

様式 3

技術開発課題 ~~中間~~完了報告
東北森林管理局森林管理局森林技術・支援センター

課 題	列状間伐等林分の混文化に関する検討				開発期間	H19～H28				
開発箇所	米代東部署 156い	担当 部署	森林技術・支援セン ター、米代東部署、 技術普及課	共同研 究機関	森林総合研究所 東北支所	技術開 発目標	3 (2)			
開発目的 (数値目標)	「緑の回廊」等の目指すべき森林の考え方に基づき、平成15年度に設定した試験地について、スギ人工林を針広混交林へ誘導する施業技術体系の確立を図るため、試験計画に基づき照度・植生等の諸調査を行うと共に、これらのデータを蓄積しながら、広葉樹の生長等の経過観察を行う。									
実施経過	<table border="0" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%; vertical-align: top;"> <p>平成19年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成20年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成21年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) </td> <td style="width:33%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ・入林規制の看板設置 <p>平成22年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成23年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成24年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 </td> <td style="width:33%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ・成長調査 ・試験地周辺の広葉樹分布調査 ・試験地補修(杭埋設) <p>平成25年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成26年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成27年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成28年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 </td> </tr> </table>							<p>平成19年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成20年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成21年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・入林規制の看板設置 <p>平成22年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成23年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成24年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・成長調査 ・試験地周辺の広葉樹分布調査 ・試験地補修(杭埋設) <p>平成25年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成26年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成27年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成28年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査
<p>平成19年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成20年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測(雨量・気温等) ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) <p>平成21年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・入林規制の看板設置 <p>平成22年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成23年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 <p>平成24年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・成長調査 ・試験地周辺の広葉樹分布調査 ・試験地補修(杭埋設) <p>平成25年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成26年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成27年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生動物モニタリング調査 <p>平成28年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照度観測 ・野生動物モニタリング調査 ・植生調査(侵入広葉樹等) ・成長調査 								
開発成果等	<p>1 天然広葉樹の成長について</p> <p>(1) 施業方法別では、列状伐採区が樹高で成長がよく、群状伐採区で材積が一番よかった。平成28年時点では、点状伐採区と比べ、前者の樹高が約1.5倍、後者の材積が約6倍差があった。</p> <p>(2) 列状間伐において、伐採幅を5mと10mで比較すると、伐採幅は広い方が高木性広葉樹の成長を促すようである。</p> <p>(3) 針広混交林化として、天然広葉樹等が概ね30%以上占めるという目標達成には、成長がよかった10m列状伐採区や群状伐採区の材積でも差があり、長期間要する。</p> <p>2 種の多様性について</p> <p>(1) 植物種の出現種数で見ると、列状伐採区及び列状保残区は伐採後13年が経過しても順調に種の数を増やした。</p> <p>(2) 群状伐採区は伐採3年後に一時的に増加するが、13年が経過すると種数の伸び率は鈍化した。</p> <p>(3) 点状伐採区は一時的に種数が増えたが、13年目には鈍化した。</p> <p>(4) 間伐実施前に無かった希少植物種が間伐実施後に確認された。</p> <p>(5) 動物種について、間伐施業後4～5年目に動物出現数が増加し、その後減少した。</p> <p>(6) 出現数では列状伐採区が一番多く、カモシカ、クマ等が確認された。</p> <p>列状伐採が点状伐採、群状伐採に比べて植物相、動物相の出現数が優位性を示している。</p>									

平成28年12月7日
東北森林管理局森林技術・支援センター

列状間伐等林分の混交林化に関する検討
(技術開発期間 平成19年度～平成28年度)

1 はじめに

緑の回廊内の人工林森林施業は、間伐を繰り返しながら天然広葉樹の侵入を促し、針広混交林を経て、段階的に天然林へ誘導するという基本方向が示されている。これを踏まえ緑の回廊内で、最も効率的な針広混交林への誘導をはかるため、平成15年度に列状・群状・点状によるスギ人工林の伐採を実施し試験地として設定した(図-1)。これらの調査データを蓄積しながら、試験地の比較検討を行った。

2 試験概要

表-1. 施業方法別試験地概要

	列状伐採	群状伐採	点状伐採
面積	1.62ha	0.56ha	0.58ha
伐採方法	1伐2残 10m伐採 20m保残 一部5m伐採 10m保残	円形伐採 直径16m 200㎡ 9箇所	点状伐採 (定性間伐)
コドラート数	伐採区2 保残区2	4	1
伐採前本数	2,550本	1,750本	2,050本
残存本数	1,630本	1,120本	1,310本
伐採率	33%	33%	33%
間伐前平均樹高	10m	13m	13m

緑の回廊内で、成長が良く、一定のまとまりがあるスギ人工林を対象に、伐採施業による針広混交化を検証した。
一つの指標として、天然広葉樹が林分の概ね30%程度の比率まで侵

入することを目標とした。なかでも、列状伐採は多様な植物の出現、動物・鳥類等の餌となる植物の出現が想定され、緑の回廊に適した施業法ではなかろうかと仮説をたてた。

試験地概要と調査内容については、表-1,2に示すとおりである。

表-2. 調査内容

気象観測	雨量計1台、地温計4箇所による雨量、地熱観測
照度観測	照度計、全天空写真撮影による観測
野生動物モニタリング調査	自動カメラ5台による定点観測
植生調査	ブラウン・ブランケ法による植生調査 伐採前(平成15年)、伐採3年目(平成18年)、伐採8年目(平成23年)、伐採13年目(平成28年)、100㎡(10×10m方形又は半径5.64m円形)コドラート
成長量調査	100㎡コドラート内高木性広葉樹の樹高、根際径(点状、群状D) 5m列状伐採区5m×20m、10m列状伐採区10m×10m



図-1. 試験地位置図

3 調査結果

(1) 気象観測の結果

平成 18 年度に気象観測データをとりまとめたところ、雨量および湿度と広葉樹の成長に関連性は見いだせなかった。

(2) 植生被度、樹高、成長量調査結果

①植生被度クラスター解析

伐採実施前の平成 15 年、伐採後 3 年が経過した平成 18 年、伐採後 8 年が経過した平成 23 年に、ブラウン・ブランケ法で植生調査した被度を用いてクラスター解析を行った。

図-2 では、列状伐採区及び群状伐採区のグループと、伐採前、列状保残区並びに点状伐採区で植生の状況が大きく分かれた。群状伐採区のうち列状伐採区に比較的似た植生になるもの（群 B,C）と、比較的異なるもの（群 A,D）に分かれた。一方で列状保残区及び点状伐採区の植生は、伐採実施前の植生とあまり変化はみられなかった。



図-2. 植生被度クラスター解析樹系図

②樹高階層別に見た植生

高木層、亜高木層で確認された植物は、オニグルミ、サワグルミ、タラノキ、クサギ、シウリザクラ、ウワミズザクラ、ミズナラ、ホオノキである。高木性広葉樹は、群状伐採区及び列状伐採区で多く確認されている。群状伐採区及び列状伐採区ではともに被度 1 ~ 2 に達するものもある。

現在は侵入した天然広葉樹が亜高木層をうっぺいさせるほどのものではないが、徐々に広葉樹が広がってきている。低木層には多くの植物が出現している。木本類は、シウリザクラ、ホオノキ、ウワミズザクラを主とした落葉高木、クサギの落葉小高木、オオバクロモジ、キブシ、タラノキ、クマイチゴ、ノリウツギを主とした低木が多い。草本層において木本類ではシウリザクラ、ウワミズザクラ、ヤマグワ、低木類ではオオバクロモジ、キブシが多いほか、ヒメアオキの出現が多くなる。草本類については、スマレサイシン、ト

リアシショウマ、キバナアキギリ、アキタブキ、ハウチャクソウ等が多く確認された。

(3) 天然広葉樹の成長量と材積調査

5m 列状伐採区、10m 列状伐採区、群状伐採区（群 D）、点状伐採区（普 A）において、伐採後に侵入した天然広葉樹の毎木調査を行い、樹高、根際径から材積等を比較した（図-3,4,5,6）。侵入した天然広葉樹の構成を材積ベースで見ると、ウワミズザクラ、シウリザクラ、ホオノキ、クサギが上位を占める。また、これらの樹種がコドラート内材積のうち主な部分を占めている。

また、施業方法別に比較すると群状伐採区、10m 列状伐採区が樹高、材積とも良い成長を示している。群状伐採区（群 D）は 8.41m³/ha あり、点状伐採区（普 A）の 1.32m³/ha と比較すると 6 倍以上の開きとなっている。これに続く 10m 列状伐採区は 5.55m³/ha あり、点状伐採区と 4 倍以上の開きとなっている。列状伐採区でも 10m 幅（5.55m³/ha）と 5m 幅（2.28m³/ha）では 2 倍の開きとなっている。（表-3）。

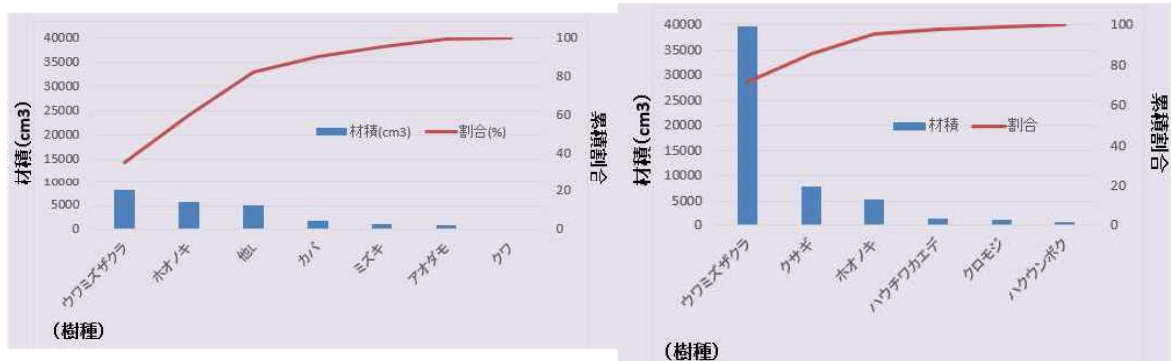


図-3. 5m 列状伐採区天然広葉樹種別累積材積構成

図-4. 10m 列状伐採区天然広葉樹種別累積材積構成

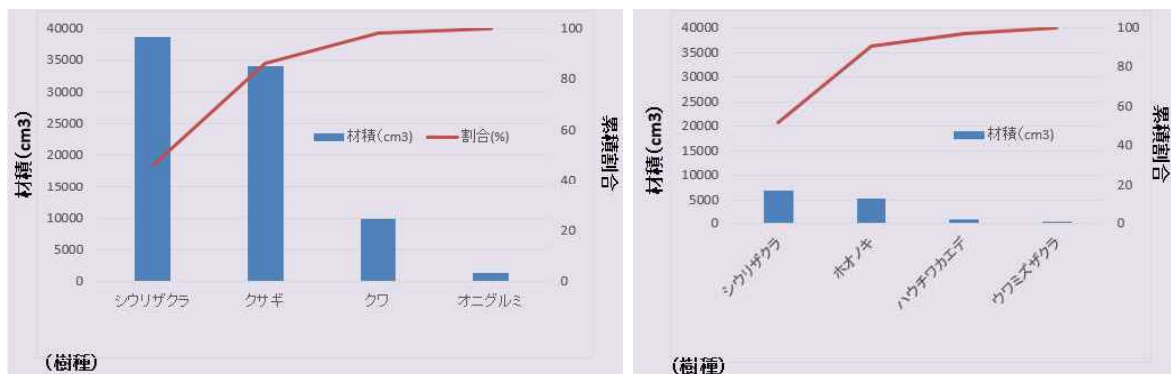


図-5. 群状伐採区 D 天然広葉樹種別累積材積構成

図-6. 点状伐採区 A 天然広葉樹種別累積材積構成

表-3. 平成 28 年施業方別平均樹高と材積 注) 1 相対照度は散乱光相対照度 (SOC)

コドラート	H23 相対照度 (SOC)	本数	平均樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	積 (m ³ /100m)
5 m 列状伐採区	20.6	15	2.99	2.28	0.0228
10m 列状伐採区	43.4	17	3.58	5.55	0.0555
群状伐採区 D	35.0	27	3.55	8.41	0.0841
点状伐採区 A	20.2	19	2.47	1.32	0.0132

(4) 照度と天然広葉樹の関係

平成 16 年から 19 年までの間、相対照度と侵入した天然広葉樹材積の関係について回帰分析をしたが、明確な相関関係は見い出せなかった。

(5) 動植物種の多様性調査結果

①種の出現数

ブラウン・ブランケ法により伐採方法別に植生調査を行った結果から植物種の多様性について見てみたい。

出現種が最も増えたのは列状伐採区(列 A,D)で伐採前平均 24 種が伐採後 3 年で 32 種、伐採後 8 年で 37 種、伐採後 13 年で 50 種、(+ 208 %)を確認した。このうち出現した高木性広葉樹(落葉高木及び落葉小高木、以下同じ)はイタヤカエデ、オニグルミ、サワグルミ、シウリザクラ、トチノキ、ハクウンボク、ホオノキ、ミズナラ、ヤマグワ、リョウブ、ミズキ、アオダモ、ウリハダカエデ、クサギ、コミネカエデの 15 種である。次に出現種が増えたのは列状保残区(列 B,C)で、伐採前 34 種(列 B、C)が伐採後 3 年で 37 種、伐採後 8 年で 32 種、伐採後 13 年で 42 種、(+ 124 %)を確認した。このうち出現した高木性広葉樹は、ウワミズザクラ、ホオノキ、シウリザクラ、リョウブ、クサギ、ヤマグワ、ウリハダカエデ、ミズキ、イタヤカエデ、コシアブラ、ハウチワカエデ、コミネカエデ、ミズナラの 13 種であった。次に続くのは点状伐採区で、伐採前の 22 種(普 A)が伐採後 3 年で 32 種、伐採後 8 年で 24 種、伐採後 13 年で 26 種(+ 118 %)を確認した。ここも伐採 3 年経過後に出現種が減る現象が生じている。このうち高木性広葉樹は、ホオノキ、シウリザクラ、ハウチワカエデ、ハクウンボク、クサギの 5 種である。次に出現種が増えたのは群状伐採区で、伐採前平均 31 種(群 A,B,C,D)が伐採後 3 年で 41 種、伐採後 8 年で 39 種(+ 126%)、伐採後 13 年で 33 種(+ 106 %)を確認した。出現種数は、3 年経過後に出現種が減る現象が生じている。この 4 コドラートで出現した高木性広葉樹は、ホオノキ、クサギ、ヤマグワ、ウリハダカエデ、シウリザクラ、コミネカエデ、ウワミズザクラ、ミズナラ、リョウブ、オニグルミの 10 種である(表-4)。

表-4. 施業法別平均出現種数

	平均出現種数				左のうち出現した 高木性広葉樹
	平成 15 年	平成 18 年	平成 23 年	平成 28 年	
列状伐採区	24	32	37	50	シウリザクラ、オニグルミ、ミズナラ等 15 種
列状保残区	34	37	32	42	シウリザクラ、イタヤカエデ、ウワミズザクラ等 13 種
群状伐採区	31	41	39	33	ウワミズザクラ、ミズナラ、シウリザクラ等 10 種
点状伐採区	22	32	24	26	ハウチワカエデ、シウリザクラ、ホオノキ等 5 種

②希少種の出現

多様性を評価する際には、出現種の希少性を考慮すべきである。植生調査をするなかで、環境省レッドリスト及び秋田県レッドデータブックで準絶滅危惧種 (NT) に指定されているエビネを、秋田県レッドデータブックで絶滅危惧 I B 類 (EN) に指定されているツチアケビを確認した。施業前には存在していなかったもので、伐採が契機となって出現し

たとえられる。

③動物の出現

緑の回廊は野生動物の移動経路の確保ばかりでなく生態系の保全・保護を謳っている。森林施業により動物の生息状況等に変化が見られるか、列状伐採区、群状伐採区、点状伐採区にセンサーカメラを設置し出現状況を確認した。なお、設置箇所が同じではないが、伐採実施前の平成15年に計測しているので比較してみる。

伐採4年目（平成19年）から5年目（平成20年）にかけて出現数（センサーカメラ撮影数）が大きく増加している。但し、同じ個体が周回して撮影された可能性があり、この数を持って直ちに生息数と見なすことはできない点に注意が必要である。その後は出現数が減少している。これは、試験地内に灌木等が増えて、移動しにくくなったためと考えられる。列状伐採区は伐採後13年目を経過した平成28年でも出現を確認している(表-5)。

施業別に平成18年以降の出現数をみると、列状伐採区で129回、これに続くのが、群状伐採区が96回、点状伐採区は69回であった。動物種毎に見てみると、平成18年はウサギ、平成19年はカモシカ、平成20年はウサギを多く確認している。平成25年～平成27年は列状間伐区でカモシカの出現が多くなっており、餌場である可能性がある。平成27年、平成28年はクマの出現が増えており、近くに巣穴あるいは通り道になっている可能性がある。

表-5. 年度別施業法別動物出現数

年度別	平成18年度 (7月～10月)			平成19年度 (5月～4月)			平成20年度 (5月～4月)			平成21年度 (5月～4月)			平成22年度 (5月～4月)			平成23年度 (5月～4月)			平成24年度 (5月～4月)			平成25年度 (5月～4月)			平成26年度 (5月～4月)			平成27年度 (5月～10月)			平成28年度 (4月～10月)			合計		
	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点	列	群	点
カモシカ	1	2	2	4	12	6	1	6	5		1	1	2			3			7	6		25	8	21	1	16	3		3	1	4	83	31	27		
ウサギ		6	5	1	10	3	3	15	12	4						2			5	5		1	1	5	2	1	1	3	1	1				17	39	31
タヌキ			1		14			1	1				1																					1	15	2
テン		1			1		2	2					1			1			3	1														4	7	1
クマ						1																				17	1	6	7	2	1	24	3	8		
キツネ																													1				1			
小計	1	9	8	5	37	10	6	24	18	4	1	1	4			6			7	14	6	25	1	9	26	3	34	5	9	11	5	5	5	129	96	69
合計	18			52			48			6			4			6			27			35			29			48			21			294		

4 技術開発成果

スギー斉林を針広混交林へ早期に誘導するため、本課題が目的とする列状伐採、群状伐採、点状伐採の比較をしてみたところ下記の点について認められた。

(1) 植物相、種子散布について

- ・施業前はほとんど同じ林相であったも、群状伐採及び列状伐採を導入することで、構成する植物相に大きな変化を招いた。点状伐採を導入しても、伐採前の林相と大きく変わることはなかった。
- ・群状伐採、列状伐採をすると、木本、草本の侵入がみられ、一定の成長が見られた。しかし、当初の目標である広葉樹の構成割合が30%程度となるまでには長い時間を要す

ると考えられる。

- ・群状伐採及び列状伐採区で侵入した広葉樹の散布経路をみると鳥を主とする周食型（被食型）種子散布のウェイトが大きくなる。そのためか材積ではクサギ等の低木類の割合が大きい。また伐採後初期のコドラート内では株立ちが確認されており、萌芽更新の割合も重要と考えられる。

（２）広葉樹の成長について

- ・材積の成長は、群状 > 10m 幅列状 > 5m 幅列状 > 点状 の順に大きかった。
- ・群状伐採区Dに侵入した広葉樹の材積を検証したところ、低木であるクサギが全材積の 40 % 近くを占めていた。ただ、平成 24 年度に比べてクサギの割合が減少しシウリザクラの割合が増加していることから、今後シウリザクラが 優先していくと考えられる。
- ・10m 幅列状伐採区と 5m 幅列状伐採区を比較すると、10m 幅列状のほうが材積が大きくなるが、クサギが全材積の 20% 近くを占めていた。ただ、平成 24 年度に比べてクサギの割合が減少しウワミズザクラの割合が増加していることから、今後ウワミズザクラが 優先していくと考えられる。
- ・陽光の条件の良いことが必ずしも高木生広葉樹の侵入及び成長に直接結びつくものではない可能性がある。
- ・針広混交林化のため広葉樹が概ね 30% 以上占めるという当初の目標達成のためには、成長がよかった 10m 幅列状伐採区をもってしても広葉樹の成長が及ばず、長い時間を要する。

（３）種の多様性について

- ・植物種の出現種数で見ると、列状 > 群状 > 点状 の順が多かった。
- ・群状伐採区及び点状伐採区の植物出現数は伐採 3 年目にピークを迎えた。
- ・これに対して列状伐採区、列状保残区の出現数は伐採 13 年目を経過しても増加していた。
- ・施業実施前に無かった希少植物種が施業実施後に確認された。
- ・動物種の出現数（センサーカメラ撮影数）で見ると、列状 > 群状 > 点状 の順が多かった。
- ・伐採後 4 ～ 5 年目に動物出現数（センサーカメラ撮影数）のピークを迎えた。
- ・列状伐採区は伐採 13 年目でも継続的に出現が確認された。
- ・列状では植物種も含め伐採から一定の年数が経過しても、植物の侵入を促し、動物が移動しやすい環境を維持できる要素が含まれている可能性がある。

5 まとめ

試験地設定時に、列状伐採が緑の回廊に適した施業法ではなかろうかと仮説をたて、調査を行ってきた。伐採から 13 年経過した現時点において、列状伐採が点状伐採、群状伐採に比べて植物相、動物相の出現数が優位性を示している。

また、広葉樹の成長をみると材積においては群状伐採には及ばないが、樹高においては列状伐採がよい結果を示している。

これらのことから、列状伐採が点状伐採及び群状伐採に比べ、緑の回廊に適した施業法であると考えられる。技術開発課題としては、ひとまず終了となるが、今後、高木性広葉樹との針広混交林化が進むかを経過観察することは必要であると考えられる。