

様式6-3

令和元年度 交付金プロジェクト研究課題 終了評価結果

課題名 : 資源と需要のマッチングによる北海道人工林資源の保続・有効利用方策の提案**主査氏名(所属)** : 古家直行(北海道支所)**担当部署** : 北海道支所、林業工学研究領域、関西支所**参画機関** : なし**研究期間** : 平成29～令和元年度**1. 目的****1) 全期間を通じての達成目標**

- ① カラマツ林業地において、苗木供給が慢性的に不足している状況を踏まえ、より必要性が高い林分から優先して資源の回復が図られるよう、地点ごとの林業の収益性を示す。
- ② トドマツ林業地において、資金不足を主因として工場建設が進まない現状を踏まえ、需要が乏しい地域への工場の立地を促すため、投資判断に資する基礎情報として、調達コスト別の資源状況・伐採動向を示す。
- ③ ①、②をもとに、資源と需要のマッチングによる北海道人工林資源の保続・有効利用に向けた提言を取りまとめる。

2) 当年度の研究計画(達成目標)

- ① 条件別素材生産費の解明に引き続き取り組む。年度半ばをめぐりに中間結果をマップ作成担当に受け渡す。将来予測に向けたシナリオ作成の参考とするため、林業・素材生産業関係者に対し、伐出条件変化に関する意向調査を行う。
- ② 「地位指数マップ」「伐採地マップ」の作成を引き続き行うとともに、他の担当から受け取った中間結果を組み込み、「収益性マップ」のプロトタイプを作成する。また、「現況資源マップ」と「伐採地マップ」を、それぞれ「収益性マップ」と重ね合わせ「収益性を反映した現況資源マップ」「伐採動向マップ」のプロトタイプを作成する。一部地域を抽出して現地調査や統計・資料、空中写真を用いた分析を行い、精度検証とともに研究を精緻化する。
- ③ 伐採地～素材需要地間の距離の把握、林産企業の設備投資に係る意向調査を引き続き行うとともに、前者については、年度半ばをめぐり中間結果をマップ作成担当に受け渡す。

2. 全期間における研究成果の概要**(研究内容1 関連)**

・林業事業者への意識調査で、国有林では伐採地の奥地化が進行しているという意見が多く、また、民有林では奥地化に関して地域によって実感が異なる意見が寄せられた。ある事業者の意見として、もともとの地利条件が良い地域を対象としている事業者では奥地化の実感がなく、もともと地域的に地利条件が良くない地域において奥地化が強く感じられるとの意見を得た。

・国有林の長距離集材(網走西部森林管理署西紋別支所管内上渚滑国有林)・中距離集材(石狩森林管理署管内定山溪国有林)、民有林の短距離集材(下川町)の伐出現場で功程調査および路網配置調査を行ったところ、短距離集材現場では集材距離が150～280m程度で地形が比較的平坦なため迂回率も低かった一方で、資源が奥地化したところではフォワーダ集材距離が最長2.5kmで1日の集材回数が4サイクルにとどまり、また急峻地形箇所では作業道の迂回率が3.6にも及んでいた。長距離集材においてはフォワーダの走行時間が長くなるため当然ながら、短距離集材においてもフォワーダの集材作業功程がハーベスタやプロセッサの伐倒・造材作業功程より低く、集材作業が伐出功程のボトルネックとなっていることが明らかとなった。

・素材生産費のモデル化において、想定した作業システムは、チェーンソー伐倒-グラップル木寄せ-プロセッサ造材-フォワーダ運搬という作業道利用型の作業システムとハーベスタ伐倒・造材-フォワーダ運搬という理想的な林内走行型の作業システムの2種類である。

・北海道森林管理局の施業図の路網解析により、伐区と林道を結ぶアクセス道配置の従来型モデルと実態との乖離を解明するとともに、伐区と林道の直線距離と実際のアクセス道延長の関係式を導き、各施業区における伐区内の作業道を含めた集材距離と路網作設費を算出した。これら実際の現場から得たデータをもとに要素作業功程・コストを積み上げ、素材生産費を集材距離や単木幹材積等を主要変数とする関数で示すことにより、GIS上での北海道全域における収益性の表示を可能とした。

・要素作業の工期を細かく検討することができ、例えば、伐区の林道からの直線距離と単木幹材積に基づき、ボトルネックとなっている作業を明らかにすることができ、作業コストの変化を視覚化することが可能となった。

(研究内容2 関連)

・現況資源マップについて、民有林、道有林、国有林にそれぞれ分割されていたGISデータを、投影法とデータ内容を統一することでひとつのGISデータとして結合した。これを用いて、全道におけるトドマツおよびカラマツの現況の資源分布を明らかにすることができた。これを経営収支マップと組み合わせることで、収益性を反映した現況資源マップを作成することができた。

・カラマツを中心に懸念される資源の奥地化について、時系列の変化を追うことができる衛星リモートセンシングの伐採地解析と森林GISにおける資源タイプ（管理区分、樹種、人工林）と結び付け、林道からの距離階ごとに伐採地面積割合の時系列変化を見た。2004-08年と2009-2013年の2時期におけるカラマツ一般民有林の伐採地面積を集計したところ、もともと道路から林地までの距離が離れた地域に分布している渡島や胆振などの地利条件が悪い地域ほど、道路から離れた地域での伐採の割合が増加している傾向が見られた。伐採が多いがもともとの地利条件の良い上川や十勝地方では、この傾向は見られなかった。この結果は、林業事業者での奥地化に関する聞き取りで得られた状況とよく一致していた。

・トドマツ、カラマツの加工工場は、一部を除いて小規模分散型で分布しており、現状では、地域内での流通は短距離輸送が中心である。一方で、道東地域などの原木需要の大きい地域や合板工場、製紙工場等の大規模工場では、需要を満たすために、域外を含めて広く原木を集めている様子が確認できた。

・カラマツについて、気候や地質から地位を推定する統計モデルを構築し、北海道におけるカラマツの地位指数マップを作成した。カラマツの地位予測では、風が強い場所で地位が低くなる傾向が見られた。また、夏と秋の日射量、暖かさの指数(WI)、地質などが地位予測に重要な変数として挙げられた。得られた地位指数マップと、北海道林業試験場のカラマツ人工林収穫予測ソフトや、北海道水産林務部資料などを用いて、経営収支を評価した。施業方法別の素材生産費や地位推定、運送コストといった本課題で独自に準備した要素を取り込むことで、北海道の主要な造林樹種であるトドマツとカラマツの収益性マップを作成・精緻化した。

・作成したトドマツとカラマツの収益性マップの構成要素を分析した。カラマツの生育適地は、風が強い沿岸部を除き北海道全域に広く広がることが明らかになった。育林費の面では、下刈りコストの影響が大きく、日本海側の多雪地域で育林費が高くなり、とりわけ初期成長がカラマツより遅いトドマツでは、下刈りのコストが経営収支に及ぼす影響が大きかった。収入面では、地位の違いによる総収穫材積の違いが地域差に大きな影響を及ぼすが、素材価格の地域差についても少なからぬ影響を及ぼすことがわかった。トドマツとカラマツの経営収支を比較すると、カラマツのほうが、収支が良い地域が広く広がるが、釧路などトドマツの下刈り期間が短くて済む地域やカラマツの地位が悪い沿岸部では、トドマツのほうが、収支が良くなり、多雪地ではいずれも不適となった。素材生産費の大小も経営収支に及ぼす影響が大きく、伐区が林道から離れアクセス道の走行距離が長くなると一気に経営収支が悪化することがわかった。また、理想的な林内走行型の作業システムの導入の効果も大きかった。このように、素材生産費や地位推定による収穫予測のモデル化が進み、人工林の経営収支について想定を変えながら広域で計算することが可能となった。

・作成した収支モデルは、個別の要素の積み上げで計算されているため、様々な条件を変えた場合の経営収支の変化を試算することができる。そこで、作業システムを作業道利用型システムから、理想的なハーベスタ・フォワーダによる林内走行型システム（適用範囲は斜度15度以下に限定）に変更した場合に、カラマツ、トドマツ両者において振興局別に収支がプラスとなる面積の変化を、収益性と現況の資源マップを結合した「収益性を反映した資源予測マップ」により、試算した。このように、収支の想定を変化させた場合の資源変化予測を行うことが可能となった。

(研究内容3 関連)

・林産企業への聞き取りやアンケート調査、国有林の公売結果の分析を基に原木の北海道内の流通状況を明らかにした。北海道森林管理局の公売データを用い、山元土場と需要者の位置を割り出し、輸送距離を算出したところ、50km程度までの短距離輸送の頻度が最も多く、カラマツとトドマツの樹種別にみると、平均輸送距離はカラマツのほうが有意に長くなった。また、それぞれの樹種において、一般材と原料材を比較すると、原料材のほうが有意に平均輸送距離は短くなった。緯度が高くなるほど、また、経度が大きくなるほど輸送距離は長くなる傾向が見られ、道北・道東の端であれば輸送距離は長くなっていた。民有林材の購入を含めた原木流通実態に関して実施したアンケート結果でも同様の傾向が確認されている。振興局別に国有林素材公売データに基づく伐採地-需要地間の輸送距離の分布状況をみると、工場の分布から想定された、道南や道北の留萌・宗谷地方、東端の根室などで、輸送距離が長くなる傾向が見られ、一方で、大消費地である十勝やオ

ホーツクでは、工場分布からは短距離輸送が想定されたが、集荷圏の拡大に伴い、これらの大消費地でも、原木輸送距離が長くなっている状況を確認できた。

- ・農林水産省統計部から、北海道内の木材加工工場の平成21年から28年までの木材統計調査基礎調査票の電子データを入手するとともに、平成28年の基礎調査票の調査対象者168工場のうち1工場（網走刑務所）を除く167工場に対して原木購入地域と樹種別購入量、入手状況の変化（難易度）、施設投資計画等についてアンケート調査を行った。87工場から回答があり（回答率52%）、有効回答数は80工場（有効回答率48%）である。トドマツに関しては、最も原木入荷量の多いオホーツク振興局管内（27.3万 m^3 ）で工場入荷量の75%、次いで入荷量の多い十勝振興局管内（12.1万 m^3 ）では85%が工場立地管内で生産されている。年間入荷量が10万 m^3 という大きな工場では原木集荷圏は広域化している。トドマツ資源が比較的少ない地域の工場では周辺の振興局管内まで集荷圏が伸びているが、大規模工場ほどの拡大は見られない。カラマツについては、最も原木入荷量の多いオホーツク振興局管内（45万 m^3 ）では工場入荷量の89%、次いで入荷量の多い十勝振興局管内（40.4万 m^3 ）では87%が立地振興局管内で生産されている。そのほかの振興局の状況もほぼ同じで、地元振興局管内からの集荷が中心と言える。

- ・施設投資については、前出のアンケートにおいて現在設備の更新を計画しているか、現在地もしくは周辺地に新設を計画しているか、予定はないかという設問をすると共に、道内14企業において聞き取りを行い、補足した。アンケートでは75工場からの回答があり、工場の新設を計画しているのは4工場で、いずれも現在地もしくは近隣への設置であった。原木を求めて他地へ進出する計画はなかった。設備の更新は27工場で計画されていたが、老朽設備の更新が主で、中大径木への対応という考えはみられるものの、生産量の拡大を志向したものは無かった。聞き取りでも、高次加工設備の増強はみられるもの、省力化が主目的になっていることが補足された。人手不足は重要な課題であり、聞き取り対象においても主要な工員が抜けたため生産量が落ちるケースや、労働力不足のため道内の工場を閉鎖して、道外へ労力と原料を求めて進出した事例があった。

- ・木材運送においても人手不足が深刻化しており、トラック数は減少傾向にあること、トラック業者は単に運ぶだけでなく、積込に関して専任の機材及びオペレータが配置されているなどの実態が明らかになった。山土場からの原木輸送は林道を走るという特殊性から、運転手の育成に時間がかかるうえ、車両の使用時間が短い。トレーラ化に関しては課題を多く指摘された。路線形の問題もあるが、路盤の脆弱さが支障となっている。運転手の稼働時間が限られている中では、積換えも効率を下げる。現状でも100km程度の運送先、近距離の運送先を組み合わせることで1日の労働時間を調整しており、運転手一人当たりの運送量を向上させる必要がある。トレーラでは運送先での荷降ろし作業に手間がかかるため、作業待ち時間が発生することも多く、山土場からの原木輸送においては限定的である。また、帰り荷については、遠距離のルート便のトレーラ運用では70%程度確保できているものの、山土場からの運送では帰り荷の確保も難しく、効率化という点でも現実的ではない。

- ・港湾統計を用い、道外への材の移輸出入をみると、秋田、宮城、鳥取、京都、熊本、石川などの合板用と推定される移出が多かった。輸入が減少する一方で輸出が2013年以降増加傾向にある。

- ・農林水産省統計部の平成21年から28年までの木材統計調査基礎調査票の電子データの分析では、トドマツの加工工場に関して、オホーツク、上川、釧路管内で多くまた消費も多い事、入荷量に関してはオホーツクで増加傾向にあるものの、他の地域では減少している事、工場数については横ばいもしくは微減の傾向にある事が分かった。カラマツの加工工場については、オホーツク、十勝、上川の3管内で消費が多く、それが増加している事、工場数は全体としては減少傾向にあるが、近年増加している事などが明らかになった。

- ・以上の研究結果をもとに課題1、2の成果を含めて、人工林資源の保続・有効利用に関して検討した。市場に関しては数量の増減はあるものの、短中期的には大きく変化しないものと考えられている。そのため、状況を変化させようとする内在力は弱い。当面の課題は労働力不足であり、素材生産、運材、製材・加工のすべての段階で問題が顕在化しつつある。省力化に向けた取り組みが必要であり、素材生産においては林道・林業専用道等のより高規格なトラックが入れる道路の整備が素材生産の功程改善となり、採算性の向上と共に将来の素材生産量の確保につながると考えられる。製材においてはラインの改善だけでなく、原木受け入れから合理的に流せる工場レイアウトを含めた対応が検討される必要がある。道内の建築需要への対応は、住宅向けにおいて在来工法における需要拡大を進める必要がある。中長期的にはLVLによる羽柄材の開発なども提案される。これらとともに、非住宅用途、農林水産業用建築物や医療・福祉用建築物などへの取り組みの強化が必要である。北海道では本州等の流通では入手の難しい長材を流通させられる可能性があり、それを用いた部材開発が提案される。北海道における人工林経営は面積当たりの蓄積がスギに比べて低く、森林経営という視点で見ると必ずしも有利ではない。現状では低い素材生産費によって支えられており、再造林経費や素材生産費の一層の低コスト化が必要である。

3) その他、特筆すべき成果の概要

当初予定していなかった成果として、資源動向を衛星データ等の客観的なデータに基づきモニタリングす

る手法を検討し、森林多様性基礎調査の調査期間（第Ⅰ期から第Ⅲ期、5年）ごとに、リモートセンシングデータと森林多様性基礎調査結果を組み合わせた人工林の資源量推定を行った。リモートセンシングによる推定結果は森林GISおよび調査簿の積み上げの結果と比較して、広域での資源の大小関係の分布状況をよく表わしており、材積区間ごとの平均値比較に基づくバイアスの検証から、帳簿上の積み上げ結果よりもバイアスが小さく、良い推定結果を与えていることが明らかになった。さらに、その差分から資源変化量を求め、人工林の資源変化量をマッピングした。資源の変化（減少）は、伐採強度が強いほど大きくなると考えられるが、推定された資源変化量の500mメッシュ単位での解析結果はこれと整合しており、今後客観データとして地域の資源変化量のモニタリングに応用できる可能性が示唆された。

3. 全年度の発表業績

- 猪俣雄太、山田健、宗岡寛子、佐々木尚三、古家直行. 北海道国有林における土場の配置実態と車両系集材機械の走行距離が生産性に与える影響. 森林利用学会誌, 35, (1), 31-38, 2020.01、査読あり
- 古家直行、田中真哉. グローバル森林変化マップの特徴とそれに基づく北海道内の森林変化の動向. 北方森林研究, 67, 71-74, 2019.02、査読あり
- 田中真哉、古家直行. グローバル森林変化マップに基づく森林変化面積の北海道における精度分析. 北方森林研究, 68, 27-30, 2020.02、査読あり
- 古家直行、山田健、宗岡寛子、猪俣雄太、佐々木尚三、津山幾太郎、田中真哉、天野智将、石橋聡. 資源と需要のマッチングによる北海道人工林資源の保続・有効利用に向けて. 北の森だより, 23, 8-9, 2020.03、査読なし
- 宗岡寛子、猪俣雄太、山田健、佐々木尚三. 作業道を利用した車両系集材における走行距離実態とその生産性に与える影響. 北の森だより, 23, 6-7, 2020.03、査読なし
- 佐々木尚三、山田健、猪俣雄太. 北海道における集材作業システムについて. 森林利用学会学術研究発表会講演要旨集, 25, 8, 2018.11、査読なし
- 猪俣雄太、山田健、佐々木尚三、山口浩和. 北海道における土場と伐区との位置関係の実態. 日本森林学会大会学術講演集, 130, 166, 2019.03、査読なし
- 津山幾太郎、石橋聡. カラマツの造林にはどのような環境と地域が好適か?. 北方森林学会大会研究発表要旨, 67, P-02, 2018.11、査読なし
- N. Furuya(古家直行)、S. Tanaka(田中真哉)、T. Amano(天野智将). Current situations of Wood transportation in Hokkaido, Japan - Based on Analysis of sales information of log auction at the national forests. Proceedings of SFEM2019: The International Symposium of Sustainable Forest Ecosystem Management, 11, 2019.08、査読なし
- 猪俣雄太、山田健、佐々木尚三、宗岡寛子、古家直行. 車両系林業機械の走行距離がカラマツ搬出コストに与える影響. 日本森林学会大会学術講演集, 131, 183(P1-255), 2020.03、査読なし
- 宗岡寛子、猪俣雄太、山田健、佐々木尚三、古家直行. 林道への到達距離と車両系集材の生産性について. 日本森林学会大会学術講演集, 131, 233(K8), 2020.03、査読なし

4. 評価委員氏名（所属）

柿澤宏昭（北海道大学大学院農学研究院教授）

5. 評価結果の概要

北海道の主要造林樹種であるトドマツ・カラマツ人工林の収益性をわかりやすく地図化して提示したことは、北海道林業を担う人々が今後の森林管理・林業を考えるために極めて重要な基礎資料を提供したといえる。また、この過程で素材生産コストに関する詳細なデータを蓄積してコスト計算をモデル化したこと、カラマツ地位指数マップを作成してカラマツとトドマツ人工林の収益性比較を可能とさせたことも重要な成果として指摘できる。以上より本研究は北海道の人工林業の今後の展開に重要な貢献をなすうる成果を上げたといえる。この成果は現場で活用されてこそ意義を持つもので、今後は具体的な施策や現場での活用に向けた取り組みが期待される。

6. 評価において指摘された事項への対応

成果は現場で活用されてこそ意義を持つとのコメントがあり、今後行政機関における具体的な施策への反映や地域レベルで進む森林管理・生産活動での取り組みに貢献できるよう成果の普及・発信に努めていきたい。