

多様な^{もり}森林づくりのための天然更新技術について

～これまでの技術開発成果から～

北海道森林管理局 森林技術・支援センター 山崎 孝一
谷村 亮

1. はじめに

平成28年5月に策定された森林・林業基本計画において、面的にまとまりのある空間において様々な生育段階や樹種から構成される森林がモザイク状に配置されている状態を目指し、自然条件等を踏まえつつ、育成複層林への移行や長伐期化等による多様な森林整備を推進することとし、国有林において、その取り組みを先導的に推進することとされています。また、昨年12月に策定された国有林野の管理経営に関する基本計画では、森林の取り扱いについて、森林生態系全般に着目して公益的機能の向上に配慮するため、天然更新等の森林施業技術を活用しつつ、伐採年齢の長期化（長伐期化）、林齢や樹種の違う高さの異なる複層状態の森林整備（複層林化）、一定の広がりにおける森林のモザイク的配置への誘導、針葉樹と広葉樹の混交を促進する施業（針広混交林化）に取り組むとされています。

こうしたことを踏まえて、北海道森林管理局においても天然力を活用した多様な森林づくりを推進しているところです。

北海道内の森林は、もともと針葉樹と広葉樹が混交した多様な樹種や樹齢で構成されていたことに加え、人工林の中には天然力により、広葉樹が混交している林分も多く見られることなどから、天然力を活用して針広混交林へ誘導する森林づくりの推進を図ることが合理的という実情を踏まえ、『現在の林況は、当該林分に対してこれまで導入した施業に対する回答であることを認識し、「山に教えを請う」という姿勢で、山とよく相談（現状分析）し、山のなりたい方向で森林づくり（施業方法を選択）を行うことが重要』との基本理念を元に、多様な森林づくりを推進しているところです。

具体的には、充実した人工林資源を主伐し確実な再生林が求められている一方で、施業を画一的に実施するのではなく現況林分を適切に評価した上で、その現況林分によっては、人工林内に群生した広葉樹は適宜に保残・保育をして針広混交林へ誘導することや、地がき等の更新補助作業による天然更新技術の活用を推進することとしています。

ただし、これらの天然力を活用した施業に当たっては、多様な樹種の特性を踏まえ、適地・作業方法を検討し導入するという高い技術力が求められます。

そこで本発表では、これまで当センターが取り組んだ技術開発の成果から、多様な森林づくりを推進するための施業技術として活用可能と考えた天然更新技術の事例を紹介します。

2. 天然更新を活用した試験事例

(1) トドマツ人工林での育成複層林施業（単層林→複層林へ誘導）

ア 試験地概要＜上川南部森林管理署3林班ろ小班＞

試験地は昭和27年に植栽したトドマツ人工林で、平成27年（林齢63年）に主伐として40m幅の帯状伐採を実施した箇所（B帯）に設定しました（図1）。

伐採前の林分は、本数890本/ha、材積362m³/haで、このうち広葉樹のシナノキ外15種が更新しており、構成割合は本数比で47%、材積比で27%となっています。林床はクマイザサ（平均被度29%、平均高0.6m）が占め、前生稚樹として耐陰性の強いトドマツやイタヤカエデが見られ、林内の照度環境としてはやや暗い状況にあります。

通常の育成複層林施業では、誘導伐（帯状伐採）後に植栽することで複層林（常時多段林）が目標林型

となりますが、本林分では主伐前に混交した広葉樹を母樹として生かすため、地がきによる天然更新を選択し、針広複層林への誘導を目標とした試験を実施しました。

地がきは全刈・筋刈・無処理の3仕様とし(図2)、グラップルレーキを使用してササの地下茎等の除去物を林外へ排出しています。(一部、表土の振り戻しを実施。)

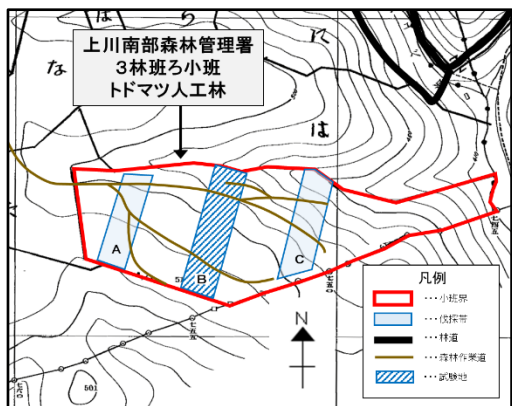


図1 試験地概略図

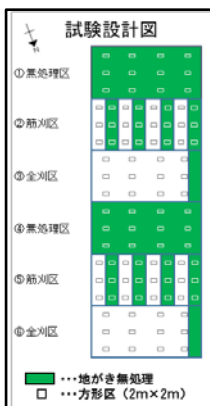


図2 試験設計図



写真1 グラップルレーキによる地がき作業の様子

イ 調査結果<平成29年(地がき後2年目)の経過>

更新した高木性の樹種を生態的特性(遷移初期種・中間種・遷移後期種)と種子散布型(風散布型・鳥散布型・小動物散布型)に整理し(図3)、また、実生密度の上位3種については、試験設計図(図2)の各調査地点の実生密度を模式化して示しています(図4)。

ここで特徴的なのは、遷移初期種・風散布型のカンバ類で、地がき無処理箇所では実生密度の低い箇所は見られるものの、地がき処理区では試験区全体に高い実生密度での更新が見られました。カンバ類は、散布距離の広い種子を多量に、かつ豊凶周期が短く安定した種子生産が特性として挙げられますが、それが実生密度によく現れた結果となっています。

樹種(実生密度)	風散布型	鳥散布型	小動物散布型
遷移初期種(先駆種)	カンバ類 (1.22) ヤナギ類 (0.16)	キハダ (0.11)	
中間種(ギャップ種)	ヤチダモ (0.42) ニレ類 (0.04)	ヤマグワ (0.08) ハリギリ (0.01) ミズキ (0.00) ホオノキ (0.02) キタコブシ (0.01) ナナカマド (0.01)	
遷移後期種	トドマツ (0.06) シナノキ (0.01) イタヤカエデ (0.02)	シウリザカラ (0.00)	ミズナラ (0.01)

図3 生態的特性・種子散布型別の高木性更新木

帯	カンバ類 (1.22)				ヤチダモ (0.42)				ヤナギ類 (0.16)				実生密度(本数/m ²)											
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D												
①無処理区	1.50	0.67	4.08	1.33	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	1.0以上											
②筋刈区	0.35	0.50	1.90	0.42	1.45	0.42	1.40	0.83	0.15	0.00	0.35	0.00	0.15	0.00	0.05	0.08	1.0未満							
③全刈区	1.17	1.42	1.25	1.75	0.25	0.08	0.17	0.00	0.17	0.00	0.00	0.17												
④無処理区	0.50	1.42	0.25	0.17	0.58	0.67	0.17	0.58	0.00	0.00	0.08	0.00												
⑤筋刈区	1.55	1.17	1.15	0.50	1.15	0.92	1.35	1.00	0.55	1.17	0.65	0.83	1.40	1.08	0.95	2.50	0.15	0.08	0.60	0.33	0.55	0.75	0.35	0.33
⑥全刈区	1.50	2.58	2.33	1.08	0.25	0.33	0.58	0.25	0.25	0.33	0.08	0.00					0.25	0.33	0.08	0.00				

図4 実生密度上位3種の色分け図

ウ 導入林分・作業条件

上記の結果から、更新面周囲に母樹が配置される林分状況であれば、カンバ類を更新ターゲットとした針広複層林への誘導が可能であり、带状伐採後の地がきによる天然更新が有効な施業方法と考えます。カンバ類の天然更新では、過去の文献によると母樹密度は15~20本/haが必要とされています。本試験地での母樹密度は20本/ha程度、更新本数では天然更新完了基準に必要な10,000本/haを確保していま

すが、天然更新の確実性の向上という点で、導入林分の条件としては本試験の母樹密度が最低でも必要と考えます。

地がき仕様別の効果は、筋刈は作業工程に優れ、全刈はササの被度回復の抑制に優れるといった結果で、人工造林（地拵～植付）の経費と比較した場合、最大8割程度を削減できる試算となりました。また、埋土種子の活用のために表土の振り戻しを実施していますが、イチゴや草本類の被度・植生高の上昇が高くなる傾向が見られたことから、地がき仕様の選択に際しては植生条件を踏まえ検討する必要があります。

エ カンバ類更新の利点と課題

北海道におけるカンバ類の蓄積は主要造林樹種であるトドマツ、カラマツ類に次いで多く、豊富な資源を有しています。また、天然更新による更新種として一斉林型となりやすい特性から、保育施業が容易になる可能性が考えられ、低コストで再生産可能な木材資源かつ安定的な供給に向けた樹種として期待できます。加えて、近年は内装材や家具材といった高付加価値用途での加工技術の開発が進められており、成長産業化の一翼を担う存在として注目を集めています。

ただし、更新完了後の効果的な施業方法については試験研究の途上にあるため、早期の体系化が求められます。

(2) カラマツ人工林での育成複層林施業（単層林→複層林へ誘導）

ア 試験地概要<上川南部森林管理署3林班い小班>

試験地は昭和34年に植栽したカラマツ人工林で、平成27年（林齢56年）に主伐として40m幅の帯状伐採を実施した箇所（A帯）に設定しました（図5）。

伐採前の林分は、林床にササが繁茂し、広葉樹の更新は殆ど見られません。

通常の育成複層林施業では、トドマツ林と同様に誘導伐（帯状伐採）後に植栽することで複層林（常時多

段林）が目標林型となりますが、誘導伐（帯状伐採）後の保残帯のカラマツを母樹に利用する天然更新技術として、カラマツ複層林への誘導を目標としました。

地がきは、暗色雪腐病防止とササ地下茎除去によりカラマツが更新しやすい環境となるように、バックホウのバケットによりA層を除去しB層を露出させました。地がき除去物は、照度が低くカラマツの更新に不利となる林縁部（保残林分から5m幅）に堆積しました（図6）。

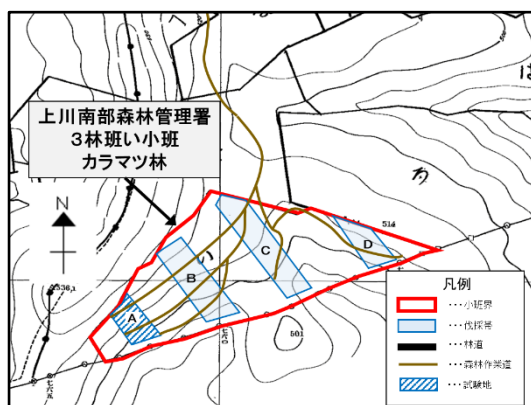


図5 試験地概略図

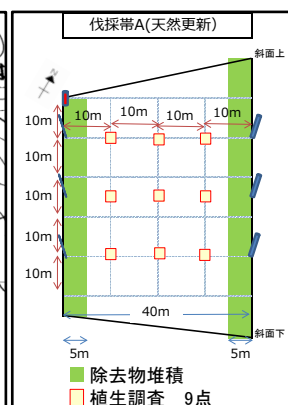


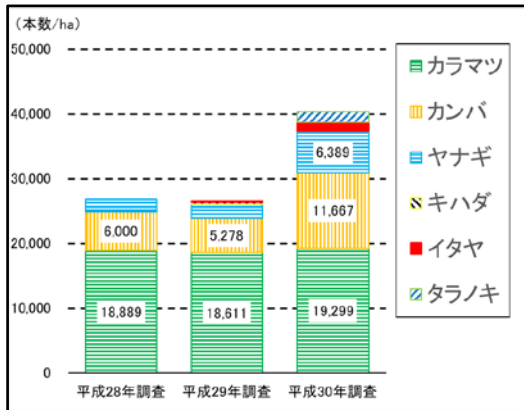
図6 試験設計図



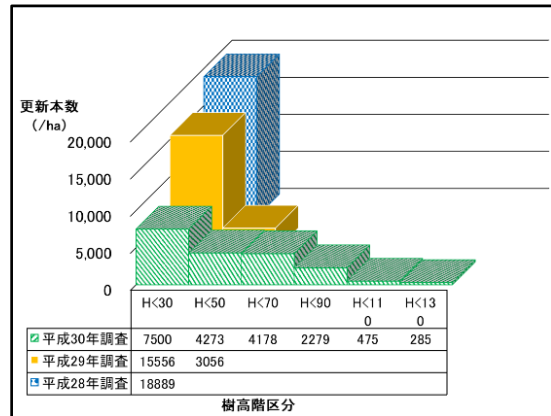
写真2 試験地の様子

イ 調査結果<平成 30 年（地がき後 3 年目）の経過>

調査年・樹種別の ha 当たりの更新本数は、目的樹種であるカラマツが種子の豊作には当たりませんでした。カラマツの調査年・樹高階別の更新本数の推移は、平成 30 年（地がき後 3 年目）から上位の樹高階への移行が進み、樹高成長量が大きくなっているのがわかります。この時点で国有林の更新完了基準（樹高 30 cm 以上が概ね 10,000 本/ha）は達成し、更新完了と判断できます（グラフ 2）。



グラフ 1 調査年・樹種別の更新本数

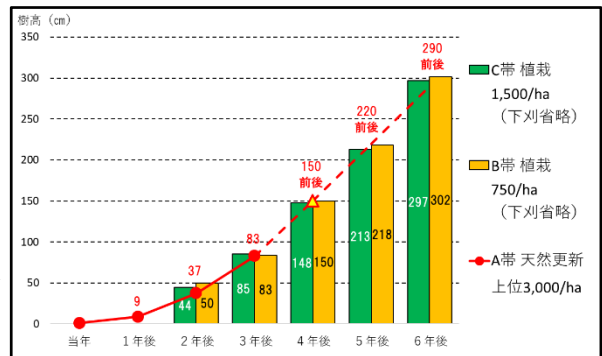


グラフ 2 カラマツの調査年・樹高階別の更新本数

なお、北海道においては民有林でより多くの面積にカラマツが植栽されていることから、北海道が定めた民有林の更新完了基準（植生高+50 cm 以上の樹高が 3,000 本/ha）で評価すると、平成 30 年（地がき後 3 年目）の時点では、樹高上位 3,000 本/ha の平均樹高が目標とする樹高にわずかに届かず、基準達成にはもう少し時間（成長期）が必要な状況です。

地がき後 4 年目にあたる令和元年は精密調査を実施していませんが、現地確認の際の簡易調査により平成 30 年以上の樹高成長量が見られています。そこで、今後の樹高成長を予測するとともに、同一小班内の別の伐採帯に植栽したカラマツコンテナ苗の樹高と比較し、天然更新木の樹高成長の推移を評価してみました。

グラフ 3 の折れ線表示は天然更新木の樹高上位 3,000 本/ha の平均樹高で、4 年後の数値は抽出調査したカラマツ更新木からの推定値、5 年後以降は年平均成長量を 70 cm（4 年後の成長量と同程度）として推定した数値です。棒表示は 4 年間無下刈としたコンテナ苗の平均樹高で、2 年生苗の養苗期間（成長期）を加味し、植栽時が天然更新の 2 年後と同程度と仮定して表示しています。



グラフ 3 天然更新木とコンテナ苗の樹高成長の推移

天然更新木の 4 年後（令和元年）までの樹高成長量はコンテナ苗と遜色ない傾向が見られ、このままの成長量を維持できれば地がき後 5 年目となる令和 2 年に平均樹高が 2m を超え、競合するヒヨドリバナを大きく超えることが予想されます。このため、平成 30 年に達成されていない北海道の更新完了基準も地がき後 5 年目にあたる令和 2 年には達成する見込みと予想できます。

ウ 導入林分・作業条件

天然更新に必要な条件として、極陽性のカラマツの天然更新では光環境の確保が必須となります。上記の結果から樹高の 2 倍程度の伐採幅を確保するほか、傾斜方向が南斜面の箇所とすることが確実性の向上

に必要な林分条件として挙げられます。また、カラマツは野鼠による食害被害が多い樹種で、主伐前に被害を受けた林分は再造林後も被害を受ける可能性が高いとする報告もあり、この点も林分条件として考慮する必要があると考えます。更に、多雪地域では幹曲がり等の形質の悪い林分が見られます。これは本州から移入した際の遺伝的な性質によるものとされ、当然ながら天然更新木はこの遺伝的な性質を受け継ぐ可能性があります。このため、形質不良木が少ない林分や間伐過程で形質不良木が排除されている林分での導入が望まれます。

B層を露出させる地がき仕様では、繁殖力の旺盛なササを完全に除去することで、地がき後10年程度はササの回復を抑制する効果が期待できます。地がきの作業工程は同一機械を使用した地拵えと比較すると掛かり増しとなりますが、人工造林（地拵～植付）の経費との比較では6割程度を削減できる試算となりました。また、人工造林の下刈に相当する保育作業がなくても更新完了が可能となれば、更なる低コスト化も期待できます。なお、地がき作業での安全性の確保や土砂流出への配慮から傾斜は本試験地での20度程度を上限とすることが妥当と考えます。

カラマツの天然更新において一番の不安定要素である豊凶差の激しい種子供給については、環状剥皮による着花促進効果が期待できます。鋸や鉋があれば1本当たり十数分程度の簡易な作業により施工が可能で、翌年以降の数期間は雌花の着花量の増加が期待できますが、地がきを終了する前年の春に実施する必要があることから、事業のスケジュール管理が必要です。

エ カラマツ更新の利点と課題

カラマツは北海道の主要造林樹種として、前述の通り豊富な資源量を有しています。かつては炭鉋の坑木として、現在では主に梱包材として利用されていますが、近年では乾燥技術の向上や強度性能を生かした建築用材への高付加価値利用が進められています。他の造林樹種に比べると、初期成長に優れ保育経費が抑えられることから民有林での人気樹種ですが、野鼠等による被害リスクも存在します。

本試験の成果から、カラマツは更新しやすい環境を創出することで、より低コストで天然更新が期待できる樹種であることが言えます。更に、野鼠が繁殖しやすい林床のササを除去することで、その被害を軽減できる可能性があることが考えられます。この点は、今後検証を進めていく予定ですが、地がきによる天然更新の大きな利点になるものと考えています。

今後の課題として、天然更新で発生した更新密度のバラツキを整えるため、特に密度の高いところでの除伐等の調整が必要と考えますが、どの時点でどのような保育を実施するのか検証が必要です。

(3) 天然林での育成複層林施業（天然林→樹種の多様性を維持し育成天然林へ誘導）

ア 試験地概要<上川北部森林管理署 2069 林班と小班>

試験地は、昭和29年の洞爺丸台風による風倒被害の後には50年以上無施業で経過し、試験開始時（平成19年）には林分蓄積が350 m³/haまで回復した天然林に設定し、平成20年に伐採を、平成21年に更新補助作業を実施しました（図7）。

従来、天然林における更新作業では、天然下種第1類（天1）と言われる孔状面への地がきや植栽が行われ、後継樹が特定の樹種に偏り林分構成が単純化することが多くなります。そこで本試験地では、相対照度を抑制した箇所への更新補助作業により、多様な樹種で構成された針広混交林の特色を生かした更新方法の開発を目標としました。

様々な相対照度の環境を創出するための樹群・単木と2つの選木方法による択伐区と、無施業対照区を合わせて3区（各1ha）としました。また、樹群・単木の択伐区での更新方法は、次の2つの処理

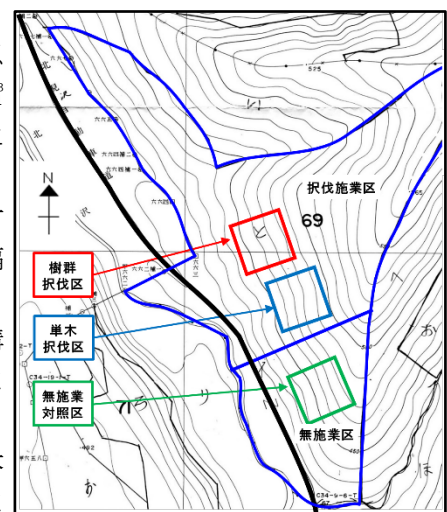


図7 試験地概略図

方法を採用しています。

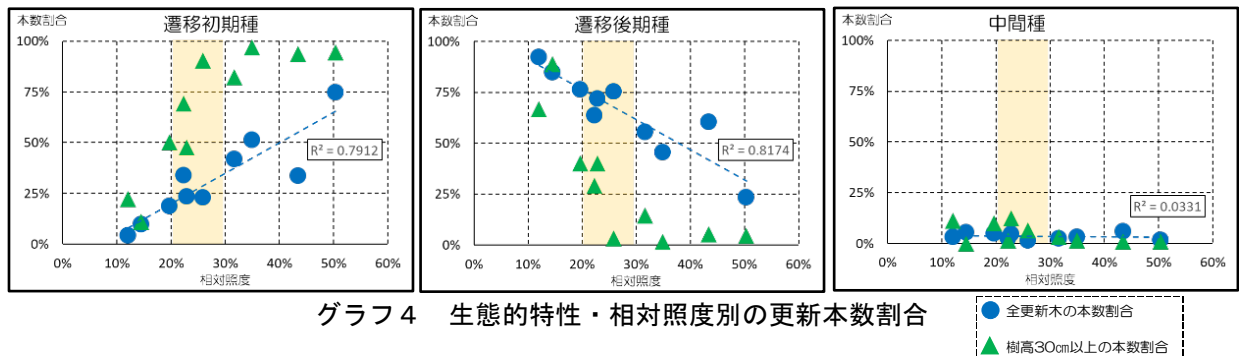
まず1つ目は、従来型の暗色雪腐病防止とササ地下茎除去のためバックホウのバケットによる小面積の地がきで、2つ目は、自然攪乱の要素を取り入れマウンド・ピットといった複雑な環境をつくりだすため、伐採木の伐根を利用した根返しを実施していますが、本発表では小面積地がきの結果のみを紹介させていただきます。



写真3 同一の地がき箇所の様子

イ 調査結果<平成26年（地がき5年目）の経過>

グラフ4は、小面積地がきを実施した調査区の相対照度別の更新本数割合を生態的特性（遷移初期種、遷移後期種、中間種）で整理したものです。



グラフ4 生態的特性・相対照度別の更新本数割合

● 全更新木の本数割合
▲ 樹高30cm以上の本数割合

全更新本数の割合では、遷移初期種（カンバ類、ヤナギ類、キハダ）は相対照度が高くなると本数割合が高くなり、遷移後期種（トドマツ、エゾマツ、ミズナラ、イタヤ）は相対照度が高くなると本数割合が低くなるという正反対の傾向が見られました。中間種については相対照度の変化と本数割合の関係性は見られませんでした。

次に、全更新本数から更新完了基準に必要な樹高30cm以上のみを抽出した本数割合では、遷移初期種、遷移後期種ともに、相対照度20~30%の間で本数割合に顕著な変化が見られました。

また、各相対照度別の更新結果を国有林の更新完了基準（樹高30cm以上が概ね10,000本/ha）で評価すると、相対照度15%以上の箇所は更新完了と判断できる結果となっています（表1）。更新完了とならなかった相対照度10~15%の箇所では、他の相対照度と比べ樹高30cm以上の更新本数の割合が低く、樹高成長が抑制されている傾向が見られます。

地がき後5年目のササ密度（本数/m²）は、相対照

表1 対照区と地がき調査区の相対照度による更新本数とササ本数

更新本数	照度別 実生密度 (本/m ²)	林床区 (地がき 無処理)	相対照度				
			10~ 15%	15~ 20%	20~ 30%	30~ 40%	40~ 55%
全樹高	3.0 2.3-4.5	7.3 6.6-8.8	9.0	9.0	14.2	24.0	34.5
			6.6-8.8	9.0	8.0-18.6	19.7-28.3	18.2-50.9
樹高 30cm以上	0.7 0.6-0.8	0.6 0.6-0.6	2.5	2.5	4.3	9.8	13.5
			0.6-0.6	2.5	2.5-7.9	7.5-12.1	13.2-13.8
ササ	47.1 31.9-62.3	1.4 0.6-2.1	7.8	7.8	2.7	3.2	13.5
			0.6-2.1	7.8	1.6-4.7	2.1-4.3	8.8-18.1

度 40%以下の箇所では回復を抑制している傾向が見られます（表 1）。

ウ 導入林分・作業条件

林床にササが繁茂する林分における天然更新に必要な要素としては、これまで照度と下層植生の除去が重要とされてきましたが、本試験の成果からは、照度を明るくするとカンバ類に偏る一方で、暗すぎるとササの回復を抑制するが樹高成長も抑制される結果となり、多様な樹種をバランスよく更新させるためには、相対照度 20~30%の光環境に制御することが有効であると考えられます。ただし、すべての箇所では照度を抑制するのではなく、明るい箇所を含めてバランスよく配置する柔軟さが求められます。

導入条件としては、多様な樹種が更新している林分であれば、天然林でなくても事例 1 のトドマツ人工林の様な林分状況であれば導入が可能と考えます。また、将来的に資源の充実が予想されるアカエゾマツ人工林のような長伐期施業が可能な林分での応用も期待できます。

本試験の 2 つの択伐方式のうち樹群択伐による選木の成果として、伐採前後の照度コントロールがしやすいことに加えて、伐倒時の保残木に与える損傷率が低減できるという利点がわかりました。このため、上述の林分状況に加え、選木方法は更新補助作業を実施する箇所の照度設定に影響を与える要素となることを踏まえて選択が必要です。また、小面積地がき及び根返しの作業工程は、同じ B 層を露出させる事例 2 と比較して同程度で施工が可能ですが、より低コスト化を図るには一貫作業による実施が望まれます。

3. 地がきによる天然更新技術のまとめ

地がきによる天然更新の前提条件として、更新完了基準に定められた期間及び保安林の植栽猶予期間である 5 年という短期間で更新完了させることが必要になります。その上で、天然更新では実生から育成することとなるため、競合する植生の回復抑制や樹高成長をどのように促すかが求められます。

そこで、事例 1・2 のような単層林において天然力を活用して複層林へ誘導する際には、初期成長が期待できる遷移初期種のカラマツやカンバ類の種子散布の特性を生かし、かつ更新しやすい環境を整えることができる「帯状伐採+地がき」施業が有効な手法と考えます。

また、多様な広葉樹が更新している人工林を針広混交林へ誘導する際には、前述の天然更新事例のほかに、事例 3 の天然林の事例から相対照度を制御した「択伐+小面積地がき」を組み合わせた施業が応用可能であると考えます。この施業では、保残木を母樹として活用することが可能で、伐採による林分への影響を最小限にしつつ、将来的に公益的機能の高度発揮が期待できる針広混交複層林への誘導が可能であるというメリットが考えられます。

4. 今後の課題

現在、多様な森林づくりを推進するにあたり、全森林管理署において現地検討会を開催する中で、現況林分の評価や施業選択について議論を進めておりますが、特に施業選択の部分については手探りの状態にあると感じています。

当センターでは、本発表の事例のほかに広葉樹の天然更新事例や保育技術の開発についても技術開発を進めているところですが、これらに加えて、過去の試験について成果・技術が継承されずに埋もれている事例の掘り起こしや体系的整理を進め、これらの知見や成果を現場の施業選択に提供していく中で、多様な森林づくりを推進するための施業の体系化に寄与していきたいと考えています。