

林道金時線におけるジオテキスタイルを用いた路床改良について

東部農林事務所 森林経営課 技師 齋藤太輝

1 はじめに

東部農林事務所管内の北東山間部では、富士箱根火山に起源をもつ火山灰性の非常に軟弱な土壌である関東ロームが広く分布している。そのため、当事務所では過去、この軟弱土壌の環境下でも、耐久性があり安全に走行することができる林道を作るために、路床面に丸太を一面に敷く丸太基礎路盤工や、路床面に砕石 60cm 以上を敷く路床置き換え工などを施工し、効果を検証してきた。今回、新たにジオテキスタイルを用いた新工法を実施したため、その成果を報告する。



写真1 丸太基礎路盤工
(平成 17 年度 林道諏訪野台線)

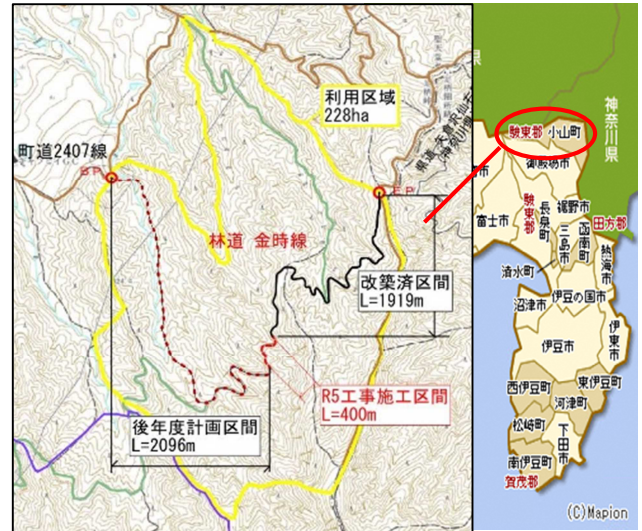


図1 金時線位置図

表1 金時線事業概要

項目	内容
林道区分	森林基幹道
延長	4,415m
幅員	4.0m
起点	静岡県駿東郡小山町 (小山町道 2407 線)
終点	神奈川県南足柄市 (県道矢倉沢仙石原線)
事業期間	開設：昭和 45 年度～55 年度 平成 10 年度～22 年度 改築：平成 27 年度～令和 9 年度

2 金時線の概要

林道金時線は、小山町の金時山北西側斜面を通る延長 4,415m の森林基幹道で、昭和 45 年度～53 年度に旧金時線として開設された延長 2,874m に、平成 10 年度～平成 22 年度に旧新柴金時線として開設された延長 1,541m を平成 25 年度に編入した林道である。本路線の開設により利用区域約 228ha の森林整備及び木材生産を実施することができるようになったが、経年劣化や自然災害による荒廃がみられることから、平成 27 年度から法面改良、平成 29 年度からアスファルト舗装による改築工事が進められており、令和 9 年度に事業完了予定である。

3 路床改良について

林道のアスファルト舗装は、表層、上層路盤及び下層路盤からなる舗装区間、そこから下方 1m の原地盤からなる路床区間、さらにその下方の路体区間の 3 つの区間で構成され、表層で受けた交通荷重を順次下層へ伝達し、最終的には路床を通じて路体に分散させる構造となっている。従って、路床は交通荷重を支える舗装の最終的な支持地盤として重要な役割を担っており、その支持力の強さ

に応じて舗装区間の各層の厚さも決定される。路床の支持力の強さはCBRによって決まり、一般的にその値は3以上となるが、金時線の路床は前述のとおり、軟弱であるため、1もしくは2と低い値となっている。CBRが3未満と小さく、路床が軟弱である場合は所要の支持力が得られるように、路床改良をする必要があり、路床置き換え工法や路床安定処理工法などがある。しかし、前者は軟弱な路床を大規模に掘削、除去し、CBRの高い購入土に置き換える工法であるため、経費、残土及び工期が増大してしまう課題があり、後者は軟弱な路床にセメントや石灰などの高価な安定剤を添加する工法であるため、経費の増大、周辺環境への影響などの課題がある。

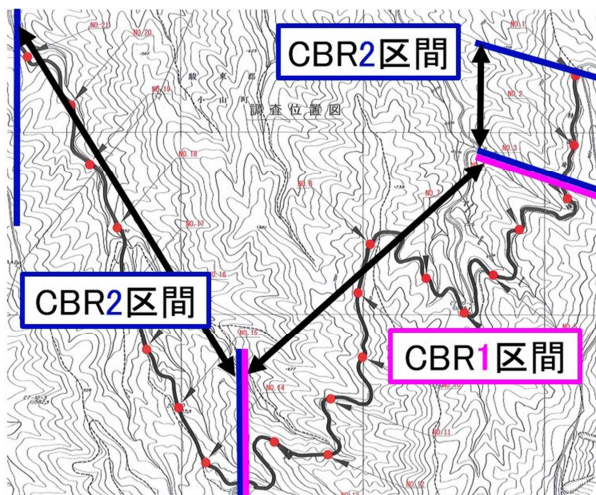


図2 金時線 CBR 結果

4 ジオテキスタイルについて

(1) ジオテキスタイルとは

ジオテキスタイルとは、透水性のある分離機能に優れた不織布シートのことをいい、高分子材料の繊維からなる。



写真2 ジオテキスタイル

出典：前田工織 HP より

(<https://www.maedakosen.jp/products/513/>)

ジオテキスタイル工法は、図3のとおりジオテキスタイルを下層路盤と路床の間に敷設する工法であり、路床を直接改良するその他の工法とは異なる。

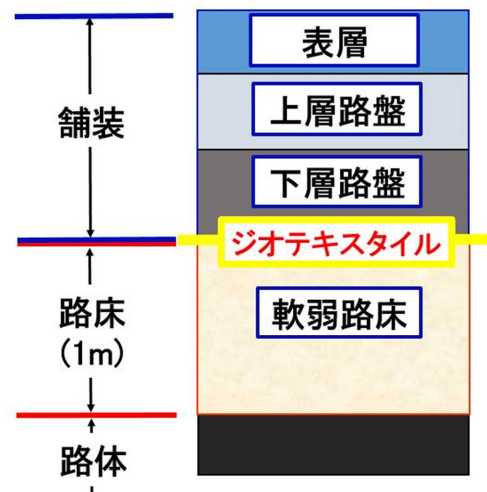


図3 ジオテキスタイル工法の舗装構成

(2) ジオテキスタイル工法の原理

路床が軟弱である場合、図4に示すように、交通荷重により、路盤材が路床にめり込んだり、路床土が路盤層に浮き上がったりして、有効な路盤厚が設計厚よりも減少し舗装の支持力が低下していくことになる。ジオテキスタイルは路床と路盤の間に敷設すると同図(b)に示すように、分離機能により、施工時や供用後での路盤材と軟弱路床土との混入を防ぐ働きをする。このため、路盤の厚さや品質が所定どおり維持され、所要の舗装支持力を確保することができる。

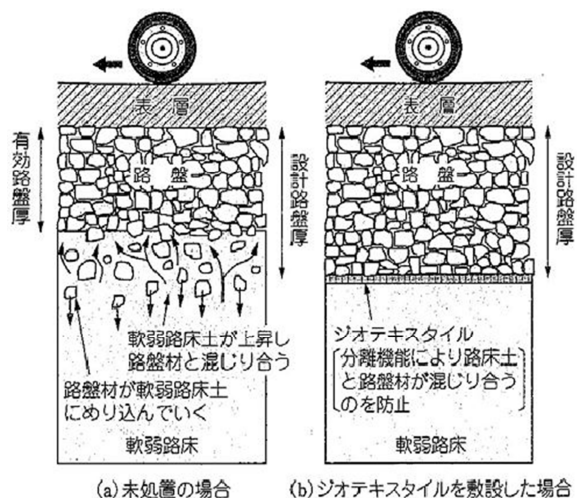


図4 ジオテキスタイルの分離効果

出典：ジオテキスタイルを用いた軟弱路床上舗装の設計・施工マニュアル, 土木研究センター, 2009

(3) ジオテキスタイル工法の特徴

本工法は、路床置き換え工法や路床安定処理工法と比較して以下のような特徴がある。

- ① 人力での路床面の敷設のみなので施工が簡便である。
- ② 大規模な掘削、路床改良を行わないので、工期が短縮できる。
- ③ 過剰な残土が発生しない。
- ④ 上記の結果、経費縮減につながる。

5 その他工法との比較検討

上記のことを踏まえ、ジオテキスタイル工法、路床置き換え工法及び路床安定処理工法の3つの工法について、舗装構成、経済性、残土量、施工性及び走行性を比較した。

(1) 比較条件

比較条件は CBR=1、幅員=4m、延長=100m、残土運搬距離=1km に設定した。

(2) 各工法の舗装構成

各工法の舗装構成は図5のとおりである。表層4cm、上層7cmは各工法同一となったが、下層路盤厚はジオテキスタイル工法が25cmとなり、その他工法の11cmに比べ14cm厚くなる。ジオテキスタイル工法は路床を直接改良しない分、下層路盤厚が厚くなった。しかし、路床改良の厚さは安定処理工法で40cm、置き換え工法で50cmとなり、全体の施工厚さをジオテキスタイル工法と比較すると、それぞれ26cm、36cm厚くなった。

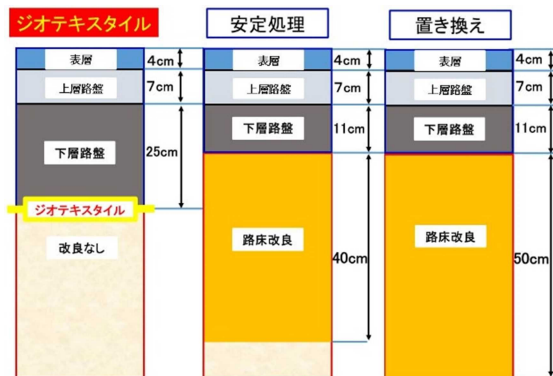


図5 各工法の舗装構成 (CBR=1)

(3) 経済性の比較

経済性の比較結果は図6のとおりである。全体の直接工事費を比較した結果、ジオテキスタイル工法が一番安く、路床安定処理工法が最も高くなった。その内訳について、掘削工、残土処理工は、掘削土量が最も多い路床置き換え工法が一番高く、掘削土量が最も少ない路床安定処理工法が一番安くなった。舗装工は下層路盤厚が一番厚くなるジオテキスタイル工法が一番高く、路床改良工は反対にジオテキスタイル工法が一番安くなった。

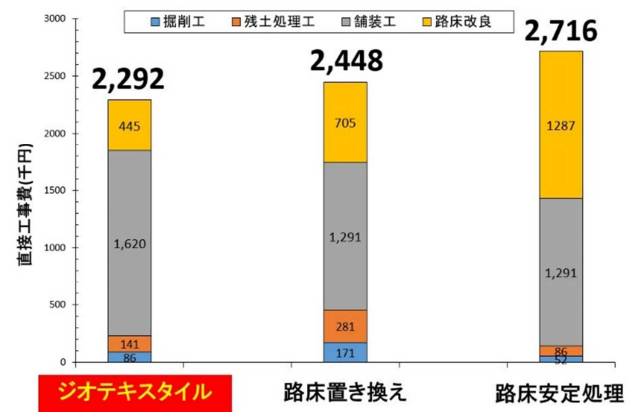


図6 各工法の直接工事費の比較

(4) 残土量の比較

残土量の比較結果は図7のとおりである。残土量は、路床安定処理工法が一番少なくなり、その次にジオテキスタイル工法が少くない結果となった。ジオテキスタイル工法は路床置き換え工法に比べ残土を2分の1以下に削減できる。

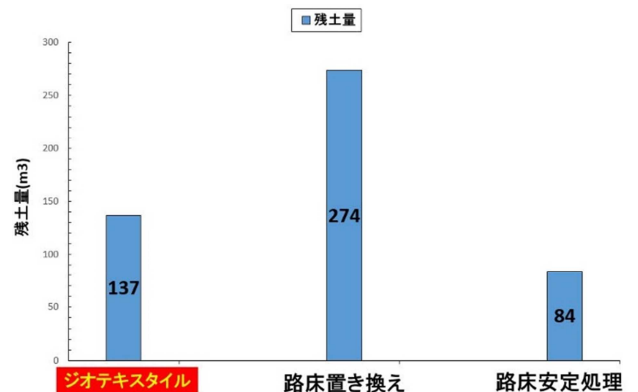


図7 各工法の残土量の比較

(5) 施工性の比較

施工性については、平成30年度、令和元年度に施工した路床置き換え工法と、令和3年度及び令和4年度に実施したジオテキスタイル工法について比較した。比較方法は、両工法において施工が異なる、掘削工、路床改良工及び下層路盤工の施工日数を積み上げし、各年度100mあたりに換算して比較した。結果は図8のとおりである。令和3年度のジオテキスタイル工は施工に6日要しており、平成30年度の路床置き換え工の5.3日と比べ施工日数が長い。令和4年度は5.2日となり、わずかに短くなった。施工日数が短くなった要因として、ジオテキスタイル工法を初めて導入した令和3年度は、ジオテキスタイル敷設時の施工人数が2人であったのに対して、令和4年度は効率を上げるために4人に増やしたことや、作業員の施工の慣れがあったためだと考えられる。なお、路床安定処理工法については、本線路床部に巨石が多く出現し、安定剤を攪拌する作業が困難であるため、施工性の観点から路床改良工法として適さない。

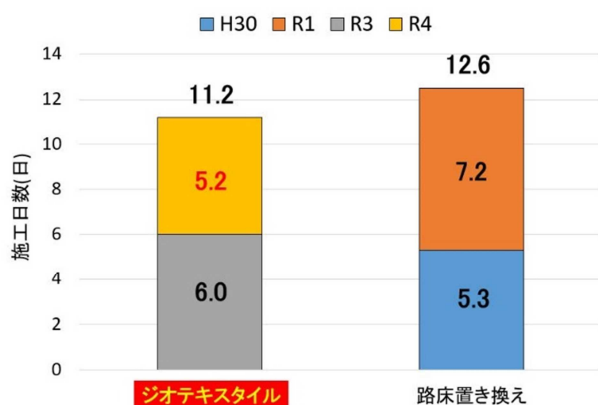


図8 各工法の100mあたりの施工日数の比較
(掘削工、下層路盤工、路床改良工)

(6) 走行性の比較

走行性については、過年度に施工した路床置き換え工施工区間と、ジオテキスタイル工施工区間を走行して比較したが、結果に差はなく、たわみやひび割れ等も現在確認されていなかった。ただし、耐久性については、林道の標準設計期間である10年間は

今後経過観察をする必要がある。



写真3 ジオテキスタイル施工区間を走るアジテータ車(10t)

6 まとめ

(1) ジオテキスタイル工法のメリット

今回施工したジオテキスタイル工法は、既存の路床改良工法である路床置き換え工法及び路床安定処理工法と比較して、経済性、残土量、施工性及び走行性において優れた結果となり、林道金時線における路床改良工法として最適であったといえる。特に本工法による残土量の縮減については、残土処理場の確保、盛土規制が厳格化している昨今において、非常に重要な結果である。

(2) 今後の検討課題・展望

ジオテキスタイル工法は、上記のメリットだけではなく、敷設時に4人以上の多くの人員を要することやジオテキスタイル材料単価の高騰など、デメリットも存在する。特に材料単価の高騰については、昨年度は520(円/m²)であったのに対し、本年度は790(円/m²)と約52%高騰しており、このまま高騰が続けば、ジオテキスタイル工法は安価でなくなる可能性がある。そのため、本工法を採用する際には、これら懸念点を加味しながら、現場状況に応じた十分な検討が必要である。

今後の金時線の舗装に関しても、ジオテキスタイル工法に固執せず、令和9年度の事業完了にむけて、その都度、適切な工法を検討、実施していきたい。

令和4年台風第15号豪雨による被害と災害対応について

静岡県中部農林事務所 治山課 技師 長田晃汰

1 はじめに

近年の気候変動の影響により、山地災害の起因となる大雨は激化・頻発化しており、山地災害も激甚化する傾向にある。特に、線状降水帯が発生する場合には、広範囲に雨域が停滞することにより、山地災害が広い範囲で同時に発生し、大きな被害を及ぼすことがある。

静岡県においても、令和4年台風第15号の影響により線状降水帯が発生し、県内に多くの被害をもたらした。

ここでは、中部農林事務所で行った調査の内容や被害の発生状況、災害対応における課題と展望について報告する。

2 台風第15号の概要

令和4年9月23日に発生した台風第15号は、24日にかけて東海地方に向かって北上した。台風の影響で静岡県内に線状降水帯が発生し、複数の観測地点において、時間雨量80mm、24時間雨量400mmを超える猛烈な雨が観測された。

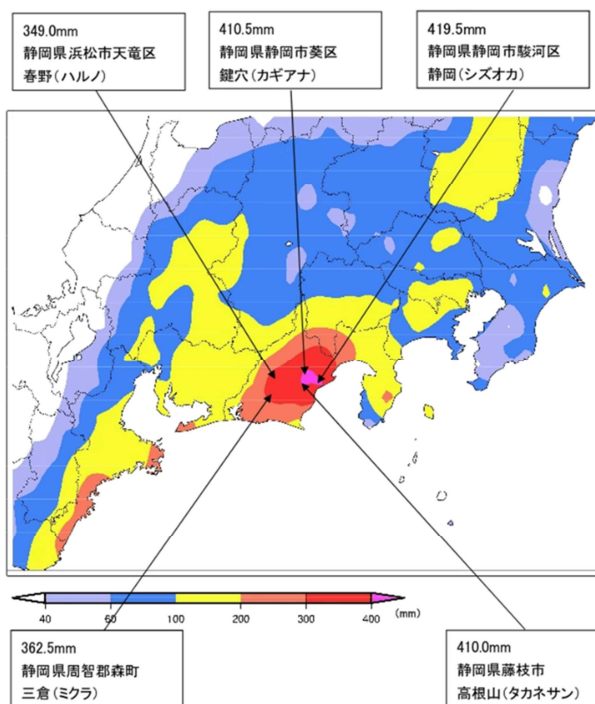


図1 県内の降水量

降雨の影響により、県内では中西部を中心に人的・物的被害が数多く発生した。特に静岡市は物的被害の件数が非常に多く、台風による被害を強く受けた地域であった。そのほか、断水や停電、道路被害など、ライフラインにも大きな被害が生じた。

表1 人的・物的被害の状況

市 町	人的被害					物的被害 (単位: 棟数)						
	死者	心肺停止	行方不明	重傷	軽傷	住 家				非住家		
						全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
静岡市						3	2,177	2,352	4,253	1,528		
川根本町	1				1	1	2			4		10
浜松市					5	2	5	382	472	1,470		
磐田市							12	309	299	474		
掛川市	1					1	3	28	9	102		
袋井市	1					1	3	102	111	159		
計	3				6	8	2,219	3,312	5,643	4,348		19

3 災害地調査

中部農林事務所では、台風第15号の影響で被災した50箇所の調査を実施した。

調査に先立ち、新聞・TV報道やしずみちinfo、市や地元住民からの情報提供を基に調査が必要な箇所を抽出した。

現地調査では、基本は現地踏査を行ったが、大規模な山腹崩壊地や溪流の上流部の調査にはドローンを使用した。主に崩壊地の全景写真を撮影するために使用したが、崩壊が大きく開けている場所では、ある程度崩壊地に近づくことができ、源頭部の状況や不安定土砂の堆積状況などを知ることができた。また、下流との位置関係が確認できる写真や溪流上流における崩壊地の有無を簡単に確認できたため、状況把握や調査の省力化に非常に役立った。

また、現地調査や調査資料の取りまとめ時には、令和3年度に県が作成した微地形図を参考資料とした。木や建造物などを取り除いたデータとなっており、道路線形、過去の崩壊

跡や溪流の形、既設堰堤の位置などがはっきりとわかる資料であり、崩壊場所の確認や被災要因の推定、復旧工法検討の参考となった。



写真1 ドローン撮影写真

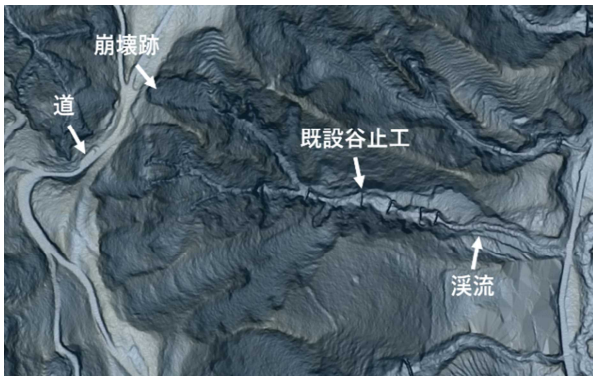


図2 微地形図

4 中部農林事務所管内の被害状況

台風後に調査を実施した 50 箇所のうち、治山事業の対応を必要とした場所は 34 箇所あった。

このうち、既設谷止工が施工されていた箇所が 25 箇所あったが、そのほとんどの箇所で満砂状態の施設や施設を超える土砂流出が見られた。

写真 2、3 は葵区富沢の被害箇所である。当該地には 5 基の既設谷止工があったが、上流の山腹崩壊に伴い土砂が流出し、既設谷止工が満砂、異状堆積するとともに、下流の市道へ多くの土石が流出した。



写真2 異状堆積した谷止工



写真3 市道に流出した土石

また、山腹崩壊が発生した箇所が 21 箇所あったが、このうち 14 箇所において、微地形図上に過去の崩壊の跡が確認された。

写真 4、図 3 は、葵区油山の被害箇所である。今回の台風で山腹崩壊が発生した箇所は微地形図上にも過去の崩壊地跡が確認された。隣接する沢には、目立った崩壊跡が見られないが、今回の台風でも山腹崩壊や土砂流出は見られなかった。

このような状況から、台風第 15 号の被害においては、従前よりも強い降雨によって、過去の崩壊地の拡大・侵食、もしくは崩壊地内の堆積土砂の流出が起こり、既設谷止工の許容を超える被害が発生したと考えられる。



写真4 葵区油山の山腹崩壊



図3 過去の崩壊地跡

5 課題と展望

今回の台風第15号被害による災害地調査や災害対応を行った結果を踏まえ、今後の課題及び展望について、次の3点に分けて紹介する。

(1) 強い降雨による被害の甚大化

前述のとおり、今回の台風被害においては、既設谷止工施工地や過去の崩壊地における被害が発生した傾向があった。今後は、従前より強い降雨が頻発化することによって、崩壊地形におけるさらなる崩壊、土砂流出が発生し、既設谷止工を超える土砂流出が増加していくと予想される。

この課題に対応するため、崩壊地が確認できる場所や既設谷止工施工地において、既設谷止工の嵩上げや階段式ダムの新設に

より、溪流全体での治山施設の機能強化を図る必要があると考える。

また、事業化にあたっては、今回の調査で使用した微地形図を参考に優先度を決定することや、山地災害危険地区の見直し時に地形データを参考とすることで、事業化の優先度決定に寄与することが可能と考える。

(2) 災害直後の被災概要の迅速な把握

今回の台風被害においては、事務所管内の広い範囲で災害が発生したことから、報道や市との情報連絡だけでは把握しきれない被害が多かった。現地調査の際に話した地元住民から情報提供を受けることもあり、調査を実施しながら要調査箇所が増えていき、その優先度も常に変化していた。

また、道路や河川も被害を受けており、現地調査に影響があることから、治山以外の情報も含め、地域全体の被災状況を迅速に把握することが課題であると感じた。

この課題に対しては、衛星画像など広範囲の画像を使用して被害箇所や規模感を掴んだり、SNS 情報を利用して災害の情報を収集したりすることが有効であると考え。衛星画像は、撮影頻度が3～5日程度のものが Web 上で無料公開されている。SNS 情報は、内閣府の iSUT が X や Facebook などの代表的な SNS に投稿された災害に関する情報をリアルタイムで位置情報とともに集約化したサイトを提供しており、情報収集の一助になる。

(3) 市町と県の情報共有

市との情報共有においては、調査箇所の情報を電話やメール、治山台帳で行っていた。個々の情報であれば、上記の方法で対応可能であるが、今回の災害のように被災箇所が多く、かつそれを迅速にまとめる必要がある状況においては、情報を一元化するプラットフォームが必要であると感じた。

この課題に対しては、今後市町でも実装予定である、森林クラウドを活用することが望ましい。森林クラウドに搭載されている災害報告の機能では、現地写真を登録することで、位置情報や被害状況等の属性情

報を紐づけて地図上で確認できる。利用者全員が同一のデータにアクセスできるため、リアルタイムで情報の共有が可能となる利点がある。



図4 森林クラウド災害報告機能画面

6 まとめ

今回の調査を通して、大規模災害における被災状況の特徴や災害対応における課題を、身をもって実感することができた。今後の災害対応で今回の経験を活かすため、普段の業務からドローン等のツールを使用して、技術向上に努めていきたい。

西部農林事務所育種場における特定母樹苗木供給に向けた採種園管理

静岡県西部農林事務所 森林整備課 技師 久保田優美
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 主任研究員 福田拓実

1 はじめに

近年、政府では花粉症対策への積極的な取組を推進している。そこで、成長に優れ、花粉量が在来系統の50%以下などの特徴を持つ特定母樹由来の苗木（以下「特定苗木」）生産が盛んになっている。

本県でも、このような特定母樹から生産した苗木で森林を造成することにより、価値の高い木材を低コストで生産するとともに、花粉症被害の低減等を目指している。

県内の造林に使用されるスギ・ヒノキの苗木は、全て西部農林事務所育種場の採種園の種子から生産した苗木となっている。特定苗木の安定供給が期待されている中、西部農林事務所では森林・林業研究センターと連携し生産技術の早期確立に向け取り組んでいる。

そこで、平成28年度から造成した閉鎖型採種園におけるスギ・ヒノキ特定母樹の種子生産において、日頃の管理・運営における様々な課題への取組、改善点等について報告する。

2 閉鎖型採種園について

本県では、平成20年度から普通採種園を改良したミニチュア採種園で種子生産を行っていたが、野外であるため、採種園外からの花粉を防げないことや母樹は地面に直接植えるため、母樹の更新、入替えに手間がかかるという課題があった。そこで、この2つの課題を解決するため、閉鎖型採種園（図1）を導入した。ビニールハウス内で母樹を育成し、花粉が飛散する時期にビニールハウスを閉め切ることによって採種園外からの花粉を防ぐことができ、閉め切ったハウス内での人工交配により、特定母樹同士での交配が可能となる。また、コンテナで母樹を管理（根圏制御栽培法）（図2）しているため、母樹の更新、入替えが従来の採種園より容易となった。このように、閉鎖型採種園は従来の採種園の課題を解決した。一方、ビ

ニールハウスの造成・維持にコストがかかることや、従来の採種園にはなかった作業が必要となるなどのデメリットも確認された。



図1 閉鎖型採種園



図2 閉鎖型採種園内の母樹

閉鎖型採種園独自の作業は主に2つあり、1つ目は、温度管理である。スギ・ヒノキの針葉樹は43℃を超えると障害が出ると言われていたが、夏場は対策をしないとハウス内が50℃を超えてしまうため、屋根に寒冷紗をかけたり、散水をすることで、温度管理をする必要がある（図3）。

2つ目は、先述した人工交配である。スギ、ヒノキの花芽が開花する少し前にビニールハウスを閉め切り（図4）、作業用に残した1つの出入口以外の隙間や出入り口を養生テープで目張りする。ハウス内の雄花が開花したら掃除機で花粉を吸引し、ゴミを取り除いた後、ふるいにかけて花粉を精製する（図5）。開花し、珠孔液が出ている雌花めがけて、精製した

花粉を花粉銃で吹きかける。珠孔液にホコリがつくと受粉できなくなってしまうため、珠孔液を確認したらすぐに吹きかける必要がある。人工交配は次年度の種子採種量に影響する重要な作業である（図6）。

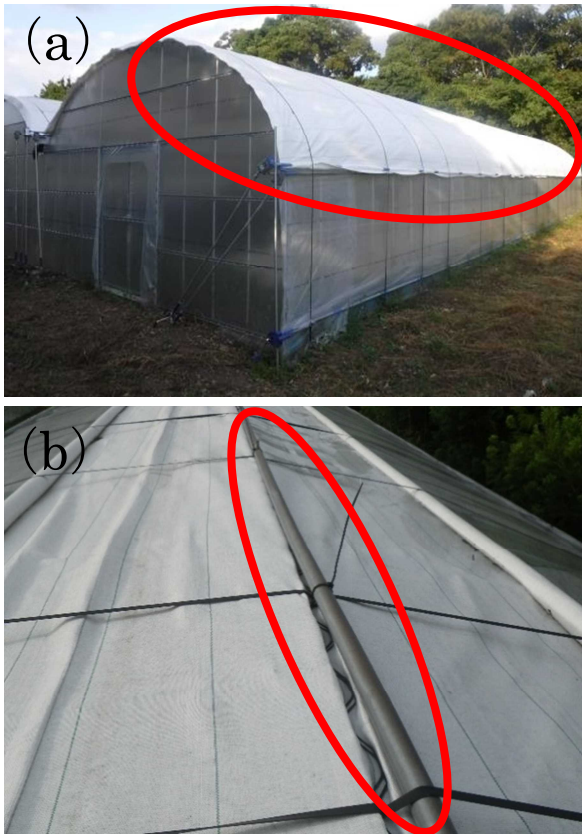


図3 閉鎖型採種園屋根の様子
(a) 寒冷紗 (b) 屋根散水



図4 目張りした閉鎖型採種園

このような作業や環境条件を森林・林業研究センターで整理し、取りまとめたマニュアルを作成した。平成28年度から令和2年度までは森林・林業研究センターの研究課題とし

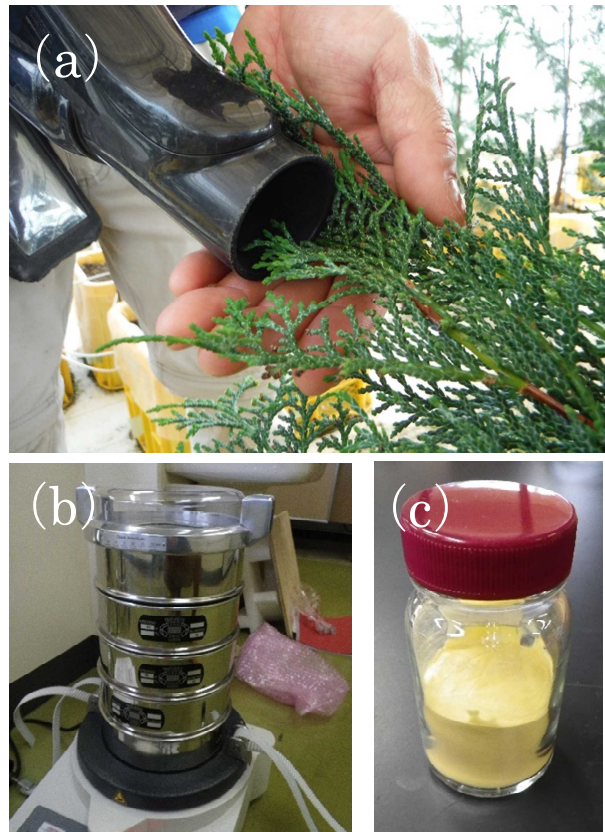


図5 花粉精製
(a) 掃除機で雄花を吸い取る様子 (b) ふるい
(c) 精製した花粉



図6 人工交配の様子

て取り組みながら種子生産し、令和3年度からは育種場管理業務委託の中での種子生産へ移行している。

3 閉鎖型採種園の実績

スギにおける、ミニチュア採種園と閉鎖型採種園の生産実績を比較したところ、単位面積あたりの母樹本数はほぼ同じなのに対し、

単位面積あたりの年間種子生産量は閉鎖型採種園がミニチュア採種園の5.3倍となるなど、全体的に閉鎖型採種園の方がミニチュア採種園より良い成績を示した（表1）。

閉鎖型採種園の種子生産量は図のように右肩上がりでも推移している（図7）。令和4年度はスギ9.7kg、ヒノキ1.1kgの種子を生産した。



図7 閉鎖型採種園の種子生産量の推移

4 閉鎖型採種園の課題と対応

閉鎖型採種園における課題は、発芽率とヒノキの安定的な種子生産の2つである。

本県の閉鎖型採種園におけるスギ・ヒノキの発芽率は、令和2年度まで目標値である40%前後で推移していたが、令和3年度以降は大きく下回る結果となっており（図8）、現在この改善に取り組んでいる。

発芽率低下の原因は大きく2つ考えられる。

1つ目が、人工交配技術の問題である。令和2年度までは森林・林業研究センターで研究の一環で閉鎖型採種園での種子生産をして行ってきたが、令和3年度からはマニュアルを基に人工交配などの管理業務をすべて育種場

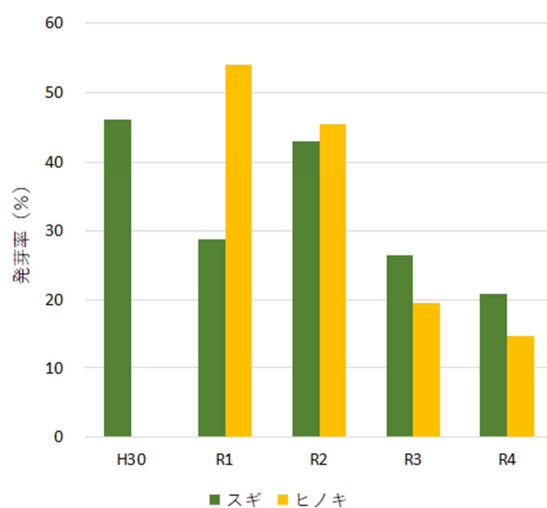


図8 閉鎖型採種園の発芽率の推移

へ移行した。すなわち、研究の中で確立した技術が現場へ落とし込めていないことが原因と考えられる。そのため、今年度からはマニュアルとは別に10日単位で時期別の作業内容をチェックリスト化したものを森林・林業研究センターで作成し、森林・林業研究センター職員と育種場職員とでチェックし合うことでより綿密に技術の継承や作業内容の普及を図っている。

2つ目が病虫害の問題である。令和4年度は、最も多くヒノキ種子を生産したハウスに虫害が発生し、そのハウスの発芽率が8.3%となり、全体の発芽率は14.6%となった。そのため、今年度からは薬剤の予防散布など病虫害対策を実施している。

2つ目の課題は、ヒノキ種子の安定生産についてである。ヒノキはジベレリンの葉面散布による着花促進効果が低く、通常の採種園ではジベレリンペーストを枝に埋設して着花を促進している。しかし、閉鎖型採種園で用い

表1 スギにおけるミニチュア採種園と閉鎖型採種園の生産実績の比較

	ミニチュア採種園 ^a	閉鎖型採種園 ^b
単位面積あたりの母樹本数 (本/m ²)	0.45	0.46
生産サイクル	3年に1回生産	毎年生産
単位面積あたりの年間種子生産量 (g/m ²)	2.5	13.2
種子発芽率 (%)	20.7	39.3
母樹1本あたりの種子生産量 (g/本)	19.5	28.5
母樹1本あたりの見込苗木生産量 (本)	400.8	1,112.2

^a2008年から2019年までの3箇所の採種園の平均を示す。^b2018年から2020年までの2つのビニールハウスの平均を示す。

ている母樹は若齢のため枝が細く、作業が困難な上、量も多いため傷害が発生しやすくなる。そこで、カラマツなどで報告のある、水分ストレスによって花芽が誘導される性質をヒノキでも利用できるか検証した。

検証の結果、ジベレリン等の薬剤を用いなくとも花芽の形成が確認され、そこから花粉採取や人工交配を行うことができた。しかし年度によっては10月から11月にかけて雌花の開花及び珠孔液の滲出や、雄花の枯死が確認された(図9)。この原因は現時点(令和5年10月)でも不明であり、森林・林業研究センターが再現性を検証中である。



図9 ヒノキの雌花と雄花

(a) 狂い咲きし、珠孔液が確認された雌花

(b) 褐変、枯死した雄花

5 まとめ

本県では閉鎖型採種園を、全国に先駆けて導入していることから、実務経験が少ない状況で種子生産をしている。

森林・林業研究センターが作成したマニュアルはあるものの、細かな技術の継承が難しい中で確実に技術・知識・経験が継承できるよう、今後の閉鎖型採種園の管理・生産体制について検討していく必要がある。

東部農林事務所管内における個別施設計画の点検結果の分析と次期計画 ～令和元年度から令和5年度までの点検結果を受けて～

静岡県東部農林事務所 治山課 技師 野村佐和子

1 はじめに

日本では、高度経済成長期以降にインフラが集中的に整備された。その時期に整備された施設は、既に整備から約半世紀経っており、老朽化が見込まれている中で、維持管理・更新等を適切に行っていくことが課題になっている。このため、国や地方自治体が一丸となって、インフラの戦略的な維持管理・更新等を推進するための方向性を示す基本的な計画として、「インフラ長寿命化基本計画」がとりまとめられた。その後、林野庁は、地方自治体が計画を策定するためのガイドラインとして、治山施設個別施設計画策定マニュアル及び治山施設に係る個別施設計画策定のためのガイドラインを作成した。静岡県は、前述のガイドラインに基づき、平成31年3月に静岡県治山施設長寿命化計画（以下「長寿命化計画」）を策定した。この計画では、治山施設の長寿命化を図るため、保全対象に近接している等の一定の基準を満たした治山施設（図1）を「個別施設計画」として5年に1度点検を行うよう定めた。また、個別施設計画の対象とならない施設について、「長寿命化計画対象施設」として、10年に1度点検を行うよう定めた。

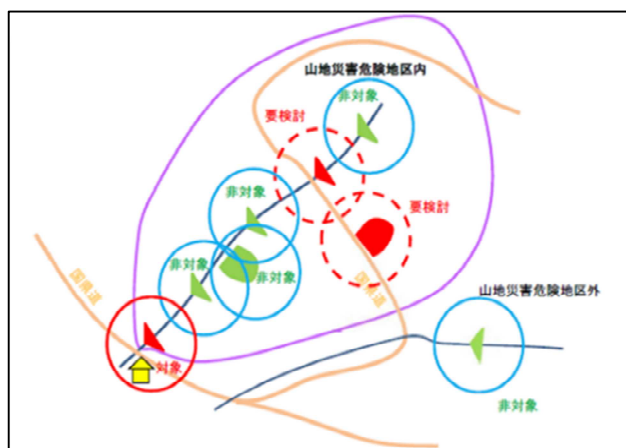


図1 個別施設計画対象範囲
(静岡県治山施設長寿命化計画より抜粋)

今年度は、個別施設計画の定期点検完了年度であり、個別施設計画見直しの年である。そこで、本研究では、東部農林事務所管内における5年間の点検結果から、長寿命化計画及び個別施設計画の課題を見出し、課題の改善策を提案することで、今後の点検計画の実行性を高め、より効率的かつ効果的に実施する一助とすることを目的とした。

2 東部農林事務所管内の5年間の点検結果

まず、5年に1度点検するよう設定している個別施設計画対象施設について、他所管に移管した1施設を除き、全ての施設の点検が完了していた。表1に各年度の点検数をまとめた。計画1年目にあたる令和元年度は、そのほかの年度と比べて点検数が少ない。この理由について聞き取り調査を行った結果、当時、事務所内で長寿命化計画が浸透しておらず、点検箇所選定時に長寿命化計画を考慮していなかったと考えられる。このことを考慮しても、個別施設計画対象施設は、5年間で十分に点検可能だと分かった。

表1 個別施設計画対象施設の点検数

	総数	うち個別施設計画
R元	288	33
R2	254	112
R3	325	101
R4	293	37
R5	173	4
合計	1333	287

次に、10年に1度点検するよう設定している長寿命化計画対象施設について、図2の円グラフは、長寿命化計画の対象施設の点検数を示している。対象施設の総数3,668施設に

対して、点検数は1,046施設となっており、点検した施設は全体の3割弱にとどまっている。

この進捗で点検を継続する場合、10年で点検すべき施設を全て点検するには、約15年かかってしまうと考えられる。

よって、長寿命化計画対象施設を計画どおり10年で点検するには、何らかの対策を講じる必要があるといえる。

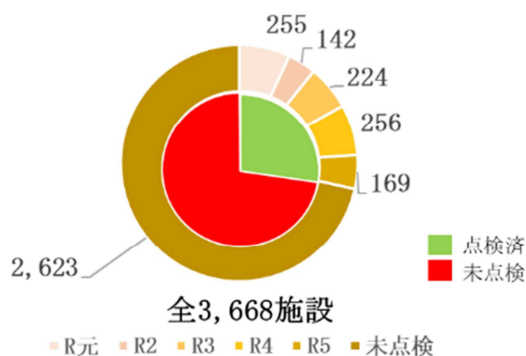


図2 長寿命化計画対象施設 点検数

3 改善策

長寿命化計画の点検を進めるための改善策として、A及びBの2つを提案する。

(1) 改善策A 年間点検数の増加

1つ目の改善策は、年間点検数を増やすことである。その具体例として、以下のとおり3つ提案する。

点検する機会を増やすことについて、具体例の1つ目は、現場監督業務の帰りに付近の施設を点検したり、月に1回、パトロール日を決めて点検したりすることで、年間点検数を増やすことである。例えば、月に10施設点検する場合、5年間で600施設点検することが可能となる。この方法の欠点としては、現場監督時に点検できる施設は、現場に近い施設に限られるため、点検箇所には偏りができる。また、災害時など、どうしても点検できない時期があり、実行性に疑問がある。

具体例の2つ目は、新しい点検方法としてドローン等の新技術を活用することが考えられる。現在の点検方法は、直接人が施

設近くまで立ち入り、目視で点検している。その場合、点検に要する時間は、現場により異なり、険しい現場では、より多くの時間を要してしまう。しかしドローンの場合、移動時間が短縮されるため、短時間で施設に近づき、点検することが可能である。また、人が溪流や山腹に立ち入る必要がないということで、事故の恐れもほとんどなく、安全性が高いことも特徴である。

ドローンの操縦資格を有する職員が実施することが望ましいものの、資格を有する職員は少ないため、これを委託で代替することで、全県的に実施することが可能である。

具体例の3つ目は、地域住民と連携して、地域で施設点検を実施する方法である。地域住民に、既存のチェックリスト(図3)を使用して定期的に治山施設を点検してもらい、異常があった場合に県や市町に知らせるよう促す。また、新規で治山施設を設置する場合、町内会等と協定を交わし、地元住民による施設点検の協力を仰ぐことも効果的である。地域住民と連携し点検することの利点は、地区で年1回点検するよう依頼することで、長寿命化計画よりも定期的に点検することが可能となる。更に、相乗効果として、地域住民の防災意識の向上も期待できる。一方で欠点としては、地域住民との連携で依頼できる施設は、人家に近い施設に限られてしまうため、山中の施設は職員が点検することが必須である。



図3 治山施設点検チェックリスト

(2) 改善策B－長寿命化計画対象施設の見直し

改善策Bは、長寿命化計画の対象施設の条件を見直すことである。過去に筆者が点検した治山施設の中には、完全に森林に復旧して施設が見つからない等の施設が長寿命化計画対象施設として選定されているケースが見受けられた。現状、長寿命化計画では、個別施設計画対象施設は絞り込みが行われているものの、長寿命化計画対象施設の絞り込みはほとんど行われていない。そのため、長寿命化計画対象施設をある一定の条件で対象施設を絞り込むことで、必要な施設だけを長寿命化計画で管理する。

見直し条件の具体例として、以下のとおり3つ紹介する。

長寿命化計画の対象施設の見直し条件について、具体例の1つ目は、施設施工後の経過年数である。点検時、放水路に苔が生えており土砂の動きが少ないと判断できる施設(写真1)等が対象外の施設となる。

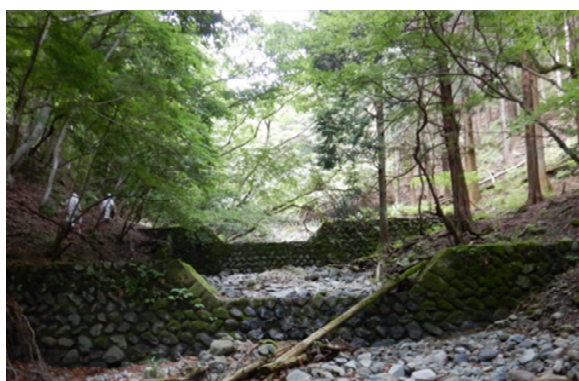


写真1 放水路に苔の生えた治山施設

具体例の2つ目は、災害発生頻度である。東部農林事務所管内では、土質条件等により、災害の発生しやすい地域や発生しにくい地域がある。例えば、火山性土質のある地域は、降雨により災害が発生しやすいとされている。線状降水帯等の局所的な豪雨で発災した箇所には、通常の雨では発災しないはずの箇所もある。そうした箇所の治山施設について、定期点検ではなく、豪雨の恐れがある前後に点検を実施する等、フレキシブルな対応をするのが良いと考えら

れる。

具体例の3つ目は、森林への復旧度合いである。林野庁のインフラ長寿命化計画では、治山施設は、森林への復旧を目的として設置している施設のため、その目的が達成された施設(写真2)については、計画の対象外としてよいと、規定がある。これまで県の計画では、個別施設計画からの除外規定のみに適用していたが、これからは長寿命化計画からも除外することで、対象施設を絞り込むことが可能である。



写真2 治山施設施工直後(上)及び森林へ復旧後(下)

4 まとめ

本研究の課題は、長寿命化計画対象施設を、計画どおり10年間で点検するにはどうしたらよいか、ということである。そのための改善策を2つ提案した。

1つ目は、現在実施している現地を直接点検する方法のほかに、新しい点検方法を確立することである。ドローンを活用した点検に

より、点検を効率化して、短時間で、より多くの施設を点検する。また、人家に近い施設については、地域住民と連携して点検を実施することが効果的である。

2つ目は、長寿命化計画の対象施設の見直しを行うことである。施設施工後の経過年数や森林への復旧度合いにより、長寿命化計画の対象施設から除外することで、より実行性の高い計画にすることが可能となる。

改善策には、まだ検討すべき課題もあるが、今後も検討を重ね、計画を達成できるようにしていきたい。

森林整備事業におけるドローンの活用

株式会社明善フォレスト 総務部 桐林幸峰

1 はじめに

(株)明善フォレストは、金原明善翁が設立した金原治山治水財団の山林部をルーツに持つ林業事業体である。弊社はその財団所有林の管理をはじめとして、大規模山林所有者との提携により年々事業量を拡大し、14,000 m³を超える素材生産はもとより、皆伐後の人工造林や保育、作業道開設まで、静岡県西部及び愛知県東部地域で幅広く施業を行っている。

社員は21名で現場は伐採、造林、作業道、測量と6班ほどに分け、さらに協力会社2班を常時加えた体制で稼働している。

本報告では、令和3年度林業イノベーション推進事業により導入したドローンと周辺機器、画像解析ソフト一式を活用し、測量等の省力化のほか、造林補助金の検査項目にどれほど対応できるかを検証した。

2 概要

導入したドローン(Phantom 4 Pro)(図1)は、高解像度の撮影用が可能で安定性があるという理由で選定した。その他の備品はドローン操縦用のiPad miniタブレット、大きなデータを解析するためのデスクトップパソコン、高解像度の32インチモニター、画像ソフトはドローンと互換性のあるDJI TERRAを選定した。一式の導入経費はおおむね100万円強である。

今回の実証試験では、人工造林施工地でドローンを飛ばして撮影し、画像ソフトを使ってオルソ画像を作成、その画像によりどのよ



図1 ドローン(Phantom 4 Pro)

うなことが可能かを検証した。

3 取り組み内容

実証地は天竜区佐久間町相月、天竜川東に南北に延びたスーパー林道天竜線に隣接した現場であり、なだらかな尾根が続く0.4haほどの小さな施工地である。令和3年7月に皆伐を行い、令和4年3月にヒノキを植栽した。周囲は黒の獣害防止ネットで囲っている。

撮影は令和4年5月、高度45mで自動飛行させ、撮れた写真を画像ソフトDJI TERRAにインポートしオルソ化した。写真枚数(点群数)によるが10分ほどでオルソ化ができる(図2)。



図2 作成したオルソ画像

4 検証結果及び考察

(1) 測量等の省力化

オルソ画像作成に要した労務費を通常のコンパス測量と比較したが、結果的には明確な差は出なかった。今回の実証地は比較的平坦な尾根沿いであり、面積も小さくコンパス測量が容易だったこと、ドローンの操作から画像解析ソフト・GISの活用まで手探りでの習得となったことなどが原因と考えられる。しかしながら、面積が大きく急傾斜になれば地上作業の労務量が増し、ドローン活用の効果が大きくなることが推察される。さらに現場作業員や事務員の区別なく従事可能なため、労働資源の有効活用にもつながる可能性がある。

(2) 面積と延長の算出

オルソ画像上で施工地に沿ってラインを引き、画像ソフト内で植栽面積、周囲長（平距離）およびネット長（斜距離）を算出した（表1）。

表1 測量誤差の検証

	コンパス 測量	オルソ 画像	誤差
面積	4,483 m ²	4,441 m ²	1%未満
周囲長（平距離）	281.20m	283.28m	1%未満
ネット長（斜距離）	290.20m	295.68m	1.89%

コンパス測量とオルソ画像による面積と平距離の誤差は1%以下であり、通常のコンパス測量で生じる誤差と同等以下なので、精度は全く問題ないと考えられる。

ネット長（斜距離）は平面化した画像上では確認できず、画像ソフト内の点群データから計算された数値なので参考程度だが、今後GIS上で既存の標高データなどと組み合わせる方法を検討したい。

(3) 植栽と防護柵の施工状況

ヘクタール当たりの植栽本数については画像上で10m四方の正方形を描き、入り本数を確認した。列で植栽しているため、おおむね確認は可能だが、画像の鮮明さが足りないため苗木以外のものをカウントしてしまう、数え落とすなど誤判定の恐れがある。苗木に目印を付けるなどすれば視認性は向上するが、作業の手間が増えてしまい省力化につながるかは難しいところである。また、周囲の草丈が高くなると苗との識別ができなくなるので、植栽後は速やかに撮影する必要がある。樹種と枯損については残念ながら解像度が足らず判断できなかった。

防護柵の設置状況は撮影範囲や方向を工夫することで確認できる。支柱まではっきり見える箇所もあり、支柱間隔の確認も部分的に可能であると考えられる。

5 まとめ

今回の検証の範囲で、今後の補助事業の現地検査への活用について考察した（表2）。

人工造林の施工範囲は明確に確認でき、測

量精度にも問題はなかった。地拵え等の施工状況や未植栽部分、作業道等も容易に確認でき、除地とすべき面積も算出可能である。

また、今回は森林作業道の検証はしなかったが、今回撮影した人工造林地内の作業道の画像を確認する限り平面距離、幅員等の現地検査を要する項目について、十分な精度が得られると推測する。

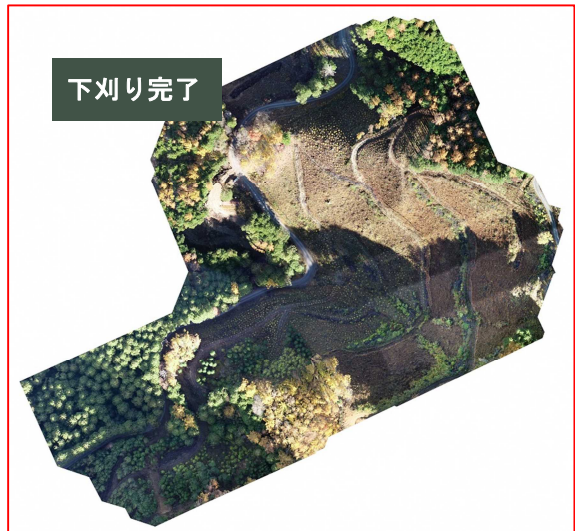
表2 空撮画像による検査の可能性の考察

作業種	検査項目	可否	課題、手法等
人工造林	地拵え	○	
	植栽本数	△	植栽後速やかに確認の必要あり 目印により視認性UP
	植栽樹種	×	解像度不足 5mほどの低空撮影技術が必要
	活着率	×	解像度不足 5mほどの低空撮影技術が必要
	面積	○	
獣害防護柵	設置状況	○	
	ネット高	×	撮影方向と撮影技術が必要
	支柱間隔	○	
	延長	△	斜距離の算出方法について要検討 (ソフト内では確認可能)
森林作業道 (参考)	開設状況	○	画像及び平距離の精度から推定
	延長	○	
	幅員	○	

一方で苗木など小さいものの確認は困難であることから、植栽密度や樹種の確認、活着率などは画像のみでの検査は困難と考える。

静岡県の実地検査内規においては「オルソ画像等で確認可能な場合に限り、現地での確認を省略できる。」と記載されているが、実際に現地検査を省略するには事例の積み重ねが必要だと考える。今後しばらくはコンパス測量データとオルソ画像の両方を提出し、行政側が現地検査省略に舵を切れるよう協力をしていく。

一方で、施工地全体を見渡せることから、施工状況の確認には非常に有効だと考えられる。



特に下刈については、元々人工造林の施工範囲を施業した場合には現地測量不要となっていることから、画像により施工状況が確認できれば現地検査そのものが不要になると考えられる。

今年度の下刈施工地は、提出した空撮画像により現地検査省略で無事合格した。このような事例を積み重ね、事業者・行政双方の省力化につながるよう、今後とも協力していく。

既設バットレス式治山ダムの補修方法の検討

静岡県志太榛原農林事務所 治山課 技師 山本真帆

1 はじめに

昭和30年度後半から、土木・建築工事における労働力不足やコンクリートの節減が課題となり、治山工事にも省力化と経済性を求められるようになった。そのような時代背景の中、林野庁の指導により鋼製治山ダムの検討が行われ、1つの工法として昭和40年から昭和50年代にかけて、バットレス式治山ダムが集中的に施工された。バットレス式治山ダムとは、鋼製スクリーンで構成される壁材、λ型に組んだH形鋼で壁材を支える梁材、コンクリート製の基礎版の3つで構成された透水性の治山ダムである(図1)。当管内においても、この期間に10基以上のバットレス式治山ダムの施工が行われているが、これらの施設は、施工から50年近く経過しており、老朽化が進行している状況にある。しかし、劣化した施設を補修した事例は少ない。

そこで、管内で実施した2つの補修事例を参考に、後年度補修を計画している宮沢のバットレス式治山ダムの補修方法を検討するとともに、補修方法を検討するためのフローを提案する。

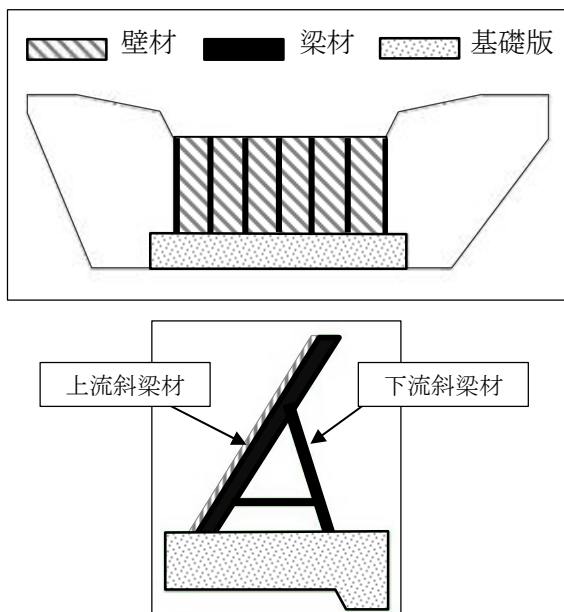


図1 バットレス式治山ダム（構造図）

2 資料と方法

(1) 指標の設定

当管内では、過去に島田市と藤枝市の2箇所でバットレス式治山ダムの補修工事を行った。その事例を紹介するとともに、補修方法を検討するにあたり、地形や施工に必要な現場条件となる指標を設定する。

ア ダムの改築による補修事例

1箇所目は、島田市川根町家山地内に施工された新代沢工事での事例である。このダムは、下流斜梁材の変形と破損(5本中3本)がみられたため、平成25年度に補修工事を行った。

補修は、劣化した鋼製バットレス部を、コンクリートで改築する方法で実施した。工程については、まず、安全対策のため、既設治山ダム上流側に堆積している土砂を排土した後、劣化したバットレス部を切断し、トラックで現場外に運搬した。次に、バットレス部を撤去した箇所にコンクリート打設を行い、最後に、既設ダムは補修前から満砂状態であり、上流の既設ダムとの階段式計画となっていることから、放水路天端まで土砂で埋戻した。(写真1)。

よって、以上の工事の工程や現場状況を参考に、以下の3つをダムの改築における指標として設定した。

- ① 溪岸に土砂の仮置き場を確保できるか
- ② 上流のダムと十分間隔が確保できるか
- ③ 撤去部材を搬出する道があるか

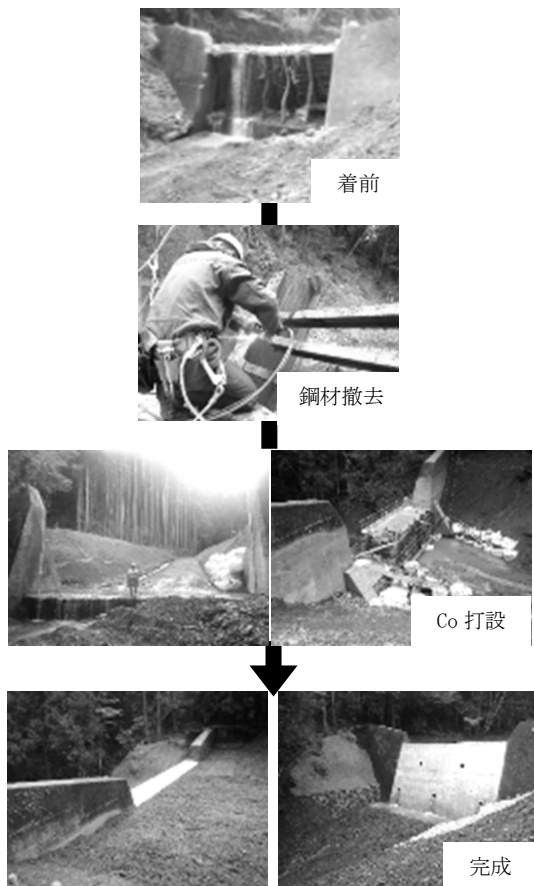


写真1 工事実施状況（治山ダム改築）

イ ダムの新設による補修事例

2箇所目は、藤枝市瀬戸ノ谷地内に施工された諸窪沢工事での事例である。このダムは、鋼材の腐食が激しく、上流斜梁材が著しく変形していた（7本中6本）ため、平成27年度に補修工事を行った。

補修は、バットレス式治山ダムの直下流部にコンクリート谷止工を新設し、劣化したダムを土砂で埋戻す方法で実施した。工程については、まず、万が一劣化したバットレス部が倒壊した際に備え、下流側に大型土のうを設置した。次に、通常のコンクリート谷止工と同様に床掘、コンクリート打設等を行い、最後に、既設治山ダムを埋め戻すため、新設治山ダムの上流を土砂で埋め戻した（写真2）。

以上のことから、ダムの新設においては、以下の3つを指標として設定した。

- ④下流の既設ダムとの間隔が確保できるか
- ⑤谷止工の袖突込みが確保できるか
- ⑥既設ダムを埋戻す土砂があるか

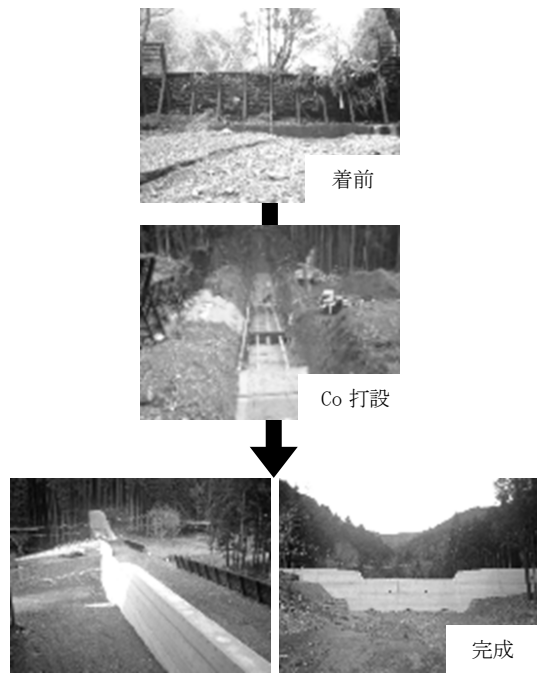


写真2 工事実施状況（治山ダム新設）

(2) 補修計画中のバットレス式治山ダム

補修を計画している宮沢のバットレス式治山ダムは、昭和50年度に島田市川根町笹間下地内に施工された。この施設は、静岡県治山個別施設計画（平成30年度）に掲載されており、令和3年11月の点検の際に健全度Ⅲ「早期に対策が必要な状態」と評価されている。

具体的な劣化状況については、鋼材の腐食が激しく、上流斜梁材が著しく変形していた（5本中4本）。以上のことから、今後の大雨をきっかけとして、梁材等の破損が進行し、抑止していた土砂の流出等により、災害を引き起こすことが考えられる（写真3）。



写真3 宮沢のバットレス式治山ダム（左）
バットレスの劣化状況（右）

3 結果

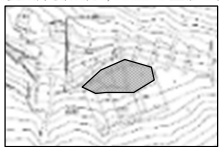
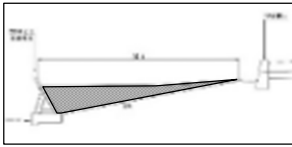
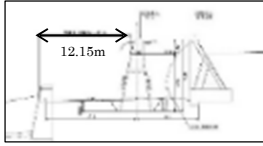
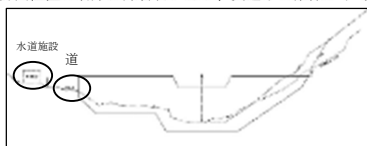
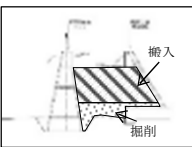
(1) 指標を用いた工法比較

提示した指標から、宮沢のバットレス式

治山ダムが、ダムの改築と新設のどちらの工法が施工可能であるかを確認し、表1にまとめた。

結果、ダムの改築の指標①～③については、いずれも宮沢の現場において問題はなく、補修可能であると考えられる。しかし、ダムの新設の指標④、⑥においては、宮沢の現場でも問題ないと考えられるが、指標⑤については、計画位置の右岸側に構造物があり、左岸側には支流が通っていることから、良好な詰部がなく、治山ダムの新設は困難だと考えられるため、指標からは、ダムの改築による補修が適切だと考えられる。

表1 指標による工法比較

案	指標	評価
改築	① 土砂の仮置き場の確保 →既設の上流左岸側に約1,700m ³ の土砂の仮置きが可能 	○
	② 上流ダムとの間隔 →上流の施設との距離：40.1m、掘削範囲：35.6m 排土に伴う掘削作業による影響無し 	○
	③ 撤去部材の搬出路 →市道から施工地まで道があるため撤去部材の搬出可能	○
新設	④ 下流ダムとの間隔 →(有効落差+越流水深)×1.5：11.4m、下流の施設との距離：12.15m 本ダムと副ダムの間隔の確保が可能 	○
	⑤ 袖突込みの確保 →既設を埋戻せる高さのダムの設置は可能 計画位置の右岸に障害物があり、突込みの確保が不可 	△
	⑥ 埋戻し土の確保 →現地発生土のみの対応は困難だが、現場外土砂の利用により不足土砂の補填が可能 	○

(2) 断面比較

次に、工法比較では、ダムの改築による補修が適していると判断したため、改築部の断面形状の比較を行った。既設治山ダムの袖部の下流のりは直であり、基準通りに下流のり2分で設計すると、図2で示すように、既設との重なりが少なくなり、土石流に対して弱い構造になることが考えられる。そこで、図3で示すように既設袖部の形状に合わせ下流のりを直とすることで、既設と一体構造となり、土石流に対して強い構造になると考えられる。そのため、宮沢の補修工事では、下流のりを直とする形状を採用する。

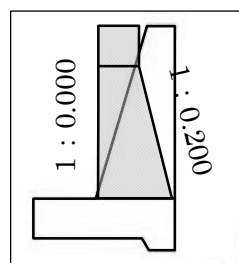


図2

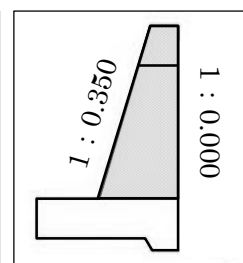


図3 (採用)

(3) コスト比較

次にダムの改築とダムの新設でのコスト比較を行った。ダムの改築では、図3の断面を採用し、コストを算出した。その結果、表2で示すように、宮沢の場合では、ダムの改築にかかるコストは、新設でかかるコストの約65%で済むため、経済的であることが分かった。

表2 コスト比較

案	直工費(千円)	主な工種	数量
改築	18,200	コンクリート	254.1 m ³
		排土工	1,793 m ³
		鋼材取壊し	22 t
新設	28,000	コンクリート	572.7 m ³
		埋戻し	1,203 m ³

以上のことから、宮沢の補修工事では、施工条件、コスト面ともに良好であるダム

の改築による補修が適当であると結論付ける。

(4) 補修方法の検討フローの提案

以上の結果をもとに、補修方法を検討するためのフローを提案した（図4）。

まず、日々の点検で補修の検討が必要な鋼製バットレスダムが確認された際は、本研究で提示した指標①～⑥をもとに検討を行う。そこで、現場状況から指標を確認し、補修案としてあげた治山ダムの改築と新設の一方が施工不可となるような決定的な差が見られた場合は、そのまま施工性、安全性に優れている工法を補修方法として決定する。しかし、補修案の一方が施工不可となる指標がないなど、指標が工法を決めるのに大きな判断材料とならない場合は、コスト比較を行い、より経済的である方を補修方法として採用する。

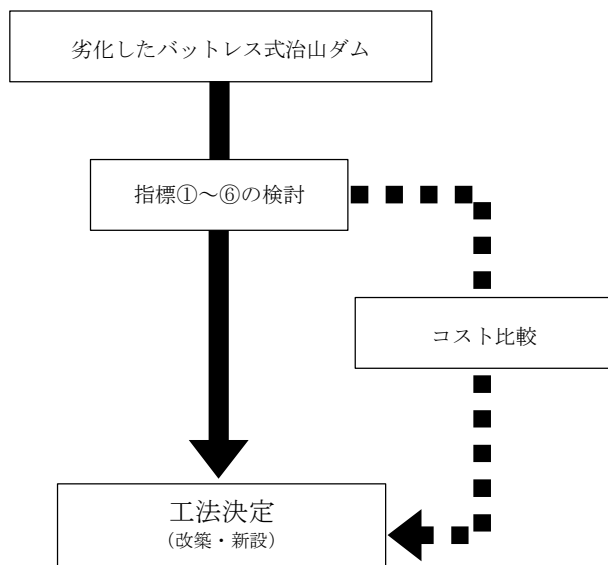


図4 補修方法検討フロー

4 まとめ

本研究では、過去の補修事例を参考に、補修工事を行う際に必要となる指標を提示した。また、指標を用いて補修方法を検討する際に使用できるフローについて提案した。そして、フローを活用した結果、今後補修工事を予定している宮沢のバットレス式治山ダム

は、劣化したバットレス部をコンクリートで改築する方法で補修することにした。

おわりに、バットレス式治山ダムの多くは、老朽化が進行している状況にあるが、補修事例は少ない。そこで、本研究が、今後バットレス式治山ダムの補修方法を検討する一助になれば幸いである。

5 謝辞

本研究を行うにあたり、株式会社松井測量設計事務所様、日鉄建材株式会社静岡支店様には、測量設計業務、資料提供など多大な御助力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

オルソ画像や航空レーザ解析成果を利用した プランニング業務の効率化や精度向上についての検証

伊豆森林組合 正井秀治
静岡県賀茂農林事務所 森林整備課 主査 伊藤允彦

1 はじめに

低コスト主伐・再造林の実現に向けては、高性能林業機械を活用した一貫作業や基幹的作業道等の基盤整備に加え、航空レーザ解析による高精度森林情報を活用した収量予測やオルソ画像による測量（以下オルソ化測量）の省力化等、プランニング業務の効率化や精度の向上も必要となる。

伊豆森林組合は、令和4年度において、オルソ化測量や高精度森林情報を利用した収量予測といった林業イノベーションに係る取組を試行した。

今回試行した結果をプランニング業務に実装するためには、導入による労務費削減の効果や収量予測の精度を把握する必要がある。

そこで、本研究では、オルソ化測量はコスト分析を中心に、高精度森林情報による収量予測については、精度比較を中心に行い、林業DXの推進に向けて、プランニング業務実装への課題整理と提案を行った。

2 オルソ化測量

(1) 対象地の概要

対象地は東伊豆町細野に位置し、面積は1.55ha、樹種はスギ・ヒノキで林齢は58年生から80年生、傾斜は8度程度の緩傾斜地で団体が所有する私有林となっている。

利用した補助制度は国庫補助事業である



場所	東伊豆町細野
面積	1.55ha
樹種	スギ・ヒノキ
林齢	58~80
傾斜	8°
所有者	団体

図1 対象地の概要

林業イノベーション推進事業であり、使用機材や人工造林、防護柵の施行に補助を受けた。

(2) コスト分析

対象地において、従来方法（現地測量）とオルソ化測量の2種類の測量を実施し、それぞれの人工数を比較した。

結果、オルソ化測量では、現地測量において0.5人工削減、検査において1.9人工削減することができた。

最も省力化できた手順が検査となった要因として、検査立会者の人数を削減できたことが挙げられる。

一方、資料作成においては、0.5人工増加し、これは、従来測量において、測量成果物として測量野帳と施業図を作成すればよいのに対し、オルソ化測量では、画像データや各種GISデータを作成する必要があり、作成すべき成果物が多くなっていることが原因として挙げられる。

また、成果物を作成するまでに、最適な撮影範囲やGISデータの効率的な作成方法を試行する必要があり、これに4.4人工を要した。

なお、従来測量とオルソ化測量共に実測面積は1.55haと差異が無かった。

表1 労務比較 (人工)

手順	従来測量	オルソ化測量	比較
現地測量	1.5	1.0 (4.0)	▲0.5 (4.0)
データ処理	0.1	0.1 (0.4)	±0.0 (.04)
資料作成	0.1	0.6	0.5
検査	2	0.1	▲1.9
合計	3.7	1.8 (4.4)	▲1.9 (4.4)

※括弧書きは試行に要した労務

これは、今回の施行地では防護柵設置範囲が植栽範囲と一致しており、どちらの測量方法においても防護柵の変化点を測点にすることができたためである。

(3) 業務実装に向けた課題

ここまでの結果を踏まえ、プランナー業務の実装に向けた課題を整理した。

まず、ドローンによる測量を実施するにあたっては撮影方法やデータ処理についてプランナーが手法を習熟しなければならない。このため、業務実装に向けては、ドローンや解析ソフトウェア等の備品購入費に加え、プランナーが技術を習得するまでの労務負担を初期投資として加味する必要がある。

また、オルソ化測量は従来測量と比較し業務手順が大幅に異なる。このため、人工造林に係る測量はドローンを利用し、それ以外の施業ではデジタルコンパスを利用するような導入方法では測量業務が煩雑となり、労務負担が増加する可能性がある。

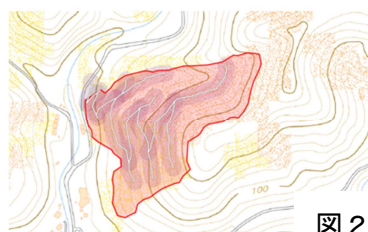
このため、オルソ化測量の業務実装により労務負担を軽減するためには、全ての測量業務に適用する必要がある。

3 高精度森林情報による収量予測

(1) 対象地の概要

対象地は西伊豆町宇久須に位置し、面積は4.66ha、樹種はスギ・ヒノキで林齢は37から68年生、個人が所有する私有林となっている。

合板・製材生産性強化対策事業を利用し、利用間伐を実施した。



場所	西伊豆町 宇久須
面積	4.66ha
樹種	スギ・ヒノキ
林齢	37~68
所有者	個人

図2 対象地の概要

(2) 精度比較の方法

県業務委託成果の高精度森林情報を収量予測に利用するにあたり、精度比較を行った。

精度比較にあたっては、①航空レーザ解

析成果、②標準地調査、③搬出実績の3つの材積を比較した。

①については、図2のとおり施業範囲内の立木情報を抽出し、②については、10m×10mプロットを設定し、胸高直径と樹高を計測した。また、③については、搬出伝票を集計した。

なお、①、②から搬出材積を予測するにあたっての共通事項として、間伐率は30%、間伐材積の利用率は70%とし、採材割合はB材とC材で7：3と設定した。

(3) 精度比較の結果

合計材積は、航空レーザ解析成果の予測が428m³に対し、搬出実績が422m³と実績とレーザ解析成果に大きな差異は見られず、標準地調査よりも精度が高かった。ただし、ヒノキを優先して搬出したため、樹種割合には差異があった。

このことから、利用間伐における目標材積の設定については、レーザ解析成果を利用できると思われる。

表2 材積比較 (m³)

区分	実績	レーザ解析	標準地
スギB材	142	199	261
ヒノキB材	170	101	132
C材	110	128	93
合計	422	428	486

(4) 業務実装に向けた提案

収量予測について、引き続き精度検証する必要があるが、目標材積の設定には有効であるため、高精度森林情報でha当たり材積を表示し、CS立体図と併せて間伐範囲や森林作業道の路網計画の検討等の整備計画の作成に利用することを提案する。

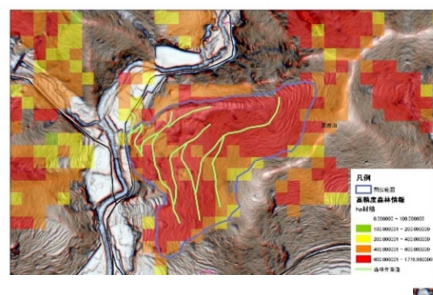


図3 施業エリアの検討

天竜農林局管内における水路工の長寿命化対策について

静岡県西部農林事務所天竜農林局 治山課 技師 東川侑生

1 はじめに

天竜農林局管内は年平均雨量が 2,100mm (全国平均 1,700mm) あり、管内北部には中央構造線が走っている。降水量が多く、地形が急峻で脆弱な地質であることから、山腹崩壊が多く、治山工事において水路工が多用されてきた。

水路工には、石張水路、コルゲートフリーウム水路、硬質ポリエチレン水路、コンクリートU字溝、張芝水路等の様々な種別がある。

天竜農林局管内の水路種別ごとの施工時期及び施工量を治山台帳により調査した結果を図1、図2に示す。施工時期は石張水路、コルゲートフリーウム水路、硬質ポリエチレン水路の順で変遷している。施工量はコルゲートフリーウム水路が最も多く、管内の水路総延長約 67 km に対し約 25 km の実績がある。コルゲートフリーウム水路の総延長及び施工期間から、老朽化が今後の重要な課題になると考えられるため、今回コルゲートフリーウム水路の修繕について検討した。

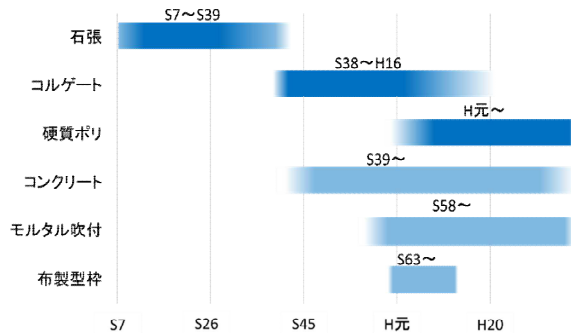


図1 天竜農林局管内の水路の変遷

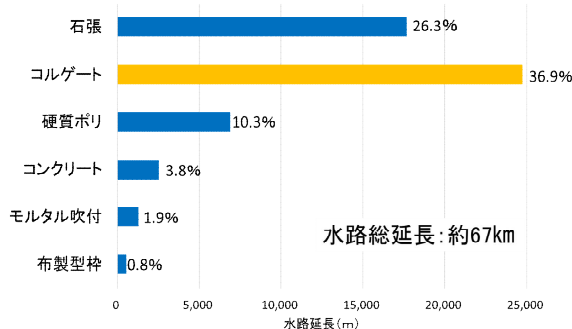


図2 天竜農林局管内の水路種別の延長

2 コルゲートフリーウム水路の点検記録

治山台帳の点検記録によると、コルゲートフリーウム水路の施設異常の形態は図3のように分類される。本体損傷、底面腐食、基礎部や埋戻部の洗堀があり、このうち本体損傷は28%、底面腐食が20%である。図4のように水路底面が錆びる底面腐食という現象はコルゲートフリーウム水路にのみ見られる。この底面腐食は、コルゲートフリーウム水路に礫や土砂が流れ込み、めっきが剥がれ、水が滞留することで発生すると考えられている。底面腐食が進行すれば、漏水により水路本体の損傷や基礎部洗堀の原因になる。この底面腐食はコルゲートフリーウム水路における施設異常の初期段階にあたり、対応の有無が管理上重要と考えた。

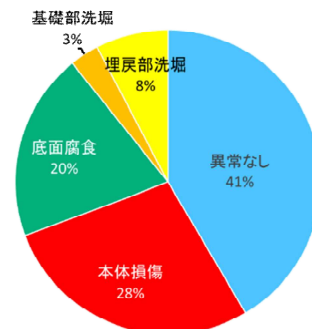


図3 コルゲートフリーウム水路の点検記録

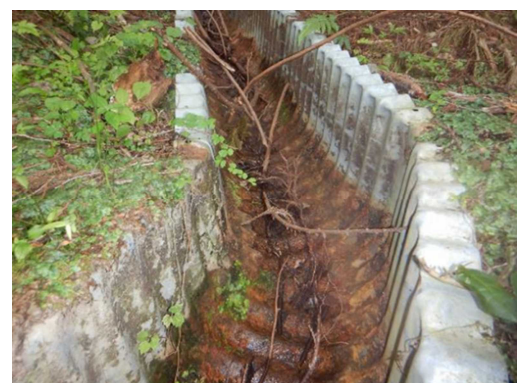


図4 コルゲートフリーウム水路の底面腐食

3 提案

異常が生じたすべてのコルゲートフリーウム

ム水路を交換することは経済的、物理的に非効率的である。施設異常の初期段階である底面腐食の対応は「補修」とし、本体損傷まで至ってしまった場合は「交換」と分けて施工することを提案する。補修方法と実績の経過、交換の場合の問題点、交換する種別の選択肢について、天竜農林局での施工実績を踏まえ検討を行った。

4 コルゲートフリューム水路の補修工法と実績の経過

(1) 底面コンクリート・モルタル被覆の実績

天竜農林局では平成16年から7件、底面腐食が発生したコルゲートフリューム水路の底面にコンクリート又はモルタルで被覆する工事を実施した。今回点検したところ、水路として問題なく機能していた。モルタルの欠点とされるひび割れも無く、19年以上の耐久性があることを確認した。

一方で、図5のように底面だけ被覆した水路ではコルゲートフリューム水路側面下部の水衝部が錆びている。図6のように側面まで被覆させた水路では側面部に錆は見られない。

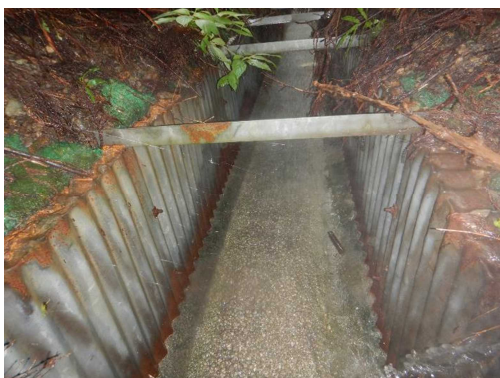


図5 底面コンクリート被覆



図6 底面モルタル被覆

(2) コンクリートキャンパスの実績

コンクリートキャンバスとは、英国で開発された布地にセメントを封入した複合材料で、現地布設後に散水等をして硬化する。平成27年から2件、腐食が発生した半円型のコルゲートフリューム水路と、隙間が発生したコンクリートU字溝の補修に採用されている。現在も問題なく水路として機能している。



図7 コンクリートキャンバス

(3) 補修工法の比較

コルゲートフリューム水路の補修工法2種と、硬質ポリエチレン水路への交換の比較が表1になる。

底面モルタル被覆は、コルゲートフリューム水路を型枠代わりに使用するため、底面腐食が比較的軽微で漏水がない箇所で使用できる。ただし、コルゲートフリューム水路の側面部に水衝部が生じると、新たな腐食が進行する恐れがある。

コンクリートキャンバスは水路全体を覆うため、水衝部のさらなる腐食の心配はない。ただし、水路の渡しアングルや施工時の運搬が支障となる場合がある。

表1 水路補修工法の比較

工法	施工単価 (円/m)	施工性	耐久性	適地
底面モルタル被覆	12,000円	○ 側面まで被覆する	○ 11~19年	・漏水が無い箇所
コンクリートキャンバス	12,000円	○ 7.0kg/m ² (1ロール70kg)	○ 8~9年	・渡しアングルのない水路 ・資材の運搬が容易な箇所
水路交換 (硬質ポリ)	30,000円 (撤去込)	○	○	

補修工法は、どちらも交換と比較して施工費が安くなり、コルゲートフリューム水路の早期補修は経済的であることが分かる。

5 コルゲートフリューム水路からの交換

(1) 硬質ポリエチレン水路への交換

コルゲートフリューム水路を交換する場合、施工性が良く単価が安い硬質ポリエチレン水路が一番の候補に挙がる。

なお、硬質ポリエチレン水路の点検結果(図8)によると、埋戻部の洗堀が多い。雨が降った時の表面水が水路に流入せず、水路脇を流下することによって埋戻部の洗堀が発生することが原因と考えられる。

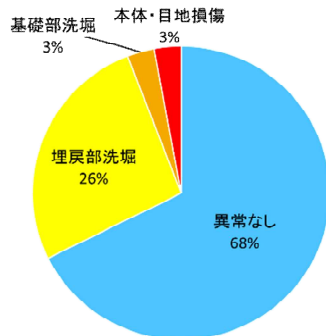


図8 硬質ポリエチレン水路の点検記録

このため、硬質ポリエチレン水路に交換する際は、水路と平行に流れる表面水を水路に戻すように注意する必要がある。

硬質ポリエチレン水路の施工において、水路肩に対して植生土のうを「水平」に設置してしまうことが多い。この状態では、埋戻部洗堀のリスクが高くなる。

望ましいのは定規図(図9)のように、植生土のうを水路肩より高くかつ傾斜がつくように設置することである。施工時に監督員が注意し、指示する必要がある。

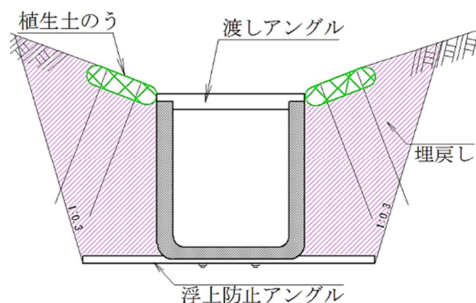


図9 硬質ポリエチレン水路の定規図

また、水路脇の表面水を水路に誘導する形にした帯工を設置するという方法もある。平成10年に設置した現場では、現在も埋戻部が浸食を受けることなく水路の機能を維持している。植生土のうを同じ形に積むだけでも、同様の機能が期待できる。



図10 帯工を設置した水路

(2) 石張水路の可能性

石張水路は耐久性が非常に高い。管内に60年以上維持されている現場があることから、耐久性の高さに注目し、練石張水路を令和3年から2件施工した。

現在、天竜地域では石積みの技術が廃れており、施工業者にとって練石張は初めての施工だったが、無事設計書どおり完成した。

一方でどちらの現場も1m施工するのに約1日かかるという施工性の低さが課題となった。主な理由は、1列弧状に石を並べてすき間をコンクリートで埋めた後、固まるまで約1時間の待機時間があるという点である。出来栄は景観上も強度も期待どおりであったものの、現実的に施工は難しいという印象だった。



図11 令和4年度施工 練石張水路

(3) 布製型枠水路の可能性

石張水路と類似する機能でありながら、石張水路より施工性が良い布製型枠水路についても施工実績があったため、点検を実施した。

布製型枠工法とは高強度合成繊維の布製型枠に流動性コンクリート又はモルタルをポンプで圧入する工法である。

天竜農林局では昭和63年から5件布製型枠水路を施工しており、今回の点検で異常はなかった。この工法では、水路を二股にしたり、小段にすることが容易で、地山になじんだ状態を維持できる。



図 12 布製型枠水路

(4) 新設水路種別の比較

石張水路については、施工単価が高く選択が非常に難しい工法である。ただし、水路の取り合い部や地山に合わせた特殊な形状を必要とする箇所、景観に配慮した施工をしなければならない工事では選択肢として検討する価値がある。

布製型枠水路は、施工面積が大きい方が施工性は良いという点について留意する。排水処理や仮設の検討の必要はあるが、地山が破碎岩等で掘削面の維持が難しく、硬質ポリエチレン水路のような二次製品の施工ができない場所で、施工に適すと考えられる。

表 2 新設水路種別の比較

種別	施工単価 (円/m)	施工性	耐久性	適地
硬質ポリ	27,000円	○	○	(・埋戻部の洗堀に注意)
石張水路	40,000円	× 1m/1日	◎ 50年以上	・短い延長 ・特殊な地山形状 ・景観配慮が必要な箇所
布製型枠	30,000円	○ 排水処理	○ 35年以上	・広い面積 ・掘削しにくい箇所 (破碎岩等)

6 まとめ

これまでコルゲートフリューム水路の修繕を行った延長は水路総延長の8.3%しかなく、未修繕の箇所は約20kmを超える。コルゲートフリューム水路の修繕を効率的かつ経済的に行うことが速やかに長寿命化を進める鍵となる。

コルゲートフリューム水路本体の腐食が軽微である場合は、底面モルタル被覆やコンクリートキャンバスを用いた補修で、低コストで水路寿命を延ばすことができる。

底面腐食が進行し本体損傷に至っていれば、水路の交換が必要になる。硬質ポリエチレン水路に交換する場合は、埋戻部の洗堀を発生させないように、施工時には注意と工夫が必要である。

また、現場条件によっては硬質ポリエチレン水路以外の石張水路や布製型枠水路も選択肢になり、設置コストは高くても、耐久性が高いため、長期的な維持管理コストを抑えることができる。

現在主流の硬質ポリエチレン水路は、発明された1984年から50年も経過していないため、山林内における寿命が分かっていない。今後も治山パトロール等の点検から山林内における水路種別ごとの寿命及び損傷形態について調査していく。

静岡県における空撮ドローンの間伐事業への活用 —愛鷹山麓の3残1伐列状間伐の事業地での事例—

株式会社白糸植物園・Φ森林環境研究所 望月貴治
静岡県富士農林事務所 森林整備課 技師 藤田愛矢
静岡県立農林環境専門職大学 山本琢寛

1 はじめに

ドローンによる空撮は、森林整備の時空間的な規模に適していることから、森林整備に活用され始めている。静岡県では、令和3年度に静岡県補助事業竣工検査内規等に空撮技術を使用したオルソ画像等による測量が盛り込まれた。これを受けて、オルソ画像等が皆伐・再造林事業で活用されている。一方で、間伐事業ではオルソ画像等の活用事例は少なく、一般化していない。

その主な原因は、オルソ画像で日陰と間伐箇所が共に黒く表示されるため、間伐箇所の判別が難しいことである(図1)。そこで、我々はオルソ画像の生成過程で生じる3次元データに注目した。オルソ画像の生成過程では、対象物の形状による歪み等を補正のため、3次元点群データと3次元メッシュデータ(点群を辺と面で接続したデータ)が生成される。これらの3次元データにより林冠形状を認識できれば、解析コストを抑えながら、間伐箇所を判別できる。

静岡県補助事業竣工検査内規の間伐および森林作業道の作設の検査内容は主に9つに分類される(表1)。その内、搬出集積量は樹木ごとの材積または胸高直径を計測する必要があるため、オルソ画像等による計測は難しく、現地踏査を要する。一方、森林作業道の路線の長さはオルソ画像との相性が良いため、計測が容易である。他の7つの検査内容については、オルソ画像等により計測・測量されることが期待されるが、竣工検査員による確認が必要となっており、検査員の判断が検査の可否に大きく影響する。しかし、静岡県内では間伐事業地のオルソ画像等を検査員がどのように評価するのかを調査した例はない。

本研究では、愛鷹山麓の3残1伐列状間伐

の事業地でのオルソ画像等の活用事例を分析することで、次の2つを明らかにすることを目的とした。

- 1 間伐事業でオルソ画像等を活用することの課題と利点
- 2 静岡県の竣工検査員の列状間伐地のオルソ画像等に対する判断の現状と普及のための課題



図1 間伐前後の林地のオルソ画像の比較

表1 県補助事業竣工検査内規の間伐および森林作業道の作設の検査内容

間伐	
	施行地の区域
	除地
	周囲測量成果および面積
	搬出集積量
森林作業道の作設	
	当該森林作業道の整備と間伐の一体整備状況
	路線の長さ
	幅員
	縦断勾配
	横断面傾斜度

2 方法

(1) 調査地

調査は静岡県富士市須津山地区のスギ・ヒノキの人工林で行った。地形は中傾斜地、標高は約 400m、表層地質は愛鷹ローム層であった。林齢は 40 年～80 年で過去 20 年間の施業履歴がなかった。間伐面積は 3.0 ha で、新設の森林作業道の長さは 1,085 m であった(図 2)。

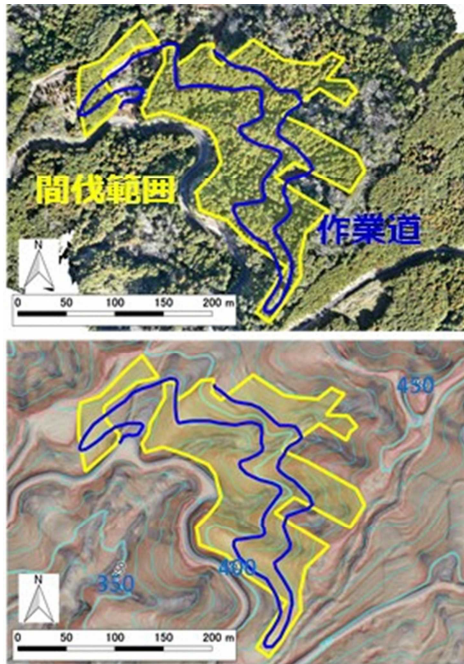


図 2 調査地のオルソ画像と立体図

(2) 林冠のオルソ画像、3次元メッシュデータ、3次元点群データの取得・生成

調査地の色・形の情報を取得するため、市販の空撮用ドローン(Mavic3: DJI)を用いて、林冠の上空から鉛直下向きの画像を撮影した。撮影は立木の伐倒前および伐倒・作業道開設の完了後の 2 回行った。撮影枚数はそれぞれ伐倒前 3,038 枚、完了後 3,200 枚であった。対空標識は 10 箇所に設置し、座標を GNSS で測量した。調査地の色および 3 次元形状の解析のため、それぞれの撮影時期の空撮画像と対空標識の情報を PIX4Dmapper (PIX4D) で処理、オルソ画像、3 次元メッシュデータ、3 次元点群データを出力した。PIX4Dmapper の設定は既定値を用いた。

空撮の経験がない林業従事者が空撮に関

する技術を習得することを想定し、専門職大学の企業実習生が撮影準備、空撮、解析を実施した。

(3) オルソ画像等に対する検査者の判断の評価

補助事業の竣工検査員を想定した静岡県職員(林業職)11 人に表 2 の資料を①から④の順に提示し、どの資料を見たときに静岡県補助事業竣工検査内規の検査内容(表 3)を確認できるかどうかを聞き取った。その結果から式 1 により模擬検査合格率を算出した。

$$\text{模擬検査合格率} = \frac{\text{検査内容を確認できたと回答した検査者数}}{\text{回答者数}} \quad \text{式 1}$$

表 2 検査者に提示した資料と順序

- ①紙に印刷したオルソ画像
- ②GIS ソフトを使用しパソコンのモニターに表示したオルソ画像
- ③ 3 次元メッシュデータ
- ④ 3 次元点群データ

表 3 調査対象とした検査内容

間伐	施行地の区域
	除地
	周囲測量成果および面積
森林作業道の作設	当該森林作業道の整備と間伐の一体整備状況
	幅員
	縦断勾配
	横断面傾斜度

3 結果

(1) 空撮・解析の人的・時間的コスト

ドローンによる空撮および空撮画像の解析の技術習得には約 1 か月を要した。

空撮の所要時間は立木伐倒前：令和 4 年 11 月 2 日 7:30～11:30、作業完了後：令和 5 年 2 月 21 日 7:30～11:30 であった。所要時間の内訳は、対空標識の設置(10 点)およ

び GNSS 測量：1 時間 30 分、ドローンによる空撮：2 時間、対空標識の片付け：30 分であった。

空撮画像の解析時間は立木伐倒前と作業完了後のそれぞれでタイポイント・点群の生成に 36 時間程度、オルソ画像の生成に 12 時間程度であった。ただし、解析者によるソフトウェアの操作時間は 2 時間程度であった。

(2) オルソ画像等に対する検査者の判断の評価

検査者にオルソ画像等を提示した結果を表 4、図 3、図 4 に示した。

間伐の施工地の区域の確認については、③ 3 次元メッシュデータの提示により② オルソ画像で 64% であった模擬検査合格率は 73% に増加した(図 3)。③ 3 次元メッシュデータと④ 3 次元点群データでは差がなかった。① 紙に印刷したオルソ画像で模擬検査合格率が 27% であったのに対して、④ 3 次元点群データを提示しても模擬検査合格率は 73% で、27% の検査者は確認できたと回答しなかった。

作業道の幅員の確認については、③ 3 次元メッシュデータで模擬検査合格率 73%、④ 3 次元点群データを提示すると模擬検査合格率は 91% に増加した(図 4、図 5)。

表 4 検査項目ごとの模擬検査合格率

検査項目	確認資料 (模擬検査合格率)			
	①印刷紙	②オルソ画像	③3次元メッシュ	④3次元点群
間伐の施工地の区域	27%	64%	73%	73%
除地の確認	40%	70%	80%	80%
作業道の一体性の確認	55%	73%	82%	82%
幅員	/	/	73%	91%
縦断勾配	/	/	91%	100%
横断面傾斜度	/	/	20%	70%

4 考察

(1) 空撮およびデータ解析のコスト

再造林事業でのオルソ画像等の活用が進

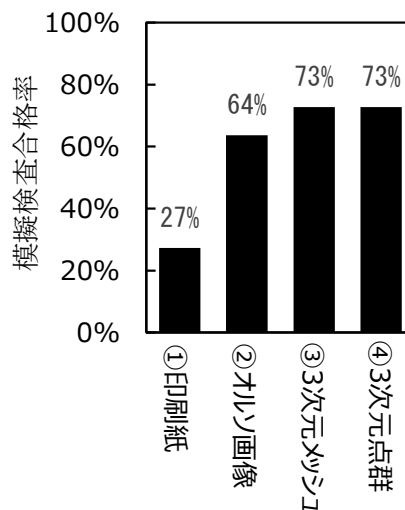


図 3 間伐の施工地の区域確認

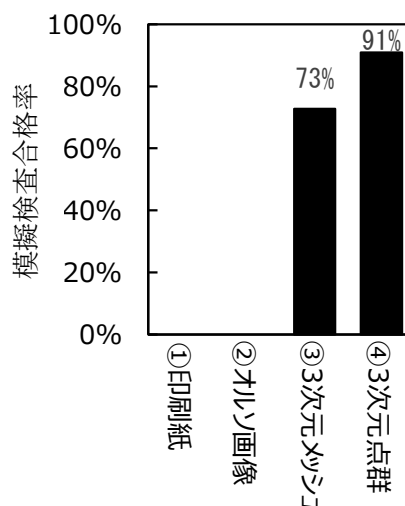


図 4 作業道の幅員の確認

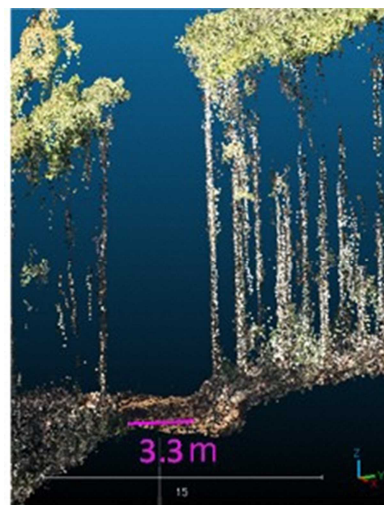


図 5 作業道の横断面の 3 次元点群データ

んでいる状況から空撮および解析のコスト

は林業経営体や行政機関で許容可能な程度と予想された。本研究での技術習得期間や空撮・解析時間は再造林事業と同様に多くの林業経営体や行政機関で許容可能な程度であった。これは空撮・解析技術の一般化や自動化が進んでいることの影響が大きかった。ただし、本研究の空撮時間や解析時間は、経験が浅い者が行った結果であるため、技術の熟練により短縮される余地がある。

(2) 作業道への杭を打設省略の効果

オルソ画像等により作業道の検査内容の計測を行ったことにより、路体への杭の打設が省略された。これは測量の省力化とともに機械の稼働率の向上に貢献することがわかった。路体に測量杭を打設した場合、測量杭は竣工検査まで保護する必要があるため、多くの車両系の林業機械は検査が終わるまで作業道を走行することができない。このために、施工地の位置関係によっては休工期間が生じる場合がある(図6)。オルソ画像等の活用はこのような休工期間を削減し、機械の稼働率を向上させる効果が期待できる。

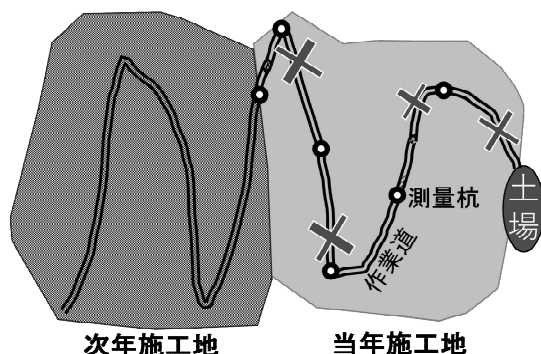


図6 作業道の検査待ちにより休工期間が生じる施工地の位置関係の例

(3) 間伐区域の確認の質の向上

現地踏査で間伐区域を確認する場合、検査者の移動範囲が制限されるため、確認できるのは、作業道の周辺、立木調査箇所の周辺、周囲測量の検査箇所の周辺である。一方、オルソ画像等では、対象地全体の林冠が確認できる。

(4) オルソ画像等に対する検査者の判断

間伐の施行地の区域の確認では、伐採箇所がわかりやすい列状間伐の現場でも判断の個人差が大きかった(図3)。

作業道の路体構造の確認では、3次元データ(3次元メッシュデータ、3次元点群データ)が作業道の検査に有効なことが示された(図4)。

(5) 普及に向けた課題と対策

空撮・解析技術の進歩により、オルソ画像等を生成・表示するコストは低く、課題は見つからなかった。一方で、検査者の間伐区域の確認の判断の個人差が大きいことは、検査不合格のリスクにつながり、普及に向けた課題である。この対策を4つ考えた。①検査者の研修等を行い、見解のばらつきを小さくする。②検査者が不明確と判断した内容を明確にするため、検査者自身が3次元データ等に解析を加える。③検査者が不明確と判断した内容を明確にするため、林業経営体が3次元データ等に解析を加える。④研究機関等が3次元データ等の解析技術の自動化・一般化を進める(静岡県2020)。これらの対策は同時並行で行うことができ、林業経営体、県、研究機関の産官学が連携して対策を行う課題であると考える。

5 謝辞

オルソ画像等に対する検査者の判断の調査に協力していただいた静岡県職員の皆様に感謝申し上げます。

本研究の調査の一部は静岡県立農林環境専門職大学の企業実習の一環として行われました。関係者の皆様に感謝申し上げます。

本研究の対象とした間伐・作業道整備・空撮関連機器等の整備は、令和4年度林業イノベーション推進事業(リモートセンシング技術活用実証)として行われました。

引用文献

- ・静岡県(2020) ドローンを活用した森林資源計測 あたらしい林業技術 670

台風 15 号災害箇所における VCCO 型応急対策工の実施と効果

静岡県中遠農林事務所 治山課 技師 高野翼
株式会社共生 名古屋分室 本郷広

1 はじめに

近年、急激な気候変動により、短時間で強い雨が降る集中豪雨が頻発しており、それに伴い山地における土砂災害が増加している。災害地では、不安定な山腹が再度崩壊して土砂が発生したり、溪流内に堆積している不安定土砂が、再度下流へ流出することにより、2回目の災害の発生や、復旧工事中の作業員の被災等、二次被害の懸念が高まっている。

二次被害を防止するためには、まず仮設工として応急対策工を施工し、安全を確保した上で、本工事を行う必要がある。応急対策工にはいくつか種類があり、強度・コスト・施工性等、一長一短があるため、現場に適した工種を採用する必要がある。特に近年では、大規模な災害が増えているため、強度の高い応急対策工の施工が重要視されてきている。治山工事で採用されることの多い「大型土のう」は、低コストで速やかな施工が可能だが、土のう単体を積上げているだけなので、強度が十分でないこともあり、決して万能な工法ではない。

中遠農林事務所では、令和4年度災害箇所の工事で応急対策工としてVCCO型応急対策工（Vertical Column Cantilever Open dam）を施工した。本研究では、当工事の工法検討、施工方法、施工結果をとりまとめたので、考察を含めて報告をする。

2 施工地

(1) 施工地と対策工法

令和4年9月24日の台風15号により、掛川市丹間（タルノ沢）の山林において（図1）、山腹が崩壊し、溪流に沿って大量の土砂が市道へ流出する災害が発生した（図2）。溪流内には依然として不安定土砂が堆積しており、礫や倒木も混ざっていた（図2）。

現在、災害関連緊急治山事業により治山工事を実施している。対策工事としては、市

道への土砂流出を抑止するために、谷止工を計画した（図2）。一方で、溪流には水が多く、礫や倒木を含んだ不安定土砂が堆積していることから、再度土石流発生の懸念があった。また、谷止工施工予定箇所の上流側を見ると、溪流が大きく曲がっているため、上流から土砂が流れてきても気づかずに被災してしまうことが予想された（図3）。このことから、二次被害防止のため、谷止工の上流部に仮設工として、応急対策工を検



討することとした（図2）。

図1 施工地



図2 施工地の全景



図3 谷止工計画位置の上流側の様子

(2) 応急対策工の検討

現地は、土石流発生の懸念があったため、二次被害防止のため強度が必要だった。一方で、災害箇所では緊急治山事業を実施しているため、早急な復旧も求められた。また市道が隣接しているため、比較的重い資材でも搬入が可能だと考えられた。

これらの条件を踏まえて、4つの工法を比較した(図4)。「大型土のう」は、治山工事で頻繁に使われている。近年は、大型土のうを鉄線のカゴ枠に入れることで強度を高めた「応急土石流ガード」という工法もある。「ネット系対策工」は土木工事で使われることが多い。最後に比較的新しい工法である「VCCO型応急対策工」を候補に挙げた。



図4 応急対策工の比較工種

4つの工種を具体的に比較するため、それぞれ特徴となる効果ごとに評価をした(表1)。本施工地では、高い強度や、迅速な施工を重視したいため、強度面で劣る大型土のうや、工期・資材調達で劣るネット系対策工は不適だと考えられた。大型土のうと鉄線から構成される応急土石流ガードに対して、VCCO型応急対策工は、鋼材やコンクリートから構成されるため、強度が強いと考えられ、また施工費用が安価であったことから、本施工地ではVCCO型応急対策工を採用することとした。

3 VCCO型応急対策工の紹介

(1) 基本構造

VCCO型応急対策工は、NETISに登録されており(KT-190075-A)、2019年の製品開発

以来、全国で14基の施工実績がある。なお、静岡県治山工事では、本施工地が初めての施工である。

表1 応急対策工の特徴比較(※延長3.9m直工費)

工種	強度	経済性	工期	資材調達
大型土のう	×	◎ 25万円*	◎	◎
応急土石流ガード	△	○ 144万円*	○	○
VCCO型応急対策工	○	○ 136万円*	○	○
ネット系対策工	◎	×	×	×



図5 VCCO型応急対策工(本施工地)

基本構造として、CFT柱(Concrete Filled Steel Tube)と呼ばれる、角型鋼管にコンクリートを充填した柱を、並列に配置している(図5、図6)。純間隔は、土石流の捕捉や、出水時の砂礫等の流下防止を考慮し、20cm~30cm程度を標準としている。CFT柱を支える基礎部は、底版コンクリートからなる、逆T型擁壁構造で構成される(図6)。

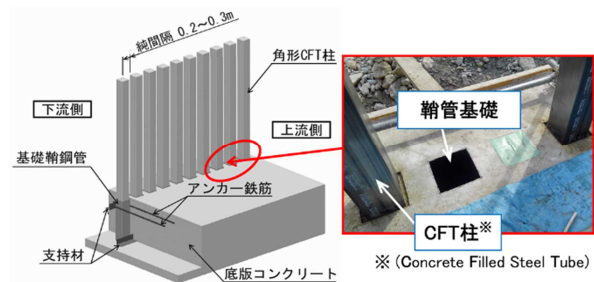


図6 VCCO型応急対策工の基本構造

底版コンクリート内部には、CFT柱よりも

一回り大きい角型鞘鋼管と、それを支えるアンカー鉄筋を配置している（図6）。基礎部を鞘管方式とすることで、CFT柱が着脱可能となり、礫等を捕捉した場合にCFT柱を取り換えることが出来る。

(2) 特徴

VCCO型応急対策工の特徴として、①粘り強く抵抗できるCFT柱、②工期短縮及び容易な施工、③CFT柱の取り外し、再利用が可能、④除石及び除木が可能、といったことが挙げられる。

①について、鋼管へコンクリートを充填することで、強度及び曲げ剛性が増加し、土石流等の外力に粘り強く抵抗することが出来る。②について、使用部材は流通性の高い角型鋼管等を使用しているため、資材が入手しやすく、特別な加工も必要ない。また、構造がシンプルなことから、特殊な作業を必要としないため、施工が容易で工期短縮を図ることが出来る。③について、CFT柱は着脱式となっているため、万が一想定外の荷重を受けて大きく変形した場合でも、取り外しが可能である。なお、強度低下がみられなければ、再設置および他の現場への再利用も可能である。④について、CFT柱は自在に取り外せることから、捕捉した土石流の礫や流木等の除去を行うことが可能である。

その他にも、使用部材の鋼管は重ね置きが可能な資材のため、保管ヤードの省力化が図れる等、様々な特徴を持っている。

(3) 施工事例

本施工地において、施工後に台風7号が通過したが、背後には多少の礫混じりの土砂が溜まっている程度で、現地に大きな影響はなかった（図7上段）。徳島森林管理署により2021年に施工された事例では、施工後に土石流が発生したが、大量の礫や流木を問題なく捕捉した（図7下段）。CFT柱に変状等もみられず、問題なく機能を発揮した。

CFT柱の構造は、VCCO型応急対策工だけではなく、同種構造として応用が可能であ

る。京都府で2021年に施工された流木対策工は、仮設工事ではなく本設工事としてCFT柱を使用した（図8）。同様に、長野県で2020年に施工された崩壊土砂・落石対策工はVCCWと呼ばれ、CFT柱の山側にエキスパンドメタルを配置することで、細かい土砂も捕捉できる構造となっている（図9）。なお、静岡県新技術にも登録がされている（KT-210007-A）。



図7 施工事例（VCCO型応急対策工）



図8 施工事例（流木対策工）



図9 施工事例（崩壊土砂・落石対策工）

4 結果と考察

(1) 施工結果

本施工地におけるVCCO型応急対策工の施工フローをまとめた（図10）。まず所定の床

付け面まで掘削し、底版コンクリートの1回目の打設を実施する。その仕上がり面に鞘鋼管を設置し、アンカー鉄筋等の基礎部鋼材を設置する。次に鞘鋼管上部まで2回目のコンクリートを打設し、底版部の施工は完了となる。底版コンクリートの養生期間が終われば、上部鋼管を建て込む。基礎鞘鋼管と上部鋼管の隙間には砂を充填し、倒れ調整やふらつきを抑える。最後に鋼管柱内にコンクリートを充填し、完成となる。

本施工地のVCCO型応急対策工は、鋼管の高さが3.0m、延長が3.9m、本数が9本の構造であり、正面の面積11.7㎡の施工規模である。他の施工地に対して、施工規模及び施工実日数を比較すると、施工規模で施工実日数は大きく変わらず、いずれも7日程度であることが分かる(図11)。

(2) メリットとデメリット

メリットとして、短期間で施工を完了できたことから、施工性が良いと考えられた。施工業者からも、使用する資材と施工方法がシンプルなので、初めてでも施工がしやすかったと意見があった。また、施工後も問題なく土砂を捕捉しており、強度が高いことが考えられた。

デメリットとして、本施工地に限定されるかもしれないが、土工に時間がかかった。本工法は、掘り込んで基礎コンクリートを施工するが、掘削作業中に両岸が崩れて、土砂が流入することが何度かあり、土工に日数を要してしまった。また、構造上、細かい土砂は鋼管の隙間を通過してしまい、下流に流れ出てしまった。最後に、治山工事でよく使用する大型土のうと比較すると、コストが大きくかかってしまった。

このようにデメリットもあったが、それ以上のメリットがあったと考えられる。強度が高いことで、市道への土石流出を抑えることができ、何よりも作業員の命を守ることに繋がることは大きい。土木工事を行う建設業では、他業種と比較して労働災害が多いことが課題となっている。さらに近年は、現場作業員の高齢化も課題となって

おり、高齢な作業員の事故が増えている。本施工地のように、二次被害が懸念される場所では、高齢なために逃げ遅れてしまう危険性が考えられる。このような危険な場所でも、土木業者作業員、特に高齢な作業員にも安心して工事に携わって貰うことは、行政として考えていくべきことであると考え



図10 VCCO型応急対策工の施工フロー

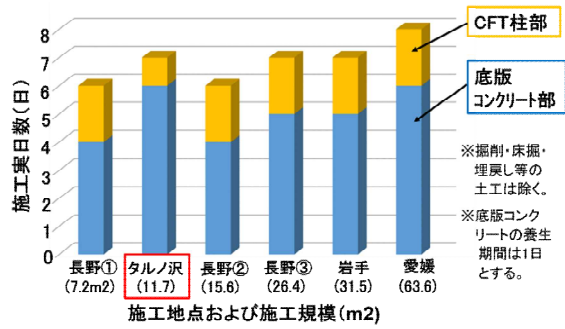


図 11 施工箇所ごとの施工実日数

5 まとめ

本施工地における実績から、VCCO 型応急対策工は、①大型土のうよりも強度が必要で早急な復旧が求められる、②スリット状の構造により捕捉しやすいような大きな礫や倒木が多い溪流、③市道や作業道に隣接しており重い鋼材等の資材搬入やコンクリート打設が施工しやすい、といった条件が該当する現場が適した施工地と考えられる。このように、VCCO 型応急対策工は条件が合えば、様々な現場で使っていける工法ではないかと考えている。

広葉樹利用の新たな可能性に向けた取組について

静岡県東部農林事務所 森林整備課 主査 鈴嶋康子

1 静岡の木材産業

静岡県の林業・木材産業は、スギやヒノキの生産が主流で、建築用材や合板、バイオマスのチップ用などに生産されます。その伐採作業の中で、広葉樹が伐採されることがあります。広葉樹は、チップ用材のほか、伊豆などの地域においては、しいたけ生産用のホダ木などになります。

また、極わずかですが、大径の広葉樹は市場に出荷され、家具や木工用材として取引されることもあります。

2 静岡の家具産業の現状

静岡県のうち、とりわけ静岡市は、徳川家康の時代、静岡浅間神社造営のために木工職人が全国から集められた流れで、家具の一大産地へと発展しました。そのため、家具のつくり手が集積しており、家具向けの製材ができる工場も複数あります。静岡の家具づくりは、元々箱ものと言われる箆笥などが主流であったことから、製材工場は薄手の板材を挽くことを得意としています。

家具づくりは、家具の種類や使い手の需要に合わせて、木の特性や木目を生かしてつくるので、様々な樹種や地域の木材を取り扱ってきました。

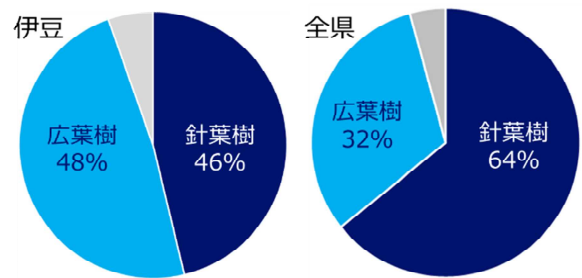
しかし今では、かつて藤枝にあった広葉樹市場も無くなり、家具に利用される広葉樹の地域産材の流通は、極わずかです。品揃えや品質から、木材の買付は最近では東北や北海道まで行くことが多く、県内での地域材の取引は、小規模な個別取引のみです。家具職人、家具向けの製材工場、森林資源と3拍子揃っているにも関わらず、地域の木材を使う流れがほとんど無い状況となっています。

3 豊富な広葉樹を持つ東部管内の状況

伊豆地域では、森林面積の約5割が広葉樹です。生産林としての広葉樹は無く、スギやヒ

ノキの森林整備と併せて伐採された広葉樹のうち、大径のものは市場へ出荷することもあります。タイミングが不定期的のため、買い手が付きづらい。そのため、この豊富な広葉樹資源の積極的な利活用が、東部地域の課題の一つと言えます。

ある程度のサイズまでの広葉樹はまとめてチップ工場に引き取ってもらうことが主流となっていますが、適材適所を見極め、それぞれの広葉樹が持つ特性に合わせて使うことができれば、材の需要の幅を広げ、更に適材適所で有効に活用する方法があるのではないかと考えました。



グラフ 針広葉樹別の面積割合

4 みぢかな木を活かす道のり

令和元年に、商工業局地域産業課で家具産業振興の担当となると、静岡大学の横田准教授や、静岡の家具のつくり手、そして山を守るきこりから、地域の木をもっと活かしたい、という意気込みをぶつけられました。

横田准教授は、地域産業の連携による価値づくりなどを研究し、静岡大学に来る前は、北海道の旭川において、当時未利用材であった白樺を活用するプロジェクトに取組んでいました。

横田准教授とともに、地域材の活用に興味がありそ



つくり手や、広葉樹を扱う製材所、広葉樹の活用に前向きな素材生産者、地域に根差したデザイナーなどを訪問し、何度も話し合いを重ねる中で、現状における課題や地域材を使う意義、地域材を使っていくための組織体制、流通のスキーム等を整理し、共通認識を図っていきました。

5 「ヨキカグ」の立ち上げ

地域の広葉樹をもっと活かしたい想いのある林業、製材、家具、デザイン、プランナー、静岡大学、及び県がひとつとなり、地域材を活用する「ヨキカグ・プロジェクト」を立ち上げました。



ヨキカグという言葉は、昔木の伐採に使っていた斧で「自然への敬意を表す地水火風の四つの気」を表す四本の溝を刻んだ「ヨキ」、そして、みちかな木の良さを最大限に活かした良き家具をつくり、繋げていこうということから来ています。

地域材を活用するためには、木を伐るところから加工をするところまでの木材の流れのしくみを整え、地域に地域材を使う土壌を育てる必要があります。県内では、個別の取引を除き、広葉樹の定期的な流通はほぼありません。素材生産者や製材業者に、家具などの業界に広葉樹の需要がある事を認知してもらい、木材の流通のしくみを作る必要があります。

そして、家具のつくり手側も、今まで使って



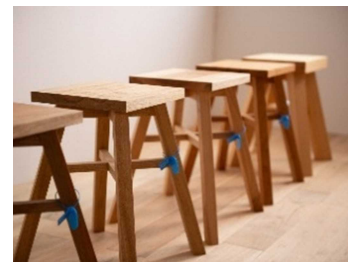
こなかった未利用材を活用することで受け皿の幅を広げるとともに、顔の見える繋がりをつ

くることで、業界間の連携を太くし、木の背景にあるストーリーを発信し伝えることで、森と人、人と人とのつながりをつくります。

そうすることで、木を伐るところから使い手まで、そのストーリーやモノの価値を循環させていくことができれば、地域の豊かな森づくりと、豊かな暮らしをつくることにつながる、と考えます。どのような形がいいのか、未だ議論は尽きず、今も進化を続けている最中です。

6 地域材活用の実績

ヨキカグの取組のPRに使用する木々ツールは、木目や陰影が美しく、木それぞれの個性と魅力を伝えるために開発しました。神社で倒れてしまったカエデや、工事の都合で伐られることになったケヤキなど、



様々な樹種やストーリーの木から製作しています。県庁のロビーで展示した時には、様々な樹種の木々ツールを手にとってもらえるように並べ、来庁者は、見た目や肌触り、重さなど、一つ一つの違いに驚いていました。

静岡大学とコラボし、演習林内の自生している早生樹を活用する取組では、在来の早生樹が家具や木工製品にどのように活用できるかを試みた、実験的な取組となりました。大学という施設をフル活用し、材の強度試験や、学生や他学部に向けた展示なども行いました。

その他にも、ヨキカグが材の調達や実際の



製作に関わり、少しずつ実績を増やしています。

集材実績（抜粋）



納品実績（抜粋）

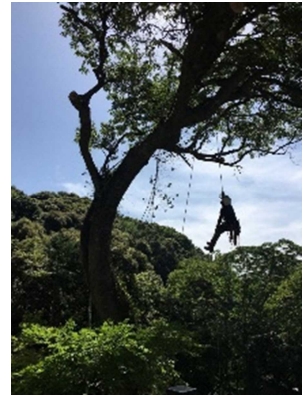


7 東部地域への拡大と発信

令和3年度に私は東部農林事務所へ赴任することになり、広葉樹が豊富な東部地域でも

っと広葉樹を活かしていく流れをつくろうと、林業事業者の方々に働きかけました。

(株)天城農林(伊豆市)は、自分たちが伐った広葉樹を有効に活用してほしいという思いがあり、販路を増やす意味でもプラスになることから、ヨキカグへの広葉樹の搬出につながりました。(株)天城農林の申し出で、静岡にある製材所までトラックいっぱい丸太を運んできた時には、広葉樹の製材所で扱われる丸太を実際に見て、川中・川下の需要や考え方などを話すことができました。また、家具の作り手にとっても、材を伐った人と直にコミュニケーションをとる機会となり、普段家具にはあまり使われない珍しい材も運ばれてきて、未知の素材の開拓と挑戦の機会となりました。



戸田森林組合(沼津市)は、資源の有効活用と、地元の森林・林業の活性化やPRになればと、直径80cmもある大きなケヤキを搬出。皆伐現場の真ん



中にあり、とても重量がありましたが、タワーヤードでどうにか土場まで出してくれました。材はすぐに製材工場に運ばれ、板に製材しま

した。

この戸田森林組合のケヤキの丸太を板に挽き、沼津市役所と東部総合庁舎で展示を行いました（主催：地域産業課）。挽きたてで香りもよく、ほんのり湿っているケヤキの板は「木が生きていることを実感できる」と、来訪者に好評でした。



8 みぢかな木を使うということ

みぢかな木を使うことで、木材の新たな流れが生まれ、販路を多角化させるとともに、物理的に距離が近い、顔の見える相手と取引できることは、大きな強みです。

づくり手も様々なづくり手がいて、それぞれ個性が違いますが、今まで扱ってこなかった未利用材などにも挑戦し、受け皿を広げ、扱える木材の幅を増やすことと、その木材をしっかり使える人のところに繋いでいくことができれば、今まで使えないだろうと思いついた木材は、実はとても価値のあるものかもしれません。しかし、その価値に気付くには、山で伐って出す人、流通で繋ぐ人、製材する人、加工する人、その流れに携わる人たちが連携し、広葉樹や未利用材を使う大きな流れをつくることで、初めてできることです。

「良質な材」は、みんなで創るものであり、このストーリーや意義も一緒に伝える事で、その木材や製品に価値が生まれます。

そうすることで、素材生産者にとっては、販路の多角化によるリスク分散や、スムーズで余すところのない材の取引、そして目先に囚われない、長いスパンでの林業経営や森づくりに繋がります。

木を使ったものづくりをする者にとっては、

近場で顔の見える相手との取引によるリスクの低下や、ストーリーを伝えられることによる製品の価値の向上に繋がります。

使い手にとっては、ストーリーが見えることで、価値を納得した上での製品の購入や、生産者の顔が見えていることで、何かあれば対応してくれる人がそばにいる安全・安心。そして、山からここまでたくさんの人の手を経てつながってきた家具が、暮らしの身近にある、ということによる、暮らしの充実や豊かさにつながります。

表 みぢかな木を活用することの利点

区分	利点
素材 生産者	販路の多角化によるリスクの分散 信頼の元でのスムーズで余すところのない材の取引
家具の づくり手	近場で顔の見える取引によるリスクの低下 トレーサビリティの明確化による価値の向上
使い手	顔の見える相手からの購入による安心・安全 みぢかな木がそばにあることでの暮らしの質の向上

木や森、関連する仕事に興味を持つきっかけ、木っていいなと思うには、まずは、暮らしの中に、みぢかな山の、誰が伐った木、誰が作った家具かが実感でき、それがいつも手に触れるところにあることから始まるのだと思います。

木材需要が変化する時代の中で、みぢかにある木を活用していくことは、時代に合わせた柔軟でバランスのとれた林業や関連産業の発展と、未来につながる持続的な森づくり、そして豊かな暮らしにつながると考えています。

大切なのは、みぢかな木の家具が持つ特別な価値、というものが何かを、作り手と使い手が一緒に考え続けることだと思っています。

