

# ヒバ林復元プロジェクト（中間報告） ～稚幼樹の動態と施業効果の検証～

森林技術・支援センター 業務係長 青山岳彦

## 1. はじめに

日本三大美林のひとつである青森ヒバは、かつては津軽半島及び下北半島を中心に豊富に存在しており、地域の郷土樹種として親しまれてきましたが、近年、生育面積や良質な大径木は減少している状況にあります。一方で、当該地域ではヒバの天然林のみならず、スギ等の人工林内においても天然更新によるヒバの稚幼樹が旺盛に発生しています。

このことから、東北森林管理局では、主に天然更新によりヒバを主とする林分へ誘導することを目的とし「ヒバ林復元プロジェクト（以下「プロジェクト」という）」を推進しています。本研究では、試行的取組期間（平成 29 年度～令和 8 年度）である 10 年間の内、5 年目までの取組状況及び本格的な実施へ向けた課題整理を行いましたので報告します。

## 2. 取組内容

本プロジェクトは、津軽半島及び下北半島において「ヒバ林復元推進エリア（図 1）」を設定し、同エリア内で伐期に達したスギ等の人工林の内、ヒバの稚幼樹が生育している林分を対象としており、更新にあたっては、ヒバの稚幼樹を活用しつつ、ヒバを主とする林分へ誘導することを目的としています。誘導手法を実証するための林分を設定し、伐採及び更新方法を検証しましたので、以下に取組内容を述べます。

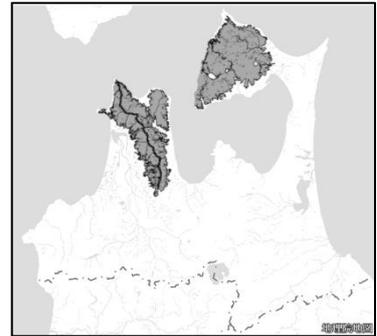


図 1－ヒバ林復元推進エリア

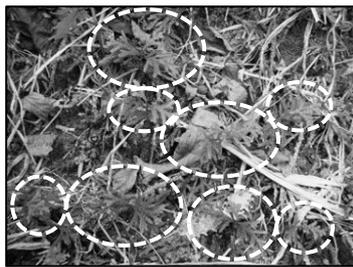
### （1）伐採方法の検証

ヒバの稚幼樹（根元径 4 cm 未満）を対象とし、生育に適した伐採方法を検証しました。具体的には、伐期に達したスギ等の人工林内に 10m×10m の方形プロットを小班面積に応じて 1～9 個設定します。そして、プロット内に生育する稚幼樹を対象とし、樹高、根元径、生育状況を伐採前及び 1 成長期間の経過毎に調査しました。なお、稚幼樹の生育状態に応じた施業を検証するため、本調査では稚幼樹を 4 つのタイプに区分しました（図 2）。

令和 3 年度までに、皆伐を 6 箇所、複層伐（植栽型）（以下「複層伐 A」という）を 7 箇所、複層伐（天然更新型）（以下「複層伐 B」という）を 2 箇所、間伐を 7 箇所で行いましたが、伐採時期が異なるため、本報告では伐採から 3 成長期間が経過している調査地を対象とし、施業効果を比較しました（表 1）。なお、伐採前における稚幼樹の生育状態を調査したところ、すべての調査地で I 型または II 型の潜伏期が優先していました（図 3）。

表 1 - 調査地概要

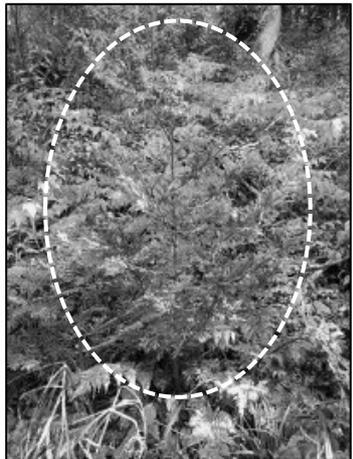
No	署	林小班	伐採種 (伐採率)	伐採 年度	フ <sup>○</sup> ロット (ha)	斜面 方位	前生樹		備考
							林齢	混交(%)	
1	下北	1195 は	皆伐(100)	H29	0.01	北	67	スギ <sup>◇</sup> (90) 広(10)	—
2	金木	352 は	複層伐(32)	H29	0.05	南	50	スギ <sup>◇</sup> (100)	植栽型
3	青森	738 ほ2	複層伐(50)	H29	0.07	南	73	スギ <sup>◇</sup> (70) カ <sup>▽</sup> (30)	天然更新型
4	下北	1150 に	間伐(25)	H30	0.03	南西	53	スギ <sup>◇</sup> (80) 広(20)	列状
5	金木	230 ほ2	—	—	0.05	北	134	ヒバ <sup>△</sup> (100)	無施業



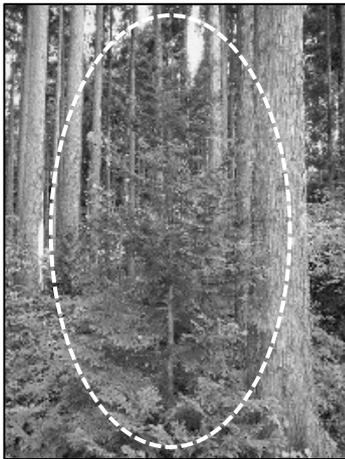
I 型：潜伏期（実生型）



II 型：潜伏期（伏条型）



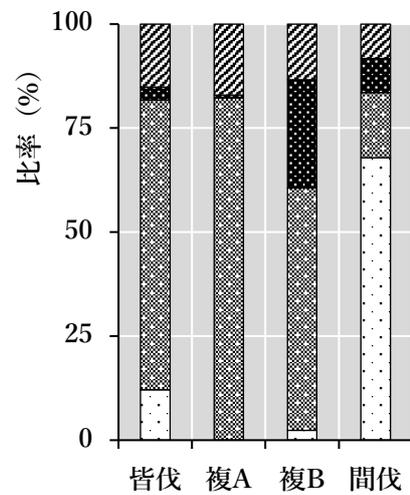
III 型：成長予備期



IV 型：成長期

図 2 - 稚幼樹のタイプ区分

□ I 型 ■ II 型 ▨ III 型 ▩ IV 型



稚幼樹の個体数	
皆伐	n= 33
複層伐A	n=167
複層伐B	n=126
間伐	n=134

図 3 - 各調査地の稚幼樹

## (2) 保安林制度との整合性

従来、ヒバ林は主に天然林施業を実施してきました。このことを踏まえ、本プロジェクトでは主伐後の更新にあたり、ヒバの天然力を活用しつつ、植栽は補助的に行う方針としています。ただし、該当林分の多くは森林法で定める保安林であり、天然更新区域（以下「的確な更新が認められる区域」という）を設定する場合、指定施業要件で定める植栽本数を満たす必要がありますが、事業の実行に伴う実務手順は未整理な状態にありました。

このことから、本格的な事業化へ向けて「的確な更新が認められる区域」の設定要領を検討しました。また、再生林に掛る経費を試算し、従来施業とのコスト比較を行いました。

### 3. 結果と考察

#### (1) 生存率の推移

上層木の伐採方法毎に、稚幼樹の生存率を図4に示します。生存率は、皆伐は70%、複層伐Aは96%、複層伐Bは98%、間伐は94%、無施業区は100%となりました。複層伐A及びB、間伐の生存率は9割以上と良好に推移する一方で、皆伐は7割程度と低い傾向にありました。主な原因は、乾燥や直射日光の影響による枯損と考えられ、被害が比較的軽微な稚幼樹でも葉先に部分的な枯れが生じていました。ヒバの稚幼樹は環境の急激な変化に弱い(青森営林局1998)と報告されていますが、本調査地も同様の傾向にありました。このことから、潜伏期の稚幼樹が優先する場合、稚幼樹の生育に配慮した伐採方法として、間伐等の非皆伐施業が有効と考えられます。

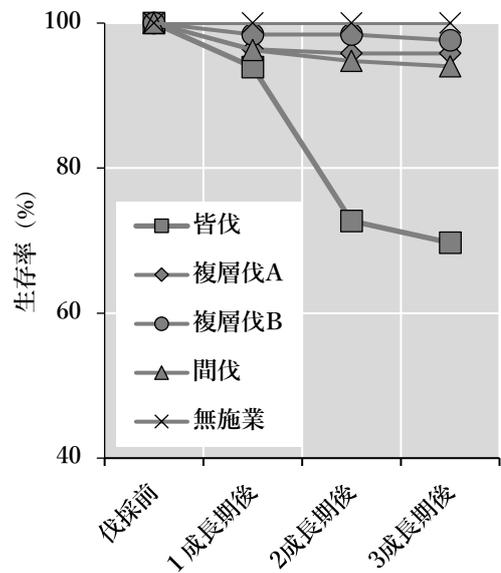


図4 - 生存率の推移

#### (2) 相対成長率 (3成長期経過後)

上層木の伐採方法毎に、稚幼樹の相対成長率を図5に示します。相対樹高成長率は、皆伐は0.28、複層伐Aは0.44、複層伐Bは0.05、間伐は0.26、無施業区は0.04となりました。また、相対根元径成長率は、皆伐は0.37、複層伐Aは0.73、複層伐Bは0.13、間伐は0.27、無施業区は0.08となりました。樹高、根元径ともに無施業区が低い傾向にあり、施業による稚幼樹の成長促進効果が確認されました。一方で、多くの調査地でデータの分散が大きい傾向にありました。主な原因としては、各タイプ区分の賦存状況、競合植生による被圧、斜面方位等の影響が考えられ、今後はこれらに留意した分析が必要です。特に、ヒバは初期成長が緩慢であるため、稚幼樹の生育状態によっては競合植生による被圧が懸念されます。このことから、潜伏期の稚幼樹が優先する場合、環境変化の緩やかな間伐を繰り返すことにより、Ⅲ型またはⅣ型を目安にタイプ区分の誘導を促した上で、主伐を行うことが有効と考えられます。

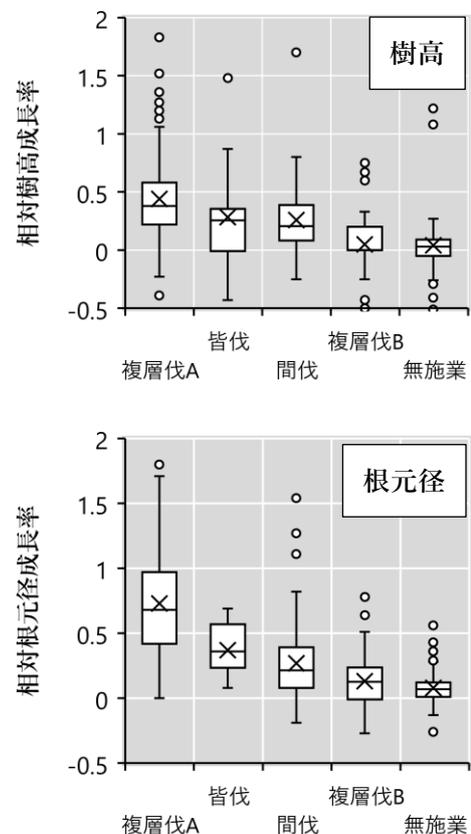
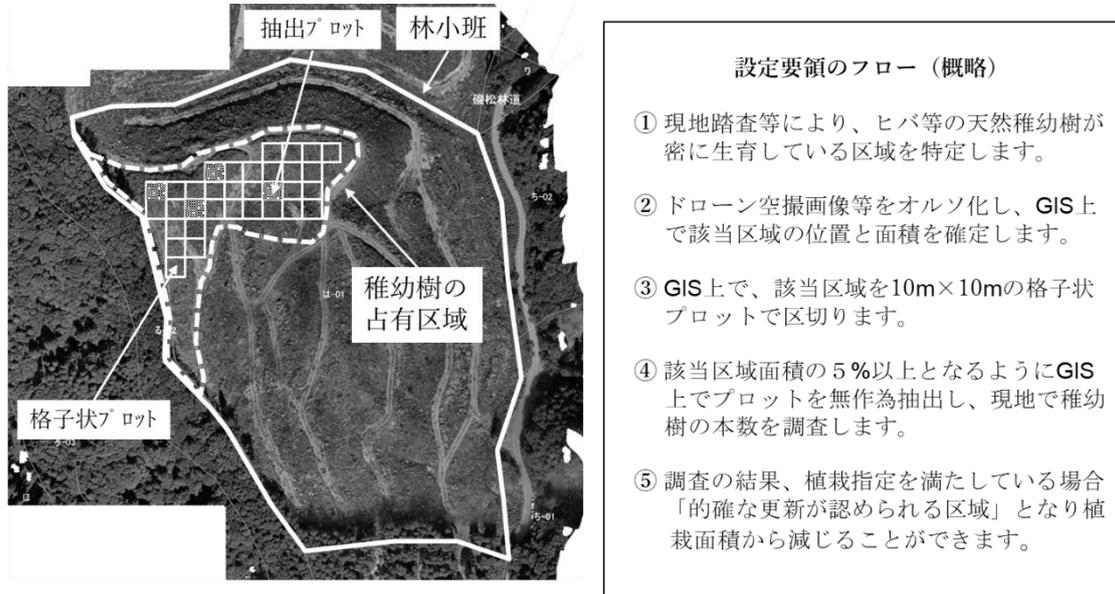


図5 - 相対成長率 (3成長期経過後)

### (3) 「的確な更新が認められる区域」の設定要領

ヒバの天然力を活用した施業を保安林内で実施するため、令和元年度に青森県内で開催した現地検討会において、ヒバ等の稚幼樹が密に生育している区域を「的確な更新が認められる区域」と判断するための調査方法等を検討し、青森県保安林担当部局から実施について異議のない旨の回答を得ました。以下、設定要領についての概略を述べます（図6）。



※ 令和2年3月27日付け元東計第209号 スギ等人工林の伐採跡地における「的確な更新が認められる区域」の設定要領について

図6－「的確な更新が認められる区域」の設定要領

### (4) 再造林経費の比較

前述した設定要領を用いて「的確な更新が認められる区域」を3箇所を設定しました。これらの事業実績に掛る再造林経費を試算し、従来型の施業（林野庁2021）とコスト比較を行いました（図7、表2）。植栽樹種及び苗木の種類、保育作業等が異なるので単純比較はできませんが、ヒバ等の稚幼樹を活用して「的確な更新が認められる区域」を設定した場合と従来型の施業を比較すると、最大で約50%のコストダウンを図ることができました。

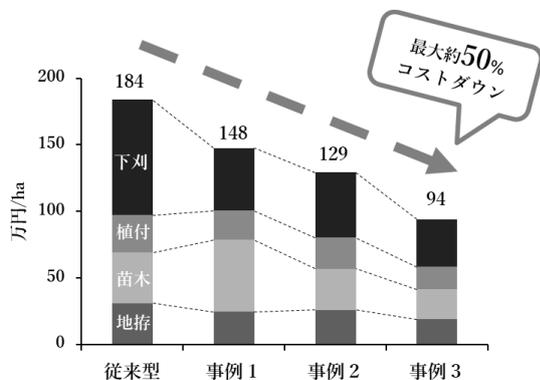


図7－再造林経費の比較

条件	地拵	苗木	植付	下刈	計	天然更新区域	苗木
従来型	31	38	28	87	184	0%	スギ裸苗
事例1	25	54	22	47	148	21%	ヒバコン
事例2	26	31	23	49	129	17%	スギコン
事例3	19	23	18	36	94	40%	スギコン

※1：従来型は、令和2年度標準単価を基に林野庁試算（スギ3,000本/ha、下刈5回）

※2：各事例は、スギコン188円、ヒバコン340円、2,000本/ha、下刈3.4回、天然更新区域は地拵・下刈なし

表2－試算内容

## 4. まとめ

### (1) 伐採方法の検証

現在までの結果から、指向する施業体系を図8に示します。潜伏期（Ⅰ型・Ⅱ型）の稚幼樹が優先する林分では、上層木の間伐を繰り返すことで成長期（Ⅲ型・Ⅳ型）へと誘導します。以降は検証を重ねる必要がありますが、非皆伐施業により後継樹の生育を促しつつ、ヒバを主とする林分へ誘導し、ヒバ択伐施業群を維持する施業体系を指向しています。現在までに稚幼樹のタイプ区分の進級が確認されていないため、今後も稚幼樹の動態を注視する必要があります。また、成長期（Ⅲ型・Ⅳ型）以降の稚幼樹が優先する林分の調査を進めることで、後継樹の生育状態に応じた施業体系を検討していく必要があります。

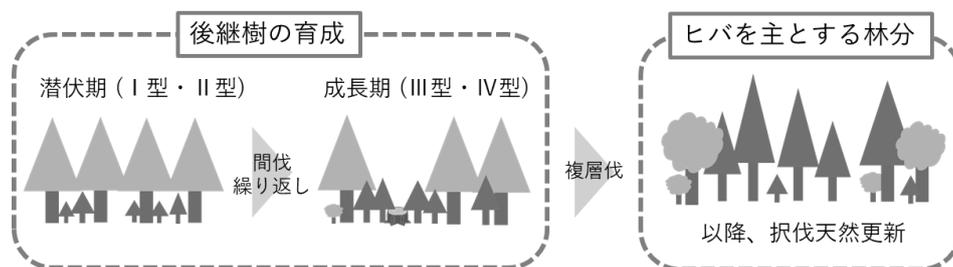


図8－指向する施業体系

### (2) 保安林制度との整合性

更新区域において、ヒバ等の稚幼樹が密に生育している区域が存在する場合、「的確な更新が認められる区域」を適切に設定することにより、再造林経費の削減が可能であることが示されました。今後は、事業発注時の区域標示や特記仕様書の作成、請負者等の関係機関への情報周知による事業の円滑化等、実務上の課題を更に整理していく必要があります。

### (3) 今後の方針

本報告では、試行的取組期間10年間の内、5年目までの経過を報告しました。本プロジェクトは試行的取組期間の終了後、「ヒバ林復元推進エリア」を対象に本格的な事業化を予定しています。東北森林管理局では、今までの知見を踏まえつつ、データの蓄積と分析を重ねるとともに、課題を整理することで本格的な事業化へ向けた取組を推進していきます。

## 5. 謝辞

本プロジェクトは発足から中間取りまとめにあたり、多くの方にご協力いただきました。特に、津軽森林管理署金木支署、青森森林管理署、下北森林管理署の皆様には、調査地の提供及び野外調査にご尽力をいただきました。これらの方々に心より感謝申し上げます。

## 6. 参考文献

- (1) 青森営林局 (1998) 天然林施業の手引き
- (2) 林野庁 (2021) 令和2年度森林・林業白書

# 根株及び表土を考慮した路網設計について

秋田県北秋田地域振興局森づくり推進課 副主幹 千葉智

## 1 はじめに

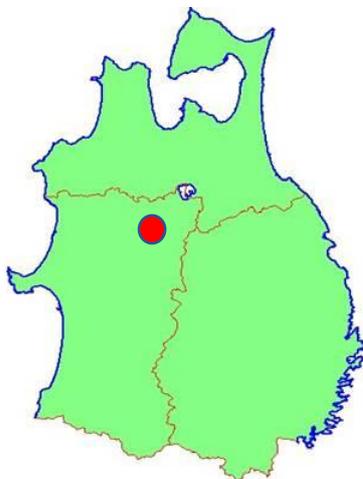
林内路網は林業の最も重要な生産基盤であり、スギ人工林が本格的な利用期を迎える中効率的な林業作業システムが可能となる路網の整備が求められております。こうした情勢対応するため本県では林内路網の重点推進区域となる「高能率生産団地」を設定し、この団地内で林業専用道を主体に集中的に路網整備を推進しているところであります。林業専用道の設計理念は、開設コストの軽減を目的に、波形及び屈曲線形による地形に追従する線形を基本とし、切土、盛土の均衡を図りながら設計を行ってきたところでありますが、この結果、複数の路線で盛土材が不足する事象が発生しました。要因の一つに根株及び表土が影響していると考え調査を行ったので報告します。

## 2 取組・研究方法

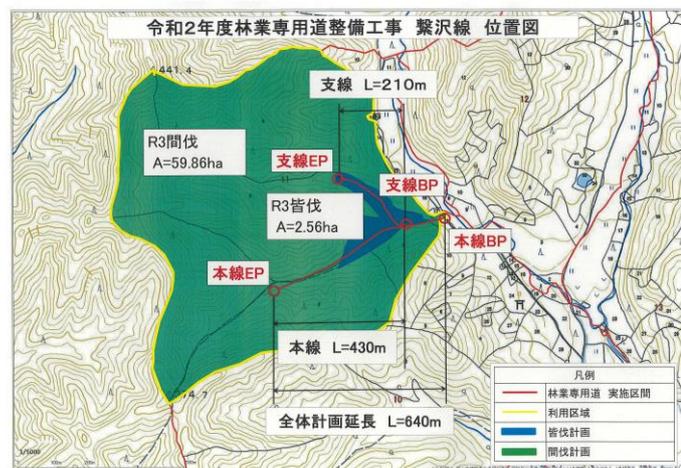
調査は、秋田県大館市で工事を実施した林業専用道「繫沢線」の工事区域内で行いました。路線内に「A」「B」2つの調査区を設定し、この調査区内で「根株調査」と「表土調査」を実施しました。

### (1) 調査地の概要

- ①調査地：秋田県大館市花岡町字繫沢地内
- ②工事名：令和2年度林業専用道整備工事
- ③路線名：繫沢線
- ④事業主体：秋田県
- ⑤延長、幅員：L=640m、W=3.6m
- ⑥林況：スギ人工林（58年生）※大館市有林
- ⑦土工面積：5,020m<sup>2</sup>



秋田県大館市【図-1】



林業専用道「繫沢線」【図-2】

## (2) 調査手法【根株調査】

根株の工事土量に対する影響を把握するため、路線内に設定したA、B 2つの調査区において以下の調査手法により根株容積を算出しました。

①調査区の設定（10m×20m）



②毎木調査



③根株容積調査

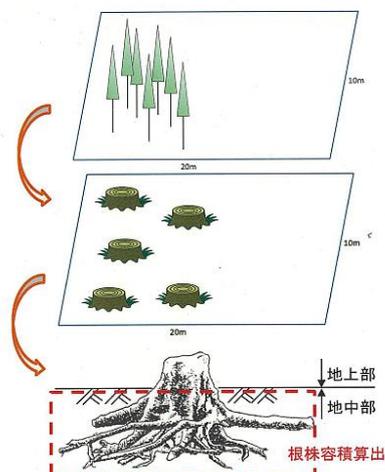


④調査区内根株容積算出



⑤路線内根株容積算出

斜度：A調査区26度  
B調査区15度



調査方法【図-3】

## (3) 調査状況【根株調査】

地中部の根株容積を算出するため、①根株地際部へのマーキング②バックホウによる抜根作業③根株寸法計測【計測1～3】の手順により調査を行いました。

計測1：地際径【d】（長径、短径）

計測2：地中底径【D】（長径、短径）

計測3：地中根高【h】



① マーキング【写真-1】

② 抜根作業【写真-2】

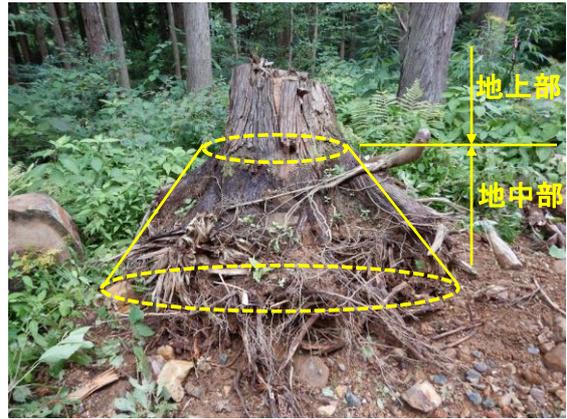
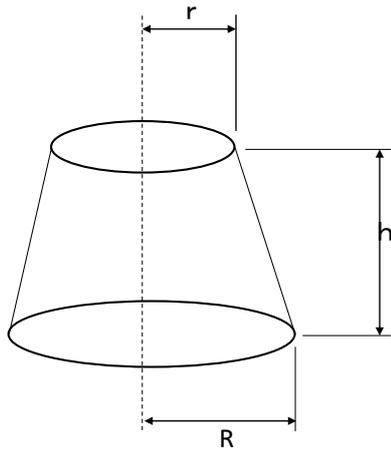
③ 計測【写真-3】

## (4) 根株容積算出【根株調査】

根株はその形状が複雑で実容積の算出は容易でないため、算出手法として空隙を含む「かさ容積」を求め、これに係数を乗じて求めております。適用する係数は、「日本リサイクル緑化協会」で実施した根株容積測定試験の数値を引用しております。なお、「かさ容積」の算出は、根株を截頭（せつとう）円錐体、いわゆるプリン型に見立て以下の公式により算出しました。

◇截頭（せつとう）円錐体（「かさ容積」）算出式

$$V = 1/3 \times \pi \times h \times ((R \times R) + Rr + (r \times r))$$



截頭（せつとう）円錐体【図-4】

根株の「かさ容積」算出【写真-4】

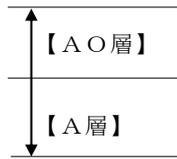
(5) 路線内根株容積算出

調査区「A」及び「B」の根株実容積は6.4 m<sup>3</sup>となり、工事面積に換算した路線全体の実容積は162 m<sup>3</sup>で土工量全体に占める割合は9.2%となりました。

(6) 調査手法【表土調査】

表土の工事土量に対する影響を把握するため、根株調査で設定した2つの調査区において以下の調査手法により表土調査を行いました。

- ①調査区で表土厚計測
- ↓
- ②調査区内表土量算出
- ↓
- ③路線内表土量算出



【図-5】

(7) 調査状況【表土調査】

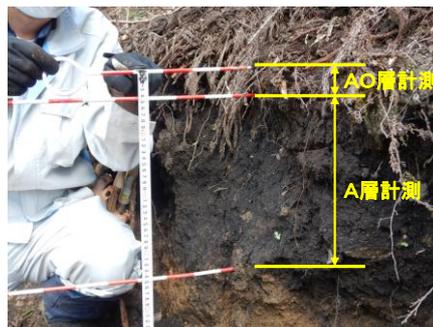
「A」及び「B」調査区内の抜根した38箇所において、AO層、A層それぞれの層厚を計測しました。

- 計測1：AO層（盛土材不適）  
植物組織で構成される堆積層
- 計測2：A層（盛土材利用）  
黒色を呈する層

調査結果

調査数	AO層 [平均層厚]	A層 [平均層厚]
38点	2.2cm	26.9cm

【表-1】



【写真-5】

#### (8) 路線内表土量算出【表土調査】

調査区「A」及び「B」のA〇層土量は110 m<sup>3</sup>、A層土量は1,350 m<sup>3</sup>となりました。A層については算出された土量に土量変化率を乗じて損失量を求めた結果67.5 m<sup>3</sup>となり、A〇層、A層を併せた総土量は177.5 m<sup>3</sup>となりました。

### 3 結果

- (1) 根株容積と表土量を併せた影響土量は340 m<sup>3</sup>で、土工量全体の約1割に相当する結果となりました。地形や林況により影響量に差が生じることは否めないものの一定程度、土量に影響していることが検証されました。
- (2) 胸高直径20 cm以上の根株は、容積の増加が顕著となることが確認されました。標準伐期齢を迎える林分が多くなるなか、特に大径木の多い林分を通過する場合は、土量への影響を考慮した設計が求められることとなります。
- (3) 開設工事により発生する根株やすき取り土（A〇層）の有効活用を図ることが重要となります。本調査では、すき取り土を試験施工として盛土法面に張り付け、混入種子や飛来種子等によりどの程度発芽が期待できるか観察しているところであります。

#### 【すき取り土試験施工】



施工前【写真-6】



施工後【写真-7】

### 4 考察・結論

本調査により、根株量及び表土量が設計計算で算出される土の総量の1割程度を占めていることが確認できたことから、今後、土量の算出にあたっては、従来から控除対象としている逸散、飛散量等に加え、根株量及び表土量の損失分を反映できるように県設計積算基準の見直しを提案することとしております。一方で、林業専用道は様々な地形や林況を通過するため、それぞれの路線に応じたより現実的な影響土量を設計計算に反映させるには、更に多くのデータを収集して傾向を分析する必要があります。地山傾斜や成立本数、林齢、樹種など条件が異なる複数の路線で継続して調査を行い、現場条件に応じた影響率を設定したいと考えております。最後に、1割に相当する根株や表土を現場内で利用していくことが重要となります。現在、根株については利用基準を定めておりますが、すき取り土については明確な利用基準がないことから、法面や路肩の緑化（待ち受け）基盤としての活用を探るため試験施工を行っているところであります。発芽率、植生、生育状況等について観察し、利用基準の策定に結びつく結果となることに期待しながら調査を続けてまいります。

# スギ低密度植栽試験地における有用天然木の侵入状況について

由利森林管理署 総括森林整備官 〇川越修  
森林技術指導官 正木正人  
首席森林官 三浦健  
森林整備官 竹村真一

## 1 目的

低密度植栽については植栽費用の削減など、低コスト化が期待できます。

一方で、ウラゴケや多節木が懸念されることから、有用天然木を活用することにより、ウラゴケや多節木を抑制できないかと考え、有用天然木の侵入状況を調査しました。

調査地は東北森林管理局が設置したスギ低密度植栽試験地です。試験地の所在地は由利本荘市岩城滝俣字四ノ沢国有林22林班か小班です（図1）。

試験地面積は全体で3.72haあり、4区画に分かれ、ha当たり500本、1,000本、1,500本、2,500本の植栽地となっています。

主な施業履歴は、平成27年植栽、下刈は29年の1回のみです。以降、下刈を実施しておらず、天然木が著しく侵入していたことから、令和3年度に除伐を実施することとしました。試験地の現況は、全体的に草木がおおいげっている状況となっています。林地の除伐前の状況は、4区域とも写真（図2）の様な状況であり、スギ造林地に天然木が侵入しています。

図1 概要（スギ低密度植栽試験地）

所在：由利本荘市岩城滝俣字四ノ沢国有林22林班か小班

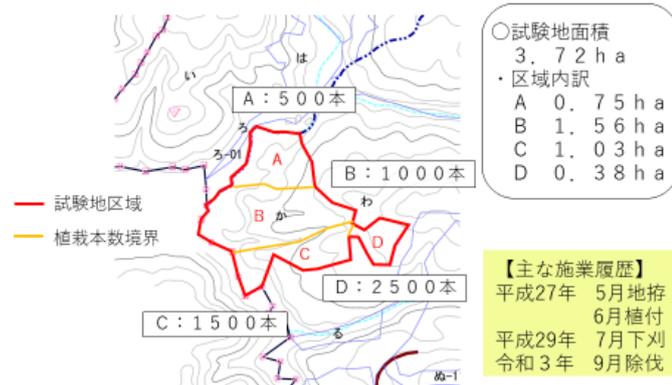


図2 試験地の現況（除伐前：令和3年9月2日撮影）



## 2 調査方法

調査方法は東北森林管理局が定めている「天然更新完了調査要領」を基に調査しました。

標準地は10m×1mとし、1区域につき3箇所、合計12箇所とし、調査する天然木については30cm以上の稚樹の樹種と樹高を調査、数値をhaに換算して、成立本数と総樹高値を算出しました（図3）。

天然更新完了の目安として、調査要領では、ha当たりの成立本数が、5,000本以上で更新完了とする「成立本数調査」。ha当たりの総樹高値が、6,000m以上で更新完了とする「総樹高値調査」。

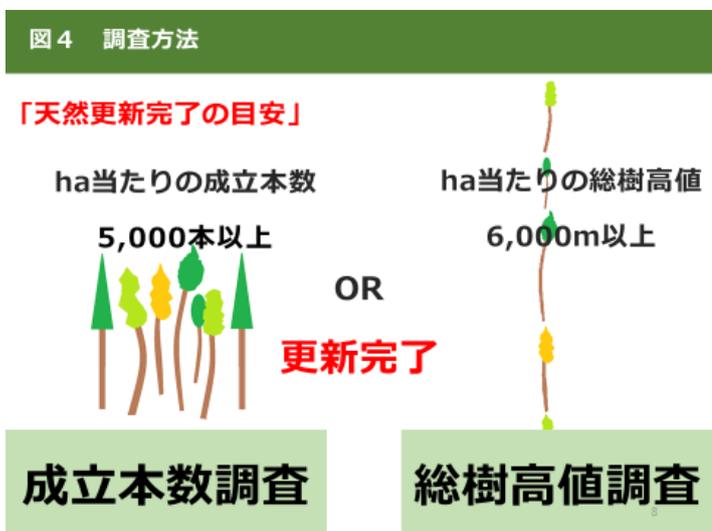
このどちらかに達した時に更新完了と定められております（図4）。

## 3 調査結果

調査結果について、まずは成立本数調査の場合です。

上段のA区域ではha当たり約2万本になるなど、全区域においてもha当たり、成立本数が5,000本の基準を超えています。なお、D区域は植栽本数が密にも関わらず、C区域より成立本数が多くなっています。これは他区域より、比較的傾斜が緩く、近隣に広葉樹の生育があり、種子の飛来が多くあったことが考えられます（図5）。

以上のことから成立本数調査の場合、有用天然木の侵入については、地形や近隣林相により、成立本数が影響を受けやすいと思われます。



次に総樹高値調査の場合です。

A区域では、haあたり約35,000mになるなど、全区域において基準となる6,000mを超えています(図6)。

以上のことから、低密度植栽になるほど、総樹高値が高い結果となりました。

また、総樹高値の表は階段状に推移しました(図7)。

これは植栽本数が少ないほど植栽間隔が広がるため多くの種子が飛来等し、天然木が繁茂している事を示しています。

調査結果をまとめると、

- ① 全区域で「天然更新要領」で定める数値以上の天然木の侵入を確認。
- ② 総樹高値調査ではスギ植栽木の影響を受け、AからD区域まで階段状に推移。

という調査結果となりました。

#### 4 今後の検討課題

それでは今後の検討課題としてウラボケや多節木を抑制するために、侵入した天然木をどのように管理していくかを考えました。

成立本数調査を用いて天然木を管理した場合です。

成立本数調査はスギと天然木の樹高に関係なく本数のみで管理します。

しかし、樹冠競争にはスギ植栽木および天然木の一定の樹高管理が必要なため、本数管理による成立本数調査は適さないと考えました。

(図8)

図6 調査結果



図7 調査結果

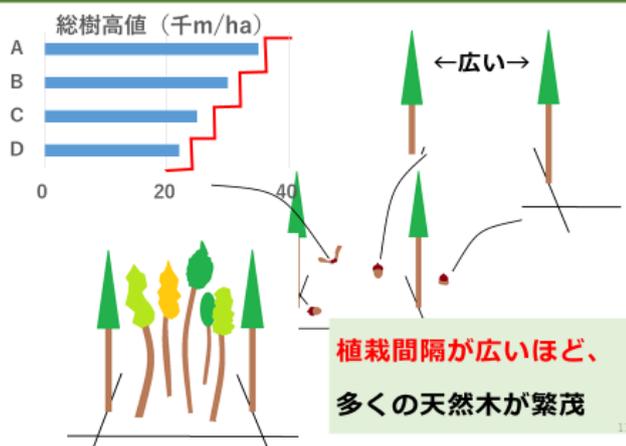


図8 今後の検討課題

樹冠競争には一定の樹高管理が必要

本数管理による成立本数調査は不向き

樹高に関係なく本数管理



次に「総樹高値調査」の場合です。

はじめに、天然林の一般的な考え方として種子等が飛来し活着してから、多種多様な樹種が生育することになり、中には早生樹のものもあれば低木もあり、いわゆる「複層」が形成されるのが一般的です。

この天然木とスギ植栽木の相互間の総樹高値を比較し、管理していけば適度な樹冠競争になると考えています（図9）。

例えばスギ2本と天然木6本が生育しています（図10）。

これを総樹高値の比率で端的に置き換えると、スギ1に対して天然木2となりますので天然木同士が被圧しないように3本間引きをすることで比率を1対1に近づけ、天然木の成長を促し、隣接するスギ植栽木と樹冠競争をさせる事でウラゴケ等の抑制に繋げるかと考えています（図11）。

図9 今後の検討課題

### 有用天然木の総樹高値と

### スギ植栽木の総樹高値を比較

天然木の場合は複層が形成されている



図10 今後の検討課題

### 総樹高値の考え方

スギ2本と天然木6本の場合

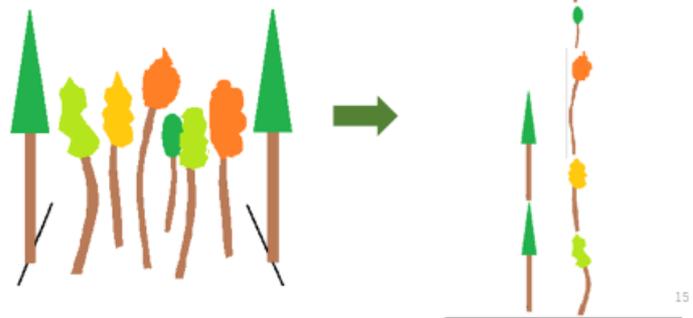
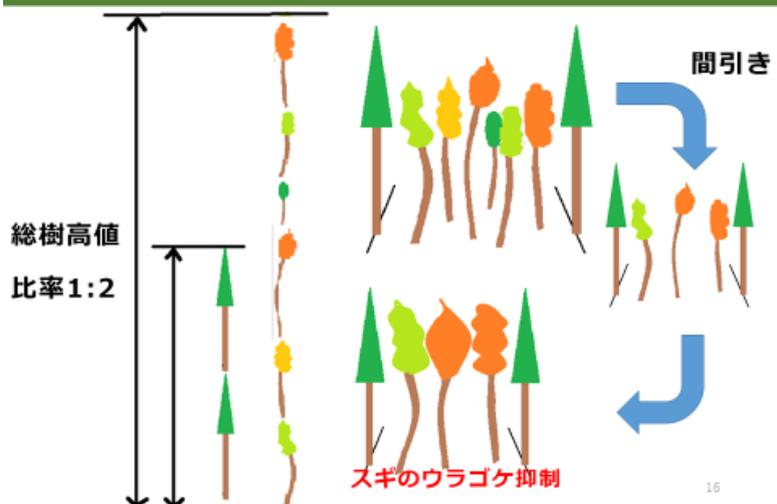


図11 今後の検討課題



そこで実際の調査データをもとにスギ植栽木 1,000 本区域のデータを用いて表します。

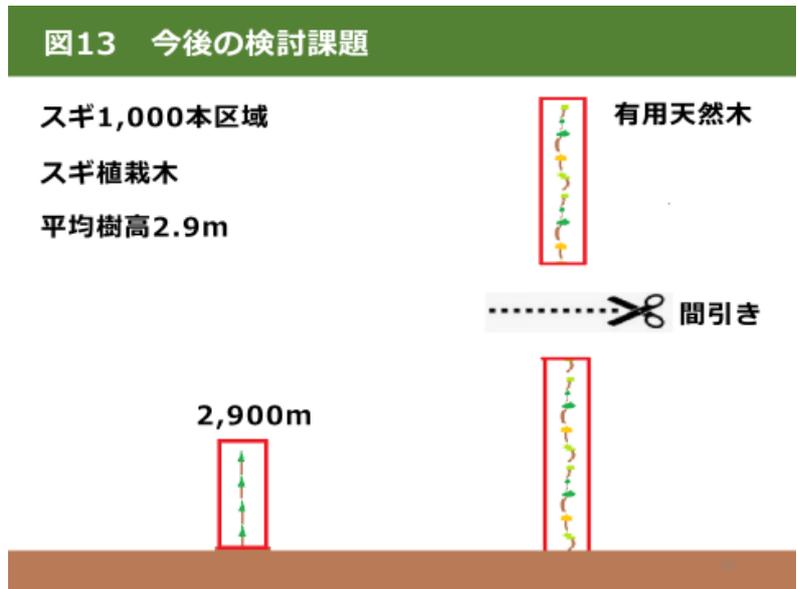
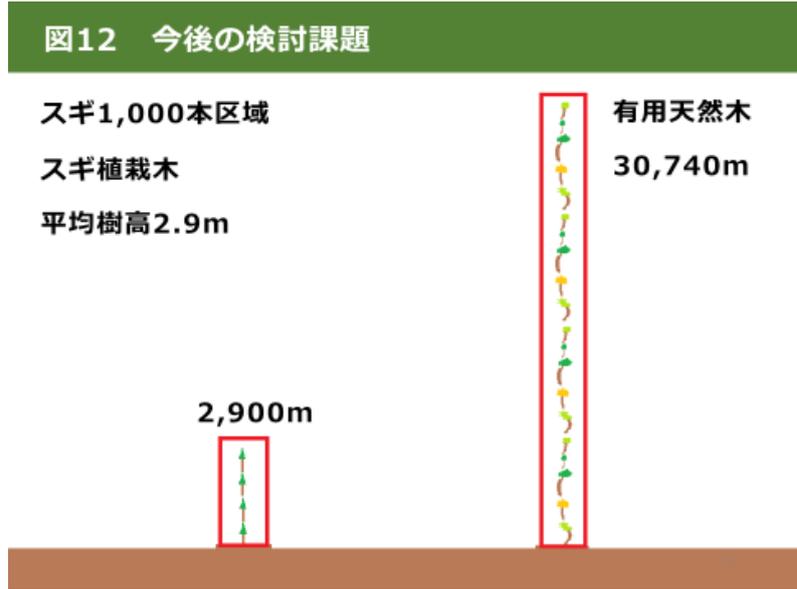
スギ植栽木の平均樹高は 2.9 m だったため、スギ植栽木の総樹高値は 2,900 m となりました。有用天然木については約 30,000 m となりました (図 12)。

この様に、スギ植栽木と有用天然木を比較すると約 10 倍の総樹高値になっています。

以上のことから、段階的に間引きを行うことでスギ植栽木と天然木の総樹高値の比率を近づけ、針広混交林化を図れば、スギ植栽木のウラゴケや多節木の抑制につながると考えました (図 13)。

最後になりますが、針広混交林として育成出来れば、広葉樹材の供給にもつながります。

また、有用天然木の健全な育成が見込めれば、保安林機能においても針広混交林として十分期待できるのではないかと考えられます。



# ドローンによる林分材積推定の林道支障木調査への活用について

秋田森林管理署湯沢支署 森林整備官 ○村井秀成  
 森林官補 岩崎隼  
 一般職員 松田悠吏

## 1. はじめに

林道支障木調査は、林道工事の際に伐採が必要な立木を測定し、林分材積を算出する調査です。調査では林内の傾斜地を歩く必要があり、大きな労力を必要とします。工事を円滑に開始するため、支障木調査は消雪が遅い地域では施工の前年度に行います。支障木の伐採区域は、設計完了後に確定するため、調査時期は10月から12月ごろとなり積雪により、転倒・転落による事故が発生する危険があります。

東北局の職員が令和2年度当発表会において、ドローン空撮画像を用いた林分材積推定について発表を行ったことから、その手法を用いて安全かつ省力的に林道支障木調査の実施が可能か、検証を行いました。

## 2. 検証方法

### (1) ドローン画像を用いた材積推定の方法

林分材積を推定するためには、立木の「樹高」、「胸高直径」、「一本あたり材積」、「樹木本数」の把握が必要となります。現在の収穫調査では、「樹高」と「胸高直径」を現地で実測し、この2つの値をもとに立木材積表から「一本あたり材積」を求め、樹種ごと全本数加算することで林分材積を算出します。

一方ドローンによる材積推定は、「樹高」と「樹木本数」をドローン画像解析により計測します。現地測定などの方法で求めた小班ごとの「平均胸高直径」と、「平均樹高」で立木材積表から「1本あたり材積」を求め、「樹木本数」を乗じることで林分材積を推定しました。(表1)

本検証での各数値の具体的な計測方法は以下の通りです。

表1 収穫調査とドローン調査の比較

測定項目	収穫調査	ドローン調査
樹高	現地測定	ドローン画像解析
胸高直径	現地測定	現地測定
1本あたり材積	立木材積表による	立木材積表による
樹木本数	現地測定	ドローン画像解析

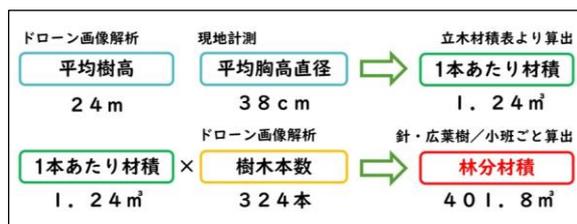


図1 ドローンによる材積推定の流れ

#### ア、 樹高計測の方法

まず調査地の対象区域をドローンで撮影を行います。

ドローンは「MAVIC2PRO(DJI 社)」を用い、自動操縦アプリ「DJI GS Pro」を使用し自動飛行で撮影を行いました。続いて、その撮影した画像を使用して点群解析ソフト「Metashape(Agisoft 社)」により「オルソ画像(図2)」と「樹頂点標高データ(図3)」を出力しました。この樹頂点標高データは、立木の樹頂点の標高を持つ画像データで、立木の凹凸が表れています。

国土地理院基盤地図情報 HP から「地表面標高データ(図4)」をダウンロードします。この地表面標高データは、立木の根元の標高を持つ画像データであり、樹頂点標高データよりも滑らかに見えます。

最後に、この2つの標高データの差を求めることで「樹高標高データ(図5)」を作成します。この樹高標高データの数値をのちの工程で作成する樹頂点へ付与し、樹高の計測、集計を行いました。



図2 オルソ画像

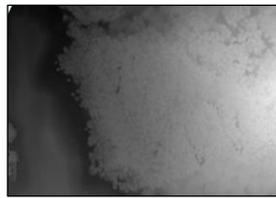


図3 樹頂点標高データ



図4 地表面標高データ

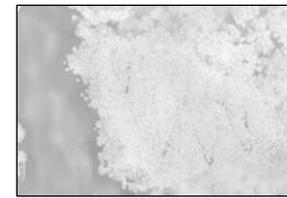


図5 樹高標高データ

#### イ、 胸高直径計測の方法

胸高直径の計測は、オルソ画像から求めた樹幹面積と胸高直径の相関を利用した推定式で算出する方法がありますが、高度な技術と時間を要することから今回は断念しました。本検証では、ドローン撮影時に現地で小班ごとに、針葉樹と広葉樹それぞれの胸高直径を5~10本計測することで、各小班・樹種別に平均胸高直径を求めました。

#### ウ、 1本あたり材積算出の方法

算出した平均樹高と平均胸高直径から、小班ごと針葉樹・広葉樹ごとの立木1本あたり材積を算定しました。算定にあたっては、秋田営林局立木材積表(昭和47年4月)を用い、針葉樹はスギ人工林立木材積表、広葉樹はブナ立木材積表を使用しました。

#### エ、 樹木本数計測の方法

ドローン画像から出力した樹頂点標高データを用いて、樹木本数を計測しました。標高画像データは、最小単位の点(ピクセル)ごとに高さの値を持っています。「QGISVer. 3.12.1 with GRASS 7.8.2」で処理を行い、一定範囲の中で最も標高が高い点を抽出させます。抽出された点の内、樹頂点ではない点を目視で除去すれば、樹頂点抽出が完了します。抽出した樹頂点を小班ごと樹種ごとに集計することで、樹木本数の計測を行いました。

## (2) 検証した林道について

検証を行ったのは、湯沢支署において令和3年度に調査設計業務を発注した林業専用道規格の2林道です。いずれもスギ林で伐採面積は約1haです。大倉沢作業道は伐開延長550mで1小班であったのに対し、蟻坂林道は伐開延長860mと長く、7つの小班を通過しました。

表2 検証林道の概要

	大倉沢作業道	蟻坂林道
伐開延長	550 m	860 m
伐採面積	1.20 ha	0.92 ha
主な樹種・林齢	スギ67年生	スギ56～91年生
針広本数比(毎木調査)	86 : 14	85 : 15
小班数	1小班	7小班

## (3) 林道支障木調査へ適用にあたっての留意点

ドローンによる林分材積推定を林道支障木調査へ適用するにあたり、2つの点に留意しました。一つは撮影範囲です。新設林道は延長が800m以上となり撮影範囲を広く設定しすぎると、目視外飛行や通信不能、地表高低差による空撮画像の重なり不足の恐れがあります。また伐採区域は、切土盛土高、拡幅によって幅が一定でないため、伐採区域の設定についても留意しました。具体的な方法は以下の通りです。

### ア、 撮影範囲の設定

現地での撮影範囲の設定は難しいことから、あらかじめGISで撮影範囲を作成し、前述の「DJI GS Pro」にデータを送信しました。設定した範囲は林道予定線に余裕を持たせ、目視外飛行等にも考慮し概ね横150m、縦300mとしました。1範囲の撮影所要時間は約5分です。自動撮影にあたっては、オーバーラップ率90%、サイドラップ率70%、飛行高度130mと設定しました。また自動撮影終了後には、標高データの精度向上のため斜め方向からの空撮も適宜実施しました。大倉沢作業道は見晴らしが良好なことから離着陸箇所は1箇所としましたが、蟻坂林道は谷部で見渡すことができなかつたため、林内を移動し離陸可能な開けた4箇所から離着陸しました。(図6.7)

### イ、 伐採区域の設定

林道支障木の伐採区域は、切土盛土の端から余幅2.0mを確保した区域となります。この区域は、切土盛土、曲線拡幅を考慮して設定される「保安林作業行為区域」と一致します。そこで設計業者により作成された平面図の保安林作業行為区域線を、座標・方位・縮尺を合わせGISに表示させました。続いて、伐採区域内の樹頂点のみを選別し、樹高と樹木本数の集計を行いました。(図8.9)



図6 撮影範囲の設定(大倉沢作業道)



図7 撮影範囲の設定(蟻坂林道)



図8 伐採区域の設定(大倉沢作業道)



図9 伐採区域の設定(蟻坂林道)

### 3. 検証結果

ドローンによる調査と毎木調査の結果は以下の通りとなりました。(表3)

「平均樹高」は針葉樹・広葉樹ともに過大に測定されました。一方「樹木本数」は、針葉樹が少なく、広葉樹は多く計測されました。針葉樹本数が少ないのは、下層木の検出ができなかったためと考えられます。一方広葉樹は、針葉樹のように樹頂点が明確ではないため、樹頂点除去が不十分だったことが原因と考えられます。

針葉樹「総材積」はどちらの林道も過大に計測されました。この原因としては、針葉樹の樹木本数は少なかったものの、樹高が過大に計測されたことで1本あたり材積が大きな値となり、林分材積も過大となったためと考えられます。

表3 毎木調査とドローン調査の計測数値比較

測定項目	樹種	大倉沢作業道			蟻坂林道		
		毎木調査	ドローン	差	毎木調査	ドローン	差
平均樹高	針葉樹	15.4m	24.4m	+9.0m	16.9m	23.0m	+6.1m
	広葉樹	13.2m	24.4m	+11.2m	13.1m	16.6m	+3.5m
樹木本数	針葉樹	606本	324本	-282本	362本	342本	-20本
	広葉樹	98本	113本	+15本	62本	148本	+86本
総材積	針葉樹	323.8m <sup>3</sup>	401.8m <sup>3</sup>	+78.0m <sup>3</sup>	372.8m <sup>3</sup>	484.9m <sup>3</sup>	+112.1m <sup>3</sup>
	広葉樹	20.9m <sup>3</sup>	37.3m <sup>3</sup>	+16.4m <sup>3</sup>	29.7m <sup>3</sup>	56.2m <sup>3</sup>	+26.5m <sup>3</sup>

#### 4. 考察

本検証では、ドローン画像から「樹頂点標高データ」を出力し、国土地理院ホームページからダウンロードした「地表面標高データ」との差を求め「樹高標高データ」を取得しました。2つのデータが別の方法で取得されたデータであることから、垂直方向及び水平方向の誤差がある程度発生した可能性があります。今後は必要に応じて、出力された樹高標高データを現地での測定結果と比較し補正をかけ修正することが、材積推定精度の向上のために有用だと考えられます。

今回ドローン調査を実施して、広葉樹や下層木の樹木本数を正確に計測することは難しく感じました。また、品質や広葉樹の樹種を判別することはさらに難しく、それらが必須項目である収穫調査への代替は、今後さらなる工夫が必要であると思われます。

その一方で、今回のドローン調査が優れている点も多くみられました。ひとつは、対象区域全体を少人数で短時間に測定が可能なことです。大倉沢作業道における現地調査の所要時間は、毎木調査が8人で2時間だったのに対し、ドローン調査は20分程度の撮影で完了しました。またドローン撮影自体は体力や高度な技術を必要とせず、調査者の体力や経験年数にかかわらず誰でも調査可能なところも優れている点です。さらに本検証で実施した方法であれば局や署が所有しているもので調査できるため、レーザ照射による調査と比べ、かなり安価に調査可能である点も大きなメリットと感じます。

#### 5. 今後の活用

今後は本検証で実施したドローン調査を、林道設計において支障木処理工へ計上する数量の簡易算出ツールとしての活用を想定しています。また森林計画を樹立するにあたり、小班蓄積の把握手法としてビッターリッヒ法のような活用ができると考えています。いずれも現段階では、品質や樹種判別を必要とせず、高度な材積推定精度を必要としない分野での活用が主となってくると思います。

今後は、ドローンにより測定できる任意区域全体の上層木の「平均樹高」と「樹木本数」を用いて林分密度や収量比数  $R_y$  を算出することで、保育間伐等の実施指標への活用も検討していく考えです。

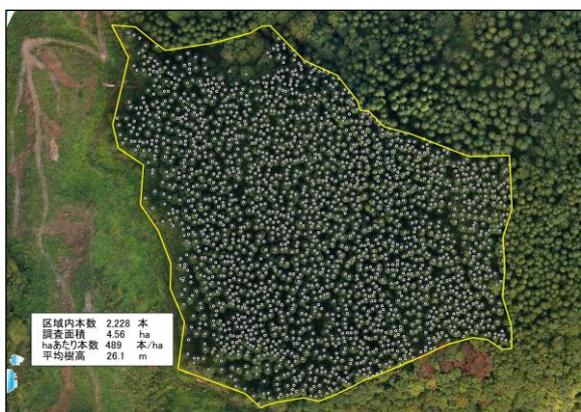


図 10 小班内上層木密度の計測



図 11 樹高データの付与

## 6. 参考文献

岡山絢哉. ドローン空撮画像を用いた林分材積推定の簡易的手法の検討. 森林・林業技術交流発表集, 2020, 89-94

国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービス.  
<https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem>

# 若齢広葉樹の一般材利用と夏場の流通について

米代東部森林管理署 一般職員 前田寛尚

## 1 はじめに

米代東部森林管理署は秋田県北東部の米代川上流域に位置しており、大館市、北秋田市（一部）、鹿角市及び小坂町の国有林を管轄しています。（図1）ここは、日本三大美林の一つと言われる天然秋田杉に代表されるような良質のスギの産地であるとともに、国有林面積の約4割がブナ、ミズナラを主体とする天然林となっており、広葉樹資源も豊富で成長も良好な森林が広がっています。このような環境の中で、人工林の保育作業は、有用広葉樹が優勢である場合は造林木を除去する方法がとられ、現在では広葉樹が混交する森林の間伐が実施されています。搬出される広葉樹は、若齢小径であるためそのほとんどがチップ用材として流通され、低価格での取引となっています。



図1 米代東部森林管理署管内

このような現状から、搬出される若齢小径広葉樹の一般材利用について、国有林の生産請負事業の中で試験的に取組を実施しました。

本発表では、取組内容とその結果について報告します。

## 2 当署の現状と取組

当署の広葉樹生産量について、平成23年度から10年度分を調べた結果、（図2）のとおり、ほぼ全量が低質材として流通されていたことが分かりました。

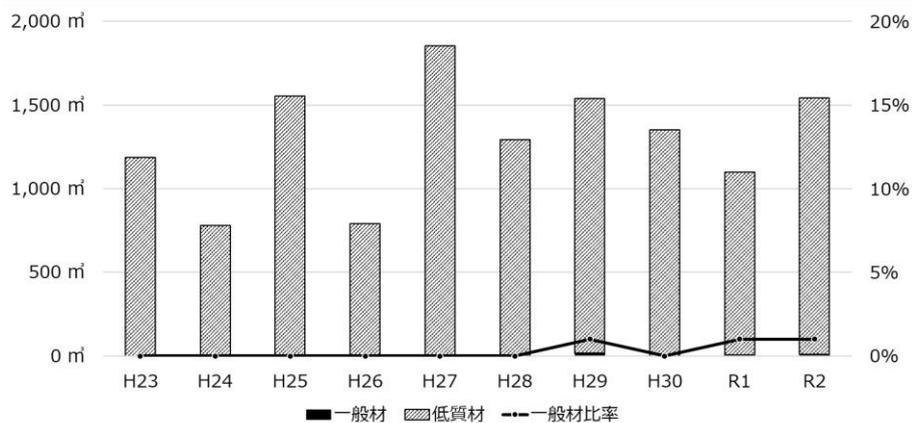


図2 広葉樹生産量の推移

生産される広葉樹は小径木（写真1）主体となりますが、樹種によっては一般材利用が可能と思われる丸太も生産されます。

この現状を変えるため、広葉樹の流通状況及び丸太の規格・採材方法等について地域の製材工場、原木市場から聞き取りを行い、採材検討会で情報共有を図りました。



写真1 極積みされた小径広葉樹

#### (1) 製材工場からの聞き取り調査

当署管内にある広葉樹製材工場を訪問し、流通状況や、取扱樹種、丸太の規格等について聞き取りを行いました。（写真2）

① 使用する原木は、クリ、ナラ、ホオノキ、イタヤ、ヤマザクラ、ブナ、オニグルミ等で、ビーチ、ウォールナット等輸入材も使用している。

② 国産材、外材ともに冬伐りの原木をストックしており、虫害、干割れ防止のため、常にスプリンクラーで散水している。

③ 原木のサイズは、24cm上、2.2mで、多少の曲がりは可としている。

④ 製品はフローリング、集成フリー板、家具用材等である。

⑤ 国有林は夏場の伐採が多いので、丸太の扱いが難しい。できるだけ早く工場に入れることが出来れば、それなりに養生して在庫できると思う。



写真2 製品の説明

#### (2) 流通業者からの聞き取り



写真3 原木市場

管内の原木市場を訪問し、広葉樹の需給状況、丸太の規格や夏場の生産・流通について聞き取りを行いました。（写真3）

① 広葉樹の販売については可能ではあるが、秋以降に伐採したものでなければ難しい。径級24cm上、長級2.2mを基本とし、それ以下は一般材には適さないと言われている。

② 特定の樹種に絞れば夏場でも販売できる可能性はある。例えば、クリ、ナラ、ホオノキ、サクラについては、伐採から市場に搬入する期間をできるだけ短く出来れば可能かと思われる。ただし、サワグルミ、センノキ等秋以降の伐採に限る樹種もあるので相談してほしい。

### (3) 採材検討会の開催

製材工場、原木市場からの聞き取り情報を基に、生産事業が着手するタイミングの6月22日、請負事業体、検知事業者、小運搬トラック業者、製材工場、市場、県、市町村及び署職員の総勢54名の参加により採材検討会を開催しました。(写真4)

検討会での広葉樹採材の留意点については、以下のとおりです。

- ① 広葉樹の一般材利用に向け、夏場においても「クリ、ナラ、ホオノキ、サクラ」については、原則、径級24cm上、長級2.2m(下限1.8m)で多少の曲がりがあっても一般材として生産すること。ただし、通直である場合は径級22cmでも一般材として生産すること。一般材規格の丸太が採材できる他の樹種を伐採しなければならない場合は監督員に連絡すること。
- ② その他の樹種については9月中旬以降に一般材としての生産を考えている。
- ③ 現場代理人は、広葉樹が生産された場合は、早急に監督員に連絡し、監督員は原木を確認後署担当へ連絡すること。なお、トラック1台分にならない少量であっても運搬方法を工夫するので必ず連絡すること。



製材工場担当者による説明



署担当者による説明

写真4 広葉樹の採材説明

### (4) 早期販売に向けた工夫

- ① スギ等造林地の間伐から出材するため、トラック1台分の丸太が集まるのに時間を要し、丸太の劣化が懸念されたことから、秋田杉と広葉樹を混載することで早期に丸太の運搬を実施することができました。(写真5) 運送業者によると、混載することで問題となることは特になく運搬は可能とのことでした。

- ② 生産された丸太を販売するためには検査を実施する必要があるが、通常は月1回のサイクルで実施していたが、広葉樹の早期販売のために月2~3回検査を実施し、7~12月までの5回の市日に間に合わせ販売することができました。



写真5 スギと広葉樹の混載

### 3 取組結果

令和3年度における生産請負事業での広葉樹生産量は、一般材が90m<sup>3</sup>、低質材が1,184m<sup>3</sup>となり、一般材比率は7%となりました。(図3) また、丸太の径級については、20~28cmが71%/本数、30cm上が29%/本数となり、小径木の占める割合が多かったことが分かりました。不適とされていた20、22cmも16%となり、流通可能であることが分かりました。(図4)

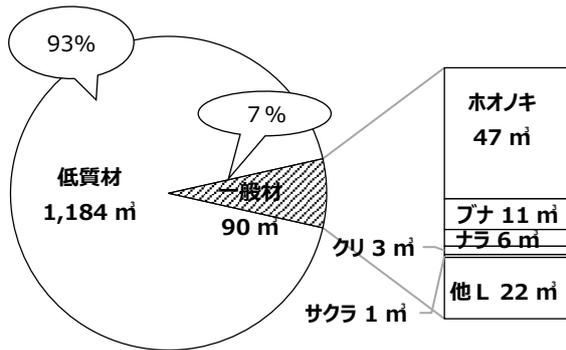


図3 R3 広葉樹生産量

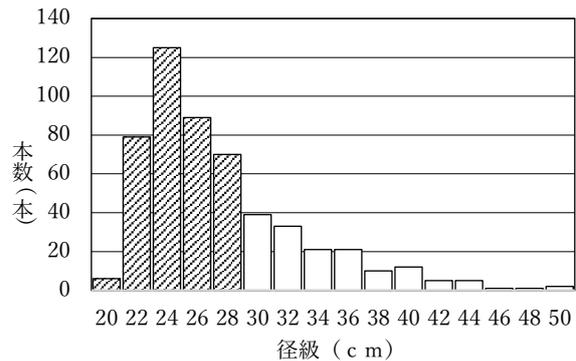


図4 径級ごと生産本数

販売価格については、一般材が平均24,722円/m<sup>3</sup> (税抜き)、低質材が平均9,800円/m<sup>3</sup> (税抜き)で、低質材の2.5倍以上で販売でき、約130万円儲けが増えました。(図5)

また、出材量が最も多く小径木が多かったホオノキについては、平均20,631円/m<sup>3</sup> (税抜き)となり、低質材の倍以上の価格で販売できました。

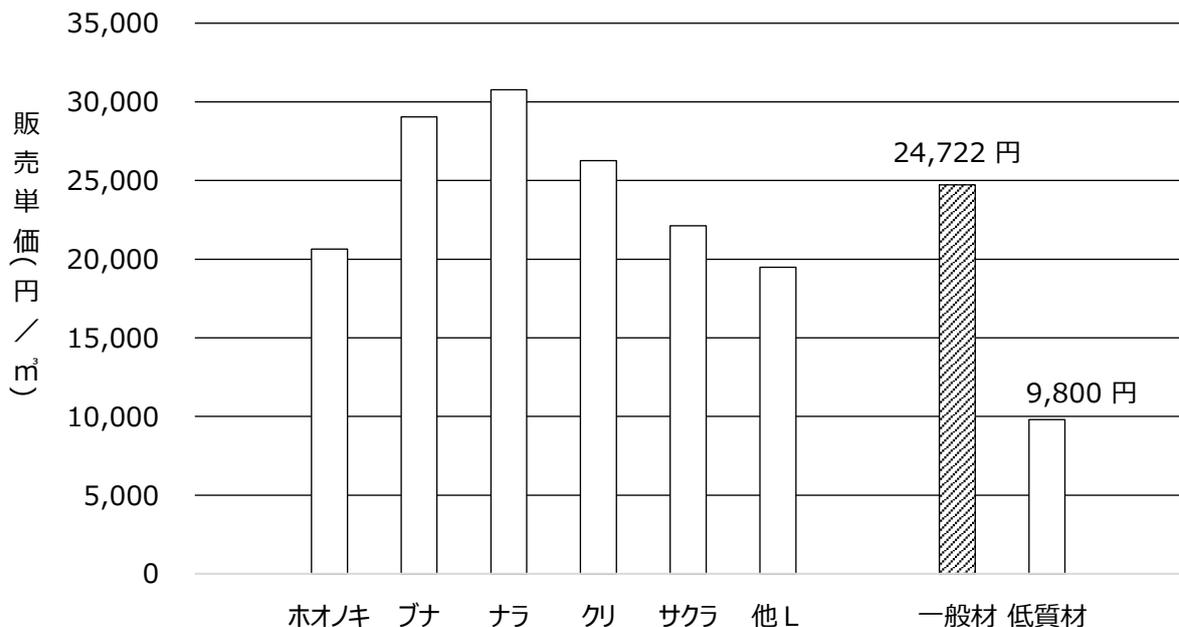


図5 広葉樹販売単価

#### 4 販売結果の情報共有

広葉樹の販売結果については、丸太の写真と、径級、長級、販売単価、購入者、応札枚数を整理した資料（写真5）を作成し、請負事業者、県、市町村担当者、署職員に情報提供することで、広葉樹は雑木ではなく、お金になる木であることを認識してもらうよう意識改革を図りました。



ホオノキ(2.0,2.2m×24-28cm×84本)「生産：中村造林」  
販売単価：21,710円/㎡(税抜き)  
買受人：吉田商事(応札4枚)



シナノキ(2.2m×24-28cm×14本)「生産：中村造林」  
販売単価：29,900円/㎡(税抜き)  
買受人：吉田商事(応札1枚)

写真5 販売結果資料

#### 5 購入者からの聞き取り

取組の中で、最も多く買っていた北秋田市の吉田商事株式会社を訪問し、聞き取りを行いました。

- (1) 樹種：ホオノキ、シナノキが主要樹種
- (2) 規格：径級 18～30cm、長級 2.1、2.2m(1.6～1.8m可)
- (3) 用途：ホオノキ(版画の板、包丁の柄、太鼓のバチ等)  
シナノキ(オルゴールの箱、寄せ木細工等)
- (4) その他 ①夏伐材は劣化によるロス分を含んだ価格で購入  
②夏場は早期の製材で劣化を防止できる  
③造林地内の広葉樹は、通直で枝の少ない木が多く扱いやすい

#### 6 まとめ

以上のように、若齢小径の広葉樹にも利用価値があり、生産体制、運搬の工夫等により、伐採に適さない時期でも流通できることが分かりました。また、販売結果を写真付きで情報共有することは、請負事業者、地元自治体、署職員の広葉樹に対する意識改革に繋がると考えられることから、国有林の大事な使命の一つとして続けていくことが大事だと考えます。

今後についても、秋田県北部が広葉樹の産地であることを認知していただけるよう広葉樹一般材の掘り起こしを進め、民国ともに儲けを出せる林業を目指したいと考えます。

# 大型車両の走行を想定した林道整備について

三八上北森林管理署 一般職員 ○木村海結  
森林整備官 ○蓮尾直志

## 1 はじめに

現在、国有林における人工林の半数以上が利用期を迎え、東北局管内においても10～15歳級の蓄積が48%を占める状態となっています。それに伴い、木材の生産量及び主伐量は10年前と比較して、生産量が1.3倍、主伐量が3.7倍と増加していることから、大径材を含む木材の大量輸送が求められています。

従来、木材の運搬には10t積みトラックが一般的でしたが、現在では一度に多くの材を運搬できるフルトレーラ（写1）など車両の大型化が進んでいます。

その背景にはトラックドライバーの不足も影響しており、効率的な輸送が課題となっています。

また、現状の林道ではベテランドライバーでも安心して走れない、などの声が聞こえて来ることから、安心・安全に走行できる、いわゆる「ドライバーファースト」の路網整備が求められています。

このような方針などを受け、令和2年度に林道規定が改正されました。



写1ー運搬で使用されるフルトレーラ

## 2 取組むにあたり

改正された林道規程には大きな特徴が2つあると考えます。

一つ目はセミトレーラの走行を想定した規格が新設されたことです。

これまでの林道は、10t積みトラックの走行を想定した1級と2級に区分されており、平成24年度に新設された林業専用道は2級に区分されます。

林業専用道は作設指針に定められるように、地形に沿った線形とすることでコストを抑え、林内へのアクセス性を高めることで基幹となる林道を補完することが目的でした。

新たに新設された第1種の区分は、車両の大型化を背景にセミトレーラの走行を想定した規格となっています。

具体的には曲線の拡幅量が大きくなり、それに伴い曲線拡幅のすりつけのための緩和区間が長くなりました。また、区分にかかわらず路肩幅員を従来よりも広く取り、基本的な縦断勾配は最大14%から、12%に抑えられました。縦断勾配は冬季や積載時の走行に影響をあたえます。

そして、もう一つの大きな特徴は、林道規程において林業作業用施設を「できるものとする」から「設置しなければならない」と、明文化されたことです。

これまで林業専用道設指針には「設置する必要がある」と記載されていましたが、「森林施業の状況に応じた規模で設置しなければならない」と義務化されました。車両の大型化・大量輸送に対応するためには、道路構造だけではなく、それに見合う木材を集積できなければ効率的な輸送は行えません。

また、林道規程の細部運用においては「現地状況によっては切土構造での設置を検討すること」と、あることから、残土処理とは明確に区分して設計を行う必要があります。

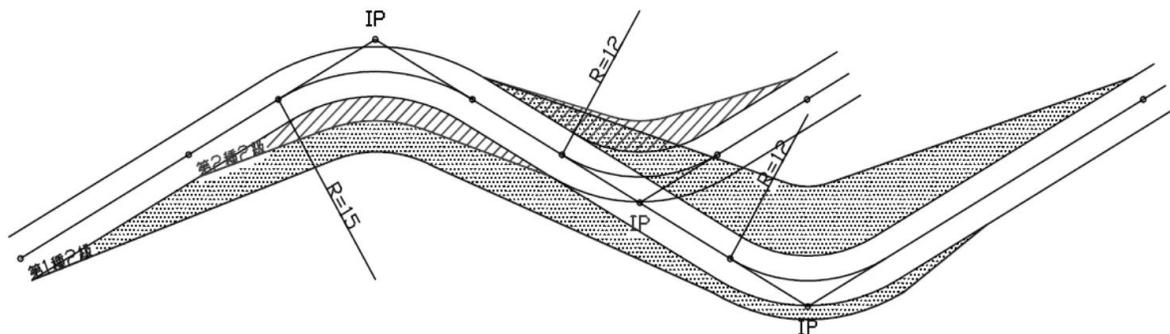


図1 一種別による拡幅量の違い

図1は曲線半径(R)15からR12のS字カーブを設計した場合の、第1種2級林道と林業専用道との拡幅量の違いについて示しています。全幅員はどちらも3.6m、斜線部分が林業専用道の曲線拡幅で最大約2m、拡幅の擦り付けは8mです。

同様のカーブを第1種2級で設計した場合、拡幅量はR15で約4m、R12は内側に5m、外側に1m必要となります。

第2種ではR50まで拡幅が必要なのに対して、第1種ではR390まで拡幅が必要となります。また、擦り付けも約3倍の23mとなるので、カーブ同士の間隔を大きく取らなければなりません。

そのため、実際に線形を計画する際は、地形に沿わせて曲線を多用した線形ではなく、直線区間とする柔軟な検討が必要となります。

### 3 取組内容

本発表では、東北局第1号となる第1種2級林道の整備を三八上北署において進めていることから、その事業内容及び整備にあたっての課題等について報告します。

第1種への改良を行う二又林道は、青森県六ヶ所村に位置しており、昭和27年に開設された全延長8,926m、幅員3.6m、利用区域は約1,172haの基幹となる林道です。

利用区域では、令和6年度から5年間で約7万立方の木材の生産が予定されていること、大型車両が通行可能な県道・村道等を経由してアクセスできること、地形も急峻でなく平坦であることから選定しました。

令和3年度に、起点から2,100mの区間において調査設計を実施しており、完成は令和5年度を予定しています。

#### 4 検討結果

今回の測量では、緩和区間の関係上、曲線間隔が広くなることから、現地でIPを設置しながら予測線をとることが困難なため、既設林道の測量を行い、机上で線形を作成した上で現地に測点を落とすという手法が取られました。

全体の方針は、既設の路線に合わせた線形とし、曲線半径は20m以上、縦断勾配は10%以下となるよう設定しました。また、適地があれば林業作業用施設や車廻しを適宜設置するようにしました。

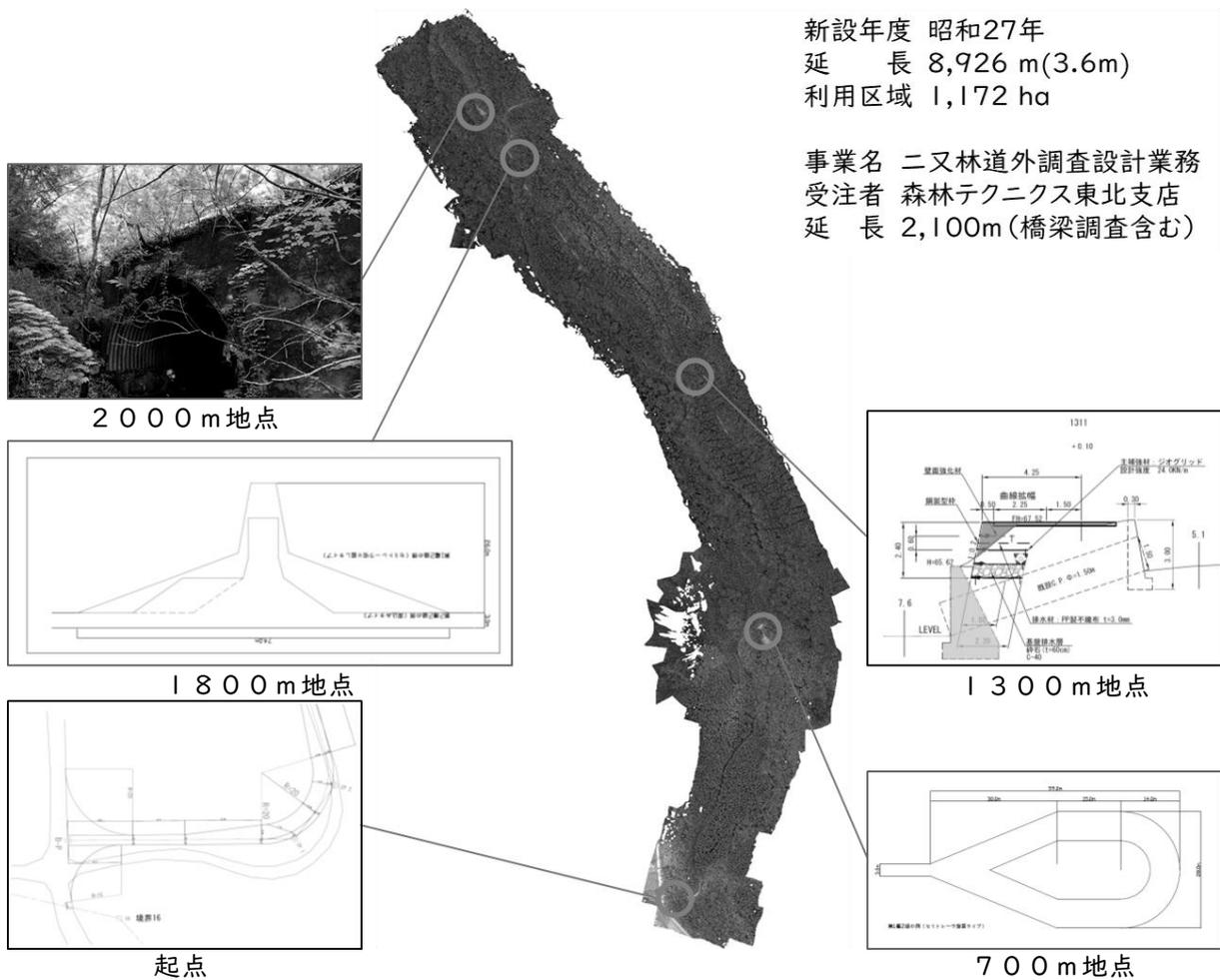


図2-調査範囲

設計において留意したポイント（図2）を紹介します。

まず、林道起点から直ぐに緩やかなS字を描き左にカーブしています。このような短い区間では緩和区間を設置することが出来ないため、起点を既設位置から若干移動し、直線になるよう変更しました（図3）。

測点100～700m区間は平坦で、カーブも緩やかなことからほぼ既設の線形を取っています。

一部既設の線形から逸れる箇所は、路盤高を調整して既設部分を土場として利用できるようにします。

また、起伏の少ない傾斜の緩やかな地形のため、雨水が道路に滞留しやすいことから、こまめに排水施設の設置を行うようにしています。

測点700mの地点には、広い平坦地があったことから、車両の転回のために切り返す必要の無い、ロータリー型の車廻し（図4）を設置します。

測点1,300m地点には、コルゲートパイプの両端に擁壁が設置されており、曲線部分に掛かるため現状では規定の幅員が確保できません。

また、構造物の規模も大きく、撤去・再設置が困難なことから、擁壁上部に補強土壁を置くことで路体を確保する手法をとりました（図5）。

測点1,800m地点には、突っ込み型という車廻し（図6）を設置します。セミトレーラの転回に対応するため、従来の車廻しより広い場所が必要となります。

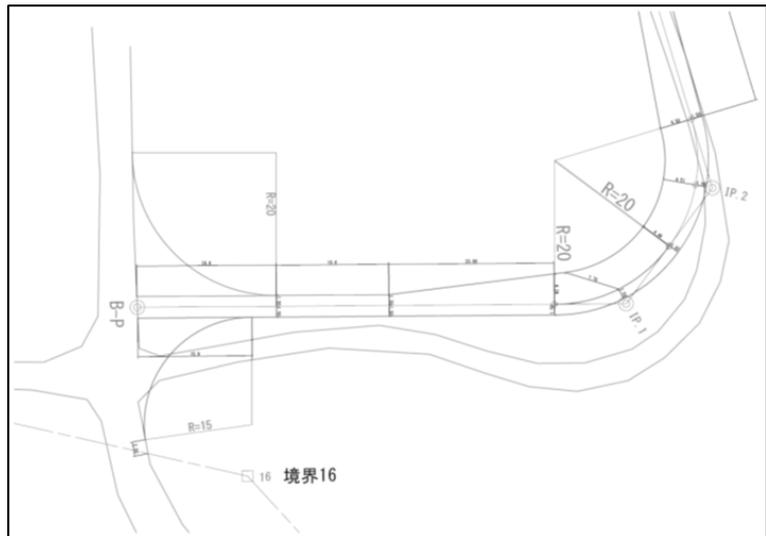


図3 一起点部における線形の変更

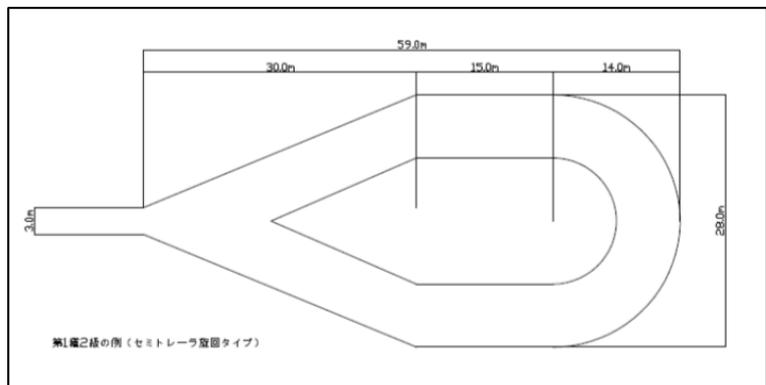


図4 ロータリー型車廻しの標準図

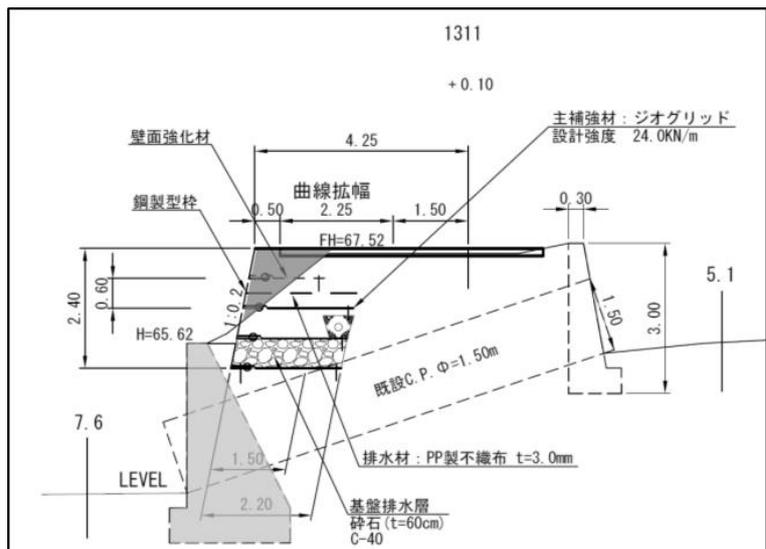


図5 擁壁による幅員の拡張

測点2, 000m地点には、直径5mのコルゲートアーチが2つ隣接しています。この2つを直線で通過する必要があるため、手前からの線形を山側に調整することで対応しました。

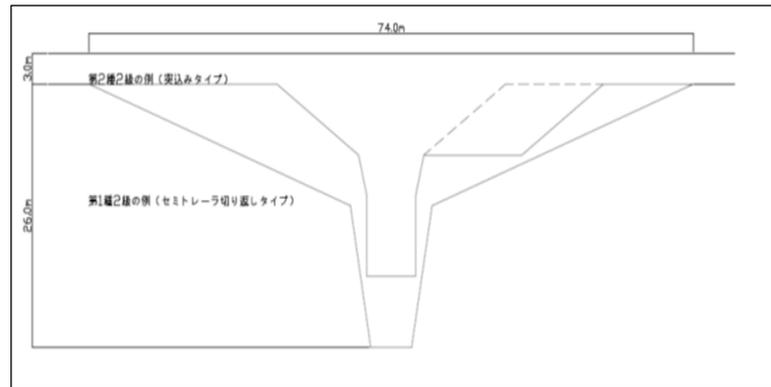


図6－突っ込み型車廻しの標準図

## 5 まとめ

まず、箇所を選定においては一定規模の森林施業が前提となりますが、計画する林道へフルトレーラ等がアクセス出来る必要があります。それには、重量制限などの事項について道路管理者等関係各所への説明と確認が必要です。

そして、曲線部は緩和区間を長く取る必要があることからIP間距離も長くなり、拡幅も従来よりも必要なため、なるべく直線区間を多くとれるような緩傾斜地でなければ作設は困難になります。

今回の二又林道のように、コルゲートアーチや擁壁といった改築が困難な大型構造物がある場合は、幅員を確保できるように前後で線形を調整する必要があります。

最後に、十分な面積が必要となる林業作業用施設や車廻しは適切な位置と森林施業の状況を勘案しながら設置する必要があり、改良の場合は特に降雨時に既設作業道からの流水の排水など、適切な排水処理も重要となります。そのため、各施設の適地を判断するためにも現地の踏査は十分に行う必要があります。

本発表が、今後の第1種林道整備の一助となればと思います。

## PT(プロジェクトチーム)考案！東北式☆お手軽林道補修

岩手南部森林管理署	森林整備官	○高橋宏瑛
秋田森林管理署湯沢支署	森林整備官	○村井秀成
米代東部森林管理署	一般職員	○高橋凌
仙台森林管理署	森林整備官	早川慶
三八上北森林管理署	森林整備官	蓮尾直志
東北森林管理局	森林整備課	設計指導官 関文武

### 1 はじめに

東北森林管理局において整備される林道の路面は、10～20cm厚の砕石で仕上げるのが基本となっています。施工が安価な反面、湧水や降雨の影響で土質によっては深い轍ができ、日常業務での利用や木材の運搬に支障をきたすこととから、頻繁に砕石を購入し補修する必要があります。

そのため、路線によっては維持コストの増加が課題となります。

轍が発生しやすい箇所の補修として、数年前からジオセル工法（注1）と呼ばれる既存の路盤補強工法を、林道技術者育成プロジェクトチーム（以下、PT）の所属する各森林管理署の林道を中心に施工したところ、轍の発生を抑制でき、十分な成果を得ることができました。

この結果を受けPT内では、より安価に同程度の効果を発揮できる工法について模索したので、その成果について報告します。



写1—ジオセル工法の施工状況

（注1、 格子状の樹脂製シート（写1）に砕石を充填することで軟弱路床を補強し轍の発生を抑制する既存工法）

### 2 取組

轍の発生は、水はけが悪く水分を多く含む路床が軟弱となり、そこに車両の走行による荷重が掛かることで路盤材の砕石が路床に沈み込むことが原因です。

そのため、様々な工法を検討したところ、アスファルト舗装の分野や北米の林道で路床の補強としておこなわれている石油化学繊維シート（通称ジオテキスタイル）を用いた工法（注2）に目を付けました。

この工法は、路床と路盤の間にジオテキスタイルを敷くことで、路盤と路床を分離し路床への路盤材の沈み込みを防ぐ効果があります（図1）。

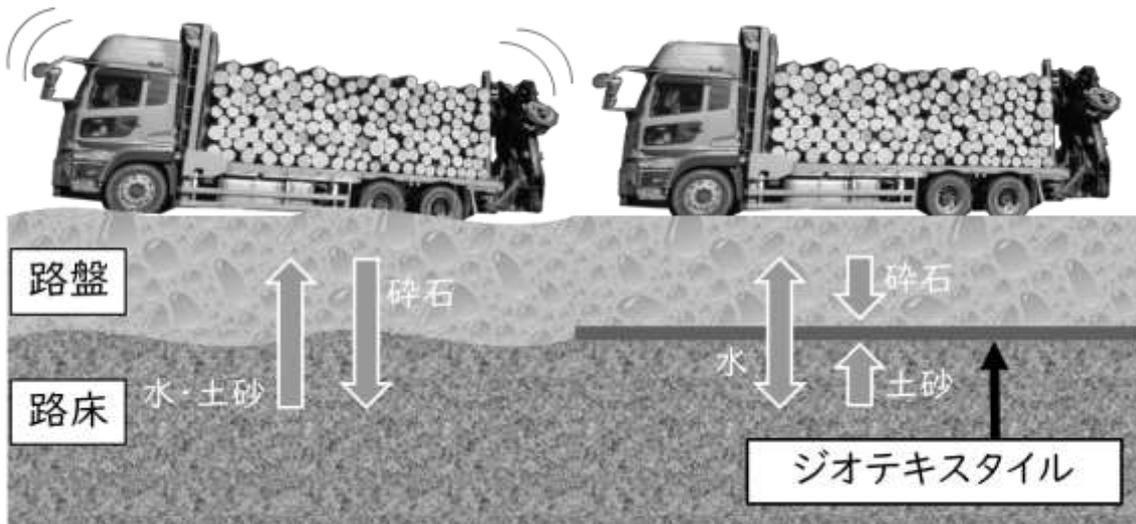


図1ージオテキスタイルを用いた路床分離工法

そこで、国有林では事例のないこの工法を、様々な資材で適用可能か、秋田森林管理署湯沢支署管内の林道にて検証をおこないました。

PTでは本工法を「東北式シート工法」と命名しました。

(注2、 現代林業 2020.07号「世界の林道を考える その役割と技術体系、管理手法 第18回 路盤工と擁壁工の新たな取り組み<1>」著 酒井秀夫 にて紹介された工法)



本工法の概要を説明する。

(写真左上から時計回り)

1. 路床を10～20cm箱形に掘削
2. シートを敷く
3. 路盤材の碎石を敷均し及び転圧をして完成

通常の補修でおこなう碎石の敷均しと比較しても、シートの敷設という作業が加わるの  
 みなので、非常に手軽に施工が可能なが最大のメリットと言えます。

今回は、この使用するシートについて比較しました（表 1）。

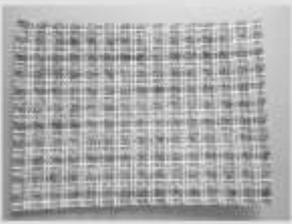
	ポリエステル繊維	長繊維不織布	繊維補強不織布
種類			
厚さ	0.25mm	2.0mm	2.5mm
引張強度 (注 3)	51.8kN/m	8.8kN/m	50.0kN/m
伸び率 (注 3)	11%	55%	60%
単価	310円/m <sup>2</sup>	600円/m <sup>2</sup>	1,790円/m <sup>2</sup>

表 1－資材の比較

(注 3、引張強度は、資材が破れるまで引っ張った際に掛かった力の大きさと、その時の  
 資材の変形量を伸び率という)

### 3 結果

施工結果について説明します。

まず、ポリエステル繊維シートを使用した箇所は、日陰で常に含水率が高く、路床が軟弱になっており（写 2）、轍が出来やすいため、頻繁に補修する必要があります。

本工法を施工した結果、路盤と路床を分離した効果により、轍の発生を抑えることができました。

次に、長繊維不織布を使用した箇所は、写真（写 3）奥の法面からの湧水により恒常的に含水率が高く、軟弱路床となっています。

本工法を施工した結果、路盤の水はけが改善され、轍の発生を抑えることができました。

最後に、繊維補強不織布を使用した急勾配箇所は、轍に加え、路盤表面を雨水が勢いよく流れることで表面浸食を起こしていました（写 4）。

本工法を施工した結果、轍の発生が抑えられただけでなく、表面浸食を抑えられるという思わぬ効果も得ることができました。

これまで示した箇所については、10t 積みトラックが 140 往復しても全く補修の必要がなく、非常にスムーズに運搬を終えることができました。



写2－シート敷設箇所1（左：施工前 右：施工後）



写3－シート敷設箇所2（左：施工前 右：施工後）



写4－シート敷設箇所3（左：施工前 右：施工後）

一方で、効果が低い箇所もあり、切土法面から土砂が崩落してくる箇所（写5）では、崩土で碎石が目詰まりをおこし、施工前とほぼ変わらない状態となりました。

また、施工の際に軟弱な路床を除去しきれなかった箇所においては、路床の沈下が発生して（写6）、シートが破れる問題が生じました。



写5－シート敷設箇所4（左：施工前 右：施工後）



写6－シート敷設箇所5（左：施工前 右：施工後）

#### 4 考察

施工結果から本工法は、水による轍の発生に対して高い抑制効果があり、ジオセル工法と同様の効果を得られました。

また、水はけの改善で、表面浸食を抑えられるという結果も得られました。

一方で、崩土により施工前とほぼ変わらない状態となった箇所や、シートの破れが発生した箇所については、改善が必要であることから、さらなる検証が必要です。

他の工法と比較（表2）しても、「東北式シート工法」は日施工量、1m当たりの単価共に優れており、非常にコストパフォーマンスに優れています。

さらに特筆すべき点は、重機のチャーター単価契約にて施工できることです。これは、長期間にわたる林道維持修繕を行う際に契約するものなので、発注から着手までに期間を要する工事と異なり、資材さえあれば通常の補修に合わせて施工が可能となります。

そのため「東北式シート工法」は非常にお手軽な工法と言えます。

工法	使用資材	日施工量 (m/日)	m単価 [W=3.0m]	施工形態
東北式シート工法	・ポリエステル繊維 ・長繊維不織布 ・繊維補強不織布	72.5	4,884 ～12,126 (注4)	チャーター 契約
ジオセル工法	グラウンドセル	28.3	26,476	工事
通常の維持修繕	砕石	140.0	1,857×@	チャーター 契約

表2－他工法との比較表

(注4、単価の幅は使用資材によるもの)

## 5 まとめ

「東北式シート工法」は、改善点はあるものの、ジオセル工法とほぼ同等の効果を得ることができました。

また、資材さえあれば通常の維持補修に併せて実行できることから、非常にお手軽かつ安価に施工が可能です。

今後は、施工箇所に合わせて資材の選定方法など、本格的な導入に向け、各署での試行を進めたいと考えています。

# 高齢広葉樹の更新伐施業による用材利用を目指して

## ～持続可能な町有林管理の取組～

宮城県北部地方振興事務所林業振興部 ○佐々木智恵 名和優子

### 1 はじめに

広葉樹の利用は燃料やきのご原木としての利用減少により、高齢化と大径化が進んでいます。高齢化により萌芽更新能力が低下し、大径化によりナラ枯れ被害の発生が懸念されます。

一方で、広葉樹材は輸入材の価格高騰や需給不安定な傾向が強まるとともに、企業の社会的貢献を目的とした国産材の利用推進など、フローリングや家具に利用する国産広葉樹材のニーズが高まっています。

これらのことから、豊富な広葉樹資源を所有する町有林において、持続可能な広葉樹利用を推進するため、広葉樹の更新伐を実施して、早期に確実な更新を目指しました。同時に、県内の広葉樹材利用実績がある森林組合や木材加工業者からのニーズに応え、マッチングすることで、広葉樹用材のサプライチェーン構築を検討しました。

### 2 取組・研究方法

県北の奥羽山脈沿いに位置する加美町の町有林において、森林経営計画に基づいた森林環境保全整備事業による更新伐事業を導入しながら、用材として利用するため採材研修会を開催し、納入先のニーズに合わせた採材を実施して、確実な取引を行うことでサプライチェーンの構築を支援しました。令和2年度の事業対象森林は、5.48haの82年生のコナラ林としました。



図1：加美町位置図

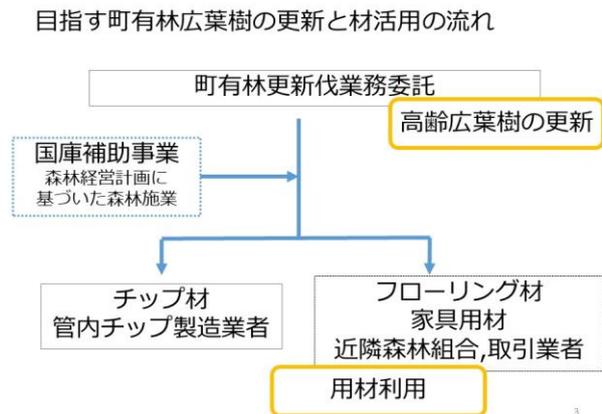


図2：本取組の体制

### (1) 更新伐施業の内容の検討

補助要件を満たす施業の条件と早期で確実な更新が見込まれる林況を把握しました。補助要件に沿った施業条件では、事業目的である「天然林の質的・構造的な改善」を満たすため、立木本数の70%の立木を伐採し、30%を残存させることが条件であり、残存木に求められる条件を検討しました。県内で更新伐施業を実施している林分を調査するとともに、他地域が発行している文献を参考にし、検討を行いました。

### (2) 用材のサプライチェーン構築

ニーズに合わせた用材生産を確実にするため、採材検討会を実施しました。更新伐施業地において、取引先である森林組合や木材加工業者から指導を受け、径級別に枝の有無や矢高の許容範囲等を把握し、用材利用が可能となる丸太の規格を確認しました。令和2年度と令和3年度の事業では、用材取引先が異なったため、それぞれ採材検討会を開催し、無駄のない確実な採材を目指しました。



図3：採材検討会の様子

### (3) 地域における広葉樹材活用の検討

地域における広葉樹材活用の検討として、施業前に意見交換会を、施業後に報告会を実施しました。森林所有者である町に加え、地域の素材生産業者、木材加工業者等を参集し、地域で広葉樹有効活用に取り組むためのプラットフォームづくりを目指しました。

## 3 結果

### (1) 更新伐施業の内容の検討

残存木は種子供給が可能な上層木として、施業地内にまんべんなく配置することとしました。前生樹種の多くがコナラとミズナラで、イタヤカエデ、クリ、ブナなども生育している林分であり、高木性有用広葉樹を残存させる内容で施業内容を決定しました。また、天然下種更新を阻害するササが林床に多い林分は除くこととしました。

これらに配慮しながら更新伐を実施した結果、ナラ類、サクラ類、カエデ類などの高木性広葉樹を残存させることができました。令和2年度の冬に伐採し、令和3年度夏に萌芽と実生の発生状況を確認したところ、萌芽発生状況は、伐根によってばらつきがみられました。2年後に行う更新確認検査により、樹高が30cm以上の稚樹、幼樹、若齢木、ぼう芽枝等がヘクタール当たり1,700本以上(標準地10m×10m当たり17本以上)存在するという内容の基準を満たすことを目指しています。



図4：更新伐施工後の森林



図5：萌芽発生状況

(2) 用材のサプライチェーン構築

採材検討会の結果、ナラ、イタヤカエデ、サクラの3種類はフローリング材として、末口径22cm以上、材長2.15m、矢高10cm以内を、イタヤカエデ、ウリハダカエデ、ホオノキ、ミズメ等のフローリング材以外の樹種は家具材として、末口径24cm以上、材長1.0m以上を用材取引規格としました。

令和2年度の更新伐事業による搬出材積は459.1m<sup>3</sup>となり、うち、広葉樹用材は54.4m<sup>3</sup>で、全体の11.9%となりました。用材の径級別割合では、末口径18cmから46cmまでの丸太を出荷し、径22cmから径26cmまでの丸太が全体の3/4を占めました。用材の樹種別割合では、コナラが51%と半数を占め、ほかにサクラ、クリ、イタヤカエデを利用することができました。m<sup>3</sup>単価別丸太本数では、14,000円/m<sup>3</sup>の丸太が約半数となりました。用材売上額の全体売上額に占める割合は19.9%となりました。

表1：用途別生産量と割合

		単位：m <sup>3</sup>	
		生産量	(%)
1	(広) チップ材	208.6	45.5
2	(松) チップ材	74.1	16.1
3	(広) 用材	54.4	11.9
4	(松) 合板	61.2	13.3
5	薪材	60.8	13.2
合計		459.1	

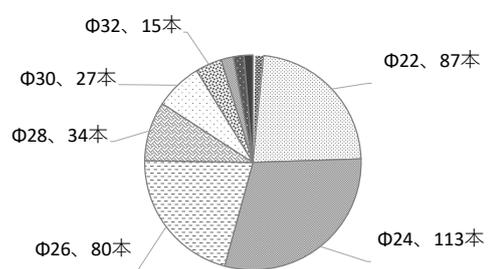


図6：径級別丸太本数

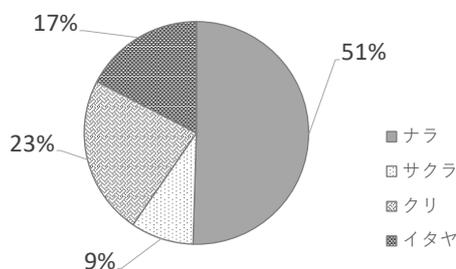
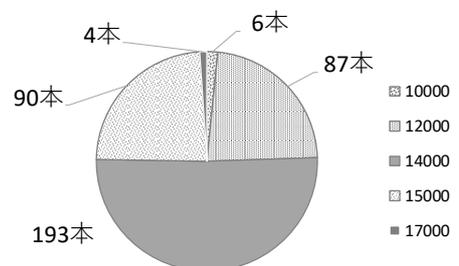


図7：樹種別製材材積割合



※山土場の原木価格

図8：m<sup>3</sup>単価別製材材積割合

用材利用を見込んでいた丸太の中には、ナラ枯れによる穿孔生存木が含まれ、材内部の変色が確認されました。これらはチップ材として販売されたため、今後はナラ枯れ被害を受ける前の利用と更新が必要と考えられました。

また、このような変色や色むら、キクイムシの穿孔を天然の特徴として捉え、利用することも有効と考えます。ナラ枯れ被害材を活用して製作した椅子は、木目に沿った黒い着色やキクイムシの穿孔が見られますが、菌や虫が生み出す模様が受け入れられ、評判がよかったとの報告もあります。



図9：(左) ナラ枯れ被害材で製作した椅子

### (3) 地域における広葉樹材活用の検討

意見交換会では、大崎地域の素材生産業者や森林組合、木材加工業者を参集し、国産広葉樹の需給動向やフローリングや家具などの製品化事例について情報を提供しました。また、加美町が所有する広葉樹資源や町の森林整備方針を伝達しました。報告会では、令和2年度に取組んだ更新伐事業における施業方針や搬出材積実績などを伝達し、地域における共同出荷などについて検討を行いました。



図 10：意見交換会の様子

意見交換会や報告会では、素材生産業者から次のような声が寄せられました。「町の広葉樹資源が豊富であれば、委託業務や立木売払等を実施して欲しい」、「チップ用材として広葉樹を伐採した際にも、規格が合うものは材として販売したい」、「岩手県の市場に出荷しているが、宮城県でサプライチェーンが構築されているとより良い」、など、広葉樹の用材利用について、情報を共有し、地域関係者の要望を把握することができました。

### 4 考察・結論

更新伐施業では、上層木を残存させることができましたが用材利用推進の観点から、大径木はほぼ収穫しました。高齢木の萌芽更新は確実ではないので、今後、残存木からの種子供給と周辺林分からの種子供給、前生樹種の生育、高齢木以外の萌芽更新により、天然更新完了基準を満たすことが可能かどうかを見極め、刈り出しやササの除去など必要な天然更新補助作業についても検討を行う必要があります。

また、用材利用割合は全体の10～20%程度であるとの報告もあることから、出荷量を確保し、安定的に供給するために、市町有林のほか、民有林のチップ生産でも用材利用を進め、共同で販売するなど、地域関係者による利用の組織化も検討する余地があると考えます。

### 大崎地域関係者による広葉樹活用の検討

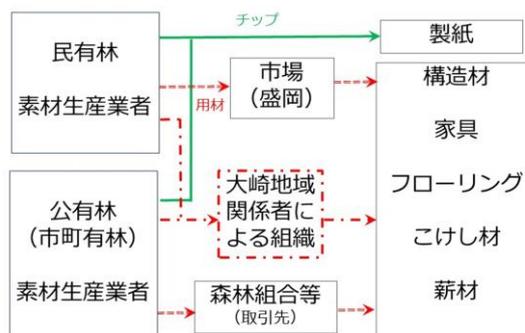


図 11：地域ぐるみの広葉樹活用イメージ図

高齢広葉樹の更新伐施業により更新を確保しつつ、用材利用を目指すことで、持続的な町有林管理に取り組みました。今回生産された材を活用し、テーブル・椅子セットを製作しています。地元公民館に設置し、広葉樹の持つ木の良さをPRしながら、継続して広葉樹の用材利用推進に取り組んでいきます。

# 森林施業の効率化と木材生産コスト低減への取組について

宮城県北部地方振興事務所林業振興部 ○岡田萌 古澤和之

## 1 はじめに

宮城県色麻町の林道「青野～岳山線」は、色麻町役場から西へ約15kmにある、色麻町と加美町をつなぐ林道です。昭和51年に開設され、利用区域内に国有林と民有林が存在する総延長2.44km、幅員4.0m、利用区域189.4haで2級林道規格の併用林道となります。付近には、大衡村にまたがる陸上自衛隊王城寺演習場や、船形山への登山道入口が存在します。林道の利用区域内における森林蓄積量は約35,000m<sup>3</sup>と豊富にありますが、近年の伐採量は、色麻町全体で年間4,900m<sup>3</sup>のみとなっています。このように資源の活用が進まない理由として、伐採・搬出コストが高いことが考えられました。



図1：位置図

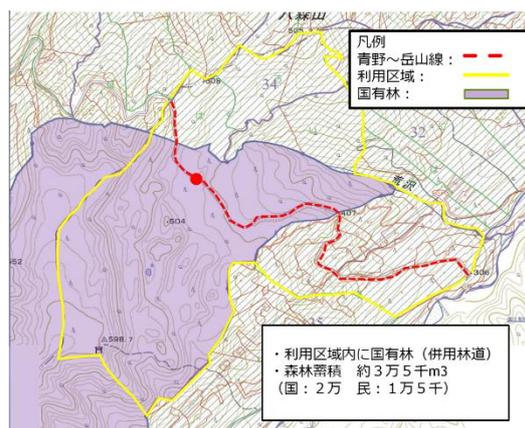


図2：利用区域図

## 2 取組・研究方法

上記のことから、「青野～岳山線」を基幹林道とし、「林道改良による効率的な森林整備」と「木材搬出コストの低減」の2点を検討することで、課題となっている伐採・搬出コストの低減を図ることとしました。

### (1) 林道改良による効率的な森林整備

効率的な森林整備に向けて、青野～岳山線の利用区域内における今後10ヶ年の森林施業計画(表1)を立て、これら森林施業対象箇所から伐採木を搬出する作業路網を計画しました。計画に際し、民有林内は既設作業路を活用した線形とし、国有林内は国有林林道

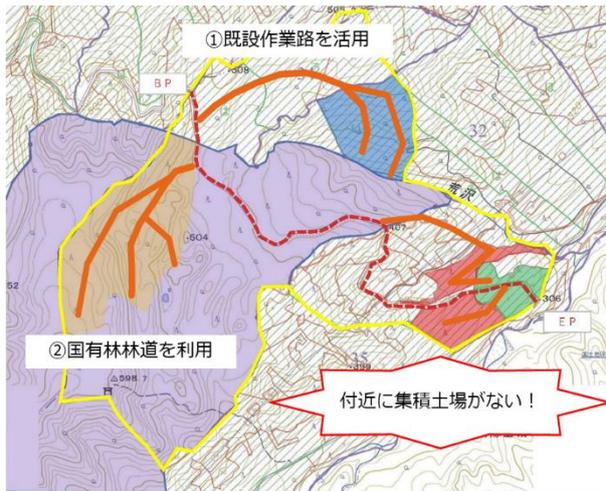


図3：作業路網検討図

を利用する計画としました。伐採作業はこれまでチェーンソーが主力だったものをハーベスタへと転換し、併せてフォワーダによる集材を計画しました。しかし、2級林道規格である青野～岳山線の沿線には集積に適した土場がないことが問題となりました。このことから、作業道の設置と併せて土場を設置することとし、森林整備の効率化を図りました。

集積に適した土場の設置を検討するにあたり、設置場所を林道の終点付近、真ん中付近、起点付近の3箇所を検討しました。1案は、終点側に土場を設置する案です。これは土場が搬出先に最も近く、搬出距離としては最短となるため適しています。しかし、林道の縦断勾配を確保するために、両側が盛土区間となっているため、土場の設置には盛土を行う必要があり、盛土量を確保することが困難なため設置を断念しました。2案は、林道の真ん中付近に土場を設置する案です。これは、土場の付近に高压電線があり、有事の際の維持管理や安全性を考慮して設置を断念しました。最後に3案は、林道の起点側に土場を設置する案です。これは土場が搬出先から最も遠くなりますが、図に示す最寄りの作業道から搬出される伐採量が、施業計画全体の3分の2を占めることから、最も木材を集積するのに適していると判断し、3案を選定しました。

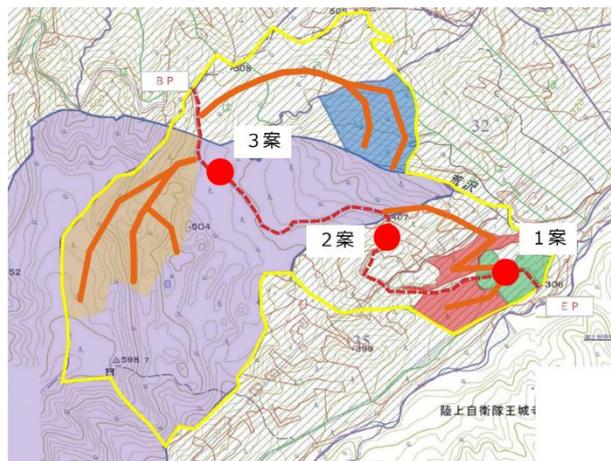


図4：土場検討図

今回土場設置を選定した箇所は、林道の路肩に小崩落があり、軽トラック1台が辛うじて通行できる幅員でした。このため、土場開設に伴い発生する残土を、路肩崩落が発生した谷側へ転用盛土することで、残土が発生せず、かつ林道の通行性能を向上させるよう考慮しました。土場の規模は今後10カ年の森林施業計画の計画量を元に、年間の最大搬出量を網羅できるよう設定し、延長40m、幅5.5mとしました。当該地は国有林内であり、土地の貸付契約や立木補償について、宮城北部森林管理署と連携を取りながら進めました。また、伐採搬出量の想定にあたっては、国有林内における森林施業計画も反映させ、両者で利用できる計画としました。

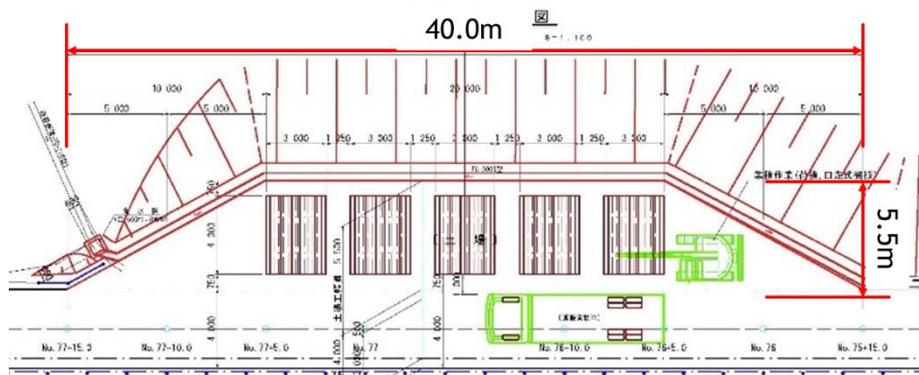


図5：土場平面図

表1：森林施業計画

区 分		10ヶ年間の計画 (R2~R11)				
		第1期事業計画 (R2~R4)	第2期事業計画 (R5~R7)	第3期事業計画 (R8~R11)	合 計	
森 林 整 備	主 伐	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )
			10.11		9.72	19.83
	材 積 (m3)	(      )	(      )	(      )	(      )	
			2,121		2,080	4,201
	間 伐 (整理伐等を含む)	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )
			4.61		28.29	32.9
材 積 (m3)	(      )	(      )	(      )	(      )		
		331		2,020	2,351	
造 林 (更 新)	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )	
		6.15	3.96		10.11	
保 育 (間伐を除く)	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )	
			52.74	48.36	101.10	
そ の 他	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )	
					0	
森 林 整 備 合 計	面 積 (ha)	(      )	(      )	(      )	(      )	
		20.87	56.70	86.37	163.94	
材 積 (m3)	(      )	(      )	(      )	(      )		
		2,452	0	4,100	6,552	

## (2) 木材搬出コストの低減

利用区域内で伐採した木材は、従来から国有林の売り払いにも活用されている22km先の木材市場（大衡総合センター）への搬出を想定しました。なお、搬出にあたっては、これまで中型規格のトラックで運搬してきたものを、大型規格のトラックで運搬することを計画しました。青野～岳山線は開設年度が古い2級規格の林道のため、縦断勾配や幅員等により大型車両の通行に不安があったことから、通行可否を確認しました。また、乗り入れたトラックを転回させるための転回場を設置することで、運搬車両の大型化が可能になりました。

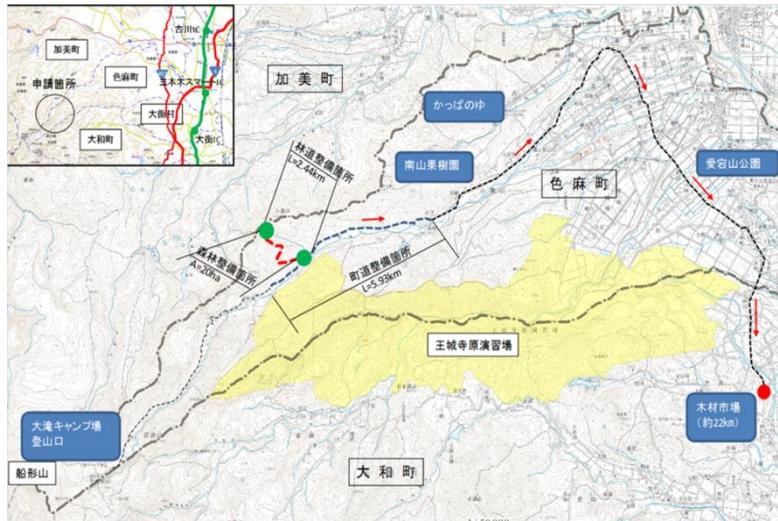


図6：搬出経路図

## 3 結果

施業システムの変化については、従来、人力による伐採と中型車両を用いた小出し搬出としていたところ、林道の整備により、高性能林業機械と大型車両を用いての一括搬出を可能としました。大型車両を用いることで、積載量の増加と積込み回数の減少を図り、施業システムの効率化を図りました。

作業効率の変化について比較するため、治山林道必携から運搬工のサイクルタイムと、時間あたり運搬量、貨物自動車の標準積載量を参考として算出しました。サイクルタイムについては、運搬状況による係数・運搬距離・積込み等その他の作業時間を元に  $C_m = \beta \times L + \alpha$  ( $\beta$ : 運搬状況による係数,  $L$ : 運搬距離,  $\alpha$ : 積込み等その他の作業時間) の算定式により算出しました。時間あたりの運搬量の算出は、サイクルタイム・1台あたり積載量・作業効率を元に  $V_t = 60 / C_m \times q \times E$  ( $q$ : 1台あたり積載量,  $E$ : 作業効率) により算出しました。4t車で作業した場合は、1日あたり18m<sup>3</sup>の運搬となるため、10年分の材積の搬出には361日必要となります。対して10t車で作業した場合、1日あたり46m<sup>3</sup>の運搬となるため、10年分の材積の搬出には141日必要となります。これらを比較すると、10年間でのべ220日の作業日数の減少が見込めることとなりました。効率的な森林整備のために設置した土場へ木材を集積し、大型規格のトラックでの運搬を選択することで運搬に係る作業日数が減少し、搬出コストが低減されたと考えられます。

4t	10t
<p>▶ <math>Vt=60/120 \times 5 \times 0.9</math>  <math>= 2.3 \text{ (m}^3/\text{h)}</math>  <math>= \times 8 \text{ h} = 18 \text{ m}^3/\text{d}</math></p>	<p>▶ <math>Vt=60/128 \times 13.8 \times 0.9</math>  <math>= 5.8 \text{ (m}^3/\text{h)}</math>  <math>= \times 8 \text{ h} = 46 \text{ m}^3/\text{d}</math></p>
<p>青野～岳山線から 6,500m<sup>3</sup> 搬出(10年間)</p>	
<p><math>= 6,500 / 18</math>  <math>= 361 \text{ 日 搬出のべ日数}</math></p>	<p><math>= 6,500 / 46</math>  <math>= 141 \text{ 日 搬出のべ日数}</math></p>

作業日数 のべ220日間の減少

図7：搬出コストの比較

#### 4 考察・結論

林道管理者としては、森林施業の効率化・低コスト化を図ることで、林業事業体の負担を減らすことが課題となります。

また、近年の極端な豪雨による災害等の増加に伴い、林道の被災延長が増加傾向にあることから、災害に強い林道への改良や、維持管理が必要となってきています。

# 全天球カメラやSNS等を利用して目指す立木販売の活性化

三陸北部森林管理署久慈支署 一般職員 ○石塚将貴  
一般職員 ○齋藤颯  
森林整備官 高橋和子  
一般職員 田口魁良

## 1 はじめに

近年、人工林の約半数が50年を超え、木材としての本格的な利用期を迎えています。こうした流れの中で、東北森林管理局で実施されている立木販売においても、今後より一層の推進を目指さなければなりません。

今回の研究では、東北森林管理局三陸北部森林管理署久慈支署（以下、久慈支署）における立木販売の更なる活性化を目的として、現行の入札公告等と併せて、全天球カメラやドローン、ソーシャル・ネットワーキング・サービス（以下、SNS）等の新たな技術・方法を活用した販売方法を工夫し、その効果を検証しました。

## 2 取組・研究方法

久慈支署で令和3年9月に実施した立木販売の公告期間中に、販売物件情報を全天球カメラやドローンで撮影、あるいは従来の入札案内等で用いられるものとは異なる図面を作成し、SNSにより発信しました。以下で、新たな取り組みを三つに分けてご紹介します。

なお、当該物件は岩手県久慈市山形町に位置し、3小班で合計3.14haという小さな物件をひと物件として販売しました。

### （1）全天球カメラによる販売物件の林内状況の撮影

全天球カメラで撮影する画像や動画は、一度の撮影で正面のみならず周囲まで収めることができます。そのため、全天球カメラで撮影した地点の林内画像は、実際にその場にいるような間隔で確認することができ、勾配状況や森林蓄積がイメージしやすいのではと考えました（図-1）。

撮影手順として、画像では標準的な林内状況が広がっていることを意識して撮影地を選出しました。また、標準木となる立木をあらかじめ設定しておき、胸高直径と樹高を計測しました。この計測データは、編集によって画像中に付加し、閲覧者に画像を見る際の参考としていただくことを想定しました。動画については、実際の搬出路を想定し、作業道の作設される箇所に沿って撮影を行いました。動画の中には文字が入れにくいいため、撮影ルート内で明瞭に映る立木には、樹高等を見る際の参考として隣に2mポールを設置しました。なお、当該物件は精密毎木調査により材積などが算出されており、仮に標準地調査であれば、調査地の撮影を検討していました（図-2）。

こうして、全天球カメラで繰り返し画像や動画の撮影を行い、ブレが生じていないこと、標準木がはっきりと映っていることを基準に、画像5枚、動画4本を公開用としました。

併せて、想定する搬出路の入口に当たる部分や取水管など、特徴的な箇所も参考用として通常の画像で用意しました。

補足として、現地案内は『国有林野の産物売払手続』（昭和25年農林水産省訓令第102号）により、実施の際には入札施行日の一週間以上前かつ近隣の森林管理署等との競合を避けた日時と集合場所を設定した上で、当日は販売物件に赴いて行うこととされているため、実際の現地案内も行った上での取り組みとなりました。



図-1 全天球動画における林内状況



図-2 全天球画像

## (2) 傾斜区分図、オルソ画像の作成

傾斜区分図は勾配状況を、オルソ画像は物件の林分状況を読み取ってもらうために作成しました。傾斜区分図とは、傾斜に色分けを施し、土地の勾配を分かりやすくした図面で、国土地理院がウェブ上で無償提供している基盤地図情報（電子地図の基礎となる位置データ）をもとに、QGIS（地図を表示できる地理情報システムのオープンソースソフトウェア）を用いて作成しています。また、この作成した図には、伐区や作業道などを表し、どの程度の斜面で施業するのかが分かりやすくする工夫を行いました。ただし、傾斜区分図については、地域間において国土地理院により提供されるメッシュデータが異なっており、5mメッシュの地域と比べて、10mメッシュの地域は完成時に荒い図面となっています。対象物件は10mメッシュのデータから傾斜区分図を作成したため、物件の周囲まで広範囲に入れることで、図面の荒さを抑えました（図-3）。

オルソ画像は、編集を加えていないものと、「撮影位置図」の2種類を作成しました。撮影位置図は、画像や動画に付されている番号と一致させ、公開されている画像や動画がどのあたりで撮影されたものなのかが確認できるようにしています。オルソ画像を撮影位置図として採用した理由は、仮に基本図や傾斜区分図上に撮影ポイントを表示すると、等高線やその他の情報と表示が被ってしまうと考えたためです（図-4）。

作成したどちらの図面も、グラデーションにより視覚的な分かりやすさを重視した図になっており、入札公告内の公売物件明細書や基本図と見比べることで、より物件のイメージがわきやすくなることをねらいました。

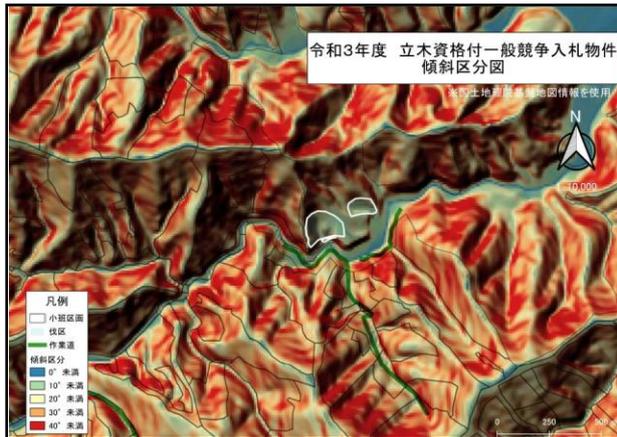


図-3 傾斜区分図



図-4 オルソ画像

### (3) SNS (Facebook、Twitter、Instagram) による発信

SNSは、前述した画像や動画、図面等を公開するにあたり、全天球のメタデータ、コンテンツの量、データ容量が、現行のCMS（現在、局署等で使用されているホームページ）では取り扱いにくかったことに加え、必要な情報を好きな時間に得られることから、採用しました。国内で普及しているSNSはいくつか種類がありますが、今回はその中でも国内で利用率が高く、画像、動画、テキストの発信が可能な3つ（Facebook、Twitter、Instagram）を選定しました（図-5、6、7）。なお、省内のSNSの利用は、『約款による外部サービスの利用に関する規程』（平成27年5月29日付け26評第719号）や『ソーシャルメディアサービスによる情報発信に関する運用手順』（平成27年5月29日付け26評第720号）等によって定められています。

それぞれのSNSに掲載したコンテンツは（図-8）のとおりです。各SNSの特徴を簡単に挙げると、1つ目のFacebookは、作成したアカウント上にホームページのようなイメージの、特設ページを作成することが可能です。2つ目のTwitterは短文の投稿を中心としたコミュニケーションが特徴で、各ユーザーは他のユーザーの投稿をリアルタイムに検索できます。3つ目のInstagramは、画像や動画を中心とした投稿が特徴で、若年者が多く利用しています。これらの中でも、全天球のメタデータに標準的な仕様として対応するFacebookが、発信のメインとなりました。



図-5 Facebook



図-6 Twitter



図-7 Instagram

### 3 結果

SNSを用いた情報公開は入札公告を掲載するタイミングで行い、入札公告期間の終了後は、SNS上の情報は速やかに非公開、削除としました。このほか、久慈支署の立木販売に係る競争参加資格者を対象にアンケートを実施し、今回の取り組みについて成果を確かめました。その結果、意見を聴取できた全事業者から、多くの好意的な意見をいただきました。具体的には、「販売対象物件の雰囲気良く伝わる」、「実際に現地へ行ったような気分になる」、「全天球の画像、動画になったことで傾斜がよく分かる」などの内容に関する意見をはじめ、「個人でも普段使いするSNSで公開されたことで、情報へのアクセスがより手軽になった」など情報へのアクセス向上に言及する意見も見られました。

さらに、SNS別に全体閲覧者数を確かめると、(表-1)のようになっており、Twitterが多く、Facebookが少ない結果になりました。



図-8 各SNSに掲載したコンテンツ一覧

SNS(閲覧多い順) 閲覧数	Twitter	Instagram	Facebook
閲覧数(全体)	287	23	11
事業者の閲覧数	7	3	9

表-1 各SNS別の閲覧数及び事業者の閲覧数

### 4 考察・結論

SNSの閲覧者に関して、年齢別、地域別といった分類分けはできませんが、表-1のような結果となった背景として、Twitterはキーワード検索の機能が充実しており、Twitterで発信した内容の多くが文章だったことから多くのユーザーの検索にヒットしたことが考えられます。同様にInstagramも、ユーザーの行動履歴から分析された利用傾向に合わせ、フォローしていないアカウントを「おすすめユーザー」として検索欄に表示する機能があり、立木販売を目的としない検索結果にも久慈支署のアカウントが表示された可能性があります。また、アンケートの集計結果から、TwitterとFacebookは事業者から閲覧されている一方で、Instagramはアカウントが無ければ利用できないことから、あまり閲覧されていない傾向にありました。このことから、TwitterとInstagramは一般の人々も目にする一方で、Facebookは買受希望者の閲覧数が大きな割合を占めたと思われます。また、アンケートに関して、回答した事業者と物件との距離関係に注目したところ、近隣の事業者は「実際に現地の山を見に行きたくなった」など、物件を下見する動機になると

いう主旨の意見を多く上げており、他方で、遠方の事業者は「現地案内の代わりとして役立つ」など、入札参加の判断材料として用いたいという意見が目立ちました。また、「全地球写真や動画をさらに充実させてほしい」という要望や、「土場に関する情報や異なる季節の画像もあるとなお良い」といった意見もいただきました。また、アンケート等からは、発信したコンテンツのうち、全地球の画像や動画が特に反響が大きいという印象を受けました。

以上を踏まえ、SNSは、CMSとともに発信ツールとして有用であり、特に、立木販売の活性化にはFacebookが良いことが分かりました。Facebookでは、全地球の画像や動画は、通常の画像をアップロードする手順で簡単に掲載でき、ページの運用や情報の付加も手軽に行うことができます。CMSだと、ツールバーアイコンにショートカットが置かれていない限り、高度な操作はHTMLやCSS等（いずれもプログラミング言語の一種）の知識が必要となる場合があります。簡便性もSNSの特徴といえます。しかしながら、全地球カメラを使用した撮影は枝への接触に注意を払わなければならない、撮影場所を選びました。また、ドローンやQGISの利用には習熟を必要とします。今後SNSを利用した発信として留意すべき点は、①Facebookのように全地球画像、動画（図－9）に対応したものを選定、②傾斜区分図は地域によって得られるデータが異なり、かつ近似する情報は全地球画像や動画でも得られるため必要に応じて作成する。③発信した情報の活用方法は物件と事業者の所在地によってある程度異なるため、近隣の事業者においては「見に行きたくなくなるコンテンツ」を、遠方の事業者においては「事業者目線による豊富な情報」を心がけることを意識する点が重要だと結論づけました。

今回の取り組みは、アンケートの調査結果からも、事業者から好意的な意見を多くいただいたところであり、「多くの情報を知りたいときに得られるという点」で、立木販売の活性化に繋げることができたと思います。



図－9 全地球カメラで撮影された林内状況

## 5 参考文献等

- ・国土交通省国土地理院基盤地図情報 <https://www.gsi.go.jp/kiban/>
- ・喜多耕一．業務で使う QGIS ver. 3 完全使いこなしガイド：全国林業改良普及協会
- ・林野庁．約款による外部サービスの利用に関する規程（平成27年5月29日付け26評第719号）
- ・林野庁．ソーシャルメディアサービスによる情報発信に関する運用手順（平成27年5月29日付け26評第720号）

# UAV を用いた治山事業（山腹崩壊地）における取組事例について

三陸北部森林管理署久慈支署 森林整備官 高橋和子

## 1 はじめに

森林土木分野を含む建設業全体の大きな課題として、技術労働者の高齢化に伴う労働力不足が挙げられます。未だ多くの作業を人力に依存するため、技術労働者一人当たりの負担は減少しておらず、改善の余地が多くあると考えられます。

また、全産業と比較しても依然として多い労働災害を減少させるためにも、ICTを取り入れた効率的・効果的な事業の実行、省力化につながる生産性の向上が急務となっています。

こうした状況の中、令和元年の台風19号により発生した大規模山腹崩壊地において実施したICTを活用した治山事業の取組事例を紹介します。

## 2 取組状況

当該地は、岩手県北東部に位置する久慈市久喜地区において発生した山腹崩壊です（図1）。

令和元年10月12日から13日にかけて、最大24時間雨量330mm、最大1時間雨量64.4mmを記録しました。この豪雨により斜面長約180m、幅約40mにおよぶ大規模な山腹崩壊が発生しました（写真1）。

この山腹崩壊により流出した土砂や倒木は直下の旧市道に被害を与えました（写真2、3）。また、崩壊地内部には不安定な岩塊が大量に堆積していたため、これが流出することで、さらに、直下の漁港施設にまで被害をおよぼす恐れがあったことから、早急な対策が求められました。

しかし、崩壊発生斜面は100m以上の高低差があり、切り立つ



た非常に急峻な崖地形の斜面で、内部に堆積している崩落土からの落石による事故が懸念されたため、調査員の立ち入りによる調査が困難でした。

そこで、安全かつ迅速に測量を実施するため、UAVによるレーザー測量と空中写真測量を活用した測量設計業務を採用しました。

このUAVを活用した測量設計業務では、通常の施工管理に必要な基準物が現地に設置できないことや施工者及び監督職員の安全を確保する観点から、施工管理においても空中写真測量により行うこととしました。検査も同様に、測量から得られた3Dモデルを活用して実施することとしました。



写真2：立木が堆積した被災状況



写真3：土砂崩落した被災状況

UAVを用いた施工管理については、これまで国有林における前例がなかったことから、国土交通省で作成した要領を基準として実施することとしましたが、法枠高の品質管理は、活用が広がっている土工と異なり、構造物の管理が必要となることから、全てにおいてUAVを活用することはできませんでした。

このため、今回の施工管理に適用したのは表1のとおりとなっています。おおむねUAVによる管理は可能ですが、鉄筋の配置管理や掘削、モルタル注入等の出来高管理など、活用が困難と判断したものについては、写真や立ち会いにより実施しました。

### UAVで可能な施工管理のまとめ

工種	管理項目	UAV管理	備考
土工	切土整形中の進捗管理	可能	
	切土勾配の品質管理	可能	
	切土整形後の出来形管理	可能	
法枠工	法枠配置確認	可能	
	鉄筋の配置管理	困難	
	法枠出来高寸法確認	可能	枠内吹付は困難
鉄筋挿入工	掘削、材料挿入、モルタル注入等の出来形管理	不可能	
	施工後の偏心量計測	可能	
	鉄筋挿入工の本数確認	可能	

表1：施工管理まとめ

## 3 結果

### (1) 測量設計業務

当該施工地において、通常の調査を実施したと仮定した場合、現地調査に10日程度を要すると想定されました。これが実際のUAV活用により、通常の測量設計業務で

は必要のない対空標識の設置や事前の調査フライトを含めても1日で調査を終了することができました(表2)。

このことから、現地調査においては大幅な時間の短縮や作業員の安全確保が図られたものと考えています。また、レーザーを使用したことにより、通常の踏査では確認することができない微地形の把握が可能となるなど、より精度の高い調査ができる大きなメリットがありました。

一方で、強風や雨でUAVは飛行できないため「調査を実施する日が限られる」、「機材の初期投資やメンテナンス費用が高額である」、「調査地に基準物が設置できないため、施工者に高度な技術が求められる」等といった課題もありました。

従来(人力)		UAV	
準備・測量	技師3名 10日	対空標識設置 事前確認フライト 計測 確認	技師2名 1時間 30分 20分 10分
合計	技師3名 10日	合計	技師2名 2時間

表2：測量設計業務における試算

## (2) 施工管理

当該施工地において、通常の施工管理を実施した場合、起工測量から出来形測量まで17日を要すると想定されました。これをUAVで実施した場合と比較すると、現地調査については、あまり差が生じない結果となりました。これは、通常の測量には必要のない基準点測量や評定点の設置・管理といった業務が追加されることが大きく影響しています。

しかし、実施に必要な人数は表3で試算した数字に見られるように、半分程度に収まるなど、大幅な縮減が期待できることや、測量業務と同様に作業員の安全を確保する上では、大きなメリットがあると考えられます。

従来(人力)		UAV	
基準点測量 起工測量(面積) 掘削土量(断面線) 出来形測量(面積) (枠出来形)	技師3名 10日	標定点設置 撤去 測量 確認 写真測量(起工) (掘削後) (法枠出来形) 起工測量(面積) 土量計算 3次元出来形計測 (面積) (枠出来形)	技師2名 1時間 30分 20分 10分
合計	技師3名 10日	合計	技師2名 2時間

表3：施工管理における試算

#### 4 考察

今回のUAVの活用では、測量設計業務において多くのメリットがあったと考えています。一方で、この時間の短縮に伴う人件費の削減は発注単価の低下に繋がるものの、測量に必要となる機材は正確な測量を実施するために、5年程度での更新が必要であり、通常時のメンテナンスにも費用がかかることから、設計単価の適切な価格決定が必要です。

施工管理についても、必要な基準物が設置できないことにより高度な技術を必要とされるなど、施工者が限定されてしまう可能性があることから、UAVと現地測量を組み合わせた新たな測量方法の検討が必要だと考えています。

このほか、施工管理や検査方法においてもUAVを活用した場合の手法を決めておく必要があると思われます。例えば、今回の施工管理においては、紙とデータでの提出を求めましたが、UAVを活用した場合は3Dモデルのみの提出を認めるなど、より効率性を図る見直しを進めていく必要があることを実感しました（図2）。

UAVを活用して測量や施工管理を実施するためには、飛行可能区域であるという大前提のもと、規模や場所によってはUAVが効率的ではない可能性も考慮しながら、状況に応じた取り組みをしていくことが大切になると考えています。

今後、さらにUAVを活用して、測量設計や施工管理を実施していくためには、発注者・設計者・施工者3者の技術力の向上が必要不可欠です。

今回、当現場においては、発注者の活用技術の向上と理解を深めるため、岩手県内の各署治山担当者や岩手県職員を対象に勉強会を実施しましたが、参加者からは「治山事業への活用事例を知るよい機会となった」「ドローンの自動航行や測量について実例や作業の一部を見ることができてよかった」といった意見も出されたところであり、こうした勉強会の開催についても

	従来方法	3Dモデル活用型
施工管理	展開図や平面図の提出（紙ベース）	3Dモデルに表示
検査	現地検査	3Dモデル及び写真

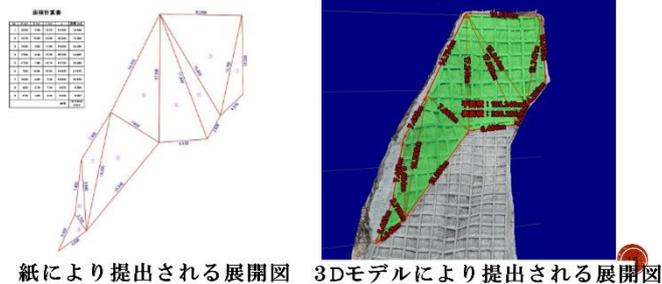


図2：施工管理方法の比較



写真4：現地の説明（勉強会）

引き続き検討していきたいと思  
います。

さらに、UAVを活用した取  
り組みを増やし、データを蓄積  
しながら、活用技術の向上を図  
っていきたいと思います。



写真5：自動航行プログラムの説明（勉強会）

# 海岸防災林における一元的管理手法の検討 ～民国共通した管理経営方針策定に向けて～

庄内森林管理署 森林官補（羽黒担当区） 宮崎怜

## 1 はじめに

### (1) 庄内海岸林の概要

庄内海岸林は、鶴岡市、酒田市、遊佐町の2市1町にまたがり、強風や飛砂から庄内地域を守る海岸防災林で、延長約34km、面積約2,400ha（国有林面積833ha）と広大な森林面積を有しています。

現在はクロマツ林が広がる庄内海岸林ですが、江戸時代から様々な人たちが防砂のための植栽を続けてきています。昭和20年代には戦中戦後の荒廃による飛砂被害の甚大化から海岸防災林造成を望む声が高まり、昭和25年に海岸前線部約300haを国有林として採納し、昭和26年に国営治山工事が開始されました（庄内森林管理署1983）。国営事業が行われた前線部は植栽木の生育や成長を阻害する強風や飛砂の激しい過酷な環境で、植栽したクロマツが1年で30cmもの砂に埋もれたとの記録（庄内森林管理署1983）があるほど植栽木を取り巻く環境の改善は大きな課題でした。そこで、当時の酒田営林署長であり、「海岸砂防の父」と称される富樫兼治郎が確立した手法により、植栽木への強風や飛砂を遮るための前砂丘・主砂丘という人工砂丘造成や、砂の移動を固定する砂草植栽が行われました。その結果、植栽条件が大きく改善され、クロマツ林造成を成功させたのです。

海岸防災林造成は約20年の歳月を経て完了し、現在はクロマツ林の維持管理が施業の中心となっています。また、以上のような歴史的背景から、国有林は前線部の多くを抱えることとなりました（図1）。

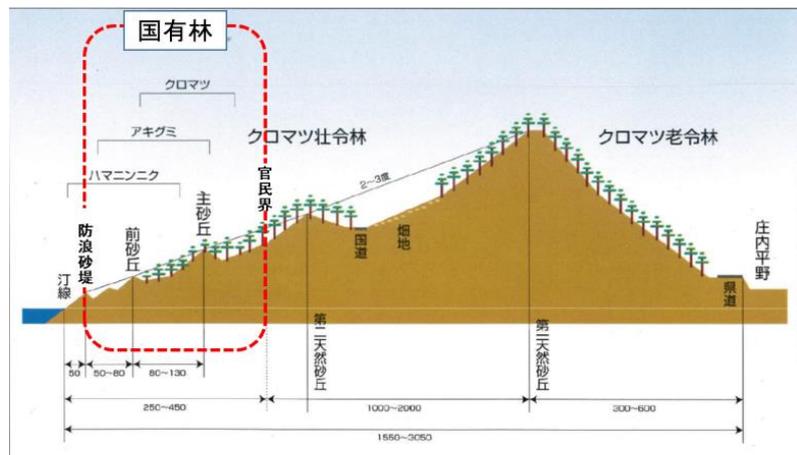


図1. 庄内海岸林の一般的な横断図

しかし、かつては様々な人の手が入り管理されてきた庄内海岸林ですが、燃料革命による生活資材としてのクロマツの需要がなくなる等の時代の変化に伴い管理が滞っていきました。例えば国有林では本数調整が行き届かず形状比や枝下率が上昇し、防風機能の低下や風雪害のリスクが高い林分が形成されています。さらに、昭和50年代からは松くい虫被害が発生し、クロマツ林の荒廃が危ぶまれてきました。そのような中、平成14年に庄内海岸林の公益的機能を地域全体で守るため、「出羽庄内公益の森づくりを考える会」が発足し、行政機関、教育機関、ボランティア団体などの関係団体が海岸林保全に向けた情報交換や議論をする場が生まれ、協同体制構築のための取組が開始されました（出羽庄内公益の森づくりを考える会2019）。

## (2) 目的

庄内海岸林は地域全体の公益に関わるため、一体として多面的な機能を発揮できるように、民国の連携はもちろんのこと、適期に適切な管理を行っていくことが重要です。しかしこれまでは、①明確な基準がないことから実施が担当者の判断に委ねられていた、②民国がそれぞれの経験や基準によって異なる施業方針を取ってきた、③施業の中心が海岸林の造成から維持管理へシフトしている、④松くい虫被害への対応など海岸林を取り巻く状況が変化している、などから現状のままでは適切な管理がしにくいことが問題となっており、民国が海岸林管理のための共通の方針を持ち、現状に即しながら一体的な管理を行うことが必要かつ課題となっています。令和3年度には民国共通の方針策定に向けて、公益の森づくりを考える会に「庄内海岸林施業管理部会」が立ち上がりましたが、まず民国間の作業方法の違いや見直しが必要な作業種の洗出しが進められることとなりました。そこで本研究では、共通の方針の策定の第一歩として、1. 民国で方法の異なるまたは見直しが必要な作業種を明らかにし、2. 関係者とともに、方針策定に向けた今後の課題及び具体的な対応について整理・検討することを目的としました。

## 2 研究方法

まず、民国における現在の施業の実施基準等を整理表にまとめました（表1、2）。次に、整理表をもとに、国有林の担当である山形県庄内総合支庁、「庄内海岸林施業管理部会」部会長、海岸林管理を専門としている森林総合研究所東北支所の萩野先生と当署で3回にわたる協議を重ね、共通の方針策定に向けた今後の課題及び方向性について議論しました。

## 3 結果

まず、地拵え、植付、下刈では、植付本数が異なることが明らかとなりました。国有林では前線部で10,000本/ha、内陸で5,000本/haであるのに対し、国有林では2,500本/haとなっていました（表1）。

表1. 民国現行施業の整理表抜粋

	地拵え	植付	下刈	基準
国有林	天地返し	5,000~10,000本/ha	樹高と雑草木高が同程度以上、おおよそ6年	・治山技術基準 ・造林事業手引書、 方針書
民有林	天地返し	2,500本/ha	被圧がなくなるまでの間 おおむね5年程度まで 全刈、坪刈、筋刈	・治山技術基準 ・庄内海岸林施業 管理指針
相違の有無	無	有	大きな差はない	

つる切り、枝打ち、本数調整伐については、つる切りと本数調整伐で実施基準や方法が異なっていました（表2）。つる切りは国有林では成林後にも必要に応じて行っていました。本数調整伐については、実施基準が民有林では植付後の年数であったのに対し、国有林では林冠高となっていました。加えて、調整本数や回数、目標密度といった方法にも違いが見られました。庄内海岸林では、歴史的に除伐が本数調整として扱われることもあ

り（例えば、庄内森林管理署（1983）35頁）、民有林では除伐と本数調整伐の明確な区別がありませんでした。枝打ちについては、民国で基準等は共通していたものの、松くい虫被害防止の観点から現状に即した方法を検討すべきとの意見がありました。

表2. 民国現行施業の整理表抜粋（つる切り、枝打ち、本数調整伐）

	つる切り	枝打ち	除伐 (本数調整伐)※	本数調整伐	基準
国有林	下刈と併せて その後必要 に応じ	枯れ上がり開始から 除伐と併せて枯 枝除去、下枝率1/3、 車枝を4段以上残 し地上2mまで	林冠高3.0mで7,500本/ha～ 5.5mで2,500本/haなど林冠高 に応じた本数調整		・治山技術 基準 ・造林事業 手引書、方 針書
民有林	下刈と併せて	枯れ上がり開始から 除伐と併せて枯 枝除去、下枝率1/3、 車枝を4段以上残 し地上2mまで	植栽後8年程度 に1回 30%程度除伐し、 1,500本/haまで	除伐と同じ※	・治山技術 基準 ・庄内海岸 林施業管理 指針
相違の有無	有	無→要見直し	有	有	

#### 4 考察・結論

##### (1) 植付

植付本数が民国で異なっていましたが、これは前述のとおり、国有林では風などの環境の極めて厳しい前線部を多く抱え、民有林では内陸部を多く抱えているといった環境の違いを反映しているものと考えられます。前線部（特にクロマツ林最前線）では、厳しい環境の中でいち早いうっ閉と防風機能の発揮のために高密度植栽が行われてきており、風の厳しい環境では引き続き高密度植栽が必要と考えられます。一方で、海岸防災林造成の完了に伴い、植栽環境が大きく改善していること、松くい虫の被害跡地といった成木に囲まれた林分内への植栽が求められることなど、前線部においても風環境が緩和され、本数削減の検討が可能な状況もあります。よって、担当者が植栽箇所の状況に応じた植付本数を

表3. 植付本数選択加点表の一部

植栽本数	点数
2,500本/ha植栽	10点以上
5,000本/ha植栽	5～9点
10,000本/ha植栽	4点以下

項目	条件	加点
犠牲林を除く、林内のギャップである。	周囲を健全木で囲まれている。	5
	林縁、激害地等、周囲に健全木ない場合を含む。	—
風上に林冠高3m以上の林帯がある。	幅70m以下(密:防風効果高い)	2
	幅70m以下(疎:防風効果低い)	1
	幅70～150m(密:防風効果高い)	4
	幅70～150m(疎:防風効果低い)	3
	幅150m以上(密:防風効果高い)	6
	幅150m以上(疎:防風効果低い)	5
	林冠高4.5m以上である。	2
	林帯がない	—
風上に人工砂丘がある。高さ:h(m)	丘頂からの距離が、25×h(m)の内側	2
	丘頂からの距離が、25×h(m)の外側	1
	被災し機能していないが修繕予定あり	1
	ない又は機能していない	—

選択できるような共通の基準の導入が必要と考えました。具体的には、植栽木に影響を与える風に関連した因子ごとに加点方式で本数選択できる表を考案しました(表3)。来年度以降、表による決定本数と実際に現場で検討した植栽本数に相違がないか確認のうえ、因子や点数配分を精査していくこととしています。

低密度植栽は植付コストや本数調整回数の省略というコスト削減につながる一方、下刈回数の増加や、侵入木除去など追加コストも考えられることから、植栽後の施業の整理とコスト計算も課題となります。実際の積算単価をもとに、地拵えから5回目の列状本数調整伐までの直接経費で計算し、10,000本/ha(下刈4回、本数調整5回)と5,000本/ha(下刈6回、本数調整3回)で比較したところ、約30%のコスト削減が見込まれたため(図2)、低密度植栽による低コスト化の可能性が明らかとなりました。今後はより具体的な施業方法の検討などにより精査してまいります。

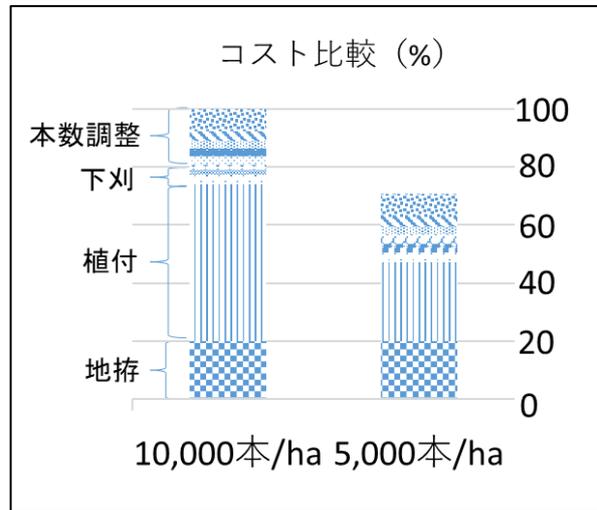


図2. 植栽密度間のコスト比較

### (2) 本数調整伐

植栽本数の違いもあり、実施基準や調整本数等が民国で異なっていました。本数調整の目的は、過密化(形状比や枝下率の上昇)を防ぎ、目標の林型へ誘導していくことにあります。森林総合研究所(2011)によると、過密化は上長成長に伴って生じることが知られているため、クロマツの成長に合わせた適期や調整本数の選択が求められます。よって、治山技術基準(林野庁2015)や森林総合研究所(2011)で示されているように、植付後の年数ではなく林冠高を基準とした施業実施及び調整本数の判断が必要と考えました。そのため、図3の林冠高に応じた適正密度を参考にしつつ、庄内海岸林の現況調査による目標林型の精査や風速の計測も合わせた環境に応じた目標林型の検討なども行いながら、民国共通した基準の導入を目指します。

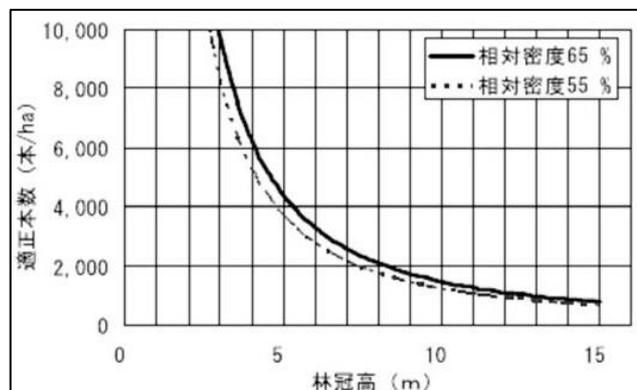


図3. 林冠高の適正本数の関係  
(森林総合研究所 2011)

庄内海岸林では除伐が本数調整伐として扱われることがあり、実際に民有林の基準では区別がありませんでした。一般的に除伐は、不良な植栽木や侵入した雑木などを伐倒・除去することを言い(東京農工大学農学部・森林・林業実務必携編集委員会編 2021)、本数調整伐とは目的が異なります。低密度植栽では、灌木等の侵入が増加することが予想されることから、両者の線引きを行い、侵入木等除去のための除伐を設定できるよう関係者とともに検討してまいります。

### (3) つる切り

つる切りは、被害を受けやすい下刈時期を中心に行われてきましたが、クロマツの肥大

成長の阻害や病虫害防止の観点から、成林後においても行う必要があるとの意見がありました。今後は必要に応じて成林後の実施、特に作業の効率性が上がることから本数調整伐等との組み合わせを念頭に検討してまいります。

#### (4) 枝打ち

防風機能の向上や病虫害防止等のために行いますが、極力手を加えないことを前提としていたクロマツ林最前線ではこれまで行われてきませんでした。しかし、クロマツ林最前線は高密度植栽の影響で枯れ枝が多く発生しており、枝下率が高い状況です。枯れ枝の放置は松くい虫被害を誘発する恐れがあり、実際にクロマツ林最前線でも松くい虫被害が発生しています。健全な枝張りによる防風機能の発揮や松くい虫被害を防止するために枯れ枝除去が実施できるよう検討してまいります。

#### (5) まとめと今後の展望

現行施業の整理及び関係者との協議の結果、民国で異なる作業種や見直しが必要な作業種を明らかにし、今後の対応について整理することができました。植付本数と本数調整伐では、担当者の属人的な判断によらず、環境に応じた適切な施業の実施を可能にするため、表2の植付本数選択のための加点表や図3のような林冠高に応じた目標本数の設定など明確な基準の導入を目指します。つる切りと枝打ちでは、現状の問題点を共有することで新たな実施基準の追加など、よりよいものに見直す検討をすることができました。例えば枝打ちでは、これまで前線部ではあまり手をかけないという認識をアップデートし、松くい虫被害防止のため、専門家からの後押しも受け、実施を検討するに至りました。

本研究は、民国共通の施業方針の策定という目標に向けた今後の対応方針をまとめたものに過ぎません。しかし、本研究の過程で関係者と議論を重ねたことにより、民国の連携を一層強化し、共通の認識を醸成させることができました。さらに、これまでの国有林の施業を見直し、加点表の考案など新しい取組の一步となりました。本結果が共通の方針策定に向けた議論の発展の一助となることを期待しつつ、国有林としては今後も関係団体と協力・協議を重ねながら実地調査や精査・検討を続けることで、よりよい方針の策定に向けて邁進してまいりたいと考えています。

最後に、山形県庄内総合支庁森林整備課様、庄内海岸林施業管理部会部会長様、森林総合研究所東北支所萩野様（協議への参加、情報提供等）、ご協力をいただき御礼申し上げます。

## 5 参考文献等

林野庁（2015）治山技術基準（防災林造成編）。[https://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/gijutu\\_kijun.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/gijutu_kijun.html), 2021年2月16日確認

森林総合研究所（2011）クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方—本数調整と侵入広葉樹の活用—。森林総合研究所 第2期中期計画成果 24

出羽庄内公益の森づくりを考える会（2019）庄内海岸林松原再生計画～公益の森がつくる豊かな暮らし～。出羽庄内公益の森づくりを考える会, 山形

庄内森林管理署（1958）海岸治山事業概要。庄内森林管理署, 山形

東京農工大学農学部、森林・林業実務必携編集委員会編（2021）森林・林業実務必携第2版。朝倉書店, 東京

# 寒冷地における早生樹の生育可能性について

仙台森林管理署 一般職員 ○高橋蓮  
地域技術官 小林哲也

## 1 はじめに

立木価格が低水準で推移する中、森林経営の改善に資するため、早生樹が注目されています。近年研究が進められているコウヨウザン（中国・台湾原産<sup>1)</sup>）については、寒冷地において植栽された事例が少なく、植栽適地や分布限界を明らかにするための検証が十分になされていないのが現状です。仙台森林管理署は、平成30年度に設定した試験地に早生樹を植栽し、その生育状況等について調査を行ってきました。令和元年度の発表<sup>2)</sup>では、気象観測・耐凍性評価・成長量調査の結果、コウヨウザンについては試験地（以下、当試験地という。）が山田ら(2017)<sup>1)</sup>の「コウヨウザンの所在地から見た気候条件」（以下、コウヨウザンの気候条件という。）には適合せず、積雪や最低気温 $-5^{\circ}\text{C}$ を下回る気候条件下であってもほとんど枯死せずに越冬可能であることを明らかにしました。引き続き調査を行い、今回の発表では寒冷地におけるコウヨウザンの成長特性について他事例との比較を元に検証しました。

なお、当試験地は、当署、株式会社村井林業、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター東北育種場（以下、東北育種場という。）及び宮城県林業技術総合センターの4者により平成30年3月13日に「早生樹の共同研究に関する協定」を締結したものです。

## 2 取組・研究方法

### (1) 当試験地の概要

当試験地は、株式会社村井林業と契約した分収造林地であり、所在地は宮城県刈田郡七ヶ宿町刈田嶽国有林357林班る小班、標高575m、面積1.37haです。成長量を比較するため、同様の時期に植え、同様の気候条件である、試験地から約8km離れたスギの植栽地（宮城県白石市深谷字白萩山国有林323林班は1小班、標高630m、面積0.59ha）を比較対象としました。

### (2) 調査方法

当試験地において①～③の調査を行い、コウヨウザンが植栽されている宮城県大崎市の植栽地と、岡山県新見市の試験地のデータを用いて気候と成長量の比較を行いました。

#### ① 気象観測

当試験地に気象観測装置 Weather Station Vantage Pro 2 (Davis社 アメリカ)を設置し、平成30年4月から令和3年12月までの温度、雨量、風向、風速、湿度のデータを計測しました。

また、アメダス白石観測所における月平均気温<sup>3)</sup>と当試験地における月平均気温

の差を求めその年間平均値を補正值として、1ヶ月の間に1日でもデータの欠損がある場合は、その月についてアメダスの月平均気温に補正值を加減した数値を試験地の月平均気温として使用しました。

降水量のデータについては、国土数値情報<sup>4)</sup> 1 km メッシュから取得した試験地の平年月別降水量をアメダス白石観測所の平年月別降水量で割り返し、月別補正值を計算して、試験地の月別降水量を算出しました。

## ② 積雪深の測定

冬期間の降水量を把握するのが困難なため、試験地の積雪層に測量ポールを当てて撮影した写真から積雪深を読み取りました。

## ③ 成長量調査

東北育種場及び宮城県林業技術総合センター協力の下、当試験地において植栽樹種の標準地調査を行い、樹高・根元径・枯損木の有無・枯損の原因を確認しました。材積の計算については、青森営林局の立木材積表(1961)<sup>5)</sup>を参考に、細田ら(2010)<sup>6)</sup>が開発した幹材積計算プログラムにより計算しました。

## 3 結果

### (1) 気象観測

平成 30 年 4 月から令和 3 年 8 月までの試験地の月平均気温とアメダス白石観測所における月平均気温の差の平均値は $-2.1^{\circ}\text{C}$ であり、これを補正值としました。試験地における平年の年平均気温・暖かさの指数・寒さの指数については、アメダス白石観測所の平年の年平均気温から補正值を差し引きました。

当試験地の年平均気温・暖かさの指数・寒さの指数については、表 1 のとおりです。また、その他に当試験地の最低気温は令和 3 年 1 月 7、8 日の $-7.8^{\circ}\text{C}$ で、平均風速は秒速 0.9m でした。

表 1：試験地の年平均気温、暖かさの指数、寒さの指数、降水量

	年平均気温(°C)	暖かさの指数(°C・月)	寒さの指数(°C・月)	年降水量 (mm)
平成 30 年	10.4	83.1	-18.1	1,148
令和元年(平成 31 年)	10.2	78.9	-16.1	1,564
令和 2 年	10.4	79.2	-14.3	1,601
令和 3 年	10.3	78.3	-15.2	1,204
平年(推定)	10.0	77.4	-17.1	1,372

比較対象としたコウヨウザンの各植栽地の平年の雨温図は、図 1 のとおりです。当試験地から最も近い場所にある宮城県大崎市の試験地もコウヨウザンの気象条件に適合していないことがわかります。年降水量については、当試験地よりも宮城県大崎市の方が多くなっていますが、12 月から 3 月までの冬期間の降水量は当試験地の方が多く、積雪量の違いによるものと示唆されます。また、宮城県大崎市で植栽後、最も気温が低かったのは、令和 3 年 1 月 9 日の $-8.6^{\circ}\text{C}$ で、当試験地の最低気温よりも約 $1^{\circ}\text{C}$ 低かったです。積雪深については、土地所有者である有限会社鎌田林業土木によると、平年は約 30cm ですが、令和 2 年度の冬期間は積雪量が多く約 50cm あったとのこと

す。また、土壌の水はけはよく、湿地ではないとのことでした。

岡山県新見市の試験地は、年平均気温・暖かさの指数・寒さの指数全てがコウヨウザンの気候条件に適合していました。また、降雪は確認されていません。

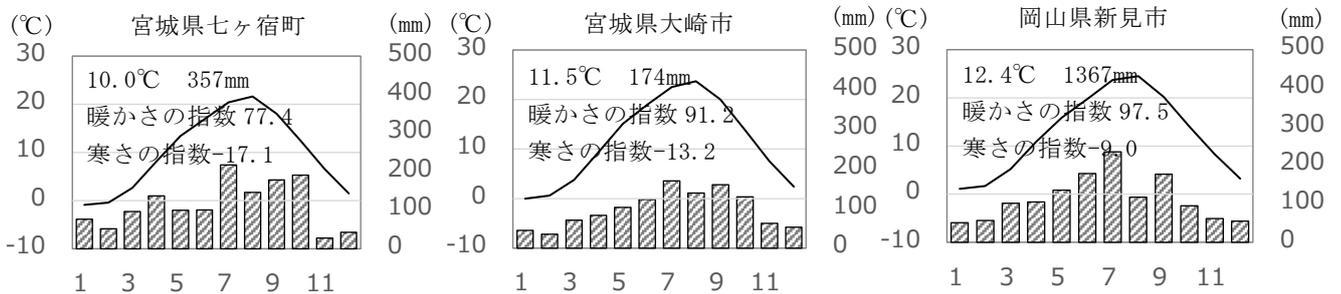


図1：当試験地及び比較対象としたコウヨウザン植栽地の平年の雨温図  
(当試験地以外は、植栽地から最も近いアメダスのデータを使用して作成。  
左側の縦軸が平均気温、右側の縦軸が平均降水量、横軸が月。)

### (2) 積雪深の測定

降雪時に当試験地の積雪深を測定した結果、平成30年12月28日は約30cm、令和3年1月14日は約15cmの積雪でした。ただし、現地は一部に吹きだまりがあり、斜面など場所によっては約50cmの積雪でした。

### (3) 成長量調査

試験地へ植栽した全樹種の活着率は表2のとおりで、コウヨウザンについては86%でした。シラカンバやユリノキについては、越冬後の折損や枯損があり、これらはそれぞれ雪害・凍害として集計しました。

表2：植栽木の活着率及び主な枯損原因

樹種	コウヨウザン		シラカンバ		ユリノキ		スギ			
	ha 当たり植栽本数(本/ha)	活着率	活着率	活着率	活着率	活着率				
ha 当たり植栽本数(本/ha)	2,000	86%	3,000	82%	1,000	73%	1,000	500	63%	2,200
主な枯損原因	消失(93%) 刈払い(7%)		折損(67%) 被圧(33%)	折損(38%) 雪害(31%)	凍害(38%) 被圧(38%)	被圧(80%) 凍害(20%)	不明(82%) 折損(9%)			

コウヨウザン及びスギの個体サイズの経年変化については、図2のとおりです。コウヨウザンは、植栽当初は根元径よりも樹高の成長の方が早くなっていますが、その後は根元径の成長が大きく、通年で線形近似しています。同林齢のスギと比べると、樹高の成長はコウヨウザンの方が旺盛で、根元径の成長はスギの方が旺盛である傾向が読み取れます。

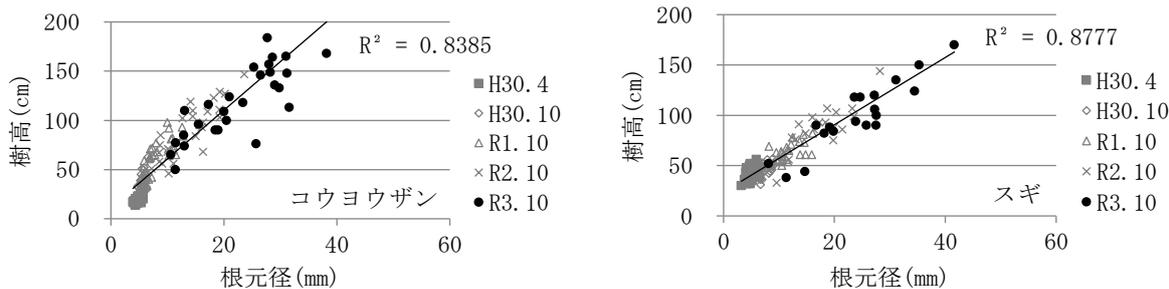


図 2 : コウヨウザン及びスギの個体サイズの経年変化

各樹種の平均樹高、平均根元径及び形状比については、表 3 のとおりです。コウヨウザンとシラカンバは、2 成長期を過ぎるまで形状比が大きくなり、その後は小さくなっています。それ以外の樹種については、樹高成長に対して根元径の成長が旺盛で、成長するにつれて形状比が小さくなっています。また、平均樹高については、2 成長期を過ぎると、コウヨウザンはスギよりも大きくなりました。平均根元径についてはいずれの期間も、コウヨウザンはスギとほぼ同程度か、スギよりもやや小さくなっていました。最も大きい個体は、樹高約 2 m で、曲がりがなく通直でした。

表 3 : 各樹種の平均樹高、平均根元径及び形状比

	コウヨウザン	シラカンバ		ユリノキ		スギ	
ha 当たり植栽本数(本/ha)	2,000	3,000	1,000	1,000	500	2,200	
平均樹高 (cm)	平成 30 年 4 月	20.2	69.8	73.2	64.2	64.6	42.7
	平成 30 年 10 月	38.0	115.3	125.2	76.3	78.3	45.3
	令和元年 10 月	64.0	181.1	202.7	101.2	122.8	64.0
	令和 2 年 10 月	89.8	269.4	302.9	157.4	198.9	86.7
	令和 3 年 10 月	118.4	354.5	420.1	271.5	372.6	99.6
	成長率(倍)	5.9	5.1	5.7	4.2	5.8	2.3
	スギを 1 としたときの割合(倍)	1.2	3.6	4.2	2.7	3.7	1.0
平均根元径 (mm)	平成 30 年 4 月	4.9	8.8	8.5	5.6	5.8	5.0
	平成 30 年 10 月	5.6	12.6	12.5	7.8	8.3	7.5
	令和元年 10 月	8.3	21.5	22.6	17.0	21.8	11.9
	令和 2 年 10 月	13.9	39.4	39.0	34.9	40.7	17.2
	令和 3 年 10 月	22.5	57.1	59.7	56.2	73.2	24.1
	成長率(倍)	4.6	6.5	7.0	10.1	12.6	4.9
	スギを 1 としたときの割合(倍)	0.9	2.4	2.5	2.3	3.0	1.0
形状比	平成 30 年 4 月	41	79	86	115	111	85
	平成 30 年 10 月	68	92	100	98	94	61
	令和元年 10 月	77	84	90	60	56	54
	令和 2 年 10 月	65	68	78	45	49	50
	令和 3 年 10 月	53	62	70	48	51	41

「スギを 1 としたときの割合」については、スギに対する各樹種のデータの割合を示したもので、コウヨウザンはスギとほぼ同程度でしたが、シラカンバとユリノキ

は、スギの約2～4倍の大きさでした。

冬期間は、積雪によりコウヨウザンの一部は雪に埋まっていた。越冬後は植栽本数の約15%で先枯れが発生していましたが、先枯れ箇所はほぼ全ての個体で萌芽成長しました。

また、初期成長の段階で先枯れ箇所が萌芽成長した個体は、主軸を二股かそれ以上に枝分かれさせて成長し続けています。こうした「先枯れ・萌芽」を含む「主軸分かれ」の個体と、雪圧による影響を受けたと考えられる「幹曲がり」の個体は、どちらも通直に成長せず、活着個体のうち約半数を占めていました（写真1参照）。



写真1：越冬・萌芽後のコウヨウザン  
（左：枝分かれ、右：幹曲がり）

近畿中国森林管理局において、表4のとおり岡山県新見市の事例が公表されています<sup>7)</sup>。植栽時の苗の大きさが当試験地と異なることから、植栽時を1としたときの成長率の違いについて比較したところ、樹高の成長率は当試験地の方が高く、根元径の成長率は岡山県新見市の方が高いことがわかりました。形状比については、当試験地と概ね同程度の大きさでした。

表4：岡山県新見市のコウヨウザンの事例

	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比
植栽時	51	9	57
4成長期	210 (4.1倍)	47 (5.2倍)	45

また、宮城県大崎市のコウヨウザンは表5のとおりで、平成31年の春に植栽され、宮城県が調査<sup>8)</sup>を行っています。3成長期時点のコウヨウザンの成長量について比較すると、当試験地の平均樹高・根本径の各成長率が4.4倍、2.8倍であったのに対して、宮城県大崎市では9.7倍、8.8倍と当試験地よりも2～3倍高いことがわかりました。

表5：宮城県大崎市岩出山のコウヨウザンの事例

	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比
植栽時	21	4	53
3成長期	204 (9.7倍)	35 (8.8倍)	58

#### 4 考察・結論

当試験地においてシラカンバ及びユリノキについては、スギと比較して2～4倍の成長が確認されましたが、コウヨウザンについては半数以上の個体が通直に成長せず、スギと同程度の成長率でした。一方で、コウヨウザンの気候条件に適合していないにも関わらず、成長率や樹形が良い事例（宮城県大崎市）が確認されました。このことから、初期成

長段階におけるコウヨウザンの成長量には、気候以外の条件も関係しているのではないかと考えられます。

コウヨウザンは水はけの良い土壌を好みます<sup>9)</sup>。宮城県大崎市の植栽地は農業用地付近の黒ボク土で水はけが良い一方、当試験地は褐色森林土壌で岩が多く出る地質のうえ降雨時には水たまりが発生するなど水はけの良い場所ではありません。

また、コウヨウザンは日当たりを好み<sup>10)</sup>、宮城県大崎市の植栽地は平坦で周囲が開けているため日当たりが良いですが、当試験地は東向きの斜面で、スギ林に隣接しているため日射量が比較的少ない可能性があります。

以上のことから、コウヨウザンの気候条件を満たしていない場合であっても、土壌条件や日照条件など他の条件を満たしている場合は、寒冷地であっても初期成長量が大いのではないかと考えられます。これに対して、土壌条件や日照条件を満たしていない場合は、初期成長量が少なく、最低気温の低さや積雪深などの気候条件が樹形へ大きく影響しているのではないかと考えられます。したがって、南方由来のコウヨウザンは、寒冷地において気候以外の条件も初期成長に大きく作用する可能性が示唆されました。

コウヨウザンは積雪時には樹冠に雪が付着し、樹冠が傾いて垂れ、幹が曲がりやすく<sup>11)</sup>、枝打ちを行う必要性や実施方法等を検証するなどの課題があります。さらに、今後は、保育段階では主要樹種より早く成長するのか、収穫段階では用材利用可能か、また、用材利用可能な林分へと成長するのか検証する必要があります。

## 5 引用文献

- 1) 山田浩雄・安部波夫(2017). コウヨウザン、センダン、キハダ、ウルシ、イタヤカエデ、ウダイカンバの所在地データベースの作成. 平成 29 年度森林総合研究所林木育種センター年報
- 2) 小林哲也・橋本敏之(2019). 寒冷地における早生樹の育成について. 令和元年度森林・林業技術交流発表集. 林野庁東北森林管理局
- 3) 気象庁. 過去の気象データ・ダウンロード. <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 4) 国土交通省国土政策局国土情報課. 国土数値情報ダウンロードサービス. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 5) 青森営林局(1961). 立木材積表. 昭和 36 年 10 月
- 6) 細田和男・光田 靖・家原敏郎(2010). 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法. 森林計画学会誌 44 巻 2 号. 2010 年 12 月発行 : 23-39
- 7) 林野庁近畿中国森林管理局. 近畿中国森林管理局における早生樹造林の取組. <http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/sidou/gijyutukaihatu/kouyouzan.html>
- 8) 宮城県北部地方振興事務所作成資料(2021). 2021 年 12 月
- 9) 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター(2021). コウヨウザンの特性と増殖マニュアル. 2021 年 3 月. 第 4 期中長期計画成果 41 (育種・生物機能-6) : 28-29
- 10) 宮城県(2016). 平成 28 年度早生樹種生育状況調査業務報告書. 平成 29 年 3 月 : 29
- 11) 汪雁楠(2019). 中国のコウヨウザンについて. 森林技術 No. 931. 2019 年 10 月