

令和5年5月25日

---

---

# 阿蘇ボルケーノトレイルコース モニタリング調査

---

---

## 報 告 書

令和5年5月

 肥後地質調査株式会社

〒861-8043 熊本市東区戸島西1丁18番25号

TEL(096)-365-3121 FAX(096)-365-3133

---

## 目次

第1章	まえがき	1
第2章	調査概要	2
第3章	地形・地質・植生概要	6
3.1	地形概要	6
3.2	地質概要	9
3.3	植生概要	12
第4章	調査箇所選定理由	15
4.1	調査地選定方法	15
4.2	各地点の選定理由	17
第5章	調査方法	20
5.1	土壌硬度測定	20
5.2	植生等観察	21
5.3	トレイルの3D撮影	22
第6章	調査結果	24
6.1	トレールランニング大会概要及び調査地点	24
6.2	測定及び観察日時	27
6.3	測定期間の天候	27
6.4	各ポイントにおける通過者の推移	28
6.5	土壌硬度測定及び観察結果	29
6.6	3Dモデル写真	33
6.7	点群データ加工(解析)	43
第7章	まとめ・考察	50
7.1	各地点に対するまとめ	50
(1)	モニタリング地点①	50
(2)	モニタリング地点②	51
(3)	モニタリング地点③	52
7.2	考察(各地点のまとめ)	53
第8章	今後の課題	54

添付資料

3 D モ デ ル 資 料

---

## 第 1 章 まえがき

---

本調査報告書は、(株)Local Gain(ローカルゲイン)様のご依頼より、肥後地質調査株式会社が実施し作成したものである。

調査目的は、阿蘇市・高森町・南阿蘇村をまたがる地域にて開催された ASO VOLCANO TRAIL(阿蘇ボルケーノトレイル)の開催前後におけるトレイル状況をモニタリングし、トレイルの変化の有無及びその程度について把握する事である。

調査は指定された 3 箇所において土壌硬度測定並びに植生状況等の観察を実施した。また、調査地点を 3D 化する事により大会前後のえぐれ具合等の変化の可視化を試みた。

以下、これらの結果について報告する。

## 第 2 章 調査概要

---

本調査の概要は次の通りである。

業務発注者 : (株)Local Gain(ローカルゲイン)

業務名 : 阿蘇ボルケーノトレイルコース モニタリング調査

履行場所 : 阿蘇市・高森町・南阿蘇等

測定実施日 : 令和 5 年 5 月 10 日・5 月 16 日

調査目的 : 阿蘇市・高森町・南阿蘇村をまたがる地域にて開催された ASO VOLCANO TRAIL(阿蘇ボルケーノトレイル)の開催前後における国立公園内のトレイルの状況をモニタリングし、登山道(遊歩道)の変化の有無を把握すること。

調査内容 : [1] 土壌高度測定                    3箇所    各 9 点×3 箇所  
              [2] 植生観察                        3箇所  
              [3] 3D 撮影及び解析                3箇所  
              [4] 報告書作成                        1 式

受注者 : 肥後地質調査株式会社  
〒861-8043 熊本市東区戸島西 1 丁目 18 番 25 号  
TEL : 096-365-3121  
FAX : 096-365-3133

調査者 : 西 英典(技術士 : 応用理学部門)  
          甲斐 義規

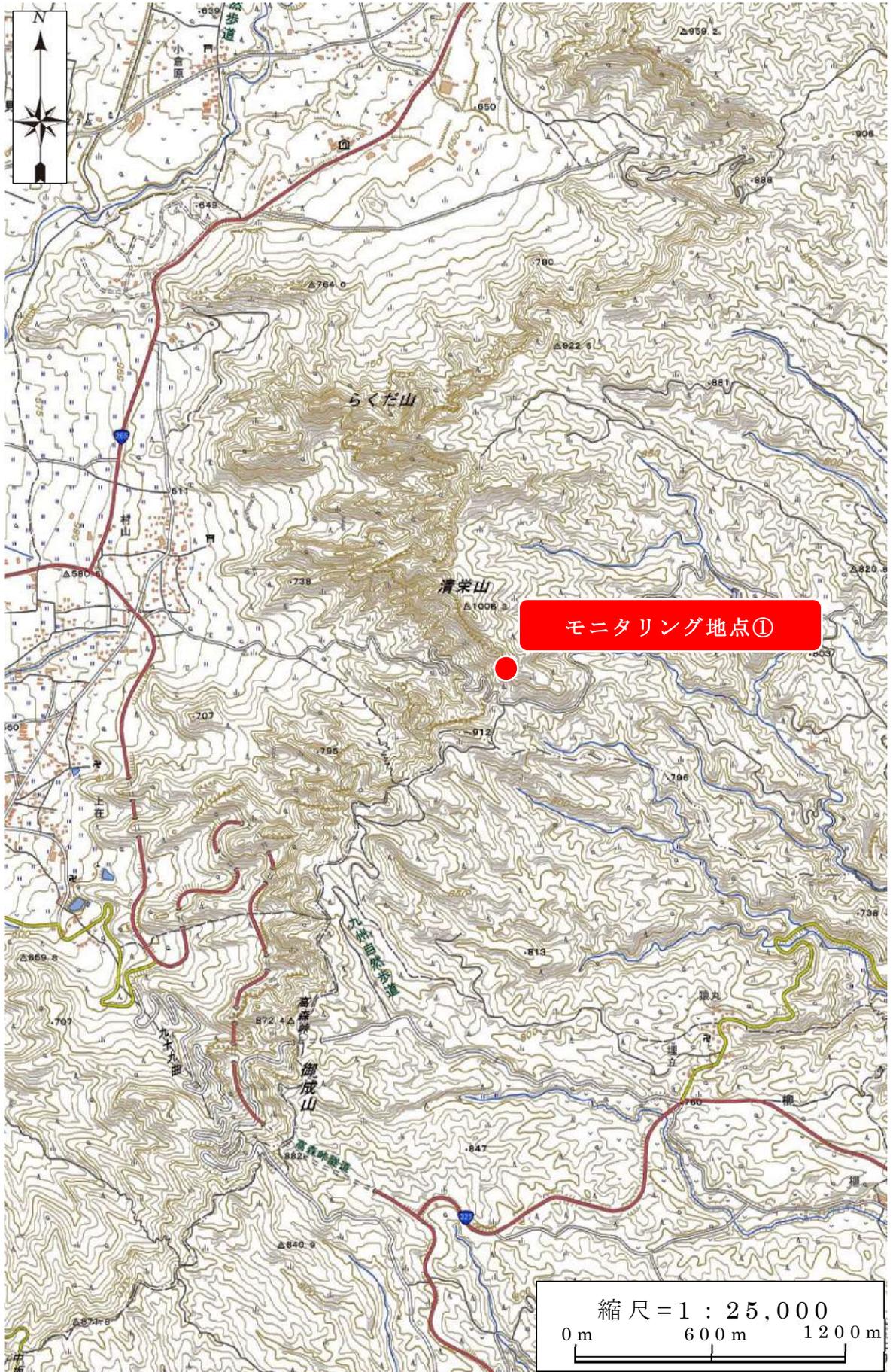


図 2.1.1 調査地点(国土地理院地図 より引用)

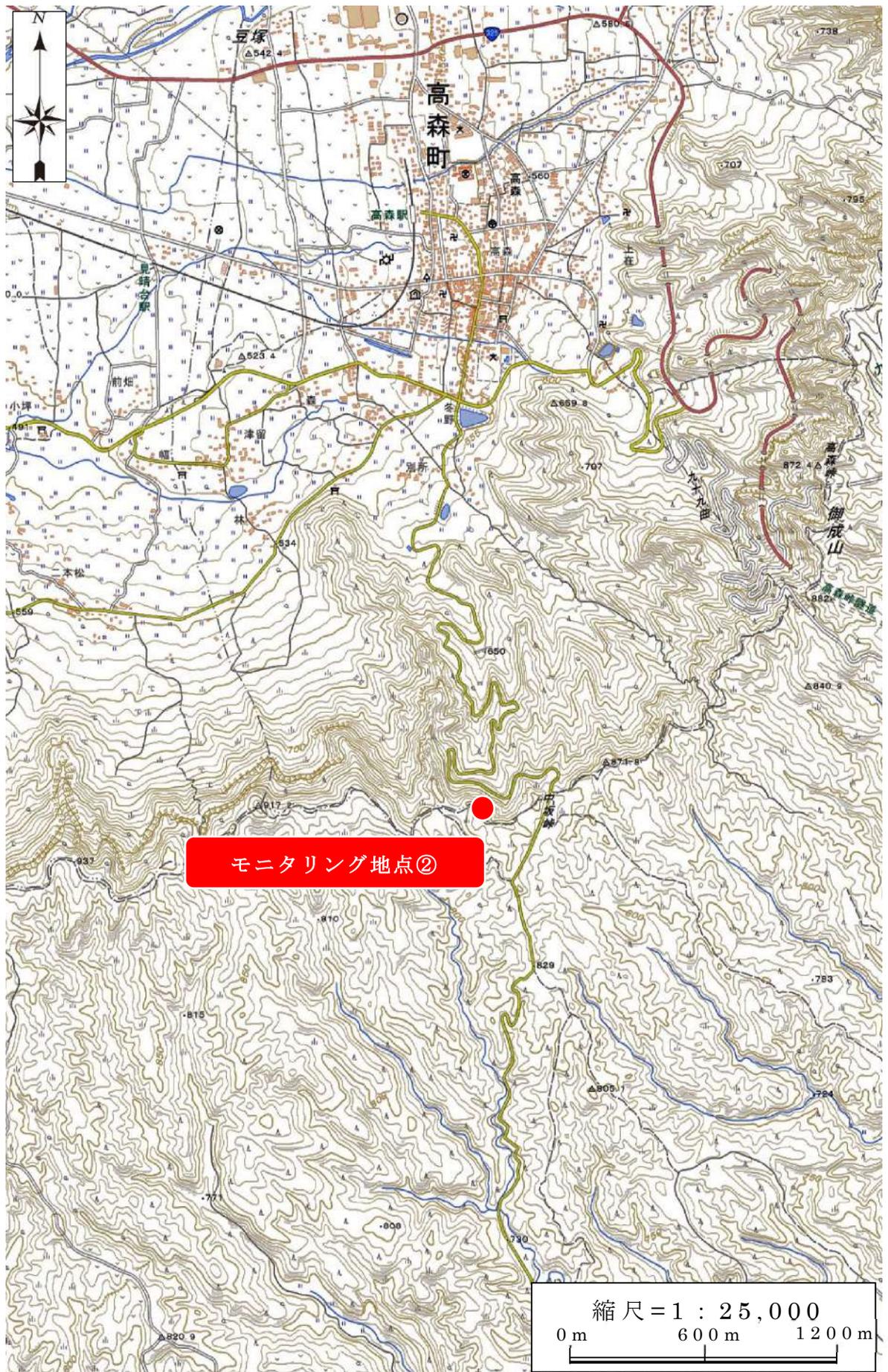


図 2.1.2 調査地点(国土地理院地図 より引用)

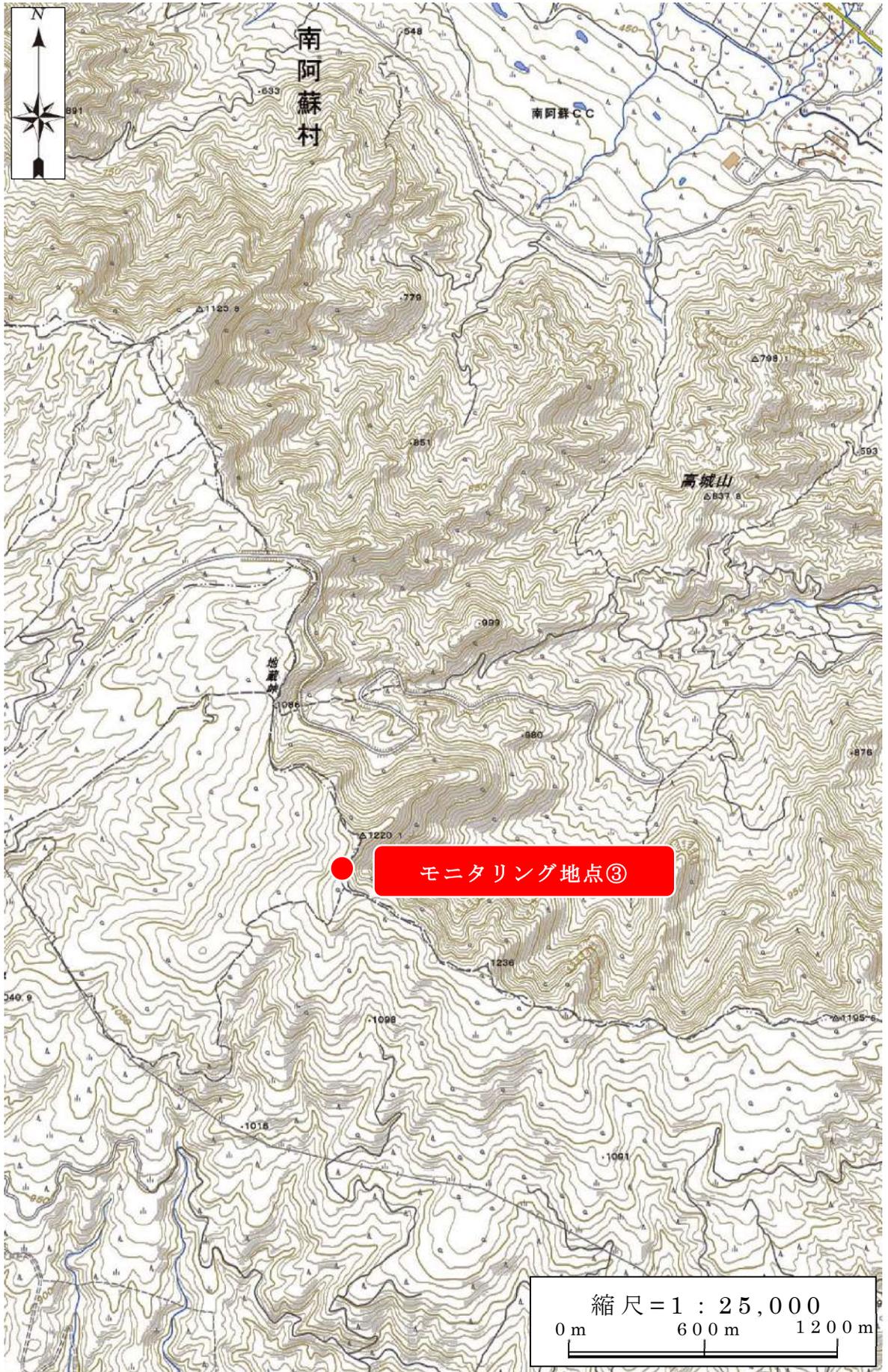


図 2.1.3 調査地点(国土地理院地図 より引用)

## 第3章 地形・地質・植生概要

### 3.1 地形概要

#### ・モニタリング地点①

調査地点一帯は、阿蘇カルデラ南東側外輪山の山岳地形の一部であり、左から、清栄山(1006m)や黒岩峠などの山体により形成されている。

図 3.1.1 に示すように、阿蘇カルデラの内側は急傾斜で、外側は緩傾斜となっている。このような地形は約 9 万年前に発生した阿蘇のカルデラ噴火(阿蘇火山の 4 回目の噴火)より斜面が形成されたと考えられている。その後の地震や降雨による自然災害により現在の外輪山及びカルデラが形成された。

モニタリング地点①では、黒岩峠より清栄山方面約 150m に位置し、カルデラ内側の斜面部には、高森殿の杉などの杉の自生場所となっている。



図 3.1.1 モニタリング地点①の 3D 写真(Google Earth より参照)

・モニタリング地点②

調査地点一帯は、阿蘇カルデラ南側外輪山の山岳地形の一部であり、図 3.1.2 に示すように、中坂峠の西約 350m に位置する。中坂峠周辺の最大標高は 871.8m となる。

また、モニタリング地点①と同様、阿蘇カルデラの内側は急傾斜で、外側は緩傾斜となっている。

近くには太陽光発電所があり一部コースの景観は開けている。

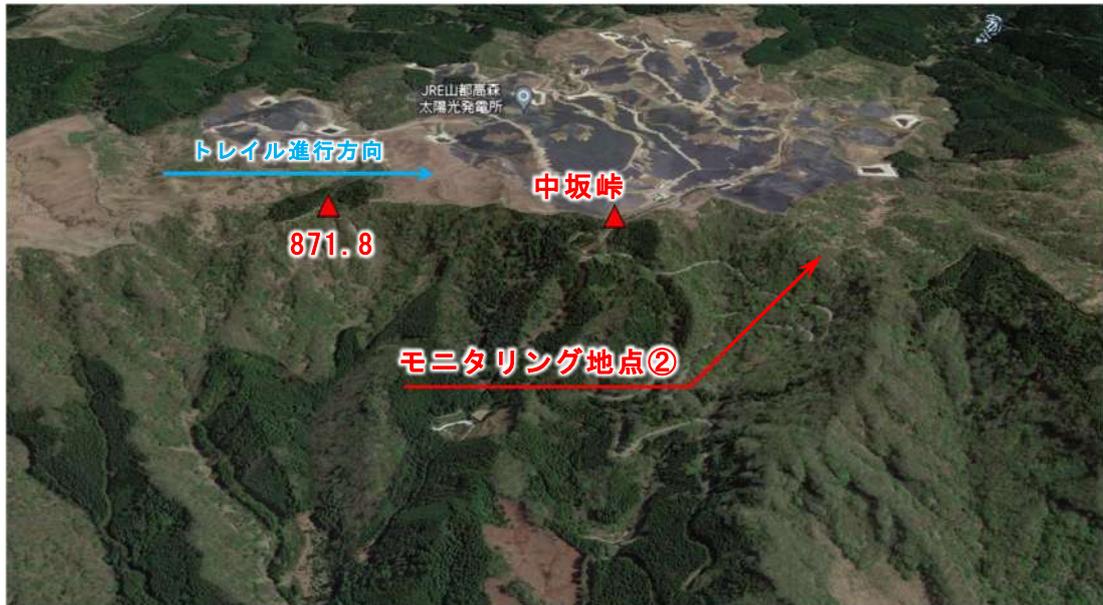


図 3.1.2 モニタリング地点②の 3D 写真(Google Earth より参照)

・モニタリング地点③

調査地点一帯は、阿蘇カルデラ南側外輪山の山岳地形の一部であり、図 3.1.3 に示すように、地藏峠(1086m)・大矢岳(1220m)などの山体によって形成される。

また、モニタリング地点①と同様、阿蘇カルデラの内側は急傾斜で、外側は緩傾斜となっている。

モニタリング地点③では、大矢岳よりトレイル進行方向とは逆方向に約 200m 進んだ位置にて調査を行った。また、調査箇所以外の登山道には、他の調査箇所と異なり、最大φ30cm 程度の火山岩・礫が点在する。

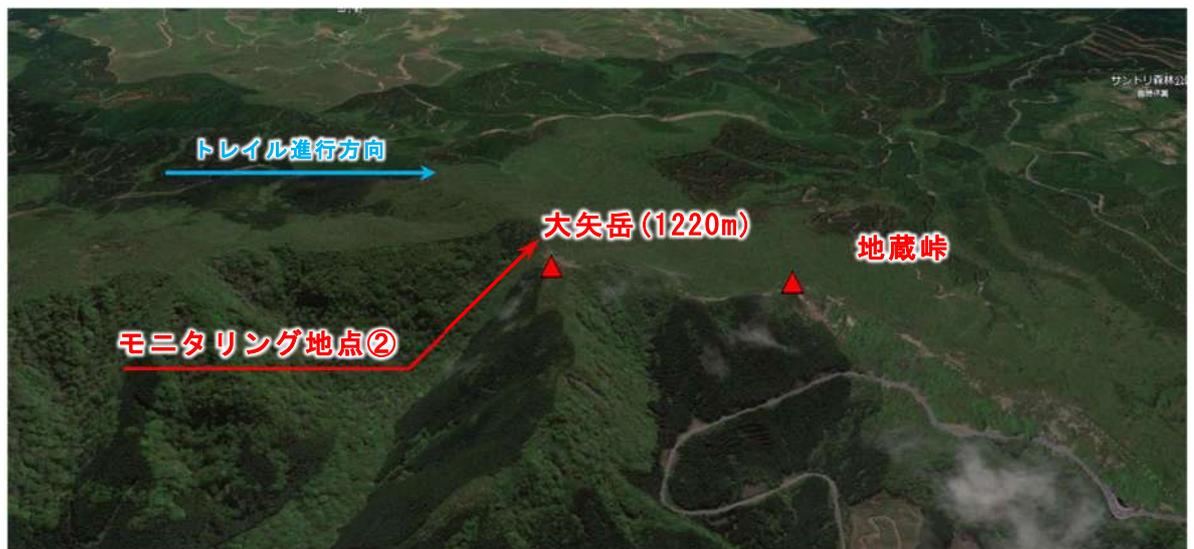


図 3.1.3 モニタリング地点③の 3D 写真(Google Earth より参照)

### 3.2 地質概要

#### ・モニタリング地点①

調査地一帯の地質は、主に第四紀更新世(約 260 万年前～現在)の更新世堆積物と新成記(新第三紀)(約 2303 万年前～258 万年前)野堆積物より構成される。

図 3.2.1 に示すように、カルデラ外部には、阿蘇中央火山口丘火山灰(Ac)が広く分布する。カルデラ内部には高森玄武岩質凝灰角礫岩(Tam)が分布している。また、調査地点の地表面は火山性粘性土の黒ボクが見られた。

表 3.2.1 モニタリング地点①の地質概要

分布箇所	年代		色・記号	地質名
カルデラ外部	新生代	第四紀	更新世	Ac 阿蘇中央火山口丘火山灰
カルデラ内部		新第三紀		

※熊本県地質図(10 万分の 1)熊本県地質図編纂委員会 参照

#### ・モニタリング地点②

調査地一帯の地質は、主に第四紀更新世(約 260 万年前～現在)の更新世堆積物と後期更新世～前期更新世の堆積物、新成記(新第三紀)(約 2303 万年前～258 万年前)野堆積物より構成される。

図 3.2.1 に示すように、カルデラ外部には、阿蘇中央火山口丘火山灰(Ac)が広く分布する。カルデラ内部には阿蘇-4 火砕流堆積物(A4)、阿蘇-1～3 火砕流堆積物(A13)、阿蘇カルデラ壁輝石安山岩類(複輝石安山岩)(Aca)、高森玄武岩質凝灰角礫岩(Tam)、が分布している。また、調査地点の地表面は火山性粘性土の黒ボクが見られた。

表 3.2.2 モニタリング地点②の地質概要

分布箇所	年代		色・記号	地質名
カルデラ外部	新生代	第四紀	更新世	Ac 阿蘇中央火山口丘火山灰
カルデラ内部			後期更新世	A4 阿蘇-4 火砕流堆積物
			中期更新世	A13 阿蘇-1～-3 火砕流堆積物
			後期更新世 ～ 前期更新世	Aca 阿蘇カルデラ壁輝石安山岩類 (複輝石安山岩)

※熊本県地質図(10 万分の 1)熊本県地質図編纂委員会 参照

・モニタリング地点③

調査地一帯の地質は、主に第四紀更新世(約 260 万年前～現在)の後期更新世～前期更新世の堆積物より構成される。

図 3.2.1 に示すように、カルデラ外部には、阿蘇カルデラ壁輝石安山岩類(複輝石安山岩)(Aca)、冠が岳・黒岳溶岩(角閃石安山岩溶岩・火砕岩)(KK)が分布する。カルデラ内部には、阿蘇カルデラ壁岩脈群(角閃石安山岩・輝石安山岩)(Ad)、阿蘇カルデラ壁輝石安山岩類(複輝石安山岩)(Aca)、高城山凝灰角礫岩(輝石安山岩火砕岩・溶岩)(Tj)が分布している。また、調査地点の地表面は火山性粘性土の黒ボクや洗堀が著しい箇所では赤ボクが見られた。

表 3.2.3 モニタリング地点③の地質概要

分布箇所	年代		色・記号	地質名
カルデラ外部	新生代	第四紀	後期更新世 ～ 前期更新世	<b>Aca</b> 阿蘇カルデラ壁輝石安山岩類 (複輝石安山岩)
カルデラ内部			後期更新世	<b>KK</b> 冠が岳・黒岳溶岩 (角閃石安山岩溶岩 ・火砕岩)
			後期更新世 ～ 前期更新世	<b>Ad</b> 阿蘇カルデラ壁岩脈群 (角閃石安山岩・輝石安山岩)
				<b>Tj</b> 高城山凝灰角礫岩 (輝石安山岩火砕岩・溶岩)

※熊本県地質図(10 万分の 1)熊本県地質図編纂委員会 参照

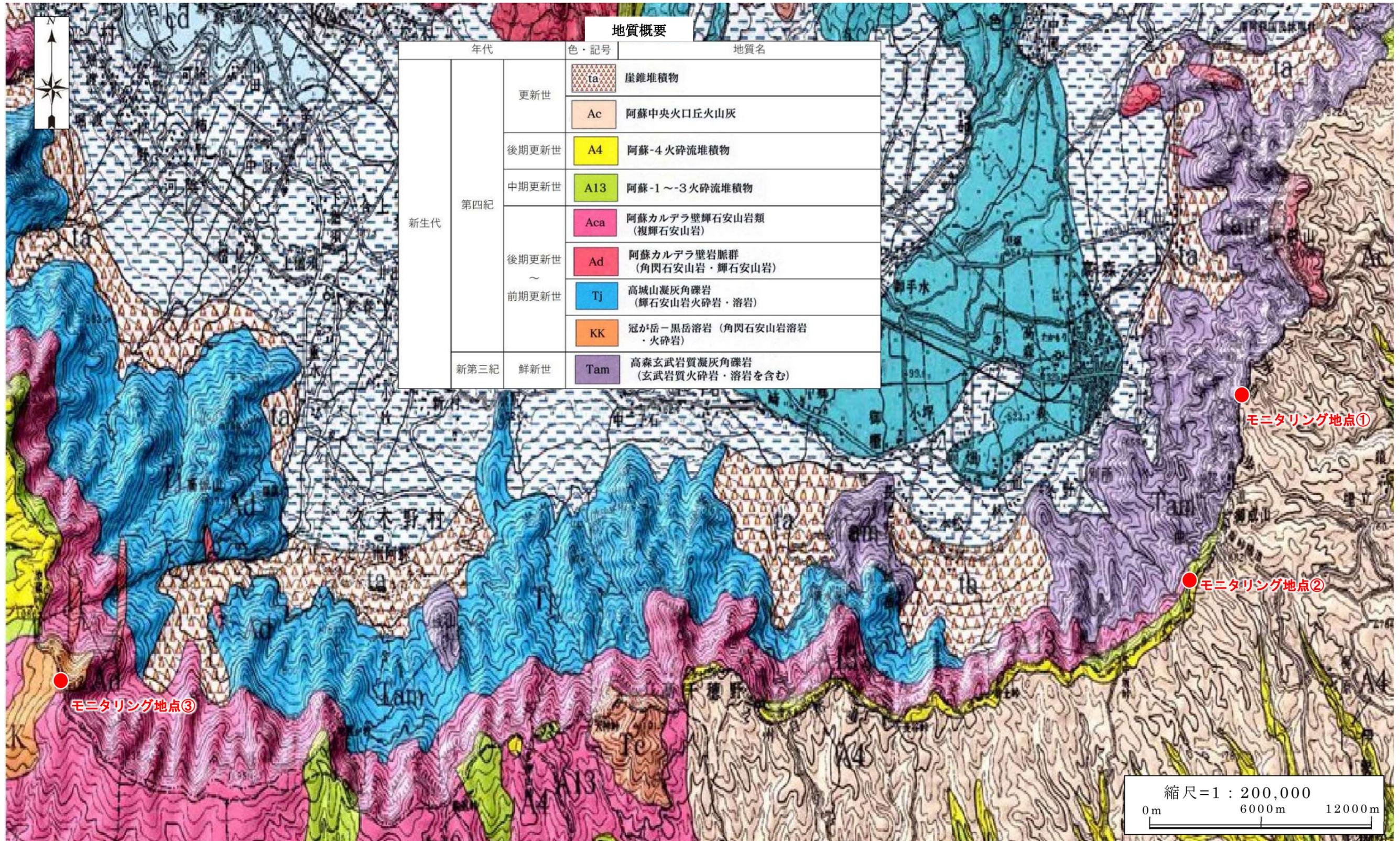


図 3.2.1 調査範囲全体の地質図及び地質概要(熊本県地質図(10 万分の 1)熊本県地質図編纂委員会 参照)

### 3.3 植生概要

・モニタリング地点①

図 3.3.1 に示すように、調査一体の植生は、山道付近にアカメガシワ-カラスザンショウ群落やアカマツ群落(VI)、スギ・ヒノキ・サワラ植林が分布する。また、調査地より広範囲には、ススキ群団やクヌギ植林が分布している。

現地調査時には、登山道にスギナやアザミ科植物などの山草。登山道脇にネザサが一面を占め、数本のクヌギが自生していた。



写真 3.3.1 スギナ  
(図 3.3.1 に場所記載)



写真 3.3.2 アザミ科植物  
(図 3.3.1 に場所記載)

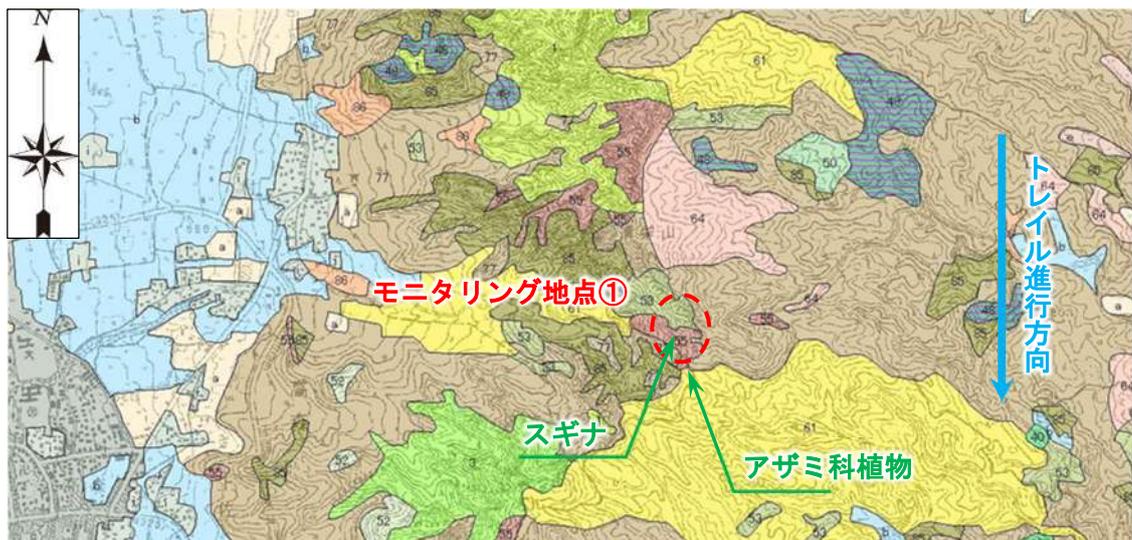


図 3.3.1 植生分布図(縮尺任意)(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,00 493111 高森)

表 3.3.1 調査地周辺の植生分布図(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,00 493111 高森)

凡例	植生図凡例番号	統一凡例コード	統一凡例名
	1	130106	シラキ-ブナ群集
	3	130301	リョウブ-ミズナラ群集
	53	410700	アカメガシワ-カラスザンショウ群落
	55	420100	アカマツ群集
	61	450100	ススキ群団(VII)
	64	460000	伐採跡地群落(VII)
	77	540100	スギ・ヒノキ・サワラ植林
	85	541202	クヌギ植林

・モニタリング地点②

図 3.3.2 に示すように、調査一体の植生は、山道付近にススキ群団(VI)、スギ・ヒノキ・サワラ植林が分布する。また、調査地より広範囲には、ススキ群団(VI)、スギ・ヒノキ・サワラ植林、ケクロモジ-コナラ群集、アカマツ群生が分布している。

現地調査時には、登山道にアザミ、スミレ科植物、キンポウゲ科植物の山草。登山道脇にアカマツ、クヌギ、コナラなどの針葉樹と広葉樹が自生している。



写真 3.3.3 キンポウゲ科植物  
(図 3.3.2 に場所記載)



写真 3.3.4 スミレ科植物  
(図 3.3.2 に場所記載)

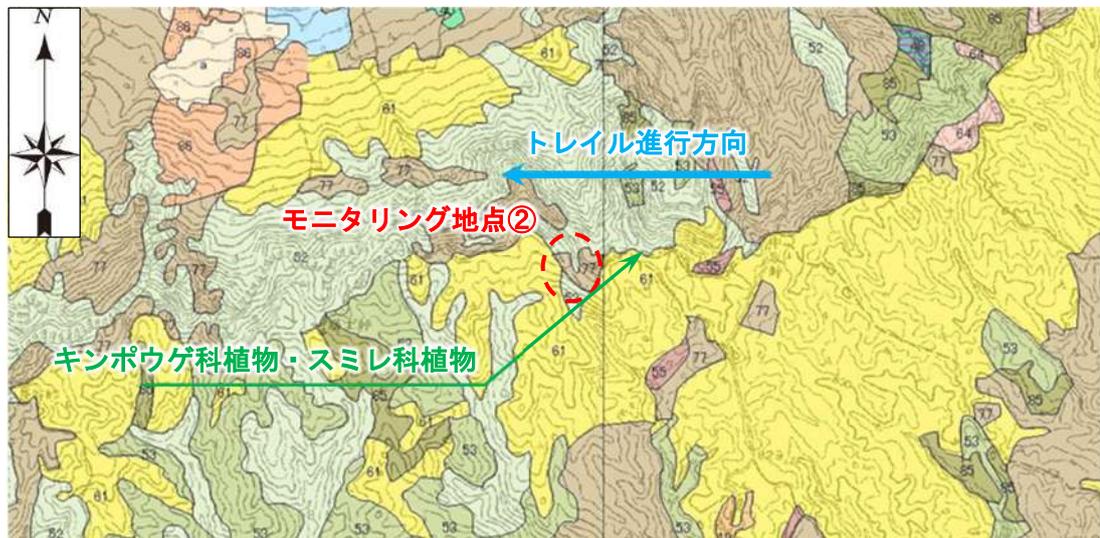


図 3.3.2 植生分布図(縮尺任意)(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,000 49311 高森及び 493110 肥後吉田))

表 3.3.2 調査地周辺の植生分布図(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,000 49311 高森))

凡例	植生図凡例番号	統一凡例コード	統一凡例名
	52	410107	ケクロモジ-コナラ群集
	53	410700	アカメガシワ-カラスザンショウ群落
	55	420100	アカマツ群集
	61	450100	ススキ群団(VII)
	77	540100	スギ・ヒノキ・サワラ植林
	85	541202	クヌギ植林

・モニタリング地点③

図 3.3.3 に示すように、調査一体の植生は、ツシマママコナ-アセビ群集、シラキ-ブナ群集、アカマツ群集(V)などが分布する。また、調査地より広範囲には、スギ・ヒノキ・サワラ植林、シラキ-ブナ群集、ミヤマキリシマ-ススキ群集、リョウブ-ミズナラ群集が分布している。

現地調査時には、登山道にハルリンドウなどの山草。登山道脇にツツジ科植物、ネザサ、コナラなどが自生している。



写真 3.3.5 ツツジ科植物  
(図 3.3.3 に場所記載)



写真 3.3.6 ハルリンドウ  
(図 3.3.3 に場所記載)

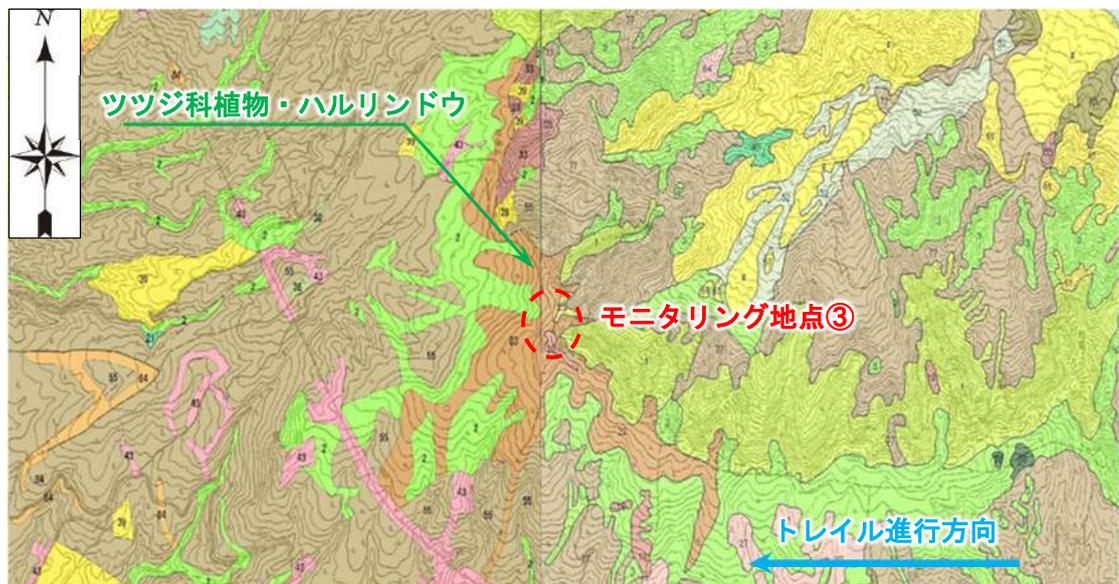


図 3.3.3 植生分布図(縮尺任意)(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,000 493110 肥後吉田 493017 大矢野原))

表 3.3.3 調査地周辺の植生分布図(生物多様性センターweb より参照(縮尺 1/25,000 493110 肥後吉田))

凡例	植生図凡例番号	統一凡例コード	統一凡例名
	1	130106	シラキ-ブナ群集
	3	130301	リョウブ-ミズナラ群集
	18	230100	アカマツ群集(V)
	22	240301	ツシマママコナ-アセビ群衆
	25	250207	ミヤマキリシマ-ススキ群落
	77	540100	スギ・ヒノキ・サワラ植林

## 第4章 調査箇所選定理由

### 4.1 調査地選定方法

図 4.1.1 と表 4.1.1 には「国立公園内で開催されるトレイルランニング大会等におけるモニタリングの手引き(平成 29 年 3 月 環境省 自然環境局 国立公園課)」より調査箇所の選定方法の一部を抜粋している。

本調査では、これらの資料を参考に調査箇所を選定した。

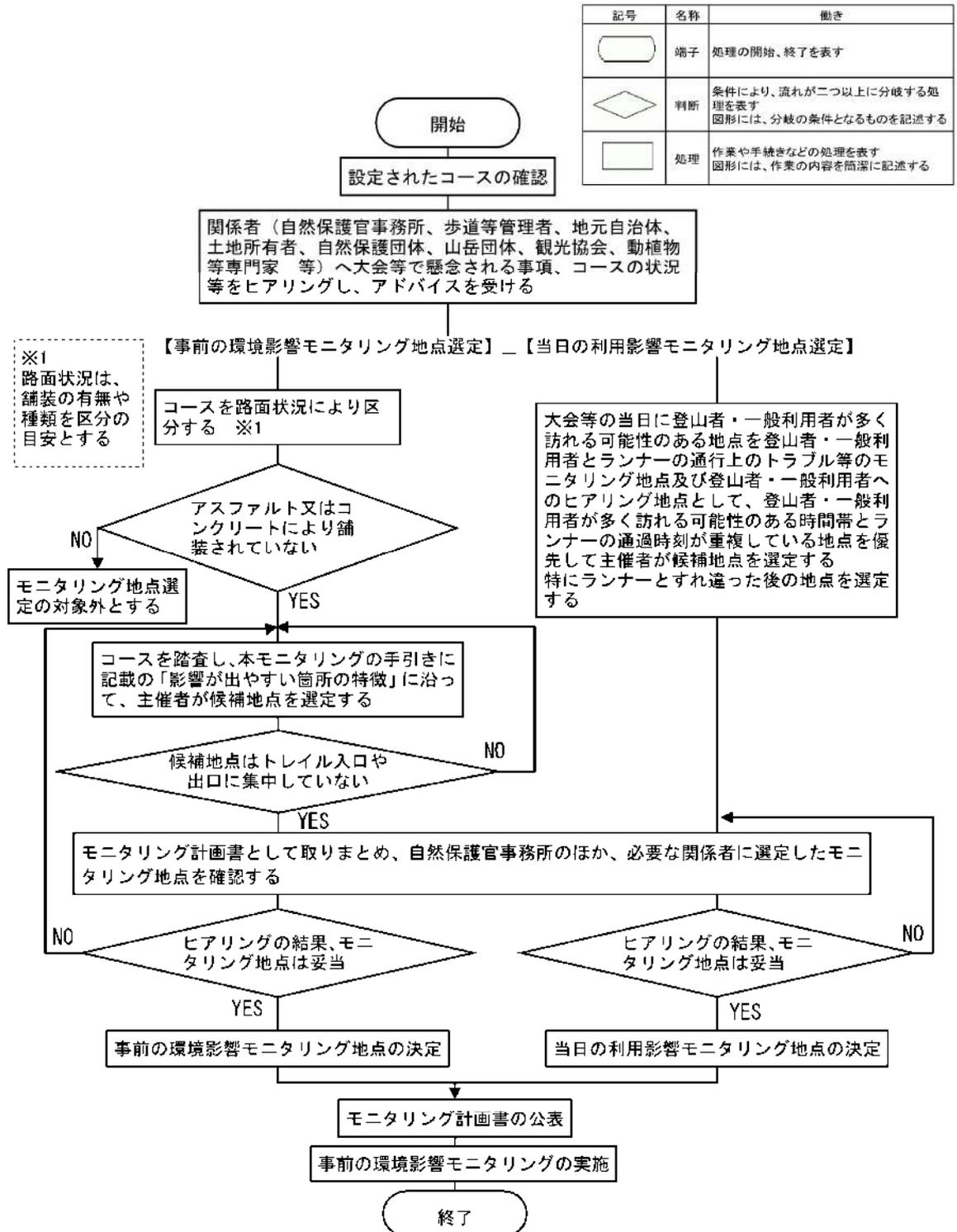


図 4.1.1 モニタリング地点選定フロー

～選定要件～

トレイルランニングの影響が出やすい箇所の特徴として以下のことが挙げられる。

表 4.1.1 トレイルランニングの影響が出やすい箇所の特徴

1. <u>コースから外すべき区間とされている地点</u>	→懸念される事項：植生の損傷・脆弱箇所の崩壊
2. <u>歩道の幅員が狭い地点(手前の幅員が広く、急に狭くなる地点)</u>	→懸念される事項：歩道外の植生の損傷・歩道外の脆弱箇所の崩壊
3. <u>路面にぬかるみが生じている地点・雨天時にぬかるみが生じやすい地点</u>	→懸念される事項：歩道外の植生の損傷・歩道外の脆弱箇所の崩壊
4. <u>洗堀が生じている地点</u>	→懸念される事項：洗堀側面の植生の損傷・洗堀側面の崩壊・歩道外の植生の損傷・歩道外の脆弱箇所の崩壊
5. <u>傾斜がある地点(コースの進行方向に対して下っている地点)</u>	→懸念される事項：傾斜面の植生の損傷・脆弱箇所の崩壊 着地地点の植生の損傷・脆弱箇所の崩壊
6. <u>下り方向のカーブや緩やかなカーブを連続する地点・開けて見通しがよい地点</u>	→懸念される事項：歩道の外側に向かって強い力が働く地点の崩壊 ・歩道外の植生の損傷・脆弱箇所の崩壊
7. <u>木製等の階段が設置されている地点(特に下り方向で使われる場合)</u>	→懸念される事項：木製階段等の破損・土留め効果の損失・路面の崩壊・浸食
8. <u>路面上に樹木の根が張り出している(露出根のある)地点</u>	→懸念される事項：露出根の損傷・路面の崩壊
9. <u>樹木の枝がコースに張り出している地点</u>	→懸念される事項：樹木の損傷
10. <u>希少な植物や動物が確認される地点</u>	→懸念される事項：希少な植物の損傷・希少な動物な逃避
*10 は、レッドデータブックくまもと 2019-熊本県絶滅の恐れのある野生植物-及び日本のレッドデータ検索システム( <a href="http://jpnrdp.com">日本のレッドデータ検索システム (jpnrdp.com)</a> )を参考	
11. <u>登山道が不明瞭な地点</u>	→懸念される事項：登山道の複線化・歩道外の植生の損傷
12. <u>直前に同じ区間で大会等が開催されている地点</u>	→懸念される事項：脆弱箇所の崩壊

(国立公園内で開催されるトレイルランニング大会等におけるモニタリングの手引き(平成 29 年 3 月 環境省 自然環境局 国立公園課)より抜粋)

## 4.2 各地点の選定理由

### ・モニタリング地点①

モニタリング位置①では、登山道の道路幅が1m程度と狭く2人の成人男性がすれ違うのに必要な道幅（1.5m程度）を満たしていない。その為追い越しの際に植生が密集している箇所を踏み付ける可能性が考えられる。また、傾斜15°程度と表4.1.1の5に該当するため、調査箇所として選定した。

写真4.2.1には調査地の全体図及びイメージ図を記載している。

モニタリング地点①で懸念される事項としては、植生の損傷・脆弱箇所の崩壊・歩道外の植生の損傷・歩道外の脆弱箇所の損傷・傾斜面の植生の損傷等が考えられる。

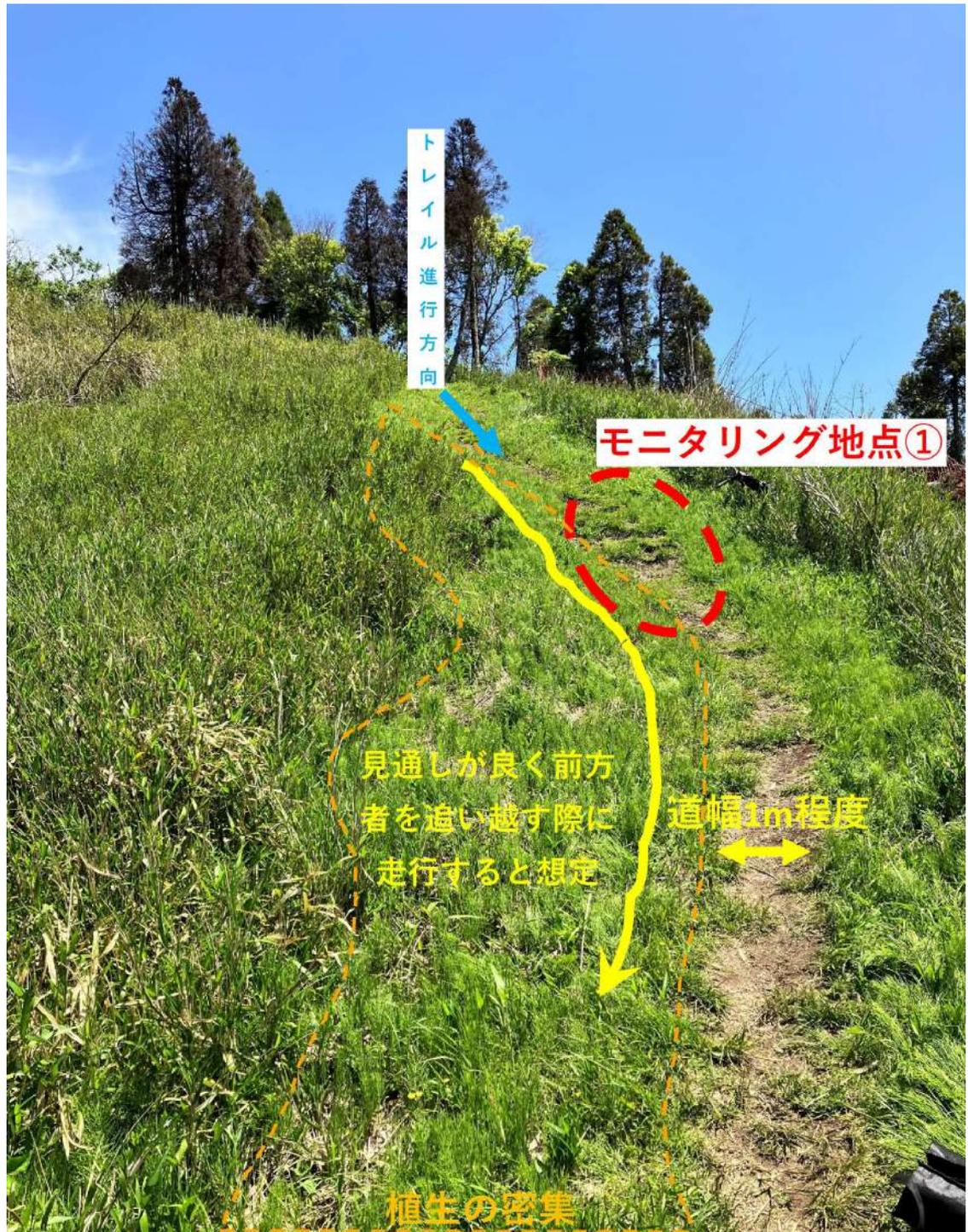


写真 4.2.1 選定箇所の写真及びイメージ図

・モニタリング地点②

モニタリング位置②では、表 4.1.1 の 5 の下り斜面による飛び降り行為による強い踏圧が考えられる。また、モニタリング地点②より数メートル先にカーブがある為に、走者が減速することによる接地圧の増大箇所になると考えられる。その他に、モニタリング地点②の範囲には、表 4.1.1 の 8 の樹木の根の張り出しや表 4.1.1 の 9 のコース上に樹木の枝が張り出している事より調査箇所として選定した。

写真 4.2.2 には調査地の全体図及びイメージ図を記載している。

モニタリング地点②で懸念される事項としては、着地地点の植生の損傷・脆弱箇所の崩壊・露出根の損傷・路面の崩壊・樹木の損傷等が考えられる。

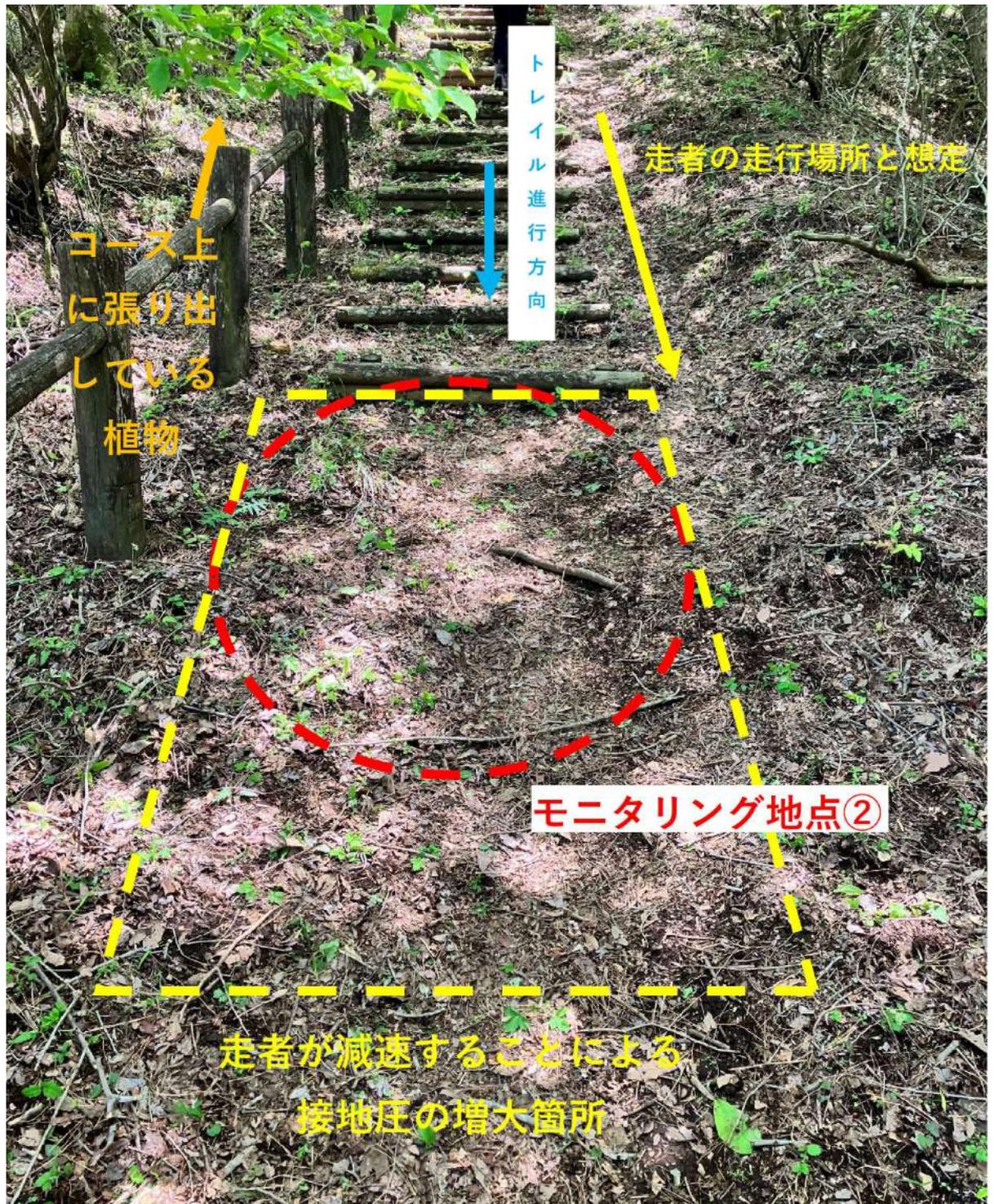


写真 4.2.2 選定箇所の写真及びイメージ図

・モニタリング地点③

モニタリング位置③では、表 4.1.1 の 4 の洗堀が生じている地点である。大会前の洗堀は 60cm 程度の洗堀を確認し、今後洗堀被害が拡大する可能性が考えられる。また、調査地の地表はかなり滑りやすく、靴跡が残りやすい土質でもある。その他に、表 4.1.1 の 8 の樹木の根の張り出している事より調査箇所として選定した。

写真 4.2.3 には調査地の全体図及びイメージ図を記載している。

モニタリング地点③で懸念される事項としては、洗堀側面の植生の損傷・洗堀側面の崩壊・脆弱箇所の崩壊・露出根の損傷・路面の崩壊等が考えられる。



写真 4.2.3 選定箇所の写真及びイメージ図

## 第 5 章 調査方法

### 5.1 土壌硬度測定

#### (1)目的

本測定は、大会前後における土壌硬度の変化を測定することを目的として行った。

#### (2)作業手順

本調査では、大会前と大会後の測定位置を再現しやすいように第 5 章の 5.3 項で紹介する 3D モデルの基準物を起点に測定を行った。

測定地点は、図 5.1.1 に示している。

- ・モニタリング地点①：縦 1.5m・横 1.0m
- ・モニタリング地点②：縦 1.5m・横 1.7m
- ・モニタリング地点③：縦 1.5m・横(3・6・9 番側)1.7m・横(1・4・7 番側)1.3m

上記の 3 地点各 9 箇所での測定を行った。

測定器は図 5.1.2 に示す山中式土壌硬度計を使用した。また、表 5.1.1 には土壌硬度指数と支持力強度の関係を示す。

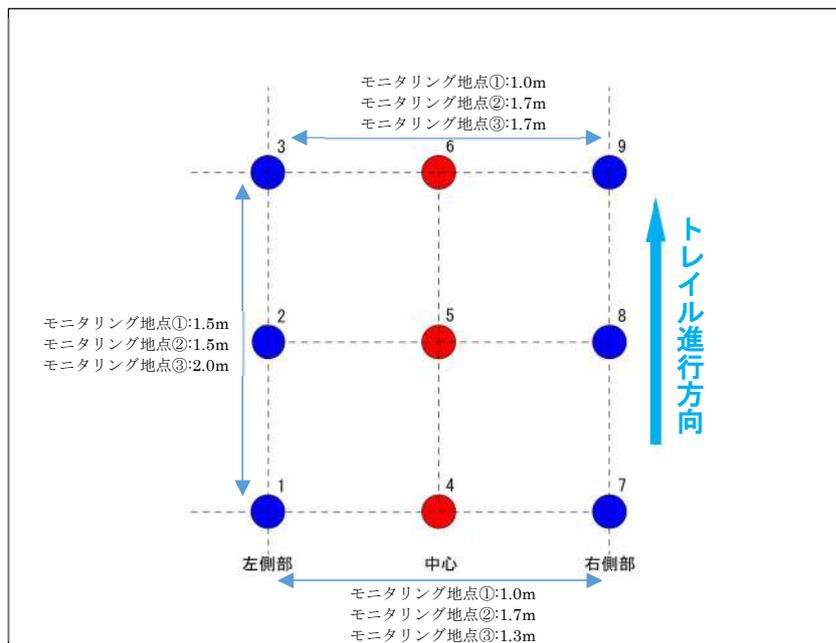


図 5.1.1 測点模式図



図 5.1.2 山中式土壌硬度計

表 5.1.1 土壌硬度指数と支持力強度の関係

硬度指数 (mm)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
支持力強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0
硬度指数 (mm)	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0
支持力強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	3.5	4.0	4.7	5.4	6.3	7.3	8.5	10.0	12.0	14.0	17.0

## 5.2 植生等観察

### (1)目的

本観察は、大会前後における植生等の変化や天然記念物への被害の有無について目視による判定を行った。

### (2)観察手順

指定された地点について、以下の作業を実施する。

- ・ 地表地盤の地質について観察・判定を行う。
- ・ 被度及び落葉層の有無について、大会前後で目視観察、写真撮影を実施し、それらを比較する。
- ・ 植生の損傷状況について、大会前後で目視観察、写真撮影を実施し、それらを比較する。
- ・ 地盤の損傷状況について、大会前後で目視観察、写真撮影を実施し、それらを比較する。
- ・ 地盤の損傷・えぐれ等について、大会前後で目視観察、写真撮影を実施し、それらを比較する。(場合によってはえぐれの深さを測定する)
- ・ 「レッドデータブックくまもと 2019-熊本県絶滅の恐れのある野生植物・及び日本のレッドデータ検索システム」を参考に天然記念物の有無の判定。天然記念物がある場合、天然記念物への被害の有無を観察する。

表 5.2.1 被度ランク

ランク 0	植生無し
ランク 1	1～10%
ランク 2	10～25%
ランク 3	25～50%
ランク 4	50～75%
ランク 5	75%以上

### 5.3 トレイルの3D撮影

#### (1)目的

調査箇所を3Dモデル化する事により大会前と大会後のトレイル状況を可視化する事が目的である。

#### (2)作業手順

指定された地点にて、大会前と大会後の変化状況を iPhone13 pro の LIDAR システムによる撮影を行った。

撮影範囲は、図 5.3.2 に示している範囲で撮影を行った。また、大会前後で同じ箇所、同じ範囲の撮影を行うため、基準点として図 5.3.1 の道具を設置し撮影を行った。

図 5.3.3 には測定中及び測定後(大会中)のイメージ図を図 5.3.3 に記している。

撮影後、3Dモデル解析ソフトにより編集や解析を行った

\*解析ソフトは、CloudCompare を使用。3Dモデル作成アプリは Polycam を使用。



名称	詳細	使用個数
基準物	5×5×5の木材	4個
①	アルミ棒	4本
②	アルミパイプ	12本

図 5.3.1 使用道具

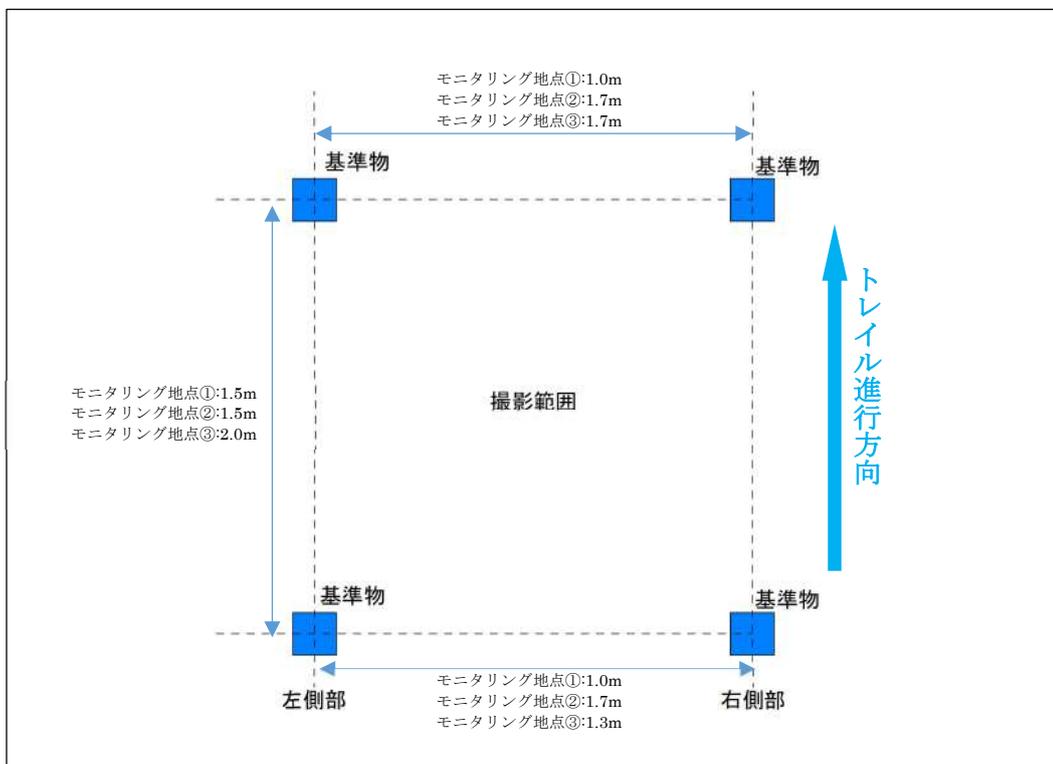


図 5.3.2 撮影範囲模式図

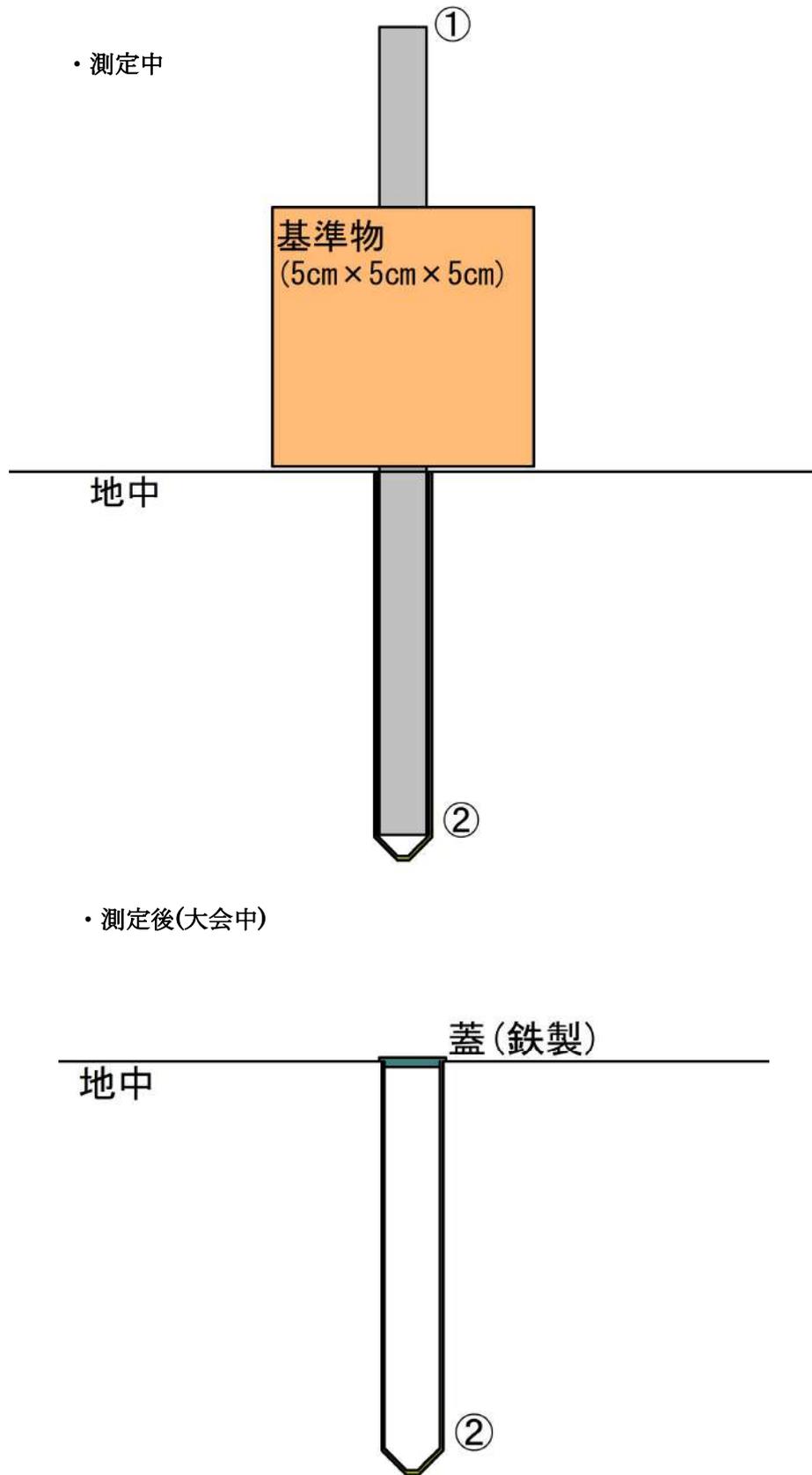


図 5.3.3 測定中と測定後(大会中)(イメージ図)

## 第6章 調査結果

### 6.1 トレールランニング大会概要及び調査地点

大会概要(一部抜粋)と調査地点を図 6.1.1~6.1.3 に調査位置を表 6.1.1 に示す。

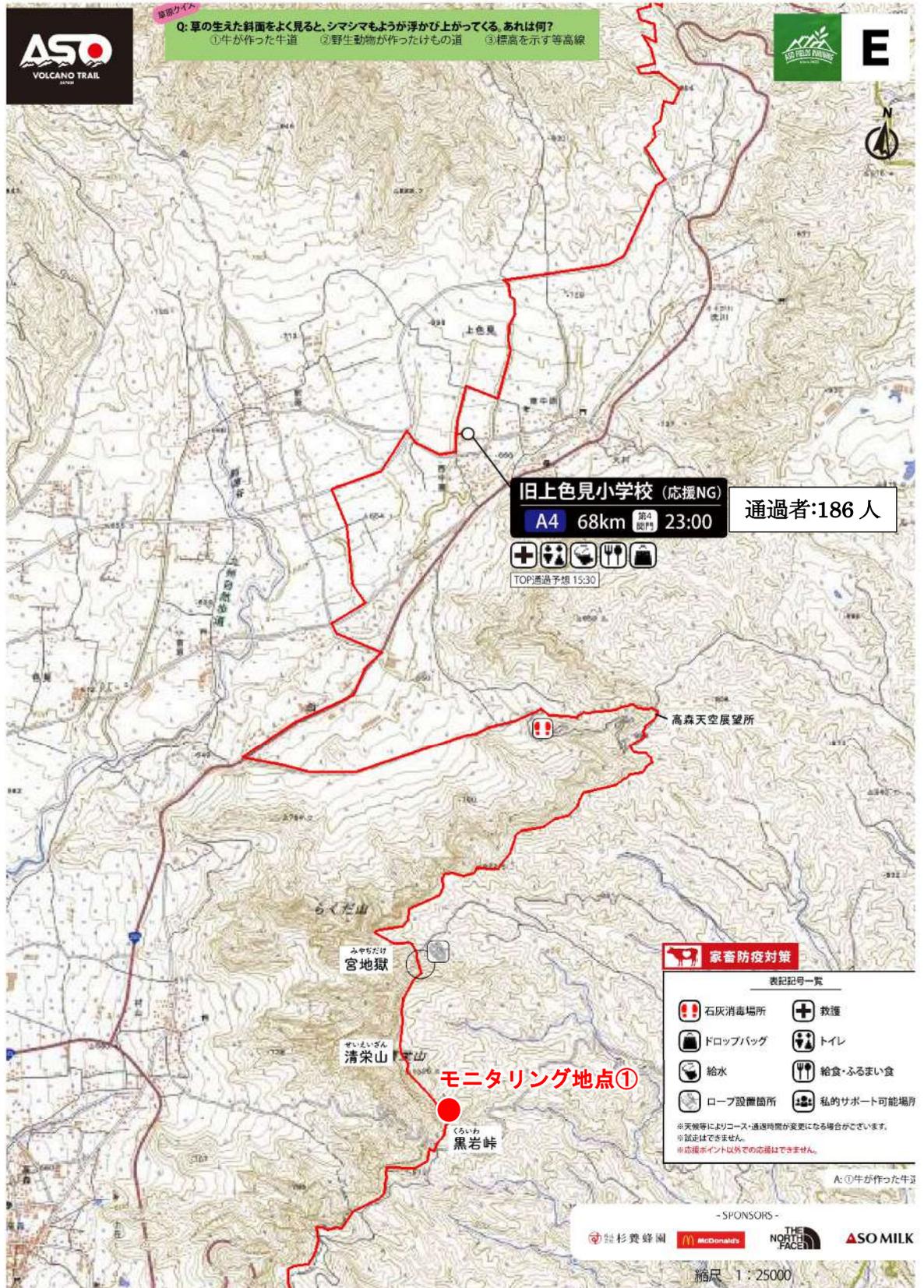


図 6.1.1 モニタリング地点①平面図(縮尺任意)

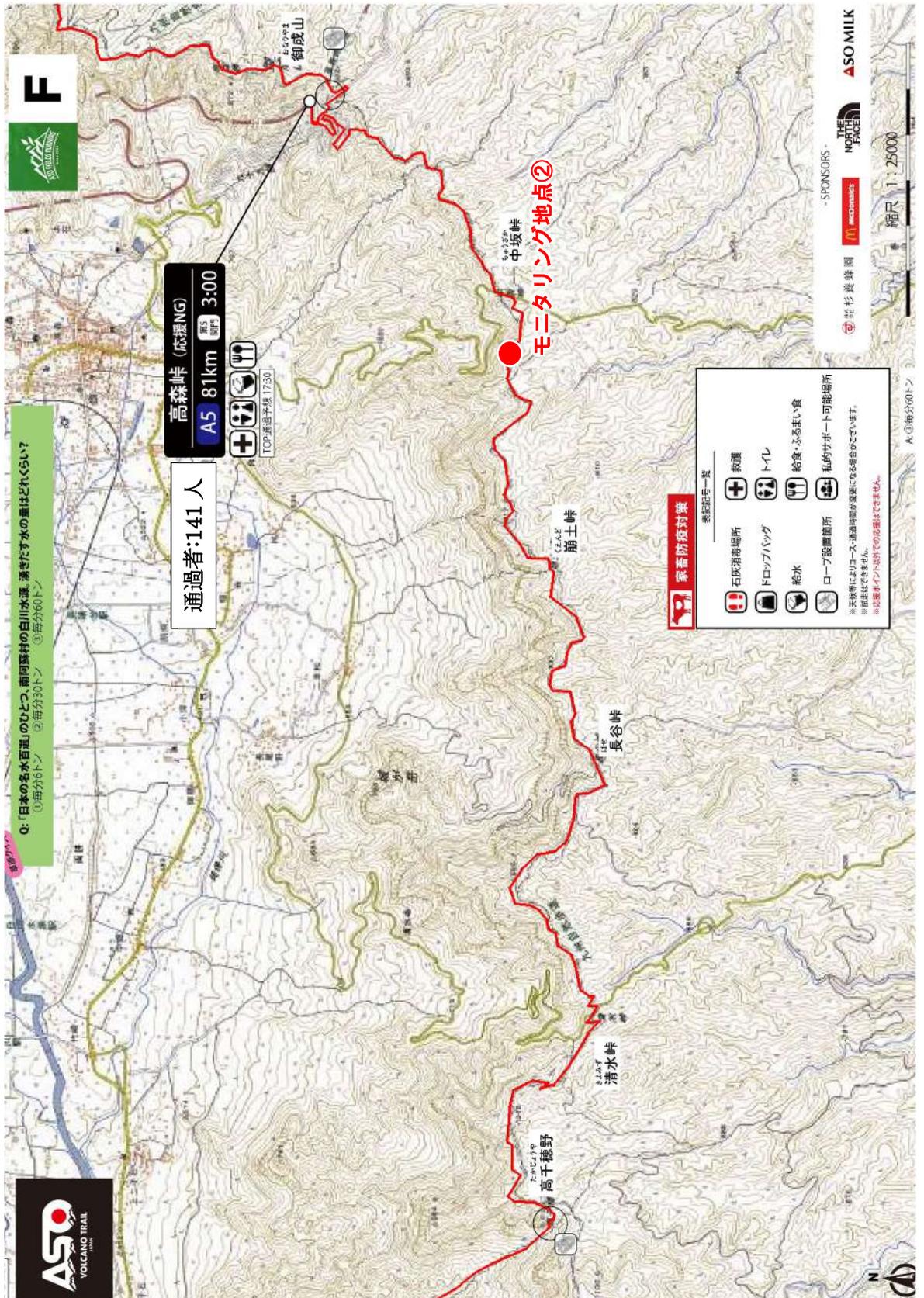


図 6.1.2 モニタリング地点②平面図(縮尺任意)

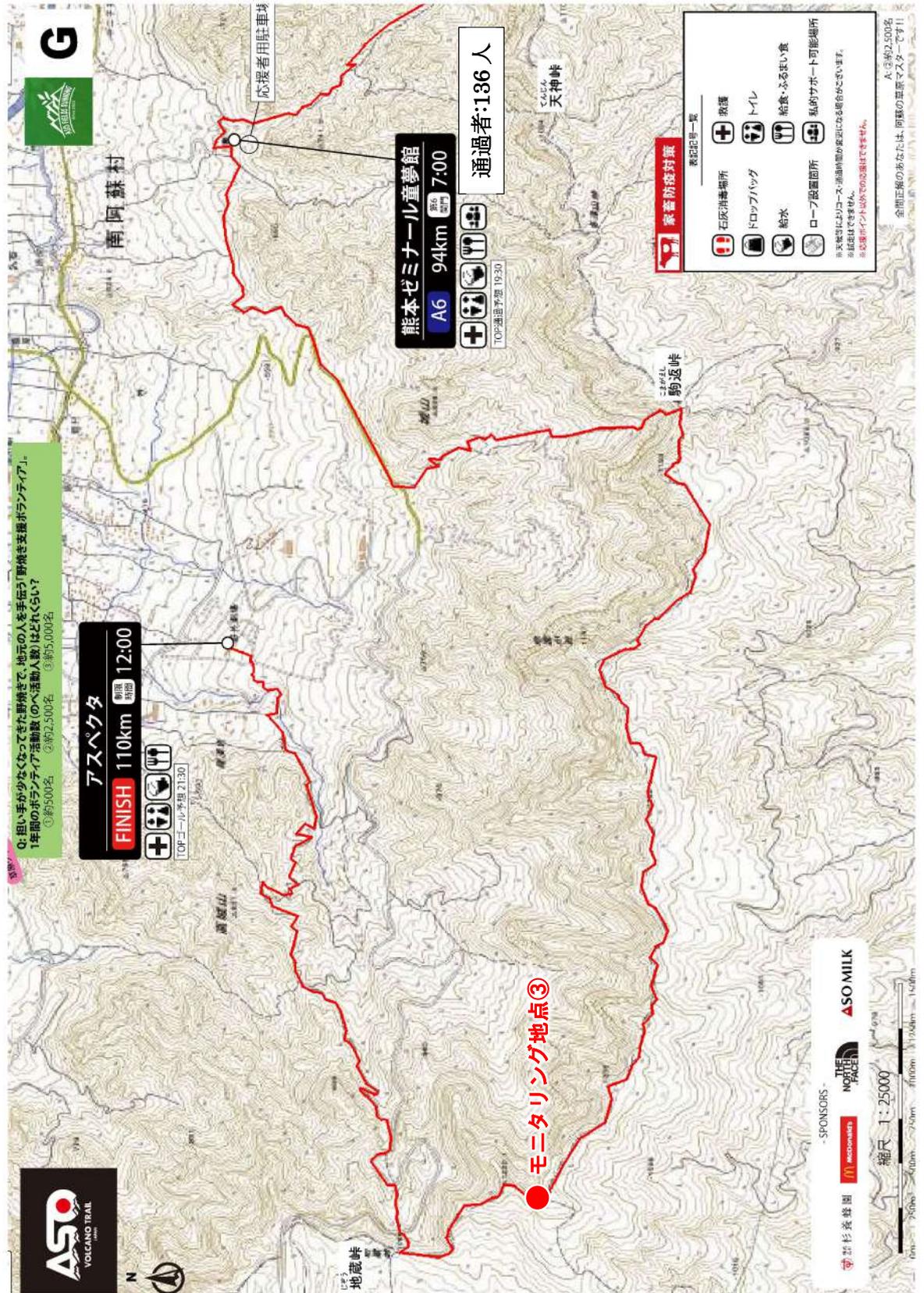


図 6.1.3 モニター地点③平面図(縮尺任意)

表 6.1.1 調査地点位置図

箇所	地点番号	標高	北緯	東経
黒岩峠より 約 150m 手前	モニタリング 地点①	約 886m	32° 82' 03.17"	131° 15' 23.00"
中坂峠より 約 350m	モニタリング 地点②	約 855m	32° 79' 56.30"	131° 12' 55.20"
大矢岳より 約 200m 手前	モニタリング 地点③	約 1200m	32° 79' 23.00"	130° 99' 82.40"

## 6.2 測定及び観察日時

測定及び観察日時を表 6.2.1 に示す。

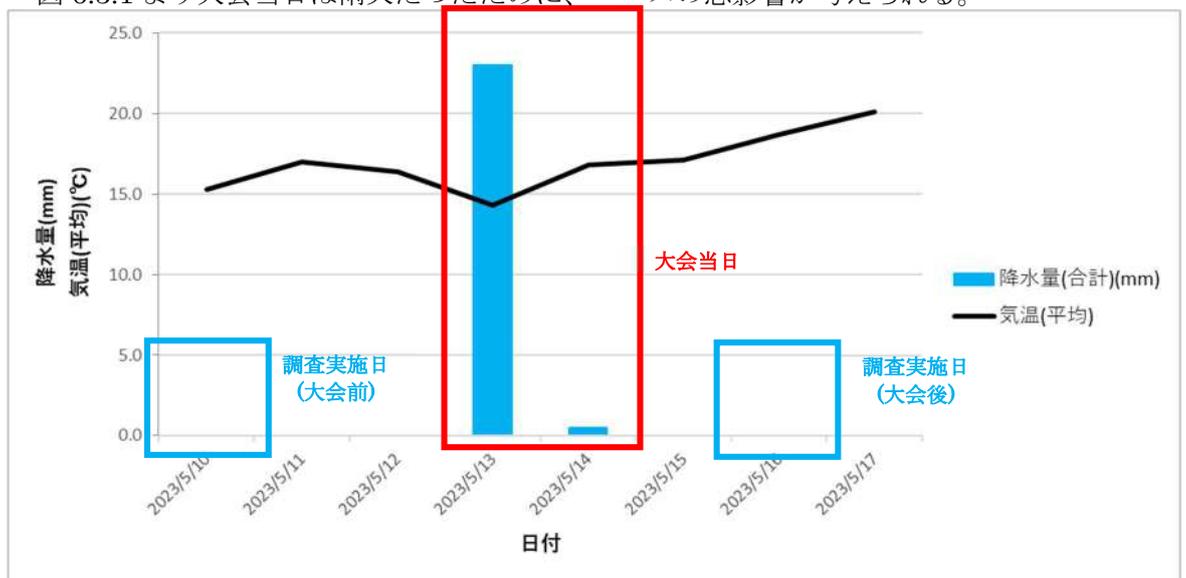
表 6.2.1 測定及び観察日時

地点番号	観察	年月日	時間	備考
モニタリング 地点①	大会前	令和 5 年 5 月 10 日	午前 11:17	—
	大会後	令和 5 年 5 月 16 日	午前 10:10	—
モニタリング 地点②	大会前	令和 5 年 5 月 10 日	午後 13:17	—
	大会後	令和 5 年 5 月 16 日	午後 12:35	—
モニタリング 地点③	大会前	令和 5 年 5 月 10 日	午後 15:46	—
	大会後	令和 5 年 5 月 16 日	午後 15:00	—

## 6.3 測定期間の天候

観測及び大会中の天候を図 6.3.1 に示す。

図 6.3.1 より大会当日は雨天だったために、コースの悪影響が考えられる。



	2023/5/10	2023/5/11	2023/5/12	2023/5/13	2023/5/14	2023/5/15	2023/5/16	2023/5/17
降水量(合計)(mm)	0.0	0.0	0.0	23.0	0.5	0.0	0.0	0.0
気温(平均)	15.3	17.0	16.4	14.3	16.8	17.1	18.7	20.1

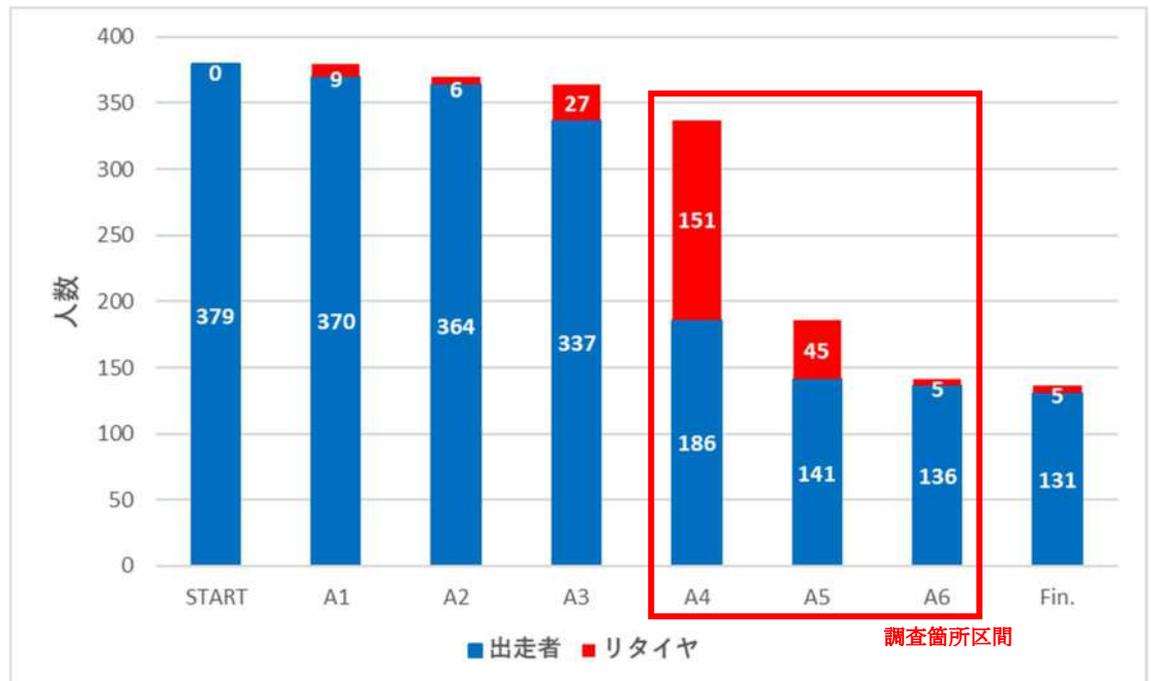
調査実施日 (大会前)
大会当日
調査実施日 (大会後)

図 6.3.1 熊本県高森の調査期間中の降水量及び気温(国土交通省 気象庁 参考(気象庁 | 過去の気象データ検索 (jma.go.jp))

#### 6.4 各ポイントにおける通過者の推移

各ポイントにおける通過者の人数を図 6.4.1 記す。

- ・モニタリング地点①:A4～A5の間:186人
- ・モニタリング地点②:A5～A6の間:141人
- ・モニタリング地点③:A6～Fin.の間:136人



	START	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Fin.
出走者	379	370	364	337	186	141	136	131
リタイヤ	0	9	6	27	151	45	5	5

調査箇所区間

図 6.4.1 各チェックポイントで通過者とリタイヤ者の推移

## 6.5 土壌硬度測定及び観察結果

測定観察結果を図 6.5.1～6.5.3 に示す。なお、本調査地点にて懸念される事項を第 4 章の 4.2 項に記している。

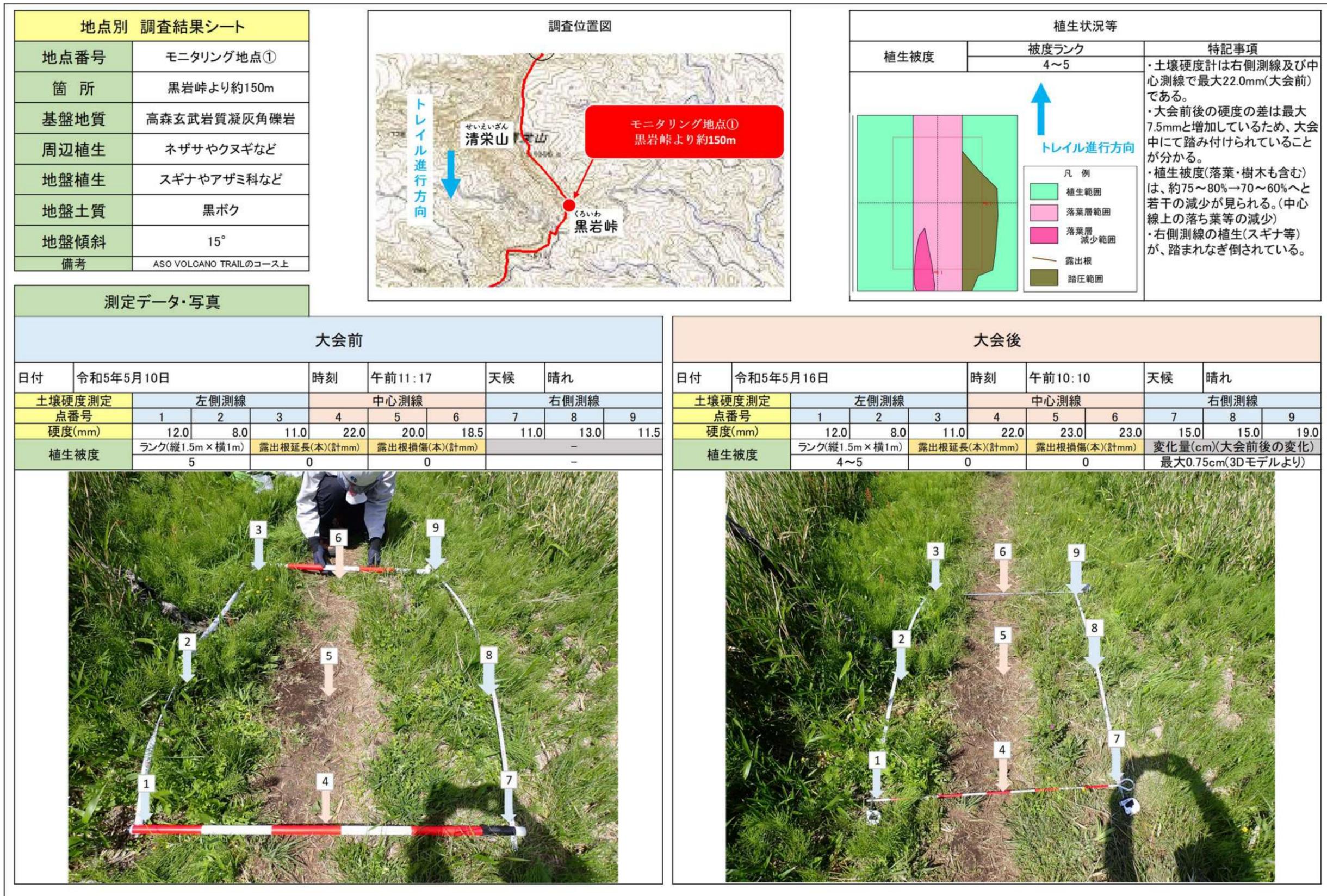


図 6.5.1 モニタリング地点①の地点別調査結果シート

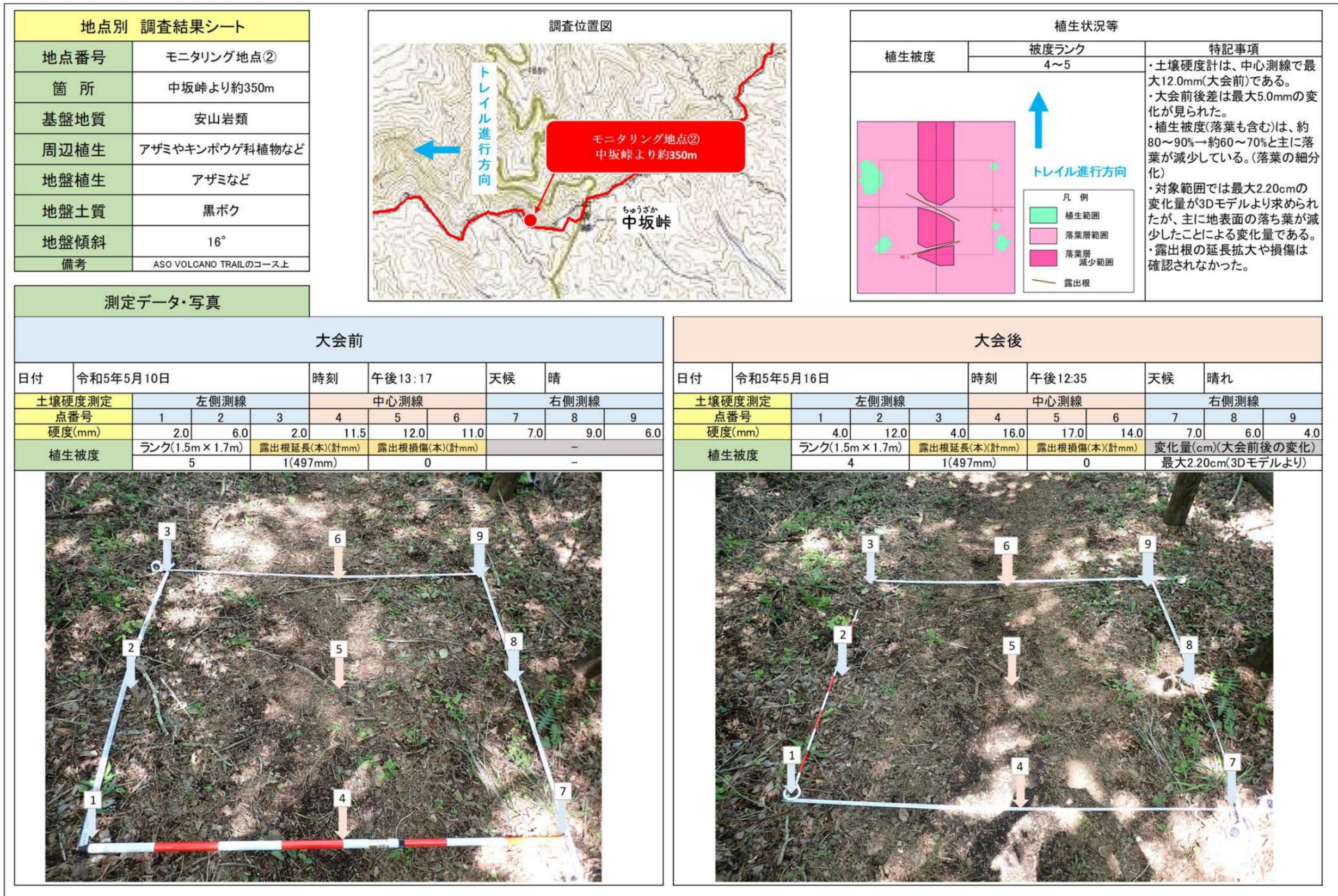


図 6.5.2 モニタリング地点②の地点別調査結果シート

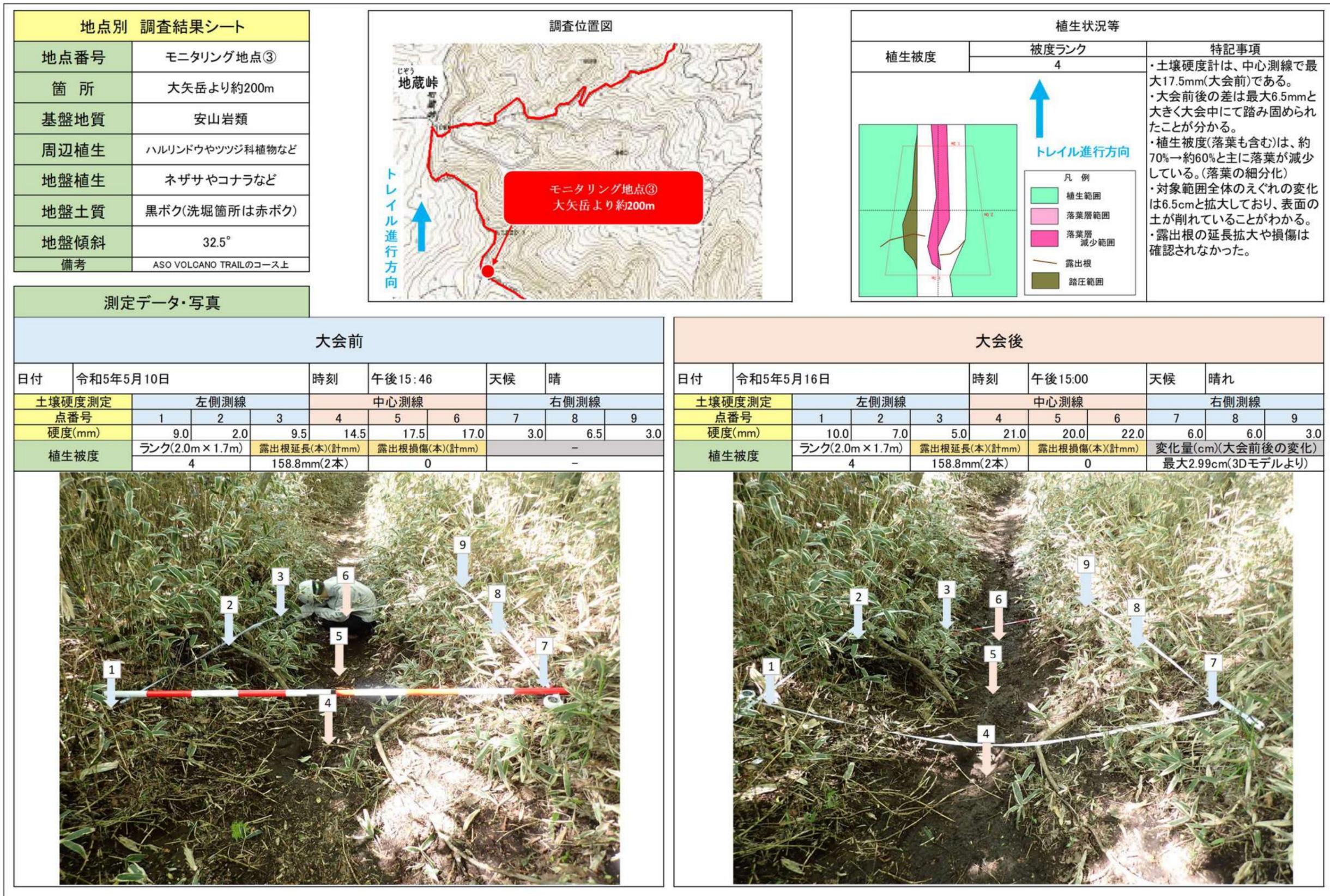


図 6.5.3 モニタリング地点③の地点別調査結果シート

## 6.6 3Dモデル写真

図 6.6.1～6.6.9 には、真上の写真及び、コースのトレイル進行方向(上方から)と進行方向の逆方向(下方から)から見た 3D モデル写真を記している。

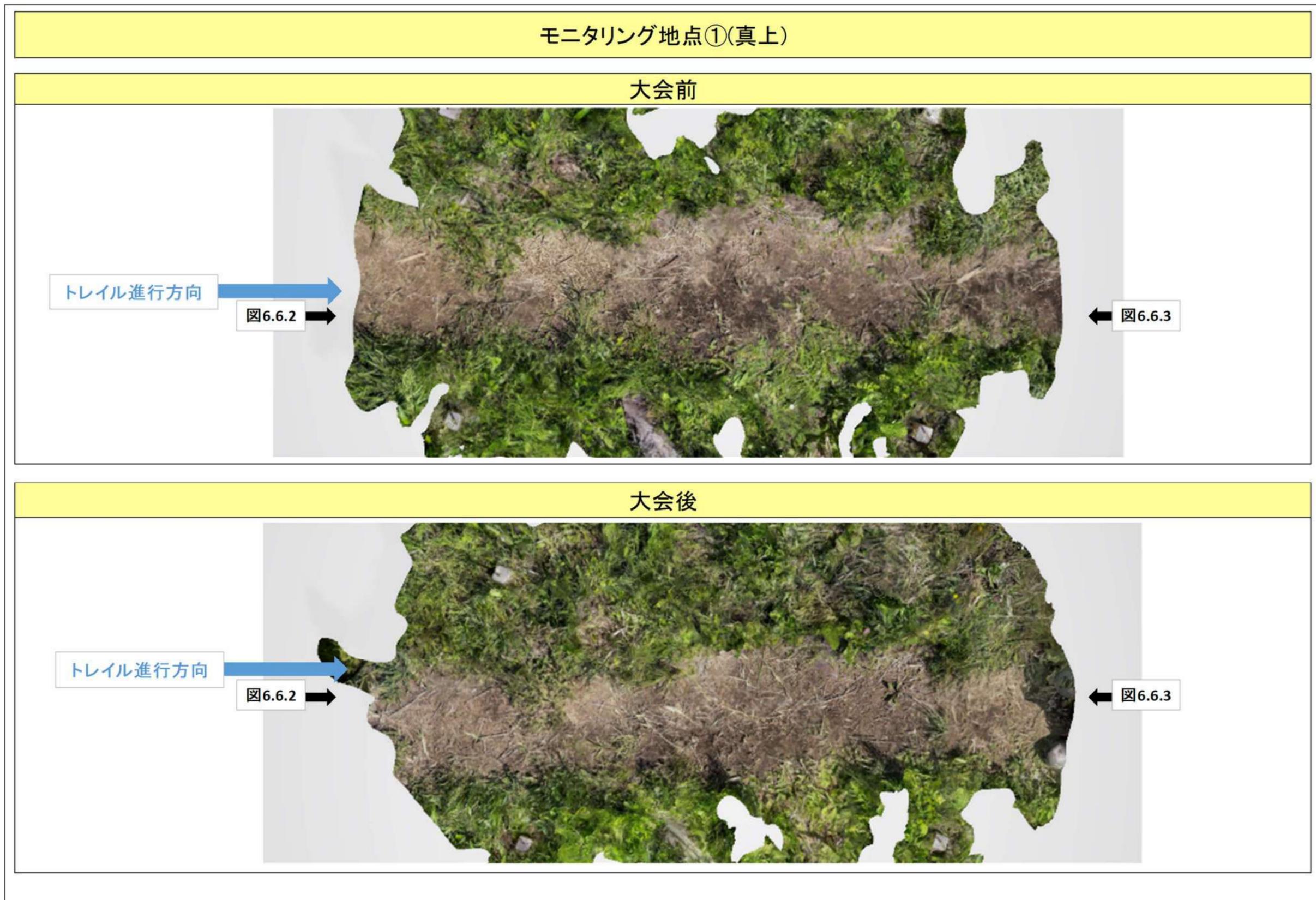


図 6.6.1 モニタリング地点① 真上の画像



図 6.6.2 モニタリング地点① 上方の画像



図 6.6.3 モニタリング地点① 下方の画像

モニタリング地点②(真上)

大会前

トレイル進行方向



図6.6.5



図6.6.6

大会後

トレイル進行方向



図6.6.5



図6.6.6

図 6.6.4 モニタリング地点② 真上の画像

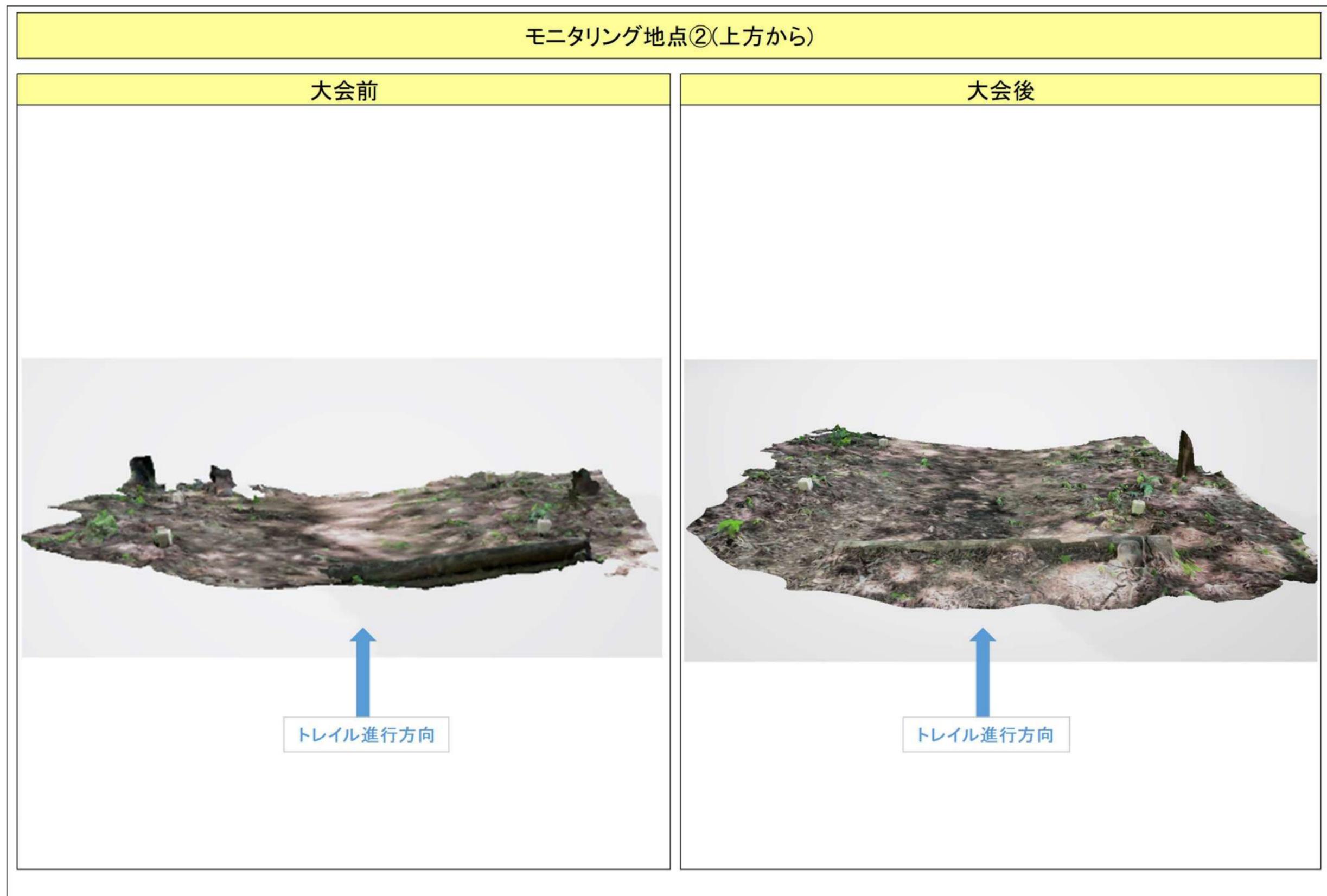


図 6.6.5 モニタリング地点② 上方の画像



図 6.6.6 モニタリング地点② 下方の画像

モニタリング地点③(真上)

大会前

トレイル進行方向

図6.6.8



図6.6.9

大会後

トレイル進行方向

図6.6.8



図6.6.9

図 6.6.7 モニタリング地点③ 真上の画像



図 6.6.8 モニタリング地点③ 上方の画像



図 6.6.9 モニタリング地点③ 下方の画像

## 6.7 点群データ加工(解析)

下記には 6.6 項に示した 3D モデルを元に各調査地点の測線①～④に該当する横断図を図 6.7.1～6.7.6 に示す。



図 6.7.1 モニタリング地点① 3D解析の測線箇所

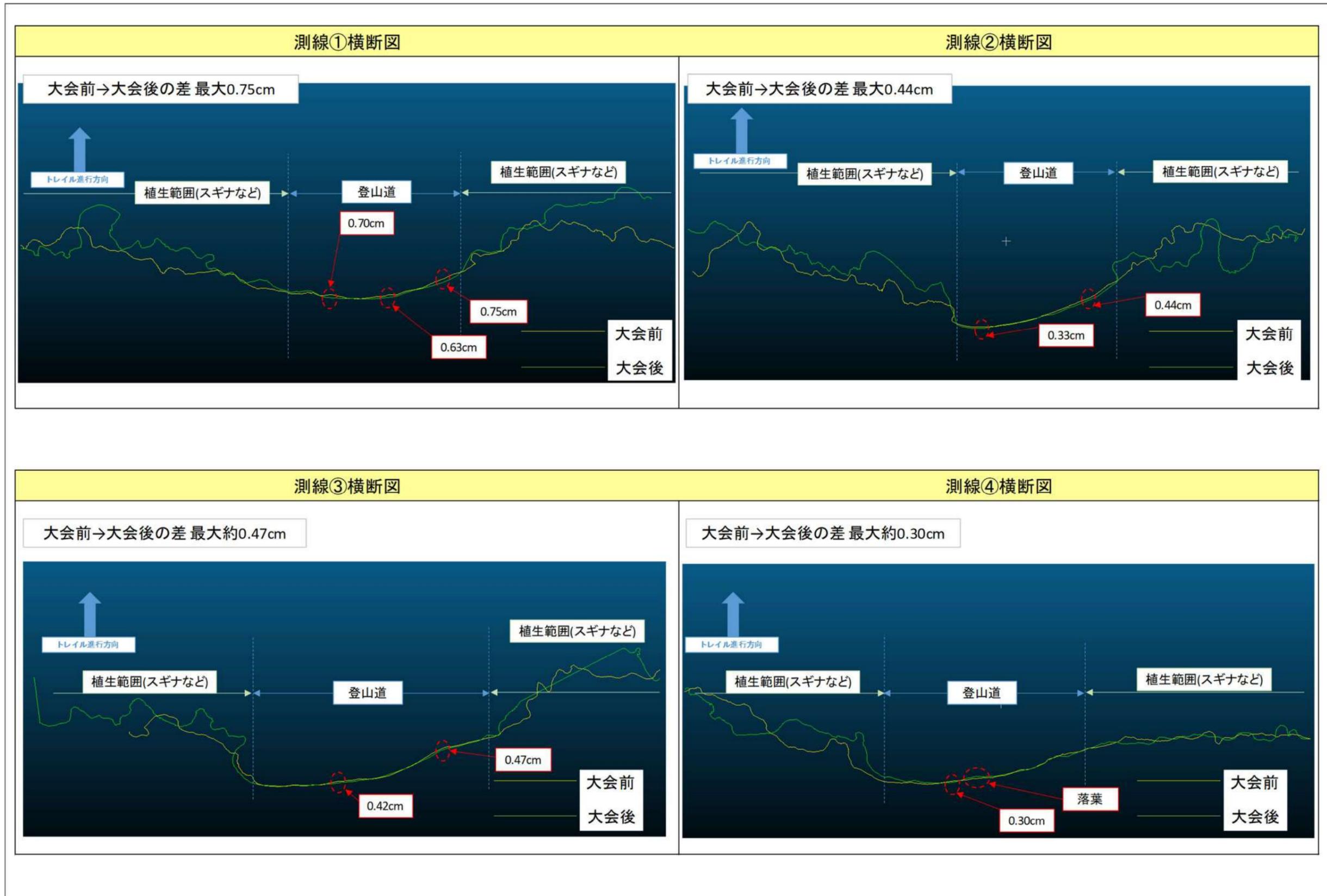


図 6.7.2 モニタリング地点① 3D 解析結果

地点別 調査結果シート(3Dモデル)	
地点番号	モニタリング地点②
使用機器	iPhone 13 Pro
使用アプリ	Polycam
最大変状(cm)	2.20cm(3Dデータより)

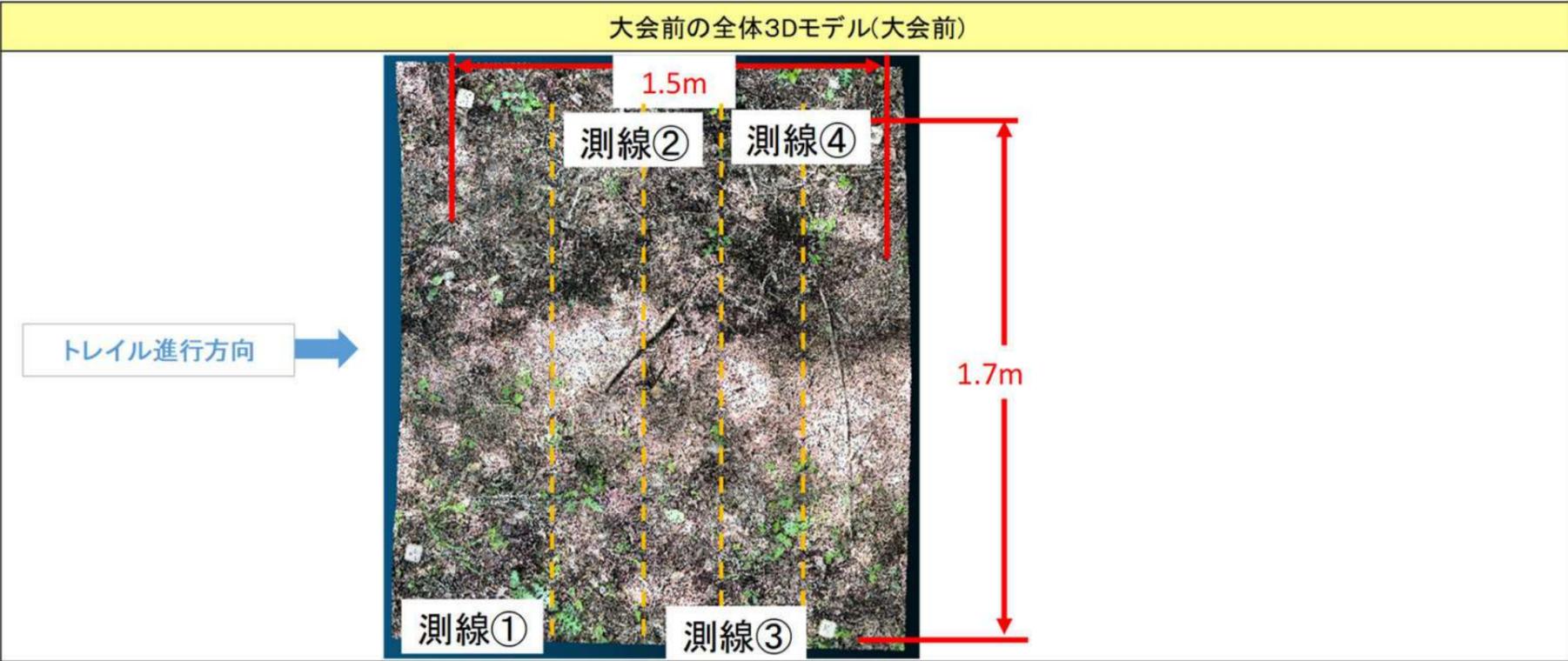


図 6.7.3 モニタリング地点② 3D解析の測線箇所

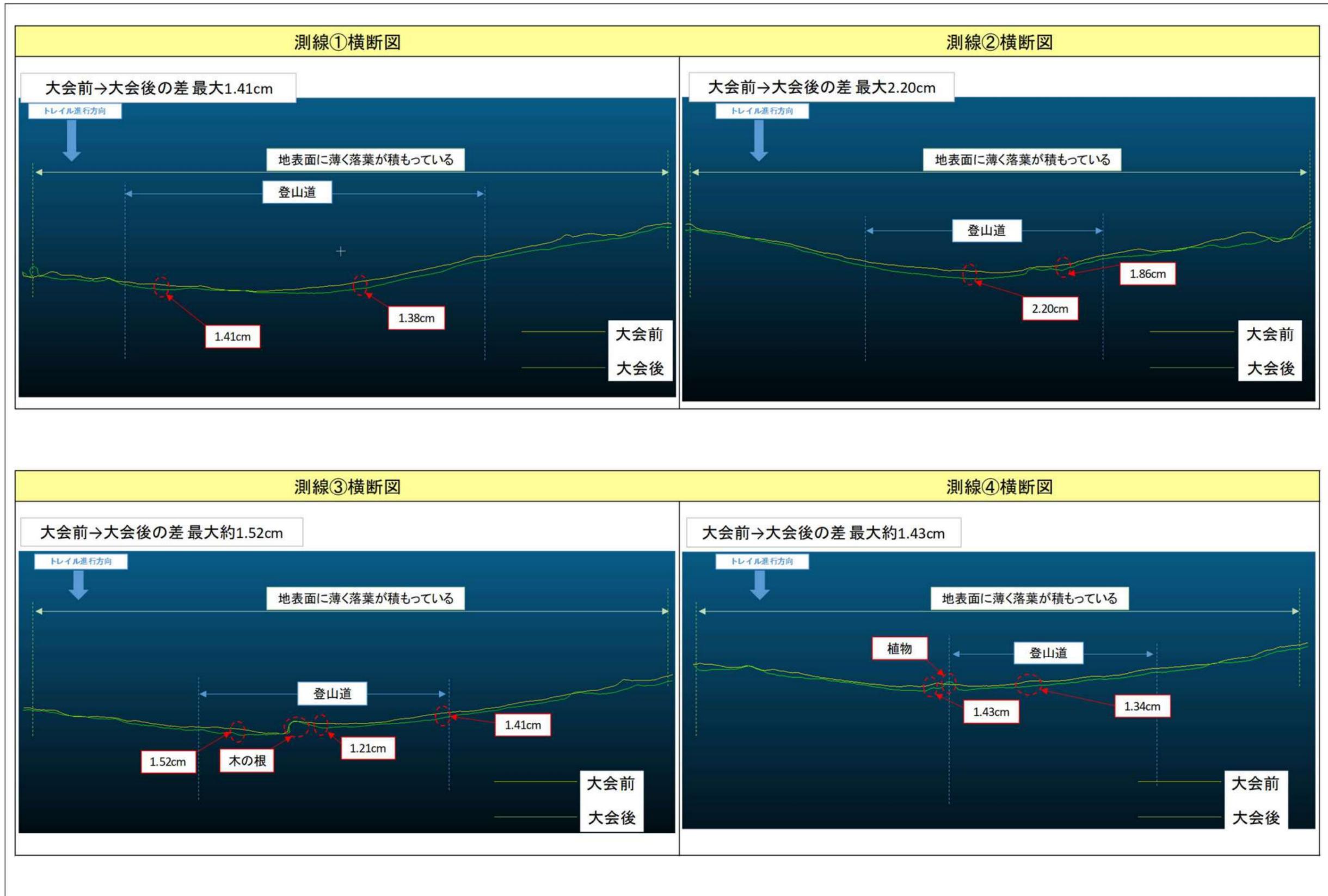


図 6.7.4 モニタリング地点② 3D 解析結果

地点別 調査結果シート(3Dモデル)	
地点番号	モニタリング地点③
使用機器	iPhone 13 Pro
使用アプリ	Polycam
最大変状(cm)	2.99cm(3Dデータより)

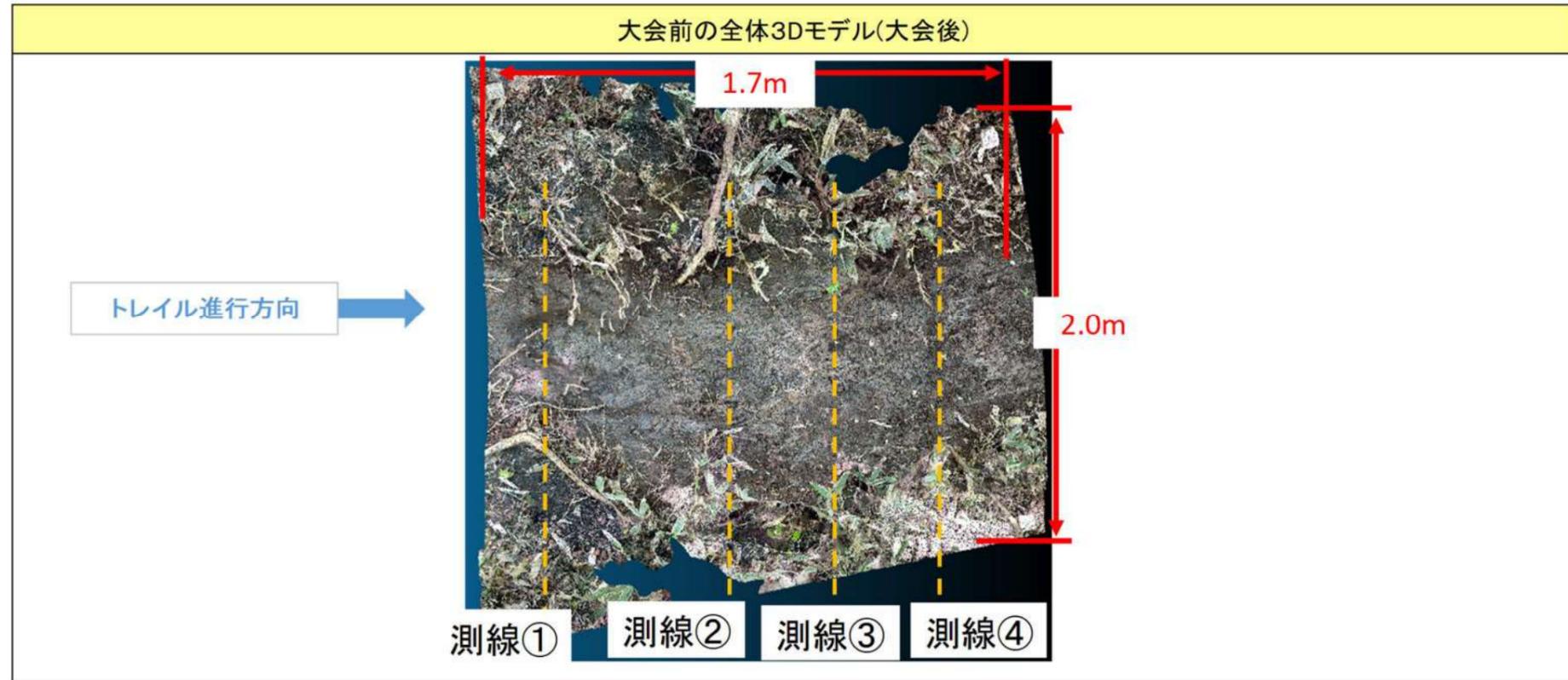
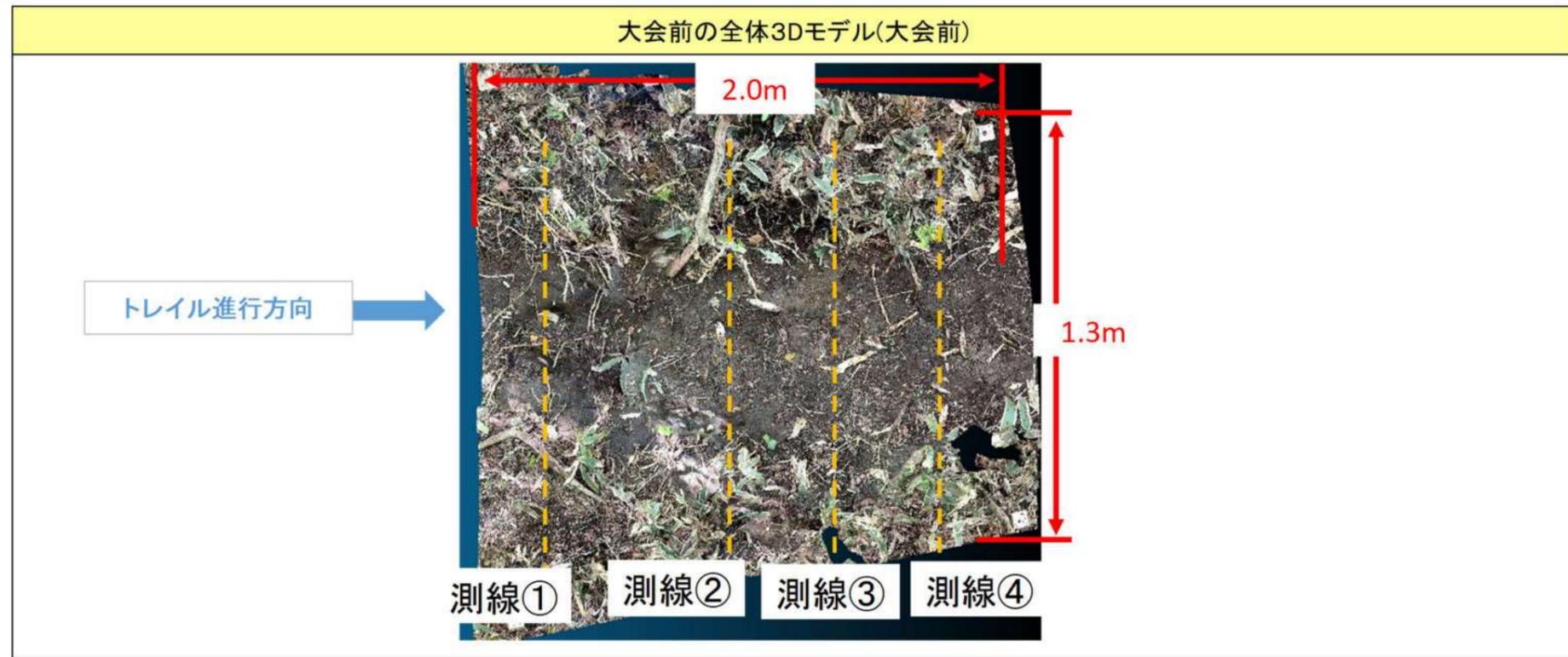


図 6.7.5 モニタリング地点③ 3D解析の測線箇所

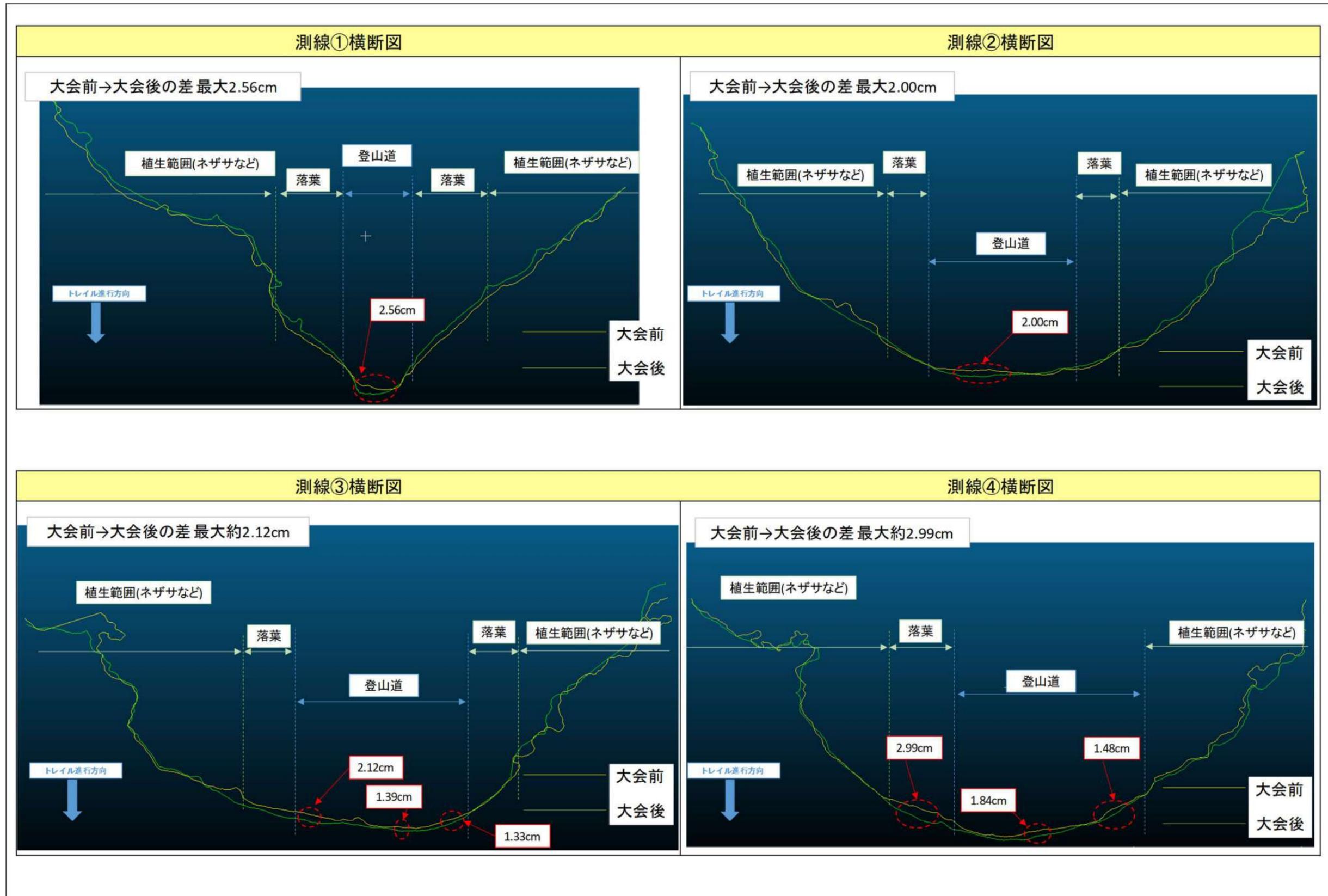


図 6.6 モニタリング地点③ 3D解析結果

## 第7章 まとめ・考察

### 7.1 各地点に対するまとめ

#### (1) モニタリング地点①

##### 【土壌硬度】

土壌硬度計の大会前後の測定結果及び前後の変化を表 7.1.1 に示す。

モニタリング地点①の大会前後の差は、右側測線の最大 7.5mm である。また、中心測線と右側測線にて大会前後で差が生じていることから、大会期間中に降雨であったものの、通過者の踏圧によって踏み固められた可能性が考えられる。

また、モニタリング地点①では中央測線の登山道のみならず、右側測線の植生が自生している個所でも強度増加が見られたことより、通過者が植生の自生範囲を通過していることも考えられる。

表 7.1.1 モニタリング地点①における土壌硬度の変化

土壌硬度測定	左側測線			中心測線			右側測線		
点番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大会前 硬度(mm)	12.0	8.0	11.0	22.0	20.0	18.5	11.0	13.0	11.5
大会後 硬度(mm)	12.0	8.0	11.0	22.0	23.0	23.0	15.0	15.0	19.0
変化(Δmm)後-前	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.5	4.0	2.0	7.5

##### 【植生被度(落葉も含む)】

植生被度(落葉・樹木も含む)は、約 75~80%→70~60%へと若干の減少が見られる。

植生の変化箇所は主に登山道の落ち葉の細分化や流失である。また、右側測線の植生範囲にて通過者により植物がなぎ倒されていることが確認された。

##### 【3D スキャニング】

モニタリング地点①の 3D 解析より、大会前後の変化を読み取ることが出来た。

表 7.1.2 より、測線 1 にて最大 0.75cm の変化が見られた。変化の原因としては、地表面に堆積した落ち葉等が風等の自然の影響や通過者により払い除けた又はは細分化したのが原因だと考えられる。このようなことから、大会前後の地表面の変化は極めて軽微であったと判断される。

表 7.1.2 モニタリング地点①における変化量

モニタリング地点①				
	測線1	測線2	測線3	測線4
変化量(cm)	0.75	0.44	0.47	0.30

## (2)モニタリング地点②

### 【土壌硬度】

土壌硬度計の大会前後の測定結果及び前後の変化を表 7.1.3 に示す。

モニタリング地点②の大会前後の差は、左側測線の最大 **6.0mm** である。主に中心測線にて変化が生じていることから、大会期間中に降雨であったものの、通過者の踏圧によって踏み固められた可能性が考えられる。

また、モニタリング地点②では、左側測線の強度増加が見られており、一定数の通行者がいたことが考えられる。

表 7.1.3 モニタリング地点②における土壌硬度の変化

土壌硬度測定 点番号	左側測線			中心測線			右側測線		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大会前 硬度(mm)	2.0	6.0	2.0	11.5	12.0	11.0	7.0	9.0	6.0
大会後 硬度(mm)	4.0	12.0	4.0	16.0	17.0	14.0	7.0	6.0	4.0
変化(Δmm)後-前	2.0	6.0	2.0	4.5	5.0	3.0	0.0	-3.0	-2.0

### 【植生被度(落葉も含む)】

植生被度(落葉も含む)は、約 80~90%→約 60~70%と主に落葉が減少している。

モニタリング地点②では、登山道上に植生があまり自生しておらず、大会前では落ち葉が地表面を覆っている状況であった。しかし、大会後では覆っていた落ち葉が細分化や流失により減少した。

### 【3D スキャニング】

モニタリング地点②の 3D 解析より、大会前後の変化を読み取ることが出来た。

表 7.1.4 より、測線 2 にて最大 **2.20cm** の変化が見られた。変化の原因としては、地表面に堆積した落ち葉等が風等の自然の影響や通過者により払い除けた又はは細分化したのが原因だと考えられる。このようなことから、大会前後での地表面の変化は軽微であったと判断される。

表 7.1.4 モニタリング地点②における変化量

モニタリング地点②				
	測線1	測線2	測線3	測線4
変化量(cm)	1.41	2.20	1.52	1.43

### (3)モニタリング地点③

#### 【土壌硬度】

土壌硬度計の大会前後の測定結果及び前後の変化を表 7.1.5 に示す。

モニタリング地点③の大会前後の差は、中心測線の最大 **6.5mm** である。主に中心測線にて変化が生じていることから、大会期間中に降雨であったものの、通過者の踏圧によって踏み固められた可能性が考えられる。

また、点番号 4 は大会前よりえぐれが激しい箇所であり、大会にて地表面の踏圧や地表面の剥ぎ取りにより、強度増加したと考えられる。

表 7.1.5 モニタリング地点③における土壌硬度の変化

土壌硬度測定 点番号	左側測線			中心測線			右側測線		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大会前 硬度(mm)	9.0	2.0	9.5	14.5	17.5	17.0	3.0	6.5	3.0
大会後 硬度(mm)	10.0	7.0	5.0	21.0	20.0	22.0	6.0	6.0	3.0
変化(Δmm)後-前	1.0	5.0	-4.5	6.5	2.5	5.0	3.0	-0.5	0.0

#### 【植生被度(落葉も含む)】

植生被度(落葉も含む)は、約 70%→約 60%と主に落葉が減少している。

モニタリング地点③では、登山道脇にネザサが自生しているが、登山道上には植生は自生しておらず、大会前では落ち葉が地表面を覆っている状況であった。しかし、大会後では覆っていた落ち葉が細分化や流失により減少した。

#### 【3D スキャニング】

モニタリング地点③の 3D 解析より、大会前後の変化を読み取ることが出来た。

表 7.1.6 より、測線 4 にて最大 2.99cm の変化が見られた。変化の原因としては、シューズの踏み込みによる切削痕であると判断される。

表 7.1.6 モニタリング地点③における変化量

モニタリング地点③				
	測線1	測線2	測線3	測線4
変化量(cm)	2.56	2.00	2.12	2.99

## 7.2 考察(各地点のまとめ)

今回実施した各地点におけるモニタリングの結果、大会の前後において登山道には大きな損傷や形状の変化は確認されなかった。

地点①、地点②での微小な変化は、落葉等の払い除けに伴ったものである。地点③の測点で確認された 3cm 程度の変化については、これを軽微な変化若しくは大きな変化と捉えるか判断が分かれるところであるが、この変化はシューズの踏み込みによる切削痕であると判断される。

一方、土壌硬度測定の結果では、トレイルの中心部において硬度の上昇が確認され、大会期間中に降雨があったものの、通過者の踏圧によって踏み固めが生じた可能性がある。ただ、モニタリング地点③においては、開会前後で数 cm 程度の変化が見られ、表面弱部の剥ぎ取りによって下面の硬質部が露わになった可能性がある。

主催者の発表による各モニタリング地点の通過者数についてみると、地点①では 186 人、地点②では 141 人、地点③では 136 人となっている。大会スタート時における出走者数は 379 人であり、モニタリング地点の通過者は出走者数の 50%以下である。

モニタリングの結果、トレイルに大きな損傷や形状の変化は確認されなかったが、これは各地点の通過者数が比較的になかったことが考えられる。

一方、大会期間の 5 月 13 日～14 日にかけては、阿蘇地方(高森)では 13 日の午前 7 時から深夜にかけて 23mm の降水量がありコースコンディションは良好ではなかった。このような降雨は、トレイルに悪影響を及ぼす最大の要因となる。また、草地に広く分布する黒ボクは含水によって著しく強度低下を起こす特殊土であることが知られている。

しかし、各モニタリング地点で観察や測定を行った結果は、気象状況から当初想定していたものとは大きく異なり、損傷や変化は極めて軽微であった。

このことは、今後の草地におけるトレイルのレイアウト設定や管理のあり方に大きな示唆を与えている可能性がある。

日降水量が 20mm 以上(一時間最大 3.5mm)であり 100 人以上の通過者があったにもかかわらず損傷や変化が軽微であった理由の一つに、モニタリング地点が踏圧を受けた登山道(九州自然歩道)であり、分布している黒ボク土は強度増加しており大会時の降雨レベルでは土粒子の流亡等の発生がなかったことが考えられる。また逆に言えば、登山道ではないバーゲンに近い強度増加を伴っていない黒ボクが露出したトレイルでは、損傷や変化が著しかったかもしれないということである。

## 第8章 今後の課題

今回のモニタリングにより、傾斜 30°程度の登山道(九州自然歩道)においては、日降水量が 20mm 程度(一時間最大 3.5mm)、通過者 200 人以内であれば、登山道に大きな損傷や変化は発生しにくいことが把握された。しかし、通過者数の増大に伴って損傷や変化が違ってくことは十分想定される。また、気象状況によってもこれらは大きく影響を受けることが考えられる。今後もモニタリングを継続してデータを蓄積していくとともに、損傷に備えた復旧方法(例えば近自然工法の導入)や管理方法について検討していく必要がある。

一方、本大会の目玉の一つは、阿蘇の雄大な草原の中を走ることでもある。各モニタリング地点は踏圧を受けた登山道であったことや大会前後のトレイルの状況からみて、出場選手は比較的に安全に通過できたと判断される。しかし、筆者は出場者の一部から、コース上の一部に極めてスリッピーな箇所やぬかるみがあったことを聞いている。現地を直接確認していないが、このような箇所は裸地化した黒ボクの急傾斜部などと推定され、特に、踏圧を受けていない大会のために設定された新規のトレイルであれば、登山道とは異なり、損傷や変化が大きかった可能性がある。

今後、大会の持続性を考えると、これらの問題(今回は問題になっていないかもしれないが)について十分検討を行っておくことが重要である。

参考までに検討すると、急傾斜の草地にトレイルを設定する場合は、「牛道」を参考とすることが良いのかもしれない。

阿蘇山麓や外輪山では牛の放牧が行われているが、写真 8.1.1～8.1.4 に示すように急傾斜地には牛の移動・採食の結果「牛道」が形成されている。文献によれば、牛道の形態と機能は表 8.1.1 のように分類されるが、土地が数十年にわたって保全されている(斜面崩壊等が起こっていない)。また、現在の牧場主にも訊いたところ、斜面に降った雨水は、緩傾斜かつ網目状となった「牛道」を伝って排水されるため流下速度が遅くなり、地中への浸透が促されることである。これは、急斜面の浸食を抑えると同時に、雨水の下流域への急激な流入防止や地下水の保全という、環境の保全の一翼を担っていることを意味している。

このように、「牛道」を参考にしたトレイルの設定は、参加者の安全や環境に良い結果をもたらすことが期待される。

表 8.1.1 牛道の形態と機能による分類

分 類		備 考	
形 態	配置による分類	等高線状型	配置間隔約 1.4 m, 幅員約 40cm, 縦断勾配 0～6 度
		網状型	縦方向間隔約 1.4 m, 横方向約 7～13m, 幅員約 40～80cm
	路面の形状による分類	階段型	幅員約 40cm (網状型の交差点近くで約 2 倍)
		溝型	〃 〃 40cm 深さ～70cm
機 能	採食道	等高線状型, 網状型, 階段型, 溝型	
	移動道	目標間の最短距離を結ぶ。溝型が多い。	

「急傾斜地の土地利用－牛による土地利用の診断指標－」『農林水産技術研究ジャーナル』鎌田悦男、農林水産技術情報協会、2 巻 7 号、p.37-40 1979 年



写真 8.1.1 急斜面上に形成された「牛道」配置分類：等高線型が卓越



写真 8.1.2 急斜面上に形成された「牛道」配置分類：網目型が卓越



写真 8.1.3 路面形状分類：階段型の牛道



写真 8.1.4 路面形状分類：溝型の牛道

以上.

現 場 写 真 集



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月10日

測定箇所

大会前



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月10日

測定範囲

大会前



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月10日

土壌硬度測定

大会前



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月10日

LIDAR撮影

大会前



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月10日

LIDAR測定基準

大会前



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月16日

測定範囲

大会後



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月16日

土壌硬度測定

大会後



現地測定状況

モニタリング地点①

2023年5月16日

LIDAR撮影

大会後



現地測定状況

モニタリング地点②

2023年5月10日

測定箇所

大会前



現地測定状況

モニタリング地点②

2023年5月10日

測定範囲

大会前



現地測定状況

モニタリング地点②

2023年5月10日

土壌硬度測定

大会前

工事名	
場所	モニタリング地
日付	2023/5/10
土壌硬度測定	
(大会前)	



現地測定状況

モニタリング地点②

2023年5月10日

LIDAR撮影

大会前



現地測定状況

モニタリング地点②

2023年5月10日

LIDAR測定基準

大会前



現地測定状況
モニタリング地点②
2023年5月16日
測定範囲
大会後



現地測定状況
モニタリング地点②
2023年5月16日
土壌硬度測定
大会後



現地測定状況
モニタリング地点②
2023年5月16日
LIDAR撮影
大会後



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月10日

測定箇所

大会前



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月10日

測定範囲

大会前



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月10日

土壌硬度測定

大会前



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月10日

LIDAR撮影

大会前



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月16日

測定範囲

大会後



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月16日

土壌硬度測定

大会後



現地測定状況

モニタリング地点③

2023年5月16日

LIDAR撮影

大会後