

## 様式6-3

## 平成30年度 交付金プロジェクト研究課題 終了評価結果

**課題名** : トドマツ人工林主伐に対応した低コスト天然更新施業・管理システムの開発  
**主査氏名(所属)** : 河原孝行(北海道支所)  
**担当部署** : 北海道支所、植物生態研究領域、森林植生研究領域、九州支所、研究ディレクター  
**参画機関** : なし  
**研究期間** : 平成27～30年度

## 1. 目的

北海道内の主要造林樹種であるトドマツは伐期を迎えつつあり、材腐朽の顕在化もあって速やかな主伐―再造林が求められており、更新初期コストのより劇的な低減が必要となっている。そのため、①トドマツ人工林主伐跡地においてカンバ類の確実な天然更新を得るための地がき方法等を開発するとともに、②地がきによってあらわれる地力、土砂流出、残存トドマツ人工林根系、生物多様性への影響を評価したうえで最適な施業方法を提案する。また、③トドマツ人工林内における天然更新樹が、上木の伐採によって受ける生理応答を解明して適切な伐採方法を示し、周囲植生高より高い更新樹のおおむね1500本/ha以上の残存を目指す。そして、④これらを統合してトドマツ人工林主伐後林分に地がきおよび天然更新施業を適切に配置できる選択意志決定ツールを開発し、適用地の初期更新(地拵～下刈)コストを8割以上削減する。

## 2. 全期間における研究成果の概要

## 1) 終了年度の成果の概要

恵庭調査地において地がき後2年目における稚樹および植生の調査を行った。これまで行った4カ所(歌登、下川、留萌、幾寅)の調査地と同様にカンバ類の稚樹密度は2万本/ha程度で、更新にとって十分な密度ではない可能性があり、母樹が少ないことによる種子の散布数不足が理由として考えられた。このため、更新を成功させるためには、林況により播種、刈出し作業が必要である。

伐採後の光条件とトドマツ稚樹の生残率の関係を調べることで、日射量と日陰の時間からトドマツ稚樹の生存率を推定する式を導き出した。保残木の配置を変化させた場合の日射量と日陰の時間を算出し、推定式によりトドマツ稚樹の生存分布を予測することで、トドマツ前生稚樹を生かすための保残木の配置についての提案ができた。

地がきによって成林したダケカンバ林32カ所の調査データを用いて、最もあてはまりが良かったRichards関数により地位指数曲線を作成した。この地位指数曲線による地位が最も高い地点と低い地点の林分調査データを用いて素材収入を算出し、主伐費、育林費から収支計算を行った。この結果とトドマツ人工林経営評価マップの収支(伐期40年)を比較した結果、ダケカンバ林の林齢40年で地位が最も低い場合(SI14)は、十勝地域など一部を除きダケカンバ林が経営上有利であり、地位が最も高い場所(SI18)で60年生まで待つと、全ての地域でトドマツ人工林よりダケカンバ林の方が有利になる可能性が示された。これは、ダケカンバ材がトドマツ材に比べ径が太くなるほど価格が上昇する度合いが大きいためと考えられた。トドマツの天然更新が見込めるミヤコザサ地帯において、トドマツ天然更新林の収穫予測結果(道総研人工林収穫予測ソフトの最高密度、無間伐で適用)により素材収入を算出し、主伐費、育林費から収支計算を行って、トドマツ人工林経営評価マップの収支と比較した。その結果、40年生ではほとんどの地域でトドマツ天然更新施業が有利となり、伐期を60年に延長するとその利益差が大きくなった。これはトドマツ天然更新施業林では初期造林費用(植栽、下刈など)が省略されるためであり、さらに60年生の天然更新林分では、利用径級をこえる径級の大きいものが増えるためと考えられた。

また、全体の研究成果を普及するためのマニュアルを作成した。

## 2) 初期の計画に対して得られた全期間の成果の概要

①5カ所の地がき調査地における2年目の稚樹数、植生、周囲母樹の配置状況の調査結果を用いて、パス解析を行った結果、地がきは草本やイチゴ類などの植生回復を抑制し、カンバ類稚樹数を増加させる効果があるが、一方で植生が高くなるほど稚樹数を減らすことが示された。また、カンバ類の成木からの距離が遠くなるほど、カンバ類稚樹数が減少することが示された。今回の5カ所の調査地におけるカンバ類の稚樹密度は2万本/ha程度で、地がき後2年目の時点ではあるが、

更新にとって十分な密度ではない可能性がある。その要因としては、林内および周囲のカンバ母樹が少ないことによる種子密度不足や更新初期における大型草本などの繁茂が考えられた。このため、更新を成功させるためには、状況の観察により適時に播種や刈出し作業を実施する順応的管理が必要である。

- ②地がきによる表層土壌変化を把握するために幾寅、恵庭調査地において土壌断面形態を観察した結果、場所によっては10cm程度表層が除去されていたが、全体としては深い土壌攪乱とはなっておらず、下層での圧密もみられなかった。また、過去の様々な時期に行われた筋状地がき林分で、地がき帯と残し帯の土壌の理化学性を調べ、これらを地がき後の経過年数で並べることで、時間経過に伴う土壌の変化を推定した（クロノシーケンス法）。その結果、細土容積重（土壌の硬さの指標）も全窒素濃度（養分の指標）も、林齢に伴う変化は認められず、地がき後40年程度は土壌に対する地がきの影響が残るとみられた。また、火山灰の有無で土壌に対する地がきの影響程度が異なる可能性が示唆された。地がき作業地からの土砂の発生、流出量について幾寅調査地で調べた結果、地がき後2～3年で急減し、渓流水中の土砂濃度のピーク値が低下することわかった。これは地がき面での植生回復や周囲からの落葉供給等による表面被覆により土壌浸食が抑制されたためと考えられた。幾寅、恵庭調査地など地がき地に隣接するトドマツ立木の根系損傷被害を調べた結果、傷から幹までの距離、胸高直径、地がき深さの3因子が根の損傷発生に影響していることが明らかとなり、ロジスティック回帰による一般化線形モデルによって地がき面をトドマツ林から離す距離を示すことができた。地がきによってトドマツ人工林に広葉樹混交させることによる昆虫への影響を定山溪国国有林などの調査によって明らかにした。その結果、カミキリムシ類とハナアブ類では多様性の変化傾向は異なっていたが、両者を考慮すると、疎林とならないよう地がき更新を成功させ、トドマツ人工林にカンバを混交させていくことが昆虫多様性を高めるために重要と考えられた。
- ③標茶雷別のトドマツ人工林更新試験地において調査を行った。上木伐採後のトドマツ前生稚樹の光環境変化、水分特性、強光阻害を測定し、枯死要因を明らかにした。その結果、採取した葉が褐変したトドマツ前生稚樹と正常な個体との水分状態の違いはほぼない一方、上木の伐採強度が強いほど光阻害の程度が大きくなること、日射を多く受ける個体ほど当年枝の成長が抑制される傾向がみられた。これらのことから、トドマツ前生稚樹の枯死の主要因は水分状態の悪化ではなく、強光阻害であることがわかった。さらに、伐採後2年目の追跡調査の結果、強光環境で形成された一年生枝では、前年春に皆伐区で見られた光阻害は認められず、強光環境へ順化していることが示唆された。全体として伐採率が高く、明るい環境ほど当年枝の成長がよくなる傾向が見られたが、皆伐区内で比較を行うと、光阻害により二年生葉が脱落している個体ほど、当年枝の成長が悪い傾向があり、二年生葉からの窒素栄養の供給が伐採後2年目の当年枝の成長に影響を及ぼす可能性が示唆された。以上の結果より、保残木により日射量を減らして光阻害を回避することが、トドマツ天然更新の成功に重要であることが示唆された。また、日射量と日陰の時間によるトドマツ稚樹生存率推定式から、保残木の配置を変化させた時の稚樹生存分布を予測し、トドマツ前生稚樹を生かすための保残木の配置について提案した。
- ④国有林・民有林におけるトドマツ人工林の林分データ1112地点と環境要因から北海道内におけるトドマツ人工林の地位推定モデルを作成した（空間解像度1km、決定係数0.90）。気候や地質的には温暖で夏期降水量が多い場所、地形的には北東斜面が特に好適であることが明らかになった。一方で、低温かつ乾燥した地域や、地形的に水が集まりやすく過湿になりやすい場所は不適なことが示された。そして、これらの結果を用いて道内の地位指数マップを作成した。また、この地位指数を用いて素材収入、主伐費、育林費を算出して収支計算を行い、伐期を40年としたトドマツ人工林経営評価マップを作成した。この経営評価マップを利用して、トドマツ人工林とダケカンバ林、トドマツ天然更新林の収支を比較することにより、地域における適切な施業法の選択が可能となるツールが開発できた。

### 3) その他、特筆すべき成果の概要

地がき試験を行った幾寅、恵庭調査地における大型機械による地がき作業の工期調査から、地がきの作業効率、作業手順が大きく影響しており、レーキで地表を剥いてからグラップルで表土を戻しつつササの根等の残渣を外に出す方式の効率が良く、表土戻しの程度が効率に大きく影響した。また、地がき幅が5mのときに最も作業効率が高くなることがわかった。過去の筋状地がき実行地での林分調査と併せ、微地形と更新位置の計測を行った。その結果、林分によっては残し帯に更新している場合があり、地がきが深いことによる堅密な土の上の滞水と残し帯への盛り土（マウンド）

などが影響していると考えられた。

### 3. 全年度の発表業績

- 倉本恵生、伊東宏樹、関剛、津山幾太郎、石橋聡. トドマツ人工林主伐後の重機による地表処理における処理幅と作業方向による作業効率と植生除去効果の違い. 森林利用学会誌, 33, 1, 5-13, 2018.01、査読有 Mitsutoshi Kitao(北尾光俊)、Hisanori Harayama(原山尚徳)、Qingmin Han(韓慶民)、Evgenios Agathokleous(森林総研PD)、Akira Uemura(上村章)、Naoyuki Furuya(古家直行)、Satoshi Ishibashi(石橋聡). Springtime photoinhibition constrains regeneration of forest floor seedlings of *Abies sachalinensis* after a removal of canopy trees during winter. Scientific Reports, 8, 6310, 2018.04、査読有 Mitsutoshi Kitao(北尾光俊)、Satoshi Kitaoka(北岡哲)、Hisanori Harayama(原山尚徳)、Evgenios Agathokleous(森林総研PD)、Qingmin Han(韓慶民)、Akira Uemura(上村章)、Naoyuki Furuya(古家直行)、Satoshi Ishibashi(石橋聡). Sustained growth suppression in forest-floor seedlings of Sakhalin fir associated with previous-year springtime photoinhibition after a winter cutting of canopy trees. E European Journal of Forest Research, 138, 143-150, 2019.01、査読有 橋本徹、相澤州平、伊藤江利子. グラップルレーキによる地掻き後の土壌断面形態. 北方森林研究, 64, 53-56, 2016.02、査読有 橋本徹、相澤州平、伊藤江利子、倉本恵生. グラップルバケットによる地掻き後の土壌断面形態. 北方森林研究, 65, 69-72, 2017.02、査読有 橋本徹、伊藤江利子、梅村光俊、古家直行、辰巳晋一、石橋聡. 筋状地がきで更新したダケカンバの立木位置と微地形の関係. 北方森林研究, 67, (印刷中), 2019.02、査読有 伊藤江利子、橋本徹、相澤州平. 地がきカンバ更新地における表層土壌容積重の回復過程. 北方森林研究, 66, 97-100, 2018.02、査読有 伊藤江利子、橋本徹、相澤州平、石橋聡. 北海道における地がき更新補助作業と今後の課題. 森林立地, 60, 2, 71-82, 2018.12、査読有 伊藤江利子、橋本徹、相澤州平、古家直行、石橋聡. 筋状地がき地におけるカンバ類の更新位置. 森林総合研究所研究報告, 18, 2, (印刷中), 2019.06、査読有 延廣竜彦. 上川南部のカラマツ林で行った地がき施業が土砂発生量・流出量に及ぼす影響. 北方森林研究, 65, 79-80, 2017.02、査読有 山口岳広、足立康成(石狩地域森林ふれあい推進センター)、新井田和彦(北海道森林管理局). 非破壊的腐朽探査機器を利用したトドマツ高齢人工林の腐朽被害実態把握-北海道内の国有林における事例-. 北方森林研究, 64, 37-40, 2016.02、査読有 山口岳広. 列状間伐を行なったトドマツ林分における幹損傷被害の実態. 北方森林研究, 65, 55-58, 2017.02、査読有 山口岳広. 過去の伐採・搬出作業による攪乱がトドマツ人工林の腐朽被害に与える影響. 北方森林研究, 66, 87-90, 2018.02、査読有 山口岳広. 林業機械の林内走行で生じるトドマツの地表部根系損傷リスク評価. 北方森林研究, 67, 75-78, 2019.02、査読有 山口岳広. 非破壊的腐朽探査機器を用いて北海道内国有林のトドマツ人工林収穫試験地における腐朽被害実態を調べる. 北方林業, 67, 3, 105-108, 2016.10、査読無 石橋聡、古家直行. 大正時代末期に天然更新したトドマツ一斉林の推移と現況. 北方森林研究, 66, 83-84, 2018.02、査読有 石橋聡、古家直行、佐々木尚三、高橋正義. 東大雪天然林における風倒後 60 年間の動態. 森林総合研究所研究報告, 17, 1, 83-88, 2018.03、査読有 石橋聡. 北方森林の天然更新力を活かす地がき. 森林技術, 920, 8-11, 2018.11、査読無 石橋聡、古家直行、伊藤江利子. 上士別地がき更新地. 北方林業, 70, 1, 37-36, 2019.01、査読無 石橋聡、古家直行、辰巳晋一. 北見地方天然林における洞爺丸台風風倒後の長期林分動態. 北方森林研究, 67, 61-62, 2019.02、査読有

### 4. 評価委員氏名(所属)

黒丸 亮 (北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場専門研究員)

## 5. 評価結果の概要

本課題は、トドマツやカンバ類の天然更新を活用するための適正な扱いを天然林ではなく、人工林で実証しようとする前例のない試みであり、国有林との連携による事業規模での試験実施は、研究成果を現場に即還元できる効率性の点で評価したい。トドマツ天然更新木の活用に関しては、上木伐採による前生樹衰退の原因が強光阻害であることと回復経過を明らかにしたこと、さらに対策検討を可能にするための手法を提示したことは高く評価できる。トドマツ人工林の経営評価に関しては、今後急増するであろうトドマツ人工林更新方針策定にあたって貢献できる成果である。事業規模での同一の試験地に多分野の研究者が取り組む体制は、森林・林業研究にとっては、人材育成上極めて効率的なものであり、この点に関しても評価したい。

## 6. 評価において指摘された事項への対応

地がきによるカンバ類の更新に関して、地がき実施後2年目で今後のモニタリングが重要との指摘があり、関連課題においてモニタリングを継続し、結果をとりまとめることとする。