

令和 6 年度静岡県森林・林業技術研究発表会
発表スライド集Ⅱ

目次

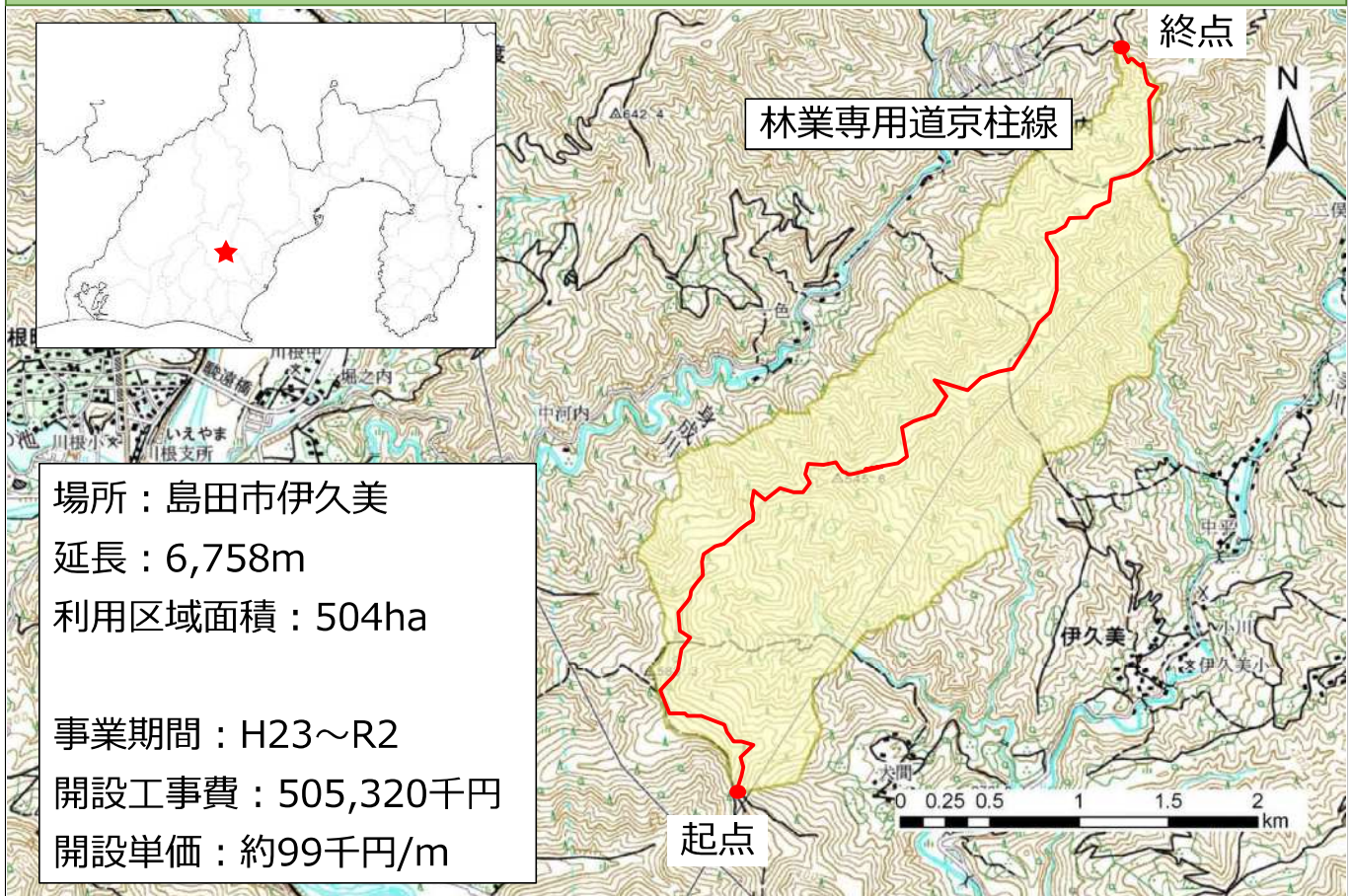
No.8 林業専用道京柱線開設の効果及び今後の展望	1
No.9 主伐施行地における未利用木材の効率的な搬出方法の検証	16
No.10 伊豆地域における原木しいたけ産業の現状と課題	26
No.11 木製堰堤の維持管理について	36
No.12 大型ドローンによる資材運搬の実証	48
No.13 防護ネット柵の高機能化による造林地の獣害対策	64

林業専用道京柱線開設の 効果及び今後の展望

静岡県志太榛原農林事務所
森林経営課 匂坂 光希

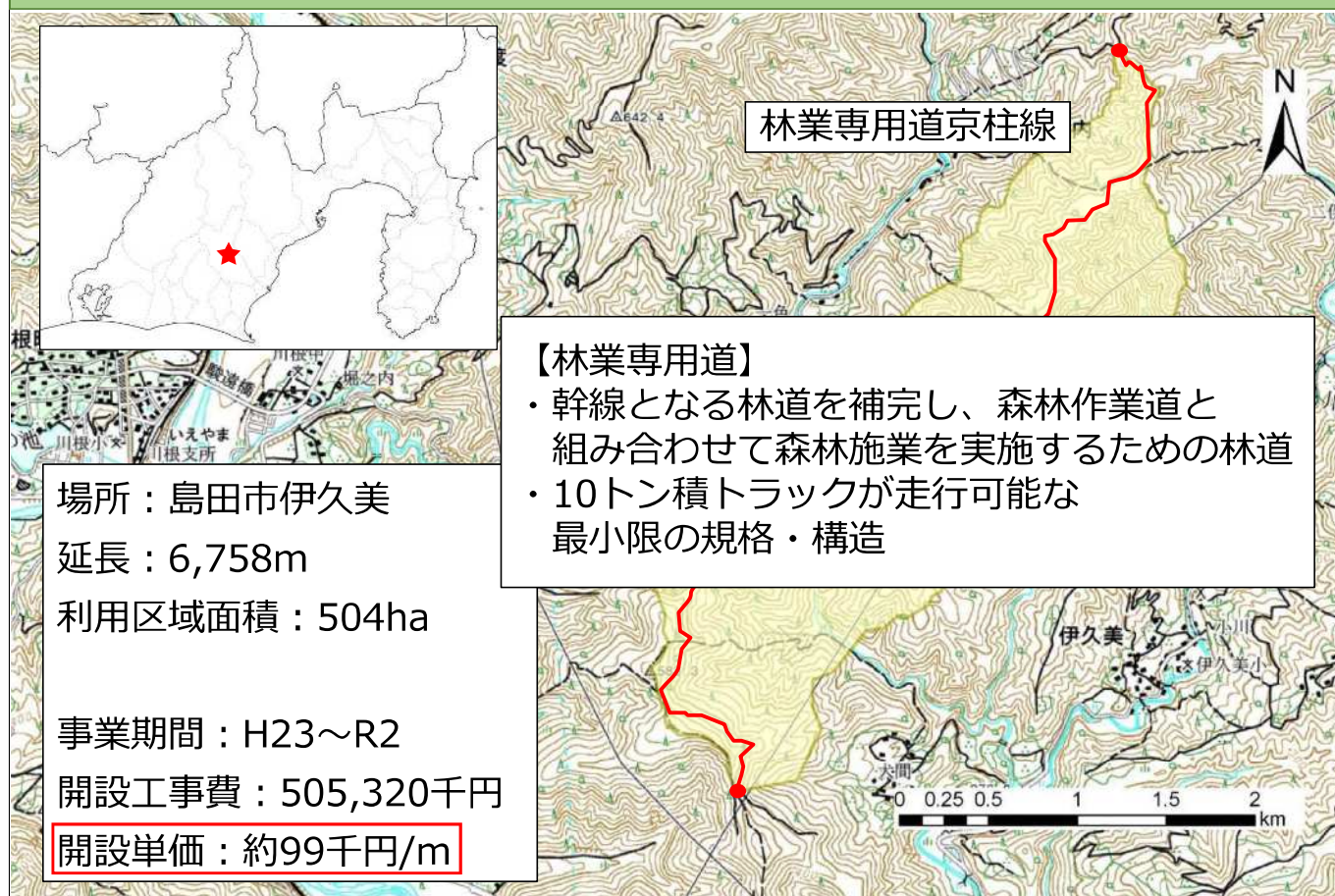
1 はじめに－林業専用道京柱線について

2



1 はじめに－林業専用道京柱線について

3



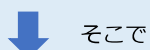
2 目的－林業専用道京柱線開設の効果

4



京柱線の利用状況

森林作業道の開設や主伐・間伐が行われている



そこで

京柱線の開設効果を確認し、今後の展望について考察する

3 開設前の計画について

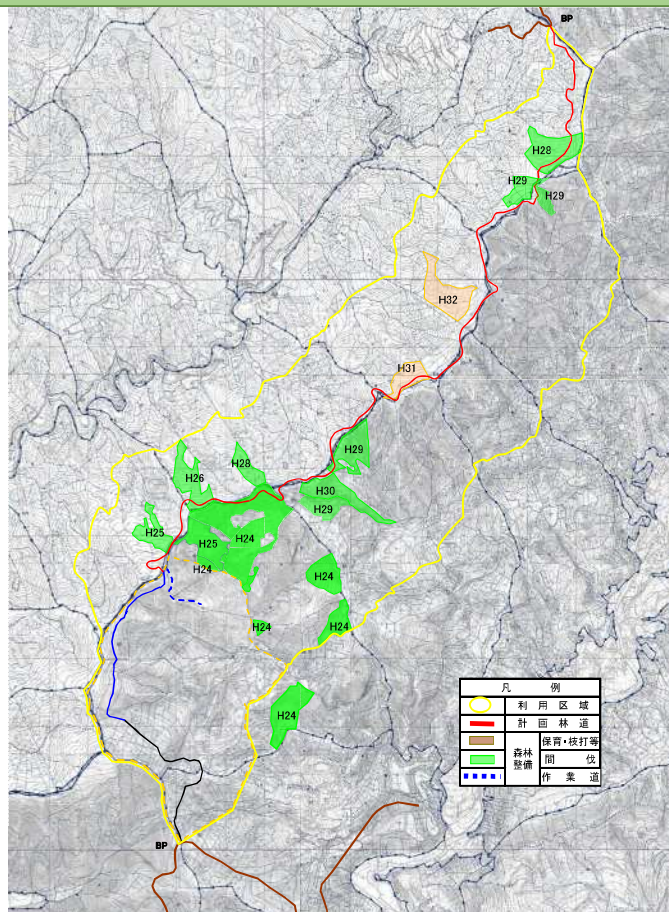
5

○開設計画

H23~R2（10年間） 4,900m

○整備計画

	年度	主伐	間伐
第1期	H23		
	H24		22.1
	H25		5.5
	H26		2.3
	H27		
	小計		28.9
第2期	H28		4.8
	H29		4.4
	H30	2.8	2.9
	H31		
	R2		
	小計	2.8	12.1
合計		2.8	42.0



4-1 開設実績と施業実績

6

京柱線の開設実績と利用区域内の森林施業実績について

【第1期】 H23-H27（5年間）

【第2期】 H28-R2（5年間）

【開通後】 R3-R5（3年間）

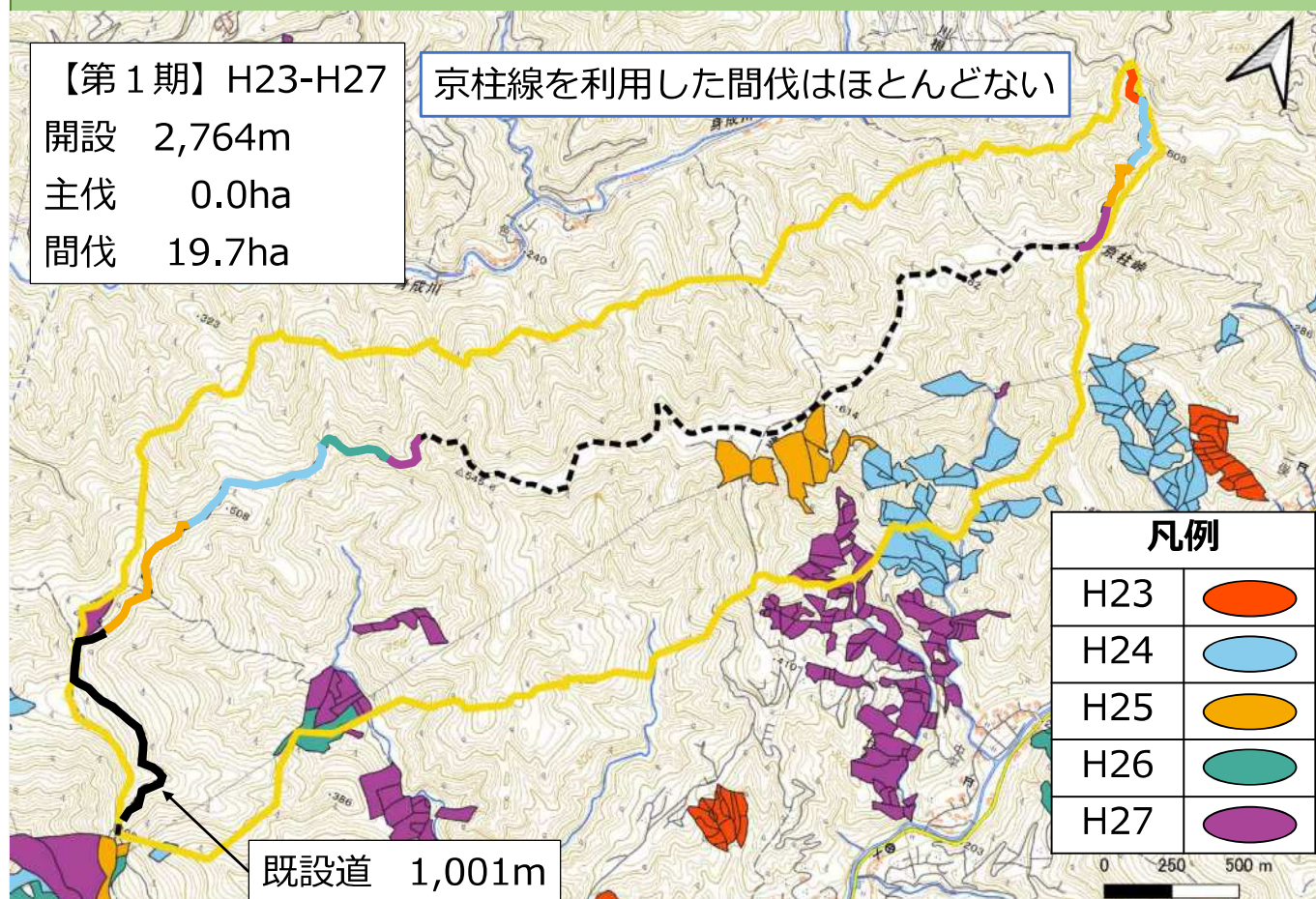
3期間に区切って地図上に示す



令和5年度 主伐を実施 3.1ha

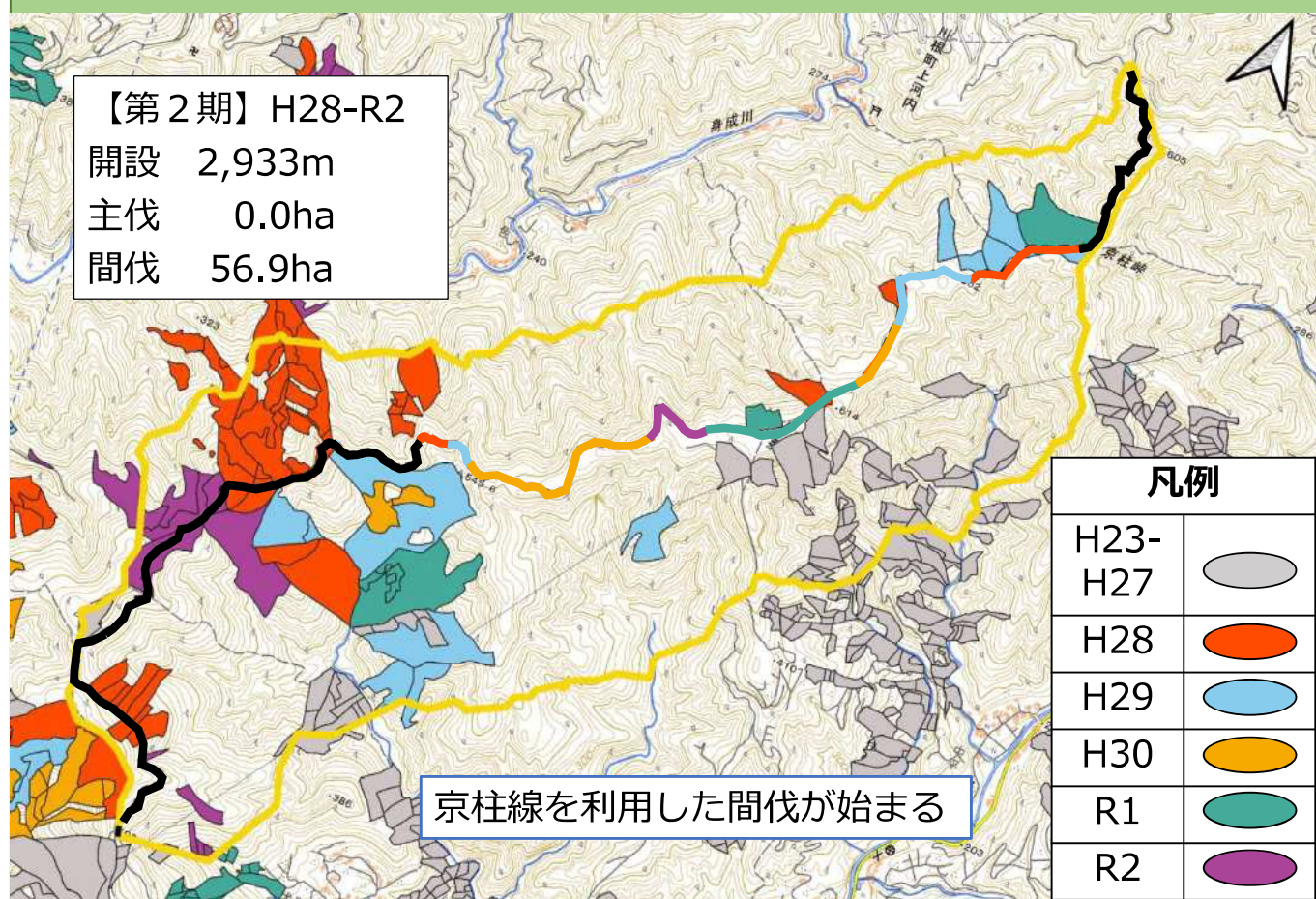
4-1 開設実績と施業実績 H23-H27

7



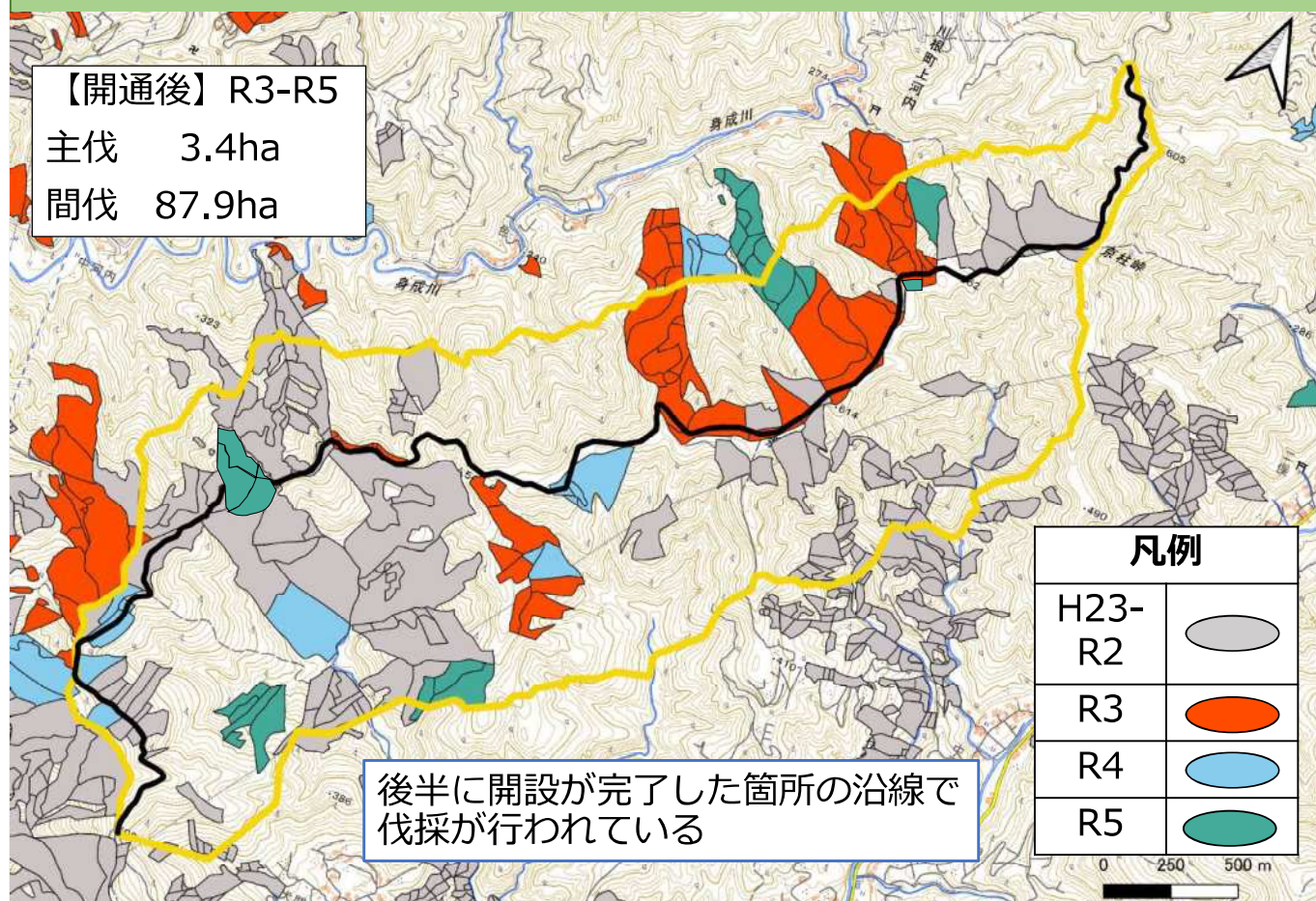
4-1 開設実績と施業実績 H28-R2

8



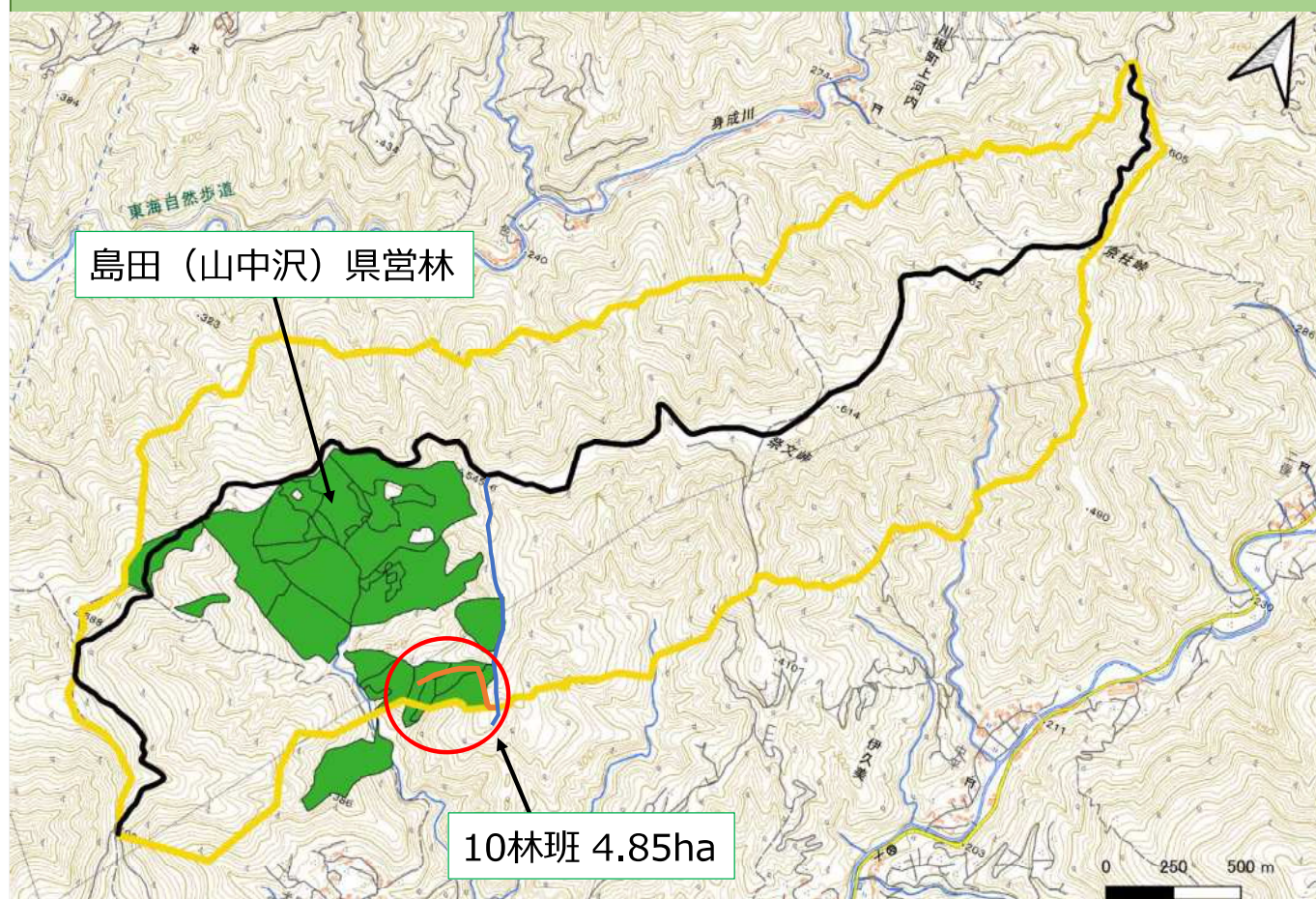
4-1 開通後の施業実績 R3-R5

9



4-1 開通後の施業実績 事例紹介

10



4-1 開通後の施業実績 事例紹介

11

令和5年度 島田（山中沢）県営林 10林班にて利用間伐を実施

作業道開設	407m
搬出材積	246m ³
売払金額	2,763,673円

10林班 4.85ha



4-1 開通後の施業実績 事例紹介

12

令和5年度 島田（山中沢）県営林 10林班にて利用間伐を実施

作業道開設	407m
搬出材積	246m ³
売払金額	2,763,673円

京柱線の開設



県単（補助）による森林作業道開設



県営林の利用間伐

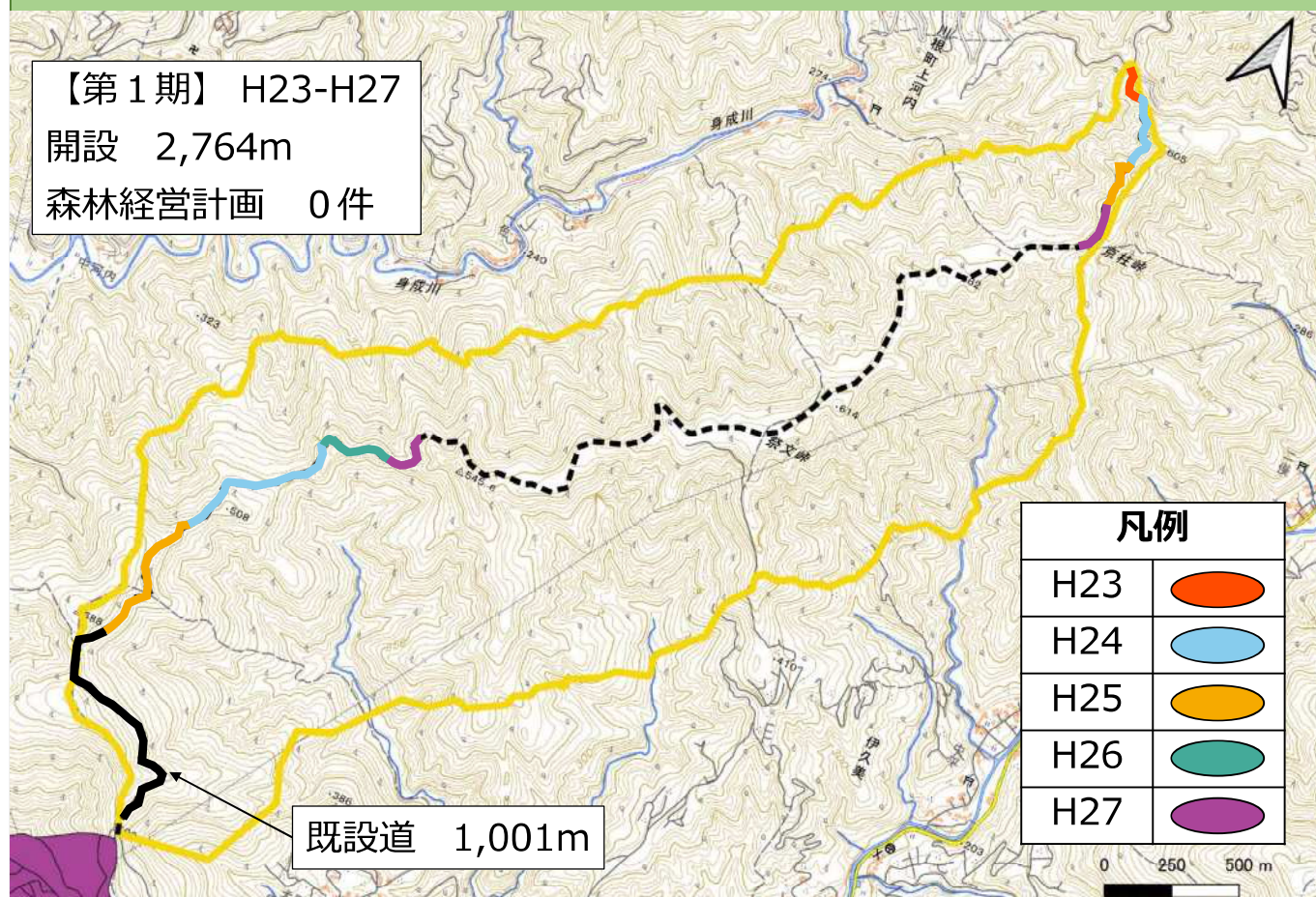
10林班 4.85ha



4-2 開設実績と森林経営計画樹立年

H23-H27

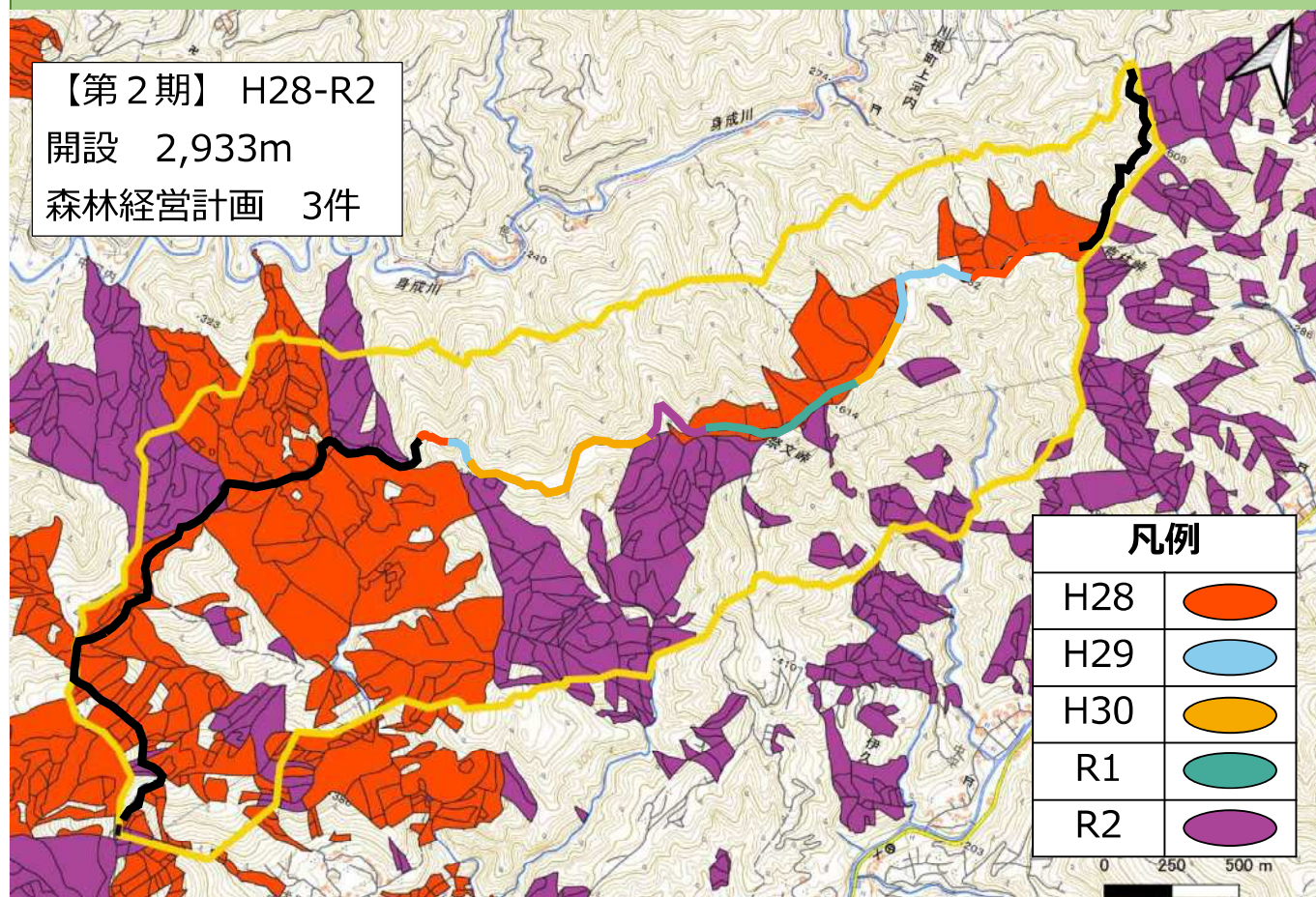
13



4-2 開設実績と森林経営計画樹立年

H28-R2

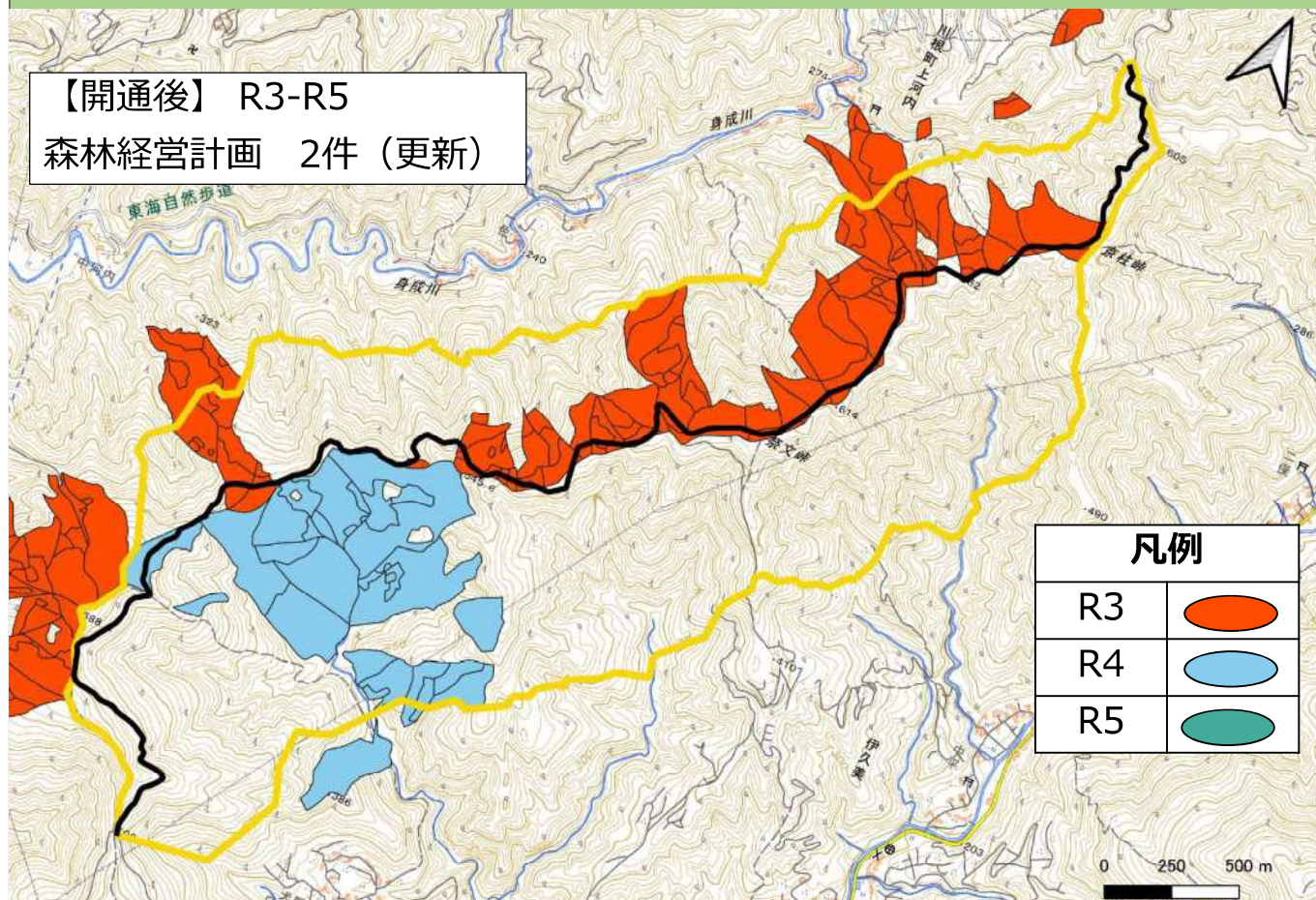
14



4-2 開設実績と森林経営計画樹立年

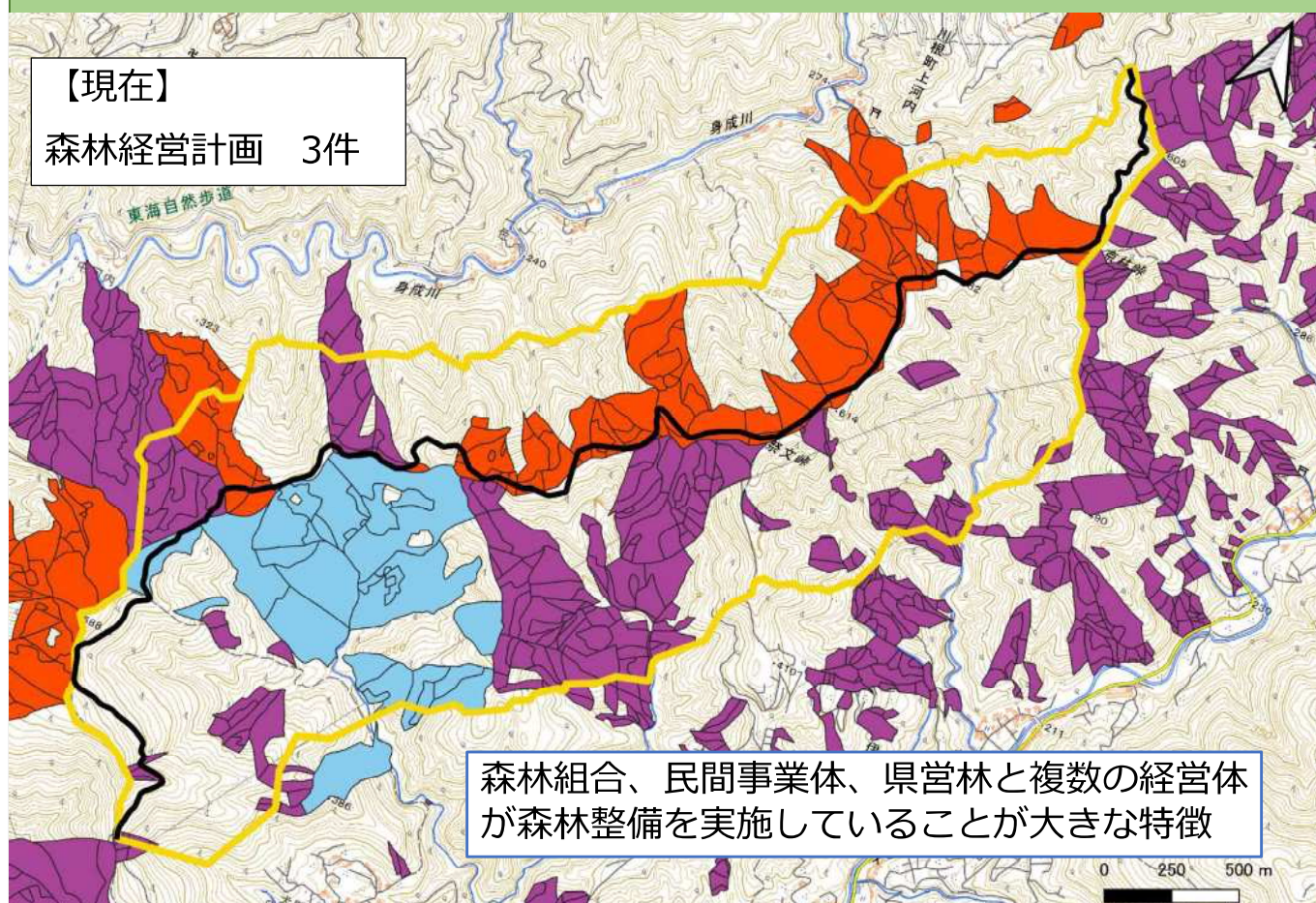
R3-R5

15



4-2 現在の森林経営計画樹立地

16



4-3 作業道開設実績

17

森林作業道の利用区域内の開設実績について

【第1期】H23-H27（5年間）

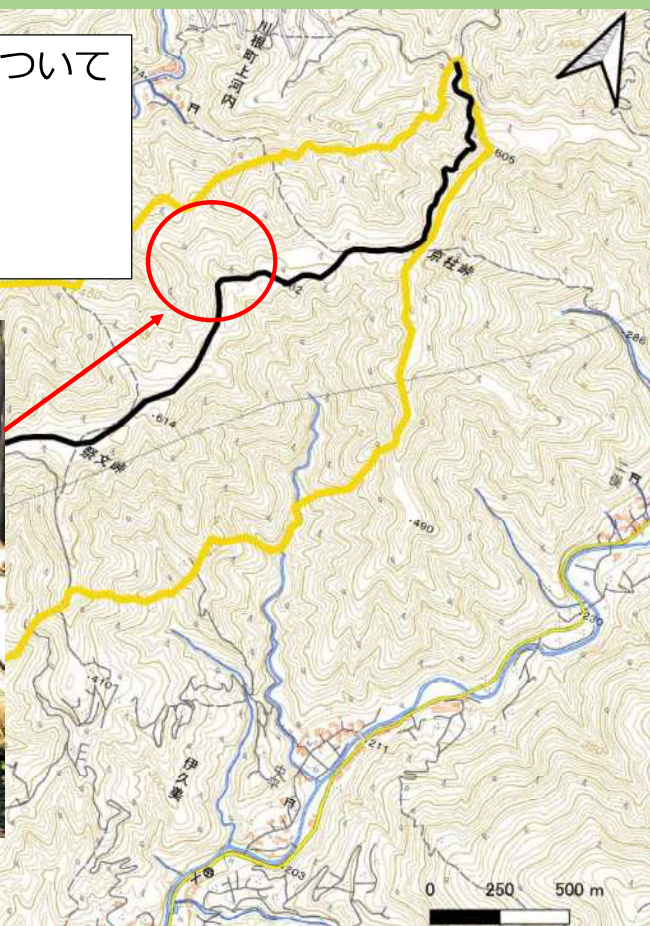
【第2期】H28-R2（5年間）

【開通後】R3-R5（3年間）

3期間に区切って地図上に示す



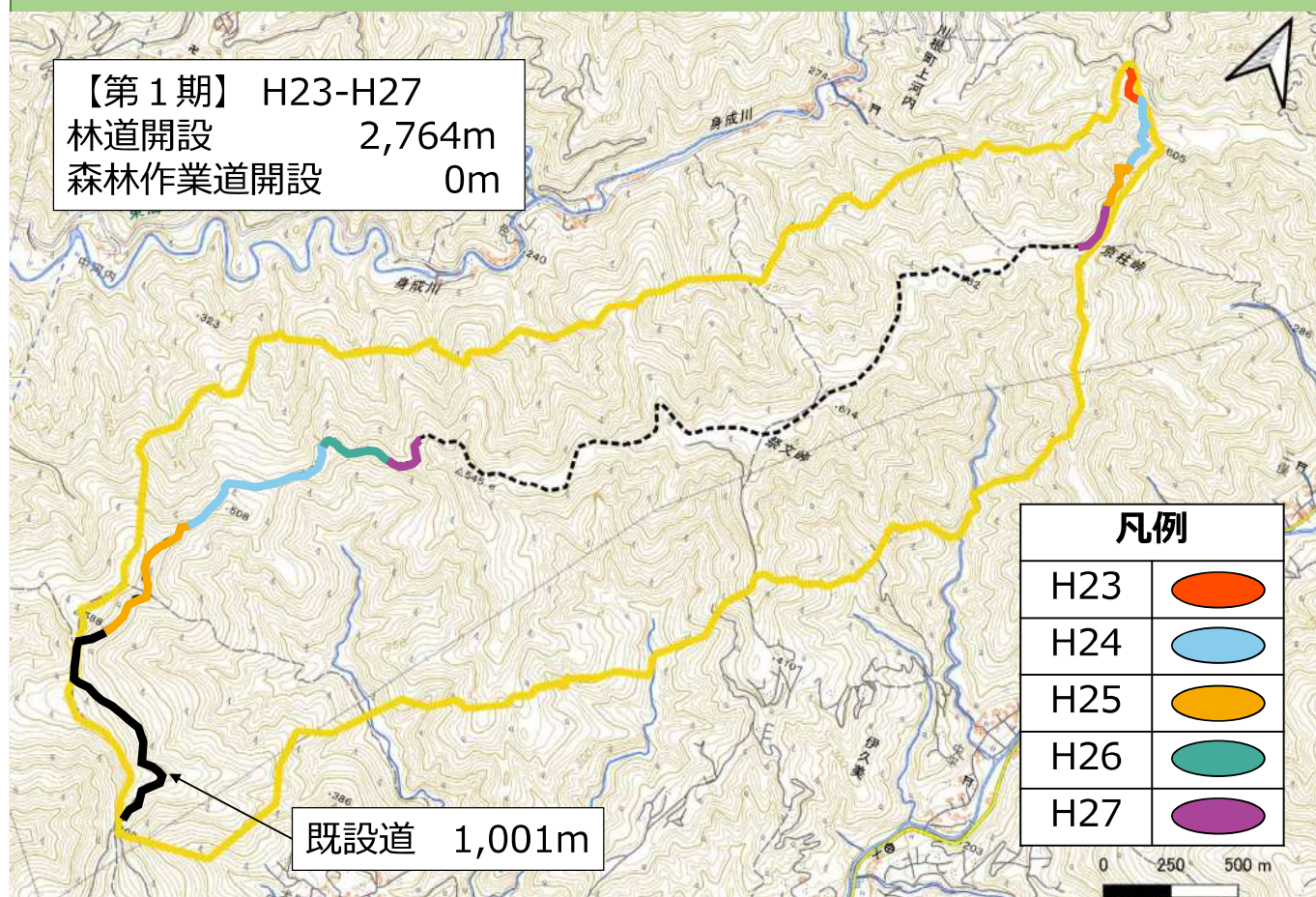
令和3年度開設 節分沢線



4-3 作業道開設実績 H23-H27

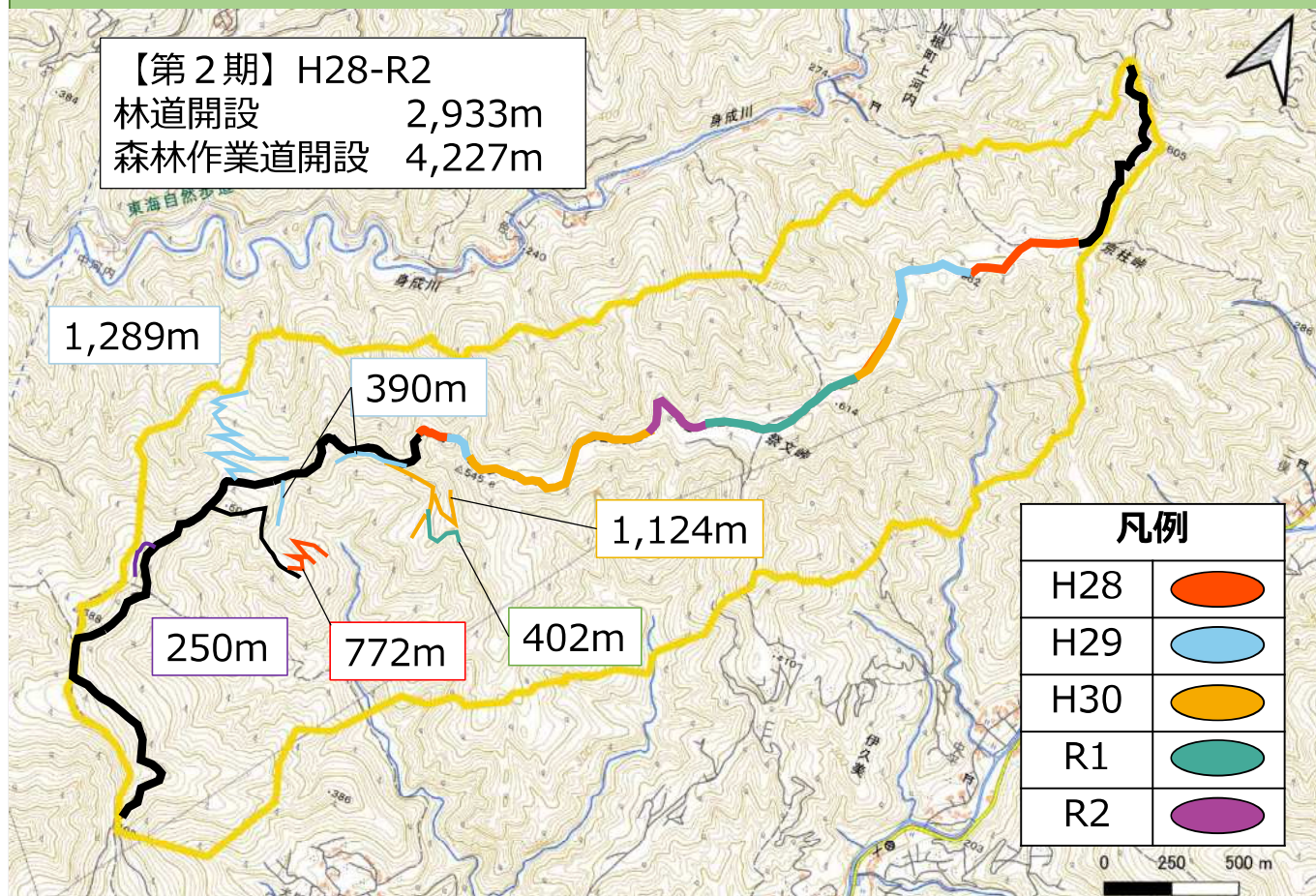
18

【第1期】 H23-H27
林道開設 2,764m
森林作業道開設 0m



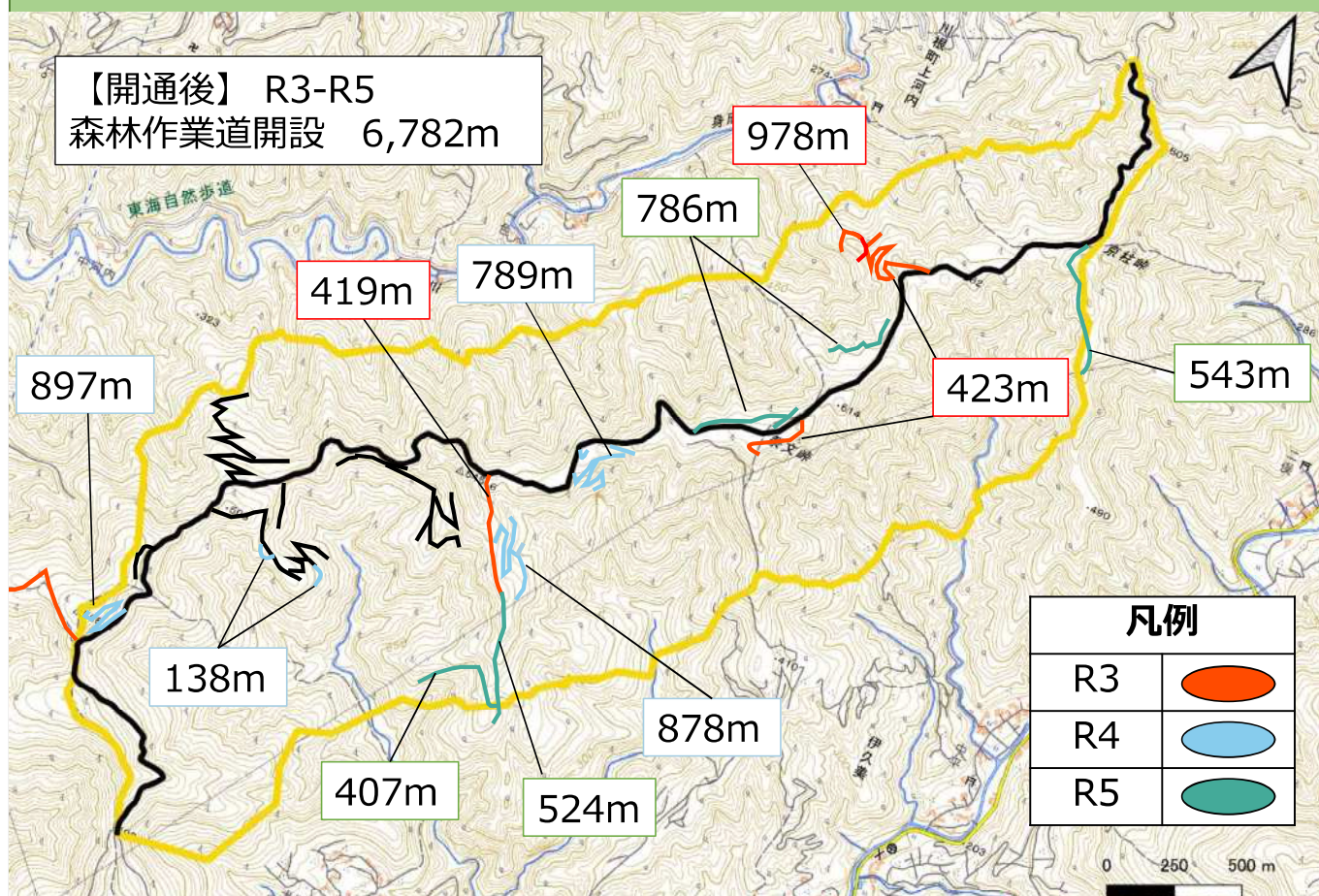
4-3 作業道開設実績 H28-R2

19

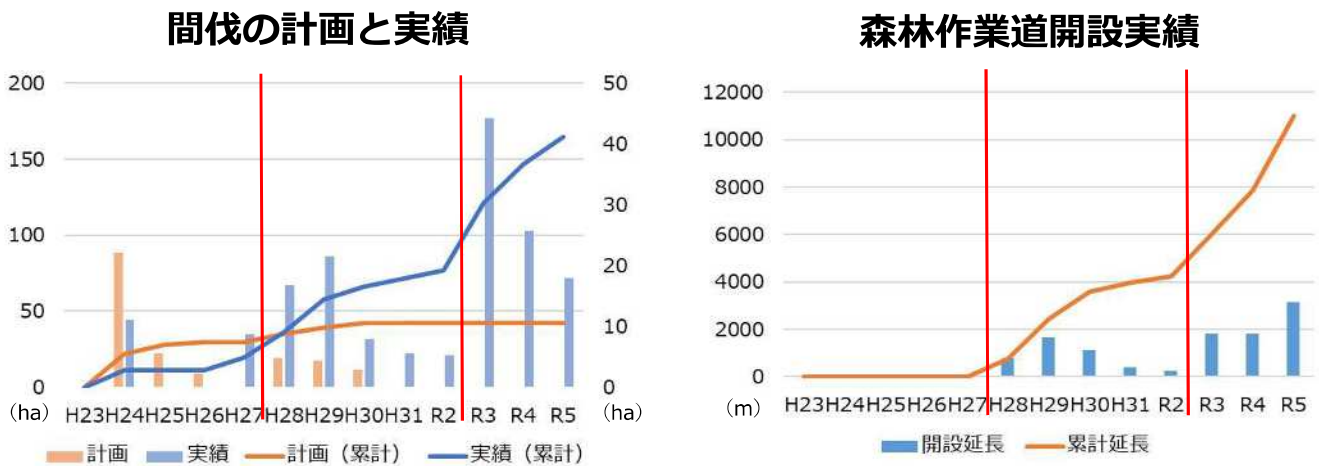


4-3 作業道開設実績 R3-R5

20

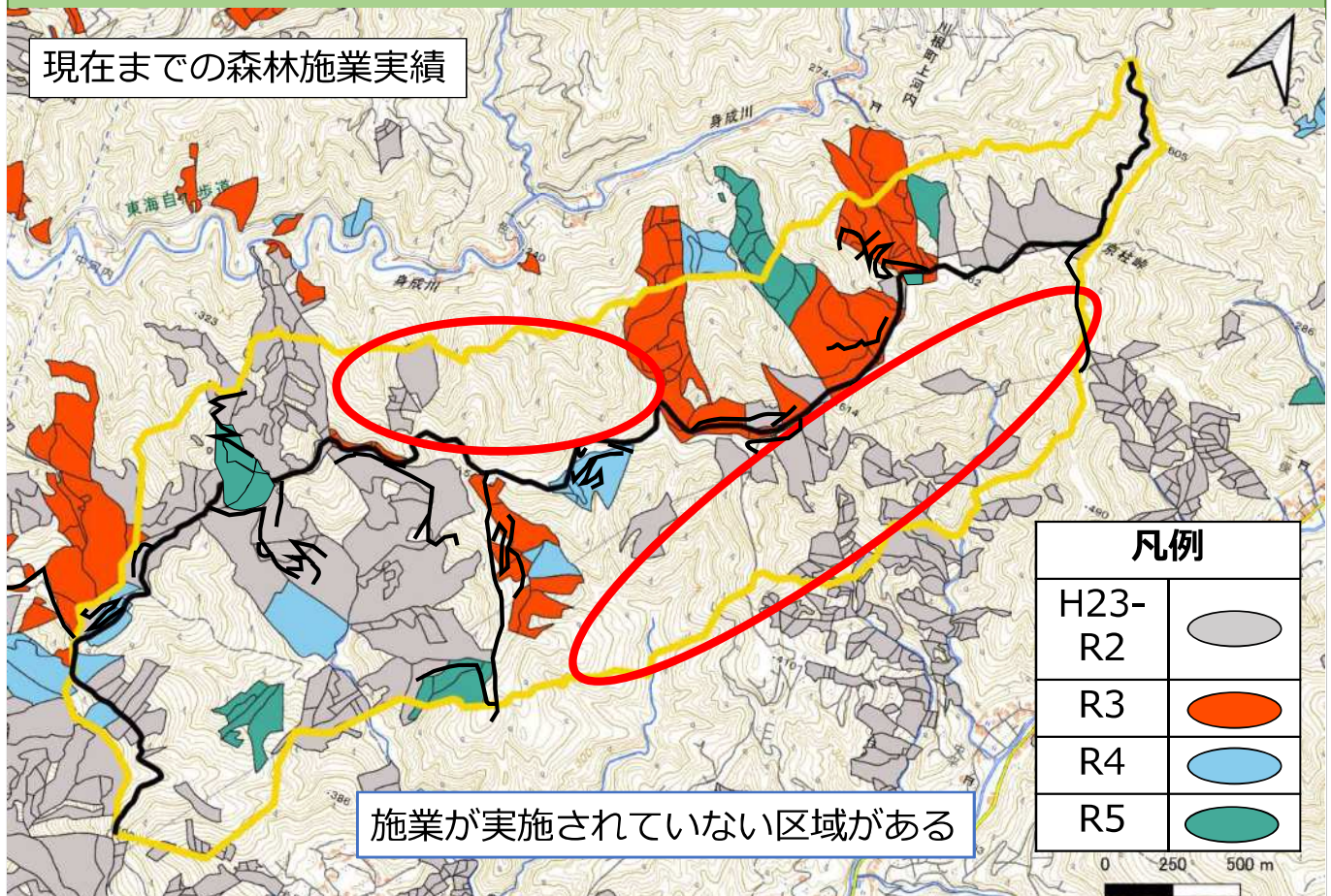


○利用区域内全体について



- ・第1期（H23-H27）は京柱線を利用した間伐はない
- ・H28から間伐、森林作業道開設が進んでいる
- ・R2の開通後には1年当たりの間伐、森林作業道開設が大きく増加

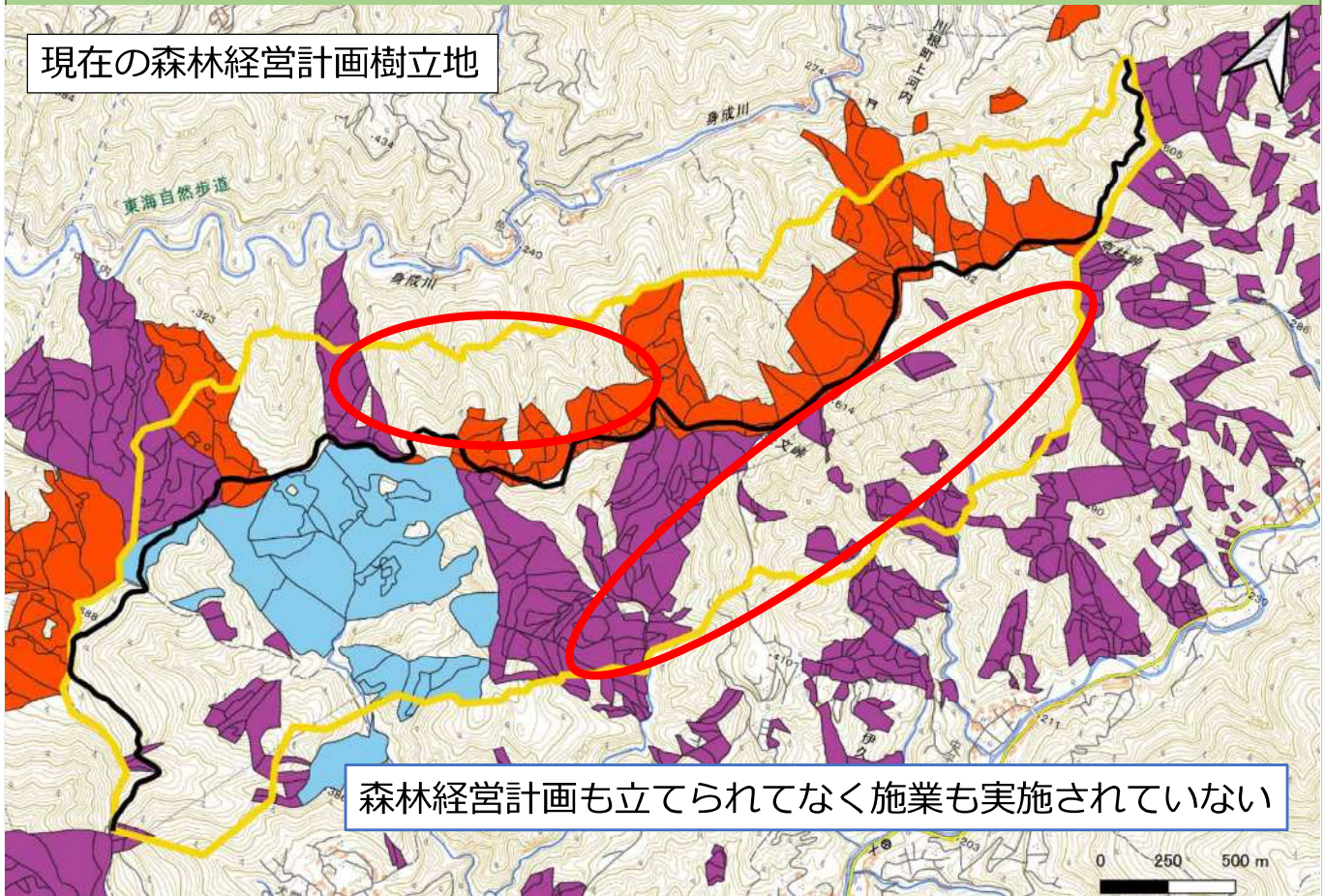
6 課題 【森林施業未実施地】



6 課題 【森林施業未実施地】

23

現在の森林経営計画樹立地



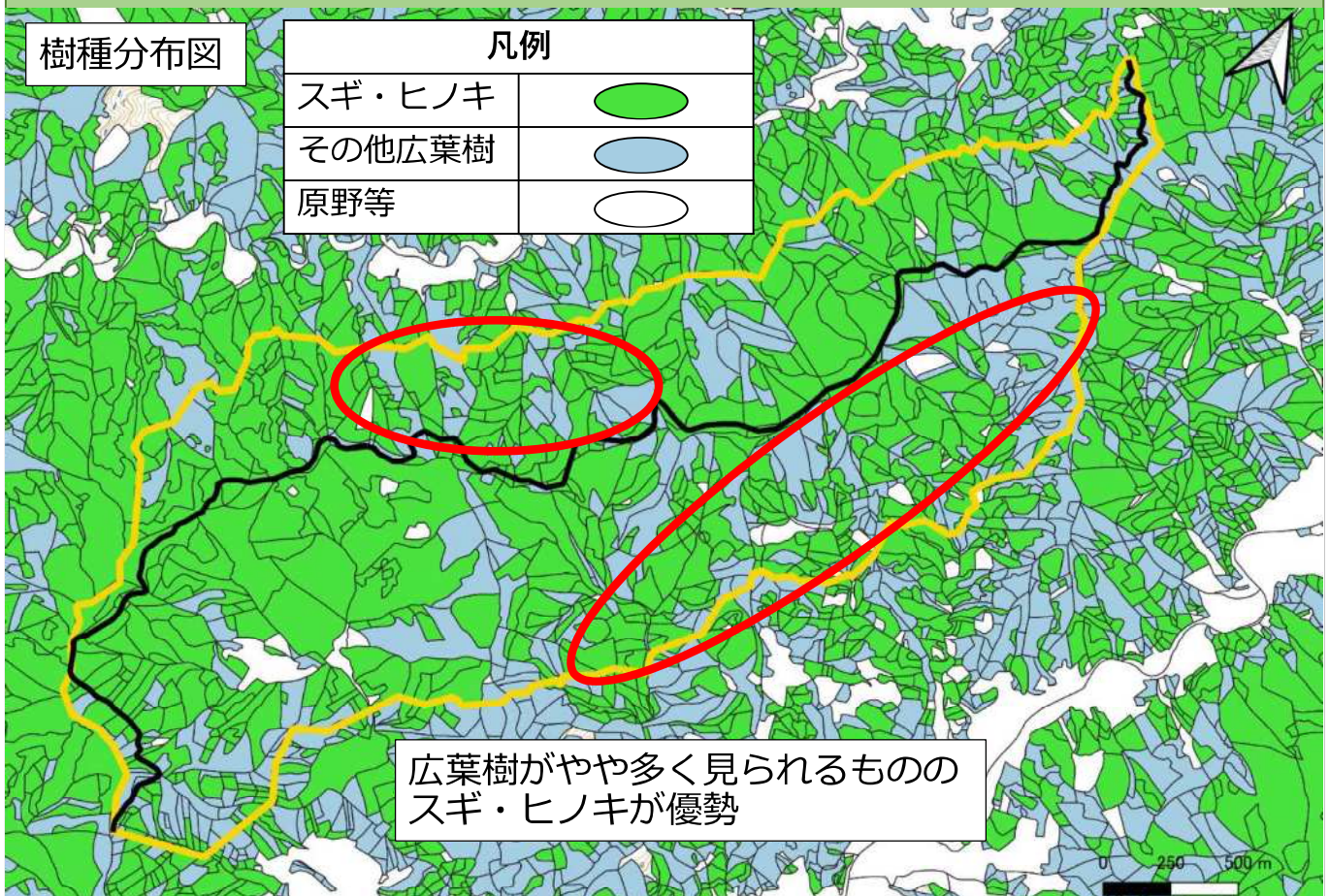
6 課題 【森林施業未実施地】

24

樹種分布図

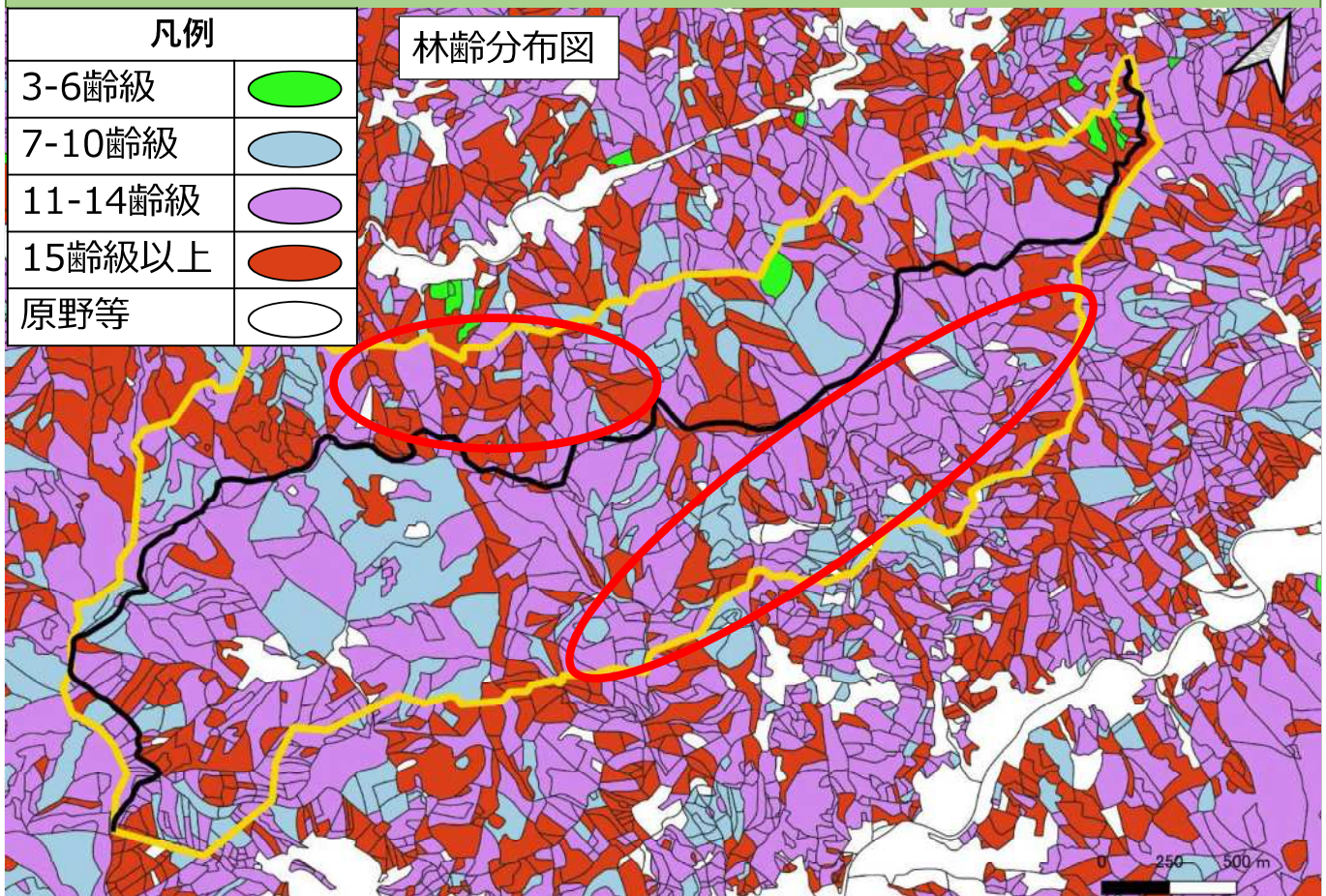
凡例

スギ・ヒノキ	
その他広葉樹	
原野等	



6 課題 【森林施業未実施地】

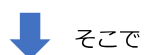
25



6 課題 【森林施業未実施地】

26

○森林施業未実施地について
今後森林整備を進めていくことが望ましい



そこで

整備が進まない要因について聞き取りを実施



【要因】

- ・急傾斜地であること
 →作業道を開設できず、材を搬出するのが困難
- ・他の事業体の森林経営計画や施業の情報がないこと
 →新しい施業地を検討する上での障壁となっている

○森林施業未実施地について

【解決策 1】

- ・ 架線を利用した施業の推進
→急傾斜地で効率的に施業



大規模架線を使える事業体は限られている
→事業体に参入してもらえるよう積極的な呼びかけや支援が必要

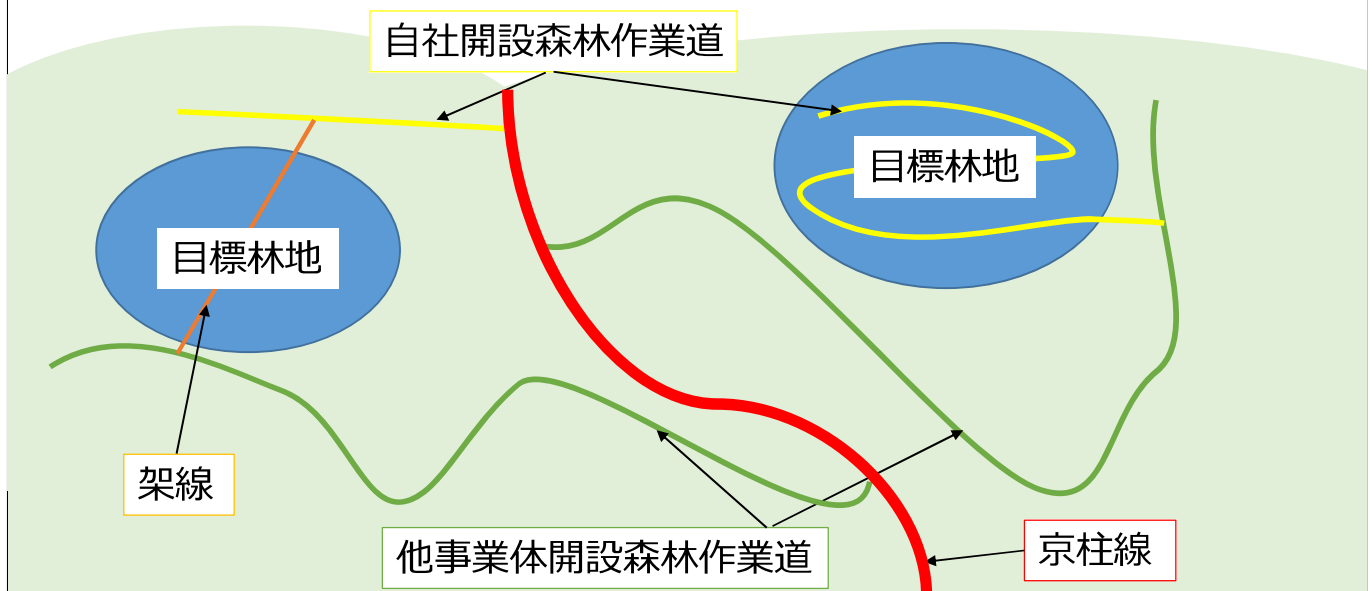
管内別地点の架線集材の様子

7 今後の展望

○森林施業未実施地について

【解決策 2】

- ・ 林業事業体同士の協力体制の構築
→情報の共有、森林作業道の共有



京柱線開設の効果

【開設前半】

森林経営計画の樹立がない

森林施業があまり実施されなかった

【開設後半】

森林経営計画が樹立

森林施業の実施が進む

【開通後】

1年当たりの森林施業が増加

今後の展望

- ・ 施業未実施地での架線を利用した施業の推進
- ・ 林業事業体の協力体制の構築

主伐施行地における未利用木材の 効率的な搬出方法の検証



令和6年9月6日（金）
株式会社いなずさ林業 西伊豆支店長 鈴木 剛
西伊豆町 産業振興課 主任主事 鈴木 博
静岡県賀茂農林事務所 森林整備課 主査 伊藤 允彦

西伊豆町の概況

総面積 10,554ha

森林面積 9,423ha（総面積の約89%）

人工林面積 4,055ha（森林面積の58%）

人工林の約97%は40年生以上と、資源として成熟

一方

- 賀茂管内に十分な製材施設や木材需要がない
- 根元部短材や枝条等は未利用木材として林内に残置（タンコロ）

故に

未利用木材の効率的な搬出方法を検証する必要がある

西伊豆町の取組

西伊豆町有林において、主伐・再造林を実施（R5）

樹種	面積（ha）	林齢	立木材積(m ³)	
			全体	ha当たり
スギ	1.75	69	1,386	792

地域の林業振興に係る中心的役割を担うため、
木質バイオマス発電事業の地域商社を設立（R6）
（西伊豆町と民間2企業）

出資団体	西伊豆町、AGCミネラル(株)、(株)トビムシ
主要事業	低質材を利用した木質バイオマス発電事業
予定事業	売電・売熱事業
稼働日	令和8年4月（予定）

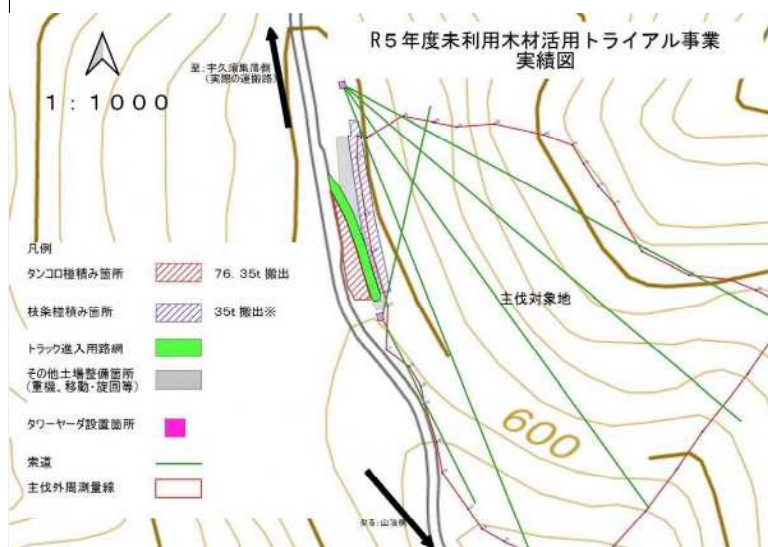
研究の流れ・目的

- ① **計画** 搬出する未利用木材
- ② **検証** 生産経費の分析
効率的な搬出方法
- ③ **課題整理** 未利用木材の安定供給体制



主伐・再造林の推進+木質バイオマス需要への対応

施業の概要



場 所	西伊豆町宇久須
所有者	西伊豆町
施 業	(株)いなずさ林業
集 材	架線
路 網	基幹的作業道
事 業	未利用木材活用 トライアル事業

樹種	面積 (ha)	林齢	立木材積(m ³)	
			全体	ha当たり
スギ	1.75	69	1,386	792

搬出する未利用木材の検討

検討方法

- ① 毎木調査
 - ・ 材積量
 - ・ 立木素性
- ② 計 画
 - ・ 造材区分
 - ・ 未利用木材搬出量
- ③ 調 整
 - ・ 未利用木材規格
 - ・ はい積み方法

検討結果



受入事業者と調整の上、根元部短材、枝条を搬出することに

搬出する未利用木材の検討

計画と実績の比較

黒字：計画 赤字：実績

樹種		製材		合板		チップ		枝条 根元短材		合計		残置	
スギ		0		664		444		100		1,208		178	
		32		618		438		111		1,199		188	
合計	利用率	0	0%	664	48%	444	32%	100	7%	1,208	87%	178	13%
		32	2%	618	45%	438	32%	111	8%	1,199	87%	10	14%



枝条・根元部短材について、計画どおり搬出

搬出する未利用木材の検討：補足

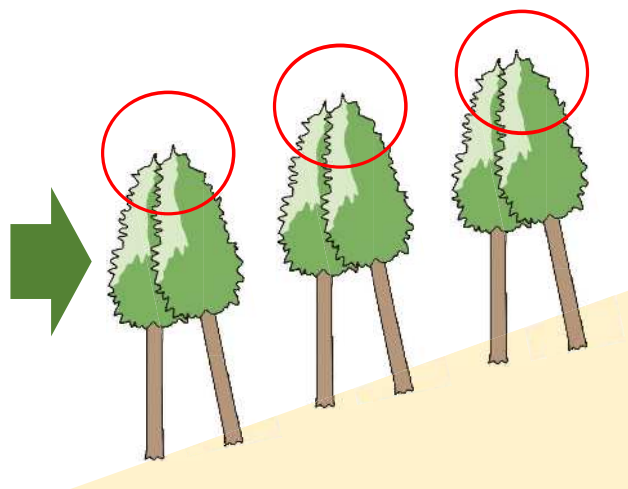
毎木調査と高精度森林情報の比較

項目	毎木調査 A	高精度 森林情報 B	B-A
平均 胸高直径 (cm)	33	29	▲ 4
立木 本数 (本)	1,691	1,330	▲ 361
材積 (m3)	1,386	1,042	▲ 344

●立木材積が過少に算定（毎木調査の75%）

搬出する未利用木材の検討：補足

毎木調査と高精度森林情報の差異の理由



- 樹冠部の枝分かれが多い
- 一部立木が傾いている

複数本を1本と誤判定

高精度森林情報を利用するには補正が必要

施業のポイント

架線系全木集材



基幹的作業道の整備



基幹的作業道上で造材

道両脇に根元部短材・枝条をはい積み

作業手順（根元部短材の積込み）

作業工程

①アーム掴み

②アーム離す

③荷台整理

※基本は①～②の繰り返し
必要に応じて③が発生

①～③の操作の所要時間
推定平均 16秒



積込みの様子



根元部短材のはい山
(直径50cm、延長70cm程度)

作業手順（枝条の積込み）

作業工程

①アーム掴み

②アーム離す

③アーム転圧

④整地・枝条収集

※基本は①～③の繰り返し
必要に応じて④が発生

①～④の操作の所要時間
推定平均 36.5秒



積込みの様子



枝条のはい山

検証：生産経費の分析

土場整備

積込

搬出・積卸

●未利用木材搬出に係る項目を抜粋

●各項目ごとの生産性・経費を分析

収支を確保できる
経費・販売価格を整理

検証結果：生産経費の分析

作業 内容	作業員数 (人/日)	使用機械		黒字：計画 赤字：実績		
		種類・規格	台数 (台)	作業 延日数	生産性 (m³/人日)	経費（円）
土場 整備	1	0.25バックホウ	1	2.0	50.0	84,500
		0.45バックホウ	1	3.0	37.0	189,786
積込	1	0.25グ ラップル	1	10.0	10.0	422,500
		0.45グ ラップル	1	3.5	31.7	337,128
搬出 積卸	1	10 tトラック	1	10.0	10.0	400,000
		10 tトラック	1	14.0	7.9	402,930
合 計				22.0	5.05	907,000
				21.0	4.88	929,844

●積込み、搬出・積卸に係る経費は計画どおり

●収支：▲2,693円/m³

収支黒字化に向けて

効率的な積込方法を確立する必要がある

考察

- 根元部短材、枝条ともに一定の需要がある
(他の現場においても取引の相談有)

- 枝条単体だと買取が困難



根元部短材・枝条を混合して搬出する必要がある



10tトラックに効率よく積載できる
根元部短材・枝条の配分の検証

検証：効率的な積込み方法

10tトラックに効率よく積載できる
根元部短材・枝条の配分

10tトラックの規格（運送会社所有）

車両 最大積載量10t

幅 : 2 m

奥行 : 6 m

高さ : 1.5m

最大積載m3 18m3程度
※密度100%を想定



検証結果：効率的な積込み方法

区 分	積載量（t）
根元部短材：100%	9.54
枝 条：100%	4.28
根元部短材：60~70% 枝 条：30~40%	9.76

枝条100%→空隙率が高く、効率が悪い

↓ 14回試行した結果

根元部短材：60~70%
枝 条：30~40% } 根元部短材100%
と同等の効率

課題

（１）枝条に土砂が付着しない管理方法

土場整備や造材後の時間経過で枝条に想定以上の土砂が付着



はい積み下部の枝条は規格外となり搬出できなかった。
(残置：188m3)

（２）枝条搬出のための積込み配分

根元部短材：60~70%
枝 条：30~40%



この割合だと
根元部短材が不足する



枝条 + C材の搬出や根元部短材の規格化（2m）が必要

まとめ

(1) 搬出する未利用木材の検討

- 毎木調査＋事業者との調整→枝条・根元部短材を選択

(2) 効率的な搬出方法の検証

根元部短材：60～70%
枝 条：30～40% } **根元部短材100%
と同等の効率**

(3) 今後の展開

- 令和7年度以降も継続した主伐・再造林を計画
- 主伐施行地から未利用木材を安定的に搬出



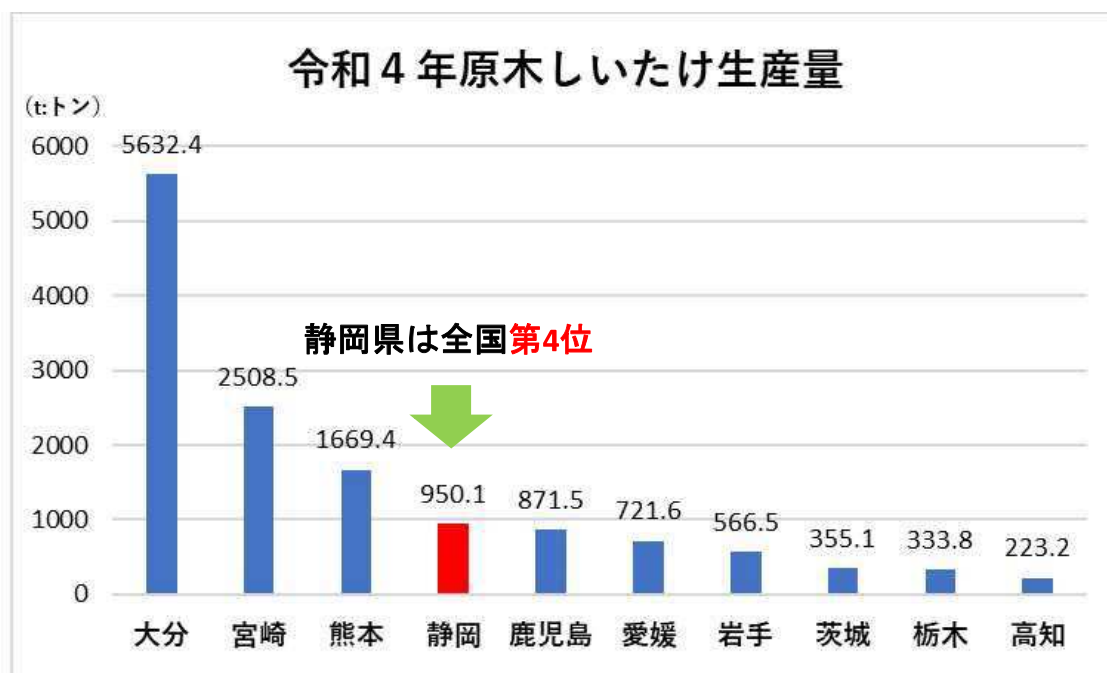
伊豆地域における原木しいたけ 産業の現状と課題



静岡県東部農林事務所
森林整備課 林業振興班
技師 林直也



静岡県の原木しいたけ生産状況



R4特用林産統計調査より引用

※乾椎茸は重量を7倍し生椎茸に換算した



原木しいたけ栽培の起源



- ・伊豆の石渡清助が人工栽培の起源と言われる



石渡秀雄（明治時代・清助の子孫）

ホダ木を組み上げる方法を考案し現在でも全国に普及している

3



高品質な伊豆の乾しいたけ



- ・伊豆地域では乾椎茸の生産が多い
- ・全国規模の品評会でも高い評価
- ・令和5年農林水産祭では内閣総理大臣賞を受賞





伊豆地域の生産量推移



東部農林事務所管内の 原木しいたけ生産量の推移



静岡県森林・林業統計要覧(令和5年度版)より引用

5



修善寺周辺のとある原木林

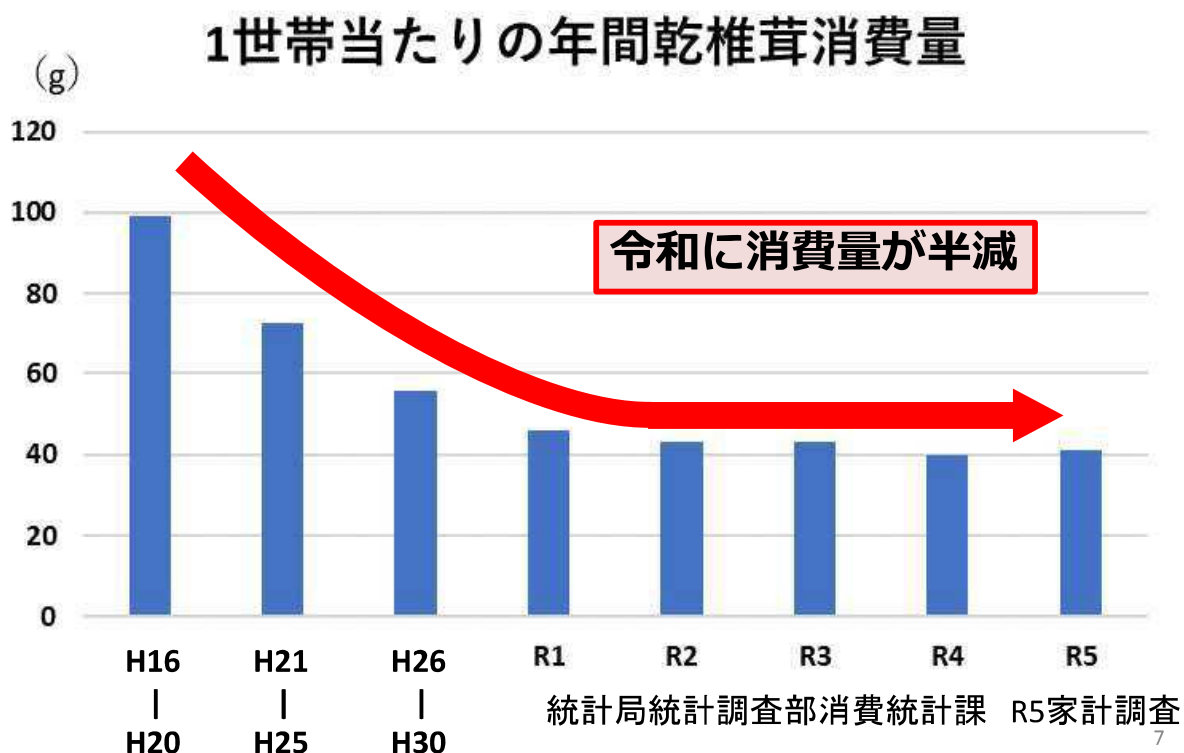


太い原木増加中
作業負担、危険性も増すばかり

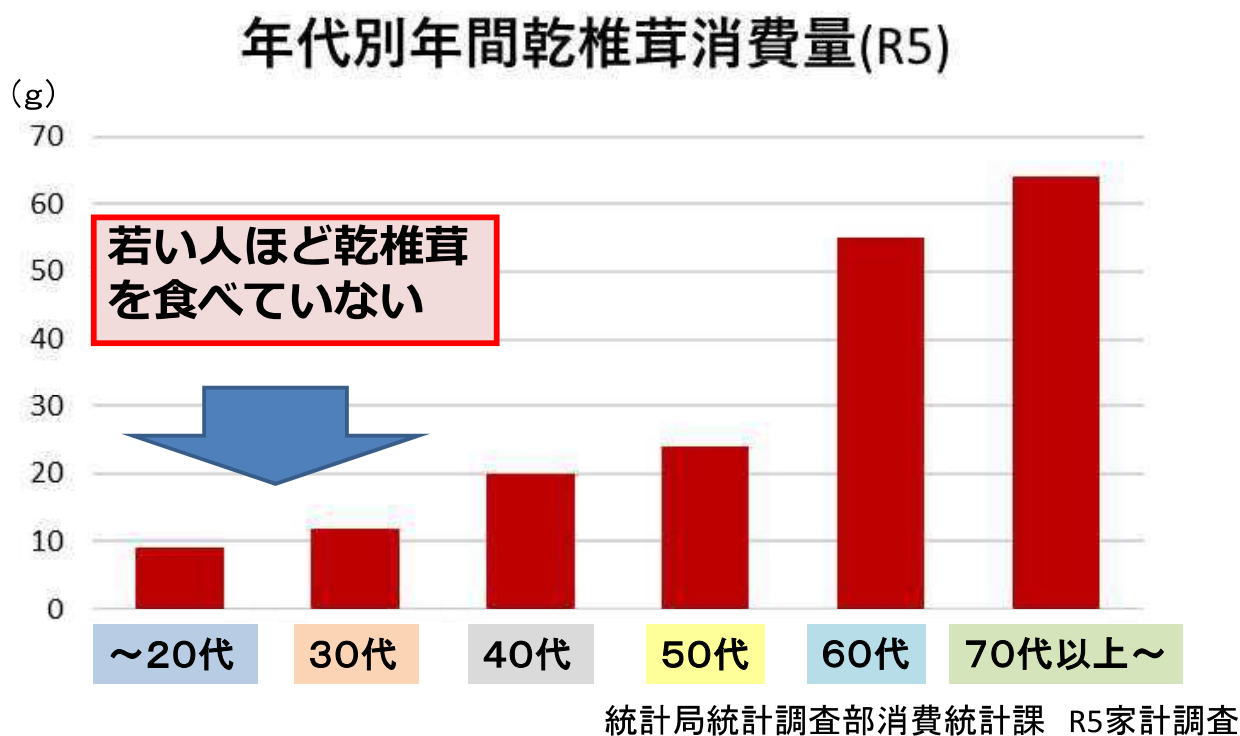




乾しいたけ消費量の推移



乾しいたけ消費量の年代格差





課題と対応①生産者減少



①就農者の確保・後継者育成

対応案

新規就農のネックとなる危険作業を委託
後継者向けの技術研修の実施

現在の支援状況

- 就農支援→地域おこし協力隊（伊豆市）
令和3年1人実績あり 令和6年度候補者アリ
- 後継者の育成→広葉樹の伐採研修を企画中

9



ホダ場巡回の様子



10



課題と対応②生産量減少等



②生産者の生産意欲の向上

対応案

補助金等により生産経費の負担減
新たな広葉樹林の確保（耕作放棄地に植樹）
高単価の維持

現在の支援状況

- ・ 資材経費に対する補助金(説明会の開催)
- ・ 品評会や清助どんこブランドに対する支援

11



消費者アンケート実施



アンケートの目的

消費量増加のターゲットにすべき客層
原木しいたけのPRに効果的な要素を絞り込む

6月1,2日にイオンモール富士宮店で実施(100人)

年齢（年代）					
10代	20代	30代	40代	50代	60代
8	4	18	15	17	38

- ・ 物産展での即売会と並行して実施
- ・ 回答者へ試供品をプレゼント



12

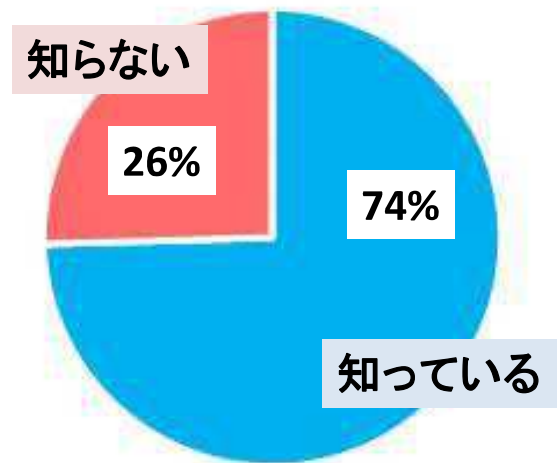
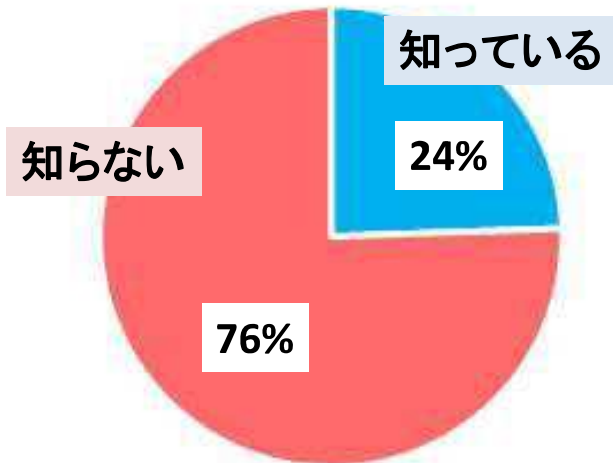


伊豆の原木しいたけの認知度



10～40代まで

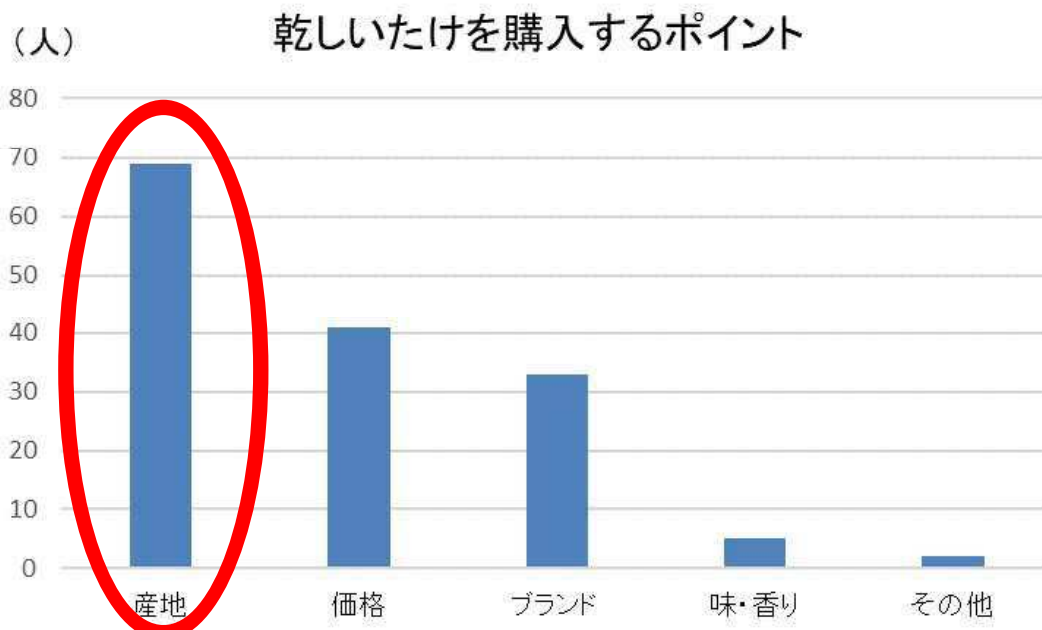
50代以上



13



消費者が見ているのは何か

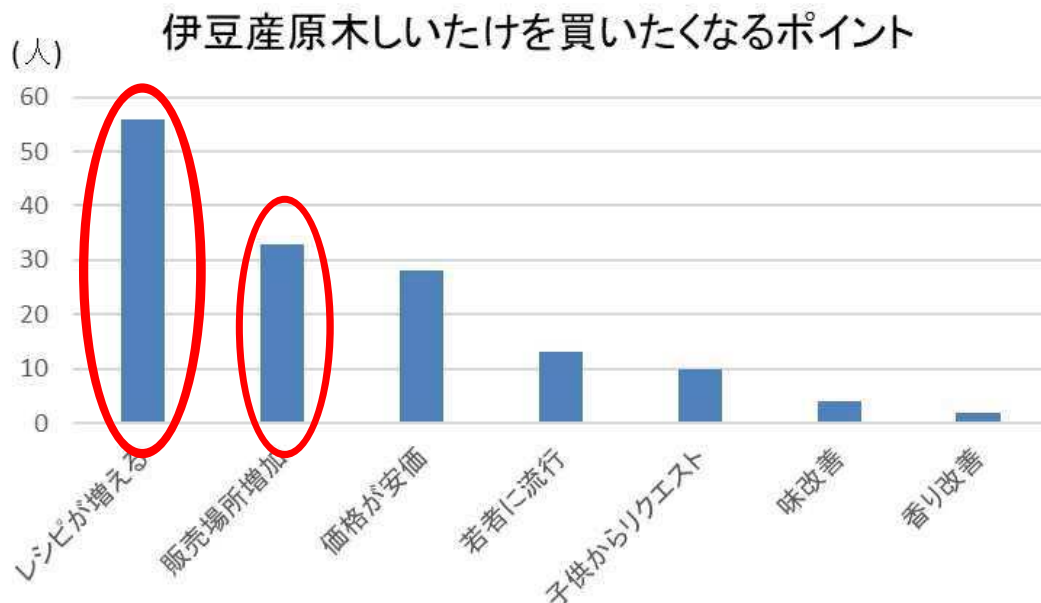


- どの世代でも産地を意識している
- しかし若年層は伊豆が原木しいたけの産地だと知らない

14



伊豆産原木しいたけに必要なものは…



- ・ 乾しいたけの使い方が分からない
- ・ 高価なイメージ、伊豆産が売ってない

15



課題と対応③ 乾しいたけ消費量の減少



- ③ 子供、若年層向けのPRが足りない
伊豆産乾しいたけの販売場所が少ない

対応案

新たなレシピを提案すること
乾しいたけの即売・普及イベントを実施すること

新たなレシピ提供の実践

- ・ 和食のイメージに囚われないレシピ
即売イベントでアヒージョを提供
→ 子供、若年層にも大人気！試食は完売！

16



普及活動の事例



きのこ祭(きのこ総合センター)

シイタケ原木や菌床ブロック
はすぐに完売するほど人気！

17



普及活動の事例



植菌体験会(ららぽーと沼津)

用意した原木はすべて完売！

18



普及活動の事例



原木しいたけ講座(きのこ総合センター)



19



木製堰堤の維持管理について

令和6年9月6日

富士農林事務所森林整備課

株式会社コシイプレザービング

林 晃大

伊藤 朱音

目 次

序 論

富士農林事務所における木製堰堤の施工事例
(令和5年度県土強靱化対策(治山)森林工事)

本 論

↓ 施工した木製堰堤の維持管理の参考とするため

既設木製堰堤の腐朽状況調査の実施及び結果

結 論

木製堰堤の維持管理におけるまとめ

序論

木製堰堤の施工計画

○令和5年度県土強靱化対策（治山）森林工事



周辺には小学校や遊歩道がある環境
⇒ 周辺景観との調和のため
木製堰堤の施工を計画

2

序論

木製堰堤 施工状況

着前



着後



- ・ 周辺景観との調和もとれ、地域住民からの評価も良い
- ・ 県産材（富士・天竜材）使用量 = 55.6m³
（O&Dウッド部材使用木製堰堤における単年度の県内施工事例で最多）

3



本論

木製堰堤の腐朽調査

調査対象：木製校倉式床固工および護岸工（3現場）

調査方法：ピロディンを用いた点検

一般的な木製構造物の劣化診断方法

定期点検	目視
	触診
	打診
精密点検 (機器検査)	ピロディン
	レジストグラフ

ピロディン



- ・材に対して針を打ち込み、針が刺さった深さ（貫入深）で表層の劣化度を判断
- ・劣化が進んだ木材ほど、貫入深は大きくなる。

6

（2024年7月10日 実施）

調査地① 経過20年

下紙川
（静岡県掛川市）

床固工＋護岸工・50点を測定



調査地② 経過10年

佐鳴湖（静岡県浜松市）

護岸工・24点を測定



調査地③ 経過10年

馬込川（静岡県浜松市）

護岸工・24点を測定



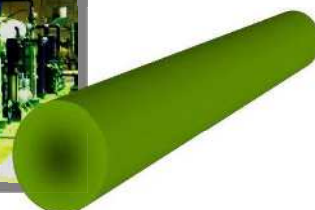
7

使用部材

O & D ウッド



圧縮処理 + 加圧注入処理



丸棒加工

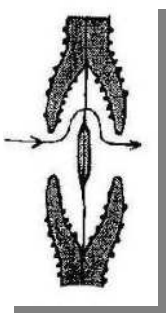
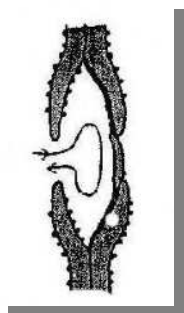
圧縮処理

加圧注入処理

8

◇ 圧縮処理

木材表層を圧縮することで、表層部の細胞を破壊し、薬剤の浸潤度を向上させる方法。



薬剤は木口から浸透



9

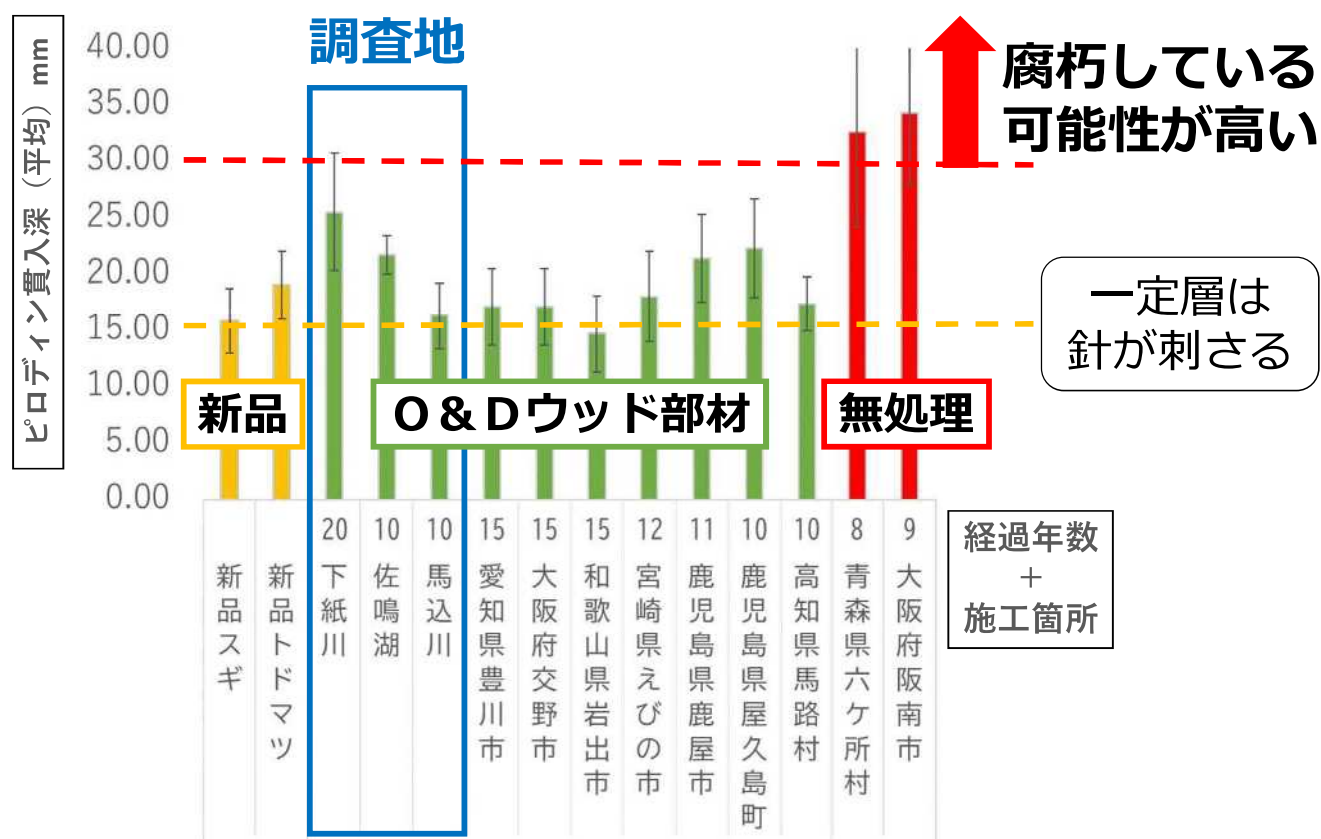
木材保存剤の浸透度を向上させる前処理によりムラがなく高い浸潤度を確保



なし	前処理	圧縮処理
加圧注入処理	防腐処理	加圧注入処理

(O & Dウッド部材)

10



11

ピロディンの貫入深（平均）からは劣化が進んでいないと判断できるが・・・



静岡県掛川市下紙川
一部の部材で腐朽を確認

1 2

	考えられる原因
外部要因	周辺環境の影響
	部材の破損
内部要因	薬剤の性能不足
	薬剤の浸潤不足

1 3

考えられる原因①

周辺環境による影響？腐朽しやすい箇所だった？

➡ 現地の状況から箇所による差は見られなかった



腐朽箇所 . . . 水の当たりやすい箇所など
腐朽しやすい箇所とは限らなかった

1 4

考えられる原因②

物理的衝撃による損傷からの腐朽？

➡ 人の出入りは少なく、倒木等はなかった



1 5

考えられる原因③

薬剤の性能不足？年数経過による劣化？

➡ 継続的な試験で長期の耐久性を確認



【無処理材】
1年で腐朽



【加圧注入処理材】
30年以上腐朽なし

16

	考えられる原因	可能性
外部要因	周辺環境の影響	×
	部材の破損	×
内部要因	薬剤の性能不足	×
	薬剤の浸潤不足	○

17

考えられる原因：薬剤の浸潤不足

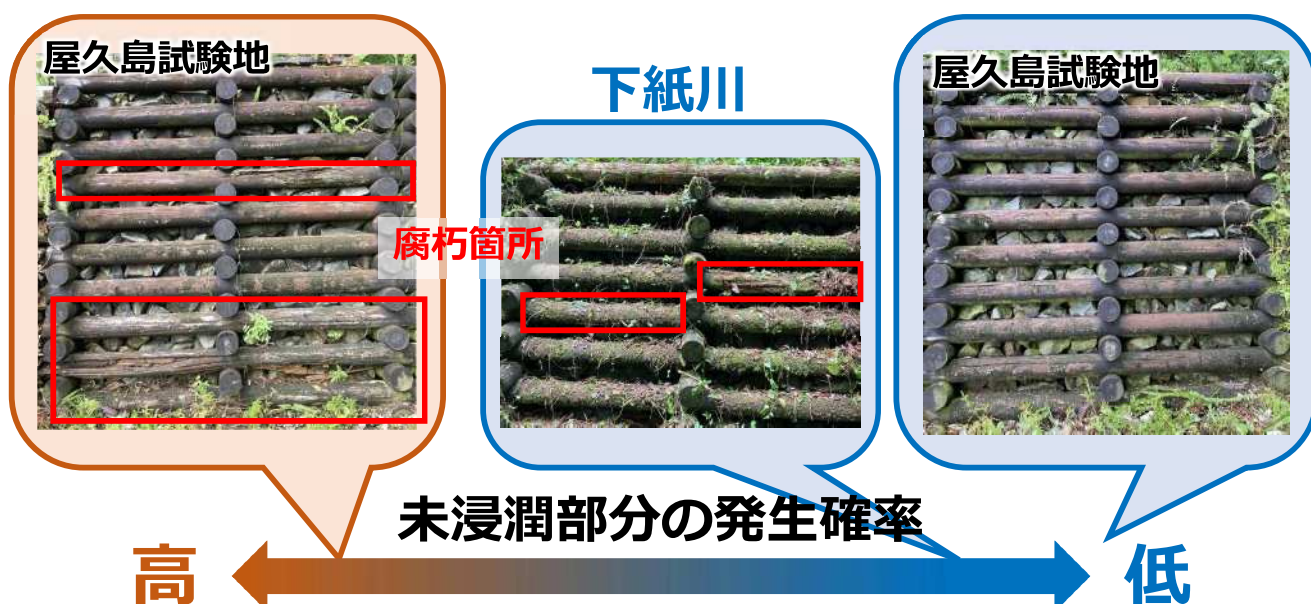
➡ 未浸潤部分が発生していた可能性がある



なし	前処理	圧縮処理
加圧注入処理	防腐処理	加圧注入処理

(O & Dウッド部材)

18



なし	前処理	圧縮処理
加圧注入処理	防腐処理	加圧注入処理

(O & Dウッド部材)

19

未浸潤部分が発生した可能性として考えられる要因

腐朽が見られた現場は約 20 年前に生産
品質管理が現在の方法と異なっていた



**品質管理方法の改善で
より高品質のものとなっている**

20

点検結果

部分的に腐朽が発生

部位別の評価

構造計算にて安全性の確認

仮に腐朽部材が抜けたとして、上下の部材にその分の負荷がかかった場合、部材としての強度に問題はないか

構造物全体の評価

構造物の性能は損なわれていない

早期に対策は必要ない

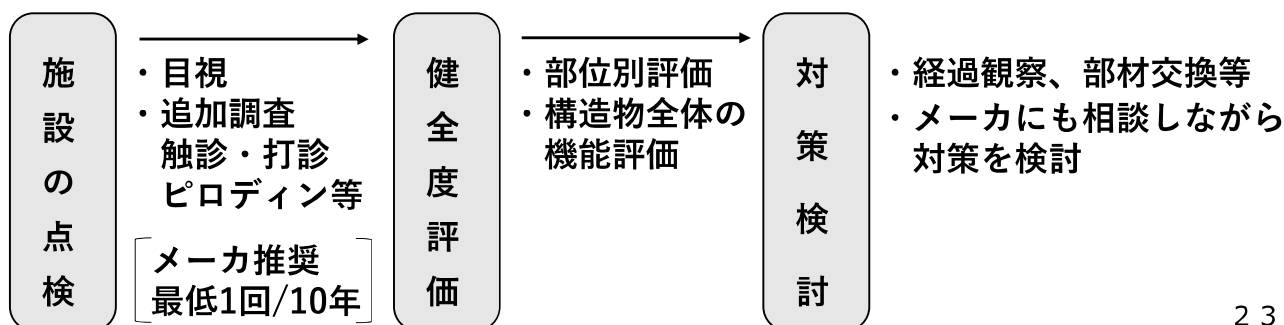
21

- ・ 調査した木製校倉式床固工および護岸工はすべて
O & Dウッド部材（圧縮処理＋加圧注入処理）を使用
- ・ ピロディンによる腐朽調査の結果、一部腐朽はあるが
3現場とも構造物全体としての機能は維持されていた
- ・ 腐朽箇所については、経過観察が必要
➡ 部材の交換も可能



2 2

- ・ 圧縮＋加圧注入処理材の採用の重要性
 - 圧縮処理＋加圧注入処理材を使用した10～20年前の調査地3カ所
⇒大きな腐朽はなく、木製堰堤の機能は維持されていた
 - メーカーによる実物大試験（屋久島）
⇒加圧注入処理のみだと、浸潤ムラにより腐朽が生じやすい
 - 林野庁が定める木製構造物への防腐処理性能：JAS K4以上
（R6.8施行 森林土木木製構造物設計等指針の解説等）
⇒ 品質管理において、圧縮処理＋加圧注入処理材が望ましい
- ・ 木製堰堤の維持管理について



2 3

大型ドローンによる資材運搬の実証

(有)ヤナザイ 山内 秀紀

(株)奥平測量設計事務所
奥平 慎太郎

静岡県森林組合連合会
藤浦 実玲

志太榛原農林事務所
堀田 卓

発表の流れ

- ① 本実証の背景と内容
- ② 効率的なフライト計画の検討
- ③ 運搬資材の梱包方法の検討
- ④ ドローン運搬と人力運搬とのコスト比較
- ⑤ 実証結果のまとめ

①本実証の背景

再造林における具体的な課題

植栽地までの苗木や獣害防護柵等の資材運搬



急傾斜地における人力運搬



身体的に大きな負担
滑落等の労働災害



ドローンの活用



①大型ドローンによる資材等運搬の課題

①事例が少なく、運用方法が確立されていない

- ・本県ではまだ事例が少なく、林業経営体、ドローン事業者ともに**実際の運用には不明な点も多い。**

②運搬コストが高価である

- ・大型ドローン機体の購入価格は数百万円。
 - 操作技術の取得やランニングコスト面からも、林業経営体が独自に導入することは現実的でない。
- ・ドローン事業者に委託した場合、

運搬重量に関係なく **1日30万円**

①関係者打合せ、現地下見の実施

関係者打合せ(令和6年1月19日)

- ・それぞれの立場から、課題を検討した。
- ・現地下見も実施し、離発着地点や荷下箇所の検討を行なった。

出席者

- ・主伐・再造林実施者
(有) ヤナザイ
- ・ドローン事業者
(株) 奥平測量設計事務所
- ・資材・苗木販売者
静岡県森林組合連合会
- ・獣害防護柵メーカー
(株) ヤマイチネット
- ・研究会事務局
志太榛原農林事務所



①本事業で検証したこと

1. フライト計画の作成

運搬する資材の順番や組合せ、荷下し箇所をあらかじめ計画し、効率的にドローンを動かし、より多くの資材を運搬する。

2. 資材、苗木の梱包方法の検討

- ・資材を落下させず、ドローンが安定的に飛行できる
- ・資材や苗を傷めない
- ・より簡易で低コストな梱包



3. 人力運搬とのコスト比較

① 検証の実施にあたって

① 実際の主伐・再造林の現場での実証

場 所 : (有)ヤナザイの主伐・再造林地
運搬資材 : 獣害防護柵資材、コンテナ苗

② ドローン事業者への委託

(株) 奥平測量設計事務所へ運搬を委託

③ 「おおいがわスマート林業研究会」での実証

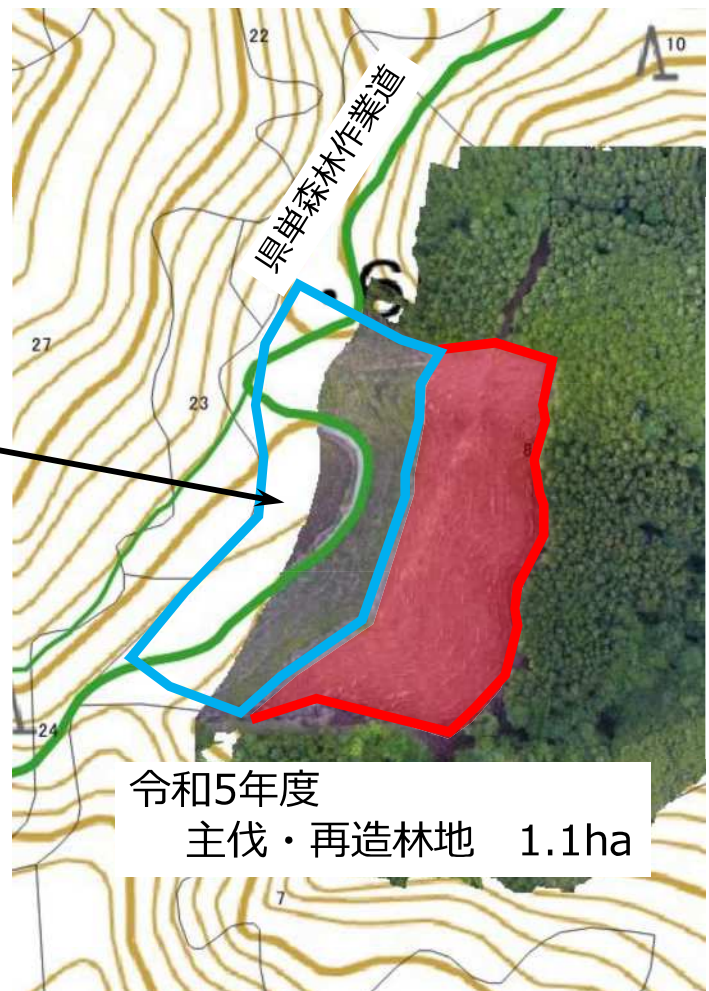
検証結果の共有と普及のため、研究会の実証事業とした。

※静岡県山林協会の「林業イノベーション推進支援事業」の補助を受けて実証。

① 資材運搬実施地

島田市川根町上河内地区
スギ・ヒノキ 59年生
土砂流出防備保安林
森林経営計画（川根6地区）
策定済み

令和3年度
主伐・再造林済み 1.07ha



①資材運搬実施地

島田市川根町上河内 119林班内 約1.1ha
(有) ヤナザイ 主伐・再造林実施地



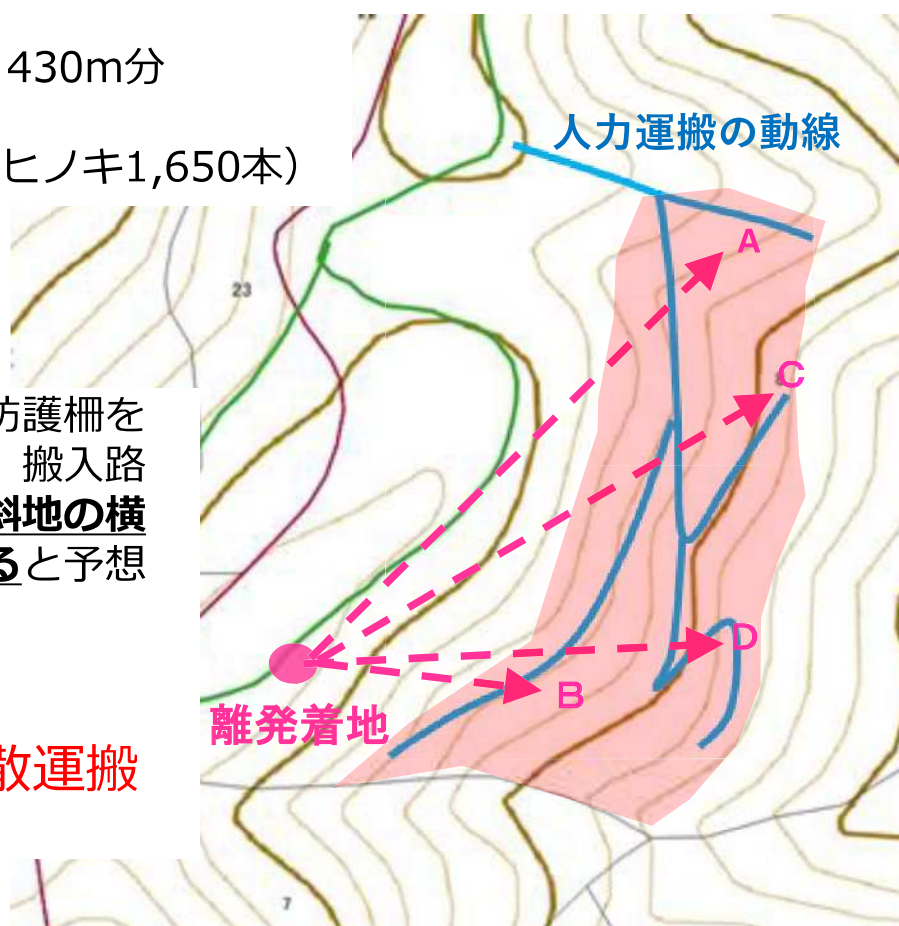
【運搬資材】

獣害防護柵資材 430m分
苗木 3,300本
(スギ1,650本、ヒノキ1,650本)

植栽地上部は既に防護柵を設置してあるため、搬入路が限定され、**急傾斜地の横移動に労力がかかる**と予想される。



ドローンで分散運搬



②資材運搬用大型ドローン「Motte2.0」



②効率的な飛行（フライト）計画の作成

1. フライト可能回数・運搬可能重量の試算

現地条件等から、1日（6時間）に**45フライト可能**
→ **最大1,125kg**の運搬が可能（1フライト 25kg × 45）

2. 運搬資材重量の試算

資材重量 合計 955kg 45フライト

獣害防護柵	計 427kg	23フライト
コンテナ苗	計 528kg	22フライト



②効率的な飛行（フライト）計画の作成

運搬資材重量の試算表

防護柵資材（R5 森林病虫害獣単価 第21号）

	資材名称	出荷時梱包（1梱包単位）		
1	一体型スカートネット（網目6cm以下、ステンレス入り）	50	m/巻	12.00 kg
2	上張りロープ	1	巻	1.80 kg
3	下張りロープ	1	巻	1.80 kg
4	裾止めロープ	1	巻	0.50 kg
5	支柱（FRP）	10	本/束	12.00 kg
6	アンカー	200	本/箱	16.00 kg
7	控え支柱	10	本/束	11.00 kg
8	支柱キャップ	200	個/箱	10.00 kg
9	被覆針金	1	巻	1.00 kg
	計			66.10 kg

コンテナ苗

	資材名称	出荷時梱包（1梱包単位）		
1	コンテナ苗	25	本/袋	4.00 kg
	計			4.00 kg

430m当り

473	m	113.52	kg
9.46	巻	17.03	kg
9.46	巻	17.03	kg
9.46	巻	4.73	kg
146.2	本	175.44	kg
718.1	本	57.45	kg
30.1	本	33.11	kg
146.2	個	7.31	kg
0.903	巻	0.90	kg
計		426.52	kg
3,300本当り			
3300	本	528.00	kg
計		528.00	kg

当り梱包	フライト数 (1フライト/25kg)
120.00 kg	5 回（2巻/フライト）
18.00 kg	1 回（10巻/フライト）
18.00 kg	1 回（10巻/フライト）
5.00 kg	1 回（10巻/フライト）
180.00 kg	8 回（2束/フライト）
64.00 kg	3 回（1箱/フライト）
44.00 kg	2 回（2束/フライト）
10.00 kg	1 回（1箱/フライト）
1.00 kg	1 回（1巻/フライト）
460.00 kg	23 回
528.00 kg	22 回（6袋/フライト）
528.00 kg	22 回

②効率的な飛行（フライト）計画の作成

1. 最大運搬重量25kgに近づける組合わせ

- ・重量によって、バッテリー消費量は大きく変化しない
- ・ロスをなくし、フライト回数の削減

2. 資材形状の組合わせ

- ・形状の同じ資材はまとめて梱包し、飛行時の安定性を確保。
- ・メーカーから出荷されてきた状態で運搬（開封しない）

3. 資材の荷下ろし場所と種類の検討

- ・運搬後の作業効率を考慮して、荷下ろし場所を4地点に分散

②フライト実施計画表

フライト数	荷降ろし箇所	重量合計 (kg)	支柱 (束)		ネット (巻)				被覆針金 (巻)	
					上張りロープ (巻)	下張りロープ (巻)	裾止めロープ (巻)			
1	A	24.0	2	24.0			0.0			0.0
2	A	24.0	2	24.0			0.0			0.0
3	B	24.0	2	24.0			0.0			0.0
4	B	24.0	2	24.0			0.0			0.0
5	C	24.0	2	24.0			0.0			0.0
6	C	24.0	2	24.0			0.0			0.0
18	A	19.5	18.0		0.0		0.0		0.0	0.0
19	B	20.0	18.0		0.0		0.0		0.0	0.0
20	C	20.0	18.0		0.0		0.0		0.0	0.0
21	D	19.5	0.0	1	16.0	1	1.0	0.25	2.5	0.0
			0.0	1	16.0	1	1.0	0.25	2.5	1
			0.0	1	16.0	1	1.0	0.25	2.5	0.5
			0.0	1	16.0	1	1.0	0.25	2.5	0.5
計		421.0	162.0	4.0	64.0	4.0	4.0	1.0	10.0	2.0
										1.0

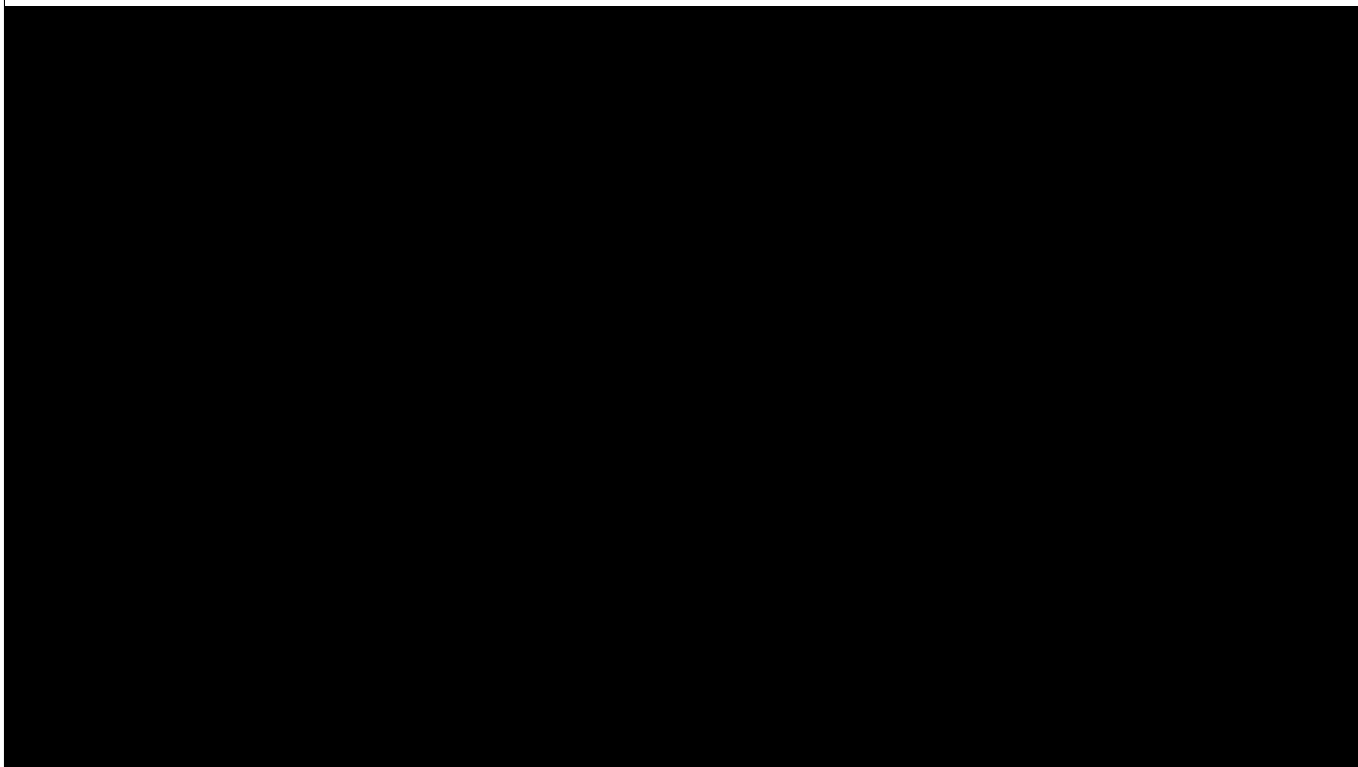
②資材運搬の実施

資材運搬の実施 (令和 6 年 3 月 13 日)

- ・ 苗木の運搬は実施せず、梱包と運搬のデモのみとした。
(時間が空き、乾燥や食害が心配されたため)



② 資材運搬の実施動画



② 資材運搬の実施結果表

フライト順	フライト数	荷降ろし箇所	離陸時刻	飛行時間	資材荷掛時間	1 バッテリー フライト時間
1	3	B	9:46			
2	4	B	9:56			0:09
3	11	B	10:03			
4	12	B	10:10			
5	8	D	10:27	0:03		0:10
6	7	D	10:33			
7	16	D	10:40	0:03	0:07	
8	17	D	10:44			0:09
9	21	D	10:51	0:03	0:04	
10	5	C	11:08	0:03	0:04	
11	6	C	11:12			0:10
12	14	C	11:16	0:04	0:14	
13	15	C	11:24			
14	20	C	11:28	0:03	0:02	0:07
15	1	A	11:43			
16	9	A	11:49	0:03	0:05	0:06
17	10	A	11:53			
18	19	B	14:16	0:02	0:02	
19	2	A	14:23			0:07
20	13	A	14:28	0:02	0:05	
21	18	A	14:35			0:02
計				1:00	1:36	

②資材運搬の実施結果

1. 実働 2 時間半で防護柵（420kg）を運搬

- ・フライト計画どおり、良好な結果
- ・21フライト、2時間36分で、防護柵運搬が完了

2. 1 日で 1 ha（1 t）の防護柵と苗木の運搬が可能

- ・同様に苗木も22フライト、2時間45分で運搬可能
→ 標準的な主伐の現場であれば、1日で運搬可能

3. トラブル発生時の対応

- ・トラブル発生時には、時間が足りない可能性



②飛行計画のまとめ

1. 安定性

資材の形状を揃え、機体の安定性を確保して運搬できた。

2. 運搬効率

事前梱包でき、待機時間が短くなり効率的に運搬できた。

3. 荷下し箇所の設定

荷下し場所・資材・順番をあらかじめ事業体と検討し、運搬後の人肩運搬を減らすことが出来た。



③資材梱包方法の検討

1. 防護柵資材の梱包方法の検討

- ・ 空中でばらけない梱包方法
- ・ 手間がかからない梱包方法
- ・ 安定した運搬ができる梱包方法
 - ネット・支柱・箱物・小物の各資材で実証
 - 梱包資材はなるべくゴミが出ないものを使用(生分解も検討)
 - 資材メーカーの出荷時の梱包を崩さない

2. コンテナ苗木の梱包方法の検討



③資材梱包方法の検討

1. ネットの梱包方法

出荷時は円柱状(1巻50m、18kg)

【検討項目】

- ① PPバンドのみ
- ② PPバンド+麻ひも



【結果】

①PPバンドのみの結束ではばらけることがなかった

- 出荷時の状態で運搬可能であり、最も手間が少ない
 - ※①の運搬時には荷掛ひもはネットの網目に直接付けた
 - ※②の運搬時は自動フックに直接麻ひもを付けた

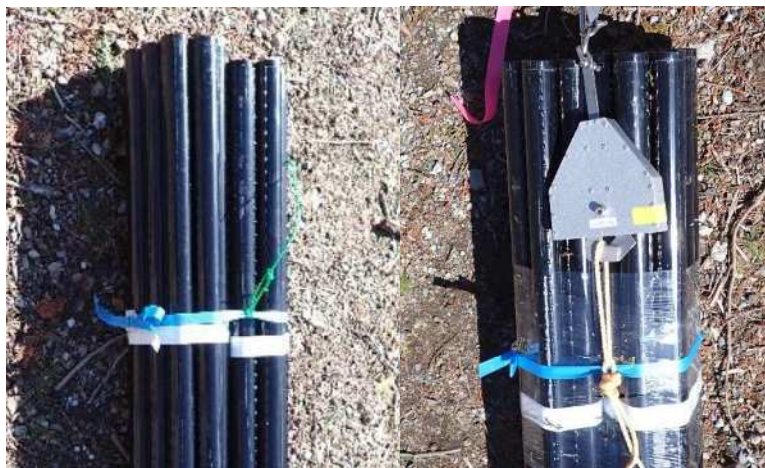
③資材梱包方法の検討

2-1. 支柱（吊り部）の梱包方法

10本で1束（12kg）のため、2束をまとめて梱包

【検討項目】

- ① P P バンドのみ
- ② ラップ+ P P バンド
- ③ 麻ひものみ
- ④ ラップ+麻ひも



【結果】

②ラップ+PPバンドでの結束が良かった

- ラップを巻くことでPPバンドが滑りにくいので安心
- ③④麻ひもでも検討したが、自動フックに直接麻ひもを掛けた時切れた

③資材梱包方法の検討

2-2.支柱(下部)の梱包方法

空中での抜けによる落下を防ぐため、下部を固定した

【検討項目】

①ラップ

②ガムテープ

③麻袋+麻ひも



【結果】

①ラップと②ガムテープで安全に運搬できた

- いずれも運搬には問題無かったが、③麻袋+麻ひもはコストと梱包の手間がかかるため良くなかった

③資材梱包方法の検討

3.箱もの・小物の梱包方法

小物類は運搬時に落下しないように、もっこでまとめて梱包した

【検討項目】

- ①もっこ
- ②麻袋



【結果】

①もっこでまとめたの運搬が効率的であった

- 使用したもっこの回収ができない為、ある程度の数が必要になる
- 麻袋に各部材を必要数分ける運搬も考えたが、手間がかかる為、出荷時の状態で運搬した

③資材梱包方法の検討

4.コンテナ苗の梱包方法

出荷時は、ポリ袋1袋に25本入っている。(1袋 4kg程度)

【方法】

- ・細いロープで6袋をまとめて、荷掛ひもを付けた



【結果】

- ・機体の安定性に問題なく、空中で苗がバラけなかった
- ・苗が折れたり、根鉢が痛むこともなかった

④人力運搬とのコスト比較

コスト比較（人力運搬）

（植栽面積 1.1ha、防護柵延長 430m、植栽本数3,300本）

	ドローン運搬	人力運搬 ※	差
防護柵資材	300,000円	99,161円	—
コンテナ苗		122,496円	—
合計	300,000円	221,657円	78,343円

※ R5 森林病害虫獣単価 第21号 防護柵設置 資材運搬費を準用

→ **ドローン運搬の方が8万円程度高い。**

④人力運搬とのコスト比較

8万円のコスト増に相当するメリットがある

- ① 到達困難地（高低差大、河川・谷越え等）では費用対効果が大きく増加
- ② 労働災害の防止
- ③ 労働負荷の軽減
- ④ 労働力不足の解消(作業員が他の現場に従事できる)

県補助事業「デジタル技術現場実装事業」で半額補助が可能

→ **15万円での運搬が可能**

⑤まとめ

1. フライト計画の作成

- ・ 詳細な計画を作成することで、事故なく効率的な運搬ができた

2. 資材、苗木の梱包方法の検討

- ・ 機体が安定し、資材を傷めない梱包方法を確立できた
- ・ 手間がかからず、低コストな梱包方法を確立できた

3. 人力運搬とのコスト比較

- ・ コスト増となったが、それを上回るメリットがある

分散配置により、作業員の施工地内での資材運搬時間と労力が大幅に減少。
今回の内容を元に、資材運搬でドローンの利用を進めていく。

⑤まとめ

・ 架線集材用リードロープ[®]運搬
（静岡市梅ヶ島地区）

・ 治山工事（山腹工）での
資材運搬を計画中

様々な用途への活用を！



謝辞

- ・ 公益社団法人 静岡県山林協会
- ・ 株式会社ヤマイチネット
竹川 様、古屋敷 様
- ・ 株式会社奥平測量設計事務所
ドローンオペレーター
青山 様、飯塚 様
- ・ 静岡県森林組合連合会
赤羽 様



ご清聴ありがとうございました

ドローン資材運搬の依頼は
(株)奥平測量設計事務所まで！

獣害防護柵、苗木の手配と梱包は
静岡県森林組合連合会 指導・購買課まで！

防護ネット柵の高機能化による 造林地の獣害対策

大場 孝裕（静岡県 西部農林事務所 天竜農林局）

古屋敷 匠（株式会社 ヤマイチネット 防獣事業部）



スギ苗木を食害するシカ



高強度ネット工法で守られた造林地

課題

- 収穫期を迎えた人工林。主伐・再造林を進める上で、植栽木を食べてしまうシカの存在が、大きな障害
- 防護柵なしでは、成林困難



ネット柵の「2つの弱点」

① 動物にネットを切断される

- ・ 素材は、ポリエチレン等の合成繊維
- ・ 強化樹脂や、軟質ステンレス鋼線を混撚して補強した糸を使用
- ・ それでも切断されるので、強度不足



軟質ステンレス鋼線入り
ネットの動物による切断

② 地面との固定が弱くめくられる

- ・ 杭の抵抗力不足
- ・ 岩などで杭が打ち込めない
- ・ イノシシがめくり上げる力に敵わない

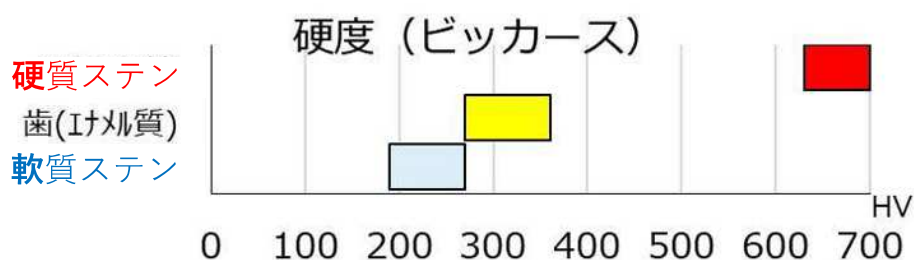


柵をめくり上げて侵入するイノシシ

改善案

① 網糸の強化

- ・ **硬質**ステンレス鋼線（SUS304-WPB）を網糸に混撚



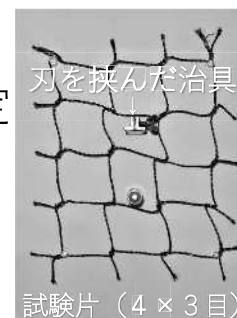
② 地際部分にステンレスワイヤーロープを緊張



ステンレス
ワイヤーロープ
(イメージ)

① 網糸の切断強度試験

- ・精密万能試験機で、押切と引張の切断荷重を測定
- (A) 押切切断：クイキリに網糸を挟んで測定
- (B) 引張切断：試験片に刃を当てて引張り測定



精密万能試験機

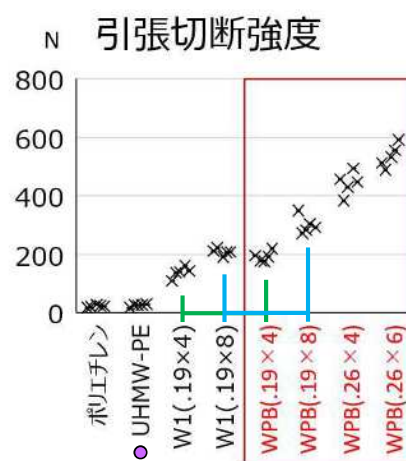
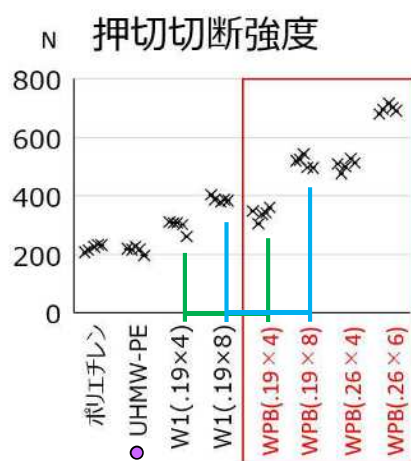


(A) 押切切断試験



(B) 引張切断試験

① 試験結果



網糸の種類

- ・ WPB : 硬質ステンレス (SUS304-WPB) 鋼線混撚PEネット
- ・ W1 : 軟質ステンレス (SUS304-W1) 鋼線混撚PEネット
- ・ UHMW-PE : 超高分子量ポリエチレン繊維混撚PEネット
- ・ ポリエチレン (PE) ネット(440T/30本、無結節、網目 5 cm)

- ・ 硬質ステンレス鋼線混撚で、ネットの強度向上

② ワイヤーロープの引き上げ荷重試験

- ・支柱間（3 m）にステンレスワイヤーロープ（ $\phi 2.0\text{mm}$ ）を張り、中点で10kgfごと引き上げ荷重を掛けた時の、ワイヤーロープの引き上がり量を記録



ワイヤー緊張荷重

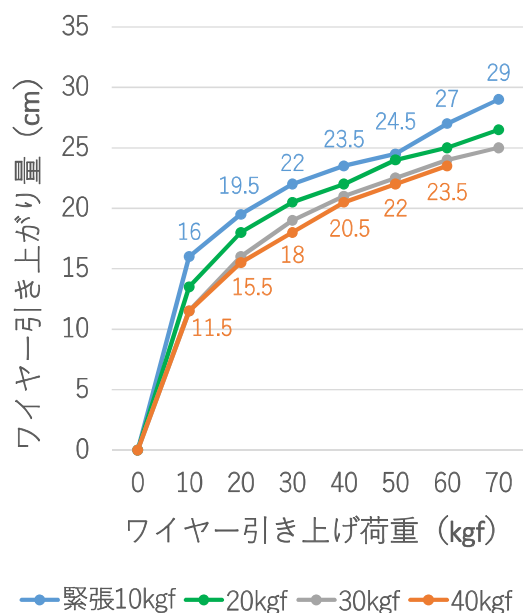


引き上げ荷重



引き上がり量

② 試験結果



ワイヤーロープ緊張・荷重と引き上がりの関係

- ・ワイヤーロープの引き上げ荷重を増やせば、引き上がり量は増加
- ・ワイヤーロープの緊張力が強いほど、引き上がり量は少ない
- ・今回試験したワイヤー緊張荷重10kgf（最小）と40kgf（最大）の引き上がり量の差は2.5～4.5cm
- ・引き上げ荷重を大きくしても引き上がり量の差は増加しなかった

人力施工でも、シカやイノシシの侵入抑止に有効な緊張力を発生可能

会社概要

- ・  株式会社 ヤマイチネット
- ・ 浜松市中央区馬郡町
- ・ 撚糸製造 大正6年（1917年）創業
- ・ 無結節編網機を導入し、漁網用ネット、陸上ネット、防獣ネットを製造販売



ホームページ <https://yamaichinet.com>

製品説明（ソリッドン工法）

- ・ 硬質ステンレス鋼線混撚ネット
＋ステンレスワイヤーロープ緊張



施工箇所（ソリッドン工法）



龍山町大嶺 R5.3～



佐久間町戸口 R5.8～



龍山町戸倉 R5.12～



天竜区横山町 R6.2～



龍山町戸倉 R6.3～



徳島県牟岐町 R6.5～

・浜松市内の民有林 5 箇所・国有林 2 箇所、徳島県 3 箇所で施工

施工方法

- ・立てた支柱にフックをはめて、地面まで落とす
- ・ステンレスワイヤーロープ（ $\phi 2.0\text{mm}$ ）を、フックに巻き付け固定
- ・フックをハンマーで打ち込みワイヤーロープを緊張させ、専用のクサビを打ち込み固定



資材



設置費用（静岡県規格 延長100m当たり）

項目	ソリッドン 工法		軟質ステン レスネット
① 支柱 + キャップ	51,000円 34本	=	51,000円 34本 $\phi 38\text{mm} \times 2.4\text{m}$
② 控え (ロープ+杭)	2,315円 17本	=	2,315円 17本 $\phi 6\text{mm} \times 55\text{m}$ L型43cm
③ ネット (上端ロープ含)	72,450円 硬質ステン混燃	>	61,950円 軟質ステン混燃 $1.8\text{m} + 0.3\text{m}$ $0.19\text{mm} \times 8\text{本}$
④ フック + ワイヤロープ	17,950円 34個 + 102m	>	0円 - クサビ含む $\phi 2.0\text{mm}$
⑤ 杭 + 結束線	6,031円 67本	<	14,723円 167本 L型43cm ネット固定用番線
資材費 計	149,746円		129,988円
⑥ 労務費	89,661円 3.63人	<	102,999円 4.17人 普通作業員 社内歩掛データ
合計	239,407円		232,987円 差額6,420円

施工性向上（防護柵支柱打設）

- ・ 人力打設→エンジン式杭打機



打ち込みハンマー



エンジン式杭打機（ビーバービックハンマー）



まとめ

- 造林地の獣害対策として、防護ネット柵の高機能化に取り組む

① 硬質のステンレス鋼線を混撚したネットを開発
→ 切断強度向上

② ステンレスワイヤーロープを緊張するためのフックを開発 → 地際からの動物侵入防止

- ①②により、従来品よりもシカ・イノシシに侵入されにくい高規格の防獣ネット柵
「ソリッドン工法」製品化

(株)ヤマイチネット HP

