

早生樹ユリノキの成長と更新特性について

～東北地方への導入へ向けて～

森林技術・支援センター 業務係 青山岳彦

1. はじめに

我が国の人工林が本格的な利用期を迎えており、森林資源の循環利用や林業の成長産業化へ向け、従来の造林樹種と比較して成長が優れ、短期間で収穫できる「早生樹」に注目が集まっている。しかし、積雪・寒冷な気候の東北地方では早生樹の植栽事例が少ない状況にあり（山田ら 2019）、植栽適地や育林技術など不明な点が多いことから、基盤となるデータの蓄積が課題となっている。このことから、本研究では早生樹のひとつである「ユリノキ」を対象とし、東北地方への導入へ向けた検証を行った。

2. 材料と方法

(1) 供試樹種

ユリノキはモクレン科ユリノキ属の落葉広葉樹であり、日本へは明治初期に北アメリカから導入された（図1）。北海道から九州まで植栽実績があり、街路樹などの緑化樹種として普及している。特徴としては、通直性、耐寒性、病虫害への高い抵抗性などが挙げられる。また、木材としては加工性が良好であり、内装材、家具材、合板、楽器など幅広い用途に利用される。東北地方では林地の植栽事例は少ない状況にあるが、岩手県滝沢市ではスギ人工林の地位一等に匹敵する蓄積を有する林分の報告（國崎ら 2006）があることから、積雪・寒冷な気候の東北地方に適した早生樹として選定した。

表1－試験地概要

No.	試験地	林齢 (伐採時)	標高 (m)	傾斜 方位	傾斜	最深積雪 (cm)
1	秋田県北秋田市	4	160~190	南東	中	77
2	岩手県田野畑村	5	360~370	北東	中	30
3	青森県青森市	(30)	40~50	南東	緩	111
4	青森県平内町	(53)	20~30	北西	緩	107

※最深積雪は最寄りのアメダス観測所の数値を使用した。

図1（右）－ユリノキ（青森県青森市、33年生）



(2) 調査方法

試験地概要を表1に示す。気候による影響を考慮するため、積雪量の異なる岩手県田野畑村（2016年6月植栽）と秋田県北秋田市（2017年10月植栽）の国有林に試験

地を設定し、成長特性を比較した。具体的には、成長休止期の活着と樹高、根元径を調査した。なお、苗木は2年生のポット苗（大分県産）を使用し、最適な植栽密度を検討するため500本/ha（A区）、1,000本/ha（B区）の2試験区を設定した。

さらに、伐採後の萌芽成長量を調査し、報告されている広葉樹種と比較した。試験地は青森県青森市内真部山国有林及び（地独）青森県産業技術センター林業研究所樹木園の2箇所とし、ユリノキ2株（伐根直径32cm、61cm）を供試した。調査は令和2年9月に実施し、成長休止期の萌芽枝高と萌芽枝直径を記録した。また、ユリノキは北米産の外来樹種であることから、造林地周辺の天然林へ侵入した場合、在来種を抑え優先する可能性が指摘されている（國崎ら2006）。このことから、環境へ与える影響を評価するため、青森県青森市内真部山国有林の母樹17本（33年生）を対象とし、種子の散布能力を調査した。具体的には、母樹を中心に10m×10mの区画を17区画設定し、各区画へシード・トラップを設置（設置日：令和2年9月9日、回収日：11月12日）することで種子の落下量（個/m²）を調査した。さらに、母樹から飛散した種子を目視で調査し、母樹からの飛散距離（m）を計測した（調査日：令和2年11月12日、19日）。

3. 結果及び考察

(1) 生存率

生存率を図2、枯損原因の内訳を表2に示す。北秋田市（3成長期後、以下同様）の生存率は、A区94.4%、B区94.4%、田野畑村（5成長期後、以下同様）の生存率は、A区87.5%、B区84.4%であった。また、主な枯損原因は、北秋田市B区では倒伏75.0%、田野畑村では主軸損傷75.0~80.0%であった。

表2 - 枯損原因の内訳

試験地	枯損原因	本数 (%)	
		A区	B区
北秋田市	主軸損傷	2 (50%)	1 (12.5%)
	倒伏	0 (0.0%)	6 (75%)
	誤伐	2 (50%)	1 (12.5%)
田野畑村	主軸損傷	3 (75%)	4 (80%)
	倒伏	1 (25%)	1 (20%)
	被圧	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	不明	0 (0.0%)	0 (0.0%)

※折損や先枯は「主軸損傷」、抜けは「倒伏」に含めた。

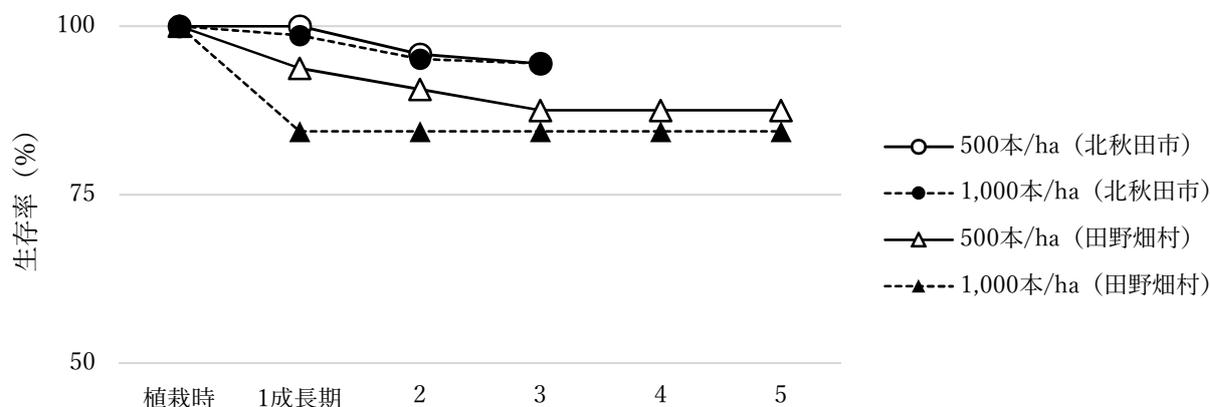


図2 - 生存率

(2) 生育状況

生育状況の内訳を表3に示す。植栽木の多くは健全な状態にあるが、一部で主軸が二股になり樹形の乱れが発生していた(北秋田市A区19.1%、B区16.2%、田野畑村A区25.0%、B区25.9%)。一方、山口県の事例では強風による倒伏や樹形の乱れが報告(山田ら2001)されており、本結果も同様な傾向にあることから、風や雪による影響を受けたと考えられる。また、ユリノキは主軸の損傷や倒伏が発生しても枯損に至ることは少なく、多くの被害木では萌芽枝の旺盛な発生が確認された。

表3 - 生育状況の内訳

試験地	生育状況	本数 (%)	
		A区	B区
北秋田市	健全木	50 (73.5%)	100 (73.5%)
	二股木	13 (19.1%)	22 (16.2%)
	主軸損傷	3 (4.4%)	12 (8.8%)
	誤伐	2 (2.9%)	2 (1.5%)
田野畑村	健全木	20 (71.4%)	18 (66.7%)
	二股木	7 (25.0%)	7 (25.9%)
	主軸損傷	1 (3.6%)	2 (7.4%)
	誤伐	0 (0.0%)	0 (0.0%)

(3) 初期成長

初期成長を図3、4、表4に示す。北秋田市の樹高(3成長期後)はA区238.2±71.6cm(平均±標準偏差)、B区244.6±78.5cm、田野畑村の樹高(5成長期後)はA区285.1±100.5cm、B区312.6±73.8cmであり、同程度の地位に植栽したスギコンテナ苗と比較し、北秋田市では約1.6~1.7倍、田野畑村では約1.1倍の成長を示した。また、樹高成長と植栽密度に注目すると、現在までに関係性は認められなかった。

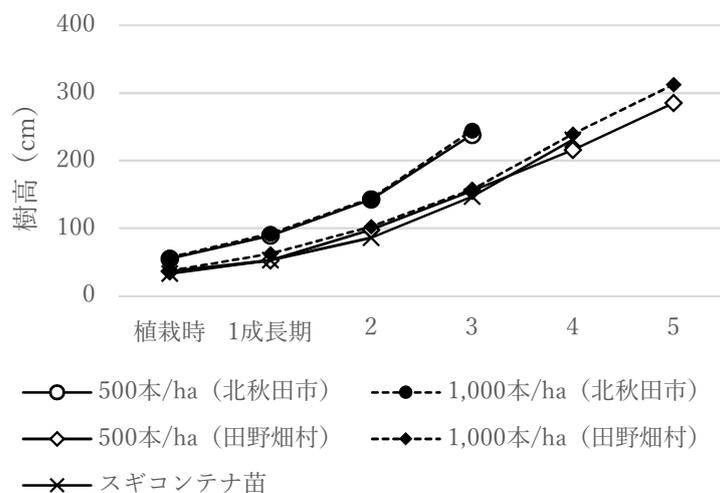


図3 - 樹高成長



図4 - 北秋田市(3成長期)

表4 - 平均樹高と平均根本径の推移

試験地	区画	調査本数	樹高 (cm) (平均値±標準偏差)					
			2016年6月	2017年5月	2017年10月	2018年10月	2019年10月	2020年10月
北秋田市	A区	72	-	-	54.9±15.7	89.2±20.8	142.6±42.3	238.2±71.6
	B区	144	-	-	56.9±17.1	92.3±23.0	144.3±48.6	244.6±78.5
田野畑村	A区	32	36.6±5.4	52.3±11.5	97.7±28.4	155.4±44.2	215.9±77.8	285.1±100.5
	B区	32	37.1±6.3	62.2±14.7	102.5±22.7	157.4±39.8	239.3±62.7	312.6±73.8

試験地	区画	調査本数	根元径 (mm) (平均値±標準偏差)					
			2016年6月	2017年5月	2017年10月	2018年10月	2019年10月	2020年10月
北秋田市	A区	72	-	-	7.2±1.1	12.7±2.4	23.1±7.2	40.5±15.0
	B区	144	-	-	7.3±1.0	13.5±2.8	22.8±6.4	44.6±15.1
田野畑村	A区	32	7.5±0.9	12.0±2.2	23.3±7.4	33.7±11.9	45.2±17.5	50.6±19.9
	B区	32	7.0±0.9	11.9±2.2	20.3±5.0	32.5±10.0	50.2±15.9	54.9±16.9

(4) 保育作業

表5 一下刈条件

下刈条件を表5に示す。北秋田市では下刈を2回実施しており、ユリノキはスギコンテナ苗と比較して優れた樹高成長を示した。一方、田野畑村では下刈が1回のみであり、スギコンテナ苗と同程度の成長にとどまった。このことから、ユリノキは下刈回数を減らしてもスギコンテナ苗と同程度の樹高成長を示すが、同程度以上の樹高成長を確保するためには、植栽初期に下刈を集中して行う必要があると考えられる。また、ユリノキは広葉樹であるためスギなどの造林樹種と比較して競合植生との区別を瞬時に行うことが困難である。このことから、植栽初期の下刈による誤伐を防ぐため植栽木に標識テープを巻くなどの工夫が必要と考えられる。

試験地	区画	1年目	2	3	4	5
北秋田市	A区	×	○	○	×	×
	B区	×	○	○	×	×
田野畑村	A区	×	○	×	×	×
	B区	×	○	×	×	×

※北秋田市の5年目は、2021年2月時点の計画であり実績ではない。

※北秋田市の5年目は、2021年2月時点の計画であり実績ではない。

(5) 更新特性

萌芽枝の成長量を図6、表6に示す。ユリノキを既報のコナラ（片桐 1986）と比較したところ、優れた成長を示した。特に、伐採後に萌芽枝を2本に整理した株では、伐採から5年目の萌芽枝高がコナラ（無整理）の約2.4倍と特に優れた成長を示した（図7）。一般的に萌芽枝を自然状態で放置した場合、株内で光や養分を巡る競争が起こるとされ、シイタケ原木林として利用されるコナラでは萌芽枝整理に関する研究が進んでいる。本結果から、ユリノキにおいても萌芽枝の整理が有効な可能性が示された。

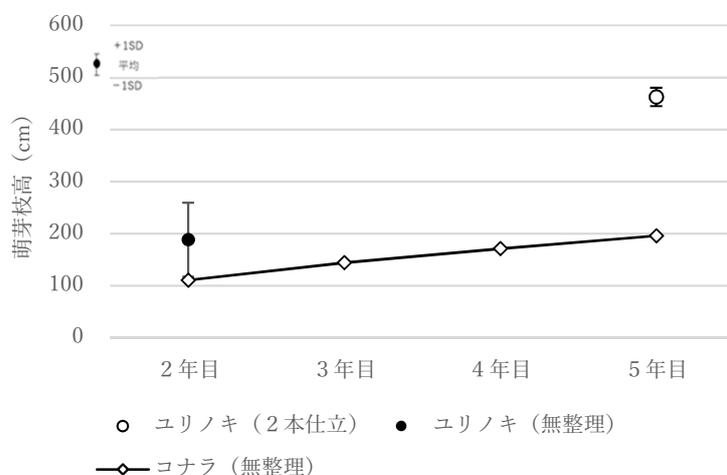


図6 - 平均萌芽枝高



図7 - 萌芽枝 (5年目)

表 6 - 萌芽枝の平均成長量

樹種	株数 (萌芽枝数)	萌芽枝高 (cm) (平均値±標準偏差)				萌芽枝直径 (mm) (平均値±標準偏差)				備考
		2年目	3年目	4年目	5年目	2年目	3年目	4年目	5年目	
コナラ	12	110.6	143.9	170.8	195.7	8.9	13.6	16.2	19.2	無仕立
ユリノキ	1(7)	188.3±71.0	-	-	-	12.8±4.4	-	-	-	無仕立
ユリノキ	1(2)	-	-	-	462.5±17.5	-	-	-	74.9±7.1	2本仕立

※萌芽枝直径は地際から 20cm の位置を計測した。

ユリノキの種子は翼果であり、風に運ばれ自然降下する (図 8)。調査結果から、種子の落下量は母樹周辺に多い傾向にあり、最大 5.89 個/m² 確認された (図 9)。また、種子の最大飛散距離は約 92m 確認され、樹高の 4～5 倍飛散するという報告 (大分県林業試験場 1997) と同様な傾向を示した。なお、調査地の周辺は定期的に刈払われており、母樹周辺に実生や稚幼樹の発生は確認できなかった。報告されているユリノキの発芽率は 3.1% (森林林業振興助成事業成果報告書 2017)、1%以下 (那須 2020) と非常に低いとされるが、種子の飛散能力や実生による分布の拡大に関する知見は少ない状況にあり、実用化へ向けては更なる検証が求められる。



図 8 - ユリノキの種子

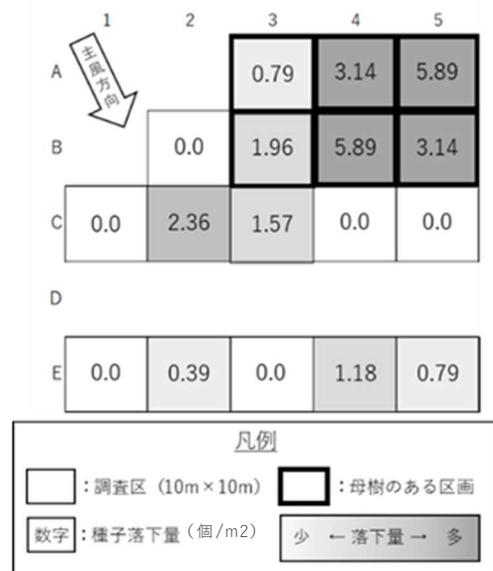


図 9 - 種子の落下量

4. まとめ

東北地方におけるユリノキの諸特性について、平成 28 年度から令和 2 年度までの調査結果を報告した。現在までに得られた結果から、ユリノキは積雪・寒冷的な気候の東北地方の林地で生育が可能であり、優れた成長特性を示すことが確認された。特に、萌芽能力の高さに注目すると、施業に萌芽更新を取り入れることで、再造林経費を大きく低減できる可能性があることが示された (図 10)。一方、ユリノキは風雪による被害を受けやすいことが懸念されるほか、造林適地や有効な施業方法などの育林技術、実生による分布拡大の可能性、造林補助金対象樹種の指定などの課題があるため、実用化へ向けては更なるデータの蓄積をしていく必要がある。

本報告は、主に施業実施の観点からユリノキの利用可能性を検証したが、「早生樹の

増殖技術の高度化と実用化の開発（林野庁平成 31 年度優良種苗低コスト生産推進事業費補助金エリートツリー等の原種増産技術の開発事業）」や、「国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明（令和元年度（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト）」などのユリノキを対象とした取組がすでに関係機関で始まっている。このことから、当センターでは関係機関と連携をしながら取組を進め、東北地方へのユリノキの導入へ向け、今後も継続的な調査を実施していきたい。

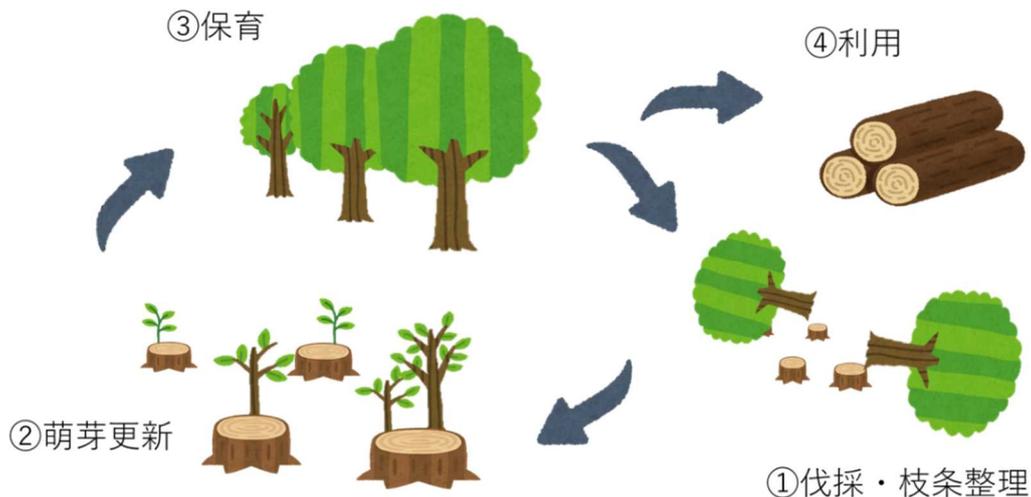


図 10－施業のイメージ

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方にご協力をいただいた。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遺伝資源部からは、東北地方のユリノキ所在地に関する資料のご提供をいただいた。地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所からは、調査地のご提供をいただいた。青森森林管理署、三陸北部森林管理署、米代東部森林管理署の皆さんには調査地のご提供及び野外調査にご尽力をいただいた。これらの方々に心より感謝申し上げます。

6. 参考文献

- (1) 山田浩雄ら（2019）林木遺伝資源所在地データベースの作成
- (2) 國崎貴嗣ら（2006）岩手県内に造成された北米産広葉樹 4 種の人工同齢単純林における林分成長特性
- (3) 山田隆信ら（2001）ユリノキ植栽による混交林造成試験
- (4) 片桐成夫（1986）落葉広葉樹の萌芽更新に関する研究(1)伐採 5 年間の萌芽枝の生長について
- (5) 大分県林業試験場（1997）ユリノキの森林育成技術
- (6) 森林林業振興助成事業成果報告書（2017）国産早生広葉樹の優良種苗の生産技術の開発
- (7) 那須仁弥（2020）東北地方におけるユリノキの優良個体の収集と苗木増殖の取り組み

秋田県での民国連携事例（秋田県フォレスターチーム）

秋田県秋田地域振興局農林部森づくり推進課 副主幹 小山義信

1. はじめに

森林・林業再生プランによる人材育成研修等が増加する中で、受講修了者の立ち位置や国有林の一般会計化による新たな業務である「民有林支援」等の様々な背景をふまえて、民国連携による「秋田県フォレスター協議会」「各流域フォレスターチーム」を平成25年7月に立ち上げ、市町村支援等を行ってきた。

設立から7年目を迎え、今までの活動や成果を評価し、課題解決や今後の取組内容の修正などを検証する必要がある。

※秋田県は米代川、雄物川、子吉川と、3流域に分かれている。

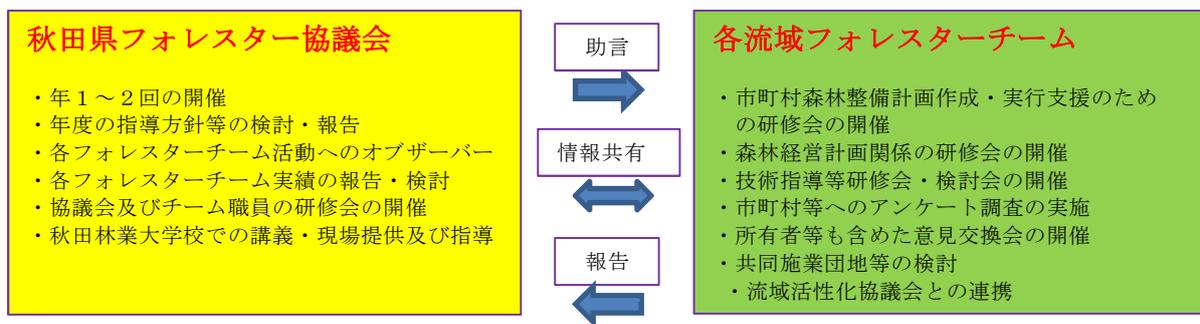
行政区域は、国有林が秋田市に東北森林管理局があり、県内に4署2支署がある。

民有林は、8振興局の中に農林部森づくり推進課がある。

また、秋田市に林業研究研修センターがあり試験研究及び普及指導の総括となっているほか、当センター内には「秋田林業大学校」も設置されている。

2. 取組内容

民国のフォレスターが連携して、市町村支援を行うこととし、情報収集及び提供、指導・助言などの方針検討を行う「フォレスター協議会」と、目標達成のため研修等を実施する「各流域フォレスターチーム」を順に立ち上げ、役割を分担し活動することとした。



協議会及びチームの活動目的として、次の3つを柱とし、活動している。

- 市町村及び森林施業プランナー等への指導助言
- 民・国有林を活用した各種研修会の開催及び講師派遣
- 民国連携による森林共同団地等の推進

具体的には、市町村森林整備計画の樹立及び実行監理に関する研修会開催、採材技術検討や一貫作業システム研修等、民国のフィールドを活用した研修及び講師、秋田林業大学校の講義等行っているほか、お互いの情報交換・共有により支援体制の強化を図っている。

(1) 「フォレスター協議会」

フォレスター協議会は、年に2回程度、年度の活動方針・各流域チームへの助言内容検

討・情報交換等行っている。



フォレスター協議会（年2回程度）
年度方針
情報交換（情報の共有）
チームへの助言内容
活動実績の検証 等

（2）「各流域フォレスターチーム」

米代川流域の市町村森林整備計画樹立の前年度に行った、計画制度に関する問題点等の市町村アンケートの回答より、チームに求められるものには様々な要望があった。一番身近にある問題と感じたものが「森林・林業施策を推移していく上で市町村担当者の役割が重要だと思うが、現状では、配置される職員は未経験者が多く、ほとんどが知識を習得する前や、慣れてきた頃に異動してしまうため今後の指導・助言・研修会等の開催継続を希望する」という意見であった。

こういった意見を踏まえ各チームによる様々な活動が行われている。

①「市町村及び森林施業プランナー等への指導助言」

市町村森林整備計画樹立の年には、計画作成研修会を開催している。

樹立までのスケジュールや森林管理局長からの意見聴取方法等の説明、市町村間の情報提供も交え、作成内容の検討を行っている。



市町村森林整備計画作成研修会（編成年度）
各市町村の地域性の打ち出し
ゾーニングの再検討
施業方法等の再確認
スケジュールの確認
意見書の聴取方法

樹立の年以外は、計画の実行監理として検討会を行っている。

「天然更新地の完了確認研修」は、伐採届の記載内容で天然更新と計画された箇所について、天然更新が適切に完了しているかの判断について現場も含めた研修を行っているほか、森林経営計画認定者の市町村担当者及び申請側の森林組合担当職員を対象にした「森林経営計画作成及び監理研修」も開催している。

認定基準の再認識や計画内容の考え方などの室内研修のほか、認定済みの計画対象地において、計画どおり実行されているかなどの、踏査・意見交換も行っている。



②「民・国有林を活用した各種研修会の開催及び講師派遣」

スギ及び広葉樹の採材技術検討会、一貫作業システム施行地や、県の試験地を活用した低コスト造林技術など、お互いのフィールドを活用し研修会等を開催すると共に講師の派遣を行っている。



また、秋田林業大学校への研修フィールドの提供及び講師のほか、大学校での講義の一部もチーム員が行っている。



秋田林業大学校への協力
研修フィールドの提供・講師
大学校内での講義

③「民国連携による森林共同団地等の推進」

秋田県内でも協議会等立ち上げ後、新たに5箇所の共同施業団地が設定され、計8団地が設定されている。

平成27年には雄物川流域管内での共同施業団地を活用した研修会を開催した。

現地にて、路網配置演習・車両系作業システムによる実演・労働基準監督署からの安全管理指導など行った。



共同施業団地を活用した研修会
(H27年度)
路網配置演習
作業方法実演(作業道作設・伐採)
安全管理指導(監督署による指導)など

その他、お互いの主催する発表会や報告会等に参加し合い、様々な情報を収集し、情報共有ができるようになった。

また、秋田県と、東北森林管理局は、平成26年9月に、「秋田を元気にする、緑の覚書」を締結している。秋田を元気にする林業の取組について、民有林と国有林が更に連携を強化し、推進していくこととしている。

3. 結果及び考察

(1) 活動の成果

6年を経過しフォレスターチームについて聞き取りを行った。

対象者は、市町村担当者、国有林チーム員、県チーム員となっている。

【取組等の成果に対する回答】

- ・特徴を持った森林整備計画書を樹立することができた、又は、支援ができた
- ・市町村間での情報交換・情報共有ができた
- ・現場研修で施業等のイメージがしやすくなった
- ・共同施業団地で協調出荷などの成果を出せた等

【要望や改善に繋がる回答】

- ・今後も集合研修等の開催を望む
- ・個別指導の効率が上がる場合もある
- ・新たな施策・ニーズに伴った研修の開催等

これ以外にもたくさんの意見や感想を得ている。

新たにスタートを切った「森林経営管理制度」は、特に市町村主体の制度であるため、新たな活動内容に盛り組む必要もある。

(2) 課題

活動の評価・必要性・今後の活動に対する期待や要望など、生の声を聞き入れる事で、より良い活動が必要であることを実感した。

支援体制の確立・互いの役割分担など、軌道に乗った部分はあるが、更なる強化のためには、メンバーの知識・技術はもちろん支援に対する資質向上も図る必要があると強く感じている。

今後も様々な声を聞き入れ、支援方法の改善・修正を繰り返し支援強化を図ることが課題である。もちろん地域から必要とされる支援体制の母体であり続けるためには、継続していくことも重要である。

(3) おわりに

協議会及びチームを立ち上げ活動する体制も整い成果も認められてきている。時代背景や施策の流れなど様々な問題・課題も発生していく中、協議会及びチームの活動強化はもちろん、我々の資質向上も必要となる。基本目標をぶれることなく継続していくこと、時代のニーズに沿った活動や、様々な支援を実行していくことがチームの使命と感じている。

民国互いの連携をますます強化させ、秋田の林業をより元気にさせるための活動を継続していく。



国有林



秋田県

民国連携 「秋田県フォレスター協議会」「流域フォレスターチーム」

CSG工法における防潮堤の施工について

宮城北部森林管理署 海岸防災林復旧対策事務所
海岸防災林再生専門官 三塚幸仁

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生に伴う高さ10mを越える大規模な津波により、海岸防災林や防潮護岸等の治山施設が壊滅的な被害を受けた。

宮城県気仙沼市本吉町の大谷海岸に位置する三島国有林は、既設防潮護岸約1.0kmのうち、約500mの区間が津波により倒壊・流失したほか、残存する施設も沈下、亀裂、傾倒等の被害が生じた。また、震災前より潮害防備保安林として背後地を保全してきた海岸防災林はその殆どが消失した。（図－1、写真－1）

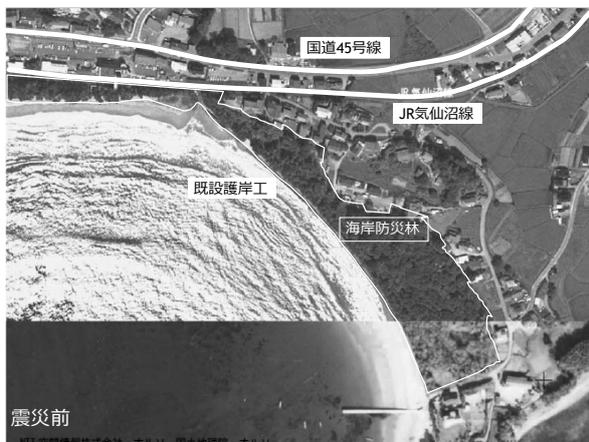
そのため、復旧にあたっては、今後の津波や高潮から背後を保全するため、「宮城県沿岸の海岸防潮堤の設定」に基づき高さ9.8mの防潮堤を計画した。



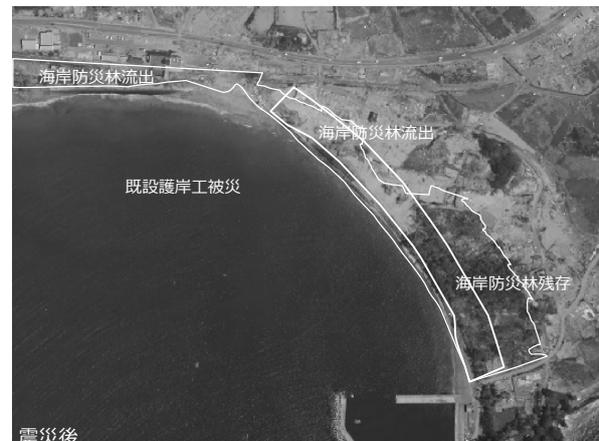
図－1 位置図



写真－1 被災後



震災前



震災後

写真－2 被災前後の大谷海岸

2. 防潮堤の概要

(1) 防潮堤の計画

防潮堤の当初計画では、被災した既設防潮護岸約1.0kmの位置で国有林からはみ出さないよう砂浜にせり出す形で計画した。

しかし、多くの住民が地域再生を図る必要から砂浜を確保するよう行政側に防潮堤のセットバックを求め、国、県、市と協議を重ねた結果、当初計画を大幅に変更し、海水浴場とする南側約600m区間を

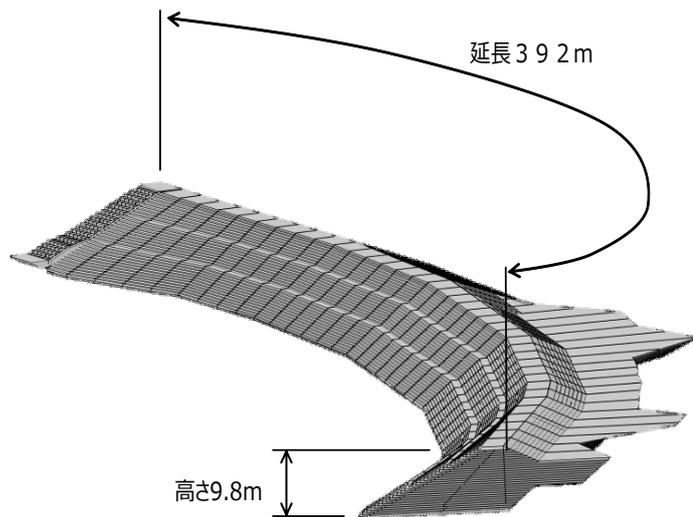


図－2 復旧イメージ図

国土交通省に所管の上、国道嵩上げによる防潮堤の兼用堤とし、工事を宮城県が担当することとなり、残り400m区間を林野庁にて施工することとなった。(図－2)

(2) 防潮堤の整備方針

CSG (Cemented Sand and Gravel) とは、構造物建設サイト近傍で容易に入手できる岩石質材料にセメント、水を添加し、簡易な練り混ぜにより製造される材料である。本材料は、台形CSGダムの堤体材料としても使用されており、永久構造物として必要強度が確保されるものである。なお、CSG工法による防潮堤は全国で4例目であり、がれきを用いたものとしては福島県の夏井海岸に次いで2例目、さらには林野庁としては初となる防潮堤である。(図－3)



図－3 CSG堤イメージ図

(3) CSG 堤の概要

今回施工した防潮堤は、震災により被災した住宅基礎や既設防潮護岸など、本来は廃棄物処理をしないといけない震災がれき由来のコンクリート殻をはじめ、応急対策にて設置した大型土のうの中詰材等を原材料として築堤することが可能なCSG工法を用いることとした。そうすることにより、資源の有効活用による廃棄物軽減と環境に寄与するものとして考えた。堤体高さ9.8m総延長392mのうち、CSG堤は372m、堤体体積46,251m³ (コンクリート殻17,761m³、混合再生砕石 (RCM40)^{*1} 27,701m³、割栗石を破碎した大割材789m³)、残

*1 コンクリート再生砕石 (RC-40) とアスファルト再生砕石 (AS-40) を混合した砕石

り20mについては傾斜堤とした。(写真－3)

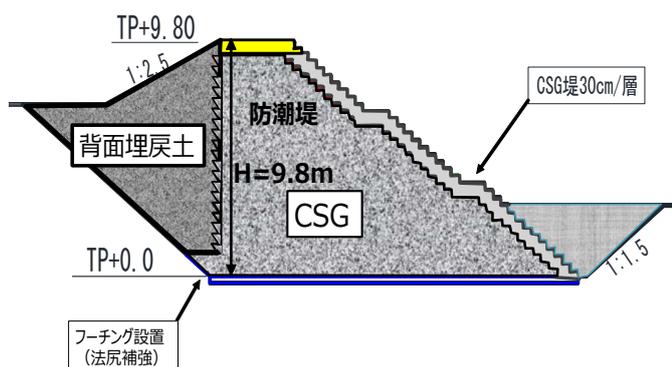
(4) CSG堤の構造

CSG堤の形状は1:1.5とした。前面には波浪からの保護のため階段状の保護コンクリートを配置し、洗掘防止のため法尻から1m以上の根入れを確保している。裏法は直角台形を基本形状とすることから鉛直とし、法尻補強のためフーチングを設け、CSG堤の背面を環境や景観に配慮する必要から、隣接する傾斜堤との接続を考慮し、同様の勾配1:2.5の埋戻、盛土とした。

なお、CSG堤本体は1層30cmで31層転圧し、それに合わせ保護コンクリートを同じ厚さ30cmで階段状に打設した。(図－4)



写真－3 コンクリート殻

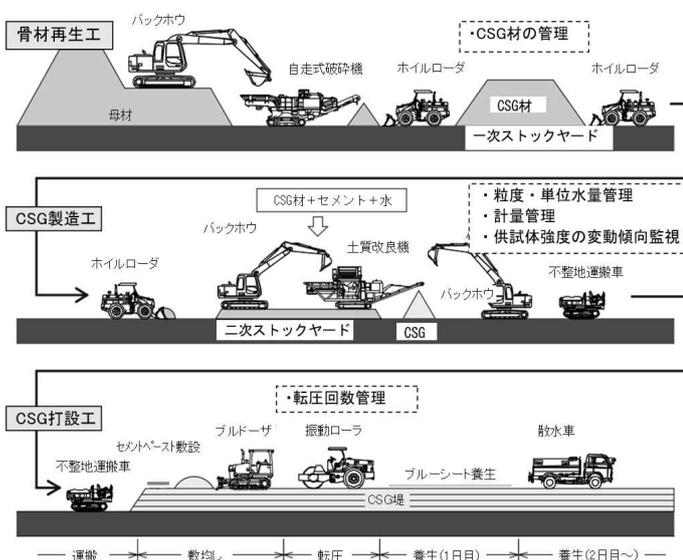


図－4 CSG堤構造図

3. CSG防潮堤について

(1) CSG工法の概要

CSG工法とは、先にも述べたように母材^{*2}となる岩石質材料にセメント、水を添加し、簡易な練り混ぜにより製造したCSGを敷き均し、転圧することで、ダム^{*3}の堤体などを構築する工法である。具体的には、破碎してできたCSG材^{*3}にセメントと水を一緒に土質改良機へ投入し、投入後、混合してCSGを製造する。そして製造したCSGを打設箇所へ運搬し、ブルドーザで敷き均しをした後、振動ローラにて所定の転圧回数で転圧、養生する。この場合の転圧回数は試験施工により決定する必要がある。(図－5)



図－5 CSG施工フロー

*2 現地発生材などCSGの原材料

*3 母材を破碎等により加工した材料

(2) CSG材の配合計画及び使用計画

今回使用した材料は、震災で発生したコンクリート殻、応急工事で設置した耐候性大型土の中詰材であるRCM40、割栗石を破砕した大割材と不均一である。このため、試験施工結果により、基礎を含む3層目迄は、最大必要強度が得られたRCM40のCSGとし、コンクリート殻のCSGは4層目以降に用いた。(図-6)

また、堤体上部に上がるに従って必要CSG強度が小さくなることから、配合セメント量を 1m^3 当たり $100\text{kg} \Rightarrow 80\text{kg} \Rightarrow 60\text{kg}$ と減じ、経済的な配合にすることとした。(図-7)

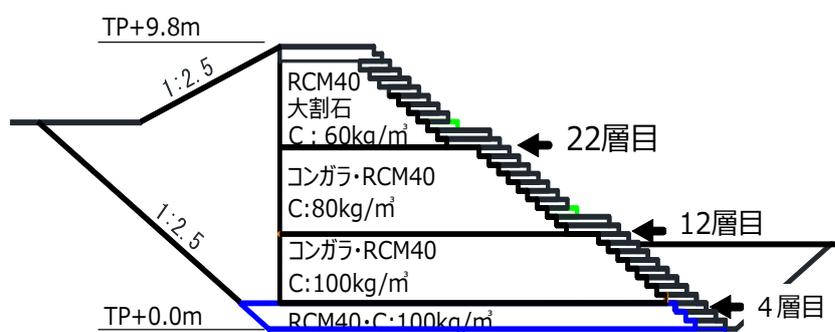


図-6 CSG使用計画図

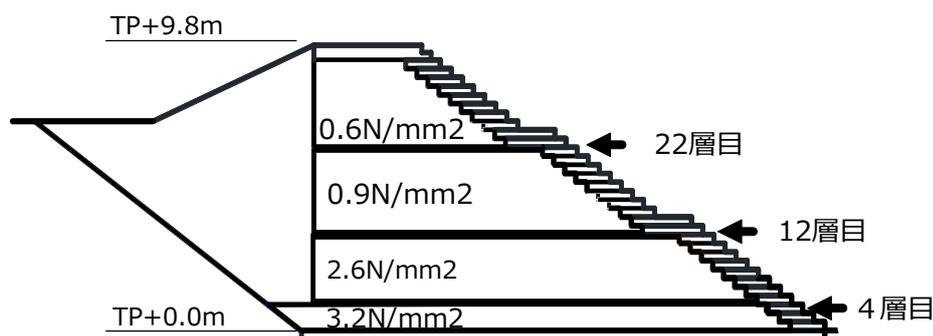


図-7 CSG必要強度

(2) 施工管理と品質管理

骨材再生工では、母材であるコンクリート殻等を自走式破砕機にて破砕したCSG材の管理として、表乾密度・吸水率、粒度、表面水量管理を行った。

CSG製造工では、CSGの粒度及び単位水量管理、計量管理、供試体強度の変動傾向の監視を行い、コンクリート殻では粒径 40mm 以上を篩い分け、直径 10cm 、高さ 30cm の標準供試体を作成し強度試験を行った。

また、採取した材料を篩い分けしないまま、直径 30cm 、高さ 60cm の大型供試体をCSG打設日毎に製作し、相関を確認した。

CSG打設工では、転圧回数管理のほかに、現場密度管理を実施した。(写真-4)



写真－４ 日常品質管理試験状況

(3) CSG工法の経済性

CSG工法による防潮堤と一般的な直立型重力式コンクリート防潮堤と比較した。施工規模や仮設工が異なるため、同規模比較となるよう延長100mあたりの堤体本体のみの数値ではCSG防潮堤は、工期が3か月・工事費1.9億円、直立型重力式防潮堤は工期が4.5か月、工事費2億円となり、CSG防潮堤の方が安価で施工性に優れていることが確認できた。

4. 施工中のトラブル対策及び留意点

(1) CSG材混入物による土質改良機のベルト損傷と対応策

本工事で使用した震災がれきは、被災した既設護岸や住宅基礎などの鉄筋コンクリートの為、破碎の際に発生する金属屑を除去する必要がある。

自走式破碎機には磁力選別機が付いており、金属屑を除去する構造となっていたが、磁力選別機の処理能力を超える量の金属屑が発生したため、完全な除去には至らなかった。その為、CSG材に残った金属屑がCSG製造用の土質改良機のベルトコンベヤーのベルトを切断、損傷させる事態となりCSGの製造中断を発生させた。

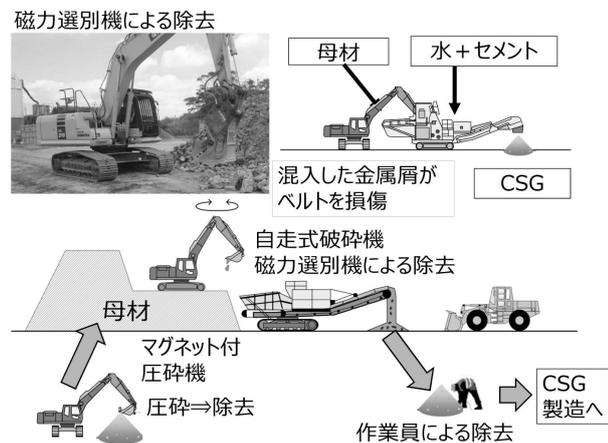
そこで、マグネット付圧碎機を用いて破碎機に投入する前に金属屑を除去することで、投入時の鉄筋量を減らし、磁力

選別機の負担を減らした。

更に、選別専用の作業員を配置し、目視確認できる金属屑やプラゴミ、木くず等を除去したことで、CSG製造時の機械トラブルを回避した。

(2) CSG打設仕上りの問題点と改善策

コンクリート殻を用いたCSGの現場転圧試験時に打設仕上がり面に不均一な状態が見受けられた。40mm～80mmの大きい粒径がセメントペーストの付着が十分でない、浮いた骨材



図－８ 磁力選別機による選別

が散見される傾向が確認された。

その為、CSGを製造直後にダンプへ積込む際、粒度分布に偏りが出ないように積込用バックホウで事前に均一になるよう攪拌した。

また、打設箇所でブルドーザーによるCSG敷き均しをする際、荷卸し後の法裾部に大粒径材の集中を解消するため、ブルワークにて粒度を均一にしてから全体を敷き均した。この改善策を実施し、緻密な出来栄への改善効果を得ることができた。

(3) 景観への配慮

今回、防潮堤事業の着手にあたり、地元からの要望として、防潮堤基礎の床堀の際に発生する砂を利用して保護コンクリート前面を砂で覆土することにより将来、海浜植物の埋土種子による緑化を期待しました。

また、住民の多くが望んだ自然豊かな砂浜存続のため、工事により失われる可能性が高い海浜植物の保護にも努めた。地元のまちづく検討委員会と共同し、ハマニガナ、コウボウムギ、ハマボウフウなどの貴重な海浜植物

を工事着手前に採取し、大谷小学校の花壇に

大谷の子ども達と一緒に仮移植し、今後、覆土した防潮堤前面の砂浜などに移植される予定である。



写真－5 防潮堤の覆土

5. おわりに

今後の取組として、CSG材を製造するために必要な使用機械の小型化とヤード確保が重要と考えます。

今回の工事では、施工機械は汎用重機を使用し、CSGの製造ヤードやセメントペーストの製造設備、資材置場など約1.0haという広大な面積を要した。

今後CSG工法を採用するにあたり、事業規模にもよるが、施工場所によっては施工機械の小型化、作業ヤード確保がクリアすべき課題であると考えられる。

また、初採用の工法のため、日々の出来形管理や施工管理、そして品質管理をどこまですべきか悩んだところである。

特に暑中のCSG製造は、材料の水分が蒸発するため、含水量を1時間ごとに測定し、CSG製造時に添加する必要水量を常に調整し、適切な性状を確保するなど品質管理には大変苦慮した。今回の施工にあたり作成した膨大な管理資料が今後の林野庁におけるCSG工法の礎となることを願うものである。

最後に林野庁として初の試みとなったCSG工法による防潮堤は令和2年10月をもって無事完成した。

今後はこの事業の成果が他の治山事業のパイオニア的な存在となることを願うとともに、引き続き日々の研鑽を図る所存である。

謝辞

本発表に際し、工事受注者である株式会社フジタの技術スタッフ並びに工事担当者の皆様に多大なご協力を頂いた事に感謝申し上げます。



写真－6 堤体完成写真

参考文献

- ・台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料（一財）ダム技術センター H24.6
- ・夏井地区海岸 CSG 海岸堤防技術資料 平成25年10月福島県いわき建設事務所
- ・平成29年度三島海岸第2治山工事実施設計業務

森林土木工事におけるCLTの活用について

宮城県東部地方振興事務所登米地域事務所林業振興部 技術主幹 島貫直樹

1. はじめに

宮城県では、2018年3月に森林づくり並びに林業及び木材産業の振興についての基本理念を定めた「みやぎ森と緑の県民条例」を制定し、2018年度から2027年度までの10年間に、条例に基づき取り組むべき施策や到達目標などを提示した基本計画「新みやぎ森林・林業の将来ビジョン」を策定した。この将来ビジョンでは、目指す姿を実現するため政策推進の基本方向として4つの政策を掲げており、このうち、政策「林業・木材産業の一層の産業力強化」では、取組方向としてCLT等建築物の普及などを挙げ、「新たな素材需要システムと木材需要創出」を重点プロジェクトとして、宮城県CLT等普及推進協議会との連携や技術開発の推進などを行っているところである。一方、森林土木分野においても、木材使用について様々な取組がなされているが、CLTについても、土木資材として活用できないか検討を行っていたところである。

今回、新しい木造建築材として拡がりを見せるCLTを、本県が発注する林道工事において活用した取組事例の報告と併せ、今後、土木資材として森林土木分野で活用できないか提案したい。

2. CLTの普及について

CLT (Cross Laminated Timber) は、ひき板 (ラミナ) の繊維方向を直交させて接着した木質系の材料で、2016年にCLT関連の建築基準法の告示が公布、施行されたことに伴い、一般利用がスタートした。CLTは面材料の製造が可能で、単位体積重量はコンクリートの1/6から1/4程度とされており、橋梁の床板として活用された事例がある。県内では、宮城県CLT等普及推進協議会が新工法や構造の開発のほか、CLTを活用した設計施工、ベンチ等のCLT製品を大型商業施設等へ寄贈するなどを積極的に行っており、産官学が連携した様々な取組が行われている。

3. 林道工事におけるCLTの活用

(1) 概要

本県が発注する林道登米東和線の開設工事 (宮城県登米市) において、工区に隣接する既設林道橋梁を工事用道路として使用するのに際し、橋桁の補強材として覆工板に換えてCLTを試験的に敷設した。

(2) 橋梁床板の補強

既設林道橋梁は昭和8年に施工後、昭和41年に災害復旧事業においてコンクリート床板を設置した。規格は延長L=10m (幅員3.0m) で、設置当時は設計荷重などに関する規程はあったものの、現在の設計基準が制定される前のため、現在の基準と比較

して配力鉄筋の量が不足しているものと考えられた。このため、設置当時と違い自動車の大型化・重量の増加などにより床板の耐荷力が小さな橋梁に大きな輪荷重が作用することとなるため、床板の補強を目的として覆工板を設置することとし、ここで、通常の敷鉄板に代えてCLTを試験的に活用することとした。(写真1)



(写真1) 既設橋梁

(3) 検討

検討の前提として、現在の橋梁の設計荷重は 137KN (自動車荷重)、覆工板として表面舗装を行わずに CLT を敷設すること、CLT の使用想定期間は最大 2 年間とした。ここで、通常使用する敷鉄板の代替えとして CLT を活用することは可能か判断が困難であった

ことから、専門家に荷重計算や構造規格などを相談することとし、CLT の許容応力など一定に評価をしていただいたところ、1 層

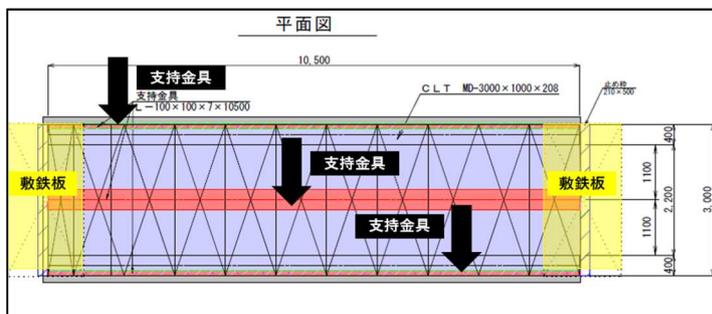
3m×1m、厚さ 3cm のラミナを 7 層接着した厚さ 21cm の CLT を 10 枚。CLT を支える桁材として H 鋼を 3 本。その他、CLT を固定する金具などを含めて CLT を敷設することとなった。(表 1)

資材	規格等
CLT 規格	MD1,000×3,000×210 =10枚+α (強度等級 Mx60-7-7 7層7プライ)
桁材 (H鋼)	H400×400×13×21 3本必要
その他必要部材	ラグスクリュー、支持金具など

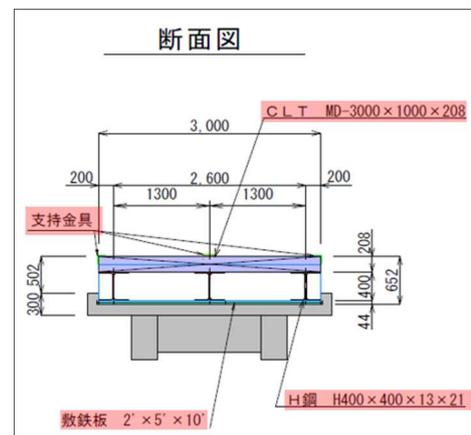
(表 1) CLT 等の規格

(4) 施工

専門家の評価を受け、設計コンサルタントに CLT と H 鋼の固定手法などの検討と仮設図の作成等を依頼し、必要な図面などの完成に併せ CLT の製造を注文した。この間、現場においては H 鋼などの準備を行い、CLT が現場に到着次第、速やかに敷設することとした。施工手順は、コンクリート床板への荷重軽減のため、床板と路体を跨ぐように敷鉄板を敷設したのち、床板に桁材として H 鋼を 3 本設置し、最後に CLT を敷設して金具で CLT を固定した。(図 1, 2)



上:(図1) 平面図 右:(図2) 断面図



また、路体との取り付けは、CLTの設置により約50cmの高さが生じるため、止め板を設置した。(写真2)

なお、CLTの敷設後、現地により専門家の技術指導をいただいたところ、転落防止策の徹底やCLTと桁材のさらなる固定をすべきなどの意見をいただいた。



(写真2) 敷設後の状況

(5) コスト比較

2年間敷設したものとして、従来の敷鉄板を使用したものと比較したところ、CLTは買い取りによるものがコスト高の要因となり、倍以上のコストとなった。

(表2)

(6) 劣化状況

敷設から1年を経過した時点で、CLTの表面などを確認したところ、割れやささくれなどの剥離、変形はなく、目立った劣化はほとんど見られなかった。

コスト比較 (概算)		
(単位: 千円)		
	CLTを活用した覆工板	従来(敷鉄板)の覆工板
CLT購入費	938	0
賃貸料及び整備費	400	624
売切(部材)	38	38
その他費用	29	50
計	1,405	712

※1 賃貸料などは2年間使用の場合
 ※2 損耗費は、返品時の実費となるため除外している。

(表2) コスト比較

(7) その他

CLTを敷設した施工業者に今回の試験的施工について意見を聴取したところ、現場の据え付けが早いことや、敷設現場の状況に応じて加工ができることなどの好評価を得た一方、廃棄方法など使用後の取扱いや、車両が通行する際の滑動の懸念などの意見が寄せられた。

4. 取組成果の整理

コスト高であるなど改善すべき点はあるが、重量のある車両が往来してもなお耐久性に優れているとみられることや、加工、据え付けが比較的容易であるなどが評価でき、機能面で特に問題と感ずる点は無かった。一方、継続的な劣化の状況調査やデータの蓄積が必要となるほか、設計段階の構造計算や評価に関する明確な体制づくりなど、今後整理すべき課題が挙げられる。

しかしながら、木材・木製品を適切に使うために必要な条件などを十分に把握した上で、土木資材としてのCLTの活用は十分期待できるものと考えられる。

5. 土木資材としての活用提案

(1) 特性の照合

木材には軽量で運搬や加工が容易であるなどの特性がある。(図3)

製品としてのCLTも規格寸法などで自由度が高く、加工が容易であることに加え、製作現場から現場までの運搬も比較的容易であると言える。

また、衝撃などの吸収性に

ついて今回の取組で緩衝材としての役割を実証することができた。さらに、CLTは間伐材からの製品化が可能のほか、仮設材として使用した場合、使用年数によっては転用の可能性について検討できることや、使用後は所定の処分場において焼却ができることなど、木材の特性と照らし、将来、CLTを土木資材として使用するのには十分に可能であると言える。

木材の特性	CLTの特性
<ul style="list-style-type: none"> ・軽量で運搬が容易 ・加工が簡単 ・衝撃などの吸収性が高 ・乾燥で収縮 → 寸法変化等 ・Co2の固定効果 ・環境負荷が小 ・再利用・廃棄が容易 ・腐朽し、自然に還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・規格寸法の自由度高 ・加工や運搬が容易 ・緩衝材として実証 (今回の取組事例) ・間伐材から製品へ ・仮設資材として転用可 ・焼却処分可能 ・水中などで継続して使用可

(図3) 木材とCLTの特性比較

(2) 活用可能な工種

あくまで「将来像」ではあるが、国の森林土木木製構造物設計等使用指針に示す設置条件に照らして、いくつか提案する。

ア 落石防護工等

衝撃緩衝効果など木材の持つ特性を活かす場合に考えられる。ただし、落石防護の場合は、落石による衝撃力などを十分な検証が必要で、大断面でラミナの層を厚くするなど工夫が必要と思われる。

イ 木製ダム工等

土石流などの可能性が少ない小さな溪流において考えられる。

CLTは加工が容易なことから、必要な放水路断面に沿った設計も可能である。また、コンクリート製ダムの残存型枠や間詰工、水叩工など、ラミナを1層にするなどして扱いやすい規格に加工した上で活用が可能と思われる。

設置条件		
衝撃緩衝効果など、木材の持つ特性を活かす場合		
工種例	落石防護工 覆工板など	
加工等	大断面、層の調整 衝撃力の検証必要	
設置条件		
土石流等の可能性の少ない小溪流に設置する治山ダム等		
工種例	木製ダム工 木製残存型枠工 間詰工、流路工 小口止、水叩工等	
加工等	規格、層の調整	

(図4) 設置条件と工種例

6. まとめ

今回は、CLT を敷鉄板に代わる覆工板として活用した。

初めての試みとして、あくまで仮設材として扱ったものであり、ダム工などの本設として活用できるかどうかは、専門家、製造者、そして我々活用する側各者の連携と体制づくりを図りつつ、まずは試験的な活用を積極的に実施するといった取組が重要であると考えます。

本県が目指す姿を実現するため政策推進の基本方向として掲げた「木材の有効かつ積極的な利用」と「林業・木材産業の一層の産業力強化」に向けて、新たな土木資材としてCLTが広く活用されるよう、今後も様々な取組をすすめていきたい。

仙台湾地区海岸防災林造成における防風垣の代替としての ヤマハンノキ混植の有用性についての検討

仙台森林管理署

治山技術官

○小嶋晃穂

海岸防災林復旧対策室

海岸防災林専門官

○石川和美

1. はじめに

(1) 背景

当署では東日本大震災で甚大な被害を受けた仙台湾地区海岸防災林の復旧事業を行っている(図-1)。事業量は震災から今年度までの10ヶ年計画の中で、総事業費684億円、植栽面積560.65haに上る(図-2)。また今日では、自然災害やマツクイムシ被害の跡地など、新たに造成を必要とする海岸防災林は全国で恒常的に発生しており、より効率的・効果的・低コストな防災林造成手法の確立が求められる現状を踏まえ、本研究では海岸防災林の再生事業における防風施設設置作業の省力化を目的として、防風施設の代替として広葉樹のヤマハンノキを試験的に植栽し、その有用性を、①施業の効率・②クロマツ苗木を風等から保護する効果・③事業コストの3つの面から検討した。

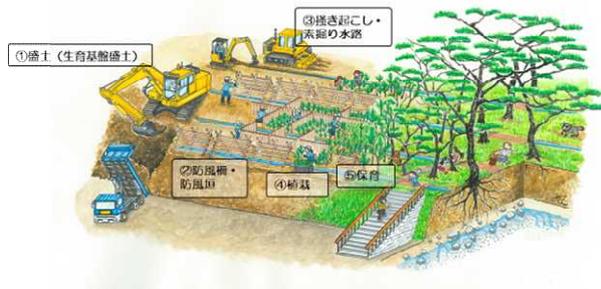


図-1 復旧事業概要図

市町	管理区分	実施面積 (ha)		事業費 (百万円)
		生育基盤盛土工	植栽工	
七ヶ浜町		-	2.90	214
仙台市	国有林	128.83	94.78	13,137
	民有林	82.91	68.67	7,648
	小計	211.74	163.45	20,785
名取市	国有林	14.75	10.39	1,949
	民有林	69.29	60.66	5,757
	小計	84.04	71.05	7,706
岩沼市	国有林	67.84	52.13	7,987
	民有林	102.29	86.39	7,661
	小計	170.13	138.52	15,648
亶理町	国有林	6.75	4.53	828
	民有林	72.40	51.68	6,813
	小計	79.15	56.21	7,641
山元町	国有林	57.25	41.26	6,042
	民有林	110.93	87.66	10,373
	小計	168.18	128.92	16,415
計	国有林	275.42	205.59	30,157
	民有林	437.82	355.06	38,252
	小計	713.24	560.65	68,409

※1 植栽工面積には協定団体が植栽した箇所も含まれますが、その経費は事業費に含まれていません。
 ※2 事業費には震災発生当初の応急復旧など東日本大震災復興特別会計予算以外の予算も含まれます。
 ※3 七ヶ浜町の植栽工は残存林帯への補植です。

図-2 事業実施数量と事業費

(2) ヤマハンノキ

ヤマハンノキは、カバノキ科ハンノキ属の高木性の落葉広葉樹で、北海道～九州の山地に広く分布している。砂防樹として造成斜面などに植えられるほか、緑化木、肥料木としても用いられる。陽樹であり、初期成長が非常に早く、寿命が短いという性質を持つため、クロマツとともに植栽した場合、植栽初期にはクロマツより早く成長し、数十年後にクロマツが成林する頃には樹勢が衰え自然に淘汰されることが予想される。このことから防風施設の代わりとして適しているのではないかと考え、これを防風垣の代替として植栽した。



写真－1 ヤマハンノキ（左：近景、中央：雄花、右：冬芽）

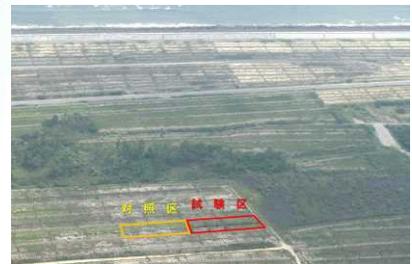
2. 検討方法及び経過

(1) 試験地の概要

試験地は、海岸防災林復旧事業を実施している宮城県岩沼市北谷地林国有林91林班内の岩沼地区16工区に設定した（図－3）。

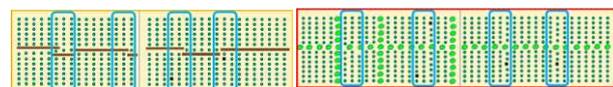


図－3 試験地位置図



写真－2 試験地

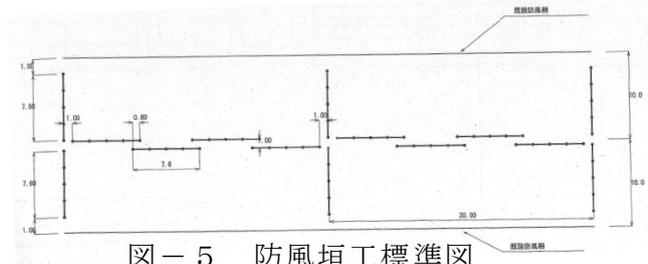
標準的な防風垣設置位置（図－5）に代替のヤマハンノキを1列に植栽した試験区を平成29年度に設け（写真－3）、併せて通常の防風垣を設置した対照区を隣接地に設けた（写真－2）。



図－4

プロット設定位置（右：試験区、左：対照区）

平成30年度に抵抗性クロマツを植栽し、クロマツの植栽列3列×20メートルを1プロットとし、試験区・対照区それぞれ4箇所ずつ調査プロットを設けた（図－4）。



図－5 防風垣工標準図

(2) 調査項目

① 植栽クロマツの成長量・生存率

植栽したクロマツについて樹高（cm、小数点以下四捨五入整数止め）及び根元径（mm、小数点二位四捨五入一位止め）を測定した。また試験区・対照区それぞれにおいて苗木の生存率を調査し比較した。調査は平成30年11月、令和元年11月、令和2年8月、令和2年11月の合計4回行った。



写真－3
試験区（平成29年度）

②事業コスト

ヤマハンノキ植栽と防風垣設置のそれぞれにかかる事業コストを試算し、単位面積当たりで比較した。

3. 結果

(1) 成長量・生存率

成長量の調査結果を図-6、7、表-1、2に示す。樹高、根元径とも、平均値は試験区と対照区とで同程度の結果になった。標準偏差は試験区の方がややばらつきが大きい結果になった。

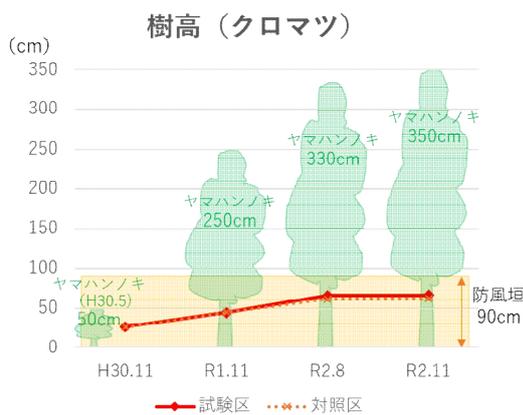


図-6 樹高成長量

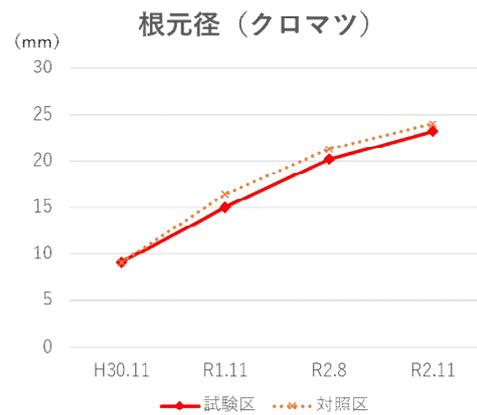


図-7 根元径成長量

表-1 樹高成長量

樹高(cm、平均値±標準偏差)	H30.11	R1.11	R2.8	R2.11
試験区	26.8±5.6	44.7±9.1	65.9±16.1	66.4±16.2
対照区	26.6±5.3	45.1±8.1	61.6±12.1	62.1±12.1

表-2 根元径成長量

根元径(mm、平均値±標準偏差)	H30.11	R1.11	R2.8	R2.11
試験区	9.1±1.6	15.0±3.7	20.2±5.0	23.2±6.3
対照区	9.1±1.6	16.4±3.5	21.3±4.4	24.0±4.7

次に生存率の調査結果を表-3に示す。2年間の調査を通して枯死本数は試験区で4本、対照区で2本であり、生存率は試験区97.3%、対照区98.7%といずれも良好な成績であった。これらの成長量・生存率調査結果からは、ヤマハンノキは、クロマツの苗木を強風などから保護する効果が防風垣と同等程度あると考えられる結果になった。

表-3 生存率

生存率(%)	H30.11	R1.11	R2.8	R2.11
試験区	100	98.0	97.3	97.3
対照区	100	98.7	98.7	98.7

(2) 事業コスト

コスト比較の結果を表-4に示す。ヤマハンノキ植栽工と防風垣設置工それぞれの直接工事費を、令和2年度の単価及び歩掛かりで積算し比較した。ヤマハンノキは、平成29年度の試験地設定時と同じく2メートル間隔で1列に植栽するもの

表-4 直接工事費内訳

ヤマハンノキ植栽 (R2単価・岩沼地区)		防風垣設置 (R2単価・岩沼地区)	
(ha当たり)		(ha当たり)	
苗木	417本 146,000円	防風垣	400枚 1,952,000円
筒形肥料	6,000円	設置	748,000円
植栽	52,000円		
計	204,000円	計	2,700,000円

とし、1 ha 当たりに必要な苗木本数を前述の図-5 防風垣工標準図より算出し試算した。試算の結果ヤマハンノキ植栽工は1 ha 当たり 20 万 4 千円、防風垣設置工は1 ha 当たり 270 万円となり、ヤマハンノキは防風垣のおよそ1/3分の1のコストに抑えられるという結果になった。

958 標準歩掛 第2編 治山			
6-2 海岸緑地 (1) 砂地造林歩掛 (100本当たり)			
名称	区分	植穴面積	備 考
普通作業員(人)		0.47	0.17

備考 1 植穴の大きさは直径・深さとも50cm程度を標準とする。
2 雑草、草土等を必要とする場合は別途計上する。
3 植穴面積には、植穴り等の施度地を含まず。

図-8 令和2年度治山林道必携 (抜粋)

(3) ハンノキハムシの発生

令和2年8月の現地調査時にヤマハンノキにハンノキハムシが発生しており、一部の葉が食害を受けていた。ハンノキハムシはヤマハンノキに一般的に見られる虫で、数年に一度大発生し葉を食害するが、樹勢や生育に影響するほどではなく、またクロマツにも当然影響は及ばず、特に対処を必要としないので今回の検討における施業の効率・効果・コストに関わるものではない。



図-9 ハンノキハムシ (令和2年8月、右：成虫、左：幼生)

4. 考察

本調査においてヤマハンノキを植栽した目的としては防風垣の代替としての機能を期待したものであった。また試験地は、汀線から距離があるやや内陸寄りの箇所、試験地の海側に防潮堤が有り、山砂による盛土箇所という、ヤマハンノキにとって比較的生育条件の良い場所であったため、ヤマハンノキの成長も良く、良い結果が出たものと考えられる。

本調査結果を他の地域や施工箇所で活用する場合の一案としては、例えば防風柵の代替としての機能を求める場合は、クロマツ植栽の数年前からヤマハンノキを植えておき、ヤマハンノキが充分成長したところでクロマツを植栽する、風の強い地域で施工する場合は、植栽間隔を工夫したり、他の防風施設と組み合わせるなど、現地周辺の他の防風施設や防潮施設の有無、地理的地形的要因、気象要因等の条件や、ヤマハンノキに発揮を期待する機能を考慮し、施工方法を工夫することで、今後様々な条件下での応用の可能性が広がるのではないかと考えられる。

5. まとめ

①施業の効率・②クロマツの苗木を強風等から保護する効果・③事業コストの3つの面からヤマハンノキの有用性を検討した結果、①の効率については、ヤマハンノキの植栽により防風垣の設置作業が省略できた。②の効果については、ヤマハンノキを植栽した試験区と通常の防風垣を設置した対照区で成長量・生存率を調査し比較した結果、ヤマハンノキはクロマツの苗木を強風などから保護する効果が防風垣と同等程度あると考えられる結果になった。③のコストについては、ヤマハンノキ植栽は防風

垣設置のおよそ13分の1のコストに抑えられるという結果になった。以上の結果から、ヤマハンノキ植栽は防風施設の代替として有用であると考えられる。現時点ではクロマツが植栽後3年と比較的初期の段階であることから、今後も調査を継続しデータを蓄積していきたい。

6. 参考文献

- (1) 林将之 (2010) 葉で見わかる樹木 増補改訂版. 小学館.
- (2) 木には名前がある <http://www.tree-watching.info>
- (3) 令和2年度治山林道必携積算・施工編 日本治山治水協会・日本林道協会
- (4) 東北森林管理局仙台森林管理署 (2021) 仙台湾沿岸海岸防災林の再生 東日本大震災からの復旧事業のあゆみ

タブレット端末を活用した森林官業務の効率化

青森森林管理署 内真部森林事務所 森林官補 安藤竜介

1. はじめに

森林官は常に国有林野を巡視することが求められ（国有林野管理経営規程第 24 条）、場合によっては急峻な斜面においても作業を行うことがある。こうした中で、作業中の公務災害はなくなっていない。林野庁で発生した 2011 年から 2019 年までの公務災害 304 件の中で、最も多かった災害要因は「転倒・転落」（129 件）であった。

また、森林官は多くの外業及び内業を抱えている。多くは外業で野帳を作成して内業でそれをパソコンで入力・転記するという作業であり、二度手間となってしまう業務も多い。

更に、情報が分散しているという問題もある。例えば慣れていない森林官であれば、現在地の確認にも地図と GPS 受信機を見比べながら作業を行う必要があるため、その度に機器の持ち替えが生じることになる。また、過去の森林官が残した情報や事業、樹種、林齢といった情報を常に全て持ち歩くことは困難である。

こうした状況を解決するため、ほかの森林管理局においてはタブレット端末を導入して業務効率化を図っている事例がある。しかし、導入されているのは専用の端末で大変高価であるという問題がある。このため、汎用のタブレット端末を利用して、同様の業務効率化を図れないかと考え、今回の取組を行った。

2. 取組の方法

(1) 使用した機材及びアプリケーション

表 1 タブレット端末の諸元

取組に当たっては、東北森林管理局から試験的に支給されたタブレット端末を使用した。端末の諸元については表のとおりである。また、業務に当たっては二つのアプリケーション（以下、アプリ）を導入した。一つは「野外調査地図」（地図閲覧機能や現在地表示機能を持つタブレット用 GIS アプリ）、もう一つは「Memento Database」（任意のフォームを作成できる汎用データベースアプリ。

端末名	LAVIE Tab E 10FHD1 (NEC 製の 10.1 インチタブレット)
OS	Android 10
ストレージ	64GB
メモリ	4GB
重さ	520g
直販価格	39,800 円 (+税)
センサ類	GPS、加速度センサ、照度センサ
その他の機能	防じん・生活防水

以下、Memento) である。これらのアプリはいずれも無料で利用できる。

(2) 実際に活用を行った業務

次に、実際に行った業務について述べる。タブレット端末を使用した業務、効率化の測定方法及びフィールドについては表のとおりである。

表2 タブレット端末の活用を行った業務、内容、フィールド

活用業務	活用内容	フィールド
林野巡視	写真の撮影(位置情報付加)、図面、調査簿等の確認	内真部事務所管内
境界巡検等	巡検簿の確認、写真保存、状態記録 (紙とタブレット端末で外業、内業の時間を比較)	内真部事務所管内
収穫調査	野帳作成、調査簿確認 (紙とタブレット端末で外業、内業の時間を比較)	内真部事務所管内 広瀬後潟事務所管内 蟹田事務所管内
現地案内	タブレット端末上で写真や図面等を表示	内真部事務所管内

なお、業務の効率化の測定に当たって、紙とタブレット端末で同時に測定することが難しい場合は、別々に測定を行ってそれぞれ時間を測定し、各工程当たりの時間を算出することで比較した。

3. 結果

(1) 携行物の軽量化について

従来、境界巡検に当たっては図2のような物品を携行し、作業を行っていた。今回、図面及び野帳をタブレット端末に導入し、カメラについてもタブレット端末のカメラ機能で代用することにより、携行品の重量を 2,200g から 800g に軽量化することができた。この重量に鉋や保安帽、水筒等は含まれていないが、簿冊類、野帳類を持ち歩く必要がなくなったことによって、携行品の重量は3分の1近くになった。なお、GPS受信機については機能が重複するが、タブレット端末が万一破損した際のバックアップとして携行している。



図1 タブレット端末活用の様子

(2020年11月20日奥内山国有林にて撮影)

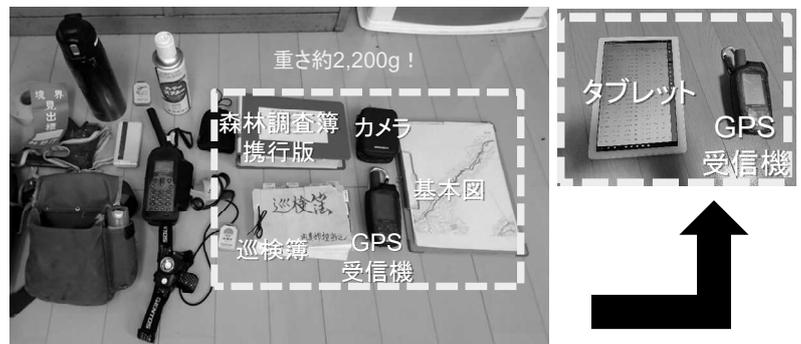


図2 境界巡検の際の携行品の例

(2) 業務時間の短縮について

次に、業務時間の短縮についてである。

まず、境界巡検での作業のスピードアップを図ることができた。境界巡検に当たっては従来、ポイントに到達したら図面を確認し、野帳に境界標の状況を記録し、状況を写真に収めて機材類をマップケースにしまい、次の境界標に向かうという工程を行っていた。しかし、タブレット端末を導入することにより、図面の確認、野帳への記録、写真への記録を全てタブレット上で行うことができるようになった。更に、タブレット端末は防水袋に

入れて首に掛けていたため、従来のようにマップケースから出し入れする手間がなくなり、更にマップケース自体も持ち歩く必要がなくなった。境界標 1 点当たりで見ると 10～15 秒程度の短縮であるが、境界巡検や境界検測予備調査に当たっては多くの境界点を確認する必要がある。例えば、本年の内真部担当区の確認点数はおよそ 800 点であったことから、単純計算で 2 時間 10 分程度の時間短縮が実現可能であることが示唆された。また、帰所後の入力作業については、整理にかかる時間を 10 分の 1 程度に低減することができた(表 3)。

また、収穫調査に当たってもタブレット端末を利用して野帳を作成した（アプリは Memento を利用）。収穫調査については、外業において、紙による記録と大きな差異は認められなかった。しかし、時間の大きな短縮が実現したのはむしろ帰所した後の入力作業（内業）においてであった。これまで、帰所した後に現地で作成した野帳をパソコンで入力していた。しかし、調査本数が多くなればなるほど、入力作業及びエラーチェックに時間がかかる状況に陥っていた。これに対して、Memento を用いて記録を行った場合、現地で作成した野帳を元に大量のパソコン入力を行う必要がない。基本的にタブレット端末から CSV ファイルをコピーして体裁を合わせるだけである。調査本数が多くなればなるほど、紙の野帳と比較して作業は効率的になる。作業時間の短縮の結果は表 3 に示すとおりである。

表 3 タブレット端末導入による時間短縮の効果

	紙の野帳	タブレット端末
巡検記録の整理（内業 100 点当たり）*1*4	11 分	1 分
境界巡検の野帳記録（外業 60 点当たり）*2	30 分	20 分
毎木調査結果整理（毎木調査の整理内業 100 本当たり）*3*4	34 分	3 分
周囲測量、毎木調査の野帳記録（外業）*5	変化なし	

- *1 紙の野帳で記録した 270 点分の結果整理とタブレット端末で記録した 51 点分の結果整理の比較。
- *2 紙の野帳で記録した 36 点分の結果整理とタブレット端末で記録した 57 点分の結果整理の比較。
- *3 紙の野帳で記録した 235 本分の結果整理とタブレット端末で記録した 589 本分の結果整理の比較。
- *4 タブレット端末は CSV ファイルのコピー作業のみで、紙の野帳ほど作業時間とデータ量が比例しない。
- *5 紙の野帳記録者とタブレット端末記録者と並んで同時に作業を行った。

(3) その他の利点・欠点

その他の利点及び欠点については、表のとおりである。

まず、写真の利用や管理については、これまで撮影した全ての写真を持ち歩くことが可能になったため、以前のように写真を事務所に帰ってから確認したり整理したりする必要がなくなった。また、野外調査地図を活用すれば、過去の衛星写真や Google Earth の写真を表示して現在地と重ね合わせることが可能である。このため、初めて訪れる林分であっても、衛星写真から古い作業道の線形を知ることができ、道迷い

表 4 タブレット端末導入のその他の利点・欠点

	利点	欠点
境界巡検	方向の間違いが減少	方位角不明
現地案内 現場巡視 視察対応	衛星写真利用 写真の撮影位置確認	雨天時の写真不鮮明
	現地での色づけ検索	画面サイズが 10.1 インチは大きい
図面利用	全図面を常に携帯可能 印刷不要、水ぬれなし	紙地図電子化の労力
収穫調査	外業・内業の軽減	野帳の記録スピードは 変わらず

を防ぐことができた。

次に、現場巡視の際の効果として、現地で地図に色づけを行って特定条件の林分を検索できるようになったことが挙げられる。例えば、局からの視察があった際に、「近隣で12年生以下の林分はあるか」という問いに対して、紙の地図であれば、目で見えて確認するしかないが、その場で担当区内全ての該当小班を表示することができる。また、地図を全て携帯することができるため、何度も地図を印刷する手間が省け、水ぬれによって可読性が失われることもなくなった。

一方で、その紙地図の電子化にはかなりの労力を要した。森林計画基本図を1枚電子化するのに要した時間はおおむね40分程度で、長い場合では90分を要した。また、収穫調査における野帳としての利用については、タブレット端末と紙による記録とでかなり使い勝手が異なるため、ある程度使い慣れないと紙の野帳と同様のスピードで記録することは難しかった。

4. 考察

タブレット端末の導入によって得られるメリットとその効果、更に、タブレット端末に求められる機能、性能について述べる。

(1) タブレット端末導入のメリット

タブレット端末を導入するメリットについては、図3に挙げるとおりである。アプリケーションは無料で利用できる。外業、内業の労力の負担軽減を実現することによって、山見をする時間の確保や後任への迅速な情報伝達、急斜面で作業する際の安全確保などが実現できる。また、今回は二つのアプリケーションを導入することにより森林官業務への活用を行ったが、汎用品のタブレット端末であることを考慮すれば、今後様々な業務に活用していくことが可能である。

(2) 端末に必要な機能性

今回用いたタブレット端末の諸元については取組の方法で述べたとおりであるが、外業時の可搬性を考慮すると画面サイズ10.1インチはやや大きすぎるとの指摘が他の森林官から相次いだ。業務服のポケットやスプレーケースに入ることを考慮すれば、7~8インチ程度が妥当ではないかと考えられる(図4)。また、耐久性についても不安の声が上がっていたところであり、特に防水性は不可欠な機能である。更に、現在地を確認するために

費用対効果	アプリは全て無料、誰でも簡単に導入可 業務効率化に威力を発揮
携行物削減 安全確保	現場作業負担軽減 急斜面での作業の安全確保
情報見える化	色付け地図を現場で作図可能 後任への図面、情報引継も容易
作業時間削減	外業・内業の時間短縮 山見の時間の確保
将来性	汎用端末なので様々な業務に活用可能

図3 タブレット端末導入のメリット



図4 タブレット端末の大きさ比較

(いずれも野外調査地図の画面。左が今回使用した10インチ、右が7インチ。)

GPSは必須である。そして、方位も確認するためには方位測定機能（電子コンパス）の搭載も望ましい。

今後、タブレット端末の導入が各署において進み、森林官業務以外への導入も行われれば、ほかにも必要な機能性が出てくることも十分に予想される。このため、必要な機能については繰り返し検証することによって、より利用価値の高い端末を選定していくことが肝要である。

5. 今後の課題及び活用可能性

(1) 今後の課題について

タブレット端末はまだ試験的に導入されたばかりであるため、現時点で諸通知によって定められた範囲でどのような業務に活用することができるのか検証する必要がある。また、これと併せてタブレット端末に導入することが認められないデータ類についても明確にする必要がある。例えば、希少野生動植物の生息生育地のデータのように、機密性の高い情報を安易に導入することは避けなければならない。一方で、導入可能なデータを限定してしまえばタブレット端末の活用の可能性を狭めてしまうおそれもある。したがって、まずは絶対に導入してはならないデータについて明確にするべきであると考えられる。長期的な視点では、タブレット端末を業務に生かすことができるように、各種規程類を改正することが必要であろう。

今後の継続的な活用にあたっては、タブレット端末を活用する職員が特定の職員に偏らないようにすることが必要である。そのためには、誰でもタブレット端末を業務に簡単に使えるように、マニュアルを整備していくこと、そして活用に関する情報を森林管理署の枠を越えて共有することが不可欠である。

(2) 今後の活用可能性について

最後に、タブレット端末を今後の可能性について2点言及したい。

第1に、森林計画の予備編成へのタブレット端末の活用である。これまで予備編成にあたっては、森林官が森林調査簿携行版に修正内容を手書きして、それを森林管理局の担当官がパソコンで転記する作業を行っていた。あらかじめ森林管理局計画課と調整し、森林調査簿携行版のタブレット端末版を作成すれば、修正作業が現在より容易になる可能性がある。

第2に、3の結果で述べたとおり、現在は地図の電子化に労力が必要であるが、今後は国有林野の図面は電子化されることになる。そのため、図面の電子化の労力はなくなり、タブレット端末の活用はますます容易なものとなっていくことが推測される。

既に述べたとおり、汎用タブレット端末は様々な業務への活用が期待される。したがって、今後はタブレット端末をより多くの職員に配布し、活用方法を開発していくことが必要である。

6. 謝辞

本研究発表にあたっては、青森森林管理署の職員の皆様に多くの助言を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

3D レーザースキャナーを利用した測量の活用事例について

三八上北森林管理署 地域技術官 ○佐藤隼人
総括事務管理官 ○菅野聡

1. はじめに

治山工事や林道工事を代表とする森林土木工事は、国土の保全、森林の維持造成、森林整備のための基盤整備として、森林及び林業の管理経営を進める上で欠かすことのできない事業の一つである。

しかしながら、森林土木工事は山間奥地で施工するため急峻かつ狭隘での現場が多く、測量を始め施工においても安全性の確保を重要視する必要がある。また、山間奥地であるが故に自然により形成された統一性のない地形を相手にしなければならず、一定間隔でしか地形を把握できない現状の測量では図面に表れない小沢や小さな尾根、立木の伐根などの微地形に対してもその対応を考慮しながら施工を進める必要がある。このほか、一般的な公共土木工事に比べ施工規模が小さく、その割に測量の内容や出来形管理などは同程度の成果を求められるため工事全体に占める付帯作業の割合が大きくなる傾向がある。

他方で、森林土木工事を含む建設業全体の現状として、建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に社会の安全・安心の確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」としての使命がある。また、人口減少や高齢化が進む中であってもこれらの役割を果たすため、建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革とともに、生産性向上が必要とされている。

建設業全体の課題として、技能労働者の高齢化が進み今後 10 年で約 3 割の技能労働者が離職すると予想されている。また、30 歳未満の若年層の労働者は全体の 10%以下となっており、建設業界全体において将来の人手不足が深刻な問題となっている（図 1）。

2014年度 就業者年齢構成

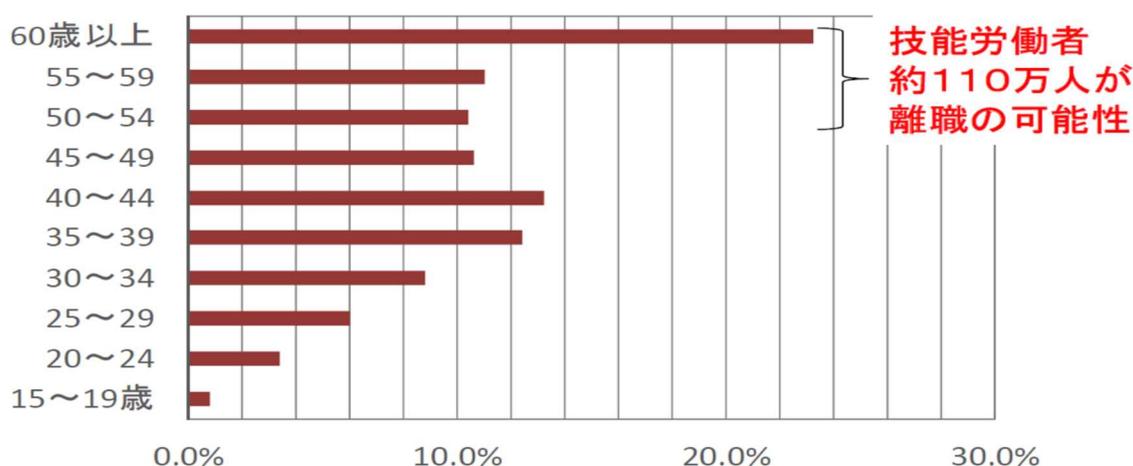


図 1

また、工種別の生産性の現状を見てみると、トンネル工事などは NATM 工法など機械が主体となって掘削する工法の採用により単位作業量当たりの作業員数が大幅に減り、生

産性が約 10 倍に向上している。一方で、土工やコンクリート工は掘削機械や運搬機械等を併用して作業をするが昔からその作業形態は大きく変わっておらず、重機のオペレーター、丁張作業、コンクリートの打設など未だに直接人力に頼らざるを得ない状況は変わっていない。このことは、単位作業量当たりの作業員数が約 30 年前と比較しても大きな変化はなく、生産性向上のための改善の余地があるものと考えられる（図 2）。



図 2

森林土木工事はまさに、この「土工」と「コンクリート工」が大半を占めることから、生産性向上のための改善の余地が大きくあるものと考えられる。建設業界全体の生産性を向上させるためには、建設業界で長く働いてくれる人を増やす必要があり、「キツイ、汚い、危険」と言われてきた労働環境を改善し、若者や女性といったこれまで建設業界を敬遠しがちだった人材を惹き付ける必要がある。このほか、まだ建設生産システムに改善の余地がある工種に対して生産性向上のための対策が必要となる。

そこで期待されるのが ICT 技術を用いた土木工事であり、ICT 技術を用いることで、安全性の確保や労働の負担軽減をしつつ、高品質な工事成果を得ることが可能になるものと考えられる。

土木分野における ICT 技術とは、測量成果のデータや設計データなどの電子情報を通信技術を用いて ICT 機能を搭載した建設機械に伝達するなどして、建設機械の操作の軽減を図ることができるほか建設機械が自動制御で施工することができる技術をいう。また、ICT 技術を推進する国土交通省においては、調査、設計、施工はもとより監督、検査、維持管理という生産工程においてこの ICT 技術を使って高効率、高精度の施工を行い、生産工程全体の生産性の向上や品質の確保等を図るシステムとされている。

国土交通省では I-Construction と称して建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組を進めている。I-Construction の取組として、

- ・ 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- ・ 建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど、魅力ある建設現場へ
- ・ 建設現場での死亡事故ゼロに
- ・ 「きつい、危険、きたない」から「給与、休暇、希望」

といったことを目指し、建設現場を魅力あるものとするものである。ICT 技術はこの I-Construction の取組の一つであり、この度の 3D レーザースキャナーを利用した測量はこ

のような ICT 技術のうち測量に関する一例である。

2. 研究方法

今回施工した左又沢治山工事は、青森県有数の観光地として知られる奥入瀬川の支流、立惣辺沢上流に位置し、流域一帯には火山堆積物に由来する浮石粒堆積物、いわゆる「シラス」が厚く堆積しており、大雨などのたびに侵食、崩壊が繰り返され、古くから治山ダム等による山地保全対策が行われてきた。

今回の施工地は立惣辺沢の最上流部に位置し、両岸は 75° ～ 80° の切り立ったシラス特有の急崖となっている。侵食は年々進行しており、このまま侵食が進むと隣接する十和田市管理の牧場まで進行が進む恐れがあるほか、切り立った両岸についても林地崩壊につながり、流出した土砂等によって下流へ被害を与える恐れがあったことから、法枠工等の施工により侵食を防止し溪流の保全及び林地の保全を図ることとした。

3D レーザースキャナーは、計測器から照射されたレーザーによって対象物の空間位置情報を取得する計測である。安全に離れた位置から非接触、ノンプリズムで大量の点群データを取得でき、従来の「単点」の測量ではなく、ごく短時間に大量で面的な 3 次元空間の点群座標を取得することができる計測技術である。3D レーザースキャナーで測量した点群データはパソコンで処理し 3 次元空間として画面表示することが可能であり（図 3）、現地の状況を画面上に再現することができる（写真 1 は現地を写真撮影した画像）。また、パソコン画面上で 3D 表示するばかりでなく、無数の点群データはそれぞれ座標を持っているため、例えば断面図として抜き取るなどして設計等に生かすことも可能である（図 4）。



写真 1



図 3

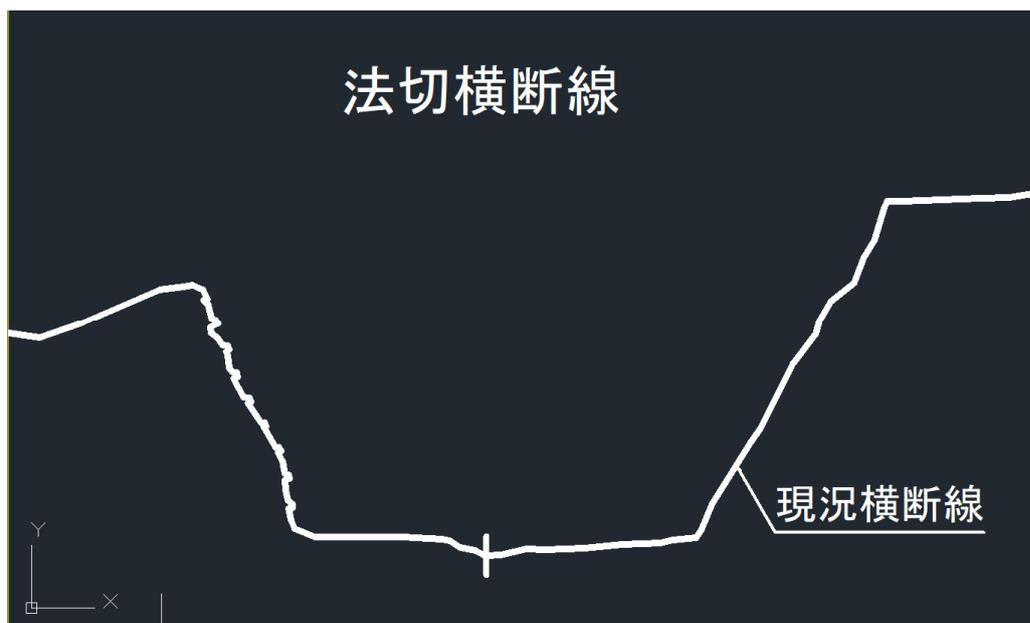


図 4

また、これまでの測量では一定間隔でしか測量データを取得できないが、3D レーザースキャナーで測量した点群データは大量であるためほぼ連続性を持った測量データとなる。このことは、点群データは情報として管理することが出来るため後から欲しい情報を再度現地に行かなくても取得することができる。また、自然地形を相手にする森林土木工事にとって、これまで図面に反映できなかった微地形も把握することができるため、設計段階で施工における危険因子や施工上問題となる地形も事前に把握することができるようになる。

3. 結果及び考察

I-Construction の取組では測量から設計、施工、検査、維持管理に至る全ての事業プロセスに ICT 技術を導入することが目標とされている。建設生産システム全体の生産性向上には、一連の事業プロセスのうち情報通信技術を用いて省力化や安全性の確保を図ることが重要であり、特に無人化施工を如何に導入できるかが生産性の向上になるものと考えられる。無人化施工については、その条件としては建設機械が同じ作業を連続的に作業できる環境が必要となるが、森林土木工事の現場では急峻かつ狭隘な場所で自然地形を相手にした作業となるため、建設機械が同じ作業を連続的に作業することが困難である。オペレーターの経験や技術力に頼っている部分が多くある森林土木工事の現場に ICT 技術による無人化施工を導入するには解決しなければならない課題があるが、それらを一つずつ検証・解決しながら、森林土木工事の生産性の向上につなげていきたい。

モバイルアプリを活用した素材検知業務効率化の検証 ～業務のスリム化に向けて～

岩手南部森林管理署遠野支署 一般職員 ○佐々木亮太
森林整備官 梶本愛

1. はじめに

(1) 背景

我が国の森林蓄積は年々増加している。これは終戦直後、国土経済成長期に伐採跡地に造林された森林の多くが主伐期を迎えているためである。言い換えると森林資源の多くが成熟してきている。これにより今後、生産事業等事業量は増加していくと見込まれている。

しかし、令和元年度森林・林業白書によると林業労働力として現場業務に従事する者「林業従事者」の数は減少傾向に推移していると記載されている。

このような現状の中で林業の成長産業化と森林の適切な経営管理を推進するためには林業改革の一環である「スマート林業」の取組として挙げられている ICT などの新しい技術や、今までの視点・考え方を変えることによって、林業労働力の若返りや業務の効率化、林業生産性の向上が不可欠であると考えられる。

(2) 目的

このような考えから、今回の調査目的は iPhone アプリ（モバイルアプリ）を活用して現場業務の 1 つである素材検知業務をどれほど効率化できるかという内容とする。

素材検知業務とは JAS 規格（日本農林規格）に基づき、丸太の樹種別区分、材区分、径級・長級の計測、品等格付け、本数確認、材積算出による数量を確定する業務である。

東北森林管理局では、主に一般材、合板材、低質材の 3 つに材区分が分かれている。この 3 つの材区分の中で、径級と本数確認があり且つ品等格付けを必要としない合板材に注目して調査を行う。

2. 取組

(1) 「AI 丸太検知くん」

アプリについて、国土防災技術株式会社が開発した iPhone・iPad 専用アプリ「AI 丸太検知くん」を使用する。「AI 丸太検知くん」は撮影された巻立て極（以降、極と記載）の写真を読み取り、AI 学習機能により自動で径級を測定し材積を算出するアプリである。

初回導入費用はオプション毎に追加料金を支払い、最大 23 万円となっており、2 年目以降から基本料金 3 万円を年間利用費として請求するサブスクリプション方式をとっている。

特徴としては、解析した写真や材積データをメールに添付して送信し、迅速に情報共有できる点、横長の極に対しては、連続撮影して複数の写真からオーバーラップした部分の計測箇所を除いて解析する機能がある点、後述するベンチマークを貼った極の写真をデジカメや外の携帯端末で撮影したとしても、画像データを「AI 丸太検知くん」がある iPhone に取り込めば検知できる点が挙げられる。

具体的な方法は、最初に検知したい樫にベンチマークを貼り、アプリを起動して写真を撮影する。するとアプリ内にて自動で径級が測定され、同時に本数と材積も算出される。また、ベンチマークの設定や径級の誤り箇所を検知が終了した後、どのタイミングでも手動で修正可能である。

(2) 調査方法

今年度当支署で伐採されて巻立てられた樫に対して「AI 丸太検知くん」を用いて検知を行う。その際、従来方法の検知と工期・金額・正確性の3つの点を比較した
なお、使用した端末は iPhone 11 Pro Max である。

① 工期

写真撮影から修正作業も含めて材積算出までの時間を計測し、作業工期を算出する。比較対象は素材検知業務請負積算要領に記載された合板材の作業工期を従来方法とした。

② 金額

従来方法と同じ積算を用いて、アプリを使用した場合の 1 m³あたりの経費単価（以下、アプリ単価とする）を算出する。比較対象については、積算単価は公表することができないため当支署の契約単価を従来方法とした。なお、落札率を乗じたアプリの経費単価を採用した。

③ 正確性

アプリ内で算出した材積データ（以下、アプリ材積とする）に対して、比較対象は今年度当支署の請負で提出された野帳データを従来方法とした。

3. 結果

(1) 調査結果

調査した結果、検知した樫は 32 樫、1 樫あたりの平均巻立材積は約 31 m³、1 樫あたりの平均検知時間は約 25 分、32 樫の総材積は約 999 m³となった。

(2) 比較結果

① 工期：従来方法と比較して約 8 倍

1 日あたり勤務時間を 8 時間とし、通勤と昼休憩をそれぞれ 1 時間かかるとすると 1 日の稼働時間が 6 時間となる。1 樫検知するのに必要な時間は約 25 分なためそこから、工期を換算すると 1 日 1 人あたり 453 m³となった。従来方法が 1 日 1 人あたり 55 m³であるため、従来方法と比較して約 8 倍という結果になった。

② 金額：年間検知数量約 617 m³以上であればコストは下回る。

従来単価では、採用工期 55 m³人日のほかに通勤費や器具材料費などの損料等その他経費、計測手の労賃、間接費として諸経費や保険料を含み積算している。ここからアプリ単価を算出するため、採用単価を前述の 453 m³人日とし、器具材料費にアプリ初年度導入費の 23 万円とその他必要な道具費を見込んで積算した。アプリを使用した場合の積算では数量が少ないと割高になってしまう。そのため、年間検知数量毎にアプリを使用した場合の経費単価を算出し従来方法と比較した。

結果、年間検知数量約 617 m³以上あれば、アプリを使用した場合の経費単価は従来方法

よりコストは下回るといった結果になった。例えば年間検知数量が 5,000 m³の場合、アプリを使用した場合の経費単価は約 89 円となり全体として約 108 万円の経費削減ができる。

なお、積算等に使用する労賃や保険料の割合は岩手県を採用している。

※②の補足

アプリを導入して 2 年度以降は基本料金 3 万円のみなので、数量毎のアプリ単価も変化する。アプリ単価が従来方法を下回る年間数量がより小さくなっている。(図 2 参照)

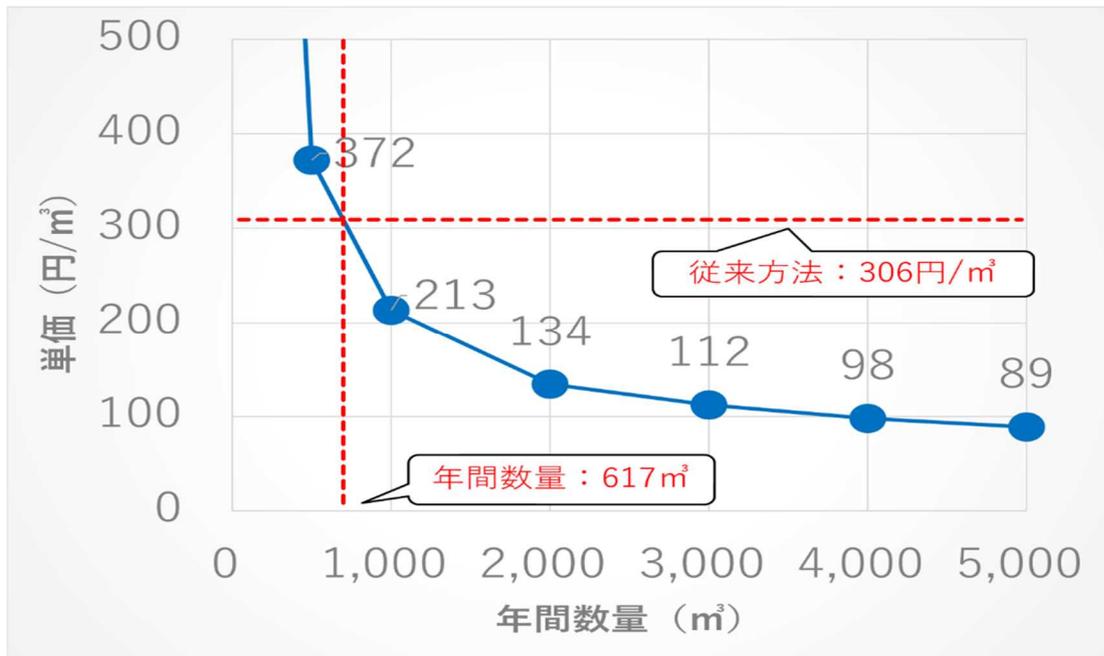


図1 アプリ導入初年度単価グラフ

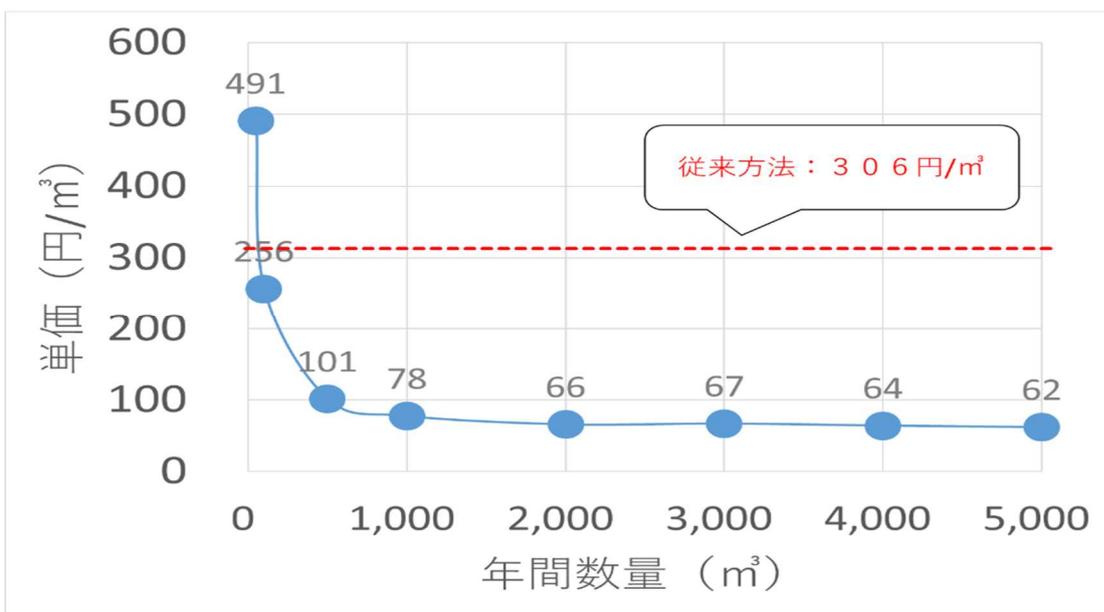


図2 アプリ導入2年目以降の単価グラフ

③正確性：平均誤差 +0.9% 最大誤差 -5.0%

アプリ内で算出した材積と従来方法を比較したところ、全体材積は従来方法が約 990 m³、アプリの場合が約 999 m³となった。最大誤差率は-5.0%となり、最大誤差は約 3 m³となった。平均誤差率は材積との加重平均により+0.9%となった。誤差率は全て±5%以内となった。本数については、32 桧中 6 桧に本数違いが見受けられたが、これはアプリの誤差ではなく従来方法の数え間違いとした方が自然であると考えられる。

4. 考察

(1) メリット

先述した結果から、アプリを使用した検知方法が従来方法より作業工程が高く、年間数量 617 m³以上であれば、コストは下回るという結果になった。

(2) その他メリット

その他にも写真撮影から編集作業まで 1 人作業が可能なおことから人手不足対策、梯子を必要としないため転落等による労働災害の減少にもつながり、メールによる迅速な情報共有が可能な点が挙げられる。

(3) 民間企業導入実績

また、2021 年 1 月時点で 29 企業導入実績があり、写真を撮るだけでの取り扱いや情報共有が簡単になった、修正が簡単だ、デジカメ写真を取り込んで検知できるのでミニマムコストだ等の声が出ている。

(4) デメリット

実際、アプリを使用してみてデメリットもわかった。デメリットは下記のとおりである。

① 対応機種が現状、iPhone・iPad のみであること

② 写真撮影しやすい桧の置き方を事前に指示しなくてはならないこと

撮影する以上、桧からある程度距離は必要であり、標準的な桧（高さ 2m～3m 程度）に対して連続撮影の場合は 2m～3m 必要。1 回撮影の場合は 4 m 弱程度距離が必要になる。

林道側に木口を向けずに、間隔を狭く置いてしまうと写真撮影ができなくなってしまう。

③ 買い受け業者との取引の際、信頼性が損なわれてしまうこと。

アプリを使用した検知ではアプリ内で径級・材積の計測・算出が行われているため、実際の桧には記載がないことにより、買い受け業者との取引時に信頼性を損なってしまうのではないかということ。

その他にもベンチマークが 3m 以上離れるとアプリが認識してくれない、修正作業が必ず必要になってしまう等、細かい問題点が見受けられる。

(5) 考察

調査方法の中でアプリの特徴の 1 つとして述べたが、1 台「AI 丸太検知くん」が入った iPhone があれば、ベンチマークとデジカメ等で撮影した写真を取り込んで検知することができる。そのため、①はデメリットとしては小さいものと思われる。また、②のデメリットや 1 つの土場に多く桧を置きたい場合の対策として考えられるのは、1 つの桧が完了したらベンチマークを貼り付けて写真撮影を行い、次の桧を置くという方法がある。

③のデメリットについては大きいものであり、アプリを使用した検知を普及する際、買い

受け業者の信頼性を担保することが今後重要な課題となってくると思われる。

信頼性を担保するには、アプリを使用して計測した値として入札案内書等に明記して販売する、受益者負担の考えから割引価格で販売する、アプリ自体を無償で貸し出して誤差の程度を買い受け業者に確認してもらうなどが対策として挙げられる。

(6) まとめ

今回の調査目的は iPhone アプリを活用して素材検知業務をどれほど効率化できるかという内容で始まった。そして、最大誤差が 5%という精度で従来方法より 8 倍作業工程が大きく、年間検知数量 617 m³以上であれば、コストも下回る結果となった。しかし、いくつか欠点も見受けられ、その中でも取引時の信頼性の担保、つまり買い受け業者とどう取引するかという新たな課題が見受けられた。対策としては販売を試行し買い受け業者に誤差の程度を把握してもらい、積み重ねによる信頼性を獲得する必要があると考えられる。

5. 最後に

今後国産材生産量の増加が見込まれている中で現場業務の従事者が減少傾向にある。その中で生産性の向上につながるためには、ICT 技術などの新たな技術を活用する必要があると考えられる。しかしそういった技術は今後発展しても誤差というものは少なくなるもののゼロにはならないと思われるので、まずは誤差に対する考えを見直して新たな考え方を取り入れ、事業の効率化を図る必要がある。

今回の発表にあたり国土防災技術株式会社盛岡支店にご協力いただいた。心より感謝を申し上げます。

下刈作業地における簡易避暑器具の開発

岩手南部森林管理署 総括森林整備官 盛一樹

1. 背景と目的

近年、我が国の人工林の多くが主伐期を迎えており、これに伴い多くの再造林地も作られている。再造林地は、植栽後3年～5年間にわたり、下刈作業を行う。この下刈作業は、一般的に、夏草が出現する初夏から繁茂する夏にかけて行われており、日陰のない作業地条件との組み合わせから、熱中症の罹患例がしばしば報告されている。熱中症に罹患した場合、軽症ではめまいや失神といった症状が現れ、重症化すると意識障害や高体温症、最悪の場合は死に至るおそれがあり、その対策は重要な課題となっている。その対策としては、十分な水分及び塩分の補給に加え、熱を遮る遮蔽物や、直射日光を遮ることができる簡易な屋根の設置と、日陰でのこまめな休憩による、連続作業時間の調節が推奨されている。しかし、下刈作業地には日陰がなく、日陰を求めて周辺の林内に移動するためには、高い移動コストがかかることから、移動可能な屋根があれば、低い移動コストから、日陰でのこまめな休憩が可能になるのではないかと考え（写真-1）、移動に適するようコンパクトにたためて軽く、設置後には安定した、簡易避暑器具の開発を本取組の目的とした。

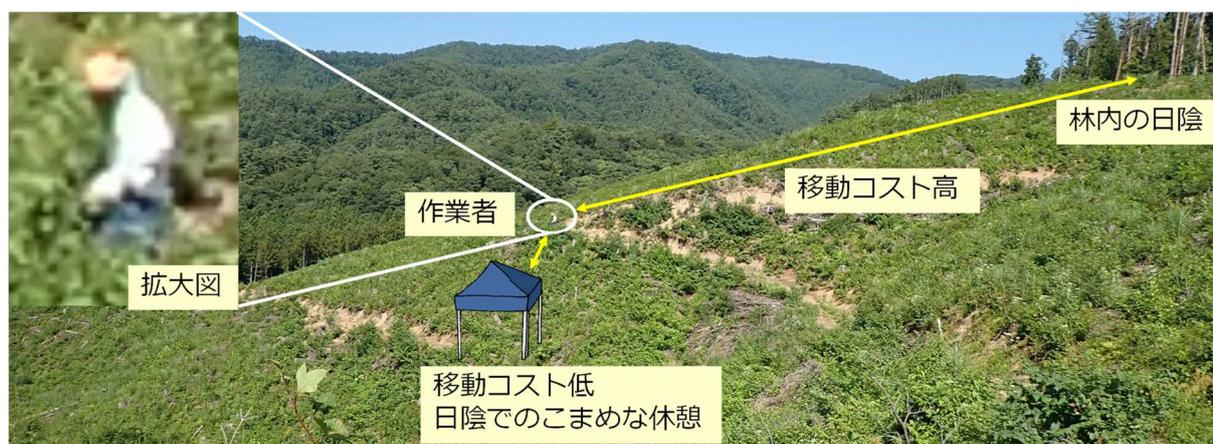


写真-1

2. 材料と方法

簡易避暑器具の材料は、現地での移動に伴い頻繁に地面に差し抜きすることから、骨組みについては、地面に刺して使用する家庭菜園用つるもの栽培棚支柱（写真-2）を選択した。屋根部材については、素材による温度の違いを計るため、遮光カーテン（写真-3、遮光度3級：遮光率99.40%～99.80%）、バルコニーシェード（写真-4、いわゆるすだれ。）、軽量ブルーシート（写真-5）を選択した。



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7



写真-8



写真-9



写真-10



写真-11



写真-12

完成した簡易避暑器具を写真に示す（写真-6）。設置方法は、屋根部材を留めているマジックテープを外し（写真-7）、足部を開いて地面に刺し（写真-8）、二組の足部の接続ポールを接続し（写真-9）、もう一組の足部も開いて地面に刺し、屋根部材をかける。（写真-10）、屋根部材にはハトメ穴加工を施し、足部には、すべり止めシート、結束バンド、Wリングを介しカラビナフックを装着したので、ワンタッチで着脱ができる（写真-11）。残り3カ所を接続し、完成する（写真-12）。なお、足部頂点の開脚角度は自由設計となっており、現地の傾斜や作業者の体型に合わせることが可能である。また、設置又は撤去にかかる時間は、1～2分程度であった。

現地での実験計測に先立ち、温度計には個体差が出る可能性があることが経験的に知られていることから、同一製品を6台用意し、同一条件下で50回計測したところ、約-0.4℃低い値を示す個体が1台あったので、これを除くこととした。

現地実験は、最高気温34℃を超える夏日の下刈作業地において実施した。同一方

角斜面に、簡易避暑器具 3 基、比較対照としての一般的な避暑器具であるビーチパラソル、日陰のない状態での温度を計るための温度計を設置したポールを並べた。

計測メニューについては、内部温度として、休憩時に頭部が位置する屋根部材頂点から 30cm 下地点に温度計を下げ、使用した温度計が 5 分に 1 度計測する仕様であるため、10:26~14:02 の間に約 7 分間隔で 30 回計測した。次に、熱のこもりに影響すると考えられる、屋根部材の作業側表面温度について、最高気温 34℃を超える別日に、非接触式電子温度計を用いて 30 回計測した。また、風のない室内において、風速計と扇風機の上に屋根部材を設置し（ブレード間距離 20cm）、扇風機の風量を最大にして、風とおし具合を計測した。併せて、重量を計測した。

3. 結果

計測結果を表-1 に示す。内部温度は、比較対照のビーチパラソルと、簡易避暑器具のバルコニーシェード、遮光カーテンに低い傾向が見られ、表面温度は、簡易避暑器具のバルコニーシェードが、最も低い値を示した。風通しは、バルコニーシェードが優れた結果となり、重量は、簡易避暑器具 3 基がいずれも軽量であった。なお、ビーチパラソルには、ウエイトに入れる水 17.7 リットルを含む。

表-1 計測結果

避暑器具の素材	内部温度	表面温度	風通し	重量
簡易：バルコニーシェード	34.1℃	35.2℃	1.0 m/s	1.5 kg
簡易：遮光カーテン	33.9℃	45.3℃	0.1 m/s	1.7 kg
簡易：軽量ブルーシート	35.0℃	37.3℃	0.0 m/s	1.3 kg
対照：ビーチパラソル	34.0℃	42.2℃	0.0 m/s	20.4 kg
対照：温度計むき出し	36.5℃	—	—	—

内部温度及び表面温度は中央値。

4. 考察

ビーチパラソルは、2 名ほどが休憩できるサイズが優れており（写真-13）、設置した後長時間移動しないビーチやイベント会場等での使用に適していると考えられるが、1 本足であり、安定させるためのウエイトの重さがネックとなり、頻繁な移動を伴う下刈作業地での使用には適していない。

簡易避暑器具は、展開して設置し移動時には収束する形にしたことでコンパクトに、また、4 本足かつ地面に刺して使用することでウエイトの必要がなく、軽量に仕上がった。

避暑効果は、下刈作業地で実際に使用した作業者によれば、「体感的には、バルコニーシェードが 1 番涼しい」、とのことであった。これは、内部温度及び表面温度の



写真-13

低さに加え、風通しの良さが汗の蒸発散及び放熱を促したものと考えられる。避暑を目的として製造された、バルコニーシェードを素材に用いて開発した簡易避暑器具が総合的に優れており、今回の取組の目的であった、持ち運びに適した小型サイズかつ軽量、設置が容易で安定した、簡易避暑器具が開発できたと考えている。

しかし、今回は耐候性や耐久性の調査ができなかったこと、屋根部材についても、他の避暑素材等（例えば、自動車用品のワンタッチシェード等）を用いた実験ができなかったことから、今後は、これらについても検証を進めていく必要がある。

5. 参考

今回の実験で使用した資材、機材等を以下に示す。

なお、2020年8月時点での1基当たりの資材価格は、簡易避暑器具のバルコニーシェード版が4,635円、同遮光カーテン版が5,163円、同ブルーシート版が3,235円、比較対照のビーチパラソルが8,910円であった。

5-1 簡易避暑器具 骨組

棚支柱セット（第一ビニール株式会社）TS-1.8

5-2 簡易避暑器具 屋根部材

バルコニーシェード（株式会社タカショー）GSP-1018B3

ドルフィン ブルー（遮光カーテン）（ユニベール株式会社）

軽量ブルーシート（ジェイスタイル株式会社）KS-1818

5-3 簡易避暑器具 その他共通資材

マジックバンド（クラレファスニング株式会社）CP-09

non slip grip sheet（（株）大創産業）2205BJ

Wリング（（株）ニッサチェーン）P-814

ワイドタイ（耐候性結束バンド）（株式会社オーム電気）WLT-200W50BK

カラビナ・キーフック スリム 3P（株式会社フジサキ）F-1745

両面ハトメパンチ プライヤー型（トラスコ中山株式会社）THP-PH

両面ハトメ アルミ製（トラスコ中山株式会社）THP-A15

両面ハトメパンチ用交換コマ（トラスコ中山株式会社）THPK15N

5-4 ビーチパラソル

熱中対策 UVパラソル（ミドリ安全株式会社）H0-246

熱中対策 パラソル用ウエイト（ミドリ安全株式会社）H0-244

5-5 計測器具等

CITIZEN 高精度デジタル温・湿度計（リズム時計工業株式会社）8RD208-A03

非接触式電子温度計 aimedata（東亜産業）TETM-01

Digital Anemometer（風速計）（BTMETER）BT-100

30cmリビング扇（扇風機）（株式会社山善）YLX4-WG303

デジタルヘルスマーター（株式会社タニタ）HD-654

漆産業振興に係る二戸市との連携

岩手北部森林管理署 地域技術官 ○吉川秀平
二戸市 浄法寺総合支所 漆産業課 主査 大平隆義

1. はじめに

平成 27 年、文化庁は「平成 30 年度以降、漆塗りの国宝及び重要文化財の修復に使う漆については国産に限定する」という方針を決定し、通知を行った。これにより必要とされる国産漆の量は年間 2.2t と算出され、需要の急激な増加から国産漆増産への対応が急務となっている。

そんな中、国内漆生産量の 7 割以上を誇る岩手県二戸市浄法寺町では、「二戸市ウルシ林創生植栽計画」に基づき国産漆振興に取り組んでいる。

一方、岩手北部森林管理署では全国の国有林でもほぼ唯一ウルシの分収造林契約による原木供給を行っており、また新規のウルシ造林候補地の情報提供を行うなど、フィールド提供により国産漆生産へ協力している。

本発表では、こうした互いの取組による現状の成果をまとめ、今後の国産漆産業振興に係る連携推進のための課題について考察することを通じ、浄法寺漆について PR することを目的とする。

なお、本稿では固有名詞を除き漆の樹液を「漆」、立木を「ウルシ」と表記する。

2. 取組内容

(1) 二戸市の取組

二戸市では漆産業振興のため、大きく分けて人材育成、原木確保、情報発信の 3 つの取組を進めている (図-1)。

①人材育成

人材育成の取組については、平成 28 年度から総務省の制度である「地域おこし協力隊制度」を活用した漆掻き職人「うるしびと」の育成事業を行っている。伝統工芸に積極的に取り組みたいという若者が二戸市に移り住んできており、令和元年度までに 7 名の漆掻き職人が誕生した。

二戸市浄法寺に事務所を置いている国の保存技術選定団体の「日本うるし掻き技術保存会」においても漆掻き職人の養成を行っており、若い漆掻き職人も徐々に増えている。



図-1 二戸市の取組

②原木確保

原木確保については、苗木の購入助成事業や漆の林の整備事業などを進めるとともに、個人での取引を行っている原木の情報を一括管理し分析ができるように、平成29年度事業により原木管理システムの構築を進めている。

原木確保の課題は苗木を供給できる体制を構築することであるが、現在は個人経営により1人で苗木を育成しているのが現状である。植栽まで2年の育苗が必要となるが、その良質な育苗のノウハウについてはマニュアルがなく、個人に頼っている状況にある。そんな中、二戸市においても育苗の取組を始めているが、研究機関等関係機関による研究や育苗を行っていく必要がある。

③情報発信

漆の情報発信については、浄法寺漆・浄法寺塗り発信事業に取り組んでおり、二戸市のホームページに、「うるしの國、浄法寺」のサイトを開設するなど積極的な情報発信に努めている（図-2）。

また、岩手県と二戸市では浄法寺漆認証制度によるブランド化を進め、認証マークを制定し平成22年3月に商標登録を行っている（図-3）。この「浄法寺漆」は、二戸市浄法寺を本拠地として活動する漆掻き職人が採取した漆を対象とし、「浄法寺漆認証委員会」により品質基準等をクリアした漆にのみ付けられる名称である。

加えて、民間等との連携を図り、漆産業振興の充実とその取組を広く周知するため、漆の林づくりサポート事業として漆の林づくりパートナー協定や漆うるわしの森づくり協定といった協定の締結を推し進めている。

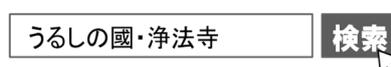


図-2 浄法寺漆特設サイト



図-3 「浄法寺漆」
認証マーク

（2）岩手北部森林管理署の取組

岩手北部森林管理署では、日当たりや水はけのような生育条件、林地傾斜や車両アクセスといった利用条件から伐採跡地を絞り込み、ウルシの植栽適地となり得る造林候補地を紹介することで、分収造林契約による植栽地の提供を進めている。

（3）令和2年度の取組

①新規分収造林契約

令和2年10月22日付けで、二戸市と新規分収造林契約を締結した。場所は二戸市浄法寺町大清水国有林230林班と小班で、平成31年度より二戸市に紹介していた箇所である。小班面積13.7haに対し、条件の良い2.7haを選定して契約を行った。

岩手北部森林管理署におけるウルシ分収造林の新規契約締結は平成15年度以来17年ぶりで、二戸市との契約は平成8年度以来のものとなっている。

②植樹祭の実施

上記の新規分収造林箇所において、二戸市の主催で「漆うるわしの森植樹祭」を開催した。植樹祭には地元小学校を含む計 11 団体、207 名が参加し、当日はウルシ計 450 本のほか、漆器に用いるトチノキ 200 本の植栽を実施した（図-4）。



図-4 漆うるわしの森植樹祭



図-5 「漆うるわしの森づくり」に関する協定締結式

③国有林野を活用した「漆うるわしの森づくり」に関する協定

令和 2 年 10 月 30 日付けで、二戸市長と岩手北部森林管理署長との間で「国有林野を活用した「漆うるわしの森づくり」に関する協定」を締結した（図-5）。

この協定により、ウルシ林の造成等に関してより一層の連携を図ることのほか、特筆すべきこととして、国有林を漆掻き研修生の研修フィールド及び原木供給の場として活用していくことを定めた。

3. 現状の整理

(1) 国産漆及び浄法寺漆生産の推移

国産漆生産量の推移としては、図-6 のとおり昭和 55 年をピークに減少傾向にあったが、平成 27 年に文化庁の方針決定通知を境に徐々に増加し、平成 30 年には 1.8 t、自給率は約 5% になっている。

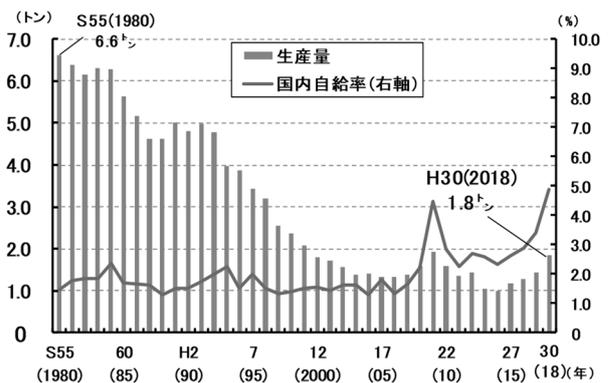


図-6 国産漆生産量の推移（林野庁, 2019）

浄法寺漆についても国産漆と同様の推移をしており（図-7）、平成 27 年以降は取組の成果もあり生産量、漆掻き職人数ともに増加傾向にある。しかし、グラフで示すように在庫量は全くない状況にあり、需要に対応するためには毎年の安定生産が重要である。

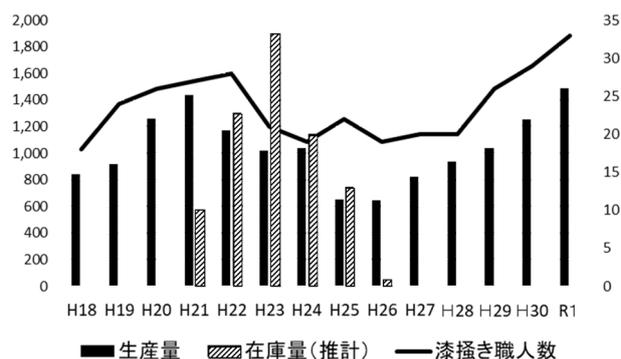


図-7 浄法寺漆の生産量・在庫量・職人数

(2) 二戸市の植栽年次計画

平成 28 年度に二戸市で実施した原木調査の結果（表-1）によれば、平成 29 年度開始時点の浄法寺地域及び二戸市管内における原木本数の合計は 14 万 2 千本となっている。目標とする生産量 2 t を安定して生産するためにはウルシ原木 22 万 9 千本が必要であり、使用本数や枯死量を加味すると、不足を補うために 13 万 5 千本を植栽する必要があると試算されている。

二戸市の植栽年次計画として、原木の枯渇が予想される令和 7 年度までに不足する 13 万 5 千本を植栽するために、令和 2 年度以降の植栽目標本数を毎年 2 万本としている。現在二戸市では植栽密度を ha あたり 1,000 本としており、そのための面積を計算すると毎年約 20ha の新規造林地が必要である。

項目		H29年度	H21年度	増減
浄法寺	箇所数	313	222	91増
	原木本数	89,000	93,000	0.4万本減
二戸	箇所数	379	442	63減
	原木本数	53,000	67,000	1.4万本減
合計	箇所数	692	664	28増
	原木本数	142,000	160,000	1.8万本減

表-1 H28 年度原木調査結果（二戸市, 2019）

(3) 岩手北部森林管理署のウルシ分収造林

岩手北部森林管理署管内のウルシ分収造林の状況をみると、令和 2 年度現在の契約件数は 19 件、契約面積は 66.4ha となっている。このうち、二戸市との契約は今年度締結分を含めて 2 件、面積は 5.7ha であるが、これに加えて来年度以降も新規造林地を確保するため候補地の紹介を行っている。

こうした状況で、国有林にはまとまった面積の確保、毎年の安定的な造林地の提供、そして漆掻き研修生の技術研鑽用原木の確保といったことが期待されている。

4. 今後の課題

今まで岩手北部森林管理署ではウルシ造林適地として傾斜が緩やか、風当たりが強くない、アクセスが良いこと等を条件に候補地を選定してきた。しかし、国有林野においてはそういった条件の良いとされる箇所はあまり多くない。

そんな中、国有林野でウルシ造林地や原木の確保を進める上で検証すべき課題だと考えられるのが、林内作業性の改善、植栽密度、そして造林候補地の林分条件の定量化である。

(1) 林内作業性の改善

林内作業性の改善にあたり検証すべきこととして、ウルシ林の管理や漆掻き作業に必要な作業性が既設搬出路や森林作業道を活用することでどこまで確保できるかという点がある。

作業に用いる軽車両が進입可能な密度や範囲を拡大していくことで、どの程度の傾斜までが許容できるのか、検証して明らかにする必要がある。

(2) 植栽密度

ウルシの植栽密度は現在 ha あたり 1,000 本で実施されているが、この植栽密度については最適かどうかの科学的根拠はない。ただし、当署における過去の分収造林ではスギと同様の植栽密度である ha あたり 2,000 本の植栽で失敗している事例もあるため、それを踏まえて最適な植栽密度を検証していくことも必要と考えられる。

(3) 林分条件の定量化

上記を踏まえて、造林候補地の林分条件の定量化を図っていくことも重要である。現在は経験則的な観点から判断して候補地を紹介しているが、ウルシ林に適した生育条件や管理経営上の利用条件を洗い出し、各条件にポイントを振り分ける等により数値による適不適の判断ができるようになれば、より効率的な造林候補地の選定が可能になると思われる。

(4) 総括

これらの検証により、ウルシ林経営に対して林学的知見の適用を試みることで、科学的根拠に基づくウルシ造林地のレイアウトを作成していくこと、加えてフィールド提供等のハード面だけでなく、国有林野としてソフト面でどのような協力ができるかといったことを模索していくことが、市との連携を図っていく上で必要になる課題であると考えられる。

本発表の遂行にあたり、漆産業に関する様々な資料や情報を提供してくださった二戸市浄法寺総合支所漆産業課の皆様をはじめとし、署内外の各位には多大な便宜を図っていただいた。ここに記して深甚の謝意を表する。