

列状間伐の実施方法の判断に関する考察

三八上北森林管理署 森林官 ○一重喬一郎 鈴木晃輔 児玉俊一

1. はじめに

間伐は、林分を健全に維持し、残存木の生長の促進と形質の向上を目的として実施される。これらの目的を満たしつつ、限られた予算や人員のもと多くの要間伐林分に施業を行うための一つの方策として、従来の定性間伐と比べて作業効率が高いとされる列状間伐が積極的に実施されてきた。ただし、一口に列状間伐といっても、どの様に伐採列と残存列を組み合わせるか、また、残存列へ定性間伐を加えるか否か等、それらの組合せによって間伐作業の生産性や間伐による保育効果に差があると考えられる。そこで本調査では、様々な方式の列状間伐の得失を整理し、どの様に間伐を実施していくべきか判断するために必要な知見を得ることを目的とした。

2. 調査方法

既発表論文等のレビューによる文献調査と管内施業跡地での実地調査を行った。

2.1 文献調査

「CiNii Articles」、「J-STAGE」および「Google scholar」といった文献検索サイトと「Google」によって「列状間伐」等のキーワードで検索し、表題や要旨等から関連すると判断された文献をレビューした。また、国有林のイントラネットである「Garoon」の「全文検索システム」により「技術開発情報」も検索した。なお、レビューの対象は国内の調査・研究結果とし、そのうち学会発表等の講演要旨は対象としなかった。

2.2 実地調査

文献調査によっては十分に明らかにできなかった事項について、実地調査を行った。調査対象林分の概況と調査内容を表1に示した。

表1 実地調査対象林分の概況と調査内容

林小班名(調査区名)		蕨国有林113り3(蕨列状区)		蕨国有林113り6(蕨定性区)		生内国有林28い7(生内列状区)	
樹種/林齢		スギ/54		スギ/52		スギ/45	
現在の平均樹高(m)		18.5		21.6		20.2	
本数密度(本/ha)		1000/1286		925/1250		1498/2247	
現在/前回間伐前 ^{※1}							
施業履歴 ^{※2}	林齢	列状間伐(1.5~2伐4残)	43	定性間伐	41	列状間伐(2伐4残)	45
		保育間伐	30	経常間伐	30	保育間伐	30
		保育間伐	26	保育間伐	24	除伐Ⅱ類	19
		除伐Ⅱ類	20	除伐Ⅱ類	18	除伐	15
		除伐	13	除伐	12	除伐	9
調査面積(ha)		0.040		0.040		0.027	
調査項目(結果掲載力所)		<ul style="list-style-type: none"> ・胸高直径(3.1.1項) ・立木間距離(3.1.1項) 				<ul style="list-style-type: none"> ・樹冠周囲の開き具合(3.1.2項) ・形質不良木の割合(3.2項) ・立木の形状比の分布(3.3項) 	

※1: 前回間伐前の本数密度は、伐根数や伐採列幅から推定した。※2: 林班沿革簿から把握し、除伐以降の施業を記載した。

実地調査は、11年前に列状間伐を行った「葛国有林113り3小班」、同じく11年前に定性間伐を行った「113り6小班」（それぞれ「葛列状区」と「葛定性区」と呼ぶ）および、今年度に列状間伐を実施した「生内国有林28い7小班」（「生内列状区」とよぶ）で行った。葛列状区および葛定性区では、現在の胸高直径を測定することで間伐による成長促進効果の評価を試みた。さらに、立木間距離を測定することで、間伐によって直径成長に必要な生育空間が確保されたか検証した。生内列状区では、樹冠周囲の開き具合、形質不良木の割合および立木の形状比の分布を調べることで、生長促進効果、形質向上効果および冠雪害抵抗性向上効果をそれぞれ評価した。

3. 結果と考察

3.1 列状間伐による生長促進効果の評価

3.1.1 列状間伐後の生長量の把握による生長促進効果の評価

(1) 文献調査

文献調査結果を表2に示した。

表2 列状間伐による生長促進効果の評価事例

文献	列状間伐の方式	樹種	地域	間伐時の林齢	調査時期	結論	留意点
1	2m伐5m残 (無間伐と比較)	ヒノキ	岡山県	27	間伐の12年後	列間木、列面木ともに無間伐区と比較して直径成長が促進されており、2m伐5m残では林分全体に間伐効果が得られる。	列間木の直径成長は列面木のそれと比べてわずかに劣る。
2	1伐3残	スギ	岐阜県	23と29 ^{※1}	2回目間伐の11～19年後	・間伐列に面する個体と面しない個体の直径成長の差は大きく、間伐列に面しない個体は成長が劣る。 ・1回目の間伐の際に間伐列に面するか否かが、枝の枯れ上がりが抑制されたか否かに強く影響しており、早期の間伐が有効である。	植栽密度がやや高い。 (3,850本/ha)
3	1伐3残	スギ	宮城県	33, 35, 39, 41 ^{※2}	間伐の7, 12, 12, 5年後 ^{※2}	列状間伐後の生長量を調査した4林分全てで、胸高直径生長における残存列の違いによる有意な差は認められなかった。	調査地の林況が示されておらず、どのような林分で実施したのか明らかでない。
	2伐5残	スギ	宮城県	49	間伐の5年後	胸高直径生長における残存列の違いによる有意な差は認められなかった。	調査地の林況が示されておらず、どのような林分で実施したのか明らかでない。
4	1伐3残 (3m伐9m残)	カラマツ	長野県	47	間伐の3年後	中央列の直径成長量は間伐隣接列と比べて有意に低かった(t検定, $p < 0.05$)ため、残存列が3列以上の場合、中央列の直径生長を促進するには、点状間伐を追加する必要がある。	特になし。
5	1伐3残+定性 (定性間伐と比較)	スギ	宮城県	35	間伐の8年後	列状間伐区の材積成長率は、同一林分内の定性間伐区のそれと比べて高く、列状間伐が残存木の生長の観点から有効な間伐方法であると示唆された。	・要間伐林分ではない。 (RY: 約0.5 ^{※3}) ・材積間伐率に差がある。 列状: 41%、定性: 35%
	2伐5残	スギ	宮城県	38	間伐の4年後	残した5列のうち中央の1列の直径成長率が他の4列と比べて低く、間伐効果が少なかった。	要間伐林分ではない。 (RY: 約0.6 ^{※3})
6	1伐5残	ヒノキ	佐賀県	30	間伐の5年後	間伐列に隣接する立木における間伐後の胸高直径成長量は間伐前と比べて1.5～2倍であり、間伐の影響が認められた。	調査数が少ない。(間伐列に隣接する立木2本、隣接しない立木3本)
7	1伐4～5残 2伐6残	スギ	秋田県	39～44 ^{※4}	間伐の3, 5年後	伐採列が1列の場合は残存木に間伐効果が確認されなかったものの、2列の場合は林縁部から1～3m程の範囲で間伐効果が認められた。	左記の結論を述べるには、結果と考察が不十分と思われる。
	2伐6～9残	スギ	秋田県	34	間伐の5年後	・間伐後に胸高直径成長量が増加する立木は林縁部から2m程の範囲に限られていた。 ・ただし、優勢木は林内の位置に関係なく良好な成長を続けていた。	特になし。
8	2伐4残	スギ	大分県	15	間伐の6年後	間伐により沿線木の直径成長は促進されたが、内部木の直径成長は促進されなかった。	調査数が少ない。(沿線木3本、内部木3本)
9	1伐3残+定性 2伐4残 2伐5残+定性	ヒノキ	栃木県	29	間伐の7年後	・直径成長は内側列と比べて外側列で大きく、間伐効果は外側列で大きい。 ・2伐4残では、内側列の立木に枝の枯れ上がりが認められ、樹冠長率は50%程から8ポイント程低下した。	特になし。

※1: 間伐を2回実施しており、2回目は1回目と直行するように行った。 ※2: 調査林分が複数あり、それぞれの林齢と調査時期を示している。 ※3: 本数密度、樹高等を基に「収量比数RY計算プログラム(森林総合研究所)」により筆者が算出。 ※4: 調査林分が複数あるが、引用文献に個別の林齢と調査時期が示されていない。

1 伐 2~3 残に相当する 2 m 伐 5 m 残の事例¹⁾では林分全体に間伐効果があったと報告されている。一方、残存列が 3 残以上の事例²⁻⁹⁾のうち、2 伐 5 残の事例では外側列から 2 列目まで間伐効果が及ぶとする結果⁵⁾や、列による差は認められなかったとする結果³⁾も報告されているが、伐採列に接する立木と比べて接しない立木の直径生長が劣るとする報告^{2,4,6-9)}がほとんどであった。したがって、残存列数が 3 残以上の列状間伐では、間伐による生長促進効果が林分全体に及ばない恐れが大きいと言える。また、表 2 に示していないが、列状間伐に関する宮城県のマニュアル¹⁰⁾や、書籍¹¹⁾、総説¹²⁾においては、列状間伐により伐採列に接しない立木が生じる場合、林分全体に間伐効果が及ぶようにするためには、残存列に定性間伐を加える必要が指摘されている。ただし、どの程度、定性間伐を加える必要があるか定量的には示されていない。

(2) 実地調査

① 林内の様子 (蔦列状区)

蔦列状区の伐採列の現状を写真に示した。間伐から 11 年経過後も、樹冠がうっ閉していないとわかる。



写真 蔦列状区の伐採列(蔦国有林 116 リ 3 小班)

② 平均胸高直径 (蔦列状区, 蔦定性区)

蔦列状区の内側列と、同区の外側列および蔦定性区の立木の平均胸高直径を図 1 に示した。なお、蔦列状区では 1.5~2 伐 4 残の列状間伐が 11 年前に実施されており(表 1)、ここでは、伐採列に接しない 2 列を内側列、伐採列に接する 2 列を外側列とした。内側列の平均胸高直径は外側列および蔦定性区のそれと比べて有意に小さかった。機械的に選木を行う列状間伐の直後には、内側列と外側列で立木の胸高直径に差はなかったと考えられるため、間伐から 11 年の間におよそ 5 cm の差が生じたことになる。この結果から、表 2 に示した多くの事例^{2,4,6-9)}と同様に、伐採列に接しない立木の直径成長は劣ると確認できた。ただし、蔦定性区と蔦列状区の胸高直径を単純に比較することは、蔦定性区の方が地位が高いこと、および蔦定性区における定性間伐でどのような選木を行ったか明らかでないこと等から、適切ではない。

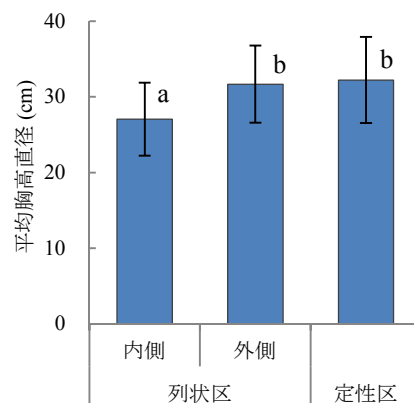


図 1 平均胸高直径

同一のアルファベットを記したバーの間には有意差(T 検定, $P < 0.05$)がないことを示す。エラーバーは標準偏差。

③ 立木間距離 (蔦列状区, 蔦定性区)

先行研究¹³⁾によって、立木間距離と直径生長との間には相関があることが知られている。そこで、胸高直径と同様に、蔦列状区の内側列と外側列の立木間距離に差が認められるか確認した。さらに、列状間伐と同時に残存列へ定性間伐を加えた場合、立木間距離がどの様に変化するかを調べることで、林分全体に生長促進効果を及ぼすことができるか検証した。

蔦列状区の内側列、それに定性間伐を加えた場合、同区の外側列および蔦定性区の立木間距離を図 3 に示した。蔦列状区の内側列の立木間距離は同区の外側列および定

性区のそれと比べて有意に小さかった。このことから、内側列の胸高直径が外側列と比べて小さかった（図 1）原因は、十分な立木間距離、すなわち生育空間が得られなかったためと考えられる。次に、11年前の列状間伐を、材積間伐率 33%程度の 1 伐 4 残+定性間伐で行っていたと想定し、間隔や形質を考慮して残存列に 5 本に 1 本程度の選木（内側列から 7 本、外側列から 1 本を選木した）を行い、立木間距離の変化を調べた。定性間伐を加えた場合の内側列の立木間距離は外側列や定性区のそれと同等（有意差なし）になると分かった。また、伐採列を 2 伐から 1 伐に狭めたとしても、伐採列を隔てた立木間距離は 4 m 程であるため、図 2 の結果と比べて十分な間隔と言える。以上より、1 伐 4 残に定性間伐を加えた材積間伐率 33%程度の列状間伐を採用すると、内側列の立木間距離を十分に改善することができるため、林分全体に生長促進効果が及ぶと示唆された。

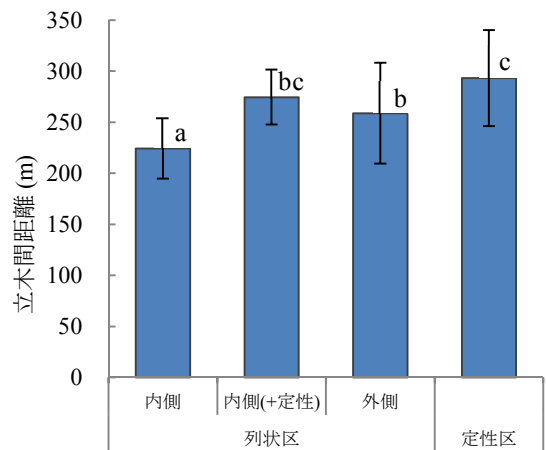


図 2 立木間距離*

同一のアルファベットを記したバーの間には有意差(T 検定, $P < 0.05$)がないことを示す。エラーバーは標準偏差。

*: 先行研究¹³⁾を参考に、樹冠が接しかつ 4.5 m 以内の距離の立木のうち近い方から 3 本目までの平均距離とした。

3.1.2 樹冠周囲の開き具合の把握による生長促進効果の評価

(1) 文献調査

岡山県林業試験場の中島ら¹⁴⁻¹⁶⁾は、列状間伐により樹冠の周囲が開けたかを指標として、生長促進効果の評価している。その主要な成果である残存幅と間伐効果を受けた残存木の割合の関係を、文献¹⁶⁾より引用して図 3 に示した。なお、中島らは間伐後の断面積生長量の調査結果¹⁵⁾を基に、樹冠の周囲が少しでも開けた残存木は間伐効果を受けたものとしている。ここで、幅 2 m を概ね 1 列とすると残存幅 6 m は 3 残に、8 m は 4 残にそれぞれ相当するため、図 3 からは 3 残では約 1/3 の残存木が 4 残では約 1/2 の残存木が間伐効果を受けないと読み取れる。同一の著者らにより整備された岡山県の列状間伐に関するマニュアル¹⁷⁾では、間伐効果を受けない残存木のうち 2~3 本に 1 本を追加で間伐すると、林分全体に効果が及ぶとしている。以上を踏まえると、3 残では残存木の 1/6~1/9 本を、4 残では 4~6 本に 1 本を追加で間伐すれば、林分全体に間伐効果が及ぶと言える。なお、このことは 3.1.1 項で示した結果とも一致する。

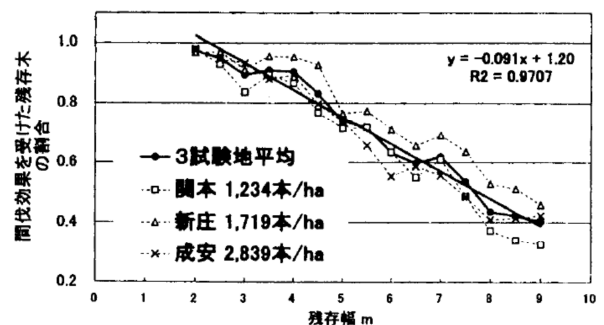


図 3 残存幅と間伐効果を受けた残存木の関係¹⁶⁾

(2) 実地調査 (生内列状区)

上述の先行研究¹⁴⁻¹⁶⁾を参考に、今年度に 2 伐 4 残の列状間伐を実施した生内列状区において、間伐後の残存木の樹冠周囲の開き具合を調べた。その上で、材積間伐率 33%程度の 1 伐 4 残+定性間伐で列状間伐を行っていたと想定して 5 本に 1 本程度の選木を

行い、残存木の樹冠周囲の開き具合がどう変化するか調べ、その結果を図4に示した。調査した残存木は48本で、そのうち8本は被圧木だったので結果から除外した。2伐4残後に全く樹冠の開けなかった立木の割合は、図3からは50%程と予想したが、実際には30%であった。次に、1伐4残+定性で施業したと想定して、上層木40本から形質や間隔を勘案して8本を選木（内側列から5本、外側列から3本）した。その結果、樹冠の全く開けていない立木はゼロになり、樹冠の1/2以上が開ける立木は56%に上った。また、被圧木も併せて伐るとして計算した定性部分の材積間伐率は13%であり、1伐部分と合わせても33%であったことから、本調査の結果は、指定施業要件における材積間伐率の上限（35%）を満たした上で得られたものである。以上より、前項（3.1.1）の現地調査結果と同様に、1伐4残に定性間伐を加える方式を採用すると、林分全体に間伐効果が及ぶと分かった。

また、今回の調査では十分に評価できなかったが、間伐による生長促進効果を知る上で、樹冠長率も重要な指標である。藤森¹⁸⁾は、樹冠長率が20%に近づいてしまった立木は、その後の間伐により周囲が開けても生長が回復する可能性は少なく、樹冠長率50%を目指していくような密度管理が望ましいと主張している。さらに、先の文献調査結果（表2）によると、列状間伐を実施した林分の内側列の立木における樹冠長率の低下^{2,9)}が報告されている。このことは、列状間伐によって周囲が十分に開けなかった内側列の立木では、樹冠長率が低下し続けてしまい、たとえ次の間伐で生育環境が改善したとしても、良好な成長が見込めない恐れがあることを示唆している。すなわち、次回間伐のみならず、そのさらに先の間伐や主伐の収穫量にまで影響を及ぼす恐れがあり、今後、詳しく調査する必要がある。

3. 2 列状間伐による形質向上効果の評価

(1) 文献調査

列状間伐の前後では、林分内の不良木の割合が変わらないため、残存列へ定性間伐を加えて不良木を間引く必要^{2,10,19,20)}が多く指摘されているが、その効果を定量的に評価した事例は限られている。豊留ら²¹⁾は、1伐2残、1伐3残+下層間伐、1伐4残+下層間伐、下層間伐の4通り全ての間伐を本数間伐率33%となるように行い、間伐木に占める曲り木の割合を調べた。その結果、下層間伐の割合が増えるほど曲り木の割合が多くなるとしている。しかし、評価事例の蓄積としては十分といえないため、現地調査によっても確認した。

(2) 現地調査（生内列状区）

今年度に2伐4残の列状間伐を実施した生内列状区において、間伐後の残存木に占める形質ごとの立木の割合を調べた。さらに、1伐4残+定性間伐を想定して選木を行い、残存木に占める形質ごとの立木の割合がどう変化するか調べ、結果を図5に示し

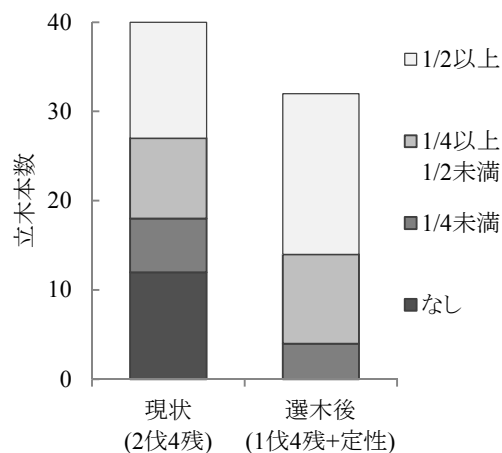


図4 樹冠周囲の開き具合の変化

た。なお、調査地は前項（3.1.2）と同一であり、選木も共通している。また、立木の形質は以下の基準で目視により判別した。健全木：大きな欠点のないもの、曲り木：曲りが大きく採材歩留りが落ちると思われるもの、他の欠点木：曲り以外の欠点により採材歩留りが落ちると思われるもの。

2伐4残後の現状では、残存木40本のうち健全木は29本で、その割合は73%であった。次に、形質や間隔を考慮して残存木から8本を選木（健全木4本、曲り木3本、他の欠点木が1本）したところ、残存木に占める健全木の割合は78%へ向上した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形質の向上に一定の効果があると言える。ただし、単なる定性間伐による形質向上効果を調べた事例²⁰⁾では、およそ2/3の形質不良木を除去

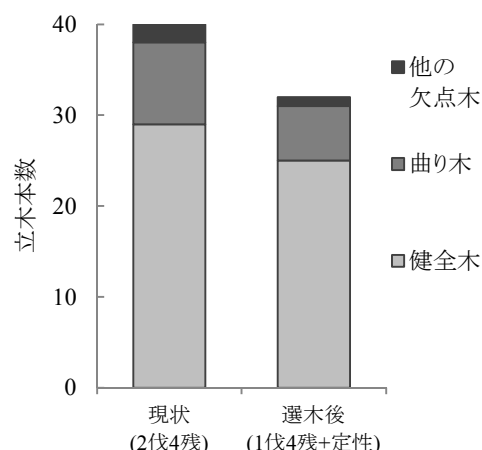


図5 各形質の立木本数の変化

できたと報告されているが、本調査ではおよそ1/3（11本中4本）に止まった。これは、列状間伐に合せて定性間伐を加える場合、既に片側の立木が無くなっている外側列よりも、内側列の立木を優先して選木せざるを得ない（本調査では、内側列から5本、外側列から3本を選木）ので、単なる定性間伐と比べると選木の自由度が低いことが原因であると推察する。さらに、1伐3残に定性間伐を加える場合は真ん中1列からの選木が中心となり、1伐5残の場合は5残のうち3残からの選木が中心となるため、残存列が多い方が定性間伐を加えた場合の形質向上効果は高いと考えられる。

3. 3 列状間伐による冠雪害抵抗性向上効果の評価

(1) 文献調査

一般に、形状比が高い立木や樹冠の形が偏っている立木ほど冠雪害を受けやすく、同一林分でも形状比の高い立木が偏在している箇所には冠雪害が発生し易いとされている²²⁾。実際に列状間伐を実施した林分における冠雪害の発生事例を表3に示した。

表3 列状間伐実施林分における冠雪害の発生事例

文献	列状間伐の方式	間伐時の林齢	被害時の林齢	樹種	被害率 (%)	平均樹高 (m)	平均形状比			結論
							全立木	無被害木	被害木	
23	1伐2残	38	39	スギ	20.1	21.6	-	79.4	87.2	被害木の形状比は無被害木のそれと比べて高い。
24	1伐3残	32	33	スギ	24.2	19.2	80.7	-	-	・形状比の高い立木ほど被害の割合が高い傾向であった。 ・残存列の小径木や形状比の高い立木も併せて間伐することで、被害を少なくすることが可能
25	2m伐6m残	15	17	スギ	24.4	-	-	-	-	・残存列外側半分の被害本数は内側半分のその1.48倍。伐採列が原因となった恐れあり。 ・次回間伐を列状の方が定性より早く行わなければならないが、組み合わせることで回避できる可能性。
	定性(下層)	15	17	スギ	11.9	-	-	-	-	

形状比が高い立木ほど気象害を受け易かったこと^{23,24)}が報告されており、同一林分内では列状間伐を実施した林分で被害率が高かったとの報告²⁵⁾も見受けられた。その

結果を受け、残存木の冠雪害への抵抗性を向上させるには、形状比が高い立木を林内に残さないことが重要であり、そのために残存列へ定性間伐を加えることが推奨されている^{24,25)}。

(2) 実地調査（生内列状区）

今年度に2伐4残の列状間伐を実施した生内列状区において、残存木の形状比の分布を調べた。さらに、1伐4残+定性間伐を想定して選木を行い形状比の分布がどう変化するか調べ、結果を図6に示した。なお、調査地は前々項(3.1.2)および前項(3.2)と同一であり、選木も共通している。選木の結果、形状比80以上の立木が主に選木され(70~80:1本、80~90:4本、100以上:3本)、残存木の平均形状比は76から72へ低下した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形状比の高い立木を除去することができ、冠雪害抵抗性の向上が期待できると言える。

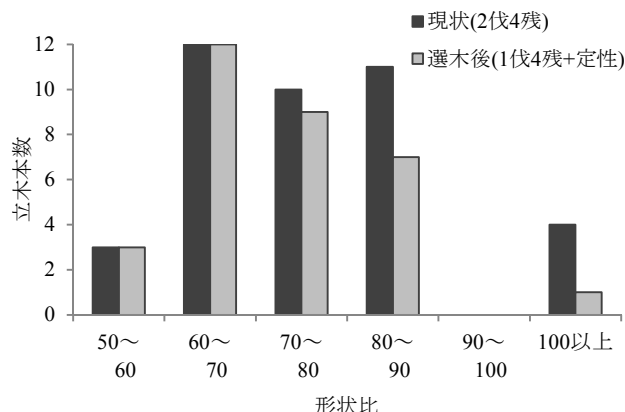


図6 立木の形状比の分布

の立木が主に選木され(70~80:1本、80~90:4本、100以上:3本)、残存木の平均形状比は76から72へ低下した。このことから、残存列に定性間伐を加えると、形状比の高い立木を除去することができ、冠雪害抵抗性の向上が期待できると言える。

3.4 残存木への損傷に関する評価

列状間伐は定性間伐と比べて残存木への損傷を3割~半分程度軽減できる^{10,26)}と報告されている。したがって、列状間伐と併せて残存列へ定性間伐を行い、なおかつ、その材を搬出する場合には、定性間伐部分での伐倒や集材によって残存木の損傷が増加する恐れがある。

3.5 間伐作業の生産性に関する評価

文献調査結果を表4に示した。なおここでは、1伐と2伐の生産性を比較した事例のみを取り上げた。

表4 列状間伐の生産性の評価事例

文献	樹種	地域	間伐時の林齢	本数密度(本/ha)	単木材積(m ³ /本)	傾斜	作業種	使用機械	列状間伐の方式	生産性(単位)
27	スギ	栃木県	49	1037	-	3~10°	伐倒・造材・極積	ハーベスタ	1伐2残	8.4 (m ³ /h)
									2伐4残	9.4 (m ³ /h)
3	スギ	宮城県	41 / 40~42	1523 / 1883	0.360 / 0.152	20° / 30°	伐倒	チェーンソー	1伐	54 (本/h)
									2伐	69 (本/h)
			41	1523	0.360	20°	集材	スイングヤーダ(ウインチ)	1伐	20.4 (m ³ /人・日)
								スイングヤーダ(ランニングスカイライン)	2伐	17.4 (m ³ /人・日)
								1伐	14.5 (m ³ /人・日)	
								2伐	20.2 (m ³ /人・日)	

1伐と2伐の生産性を比較した事例は限られているが、緩傾斜地²⁷⁾および急傾斜地³⁾いずれの事例においても、概ね2伐の方が生産性は高いと報告されている。これらは、1伐よりも2伐の方が作業空間に余裕があることが主な原因と考えられている。

3.6 間伐材の生産量に関する評価

列状間伐と併せて残存列に定性間伐を加える場合には、形質不良木を積極的に取り

除くために採材歩留りの低下が想定される。さらに、本数密度が高い林分で定性部分から木寄せを行うと生産性が低下したり残存木への損傷が増えたりする恐れがあるので、ある程度は伐り捨てにすることも考えられる。したがって、一概には言えないが、定性間伐の割合が増えるほど生産量は減少すると考えられる。

3.7 総合的な評価

これまでの調査結果（3.1～3.6）に基づき、1伐2残、1伐3残+定性、1伐4残+定性、2伐4残の4つの方式の列状間伐について得失を評価し、表5に示した。評価は○、△、▲の3段階で相対的にランク付けすることで行った。なお、4つの方式の材積間伐率はいずれも33%を想定した。

表5 列状間伐の方式別の得失に関する評価結果

列状間伐の方式	保育効果				木材生産	
	直径成長	形質向上	冠雪害抵抗性	損傷軽減	間伐作業の生産性	間伐材生産量
1伐2残	○ 全ての残存木が伐採列に接する	▲ 不良木の除去なし	▲ 雪害危険木の除去なし	○ 軽減可能	△ 2伐より低い	○ 多い
1伐3残+定性	○ 内側1列に対して十分な間伐可能	○～△ 効果はあるが十分でない恐れ	○～△ 効果はあるが十分でない恐れ	○～△ 定性部分の搬出で損傷増加の恐れ	△～▲ 2伐より低く、定性部分の搬出でさらに低下の恐れ	○～△ 定性部分を伐り捨てると低下
1伐4残+定性	○ 残存列にも十分な間伐可能	○～△ 効果はあるが十分でない恐れ	○～△ 効果はあるが十分でない恐れ	○～△ 定性部分の搬出で損傷増加の恐れ	△～▲ 2伐より低く、定性部分の搬出でさらに低下の恐れ	○～△ 定性部分を伐り捨てると低下
2伐4残	△ 内側2列で低下の恐れ	▲ 不良木の除去なし	▲ 雪害危険木の除去なし	○ 軽減可能	○ 高い	○ 多い

全体的にみると、間伐作業の生産性と間伐材生産量といった木材生産面を優先させるならば2伐4残が優れており、間伐による保育効果を優先させるならば1伐3残+定性か1伐4残+定性が優れていると言える。1伐2残は直径成長や損傷軽減の面からは優れているが、間伐の前後で立木の構成に変化がないため、形質向上と雪害抵抗性については劣っていると評価した。しかし、これは逆に言うと、形質不良木がほとんどなく、かつ冠雪害の危険が少ないと判断できる林分においては、1伐2残のデメリットは少なくなり、相対的に望ましい施業と言える。また、1伐3残+定性と1伐4残+定性では、後者の方が定性間伐の割合が高いため、形質向上と冠雪害抵抗性は優れており、損傷軽減、間伐作業の生産性、間伐材生産量は劣ると思われるが、どの程度の差があるか定量的に検証できなかったため同一の評価とした。

4. 結論

一般に、間伐等の施業が林分に与える影響を検証するには長期に渡る継続的な取り組みが必要であるため、どの様な施業方法を採用するか決定する際に、必ずしも十分な情報に基づいて判断できるわけではない。したがって、中・長期的には、国有林のフィールドを活用して必要なデータの収集に取り組みつつも、その時々に行われる既存の情報を基に意思決定を行うことが現実的であり、より確かな判断に資すると考える。本調査では、その様な考えのもと、どの様に間伐を実施すべきか判断するために必要

な知見を得るために、文献調査とできる範囲での実地調査により列状間伐の得失を整理した。本調査の結果に基づくと、伐採列を1伐に、残存列を3残か4残程度に設定して定性間伐を加える施業が保育効果の点で優れている。したがって、本数密度が高く混み合っており、なおかつ形質不良木の除去が不十分な若齢林における列状間伐の方式としては好ましいと考える。

しかしながら、列状間伐の得失に関する知見は、間伐後の生長量については比較的豊富であるが、それ以外については十分とは言えず、本調査で得た知見はあくまで暫定的なものである。さらに、本調査で評価の対象とした列状間伐の得失は、実際の意思決定のために必要な情報の一端に過ぎない。今後は、間伐方法の違いにより次回間伐から主伐までを含めた収支がどの様に変化するかといったことを、不確実性は大きくとも予測する必要はあると考える。さらには、今後発生する要間伐林分の面積と、そこから生産できる間伐材の数量、それに対する需要量といったマクロな視点からの検討も行わなければ、どの様に施業を進めていくべきか判断することは困難であると思える。

さらには、国有林において間伐等の作業を実行するのは契約関係にある事業者である。いくら理屈上は適切と思われる施業を計画し、間伐設計を行えたとしても、例えば選木が適切でなければ期待したとおりの保育効果は望めないし、伐倒手や重機のオペレーターの力量が十分でなければ生産性は上がり、残存木には損傷を与える恐れが大きい。したがって、適切な施業を実現するには、施業計画のみならず、事業実行に責任を持つ監督員と事業者の作業員の知識・技術力も極めて重要である。そのためには、技術力の優れた事業者を適切に評価し、その更なる向上を促すような仕組みが必要であると考えられる。

文献

- 1) 矢野宣和, 山口歳弘:列状間伐における林況変化把握と経営的評価. 平成 23 年度 近畿中国森林管理 森林・林業交流研究発表会.
- 2) 近藤道治:スギ密植造林地における列状間伐後の直径成長. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.13-14.
- 3) 水田展洋, 水戸辺栄三郎, 梅田久男:列状間伐の伐採幅と労働生産性及び列状間伐後の残存木の状況. 宮城県林業試験場成果報告 17, 31-38 (2008).
- 4) 横井秀一:スギ密植造林地における列状間伐後の直径成長. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.9-10.
- 5) 金澤孝之, 滝澤伸, 水戸辺栄三郎:機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 宮城県林業技術センター成果報告 14, 59-83 (2004).
- 6) 桑原康成:2 回目の列状間伐の実施時期の検討 -列状間伐後 5 年経過した樹冠のうっ閉速度と立木成長-. 九州森林研究 56, 198-199 (2003).
- 7) 澤田智志:スギ人工林の低コスト間伐技術の導入による非皆伐施業体系の確立 -列状間伐林分の生長特性と列状間伐後の間伐方法の検討-. 秋田県森技研報 21, 1-16 (2012).
- 8) 姫野光雄:列状間伐 - 残置林木への影響. 林業技術 709, 24-27 (2001).

- 9) 関東森林管理局 森林技術センター, 日光森林管理署:列状間伐の効果について(日光署 303 い小班)完了報告.
- 10) 宮城県林業試験場:列状間伐の欠点って?, 残存木は傷つかないの?. “列状間伐のここが知りたい!”, 2007.
- 11) 植木達人:<ためらい その 2>. “列状間伐の考え方と実践”, 林業改良普及双書, 2007, pp.35-37.
- 12) 近藤道治:列状間伐が森林環境に与える影響. 森林利用学会誌 **21**(1), 9-14 (2006).
- 13) 宮本麻子, 天野正博:立木の空間分布および生育条件が個体成長に及ぼす影響. 森林総合研究所研究報告 **1**(2), 163-178 (2002).
- 14) 中島嘉彦, 芦田素廣:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(I) –間伐による樹冠の占有面積変化-. 森林応用研究 **8**, 77-80 (1999).
- 15) 中島嘉彦, 且良則:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(II) –目視による間伐効果の判定-. 森林応用研究 **9**(2), 19-22 (2000).
- 16) 中島嘉彦, 且良則, 黒瀬勝雄:小型タワーヤーダを用いた列状間伐の間伐効果(III) –伐採帯の合理的な配置法-. 森林応用研究 **10**(1), 101-103 (2001).
- 17) 岡山県林業試験場:5 作業方法. “列状間伐の手引き”, 2002, pp.13-16.
- 18) 藤森隆郎:立木密度と成長の関係. “間伐と目標林型を考える”, 全国林業改良普及協会, 東京, 2010, pp.46-48.
- 19) 竹内郁雄, 只木良也, 蜂屋欣二, 河原輝彦, 佐藤明:ヒノキ 30 年生林分の間伐試験 –列状間伐を中心として-. 林試研報 **272**, 141-155 (1975).
- 20) 中島嘉彦, 芦田素廣, 且良則, 山岡嘉助:高性能林業機械を用いた列状間伐と定性間伐の比較試験. 岡林試研報 **15**, 1-6 (1999).
- 21) 豊留勝, 竹内郁雄:列状間伐の強度と間伐木の関係. 九州森林研究 **61**, 26-30 (2008).
- 22) 豪雪地帯林業技術開発協議会:(3)冠雪害の発生する条件. “雪に強い森林の育て方”, 日本林業技調査会, 東京, 1984, pp.46-56
- 23) 横井秀一:スギ列状間伐林分に発生した冠雪害. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.5-6.
- 24) 近藤道治, 今井信:スギ列状間伐林分で発生した冠雪害. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.1-4.
- 25) Taisitiroo SATOO, Tamikazu MOROTO, Rokuro USHIYAMA: A line-thinning experiment of a plantation of *Cryptomeria japonica*: growth and snow damage. 日林誌 **53**(3), 72-76 (1971).
- 26) 近藤道治, 今井信:列状間伐後の生産性と残存木の損傷. “列状間伐を考える”, 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」, 2010, pp.15-16.
- 27) 鈴木茂夫, 今井博代, 塩田淳史, 永嶋龍一, 河俣雅久:機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 栃木県林セ研報 **18**, 24-42 (2003).