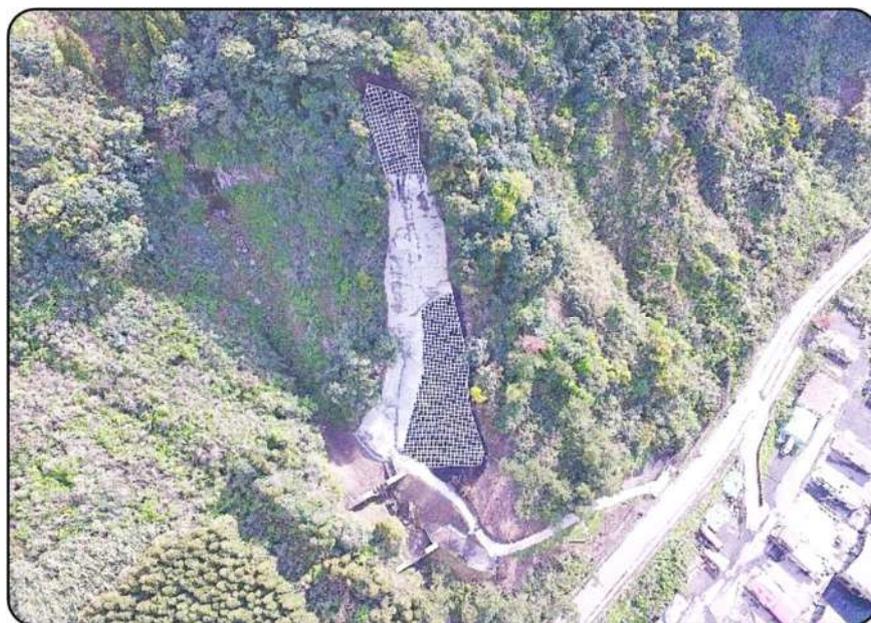


令和2年度(第61回)

治山林道研究発表論文集



第36回民有林治山工事コンクール 日本治山治水協会会長賞
垂水市 牛根麓 大磯地内 (平成30年度災害関連緊急治山事業)



第36回民有林林道工事コンクール 林野庁長官賞
霧島市 佐賀利山線2工区 (森林管理道開設事業)

一般
社団法人

鹿児島県治山林道協会

令和2年度治山林道研究発表論文集の発刊に当たって

今年も九州地方を中心に大規模な災害が発生しました。

特に7月の豪雨災害では、熊本県、福岡県等で大規模な河川の氾濫や土砂災害が発生し、その被害は、死者84名、全壊した住宅1,622棟、浸水した住宅6,701棟など昨年の東北地方等を中心とした災害に匹敵する豪雨災害となっています。

また、山地災害を含む林野関係被害の状況は、林地荒廃が1,823カ所、治山施設199カ所、林道施設が9,714カ所などの被害となっています。

このような災害は、梅雨前線が長期にわたり本州付近に停滞し、豪雨をもたらしたもので、特に7月3日から8日にかけては、九州で多数の線状降水帯が発生し、熊本県球磨村で24時間456ミリ、鹿屋市で496ミリなど、各地で統計開始以降最大の雨量を観測しました。

鹿児島県でも7月3日からの豪雨により、県内で69箇所の土砂災害が発生し、鹿児島市等5市では警戒レベル4に当たる避難勧告等が出されました。

このような記録的な豪雨の発生は、今後益々高まることが懸念されており、異常気象による災害の発生が危惧されています。

今後は、これまで以上に山地災害に対する防災・減災対策の推進が必要と考えます。

森林土木事業においては、これまで、災害から県民の生命・財産を守る治山事業や、木材の安定供給等に必要な林道事業が実施されており、今回の豪雨被害の状況や木材の安定供給への要求を考えると、今後、森林土木事業の設計、施工においては、崩壊地の状況や森林の状況等を踏まえ、現地に応じた技術改善と工夫がさらに必要になると考えます。

関係職員の皆様方は常に技術向上を目指して取り組まれているところであり、そのご努力に心から敬意を表する次第です。

治山林道研究発表会は、このような日頃の取り組みや調査研究の成果を発表する大会として、昭和35年度から鹿児島県が主催して開催されています。当協会では、この発表の成果を論文集に編集し記録していますが、ここに、令和2年8月7日開催の発表会の成果を「令和2年度 第61治山林道研究発表論文集」として発刊しましたので、関係の皆様のご更なる技術研鑽や業務推進等にご活用いただければ幸いに存じます。

終わりに、発刊にあたりご指導ご協力を賜りました鹿児島県かごしま材振興課路網整備係の皆様方に厚く御礼申し上げます。

令和2年 12月
一般社団法人 鹿児島県治山林道協会
専務理事 永 岩 清 文

令和2年度（第61回）治山林道研究発表会

- 1 開催趣旨 治山林道技術についての研究成果を発表し、これを通じて相互の研鑽を図るとともに、技術の向上と改善に資する。
- 2 開催日時 令和2年 8月 7日（金） 午前9時20分～午後4時
- 3 開催場所 鹿児島県市町村自治会館 4階ホール
- 4 発表予定者 鹿児島・南薩地域振興局, 熊毛支庁, (一社)鹿児島県治山林道協会 (各1名)
北薩・始良・伊佐・大隅地域振興局, 大島支庁 (1係1名, 各2名)
【計12名を予定, 管内市町村担当者も含む】
- 5 発表内容 治山林道事業における調査, 計画, 設計, 施工, 維持・管理及び効果, 木材利用, 自然環境への配慮に関すること。
- 6 参集範囲 県, 市町村, (一社)鹿児島県治山林道協会, 県内の森林管理署, 鹿児島大学, 森林組合, 鹿児島県森林土木協会, コンサルタント協会
- 7 参加予定者数 120名 (昨年度参加者154名)
- 8 表彰及び選考
 - 表彰 発表者全員
 - 選考 全国大会2名 (部門ごとにそれぞれ1名)
 - ・全国大会 治山: 令和2年11月 5～16日 治山研究発表会サイトで公開
 - 林道: 大会中止
 - ・九州大会 本年度は九州大会中止のため, 選考者なし

9 審査員

| 職 | 氏名 | 職 | 氏名 |
|-----------|-------|------------------------|-------|
| 鹿児島大学名誉教授 | 下川 悦郎 | (一社)鹿児島県治山林道協会 専務理事 | 永岩 清文 |
| 環境林務部次長 | 村山 浩美 | 森林技術総合センター 所長 | 中蘭 宏和 |
| 森林経営課長 | 松枝 英隆 | かごしま材振興課長 | 岩元 高治 |
| 森づくり推進課長 | 川畑 辰彦 | 総括工事監査監 | 寺原 隆 |

10 特別講演について

演 題：福岡県における九州北部豪雨による被災状況及び復興について
講演者：鮫島明広 林業技師（北薩地域振興局）

治山林道研究発表会スケジュール

開催日：令和2年 8月 7日（金）

場 所：市町村自治会館 4階ホール

| 項 目 | 時 間 | 備 考 | |
|-------------|---------------------|-------------------|--|
| 開 会 | 9 : 2 0 | | |
| 環境林務部長あいさつ | 9 : 2 0～ 9 : 3 0 | | |
| 発 表 上 の 注 意 | 9 : 3 0～ 9 : 3 5 | | |
| 午前の部 | 発表順位 1 | 9 : 3 5～ 9 : 5 5 | |
| | " 2 | 9 : 5 5～10 : 1 5 | |
| | " 3 | 10 : 1 5～10 : 3 5 | |
| | " 4 | 10 : 3 5～10 : 5 5 | |
| | " 5 | 10 : 5 5～11 : 1 5 | |
| | " 6 | 11 : 1 5～11 : 3 5 | |
| | " 7 | 11 : 3 5～11 : 5 5 | |
| (昼食・休憩) | 11 : 5 5～13 : 0 0 | | |
| 午後の部 | 発表順位 8 | 13 : 0 0～13 : 2 0 | |
| | " 9 | 13 : 2 0～13 : 4 0 | |
| | " 10 | 13 : 4 0～14 : 0 0 | |
| | " 11 | 14 : 0 0～14 : 2 0 | |
| | " 12 | 14 : 2 0～14 : 4 0 | |
| 発表結果とりまとめ | 14 : 4 0～15 : 3 0 | | |
| (休 憩) | (14 : 4 0～14 : 5 5) | | |
| 特別講演 | 14 : 5 5～15 : 3 0 | | |
| 審査結果の発表 | 15 : 3 0～15 : 3 5 | 審査員長 村山次長 | |
| 講 評 | 15 : 3 5～15 : 4 5 | 審査員 下川教授 | |
| 表彰及び記念品の授与 | 15 : 4 5～16 : 0 0 | 環境林務部長 | |
| 閉 会 | 16 : 0 0 | | |

目 次

| 発表 順位 | 所 属 | 氏 名 | 発 表 テ ー マ | 区分 | 全国 大会 | 九州 大会 | 頁 |
|----------|-----------------------------|-----------|--|----|----------|--|----|
| 1 | 鹿 児 島 地 域 振 興 局 | 川 野 慎 子 | 林道横見谷線における地すべり性崩壊について | 林道 | ○ | 九州 大会 中 止 の た め 選 考 者 な し | 1 |
| 2 | 大 隅 地 域 振 興 局 | 吉 村 公 佑 | 大隅地域における治山事業の省力化に向けた取組について | 治山 | | | 10 |
| 3 | (一社) 鹿 児 島 県 治 山 林 道 協 会 | 溝 口 泰 生 | 全体計画 矢筈線における無人航空機(UAV)を活用した調査について | 林道 | | | 18 |
| 4 | 南 薩 地 域 振 興 局 | 政 奈 央 | 指宿市山川成川地区における熱赤外線カメラの活用の一考察 | 治山 | | | 24 |
| 5 | 大 隅 地 域 振 興 局 | 乙 田 快 志 | 大隅地域における林道の長寿命化の検討について | 林道 | | | 33 |
| 6 | 大 島 支 庁 | 井 上 力 | 林道事業における環境に配慮した工法に対するアンケートを用いた経済評価手法について | 林道 | | | 40 |
| 7 | 始 良 ・ 伊 佐 地 域 振 興 局 | 富 吉 史 高 | 林業専用道佐賀利山1号支線にかかる橋梁補強・補修について | 林道 | | | 47 |
| 8 | 熊 毛 支 庁 | 姫 野 隼 一 | 中種子町の海岸における浜崖後退抑止の工法選定について | 治山 | | | 55 |
| 9 | 北 薩 地 域 振 興 局 | 迫 田 正 和 | 北薩地区における海岸防災林に関する一考察 | 治山 | ○ | | 61 |
| 10 | 大 島 支 庁 | 上 之 原 貴 之 | 知名町屋者地区における防災林造成計画について | 治山 | | | 68 |
| 11 | 始 良 ・ 伊 佐 地 域 振 興 局 | 稲 森 忍 | 梅雨前線豪雨により被災した落石防護柵の復旧と既設の機能強化について | 治山 | | | 75 |
| 12 | 北 薩 地 域 振 興 局 | 野 村 哲 郎 | 林道横座線における現況と一考察 | 林道 | | | 82 |
| | 合 計 | 1 2 名 | | | | | |
| 治山関係 | | 6 件 | | | | | |
| 林道関係 | | 6 件 | | | | | |

林道横見谷線における地すべり性崩壊について

鹿児島地域振興局 農林水産部 林務水産課 川野 慎子

1. はじめに

(スライド1～3)

当管内では、鹿児島市の松元南部地区において、平成22年度より森林管理道として「横見谷線」の開設を2工区体制で実施しており、林道「横見谷線」は、市道「森園下り山線」と県道「松元川辺線」を結ぶ連絡道で、全体計画延長5,650メートルの本線と併せて、既設作業道を活かした支線3路線を一体的に整備することで、より一層の森林整備の促進を図ることを目的に計画されている。

(スライド4～5)

令和2年7月末現在における開設状況について、起点側から2,589メートルを1工区、終点側から1,344メートルを2工区として開設済みで、残区間は1,717メートルあり、進捗は約70パーセントとなっている。

ところが、平成27年度2工区側の開設工事施工中、終点から約1.2km地点で地すべり性の崩壊が発生し、また、平成29年度にも1工区側の開設工事施工中に起点から約2.5km地点で同様に地すべり性の崩壊が発生したため、それぞれ地質調査を行った。

今回、2箇所が発生した崩壊の概要と、1工区側に視点を置いた地質調査や工法選定等施工経過について事例として紹介するとともに、復旧工事を通して考察した点について報告する。

2. 地すべり性崩壊の概要

(スライド6～7)

それぞれで発生した崩壊の経緯について、最初に崩壊が発生した2工区側については、24時間雨量87.5mmの降雨があった後、切土法面で崩壊が発生し、その後法面上部が崩壊、崩土除去等作業中にも小崩壊を繰り返していた。現地調査後、崩壊箇所上部に亀裂が確認されたため、この開設工事は当初計画から開設延長を10m減で完成させ、地質調査を行った。

次に崩壊が発生した1工区側については、切土法面が高さ約10m、幅約6mにわたり崩壊し、法面を確認した際、切土中腹部及び小崩壊上部に亀裂

が確認された。その後現地調査を行った結果、切土法面上部にかけて大規模な亀裂があることが判明したため、この工区は亀裂が確認された法面より手前、当初計画より開設延長20m減で工事を完成させ、地質調査を行った。

3. 崩壊地の調査・解析

(スライド8)

1工区側で行った調査方法について、調査は、まず地表踏査により地すべり範囲の特定を行った。次に地質調査として主側線上でボーリング調査を行い、孔内傾斜計観測、地盤伸縮計観測等により動態観測を行った後、最後にこれらの調査結果を以って復旧工法の検討を行うこととした。

(スライド9～12)

地すべり範囲の特定を行うための地表踏査の結果、切土法面内は岩盤が崩壊し、左翼側法面崩壊の上部では開口亀裂が確認されたほか、末端部では湧水も確認された。頭部について、頭部滑落跡は、高さ0.2m、幅0.3m程度の変位を示し、連続した亀裂が確認された。また、副次崖にも連続した開口亀裂が確認されたほか、頭部滑落崖より上方斜面に変位は認められず、林道より下位の斜面に明瞭な変位は認められなかった。

(スライド13)

地表踏査により地すべり範囲を特定したため、この範囲中央付近の2箇所を結び、地すべり土塊が最大断面となる位置を主側線に設定した。調査ボーリング位置を主側線上の末端部、頭部、地すべり範囲外の3箇所に設定し、すべり面決定のため調査ボーリング孔で孔内傾斜計観測を行った。

(スライド14～22)

主側線の末端部にあたるBV-1孔でボーリングコアを確認すると、深度12.4mで亀裂が確認され、この地質は弱風化頁岩であった。また、孔内傾斜計観測の結果、深度12～12.5mで区間変位が確認されたため、この孔のすべり面深度は12.4mであると判断した。次に、BV-2孔でもボーリングコア

林道横見谷線における地すべり性崩壊について

を確認すると、深度 12.4m で亀裂が破碎し礫状化しているのが確認され、この地質も同様に弱風化頁岩であった。また、孔内傾斜計観測の結果、深度 12～12.5m で区間変位が確認されたため、この孔のすべり面深度も 12.4m であると判断した。また、区間変位が認められた孔はどちらも移動方向が概ね主側線方向から尾根方向であることが確認できた。最後に地すべり範囲外となる BV-3 孔で同様にボーリングコア等を確認した結果、顕著な変異は認められなかった。これらのボーリング調査等により、この箇所の地質が判明し、すべり面が決定した。

(スライド 23)

次に、地下水位の変動把握のため調査ボーリング近傍で水位観測を行った結果、最高水位が判明し、すべり面に水圧が作用していると考えられた。

(スライド 24～26)

また、斜面上部に地すべり頭部の可能性がある引張亀裂が数カ所確認されていたため、この箇所に S-1、S-2、S-3 として地盤伸縮計を設置し、それぞれの変位量を観測した結果、各箇所で変位がみられることが確認され、最大日変位量および最大月変位量により緩慢に運動中であることが確認できたため、地すべりの変動判定は準確定であり、S1～S3 のそれぞれの箇所で地すべり変動が起きていることが確認された。

4. 素因と誘因

(スライド 27～28)

これらの地質調査の結果、1 工区側の崩壊箇所における地質は風化・破碎作用を受け脆弱化したデイサイト質凝灰岩および頁岩であり、破碎が著しい箇所は粘土混じりの礫状化し、すべり面を形成しやすい状況であることが確認できた。今回の地すべり性崩壊発生の誘因は、林道開設時の切土による地すべり土塊の均衡の崩れによるものと考えられ、また、多量の降雨による地下水位の上昇に伴いすべり面に作用する揚圧力が増大し、滑動が発生したと考えられた。2 工区側でも同様の調査を行った結果、断面図は図のようになり、同様の誘因で崩壊が発生したと考えられた。

5. 対策工法の検討及び現状

(スライド 29)

この結果をうけ、対策を検討することとしたが、まず、対策工法を検討する前に、復旧対策として、

線形の変更による対応が可能かどうか検討した。今回の 1 工区側では下に作業路があることや線形を横断方向に振ると長大盛土が生じ、経費が多大にかかること、林道全体の開設が進んできているため既に開設が済んでいるところの随分手前から線形を変更する必要があることなどの理由から崩壊箇所の対策工事を実施することとした。

2 工区側でも線形変更が可能かどうかの検討をしたが、補強土壁などでは取りつかないことやこちらも経費が多大にかかること等から 1 工区側同様に崩壊箇所の対策工事を行うこととした。

(スライド 30)

対策工事実施にあたり、工法の 1 次選定を行った。今回の崩壊発生要因が「地下水位の上昇」および「地すべり末端部の斜面崩壊」であったため、抑制工として地表水・地下水排除工、排土工等が必要でありこれらと抑止工との組み合わせを検討することとした。計画安全率を確保できるよう工法を選定し、より効果的、経済的な組み合わせを比較検討してから対策工法の決定を行ったが、組み合わせの検討にあたり、地下水排除は必須であると考えたためボーリング暗渠工は原則採用することとした。

(スライド 31～33)

比較検討する組み合わせは、①抑止工であるアンカー工及び頭部排土工を組み合わせた工法と、②抑止杭工を組み合わせた工法と、③頭部排土工など抑制工のみを組み合わせた工法の、3 つの工法を選定した。それぞれを比較した結果、これらの工法のうち、最も経済的で抑制工と抑止工のバランスが良い①ボーリング暗渠工+頭部排土工+アンカー工の案を採用することとした。また、もう 1 箇所の 2 工区側のほうでも同様の比較検討を行った結果、こちらではボーリング暗渠工とアンカー工を組み合わせた工法を採用することとした。

(スライド 34～36)

現在、1 工区側の対策工事は令和 2 年 3 月に発注し、頭部排土工を施工中である。予算の都合上 2 カ年施工の計画だが、路線内に残土場を設けるなどして経費削減を図りながら施工しているところ。また、先に崩壊が発生した 2 工区側を施工する際には、一度にすべての工事の発注ができず、縦に区分けをし、2 回にわけて工事を発注することとなった。既に切土が済んでいる箇所での作業となったためロッククライミングマシンを使う

林道横見谷線における地すべり性崩壊について

など施工に工夫が必要であったことや、道路が狭小であったため機械搬入及び安全率確保のため押さえ盛土を実施すると次発工事の際クレーンを搬入する幅がとれなくなるなど、地理的制約がある中で工事せざるをえなかったが、なんとか対策工事を完了させ、令和2年3月より開設工事を再開しているところである。

6. 考察

(スライド37)

今回、同じ林道の中で2箇所も崩壊が発生したことを受け、県内の林道における地すべり崩壊はどのような箇所で発生しているのか、開設中の地すべり崩壊を未然に防ぐことはできないか、この2点について考察を行った。

(スライド38～39)

ひとつめの考察について、過去10年遡り、近年の県内林道での地すべり崩壊発生状況を表にとりまとめた。これにより、自然斜面の被災だけでなく、施工中の切土法面での崩壊発生も珍しくないことが分かる。切土施工中の崩壊発生誘因は、今回同様、地すべりの末端部を切土したことにより斜面の不安定化が進行したことによるものであった。また、被災箇所は地質的には四万十層群で地質分布が不連続な箇所を有している場合が多く、地形的には尾根地形での被災が多いことが見受けられる。

一般的に、林道の開設、改良にあたり、地質分布が不連続な箇所や尾根の鼻先、過去の地すべり地形を有している箇所などは注意すべき箇所としてあげられることが多いが、近年の崩壊状況は、これを裏付ける結果となった。この中で、「過去の地すべり地形を有している箇所」は、緩斜面で台地状になっている箇所や、緩斜面と急斜面の変化が大きいなどの特徴を有しており、今回の横見谷線でも崩壊箇所の上部に等高線の開きがある箇所が見受けられた。このような箇所では長大法面を避け、切土や頭部の盛土など斜面の均衡を妨げる工種工法は控えた計画をすべきで、また、全体計画作成の際、線形決定の留意点として再認識してよいのではないかと考えられる。これを受け、こういった崩壊を未然に防ぐことはできないか考えた。

(スライド40～41)

これまで、林道開設に係る路線全体計画を策定する際、自然環境等調査の中で地形調査及び地質

調査を実施しており、この業務では傾斜区分図の作成や計画路線上の岩質等の整理などをするようになっているが、これを拡充するために地質調査業者などの専門家を入れ、「地質リスク調査検討業務」として新たな業務を追加してはどうかと考えた。

「地質リスク」とは、地質や土質に起因したトラブルを引き起こす原因となる所謂事業リスクのことを言い、この業務は、計画の初期段階でリスクを洗い出し、評価したうえで対策工法等を検討する業務のことである。

この業務の例として、地形判読や地質踏査を行う「地形地質解析」業務や、地質リスクの素因と誘因を抽出・特定し、その発生確率などを予測する「地質リスク解析」業務、特定した地質リスクをランク付けし、対応方針の検討を行う「地質リスク検討」業務等がある。現在、この業務の積算基準は存在しないため、地質調査業者に見積を依頼することとなるが、実例が増えていけば歩掛化することも可能ではないかと考える。

(スライド42)

横見谷線の当初全体計画事業費は7億6千100万円であったが、今回2箇所でも崩壊が起きたことにより、合計で約3億4千万円の増額となった。規模や延長等にもよるが、横見谷線の全体計画調査の際に地質リスク調査検討業務を導入していた場合、概算費用は直工で500万円程度の増額となり、仮にこの箇所を回避できていた場合、単純に3億円以上の「予定に無かった」増額を抑えられることとなる。このため、この業務を計画初期段階で導入することは、開設が進んでから突然億単位で増額が生じるより遙かに経済的な案ではないかと考える。

(スライド43)

林道開設中の地すべり性崩壊は調査解析および対策工事に多大な経費と時間を要するほか、専門的な知見が必要となる。このため、線形決定の際地すべり地形に留意することのほか、計画初期段階でリスクの回避を行う方法を今後も検討していくべきと考えられる。



スライド1



スライド5



スライド2



スライド6



スライド3



スライド7



スライド4



スライド8



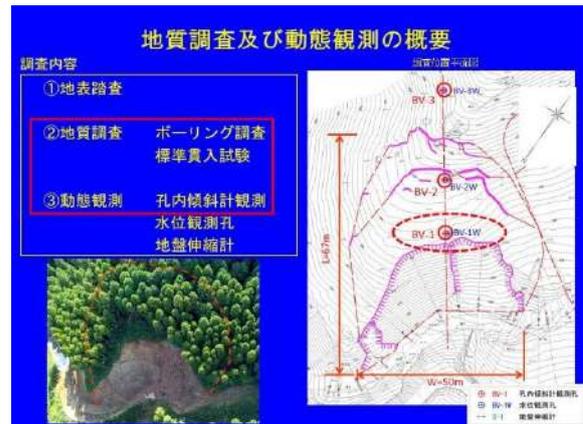
スライド9



スライド13



スライド10



スライド14



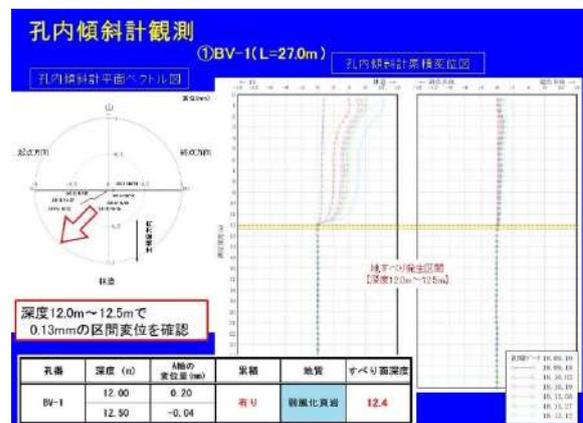
スライド11



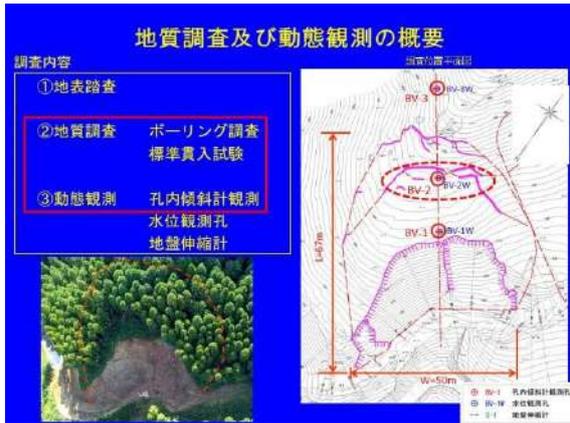
スライド15



スライド12



スライド16



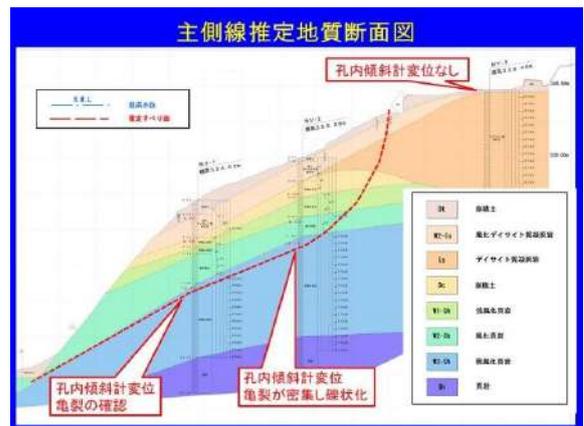
スライド17



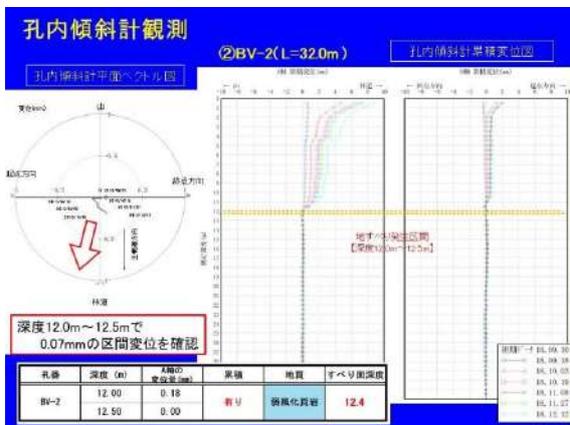
スライド21



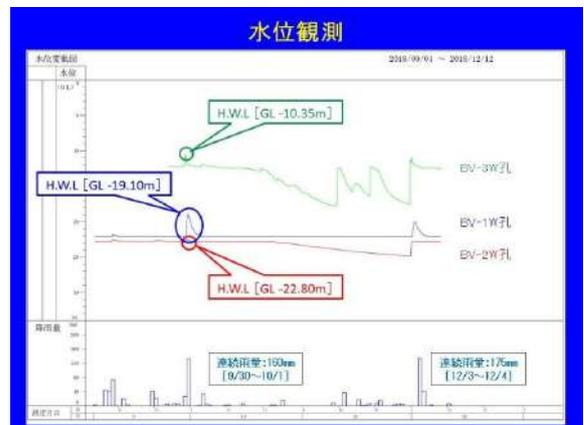
スライド18



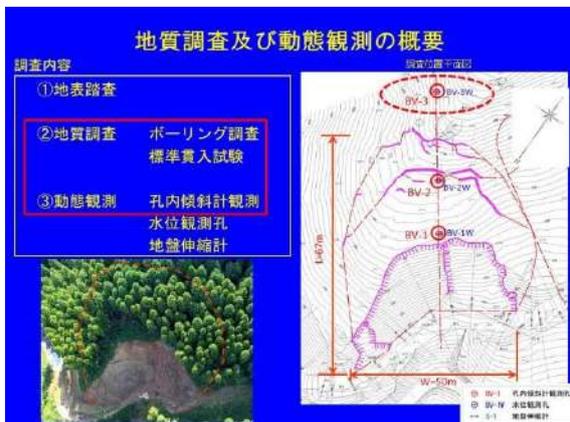
スライド22



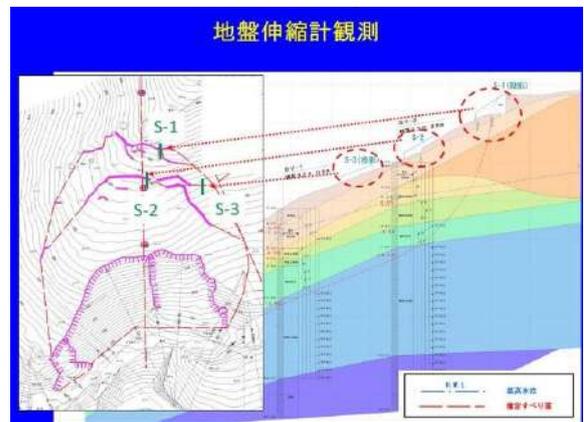
スライド19



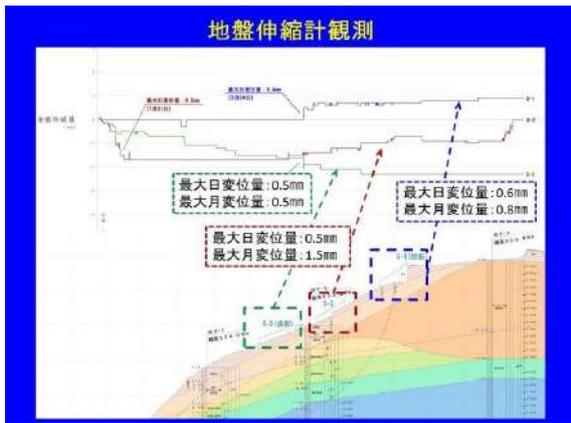
スライド23



スライド20



スライド24



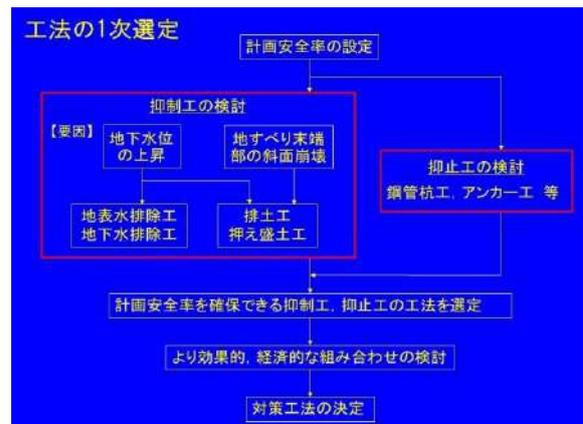
スライド25



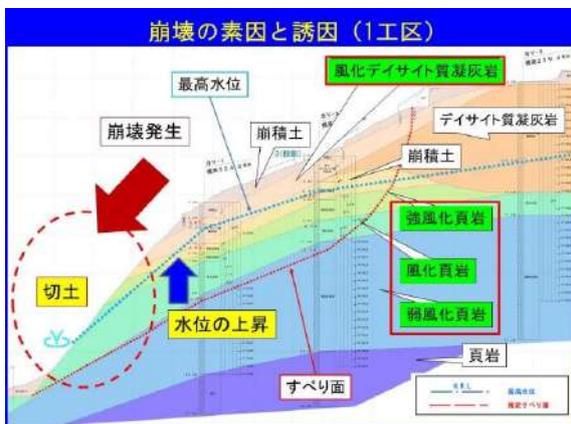
スライド29



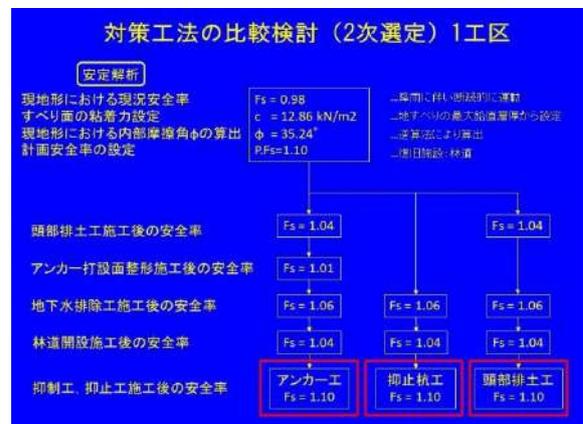
スライド26



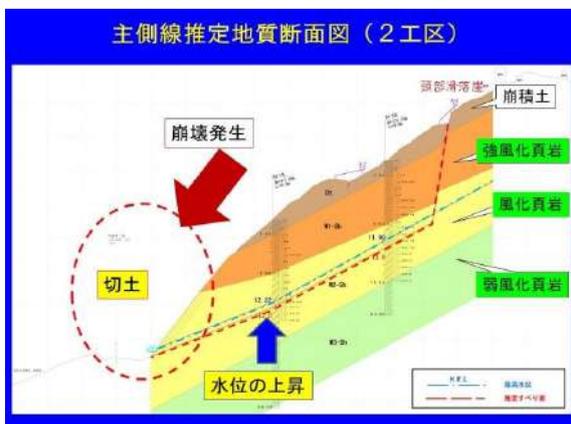
スライド30



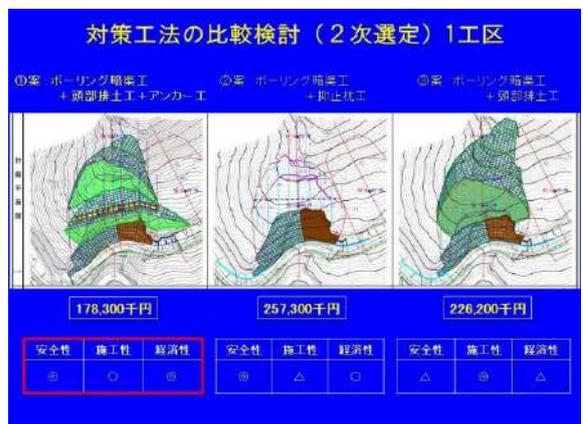
スライド27



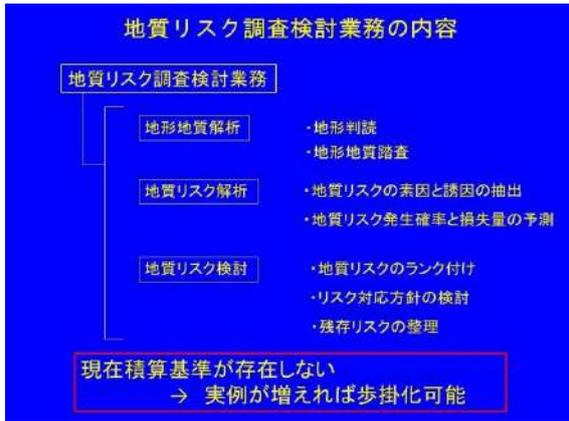
スライド31



スライド28



スライド32



スライド41



スライド42



スライド43

大隅地域における治山事業の省力化に向けた取組について

大隅地域振興局 農林水産部 林務水産課 吉村 公佑

1. はじめに

(スライド1～2)

私の勤務する大隅地域振興局においては、宮崎県境から県本土最南端の佐多岬までの大隅半島全域、4市5町を管轄しており、広範囲にわたり治山事業を推進している。

2. 大隅管内の抱える問題

(スライド3)

そのような中、治山事業を実施するにあたり現在様々な問題が発生している。

主な例として、シラス地帯で急峻な急崖箇所が多く整備期間が長期化していること、シラス・ボラなど脆弱な地質が広範囲に分布し、山地災害が頻発していること、建設業界の技術者等労働力が不足していることなどがあげられる。

(スライド4, 5)

管内の特徴的な地形である急峻な地形が連続する斜面及び降雨水や上部からの浸透水の影響により縦侵食を受けた箇所を写真で示す。

このような荒廃地は管内に多数確認されている。

(スライド6)

このため、治山工事施工の際、現場への資機材及び人員の乗り入れが困難となるほか、重機搬入が出来ず人力での施工となるケースが生じ、作業効率が低下し、必要労働力が増加している。

(スライド7)

近年は山地災害等含めた自然災害が頻発していることで、災害対応事業も増加している。

(スライド8)

また、大隅地域の大きなプロジェクトである東九州自動車道の整備も重なり、これに、通常事業も加わり、工事発注件数は膨大な数となっており、労働力の確保が困難な状況となっている。

(スライド9)

そのような中、建設業界では、元請け下請け問

わず、技術者や現場作業員が高齢化しており、より一層、人手不足の進行が危惧される。

(スライド10)

管内では、入札が不調となる案件も多くみられ、その辞退理由も技術者不足が大半を占めた。

3. 目的

(スライド11)

そのため、現場においては、いかに省力化・効率化を行い、工期の短縮ができるか、現場での労力を減らしていけるかが重要となってきている。そこで、今回、管内において、実施した省力化に向けた工法について3つ紹介し、それぞれについて考察し、今後の活用について検討したい。

4. 省力化①～RCM工法～

(スライド12)

まず、高所法面掘削機による法面掘削工法、通称RCM工法を紹介する。

RCMとは、ロッククライミングマシンのことである。通常人力で行うような急峻な箇所を、ワイヤーに接続したロッククライミングマシンを使用し、法切を行うのがRCM工法である。

ワイヤーで支えるため、足場が不要であり、危険度の高い高所作業や人力作業を代替して行うことが出来る。

また、人力作業では危険な岩掘削も施工可能となる。

(スライド13, 14)

RCM工法による日当たりの施工量を算出すると、117m³の掘削が可能であり、従来工法である人力施工と作業効率を比較すると、人力施工では日当たり20m³程度となるため、1000m³の掘削に対し、RCM工法が9日程度、人力施工の場合は50日程度の日数がかかることになる。

このことによりRCM工法は8割以上の短縮効果があることとなる。

(スライド15)

経済比較を行うと、3000m³の法切を行った現場での試算によると、RCM工法では掘削経費が人力施工よりも安価となるが、別途、法面整形及び機械損料などの費用がかかり、人力施工よりもm³当たり230円程度コスト高となる結果となった。

5. 省力化②～残存型枠工法～

(スライド16)

次に残存型枠工法を紹介する。

残存型枠は一般的な合板型枠と違い、脱枠の必要のないコンクリート製型枠である。

(スライド17, 18)

一般的な合板型枠と施工方法を比較してみると、合板型枠は、型枠組立の際に、足場及び支保の設置やコンクリート打設後の脱枠作業が必要となる。また、型枠内外での組立作業となる。

(スライド19, 20)

一方、残存型枠は、クレーン車を利用した型枠設置となる。設置作業が枠内で行うこととなり、基本的に足場を必要としないため、転落の恐れがなく、作業の安全性が向上する。

(スライド21)

合板型枠と作業効率の比較をすると残存型枠では①足場設置、②型枠の脱枠、③脱枠後の搬出という点で省力化が可能となる。

これにより、1リフト当たりでは、2.5日の短縮となる。

(スライド22, 23)

また、型枠の厚み相当のコンクリート量も削減される。

残存型枠を使用した施工箇所において経済比較を行ったところ、施工型枠面積約310m²に対して、コンクリート削減量約12m³となり、直接工事費、約70万円の縮減となり、経済面でも有利であることが認められた。

6. 省力化③～UAVによる空中写真測量～

(スライド24)

最後にUAVによる空中写真測量を紹介する。まずUAVとは無人航空機のこと、近年普及しつつあるドローンなどのことである。

(スライド25)

この空中写真測量は、工事の起工測量の際、通常はトータルステーションを用いた地上測量を行うところを、ドローンなどの無人航空機により、空中写真を撮影し、それをソフトにより解析させ、三次元点群データを作成し、それをもとに横断面図等を作成する。

ドローンで撮影するだけで測量が完了するので、急斜面での測量が不要となり、安全性も確保できる。

このほかにも、測点間の情報も持っているため、必要な情報を随時図化できるという利点がある。

(スライド26～28)

ここで、その利点を活用して設計変更を行った令和元年度復旧治山事業(七曲地内)での事例を紹介する。

七曲地内は、写真のように複雑な地形をした箇所である。

スライド27は、七曲地内で空中写真測量を実施後、空中写真を補正したものである。空中写真測量は撮影範囲内に写っている地形情報をデータ化することができる。

これをもとに起工測量を行ったが、施工予定であった法切位置が、現況線より外側となり、不安定斜面が除去できないことが判明した。そこで、新たな法切位置の検討を行い、法切位置を山手側に移動することとした。

従来は、ここで再度地上測量を行う必要があるが、空中写真測量では内業だけで横断面図を作成することができた。

スライド28は、施工完了の写真である。空中写真測量であれば、測量線以外の箇所の情報も随時データ化することが可能となり、設計変更の際、臨機に対応することができた。

(スライド29)

従来の地上測量と作業日数を比較すると、表のように約半分の期間で測量をすることができ、今回のように現場で再測量する必要が生じた場合も、内業による作業のみで完了することが可能となる。

(スライド30)

そのため、作業効率は、地上測量の際は3人必要なのに対し、空中写真測量は2人で実施できる上に、5割+αの短縮となった。

7. 各まとめ

(スライド31)

紹介した工法についてまとめる。

まず、RCM 工法は1日の施工量が人力施工と格段に違うため、人力施工と比較して8割程度の施工期間の短縮が可能となる。

また、労働安全面においても機械施工のため安全性が確保できる。

(スライド32)

次に、残存型枠工法は、一般的な合板型枠の施工と比べ、1リフト当たり2.5日の短縮ができるだけでなく、経済性及び安全性の面でも優位であることが分かった。

(スライド33)

UAVによる空中写真測量については、コスト面で、ドローンや解析ソフト等への初期費用がかかるが、5割以上の作業期間短縮効果と安全性が優位であることが分かった。

8. 考察

(スライド34)

紹介した工法の問題点と今後の活用に向けて考察する。

まず、RCM 工法の問題点として、使用重機の拠点県内にはほとんどなく、限られた重機・人員が基本的に九州一円で巡回している状況であるため、設計計上が難しく、この工法を使用する際は、施工業者からの施工承諾という形で施工しており、設計への反映ができていない現状がある。

今後、設計への反映を行うためには、標準歩掛の制定などが必要と思われる。標準歩掛化により、現場での使用率が上がるほか、設計を行う際に現場条件に適合した選択ができるようになると思われる。

(スライド35)

次に、残存型枠工法の問題点として、構造物端部の型枠加工に手間がかかるほか、型枠重量が60kg以上もあるためクレーン車の搬入が可能な箇所に限定されることである。

そこで、今後使用していくためにクレーン車の使用条件の検討が必要となる。

使用条件を整理することにより、現場条件に適合した選択ができるようになると思われる。

(スライド36)

最後に UAV による空中写真測量の問題点として、点群データにするためのソフトが高価であること、空中写真測量を行う際に手続きや別途計画書の作成が必要なことから普及が追い付いていない現状がある。また、点群化処理の際に、草木の影響がでないよう地上測量よりも下地処理を丁寧に行う必要がある。

今後の使用を検討する上で、下地処理の問題を解決するために、ドローンにレーザー測量器を取付けて計測する方法がありますが、関係機器の整備に多額の費用を要することから普及が進むか不透明である。

そこで、現場の規模、条件に応じて測量方法を使い分けることができるよう整理する必要があると思われる。

ドローンの飛行が可能な大規模な箇所では空中写真測量を活用し、小規模な箇所などでは、従来測量といったように整理ができれば施工業者も利用しやすくなる。また、当管内の測量業者が最近導入している、レーザースキャナ測量といった新たな手法も含め検討できればと思う。

さらに、起工測量だけでなく、出来形管理にも空中写真測量を用いるようになれば、省力化が進み、普及していくものと思われる。

9. 最後に

(スライド37)

最後に、今後も大規模災害の発生は頻発すると思われる、少子高齢化は顕著となり、労働力不足の解消は解決できないのかもしれないが、このような時代の中で治山事業を推進していくためには、さらなる省力化が必要となってきます。

今回紹介した事例以外にも、今後、新たな省力化工法の導入や ICT 分野といった新たな技術の活用によってさらなる省力化を実現するため、日々研鑽していき、地域の方が少しでも安心して暮らしていけるような治山事業を推進していきたいと思う。

**大隅地域における治山事業の
省力化に向けた取組について**

大隅地域振興局 林務水産課
森林土木第一係 吉村公佑

スライド1



曾於市末吉町岩崎栢牧ノホキ地内

スライド5

○大隅地域振興局について

管内概要
所管区域
大隅半島
4市5町

管内面積
2104km²

東京都と
ほぼ同面積

スライド2

**資機材等の
輸送が困難**

人力施工

↓

作業効率低下

↓

労力の増加

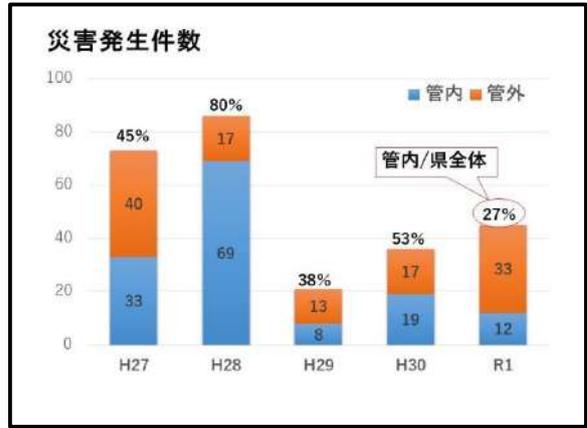
垂水市新城諏訪地内

スライド6

大隅地域の治山事業の抱える問題

- ・急峻地が多く整備期間が長期化
- ・脆弱な地形が広範囲に分布し
山地災害が頻発
- ・労働力不足

スライド3



スライド7



垂水市新城諏訪地内

スライド4

- ・災害復旧工事の増加(他所管含む)
- ・東九州自動車道建設工事

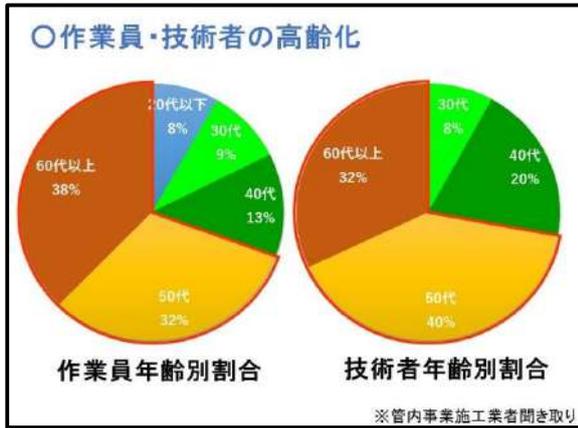
↓

現場数が増大

↓

労働力不足

スライド8



スライド9



スライド13

○入札不調辞退理由聞き取り調査結果 (令和元年度版)

技術者不足が9割

| 不調箇所 | A | B | C | D | E | F | 合計 |
|-------|----|---|----|----|----|----|-----|
| 会社数 | 10 | 9 | 26 | 17 | 10 | 16 | 105 |
| 辞退理由 | | | | | | | |
| 技術者不足 | 9 | 7 | 25 | 16 | 8 | 15 | 96 |
| 採算性 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 12 |
| 災害対応 | | | 6 | 1 | | 1 | 9 |
| その他 | | | | 1 | | | 1 |

※複数回答のため会社数と辞退理由の合計は一致しない

スライド10

○従来工法との比較(作業効率)

| 項目 | 人力 | RCM |
|------------------------------|------------|------------|
| 作業日数 (法切1000m ³) | 約50日 | 約9日 |
| 作業人数 | 5~6人 | 3人 |
| その他 | 岩質の場合はより困難 | 岩質の場合も作業可能 |

※人力施工
日当たり施工量 = 20m³

※R1土木工事標準積算基準書(共通編)

スライド14

問題を解決するために
現場作業の省力化を検討

- RCM工法
- 残存型砕工法
- UAVによる空中写真測量

スライド11

○従来工法との比較(コスト)

切り崩し+法面整形+機械設置

表 人力施工とRCM施工との直接工事費の比較 単位(円)

| | 人力での積算 | RCMでの積算 |
|--------|------------|------------|
| 切り崩し | 18,504,359 | — |
| 法面整形 | — | 14,372,289 |
| 機械設置 | — | 3,612,400 |
| 合計 | 18,504,359 | 1,213,440 |
| 直接工事費差 | — | 19,198,129 |
| | | 693,770 |

※R1復旧治山(七曲地内)での試算 (法切量: 2,988m³)

1m³当たり230円の増

スライド15



スライド12



スライド16



スライド17



スライド21



スライド18



スライド22



スライド19

○従来型枠との比較(コスト)

谷止工 (延長25.0m, 高さ6.0m) で試算

表 従来の型枠と残存型枠での直接工事費の比較

| | 規格 | 治山ダム型枠での積算 | 残存型枠での積算 |
|--------|----------|------------|-----------|
| 型枠 | 治山ダム型枠 | 3,274,656 | — |
| | 残存型枠 | — | 3,028,039 |
| 足場工 | キャットウォーク | 359,537 | — |
| コンクリート | 生コン打設 | — | -271,299 |
| 天端の手摺り | 設置・撤去 | — | 40,864 |
| | D19 | — | 130,318 |
| 挿筋 | | | |
| 合計 | | 3,634,193 | 2,927,920 |
| 直接工事費差 | | — | △ 706,272 |

直接工事費 706千円 削減

スライド23



スライド20



スライド24

○UAV(無人航空機)による空中写真測量

従来の地上測量と空中写真測量の作業手順

| 手順 | 地上測量 | 空中写真測量 |
|----|------------|--------------|
| 1 | 工事範囲の伐採・除草 | 工事範囲の伐採・除草 |
| 2 | 基準点測量 | 対空標識点の設置 |
| 3 | 幅杭設置測量 | UAVによる空中写真撮影 |
| 4 | 横断測量 | 3次元点群作成 |
| 5 | 現況横断面図作成 | 横断データの作成 |
| 6 | 起工測量の内業 | 起工測量の内業 |

スライド25

○従来測量との比較(作業日数)

| | 地上測量 | 日数 | 空中写真測量 | 日数 |
|---|------------|-----|------------|-----|
| 1 | 工事範囲の伐採・除草 | 1.0 | 工事範囲の伐採・除草 | 1.0 |
| 2 | 基準点測量 | 1.0 | 対空標識点の設置 | 0.5 |
| 3 | 幅杭設置測量 | 1.0 | 空中写真撮影 | 0.3 |
| 4 | 横断測量 | 1.5 | 3次元点群作成 | 0.1 |
| 5 | 現況横断面図作成 | 0.5 | 横断データの作成 | 0.1 |
| 6 | 起工測量の内業 | 0.5 | 起工測量の内業 | 0.5 |
| | 計 | 5.5 | 計 | 2.5 |

スライド29

○OR1復旧治山事業(七曲地内)



スライド26

○従来測量との比較(作業効率)

| 項目 | 地上測量 | 空中写真測量 |
|------------|--------|--------|
| 作業日数(七曲地内) | 5.5日 | 2.5日 |
| 作業人数 | 3人 | 2人 |
| その他 | 再測量が必要 | 再測量が不要 |

5割+αの短縮

スライド30

○空中写真を合成・補正した七曲地内



スライド27

○従来工法との比較(まとめ)

| 項目 | RCM | |
|------|-------------------|---|
| 作業効率 | 8割以上の短縮 | ○ |
| 作業人数 | 3人 | ○ |
| コスト | 若干のコスト増 | △ |
| 安全性 | 人力よりも安全 無人作業も可 | ○ |
| その他 | 岩質の場合も作業可能 | ○ |

スライド31



スライド28

○従来の型枠との比較(まとめ)

| 項目 | 残存型枠 | |
|------|----------------|---|
| 作業効率 | 1リフト当たり2.5日の短縮 | ○ |
| 作業人数 | 3~4人 | △ |
| コスト | 従来よりも安価 | ○ |
| 安全性 | 枠内作業のみで安全 | ○ |
| その他 | クレーン車が必要 | △ |

スライド32

○従来測量との比較(まとめ)

| 項目 | 空中写真測量 | |
|------|------------------|---|
| 作業効率 | 5割+ α の削減 | ○ |
| 作業人数 | 2人 | ○ |
| コスト | 初期費用がかかる | △ |
| 安全性 | 地上測量よりも安全 | ○ |
| その他 | 再測量が不要 | ○ |

スライド33

○さらなる省力化に向けて

- ・新たな省力化工法の検討
- ・ICT分野の導入
- ・現場管理の省力化
- ・ヒトやモノの輸送
- ・etc.・・・



スライド37

○今後に向けて

～RCM工法～

【問題点】

- ・重機等の手配
- ・施工承諾での施工

↓

標準歩掛の制定

スライド34

○今後に向けて

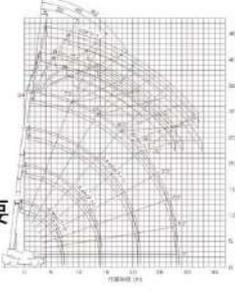
～残存型枠～

【問題点】

- ・端部の加工手間
- ・クレーン車が必要

↓

クレーン車使用条件の検討



スライド35

○今後に向けて

～UAVによる空中写真測量～

【問題点】

- ・機材・ソフトの初期費用
- ・諸手続が必要
- ・伐開等の下地処理

↓

規模・条件による方法選択の検討

出来形管理への応用

スライド36

全体計画 矢筈線における無人航空機(UAV)を活用した調査について

(一社) 鹿児島県治山林道協会 溝口 泰生

1. はじめに

【スライド1・2】

今回の調査は日置市より受託した「林道矢筈線」の全体計画調査事業において路線選定の一環として、無人航空機(UAV)レーザーを活用し路線選定を行ったので発表する。

2. 計画地の概要

【スライド3】

林道「矢筈線」は日置市日吉町日置地内に開設された「ふるさと林道矢筈線」の終点を起点とし、また伊集院町飯牟礼地内の市道小山飯牟礼線を終点とする計画路線とした。

さらに、効率的な森林整備を進めるため、幹線を補完する支線を計画した。

3. 計画地の森林資源

【スライド4】

利用区域面積 37.07ha、総蓄積 12,969m³、スギ・ヒノキの人工林面積 28.16ha スギ・ヒノキの人工林面積 28.16ha、そのうち標準伐期齢以上のものが 95.0%で本格的な利用期を迎えている森林である。

4. 計画地選定の流れ

【スライド5】

基本事項の林道の構造は、自動車道2級規格、全幅員4.00mとした。

森林整備の方針は、利用すべき森林を考慮し、幹線を補完する役割のある支線を林業専用道規格で計画することとした。

現地調査の方法としては、基本事項や森林整備の方針を踏まえ、机上で1/5000基本図を使い路線ルートを3案設定した。

5-1. 計画路線の選定(1案ルート)

【スライド6】

1案のルートについては矢筈岳の西側から南西側の山林内を通過し、矢筈岳登山道を有効利用する最短ルートに支線を組み合わせ、路網拡充を図るのが1案である。

内訳としては、幹線延長1,200mの内、山林内が650m、登山道が550m。

支線延長350mの内、山林内が150m、登山道が200mで利用区域は35.40haと1~3案の中で最小の面積となる。

5-2. 計画路線の選定(2案ルート)

【スライド7】

起点から中間付近までは、1案と類似しているが、終点までの大半が山林内を通過するルートに1案同様の支線を組み合わせ、路網拡充を図るのが2案である。

内訳としては、幹線延長1,400mの内、山林内が1,200m、登山道が200m。

利用区域は38.80haと1案より若干広い面積である。

5-3. 計画路線の選定(3案ルート)

【スライド8】

矢筈岳の北側から東側の山林内を通過し、矢筈岳登山道を有効利用するルートに支線を組み合わせ、路網拡充を図るのが3案である。

内訳としては、幹線延長2,550mの内、山林内が1,500m、登山道が1050m。

支線延長の650mは全て山林内であり、利用区域が54.20haと3案の中で最大の面積となる。

5-4. 計画路線選定ルートの検討結果

【スライド9】

1~3案ルートの施工性や経済性、生産性を考慮すると、1案及び2案が優れている。

しかし、1・2案が通過する山林内は、平成5年9月20日に大規模な地すべりが発生した毘沙門地区と同じ西側斜面を通過するルートのため、1/5000基本図と地形・地質図で判断するには不安があり、災害調査及び対策資料、ハザードマップ、計画地周辺の詳細な地形を確認後、推奨ルートを決定することとした。

現地山林内のクラックや段差、はらみ出しなどの地形の変化及び樹木の傾き調査を目視にて行ったが確認できなかったため、トランシットなどの

機器による詳細な地形計測が必要と判断した。

しかしながら、調査範囲が広域であることから直接測量する方法では膨大な人員と時間を要するため、ヘリやセスナ、UAV などの短時間で広範囲の計測を行える航空機を検討した。

計画地周辺には毘沙門自然の森公園や矢筈岳駐車場など飛行時間が短いUAV レーザーの離発着が行えるポイントも多数あり、飛行禁止区域外であることから、UAV 3D レーザースキャナーにて地形計測を行うことに決定した。

6. UAV レーザー作業計画フロー【スライド 10】

UAV レーザーでの測量については、作業フローにある項目で進める必要がある。

- 1, 現地確認や計測諸元等から飛行計画・申請等を作成する。
- 2, ドローン測量で高精度を得るための地上基準局等が必要であるため、基準点の設置を行う。
- 3, 予備飛行にて現況データの取得を行う。
- 4, UAV レーザー計測を行う。
- 5, 基線解析や点群生成など三次元データを作成する。
- 6, コース間の距離や標高等の点検、精度検証作業を行う。
- 7, 点群カラー化やノイズの除去点検を行ったオリジナルデータを作成する。
- 8, 不要な地上物や樹木等を除去するフィルタリング処理を行う。
- 9, フィルタリング処理後に得られた地盤の高さを表したグラウンドデータ (DEM データ) を作成する。
- 10, DEM データが、非常に多くの点からなるデータの集まりであり、これらを使って普通のパソコンで処理すると、処理に多くの時間がかかってしまう。

そこで、利用しやすくなるように、ドット間隔を広げ、容量を小さくしたメッシュデータを作成する。

- 11, 横断面や等高線等の各種図化データ処理を行い、成果品完了となる。

作業計画 1~12 が一連の流れであり、その中の 1~6 までは現地計測、7~11 まではデータ処理・図化作成に区分される。

7. UAV レーザー作業内容

- 1, 飛行計画・申請等【スライド 11】

現地周辺の状況やデータ収集を行い、飛行及

び計測諸元計画表を作成し、矢筈岳西側を主に計測する計画とした。

- 2, 基準点の設置【スライド 12】

最寄りの電子基準点から現地までが 10 km を超えることに加え、山林に覆われた地形状況であることから、調整用基準点 T-1 から T-5 の 5 箇所、検証点 K1 と K2 の 2 箇所設置した。

- 3, 予備飛行

UAV レーザー測量に使用するドローンより小型のファントムにて計画ルートの予備飛行を行った。

- 4, UAV レーザー計測【スライド 13】

予備飛行で問題がなかったため、大型 UAV に精度の高いレーザーを搭載し、計測した。UAV サイズが 2.50m×2.50m で総重量約 32 kg、レーザーの測定距離が 3.00m から 920.00m、精度は 10 mm、最大取得点数 50 万点/秒と精度の高いレーザーを使用した。

- 5, 三次元データ作成

- 6, 三次元データ作成【スライド 14】

コース間及び標高点検を計測データにて検証後、計測記録簿で確認した。

7~11, 各種図化データ(オルソ図・グリッド図)

【スライド 15】

データ解析後に撮影した空中写真と地図を重ねて作成するオルソ図。

マス目の高さを色で表したグリッド図。

写真のようだが、すべて位置情報を持った点で構成されており、ドットが集合した図となるため、データの処理の際は PC の処理能力が重要となる。

7~11, 各種図化データ(コンタ図・横断面 図)

【スライド 16】

今回は 2m にてコンタ図(等高線)を作成した。この図も緯度経度等の位置情報をもっているドットの図面であることから、横断面図を作成することができる。

従来のポール横断測量による図面とグリッド図を利用した結果を比較すると、現地で測量した結果と合致し大きな誤差がないことが分かる。

任意の点を選定するだけで、【スライド 17】の様な縦・横の断面図や詳細な地形図を作成出来ることができる。

8. 成果内容

【スライド 18・19】

計測成果のオルソ図・グリッド図・コンタ図・

横断面図を基に、鹿児島大学農学部地頭菌教授に助言をいただいた。

- 1, 矢筈岳からなる稜線の西側斜面(花崗岩分布)に沿って、少なくとも4箇所地すべり跡地を確認できる。
- 2, 計画路線のルートを見る限り、地すべり跡地の中腹を通過している。
- 3, 通過するルートの下流に住宅があるのであれば、地すべり跡地を避けるのが望ましい。
- 4, 完全に地すべりが収束していれば問題ないが、その保障はできない。
- 5, 図面上と現地だけでは、地すべりが起こるかどうかの判断は難しい。

結論として、ボーリング調査を行ってから、林道を開設するかを判断するのが望ましいとの助言内容を基に、日置市と協議を行い、地すべり跡地の西側斜面を通過しない3案ルートを中心に引き続き検討する」方向で進めていくこととした。

9. まとめ

【スライド20】

UAV レーザーを活用した調査について、利点、課題をまとめると

利点としては

- ① 今回の調査のように広域な調査では、調査時間が短縮出来有効である。
- ② 調査を実施する技術職員の労力等が軽減できる。
- ③ 通常の調査では急峻な地形での測量・調査等が必要であり、ドローン調査を行うことで職員の危険回避に繋がる。
- ④ 今回のように目視出来ない地形等も判別できる。

課題としては、

- ① UAV を飛行させる前、計画申請や基準局の設置など 事前の準備がかかる。
- ② 大型 UAV レーザーの離発着スペースが必要である。
- ③ UAV レーザーによる調査は専門業者に委託するため、調査費が高額である。
- ④ 取得したデータはドットと呼ばれる点の位置情報のデータであることから、その数が数億個となることもあり、その処理に時間を要する。
- ⑤ 先進的な調査方法に対する人材育成及び設備投資も必要である。

10. 最後に

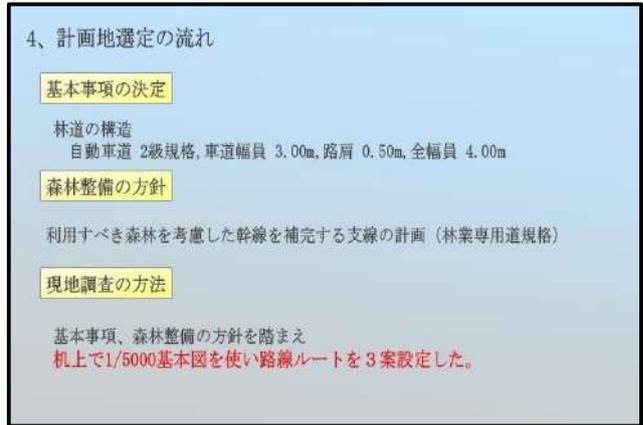
今回の矢筈線は、離発着場所が近隣に多数あり、UAV レーザー計測を行える地理条件を満たしていたが、すべての路線で実施できるとは限らないのも現状である。

また、UAV レーザー計測には利点のみならず、課題も多い状況であるが、今後はこのような ICT を使った調査測量等が進んでくると確信している。

今後、このような調査手法は、林道の計画時に有効であると思われることから、今回の経験や成果を役立て、積極的に取り組んでいきたいと考えている。



スライド1



スライド5



スライド2



スライド6



スライド3



スライド7



スライド4



スライド8

5-4、計画路線選定ルートの検討結果

1～3案ルートの施工性や経済性等を比較すると、**1案及び2案が優れている**

| | 計画延長 | | 利用区域 | 経済性 |
|-------|--------|--------|---------|-----|
| | 幹線 | 支線 | | |
| 1案ルート | 650m | 550m | 35.40ha | ◎ |
| 2案ルート | 1,200m | 200m | 38.80ha | ○ |
| 3案ルート | 1,500m | 1,050m | 54.20ha | △ |

1・2案が通過する山林内は、平成5年9月20日に大規模な地すべりが発生した尾沙門地区と同じ西側斜面を通過
 既存の資料(災害時の調査及び対策資料やハザードマップ)の確認
 現地調査後に推奨ルートを決定

山林内の現地調査
 クラックや段差、はらみ出しなどの地形の変化及び樹木の傾きの調査を
 目視で実施したが確認出来ず

地形測量へ変更
 調査範囲が広大なため
**UAV 3Dレーザースキャナーで
 地形計測を実施**

スライド9

3、予備飛行

4、UAVレーザー計測

測距能力は重要な要素!

UAV機体サイズ : 2.50×2.50×0.60m
 UAV機体重量 : 31.67kg
 ホバリング時間 : 25分

レーザースキャナー
 測定距離 : 3.00m~920.00m
 精度/雑度 : 10mm
 測定範囲 : 330°
 スキャン速度 : 10~200回転/秒
 最大取得点数 : 50万点/秒
 レーザークラス:クラス1(目に安全)

スライド13

6、UAVレーザー作業計画フロー

- 1, 飛行計画・申請等
- 2, 基準点の設置
- 3, 予備飛行
- 4, UAVレーザー計測
- 5, 三次元データ作成
- 6, 精度検証作業
- 7, オリジナルデータ作成
- 8, フィルタリング処理
- 9, グラウンドデータ作成
- 10, メッシュデータ作成
- 11, 各種図化データ処理
- 12, データ成果品完了

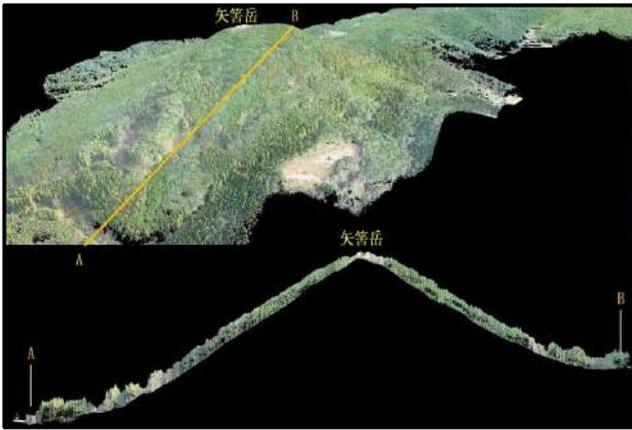
スライド10

5、三次元データ作成

6、精度検証作業

誤差用基準点・検証点・コース間検証箇所配点図

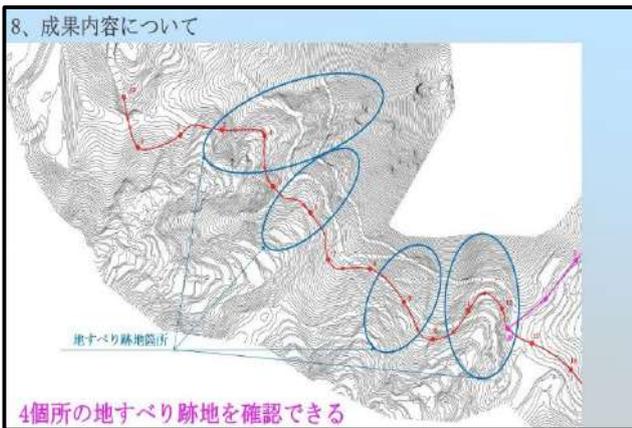
| 測点ID | 経緯度 | 標高 | 用途 |
|------|------------|--------|-----|
| 1 | 139.751234 | 130.12 | 基準点 |
| 2 | 139.751235 | 130.13 | 検証点 |
| 3 | 139.751236 | 130.14 | 検証点 |
| 4 | 139.751237 | 130.15 | 検証点 |
| 5 | 139.751238 | 130.16 | 検証点 |
| 6 | 139.751239 | 130.17 | 検証点 |
| 7 | 139.751240 | 130.18 | 検証点 |
| 8 | 139.751241 | 130.19 | 検証点 |
| 9 | 139.751242 | 130.20 | 検証点 |
| 10 | 139.751243 | 130.21 | 検証点 |
| 11 | 139.751244 | 130.22 | 検証点 |
| 12 | 139.751245 | 130.23 | 検証点 |
| 13 | 139.751246 | 130.24 | 検証点 |
| 14 | 139.751247 | 130.25 | 検証点 |
| 15 | 139.751248 | 130.26 | 検証点 |
| 16 | 139.751249 | 130.27 | 検証点 |
| 17 | 139.751250 | 130.28 | 検証点 |
| 18 | 139.751251 | 130.29 | 検証点 |
| 19 | 139.751252 | 130.30 | 検証点 |
| 20 | 139.751253 | 130.31 | 検証点 |
| 21 | 139.751254 | 130.32 | 検証点 |
| 22 | 139.751255 | 130.33 | 検証点 |
| 23 | 139.751256 | 130.34 | 検証点 |
| 24 | 139.751257 | 130.35 | 検証点 |
| 25 | 139.751258 | 130.36 | 検証点 |
| 26 | 139.751259 | 130.37 | 検証点 |
| 27 | 139.751260 | 130.38 | 検証点 |
| 28 | 139.751261 | 130.39 | 検証点 |
| 29 | 139.751262 | 130.40 | 検証点 |
| 30 | 139.751263 | 130.41 | 検証点 |
| 31 | 139.751264 | 130.42 | 検証点 |
| 32 | 139.751265 | 130.43 | 検証点 |
| 33 | 139.751266 | 130.44 | 検証点 |
| 34 | 139.751267 | 130.45 | 検証点 |
| 35 | 139.751268 | 130.46 | 検証点 |
| 36 | 139.751269 | 130.47 | 検証点 |
| 37 | 139.751270 | 130.48 | 検証点 |
| 38 | 139.751271 | 130.49 | 検証点 |
| 39 | 139.751272 | 130.50 | 検証点 |
| 40 | 139.751273 | 130.51 | 検証点 |
| 41 | 139.751274 | 130.52 | 検証点 |
| 42 | 139.751275 | 130.53 | 検証点 |
| 43 | 139.751276 | 130.54 | 検証点 |
| 44 | 139.751277 | 130.55 | 検証点 |
| 45 | 139.751278 | 130.56 | 検証点 |
| 46 | 139.751279 | 130.57 | 検証点 |
| 47 | 139.751280 | 130.58 | 検証点 |
| 48 | 139.751281 | 130.59 | 検証点 |
| 49 | 139.751282 | 130.60 | 検証点 |
| 50 | 139.751283 | 130.61 | 検証点 |
| 51 | 139.751284 | 130.62 | 検証点 |
| 52 | 139.751285 | 130.63 | 検証点 |
| 53 | 139.751286 | 130.64 | 検証点 |
| 54 | 139.751287 | 130.65 | 検証点 |
| 55 | 139.751288 | 130.66 | 検証点 |
| 56 | 139.751289 | 130.67 | 検証点 |
| 57 | 139.751290 | 130.68 | 検証点 |
| 58 | 139.751291 | 130.69 | 検証点 |
| 59 | 139.751292 | 130.70 | 検証点 |
| 60 | 139.751293 | 130.71 | 検証点 |
| 61 | 139.751294 | 130.72 | 検証点 |
| 62 | 139.751295 | 130.73 | 検証点 |
| 63 | 139.751296 | 130.74 | 検証点 |
| 64 | 139.751297 | 130.75 | 検証点 |
| 65 | 139.751298 | 130.76 | 検証点 |
| 66 | 139.751299 | 130.77 | 検証点 |
| 67 | 139.751300 | 130.78 | 検証点 |
| 68 | 139.751301 | 130.79 | 検証点 |
| 69 | 139.751302 | 130.80 | 検証点 |
| 70 | 139.751303 | 130.81 | 検証点 |
| 71 | 139.751304 | 130.82 | 検証点 |
| 72 | 139.751305 | 130.83 | 検証点 |
| 73 | 139.751306 | 130.84 | 検証点 |
| 74 | 139.751307 | 130.85 | 検証点 |
| 75 | 139.751308 | 130.86 | 検証点 |
| 76 | 139.751309 | 130.87 | 検証点 |
| 77 | 139.751310 | 130.88 | 検証点 |
| 78 | 139.751311 | 130.89 | 検証点 |
| 79 | 139.751312 | 130.90 | 検証点 |
| 80 | 139.751313 | 130.91 | 検証点 |
| 81 | 139.751314 | 130.92 | 検証点 |
| 82 | 139.751315 | 130.93 | 検証点 |
| 83 | 139.751316 | 130.94 | 検証点 |
| 84 | 139.751317 | 130.95 | 検証点 |
| 85 | 139.751318 | 130.96 | 検証点 |
| 86 | 139.751319 | 130.97 | 検証点 |
| 87 | 139.751320 | 130.98 | 検証点 |
| 88 | 139.751321 | 130.99 | 検証点 |
| 89 | 139.751322 | 131.00 | 検証点 |
| 90 | 139.751323 | 131.01 | 検証点 |
| 91 | 139.751324 | 131.02 | 検証点 |
| 92 | 139.751325 | 131.03 | 検証点 |
| 93 | 139.751326 | 131.04 | 検証点 |
| 94 | 139.751327 | 131.05 | 検証点 |
| 95 | 139.751328 | 131.06 | 検証点 |
| 96 | 139.751329 | 131.07 | 検証点 |
| 97 | 139.751330 | 131.08 | 検証点 |
| 98 | 139.751331 | 131.09 | 検証点 |
| 99 | 139.751332 | 131.10 | 検証点 |
| 100 | 139.751333 | 131.11 | 検証点 |
| 101 | 139.751334 | 131.12 | 検証点 |
| 102 | 139.751335 | 131.13 | 検証点 |
| 103 | 139.751336 | 131.14 | 検証点 |
| 104 | 139.751337 | 131.15 | 検証点 |
| 105 | 139.751338 | 131.16 | 検証点 |
| 106 | 139.751339 | 131.17 | 検証点 |
| 107 | 139.751340 | 131.18 | 検証点 |
| 108 | 139.751341 | 131.19 | 検証点 |
| 109 | 139.751342 | 131.20 | 検証点 |
| 110 | 139.751343 | 131.21 | 検証点 |
| 111 | 139.751344 | 131.22 | 検証点 |
| 112 | 139.751345 | 131.23 | 検証点 |
| 113 | 139.751346 | 131.24 | 検証点 |
| 114 | 139.751347 | 131.25 | 検証点 |
| 115 | 139.751348 | 131.26 | 検証点 |
| 116 | 139.751349 | 131.27 | 検証点 |
| 117 | 139.751350 | 131.28 | 検証点 |
| 118 | 139.751351 | 131.29 | 検証点 |
| 119 | 139.751352 | 131.30 | 検証点 |
| 120 | 139.751353 | 131.31 | 検証点 |
| 121 | 139.751354 | 131.32 | 検証点 |
| 122 | 139.751355 | 131.33 | 検証点 |
| 123 | 139.751356 | 131.34 | 検証点 |
| 124 | 139.751357 | 131.35 | 検証点 |
| 125 | 139.751358 | 131.36 | 検証点 |
| 126 | 139.751359 | 131.37 | 検証点 |
| 127 | 139.751360 | 131.38 | 検証点 |
| 128 | 139.751361 | 131.39 | 検証点 |
| 129 | 139.751362 | 131.40 | 検証点 |
| 130 | 139.751363 | 131.41 | 検証点 |
| 131 | 139.751364 | 131.42 | 検証点 |
| 132 | 139.751365 | 131.43 | 検証点 |
| 133 | 139.751366 | 131.44 | 検証点 |
| 134 | 139.751367 | 131.45 | 検証点 |
| 135 | 139.751368 | 131.46 | 検証点 |
| 136 | 139.751369 | 131.47 | 検証点 |
| 137 | 139.751370 | 131.48 | 検証点 |
| 138 | 139.751371 | 131.49 | 検証点 |
| 139 | 139.751372 | 131.50 | 検証点 |
| 140 | 139.751373 | 131.51 | 検証点 |
| 141 | 139.751374 | 131.52 | 検証点 |
| 142 | 139.751375 | 131.53 | 検証点 |
| 143 | 139.751376 | 131.54 | 検証点 |
| 144 | 139.751377 | 131.55 | 検証点 |
| 145 | 139.751378 | 131.56 | 検証点 |
| 146 | 139.751379 | 131.57 | 検証点 |
| 147 | 139.751380 | 131.58 | 検証点 |
| 148 | 139.751381 | 131.59 | 検証点 |
| 149 | 139.751382 | 131.60 | 検証点 |
| 150 | 139.751383 | 131.61 | 検証点 |
| 151 | 139.751384 | 131.62 | 検証点 |
| 152 | 139.751385 | 131.63 | 検証点 |
| 153 | 139.751386 | 131.64 | 検証点 |
| 154 | 139.751387 | 131.65 | 検証点 |
| 155 | 139.751388 | 131.66 | 検証点 |
| 156 | 139.751389 | 131.67 | 検証点 |
| 157 | 139.751390 | 131.68 | 検証点 |
| 158 | 139.751391 | 131.69 | 検証点 |
| 159 | 139.751392 | 131.70 | 検証点 |
| 160 | 139.751393 | 131.71 | 検証点 |
| 161 | 139.751394 | 131.72 | 検証点 |
| 162 | 139.751395 | 131.73 | 検証点 |
| 163 | 139.751396 | 131.74 | 検証点 |
| 164 | 139.751397 | 131.75 | 検証点 |
| 165 | 139.751398 | 131.76 | 検証点 |
| 166 | 139.751399 | 131.77 | 検証点 |
| 167 | 139.751400 | 131.78 | 検証点 |
| 168 | 139.751401 | 131.79 | 検証点 |
| 169 | 139.751402 | 131.80 | 検証点 |
| 170 | 139.751403 | 131.81 | 検証点 |
| 171 | 139.751404 | 131.82 | 検証点 |
| 172 | 139.751405 | 131.83 | 検証点 |
| 173 | 139.751406 | 131.84 | 検証点 |
| 174 | 139.751407 | 131.85 | 検証点 |
| 175 | 139.751408 | 131.86 | 検証点 |
| 176 | 139.751409 | 131.87 | 検証点 |
| 177 | 139.751410 | 131.88 | 検証点 |
| 178 | 139.751411 | 131.89 | 検証点 |
| 179 | 139.751412 | 131.90 | 検証点 |
| 180 | 139.751413 | 131.91 | 検証点 |
| 181 | 139.751414 | 131.92 | 検証点 |
| 182 | 139.751415 | 131.93 | 検証点 |
| 183 | 139.751416 | 131.94 | 検証点 |
| 184 | 139.751417 | 131.95 | 検証点 |
| 185 | 139.751418 | 131.96 | 検証点 |
| 186 | 139.751419 | 131.97 | 検証点 |
| 187 | 139.751420 | 131.98 | 検証点 |
| 188 | 139.751421 | 131.99 | 検証点 |
| 189 | 139.751422 | 132.00 | 検証点 |
| 190 | 139.751423 | 132.01 | 検証点 |
| 191 | 139.751424 | 132.02 | 検証点 |
| 192 | 139.751425 | 132.03 | 検証点 |
| 193 | 139.751426 | 132.04 | 検証点 |
| 194 | 139.751427 | 132.05 | 検証点 |
| 195 | 139.751428 | 132.06 | 検証点 |
| 196 | 139.751429 | 132.07 | 検証点 |
| 197 | 139.751430 | 132.08 | 検証点 |
| 198 | 139.751431 | 132.09 | 検証点 |
| 199 | 139.751432 | 132.10 | 検証点 |
| 200 | 139.751433 | 132.11 | 検証点 |
| 201 | 139.751434 | 132.12 | 検証点 |
| 202 | 139.751435 | 132.13 | 検証点 |
| 203 | 139.751436 | 132.14 | 検証点 |
| 204 | 139.751437 | 132.15 | 検証点 |
| 205 | 139.751438 | 132.16 | 検証点 |
| 206 | 139.751439 | 132.17 | 検証点 |
| 207 | 139.751440 | 132.18 | 検証点 |
| 208 | 139.751441 | 132.19 | 検証点 |
| 209 | 139.751442 | 132.20 | 検証点 |
| 210 | 139.751443 | 132.21 | 検証点 |
| 211 | 139.751444 | 132.22 | 検証点 |
| 212 | 139.751445 | 132.23 | 検証点 |
| 213 | 139.751446 | 132.24 | 検証点 |
| 214 | 139.751447 | 132.25 | 検証点 |
| 215 | 139.751448 | 132.26 | 検証点 |
| 216 | 139.751449 | 132.27 | 検証点 |
| 217 | 139.751450 | 132.28 | 検証点 |
| 218 | 139.751451 | 132.29 | 検証点 |
| 219 | 139.751452 | 132.30 | 検証点 |
| 220 | 139.751453 | 132.31 | 検証点 |
| 221 | 139.751454 | 132.32 | 検証点 |
| 222 | 139.751455 | 132.33 | 検証点 |
| 223 | 139.751456 | 132.34 | 検証点 |
| 224 | 139.751457 | 132.35 | 検証点 |
| 225 | 139.751458 | 132.36 | 検証点 |
| 226 | 139.751459 | 132.37 | 検証点 |
| 227 | 139.751460 | 132.38 | 検証点 |
| 228 | 139.751461 | 132.39 | 検証点 |
| 229 | 139.751462 | 132.40 | 検証点 |
| 230 | 139.751463 | 132.41 | 検証点 |
| 231 | 139.751464 | 132.42 | 検証点 |
| 232 | 139.751465 | 132.43 | 検証点 |
| 233 | 139.751466 | 132.44 | 検証点 |
| 234 | 139.751467 | 132.45 | 検証点 |
| 235 | 139.751468 | 132.46 | 検証点 |
| 236 | 139.751469 | 132.47 | 検証点 |
| 237 | 139.751470 | 132.48 | 検証点 |
| 238 | 139.751471 | 132.49 | 検証点 |
| 239 | 139.751472 | 132.50 | 検証点 |
| 240 | 139.751473 | 132.51 | 検証点 |
| 241 | 139.751474 | 132.52 | 検証点 |



スライド17



スライド21



スライド18

8、成果内容

1. 矢筈岳からなる稜線の西側斜面(花崗岩分布)に沿って、少なくとも4個所の地すべり跡地が確認できる。
2. 計画路線のルートを見る限り、地すべり跡地の中腹を通過している。
3. 通過するルートの下流に住宅があるのであれば、地すべり跡地を避けるのが望ましい。
4. 完全に地すべりが収束していれば問題ないが、その保障はできない。
5. 図面上と現地だけでは、地すべりが起こるかどうかの判断は難しい。

結論:ボーリング調査を行ってから、開設するかを判断するのが望ましい。
「3案ルートを中心に引き続き検討する」

| | | | |
|-----|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 3 案 | 幹線 2,550m (山林内1,500m, 登山道1,050m) | 650m (山林内650m, 登山道0m) | 利用区域 54.20ha |
|-----|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|

スライド19

9、まとめ

UAV (ドローン) レーザーを活用した調査については

利点としては

- ① 調査区域が広域な現場においては調査時間の短縮につながる。
- ② 調査に投入する技術職員の軽減を図ることができる。
- ③ 急峻な現地等では調査に関わる技術職員の危険回避が図られる。
- ④ 樹木等により目視できない崩壊地や地形が判別できる。

課題としては

- ① 調査に入るまでの事前準備がかかる。
- ② 大型UAVレーザーの離発着スペースが必要である。
- ③ 調査がすべて専門業者に委託するため調査経費が高額である。
- ④ ドットのデータ処理に時間を要する。
- ⑤ 先進的な知識に対する人材育成及び設備投資も必要である。

スライド20

指宿市山川成川地区における熱赤外線カメラの活用の一考察

南薩地域振興局 農林水産部 林務水産課 政 奈 央

1. はじめに

【スライド1, 2】

南薩地域振興局管内にある指宿市山川湾は指宿市の南東部に位置しており、阿多カルデラに関連する火山活動によって形成された噴火口跡で、周囲は火口壁にあたる急勾配な斜面に囲まれ、その斜面直下には、JR・国道269号・人家などの保全対象がある。

【スライド3】

火口壁にあたる急勾配な斜面の地質は輝石安山岩で、斜面内には基岩の露出が多くみられ、節理や亀裂が発達しているため岩塊が剥離しやすくなっており、急峻な地形とあいまって落石が多数発生している地域である。

【スライド4】

直近では、令和2年5月16日に山川駅近くで落石が発生し、直下のJR線路・国道にまで達し、通行止めにする被害が起こっている。

【スライド5】

このような経緯から、山川湾周囲の山腹斜面の森林は土砂崩壊防備保安林や落石防止保安林などに指定されており、古くは昭和50年代から治山事業を導入し、整備が図られてきている。

【スライド6】

しかしながら、治山事業の整備計画等にあたっての現地踏査、特に落石の踏査は、急峻な地形で大変危険を伴うものであるとともに、踏査時に落石を招く二次災害の恐れや、また、調査すべき岩石を見落とす可能性もあり、調査の精度の問題となっている。このような課題に対し、現地踏査以外の調査方法として非接触による方法を考える必要があった。今回はその一つとして、熱赤外線カメラの活用の可能性について検討したので報告する。

2. 熱赤外線カメラとは

【スライド7】

調査に使用したのは、重量575gの片手で操作できるハンディタイプの熱赤外線カメラで、一度の撮影で通常のカメラで撮影する可視画像と、温度を色で表現した熱赤外線画像の2種類の撮影ができるものである。

【スライド8】

赤外線とは、人間が見ることのできる可視光より波長の長い電磁波のことをいい、絶対零度以上の温度をもつ全ての物体から放射されている。

【スライド9】

温度が高いものほどより多くの赤外線を放射する性質があり、熱赤外線カメラの撮影では物体が放射する赤外線の放射量を温度に換算し、高温は赤、低温は青などといった色分布で表現した画像が撮影できる。

【スライド10】

熱赤外線カメラは、非接触で物体の温度を測定できるとともに、広範囲の物体の温度を面的に表現した画像を撮影できるため、現地踏査をしなくても離れたところから撮影（調査）が可能となる大きな特徴がある。

【スライド11, 12】

このような熱赤外線カメラの特徴を活用した例として、コンクリート及びモルタル吹付のり面の老朽化診断がある。

吹付のり面の表面の温度は、地山の状態や湧水の有無など吹付のり面の背面の性状によって熱の移動の仕方に差が生じ、異なる温度になる。

例えば、吹付のり面の背面に空洞（空気層）がある場合、昼間は、日射や外気温などによる熱が、空洞（空気層）の断熱効果によって地山に伝わりづらくなるため、吹付のり面の表面は高温になるが、逆に夜間は地山から放射される熱が空洞（空気層）で遮断され表面に伝わりづらくなるため低温になる。

【スライド13】

吹付のり面の表面温度と吹付背面状態の関係をまとめると、熱赤外線カメラによる調査で、昼間は高温となり夜間は低温となっている部分があれば、吹付のり面の背面が空洞になっている可能性が高い。

【スライド14】

この調査方法は、林野庁が示している「治山施設個別施設計画策定マニュアル」において、対策の検討が必要な施設に対して実施する詳細調査の方法の例としてもあげられている。

3. 検討項目

【スライド15】

今回は、この熱赤外線カメラを落石調査で活用できないか、以下の3項目に分けて検討したので報告する。一つ目は①斜面内の岩石分布の把握である。

【スライド16】

落石調査を行う上で、まずは斜面内に落石の危険性がある岩石がどのように存在しているか把握する必要がある。岩石分布を調べる方法は、現地踏査、空中写真判読、レーザー計測などがあるが、熱赤外線カメラを用いることで簡易的に調査できないか検討した。

【スライド17】

二つ目の検討項目は、②落石危険度判定である。岩石の落石危険度の判定において、評価項目は大きく「落石エネルギー」、「岩石の安定度」、「周辺環境」に分けられ、「落石エネルギー」は岩石の質量や落石高さなどから計算式により評価され、「周辺環境」は既存資料や現地状況により評価される。

しかし、「岩石の安定度」は個々の岩石ごとに目視により判定するため、調査者（評価者）によって異なった判定になる恐れがあることや、対策工法の決定では、より安全を期すために不安定側の評価を優先するため、過大な工法選択になるなどの問題点がある。

そこで、「岩石の安定度」について、熱赤外線カメラを用いることで、より客観的かつ正確な判定ができないか検討した。

【スライド18】

三つ目の検討項目は、③施工施設の維持管理である。

施工後の施設については、定期的に点検を行い、機能を適切に発揮しているか確認する必要がある。熱赤外線カメラを用いることで、コンクリート表面の劣化の検出ができないか検討した。

4-1. 検討結果① 斜面内の岩石分布

【スライド19】

検討結果について、それぞれ説明する。まず、①斜面内の岩石分布の把握についてである。

【スライド20】

物質による比熱の違いにより、ものの温まりやすさ冷めやすさは異なり、岩石は土壌や植生と比べると温まりやすい性質を持っている。このことから、昼間、気温が高い時間帯に斜面を撮影すれば岩石が分布している箇所は高温部として検出することができるかと予測した。

【スライド21】

山川湾沿岸の急崖斜面を撮影した可視画像である。植生が覆いかぶさっているが、一部、岩石が露岩している箇所があることから、熱赤外線画像ではこの部分は高温部として検出できるのではないかと考えた。

【スライド22】

しかし、熱赤外線画像を見ると、岩石部分が際だって高温を示すことはなく、主に植生の樹冠部分が赤く高温で検出される結果となった。

【スライド23】

このような温度分布になった原因として、岩石や植生といった物質の違いではなく、日の当たりによる温度差が顕著に表れたことが挙げられる。日射が当たりやすい樹冠は日射の影響を受けて高温に、植生の陰になっているところは岩石であっても低温になってしまった。

結果として、今回の調査では熱赤外線カメラにより、斜面内の岩石分布を把握することはできなかったが、今後の検討課題として再調査の際は、日射の影響を受けやすいということを考慮した上で、日射の少ない曇りの日などに調査を実施し、改めて検証することとしたい。

4-2. 検討結果② 落石危険度判定

【スライド24】

次に、②落石危険度判定である。

【スライド25】

調査地の斜面内には剥離型落石いわゆる浮石が多く存在していたことから、今回は主に浮石における落石危険度判定について、評価項目の「岩石の安定度」に着目して検討することとした。

【スライド26】

浮石の安定度は主に亀裂の発達具合によって決定することとされている。可視画像を見ると、岩塊に複数の亀裂が発達しているのが確認できる。上部の亀裂は開口した亀裂、下部の亀裂は密着した亀裂であるのが分かる。これを熱赤外線画像で見ると開口亀裂が低温を示しているのに対し、密着亀裂は周囲の岩塊と温度の差が無かった。

【スライド27】

開口亀裂の場合、亀裂によって岩石の間に空間が生じるため、これが低温部として検出されたが、一方で密着亀裂にはそのような空間が生じないため温度の差が表れなかったものと思われる。

このように、亀裂部の温度変化の有無で、開口亀裂か密着亀裂かを判断することができた。

【スライド28】

この、亀裂が開口しているか密着しているかといった判断や、それによって評価される岩石の安定度は、落石危険度判定全体を大きく左右する項目の一つで、落石対策便覧に掲載されている安定度調査表では、全項目の満点100点のうち24点を、他県で使用されている落石危険度判定表においても全項目の満点100点のうち、15点を占めている。

【スライド29】

また、「現地観察による安定度判定の一例」（出典：公益社団法人日本道路協会「落石対策便覧」）の図によって判定した場合も、開口亀裂か密着亀裂かによって、安定状態の評価が異なる。

このように落石危険度判定、ひいては対策工法の決定に大きく影響する亀裂の状態について、目視だけでなく熱赤外線カメラを活用し判断することで調査者（評価者）による誤差が防げるとともに、調査の精度向上が期待される。

4-3. 検討結果③ 施工施設の維持管理

【スライド30】

最後に、③施工施設の維持管理である。

【スライド31】

一般的にコンクリートの劣化部は剥離が生じたり、空隙が多くなったりすることで高温を示す傾向にある。熱赤外線カメラを使用することで、コンクリート劣化部を高温とし検出することが可能だと予想した。

【スライド32】

落石対策として施工された根固工の可視画像を見るとコンクリートの健全部は表面が平滑なのに対し、劣化している箇所は表面に凹凸があるのが分かる。

【スライド33】

これを熱赤外線画像で見ると、健全部と劣化部には明確な温度差が生じていたが、「劣化部は高温になる」という一般的な傾向とは逆に、劣化部は低温になっていた。

このような結果になった理由を、次のとおり推測した。

【スライド34】

調査日前日までは梅雨時期の降雨により根固工は湿潤状態になっていたが、調査当日の天候は晴れで、健全部はコンクリート表面が日射や外気温によって乾いたのに対し、劣化部は表面の凹凸のためコンクリートが乾きづらく、この水分によって低温を示したものと思われる。

晴天が続いている条件でも再度調査を行い、今回の調査結果が天候による影響を受けたものなのか検証を行う必要はあるが、コンクリートが劣化し変質している場合、温度差によってその劣化部を検出できることが分かった。

5. まとめ

【スライド35】

以上、今回は落石発生現場において、①斜面内の岩石分布、②落石危険度判定、③施工施設の維持管理の3点で熱赤外線カメラの活用を検討した。

検討①の斜面内の岩石分布の把握については、日射の影響が少ない曇りの日に再調査の必要があるという結果になった。

検討②の落石危険度判定については、危険度判定のうち岩石の安定度について、熱赤外線カメラ

を活用することで、亀裂の状況をより正確に調べられることが明らかになった。

検討③の施工施設の維持管理では、晴天時に再検証の必要があるが、熱赤外線カメラを活用することでコンクリート表面の劣化部を検出できることが分かった。

6. 今後の展開

【スライド36】

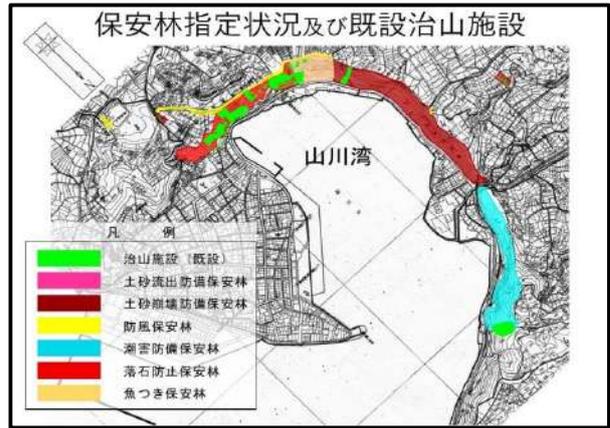
現時点では、熱赤外線カメラによる落石調査の事例は少なく、本研究においても、調査、分析が不十分な点があったが、今後調査を進めていけば現地踏査が困難な現場において、遠景での撮影やドローン搭載型の熱赤外線カメラの撮影により、落石調査や施工後の点検が可能になるとと思われる。

【スライド37】

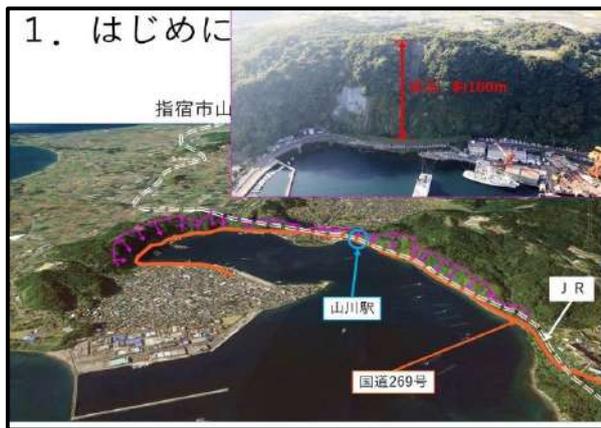
また、今回紹介した内容は熱赤外線カメラで分かることのわずか一例に過ぎない。落石対策以外の森林土木事業分野での活用も視野に入れながら、今後も熱赤外線カメラを活用した安全かつ効率的な調査の可能性について検討してまいりたい。



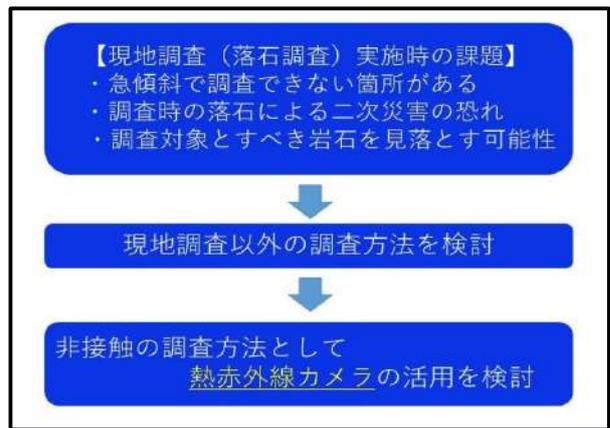
スライド1



スライド5



スライド2



スライド6



スライド3

使用機器 ハンディタイプ熱赤外線カメラ

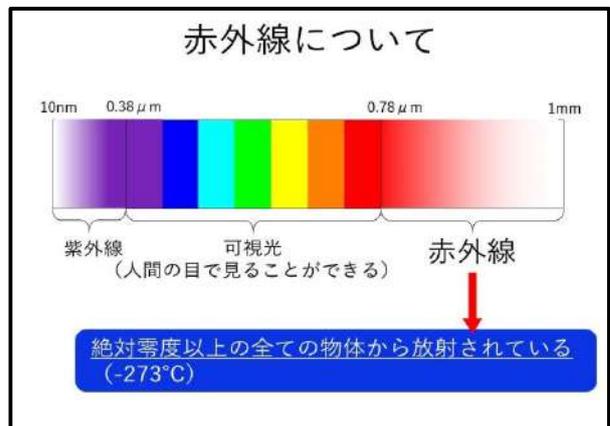
重量: 575g
 寸法: 244 × 95 × 140mm
 計測温度範囲: -20°C ~ +550°C
 価格: 約60万円

可視画像と熱赤外線画像の同時撮影が可能

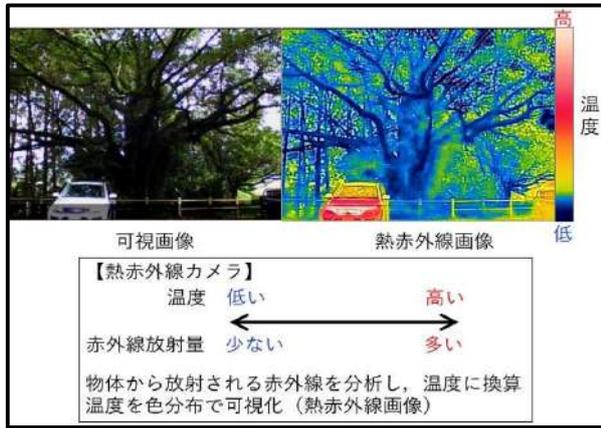
スライド7



スライド4



スライド8



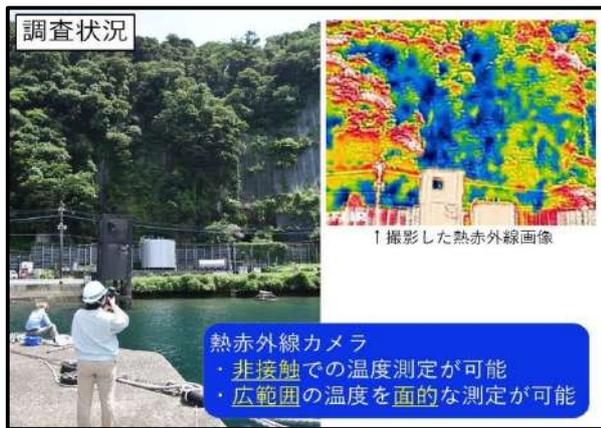
スライド9

吹付のり面の表面温度と吹付背面状態の関係

| 吹付背面状態 | 深夜・早朝の表面温度 | 日中の表面温度 | 2時刻の温度変化 |
|--------|------------|---------|----------|
| 空洞部 | 低温 | 特に高温 | 特に大きい |
| 土砂部 | 低温 | 高温 | 大きい |
| 湿潤部 | 低温 | 特に低温 | 特に小さい |
| 健全部 | 高温 | やや低温 | 小さい |

出典：土木研究所「赤外線映像法による吹付けのり面老朽化診断マニュアル」

スライド13



スライド10

4. 詳細調査

詳細調査は、健全度評価によって健全度3又は4と判断された箇所に対し、対策を検討するために実施する高度な技術等を要する詳細な調査である。本調査により施設内部の老朽化の進行度合いや構造周囲の法面等の範囲・規模等を把握し対策を検討する。

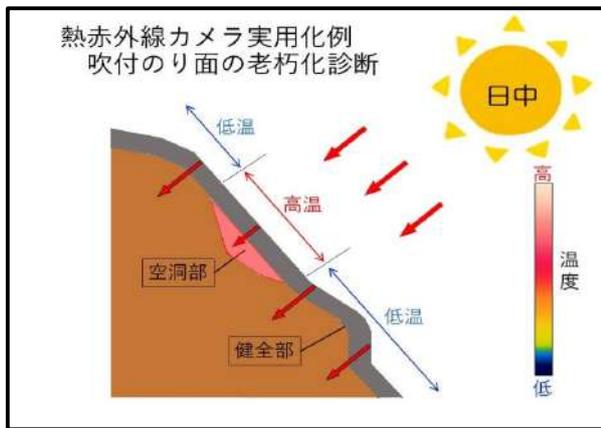
なお、健全度2と判断された施設についても、必要に応じて行うものとする。

(参考)
 詳細調査の例を以下に示す。

(5) **熱赤外線探査**
 吹付法面の背面の空洞化による劣化状況を把握する方法として、熱赤外線探査(熱赤外線撮影法)を用いて、密着部と非密着部(空洞など)の分布を熱特性の違いから推定することが有効である。

※林野庁「治山施設個別施設計画策定マニュアル(平成29年度改訂版)」より一部抜粋

スライド14

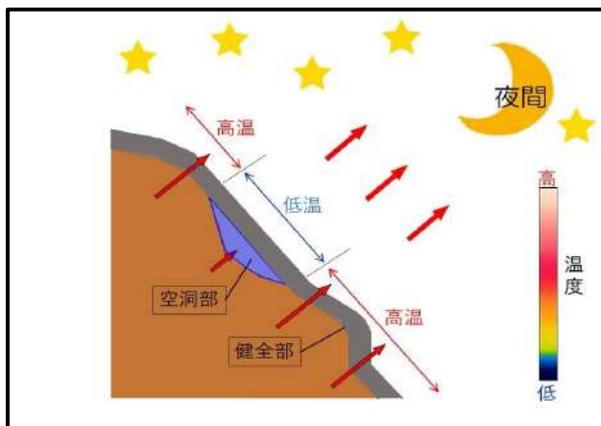


スライド11

3. 検討項目

- ①斜面内の岩石分布
- ②落石危険度判定
- ③施工施設の維持管理

スライド15



スライド12

①斜面内の岩石分布

斜面に転石・浮石といった落石の恐れのある岩石が存在するか、また、その分布状況を知る必要がある。

従来の調査方法 現地踏査 空中写真判読 レーザー計測 等

熱赤外線カメラで岩石の分布を把握できないか検討

スライド16

②落石危険度判定

落石危険度評価項目の内訳

- ①落石エネルギー
- ②岩石の安定度 → 目視による
- ③周辺環境（気象、林相、保全対象 等）

【問題点】

- ・調査者によって判定が異なる
- ・実際の安定度よりも不安定と評価されることがある（＝対策工法の過大設計につながる）

熱赤外線カメラを活用し、より客観的で正確に評価

スライド17



スライド21

③施工施設の維持管理

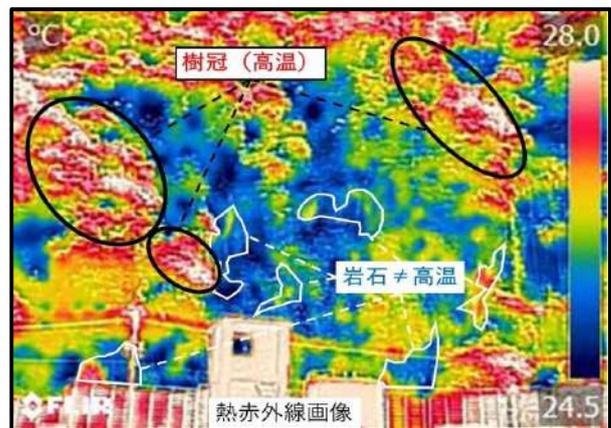
施工後の施設の維持管理
→施設が適切に機能を発揮しているか点検・診断

コンクリート構造物（根固工）の老朽化現象

- ・基礎洗掘
- ・クラック（ひび割れ）
- ・コンクリート表面の劣化

→ 熱赤外線カメラで検出できないか検討

スライド18



スライド22

3. 検討項目

- ①斜面内の岩石分布
- ②落石危険度判定
- ③施工施設の維持管理

スライド19

①斜面内の岩石分布（結果）

【原因】
物質の違いによる温度差 < 日射による温度差

樹冠 = 日射が当たりやすい = 高温
陰 = 日射が当たらない = 低温

【次回調査】
日射の影響を受けにくい、曇りの日に実施する

スライド23

①斜面内の岩石分布

物質によって、ものの温まりやすさは異なる

岩石：温まりやすく冷めやすい性質

【予想】
日中、気温の高い時間は岩石を高温として検出できる

スライド20

3. 検討項目

- ①斜面内の岩石分布
- ②落石危険度判定
- ③施工施設の維持管理

スライド24

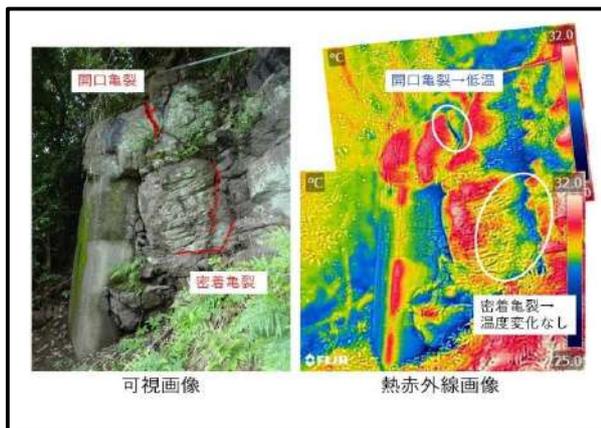


スライド25

| 安定状態 | 浮石 | 安定性 |
|------|----|---------------------------|
| 1 | | 近い程度必ず脱落すると考えられるもの |
| 2 | | 接触は平面でないが、いずれ脱落すると考えられるもの |
| 3 | | 脱落する可能性が大きい |
| 4 | | 脱落する可能性がある |
| 5 | | 脱落の可能性がほとんどない |

出典：落石対策便覧「現地観察による安定度判定の一例」

スライド29

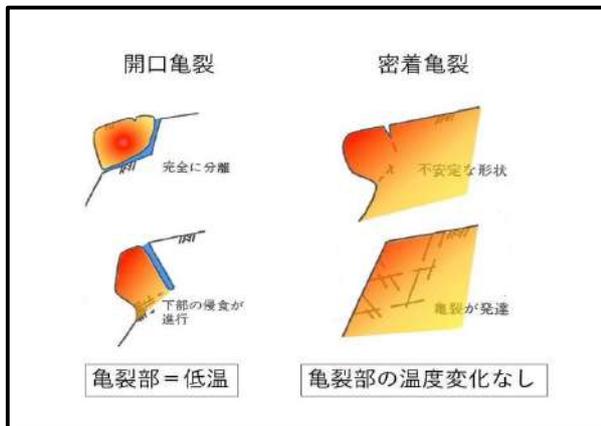


スライド26

3. 検討項目

- ①斜面内の岩石分布
- ②落石危険度判定
- ③施工施設の維持管理

スライド30



スライド27

③施工施設の維持管理

一般的に、コンクリート表面の劣化部は、剥離や空隙が生じることにより高温を呈す

【予想】
熱赤外線カメラで、コンクリート劣化部を高温部として検出できる

スライド31

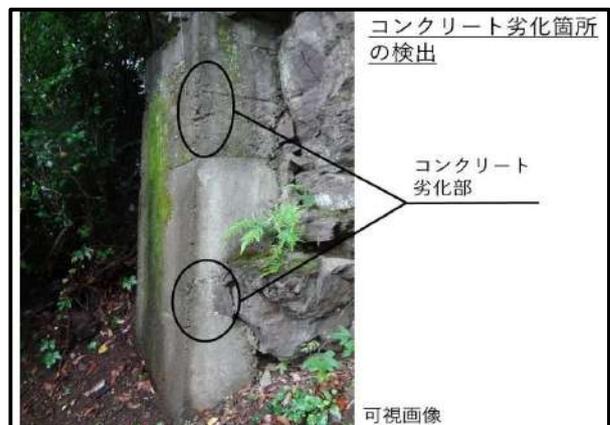
落石危険度判定表

安定度調査表 (落石・崩壊)

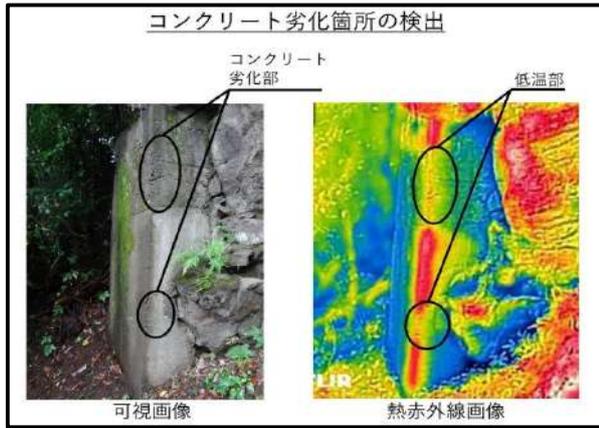
亀裂状況 15点/満点100点

表土及び浮石・転石の安定度 24点/満点100点

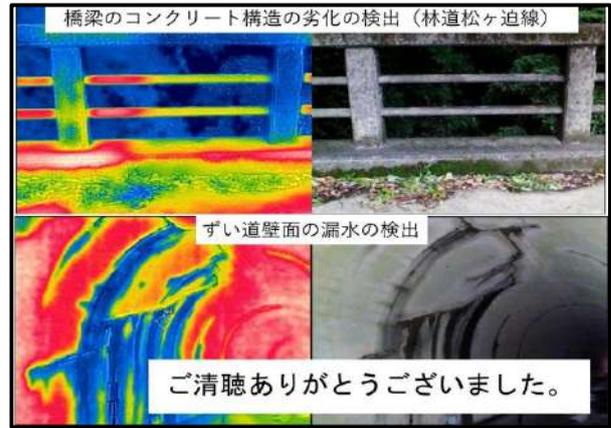
スライド28



スライド32



スライド33



スライド37

③施工施設の維持管理（結果）

前日までの降雨により根固工は湿潤状態であった

調査当日 天候：晴れ

健全部→日射、外気温によりコンクリート表面が乾燥（高温）

劣化部→表面の凹凸のため水分が乾かなかった（低温）



劣化によりコンクリートが変質している場合、温度差から検出が可能である。

スライド34

3. 検討項目（まとめ）

①斜面内の岩石分布

→再検討が必要 △

②落石危険度

→亀裂の状態の把握ができた

熱赤外線カメラの活用可 ○

③施工施設の維持管理

→コンクリート表面の劣化部の検出ができた

熱赤外線カメラの活用可 ○

スライド35

4. 今後の展開



スライド36

大隅地域における林道の長寿命化の検討について

大隅地域振興局 農林水産部 林務水産課

乙 田 快 志

1. はじめに

(スライド1～3)

大隅地域は、人工林を中心に本格的な利用段階にあり、林道周辺でも、近年、林業生産活動が積極的に進められている。

林業の動向は、主伐が、ここ5年で2倍以上増加し、木材需要も、今後、約70万m³以上の需要が見込まれ、需要施設を維持するには、安定的・計画的な木材供給を行う必要があり、併せて、林道の強化を図る必要がある。

また、林業作業の工程は、機械化が進み、主要な道路では、トレーラによる運搬も活用されつつある。

2. 林道整備の現況

(スライド4～6)

長寿命化の検討を行う上で、林道整備の変遷を県林業史により振り返ると、林道は、大正14年に一般林道へ移行したことが林道事業の始まりとされている。

その後、太平洋戦争が転機となり、昭和30年に「林道規程」が制定され、その後、48年、63年と規程は改正され、令和になって、新たにセミトレーラに対応すべく改正されたところである。大隅地域では、新たに中間土場を造成し、輸送コストの縮減に取り組んでいるところである。

林道の施工は、90年代までに、425kmを施工し、開設後、9割以上が20年以上経過している。

近年の開設延長は、施工ピーク時の2割以下に落ち込み、専用道を合わせても約4割程度にとどまっている。

将来、林道計画延長を達成するには、今の進捗で試算すると、50年を要することになる。

また、民有林面積8万3千haに対し、林道利用区域面積は、2万6千haであり、主伐の盛んな曾於地域でも2割以下と低調である。

3. 長寿命化の検討

(スライド7～9)

国では、インフラ長寿命化計画を平成26年に策定し、長寿命化を推進しているが、対象施設は、

橋梁のみである。

橋梁以外にも、車両の影響を受けやすい路肩構造物も長寿命化の検討が必要と考えている。

今回、路肩構造物の中でも、経年劣化を受けやすいコンクリート構造物について、調査・検討した。

構造物の維持管理は、施工後の構造物情報を整理した維持管理計画を立て、その後、点検を行い、健全度を判定し、その結果を記録し、対策に役立てる流れである。

林道は、災害により、新たな構造物を施工することもあるため、そのことを詳細にデータとして、保存することは大切な作業である。

点検の種類には、定期や、臨時点検などの種類がある。

定期点検は、数年ごとに、臨時は、突発的な作用の場合に行い、主な点検の方法としては、外観調査や打音調査などがある。

なお、点検後、劣化に対する措置としては、補修、補強などの対策があり、施工当時の情報は大切である。

現時点では、橋梁の記録は整備されたが、コンクリート擁壁などの施設を点検した記録はない。今後、経年劣化は進むので、治山同様に林道も構造物の情報を整備する必要があるのではないかと思慮する。

4. 調査、結果

(スライド10～18)

対象路線は、これまでに県が施工した27路線のうち、最も延長の長い大根占吾平線、林道台帳上で最も古い万九郎線、主伐の進んでいる曾於地域から、白鹿岳線と境屋・柳井谷線、現在施工中の万九郎中央線の5路線を対象とした。

調査の結果、路肩構造物は、158箇所、施工され、経年劣化の生じやすいコンクリート擁壁25箇所を調査した。

路線別では、境屋・柳井谷線や万九郎線は、ブロック擁壁が主で数も、700m以上に1か所と少なく、大根占吾平線や万九郎中央線は、200m以下に1か所の割合で路肩構造物が施工されていた。

大隅地域における林道の長寿命化の検討について

点検に当たっては、治山の調査に用いた調査票を参考に、概要として、起点からの位置、擁壁の形式、現況写真を整理した。

調査の内容は、擁壁工本体と周辺状況とし、点検項目は、変形、傾倒、ひび割れ、漏水、沈下、目地の開きなどを目視やシュミットハンマーなどを用いて調査した。

周辺状況については、基礎、端部の洗掘や湧水、路面状況を調査した。

調査の結果をもとに、擁壁工の健全度を評価した。

評価としては、健全度1が、「対策不要」、健全度2は、多少の損傷があるものの施設の機能に影響なし「経過観察」、健全度3は、損傷により機能の低下が見られるため、「早期対策」、健全度4は、著しい損傷により、機能が失われ、通行できないため、「緊急対策」、の4段階にわけて、評価した。

調査の結果、擁壁工本体には、ひび割れが1箇所、目地の開きが3箇所、変形や沈下が、それぞれ1箇所、漏水は確認されなかった。

また、周辺状況は、舗装路面の横断方向にクラックが発生している箇所、法面からの湧水が路面水として流れている箇所が確認された。

基礎部の洗掘は、確認されなかった。

今回、調査した25箇所の結果は、コンクリート擁壁の8割以上が、健全度1と評価され、対策は不要と判断した。

残り4箇所のうち、健全度2と評価とした2箇所は、目地を施工した箇所に2mm以下の開きが見られたが、これ以外の劣化は見られなかったことから経過観察とした。

健全度3と評価した2箇所は、傾倒や沈下が確認できた箇所や、天端まで、ひび割れた箇所があり、早期に対策を講じる必要があると判断した。

総体的には、擁壁工としての機能を発揮している状態を維持していると思慮される。

5. 対策工法の検討

(スライド19～24)

早期に対策を講じる必要のある2箇所うち、ひび割れた箇所については、内圧充填接合補強工法(通称：IPH工法)を対策工法として検討した。

IPH工法は、様々なコンクリートの劣化症状に対応できるよう、30年ほど前に開発され、これまでに橋梁などの重要構造物にも採用され、実績も豊富な対策工法である。

一般的な対策工法は、1.0mm程度のクラックから雨水浸入防止対策として、擁壁工の表面部から

深さ数センチの充填にとどまるのに対し、IPH工法は、0.2mm以下のクラックにも対策を講じることが容易な工法である。

IPH工法の特徴は、空気と樹脂の置換である。

コンクリート内部には、空気が存在しているため、専用の注入器(IPHカプセル)を用いて、躯体内部の空気を抜きとりながら材料を注入し、安定的に置換することが可能である。

そのほかの特徴として、高密度に充填できること、強度回復や耐久性の向上、鉄筋の防錆効果と中性化などの抑制、経済性の向上と環境負荷の軽減である。

構造物の耐久性が向上することによって、施工費や工期の縮減が図られ、経済的である。

また、施設の供用を妨げることなく、施工が可能である。

6. 長寿命化対策の課題

(スライド19～25)

林道施設の長寿命化に対する課題として、路肩構造物等を林道規程第7条による「その他重要な施設」として管理できるのか、施設の点検・診断に必要な予算をどう確保するのかということである。

今回は、職員自ら点検を行いました。詳細なコンクリートの診断は困難であり、そのためにもコンクリートに精通したコンクリート診断士やコンサル会社等へ点検を依頼するかして、対応する必要がある。

3つ目は、仮に補修・補強が必要となった場合、その対策費用をどう確保するのか。ということである。それぞれの課題は、今後、林道管理者と、十分に検討する必要がある。

7. 長寿命化対策の取組

(スライド26～28)

林道施設の長寿命化に対する課題を踏まえて、今後、どのような長寿命化の取組が必要なのかを整理した。

ソフト対策の取組として、年々、老朽化する施設を、点検する仕組みづくりと、得られた情報の記録・保存を適切に管理できる体制づくりである。

現在、点検方法等は、橋梁の実績から既に確立したものがある。情報管理は、林道台帳によって、県内、全ての林道を一元管理されている。この2つを有効に活用して整理できればと思慮する。

ハード対策の取組としては、単に林道施設の長

大隅地域における林道の長寿命化の検討について

寿命化のためだけではなく、林業の動向を踏まえ、林道施設として、林業事業者を利用されやすいように、構造物、路面、交通安全施設、作業土場施設の整備を推進する必要がある。

ハード対策の取組には、予算が必要であり、対応できる事業メニューは、維持管理、改良、災害復旧事業などが想定される。

現時点では、クラック程度の長寿命化対策は、維持管理となる。

長寿命化対策は、予防的な側面もあることから、事業規模が小さいことが予想されます。このため、路線毎ではなく、市町単位で事業を実施できるよう検討する必要がある。

ハード対策の取組として、路面の再整備である。

今年度、林道規程にトレーラが加わったことにより、今後、林道内をより安全に走行するためには、路面の整備をすることである。

林道は、原則、砂利道です。このため、設計速度も 20km と低く、急勾配、急カーブが多数存在し、主要な道路に比べると林道内の木材輸送は、距離に関係なく、時間を要する。

中間土場設置指針によると、トレーラは、トラックに比べ、1.3 倍以上の時間を要する結果となっている。

要因は、輸送以外の作業であるが、仮に、砂利道区間の舗装を行った場合、轍、不陸が軽減され、走行性、安全性の向上や時間短縮の効果が期待できると思慮される。

8. 最後に

(スライド 29)

最後に、主伐跡地には、たくさんの作業路網が作設されている。

今後、再造林や間伐等で資機材などを運搬するために利用されたため、跡地と隣り合わせの森林を繋いで、林道として、再整備できるかを検討し、長寿命化と併せて、新たな林道を整備するために、今後、林業の動向や森林の整備計画などの情報を得ながら、森林総合管理士、市町村、林業事業者と連携を図って、持続的な林業に貢献できるよう林道の整備を進めていきたい。



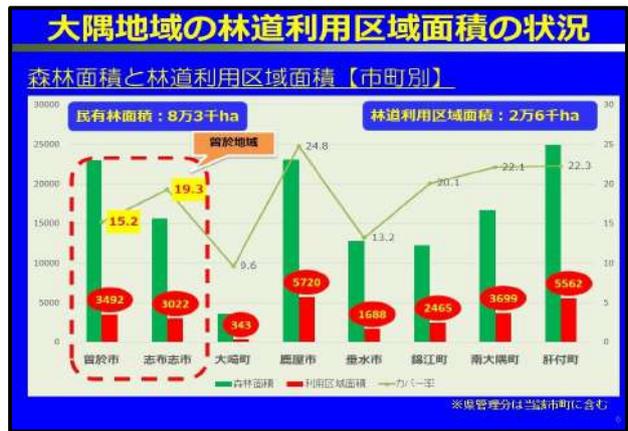
スライド1



スライド5



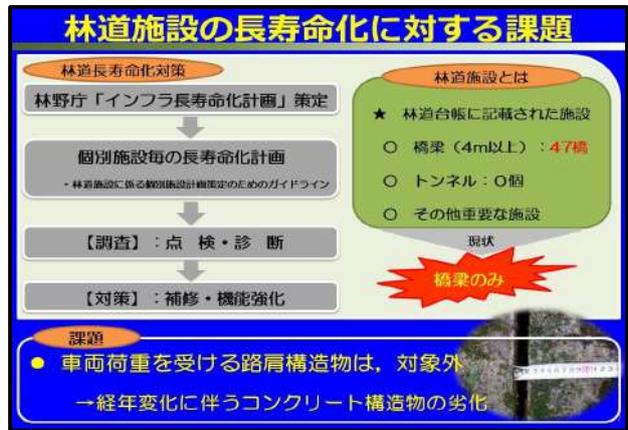
スライド2



スライド6

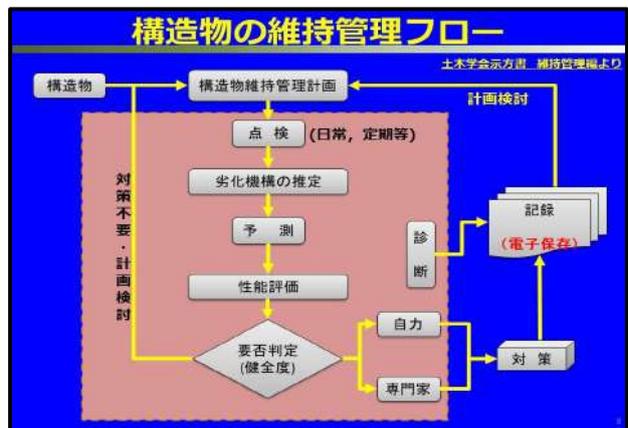


スライド3

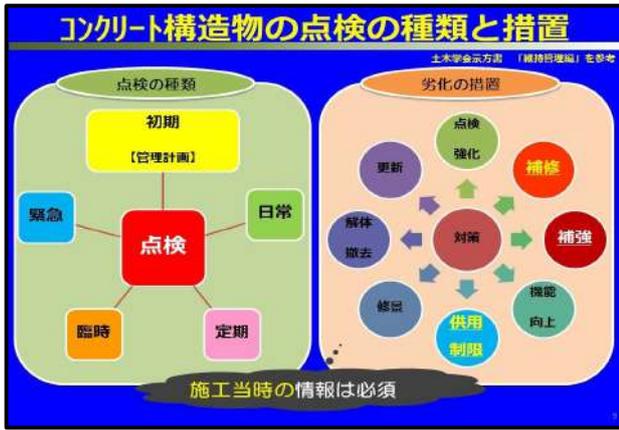


スライド7

スライド4



スライド8



スライド9

コンクリート構造物の点検診断調査票

【調査票①】

■ 概要

- ◆ 起点からの位置 (緯度・経度含む)
- ◆ 擁壁形状・形式を推測
- ◆ 現況写真

林道施設 コンクリート構造物 点検・診断調査シート

(概要)

| | | | |
|------|------|---------|------------|
| 市町村名 | 路線名 | 位置 | 点検年月日 |
| | | 起点 ~ 終点 | 点検者 記入者 |
| 路線延長 | 施工年度 | | |

0W, L, O, Tori, I, 3, 0W, L, L, Loc, 0, 1, 0W, L, N, 0W, L, N, 0, 3

| 構造No. | 擁壁形状 | | | 位置 (標準位置) | | | 健全度 | 写真番号 |
|-------|------|-----|-----|-----------|----|----|-----|------|
| | 高さ | 前勾配 | 天端厚 | 形式 | 向き | 傾度 | | |
| | | | | | | | | |

9KN/m2 I・II・III・IV

スライド13

調査路線の概要

◆ 調査路線: これまでに県により施工された27路線のうち、5路線を対象に調査

- ① 管内で最も延長の長い路線: 大根占吾平線
- ② 林道台帳上で最も古い路線: 万九郎線
- ③ 主伐の進む曾於市, 志布志市の路線: 白鹿岳線と境屋・柳井谷線
- ④ 現在施工中の路線: 万九郎中央線

| 路線名 | 管轄市 | 延長 | 箇所 | 40年代 | 50年代 | 60年代 | 70年代 | 90年代 | 00年代 | 10年代 |
|--------|------|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| 白鹿岳 | 曾於市 | 7,797 | 14 | | | | | 96 | 01 | |
| 境屋・柳井谷 | 志布志市 | 9,076 | 12 | 48 | | | 77 | | | |
| 大根占吾平 | 鹿野市 | 6,611 | 23 | | | | | 97 | 11 | |
| 万九郎 | 県 | 7,018 | 9 | 44 | | | 77 | | | |
| 万九郎中央 | 県 | 5,125 | 43 | | | | | | 08 | |
| 大根占吾平 | 薩摩市 | 8,524 | 57 | | | | | 97 | 08 | |

スライド10

コンクリート構造物の点検診断調査票

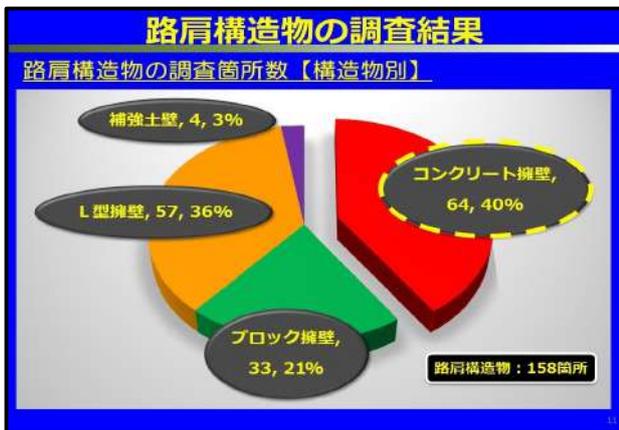
【調査票②】

■ 調査内容: 目視, 打音, 反発度調査

(目視調査・打音調査)

| 工程・部位 | 点検項目 | 異常の種別※ | 健全度 |
|-------|-------|------------------------------------|-----|
| 擁壁工 | 変形・傾倒 | 変形・傾倒: 外力や基礎に影響され構造物の形が変化すること | |
| | ひび割れ | ひび割れ: 外力や基礎に影響され構造物に亀裂が入ること | |
| | 湧水 | 湧水: 躯体を貫通する亀裂からの水 | |
| | 沈下 | 沈下: 基礎に影響され構造物の基準高さが変化すること | |
| 側溝工 | 埋没 | 目地の開き: 目地部分が前後, 左右に開いていていること | |
| | 基礎の露出 | 基礎・端部の洗掘: 流水等により構造物の基礎に影響を及ぼしている状態 | |
| | 湧水 | 湧水: 構造物の背面や法面等からわき出す水 | |
| | 路面状況 | 路面状況: 構造物と路面との間に開きが生じていること | |

スライド14



スライド11

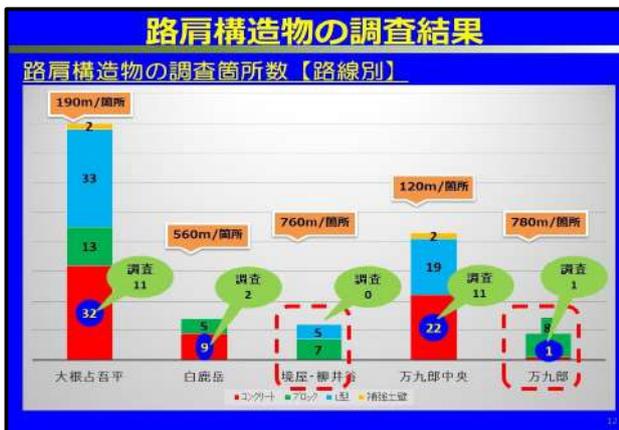
コンクリート構造物の点検診断調査票

【調査票③】

■ 健全度評価

| 健全度 | 施設や周辺の状態 | 求められる対応 |
|-----|------------------------------|---------|
| I | 異常なし又は軽微な損傷等 | 対策不要 |
| II | 損傷等が認められるが、施設の機能は維持されている。 | 経過観察 |
| III | 損傷等が認められ、施設の機能の低下が生じる可能性がある。 | 早期対策 |
| IV | 著しい損傷等により、施設の安定性や強度が低下している。 | 緊急対策 |

スライド15



スライド12



スライド16

コンクリート擁壁の劣化調査結果②

周囲状況

路面状況

湧水

端部洗掘

基礎部洗掘

0 1 2 3 4

スライド17

IPH工法の特徴

【特徴1】 空気と樹脂の置換

抜取コア 置換確認状況

穿孔

穿孔した筒状の穴がひび割れをとらえ、コンクリート内部奥深くまで空気と樹脂を置換していることが確認できる。

スライド21

コンクリート擁壁の劣化調査結果③

| 路線名 | 調査個数 | 健全度Ⅰ (対策不要) | 健全度Ⅱ (経過観察) | 健全度Ⅲ (早期対策) | 健全度Ⅳ (緊急対策) |
|--------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 白旗岳 | 2 | 2 | — | — | — |
| 境屋・柳井谷 | 0 | — | — | — | — |
| 大根占吾平 | 11 | 7 | 2 | 2 | — |
| 万九郎 | 1 | 1 | — | — | — |
| 万九郎中央 | 11 | 11 | — | — | — |
| 計 | 25 | 21 | 2 | 2 | — |

ひび割れ 目地開き 剥離・沈下

スライド18

IPH工法の特徴②

高密度充填

微細なひび割れの充填を検証
実績では、0.01mm まで充填

強度回復・耐久性向上

既存躯体と補修材の一体化

スライド22

コンクリート劣化症状

ASR

塩化 (ジャンカ)

コールドジョイントひび割れ

内部欠陥

中性化

浮き・剥落

IPH工法

側面 (一般) (IPH工法)

IPH工法は、これらの変状に適用し構造物の補修・補強が可能な技術

スライド19

IPH工法の特徴③

鉄筋防錆

鉄筋防錆に有効と実証

中性化抑制

コアで中性化抑制効果確認

スライド23

IPH工法の特徴①

● 空気と樹脂の置換

注入器のジャバラキャップのスリット部から、注入開始時にコンクリート内部の空気を抜き取り、樹脂と安定的に置換する。

鉄筋

注入開始前 (カプセル取付直後)

注入開始時 (→空気 / ←樹脂)

注入完了後 (加圧硬化養生)

樹脂を注入した際、コンクリート内部にある空気をカプセルを通過し、筒状に抜くことができる。

スライド20

IPH工法の特徴④

● 経済性の向上・環境負荷の軽減

1. 耐久性向上によるライフサイクルコストの低減
2. 切り作業が不要なため解体費を抑制し、施工費や工期の短縮
3. 注入器IPHカプセルは、複数回転用可能
4. 低騒音・無粉塵・無振動の専用工具を使用
5. 道路・鉄道・空港等の取組を妨げない施工が可能

スライド24

林道施設の長寿命化に対する課題

1. 路肩構造物等を「その他重要な施設」として管理して良いか？（規程第7条）
2. 施設の点検・診断予算の確保
3. 補修・補強などの対策予算の確保

スライド25



スライド29

林道施設の長寿命化の取組①-1

長寿命化対策の今後の取組

| ソフト | ハード | 区分 |
|---|--|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 施設点検の仕組みづくり 情報の記録・保存の管理体制づくり | <ul style="list-style-type: none"> 構造物の再整備 路面の再整備 交通安全施設の再整備 作業土場施設の整備 排水施設等の機能強化 | 林道管理者 |
| | | 市町単独 |
| | | 国庫補助又は県単事業 |

スライド26

林道施設の長寿命化の取組①-2

長寿命化対策の今後の取組

【イメージ図】

スライド27

林道施設の長寿命化の取組②

路面の再整備（走行性等の向上）

1m3当たり輸送距離 [時間別]

| 距離 (km) | 30tトラック・時間 | 20tトラック・時間 |
|---------|------------|------------|
| 10km | 75 | 145 |
| 20km | 109 | 180 |
| 30km | 143 | 214 |
| 40km | 178 | 248 |
| 50km | 212 | 283 |
| 60km | 246 | 317 |

※【輸送+積込+積卸】により算出

- 輸送時間：20tトラックは、10tトラックの1.3倍以上
- 砂利道区間：降雨等による砂利の流出・路盤の浸食

スライド28

林道事業における環境に配慮した工法に対するアンケートを用いた経済評価手法について

大島支庁 農林水産部 林務水産課 井上 力

奄美大島の概要

【スライド1~2】

奄美群島の自然環境については大きく分けて4つの特徴がある。

1つ目として、奄美群島は年間を通して温暖であり雨も多く降るという点。

2つ目は、およそ1000万年前には大陸とつながっていたが、分断して現在は離島であるという点。

3つ目は、亜熱帯高圧帯下では写真のサハラ砂漠のように乾燥地帯が多いが、奄美では森林を形成している点。

最後4つ目として、写真のように生物地理区という生物の特徴ごとに区別した地図では奄美は境界線に位置しているという点。

以上4つの特徴から奄美群島は世界的にも貴重な生物多様性を持つ島として世界自然遺産候補地となっている。

このようなことから林道事業においても環境に配慮した工法を採用している。

環境に配慮した工事の取り組み概要

【スライド3】

環境に配慮した工法的具体例をあげてみる。まず、希少野生動物の保護のため側溝に落ちた小動物が這い上がられて逃げられるように小動物昇降路付側溝を設けている。また、通行する車の車速を落としロードキルを防ぐ逆ハンプ横断溝を用いている。

さらに、在来植物の保全のため種子無し吹付工や在来種株植栽併用吹付工の採用を行っている。

取り組みに対する共通の問題点

【スライド4~6】

これらの取り組みに関しては共通の問題点がある。環境に配慮することで手間が加わるため、より費用がかかってしまうという点である。従来の工法にかかる費用と比べて、逆ハンプ横断溝は約1.4倍、小動物昇降路付側溝は約1.6倍、在来種株植栽併用吹付工は約1.2倍費用がかかっている。

問題点のまとめ

【スライド7】

まとめると、奄美大島は貴重な生物多様性を持ち、環境には当然ながら配慮する必要がある。しかし、環境に配慮するには費用がかかり、より高価な手法で嚴重に環境配慮を行っていくとすればコストは莫大にふくれあがる。事業費も無制限にあるわけではないため、どの程度まで環境配慮にコストをかけるべきなのかを検討する必要がある。しかし、環境の便益の評価はとても難しく、当管内では確立されていない。実際に環境に配慮した工法をどの程度まで設置するのか現場でも基準がなく減らした方がいいのか増やすべきなのか判断が難しい状況である。

環境に配慮した工法のコストパフォーマンスについて(仮定)

【スライド8~10】

より分かりやすくイメージを図にして、問題をまとめてみる。スライド8~スライド10は横軸が環境への配慮度で縦軸は環境に配慮した工法にかかる費用やそれによる益を金額換算したものである。赤色のグラフは環境に配慮した工法にかかる費用であり、環境に配慮すればするほど当然費用は増え続ける。(スライド8参照)

次に青色のグラフである環境に配慮した工法により得られる益についてだが、環境に配慮しようとするれば当然益は増えるが、限界まで増やしていくと頭打ちになっていく曲線と仮定する。(スライド9参照)

ここで環境に配慮した工法に掛ける費用が益より大きい図のような状況になると、得られる益より多額の費用を用いていることになり、事業にかかる費用として適切とはいえない。(スライド10参照)

そこで、費用より益の方が大きくなる最高額を探る必要があるが、大島支庁管内では便益を把握できていないので、環境に配慮した工法に費用をかけすぎなのか適正なのか把握できていない状況である。そのため便益調査が必要となる。

本研究の発表内容

【スライド 11】

そこで、非市場財の評価法の一つである仮想市場評価法(CVM)を用いて便益調査を行った。CVMとは環境を守るために支払っても構わない金額、これを支払意志額というが、それをアンケートにより聴き取ることによって、環境の持っている価値を金額として評価する手法である。

CVMで計測された便益と昨年度の環境に配慮した工法にかけた費用を比較して評価し、今後、環境に配慮した工法の採用基準の指標の一つとすることを目的としている。

便益の計算方法として、一世帯当たりの平均支払意志額に奄美群島内の世帯数をかけて行った。

【スライド 12】

アンケートに作成に関する注意点

アンケート作成時の注意点については、米国通商省国家海洋大気管理局が報告した NOAA ガイドラインを参考に作成した。

当ガイドラインは、林野公共事業における事業評価マニュアルに記載されており、環境省にて行われていた CVM も NOAA ガイドラインを参考にしていることから実績があるといえる。

【スライド 13】

アンケート内容

アンケートの中身については、はじめに環境に配慮した工法について簡単な説明と写真をのせ、それについて知っていたかを聞いた。また、後半では、性別、年齢、お住まいの地域、職業、自由欄で構成され、回答者についての情報をまとめている。

また、当アンケートの主要な目的となる支払意思額については、0円、50円、100円、500円、1000円、,、と金額の選択肢を示して年毎で支払える最高額がいくらかを選択してもらう支払カード形式でおこなっている。また、選択肢に「よくわからない」をいれており、よく分からない、又は経済的な理由以外で0円としている場合は無効回答としている。

【スライド 14】

アンケート採取場所

アンケート実施場所は、一定の年齢層や職業の人で偏りがでないように奄美大島空港で行った。

【スライド 15】

アンケート結果

アンケート結果は、最終的に151人から協力いただき、うち有効票が123票となった。回答者の年齢は20~60代まで均等にとれており、偏りもみられなかった。男女比については男性対女性の比率として100:51という結果になっていたが、これは夫婦でおられるときに男性側が代表して記入したケースが多いことが理由と考えられる。対象工法について一つでも知っていた人は約半数となっている。

支払意思額結果

【スライド 16~17】

支払意思額については選択肢の中での最高額である1000円が最も多い結果となっており、単純計算で平均691円となった。

また、鹿児島県民の平均は、754円/年/人、群島在住の方の平均値は790円/年/人と、地元に近い方はより環境への意識が高いという結果になった。

環境に配慮した工法を知っていたかどうかは知っていた人の平均は714円、一部知っていた人は683円知らなかった人は688円となり有意性はみとめられなかった。

統計処理について

【スライド 18~20】

次に得られたデータを統計処理する。統計処理する上では、既存の関数をモデルとして用いる方法と用いない方法があるが、それぞれメリットとデメリットがある。既存の関数をモデルとして用いない方法だが、今回は選択肢が単純であり、異常回答と思われる回答が見られず、デメリットが影響しにくいと判断しこちらを採用した(スライド18参照)。今後より多くのデータを集めた時には、モデルとして用いる方法を採用検討する必要がある。

関数モデルを用いない方法での計算として、Excelを使ったフリーウェアを用いた。関数モデルを用いる場合も同様のフリーウェアで統計処理を行うことが出来る。

統計処理方法についてだが、例えば700円等500円以上1000円未満が本当の支払意思額の人が選択肢に700円がないため、500円を選択するという可能性がある。それらを考慮し、選択肢と選択肢の中間の金額によって単純に平均をとったものを中位平均値(スライド19参照)、選択肢の金額そのまま単純に平均をとったものを下限平均値

林道事業における環境に配慮した工法に対するアンケートを用いた経済評価手法についてという(スライド 20 参照)。

結果としては、下限平均値が 691 円、中位平均値が 1280 円となっているが、今回は便益の過剰推定を防ぐためより低めにとっている 691 円を採用した。

昨年度の費用

【スライド 21】

次に便益と比較対象となる昨年度の環境に配慮した工法にかかる費用についてだが、工事ごとに表にまとめた。合計で 992 万 5,835 円となり、約 1 千万円となっている。

事業費との比較

【スライド 22】

今回のアンケート調査によりもとめた年当たりの便益は先ほど求めた平均の支払意志額 691 円に令和元年度奄美群島の概況を参照した奄美群島管内の世帯数 49,000 世帯をかけて 3,385 万 9 千円となった。昨年度の環境配慮に使われた事業費は約 1 千万円であるため、便益の方が年間の事業費より約 3.4 倍大きな値となった。

まとめ

【スライド 23~24】

今回の結果のまとめとして、CVM により算出された便益は、3,385 万 9 千円。昨年度の環境配慮にかかる事業費は約 1 千万円であり、算出した便益が費用を上回っているため、適切な範囲内に収まっていることが推定される。アンケート中の声でも環境に配慮した工法に対し好意的な声がかかれ、一般の方からの評価をいただいている事業であることを再確認でき、より一層県民の声を反映しながら当事業に励んでいけたらと思う。

今後の課題

【スライド 25~26】

今回の結果を踏まえてさらなる信頼性の高いものにするには、条件をかえてみるものがあげられる。

提示金額の範囲、説明の仕方、郵送と面談方式の変更及びアンケート採取場所等の違いで結果に影響がどの程度でるかを知り、CVM で出した値の適性を判断する。

特に今回の集計結果は一般的な正規分布のような形になっておらず、選択できる中の最高額が最頻値となっている。今回の調査で適切な提示額を知ることが出来たので、提示額の最高額を大きく

しつつ、金額を支払うか支払わないかの 2 択で聞く手法も検討することができる。

加えて、環境に配慮した工法の PR、効果的な配置条件の推定及び新しい工法の考案も同時進行で行いさらなる付加価値を高めることも重要で今後の課題といえる。

林道事業における環境に配慮した工法に対するアンケートを用いた経済評価手法について

鹿児島県大島支庁 林務水産課
森林土木第一係 井上 力

スライド1

取り組みに対する共通の問題点

② 小動物昇降路付側溝

【施工例/林道 佐念線, 田検福元線(宇検村)ほか】

| | 環境配慮型 | 従来型 |
|-----------|---|-------------------|
| 工法 | 小動物昇降路付側溝 | U型トラフ(KD-300) |
| 製品単価 | 39,170円/2m | 23,400円/2m |
| 単価(設置手戻含) | 201,278円(10mあたり) | 122,182円(10mあたり) |
| 価格差 | 79,096円割増(164.7%) | |
| 備考 | 【H25~R1施工実績】 佐念線(開設): 109.0m 田検福元線(舗装): 46.0m | |

スライド5

はじめに 奄美群島について

1. 年間を通して温暖・多雨
2. 過去に大陸と結合や分断を繰り返した
3. 世界的にも珍しい亜熱帯の森林
4. 生物地理区の境界近くに位置する

世界的にも貴重な生物多様性を持つ島として
世界自然遺産候補地へ!

スライド2

取り組みに対する共通の問題点

③ 法面保護工(在来種株植栽併用吹付工)

【施工例/佐念線(宇検村)】

| | 環境配慮型 | 従来 |
|--------|-----------------------------------|---|
| 工法 | 在来種株植栽併用吹付工 | 植生基材吹付工 |
| 着生種 | ニシヨモギ, ハチジョウススキ, ホシダ, タマシダ の在来種4種 | クリーピングレッドフェスク, ヤマハギ, ムドハギ, ハムユダグラス, ヨモギ, ホワイチローバー の6種 |
| 単価(直工) | 5,055円/m ² | 4,160円/m ² |
| 価格差 | 895円割増(121.5%) | |
| 備考 | 着生種の4種は植付 基材材(厚さ3cm, 種子配合無) | 着生種の6種は基材材に配合 基材材(厚さ3cm) |

スライド6

これまでの主な取組

取組を行ってきた事柄

- 希少野生動物の保護
 - 小動物昇降路付側溝の採用
 - 逆ハンブ横断溝の採用
- 在来植物の保全
 - 種子無し吹付工の採用
 - 在来種株植栽併用吹付工の採用

スライド3

問題点のまとめ

前提 環境に配慮することは大切

環境に配慮すると従来よりコストがかかる

いくらまで環境配慮に費用をかけるのが妥当なのか検討する必要がある

環境の便益の評価は難しく、管内では確立されていない(問題点)

スライド7

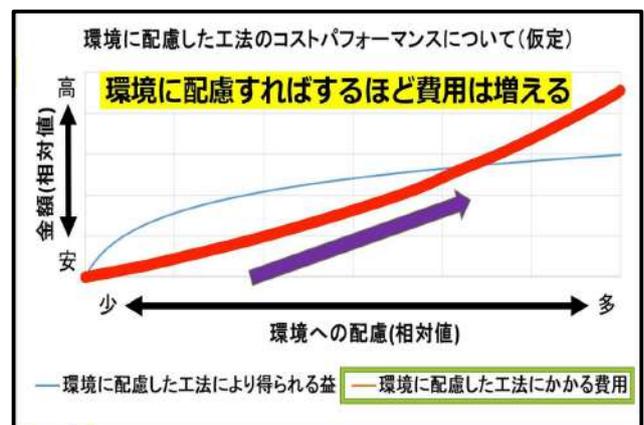
取り組みに対する共通の問題点

① 速度抑制型(逆ハンブ)横断溝

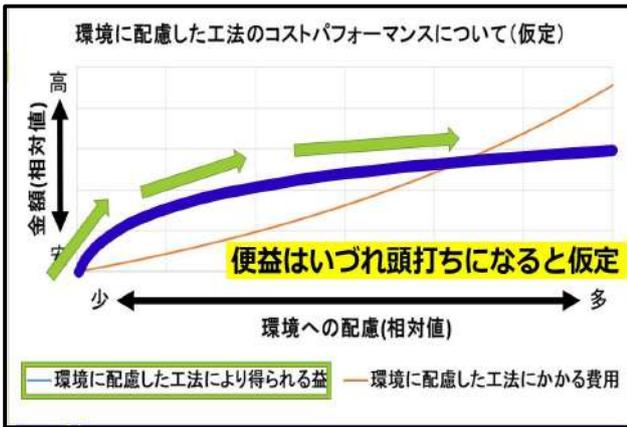
【施工例/佐念線, 田検福元線(宇検村)ほか】

| | 環境配慮型 | 従来型 |
|--------|---|----------------|
| 工法 | 速度抑制型横断溝 5cmの凹部を設ける | 横断溝(通常タイプ) |
| 幅員(5m) | 254,897円(一式) ※R1単価 | 182,526円(一式) |
| 価格差 | 72,371円割増(139.6%) | |
| 備考 | 【H25~R1施工実績】 佐念線(開設): 4箇所 田検福元線(舗装): 18箇所 | |

スライド4



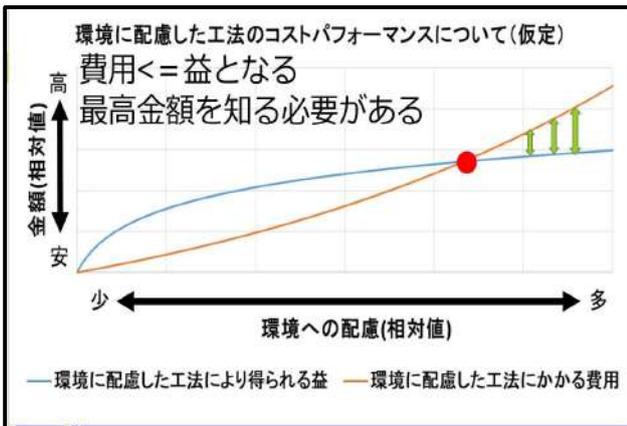
スライド8



スライド9

方法
■ アンケートの作成

スライド13



スライド10

方法
■ アンケートをとる

調査場所：
奄美大島空港

スライド14

本研究の発表内容

- 非市場財の評価法の一つである仮想市場評価法(CVM)を用いて便益調査を行う

そもそもCVMとは？
→環境を守るために支払っても構わない金額(支払意思額という)を尋ねることによって、環境の持っている価値を金額として評価する手法(アンケートで行う)

- CVMで計測された便益と昨年度の環境に配慮した工法にかけたお金を比較してみる

便益計算方法：一世帯あたりの平均支払意思額×奄美群島内世帯数

スライド11

アンケート結果

- アンケート集計人数 151人 (うち有効票 123票)
- 年齢比

| 年齢(代) | 人数(人) |
|-------|-------|
| 10 | 1 |
| 20 | 25 |
| 30 | 25 |
| 40 | 32 |
| 50 | 23 |
| 60 | 32 |
| 70 | 10 |
| 80 | 2 |

- 男女比 100:51 (男:女)
- 環境配慮した工事について知っていた人の割合

| 知覚度 | 人数 | 割合 |
|---------|-----|-----|
| 知っている | 25人 | 17% |
| 一部知っている | 55人 | 36% |
| 知らなかった | 71人 | 47% |

(夫婦でおられるときに男性側が代表で記入したケースが多いことが理由の一つ)

スライド15

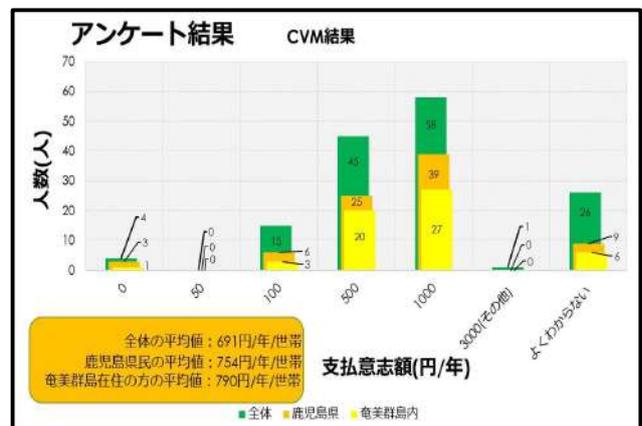
方法

- アンケートの作成時の注意点

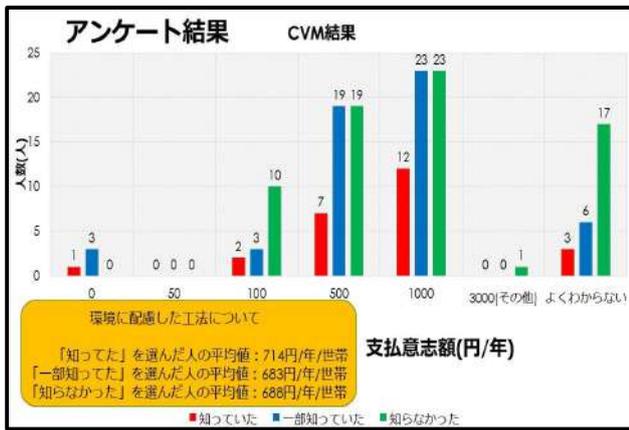
米国通務省国家海洋大気管理局(NOAA)が1993年に報告したガイドラインを参考に作成

※林野公共事業における事業評価マニュアルに記載。また、環境省にて実際に行われたCVMもNOAAガイドラインを参考に作成

スライド12



スライド16



スライド17



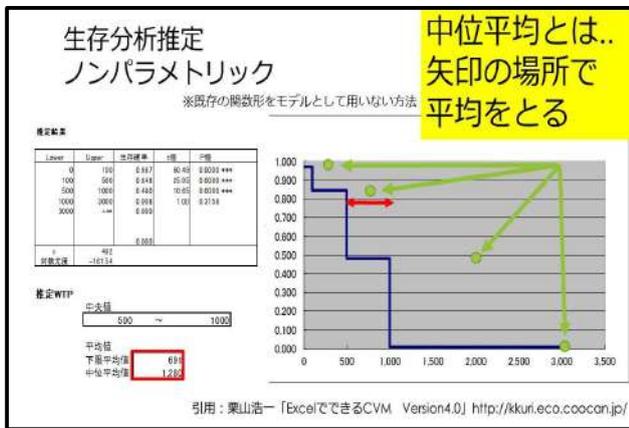
スライド21



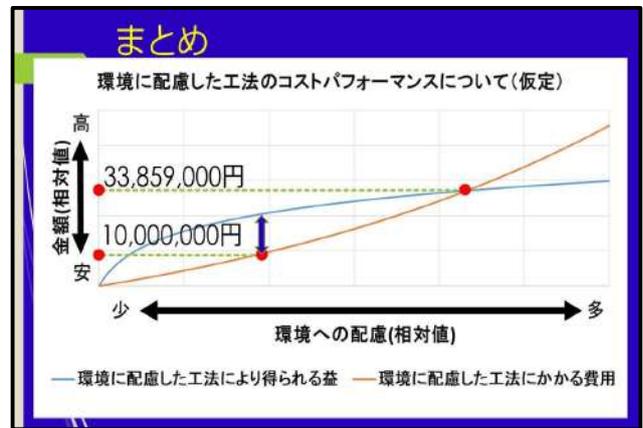
スライド18



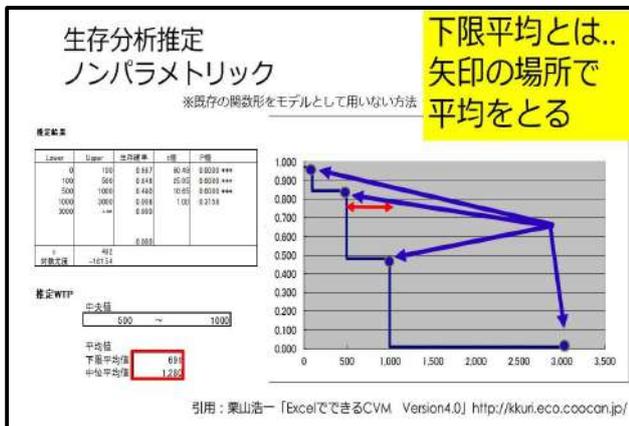
スライド22



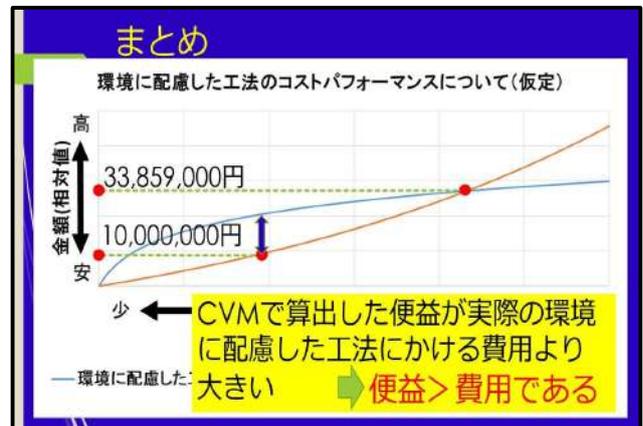
スライド19



スライド23



スライド20



スライド24

今後の展開と課題

条件を変えてみる

- ▶ 提示金額の範囲, 説明の仕方, 郵送と面談方式の変更及びアンケート採取場所等の違いで結果に影響がどの程度であるかを知り, CVMで出した値の適性を判断する。
- ▶ 特に今回の集計結果は, 正規分布になっておらず, 選択肢中の最高額が最頻値となっている。提示額の上限も増やしつ別の回答方式でも検討する。

環境に配慮した工法の発展

- ▶ 環境に配慮した工法のPR, 効果的な配置条件の推定及び新しい工法の考案も同時進行で行いさらに付加価値を高めることも重要である。

スライド25



スライド26

林業専用道佐賀利山1号支線にかかる橋梁補強・補修について

始良・伊佐地域振興局 農林水産部 林務水産課

富吉史高

1. はじめに

(スライド1～2)

林道は、戦後の復興期から高度経済成長にかけて、整備が進められてきたが、高度経済成長期以降集中的に整備された林道施設にかかる橋梁等のインフラの老朽化が問題となっている。また、地球温暖化に伴う気候変動による災害のリスク、地震等による大規模災害のリスクなどの背景もあり、林野庁は平成26年に「インフラ長寿命化計画」を策定した。

当管内の市町においても長寿命化計画の策定が終了し、施設の維持管理を進めている段階となっている。これらの取組を通じて得られた施設の状況や対策の履歴等の情報を的確に記録・更新等につなげていき、インフラの長寿命化対策の充実を図っている。

(スライド3)

鹿児島県の林道橋梁の現状について示す。林道台帳において、本県の林道施設にかかる橋梁の内、竣工後50年以上経過する橋梁の割合は、現在約39%、10年後には約53%、20年後には約77%となり、今後、老朽化する橋梁の維持管理をどのように進めていくかが喫緊の課題であると言える。

2. 施行箇所の概要

(スライド4)

当管内においても、県営林内を計画線形とする佐賀利山1号支線において竣工から約40年経過する老朽化した橋梁が存在する。今回施工した橋梁の概要については、橋長10.49m、全幅員4.3m、竣工年度昭和55年、経過年数は38年、橋種はRC単純T桁橋、下部構造は重力式橋台である。

(スライド5)

佐賀利山1号支線は霧島市牧園町万膳地内に位置し、森林管理道「佐賀利山線」の起点から1,240mの地点で分岐する林業専用道である。当路線は、全体計画延長2,330mであり、既設林道である旧佐賀利山線を改築する線形となっている。今回施工した箇所は、起点から890mに位置している。

3. 施工前の状態

(スライド6)

はじめに、今回の対象橋梁の点検診断を行い、橋梁の各部材に対して損傷度合い等の橋梁の状態を把握するため、橋梁の健全度の評価を行った。

(スライド7)

健全度評価の結果、橋梁の上部工において地覆の一部欠損、高欄の防食劣化・腐食、鉄筋の暴露がみられた。

(スライド8)

また、橋台や桁など様々な部材でひびわれがみられ老朽化が進行している橋梁であることが判明し、健全度評価に基づいて、損傷している部材に対して補修をする必要があると判断した。

4. 施工方法の検討

(スライド9)

橋梁の概要については、表のとおりで、本橋の竣工年度は昭和55年であり、供用開始から38年経過している。本橋を施工した当時の道路橋設計支方書と平成29年に実施した耐荷力照査結果から本橋は、2等級橋で設計荷重14t相当であると推測した。このことより、路線の設計荷重である25tを満たさないため、橋梁の掛け替えをするのか、補強をするのか工法検討を行った。

(スライド10)

橋梁の掛け替えを行った場合について検討した。今回は、上部工の掛け替えの中でも費用が安価になるようにプレテンション方式のプレテンションスラブ桁橋による掛け替えを検討した。長所は、工場で作成するため、品質が高いことがあげられる。短所は、補強と比較して費用が高いこと、工期が標準工期で135日と長いこと、橋台背面にクレーンを設置して架設を行うため現場条件が限られることが言える。

(スライド11)

新設のプレテンションスラブ桁橋と今回採用した補強・補修工法である接着工法について経費の比較を行った。プレテンションスラブ桁橋の直接工事費は、1100万円程度、接着工法は800万円程度となり、補強・補修の方が300万円ほど安価になった。

(スライド12)

プレテンション橋梁を運搬するための現場条件についても検討した。本施行地までの経過道の幅員は3.0m、曲線半径は15m程度である。このため、本工事における伐根の運搬についても8t車で設計をしており、プレキャスト橋梁の搬出に用いられるセミトレーラーでの搬入はできない。これらの現場条件、施工性、経済性の観点から補強について工法検討を行った。

(スライド13)

補強工法の選定について、一次比較を行い第1案から第5案まで工法検討をした。第1案の接着工法は、鋼材や炭素繊維等の補強材を床版等に接着させ、補強する工法である。接着工法の対象工種は、材料に鋼板を用いた鋼板接着工法、炭素繊維等を用いた連続繊維接着工法がある。

(スライド14)

第2案の外ケーブル工法は、定着装置を介してPC鋼材をコンクリート外部に設置し、補強する工法である。

(スライド15)

第3案の増厚工法は、床版上面の既設路面に、コンクリート等を打ち足して、断面を増加させ部材の剛性を向上させる工法である。

(スライド16)

第4案の増設工法は、桁の増設や支持点を増設し、部材の剛性や荷重を分散させる工法である。

(スライド17)

第5案の打換え工法は、床版上面のコンクリート舗装面を打ち換える工法である。

(スライド18)

まとめると、本橋において設計荷重を増加させるためには、上部工の桁や床版の曲げモーメント

を増加させる必要がある。第2案から第5案については、床版のコンクリートや梁の増設をするため補強の結果、自重の増加による死荷重の増加が考えられ、橋梁の安全性に影響があるため除外した。第1案の接着工法は、補強材である炭素繊維シートや鋼板の重量が小さいため自重の増加が小さく、施工性、耐久性、維持管理の面でも問題ないため、接着工法を採用した。

(スライド19)

補強工法の選定について、接着工法の中から二次比較を行った。第1案の鋼板接着工法は、床版に鋼板をアンカーボルト等で固定し、接着剤を用いて接着させて補強する工法である。特徴としては、鋼材を用いて、接着させるため、鋼板の再塗装などメンテナンスが必要だ。また、鋼板との隙間に注入用接着剤を圧入することで、ひび割れの開閉を拘束する効果が期待できる。重機による施工が基本であり、現場条件が限られることが言える。

(スライド20)

第2案の連続繊維接着工法は、炭素繊維等のシートを床版等に接着させ補強する工法である。特徴としては、補強材が軽量であり、人力での施工が可能で、かつ現場での成形も可能なことだ。また、炭素繊維シート等を用いるため、補強材が錆びたりすることがなく耐食性が優れている。また、炭素繊維シート等が軽量であるため、自重の増加がかなり抑えられることがあげられる。

(スライド21)

まとめると、今回施工する工法としては、接着工法における第2案の連続繊維接着工法を採用した。採用した理由としては、第2案の方が、平米あたりの単価が、3万円ほど安く経済的であること、メンテナンスの頻度が少ないこと、炭素繊維シートの積層数を任意に調整し、適正補正量を自由に選択でき、施工性が優れること、重量の増加をほぼ無視できることがあげられる。

(スライド22)

連続繊維接着工法の使用材料については、使用材料は炭素繊維を用いた。これらの炭素繊維の特徴として、軽量で成形が容易なこと、鋼材と同様の弾性係数、鉄の数倍の引張強度があることである。床版上面には炭素繊維を棒状に加工したCFロッド、床版下面には、CFRPシートを用いた。床

林業専用道佐賀利山1号支線にかかる橋梁補強・補修について

版上面にCF ロッドを使用した理由として単価が安く、工期が短いため使用した。

人力での作業が求められる箇所では有効な工法であると考えられる。

(スライド23)

施工工程について、実際に炭素繊維シートを床版下面に貼り付けた。接着剤である、エポキシ樹脂を塗布して、CFRP シートを貼り付けた。

(スライド24)

施工工程について、実際にCF ロッドを床版上面に敷設した。コンクリートはつりを行い、そこにCF ロッドを敷設した。

(スライド25)

本橋は、補強に加えて、補修についても施工した。ひびわれには、エポキシ樹脂を用いたひび割れ注入工法、コンクリートの欠損については、ポリマーセメントモルタルを用いた断面修復工を行った。

(スライド26)

断面修復、ひびわれ注入を行った後に表面含浸工により、表面を保護し耐久性を向上させた。また、劣化した高欄については、取り替えた。

(スライド27)

こちらの写真が補強・補修が終了した完成写真である。

5. まとめ

(スライド28)

補強工法として、接着工法における連続繊維接着工法を採用した。採用理由として、経済性の観点において、新設と比較して費用を約300万円抑制でき、工期が約100日短縮できたこと、施工性の観点においては、今回使用した炭素繊維は軽量で人力施工が可能であるため連続繊維接着工法を採用した。

(スライド29)

本県において、道路橋設計支方書より設計荷重が14tもしくは、20tで施工した橋梁が約70%あると推測される。加えて、林道規程の改定でセミトレーラーの通行が加わったことにより、車両の大型化が想定されている。このため、今後更に、補強が必要な橋梁が増加すると考えられる。今回施工した連続繊維接着工法の適用は、死荷重の増加で安全性の問題がある場合や施工条件が限られ

(スライド30)

ただ、今回の施工の課題として、炭素繊維を積層することでひびわれの目視が難しくなったことがあげられる。これを補うために、近接目視に加えて、打音法等による非破壊試験で橋梁の状態を把握する必要があると考える。

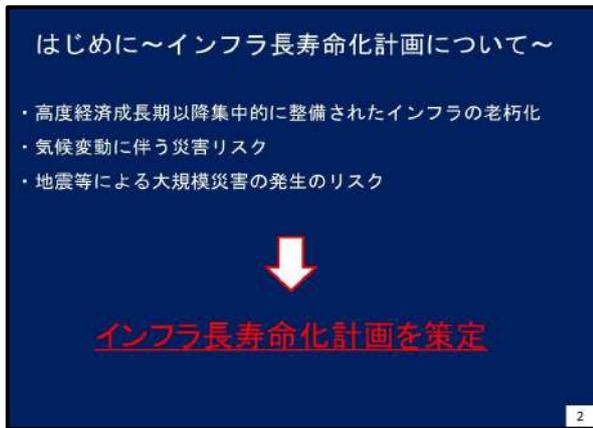
今回は、一般的な補強工法である連続繊維接着工法を採用したが、近年新たな工法である「IPH工法（内圧充填接合補強）」が検討されている。IPH工法は、ひびわれの目視が可能であり、近年施工実績が増加している工法である。今回は、接着工法における連続繊維接着工法を採用したが、橋梁の補強工法は多岐にわたる。対象橋梁の状況を的確に把握し、経済性・施工性等の観点から最適な工法を選択していく必要があると考える。



スライド1



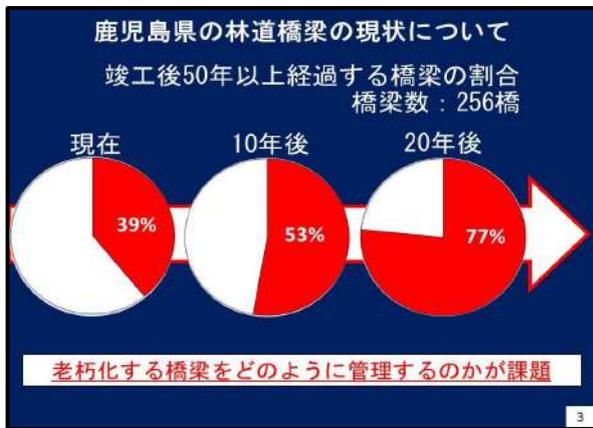
スライド5



スライド2



スライド6



スライド3



スライド7



スライド4



スライド8

佐賀利山1号支線の橋梁の概要

| 表2 佐賀利山1号支線の橋梁の概要 | |
|-------------------|---------------------------------------|
| 路線名称 | 佐賀利山線 |
| 場所 | 壽島市牧園町地内 |
| 橋長 | L=10.490m(本業務) L=10.520m(H29年度調査時) |
| 斜角 | $\theta=90^\circ$ |
| 幅員構成 | 車道3.0m(全幅員4.3m) |
| 竣工年度 | 昭和55年 |
| 経過年数 | 38年 |
| 設計荷重 | T-14相当(※) |
| 橋種 | RC単純工桁橋 |
| 下部構造 | 重力式橋台 |
| 基礎工形式 | 直接基礎(想定) |
| 横断 | 河川 |
| 添架物 | ϕ 100mm水道(下流側) |
| 道路標示方書 | 1972(昭和47)年 |

道路橋設計示方書
耐荷力照査結果(H29実施)

↓

設計荷重TL-14相当

路線の設計荷重(TL-25)と異なる

新設 or 補強

スライド9

補強工法の選定について 一次比較

第1案 接着工法

補強材を床版等に接着させる工法

- ✓ 鋼板接着工法
- ✓ 連続繊維接着工法

スライド13

橋梁掛替の場合

プレテンションスラブ桁橋

長所

- ✓ 工場製作のため品質が高い
- ✓ 補強に比べて費用が高い
- ✓ 工期が長い(工期:約135日)
- ✓ クレーンで設置する必要がある

短所

スライド10

補強工法の選定について 一次比較

第2案 外ケーブル工法

定着装置を介してPC鋼材をコンクリート外部に設置する工法

スライド14

橋梁の新設と補強・補修の比較(経費比較について)

単位:千円

| 新設 | プレテンションスラブ桁橋 | 補強・補修 | 接着工法 |
|--------|--------------|--------|-------|
| 橋梁上部工 | 10,480 | 補強工 | 6,222 |
| 構造物撤去工 | 428 | 補修工 | 1,520 |
| 直接工事費計 | 10,908 | 直接工事費計 | 7,742 |

補強・補修が約300万安価

スライド11

補強工法の選定について 一次比較

第3案 増厚工法

床版上面の既設路面上にコンクリート等を打ち足す工法

スライド15

橋梁の新設と補強の比較(施行地の現場条件について)

曲線半径:15.0m

幅員:3.0m

プレキャスト橋梁の搬入不可

補強工法を採用

スライド12

補強工法の選定について 一次比較

第4案 増設工法

桁の増設や支持点を増設する工法

スライド16

補強工法の選定について 一次比較

第5案 打換え工法

既設Co舗装
↓
新設Co舗装(補強必要厚)
既設Co厚

床版上面のコンクリート舗装面を打換える工法

17

スライド17

補強工法の選定について 二次比較

第1案 鋼板接着工法

第2案 連続繊維接着工法

採用

- ✓ 経済的である
- ✓ メンテナンスが少ない
- ✓ 積層数の調整で適正補強量の選択が可能
- ✓ 軽量で重量増加をほぼ無視できる

21

スライド21

補強工法の選定について 一次比較

| | 第1案 接着工法 | 第2案 外ケーブル工法 | 第3案 増厚工法 | 第4案 増設工法 | 第5案 打換え工法 |
|------|-------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
| 施工性 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ |
| 耐久性 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 維持管理 | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ |
| 適用部材 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 過荷重 | ◎ | × | × | × | × |

採用

死荷重の増加による安全性の問題が課題

18

スライド18

連続繊維接着工法の使用材料

炭素繊維(CF)の特徴

- ①軽量で成形が容易
- ②鋼材と同様の弾性係数、鉄の数倍の引張強度

床版上面:CFロッド

床版下面:CFRPシート

単価:CFロッド<CFRPシート
工期:CFロッド<CFRPシート

22

スライド22

補強工法の選定について 二次比較

第1案 鋼板接着工法

鋼板をアンカーボルト等で固定し、接着させる工法

特徴

- ✓ 鋼板のメンテナンスが必要
- ✓ ひびわれの開閉が期待できる。
- ✓ 重機による施工が基本

19

スライド19

施工工程について

床版下面:CFRPシート

23

スライド23

補強工法の選定について 二次比較

第2案 連続繊維接着工法

炭素繊維等のシートを床版等に接着させる工法

特徴

- ✓ 人力での施工が可能
- ✓ 耐食性が優れる
- ✓ 自重の増加小さい

20

スライド20

施工工程について

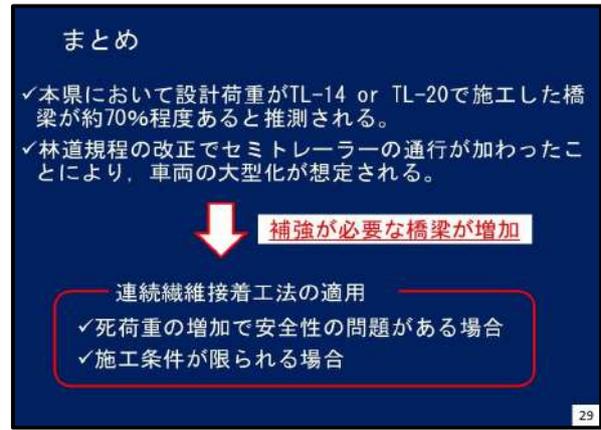
床版上面:CFロッド

24

スライド24



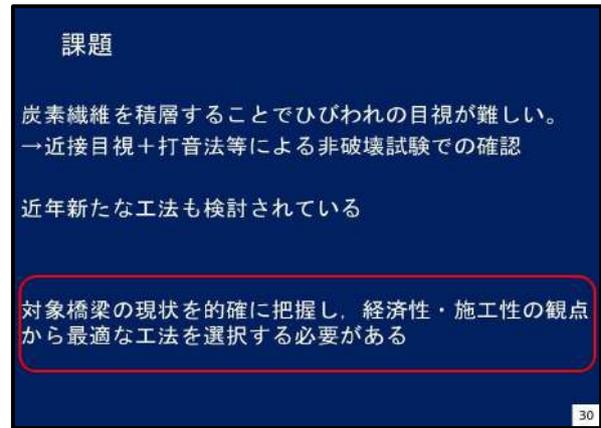
スライド25



スライド29



スライド26



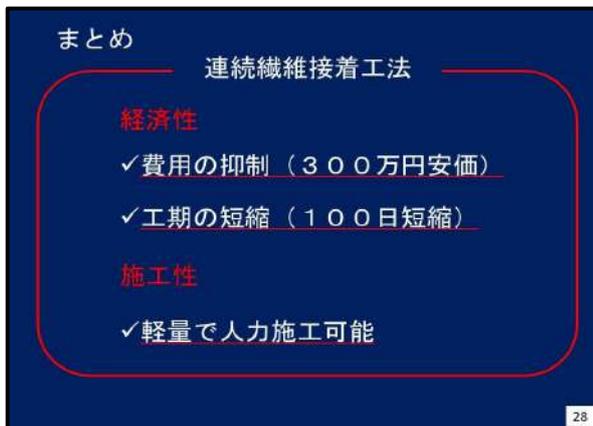
スライド30



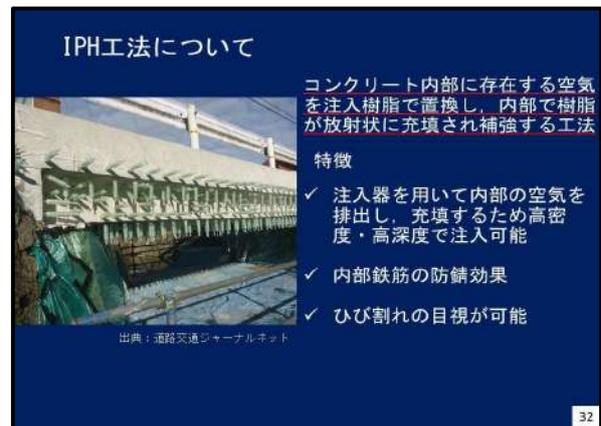
スライド27



スライド31



スライド28

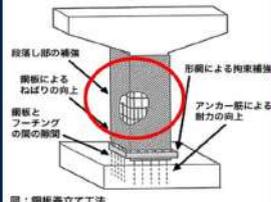


スライド32

補強工法の選定について 一次比較

第2案 巻立て工法

補強材を橋脚等に巻く工法



図：巻板巻立て工法

特徴

- ✓ 工期がかかる
- ✓ 塩害等を受けやすい
- ✓ 自重の増加が大きい場合がある

33

スライド33

中種子町の海岸における浜崖後退抑止の工法選定について

熊毛支庁 農林水産部 林務水産課 姫野 隼一

1. はじめに

【スライド1～4】

種子島は鹿児島市から南へ約115kmに位置し、長さ58km、面積445km²、人口2万9千人の細長い島である。また、美しい海に囲まれておりサーフィン等のマリンスポーツが盛んな他、産卵時期には多くのウミガメが観察できる国内でも有数のウミガメ産卵地でもある。

県内のウミガメ確認数の上位10市町村の中に島内3市町がランクインし、特に、中種子町では多くの数が確認されている。今回は中種子町の海岸において海岸防災林が浸食されており、今後その機能の低下が懸念されるため、その対策工法について検討したので報告する。

2. 施工地の概要

【スライド5～9】

施行地は熊毛郡中種子町納官地区で東シナ海に面する長浜海岸に位置する。長浜海岸はウミガメの産卵地としても有名で、施行地において多数のウミガメ産卵がみられる。

また、施工地山手側には国道58号線と集落、水田があり、飛砂、潮風等の影響を軽減するためにも海岸防災林は重要な役割がある。

しかし、防災林前線部には浜崖が形成され今後浜崖の後退が進むと防災林の機能の低下が懸念されると地元からの要望があったため、浜崖の後退を抑止し防災林を保護するための工法を計画した。

施行地の浸食状況、防災林の変遷を把握するため、施行地周辺の海岸に詳しい役場の職員やウミガメ保護監視員に聞き取り調査を行った。聞き取り調査の結果、「海岸が浸食され始めた時期については不明であるが、時間の経過に伴い浸食が進んでおり、浜崖が形成されてきた」とのことであった。

3. 浜崖形成の原因調査

【スライド10～11】

次に浜崖が形成される原因について考察を行った。現地調査の結果、傾斜地の端まで漂流物があり傾斜地の端まで波が押し寄せていることが確認

され、その背後に浜崖が形成していた。

調査委託により当該箇所における波の打上げ高さはTP+5.0mとの報告があり、現地を測量した結果と照合した所、TP+2.7mより浸食が始まっており、TP+5.1mで浜崖を形成していることが確認された。

これらを踏まえた結果、浜崖形成の大きな要因は波であることが推測された。

4. 工法検討

【スライド12～18】

これらを踏まえ、工法の検討を行った。まず、検討するに当たり、高波等による海水の浸入を防ぎ、波浪による陸域の浸食を防止することで既存の海岸防災林を保護するための工法を治山技術基準防災林造成編よりあげた結果、防潮工が適した工法であった。防潮工には防潮堤、防潮護岸、消波工、消波堤、突堤があり、海水の浸入を防ぎ陸域の浸食を防止することで既存の防災林を保護する目的にもっとも適しているのは防潮堤、防潮護岸である。背後の陸地が低く裏のりがあるものを防潮堤、背後が構造物の天端とほぼ同じ高さで裏のりがないものを防潮護岸と称しており、今回の施行地では地形的に裏のりを必要としないことから防潮護岸が適している工法であった。

さらに、防潮護岸には直立型、傾斜型、混成型があり、傾斜型は容易に用地が得られる場合に用いられるが、今回の施行地では用地が広く得られないことから、直立型とした。直立型にも多くの型式があり、使用する材料もコンクリート、石、鉄線かご等の種類があるが今回は種子島島内でも施工実績が多数ある重力式のコンクリート防潮護岸を検討した。

また、治山技術基準防災林造成編に記載のある工法以外の防潮護岸工の目的を果たす工法が無いか調査した結果、浜崖後退抑止工があったためコンクリート防潮護岸と浜崖後退抑止工の比較を行った。

浜崖後退抑止工は、サンドパック積層体とその背後に行う養浜盛土が一体となって浜崖の後退を防止する工法で、サンドパックと呼ばれる袋材に

中種子町の海岸における浜崖後退抑止の工法選定について

砂を充填し、サンドバックを埋戻して完成となる。コンクリート護岸工と浜崖後退抑止工の比較は機能性、経済性のほか、本施行地は地域住民が訪れる海岸であり、また、ウミガメの産卵が見られる箇所でもあることから、景観性・ウミガメへの影響についても比較項目とした。

比較検討の結果、機能性は、コンクリート護岸工、浜崖後退抑止工ともに浜崖後退が抑止できることが期待される。耐久性においてコンクリート構造物の耐用年数は一般的に 50 年程度といわれており、浜崖後退抑止工に用いるサンドバックの耐用年数は国土交通省・宮崎県の報告で常時露出した状態でも 10 年程度以上、サンドバック袋材自体の耐用年数は浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアルによると 50 年に満たない程度である。施工実績について、コンクリート護岸工は最もポピュラーで種子島島内でも多数施工実績があるのに対し、浜崖後退抑止工は管内の施工実績はないが他海岸において実績がある。経済性について、平成 7 年度施工当時コンクリート護岸は 1m 当たり約 50 万であるのに対し、浜崖後退抑止工は 1m 当たり約 40 万である。景観性・ウミガメへの影響について、景勝地においては景観に配慮する必要があり、浜崖後退抑止工は現地砂で盛土し砂浜と一体となり砂浜の景観になじむうえ、ウミガメの産卵に与える影響は少ないと考えられる。これらを総合的に判定した結果、両工法とも浜崖後退抑止の機能は十分に期待できる。経済性は浜崖後退抑止工がやや優位であり、景観性・ウミガメへの影響等を総合的に判定した結果、浜崖後退抑止工が優れていることから浜崖後退抑止工に決定した。

5. 浜崖後退抑止工断面の決定

【スライド 19～22】

検討する項目は天端高と前面勾配である。天端高は越波しにくく効果が得られる高さとし、前面勾配については現地でウミガメの上陸・産卵が確認されていることからウミガメが登ることが出来る勾配とした。前面勾配について、現地で確認されたウミガメが登った足跡で最も急な傾斜が 25 度であったため、それに近い 1:2.00 とした。天端高は、調査委託の報告書で確認した波の打ち上げ高 TP+5.0m と、現地において自然に堆積した砂の勾配であるバーム勾配が 1:5.0 から決定した。浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアルによると仮に越波し盛土が洗掘されてもサンドバック積層体が存在すれば背面の養浜盛土の流出

は守られるとされているため、サンドバックの耐久性を維持するための盛土を TP+5.0m とし、サンドバックの天端高を越波しても養浜盛土が最大確保される TP+4.0m とした。

またサンドバック本体の寸法は安定計算の結果からサンドバックの標準サイズで他現場の施工実績もある高さ 1.5m、幅 4.2m のサイズを採用し、TP+4.0m の高さを確保しつつ自立式の構造とするために、2 段積とした。

6. 既設施工地の状況

【スライド 23～27】

施行地は平成 30 年度より着手し、全体延長 160m のうち 102m を施工完了した。

浜崖後退抑止工の施工手順は、はじめにサンドバックを敷設するための床掘りを行い、底面部の洗掘を防止するための洗掘防止シートを敷き、その上にサンドバックを敷設する。次に中詰材の砂を送りやすくするために海水と混入する。それを特殊繊維で出来た袋にポンプで送り中詰めする。海水と砂で充填された後、海水のみが袋外へ流出し、最終的には砂のみが充填され、充填後、サンドバックを保護するため、盛土を行い完成である。

浜崖後退の抑止だけでなく、砂で盛土することで砂浜の景観にもなじんだ施工を行うことが出来た。

また、海岸から既設の浜崖後退抑止工に向かうウミガメの足跡が確認され、既設の浜崖後退抑止工上部への上陸が 3 箇所確認された。

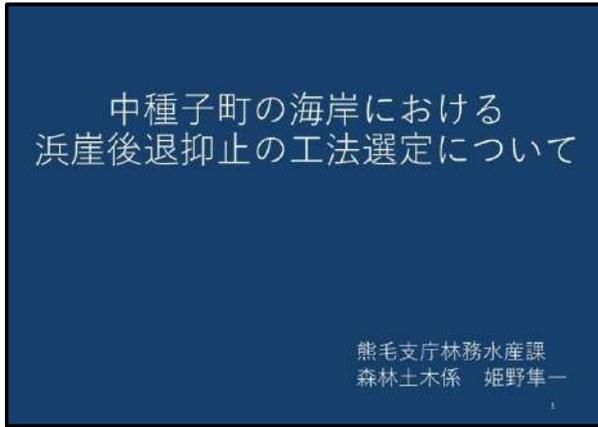
7. まとめ

【スライド 28】

施工地の状況等の調査結果を踏まえ、コンクリート護岸と浜崖後退抑止工を比較検討した結果、浜崖後退抑止工を選定した。

また、浜崖後退抑止工は盛土等の維持・管理を適切に行う事で耐久性においても期待できる事から、今後、防潮護岸を検討する際に、コンクリートを使用しない工法の一つとして期待できる。

また、既設の浜崖後退抑止工にウミガメの上陸の跡が確認できた事から、ウミガメへの配慮が必要な箇所において、浜崖後退抑止工は適している工法であると言える。



スライド1



スライド5



スライド2



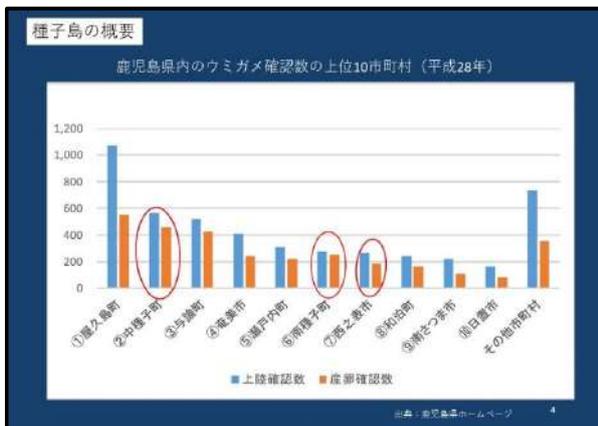
スライド6



スライド3



スライド7



スライド4



スライド8

中種子町の海岸における浜崖後退抑止の工法選定について

聞き取り調査

- ・ 海岸浸食の発生時期は不明。
- ・ 時間の経過に伴い、浸食が進んでいる。

9

スライド9

防潮工の工種

| 工種 | 目的 |
|----------|---|
| 防潮堤、防潮護岸 | 高潮津波等による海水の浸入を防止し、波浪による越波を減少させるとともに、陸域が浸食されるのを防止することにより既存の海岸防災林を保護し砂丘造成、森林造成の基礎となる。 |
| 消波工、消波堤 | 波のエネルギーを減殺して波の打上げ高、越波量の低減及び衝撃砕波圧の低減を図り反射波による砂の移動を少なくして、防潮堤、防潮護岸等の前面への堆砂及び洗掘の防止を図る。 |
| 突堤 | 沿岸標砂が卓越する海岸において、海岸から細長い構造物を突出して沿岸漂砂を減少させ、海岸浸食を防止する。 |

裏法あり・・・防潮堤 裏法なし・・・防潮護岸

13

スライド13

施行地状況

漂流物

30

スライド10

防潮護岸の工種

| 工種 | 防潮護岸の型式 | 施工箇所の特徴 |
|-----|--|-----------------|
| 直立型 | 石積式、重力式、扶壁式、突壁式、ケーソン式、コンクリートブロック積式、セル式、矢板式、石枠式など | 堤体用地が容易に得られない箇所 |
| 傾斜型 | 石積式、コンクリートブロック積式、コンクリート被覆式、捨石式、捨ブロック式など | 用地が容易に得られる箇所 |
| 混成型 | 上記の組み合わせ | 用地が容易に得られる箇所 |

・ 防潮護岸・・・コンクリート、石、鉄線かご等

14

スライド14

原因の調査

・ 波の打ち上げ高さ・・・T.P.+5.0m

原因・・・波

T.P. +5.10m

T.P. +2.70m

11

スライド11

防潮護岸の機能を果たす工法は他にないか

↓

浜崖後退抑止工

15

スライド15

事業の目的

- ・ 高波等による海水の浸入を防ぎ、波浪による陸域の浸食を防止する。

↓

既存の海岸防災林を保護

17

スライド12

浜崖後退抑止工とは

かつての海岸・砂丘地形

サンドバック

高潮位・高波浪時

養浜

浜崖

養浜盛土

砂丘

通常時

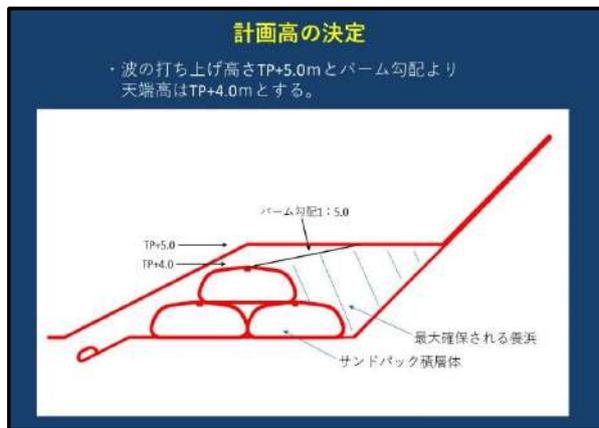
バーム

16

スライド16



スライド17



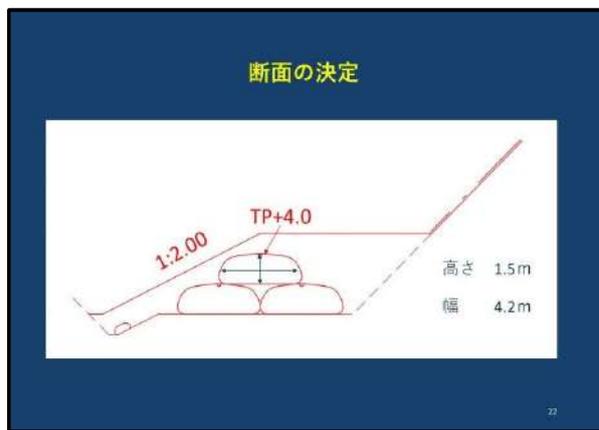
スライド21

コンクリート護岸工・浜崖後退抑止工の比較検討

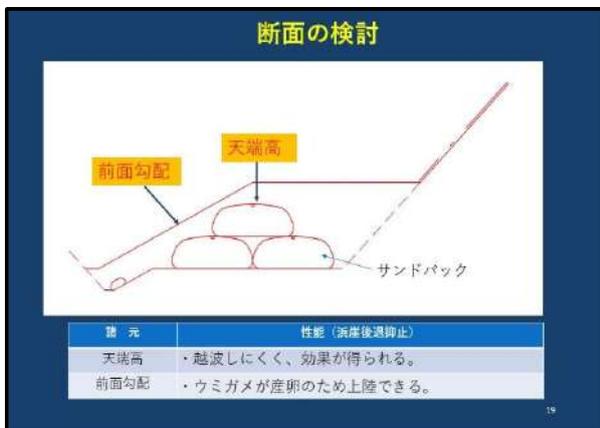
| 工程 | コンクリート護岸工 | 浜崖後退抑止工 |
|--------------|---|---|
| 概要 | | |
| 機能性・耐久性 | <ul style="list-style-type: none"> 波の陸域への侵入を防ぎ、浸食を防止できる 耐用年数50年程度 | <ul style="list-style-type: none"> 波の陸域への侵入を防ぎ、浸食を防止できる 耐用年数は高野露出した状態でも30年程度以上設計の耐用年数は50年に満たない程度 |
| 施工実績 | <ul style="list-style-type: none"> 市内に多数の施工実績がある | <ul style="list-style-type: none"> 市内に施工実績はないが、他海岸において実績がある |
| 経済性 | <ul style="list-style-type: none"> 530,000円/m ※17年度実績より | <ul style="list-style-type: none"> 400,000円/m ※下段2列、上段1列の2列積 |
| 原観性・ウミガメへの影響 | <ul style="list-style-type: none"> 原観地において景観への配慮が必要 ウミガメの産卵に影響を与える可能性がある | <ul style="list-style-type: none"> 現地砂で盛土し砂浜と一体となり砂浜になじむ ウミガメの産卵を妨げる可能性は低い |
| 評価 | <ul style="list-style-type: none"> 波の陸域への侵入、浸食を防止できる 経済性は浜崖後退抑止工に比べやや劣る 原観性・ウミガメへの影響が懸念される | <ul style="list-style-type: none"> 波の陸域への侵入、浸食を防止できる 経済性はコンクリート護岸に比べ優れている 原観性・ウミガメへの影響の点で優れている |

19

スライド18



スライド22



スライド19



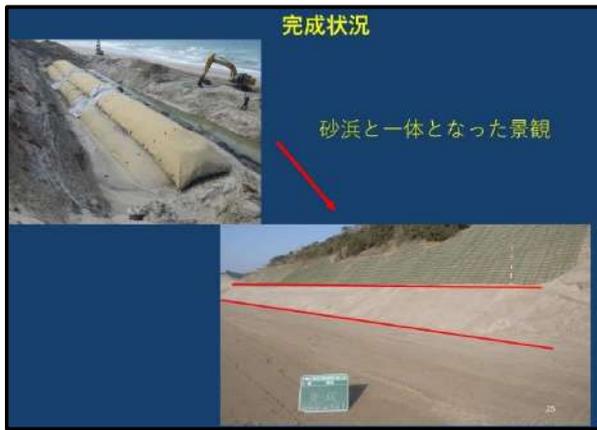
スライド23



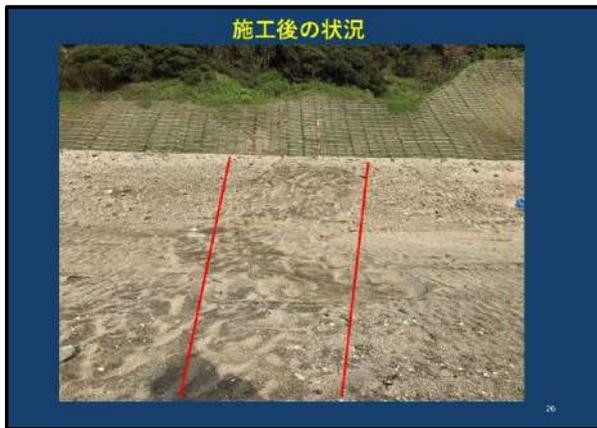
スライド20



スライド24



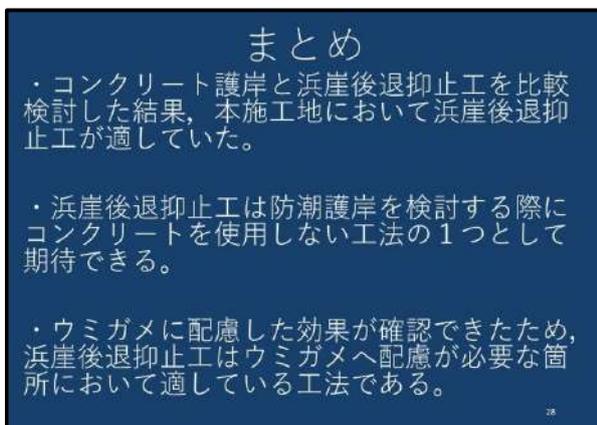
スライド25



スライド26



スライド27



スライド28

北薩地区における海岸防災林に関する一考察

北薩地域振興局 農林水産部 林務水産課

迫田正和

1. はじめに

(スライド1, 2)

北薩地域の多くは、風の影響が大きい東シナ海に面しており、そのうち、砂浜海岸では、海岸線の浸食や風害、潮害等を防止または軽減するため、海岸防災林を造成してきた。

そのうち、植栽木の保護を目的として施工する防風工は、防潮工などのコンクリート構造物とは異なり、主に金属や樹脂、木材などを使用し、設置期間等を考慮して選定することとなっている。

その中で、木材を使用した防風工に関して、構造やコスト、防風効果などについて、薩摩川内市の寄田海岸の事例をもとに、平成18年度と平成20年度に報告がなされたところであるが、腐朽状況などの残された課題に関する追跡調査等を行ったので報告する。

2. 施工地の概要

(スライド3, 4)

施工箇所の薩摩川内市寄田海岸は、東シナ海に面した川内川河口の南側に位置する川内原子力発電所の南側にある、南北に約1.5km続く砂浜海岸である。

海岸の東側には県道川内串木野線があり、約1.5km南には寄田集落がある。

また、海岸の東側の山地には、県内最大出力の風力発電所である柳山ウィンドファームがあり、風の影響が大きい地域となっている。

(スライド5, 6)

昭和62年度から平成12年度の14年間にわたり、海岸防災林造成事業によりコンクリート防潮工と鋼製防風工を約1,200m、クロマツを主とする植栽工を約4ha実施した。

その後、防風工の鋼製フェンスに腐食・破損が見られたことから、平成17年度から平成25年度にかけて、腐食・破損の激しい箇所から順次、県営県単治山事業により鋼製防風工を撤去し木製防風工を約900m施工した。

(スライド7)

施工後12年経過時点の鋼製防風工は、腐食が激しく、未だ成長段階の防災林に、被害が及ぶ恐れがあったことから、防風工の更新を行ったものである。

(スライド8)

防風工の更新については、木材利用推進の観点から使用材料を木材とした。

構造については、大きな腐食が見られなかった鋼製防風工の支柱をそのまま活用し、平成17年度は、丸棒を鉛直方向に3cmまたは6cmの間隔で積み上げる方法で施工した。なお、丸棒は防蟻・防腐等の処理を行っていないものを使用した。

平成18年度には、施工性・経済性を比較するため、構造をパネル式で施工し比較したところ、コスト比較でパネル式の方が施工性もよく、安価であったことから、以降、パネル式で施工している。

また、丸棒の間隔については、減風効果を検証した結果、4cm間隔でも、十分な効果が得られたことから、20年度以降は4cm間隔で施工した。

3. 木製防風工についてのこれまでの報告

(スライド9)

調査結果及び効果として、
○鋼製防風工の耐用年数が10年程度であること
○鋼製フェンスへの更新コストに比べ、平成18年度以降に施工したパネル式の木製防風工は65%程度安価に施工できること
○防風効果については、丸棒間隔3cm、4cmのもので、鋼製フェンスの風速比、約30%に準ずる効果が得られることが明らかとなった。

(スライド10)

今後、調査等が必要な課題として、
○木製防風工の腐朽状況・耐用年数の検証
○冬期など強風下での防風効果の検証について示されたところである。

このうち、施工から14年程度経過した、木製防風工の現在の腐朽状況及び耐用年数の検証を行っ

たので報告するとともに、併せて防風工の主たる目的である防風林の成長を促す補助施設としての効果について報告する。

4. 海岸防災林の現況

(スライド11)

平成10年度に植栽工を実施した、現在の林内の現況は、主林木のクロマツは順調に生長しており、下層には草本や広葉樹が生育している状況となっている。

(スライド12)

植栽工の実施エリアの中から、施工年度ごとに3か所プロット調査を行った。

成立本数は若干疎であり、また、海岸に近い前線マツ林であることから、林齢に対し樹高生長はあまりよくないものの、全てのプロットで、樹冠により林帯が形成されていることから、海岸防災林として、一定の機能を発揮しているものと考えらる。

5. 木製防風工の現況

(スライド13, 14, 15)

木製防風工のうち、最も古いもので施工後14年経過しているが、木材の腐朽による明らかな崩落などはあまり見られなかった。

また、海岸側と陸側の比較においては、復旧状況等について顕著な違いは見られなかった。

(スライド16)

ほとんどの区域で防風工の形状を維持しているものの、一部崩落や腐朽が明らかなものが数か所あった。そのうち、平成17年度に積み上げ式で施工したものにおいて、両端部の木製スペーサーの破損により横木の丸棒が落下しているものが、5スパンほど見られた。

また、パネル最上部の横木が一部腐朽しているものが、いくつか見られ、一部には落下しているものもあった。

(スライド17)

施工地の最も北側の平成18年度施工地の一部においては、防潮工を越えて砂が防風工の下の方に堆積しており、砂に埋没している横木には腐朽が見られた。

(スライド18)

中央部の木製スペーサーの破損は、各施工年度

を通して多く見られた。

破損箇所では、スペーサー内部に施工してある金属部分が腐食してなくなっているものや、残ってはいるものの腐食がかなりすすんでいるものが見られた。

(スライド19)

支柱のH型鋼については、現状全ての支柱で自立しており、転倒しているものなどはないものの、ほとんどの支柱において、根元部分に腐食が見られた。

腐食度についての調査はできなかったが、早急に対応が必要なものはないと推察された。

6. 木材の腐朽度調査

(スライド20)

横木として施工されている丸棒の腐朽度を計測した。

腐朽度の調査は、平成20年度に実施した調査方法に準じ、木材の腐朽度測定に一般的に使用されているピロディンを使用した

調査対象の胸高部の横木1本につき、海側と陸側から、中央部と両端部の計6箇所を5スパンごとに測定し、必要に応じ測定本数を追加した。

(スライド21)

海側と陸側、中央部と両端部に明らかな傾向はなかったことから、調査点数全ての平均値を施工年度ごとに比較したグラフである。

ピロディンによる調査では、貫入量35mmが腐朽の目安となっているが、全ての年度において腐朽は進んでいないという結果となった。目視でも、表面の割れは確認できたが、明らかに腐朽しているものは見られなかった。

なお、個別の値でも35mmを越えるものはなかった。

また、施工年度ごとに比較すると、経過期間に応じて貫入量は増加している。

7. 木材の直径調査

(スライド22)

次に丸棒の直径の変化について調査を行った。

直径12cmの丸棒がどのように変化しているか、腐朽度調査と同様の方法で調査を行ったが、結果、全施工年度において変化は見られなかった。

(スライド23, 24)

平成17年度施工箇所では、端部のスペーサー破

北薩地区における海岸防災林に関する一考察

損により落下している表面腐朽の進んだ丸棒があったので、切断し内部の腐朽状況の確認と、直径の測定を行った。

木口の写真のとおり、右上部分は辺材部が腐朽し、心材部のみとなっており、直径が 10.5cm と 1.5cm 細くなっている。

また、切断後の断面をみても、木口の断面とほとんど形状は変わらず、腐朽は表面のみにとどまっていた。

表面の腐朽による直径の減少が見られるものの、残存部分は腐朽していないため、丸棒の形状が維持されている状況であった。

能を発揮していると考えられることから、防風工の設置期間は、防風工の更新時から現在までの 12 年～20 年間が目安となること。

鋼製防風工に比べ、今回実施した構造の木製防風工は、コスト・施工性に加え、耐久性も優位であることが明らかとなったものと考ええる。

このことを踏まえると、防風工の設置年数である防災林の植栽から成林までの期間、木製防風工が耐用可能であれば、防風工を更新する必要もなくなり、コスト面でさらに優位となることから、引き続き、木製防風工の耐用年数の検証を行っていきたい。

8. 現況調査及び木材の腐朽度・直径調査結果 (スライド 25)

これまでの調査結果をまとめると

- 一部スパンの最上部及び砂が堆積したスパンの埋没した横木では、腐朽が進んでいるものが見られた。
- 横木の腐朽については、ピロディンによる調査において、腐朽の目安となる貫入量 35mm を越えるものはなかった。
- 平成 18 年度以降に施工されている中央部の木製スペーサーに破損が複数見られた。
- 直径については、最上部の横木など、一部の、明らかに腐朽が進んでいるものを除き、変化は見られなかった。

(スライド 26)

これらの結果を踏まえると、平成 17 年度の施工箇所においては、横木の支持部分が両端部の木製スペーサーのみの積み上げ式の構造であったことから、スペーサー破損により横木が落下し、形状を維持していないものが複数あった。これらについては、防風工としての機能が損なわれているものと考ええる。

平成 18 年度以降の施工箇所については、中央部の木製スペーサーに破損が見られるものの、金属を使用したパネル式の構造であったことや横木の腐朽が進んでいないことなどから、形状は維持され、一部の明らかに腐朽したものを除き直径の変化もなく投影面積も確保できており、現状も防風工としての機能が維持されていると考える。

9. まとめ

(スライド 27)

これらの調査結果及び考察をまとめると、当該施工地の海岸防災林では、現状、防災林として機



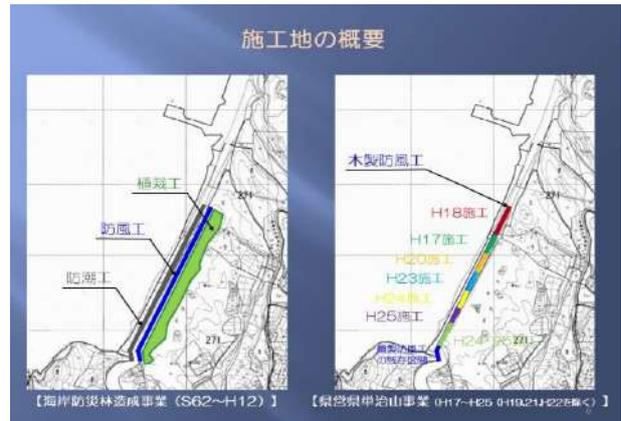
スライド1



スライド5



スライド2



スライド6



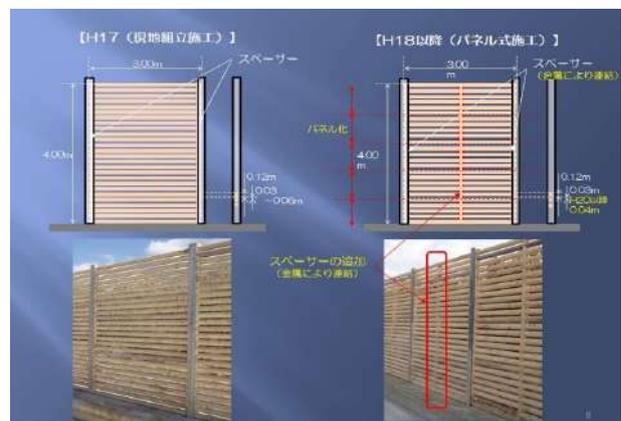
スライド3



スライド7



スライド4



スライド8

木製防風工についてのこれまでの報告

1 調査結果・効果

- 鋼製防風工の耐用年数は10年程度（鋼製フェンスの腐食・破損による耐用）
- 木製防風工の経費は鋼製防風工に比べ65%程度安価
 - ・鋼製防風工の支柱を活用
 - ・パネル式による施工（H18以降）
- 木製防風工の防風効果は鋼製防風工に準ずる効果
 - ・丸棒間隔3cm, 4cmの場合

スライド9

木製防風工の現況



スライド13

木製防風工についてのこれまでの報告

2 課題

- 木製防風工の腐朽状況・耐用年数の検証
- 冬期など強風下での防風効果の検証

スライド10

木製防風工の現況




スライド14

海岸防災林の現況



海岸防災林内の状況

スライド11

木製防風工の現況



海側面の状況（H18施工箇所）



防風林側面の状況（H18施工箇所）

スライド15

海岸防災林の現況



| | 施工年度 | 林齢 | 成立本数(本) | 平均樹高(m) |
|-------|------|------|---------|---------|
| プロット1 | H6 | 27年生 | 18 | 8.8 |
| プロット2 | H10 | 23年生 | 17 | 8.3 |
| プロット3 | H12 | 21年生 | 18 | 7.9 |

植栽工プロット位置図

スライド12

木製防風工の現況



H17施工箇所（スペーサー破損による落下）



H18施工箇所（最上部丸棒の腐朽）

スライド16



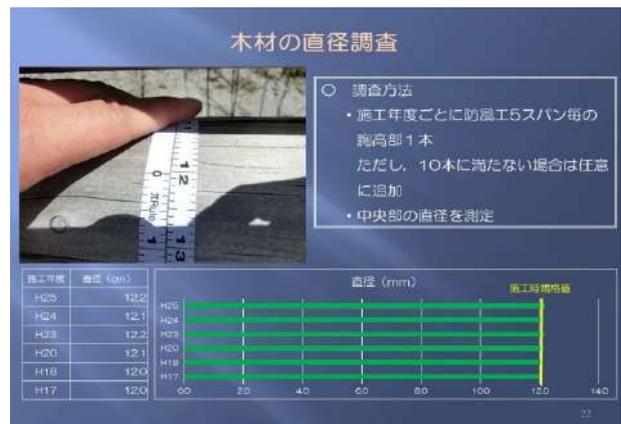
スライド17



スライド21



スライド18



スライド22



スライド19



スライド23



スライド20



スライド24

現況調査及び木材の腐朽度・直径調査結果

- 調査結果
 - 横木のうち、一部のスパンの最上部、砂が堆積したスパンの埋没したものに腐朽が進んでいるものが見られた
 - 横木の腐朽については、全ての施工年度において、腐朽の目安となるピロディンの貫入量35.0mmを超えるものはなかった
 - 中央部の木製スペーサーに破損が複数見られた
 - 木材の直径の変化はほとんどなかった

25

スライド25

現況調査及び木材の腐朽度・直径調査結果

- 考察
 - 平成17年度施工箇所においては、横木の腐朽は進んでいないものの、積み上げ式の構造のため、支持部の両端木製スペーサーの破損に伴い、横木が落下し、形状を維持していないものがあり、それについては、防風機能が損なわれていると考える
 - 平成18年度以降の施工箇所においては、中央部の木製スペーサーの破損が見られるものの、パネル式の構造であったことや横木の腐朽が進んでいないことから、形状は維持されており、直径の変化もなく投影面積も維持されていることから、防風機能は維持されていると考える

➡ 13年以上の耐用年数が認められる（H18施工分から算出）

26

スライド26

まとめ

- 当該施工地の海岸防災林について、現状、防災林として機能していると考えられることから、防風工の設置期間は、木製防風工更新時の林齢（最高齢で12年）と現状の林齢（最若齢で20年）の期間である12～20年
- 鋼製防風工に比べ、木製防風工はコスト、施工性に加え耐久性も優位

これらを踏まえ

- 木製防風工の耐用年数が、防風工の設置期間（最長20年）を担保できるかについて、今後、引き続き検証を行う

27

スライド27

知名町屋者地区における防災林造成計画について

大島支庁 農林水産部 林務水産課 上之原 貴之

1. はじめに

[スライド1～5]

知名町屋者地区における防災林造成計画について事業再開に向けた地元との合意形成を行ったので報告する。

沖永良部島は、鹿児島市から南へ552km、北緯27度線上に浮かぶ周囲55.8kmの隆起サンゴ礁の島で、今回報告する知名町屋者地区は島の南端部海岸に位置する。

皆様ご存じのとおり、奄美群島は台風の常襲地帯であり、最近では平成30年の台風24号が与論町で最大瞬間風速53mを記録するなど、襲来する台風も大型化する傾向にある。

このような事から、奄美群島では、海岸後方の農地や人家が被災しやすい状況にあり、これらを保護する防災林は、非常に重要な役割を果たしている。

2. 中止～再開までの経緯

[スライド6～11]

屋者地区は、潮風や津波等による災害を未然に防止することを目的に、平成6年度から8年度の3箇年間、海岸防災林造成事業に取り組んでおり、ウジジ浜を挟んだ西側の芦清良地区でも平成5年から同事業を実施している。なお、この西側に位置する瀬利覚地区も昭和56年度から平成5年度まで実施され、3地区合計で防潮堤2000m、植栽3.31haの実績がある。

このような中、平成8年2月に芦清良地区の一部住民から、事業継続に反対の意向が示され、この事を平成8年3月に南日本新聞が「自然と文化同時破壊」の見出しで支庁管内の他の公共事業と併せた記事を掲載した。記事には「サンゴの自然護岸があるのに、それを壊して、なぜ人工護岸なのか。しかも、その人工護岸が波しぶきを上空に上げ、住宅や畑まで飛ばしている」といった事業継続に対する疑問の声が載せられていた。

このような住民の意見を重く受け止めた地元では、平成8年5月に開催された芦清良地区の集落総会において、その後の事業休止が決議された。これを受けた知名町は翌6月、県に対して芦清良

地区の事業実施要望を取り下げることと決定し、これに併せて隣接する屋者地区も事業休止した。

その後も南日本新聞に平成10年10月「再開か見直しか意見集約できず」、平成24年6月は「奄振の在り方再考を」との記事が掲載されるなど休止後も周囲の関心が高い地区であった。

休止決定から18年経過した平成26年に、3年連続の台風上陸で深刻化した農作物被害に対する地元からの防災対策の要望を受け、知名町長は屋者地区の事業再開を決定したが、県ではこれまでの経緯を踏まえ、「事業再開後、過去のように地元反対で、また休止する訳にはいかない」との方針のもと、海岸防災林造成事業を行うことで関係する後方農地等の利害関係者すべての同意を取得するまでは、事業再開は困難であるとの意向を町に伝えていた。

地元屋者地区では字役員等によって「屋者海岸治山事業推進委員会」という任意団体が設立され、当推進委員会メンバーが中心になって、知名町長や役場職員とともに粘り強く関係者の説得にあたり、再開決定から4年間を費やしたが、平成31年3月に関係者全員となる307筆、153名分の同意が取得でき、知名町による事業対象区域の用地買収等も確約されたため、事業再開に向けての障壁はなくなり、屋者地区は動き出した。

3. 調査の内容

[スライド12～13]

事業計画は地元からの強い要望で再開に至ったが、平成6年当時作成された調査報告書の設計因子が現在とは、かなり異なっており、事業再開にあたって再度詳細な現地調査資料が必要となったため、令和元年度県単治山事業調査測量設計業務委託により改めて調査測量等を実施した。

屋者地区は近くにウジジ浜という景勝地が存在することから、景観に配慮した工法検討も行うこととした。

今回の調査業務では、検討に必要なデータの収集及び解析を行い、対策工法の決定と標準断面図等を作成することとした。

現地の陸上地形を把握するために一般地形測量

と汀線測量を行い、海底地形を把握するための深淺測量を行った。一般地形測量は、平面形や保安林予定地の周囲測量、汀線測量は陸地側に100mの範囲で16測点の計1600mの横断測量、深淺測量では海側に250mの範囲で8測点、計2000mの測量を実施した。ボーリング調査も1箇所、行った。この測量結果を基に、防潮堤設置位置や構造形式を検討した。

4. 防潮堤法線の決定

[スライド14~16]

防潮堤法線については、後方に新設する林帯幅が確保でき、リーフ掘削を最小限に抑えることを基本に、第1案として既設防潮堤の法線を踏襲し、前面海岸線の形状を重視した案を検討した。この場合、防潮堤背面に整備する林帯を広く確保できるが、リーフのほぼ中間部を通過する箇所もあるため、事業影響範囲も広がる。

事業影響範囲の縮減を考え、第2案を検討した。当案では新設部の法線を後方地形に対して平行に設置し、防潮堤背面に整備する林帯幅を最低10m程度は確保できる位置を設定した。

次にそれぞれの法線位置における防潮堤の必要天端高を検討した。

屋者地区は防潮堤計画位置の前面に広大なリーフがあり、リーフ上では通常の海底とは異なる波の変化や水位上昇が起こるため、これらも考慮した検討を行う必要があるため、従来より用いられている簡易算定図を使用する方法により必要天端高を検討した。

また、天端高算定に用いる波浪条件として「漁港事業標準設計及び実施要領」に従い、リーフ先端位置での波の高さを設計値に加えた。

今回行った各測点毎の算定ではNo.5点における波の高さが最も大きい値となったので、この結果を基に天端高を求めると案1法線では10.9m、案2法線では10.5mの高さが必要という結果が得られた。

この結果より、後方地形に対して平行に設置することで最低限の林帯幅も確保され、必要天端高が抑制できる第2案の防潮堤法線に決定した。

5. 防潮堤構造の決定

[スライド17~18]

当屋者地区は平成6年~8年に設置した既設防潮堤があるが、今回の調査結果を基に得られた必要天端高に対し、既設部分では1.5mの高さ不足が判明した。既設部分は当時、盛土施工による防

災林造成も行っていたが、台風時の越波によって盛土部が全て、流出しているため、既設防潮堤の嵩上げを行い、必要天端高を確保するとともに前面掘削跡に間詰めコンクリートを施工し、嵩上げによる擁壁の安定を図る。

新設する防潮堤については、リーフの掘削量を可能な限り抑えることと景観配慮を念頭に、従来の波返しコンクリート擁壁構造案と離岸堤構造案を検討した。

第1案の波返し擁壁構造は大島支庁管内の既設防潮堤の大部分で採用され、施工実績も多く見慣れた構造であり、構造物設置に伴うリーフ掘削等が発生するものの、工事影響範囲は少なく、コンクリート擁壁構造のため施工手間が容易で工事費も安価となる。

離岸堤構造は、リーフ掘削を伴わない人工ブロックによる築堤となるが、使用する被覆ブロックに応じて工事影響範囲が変化する。

第2案の自然石を利用した被覆ブロックは個体重量が軽いいため、設置勾配を緩くしないと十分な消波効果が得られず、築堤自体も安定しないため、工事影響範囲は20m以上に及ぶ。ブロック製作の手間や据え付けに大型重機を必要とするなど施工単価も高額となる。

第3案のブロック重量が重いコンクリート製は、工事影響範囲を14m程まで抑えられるが、被覆ブロックが全てコンクリート製のため周辺景観に馴染まない。

新設区間における標準構造は3案による比較検討を行った結果、リーフへの工事影響範囲が最も少なく、施工が容易であり、経済性にも優れた波返し擁壁構造に決定した。

6. 地元との合意形成

[スライド19~22]

防潮堤法線と標準構造案は選定したが、過去に屋者地区で事業休止に至った経緯を考えると今後、事業を進めていくうえで地元との合意形成は必要不可欠のため、選定案をもって、地元説明会を開催した。説明会には地元宇集落の役員や後方農地の所有者の方々にお集まりいただいた。

説明会は町の進行で地元区長、町農林課長のあいさつに始まり、支庁から配布資料とパワーポイントを用いて、事業の概要や防潮堤構造等について説明を行った。

出席者から、①天端被覆工は車の通行は可能か。②海岸における階段は設置できないのか等のいくつかの質問はあったが、事業実施に対する反対意

見はなかったため、理解を得られたと思われる。説明会で一番話題に挙げたのが、工事着工をどこから行うのかということだった。これについては、作業効率を考え、既設側の嵩上げから着工したいと説明したが、出席者からは農作物に被害の大きい終点側から施工してほしいとの意見もあったため、地元で十分に調整のうえ、決定されるよう町に依頼し、後日に農地所有者や地元集落での話し合いの結果、終点側から施工することで合意したと支庁に報告があった。

7. 今後の課題

[スライド 23～28]

今回の業務委託により、基本的な構造を決定し、地元からの同意も得られた。

これまでの検討案をもとにした完成予定図を示す。

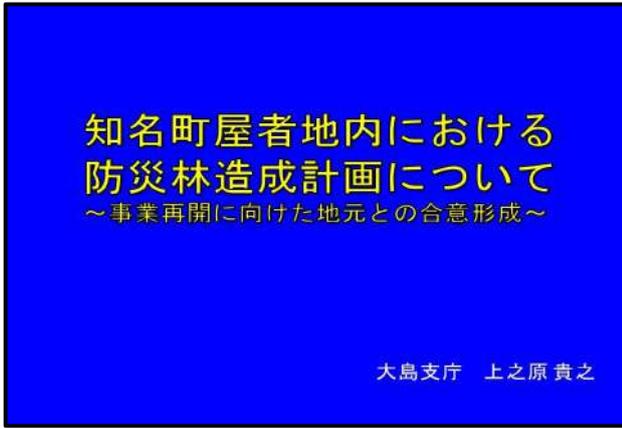
既設防潮堤の嵩上げ区間で、海側から見た光景となり、嵩上げ高は 1.5m、防災林造成にあたっては大島管内で実績のある木製防風工 (H=2.0m) と木簀防風工 (H=1.0m)、植栽工を実施する。植栽樹種については地元から要望のあったモクマオウや奄美の在来樹種であるアダンやオオハマボウ、コバティシなどを植栽する予定にある。なお、防潮堤背面については天端被覆工を施工することとしている。

今回の業務委託によって、新たに防潮堤を設置する区域は判ったが、新設区間は国有海浜地の地番設定がない白地であることから、今後、施工区域を知名町に買い上げてもらい、地番設定後に保安林に指定するという作業も残っている。施工区域の買い上げについては、町の承諾を得ているため、登記後の保安林指定については、支庁において確実に対応したい。

8. おわり

この屋者地区を通じて、一度休止した事業を再開させることの大変さを痛感した。

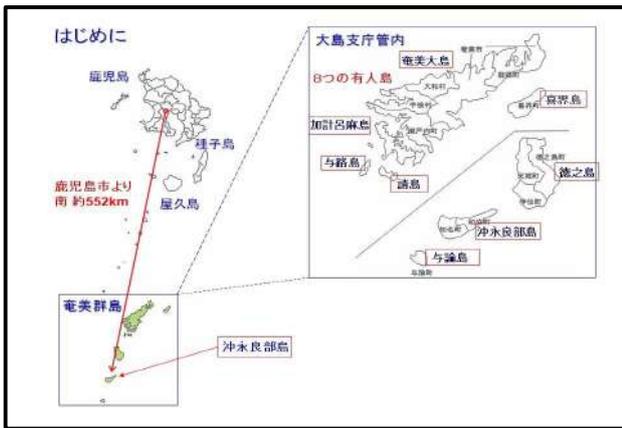
今後どの現場においても、このような事態が起こらないよう、地元市町村並びに住民の方々とも十分に連携を図りながら事業を実施していきたいと考えている。



スライド1



スライド5



スライド2



スライド6



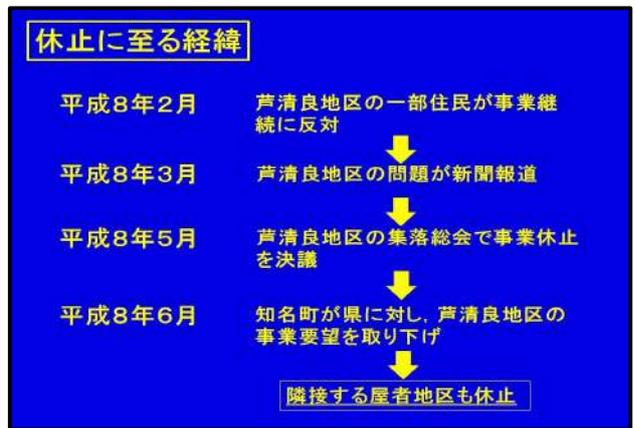
スライド3



スライド7



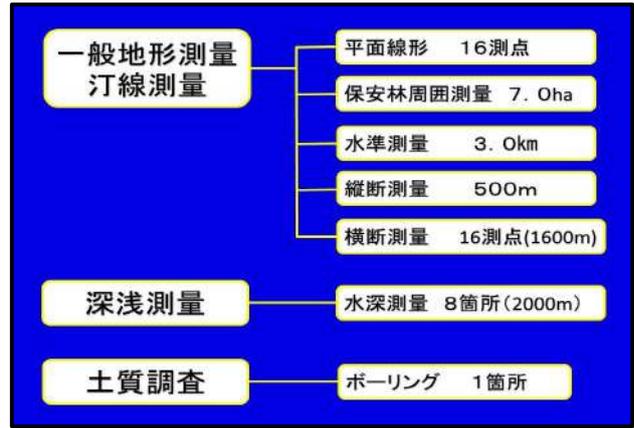
スライド4



スライド8



スライド9



スライド13



スライド10



スライド14



スライド11

| 測点 | 第1法線案 | | | 第2法線案 | | |
|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| | リーフ高 | 防潮堤設置位置 | 必要天端高 | リーフ高 | 防潮堤設置位置 | 必要天端高 |
| B. P | 4.6 | 3.1 | | 4.6 | 3.1 | |
| No. 1 | 3.7 | 2.2 | | 3.7 | 2.2 | |
| No. 2 | 3.1 | 1.8 | | 3.1 | 1.8 | |
| No. 3 | 3.9 | 2.3 | | 3.9 | 2.2 | |
| No. 4 | 3.4 | 2.2 | | 3.4 | 1.9 | |
| No. 5 | 6.0 | 4.5 | 10.9 | 6.0 | 4.2 | 10.5 |
| No. 6 | 3.9 | 2.6 | | 3.9 | 2.6 | |
| E. P | 3.9 | 2.3 | | 3.9 | 2.3 | |

スライド15

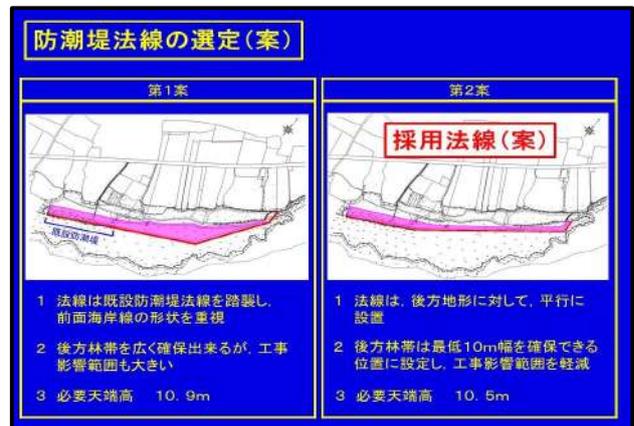
調査の内容・目的

平成6年度に作成された調査報告書の設計因子が現在と異なることから、再度詳細な現地調査に基づく報告書作成が必要となった。

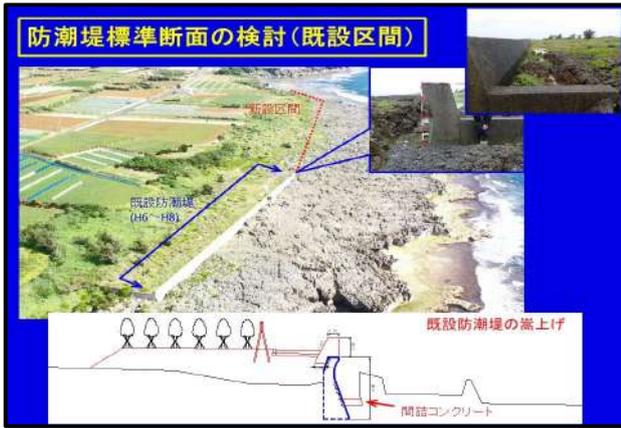
○ 事業名 令和元年度 県単治山事業調査測量設計業務委託
 期間 令和2年1月30日～令和2年7月31日(184日間)

○ 目的 防潮・防風効果に加えて、景観に配慮した工法検討に必要なデータの収集及び解析を行い、対策工法の決定及び標準図等を作成する。

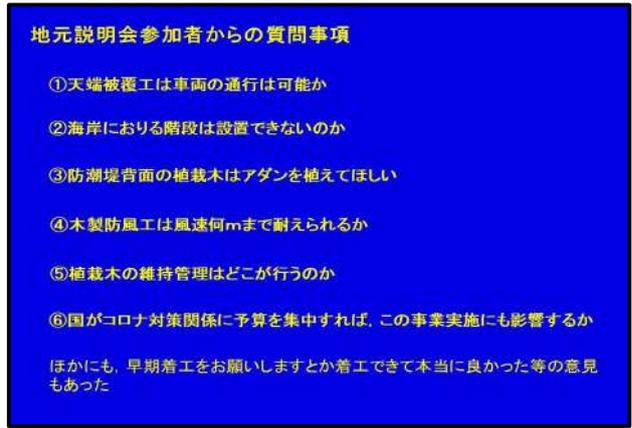
スライド12



スライド16



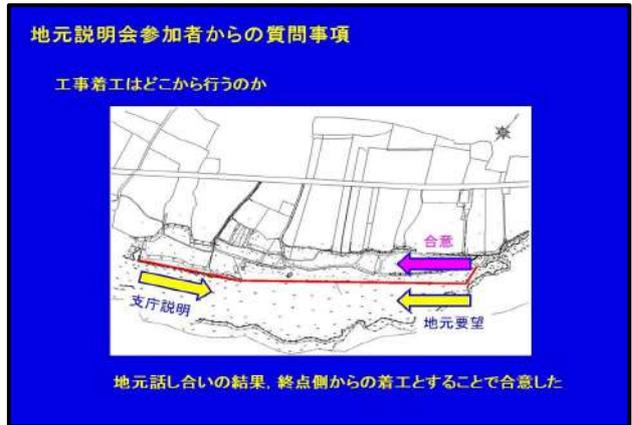
スライド17



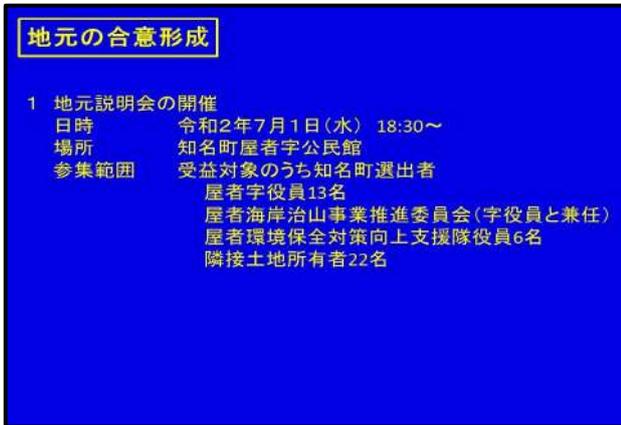
スライド21

| 標準断面図 | | 評 価 |
|-------|-----------------------|--|
| 案1 | <p>採用構造(案)</p> | ①既設での施工実績が多い ②施工手間が容易 ③床地等のリーフ掘削を伴うが工事影響範囲は少ない 施工単価 441千円/m |
| 案2 | | ①自然石を利用したブロックのため景観への影響が少ない ②リーフ掘削は行わないがブロック据付による工事範囲が最も大きい ③ブロック製作ヤードと制作期間を確保する必要がある 施工単価 1,320千円/m |
| 案3 | | ①コンクリートブロックによる遮覆のため、周辺景観へ馴染まない ②リーフ掘削は行わないがブロック据付による工事範囲が大きい ③ブロック製作ヤードと制作期間を確保する必要がある 施工単価 929千円/m |

スライド18



スライド22



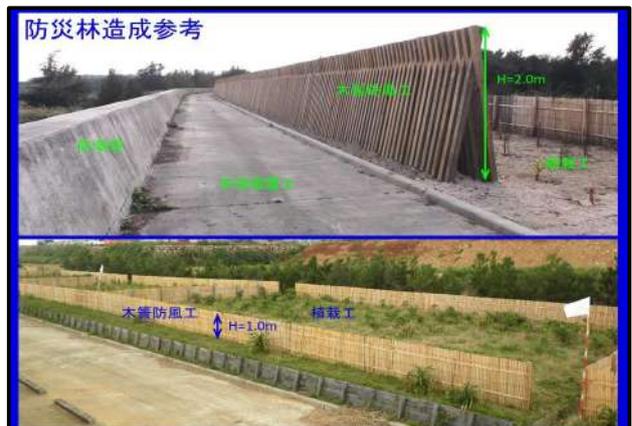
スライド19



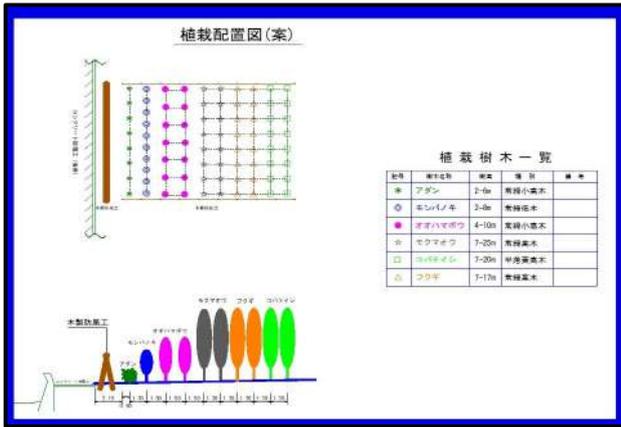
スライド23



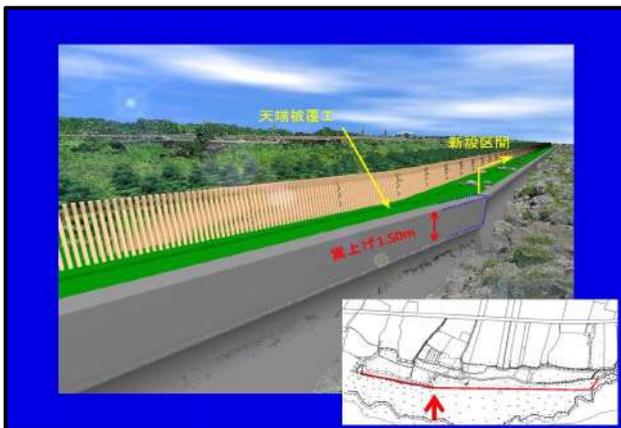
スライド20



スライド24



スライド25



スライド26



スライド27

今後の課題

○新設工事区域が国有海浜地であり、地番が割り振られていない白地のため、用地買収による地番設定が必要
 知名町と協力しながら保安林指定までを確実にを行う

スライド28

梅雨前線豪雨により被災した落石防護柵の復旧と既設の機能強化について

始良・伊佐地域振興局 農林水産部 林務水産課 稲 森 忍

【スライド1】

昨年の梅雨前線豪雨により被災した落石防護柵の復旧途中で発覚した設計上の問題や復旧工法などの提案及び同様の既存施設における機能強化について考察したので発表する。

森林は、国土の保全、水源の涵養、生活環境の保全、地球温暖化の防止、木材等の林産物の供給等、多面的な機能を有し、我々の生活及び経済の安定に欠くことのできない「緑の社会資本」としての役割を果たしている。

このような森林の有する多面的な機能の発揮が将来にわたって確保されるためには、森林の整備及び保全を適切に進めていくことが重要であり、そのための基盤として必要となる治山施設について、新たな整備を引き続き推進することに加え、これまでに整備された既存施設について、適切な維持管理や機能強化を含む更新等を進めつつ有効活用を図っていくことが重要である。

【スライド2】

昨年、被災した治山施設は、鹿児島空港から北東方面に約 10km に位置し、二級河川天降川及び国道 223 号線沿いの霧島市牧園町宿窪田安楽地区で、【スライド3】施設直下には、安楽温泉や多数の住居と旅館がある。

安楽地区は、居住地が標高 50 から 70m 付近に有り、その上流の標高 130m 付近から【スライド4】高さ 30m 程度の直立岩崖が連続するなど急峻な山地が帯状に連なっており、落石の発生源となっている。

【スライド5】

このことから、落石から保全対象に至る山腹斜面において、岩石による災害を抑止又は滅殺することを目的に、昭和 62 年度から平成 6 年度にかけて、山腹入型落石防護柵とモルタル吹付などを整備した。

【スライド6】

その後、20 年以上が経過した平成 29 年度から吹付法砕工や亀裂の発達した岩盤等を固定し転石が落下することを防止するため、ロープ掛工及び岩塊固定工を【スライド7】整備している途中で、昨年の梅雨豪雨により隣接している山腹が崩壊した。

【スライド8】

崩壊の要因である降水量は、6 月 25 日からの約 10 日間で 813 mm と年平均降水量の 3 割を占め、最大時間雨量 39 mm、24 時間雨量 260 mm と年平均降水量の約 1 割を占めた。

【スライド9】

なお、崩壊地は、粘性土に転石が混在している山腹で、大量の雨水が地下に浸透したことにより、粘性土が飽和状態になったことで、転石が不安定となり、【スライド10】大量の雨水が路面工から崩壊した山腹斜面に流れ込み滑落・剥落性の崩壊が発生した。

【スライド11】

崩壊土砂には、1m³ を超える大きな転石が 14 個・63 m³ が含まれ、落石衝撃力を算定した結果、既設落石防護柵で対応できる衝撃力を大きく上回った。

【スライド12】

この崩壊土砂の衝撃により、平成 2 年度に施工した山腹入型落石防護柵の上流部基礎が破損し、上部壁面は土砂に埋没し、損壊・変形するなど 19m 分が被災したことから、災害復旧事業にて実施した。

【スライド13】

災害復旧事業は、原型復旧することが基本であり、変形した防護柵は再利用できないことから、安定計算を行った上で山腹入型を施工したが、施工途中で設計上の問題が発生した。

【スライド14】

1 つ目は、既設落石防護柵には設置されていないが、緩衝材に古タイヤを使用する場合、タイヤの隙間から小石をすり抜けさせないため、緩衝材と壁材の間にエキスパンドメタルを取り付けるが、部材搬入後に標準断面図に表示されていないことが判明した。

このことから、メーカーにエキスパンドメタルの必要性を問い合わせ後、請負事業者との協議を行った上で、設置した。

【スライド15】

2 つ目は、緩衝材には、古タイヤや木材が用いられ、安定計算上 70cm 以上の厚さを確保しなければならないが、【スライド16】標準断面図に表示がなく、既設の緩衝材を計測した結果、古タイヤ 2 段積み・22cm 程度しかなかったことが判明した。

【スライド17】

このことから、安定計算書を確認した後、請負事業者との協議を行った上で、緩衝材の厚みを確保するため、不足分の古タイヤ購入や設置手間など設計変更で対応し、6 段積み・70cm 以上確保した。

なお、問題となった作業は、工事の最終段階であったことから、現場との調整に苦慮した。

【スライド18】

今回、既設落石防護柵の安定計算書がないので緩衝材厚の規格は不明であるが、既設緩衝材が 2 段積み 22cm 程度しかなかったことを踏まえ、解る範囲で調べてみた。

【スライド19】

まず、安楽地区に隣接する梅ヶ渡地区は、平成 11 年から平成 20 年までの期間に山腹λ型落石防護柵等を【スライド20】施工しており、構造図及び現場とも緩衝材厚が 70cm 確保されていた。

【スライド21】

次に書籍は、昭和 59 年に日本林業調査会が発行している「落石防止の設計」では、「砂厚の分布効果を発揮するためにも 70cm 位の砂厚が必要」と記載され、【スライド22】県の平成 3 年度版治山必携には山腹λ型の記載はないが、λ型は留意事項に「古タイヤは巾 40cm 程度 (2 段重ね) とする」と記載されていた。

【スライド23】

なお、平成 12 年メーカーの落石防護壁 Q & A には、「緩衝材の厚さは 70cm とする」と記載されているが、これは、平成 11 年 7 月発行の「治山技術基準」解説総則・山地治山編に準拠して、落石防護柵に関し設計の考え方が統一されたものと考ええる。

以上のことから平成 11 年度以前の山腹λ型の緩衝材は、「落石防止の設計」を参考に 70cm を基準としていたものと推察され、治山台帳の図面データを調査した結果、標準断面図には表示がなかったが側面図に巾 0.70 の記載を発見した。

【スライド24】

なお、既設緩衝材と復旧緩衝材別に分布衝撃力を計算した結果、緩衝材厚が 50cm 違うだけで 1 m² あたりの分布衝撃力が約 10 分の 1 になることから、平成 11 年度以前の落石防護柵の緩衝材は、基準を満たしていない可能性がある。

現在、インフラの維持管理・更新等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を明らかにする計画として、「林野庁インフラ長寿命化計画」が策定され、既存施設の点検・診断結果に基づき、施設の補修や更新、機能強化などの必要な対策を適切な時期に実施することが求められている。

ただし、施設点検において、緩衝材厚の確認事項はないことから、今後の提案として、【スライド25】平成 11 年度以前の落石防護柵の緩衝材厚を調査し、現行の基準に満たない施設は、増厚工事を行い、機能回復を図る必要がある。

【スライド26】

次に落石防護柵及び落石防護網には、落石エネルギーの大きいものに対応できる高エネルギー吸収タイプがある。

【スライド27】

災害復旧事業は、原形復旧することが基本ですが、従前の機能回復を図り、工法の比較検討を行い、経済性や施工性を総合的に判断し、原形復旧より高エネルギー吸収型落石防護柵を含む他の工法が適当と認められる場合は、原形復旧以外の工法を採用してもよいのではないかと考える。

【スライド28】

最後に、緩衝材には古タイヤを使用したのが、同様の施設災害が発生した際は、木材利用拡大を図るため**【スライド29】**防腐処理をした木材を使用してもよいのではないかと考える。

近年、線状降水帯による豪雨や台風、地震等、異常気象が相次ぎ、自然災害も多発しており、これからますます治山事業の担う役割が重要となってくると思われる。

【スライド30】

森林土木事業に携わる職員として、これからも日々精進し、微力を尽くしていきたいと考えている。



スライド1



スライド5



スライド2



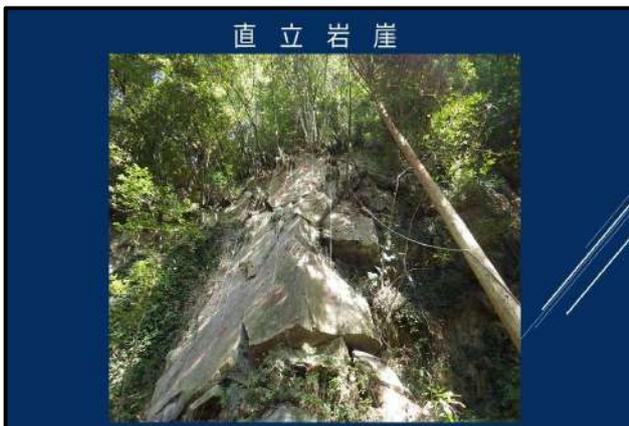
スライド6



スライド3



スライド7



スライド4

雨量データ（観測所：牧園町）

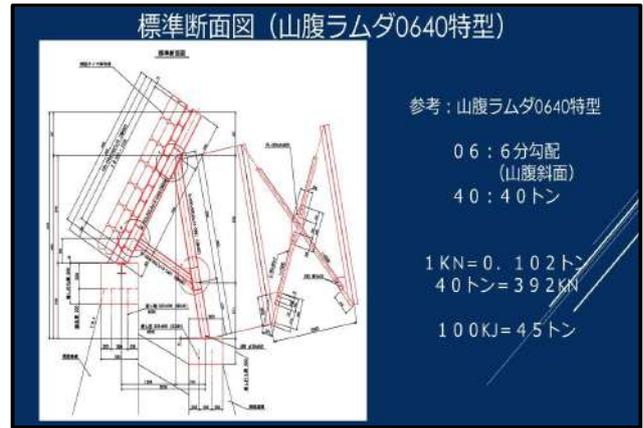
| 項目 | 数量 | 観測期間 | 参考 |
|-------------|-------|-----------------------------------|------------------------|
| 最大24時間雨量 | 260mm | 令和元年 7月 3日 2時～ 令和元年 7月 4日 2時 | 450mm 平成5年 |
| 最大時間雨量 | 39mm | 令和元年 7月 3日 11時～ 令和元年 7月 3日 12時 | 101mm 平成24年 |
| 連続雨量（約10日間） | 813mm | 令和元年 6月25日 21時～ 令和元年 7月 4日 2時 | 2,653.8 mm 年降水量（30年平均） |

※参考の数量は、鹿児島空港観測所（溝辺）のデータから抜粋。

スライド8



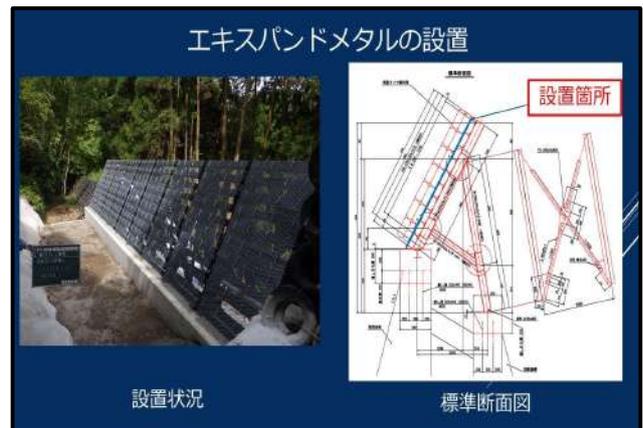
スライド9



スライド13



スライド10



スライド14

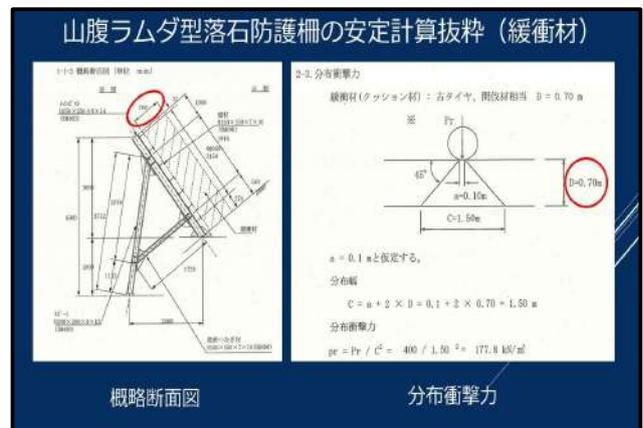
転石の特徴

| 項目 | 数量 | 単位 |
|----------|----------------|----------------|
| 個数 | 14 | 個 |
| 全体積 | 63 | m ³ |
| 1個あたり体積 | 1.1 ~ 18.5 | m ³ |
| 重さ | 27.5 ~ 471.2 | kN |
| 重さ (t換算) | 2.8 ~ 48.1 | t |
| 落石衝撃力 | 2,053 ~ 35,195 | kN |

落石防護柵

| 形式 | 落石衝撃力 | 単位 |
|------|-------|----|
| 山腹入型 | 392 | kN |

スライド11



スライド15



スライド12



スライド16

山腹ラムダ型落石防護柵構造図 (変更設計)

緩衝材追加 (青) 4段

スライド17

緩衝材の厚みについて

| 書籍等 | 内容 |
|--|---------------------------------|
| 落石防止の設計 -法面の安定と落石防止工- (日本林業調査会昭和59年発行) | 砂厚の分布効果を十分に発揮するためにも70cm位の砂厚が必要。 |

スライド21

復旧後の山腹ラムダ型落石防護柵

スライド18

緩衝材の厚みについて

| 書籍等 | 内容 |
|--|---|
| 落石防止の設計 -法面の安定と落石防止工- (日本林業調査会昭和59年発行) | 砂厚の分布効果を十分に発揮するためにも70cm位の砂厚が必要。 |
| 治山必携 昭和62年3月 (旧版) | 記載なし。 |
| 平成3年度版 治山必携 (旧版) | ラムダ型：クッション材としての古タイヤは巾40cm程度(2段重ね)とする。 ※留意事項に記載 ※山腹ラムダ型については、記載なし。 |
| 平成8年度版 治山必携 (設計指針編) (旧版) ※8年度版以降、記載なし。 | 記載なし。 |

スライド22

安楽地区と梅ヶ渡地区の空中写真

スライド19

緩衝材の厚みについて

| 書籍等 | 内容 |
|--|---|
| 落石防止の設計 -法面の安定と落石防止工- (日本林業調査会昭和59年発行) | 砂厚の分布効果を十分に発揮するためにも70cm位の砂厚が必要。 |
| 治山必携 昭和62年3月 (旧版) | 記載なし。 |
| 平成3年度版 治山必携 (旧版) | ラムダ型：クッション材としての古タイヤは巾40cm程度(2段重ね)とする。 ※留意事項に記載 ※山腹ラムダ型については、記載なし。 |
| 平成8年度版 治山必携 (設計指針編) (旧版) ※8年度版以降、記載なし。 | 記載なし。 |
| 落石防止壁Q&A (平成12年7月) | Q-112) 設計の基本的な緩衝材の厚さは、70cmとす (ラムダ型, 山腹ラムダ型) |

側面図

スライド23

梅ヶ渡地区の山腹ラムダ型落石防護柵

平成20年度施設

緩衝材

スライド20

緩衝材厚別分布衝撃力

| 項目 | 既設緩衝材 (A) D=22cm | 復旧緩衝材 (B) D=70cm | 比較 (B) ÷ (A) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| 落石衝撃力 (Pr) | 400 kN | 400 kN | 1.0倍 |
| 分布幅 (C) | 0.54m | 1.50m | 約2.8倍 |
| 分布衝撃力 (pr) | 1,372 kN/m ² | 178 kN/m ² | 約0.1倍 |
| 比較 (pr) ÷ (Pr) | 約3.4倍 | 約0.4倍 | |

スライド24

今後の提案

1 平成11年度以前の落石防護柵の緩衝材厚を調査し、現行の基準に満たない施設は、増厚工事を行い機能回復を図る。

スライド25

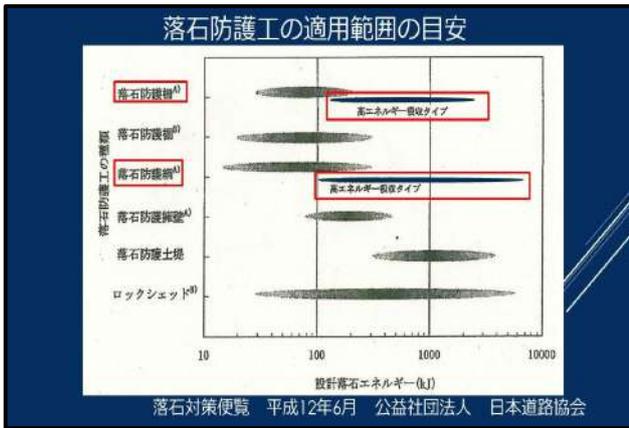
今後の提案

1 平成11年度以前の落石防護柵の緩衝材厚を調査し、現行の基準に満たない施設は、増厚工事を行い機能回復を図る。

2 災害復旧事業は原形復旧が基本だが、工法の比較検討を行い、経済性、施工性などを総合的に判断し、原形復旧より高エネルギー吸収型落石防護柵を含む他の工法が適当と認められる場合は、原形復旧以外の工法を採用してよいのではないかと。

3 同様の施設災害が発生した際は、緩衝材に木材（防腐処理）を採用してもよいのではないかと。

スライド29



スライド26



スライド30

今後の提案

1 平成11年度以前の落石防護柵の緩衝材厚を調査し、現行の基準に満たない施設は、増厚工事を行い機能回復を図る。

2 災害復旧事業は原形復旧が基本だが、工法の比較検討を行い、経済性、施工性などを総合的に判断し、原形復旧より高エネルギー吸収型落石防護柵を含む他の工法が適当と認められる場合は、原形復旧以外の工法を採用してよいのではないかと。

スライド27



スライド28

林道横座線における現況と一考察について

北薩地域振興局 農林水産部 林務水産課 野村哲郎

1. はじめに (概要)

【スライド 1~3】

平成 16 年度から令和 6 年度までの計画で開設している林道横座線は、川内川流域に位置し薩摩川内市内から紫尾線を結ぶ連絡線形で延長約 7,400m、幅員 4.0m の路線で、利用区域約 460ha の半分程度を会社有林が占めることから、現在の施業実績は約 220ha となっている。

なお、当路線の工事は、1~4 工区体制で実施し、昨年度、実質 16 年目でようやく終点側 3, 4 工区が開通したところであり、92%の進捗となっている。

しかし、1, 2 工区側については、他工区に比べ地形も急峻で標高差 200m を登る線形であったものの残延長約 600m となったため、ようやく完成に目途がついた矢先、平成 29 年度工事中に地すべりが発生したため、翌年度から工事を中止せざるを得なくなった。

一時中止後の地すべり工事を担当することになったが、自分も含めこれまで事業で地すべり工事の未経験者が多いと考えることから、「調査委託から、工事に関する注意事項などに関して」経験に基づき、紹介したい。ただ、工期と金額が限られていたため、苦労も多くあった。

2. 経過 (地すべり~H30 年度調査委託)

まず、現地においては、平成 30 年 2 月に「調査委託 (地質、測量及び対策工)」を発注した。

(1) 事前調査 (地すべりの特徴)

【スライド 4~5】

「道路土工一切土工・斜面安定工」指針のフロー準用

(2) 地すべり調査項目 (通常の調査で行われる内容) 【スライド 6~9】

- ・地表踏査
- ・地質調査 ボーリング調査 3 箇所 6 孔
- ・動態観測 地盤伸縮計 2 基
孔内傾斜計観測 3 孔 (φ 86mm Σ L=57.0m)
水位観測 3 孔 (φ 66mm Σ L=42.0m)
移動杭 20 箇所

地すべり調査

- ①地すべりの範囲や規模。
- ②地すべりの移動方向や速度。
- ③地すべりの活動性。
- ④地すべりかどうかの判定。

(3) 地質調査結果 【スライド 10】

・地質調査結果

- ①調査地周辺には地すべり地形・崩壊地形が確認される。
- ②風化・破砕作用を受けた砂岩頁岩分布する。
- ③ボーリング調査 (1. 崩積土 2. 強風化砂岩頁岩 3. 風化砂岩頁岩)

・地すべり発生機構

- ①素因：調査地には崩積土・砂岩頁岩が分布し、風化等の作用受け、脆弱化した地質で破砕が著しい箇所は粘土混じり礫状化し、すべり面を形成しやすい状況である。
- ②誘因：林道開設時の切土により土塊の均衡が崩れ活動したと考えられる。集中豪雨により地下水位が上昇し地すべりを活発化させる恐れもある。

(4) 対策工法検討 (フロー) 【スライド 11~14】

「災害復旧事業における地すべり対策の手引き (全国防災協会)」準用

1) 現状及び計画安全率

現状安全率=0.98, 計画安全率=通常林道の場合の 1.10 を適用

2) 対策工法 (1 次選定)

抑制工：地表水排除工、地下水排除工、排土工

抑止工：杭工、アンカー工 (通常「一般的に採用される工法」)

3) 対策工法 (2 次選定)

4 案を比較検討 安全性、施工性及び経済性が総合的に優れていた「頭部排土工 (林道開設) + ボーリング暗渠工 + アンカー工」を実施決定

3. 工事における注意点と課題

【スライド 15～21】

○地すべり工事概要

頭部排土工，掘削工，ボーリング暗渠工，法枠工，鉄筋挿入工，植生基材吹付，アンカー工，植生マット工，地表水排除工，仮設工（H鋼）

(1) 報告書における施工時注意点

- ①安全率の観点から，頭部排土工を最初に施工すること。また，施行中は地すべり活動に注意し，点検や早期完成・緑化に務めること。
- ②チェックボーリングでは定着地盤及び引抜試験で周面摩擦抵抗値 Γ を確認すること。
- ③アンカー・ボーリング暗渠施工方向や曲がり施工には十分注意すること。
- ④アンカーは逆巻施工で，上段を完成後，順次下段の施工すること。
※逆巻施工：地山補強土工法の1つで，原理的には，斜面に押え盛土を施し，土砂の崩落を防止しながら順次施工するもの。（斜面を一部露出させる都度に，アンカー工や植生工などの工法を講じるものである。）

(2) 現場で発生した施工時注意点

- ①工事の安全率（性）と工期（3月末）の両方確保。
- ②各工種に伴う立会計画（段階確認）の内容と時期の煩雑さ。
- ③工事中の大雨に対する対策。

(3) 今後の課題（報告書+現場の注意点）

（解決出来た課題）

- ①アンカーは逆巻施工で，上段を完成後，順次下段の施工すること。
- ②工事の安全率（性）と工期（3月末）の両方確保。
- ③各工種に伴う立会計画（段階確認）の内容と時期の煩雑さ。
- ④工事中の大雨に対する対策。

（未解決の課題）

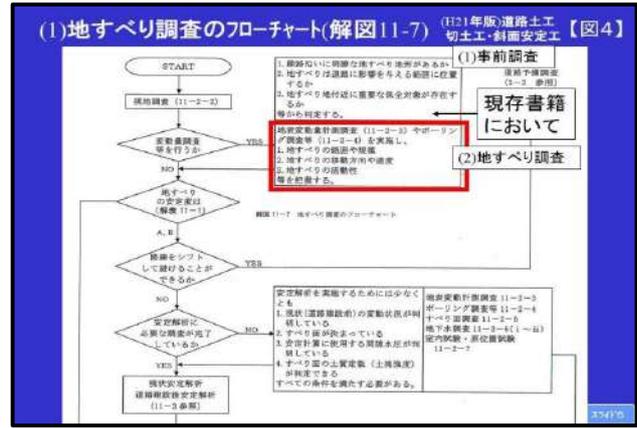
- ⑤2業者での施工であったため，安全協議会などの設置。
- ⑥同一箇所での2業者の施工の場合，出来形管理をそれぞれで作成することになり，全体的な出来形及び全体工程管理が出来ないため，一業者による施工の提案。

(4) その課題と対応について

- ①→今回は，逆巻施工を実施し対応した。
今後は，「違う工法・工種で代替できないか」の検討も必要。
- ②（安全面）
 - ・地すべりに伴う安全率の確認及び確保（1.00以上）
 - ・請負業者の協力の下ロッククライミングマシンの使用など（工期）
 - ・アンカー工（試験含）のグラウトについて，早強コンクリートの使用など
→場所，作業工種，時期別での「作業工程事例」の作成・活用
- ③→作業工種，時期別で「立会計画事例」の作成・活用
- ④→早期緑化のための植生マット工や洗堀防止のためのブルーシート設置など
- ⑤→今後は必要に応じて設置する。
- ⑥→要検討。



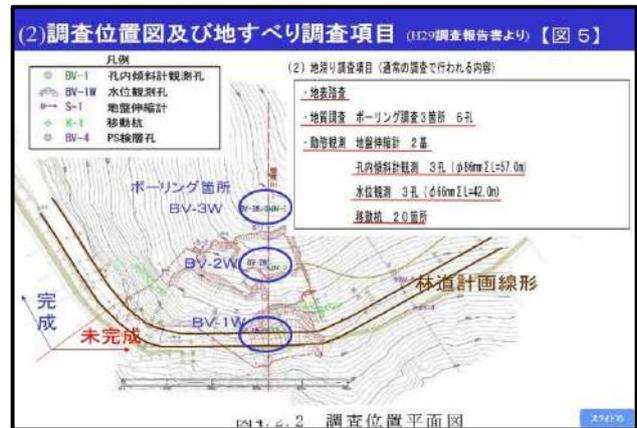
スライド1



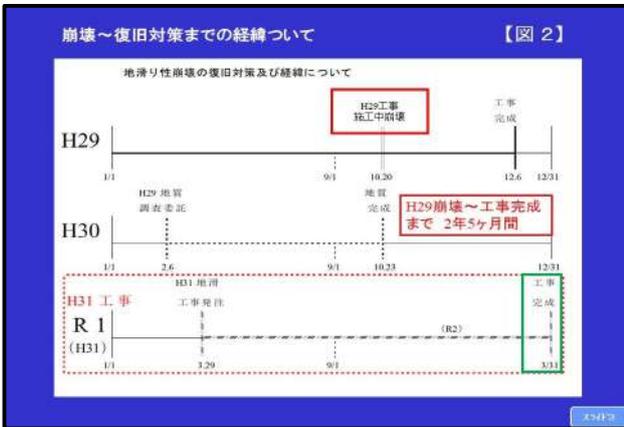
スライド5



スライド2



スライド6



スライド3



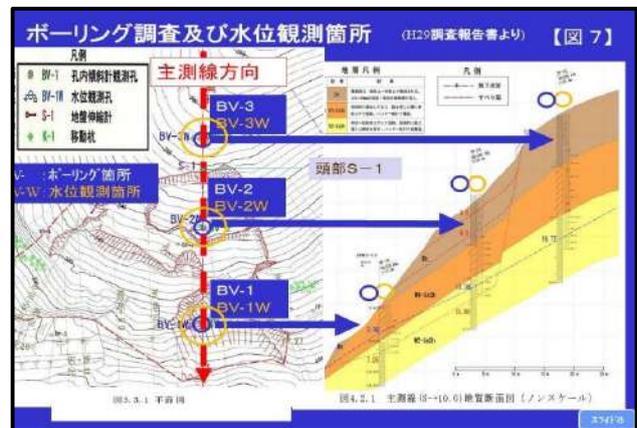
スライド7

2. 経過(地すべり～H30調査委託) 砂防・地滑り・崖崩れ・雪崩防止 工事キックバック(日13年版山海堂) 【図3】

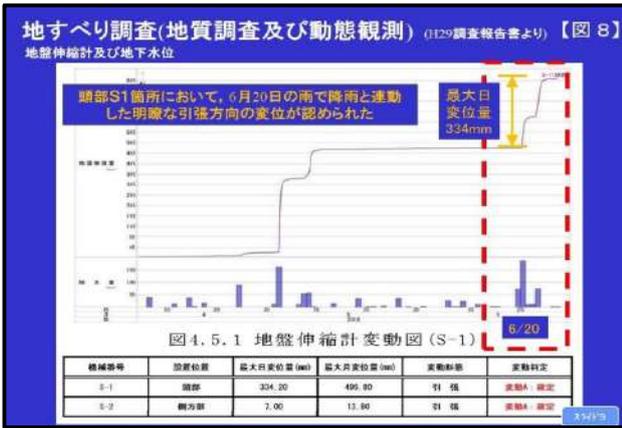
(1) 事前調査(地すべりと崖崩れ)

| | 表1.1 地すべり：かけ崩れの差異 (渡, 1986) | |
|------|------------------------------------|-----------------------------|
| | 地すべり | かけ崩れ |
| 地質 | 特定の地質または地質構造のところに多く発生する | 地質との関係は少ない |
| 土質 | 主として粘性土をすべり面として活動する | 砂質土(まさ, 表土, シラスなど)の中でも多く起こる |
| 地形 | 5~20°の緩斜面に発生し, 特に上部に台地状の地形を持つ場合が多い | 30°以上の急傾斜地に多く発生する |
| 活動状況 | 持続性, 再発性 | 突発性 |
| 移動状況 | 0.01から10mm/日のものが多く, 一般に速度は小さい | 10mm/日以上で速度はきわめて大きい |
| 土壌 | 土壌の乱れは少なく, 原形を保持しつつ動く場合が多い | 土壌は擾乱される |
| 誘因 | 地下水による影響が大きい | 降雨, 特に降雨強度に影響される |
| 規模 | 1~100haで規模が大きい | 規模が小さい |
| 徴候 | 発生前に亀裂の発生, 陥没, 隆起, 地下水の変動等がある | 徴候の発生が少なく, 突発的に滑落してしまう |
| 勾配 | 10~20° | 35~60° |

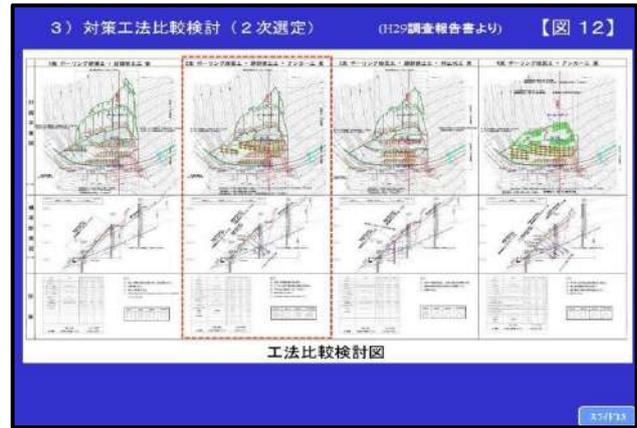
スライド4



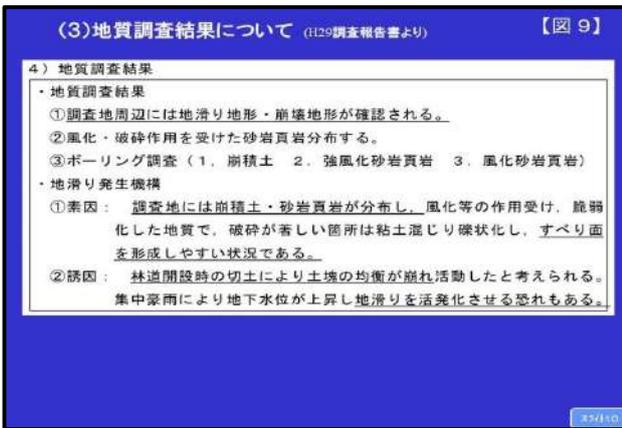
スライド8



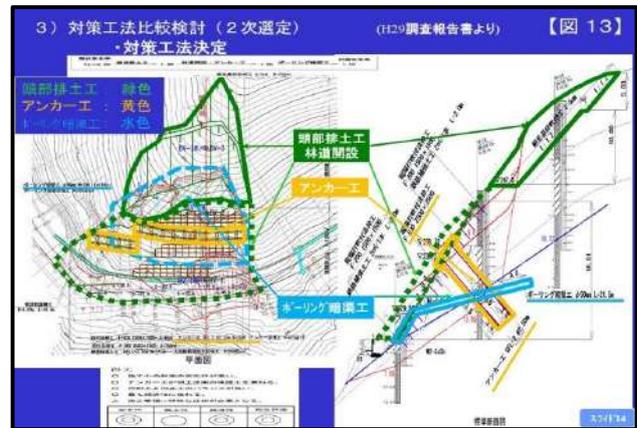
スライド9



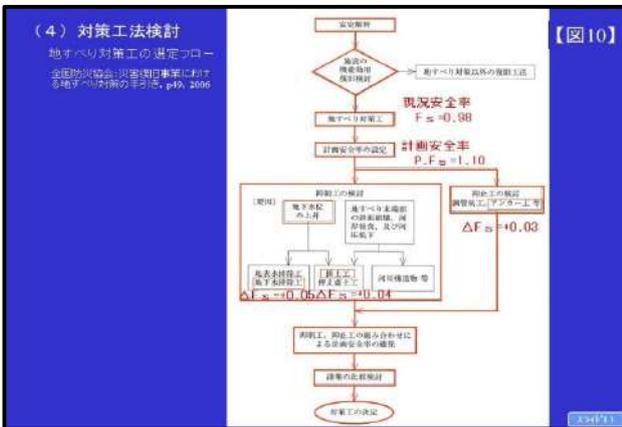
スライド13



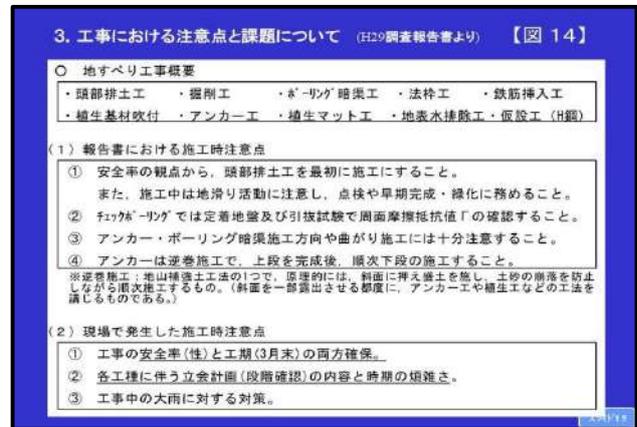
スライド10



スライド14



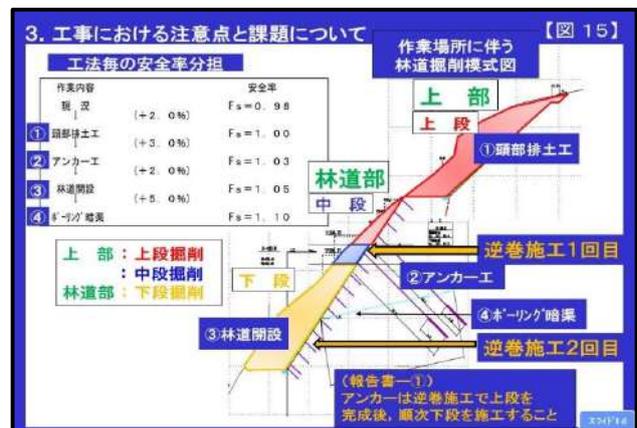
スライド11



スライド15



スライド12



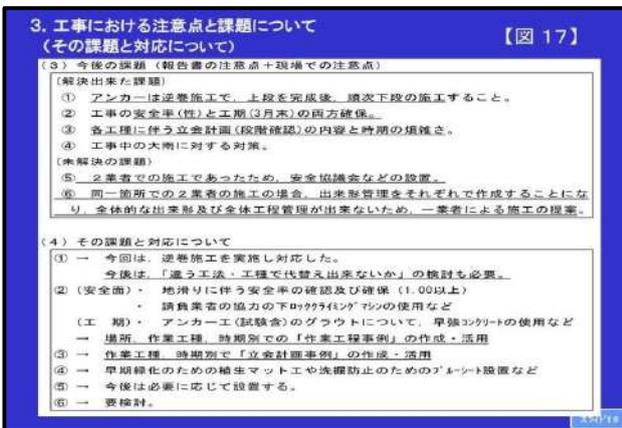
スライド16



スライド17



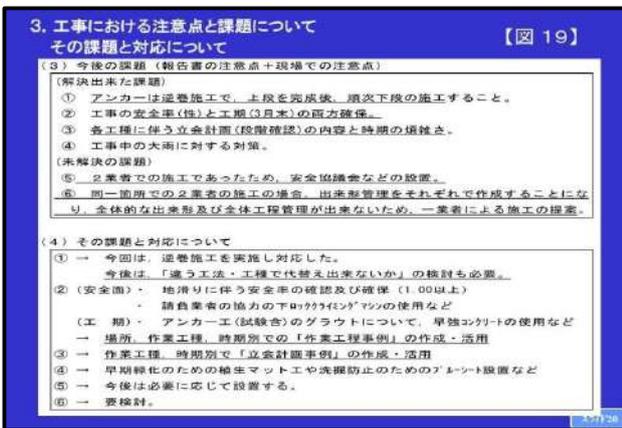
スライド21



スライド18



スライド19



スライド20

治山林道研究発表論文集

令和2年度(第61回)

令和 2年12月 発行

編集・発行 **一般社団法人 鹿児島県治山林道協会**

鹿児島県鹿児島市城南町8番23号

電話 099(222)2829(代表)

FAX 099(227)2592

FAX 099(227)2175

