

四国の森を知る

森林総合研究所四国支所

強度間伐施業技術の開発

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、(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、(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、及び(4)強度間伐による収益を予測するための課題を研究課題として取り上げ、実施してきましたが、本誌におきましては、プロジェクトの研究成果の一部として、3つの記事を紹介させていただくことにしました。1番目の記事は、間伐率の違いによる林分の明るさの変化や間伐強度による残存木の個体成長等についての調査結果、2番目の記事は、ヒノキ林について強度の間伐を行った場合の虫害に対する影響についての調査結果、3番目の記事は、強度の間伐による作業能率への影響についての調査結果です。強度間伐という施業については解決すべき課題がまだまだあるところですが、現場サイドでの施業の参考にしていただければ幸いです。

強度間伐によるヒノキ林の 林分成長への影響

人工林保育管理担当チーム長 奥田 史郎
 森林生態系変動研究グループ
 伊藤武治、野口麻穂子、宮本和樹

■ 強度間伐とはどの程度切るのか

手入れ不足のヒノキ林は、木が混んできて林内も暗くなり枯れ木も目立つようになります。木の形質も悪くなるので間伐により空かしてあげることによって成長を改善する必要があります。ただ実際には、間伐に手間もかかるので適度な頻度での間伐がされなくなってきている、という現状があります。そこで、一度の間伐でより大きな効果を上げることを期待して強度の間伐が実施されるようになりました。現実強度間伐を実施しようとする、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判断しますが、本数や胸高断面積合計（幹の横断面積の合計）、材積、 R_y （収量比数）などを目安にします。本数は目安としては分かりやすいのですが、空間を開けた効果と持続性を考えると胸高断面積合計や材積で評価した数値にも理があります。実際試験をした一例では（図1）、断面積比で35%程度の点状間伐

伐でも本数比では半分程度に減少し、より強度である50%程度の断面積比での点状間伐の場合、本数比では約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となります。列状間伐では、断面積比と本数比の差が小さくなります。間伐により除かれるのは幹だけでなく、間伐の強度に応じた割合で枝、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空間を疎開させて林内は明るくなりますが、成長の原資としての生産器官が一時的に減少する点でその後の成長に影響します。

■ 強度間伐の影響

間伐の強度に応じて林内の環境は様々に変化し、たとえば光で言えば林内は明るくなります。それにより葉を更に展開する空間が得られるわけですが、林分の成長にとっては最も直接的に影響するのは失われた生産器官としての葉量の回復です。間伐後の樹冠葉量の変動を光学的機械（LAI、葉面積指数）を用いて測定したところ、間伐後のヒノキ林では間伐率に応じて葉量の減少がみられました。ただ、林分としての葉量の回復は意外に早いことがわかりました。たとえば、高知の2カ所の強度間伐試験を実施したヒノキ林（高知県の町本川、高知県高岡郡四万十町大正）で、間伐後6年経過した時点での樹冠葉量を比較したところ（図2）、低標高の大正

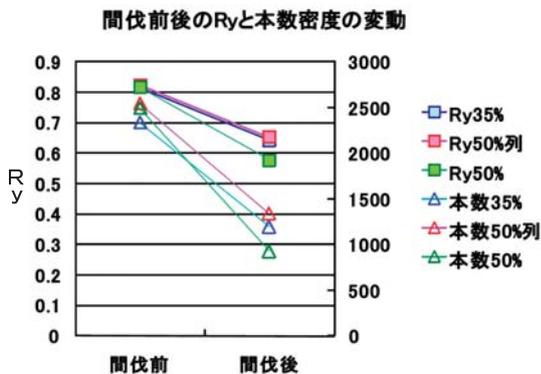


図1 高知県の町本川のヒノキ林における間伐後の変動

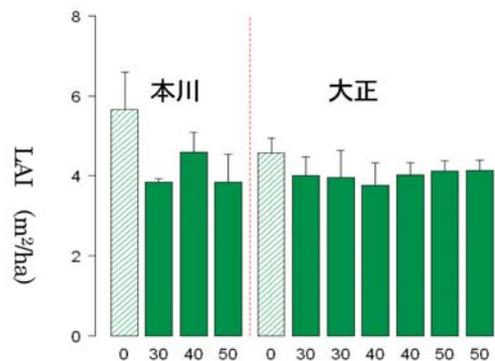


図2 間伐後6年の樹冠葉量（数字は間伐率）

では無間伐区に比べ若干低いものの間伐率の違い処理区間では葉量の差は見られなくなっており、標高の高い本川でも無間伐区に比べれば間伐区での樹冠葉量はまだ低いものの、全体では同様の傾向になっていました。

■ 間伐後の成長は

間伐後の成長に顕著に違いがみられるのは一本一本の木の直径成長で、たとえば本川での間伐後6年間の直径成長は(図3)、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林分ほど直径成長量も大きくなっていました。一方、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。この結果、間伐後の個体はしばらくの間は横方向への成長に重点化し単木の形状が改善される傾向がありました。

林分としての成長量を胸高断面積合計の増分で比較したところ(図4)、本川の方が平均的に大きく、大正の方が小さかったのですが、いずれの地域でも、間伐後6年経過した林分で個体成長量の増大が本数減少をカバーし、間伐率の違いによる成長差は小さくなっています。また、無間伐林と比較してもその差は小さく、間伐による成長の減速はかなり改善されてきたことが示されています。ただ、林分単位での材積成長量で比較すると、まだ無間伐林の方が大きいのですが、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。間伐時の間伐木分を収穫と見なせば、期間中の炭素固定量ではその差は小さくなっています。

強度間伐は一時的には残存本数の急激な減少を伴うなど変化が激しく、林分としてみたときに間伐後の一時的な成長量の減少が避けられません。ただ、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により林分成長量の改善は順調に進むようです。さらに、強度間伐による効果としては、個体単位での成長改善は当分の間は持続すると考えられたため、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の成長を確保する選択肢として有効であると考えられます。

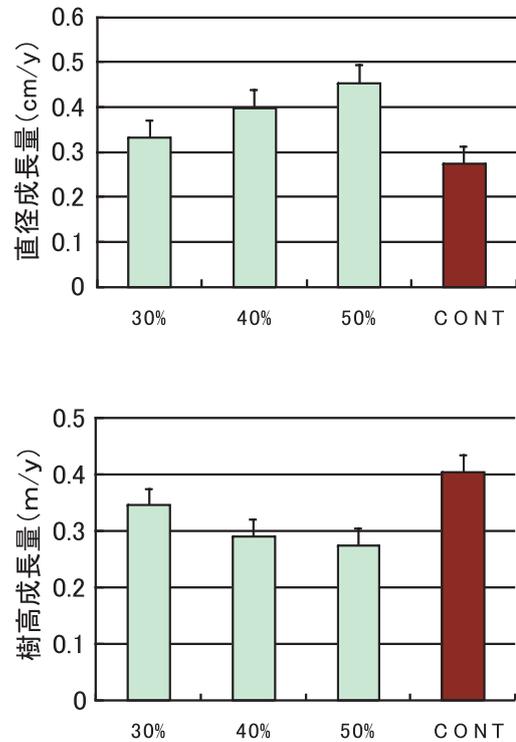


図3 間伐後6年間の個体成長

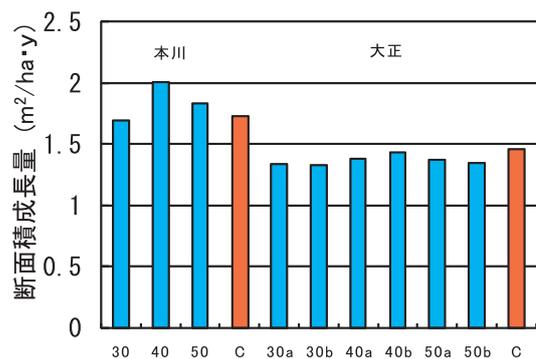


図4 間伐後6年間の断面積成長量

強度な間伐によってヒノキの立ち枯れが生じる危険のある立地条件

流域森林保全研究グループ 佐藤 重穂
松本 剛史
人工林保育管理担当チーム長 奥田 史郎

近年、十分に管理の行き届かない人工林が増加する一方、森林の持つ公益的機能や炭素吸収源としての役割を果たすために間伐の必要性が指摘され、間伐推進事業が進められています。その結果、間伐遅れだった林分において、従来よりも強い間伐を実施する事例が増加しています。

ところで、ヒノキ林で林道を開設したり、隣接した林分を伐開したりすると、新たに林縁になった場所でヒノキの立ち枯れ木が発生することがあります(図1)。強度な間伐をして、立ち枯れ木が発生する恐れはないのでしょうか。

そこで、ヒノキ林における強度な間伐と立ち枯れの発生の危険性について調べてみました。



図1 道路の開設によって林縁になった場所のヒノキが立ち枯れの事例

■ ヒノキの立ち枯れと虫害の関係

ヒノキの立ち枯れは、直接的には昆虫の加害によって生じます。マダクロホシタマムシというタマムシ科の昆虫は、幼虫がヒノキの内樹皮を食害します(図2)が、通常は健全な樹木を加害することできません。内樹皮を傷つけたときに出てくる樹脂(ヤニ)によって、樹皮下

に生息できなくなってしまうのです。ですから、弱って樹脂がほとんど出なくなったような樹木だけを食べているのです。弱った樹木にこの虫の幼虫がたくさん加害して、樹木の生存にとって不可欠な形成層が全周にわたって食害された場合に、ヒノキが枯死します。

林道の開設時などにヒノキの立ち枯れが生じるのは、それまで林内に成育していたヒノキが林縁になるという急激な環境変化によって、ストレスが生じて樹木が弱り、その結果、マダクロホシタマムシの加害を受けるものと考えられます。

これと同様に、ヒノキ林で強度な間伐を実施すると、残った立木では水分ストレスが増大することが明らかになっています。したがって、強度な間伐を実施した後の立木は、弱って昆虫



図2 ヒノキの内樹皮を食害するマダクロホシタマムシの幼虫

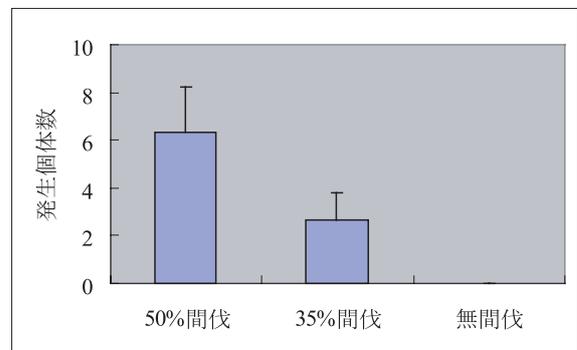


図3 間伐したヒノキ林におけるマダクロホシタマムシの発生状況(間伐率は材積による)

の加害を受けやすい状態になっているのです。

さらに、強度な間伐をおこなうと、この虫にとっては餌資源が増加することになるので、虫の発生量を増やす結果につながります。実際に、ヒノキ林の間伐強度の違いを調べた試験地でマダクロホシタマムシがどれだけ生息しているか調査したところ、間伐強度が高いほど、虫の密度が高いという結果が得られました（図3）。

■ 立ち枯れの起こりやすい立地条件

一方、ヒノキ林で強い間伐を実施しても立ち枯れが生じない場合もあります。それでは、どのような場合に被害が発生する危険性が高いのでしょうか。そこで、ヒノキの立ち枯れと立地条件との関係を検討しました（図4）。

これまでに強度な間伐を行った経歴のある高知県内のヒノキ林26箇所について、立ち枯れの発生の有無や被害の程度、標高や斜面方位などとの関係をまとめました。その結果、立ち枯れの発生しやすい立地条件があることが明らかになりました。まず、立ち枯れは標高の低い場所で多く発生しています（図5）。立ち枯れの発生した場所の9割は標高600m以下の林分でした。次に、斜面の方位や位置による違いを見ると、立ち枯れのほとんどは南向き斜面（南西向き、南東向きも含む）で発生していることが明らか



図4 強度な間伐後にヒノキの立ち枯れが生じた事例

になりました（図6）。また、斜面の下部よりも上部の方が立ち枯れの発生が多い傾向も見られました。

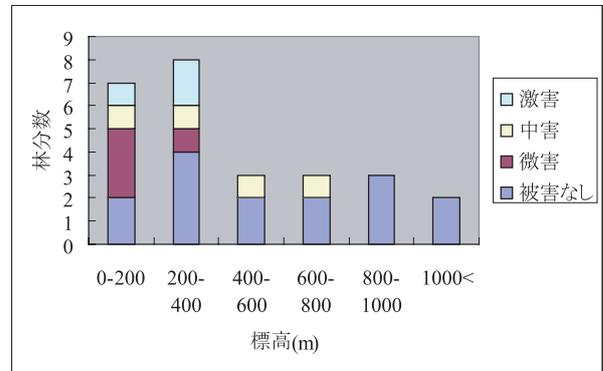


図5 強度な間伐を行ったヒノキ林における立ち枯れ木の発生と標高の関係

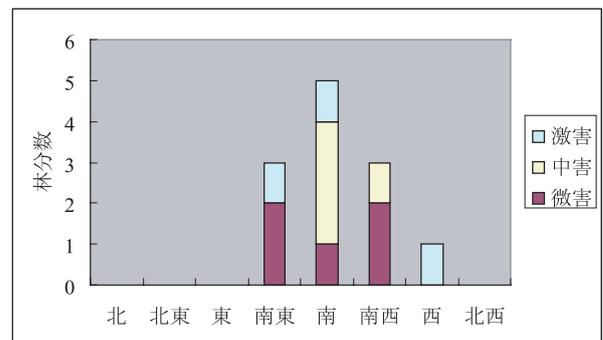


図6 間伐後に立ち枯れが発生したヒノキ林の斜面方位

このように、標高の低い地域の南向き斜面で、尾根に近い斜面上部では、特に立ち枯れが発生しやすいので要注意だと言えます。こうした場所のヒノキ林では、極端に強い間伐は避けた方がよいでしょう。程度の弱い間伐を短い周期で行うといった施業方法をとることが望ましいものと考えられます。

立地条件や樹種の特徴を考えて、それにあった施業方法をとることが重要であると言えるでしょう。

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

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、間伐作業には何らかの影響があるものと考えられる。この研究では、傾斜地での間伐作業システムとして、スイングヤードとH型架線を取りあげ、現地調査を実施した。研究の目的は、それぞれの作業システムについて、伐採率の増加によって作業がどのような影響を受けるのか、作業コストや収益性がどう変わるのか明らかにすることである。

■ スイングヤード作業システムの事例

スイングヤード作業システムの現地調査は、高知県の森林組合の協力を得て実施した。調査地は35年生のヒノキ林であり、調査プロットをスイングヤード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。その結果、運搬1回あたりの伐採木の本数は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(図1)。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、索張りを用いずに、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。この直引運搬と索張り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、直引運搬のほうが能率が高いことが明らかになった(図2)。

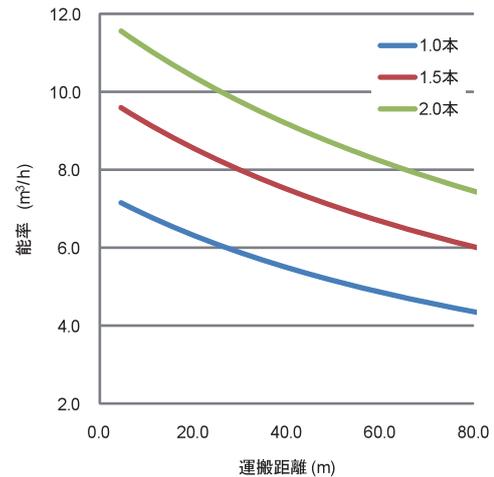


図1 スイングヤードの作業能率

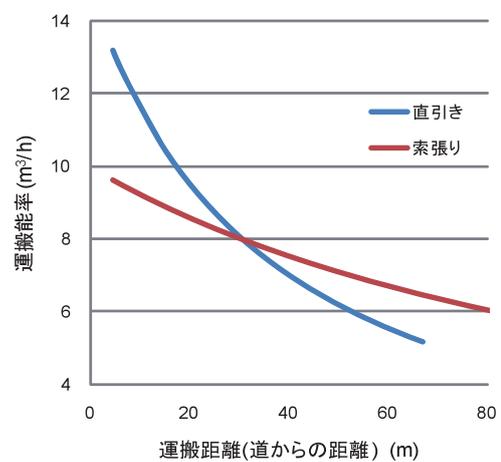


図2 直引きと索張りの能率比較

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にも及んだ。強度間伐では残存木の間隔が長くなるため直引きが行いやすかったのである。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が作業を行う道までの間にある間隔で残存木がなければ、つまり隙間があれば直引き運搬は実行できる。林分条件を調査地と同じものとして、伐採木まで幅50cmの隙間が得られる伐採木の割合を計算した(図3)。図からは、スイングヤードから30m離れたところでは、30%の間伐では、直引きできる伐採木の割合が10%程度なのに対して、50%

の間伐を行った場合では、20%を超えることがわかる。

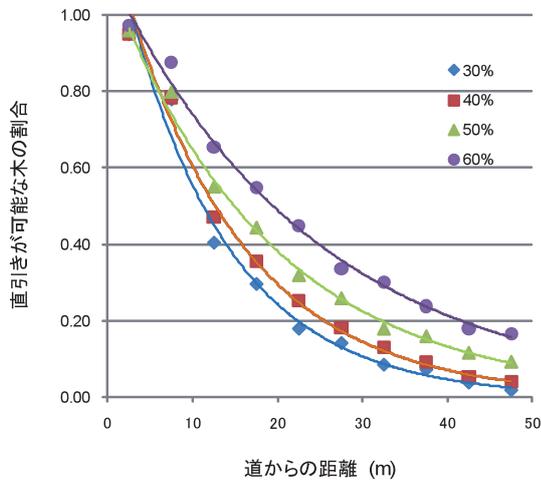


図3 直引きできる伐採木の割合

このように、スイングヤードを使った作業システムで強度間伐を行うと、1回あたりの集材本数が増えることに加えて、能率の高い直引きの運搬が行われる割合が増えることによって能率が向上することが明らかになった。

■ 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4)。この架線を架設するのに必要なコストは、いわゆる固定費である。架線の架設にかかったコストは、30%の間伐を実施して運搬しようと、100%、つまり全部の木を伐採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材積あたりのコストは低下する。

このH型架線の現地調査を、高知県の素材生産事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、伐採率は本数伐採率で40%であった。現地調査ではH型架線で使われる搬器に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。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(図5)。図に示すように能率は伐採木をどこに集めるかによって変化する。

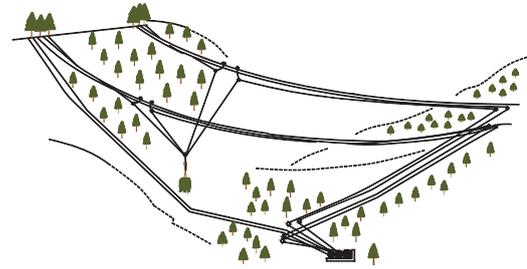


図4 H型架線による集材

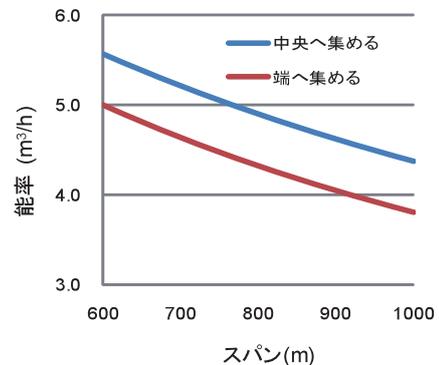
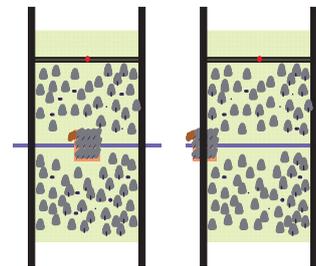


図5 H型架線による能率の算定例

■ おわりに

伐採率をあげると、スイングヤードでは作業能率が高まって、コストの削減ができることがわかった。H型架線では搬出材積が増えることによって、架設にかかるコストが低下して、やはりコストは低下する。図1、2、5に示した結果を使えば、コストがどれだけ低下して、収益性の改善がはかれるのか算定することができるようになった。

四国の森林・林業解説シリーズ（４）

木質ペレットの生産と利用

流域森林保全研究グループ 垂水 亜紀

地球温暖化や原油価格上昇によって、バイオマスエネルギーへの注目が高まっています。中でも木質バイオマスは、食料との競合が無く、持続可能な資源として重要視されており、四国でも各地で木質バイオマスエネルギー利用の取り組みがみられます。

木質バイオマスには主に、建築廃材、製材残材などの林産系廃棄物のバイオマスと、林地残材のような林業系未利用バイオマスがあります。

建築廃材、製材残材については、製紙原料、畜産業の敷料や堆肥、木材乾燥用の木くずボイラーへの利用などですでに利用率が高いため、今後最も活用が求められるのは林地残材です。

四国支所では、今年度から国産の木質ペレットストーブを導入しました（写真）。使用するのは高知県産の木質ペレットです。木質ペレットは、製材時に発生する端材やオガ粉などで製造されるホワイトペレットが最も合理的とされますが、近年は補助制度の充実やボイラー等機器の性能向上により、間伐材や枝条、樹皮を原料にする全木ペレット、樹皮ペレットの生産も増加してきています。木質ペレットの生産は昭和50年代より行われており、先駆

けとなった企業3社のうち、2社は四国にあります。現在は全国に数十カ所の生産プラントがあり、四国には6カ所存在し、さらに増える見込みです。

ペレットを生産する過程でのコスト等を考えれば、チップとして利用するのがシンプルですが、ペレットはハンドリング（取り扱い）に優れ、誰でも安全に利用できること、エネルギーが高密度化されているのが特徴です。

最近では石炭との混焼発電事業といった大規模な需要が見込まれている木質ペレットですが、輸入ペレットに依存しない持続的な活用を目指す上で、需給バランスのとれた適正な規模での活用も検討する必要があります。



支所玄関に設置したペレットストーブ
（撮影：垂水亜紀）

お知らせ

1月30日（土）に開催しました公開シンポジウム「よみがえれ！竹林」には県内外より130名もの方々に参加していただきました。誌面を借りて厚く御礼申し上げます。「竹」に関する問題は林業だけのものではなく、多くの人、地域、産業分野からも注目されていることを改めて認識したところです。今後とも当日出された意見を踏まえ、竹問題に対する取り組みを強めなければならぬと感じています。

なお、当日の講演要旨は四国支所ホームペー

ジにも掲載（PDF形式、ダウンロード可無償）していますので、是非、ご活用下さい。

四国の森を知る No.13

平成22年2月発行

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丁目915

電話 088-844-1121 FAX 088-844-1130

URL: <http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp>

*本誌からの転載・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。