

北海道に適した伐採作業システムとそれを考慮した再造林植栽仕様

森林総合研究所北海道支所 佐々木 尚三

はじめに

日本の人工林では植栽から主伐まで1ヘクタール当たり300~400万円の経費が必要とされている。内訳は伐採が150~250万円、造林では150万円程度であり、素材生産コストではヨーロッパの林業先進国と比べて2~4倍(2)、造林経費では北米やニュージーランドの5~10倍以上(6)と、国際的に見ると非常に高コスト体質となっている。例えばトドマツ人工林の場合、1ヘクタール当たりの平均収入は350万円程度と見積もられるので、人工林を40~50年経営しても利益が全く上がらない。そのため、伐採後の再造林が行われずに放棄されることがおきており、大きな問題となっている。加えて、林業には非常に危険できつい作業が多いことの問題がある。これは足場の悪い傾斜地でチェーンソーなど手持ち機械を使った人力作業が多いことが原因と考えられ、林業の労働災害発生率は全産業平均の10倍、2位の鉱業と比べても2倍以上になっている。

また現在の我が国の造林体系は、今後積極的に導入される高性能林業機械による施業には必ずしも適していないことから、今後の機械力の効率的活用を睨んだ造林技術の開発が必要となっている。

そのような背景の下本稿では、低コスト人工林施業技術の再構築を目指して、北海道地区の緩中傾斜地における伐採作業システムと再造林技術の一方向性を提案したい。

北海道に適した伐採作業システム

「作業システム」とは林況・地形などに応じた機械の組合せによって、常に一定の効率的な生産が上がる作業の仕組みである。分類にはいくつかの考え方があがるが、急傾斜地に適するタワーヤーダ等の架線システム、高密度路網整備を前提としてあらゆる条件に広く活用できる路上車両系システム、緩傾斜地の林内を機械が直接走行して作業する林内走行システムの3種類が最近の代表的な作業システムと考えられる。

林内で伐木・造材工程を一度に行うことのできるハーベスタと、短幹材の集材を効率的に行うフォワーダを組合せた「ハーベスタ・フォワーダシステム」は林内走行型システムの代表的なものであり、チェーンソーやウインチロープの引き回しなど人力作業を必要としない唯一の完全機械化作業システムである。地形や林分条件によって異なるが、労働生産性が他のシステ

ムでは平均的な生産性が7m³/人日程度以下であるのに対して、このシステムでは15m³/人日以上も期待できることや(3,5)、労働安全性については、他が足場の悪い急傾斜地で最も危険なチェーンソー作業を余儀なくされるのに対して、安全で快適なキャビン内で作業を完結できることなど、現在最も進んだ機械化伐採作業であると考えられる。また将来的には造林から伐出まで一貫した低コスト機械化作業システムの構築につながることが期待される。さらに、このシステムの軸となるハーベスタ作業(伐出・造材作業)に利用側の需要情報を直接伝達する仕組みを付加することで、素材の価値を高め、流通コストを削減する効果も期待できる(4)。

北海道は比較的傾斜の緩やかな林分が多く、道内人工林面積の65%に当たる98万haの人工林が傾斜20°以下となっている。従って道内のこのような緩傾斜地ではハーベスタ・フォワーダシステムの活用が適しており(写真-1)、そのことによって生産性の高い、安全な作業が期待できると言えよう。



写真-1 ハーベスタによるトドマツ人工林列状間伐作業:1条植栽林分のため元々の列間が広い。ここでは1列の伐採で6mの作業幅が確保された

林内走行システムと林地保全

この作業システムは、大型機械が林内を直接走行する作業システムであり、他のシステムにも況して森林に与える影響への配慮が必要である。このことに関して、3年前に林野庁が招聘したドイツ・オーストリアのフォレストラーが林地保全上の問題を理由に「林内走行システム」を完全否定したことから、機械的林内作業

は行うべきでないとの主張も聞かれるようになってい
る。もちろん森林作業者が林地保全の問題を認識する
ことは森林の持続的管理にとってなくてはならないこ
とである。過去に日本中で行われてきた伐採作業にお
いて残存木や林地に対する配慮が欠けていたことは、
立木の腐朽など深刻な問題を引き起こしている(7)。し
かし伐採インパクトの問題は、トラクタ集材、ウイン
チや架線集材、路網作設など機械作業の全てに関わっ
ていることであり、「林内走行」だけ止めれば解決する
問題とは考えられない。実際北欧はもちろん、ドイツ
やオーストリアでもハーベスタ・フォワーダによる林
内作業は、より盛んになる方向である。いずれにし
てもこの作業システムを利用して持続的な木材生産が
可能な人工林施業を行うためには、環境や生産力に与
える影響を明らかにすると共に、欧州で行われている
ように走行間隔をできるだけ広くしたり、走行面に枝
条を散布するなど、影響を極力小さくするための十分
な対策を行うことが重要である。

機械化を前提とした植栽仕様のポイント

機械化作業を前提として植栽仕様を考える場合、主
伐より間伐が主な検討対象と考えられる。その際、再
造林植栽仕様を考える上で考慮すべきことは以下のよ
うな3点のポイントがある。



写真-2 下川町有林における植栽列：尾根周囲の地形傾斜方向に従って植栽列の方向も変っている

1) 植栽列の方向は常に傾斜方向に合わせる

横方向傾斜が 10°を越えると機械による作業は困難
であり、等高線作業を行う場合には階段工等が必要と
なる。このことは材が滑り落ちるため架線やウインチ
システムの作業でも同様である。将来は地拵・植栽・
下刈りから除伐・間伐・主伐まで全ての人工林管理作
業を機械化することを考慮すれば、植栽列は常に地形
傾斜方向に合わせるべきである。写真-2 は下川町有林
トマツ林分の空中写真を等高線と重ねたものであり、
植栽列が傾斜線に合せて細かく変っていることが見て
とれる。

2) 機械作業幅を確保する

機械がスムーズに作業できるようにするため、適当
な作業スペースを確保する必要がある(1)。写真-3 に示
すように現在一般に使われている 12 トンクラス油圧シ
ョベルベースのハーベスタでは最低 4.5m の作業幅が必
要であり、列間作業を行うとき残存木損傷を防ぐため
の間隔は 5m が必要である(図-1)。作業幅が広いこと
は生産性向上にも効果があることが示されている(図
-2)。

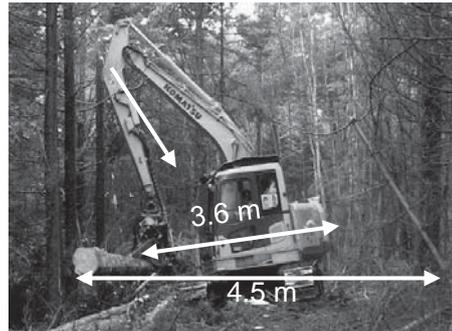


写真-3 ハーベスタ作業に必要な最小幅：油圧ショベルベースのハーベスタでは造材時に横向き作業が必要となる。写真は後方小旋回型であり、普通型ではさらに広い空間が必要となる(5)

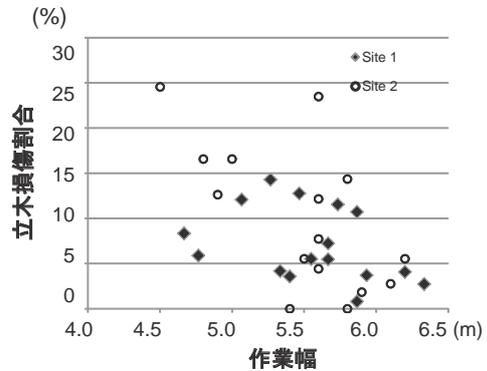


図-1 ハーベスタ作業幅と残存木損傷割合

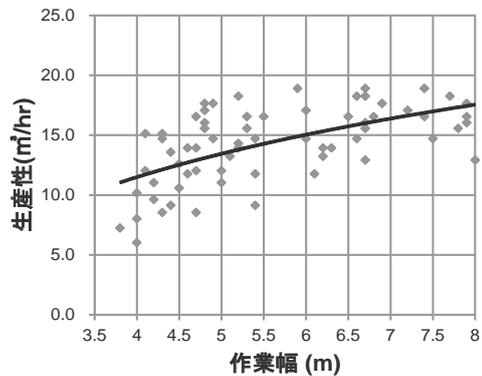


図-2 ハーベスタ作業幅と生産性の関係(5)

3) 機械路の間隔をできるだけ広くとる

林内走行の影響をできるだけ少なくするため、機械の走行路を限定し、その間隔をできるだけ広くとることが望ましい。北欧の専用ハーベスタは10mリーチのクレーンを装備しており、20m間隔の林内走行で、林分のほぼ全域をカバーすることが可能である。わが国で行われる列状間伐では伐採列の間隔が10m以下になることもあり、機械走行を限定させる観点からは改善の余地があると考えられる。

植栽仕様例と列状間伐

上記の3ポイントに従って植栽仕様の例と列状間伐に関して以下のように検討した。とりまとめ結果を表-1に示す。

1) 方形植栽

方形 2500本植栽は、2m間隔で均等に植える植栽仕様であり、カラマツ人工林等では現行の最も一般的な植栽仕様である。この林分に2伐4残の初回列状間伐を行う場合、間伐率33%、作業空間は6m、機械路の間隔は12mとなる。4残の中間部分に間伐効果の弱い2列が残るが、作業空間が十分に確保され、機械路間隔も比較的広いので合理的な植栽・間伐方法と考えられる(図-3)。

間伐を2伐6残(間伐率25%)とすると、作業空間はそのまま機械路の間隔は16mとなり、機械作業の面からより望ましい結果となる。しかし間伐効果をあまり受けない立木の割合は、林分全体の50%(4列)にもなってしまう。

方形 1750本植栽あるいは1000本の低密度植栽仕様では、植栽時の苗列間がそれぞれ2.4mおよび3.2mあるので、1列を伐採することで4.8m、6.3mの作業空間が確保できる。それぞれの間伐率、作業空間、機械路の間隔、間伐効果等は表-1に示すとおりである。機械作業の面からは、これらの仕様に、傾斜方向を加味すれば良い。

2) 筋状植栽

造林地を筋状に地拵し、刈幅の中に1~3列を植付ける筋状植栽は機械地拵に適しており、コスト削減に有効である。そのため道内では国有林等を中心に多くの林分で採用されている。図-4はそのうち最も一般的と思われる刈幅3m、残幅3mの2条植栽林分で、1伐2残の列状間伐を行う場合の模式図である。2条の植え方は3mの刈り幅を2分し、それぞれ中心に植栽する形となるので、その列間は1.5m、列幅との間隔は0.75mとなる。つまり全体の植列間隔は1.5m、4.5mを交互に繰り返す形となっている。植栽本数に対する苗間は図内の表に書かれているとおりである。

1伐2残の列状間伐が行われた場合、間伐率33%、作業空間は6m、機械路の間隔は12mと6mが交互に繰り返される。林分内で間伐効果の強弱が現れるが、機械

作業の面からは概ね良好な仕様と考えられる。

図-5は1条植栽に1伐2残の列状間伐を行う場合を示している。刈幅・残幅を標準的な機械幅に合わせて2.5mとしている。この場合の作業空間は10m、機械路の間隔は15mとなり、機械作業の観点からは非常に好都合である。苗間が狭くなりすぎないようにして1000~1750本程度の低密度植栽用の植栽仕様には好適と考えられる。

図-6は2条植栽の残幅を4.5mに広げることで伐採無しでも6mの作業空間が確保され、機械走行を可能にする植栽仕様である。この植栽方法では初回から定性的な抜き伐りが可能であるので、間伐効果を優先するためには一つの良い方法かもしれない。

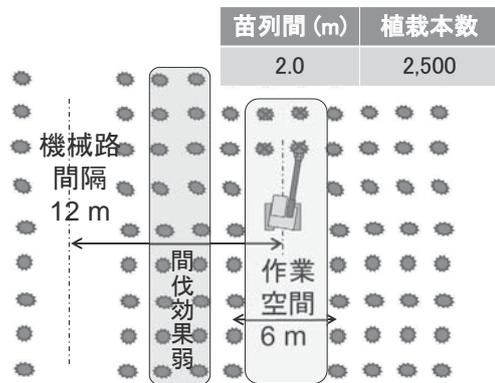


図-3 方形 2,500本植栽林分における2伐4残列状間伐の模式図

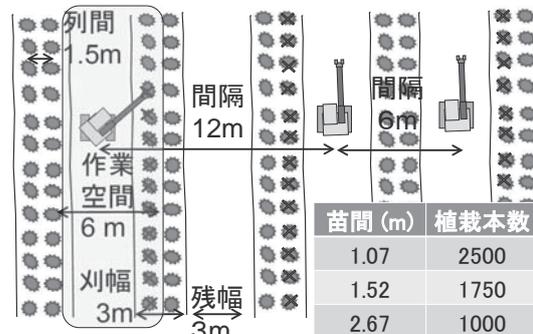


図-4 2条植栽林分における1伐2残列状間伐の模式図

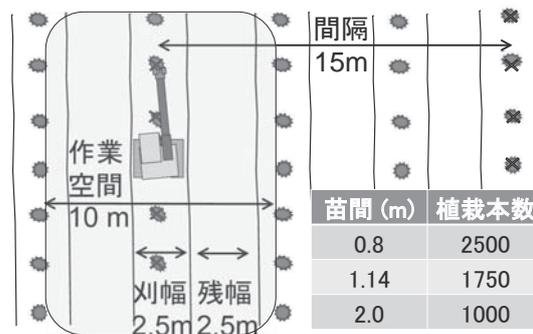


図-5 1条植栽林分における1伐2残列状間伐の模式図

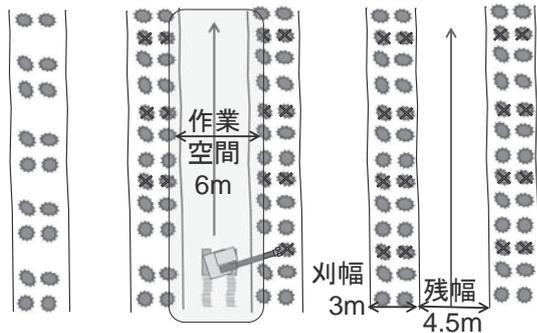


図-6 2条植栽林分(残幅4.5m)における
定性間伐の模式図

おわりに

緩傾斜の多い北海道では、ハーベスタを軸とする機械化短幹集材システムが活用可能である。これは林内走行型作業であり、一定の作業条件を満たすことができれば 15m³/人日以上の高い生産性で伐採作業を行うことができる。また人力に頼る工程がほとんど無いことから、安全で低負荷の作業が可能なおも大きな利点である。

この伐採作業システムを前提として、将来の機械化伐採が可能な植栽仕様を機械作業の観点から検討した。国有林、民有林の現行の植栽仕様を考慮して方形植栽と筋状植栽、植栽本数は 1000, 1750, 2500 本/ha の 3 通りを対象とした。作業条件として、傾斜線方向に 5m 程度以上の幅を確保すること、現在一般に使われている 12 トンクラス油圧ショベルをベースとするハーベスタを想定し、作業リーチを機械中心から 5m とした。また欧州で一般化されている「ストリップロード」の考え方を参考に、機械の走行路を事前に決めてその間隔をできるだけ広くすることを考慮した。ただし本稿の考察は機械作業の見地からのみの検討であり、造林学

的見地からの検討は別途行われなくてはならない。

森林総合研究所では農林水産省の「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」予算を使用し、全国で唯一の森林総合産業特区に指定されている下川町との共同研究で「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発 H25-H27」を開始している。ここでは本稿で検討した作業システムと植栽仕様を基本にして、伐採作業をハーベスタを利用する全機械化システムに、造林作業をクラッシャー地拵と低密度植栽による新造林システムに置き換え、さらに 2 つの作業システムを伐採と造林の一貫システムとして構築させることで、トータルのコスト削減と安全性向上を目指すこととしている。

参考文献

- (1) 倉本恵生・山口岳広・佐々木尚三 (2013) 建機ベースの林業機械の走行繰り返しによるトドマツの地表部側根の損傷発生. 北方森林研究 61: 121-124.
- (2) 林政総研レポート (2003) No.64.
- (3) 酒井明香・木幡靖夫・対馬俊之・渡辺一郎 (2013) 北海道の人工林間伐コストの低減に関する一考察. 北方森林研究 61: 11-14.
- (4) 佐々木尚三 (2012) フィンランドの林業とCTLシステム. 山林 1540: 28-36.
- (5) 佐々木尚三 (2013) ハーベスタによる林内走行型作業システムの適用条件. 日林講演集 124.
- (6) 島本美保子 (1998) 世界の造林・育林費. 林業経済 4: 1-11.
- (7) 山口岳広 (2012) カラマツ高齡林における根株腐朽被害と土壌硬度および透水性との関係-札幌羊ヶ丘での事例-. 北方森林研究 60: 107-110

表-1 植栽仕様と列状間伐

植栽仕様 (刈幅/残幅)	植栽本数	苗列間	列状間伐	間伐率	作業空間	走行間隔	備考
方形	2500	2.00	2伐4残	33	6.0	12.0	33%効果弱
方形	2500	2.00	2伐6残	25	6.0	16.0	50%効果弱
方形	1750	2.39	1伐2残	33	4.8	7.2	
方形	1750	2.39	1伐3残	25	4.8	9.6	25%効果弱
方形	1000	3.16	1伐2残	33	6.3	9.5	
方形	1000	3.16	1伐3残	25	6.3	12.6	25%効果弱
1条 (2.5/2.5)	2500	0.80					
	1750	1.14	1伐2残	33	10.0	15.0	
	1000	2.00					
"	"	"	1伐3残	25	10.0	20.0	25%効果弱
2条 (3/3)	2500	1.07					
	1750	1.52	1伐2残	33	6.0	6.0 12.0 交互	
	1000	2.67					
"	"	"	1伐3残	25	6.0	15.0	25%効果弱
2条 (3/4.5)	"	"	—	33	6.0	12.0	非列状