

カラマツ造林の低コスト化をめざして ～カラマツの天然更新を利用した造林技術の開発～

1. 課題を取り上げた背景

北海道においては、カラマツ伐採面積は年々増加しているものの、伐採後の再造林には多額の経費を要することなどから更新が進まない現状にある。カラマツの造林面積は昭和 40 年代以降急激に減少してきており、資源の将来的な減少が危惧されているところである。

伐採後の再造林をカラマツの天然更新を利用して更新することが可能となれば、低コストな森林育成を図ることができ林業振興への大きな一助となるものと考えられる。

そこで、カラマツ人工林の帯状伐採跡地において、カラマツの天然更新を行うことを目的とした地表処理を実施し、低コスト造林施業としての可能性を追求することを目的として本課題に取り組んできたところである。

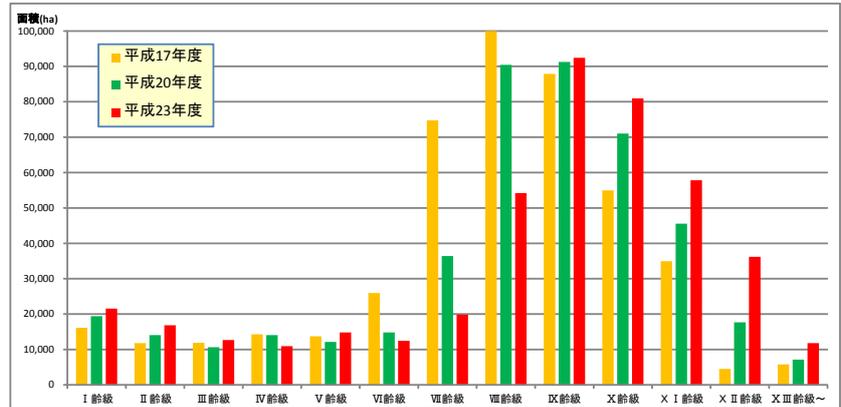


図-1 直近6年間のカラマツ造林面積の推移 (北海道林業統計より)

2. 試験概要

(1) 試験地

位置：上川北部森林管理署 2337 林班へ小班
 // 2337 林班た小班
 植栽年度：へ小班 昭和 37 年度植栽
 た小班 昭和 40 年度植栽
 間伐年度：1 回目 (H9 列状)、2 回目 (H20 定性)
 面積：0.40ha
 標高：600 m
 方位：北西
 傾斜：10 ~ 15 度
 土壌型：B_D型
 下層植生：クマイザサ
 年平均気温：6.1℃ } 近隣の和寒町アメダ
 年最大平均積雪深：108cm } ス観測地点データ

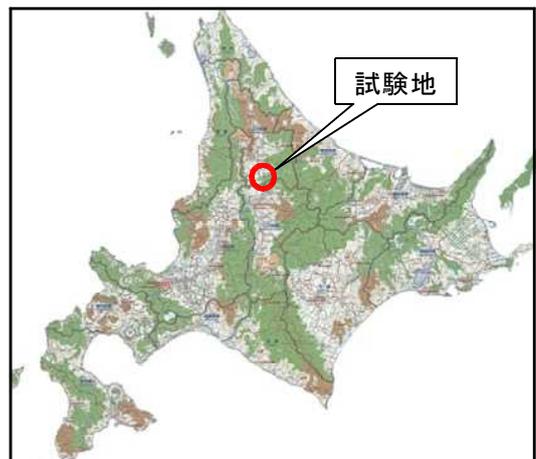


図-2 試験地位置図

(2) 年度別実施計画

年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 試験地設定 初期植生調査 試験プロット地表処理 結実状況調査 	<ul style="list-style-type: none"> 照度測定 更新状況調査 植生回復調査 結実状況調査 	<ul style="list-style-type: none"> 照度測定 更新状況調査 植生回復調査 結実状況調査 分析、取りまとめ

(3) 試験の考え方

カラマツは、一般的に作業道の路肩、土場や集材路跡地などの表土を攪乱した箇所に天然更新しているところであり、雪腐病を防ぐためにも A 層を剥ぎ B 層を露出させることが必要とされている。また、当森林技術・支援センターが実施した「カラマツ林育成技術の検証」課題においても地表処理を行ったことにより旺盛な天然更新が見られたところである。

本試験では、天然更新したカラマツの成長状況を比較するため、2 種類の幅の地がき列を設置し、

下刈をしない地がき列、下刈を実施する地がき列を設定するとともに、ササの回復を遅らせるため側溝を設置する地がき列を設定し、それぞれの更新及び成長状況調査を実施することにより、

- ① 更新面の規模による天然更新状況の比較
- ② 下刈保育の有無によるカラマツ天然更新木の成長比較
- ③ 傾斜の違いによる更新状況の比較
- ④ 側溝を設置することによりササ回復を遅らせる有効性を検証することとした。

また、本試験において行った地がき処理等のコストを元に、現状の植栽経費との比較によりコストの検証を行う。平成 23 年度における地拵から植栽までに要する経費は ha 当たり約 54 万円（消費税込）となっているが、同年度の大型機械地拵作業に要する経費については掻き起こし等の付帯作業を含めると ha 当たり約 35 万円（消費税込）であることから、更新完了までに要する経費を 70 % 以下に削減することができれば低コストとなり得るものとする。

さらに、天然更新により稚樹を育成するには供給種子量が多いことがより有効であり、種子の豊凶が影響するものと考えられるので、周辺カラマツの結実状況について調査する。

(4) 具体的な試験方法

- ① 試験は、10m 幅地がき列、5m 幅地がき列の 2 種類を設置し、それぞれ下刈保育を実施する列、下刈保育を実施しない列を設定する。また、側溝を設置する列を 5m 幅で 1 列設置する。
- ② 各試験列の地表処理はバックホウによる地がきとし、ササ根をはぎ取ることを目的として B 層を露出させる。
- ③ 試験プロットを 2m × 2m の正方形に設定する。試験プロット間の間隔は 3m とする。
- ④ 5m 幅地がき列では左右端 1.5m を残した真ん中に、10m 幅地がき列では左右端 2m をおいて左右に試験プロットを設定する。

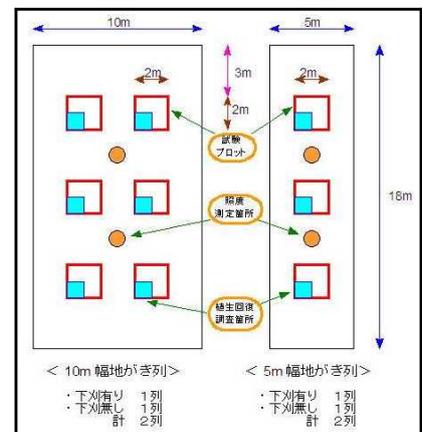


図-3 各列の試験プロット設定図

- ⑤ 側溝を設置する列については、周囲に幅 50cm、深さ 50cm の側溝を作設する。これは、通常、地がき処理を行っても周囲からササ根が伸びて植生が回復し、天然更新木に影響を与えるようなササ根の侵入を抑制する効果を期待するものである。
- ⑥ 地がき処理、側溝作設にかかるコストを取りまとめ、植栽経費との比較検証を行う。

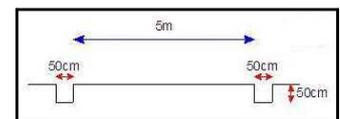


図-4 側溝設置図

- ⑦ カラマツの天然更新調査については、試験プロット内に発生したカラマツの本数を調査するとともに、苗高 5cm 以上のカラマツについては苗高を測定する。
- ⑧ 植生回復調査は下刈保育を実施する列を除く列において、各試験プロット内に 1m × 1m の区画を設定し、区画内のササ、草本類、木本類について調査する。ササは、本数及び高さを調査する。草本類及び木本類は、目視による試験プロット内での占有割合と主な種類を調査する。
- ⑨ 照度調査は、各列の各プロット中心部において測定を行う。測定に際しては、対象地として開空地に 1カ所定点を設置し同時に測定する。
- ⑩ カラマツ種子の結実調査は、シードトラップを設置し落下種子量を調査するとともに、カラマツ標本木を任意に選定し、一枝に球果がどの程度についているかについて調査する。

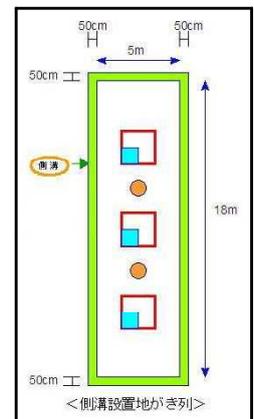


図-5 側溝列設定図

3 平成 24 年度の実施経過

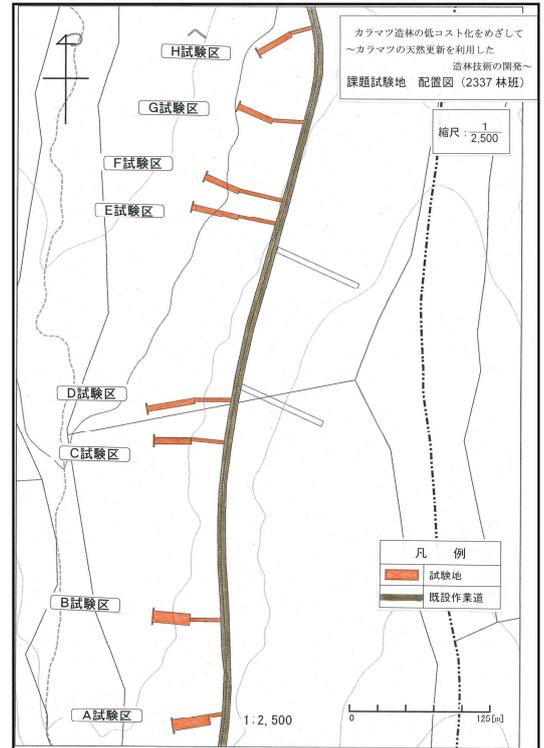
(1) 地がき列の設定

試験設計段階では、10m 幅地がき列は 2 列、5m 幅地がき列についても 2 列、あわせて側溝設置地がき列を 1 列とし、計 5 列とすることをしていたが、現地精査の結果、10m 幅地がき列は 2 列を設定し、5m 幅地がき列については 6 列を設定することができた。

各列の設定状況については（表－1）及び（図－6）のとおりである。なお、H 試験区については予備列としてプロットは設定していない。

表－1 試験列の設定状況

試験列	幅 (m)	長さ (m)	傾斜 (度)	面積 (㎡)	プロット数	周囲側溝	下刈
A 試験区	10	33	6	330	12		○
B 試験区	10	33	8	330	12		
C 試験区	5	33	9	165	6	○	
D 試験区	5	43	11	215	8		○
E 試験区	5	43	12	215	8		
F 試験区	5	33	9	165	6		○
G 試験区	5	33	10	165	6		
H 試験区	5	33	5	165	—		○
				1,750	58		



図－6 試験列設定位置図

(2) 地表処理コスト

① 本試験地の地表処理

本試験における地表処理では、作業面積 0.40ha、機械稼働時間は 44 時間で、機械運搬費を除く作業経費は 383,460 円（消費税込）を要したところである。これを ha 当たり（筋刈 50%として）に換算すると 479,325 円となる。しかし、本試験地では、作設時に作業指示等を行うなど丁寧な作業としたために時間を要してしまっただけでなく、森林作業道から試験地までの作業路の作設、土砂流出防止側溝の作設、C 試験区では周囲側溝の作設を含めたことからかかり増しとなってしまったものである。

44 時間の機械稼働時間のうち、試験地の造成に要した時間は 30 時間程度であるが、通常地表処理においては 24 時間程度で作業を行えるものとする。これを ha 当たり（筋刈 50%として）に換算すると 311,250 円となる。

② 北海道造林事業標準単価

北海道における平成 24 年度造林事業標準単価では、機械地拵による地表処理では ha 当たり 275,881 円（消費税込）を要する。

これに対して、同単価での植付までを含めた費用は ha 当たり 493,407 円（消費税込）を要しており、地表処理経費と比較し 179%が必要となっている。

③ 地表処理のコスト

北海道造林事業標準単価での地表処理経費を比較すると、植付までを含めた経費のおよそ 56%で更新をさせることが可能である。

また、本試験地での地表処理工程から推測した ha 当たり地表処理経費と、北海道の植付までを含めた経費を比較すると、およそ 63%での更新が可能と考えられる。

(3) 結実状況調査

平成 23 年度はカラマツ結実状況は豊作であったところであり、平成 24 年 5 月に確認したときには、(図-7) のように雪上に着果した枝が多数落枝散乱しているのが見られた。

しかし、平成 24 年度のカラマツ種子結実状況は凶作であり、本試験地の人工林においても着果している枝は見られなかった。本試験において結実状況調査として、A ~ G 試験区にそれぞれ各 1 本結実状況調査木を設定したが、これらにおいても着果は見られなかった。(図-8・9)



図-7 落枝した着果枝 (24 年 5 月 8 日)



図-8 D 試験区の結実状況調査木



図-9 結実状況調査枝 (拡大 H 24 年度)

4 平成 25 年度の実施経過

(1) 結実状況調査

平成 25 年度のカラマツ種子結実状況あるが、6・8 月頃の着果状況ではある程度見られ期待されたが種子の結実までには十分には到らなかった模様である。(図-10、図-11)



図-10 へ小班の着果状況 (平成 25 年 6 月 11 日)



図-1 1 へ小班の着果状況（平成 25 年 8 月 5 日）

また、A～E 試験区にシードトラップ（図-1 2）を設置し、種子の落下状況について調査をした。シードトラップの設置は、6 月上旬に行い、回収は 10 月下旬に行った。

その結果、

- ① A 試験区では、カラマツの種子が 3 粒、カンバ類の種子が 40 粒程度、草本類の種子が少量あった。
- ② B 試験区では、カンバ類の種子が 40 粒程度、キハダ 1 粒、草本類の種子が少量であった。
- ③ C 試験区では、カラマツの種子が 2 粒、カンバ類の種子が 230 粒及び草本類の種子が少量あった。
- ④ D 試験区では、カラマツ 10 粒程度、カンバ類の種子が 600 粒程度、草本類の種子が少量あった。
- ⑤ E 試験区では、カンバ類の種子が 60 粒あった。



図-1 2 シードトラップ（B 試験区）

となっており、カラマツ種子は若干数見られたところである。

また、図-1 3 に見られたシカの被害にあったシードトラップ（E 試験区）もあったところであり、獣害の影響もあったと考えられる。

これらのことから、25 年度のカラマツ種子結実状況は凶作であるという結果となった。

24 年度はカラマツの種子が全く見られなかったのに対し、25 年度はある程度のカラマツの種子が見られたところではあるが、種子量はわずかでカラマツの結実状況は良くなかったところである。

松かさの中の種子の結実状況も今後確認すると共に 26 年度の種子の結実に期待することとしたい。



図-1 3 シカの被害にあったシードトラップ（E 試験区）

(2) 更新状況調査

更新状況調査の調査列ごとの天然更新樹種別本数割合は（グラフ1）とおりでである。

カラマツの天然更新は、種子の不作の影響を受け、E区（67本中1本（1.5%））、F区（94本中1本（1.1%））のみとなっており、その他発生している主要樹種は、ウダイカンバ、キハダ、ヤナギとなっており、A区ではキハダ（26本中25本（96%））、D（215本中152本（70%））、E、F区ではウダイカンバ、G区ではヤナギ（82本中40本（49%））の割合が高い。

当初の目的であるカラマツの天然更新が種子の凶作の影響を受け、ほとんど発生していないのが現況であり、種子の豊凶の影響が大きく天然更新の結果に反映されている。B、C区については更新の発生が見られなかったところである。

調査列ごとの ha 当り天然更新本数については、（グラフ2）とおりでである。

更新が期待されたカラマツの更新については、前述のとおり種子の凶作を受け、E区で ha 当り 300 本程度、F区で ha 当り 400 本程度の発生にとどまっております（調査列平均 ha 当り 100 本程度）、その他の試験区ではカラマツ稚樹の発生が見られていない状況である。発生が多いのは、ウダイカンバ（D区 ha 当り 47,500 本、調査列平均 ha 当り約 15,000 本程度）、キハダ（D区 ha 当り約 12,000 本、調査列平均 ha 当り約 4,500 本程度）、ヤナギ（G区 ha 当り約 16,700 本、調査列平均 ha 当り約 4,000 本程度）となっている。

カラマツの天然更新については、カラマツの種子の豊凶が大きく影響することから、自然条件に左右されることが言える。

(3) カラマツ天然更新の問題点

6月下旬にカラマツ天然更新箇所に着果状況と7月下旬に稚樹の更新確認を実施。

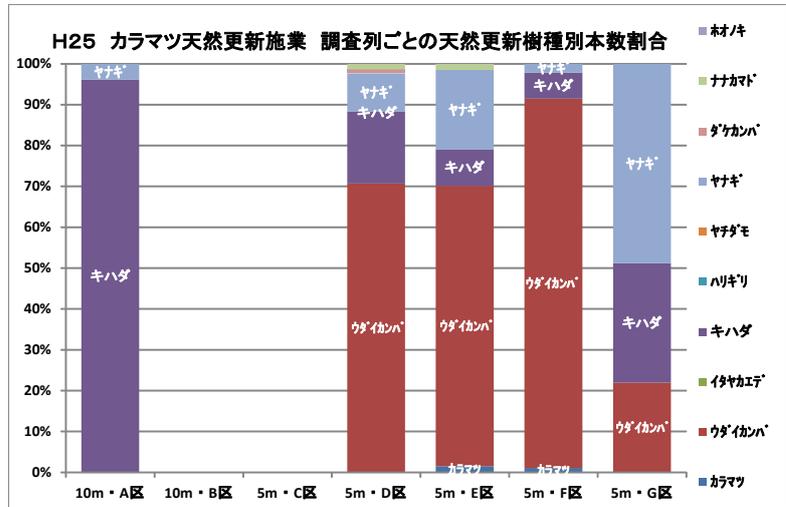
平成24年（一昨年）は着果がほとんど確認されず凶作であったが、平成25年（昨年）は比較的目につく状態ではあった。着果標準木も a 区では着果していたが c 区では確認できなかった。その他列でも標準木以外での着果を確認した。



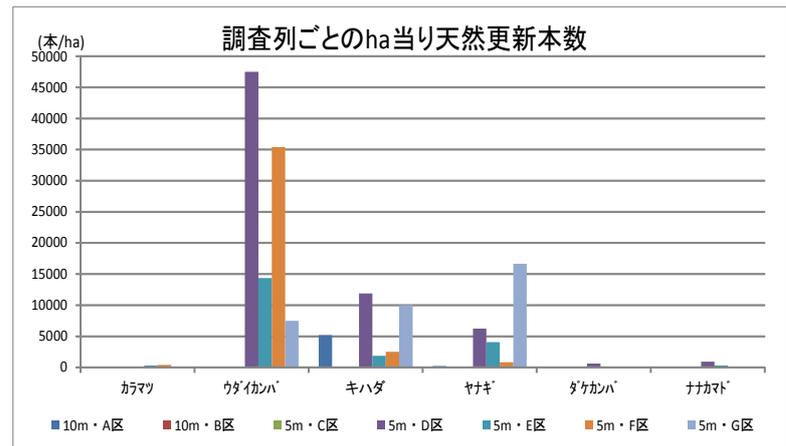
図-14 成熟中のカラマツの松かさ（球果）

更新の状況が確認されたものはプロット外の林縁側がほとんどで、上部に母樹の枝が張り出している箇所のみであったことから、種子落下後に枝に残存したものが着雪で散布されたものではないかと考える。

試験開始の初年度の試験地造成の地がき作業の入札が不落となったことから実際の施工は平成24年



グラフ1 調査列ごとの天然更新樹種別本数割合



グラフ2 調査列ごとの天然更新本数 (ha 当り)

9月15～18日となった。シードトラップの設置は10月3日から行ったが、おそらく種子の落下は9月初め頃より起こったのではないかとと思われる。

このため不作で種子の供給が少ない所に、種子落下以後に造成を実施したためこのような結果となったのではないかと推測したものである。

このことから、天然更新については、種子の結実落下時期にあわせて、地表処理（地がき）の時機を逸しないようにすることが極めて肝要である。



図-15 発芽したカラマツ更新稚樹

5 平成26年度の実施経過

(1) 結実状況調査

平成26年度のカラマツ種子結実状況であるが、7月頃の着果状況は樹木間でばらつきはあるものの、昨年より多い状況で、種子の結実までにある程度は到った模様である。(図-16)



図-16 へ小班の着果状況（平成26年6月9日）

また、A～E試験区にシードトラップを設置し、種子の落下状況について調査をした。

シードトラップの設置は、6月上旬に行い、回収は10月上旬に行った。

その結果、

- ① A試験区では、カラマツの種子が1粒、カンバ類の種子が10粒程度、草本類の種子が少量あった。
- ② B試験区では、カラマツの種子が1粒、カンバ類の種子が170粒程度、草本類の種子が少量あった。
- ③ C試験区では、カラマツの種子が9粒、カンバ類の種子が50粒程度及び草本類の種子が少量あった。
- ④ D試験区では、カラマツ3粒程度、カンバ類の種子が230粒程度、草本類の種子が少量あった。

⑤ E試験区では、カラマツ 10 粒程度カンバ類の種子が 190 粒程度あった。となっており、カラマツ種子は若干数見られ昨年よりは多く見られたところである。

これらのことから、本年度のカラマツ種子結実状況は並作の下～凶作であり、平成 24・25 年 2 年連続の凶作という状況から本年は改善されたところである。

秋に結実があったようであるので、来年度の種子は期待できると考えている。

(2) 更新状況調査

更新状況調査の調査列ごとの天然更新樹種別本数割合は(グラフ1)とおりである。

カラマツの天然更新は、当初の目的であるカラマツの天然更新が種子の凶作の影響を受け、昨年度はほとんど発生していなかったが、今年度はかなり発生しており改善が見られているところである。A区(204本中101本(49.5%))、G区(533本中189本(35.4%))で、全体の平均ではカラマツの更新本数割合は約18%(5,378本中970本)となっており、昨年(全体で2本のみ発生)と比べると大幅な増加となっており、今後に期待出来る結果となっている。

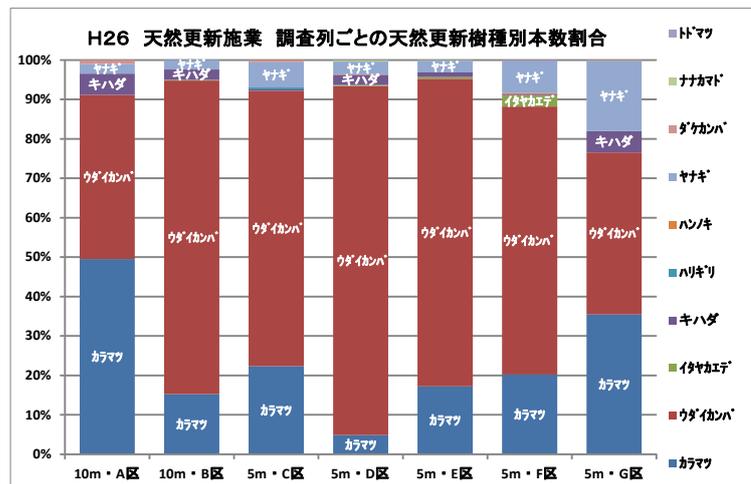
その他発生している主要樹種はウダイカンバ、ヤナギ、キハダとなっており、全体でウダイカンバ(3,989本(74.2%))、ヤナギ(263本(4.9%))、キハダ(118本(2.2%))となっている。

調査列ごとの ha 当り天然更新本数については、(グラフ2)とおりである。

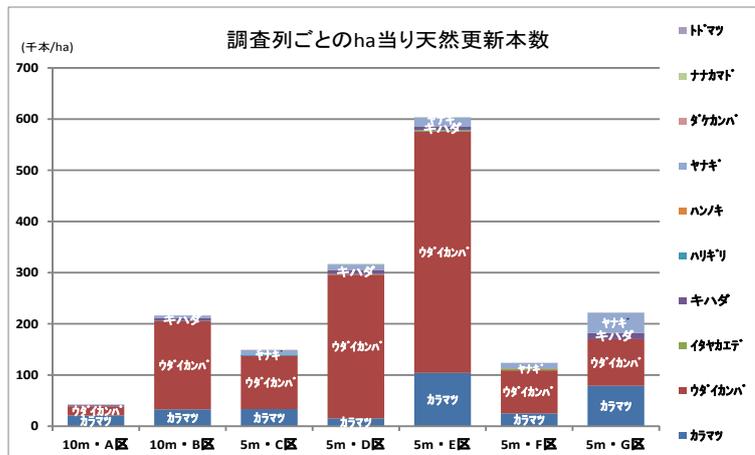
カラマツの更新本数についても昨年と比較し、かなり改善されており、E区 ha 当り約 104 千本、G区 ha 当り約 79 千本、調査列平均では、約 44 千本発生しており、来年度以降の成長に期待出来る結果となった。

その他の発生で多いのは、ウダイカンバ E区 ha 当り約 471 千本(調査列平均約 174 千本)、ヤナギ G区 ha 当り約 40 千本(調査列平均約 12 千本)となっている。

なお、今年度プロット調査地内に発生したカラマツの更新稚樹に関しては、今後の成長や生存状況の経過を観察するため、発生稚樹毎に黄色の調査札を付けたところである。(図-1 7 写真参照)



グラフ1 調査列ごとの天然更新樹種別本数割合



グラフ2 調査列ごとの天然更新本数 (ha 当り)



図-17 プロット内に更新したカラマツ



図-18 カラマツの2年生稚樹

(3) 植生回復調査

調査結果(グラフ3)をみると、5m幅列での植生がC試験区を除き、D～G試験区で草本類やイチゴ等回復傾向が見られる。

10m幅列での植生はA,B試験区共に低い結果となっている。

ササ高については、5m幅列のG試験区を除き、10m幅列の方が5m幅列より高い傾向にある。

これはカラマツの列幅が広がっているためと考えられる。

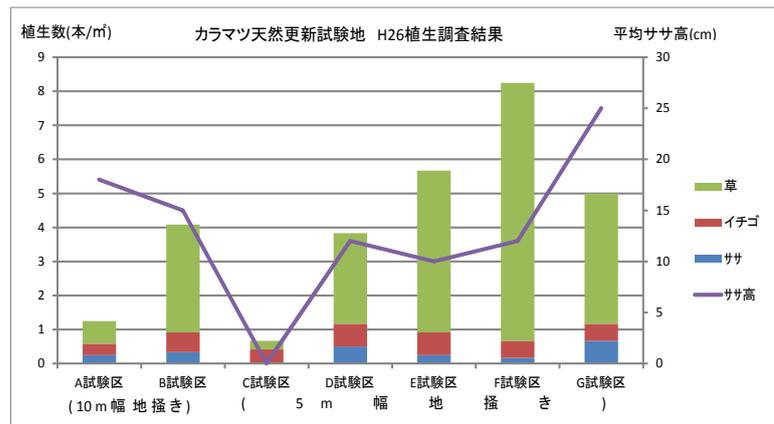
5m幅列のササ高はC、G試験区を除き、10cm強となっている。

調査が地表処理後の翌々年(2年後)であり、B層まで剥いでいることからササ、草本類とも余り発生しておらず、植生密度も低いことから天然更新の環境は保たれていると考えられる。ただし、E～G試験区については、草本類の回復が見られること、また、G試験区で若干ササの回復があることから、今後、被圧等の影響などカラマツ稚樹の状況との関係を注視していく必要があると考えている。

下刈を行った試験区は、A,D,F試験区であるが初年度においては植生の回復との相関は見られず、B層まで地表を剥いだ強度の地表処理では、下刈の有無の影響はなかったと言えると考えられるが、2年目においてF試験区において植生の回復が見られることから今後の状況を見ていく必要があると考えている。

また、側溝を設置することによりササ回復を遅らせる有効性を確認するC試験区については、ササの発生が見られていないことからある程度ササの発生の抑制効果があったと思われる。来年度以降の発生状況を見ていきたい。

今後、来年度以降、ササや草本類等がどの程度回復していくのか、それが更新に与える影響について今年度カラマツの稚樹が多く発生していることから注視する必要があると考える。



グラフ3 調査列ごとの植生調査結果



図-19 プロット内の植生回復状況 (D試験区)



図-19 プロット内の植生回復状況 (E試験区)

(4) 照度測定結果

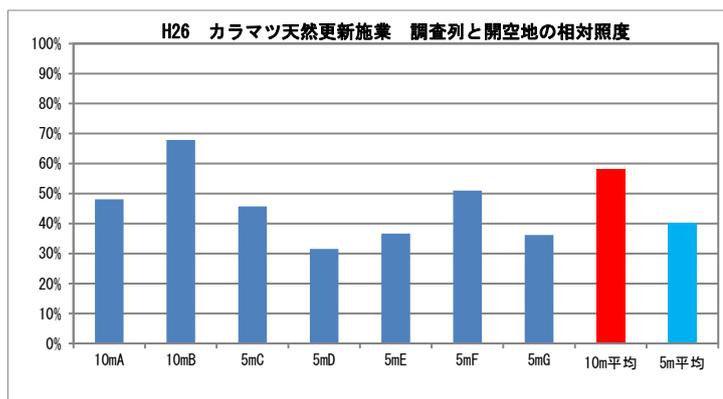
照度調査は、各列の各プロット中心部において測定を行う。測定に際しては、対象地として開空地に1カ所定点を設置し同時に測定した。測定結果（グラフ4）については、以下のとおりである。

10m 幅列 A,B 試験区については、開空地と比較し約 60%の相対照度となった。

また、5m 幅列 C～G 試験区については、開空地と比較し約 40%前後の相対照度となった。

10m 幅列の方が 5m 幅列より約 20%相対照度が高い結果となっている。これは、幅列が広いためと考えられる。

今年度の更新状況・植生回復状況の調査結果では幅列の違いによる差については確認出来なかったところであるが、今後の更新状況・植生回復状況の調査結果を勘案しながら最も適した伐採幅がどの程度が適切なのか、考察する必要がある。



グラフ4 調査列と開空地の相対照度

6 カラマツ人工林の天然更新について(文献等より当センターでまとめたもの 参考)

カラマツ天然更新の事例は、道路の法面、集材路跡地、土場跡地、宅地造成地、採石跡地などに良く見られる。また北海道各地にカラマツ天然更新の事例が報告されており、掻き起こしによる天然更新補助作業実行の報告等もあるが、天然更新による二代目人工林造成や、また面積的に纏まった天然更新による成林事例は必ずしも多くはない。

【成功事例】

- 成功事例で共通するのは、地拵えをブルドーザレーキやバックホウバケットで行った結果、
- ・ 掻き起こし作業と同様に鉬物質土壌が露出するような攪乱があったことと、
 - ・ 皆伐跡地のため光要求の高いカラマツの更新に適した環境条件が作られたことに加えて、カラマツの種子の豊作と芽生えの定着段階で草本類との競合がなかったことである。天然更新したカラマツの密度調整の作業（刈払い）の実施も検討する必要がある。
 - ・ カラマツ種子の凶作のために更新に失敗した後を人工播種し、2代目更新完了の目安を 20cm 高の㎡当たり 1本として、播種後 3～4年後の達成された例もある。（播種も失敗の場合は植込を検討）

【失敗事例】

表土の掻き起こしが浅かったため、草本類の回復が早くて発生した芽生えが被圧され、更新木が皆無になった例もある。

掻き起こしによる天然更新試験を行い、掻き起こしによる成林は十分期待でき、事業コストでも再造林の 60%程度であり、緩斜地でブルドーザレーキやバックホウバケットの使用可能な箇所については、掻き起こしによる次代更新を検討してもよいとしている。

【カラマツ天然更新の条件】

カラマツが天然更新、定着するためには次のような諸条件が必要である。

- ① 掻き起こしは林地の Ao 層、A 層を除去し B 層（鉬物質土壌）を露出させる程度の深い地表処理が必要である。また、土壌の流出に配慮すること。
- ② 種子の豊作に合わせること。地表処理した数年内に母樹の豊作結実があること。（凶作年には地表処理（表土除去）は行わない、カラマツの結実には周期性があり、カラマツ豊作は 4～5年あるいはなお長期の繰返年をもち凶作には皆無の年が多い）
- ③ 凍上による稚苗の枯死を避けるため降雪地帯では初冬期の積雪による凍上の抑制が必要である。
- ④ 芽生えの定着には栄養供給のために地温 7℃以上に達する条件が重要である。
- ⑤ 更新稚樹が大型草本類や他樹種更新木との競合に勝る生長、更新本数が必要である。
- ⑥ 伐採幅は照度確保の観点から伐採木の樹高程度が必要。

以上のようにカラマツの天然更新を図る場合、母樹の結集の予測の問題や、重機による地表処理への地形、傾斜、面積規模等の制約などがあり、更新技術の確実性はあまり高くないのが現状であるが前述の成功事例、カラマツ天然更新の条件などを考慮し施業する事が肝要である。

7 考察・まとめ

植栽による更新と比較して、天然更新は、造林コストの削減が可能であり、伐採作業と並行して地拵、植付を行う一貫作業システムが取り入れられれば、本試験のような地表処理を行った場合においても総トータルコストの削減につながるものと考えられる。

昨年度（H25）の実施結果を見ると、カラマツの種子の凶作の影響で更新状況が良くないという結果となり、その年の自然条件に大きく左右されると思われたが、今年度（H26）については、結実状況があまり良くない状況下にもかかわらず、ある程度カラマツ更新が見られたところであり、今後に期待出来る結果となった。

天然更新を行う場合は、春から初夏にかけ着果状況を見極め、豊作が予想される場合は、種子が落下する前に早めの地がき（8月中旬～9月初旬頃）を行うことでその翌年度の稚樹の発生を多く期待出来ると思われる。

特に、針葉樹の更新にあっては豊凶年の周期を予測する必要がある。種子の豊凶により事業を行うことは難しいので、結実促進（環状剥皮など）を行うことも検討する必要があると思われる。

また、A層を剥ぎ取り B層を露出させたことにより、ササ・草本類の回復が遅く、今後発生したカラマツの樹高が下刈を要する前にササ高を超えることも考えられることから、下刈コストの削減についても視野に入れ今後検討していく必要がある。

更に、A層を剥ぎ取り B層を露出させた地拵えを行った後、本試験では2年目までは多少の草本類、ササの回復が見られたものの、更新に大きな影響はなく、地がき後3年程度は有効であるものと推測される。

更新後については、広葉樹が優先してしまう事例やカンバ類との混交林化になることが多いので、地拵え終了後カンバ類の成長の度合いにもよるが4～5年後を目安にカンバ類の除伐や植生の刈出しが必要になると思われる。

事例によるとカンバ類の成長が早く旺盛なため競合するカラマツがカンバに被圧され、更新木の減少が見られる箇所が多いようである。このように今後どのような基準で実施していくか育成保育手法についても検討していきたい。

本試験の試験期間は平成26年度までであるがカラマツ天然更新手法の開発のひとつとして、来年度以降についても現地を確認し、設定した各プロットの状況について引き続き調査する考えである。

来年度以降カラマツ種子が豊作でカラマツの天然更新が順調に進むよう大いに期待しているところである。本課題がカラマツ天然更新に向けてのひとつの指針となれば幸いである。