

増川ヒバ施業実験林におけるヒバ成長経過

森林技術・支援センター 森林技術専門官 増田悠介

1. はじめに

青森県の郷土樹種である青森ヒバ（ヒノキアスナロ）は近年、資源の減少に加え、良質大径木が減少する等、質的低下が懸念されている。そのため、ヒバの資源回復と併せ質を向上させることが重要な課題となっている。増川ヒバ施業実験林においては昭和6年に設定されて以来、ヒバの施業履歴などの貴重なデータが残されており、蓄積してきたデータを基にヒバ林の成長経過等を明らかにし、ヒバの森林施業の方法を検討することにした。

2. 研究方法

(1) 試験地

津軽半島の青森県東津軽郡外ヶ浜町増川山国有林 847 林班にある、増川ヒバ施業実験林のヒバ林内に試験地1と試験地2を設置、それぞれの試験地に間伐区と無間伐区のプロット（30m×30m or 20m×50m）計4箇所を調査区として設定した（図-1）。

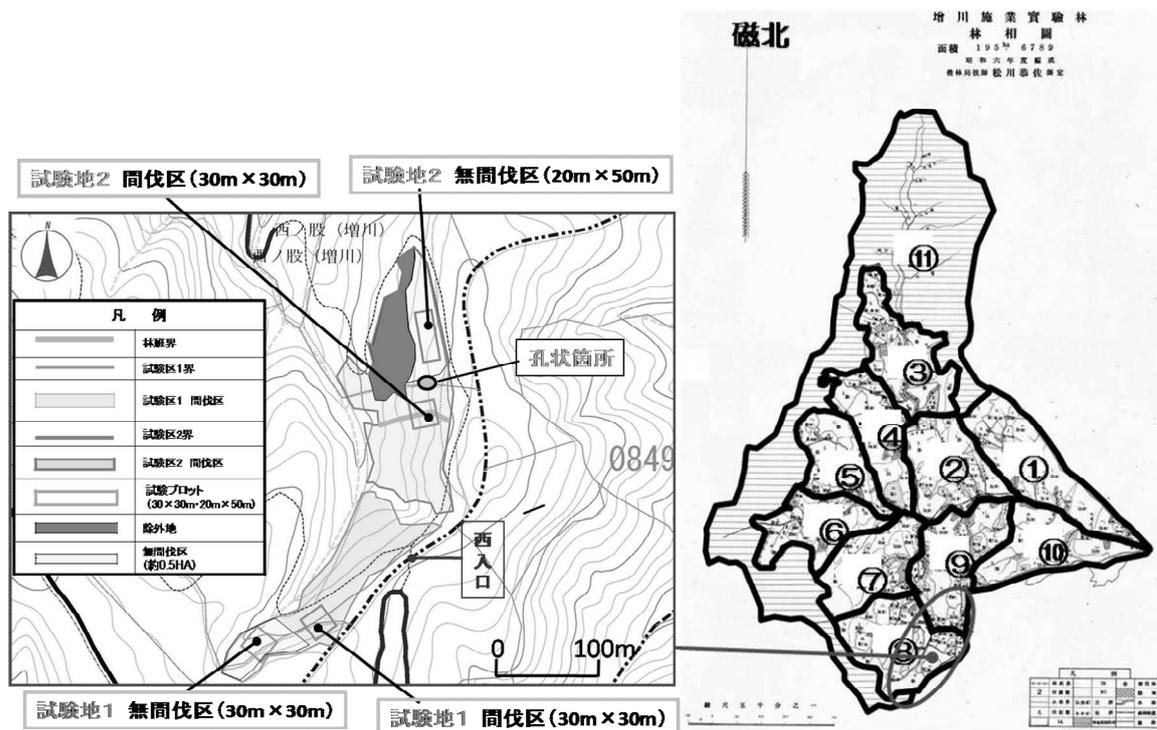


図-1 調査区位置図

(2) 調査方法

調査方法はプロット内の立木位置調査、立木調査、相対照度、樹幹解析（樹高 1m単

位で円盤採取)、施業履歴調査を実施した。

- ① 立木位置調査 (コンパスとけん縄の測量、胸高直径 4 cm以上の生立木対象)
- ② 立木調査 (胸高直径 2 cm以上を対象として、樹種、胸高直径 (胸高周囲長))
- ③ 相対照度 (間伐前と間伐後を観測。観測点は各プロット内に 9or10 カ所)
- ④ 樹幹解析 (1m単位で円盤採取 1m、2m、3m・・・。円盤は 4 方向の年輪幅をデジタルノギスで計測し、その平均を年輪幅とした)

各プロットの概要について、試験地 1 の間伐区と無間伐区は斜面方向が北西で傾斜が中 (15~29°)、試験地 2 の間伐区と無間伐区は斜面方向が西で傾斜が中 (15~29°) となっている。保育間伐は各試験地ともに平成 20 年 11 月に実施した。

3. 結果および考察

(1) 立木位置調査

試験地 1 の間伐区 (30m×30m) と無間伐区 (30m×30m) で立木位置を調査した結果、試験地 1 の間伐区と無間伐区のヒバの立木本数と密度は 156 本 (1733 本/ha)、142 本 (1578 本/ha) であり、立木位置はヒバが多くを占め、プロット内に満遍なく成立していた (図-2)。一方、試験地 2 の間伐区 (30m×30m) と無間伐区 (20m×50m) で立木位置を調査した結果、試験地 2 の間伐区と無間伐区のヒバ立木本数と密度は 207 本 (2300 本/ha)、232 本 (2320 本/ha) であり、立木位置はこちらもヒバが多くを占め、プロット内に満遍なく成立していた (図-3)。なお、図は円の大きさが胸高直径の大きさに比例するように作成。

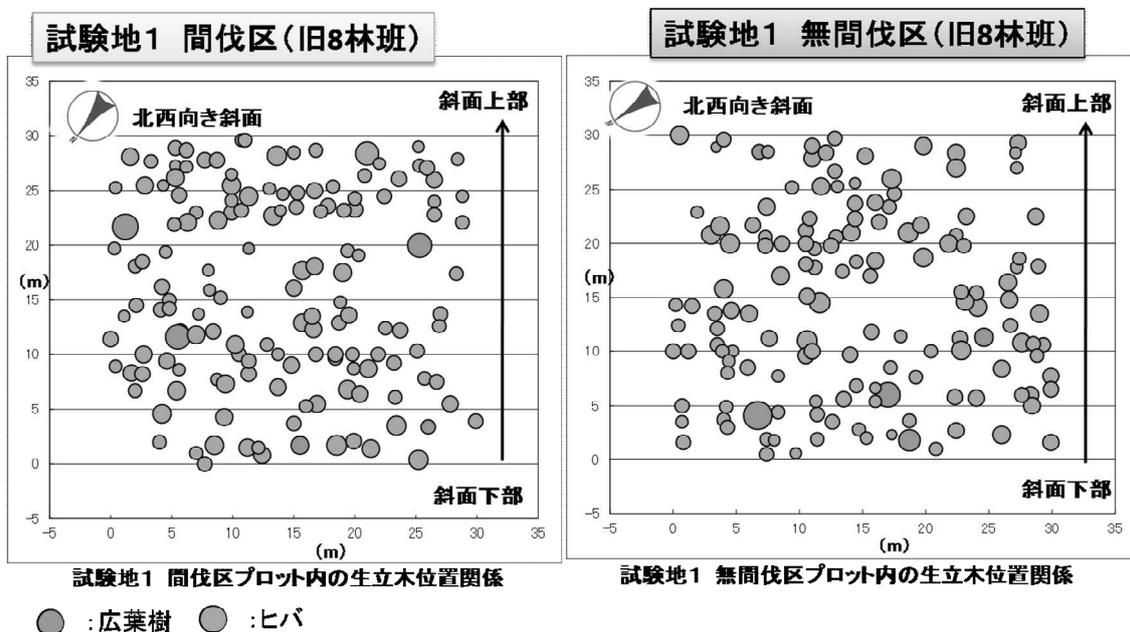
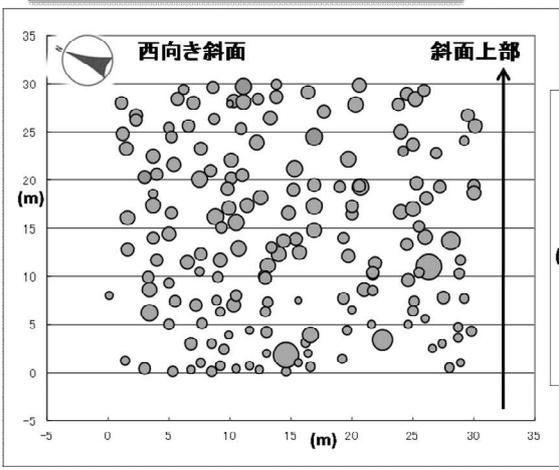


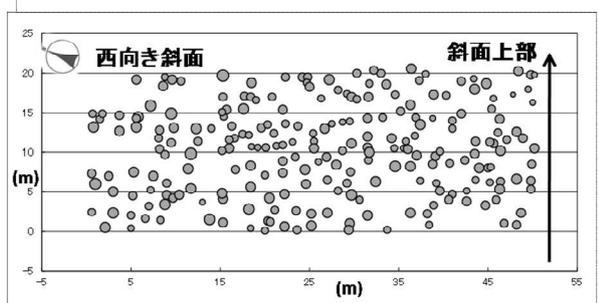
図-2 試験地 1 立木位置

試験地2 間伐区(旧8・9林班)



試験地2間伐区プロット内の生立木位置関係

試験地2 無間伐区(旧8・9林班)



試験地2無間伐区プロット内の生立木位置関係

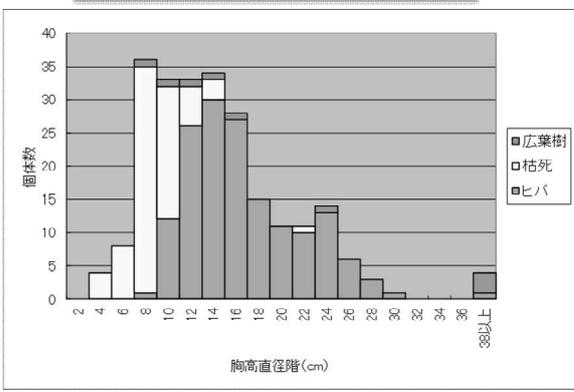
● : 広葉樹 ● : ヒバ

図-3 試験地 2 立木位置

(2) 立木調査

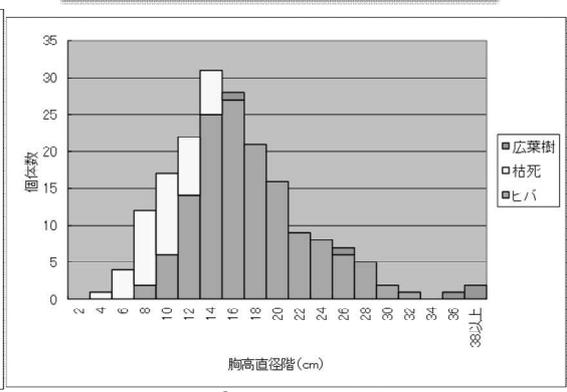
間伐前の平成 20 年に試験地 1 で立木調査を行った結果、胸高直径階グラフを見ると圧倒的にヒバが多いことがわかった(図-4)。また胸高直径の大きさから、大径木(52 cm)、中径木(22 cm~50 cm)、小径木(~20 cm)に区分すると、間伐区では大径木 0% 中径木 21%(33 本)小径木 79%(123 本)、無間伐区では大径木 0% 中径木 22%(31 本)小径木 78%(111 本)となり、どちらもヒバ小径木型林分であることがわかった。その後、平成 20 年 11 月に枯死木を除いた生立木で本数伐採率 9%、材積伐採率 4%の保育間伐を実施した。間伐実施 10 年後、保残木の胸高周囲長を調査した結果、間伐区と無間伐区の保残木の成長にあまり違いが見られなかった。立木密度が約 1700 本/ha と高かったことから、青森営林局の収穫予想表から照らして、約 920 本/ha まで減らすために、成長不良木を対象に 30%程度の間伐は必要であったと考えられる(図-5)。

試験地1 間伐区(旧8林班)



間伐前の試験地1間伐区プロット内の胸高直径頻度分布

試験地1 無間伐区(旧8林班)



試験地1無間伐区プロット内の胸高直径頻度分布

図-4 試験地 1 立木の胸高直径階

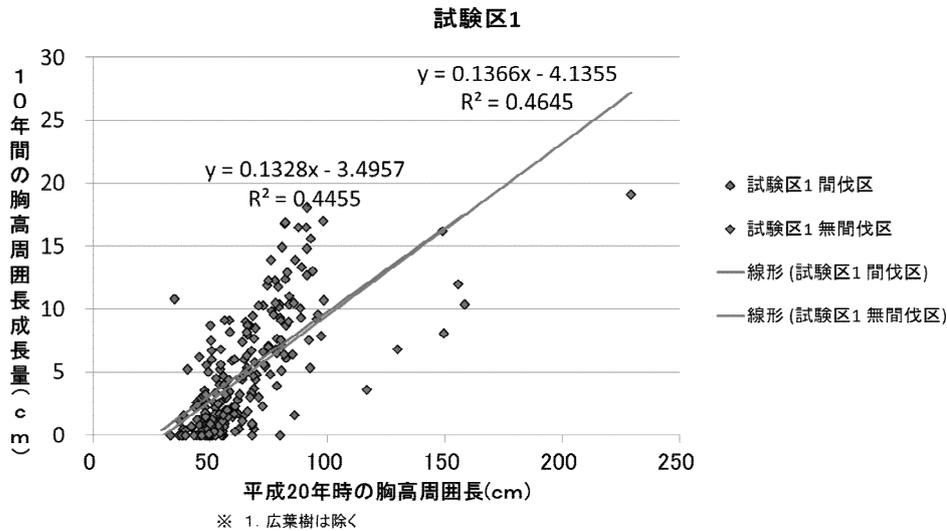
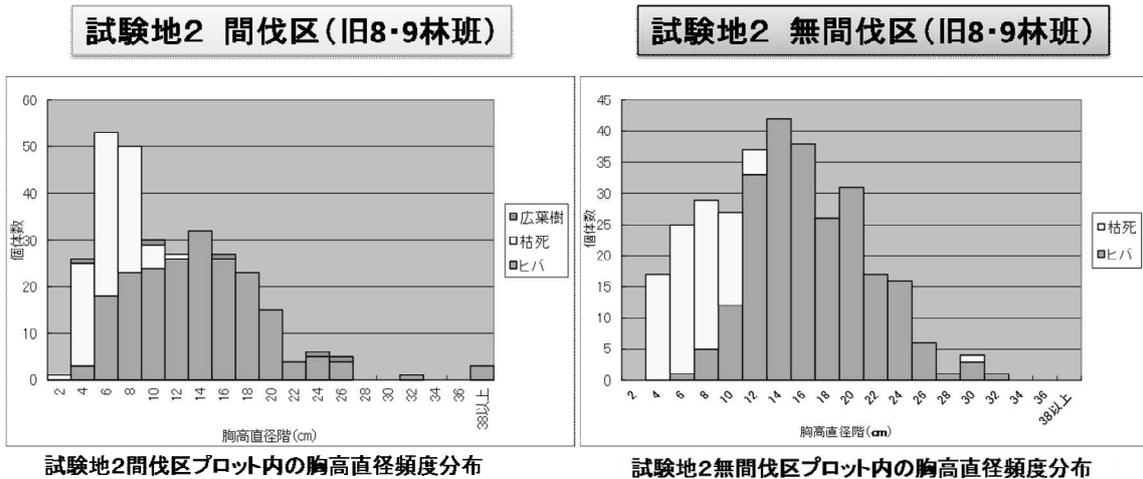


図-5 試験地 1 保残木の成長量

一方、間伐前の平成 20 年に試験地 2 で立木調査を行った結果、胸高直径階グラフを見ると圧倒的にヒバが多いことがわかった (図-6)。また胸高直径の大きさから、大径木 (52 cm~)、中径木 (22 cm~50 cm)、小径木 (~20 cm) に区分すると、間伐区では大径木 1% (2 本) 中径木 7% (15 本) 小径木 92% (190 本)、無間伐区では大径木 0% 中径木 19% (44 本) 小径木 81% (188 本) となり、どちらもヒバ小径木型林分であることがわかった。その後、平成 20 年 11 月に枯死木を除いた生立木で本数伐採率 18%、材積伐採率 12% の保育間伐を実施した。間伐実施 10 年後、保残木の胸高周囲長を調査した結果、間伐区と無間伐区の保残木の成長にあまり違いが見られなかった。立木密度が約 2300 本/ha と高かったことから、青森営林局の収穫予想表から照らして、約 1250 本/ha まで減らすために、成長不良木を対象に 30% 程度の間伐は必要であったと考えられる (図-7)。



試験地2間伐区プロット内の胸高直径頻度分布

試験地2無間伐区プロット内の胸高直径頻度分布

図-6 試験地 2 立木の胸高直径階

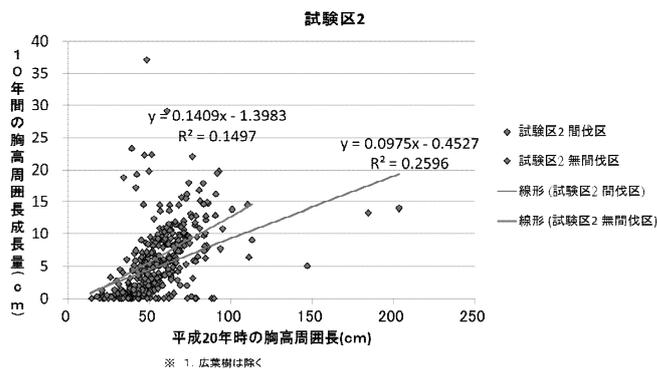


図-7 試験地 2 保残木の成長量

(3) 相対照度

試験地 1 の間伐区と無間伐区で間伐前と間伐後に相対照度を計測した結果、間伐区では相対照度、間伐前 2.4%、間伐翌年 11.8%、間伐 4 年後 9.0%、間伐 10 年後 11.1%、無間伐区では相対照度、平成 20 年 2.2%、平成 21 年 5.0%、平成 24 年 3.8%、平成 30 年 7.7%であった。間伐後、光環境が改善されたが、下層植生に着目すると、ヒメアオキ、オオバクロモジ、ブナ、シダ類などがわずかに見られる程度で成長したヒバ実生は見られなかった。間伐から 10 年経過しているが、下層植生が侵入するには難しい状況。一方、試験地 1 の周辺で下層植生が侵入している箇所を調べたところ、約 20%であった。このことから、ヒバ小径木林ではヒバ稚樹などの下層植生を侵入させるには相対照度 10%程度では難しく、相対照度 20%程度になるような施業をする必要があると考えられる。

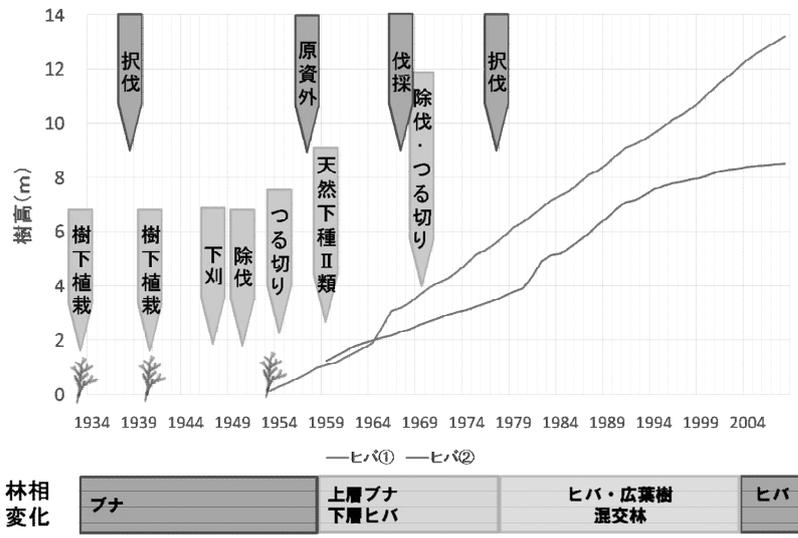
一方、試験地 2 の間伐区と無間伐区で間伐前と間伐後に相対照度を計測した結果、間伐区では相対照度、間伐前 2.3%、間伐翌年 10.6%、間伐 4 年後 5.1%、間伐 10 年後 6.7%、無間伐区では相対照度、平成 20 年 4.3%、平成 21 年 3.1%、平成 24 年 3.3%、平成 30 年 7.2%であった。間伐後、光環境が改善されたが、試験地 1 同様にヒメアオキ、オオバクロモジ、ブナ、シダ類などがわずかに見られる程度で成長したヒバ実生は見られなかった。下層植生が侵入するには難しい状況。試験地 2 の周辺で下層植生が侵入している箇所を調べたところ、約 20%であった。このことから、試験地 1 と同様に、相対照度 20%程度になるような施業をする必要があると考えられる。

(4) 樹幹解析

試験地 1 の間伐区で保育間伐した際のヒバ 2 本（上層木 1 本、下層木 1 本）及び試験地 2 の間伐区で保育間伐した際のヒバ 1 本を使用し、樹幹解析には山形大学農学部で作成されたフリーソフト SDA を用いた。

試験地 1 のヒバを樹幹解析及び施業履歴を調査した結果、上層のブナの下にヒバを樹下植栽し、その後、上層のブナを択伐しつつ、天然下種更新Ⅱ類によりヒバを増やして保育したと考えられる（図-8）。ブナの択伐により、光環境が改善し、樹下植栽したヒバが伏条更新等により下層に密生した状態となり、その中から成長良好なものが、現在のヒバ小径木林の上層木を形成していったと考えられる。一方で競争に敗れたヒバは枯死あるいはあまり成長できずに下層木を形成していったと考えられる。また、図-8 をみると平成 12 年あたりから下層木のヒバは被圧により成長が低下していることがわか

る。さらに平成 20 年保育間伐した際、プロット内の立木の 32% (76 本) が枯死していた。これらのことから、ヒバ小径木林では林冠が閉鎖する前の早い時期に本数調整を行うことによって、成長を促進させることが必要であると考えられる。



一方、試験地 2 のヒバを樹幹解析及び施業履歴を調査した結果、ヒバブナ混交林を択伐して、天然下種更新Ⅱ類により、天然力を活かしてヒバの稚樹発生を促し、除伐などで保育したと考えられる。試験地 2 では天然下種更新により実生等から稚樹が成長し、現在の

図-8 試験地 1 間伐区ヒバ成長経過

ヒバ小径木林を形成していったことがわかった (図-9)。これらのことから、ヒバブナ混交林では択伐して光環境を改善することで、ヒバの稚樹を発生させ保育により、ヒバ林へ移行させることが可能と考えられる。

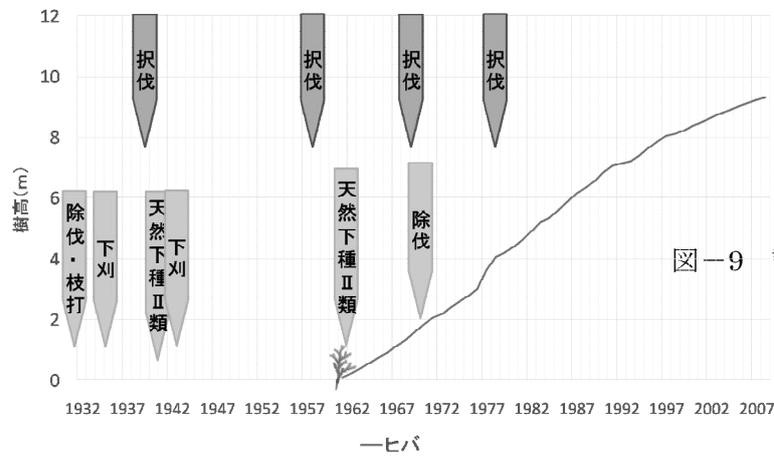


図-9 試験 2 間伐区ヒバ成長経過

4. 今後の展望

ヒバ小径木林で保育間伐を実施する際は相対照度 10%ではなく、相対照度 20%程度の施業をすることによって、ヒバ等の下層植生の侵入が図られると考えられる。また、樹幹解析及び施業履歴から現在のヒバ林への成長経過が明らかとなった。

増川実験林は設定されて以来約 87 年分のヒバの施業履歴等のデータが残されており、これらのデータを活用し、ヒバの森林施業の継続的な調査研究を行い、ヒバの森林資源回復につなげて行きたいと考えている。

C L Tを活用した林道等の走行確保について

岩手南部森林管理署遠野支署 業務グループ ○大和田 洸希
業務グループ ○南澤 望
地域技術官 鈴木 研介

1 背景と目的

トラック等の走行や台風などの豪雨により、林道には轍や洗掘（以下 轍等）が発生する。これらの損傷が広がると、走行時の安全性の低下および木材運搬の遅れにつながり、さらには路面状況の悪化が進む（図1）。その一方で、木材の運搬業者から林道修繕の要望が出されることがあった。

悪化した路面状況の対策に、近年建築資材等で普及が進んでいる軽量かつ強度のあるC L Tを、土木用材として職員実行で「敷鉄板」の代わりに使用できないかということから、本試験に取り組んだ。

轍等が見られる路面の損傷箇所にC L Tを敷設し、建設機械チャーター契約による林道修繕までのトラック等の走行確保を目的に、轍等の拡大を予防することとあわせて本調査を実施した。

また、平成30年度の製品生産請負事業箇所において、林内作業車やトラックが水切りや側溝上の通行を要する箇所があった。その対策として、C L Tを敷設し、車両の通行確保および水切りや側溝の保護をもう一つの目的として調査を実施した。



図1 平成28年度 轍の拡大状況



図2 今回使用したC L T

2 研究方法

(1) 資材・器具

使用したC L T（ひき板を並べた後、繊維方向が直交になるように積層接着した木質系材料）は軽トラックに積載可能かつ人力で運べる規格とし、縦2.0m×横1.0m、3層3プライの構成で厚さ36mm、45mm、54mmの3種類とした。C L Tの制作は秋田県立大学 木材高度加工研究所に依頼した（図2）。

敷設時に使用した器具類は、運搬用の軽トラック、整地作業用の鋤簾・スコップ・土嚢、固定作業用の電動ドリル・ペグ・鉄杭、その他に走行時の注意喚起用の看板である。

(2) 試験地

平成30年度製品生産請負事業を実行した4箇所を調査を行った。2箇所は林道上に轍のある箇所、1箇所は林道と森林作業道の水切り上を横断する箇所、他の1箇所は市道から土場への進入口で側溝のある箇所である。また、今回使用する土木用材としてのCLTは強度試験を行っていないため、安全を考慮し林道上については轍等の深さが20cm以内の箇所に限定して敷設した。

(3) 調査方法

敷設作業は轍等による損傷範囲の大きさにあわせて、整地→CLTの設置→CLTの固定の順で行った。

また、敷鉄板との比較のため経費および施工性等を検証し、木材の運搬業者からはCLT上を走行後、意見の聞き取りを行った。

(4) 試験事例

①林道上に轍がある箇所

木材の運搬により発生した轍に水がたまり、損傷が拡大している箇所(図3)に36mmのCLTを2枚敷設した。鋤簾で整地作業を行い、CLTを仮置きした後、土嚢をCLTの下に積むことで調整した。また、CLTのずれを抑制するためにペグで固定した。CLT敷設後、建設機械チャーター契約による林道修繕が行われるまでの47日間(平成30年8月30日～10月16日)トラック等の安全走行を確認した。調査期間中、CLTに大きな損傷は見られなかった(図4)。



図3 敷設前



図4 トラック走行後のCLT

②林道上に轍がある箇所

林道上のカーブの内側に発生した轍に36mm、45mm、54mmの3種類のCLTを1枚ずつ敷設した(図5)。整地作業は、路盤が硬く鋤簾では困難であったが、土嚢で対応することにより省力化できた。36mmについては湾曲したが、割れは見られなかった(図6)。また、45mm、54mmのCLTは段差が生じやすいことが分かった。敷設後はずれや跳ね上がりが見られ、生産請負事業者の方

に3回ほど元の位置に戻していただいたが、時間の経過とともに地面となじみ落ち着いた（平成30年9月6日～継続中）。



図5 敷設後



図6 湾曲したCLT

③林道と森林作業道間の水切り上を横断する箇所

生産請負事業者の提案により、幅30～40cm程度の水切り上に45mmのCLTを6枚敷設した。敷設後、現場近くにあった重機で、ずれを抑制するために土砂で被覆した。約1ヶ月間（平成30年9月21日～10月29日）林内作業車の安全走行および水切りの通水を確認した。

④市道から土場への進入口で側溝を横断する箇所

市道から土場へ進入する箇所の側溝上に45mmのCLT1枚、54mmのCLT3枚の計4枚を敷設した（図7）。CLTのずれを抑制するため、四隅に電動ドリルで穴をあけ鉄杭等で固定したが、その後2本が抜けかけたため、その分は取り除き、重機によりCLT上を砂利で被覆した。CLT敷設後トラックの安全走行を確認した（平成30年8月3日～継続中）。敷設4ヶ月後にCLTの裏側と側溝の状態を確認したが、どちらも大きな損傷は見られなかった（図8）。



図7 敷設直後



図8 敷設4ヶ月後のCLTと側溝の状況

3 結果及び考察

(1) 敷設にかかる時間

職員2名で、軽トラックへの積み込みから杭打ちまで一連の敷設作業を約17分で行うことができた。土嚢づくりの数やCLTの設置枚数については、現地により変動するが3～4枚の設置であれば1時間程度で敷設でき、CLTの運搬時間を含めても半日から1日あれば敷設可能である（表1）。

表1 敷設にかかる時間

	1枚あたり
軽トラックへの積込	1分10秒
土嚢作り(3袋)	2分00秒
整地作業	1分13秒
CLT設置、調整	6分59秒
杭打ち(4箇所)	5分35秒
計	16分57秒

表2 敷鉄板との比較

	CLT	敷鉄板
1枚程度に収まる損傷(2m未満)	○	○
複数枚にわたる損傷	△	○
軟弱地盤	△	○
側溝の保護	○	○
水切りの確保	○	○

(2) CLTと敷鉄板の比較

CLTを複数枚要する損傷や軟弱地盤、道路勾配が急な箇所では、固定方法が確立していないため、敷設できる場所が限られる。しかし、1枚程度に収まる損傷では土嚢を下に敷き、鉄杭を打つなどの対策を行えば敷設可能であった。上下の跳ね上がりが大きい箇所では、鉄杭が抜けるおそれがあり、新たな対策が必要である。また、今回実証試験を行った、側溝の保護や水切りの確保については、敷鉄板と同等の効果が得られた（表2）。

CLTの最大の優位性は、職員2名いれば敷設作業までできることである。早急な対応が可能で、敷設作業までの日数については業務等の都合にもよるが、1～2日で準備から敷設まで行うことができた。

耐久性については、ほぼ恒久的に使用できる敷鉄板の方が優位であるが、CLTについては、1シーズン使用した結果であり、まだ使用できる状態なため、今後も簡易的な使用が可能か検証を進める必要がある（表3）。

表3 敷鉄板との比較（施工性について）

	CLT 厚さ 36mm, 45mm, 54mm	敷鉄板(レンタル) 厚さ 22mm
重量(2m2あたり)	21.6kg, 27.0kg, 32.4kg	約346kg
職員実行(人力)	可能(2人以上)	不可能
敷設作業までの日数	1日～2日	約30日
敷設作業にかかる時間	1時間程度	1時間程度
耐久性	1シーズン～(検証中)	ほぼ恒久的に (変形、腐食するまで)

経費については、CLTの場合、一連の敷設作業（運搬から撤去まで）を職員で対応すれば、8,600円/m²となる。敷鉄板は建設機械チャーター費込みで3,021円/m²となる。このことから、CLTの耐用年数が3年であれば敷鉄板と同等の経費になると考えられる（表4）。

表4 敷鉄板との比較（経費について）m²あたり ※建設機械チャーター費含む

	CLT(購入)	敷鉄板(レンタル) ※使用期間180日
価格	8,600 円	1,825 円
運搬(距離10kmと仮定)	軽トラックと職員2名	970 円
設置	職員2名	122 円
撤去	職員2名	104 円
合計	8,600 円	※ 3,021 円

(3) 木材の運搬業者への聞き取り

良かった点として、轍や洗掘箇所を避けて通行する必要があるため、CLTが敷いてあると安心して通行できるとの意見をいただいた。また、要望点としてあがった「敷くほどの轍ではない」との意見については、轍等の拡大予防のための対策であることを伝えた。

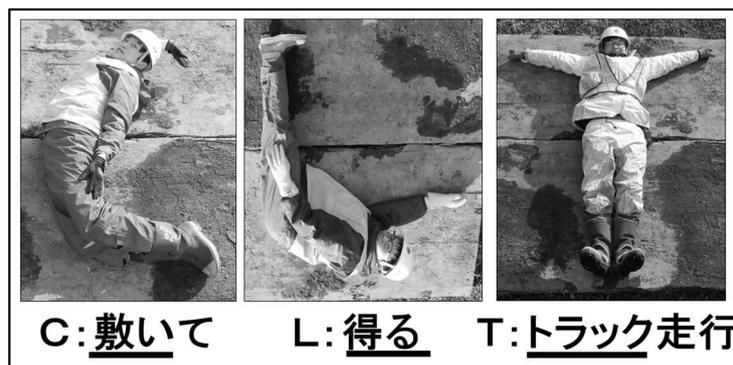
(4) 総括

軽トラックと職員2名揃えばCLT敷設可能であり、敷設までの日数は1～2日と短く、敷設作業も1箇所あたり1時間程度と短時間で可能である。

今回の実証結果から、以下の3条件が揃えば、職員実行でCLTを活用し、轍等の対策として早期にトラック等の走行確保につなげることができた。

- ① 職員2名と軽トラック
- ② 損傷範囲が2m未満
- ③ 深さが20cm程度まで

最後に、本研究にあたり御協力いただいた秋田県立大学 木材高度加工研究所及び株式会社 門脇木材の各位に感謝の意を表す。



無人航空機とGISデータを利用した 森林作業道の位置情報の反映について

東北森林管理局 宮城北部森林管理署 ○高鷲 淳一
柳沢 英治

1 はじめに

(1) 背景

森林作業道は、「森林作業道作設指針」により基礎的な作設指針が示され、森林整備や木材の集材・搬出のため継続的に用いられる道として維持管理されている。

しかし、森林作業道の線形や位置等は、測量を要しない現地踏査により決められているため、保存されている路線図の精度は必ずしも高くない。また、台帳は整理することとされているが、路線図は紙媒体であり、電子データ化されていない現状である。

(2) 目的

森林作業道の維持・管理に向け、精度の高い森林作業道の位置情報を把握するため、平成30年度に導入・配備された、GPSを搭載した無人航空機（マルチコプター型）を使用することで、素早くかつ効率良く位置情報の取得が可能か試し、その精度や効率性、運用範囲等について検証するとともに、取得した位置情報をGISに反映させ、森林作業道の位置情報を電子データ化することを目的とする。

2 調査方法

(1) 無人航空機活用の課題

- ① 任意の点の位置情報を150m上空から取得できるか。
- ② どの程度の範囲、距離まで運用できるか。
- ③ 従来の携帯用GPSと比べて成果等の違いはあるか。

(2) 無人航空機の仕様

使用した無人航空機の主な仕様は以下のとおり。

- ・機種 DJI PHANTOM 4PRO
- ・重量 1,380g（バッテリー込）
- ・最大速度 20m/s（時速72km）
- ・最大実用上昇限度 6,000m（※航空法の規定では150mまで）
- ・最大飛行時間 約28分
- ・最大電送距離 3.5km
- ・衛星システム GPS/GLONASS

(3) 無人航空機の特徴

マルチコプター型の多くは姿勢を制御するため、高性能なGPSアンテナを搭載しており、本機も自らの位置を正確に割り出し、自動的に空中の同じ位置に静止することができる等の機能を有している。

また、機体下面中心にカメラを据えており、水平方向又は鉛直方向に向けて撮影することができ、撮影した写真に位置情報を記録することが特徴となっている。

なお、GPSの性能は非常に高いと考えられ、GPS衛星の受信については、同時に多くの信号を受信することが可能で、上空高く飛ぶことにより、地形や障害物の影響をほとんど受けないと考えられる。

機体の動きは、同じ高さのまま、前後、左右に移動することが可能で、微調整も簡単にできる。また、回転運動により、固定翼機のように旋回することも可能である。

(4) 調査地の概要

米川担当区、登米市東和町鮎川山国有林の2小班を対象に調査を実施した。(表-1)

表-1 調査地概要

項目	皆伐事業区 (伐採後)	保育間伐事業区	計
林小班	626に4	626に1	2小班
面積	2.42ha	9.89ha	12.31ha
主な樹種	カラマツ	アカマツ	—
林齢	1年生	55年生	—
森林作業道	850m	1,830m	2,680m

(5) 調査の概要

① 無人航空機の使用

森林作業道に沿って飛行させ、中心を捕捉して撮影し、位置情報を取得。要した飛行時間等を計測。

② 携帯用GPSの使用

GPSを携帯し、森林作業道全線を歩行し、位置情報を取得。要した歩行時間を計測。(使用機種：ガーミン GPSMAP 64scJ)

④ GISへの反映

取得した各々の位置情報をGISへ取り込み、地図上に反映させる。

3 取組の経過

(1) 無人航空機の操作

航空法により、地表又は水面から150メートル以上の高さの空域は飛行禁止されており、無人航空機の操作は、飛行させる者の直接肉眼による目視の範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させることとなっている。なお、機体を見失うことのないよう、補助者を配置し、安全上十分配慮し飛行させることとした。

送信機のモニターは、常時無人航空機搭載のカメラの映像を映しており、カメラを鉛直方向に向けた時に、地上の目標物の真上に位置するよう、照準を合わせるため、モニター画面に対角線状に糸を2本張り、中心が分かるようにした。

無人航空機を森林作業道に沿い飛行させ、上空150メートルから、ある程度離れた地点をピンポイントで撮影することで、森林作業道の位置情報を記録していく。

(2) 高度による位置情報の精度

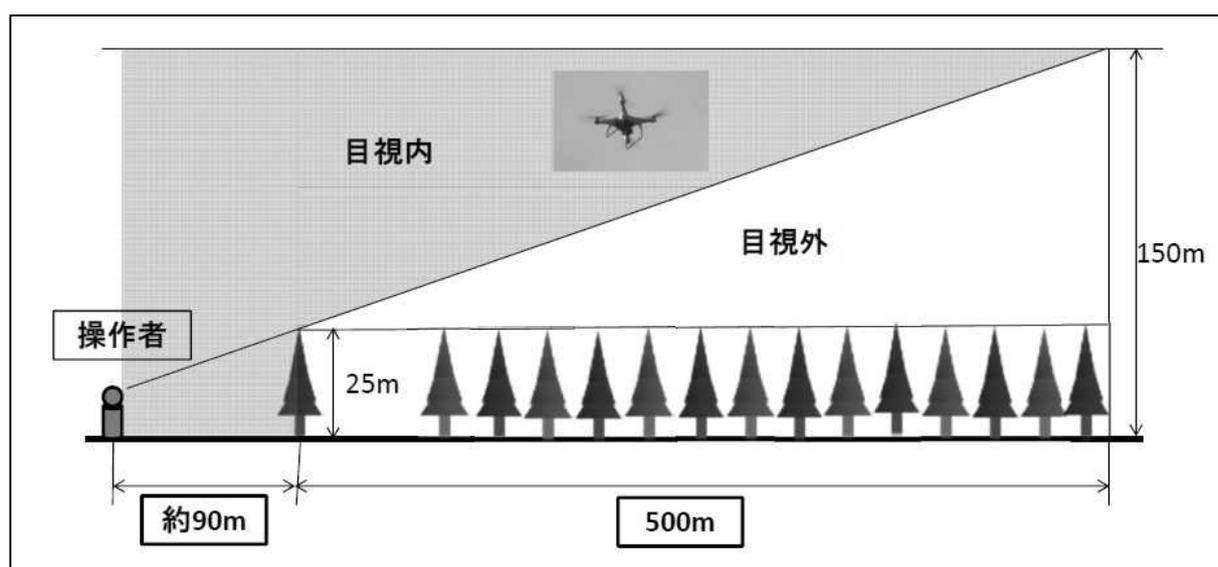
無人航空機の飛行高度によって捉える目標物の位置情報にどの程度の誤差があるか調べるため、地上の目標物からの高度を 25 メートル、50 メートル、100 メートル、150 メートルと変えて、その位置情報を記録していく。

取得した位置情報をGISに反映した結果、4つの点が直径約3メートルの円内に位置したことから、実用上問題ないと判断した。

(3) 無人航空機の飛行範囲

無人航空機の飛行高度を 150 メートルに保ちながら目視内飛行をさせる場合、どこで操作するかにより飛行範囲が決まる。障害物となる立木がある保育間伐事業区（に 1 小班）から約 90 メートル離れた皆伐事業区（に 4 小班）内の地点で操作すると、保育間伐事業区の林縁から 500 メートルまで目視内で飛行させることができる。(図-1)

図-1 無人航空機が目視による飛行範囲 (模式図)



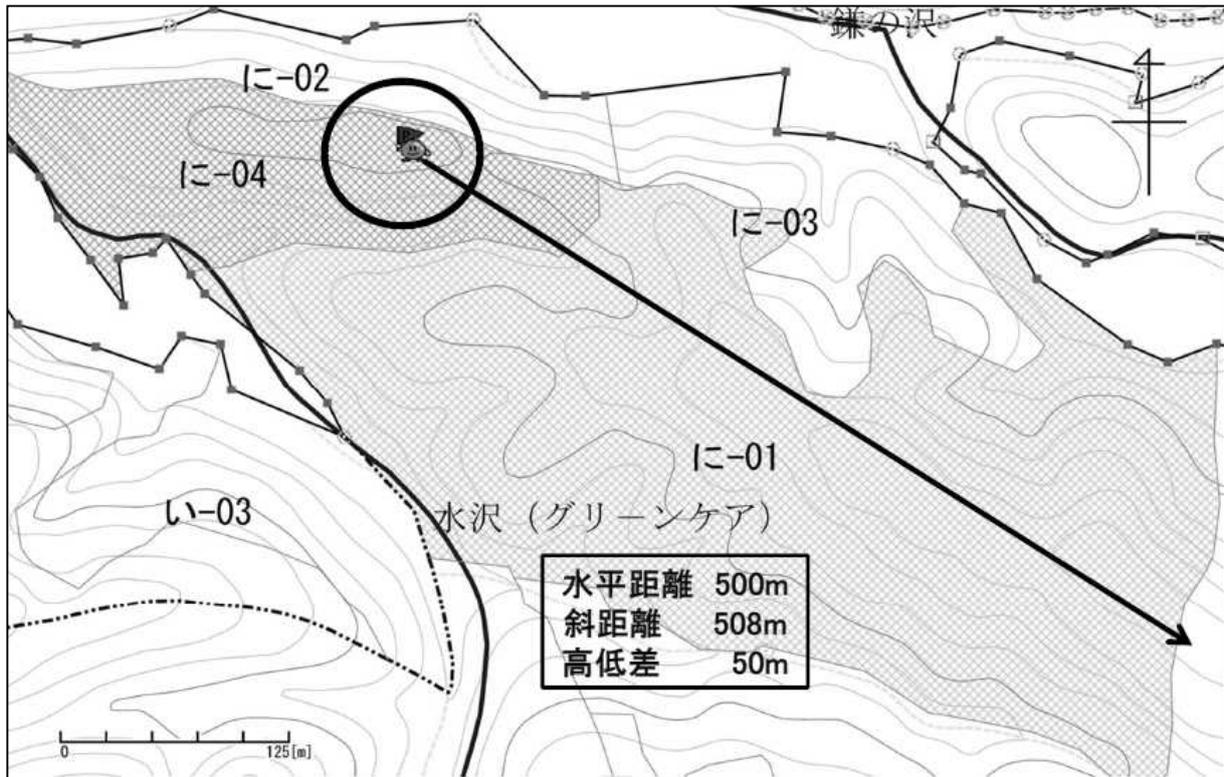
このことを念頭に置き、操作場所を選定し、実際に飛行させたところ、最大飛行距離は水平距離で 500 メートルとなった。操作場所を円内の地点とし、そこから最も遠く飛行させた地点を矢印で示すと、図-2 のとおりとなる。

(4) 無人航空機の操作場所の選定

無人航空機の操作場所の選定について、その要点をまとめると以下のとおりとなる。

- ① 操作場所（離着陸地）を障害物からある程度離れた所に設けることで目視範囲が広がり、長距離の運用が可能。
- ② 見通しの良い所であれば、標高の低い場所からでも操作することができる。
- ③ ①、②の条件を満たせば、直線距離 500m 以上先の森林内の森林作業道の位置情報を取得することも可能である。

図-2 無人航空機の飛行範囲（平面図）



(注：「に-04」は皆伐事業区。「に-01」は保育間伐事業区である。)

4 取組の成果

(1) 無人航空機による位置情報の取得

無人航空機による任意の地点の位置情報を取得できるか試したところ、150メートルの高度でも大きな誤差は見られなかった。また、森林内の森林作業道であっても、適切な操作場所を選定することにより、目視内飛行が可能となり、位置情報を取得することができた。

(2) 無人航空機の運用範囲

位置情報の取得に無人航空機を運用できる範囲については、この度の調査では次のとおりとなった。

- ① 対象の小班面積 約 12ha
- ② 森林作業道の延長 2,680m
- ③ 最大飛行距離 500m

(3) 無人航空機と携帯型GPSとの比較

取得した位置情報をGISに反映したところ、その成果には大きな差はなかったものの、最大で約10メートルの差違(ずれ)があった。

無人航空機と携帯型GPSを使用し、対象の森林作業道の位置情報の取得に要した時間等を計った結果は、表-2のとおりである。無人航空機を使用して操作場所を1箇所にするれば、携帯型GPSに比べ歩行距離や歩行時間は大幅に短縮した。

表-2 無人航空機と携帯型GPSによる要した時間等の比較

項目	森林作業 道延長	歩行距離	歩行時間	飛行時間	時間計	備考
携帯型GPS	2,680m	3,780m	74分	—	74分	徒歩
無人航空機 (1回目)	2,680m	1,280m	24分	50分	74分	操作場所 2箇所
無人航空機 (2回目)	2,680m	840m	14分	39分	53分	操作場所 1箇所

(注：無人航空機の時間計には準備等の時間は含まない。)

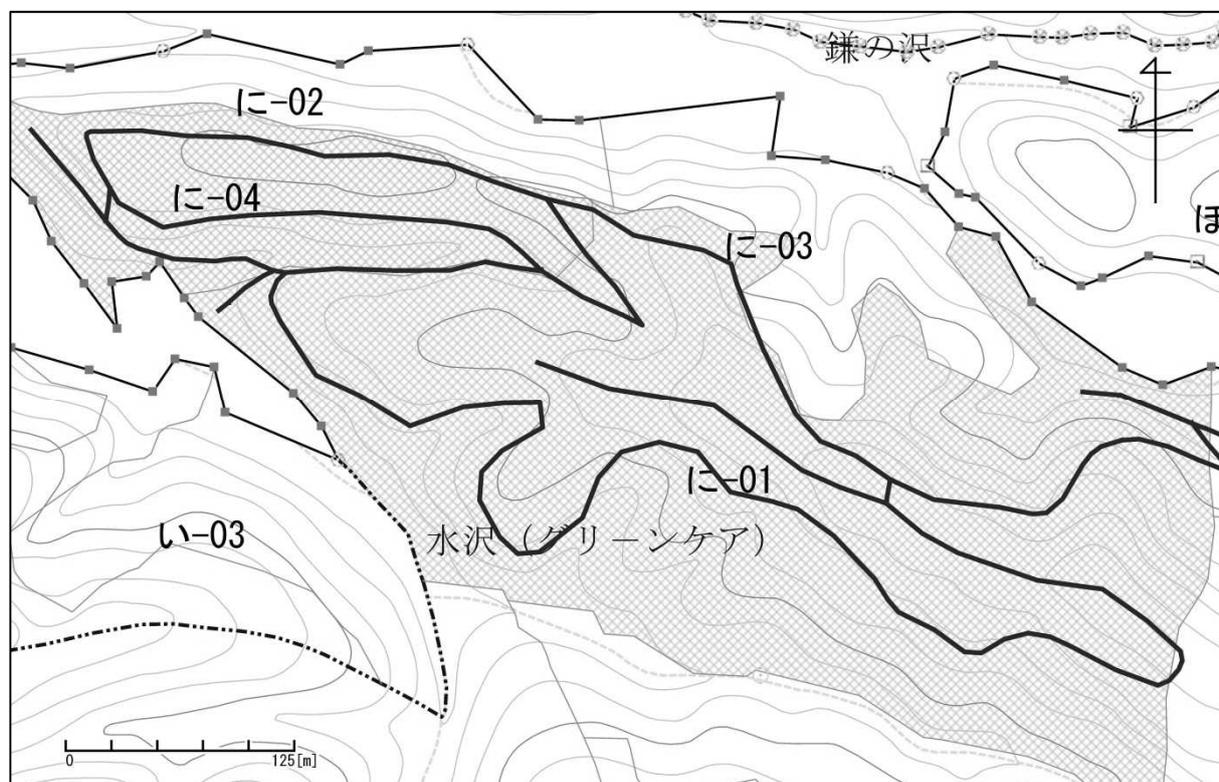
(4) GISへの位置情報の反映

ここでは、国有林GISに位置情報を入力した。

国有林GISへの位置情報の反映については、以下の手順により行った。

- ① 撮影した画像データを国有林GISに取り込み、ポイント情報を線でつなぎ作図する。(システム機能メニュー「地図編集」→「ポイント情報」→「ポイント情報メニュー起動」、画像ファイル選択、ポイント情報に変換。地図編集機能の「林道予定線」等を使用し作図。)
- ② 空中写真を参照して、作図した線形に修正を加える。
- ③ ポイント情報を削除して、森林作業道の線形を保存する。(図-3)

図-3 GISに反映した森林作業道の位置図(実線)



5 考察

(1) 森林作業道の管理

- ① 森林作業道の位置情報が従来の紙媒体のものから電子データ化されることにより共有することができ、現地踏査等の現場での活用が見込める。
- ② 精度の高い森林作業道の位置情報を基とすることにより、今後の森林作業道の維持・管理や森林整備への活用に資することが期待される。
- ③ 既設の森林作業道の位置情報を取得しておけば、その森林作業道に接続する新規の森林作業道を作設する際、より有効な線形を得ることが期待される。

(2) 無人航空機の活用

同様な使い方として、林内の崩壊地や風倒木等の被害箇所の位置情報をGISへ反映する活用が考えられる。

(3) 課題

- ① 森林作業道の位置情報を共有するためには、その方法をどのようにするか決めて、それを徹底する体制づくりが必要。
- ② この度の森林作業道の作図に当たっては、国有林GISの林道予定線の機能を使用したがる、専用の機能が追加されれば、より使い易くなる。

6 今後の展望

この度の試みは、森林作業道の位置情報の電子データ化を目的に、無人航空機のGPS機能に着目した位置情報取得の活用方法を検証したものとなっている。

従来の携帯型GPSの使用に代わり、無人航空機を使用する方法を提案する形になっているが、無人航空機使用による時間の短縮や労力の軽減について、ある程度検証できたものの、GPSとしての機能の比較までには至らなかった。しかし、無人航空機のGPS機能の精度には目を見張るものがある。無人航空機（マルチコプター型）の多くは、高性能なものになると、6～15ものGPS信号を同時に受信することが可能で、これにより自らの位置を正確に割り出し、自動的に空中の同じ位置に静止する（機体の位置を修正する）ことができるなど、位置情報を相当な精度（度、分、秒の小数点以下15桁）で読み込んでいる。

今後、三角点等の公共の基準点（緯度、経度の座標が公表されている）を目標に、携帯型GPSと無人航空機の両方で位置情報を取得し、その成果をGISへ反映し比較してみるなどの検証がなされることを望む。実用性が証明できれば、簡易な測量（収獲調査等）にも応用できるものと期待している。

迫川地区民有林直轄治山事業の完了について

宮城北部森林管理署 治山技術官 ○佐藤 孝志
治山技術官 河合 新

1. はじめに

(1) 背景

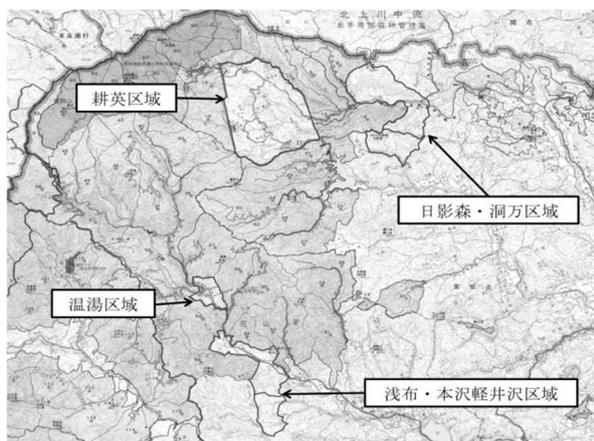
平成20年6月14日に栗駒山山間部を震源とした「平成20年岩手・宮城内陸地震」(以下、内陸地震)が発生した。地震の規模はマグニチュード7.2、宮城県栗原市における最大震度は6強を記録した。内陸地震の代表的な特徴は、ア.震源の浅い内陸直下型、イ.強烈な縦方向の加速度と極めて短い周期の揺れ、ウ.栗駒山起源の脆弱な火山性堆積物の層である。このような特徴により山地災害が大規模かつ多数に発生し、(国有林及び民有林を含む一迫川・二迫川・三迫川上流域の1,062箇所) 荒廃面積は733haに及んだ。

宮城北部森林管理署では地震による山地災害からの復旧のため、平成21年度から栗原市に位置する6区域(温湯・浅布・本沢軽井沢・日影森・洞万・耕英)(写真①)における民有林2,440haを迫川地区として「迫川地区民有林直轄治山事業」を実施してきた。これまでの10年間で総工事費91億円を投入し、平成30年度をもって本事業が完了を迎えることから、事業概要について報告する。

(2) 地震発生後の主な取り組み

全国の林野庁治山技術者により編成された「治山技術エキスパート部隊」が平成20年6月25日から同年7月21日まで派遣された。被災直後の厳しい現地状況において現地調査を行い、関係機関と協力しながら活動した。(写真②) 緊急の復旧対策及び計画の策定を行い、迅速な復旧対策の推進に尽力した。

また、平成20年9月には事業計画の策定・災害復旧工事及び治山工事の実施・関係機関との調整を目的として、宮城北部森林管理署「宮城山地災害復旧対策室」を栗原市に開設し、本格的な復旧に向け事業を実施してきた。



写真① 位置図



写真② 治山技術エキスパート部隊による現地調査の様子

(3) 内陸地震による山地災害の形態

代表的な山地災害は、①揺れや重力の作用により斜面が崩れる「山腹崩壊」、②傾斜のあるすべり面にて山腹が形状を保ったままゆっくりと滑る「地すべり」、③河川に流入した崩壊土砂が水などの作用により流れ下る「土石流」、④大きな崩土が河川を塞ぐ「天然ダム」である。

山腹崩壊は、特色の異なる直接崩壊型と液状化流動型の2種類が見られた。

前者は、不安定な軽石凝灰岩や火山砕屑物に載った厚い溶結凝灰岩が転倒するように崩れる現象であり、温湯区域や耕英区域で多く発生した。(写真③)

後者は、溶結凝灰岩や溶岩の上に堆積した軽石凝灰岩等が強烈な縦揺れで液状化し泥流のように崩れる現象で、耕英区域や本沢軽井沢区域で多く発生した。(写真④)



写真 ③ 山腹崩壊 (温湯区域)



写真 ④ 山腹崩壊 (耕英区域)

事業地外である荒砥沢で発生した地すべりは、斜面の長さが約1,300m、幅が900mですべり面の最大深度は100mを超え、移動した土砂量は6,700万 m^3 に及び国内最大級の地すべり地となった。(写真⑤) なお、本地すべり地は国有林野内治山事業により観測及び治山工事を継続して実施している。

耕英区域のドゾウ沢では、地震直後に東栗駒山山頂付近で発生した全層雪崩とともに地表の未固結層が液状化したことにより大規模崩落し、150万 m^3 の崩壊土砂が土石流となって流下した。(写真⑥)

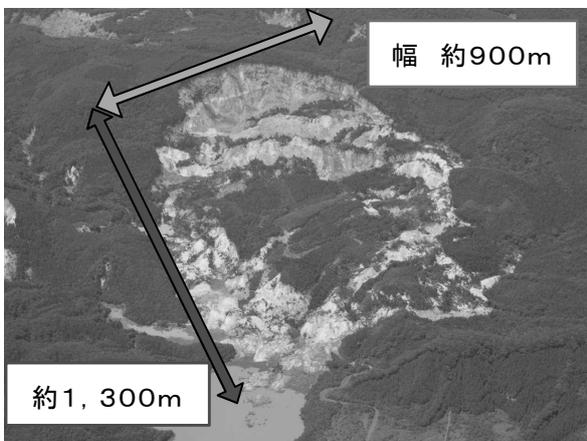


写真 ⑤ 地すべり 深山岳国有林



写真 ⑥ 土石流 耕英区域深山岳国有林

浅布区域で発生した天然ダムは崩落土砂が川を塞ぎ止めダムを形成した。(写真⑦)
内陸地震により天然ダムは10箇所が発生した。



写真 ⑦ 天然ダム 浅布区域

(4) 代表的な被災箇所への復旧状況

耕英区域の冷沢では、液状化流動型の山腹崩壊により壊滅的な被害が発生した。(写真⑧) 溪間工5基及び山腹工の施工を行い、現在は被災時に生き残った樹木とその後に回復した植生によって溪畔林として復旧している。(写真⑨)

日影森区域では、被災直後は崩落した土砂が市道を埋め通行止めになっていた。(写真⑩) 基礎部に鋼製枠土留工を施工し、崩落斜面には法枠工、枠内には植生基材吹付工を施工した。(写真⑪)

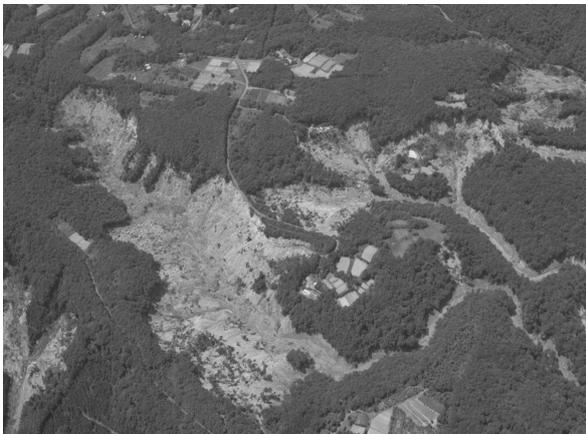


写真 ⑧ 被災状況 耕英区域 (冷沢)



写真 ⑨ 復旧状況 耕英区域 (冷沢)



写真 ⑩ 被災状況 日影森区域



写真 ⑪ 復旧状況 日影森区域

温湯区域では、崩落斜面が岩であったため、(写真⑫)簡易吹付法枠工、枠内にモルタル吹付工を施工した。(写真⑬)



写真 ⑫ 被災状況 温湯区域



写真 ⑬ 復旧状況 温湯区域

浅布区域で発生した天然ダムは、(写真⑭)河川を管理する国土交通省と連携し対応した。国土交通省が河道の掘削や排水作業等を行い、東北森林管理局が山腹崩壊部分に法枠工、枠内に植生基材吹付を施工した。(写真⑮)



写真 ⑭ 被災状況 浅布区域



写真 ⑮ 復旧状況 浅布区域

2. 施工上の課題

現場条件を踏まえた施工上の大きな課題は、「広範囲に及ぶ荒廃地の確認」、「急峻で崩壊の危険性がある不安定な高所での作業」、「水生生物等の生育環境への配慮」、「森林の保全」の4点あった。

まず、広範囲に及ぶ荒廃地の確認については、航空レーザ測量を採用した。これは、航空機から発射されたレーザ光が地表で反射し戻ってくるまでの時間差を解析し、地形図を作成する測量技術で広範囲の地形を把握するのに適している。また、定期的に測量し過去のデータと比較することで、地形変動の確認が可能である。現地調査と併せて荒廃地の地形変動を確認することで、復旧対策の計画策定等に活用した。

次に、不安定な高所での作業については作業の施工性と安全性を考慮し、ロックク

ライミングマシン（RCM）やアンカーロックマシン（ARM）といったリモコンによる無人施工も行える重機を採用した。

そして、水生生物等の生育環境への配慮として川魚の遡上等に影響が及ばないように溪間工と副ダムの上に魚道ブロック設置した。

亀裂等があり崩落の可能性がある山腹斜面については、樹木を伐採することなく施工出来るノンフレーム工法を採用し森林の保全を図った。

3. 地域での活動

栗原市では毎年6月に内陸地震の災害を教訓として、関係機関及び市民が連携し災害に備えるために「栗原市総合防災訓練」を実施している。宮城北部森林管理署山地災害復旧対策室も災害に備え、各機関との連携を密にするため参加している。

また、栗原市民まつりを始め各種イベントにおいて「内陸地震からの復旧状況」のパネル展示を行い工事施工の理解を深めて頂くとともにPRに努めてきた。(写真⑯⑰)



写真 ⑯ パネル展示の様子
栗原市民まつり



写真 ⑰ パネル展示の様子
栗原市民まつり

4. むすび

迫川地区民有林直轄治山事業は、平成21年度から平成30年度の10年間で溪間工72基、山腹工87箇所を施工し、「平成20年岩手・宮城内陸地震」による大規模な山地荒廃からの復旧を行ってきた。本事業で施工された治山施設は宮城県へ移管されることになるが、広範囲にわたる事業地を尾根や沢の地形界を基に保全対象、荒廃地の分布、治山施設の配置状況を考慮し事業地を28流域に細分し、各流域ごとに現地状況や各施設の状況等を記した個表を作成し、これらも移管することから今後の施設管理に活用して頂きたい。

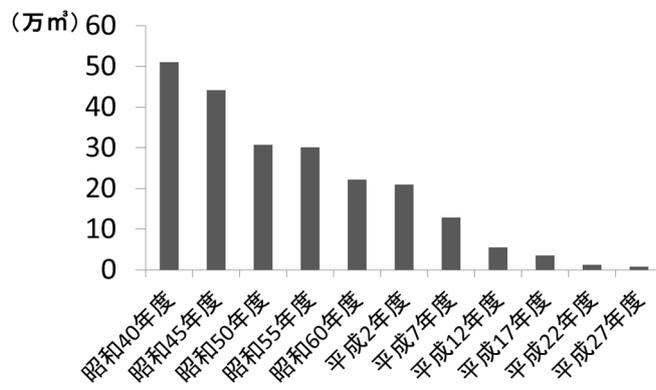
ヒバ天然林における間伐効果についての一考察

青森森林管理署 森林官補（広瀬後潟森林事務所） 藤田裕史

1. はじめに

津軽半島及び下北半島では、日本三大美林の一つに数えられる青森ヒバ（以下「ヒバ」という。）を主体とする天然林が、広く分布している。ヒバ林は「大・中・小径木がバランス良く配置され、広葉樹が混交する択伐林型」が理想林型とされており、このような林分においては択伐による持続的な大径ヒバの供給が期待される。しかし、過去の択伐で大径木主体に伐採したこと等により、中・小径木主体のヒバ林となっている林分（ヒバ等択伐林誘導施業群）が存在しており、東北森林管理局管内では現在ヒバ林全体の約16%を占めている。このことが、ヒバ大径良質材の減少要因の1つとなっており、ヒバの伐採量は大きく減少している（図-1）。

このため、東北森林管理局では、中・小径木が主体のヒバ天然林において間伐による本数調整を行うことで、早期に大・中・小径木のバランスがとれた択伐林型に誘導することを目指した取組を行っている。平成21年度には間伐効果を検証するため、東北森林管理局計画課により青森森林管理署管内に試験地が設定された（図-2, 3, 表-1）。本研究では間伐を実施した試験地において調査を行い、間伐後8年を経過した時点での間伐効果について考察することとした。



1 「国有林野事業統計(東北森林管理局管内)」による。
2 伐採量はヒバ一般材の伐採量で、ヒバ低質材(NA)は含まない。

図-1 東北森林管理局管内のヒバ伐採量



図-2 試験地の位置

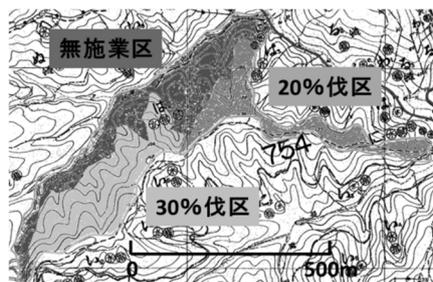


図-3 試験地

表-1 試験地の概要

試験地名	青森ヒバ施業検証試験地
所在地	青森県東津軽郡蓬田村
林小班	居家戸山国有林754は4林小班
面積	16.16ha
林種	天然林
樹種、混交歩合	ヒバ90%、その他広葉樹10%
林齢	143年生
施業群	ヒバ等択伐林誘導施業群
施業履歴	昭和49年 主伐(択伐)

2. 調査方法

(1) 試験地で過去に行われた調査・施業

間伐に先立ち、平成 21 年 7～8 月に試験地の設定及び林況調査が行われた。試験地には 30%伐区、20%伐区、無施業区の伐区毎に、0.1ha (20m×50m) の調査プロットが設定された。プロット内の立木 (径級 6 cm 以上のヒバ及び広葉樹) について胸高直径 (0.1cm 単位・毎木)、樹高 (1 m 単位・一部の立木) が測定された。

翌平成 22 年度に、30%伐区と 20%伐区で、全体材積伐採率それぞれ 30%、20%前後の間伐が行われ、無施業区では間伐が行われなかった。なお、間伐に際しては、上層で競合している又は中・下層木を被圧しているヒバ上層木が選木された。

各プロットの間伐前及び間伐対象の立木本数及び蓄積等を図-4, 5に示す。

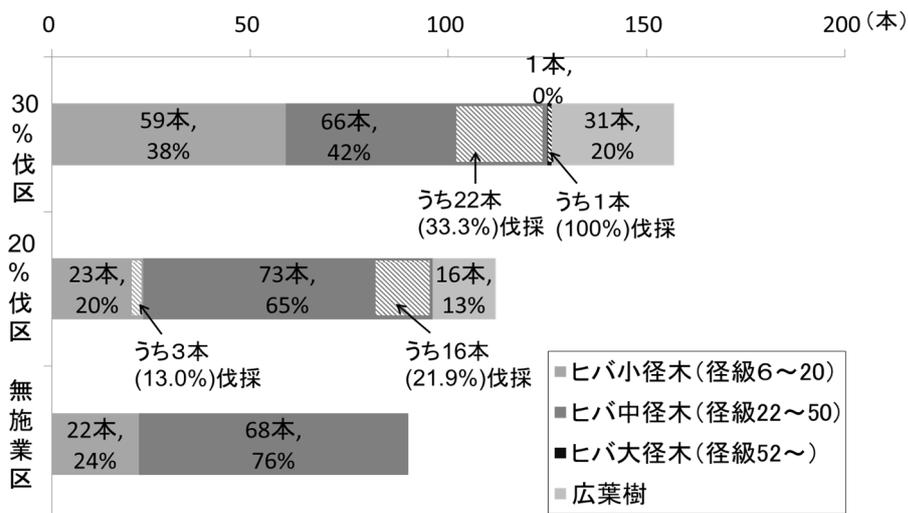


図-4 プロットの伐採前の立木本数構成と伐採本数

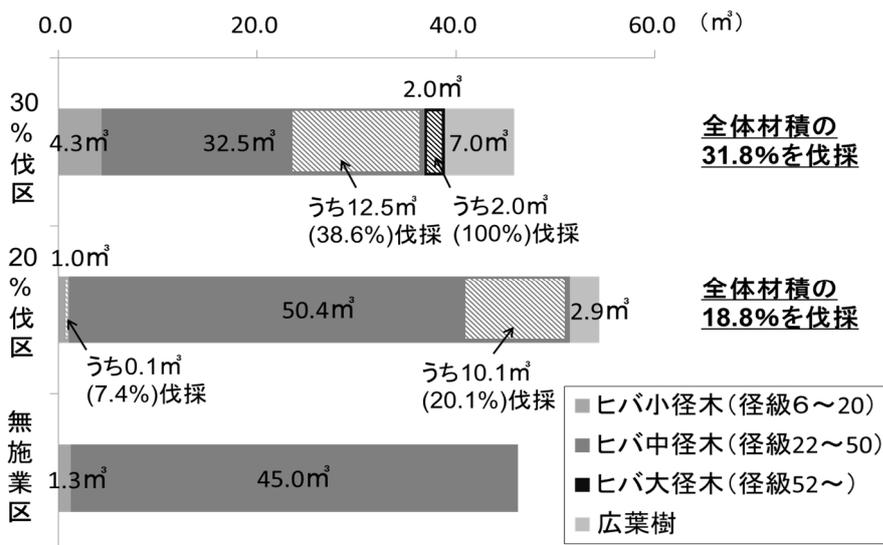


図-5 プロットの伐採前の蓄積量と伐採材積量

(立木材積は「東北森林管理局国有林野産物収穫調査規程」に基づき、直径毎木法 (階級法) により算出。)

(2) 調査及び解析方法

平成 30 年 8～9 月に、試験地に設けられた各伐区のプロットにおいて林況調査を行った。プロット内のヒバ立木(径級 6 cm 以上)について直径巻尺で胸高直径(0.1cm 単位・毎木)を測定した。また、各プロット内に 10m×10m 正方形コドラートを 1 個設け、ヒバ稚幼樹及び下層植生の調査を行った。

そして、平成 21 年及び 30 年の調査結果を分析した。統計解析には、ソフトウェア R ver 3.5.1 (R Development Core Team, 2018) を使用した。

3. 結果

(1) 径級構成の 9 年間の変化

各プロットの平成 21 年及び 30 年の径級構成を図-6 に示す。

小径木については、伐採率に関係なく枯死が 5～6 本発生した。また、30%伐区のみで小径木から中径木へ 5 本進界した。

中径木については、20%伐区と無施業区で径級 40 以上の比較的大きい立木が増加した。

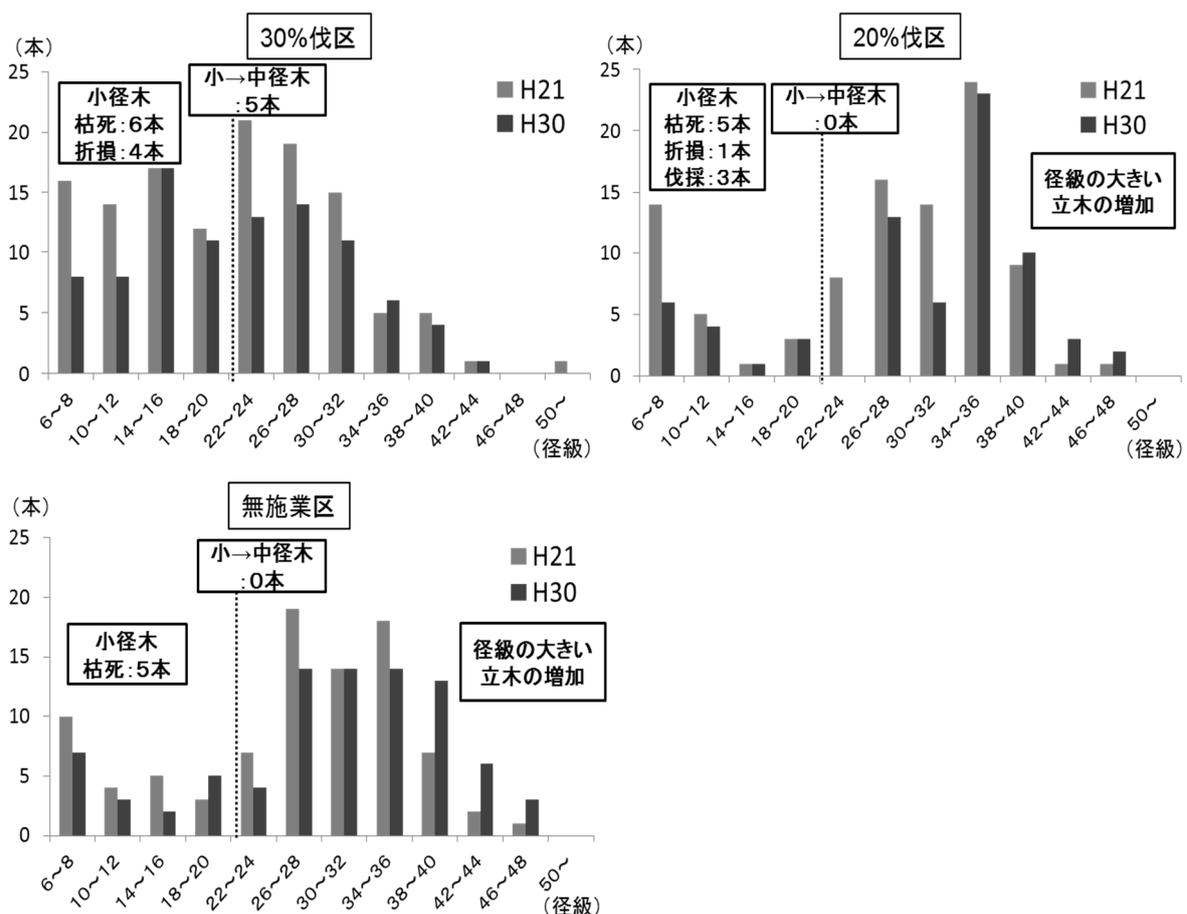


図-6 各プロットの平成 21 年及び 30 年の径級構成
(枯死・折損・伐採木は除外)

(2) 胸高断面積の9年間の変化

平成30年の残存中径木及び残存小径木は、いずれも30%伐区がha当たり胸高断面積合計の9年間の増加割合が最も大きかった一方で、中径木については伐採率が高いほど平成21年と比較して30年の胸高断面積合計が小さかった(図-7)。

また、各プロットの各残存中径木及び残存小径木について胸高断面積の9年間の成長率を算出し箱ひげ図を作成した(図-8)。Steel Dwass法による多重比較の結果、小径木は30%伐区が無施業区と比較して成長率が有意に高かったが($p < 0.05$)、中径木はプロット間で有意な差が認められなかった($p > 0.05$)。さらに、小径木は30%伐区と20%伐区が無施業区と比較してばらつきが大きい傾向が見られた。

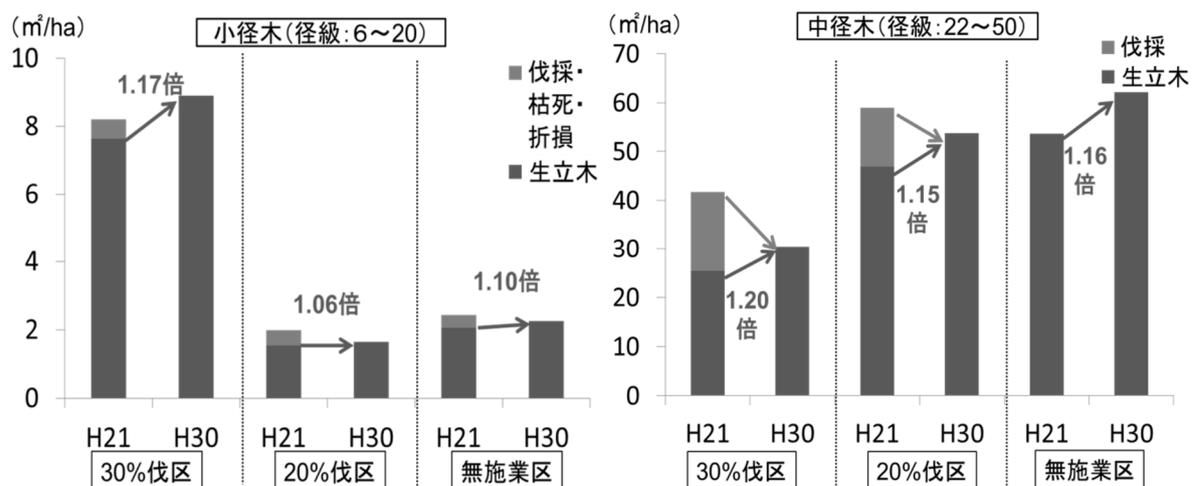


図-7 各プロットのha当たり胸高断面積合計

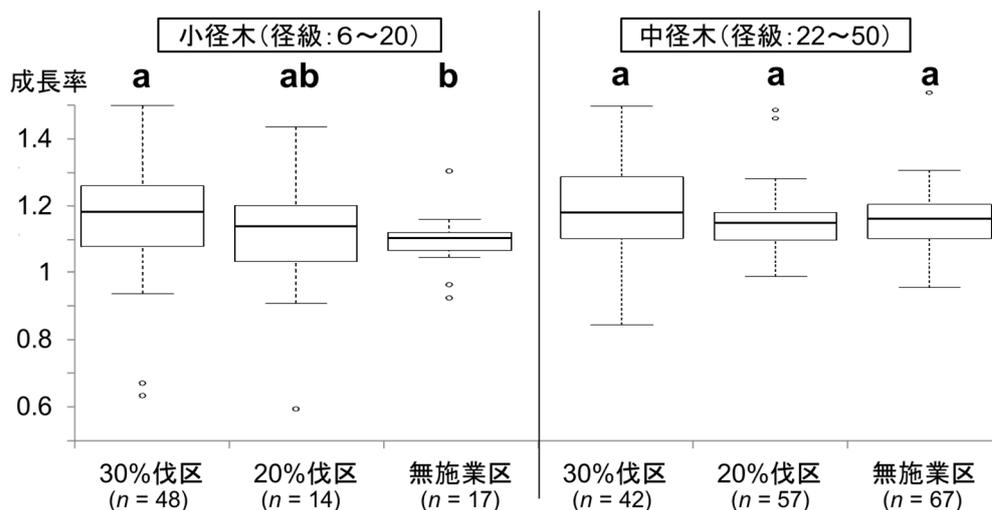


図-8 胸高断面積成長率の箱ひげ図及び統計解析結果

(3) 平成30年時点のヒバ稚幼樹及び下層植生

平成30年の調査における、各プロットの10m×10mコドラート内のヒバ稚幼樹及び主要な下層植生だったクロモジの高さ別本数を図-9に示す。

ヒバ稚幼樹は、いずれのコドラートでも 30cm 以上が 50 本以上成立していた。一方で、伐採率が高いほど 30cm 未満の本数が多かった。

主要な下層植生だったクロモジは、伐採率が高いほど多く成立していた。

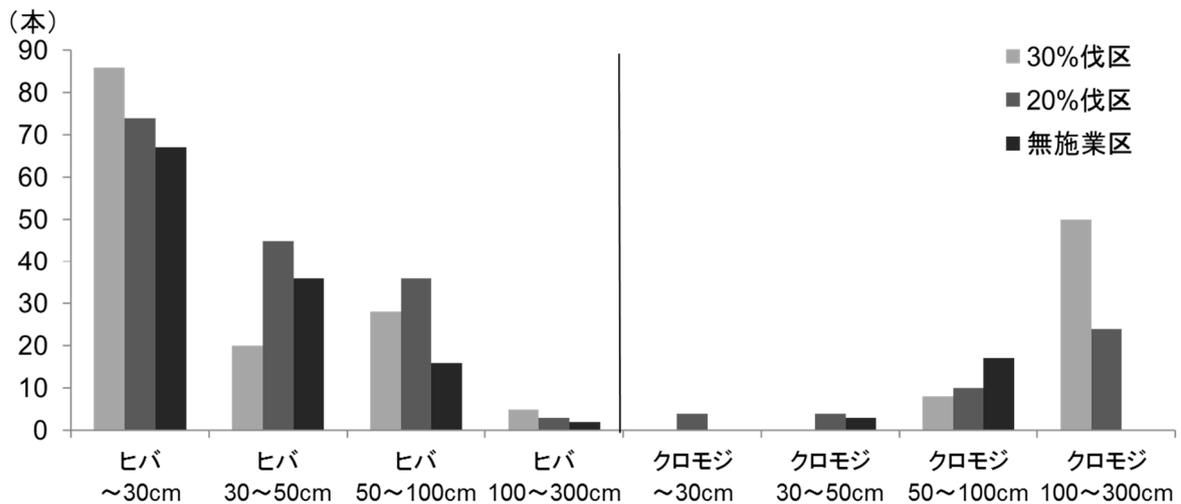


図-9 各プロットの 10m×10mコドラート内のヒバ稚幼樹及び主要な下層植生（クロモジ）の高さ別本数

4. 考察

(1) 中径木

中径木はプロット間で残存立木の胸高断面積成長率に有意な差が認められず、いずれのプロットでも同程度に成長したと考えられた。さらに、伐採率が高いほど伐採前からの胸高断面積合計の回復が遅かった。

現時点では中径木への間伐効果ははっきり現れなかったが、間伐効果の有無については長期的に成長推移を調査する等により慎重に考察していく必要がある。

また、伐採率が高いほど、間伐前の蓄積まで回復するのにより多くの時間がかかると予想され、次の伐採までの期間を長く取る必要性が示唆された。

(2) 小径木

小径木は、30%伐区が無施業区と比較して残存立木の胸高断面積成長率が有意に高かった。また、30%伐区と20%伐区は、無施業区と比較して胸高断面積成長率のばらつきが大きく、一部の小径木で特に成長が促進された可能性が考えられた。さらに、伐採率に関係なく枯死が発生した。

東北森林管理局森林技術センターは、増川ヒバ施業実験林の老齢で中・小径木主体の過密となったヒバ林（約 2,500~3,500 本/ha）において3割以上の個体が枯死していたことから、ヒバは良好な上方成長をするようになると、耐陰性が減少し陰樹から陽樹へと変化する傾向にあると推論している（森林技術センター，2012）。

本研究において、枯死原因の特定は行っていないが、プロット内を観察した限りでは、無施業区はもちろんのこと30%伐区や20%伐区においても、上層木によって上層が阻害されて中・下層まで光が当たりづらい場所で小径木の枯死が発生する傾

向が見受けられた。

これらのことから、伐採率を高くし林内光環境を相当に向上させることで、介在する小径木に光が当たるようになり、成長が促進される可能性が示唆された。一方で、伐採率 20～30%程度では、すべての小径木の成長を促進するのは困難であり自然淘汰される可能性が考えられたことから、本プロットのように小径木の本数が過半を占めない林分においては、密度調整のための小径木の間伐は不要である可能性が示唆された。

(3) ヒバ稚幼樹

東北森林管理局では「天然更新完了確認調査要領について」(平成 20 年 3 月 31 日付け 19 東計第 169 号)を定め、ヒバの更新完了の目安を「樹高がおおむね 30cm (伏条では 50cm) 以上の有用天然木 (ヒバを含む) の稚樹が、ha 当たりおおむね 5,000 本以上ほぼ均等に成立したとき等」としている。本研究において 30cm 以上のヒバ稚幼樹はいずれのコードラートでも 50 本以上成立しており、おおむね十分に定着していたと考えられた。また、伐採率が高いほどヒバ稚樹の発生が旺盛であるとともに、下層植生量が多い傾向が見られた。

森林技術・支援センター(2014)によれば、ヒバ単層一斉林において、無施業区・20%材積伐採区・40%材積伐採区を設け、伐採 10 年後の状況を調べたところ、ヒバ稚樹の発生・定着の観点からは 20%材積伐採区が最も良く、40%材積伐採区では光環境が良好なため先駆種の雑灌木類が繁茂しヒバ稚樹の定着が阻害された。

こうした過去の研究例のように伐採率が高すぎるとヒバ稚幼樹の発生・定着をむしろ阻害する恐れはあるが、本研究では 30%伐区・20%伐区ともに下層植生がヒバ稚幼樹の発生・定着を阻害しているとは見受けられなかった。ただし、ヒバ稚幼樹が順調に成長していくかどうかについては、今後も注視していく必要がある。

(4) 総括

これらのことから、ヒバ中・小径木主体の林分では、需要が比較的に見込める中径木に伐採対象を絞り、適度な利用間伐を行うことで、立木密度の緩和と林内光環境の向上が図られ、中径木や稚幼樹の成長を妨げることなく、介在する小径木の成長が特に促進されて、大・中・小径木のバランスが良い理想林型に誘導されることに期待したい。

しかしながら、選木の仕方や伐採率等の最適な間伐方法の結論づけに向けては、稚幼樹の消長やヒバ以外の樹種との競合、中径木の成長推移等も含め、今後新たな試験地調査も視野に入れつつ更なる調査が必要である。

5. 参考文献

東北森林管理局森林技術センター (2012) 増川ヒバ施業実験林の間伐試験について。

平成 21 年度森林・林業技術交流発表集。

東北森林管理局森林技術・支援センター (2014) ヒバー一斉林型から複層林型への誘導。

東北森林管理局森林技術・支援センター森林・林業技術講座資料。

青森ヒバ資源拡大のための民有林における人工造林促進の取組

青森県東青地域県民局地域農林水産部林業振興課
主幹 成田 達美

1. はじめに

(1) 背景

東青地域県民局は、青森県の中央に位置する青森市など陸奥湾に面している1市3町1村を所管し、森林面積の約6割が国有林、約4割が民有林となっている。

管内民有林の人工林面積は20,596ha、そのうちヒバ人工林が1,405haで民有林全体の6.8%を占め、県全体では39.5%である。

青森ヒバの多くは国有林に生育しており、昭和40年頃には年間約50万 m^3 の伐採量があったが、その量は年々下降線を辿り平成26年以降にはそれが1万 m^3 を下回る落ち込みを見せてきた。(図-2)

このように、青森ヒバは資源はあるものの伐採地の奥地化及び自然保護の高まりにより、当面の間伐採量の復活が期待できない状況にあった。

そこで東青地域県民局の普及指導員が中心となり、平成元年頃から民有林においてヒバ人工造林の促進に取組み、平成8年12月からは、ヒバの育成技術向上に熱心な森林所有者が集まった林研グループ(平内自生樹研究グループ:(現東青もりづくりの会))を指導しながら様々な調査・試験・研究を重ねてきた。

(2) 取組の目的

ヒバの人工造林地においては、寒風害や凍害、野鼠被害、漏脂病などが確認されたが、植栽後30年程経過してきたことから、ヒバの現況を確認するため、生育調査等を実施することとし、そこから得られた情報を今後のヒバ人工造林促進の取組に生かすこととした。

図-1 【管内概要図】

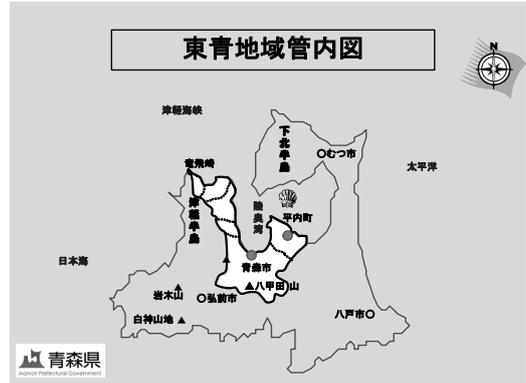
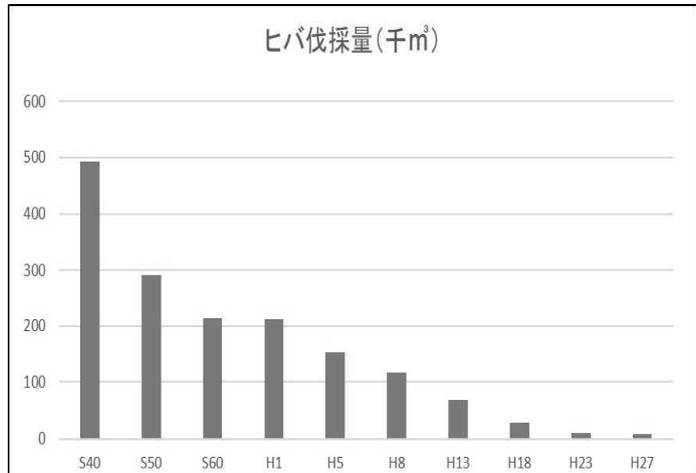


図-2 【本県ヒバ伐採量の推移】



参考: 1 青森ヒバの現状と今後の取組 (青森県林政課)
2 国有林野事業統計

2. 取組内容及び成果・課題

(1) これまでの取組内容

① ヒバ苗木の育成指導



ア：山引き実生苗の育成



イ：挿し木苗木の育成

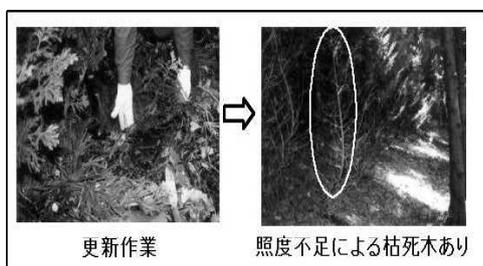


ウ：空中取木苗の育成

② ヒバ人工林の造成指導



ア：スギ・ヒバ複層林の造成



イ：伏状更新



ウ：ヒバ単層林の造成

(2) 生育状況調査（今回の取組み）

過去に調査した4地区5箇所の造林地について追跡調査を実施。

ア 調査内容

- ・生育状況の把握（標準地調査（20m×20m））
- ・過去の各種被害発生地における現況確認

イ 調査地

- ①優良林分の単層林：（青森市）
 - ②優良林分のスギ・ヒバ列状の混交植栽地：（青森市）
 - ③複層林：（平内町）
 - ④単層林：（平内町）
 - ⑤壮齡林：（青森市）
- ※①と②は同じ地区内

ウ 調査結果

(a) 生育状況の概要

優良林分とした調査地①②では、森林所有者のヒバの生産増大を目指す熱意から、こまめな被害木の除去や枝打ち、数年ごとの間伐

表-1【ヒバ人工造林地調査結果】

調査地	林齢	平均胸高径 (cm)	平均樹高 (m)	立木材積 (m ³ /ha)	漏脂病 被害率(%)
①	16	8	5.3	-	-
	30	28 (+20)	15.6 (+10.3)	184	0
②	21	14	7.7	-	-
	35	32 (+18)	16.5 (+8.8)	231	0
③	13	4	4.0	-	-
	27	18 (+14)	13.1 (+9.1)	242	71.4
④	24	16	9.5	-	-
	38	22 (+6)	17.3 (+7.8)	408	7.7
⑤	50	20	14.0	378	70.0
	74	30 (+10)	21.9 (+7.9)	545 (+167)	86.2 (+16.2)

・上段は前回調査、下段は今回調査

（①～④は14年経過、⑤は24年経過）

が行われ、風通しや日当たりが良好な環境にあり生育は良好であった。

現在ヘクター当たり 375 本であり、「青森県民有林地位級別ヒバ樹高成長曲線」に当てはめると地位級 1 となっている。

表-1にあるように、調査地②の平均胸高直径は 32 cm だが、40 cm 以上のものも見受けられた。

(b) 各種被害発生地 の 現況

<寒風害の状況>

- ・調査地①は、西斜面で陸奥湾からの寒風が沢を駆け上がる際に中腹に発生した箇所。局部的かつ軽微な被害地。枯損直下の生枝を立ち上げることで回復を試みたが最終的に樹形は回復しなかった。
- ・被害本数は少なく、幹が変形することから間対象木として伐採。

<凍害の状況>

- ・調査地④は、日当たりの良い林縁木で日中高温で推移し、昼夜の寒暖差により被害が発生した箇所。表皮から形成層にかけて裂けていたが、巻き込むことで回復し、その後周りの枝が伸びると傷口が保護されていた。
- しかし、漏脂病の被害の可能性があり要注意。

<野鼠被害>

- ・調査地①は、ハタネズミの食害被害地。裾払いすることで更なる被害を防ぐことができた。しかし、「くの字」に変形した被害木は回復しないため、間伐木として伐採。

<漏脂病被害>

- ・漏脂病被害地である調査地③は、複層林の下層木として植栽され、5年後スギにトビグサレがあったため約70%を伐採した。上層木伐採後一時的には通風や陽光が入り環境の良い時期があったが、その後除伐・間伐の未実施により林内が密閉された状況になっている。
- ・現在も、漏脂病は回復していない。(被害率は71%)
- ・調査地⑤は、平成元年の青森県林業試験場の「ヒバ漏脂病林分調査結果」によって明らかになっていた。当時青森県内の5箇所の調査地のうちの1箇所であり、被害率が70%と非常に高かった。

当該林分は以前国有林野であり施業記録は残っていない。昭和41年に公有林となり、平成23年度に20%の利用間伐を実施したが、低質材の販売は全体の約1割にとどまっていた。被害木にも、軽度・中度・重度・とあり、材まで影響を及ぼす重度のものが少なかったものと推測される。だが、現在でもその被害率は依然として高い状況にある。

今回の調査で、調査地⑤のように漏脂病は谷筋で高湿度な環境で発生しやすいことが分かり、さらに全箇所の調査を通じて被害林分と健全な林分を比較したところ、適正な通風や照度を確保することにより被害を軽減できていることが分かった。



優良林分



漏脂病被害木

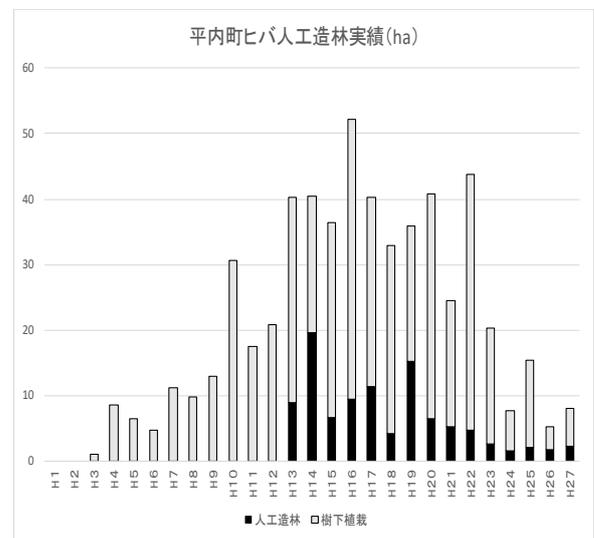
(3) 成果

ア 平内町において、林研グループとの共同研究や普及活動が森林所有者に波及効果をもたらし、平成10年頃からのヒバ人工造林面積拡大の一因となった。(図-3)

イ 今回の調査により、現場や管理方法の違いによる生育状況を把握することができ、ヒバ人工造林拡大のため、森林所有者に提供する情報が得られた。

例えば、漏脂病は高湿度な環境等で発生しやすいが、適正な通風日当たりを確保することにより被害を軽減できることが確認できた。

図-3【平内町の人工造林面積】



青森県林政課資料により作成(治山事業含まず)

(4) 課題

ア ヒバ人工造林面積が伸び悩んできており、造林意欲向上のため森林所有者に更なる普及活動が必要。

イ 後継者不足によって、造林されたヒバ林が適切な保育管理されない懸念がある。

3. 今後取り組むべき内容

(1) 優良事例をベースにした研修会の開催等による普及啓発。

(2) ヒバ造林を行った森林所有者に対する林地状況に応じた管理指導や育林技術の情報提供などによるフォローアップ。

水源林造成事業におけるヒバ造林への取組

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林整備センター青森水源林整備事務所
○係長 佐々木斎晴・主幹 畠山栄二

1. はじめに

(1) 背景

森林整備センターで行っている水源林造成事業は、森林の有する公益的機能の維持増進に資することを目的に、分収造林契約方式により森林の造成を行い、昭和36年から全国で約48万ヘクタール、青森県では約1万2千ヘクタールを実施してきた。その中で青森県の郷土樹種であるヒバの人工造林の機運が高まる中、地域からの要望を踏まえ、平成9年度にヒバの植栽を開始した。ヒバの苗木が高価であり、かつ苗木生産量が限られていることから、主にヒバとスギを列状の配置で混植を行うことで、低コストで効率的にヒバ造林地を造成することとした。

(2) 調査の目的

森林整備センターでは、ヒバの植栽が平成9年度の開始から20年を経過したことから、これまで植栽したヒバとスギの成育状況等を調査することによって、適切な施業方法、技術的な課題などについて考察し、今後の事業実施にいかすことを目的とした。

2. 調査の概要

(1) 調査地の概要

青森県内の契約地のうち、12市町村で合計98haのヒバの植栽実績がある中で、スギとヒバを列状に混植した4箇所の造林地を選定し調査地とした（表－1）。

ヒバを導入した初期に植栽した調査地1と2は、スギ2列に対しヒバ1列を植栽した造林地で、これらの造林地では10年生頃からヒバがスギに被圧される傾向が顕著になってきたことから、調査地3と4ではヒバの照度を確保する意図からスギ4列に対しヒバ2列を植栽したものである。

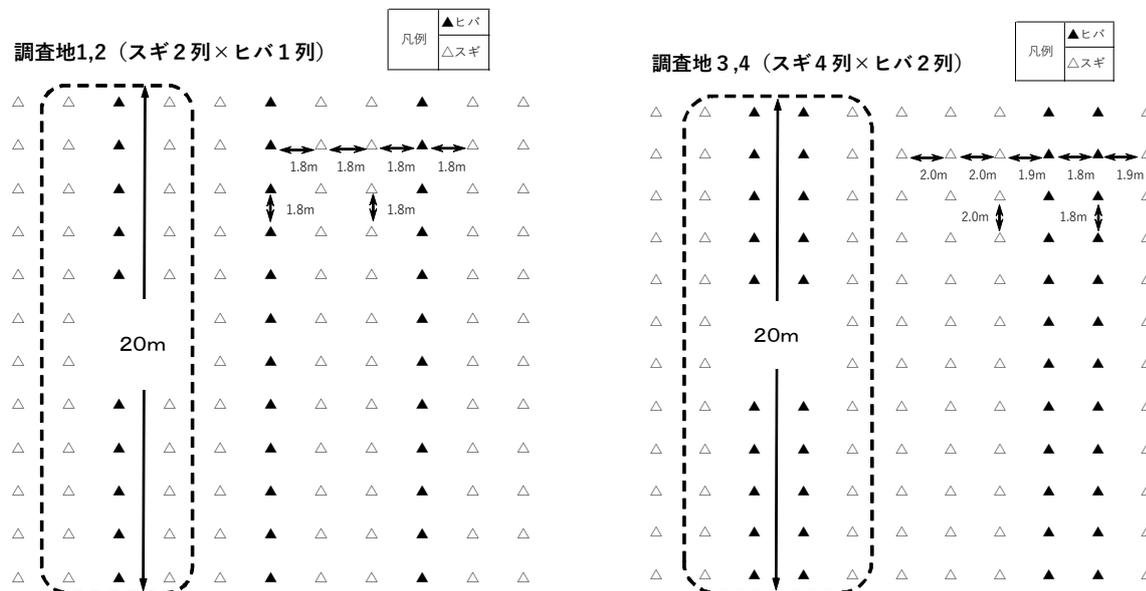
表－1 調査地の概要

調査地 NO.	所在地	植栽年度	スギとヒバの混植の方法	ヘクタール当たり植栽本数	スギとヒバの混植面積	
						ヒバの割合
1	下北郡東通村大字砂子又字黒森	H9～H11	スギ2列×ヒバ1列	スギ 2,000本/ha	18.47ha	33%
2	上北郡横浜町字苗代川目	H13		ヒバ 1,000本/ha	12.00ha	33%
3	上北郡七戸町字中田	H22～H24	スギ4列×ヒバ2列	スギ 1,800本/ha	19.28ha	33%
4	青森市大字鶴ヶ坂字早稲田	H24		ヒバ 900本/ha	2.30ha	33%

※調査地3、4はコスト削減の観点から、ヘクタール当たりのスギ、ヒバの植栽本数を減らして植栽した。

(2) 標準地の設定

各調査地において、ヒバの列を中心にその両側のスギを含めた、長さ20mの長方形の標準地を設定した（図－1）。



図－1 標準地の設定方法

(3) 調査の方法

調査は、各標準地において、スギとヒバの成立本数、樹高、胸高直径又は根元径、ヒバの樹冠幅、病虫害などの被害状況を測定及び確認することで、成育状況を調査した。

標準地内の測定は根元径をノギスで計測。胸高直径は林尺、樹高とヒバの樹冠幅は測幹で測定した。併せて目視で病虫害の有無の確認をした。

3. 調査の結果

各標準地のヒバの平均樹高について、ヒバの地位級別樹高成長曲線（青森県林業試験場、2003）に当てはめた結果、スギとの混植の影響により標準である地位級2より低いものの、ほぼ地位級3を上回っていることから、おおむね順調に成長していると思われる（図－2）。なお、各調査地のヒバの生存率は70～80%であった。

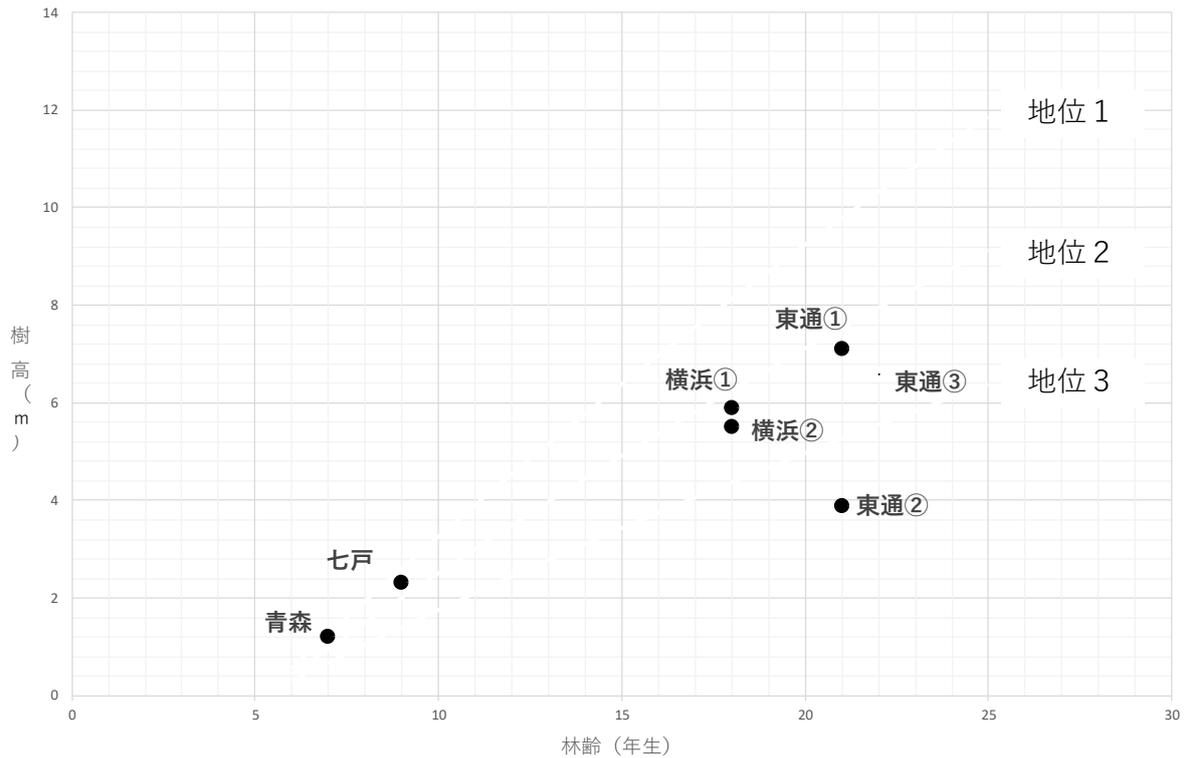


図-2 地位級別樹高成長曲線と標準地の樹高

次に、標準地内のヒバの胸高直径と樹冠幅（図-3）、樹高と樹冠幅（図-4）の関係を調べた。図-3からヒバの直径と樹冠幅の間には正の相関($R=0.7276$)があり、直径が大きいかほど樹冠幅も大きくなった。同様に、図-4からヒバの樹高と樹冠幅の間には強い正の相関($R=0.9129$)があり、樹高が大きいかほど樹冠幅も大きくなった。なお、調査地では樹冠の閉鎖は見られなかった。

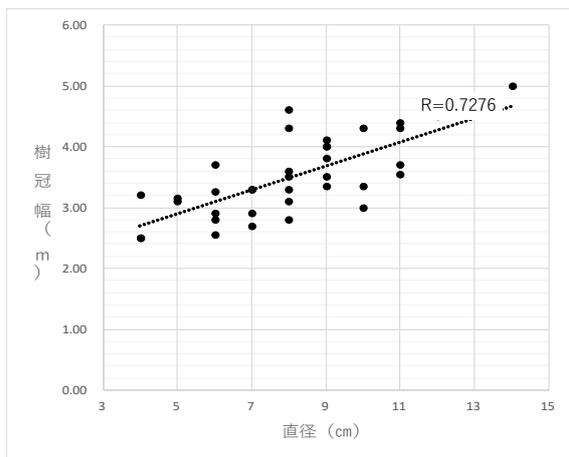


図-3 ヒバの直径と樹冠幅

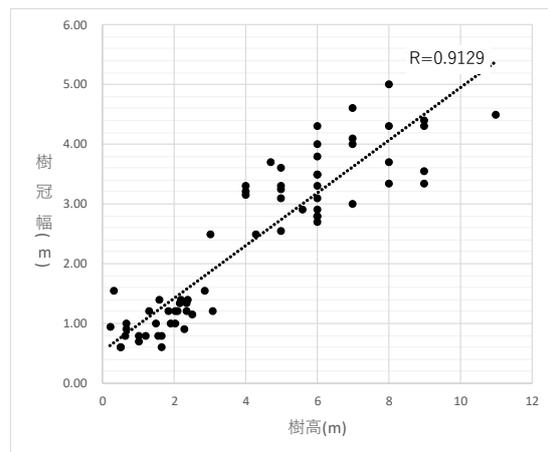
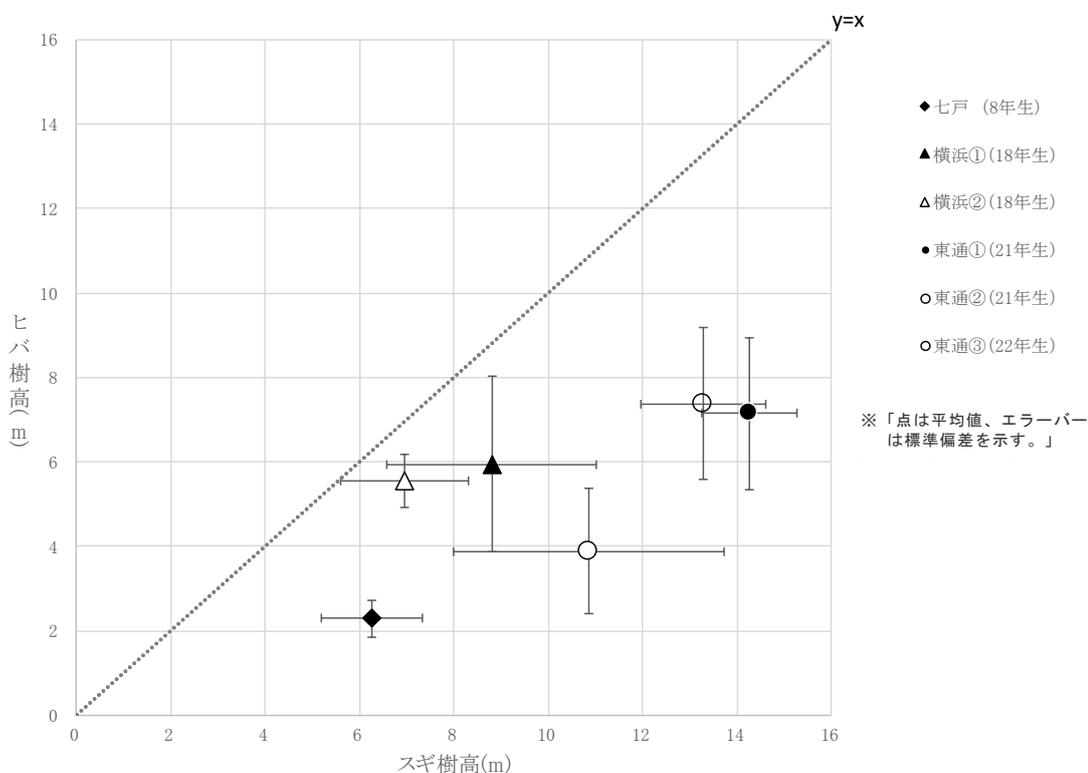


図-4 ヒバの樹高と樹冠幅

また、図-5から各標準地におけるスギとヒバの樹高を比較すると、いずれの標準地においてもスギが優勢になる傾向にあるが、スギの成長がよいところはヒバの成長もよ

い傾向が見られた。このことから、混植によりヒバが必ずしも被圧されているわけではなく、植栽後から現在までの成長を見る限り、ヒバの成長に、混植による著しい遅れはないと考えられる。また、スギの成長の良好なところはヒバも成長が良好であることから、ヒバの適地はスギの適地に準じると推測される。このことから、ヒバ造林の現実性を高めるためには地位を考慮する必要があると考えられる。



図一 5 各調査地におけるスギとヒバの樹高の比較

4 考察

(1) 適切な施業方法として、植栽の方法の検証について

今回の調査結果からは、植栽方法の検証については、スギ2列に対しヒバ1列の割合で混植した場合とスギ4列に対しヒバ2列の割合で混植した場合では、ヒバの成長に明らかな違いは見られなかったことから、今の段階ではまだ答えが出せない状況である。引き続き調査事例を積み重ねることにより、効果的な植栽方法の検証を行いたい。

(2) 技術的な課題として、施業方針の検証について

施業方針の検証については、センターの実行経過 (表一 2) は、青森県の標準的な施業方法 (表一 3) と大きく変わっていない状況であった。通常、スギとヒバの列状の植栽地では、スギがヒバよりも成長が早いことからヒバに対する照度が低下し、ヒバの成長が阻害されるおそれがあるが、調査地1, 2については、スギの裾枝払を行い、調査地1は本数整理伐も実施したため、下刈後の、除伐、本数整理伐や裾枝払などの林内照度を高める施業が、ヒバの成長を促していると推測される。

以上から施業方針については、現在の施業方法で問題がないと思われる。

表－2 調査地1～4の施業実行経過

凡例	◎ 下刈 (2回刈)
	○ 下刈 (1回のみ)
	△ 裾枝払 (おおむね1.5m)
	▲ 裾枝払 (おおむね4.0m)
	● 除伐 I
	□ 除伐 II

調査地・樹種		林齢 (年生)																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
調査地 1	東通③	スギ	○	◎	◎	◎	◎	○	○			△				□	▲						
		ヒバ	○	◎	◎	◎	◎	○	○					●			□	△					
	東通①②	スギ	○	◎	◎	◎	○	○	○				●	▲			□	▲					●
		ヒバ	○	◎	◎	◎	○	○	○				●	▲			□	▲					●
調査地 2	横浜①②	スギ	○	◎	○	○	○	○				●	▲										
		ヒバ	○	○	○	○	○	○	○			●											
調査地 3	七戸	スギ	○	◎	○	○	○	○	○														
		ヒバ	○	◎	○	○	○	○	○														
調査地 4	青森	スギ	○	○	○	○	○	○															
		ヒバ	○	○	○	○	○	○															

表－3 保育の標準的な方法 (森林計画書)

凡例	◎ 下刈 (2回刈)
	○ 下刈 (1回のみ)
	⊗ 下刈 (必要に応じて)
	△ 枝打
	● 除伐

森林計画区		林齢 (年生)																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
津軽	スギ	○	◎	○	○	○	⊗	⊗	⊗				●	△								△
	ヒバ	○	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗					●							
東青	スギ	○	◎	○	○	○	⊗	⊗	⊗	⊗			●	△								△
	ヒバ	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	⊗				●							
三八上北	スギ	○	◎	○	○	○	⊗	⊗	⊗				●	△								△
	ヒバ	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗					●							
下北	スギ	○	◎	○	○	○	⊗	⊗	⊗				●	△								△
	ヒバ	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗					●							

(3) 病虫獣害等の被害の検証について

今回の調査地では、病虫獣害は見られず、ヒバに多いとされる漏脂病、樹皮裂も今回の調査では見られなかった。

5. まとめ

ヒバは耐陰性が高いとされるが、成長においては幼齢期における照度の確保は重要と考えられ、スギと混植する場合には、スギの裾枝払、本数調整伐を適期に行うことにより照度を確保し、ヒバの枝張りを促すことが重要と考えられる。また、今回の調査では、スギの成長の良好な箇所はヒバの成長も良好であったことから、ヒバの適地はおおむねスギの適地に準じると推測され、ヒバ造林の確実性を高めるには地位を考慮する必要があると考えられた。

今後の課題として、

- ①定期的な成長量の調査、②試験データ量の増加、③林内照度の確保に必要な施業の実施を行うことで今回の推測をさらに検証し、低コストで効率的にヒバ造林地を造成していきたい。

引用文献

1. 青森県林業試験場 (2003) 「ヒバの育林技術マニュアル」 10-13
2. 青森県農林水産部林政課 (2016) 「津軽地域森林計画書」 22
(2015) 「東青地域森林計画書」 20
(2014) 「三八上北地域森林計画書」 21
(2013) 「下北地域森林計画書」 22

採材の単純化による歩留向上に向けた取組

～仕事はきれいに効率よく～

○津軽森林管理署金木支署 青山 岳彦

○津軽森林管理署金木支署 村野 宏樹

○青森森林管理署 村下 拓郎

1. 背景

我が国の人工林の多くが本格的な利用期を迎えていることから、公共建築物等における木材利用の推進や木質バイオマスのエネルギー利用など、新たな国産材需給を創出していく取組が進められている。一方で、林業従事者の高齢化や減少が進んでおり、現状のままでは拡大する木材需要に対応することが困難である。このことから、搬出間伐において生産歩留（生産量（丸太の材積）／資材量（立木の材積））を向上させるとともに、作業の効率化を進めることが極めて重要である。

東北地方のような急峻な地形が多い多雪地帯では、積雪の重みにより根元が大きく曲がった根曲り木が多く生じる（図2-2）。大きく曲がった丸太は製材用、合板用として活用できないため、根曲り木の根元部分は「短コロ」として切り落とされる。しかし、短コロは搬出に手間がかかる等の理由から、青森県内では大半が林内に放置されている状況にあり、このことが生産歩留の低下を引き起こす一つの要因となっている。そこで、本研究では短コロの活用を軸に、生産歩留と生産性をともに向上させるための新たな作業方法について検証した。

2. 調査方法

【1】 新規方法の考案

従来の造材方法（以下「従来方法」と呼ぶ）では、まず短コロを切り落とし、一番玉以降を4 m または2 m に造材していた（図1-1）。従来方法で造材した丸太は表1のように巻立てするため、短コロの搬出を含めると出材区分は計7種類となる。

本研究では採材の単純化と歩留向上を図るため、従来方法に対して新たな造材方法を考案した（以下「新規方法」と呼ぶ）。まず、サルカ部分（伐倒時に生じる切り口）を含めて一番玉を一律2 m で玉切りし、2 m 低質材とする。二番玉以降は作業の単純化のため一律4 m で玉切りし、一般材・合板材・低質材に仕分ける（梢端部に限り、2 m 採材が可能な場合は2 m 低質材として搬出）（図1-2）。そのため、新規方法で生産される出材区分は5種類となる（表1）。新規方法では、これまで未搬出だった部分を搬出することによる生産歩留の向上に加え、採材の単純化や4 m 材比率の増加による作業効率の向上も期待される。さらに、林地残材の減少により、大雨による残材の流出防止や、主伐後における造林作業の効率化も期待される。そこで、従来・新規方法のどちらが有効か検証するため、根曲り木が多く生育する林分における資材量あたりの販売単価＝「収入」と人件費＝「支出」を求め、その「収支差」＝収入－支出の比較を行った。

表1. 従来方法及び新規方法の巻立て区分

	従来方法	新規方法
4m材	一般材・合板材 ・細丸太	一般材・合板材 ・細丸太・低質材
2m材	一般材・合板材 ・低質材	低質材

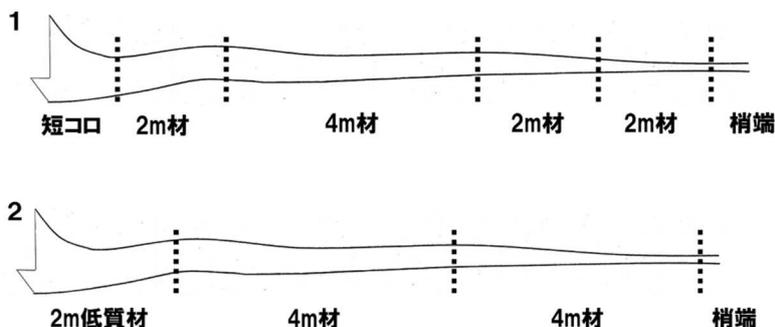


図1：
1. 従来方法における造材方法。
2. 新規方法における造材方法。

【2】 調査箇所

それぞれの作業方法による収支差を比較するため、従来方法または新規方法による搬出間伐を実施した。調査箇所として青森県五所川原市飯詰山国有林の林分条件に近い8つの小班を選定した(図2-1・表2)。各小班はスギを主体とする人工林であり、収穫調査復命書によると、全立木本数に対する根曲り木の割合は約30%と報告されていた(表2)。作業システムは車両系作業システムであり、伐倒はチェーンソー(ハスクバーナ560)、造材はプロセッサ(イワフジGPi-40-C)、運材はフォワーダ(イワフジフォワーダU6B・U6C)を使用した。搬出した丸太は林道上の仮土場で巻立てし、グラップル付きトラックで最終土場まで運搬した。

収入を算出するにあたり、東北森林管理局で販売実績のない4m低質材の需要を調査するため、青森県外ヶ浜町西小国山国有林641ろ2小班において新規方法を実施し、生産した4m低質材を山元委託販売により販売した。



図2：
1. 比較調査実施箇所。斜線が従来方法実施箇所、チェック柄が新規方法実施箇所である。
2. 調査箇所に生育していた根曲り木。

表2. 調査箇所の林分条件

	林小班	林齢	面積(ha)	資材量(m3)	平均胸高直径(cm)	根曲り木割合(%)
従来方法	112い1	37	2.86	458	16	35
	114い7	35	5.92	981	24	24
	114い8	35	3.05	410	16	36
新規方法	114い1	38	1.88	265	22	17
	114い2	38	5.11	634	24	26
	114い3	38	4.13	699	16	28
	114い6	36	4.23	646	22	34
	114い12	37	1.96	276	22	17

【3】 収支差の調査

① 収入の算出

それぞれの方法によって生産された丸太の材積（生産量）を記録し、これを立木の材積（資材量）で割ることで生産歩留（生産量／資材量）を算出した。生産量に、青森県の平成30年度における各材区分の委託販売平均単価（表3）を掛けることで販売総額を計算し、これを資材量で割ることで「資材量あたりの販売単価＝収入」を求めた。なお、4m一般材・合板材については、取引される価格の違いから、径級18cm以上のものを「4m一般材・合板材」、径級16cm以下のものを「4m細丸太」として定義した。

表3. 青森県における平成30年度の山元委託販売平均単価(税抜)

4m一般材 ・合板材	4m 細丸太	2m一般材 ・合板材	2m 低質材
7,491	5,361	6,261	4,388

(単位:円/m3)

② 支出の算出

新規方法の導入に伴い造材方法が変化するが、生産される丸太の区分別出材比率や長級比率、2m低質材の形状も変化するため、巻立てとトラック運搬の作業内容も変化すると考えられる。そこで、作業日報を参照することでこれらの作業に要した人工数（人・日）を記録し、生産量を人工数で割ることで作業効率＝生産性（m3／人・日）を算出した。人工数は、作業員一人が8時間作業に従事した場合を1とした。なお、作業道作設・伐倒・集材・運材は作業内容が変わらないため、今回はこれらに要した人工数を考慮しないこととする。さらに、人工数を資材量で割ることで資材量あたりに必要な労働量（人・日／資材量）を求め、これに作業員一人一日あたりの平均賃金（円／人・日）を掛けることで、「資材量あたりの人件費＝支出」を求めた。作業員の平均賃金は全国農業会議所「農作業料金・農業賃金に関する調査結果」における平成28年度のデータを使用した。

③ 収支差の比較

- ① と②で得られた収入と支出から資材量あたりの収支差を求め、比較した。

資材量あたりの収支差＝資材量あたりの販売額－資材量あたりの人件費

3. 結果

【1】 収入の比較

従来方法では 1176.689m³ の丸太が生産されたのに対し、新規方法では 2213.685m³ の丸太が生産された。生産された丸太の区分別出材比率は図 3-1 のとおりであり、新規方法は 4 m 一般・合板材と低質材の生産比率が増加した。なお、新規方法では 2 m 一般材・合板材は全く生産されないため 0%となっている。また、長級別の比率は図 3-2 のとおりであり、新規方法の方が 4 m 材の生産比率が大幅に高くなっていた。

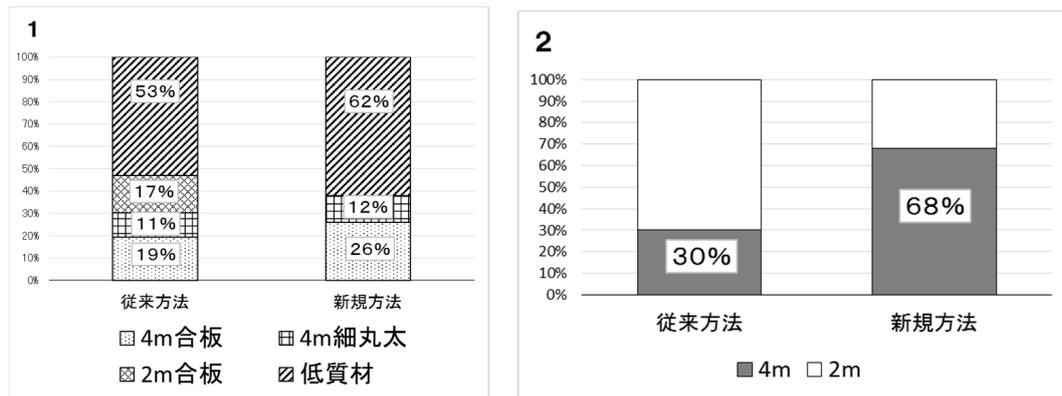


図 3： 1. 従来・新規方法における区分別出材比率。 2. 従来・新規方法における長級比率

生産量を資材量で割ることで生産歩留を算出した結果、新規方法の生産歩留は従来方法と比較し大幅に向上していた（図 4-1）。実際に、作業後の林地の状況を確認すると、従来方法実施箇所では林地に短コロが放置されていたが（図 4-2）、新規方法は枝条以外ほとんど残されていなかった（図 4-3）。これらのことから、新規方法は生産歩留の向上に効果的であることが示された。



図 4： 1. 従来・新規方法における生産歩留（生産量／資材量）。

2. 従来方法実施箇所の林内の様子。 3. 新規方法実施箇所の林内の様子。

収入額を計算するにあたり、4 m 低質材の需要を調査した。その結果、販売した 4 桧全てが落札となり、それぞれ 3 枚程度の応札があったことから 4 m 低質材に需要があることが確認できた。また、平成 30 年度の金木支署・青森署における 2 m 低質材の平均販売単価の実績数値は 4,900 円（税抜）であり、4 m 低質材の販売単価と比べて大きな差がない（表 4）ことから、収入額の計算では 4 m 低質材の単価は 2 m 低質材と同一の値を用いることとした。それぞれの方法により

生産された材積に各材区分の平均単価（表4）を掛けたところ、販売総額（税抜）は従来方法で6,365,795円、新規方法は11,629,007円となり、資材量当たりの販売単価（税抜）従来方法で3,441円/m³、新規方法で4,672円/m³となった（図5）。

表4. 4m低質材の販売単価（税抜）

	桧1	桧2	桧3	桧4
数量(m ³)	62.798	64.210	64.638	71.089
販売額(円)	351,669	351,669	351,669	319,901
販売単価(円/m ³)	5,600	5,477	5,441	4,500

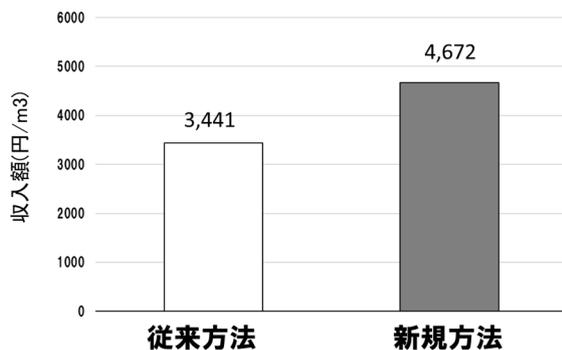


図5. 資材量当たりの収入額

【2】 支出の比較

それぞれの方法における造材・巻立て・トラック運搬に要した人工数を表5に示す。生産量を人工数で割り生産性（m³/人・日）を求めた結果、新規方法は巻立てとトラック運搬の生産性が微増し、3工程全体の生産性も僅かに向上した（図6）。トラック運搬については、2m低質材にサルカが含まれることで積載しにくくなることが予想されたため、各低質材のトラック積み時間も比較した。その結果、新規方法により生産されるサルカ付き2m低質材と4m低質材の積み時間は、いずれも従来方法により生産されるサルカ無し2m低質材より短い傾向が見られた（表6）。さらに、新規方法の作業難易度について作業員への聞き込み調査を実施した結果、造材作業員からは「長級が単純化したため考慮する事項が少なくなり、作業が大変楽になった。」、巻立て作業員からは「2m材の仕分け作業がなくなり楽になったが、4m材の仕分けには時間を要するようになった。」、トラック運転手からは「4m材の比率が増加したため作業が楽になった。サルカが付いていても特に影響ない。」といった意見があり、4m材の仕分け作業以外、生産性を下げているといった意見は聞かれなかった。

表5. 従来方法及び新規方法の人工数

	従来方法	新規方法
造材	13.0	24.5
巻立て	13.0	24.0
トラック運搬	22.7	40.3
計	48.7	88.8

（単位：人・日）

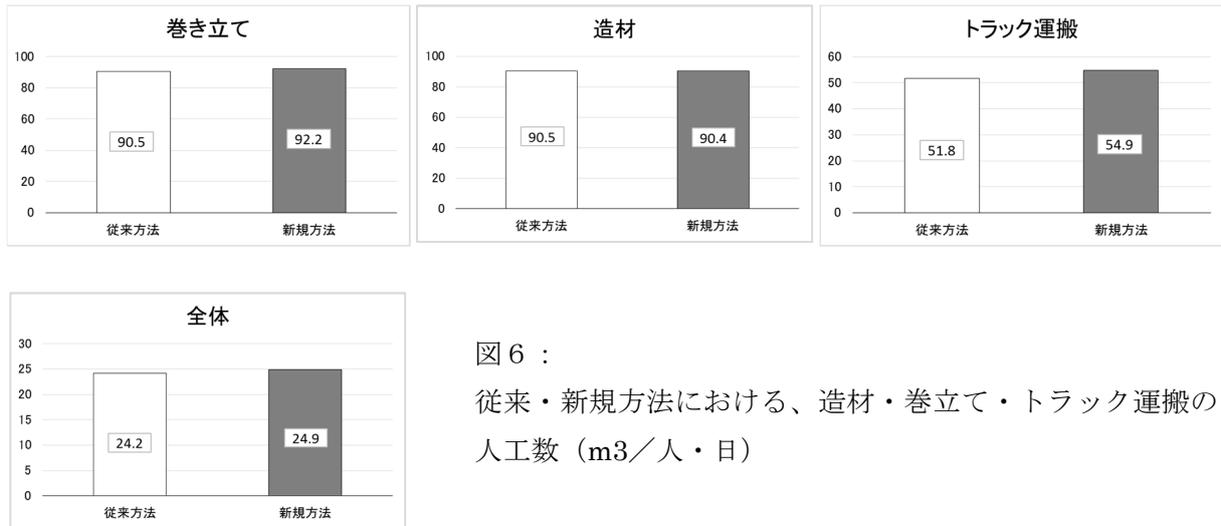


図 6 : 従来・新規方法における、造材・巻立て・トラック運搬の人工数 (m³/人・日)

表6. トラック積込みの所要時間

	2m低質材 (サルカなし)	2m低質材 (サルカあり)	4m低質材
1回目	50	44	37
2回目	47	39	35
3回目	54	38	33

(単位:分)

支出額 (資材量あたりの人件費) を計算するため、それぞれの方法における人工数を資材量で割ることで、資材量あたりに必要な労働量を計算した結果が図 7-1 である。これに作業者一人一日あたりの平均賃金を掛けることで、資材量あたりの支出額を計算した結果が図 7-2 である。このように、資材量あたりの支出も新規方法の方が大きいことが明らかになった。

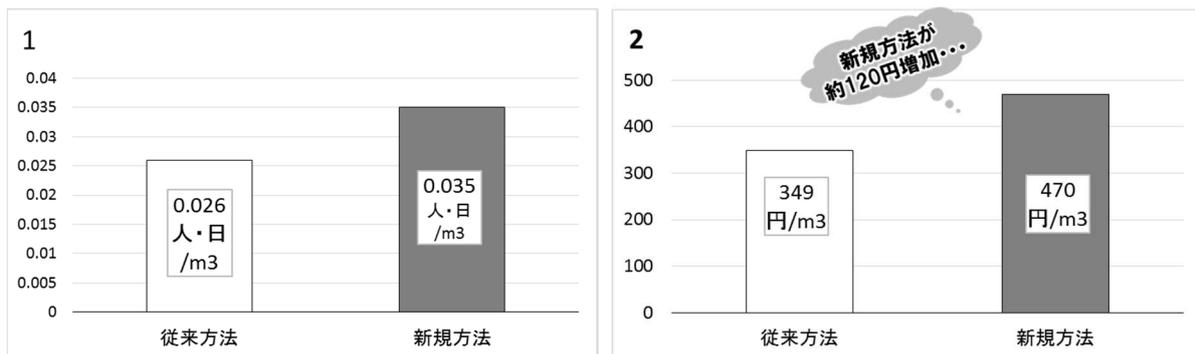


図 7 : 1. 従来・新規方法における、資材量あたりに要した人工数 (人工数/資材量)。
2. 従来・新規方法における、資材量あたりに必要な人件費 (円/m³)。

【3】 収支差の比較

収入 (図 5) から、その収入を得るために要した支出 (図 7-2) を差し引いた値 = 収支差を計算すると、従来方法の収支差は+3,092 円、新規方法の収支差は+4,202 円となり、新規方法の方が 1,110 円高くなった。このことから、今回の調査では新規方法の方が有効であったといえる。

4. 考察

【1】 生産歩留が向上した要因について

新規方法では、これまで未搬出であった短コロを2 m低質材として搬出するだけでなく、梢端付近の細い部分を4 m材として搬出するため、梢端部分の搬出も容易になったと考えられる。実際に、生産された4 m低質材を確認すると直径5 cm以下の極めて細い材も多数含まれていたが、従来方法で生産した2 m低質材にはほとんど含まれていなかった。このため、新規方法の生産歩留は極めて大きくなったと考えられる。

【2】 作業効率（生産性）が向上した要因について

今回の調査では、巻立てとトラック運搬の生産性が微増していた。

巻き立てについては、2 m材の選別作業が不要になったことに加え、出材区分数が減少したため生産性が向上したと考えられる。

トラック運搬については、4 m材は2 m材と比べて2倍の効率で積込みできるため、4 m材の比率が向上すると生産性が増加しやすい。また、平均径級が太い方が少ない回数で積込みできるため、径級が大きい方が生産性は増加しやすい。新規方法は2番玉以降を一律4 m採材としたことにより、4 m材の比率が大幅に上昇した（図3-2）。さらに、新規方法により生産されるサルカ付き低質材は従来の2 m低質材と比べ、積込み時間が短くなっていた（表6）。これは、サルカ付き2 m低質材は太い根元部分であるため、平均径級が大きいと考えられる。このように、新規方法は太い根元付近が2 m、それより上の細い部分が4 mで生産されたことで、トラック運搬の生産性が向上したと考えられる。

一方で、今回の調査では生産性の増加率はさほど高くなかった。これは、調査に協力を依頼した事業体が元々高い生産性を維持しており、現状の人員・設備では生産性が高止まりの傾向を示していたことが要因と考えられる。このような状況にかかわらず生産性が微増したことから、他の事業体では生産性も大きく向上できる可能性がある。

【3】 新規方法が有効となった要因について

新規方法は搬出する丸太の量が増加したことで、資材量あたりに必要な労働量が増加してしまったと考えられる。しかし、今回の調査箇所では3つの要因により収入の増加率が支出の増加率を上回ったと考えられる。

一つ目は、歩留の飛躍的向上である。今回の調査箇所では、新規方法の生産歩留が飛躍的に向上したため、資材量あたりの販売材積が極めて大きくなり、収入の増加率が大きくなったと考えられる。

二つ目は、生産歩留が向上したにもかかわらず生産性も向上したことである。これにより、資材量あたりに必要な労働量の増加率が低く抑えられたため、支出額の増加率を下げることができたと考えられる。

三つ目は、近年における販売単価の変化と4 m合板材の生産比率向上である。表1に示した材区分のうち、最も高値で買い取られるのが4 m一般・合板材であり、2 m合板材はそれより安値で取引される。新規方法は低質材の生産比率が上昇するものの、最も高価な4 m一

般・合板材の生産比率は向上していた（図3-1）。さらに、近年は木質バイオマスのエネルギー利用推進により木質チップ需要が拡大しており、青森県では低質材の平均販売単価が上昇している。この二つの要因により、低質材比率が増加しても販売総額が大きく減少しなかったのではないかと考えられる。

【4】 新規方法の適用条件について

今回比較調査を実施した小班は林齢40年生未満の若年性林分であり、平均径級も20cm程度と細い木が多かった。今回の調査結果から、林齢40年生未満、あるいは平均径級20cm以下の低位な林分では新規方法が有効に働くことが示唆された。

しかし、新規方法には、従来方法に比べて低質材比率が大きくなってしまいうという欠点や、一般的に高品質な根元部分が全て低質材になってしまうという欠点がある。新規方法の実施によって低質材比率が極端に大きくなる林分や、生産される一般材と低質材との価格差が大きく、僅かな低質材比率の増加で収入が激減するような地域では、新規方法が不利に働く可能性がある。

そこで、どのような条件で新規方法が有効に働くか、収支差を用いてシミュレーションを実施した。シミュレーションでは、新規方法の生産歩留り、一般材・合板材の比率及び単価が、林分条件にかかわらず今回得られた結果で固定であり、新規方法で資材量当たり得られる収支差が一定（+4,202円/m³）であると仮定した。そして、一般材・合板材比率と一般材・合板材の単価が変動した場合に、どのような条件で従来方法の収支差が新規方法の収支差（+4,202円/m³）を上回り、有効になるのかをシミュレーションした。シミュレーションに用いる「従来方法における収支差」の式は下式のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{「従来方法における収支差」} &= (\text{一般材・合板材収入額}) + (\text{低質材収入額}) - [\text{支出額}] \\ &= ([\text{生産歩留}] \times [\text{一般材・合板材比率}] \times [\text{一般材・合板材販売単価}]) \\ &+ ([\text{生産歩留}] \times [\text{低質材比率}] \times [\text{低質材販売単価}]) - [\text{支出額}] \end{aligned}$$

この式のうち、新規方法による低質材比率の増加に対する適用範囲の確認のため[一般材・合板材比率]をx、[低質材比率]を1-xとし、一般材・合板材と低質材の価格差に対する適用範囲の確認のため[一般材・合板材販売単価]をyとし、変数として設定した。なお、[生産歩留]は金木支署における平均的な値である0.65とし、[低質材販売単価]には実績数値である表3の数値（4,388円/m³）を用いた。[支出額]については本研究の結果の値（349円/m³）を適用している。それぞれの値を上式に当てはめものが下式である。

$$\underline{\text{「従来方法における収支差」} = (0.65 \times x \times y) + (0.65 \times (1-x) \times 4,388) - 349} \quad (0 < x < 1)$$

$$x = [\text{一般材・合板材比率}], \quad y = [\text{一般材・合板材販売単価}]$$

この式によって得られる従来方法の収支差の値を、新規方法の収支差（+4,202円/m³）が上回った時、新規方法が有効となるため、シミュレーションの式は次のようになる。

$$\underline{(0.65 \times x \times y) + (0.65 \times (1-x) \times 4,388) - 349 < 4,202} \quad (0 < x < 1)$$

さらに、この式を変換したものが下式である。

$$\underline{y < 2,614/x + 4,388} \quad (0 < x < 1)$$

この式をグラフ化したものを図8に示す。網掛け部分の範囲は、新規方法が従来方法より有効に働く場合の、従来方法における一般材・合板材比率 (x) と従来方法における一般材・合板材販売単価 (y) の範囲である。このグラフの x に本研究の従来方法で得られた数値である 0.47 を当てはめると (b1)、この点と交わる y の値が 9,950 円/m³ となる (a1)。このことから、本研究で従来方法を実施したような林分では、同じく従来方法によって出材される一般材・合板材の平均販売単価が 10,000 円/m³ 程度を超えない限りは、新規方法が有効と推察される。逆に、青森県内の一般材・合板材の平均販売単価である 7,590 円/m³ を y に当てはめると (a2)、これと交わる x の値は 0.81 となる (b2)。このことから、従来方法によって平均的な価格の一般材・合板材が出材する林分では、同じく従来方法で一般材・合板材の出材比率が8割を超えるようなことがなければ、新規方法を適用できると考えられる。このように、従来方法による一般材・合板材の出材比率や販売単価の予測が可能であれば、このシミュレーションによって新規方法の適用範囲をある程度定めることができると予想される。そのためには、まず従来方法による出材比率や販売単価について調査を進め、どの程度の林齢や径級等の数値でどの程度の出材比率や販売単価となるのかを明らかにする必要がある。また、今回シミュレーションに用いた新規方法の収支差の数値 (+4,202 円/m³) は、若齢林分で実施した本研究の数値のみであり、この数値は他の林齢や地域、事業体によっては異なる数値となる可能性が多分に存在する。今後、様々な地域や事業体で同様の調査を実施し、新規方法を実施した際のデータを蓄積することで、よりシミュレーションの信用性を高める必要がある。

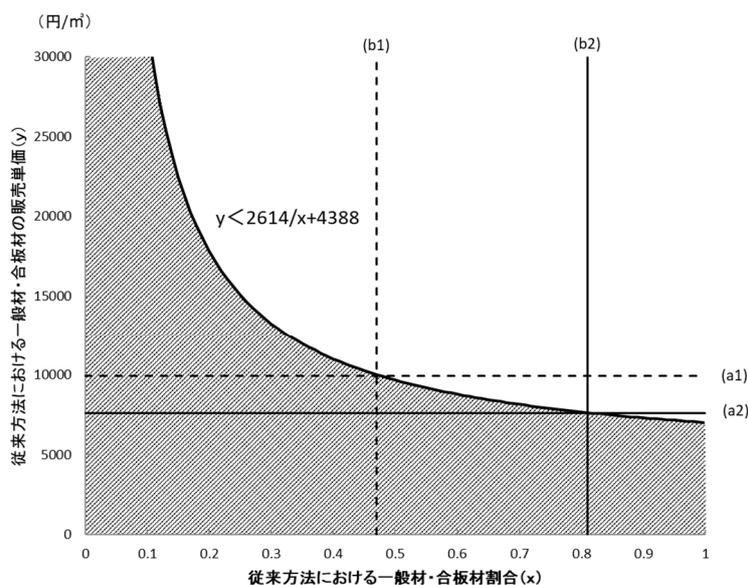


図8. 新規方法が有効となる林分条件シミュレーション

また、本研究ではスギを対象として調査を実施したが、他樹種については、カラマツは低質材単価と比べ一般材・合板材単価が極めて高いため、新規方法で実施すると収入の増加が小さくなる恐れがある。アカマツは一般材・合板材単価と低質材単価の差が縮まりつつあるものの、曲りにより4 m合板・一般材が生産できない場合が多いため、新規方法で実施すると大半が低質材になってしまう恐れがある。このことから、現状において新規方法はスギ林分のみで実施すべきであり、他樹種については同様の調査を重ねる必要があると考える。

本研究では採材の効率化と歩留向上を目的とし、概ね仮説どおりの結果を得ることができた。本研究で考案した新規方法を実践していくことで、搬出間伐をこれまで以上にきれいに効率よく実施できると考えている。

5. 謝辞

今回の調査にご協力頂いた有限会社 秋田谷林業 様、有限会社 中里運送 様、有限会社 前田林業 様に感謝の意を表す。

津軽林業の成長産業化に向けて

～地域材安定供給と生産性向上の取組～

津軽森林管理署 業務グループ 森林整備官 加藤 洋介

1 背景と目的

当署管内は、森林面積に対する国有林面積割合が7割を超える国有林地帯であり、国有林の事業に携わる事業者が多数存在する。

この津軽地域においては、国有林主体の取組が必要であることから、今年度の生産・販売業務の中で、（1）広葉樹材・利用拡大 （2）津軽のりんご箱を・津軽材で！ （3）生産性向上の3つのプロジェクトを立ち上げ実践した。

（1） 広葉樹材・利用拡大について

林野庁の広葉樹材実態調査によれば、広葉樹材は輸入材の減少により家具向け等で不足しており、国産材の中小径材でも安定供給されれば使いたいとの需要動向がある。

しかし、中小径材はパルプ向けに紛れ込むなど、必ずしも家具等向けに十分活用されていない状況である。

このため、国有林材の安定供給システム販売を活用し、広葉樹材の利用拡大と地場産業の振興に寄与することを目的とした。

（2） 津軽のりんご箱を・津軽材で！プロジェクト

津軽はりんごの主産地であり、出荷用りんご箱向けにマツ材が多用されている。近年、マツ材の供給量が不足している中で、国有林材の安定供給システムにより、地産地消の促進等の振興を図ることを目的とした。

また、松くい虫被害地域近隣のマツ林の樹種転換を促進することにより、被害の拡大防止を考えた。

（3） 津軽署生産性向上プロジェクト

木材生産の生産性向上は、国有林野事業の円滑な事業実施の課題であるとともに、地域林業を支える担い手の育成、国産材の供給増大につながり、日本林業の成長産業化にも貢献できる。

このため、現在低位にある津軽署の間伐等請負事業における生産性の向上を図るため、署と素材生産業者が連携し、作業日報を活用した工程管理による生産性向上の取組を実践した。この取組を通じて、森林整備の低コスト化に向けた職員の意識改革を進めるとともに、民有林を含めた地域への普及・定着を図ることにより、官民一体となって津軽林業の成長産業化を目指すことを目的とした。

2 研究方法

(1) 広葉樹材・利用拡大について

津軽管内の実情は、広葉樹資源が多く、広葉樹の原木市場や、広葉樹特殊合板工場が存在し、広葉樹材、特に中小径材の利活用には最適と思われる。

これらを踏まえシステム販売の実施をし、間伐等に伴い生産されるブナ、ミズナラ等の広葉樹中小径の一般材の予定量 200 m³をスギ一般材等を含めて公告した。

また、加工イメージ把握のため、採材検討会を合板工場で実施した。

(2) 津軽のりんご箱を・津軽材で！プロジェクト

流通実態調査は、実態把握のため、りんご箱・仕組板・製材業者及び、りんご箱・製函業者に聞き取り調査を実施した。

(3) 津軽署生産性向上プロジェクト

津軽地域の実情は、管内の素材生産業者は10社程度存在する。

若手作業者も多いが増員はなく、国有林立木販売、民有林材含めた地域材供給量を増やすためには、生産性向上が必須である。このため「生産性向上ガイドブック」を参考に日々の日報記載や集計・分析等実施した。

3 結果及び考察

(1) 広葉樹材・利用拡大について

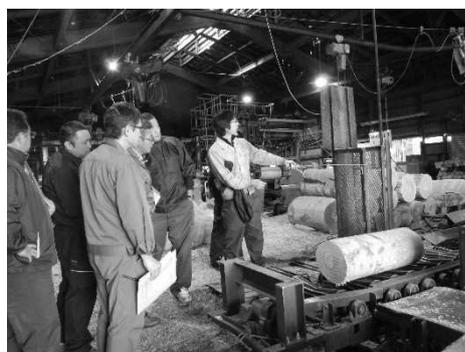
平成30年度のシステム販売一般材は、106 m³になり、立法あたり11,580円で全体の単価は昨年度より21%増となった。また一般材比率が8%から24%になった。

広葉樹採材検討会では、平成30年11月8日弘前市内の(株)ランバーテック工業様のご厚意により実施し、事業体主体で約30名の参加があり、青森県森林組合連合会様からは、丸太を見ながら、矢高の確認や節の扱いなど採材方法のポイントについて説明を頂いた。

工場概要や製品の説明の後、2班に分かれて、ロータリーレースや材の裁断加工など工場内を見学し、工場での加工の様子を見ることにより、製品として無駄なく、いかに付加価値がつくのかは、現場での採材が決め手となることを認識した。



90 cm幅ロータリーレース



工場見学の様子

○結果表

		平成 29 年度		平成 30 年度※1/11現在		備考（単価前年比）〈販売地点〉
		数量（m ³ ）	単価（円 / m ³ ）	数量（m ³ ）	単価（円 / m ³ ）	
システム販売	一般材	—	—	<u>106</u>	<u>11,580</u>	28 cm下 〈山元土場〉
	低質材	481	<u>7,300</u>	808	7,295	(100%) 〈山元土場〉
委託販売	一般材	83	19,838	155	26,815	(135%) 〈市場一部山元〉
	低質材	457	<u>8,218</u>	—	—	〈山元土場〉
合計		1,020	8,728	1,069	10,572	(121%) <u>一般材</u> <u>比率 8%→24%</u>

考察と今後の対応は、曲がりや節の許容範囲など中小径一般材採材の不慣れもあり販売数量が予定を下回った。合計単価は前年度2割増であり、輸送費等の軽減分も含めメリットがあったとも言えるが、前年度より市況や材が良かったこと等もあり、評価は微妙なところ。中小径一般材の販売方法をどうすべきかについては、費用面や径級別の単価比較など更なる分析が必要と考えられる。

採材検討会では、「初めて見た」という参加者も多く、その後出材が進んだことも含め一定の効果があったと思われる。若手作業者から、「広葉樹の樹種判別や伐採方法が難しい」との声もあることから、これらへの対応が課題である。

引き続き広葉樹材・利用拡大プロジェクトを実施する予定である。

(2) 津軽のりんご箱を・津軽材で！プロジェクト

地域の実情は、りんごの集出荷、保管用等のりんご箱（木箱）は、プラスチックコンテナへの置き換えも進んでいるが、強度面など木箱にもメリットがあるとのこと。古箱の流通もあるがワンウェイ利用も多く、新箱として100万箱規模の需要があるが、年毎のりんごの収穫量や玉の大きさ等により増減している。H29は不足気味とのことであった。

りんご箱の加工・実態調査の結果は、製材屋様からは、「最近の箱不足で増産要請も原

木の確保に苦慮している、アカマツが良いがクロマツも可能、儲けは少ない、冬場のつなぎ仕事である」ことなどの話があった。

箱屋様からは、「木箱のメリットは、りんごの色つきが良いこと、強度があることや、ワンウェイ利用が多い、仕入れは岩手がメイン、マツ材を手当しているが足りないし高い」などの話があった。



組立作業の様子



りんご箱を天然乾燥している様子

考察等としては、システム協定後、協定に基づく立木販売を実施予定である。木箱の優位性もあり、木材利用推進の観点からも、原木の安定供給等を通じて地場産業の振興を図っていく考えである。

しかし、①単価が安く儲からない等の声があること、②規模拡大等も難しいこと等から、丸太販売を含めた地域材の高付加価値化にはつながりにくい木材需要と認識した。

引き続き、地域の木材需要であるりんご箱の流通状況等の把握に努めていく考えである。

(3) 津軽署生産性向上プロジェクト

取組結果は、7社すべて取組、前年より全体で2割ほど上昇した。

現場見学会は、7月12日金木支署管内にて成田林業土木様のご厚意により作業見学会を行った。津軽署及び6社から計約60名の参加があり、見学後に工夫点などを聞いた参加者からは、「勉強になる。」などの声が複数あった。実際に作業の一部を取り入れた会社もある。



事前説明会



計画会議



実行点検会議



現場見学会



改善会議

○結果表

	H29 (※ H28)			H 30			B/A
	生産量 (m ³)	人工 (人)	生産性A (m ³ / 人・日)	生産量 (m ³)	人工 (人)	生産性B (m ³ / 人・日)	
A社	3,876	1,232	3.15	5,688	1252	4.54	144%
B社	13,627	1,930	※7.06	5,505	768	7.17	102%
C社	8,223	820	10.03	7,913	900	8.80	88%
D社	1,583	437	3.62	4,315	691	6.10	169%
E社	5,664	1,489	3.80	3,758	477	7.90	208%
F社	6,698	1,508	4.44	(2,836)	(473)	(6.00)	(135%)
G社	7,183	2,306	※3.11	(4,137)	(1,095)	(3.80)	(122%)
合計	46,854	9,722	<u>4.82</u>	(34,152)	(5,656)	<u>(6.04)</u>	<u>(125%)</u>

注) 生産性にはトラック運搬は含まない。()は1/17現在見込み数値。

ボトルネックの把握とシステムの改善例については、今回は、生産性を左右する造材工程を重点的に作業システムを点検・改善した。

日報分析の結果、他に比べ造材工程が低めの現場があったため点検会議等で、プロセッサをフル稼働し前後の作業工程を合わせるシステムにするよう改善提案した。

話し合いの結果、①プロセッサの機動的配置、②フル稼働を意識、③足場の良い土場で再造材する手法の採用により作業システムを改善。

改善後、造材工程は1.7倍に向上し作業員からも造材量が倍になった等の声があり、取組を通じて作業員同士の話し合いが増えコミュニケーションの向上にも繋がった。

考察と今後の対応であるが、事業体により濃淡はあるが、署全体の生産性は取組前に比べ大きく向上し、一定の成果があった。

日報作成や整理等は現場代理人や担当職員の負担が大きく、継続実施には簡素化等の負担軽減が必要だと思った。大きな改善事項なく生産性が上がった現場もあり、作業条件等や数値の見える化による効果も大きいと分析した。

現場見学会は、日頃他社の現場を見る機会も少なく参考になったとの意見も多く、その後の作業仕組みの改善につながった例もあり、効果的だったと思われる。

今後、現在実行中の現場の結果を含めたとりまとめを行い、成果報告会を開催予定である。来年度については、今年度の成果等を踏まえ、事業体の意見も聞きながら、実施方法を含めて継続した取組を行っていくことを検討する予定である。

最後に、本研究にあたり御協力いただいた（株）ランバーテック工業様、青森県森林組合連合会様及び、りんご箱・仕組板・製材業者様、りんご箱・製函業者様並びに（株）成田林業土木様、津軽管内の請負事業体様各位に感謝の意を表す。

基盤材マットと砂流動量調査を組み合わせた海岸砂丘緑化工法

～庄内海岸における試験施工結果～

国土防災技術株式会社 ○高橋悠介
庄内森林管理署 治山グループ 小嶋晃穂

1. はじめに

(1) 背景

庄内海岸は、かつて飛砂による被害が甚大な地域であった。先人たちの努力により、現在は全長約 34km という全国有数の海岸林が造成され、潮風や飛砂による被害から人々の暮らしを守っている。

しかし、海岸の最前線では、現在でも著しい強風や飛砂により、海岸植生の衰退が進行している。海岸植生を復元し、飛砂を抑制することは、背面に造成された海岸林を保護するとともに、庄内海岸林全体の景観を保護する上でも重要である。庄内森林管理署では、クロマツ林の造成・維持管理と併せて前線部での砂丘造成や砂草植栽等の施業を継続して行ってきたが、局所的に存在する飛砂集中箇所では、必ずしも良好な結果が得られていない。

(2) 目的

本試験では、「庄内海岸前線の海岸植生を在来種により復元する」ことを最終目標とし、植生基盤材入りマットを埋設する砂丘緑化工法（はまみどりマット工法）の試験施工を実施する。これと並行して、ドローン（小型無人航空機）を使用して現場周辺の砂の増減を定量的に把握する調査を実施し、「砂の流動状況を考慮した砂丘緑化計画」を立案した。

2. 研究方法

(1) 試験地

試験地は、山形県鶴岡市湯野浜字浜泉国有林の前線部にある海岸砂丘である。過年度に他の場所と同様に砂丘造成と砂草植栽が行われた場所であるが、著しく砂丘地盤が浸食され、植生が衰退している。

(2) 試験方法

試験施工は 2 回実施し、第 1 回試験施工を平成 28 年 8 月、第 2 回試験施工を平成 29 年 4 月に実施した。

はまみどりマット工法は、人工腐植土やキノコ菌床等の植生基盤材が封入された 1m 四方のマットを、地中 30cm に千鳥格子状に設置し、周辺から採取した海浜植物の匍匐茎（水平方向に伸長する地下茎）を散布して埋め戻すという工法である。本試験では、3m×3m の試験区を、平成 28 年 8 月に 3 箇所、平成 29 年 4 月に 4 箇所

設置した。

表-1.試験区一覧表

	試験区 番号	位置	試験期間	備考
第 1 回 試験施工 H28.8.19	28-1	海側 砂丘垣 2 段目	H28.08~H29.03	防風ネット設置 H29.03 試験終了
	28-2	海側 砂丘垣 2 段目	H28.08~H29.03	H29.03 試験終了
	28-3	内陸側 砂草群落内	H28.08~H30.06	試験継続
第 2 回 試験施工 H29.04.6	29-4	海側 砂丘垣 1 段目	H29.04~H30.06	
	29-5	海側 砂丘垣 2 段目	H29.04~H30.06	
	29-6	内陸側 砂草群落前線	H29.04~H30.06	
	29-7	内陸側 砂草群落内	H29.04~H30.06	

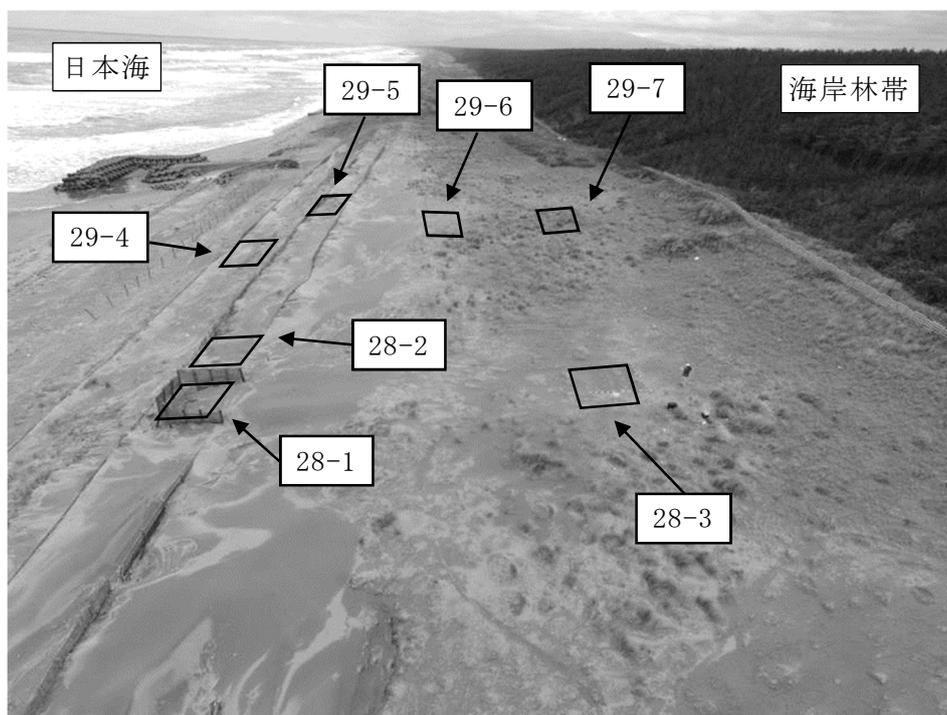


写真-1.試験区配置図（写真は平成 28 年 11 月撮影）

(3) 調査方法

①植生調査方法

試験区を 1m 四方のコドラートで区切り，各コドラートの出現植物種，個体数，寸法を記録した。以上の調査を平成 28 年 11 月，平成 29 年 6 月・11 月，平成 30 年 6 月の計 4 回行うとともに，定期的な経過観察を実施した。

②砂流動量調査（第2回試験施工より実施）

砂の流動状況は、差分解析という手法により調査を行った。以下にその手順を示す。

- ・ ドローン（Phantom4：DJI JAPAN 株式会社製）を自動航行により飛行させ、試験地周辺の連続した空中写真を撮影する。本調査では、2.0ha の面積に対し約 350 枚の写真を撮影した。
- ・ ドローンによる空撮に先行して、試験地内に対空標識を 10 点設置する。撮影終了後、各点の座標を GNSS 測量により測定する。
- ・ 画像解析ソフト（PhotoScan：Agisoft LLC 製）を使用し、撮影した空中写真から試験地周辺の 3 次元形状をデジタル的に復元する。これに GNSS 測量の座標データを付与することにより、XYZ 座標を持った地形・標高データを作成する。

以上の作業を、平成 29 年 6 月、11 月、平成 30 年 4 月の計 3 回実施した。そして、QGIS（地理情報解析ソフト、オープンソースソフトウェア）により各期間における地盤標高の変化量を抽出した。

3. 結果及び考察

(1) 第1回試験施工

第1回試験施工で設置した試験区のうち、海側に設置した試験区 28-1 および 28-2 は、施工後 3 か月の平成 28 年 11 月時点で海浜植物の生育が認められなかった。また、冬季に日本海から吹き付ける強風により、著しい砂地盤の浸食が発生し、地中 30cm に埋設したマットが地表に露出するなどの被害が発生したことから、平成 29 年 3 月で試験区 28-1 と 28-2 は試験を終了した。

以上のような失敗の原因は、

- ・ 8 月という施工時期が、海浜植物の生育適期から外れていた。
- ・ 現場の飛砂に対する知見が不足していた。

という 2 点にあると考え、第2回試験施工を平成 29 年 4 月から開始するとともに、上記の砂流動量調査を並行して実施した。

(2) 第2回試験施工

①植生調査結果

図-1 に試験区 28-3～29-7 の植物生育個体数の推移を示す。施工時期を、海浜植物の萌芽期に当たる 4 月としたことで、多くの試験区で飛砂が激しくなる秋までに植物群落を形成することに成功し、越冬後の平成 30 年 6 月にも植物群落を確認することができた。特に試験区 29-4 は、海側最前線の厳しい環境にあるにもかかわらず、非常に多くの生育個体を確認することができた。また試験区 29-7 は、生育調査時点での個体数は少ないものの、経過観察によって 8 月に生育量がピークを迎える様子が確認されている。

しかし、試験区 29-6 のみは、植物の生育がほとんど認められなかった。現地で確

認を行ったところ、当試験区は砂が 30cm 以上堆積していた。すなわち、砂地盤の浸食だけでなく、砂の堆積も植物の生育を阻害していることが判明した。

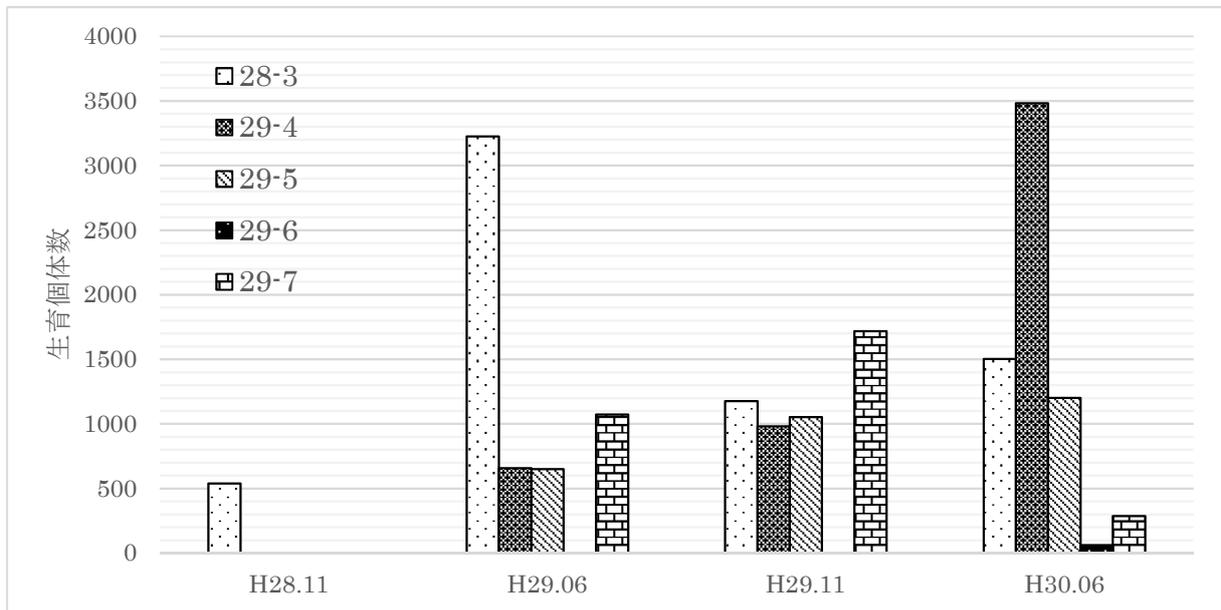


図-1.試験区ごとの植物生育個体数の推移

②砂流動量調査結果

差分解析調査の結果から、試験地周辺の砂の流動について考察を行った。まず春～秋季（平成 29 年 6 月～11 月）は、砂丘前線（海側）の砂が北東方向に流動し、砂丘内陸側の一部に堆積していることが判明した。これに対し平成 29 年 11 月～平成 30 年 4 月（冬季）は、強風により試験地の全域にわたって砂地盤の浸食が発生しており、特に砂丘前線～砂丘天端では最大で 1m 以上の浸食があったと考えられる。そして、年間（平成 29 年 6 月～平成 30 年 4 月）の差分解析結果から、試験地一帯を図-2 に示す 3 つのエリアに区分した。

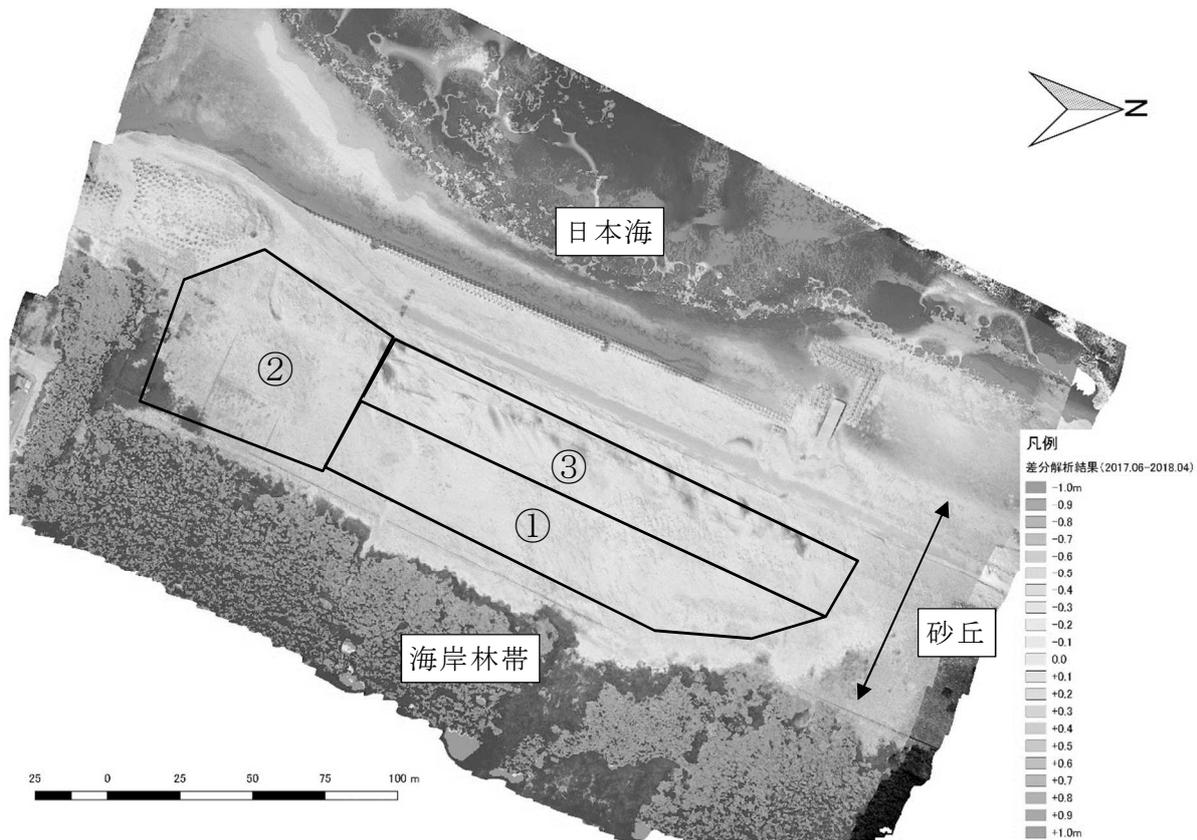


図-2.差分解析図（解析期間：平成 29 年 6 月～平成 30 年 4 月）
 ※砂が堆積した箇所を赤色，浸食された箇所を青色で表現した平面図

- | |
|---|
| ①内陸エリア：砂の浸食・堆積が少ない
②南側エリア：年間を通して砂が堆積
③砂丘垣エリア：砂の浸食が著しい |
|---|

(3) はまみどりマット工法導入導入方針

以上のような植生調査結果と砂流動量調査の結果を比較検討し，本試験地におけるはまみどりマット工法導入方針を以下のように立案した。

- ・ 施工時期は，海浜植物の萌芽期に当たる 3～5 月とする。
- ・ 良好な生育が確認された試験区は，いずれも砂の増減が±15cm 以内であった。よって，砂の流動が少なく，確実な緑化が期待できる内陸側（図-2_①）から施工を開始する。その後は植物の生育状況を見ながら順次施工エリアを拡大する（図-2_②→③）。

4. 今後の展望

庄内海岸一帯には，本試験地と同様の荒廃箇所が複数存在する。庄内森林管理署では，今回の試験結果を踏まえたうえで，各荒廃箇所へ導入する対策工の検討を行う。また，今回の試験結果について，庄内海岸砂丘に関する各機関にも情報提供を行う。

資源の循環利用は可能か！？

～伐採前の林相が異なる杉人工林を比較して～

米代西部森林管理署 一般職員 ○今聖夜
中村千夏
齊藤雅哉
森林官補 野村祐紀

1. はじめに

(1) 背景

主伐後の再生林が推進される中、当署における植栽は100%が杉である。天然秋田杉の産地として名を広め、木材産業が発達している地域の国有林を管轄する当署では、造材された杉丸太の需要も多く、郷土樹種の循環利用が重要と考えている。

しかし、皆伐後に杉を一斉植栽し始めたのは、長い林業の歴史の中で最近のことである。農業における連作障害と同様、同一樹種による施業サイクルを繰り返すことで成長が阻害されるのではないかと疑問が生じた。

(2) 目的

杉の循環利用について検証するためには「伐採～植栽」の施業サイクルを繰り返し、蓄積等を比較する必要がある。しかし、米代川流域の標準伐期齢（50年）を踏まえると長い年月を要するため現実的ではない。

そこで、伐採前の林相により「広葉樹林」「天然杉林」「杉人工林」と三つのグループに分け、異なる環境下で成長した杉人工林の蓄積を比較し、循環利用の可能性を確かめることとした。

調査結果によっては以下のとおり仮説を立てられる。

蓄積等の量について

「広葉樹林≒天然杉林>杉人工林」・・・人工的な環境が蓄積に影響を与えている。

「広葉樹林>天然杉林≒杉人工林」・・・杉が蓄積に影響を与えている。

「天然杉林>杉人工林>広葉樹林」・・・昔から杉の適地に杉が生えていた。

「広葉樹林≒天然杉林≒杉人工林」・・・伐採前の林相が蓄積へ与える影響は少ない。

2. 研究方法

(1) 調査地

秋田県能代市母体山国有林・三種町谷地ノ沢国有林の半径 2.6 km 円範囲にて調査をした。範囲内に生林する杉人工林の中で、前林相が異なる箇所を 18 プロット選定した (図-1)。プロットの選定基準は、類似する環境条件・保育条件とし、標高 80 m~130m、林齢 49 年~58 年、斜面中腹であった。

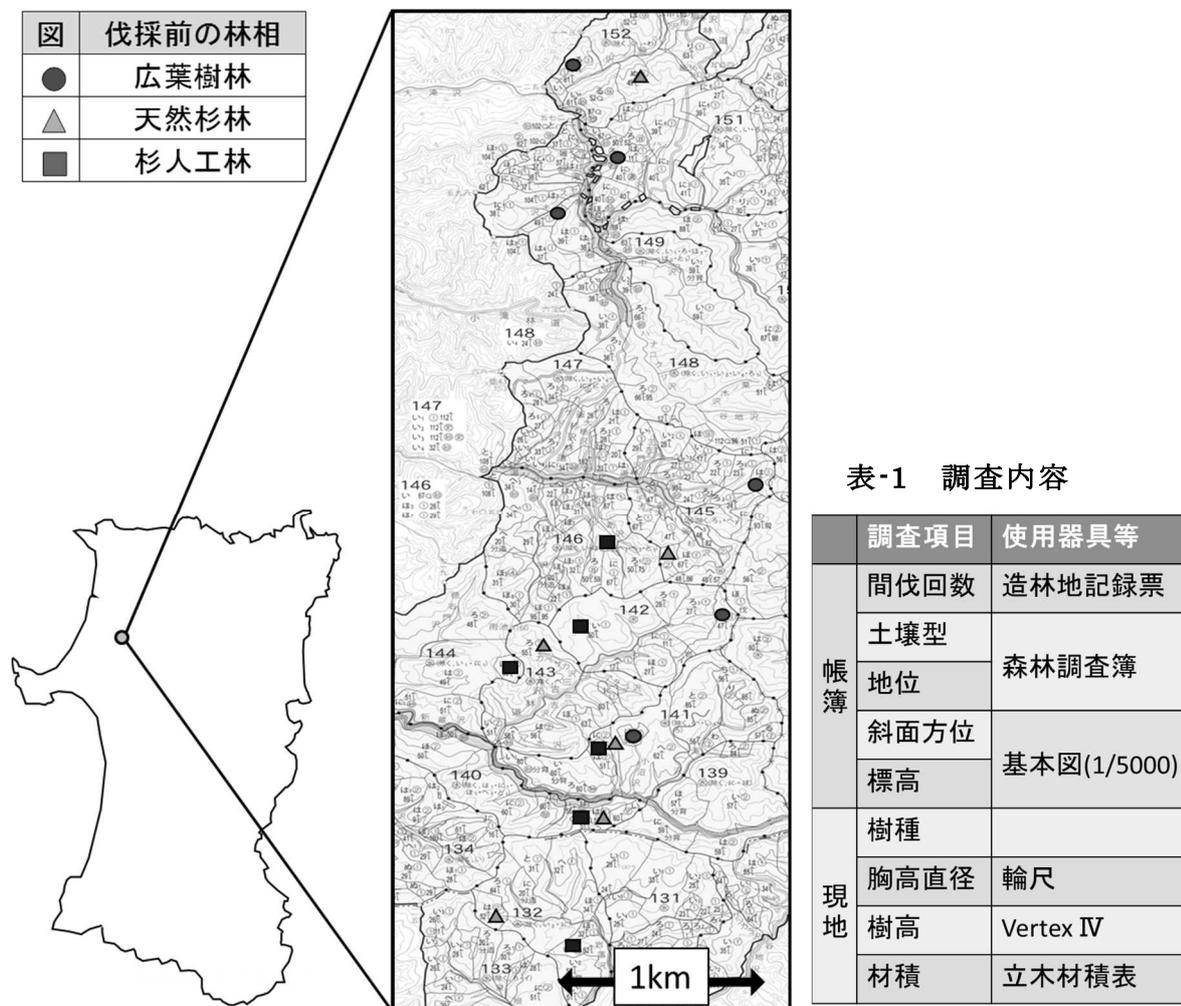


図-1 プロット位置図

(2) 調査方法

プロット内に設置した標準地 (20m×25m) の中で調査した立木の「材積/ha」「本数/ha」「一本あたりの材積」「杉以外の種数」を算出し、それぞれ前林相ごとに平均値を求めた。前林相や保育履歴である間伐回数や環境条件である土壌型や地位等の蓄積に関する可能性のある林小班の情報と蓄積との相関関係を調べるために、目的変数を算出した蓄積等の平均値とし、説明変数を林小班の情報として、線形モデルによる回帰分析を行った。なお、調査に使用した器具等は表-1 のとおり。

3. 結果と考察

(1) 材積/ha

伐採前の林相ごとの材積/haの平均は広葉樹林 635m³、天然杉林 593m³、杉人工林 511m³の結果となった(図-2)。伐採前の林相の違いによる有意な差は無かった(P=0.57)。また、表-2には保育履歴・環境条件等との相関関係を分析した結果を示す。調整済みR²の値が大きいほど関係は深く、p値が0.05より小さい場合、統計的に有意な相関があると言える。林齢で有意な相関が見られることから、林齢が高いほど、材積/haが大きい傾向があることが分かった。他の環境条件等は材積/haに有意には相関しなかった(表-2)。

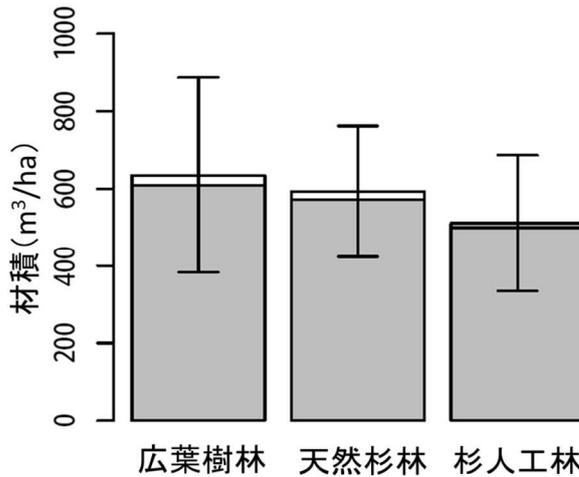


図-2 前林相ごとの材積/ha

灰色が杉、白色が杉以外の樹種
エラーバーは標準偏差

表-2 相関分析

相関分析	調整済みR ²	p
林齢	0.20	0.04
間伐回数	-0.05	0.70
土壌型	-0.11	0.84
地位	-0.04	0.59
斜面方位	-0.12	0.66
標高	-0.06	0.87
前林相	-0.05	0.57

(2) 本数/ha

伐採前の林相ごとの本数/haの平均は広葉樹林 1955本、天然杉林 1213本、杉人工林 1089本となった(図-3)。前の林相が広葉樹林の方が多いが、伐採前の林相の違いによる有意な差は無かった(P=0.15)。また、相関分析結果、有意な相関関係は表れていないが、間伐回数が多いほど本数が少ない傾向にあった。前林相が広葉樹林であったものの本数が多いのは間伐回数が他より少なかったためと思われる(表-3)。

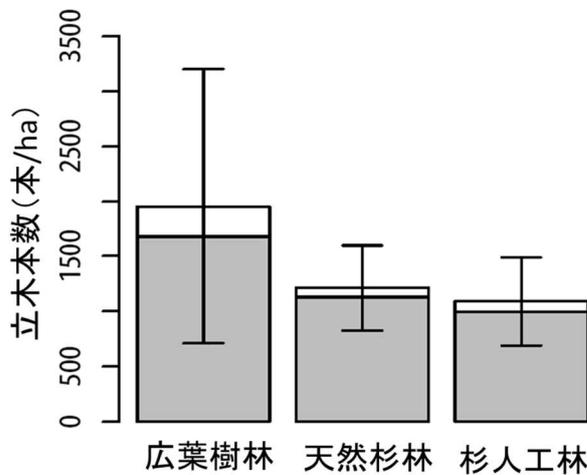


図-3 前林相ごとの本数/ha

灰色が杉、白色が杉以外の樹種
エラーバーは標準偏差

表-3 相関分析

相関分析	調整済みR ²	p
林齢	0.07	0.15
間伐回数	0.14	0.07
土壌型	-0.09	0.77
地位	-0.05	0.73
斜面方位	0.23	0.18
標高	0.11	0.10
前林相	0.12	0.15

(3) 一本あたりの材積

伐採前の林相ごとの一本あたりの材積の平均は広葉樹林 0.45m³、天然杉林 0.52m³、杉人工林 0.53m³の結果であった(図-4)。平均で見ると前林相が杉人工林で大きいものの、伐採前の林相の違いによる有意な差は無かった(P=0.81)。林齢で有意な相関が見られることから、林齢が高いほど、一本あたりの材積が大きい傾向があることが分かった。他の環境条件等は一本あたりの材積に有意には相関しなかった(表-4)。

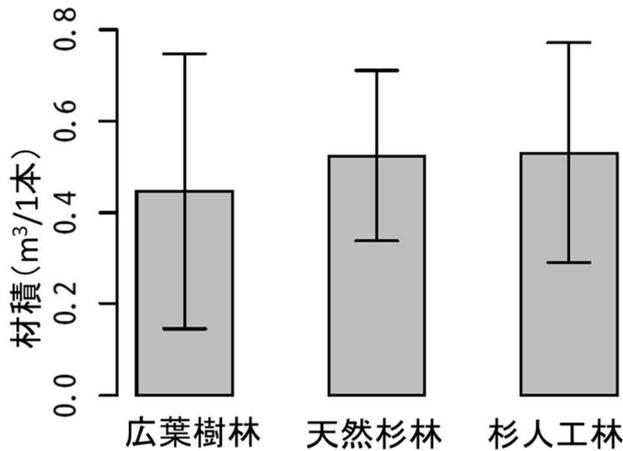


図-4 前林相ごとの一本あたりの材積

エラーバーは標準偏差

表-4 相関分析

相関分析	調整済みR ²	p
林齢	0.20	0.03
間伐回数	0.09	0.12
土壌型	-0.01	0.42
地位	-0.06	0.82
斜面方位	0.18	0.23
標高	0.07	0.15
前林相	-0.10	0.81

(4) 杉以外の種数

伐採前の林相ごとの杉以外の種数の平均は広葉樹林 2.2種、天然杉林 1.5種、杉人工林 1.7種の結果となった(図-5)。平均で見ると杉人工林で大きいものの、分散分析の結果、伐採前の林相の違いによる有意な差は無く(P=0.81)、前林相の違いが種数には影響していないと言える。なお、確認された樹種はこのあたりでよく確認されている樹種で、そのうちコナラ・ホオノキ・サクラについては、前林相が異なっても共通して出現していた。

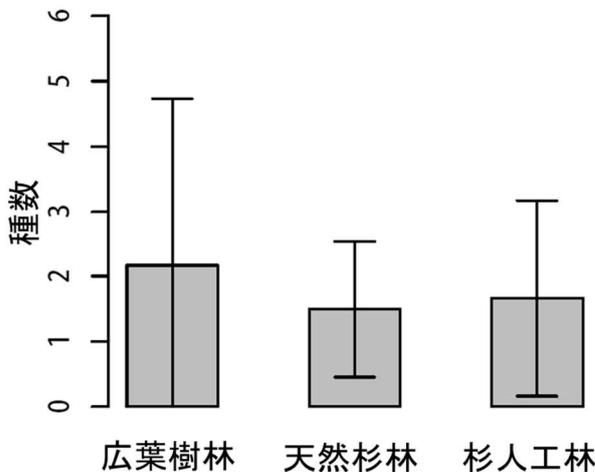


図-5 前林相ごとの杉以外の種数

エラーバーは標準偏差

表-5 杉以外の出現樹種

前林相	杉以外の出現樹種
広葉樹林	コナラ、ホオノキ、サクラ、イタヤカエデ、ヒバ、ミズナラ、カエデ、コシアブラ(8種類)
天然杉林	コナラ、ホオノキ、サクラ、トチノキ、ナナカマド、イタヤカエデ(6種類)
杉人工林	コナラ、ホオノキ、サクラ、クリ、ケヤキ、カツラ(6種類)

4. まとめ

本数・材積ともに単純な平均値を見た場合は違いが確認出来るものの、数値のばらつきを考慮した結果、統計的に有意な差は見られなかった。これは、前林相が現在の人工林蓄積に与える影響は少ないと考えられる。

従って、伐採～植栽を繰り返すことで発生する連作障害のような影響は現状表れていないため、杉の循環利用は可能と言える。このことから、前林相を考慮する必要無く施業計画の作成が可能となる。

5. 今後の課題

本調査は、伐採～植栽のサイクルが1回目もしくは2回目の林分で行ったものである。今後3回目・4回目と推移した場合、成長を阻害する要因が発生する可能性も考えられる。

従って、本調査地以外の林分の生育状況も注視しながら、施業計画の作成を進めていく必要がある。

参考 林小班のごとの概要

林小班	前林相	間伐回数	土壌	地位	斜面方位	標高	材積/ha	本数/ha	一本あたりの材積	杉以外の種数
141ほ	広葉樹林	2BD		14	南東	120	654	1012	0.65	0
142は	広葉樹林	0BDd		8	西	130	346	2004	0.17	4
145は	広葉樹林	0BDd		8	南西	130	681	2145	0.32	3
149に	広葉樹林	1BD		14	西	120	477	4296	0.11	6
151ろ	広葉樹林	1BDd		5	北	100	566	1063	0.53	0
152ろ	広葉樹林	0BDd		7	南東	110	1085	1211	0.90	0
132は	天然杉林	2BD		14	東	100	498	1012	0.49	2
140は	天然杉林	1BD		14	北	110	398	1080	0.37	2
141に	天然杉林	2BDd		10	南西	120	771	1375	0.56	1
143ろ	天然杉林	1BD		14	北	110	828	1195	0.69	0
145へ4	天然杉林	2BDd		9	北西	110	558	737	0.76	3
152ぬ	天然杉林	0BDd		9	南	100	503	1881	0.27	1
132い	杉人工林	2BE		14	南西	80	645	800	0.81	1
140ろ	杉人工林	1BDd		12	北西	110	308	1451	0.21	3
141は	杉人工林	2BD		13	南東	120	442	576	0.77	0
142い	杉人工林	2BD		13	西	110	790	1499	0.53	0
144は1	杉人工林	2BD		14	北	110	402	1373	0.29	3
146ろ	杉人工林	2BD		5	北西	100	478	832	0.57	3

BD：適潤性褐色森林土、BD d：適潤性褐色森林土(偏乾亜型)、BE：弱湿性褐色森林土

ドローンによる画像処理ソフトに依存しない林分材積の推定

秋田森林管理署湯沢支署 業務グループ ○岡山 絢哉
寺田 佑輔

1. はじめに

無人航空機（以下ドローン）が広く普及し、農業や災害調査等様々な分野での活躍が期待されている。このような状況の中、林業分野においても鹿や熊などによる鳥獣害の忌避や、苗木の運搬などドローンの活用方法が模索されている。中でも、初心者でも直感的な操作で容易に航行出来る高い操作性と、高性能なジンバルを搭載していることにより画像の乱れも少なく、広範囲を俯瞰的に撮影できる等の様々な利点を有していることから、林況調査や樹高測定、材積測定などの林分計測の省力化が期待されている。

しかしながら、ドローン単体では写真撮影等の機能しか有しておらず、樹高や材積の測定など高度な計測を実施するには、レーザースキャナーや画像解析ソフト、これらのデータを処理する高スペックなPCが追加で必要になってくる。ドローン単体でも決して安価なものではなく、追加で上記の機材を組織的に導入することを考えた場合、イニシャルコストの点を鑑みると時間を要する事が想定される。

そこで今回の研究では、ドローンと林分密度管理図等既存の機材や手法を用いて林分の材積推定が可能か検証することとした。

2. 研究方法

(1) 使用機材

使用機材等については、東北森林管理局管内で導入されている phantom4pro と林野庁で発行されている、秋田地方国有林スギ林分密度管理図を使用した。今回の検証では主にこの二つを用いて、管内のスギ林分の材積推定を実施した。

(2) 調査地の概要

調査の対象となる林分については、当支署管内のスギ林分を中心に選定し、実地調査と比較できるよう収穫調査を終えた小班、加えてドローンを目視で確認出来るように林道に隣接した小班、この2つの条件に留意し3つの小班を選定した（表. 1）。

表. 1 対象林分の概要

	林分A	林分B	林分C
林 齢	65	100	58
伐 採 種	皆伐	皆伐	間伐
本数（本数/ha）	590	588	196
平均樹高（M）	23	21	20
材積（m ³ /ha）	884	718	216

(3) 撮影方法

実際の撮影の際には、Gspro（以下システム）と呼ばれる DJI 社製の自動撮影アプリを使用した。これにより、システム上で撮影方向や飛行高度のみならず、バーチャルフェンスで飛行領域を設定することで、任意の空間を撮影することが出来る⁵⁾。(図. 1)

今回の調査では東北森林管理局の収穫調査規程第 38 条⁶⁾に基づき小班面積の 5%以上程度を目安に飛行領域を設定して撮影を行った。

撮影方向は、地上の標高差の影響をなるべく排除することが出来るよう等高線に沿うようにコースを設定した。

(図. 2) 今回はオルソ画像を作成する事を想定していないため、オーバーラップやサイドラップ率については特に考慮していない。ただし、本数測定の際に同一立木を重複してカウントすることのないよう、前後の写真のつながりを把握する観点からオーバーラップ率を 40%程度に設定して撮影を行った。



図.1 Gspro 操作画面

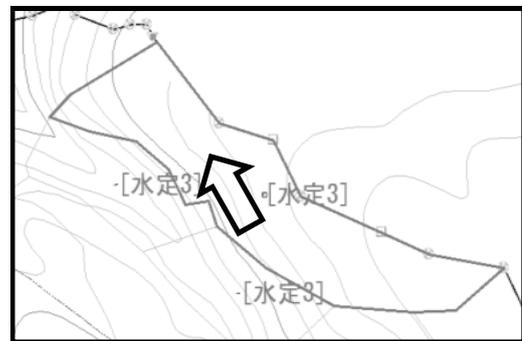


図.2 撮影方向イメージ

(4) 測定方法

林分内の本数については、上述の撮影方法において小班面積の 5%以上程度を自動撮影しているため、その空撮画像を基に標準地調査による手法で算出した。

一方樹高測定については、写真測量による手法で測定を行った。上空から地上の写真撮影すると、建造物など高低差のある被写体は、写真像のひずみにより図. 3 のように写真の中心から、放射状に傾くように撮影される³⁾。樹木においても、高低差が存在するため、同様に写真像のひずみが生じる。

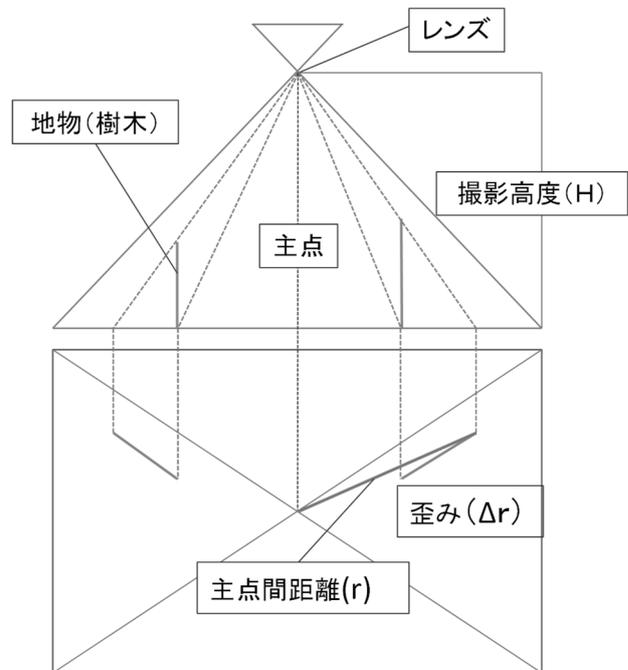


図.3 写真像のひずみイメージ

写真測量では、この写真像のひずみと、地物から主点までの距離、撮影高度の3つを利用して、下記の式により地物（建造物等）の高さを測定する方法がある。今回は、この手法を利用して林分内の平均樹高を測定した。

$$h = \Delta r \cdot H / r^3$$

h: 地物高 Δr : 地物延長（歪み量）

H: 撮影高度 r: 主点間距離

式. 1 地物高測定の計算式

地物延長と主点間距離については、windows のペイントソフトを用いてそれぞれのピクセル数を求め、画素寸法から実際の長さを求めた。

ドローンを使用して上記の式を利用する際には、撮影高度について注意する必要がある。操縦画面に飛行高度（表示高度）が表示されるが、表示されている高度は対地高度（撮影高度）ではないため、そのまま式に使用することが出来ない。撮影高度については、表示高度から離陸地点と現在地の標高差を除いた値を撮影高度とした。

以上の工程で、ha あたりの本数と平均樹高を求め、林分密度管理図⁷⁾により材積を測定した。

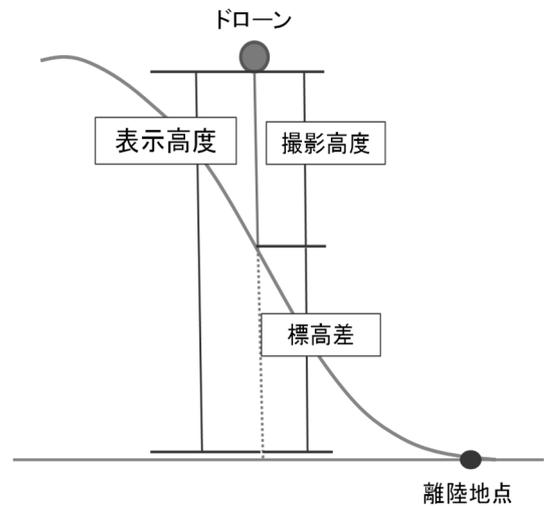


図.4 高度関係図

3. 結果

表. 2 は、林分ごとのドローンによる測定値と実地調査の実測値とを比較したものである。ここで、林分Aの撮影高度が84mと一番高く、林分Cの撮影高度が26mと一番低くなっていることがわかる。

また、林分Cは、間伐予定箇所であるため、本数測定、樹高測定、材積は間伐設計後の数値となる。

表.2 測定結果

	林分A(皆伐)		林分B(皆伐)		林分C(間伐)	
	ドローン	実測	ドローン	実測	ドローン	実測
撮影高度(m)	84		56		26	
平均傾斜(°)	26		27		36	
本数(本/ha)	916	590	757	588	193	196
平均樹高(m)	32	23	28	21	18	20
材積(m ³ /ha)	1,300(147%)	884	980(136%)	718	152(70%)	216

本数の結果については、撮影高度が50m以上であった林分AとBは、ドローンと実測値の差が最大で300本程度あった。さらに、林分A・Bは平均傾斜がほとんど同じであることから、撮影高度の上昇に伴いドローンと実測値の差が増加する傾向にあることが今回の調査でわかった。一方で、撮影高度が30m未満の林分Cでは、林分A・Bとは対照的に、ドローンと実測値に明確な差は見られなかった。

平均樹高の結果については、撮影高度が50m以上である林分A・Bは、ドローンによる樹高測定が実測値を9m程度上回った。対して、撮影高度が30m未満の林分Cでは、わずかに実測値を下回る結果となった。また、全体的な傾向として、撮影高度が上昇するとドローンの樹高測定の値が大きくなり、それに伴いドローンと実測値の値に開きが出るのがわかった。

材積の測定については、今まで示した本数測定と樹高測定の結果をそのまま反映する形となるので、林分A・Bはドローンによる材積算出の値が実測値を上回り、林分Cは実測値を下回る結果となった。また、林分Cが、一番ドローンと実測値の差が小さい結果となった。

4. 考察

撮影高度が50mを超えている林分AとBは、ヘクタールあたりの立木本数が実測値よりも明らかに多くなった。これは、ドローンによる実際の撮影面積が、システム上で設定した任意の範囲より大きくなってしまったことによって、本来カウントすべきではない立木まで余分にカウントしたことが原因だと思われる。実際の撮影面積が、システム上で設定した任意の飛行範囲より大きくなってしまう要因として、撮影高度、地形等が考えられる。本数測定の結果でも述べたとおり、平均傾斜が同じ林分AとBにおいて、ドローンによる数値と実測値は撮影高度に伴い変化することがわかった。つまり図. 5のとおり、撮影高度が高くなると、実際の撮影面積が大きくなり結果として余分な立木も本数としてカウントしてしまったと考えられる。

平均樹高に関しても、撮影高度が高くなるにつれてドローンによる平均樹高の推定値が大きくなり、結果として実測値との差も大きくなった。これは、樹高測定に用いた計算式が、撮影高度の値に大きく依存したためであると考えられる。

また、林分Cにおいて、わずかではあるがドローンによる樹高測定の値が実測値を下回った。これは、林分Cが林分A・Bと比較して立木密度が高く結果として、図.6のように対象樹木の根元が正確に目視できず、地物延長の値が過小評価されてしまったためだと思われる。

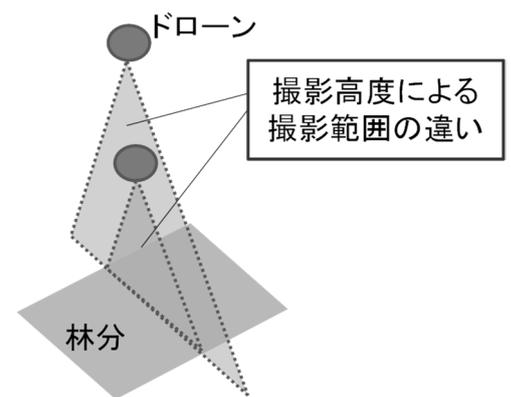


図.5 撮影範囲への影響イメージ

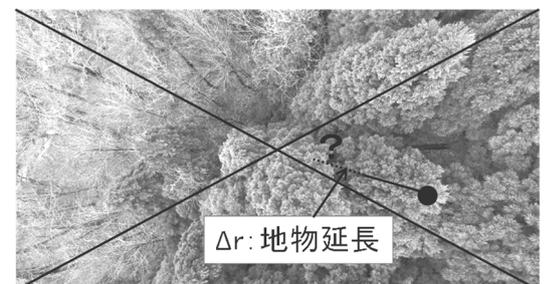


図.6 地物延長測定イメージ

5. まとめ

これまでの、結果や考察から本数測定及び樹高測定において、撮影高度が 50m以上の測定では実測値との差が広がり、対して 30m以下だと実測値との差が縮まる等、ドローンの撮影高度が与える影響が大きいことがわかった。

今回の検証で、撮影高度が 30m程度だと測定結果が実測値に近づく事が示唆された。今後の展望として、撮影高度 30mを目安に様々な林分を測定し測定結果を増やすことで、実測値に近づけるための条件を整えていく必要がある。

6. 参考文献

- 1) 相浦英春. 空中写真簡易測量方法の検討：日林誌, 1988, 71(1)89', p. 15-p. 19
- 2) 国土地理院. UAV を用いた公共測量マニュアル (案)：国土地理院
<<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/>>
- 3) 実教出版株式会社. 測量：実教出版株式会社
- 4) 細田和男. et al. 低コストの空中写真で林分材積を高精度に推定する：森林総合研究所
- 5) dji. DJI GS PRO ユーザーマニュアル：dji
- 6) 林野庁東北森林管理局. 収穫調査規程：林野庁東北森林管理局
- 7) 林野庁. 秋田地方国有林スギ林分密度管理図：林野庁

素材検知業務に係る ICT の活用

～モバイルアプリケーションを用いて～

置賜森林管理署 業務グループ 森谷 周平

1. はじめに

(1) 背景

将来的な国家施策の方向性を示す「未来投資戦略 2018」において、林業改革の一環として「スマート林業」が推進されており、取り組みの一つとして「ICT を活用した機械の導入等によって施業の効率化等を進める」こととしている。

ICT (Information and Communication Technology : 情報通信技術) とは、情報処理を手作業からコンピュータ等で代替する従来の IT (情報技術) に対して、処理した情報をインターネットによって瞬時に伝達・共有できる機能も付した技術のことであり、林業の分野でも、シカ捕獲などの通知機能やクラウドによる外部機関との森林情報の共有など ICT の導入が促進されている。

(2) 目的

こうした背景を踏まえ、今回の調査では、最も身近な ICT の一つであるスマートフォンやタブレット (以下「スマホ等」) を国有林の現場作業に活用できないか試験的な調査に取り組んだ。

スマホ等は、パソコンのように汎用の基本ソフト (OS : Operating System) を搭載したデジタル機器で、屋外向けに防水等の耐久性を備えた機種があるほか、GPS 等の専用機器に比べて安価であるため、国有林の現場作業においても有力なツールになり得ると考えられる。また、スマホ等はモバイルアプリケーション (以下「アプリ」) と呼ばれるソフトウェアをダウンロードすることで様々な機能を追加でき、中には林業の分野に活用できるプログラムも多数リリースされている。

今回の調査では、その中から丸太の素材検知に用いるアプリを対象に、実際に現地で試験運用を行い、その活用に向けて効果と課題を整理することを目的とした。また、併せてアプリの活用による販売業務の効率化についても検討を行った。

2. 調査内容

(1) 調査の対象 : 素材検知

検知の方法には、製材や合板等に用いる毎木検知とチップ等の低質材に用いる層積検知があり、今回は前者を対象にした。現行の毎木検知は、丸太 1 本ごと検尺を充てて木口径級を測り、木材チョークで表示した後、本数等を紙野帳に転記し、最後に野帳を集計して材積を算出するという作業手順で行っている。

(2) 調査方法

調査に用いたアプリは、スマートフォン向け OS の中でもシェアの大きい Android (Google 社) に対応していること、試験のための無料運用期間があること、管内で民間への導入実

績があること等の条件から、①電子野帳アプリ「木材検収システム」と②画像認識アプリ「i FOVEA」の2種類を選定した。

①電子野帳アプリ「木材検収システム」

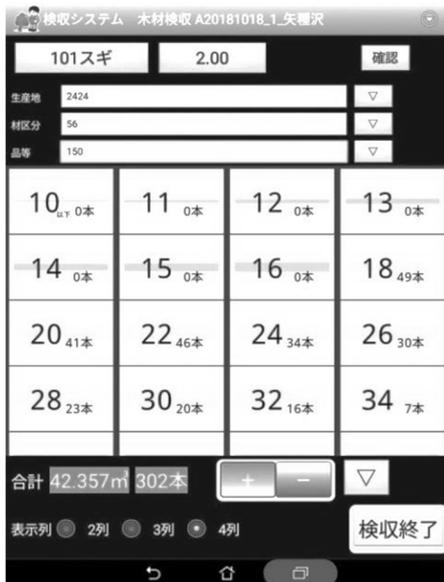


図1 径級タップ入力画面

このアプリは、長野県の北信州森林組合と株式会社ジツタが共同開発したもので、スマホ等の画面で径級をタップ入力することで電子野帳を作成できる(図1)。また、ハンズフリーマイクを用いて音声入力すること



図2 径級音声入力

とで(図2)、従来2人工かけていた野帳取りを1人工で行うこともできる。今回の調査では、置賜森林管理署管内で生産された極の中から一部抽出し、音声入力による功程量を調べた。

②画像認識アプリ「i FOVEA」

このアプリは、ドイツで開発され株式会社アジア航測が国内用にリリースしたもので、

野帳作成だけでなく木口径級の計測から検知全体にわたって活用ができる。検尺を充てて径級を測るのではなく、極の木口面が写るように端から60%オーバーラップで撮影していき(図3)、合成した写真から画像認識を用いて径級の計測(図4)、材積の算出まで行



図3 画像認識検知の極写真撮影画面

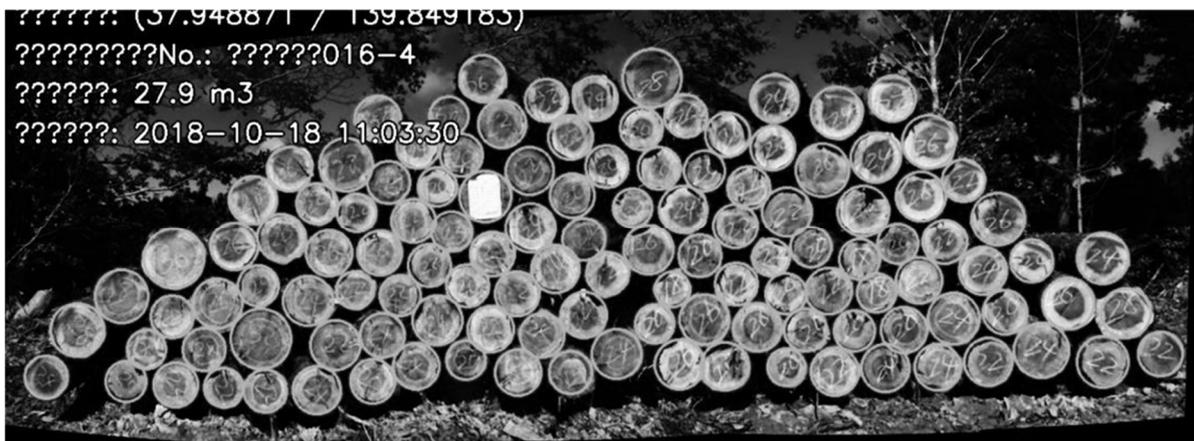


図4 画像認識による木口径級の計測円

うことができる。なお、検出漏れ等については、画面上で追加編集できるため、写真さえ上手く合成できれば本数については正確な計測が可能である。

調査では、①電子野帳アプリと同様に抽出した桧において工程量を調査したほか、検知の精度について現行作業と比較した。

3. 調査結果と課題

(1) 工程量

検知業者から聞き取りした現行作業時間における工程量(1人工での1日(6時間)あたりの作業量)と両アプリを活用した場合の工程量を比較した(表1)。

桧情報			現行作業 (2人工)		①電子野帳アプリ (1人工：音声入力)			②画像認識アプリ (1人工)		
調査 No.	本数	材積 (m ³)	時間 (分)	工程量 (m ³ /人日)	時間 (分)	工程量 (m ³ /人日)	現行との 比較	時間 (分)	工程量 (m ³ /人日)	現行との 比較
1	126	19.1	50	68.6	45	152.5	2.2	25	274.6	4.0
2	250	63.2	120	94.9	140	162.6	1.7	60	379.5	4.0
3	302	67.3	110	73.5	180	134.7	1.8	45	538.8	7.3
4	311	75.4	115	118.0	—	—	—	55	493.4	4.2
5	510	132.6	160	99.5	—	—	—	60	795.7	8.0
6	611	152.3	240	114.2	210	261.1	2.3	90	609.3	5.3
7	706	117.4	190	74.2	—	—	—	90	469.6	6.3

表1 作業方法別の工程量比較

①電子野帳アプリ「木材検収システム」

聞き取りから現行作業において約1/5の時間を要していた野帳の集計検算作業については、野帳の電子化により自動計算されるため時間短縮が図れる。

また、音声入力を用いて4桧で試験したところ、現行作業に比べて1.7~2.3倍という約2倍の工程量で作業ができた。

活用に向けた課題としては、重機による運材作業など周囲に騒音がある場合に聞き取り能力が落ちてしまうこと、木口計測と野帳入力という複数の作業を1人で並行して行うため、作業者の負担も大きくなってしまふことが挙げられる。ただ、現場の作業環境に合わせて野帳入力の方法を音声とタップで使い分けることで充分に対応できると考えられる。

②画像認識アプリ「i FOVEA」

7桧で現行作業と比較したところ工程量で4~8倍という結果になり、特に本数が多い桧で工期が高くなった。また、作業者の負担にしても写真を撮るだけなので、はしごを使う高所作業の必要がなくなるなど大幅に軽減できる。

(2) 検知精度

現行作業と②画像認識アプリの本数及び材積値について比較した(次項表2)。

調査 No.	現行作業		②画像認識アプリ (最近値)		比較		
	本数	材積 (m ³)	本数	材積 (m ³)	本数差	材積差	材積%
1	17	8.910	17	8.034	0	-0.876	90%
2	122	26.102	122	23.914	0	-2.188	92%
3	126	23.984	126	20.348	0	-3.636	85%
4	250	79.552	250	83.642	0	4.090	105%
5	302	42.357	302	42.531	0	0.174	100%
6	311	47.411	311	48.275	0	0.864	102%
7	412	57.057	412	53.123	0	-3.934	93%
8	510	166.822	510	165.498	0	-1.324	99%
9	531	78.577	531	84.969	0	6.392	108%
10	611	191.614	608	190.028	3	-1.586	99%
11	706	73.840	706	66.441	0	-7.399	90%
12	823	83.484	823	94.512	0	11.028	113%
13	1104	107.517	1103	119.912	1	12.395	112%

表 2 手検尺と画像認識での検知精度の比較

13 桧について比較したところ、本数については概ね合致した。一部、誤差が出た原因としては、桧が大きく写真の枚数が増え、上手く合成できない箇所があったことが考えられる。

材積についても、幾つかの桧で概ね合致といえる結果になった。しかし、中には最大で -15% の誤差になった桧もあり、小さい桧では材積が少なめに大きい桧では多めになるという傾向が見られた。この原因を考察すると、近距離で撮影した場合も引いて撮った場合も樹皮の厚さを一律に除外して材積を算出しているため、近距離での検出精度が高い場合においては樹皮分の減が算出結果にシビアに影響しているのではないかと考えられる。(材積は径 30cm 未満で 1cm 減、径 30cm 以上で 2cm 減じて算出している。) 実際に小さい桧で樹皮を除かずに計算してみると合致したケースもあり、木口径級だけでなく桧との距離にも応じて計算式を設定することで改善の可能性があると思われる。

ICT などの分野では技術の進歩が目覚ましいため、こうした改善点等をアプリの開発元にフィードバックすることで、改良・アップデートの際に反映してもらうことが期待できる。

また、桧の大小に限らず、形がきれいな長方形ではなく極端な山型である場合や桧が高過ぎる場合にも精度が落ちると感じた。そもそも桧と十分な距離がとれない場合は、写真自体を撮ることができず、桧との距離は作業道 1 本分ほど必要である。こうした点に配慮して桧積みをすることがアプリの活用、精度の改善に向けた対応の一つになる。

なお、国有林野事業として運用するうえで、画像認識の検知では丸太に径級を表示しな

いため、署での検知請負事業の桎検査が行えない、また請負契約時の作業種に該当しないといった課題もある。これらについては、国有林サイドで制度上の幅を持たせつつ検討が必要である。

4. 考察：販売業務の効率化

今回のアプリは検知作業の功程量向上だけではなく、署内業務においても活用が図れる。

(1) 検知業者と連携したリアルタイムな桎情報の共有

アプリを使って桎情報を電子化することで、通話圏内であれば現場にいながらメール等でリアルタイムに情報の共有ができる。(なお、圏外であっても検知自体の動作は可能である。)これにより今まで署に夕方届いていた野帳が午後一番に取得できるようになれば、早期に販売業務に取り組むことができ効率的な業務の遂行にもつながる。

現状、スマホ等からのメール送信については、ウイルスチェックを実施すれば問題ないと考えられるが、実際の運用に当たっては運用管理者と協議して対応を検討していく必要がある。(②画像認識アプリに関しては、桎情報をネット上の専用サイトにアップロードした後、署内でエクスポートする形式で情報共有を図っており、現在のところメール送信は行えない。)

(2) 販売事務作業の軽減

現行、署内における販売事務作業は、検知業者から提出された野帳を検算した後、取りまとめ用ファイルにデータを打ち込んでいる。これには1桎ごとに5~6分(うち野帳検算で3~4分)の時間がかかっている。アプリにより桎情報が電子化されれば、野帳検算の作業は不要になり、データ打ち込みに関しても一部コピーペーストで省力化ができる。

5. 補足：民間導入先への聞き取り

民有林の現場で実際にアプリを導入している事業体に聞き取りしたところ、導入の理由として、生産班の出来高管理や検知作業者の人手不足解消、野帳作成の時間短縮など川上側での効率化はもちろん、川下側との円滑な需給マッチングやジャストインタイムの製品販売、データ化による在庫管理のしやすさなど、流通・販売面での効率化を挙げている事例もあり、国有林においても同様の効果が期待できると思われる。

また、②画像認識アプリについては、工場機械で再検知するため山土場での数字は概数で十分な場合など、川下側と連携が取れることを前提に導入を図っているとの話も聞いた。

6. 結論

(1) 導入に向けたまとめ

①電子野帳アプリ「木材検収システム」

アプリを導入するメリットとして、まず電子野帳にすることで野帳集計等の細かい作業が省略でき、炎天下など厳しい条件下での負担を減らすことができる。また、現場によっては、音声入力によって功程量を最大で2倍まで向上させることも期待できる(次項図5)。そのうえアプリの導入は検知作業だけでなく、現場からの情報共有など署内の販売業務まで含めて効率化が図れるというメリットもある。

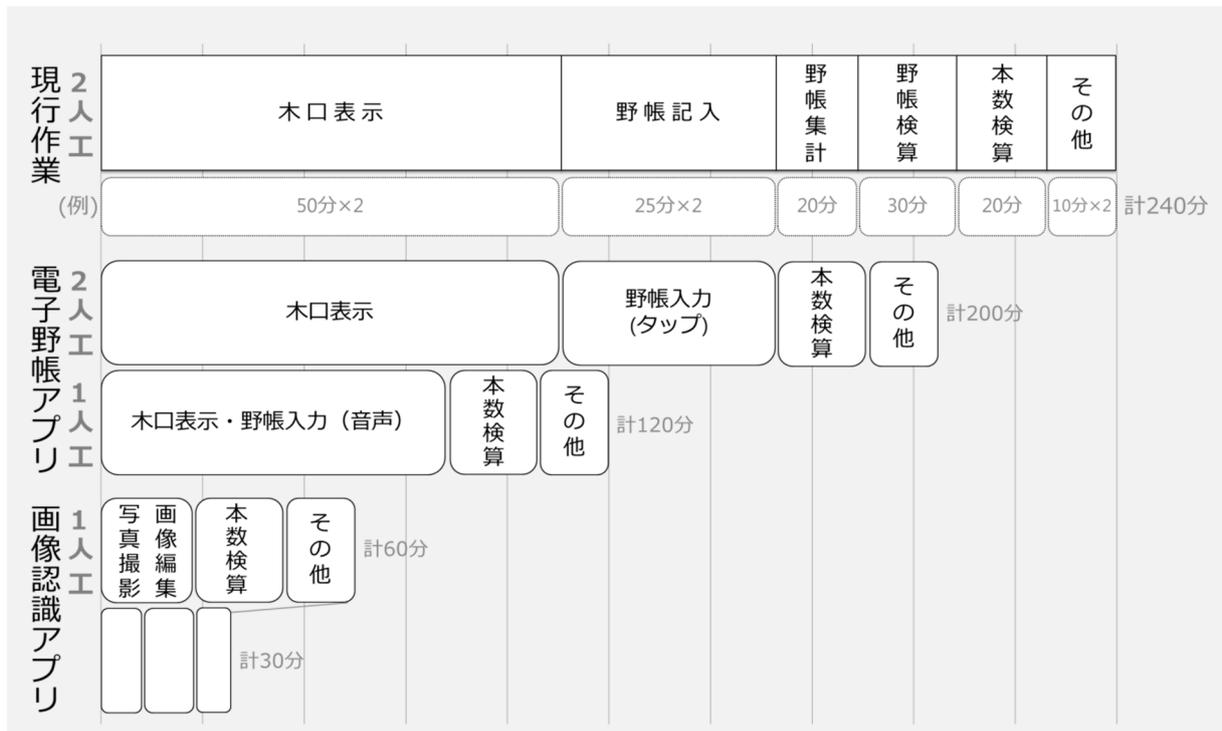


図5 アプリを活用した場合の功程量（参考例）

課題に対しても野帳入力の方法を使い分けることで対応できるため、アプリの導入は十分に検討できると思われる。特に民有林の現場や、国有林でも生産と検知を一括発注する事業においては、音声入力によって検知の人工を削減し伐出作業に回すことで、生産全体の生産性向上にもつながると期待できる。

②画像認識アプリ「i FOVEA」

このアプリを活用すれば、従来の4～8倍という大幅な功程量の向上が図れる(図5)。そのうえ、安全衛生の面においても作業者の負担を軽減できることは大きなメリットである。また、活用により①アプリと同様に、署内販売業務の効率化も期待できる。

一方、国有林で運用するうえでは課題も残っており、現段階での導入は困難だと思われる。ただ、民間においては川下側と連携を取り、精度の誤差を踏まえた上で試験的に運用している事例もあり、現場監督業務で生産管理のため迅速に数量を抑えたい場合など、使い方・状況次第によっては有用な場合もあると思われる。

(2) 今後に向けて

今後、国産材の生産量が増大し、検知業者や署内担当の負担が大きくなる中で、功程量の向上・作業の効率化は欠かすことができない。アプリ等を応用したICTの分野は、技術も日進月歩で性能の向上が期待されており、民有林でも導入が進んでいる中で国有林においても積極的に活用を図っていきたい。

今回の発表にあたり、アプリ開発元の皆様をはじめ、様々な民間企業の方にご協力いただいた。心より感謝申し上げます。

多雪地の落葉樹林における冬季のリターフォール観測 ～年間の落下量に対する割合とその年変動～

秋田県立大学生物資源科学部 ○太田和秀・板橋朋洋・星崎和彦
森林総合研究所 東北支所 野口麻穂子

1. はじめに

森林が持つ二酸化炭素吸収能力を評価するには純一次生産の推定が必須である。純一次生産量 (NPP) の計算には、年間のバイオマス増加量とリターの落下量を足し合わせる積み上げ法が用いられることが多く、両者の観測を正確に行うことは森林の二酸化炭素吸収能を評価するうえで重要である。しかし、多雪地域では雪によるリタートラップの損壊などを避けるために積雪期にリター観測を中断することが多い。積雪期には秋に落ちなかった葉や枝の落下があることが知られており (河田&丸山 1986)、年間リター落下量観測に誤差が生じているが、その影響を評価した例は少ない。本研究では、積雪期と無積雪期のリター落下量を比較し、積雪期の観測中断が年間のリター落下量の観測にどれだけの誤差を生じさせているのか、無積雪期と積雪期の葉と枝の落下量の年変動 (変動指数=CV)、無積雪期の葉と枝の落下量から積雪期の葉と枝の落下量を推測できるのか、以上3点について検討した。

2. 方法

岩手県南西部の奥羽山系焼石岳の南麓に位置するカヌマ沢試験地 (岩手南部森林管理署管内、横岳前山国有林 116 林班、標高 400–460 m、39°06' N, 140°51' E) に 25 年間設置されているリタートラップの回収物データを用いた (Hoshizaki et al. 1997; Hoshizaki & Hulme 2002; Hoshizaki & Miguchi 2005)。リタートラップは 0.5m² の大きさのものが 5 月上旬から 11 月上旬にかけて 0.8ha 内に設置され、その数と配置は 1990~2002 年までは 10m ごとに合計 99 個、2003 年からはこのうち種子採取に適した 60 個が選ばれて設置されている。2003 年~2010 年、2013, 2015 年にかけてはさらに、冬季のリター観測が同じ大きさのトラップを用いて、雪による影響の少ない 10 点を選んで行われていた。内容物は、葉、花、種子、枝などの器官ごとに分別したのち、各器官の状態 (健全、未熟など) ごとに乾重が記録されている (Hoshizaki et al. 1997)。加えて、2003~2010 年の冬季のリター内容物のうち、葉はブナとそれ以外の樹種の 2 種類に仕分けした。本研究ではこれらのうち、冬季のリター観測が行われた 9 年分について、年間を通して観測された 10 箇所のトラップ内容物の葉と枝の乾燥重量を合計し、1ha あたりの落下量に換算した。本研究では、葉と枝すべてのリターを「全リター重量」、葉のみを「葉重量」、枝のみを「枝重量」と表記する。

3. 結果と考察

(1) 結果

各年の全リター重量は 2.98~4.20 ton/ha であった。設置期間ごとに比較すると、春~秋の全リター重量は 2.86 ± 0.28 ton/ha (平均±標準偏差)、冬の全リター重量は 0.80 ± 0.35 ton/ha (葉: 0.56 ± 0.28 ; 枝: 0.24 ± 0.13) で (図-1a)、冬の全リター重量は年間落下量の 21.5 ± 0.08 % を占めた (図-1b)。

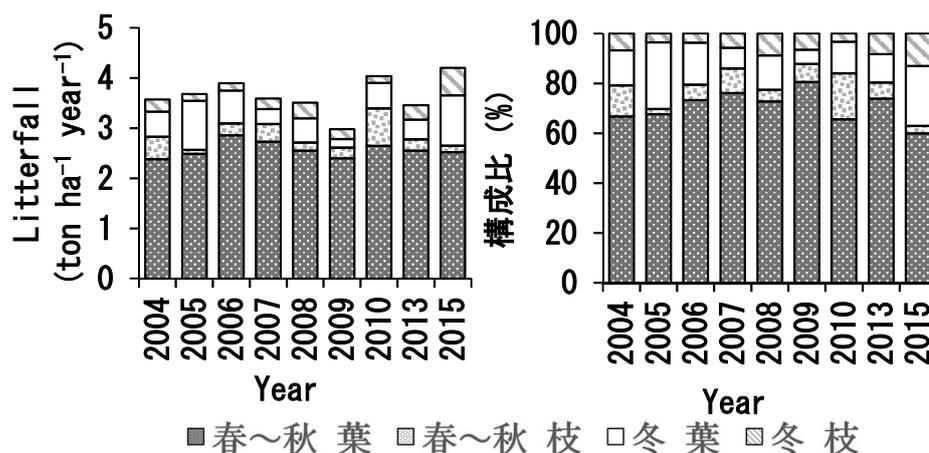


図-1. 年間のリター落下量に占める春～秋と冬の葉と枝の落下量
(a 葉と枝の落下重量 b 葉と枝の落下割合)

年変動 (CV) に関しては (表-1)、春～秋 (CV=0.06) に比べて冬 (CV=0.51) の変動が大きかった。一方、枝では、春～秋は CV=0.71、冬は CV=0.53 であり、春～秋の変動が冬に比べて大きかった。

表-1. 春～秋(5月上旬～11月上旬)にかけての葉と枝の落下量と冬(11月上旬から5月上旬)の葉と枝の落下量 (ton ha^{-1})

	平均落下重量 (ton ha^{-1})	標準偏差	変動係数 (CV)
春～秋			
葉	2.57	0.15	0.06
枝	0.29	0.20	0.71
冬			
葉	0.56	0.28	0.51
枝	0.24	0.13	0.53
Total	3.66	0.36	0.10

春～秋のリター落下量から冬のリター落下量を予測できるのか器官ごとに相関関係を調べたところ、両者の間に関係性は見られなかった(葉: $r=0.012$, $p=0.37$; 枝: $r=-0.37$, $p=0.31$) (図 2)。

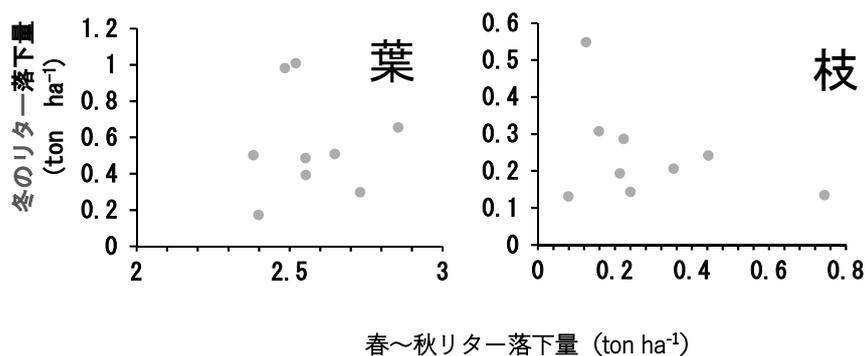


図-2. 年間のリター落下量に占める春～秋と冬の葉と枝の落下量の関係

(2) 考察

本研究で用いたリタートラップの設置位置は、種子観測や雪の影響を考慮したものとなっている。そのため、林分全体を正確に反映した値でない可能性があり、より正確な観測を行うために設置位置や補正を行うなどの検討の余地があると考えられる。

冬季に観測された全リター重量は、年間の総落下量の約 21 %すなわちほぼ 2 割であった。NPP のうち葉の生産量と落枝量(=リターフォール量)は、合わせて約 4~6 割を占めるとされている(宇都木ら 2007、大塚 2009)。このうちの 21 %が観測から漏れているとすると、NPP のうち冬のリターは 8.4~12.6 %と試算されることから、NPP の推定に対する冬のリターの影響はさほど大きくないと考えられる。一方、リターは資源循環において森林の主要な資源供給源とされ、そのうちの 2 割程度が観測から漏れることは多雪地の資源供給量の見積もりにとって無視できない影響を与えることが示唆される。

冬と春～秋の全リター重量には関係が見られなかった。そのため、春～秋の全リター重量から冬のリター重量を推定することはできないが、冬のリターと枝の平均重量(葉:0.56±0.28; 枝:0.24±0.13)を春～秋のリター重量に足し合わせることで多少の誤差は生じるがラフな補正はできるであろう。また、枝の落下は暴風や雪の重みが原因で起こるとされている(金子 1995)。今回は検討をできなかったが、積雪量と冬の落枝量の関係性を確かめること、で明らかにすることが可能かもしれない。

今後は多雪地においてリター観測を行う場合には、観測誤差をできるだけ減らす工夫をする必要があるだろう。例えば、樹上に残っている葉の量を確認してから撒収をすることや、本研究のように少数のトラップを冬にも設置することなどが挙げられる。

引用文献

Hoshizaki K, Hulme PE. (2002) Mast Seeding and Predator-mediated Indirect Interactions in a Forest Community: Evidence from Post-dispersal Fate of Rodent-generated Caches. Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation. CAB International, Wallingford, UK, pp. 227-239.

Hoshizaki K, Miguchi H. (2005) Influence of forest composition on tree seed predation and rodent responses: a comparison of monodominant and mixed temperate forests in

Japan

Hoshizaki K., Suzuki W. Sasaki S. (1997) Impacts of secondary seed dispersal and herbivory on seedling survival in *Aesculus turbinata*. *Journal of Vegetation Science* 8, 735-791.

金子有子. (1995) 山地溪畔林の攪乱体欄と樹木個体群への攪乱の影響. *日本生態学会誌* 45:311~316

河田弘, 丸山幸平. (1986) ブナ天然林の結実がリターフォール量およびその養分量に及ぼす影響. *日本生態学会誌* 36: 3-10

大塚俊之. (2009) 森林生態系の純一次生産量の測定手法. (北海道大学低温科学研究所・日本光合成研究会共編) *光合成研究法*, 119-127. 北海道大学低温科学研究所, *低温科学* 67

宇都木 玄、飯田滋生、飛田博順、上村 章 石塚森吉、田中永晴、阪田匡司、酒井寿夫、田内裕之、阿部 真、石塚成宏、酒井佳美. (2007) 札幌市郊外の落葉広葉樹林における上層林冠木の 25 年間の動態. *日本森林学会北海道支部論文集* 55:35-37

無人航空機による空撮範囲の推定とその運用について

由利森林管理署 矢島森林事務所 地域技術官 ○蓮尾 直志
(一財)日本森林林業振興会 秋田支部 業務部長代理 後藤 良寛

1. はじめに

平成30年度に入り東北森林管理局でも無人航空機（以下「ドローン」という。）の配備が段階的に始まり、林況把握や災害時の活躍が期待される。

ドローンによる空撮は、従来から使用されている人工衛星や航空機と比較して、低コストで高細度の画像をいつでも取得することが可能である。

ドローンの操作は、高度な姿勢制御技術により、容易に行うことが可能となったが、空撮自体には相応の技術と知識が必要であり、その活用についても同様と考えられる。

本研究は、撮影位置などをグーグルアース等のGISにプロットするツールの開発と、それを用いた活用方法を提案するものである。

2. 取組の内容

ドローンでの空撮は、地上からでは到達不能な箇所や林地を広範囲にわたり、様々な角度から俯瞰して撮影することが可能である。

しかし、林齢や林相が一様であったり、森林作業道等の特徴的な地物が写っていない画像から撮影範囲を判読することは困難な場合がある。

業務での活用においては、取得した画像がどこを撮影したものか判別できることが重要である。

本ツールは、画像に保存されている位置情報や撮影時刻など撮影時の様々な情報（Exifデータ）から、大まかな撮影範囲を割り出し、表示することで、撮影した画像の活用の幅を広げることを目的としている。

3. 取組の成果

(1) ツールの概要

今回作成したツールはMicrosoftExcelを使用している。

処理の流れは図1のとおりで、撮影以降の処理をマクロにより自動的に行う。

処理過程において、特筆すべき点を以下に列挙する。

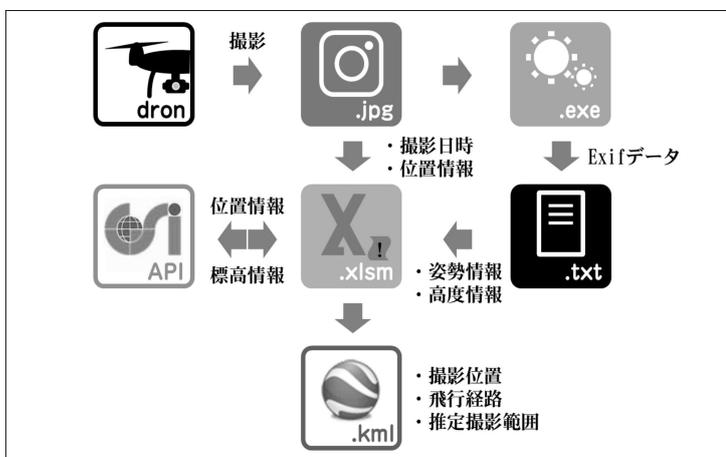


図1 処理の流れ

- ・ドローンに搭載されているカメラの仕様毎に計算に使用する係数が異なることから、撮影範囲の計算は、現時点では DJI の Phantom4Pro にのみ対応している。
- ・撮影位置の経緯度から、国土地理院が公開している「標高 API」というウェブサービスを利用し、撮影位置の標高を取得しており、後述する比高の算出に用いている。
- ・撮影時のドローンの機体情報は、Exif データ内でもメーカーノートと呼ばれる独特な領域に格納されているため、「exiftool」という Exif データをテキストデータとして出力できるフリーソフト用いて取得している。なお「exiftool」はマクロからコマンドラインを経由して動作させているため、本ツールを使用する上で操作の必要は無い。

図 2 は実際のツールの画面である。操作の手順が極力少なくなるように設計しており、実際、「画像フォルダの選択→出力箇所の選択→出力の実行」のみで作業は完了する。

ファイル名	Exif Tool出力	抽出先	抽出先	緯度	経度	高度	傾斜	方位角	カメラタイプ	撮影日時	機体							
1	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:50:00	A	NXP	2755.2942°	103.202545°	-8229.893 EAF	0°52'10.17"	148.015999	-70414.4467	-83.51	10	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
2	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:51:00	A	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
3	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:52:00	A	NXP	2755.5348°	103.201947°	-8229.893 EAF	0°52'10.00"	148.015967	-70414.4467	2.56	8.5	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
4	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:53:00	A	NXP	2755.5348°	103.201947°	-8229.893 EAF	0°52'10.00"	148.015967	-70414.4467	2.56	8.5	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
5	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:53:00	A	NXP	2755.5348°	103.201947°	-8229.893 EAF	0°52'10.00"	148.015967	-70414.4467	2.56	8.5	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
6	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:53:00	A	NXP	2755.5348°	103.201947°	-8229.893 EAF	0°52'10.00"	148.015967	-70414.4467	2.56	8.5	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
7	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:54:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	-83.51	10	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
8	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:55:00	C	NXP	2755.5448°	103.202545°	-8229.893 EAF	0°52'10.17"	148.015999	-70414.4467	-83.51	9.9	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
9	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:56:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
10	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:57:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
11	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:58:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
12	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 09:59:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
13	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:00:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
14	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:01:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
15	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:02:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
16	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:03:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
17	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:04:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
18	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:05:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
19	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:06:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
20	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:07:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
21	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:08:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
22	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:09:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
23	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:10:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
24	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:11:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
25	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:12:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
26	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:13:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
27	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:14:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
28	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:15:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
29	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:16:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
30	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:17:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
31	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:18:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
32	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:19:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
33	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:20:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
34	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:21:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
35	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:22:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
36	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:23:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
37	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:24:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
38	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:25:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
39	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:26:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
40	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:27:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
41	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:28:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
42	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:29:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
43	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:30:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
44	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:31:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
45	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:32:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
46	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:33:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
47	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:34:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
48	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:35:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
49	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:36:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
50	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:37:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
51	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:38:00	D	NXP	2756.1817°	103.202750°	-8229.893 EAF	0°52'12.00"	148.016014	-70414.4467	2.56	8.2	5.0 m	0°	0	21.4 X	-10
52	DJI	0.4,0.01.jpg	20181101 10:39:00															

(2) 撮影範囲推定の原理

カメラで撮影した際に映り込む範囲を画角といい、画角は図5に示すように、カメラのセンサーサイズとレンズの焦点距離の比が画角と被写体までの距離との比率と等しいことから容易に算出ができる。

実際には縦横方向の画角とカメラの傾きを考慮しなければならないため、ドローンの位置を頂点とする仮想の四角錐を平面（地面）と交差させた際の断面が計算上の撮影範囲となる（図6）。

計算に必要なパラメータは全て Exif データから取得可能だが、飛行高度については以下の理由から、気圧計の値を比高により補正して使用している。

飛行高度に関する値は GPS 測位によるものと気圧計の2種類が記録される。

GPS 測位による高度情報はそもそも誤差が大きく、真値を求めることが困難である。また、ドローンが離陸直後に一度だけ高度情報を取得し、以降の値は気圧計による補正を行ったものを記録していることが、データの検証により判明している。

次に、気圧計により記録される高度値は離陸地点を基準としているため、地形に高低差がある場合は、図7のように撮影位置と離陸地点との比高を考慮しなければならない。

撮影範囲を最終的に KML に出力するため、位置情報は経緯度である必要があるが、計算過程においてはメートル単位で行う必要があるため、平面直角座標に変換している。相互の座標換算は河瀬による計算方法（2011）を用いている。

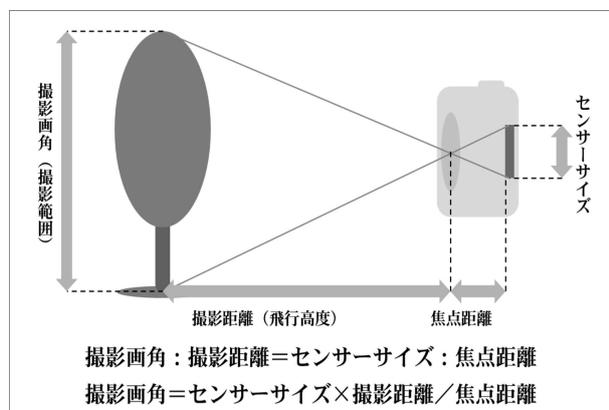


図5 画角の算出方法

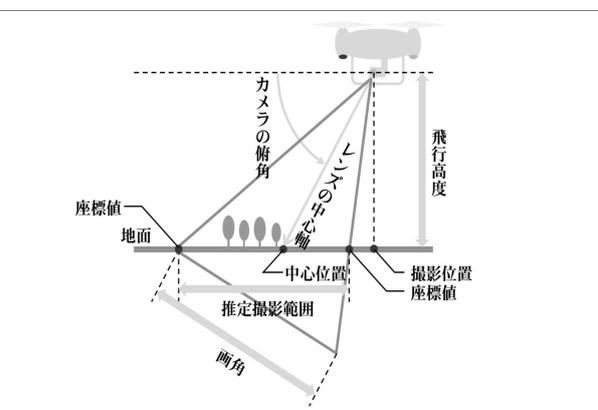


図6 撮影範囲推定の模式図

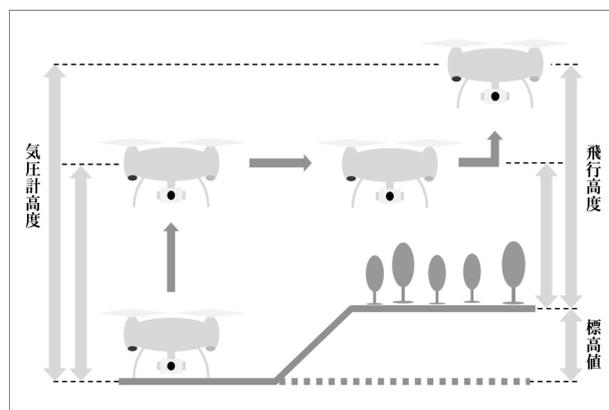


図7 飛行高度の考え方

(3) ツールの活用例

①写真の逆引き管理

通常であれば、撮影した画像を判読して撮影箇所等を特定すると思われる。本ツールを用いてグーグルアース上に撮影範囲を表示させれば、目的とする地物が撮影範囲に含まれるかを基に画像ファイルを探すことができる(図8)。

また、各点と線には時間情報を与えているので、撮影時刻を絞っての表示・非表示が可能である。

現地での撮影において、目的とする被写体等を見失った場合でも、内業により撮影範囲等を確認することで、目的とする画像を得られる可能性がある。

②虫害木等の位置特定

手順は、事前に対象地区を広く撮影を行い、被害木の大きな位置を把握する。(これは、飛行中にモニターを確認しながら被害木を探索することが困難な場合があり、事前に当たりを付けておいた方が効率的なため。)その後、近傍での撮影を行い、被害木等の位置を特定する(図9(PitchとAltは、水平からのカメラの角度と機体高度を意味する))。

近傍での撮影はできる限り対象が中心に収まるように撮影する必要がある。特定した位置は国有林GIS等へ反映することが可能なので(図10)、位置図の作成が行えるほか、ハンディGPSへ取り込むことで現地へのナビゲーションにも用いることが可能である。

位置の特定は、真上からだけでなく斜めからの撮影にも対応しているため、ドローンでも接近不能な箇所にも対応できる。しかし、斜めからの撮影の場合は特に、対象物の根元を狙う必要があることや、位置の精度は操縦者の技量に大きく影響されることを考慮しなければならない。

このほかにも、定点観測においては、撮影時の位置や方角等をツールに記録できるため、この記録を基に同じアングルを再現することが可能なほか、自由に高度やカメラの角度などのパラメータを設定して、推定される撮影範囲を出力する機能を備えていることから、撮影のシミュレーションを行うことができる。



図8 撮影範囲による画像の管理

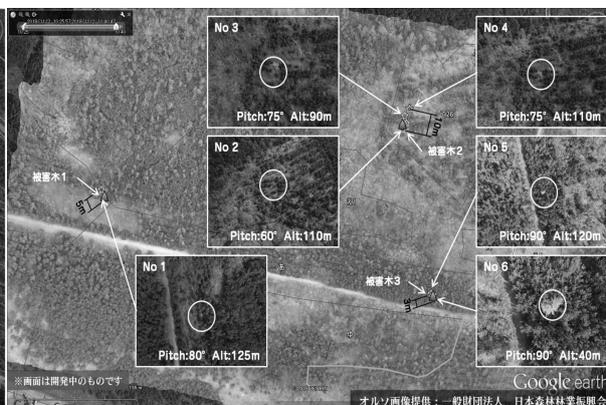


図9 位置特定の結果

由利署では安全で効率的な空撮を行うため、操縦と撮影を分担して行う「二人羽織方式（写1）」と呼ぶ撮影方法を行っている。

この方法では、操縦者は撮影担当の指示に沿ってドローンを飛行させ、高度やバッテリー残量等の情報を伝えてもらう、これにより、操縦者はタブレット上の情報を確認するためドローンから目を離す必要がなくなり、機体を見失うリスクを減らすことができ、目視による飛行範囲を広げることができる。

また、撮影者は撮影のためにドローンの操縦技術を身につける負担が減り、タブレットの映像をリアルタイムで確認しながら余裕を持った撮影を行うことができる。



図10 国有林 GIS への反映

写1 二人羽織方式

4. 考察

森林分野でのドローンの活用には、そのほとんどがオルソフォト化が前提とされている、そのためには決して安くはない機材の導入と扱うための知識が必要とされる。

本ツールは、今あるもののみを利用することで、導入のコスト面、扱うための技術面や新たに何か習得しなければならないという精神面でのハードルを下げることができる。

また、俯瞰して林地を見ることは通常出来ない光景であり、現況を知ることができる点で情報としての価値は大きく、そこに、どこを撮影したかという情報を付与することで、資料としての有用性は高くなると考える。

以上のことから、本ツールを用いることで、ドローン活用の幅を広げ、業務の効率化を期待できる。

謝辞

本研究にあたり、ドローンに関する技術やオルソ画像の提供をしていただいた（一財）日本森林林業振興会秋田支部の皆様をはじめ、空撮及びツールのデバッグ作業に協力していただいた署内外の方々には深く感謝しております、この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

国土地理院「測量計算サイト」URL：<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/main.html>

河瀬和重（2011）:Gauss-Krüger 投影における経緯度座標及び平面直角座標相互間の座標換算についてのより簡明な計算方法，国土地理院時報，121，109-124.

繊維ロープの結び目を使用した木寄せ作業の実証試験

岩手大学農学部附属

寒冷フィールドサイエンス教育研究センター ○濱道寿幸

1. はじめに

近年、高性能繊維ロープが開発され林業においてもワイヤーロープの代わりに使用されている。繊維ロープはワイヤーロープに比べ、摩耗に弱い、価格が高いというデメリットはあるものの、軽く、取り回しがしやすいため木寄せ時にロープを引く荷かけ者の労働負担の軽減につながるメリットがある。重いワイヤーロープを引き斜面を何度も上下することはかなりの労働負担であり、ロープが軽くなるというメリットは大きい。

しかしながら、ロープが軽くなっても木寄せ作業形態そのものに変化はなく、荷かけ者がウインチと荷かけ場所との間を何度も往復する必要がある大きな労働負担となっている。

そこで今回、ウインチと荷かけ場所の往復をなくし移動距離の短縮、労働負担の軽減を目指し、任意の個所に結び目が作れるという繊維ロープの特徴を利用した木寄せ方法を考案し、実用性について実証試験を行った。

2. 方法

(1) 木寄せ方法

従来の木寄せ方法はロープ先端のみにアイがありそれを利用して行うものだった。(図1)

今回考案した木寄せ方法は、①荷かけ者がロープを長く持って移動し、木寄せ対象木のところで結び目でアイを作成し木寄せを行う。②アイ以降のロープを持ち次の木寄せ対象木へ移動、結び目でアイを作成し木寄せを行う。この段階で次の木寄せ対象木までのロープの長さが足りなければその場でロープを引き寄せる。以下繰り返し。というものである。(図2)

図1 従来の木寄せの模式図

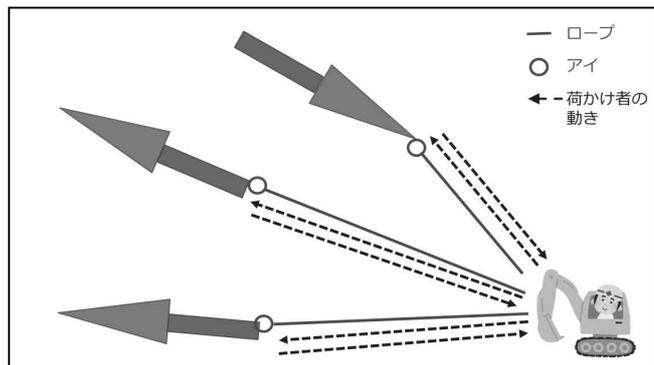
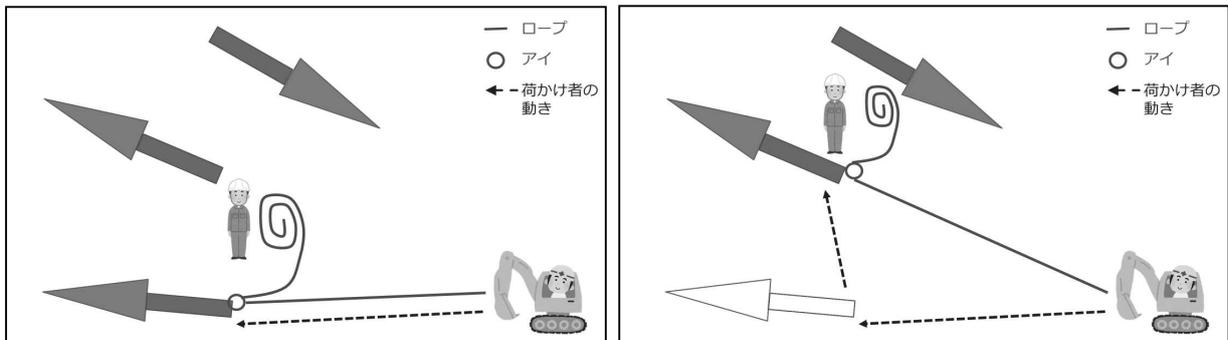


図2 結び目を使用した木寄せの模式図 ① → ②



(2) 実用性の検証

岩手大学農学部附属御明神演習林2林班か小班(表1)にて列状間伐を6列行った。6列のうち2列を従来型で、4列を結び目を使用する方法で木寄せ作業を行い、ロープの引き出し、荷かけ、引き寄せ、荷外しの4段階で時間計測を行った。その際に荷かけ者のいる地点を記録した。結び目を使用する木寄せに特有と思われるトラブルを記録した。木寄せは下げ木で行い、荷かけ本数は1本とした。

アイはロープの中間でも簡単に結ぶことができ簡単にほどけるスリッポットで作成した。荷かけ対象木とアイとの結合には繊維ロープで作成した荷かけロープと登山用のカラビナを使用した。

ウインチはイワフジ製TW-2Sでロープは50m巻、ベースマシンはCAT製307Bを使用した。

表1 試験地概要

樹種	スギ 51年生
樹高	9.5~25.0m
胸高直径	6~34cm
傾斜	24.5° ~34.5°

3. 結果と考察

(1) 作業時間

木寄せの速度とロープの引き出し速度を図3および図4に示す。

木寄せ速度は従来型で0.21m/秒、結び目を使ったもので0.18m/秒となった。この差は使用したウインチが巻き取り型であり、ドラムに残っているロープの量によって巻き取り速度が変化するため、巻き取り量が少ない状態での運用が多くなる結び目を使用した木寄せでは速度が落ちたものと考えられる。なお理論的には今回巻いてある50mのロープをすべて出した状態で巻き取った時には速度差は無くなるため、図はそれに合わせた近似曲線モデルを用いた。このような要素が含まれているとしても0.03m/秒程度の木寄せ速度の差は実用において大きな違いはないと考えられる。

ロープはドラムをフリーにした状態で人間が引き出した。その結果、引き出し速度は従来型が0.18m/秒、結び目を使用したものが0.14m/秒であった。

今回の試験で引き出したものをロープバッグにしまうという準備を行った。この準備時間を除くと引き出し時間はどちらの方法でも0.18m/秒となった。ロープの引き出し速度は人

図3 木寄せ速度

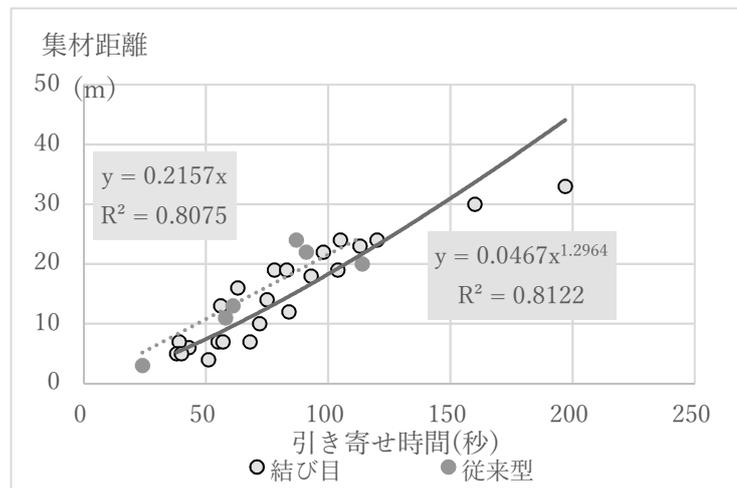
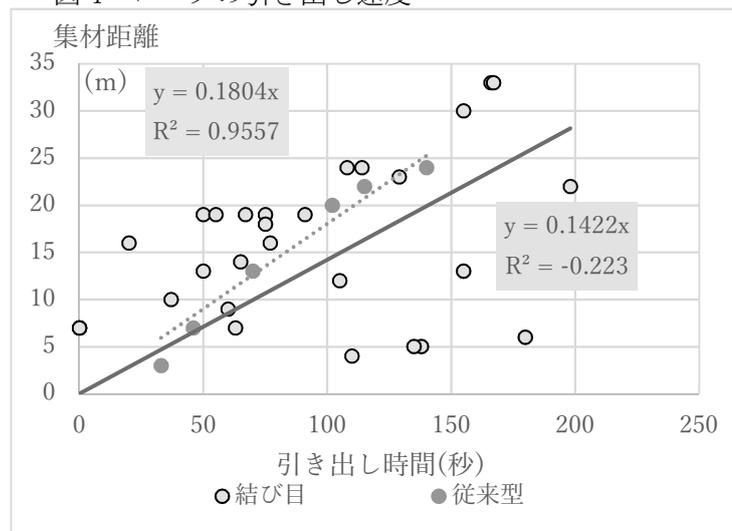


図4 ロープの引き出し速度



間の力に依存し、どの方法でも同等と考えられる。なお結び目を使った方法では、どの地点でどれだけロープを引き出すかは場合によって全く異なるため、集材距離と引き出し時間の間には相関はみられなかった。

荷かけ時間と荷外し時間を図5および図6に示す。

荷かけ時間において、従来型と結び目を使用した方法との間では40秒ほどの差が見られた。これはアイとアイとをカラビナで結合するという単純な従来型に比べ、結び目を作るという作業が加わるにより時間がかかったことが原因であると考えられる。また今回は実証試験であり、まだ方法が確立されていないため後述するトラブルへの対応により時間がかかっていた。結び目でアイを作ること自体は慣れれば数秒の作業なので、作業方法が確立し作業者が熟練していけば時間を短縮することは可能と考えられる。

荷外し時間はアイからカラビナを外し、材から荷かけロープを外すだけなのでどちらの方法でも大きな違いはみられなかった。結び目を使用した方法ではロープが締めすぎるトラブルが発生しカラビナから外れないことがあったことから、平均で見ると多少時間がかかっている結果となった。今後トラブルに対応していけば荷外しの時間はどちらの方法でも差はないと考えられる。

作業時間全体で見ると従来方法より1工程当たり1分程度の時間がかかる結果となった。しかしながらこの1分のうち40秒程度が荷かけ時間のため、荷かけ方法の確立と荷かけ者の熟練により差は縮まると考えられる。

図5 荷かけ時間

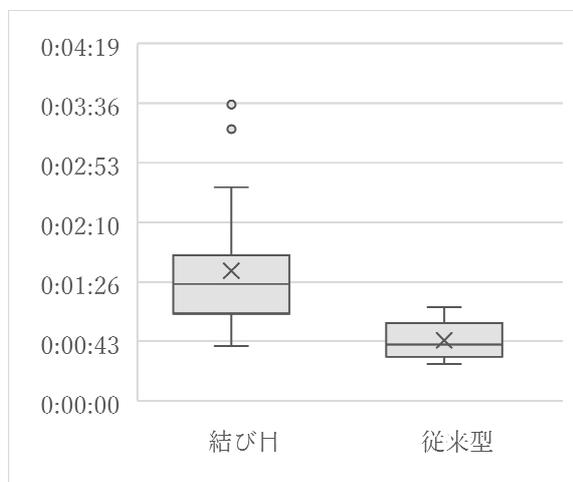
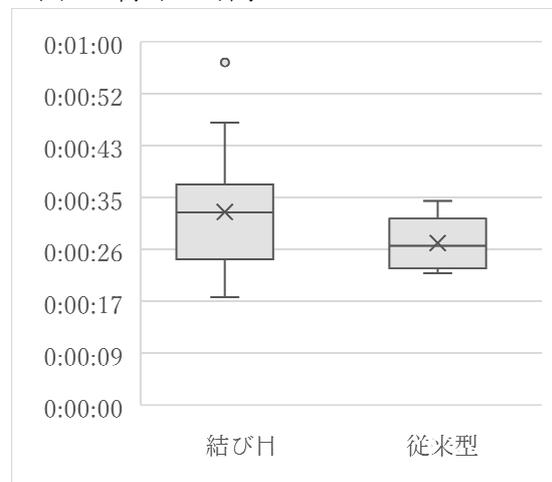


図6 荷外し時間



(2) トラブル

材のけん引中にメインロープのアイの部分が切れるというトラブルがあった。スムーズに動いている途中で切れ、ロープをつなぎなおした後は容易に牽引できたため、下げ木でロープの荷重が抜けたときに運悪くカラビナのゲート部分にロープが引っ掛かり切れたのではないかと推測された。対策として、牽引中にカラビナの中でロープが動かないようにスリップノットの結ぶ方向を変更した。

スリップノットの結ぶ方向を変更した結果、ロープが締めすぎて荷外しがしづらいというトラブルが起きた。原因としてロープ径に対し、カラビナの径が細いことが考えられた。

対策として結ぶときにカラビナとロープの間に小枝をはさみ締めすぎないようにした結果トラブルは起こらなくなったが、荷かけに時間がかかるようになってしまった。

これらのトラブルから、材とメインロープとの結び目や連結器具に改良の必要があることが判明した。

(3) 移動距離

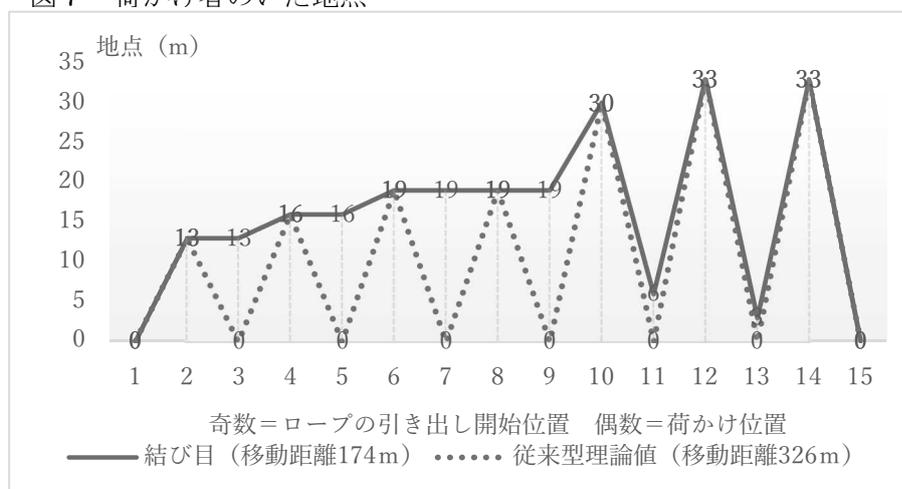
ある伐採列での荷かけ者のいた地点を図7に示す。

従来方法ではロープの引き出し位置と荷かけ位置を往復しなければならず、常に動いていることになるが、結び目を使用した方法ではロープの引き出し位置まで戻る必要はないため材を引いている時間はその場にとどまり休憩可能であった。また次の材に移動する際は数メートル移動するだけであった。今回のウインチの巻量は50mであったため、25m地点を超えるとロープを取り直すために移動する必要が出て来るのだが、ロープの引き出し量および残量の目安がないこと、作業に不慣れであることから、30m地点を超えたときに必要以上の移動が見られた。

しかしながら全体としての移動距離は2/3程度と抑えられており、実際作業した者の感想も「かなり負担が軽減した」とのことであった。

荷かけ者、ウインチのオペレーターが熟練することにより、遠距離の移動も多少抑えられるようになると思われる。

図7 荷かけ者のいた地点



4. まとめと今後の課題

本研究の結果から、繊維ロープの結び目を使用した木寄せ作業は可能であり、時間的にも実用性があり、移動距離の短縮が図られ、労働負担の軽減にもつながるといえる。

しかしながらメインロープと木寄せの材をつなぐ結び方や連結器具の最適化の課題が残った。

実証試験終了後に新たに連結器具や結び方の選定を終えており、今後は強度試験、耐久性試験を行い、新たな木寄せ方法として確立していく予定である。

東日本大震災津波からの海岸防災林等の復旧について

岩手県 沿岸広域振興局農林部農林調整課
主査 高橋 修

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災津波は、岩手県沿岸広域振興局管内の釜石市、大槌町において、約 8,000 棟の家屋が倒壊する等、甚大な被害を及ぼした。

当該市町内における 5 地区の海岸防災林(防潮林)においても、防潮堤(林野海岸施設)が大きく損壊するとともに、クロマツ林がほぼ全滅する被害が発生している。

本発表は、被災した防潮林のうち、岩手県内有数の観光地及び海水浴場として、地域住民等に長年親しまれてきた、浪板地区県有防潮林における海岸防災林の再生に向けた各種取組みを紹介するものである。

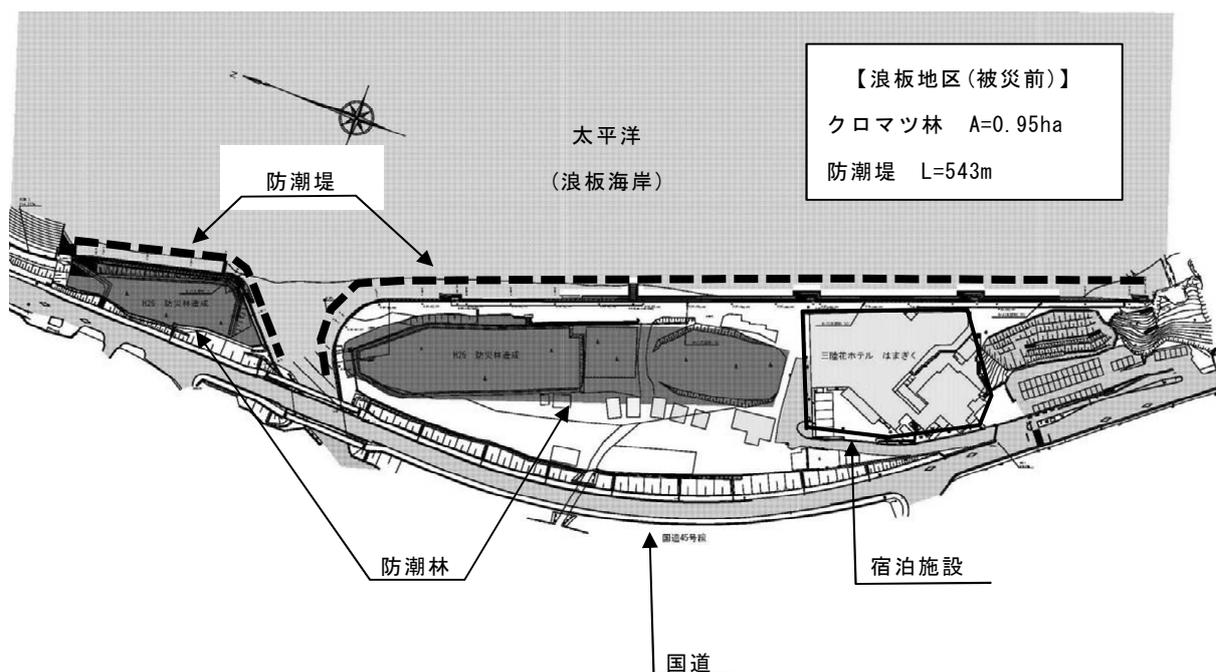
2. 東日本大震災津波での治山関係施設の被災状況

当管内においては、東日本大震災津波により、山腹工や溪間工等の治山施設 9 地区が被災するとともに、5 地区の防潮林内に成林のクロマツ林がほぼ全滅する被害が発生している。

このうち浪板地区(図-1)においても、クロマツ林がほぼ全滅するとともに、防潮堤(林野海岸施設)543mのうち、約 17mが全壊し、一部損壊箇所は多数に及んだ。

また、周辺を含む当該地区全体で、平均 44 c mの地盤沈下も確認されている。

図-1 浪板地区 平面図



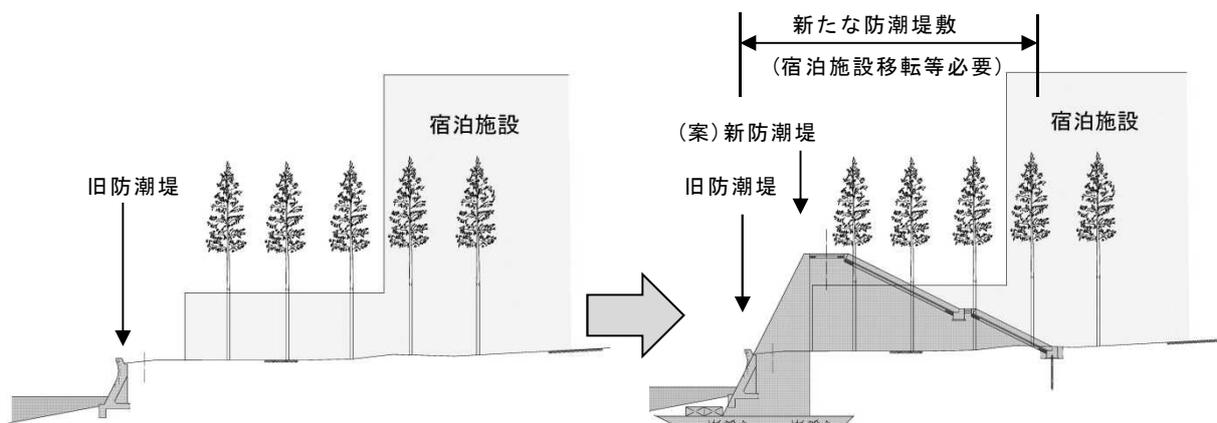
3. 浪板地区の復旧に際して

(1) 防潮堤の復旧

復旧する防潮堤の堤高について、被災前は TP+4.5m であったものが、震災を受けての津波高検討の結果、8m 以上の嵩上げを要する TP+12.8m の防潮堤が必要とされた (L1 対応)。

この場合、被災前の防潮堤背面から 30m ほどが防潮堤敷となり、防潮林の多くが再生不能となるとともに、防潮堤背面に位置する宿泊施設についても移転が必要とされた。(図-2)

図-2 防潮堤復旧(案)イメージ

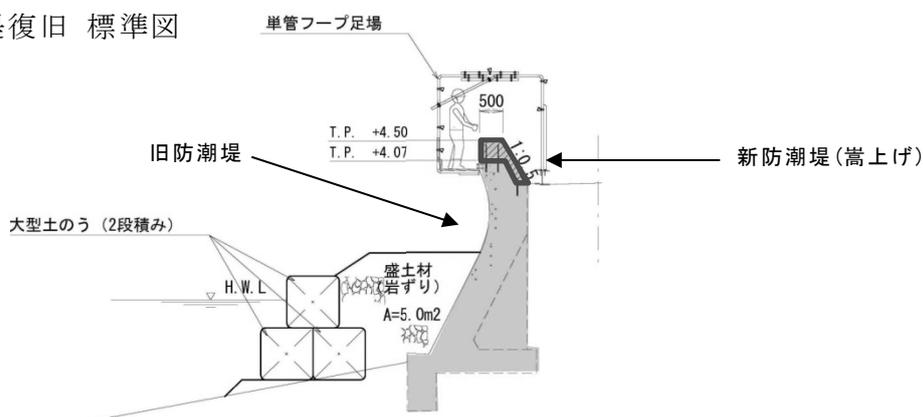


防潮堤の復旧に際し、地元大槌町や地域住民との協議の結果、防潮堤の堤高については、大規模な防潮堤のみに頼らない「海の見えるまちづくり」を望む地元の意向を反映し、地盤沈下分のみを嵩上げする原形復旧とした。(図-3)

これは、浪板海岸を今後も地域の観光資源として生かしつつ、津波防災に関しては、防潮堤を住宅の高台移転や避難路の整備等と併せた、多重防御の一つと位置づけるものである。

復旧工事の施工に際しては、高波により度々手戻りが生じる中、早期復旧を望む地元の後押しを受け、防潮堤の復旧としては岩手県内で最も早い、平成 24 年 10 月に工事が完了している。

図-3 防潮堤復旧 標準図



(2) 防潮林の再生

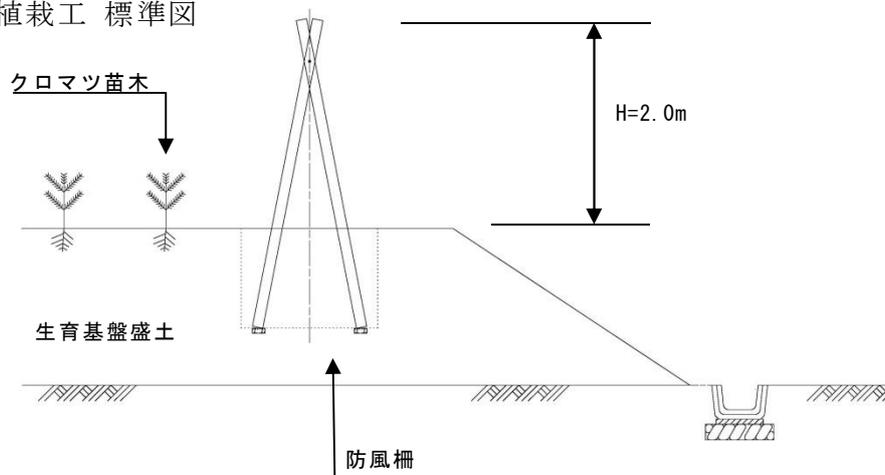
健全な防潮林の早期再生に際しては、植栽地の地下水位観測結果から、生育基盤となる土砂を一定の高さで盛土し、植栽木根系の健全な伸長を促すこととした。加えて、海岸側には防風柵を設置し、海からの強風等に対し苗木を保護している。

(図-4)

また、苗木の植栽時には、地域住民等と協働し苗木の植樹を行っており、この協働作業は下刈り等、現在も継続している。

なお、植栽木は松くい虫(マツノザイセンチュウ病)抵抗性クロマツコンテナ苗木を使用しており、当該苗木は震災後、多くの都道府県から種子の提供を受けたものである。

図-4 植栽工 標準図



4. 新たな課題とその対策

(1) 新たな課題(防潮堤の断面欠損)

上記3により、東日本大震災津波による、浪板地区の直接的な被害の復旧はなされたものの、その後、この災害を要因とする新たな防潮堤の被害が確認された。

防潮堤前面に強度の摩耗(断面欠損)が確認されたものであり、厚さ約70cmの防潮堤のうち、摩耗の著しい箇所は20cmにも及ぶものであった。

これは、東日本大震災津波により、周辺地盤が沈下したこと、及びそれまで防潮堤前面に広く堆積した砂浜が消失したこと等により、海底上の大小石礫が波により繰り返し防潮堤に衝突したことで、防潮堤前面に強度の摩耗が生じたものと考えられた。

当該摩耗が更に進行した場合、防潮堤の倒壊等が懸念されたことから、早急な対策が必要とされるものであった。

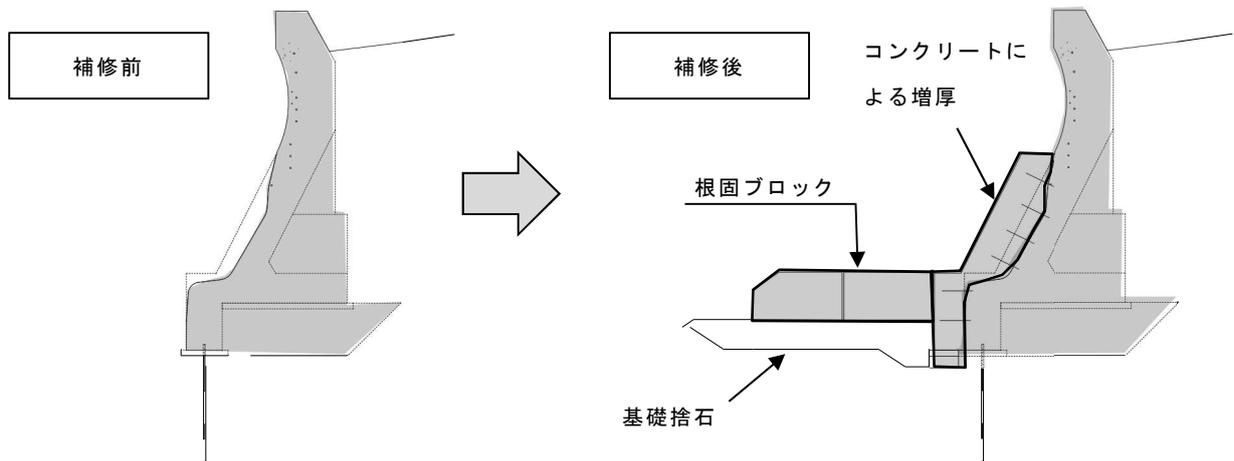
(2) 課題への対策(施設の長寿命化)

当該課題の対策として、摩耗箇所をコンクリートで増厚するとともに、防潮堤基礎部をコンクリートブロックにより保護することとした。(図-5)

なお、防潮堤基礎部の保護に係る工法の選定に際しては、将来の実施に向け現在検討されている、人工砂浜再生の支障とならぬよう、平滑なブロックを採用している。

一方、対策(補修)工事に際しては、海側での施工であるとともに、営業を再開した隣接宿泊施設等に配慮する必要があることから、騒音・振動が少ない硬質地盤専用圧入機を使用し、鋼矢板で海側作業ヤードを締切りのうえ、周辺環境の保全に細心の注意を払いつつ行っている。

図-5 長寿命化対策 標準図



5. 浪板地区における今後の管理について

防潮堤の摩耗に係る対策(補修)工事は現在も継続しており、完了は平成32年度を見込んでいる。

植栽したクロマツ苗木については、地域の方々との協働での保育管理を現在も継続しており、植栽時には30cm程度であった苗木も、3箇年経過後の現在は1.6m程に生育している。

今後も苗木の生育状況を注視し、適宜保育作業を行うことにより、早期の健全な防潮林再生を目指すこととしている。

仙台湾海岸防災林復旧事業における

コンテナ苗植栽時の施肥の効果について（続報）

仙台森林管理署 一般職員 ○村田 大輔
総括治山技術官 佐藤 博人

1. はじめに

(1) 背景

宮城県南部の仙台湾沿岸一帯は江戸時代頃より農業用地開拓のため、松林の維持造成が行われてきた。その海岸防災林は 1,000ha 以上にもなり、潮害、飛砂、風害等の防備機能を有し、地域住民の生活環境を守ってきた。しかし、平成 23 年に発生した東日本大震災に伴う津波によって、甚大な被害を受けた。被災した海岸防災林の多くは、

根返り流出の被害（写真-1）に遭っており、その原因として地下水位が高かった為にクロマツの根が地中深くまで張れなかったことがあげられた。そのため、海岸防災林の復旧にあたっては、100 年生のクロマツが根を張れる環境として現地地下水位から約 2.4m の生育基盤盛土を造成し、津波被害にあっても根返りせずに波力の減衰効果等を発揮する丈夫な森林となる環境を整備している。その後、

海岸沿いの潮風や強風などから植栽木を守る防風柵の設置などの植栽準備工や、沿岸部の厳しい条件下でも生育可能なクロマツなどの植栽工を行っている。クロマツの苗は松食い虫に抵抗性があり、活着率の良いコンテナ苗を使用している。植栽時には 2 年から 2 年半ほど効果が持続する緩効性固形肥料を施肥している。植栽時の施肥は植栽直後からの初期成長を促し、苗の成長を確保する役割がある。施肥方法については過去の海岸防災林事業を参考に苗木の周辺に肥料を入れる穴を 3 箇所あけて、そこに施肥していた。（写真-2）



写真-1 根返りした松



写真-2 周辺 3 個施肥

(2) 目的

仙台湾沿岸域の海岸防災林復旧事業は生育基盤盛土上への植栽、抵抗性クロマツコンテナ苗を使用しているなど、過去の海岸防災林事業とは条件が異なり、本事業に適した施肥方法を検証する必要があった。

そこで、根鉢に直接施肥（写真-3）を行う方法を提案し、平成28年度に事業地内の岩沼市下野郷字須加原林国有林90林班イ2小班に平成27年11月秋植え、平成28年5月春植え試験地（以下、前回試験地）を設置し、従前の周辺に3個施肥箇所との比較・調査を行った。試験地は周辺に3個施肥する箇所、周辺に2個施肥する箇所、周辺に1個施肥する箇所、無施肥箇所、根鉢の直下に3個施肥する箇所の計5箇所を調査区域として設定した。調査本数は南北に5本、東西に13本とした。1年間の調査の結果、周辺に施肥するよりも根鉢に直接施肥をしたほうが成長がよく、下草の繁茂抑制効果も期待されたため、平成29年度秋植えより根鉢に直接施肥をする方法に仕様変更している。一方、施肥方法が異なることで最適な施肥個数が変わるのではないかといったことや肥料の効果が切れた後の植栽木の成長に差が出てくるのではないかとといった疑問点があったため、継続して調査を行う必要があった。

以上のことから、本研究では根鉢に施肥する個数の検証と肥料の効果が切れた後の植栽木の成長を観察することで、本事業における最適な施肥方法を検証した。

2. 研究方法

(1) 試験地概要

調査を行った試験地は前回試験地秋植え箇所と今回の調査で新たに設置した平成29年6月春植え、平成29年11月秋植え箇所（以下、新試験地（図-1））である。前回試験地では成長量の継続調査を行い、使用している緩効性固形肥料の効果が切れた後の苗木の成長量を調査した。また、新試験地は仙台市若林区荒浜字田ノ神国有林88林班ろ1小班、同藤塚字牛道下国有林88林班ル2小班に設置し、根鉢直下施肥の最適個数を調査した。この試験地は周辺に3個施肥をする箇所、根鉢の直下に5個、4個、3個、2個、1個施肥をする箇所の計6箇所を調査区域（図-1）とし、調査本数は春植えが南北に3本、東西に8本、秋植えが南北に8本、東西に5本である。



写真-3 根鉢直下施肥

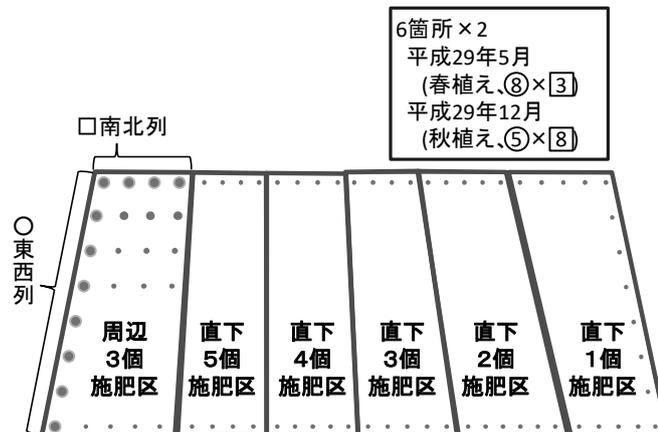


図-1 新試験地詳細図

この試験地は周辺に3個施肥をする箇所、根鉢の直下に5個、4個、3個、2個、1個施肥をする箇所の計6箇所を調査区域（図-1）とし、調査本数は春植えが南北に3本、東西に8本、秋植えが南北に8本、東西に5本である。

(2) 調査方法

主な調査は調査木の樹高と根元径の成長量の調査、下草の繁茂状況の確認、そして根の生育状況の確認である。成長量の調査は2か月に1回のペースで行った。樹高は根元に白いマーカで印をつけ、そこから芽までの長さをコンベックスでmm単位まで測定した。根元径はそのしるしのところを南北方向にノギスでmm単位の小数点以下第1位まで測定した。下草の繁茂状況は目視と写真での確認を行った。根の生育状況の確認は、平成30年12月に新試験地内で5箇所の根を掘り返し、根の生育状況や肥料やけの有無の確認を行った。

3. 結果および考察

(1) 結果

成長量の比較については、新試験地の場合、伸長成長、肥大成長とも周辺3個施肥より直下施肥のほうが良い結果(図-2, 3)となり、前回調査と同様の結果が出た。また、直下1個施肥であっても周辺3個施肥とほぼ同等の成長量であった。直下施肥は肥料を増やしていくにつれて成長量も増加したが、3個でほぼ頭打ちとなった。

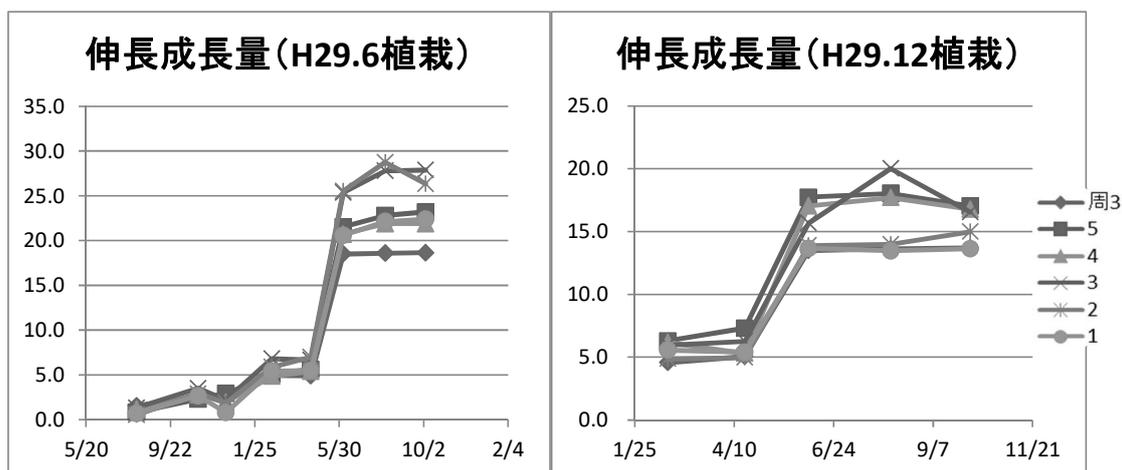


図-2 新試験地伸長成長グラフ

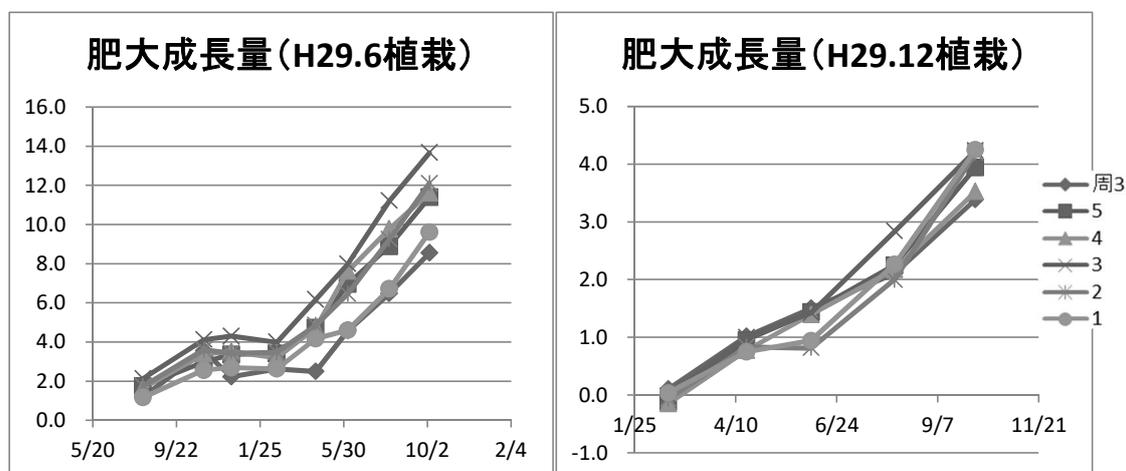


図-3 新試験地肥大成長グラフ

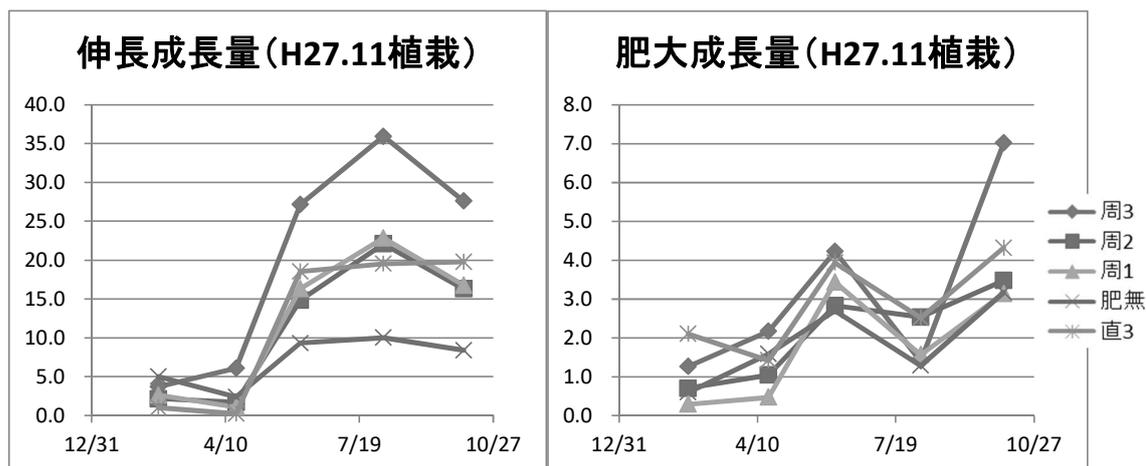


図-4 前回試験地成長グラフ（肥料効果なしの約1年間の成長量）

また、肥料の効果がなくなった後の長期的な成長を調査した結果（図-4）、肥料の効果がなくなってからの1年間では、根鉢直下施肥によって初期成長をより促した植栽木も周辺施肥や無施肥の植栽木とほぼ同様の成長をしていた。

根の生育状況の確認については、新試験地内の5箇所（直下1個施肥3箇所、直下5個施肥2箇所）で根を掘り返して観察したが、5箇所すべてで肥料やけは発生していなかった。使用している緩効性固形肥料はコーティング性能が良く、高濃度の肥料成分が直接根に触れることが起きにくいため、肥料やけが発生しにくいと考えられる。また、根の生育状況は施肥の個数の違いで大きな差は見られなかった。



写真-4 根鉢直下1個施肥区

写真-5 周辺3個施肥区

下草の繁茂状況については、前回調査の際には周辺施肥の場合、周囲の下草の繁茂を促していると思われる結果が出ていた。今回設置した新試験地箇所では施肥の方法の違いによる下草の繁茂の様子（写真-4、5）に違いは見られなかった。

（2）考察

①根鉢に施肥をする時の効果についてのまとめ

- ・初期成長については周辺に植えるより直下に植えたほうが成長する。
- ・直下施肥の個数については3個程度でほぼ頭打ちである。
- ・長期的な成長については、肥料の効果がなくなってからの約1年間を調査では、施肥方法の違いによる成長量の差は大きくない。
- ・下草の繁茂抑制効果については、下草の種類によっては肥料の影響を受けて成長が促されるものもあるが、肥料の有無によらず生えてくるものもあるため、下草の抑制効果は限定的である。

②施肥方法の差によるコスト比較

今回は周辺 3 個施肥と直下 3 個施肥、直下 3 個施肥を比較した（図-5）。周辺 3 個施肥の場合、植穴のほかに肥料を入れる穴を掘る必要があるため、直下施肥に比べて手間がかかる。だが、この手間分のコストを歩掛に反映させることが難しいため、手間分のコスト削減は図れなかった。しかし、手間が省かれる分、作業効率が向上し、施工期間の短縮につながると考えられる。成長量は先ほど述べたように周辺より直下、直下 3 個で頭打ちである。最終的にコストは、肥料の個数が少ない直下 1 個施肥が一番安く、周辺 3 個施肥や直下 3 個施肥と比較して、直接工事費で 48,500 円/ha のコスト削減になる。

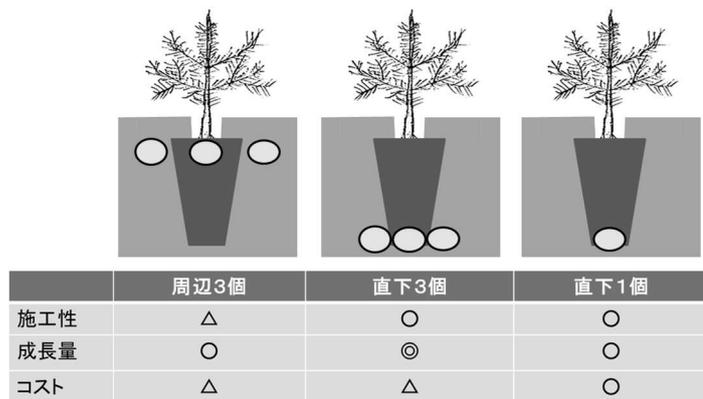


図-5 コスト等比較図

コスト削減と周辺 3 個と同等の成長量を見込むのであれば直下 1 個施肥、できるだけ成長を促すのであれば直下 3 個施肥とするのが良いと考えられる。

4. 今後の展望

今回の調査結果を活用する一案（図-6）として、同じ海岸防災林であっても、より沿岸部の厳しい条件にさらされている箇所では直下 3 個施肥として成長を確保し、内陸部の比較的条件的の良いところなどについては、直下 1 個施肥とすることで、全体の成長を促しつつコスト削減を図るといった活用方法が考えられる。

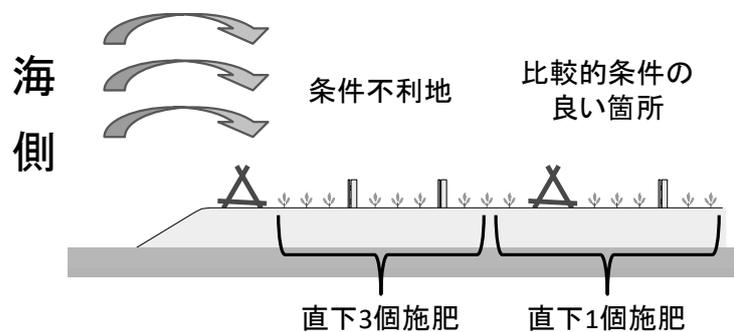


図-6 本調査結果活用方法の一案

林地の生産力に応じた効率的な木材生産のためのゾーニングに関する考察

―スギ造林地における指標植物を生かした森林施業の検討―

山形県立農林大学校 林業経営学科 ○藤倉 剛樹

1. はじめに

やまがた森林（モリ）ノミクスにより森林資源を有効活用していく中で今後、皆伐が増大するものと思われる。一方で、伐採前の人工林育成をはじめとする林地利用は必ずしも生産力に対応していない場合がある。適地適木という言葉が有るように樹種に合った土地とそうでない場合では植栽木の生育に差が出る。

そこで、この研究では指標となる植物を調査し、スギの成長特性と森林土壌との関係性を明らかにしてその後の森林施業について検討する本課題を設定した。

2. 調査方法

(1) 調査地

金山町杉沢 金山町森林組合間伐予定林分 スギ人工林 56年生

(2) 調査区

① 調査区の区分 [調査区1] 斜面上部 [調査区2] 斜面中部 [調査区3] 斜面下部

② 大調査区サイズ 10m×10m 小調査区サイズ 2m×2m

(3) 調査内容

③ 植生調査

2m×2mの調査区12箇所では植生、植被率を調査した。

④ 土壌調査

調査は上部、中部、下部ごとに1m×1mの土壌断面を作成し行った。調査項目は、層位区分、各土層の厚さ、色（土色帳により判断）、土性（土の性質：砂や粘土の割合などで区分）、構造（土の塊の構造）、土壌の硬さ、水分状態等の調査結果をもとに、適地適木調査説明書（昭和48年度山形県）等を参考資料として、当該林分の「土壌型」を判定した。

⑤ 毎木調査

金山町森林組合から提供いただいた航空レーザー計測のデータを用いて、上部、中部、下部平均樹高、平均胸高直径、1haあたりの本数、総材積を求めた。

3. 調査結果

(1) 植生調査

- ① 調査区1では、低木層が多く固体の大きさが草本類に比べ大きいために植被率が高かった。
- ② 調査区2、3は草本類が多く見られた。特に、シダが占める割合が多く、シダが優先種である。

(2) 土壌調査

- ① 土壌型は調査区1：適潤性褐色森林土（偏乾亜型）「BD(d)型」、調査区2：適潤性褐色森林土「BD型」、調査区3：弱乾性褐色森林土「BC型」と判断した。
- ② 調査区のいずれも、湿り気が感じられる土壌で特に調査区2と3は土壌環境として適している結果になった。

調査1と調査2で得た調査内容を表1にまとめた。

表1 土壌型と指標植物

調査地	土壌型	指標植物
上部	BD(d)型	・ウワミズザクラ ・オオバクロモジ ・モミジハグマ ・アブラチャ
中部	BD型	・リョウメンシダ ・ジュウモンジシダ ・ウリノキ ・オシダ
下部	BE型	・リョウメンシダ ・ジュウモンジシダ ・ウリノキ ・エゴノキ

(3) 毎木調査

- ① 毎木調査の結果は、表2のとおりであった。
- ② 平均樹高、平均胸直径、ha当たりの本数、ha当たりの総材積を求め平均樹高から地位級を判断した。
平均樹高は調査区1と調査区3とでは1.2倍ほど差が出る結果になった。
- ③ 本数では調査地1のほうが多いが、総材積で見ると1.5倍ほど調査地3が多い結果になった。

表2 毎木調査 結果

調査地	土壌型	平均樹高	平均胸高直径	本数 (haあたり)	総材積 (haあたり)	地位級 ※
上部	BD(d)型	23m	29	605	515	3
中部	BD型	26m	35	522	708	2
下部	BE型	28m	38	500	806	1

4. 考察

- (1) スギの樹高成長（上長成長）は、林地の土壤に左右され、生育の良い林地には特定の下層植生が多く見られた。ただし、今回の調査では個体数の調査ではなく調査区内に生育する植物の植被率を求めたため、個体数は少ない場合がある。
- (2) 再造林を行う際、土壤調査及び植生調査を行う事が望ましいが、指標植物を見る事により、大まかな生産力の判断は可能だと思われる。
- (3) 今回調査を行った調査区では平均樹高に差が出るものの、斜面上部である調査区でも地位級は3でありスギの生育には不適でない判断されるが調査地の山が急峻で皆伐後に再造林を行うだけの生産性が見込めるかは疑問に残る。
- (4) 前年度の調査データと今回の調査で得えたデータを比較してみると（表3）、土壤型は異なるものの、今回調査した林地の調査区1（上部）と前年度調査対象となった林地の下部とスギの成長（地位級）が似ている事がわかり、地位ではどちらも山の下部から上部にかけて悪くなっている事がわかる。斜面上部がスギの生育に悪いとは限らず、逆に下部にあってもスギの生育に不向きな林地も存在する。

表3 今年度調査と前年度調査の比較

黒色土					褐色森林土				
H29年度調査	土壤型	平均樹高	地位	計測最大傾斜	今年度調査	土壤型	平均樹高	地位	計測最大傾斜
上部	B∅D(d)型	9.1m	5以下	27度	上部	BD (d) 型	23m	<u>3</u>	35度以上
中部	B∅D型	14.6m	5		中部	BD型	26m	2	
下部	B∅E型	22.1m	<u>3</u>		下部	BE型	28m	1	

- (5) 生産力と生産性と目標林型の関係について考える。生産力のある林地では、生産性のよい場合は迷わず造林を、生産性が低い場合は、道を入れるなど、生産性の向上を図ることを検討する。一方、地位級、4、5の生産力の無い林地では、生産性にかかわらず広葉樹を育成するなど木材生産以外の機能を重視した施行をすべきだと考える。

(6) 今回調査した林地は斜面上部でも地位級はそれほど悪くなく、スギの生長には、よい環境で生産力のある山であった。しかし、急傾斜であるため生産性の面では良い林地とはいえない。作業路開設が困難で山の上部で作業を行うのは大変になる為、私が考えるゾーニングの案を（表4）にまとめた。山の尾根部には生産力と生産性に期待が持てないため天然下種更新へ、山の上部は生産性に期待が持てないため、スギを活かす場合は針広混交林へ、中部では生産力はあるが生産性に難が有るため再生林は要検討、下部に関しては、生産力があり生産性もあるため問題なく再生林を行うと判断した。

表4 ゾーニング案

地位級	土壌	今回の指標植物	間伐方法	目標林型（今後の方針）
5	BA		・強度間伐	天然下種更新による広葉樹へ
4	BB Bc		・定量間伐	針広混交林へ
3	BD(d)	アカシデ エゾアジサイ ゼンマイ ミズキ アブラチャン オオバクロモジ チゴユリ ミゾシダ イカリソウ オシダ チジミザサ ミヤマガマスミ イタヤカエデ キブシ トリアシショウマ モミジイチゴ イワガラミ クジャクシダ ハクウンボウ モミジハグマ ウゴツクバネウツギ サルナシ ヒメアオキ ヤマウルシ ウワバミソウ サワシバ フジ ヤマモミジ ウワミズザクラ スゲSP フタリシズカ ワラビ	・下層間伐	施業を行っても期待が持てない場合は針広混交林へ
2	BD	ウリノキ ヒメアオキ エゾアジサイ ウワバミソウ オシダ ミゾシダ シドケ リョウメンシダ ジュウモンジシダ チマキザサ	・下層間伐 ・上層間伐	再生林、用材生産を続ける
1	BE	アカソ ジュウモンジシダ ヤマソテツ アブラチャン トチノキ リョウメンシダ ウリノキ トリアシショウマ ウワバミソウ ナルコユリ エゴノキ ミヤマイラクサ サルナシ ミヤマベニシダ	・下層間伐 ・上層間伐	再生林、用材生産を続ける

(7) 今回調査した林地は前間伐から時間が数年たった林地だった為、今後、間伐直後や、皆伐後の林地における植生や土壌についても調査する必要がある。また、指標となる植物を増やしていく必要がある。