

丸瀬川周辺の地形変化が著しい地域における 砂防堰堤工計画に伴う地質リスク調査の事例

明治コンサルタント株式会社 ○ 林 郁真, 溝上 雅宏
網走建設管理部遠軽出張所 仁禮 恵昭, 津幡 俊法

1. はじめに

丸瀬川に計画されている砂防堰堤工は右岸側袖部が通常の砂防堰堤工より長く計画されており、その袖部には平坦面が広がっている。丸瀬川の周辺地形は階段状の段丘面を形成しており、砂防堰堤工上下流は河川が蛇行を繰り返している。現地踏査により砂防堰堤工に対する地耐力不足や切土による崩壊などが考えられ、それらの地質リスクを予測するには地形の成り立ちを解明することが不可欠であると考えた。そこで、本報告では丸瀬川周辺の地形変化が著しい地域における砂防堰堤工計画に伴う地質リスク調査の事例について紹介する。

2. 調査地の地形・地質

(1) 地形

調査地の地形は標高250m程度の段丘地形を形成しており、河川上流では地すべりや土石流とみられる崩壊跡も確認された。

(2) 地質

調査地域の北海道紋別郡遠軽町丸瀬布周辺には白亜紀日高累層群の金山コンプレックスと呼ばれる砂岩及び砂泥混在岩(凝灰岩の薄層を介在する)が分布している。風化や破砕が著しいため、地質構造の連続性が不明瞭である。調査地北東部には前田の沢川断層や金八峠断層等も分布し、その断層とほぼ同じ方向に丸瀬川が形成されている。

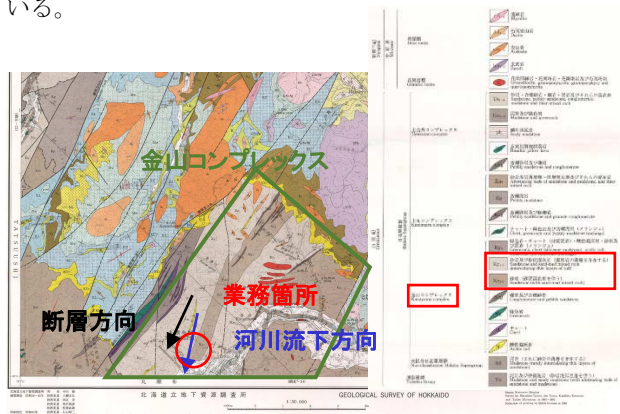


図-1 調査地周辺の地質図 ①

3. 調査結果

(1) 現地踏査結果

ボーリング調査前の現地踏査及び地形判読により、砂防堰堤工の計画位置では、丸瀬川右岸側に河床より約10m程度高い平坦面が形成されており、その平坦面の下流

側には湿地帯も確認された。また、砂防堰堤工の下流左岸側には河川に向かって尾根状の地形が確認された。この尾根状の地形が岩盤か土砂かを確認するため、支持層確認のボーリング調査に加え、下流側河床部から尾根部にかけて簡易貫入試験による補足調査を実施する方針とした。

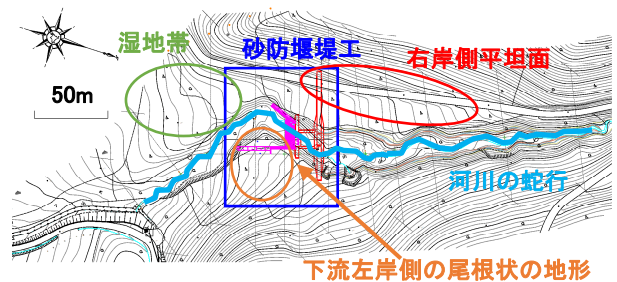


図-2 調査位置平面図

(2) ボーリング調査結果

ボーリング調査より地表から、表土(F1層)、崖錐堆積物(T1層)、崖錐堆積物内に一部確認された火山灰堆積物(Vs層)、調査地の基盤岩(金山コンプレックス)で構成され、基盤岩は風化度合いにより強風化破碎泥岩砂岩互層(wKy)、破碎泥岩砂岩互層(Ky)に区分した。

通常、河川堆積物は円礫の入った砂礫等が主体であるが、今回のボーリングでは、角礫～亜角礫が混入する砂やシルト混じりの砂礫(T1層)が確認された。これは兩岸の山から崩れ落ちた土砂が堆積したものと考えられた。また、崖錐堆積物(T1層)内にはスポット的に火山灰堆積物(Vs層)が挟在していた。この火山灰堆積物は元々様に分布していたと思われるが、斜面の崩壊や河川浸食により地層の連続性がなくなったと考えられる。なお、砂防堰堤工の支持層としては破碎泥岩砂岩互層が適していると判断した。

表-1 地質層序表

記号	地層名	土質区分	N値 (Min~Max Average)	記事
F1	表土	腐植土	4 (サンプル1試料)	植物根を含む有機質土。 亜円礫～亜角礫の泥岩礫を含む。
T1	崖錐堆積物	礫混じり砂 シルト混じり砂礫	最小値2～最大値43 Ave14	泥岩角礫を主とし砂礫、凝灰岩礫を含む。泥岩礫は褐色～茶色に着色。礫間には細礫や砂を混在するシルト～粘性土からなる。火山灰質シルト、低含水でやや粘性あり。硬い粘性土。茶色の炭化物を含む。
Vs	火山灰堆積物	火山灰質シルト		泥岩角礫を主とし砂礫、凝灰岩礫を含む。
wKy	強風化強破碎泥岩砂岩互層	軟岩(礫状)	最小値18～最大値50 Ave32	礫状で角礫状コア主体。礫間は褐色～茶色に着色している。岩片はハンマーの打撃で割れる程度。礫間には砂状から一部粘土化が進行。泥岩角礫コア主体で砂岩を挟む。岩片はハンマーの打撃で割れる程度。一部粘土化が進行している。
Ky	破碎泥岩砂岩互層	軟岩	最小値31～最大値50 Ave48	

支持層

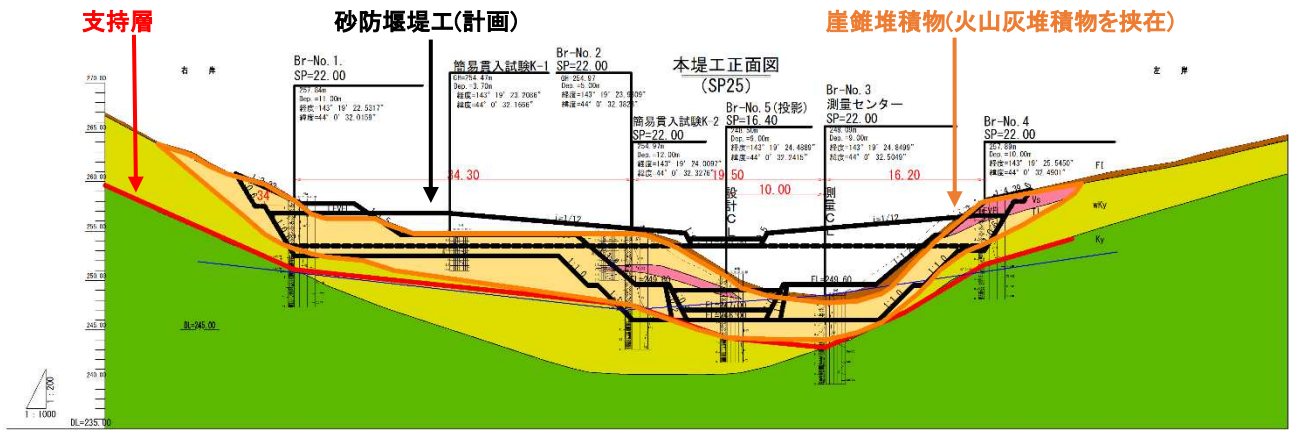


図-3 本堤工 地質横断面図

(3) 標準貫入試験及び簡易貫入試験結果

標準貫入試験の結果より、表土(F1層)、崖錐堆積物(T1層)、火山灰堆積物(Vs層)ではN値2~40程度と低く、強風化破碎泥岩砂岩互層(wKy)はN値20~40と中程度、破碎泥岩砂岩互層(Ky)はN値50以上であった。

また、簡易貫入試験で得たNd値をN値に換算した結果を表-2に示す。換算N値と標準貫入試験で得たN値(表-1)の相関より、下流左岸側の尾根地形には地すべりや土石流等により崖錐堆積物(T1層)が厚く堆積していると判断した。

表-2 簡易貫入試験結果(換算N値)と標準貫入試験の結果の比較

換算N値		K-1	K-2	K-5	K-7	K-8	K-9	K-10
表土(F1層)		6	3	5	6	6	3	6
崖錐堆積物(T1層)		17	15	25	19	19	15	19

地層	記号	地点	N値(上部40cm平均)	最小	最大	平均	層厚	備考
表土	F1	Br-No. 1	4	4	4	4	4	試験1回
		Br-No. 2	11	11	14	9	10	
		Br-No. 3	4	7	16	10	12	19
		Br-No. 4	13	13				
		Br-No. 5	12	20	17	38	43	
		Br-No. 6	2	4	25			
		Br-No. 7	11	16	12	14	19	20
崖錐堆積物	T1	Br-No. 1	21	18				
		Br-No. 2	31	48	42	33	31	
		Br-No. 3	25					
		Br-No. 4	19	25				
		Br-No. 5	35	37	42			
		Br-No. 6	36	23	35	38	39	35
		Br-No. 7	28	24	33	41	35	35
火山灰堆積物	Vs	Br-No. 1	115	150	68	167		
		Br-No. 2	75	52	31	107		
		Br-No. 3	159	107	125	94		
		Br-No. 4						
		Br-No. 5						
		Br-No. 6						
		Br-No. 7						
強風化強破碎泥岩砂岩互層	wKy	Br-No. 1	115	150	68	167		
		Br-No. 2	75	52	31	107		
		Br-No. 3	159	107	125	94		
		Br-No. 4						
		Br-No. 5						
		Br-No. 6						
		Br-No. 7						
破碎泥岩砂岩互層	Ky	Br-No. 1	115	150	68	167		
		Br-No. 2	75	52	31	107		
		Br-No. 3	159	107	125	94		
		Br-No. 4						
		Br-No. 5						
		Br-No. 6						
		Br-No. 7						

(4) 土質試験

標準貫入試験の試料を用いて崖錐堆積物(T1層)の粒度試験を実施した。土の粒度試験よりT1層の粒度組成を粒径加積曲線に表した(図-4)。崖錐堆積物(T1層)は全体的に傾きが緩やかで、粘土・シルト・砂・礫等で万遍なく構成されている。ボーリング・簡易貫入試験と同様、調査地右岸側の平坦地や、下流側の尾根地形は崖錐堆積物等の土砂が厚く堆積したことによって形成された地形であることが窺える。

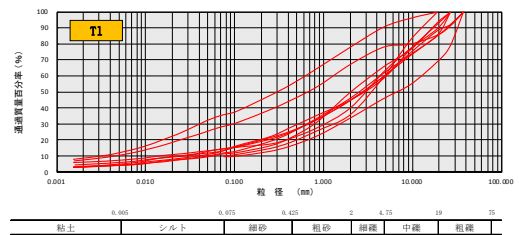


図-4 粒径加積曲線図

4 考察

調査結果をもとに当調査地における地形の形成過程を図-5のように推察した。

調査地の下流の沢が蛇行したことで堆積土砂が点在し、下流部には土砂が厚く堆積した平坦地、旧河道からの湧水による湿地帯などが形成された。

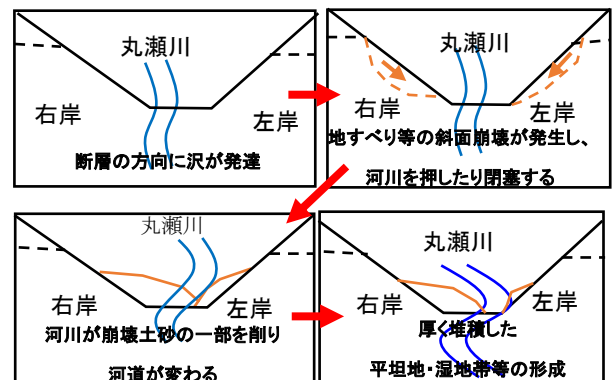


図-5 丸瀬川の地形形成イメージ図

これらの地形の成り立ちより当調査地に計画される砂防堰堤工では右岸側袖部の平坦地に崖錐堆積物が厚く分布するため、支持力不足が発生する可能性が高いことを指摘した。詳細調査を実施して袖部の形状を再検討することを提案した。また、下流側の尾根状の地形は岩盤ではなく崖錐堆積物の押し出しだったため、下流護岸工の切土に伴う崩壊の発生が懸念されることを指摘し、施工上の留意点とすることも提案した。

《引用・参考文献》

- 1) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所, 地質調査総合センター「地質ナビ」
- 2) 北海道立地下資源調査所 丸瀬布北部

離島の海上ボーリングで苦労した事例

株式会社アーステクノ ○西園 裕樹 金原 直樹

1. はじめに

本業務は、鹿児島県の種子島における港湾施設設計を目的とした海上ボーリングであった。本稿では、一般的な状況下の調査では経験し得ない特殊な困難に直面した事例について紹介する。

(1) 現場を知る

種子島は鹿児島県本土の約33kmの南東洋上に位置し、面積は447km²を有し人口は約2万8千人を有する。形状は、北北東から南南西に細長く伸びた中くびれの紡錘形をした島であり、最高標高は282.3mで比較的低平な島となっている。日本で唯一の実用衛星打ち上げ基地「種子島宇宙センター」がある。主要な産業は、農業が中心であり次いで漁業で、海幸も豊富である。(図-1)



図-1 種子島の位置図¹⁾

(2) 地政学的な課題

馬毛島は、種子島の西方12kmの東シナ海上に位置している島である。近年、米軍施設等移転が計画されている。そのため、種子島には島外から多くの業者が入島している。また、ロケット関係者も毎年入島し数多くの業者が島内で作業を行っている。以上から、島内の建設業者の重機（クレーン車等）も常に稼働している状態であり確保が困難であった。

(3) 住民感情

米軍施設等移転に関しては、島民それぞれの思いがありとても繊細な話題である。更に、新型コロナウイルスについても島外から持ち込まれることを心配されている状況であった。そのため、島内での作業については通常の業務時よりも慎重な説明、対応が望まれた。

2. 現場に入るまで大変

(1) 現場に入るための手続き関係

海上ボーリングを実施するには、官公庁への許可申請が必要となる(表-1)。申請書類の送付資料として漁協組合からの作業同意書を必要とした。湾内の海上ボーリングでは、漁業組合の船舶の航路やトコブシ（アワビと同じ巻貝の一種）の漁場への影響が懸念された。航路に関しては、スパット台船の移動時は漁の前後は避ける。

トコブシの漁場は、ボーリング孔径を伝え掘削面積、復旧方法を説明し作業について了解を得た。

表-1 申請書類一覧

提出先	提出書類
海上保安署	海上作業許可申請書
都道府県	水域(公共空地)占用許可申請書
	岩礁破碎等許可申請書
	野積場専用使用許可申請書

(2) 作業前の周知徹底

港湾内では漁業組合以外にも、海運業者・港利用者が多く多方面への周知を要する。島外からの業者には、警戒心がある様に感じられたため慎重に作業の説明を行い周知・確認を行った。新型コロナウイルスについても聞かれ、当社独自のガイドラインを設け、感染対策を行っていることを説明した。

(3) スパット台船の組立地がない

過去にも近隣の類似業務が行われた経緯があり、この時と同じ岸壁で組み立てを行うことを想定していた。(写真-1)しかし、岸壁の利用目的について見直され、工作物の作業場としての利用は禁止となっていた。そのため、隣接する野積場を作業場として借用したが、野積場から海までの離隔が大きく、島内唯一の100tクレーン車を手配しなければ海へ進水できない状況となった。(写真-2)



写真-1 スパット台船組立予定地



写真-2 台船吊り上げ写真

(4) 避難場所の確保

業務工期が夏だったため、台風についても対策が必要であった。通常では、スパット台船を陸に揚げ養生する機会が多いがクレーン車の手配がうまくいかない場合を想定した避難場所を確保する必要があった。そこで漁師等関係者に相談し、うねりが少なく湾内で波も比較的穏やかな場所でスパット台船を立ち上げ固定する方法を採用した。港湾管理者、漁場管理者に許可をもらい台風などの自然災害時の避難箇所を決めた。(図-2)避難開始判断基準は台風の予想進路に入った場合とし、速やかに避難を行い養生し台風が過ぎ去るまで待機することとした。



図-2 スパット台船避難地図¹⁾

(5) 貨物船が運休

台風が発生したため、貨物船が複数回運休してしまった。天候が回復するまでには数日かかる事もあり、順番通りでしか荷物を運べない。

(6) 宿泊施設の不足

島外業者が多く入島しており、宿泊施設の確保も困難であった。ロケット関係者を優先して宿泊させている施設が多く、ビジネスホテルはすべて満室の状態であった。民泊や公民館も検討したが、新型コロナウイルスのリスクを考え値段が上がるが観光客向けの旅館を手配した。

3. 現場管理も大変

(1) 現場管理における注意点

7月から現場作業が開始された。現場管理担当の技術者が陸地に待機。現場作業員は、台船に4名配置し作業を行った。現場管理は、以下の事項に注意を払いながら作業を進めていった。

- ・スタッフの体調管理：コロナ禍のため感染リスクの軽減並びに、熱中症への対策。
- ・潮位、気象情報の確認：機長と朝礼時に作業内容の確認と併せて、作業中止基準を確認した。
- ・スパット台船の管理：作業開始前に、台船が傾いていないかの確認。作業中、作業後の台船の高さを潮位に合わせて変更を行った。

(2) 天候不良による作業の遅れ

ボーリング作業は、天候に左右される。海上になるとさらに作業の条件は厳しくなる。悪天候では、スパット台船の移動が出来ない。スパット台船の据付け作業は、移動時間や、据付け固定、足場確認と一日作業になる。朝の天候次第で早期に判断することが必要になる。雷雲の発生や高波の状況などで作業が思う様に進まないことも多い。

(3) 台風接近のため避難作業

避難場所は、3箇所選定した。台風の進路により、風や波の方向が変わるため一番安全な避難場所に移動を開始した。波が荒くなり、スパット台船をタグボートで曳航した(写真-3)。避難場所では、十分にスパット台船を立ち上げ、ワイヤーで護岸に固定した(写真-4)。脚の部分に印を残し台風の影響で機材やスパット台船が傾いたり

していないかが確認できる状態で養生を行った。



写真-3 曳航状況



写真-4 台船固定状況

(4) 台風通過後

通過後は、スパット台船の点検を行った。台風が直撃したわけではないが、18tあるスパット台船を4本の脚で立ち上げた状態で強風にさらされていた(写真-5)。台船本体や、脚に至みがないか、油圧シリンダーの確認など1日点検を行った。安全に作業を進めるために、点検後に作業を再開した(写真-6)。



写真-5 台風通過後



写真-6 点検状況

4. 調査を終えて

(1) 調査は自然相手

私たちは常日頃、自然を相手に現場で作業を行っている。思う様に作業が進まないことを何度も経験してきたが、離島での海上ボーリングとなると改めてこれを痛感した。現場を終えるまでに、気象には恵まれず台風が3回接近。天候悪化のため、作業待機など予定よりも作業が延長した。

(2) コスト面

今回の調査では機材の輸送に大きな費用がかかった。また作業の安全性・確実性を考慮し、人員を通常より多く配置した。さらに離島におけるレンタル機器や宿泊費は、比較的高い料金設定の傾向にあり、悪天候による作業期間の延長に比例したこれらのコスト増加も、利益を圧迫する結果となった。

5. 謝辞

本業務の実施にあたり、九州地方整備局鹿児島港湾・空港整備事務所保全課の方々、種子島の地元の方々には、多大なご支援・ご助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

《引用・参考文献》

- 1) 地理院地図（電子国土 Web）を加工して作成
<https://maps.gsi.go.jp/>（確認日：2022.9.13）
- 2) 地理院地図（電子国土 Web）を加工して作成
<https://maps.gsi.go.jp/>（確認日：2022.9.13）

海外における調査ボーリング事例

(株)日興建設コンサルタント ○松田 将、砂川 尚之

1. はじめに

日本政府によるトンガ王国向け ODA 事業(政府開発援助)の無償資金協力案件「風力発電システム整備計画」における地盤調査事例を報告する。

(1) トンガ王国について

トンガ王国は、日本から南8,000km ニュージーランドの北2,000km の位置にあり、経済水域を日付変更線が縦断している。4つの群島、172の島(うち有人島45島)からなり、南北1000km、東西500km に広がる島嶼国であり、東側には大陸プレート境界となるトンガ海溝が南北にわたって存在する。¹⁾気候は熱帯雨林気候に属し、サイクロンによる被害が多い地域である。

(2) トンガタブ島の地形・地質

調査地のあるトンガタブ島は、地盤の大部分が隆起した石灰岩から構成される。島の海岸線は切り立った崖地が形成され、海岸線の崖地から内陸に向かって広く平坦面となり、起伏はほとんどない。²⁾標高が最も高いところで40m あり、調査地一帯は標高12.0m 程度である。

地質は、最下位に鮮新世以降の石灰岩、これを覆う珊瑚起源の石灰岩および石灰藻を起源とする石灰岩からなる。これらを火山灰起源の赤褐色土が覆っている。³⁾

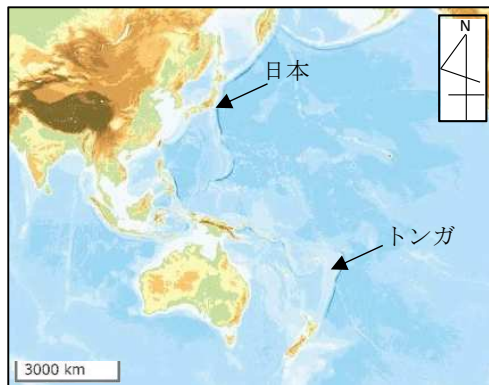


図-1 案内図(地理院地図)⁴⁾

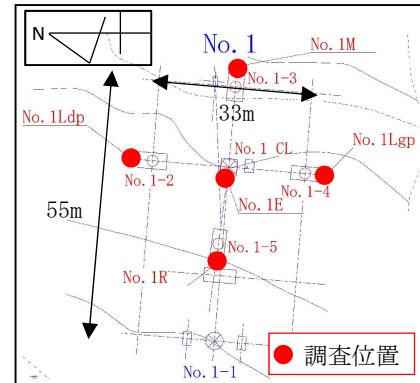


図-2 調査位置図(風車 1 基あたり)

(2) 事前準備

搬入・仮設計画は、インターネットの情報や、現地スタッフ提供の状況写真などから行った。また、先行して実施した測量業務時に、搬入ルートの確認など現地スタッフとの調整を行った。その際に現地のホームセンターや施工業者事務所、採石場などを訪問し、表-1 に示す資機材輸送・現地調達リストを作成した。

表-1 資機材輸送・現地調達リスト

日本より輸送が必要な資機材	・ボーリングマシン 2 台(クローラー搭載 1 台+マシンのみ 1 台) ・エンジン・給水ポンプ ・ロッド、ケーシング ・コアチューブ、ビット ・ナイロンロープ ・SPT 器具一式・玉掛け用具 ・その他工具
現地調達可能な資機材	・燃料・4t トラック ・給水タンク・各種オイル ・単管パイプ・足場板 ・カッターなどの消耗品

2. 調査概要

(1) 調査目的・調査内容

対象地の地盤構成を明らかにし、構造物基礎の設計および施工に必要な地盤情報を得るため、標準貫入試験を併用したオールコアボーリングを実施した。図-2に可倒式風力発電施設1基あたりの調査箇所を示す。

- ・計画構造物：可倒式風力発電施設5基
- ・調査内容：SPT 併用のオールコアボーリング(φ 66mm)
- ・箇所数：25 箇所(5 基×5 箇所)
- ・掘削長：延べ 256m(粘土 42.5m、軟岩 213.5m)
- ・作業期間：2018 年 8 月 31 日～2018 年 9 月 15 日(2 台)

敷地範囲は約 530m×85m の平坦地であり、移動・設置が容易なことから、クローラー搭載のボーリングマシン(YBM05)を使用する計画とした。また、現地でのマシントラブルに対応するため、ボーリングマシンのみを 1 台予備として輸送した。ロープや玉掛け用具等は、現地で購入可能であったが、割高なため日本から輸送した。

掘削水は、現場近くの海水利用を検討したが、高低差があり断念した。また、井戸を開発して水の確保を試みたが、他国よりトンガ入りしていたボーリング班による試掘では、想定深度において地下水が確認されなかったため、現地スタッフに給水・運搬を依頼した。燃料の運搬も併せて依頼した。

(3) 海外輸送対応

ボーリングマシンおよび関連資機材は、沖縄県より神戸港を経由し、トンガ王国へ輸送した。輸送日数は往路に 55 日要した。以下に海外輸送のための必要書類や証明書、梱包方法などを示す。

- ・パッキングリスト：資機材の個数、寸法形状、重量
- ・非該当証明書：各メーカーから発行
ボーリングマシン、エンジン等
- ・梱包材：燻製処理(防虫処理)済みの木箱
ロッド、コアチューブ、その他資機材

沖縄県内の梱包業者に依頼し、表-1 に示した資機材の梱包を依頼した。クローラー搭載のボーリングマシンは梱包不要であったが、フォークリフトでの移動となるため、メタル製の土台を作成し対応した。輸送する際は、機械類の燃料・オイルはすべて抜き取る必要があった。ロッドねじ切りなどに付着したグリスなどもすべて洗浄、ふき取るなどし、梱包した。クローラー搭載のボーリングマシンおよび梱装箱 3 箱(最長で 3.30m)は、10 フィートコンテナに収納した。



写真-1 資機材梱包状況

現地調達資材のほとんどは、ホームセンターで購入可能であった。単管パイプ・クランプは、JIS 規格のものが過去の支援事業において、現地の施工業者に提供されたものがあったため、使用させていただいた。

税関検査の対応として、輸送する資機材すべての写真を撮影し、ラミネート加工した写真資料をパッキングリストとともに梱包材に添付した(写真-1)。

3. 調査結果

ボーリング結果は写真-2に示すように、上位より層厚 2m 程度の粘土、下位は石灰岩であることが確認された。N 値は、粘土層で7~15(平均 N 値=10.3)、石灰岩層はすべて N 値50以上であった。



写真-2 コア写真

石灰岩層は、調査地全域において地表付近は空隙がやや多くみられ、空隙箇所は粘土分が充填される。コアは棒状を呈し、GL-5.00m 付近から空隙は減少する。最大コア長は100cmであった。最も深い箇所では15m 掘削したが、削孔水は所々で逸水し、地下水位は確認されなかった。沖縄県中南部にみられる第四紀更新世の琉球石灰岩は、固結部と未固結部が不規則にみられることや、空洞が出現ことも多々ある一方で、調査地で確認された石灰岩は大部分が固結部しており、わずかな空隙は見られるものの、琉球石灰岩に比べ固結度は高いものが多くみられた。

4. おわりに

弊社は海外でのボーリング調査経験がなく、輸送方法などわからないところからスタートしたが、このプロジェクトで様々なことを学ぶことができた。事前準備期間中の情報収集においては、インターネットでも情報が少なく、とても苦勞し不安であった。今回の調査事例が、今後海外におけるボーリング調査に有効な参考資料となれば幸いである。

渡航経験がないメンバーが多いなか、現地での調整および通訳を行ってくれた佐藤氏、現地スタッフのヴィエンナ氏に多くのご協力をいただき、大変お世話になりました。心から感謝申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) 風力発電所整備計画準備報告書、JICA・国際航業(株)・(株)東洋設計、2017.4
- 2) 災害対策型沖縄可倒式風力発電システム普及促進事業業務完了報告書、JICA・(株)プログレッシブエナジー、2015.9
- 3) トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題、農研機構 農村工学研究所、2015.3
- 4) 地理院地図、<https://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>