

北海道における低コスト再造林を目指した 天然更新活用型作業方法とその効果の検証

1. 課題を取り上げた背景

北海道内における人工林資源の成熟に伴う主伐再造林の増加が見込まれる中、林業の採算性の悪化から再造林の低コスト化を図ることが課題となっています。北海道森林管理局では、再造林の低コスト化に向けた様々な取り組みがなされていますが、その解決に期待されている一手法として天然更新が挙げられます。

これまで道内の天然林施業では、更新を阻害するササの地下茎を除去する地表処理作業として「地がき」が多く用いられてきましたが、本技術を人工林主伐（帯状伐採）後に導入し天然更新を促すことで、低コストかつ効果的な更新が期待できます。

このため、カラマツ及びトドマツ人工林における具体的な作業方法の開発と導入条件及び効果の検証が必要と考えました。

2. 試験概要

(1) 開発目的

人工林主伐後の天然更新を低コストで誘導するための「地がき」方法を確立する

(2) 開発目標

地がきコストを人工造林の場合と比較して3～5割程度へ縮減する

(3) 開発方法

トドマツ及びカラマツ人工林の主伐（帯状伐採）箇所試験地を設定し、地がきコストの分析や更新状況の評価を行い効果的な方法を検証します。また、カラマツ人工林において既に設定している伐採幅の異なる試験地は、対照区として調査を継続します。

これまで取り組まれてきた天然更新補助作業や人工林内における天然更新の事例等を整理するとともに、人工林主伐とあわせて実施可能な地がき方法を検討します。

これらの結果から、植栽針葉樹や有用広葉樹の天然更新を低コストで誘導できる方法の提案や導入条件の提示を共同機関(森林総研北海道支所)との連携のもとに実施するなど、民有林への普及に努めます。

(4) 実施計画（森林総研北海道支所と共同研究 開発期間は4カ年）

当初の開発期間は3カ年を予定していましたが、①カラマツ区は平成30年度に国有林の基準を満たす見込みがあること、②トドマツ区は作業方法別の更新メカニズム等を明らかにするためデータの詳細な分析が必要なことから、平成29年度完了予定から1年開発期間を延長しています。

表 1 年度別実施計画

実施内容	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
<上川南部署> カラマツ トドマツ	(地がき実施) ・試験地設定(H27.7) ・工期調査 ・全天空写真	(地がき後1年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査 ・全天空写真 ・着花・シードトラップ調査 ・環状剥皮	(地がき後2年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査 ・着花・シードトラップ調査	(地がき後3年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査 ・着花・シードトラップ調査
	(地がき後3年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査	(地がき後4年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査 ・全天空写真	(地がき後5年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査	(地がき後6年目) ・更新状況調査 ・植生回復調査
その他	・過去の天然更新等の検証	・過去の天然更新等の検証	・過去の天然更新等の検証	・試験結果とりまとめ

(5) 試験地設定

平成27年度に上川南部森林管理署の誘導伐実施後のトドマツ及びカラマツ人工林を森林総研北海道支所との共同試験地として設定しました。(以下、共同試験地)

また、平成24年度に設定した上川北部森林管理署の帯状伐採後のカラマツ人工林(以下、センター試験地)は伐採幅の異なる対照区として調査を継続しています。



図1 試験地位置図

表2 各試験地の概要

名称	共同試験地 (上川南部署)		センター試験地 (上川北部署)
林小班	3 い(カラマツ) S34植栽	3 ろ(トドマツ) S27植栽	2337 へた(カラマツ) S37, 40植栽
地がき施工地	誘導伐(40m幅)伐採跡地		帯状伐採跡地(10・5m幅)
地況	標高 500m 傾斜 約20° 斜面 南東	標高 500m 傾斜 約15° 斜面 北東	標高 600m 傾斜 約10° 斜面 北西
伐採帯	A 0.26ha	B①~⑥ 0.82ha	A~G(7区) 0.18ha
地拵仕様 (刈×残)	全刈 (両端5m残し)	①・④ 無処理 ②・⑤ 筋刈(5m×5m) ③・⑥ 全刈(片側5m残)	全刈 10m幅(A・B区) 5m幅(C~G区)
天然更新 作業方法	・カラマツ等の天然更新を期待 ・両端5mを残すことでカラマツの生育に必要な光環境を確保 ・地がきにはバケットを用い、A層(表層から20~30cm程度の土壌)を取り除く。B層を露出させる。(雪腐れ病防止)	・トドマツ等の天然更新を期待 ・B帯を6分割し、無処理・筋刈・全刈を2回繰り返す。(次頁資料参照) ・地がきはグラップルレーキ使用	・カラマツ等の天然更新を期待 ・ササ根茎の進入を阻害する側溝を周囲に作設(C区) ・地がきにはバケットを用い、A層(表層から20cm程度の土壌)を取り除く。B層を露出させる。(雪腐れ病防止)
目的・ねらい・検証項目	・地がき作業によりカラマツの天然更新が図られるか。 ・将来的に広葉樹とカラマツが競合することを予想→保育手法の検討 ・着果促進の取組検討	・地がき作業によりトドマツの天然更新が図られるか。 ・地拵の方法(全刈・筋刈)及び光環境の差による植生回復状況、更新樹種の違い。 ・低コスト(無処理区)でもどのような天然更新が期待できるのか。	・地がき作業によりカラマツの天然更新が図られるか。

(6) 更新の目標

天然更新の完了を判断する指標として、国有林では「地表処理箇所の更新状況確認調査要領」、北海道では「天然更新完了基準書」によって基準が設けられています。

両基準は細かい部分で若干違いはあるものの、主要な要素として期間・樹高・更新本数で構成されています。このうち、期間内に完了出来ない場合は更新補助作業の実施や植栽が必要となるため、更なるコスト増や時間が必要となるなどのデメリットが大きくなります。

したがって、本課題における低コストで効果的な技術の確立に際しては、期間内に更新完了することを前提として、どのように樹高や更新本数の基準を満たすかが求められると考えます。

表3 更新完了基準

	国有林	北海道
調査時期	地表処理の翌年から5年以内	伐採年の翌年から5年以内
判断基準	30cm以上がおおむね10,000本/ha	調査時の植生より50cm以上のもの立木度3以上、下層木3,000本/ha
未完了	経過観察箇所は調査翌年から3~5年後に再調査 困難箇所は再度更新補助作業もしくは植栽	伐採年の翌年から7年以内に達成できるよう天然更新補助作業もしくは植栽

3. 調査結果

(1) カラマツ人工林

①更新結果

最も伐採幅の広い共同試験地では、相対散乱光量が最も高く更新したカラマツの樹高成長が最も良い反面、競合する大型草本やイチゴ類の植生被度・植生高も年経過が浅いながら高い傾向が見られます。

このため、カラマツ更新木の樹高成長を促すには伐採幅を広くすることが必要な上に、競合する植生の繁茂が少ない更新期間初期に実生の更新を確保する必要があると言えます。

完了基準のうち、植生高の要素が加わった北海道基準の目標樹高（植生高+50 cm）が上昇したため、地がき後3年での更新完了までは至らなかったものの、植生の被圧の影響が見られない樹高上位3,000本/haについて、今後2年間も良好な樹高成長を維持できれば、更新期間内で2つの完了基準を達成出来ると考えています。

伐採幅の狭いセンター試験

地では、樹高成長が低いため大型草本との競合により、更新完了するためには補助作業（刈り出し）が必要となることから、低コストの天然更新技術としての実用性は低いと考えます。

表4 更新結果（カラマツ林）

カラマツ人工林		共同試験地	センター試験地		
伐採幅		40m幅	10m幅(A・B)	5m幅(C)	5m幅(D~G)
相対散乱光量		64.9%	44.9%	35.2%	34.1%
植生高		36.8cm	21.4cm	12.5cm	36.3cm
経過年数		地がき後3年	地がき後5年	地がき後5年	地がき後5年
国有林更新完了基準	カラマツ	30cm以上11,800本/ha 平均樹高 57.0cm	30cm以上12,700本/ha 平均樹高 42.8cm	30cm以上3,600本/ha 平均樹高 34.8cm	30cm以上 500本/ha 平均樹高 41.2cm
	広葉樹	30cm以上3,100本/ha	30cm以上10,100本/ha	30cm以上10,000本/ha	30cm以上7,400本/ha
	状況	更新完了	更新完了	広葉樹含めると更新完了	更新未完了 更新補助必要
北海道更新完了基準	カラマツ	90cm以上 700本/ha	75cm以上 300本/ha	65cm以上 なし	90cm以上 なし
	広葉樹	90cm以上 300本/ha	75cm以上1,400本/ha	65cm以上 なし	90cm以上 なし
	状況	更新未完了	更新未完了 更新補助必要	更新困難	更新困難
	補足	※3,000本/ha充足 最低樹高70cm	※3,000本/ha充足 最低樹高45cm	※3,000本/ha充足 最低樹高30cm	※3,000本/ha充足 最低樹高15cm

②地がき効果とコスト

バックホウバケットを使用したササの地下茎を除去する地がきにより、ササの回復は数年を経過しても抑制されているため、少なくとも更新期間（5年間）では地がき前の状態までは回復しないと推察されます。

一方で、イチゴ類やヒヨドリバナやチシマアザミなどの大型草本の侵入による被度の上昇が見られることから、地がきの効果を最大限に活用し、カラマツ更新木の成長をより確実のものとするためには、競合する大型草本類等の植生による影響が少ない更新初期の成長を促す必要があると考えます。

表5 下層植生（カラマツ林）

		共同試験地		センター試験地	
		地がき前	3年経過	地がき前	5年経過
ササ	本数密度	—	—	40.6本/m ²	1.1本/m ²
	被度	76.0%	7.6%	—	5.7%
	植生高	104cm	41cm	140cm	31cm
イチゴ	被度	—	14.4%	—	30.3%
草本類	被度	—	33.3%	—	31.6%

表6 コスト比較（カラマツ林）

地がき処理のコストは、植付までの人工造林の場合と比較して4～5割以下で実行可能となります。

また、更新期間中（5年間）で更新補助作業を実施せずに更新完了した場合は、人工造林の場合に要する下刈保育に係るコスト（下刈目安4回）分を更に削減することが可能となるため、地がき処理による天然更新を活用することでコスト縮減に大きな効果が期待できます。

コスト比較	人工造林コスト (機種地帯+コンテナ苗補付)	地がきコスト	地がき 時間生産性
試験地	795,900円/ha	324,091円/ha	0.03ha/時
対照区	784,500円/ha	374,400円/ha	0.02ha/時

③確実性の向上

共同試験地では、地がき翌年に約20,000本/haのカラマツ実生が確認されていますが、センター試験地や他のカラマツ天然更新の事例と比べて本数が多いとは言えません。

特に、カラマツの場合は豊凶の差が激しく、豊凶を予測しての事業実施も難しいことから、更新完了基準の要素の一つである更新本数を確保するためには、人為的な方法である着花促進のための環状剥皮や天然更新を導入する林分条件について検討する必要があります。

共同試験地では、平成28年春に保残林分の22本に環状剥皮を実施し、隣接伐採帯に設定した対照区と種子供給量の比較をしていますが、環状剥皮により2年連続で種子供給量が増加するという効果が見られています。全く着花のない凶作を豊作に変えるという過度な効果は期待できませんが、作業自体は特殊な道具がなくても容易に実施できるため、最低限の更新を確保するという点では有効な方法であると考えます。

また、種子供給の観点から天然更新を導入する林分条件として、カラマツの雌花は樹冠全体に着花するため樹冠長率が高い林分、つまりは適切な時期に間伐され、樹冠が発達した林分での導入が望ましいと考えます。

(2) トドマツ人工林

①更新結果

各区の高木性の更新本数は、地がき処理をした筋刈区（刈幅）と全刈区で多い傾向が見られますが、いずれの区も20,000本/ha前後となっています。

国有林基準で樹高30cm以上に達した本数のうち、カンバ類が80%前後を占め、また、北海道基準で必要な3,000本/haのうち、カンバ類が70%以上を占めています。

表7 更新結果（トドマツ林）

トドマツ人工林	無施業区	筋刈区		全刈区
		残幅	刈幅	
平均植生高	76.3cm	68.1cm	59.9cm	60.4cm
更新本数 (うちカンバ類)	20,400本/ha (12,400本/ha 61%)	19,400本/ha (7,200本/ha 37%)	25,600本/ha (12,900本/ha 50%)	22,800本/ha (16,400本/ha 72%)
国有林 更新完了基準 (うちカンバ類)	30cm以上8,000本/ha 平均樹高45.0cm (6,800本/ha 85%)	30cm以上2,000本/ha 平均樹高45.6cm (1,600本/ha 80%)	30cm以上3,500本/ha 平均樹高42.0cm (2,600本/ha 74%)	30cm以上4,800本/ha 平均樹高42.7cm (4,000本/ha 83%)
北海道 更新完了基準 (うちカンバ類)	130cm以上 なし ※3,000本/ha充足 最低樹高48cm (90%)	120cm以上 なし ※3,000本/ha充足 最低樹高30cm以下	110cm以上 なし ※3,000本/ha充足 最低樹高31cm (72%)	115cm以上 なし ※3,000本/ha充足 最低樹高33cm (84%)

樹種別の実生密度を見ると、開空度10%前後で樹冠がうっ閉した状態だった伐採前は、遷移後期種のトドマツの実生密度が高い状態でしたが、伐採により開空度が50%前後まで上昇したことで、地がき後の実生は遷移初期種のカンバ類が主体となり、遷移後期種は大きく減少しています。

地がき後の実生密度が高い高木性の上位3種（カンバ類、ヤナギ類、ヤチダモ）はいずれも風散布型の樹種で、カンバ類は試験区全体でほぼ均一に高い密度で発生しています。ヤナギ類とヤチダモは試験区内で実生密度に偏りが見られます。

その他の樹種では、埋土種子を形成する鳥散布型の中では、埋土期間の長いキハダが試験区全体に密度は低いものの実生が発生しています。キハダは、上位3種と共に将来の上層構成種として捉えることが出来ます。

トドマツは、上記樹種に比べて実生密度はかなり低くなっています。種子供給量が少なかったことが影響したと考えられますが、このままの推移では、カンバ類等を上層とした林分の中で消失することが予想されます。また、仮に実生密度が高い場合であっても、遷移初期種に比べて樹高成長は低く、植生との競合を緩和し成長を促すためには刈出し等の補助作業が必要となることが予想されます。

以上のことから、トドマツ人工林の主伐後において地がき処理による天然更新を図る上では、安定した種子供給が期待でき成長も早く優占しやすいカンバ類を更新のターゲットとし、その成長を促すことが現実的な選択肢として考えられます。

表 8 樹種別の実生密度（トドマツ林）

生態的 特性	樹種区分	種子 散布 様式	実生密度（本/m ² ）						
			H27.5			H29.7			
			伐採前	残し		地がき		小計	
				H \geq 30cm	H<30cm	H \geq 30cm	H<30cm		
遷移 初期種	カラマツ	風	-	-	0.01	0.01	-	0.03	0.03
	カンバ類	風	-	0.42	0.56	0.98	0.33	1.14	1.46
	キハダ	鳥	-	0.01	0.13	0.14	-	0.08	0.08
	ヤナギ類	風	-	0.01	0.10	0.11	0.03	0.18	0.21
	タラノキ	鳥	-	0.09	0.62	0.71	0.06	0.94	1.00
	小計		-	0.53	1.42	1.95	0.41	2.37	2.78
	ハリギリ	鳥	0.00	-	0.01	0.01	-	0.02	0.02
	ニレ類	風	0.11	0.01	0.04	0.05	0.01	0.03	0.04
	ホオノキ	鳥	-	-	0.02	0.02	-	0.02	0.02
	ミスギ	鳥	-	-	-	-	-	0.01	0.01
中間種	ナナカマド	鳥	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-
	キタコブシ	鳥	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	ヤチダモ	風	-	0.01	0.48	0.48	-	0.36	0.36
	エゾニワトコ	鳥	-	0.01	0.09	0.10	0.01	0.05	0.06
	ヤマグワ	鳥	-	0.03	0.04	0.06	0.04	0.07	0.10
	小計		0.12	0.05	0.69	0.74	0.06	0.56	0.61
	トドマツ	風	1.31	0.01	0.07	0.07	0.01	0.04	0.04
遷移 後期種	エゾマツ	風	0.00	-	-	-	-	-	-
	ミスナラ	小動物	-	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01
	シナノキ	風	-	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01
	イタヤカエデ	風	0.14	0.01	0.01	0.02	-	0.01	0.01
	シウリザクラ	鳥	0.01	-	-	-	-	0.01	0.01
	小計		1.47	0.02	0.09	0.11	0.01	0.07	0.08
樹種別合計		1.59	0.60	2.20	2.81	0.48	3.00	3.47	

表 9 作業手順別の実生密度（トドマツ林）

	表土戻し				
	地がき	表土戻し			
		無処理	多い	少ない	なし
高木性の全樹種	2.42	1.99	2.44	2.49	2.38
うち H \geq 30cm	0.41	0.50	0.37	0.55	0.13
風散布型	2.17	1.72	2.26	2.23	2.21
鳥散布型	0.25	0.24	0.17	0.26	0.17

特に、更新期間である5年間という短時間で更新完了させることが必要なため、本試験地のように前生稚幼樹が少ない林分で、地がき処理による天然更新を図る場合は、何よりも実生の初期成長が求められると考えます。

地がき後2年の時点では、各区とも更新完了までは至っていませんが、今後、更新期間の5年間で更新完了させるためには、競合するササの回復とイチゴ類や大型草本の繁茂に対する更新補助作業を検討する必要があると考えます。

②地がき効果とコスト

グラップルレーキによる地がきは、筋刈や全刈という仕様のほかに、表土戻し（振り戻し）やササの地下茎等の除去物の林外への排出手順で実施しています。

筋刈及び全刈区の地がき前及び2年経過時点での植生被度では、ササを抑制している傾向が見えます。しかし、イチゴ類の侵入が進んでいることから植生全体の被度は、無処理区よりは低いものの既に80%を超えています。

植生被度が急激に上昇した要因の一つであるイチゴ類については、表土戻しによる影響も考えましたが、表土戻しの回数の多少による実生密度や植生回復の影響については、明確な差は明らかになりませんでした。

グラップルレーキによる地がきの作業手順の違いによる生産性は、①連続型>分割型、②表土戻し程度：少ない>多い、という結果になりました。

この中から、最も高い生産性の筋刈区（連続型+戻し少）と、最も低い生産性の全刈区（分割型+戻し多）で地がきコストを試算しました。

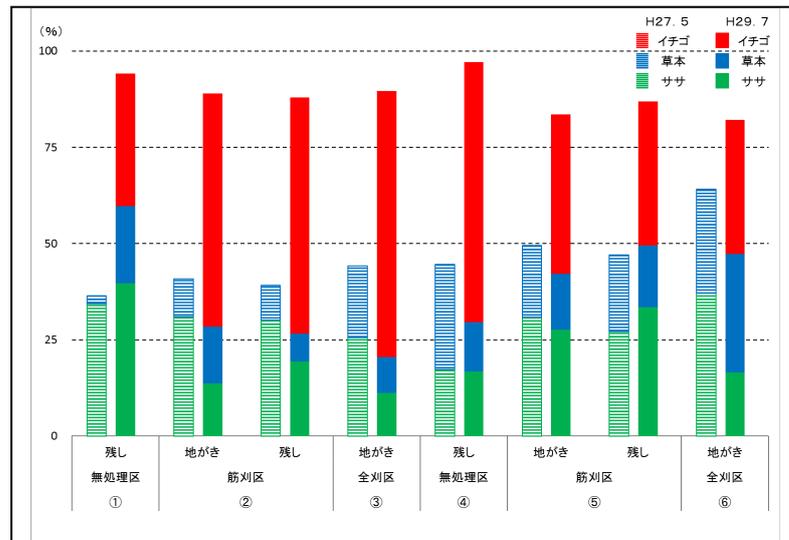


図 1 下層植生（トドマツ林）

表 10 地がき仕様・作業手順別の下層植生（トドマツ林）

地がき仕様	ブロック	表土戻し	作業手順	植生被度				開空度
				ササ	イチゴ	草本	上昇率	
筋刈	②筋刈区	少ない	連続型	13.8	60.6	14.7	2.2	48.3
	⑤筋刈区	多い		27.6	41.4	14.6	1.7	49.3
	③全刈区	少ない		11.8	69.2	11.5	2.2	47.6
全刈	⑥全刈区	少ない	分割型	10.5	69.2	7.1	1.9	47.6
		なし		17.8	39.5	26.9	1.2	36.1
		多い		26.7	25.0	21.6	1.1	40.3
無処理	①無処理区			3.7	35.0	48.0	1.6	35.8
	④無処理区			39.7	34.4	20.1	2.6	48.0
				16.8	67.5	12.8	2.2	47.5

地がきと人工造林のコスト比較では、植栽経費の大半を占める苗木代の条件によって異なるものの、最大で2割以下にまでコストを縮減することが可能となります。

表 11 コスト比較（トドマツ林）

コスト比較	人工造林コスト ※機械地拵+コンテナ苗植付 (裸苗植付)	地がきコスト	地がき 時間生産性
筋刈区	982,967円/ha (703,800円/ha)	127,778円/ha 13% (18%)	0.06ha/時
全刈区		228,889円/ha 23% (33%)	0.03ha/時

仮に、更新期間内で更新補助作業を実施した場合でも、人工造林の場合に要する下刈保育に係るコスト（下刈目安7回）分と比較して回数を削減することが可能であれば、コスト縮減に大きな効果が期待できます。

（3） 確実性の向上

先述の通り、トドマツ人工林での地がき処理による天然更新において、更新初期の目標である更新完了基準を達成するためには、先駆樹種の更新を促す必要がありますが、これらの樹種の場合でも更新の確実性を考える上で、カラマツの場合と同じく周辺母樹からの種子供給を考慮する必要があります。

主な更新樹種として期待するカンバ類は、散布能力の高い種子を生産することが知られています。本試験地では、帯状伐採の保残帯に更新したのから主に種子供給されたものと推察しますが、これらの周辺母樹密度が高い林分というのが天然更新を導入する林分条件として望ましいと考えます。

また、カンバ類はカラマツと同じく、広い伐採幅や斜面方向や傾斜といった成長に十分な光環境を確保することが必要と考えます。

4. まとめ

天然更新は更新樹種、更新密度をコントロールするのが難しい技術なため、人工林主伐後に活用するには、どのように確実性を担保するのが課題となりますが、将来の林分目標と樹種や導入林分の条件を踏まえ、それに合わせて地がき処理を行うことで、天然更新による再造林技術の実用性は高いと考えます。

特に、本試験での帯状伐採による施業は、風散布型のカラマツ、カンバ類を更新のターゲットとする場合、周囲に隣接する保残林分の母樹から種子供給が期待できるという点で、地がきによる天然更新を活用しやすい施業方法と考えます。

カラマツ人工林の場合は、カラマツ更新木の樹高成長を促すために伐採幅を広くすることや種子供給等の導入条件、地がき処理によるササの回復を抑制する効果を最大限に活用することで、再造林の低コスト化に大きな効果を発揮することが期待できます。

一方、本試験のように前生稚幼樹が少ないトドマツ林分において、地がき処理による天然更新を活用する場合には、更新期間が5年という短期間で更新完了させる必要から、安定した種子の供給が期待でき初期成長も早く優占しやすいカンバ類を更新のターゲットとし、その成長を促すための施業が必要と考えます。この場合は、トドマツの再造林とはならないものの、将来的に公益的機能が高度に発揮される針広混交複層林への誘導が期待できます。また、その過程において、近年利用が進んでいるカンバ類の小・中径木を木材資源として活用することで、経済性の向上も期待できます。

ただし、風散布型樹種であるカンバ類は、周辺の母樹密度や距離などの条件に依存するため、主な種子供給源となるトドマツの保残帯等の周囲林分に十分な母樹密度があることが前提条件として必要となります。

また、トドマツを更新のターゲットとするには、前生稚幼樹が十分に更新している林分や漸伐（傘伐）施業による樹冠下での更新など、別の施業方法によるアプローチが必要と考えます。

最後に、本試験の共同試験地のカラマツ区は更新期間である5年間で更新完了出来る可能性は非常に高いものの、トドマツ区については、初期保育の検討を含めて引き続き経過観察を行う予定です。

<本試験の成果>

(1) カラマツ林

<地がきの導入条件、作業実行のポイント>

更新初期の目標林分：カラマツの一斉林

① 林分条件

- ・斜面方向は南向き
→ カラマツの成長に必要な光環境を確保しやすい
傾斜や伐採帯の方向によって光環境が変化
- ・前生林での野鼠被害
→ 前生林で被害がある林分は再造林後も被害の可能性が高い
- ・種子供給母樹の形状（通直）
→ 幹曲り等の形質不良な遺伝的な影響を減らし経済性を向上

② カラマツ種子供給

- ・古い球果をみて豊作年を過ぎていないか
→ 豊作の翌年は凶作がよく見られる、豊作の翌年は地がきは実施しない
- ・適切な時期に間伐された林分（樹冠長率）
→ 片枝や枯れ上がりによる樹冠長率の低下が少ない林分で種子供給量を確保
- ・環状剥皮の組み合わせ
→ 凶作を豊作にする力はないが、種子供給量の底上げは可能

③ 地がき処理

- ・ササの地下茎を確実に除去
→ バックホウバケットによる施工が最適、工期は悪くともササの抑制効果は確実
- ・除去した表土を林縁部に堆積し更新面に残さない
→ 堆積箇所は植生が早期に繁茂
- ・更新面を広く確保できるか
→ カラマツの樹高成長を促すには必須、伐採幅は樹高の2倍は確保
- ・傾斜は20度程度が上限
→ 作業の安全性の確保、斜面下部への土砂流出防止

(2) トドマツ林

<地がきの導入条件、作業実行のポイント>

更新初期の目標林分：カンバ類の一斉林

① 林分条件

- ・前生林へのカンバ類の更新状況
→ 母樹となるカンバ類の密度は最低でも40本/ha程度は必要
- ・斜面方向は南向き
→ カンバ類の成長に必要な光環境を確保しやすい
傾斜や伐採帯の方向によって光環境が変化
- ・エゾシカによる食害の影響が懸念

② 種子供給

- ・更新面周囲のカンバ類の母樹密度
→ 母樹密度が高いほど最適
- ・前生林に鳥散布型の樹種が多く見られるか
→ 埋土種子を形成する樹種の更新も期待

③ 地がき処理

- ・ササの被度や植生高の状態
→ 前生林分では樹冠がうっ閉して下層植生が衰退、周囲の林分を含め、伐採後にどの程度植生が回復するか予測し、地がき方法を選択
植生回復の抑制効果は、筋刈より全刈で効果が高い
- ・更新面周囲のカンバ類の母樹密度
→ 母樹密度が低い場合は、カンバ類の埋土種子の活用を考えて表土戻しの実施
母樹密度が高い場合は、表土戻しの必要性は低下

<資料>

本試験の調査項目等について、本文に掲載していない部分を含め詳細を掲載します。

I. 試験地の設計

I. A 共同試験地（森林総研北海道支所との共同）

本課題のメインフィールドとして、平成27年度に上川南部森林管理署3林班の主伐（誘導伐）後の伐採帯に地がきを実施し試験地を設定しました。

なお、地がき以外の伐採帯ではコンテナ苗の植栽（低密度植栽）を実施しています。

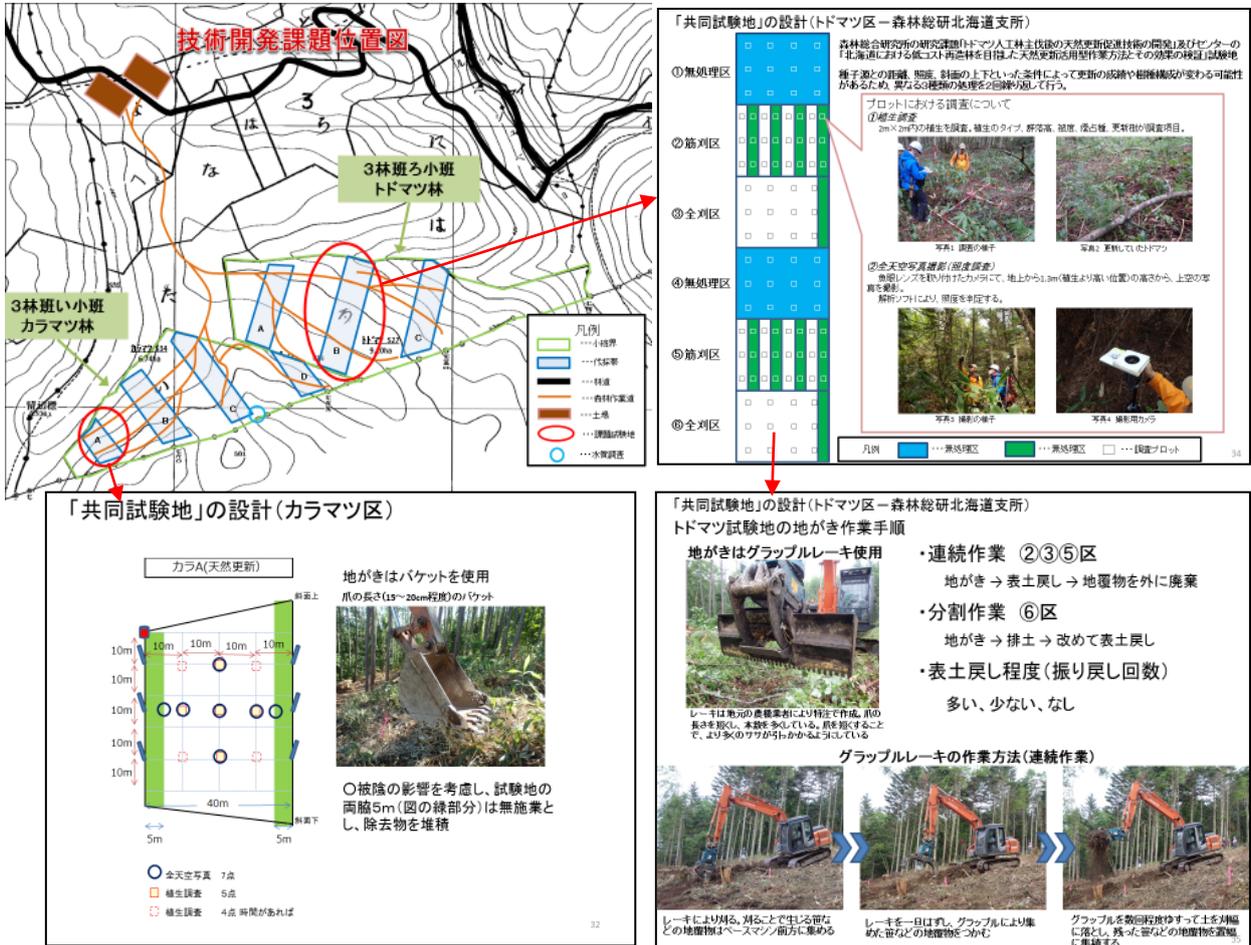


図 I - ① 共同試験地の設計

I. A. a トドマツ区（3ろ林小班）

3種類の処理区（全刈・筋刈・無処理）を設定し、使用するグラップルレーキの作業手順を、地がきと表土戻しを連続させる場合、処理区外へ排土した後に改めて表土戻しをする場合に分け、更に表土の振り戻し回数を3パターンに分けて実施しました。

I. A. b カラマツ区（3い林小班）

暗色雪腐病防止とササの地下茎除去のためにB層を露出させるバックホウバケットによる地がきを実施し、林縁両端5m幅については、光要求度の高いカラマツの更新に不利となるため、除去物の堆積場所としました。

また、傾斜は約20度で土砂流出が心配されたことから、斜面下部に側溝を作設しています。

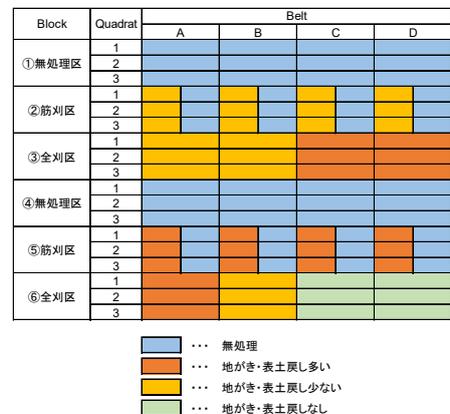


図 I - ② トドマツ区の設計（詳細図）

I. B センター試験地（上川北部森林管理署 2337 林班へ、た小班）

センター試験地は、平成 24～26 年度の技術開発課題「カラマツ造林の低コスト化をめざして～天然更新を利用した造林技術の開発」に際して平成 24 年 9 月に設定し、本課題で伐採幅の異なる対照区として継続調査を実施してきました。

帯状伐採後のカラマツ人工林で雪腐病防止とササの地下茎除去のために B 層を露出させる地がきを実施し、更新幅は 10m と 5m を設定しています。

また、地がき前は 140 cm 程のクマイザサが繁茂していたことから、更新面へのササ地下茎の侵入を抑制するために、5 m 幅の C 区で更新面の周囲に側溝（幅 50 cm、深さ 50 cm）を作設しています。

各試験区の周囲林分は、上層に大径のカラマツと中層～下層に小径のカンバ類が侵入した林分となっています。



図 I - ③ センター試験地設計

トドマツ林 上川南部署 ③林班の小班



カラマツ林 上川南部署 ③林班の小班



写真 I - ① 試験地の様子

II. 地がきの生産性とコスト

II. A 共同試験地

II. A. a トドマツ区

グラップルレーキによる処理方法別の生産性は、時間観測結果により算出し、筋刈 (0.28～0.38ha/日) は全刈 (0.18～0.40ha/日) よりやや高いか同程度でした。

作業手順の違いによる労働生産性は、

表 II - ① トドマツ区の地がきの生産性結果

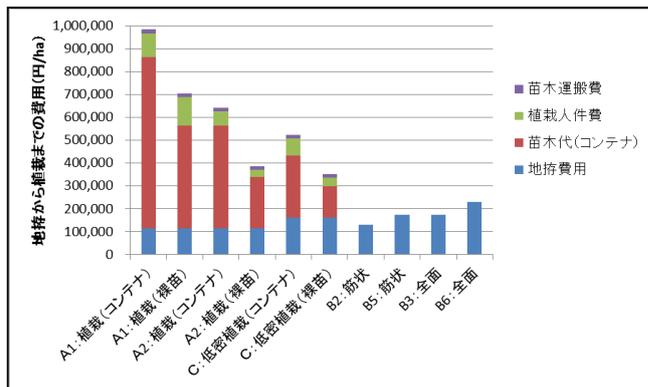
コード	区名	処理形状	表土戻し手順	小区番号	割付図記号	表土戻し程度 (繰り返し回数)	省力度合 (想定)	時間生産性 (ha/時)	生産性 (ha/日)
B2	筋刈 1	5 m刈 (5 m残)	連続型	③-1	B1-B2	少ない	◎	0.06	0.38
B5	筋刈 2	少ない				○	0.05	0.28	
B3	全刈 1	多い				△	0.03	0.21	
		少ない				○	0.07	0.40	
B6	全刈 2	分割型 (戻し直す)	多い	△	0.03	0.18			
			少ない	○	0.03	0.19			
			なし	○	0.03	0.21			

- ・ 連続型 (0.21~0.40ha/日) > 分割型 (0.18~0.21ha/日)
- ・ 表土戻し程度：少ない (0.19~0.40ha/日) > 多い (0.18~0.28ha/日)
- ・ 連続型で表土戻しを簡略化すると生産性は高まる

以上の結果となりました。

時間生産性から試算した地がき経費と、機械地拵後にコンテナ苗及び裸苗を植栽した人工造林との比較では、植栽経費の苗木代が大きい部分を占めることから13%~65%で実行が可能となります。

<最大> A1：植栽（コンテナ） 約980千円/ha → B2：筋状 約130千円/ha
 <最小> C：低密度植栽（裸苗） 約350千円/ha → B6：全面 約230千円/ha



グラフ II-① トドマツ区の経費比較

- ※ A1：トドマツA帯 (3,000本/ha 植栽 地拵仕様3m刈4m残)
- A2：トドマツA帯 (1,800本/ha 植栽 地拵仕様3m刈4m残)
- C：トドマツC帯 (900本/ha 植栽 地拵仕様3m刈2m残)
- (B2②筋刈区, B3③全刈区, B5⑤筋刈区, B6⑥全刈区)

表 II-② 植栽経費の算定根拠

機体コスト	・油圧ショベルをベース 同じと仮定
	・機械運搬費、減価償却費は 植栽に算定しない(一貫)
	・ヘッド費用の影響はない
機体チャータ	・地拵での運用費用を操縦者 賃料を含めた定額でおく (8000円/時)
補正刈費用	・補正刈はおこなわない
苗木価格	・トドマツコンテナ1号苗 定額で仮定(250円/本)
植栽人件費	・定額で仮定 (15000円/人日)
植栽効率	・コンテナ苗の植付所用時間 (クワ植え)で50秒/本と おく(技術センター資料)
苗木運搬経費	・運用費用を地拵え機体 チャータ費と同じと考える

II. A. b カラマツ区

バックホウバケットによるB層露出の生産性は、時間観測結果から計算し0.16ha/日(0.03ha/時)となりました。

時間生産性から試算した地がき経費は324,091円/ha、機械地拵後にコンテナ苗を植栽した人工造林経費は795,900円/haとなり、地がき作業は人工造林の41%で実行が可能という試算になります。

なお、地がき経費は表 II-②の機械チャーターを基に、人工造林経費は平成29年度北海道造林事業標準単価から、苗木をカラマツコンテナ1号苗、植栽本数2,500本/ha、地拵仕様を全刈として計算しています。

II. B センター試験地

平成24年度に施工したセンター試験地の地がきの生産性は0.13ha/日(0.03ha/時)となり、共同試験地のカラマツ区(0.16ha/日)より低くなっています。傾斜は10度未満で、共同試験地より作業条件は良かったものの、小面積の作業による工期の掛かり増しや、仕様より施工掘削が深くなったことが要因として考えられます。

時間生産性から試算した地がき経費は374,400円/ha、機械地拵後にコンテナ苗を植栽した人工造林経費は784,500円/haとなり、地がき作業は人工造林の48%で実行が可能という試算になります。

なお、地がき経費及び人工造林経費は共同試験地カラマツ区と同じ計算をしています。

<地がきの生産性の比較(機材別・・グラップル、レーキ、バケットなど)>

共同試験地のトドマツ区はバケット地拵よりやや低いが、類似機材の数値としては同程度であるとの結果でした。

共同試験地のカラマツ区及びセンター試験地の生産性は、A層を除去する作業はバケット地拵の生産性に及びませんでした。

表Ⅱ－③ 他事例における地がきの生産性の比較

機材	場所	対象林分	仕様	時間生産性 (ha/時)	生産性 (ha/日)	算出方法
グラブプル+特注レーキ	国有林 (南高良野) *本研究	トドマツ人工林	天然更新 (地表処理)	0.03-0.06	0.2-0.4	時間観測
			植栽	0.03-0.06	0.2-0.4	日報調査
グラブプル+特注レーキ	京極町民有林	不明 人工林			0.5	日報調査
グラブプルレーキ	東京大学北海道演習林	天然林	植え込み	0.05	0.3	時間観測
油圧ショベル(バケット)	東京大学北海道演習林	天然林	植え込み	0.1-0.2	0.6-1.2	時間観測

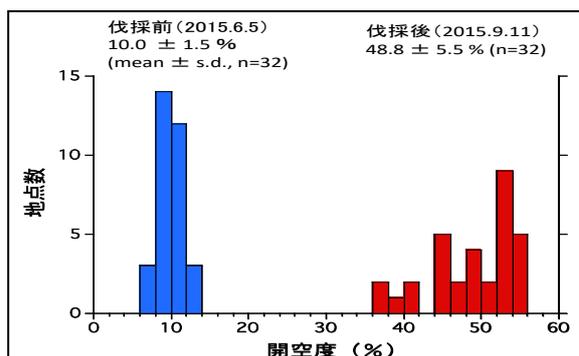
Ⅲ. 林冠の開空度の変化

Ⅲ. A 共同試験地

Ⅲ. A. a トドマツ区 (32点)

各ブロックの方形区2で伐採前後の全天空写真を撮影しました。(筋状区のみ刈幅と残幅に分けて撮影)

トドマツ区における伐採による林冠の開空度の変化は、伐採前の10%前後に対して伐採後は約50%前後へ変化しています。

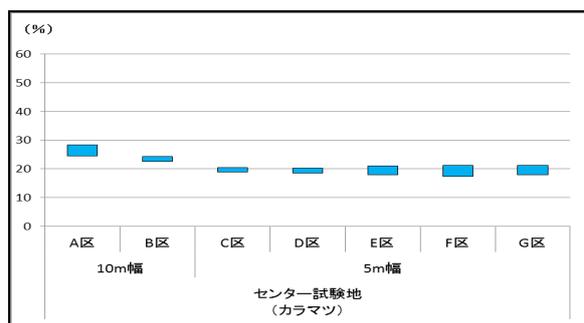


グラフⅢ－① トドマツ区の開空度の変化

Ⅲ. A. b カラマツ区 (7点)

カラマツ区では、図Ⅰ－①に設定した地点で伐採前後の全天空写真を撮影しました。

伐採前の10%前後に対して、伐採後は約40%前後へ変化しています。



グラフⅢ－② 試験区別の開空度

Ⅲ. B センター試験地

平成24年度の地がき施工後から平成27年度まで、全調査プロットで林内相対照度を測定していましたが、測定方法の問題から調査結果は破棄しています。

このため、調査方法を共同試験地と同じ全天空写真の撮影に変更し、平成28年7～8月に各試験区的全調査プロットで再調査しました。

各区の平均開空度は、10m幅区は5m幅区よりも高く、最も高いA区は約27%、5m幅区は約20%前後となっています。

また、試験区周辺の林分調査を平成29年1～2月に実施していますが、カラマツの本数が多い5m幅区では、現状でも低い開空度が今後の樹冠閉鎖により更に低下すると考えます。

表Ⅲ－① 各区の周辺林の状況

林小班		2337 た				2337 へ		
植栽年度(昭和)		40				37		
試験区		A	B	C	D	E	F	G
地がき幅		10m			5m			
本数	カラマツ	182	121	606	318	295	364	273
	広葉樹	121	485	61	182	159	515	455
計		303	606	667	500	455	879	727
カラマツ上層樹高(m)		22.6	22.1	25.0	23.6	24.8	25.8	24.6

Ⅳ. 環状剥皮

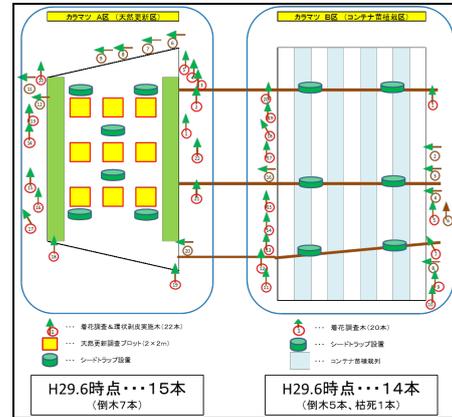
天然更新では種子供給が確保されていることが前提になりますが、特にカラマツの場合は豊凶の差が激しく、豊凶を予測しての事業実施も難しいことから、更新完了基準の要素

の一つである更新本数を確保するためには、人為的な方法や天然更新を導入する林分条件について検討する必要があると考えます。

人為的に種子供給を確保する作業手法の1つとして、着花促進のための環状剥皮が考えられます。環状剥皮は、①形成層まで鋸で切れ目を入れ、②数cmの帯状に樹皮をはがしていきます。③これを上下に半周分実施することで、水や養分の移動を制限させ、着花量を人為的に増やすことが可能です。剥皮を花芽の分化前に実施することで、翌年以降、数年間は効果が持続します。なお、地がきと着花促進のタイムラグをなくすためには、伐採前年に環状剥皮を実施し、着花量が増加した翌年に伐採～地がきを秋前に終了するスケジュールが理想的です。



図IV-① 環状剥皮の実施方法



図IV-② 環状剥皮調査区の設定概略図

共同試験地のカラマツ区では、着花効果を検証するため、平成28年6月に伐採帯周囲の保残帯10m以内のカラマツ22本に環状剥皮を実施しました。作業は上川南部署の若手職員の技術講習会として、北海道育種場の指導で実施し、鉋・鋸により1本当たり10～15分程度の時間を要しました。なお、環状剥皮の効果を検証するため、伐採後にコンテナ苗を植栽している隣接伐採帯を対照区としています。

V. 種子供給量調査

V. A 共同試験地

V. A. a トドマツ区

試験区内18箇所に設置したシードトラップによる散布種子密度は、平成28年ではカンバ類・トドマツとも低く、翌29年には特にシラカンバの増加が見られます。

表V-① シードトラップによる調査結果

2016年の散布種子密度 (/m ²)					2017年の散布種子密度 (/m ²)				
Species	mean	sd	max	min	Species	mean	sd	max	min
ウダイカン	5.9	4.1	14	0	シラカンバ	282.0	188.0	852	0
シラカンバ	2.9	3.6	10	0	トドマツ	25.6	18.7	72	2
ダケカンバ	1.0	2.5	10	0	ウダイカン	8.6	4.2	20	0
トドマツ	0.2	0.6	2	0	エゾマツ	5.1	3.9	14	0
その他	0.1	0.5	2	0	ダケカンバ	0.1	0.5	2	0
					その他	6.6	11.7	50	0

V. A. b カラマツ区

環状剥皮後は、カラマツ区と隣接対照区において、シードトラップによる種子量と雌花の着花調査を実施しています。シードトラップの設置数は、平成28年度は各区4地点としていましたが、平成29年度からは各区6地点としています。

< 着花調査 (豊凶度調査) >

調査方法は、雌花の着花量から豊凶度を判定する北海道育種場の基準を採用しました。

カラマツ区は環状剥皮を実施した22本を、隣接対照区は平成28年に選定した20本を、それぞれ調査対象木としました。ただし、平成28年8月の台風による強風で調査対象木の一部で倒木が発生し、被害木のデータを排除したため、調査対象木は環状剥皮木15

本、対照区 14 本となりました。

A 区では、環状剥皮の翌年（平成 29 年）に環状剥皮木の全てで豊凶度が上昇し、一部は豊作に近い着花量が見られました。平成 30 年は、一部で着花が見られず、前年よりは豊凶度が低下しているものの、効果は継続していると思われま

B 区では、調査期間を通じて極端に豊凶度が上昇したものは見られませんでした。

表 V-② 着花調査による豊凶度判定結果

	A区(地がき区)	B区(対照区)
平成28年6月(環状剥皮前)	1.47 凶	2.14 並下
平成29年6月	3.33 並	2.00 並下
平成30年6月	2.15 並下	1.71 並下

<シードトラップによる種子量>

平成 28 年度から毎年 8~10 月に機材を設置し、採取種子量を調査しました。

カラマツの採取種子量は、カラマツ区で環状剥皮の効果により 2 年続けて増加が見られました。

カンバ類の種子は、年ごとに増減の波があるものの、カラマツ種子と比較して大量の供給が見られます。

表 V-③ シードトラップの調査結果

伐採帯	調査年	シードトラップ(粒/m ²)	
		カラマツ	カンバ類
A区 (地がき区)	H28	0.6	204.0
	H29	18.2	53.0
	H30	42.4	140.3
B区 (対照区)	H28	0.0	171.0
	H29	10.4	40.0
	H30	15.6	130.9

V. B センター試験地

平成 25~27 年度まで試験区 A~E 区の更新面中央部にシードトラップを設置し種子の採取を実施し、春には着花調査で豊凶を判定しています。

なお、初年度の平成 24 年度は、地がきを 9 月に実施したため、シードトラップの設置期間は短くなっています。また、初年度は結実調査の結果から、春の着花状況を推定した結果としています。

カラマツの着花は、地がき施工年の平成 24 年度が凶作年であったものの、翌年以降は着花状況が回復し採取種子量は増加しています。

カンバ類は、カラマツに比べて多くの種子が安定して供給されていました。

表 V-④ 着花・シードトラップ調査

調査年	カラマツ着花状況(豊凶判定)	シードトラップ (単位:粒/m ²)											
		カラマツ						カンバ類					
		A	B	C	D	E	平均	A	B	C	D	E	平均
平成24年	全く見られず(凶作)	0	0	0	0	0	0	20	0	3	10	3	7
平成25年	わずかに(並下)	7.8	0	5.2	26	0	7.8	104	104	597	1,558	156	504
平成26年	わずかに(並下)	2.6	2.6	23.4	7.8	26	12.5	26	442	130	597	494	338
平成27年	全体に薄く(並)	2.6	28.6	13	0	98.8	28.6	330	377	10	101	514	267
シードトラップ平成25~27年 合計		13.0	31.2	41.6	33.8	124.8	—	460	922	738	2,257	1,164	—



写真 V-① 環状剥皮木 (平成 29 年 6 月 : 剥皮の 1 年後)

VI. 植生調査

VI. A 共同試験地

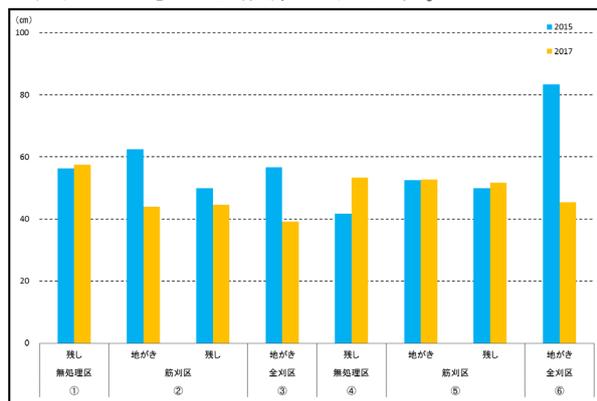
VI. A. a トドマツ区

調査は設定した方形区（2×2 m）に出現したササとそれ以外の出現種について、優占度の高い3種の被度、群落高について調査しました。

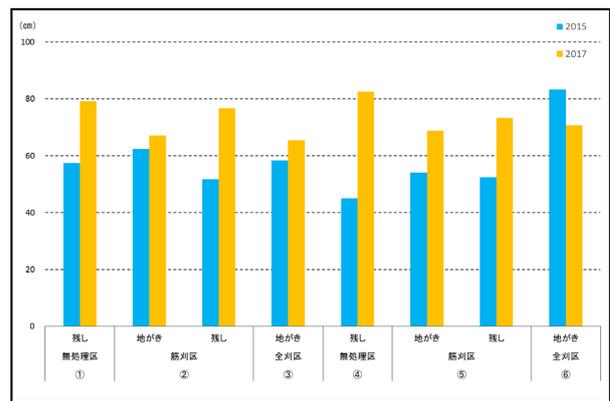
ササの群落高の変化では、地がき区で回復を抑制している傾向が見られ、筋刈区より全刈区の方で高い抑制効果が現れています。

下層植生全体の群落高では、伐採後の大型草本類の繁茂により高い上昇が見られますが、地がき区ではその上昇を抑えている傾向が見られます。

ただし、本試験のグラップルレーキによる地がきでは、表土の振り戻しの際にそこに含まれていた草本類の種子も更新面に散布されたため、植生の被度や群落高の上昇が早くなったものと推察されます。



グラフVI-① ササの群落高の推移



グラフVI-② 下層植生の群落高の推移

VI. A. b カラマツ区

調査は設定したプロット（2×2 m）に出現したササ、イチゴ、草本類の出現種ごとの被度、植生高について調査しました。

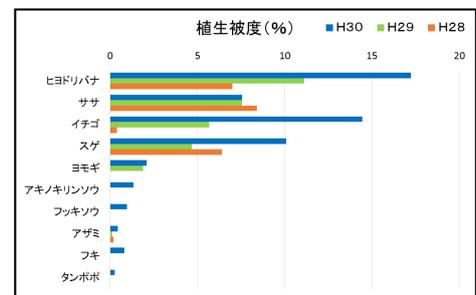
主な出現種は、被度の高い順番にヒヨドリバナ、ササ、イチゴ、スゲとなっており、地がき後3年経過した平成30年度はヒヨドリバナ・イチゴが大きく増加しています。

平成30年度の平均植生被度は55.3%で、濃淡のはっきり分かれたまだら状に分布し、年経過と共に確実に上昇しています。

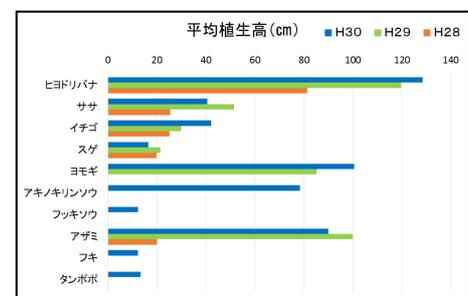
出現種別の平均植生高では、最も被度の高い大型草本のヒヨドリバナで120 cmを超え、他の種でも年経過で高くなっています。

平成30年度のカラマツ区全体の平均植生高は36.8 cmで、平成29年度より15 cm上昇したため、北海道の更新完了基準の植生より余裕高50 cmを加えた目標樹高も上昇しました。

平成30年度時点で、北海道基準の目標樹高90 cmを満たしているのは700本/haとなっていますが、上位3,000本/haの最低樹高は70 cmと目標樹高との差は確実に縮小されています。



グラフVI-③ 種別の植生被度



グラフVI-④ 種別の平均植生高

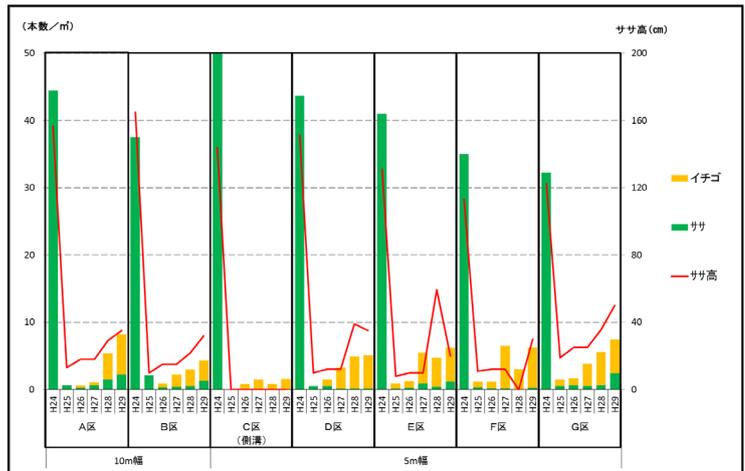
VI. B センター試験地

初年度の平成24年度は地がき施工前の8月、平成25年度以降は8～9月に調査を実施しています。

調査方法は、各区に設定したプロット（2×2 m）のうち、精密調査区画（1×1 m）に出現したササ・イチゴの本数と、ササの植生高を測定しました。平成 28 年度まで草本類の本数をカウントしていましたが種分けしていなかったため、平成 29 年度は出現種と種ごとの被度・植生高の調査に変更しています。

平成 29 年度で地がき実施後 5 年経過することになりますが、ササの本数・高さは全区で共通して低く推移し、特に側溝を作設した C 区は、プロット外に数本見られる程度とササの地下茎が適切に除去された効果が現れています。

イチゴの本数は平成 27 年度以降に急増していますが、C 区は他区より本数も少なく、増加が緩やかになっています。



グラフ VI-⑤ ササ・イチゴの回復状況

草本類は、平成 27 年度から特に 5 m 幅の D～G 区で急激に増加しており、平成 29 年度時点で大型草本のチシマアザミの侵入が見られます。

各区の植生被度は、平成 29 年度時点で 5 m 幅の D～G 区が 80% 以上と非常に高くなっています。10m 幅の A、B 区は全体では被度が 50% を超えているものの、植生の濃度が更新面の中ではっきりと分かれていることから、カラマツが生育できる環境として十分と考えています。

表 VI-① 各試験区の被度、平均植生高

試験区	植生被度	平均植生高
A	50.4	21.7
B	54.6	21.3
C	18.3	12.5
D	85.6	31.3
E	86.9	28.8
F	95.8	45.8
G	98.3	39.2

カラマツ林 上川北部署 2337林班へ、た小班

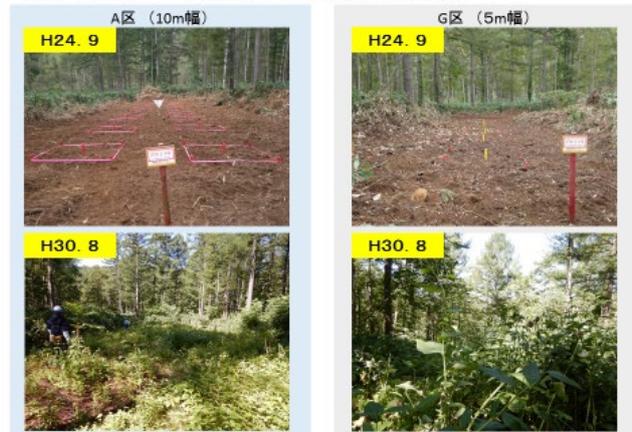


写真 VI-① 試験地の様子

Ⅶ. 更新調査

Ⅶ. A 共同試験地

Ⅶ. A. a トドマツ区

地がき処理方法の異なる試験区別の実生密度は、筋刈区及び全刈区で無処理区より高い傾向が見られますが、樹高 30 cm 以上の実生密度は無処理区でやや高い傾向が見られました。

表土戻しの多少による実生密度の変化は、表土戻しがある場合で高い傾向は見られるものの極端な差とまでは言えないと考えます。

表 VII-① 試験区別の実生密度 (/m²)

	高木性の全樹種				表土戻し		高木性の全樹種 (H≥30cm)				表土戻し		実生密度 ↑ 高い ↓ 低い					
	A	B	C	D	地がき 無処理	多い 少ない なし	A	B	C	D	地がき 無処理	多い 少ない なし						
①無処理区	2.00	1.00	4.58	1.92	2.38		0.42	0.33	2.92	0.58	1.08							
②筋刈区	0.75	0.67	2.50	0.50	2.15	0.58	1.95	1.17	1.84	0.73	1.84							
③全刈区	1.92	2.00	1.67	2.08	1.92	1.88	1.88	0.33	1.42	0.33	1.00	0.77	0.87	0.88				
④無処理区	1.67	3.00	0.92	1.25	1.71		0.33	1.42	0.08	0.33	0.54							
⑤筋刈区	2.90	2.83	2.75	1.75	4.00	3.58	3.45	4.42	3.28	3.15	3.28	0.35	0.15	0.35				
⑥全刈区	2.17	3.67	3.08	1.67	2.65	2.17	3.87	2.38	0.08	0.19	0.08	0.42	0.13					
					2.42	1.99	2.44	2.49	2.38					0.41	0.50	0.37	0.55	0.13

< 種子散布型別 >

風散布型は地がき処理区で高い傾向が見られ、鳥散布型は処理区での差はありませんでした。

表土戻しの影響では、風散布型はほぼ差はなく、実生の発生に表土戻しの影響が少なかったと推察され、本試験地では地がき後に散布された種子の影響が大きいと考えます。

鳥散布型は、表土戻しで増えたようにも見えますが、試験区全体での種子散布が均一ではないため、本試験では表土戻しの影響は限定的であったと考えます。

表 VII-② 試験区別の実生密度 (/m²) (種子散布型別)

	高木性の風散布樹種				地がき	無処理	表土戻し		地がき	高木性の鳥散布樹種				地がき	無処理	表土戻し		実生密度			
	A	B	C	D			多い	少ない		なし	A	B	C			D	多い		少ない	なし	
①無処理区	1.67	0.92	4.25	1.75	2.16				①無処理区	0.25	0.08	0.33	0.17	0.21			↑ 高い ↓ 低い				
②筋刈区	0.65	0.58	2.45	0.42	1.75	0.58	1.60	1.08	②筋刈区	0.10	0.08	0.05	0.08	0.40	0.00	0.35		0.08	0.23	0.08	
③全刈区	1.67	1.50	1.42	2.08	1.67		1.75	1.58	③全刈区	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25		0.00		0.25	0.13	0.38	
④無処理区	1.17	2.50	0.50	1.00	1.29				④無処理区	0.50	0.42	0.42	0.25	0.40				0.40			
⑤筋刈区	2.50	2.58	2.45	1.67	3.45	2.75	3.05	4.17	⑤筋刈区	0.35	0.25	0.25	0.08	0.55	0.75	0.40		0.17	0.39	0.31	0.39
⑥全刈区	2.17	3.50	3.00	1.42	2.52		2.17	3.50	2.21	⑥全刈区	0.00	0.17	0.08	0.25	0.13			0.00	0.17	0.17	
					2.17	1.72	2.26	2.23	2.21						0.25	0.24	0.17	0.26	0.17		

< 樹種区分別 >

樹種は、ウダイカンバ・シラカンバ・ダケカンバをカンバ類、バッコヤナギ・オノエヤナギはヤナギ類、オヒョウ・ハルニレはニレ類とそれぞれ包括して分類しています。

遷移初期種のうち、風散布型のカンバ類とヤナギ類では、地がき処理区の方で実生密度が高い傾向が見られます。種子休眠性のあるカンバ類では表土戻しによる影響が見られないため、地がき後に散布された種子が実生の発生に大きく影響したと考えます。また、鳥散布型のキハダは無処理区の方で実生密度が高く、埋土種子の影響が見られます。

中間種は、ハリギリ、ニレ類、ホオノキなどが出現していますが、特に風散布型のヤチダモが局所的に多く見られ、母樹の配置が影響していると考えられます。

地がき前には最も高い実生密度だった遷移後期種のトドマツは、地がき区及び無処理区共に実生密度は大きく低下しています。おそらく種子散布の量が大きく影響していると考えます。

表 VII-③ 試験区別の実生密度 (/m²) (樹種区分別：遷移初期種)

	カンバ類				地がき	無処理	表土戻し		地がき	ヤナギ類				地がき	無処理	表土戻し				
	A	B	C	D			多い	少ない		なし	A	B	C			D	多い	少ない	なし	
①無処理区	1.50	0.67	4.08	1.33	1.90				①無処理区	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02						
②筋刈区	0.35	0.50	1.90	0.42	1.45	0.42	1.40	0.83	②筋刈区	0.15	0.00	0.35	0.00	0.15	0.00	0.05	0.08	0.18	0.02	0.18
③全刈区	1.17	1.42	1.25	1.75	1.40		1.50	1.29	③全刈区	0.17	0.00	0.00	0.17	0.08		0.08	0.08			
④無処理区	0.50	1.42	0.25	0.17	0.58				④無処理区	0.00	0.00	0.08	0.00	0.02						
⑤筋刈区	1.55	1.17	1.15	0.50	1.15	0.92	1.35	1.00	⑤筋刈区	0.15	0.08	0.60	0.33	0.55	0.75	0.35	0.33	0.41	0.38	0.41
⑥全刈区	1.50	2.58	2.33	1.08	1.88		1.50	2.58	1.71	⑥全刈区	0.25	0.33	0.08	0.00	0.17		0.25	0.33	0.04	
					1.46	0.98	1.43	1.72	1.71						0.21	0.11	0.25	0.20	0.04	

	キハダ				地がき	無処理	表土戻し					
	A	B	C	D			多い	少ない	なし			
①無処理区	0.17	0.08	0.17	0.08	0.13							
②筋刈区	0.10	0.00	0.05	0.08	0.10	0.00	0.20	0.08	0.11	0.04	0.11	
③全刈区	0.00	0.08	0.08	0.00	0.04		0.04	0.04				
④無処理区	0.17	0.17	0.42	0.08	0.21							
⑤筋刈区	0.15	0.00	0.10	0.00	0.20	0.50	0.10	0.17	0.14	0.17	0.14	
⑥全刈区	0.00	0.08	0.00	0.08	0.04		0.00	0.08	0.04			
					0.08	0.14	0.06	0.08	0.04			

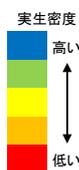
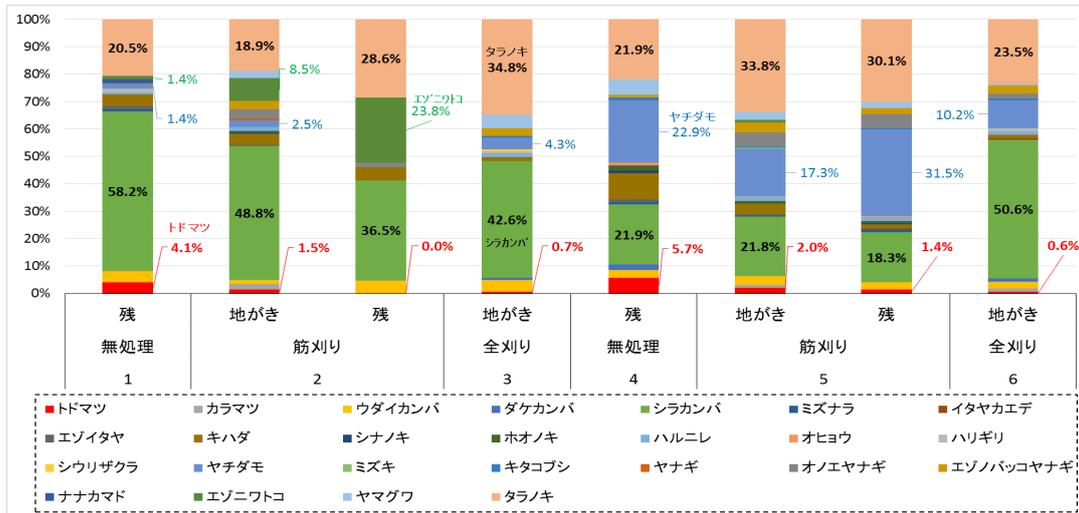


表 VII-④ 試験区別の実生密度 (/m²) (樹種区分別：中間種)

	ヤチダモ				地がき	無処理	表土戻し					
	A	B	C	D			多い	少ない	なし			
①無処理区	0.00	0.00	0.08	0.08	0.04							
②筋刈区	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.06	0.00	0.06	
③全刈区	0.25	0.08	0.17	0.00	0.13		0.08	0.17				
④無処理区	0.58	0.67	0.17	0.58	0.50							
⑤筋刈区	0.55	1.17	0.65	0.83	1.40	1.08	0.95	2.50	0.89	1.40	0.89	
⑥全刈区	0.25	0.33	0.58	0.25	0.35		0.25	0.33	0.42			
					0.36	0.48	0.41	0.19	0.42			

表 VII-⑤ 試験区別の実生密度 (/m²) (樹種区分別：遷移後期種)

	トドマツ				地がき	無処理	表土戻し					
	A	B	C	D			多い	少ない	なし			
①無処理区	0.08	0.17	0.08	0.17	0.13							
②筋刈区	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.01	0.04	0.01	
③全刈区	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02		0.00	0.04				
④無処理区	0.08	0.33	0.00	0.08	0.13							
⑤筋刈区	0.20	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.13	0.00	0.13	
⑥全刈区	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02		0.00	0.00	0.04			
					0.04	0.07	0.04	0.02	0.04			



グラフVII-① 試験区・樹種別の更新本数割合

Ⅶ. A. b カラマツ区

更新調査は試験区内に設定したプロット (2m×2m) 内で、毎年9～10月に実施しています。なお、設置プロットは当初5プロットから平成29年度以降は全9プロットとしています。カラマツ更新木は約20,000本/haで推移しています。

広葉樹は平成30年度から大きく増加し、カンバ類は約10,000本/haとなっています。

カラマツの更新本数については、センタ一試験地や過去の報告事例等での数十万本から比べると、多いとは言えません。

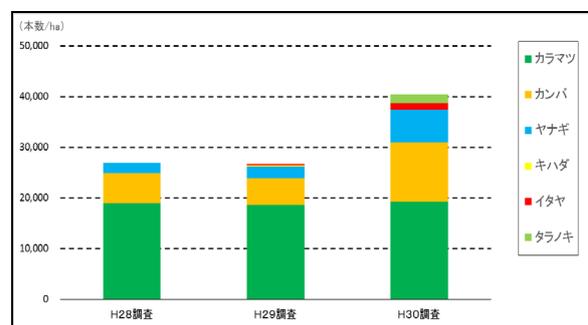
平成27年度の種子供給量を調査していないものの、平成28年度の着花調査時に確認した古い球果の状況から、少なくとも凶作年ではなかったと推察していますが、なんとか最低限の更新が見られたと考えています。

カンバ類はカラマツより多く種子供給されていたものの、出現数は極端に少ない状況にあります。原因として、乾燥による発芽率の低下があったのではないかと推察しています。それ以外にはエゾシカによる被害も考えられますが、プロット内での被害は確認されていないことから、被害があったとしてもここまで極端な結果にはならないのではないかと考えています。

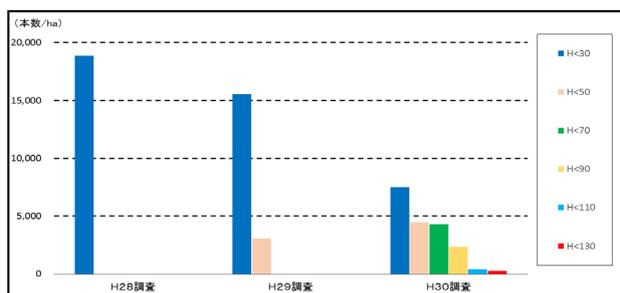
カラマツの樹高階区別では、平成30年度時点で国有林の更新完了基準である30cm以上に達した稚樹が約12,000本/haとなっています。

特に、更新初期の稚樹は良好な成長を見せており、更新本数は少ない場合でも、伐採幅を広くし高い樹高成長を促すことで、更新完了基準を十分に達成できると考えます。

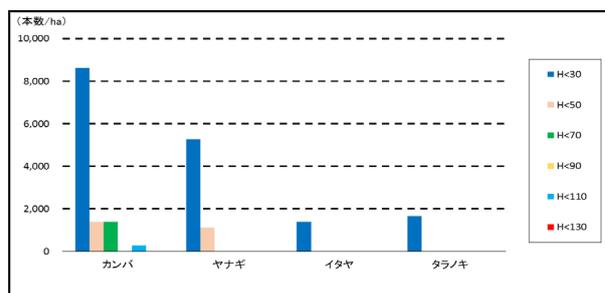
ただし、更新本数が少ないことで、本数密度の濃淡が出来てしまう可能性もあるので、カラマツの更新が不十分な箇所は、カンバ類等の広葉樹を育成していくことも考える必要があります。



グラフVII-② 調査年度別の更新状況



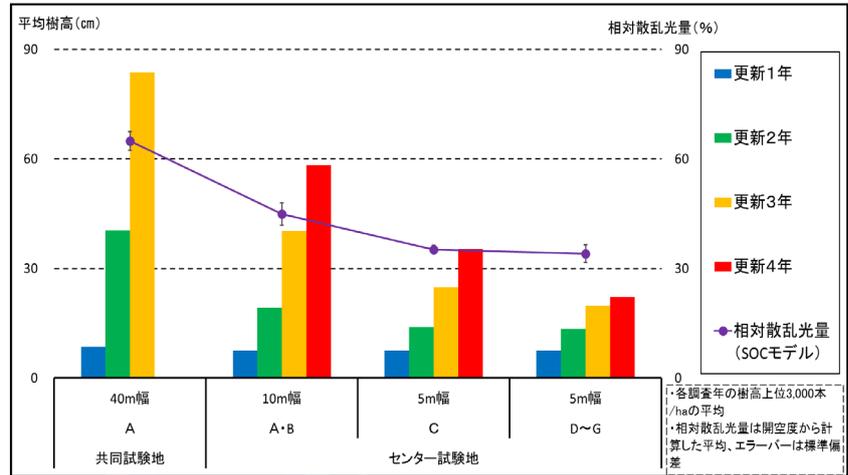
グラフVII-③ 樹高階区別の本数



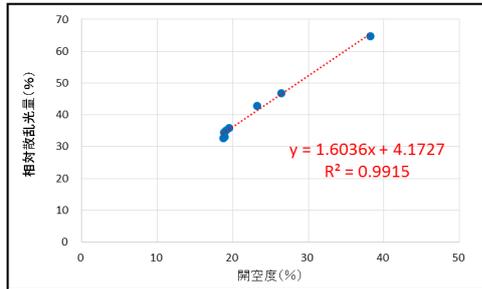
グラフVII-④ 樹高階区別の本数

各調査年におけるカラマツ更新木の樹高上位 3,000 本/ha の平均を見ると、相対散乱光量が高い 40m 幅の共同試験地で最も高い樹高成長が見られ、相対散乱光量と樹高成長には相関関係が見られます。

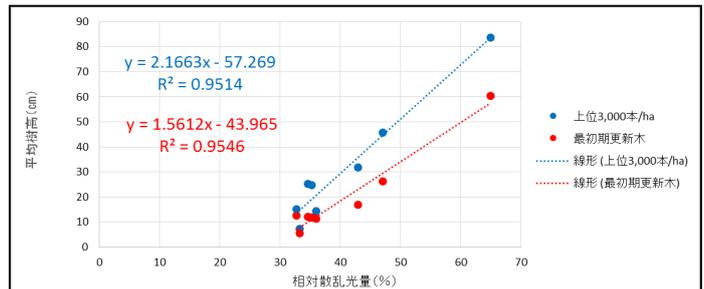
このことから、更新初期の樹高成長を促すためには広い伐採幅が不可欠であると考えます。



グラフ VII-⑤ 光環境とカラマツ更新木の平均樹高



グラフ VII-⑥ 開空度と相対散乱光量



グラフ VII-⑦ 相対散乱光量とカラマツ平均樹高

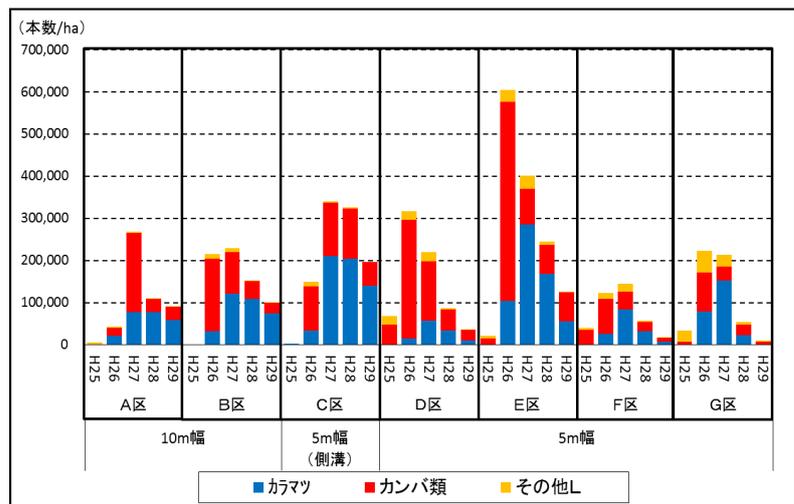
VII. B センター試験地

更新調査は、平成 25 年度から毎年 9～10 月に実施しています。

カラマツについては、平成 25～27 年度までは調査プロット (2×2 m) 内に出現した全てに調査年ごとに色分けした調査札を付し、樹高を測定していましたが、平成 28 年度以降は、調査プロット内の精密調査区 (1×1 m) 内は毎木の樹高を測定し、それ以外の 3 区画は更新年度ごとの生存本数を測定しています。

広葉樹については、平成 28 年度までは調査プロット内の種別の本数のみ、平成 29 年度は精密調査区内の樹高 30 cm 以上の毎木調査を追加しています。

カラマツの更新本数は、地がき翌年の平成 25 年度は前年度の凶作の影響で殆ど見られなかったものの、翌年から種子供給量に合わせ増加しています。平成 27 年度には 5 年間で最大の増加により各区で最多本数となりましたが、それ以降は減少しています。特に、植生被度が高くなった 5 m 幅の D～G 区では、更新木の生存率の低下が顕著になっています。



グラフ VII-⑧ 試験区別・年度別の稚樹本数

広葉樹の更新は、主にカンバ類を主体に平成 26 年度に稚樹本数が最多となり、以降は減少しています。

カラマツの更新年別の平均樹高は、最も初期に更新した平成 26 年度の 10m 幅区が最も高く、5 m 幅区の同年度の平均樹高は 10m 幅区の 6 割以下と樹高成長が遅れています。

特に、植生回復が最も少ない5 m幅区（C区）の樹高成長の遅れは、10m幅区よりも低い開空度による影響が大きいと推察します。

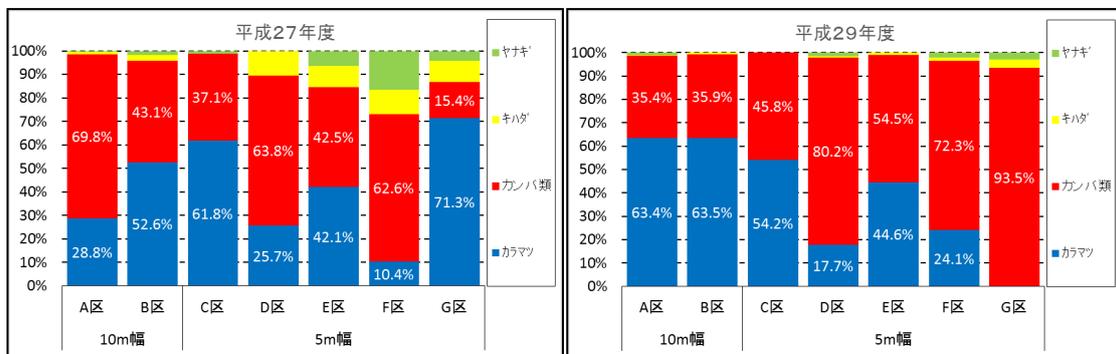
表 VII-⑥ カラマツの更新年度別の平均樹高・更新本数・生存率

試験区	調査年度	更新年度										
		H26			H27			H28			H29	
		平均樹高	生存本数	生存率	平均樹高	稚樹本数	生存率	平均樹高	稚樹本数	生存率	平均樹高	稚樹本数
10m幅区 (A・B)	H26	3.1cm	26,667	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H27	9.0cm	23,646	88.7%	3.2cm	75,208	-	-	-	-	-	
	H28	20.8cm	20,104	75.4%	11.3cm	62,813	83.5%	4.6cm	10,104	-	-	
	H29	30.3cm	18,021	67.6%	16.9cm	40,174	53.4%	8.9cm	4,271	42.3%	5.6cm	3,646
5m幅区 (C)	H26	3.0cm	33,333	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H27	7.0cm	29,167	87.5%	2.9cm	181,250	-	-	-	-	-	
	H28	12.1cm	25,417	76.3%	7.8cm	164,583	90.8%	3.1cm	13,333	-	-	
	H29	16.6cm	20,833	62.5%	10.8cm	112,793	62.2%	3.4cm	4,583	34.4%	3.4cm	2,083
5m幅区 (D~G)	H26	3.0cm	55,599	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H27	6.1cm	38,073	68.5%	3.5cm	106,328	-	-	-	-	-	
	H28	11.7cm	17,779	32.0%	6.1cm	40,938	38.5%	4.3cm	5,260	-	-	
	H29	14.7cm	7,805	14.0%	10.1cm	9,141	8.6%	5.6cm	1,406	26.7%	0.0cm	0

生存率は、平成26年度の更新木では10m幅区とC区が約60%と同程度と高く、平成27年度の更新木ではC区が約60%と最も高く、10m幅区が約50%となっています。D~G区では両年度の生存率が大きく低下しています。

新規の更新は平成28年度から大きく減少し、平成29年度は5m幅（D~G）区では確認されませんでした。

各区の樹種別の本数割合は、平成27年度のカラマツ更新本数が少ないA・D・Fでは、カラマツ割合が低くなっていました。平成29年度時点では、カラマツの生存率が高いA~C区で5~6割を占めています。カラマツの生存率が大きく低下したD~Gでは、カラマツが全て消失したG区以外は急激な低下はありませんでした。これは、D~G区のカンバ類でエゾシカによる食害跡が多く見られ、カンバ類も減少していることが影響しています。



グラフ VII-⑨ 樹種別の更新本数割合

<更新完了判断>

平成29年度は地がき実施後5年目で、更新完了基準の達成を判断する最終年になります。特に、北海道の更新完了基準においては、この時点で達成されない場合は更新補助作業や植栽が必要になります。

試験区の設定仕様により3区に分け、更新完了基準を基に評価していきます。

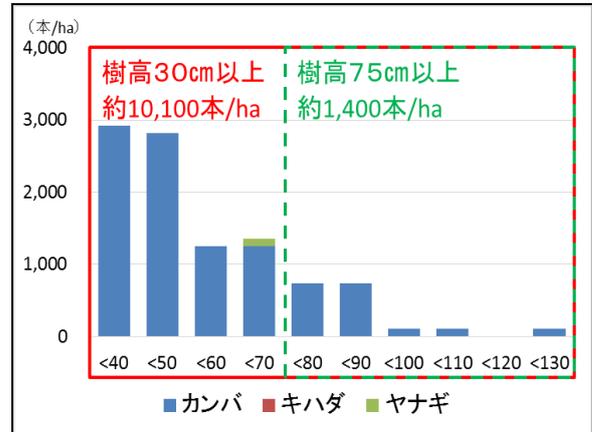
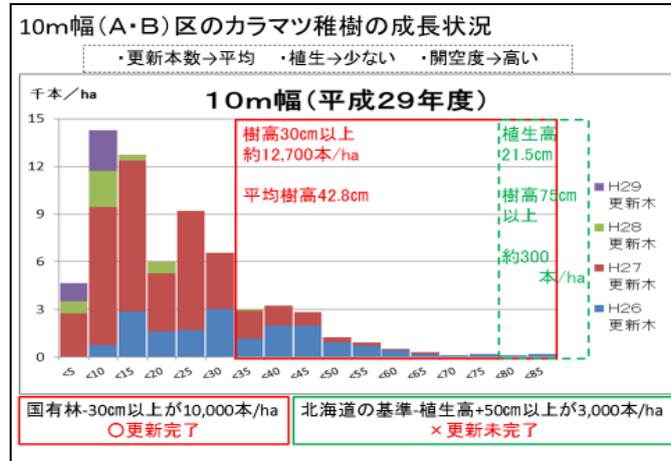
<10m幅区（A・B区）> ・ ・ 更新本数は平均的、植生被度は平均的、開空度は高い

10m幅区のカラマツは試験地の中で最も高い成長を見せており、平成28年度から樹高30cm以上の本数が増加していました。平成29年度に30cm以上になったものが約12,700本/haとなり、カラマツのみで国有林の更新完了基準を達成しています。

一方、北海道の基準である植生高より50cm以上の稚樹本数は約300本/haと、カラマツのみでは基準の3,000/haを達成していません。

なお、更新完了基準の更新樹種に含まれる広葉樹を評価すると、国有林の基準では、広

葉樹のみでも基準を達成しています。北海道の基準では、カラマツと広葉樹を合わせても樹高 75 cm 以上が約 1,700 本/ha と基準を達成していないことから、更新補助作業として刈り出しや植栽が必要となります。現況から、刈り出しの実施で 2 年以内に更新完了できる可能性はありますが、将来的にはカンバ優勢の林分となることが予想されます。



グラフVII-⑩ 10m幅区の樹高成長状況

グラフVII-⑪ 10m幅区の広葉樹の樹高成長状況

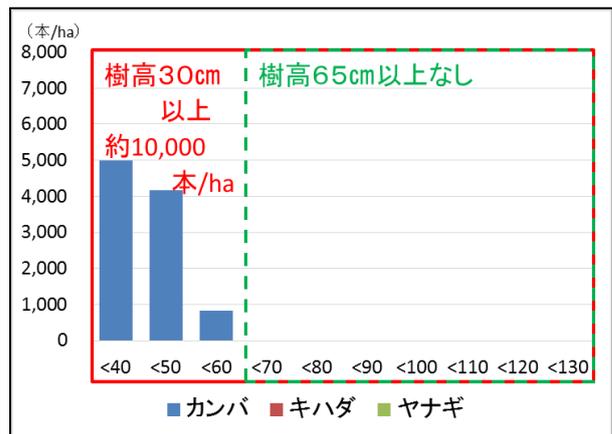
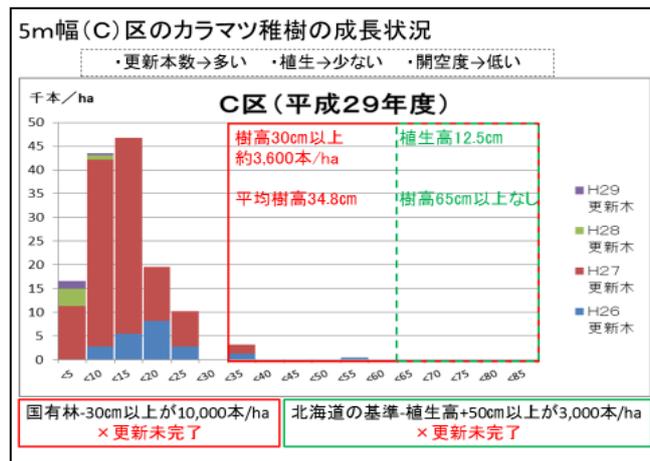
< 5 m 幅区 (C 区 ・ 側溝) > ・ ・ 更新本数は最も多く、植生被度は最も少なく、開空度は他の 5 m 幅区と同様に低い

5 m 幅区の中では C 区のカラマツの成長量は良いものの、10m 幅区に比べると 30 cm 以上に生育した本数は少ない状況にあります。平成 29 年度にカラマツの樹高 30 cm 以上になったものが 3,600 本/ha で、国有林の基準を達成していません。また、北海道の基準に達した稚樹はない状況です。

広葉樹では、国有林の基準の樹高 30 cm 以上が約 10,000 本/ha と、広葉樹のみで基準を達成していますが、北海道の基準の樹高 65 cm 以上の稚樹はない状況です。

平成 29 年度の時点で C 区の植生高は低く、刈り出しの効果は見込めないことから、カラマツの更新を主体として考えると北海道の基準の達成は困難で、植栽が必要になります。

なお、カンバの更新を主体に考えると、基準未満の本数が十分あるものの現時点で 10m 幅区より成長が遅く、2 年間で基準を達成できるかは微妙なところです。



グラフVII-⑫ 5m幅(C)区の樹高成長状況

グラフVII-⑬ 5m幅(C)区の広葉樹の樹高成長状況

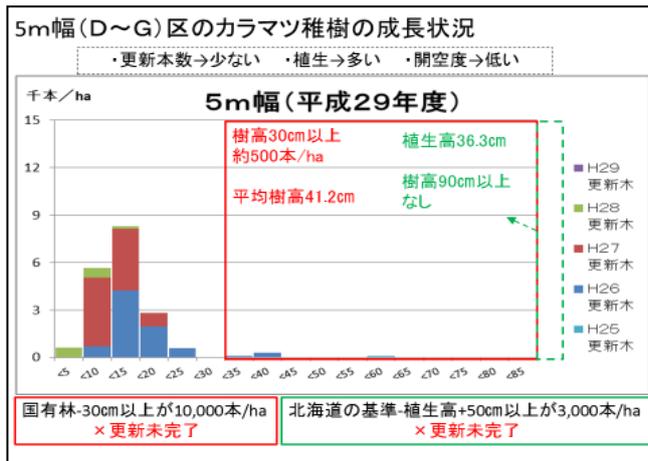
< 5 m 幅区 (D ~ G 区) > ・ ・ 更新本数は少なく、植生被度は最も高く、開空度は低い

D ~ G 区のカラマツの成長量は低く、また、植生被度が非常に高いことから稚樹の生存率が低く、30 cm 以上に生育したものや今後期待できる本数は極めて少ない状況にあり、刈り出しを実施しても今後 2 年間でカラマツのみで両基準を達成するのは困難であると考えます。カラマツの更新を主体として考えると、植栽が必要という判断が妥当と考えます。

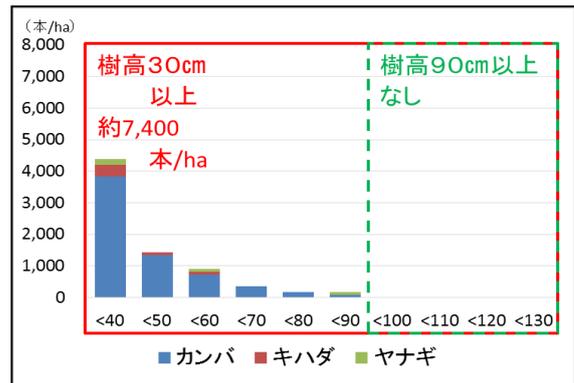
広葉樹は、樹高 30 cm 以上が約 7,400 本/ha と国有林の基準を達成していません。また、

北海道の基準に達した稚樹はない状況です。

カンバの更新を主体に考えると、刈り出しの実施も考えられますが、現状で 30 cm 以上の本数が少なく、2 年間で更新完了するのは厳しいと考えます。



グラフ VII-⑭ 5 m 幅 (D ~ G) 区の樹高成長状



グラフ VII-⑮ 5 m 幅 (D ~ G) 区の広葉樹の樹高成長状況

Ⅷ. その他

Ⅷ. A 稚樹の刈り出し

植生被度が悪化した 5 m 幅区 (D ~ G) では、平成 28 年度以降にカラマツの生存率が急激に低下しています。そこで、5 m 幅区で ha 当たりの更新本数の多い E 区に設置している調査プロットのうち、プロット 1 ~ 4 で刈り出しを実施し、残りのプロット 5 ~ 8 は無処理として、平成 29 年 7 月上旬にプロット内を高さ 20 cm で刈り払いました。

刈り出しにより、平成 29 年度の平均植生高は低くなり、平成 26 年度の更新木の平均樹高が無処理より高く、成長量の増加が見られました。ただし、平成 27 年度の更新木では同じ結果は見られず、刈高が影響したと推察されます。平成 26 年度更新木の刈り出し後の生存率は、前年度より上昇し僅かに改善しましたが、大きな効果とまでは言えない結果となりました。

以上のことから、刈り出しは植生被度がもっと低い段階で行う必要があると考えます。

表 VIII-① E 区の刈り出し実行別の植生状況と稚樹の生育状況

試験区 E	調査年度	植生被度	平均植生高	カラマツ			
				H26年度更新		H27年度更新	
				平均樹高	生存率(前年比)	平均樹高	生存率(前年比)
刈り出し有	H28	87.5%	28.8cm	13.4cm	39.3%	7.1cm	42.1%
	H29	90.0%	22.5cm	16.5cm	42.1%	9.5cm	22.5%
刈り出し無	H28	70.0%	25.0cm	11.8cm	69.1%	6.2cm	57.4%
	H29	83.8%	35.0cm	12.4cm	50.1%	10.7cm	29.0%

Ⅷ. B 先行課題の結果

センター試験地のある上川北部森林管理署 2337 林班へ小班では、平成 14 ~ 23 年度までカラマツの天然更新の課題を実施していました。

この課題では、平成 14 年度に帯状伐採跡地 (5 m 幅) でレーキドーザによる地表処理を実行し、平成 20 年度に光環境改善のため試験地 1/3 程度にわたって南側のカラマツを伐採しています。一部で植生の調査データがないものの、平成 20 年度の現地写真から、ササが最も被度の高い植生となっているのが推定できます。

カラマツの 30 cm 以上の本数は、平成 20 年度 (地がき後 6 年目) 時点で約 30,000 本/ha と、国有林の更新完了基準を達成していました。平成 23 年 (地がき後 9 年目) では、約 11,000 本/ha と本数は減少したものの、樹高 130 cm 以上は約 1,700 本/ha が生存していました。

課題終了後 5 年経過した平成 28 年 (地がき後 14 年目) に目視で経過観察を行いました。2 m 近くのササが密生しており、ササの上部に出た枯死木が数本確認できたものの、生存するカラマツは確認できませんでした。

このことから、ササが優先する箇所で天然更新を行う場合、完了基準を達成した後の下刈保育は必須と考えるのが妥当です。

表 VIII-② 2337 への過去の天然更新試験の結果

調査年	カラマツ稚樹(本/ha)			植生-ササ	
	H<30cm	H<130cm	H≥130	高さ(cm)	密度(本/m ²)
H17	62,250	-	-	不明	不明
H20	37,000	29,750	-	不明	不明
H23	4,844	9,219	1,719	69	21
H28	0	0	0	180	45