが数値化できなければ精度の高い定量化はできない。そこで、林木一本一本の位置を測量器で計測して隣接木との位置関係を特定し、それぞれの樹冠形状をモデル化することによって、林木の受風面積を推定した。林内の風速分布は気象観測で得た風速分布のデータを使って、風速分布の形と林況との関係を導くことによって、個体ごとの風速分布を推定した。

スイングヤーダをより安全に

森林総合研究所 林業工学研究領域

広部 伸二

1. スイングヤーダとは

スイングヤーダは簡易な索張りを用いる架線集材装置である(写真－1)。一般的には、林業用に改造した油圧ショベルに2胴のウインチドラムを架装した構造となっている。他の架線集材装置と同様に、作業索をウインチで駆動することによって、架線上の搬器を走行させて材を移動させる機械である。

架設撤去が容易なため、短距離(80m 程度以下)での間伐材の搬出に用いることが多い。現場への導入が始まって 10 余年が経過した現在、全国での普及台数は 480 台を超えるまでになっている。



写真－1 スイングヤーダ

2. スイングヤーダ作業とは

スイングヤーダの作業は集材である。すなわち林地内で伐倒した材を、林道・作業道端まで持ってくることであるが、そのために3つの個別作業が必要となる。

1 つめは、荷かけ作業である。搬器に繋がった荷かけフックに材をしぼる作業である。斜面の林地内で荷かけ作業者が人力で行う。

2 つめは搬器走行作業である。作業索をウインチが巻き取ることで搬器を走行させるが、その操作はスイングヤーダのオペレータ(運転者)が行う。ウインチの遠隔操作装置は既成のものがあるが、その装置を用いたとしても、搬器の走行開始から停止にいたるまで、オペレータが操作しなければならないことに変わりはない。

3 つめは、荷はずし作業である。材を繋いだ搬器が林道・作業道近辺まで到着した後に、荷かけフックから材をはずす作業である。スイングヤーダのオペレータが運転席から降りて、作業を行うのが一般的である。

3. スイングヤーダ作業は安全か

スイングヤーダでは油圧ショベルの腕(アーム・ブーム)に装着したガイドブロック(滑車)に作業索を通して索張りを行うが、作業索の張力によって機体(スイングヤーダ本体)を傾けようとする力が生ずる。スイングヤーダでは控索(機体の転倒防止のための支持索)を用いないのが一般的なため、機体が転倒する恐れがある。過去に2件の重大災害が発生しており、いずれも作業索の過大な張力によって機体が谷底に転落している。

また、スイングヤーダでは地引き集材を行わなければならない。これは、材を吊り上げないことで作業索の張力を抑えるためであり、また、「機械集材装置」という法令上の適用

を受けないためでもある。しかしながら、地引き集材によって、林地に散在する他の材や浮き石が、集材木と接触することによって滑落する恐れもある。過去に1件の重大災害が発生しており、他の材が滑落して運転席にいたオペレータを直撃している。

4. スイングヤーダの安全作業のために

上記3で述べた災害を回避するための方策としては、まず作業方法の改善がある。

一つは、控索を用いることである。控索を用いることで、もし作業索に過大な張力が発生した場合でも、機体を安定して保持することができる。もう一つは、向柱を設置することである。向柱を介して作業索をくの字に曲げることで、機体をより安全な場所で、かつより安定した方向に設置することが可能となる。すなわち、林地に散在する他の材や浮き石が滑落して運転席のオペレータを直撃することもなく、もし機体が傾いたとしても谷底に落ちる心配もなくなる。

しかしながら、これらの作業方法の改善には、必ず付加的な作業が必要となる。生産性を向上させるという目的がある中で、それを低下させるような作業を強いることのみが最善の策であるとはいいきれない。

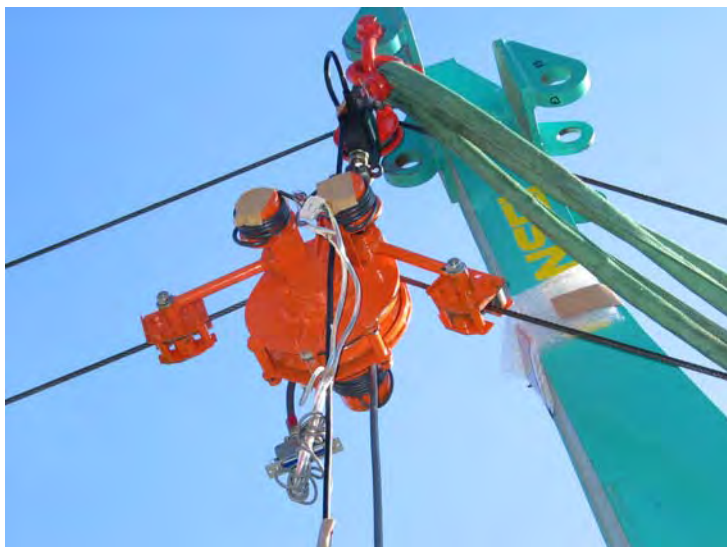
次に、災害を回避するための方策として、機械の改良がある。

スイングヤーダの付加的な装置としては、ウインチの遠隔操作装置がある。しかしながら、この装置を用いたとしても、機体の転倒を防止することはできない。オペレータは運転席にいないため安全だが、他の作業者に危害が及ぶ可能性がある。機体の傾斜を感知してウインチの駆動を停止する装置もある。しかしながら、機体が傾斜してからでは転倒を防止することが不可能な場合もあり得る。

そこで、新たな装置を開発することが必要となる。すなわち、作業索の張力を感知して、それが過大であると判断した場合に、ウインチ動作を停止する装置である。スイングヤーダは作業索のみの簡易な索張りであるため、集材中においても、林地の凹凸あるいは集材される材の地引き抵抗の大小によって、作業索の張力とその角度は常に変化する。すなわち、作業索の張力によって機体を転倒させようとする効果(転倒モーメント)が変化するのである。そこで、索の張力だけでなく、索の角度を同時に求めることが必要となる。

そのための試作装置が写真－2である。この装置はスイングヤーダのガイドブロックに換えてアーム・ブームに装着するものであり、突き出した両方の腕の先に作業索を通すことによってその角度を計測する仕組みである。

この装置では、それ以外の機能として、作業索の移動量を計測する機能を持っている。その移動量から搬器の位置を求めることが可能であり、スイングヤーダの自動運転を想定した装置である。



写真－2 作業索の角度・移動量計測装置

スイングヤードの自動運転はあくまで省力化が本来の目的である。ここで、省力化とは、労働負担の軽減のみならず、それに伴う人員削減の意味を併せ持つものである。この意味において、スイングヤードの集材現場全体において人員削減が可能なシステムを提案する(図-1)。ここでは、スイングヤードの集材作業と併行して、荷おろし場近傍でプロセッサによる造材作業を行うことを前提とする。

現行システムでは、搬器走行作業と荷はずし作業はスイングヤードオペレータが担っているが、改良システムでは、搬器走行作業は自動運転(搬器の自動走行停止)として、荷はずし作業はプロセッサオペレータが兼務して行うというものである。この改良システムにより、集材および造材作業に要していた3名の作業者を2名に削減することができる。

その際に、遠隔操作が可能な脱荷フックが必要となるが、無線操作が可能なチョーカ型の試作装置を写真-3に示す。この装置は、微弱無線を用いてチョーカフックの開放を行うものであり、プロセッサのオペレータが運転席から降りることなく荷はずしを行うことを可能としている。



写真-3 無線操作式チョーカフック装置

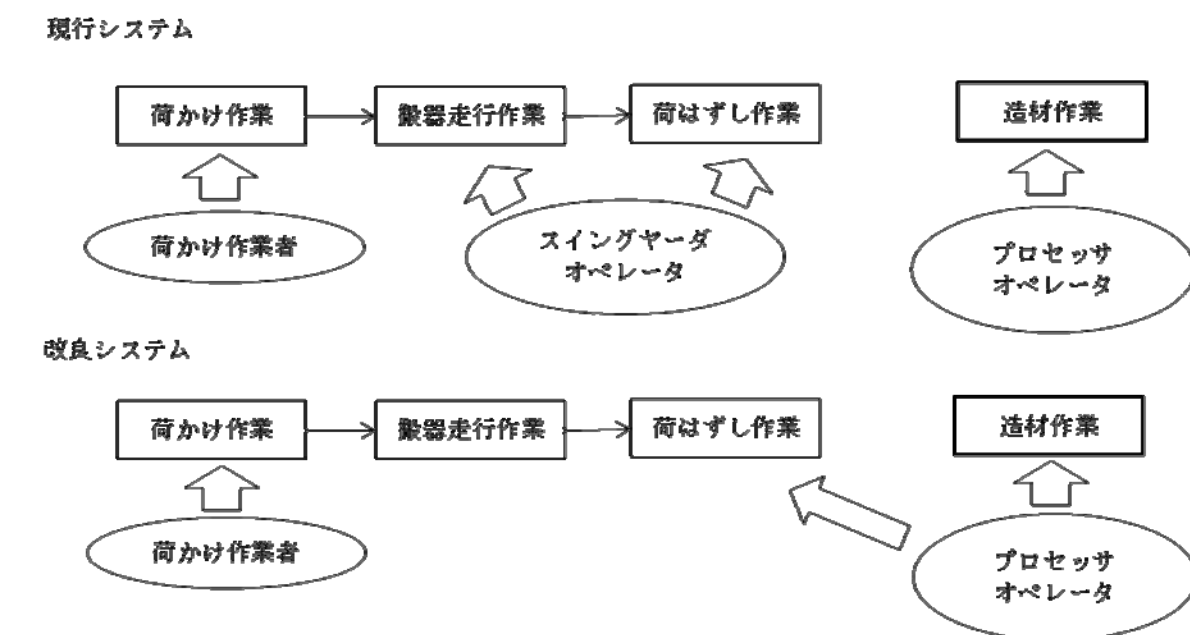


図-1 スイングヤード作業全体にかかわる省力化

伐採率をあげると間伐の収益性はどう変わっていくのか

森林総合研究所 林業工学研究領域

田中 良明

はじめに

間伐は、文字通り、木々の間から木を伐採して木材を収穫する作業である。強度間伐によって伐採率を上げると、間伐作業には大きく3つのメリットがあるものと考えられる。まず、伐採率の上昇によって1つの伐採木の隣にある木が伐採される可能性が高くなるので、機械に十分な力があれば、より多くの伐採木を一度にまとめて運搬できることになって、運搬作業の能率が高まる（大量運搬の効果）。さらに、間伐作業では残された木々、いわゆる残存木が、伐採木の運搬作業の障害となるが、伐採率をあげると残存木の密度が減って運搬作業が容易に行えるというメリットがある（隙間の効果）。最後は、大量生産によるメリットである。工場で製品を生産する場合、その製品が1千個売れようと、1万個売れようと、工場の建設にかかった費用は同じである。しかし、製品1個あたりの建設費用は1万個売れた場合のほうが、はるかに安く、工場の収益性は良くなる。これと同じようなことが間伐作業にもあり、ある間伐のためだけに作られる施設や、現場への機械の運搬費は、収穫される木材の量に関係なく発生する固定費とよばれる費用である。したがって強度間伐では固定費低減の効果があって収益性が向上するであろう（大量生産の効果）。

この研究では、四国の代表的な間伐作業システムとして、スイングヤーダとH型架線を取りあげ、現地調査を実施した。この研究の目的は、それぞれの作業システムについて、強度間伐の効果について検討を行い、伐採率の増加によってコストの低減と収益性の向上がどの程度になるか明らかにすることである。

1. スイングヤーダ作業システムの事例

スイングヤーダ作業システムの現地調査は、森林組合の協力を得て実施した。調査地は35年生のヒノキ林で、平均胸高直径26cm、平均樹高は14.1mであった。調査プロットをスイングヤーダの架線を境界にして2つにわけ、一方に、本数伐採率で35%の間伐を、もう一方に45%の間伐を実施、ビデオカメラによる映像を使って作業分析を行った（図1、2）。



図1 間伐前の林況



図2 スイングヤーダによる間伐作業

運搬1回あたりの本数は35%のプロットで平均1.4本、45%のプロットでは1.7本となり、伐採率の増加によって一度に多くの伐採木が運搬できることが明らかになった。1回あたりの材積が増加すると、運搬速度、ワイヤーロープの荷かけや荷はずしにかかる時間も増加するが、そのことを考慮しても能率は向上した。例を示すと、調査地と同じ林分条件で平均30mの運搬距離で1回あたり1.4本の伐採木を運搬した場合、1時間当たり8m³の木材の運搬が可能であるのに対して、1.7本では9m³の運搬が可能であり、能率は10%程度向上する。

また、現場の作業者は、スイングヤードに近い、運搬距離の短い範囲では、索張りをせずに、ワイヤーロープを直接人力で引き出して荷かけを行う直引運搬を行った。この直引作業と索張りをを用いた運搬作業の能率を比較したところ30m程度の範囲までは、直引運搬の能率が高いことが明らかになった。現場の作業者がこの方法を用いたのはまさに30mまでであり、作業者は経験からこの能率の分岐点を知っていたことになる。この、直引運搬を行った範囲は、35%の間伐ではスイングヤードから10m程度であるのに対して、45%の間伐では30mに及んだ。残存木が減って隙間の効果が生じたのである。この効果を数値で確認するため、コンピュータシミュレーションを行った。ある伐採木からスイングヤードまでの間に残存木がなければ直引運搬は実行できる。林分条件を調査地と同じものとして、スイングヤードから30m離れたところにある伐採木からスイングヤードまで幅50cmの隙間がつけられる確率を計算した結果、50%の間伐では30%の場合の2倍程度になることが明らかとなった。このように強度間伐では、能率の高い直引運搬が行われる面積の比率が高くなるので、能率はさらに向上する。

2. H型架線作業システムの事例

H型架線システムは、山の尾根の間に2本のワイヤーロープを高く張って木材を真上に吊り上げ、運搬するシステムである（図3、4）。このような架線運搬を用いると急峻な山地に無理に道をつくる必要がなくなるという大きな利点がある。しかし、この架線を架設するのに必要な費用は、いわゆる固定費となる。つまり、架設にかかった費用は、伐採木1本を運搬しようと、全部の木を伐採（皆伐）して運搬しようと同じであり、伐採率を上げることによって大量生産の効果があらわれる。



図3 H型架線による木材運搬

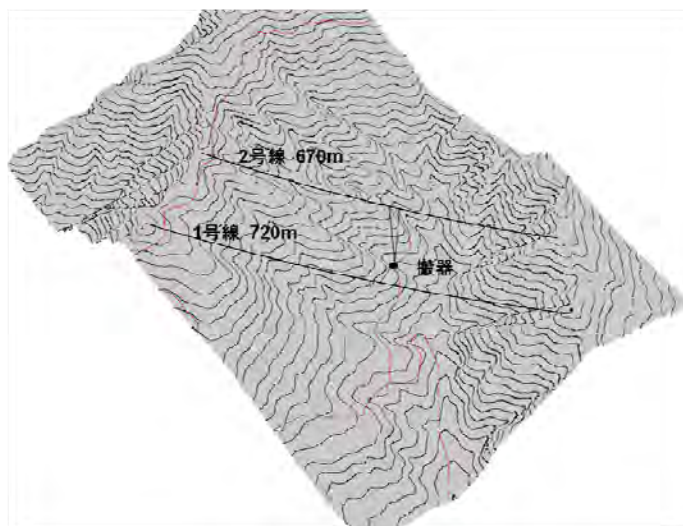


図4 調査地の鳥瞰図

H 型架線の現地調査は、高知県の素材生産業者の協力を得て行った。調査地は、47 年生のスギ、ヒノキ混植林であり、平均胸高直径は、スギ、ヒノキ、それぞれ 30.0cm、28.5 m、平均樹高は、それぞれ、20.0m、16.8m であった。伐採率は本数伐採率で 40%であった。H 型架線は、およそ 700m の 2 本のワイヤーロープを 200m の間隔で架設したものであった。木材を吊り上げるためのウインチを内蔵した搬器を、尾根の上に設置された別のウインチによって走行させる方式で、現地調査ではこの搬器に GPS 受信機とビデオカメラを搭載、地上からのビデオ撮影と合わせて作業の分析を行った。搬器に設置したビデオカメラから得られた画像を図 5、6 に示す。調査の結果、1 回の運搬あたり平均 1.6 本の伐採木の運搬が行われていたが、伐採率を上げれば、スイングヤーダと同様に、この値は増加するものと思われる。土場とよばれる集積場所に集められた伐採木は、そこで丸太に加工される（図 6）。



図 5 ビデオカメラによる林内の映像



図 6 ビデオカメラによる土場の映像

GPS 受信機から得られた 1 秒ごとの搬器の軌跡から、搬器の移動速度や荷かけ、つり上げに要する時間を測定、作業能率の推定を行った。一例を示すと、調査地と同じ林分条件に対して、スパン長 700m の 2 つの架線を 200m 間隔で並べた H 型架線で、架線下の 70% の範囲を運搬すると、平均して 1 時間に 5.2m^3 の木材の運搬が可能である。この値は、木材を運搬する土場が中央にある場合の値で、能率は土場の位置によって異なる。例えば片方の架線の中央真下に土場があった場合、運搬距離が増えるので、この値は 4.6m^3 まで低下する。

作業日報と聞き取りによる調査より、調査対象となる H 型架線の架設及び撤去には 3～4 人で 2 週間程度の人工が必要であった。したがって労務費に加えて、この期間の機械経費が架設の費用となり固定費となる。この固定費はスイングヤーダのような、他の間伐作業システムに比べて大きく、H 型架線の収益性は伐採率によって変動することとなる。

おわりに

間伐のコストや収益性の算定で問題となるのが、算定の根拠となる作業の能率の値が、作業条件によって異なることである。作業コストに関係するものとしては、運搬距離、胸高直径、樹高など多くの条件がある。収益性に対しては木材の価格が重要であり、この価格は変動している。こうした条件に対応してコストや収益性が適切に評価できるように、

間伐のためのコスト、収益性算定プログラムを作成した。GIS から得られる地形や林分条件から作業条件を算定する一方、スイングヤードに対する隙間の効果や、両方のシステムに対する大量運搬の効果は、対象地と類似の林分のモデルを作成して、シミュレーションを行って推定した。間伐に対するコストや収益性を算定するプログラムはすでに存在しているが、この研究結果を反映することによって、間伐の伐採率の違いを反映させることが可能となった。スイングヤード、H 型架線を用いた間伐作業に対して、伐採率の違いによって能率がどの程度向上し、コストがどの程度低下して、収益性がどの程度向上するか、推定することが可能となった。

独立行政法人 森林総合研究所運営費交付金プロジェクト 課題番号200701

「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」

公開シンポジウム 講演要旨集

発行日	2009年11月
編集・発行	独立行政法人 森林総合研究所四国支所 780-8077 高知市朝倉西町2-915 TEL.088-844-1121(代) FAX.088-844-1130
お問い合わせ	連絡調整室 koho-ffpri-skk@gp.go.jp
ホームページ	http://www.ffa-pri-skk.affrc.go.jp/
印刷所	(有)西村謄写堂 780-0901 高知市上町1-6-4 TEL.088-822-0492

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所四国支所の許可を得て下さい。

