

インターネット環境改善事業検証委員会 報告書
— 今後の整備・維持管理方針の基本的考え方 —

令和 4年 3月

インターネット環境改善事業検証委員会

はじめに

超高速ブロードバンドサービスは、島の生活や行政サービスの質の向上及び産業振興に不可欠であり、それを支える海底光ファイバーケーブル（以下「海底ケーブル」という）は重要なインフラ施設となっている。都は、島しょ地域（5村6島：利島、新島、式根島、神津島、御蔵島、青ヶ島）において海底ケーブルを敷設し、令和元年度にはこれら全ての島でサービスの利用が可能となった。一方、外洋に直接面した火山島特有の厳しい海象条件や海底の地形状況等もあり、荒天による海底ケーブル切断故障が数度発生する等の被害が生じている。

こうした状況をふまえ、本委員会では、令和3年3月から海底ケーブルの安定化に向けた検証と検討を進め、6回にわたり議論を重ねてきた。

委員会では、海底ケーブルの敷設状況や島内の配線状況等に加えてこれまでの被災状況を資料で確認するとともに、委員も現地に入り状況を直接確認した。また、ケーブル切断故障の被災箇所を検証するとともに、対応策を検討するための海洋調査及び地質調査を実施した。これらの調査の結果、海底には大きな転石が高密度で分布することなどから、陸揚部対策が急務であり、短期対策として重点的に検討することとした。

陸揚部対策としては、これまでに防護管による転がし工法やケーブル管路をトンネルにする対策がとられていた。本委員会では、港湾施設の活用について提案がされ、より幅広に対策の検討を進めてきた。さらに、ケーブル管路のトンネル掘削に知見を有する様々な関係機関にも意見を聴き、複数の対策案の取りまとめを行ったところである。

今般、これまでの検証・検討の結果を、基本的考え方として提言する。各分野の専門家による真摯な議論を踏まえて作成した本報告書が、海底ケーブルの安定化に寄与することを期待する。

最後に、新型コロナ禍により委員会は全ての回でリモート開催となったが、熱心に議論をいただいた委員の皆様に感謝を申し上げる。

インターネット環境改善事業検証委員会 委員長

目次

はじめに	1
第一章 インターネット環境改善事業検証委員会における検証内容	4
1.1 検証項目とスケジュール	4
1.2 検証対象	4
第二章 島しょ5村6島通信基盤整備事業の現状と課題	6
2.1 事業概要	6
2.2 現状	6
2.3 課題	8
2.3.1 陸揚げ部で海底ケーブルの損傷が多発	8
2.3.2 複数個所でケーブル故障が同時発生することによる通信障害	9
2.3.3 火山噴火による海底ケーブルの被災	10
第三章 本事業の検証	11
3.1 基本的な進め方	11
3.2 検証内容	11
3.3 短期対策	14
3.3.1 短期対策必要箇所の特定	14
3.3.2 5村への意見確認	17
3.3.3 新たな被災	18
3.3.4 防護管による防護状況	19
第四章 対策の検討	20
4.1 現地調査	20
4.1.1 現地調査内容	20
4.1.2 現地調査の実施	21
4.1.3 現地調査結果	21
4.1.4 室内試験結果	39
4.1.5 現地調査ボーリングコア試料確認	40
4.2 前回 HDD 工事の検証	41
4.2.1 前回 HDD 工事の内容	41
4.2.2 前回 HDD 工事の検証	42
4.3 短期対策の検討	44
4.3.1 短期対策検討案の抽出	44
4.3.2 港湾施設管理者へのヒアリング	45
4.3.3 短期対策案の比較検討	47

4.3.4 HDD 工法（利島）の検討	.....	48
4.3.5 強靱化対策実施の有無による経済比較	.....	49
4.3.6 関係機関等へのヒアリング	.....	49
4.3.7 現地調査結果からの課題と対応案	.....	51
4.4 中長期対策の検討	.....	51
4.4.1 御蔵島沖冗長化	.....	51
4.4.2 火山対策	.....	51
第五章 今後の整備・維持管理方針の基本的考え方	.....	53
5.1 対策検討の進め方	.....	53
5.1.1 短期対策	.....	53
5.1.2 中長期対策	.....	53
5.1.3 新たな検討の場	.....	53
5.2 現地詳細調査	.....	53
5.2.1 現地詳細調査内容	.....	53
5.3 今後の整備・維持管理方針の基本的考え方	.....	55
5.3.1 委員会からの提言	.....	55
5.3.2 各委員からの意見	.....	55
参考資料 インターネット環境改善事業検証委員会設置要綱	.....	57

第一章 インターネット環境改善事業検証委員会における検証内容

1.1 検証項目とスケジュール

インターネット環境改善事業検証委員会（以下「本委員会」という）は令和3年3月に設置され、以降、6回本委員会を開催、継続的な検証と検討を経て最終報告をとりまとめた。

本委員会においては、島しょ5村6島通信基盤整備事業（以下「本事業」という）全体の整備内容を検証し、現状の課題を把握したうえで、短期対策必要箇所の特定と対策方法を検討するため委員による現場確認調査を行った。また、中長期的課題についても検討を行うとともに、5村自治体からの意見等の確認や、港湾施設の利用検討を行う等様々な視点から今後の取組みについて検討を行った。

本最終報告は、これまでの検証と検討結果をとりまとめ、今後の整備・維持管理方針の基本的考え方について提言するものである。

表 1.1.1 本委員会におけるこれまでの検証及び検討項目

開催回	開催日	テーマ	主な検証・検討項目
第1回	令和3年3月2日	本事業の現状と課題	・現状の課題とリスク ・現地調査項目
第2回	令和3年3月25日	対策必要箇所の特定	・現地調査内容 ・村役場からの意見確認
第3回	令和3年5月17日	現地調査内容の確定	・委員による現地調査結果 ・現地調査内容 ・これまでの被災状況と対応 ・港湾施設の利用検討
第4回	令和3年7月30日	安全な陸揚方法の検討	・現地調査結果（中間報告） ・陸揚方法案の検討 ・中間報告書(案)の確認
第5回	令和3年10月13日	安全な陸揚方法の検討	・現地調査結果（最終報告） ・陸揚方法案の検討 ・現地詳細調査内容 ・前回 HDD 工事の検証
第6回	令和3年11月29日	今後の整備・維持管理方針の基本的考え方	・陸揚方法案の比較検討 ・現地調査結果・課題・対応(案) ・関係機関等へのヒアリング結果 ・今後の整備・維持管理方針の基本的考え方

1.2 検証対象

本委員会における検証対象は、本事業により整備した伊豆大島～利島～新島～式根島～神津島～御

蔵島～三宅島を結ぶ海底ケーブル、八丈島～青ヶ島を結ぶ海底ケーブル、利島沖バイパス部海底ケーブル及び各島の陸揚部から通信事業者局舎までの光ファイバーケーブルとする。

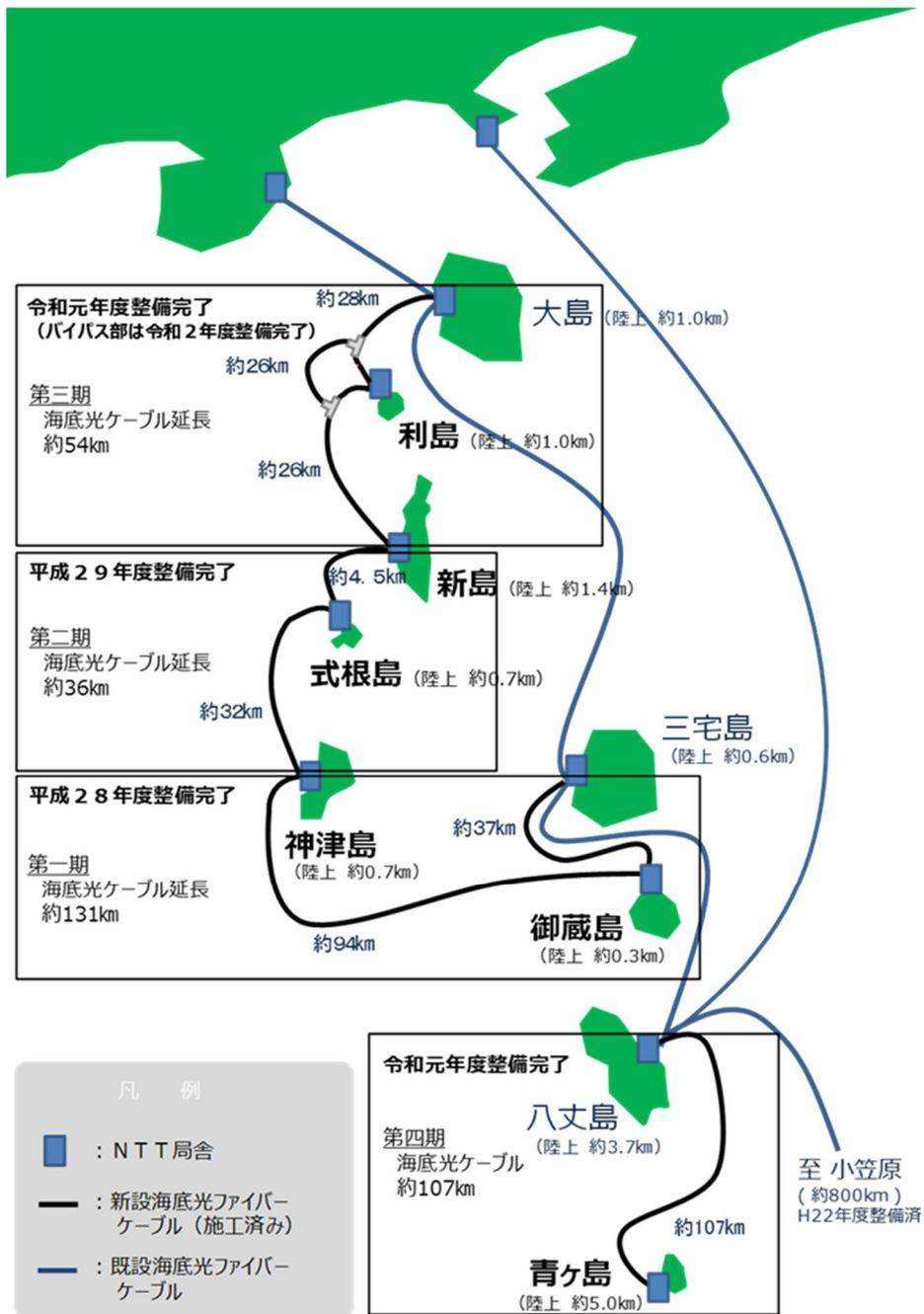


図 1.1.1 島しょ5村6島通信基盤整備事業概要図

第二章 島しょ 5 村 6 島通信基盤整備事業の現状と課題

2.1 事業概要

高速ブロードバンド基盤は現在では、全国の整備率が 99.98%に達する基幹的なインフラであるが、本事業対象の 5 村 6 島においては、これまで、人口規模が小さく採算面等から民間事業者による整備が進んでこなかった。

このような状況を改善するため、都が、本土と各島との通信確保のための海底ケーブルを整備することとした。平成 28（2016）年度より国の財政支援（1/3 補助）を受け、全体を 4 区間に分けて高速ブロードバンド環境の整備に着手し、令和元（2019）年度末までに全島での整備を完了し、サービスの提供を開始した。

表 2.1.1 各島の整備時期とブロードバンドサービス提供開始日

島名	整備区間 (整備時期)	ブロードバンドサービス 提供開始日
神津島、御蔵島	第一期 (平成 28 年度)	平成 29 年 7 月 1 日
新島、式根島	第二期 (平成 29 年度)	平成 30 年 6 月 1 日
利島	第三期 (平成 29～令和元年度)	令和 2 年 3 月 25 日
青ヶ島	第四期 (平成 30～令和元年度)	令和 2 年 3 月 25 日

2.2 現状

令和元年度末には 5 村 6 島すべての島でサービスの提供を開始した本事業ではあるが、工事中、工事完了後たびたびケーブル切断等の被災にあっている。

平成 30 年台風 24 号の波浪により利島で工事中の海底ケーブル 2 本が全断、御蔵島でも防護管損傷等の被害が発生した。また、令和元年度には、台風の波浪等による海底ケーブル切断事故により、新島、式根島、神津島で 4 度、御蔵島で 1 度の通信障害が発生、インターネットや光電話等延べ約 6,800 回線が不通となり、島民生活に多大な影響を与えている。さらに本年 10 月には、伊豆諸島に接近した台風 16 号の波浪により御蔵島でケーブル切断事故が発生した。幸い令和 2 年度に完成したループ化によりこの事故による通信障害の発生はなかった。

この様な状況に備えて、365 日 24 時間通信状況を監視しすぐに補修できるようにケーブル敷設船の出動体制を整えているが、一方で、故障箇所や海気象等の状況によっては復旧までに数週間かかることがある。特に、台風等の悪天候時や冬場の厳しい海気象下ではケーブル敷設船がなかなか出動できないことや、潮流が緩い「小潮」の時でなければ作業が難しいため復旧までに長期間かかる恐れがある。現に令和元年年末の通信障害の復旧には約 40 日間を要しており、当該箇所のケーブル復旧にはさらに数か月間かかっている。

表 2.2.1 ケーブル切断事故発生内容と対応状況

【ケーブル切断事故発生内容】			①③：NTT所有ケーブル
No	障害発生日	ケーブル復旧日	備考
①	H29.4.14	H29.5.11	・船舶による加害の疑い（光芯線全断） ・ループ化（三宅大島ルート）によりサービス影響無し ・敷設船によるケーブル割入れ工事を実施し復旧
			無し
②	H31.4.22	R元.5.3	・船舶による加害の疑い（光芯線全断） ・一部サービスが停止 ・敷設船によるケーブル割入れ工事を実施し復旧
			御蔵島・神津島・式根島・新島
③	R元.10.12	R元.10.30	・船舶による加害の疑い（光芯線全断） ・通信経路変更工事により10月15日にサービス回復 ・敷設船によるケーブル割入れ工事を実施し復旧
			神津島・式根島・新島
④	R元.10.13	本復旧なし	・波浪(台風19号)による損傷の疑い(光芯線1/8断) ・予備芯線に切換えることによりサービス回復 ・ケーブル張替えによる本復旧は実施しない判断
			神津島・式根島・新島
⑤	R元.12.29	R2.8.25	・波浪(冬の海気象)による損傷の疑い。(光芯線全断) ・海気象の状況から現地での早急な復旧が困難なため、 建設中の利島沖を接続することで仮復旧 ・後日、敷設船によるケーブル割入れ工事を実施し復旧
			神津島・式根島・新島
⑥	R3.10.1	復旧作業中 (R4.1現在)	・波浪(台風16号)による損傷の疑い(ケーブル全断) ・ループ化が完了していたことによりサービス影響無し ・令和3年12月現在、復旧作業中
			無し
㊦ ①	H30.10.1	R2.3.24	・波浪(台風24号)による損傷の疑い(光芯線全断) ・利島通信サービス提供前のため影響無し ・敷設船によるケーブル再陸揚げ工事にて復旧
			無し

2.3 課題

2.3.1 陸揚部で海底ケーブルの損傷が多発

火山島である伊豆諸島の中でも厳しい環境下にある利島、御蔵島の陸揚部で波浪等の自然災害による海底ケーブルの損傷がこれまでに4回発生している。（表 2.2.1④,⑤,⑥,㊦,①（㊦,①は同時に発生））利島、御蔵島の陸揚部は、巨大な転石が数多く分布するなど海底条件が悪く、また外洋の影響を直接受けやすい関係で海気象も厳しい環境下にある。一方で、海底条件、海気象ともに一番厳しい環境下にあるとされていた青ヶ島では陸揚を機械掘りトンネルで地中に管路を設ける HDD 工法で行っていることによりこれまで損傷は発生していない。青ヶ島以外の島では、防護管で防護した海底ケーブルを直接陸地に引き上げる防護管工法により陸揚している。

また、利島、御蔵島ではケーブル損傷事故に加えて防護管外れや防護管損傷が度々発生しておりその都度補修工事を行っている。これらのことから利島、御蔵島陸揚部の早急な対策が必要であると考えられる。

○利島



転石の下敷きとなり、防護管が破損し、ケーブル芯線が破断している



ケーブルが浮き上がっている

○御蔵島



転石の下敷きとなり、鋳鉄製防護管が割れている



ケーブルが浮き上がり、防護管が外れ、ケーブルがむき出しになっている。

写真 2.3.1 利島、御蔵島における海底ケーブル等損傷状況

2.3.2 複数個所でケーブル故障が同時発生することによる通信障害

これまでのケーブル切断事故により、新島、式根島、神津島では4度、御蔵島では1度通信障害が発生している。現在は、伊豆大島～利島～新島～式根島～神津島～御蔵島～三宅島～伊豆大島のループが完成していることから、1度に1か所のケーブル故障では通信障害が発生することはないが、同時多発的な故障発生や1箇所の復旧作業中に別箇所で故障が発生することにより通信障害が生じることは十分に起こりうる。

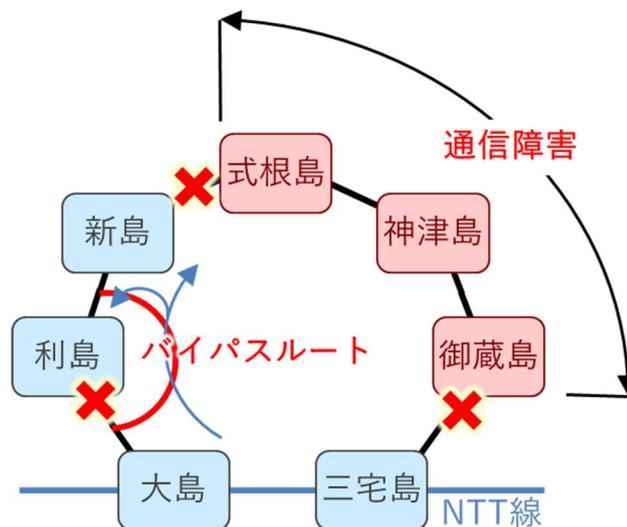


図 2.3.1 複数個所でケーブル故障が同時発生することによる通信障害の模式図

2.3.3 火山噴火による海底ケーブルの被災

伊豆諸島は、いずれも火山島であり、最新の噴火記録は、伊豆大島 1990 年、三宅島 2013 年、八丈島 1606 年、青ヶ島 1785 年であり、新島、神津島においても 800 年代には噴火記録がある。中でも、伊豆大島、三宅島では噴火活動が活発で、過去 100 年間で噴火の記録のある年が、32 年及び 13 年となっている。噴火場所や溶岩が流れ出る方向などによっては、海底ケーブルや陸上ケーブルに影響を及ぼす可能性がある。



出典：気象庁HP

図 2.3.2 火山の位置図

第三章 本事業の検証

3.1 基本的な進め方

海底ケーブルが提供する島の高速ブロードバンドサービスは、まさに基幹的なインフラであり 24 時間 365 日 サービス提供を続けなければならない。そのために本事業の整備内容を検証した上で改善必要性の有無と対策必要箇所の抽出及び対策内容について検討を行うこととし、以下の流れで検証及び検討を行った。

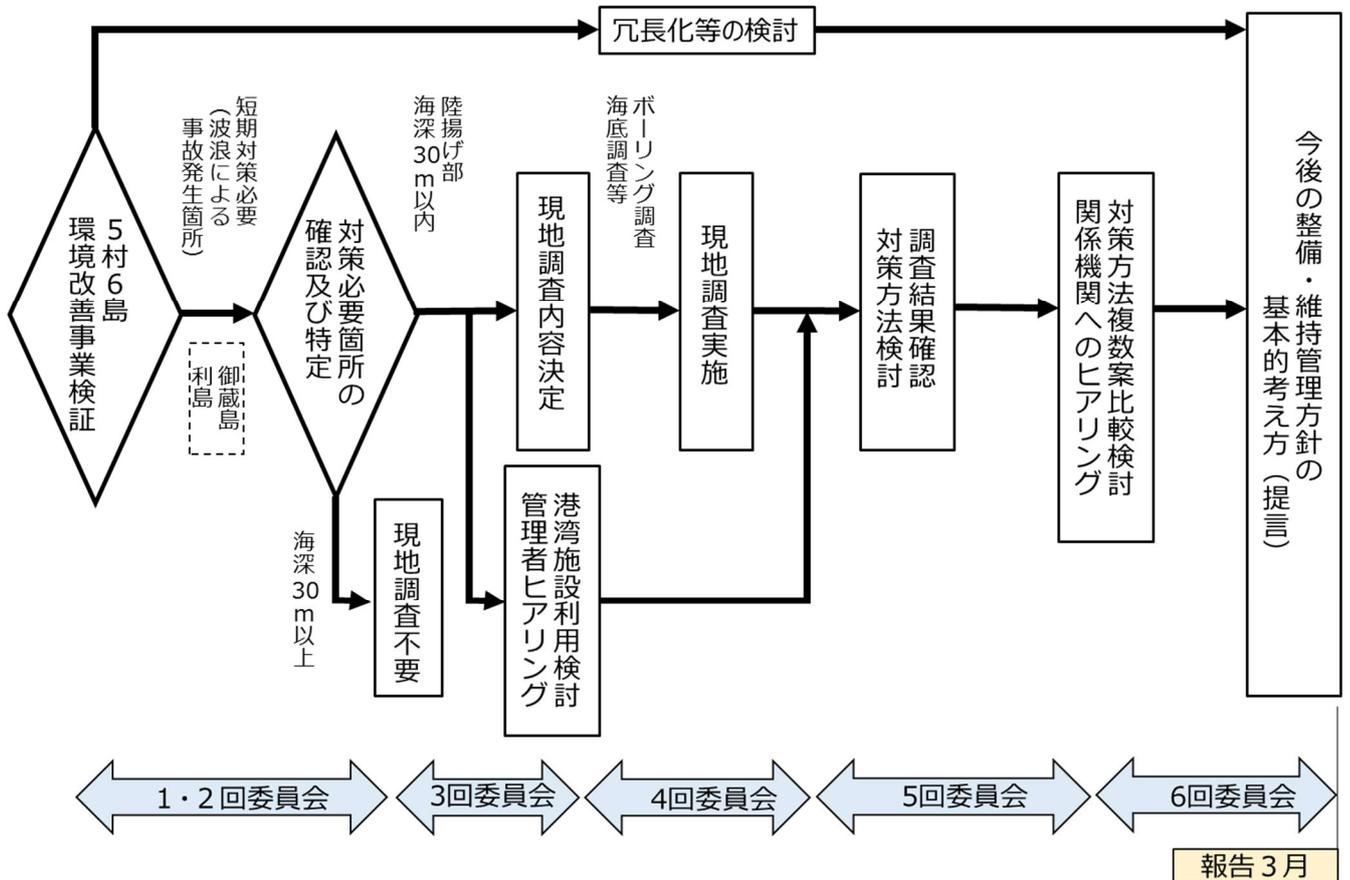


図 3.1.1 検証フロー図

3.2 検証内容

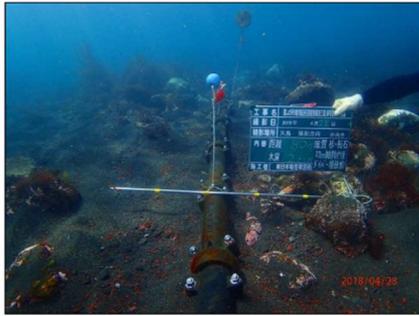
本事業の検証として各島間の配線ルート及び各島陸揚部の海底ケーブルの状況を資料と写真で確認した。また委員による現場確認調査を伊豆大島、利島、御蔵島及び八丈島で行い、各島の陸揚部及び陸上配線の状況を確認した。現地を確認した委員からは、利島、御蔵島陸揚部の過酷な環境と海底ケーブルの現状から早急に対策を検討する必要があることを指摘された。

また、各島とも陸上部の配線状況には問題がないことを合わせて確認した。さらに御蔵島沖冗長化について検討するとともに将来の噴火等についても考慮しておく必要があることを確認した。

表 3.2.1 島別陸揚状況

	陸揚げ箇所		地勢（海象）状況	陸揚方法（防護管/固定方法）
大島	弘法浜 		砂浜 (比較的穏やか)	鋳鉄管 埋設、U字鉄筋固定
利島	前浜 		転石/岩盤 (比較的荒い)	ポリウレタン管、鋳鉄管 転がし、U字鉄筋固定
新島	間々下浦海岸 		砂浜 (比較的穏やか)	鋳鉄管、バラストポリウレタン管 埋設、バンド固定
式根島	野伏漁港南 		岩礁 (比較的穏やか)	鋳鉄管 埋設、バンド固定
神津島	前浜 		砂浜 (比較的穏やか)	ポリウレタン管、鋳鉄管 埋設、転がし
三宅島	錆ヶ浜 		砂浜 (比較的穏やか)	鋳鉄管 埋設、バンド固定
御蔵島	御蔵海岸 		転石 (比較的荒い)	ポリウレタン管、鋳鉄管 転がし、U字鉄筋固定
八丈島	垂戸湾 		岩礁 (比較的穏やか)	ポリウレタン管、鋳鉄管 転がし、U字鉄筋固定
青ヶ島	三宝港 		転石 (非常に荒い)	弧状推進管（地中） (HDD工法)

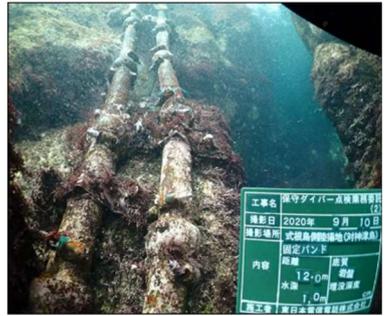
大島



新島



式根島



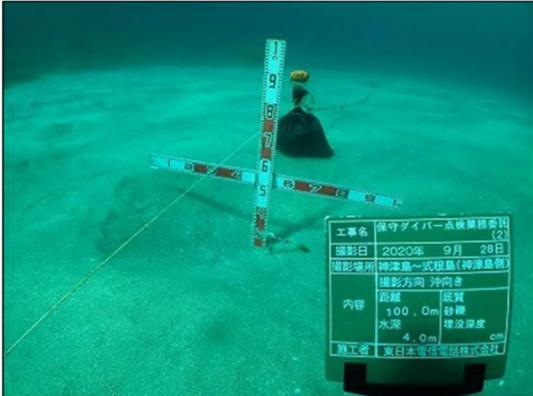
平成30年5月 施工時撮影
底質：砂、岩盤
未点検（通信障害無し）

令和2年9月 潜水点検時撮影
底質：砂、岩盤
点検時に損傷無し

令和2年9月 潜水点検時撮影
底質：砂、岩盤
点検時に軽微な損傷を確認・補修
（1箇所 目地材剥離）

写真 3.2.1 各島の海底面と海底ケーブルの状況（大島、新島、式根島）

神津島



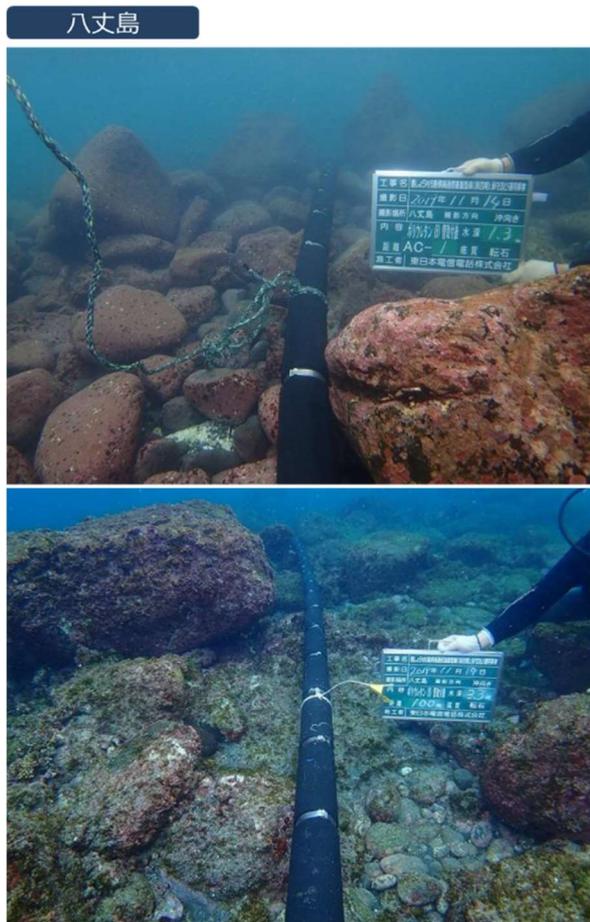
三宅島



令和2年9月 潜水点検時撮影
底質は砂
軽微な蛇行（1箇所 錨の影響と推測）

令和2年9月 潜水点検時撮影
底質は砂、岩
防護管脱落あり（1箇所4m）
軽微な損傷（ボルト外れ）

写真 3.2.2 各島の海底面と海底ケーブルの状況（神津島、三宅島）



令和1年11月 施工時撮影
底質は岩盤



令和1年11月 施工時撮影
(HDDパンチアウト部：防護管取付)
底質は岩盤

写真 3.2.3 各島の海底面と海底ケーブルの状況（八丈島、青ヶ島）

3.3 短期対策

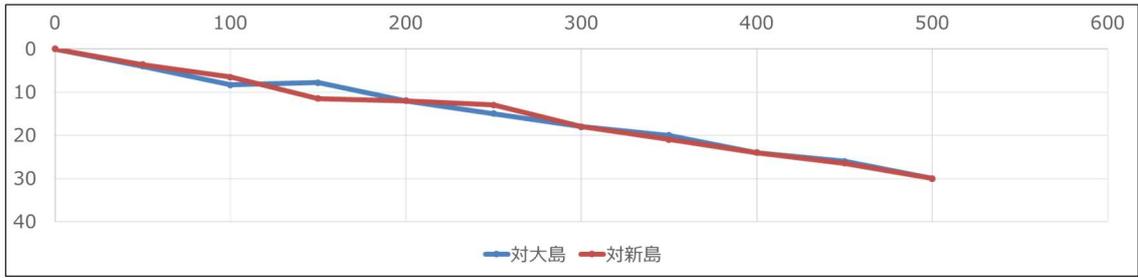
3.3.1 短期対策必要箇所の特定

これまでの被災状況と海底ケーブル、防護管の補修状況及び委員による現場確認調査の結果から利島、御蔵島の陸揚部が脆弱であることを確認した。

平成30年台風24号による利島陸揚部で工事中の海底ケーブル損傷事故では、陸揚地から約50m水深5～6mの地点で台風の波浪による巨大な転石により海底ケーブル2本が同時に切断された。一方、令和元年末の御蔵島陸揚部での海底ケーブル1本が切断された事故は、陸揚地から約110m水深6～7mの地点で冬の海気象により海底ケーブルに張力が繰り返し作用したことが原因として推定されている。利島、御蔵島とも水深20mまでの箇所でケーブルや防護管の損傷が多発しており、両島の水深20mまでの区間で現状の調査が必要であることを確認した。

利島では令和3年7月に対大島、対新島の両ルートを、御蔵島では同5月に対三宅島ルートを同6月に対神津島ルートを、ダイバーによる潜水調査により直接目視確認を行った。

水深状況図



平成30年台風24号による被災状況

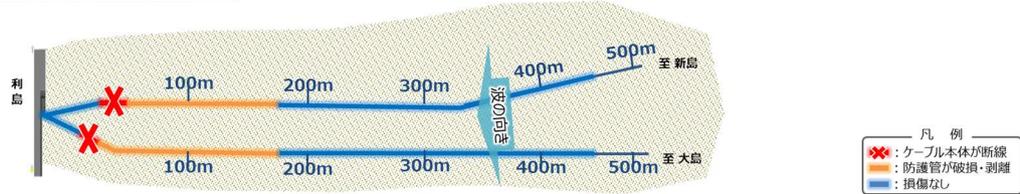
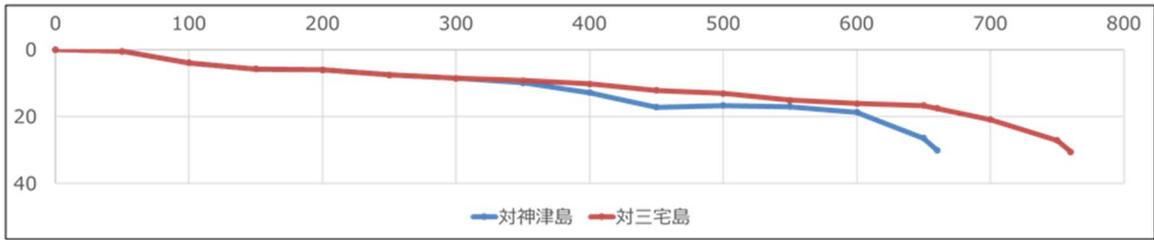
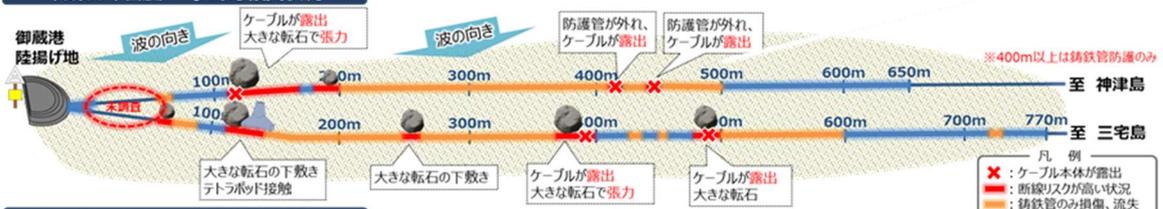


図 3.3.1 利島の水深状況図とこれまでの海底ケーブル等損傷状況

水深状況図



平成30年台風24号による被災状況



令和元年12月末による被災状況 (想定)

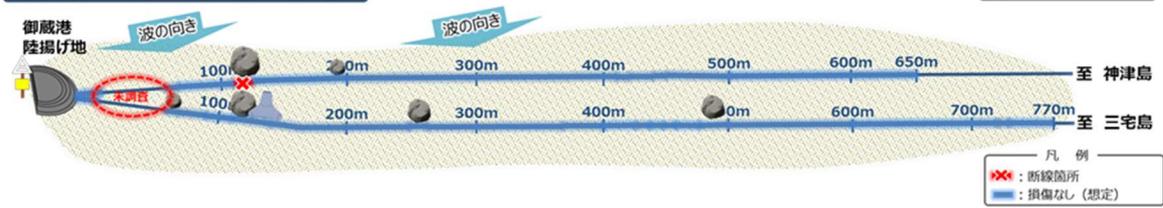


図 3.3.2 御蔵島の水深状況図とこれまでの海底ケーブル損傷状況

ダイバー調査による利島、御蔵島の海底ケーブルの現状は次頁の写真 3.3.1, 3.3.2 のとおり



写真 3.3.1 利島陸揚げ部海底ケーブルの現状（令和 3 年 7 月撮影）



写真 3.3.2 御蔵島海底ケーブルの現状（令和 3 年 5 月撮影）

このダイバー調査の結果、利島陸揚げ部では、海底ケーブルを海底に固定しているU字金具から、海底ケーブルが外れて海底ケーブルに張力がかかった状態になっている。加えて海底ケーブルのすぐ脇に巨大な転石が確認されている。この巨大な転石が台風接近時等の波浪により動かされてしまうと平成 30 年の台風 24 号による被災と同様に海底ケーブル切断事故に至る恐れがある。

また、御蔵島陸揚げ部では波や潮流により移動させられた転石が海底ケーブルを挟んだり圧迫し、防護管の外れやずれが生じているとともに、海底ケーブルを圧迫し張力がかかった状態になっている。

これらのことより利島、御蔵島両島の陸揚げ部では海底ケーブルにとって危険な状態が続いており短期対策が必要なことを確認した。なお、今回行った海洋調査では転石の状況や分布について調査しており分析を進めている。

平成 20 年度以降の最大有義波高は次頁の表 3.3.1,3.3.2 のとおりであり、過去 13 年間で 9m 以上の最大有義波高を利島で 7 回、御蔵島で 6 回観測している。

さらに、気象研究所による「地球温暖化対策に資するアンサンブル気象予測データベース」の結果を解析した台風の将来変化の調査※によると、「地表気温が 4 度昇温した気候で、地球全体では全ての台風の数が 33%、猛烈な台風の数が 13%程度減少する」、「地球全体で台風の数が減るにもかかわらず、日本の南洋上からハワイ付近およびメキシコの西海上にかけて猛烈な台風が増加する可能性が高い」と報告されている。

このことから利島、御蔵島両島の陸揚げ部での対策を短期対策として急ぐ必要があることを確認した。

※ Future Changes in Tropical Cyclone Activity in High-Resolution Large-Ensemble Simulations (Yoshida Kohei, Sugi Masato, Mizuta Ryo, Murakami Hiroyuki, Ishii Masayoshi, Geophysical Research Letters 44(19) 9910-9917 2017 年 10 月)

表 3.3.1 利島の最大有義波高と施設等被災状況(データ出典:気象庁波浪推算データ)

	年間最大有義波高と港湾施設等の被災状況 (2008~2020)												
	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31・R元)	2020 (R2)
発生月	4月	10月	10月	9月	9月	9月	10月	12月	8月	10月	10月	10月	1月
波高(m)	5.47	9.15	6.77	9.96	8.23	7.17	8.53	5.38	6.46	11.00	11.57	10.19	4.78
周期(秒)	7.2	14.5	9.4	13.2	14.5	10.2	14.5	8.6	10.2	15.7	15.7	11.1	9.4
補足		※1		※2	※3						※4		

※1 H21.10 (台風18号) 消波ブロック飛散・破損
 ※2 H23.9 (台風15号) 防波堤破損・消波ブロック飛散・破損
 ※3 H24.6 (台風4号) 消波ブロック飛散・破損
 ※4 H30.9 (台風24号) 海底ケーブル切断(2ルート)、防波堤破損・消波ブロック飛散・破損

表 3.3.2 御蔵島の最大有義波高と施設等の被災状況(データ出典:気象庁波浪推算データ)

	年間最大有義波高と港湾施設等の被災状況 (2008~2020)												
	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31・R元)	2020 (R2)
発生月	9月	10月	10月	9月	7月	10月	10月	7月	1月	10月	10月	10月	1月
波高(m)	5.36	9.82	5.36	9.97	8.32	7.75	9.63	6.12	5.62	13.95	12.27	12.02	5.87
周期(秒)	10.2	14.5	12.1	13.2	13.2	14.5	12.1	13.2	7.8	15.7	15.7	13.2	8.6
補足						※1	※2			※3	※4	※5	
修繕費(億円)											0.86	4.84	0.25

※1 H25.10 (台風26号) 岸壁(-7.5m)。被覆・根固ブロック飛散・破損、ケーソンマウンド洗堀(基礎捨石流出)。その他、冬季にもケーソン損傷
 ※2 H26.10 (台風19号) 被覆・根固ブロック飛散・破損、ケーソンマウンド洗堀(基礎捨石流出)
 ※3 H29.10 (台風21号) 被覆・根固ブロック飛散・破損、ケーソンマウンド洗堀(基礎捨石流出)。その他、冬季にもケーソン損傷
 ※4 H30.9 (台風24号) 防護管破損
 ※5 R元.10 (台風19号) 御蔵島~神津島間海底ケーブル断線

3.3.2 5村への意見確認

事務局から5村への聞きとりを実施し、第二回検証委員会において確認を行なった。各村からの主な意見は、「海底光ファイバーケーブルのさらなる強靱化の検討」、「新型コロナウイルス感染症もあり、ブロードバンドによる通信の重要性が増してきている」、「自然現象以外の要因による損傷の再発防止」、「伊豆諸島の他の島しょ部と同様にループ化や迂回などの検討」などの意見が寄せられた。

過去に複数回、海底光ファイバーケーブルの損傷により、通信障害が発生している。通信障害が発生すれば、ATM や飛行機、船舶の予約等のシステムが停止し、住民生活に多大な影響を与える。このため、全ての村から海底光ファイバーケーブルの強靱化を求める意見があることを本委員会で確認した。

3.3.3 新たな被災

本委員会開催中の令和3年10月1日金曜に伊豆諸島に接近した台風16号の巨大な波浪により御蔵島～三宅島間の海底ケーブルに切断故障が発生した。海底ケーブルは御蔵島の海岸から約50m付近、水深約5mのところまで完全に切断され、陸側の切れ端が海岸に打ち上げられていた。

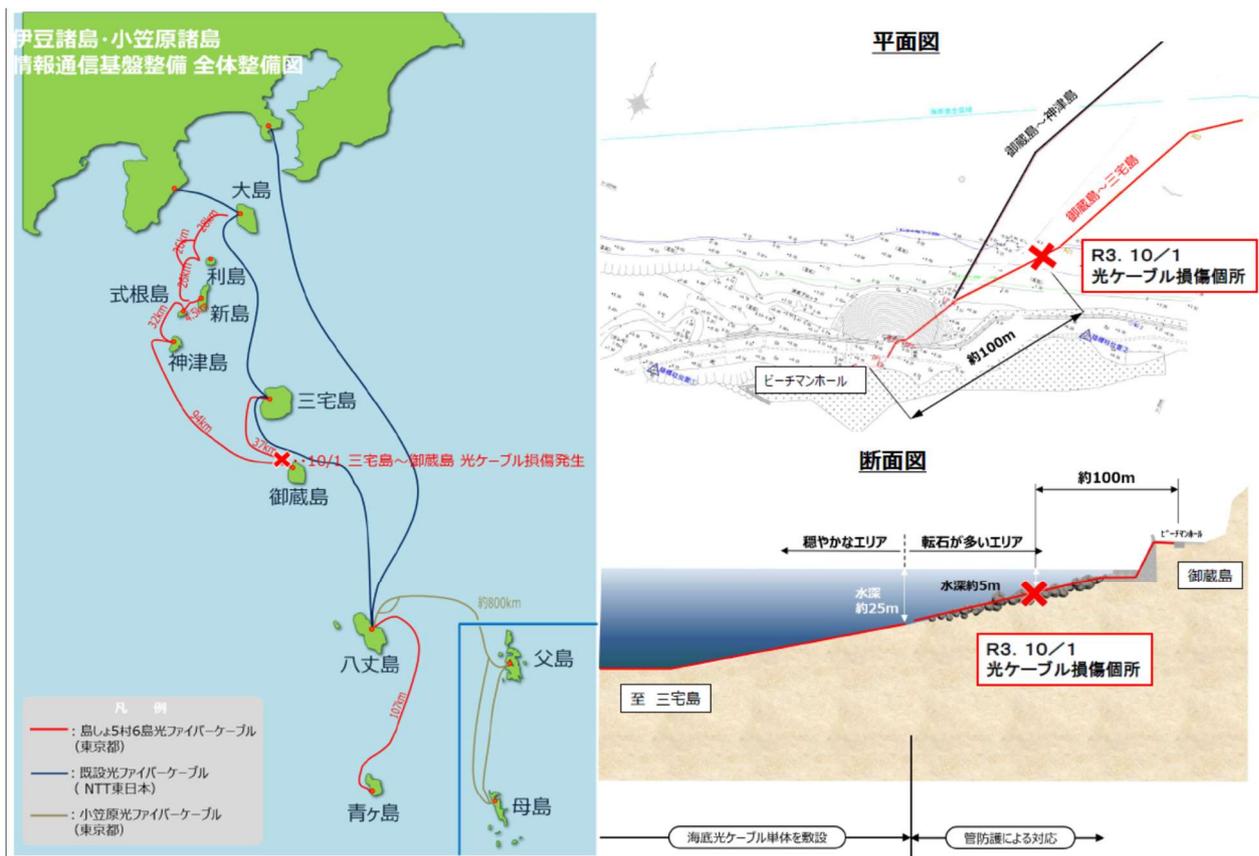


図 3.3.3 令和3年10月1日 海底ケーブル切断故障発生位置図

現況写真① (ケーブルを黄色で着色)



現況写真② (ケーブル切断端部)



写真 3.3.3 切断ケーブル現況写真

台風接近後に御蔵島～神津島ルート of 海底ケーブルについて点検を行った。ケーブル防護管に軽微な損傷が確認されたが、損傷事故にいたる様な重大な損傷は確認されなかった。また、平成 30 年に台風による切断故障を受けた利島陸揚部の両ルート（利島～大島、利島～新島）についても台風通過後に点検を行ったところ、同様に、重大な損傷は確認されなかった。

なお、本委員会において委員よりケーブル切断故障発生の有無はケーブル防護管の違いによるものではないかと指摘があった。確かに、被災した御蔵島～三宅島ルートのみ建設当時の一重目ポリウレタン管、二重目铸铁管の二重防護であったのに対し、他の箇所は全て一重目、二重目ともポリウレタン管の二重防護であったが、事象が少ないためケーブル防護管の違いによるものか他の要因によるものかは明らかでないことを、本委員会で確認した。

3.3.4 防護管による防護状況

防護管種別と各島陸揚部の防護管による防護状況を以下の表に整理した。

表 3.3.3 防護管による防護状況一覧

防護方法

※ 海底状況や補修により防護方法を使い分けている

铸铁管		・砂地など、岩盤による固定が出来ない地質において自重によりある程度の移動防護が見込まれる。 ・铸铁のため、転石等により破損（割れ）やすい。	神津島、三宅島、新島 式根島、大島、利島 御蔵島
ポリウレタン管		・衝撃分散しやすい素材のため、転石に強い。 ・浮力があるため潮流の影響を受けやすく、岩盤固定が望ましい。	神津島、利島 八丈島（小笠原ルート） 小笠原（父島、母島）
ポリウレタン管 + 铸铁管		・御蔵島など、転石が多くケーブル固定が出来ない地質において、自重により移動防止を図りつつ、転石にも強い防護。	御蔵島（三宅島ルート）
バラストポリウレタン管		・バラスト（鉛による重り）を内蔵する。自重により移動防止を図りつつ外側が P U の為、上記と比べ転石に強い。 （平成 29 年度より採用）	八丈島（青ヶ島ルート）
バラストポリウレタン管 + ポリウレタン管		・上記より、さらに転石による破損防止能力を高めたもの。 （R 2 年度より採用）	御蔵島（神津島ルート）
ポリウレタン管 + ポリウレタン管		・船上取付（1 重目）による応急処置（利島） ・船上取付（1 重目）による工事（青ヶ島） ・P U + 铸铁管破損後の復旧処置（御蔵島）	利島 青ヶ島（HDD 区間を除く） 御蔵島（三宅島ルートの一部）

第四章 対策の検討

4.1 現地調査

4.1.1 現地調査内容

短期対策が必要な利島、御蔵島の陸揚げ部において海底ケーブルの現状把握と対策方法を検討するための調査を以下の内容で行うことを決定した。

(1) 海洋調査

底質や転石の粒径と分布及び水深を調査し、転石と海底ケーブル損傷の関連性や対策方法を検討するための調査を行う。

陸揚げ地点から水深約 5m までの範囲は、ドローンによる空撮調査を行う。5m 以深から水深約 30m までの範囲は、調査船に艦装したマルチビーム測深器で水深を調査するとともに調査船で曳航するサイドスキャンソナーにより、底質や転石の粒径、分布等を確認する。

(2) 陸域調査

利島、御蔵島両島とも海岸付近の 2 地点で深さ 30m のボーリング調査を行い、海岸付近の地質状況を把握し、対策方法を検討するための基礎資料とする。

なお、利島においては令和元年度（Ⅲ期）工事中にHDDマシンがスタックした原因検証を本委員会でも議論するため、スタック箇所である蛇洞沢付近においても深さ 30m のボーリング調査を追加で実施する。また、利島では、地質調査結果の面的なつながりや奥行きを確認するための電気探査を行いボーリング探査を補完する。

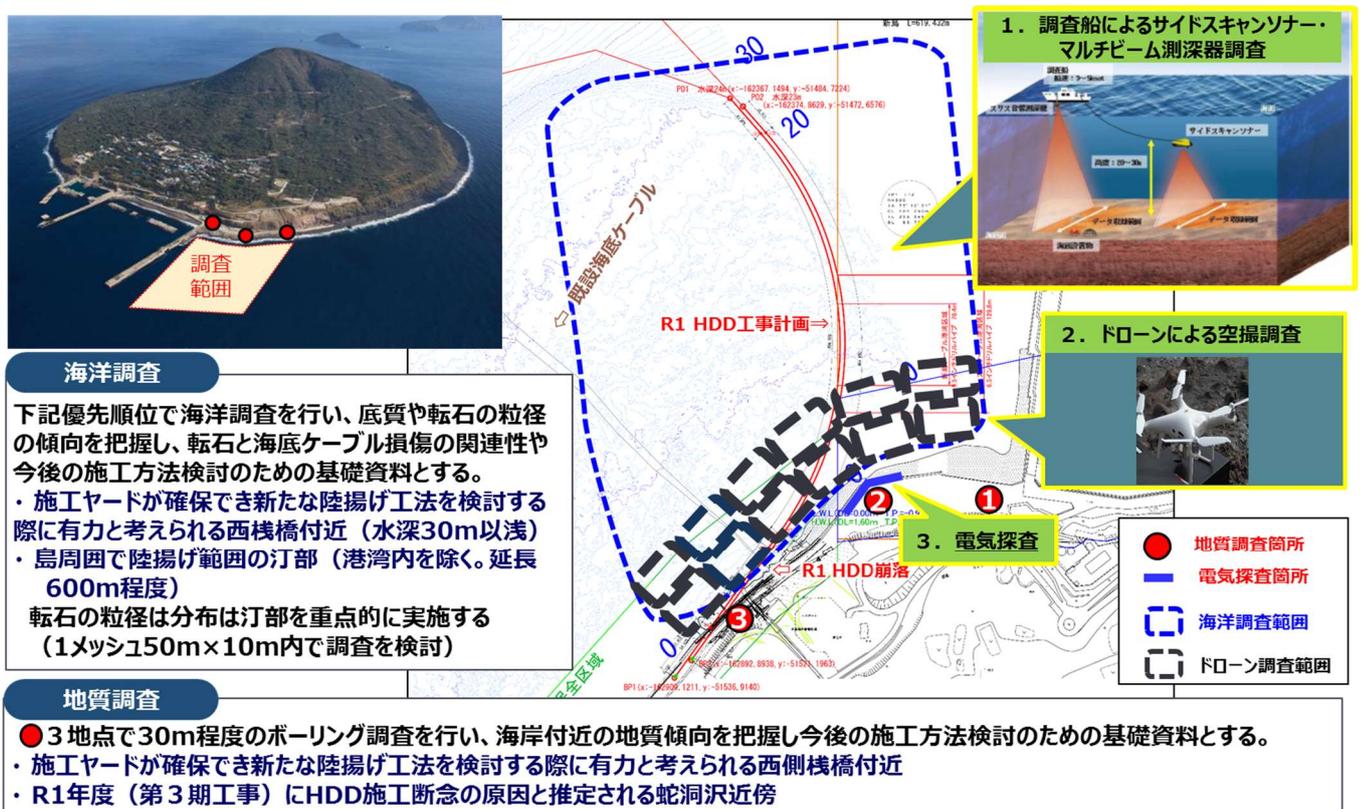


図 4.1.1 利島現地調査概要図

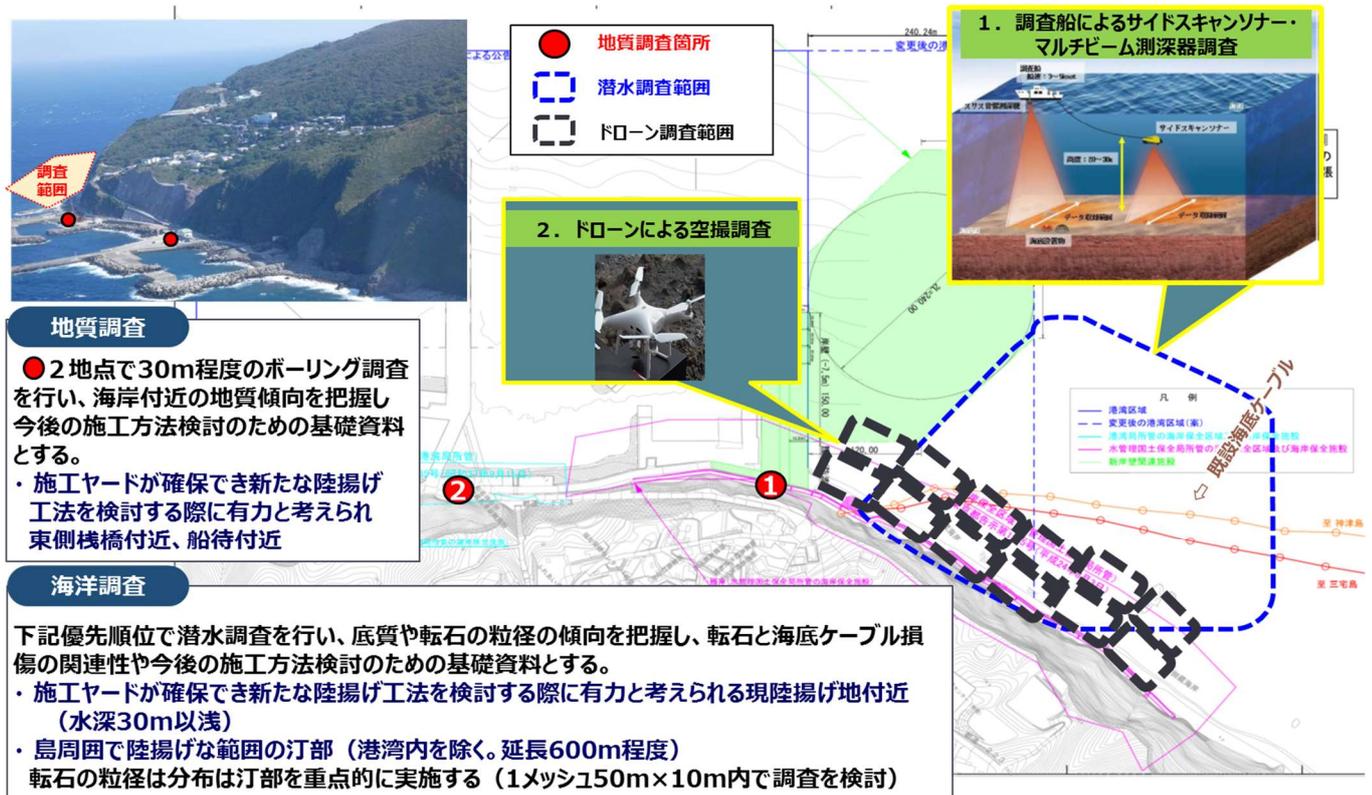


図 4.1.2 御蔵島現地調査概要図

4.1.2 現地調査の実施

利島、御蔵島の陸揚部対策を検討するため6月上旬から7月下旬にかけて両島で現地調査を行った。

(1) 海洋調査

利島、御蔵島の海底の状況、転石の大きさ分布状況等の調査を利島、御蔵島の順で実施した。

両島ともドローンによる空撮調査を先行、その後、調査船に艦装したマルチビーム測深器及びサイドスキャンソナーにより水深や底質状況等の調査を行った。ドローンによる動画撮影により現地の詳細な状況を確認できるという意見が委員からあったことから海岸線に沿っての動画撮影調査を追加した。

(2) 陸域調査

利島、御蔵島の陸上部の地質を把握するため、利島は2班、御蔵島は1班体制でボーリング調査(1=30m/本)を実施した。

利島では調査箇所③、②、①の順で3本のボーリング調査を実施、御蔵島では②、①の順で2本のボーリング調査を行った。なお、両島とも港湾施設管理者との現地立会いにより港湾施設の防砂シートを避けた位置にボーリング調査箇所を変更した。

また、利島ではボーリング調査箇所②の前後でボーリング調査結果の面的なつながりや奥行きを確認するための電気探査(測線長135m)を実施した。

さらに、調査箇所周辺の地形状況を正確に把握するため、両島で平板測量(利島8,000㎡、御蔵島10,000㎡)を実施した。

4.1.3 現地調査結果

現地調査結果の中間報告を第四回委員会で最終報告を第五回委員会で、以下のとおり確認した。

(1) 海洋調査

ドローンによる調査結果とサイドスキャンソナー等によるそれとを重ね合わせ海底状況の確認を行った。

調査結果を以下の a から c の図に図化しそれぞれの考察を行った。

a. 海底陰影図 水深と海底の地質状況の概要を示す。

b. 転石密度図 海底での転石の状況と密度を示す。

c. 転石サイズ図 海底の転石のサイズを示す。調査範囲を 10m×10m のメッシュに分割しメッシュ内の代表的な 5 つの転石の平均値により分類した。また、第四回委員会で委員より意見の有った転石の最大粒径については、メッシュ内に最大粒径を記載した。

利島、御蔵島の順で調査結果図とそれぞれの考察を記載する。

(1)-1 利島海洋調査結果

海底ケーブル陸揚部がある利島港の西側で調査を行った。

a. 海底の状況と水深を示す利島海底陰影図とその考察は以下のとおり。

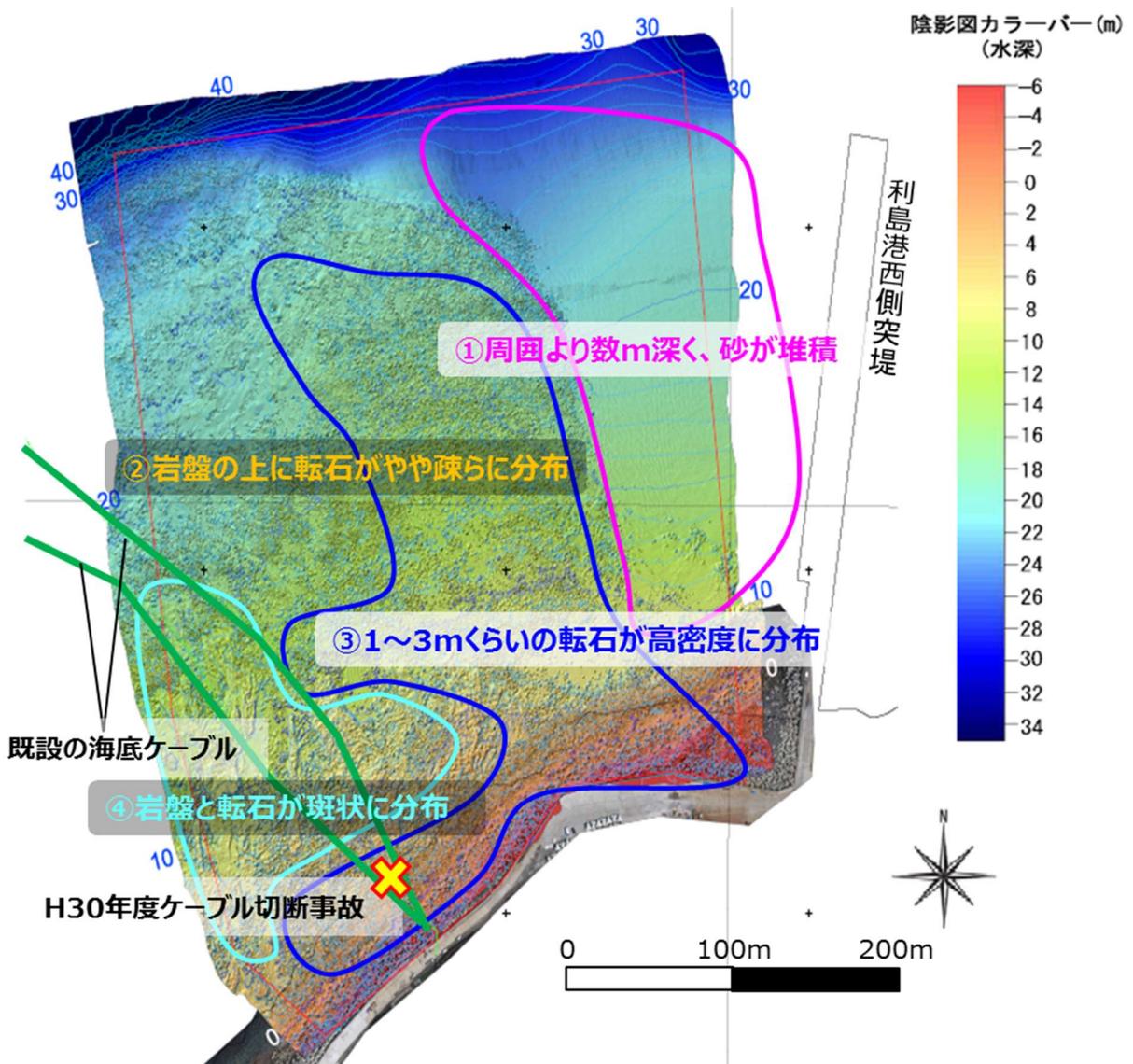


図 4.1.3 利島海底陰影図

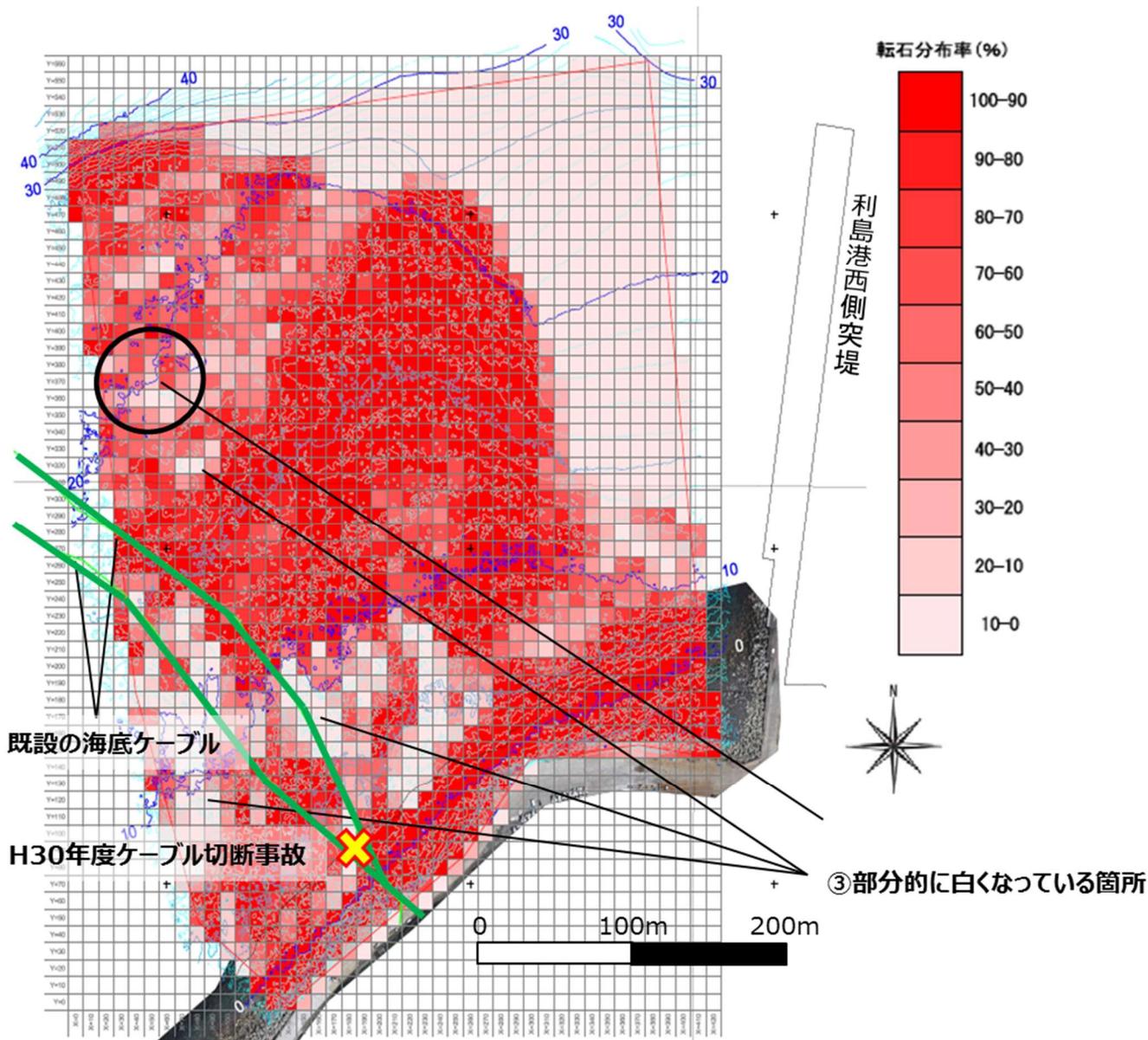
① ピンクの枠囲い部 利島港西側突堤の西側では、水深が周囲より数 m 深く、砂が堆積している。

② 着色枠囲い外 岩盤の上に転石がやや疎らに分布している。

③ 青色枠囲い部 粒径 1~3m くらいの転石が高密度に分布している。

④ 水色枠囲い部 岩盤エリアと転石エリアが斑状に分布している。

- b. 海底にある転石の分布と密度を示す利島転石密度図とその考察は以下のとおり。
- ・ 水深 30m 付近まで転石が広く分布している。
 - ・ 利島港西側突堤西側の水深 10m より深い部分が転石のないエリアになっている。
 - ・ 部分的に白くなっている箇所はポケット的に砂が溜まっている箇所もあるが、岩盤で転石が少ない箇所もある。
 - ・ 転石が疎らな北西エリア（転石密度図④部分）は掘削推進工法を実施する場合の管路出口の候補として考えられる。
 - ・ 水深 10～20m のエリアは一部を除き転石密度が高く海底ケーブルにとって安全性の低いエリアになっている。



- c. 海底にある転石の大きさを示す利島転石サイズ図とその考察は以下のとおり。
- ・ 海岸付近は比較的転石サイズが小さく 1m 前後であり、海の中に入るとサイズが大きくなる。
 - ・ 水深 5～20m のエリアは一部を除き比較的大きい転石が点在しており安全性の低いエリアになっている。

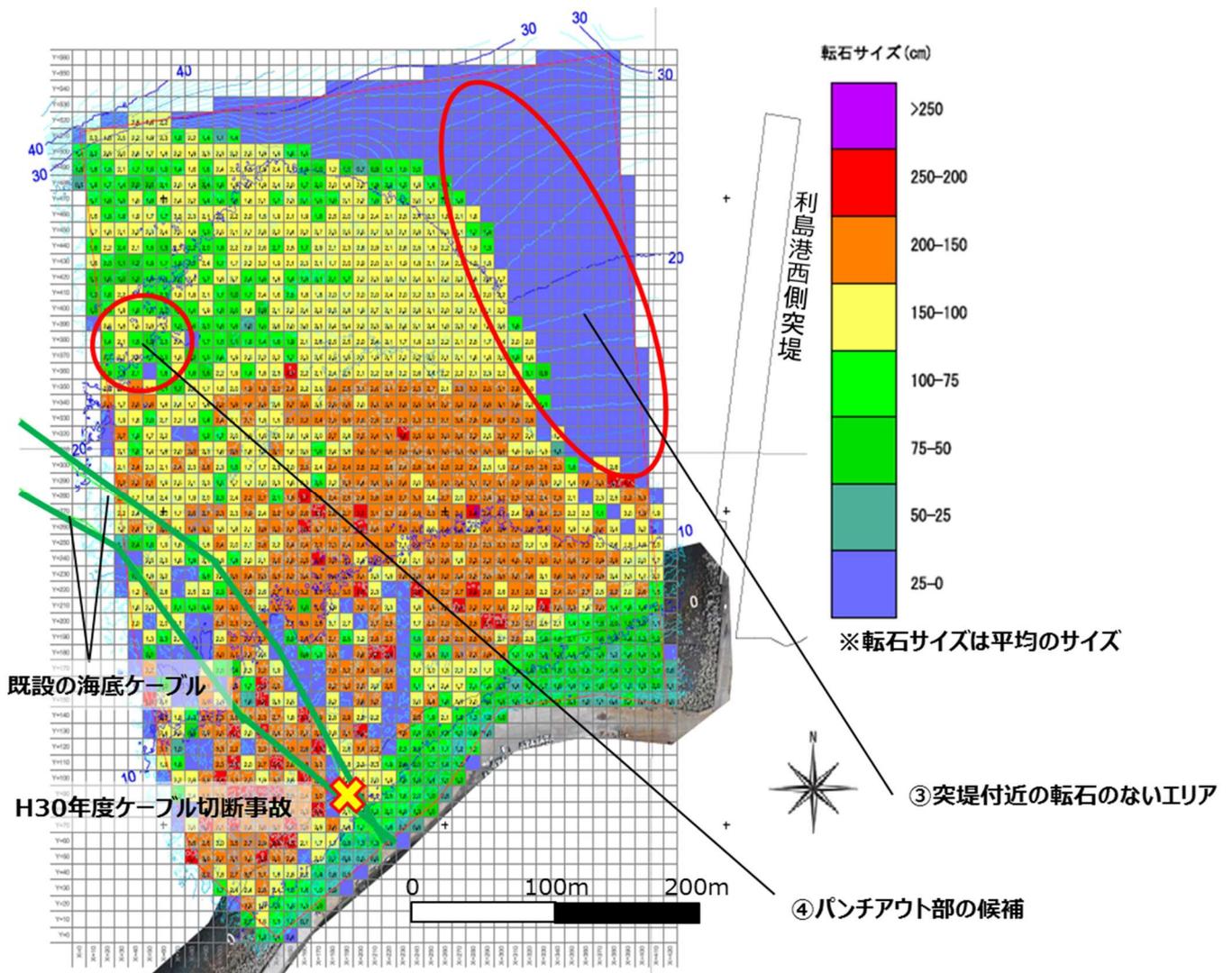


図 4.1.5 利島転石サイズ図

(1)-2 御蔵島海洋調査結果

海底ケーブル陸揚部がある御蔵島港の東側で調査を行った。

a. 海底の状況と水深を示す御蔵島海底陰影図（次頁 図 4.1.6）とその考察は以下のとおり。

- ① 着色枠囲い外 凸凹の岩盤上に転石が点在している。
- ② ピンク枠囲い部 岩盤上に砂が薄く堆積し、転石が点在している。
- ③ 青枠囲い部 水深 17m より浅い箇所に粒径 1~5m の転石が高密度に分布している。
- ④ 水色枠囲い部 岩盤と突き出た岩礁が点在している。

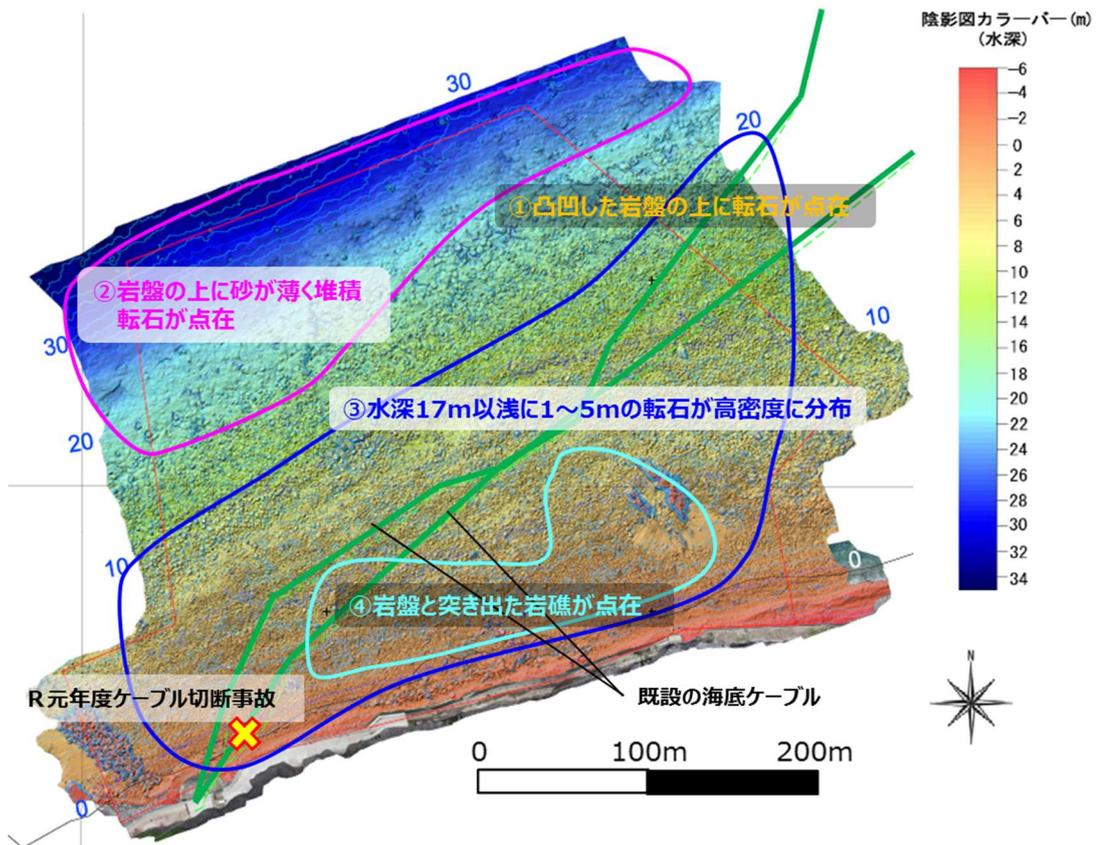


図 4.1.6 御蔵島海底陰影図

- b. 海底にある転石の分布と密度を示す御蔵島転石密度図とその考察は以下のとおり。
- 水深 16m までは調査範囲ほぼ全域でかなり高密度に転石が分布するが、水深 17m より深くなると急激に転石がなくなる。

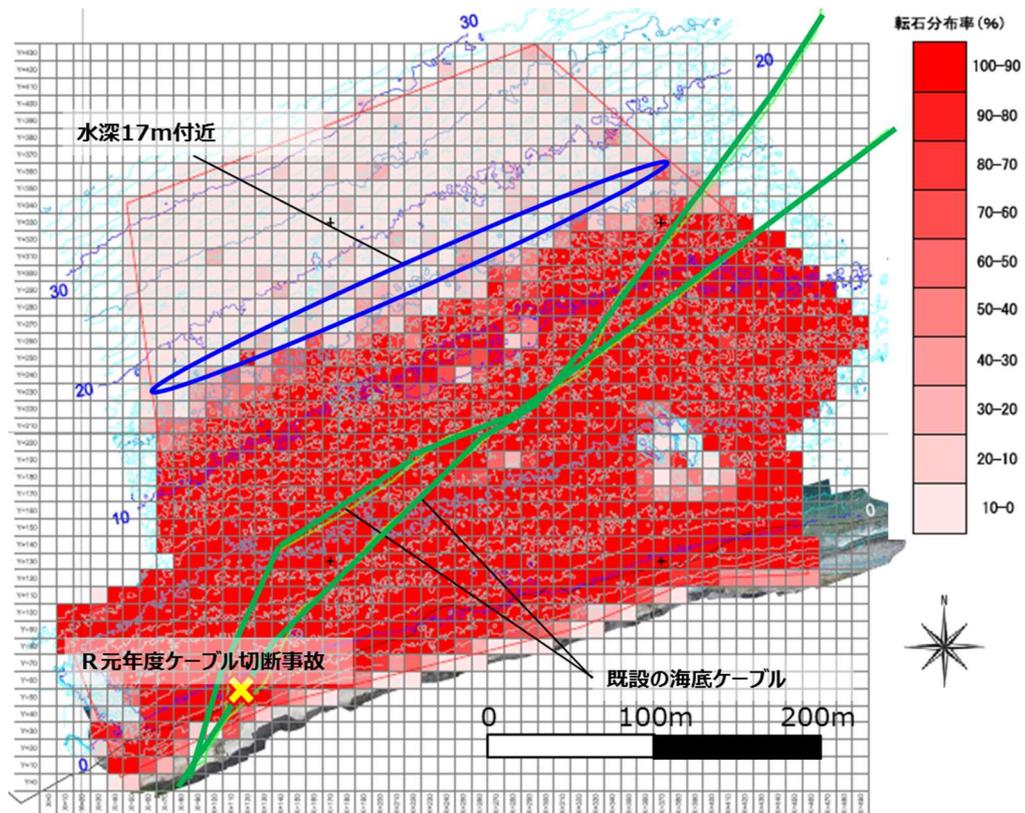


図 4.1.7 御蔵島転石密度図

C. 海底にある転石の大きさを示す御蔵島転石サイズ図とその考察は以下のとおり。

- ・ 転石サイズ 3m くらいの大きなものがぼつぼつと散在している。
- ・ 岸近くは粒径 1m までのものがほとんどをしめ、沖に向かって大きくなり、水深 17m より深くなると急激に転石がなくなる。
- ・ 掘削推進工法を実施する場合は管路出口を水深 20m より深い箇所になると転石のない海域にケーブルを出すことができる。

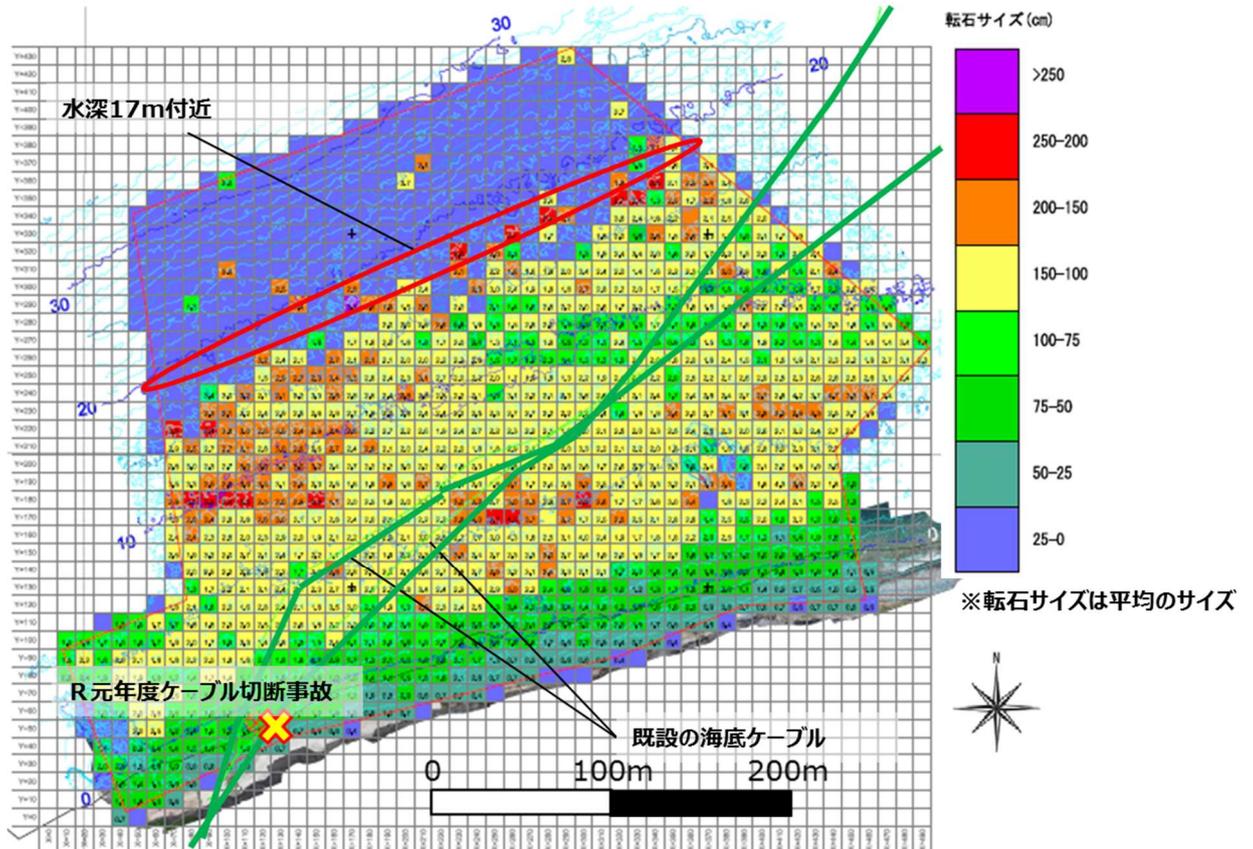


図 4.1.8 御蔵島転石サイズ図

(1)-3 海洋調査結果考察のまとめ

利島

- ・ 利島港西突堤西側の水深 10m より深い箇所は、水深が周囲より深く、海底に砂が堆積している。
- ・ 現状陸揚地の北西エリアは岩盤上に転石が疎らにあり、転石サイズも比較的小さい。
- ・ 水深 5m～20m のエリアは西側突堤付近と北西エリアを除いて比較的大きい転石があり、特に水深 10m～20m のエリアは転石密度も高い。

御蔵島

- ・ 水深 17m 付近までは転石が高密度で分布しているが、水深 17m より深くなると極端に転石が少なくなる。

(2) 陸域調査

各島のボーリング調査結果及び利島のみで行った電気探査結果について考察を行う。

(2)-1 利島（ボーリング調査①～③の位置は P20 図 4.1.1 参照）

① ボーリング調査①（旧船客待合所スロープ付近）の考察とコア写真及びボーリング柱状図は以下のとおり

- ・ 厚さ 2m～3m の溶岩層とスコリア堆積物^{※1}の層（以下「スコリア層」）というの互層の地質構造と考えられる。
- ・ スコリア層は一般的に未固結であり脆い。ボーリング調査①箇所では比較的粒径が揃っており N 値^{※2}が高い。

※1 スコリア：噴火により火口から噴出された溶岩流を除く噴出物の中で、多孔質で暗色のものをスコリアという。粒径により、火山岩塊、火山礫、火山灰に分類される。

※2 N 値：地盤の強さを表す値。N 値が大きいくほど、硬くて強い地盤。N 値が小さいほど、柔らかくて弱い地盤

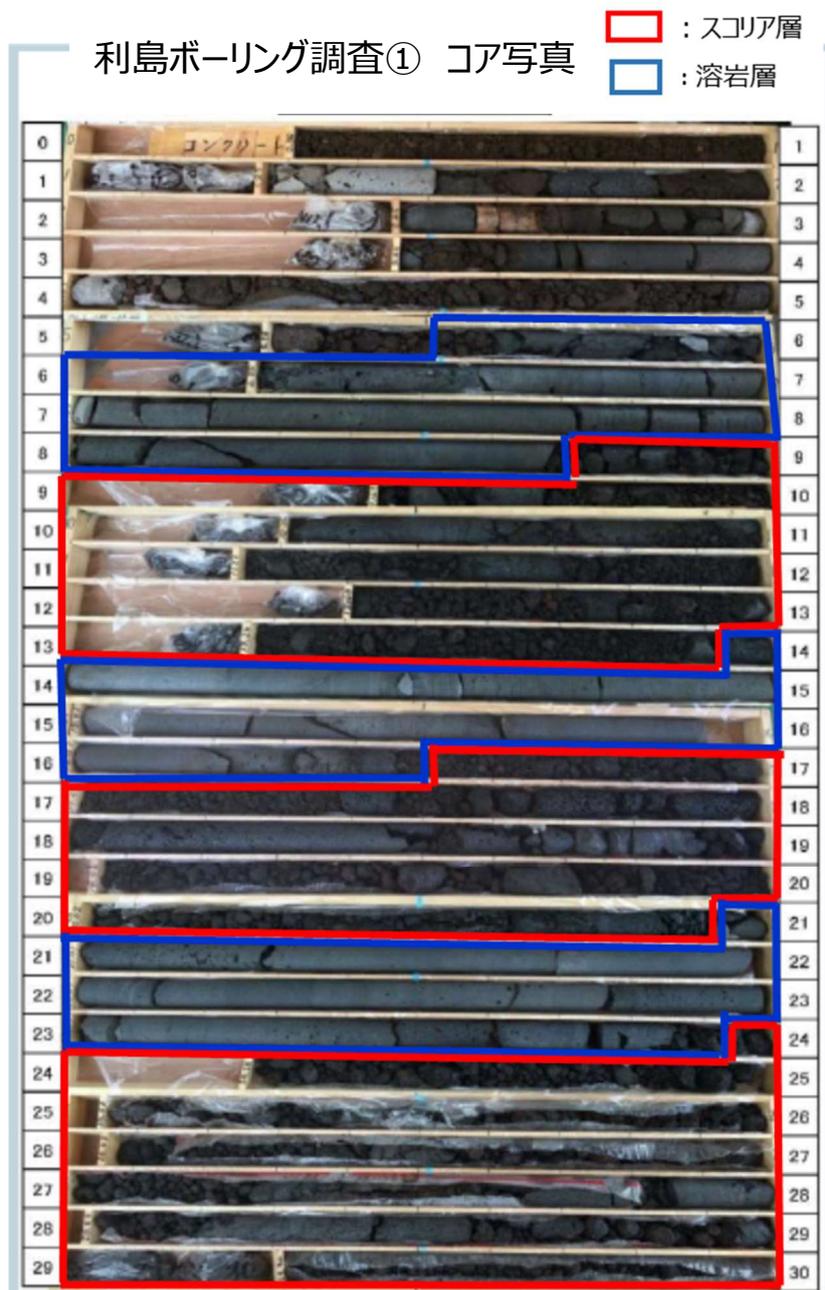


写真 4.1.1 利島ボーリング調査① コア写真

- ② ボーリング調査②（消波ブロック置場）の考察とコア写真及びボーリング柱状図は以下のとおり
- ・ ところどころに溶岩層を挟むが、全体的にスコリア層を主とした地質構造と考えられる。
 - ・ スコリア層は一般的に未固結であり脆い。ボーリング調査②箇所ではN値は高い。
 - ・ 溶岩は比較的空隙が少なく密な溶岩であると考えられる。

利島ボーリング調査② コア写真 □ : スコリア層
□ : 溶岩層

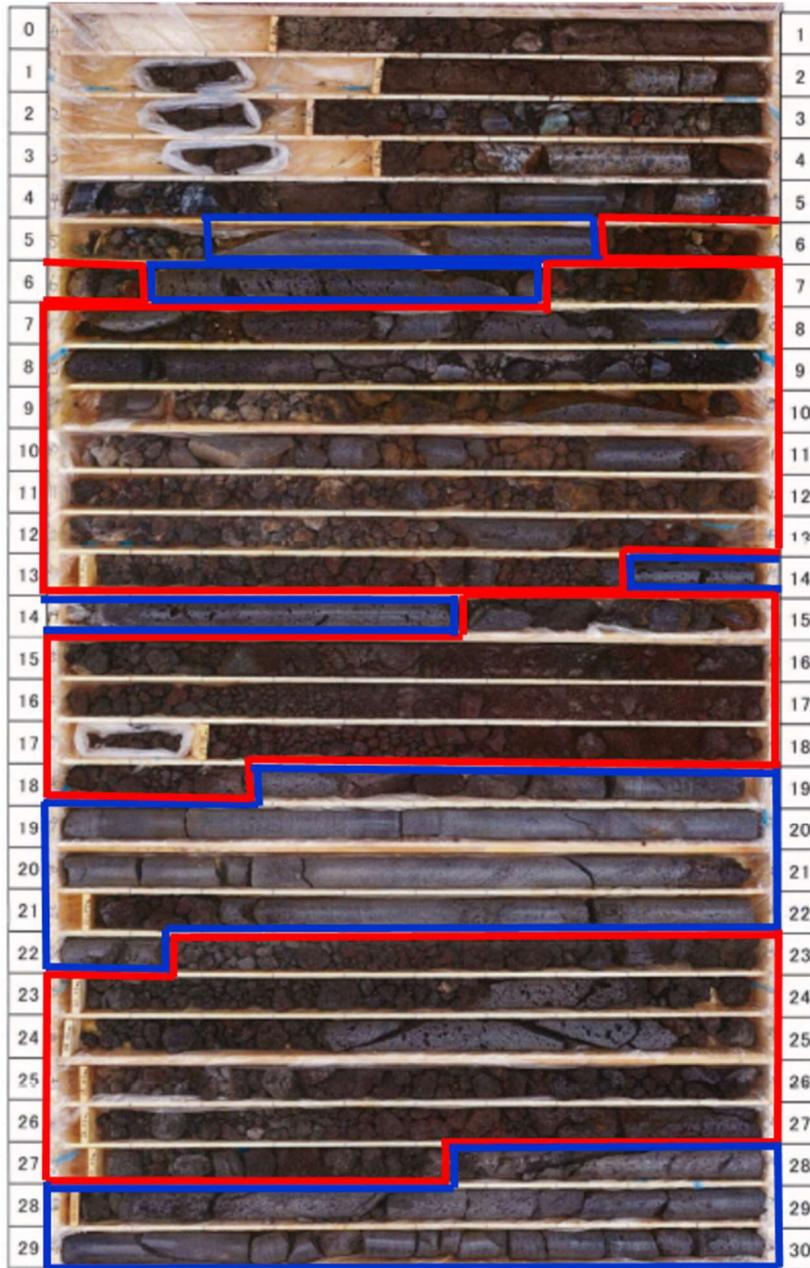


写真 4.1.2 利島ボーリング調査② コア写真

ボーリング名	Bor. 2		調査位置	東京都利島村地内			北緯	34° 31' 53.876"		
発注機関	東京都			調査期間	令和 3年 6月 15日 ~ 3年 6月 30日		東経	139° 16' 26.260"		
調査業者名	株式会社中央技術コンサルタント 電話(03-6258-5961)		主任技師	戸松幹夫		現場代理人	金田学士	コア鑑定者	戸松幹夫	
ボーリング責任者	小松田雅之		試験機	YS0-1		ハンマー落下用具	半自動式			
孔口標高	H=7.891m	角	180°上 90°下 0°度	方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°	地盤勾配	鉛直 90°	使用機種	エンジン	
総掘進長	30.02m				エンジン		ヤンマーNFD10K		ポンプ	TOHO BG-3C

標尺 (m)	層厚 (m)	柱状図	土質区分	色相対調度	相対密度	相対稠度	記号	標準貫入試験				原位置試験	試験名および結果	採取番号	室内試験 (方法)	掘進月日	
								深 (m)	10cmごとの打撃回数	打撃回数/貫入量 (cm)	値						
7.89	0.39	0.38	コンクリート	暗灰			φ10mmの鉄筋入り。	1.15	10	7	4	21					
			砕石	暗灰			砕石土	1.45	8	42	59	75					
1			盛土(玉石混り砂礫)	暗灰			φ20~50mmの礫を主体とする。マトリックスは火山灰質シルトが主体で、砂分を多く含む。所々、φ10~20cm程度の玉石を混入する。玉石のうち、1.8~2.0m、3.6~3.9mはコンクリートである。	2.15	6	9	10	25					
			暗礫	暗灰				2.35									
2			暗礫	暗灰				3.15									
3			暗礫	暗灰				3.45									
4			暗礫	暗灰				4.00									
5	2.69	4.75	5.20	暗礫	暗灰			5.00									
				暗礫	暗灰			5.00									
6	2.14	0.55	5.75	溶岩	暗灰		コアは20cm程度の棒状コアで採取される。溶岩玉石の混入した部分の可能性有り。コアは硬質で、ハンマーの打撃で濁音を発する。	6.00									
				砂礫	暗灰		φ20~50mm程度の角礫が主体。マトリックスは火山灰質シルト及びスコリアが主体である。	6.00									
7	1.74	0.40	6.15	溶岩	暗灰		コアは棒状コアで採取される。玄武岩質の溶岩で、多孔質なものである。	7.00									
				溶岩	暗灰			7.00									
8	1.19	0.55	6.70	溶岩	暗灰			8.00									
				溶岩	暗灰			8.00									
9				溶岩	暗灰			9.00									
				溶岩	暗灰			9.00									
10				溶岩	暗灰			10.00									
				溶岩	暗灰			10.00									
11				溶岩	暗灰			11.00									
				溶岩	暗灰			11.00									
12				溶岩	暗灰			12.00									
				溶岩	暗灰			12.00									
13				溶岩	暗灰			13.00									
				溶岩	暗灰			13.00									
14	-5.91	7.10	13.80	溶岩	暗灰		玄武岩質の溶岩。コアは主に棒状で採取される。最大コア長50cmである。多孔質であり、層の上下端部は、ゴツゴツとざらついたものとなる。	14.00									
				溶岩	暗灰			14.00									
15	-6.66	0.75	14.55	溶岩	暗灰		溶岩のクリンカー状の箇所と思われる。コアは玉石混じり砂礫状を呈する。	15.00									
				溶岩	暗灰			15.00									
16				溶岩	暗灰			16.00									
				溶岩	暗灰			16.00									
17				溶岩	暗灰			17.00									
				溶岩	暗灰			17.00									
18	-10.31	3.65	18.20	溶岩	暗灰		玄武岩質の溶岩。コアは主に棒状で採取される。最大コア長は45cmである。コアは比較的硬質で、ハンマーの打撃で濁音～やがた音発する。所々に気泡がみられるが、大きな気泡はみられない。斑晶として斜長石や輝石、かんらん石がみられる。18.4~18.7m間、24.0~24.25m間は片状コアとなり、亀裂面は茶褐色に酸化変色している。	17.00	22	28	50	83					
				溶岩	暗灰			17.18									
19				溶岩	暗灰			18.00									
				溶岩	暗灰			18.00									
20				溶岩	暗灰			19.00									
				溶岩	暗灰			19.00									
21				溶岩	暗灰			20.00									
				溶岩	暗灰			20.00									
22	-14.26	3.95	22.15	溶岩	暗灰			21.00									
				溶岩	暗灰			21.00									
23				溶岩	暗灰			22.00									
				溶岩	暗灰			22.00									
24				溶岩	暗灰			23.00									
				溶岩	暗灰			23.00									
25				溶岩	暗灰			24.00									
				溶岩	暗灰			24.00									
26				溶岩	暗灰			25.00									
				溶岩	暗灰			25.00									
27	-19.61	5.35	27.50	溶岩	暗灰			26.00									
				溶岩	暗灰			26.00									
28				溶岩	暗灰			27.00									
				溶岩	暗灰			27.00									
29				溶岩	暗灰			28.00									
				溶岩	暗灰			28.00									
30	-22.13	2.52	30.02	溶岩	暗灰			29.00									
				溶岩	暗灰			29.00									
				溶岩	暗灰			30.00									
				溶岩	暗灰			30.00									

図 4.1.10 利島ボーリング調査② 柱状図

- ③ ボーリング調査③（蛇洞沢水路脇）の考察とコア写真及びボーリング柱状図は以下のとおり
- ・ 溶岩層とスコリア層の互層となった地質構造と考えられる。
 - ・ スコリア層は一般的に未固結であり脆い。ボーリング調査③箇所では N 値は高い。
 - ・ 溶岩は比較的孔隙が少なく密な溶岩であると考えられる。
 - ・ GL-21～GL-約 30m までの溶岩は厚層が約 9m と厚い。沢に流れ込んだ溶岩と推測される。

利島ボーリング調査③ コア写真 □ : スコリア層
□ : 溶岩層

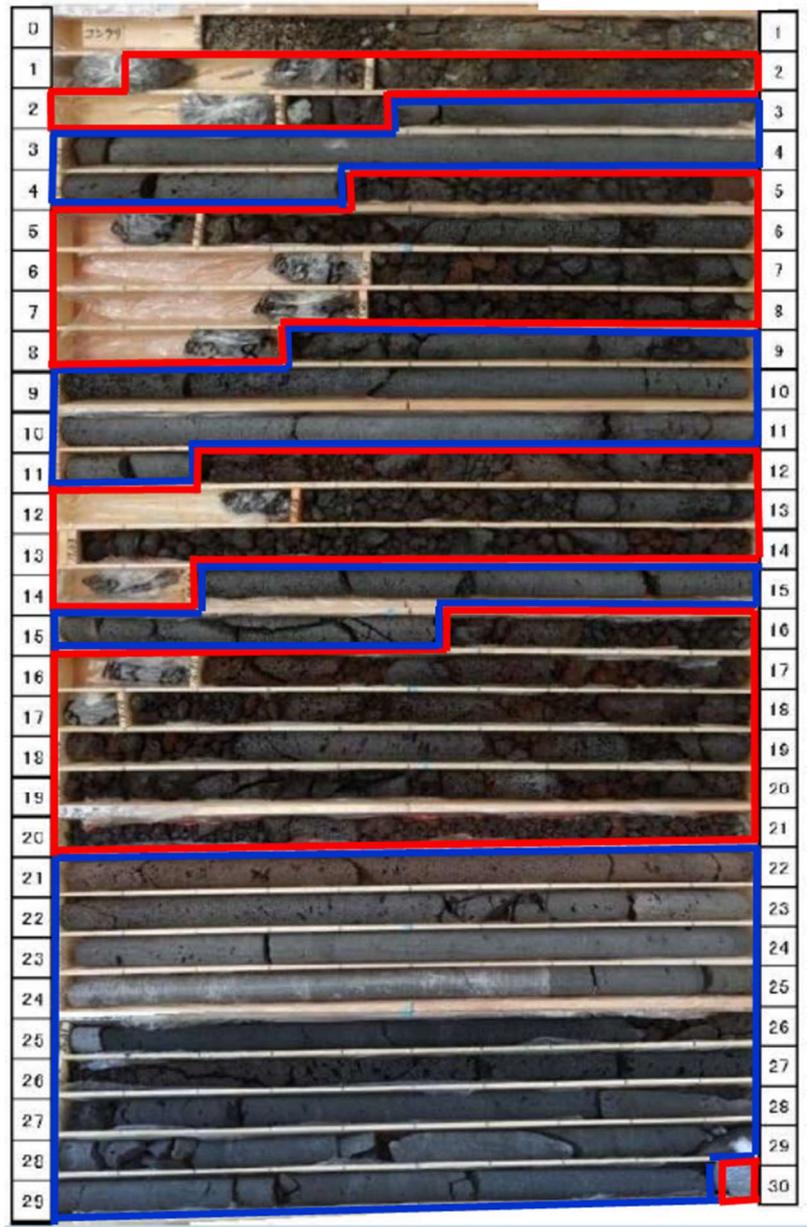


写真 4.1.3 利島ボーリング調査③ コア写真

ボーリング名	Bor. 3		調査位置	東京都利島村地内			北緯	34° 31' 50.911"						
発注機関	東京都			調査期間	令和 3年 6月 9日 ~ 3年 6月 23日			東経	139° 16' 21.590"					
調査業者名	株式会社中央技術コンサルタンツ 電話 (03-6258-5961)		主任技師	戸松幹夫		現代人	金田学士		コ 鑑 定 者	戸松幹夫	ボーリング責任者	鉛口幸一		
孔口標高	H=7.887m	角	180° 上 90° 下 0°		方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°		地盤勾配	水平 0°		使用機種	YSO-1		
総掘進長	30.25m		度			向			エンジン	ヤンマー-NFD10K		ポンプ	ハンマー落下用具 半自動式 カノー-V6	

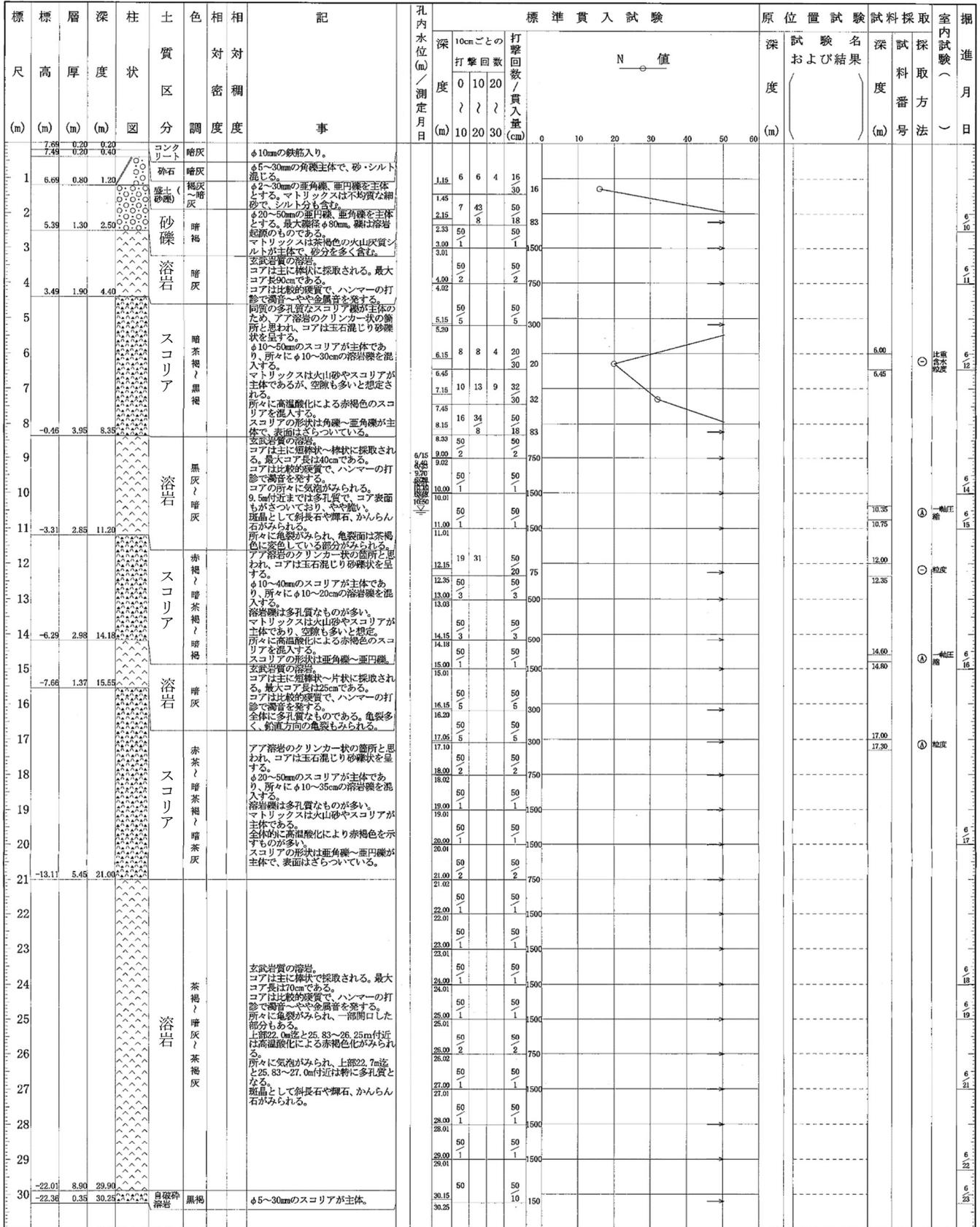


図 4.1.11 利島ボーリング調査③ 柱状図

- ③ 地層断面図 ボーリング調査①～③までを連続させ図化した地層断面図とその考察は以下のとおり層構成としては相互の関連性が認められるため、狭い範囲では地層構造の予測が可能であると考えられる。

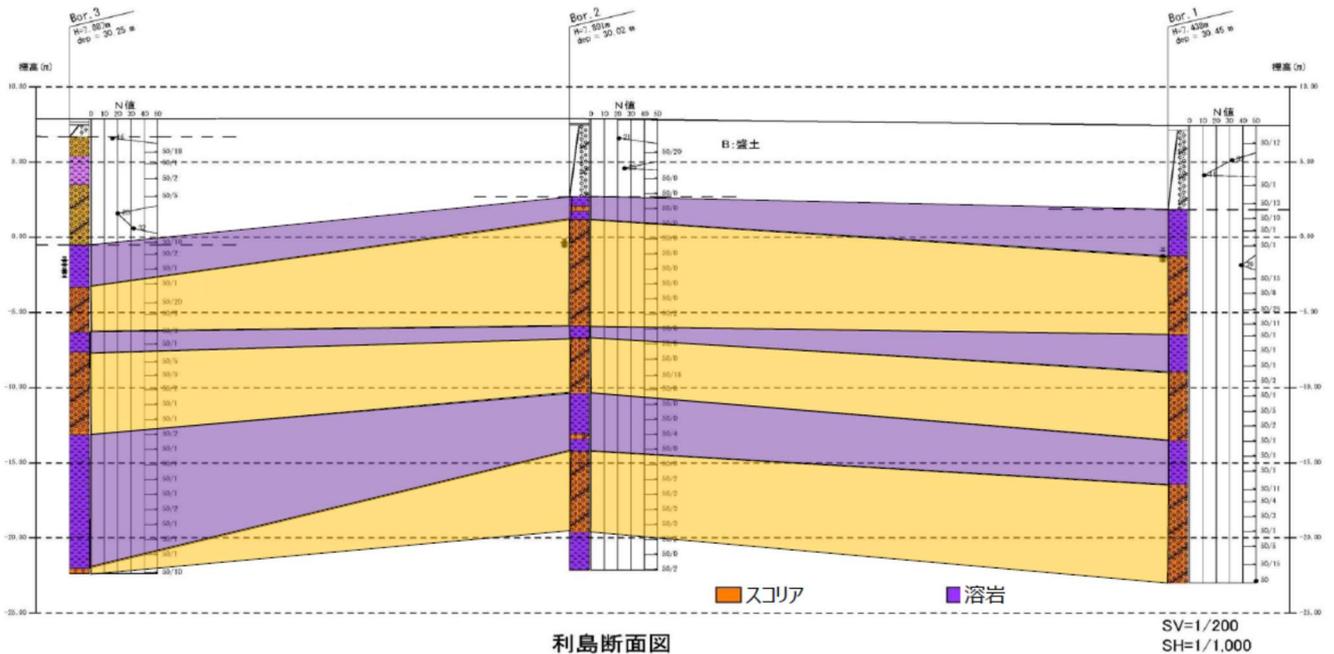


図 4.1.12 利島地層断面図

④ 電気探査

利島では電気探査をボーリング調査②の箇所をほぼ中心にして延長 115m の区間で行った。電気探査結果とその考察は以下のとおり。

- ・ 電気探査結果とボーリング調査②の結果を照合すると、比抵抗 32 以上（オレンジ→ピンク）が溶岩優勢の地層と想定される。
- ・ 距離程 75m～115m の範囲において比抵抗が低く、空洞か海水等が存在するような結果となっているが、鉄筋等の影響により比抵抗値が偽造された疑いがあり信頼度は低い。

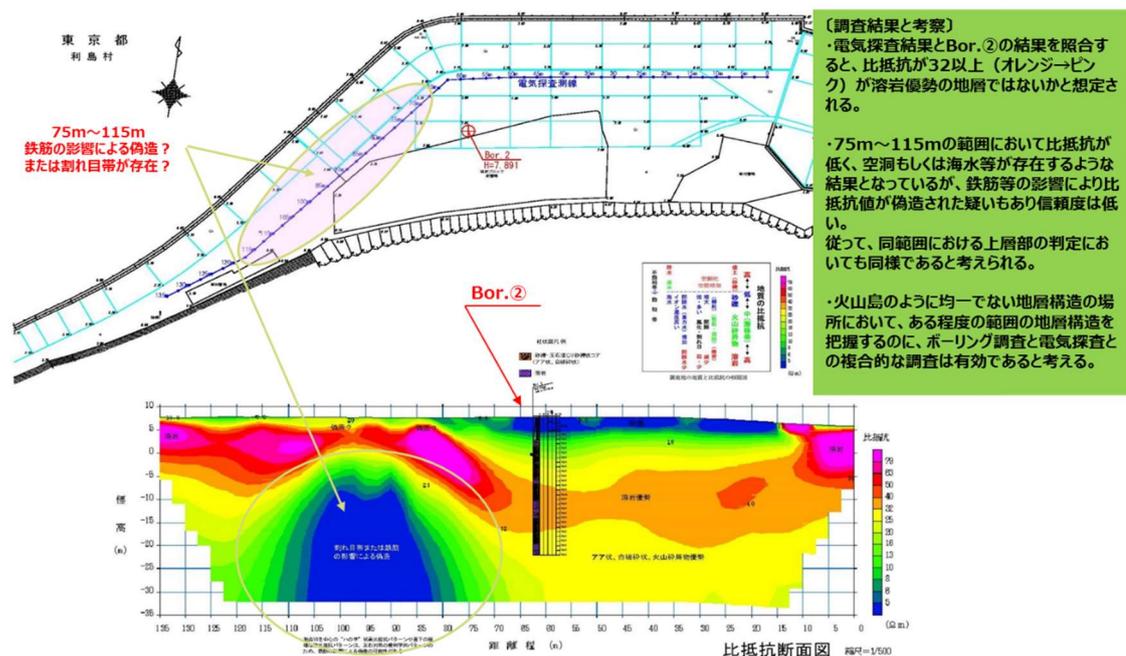


図 4.1.13 電気探査結果図

(2)-2 御蔵島（ボーリング調査①、②の位置は P21 図 4.1.2 参照）

① ボーリング調査①（御蔵島漁協建物付近）の考察とコア写真及びボーリング柱状図は以下のとおり

- ・ スコリア層を主体とした地質構造と考えられる。間に厚い凝灰角礫岩の層を挟む。
- ・ 上層部のスコリア層は、N 値にばらつきがあることから間隙率が高く、崩壊性が高いと考えられる。
- ・ スコリア層は一般的に未固結であり脆いが、下層部では N 値は高い。

御蔵島ボーリング調査① コア写真 : スコリア層
 : 凝灰角礫岩

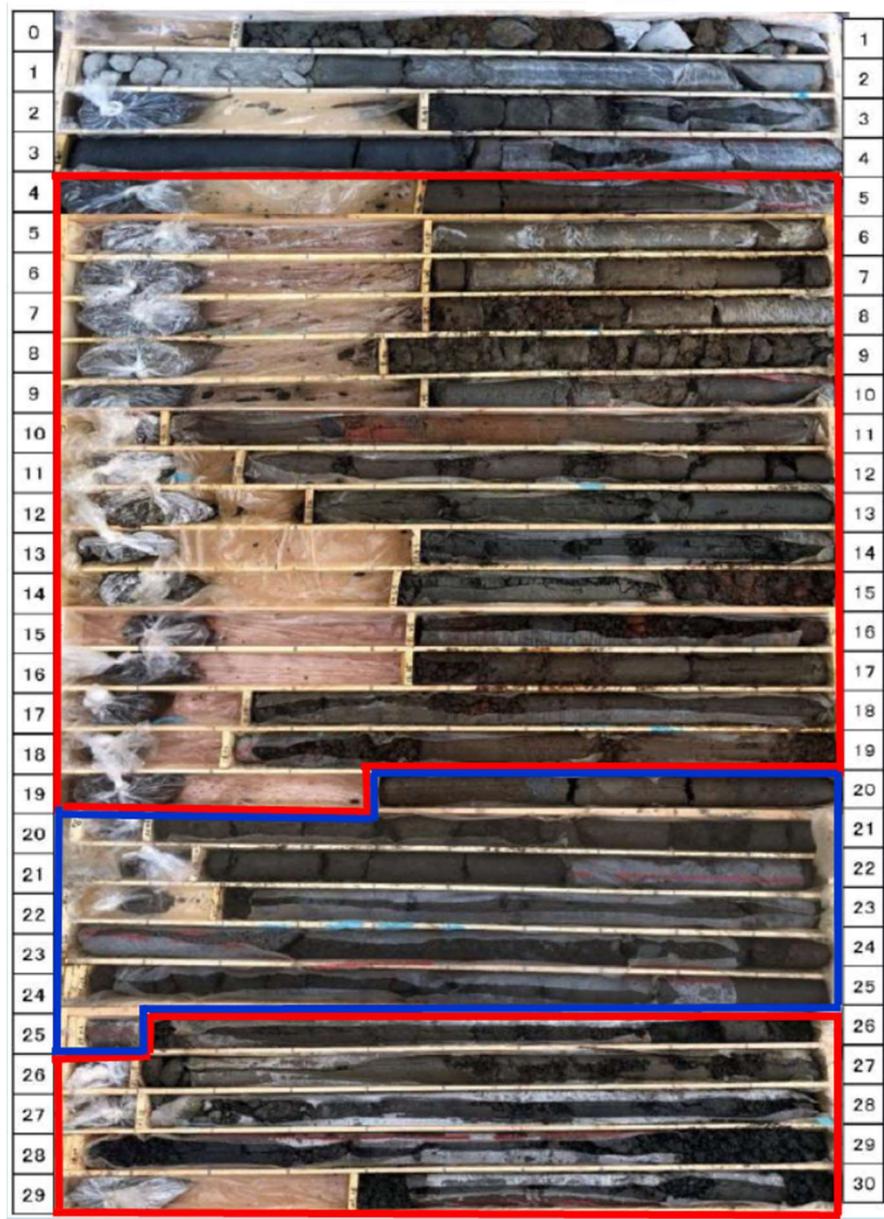


写真 4.1.4 御蔵島ボーリング調査①

ボーリング名	Bor. 1	調査位置	東京都御蔵島村地内	北緯	33° 53' 50.370"
発注機関	東京都	調査期間	令和 3年 6月 28日 ~ 3年 7月 17日	東経	139° 35' 26.178"
調査業者名	株式会社中央技術コンサルタンツ 電話(03-6258-5961)	主任技師	戸松幹夫	現代理人	金田学士 コ ア 鑑定者
ボーリング責任者	大野 隆太郎	現場	戸松幹夫	ハンマー	落下用具
孔口標高	H=2.754m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°
総掘進長	30.45m	地盤勾配	鉛直 90° 水平 0°	使用機種	TOHO-D0
				エンジン	ヤンマーNFD10K
					ポンプ TOHO BG-3C

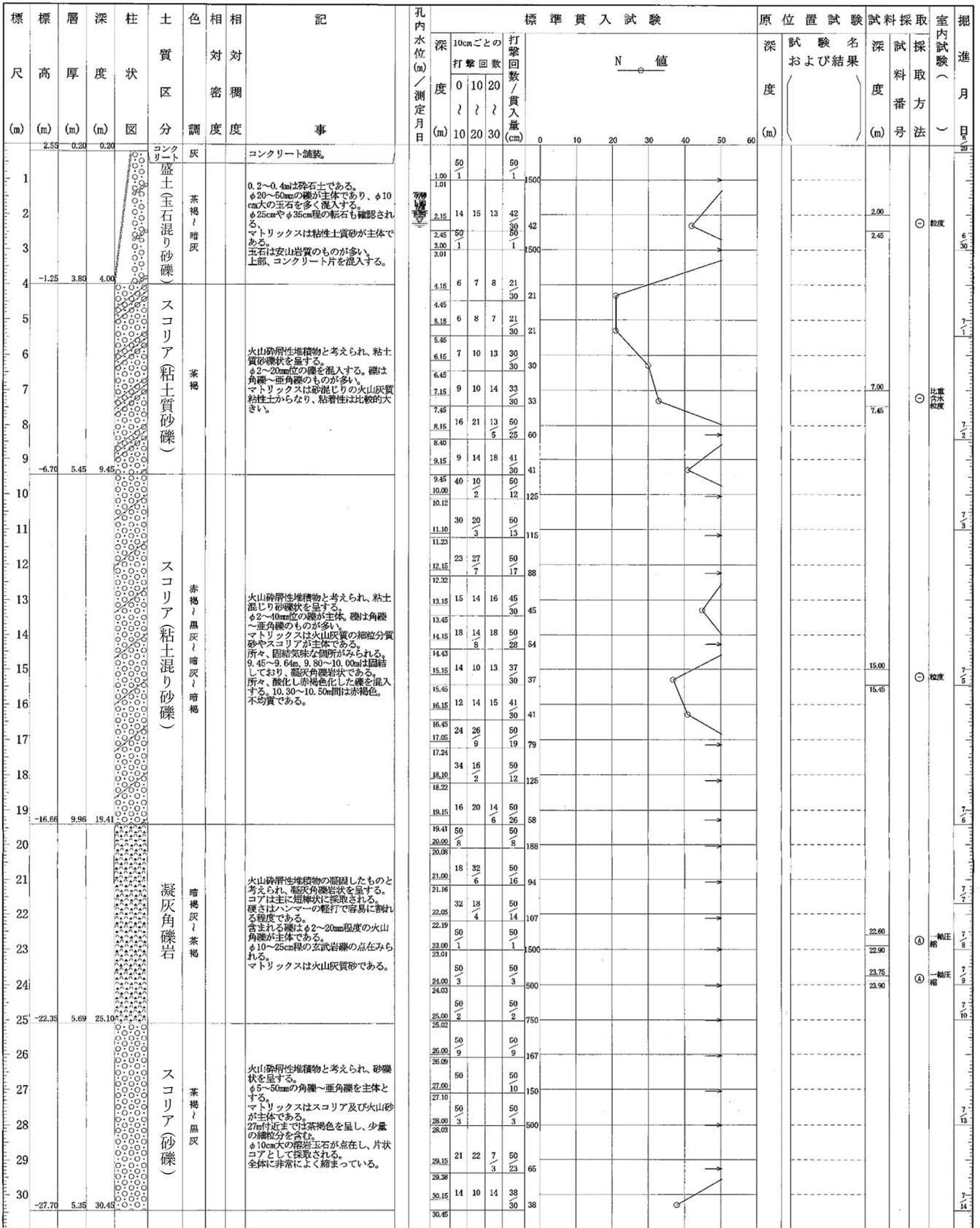


図 4.1.14 御蔵島ボーリング調査① 柱状図

- ② ボーリング調査②（船客待合駐車場）の考察とコア写真及びボーリング柱状図は以下のとおり
- ・ 溶岩層とスコリア層の互層となった地質構造と考えられる。
 - ・ 上層部のスコリア層は、N 値にばらつきがあることから間隙率が高く、崩壊性が高いと考えられる。この層は層厚が大きい。

御蔵島ボーリング調査② コア写真 : スコリア層
 : 溶岩層



写真 4.1.5 御蔵島ボーリング調査②

ボーリング名	Bor. 2		調査位置	東京都御蔵島村地内			北緯	33° 53' 44.648"		
発注機関	東京都			調査期間	令和 3年 6月 12日 ~ 3年 6月 26日		東経	139° 35' 21.167"		
調査業者名	株式会社中央技術コンサルタンツ 電話 (03-6258-5961)		主任技師	戸松幹夫		現代理人	金田学士	コア鑑定者	戸松幹夫	
ボーリング責任者	大野 隆太郎									
孔口標高	H= 3.705m	角	180° 上下	方	北 0° 東 90° 西 270° 南 180°	地盤勾配	鉛直 90° 水平 0°	使用機種	TOHO-D0	
総掘進長	30.01m		度			エンジン	ヤンマー-NFD10K		ポンプ	TOHO BG-3C

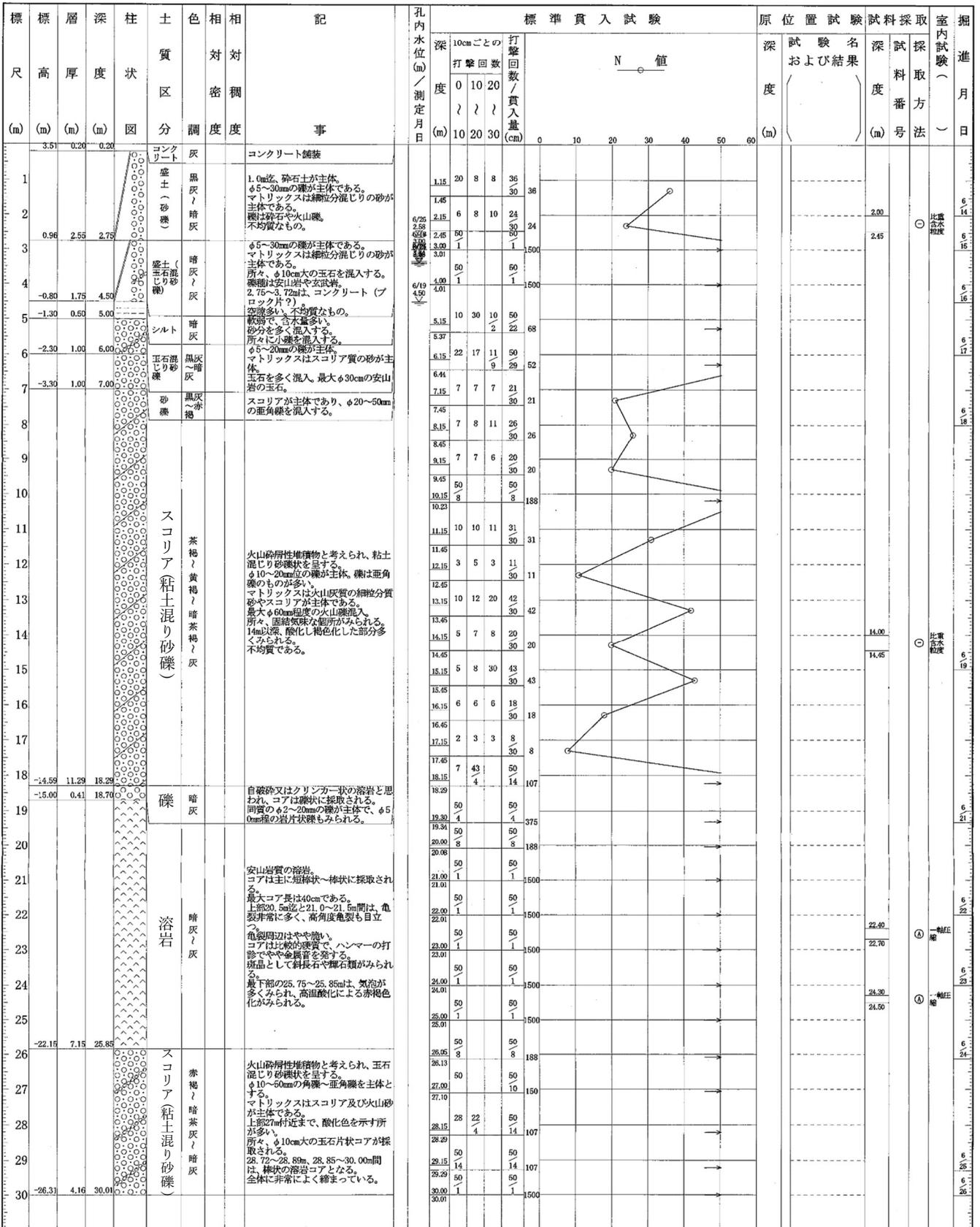


図 4.1.15 御蔵島ボーリング調査② 柱状図

③ 地層断面図 ボーリング調査①～②までを連続させ図化した地層断面図とその考察は以下のとおり。

- ・ 溶岩層及びスコリア層を主体とする主成層火山帯
- ・ 場所により厚い溶岩層を含むが、スコリア層を主とする地質構造と考えられる。
- ・ GL-15m くらいまでは間隙率が高く不安定であるが、それ以下の層は N 値が高い。

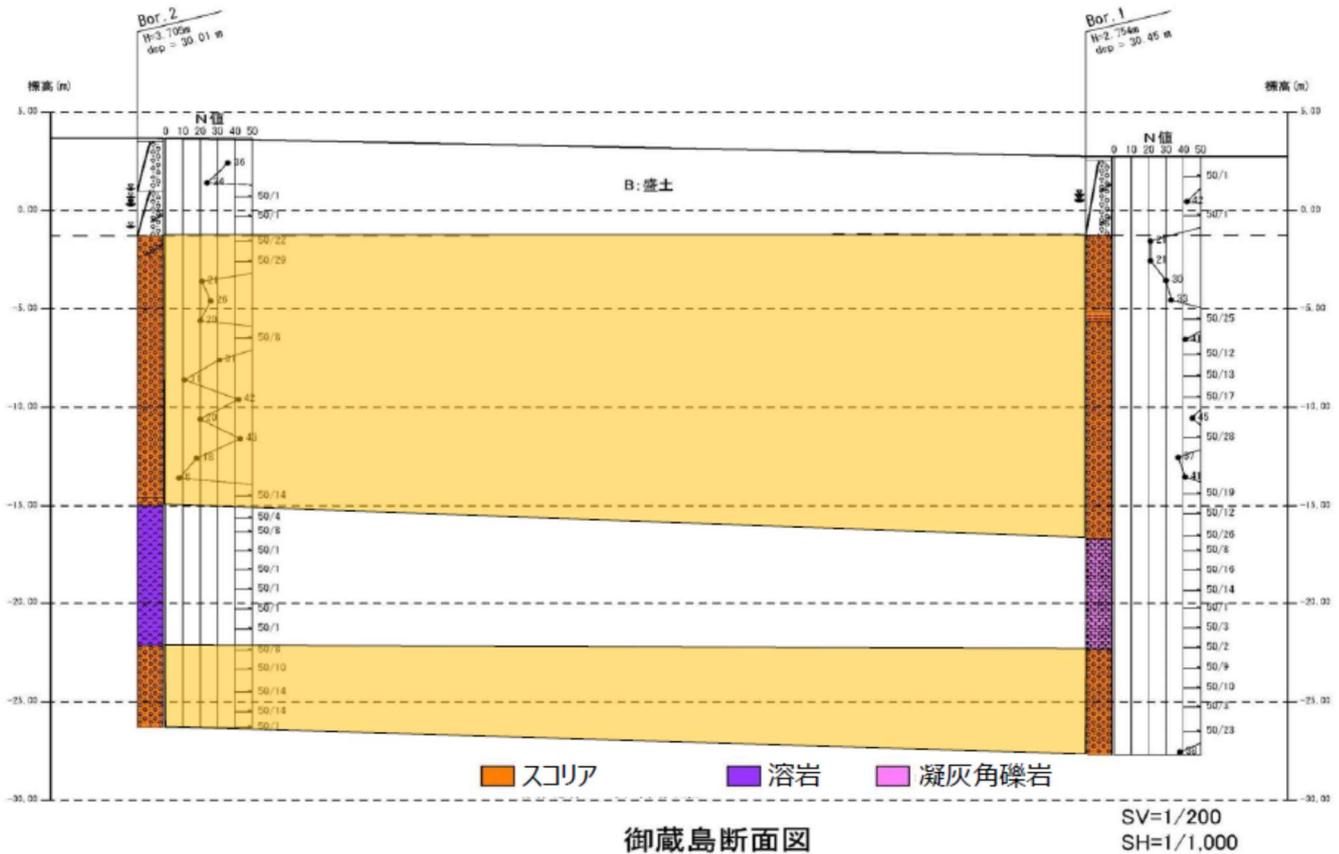


図 4.1.16 御蔵島地層断面図

(2)-3 陸域調査結果考察のまとめ

ボーリング調査結果による利島、御蔵島の地質想定をとりまとめる。

表 4.1.1 利島ボーリング調査による地質想定一覧

調査箇所	ボーリング調査による地質想定
ボーリング調査① (旧船客待合所 スロープ付近)	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 2m～3m の溶岩層とスコリア層の互層の地質構造と考えられる。 ・スコリア層は一般的に未固結であり脆い。ボーリング調査①箇所では比較的粒径が揃っており N 値が高い。
ボーリング調査② (消波ブロック置場)	<ul style="list-style-type: none"> ・ところどころに溶岩層を挟むが、全体的にスコリア層を主とした地質構造と考えられる。 ・スコリア層は一般的に未固結であり脆い。調査箇所では N 値は高い。 ・溶岩は比較的空隙が少なく密な溶岩であると考えられる。
ボーリング調査③ (蛇洞沢水路脇)	<ul style="list-style-type: none"> ・溶岩層とスコリア層の互層となった地質構造と考えられる。 ・スコリア層は一般的に未固結であり脆い。調査箇所では N 値は高い。 ・溶岩は比較的空隙が少なく密な溶岩であると考えられる。 ・GL-21～GL-約 30m までの溶岩は厚層が約 9m と厚い。沢に流れ込んだ溶岩と推測される。

表 4.1.2 御蔵島ボーリング調査による地質想定一覧

調査箇所	ボーリング調査による地質想定
ボーリング調査① (漁協建物付近)	<ul style="list-style-type: none"> ・スコリア層を主体とした地質構造と考えられる。間に厚い凝灰角礫岩の層を挟む。 ・上層部のスコリア層は、N 値にばらつきがあることから間隙率が高く、崩壊性が高いと考えられる。 ・スコリア層は一般的に未固結であり脆いが、下層部では N 値は高い。
ボーリング調査② (船待ち駐車場内)	<ul style="list-style-type: none"> ・溶岩層とスコリア層の互層となった地質構造と考えられる。 ・上層部のスコリア層は、N 値にばらつきがあることから間隙率が高く、崩壊性が高いと考えられる。この層は層厚が大きい。

調査結果の報告を受けた委員から詳細現地調査について以下の意見があった。

- ボーリング調査については、海洋部でも実施することが望ましいが、利島、御蔵島とも海気象、海底状況ともに悪く実施が困難なので代替案を検討する必要がある。
- 海洋調査については今年度と同じ内容のものを来年度も同範囲で実施し、転石分布状況等の変化を確認する必要がある。
- 海洋調査は、港湾区域も含めて幅広く実施し、安全な陸揚方法を多面的に検討する必要がある。

4.1.4 室内試験結果

ボーリングコアよりサンプルを採取し、湿潤密度、粒度組成、一軸圧縮強度等を調べる室内試験を実施した。各島の試験結果とまとめについては以下のとおり

【利島】

表 4.1.3 利島室内土質試験結果一覧表

調査地点	Bor.1				Bor.2					Bor.3						
	7.50 ~7.70m	10.00 ~10.30m	14.80 ~15.00m	19.10 ~19.40m	3.00 ~3.45m	12.10 ~12.50m	14.25 ~14.60m	16.20 ~16.60m	20.35 ~20.70m	6.00 ~6.45m	10.35 ~10.75m	12.00 ~12.35m	14.60 ~14.80m	17.00 ~17.30m		
地層記号	S1-Lv	S1-Ab1	S1-Lv	S1-Ab1	B	S1-Ab1	S1-Lv	S1-Ab1	S1-Lv	S1-Ab1	S1-Lv	S1-Ab1	S1-Lv	S1-Ab1		
一般	湿潤密度 ρ_w g/cm ³	2.697		2.702					2.526		2.651		2.702		2.600	
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³															
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³					2.814				2.881			2.862			
	自然含水比 w_n %	1.36		1.08		19.8				1.62	9.0	1.39	13.5	2.12		3.27
	間隙比 e															
粒度	飽和度 S_r %															
	礫分 2~75mm %		91.1		94.7	58.9	99.6		71.2		64.9		96.9		99.3	
	砂分 75 μ m~2mm %		6.8		4.9	29.0	0.4		21.8		27.5		2.2		0.5	
	シルト分 5~75 μ m %					8.2			4.9		5.2		0.9		0.2	
	粘土分 5 μ m未満 %		2.1		0.4		0.0			4.9						
	最大粒径 mm		19		37.5	26.5	37.5		37.5		26.5		37.5		37.5	
	均等係数 U_c		5.12		3.53	373.04	2.57		113.75		53.48		2.82		2.12	
細粒分含有率 F_c %		2.1		0.4	12.1	0.0		7.0		7.6		0.9		0.2		
分類	分類名		分級された砂まじり礫	分級された礫	細粒分まじり砂質礫	分級された礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫	分級された礫	細粒分まじり砂質礫	分級された礫	分級された礫		
	分類記号		(GP-S)	(GP)	(GS-F)	(GP)		(GS-F)		(GS-F)		(GP)		(GP)		
せん断	一軸圧縮															
	圧縮強度 q_u (MN/m ²)	115		68.1					44.1		80.8		54.9			
	静ポアソン比 ν_s															
変形係数 E_{s50} (MN/m ²)	1.57E+04		1.28E+04					8.80E+03		1.29E+04		1.29E+04				

■ B:玉石混り砂礫、砂礫（盛土層）、■ S1-Lv:溶岩層、■ S1-Ab1:スコリア層

まとめと考察

- スコリア層では、粗粒分主体のため、トンネル掘削の際、切羽や孔壁が崩落しやすいと考えられる。
- スコリア層では、「高い透水性」と推定されるため、トンネル掘削にあたっては逸泥による泥水循環不良とならないよう、地盤改良等による対策が必要である。

- 土粒子の密度が高いため、掘削孔内で土粒子が沈降しない泥水配合とする必要がある。
- 溶岩層の一軸圧縮強度は最大で 115MN/mm²であることから、掘削推進には能力に余裕を持ったビット選定が必要である。

【御蔵島】

表 4.1.4 御蔵島室内土質試験結果一覧表

調査地点		Bor.1					Bor.2			
試料採取深度 (m)		2.00~2.45m	7.00~7.45m	15.00~15.45m	22.60~22.90m	23.75~23.90m	2.00~2.45m	14.00~14.45m	22.40~22.70m	24.30~24.50m
地層記号		B	S1-Vg1	S1-Vg1	S1-Tb	S1-Tb	B	S1-Vg1	S1-Lv	S1-Lv
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³				1.925	2.003			2.736	2.750
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³									
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.855				2.801	2.838		
	自然含水比 w_n %		44.1		22.08	18.30	11.0	69.2	1.06	0.79
	間隙比 e									
	飽和度 S_r %									
粒度	礫分 2~75mm %	66.4	16.8	55.9			66.1	2.2		
	砂分 75 μ m~2mm %	25.2	53.5	30.0			26.1	59.0		
	シルト分 5~75 μ m %	8.4	18.5	14.1			6.0	21.3		
	粘土分 5 μ m未満 %		11.2				1.8	17.5		
	最大粒径 mm	26.5	9.5	19			26.5	9.5		
	均等係数 U_c	137.54	164.18	-			143.89	-		
	細粒分含有率 F_c %	8.4	29.7	14.1			7.8	38.8		
分類	分類名	細粒分まじり砂質礫	細粒分質砂質礫	細粒分まじり砂質礫			細粒分まじり砂質礫	細粒分質砂		
	分類記号	(GS-F)	(GFS)	(GS-F)			(GS-F)	(SF)		
力学特性	一軸圧縮	圧縮強度 q_u (MN/m ²)			3.11	2.71			131	144
		静ポアソン比 ν_s								
		変形係数 E_{s50} (MN/m ²)				9.06E+02	5.79E+02			1.48E+04	1.70E+04

- B:玉石混り砂礫、砂礫（盛土層）、■ S1-Vg1:スコリア層（火山性粘土質砂礫、火山性粘土混り砂礫）
- S1-Tb:凝灰角礫岩（火山砕屑性堆積物）、■ S1-Lv:溶岩層

まとめと考察

- スコリア層では、粗粒分主体のため、トンネル掘削の際、切羽や孔壁が崩落しやすいと考えられる。
- スコリア層では、「中位~低い透水性」と推定されるため、トンネル掘削にあたっては逸泥による泥水循環不良とならないよう、地盤改良等による対策が必要である。
- 土粒子の密度が高いため、掘削孔内で土粒子が沈降しない泥水配合とする必要がある。
- 溶岩層の一軸圧縮強度は最大で 144MN/mm²であることから、掘削推進には能力に余裕を持ったビット選定が必要である。

4.1.5 現地調査ボーリングコア試料確認

現地調査で採取したボーリングコア試料の現物確認を8月4日、5日に、合わせて委員4名の参加により行った。ボーリングコア試料 (l=30m/本) 5本分を1か所に展示するとともに、調査結果のうち地質調査と電気探査についてより詳細な報告がなされた。あわせてドローンによる空撮動画の確認も行った。委員からの意見は以下のとおり。

- 海岸線と直交方向で島中心側のボーリング調査 (l=50m以上/本) を新規に実施し、その結果と今回の海岸線付近での調査結果をつなげることで海洋部の地質構成を推定することは可能



写真 4.1.6 ボーリングコア確認状況

4.2 前回 HDD 工事の検証

4.2.1 前回 HDD 工事の内容

令和元年度に利島陸揚部対策として HDD 工事を実施したが、掘進機等がスタックしたことにより工事を中断せざるを得なくなった。そのため現在は防護管転がし工法により陸揚げを行っている。

HDD 工法（弧状推進工法）

(Horizontal Directional Drilling)

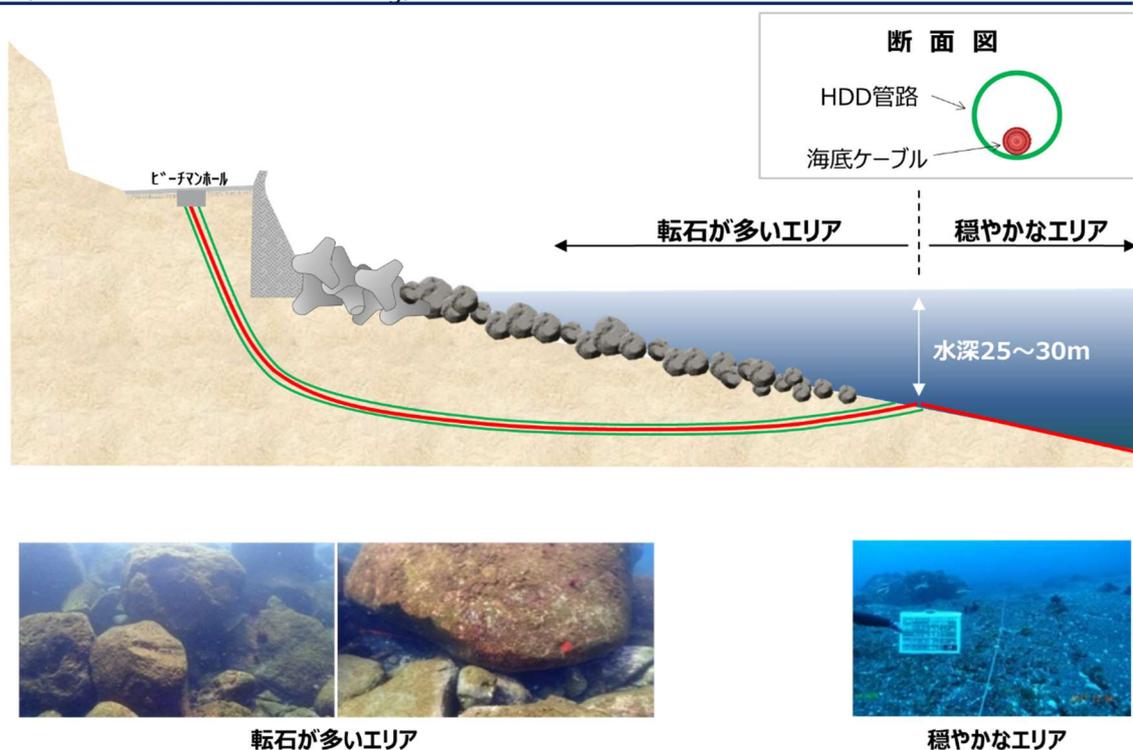


図 4.2.1 HDD 工法概要図



図 4.2.2 令和元年度 HDD 工事 (説明図は当時の想定)

4.2.2 前回 HDD 工事の検証

現地調査の結果を踏まえて、令和元年度に利島で実施した HDD 工事を検証する。

(1) 全体図 スタック箇所の位置は以下のとおり

平面図 1/500



断面図 1/500

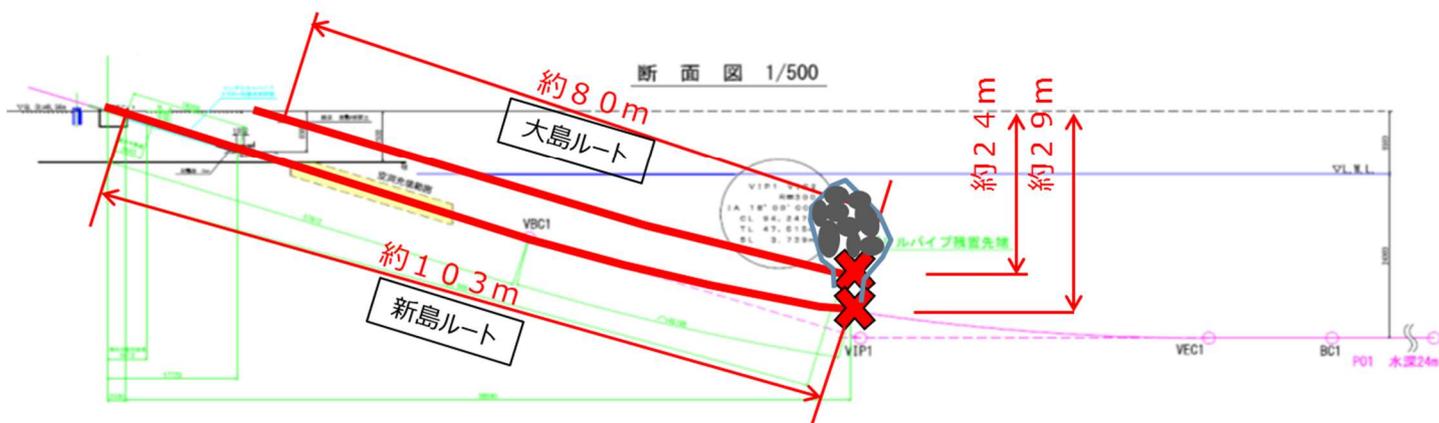


図 4.2.3 利島 HDD 工事スタック位置図

(2) スタック事象の検証

新島ルートはセメンチングを行った後にドリルパイプを引き抜こうとした際に発生した。ドリルパイプの引き抜きはできなかった。

大島ルートはHDD掘削中にドリルヘッドがついた状態で発生した。ドリルヘッドを回転させて前後させることでドリルパイプを引き抜くことができたが、セメンチングは断念した。

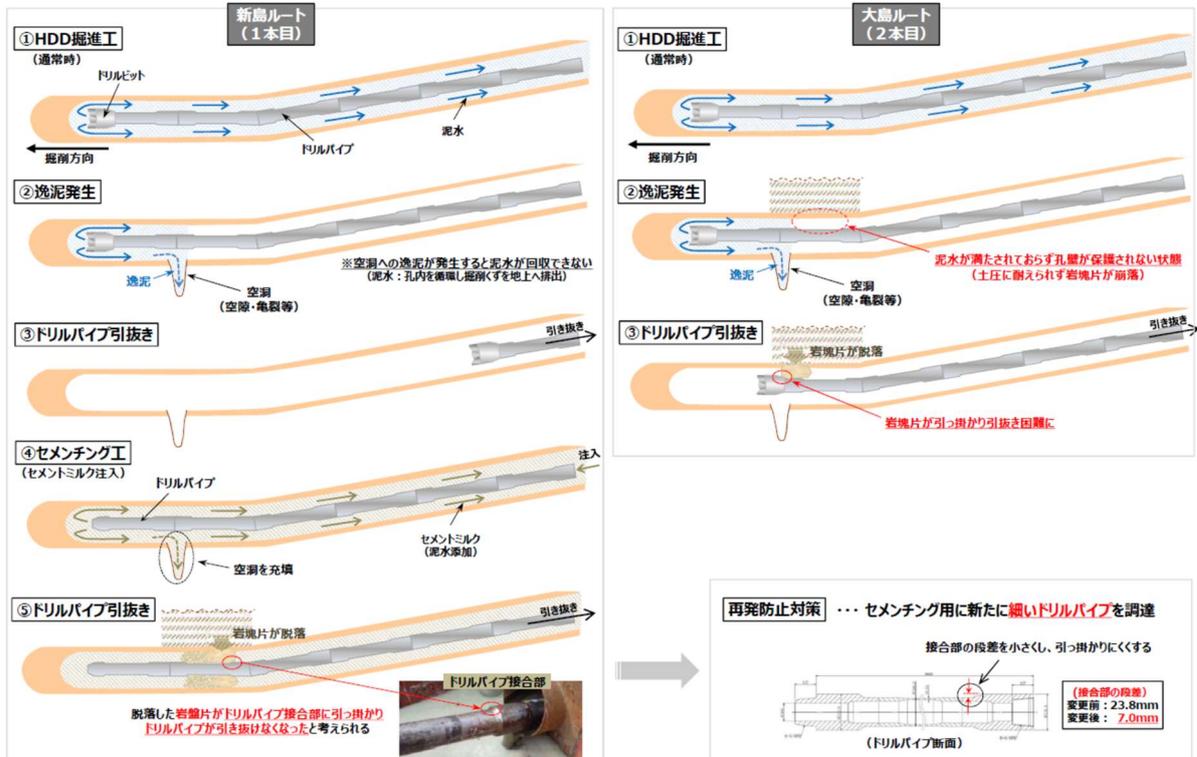
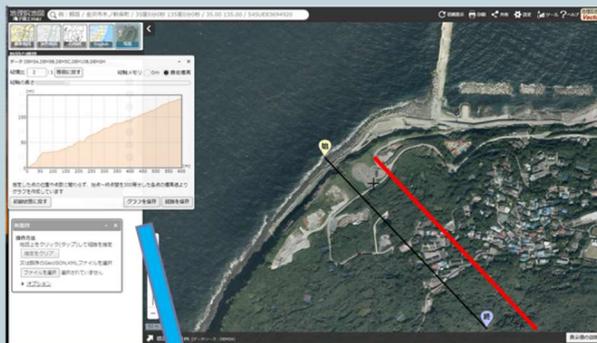


図 4.2.4 利島 HDD 工事スタック事象の検証説明図（推定）

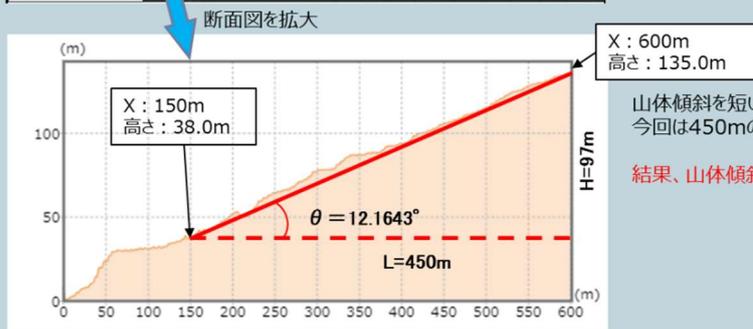
(4) 利島山体ラインの傾斜を国土地理院の地図を用いて推定

利島山体ライン傾斜の推定



今回の測量では海食崖上部の測量は実施していないため、国土地理院地図を用いて断面を切り、利島の山体傾斜を求めた。

※正確な場所は捉えられないためおおよそである。



山体傾斜を短い距離で取ると局所的な傾斜となるため、今回は450mの距離における高低差から山体傾斜を求めた。

結果、山体傾斜を12.1643°とした。

図 4.2.5 利島山体ラインの傾斜推定図

(5) ボーリング調査③からスタック箇所の地層を想定

利島山体ラインよりボーリング調査③地点の地質がスタック位置まで続いていると仮定するとスタック箇所は溶岩層と予想される。

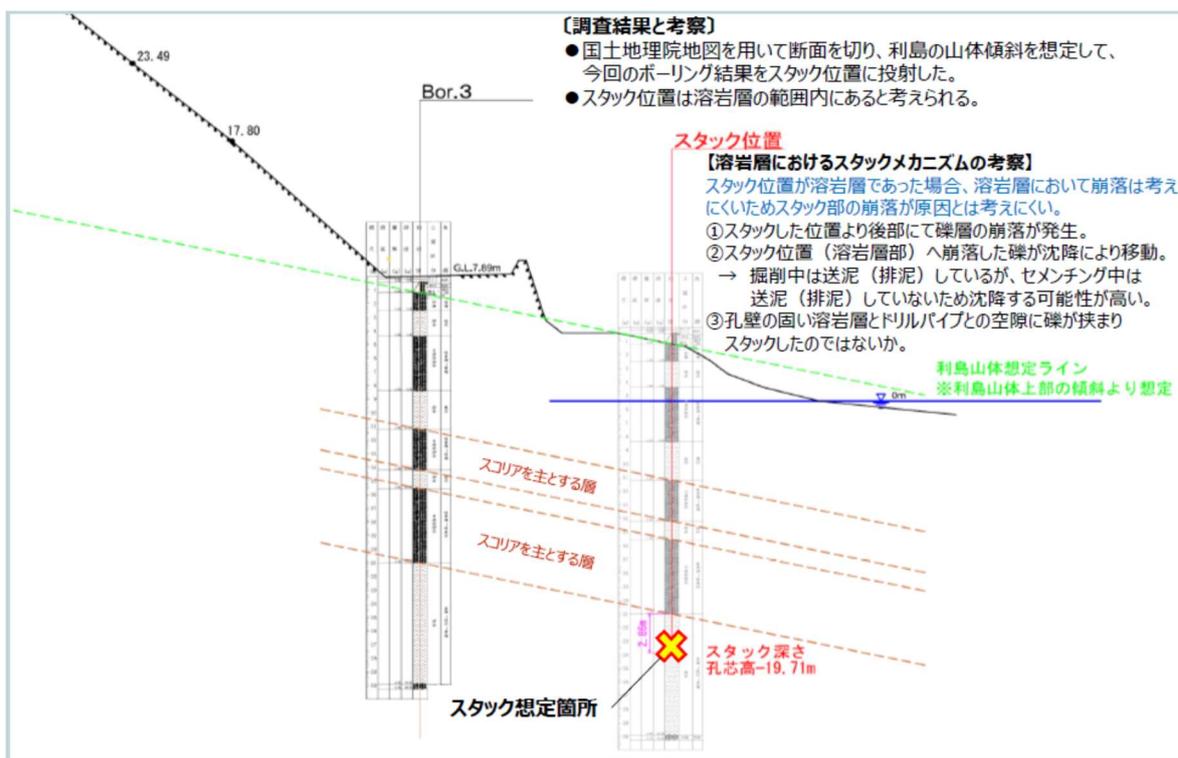


図 4.2.3 利島 HDD 工事スタック箇所の地層想定図

(6) 今回の現地調査も踏まえた前回 HDD 工事スタックの原因等についての考察は以下のとおり。

- ・ スタック位置より後部に砂礫状になった未固結で脆いスコリア層が分布しており、そのスコリア層の崩落によりスタックしたと考えられる。
 - ・ 現地調査前の段階では、蛇洞沢付近（ボーリング調査③）に沢特有の特異な地層が存在しそれがスタック原因ではと想定していたが、他のボーリング箇所（①，②）の地層構成と大きな差は見られなかった。
 - ・ ボーリング調査②付近でもスコリア層が互層として存在し、仮に HDD 工法で実施する場合には地盤改良等の補助工法や掘削距離を短くするルート選定等の対策が必要である。
- 海側の地質調査ができれば、より明らかな検証が可能となることを委員会で確認した。

4.3 短期対策の検討

4.3.1 短期対策検討案の抽出

短期対策検討案として①HDD 工法②推進工法③港湾施設利用案④港湾区域内等への埋設案の4案を選定した。この他にも各案の組合せ案、ケーブル防護強化案等についても検討することとした。各案の概要と委員からの意見については次頁表 4.3.1 のとおり。

表 4.3.1 短期対策検討案

	概略図	概要
現状		<ul style="list-style-type: none"> ・陸揚部の一部(汀部~BMH)を埋設【開削】 ・二重防護管方式 ・H30 年度工事中に被災歴あり
案 1		<ul style="list-style-type: none"> ・機械掘推進工法により陸揚部を埋設【非開削工法】 ・小笠原、青ヶ島で採用実績あり ・利島では R 元年度に工事中のスタックにより中断
<p>委員からの意見</p> <p>○ 波の影響を受けないケーブルの陸揚方法は非開削工法以外には考えられない。</p>		
案 2		<ul style="list-style-type: none"> ・水平ボーリングと海底部埋設後コンクリート防護【一部非開削】 ・外洋部での採用実績なし ・仮栈橋や特殊船が必要
案 3		<ul style="list-style-type: none"> ・港湾施設先端(水深 20m 位)から陸揚 ・港湾施設管理者との調整が必要 ・港湾施設への取付け方法を検討
<p>委員からの意見</p> <p>○ ケーブル損傷が水深 20m より浅い箇所が発生しているのなら、防波堤等の港湾施設を利用して水深 20m 付近で直接陸揚できないか。</p>		
案 4		<ul style="list-style-type: none"> ・港湾施設西側の砂地ゾーンに陸揚位置を見直し (利島) ・水深 0~5m には転石ゾーンあり ・港湾施設管理者との調整が必要
<p>委員からの意見</p> <p>○ 泊地等の港湾区域や現状より安全な区域に陸揚地を変更できないか。</p>		

4.3.2 港湾施設管理者へのヒアリング

案 3、案 4 の検討に先立ち港湾施設管理者へのヒアリングを行った。

港湾施設管理者からは、海底ケーブルは公共性の高いインフラであり占用手続きをとれば占用は可能であるが、以下 2 点の課題があることを確認した。

- ① 港湾施設の泊地に海底ケーブルを占用する場合には「港湾の施設の技術上の基準」により海底ケーブルを埋設する必要があるが、海底状況等により埋設することが難しいため、掘削の可能性について確認が必要。
- ② 利島、御蔵島とも港湾工事を施工中であり、どちらも工事に時間がかかるため、案 3 とする場合整備

時期の調整が必要。

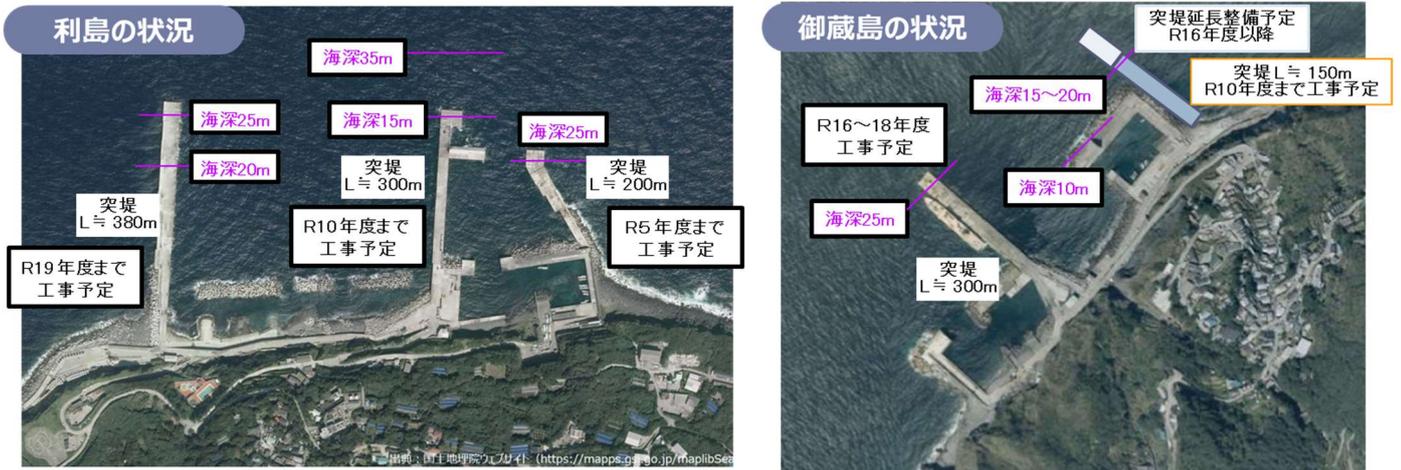


写真 4.3.1 利島港、御蔵島港の整備予定状況

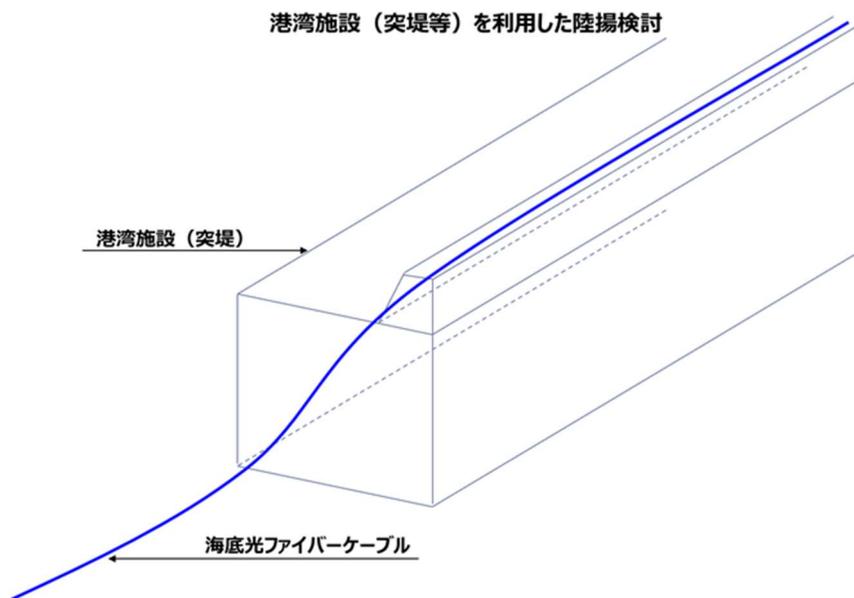


図 4.3.1 港湾施設（突堤等）を利用した陸揚イメージ図

4.3.3 短期対策案の比較検討

案1～案4の陸揚方法検討案について委員会で概要及び比較検討項目の確認を行った。

表 4.3.1 利島陸揚方法検討（案）

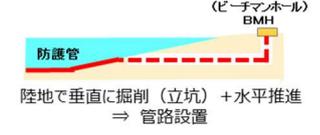
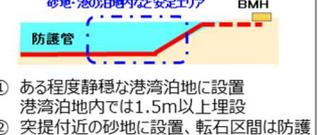
	案1 弧状推進工法(HDD工法)	案2 立坑+水平推進	案3 港湾施設利用	案4 安全な陸揚箇所の再検討(転石を回避)
ルート				
工法概要	弧状推進工法 (HDD工法)  ポーリングマシンで地中を弧状に掘削 ⇒ 管路設置 (小笠原、青ヶ島、沖縄で採用実績あり)	立坑+水平推進  陸地で垂直に掘削(立坑)+水平推進 ⇒ 管路設置	港湾施設利用  西突堤上を転がしてケーブル敷設 (突端より海底にアクセスし敷設)	防護管工法(安全な陸揚箇所)  ① ある程度静穏な港湾泊地に設置 港湾泊地内では1.5m以上埋設 ② 突堤付近の砂地に設置、転石区間は防護
工事期間	約1年(精査中)	検討中	検討中	検討中
ケーブル安全性	小笠原(父島、母島)青ヶ島の陸揚部で採用済 これまで切断故障の発生履歴無し	・水平推進掘削距離がとれない場合、水深が浅い海底でパンチアウトせざるを得ない可能性がある。この場合、ケーブル損傷を避けるため防護管が必要	・波浪により突堤取付け部で故障の恐れあり ・海面付近では直接波の力を受ける ・港湾施設そのものも過去に被災履歴あり	・浚渫、投錨によるケーブル損傷の恐れあり ・埋戻し土砂の流出により埋設したケーブルが再露出する恐れあり ・再露出箇所では切断故障の恐れあり
施工の実現性	・スコリア層で孔壁崩壊の恐れあり、詳細調査結果から地盤改良等補助工法の必要性を検討 ・パンチアウト部の海底の状況を確認	・スコリアと溶岩互層の掘削は可能 ・但し、海底推進工法等(海中到達含む)について施工の可能性を要検討	・最小曲がり半径r=90cmが必要であり、構造物への安全な取り付けが困難 ・台風等では突堤の天端を越波するが、それに耐えられる取付け方法の検討	・港湾区域内では深さ1.5m以上のケーブルの埋設が必須。港湾区域内海底部の状況を詳細に調査する必要あり ・掘削の困難性、船舶との調整、天候待ちにより工事期間長期化の恐れあり
その他	・R4年度海底地質調査及び広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議調整が必要	・R4年度海底地質調査及び広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要	・R4年度広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾施設被災時はケーブル危険度高い ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要(港湾局工事との調整)	・R4年度広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要(港湾局、港利用者との調整)
総合評価				

表 4.3.2 御蔵島陸揚方法検討（案）

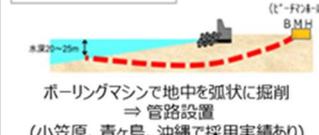
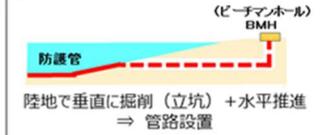
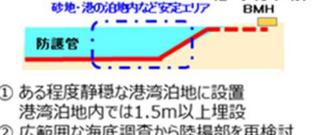
	案1 弧状推進工法(HDD工法)	案2 立坑+水平推進	案3 港湾施設利用	案4 安全な陸揚箇所の再検討(転石を回避)
ルート				
工法概要	弧状推進工法 (HDD工法)  ポーリングマシンで地中を弧状に掘削 ⇒ 管路設置 (小笠原、青ヶ島、沖縄で採用実績あり)	立坑+水平推進  陸地で垂直に掘削(立坑)+水平推進 ⇒ 管路設置	港湾施設利用  突堤上を転がしてケーブル敷設 (突端より海底にアクセスし敷設)	防護管工法(安全な陸揚箇所)  ① ある程度静穏な港湾泊地に設置 港湾泊地内では1.5m以上埋設 ② 広範囲な海底調査から陸揚部を再検討
工事期間	約1年(精査中)	検討中	検討中	検討中
ケーブル安全性	小笠原(父島、母島)青ヶ島の陸揚部で採用済 これまで切断故障の発生履歴無し	・水平推進掘削距離がとれない場合、水深が浅い海底でパンチアウトせざるを得ない可能性がある。この場合、ケーブル損傷を避けるため防護管が必要	・波浪により突堤取付け部で故障の恐れあり ・海面付近では直接波の力を受ける ・港湾施設そのものも過去に被災履歴あり	・浚渫、投錨によるケーブル損傷の恐れあり ・埋戻し土砂の流出により埋設したケーブルが再露出する恐れあり ・再露出箇所では切断故障の恐れあり
施工の実現性	・スコリア層で孔壁崩壊の恐れあり、詳細調査結果から地盤改良等補助工法の必要性を検討 ・パンチアウト部の海底の状況を確認	・スコリアと溶岩互層の掘削は可能 ・但し、海底推進工法等(海中到達含む)について施工の可能性を要検討	・最小曲がり半径r=90cmが必要であり、構造物への安全な取り付けが困難 ・台風等では突堤の天端を越波するが、それに耐えられる取付け方法の確立	・港湾区域内では深さ1.5m以上のケーブルの埋設が必須。港湾区域内海底部の状況を詳細に調査する必要あり ・掘削の困難性、船舶との調整、天候待ちにより工事期間長期化の恐れあり
その他	・R4年度海底地質調査及び広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議調整が必要	・R4年度海底地質調査及び広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要	・R4年度広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾施設被災時はケーブル危険度高い ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要(港湾局工事との調整)	・R4年度広範囲の海底状況調査を実施予定 ・港湾局、漁協等の関係機関との協議が必要(港湾局、港利用者との調整)
総合評価				

表 4.3.3 各検討案に対する委員からの主な意見

案	委員からの意見
案 1 弧状推進工法 (HDD 工法)	○ 島では地熱利用等で深くボーリングしている例があるので掘削工事の参考にできないか。
案 2 立坑+水平推進	○ 水平推進は弧状推進よりも利点があると思うが、機材の持ち込みなど下準備が大変であり、費用をかけられるかが課題と考える。
案 3 港湾施設利用	○ ケーソンに直接取付しないで取付架のようなものを使用して栈橋上に排砂管を通して例がある参考にできないか。 ○ 平成 30 年 10 月の台風 24 号で利島の西突堤のケーソンが 3 m ほど滑動している。海底ケーブルが固定されていると確実に切れる。移動量を吸収できる取付方法の検討が必要と考える。
案 4 陸揚箇所の再検討	○ 海底を開削してケーブルを埋設するには施工条件が厳しい。作業船の稼働率が悪く日数がかかる。また仮に開削できたとしても波浪により開削溝がすぐに埋まってしまうことが考えられる。
その他検討案 ケーブル防護強化	○ 転石の衝撃に耐えられる強固な保護管や、保護管の接合部の強度を上げることも検討した方がよい。保護管を設置してからケーブルを挿入することも可能だと考える。
共通課題	○ 安全な陸揚位置を検討するために港湾区域も含めて海洋調査を実施するべき、海洋ボーリング調査については、港湾施設の利用についても検討した方がよい。 ○ 「安全性」の定量的な評価ができないか。案 1 なら 100 年に 1 回ケーブル損傷事故が発生、他の案なら 10 年に 1 回など数字にできれば評価ができる。

4.3.4 HDD 工法（利島）の検討

今回の現地調査及び令和元年度 HDD 工事のスタック原因の検証から、今後仮に利島で HDD 工事を採用する場合の検討課題及び対応案について委員会で確認を行った。

(1) 安全な海底面出口(以下パンチアウト部)の選定検討

海洋調査の結果から、西突堤付近の転石のない安全なエリア、もしくは北西エリアの転石が疎らで転石サイズも比較的小さいエリアをパンチアウト部とする。

(2) 発進位置の選定検討にあたっては以下の点を検討する。

①掘削方向:HDD 掘削時の摩擦抵抗を小さくしてスタックのリスクを軽減するため直線的なルートを検討

②掘削距離:スタック原因となる崩落性のある地層(スコリア層)を通過する距離を短縮することを検討

③地盤改良:地盤改良可能なエリアを発進点とする。

以上より、ボーリング調査②付近を発進位置とすることを検討する。検討に当たって詳細現地調査を実施することとする。

(3) ドリルパイプの改良

令和元年度 HDD 工事のスタック原因のひとつがドリルパイプ外側の段差への礫等の引っかかりと考えられることから、ドリルパイプ外形部をフラット化することでスタックリスクの低減を図ることを検討

(4) 追加調査の実施 以下の追加調査の実施について検討する。

- ①パンチアウト部候補である西突堤付近及び北西エリアの海底部の状況(地質、転石の密度や大きさ等)を把握するための海底ボーリング調査または代替調査
- ②①の代替調査として海底地質を推定するための陸側ボーリング調査(山側)
- ③発進候補位置付近の地質構造を詳細把握するためのボーリング調査

(5) 地盤改良工法の検討

令和元年度 HDD 工事でも地盤改良を実施した箇所での孔壁崩壊は見られなかったことから、地盤改良工法についても追加調査を踏まえて検討する。

委員から、地盤改良については様々な手法があるのでよく検討すること、ドリルパイプの外形部をフラット化することの効果を実証的に確認することを検討した方がよいという 2 点の意見があった。

4.3.5 強靱化対策実施の有無による経済比較

利島、御蔵島陸揚部で強靱化対策を実施する場合と現状のまま防護管転がし工法の陸揚げを継続する場合とで経済比較を行う予定であったが、強靱化対策費用が確定できないことと現状のままの場合に今後の故障発生による復旧費用を推定できないため今後の検討課題とした。今後これを検討するにあたっての留意点として以下の点を確認した。

- 故障件数は徐々に減っていくと推測されるが、いつ頃までに減るかの判断にはデータが必要。現状ではデータが少ないので判断が難しいが、来年度か再来年度には評価できると考える。その頃に最初の 1～2 年を除いて平均を計算すれば被災頻度の傾向が見えると思う。
- この 10 年で最大波が目に見えて大きくなっている傾向がある。故障発生頻度の推定には外力が大きくなってきていることにも考慮が必要。
- ポリウレタン防護管を二重にしている箇所ではこれまで切断故障が発生していないことについても考慮が必要
- 強靱化対策と一言で言ってもその状態が様々である。HDD が経済比較の例となっているが、防護管強化だけでは費用がかなり小さくなる。経済比較の試算では様々なケースが考えられるので、パターンを増やして検討した方がよい。

4.3.6 関係機関等へのヒアリング

工法検討の参考とするため関係機関等へのヒアリングを実施した。ヒアリング先と質問事項については次頁の表 4.3.4 のとおり。なお、得られた回答についてはヒアリング先からの要請があり委員会限りとした。

表 4.3.4 関係機関等へのヒアリング先一覧

ヒアリング先機関名	質問事項	備考
国立研究開発法人 土木研究所	・両島の地質に適した掘削推進工法について	土木事業に関する調査研究を行っている機関
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	・地熱地帯でのボーリング技術の応用について	さまざまな産業技術開発を行っている機関
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構	・地熱発電所の掘削技術の応用について	持続可能な社会の実現に必要な技術開発を推進している機関
東京都建設局 土木技術支援・ 人材育成センター	・両島の地質に適した掘削推進工法について ・掘削推進工法以外のケーブル安全対策	土木技術支援と人材育成を行っている機関
一般社団法人 全国ボーリング技術協会	・協会保有技術の応用について	地下資源や地球内部の調査研究を行っている協会
一般社団法人 日本非開削技術協会	・協会保有技術の応用について	非開削技術の普及、発展を行っている協会
ロックマン工法協会	・両島の地質に適した掘削推進工法について	広範囲な地質に対応可能な推進工法の協会
通信事業者	・両島の環境と同様な箇所でのケーブル安全対策 ・両島の地質に適した掘削推進工事の実績	海底ケーブル保有事業者
電気事業者	・発電所の排水を海底に排出する技術の応用について	送配電事業者
超長尺コントロールボーリング技術保有者	・超長尺コントロールボーリング技術の応用について	トンネル掘削の先進導坑に用いる技術保有者

各関係機関より事務局がヒアリングを実施した。

様々な意見をいただいております。実現に向け可能性のあるものについて、今後、技術的な確認を進めることとした。

4.3.7 現地調査結果からの課題と対応案

現地調査結果から判明した各対策案ごとの課題と対応案を整理した。

表 4.3.5 現地調査結果・課題・対応（案）

工 法	現地調査結果	課 題	対応（案）	備 考
HDD工法	スコリアと溶岩の互層	スコリア層における孔壁安定	地盤改良等の補助工法 ケーシングパイプ挿入検討	R4海底地質確認
		ドリルパイプのスタック	ドリルパイプの形状変更 (フラット化)	必要に応じ試験施工で性能確認を検討
	海底に多数の転石	安定的なパンチアウト	転石が少ないパンチアウト 箇所を選定	R4海底状況調査を広範囲で実施
推進工法	スコリアと溶岩の互層	互層の安定した掘削	工事専門会社へのヒアリング	施工実績の確認
	海底に多数の転石	推進の海中到達の可否		立坑内での水中到達の実績あり
港湾施設利用(突堤利用)	突堤天端を超える波浪 (荒天時に越波)	波浪による港湾施設取付け部の損傷	波浪の影響を受けにくい ケーブル取付け方法の検討	R4海底状況調査を港湾区域内でも実施 港湾工事関係者及び港湾利用者へのヒアリング
	巨大波により港湾施設も過去に被災（数年に一度）	港湾施設損傷時にケーブル損傷の可能性あり 港湾施設の復旧に時間がかかりケーブル復旧が遅れる	港湾施設損傷の影響を受けにくいケーブル取付け方法の検討	
港湾区域内にケーブルを埋設	港湾内の詳細な海底状況が不明（転石と岩盤を想定）	ケーブル埋設の掘削が困難	港湾工事（浚渫、掘削）を参考に掘削方法を検討	R4海底状況調査を港湾区域内でも実施 港湾工事関係者及び港湾利用者へのヒアリング
	波浪により転石が移動	埋設部の埋戻し土砂が波浪により流出し、ケーブルが再露出する可能性あり	開削内に管路を設けるか 防護管防護したケーブルの埋設を検討	

今後、対応案について一つ一つ検討していく必要があることを委員会で確認した。

4.4 中長期対策の検討

4.4.1 御蔵島沖冗長化

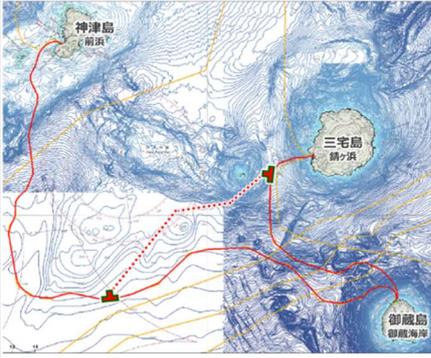
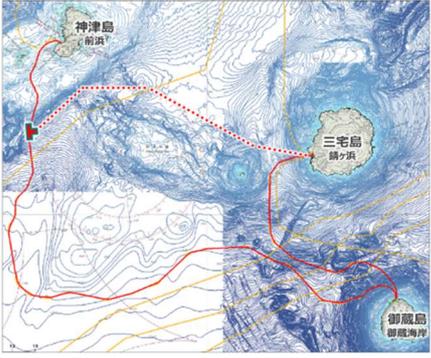
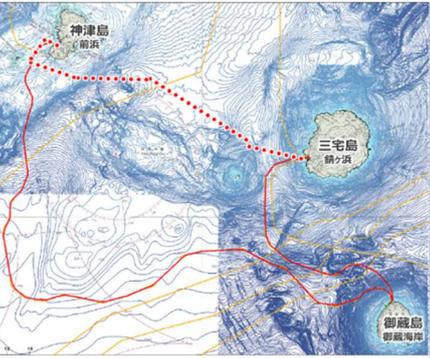
陸揚部が脆弱な利島、御蔵島でケーブル切断事故が発生した場合、その復旧完了までに他の箇所でもケーブル切断事故が発生すると利島、御蔵島だけでなく神津島や新島等でも通信障害が起こる恐れがある。多重被害を避けるためには利島沖、御蔵沖での冗長化が有効である。なお、利島沖での冗長化は令和2年度に完了しており、御蔵島沖冗長化について次頁の表 4.4.1 のとおり検討を行った。

本委員会では、施工時の安全性と損失値の余裕を考慮すると案 3（三宅～神津島新ルート敷設案）の整備が望ましいことを確認した。一方で、三宅島陸揚部に新たなケーブル陸揚の余地がないため三宅島陸揚部の追加調査が必要になることから、計画の深度化に向けては更なる検討が必要であることを確認した。

4.4.2 火山対策

伊豆諸島の6火山（伊豆大島、新島、神津島、三宅島、八丈島及び青ヶ島）ごとに、東京都、関係町村、国、火山専門家などにより構成する火山防災協議会が設置されており、令和2年10月に6火山ごとに避難計画が策定された。この避難計画には想定される火山活動、火山ハザードマップ及び噴火警戒レベル等が示されており、火山噴火による海底ケーブル陸揚部及び陸上ケーブルへの影響について確認を行った。

表 4.4.1 御蔵島沖冗長化検討（案）

	案1 BU接続	案2 片側BU接続	案3 三宅～神津新ルート敷設
ルート			
工法概要	対神津ルート、対三宅ルートへ ブランチユニット（BU）接続によるバイパスを構築	対神津ルートへブランチユニット（BU）接続し 対向を三宅島に陸揚げする	神津島～三宅島にルートを新設する
事業費 (税込)	約15.4億 ○	約17.8億 △	約15.9億 ○
工期	約1年半 物品調達期間含む △	約1年半 物品調達期間含む △	約1年 物品調達期間含む ○
施工 安全性	現用ケーブル（2本）に対する工事が発生するため 片ルート運用期間あり △	現用ケーブル（1本）に対する工事が発生するため 片ルート運用期間あり △	現用ケーブルの工事実施無し ○
通信品質	・ルート長等により損失値が規定値を超えるため 通信品質を担保できない ×	・バイパスルートの損失値は規定値内だが、故障時の ケーブル割入れを考慮するとマージンが少ない ・既存ルート（対神津）が復旧工事にてケーブル 割入れ実施のため、損失値のマージンが少ない △	損失値は規定値内であり余裕がある ○
陸揚げ	○	・三宅島において新たな陸揚げ箇所の検討が必要 △	・三宅島において新たな陸揚げ箇所の検討が必要 ・神津島において陸上管路の再工事が必要 △
総合評価	×	△	△

※損失値：ケーブル距離及びブランチユニット接続数が増加すると損失値は大きくなる

第五章 今後の整備・維持管理方針の基本的考え方

5.1 対策検討の進め方

5.1.1 短期対策

この 10 月に御蔵島で台風によるケーブル切断故障が発生したこともあり、利島、御蔵島陸揚部の安定化対策が喫緊の課題であることを委員会で確認した。一方、今回行った調査検討では短期対策の結論に至らず、今後、更なる詳細現地調査を実施した上で対策案について比較検討し結論を出すことを提案する。

5.1.2 中長期対策

(1) 御蔵島沖冗長化の検討

御蔵島沖冗長化案のうち案 3 を推奨案とする。実施時期は、短期対策完了後とし短期対策の検証も踏まえて、しかるべき時期に別途検討の場を設けて三宅島の追加陸揚位置等の検討を行うことを提案する。

(2) 火山対応への検討

各島の火山防災協議会の状況を確認し、必要に応じて、別途検討の場を設け海底ケーブル陸揚部及び陸上ケーブル配置位置等の検討を行うことを提案する。

5.1.3 新たな検討の場

来年度実施予定の現地詳細調査や対策方法の詳細な検討にあたっては、特殊な地盤条件や島独特の海洋条件、専門性の高い特殊技術など、現地対策に特化した専門的な知識や経験が求められる。

このことから、本委員会終了後の適切な時期に専門性の高い委員を招聘し、英知を集結した新たな検討の場を設けて、詳細調査や対策方法の検討を進めていくことを提案する。

5.2 現地詳細調査

5.2.1 現地詳細調査内容

今回実施した現地調査や地質調査試料確認及び対策方法の検討についての意見を元に、今後必要な現地詳細調査（案）を以下のとおり提案する。また、現地詳細調査の実施時期については気象、海気象が共に安定する来年春以降が望ましい。

(1) 海洋調査

- ・ 利島、御蔵島の陸揚部及び陸揚候補地で海洋調査を行う。
- ・ 調査内容は、今回調査と同じくドローンによる空撮調査と調査船に艀装したマルチビーム測深器及びサイドスキャンソナーにより水深や底質状況等の調査とする。
- ・ 調査範囲は、今回調査範囲に加えて港湾区域を含めて実施し、港湾施設を利用した陸揚等についても幅広く検討できるようにしておく。
- ・ 今回調査と重複する範囲については転石の分布状況等今回調査からの変化についても確認をする。
- ・ 海底のボーリング調査が望ましいが、海気象が厳しいことに加えて、今回調査の結果海底に巨大な転石が多数存在し、海上足場での実施は極めて困難なことから、堤防等の港湾施設に張出足場を設置し、海底のボーリング調査を行うことを検討し、港湾管理者と調整する。

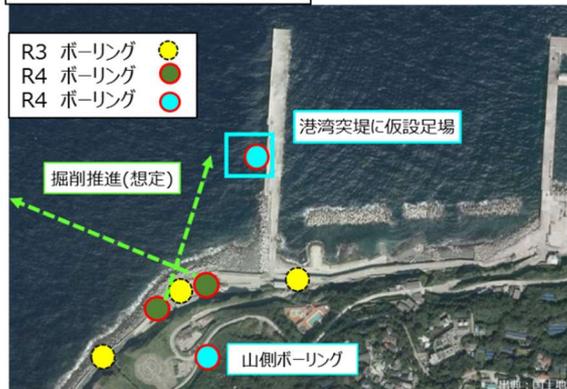
(2) 陸域調査

- ・ 海底のボーリング調査が限定的になるため、陸域でのボーリング調査を追加し海洋調査を補完することを検討する。
- ・ 今回ボーリング箇所より島中心側で L=50m 程度のボーリング調査を実施し、その結果と今回調査結果を連続させて海底の地質状況を推定する。
- ・ 面的なつながりを確認するために必要な電気探査を実施し、ボーリング調査を補完する。

表 5.2.1 利島現地詳細調査（案）

種別	調査内容
地質調査	[海底地質] ○ 港湾施設に仮設足場を設置し、海底ボーリング実施可否を検討（要港湾局協議） [陸域地質] ○ 山側でボーリングを実施、R3年度成果と連続し海底の地質を推定 ○ 掘削推進の可能性を検討するため発進の候補地点を調査
海洋調査	○ R3年度調査範囲（既設ケーブル陸揚部周辺）を継続して調査し海底状況の変化を確認 ○ 港湾区域も含め港周辺に調査範囲を広げて港湾施設の利用を調査

地質詳細調査 [利島]



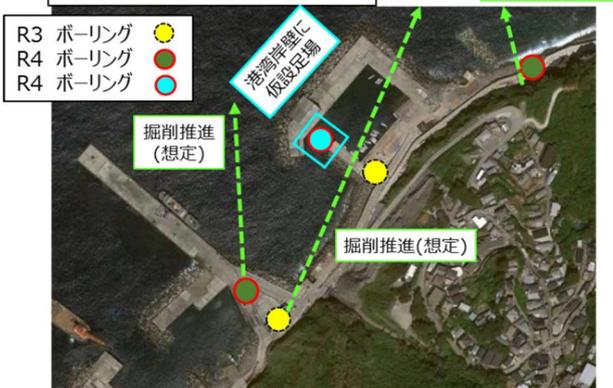
海洋詳細調査 [利島]



表 5.2.2 御蔵島現地詳細調査（案）

種別	調査内容
地質調査	[海底地質] ○ 港湾施設に仮設足場を設置し、海底ボーリング実施を検討（要港湾局協議） [陸域地質] ○ 掘削推進の可能性を検討するため発進の候補地点を調査
海洋調査	○ R3年度調査範囲（既設ケーブル陸揚部周辺）を継続して調査し海底状況の変化を確認 ○ 港湾区域も含め港周辺に調査範囲を広げて港湾施設の利用を調査

地質詳細調査 [御蔵島]



海洋詳細調査 [御蔵島]



5.3 今後の整備・維持管理方針の基本的考え方

5.3.1 委員会からの【提言】

- 高速ブロードバンドを支える通信基盤は重要なインフラ。通信安定性の向上を図り基盤施設を維持管理することが、今後、益々重要
- 通信環境の安定性向上に向けた対策は、優先順位を定めて実施していくことが肝要
- 過去の障害事例を踏まえ、短期対策として、利島・御蔵島の陸揚対策を優先的に進めるべき
- 両島で地質・海底等の現地調査を実施したが、陸揚対策の確定には更なる調査検討が必要
- 調査検討にあたって、可能性がある港湾施設利用や港湾区域への埋設も対象に加えることが重要
- 地質調査においては、海底のボーリングが困難なため陸側の調査箇所を充実させ、海底地質の推定精度の向上を図ること
- 対策の検討においては、本委員会で検討した複数案を中心に、深度化が必要
- なお、今後の調査検討は、現地対策に特化した専門知識や経験が必要。専門性の高い委員を招聘し新たな検討の場を設けることを提案

5.3.2 各委員からの意見

委員会のまとめにあたり各委員から出された意見を次頁の表 5.3.1 に整理した。

表 5.3.1 委員からの意見

意見主題	意見
提言について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提言要旨には、ブロードバンドの重要性、検討等について具体的に記載されている。 ・ 海底からケーブルを陸揚げすることの困難さに直面してきたが、今後、色々な箇所で活用できるケースだと思うので、都だけに限らない共通の財産として生かせるようにしてほしい。
今後の進め方について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本委員会の現地調査で判明した課題を一つ一つ解決していく必要がある。 ・ 最初に各案の実現可能性の確認を詳細に詰めた上で、費用や工期を算定して総合的に判断を進める方法が良い。 ・ リスク評価、コスト比較も行った上で対策案検討の深度化が正に重要。 ・ 次年度に行う現地詳細調査の成果が工法選択にダイレクトに繋がるように調査結果を分かり易く出すことが大事。 <p>・ 提言としてまとめていただいた事柄について、今後しっかり行政として取り組み、島しょ地域の安定したブロードバンド、また 5 G 展開についても実施が控えていることを踏まえて今後の検討をスピードアップしていきたい。</p>
短期対策検討案について	
案 1 弧状推進工法 (HDD 工法)について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地面を掘るという行為自体が基本的に難しく、不確定要素が多い。 ・ 事前の調査にしっかり費用をかけなければならないが、費用をかけたとしても、先行ボーリングを行わない限りは本当の地質の状態は分からない。 ・ とれる対応がそれほどない状況で成功させるには実績が一番重要。経験値の高い施工者に依頼するべきと考える。 ・ ぎりぎりの予算でやっても上手くはいかない。十分な予算をあてて上手くいかないことも考えたうえでやるしかない。
案 3 港湾施設利用 案 4 陸揚地再検討 について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 港湾区域で計画されている港湾施設工事（突堤等整備工事、泊地の浚渫等）を考慮した対策の検討が必要と考える。 ・ 港湾管理者と情報共有し、港湾施設の改修にあわせたケーブル対策ができれば良いと考える。
無線によるブロードバンドサービスについて	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後何年かすれば、ケーブルを敷設しなくても無線で代替できる可能性は高いと考えている。

インターネット環境改善事業検証委員会 設置要綱

「名称」

第1条

この検討会の名称は、「インターネット環境改善事業検証委員会」（以下「委員会」という）とする。

「目的」

第2条

委員会は東京都が「島しょ5村6島情報通信基盤整備事業」により整備した区間において、以下の項目について検討することを目的とする。

- ・海底光ファイバーケーブルの整備ルートについて
- ・各島の陸揚げ部に関する整備手法について
- ・過去の光ファイバーケーブル故障に伴う通信障害の原因・検証について
- ・今後の整備・維持管理方針の策定について

「構成」

第3条

委員会は、別表に掲げる委員により構成する。

「組織」

第4条

- 1 委員会に委員長と副委員長を置くものとする。
- 2 委員長と副委員長は委員の互選により定める。
- 3 委員長は、委員会を代表し、会務を総括する。
- 4 副委員長は、委員長を補佐し、委員長に事故があるときは、その職を代理する。

「会議」

第5条

- 1 会議は、委員長が招集する。委員長は、必要があると認めるときは、委員以外の者に会議への出席を求め、意見を聴取することができる。
- 2 会議は非公開とする。

「守秘義務」

第6条

委員は職務上知りえた秘密をその他に漏らしてはならない。また、その職を退いた後も同様とする。

「事務局」

第7条

検討会に事務局を置く。事務局は、東京都デジタルサービス局デジタルサービス推進部ネットワーク推進課とし、検討会の事務を処理するものとする。

「その他」

第8条

この要綱に定めるもののほか、委員会運営に必要な事項、その他必要な事項は、委員会で定める。

附則

この要綱は、令和3年6月1日より施行する。

インターネット環境改善事業検証委員会

委員一覧

学識委員	宇平 幸一	東京都防災専門員
学識委員	川村 洋平	北海道大学大学院 教授
学識委員	北尾 和則	日本埋立浚渫協会 技術委員会委員
学識委員	鈴木 毅彦	東京都立大学大学院 教授
学識委員	田島 芳満	東京大学大学院 教授
学識委員	林 正博	東京都市大学 准教授
行政委員	澤井 正明	東京都デジタルサービス局 ネットワーク整備担当部長
オブザーバー (行政側)	島野 知幸	東京都大島支庁土木課長
オブザーバー (行政側)	橋本 憲太郎	東京都大島支庁港湾課長
オブザーバー (行政側)	渡利 篤史	東京都三宅支庁土木港湾課長
オブザーバー (行政側)	坂本 浩介	東京都八丈支庁土木課長
オブザーバー (行政側)	田中 茂雄	東京都八丈支庁港湾課長
オブザーバー (通信事業者側)	岩木 雄	NTT東日本 ビジネスイノベーション本部 テクニカルソリューション部 担当課長
オブザーバー (通信事業者側)	山来 誠治	NTT東日本 ビジネスイノベーション本部 第三バリュークリエイイト部 担当課長
オブザーバー (通信事業者側)	鹿野 純孝	NTT東日本 東京事業部 設備部 設備企画部門 設備企画担当課長