

北の森だより

Vol.2
平成21年3月



— 研究紹介コーナー —

1. 台風後のヤツバキクイムシ類による樹木枯死被害の推移
2. 収穫試験地にみるカラマツ人工林の成長
3. 北海道における低コスト化に向けた機械化伐出システムの課題
— 林内走行型ハーベスタ作業システム —



目次

■研究紹介コーナー

1. 台風後のヤツバキクイムシ類による樹木枯死被害の推移
生物多様性担当チーム長 上田明良 ————— 1

 2. 収穫試験地にみるカラマツ人工林の成長
北方林管理研究グループ
石橋聡、高橋正義、佐々木尚三、立花敏 ————— 5

 3. 北海道における低コスト化に向けた機械化伐出システムの課題
ー林内走行型ハーベスタ作業システムー
北方林管理研究グループ 佐々木尚三 ————— 9
-

■報告コーナー

1. 北海道支所創立 100 周年記念講演会 ————— 14
2. 森林講座開催報告

1. 台風後のヤツバキクイムシ類による樹木枯死被害の推移

生物多様性担当チーム長 上田明良

はじめに

2004年は洞爺丸台風からちょうど50年目の年であり、当時の被害を回顧する報道がいくつかのマスコミで取り上げられていた。そんな最中の9月8日に、北海道が再び大型台風に襲われたことは記憶に新しいであろう。この台風18号は、洞爺丸台風の最大瞬間風速55.0mに迫る51.5mを記録した。全道の森林被害は、洞爺丸台風時の2580万 m^3 には及ばないものの、約200万 m^3 に達した⁽⁸⁾。特に、樽前山山麓（苫小牧市・千歳市）の被害は、全道被害の約3分の1におよび、洞爺丸台風時に匹敵する被害（約100万 m^3 ）となった（写真-1）⁽⁸⁾。

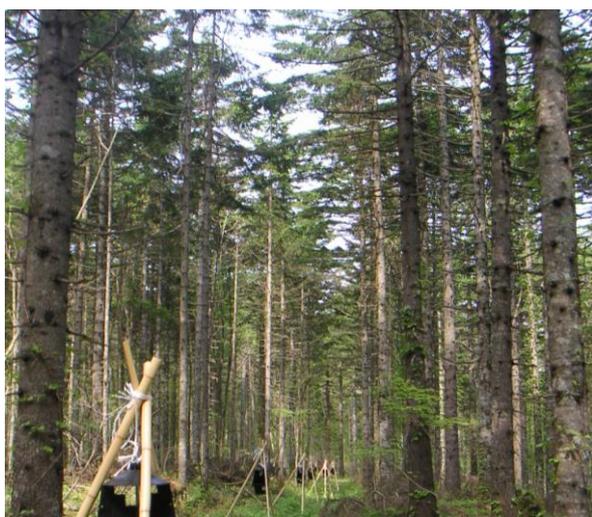


写真-1 樽前山山麓エゾマツ・トドマツ人工林の2004年18号台風以前の様子（上）と台風以後の様子（下）

北海道で大規模な風倒が生じると、その2年後以降に風倒地周辺で必ずと言っていいほど、昆虫による針葉樹枯死被害が生じる⁽¹⁰⁾。枯れるのはトウヒ類（エゾマツ・アカエゾマツ）とカラマツ類に限られる。これは、ヤツバキクイムシ類（以下ヤツバ類と略す）という体長3～5mmの小さな甲虫が、生立木に集中攻撃（マスアタック）することで生じる。トウヒ類はヤツバキクイムシ（*Ips typographus japonicus* Niijima：以下ヤツバ）によって、カラマツ類はカラマツヤツバキクイムシ（*Ips subelongatus* (Heer)：以下カラマツヤツバ）によって被害を受ける（写真-2）。



写真-2

ヤツバキクイムシ（左）とカラマツヤツバキクイムシ（右）
注：鞘翅端のくぼみの尾根にある左右4本ずつの歯（計8本）がヤツバ（八つ歯）の名の由来

ヤツバキクイムシ類の生態と樹木の枯死要因

ヤツバは一夫二妻、カラマツヤツバは一夫三妻のハーレム型の婚姻をする昆虫で、樹木の樹皮下に穴（坑道）を掘って住んでいる（写真-3）^(1,4,9,10)。最初、オスが穴を掘ると集合フェロモン（オス・メス両方を呼び寄せるフェロモン）を発信する。呼び寄せられたメスは、交尾後さらに坑道を掘り進み、その左右に卵を1つずつ

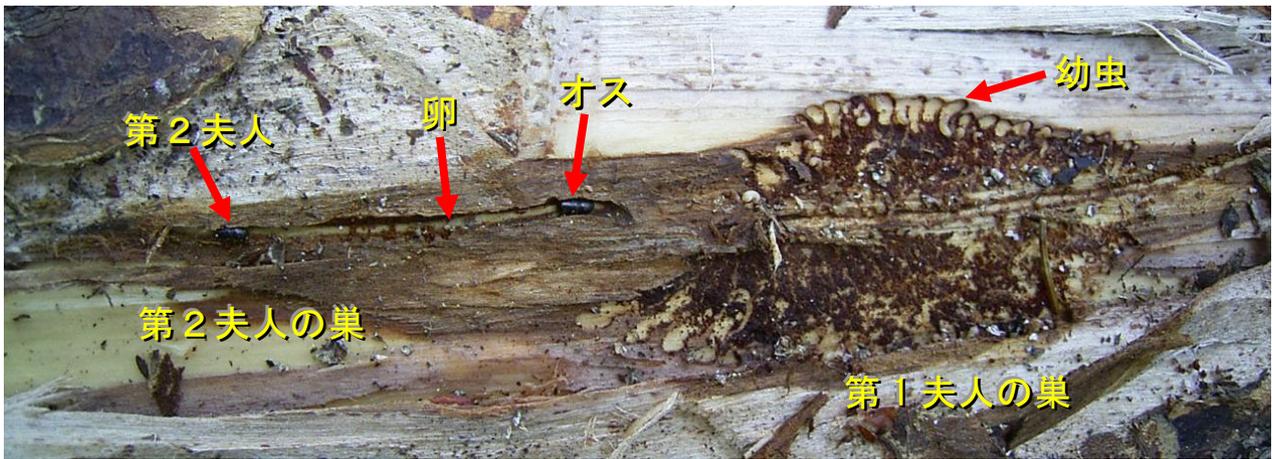


写真-3 樹皮下にあるヤツバキクイムシの巣

産み付けていく。孵化した幼虫は、内樹皮を食べながら掘り進み、成虫になると穴を開けて脱出する。北海道では1年1化あるいは2化の生活史をもち、成虫だけが樹木の樹皮下で越冬する(図-1)^(1,11,17)。ヤツバ類は通常、新鮮な倒木、立枯木、直径8 cm以上の枯枝・落枝(新鮮枯死材)の樹皮下で繁殖する。こういった繁殖資源が風倒や伐採によって多量に生じると個体数が増加する。しかし、このような繁殖資源は1~2年で枯渇または古くなるため、行き場を失ったヤツバ類は周辺の生立木にアタックするようになる^(3,10,13,14)。先に述べたようにヤツバ類は集合フェロモンを発信する。これに反応して集まったオスが次々に穴をあけて、さらに多くの集合フェロモンを発信するため、特定の木でマスアタックが生じる。このとき、虫体に付着した病原菌(*Ceratocystis*属と*Ophiostoma*属といった青変菌のなかま)が樹体内に持ち込まれる^(7,15,16)。病原菌に組織が侵されると、通道機能障害が生じて木が枯れる⁽⁶⁾。

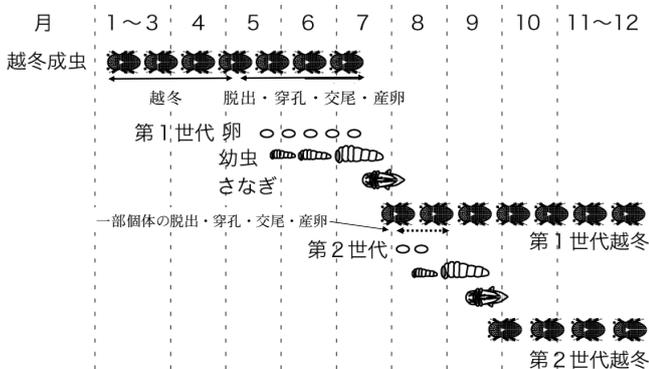


図-1 ヤツバキクイムシ類の生活史

過去の枯死被害の推移

このように普通2年目から樹木枯死被害が生じるが、木はただやられっぱなしなのではない。健全な木は樹脂(ヤニ)を出して対抗するので、ヤツバ類はアタックに失敗することが多く、たとえ枯死させ、繁殖に成功したとしても、繁殖率は新鮮枯死材での繁殖よりも落ちる⁽¹⁷⁾。そのため、ヤツバ類の個体数は3年目前後にピークに達し、やがて減少する。そして、これに呼応するように枯死木数も3・4年目をピークに減少し、通常5・6年目には被害がほぼ収束する^(10,14)。しかし、乾燥や食葉性害虫により木にストレスがかかると、被害期間が長くなることがある⁽²⁾。

洞爺丸台風後のヤツバ類による枯死被害は台風後2~5年目に顕著に現れ、風倒材積の約10分の1(約250万m³)に及んだ⁽¹⁴⁾。このときの被害はほぼすべてヤツバによるトウヒ類被害であったが、1981年15号台風後の被害ではカラマツヤツバによるカラマツの枯死も生じている⁽¹⁰⁾。2004年18号台風においても2006年から被害が生じると予測された⁽¹⁰⁾。この予測を検証するために、樽前山山麓の国有林内にいくつかの調査プロットを設定し、ヤツバ類による針葉樹枯死被害の推移を観察した。

調査地と方法

樽前山山麓国有林である千歳風景林と苫小牧風景林内のうち、風倒被害を受けたエゾマツ林8小班、カラマツ林7小班内で、立木が比較的多く残っている場所を調査プロットとした。それぞれの小班の植栽年、調査面積、風倒木処理

表-1 各調査プロットの概要と生立木へのヤツバ類による加害状況

樹種	林小班	植栽年	調査面積 (ha)	風倒木処理 (プロットまわりの処理年)	台風前立木数	風倒率 (%)	平均胸高直径 (cm)	生存	2008年立木数			
									被害等枯死	ヤツバ類虫害枯死		
										06年	07年	08年
エゾマツ	1204い	1915	0.74	07年	203	14.3	32.2	156	0	0	0	0
	5240い	1943	0.53	05-06年	161	19.9	29.2	117	3	0	0	0
	5244い	天然	0.20	未 (05年)	29	6.9	40.0	27	0	0	0	0
	5262い	天然	0.27	06-07年	80	43.8	36.8	35	0	0	0	0
	5276い	1930	0.28	未 (05年)	115	21.9	28.6	81	2	3	1	0
	5283い	1924	0.25	未 (05年)	55	1.8	37.3	53	0	0	0	1
カラマツ	5323い	1913	0.20	未 (05年)	151	2.0	26.5	115	1	1	17	10
	5329い	天然	0.20	未	62	23.0	24.2	41	0	2	4	0
	計				856			625	6	6	22	11
カラマツ	1195ろ	1958	0.45	05, 06-07年	260	38.8	21.9	19	0	0	1	0
	1222ろ	1958	0.15	05年	56	32.1	25.7	32	0	0	0	0
	5247に	1952	0.72	05年	223	17.9	27.9	180	3	0	1	0
	5293い	1956	0.3	未 (05年)	82	17.1	23.2	68	0	0	0	0
	5349ろ	1955	0.15	未	37	13.5	28.4	32	0	0	0	0
	5350ろ	1955	0.15	未	46	0.0	28.7	46	0	0	0	0
カラマツ	5374に	1956	0.24	未 (05年)	81	16.0	24.0	64	1	0	3	0
	計				785			441	4	0	5	0

の有無、風倒率、胸高直径を表-1に示した。調査プロット設定後7箇所で風倒木処理が入り、全てあるいはほとんどの倒木と一部の生立木が持ち出された。また、それ以外の調査プロットでも多くの場所でプロット周辺の風倒木処理が行われた。

2005~2008年の9月中旬から10月下旬に各調査地内の全立木の生死を判別し、枯死木については鉋で樹皮を剥ぎ、ヤツバ類の繁殖の有無を調べた。倒木については、緑葉が残っているかどうかを判別したのち、ヤツバ類の繁殖の有無を調べた。

結果と考察

風倒木の被害推移：台風による風倒木のうち2008年にプロットに残存する風倒木の状況推移を図-2に示した。樽前山山麓の土壌はやわらかくてもろいれき質であるため、風倒木のほと

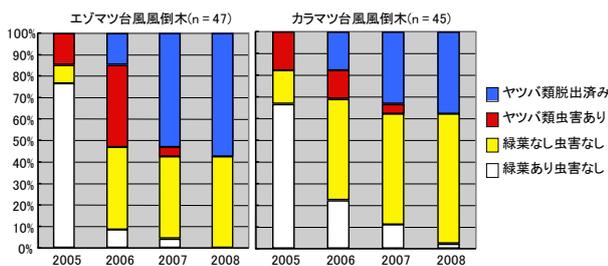


図-2 2008年に調査プロット内に残存する台風による風倒木の状況推移

んどが根返りであるという特徴があった。根返り木は土付の根とつながっているため、幹折れ木や伐倒木と比べると生立木に近いほぼ健全な状態が長期間維持される。エゾマツでは風倒から1年目の2005年でもほとんどが緑葉をつけた根返り木で、虫害がみられたのは幹折れ木や林道を通すために切られた玉切り木とその周辺の根返り木だけであった。これは、幹折れ木や玉切り木では、樹勢が早く低下するため虫害が集中し、集合フェロモンを介してその周辺の根返り木に被害が広まったものであった。2006年には、緑葉をつけた根返り木はほとんどなく、樹勢が低下したため虫害が増加した。2007年には劣化が進み過ぎたと考えられ、わずかな虫害がみられただけで、2008年にはまったく虫害がなかった。台風風倒木が今後ヤツバの繁殖に利用されることはないと考えられる。最終的なヤツバによる台風風倒木利用率は57%であった。

カラマツ風倒木もエゾマツとほぼ同じ推移となった。異なる点は、カラマツヤツバによる台風風倒木利用率が38%と低かったことである。これは、カラマツ根返り木には2008年においても緑葉をつけているものがあり、エゾマツ根返り木よりも樹勢の衰えが弱いために繁殖に失敗する割合が高かったと考えられる。

立木の被害推移：表-1に示したようにエゾマツでは2006年に6本の虫害枯死が発生し、2007年に22本に増加したが、2008年は11本に減少した。これは、風倒から3年目に立木枯死のピークがあったことを示す。2008年までの累積虫害枯死率は5.9%、すなわち100本中6本が枯死した勘定となる(図-3)。もっとも被害が多かった5323い小班は(表-1)、プロット内の木はすべて林縁木といっても過言ではない状況で、多くの生立木にストレスがかかっていたため、枯死木数が多くなったと考えられる。次に多かった5329い小班は、風倒木処理が行われなかったことが被害の原因のひとつと考えられる。実際、風倒木処理が被害を食い止めたと考えられる例として、1204い小班があげられる。ここでは、2006年にプロット以外の場所で148本の枯死を観察し、2007年の被害拡大が予想されたが、すぐに風倒木処理が行われたため、プロット内

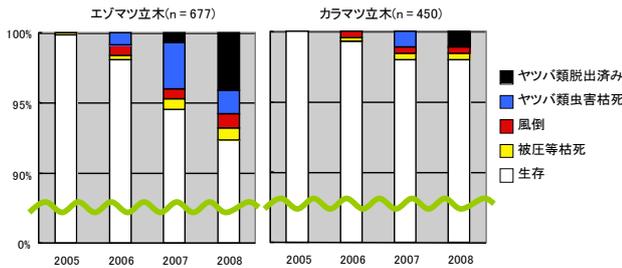


図-3 2008年に調査プロット内に残存する立木の状況推移

の枯死はなく、プロット以外でも15本が枯死しただけであった⁽¹²⁾。

カラマツでは、2007年に5本の虫害枯死がみられただけであったが、エゾマツと同様に風倒から3年目にピークがあった(表-1)。累積虫害率は1.1%と低かった(図-3)。このようにカラマツの被害が低かった原因として、1)カラマツ倒木は緑葉をつけている期間が長く(図-2)、倒木での繁殖が抑えられ続けた可能性、2)カラマツの林齢はいずれも約50年と若く(表-1)、枯死木や太い枯れ枝で繁殖するカラマツヤツバの個体数密度がもともと低かった可能性、3)平坦地に大規模で生じたカラマツの風倒地で風倒木処理が早く行われたことによる防除効果が考えられる。

以上のように、今回の台風後の枯死被害は、これまでの報告^(10, 14)と同じように、風倒後3年目にピークあった。そして、2009年はさらに被害が減少すると予想される。しかし、乾燥等によって樹木のストレスが増加し、被害がぶりかえす可能性もある⁽²⁾。実際、2008年にほとんどのカラマツ調査プロットで、ハバチ類による食葉被害が観察されており、ストレスの増加が懸念される。今後も枯死被害の観察が必要である。

なお、本研究は、東京大学千葉演習林の井口和信氏、北海道森林管理局、石狩森林管理署、胆振東部森林管理署の助力を得て行われた。ここに深謝する。

引用文献

- (1) 荒谷邦雄・近 雅博・上田明良 (1996) 食材性甲虫における亜社会性. 齋藤 裕編, 親子関係の進化生態学-節足動物の社会-. p76-108, 北大図書刊行会, 札幌
- (2) Bakke, A. (1983) Hoat tree and bark beetle interaction

during a mass outbreak of *Ips typographus* in Norway. *Z. zng. Ent.* 96: 118-125

(3) 井上元則・山口博昭 (1955) 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第1報) 1954年5月の風倒と穿孔虫のうごき. *林試北海道業務報告* 4: 72-94

(4) Kirkendall, L. R. (1983) Evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 77: 293~352

(5) 小泉 力 (1987) カラマツヤツバキクイムシ. *森林組合* 295: 26-27

(6) Kuroda, K. (2005) Xylem dysfunction in Yezo spruce (*Picea jezoensis*) after inoculation with the blue-stain fungus *Ceratocystis polonica*. *For. Path.* 36: 346-358

(7) Redfern, D. B., Stoakley, J. T., and Steele, H. (1987) Dieback and death of larch caused by *Ceratocystis laricicola* sp. Nov. following attack by *Ips cembrae*. *Plant Pathology* 36: 467-480

(8) 対馬俊之・齋藤健一 (2005) 台風18号による風倒被害の経緯. 北海道森林災害リモートセンシング研究会編「リモートセンシングによる森林風倒被害解析報告書」p3-6, 札幌

(9) 上田明良 (1996) キクイムシの家族生活. *昆虫と自然* 31: 17-21

(10) 上田明良 (2006) 大規模風倒後のヤツバキクイムシ類による生立木被害とその予防法-2004年18号台風とこれまでの台風の比較-. *日林北支論* 54: 156-159

(11) 上田明良 (2007) ヤツバキクイムシとカラマツヤツバキクイムシの生態. *森林保護* 306: 14-16

(12) 上田明良・井口和信 (2008) 樽前山山麓2004年18号台風風倒地における2007年度ヤツバキクイムシ類被害. *日林北支論* 56: 67-69

(13) 山口博昭 (1963) 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第2報) 風害翌年(1955年)における風倒挫折木での穿孔虫の増殖. *林試研報* 151: 54-73

(14) 山口博昭・平佐忠雄・小泉 力・高井正利・井上元則・小杉孝蔵・野淵 輝 (1963) 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第3報) 立木被害の発生推移(1956~1958年). *林試研報* 151: 75-135

(15) Yamaoka, T., Takahashi, I., and Iguchi, K. (2000) Virulence of ophiostomatoid fungi associated with the spruce bark beetle *Ips typographus* f. *japonicus* in Yezo spruce. *J. For. Res.* 5: 87-94

(16) Yamaoka, T., Wingfield, M. J., Ohsawa, M., and Kuroda, Y. (1998) Ophiostomatoid fungi associated with *Ips cembrae* in Japan and their pathogenicity to Japanese larch. *Mycoscience* 39: 367-378

(17) 吉田成章 (1986) ヤツバキクイムシ. *林業と薬剤* 94: 1-9

2. 収穫試験地にみるカラマツ人工林の成長

北方林管理研究グループ 石橋聡、高橋正義、佐々木尚三、立花敏

はじめに

カラマツは北海道内に天然分布しない樹種であるが、明治時代以降本州から導入して造林が進められ、現在では北海道内人工林面積の約30%を占める主要造林樹種となっている。特に拡大造林時代には大面積の皆伐新植が行われ、カラマツ人工林面積は大きく増加した。その一方で、カラマツ林経営に必要な成長予測、収穫予測については、当時若齢林主体の少数のデータしか存在しなかったため、暫定的なものとならざるを得なかった。そのため、長期かつ継続的に人工林データを収集し、精度の高い人工林成長予測などを行うことを目的に、1965（昭和40）年からカラマツ人工林収穫試験地の設定が開始された。収穫試験地は林野庁長官通達のもと全国の国有林に設定されているが、北海道内では1961（昭和36）年からトドマツを皮切りに設定が進められ、5営林局（現北海道森林管理局）と林業試験場北海道支場（現森林総合研究所北海道支所）の共同試験として行われてきた。以後、現在まで調査が継続され、これまで集積されたデータは林分密度管理図⁽⁴⁾や収穫予想表の作成⁽²⁾などに生かされてきているが、近年の伐期の長期化などの情勢をうけ、今後も高齢林データの収集と活用が期待されることである。本稿では収穫試験地においてこれまで集積されたデータを用いて、北海道内カラマツ人工林の成長について報告する。



写真－1 カラマツ人工林収穫試験地（春別）

カラマツ人工林収穫試験地の概要

カラマツ人工林収穫試験地は北海道内には34箇所設定された。その後、現在は風倒被害などにより廃止された試験地を除き31箇所が継続調査中である（表－1）。試験地の調査は原則として5年ごとに繰り返されるが、林齢50年をこえると10年ごととなる。調査項目は標準地内生立木全木の胸高直径、樹高、樹型級区分（寺崎式）が必須項目で、枝下高、樹冠幅は必要に応じて行うこととなっている。標準地は0.2ha（40m×50m）を基本とし、樹高以上の幅を持った外圍林が設けられている。なお、間伐は原則として寺崎式B種間伐（下層間伐）を行ってきた。

上層樹高の成長

上層樹高は立木本数の影響を受けにくく、下層間伐によって大きく変化しないため樹高の成長経過やその土地の生産力（地位）を示す良い指標である。なお、上層樹高は樹高を高い順に1ha当たり100本並べた平均値とした。

34箇所の試験地における各調査回の上層樹高245個のデータを用いて林齢（t）から上層樹高（DTH）を予測する式をMitscherlich関数によって作成した（ $R^2=0.88$ ）。

$$DTH = 32.486529113 \times (1 - 1.04090364 \times e^{-0.03455573 \times t})$$

図－1はこの作成した上層樹高成長曲線を245個の上層樹高の分布図上に示したものである。これを見ると、上層樹高の分布は地位の違いによるばらつきのあるものの、作成した上層樹高成長曲線はよく適合していることがわかる。また、陽樹であるカラマツの成長特性から若齢時の樹高成長が旺盛な早期型であることや、曲線の推移傾向から60年生以降も樹高成長が継続する可能性があることがわかる。

林分材積の成長

図－2には34箇所の試験地における各調査回の林分材積データ245個の分布を示した。また、これらのデータを用いて林齢（t）から林分材積（V）を予測する式をMitscherlich関数によって作成し（ $R^2=0.79$ ）、図中に示した。

表-1 カラマツ人工林収穫試験地一覧

試験地名	森林管理署・支署	林小班	試験地面積 (ha)			植栽年月	林齢	設定年月	備考
			標準値	外囲林	計				
下頓別	宗谷	2013 い	0.200	0.840	1.040	S27.春	57	S40.10	
美葉牛	空知・北空知	471 い	0.200	0.900	1.100	S33.秋	50	S41.6	
北幾寅	上川南部	12 い	0.200	0.900	1.100	S32.秋	51	S41.10	
和寒	上川北部	2343 い	0.200	1.010	1.210	S33.秋	50	S42.6	
伊の沢	上川中部	262 い	0.200	1.060	1.260	S33.春	51	S42.6	
幌延	留萌北部	85 い	0.200	0.900	1.100	S26.秋	57	S43.5	
風連	上川北部	1136 い	0.200	0.900	1.100	S35.春	49	S43.5	
生田原	網走西部	337 ん	0.202	0.896	1.098	S32.秋	51	S40.9	
東藻琴	網走南部	258 れ	0.202	0.902	1.104	S29.春	55	S40.	
上金華	網走中部	1009 と	0.199	0.841	1.040	S35.秋	48	S41.	
忠志	網走中部	2285 た	0.197	0.799	0.996	S36.春		S41.	風害廃止
秋田	網走中部	133 む	0.199	0.682	0.881	S28.秋	55	S42.	
札弦	網走南部	1027 う	0.200	0.615	0.815	S35.春		S42.	野鼠害廃止
中標津養老牛	根釧東部	455 い	0.200	0.890	1.090	S28.春	56	S40.5	
標茶太田	根釧西部	224 い	0.200	0.800	1.000	S31.秋	52	S40.6	
西上音更	十勝西部・東大雪	9 る	0.200	0.800	1.000	S32.秋	51	S41.5	
春別	根釧東部	1107 な、な1	0.200	1.000	1.200	S29.秋	54	S41.8	
広内	十勝西部・東大雪	2011 し	0.200	0.800	1.000	S28.秋	55	S42.6	
鹿の沢	十勝西部・東大雪	1319 い	0.200	0.790	0.990	S30.秋	53	S42.6	
仙美里	十勝東部	231 い	0.200	0.800	1.000	S31.秋	52	S43.7	
陸別斗満	十勝東部	1192 ん1	0.200	0.960	1.160	S32.秋	51	S43.7	
余市	石狩	3027 る	0.200	1.300	1.500	S31.秋	52	S40.10	
芦別	空知	3176 り	0.200	1.140	1.340	S31.春	53	S40.9	
恵庭	石狩	5002 れ	0.200	0.880	1.080	S27.秋	56	S41.9	
厚賀	日高南部	2067 よ	0.140	0.590	0.730	S33.春		S41.10	風害廃止
湯の岱	檜山	2183 に	0.200	0.540	0.740	S25.春	59	S40.7	
稀府	後志	2211 ね、な	0.200	0.900	1.100	S29.春	55	S40.8	
濁川	檜山	75 に	0.200	0.900	1.100	S30.春	54	S41.7	
大沼	渡島	2137 い	0.200	0.760	0.960	S25.春	59	S42.6	
コモナイ	檜山	4248 わ	0.200	0.900	1.100	S26.春	58	S42.6	
精進川	渡島	1169 ろ	0.200	0.900	1.100	S27.秋	56	S43.10	
ヨビタラシ	檜山	3146 に	0.200	0.900	1.100	S28.秋	55	S43.6	
万字	空知	18 ろ	0.200	0.900	1.100	S30.秋	53	S41.8	
丸瀬布	網走西部	1108 う	0.242	0.849	1.091	S30.春	54	S42.	

注) 林齢は 2008 年時点。

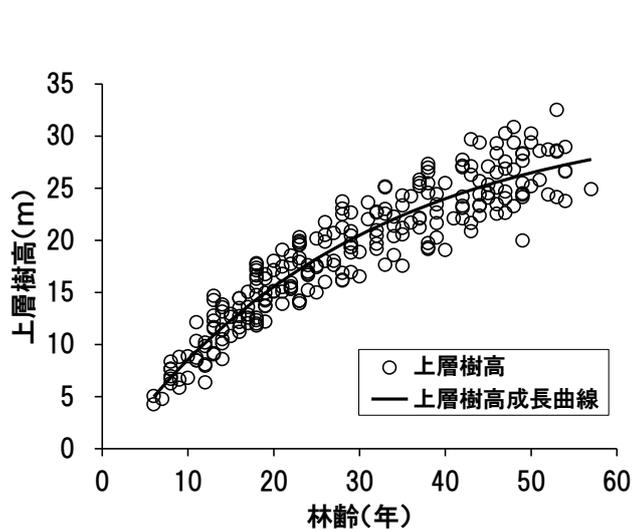


図-1 林齢と上層樹高の関係

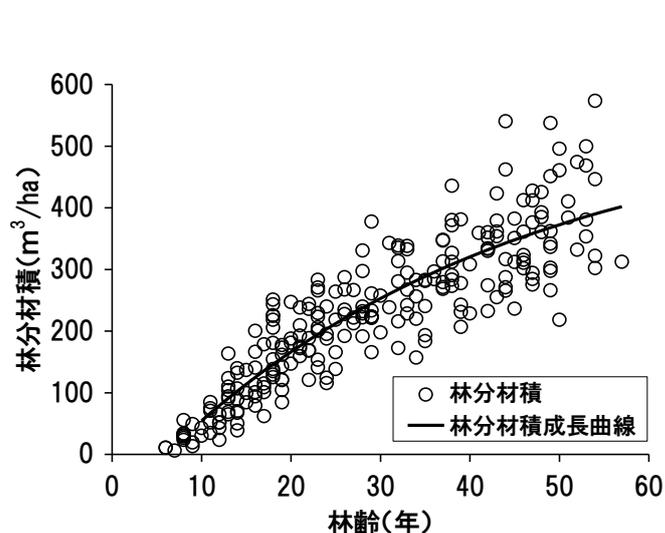


図-2 林齢と林分材積の関係

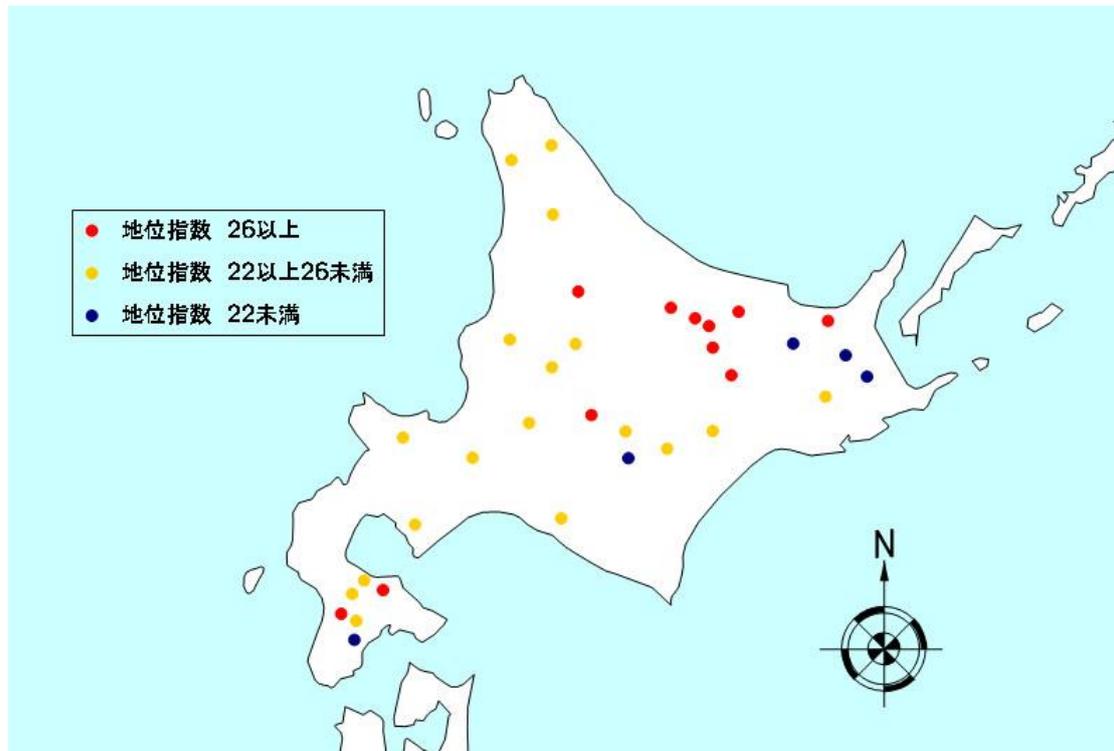


図-3 カラマツ人工林収穫試験地地位分布

$$V = 554.44598982 \times (1 - 1.160397228 \times e^{-0.02526363 \times t})$$

これをみると、林齢が高くなるに従えばつきは大きくなるものの、作成した林分材積成長曲線からみて標準的には現行の標準伐期齢 30 年生時で 250m³/ha 前後、標準伐期齢の 2 倍とされる長伐期の伐期齢 60 年生時で 400m³/ha 前後の林分材積が期待できると思われる。

地位の分布

図-3 には 34 箇所の試験地の地位指数を用いて、北海道内カラマツ人工林収穫試験地の地位分布を図示した。なお、地位指数の計算は既に作成した地位指数曲線⁽²⁾を利用し、基準年齢は 40 年とした。ここで使用した 34 個のデータは、34 箇所の試験地において複数回行われている調査回のうち基準年齢の 40 年生に近い調査回のデータである。

これをみると、カラマツ人工林の地位は根釧地方で低く、北見地方では高い傾向がみられる。試験地の箇所数が 34 箇所と少ないため断定はできないが、今回の結果は既に報告されている民有林での調査結果⁽³⁾とほぼ一致している。

胸高直径と樹冠直径の関係

図-4 には丸瀬布試験地の調査結果を用いて、胸高直径と樹冠直径の関係を示した。これをみると全般的にややばらつきはあるものの、直線的な回帰関係が認められた ($R^2 = 0.74$)。

$$C = 0.1529 \times D + 0.5222$$

C : 樹冠直径 (m)、D : 胸高直径 (cm)

ここで得られた回帰式を用いて、胸高直径を 34cm として樹冠投影面積を計算すると 25.7m² となり、単純計算ではあるが胸高直径 34cm の立木が ha 当たり 389 本生立できることになる。この結果を利用すると、カラマツ人工林の管理において目標胸高直径を 34cm におくとすれば、立木本数を 400 本/ha 前後に減少させる間伐の設計が必要と考えられる。なお、樹高成長が旺盛な時期は樹冠の広がりも早い。上述したようにカラマツの樹高成長は早期型であることから、必要な枝下高を確保した後は、早めの間伐を繰り返し実施し、樹冠の発達を促すことが目標胸高直径に達する林齢を短縮するために必要である。

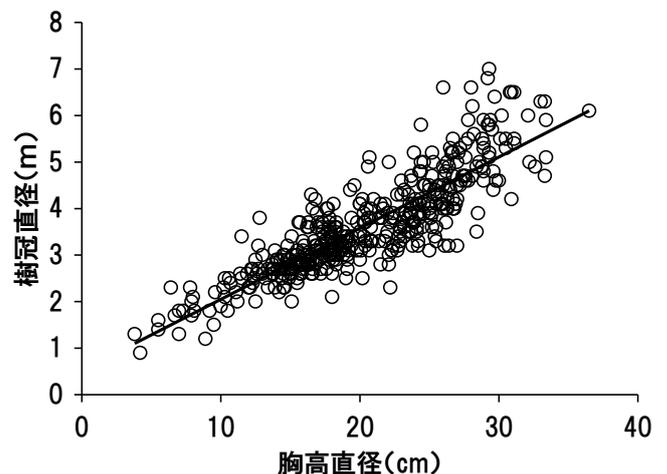


図-4 胸高直径と樹冠直径の関係 (丸瀬布)

野ネズミ被害について

本州からの導入樹種であるカラマツの造林においては、当初からエゾヤチネズミによる食害が問題となっていた。そのため、火入れ地ごしらえの実施、防鼠溝の作設、殺鼠剤の散布などの対策がとられてきた。これまで被害は若齢時に特有のものとされていたが、近年は高齢林分においても根元周囲の食害がみられ、成長や材の腐朽などへの影響が懸念されている⁽³⁾。収穫試験地においても最近の調査ではエゾヤチネズミ被害の調査を行っており、ほとんどの試験地において食害が確認されている。ここではその事例として中標津養老牛試験地における調査結果を紹介する。



写真-2 エゾヤチネズミによる根元食害

2008年に中標津養老牛試験地の全ての生立木82本について、根元周囲の食害を調査した。食害率は根元周囲長を100としたときの、食害根元周囲長の割合(%)で示した。その結果、82本中73本の生立木に食害がみられた(図-5)。また、試験地内には根元の全周を食害されたため、立枯れた木も散見された。食害は冬の積雪下で発生、進行するが、夏季はササの中に隠れるため被害が見逃されやすい。そのため、長伐期を目指す場合は、間伐による激害木の除去および薬剤散布などの防除対策が必要であろう。ところで、当試験地では激しい食害を受けている立木がある一方で、全く食害を受けていない立木が9本みられた。これらは食害に対する耐性をもっているとみられ、今後これらの木を選抜して新たな品種づくりを行っていく必要があると考えられる。

おわりに

収穫試験地のような長期モニタリング業務は地道な作業であり、業務簡素化の流れの中で常にその存在意義が問われてきた。しかしながら、長期に調査を継続することによってこれまで様々な成果が出て

きており、また最近では地球温暖化防止対策の貴重な基礎データとしても利用されている。したがって、今後も時代の波を乗り越え、試験地が継続調査されるよう努めていく所存である。

なお、過去の調査を担当した国有林および森林総合研究所北海道支所(旧林業試験場北海道支場)職員各位に感謝いたします。

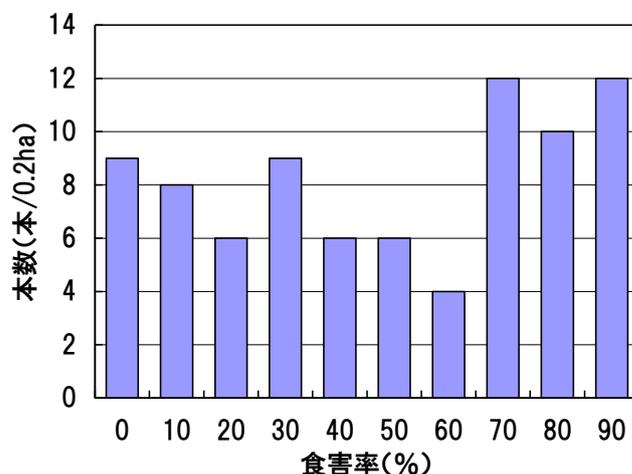


図-5 エゾヤチネズミ食害調査結果(中標津養老牛)
注:食害率(%) = 食害根元周囲長/根元周囲長×100

引用文献

- (1) 北海道立林業試験場(2007)カラマツ人工林施業の手引き. 北海道立林業試験場、91pp.
- (2) 石橋聡(2006)長伐期化に対応したカラマツ人工林収穫予想表の作成. 北方林業 58(3): 49-56
- (3) 石橋聡、鷹尾元、高橋正義(2003)カラマツ高齢人工林が危ない! -潜行する野ネズミ被害-. 北方林業 55(2):29-31
- (4) 真辺昭(1973)北海道カラマツの密度管理図. 北方林業叢書 51、北方林業会、58pp.



3. 北海道における低コスト化に向けた機械化伐出システムの課題 －林内走行型ハーベスタ作業システム－

北方林管理研究グループ 佐々木尚三

はじめに

わが国の素材生産コストは、スウェーデン、フィンランドの4.5倍、地形条件等が似ているオーストリアと比較しても2倍にもなっています(図-1)。このことは生産規模が小さいこと、素材の品質が均一でないことなど森林のおかれている条件の違いによることはもちろんですが、これら先進林業国のように路網の整備が十分ではないこととともに、素材生産作業システムが構築されていないため、機械の発展に即した生産性の向上ができていないことも大きな要因の一つと考えられます。そのため作業員1人1日当たりの仕事量(労働生産性)で比較しても、路網と機械作業システムが完成しているヨーロッパでは20~30 m³/人・日の生産性を上げているのに対し、同じように高性能林業機械の導入は進んできても、路網や合理的な作業システムが構築されていないわが国での平均的な生産性は4 m³/人・日程度にとどまっています。

作業システムとは、林況・地形に応じた複数の

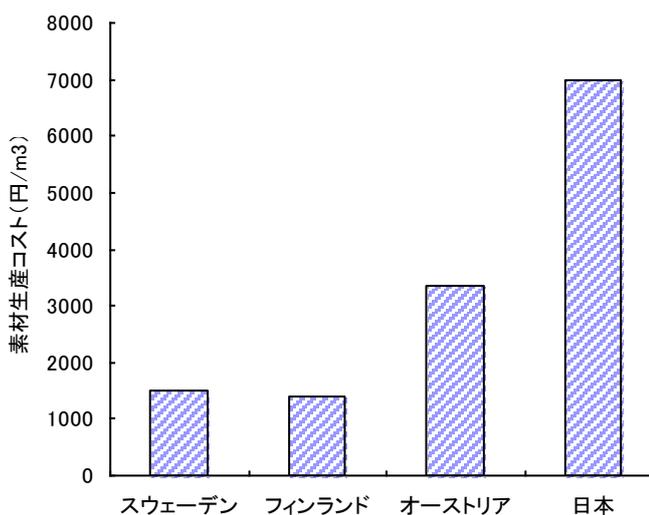


図-1 素材生産費の国別比較

資料：(財)林政総合調査研究所「林政総研レポート No.64 (2003年3月)、林野庁「素材生産費等調査報告書」

機械と路網の組合せであり、確立したシステムに従って作業を行えば、特別な技能者でなくとも一定の生産性が上がる作業の仕組みです。地域や国内における素材の生産性を高め、国際競争に挑みつつ、持続的林業経営という息の長い仕事を続けて行くためには、少数の特別な技能者に頼るだけというわけにはいきません。作業システムを構築し、全ての森林作業員が一定の訓練の後、安定して作業を続けていくことが必要です。もちろん森林作業はその場所によって条件が千差万別の自然が対象ですから、単純作業の繰り返しではなく、条件に合った作業が必要です。作業員の工夫によって、作業の効率や質を改善することが可能ですし、そのことが自然の中で働く森林作業の魅力でもあるわけです。

ハーベスタによる作業システム

ハーベスタは伐倒・枝払い・玉切りの3工程を一度に行うことのできる現在最も進歩した高性能林業機械です。北欧などで素材の生産性が非常に高いのは、ハーベスタと集材を行うフォワーダを組合せた作業システム、ハーベスタ・フォワーダシステムが広く使われているからです。またこのハーベスタ・フォワーダシステムは生産性が高いだけでなく、作業員が地面を歩くことなくすべての林内作業を行うことが可能であり、林業作業で大きな問題となっている労働強度や安全性に対しても大きく貢献していると考えられています。チェーンソーによる伐倒は危険で労働負荷が大きく、熟練を要する作業であり、作業員の高齢化も一番進んでいる部門です。ハーベスタによる伐倒はそれと比較して安全性が高く、ひとたび操作技術を習得すれば伐倒方向のコントロールも容易で、掛り木等のトラブルから解放されるなど、多くの利点があります。今後、地形的に可能などころではハーベスタによる伐倒を行うようにしていくことが、作業の方向として望ましいと考えられます。

この作業システムは機械が林内を自走できないところではフルに利用することができません。北海道の平均地形傾斜は、日高管内以外では20°以下と比較的緩やかな地形であり、このハーベスタ・フォワーダシステムに適した地域と考えられます。

1) 傾斜とハーベスタの走行性⁽¹⁾

地域全体の地形傾斜は、国土地理院が提供しているデジタル情報等から算定できますが、50mまたは250m当たりの平均値で表示されることが普通です。ところがハーベスタ等自走機械の走行では、機械の接地長半分程度である1~2m当たりの細かい地形傾斜が問題になります。機械のカタログには、機械が安定できる最大傾斜が記載されていることがありますが、この数値と平均傾斜を比べても作業が可能かどうかを知ることにはならないのです。平均的には緩やかな傾斜の地形でも、細かい凹凸が含まれていることが普通であり、私たちが測定したデータでは2m当たりの傾斜は50m当たりのそれと比べて17°以上も増加しました(表-1)。そのようなことから機械が自由に自走できる範囲は、全体の平均傾斜だけでは判断できないと考えられます。ただし、私たちが独自に作成した10mメッシュの地形情報から計算した値は、実際と5°程度の違いでした。このことから、GIS等を利用して作業計画をつくる場合、少なくとも10mメッシュの地形情報を利用する必要であると考えられます。今後は、現場の平均傾斜とハーベスタ自走可能性を明らかにして、地理情報等で比較的簡単に知ることのできる現場の平均傾斜から、ハーベスタ作業の可能性を場所毎にはつき



写真-1 ハーベスタによる列状間伐

列内で伐倒・枝払い・玉切り作業をおこなっている。林分全体の平均傾斜は12°程度であるが、急傾斜部分の車体最大傾斜は30°に達した。

り知ることができるようしておくことが必要と考えています。

2) ハーベスタ・フォワーダシステムの生産性とコスト⁽¹⁾

ハーベスタ・フォワーダシステムの生産性を明らかにするため、釧路管内の国有林(35年生トドマツ人工林)において実証試験を実施しました。実施した作業は1伐2残の列状初回間伐であり、ハーベスタが伐列を走行路として利用しながら伐倒・枝払い・玉切り工程を行い、グ

表-1 ハーベスタ作業林分における斜面傾斜の比較

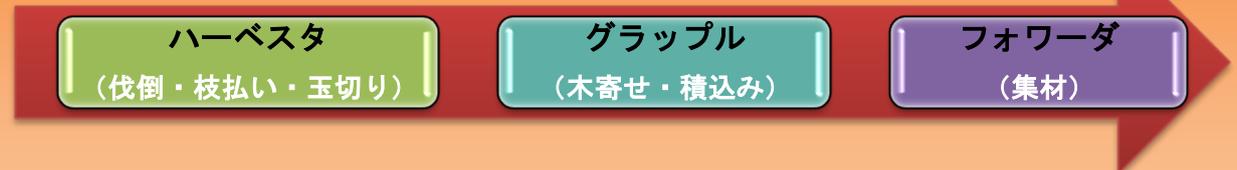
機械接地部分の微地形計測(2m間隔)	29.6°
測量結果(5-10m間隔)	26.0°
空中写真から作成した地形情報(10mメッシュ)	24.6°
国土地理院のデジタル情報(50mメッシュ)	11.9°

注: ハーベスタ作業を実施した35年生トドマツ人工林において最も急傾斜であった地点(すべて同一地点)の傾斜角度を測定方法別に示した。細かいメッシュほど傾斜が大きく表示されている。

－ (タイプⅠ) フォワーダが追従走行できる場合－
ハーベスタで伐倒・造材して直接積込み (3人作業)



－ (タイプⅡ) フォワーダが追従できない場合－
グラップルで引出し・積込みを実施 (3人作業)



図－2 試験した作業システム

ラップルローダで木寄せと積みこみのアシストを行って、フォワーダで集材する作業システムです (タイプⅡ)。地形が緩やかで、フォワーダがハーベスタに追従して走行できる場合には、玉切り作業をフォワーダの荷台上で行い、直接積込みする作業システムも試みました (タイプⅠ)。また比較のため従来型システム (チェーンソー・トラクタにプロセッサが使われる準高性能型システム) についても調査しています。

調査の結果、生産性とコストは表－2のとおりでした。一般にハーベスタの生産性は立木の材積が大きいほど高くなると考えられますが、平均単幹材積がやや小さい (0.14 m^3) 今回の林分条件においても、準高性能従来型システムの2倍の生産性となっています。この結果から、林内走行によるハーベスタ・フォワーダ作業システムについては、以下のようなことが明らかになりました。

(1)作業スペースが確保でき横傾斜の無い場所で

あれば、ハーベスタから直接フォワーダに積む作業システムが可能であり、生産性が高いこと。
(2)フォワーダが追従できないところでは、ラップルローダで木寄せが必要である。その場合長材で木寄せすることで、より高い生産性を確保できること。

(3)等高線方向の作業は危険で生産性が低い。作業性の面からは、列状間伐より傾斜に沿った帯状間伐が望ましいこと。

3) フォワーダ集材の問題と土そり・クローラカートについて^(2,3)

以上のようにハーベスタ・フォワーダシステムは、北海道においても効率の良い伐採作業システムと考えられ、その普及が期待される場所です。ところがハーベスタがその普及台数を増やし、伐木・造材作業における生産性向上に役割を果たしている一方で、集材工程を担うべきフォワーダについてはあまり使われるようになっていません。その理由として、低能率の積

表－2 調査結果

タイプⅠ	20.2 m^3 / 人・日	3,533 円 / m^3
タイプⅡ	14.7 m^3 / 人・日	4,046 円 / m^3
従来型システム	7.34 m^3 / 人・日	(未調査)



写真-2 国産のフォワーダ

道交法などの制約から積載スペースが小さく、グラップルも小形



写真-3 北欧の標準的なフォワーダ

屈折式で車長があり、グラップルも強力

みおろし工程や採材の問題が上げられます。現在国内で使われているフォワーダの多くは、道路交通法など設計上の制約もあって荷台長さやグラップルサイズが十分とは言えません。その結果、フォワーダ作業はハーベスタの生産性に見合わないと考えられています。また、フォワーダ集材では林内で玉切りして短幹にする必要があるので、採材寸法の種類を用途に合わせて多くすることで素材の販売価格を高める試みなど、きめ細かい採材には不利と考えられます。

そのようなことからハーベスタと組合せる集材方法になかなか最適の方法が見つからない現状ですが、最近道内各地の現場では、土そりやその進化型であるクローラカートを使った効率的な集材方法が使われるようになってきました。



写真-4 土そりによる全幹集材

グラップルで迅速な積下ろしが可能である

これは雪国北海道で昔から使われてきた馬そりを、機械化して夏期にも使うようにした方法であり、まさに北海道にふさわしい現場からの発信技術と言えそうです。

土そりやクローラカートはグラップルローダによってけん引され、フォワーダと同様に材を積載して集材に使います。フォワーダでは短幹集材のみですが、この方法では元口だけをそりに乗せての全幹・全木集材も可能です（写真-4）。積下ろしにはフォワーダと比較すると非常に強力なグラップルアームによって短時間に行うことが可能であり、空荷のときには、そのグラップルアームでそりやカート自身をつり上げ身軽になって先山に引返すことができます。従来のトラクタ集材と比較すると、材を泥だらけにしない、荷掛け荷下ろしに車体全体を旋回する必要がなく土場や荷掛け場所の地表攪乱が少ないなど多くの利点をもっています。

恵庭地区の風倒処理現場で調査した土そりによる短幹集材作業（集材距離 260m）では、積載量 8 m^3 、生産性は $10.2 \text{ m}^3/\text{h}$ となり、ハーベスタの生産性とバランスの取れる有効な集材方法になることが期待されました。また十勝東部のカラマツ人工林におけるクローラカートによる短幹集材（写真-5）では、積載量 22.6 m^3 、生産性は $28.9 \text{ m}^3/\text{h}$ となり、北欧の生産性に匹敵する数値となっています。

技術的にはグラップルローダをけん引のベースマシンとして使うことの問題や、土そりでは林床攪乱が気になるところです。グラップルロ



写真-5 クローラカートによる短幹集材

土そりよりけん引抵抗が小さいため、ベースマシンへの負荷や地表攪乱が少なく、1回の積載量が大きい

ーダは本来長時間の走行を想定して設計されており、長距離走行には適していません。そのため走行モータや足回りの故障について気をつける必要があります。このことに関しては、すでに走行モータの交換などを行って最適化を図っている事業者もあるようです。土そりについては、これまで激しい損傷や攪乱は観察されていませんが、今後少し時間をかけて検討が必要でしょう。このような現場発の技術を改良し、より確かなものにしていくため、現在、農林水産技術会議プロジェクト「高性能林業機械を活用した風倒被害木処理システムの開発」の中でも調査研究を実施しているところです。

おわりに

生産性の高い作業システムには合理的な機械の組合せだけでなく、作業仕組に合致した路網整備が不可欠です。今後多くの林業現場に路網を整備するためには、路網配置や路体構造を再検討することで路面浸食や崩壊を抑制し、できるだけ低コストでかつ壊れにくい路網整備を行なうことが必要とされています。

機械化や路網整備などを通じた林業作業の低コスト化は、国際競争の中で国内の森林資源を持続的に利用するために不可欠ではありますが、森林そのものや森林を管理する人々を犠牲にした上に成立つのでは本末転倒です。豊かな自然の恵みを与えてくれる森林を大事に扱い、それに関わる人々の暮らしを豊かにすることこそ、林業が果すべき本来の役割です。低コストの取組は、そのような観点からの努力が最も必要と言えるでしょう。

引用文献

- (1)佐々木尚三(2008)釧路モデル林、平成19年度低コスト作業システム構築事業報告書、日本林業技士会、103-126
- (2)佐々木尚三ほか(2007)土そり集材の可能性について、第14回森林利用学会研究発表会講演要旨集
- (3)佐々木尚三ほか(2008)クローラカート集材の可能性について、第15回森林利用学会研究発表会講演要旨集

報告コーナー

創立100周年記念講演会 開催報告

この度、北海道支所は、内務省野幌林業試験場として江別村大字野幌志文別に発足して以来、幾多の合併、移転、組織改編を経て平成20年に100周年を迎えることができました。

11月19日（水）に北海道支所創立100周年を記念して「過去から未来への森林研究」と題し、札幌市教育文化会館で記念講演会を開催し131名の来場がありました。今回の講演会では北海道支所が今までの研究の歴史、成果の紹介や、現在取り組んでいる研究、これからの研究を報告いたしました。

また、ポスター展示コーナーでは、当支所の各研究グループ・チーム及び林木育種センター北海道育種場による研究紹介パネルを展示し来場者と活発な意見交換が行われました。

以下、講演内容と開催模様です。

1. 北海道支所の育林研究を振り返る

1908年（明治41年）に林業試験場が設立され、育林研究はまず苗木づくりと樹種特性の把握の基礎的試験から始まった。その痕跡は登満別の樹木園や野幌森林公園に見ることが出来る。当時北海道で問題となっていた森林火災跡地の緑化も重要な研究課題であった。野幌には多くの樹種について試験林が造成され、成長調査や適地判定が行われている。これらの基礎的な研究成果は昭和29年発行の原田泰の著書「森林と環境」に盛り込まれた。一方、同年の洞爺丸台風により、北海道の天然林は、未曾有の攪乱を受けた。北海道の針葉樹天然林の代表的地域であった大雪山地域の天然林も壊滅的な被害を受け、風倒木の処理と跡地の植林に大きなエネルギーが消費された。その後の森林の変化について当時の旭川森林管理局と共同調査を実施し、多くの重要な情報を得ている。羊ヶ丘の森林の遷移について生態学的視点からモニタリング調査も実施されており、森林風害跡地の森林動態についてのこれまでの調査・研究の成果と問題点を紹介した。

北海道大学名誉教授 高橋 邦秀



2. 森林経営分野における研究の歴史と研究成果

森林総合研究所北海道支所の前身は、1908年（明治41年）に、江別市大字野幌志文別に内務省野幌林業試験場として設立された。そして、経営部が設置されたのは、1951年（昭和26年）で、支場を豊平におき、分室を西野幌に置いた年である。

また、1953年（昭和28年）には、野幌の試験設備を全て札幌市豊平に統合し、北海道支場と改め、翌年には牧野研究室（1965年に営農林牧野研究室と名称変更）を新設した。1970年（昭和45年）には防災研究室が治山及び防災研究室に分離され、経営部の研究体制が整った。

1988年（昭和63年）には、森林総合研究所北海道支所に改組され、天然林管理研究室、経営研究室、防災研究室の3研究室となり、2005年（平成17年）に独立行政法人となるまで、経営部としての研究活動を行ってきた。

このような時代の流れと、経営部の森林研究に関する歴史や取り組んできた主要な研究概要を紹介した。

日本森林技術協会 主任研究員 猪瀬 光雄



3. 北海道の森林保護を振り返る

本所 研究コーディネータ（国際研究担当） 福山 研二

戦後の造林が始まるとともに、苗畑害虫が問題となった。一方、北海道の重要な資源であった大雪山石狩川源流域の膨大な天然林が洞爺丸台風により、風倒木を温床として、ヤツバキクイムシによる針葉樹枯死被害が大問題となった。トドマツの造林が進むと、植栽間もない造林木にトドマツオオアブラムシというアブラムシが発生して問題となった。また、ツガカレハが北見地方でほぼ10年周期の大発生をし、特に1977年の被害は大きかった。さらに、カラマツが本州より導

入され、大規模に植林されるようになるとともにエゾヤチネズミによる被害が大問題となり、先枯れ病、マイマイガの大発生などが次々とおこり、現在でも新たな害虫などの発生が続いている。最近では、天然林での病虫害の増加に加え、エゾシカなど獣害が大きな問題となっている。このように、造林の歴史とともに森林保護の問題も次々に変化をしながら新たな問題が起こっている。

4. ヤナギバイオマス林の育成

温暖化・気候変動や資源の枯渇など地球環境問題が深刻化している中、低炭素・循環型社会の構築に向けて環境負荷が小さく循環利用の可能なバイオマスの有効利用が喫緊の課題となっている。北海道には緩傾斜の山林などバイオマス生産に適した場が広く存在している。そこで、挿し木が容易で初期成長が早く、萌芽により再生する能力が優れたヤナギに着目し、1～3年程度の極めて短い伐期で繰り返し収穫するバイオマス林の実用化を目指した研究を開始した。

研究の背景と内容については、研究期間は当面3年で、収穫機械の設計開発を含む栽培システムの確立と経済性や二酸化炭素放出削減効果の評価を目標としている。将来的には、低炭素・循環型モデルタウンの構築へ発展させたいと考えている。

5. 生物多様性に配慮した北海道の森づくり

北海道支所 森林生物研究グループ 主任研究員 尾崎 研一

我々は日々、多様な生物の恩恵を受けて生活している。つまり、生物多様性が失われていくことは、単に野生生物が絶滅することではなく、我々の存続の基盤が失われていく。そのため、生物多様性条約では「2010年までに生物多様性の損失速度を顕著に抑える」という国際目標が立てられている。我々は、2010年に向けて、そしてその後も、どのようなことができるか。北海道では、明治の開拓以来、標高の低い所にある広葉樹を主体とする林は農地やカラマツ林にかわり、標高の高い所にある針葉樹を主体とする林は伐採により質が低下している。特にカラマツは元々、北海道には天然分布していない移入種なので、生物多様性に悪影響を及ぼしている可能性がある。これらの人間による改変の影響を明らかにし、生物多様性に配慮した森づくりを進めていく必要がある。生物多様性に配慮した森林は木材生産に最適ではないかもしれないが、しかし、森林の様々な恵みを後世に残すためには、生物多様性に配慮した森づくりを行う必要性を紹介した。



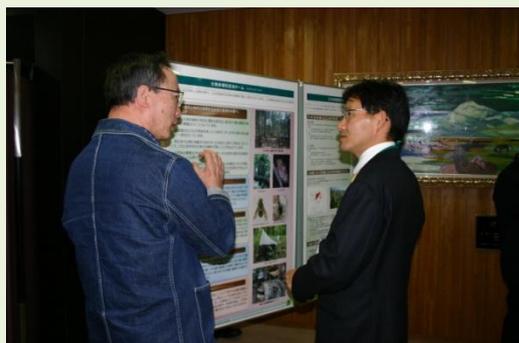
北海道支所 地域研究監 丸山 温



西田北海道支所長による開会挨拶



会場の様子



ポスター展示場の様子



森林講座 開催報告

12月12日（金）に今年度の三回目の森林講座を開催しました。テーマは「森の修繕屋“ケヤマハンノキ”」と題して、札幌近郊から56名の参加がありました。

講演内容は、ケヤマハンノキの大気中の窒素を吸収する能力の紹介や、林道工事などにより土壌が攪乱を受けた貧栄養な場所でも生育し、土壌を肥沃にすることに貢献している等、このようなケヤマハンノキの能力について、環境変動の影響を含めて紹介しました。講演時間は1時間でしたが、参加者の皆様から沢山の質問があり盛況のうちに終了しました。



講演会場の様子

なお、次回講演会は下記の日程を予定しております。

記

1. 開催日時： 平成21年2月20日（金） 15:00～16:00
2. テーマ： 森の地面から出てくる二酸化炭素－森林の炭素循環に関わる土壌の役割－
3. 講師： 植物土壌系研究グループ 阪田 匡司主任研究員
4. 内容： 森林は植物の光合成によって二酸化炭素を吸収するだけでなく、たくさんの二酸化炭素が土壌から放出されており、その現象は「土壌呼吸」と呼ばれています。この土壌呼吸について羊ヶ丘実験林での観測結果を中心に紹介し、森林の炭素循環における土壌の役割についてお話しいたします。
5. 開催場所： 森林総合研究所北海道支所 2F大会議室（札幌市豊平区羊ヶ丘7番地）



森林総合研究所北海道支所研究情報誌
『北の森だより』 Vol.2

編集・発行 独立行政法人森林総合研究所北海道支所
〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7番地
TEL(011)851-4131 FAX(011)851-4167
URL <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp>

印刷 有限会社 遠藤青山写真工業所
〒062-0905 北海道札幌市豊平区豊平5条10丁目2-6
TEL(011)816-3911 FAX(011)816-3912

2009年〇月〇日発行

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所北海道支所の許可を得てください。

表紙写真：樽前山山麓エゾマツ・トドマツ人工林の2004年18号台風前のようす（上）と台風後のようす（下）

裏表紙写真：クロウラカートによる単幹集材

