

ヒバ天然林におけるジベレリン処理の有効性

○森林技術・支援センター 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、かつて津軽半島や下北半島を中心に広く分布していたが、戦後の木材需要に応えた積極的な人工林造成のため、生育面積や良質な大径木が減少している状況にある。このような中、東北森林管理局ではヒバ林の復元を目的とし、天然更新を主体とした取組を推進している。しかし、ヒバの着果量は豊凶の影響を受け易く、効率的な更新方法の開発が課題である。

一方、採種園では事業的に種子を生産するため、着花促進剤であるジベレリン（以下、「GA₃」とする）が活用されている。植物ホルモンである GA₃は、スギやヒバなどで着花効果が確認されており、天然林への導入により効率的な天然更新が期待される。

しかし、天然林での施用効果は未検証な状況にあり、球果の着生状況や処理した立木への影響など不明な点が多いことから、本研究ではヒバ天然林における GA₃処理の有効性を検証することとした。

2. 調査内容

(1) 材料

青森県野辺地町地続山国有林（天然林）及び中泊町に位置する当センター敷地内（人工植栽）に生育しているヒバを供試した。処理木の規格は表1のとおりであり、中小径木8本を対象とし、樹幹への GA₃剥皮挿入処理を平成30年7月下旬に行った（図1）。具体的な処理方法は、立木地際から20～120cmの幹部を5cm×10cm（ヨコ×タテ）4箇所樹皮層を下部を残し小刀で切り離し、ジベレリン協和ペースト（住友化学（株））540mgを埋め込み、処理後ビニールテープで巻き戻した。

(2) 方法

本処理により結実した種子の特性を明らかにするため、処理翌年度における供試木の着果効果、供試木あたり球果数、球果あたり種子数、1gあたり粒数（粒/g）、発芽率（%）を調査し、既に報告されている天然林産種子の数値と比較した。具体的な方法は、中泊町の供試木を対象とし令和元年9月下旬に球果を枝から手でもぎ取り、球果数及び球果重を計測した。採取した球果は室内で約1ヶ月間自然乾燥させ、無作為に抽出した100個を対象に種子を脱粒させ、種子数及び種子量を計測した。発芽率は、プラスチックシャーレに濾紙を2枚敷き、100粒播種し（3反復）、蒸留水を種子が浸る程度に加え、恒温器で25℃、暗所で42日間培養して調査した。なお、野辺地町の供試木については、今後の継続試験のため、本調査では球果採取を行っていない。

また、本処理が材質へ与える影響を明らかにするため、中泊町の供試木1本を伐採し、GA₃処理付近を10cm間隔で玉切りすることで変色状況などを確認した。なお、

供試木の伐採は令和元年9月下旬に行い、玉切り後室内で約1ヶ月間自然乾燥させた。

表1 供試木の規格

供試木 番号	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	試験地
1	17.8	5.4	26	野辺地町
2	16.2	8.4	32	〃
3	17.3	7.2	30	〃
4	17.4	6.8	32	〃
5	19.7	8.0	38	〃
6	19.1	6.7	32	〃
7	6.7	1.4	16	中泊町
8	13.5	3.4	22	〃
平均	16.0	5.9	28.5	—



図1 GA₃剥皮挿入処理

3. 結果及び考察

(1) 着果効果

処理翌年度の令和元年7月時点において、それぞれの試験地で正常な球果の形成が確認された(図2)。また、着果位置を比較すると、中泊町では樹冠全体、野辺地町では樹冠上部へ着果が集中する傾向にあった(図3)。供試木の生育状況は、中泊町では単木、野辺地町では集団であり、光環境へ注目すると着果と受光位置が重なっていることが確認された。なお、スギへのGA₃処理について同様な報告(東北林木育種場,1972)があることから、ヒバにおいても受光位置の差異が着果効果に影響したと考えられる。



図2 左：自然乾燥後の球果、右：脱粒後の種子

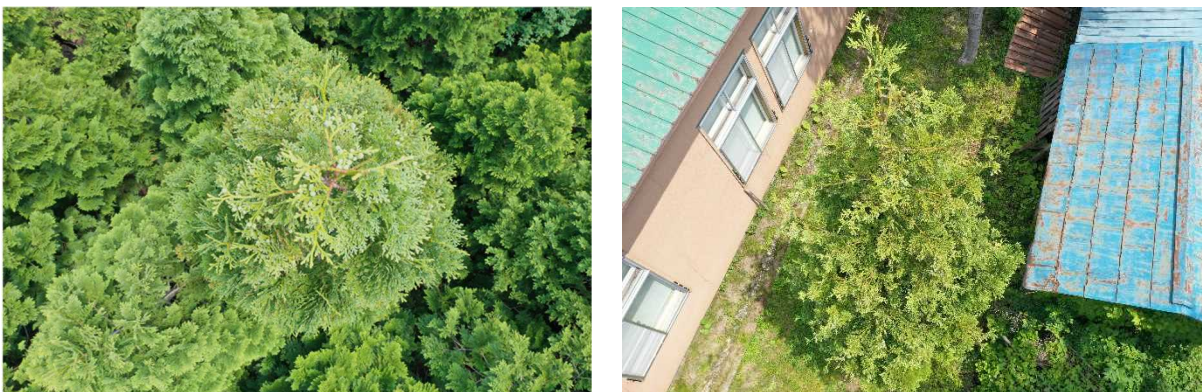


図3 左：着果状況(野辺地)、右：着果状況(中泊町)

(2) 種子の特性

中泊町産の供試木あたり球果数を、青森県十和田ほ場ヒバミニチュア採種園産の数値と比較すると、供試木は 7,939 個、採種園は 1,194 個であり、供試木が顕著に多い結果となった(図4)。供試木の規格及び GA₃ 施用量に注目すると、中泊町の供試木は樹高 6.7m、胸高直径 16cm、施用量 540mg、十和田ほ場の供試木は樹高 3.0m、胸高直径 3.2cm、施用量 100mg であり、これらの差異が着果数へ影響したと考えられる。

中泊町産の球果1個あたり種子数を、ヒバ天然林の事例(新潟県森林研究報告,2012)と比較すると、中泊町産は 29.4 粒、天然林産は 26.9 粒、29.3 粒であり、供試球果の数値は天然林の事例とほぼ同等であること示された(図5)。

中泊町産の種子 1g あたり粒数(粒/g)を、ヒバ天然林の事例(青森県林業試験場報告,2005)と比較すると、中泊町産は 242.7g、天然林産は 179~283g であり、供試種子の数値は天然林における変動範囲内にあることから、種子の大きさは天然林の事例とほぼ同等であることが示された(図6)。

中泊町産の種子における発芽率(%)を、ヒバ天然林の事例(青森県林業試験場報告,2005)と比較すると、中泊町産は 25.13%、天然林産は 14.3~36.3% であり、供試種子の数値は天然林における変動範囲内にあることから、発芽率は天然林の事例とほぼ同等であることが示された(図7)。

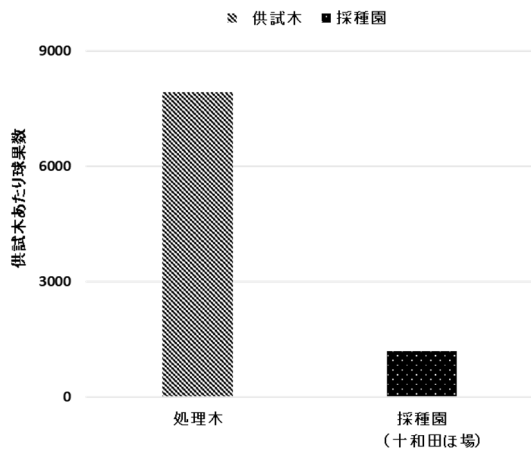


図4 供試木あたり球果

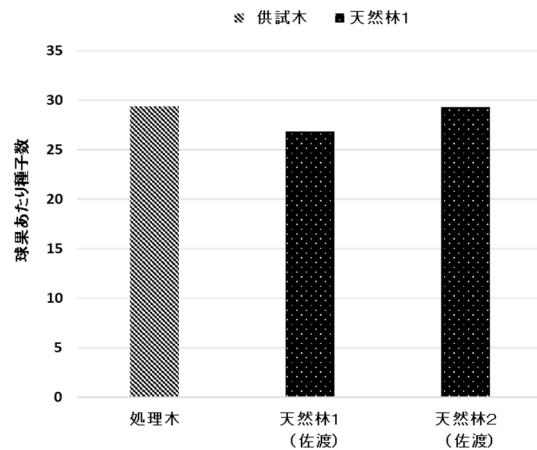


図5 球果あたり種子数

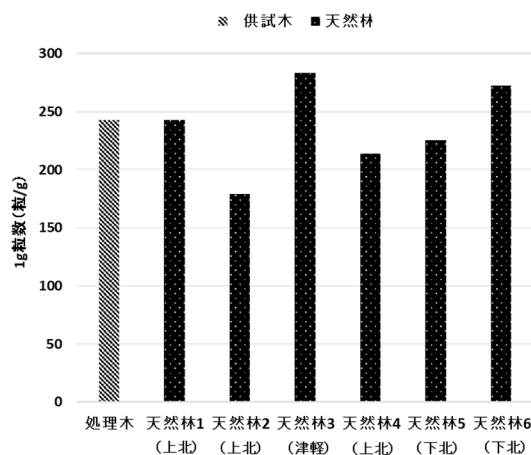


図6 1gあたり粒数(粒/g)

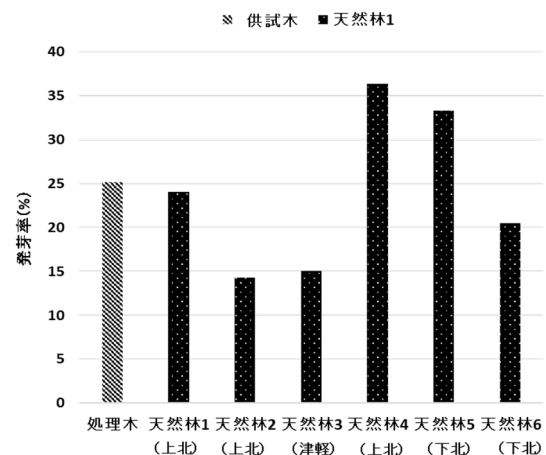


図7 発芽率(%)

(3) 材質へ与える影響

中泊町産の供試木における変色状況を確認したところ、地際 120cm の処理部位を中心とし、垂直方向では元口方向 60cm、末口方向 70cm の範囲で変色が確認された。処理部位の横断面は、幹の中心部へ向かって半径の半分程まで変色が進行していた（図 8）。また、処理部位は周辺組織の肥大化が確認されており、一般的に高品質とされる元玉への影響が確認された。

これらは、ヒバの生育阻害要因である凍害被害（田中ら,2001）と同様な症状であり、処理時の樹皮剥皮による乾燥と形成層組織の欠如が原因と考えられるが、今回の試験では対照木として未処理木を設けなかったため、調査結果からは言及できなかった。



図 8 左：玉切り前、中央：横断面、右：縦断面

4. まとめ

(1) 着果効果と種子の特性

それぞれの試験地で着果位置の差異が確認され、受光位置が着果効果に影響することが示唆された。また、本試験で供試した種子の量や発芽率（%）は、天然林における変動の範囲内にあり、本処理で着果した種子は健全な品質であることが示された。

一般的に苗木の植栽後の成長は、立地条件、気象条件、管理条件にも左右されるが、基本的にはその苗木自体が持っている遺伝的要因の影響が大きく、天然更新の場合も同様であると考えられる。このことから、GA₃処理木の選木基準を形質優良木や漏脂病未被害木とすることで、次世代の優良林分化が期待される。

(2) 材質への影響を抑えるために

本調査結果から高価値な元玉への影響が確認された。前述のとおり、GA₃処理対象木として想定されるのは資源量の少ないヒバ優良木であるため、その取扱いは慎重になる必要がある。このことから、元玉への影響を抑えるため二つの対策を考案した。

一つ目は、処理位置の変更が有効と考えられる。本調査では、地際高 120cm で処理を行い、処理位置の上下 60～70cm の範囲で変色が確認された。このことから、処理位置を地際近くにすることで、影響を最小限にできると期待される（図 9）。

二つ目は、UAVによる葉面散布が有効と考えられる。本調査結果から、受光位置が着果効果に影響することが示唆された。このことから、GA₃処理方法のひとつである葉面散布をUAVにより樹冠上部へ行うことで、元玉に影響を与えることなく着果効果が期待される(図10)。なお、葉面散布による着果効果は、事前調査で検証している。

(3) 今後の展望

GA₃処理により効率的に天然更新をするためには、種子の落下量や効果的な地表処理方法の検証が必要である。このことから、シード・トラップや地表処理プロットを設置し、現在継続調査を行っている。今後、最適な処理方法や更新方法について検証を重ねることで、GA₃によるヒバ天然更新技術の実用化を図りたいと考えている。

5. 謝辞

本研究に関する調査や取りまとめに対し、(地独)青森県産業技術センター林業研究所には御指導、御協力頂き、厚く感謝を表す。

6. 参考文献

- (1) 浅川澄彦・勝田柁・横山敏孝(1981)日本の樹木種子(針葉樹編),(社)林木育種協会,東京.
- (2) 田中功二(2001)ヒバのジベレリン処理による着花結実促進効果の検討(I),青森県林業試験場報告51号 p5-11.
- (3) 田中功二(2005)ヒバのジベレリン処理による着花結実促進効果の検討(II),青森県林業試験場報告16年度 p1-6.
- (4) 溝口有未・伊藤信治(2012)ヒバ精英樹育種に関する試験(I),新潟県森林研究所報告No.53.
- (5) 今博計・小山浩正(2000)ジベレリン処理によるヒノキアスナロの種子生産,日林誌82(2).
- (6) 織部ら(2010)ヒバにおける枝へのジベレリン(GA₃)剥皮挿入処理による着花促進,東北森林科学会誌第15巻第1号.
- (7) 青森県林業試験場(2004)ヒバ苗木生産技術の手引き—種子生産から山出し苗生産まで—,青森県農林総合研究センター林業試験場,青森.
- (8) 田中功二・兼平文憲(2001)青森県平内町に発生したヒバ人工林の凍害による樹皮裂被害について,東北森林科学会誌第6巻第2号.
- (9) 東北林木育種場(1972)ジベレリン処理の要領,東北の林木育種No.39.

地域に根差した一貫作業システムの導入・定着に向けた取組

秋田森林管理署 業務グループ 棚木 幸次郎
○佐藤 瑠里子
○大澤 翔貴

1. はじめに

森林資源が充実し利用期を迎えるなかで、木材の安定供給体制を構築していくためには、主伐後の再造林を行っていくことが必要。その際、施業の省力化や低コスト化が期待できる一貫作業システムによる確実な更新が求められており、当署でも4年前から導入している。また、今年度から民有林に森林経営管理制度が導入され、地域の森林管理を担う林業経営体には、伐採後の再造林への取組が求められている。

本報告では、当署のこれまでの一貫作業システムの導入・定着に向けた取組と、当地域の事業体への調査をもとに、当署における今後の取組方向をとりまとめた。

2. 導入に向けた取組

(1) 1年目（平成29年度の取組）

平成29年度に森林林業技術交流発表会での発表と現地検討会を行った。発表会では、当署で一貫作業を行った3つの事業体の取組について調査を行った結果を発表した。事業体によって、地拵えの作業内容や程度に違いがでたが、調査した事業体全てが地拵えを行っており、一貫作業システムにおける地拵えの必要性を確認した。（表1）

◆ 地拵えの差異による植付への影響（作業日報より）

事業体	林小班	地拵え (人日/ha)				植付 (本/人日)	傾斜 (度)
		伐前	機械	人力	総		
A	69と	6.99	1.40	7.18	15.57	219	15~40
	257さ	3.07	3.51	3.51	10.09	196	15~30
B	1078か	-	0.44	2.21	2.66	233	15~45
	3008ほ	-	1.85	-	1.85	287	10~20
C	3008ね5	-	1.54	-	1.54	249	5~10
	3010い	-	1.92	-	1.92	217	15~30

表1 調査結果

次に、現地検討会では林業機械を活用した植栽を行った。具体的にはコンテナ苗の根鉢に合わせ作成した治具を重機の先端に取り付けて植穴を開け、コンテナ苗を植栽した。

結果として、造林事業の経験が浅い作業員でも効率的に作業が可能で、治具の製作も容易なことから事業体を選ばずに取り入れ可能なことがわかった。一方で作業可能な範囲が重機のアームの届く範囲に限られる点や、治具を使用することで植穴を固めすぎたり植穴が深くなりすぎるなど、植え付け後の苗木の活着や成長に課題がみつかった。（写真1）

(2) 2年目（平成30年度の取組）

平成30年度は林業機械を活用した地拵えに関する現地検討会を行った。具体的には急傾斜地や下層植生の繁茂が著しい箇所について、ベースマシンに取り付けたアタッチメントを使用して刈り払い・破碎を行った。

結果として、林業機械を活用することで安全性や生産性が向上することを確認した。一方で作業可能な範囲が重機のアームの届く範囲に限られること、使用したアタッチメントの林業分野での導入実績が少なく実施可能な事業者が限られる等の課題がみつかった。（写真2）



写真1 林業機械を活用した植栽



写真2 林業機械を活用した地拵え

(3) 3年目（令和元年度の取組）

3年目となる今年度は伐前地拵えと全木集材を組み合わせた作業システムに関する現地検討会を行った。具体的には植付に支障となるかん木等の処理を伐倒作業前に行い、その後の工程で全木集材を行うとともに残材を森林作業道端まで回収した。

結果として、伐前に地拵えしたことにより「ためしば」等が防止され伐採作業の安全性が向上、夏の暑さの中でも林内での作業となることから作業能率が向上、特別な機械が必要ないため工程を見直すことでどの事業者でも実施が可能、さらには全木集材を行うことで林地残材が減少する等があげられた。一方、全木集材で回収した枝条や造材の際に発生した枝条が森林作業道端に大量に集積される課題もみつかった。

3. 定着に向けた取組

平成29年度の森林・林業技術交流発表会の取組から地拵えの必要性を確認したので、平成30年度発注事業からササや灌木が多いところを国有林 GIS（衛星写真）よりおよその面積を求め、一部地拵え工程を導入することとした。

同じく平成29年度に実施した林業機械を活用した植栽では、苗木の活着・成長に不安があったが、下刈りを2回実施した現在、苗木は活着し成長を続けている。（写真3）

また、取組を行った当該事業者は、前回の取組結果を踏まえ穴の深さを統一できるように治具に目印をつける等の改良を検討しているほか、検討会に参加した他の事業者でも活用が始まっている。



写真3 一貫作業システム箇所を経年確認 (戸瀬沢国有林3010林班)

平成30年度に実施した地拵え用のアタッチメントを活用した地拵えは、機械の届かないところは人力で行わなければいけないが、重機を使用することによって作業性や安全性の向上が図れることから、事業者はその後民有林で実績を重ねている。このアタッチメントは、導入実績が乏しいため工程を一般化することが出来ないが、今後、国有林でも実績を重ね導入につながっていければと考えている。(写真4)

令和元年度に実施した一貫作業システムでは枝条の扱いが課題となったが、事業者との検証によって林内の縁に寄せる等の改善策が出された。また、枝条の有効活用の可能性を探るため低質材等の取引先6社へ聞き取りを行ったが、当地域では整理しなければいけない課題も多く、現状困難と認識するに至った。枝条の有効活用は今後の課題と考えている。(写真5)



写真4 アタッチメントを活用した地拵え (民有林での取組の様子)



写真5 事業者との現地検証

このように、当署では平成28年度から一貫作業システムを導入し定着に取り組んできた。一方、民有林では、今年度から森林管理経営制度が導入され、秋田県でも意欲と能力のある林業経営体が登録されたが、一貫作業システムの導入も1つの登録要件とされている。そこで、今回、当管内の意欲と能力のある林業経営体20社に取組状況や課題等についてアンケート調査を行った。調査の結果、16社から回答があり、うち9社で一貫作業システムの実績があるとのことだった。(図1)

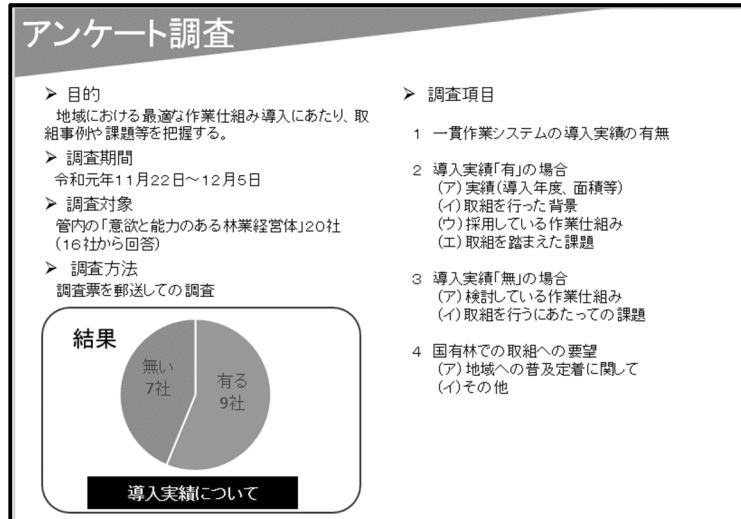


図1 アンケート調査概要

調査のなかで一貫作業システムの導入にあたっての課題について聞いたところ、「地拵え段階」に課題があると答えた事業者が多く、「端材・枝条量が多く作業路付近に集中する」、「灌木が残っている箇所は作業が困難」等といった課題があげられた。

また、国有林への取組への要望について聞いたところ、「情報提供」や「国有林での実証的な取組の継続」、「現地検討会等の開催」を挙げた事業者が多くあった。具体の要望の中には、「国有林が先行して取り組まなければ先はない」という意見もあり、一貫作業システムの定着に向けて地域からの期待の高さを確認した。(図2)

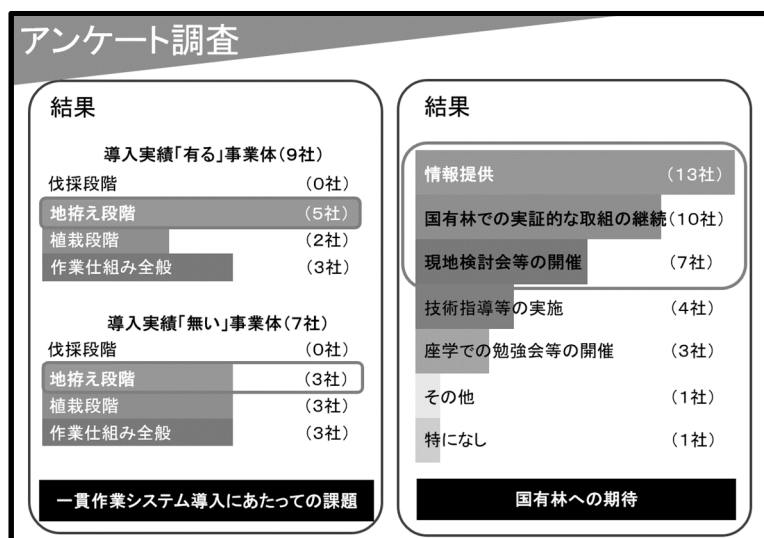


図2 アンケート結果 (抜粋)

(調査結果はホームページに掲載しています)

4. 今後の取組方向

以上のことを踏まえて、秋田署では「一貫作業システム」の地域への定着に向けて次の3点を柱として取り組んでいきたいと考えている。

(1) 事業発注の改善に取り組む。

汎用性がある「伐前地拵え」を工程に導入し実践してもらおう考えである。(図3)

具体的には

- ① 現地で伐前地拵えの実行範囲を確認、枝条量を推測し事業発注を行う。
- ② 事業では作業の効率性と安全性を確保するため伐前地拵えを行い、その後、伐倒・全木集材を行う。
- ③ 枝条の回収についてはまだ課題があるが、植付に支障となる箇所については地拵えを行い枝条を整理したうえでコンテナ苗を植栽する。
- ④ 事業完了後は、事業体を交えてより良い作業システムとなるよう検証を行う。

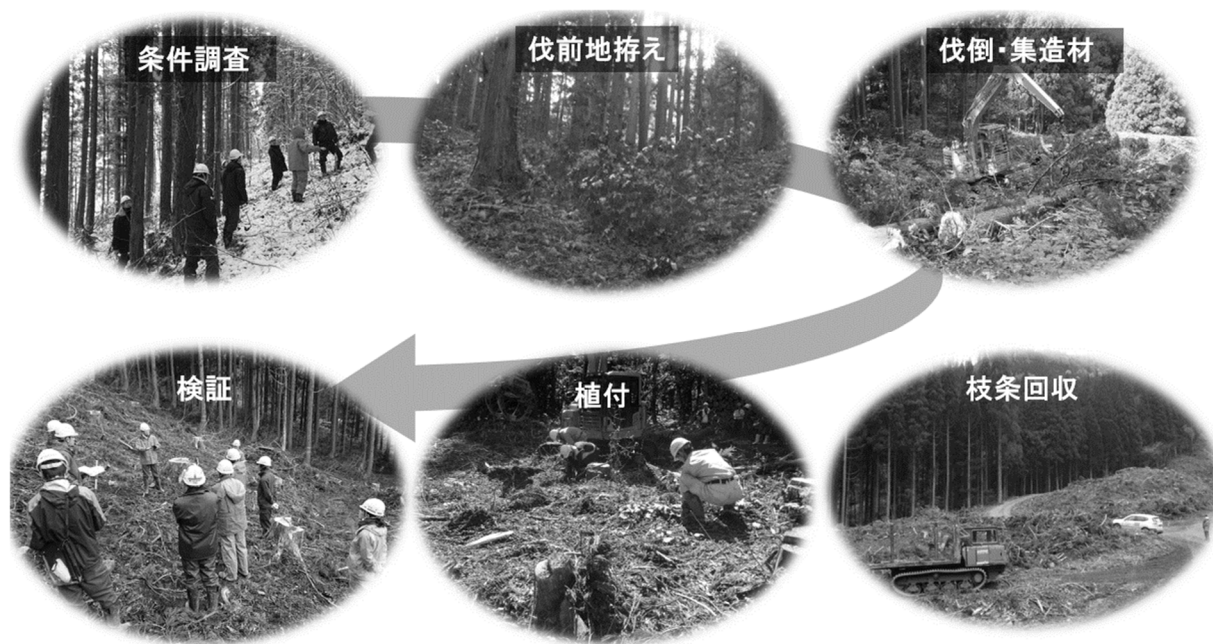


図3 「伐前地拵え」工程導入イメージ

(2) 先駆的・先進的な取組を支援する。

事業体の先駆的・先進的な取組を支援するため、他地域で導入の検討が行われている新たな林業機械を活用した取組や試行的な取組など、国有林の事業の中で実践してもらおうとともに、その取組をフォローしていきたいと考えている。

(3) 最新技術の紹介や情報の共有を図る。

当地域での一貫作業システムの導入・定着を図るため、引き続き現地検討会等を開催することとし、最新技術の紹介や情報の共有を図って行きたいと考えている。

低コスト育林の実現に向けた下刈省略の検討について

青森森林管理署 地域技術官（広瀬後潟森林事務所） 木村 淳司

1. はじめに

近年、育林コストが主伐収入に比較して大きいことなどを原因に、再造林率が低迷しており、青森県でも再造林率は 25%程度と人工林資源の持続可能性に懸念がある状況となっている。

育林費の齢級別の内訳を見ると、その 85%が 1 齢級で費やされており（農林水産省,2015）、地拵・植付・下刈に大きなコストを要していると考えられる。下刈は実施回数が多さから育林コストの大きな部分を占めており、下刈を省略して育林の低コスト化を図ることは、林業の産業としての自立、成長産業化のために必須の課題といえる。また、下刈は炎天下の過酷な作業となるため、労働負荷の軽減、ひいては林業労働力の確保の面からも、省略が急務である。

下刈省略については多くの先行研究が行われており、森林総合研究所の取りまとめた研究成果によると、下刈は 3 回まで省略しても成長に影響がなく、実施時期は植栽後 1,2,4 年目が効果的であるとしている。

しかし、下刈省略に対して林業の現場では抵抗感も強く「下刈を省略すると高く売れる山にならないから、5,6 回しなければいけない」「下刈を 2,3 回しかやらないとスギ山ではなく、広葉樹の雑木山になってしまう」「下刈省略は手抜きではないか」といった意見も根強い。下刈省略が実際に林業の現場に浸透し、育林の低コスト化を実現するためには、下刈省略はする・しないではなく、しなければいけないものだと理解してもらい、どうすれば省略できるかを林業関係者全体で考えていく必要がある。

そこで、下刈省略の影響を継続して観察できる箇所を設定し、結果を共有することで下刈省略の必要性や省略の方法を検討、普及するための取組を行うことにした。

2. 下刈省略の普及に向けた取組

青森県内の国有林・県・市町村・事業体等を対象とし、下刈省略の必須性と具体的な省略の方法を林業関係者全体で考えるために、2つの取組を行うこととした。

1つ目は、下刈省略観察プロットの設定と調査、2つ目は低コスト育林現地検討会の開催である。

設定箇所は津軽半島の東側中部に位置する国有林、蓬田村大字阿弥陀川字江利前沢山国有林 747 と 5 林小班と、747 の 1 林小班の 2 箇所である。747 と 5 林小班は 2015 年度の秋植、植栽本数は 1 ヘクタールあたり 2500 本のスギ 5 年生（4 成長期経過）造林地であり、この小班の沢沿い平地、斜面、林縁の場所ごとに下刈実施回数 2, 3, 4 回のプロット（5m×10m）を合計 9 箇所設定した（写真 1、2）。下刈省略観察プロットは、同一斜面上の異なる位置において下刈回数を 2 回から 4 回まで変化させて設定した。プロットでは、植栽木の成長や雑草木の種類、植栽木と雑草木の競合状態を調査した（表 1）。

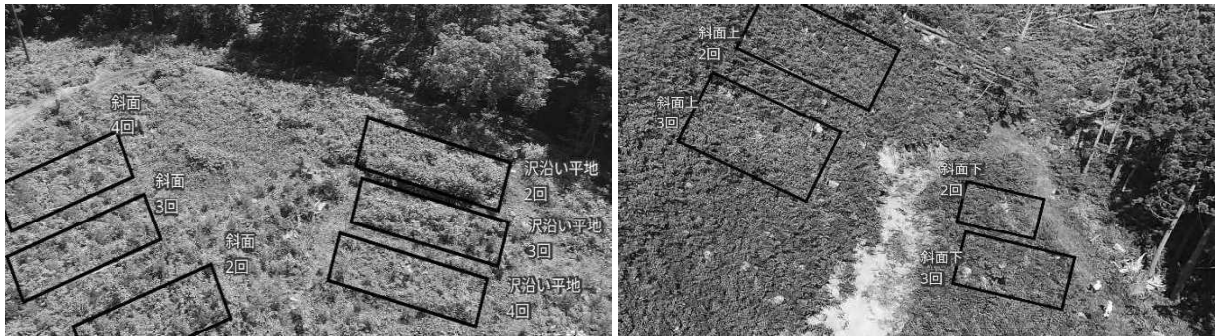


写真1 747と5林小班プロット設定状況 写真2 747る1林小班プロット設定状況
 (写真の範囲外、右下方向に林縁のプロット3箇所がある)

表1 下刈省略観察プロットの設定状況

小班	下刈回数	2015	2016	2017	2018	2019
747と5	2回下刈 /4成長期	植栽 (秋植)	下刈	下刈	×	×
	3回下刈 /4成長期 (小班全体と同じ)				下刈	×
	4回下刈 /4成長期					下刈
747る1	2回下刈 /3成長期 (小班全体と同じ)	植栽 (秋植)	下刈	下刈	下刈	×
	3回下刈 /3成長期					下刈

747る1林小班は2016年秋植、植栽本数は1ヘクタールあたり2207本のスギ4年生(3成長期経過)造林地であり、斜面中部と下部に下刈回数2回と3回のプロット(10m×10m)を合計4箇所設定した。なお、747と5林小班全体は、植栽翌年から3年間、747る1林小班全体は植栽翌年から2年間下刈を実施している。

プロットには下刈回数/成長期を示した看板を設置しているため、一目で下刈回数の影響を比較することができる。また、同じ下刈回数で、同一斜面上で異なる位置に設定されたプロットを比較することで、下刈省略の影響が斜面位置によってどのように変化するかも、容易に観察ができる(写真3)。また、統計的に有意なサンプル数を揃えることよりも、限られた業務時間の中で調査と情報提供を行うことや、わかりやすく下刈省略の影響を比較観察することを設定の目的として、プロットの面積は小さくしている。

プロットでは、2019年6月5日と8月19日の2回、プロット内の全てのスギの樹高と、競合

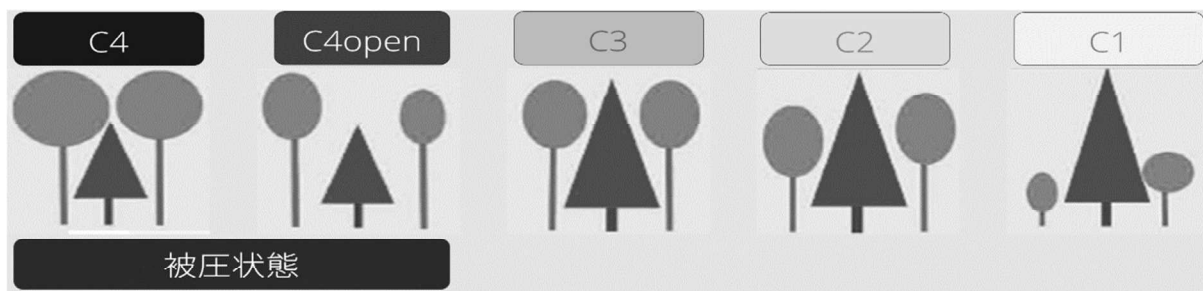


図 1 スギと競合植生の競合状態の評価方法（野口ら,2019）

植生種のうち平均的な個体の樹高を計測した。また 8 月の調査では、スギの個体ごとに、野口ら（2019）の方法¹（図 1）で競合植生の競合状態を判別した。なお、当年の下刈を実施箇所の下刈りは 7 月 16 日に行った。

こうした下刈省略観察プロットの調査結果や観察を踏まえた情報や意見交換の場を提供することを目的として、2 つめの取組である下刈省略に関する現地検討会を 2019 年 9 月 13 日に青森



写真 3 下刈回数/成長期を示した看板とプロット（左から沢沿い平地 2/4,3/4,4/4 プロット）

県林政課と共催した。現地検討会には林業事業者や森林組合、行政などから 83 名の参加者があり、プロットを参加者全員で見学し、その後座学形式で下刈省略の必須性や、プロットの調査結果についての情報を提供し、意見交換を行った。

3. 下刈省略観察プロットの調査結果と考察

(1) 調査結果

747 と 5 林小班のプロット毎のスギと競合植生の競合状態を図 2、樹高を図 3 に示

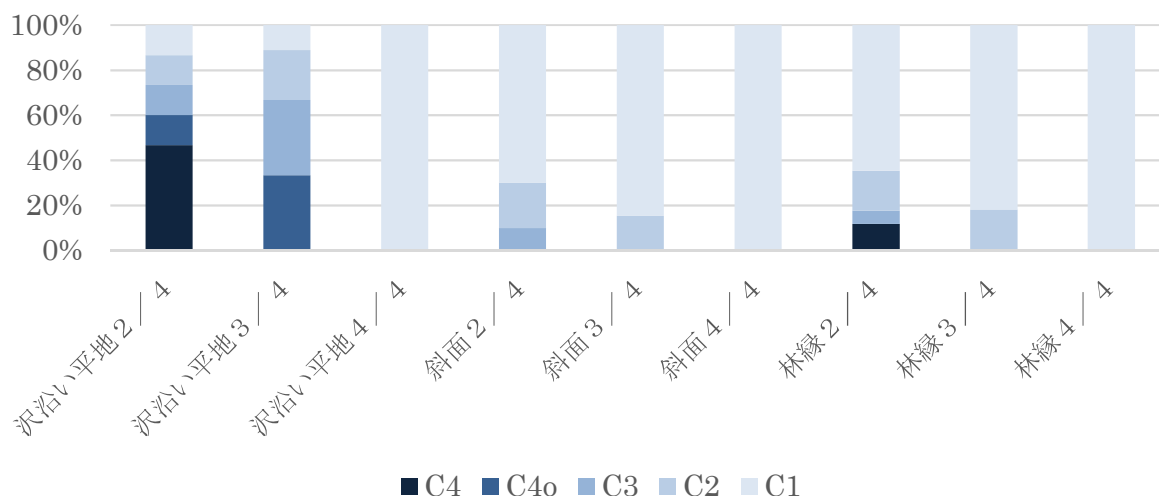


図 2 747 と 5 林小班 プロット毎のスギと競合植生の競合状態

¹参考文献 1 の p24-25

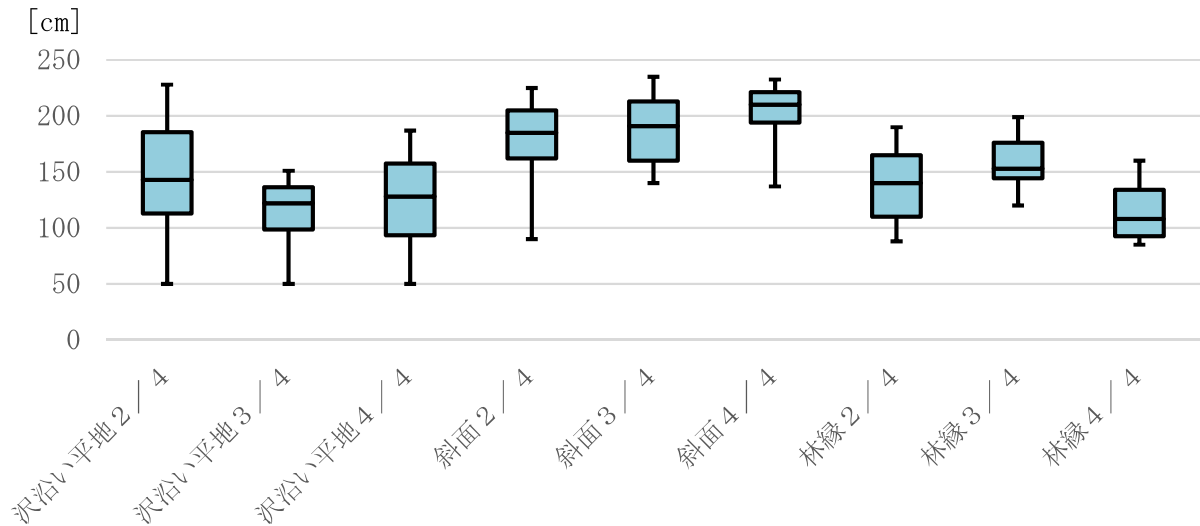


図 3 747 と 5 林小班 プロット毎のスギ樹高



写真 4 沢沿い平地 2/4 プロット



写真 5 斜面 2/4 プロット

す。箱ひげ図は、下に伸びたひげの端が最低値、箱の下端が第 1 四分位点、箱中の線が中央値、箱の上端が第 3 四分位点、上に伸びたひげの端が最高値を表している。同じ下刈回数でも、沢沿い平地と斜面、林縁では、スギと競合植生の競合状態が全く異なる結果となった。沢沿い平地の 2/4 プロット（4 成長期の中に下刈を 2 回行ったプロット、以下同様に表現）では半分以上のスギが被圧状態であるのに対し、斜面の 2/4 プロットでは被圧されているスギはなく、林縁の 2/4 プロットでも被圧状態にあるスギは 2 本だった。

斜面位置によって競合植生の種類や生育密度には大きな違いがあった。沢沿い平地では樹高 2m を超えるハンノキが密生していたのに対し、斜面ではホオノキやヒバなど、樹高 2m 程度の高木性木本もあるが、被度が全体の 3 割程度と生育密度が低かった。林縁のプロットは隣接小班の立木によって日陰になっており、スギの樹高成長は斜面のプロットよりも劣るが、競合植生の高さは約 1.2m で、高木性木本の生育密度も 2/4 プロットで被度 20% 程度と低かった。

下刈回数が増加すると被圧されたスギは当然減少し、林縁のプロットでは 3/4 プロットで被圧状態のスギがなくなり、競合植生の著しい繁茂が見られた沢沿い平地でも 4/4 プロットでは被圧状態のスギがなかった。

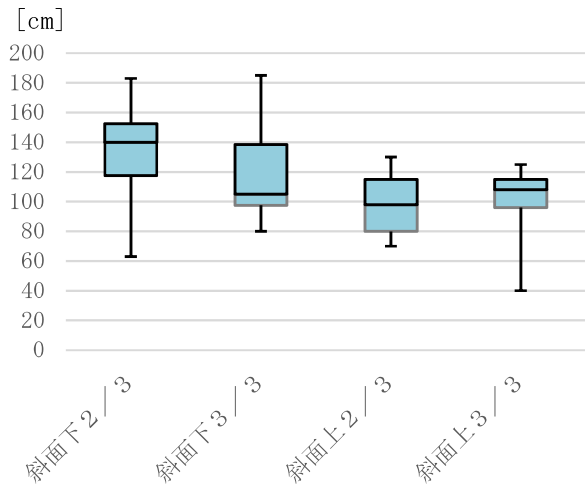
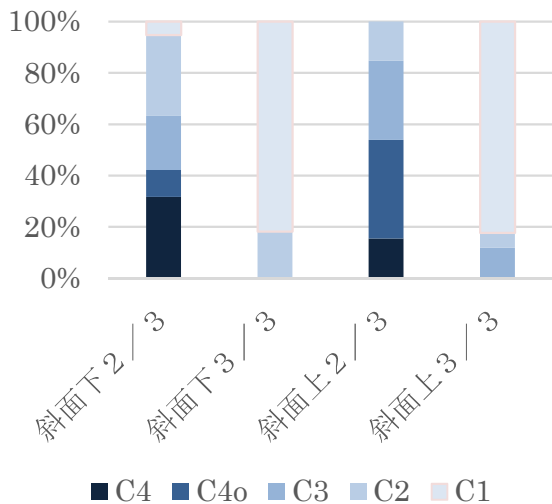


図 4 747 年 1 林小班 プロット毎のスギと競合植生の競合状態 図 5 747 年 1 林小班プロット毎のスギ樹高

また枯死したスギは、競合植生の著しい繁茂が見られた沢沿い平地 2/4 プロットでも確認されなかった。

747 年 1 林小班のプロット毎のスギと競合植生の競合状態について図 4、樹高を図 5 に示した。斜面下のプロットと斜面上のプロットでは、下刈回数が同じであればスギと雑草木の競合状態はそれほど変化しなかった。競合植生の種類は斜面の上下でほぼ同じであり、斜面下はスギの樹高が高いと同時に競合植生の繁茂も旺盛である一方、斜面下ではスギの樹高が斜面下に比べ低いと同時に、競合植生の繁茂もやや低位となった。

(2) 考察

斜面 2/4 プロットでは被圧されているスギがなく、ハンノキが著しく繁茂していた沢沿い平地でも、4/4 プロットでは被圧されているスギがなかったため、下刈回数は先行研究で示された 3 回あるいはそれ以下の回数に減らすことが十分可能であると確認できた。

また、同一斜面の異なる位置に設定したプロット間で競合状態に著しい違いが生じていた。この違いの要因は、斜面位置によって競合植生の種類や生育密度が全く異なるためであると考えられる。つまり、下刈が必要かどうかは、樹高だけで判断するのではなく、周囲の競合植生との関係で決定することが適当であると言える。

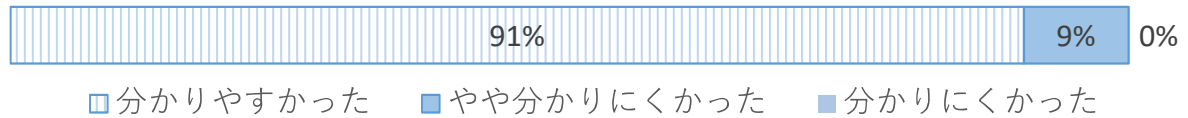
異なる林小班で下刈実施を個別に判断する必要があるのはもちろん、同一の林小班であっても斜面における位置などにより必要な下刈回数は大きく違いがあることが推測される。そのため、画一的に下刈回数を決定せず、現地の状況によって下刈回数を決定することが重要である。GNSS 機器などを活用して、区域の位置・面積の決定と現地標示及び地図上への表示を行えば、同一小班内で下刈を実施する箇所と省略する箇所を分けることも容易である。

また、C4 状態となった沢沿い平地 2/4 プロットでも枯死したスギが確認されなかつ

観察プロットの省略結果や回数の比較は分かりやすかったですか？ 回答数 65



現地での説明の内容は、分かりやすかったですか？ 回答数 64



資料は分かりやすかったですか？ 回答数 65



役立つ情報を得ることができましたか？ 回答数 62

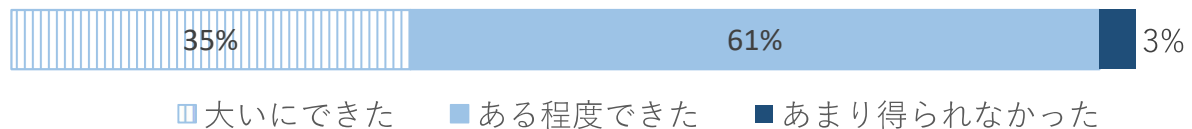


図 6 低コスト育林現地検討会の参加者アンケート結果(一部を抜粋したもの)

たことや、植栽後 9 年間にわたって無施業であった箇所のスギでも生存率は 9 割を超えたという研究 (2016, 平岡ら) から、スギは被圧されても簡単には枯死しないため、年度毎の作業量と優先順位に応じて下刈を省略し、もし翌年以降必要であれば下刈を実施するという選択肢も可能であろう。下刈を 1 年省略し、翌年以降下刈を実施すると雑草木が繁茂して切損などのリスクが高まるという指摘に関しては、春先融雪後に木本だけを対象として下刈を行う方法が解決策として考えられる。春先であれば苗木の視認も容易で、蜂も存在しないため、下刈を連年して実施しない場合に生じる作業性の低下を避けることができる。また、植栽後 4,5 年目であれば、草本に比べスギの樹高は十分に高く、競合相手として問題にならないため、木本だけを刈払えばよいだろう。

4. 低コスト育林現地検討会の成果

現地検討会でもプロットの調査結果や実際の観察を踏まえて議論が進み、有意義なものとなった。図 6 に示したアンケート結果からも、出席者が下刈省略について理解を深めることができたことが分かる。実際に見学したプロットの様子や調査結果を踏まえて、下刈省略が造林木の生存、成長に大きな影響を及ぼすとは限らないことを確認し、先行研究で示された時期や回数で下刈省略が可能であることを出席者が理解するに至った。

意見交換においても、下刈を省略するか、しないかではなく、省略しなければならないものとしてとらえ、その方法や課題についての発言が活発に交わされた。例えば、「下刈は間隔をあけずに連続して行った方がよい。間隔を空けると、切損や蜂刺されリスクが高まる」「下刈省略のためには競合植生の繁茂を抑える効果のある一貫作業が重要」と言った具体的意見が出された。林業事業体にとって民有林の施業で重要な造林補助金と下刈省略の関係についても、青森県林政課の担当者から「育林の低コスト化は必須。補助金の採択要件にあわせた下刈ではなく、必要最小限の面積・回数で」行ってほしいとコメントもあり、県との共催で検討会の内容がより広がりのあるものとなった。

5. 終わりに

林業の産業としての自立に、育林の低コスト化が必要であることは自明である。下刈省略は特段の機械や生産設備を必要とせず、技術者による現場の見極めにより可能な取り組みやすい低コスト化である。しかし、様々な先行研究で従来の実施回数からの省略が可能と示されていたにも関わらず、「下刈を省略した結果、万が一スギ山ならず雑多な広葉樹の山になるのではないか」などの疑念を持つ森林所有者や林業関係者も多く、林業の現場で実際の下刈省略が普及しなかったと考えられる。

本取組では、一目で下刈省略の結果が比較して観察できるプロットの設定とそれを生かした現地検討会の開催を行った。その結果、下刈省略が「できる」、「できない」にとどまっていたところから、「下刈を省略するにはどうしたらよいのか」と頭を巡らせ、具体的な省略方法を提案するところまで前進することができた。今回設定した下刈省略観察プロットは、先述したようにアクセスが良くかつ面積の小さなプロットであることから継続した観察・調査が可能である。現地検討会のアンケートでは、「下刈省略を行い早く下刈を終了すると除伐のコストが高まるのではないか」という意見など、2 齢級以降のスギの成長と下刈省略の影響について関心も多くあった。今後もプロットの観察・調査を継続し、その結果を共有していくことで、下刈省略は長期的にもコスト削減になり、林分成長の観点から見ても合理的であるという認識を林業関係者全体と共有していくことが、低コスト育林の実現に重要だろう。

(参考文献)

- 1 農林水産省 (2015 年 7 月) 平成 25 年度林業経営統計調査報告
- 2 森林総合研究所 (2019 年 3 月) 低コスト再造林に役立つ“下刈り省略手法” アラカルト
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika22.pdf>
- 3 秋田県林業普及冊子 No.25 「スギの再造林を低コストで行うために」
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/8535>
- 4 平岡 裕一郎・重永 英年・山川 博美・岡村 政則・千吉良 治・藤澤 義武 (2013). 下刈り省略とその後の除伐がスギ挿し木クローンの成長に及ぼす影響. 日本林学会誌 95: 305-311

林床にチマキザサが優占する才治沼実習林広葉樹二次林の更新方法の検討

山形県立農林大学校林業経営学科 2年 長瀬 健一郎

1. はじめに

かつて、薪炭林として利用されてきた里山広葉樹林は利活用が低下し、高齢級化に伴う大径木化と林内照度の低下などによる森林環境の悪化が進行している。特に下層にチマキザサが優占している林分では、天然下種による更新が難しい。農林大学校の北側に位置する才治沼実習林においてもコナラが優占する広葉樹二次林が広がっているが、下層はチマキザサが優占していることから確実な更新が大きな課題となっている。

このことから、平成 29 年度から林業経営学科の学生がチマキザサの効果的な成長抑制と更新について検討してきた。そこで、本課題ではこれまでの調査結果等を参考に、才治沼実習林の広葉樹二次林における人為的補助作業による更新について検討することとした。

2. 調査方法

調査地 農林大学校才治沼実習林広葉樹二次林(山形県新庄市大字角沢地内)

(1) チマキザサの回復状況調査

平成 29 年度に設定した刈払い試験区(表 1)において、ササの回復状況を調査した。

① 試験区の設定 (平成 29 年設定)

ア 各試験区のサイズは、1 区画 16m×8m とした。

イ 各試験区内には 2m×2m=4 m²の調査区をそれぞれ 3 箇所ずつ設置し、さらに各調査区内のチマキザサが標準的に生育している位置に 50cm×50cm の測定区を 1 箇所設定した。本数及び桿長の測定は、測定区内のチマキザサを対象とした。

② 刈払い及び調査 (令和元年調査)

ア 1 回継続区、2 回継続区における 1 回目の刈払いを 5 月 23 日に行い、2 回継続区での 2 回目の刈払いを 7 月 22 日に行った。

イ 桿長及び本数の測定は、1 回目と 2 回目の刈払い直前に行った。なお、全ての試験区での 3 回目の測定を 10 月 18 日に行った。

表 1 試験区の区分

試験区	刈払い区分
1 回区	平成 29 年度のみ刈払いを 1 回実施 (刈払い作業は終了)
2 回区	平成 29 年度のみ刈払いを 2 回実施 (刈払い作業は終了)
1 回継続区	平成 29 年度以降年 1 回刈払いを継続して実施
2 回継続区	平成 29 年度以降年 2 回刈払いを継続して実施

(2) 天然下種更新の可能性の検証と刈出し試験

- ① 17m×17mの調査区内の高木性広葉樹後継樹（低木層と草本層（稚幼樹））の本数と配置を把握し、以下の2つの基準を参考に天然下種更新の可能性を検証した。

〈判断の参考とする基準〉

- 旧秋田営林局更新基準（秋田営林局計画課, 1988）

高さ 30 cm以上の高木性広葉樹後継樹が 3,000 本/ha 以上生育し、かつ、調査コードラート数の 80%以上の出現率を満たす場合

- 広葉樹の更新に必要な相対照度

- ・ 5~10%で陰樹の更新が開始
- ・ 10~20%以上で陽樹の更新が開始
- ・ 20%以上であれば陰樹、陽樹ともに更新が継続

- ② チマキザサより高さの低い高木性広葉樹稚幼樹の刈出し試験を行った。チマキザサの繁茂状況は桿長 100~140 cm、本数は 60~80 本/m²であった。試験地は樹冠疎密度が異なる 3 箇所を設定し、計 20 箇所の刈出し試験を行った。刈出しは稚幼樹周囲を刈払う坪刈りとし、チマキザサ上部及び刈出し前後の地表部（稚幼樹位置）の相対照度を測定した。

(3) 人為的補助作業による更新方法の検討

才治沼実習林広葉樹二次林における更新フローを作成した。なお、目標林型はコナラを優占とし、イタヤカエデやホオノキなど多様な樹種で構成する階層構造の発達した二次林とした。特に、コナラについては一部を短伐期による萌芽更新を行い、適切な林内照度を確保することとした。

3. 調査結果

(1) チマキザサの回復状況調査

- ① 平成 29 年 5 月の桿長に対する令和元年 10 月における回復率は、1 回区、2 回区と比較し 1 回継続区、2 回継続区で低かった(表 2)。

また、平成 29 年 5 月の刈払い前と比較した令和元年 5 月の刈払い前のササの桿長の回復率は、1 回区、2 回区と比較し 1 回継続区、2 回継続区で低いことから(表 3)、継続刈払いによりササ桿長は抑制されていると示唆された。

さらに、1 回継続区における平成 29 年と令和元年の 5 月の 1 回目刈払い後 7 月までのチマキザサ桿長の平均成長量を比較したところ成長量に有意差が認められた (P=0.0005) (図 1)。

表 2 各試験区におけるチマキザサの平均桿長（3 測定区の平均値）

試験区	平均桿長 (cm)				H29 5/12 に対する R1 10/18 の桿長の回復率 (%)
	試験区設定時	1 回目測定	2 回目測定	3 回目測定	
	H29 5/12	R1 5/23	R1 7/22	R1 10/18	
1 回区	94.0	78.1	76.7	86.9	92.4
2 回区	110.0	72.9	67.1	60.6	55.1
1 回継続区	110.0	60.5	21.9	28.2	25.6
2 回継続区	121.0	26.5	16.4	0.0	0.0

表3 1回目回復状況調査時のチマキザサの平均桿長（3測定区の平均値）

試験区	平均桿長（cm）（1回目回復状況）			H29 5/12 に対する R1 5/23 の桿長の 回復率（%）
	H29 5/12	H30 5/15	R1 5/23	
1回区	94.0	39.3	78.1	83.1
2回区	110.0	29.4	72.9	66.3
1回継続区	110.0	49.4	60.5	55.0
2回継続区	121.0	22.7	26.5	21.9

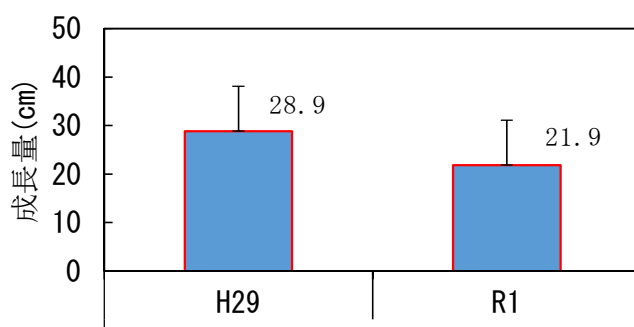


図1 平成29年と令和元年の1回目刈払い後7月までのササ桿長の成長量
T-test p=0.0005

*エラーバーは標準偏差を示す

(2) 天然下種更新の可能性の検証と刈出し試験

① 高木性広葉樹生育状況調査

調査区内の高木性広葉樹生育本数を調査したところ、高木・亜高木層で15本、低木層で41本、稚幼樹で45本の合計101本を確認した。このうち、旧秋田営林局更新基準の対象となる高木性広葉樹は59本で、1haあたり2,041本の生育本数であった。また、調査区内の高木性広葉樹後継樹の発生状況を調査したところ、ばらつきがみられた。

② 高木性広葉樹刈出し試験（刈出し作業日：7月25日）

3試験地の20箇所（調査区）におけるチマキザサ上部、高木性広葉樹稚幼樹の刈出し前及び刈出し後の地表部（稚幼樹位置）の相対照度を測定した。刈払い前の地表部では相対照度は1%~2%であったが、刈払いにより4%~6%となったものの、陽樹の更新に必要とされる10%に達しなかった。また、チマキザサ上部の相対照度も樹冠疎密度の影響により各試験地で8%以下となり、10%に達しなかった。

(3) 人為的補助作業による更新方法の検討

(1), (2)の結果から、才治沼実習林広葉樹二次林における更新フローを作成した。なお、チマキザサが繁茂し更新補助作業が必要な広葉樹林の面積は約9haであった。

更新フローにおけるステップを以下に示した。(図2参照)

Step1. 更新区域を設定。

更新区域内のチマキザサの全刈りと刈り払ったササの林外への搬出を行う。樹冠疎密度が高くササ上部で必要な林内照度を確保できない場合は全刈りの2年前までに高木層の先行伐採を行なう。なお、伐採本数は林内照度に応じて決定する。

Step2. 高木性広葉樹落下種子からの発根・発芽及び稚樹の定着を図る。

Step3. 年1回5月に、稚幼樹周囲のササの坪刈りを行なう。この刈出しを稚幼樹がササの桿長を超えるまで行なう。

Step4. 山形県における天然更新完了基準(山形県, 2008)による更新の可否を確認する。

○更新完了基準(山形県)

1. 2m以上の高木性広葉樹稚幼樹が2,500本/haで、この条件を満たす区域が更新対象地の60%以上

ここで、稚樹定着後の刈出しを年1回としたのは、調査の結果から高木性広葉樹稚の成長期である5月から7月にかけてのチマキザサの成長量が1回刈りでも21.9cm(令和元年)に抑えられ、更新に必要な相対照度を確保できると推察されたこと、また、更新フローで示した作業は学生の実習として行うため、効率的な作業とするためである。

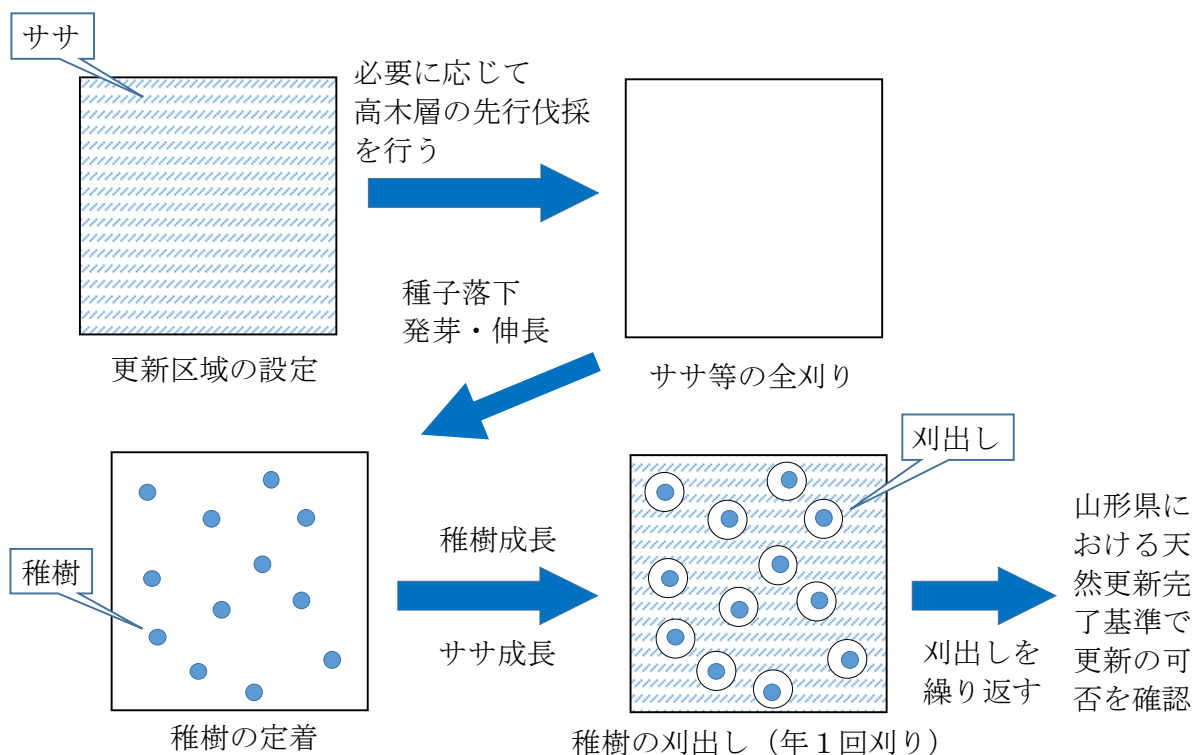


図2 更新フロー図

4. 考察

- (1) 継続的な刈払いは、ササの成長抑制効果があると考えられる。年1回の継続刈払いでも、更新に必要な相対照度が確保できると推察された。
- (2) 現状のチマキザサの繁茂状態では、才治沼実習林広葉樹二次林における天然下種更新の可能性は低いことが示唆された。今回設定した更新フローにより、才治沼実習林における更新の可能性が期待される。
- (3) 樹冠疎密度は林内相対照度に大きな影響を与える。このため、特に優占種であるコナラについては一部短伐期により萌芽更新を繰り返し、樹冠疎密度を調整していく必要がある。
- (4) 更新フローに基づく年度別の計画的な更新区域の設定と更新補助作業を行っていくことで、遷移段階の異なる二次林を観察することが可能となる。学生が実習を活用して更新作業を行っていくことは、森林生態や造林・育林を学んでいく上で効果的な教材になると考えられる。

5. 参考・引用文献

- (1) 山形県環境科学研究センター(2017) 山形県環境科学研究センター年報第24号:28
- (2) 工藤風雅(2018) 林床にササが優占する里山広葉樹林の更新技術の検討(1)－ササの除去及び広葉樹種子の播種による更新技術の検討－. 山形県立農林大学卒業論文
- (3) 村山裕貴(2018) 林床にササが優占する里山広葉樹林の更新技術の検討(2)－ササの効果的な除去方法の調査－. 山形県立農林大学卒業論文
- (4) 佐藤達朗(2019) 林床にササが優占する里山広葉樹林の更新技術の検討－ササの除去及び新たな除去方法の検討－. 山形県立農林大学卒業論文
- (5) 日本林業調査会(2014) 広葉樹の森づくり
- (6) 秋田営林局計画課(1988) 広葉樹林施業
- (7) 山形県農林水産部(2008) 山形県における皆伐・更新施業の手引き

三八上北地域における木質バイオマス発電に対する

原料供給の現状と課題

三八上北森林管理署 業務グループ 山口 雄己

1. はじめに

林地残材とは、間伐によって林地に切り捨てられた未利用間伐材や、丸太生産の過程で発生する枝条、樹幹の梢端や曲がり部分などのことを指す（図1）。近年、木質バイオマス発電の燃料として注目され積極的な活用が期待されているが、林野庁の調査によると国内の林地残材の推定利用率は19%（平成28年現在）となっており、利用率は低い状態となっている。



〈図1 林内に放置されている林地残材〉

一方、青森県東部に位置する三八上北地域においては、八戸市内に木質バイオマス発電所が2カ所稼働しており、林地残材をはじめとする木質バイオマスの動向が活発化している（図2）。発電事業者によると、「現在林地残材を約1.2万トン/年使用する計画を立てているが、実際のところ予定量の半数しか調達できていない。競争の激化により木質バイオマス全体が不足傾向にあることから、今後とも林地残材を調達していきたい」とのことであり、林地残材の需要は今後継続していくと予想される。



〈図2 木質バイオマス発電所〉

そこで、バイオマス発電における林地残材の活用についての現状や課題を把握・分析し、より一層林地残材が活用できる方法を模索することを本研究の目的とした。

2. 課題点の掘り起こし

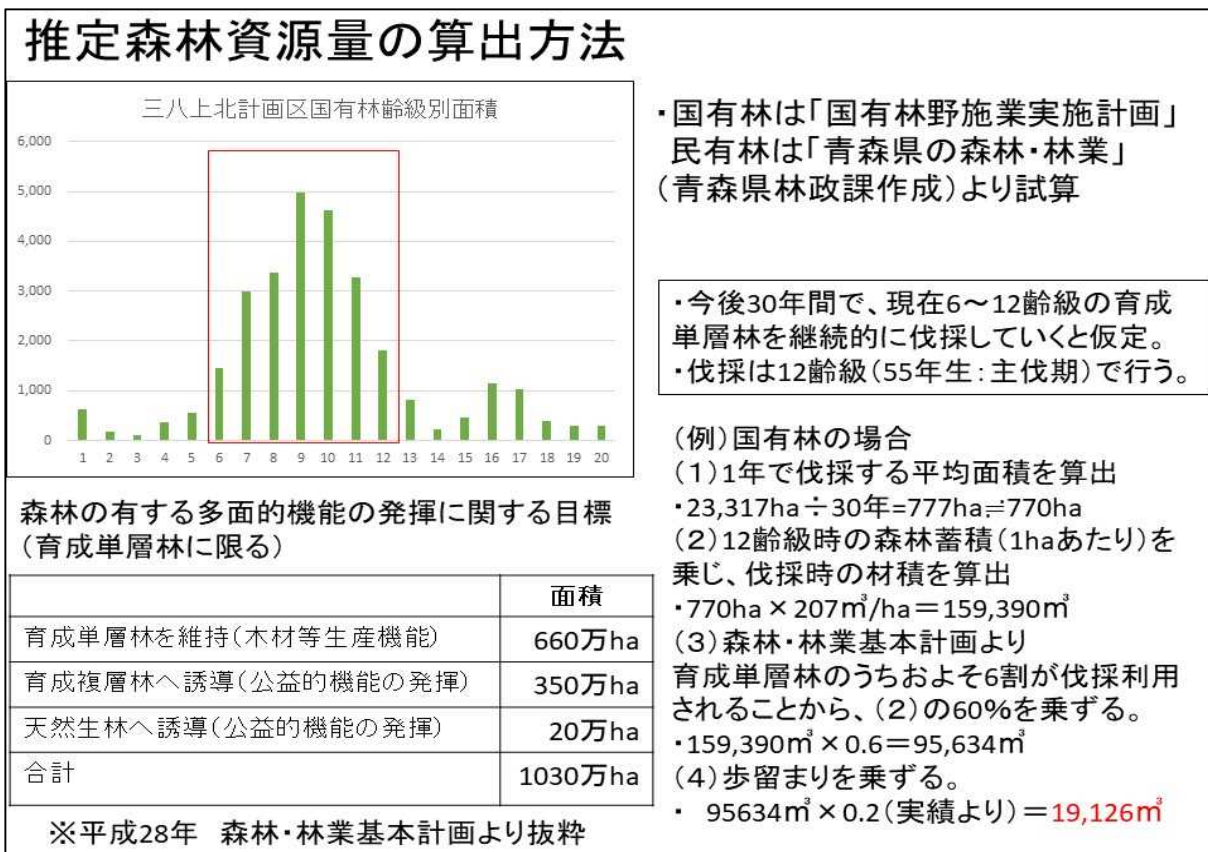
林地残材を活用していくうえでの現状や課題について、今回の研究では以下の4点を取り上げ、調査や分析を行うこととした。

- (1) 継続的に安定供給できる資源量の把握。
- (2) 搬出の作業手法や作業工程が未確立で各事業者による試行状態。
- (3) 高額な破砕機（チップパー）等の機械導入による事業の採算性。
- (4) 林地残材の利用による造林経費低減の検証。

3. 調査の内容および結果

(1) 安定的な資源量の分析

三八上北地域における林地残材のデータは存在せず、木質バイオマス発電へ安定的に供給可能な資源量は不明確であった。そこで、三八上北地域における森林資源のうち、今後30年間で継続的に利用できる林地残材の量を、国有林・民有林の公開データより試算を行った。なお、試算条件や計算方法は図3のとおりである。



＜図3 林地残材の推定資源量の算出方法＞

計算の結果、民有林は70,848 m³/年、国有林は19,126 m³/年、合計89,974 m³/年を林地残材として利用できるという結果となった。

暫定的に1 m³=1 トンとして換算すると約9万トンとなり、これは三八上北地域内の現在の年間需要量である1万2千トンを大きく上回っている。このことから、三八上北地域内には今後30年間十分に継続利用できる林地残材が存在すると考えられる。

(2) 効率的な作業工程等の分析

林地残材の収集には大きく分けて、「収集」・「運搬」・「破碎」の3つの行程がある(図4)。現在林地残材収集を行っている事業者によると、搬出の作業手法や作業工程が未確立で試行錯誤の状態である、とのことであった。

そこで、今年度三八上北地域において林地残材収集を行った現場において現地調査を実施し、作業手法や工程を分析することで、効率的な工程を模索することとした。

林地残材の収集工程



<図4 林地残材の収集工程（一部抜粋）>

今年度林地残材収集を行った現場における、面積や林地傾斜・生産性等を調査した結果を表1に示す。

<表1 作業工程の調査結果>

No	現場名	面積 (ha)	残材集荷量 (t)	生産性 (t/人日)	林地傾斜	事業終了までの日数	準備人工	集材人工	原料運搬人工	生産人工	撤収人工	総人工	主な樹種
1	五戸町 倉石又重	10.00	896	13.78	15	18	7	39	0	18	1	65	スギ
2	東北町 甲地	4.37	230	7.20	7.5	16	3	19	0	8	2	32	スギ
3	東北町 外蝦沢	26.84	1,358	16.36	12.5	26	3	64	0	10	6	83	スギ
4	東北町 岩渡沢	23.41	953	12.71	17.5	96	6	48	0	19	2	75	スギ
5	七戸町 鉢森平	6.00	318	7.94	0	22	1	26	8	4	1	40	スギ
6	七戸町 銀南木	3.00	414	6.79	12.5	30	0	26	27	8	0	61	スギ
7	八戸市 大久保	5.00	358	19.90	0	9	1	11	0	4	2	18	広葉樹
8	むつ市 川代山	7.01	548	6.52	12	55	9	51	0	20	4	84	マツ類 広葉樹

表1より、同じ作業環境であった現場5カ所を抽出し、林地傾斜と生産性の関係を分析したところ（グラフ1）のとおりとなった。

このグラフより、「林地傾斜が上がるにつれ生産性は低下する。また、林地傾斜が15°以下の場合、生産性は高くなる」という結果が得られた。

さらに、現地調査や作業工程の分析を進めていくと、生産性の高かった現場においては次の特徴が見られた。

①林地残材を集積し、破砕ができる場所（集積・作業ポイント）が確保されている。

集積・作業ポイントが確保できないと、近隣のポイントがある現場まで原料を運搬する必要が生じその分、作業工程が低下してしまう。

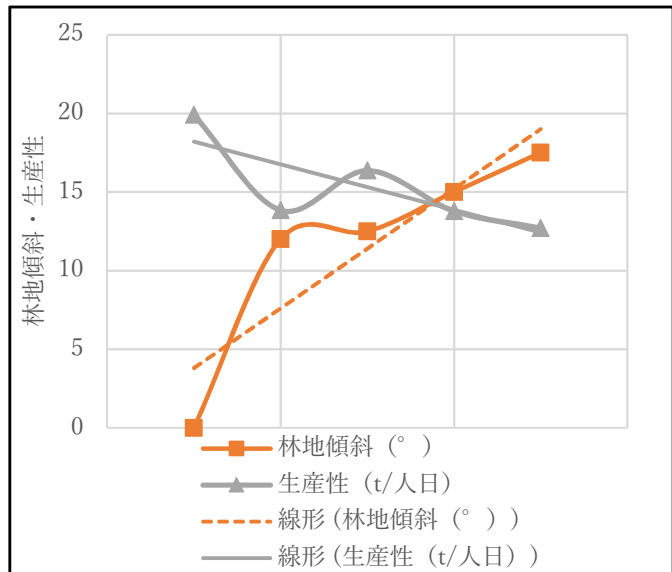
②チップ運搬トラックや林業機械（移動式チップパー）が走行できる林道があること。

おおむね幅員が3.6m程度あり、走行に支障がない地盤であること。

③路網密度が1haあたり150m以上であること。

路網密度が低いと、収集工程が非効率となるため、作業に支障が出てしまう。

以上が、林地残材収集における生産性を高める要因であることが分かった（図5参照）。



<グラフ1 生産性と林地傾斜の関係>



<図5 林地残材収集において生産性を高める要因>

(3) チッパー導入による採算性

移動式チッパーを導入するにあたっては、購入費用として1台あたり600万円から2000万円の初期投資がかかる。そこで、移動式チッパーを導入した後の事業の採算は取れるのか、簡易的なシミュレーションを行った。計算の結果、販売額800,000円に対し人件費・事業経費を引くと約60万円の収益となり、チッパーを導入しても収益が見込めるという結果となった(図6)。

③チッパー導入における採算性

	人工・工程	人件費	事業経費
林地残材の生産性	12t/人日	12,000円×6人=72,000円 (1セット作業人員)	40,000円 (油類および部品損耗経費等)
チッパーの処理能力	80t/日	12,000円×1人=12,000円 (1セット作業人員)	10,000円 (油類および部品損耗経費等)
1トン当たりの販売金額	10,000円前後	12,000円×2人=24,000円	50,000円 (トラック輸送経費)

※なお、試算に使用した人件費や販売費などの数字は、業務資料や事業体から聞き取りを行った結果を参考に設定したものである。

・販売・生産事業費合計額
 販売額(80トン×10,000円)=800,000円
 人件費・事業経費(108,000円+100,000円)=208,000円

1日当たりの生産収支

販売額800,000円 - 人件費・事業経費208,000円 = **592,000円**

<図6 チッパーの導入における採算性に関する試算>

(4) 林地残材利用による造林経費の低減

移動式チッパーを導入し林地残材収集を行った後の現場において、現地踏査および無人航空機(ドローン)による空中撮影を行い、残存する枝条や下層植生の量を調査した。

まず、スギの伐採跡地(図7・左写真)においては、林地残材や下層植生もなく、すぐに植栽ができるきれいな状態であった。

一方、アカマツやカラマツの伐採跡地の場合(図7・右写真)、林地残材はないものの林床植生のササが残っており、植付前の刈払が必要となってしまう。

このことから、アカマツ・カラマツ林では植付前の下層植生の刈払が必要となってしまうが、スギ林の場合林地残材収集後すぐに植栽作業に移行すれば、再造林の地拵経費を節減できると考えられる。



<図7 林地残材収集後の林内の様子(左:スギ林 右:アカマツ林)>

4. 考察

今回の研究により、林地残材を有効活用するためには次の3点が必要であるとする。

(1) 現場状況やチップの運搬距離を踏まえた作業ができる森林の計画。

(2) 効率的な作業システム（林地傾斜や適切な路網密度、集材・作業ポイントの設置等）の活用。

(3) 林地残材収集にあたり、チップ生産事業者からは現場に対する要望が出ており（図8）、解決にあたっては伐採する事業者の協力が必要。

以上のことから、効率よく林地残材を活用していくためには事業者間における伐採現場や収集方法の情報共有が重要であると考えられる。

当署では、令和元年6月に「林地残材活用のための現地検討会」を初めて開催した。（図9）検討会においては、チップ生産事業者と伐採事業者が集まり、林地残材を搬出できる現場の紹介や意見交換が積極的に行われた。結果、次の現場への着手がスムーズになった、立木伐採が終わった後の残材の収集方法について打ち合わせができたなど、効率のよい林地残材収集に向け一定の成果が得られたと感じている。

このような事業者間の「橋渡し」になるような取り組みを、今後継続的に実施していくことが必要であると考えている。

5. まとめ

三八上北地域における林地残材収集が本格的に始まったのはおよそ2年前からであり、まだまだ発展途上であると言える。地域内の資源を有効活用していくためには技術的な革新だけでなく事業者間の緊密な連携が必要であると感じている。今後、本研究を継続的に行い、現地検討会等を引き続き実施し、林地残材の有効活用によるバイオマス利用と林業の発展に繋げていきたい。

業界からの要望
立地条件 <ul style="list-style-type: none">面積は5ha以上であること（できれば10ha以上が望ましい）。皆伐地であること。
搬出条件 <ul style="list-style-type: none">広い土場（ストックヤード）がほしい。全木集材を行ってほしい。幹線道路まで近い現場がよい。（できれば5km以内）トラックや移動式チップパーが通行できる幅の林道にしてほしい
販売条件 <ul style="list-style-type: none">長期的に安定供給しやすい販売物件が望ましい（立木システム販売の拡大や複数年契約できる山一括方式など）

<図8 林地残材収集に関する業界からの要望>



<図9 林地残材活用のための現地検討会>

志戸前川地区直轄地すべり防止事業の着手と今後の方針について

盛岡森林管理署 治山技術官 (志戸前川治山事業所) ○佐々木秀隆
治山グループ 平野 和貴

1. はじめに

直轄地すべり防止事業とは、民有林における治山事業のうち、工事規模が著しく大きい場合や、高度な技術を要する場合等において、国土の保全上特に重要であると認められるときに、都道府県知事からの要請を受け、国が代わって実施する地すべり防止事業である。東北局管内では、銅山川地区（平成4年度から現在）や磐井川地区（平成30年度概成）において、同事業実施の実績があり、今年度、岩手県岩手郡雫石町の志戸前川地区において「志戸前川地区直轄地すべり防止事業」に着手した。本事業の実施主体は盛岡森林管理署であり、令和10年までの10年間の期間で、総事業費55億円という計画である。本事業に至った経緯や全体計画の概要等を紹介するとともに、今年度の調査内容及び結果、今後の方針等について報告する。

2. 着手に至った経緯

岩手県岩手郡雫石町では、平成25年8月9日、日降水量264ミリ（雫石観測所）という記録的な豪雨により、1級河川雫石川支流の志戸前川流域において多数の山腹崩壊や土石流が発生した。流出した多量の土砂により、下流域の住宅や公共施設等は大きな影響を受け、その被害額は約65億円にのぼる甚大な災害となった（右写真）。



志戸前川下流域の氾濫状況
（平成25年8月豪雨直後、
出典：雫石町広報）

この災害を受け、岩手県は当該流域において既設治山ダムに異常堆砂した土砂の浚渫等の山地災害対策を講じてきたが、復旧に係る事業規模が大きく、雫石町からも治山対策の要望があり、県は東北森林管理局をはじめ関係機関と連携して現地調査や対策の検討を進めてきた。その中で、流域全体の総合的な治山対策を検討するために、平成29年度に実施された現地踏査及び写真判読等において、滑動の危険性の高い地すべりブロック（以下「ブロック」）の存在が判明した。ボーリング調査や歪計による地すべり変動の観測の結果、累積傾向の地すべり変動が確認されたため、平成30年度に、当該ブロックに対する地すべり防止対策の事業化に向けた有識者等による検討委員会が開催された。本委員会による検討の結果、当該ブロックが滑動し、天然ダムの形成や土石流の発生が生じた場合、下流域で大規模な被害が生じるおそれがあり、その未然防止の必要性があるということから、事業化の妥当性について認められた。これを受け、県で検討を重ねた結果、当該地すべり工事は大規模で、高度な技術を要することから、岩手県知事より国に対して、国による直轄事業とすることについて要望書が提出された。

東北森林管理局では要請を受け、新規事業化に向け、林野公共事業評価に係る事業評価技術検討会を開催し、費用便益分析及び事業の必要性の観点からの評価等を踏まえ、事前評価及び検討を行った結果、本事業の計画が適切かつ効率的なものと認められたことから、平成31年度より「志戸前川地区直轄地すべり防止事業」に着手した。

3. 事業の概要

(1) 事業区域の概況

事業区域は、奥羽山脈東側の岩手県雫石町西部に位置し、土地の大半は官公造林地を含むスギの人工林である。年間降水量は1,600～2,200ミリと県内では多く、また、積雪深も1メートルを超える豪雪地帯であることもあり、地下水は非常に豊富である。加えて、新第三系の火山岩や砂岩、凝灰岩系の堆積層（グリーンタフ）が分布しており、崩壊や地すべりが発生しやすい地質特性を有する。よって、元来より土砂生産量が多い地域であり、志戸前川流域では昭和初期より溪間工を主体とした対策（民直事業含む）が実施されてきたが、これらの土砂流出抑止機能を上回る土砂生産量があり、谷止工の背面や溪床には多量の土砂が堆積し、河床の上昇も生じているため、豪雨時には土砂の流出が発生しやすい条件にある。

上述の条件下で明らかになったブロックは、志戸前川支流の大地沢の右岸側斜面、雫石町御明神地区大地沢地内の民有林内に存在する、斜面長約800m、幅約480m、すべり層厚約65mの大規模地すべりブロックである。頭部には陥没帯や滑落崖が存在するなど、明瞭な地すべり地形を呈しており、末端部では地すべりによる押し出しにより多数の溪岸崩壊が発生している。保全対象は、下流の御明神地区の家屋や農地、事業地近傍を通るJR田沢湖線等である（図1）。

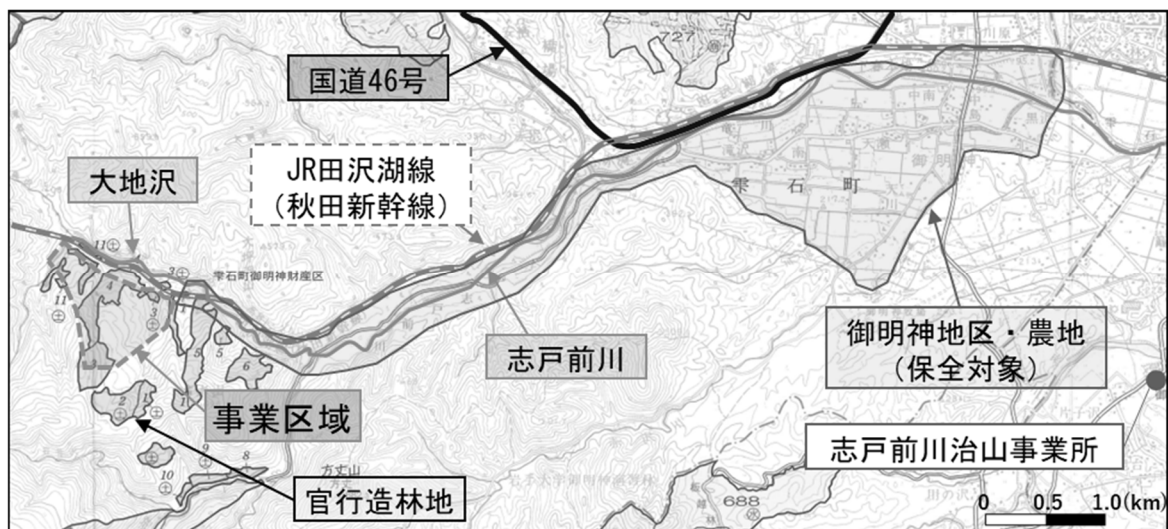


図1 事業箇所と保全対象との位置関係図

(2) 全体計画の概要

一般的に地すべりは、地すべりブロックが重力により下方に移動しようとする力（滑動力）が、すべり面で発生する抵抗力を上回ることにより発生する（図2）。抵抗力は地下水位の上昇等により小さくなり、滑動力はブロックの自重が重く、不安定な地形で

あるとき等に大きくなるため、地すべり防止対策では、地すべりの要因となる地下水や地形等の自然条件を変化させ、滑動力と抵抗力のバランスを安定な状態へと改善することが重要である。

本事業区域は地下水が非常に豊富であることに加え、非常に大規模かつすべり面深度が深いことから、地下水排除工を中心に、頭部排土工及び押え盛土工を組み合わせた全体計画となっている（図3）。地下水排除工は、すべり面が深いブロック頭部から中腹付近については排水トンネル工（全長1,570m）、末端付近については集水井工（6基）により地下水位の低減を図る。また、頭部の排土工及び末端部への押え盛土工によりブロックの滑動力を減ずる。なお、押え盛土工末端部は土留工を配置するとともに、谷沿いに流路工を、最下部には谷止工を配置し、沢水を安全に流下させる計画である。

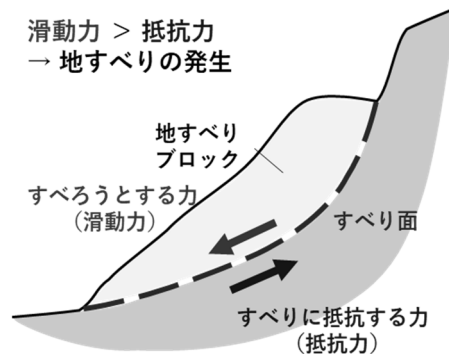


図2 地すべり模式図

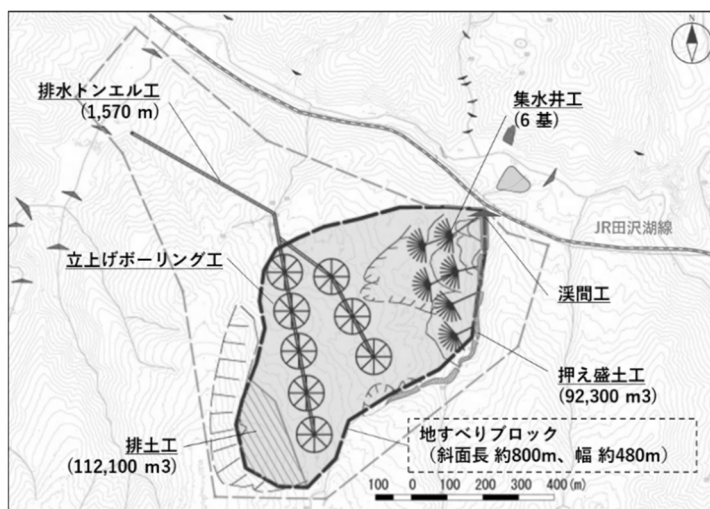


図3 全体計画図

4. 今年度の調査

現在の全体計画は、平成29年度に県が実施した地すべり調査（以下、既存の調査）に基づき作成されたものであり、地すべり防止施設の配置や規模等の詳細は決められていないため、効果的な地すべり対策の実施に向け、より詳細にすべり面の位置や地下水の分布状況等を把握し、既存の調査結果を補完する必要がある。このため、今年度は調査業務において、①調査ボーリング（パイプ式歪計観測、地下水位観測、地下水検層等を含む）、②航空レーザ測量、③省力型三次元電気探査等を行い、地下水の賦存状況やすべり面の位置等の地下構造を把握し、地すべり発生機構等を解明するとともに、地すべり防止工法の立案に資するため、これらの結果から地すべり安定度評価を行っている。今年度の調査内容及び結果について抜粋して紹介する。

(1) 調査内容

① 調査ボーリング

ブロックの主測線上の5地点で地盤を掘削してコアを採取し、鉛直方向の地質的特徴（地質、変成状況、風化度等）や土質的特徴（硬軟、粘性等）を調べるとともに、パイプ式歪計や地下水位計によりブロックの変動状況や地下水位の観測を行い、これらの調査結果を総合して、ブロックの地下水位やすべり面の位置の推定を行った。

② 航空レーザ測量

測量値から赤色立体図を作成し、地表面の凹凸等、地形の詳細な把握を行った。また、航空レーザ測量によって得られた高密度かつ高精度な標高データである LP（レーザープロファイラ）データを用いて、平成 20 年度に同じ場所で得られた LP データ（国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所より提供）と差分解析を行い、地形の変動量や変動の大きい箇所等の把握を行った。

③ 省力型三次元電気探査

地質の比抵抗値（電気の流れにくさ）は、地下水や間隙の有無、地質の種類、風化・変質の状態等に左右されるため、地下の比抵抗値の分布を調べることで、地下構造を推定する事ができる。電気探査では、地表に設置した電極から電流を流し、電極間の電位差からブロックの地盤の比抵抗分布を求め、ブロック内の地下水の分布状況や流動経路等の地下構造の推定を行った。

(2) 調査結果

① 調査ボーリング

図 4 は調査結果より得られた縦断図である。基盤岩は泥岩や砂岩を主とし、移動層は風化の進んだ泥岩、粗粒凝灰岩が主であった。すべり面の位置は、既存の調査では未実施であった頭部付近について浅いことが明らかとなったが、既存の調査結果より推定されたすべり面の位置とほぼ一致し、深度は約 60m 付近で、すべり面勾配はおよそ 13° と推定された。地下水位（10 月以降の観測値）については、既存の調査結果と比べ、頭部から中腹にかけて高く、特に中腹（測点③）付近で高いことが明らかとなった。

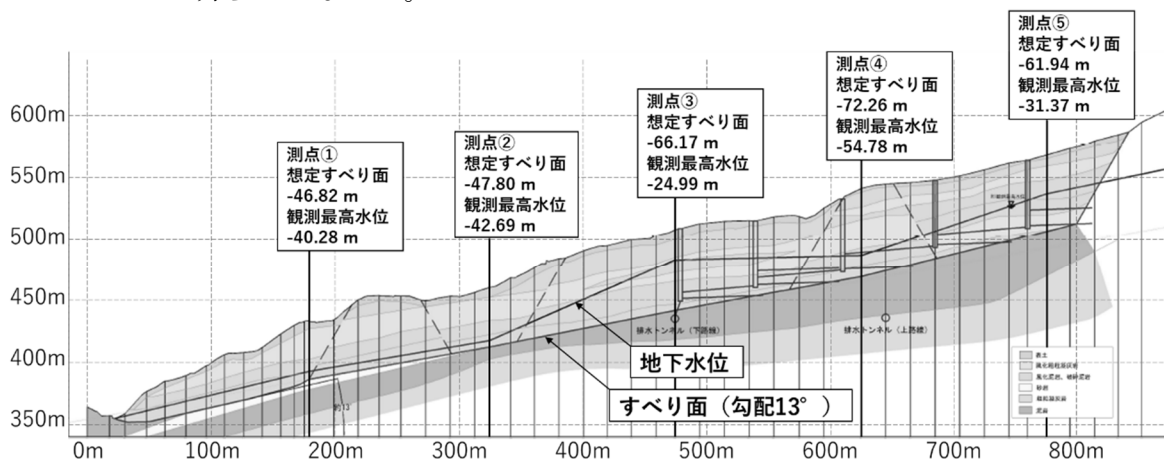


図 4 ブロック（主測線）縦断図（※縦軸は標高、横軸は末端部からの距離）

② 航空レーザ測量

図 5 は測量値より作成された赤色立体図である。ブロックが明瞭な地すべり地形を呈していることが分かるとともに、末端部の小ブロック化が認められた。また、冠頭部背後の尾根付近に、突然始まる多くの沢地形を確認でき、これらの箇所については、現地踏査でも水が噴き出していることを確認しており、ブロックの

冠頭部付近に水を湛えていることが推察された。

差分解析については、滑落崖付近やブロック上部で変動が大きく、沈下傾向を示していたが、下部斜面において変動が見られないため、地すべりによる影響ではなく、地震等により部分的に沈下した影響によるものと考えられる。

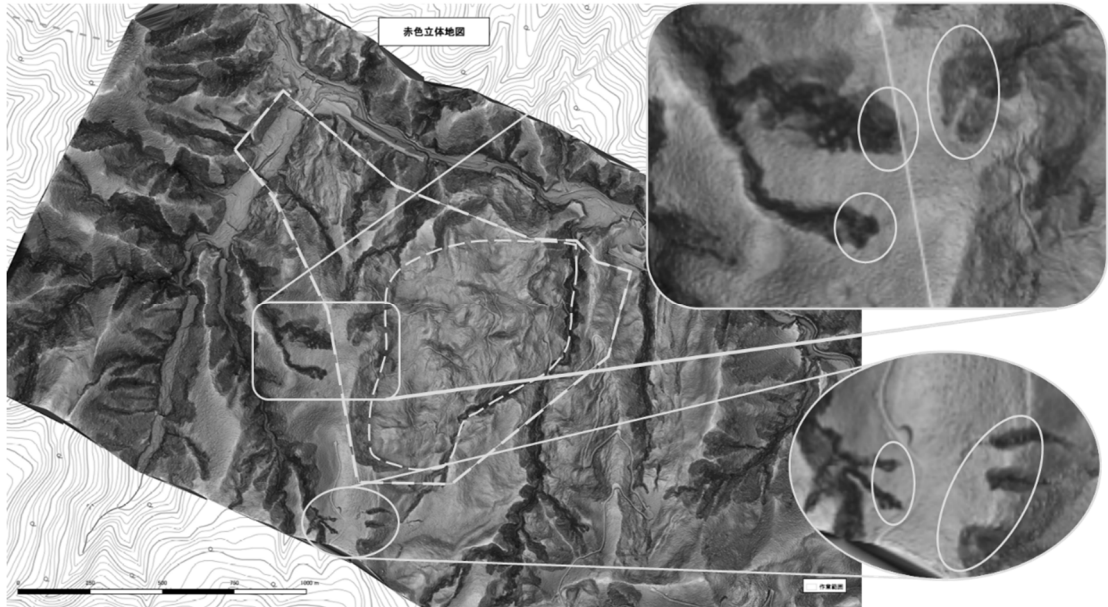


図5 赤色立体図

(※点線部分が事業区域及びブロック、円で囲った部分が沢地形)

③ 省力型三次元電気探査

図6は調査結果より作成した比抵抗立体図及び平面図である。高比抵抗値を示す(間隙が多い)部分が連続する、点線の矢印で示した部分が今回の結果より推定された地下水の流動経路である。地形等から、図の実線の矢印のように、冠頭部背後の尾根から末端部の沢の方向へ流下していると想定していたが、ブロックの左右に流動経路が存在することが推定され、また、ブロックの中央付近で屈曲し、北側へ流下していることが推定された。

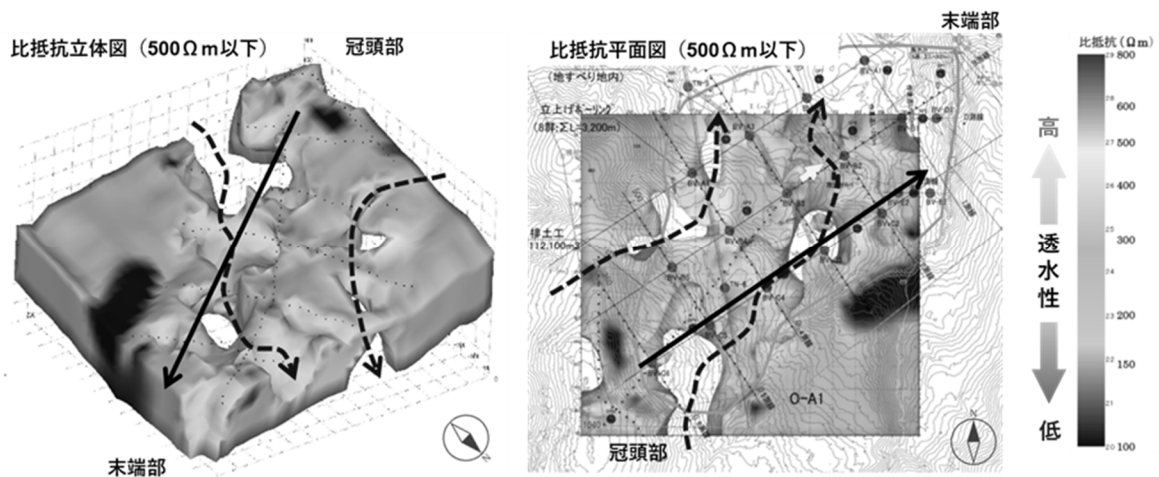


図6 比抵抗立体図及び平面図

5. 今後の方針

今年度の調査結果から、ブロック内の地下水が複雑な経路で流下していることや、地下水位が高い箇所が存在していること等が明らかとなった。これらの結果から今後検討する必要がある事項として、①現在、排水トンネル工からの立ち上げボーリングによる地下水の排除を計画しているブロックの冠頭部から中腹にかけての地下水位が高い箇所について、集水井工を配置し、集水井工からの排水ボーリングを排水トンネル工に連結して排水すること、②水を湛えていると推察された冠頭部の滑落崖背後の尾根部について、ブロックへの地下水の流入防止のため、浸透防止工等の対策を講じること、③排水トンネル工や集水井工の配置や規模等について、複雑な地下水の流下経路や分布状況に対応して決定すること等が挙げられる。地下水位やブロックの変動状況の調査等、事業期間中調査は継続して実施していくが、副測線でボーリング調査を行うなど、さらに詳細に調査を行うとともに、他事業地の事例も参考にしながら、工法や工種の組み合わせ等、検討を重ねていく予定である。また、事業が概成した際には、県へ事業地を移管することになるため、移管後も維持管理やメンテナンスがしやすい治山施設となるよう、最新の技術等も取り入れつつ、また、県の要望等も聞きつつ、事業を実施していく考えである。

6. さいごに

本事業区域は、主に雫石町の御明神財産区であり、御明神財産区は、森林整備センターの造林地（分収林：整備センター、財産区、森林組合）と官行造林地に分けられ、施設や作業道の設置に伴う支障木の伐採時には、多くの関係機関と協議や手続きを行う必要がある。また、事業地への経路である大地沢林道は、保全対象でもある JR 田沢湖線の橋脚下を通るため、橋脚下を通過する上で林道に改良等を加える必要がある場合には、JR 東日本との協議や手続きが必要である。さらに、事業地の下流には養魚場があり、加えて、志戸前川では春先から溪流釣りが、夏季期間には鮎釣りが解禁になることから、漁協や養魚場とも工期や作業時間の調整等を行う必要がある。以上のように、本事業を行う上では、関係する機関等が多く存在するが、着手に当たり、これらに事業の概要等を説明し、事業への理解を得ている。また、令和元年6月には、保全対象である御明神地区の住民の方々を対象に、事業についての説明会を実施した（右写真）。今後も、県・町等と連携して関係機関や地域住民の方々から事業への理解を得つつ、地域の安心安全を守ることに貢献していきたい。



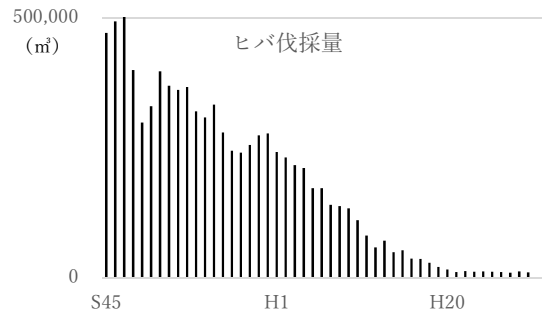
R1. 6. 24 御明神地区住民説明会の様子

青森ヒバの販売・流通構造の現状

下北森林管理署 森林官 (田名部森林事務所) ○山田 雄志
業務グループ 宮本 祥太
治山グループ 福島 和将
鱧田 侑誠

1. はじめに

青森県を代表する樹種である青森ヒバ（ヒノキアスナロ）は資源量の減少に伴い、その伐採量はピーク時（S47）より大きく減少した。ヒバの伐採量が減少することによって、川中、川下の流通にも大きな変化が生じたと考えられる。生産者である国有林としても、現在の山元から消費者への流通状況を理解しておくことが重要であるが、近年のヒバの流通に関する報告例は現在乏しい状況である。そこで本研究では、1. 山元からの丸太の販売状況、2. ヒバ製品の消費者までの流通状況について調査を行った。



2. 研究方法

(1) 国有林材の販売状況

国有林野情報管理システム上の東北森林管理局の青森ヒバの委託販売実績、平成18～30年の計13年分について、径級・長級ごとに区分けし、材積や品等、販売価格の経年変化を調査した。

(2) 製材工場から消費者への流通状況

ヒバの販売・流通に関わる業者 24 社へヒバ製品の仕入元や、加工方法、販売先、現在の需要動向について聞き取り等の調査を行った。（内訳：製材工場 5 社、流通業者 11 社（木材製品市場、市売問屋等）、工務店・設計事務所 4 社、家具・木工品店 4 社）

3. 結果および考察

(1) 国有林材の販売状況

まず、販売実績について、日本農林規格の大の丸太（径30cm以上）、中の丸太（径30cm未満）に区分けして調査した結果、4.0mの大の丸太が顕著に減少していることが分かった。

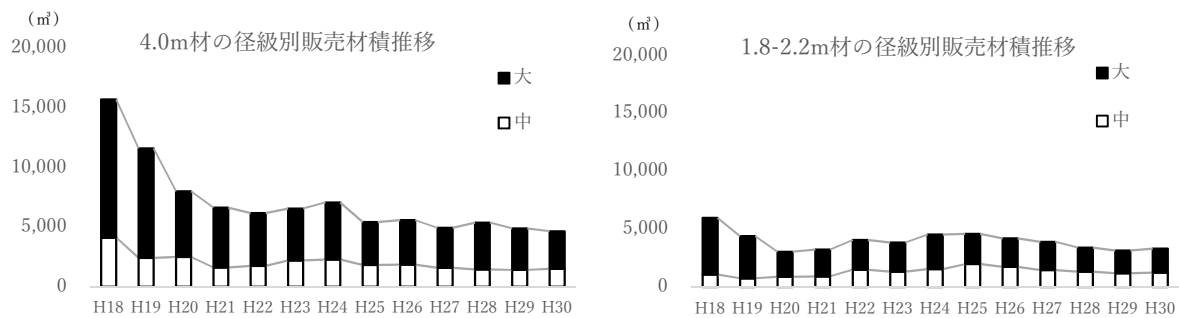


図1 4.0m材と1.8-2.2m材の径級別販売材積推移

4.0m材の大の丸太は一般的に構造材や造作材に用いられ、製材工場等では尺上丸太（径30cm - 44cm）と46cm上丸太（46cm以上）に区別されている（表1）。

表1：ヒバ丸太の主な用途（製材工場からの聞き取り調査を元に作成）

径級	中の丸太(径30cm未満)		大の丸太(径30cm以上)	
	長級	中目丸太(20-28cm)	尺上丸太(30-44cm)	46cm上丸太
1.8-2.2m			羽目板、建具材等	
			浴槽材等	
4.0m			構造材(土台角等)	造作材(役物柱等)
			その他社寺建築材	

販売材積が顕著に減少していた4.0m材について、中目（20～28cm）、尺上（30～44cm）、46cm上丸太に区分し、それぞれの m^3 単価と品等の割合を調査した。

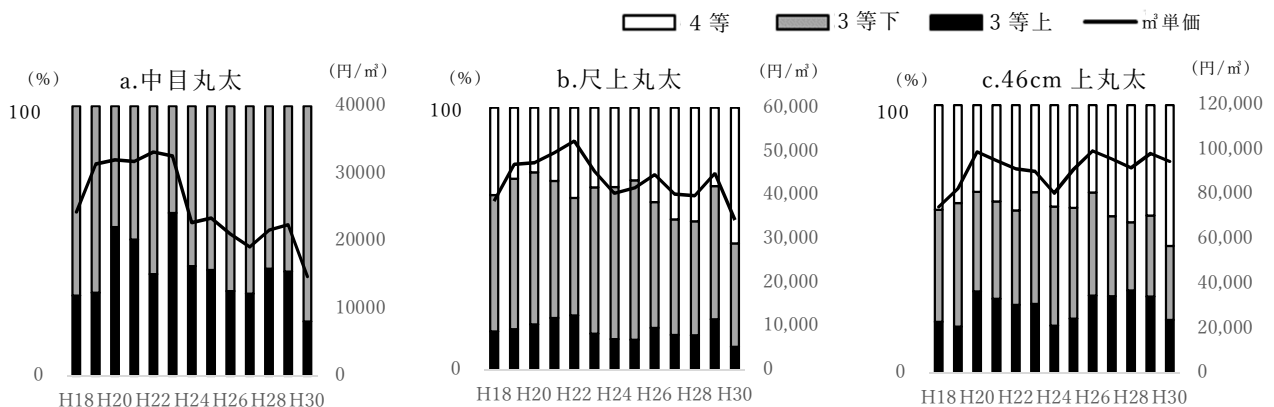


図2：ヒバの販売単価と品等割合の推移

m^3 単価は品等の割合と強い関連性が見られた。中目丸太においては、高い品等である3等上の割合がH23以降減少しており、 m^3 単価と同様に減少傾向であることが分かった。尺上丸太も3等上の割合の減少に伴い、単価の減少が生じており、46cm上丸太においても品等割合と単価の増減が概ね一致していた。

販売状況まとめ

4.0m丸太と品等区分の高い丸太の減少、つまり良質材の減少によって単価が低迷していると考えられた。ヒバの品等は日本農林規格に基づき格付けられ、節や腐れなどの欠点の数が増えるほど品等は下がる。品等の低い欠点が多い丸太からは、高付加価値な製品の生産が難しくなるため、販売単価も低迷していると考えられる。

また、大丸太や良質材を中心とする出材量全体の減少によるヒバ製品の市場での地位や価格競争力の低下も大きな課題である。

中目丸太の主な用途に土台材がある。1970～1980年代はヒノキがヒバに比べて高価であり（金平，1977）、首都圏では建築業者がヒノキの代替材として安価なヒバの土台材を採用していた（佐々木，1990）。しかし、現在はヒバ材が9～10万円/m³、ヒノキ材が7～8万円/m³と価格が逆転しているうえ、乾燥材となると歩留まりも悪く、ヒノキの1.5～2倍の価格となってしまう。加えて、能登ヒバ（北陸地方を中心に）やカラマツ等の集成土台材など他材種の流通・加工が整備されたため（木材建材ウィークリー，2014）、安定的な数量確保がしにくく、高価なヒバのニーズが低下している現状にある。

尺上丸太の主な用途である役物柱も、和室の減少やより安価な化粧貼り集成材への転換が進むことで、需要が減少していた（幡，1999）。

このように、ヒバの主要製材品への利用可能な材の減少に加え、製材品自体の需要も低下している現状において、ヒバ製品の需要開拓と今後増加する中小径丸太や節有材の利活用が重要な課題であると考えられる。

（2）丸太購入業者から消費者への流通状況

H30国有林の委託販売で購入された丸太（低質材を除く）は全材積のうち92%が青森県内の製材工場等によって購入されていた。

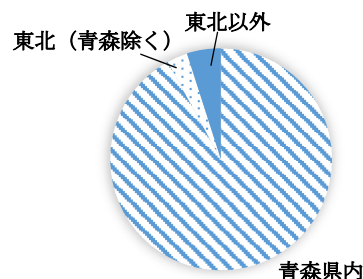


図4：H30のヒバ委託販売購入業者の
本社立地別材積割合

○県外の丸太購入業者の購入材と販売先

県外業者は径46cm以上が購入材積の84%を占めており、大径丸太主体の購入傾向であった。県外業者は銘木店や問屋等の流通業者、社寺建築業者等があり、それら業者の材の販売先として、地元の銘木市や工務店、最終消費者等が見られた。

○県内の丸太購入業者の購入材と販売先

県内業者の購入材は中小径丸太～大径丸太と幅広く、製材工場によって購入丸太や製材加工品が多岐に渡っていた。県内製材工場からの製材品の加工・流通については根田（1986）や神（2000）により、首都圏の流通については佐々木（1990）により報告されている。

昭和後期までは製材品の約60%が青森県内へ、東北、北陸、関東へはそれぞれ約10%流通していたが、平成に入り北陸、関東への流通量や割合は減少し、平成10年には関東へは5%、北陸には4%に落ち込んでいた。また、各地域への流通先として青森

を除く東北地方では問屋や市売市場に約60%、関東は問屋や市売に約80%、北陸は問屋に約90%が流通していた。特に北陸は石川県金沢市に青森ヒバを大口で扱う木材問屋が立地し、首都圏に並びヒバ製材品の主要流通先であることが分かっていた。

今回の調査では定量データを得ることができなかったが、金沢市の木材問屋へのヒバの流通は現在ほとんどなく、利活用も伝統建築物の修復等にごくわずかに用いられる程度であることがわかった。首都圏への流通も大きく減少し、東京木材問屋協同組合が調査している木材価格市況標準相場も流通量が少量であるため令和元年12月をもって青森ヒバの項を削除していた。一方で現在も都内の製品市場2か所は材木店等より注文があった時のみ土台材等を発注していた。また、柱目の役物の建具材等、乾燥による影響が小さい高価値の製品は少量市場にストックし販売されていた。

○工務店・木工品店の製品入手について

今回聞き取り調査を行った工務店・設計事務所4社、家具・木工品店4社は全て、製材工場より直接材を入手していた。直接製材工場と繋がりを持つこと、材の確保をしやすい点や出材情報を知ることができる点において直接需要型の流通は優れていると考えられる。

流通状況まとめ

ヒバ製材品の全体の流通量の減少により、各市場への流通量が減少したと考えられるが、直接需要型の流通によって材の確保を行っていた需要者（工務店等）が多数見られた。市場は与信機能や仲介機能を持つため、製材工場とのつながりがない業者にとって不可欠な入手手段である。しかし、製材品の流通量には上限があるため少量かつ分散的な流通をしていると一層品薄状態となってしまう可能性があり、需要者にピンポイントに配分する直需型を中心に今後も流通していくべきであると考えられる。

4. 全体考察（ヒバ業界でのヒアリング調査結果も併せて）

昭和後期からのヒバ出材量の長期的減少により各主要市場や需要者への製品流通が減少し、市場での地位や価格競争力が低下した結果、代替材への移行も生じた。また、バブル期以後に起こった役物需要の急減も、ヒバ製材品にとって大きな逆風であったことは言うまでもない。今後もヒバの出材量は限られ、大径材・良質材の割合も少ない現状は続くと予想される状況下で、ヒバの販売・利活用を推進していくため、以下の3点が重要であると考えられる。

- (1) 消費者への普及と付加価値（ブランド価値）の向上
- (2) 中小径丸太や節有材の販売や利活用の促進
- (3) 少量・分散的な流通から需要者への直接的な流通、ヒバ業界の連携強化

(1) 消費者への普及と付加価値の向上

径46cm以上の優良大径丸太は社寺建築用材等の“天然青森ヒバ”として一定のブランド価値を有している。一方、羽目板や縁甲板等、一般向けの製品において“青森ヒバ”のブランド価値は不足しており、他樹種材に比べて高すぎると売れなくなっ

まう現状にあった。今後はヒバの持つ見た目等のデザイン性や、防腐や防カビなどの機能性を積極的に宣伝し、これらの価値に対価を支払ってくれる消費者を育ていくべきである。今回調査を行った工務店や家具業者はモデルルームの展示や小物の配布、駅構内での出店など、ヒバに消費者が直接触れ、ヒバの価値を知ってもらう機会づくりを推進していた。今後も、②中小径丸太の利活用と合わせて、丸太の流通量の中で消費者に最大限利活用できるようヒバの価値を広く普及していくべきである。

(2) 中小径丸太や節有材の販売・利活用促進

中目丸太や尺上丸太の価格低下や需要低下が生じていたが、ヒバの中小径丸太は他樹種に対して節も多く狂いも生じやすい。節有材（並材）も無節材や小節材に比べ価格が大きく低下してしまう。そのため単価の割に製材コストが高くなり採算性が低くなってしまっている現状にある。現在、節有材が内装材のデザインとして消費者に評価を受けるケースも増え、ロータリー加工技術の向上によってヒバの中小径丸太の合板利用の実現性も高まっている。今後①付加価値の向上によってヒバ製品自体の価値を底上げし、採算性を向上するとともに、内装材や合板やチップ活用等、中小径丸太や節有材を有効活用していくことが望まれる。

(3) ヒバ業界での連携と需要者への直接的な流通

現在青森ヒバを建材として用いているのは、ヒバの施工経験や技術を持ち、ヒバをこだわって利活用する事業者である。これら意欲と技術力のある事業者に対しての“適切な材の配分”と、狂いや割れや節等のヒバ材に対する施工のフォローやアフターケア等“信頼性の構築”という点において川上から川下の“縦の連携”は重要である。また、現在ヒバを扱う製材工場も減少し、製材工場ごとに主力材が異なっていた。製材工場間で分業体制を構築する等、製材工場間の“横の連携”も丸太が減少している現在需要者への確に材を供給するためには重要であると考えられる。

<参考文献>

神真一. (2000). 東北森林科学会第4回テーマ別セッション-青森ヒバの今後について-. 東北森林科学会誌, 5(1), 37-42.

金平洋一. (1977). 防腐土台の市場動向と問題点. 木材保存, 1977(7), 19-29.

日刊木材新聞社 (2014) 木材建材ウィクリー 1968, 5, 4-13.

根田和男. (1986). ヒバ製材品の加工・流通について. 林業経済, 39(3), 30-32.

佐々木亮. (1990). 報告9. 首都圏における青森ヒバ製品の流通について (自由論題報告要旨, 1990年度秋季大会). 林業経済研究, 1990(118), 47-49.

置賜署管内における下刈作業省略の効果について

置賜森林管理署 森林整備官 鈴木 諒

1. はじめに

我が国では、戦後造林された人工林が本格的な利用時期を迎えており、国内の豊富な森林資源を循環利用することが重要な課題となっている。一方、循環的な林業を行うに当たっての収入と経費を比較すると、木材販売収入に対して特に初期段階での育林経費が高い状況にあることから、主伐後の再造林の確保に向けて、造林作業に要するコストの低減を図る必要がある（林野庁 2018）。

造林作業に要するコストの低減のためには、伐採と造林の一貫作業システムの導入、コンテナ苗や成長に優れた苗の活用、下刈作業の省略などの方法が知られている。置賜森林管理署（以下、置賜署）ではこのうち、一貫作業システムが導入されているほか、コンテナ苗を用いての植付作業が既に行われている一方、下刈作業省略に関してはまだ検証されていない。また下刈省略に関する研究は全国的に行われており、例えば、鹿児島県始良市での試験（田代 2013）や岩手県沿岸北部での試験（新井ら 2015）などがある。しかし、山形県置賜地方での検証事例は無く、同地域の下刈省略に関する知見が不足している状態である。

このことから、本研究では、置賜署管内で下刈省略試験を実施し、置賜地方における初の実施事例として今後活用できるよう、省略方法や省略時期等により植栽木にどのような影響があるか調査を行うこととした。

2. 調査方法

(1) 試験地

山形県西置賜郡小国町大字金目滝ノ沢入349国有林38林班か小班にて下刈省略試験を行った（図1）。ここでは平成27年に一貫作業により、伐採及び植付が行われている。苗種はスギコンテナ苗である。

同林班内において試験区①～⑥を作成し、その試験区内に平成28年（2年目）および平成29年（3年目）の下刈省略箇所を設定した。なお、当該箇所以外では下刈（全刈）を実施した（表1）。

(2) 調査方法

①植栽木調査

各試験区内に、ライン状の植栽木調査プロットを1つ作成し、植栽木の樹高と地際直径を令和元年（5年目）まで計測・記録した。各プロットは植栽木が20本となるよう設定し、合計で120本を計測した。また、計測の際は、枯死や病虫獣害等の有無についても記録した。

②雑草木調査

前項で作成した植栽木調査プロット上に1m×1mの雑草木調査プロットを3つ、全

体で18箇所設定し、プロット内に出現した植物とその被度を記録した。調査は平成28年(2年目)と令和元年(5年目)に実施した。

なお、先行研究では、出現する雑草木を元に若齢造林地を複数タイプに分類する試みが行われている(北原ら 2013、鶴崎ら 2016、山川 2017)。この先行研究に倣い、雑草木調査の結果から各試験区がどのような雑草木タイプにあたるのか判別した。

表1.各試験区における下刈実施・省略状況

	試験区①	試験区②	試験区③	試験区④	試験区⑤	試験区⑥
H28(2年目)	実施	省略	省略	実施	省略	省略
H29(3年目)	省略	実施	実施	実施	実施	省略

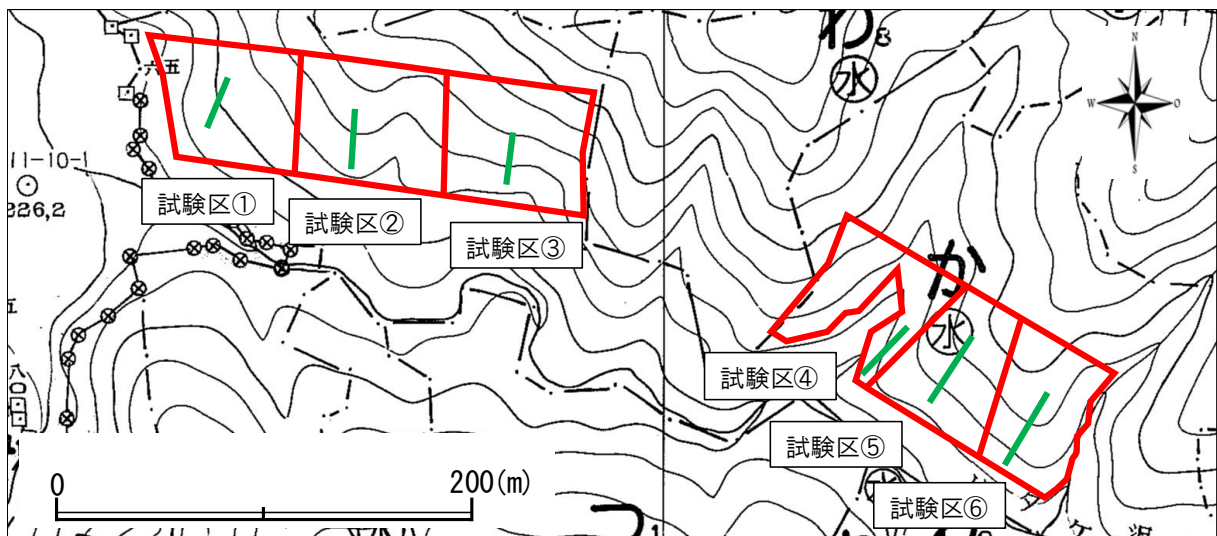


図1.調査地概況(試験区内の直線は植栽木調査プロットを表す)

(3) その他

試験区③において調査期間中に法面の崩落があり、植栽木の一部が流失したことから、今回の調査結果からは同試験区の値は除外した。

3. 調査結果

(1) 植栽木の成長量について

各試験区における植栽木調査について、各試験区の5年目時点での調査結果は表2のとおりとなった。

これを元に、下刈実施箇所と省略箇所で成長量に有意な差があるかを調べるため、次のように下刈の実施箇所と省

表2. 植栽木成長量調査結果(5年目調査)

	2年目下刈	3年目下刈	平均樹高 (cm)	平均地際 直径(cm)
試験区①	実施	省略	281.1	4.02
試験区②	省略	実施	233.7	4.47
試験区④	実施	実施	216.1	3.71
試験区⑤	省略	実施	233.2	3.80
試験区⑥	省略	省略	224.3	3.80

略箇所でグループ分けし、5年目調査の数値を利用して比較を行った (Student's t-test, 有意水準0.05)。

① 2年目下刈実施箇所 (試験区①④) と 2年目下刈省略箇所 (試験区②⑤⑥)

② 3年目下刈実施箇所 (試験区②④⑤) と 3年目下刈省略箇所 (試験区①⑥)

各グループの平均値を表したグラフが図2となる。これらの数値を比較したところ、2年目と3年目のどちらも、下刈実施と省略で有意な差は見られなかった。

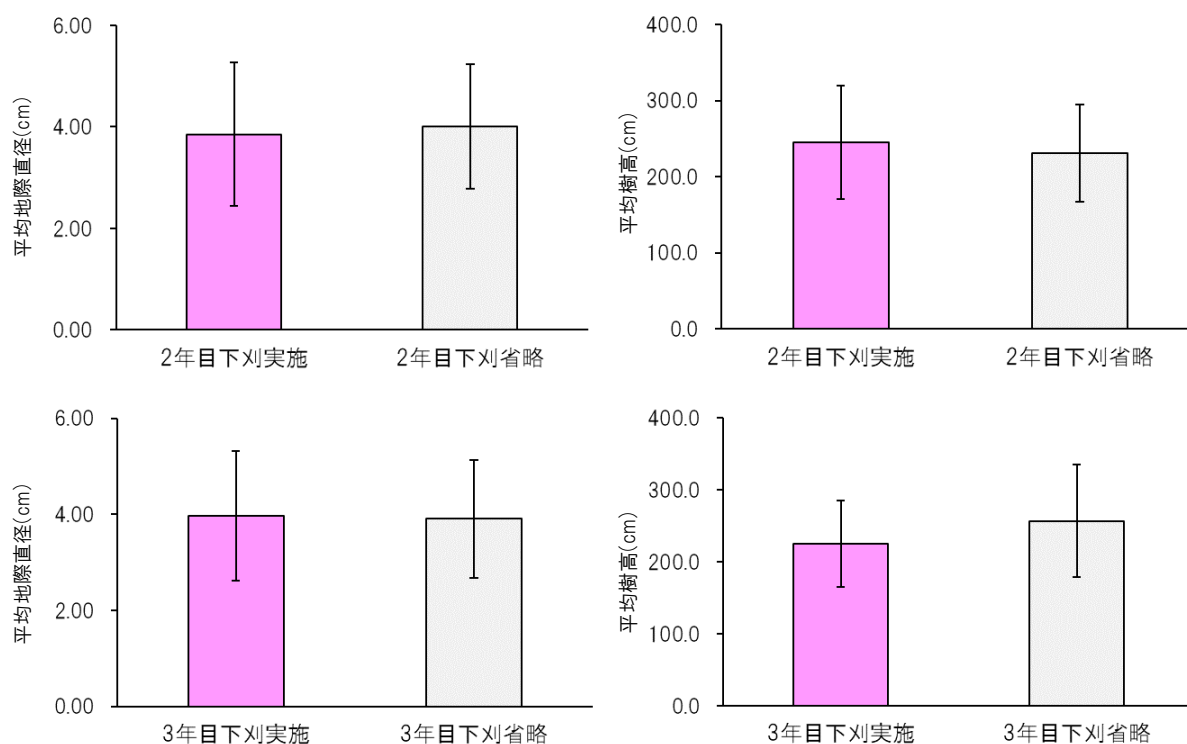


図2.下刈実施・省略箇所における植栽木の平均樹高と地際直径(エラーバーは標準偏差)

(2) 植栽木の生存数について

各試験区の植栽木調査プロットにおける5年目時点での生存数は表3のとおりである。試験区①-⑤では生存数が18本から19本であるのに対し、試験区⑥では生存数が14本まで減少していることが分かった。

表3. 各試験区における植栽木の生存数と各種被害木の本数(被害は重複を含む)

	2年目下刈	3年目下刈	生存数(本)	被圧(本)	食害(本)	誤伐(本)	雪害等(本)
試験区①	実施	省略	19	0	2	0	2
試験区②	省略	実施	18	0	0	0	2
試験区④	実施	実施	18	0	2	2	2
試験区⑤	省略	実施	19	0	1	2	2
試験区⑥	省略	省略	14	6	0	3	3

生存数減少の原因として、雑草木の被圧による被害が考えられる。表3の各種被害状況を見ると、試験区⑥では被圧による被害と思われる成長不良の植栽木が現れており、それらの多くは、5年目までにさらに誤伐等による被害を受け、最終的に枯死していた。他の試験区ではこのような成長不良の植栽木は見られなかった。

試験区⑥の被圧被害が多い原因は、同試験区が2年間下刈省略を行った箇所であり、雑草木が他の試験区より繁茂していたためと考えられる。

(3) 雑草木調査結果について

各試験区での雑草木調査の結果は表4のとおりである。この結果から、2(2)のとおり各試験区がどのような雑草木タイプに当てはまるかについて分類を行った(タイプ例：表5)。分類結果は表6のとおりとなった。試験区①～⑤は低木性樹種を主とする雑草木タイプであったのに対し、試験区⑥は、シダ植物(ワラビ)とササ類(チシマザサ)が混生する雑草木タイプであり、他の試験区とは異なるタイプであることが分かった。

表4. 各試験区の雑草木出現状況(代表的な7種を記載)

試験区①		試験区②		試験区④		試験区⑤		試験区⑥	
種名	被度	種名	被度	種名	被度	種名	被度	種名	被度
クマイチゴ	2	クマイチゴ	2	タラノキ	1	クマイチゴ	1	ワラビ	2
タケニグサ	1	タニウツギ	1	クマイチゴ	1	タニウツギ	1	チシマザサ	1
タラノキ	+	タケニグサ	1	ヤマグワ	+	タケニグサ	1	タラノキ	+
オオバクロモジ	+	オオバクロモジ	+	ウワミズザクラ	+	タラノキ	+	クマイチゴ	+
タニウツギ	+	ヒヨドリバナ	+	ワラビ	+	ヒヨドリバナ	+	リョウブ	+
ヤマウルシ	+	ムラサキシキブ	+	ヤマソテツ	+	ヤマグワ	+	マルバマンサク	+
ヤマモミジ	+	タラノキ	+	ユキツバキ	+	ワラビ	+	ユキツバキ	+

表5. 雑草木タイプ(一例)

雑草木タイプ	主な植生
高木性先駆樹種	アカメガンシウ、カラスザンショウなど
低木性樹種	キイチゴ類など
シダ植物	ワラビなど
ササ類	スズタケ、チシマザサなど

表6. 分類結果

試験区	雑草木タイプ
①	低木性樹種
②	低木性樹種
④	低木性樹種
⑤	低木性樹種
⑥	シダ植物・ササ類

4. 考察とまとめ

3(1)で示したとおり、平均樹高や平均地際直径を下刈作業の有無で比較したところ、両者の間に有意な差は見られなかった。このことは、下刈作業の有無が植栽木の成長に悪影響を及ぼす可能性は低いことを示しており、東北地方有数の豪雪地帯である置賜地方であっても、下刈省略は可能であると考えられた。

しかし一方で、生存数の観点では、3(2)で示したとおり、2年間下刈省略を行った試験区⑥において、植栽木の生存数が最も低下する結果となった。このような結果となった理由に、雑草木の被圧被害により植栽木の成長不良を招いたことが一因として考

えられる。よって、下刈省略の成長量への影響についても再考の必要があるといえる。

また、3(3)で示したとおり、試験区⑥の雑草木タイプは、他の試験区と異なりシダ類、ササ類が多く繁茂していたことも要因として挙げられる。これらの雑草木は競合力が強く、植栽木の成長を阻害するといった特徴がある(齋藤 2014、渡部・中村 2016)。このことから試験区⑥は、他と比較して特に下刈が必要とされる場所だったといえる。それにも関わらず、同試験区では下刈を2年間省略したため、植栽木の生存数がより減少する結果になったと推察される。

以上のことから、今後、置賜地方で下刈省略を実施する場合、発生する雑草木等の現地の状況を踏まえ、下刈省略回数や程度について検討したうえで実施すべきである。

5. 今後の課題

本調査では、最終的に5年生林の成長量を比較し、下刈の有無では有意差が無いという結果となった。しかし、先行研究(田代 2013)では9年生スギ林の成長量を比較調査しており、下刈実施箇所の方が成長量が有意に大きいという結果となった。

本調査の実施箇所においても、数年後に改めて調査を行った場合、今回とは異なる結果となる可能性も考えられることから、今後も継続して調査することが望ましいだろう。

6. 参考文献

- 新井隆介・成松眞樹(2019)下刈り回数削減がカラマツの生残や成長に与える影響。(低コスト再造林への挑戦 一貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 168pp) 株式会社日本林業調査会. 東京: 116-117
- 北原文章・渡辺直史・光田靖・山川博美・酒井敦・垂水亜紀(2013)スギ植栽木の成長と下刈り対象木の競合状態との関係. 森林応用研究22: 1-6
- 林野庁(2018)林業の動向(平成30年度森林・林業白書. 279pp): 124-127
- 齋藤智之(2014)ササの効果的な抑制方法を考える. みどりの東北124: 5
- 田代慶彦(2013)スギ造林地における大苗・普通苗による下刈り省力試験比較。(低コスト造林・育林技術最前線. 143pp) 全国林業改良普及協会. 東京: 80-91
- 鶴崎幸・佐々木重行・重永英年・山川博美(2016)下刈りがスギ幼齢木と雑草木に及ぼす影響. 九州森林研究69: 99-102
- 渡部公一・中村人史(2016)伐採跡地に植栽したワラビ苗のグランドカバー効果とカバークロップとしての導入方法. 日本森林学会大会127回次
- 山川博美(2019)下刈り回数の削減と判断基準。(低コスト再造林への挑戦 一貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 168pp) 株式会社日本林業調査会. 東京: 100-108

寒冷地における早生樹の育成について

仙台森林管理署 地域技術官 ○小林 哲也
森林官 (川崎森林事務所) ○橋本 敏之

1 はじめに

高度経済成長期以降、立木価格は低水準で推移し、森林経営の健全化のためには、造林コストの削減は喫緊の課題である。スギやヒノキと比べて短い期間で収穫時期を迎える早生樹には、造林コストの削減、短期の投資回収等が期待されている。

当署は株式会社村井林業、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者で、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、併せて平成30年3月20日に当署は株式会社村井林業と分収造林契約を締結した。

シラカンバは北日本¹⁾、ユリノキはほぼ日本全域²⁾、コウヨウザンは関東地方から西日本にかけて分布している³⁾。早生樹とされている樹種は、主に比較的温暖な地域である西日本において研究が進められてきた経緯があり、寒冷地での事例が少ないことから、寒冷地で早生樹の育成が可能なのか、特にコウヨウザンに注目して検証した。

2 研究方法

(1) 先行研究

コウヨウザンは中国・台湾原産の外来樹種で、日本においてこれまでに確認された全国243件のコウヨウザンの所在地情報から見た主な所在地の気候条件は、年平均気温が約12℃以上、暖かさの指数が約90℃・月以上、寒さの指数が約-15℃・月以上であり、主に照葉樹林帯に広く植栽されている³⁾。

この条件を東北森林管理局管内に当てはめるため、国土数値情報⁴⁾からGISソフトにより年平均気温の分布を描画した。さらに、アメダスの気温データ⁵⁾により暖かさの指数・寒さの指数を計算し、条件に適合する地域を抽出したところ、図1のとおり、宮城県、秋田県、山形県の海側の地域に集中していることがわかった。

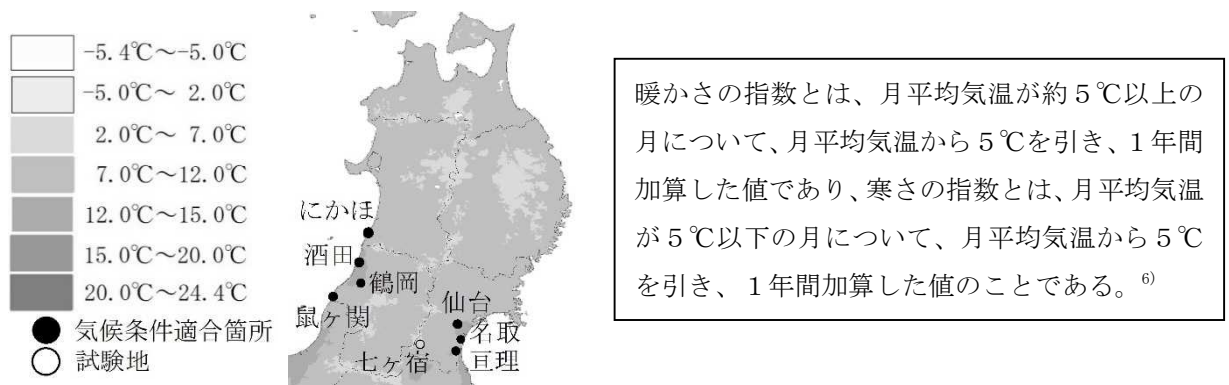


図1：コウヨウザン所在地から見た気候条件の適合箇所（東北局管内）及び試験地の箇所

出典：国土交通省のホームページより作成

(2) 試験地の概要

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 林班の小班、標高 575m、面積 1.37ha である（図 1 参照）。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 8 km 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）を比較対象とした。樹種及び植栽本数等については表 1 のとおりである。

表 1：樹種及び植栽本数等

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)	2,000	3,000	1,000	1,000	500	2,200
植栽本数(本)	200	750	250	250	150	30
面積(m ²)	1,000	2,500	2,500	2,500	3,000	100
伐期齢(年生)	40	32	32	32	32	未定
標準地の本数(本)	28	50	50	30	30	30
標準地の面積(m ²)	140	167	500	300	600	100
平均苗長(cm)	71	20	20	60	60	24
種苗会社等所在地	広島県広島市	北海道北斗市		大分県大分市		宮城県大衡村
苗齢・規格	1年生コンテナ苗	2年生コンテナ苗		2年生コンテナ苗		2年生コンテナ苗

注) スギについては、比較対象として用いた 1 プロットのデータである。

(3) 調査方法

① 気象観測

現地に気象観測装置 Weather Station Vantage Pro 2 (Davis 社 アメリカ) を設置し、平成 30 年 4 月から令和元年 12 月までの温度、雨量、風向、風速、湿度のデータを計測した。また、アメダスの白石における月平均気温と対象林分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、その月について気象庁のホームページから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た。

② 耐凍性評価

東北育種場の協力の下、林木育種センターに耐凍性評価の試験を実施していただいた。植物は高温や低温等のストレスを受けると細胞膜の性質が変化して、電解質が細胞の外に漏れ出すことがある。電解質漏出法は、植物の組織片を -10℃ から -30℃ までの温度別に冷却した後、遮光条件下で融解し、水に浸し、漏れ出た電解質量を導電率計で測定するもの⁷⁾であり、各温度で凍結した植物の生存率を調べることができる。試料については、枝の針葉の組織片を実験に用いるため、積雪前の 12 月に対象林分から 6 本の枝を採取し、枝の切り口を湿らせたタオル等で包み、冷蔵便で林木育種センターに送付した。

③ 成長量調査・活着率調査

宮城県林業技術総合センターの協力の下、平成 30 年 4 月、同年 10 月、令和元年 10 月に対象林分において植栽樹種の標準地を毎木調査し、樹高、根元径、枯損木の有無、枯損

の原因を確認した。標準地の本数及び面積等については表1のとおりである。材積の計算については、青森営林局の立木材積表(1961)⁸⁾を参考に、細田ら(2010)⁹⁾が開発した幹材積計算プログラムにより計算した。

3 結果

(1) 気象観測

平成30年4月から令和元年12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 -2.2°C であり、本研究においてデータに欠損がある期間については、この -2.2°C を補正值とした。試験地における平年の年平均気温については、アメダス白石観測所の平年の年平均気温である過去30年の平均気温から補正值を差し引いたものとした。

試験地の年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数については、表2のとおりであり、試験地は先行研究による所在地から見たコウヨウザンの気候条件に適合しないことがわかった。また、気象観測の結果、試験地の最低気温は約 -5°C であった。

表2：試験地における年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数

	年平均気温($^{\circ}\text{C}$)	暖かさの指数($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)	寒さの指数($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)
平成30年	10.3	82.3	-18.6
令和元年(平成31年)	10.2	78.4	-16.6
平年	9.7	74.2	-18.2

(2) 耐凍性評価

林木育種センターに実施していただいた電解質漏出法による耐凍性評価の結果は、図2のとおりである。試験地のコウヨウザンは、 -20°C まで凍結すると障害が発生し、生存率が急激に低下した^{A)}。この結果から、試験地の最低気温である約 -5°C の気温では、コウヨウザンは十分生存可能であることがわかった。

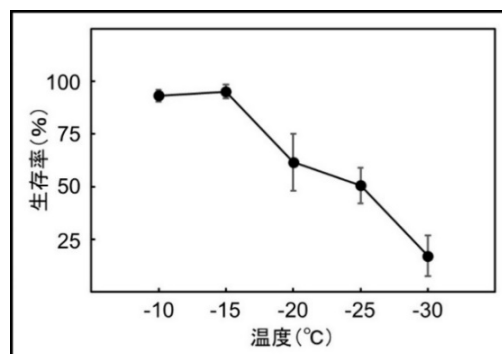


図2：試験地におけるコウヨウザンの耐凍性評価の結果

提供：林木育種センター、遠藤 圭太

(3) 成長量調査・活着率調査

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示すため、植栽時、1成長期後及び2成長期後の樹高及び根元径の大きさを図3のとおり表した。コウヨウザンは樹高、根元径ともに伸びており、特に樹高の成長が旺盛であるのに対し、スギは根元径の成長が

旺盛である。このことは、表3からも読み取れる。コウヨウザンは形状比が大きくなっている一方、スギは形状比が小さくなっていることがわかる。また、平均樹高についてはコウヨウザンとスギは同等であり、平均根元径についてはコウヨウザンよりもスギの方が大きかった。ha 当たりの材積については、林分の蓄積量がどの程度大きくなったかを示す指標として有用であり、初期成長の段階であるがすべてスギを上回っていることがわかった。

表3：植栽木の樹高、根元径、形状比及び ha 当たり材積

		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
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
	成長率(倍)	3.2	2.6	2.8	1.6	1.9	1.5
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
	成長率(倍)	1.7	2.4	2.7	3.0	3.8	2.4
形状比 (樹高/根元径)	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
ha 当たり材積 (m ³ /ha)	平成30年4月	0.00	0.11	0.04	0.01	0.01	0.02
	平成30年10月	0.01	0.28	0.10	0.02	0.02	0.03
	令和元年10月	0.02	1.12	0.47	0.13	0.14	0.11
	成長率(倍)	9.3	10.2	13.0	9.1	17.4	6.2

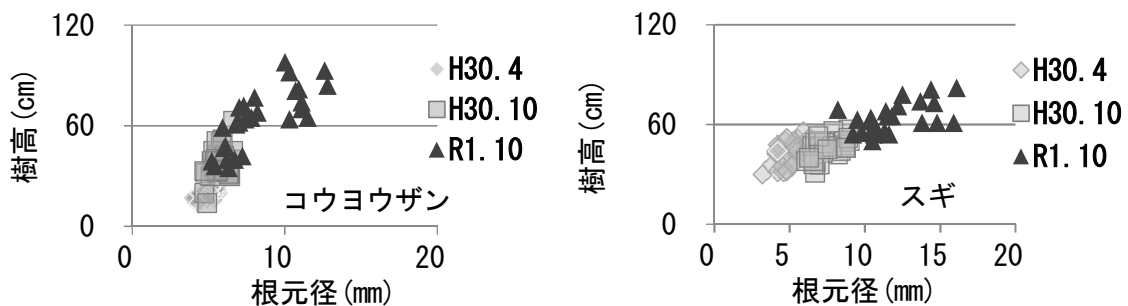


図3：個体サイズの経年変化

冬期間は図4のように、コウヨウザンは雪に埋まってしまい、越冬後は植栽本数の4分の1の割合で先枯れが発生したものの、先枯れ箇所はすべて萌芽成長した。



図4：先枯れしたコウヨウザンの萌芽後の様子（左：冬期、中央：春期、右：秋期）

また、下刈りは植栽年を含む5ヶ年の間、6月に坪刈りにより行われた。図5のとおり植栽直後からの様子を見ると、コウヨウザンは下草よりも早く成長していることがわかる。



図5：試験地のコウヨウザンの様子

(左：平成30年5月14日、中央左：10月15日、中央右：令和元年5月9日、右：10月8日)

コウヨウザンについては、近畿中国森林管理局においても調査が実施されており、表4のとおり岡山県の事例が公表されている¹⁰⁾。植栽時の苗の大きさが異なることから、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、樹高の成長率は宮城県七ヶ宿町の方が大きく、根元径の成長率は岡山県新見市の方が大きいことがわかった。

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	50.5	9.0	56
2成長期	131.9 (2.6倍)	22.8 (2.5倍)	61

表5のとおり、コウヨウザンの活着率は89%となっている。枯損原因は不明だが、現地に掘り起こされた箇所があることから、イノシシ等の獣害による消失も考えられる。なお、冬期間のコウヨウザンは雪に埋まってしまい、越冬後は植栽本数の4分の1の割合で先枯れが発生したものの、先枯れ箇所はすべて萌芽成長した。また、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、これらはすべて雪害・凍害として集計した。

表5：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)	2,000	3,000	1,000	1,000	500	2,200
活着率	89%	82%	84%	77%	83%	80%
主な枯損原因	不明	折損(66%) 被圧(33%)	雪害(50%) 被圧(38%)	凍害(43%) 被圧(43%)	被圧(80%) 凍害(20%)	獣害(50%) 不明(50%)

注)「主な枯損原因」の()内の数字は、枯損原因の内訳の割合ある。

シラカンバ及びユリノキの生育状況については表3のとおり、樹高及び平均根元径ともに

スギよりも大きかった。また、植栽時からの形状比の経年変化を見ると、シラカンバは形状比が一定である一方、ユリノキはスギと同様に形状比が下がっていて、肥大成長が旺盛であることがわかった。また、コウヨウザンと同様に植栽直後からの様子を写真で確認したところ、同じ条件で下刈りが行われた結果、どちらの樹種も下草よりも早く成長していることがわかった。

表7のとおり公表されている他の事例と比較すると、シラカンバについては、北海道の事例¹¹⁾と同等の初期成長率であることがわかった。ユリノキについては、山口県の事例¹²⁾よりも初期成長率が低いことがわかった。

なお、北海道の事例については根元径の値が公表されていないものの、根の深さ及び根の広がりから根元径の回帰式から推定値を計算した。

表6：北海道のシラカンバ及び山口県のユリノキの事例

北海道 シラカンバ (佐藤 1995)				山口県 ユリノキ(山田ら 2001)			
	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比	500本/ha	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比
植栽時	80	26.1	31	植栽時	45	4.7	96
2成長期	232 (2.9倍)	69.0 (2.6倍)	34	2成長期	204 (4.5倍)	32.3 (6.9倍)	63

4 考察

多くの樹種において、冬期の耐凍性が寒冷地での種の分布を決定する鍵となる要因である¹³⁾ことを踏まえると、南方由来の樹種であるコウヨウザンを東北地方において広く植栽するには、その耐凍性を明らかにすることが重要であると考えられる。本研究において、山田ら(2017)による日本全国の主な所在地から見たコウヨウザンの気候条件に試験地である宮城県七ヶ宿町は適合せず、実際に気象観測の結果、三つの条件を全て満たさなかった。ところが、活着率は概ね良好であり、下草よりも早く成長し、植栽時の苗の大きさが異なるものの西日本の事例である岡山県新見市の結果と比べて遜色のない生育状況であった。このことは、コウヨウザンの気候条件に適合しない地域においてもコウヨウザンが生育しうる箇所があることを示唆する。

さらに、シラカンバやユリノキについては寒害や凍害による枯損があったものの、耐凍性評価の結果、コウヨウザンについては宮城県七ヶ宿町の最低気温である-5℃を下回る環境下でも死滅せず、試験地の気温では十分に越冬可能であると言える。この結果から、最低気温の低さがコウヨウザンの生存率に影響を与えている可能性があることがわかる。つまり、コウヨウザンの気候条件として年平均気温、暖かさの指数及び寒さの指数だけでは不十分で、南方由来の樹種であるコウヨウザンについては寒冷地における最低気温の低さがその越冬可能性を左右しうると考えられる。

本研究においては雪害による影響を十分に考慮しなかった。雪害による影響としては、例えば初期成長段階における雪圧による折損及び倒伏や、積雪量により生育状況が制約されることが挙げられる。また、ユリノキについては広葉樹でありながら直通性があるのが特徴でありながら、北アメリカ原産の外来樹種であり、寒冷地においては積雪や気温の低下により樹形の乱れが発生する可能性がある。こうしたことから、今後は、冬期の積雪量や降雪の有無

等を調査し、雪害が及ぼす影響を検証する必要がある。

5 謝辞

本研究にあたり各種調査及び施業の実行等にご協力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、宮城県林業技術総合センター及び株式会社村井林業の皆様、並びに電解質漏出法による耐凍性評価の試験を実施していただいた林木育種センター遺伝資源部保存評価課の遠藤圭太様に深く感謝申し上げます。

6 引用文献

- 1) 倉田悟(1971), 原色日本林業樹木図鑑 第一巻, 地球社
- 2) 飯島亮・安蒜俊比古(1964), 日本における造園樹木の植栽分布に関する研究 第3報, 造園学会, 28巻3-4号
- 3) 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
- 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) 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>
- 6) 国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター, コウヨウザンの特性と増殖の手引き, 第4期中長期計画成果15(育種・生物機能-2), 2018年3月
- 7) 山田浩雄・遠藤圭太・宮本尚子(2017), 電解質漏出法によるコウヨウザンの耐凍性評価、平成29年度版林木育種センター年報業務レポート, 130-131
- 8) 青森営林局(1961), 立木材積表, 昭和36年10月
- 9) 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:23~39ページ, 2010年12月発行
- 10) 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/souseiju.html>
- 11) 佐藤孝夫(1995), 樹木の根系の成長に関する基礎的研究, 北海道林業試験場研究報告32号, 1995年3月
- 12) 山田隆信・佐渡靖紀(2001), ユリノキ植栽による混交林造成試験, 山口県林業指導センター 林業試験研究発表集 2001
- 13) Sakai A・Larcher W(1987), Frost Survival of Plants Responses and Adaptation to Freezing Stress. Springer-Verlag, Berlin

7 データの提供

- A) 遠藤 圭太, 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

治山事業における流木災害防止対策の計画及び実行にかかる検討

米代東部森林管理署上小阿仁支署 総括治山技術官 有馬 俊英

1. はじめに

林野庁では、平成 29 年 7 月九州北部豪雨による流木災害等の発生を受け「治山対策検討チーム」を設置し、災害の実態把握や発生メカニズムを分析、更なる効果的な治山対策の在り方について、「中間取りまとめ」を公表。

並行して、緊急治山対策プロジェクトとして緊急的・集中的に流木対策が必要な地区を全国で 1,200 地区抽出し緊急対策を実施することとした。

中間取りまとめを踏まえた緊急対策のうち、「流木捕捉式治山ダムの設置」は一般的な谷止工などに比べ施工事例が少ないこと、また、「流木化する可能性の高い流路部の立木の伐採」は新たな取り組みであったことから、計画から施工までの工夫や課題等を取りまとめた。

2. 研究方法

(1) 事業地の概要

事業地は秋田県北秋田市羽根山沢国有林、事業名は「畑ノ沢地区治山事業」で計画期間は平成 30 年～令和 4 年までの 5 カ年。

事業計画は溪間工 3 基を予定しており、令和元年度に、うち 1 基を施工した。

現地は、約 1.1 km の溪流を事業対象としており、下流域は、蛇行による横浸食が著しく倒木が多数見られるとともに、山腹崩壊が発生。その上流に設置された既設治山ダム背後には最大 5 m 程度の流木が堆積している。



写真-1 溪岸の浸食と倒木



図-1 位置図

中流域には、流木や岩石を巻き込

んだ不安定土砂が堆積しており、集中豪雨等による流出が懸念され、上流域は、急峻な勾配かつ V 字谷を形成しており、露岩箇所も多く、さらなる崩壊が懸念される。

(2) 実施計画の検討

① 治山ダムの目的

治山ダムは目的に応じて構造が異なるが、図-2 に示す遮水型治山ダムが多く施工されている。

遮水型治山ダムは、不安定土砂を固定することにより、溪床勾配を緩和し浸食を防止するとともに、堆積した土砂が山脚を固定し山腹崩壊を防止するなどの効果を有している。

一方、流木捕捉式治山ダムは透過型治山ダム（いわゆる「スリットダム」）の一つであり、土石流や洪水時における流木等の捕捉や急激な土砂流出を防止する効果がある。（以下、流木捕捉式治山ダムを「スリットダム」と表記する。）

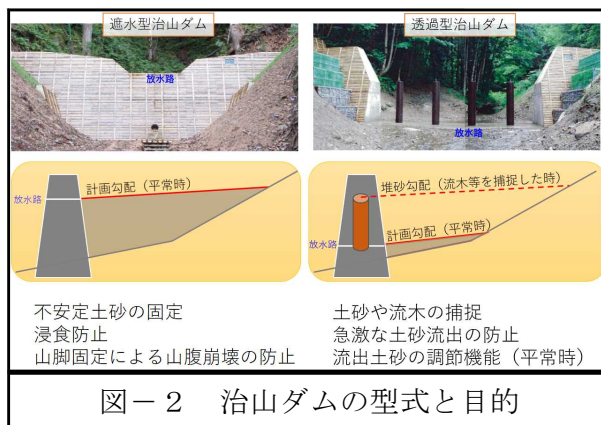


図-2 治山ダムの型式と目的

②治山ダム配置計画（案）

現地踏査の結果から、下流域には、山腹崩壊地直下の不安定土砂の固定及び溪床の安定を図るため床固工を配置。中流域には、岩石及び流木を巻き込んだ不安定土砂の流出を防ぐためスリットダム工を配置。上流域には、流下エネルギーの軽減及び溪床の安定を図るため溪床勾配の変化点に谷止工を配置となる3基の溪間工を配置する計画（案）を設定した。

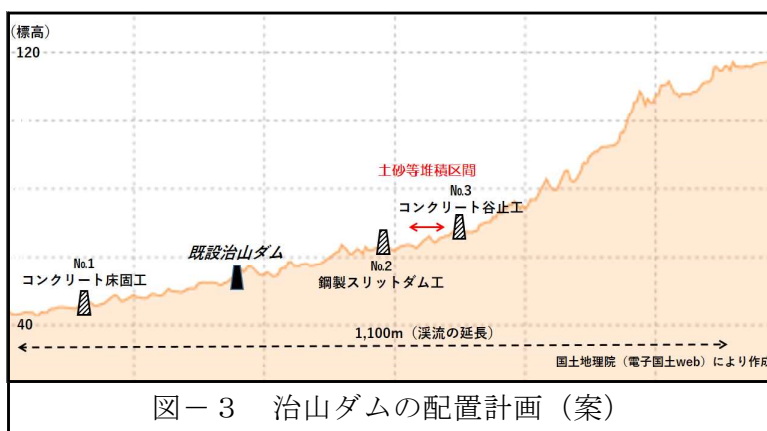


図-3 治山ダムの配置計画（案）

3基のうち、特にNo.2の鋼製スリットダム工について位置や構造など検討を要したことから詳細について次項で説明する。

③鋼製スリットダム工の検討

治山事業では、維持管理や施工性の観点から鋼材を用いた構造が多く採用されており、当署でも施工実績のある鋼管タイプのスリットダムを主とし検討した。

一般的な形状として、単独または複数の鋼管を組み合わせたタイプがあるが、「主として流木を捕捉することが目的とする」「鋼管の脱着が可能であり、維持管理が容易」「軽量で施工性が高い」ことから、単独タイプのものを採用した。



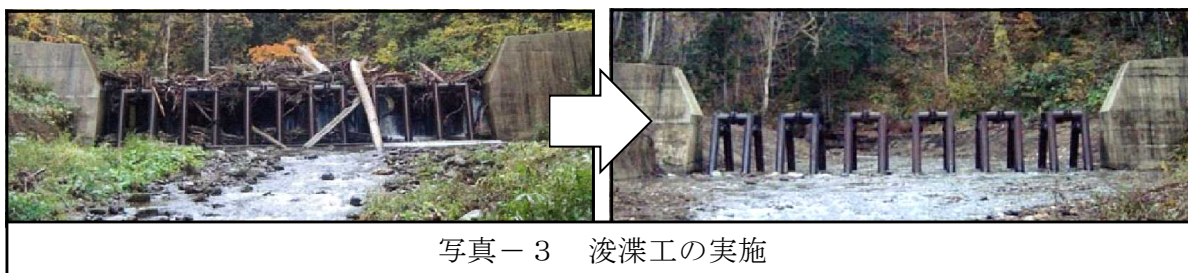
写真-2 鋼製スリットダム工

また、流木等の捕捉機能に加え不安定土砂を固定する機能を持たせるため、高さのある構造となるよう位置を検討した。

なお、スリットダムは、流木や土砂等を捕捉するためにダムの背後を開けておく必要があるが、洪水等で埋まった際、堆積物を取り除く「浚渫工しゅんせつこう」を実施しなければ

ならない。

写真－3は、平成13年度に完成した鋼製スリットダムにおいて、平成22年度に浚渫工を実施した状況である。



浚渫工は、堆積した土砂等を除去する際、堆積土砂等が流出し事故が起こる危険性があることから、基本的に上流側で作業を実施する。そのため、ダムの上流側に直接入れる場所もしくは乗り越し用の管理用道路が設置可能な場所に計画する必要がある。

併せて、作業時、堆積した土砂等を仮置きする作業ヤードも必要になる。

前述した「ダムに高さを持たせる」ことや、管理用道路や作業ヤードの設置を総合的に勘案し、ダムの位置を決定した。

写真－4は施工地を上空から撮影したものであり、管理用道路（写真左側）と作業ヤード（写真右上）が確認できる。

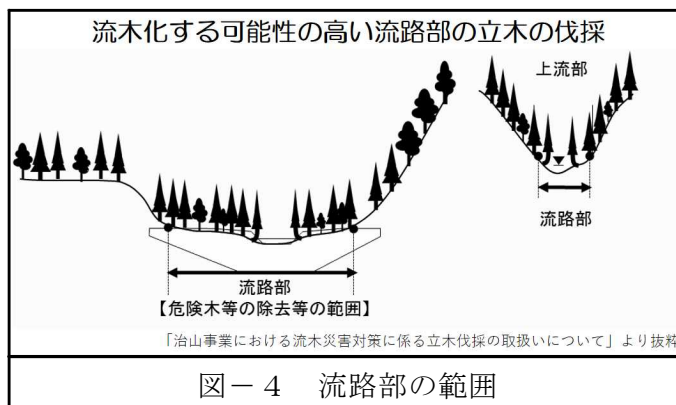
なお、スリットダムの計画にあたっては、既設ダムの改良による機能強化や新工法の採用についても情報収集に務め、適切な工種・工法を検討することにも留意する。



(3) 施工時の取り組み

緊急対策の一つである「流木化する可能性の高い流路部の立木の伐採」は、流路部にある植栽木、堆積木、風倒木等を「危険木等」とし、伐採・除去等を行うこととしている。（図－4）（写真－5）

しかし、危険木等の判断については検討段階であることを鑑み、本工



図－4 流路部の範囲



写真－５ 危険木等（溪流沿いの植栽木・堆積木・根が露出した立木）

事では、ダム背後の流路部（堆砂敷）で、常時、根が水に浸かる樹木を危険木と判断し伐採した。また、付近には風倒木が発生しており、流木等捕捉時の水位となった場合、流木化するおそれがあったため、併せて処理した。

（写真－６）

写真－７はダム上流からの写真である。点線が流木捕捉時の想定水位となるが、その範囲に土砂等が堆積しても、流木化するおそれのある危険木等は処理できたと考える。

また、下流側では河床整理工を実施し、水の流れの誘導及び堆積していた流木を除去し、併せて、樹木の根が露出しないよう転石や土砂による保護対策を実施した。

工事着手時や実行中、受注者に対し、プロジェクトの趣旨などについて説明していたところ、危険木伐採範囲の目安となるよう堆砂敷の測量や掘削等で発生した岩石による護岸工の設置、スリットダムをデザインしたイメージアップ看板の作成など流木対策を意識した「独自の取り組み」が行われた。

発注者と受注者が同じ意識で対策に取り組んでいくことにより、今後、新たな取り組みが期待される。

(4) 事業地を活用した取り組み

① 治山技術現地検討・勉強会

治山担当職員を対象とした現地検討・勉強会を開催。参加者は参加者同士または施工者との意見交換を行いながら施工地内を踏査した後、会場を上小阿仁支署に移し会議形式で検討を行ったところ、危険木の取り扱いや維持管理を見越した計画の重要性などの意見・感想が出された。



写真－６ 危険木等処理前の状況



写真－７ 危険木等処理後の状況



写真－８ 治山技術現地検討・勉強会

②関係機関との連携

本事業地の下流には民有林が隣接しており、本事業地と同様に浸食や山腹崩壊による倒木が散見されたことから、上下流一体となった対策を検討すべく秋田県北秋田地域振興局及び北秋田市の農林部局と三者で現地検討を実施した。

また、本事業地ではないが、来年度以降に工事を計画している他の事業地の下流に位置する森吉ダム管理事務所に赴き、他所管事業における流木対策等について意見交換を実施した。



写真－8 関係機関との現地踏査

③現地研修・職場体験

さらに、採用2年目の職員に対する治山事業の現地研修や、上小阿仁中学校からの要請による職場体験において本事業地を活用するなど、治山事業担当者に限らず、流木対策等を説明する取り組みを行った。



写真－9 職場体験

3. 課題と今後の取り組み

(1) 構造物等の位置・構造の決定

構造物等の位置や構造の決定は、現地の状況を把握したうえで、効果的な構造物等を配置する必要があることから、「流木対策＝スリットダムの設置」とならぬよう、幅広い検討が重要となる。

また、スリットダムを設置した場合、浚渫工や部材の交換など維持管理が伴うことから、確実に実行できる位置に配置する。

(2) 危険木等の伐採（除去）

現地の状況により治山ダムの構造は異なるため、それに伴い「流路部」も変化する。担当者間で、危険木等の判断基準に差異が生じる可能性があることから、実績を積み重ね一定の目安を定めるとともに、認識の共有を図る必要がある。

また、木材利用の観点から伐採、集積した危険木等を、可能な限り木材を販売するなど利用する方向で検討することも重要となる。

(3) その他

受注者（調査・工事）と流木災害対策の趣旨等を共有し、より多角的な検討を行うことに留意する。

4. まとめ

流木災害防止緊急治山対策プロジェクトは緊急対策として3年間を目途としているが、流木災害対策は継続して実施される。

施工事例の少ない流木捕捉式治山ダムの計画・施工については、留意点等を抽出することができたが、流木化する可能性の高い立木等の取扱いは、治山事業担当者に限らず多角的に検討を重ね、各現場に即した対応がされるよう引き続き検討を要する。

防潮堤基礎の地盤改良工法の選定と施工について

～気仙沼市尾崎・千岩田海岸～

宮城北部森林管理署 海岸防災林復旧対策事務所
災害対策専門官 ○宍戸 昭吾

1. はじめに

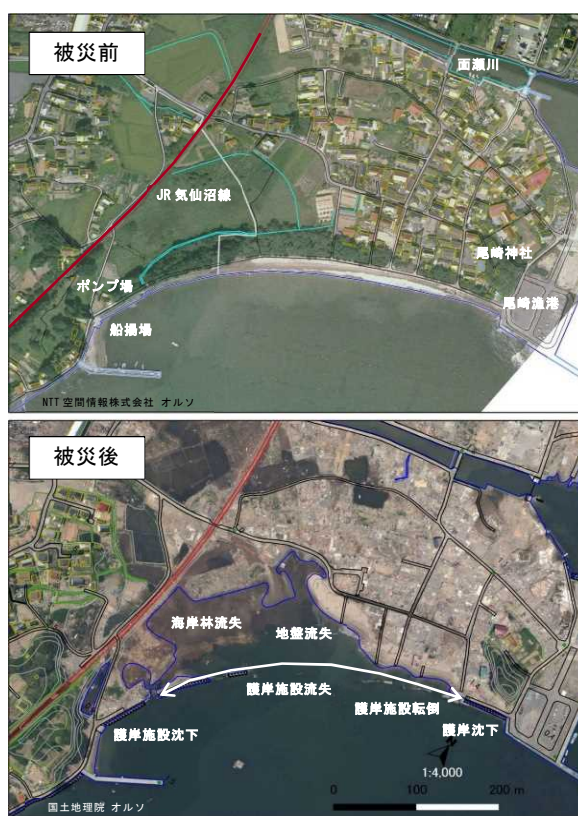
平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う大津波により、海岸防災林や防潮護岸工等の治山施設は壊滅的な被害を受けた。内湾と言われる気仙沼湾内に位置する尾崎・千岩田海岸では、既設防潮護岸工 514m のうち、約 7 割の区間が倒壊・流出・沈下し、海岸防災林約 0.7ha の消失のほか、海岸線から放射線状に約 1.5km の浸水範囲が確認された。(図－1、写真－1)

復旧にあたっては、津波や高潮から背後に直接的な被害を防止するため、発生頻度が数十年から百数十年に一度程度と想定される津波に対応した防潮堤を計画した。

しかし、防潮堤を支える基礎地盤には緩い細砂や軟らかいシルトが堆積しており、支持力不足やすべり破壊のほか、地震時には液状化の発生が懸念されたため、対策工として実施した地盤改良工の有効性について報告する。



図－1 位置図



写真－1 被災前後の尾崎・千岩田海岸

2. 防潮堤の概要

復旧する防潮堤は、津波や高潮による過去の被災履歴等の実績・シミュレーションから設定された「宮城県沿岸の海岸堤防高の設定」に基づき、明治三陸地震時の津波高を指標

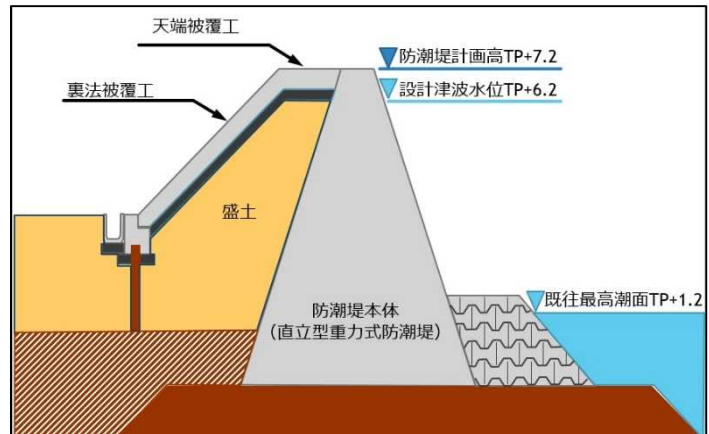
に高さ 6.2m を設計津波水位とし、
 余裕高 1m を加え 7.2m とした。

構造は、コンクリートによる直立型重力式防潮堤とし、越波による堤体の浸食を防止する必要から粘り強い構造とすべく、天端被覆工、裏法被覆工を計画した（図－2）。

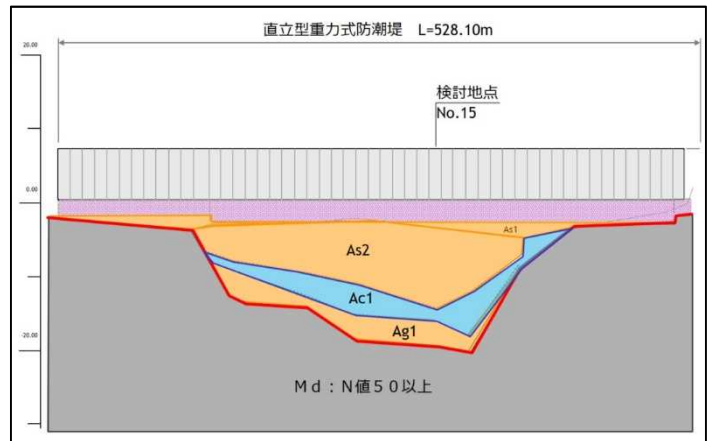
尾崎・千岩田海岸の地層は、起点及び終点側が平坦面を形成した岩盤地形、中央部はやや深く沈んだ谷地形を形成し、砂質土主体の沖積層が広く堆積していた。

中央部の基礎地盤には、砂質土層 (As1, As2, Ag1) と粘性土層 (Ac1) が分布しており、液状化、沈下、円弧すべりの各判定において常時・地震時共に NG となり、対策工が必要であることが判明した（表－1）。

また、支持地盤は、不規則に傾斜した硬質の泥岩層 (Md : N 値 50 以上) が分布していた（図－3）。



図－2 防潮堤構造図



図－3 地層構成図

表－1 基礎地盤の安定検討

検討内容	判定結果	考察
液状化判定	地震時の As2 層において「液状化する可能性が大きい」と予測される	N 値の低い As2 層がやや厚く、部分的に液状化は発生した場合でも、構造物に与える影響が大きい。
沈下検討	最大沈下量 : 46cm 位置 : 防潮堤陸側天端	As2 層の即時沈下と Ac1 層の圧密を含む、沈下量はやや大きく、許容できる範囲ではない。
円弧すべり安全率 常時 : $F_s=1.3$ 以上 地震時 : $F_s=1.0$ 以上	(陸側) 常時 : $F_s=1.450$ OK 地震時 : $F_s=1.122$ OK (海側) 常時 : $F_s=1.065$ NG 地震時 : $F_s=0.687$ NG	海側は安全率が許容を下回っており、堤体の安定を確保できない。

3. 対策工の検討

対策工は大きく 8 つに分類されるが、当現場では地盤改良を中心とする固結工法が適当と考えられた。次に固結工法の中でも改良目的(支持力増加, すべり破壊防止)、対象土質 ($N \leq 21$ の砂質土, $N \leq 5$ の粘性土)、現場条件(広範囲な施工, 大型機械施工可能, 周辺に施設なし)、深度(最大 20m 程度)、経済性などを考慮し、機械攪拌方式の深層混合処理工法を選定した。

更に、主たる機械攪拌方式(類似工法)の中でも対象地盤への適用性や施工性において最も優位と判断した「エポコラムーLoto 工法」を選定した。

以下に、対策工の選定フローを示す（図－4）。

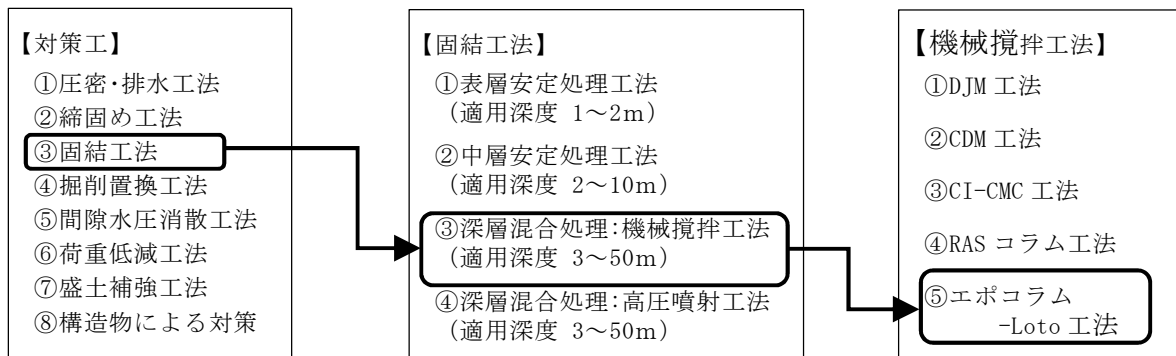


図-4 対策工選定フロー

4. 工法の概要と特徴

エポコラム-Loto工法は、地盤中においてセメントスラリーと言われるセメントと水の混合液を注入しながら籠状攪拌翼の外翼と芯翼、中翼と掘削ヘッドが相対して回転する複合相対攪拌機能により、三次元的な混合と練り込みを行う工法である(写真-2、図-5)。低速回転・高トルクにより大口径コラムを造成でき、不規則となっている着底部の硬質地盤にも対応するため、軟弱層を残すことなく改良が可能である。

各々の攪拌翼は外翼3枚および芯翼・中翼各2枚が羽根切り作用に伴って相対回転する翼間の土を強制的に練り込む。φ300mm程度の転石が点在するN値40~50程度の礫質土層であっても、この作用により標準φ1.6m~最大φ2.5mの大口径コラムを均質に造成する。



写真-2 吐出状況

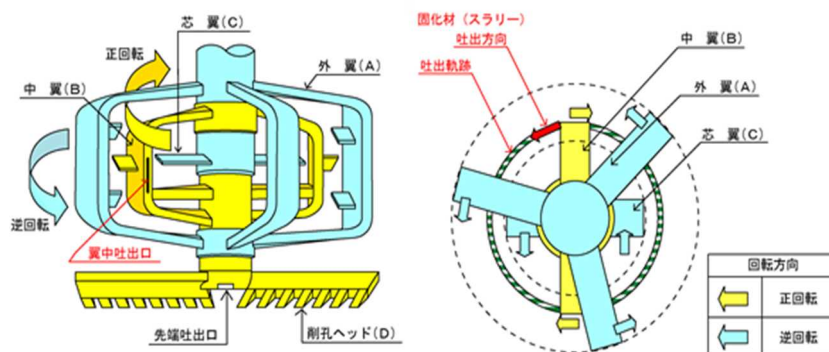


図-5 籠状攪拌翼と複合相対攪拌機能

5. 施工の結果

(1) 施工条件

現地の土質条件と配合試験をもとに、改良仕様を次のように設定した。

- 改良径 : φ2.0m
- 改良深度 : 捨石マウンド直下から泥岩層 (Md層) に達するまでの深度
- 改良強度 : 重力式擁壁部 … 900 kN/m² (セメント添加量 150kg/m³)
- 背面盛土部 … 300 kN/m² (セメント添加量 125kg/m³)
- 改良率 : 重力式擁壁部 … 78.5% (接円配置)
- 背面盛土部 … 67.2% (格子状配置)

※試験練りで必要強度の3倍を室内目標強度に設定し、セメント添加量を決定

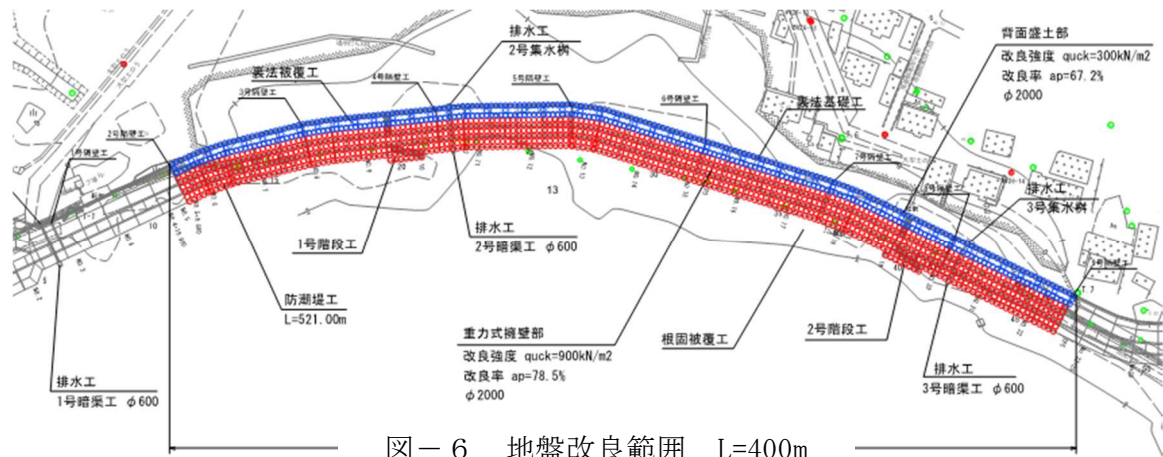


図-6 地盤改良範囲 L=400m

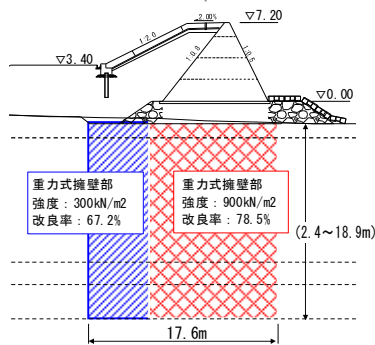


図-7 標準断面図



写真-3 地盤改良機



写真-4 ヤード全景

(2) 施工の確認

地中にスラリーを注入しながら攪拌するため、注入量や着底確認は目視では不可能である。従って、改良機に取り付けられた計測器の各データにて確認する必要がある。

オペレーター室に取り付けられたモニターに深度や速度のほか、注入量等がリアルタイムで送られてくることから、施工管理も可能となる（写真-5、写真-6）。

また、施工中に漁場へのスラリー流出がないよう配慮する必要から、仮設鋼矢板とシルトフェンスを設置。結果として、改良による地盤隆起や巻きだしによる矢板の変形もなく、心配されたスラリー流出は確認されなかった（写真-7）



写真-5 モニター確認



写真-6 モニター画面



写真-7 影響確認

(3) 品質確認

品質データとして、改良体の圧縮強度は室内試験と同等の数値である目標強度の約3倍が確保された。床付け面における出来形(改良径)確認においても所定の品質を確認した。

基礎支持地盤が大きく傾斜し、場所毎に変化する改良深の確認は電流の抵抗値により着底を確認することが出来た（表-2，図-8，写真-8，写真-9）。

表-2 目標強度と改良強度

箇所	材齢 (日)	目標強度 (kN/m ²)	圧縮試験結果(kN/m ²)				強度割合 (平均値%)
			強度1	強度2	強度3	平均	
擁壁下部 ①	28	900	3444.8	2527.2	2007.4	2659.8	2.96倍 (97.3%)
擁壁下部 ②	20	900	2206.6	2819.8	3304.3	2776.9	3.09倍 (101.6%)
擁壁下部 ③	21	900	3282.7	2701.0	2308.3	2764.0	3.07倍 (101.1%)

全体平均値 $\sigma_{ave} = 2733.6$



写真-8 強度確認



写真-9 改良径確認

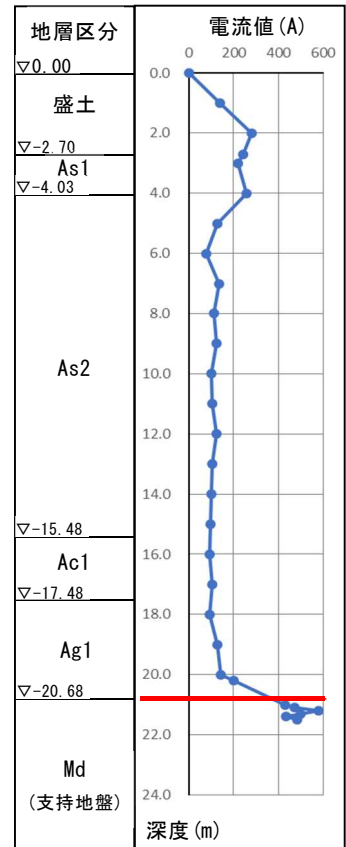


図-8 抵抗値データ

6. 留意点と展望

(1) 支障物

施工中に発生した問題として巨大な石や被災した既設護岸のコンクリート塊が地表面から GL-3.0m に出現し、これら支障物による施工不良が懸念された (図-9)。

エポコラム工法では、礫径 $\phi 300\text{mm}$ 程度までの地盤には適用可能であるが、この状況を見逃して施工した場合、改良機を損壊させることになる。よって、地盤改良に先立ち、必ず改良範囲全体の障害物確認と撤去を実施する必要がある (写真-10, 写真-11)。

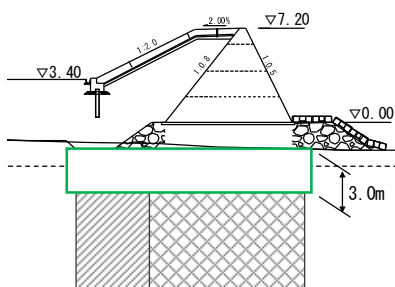


図-9 支障物撤去範囲



写真-10 支障物



写真-11 撤去状況

(2) 変位制限

深層混合処理工法による地盤改良工事は、地中に固化材を注入しながら攪拌混合していくことから、施工中に周辺地盤へ隆起などによる変位の影響を与えるケースが多い。施工場所は海岸部であり問題となる構造物は存在しなかったが、橋梁部など変位制限のある近接施工においては、スラリー注入圧に応じた排土により内圧を開放する工法にて施工することも考える必要がある (図-10)。

(3) 今後の取り組み

近年は地中不可視部においても建設ICT導入による①施工管理の効率化、②出来形・出来高の見える化、③ヒューマンエラー防止、④施工の高品質化、が求められており、情報化施工と3Dモデルによる管理も今後発展が進むものと思われる(図-11)。

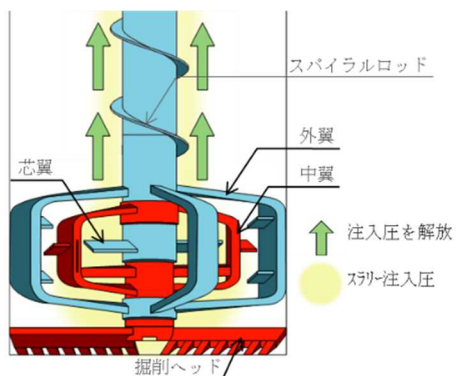


図-10 変位抑制型のエポコラム工法

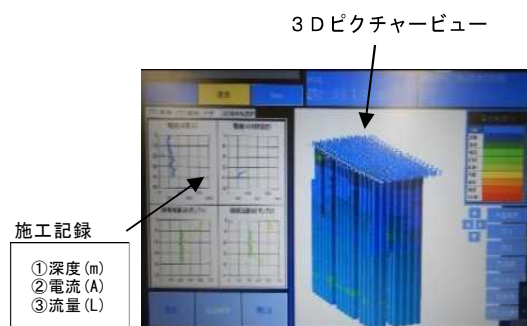


図-11 3Dモデル管理

7. おわりに

尾崎・千岩田海岸の基礎地盤のような硬質かつ粒径の大きい礫混じり地層条件や広範囲にわたる地盤改良工にあっては、エポコラム-Loto工法は改良径も大きく出来ることから、トータルコストに優れた工法であったと言える。また、高い攪拌能力により改良体強度のバラツキも小さく済み、出来形や品質面において有効性を確認し、無事堤体を完成させることが出来た(写真-12)。

その反面、施工前には必ず支障物の確認と撤去が必要であるほか、周辺地盤への変状による影響や施工ヤードの問題等、変位制限のある場所や狭隘な施工地での条件しだいでは別の工法を検討・選択する必要もある。

最後に今回の地盤改良工を実施するにあたり、多くの改良法があることが分かった。今後は防潮堤に特化した工法ということに留まらず、治山ダムの施工においても条件によっては何かしらの地盤改良工の導入が考えられるのではないかと、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、尾崎・千岩田海岸の地盤改良工事と防潮堤の堤体を施工した株式会社フジタの技術スタッフならびに工事担当者の皆様には大変なご尽力を頂いたことに感謝申し上げます。



写真-12 堤体完成写真

参考文献

- ・平成25年度本吉地区治山工事实設計業務
- ・地盤対策工法技術資料(2018年11月) 小野田ケミコ株式会社

ツリークライミングを基本とした特殊伐採について

秋田樹木管理研究会 ○田仲 直也 三浦 貫才 ○菊地 與志也

1. はじめに

近年、台風などの自然災害によりライフライン（道路・鉄道・配電線）、住宅、神社仏閣、公共施設等への樹木の倒木、枝の落下による被害がみられる。事前予防の樹木除去や支障木・危険木処理には、樹木の育成、保護等の知識・管理技術とともに特殊伐採の技術が必要である。特に高所作業車、クレーン等が入らない場所においては特殊伐採の技術や人材が求められている（写真1、2）。



写真1 特殊伐採



写真2 危険木の伐採現場

2. 取り組みの方法及び経過

特殊伐採は通常の伐木より作業条件が厳しく高所での作業もあり、一つ間違えば大きな労働災害を招く恐れもあることから、的確な安全管理技術、作業技術が必要である。

高所での作業においては、高所作業車やクレーン車等を使って直接、木に登らないで作業を行う場合もあるが、木に登る方法としては、ぶり縄、梯子や足に昇高器を取り付け、腰に安全帯をつけて登る方法（写真3）やクライミングロープを用いて木に登っていく方法もある（写真4）。

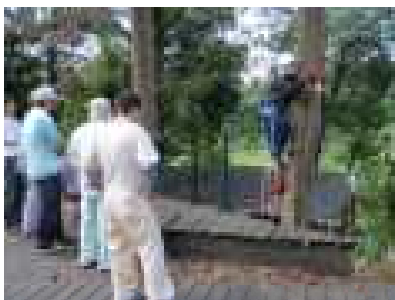


写真3 昇高器による木登り

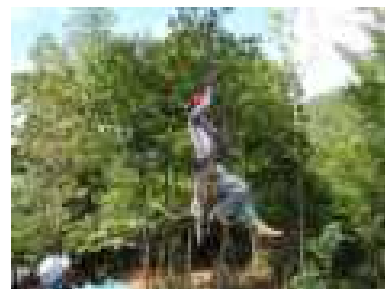


写真4 クライミングロープによる木登り

「アーボリカルチャー」の方法は、ロッククライミングなどで使用される道具やロープワークテクニックを応用して発達させたものが多く、体を固定するハーネスやロープに設置して安全に登り下りする昇降機も使われ、現在ではツリークライミング専用の器具も開発されている。アーボリスト（樹護士）とは、樹上などで樹木の生育を促したり、樹勢を回

復させたり、剪定や伐採を行う技術者であり、高木を適切に管理するために様々な知識、技術を持っている（図1）。また、樹木に登る技術を活かして、レクリエーション、木登りを楽しむレジャー・スポーツや、子供たちを対象にした環境教育にも広がってきている。アーボリストは樹木の物理的・生理的な知識も持つ樹木管理の専門家であり、樹木医、造園、林業技術者がその技術を身につけていることも多い。

日本の林業界でも「空師」における伝統的な縄を使った木登りや樹上作業の技術があり、神業、名人芸といわれてきたように、誰にでもできるような仕事ではない。高所での作業において、アーボリカルチャーの道具や技法などを加えることにより、安全に作業ができるだけでなく、街路樹、公園、一般家庭の庭木などでも活躍の場が増えてきている。アーボリストは樹上作業、ロープワーク、樹木の健康管理など高い技術と知識を要求されるだけに、それらに見合う適正な料金や報酬を得られるとともに、仕事の成果をお客様から直接、感謝されるなど、やりがい、仕事の達成感も大きい。一般の方の目に触れることも多く、林業技術者に対するイメージを変えたり、林業技術者の仕事と技術の幅を広め、現場から新たなウェーブを生み出している。しかしながら、急速な拡がりによって注意すべき問題も発生しており、安全や技術水準の維持が課題となっている。臨機応変な道具の使い方や樹上で起きる想定外の樹木の動きなどは、経験者から細かく教わり、同時に指導を受けつつ経験を積まないとその技術は一朝一夕に身につくものではない。

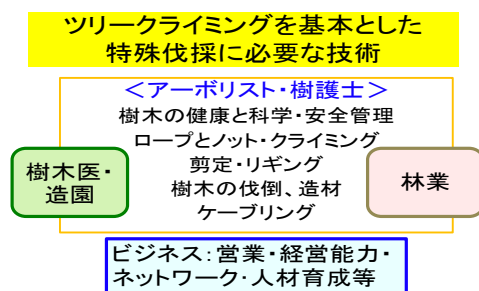


図1 ツリークライミングを基本とした特殊伐採に必要な技術

特殊伐採
作業条件が厳しく高所での作業
大きな労働災害を招く恐れ

危険がいっぱい!!!

→安全管理技術、作業技術が必要

秋田県内の樹木医、空師、造園に携わる有志
秋田樹木管理研究会の立ち上げ
○ツリークライミングを基本とした特殊伐採
○樹木管理に関する知識や技術を習得するための活動

図2 秋田樹木管理研究会の立ち上げ

そのようなことから秋田県内の樹木医、空師、造園に携わる有志が今年度、秋田樹木管理研究会を立ち上げ、ツリークライミングを基本とした特殊伐採や樹木管理に関する知識や技術を習得するための活動を行っている（図2）。

設立総会は、令和元年5月31日、秋田市内において、滞りなく開催され規約や活動方針、役員選出などが行われた。

なお、参考までに秋田樹木管理研究会の規約を抜粋して記載する。

（秋田樹木管理研究会規約・抜粋）

第1条 名称

本会は、秋田樹木管理研究会と称する。

第2条 目的

本会の活動を通じて会員相互の親睦と理解を深め互いの樹木管理における技術の向上を図ることを目的とする。

第3条 事業

本会は前条の目的を達成するために、次の項目に該当する事業を行う。

- 1) 樹木管理に関する知識や技術を習得するための活動を行う。
- 2) その他、前条の目的を達成する為の事業を行なう。

3. 取り組みの成果

今年度は樹木医会秋田支部の樹木医及び樹木医補を目指す秋田県立大学の学生を対象に松枯れ被害木についてツリークライミングを基本とした特殊伐採やロープ・器具の取り扱い方法について講習を行った（写真3、4）。



写真3 樹木医等に向けたの講習



写真4 ロープ・器具の説明

また、秋田県立中央公園において専門講師を招き県内の樹木医、特殊伐採・造園会社を対象にアーボリストの講習会（受講者7名うち女性2名）を開催した。本講習は「ATI（Arborist® Training Institute アーボリストトレーニング研究所）」の公式講習会であり、高所安全剪定技術の最も基本的であるダブルロープテクニックと樹上での各種移動技術、安全なポジショニング技術、適切なカッティングと基本的なツリーワーク技術及びリギング（枝や幹のコントロールされた、吊り下ろし技術）の基本技術、地上と樹上作業者が連携した安全作業について講習を行った。

ATIは日本で唯一、世界組織であるISA（International Society of Arboriculture 国際アーボリカルチャー協会）に認められた団体であり、ISAの世界大会（ツリークライミングチャンピオンシップ）に日本代表選手として出場された宇治田講師をメインに、装着するギア・道具の説明、そして基本のDRT（ダブル・ロープ・テクニック）システムについて、それぞれの特質について講習を受けた。

ブレイクスビッチやディステル、シュワビッチ、プーリーシステムなどについて説明を受けるとともに、クライミングの基本である「Low & Slow」や作業のポイントを学ぶことができた。「ATI」の講習は道具の選定、メンテナンスから作業方法、ロープや各種道具の強度、吊り下ろす材の重量計算、力学的な計算など、技術体系が確立されており、これらの技術を取り入れることにより更に安全な作業ができると思われる。

さらに、秋田県ニューグリーンマイスター育成学校卒業式において卒業生及び林業従事者（約100名）に対して基調講演を行うとともに、秋田県内の民放ラジオ、テレビに出演、新聞にも掲載されるなど、本技術の普及活動に努めた。

4. 考 察

林業従事者、造園、樹木医など、比較的若い世代において特殊伐採やアーボリストに対する関心も高く、林業の就業前教育や就業後研修でも取り入れ始められている。特殊伐採・アーボリストの技術や安全管理の考え方は林業の現場にフィードバックすることができる。樹上作業は危険度が高く、細かな手順を押さえた技術が要求され、「クライミンググローブを使って木に登る」「樹上でチェーンソーやノコを扱う」「枝や幹を吊り下ろす」、さらに「樹木を保護しながら、枝・幹を切断する」、そして「いかに安全に行うか」という一連の技術や安全が体系化されており、その教育訓練プログラムと高いレベル講師やその資格制度がある。

林業の安全意識、技術をさらに高めていくためには、確立した技術体系とそれを理論的に教える教育体系が必要である。海外の林業技術者の育成システムでは体系だった教育訓練プログラムと指導者の資格制度があり、我が国でも林業大学校を中心に就業前の林業技術者の教育・研修制度やみどりの雇用などの就業後研修があるが、その全てがきちんと体系され、高い技術と安全性を保証するものになっているのか、今一度、検証する必要があるのではないだろうか。林業の人材育成に携わっている者として、専門的な知識と高い技術が求められるアーボリストの教育訓練システムに学ぶべきことは多い。



写真5 化繊ロープの活用



写真6 かかり木処理器具

また、タワーヤーダー等の架設においてワイヤー・滑車の取り付けなどで、木に登ることもあり、ウィンチワイヤーに代わりに化繊ロープを用いたり、リギングロープによるかかり木処理、安全なチェーンソーワーク、ロープワーク、道具の使い方など、林業の現場で応用できる技術も多い（写真5、6）。

今後も当研究会の取り組みを通して、倒木等によるライフライン・住宅等への被害を未然に防ぐため本技術の普及及び作業の安全管理を図るとともに、通常の伐木作業における安全衛生へのフィードバック、林業の魅力なども伝えていきたい。

5. 参考文献

道具と技 vol. 19 リギングの科学と実践 全国林業改良普及協会
令和元年度 森林・林業白書 林野庁