

中高木性落葉広葉樹種の育成技術の開発

担当科名：育林科

研究期間：平成14年度～18年度

区分：一般試験

研究目的

中高木性広葉樹の資源量は少ないが、材の利用価値が高いものが多く、長期にわたり天然林に依存して収穫されてきた。なかでも北海道のアオダモは、良質のバット材として利用されているが、資源量が減少しつつある。一方、天然更新の特性に関する生態学的知見の蓄積が少なく、人工林の造成に関する技術も確立されていない。そこで、アオダモの更新・生育特性を明らかにし、天然林におけるアオダモの育成技術を開発する。また、種子の発芽特性や苗木の生育特性を明らかにし、人工林造成技術の基礎となる苗木養成技術を確立する。さらに、人工林造成に関して、植栽技術の検討を行う。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査地と材料

1.天然更新特性の解明

調査地：道有林胆振管理区149林班

2.植栽技術の検討

供試種子：様似産2002年採取

調査項目と分析方法

1.天然更新特性の解明

20m×20m×5林分；DBH測定；成長量比較

2.植栽技術の検討

春・秋播種；発芽数計測；発芽率比較

平成17年度の研究成果

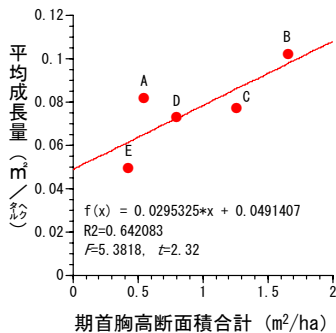


図-1 伐採林分の期首の林分蓄積に対する平均成長量の関係

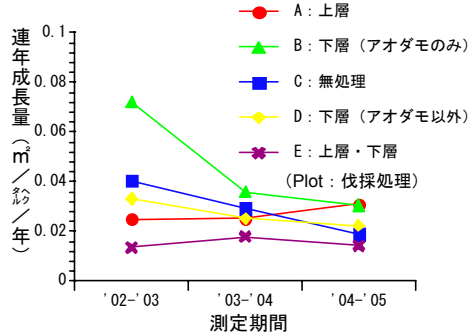


図-2 処理（伐採）林分の連年成長量

1.天然更新特性の解明

- ・林分の平均成長量は、林分の蓄積量と弱い正の相関があった（図-1）。
- ・連年成長量は、上層木を伐採したPlot Aのみで増加傾向にあった。その他は全体的に減少傾向にあった（図-2）。
- ・上層・下層を伐採したPlot Eの林分蓄積の回復は遅い傾向にあった。

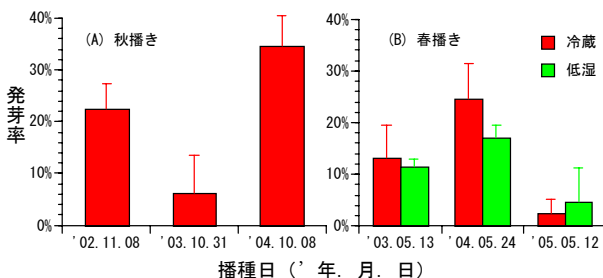


図-3 2002年産アオダモ種子保存および播種試験結果

2.植栽技術の検討

- ・2002年に採取した種子の発芽率は、取り播きで22%程度であった。2年間保存した種子は6～35%近く発芽した（図-3A）。
- ・春播きの場合、冬期間低温湿層条件で保存すると、発芽率が低下する年があった（図-3B）。
- ・種子の保存は2年以上可能であるが、発芽率の変動が大きいことから、その要因について今後検討する必要がある。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

炭素吸収源データ収集システム開発事業

担当科名：育林科・育種科・森林環境部主研・防災林科・流域保全科・

森林保護部・道南支場・道東支場・道北支場

研究期間：平成13年度～18年度

区分：受託研究（森林総合研究所）

研究目的

京都議定書における削減対象ガスである二酸化炭素とメタン、亜酸化窒素に関して、主要な森林における炭素貯留量、メタン、亜酸化窒素の吸収・排出量を測定するとともに、人工林施業の影響を明らかにする。当場は北方系の針葉樹人工林と広葉樹林を対象にバイオマス量、および土壌によるメタン、亜酸化窒素の吸収・排出量を測定し、吸収源に関する基礎データを収集する。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査地と材料

・バイオマス

トドマツ人工林（2林分：美唄市）、
アカエゾマツ人工林（4林分：美唄市、中川町、
新得町、厚真町）

・メタン・亜酸化窒素

No.2,4：トドマツ人工林（岩見沢市）
No.5：ヤチダモ林（月形町）

調査項目と分析方法

・バイオマス

一林分当たり4本の立木を伐倒し、幹、枝、葉、根の生重、乾燥重量を測定した。

・メタン・亜酸化窒素

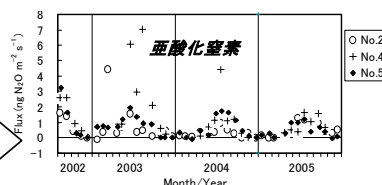
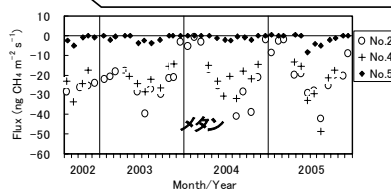
地表面でのガスフラックスを非通気型密閉チャンバー法によって毎月1回測定した。

平成17年度の研究成果

表-1 調査林分の部位別バイオマス推定量

樹種	林分材積 (m ³)	幹 (t/ha)	枝 (t/ha)	葉 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	容積密度 (t/m ³)
トドマツ	371	128	16	15	21	180	0.34
トドマツ	325	102	22	19	23	166	0.31
アカエゾマツ	140	41	22	23	14	99	0.29
アカエゾマツ	101	29	15	16	—	60	0.29
アカエゾマツ	71	22	7	11	—	40	0.31
アカエゾマツ	83	27	15	20	—	63	0.33

トドマツ、アカエゾマツ人工林において、幹、枝、葉、根ごとのバイオマス量が推定された（表-1）。林分あたりの葉の量は、11～23t/haの範囲にあり、これまでに報告された結果と同様であった。



メタンと亜酸化窒素のフラックスの推移は、過去3年間の観測結果と同様であり、メタンは大気から土壌に吸収され、亜酸化窒素は主に夏季に土壌から大気へ排出された（図-1）。

また、トドマツ人工林の皆伐跡地では、伐採後1～2年目にはメタン吸収量の低下と亜酸化窒素排出量の増加の傾向がみられた。しかし、伐採後3年目には両ガスとも皆伐区と非伐採区との間にフラックスの差はみられなかった。

図-1 メタンと亜酸化窒素の吸収・排出量の推移
ガスの吸収・排出量は上向きのフラックスで表しているため、マイナスの値が吸収、プラスの値が排出を示す。各値は5個のチャンバーの平均値を示す。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

○寺澤和彦ほか（2004）北海道中央部の人工林5林分におけるメタン・亜酸化窒素の吸収・放出。第115回日本林学会学術講演集。

○寺澤和彦ほか（2006）湿地林におけるヤチダモ樹幹からのメタン放出。第117回日本森林学会大会講演集。

トドマツ精英樹の材質検定

担当科名：育種科

研究期間：平成10年度～17年度

区分：一般試験

研究目的

人工林が成熟し人工林材の流通量が増加するにつれて、一定基準以上かつ均一な材質が求められるようになってきた。これまで未検定であったトドマツ精英樹の材質について産地、家系による環境適応性の違いが材質に与える影響を検討する。また材質を精英樹個々に評価し、成長や諸被害抵抗性について作成された特性表、いわゆるトドマツ精英樹の通信簿（5段階評価）に材質に関する項目を加える。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査地と材料

新冠採種園精英樹88クローン
美唄検定林自然交配71家系、人工交配35家系
厚岸検定林自然交配24家系

調査項目と分析方法

材密度：軟X線デンシトメトリー法
繊維傾斜：割製法

研究成果

1 環境の違いがトドマツの材質に与える影響

○目的と方法

美唄検定林と厚岸検定林に共通して植栽されている家系を対象に環境の影響を調べた。

○結果

- 春から初夏に形成される早材の密度は美唄で小さかった ($f=15.78, p<0.001$, 図-1)。
- 夏期に形成される晩材の密度は厚岸で小さく ($f=93.16, p<0.001$)、早材密度よりも違いが大きかった。
- 4月～9月の気候は、美唄より厚岸で常に気温が低く、日照時間が短い。特に夏期にその差が顕著であり、材の形成に影響していると考えられた。
- 遺伝子型と環境の交互作用は統計的に有意ではなかったが、材密度の遺伝率は美唄 (0.29～0.36) とより厚岸 (0.30～0.53) でばらつきが大きく、遺伝率に環境の影響が見られた (表-2)。
- 平均繊維傾斜度は美唄、厚岸ともに遺伝率が小さかったが、その平均値は、美唄で5.4%、厚岸で4.1%で環境による違いが認められた ($f=24.5, p<0.001$)。
- 以上のことからトドマツの材質を評価する場合、環境の影響を考慮する必要がある。

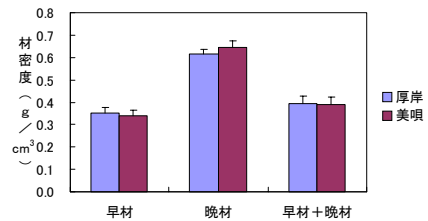


図-1 試験地（環境）の違いがトドマツの材密度に与える影響

表-1 トドマツ材質の遺伝率*

	材密度			平均繊維
	早材	晩材	早材+晩材	傾斜度
美唄検定林	0.31	0.36	0.29	0.09
厚岸検定林	0.55	0.30	0.53	0.04

*遺伝率：親の特徴が子供に遺伝的に伝えられる割合

2. トドマツ材の遺伝様式

○方法

若齢期（林齢20年生）の人工交配家系の材密度と繊維傾斜度を調べ、統計的手法（分散分析）により母親と父親の影響度を調べた。

○結果

晩材に関する形質および繊維傾斜で母親、父親それぞれの影響が大きく、特定の母親、父親の組合せの影響は小さかった (図-2)。このことから特定の交配家系を用いない一般的な採種園方式において選抜効果が高いことが分かった。

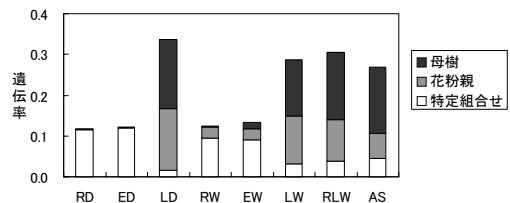


図-2 林齢20年生の人工交配家系の材質に関する遺伝率

RD: 年輪密度, ED: 早材密度, LD: 晩材密度, RW: 年輪幅, EW: 早材幅, LW: 晩材幅, RLW: 晩材率, AS: 繊維傾斜度

3. 特性表の作成と選抜の基準

○方法

- ・新冠採種園，美唄検定林，厚岸検定林の材密度と平均繊維傾斜度のデータを用いてトドマツ材質の特性表を作成した。
- ・評価方法は5段階の相対評価で，評価値が大ききほど優良な精英樹であることを示す。

○結果

- ・トドマツの材質は環境の影響を受けること，成長形質には遺伝子型と環境の交互作用が広く認められていることから，試料を採取した美唄，新冠，厚岸の検定地ごとに材密度と繊維傾斜度について精英樹の特性表（1から5の5段階で評価した通信簿）（表-2）を作成した。
- ・検定精英樹数は美唄71，新冠88，厚岸24，検定地の重複を除き116である。これは北海道の採種園に植栽されている精英樹約250クローンの5割弱にあたる。
- ・木材の強度と乾燥時のねじれから選抜の基準値を材密度を0.380以上，平均繊維傾斜度を6%未満とした場合，評価値でそれぞれ概ね3以上（選抜率54～68%），2以上（選抜率83～97%）となる。

4 研究成果の実用化と波及効果

平成13年度に立てられた採種園整備長期計画(H14-H43)に沿って行われる採種園の整備において本研究課題で作成した特性表に基づき優良クローンの植え込み，不良クローンの除去が行われ，成長や諸被害抵抗性に加えて材質面でも優れた育種種苗の普及に寄与できる。

表-2 トドマツ精英樹特性表（一部抜粋）

原産地	精英樹	検定地:美唄				検定地:新冠				検定地:厚岸			
		生存率	単木材積	材密度	繊維傾斜	生存率	単木材積	材密度	繊維傾斜	生存率	単木材積	材密度	繊維傾斜
道西南	岩見沢001	2	4	2	4			1	3				
	岩見沢002	3	4	2	3	2	4	3	4				
	岩見沢101	4	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	1
	岩見沢102	4	5	2	2	5	4	4	3				
	岩見沢103	2	3	3	4			2	3				
	岩見沢104	2	4	3	2	2	2	4	4	2	2	2	3
	岩見沢105	4	3	4	4	3	3	2	3	3	2	4	3
	岩見沢106	3	3	3	3	3	2	3	3				
	岩見沢107	3	4	4	5	3	3	5	4	2	2	2	4
	倶知安001	4	3	4	1	2	4	3	3	4	3		
	倶知安002	5	2	3	2								
	倶知安101	5	2	2	2	2	5	1	4	2	3	2	3
	苫小牧103	4	3			2	2	5	4				
	苫小牧104							4	3				
	苫小牧105	1	4	2	2			3	3				
	苫小牧106	3	3	2	4	2	2	3	4	3	2		
	苫小牧109					1	4	2	4				
	留萌004							4	3				
	函館日高	浦河001	3	4	2	2	4	4	2	4	4	4	4
浦河004		3	3	4	3	3	4	5	2	4	4		
浦河005		3	4	3	4	2	3	3	3	4	4	2	3
浦河006		4	3			4	5	3	4	4	3		

注) 材密度と繊維傾斜は，本研究課題で新たに評価した形質。生存率と単木材積は以前に評価がなされた形質で，他に胸高直径，樹高，雪害抵抗性など8形質について評価されている。また，林産試験場で分担した強度試験の結果を合わせて特性表を公表することとしている。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

- 安久津 久・藤本高明・来田和人・黒丸 亮（2006）トドマツ精英樹の材質と遺伝的変異（第1報）—クローンを用いた年齢と強度の変異。林産試験場報。
- 安久津 久・来田和人・黒丸 亮（2004）トドマツ精英樹における材質の遺伝的変異—クローンを用いた密度，強度の遺伝パラメーターの推定—。第115回日林学術講：762
- 来田和人・安久津 久・黒丸 亮（2004）トドマツ精英樹における材質の遺伝的変異—II 多雪地と寡雪地に造成した準次代検定林の結果—。第115回日林学術講：763

採種園における結実予測法の開発

担当科名：育種科

研究期間：平成14年度～18年度

区分：一般試験

研究目的

カラマツ類、トドマツ、アカエゾマツは、年による豊凶の差が大きいため、毎年安定して球果を採取することが難しい。また、結実量は当年の春にならないと分からない。しかし、採種計画は道と林業関係団体が協議の上、前年度に決定され、豊作であっても採種できないことがある。そこで、育種子の安定供給に寄与することを目的として、気象データや花芽の解剖学的観察から、育種種苗の翌年の結実量を予測する手法を開発する。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査地や材料

訓子府採種園（グイマツ）
中川採種園（グイマツ）

調査項目

1. 照度と着果量の関係
2. 雌花芽数による着果量推定方法の検討

平成17年度の研究成果

1. 照度と着果量の関係

目的：採種園における適切な光環境を明らかにし、それに対応する密度管理を検討する

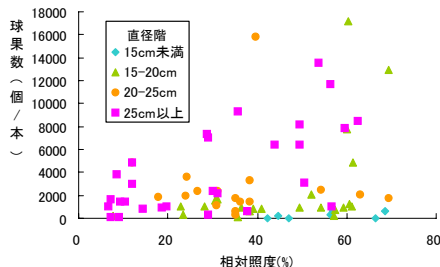


図-1 直径階別にみた相対照度と球果数の関係

* 相対照度が高いほど着果量は多くなり、直径階別にみるとその傾向はより明瞭に認められる。

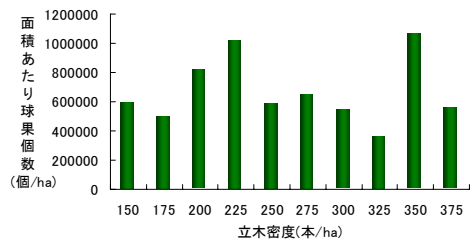


図-2 立木密度別にみた面積あたり球果個数

* この採種園（胸高直径24cm）において、面積あたりの球果個数が最大になるのは225本/haのときであり、この密度における相対照度の平均値は49%であった。

2. 雌花芽数による着果量推定方法の検討

目的：雌花芽数による着果量推定方法の精度を高めるために必要な調査個体数を検討する

結果

* 1クローンあたりの採取数が1, 2, 3, 4個体のとき、相関係数はそれぞれ $r=0.493$, $r=0.497$, $r=0.542$, $r=0.796^*$ （図-3）であった。

* このことから、1クローンあたり4個体で実用的な精度が得られると考えられるが、来年度も引き続き検討する。

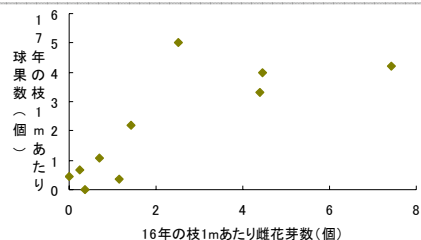


図-3 雌花芽数との着果量の関係

1クローンあたり4個体採取したクローンにおける、H16年の枝1mあたりの雌花芽数（3～5年生枝）とH17年結実数のクローン別平均値の関係を示す。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

GISを利用した機械作業コストの低減方法の開発

担当科名：経営科・資源解析科・林業専門技術員室

研究期間：平成14年度～18年度 区分：一般試験（国補）

研究目的

間伐コストの削減を図るため、GISを活用した効率的な施業計画の手法を確立し、高性能林業機械を用いた作業システムを効果的に現地へ適用するための方策を検討する。

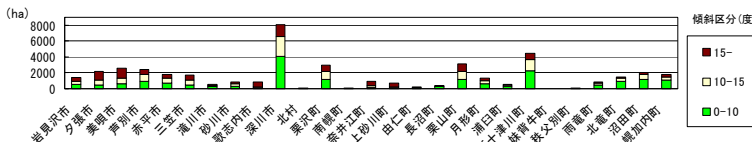
研究方法（調査地概要や調査方法）

調査項目と分析方法

1. 機械作業適地判定地域別資料の作成
2. 全道の事業体を対象とした高性能林業機械使用状況のアンケート調査
3. 地域単位のコストシミュレーションを行う試算ファイルの作成

平成17年度の研究成果

1. 機械作業データベース（私有林GISで利用可能な標高傾斜データ）→全道分を作成
2. 機械作業適地区分（傾斜条件と路網から判定）→全道分の機械作業適地判定地域別資料を作成



支庁・市町村単位で条件は異なる。
機械化の方針を検討する基礎資料として活用。

図-1 市町村別一般私有林人工林の傾斜区分別面積 (空知支庁の例)

3. 林業機械使用状況調査

これまでハーベスタは土場での利用が多いと考えられていたが、間伐でも林内で活用されてきていることが分かった。
機械作業に適した施業方法の普及が必要。

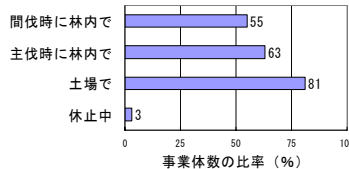


図-2 ハーベスタの稼働場所 (N=75, 複数回答)

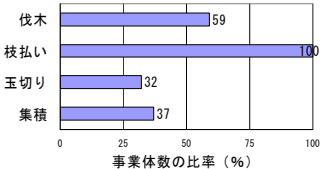
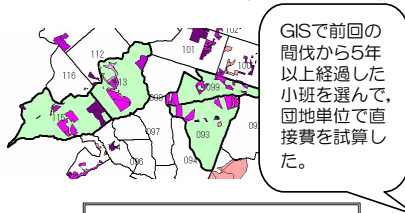


図-3 間伐時にハーベスタを利用する工程 (N=75, 複数回答)

4. 地域(団地)単位での伐出コスト試算ファイル



伐出の直接費は、伐区毎の出材量に影響される。
→団地化の推進が必要。

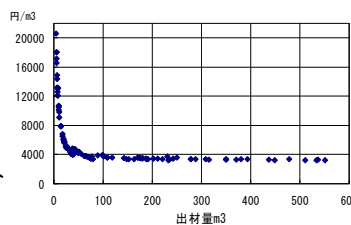


図-4 伐区出材量と伐出単価

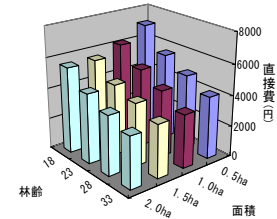


図-5 面積林齢別出材1m³当たり直接費

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

- 対馬俊之（2005）列状間伐やGISを利用した機械化作業コストの低減。 森林利用学会誌 20：104-105.
- 中川昌彦・濱津 潤（2005）平成17年度森林利用学会シンポジウム「持続可能な森林経営において林業コストはどこまで下げられるかー北海道の挑戦ー」の報告。 北方林業 57：226-229.

森林管理総合情報整備提供事業 (間伐支援ソフト用データ収集)

担当科名：経営科・企画指導部主任研究員

研究期間：平成17年度～18年度 区分：受託研究（社団法人林業機械化協会）

研究目的

化石燃料の代替エネルギー源として、再生可能でかつ二酸化炭素の排出に関与しない森林資源（森林バイオマス）のエネルギー利用が脚光を浴びている。ここでは、立木・林地残材をはじめとした森林バイオマスの資源量について調査し、それを収集・搬出・運搬する効率的な方法を探る。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査地

資源量調査：深川市一般民有林49林班80
小班（カラマツ25年生）ほか2林分
収穫システム調査：早来町一般民有林2林班
45小班（カラマツ23年生）

調査項目

資源量調査：10m×10mプロットで立木・
林地残材の賦存量と容積比重・含水率を調査
収穫システム調査：20m×20mプロットに
おいて林地残材の人力収集・人肩運搬及び
搬出・運材の功程調査

平成17年度の研究成果

表-1 調査対象林分とhaあたりバイオマス量

所在地	樹種	林齢	立木密度 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	バイオ マス量 (m ³ /ha)	左記の 内、枝条 の割合
美唄市A	カラマツ	42	700	338.5	625	39%
美唄市B	カラマツ	37	500	322.5	661	44%
深川市	カラマツ	25	1100	252.4	646	57%

林齢・立木密度の異なるカラマツ
3林分のhaあたりのバイオマス量
を50cm×50cm×100cmのコ
ア枘を用いてm³ベースで比較した。
若齢級ほど枝条の割合が高かった。

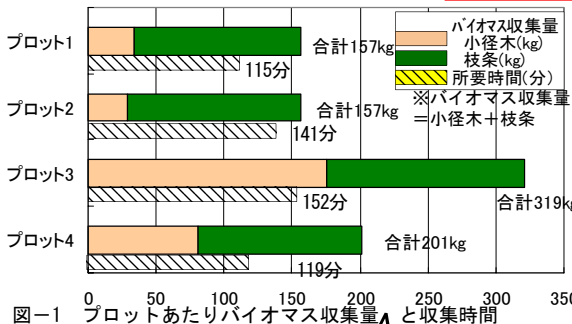


図-1 プロットあたりバイオマス収集量と収集時間

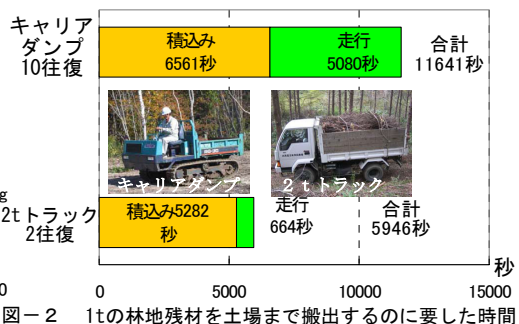


図-2 1tの林地残材を土場まで搬出するのに要した時間

早来町の一般民有林2林班45小班において、20m×20mのプロットを4つ設定し、林地残材量と収集に要した時間を比較した。この小班は2004年に間伐されているが、同一小班でも資源量に大きな差があった（図-1）。切捨て材が多いところほど収集効率が良いことがわかった。

収集したバイオマスを、作業道に面していないプロット1・2は、林内を走行できる「ムカ-キャリアダンプ」（写真）で土場まで搬出した。一方で、作業道に面したプロット3・4は、2tトラックで搬出した。1tのバイオマスを、林内から250m先の土場まで搬出するのにかかる時間をキャリアダンプと2tトラックで比較すると、前者で延べ11641秒、後で5946秒を要した（図-2）（ただし、同じ1tのバイオマスでも2tトラックに積載した方が小径木が多いため積込みの効率が良かったが、その点は考慮していない）。キャリアダンプは2tトラックに比較して走行時間が約7.6倍かかったものの、トラックの進入できない林内からの搬出には有効と思われる。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

育林作業システム開発実証調査

担当科名：経営科・企画指導部主任研究員

研究期間：平成13年度～17年度 区分：水産林務部計上（林業振興課）

研究目的

森林管理コストの低減と林業労働力対策は森林の管理にとって重要な課題であり、そのための作業の機械化は不可欠である。伐出作業では機械化が進んでいるが、育林作業の機械化は遅れている。地拵え・植栽・下刈りの作業について導入可能な機械を調査し、機械化育林作業システムを検討する。

研究方法（調査地概要や調査方法）

調査に用いた機械、調査年度、作業種、調査地、林種、下層植生



小型地形対応式育林機械
平成13年 地拵え作業
道有林岩見沢経営区
林種：未立木地
下層植生：チシマザサ



ブラッシュカッター
TRH-100
平成14年度 地拵え作業
道有林上川北部管理区
林種：人工林伐採跡地
下層植生：クマイザサ



ロータリークラッシャー
M-85
平成16年度 地拵え作業
美深町民有林
林種：未立木地
下層植生：クマイザサ



ブッシュカッターヘッド
MBH1300
平成16年度 地拵え作業
道有林上川北部管理区
林種：未立木地
下層植生：チシマザサ



畠山式レーキ&ロータリーバケット
平成17年度 地拵え作業
滝川市市有林
林種：未立木地
下層植生：クマイザサ



コムローキヤリアダンプ
RG-30
平成17年度 苗木運搬作業
道有林空知管理区
林種：トドマツ人工林



ブルドーザ
D20P
平成17年度 苗木運搬作業
道有林空知管理区
林種：トドマツ人工林

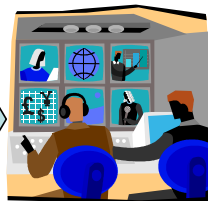


下刈機
MR-30
平成15年度 下刈りの作業
道有林空知管理区
林種：トドマツ人工林
下層植生：クマイザサ、草本等

調査項目、調査方法



ビデオによる作業状況記録



ビデオを再生し作業時間記録



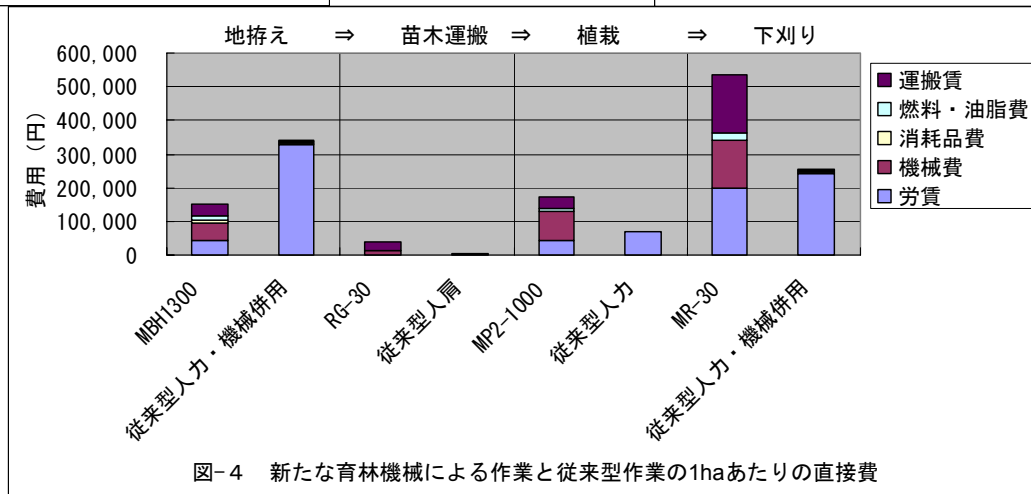
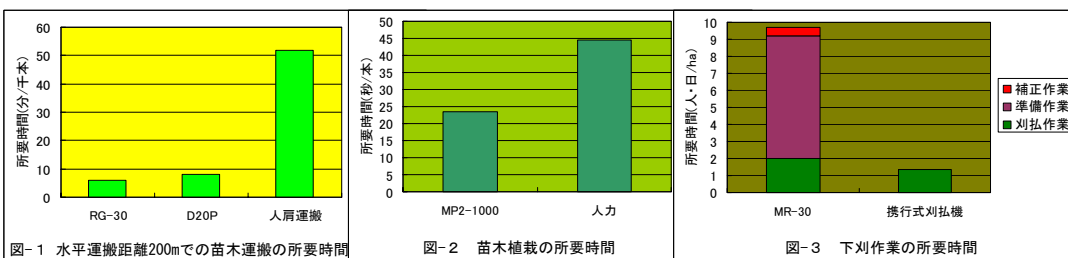
作業能率やコストの試算

実際に地拵え、苗木運搬、下刈りの作業を行い、作業状況をビデオによって記録し、ビデオを再生して作業時間を記録し、作業能率やトータルコストを試算した。植栽作業については他県での実施結果の文献調査(水田 2004)を行った。

研究成果

表-1 地拵え機械の特徴と作業能率調査結果

機種	適用ベースマシン	作業能率(ha/人・日)	刈払物の粉砕	石への耐久性	転石の移動	ササ根茎の掻き起し	枝条の移動	表土の移動/流出
小型地形対応式育林機械	--	0.462	可	強	不可	不可	不可	無
TRH-100	0.60m ³	0.230	可	弱	不可	不可	不可	無
M-85	0.50m ³	0.147-0.276	可	弱	不可	不可	不可	無
MBH1300	0.50m ³	0.369	可	強	不可	不可	不可	無
レーキ&ロータリーバケット	0.45m ³	0.071-0.130	不可	強	可	可	可	無
レーキドーザ	--	0.460	不可	強	可	可	可	有
携行式刈払機	--	0.144	不可	弱	不可	不可	不可	無



地拵え作業においては、作業能率だけでなく、各機械の特徴を把握して現地に適した機種を選択することで、機械化を円滑に推進することができる。苗木運搬作業及び植栽作業においては機械化により省力化が図れるが、下刈り作業においては新たに開発された機械のほうが作業能率が低かった。

地拵え作業においては、新たに開発された機械を使用することにより、作業コストを大幅に低減できる。また、苗木運搬作業については、コストの大部分は運搬費とレンタル料であり、1区画当たりの事業量が大きい場所においては、コスト的に有利となる。一方、植栽作業や下刈り作業においては、1ha当たりにかかる人件費と機械費の合計額が従来型よりも高くなり、導入のためには更なる改良が必要と考えられる。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

○濱津 潤（2005）育林用機械の機能・性能試験と今後の可能性。光珠内季報 139：14-18。