

全地連 新マーケット創出・提案型事業

---

傾斜センサーによる斜面監視モニタリングの  
マーケット開拓

---

報告書

令和7年3月

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

## はじめに

本報告書は、令和4～6年度（2022年4月1日から2025年3月31日まで）の3ヶ年にわたるコンソーシアムでの活動報告を取りまとめたものである。

令和7年3月

### 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング

(株)アバンス

応用地質(株)

(株)興和

国際航業(株)

(株)相愛

(株)日さく

(株)東建ジオテック

東邦地下工機(株)

東邦地水(株)

(株)東横エルメス

明治コンサルタント(株)

中央開発(株)

沖電気工業(株)

大日コンサルタント(株)

# 目次

## はじめに

	Page
<b>1. 概要</b> .....	<b>1</b>
1-1 背景と目的 .....	1
1-2 参加企業および会員 .....	2
<b>2. 活動内容</b> .....	<b>3</b>
2-1 コンソーシアムの目標 .....	3
2-2 ターゲットとする市場イメージ .....	3
2-3 準備会の活動内容 .....	4
2-3-1 コンソーシアム全般 .....	4
2-3-2 傾斜センサーの調査・分析 .....	5
2-3-3 斜面崩壊のデータ共有と管理基準値 .....	5
2-3-4 マーケット開拓 .....	5
2-3-5 ユーザー企業のメリット・意義 .....	6
2-4 コンソーシアムの活動スケジュール .....	7
<b>3. 活動報告</b> .....	<b>9</b>
3-1 ワーキンググループ班分け .....	9
3-2 ワーキンググループの活動スケジュール .....	10
3-3 技術開発ワーキングの活動報告 .....	11
3-3-1 会員企業の傾斜センサーの仕様 .....	11
3-3-2 会員企業の傾斜センサーの使用事例 .....	19
3-3-3 傾斜センサーメーカーへのアンケート調査結果 .....	32
3-3-4 実証サイトにおけるモニタリング結果 .....	50
3-4 市場開拓ワーキングの活動報告 .....	114
3-4-1 傾斜センサーユーザーへのアンケート調査結果 .....	114
3-4-2 コンソーシアム Web サイトの構築 .....	146
3-4-3 関係省庁への働きかけ .....	150
3-4-4 論文投稿および発表 .....	151
3-4-5 展示会への出展 .....	160
3-4-6 活動報告会セミナーの開催 .....	163
<b>4. 講演</b> .....	<b>176</b>
4-1 斜面災害の近況とモニタリングに基づく安全の達成 .....	176
4-2 「避難スイッチ」を中心とした豪雨災害避難対策 .....	178

4-3	四国 CX 研究会の設立とトライアングル愛媛の取組	180
4-4	斜面災害と ODA	182
4-5	水文地形モデリングに基づく斜面災害のハザード評価	183
<b>5.</b>	<b>管理基準値（暫定版）の提言</b>	<b>185</b>
5-1	土壌雨量指数と角速度の相関性と変形ベクトル	185
5-2	傾斜センサーによる斜面の変形の特徴	187
5-3	変形および崩壊のプロセスの考察	189
5-4	傾斜センサーの管理基準値の暫定案	190
<b>6.</b>	<b>謝辞</b>	<b>192</b>

# 1. 概要

## 1-1 背景と目的

近年、気候変動の影響などを受け、全国各地で土砂災害が多発し、激甚な被害が生じているが、対策としてハード、ソフトの取組が展開されているものの被害を低減しきれていない。このような中、傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのシステムが複数開発されてきており、斜面崩壊の予兆をキャッチして早期警報を発令することで、その被害を低減することへの貢献が期待される。しかしながら、このような傾斜センサーは国内および海外においても設置されている斜面はまだ少なく、実際に崩壊を捉えた事例も少ない現状がある。

そのため、傾斜センサーによる斜面監視モニタリングの認知度を高め、その潜在マーケットを開拓して普及を図っていくことによって、社会の防災・減災に貢献することを目的として、本コンソーシアムを設立した。

## 1-2 参加企業および会員

本コンソーシアムの会員企業および会員は、表1-1に示す通りである。

表1-1 会員企業および会員

### ■会員企業

企業名	傾斜センサーメーカー企業	会員 (敬称略)	参加ワーキンググループ		備考
			技術開発 ワーキング	市場開拓 ワーキング	
(株)アサノ大成基礎 エンジニアリング	○	片山 輝彦	○	○	
		藤森 研治	○	○	
(株)アバンス		梅崎 基考		○	
		山下 隆之		○	
		宮崎 康平		○	
応用地質(株)	○	谷川 正志	○	○	
		桜井 清仁		○	
		蚊爪 康典	○		
		根本 雅夫		○	
(株)興和	○	井藤 嘉教	○		
	佐藤 朗	○			
国際航業(株)		佐藤 渉		○	
(株)相愛		國沢 大輔	○		
(株)日さく		宇野 智博	○		
(株)東建ジオテック		細沼 紀康		○	
東邦地下工機(株)		片山 浩明	○	○	
		田上 貴裕	○		
東邦地水(株)		寺地 啓人	○		
(株)東横エルメス	○	炭谷 稔	○		
		峯尾 卓光	○		
		炭谷 直樹		○	
		海鋒 賢希		○	
		山口 和夫		○	
明治コンサルタント(株)	○	渡邊 信一	○	○	
		林田 昇	○	○	
中央開発(株)	○	王寺 秀介		○	幹事会社 事務局
		福原 誠	○		
		王 林	○		
		藤谷 久	○	○	
		岡田 直人		○	
沖電気工業(株)	○	森 大器	○	○	ワザバー
		野崎 正典	○	○	
		橋爪 洋	○	○	
		久保 祐樹	○	○	
大日コンサルタント(株)		根本 亮	○	○	協力企業
		辻岡 秀樹		○	

### ■顧問

機関名	顧問	備考
京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻	安原 英明	教授
鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科 環境計画研究室	宮本 善和	教授

## 2. 活動内容

### 2-1 コンソーシアムの目標

#### (1) 上位目標

- ・斜面災害からの『逃げ遅れゼロ』を促進することで、人命・財産を守る。

#### (2) 目標

- ・傾斜センサーを用いた多点配置モニタリングによる防災ビジネスマーケットを開拓・拡大する。

#### (3) 成果イメージ

##### 【技術開発】

- ・斜面の傾斜データの共有による斜面の挙動の傾向が把握される（斜面の健康診断へ）。
- ・傾斜センサーの適用性が明確になり、多点配置モニタリングが標準化される。
- ・斜面防災への適用の有効性が実証され、有識者や国の機関にオーソライズされる。
- ・管理基準値のオーソライズへの足掛かりが得られる。

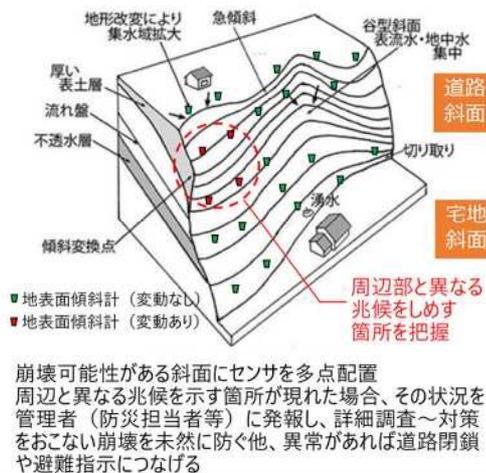
##### 【市場開拓】

- ・傾斜センサーによる斜面モニタリングの必要性・有効性の認識が広がり、認知度が高まる。
- ・多点配置モニタリング・情報配置システムの積算歩掛が整備される。
- ・国内の道路斜面、宅地斜面への市場が開拓される（公共予算、制度確立など）。
- ・海外展開の展望が開ける（ODAへの適用の深化など）。

### 2-2 ターゲットとする市場イメージ

ターゲットとする市場イメージを図2-1に示す。

#### ■多点配置による斜面の変状・異常のモニタリング（防災・減災）】



#### 【個別動態観測（地質調査手法の一手法）】

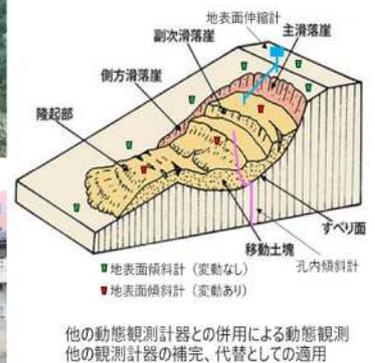


図2-1 ターゲットとする市場イメージ

左図）※「防災科学技術研究所 HP, [https://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza\\_kiso/15houkai.html](https://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/15houkai.html) の図 15.2」を使用して作成した

右図）※「防災科学技術研究所 HP, [https://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza\\_kiso/15houkai.html](https://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/15houkai.html) の図 15.5」を使用して作成した

## 2-3 準備会の活動内容

本コンソーシアムを設立する前の約1年間、主要企業にてプレミーティングおよび準備会をおこない、コンソーシアムでの活動内容に関する意見を取りまとめた。表2-1に準備会の活動内容を示す。

表2-1 準備会における活動内容

回数	日付	参加会社	内容
1	2021/5/21	中央開発(株)・応用地質(株)	挨拶・中央開発趣旨説明
2	2021/7/30	中央開発(株)・応用地質(株)	第1回 プレミーティング 目的やゴールのイメージ確認、全地連への働きかけについて
3	2021/8/25	中央開発(株)・応用地質(株) 全地連事務局	第2回 プレミーティング 全地連の関係者も交えて意見交換
4	2021/9/14	中央開発(株)・応用地質(株) (株)オサシ・テクノス	第3回 プレミーティング 研究開発やマーケット開拓の進め方について
5	2021/11/1	中央開発(株)・応用地質(株) 国際航業(株)・明治コンサルタント(株) (株)オサシ・テクノス	第1回 準備会 感太郎の概要や国内実績とSIP活動(中央開発)
6	2021/11/29	中央開発(株)・応用地質(株)	コンソーシアムの趣旨、目的の擦り合わせ(準備会とは別の折衝)
7	2021/12/2	中央開発(株)・応用地質(株) 国際航業(株)・明治コンサルタント(株) (株)オサシ・テクノス	第2回 準備会 ①各社傾斜センサーの技術紹介(明治コンサルタント、応用地質) ②研究開発、マーケットについて
8	2022/1/21	中央開発(株)・応用地質(株) 国際航業(株)・(株)オサシ・テクノス	第3回 準備会 ①各社傾斜センサーの技術紹介(国際航業、オサシ・テクノス) ②コンソーシアムについて
9	2022/2/25	中央開発(株)・応用地質(株) 国際航業(株)・明治コンサルタント(株) (株)オサシ・テクノス	第4回 準備会 ①これまでの意見について ②コンソーシアムについて、設立に向けた申請について

以下、プレミーティングおよび準備会での意見を取りまとめた。

### 2-3-1 コンソーシアム全般

- 「監視」と「計測」を分けて考える必要がある
- コンソーシアムの参加会社を募集するにあたり、特にユーザー企業の参加のメリット・意義を明確にすべきである。

- **学識経験者の参画**について、斜面専門の東畑名誉教授（東京大学）や避難行動専門の矢守教授（京都大学）が考えられる。  
⇒コンソーシアムの活動に賛同して頂くことが条件となる。

### 2-3-2 傾斜センサーの調査・分析

- 各社の**傾斜センサーの特性や長所**を調査・分析する。また、**精度とコスト**で整理すると、ユーザーは使いやすい。
- 各社のこれまでの検証結果（例えば温度ドリフト等）を共有する。⇒公表できる情報と公表できない情報がある。
- 各社の傾斜センサーを同一斜面に設置する**フィールド実験**を行う。  
⇒愛媛大学の安原先生が既に数社の傾斜センサーを用いてフィールド実験している。
- フィールド実験は、コンクリート擁壁で実施することもありうる。

### 2-3-3 斜面崩壊のデータ共有と管理基準値

- **計測データは発注者の所有物**であり、コンソーシアム内で共有するためには、発注者の許可が必要。  
⇒場所を公表しないこと、2次クリープ挙動のデータのみを使用することで、発注者から承諾は頂ける可能性はある。
- **傾斜センサーの動きと崩壊メカニズムの関係**を示すことが重要である（地盤伸縮計との差別化も必要）。
- そのために、斜面をモデル化して**数値解析**を行うことも考慮する。
- 計測データを共有できたとしても**2年間で、崩壊したデータを収集することは難しい**。
- 崩壊まで至っていない降雨時の挙動データも収集し、それを分析・パターン化するなどし、斜面の健全度（性能設計を考慮）を示す方向も考えられる。
- その際、1次クリープ～2次クリープで斜面の健全度をモニタリングすることと、3次クリープで崩壊に至る前のアラートを発出することが考えられる。そのために3次クリープのデータではなく、2次クリープのデータを集積する。
- 傾斜センサーによる多点監視から、監視ポイントを絞り込む必要がある。そのためのノウハウも検討する。

### 2-3-4 マーケット開拓

- 対象は**国内外の斜面防災**である。
- **管理基準値のオーソライズ、積算基準の作成**は有益である。

- 傾斜センサーの活用対象は、斜面モニタリングのみではなく、擁壁やアンカーなどの構造物等も含める。
- 国交省で危機管理型水位計を開発・普及するために行われた「革新的河川管理プロジェクト」と同様な方法も考えられる（全地連より）。
- 全地連のスキームを使って、国交省等に働きかけすることは可能である。
- 国交省（砂防・道路・都市）、NEXCO（地質リスク）に売り込んでみる。特にNEXCOは全地連の働きかけもあり、地質リスクに注力している。
- 土砂法に関する**土砂災害（特別）警戒区域では国交省砂防セクション（市町村も考慮）、道路防災では国交省道路防災セクション**への売込みがよい。
- 国内外の土砂災害から人命を守るための斜面モニタリングについて、法制度の改正や補助制度の起案なども視野に活動していく。

### 2-3-5 ユーザー企業のメリット・意義

- 各社の傾斜センサーの比較分析に基づく取り扱いの留意事項やその活用事例。
- 新たにオーソライズされた管理基準値とその考え方。
- 国や自治体の斜面モニタリングに対する最新情報などの情報共有。

## 2-4 コンソーシアムの活動スケジュール

本コンソーシアムの当初活動スケジュールは図2-2に示す通りである。当初は2022～2023年度での2年間の活動計画であったが、2024年度の1年を延長し計3年間活動した（図2-3）。

		2022				2023				備考	
		第1Q	第2Q	第3Q	第4Q	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q		
全体	準備会・勧誘	[スケジュール]									
	コンソーシアム活動	[スケジュール]									
	学識経験者との意見交換		○	○	○	○	○	○			
技術開発WG	成果	◆斜面の傾斜データの共有による斜面の挙動の傾向が把握される ◆傾斜センサの適用性が明確になり、多点配置モニタリングが標準化される ◆斜面防災への適用の有効性が実証され、有識者や国の機関にオーソライズされる ◆管理基準値のオーソライズへの足掛かりが得られる									
	活動	実証サイトにおける傾斜センサの比較検証	[スケジュール]								
	活動	挙動データの収集・整理・分析	[スケジュール]								
	活動	傾斜センサの傾向・適用性の分析	[スケジュール]								
	活動	とりまとめ：各社センサの傾向整理、標準化、適用方法の整理	[スケジュール]								
市場開拓WG	成果	◆傾斜センサによる斜面モニタリングの必要性・有効性の認識が広がり、認知度が高まる ◆多点配置モニタリング・情報配信システムの積算歩掛が整備される ◆国内の道路斜面、宅地斜面への市場が開拓される（公共予算、制度確立など） ◆海外展開の展望が開ける（ODAへの適用の深化など）									
	活動	市場開拓、普及・啓発の戦略・行動計画の検討	[スケジュール]								
	活動	市場開拓、普及・啓発の行動の実践	[スケジュール]								
	活動	国内関連機関への働きかけ	[スケジュール]								
	活動	海外関連機関への働きかけ	[スケジュール]								
	活動	積算歩掛の作成	[スケジュール]								

図2-2 当初計画の全体スケジュール

本コンソーシアムの全体協議は、表2-2に示す日程で実施した。

表2-2 本コンソーシアムの全体協議日程および協議内容

回数	年度	年月日	主な協議内容
1	2022	2022/4/13	コンソーシアムの立上げの背景と目的、会員自己紹介、スケジュール、予算、規約
2		2022/6/23	実証サイトの傾斜センサーの設置状況の報告、ワーキンググループの班分け、各ワーキングでの活動予定
3		2022/8/24	傾斜センサーメーカーのアンケート調査結果速報、ユーザーのニーズ把握の実施計画、四国CX研究会とトライアングル愛媛への協力
4		2022/11/1	傾斜センサーメーカーのアンケート調査結果の報告、自治体アンケート調査やWebサイト構築の進行状況の報告
5		2022/12/22	管理基準値設定の検討、自治体アンケート調査結果の報告
6	2023	2023/4/11	全地連ホームページに掲載する報告書内容の確認、3月に発生した崩壊時の各社の計測結果の報告、自治体ヒアリング結果の報告
7		2023/8/29	管理基準値の設定(案)の提示、自治体ヒアリング結果の報告、自治体アンケートのクロス集計結果の報告
8		2023/12/20	有瀬計測結果の報告、各メーカーの傾斜センサーの仕様および使用事例の紹介、報告会(セミナー形式)や共同展示会出展の計画
9	2024	2024/4/25	管理基準値の設定(案)の検討、報告会(セミナー形式)や共同展示会出展の計画、学協会論文の投稿および発表

	2022年度 (令和4年度)				2023年度 (令和5年度)				2024年度 (令和6年度)				備考	
	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q		
全体														
準備会・勧誘														
コンソーシアム活動														
学識経験者との意見交換														特別講演
成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆斜面の傾斜データの共有による斜面の挙動の傾向が把握される</li> <li>◆傾斜センサの通用性が明確になり、多点配置モニタリングが標準化される</li> <li>◆斜面防災への適用の有効性が実証され、有識者や国の機関にオーソライズされる</li> <li>◆管理基準値のオーソライズへの足掛かりが得られる</li> </ul>													
技術開発WG														
活動														
実証サイトにおける傾斜センサの比較検証														徳島県有頼にて傾斜センサを設置、計測
挙動データの収集・整理・分析														その他事例の収集
傾斜センサの傾向・通用性の分析														傾斜センサメーカーへのアンケート実施 設置事例の紹介
とりまとめ：各社センサの傾向整理、標準化、通用方法の整理														全地連へ活動報告書を提出 管理基準値(案)を設定
成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆傾斜センサによる斜面モニタリングの必要性・有効性の認識が広がり、認知度が高まる</li> <li>◆多点配置モニタリング・情報配信システムの積算歩掛が整備される</li> <li>◆国内の道路斜面、宅地斜面への市場が開拓される（公共予算、制度確立など）</li> <li>◆海外展開の展望が開ける（ODAへの適用の深化など）</li> </ul>													
市場開拓WG														
活動														
市場開拓、普及・啓発の戦略・行動計画の検討														
市場開拓、普及・啓発の行動の実践														Webサイトの構築、自治体へのアンケート実施、展示会ブース出展、論文発表、Web報告会
国内関連機関への働きかけ														国交省へのヒアリング実施
海外関連機関への働きかけ														JICAへのヒアリング実施
積算歩掛の作成														作成せず

■ 計画  
■ 実施

図 2-3 実施全体スケジュール

## 3. 活動報告

### 3-1 ワーキンググループ班分け

本コンソーシアムでは、「技術開発」と「市場開拓」の2つのワーキンググループに分けて活動している。各ワーキンググループでの主な活動内容は以下の通りである。

#### ◆ 技術開発ワーキンググループ (WG)

- ・ワーキンググループ長 : 谷川 正志 (応用地質株式会社)
- ・副ワーキンググループ長: 藤谷 久 (中央開発株式会社)

- ◆ 実証サイトにおけるモニタリング結果の検討
- ◆ 傾斜センサーメーカーへのアンケート調査の実施
- ◆ 管理基準値の提言

#### ◆ 市場開拓ワーキンググループ (WG)

- ・ワーキンググループ長 : 宮本 善和 (現: 鳥取大学、旧: 中央開発株式会社)  
⇒王寺 秀介 (中央開発株式会社) ※2022/12/22交代 (全体協議で承認)
- ・副ワーキンググループ長: 佐藤 渉 (国際航業株式会社)

- ◆ ユーザーのニーズの把握 (アンケート調査)
- ◆ コンソーシアムWebサイトの構築 (傾斜センサーモニタリングのポータルサイト)
- ◆ 関係省庁への働きかけ
- ◆ 論文投稿および発表

### 3-2 ワーキンググループの活動スケジュール

「技術開発」と「市場開拓」の2つのワーキングは、表3-1に示す日程で実施した。

表3-1 各ワーキングの日程および協議内容

#### ■技術開発ワーキング

回数	年度	年月日	主な協議内容
1	2022	2022/7/25	有瀬地区の各社計測データから得られた状況の把握、各社センサーの情報を収集するアンケートの計画
2		2022/10/13	傾斜センサーの精度向上についての協議、傾斜センサーメーカーへのアンケートの実施計画
3		2022/11/15	有瀬地区の各社計測結果の報告、管理基準値設定のアプローチ
4	2023	2024/2/20	管理基準値の再確認、全地連技術フォーラム2024新潟での論文投稿および発表、令和5年度の本コンソーシアムの活動報告書の作成
5	2024	2024/5/22	管理基準値の再確認、全地連技術フォーラム2024新潟での論文投稿および発表

#### ■市場開拓ワーキング

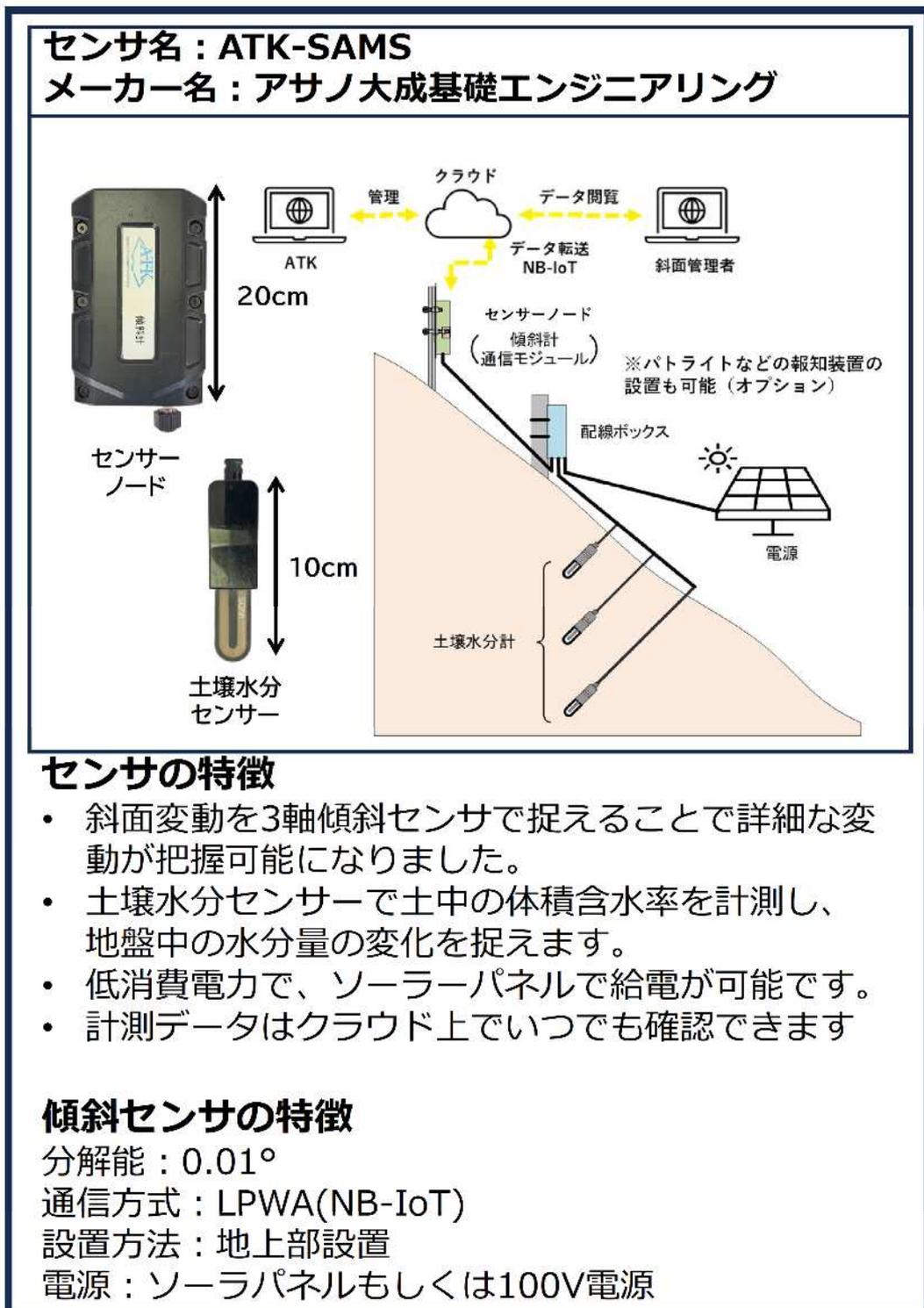
回数	年度	年月日	主な協議内容
1	2022	2022/8/4	市場開拓WGでの具体的行動、ユーザーへのアンケート方法とアンケート案の提示
2		2022/10/12	市場開拓WGのアクションプラン、関係省庁へのはたらきかけ、自治体へのアンケート、Webサイトの構築、今後のアクションの意見交換
3		2022/11/2	自治体からの話題提供および意見交換
4	2024	2024/6/25	【主要メンバーのみ】 活動報告セミナー、展示会出展

### 3-3 技術開発ワーキングの活動報告

#### 3-3-1 会員企業の傾斜センサーの仕様

会員企業の傾斜センサーの仕様等概要を示す。

【株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング】



【応用地質株式会社】

センサ名：クリノポール      メーカー名：応用地質



### センサの特徴

センサ部を埋設することにより高分解能で変位の兆候がいち早く正確にとらえることが可能

### センサの特徴

分解能：0.001°

通信方式：LTE-M

設置方法：センサ部を1m埋設

電源：内蔵電池で最大5年間交換不要

測定・送信間隔：2段階のしきい値で自動的に変更

### 特許、NETIS登録など

特許取得済み（NO. 7301485）

## 【株式会社興和】

## A. センサー紹介



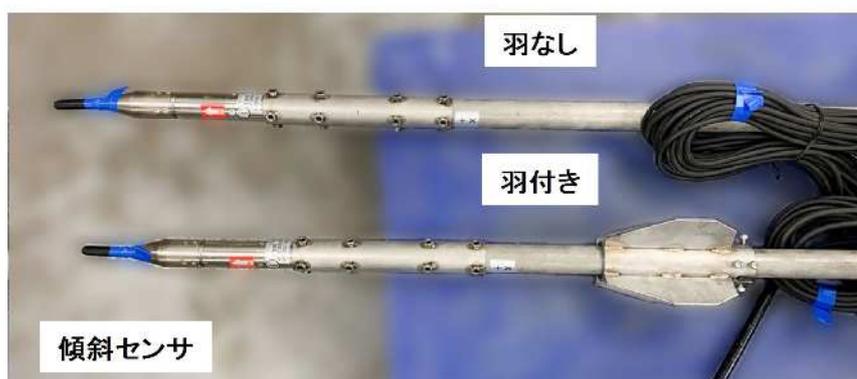
小型の2軸傾斜計  
 左：汎用・低コスト  
 GIC-30W型、  
 右：高精度GIC-10W

性能等一覧表

比較項目	汎用型 GIC-30W	高精度型 GIC-10W
測定方向	2軸	2軸
測定角度	-30～+30°	-10～+10°
出力電圧	+500～+4500mVプラス出力	-5000～+5000mVプラスマイナス出力
分解能	0.015° /mV	0.002° /mV
ゼロ点電圧	2500mV	0mV
ゼロ点絶対精度	±1.0° 以内	±0.4° 以内
温度特性(ドリフト)	±0.07° /10°C以内	±0.01° /10°C以内
電源電圧	6～15V(Max18V)	8～15V(Max18V)
消費電流	4mA	18mA
最大外形	25mm×64mm	25mm×86mm
装着塩ビ管	VP25A	VP25A
本体価格	¥48,000	¥98,000
特徴	2軸 小型 低コスト	2軸+方位 小型 高精度
用途	温度変化の少ない 地中・埋設用	温度変化の大きい 地表構造物用

【株式会社東横エルメス】

センサ名：傾斜センサ メーカー名：東横エルメス

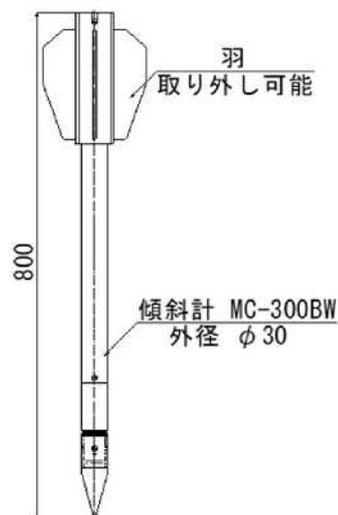


### センサの概要

センサ部を地中に埋設することにより、地中で発生する傾斜変位を高精度で測定することができる。

### センサの仕様

型式	MC-300BW
センサの種類	加速度センサ
測定方向	2軸 (X・Y)
分解能	0.002° (0.1分)
計測間隔	10分
設置方法	埋設(-0.5m)
通信方式	LTE



※仕様及び外観は予告なしに変更することがあります。

【明治コンサルタント株式会社】

センサ名：Areanet傾斜計

メーカー名：明治C



## 【特徴】

- ・ 傾斜センサと電子コンパスを搭載し、どの方角に何度傾いたかを連続計測する機器
- ・ Merex-CRは、イベントデータレコーダで、を搭載し約0.3秒周期で計測可能で警報検知前後のデータを記録
- ・ 親機と子機の組合せで設置し、子機のデータは親機に集約する方式(最大10機)

## 【精度】

- ・ 測定精度は±0.5°、測定分解能は0.025°、測定範囲は±30°

## 【設置方法】

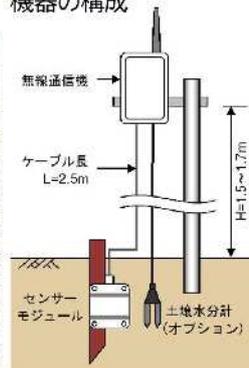
- ・ 設置は単管パイプを打込み、その上に取付けるだけで移設も簡単

【中央開発株式会社】

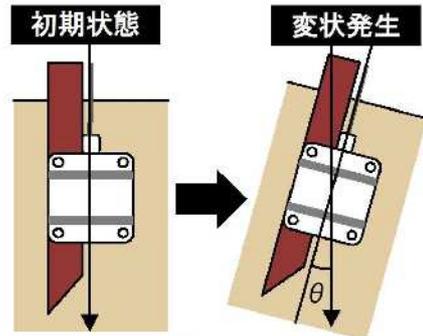
斜面崩壊感知センサー  
センサ名：感太郎 メーカー名：中央開発株式会社



機器の構成



設置状況



崩壊検知のイメージ

■概要

- 【特長】高精度、安価、設置容易
- 【センサー】MEMS加速度センサー
- 【測定方向】2軸 (X・Y)
- 【測定範囲】-30° ~ +30°
- 【計測精度】0.02°
- 【測定間隔】10分 (標準) マイクロSDカードによるロガー機能あり
- 【通信方法】無線通信機能装備
- 【電源】単二乾電池 標準10分計測で電池1年弱稼働
- 【設置深さ】地表面下0.5m
- 【実績】国内外にて1,500基以上
- 【特許】斜面崩壊早期警戒システム取得 (日本・中国)

【沖電気工業株式会社】

**センサ名：ゼロエナジIoTシリーズ**  
**メーカー名：沖電気工業株式会社**



## センサの特徴

- ・ 電池寿命5年で高精度が傾斜角測定が可能。
- ・ 夜間撮影可能なカメラとの連携可能。
- ・ 測定データを920MHz無線で送信し、ゼロエナジゲートウェイ(ZEGW)でまとめてサーバに送信するため複数台設置しても回線利用料はZEGW 1台分で運用可能。

## センサの特徴

測定機能：傾斜 2方向、分解能：0.01°  
加速度 3軸 125Hz、レンジ±2G  
平均化周波数スペクトル、ピーク周波数分布

通信方式：920MHz帯マルチホップ無線SmartHop

電源：内蔵電池で最大5年間交換不要

**国交省点検支援技術 性能カタログ**

BR030036-V0122

無線加速度センサーによる橋脚の傾斜角モニタリング

表3-2に会員企業の傾斜センサーの性能等一覧表を示す。

表3-2 会員企業の傾斜センサー性能等一覧表

	会員						
	(株)アサノ大成基礎 エンジニアリング	応用地質(株)	(株)興和	(株)東横 エルメス	明治コンサルタント (株)	中央開発(株)	沖電気工業(株)
製品名/型式	傾斜計・土壌水分計 同時観測システム (仮称)	クリノポール	GIC-30W/GIC- 10WD	MC-300BW	Area net傾斜計 Merex-CR	感太郎	無線加速度センサー ユニット
センサーの種類	加速度・ジャイロ	加速度センサー	加速度センサー	加速度センサー	加速度センサー	加速度センサー	加速度センサー
測定方向	3軸(X・Y・Z)	2軸(X・Y)	2軸(X・Y)	2軸(X・Y)	2軸(X・Y)	2軸(X・Y)	2軸(X・Y)
分解能	0.01°	0.001°	0.015°/0.002°	0.002°	0.025°	0.0025°	0.01°
精度	±0.1°	0.01° (参考値)	0.1°/0.01°	0.01°	±0.5°	±0.02°	±0.1°
計測間隔 (標準)	任意に設定可能 (標準15分)	標準1時間(閾値による 自動変更機能付)	10分	15分	1/5/10/30分、 1/6/12/24時間毎	標準10分 (任意に変更可能)	標準10分 閾値超過時1分
設置方法	地表部	埋設(-1.0m)	埋設(-0.3m)	埋設(-1.0m)	地表部	埋設(-0.5m)	地表部
通信方式	NB-IoT	LTE	LTE	LTE	LTE	LTE/LoRa	LTE-M1+ 920MHz独自無線 (SmartHop)

(1)分解能:計測できる一番小さな値

(2)精度:計測現場での値のパラッキ範囲

### 3-3-2 会員企業の傾斜センサーの使用事例

会員企業の傾斜センサーの使用事例を示す。

【株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング】

## ATK-SAMSによる鉄道沿線斜面の変状監視



### 特徴および適用目的

鉄道沿線斜面の斜面状況を把握する目的で、ATK-SAMSによる「斜面変位」と「体積含水率」のモニタリングを実施しています。

### 適用現場の特徴

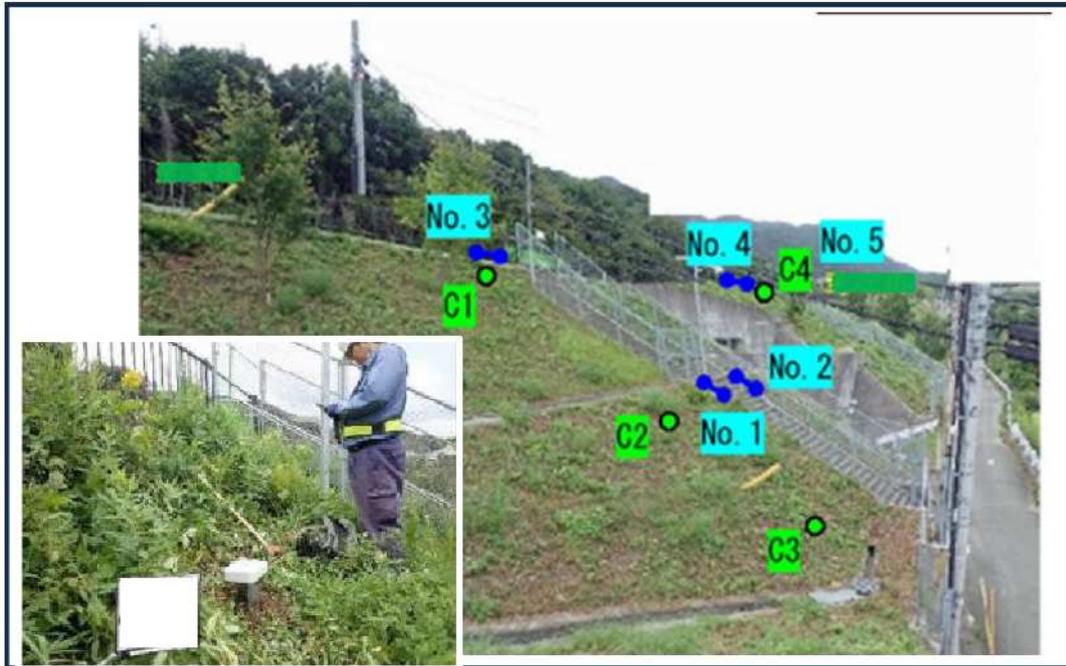
- ・ 斜面の勾配（角度）：45°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：切土
- ・ その他特徴：鉄道軌道に近接

### 適用効果

- ・ 計測データは斜面の安定性を定量的に把握するデータの一つとして活用

【応用地質株式会社】

## クリノポールによる道路法面の変状監視



### 特徴および適用目的

国道沿いの道路法面にクラック等の変状が見られたために、今後の気象条件と変状の関係性を把握する目的でクリノポールでモニタリングを行っています。

### 適用現場の特徴

- ・ 斜面の勾配（角度）：30°
- ・ 斜面状況（自然斜面,切土のり面等）：盛土
- ・ その他特徴：

### 適用効果

24時間自動監視による効率化、外部電源不要で最大5年間のメンテナンスフリー（=省人化に寄与）

【株式会社興和】

## B.事例

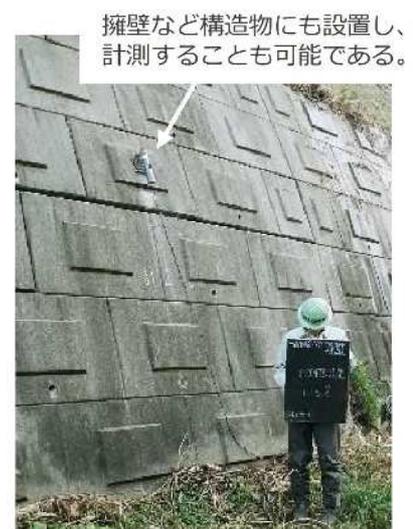
- 傾斜計は、
- ・地すべり現場
  - ・がけ崩れ現場
  - ・切盛など土工を行う現場

の変動監視、安全管理を目的に設置することが多いです。

尚、変状の発生状況や地形状況によっては、傾斜計以外の計測機器が適している場合もあるため、現地状況を勘案しつつ、最適な観測工種、観測位置を提案しております。



モニタリング概要図



【明治コンサルタント株式会社】

## 土木構造物・工事・災害監視事例

【橋台・橋脚部の変位計測】



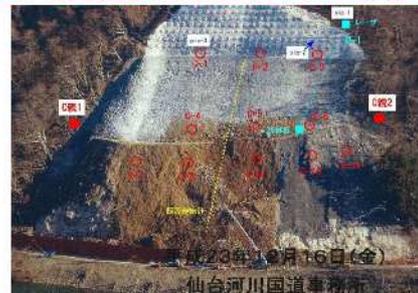
【のり面工事の安全監視】



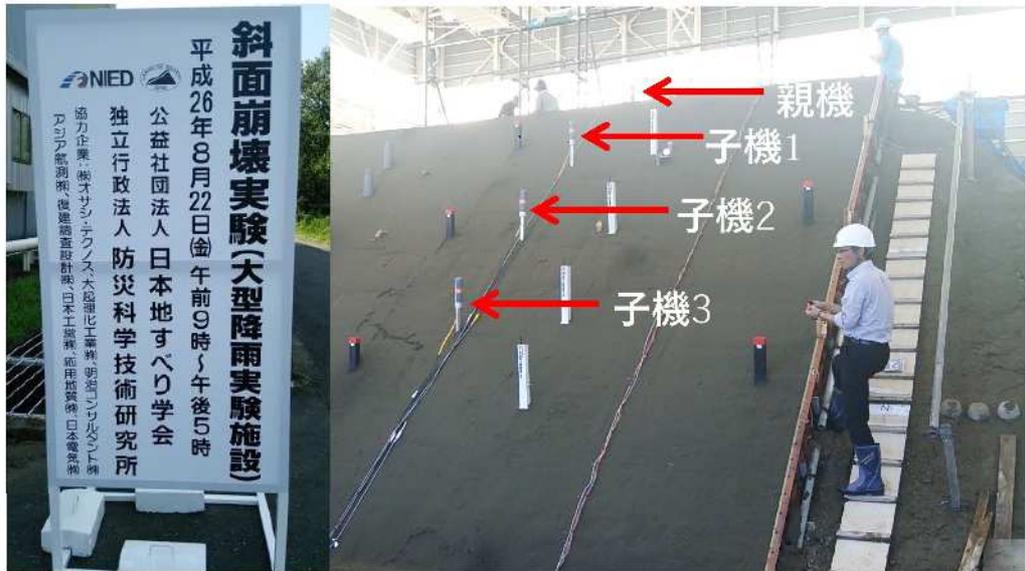
【災害箇所の変動計測】



【のり面崩壊補修工事の安全管理】



2014年大型模型実験 防災科学技術研究所  
大型降雨実験施設



【中央開発株式会社】

## 【事例-1】二次災害のモニタリング



感太郎の設置状況

国道沿いの斜面崩壊

### 【特徴および適用目的】

台風通過による豪雨により、国道に面する斜面が崩壊しました。崩落土砂の撤去後、背後の不安定な未崩落土砂のモニタリングをおこないながら**通行規制解放**しました。なお、あらかじめ設定した**管理基準値**を超過した際には、通行止め等の措置をおこなう計画を事前に立案し運用しました。

### 【適用現場の特徴】

- ・ 斜面の勾配（角度）：30°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：自然斜面
- ・ その他特徴：表層崩壊

### 【適用効果】

24時間リアルタイム遠隔自動モニタリングによる道路通行車両および通行人の**安全確保の実現**

【中央開発株式会社】

## 【事例-2】道路法面のモニタリング



変状が進行した有料道路沿いの法面モニタリング

### 【特徴および適用目的】

道路面に開口亀裂や道路法面に押し出し等の変状が認められました。そこで、不安定な法面のモニタリングをおこないながら**通行規制解放**しました。なお、あらかじめ設定した**管理基準値**を超過した際には、通行止め等の措置をおこなう計画を事前に立案し運用しました。

### 【適用現場の特徴】

- ・ 斜面の勾配（角度）：20°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：盛土法面
- ・ その他特徴：盛土崩壊

### 【適用効果】

24時間リアルタイム遠隔自動モニタリングによる道路通行車両および通行人の**安全確保の実現**

【中央開発株式会社】

## 【事例-3】土砂災害特別警戒区域内でのモニタリング



急傾斜地上方に感太郎を設置



通信基地局の設置状況



宅地に面する急傾斜地

### 【特徴および適用目的】

「土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）」に指定されている急傾斜地の前面および背面には宅地が存在し、豪雨時には斜面崩壊の危険性が高まります。そこで、あらかじめ3段階（注意・警戒・避難）の管理基準値を設定し、各段階の管理基準値を超過した際には関係者に警報メールを発信するシステムを構築し運用しました。なお、計測値が管理基準値内におさまった際にも警報解除メールも発信しました。

### 【適用現場の特徴】

- ・ 斜面の勾配（角度）：30°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：自然斜面
- ・ その他特徴：表層崩壊

### 【適用効果】

24時間リアルタイム遠隔自動モニタリングによる住民の早期避難の実現

【中央開発株式会社】

## 【事例-4】不安定な浮石のモニタリング

斜面崩壊感知センサー  
感太郎

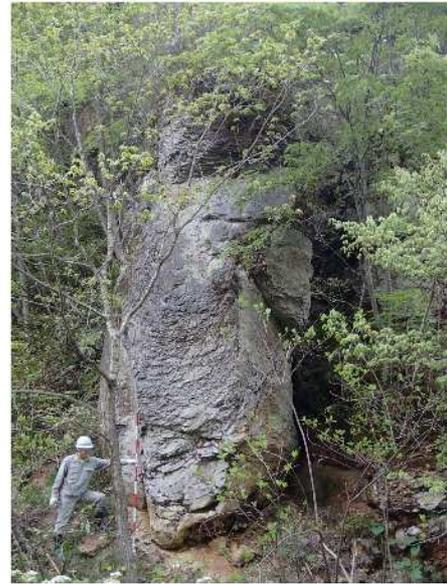


浮石に感太郎を設置



開口亀裂

浮石に感太郎を設置



不安定な浮石

### 【特徴および適用目的】

巨大で不安定な浮石が分布する斜面の前面にて導水管工事の計画があり、重機の振動による浮石滑落の懸念がありました。そこで、工事作業員の安全を確保することを目的として、**浮石挙動**のモニタリングをおこないました。センサーは治具を利用して浮石に直接固定しました。あらかじめ設定した**管理基準値**を超過した際には、サイレンと回転灯作動による注意喚起をおこなうとともに、避難体制を構築しました。

### 【適用現場の特徴】

- ・ 斜面の勾配（角度）：90°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：自然斜面
- ・ その他特徴：岩盤崩落

### 【適用効果】

リアルタイム遠隔自動モニタリングによる工事作業中の作業員の**安全確保の実現**

【中央開発株式会社】

## 【事例-5】城郭石垣のモニタリング



石垣に感太郎を設置

変状が進行した城郭石垣のモニタリング

### 【特徴および適用目的】

熊本地震にて被災した熊本城の石垣にて、崩落の挙動を把握することを目的として、モニタリングをおこないました。センサーは脱着が容易な材料を利用し、**重要文化財の石垣**に直接固定しました。

### 【適用現場の特徴】

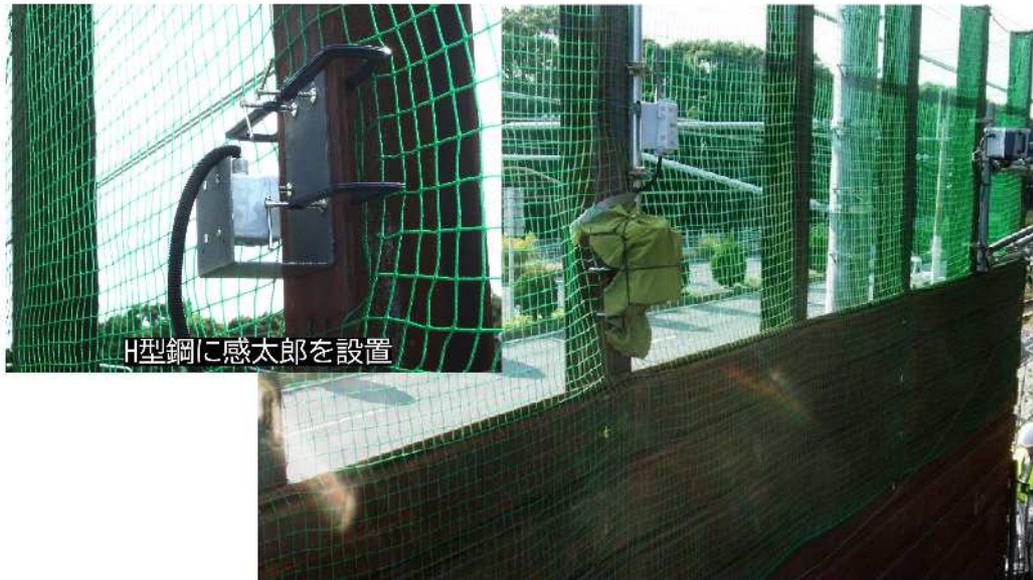
- ・ 斜面の勾配（角度）：80°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：法面（石垣）
- ・ その他特徴：石垣の崩落

### 【適用効果】

24時間リアルタイム遠隔自動モニタリングによる**城郭石垣の挙動把握の実現**

【中央開発株式会社】

## 【事例-6】仮設防護柵のモニタリング



H型鋼に感太郎を設置

仮設防護柵のモニタリング

### 【特徴および適用目的】

鉄道敷に面する斜面にて土砂災害が発生し、応急対策工として仮設防護柵を設置しました。斜面の恒久対策工が完了するまでの間、斜面から崩落した土砂荷重による**仮設防護柵**の変形（傾動）状況を把握することを目的として、**H形鋼**にセンサーを設置しました。

### 【適用現場の特徴】

- ・ 構造物の勾配（角度）：90°
- ・ 斜面状況（自然斜面, 切土のり面等）：構造物（H形鋼）
- ・ その他特徴：仮設防護柵の変形（傾動）

### 【適用効果】

リアルタイム遠隔自動モニタリングによる**安全な鉄道運行の実現**

【沖電気工業株式会社】

## 地すべり発生後の道路法面の監視



### 特徴および適用目的

地すべりが多発する整備中の法面に10個の傾斜センサーを設置し、傾斜の状況を監視。（2018年5月～2019年2月；現在はセンサ撤去済み）

### 適用効果

- ・ 24時間自動監視による効率化
- ・ 工事期間中の安全確保
- ・ 地すべり対策効果の効果確認

【沖電気工業株式会社】

## 洗堀による鉄道橋傾き監視



### 特徴および適用目的

増水時に洗堀によって起こる橋脚の傾きを監視するために、無線加速度センサ2台と超音波式水位計を設置して橋の状況を監視。

### 適用効果

- ・ 24時間自動監視による効率化
- ・ 鉄道の安全運行
- ・ 増水と洗堀の関係性の確認

【沖電気工業株式会社】

## 洗堀による道路橋傾き監視

橋梁外観



加速度センサー



変位計



### 特徴および適用目的

自治体が主催する補修・維持管理の実証実験において加速度センサーによる橋脚の傾斜、固有振動数の監視と、変位センサーによる支承部の可動状態を監視。

### 適用効果

- ・ 24時間自動監視による効率化
- ・ 道路橋の健全性の監視
- ・ 増水と洗堀の関係性の確認

### 3-3-3 傾斜センサーメーカーへのアンケート調査結果

#### (1) アンケートの対象

アンケート調査は、本コンソーサムのメーカー7社と、コンソーシアム外のメーカー5社の計12社に依頼しておこなった。表3-3にアンケート回答メーカーを示す。

表3-3 アンケート回答メーカー一覧表

番号	アンケート依頼	アンケート回答	メーカー名
1	2022/8/17	2022/9/6	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング
2	2022/8/17	2022/9/7	応用地質(株)
3	2022/8/17	2022/8/23	(株)興和
4	2022/8/17	2022/8/29	(株)東横エルメス
5	2022/8/17	2022/8/25	明治コンサルタント(株)
6	2022/8/17	2022/8/31	中央開発(株)
7	2022/8/17	2022/9/7	沖電気工業(株)
8	2022/8/18	2022/8/19	A社
9	2022/8/17	2022/8/19	B社
10	2022/8/26	2022/8/29	C社
11	2022/8/29	2022/8/31	D社
12	2022/8/18	2022/8/19	E社

※番号8～12は本コンソーシアム外のメーカー

#### (2) アンケートの方法

アンケートは、依頼者へ直接電話し、了承をいただいた依頼者のみにメールにてアンケートを送付し、後日メールにて回答をいただいた。

#### (3) アンケートの設問

アンケートの設問は、以下の項目に大別して計13問とした。

- ① 傾斜センサーによる斜面モニタリングの契機
- ② 傾斜センサーの技術的課題
- ③ 傾斜センサーの市場的課題
- ④ 傾斜センサーの実績
- ⑤ その他

アンケートの設問は以下の通りである。

## 傾斜センサーに関するアンケートのご協力のお願い

- 会社名： \_\_\_\_\_ ■所属部署： \_\_\_\_\_
- 氏名： \_\_\_\_\_ ■電話番号： \_\_\_\_\_
- メールアドレス： \_\_\_\_\_

各設問の該当する答えの□にチェック (☑) をお願いします。

### ① 傾斜センサーによる斜面モニタリングの契機

**【Q1】** 傾斜センサーによる斜面モニタリングを始めたきっかけを教えてください  
(1つ選択)。

- (1)もともと斜面防災を専門としていたから  (2)もともとセンサーに関する技術を有していたから  
 (3)近年斜面防災のニーズが高まり貢献したいと考えたから  
 (4)安価で設置が簡便な計測器が必要と感じたから  (5)ユーザーからの要望があったから  
 (6)新規ビジネスを開拓したいと感じたから  
 (7)その他 ( )

### ② 傾斜センサーの技術的課題

**【Q2】** 傾斜センサーに関して、解決すべき技術的課題等は何か教えてください  
(あてはまるもの全て選択)。

- (1)精度向上  (2)耐久性の向上  (3)温度ドリフトの低減  
 (4)管理基準値 (閾値) の設定  (5)メーカー共通の積算歩掛りの作成  
 (6)精度の保証  (7)見逃しや空振りの低減  
 (8)特にない  (9)その他 ( )

**【Q3】** 他の斜面モニタリング計測機器と比べて、傾斜センサーの有利な点 (メリット) は何であると思いますか (あてはまるもの全て選択)。

- (1)安価である  (2)設置が容易である  
 (3)耐久性が良い  (4)現地の変状 (亀裂) 位置に左右されず設置の自由度が高い  
 (5)わからない  (6)その他 ( )

**【Q4】** 他の斜面モニタリング計測機器と比べて、傾斜センサーの不利な点 (デメリット) は何であると思いますか (あてはまるもの全て選択)。

- (1)高価である  (2)設置が困難である (メーカーや専門業者しか設置できない)  
 (3)耐久性が悪い  (4)移動距離ではなく、傾斜角度しか測定できない  
 (5)公認された管理基準値 (閾値) が存在しない  (6)わからない  
 (6)その他 ( )

**【Q5】 斜面における傾斜センサーの設置基準についての考えを教えてください  
(あてはまるもの全て選択)。**

- (1)対象斜面のどこに傾斜センサーを設置したら良いかを示した基準があれば参考にしたい  
 (2)対象斜面に傾斜センサーを何基設置したら良いかを示した基準があれば参考にしたい  
 (3)個々で斜面性状が異なることから、現地確認後にそれぞれ設置位置や基数を決めるべき  
 (4)センサーの固定方法について基準があれば参考にしたい  
 (5)センサーを地中埋設する場合、深さをどの程度にしたら良いかを示した基準があれば参考にしたい  
 (6)わからない  (7)その他 ( )

**③ 傾斜センサーの市場的課題**

**【Q6】 現在の主な顧客先を教えてください (あてはまるもの全て選択)。**

- (1)官庁 (国機関)  (2)地方自治体 (県)  (3)地方自治体 (市町村)  
 (4)大学・短期大学・専門学校  (5)民間 (ゼネコン・建設会社)  (6)民間 (コンサルタント)  
 (7)民間 (研究機関)  (8)民間 (ハウスメーカー)  (9)民間 (セキュリティ会社)  
 (10)個人  (11)海外  
 (12)その他 ( )

**【Q7】 傾斜センサーの更なる市場拡大に関し、現状での課題を教えてください  
(あてはまるもの全て選択)。**

- (1)認知度が低い  (2)従来計測器に比べてメリットが分かりづらい  
 (3)移動距離ではなく傾斜角度を測定しているため現象が説明しづらい  
 (4)公認された積算歩掛りが存在しない  (5)公認された管理基準値 (閾値) が存在しない  
 (6)斜面の危険度が真に評価されていない  (7)実績が少ない  
 (8)見逃しや空振りもありうる  (9)斜面防災の予算がない、少ない  
 (10)斜面モニタリングに対する助成や支援制度がない  (11)国の施策に反映できていない  
 (12)わからない  (13)その他 ( )

**【Q8】 傾斜センサーの更なる市場拡大を実現するためには、どの顧客の拡大が有効である  
とと思いますか (あてはまるもの全て選択)。**

- (1)官庁 (国機関)  (2)地方自治体 (県)  (3)地方自治体 (市町村)  
 (4)大学・短期大学・専門学校  (5)民間 (ゼネコン・建設会社)  (6)民間 (コンサルタント)  
 (7)民間 (研究機関)  (8)民間 (ハウスメーカー)  (9)民間 (セキュリティ会社)  
 (10)個人  (11)海外  
 (12)その他 ( )

**【Q9】 顧客の拡大のためにはどのような取り組みが必要とご思いますか  
(あてはまるもの全て選択)。**

- (1)国への働きかけ  (2)関連学協会の支援  (3)学識者の支援  
 (4)メディア (マスコミ) への働きかけ  
 (5)認知度向上のための広報活動 (展示会やシンポジウムなどの開催)  (6)海外市場開拓  
 (7)わからない  (8)その他 ( )

#### ④ 傾斜センサーの実績

**【Q10】** 傾斜センサーはどのような場所に設置することが多いか教えてください  
(1つ選択)。

- (1)自然斜面       (2)法面 (切土・盛土斜面)       (3)浮石・転石       (4)構造物 (擁壁等)  
 (5)その他 ( )

**【Q11】** 傾斜センサーを斜面等に設置し、崩壊を捉えた実績の有無を教えてください  
(1つ選択)。

- (1)崩壊を捉えたことがある       (2)崩壊を捉えたことがない       (3)斜面に設置した実績がない

**【Q12】** Q11にて「崩壊を捉えたことがある」と回答された方のみ対象です。傾斜センサーで崩壊を捉えた現場はいくつあるか教えてください (1つ選択)。

- (1)5現場未満       (2)5現場以上10現場未満       (3)10現場以上20現場未満  
 (4)20現場以上

#### ⑤ その他

**【Q13】** その他何かご意見等がございましたら教えてください (当コンソーシアムに期待することでも構いません)。

( )

ご協力ありがとうございました。

(4) アンケート結果

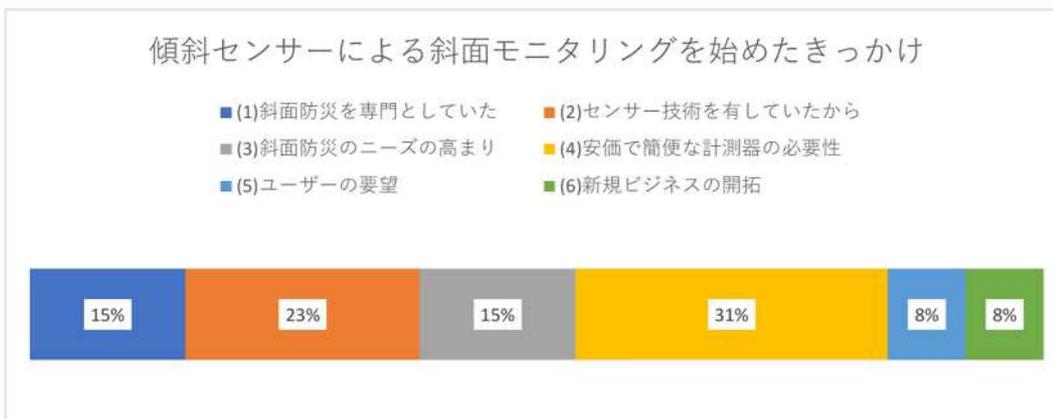
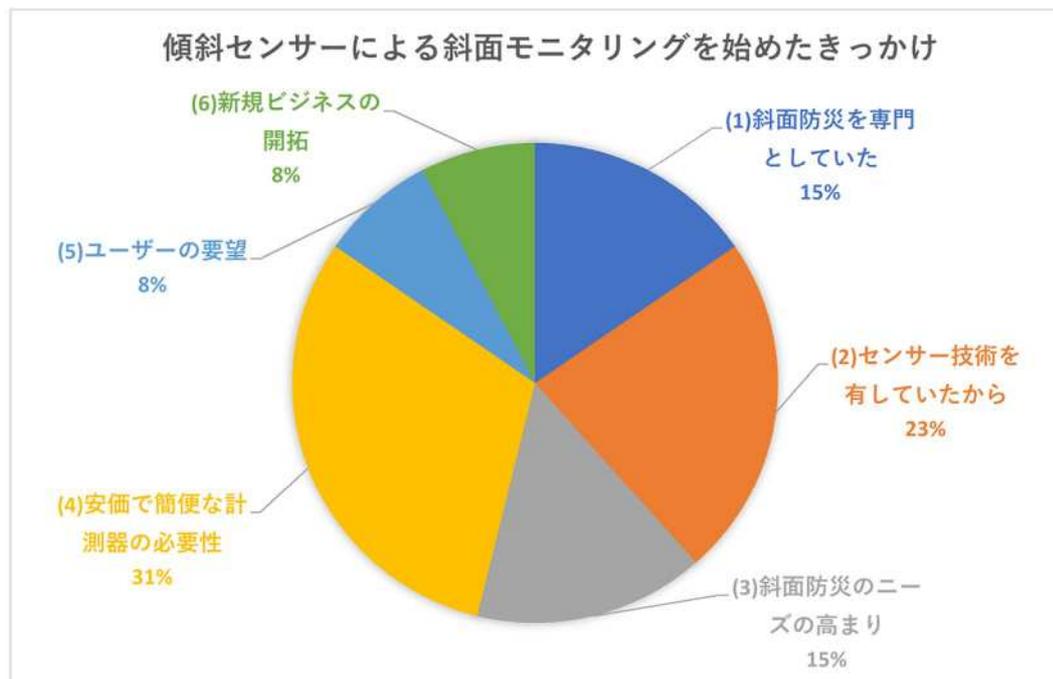
設問ごとのアンケート結果を以下に示す。

①傾斜センサーによる斜面モニタリングの契機

傾斜センサーによる斜面モニタリングを始めたきっかけを教えてください。		回答数	回答率
Q1 択一	(1) もともと斜面防災を専門としていたから	2	15%
	(2) もともとセンサーに関する技術を有していたから	3	23%
	(3) 近年斜面防災のニーズが高まり貢献したいと考えたから	2	15%
	(4) 安価で設置が簡便な計測器が必要と感じたから	4	31%
	(5) ユーザーからの要望があったから	1	8%
	(6) 新規ビジネスを開拓したいと感じたから	1	8%
	(7) その他	0	0%
合計		13	100%

回答数…各回答を選択した会社の数

回答率…回答数の合計のうち各回答の占める割合

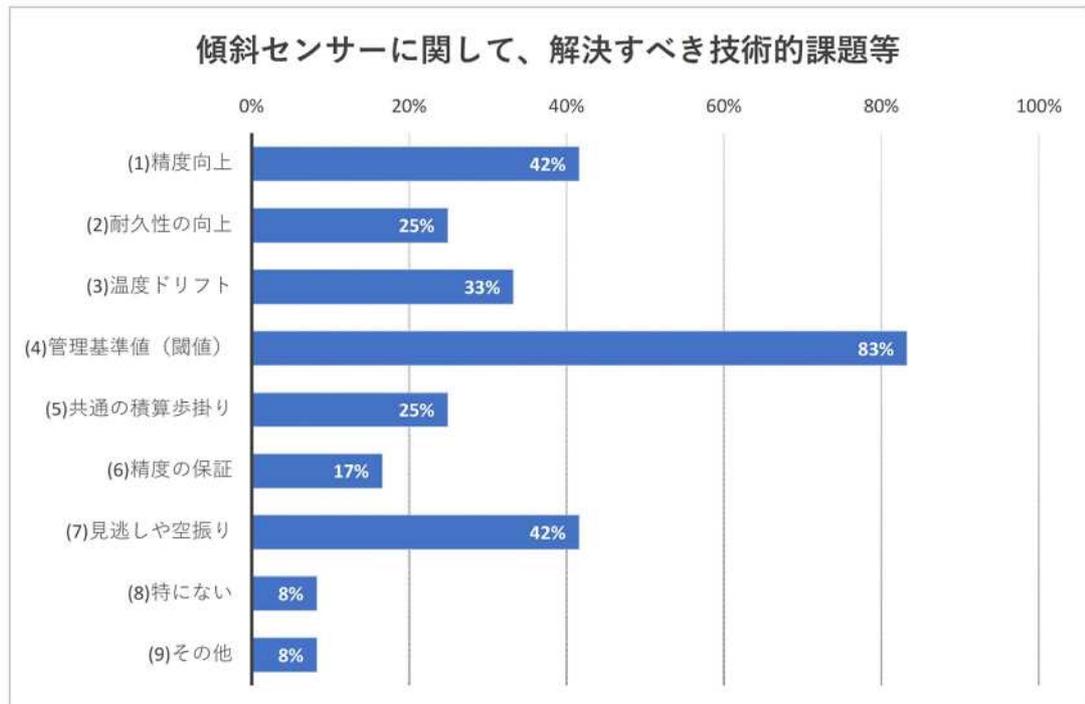


②傾斜センサーの技術的課題

傾斜センサーに関して、解決すべき技術的課題等は何か教えてください		回答数	回答率
Q2 複数回答	(1) 精度向上	5	42%
	(2) 耐久性の向上	3	25%
	(3) 温度ドリフトの低減	4	33%
	(4) 管理基準値（閾値）の設定	10	83%
	(5) メーカー共通の積算歩掛りの作成	3	25%
	(6) 精度の保証	2	17%
	(7) 見逃しや空振りの低減	5	42%
	(8) 特にない	1	8%
	(9) その他	1	8%
合計		34	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

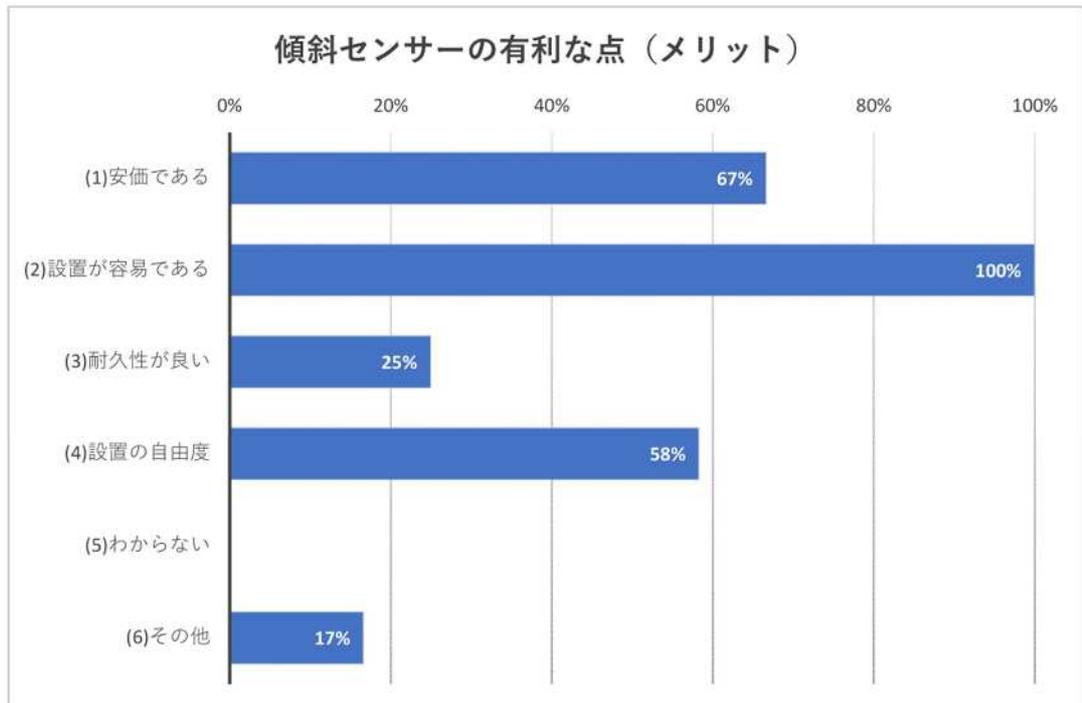
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



他の斜面モニタリング計測機器と比べて、傾斜センサーの有利な点（メリット）は何であると思えますか		回答数	回答率
Q3 複数回答	(1) 安価である	8	67%
	(2) 設置が容易である	12	100%
	(3) 耐久性が良い	3	25%
	(4) 現地の変状（亀裂）位置に左右されず設置の自由度が高い	7	58%
	(5) わからない	0	0%
	(6) その他	2	17%
合計		32	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

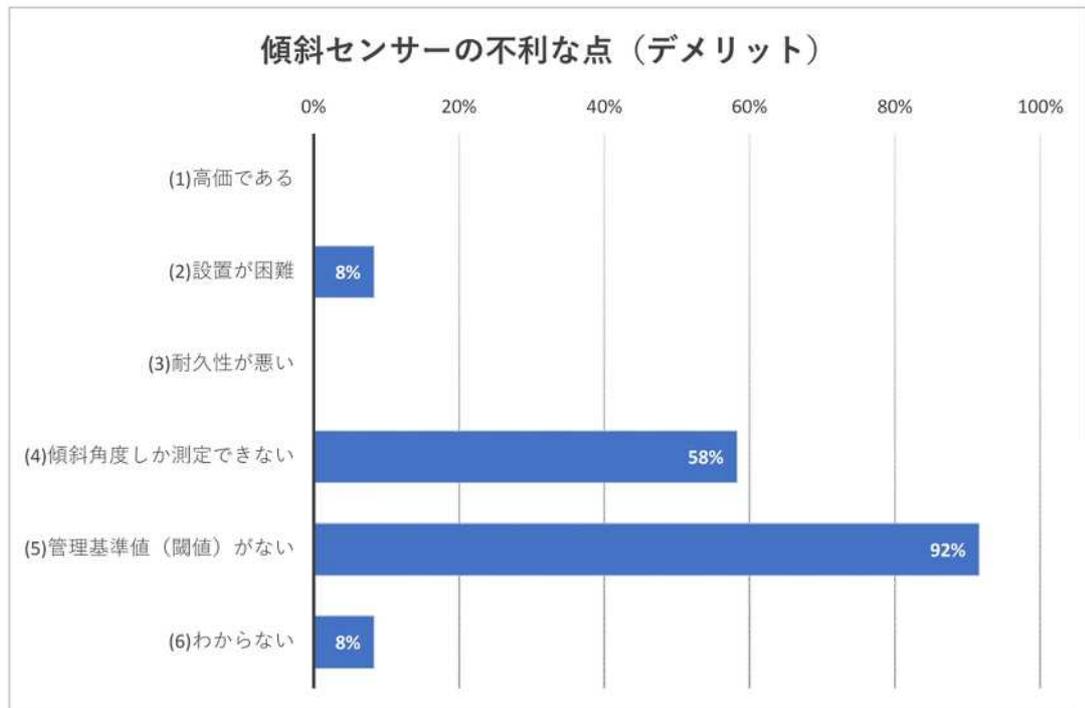
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



他の斜面モニタリング計測機器と比べて、傾斜センサーの不利な点（デメリット）は何であると思いますか		回答数	回答率
Q4 複数回答	(1) 高価である	0	0%
	(2) 設置が困難である（メーカーや専門業者しか設置できない）	1	8%
	(3) 耐久性が悪い	0	0%
	(4) 移動距離ではなく、傾斜角度しか測定できない	7	58%
	(5) 公認された管理基準値（閾値）が存在しない	11	92%
	(6) わからない	1	8%
合計		20	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

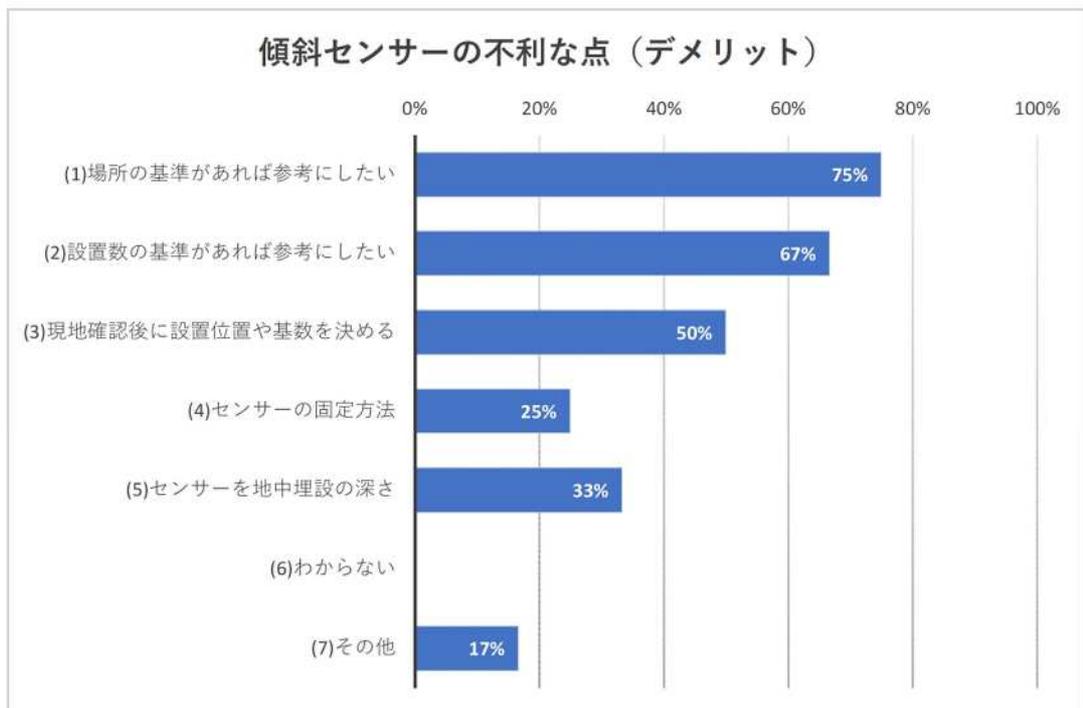
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



斜面における傾斜センサーの設置基準についての考えを教えてください		回答数	回答率
Q5 複数回答	(1) 対象斜面のどこに傾斜センサーを設置したら良いかを示した基準があれば参考にしたい	9	75%
	(2) 対象斜面に傾斜センサーを何基設置したら良いかを示した基準があれば参考にしたい	8	67%
	(3) 個々で斜面性状が異なることから、現地確認後にそれぞれ設置位置や基数を決めるべき	6	50%
	(4) センサーの固定方法について基準があれば参考にしたい	3	25%
	(5) センサーを地中埋設する場合、深さをどの程度にしたら良いかを示した基準があれば参考にしたい	4	33%
	(6) わからない	0	0%
	(7) その他	2	17%
合計		32	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合

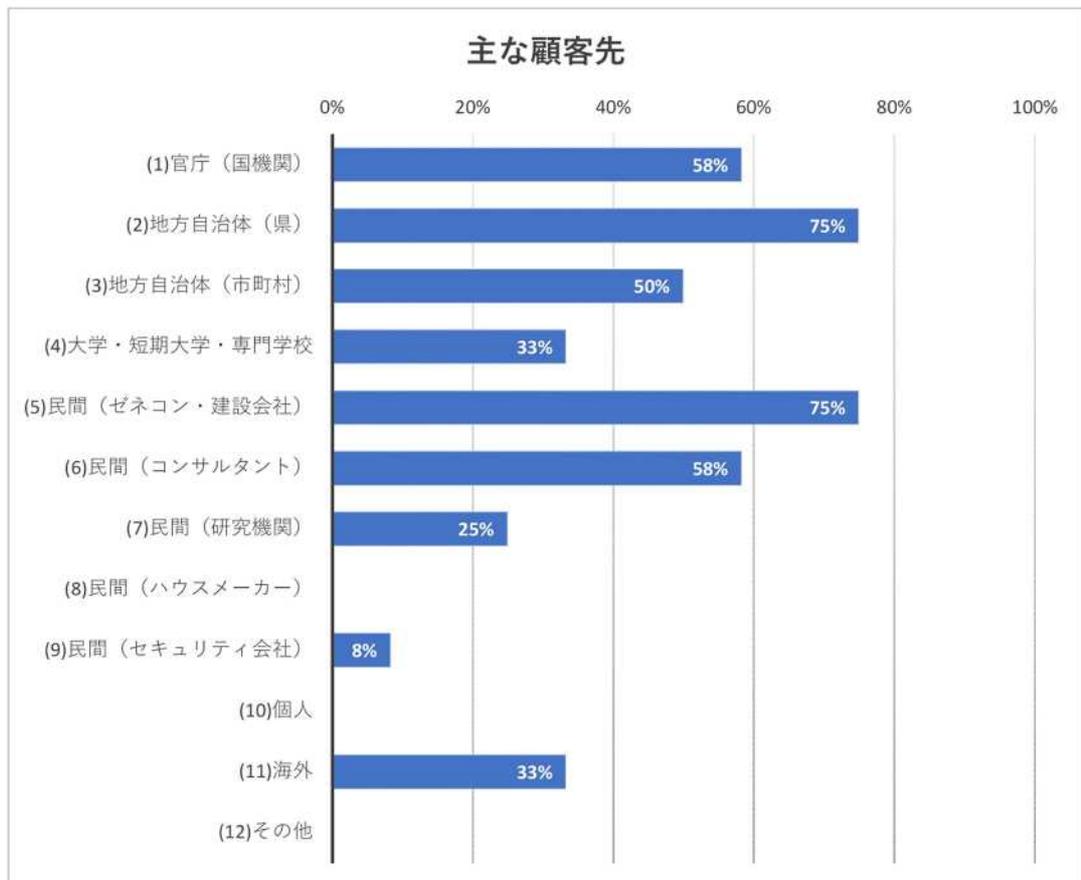


③傾斜センサーの市場的課題

現在の主な顧客先を教えてください		回答数	回答率
Q6 複数回答	(1) 官庁（国機関）	7	58%
	(2) 地方自治体（県）	9	75%
	(3) 地方自治体（市町村）	6	50%
	(4) 大学・短期大学・専門学校	4	33%
	(5) 民間（ゼネコン・建設会社）	9	75%
	(6) 民間（コンサルタント）	7	58%
	(7) 民間（研究機関）	3	25%
	(8) 民間（ハウスメーカー）	0	0%
	(9) 民間（セキュリティ会社）	1	8%
	(10) 個人	0	0%
	(11) 海外	4	33%
	(12) その他	0	0%
合計		50	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

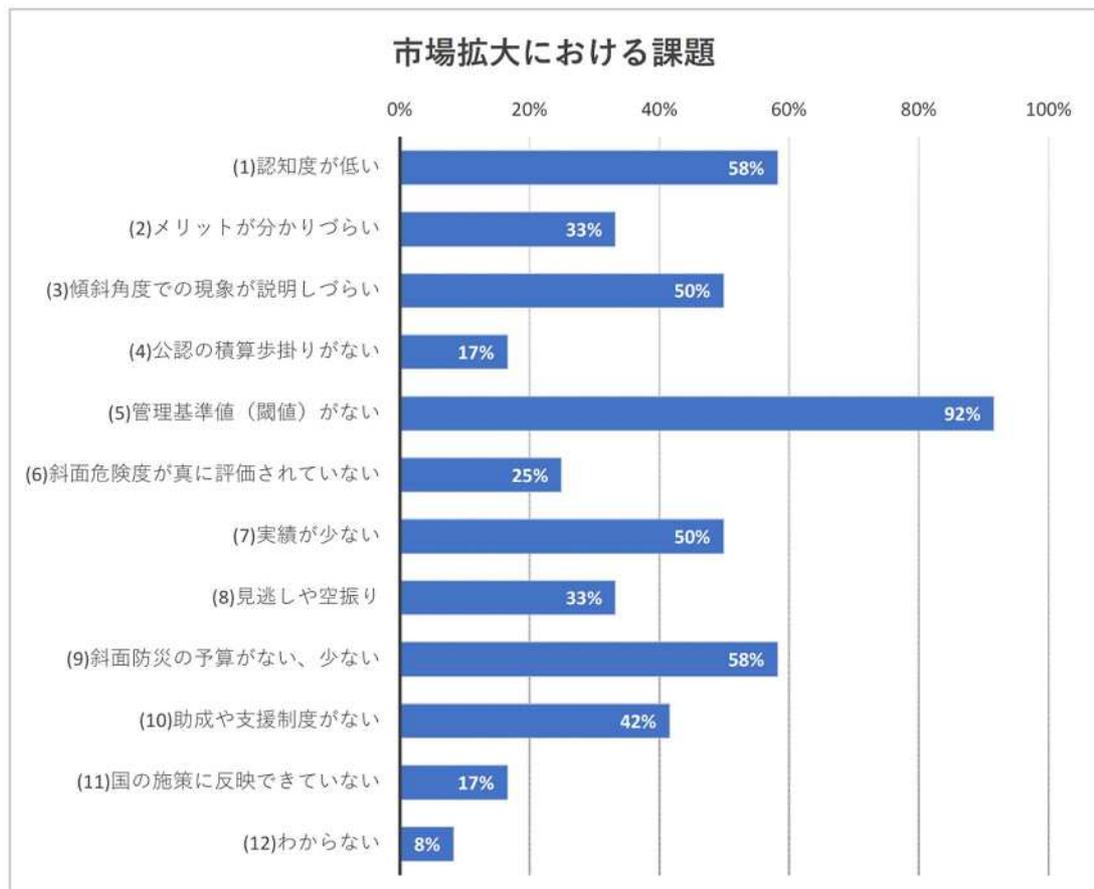
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



傾斜センサーの更なる市場拡大に関し、現状での課題を教えてください		回答数	回答率
Q7 複数回答	(1) 認知度が低い	7	58%
	(2) 従来計測器に比べてメリットが分かりづらい	4	33%
	(3) 移動距離ではなく傾斜角度を測定しているため現象が説明しづらい	6	50%
	(4) 公認された積算歩掛りが存在しない	2	17%
	(5) 公認された管理基準値（閾値）が存在しない	11	92%
	(6) 斜面の危険度が真に評価されていない	3	25%
	(7) 実績が少ない	6	50%
	(8) 見逃しや空振りもありうる	4	33%
	(9) 斜面防災の予算がない、少ない	7	58%
	(10) 斜面モニタリングに対する助成や支援制度がない	5	42%
	(11) 国の施策に反映できていない	2	17%
	(12) わからない	1	8%
合計		58	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

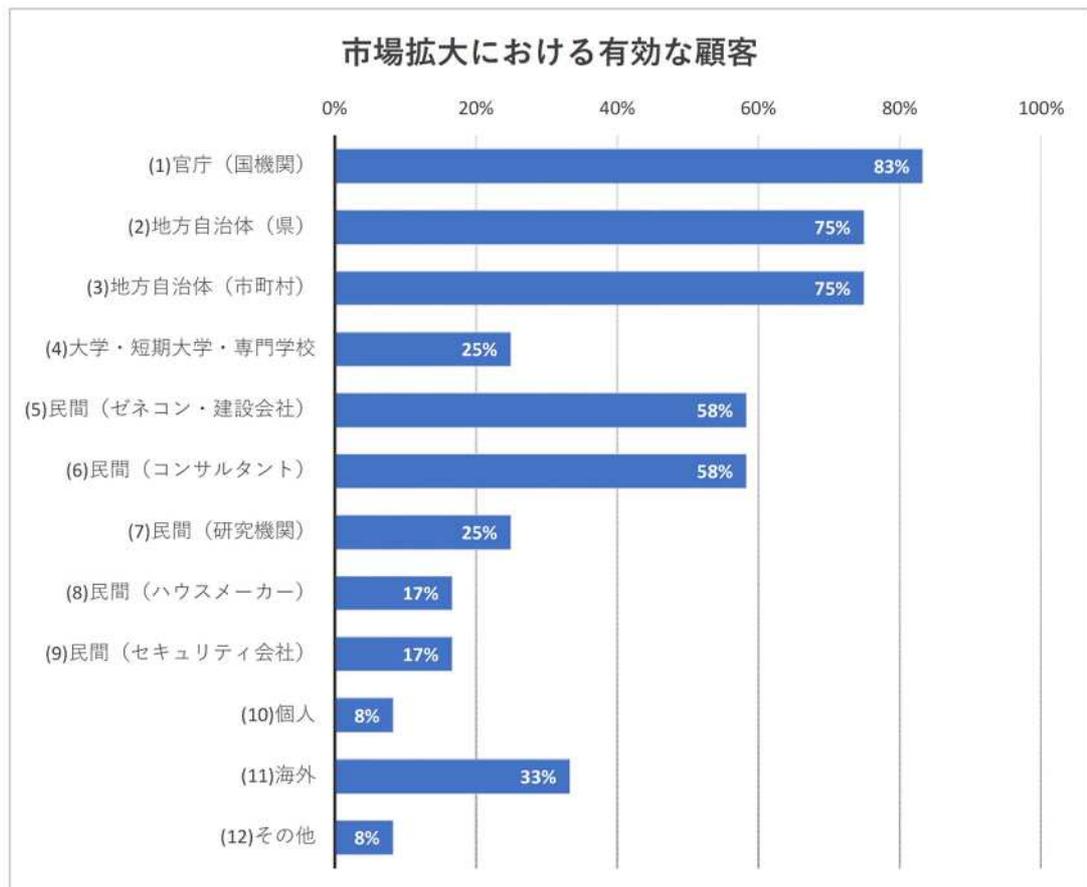
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



傾斜センサーの更なる市場拡大を実現するためには、どの顧客の拡大が有効だと思いますか		回答数	回答率
Q8 複数回答	(1) 官庁（国機関）	10	83%
	(2) 地方自治体（県）	9	75%
	(3) 地方自治体（市町村）	9	75%
	(4) 大学・短期大学・専門学校	3	25%
	(5) 民間（ゼネコン・建設会社）	7	58%
	(6) 民間（コンサルタント）	7	58%
	(7) 民間（研究機関）	3	25%
	(8) 民間（ハウスメーカー）	2	17%
	(9) 民間（セキュリティ会社）	2	17%
	(10) 個人	1	8%
	(11) 海外	4	33%
	(12) その他	1	8%
合計			

回答数…各選択肢を回答した会社の数

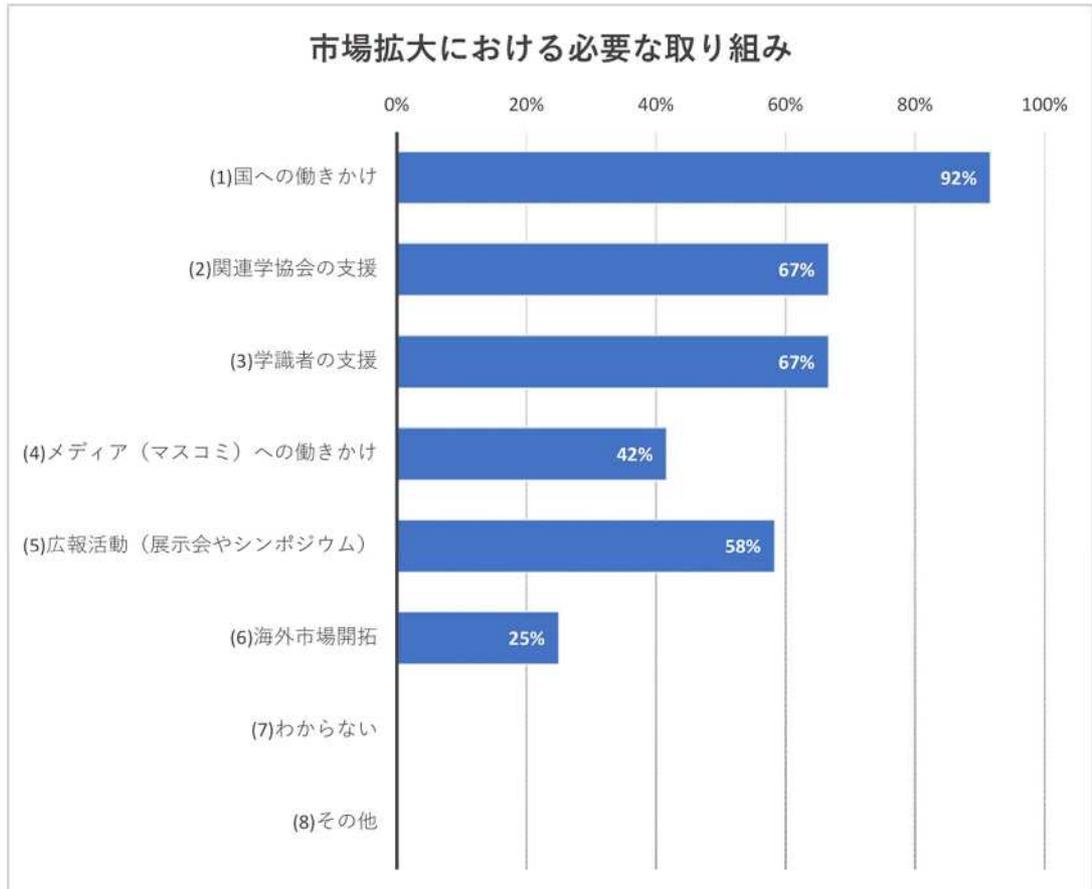
回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合



顧客の拡大のためにはどのような取り組みが必要と思いますか		回答数	回答率
Q9 複数回答	(1) 国への働きかけ	11	92%
	(2) 関連学協会の支援	8	67%
	(3) 学識者の支援	8	67%
	(4) メディア（マスコミ）への働きかけ	5	42%
	(5) 認知度向上のための広報活動（展示会やシンポジウムなどの開	7	58%
	(6) 海外市場開拓	3	25%
	(7) わからない	0	0%
	(8) その他	0	0%
合計		42	

回答数…各選択肢を回答した会社の数

回答率…全12社のうち各選択肢を回答した会社の数の割合

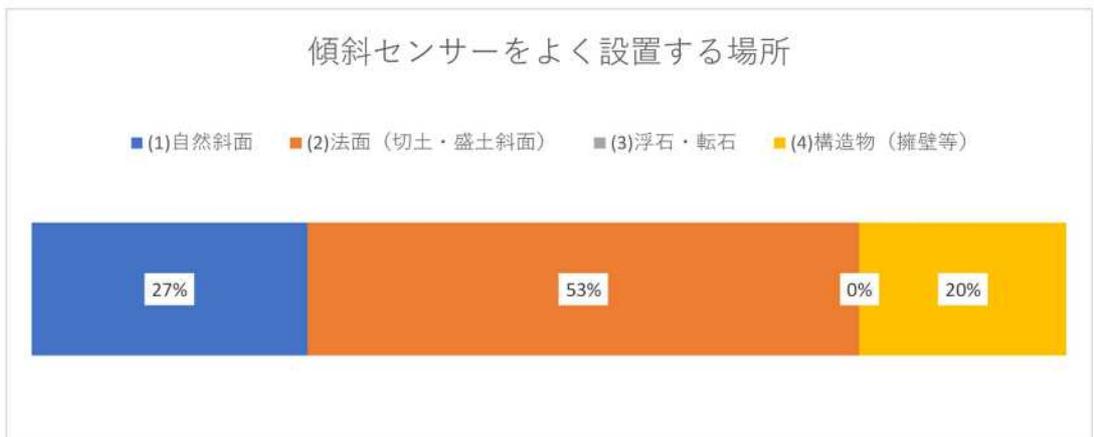
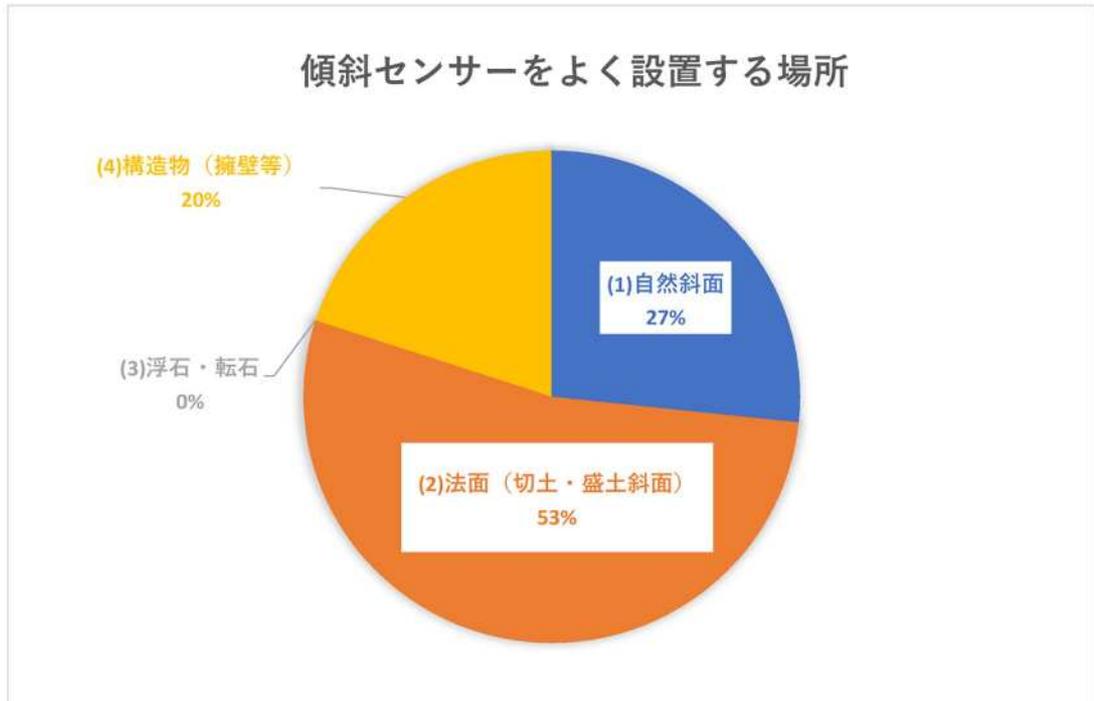


④傾斜センサーの実績

傾斜センサーはどのような場所に設置することが多いか教えてください		回答数	回答率
Q10 択一	(1) 自然斜面	4	27%
	(2) 法面（切土・盛土斜面）	8	53%
	(3) 浮石・転石	0	0%
	(4) 構造物（擁壁等）	3	20%
	(5) その他	0	0%
合計		15	100%

回答数…各社の回答した数の合計

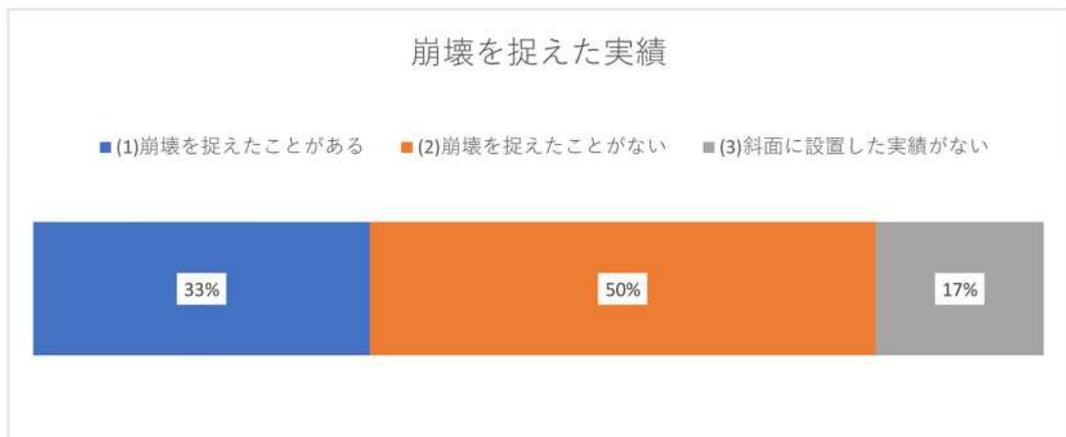
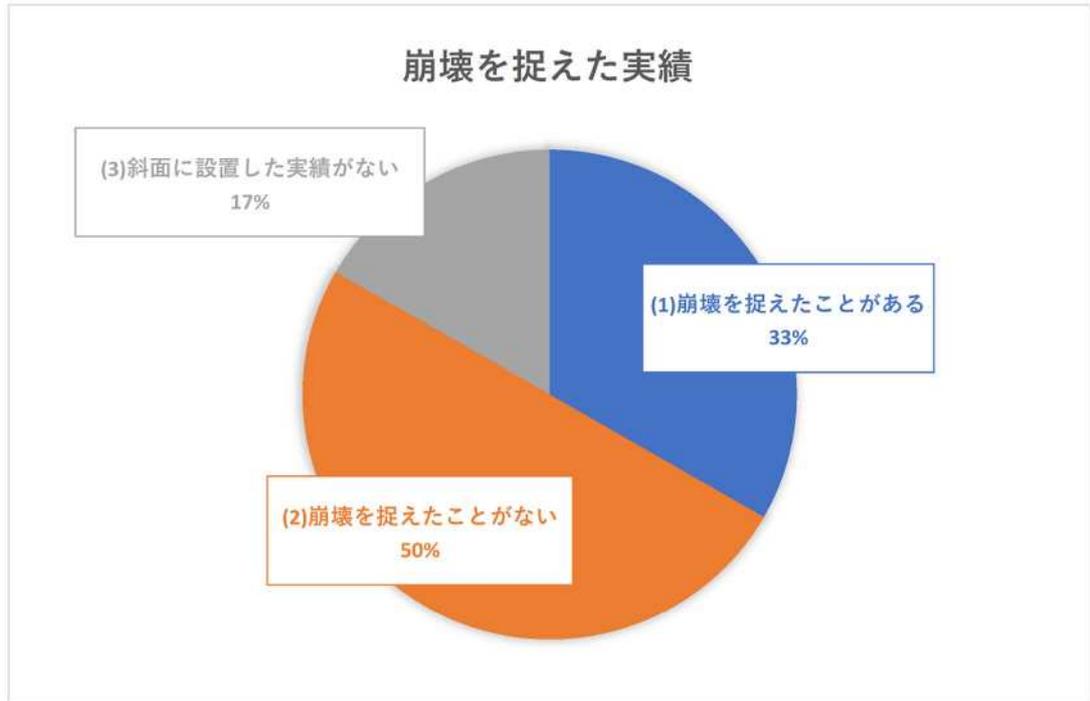
回答率…回答数の合計のうち各回答の占める割合



		傾斜センサーを斜面等に設置し、崩壊を捉えた実績の有無を教えてください	回答数	回答率
Q11 択一	(1)	崩壊を捉えたことがある	4	33%
	(2)	崩壊を捉えたことがない	6	50%
	(3)	斜面に設置した実績がない	2	17%
合計			12	100%

回答数…各回答を選択した会社の数

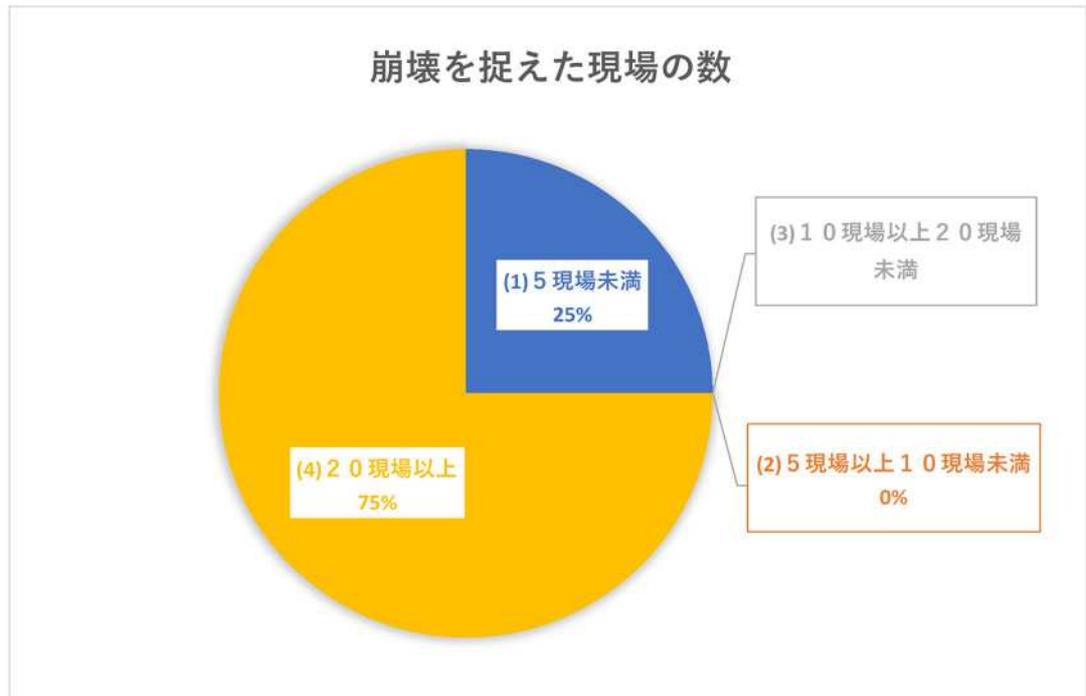
回答率…回答数の合計のうち各回答の占める割合



Q12 択一	傾斜センサーで崩壊を捉えた現場はいくつあるか教えてください		回答数	回答率
	(1)	5 現場未満	1	25%
	(2)	5 現場以上 1 0 現場未満	0	0%
	(3)	1 0 現場以上 2 0 現場未満	0	0%
	(4)	2 0 現場以上	3	75%
合計			4	100%

回答数…各回答を選択した会社の数

回答率…回答数の合計のうち各回答の占める割合



Q13

その他何かご意見等がございましたら教えてください（当コンソーシアムに期待することでも構いません）

●センサー計測に関する技術は、ほぼ整っていると考えています。実績が無いのは、計測の必要性、重要性を発注者などが理解していないことにあると思います。計測しても結局は分からないという考えや意見があり、その考えが支配的となってセンサー計測も発展しないのではないのでしょうか。

センサー計測を発展させるためには、多くの計測事例（1カ所に多数のセンサー配置）があり、それを元にした基準値がないと発注者の心は動かないと思います。そのためには何らかの基準を早く設定し、それを毎年更新していくような仕組みが求められます。

これは一企業ではできないことと考えております。

●地表面傾斜計の市場の拡大のための施策（管理基準値の設定、現場への適用例、崩壊事例の収集など）を中心に行っていただきたいです。

業界団体として斜面モニタリングの必要性と管理基準を国に提言し、国がこれを認め、助成金等による普及政策が実施されることを期待します。

●業界団体として斜面モニタリングの必要性と管理基準を国に提言し、国がこれを認め、助成金等による普及政策が実施されることを期待します。

●Q11, Q12の崩壊を捉えた現場は、過去20年間で3~4件あったと思いますが、皆さんにお見せできるデータが残っていない可能性があります。また、土砂の崩落は生じなかったものの、今回の試験地である四国有瀬地すべりのように、降雨などに伴って傾斜計に変動が生じた現場は複数箇所あります。

●管理基準値が決まれば、顧客へのPRが今以上にスムーズになり、使用頻度も多くなってくると思います。

また、市場も広がりあらゆる分野で活用されると期待しております。

海外進出も目指して行ければと思っております。

●顧客から「傾斜センサーは、どれだけ動いたかがわからない」とコメント頂きますが、「何かが発生している、もしくは発生した」ということを安価かつ簡易な設備で捉えることができる強みを貴コンソーシアムにより広報して頂けたらと存じます。

（微力ながら、弊社でも広報し続けます）

#### (5) アンケート結果のまとめ

全体として、各設問に対する回答は偏った傾向にあり、各社の傾斜センサーに対する認識や問題意識は下記のように共通していることが窺える。

- 傾斜センサーのメリット（強み）→ 設置の容易さ、安価である
- 傾斜センサーのデメリット（弱み）→ 管理基準値が存在しない、認知度が低い
- 傾斜センサーに対する要望 → 設置条件の（場所・数）基準化
- 顧客拡大のための取組み → 国への働きかけ、関連学協会の支援、学識者の支援

#### (6) 今後の方向性

今後の方向性としては、以下の事項が挙げられる。

- メリットを強調する一方、デメリットを解消していくように努めていく。
- 国・官庁・自治体への積極的な働きかけをおこなっていく。
  - 上記の機関を含めた対外的認知度の拡大、将来的な斜面防災予算の増加

### 3-3-4 実証サイトにおけるモニタリング結果

#### (1) 実証サイト

実証サイトは、徳島県三好市西祖谷山村に位置する国土交通省四国山地砂防事務所管内の「有瀬地区」とした。当該サイトには滑動中の風化岩地すべり（地質：結晶片岩）が分布し、傾斜センサーは地すべりブロック末端部のいわゆる「圧縮域」の2箇所（No.1・No.2）にて設置した。

図3-1に実証サイトの位置図、図3-2～3-3に傾斜センサー設置位置図を示す。

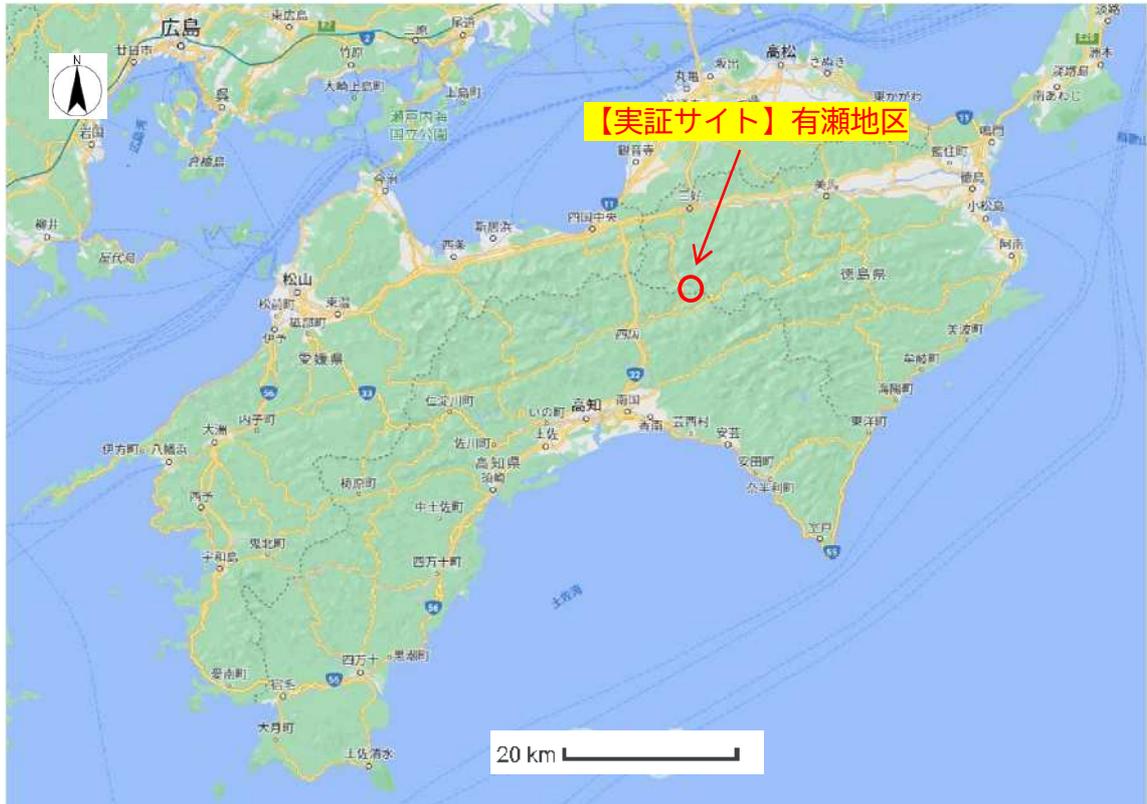


図3-1 実証サイト位置図（Google Mapに加筆）



図3-2 傾斜センサー設置位置図 (Google Mapに加筆)

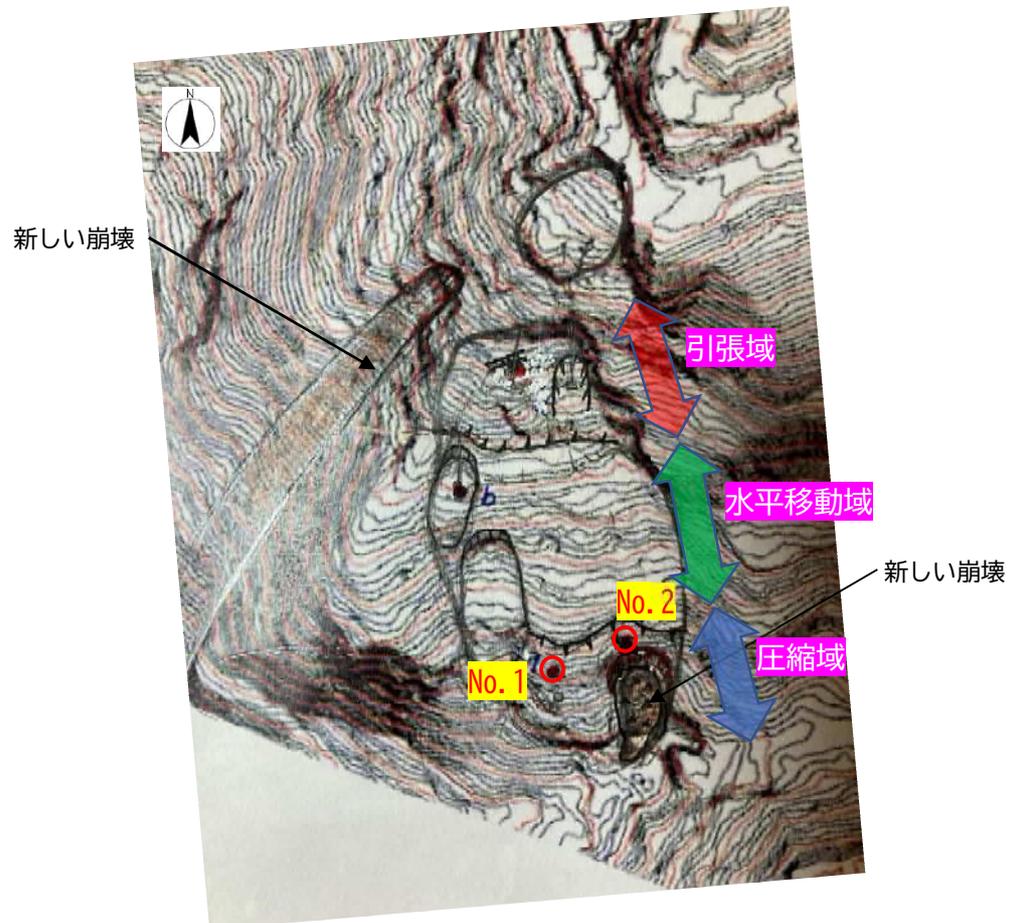


図 3-3 傾斜センサー設置位置図 (縮尺：任意)  
(四国山地砂防事務所 LP データコンター図に加筆)

## (2) 傾斜センサーの設置

当該サイトのNo.1とNo.2にて、7社の傾斜センサーをそれぞれ概ね同一箇所（約5m四方内）に設置した。

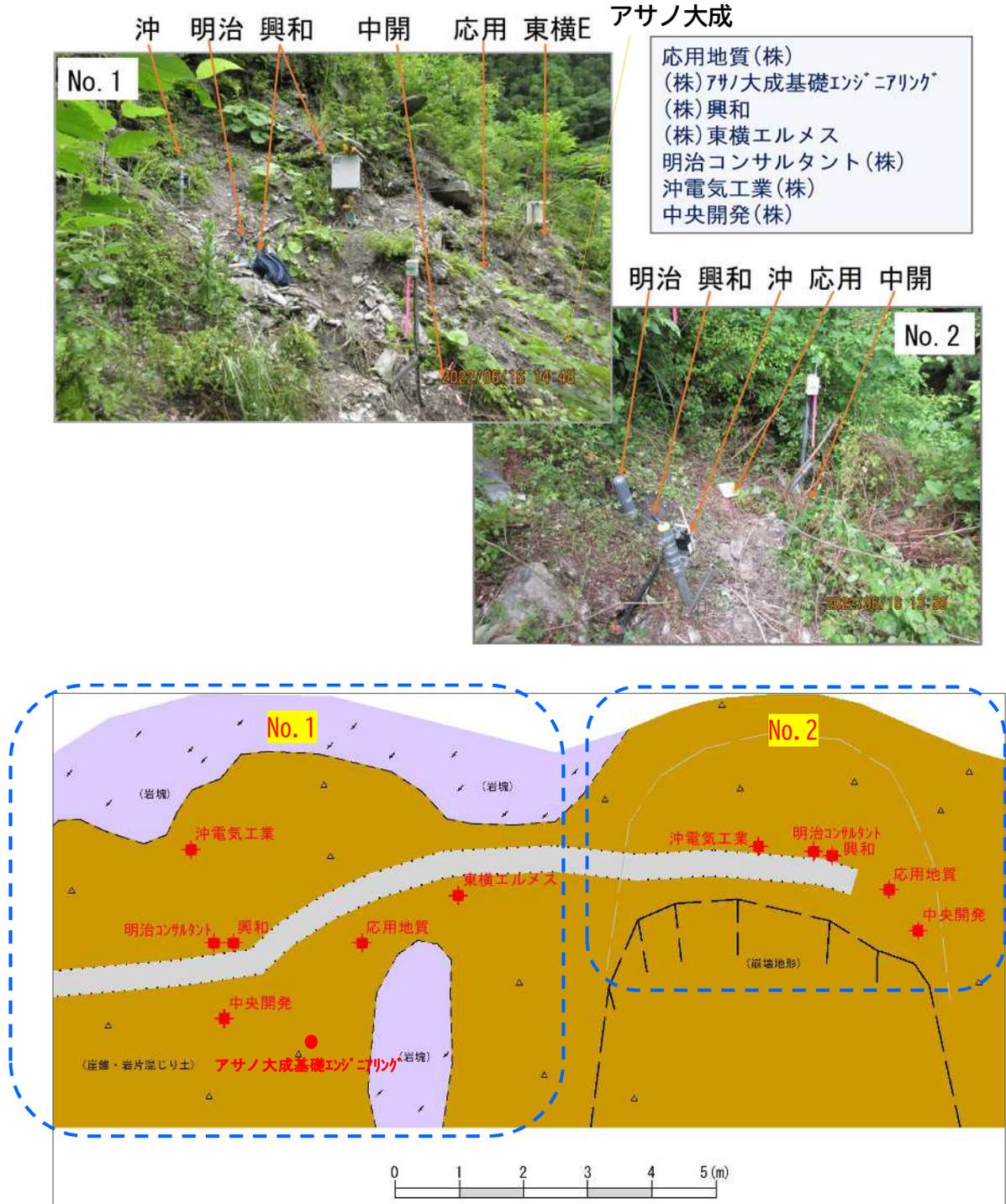


図3-4 各社の傾斜センサー設置位置図

### (3) モニタリング結果の見方

各社のモニタリング結果は、図3-5に示す様式にて取りまとめた。なお、結果については、設置直後の令和4年6月下旬以降のデータを取りまとめた。

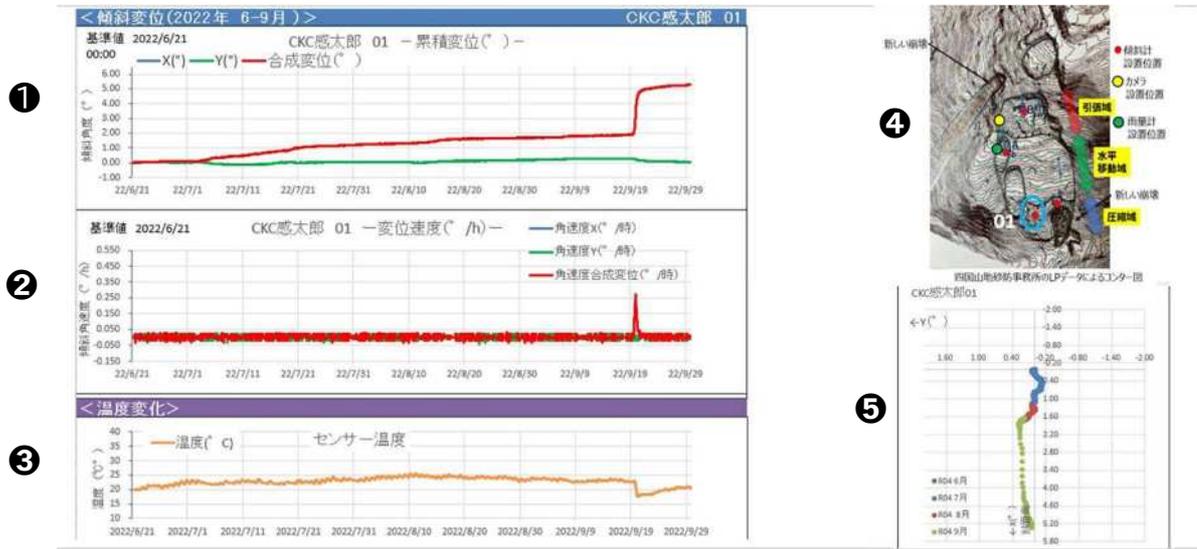


図3-5 モニタリング結果の様式

#### ①傾斜角度(°) : 初期値を0°と設定

- ・ X 軸 (°) …想定すべり方向 (地表面の最大傾斜方向) (+ : 谷側、- : 山側)
- ・ Y 軸 (°) …想定すべり方向に直交する方向 (+ : X(+)を時計の0時とすると3時の方向、- : 9時の方向)
- ・ 合成角度 (°) …X 軸と Y 軸との合成角度

#### ②傾斜角速度(°/時間)

- ・ X 軸傾斜角速度 (°/時間) …想定すべり方向の傾斜角速度
- ・ Y 軸傾斜角速度 (°/時間) …想定すべり方向に直交する方向の傾斜角速度
- ・ 合成傾斜角速度 (°/時間) …X 軸と Y 軸との合成傾斜角速度

#### ③センサー温度(°C)

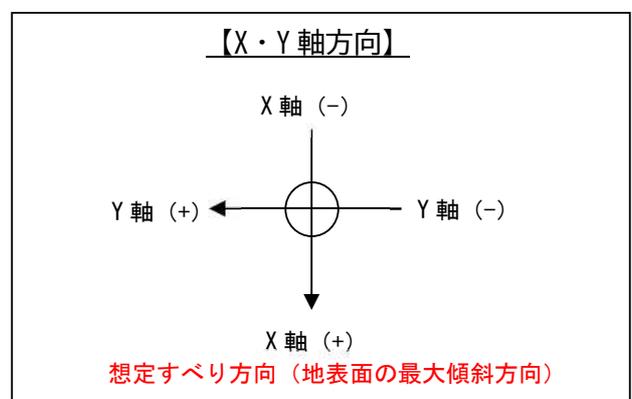
- ・ センサー内の温度 (°C)

#### ④位置図

- ・ センサーの位置

#### ⑤移動方向および移動量図

- ・ 月ごとの移動方向および移動量



ここで、図3-6に国土交通省「一字」観測所（徳島県三好市西祖谷山村422-1、北緯33度53分33秒、東経133度49度07秒）における令和4年6月から9までの時間雨量とそれに基づき算出した土壌雨量指数のグラフも併記した。



図3-6 実証サイト付近の時間雨量と土壌雨量指数

これによると、当期間内では、令和4年7月5日と令和4年9月19日（台風14号通過）の2つの時期にて、まとまった降雨が確認され、さらには土壌雨量指数が高いことが分かる。

(4) モニタリング結果 (令和5年3月23日の崩壊検知)

【降水状況】

モニタリング期間中の令和5年3月23日の17~18時頃に、No.1の箇所にて、表層崩壊が発生した。図3-7に国土交通省「一字」観測所における時間雨量とそれに基づき算出した土壌雨量指数を示す。また、図3-8に現地に設置した簡易雨量計の計測結果を示す。

【令和4年6月以降の時間雨量と土壌雨量指数】



【令和5年3月23日付近の時間雨量と土壌雨量指数】



図3-7 国土交通省「一字」観測所における時間雨量とそれに基づき算出した土壌雨量指数

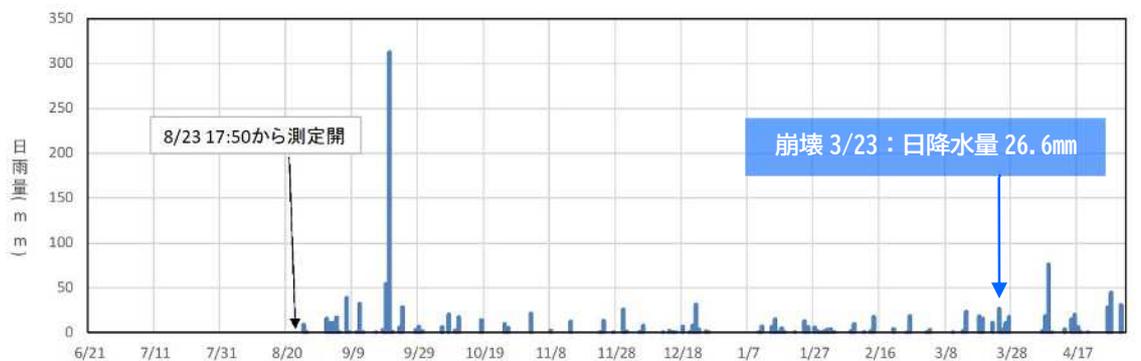


図3-8 現地に設置した簡易雨量計の計測結果

現地に設置した簡易雨量計の結果、3月23日の日降水量は26.6mmであった。また、国土交通省「一字」観測所における時間雨量から算出した土壌雨量指数は3月23日の16時で32.5であった。これらより、崩壊時さらにはその直前では多量の降水は確認されていないことが分かる。

【崩壊範囲】

現地には全7社が傾斜センサーを設置・計測しているが、そのうちの3社（アサノ大成基

礎エンジニアリング・東横エルメス・応用地質)の傾斜センサーが今回の表層崩壊を検知することができた。図3-9に各社センサーの設置位置図を示す。

これより、崩壊を検知した3社の傾斜センサーはNo. 1の東方(図面の右側)に位置していることが分かる。すなわち、今回発生した表層崩壊は、極めて小範囲で小規模なものであると推察される。

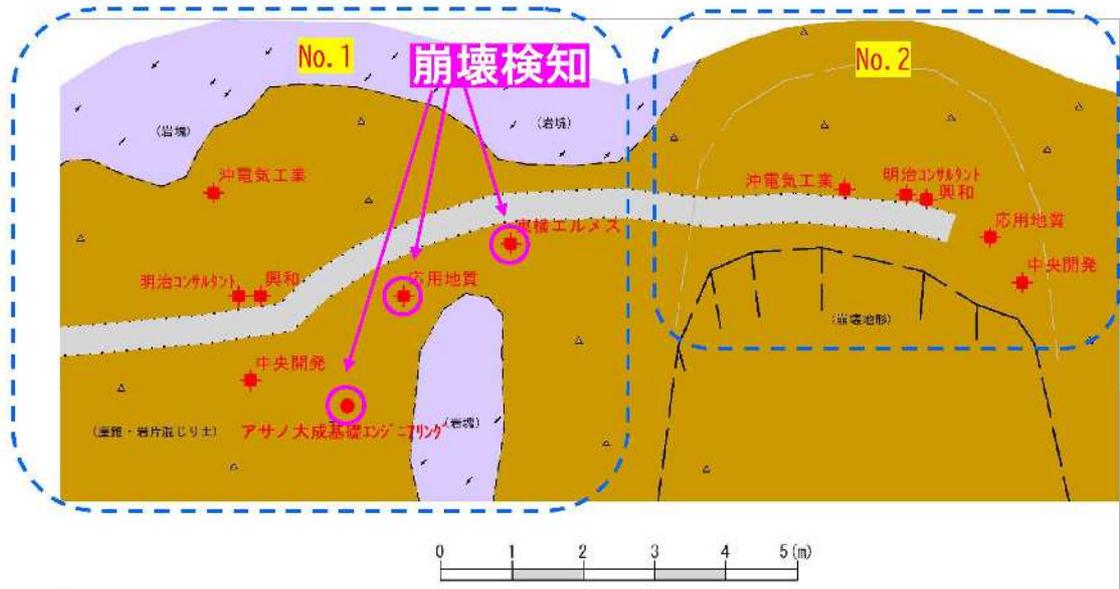


図3-9 各社センサーの設置位置図

全地連傾斜計C&四国CX研究会

崩壊現場視察 (2023/3/28)

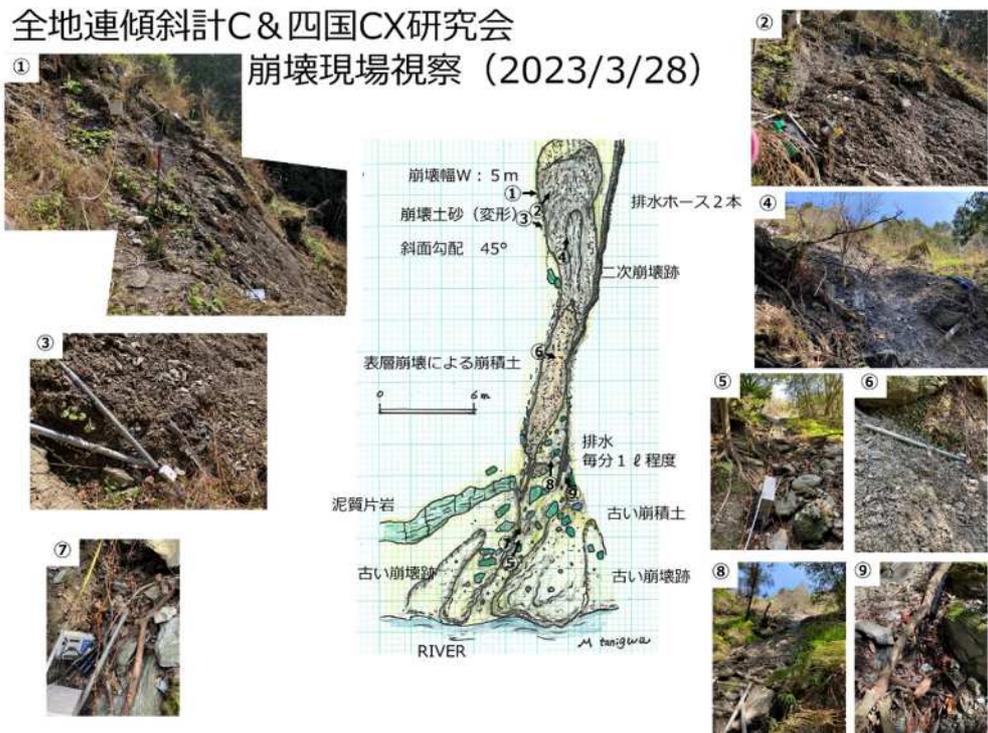


図3-10 崩壊状況 (令和5年3月28日現地視察)



写真3-1 崩壊状況(1)  
計器の転倒が認められる



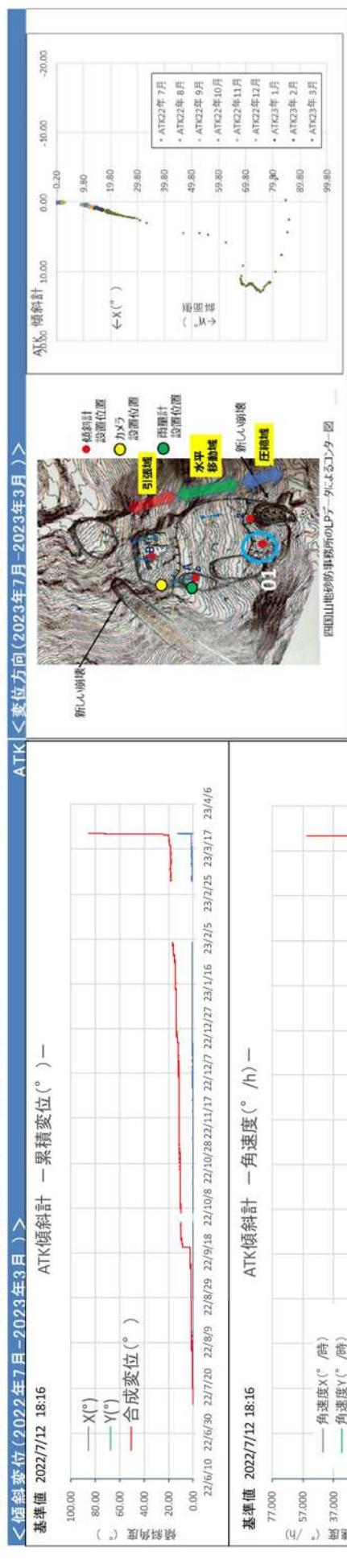
写真3-2 崩壊の滑落崖付近の状況

**【崩壊を検知した3社のモニタリング結果】**

崩壊を検知した3社（アサノ大成基礎エンジニアリング・東横エルメス・応用地質）の傾斜センサーの計測結果とその見解を示す。

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング  
モニタリング結果  
(令和5年3月23日崩壊検知)

# ◆ 計測結果（初期設置～崩壊迄：2022年7月～2023年3月）



3/23に傾斜角度が一気に大きくなり、データが途切れた。  
⇒ 崩壊により測定器が流された。

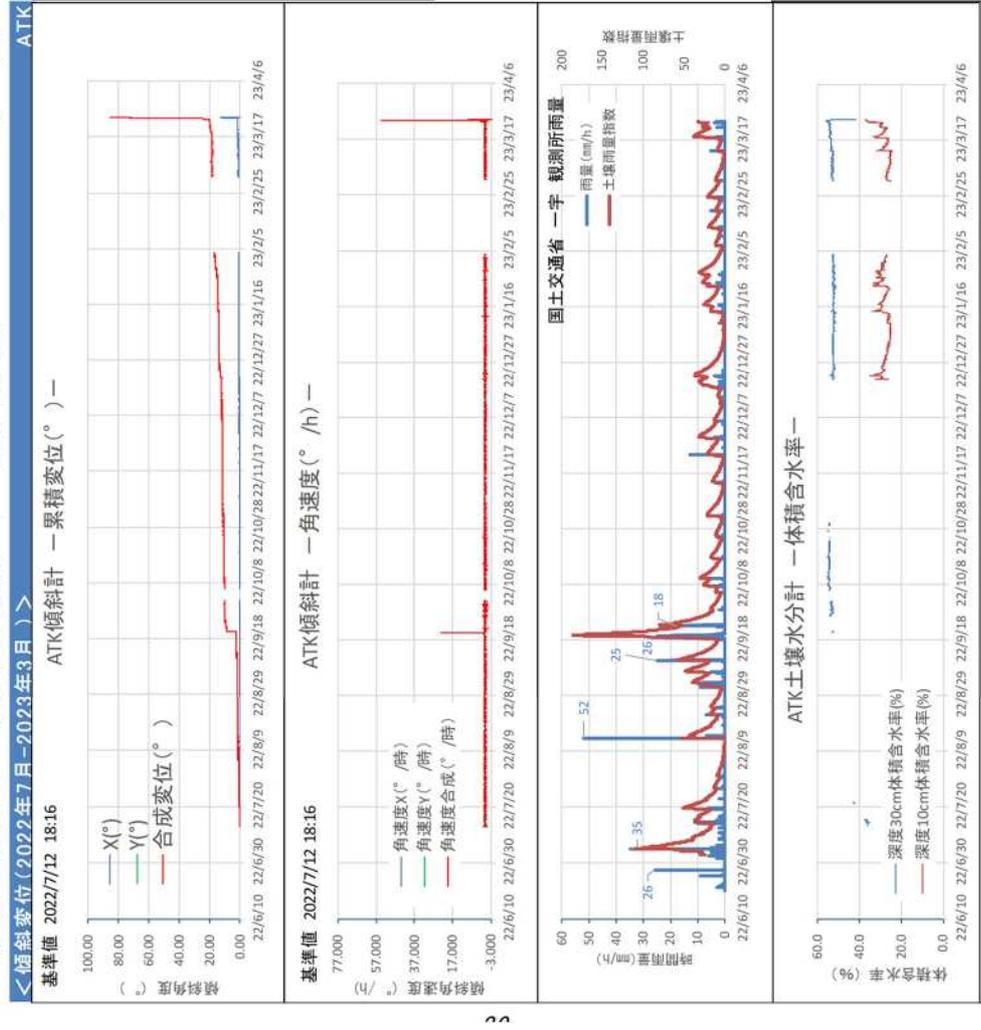
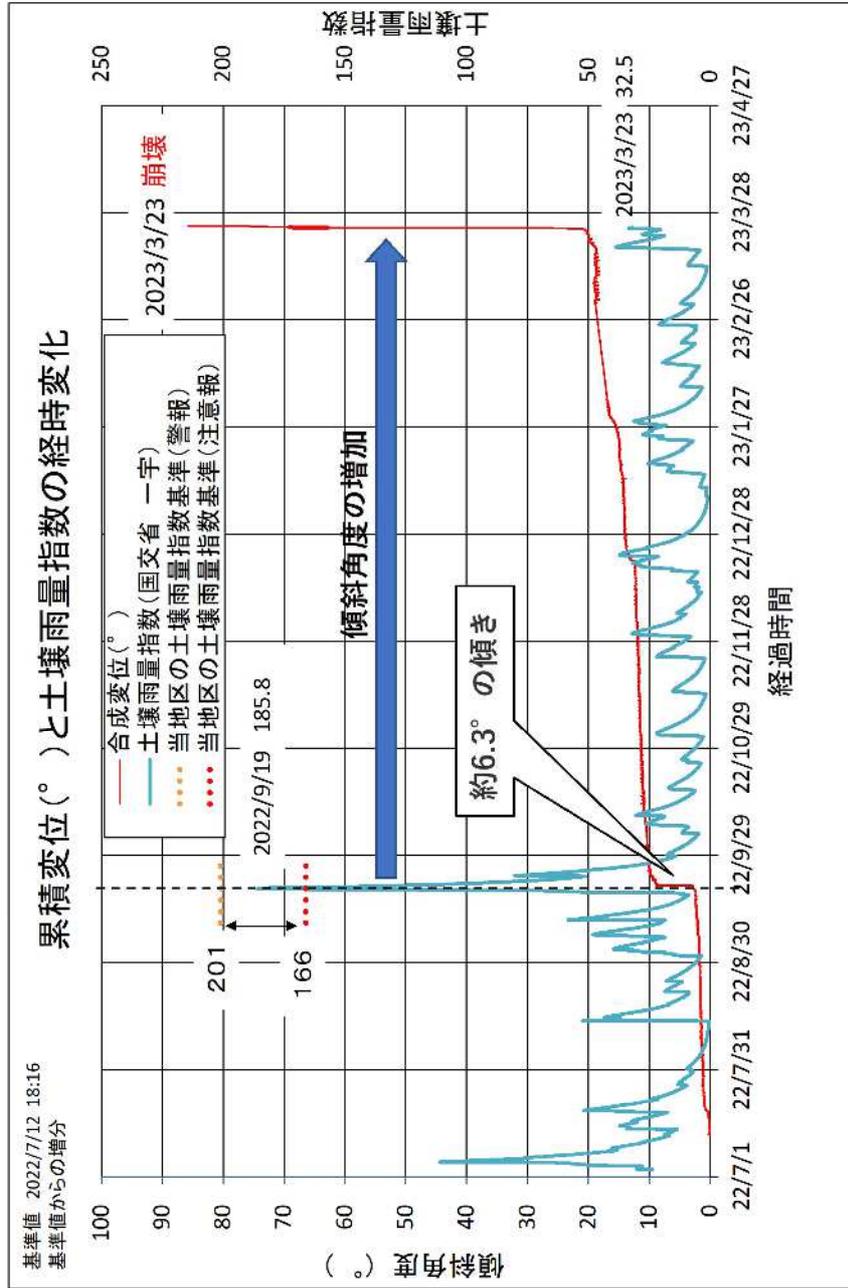


図 3-11 アサノ大成基礎エンジニアリング モニタリング結果（令和5年3月23日崩壊検知）

## ◆ 計測結果（累積変位と土壌雨量指数の経時変化）



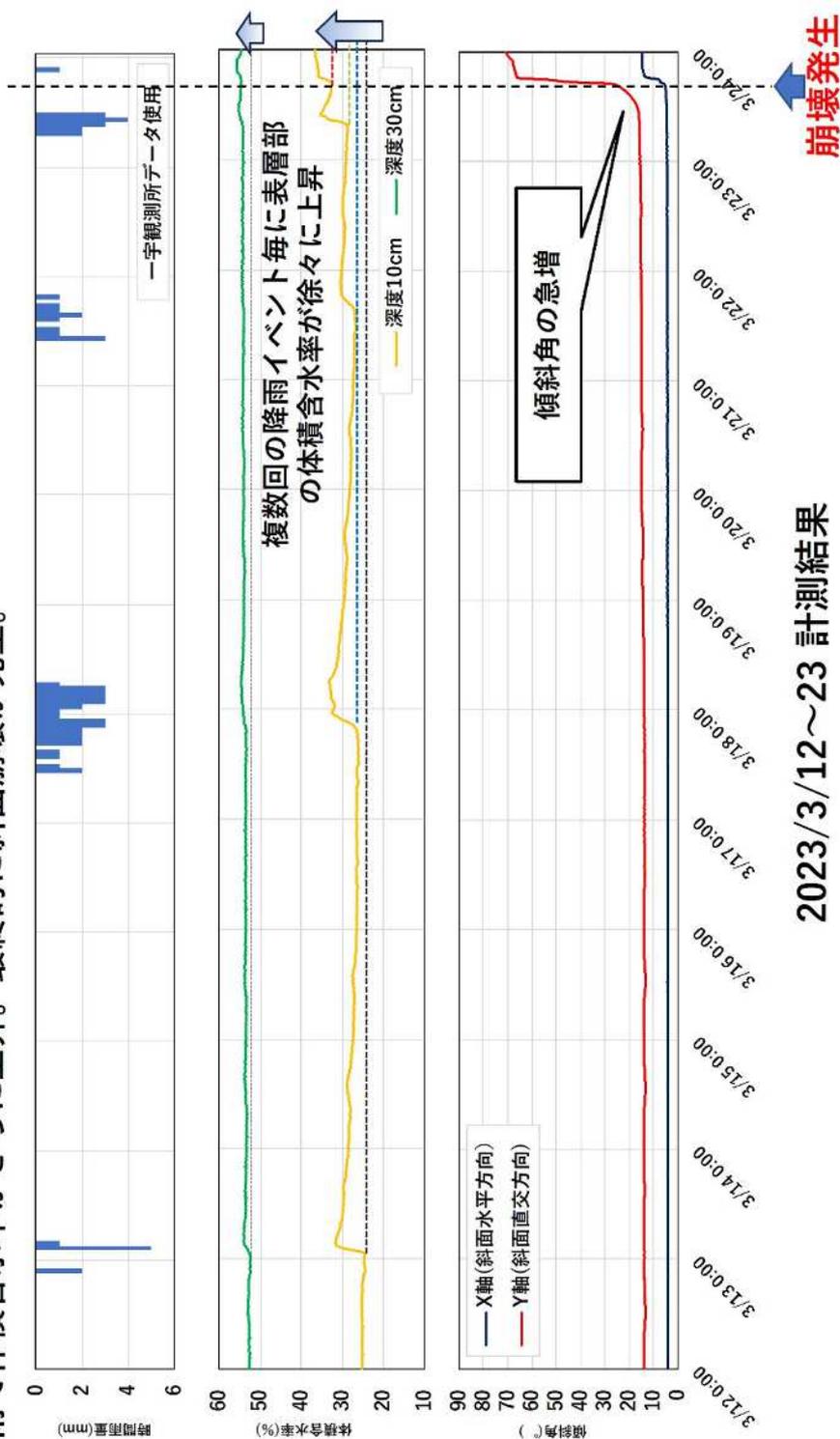
土壌雨量指数基準値が注意報値を超えたにもかかわらず斜面崩壊は起こらなかった。

⇒ この豪雨によって斜面の弱部が発生、その後の複数回の降雨によって斜面が徐々に変形し、数か月後の弱い雨（注意報基準以下程度の土壌雨量指数）で斜面崩壊が発生したのではないか。

図 3-12 アサノ大成基礎エンジニアリング モニタリング結果（令和 5 年 3 月 23 日崩壊検知）

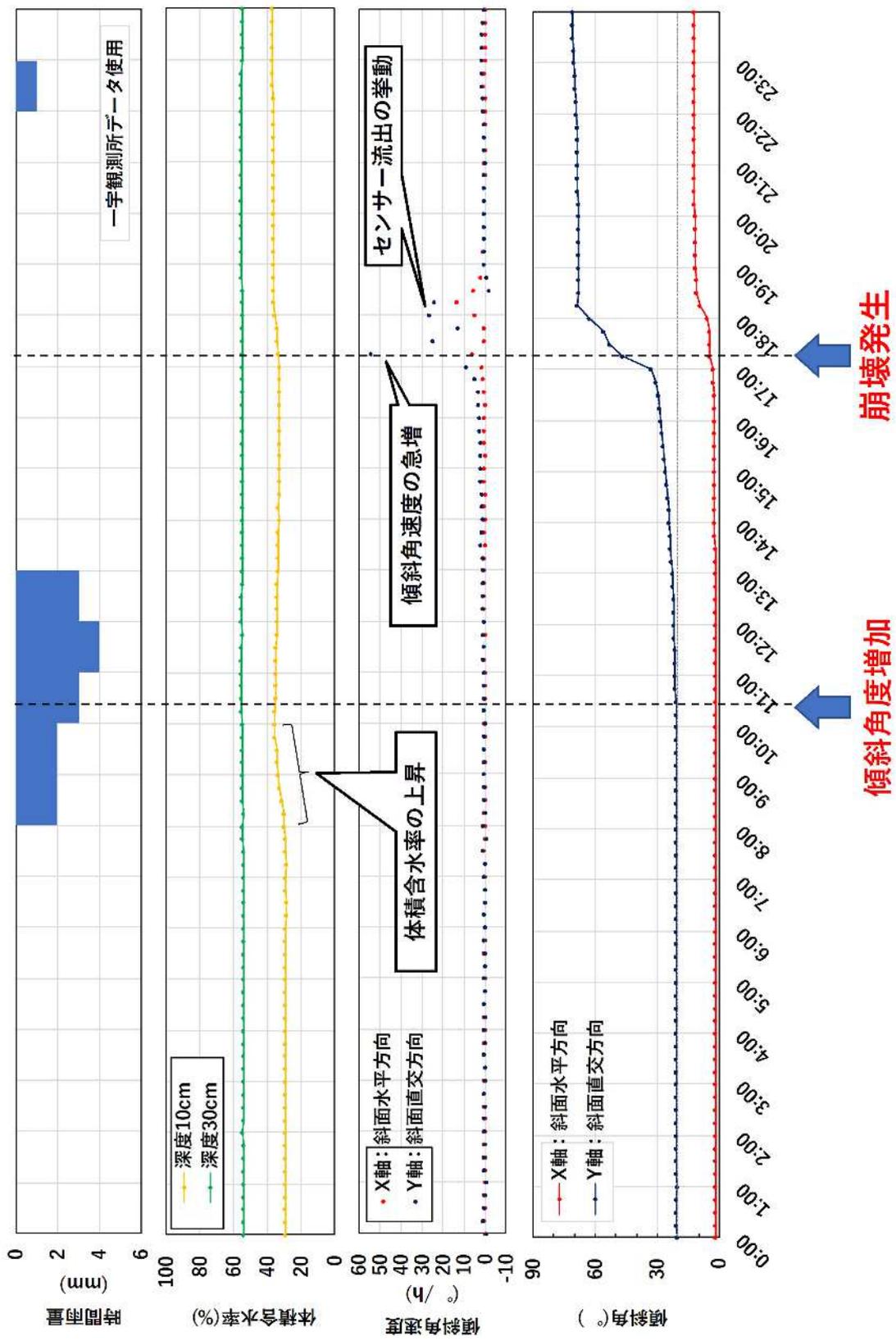
## ◆ 計測結果（累積変位と体積含水率の経時変化）

- 崩壊発生は3/23 17:00ごろと想定
- 崩壊10日前から4回の降雨イベント。イベント毎に体積含水率が上昇し、体積含水率が降雨前の数値まで戻ることなく、新たな降雨によってさらに体積含水率が上昇、体積含水率が高止まり傾向を示すことがわかった。
- 崩壊発生前の降雨で体積含水率がさらに上昇。最終的に斜面崩壊が発生。



2023/3/12～23 計測結果

図 3-13 アサノ大成基礎エンジニアリング モニタリング結果（令和 5 年 3 月 23 日崩壊検知）



## 2023/3/23 斜面崩壊当日の計測結果

図 3-14 アサノ大成基礎エンジニアリング モニタリング結果 (令和 5 年 3 月 23 日崩壊検知)

(株)東横エルメス  
モニタリング結果  
(令和5年3月23日崩壊検知)



### 3. 計測結果の比較

3

No1については、2023/3/23に斜面が崩壊した。最終データは $10.79^\circ$ （合成値）であった。一方、No2は2023/7/31現在取得中であり、この時点では $0.96^\circ$ であった。No1とNo2に明確な差異が現れたが、この要因は計測位置の違いに他ならないが、設置深度の差異が絶対値にどのように影響するかは今後の課題である。

計測位置	計測期間	傾斜量（合成値： $^\circ$ ）	角速度（ $^\circ$ /時）	設置深度（m）	特記事項
No 1	2022/6/15～2023/3/23	10.79	2.23	1m	2023/3/23 に斜面崩壊
No 2	2022/8/9～2023/7/31	0.96	0	0.5m	2023/7/31 現在斜面安定



図3.1 計測結果と計測位置関係図

# 4. No1地点斜面崩壊時の直近データ

4

No1における斜面崩壊直近データを図4.1に示す。

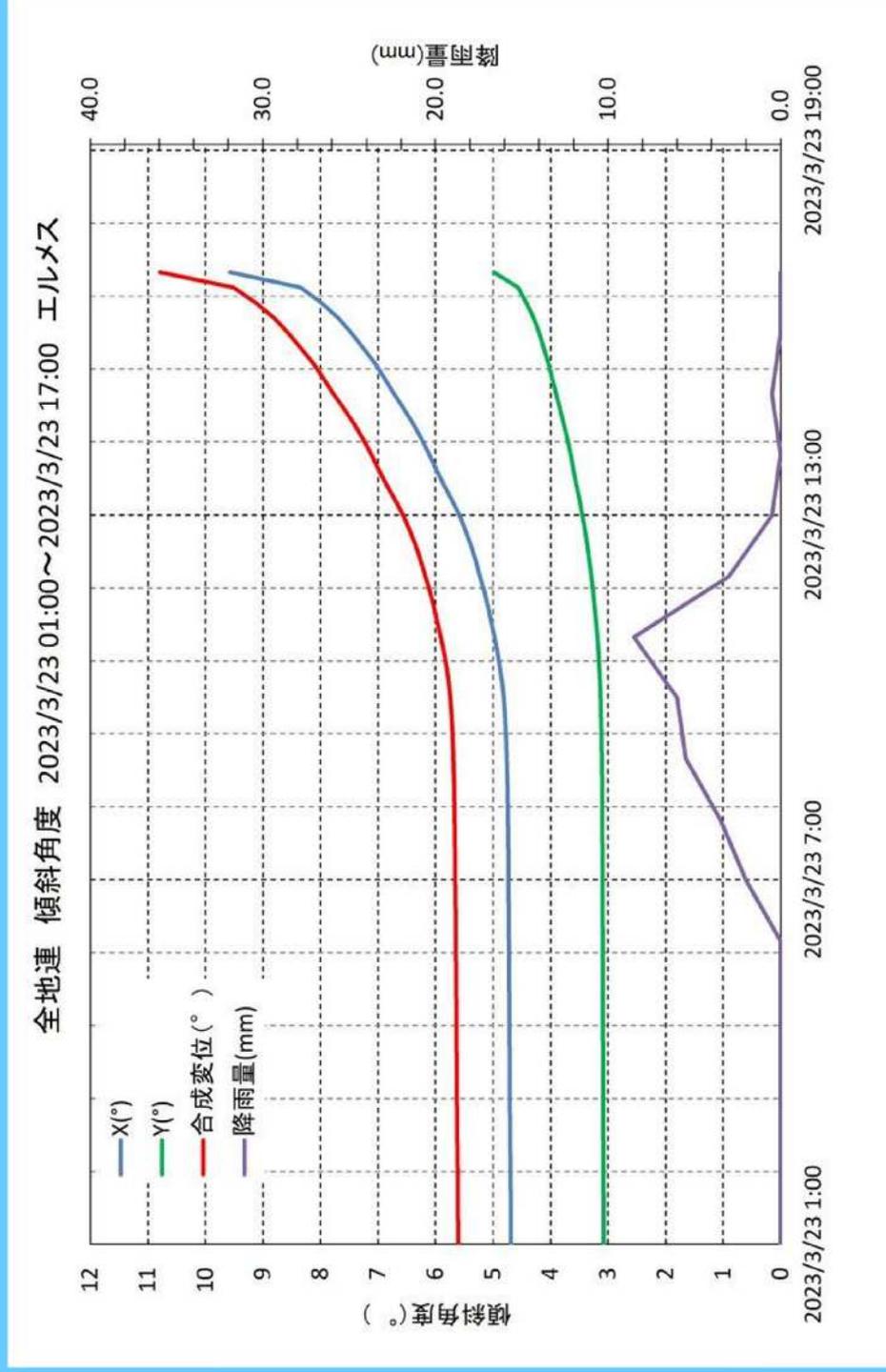


図4.1 斜面崩壊直近データ

# 5. 追加計測計器配置

5

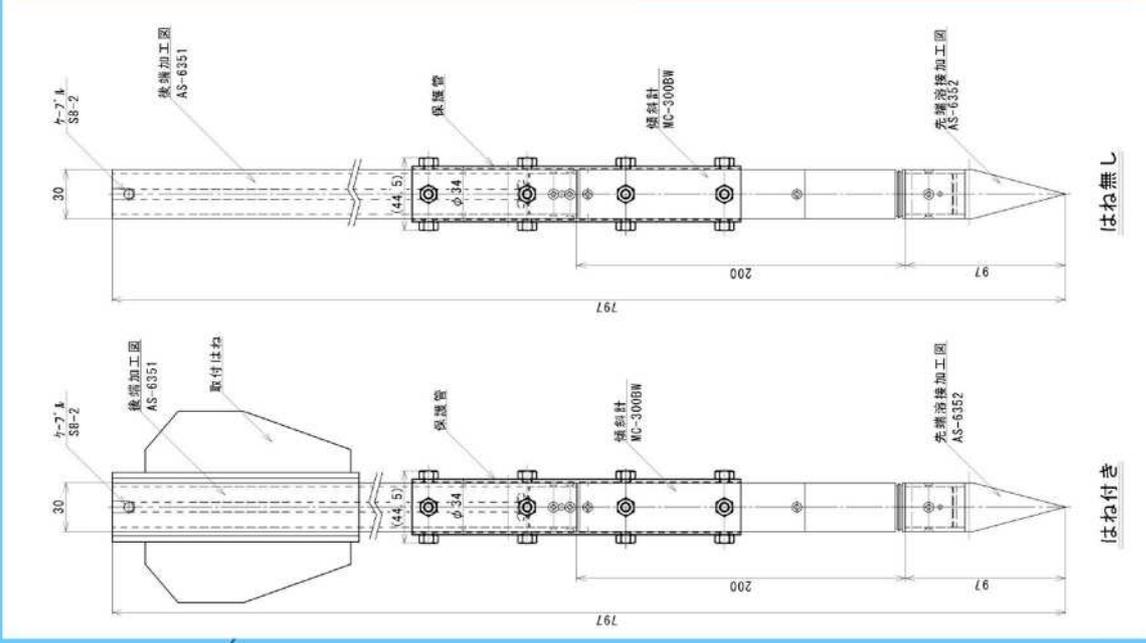


図5.1 追加計測計器配置

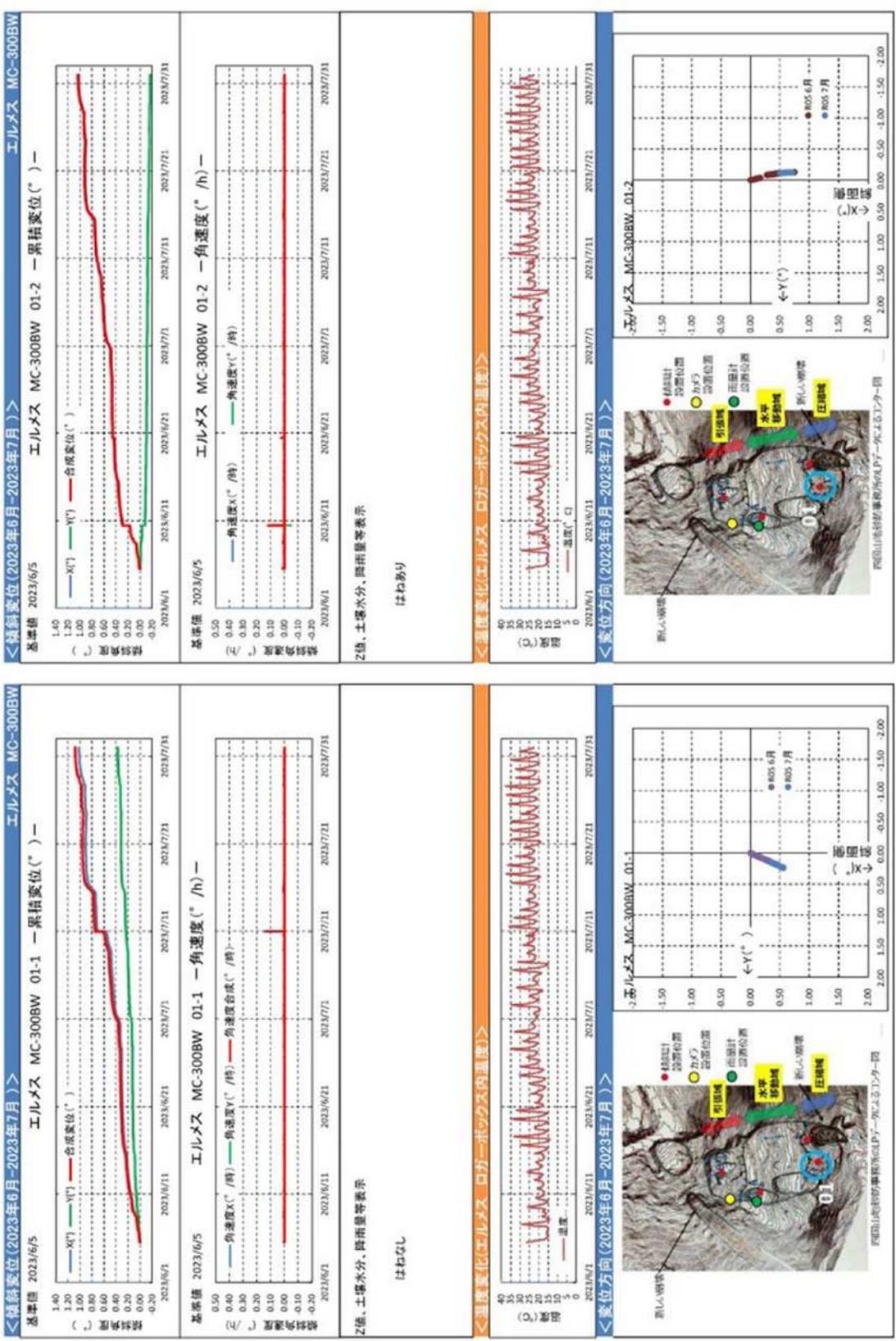


図5.2 追加計測結果図

図 3-19 東横エルムス モニタリング結果 (令和5年3月23日崩壊検知)

## 6. 考察

(1)No1とNo2の計測点において、測定値に明確な差異が生じた(P2 図2.1参照)。両者の違いは、計器の長さ(No1:1m、No2:0.5m)にあるが、この影響は小さいと考える。No1の計測点が2023/3/23に斜面崩壊に到ったが、この要因は過去の崩壊履歴によるもので崩れやすい状態にあると推察する。

(2)No1では計器の再設置を行った(P5、図6.1参照)。今回は、2台設置したが、1台は従来のもので、もう一台は羽根付きのものである。設置深度は、いずれも0.4mである。オーガーが表層の固い層に当り、穿孔困難になり、0.4mに留まった。測定値については、2023/7/31現在、2箇所ともに1°程度である。羽根付きの効果はまだ見られていない。この要因として、2台の離隔が0.5mと狭いこと、また設置深度が0.4mであることで明確な差異になっていない。しばらく動向を見る必要がある。

(3)No1において斜面の崩壊が起きたが、先に斜面の崩壊は「土壌雨量指数」と密接な関係にないという報告があった。図7.1に計測開始(2022/6/15)から崩壊(2023/3/23)に到るまでの雨量の累積変化を示す。崩壊直前の雨量は10mm程度であり、崩壊を誘因する大きいものでない。要因を敢えて挙げると次のとおりである。

①過去に崩壊履歴があり、土のせん断抵抗が元々他より小さかった。ここに降雨の繰り返しで間隙水圧がアップダウンを繰り返してせん断抵抗が減少の一途を辿った。

②斜面の崩壊とともに角速度が急激に増加した。崩壊直前の角速度は $2.23^{\circ}/h$ であった。斜面崩壊の兆候であるが、当日(2023/3/23)の9時から傾斜が増加し、16時に崩壊に到るまで7時間があった。この間に崩壊を知らせるアラートの設定が必要と考える。

計測開始(2022/6/15)から累積降雨量経時変化

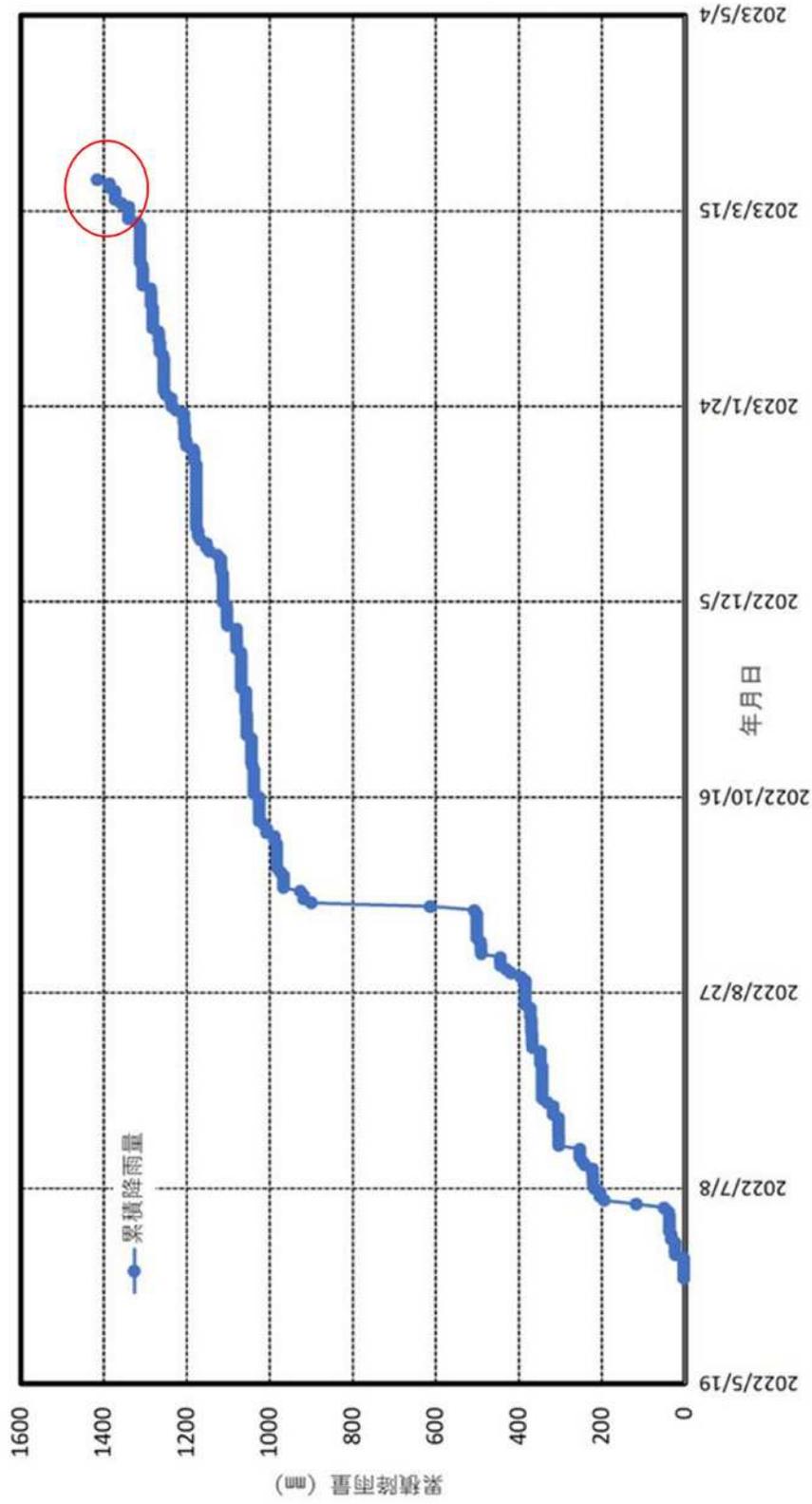


図6.1 累積降雨量変化図

応用地質(株)  
モニタリング結果  
(令和5年3月23日崩壊検知)

# 1. 観測結果 (1-1)

# OYO クリノポール

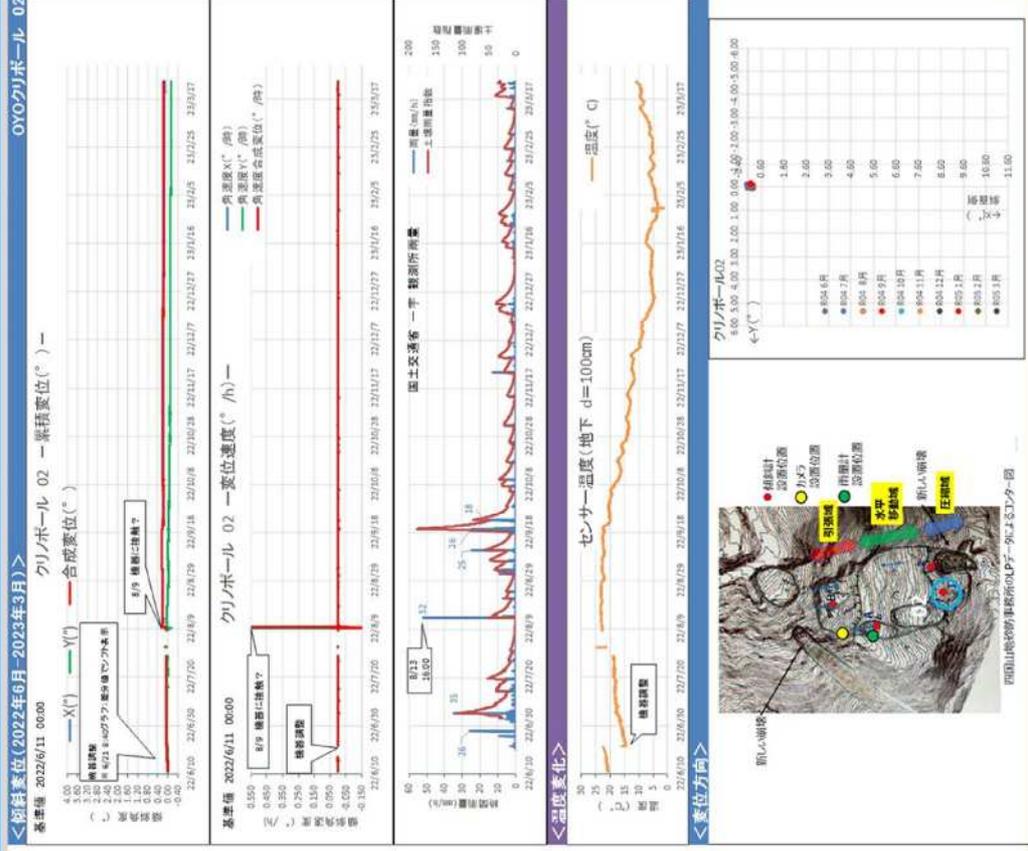
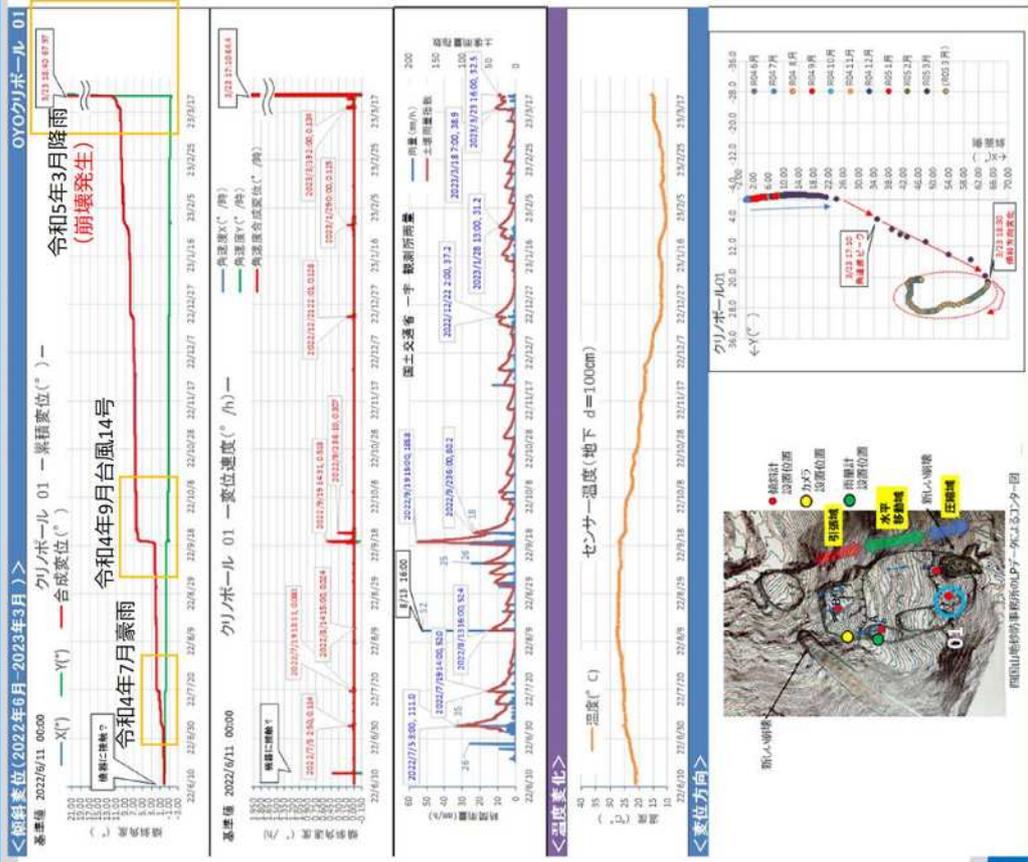


図 3-21 応用地質 モニタリング結果 (令和5年3月23日崩壊検知)

# 1. 観測結果 (1-2) 令和4年7月豪雨時

# OYO クリノポール

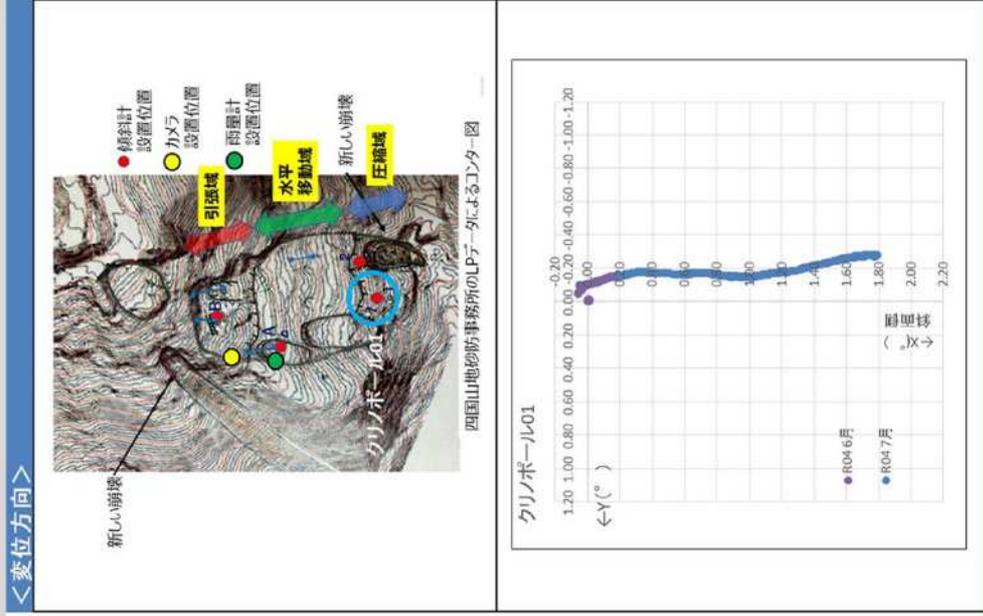
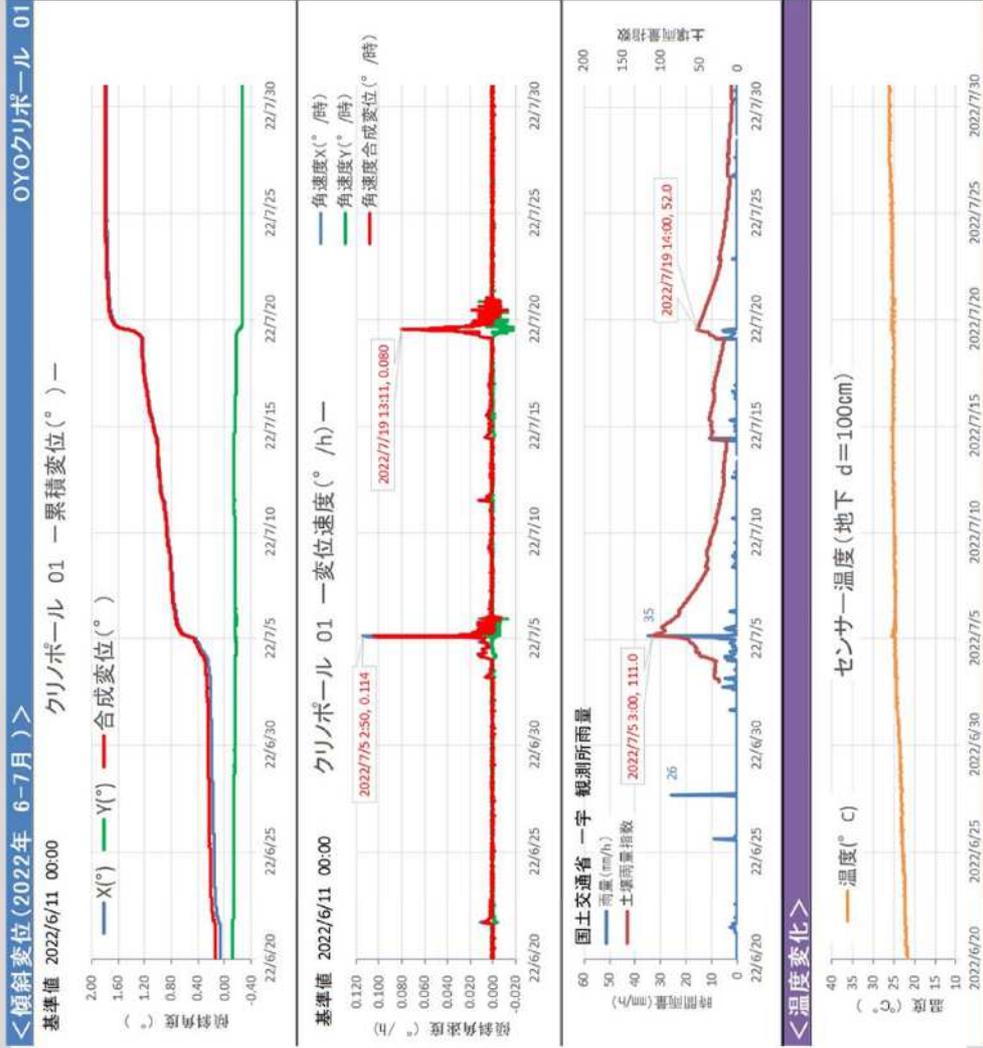


図 3-22 応用地質 モニタリング結果 (令和 5 年 3 月 23 日崩壊検知)

# 1. 観測結果 (1-3) 令和4年9月台風14号 OYO クリノポール

<変位方向>

OYOクリノポール 01

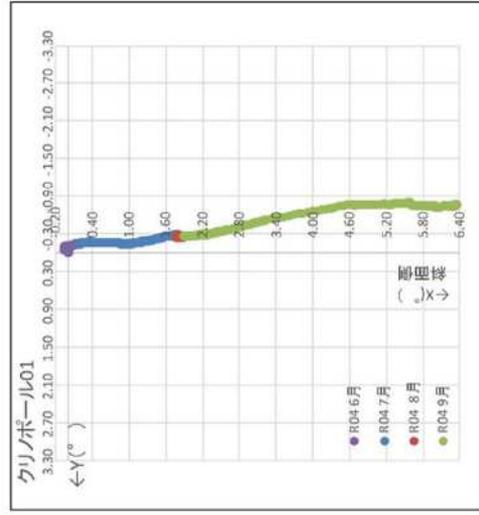
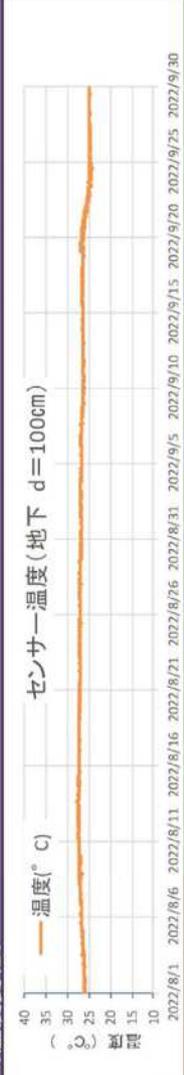
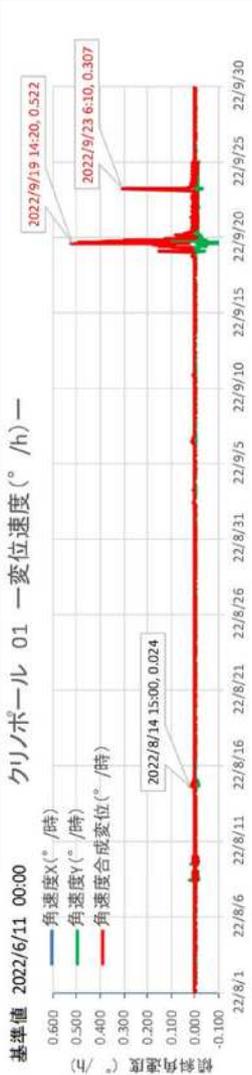
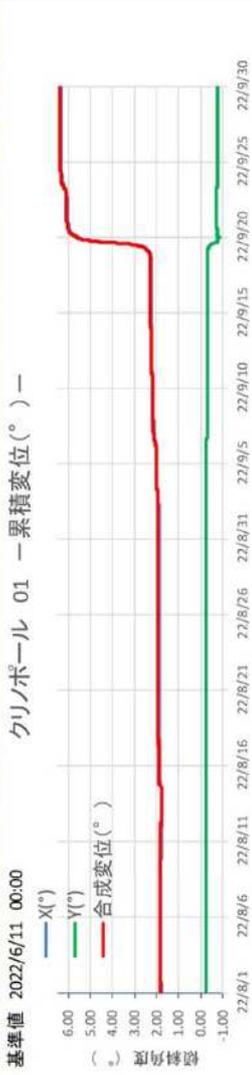
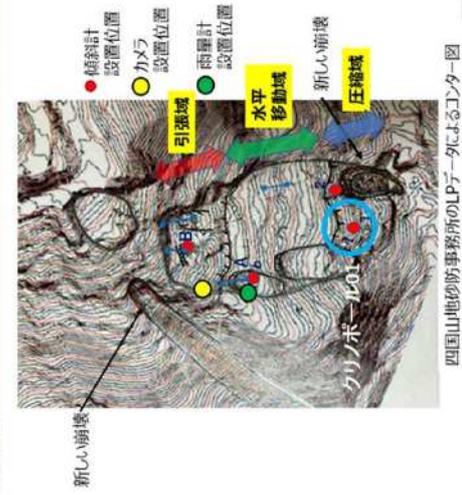
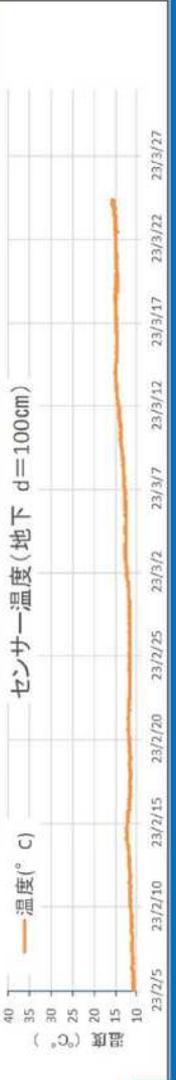
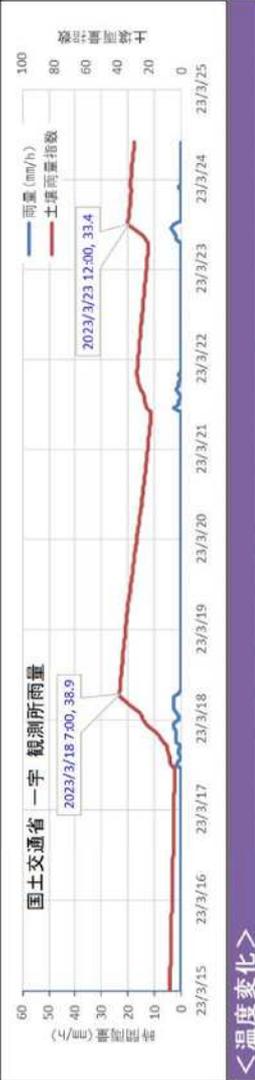
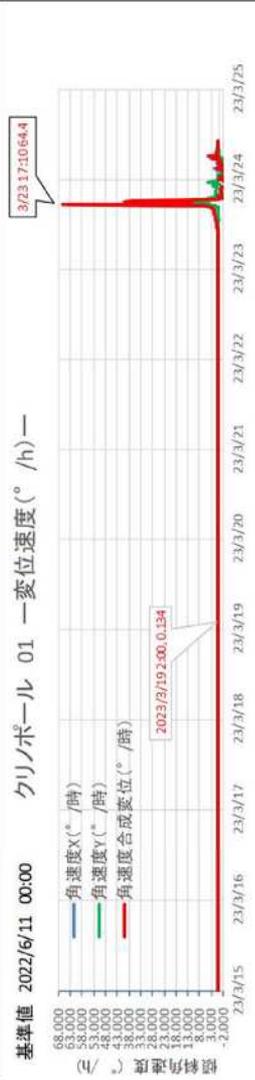
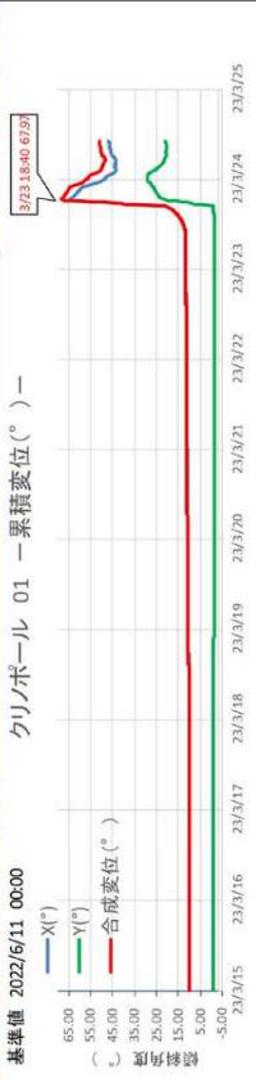


図 3-23 応用地質 モニタリング結果 (令和5年3月23日崩壊検知)

# 1. 観測結果 (1-4) 令和5年3月降雨時 OYO クリノポール

## 崩壊発生時

<<傾斜変位(2023年 3月)>> OYOクリノポール 01



<<変位方向>>

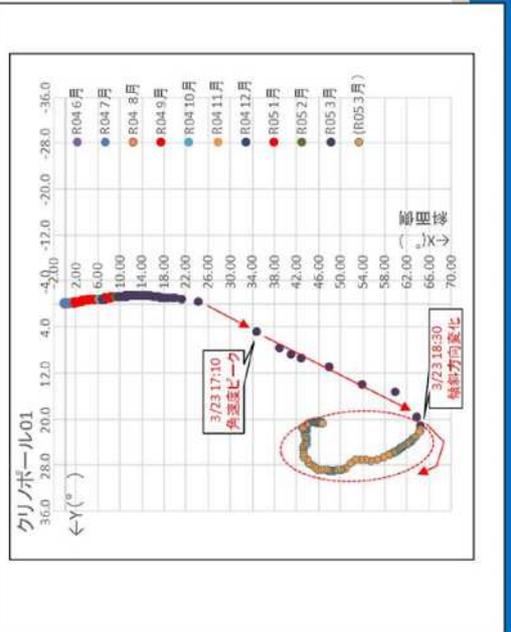
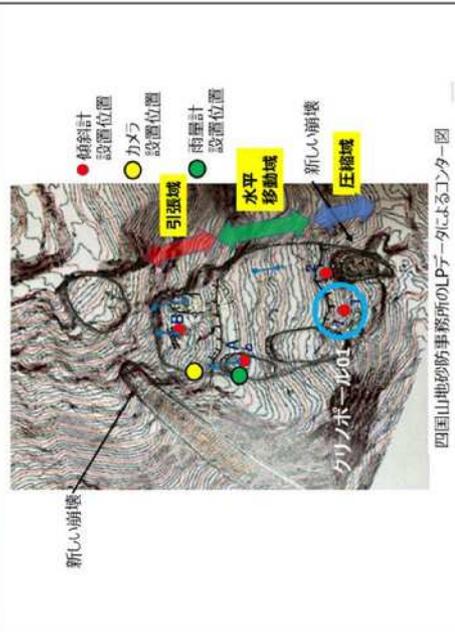


図 3-24 応用地質 モニタリング結果 (令和5年3月23日崩壊検知)

# 1. 観測結果 (1-5)

# OYO クリノポール

2023/03/23 01:10

～

2023/03/23 17:09

最新情報に更新

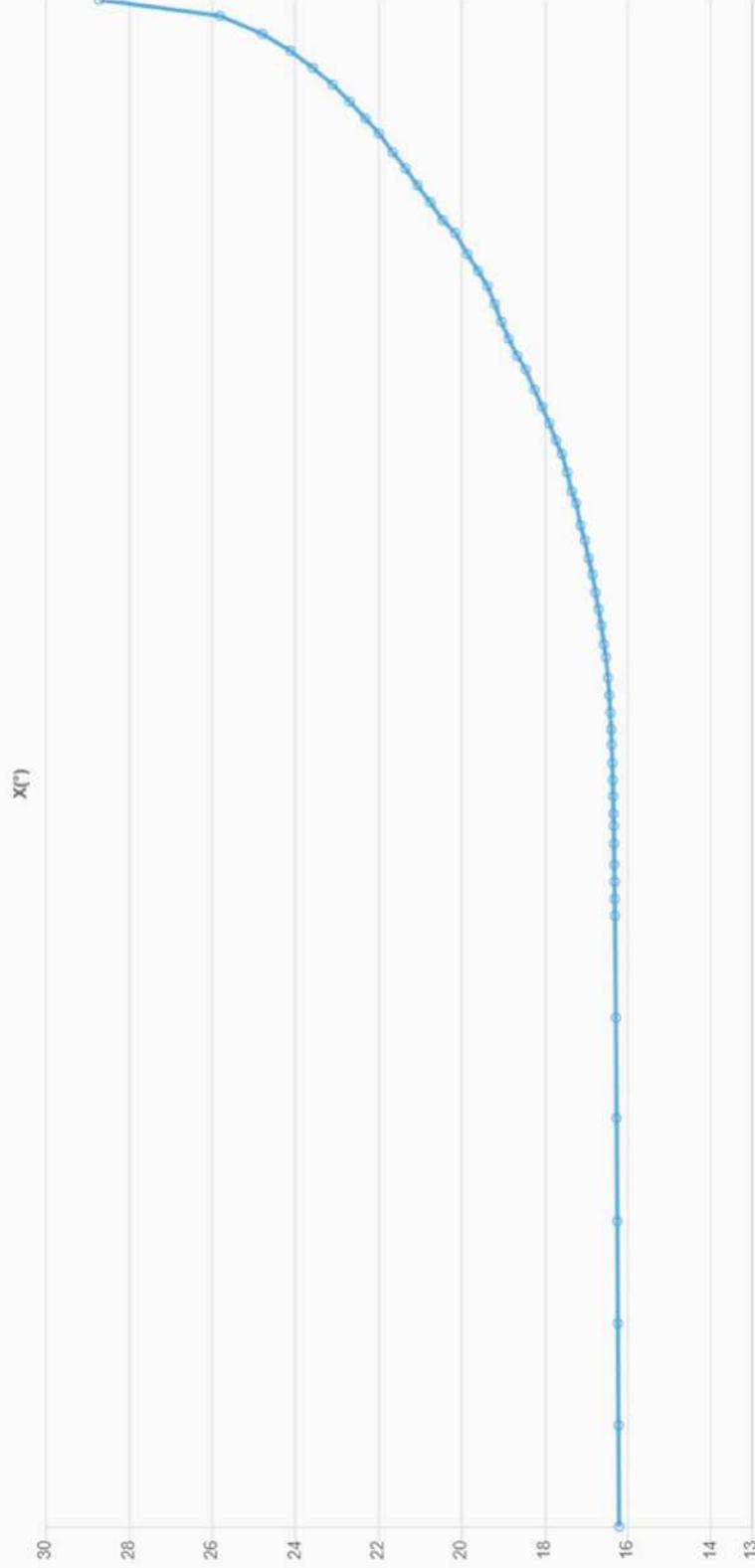
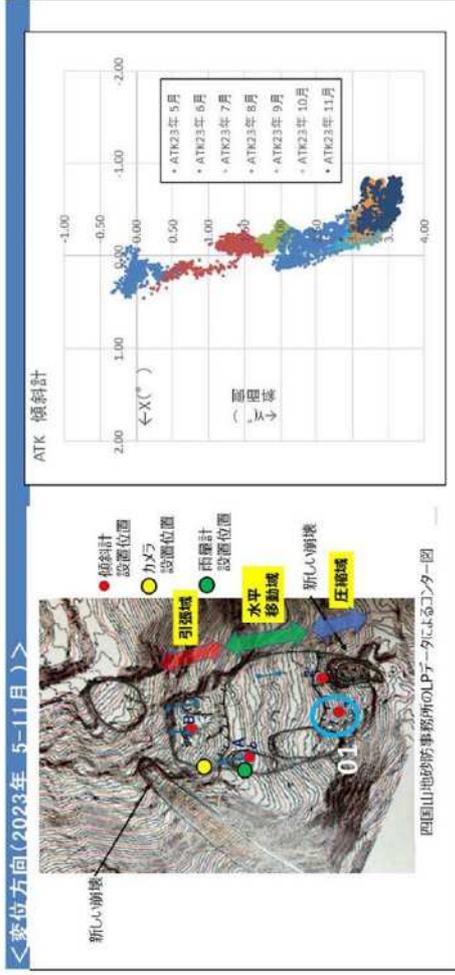
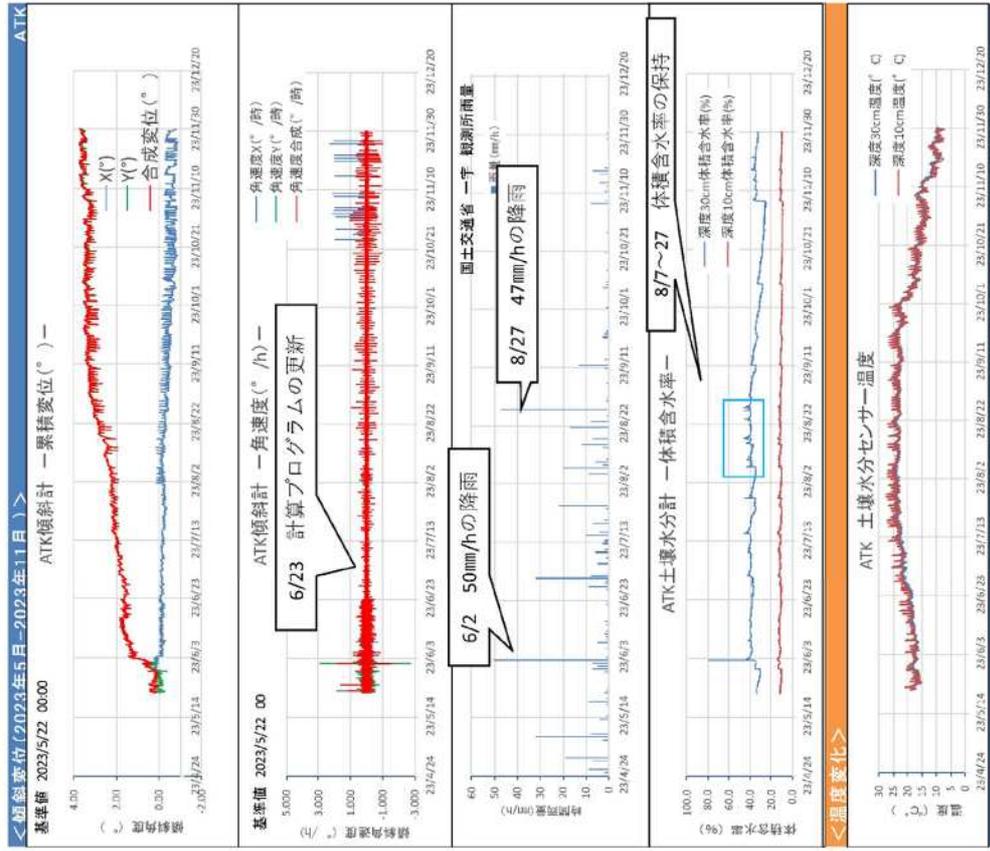


図 3-25 応用地質 モニタリング結果 (令和 5 年 3 月 23 日崩壊検知)

- (5) モニタリング結果（全期間もしくは令和5年3月23日の崩壊検知以降の期間）  
全期間もしくは令和5年3月23日以降の期間の各社のモニタリング結果を示す。

① (株)アサノ大成基礎エンジニアリング  
モニタリング結果  
(令和5年5～11月)

# ◆ 計測結果（2023年5月～11月） 株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング



※3月の崩壊発生で計測器が一度流出したため、5/22より再設置・再計測をしています。

## 所見

- ・ 8/7から8/27に掛けて、累積変位が約1.0° 増加した。  
⇒ 継続的な降雨の影響によるものと考えられる。
- ⇒ この期間中の継続的な降雨に対して、深度30cmの体積含水率が一定値を保持している。
- ・ 累積変位は緩やかではあるが増加傾向にある。

図 3-26 アサノ大成基礎エンジニアリング モニタリング結果

② 応用地質(株)  
モニタリング結果  
(令和5年4～11月)

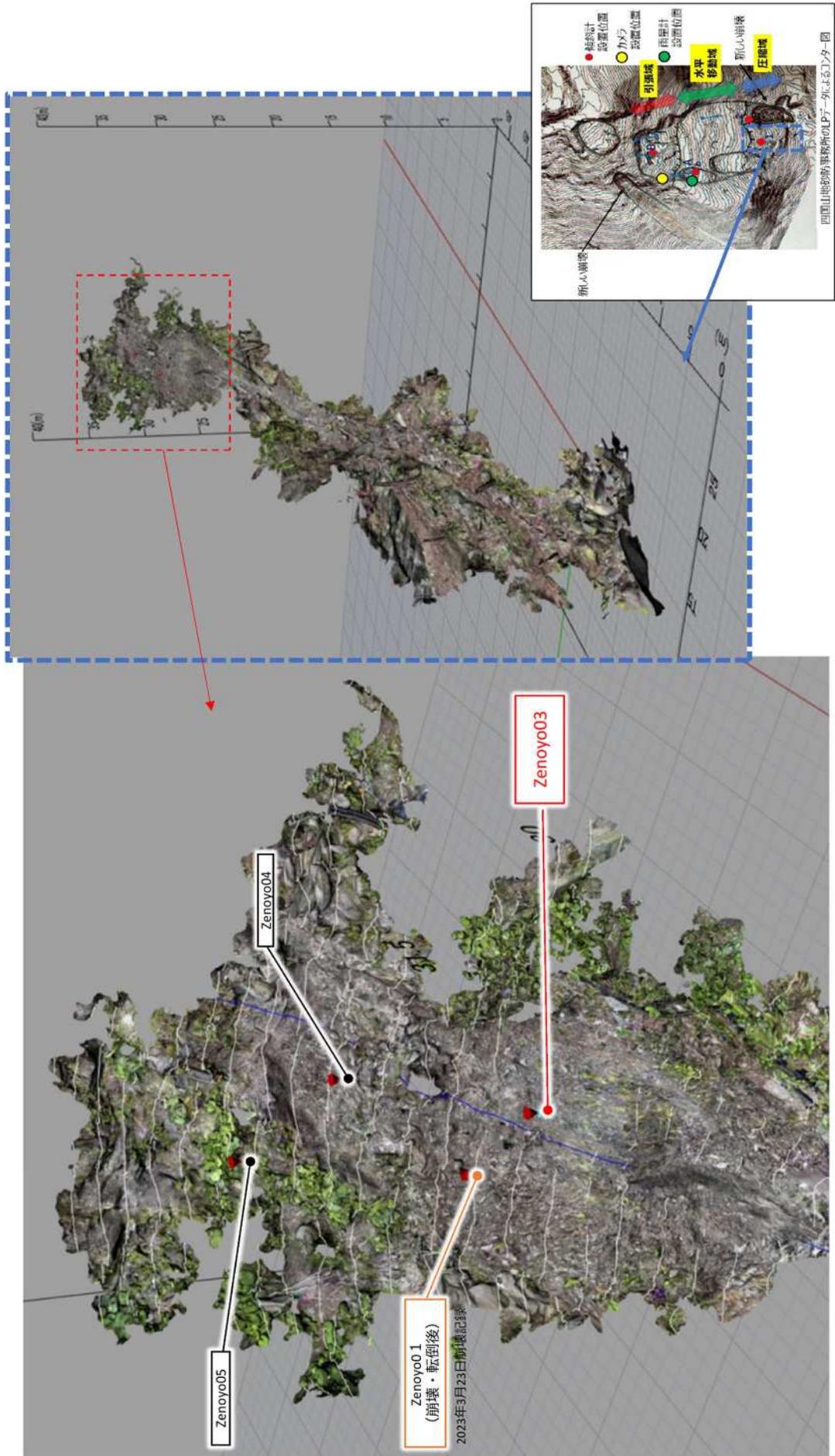


図 3-27 応用地質 モニタリング結果

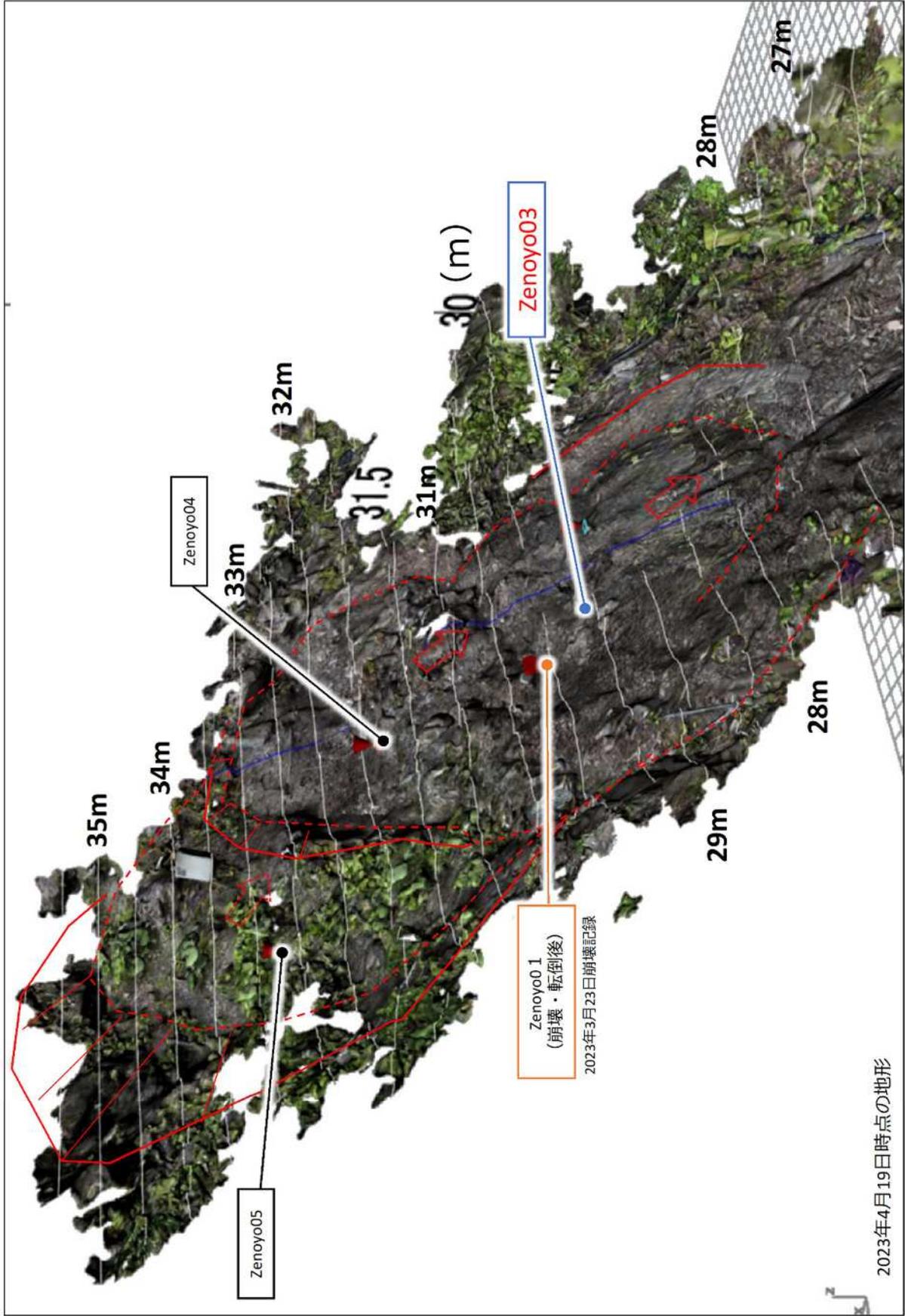


図 3-28 応用地質 モニタリング結果



図 3-29 応用地質 モニタリング結果



図 3-30 応用地質 モニタリング結果

# 1-1. 観測結果 (03: R05 年4月~12月) OYO クリノポール

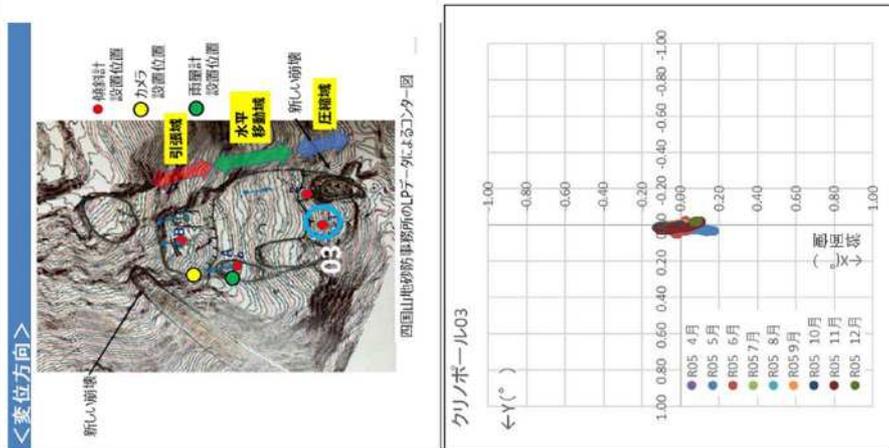
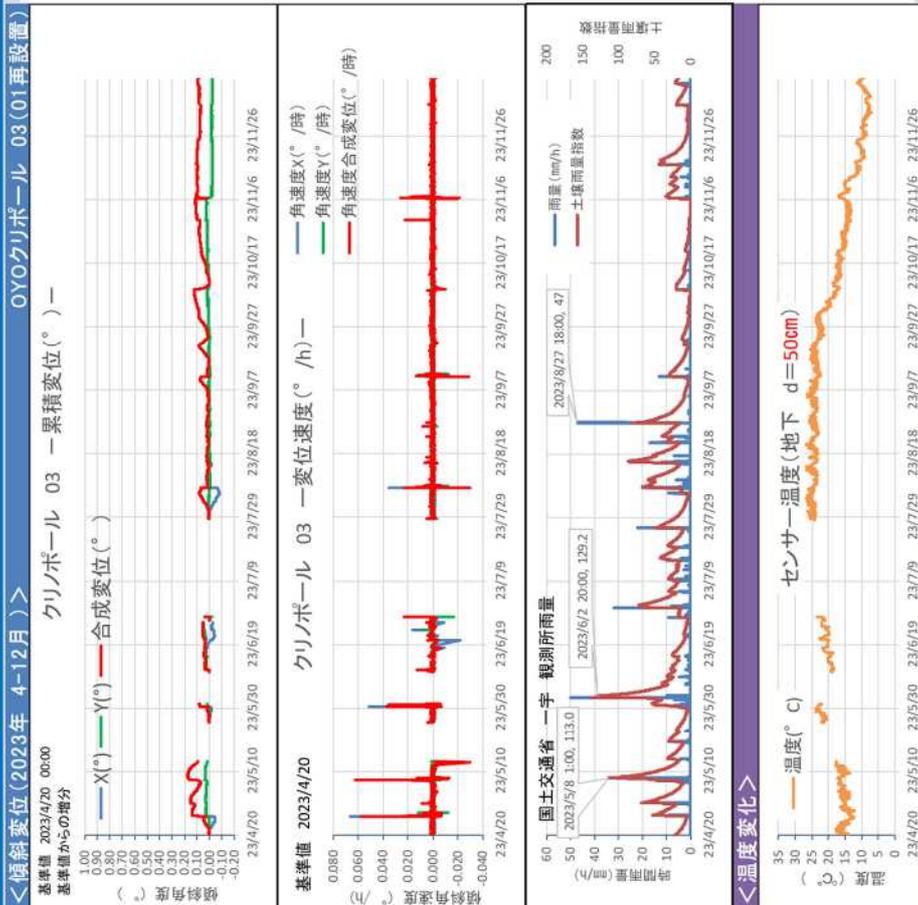


図 3-31 応用地質 モニタリング結果

# 1-2. 観測結果 (03: R05年4月~5月) OYO クリノポール

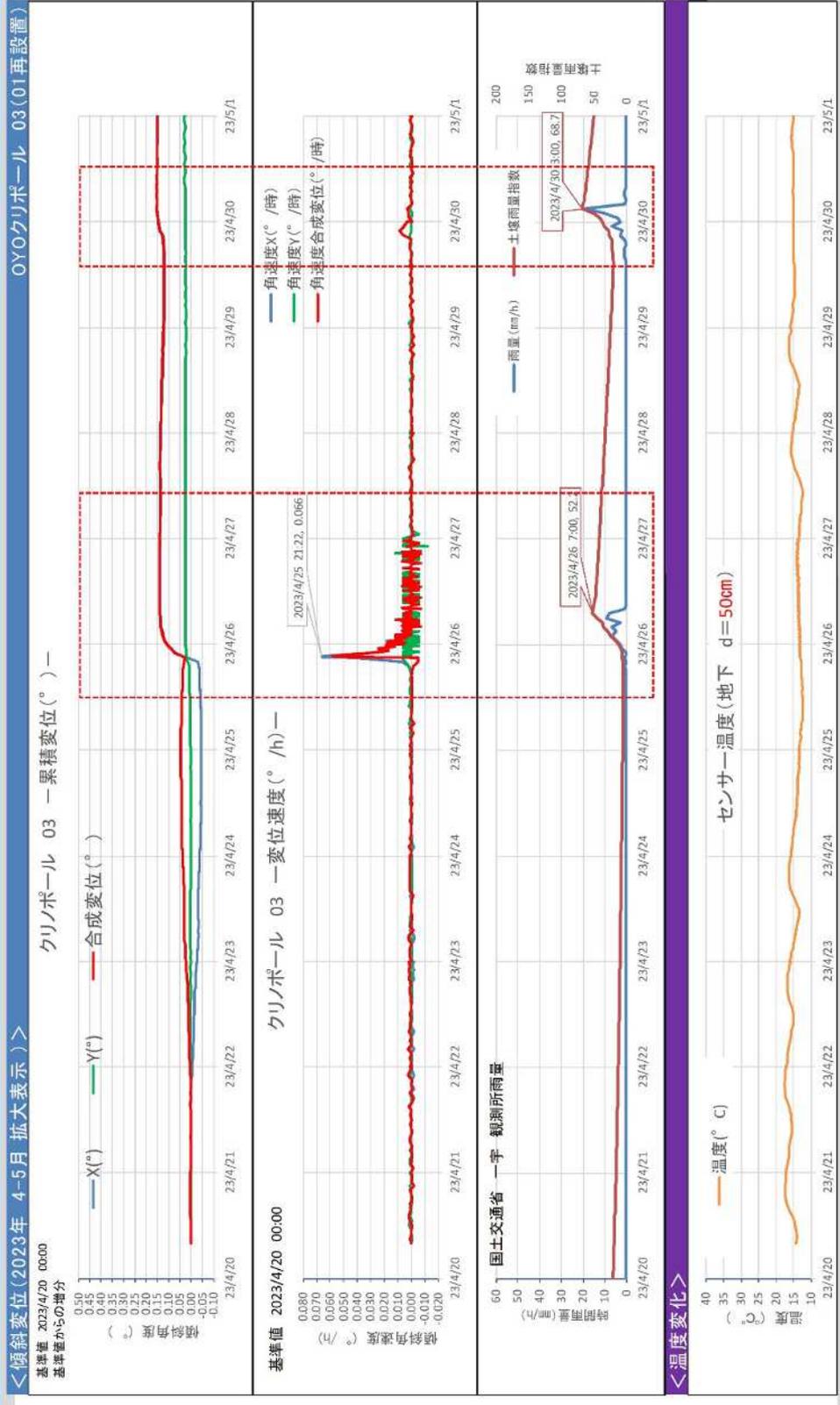


図 3-32 応用地質 モニタリング結果

# 1-3. 観測結果 (02: R05 年4月~12月) OYO クリノポール

< 傾斜変位 (2023年 4~12月) > OYOクリノポール 02

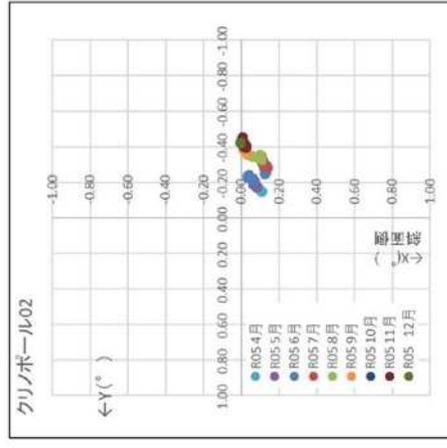
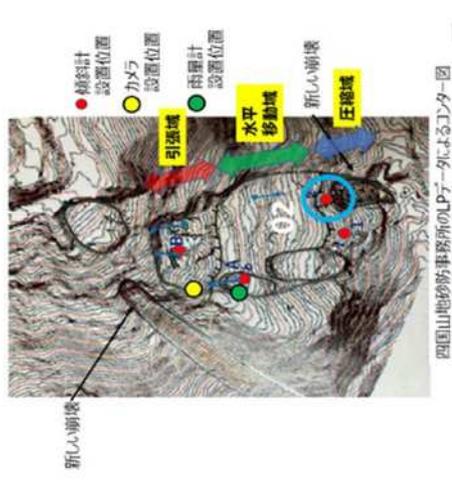
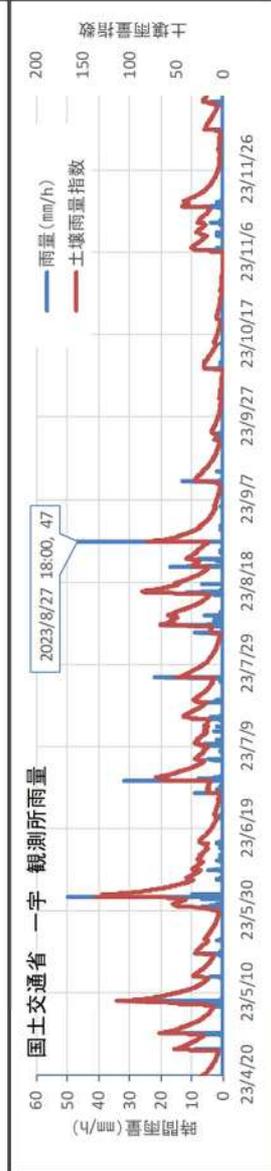
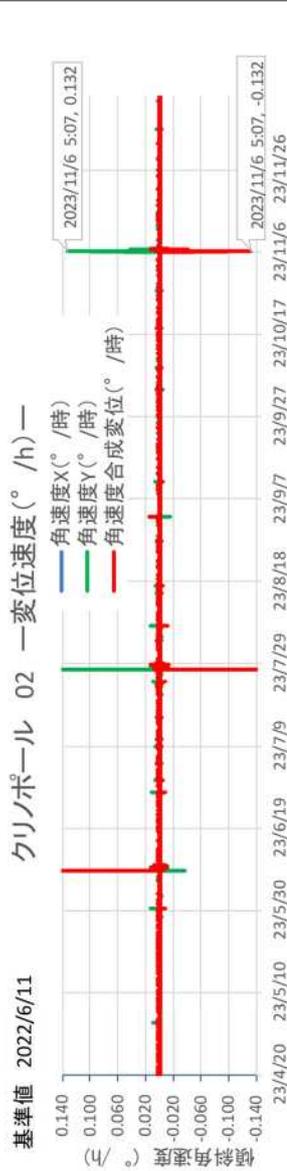
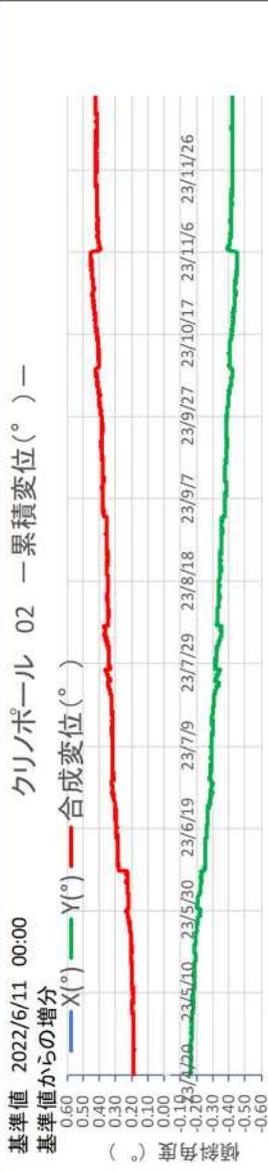


図 3-33 応用地質 モニタリング結果

# 2-1. 観測結果 (04: R05 年4月~8月) OYO クリノポール

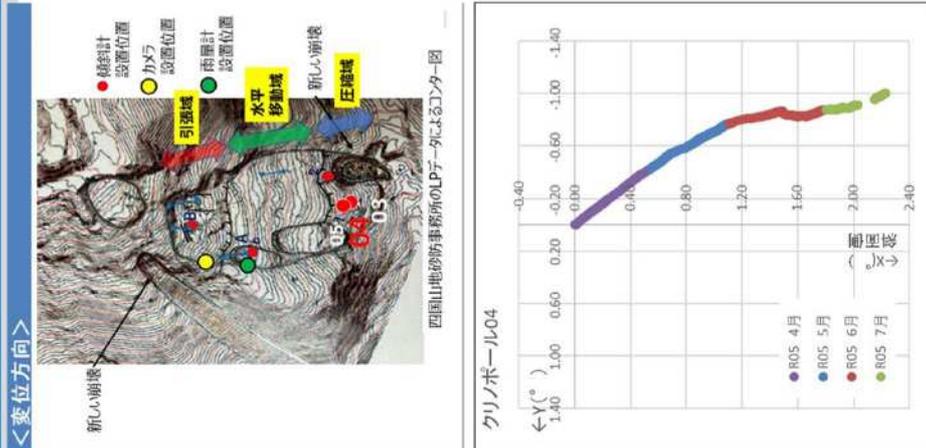
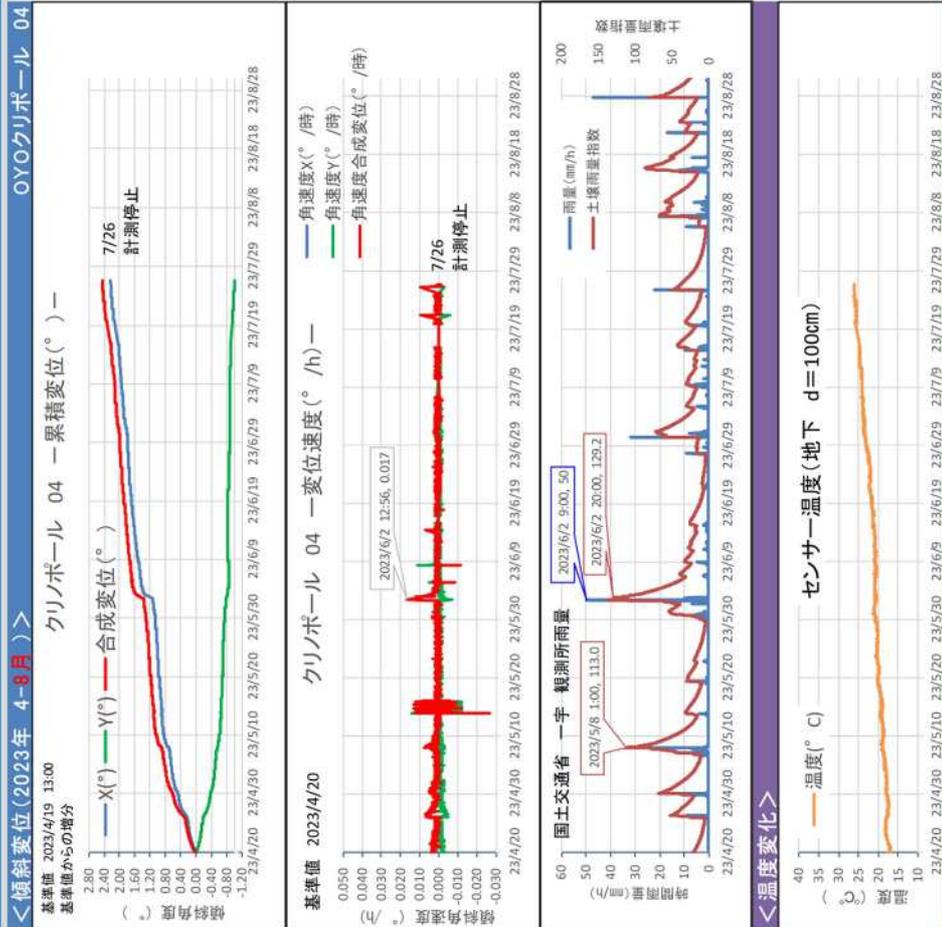


図 3-34 応用地質 モニタリング結果

# 2-2. 観測結果 (05: R05 年4月~12月) OYO クリノポール

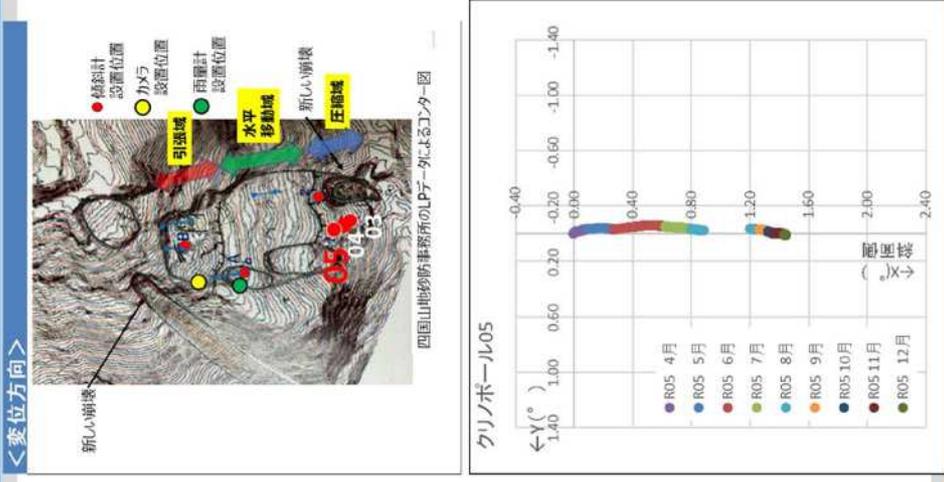
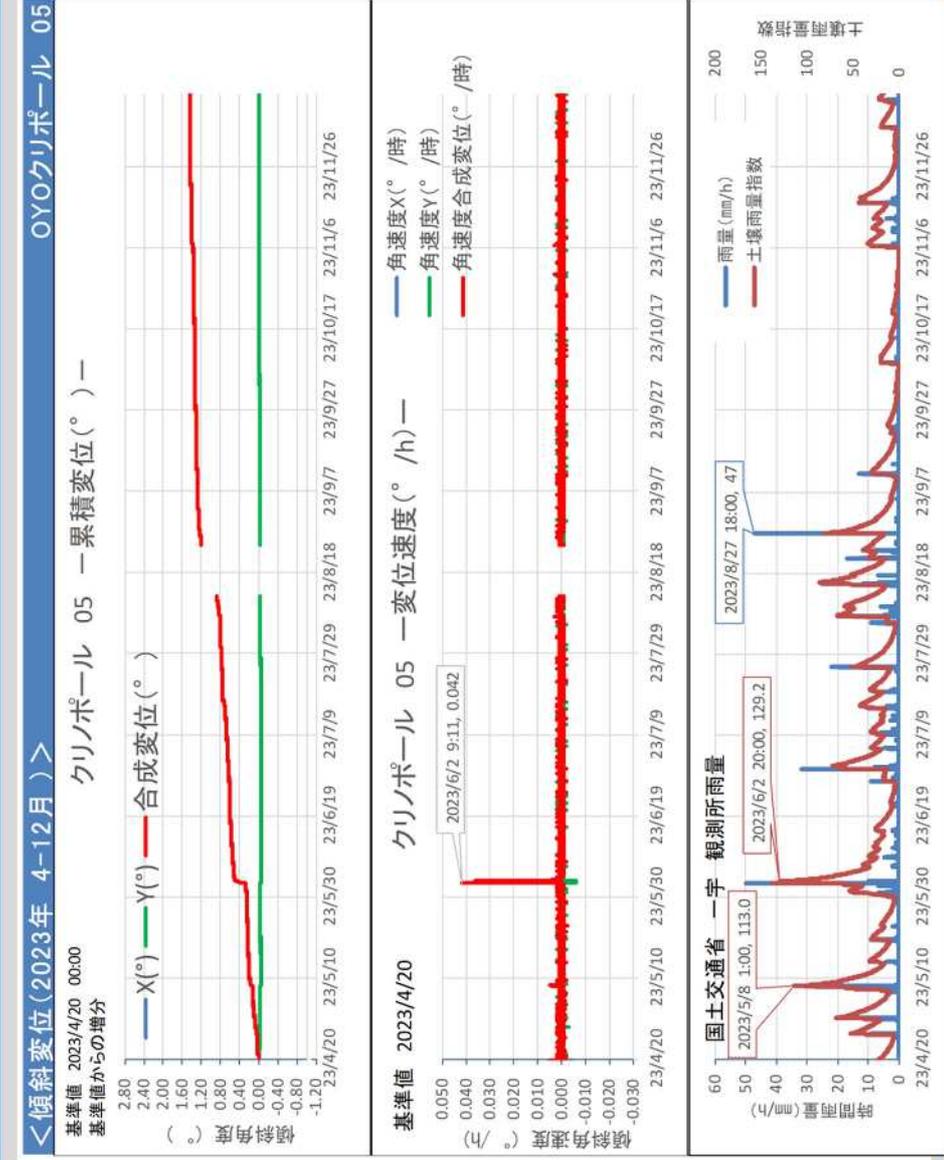


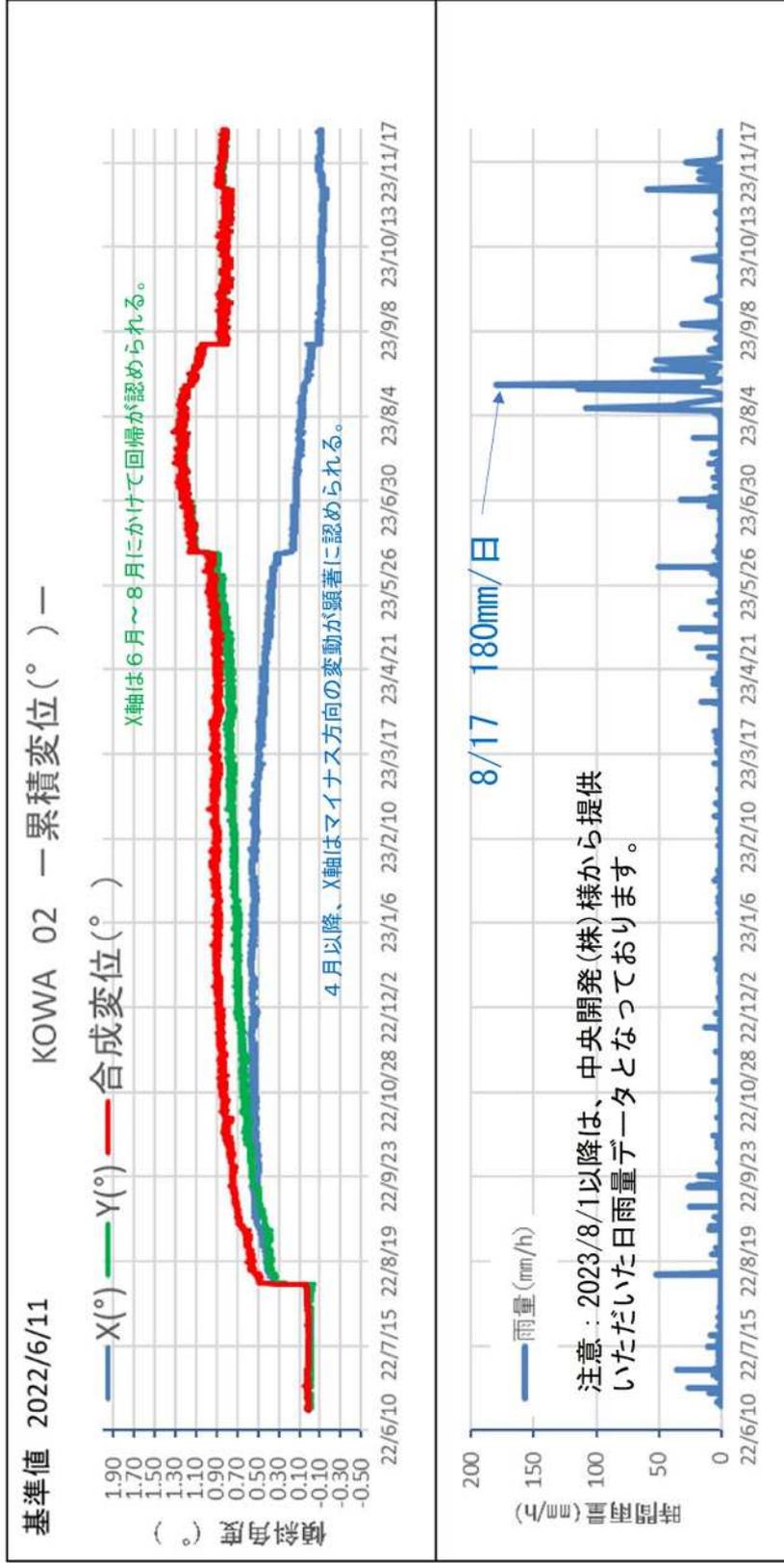
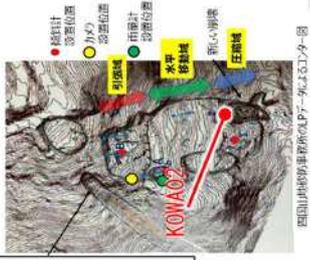
図 3-35 応用地質 モニタリング結果

③ (株)興和  
モニタリング結果  
(令和4年6月～令和5年11月)

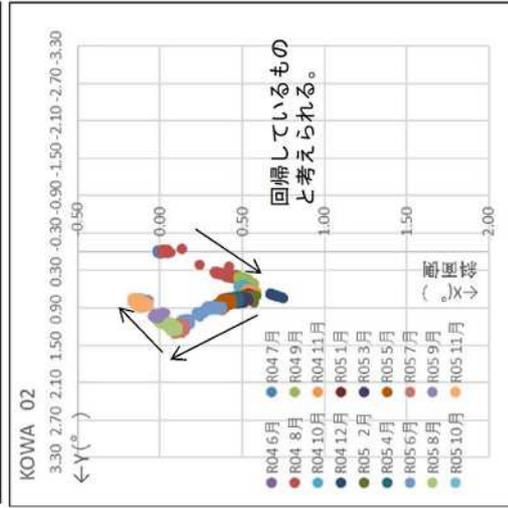
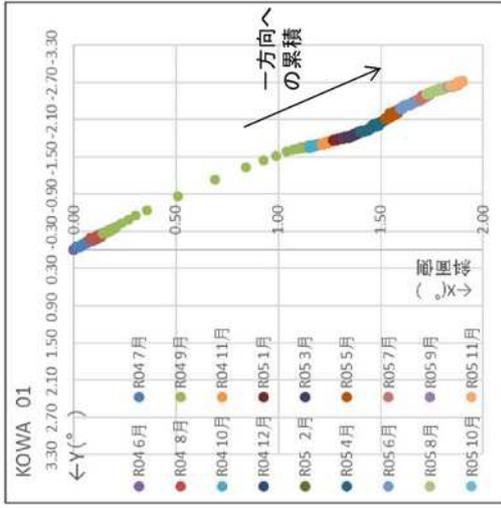
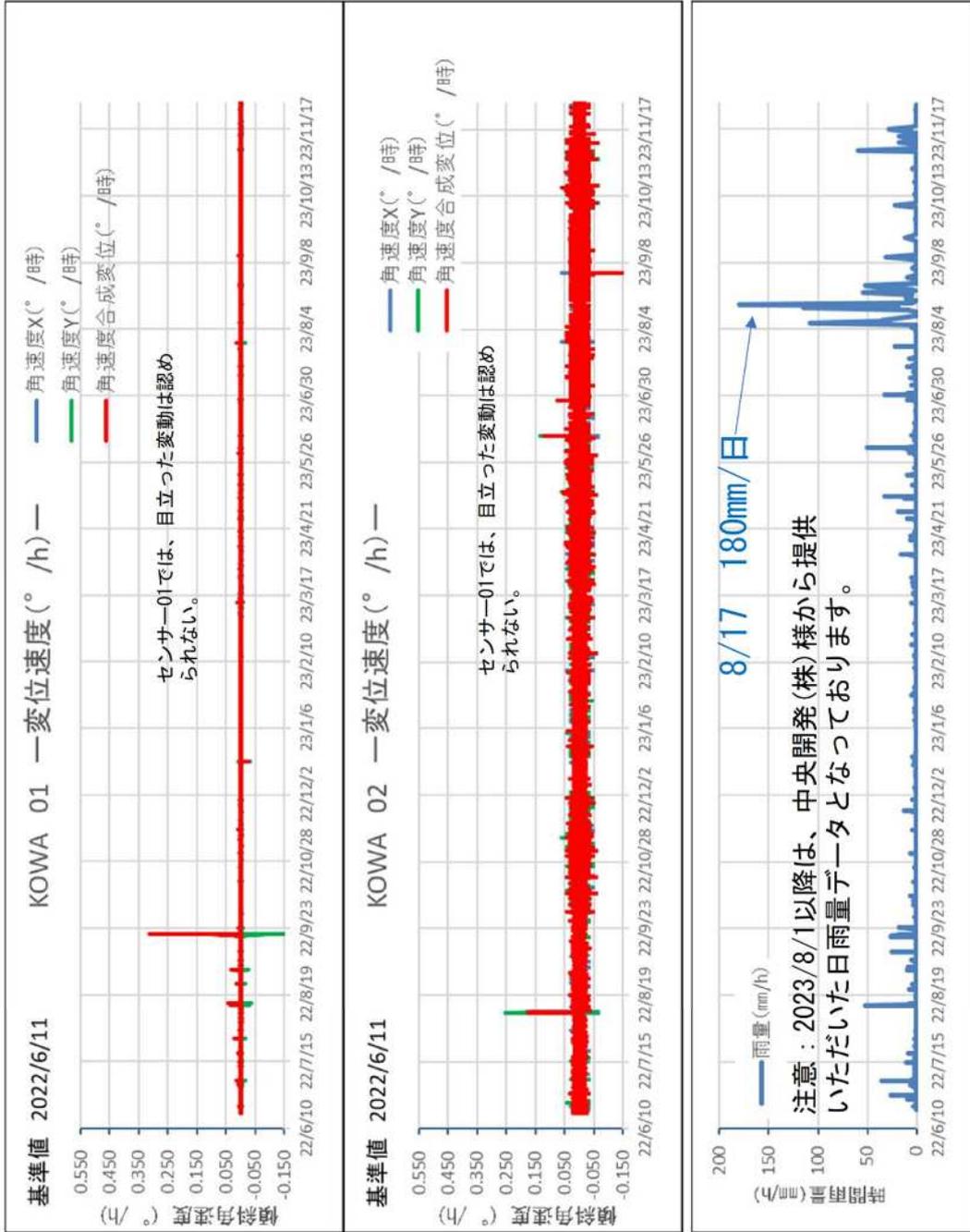


「02観測地点」における変動状況

- X軸方向は6月～8月にかけて回帰が認められる。
- Y軸方向は緩やかなマイナス方向への変動が認められる。
- 8/17に180mm/日の降雨が襲うが、顕著な変動は認められなかった



01及び02観測地点の変位速度、変位方向図



④ (株)東横エルメス  
モニタリング結果  
(令和4年6月～令和5年11月)

# 東横エルメス株式会社

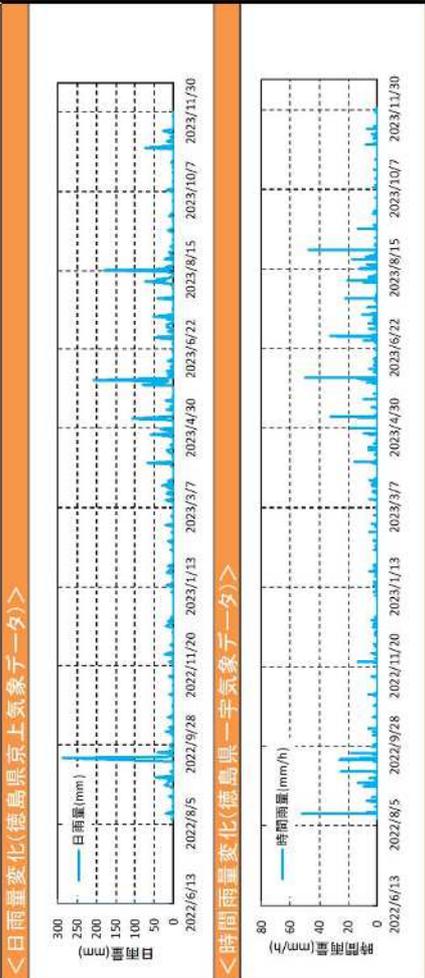
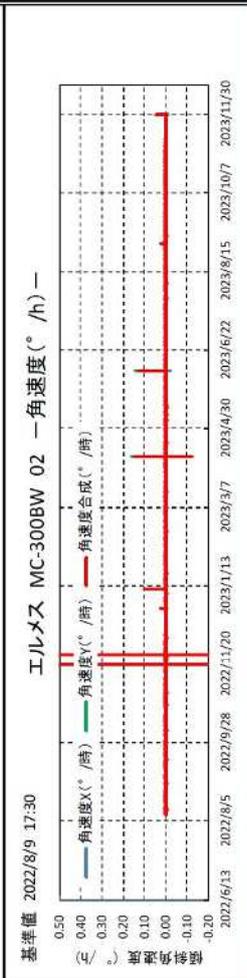
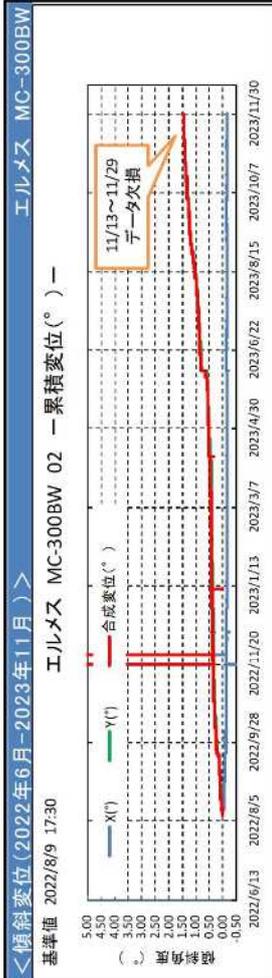
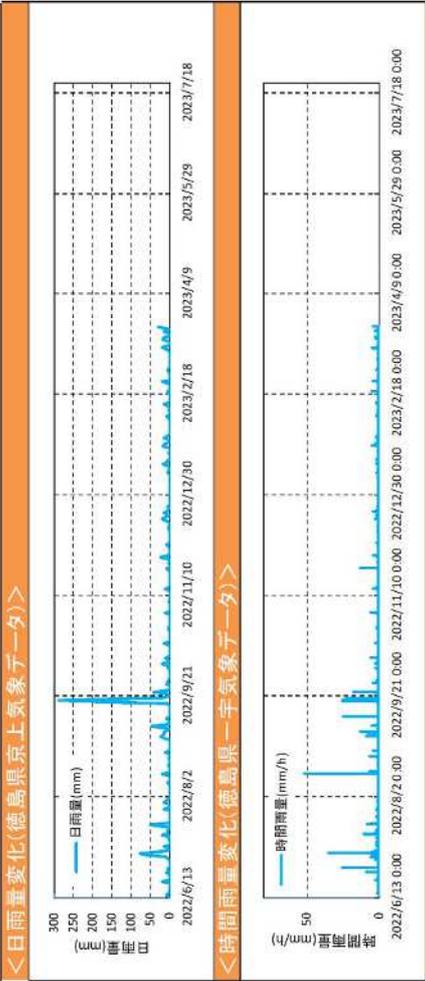
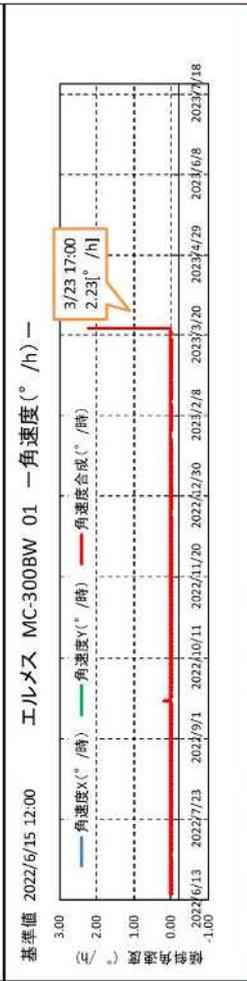
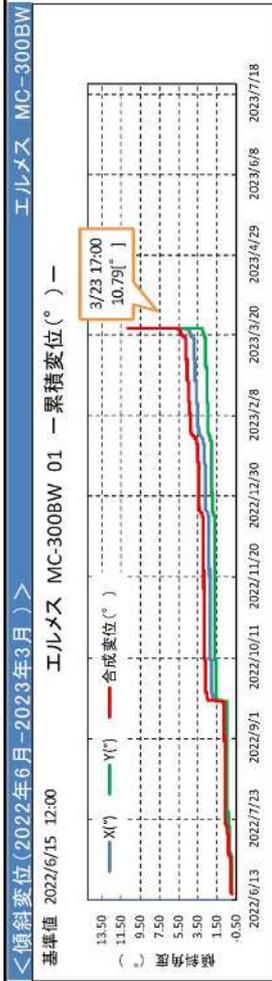


図 3-39 東横エルメス モニタリング結果

# 東横エルメス株式会社

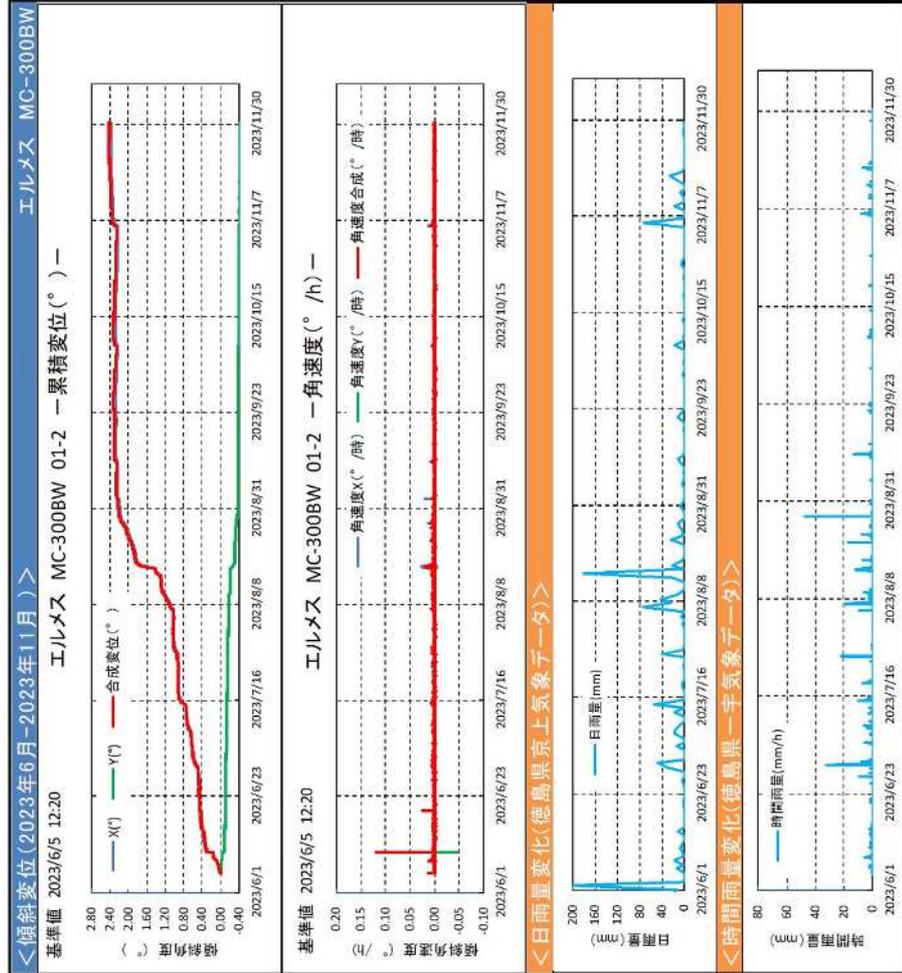
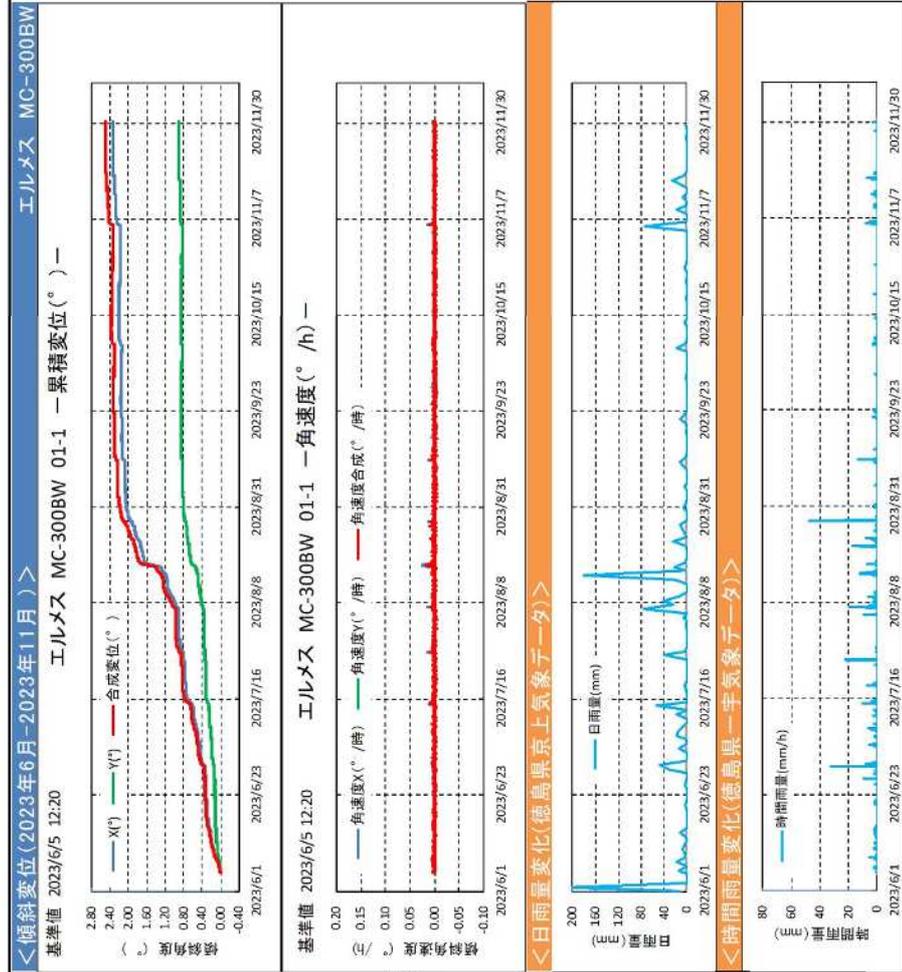
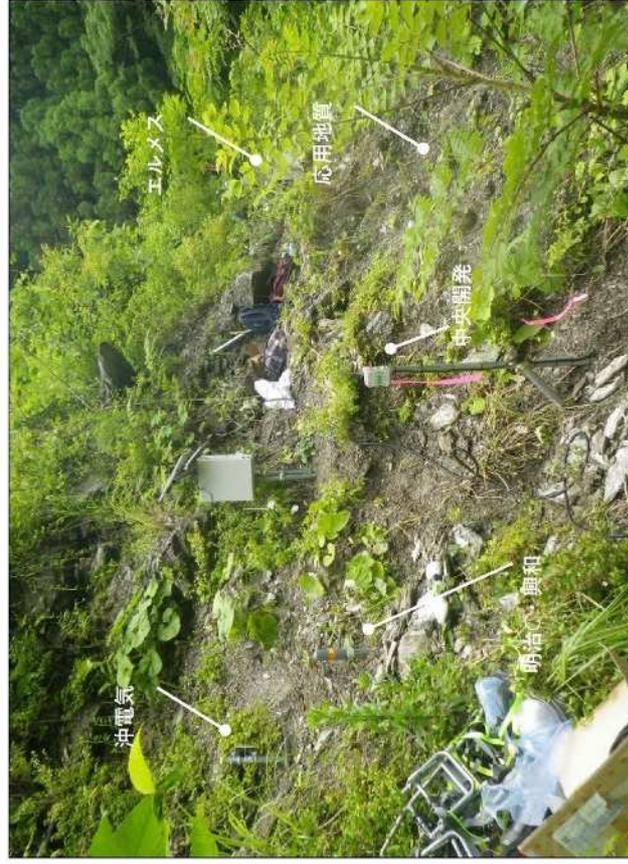


図 3-40 東横エルメス モニタリング結果

⑤ 明治コンサルタント(株)  
モニタリング結果  
(令和4年6月～令和5年11月)

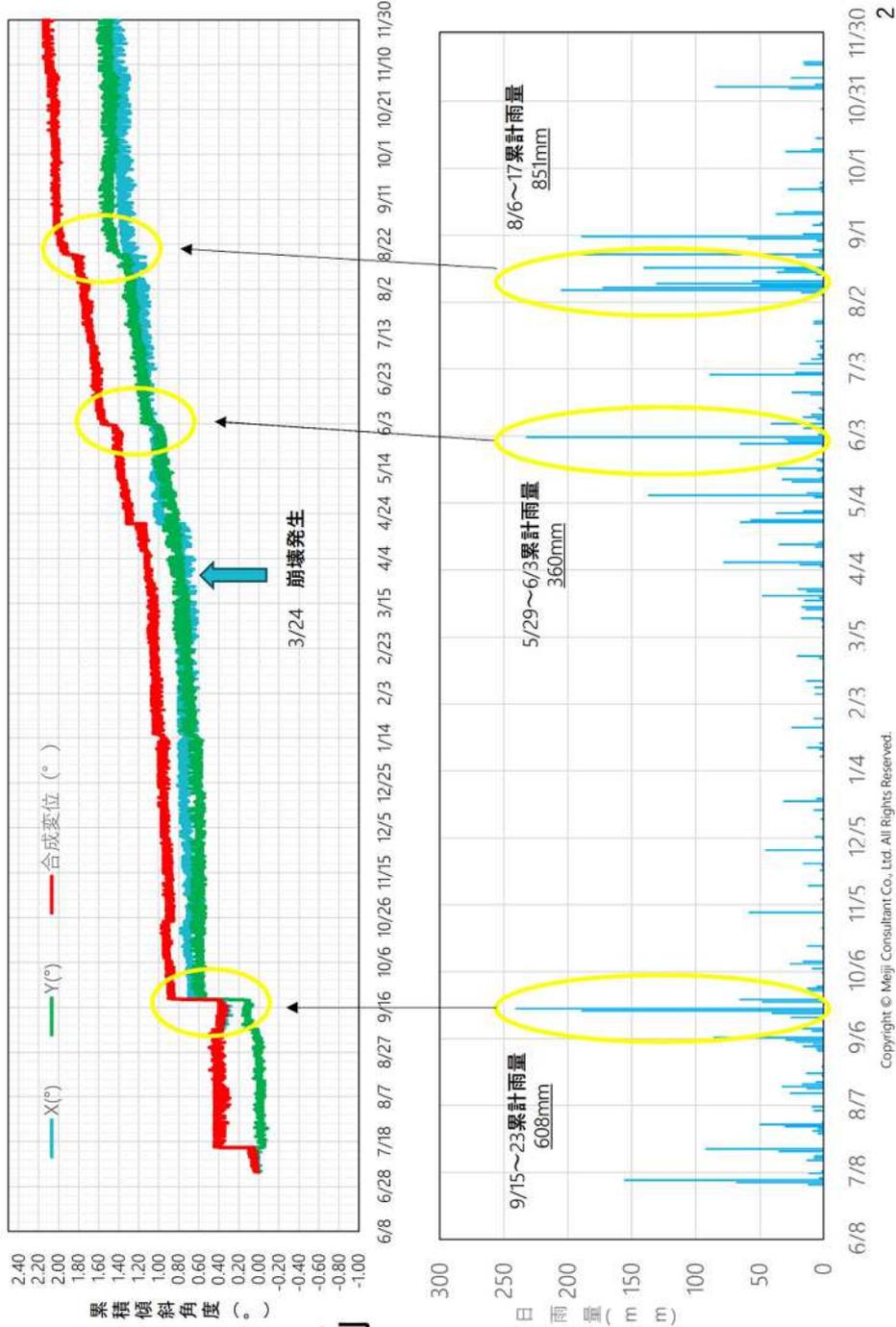
## 傾斜計設置位置



No.1：親機・通信基地設置状況



No.2：子機設置状況



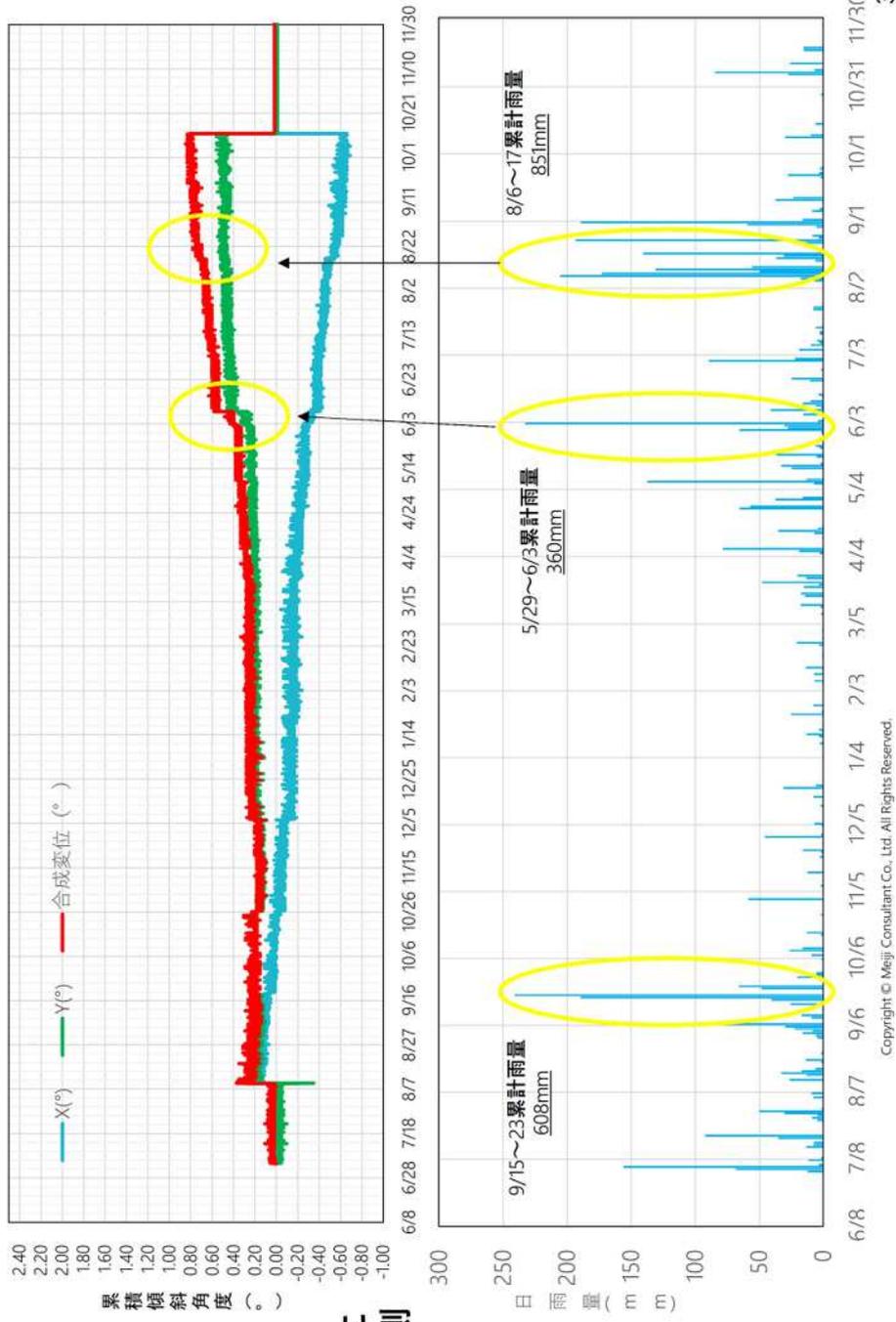
**【No.1：親機】**

- 2022年9月の中旬にかけて  
累積雨量が608mmを観測し  
変位を観測した。
- 2023年5月下旬から6月上旬に  
かけて累計雨量が360mmを観測  
し変位を確認した。
- 2023年8月上旬から中旬に  
かけて累計雨量が851mmを観  
測し変位を観測した。
- 崩壊発生後から、雨量に起因  
する傾斜角が顕著に観測でき  
ている。



Copyright © Meiji Consultant Co., Ltd. All Rights Reserved.

図 3-42 明治コンサルタント モニタリング結果



■ 2022年9月の中旬にかけて  
 累積雨量が608mmを観測し  
 たが明瞭な変位は観測されな  
 かった。

■ 2023年5月下旬から6月上旬に  
 かけて累計雨量が360mmを観測  
 し変位を確認した。

■ 2023年8月上旬から中旬に  
 かけて累計雨量が851mmを観  
 測し少量の変位を観測した。

■ 2023年10月11日23時に  
 バッテリーが切れたため観測  
 されていない。

図 3-43 明治コンサルタント モニタリング結果



# 傾斜角速度まとめ

## 【No.1：親機】

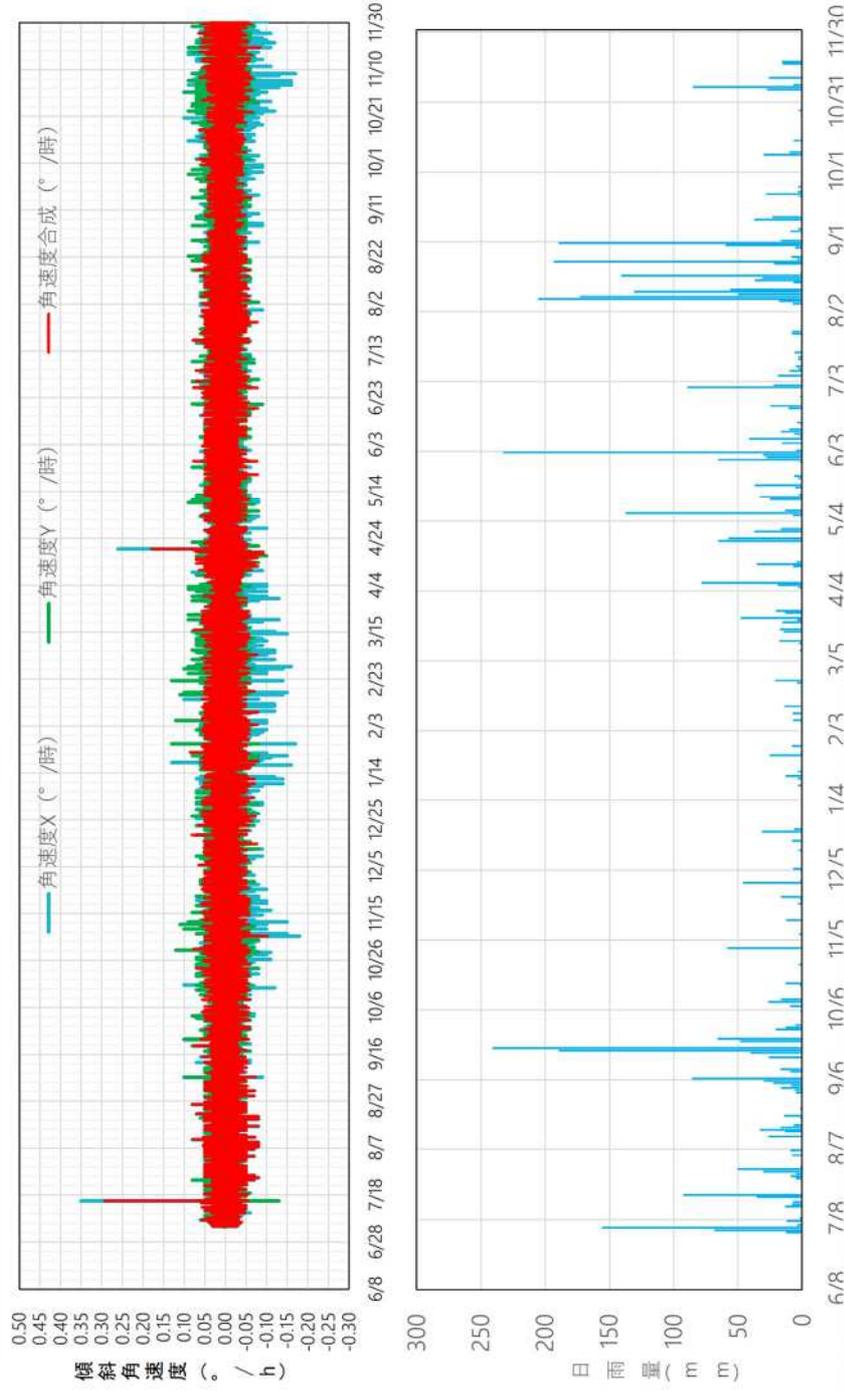


図 3-44 明治コンサルタント モニタリング結果



### 【No.2：子機】

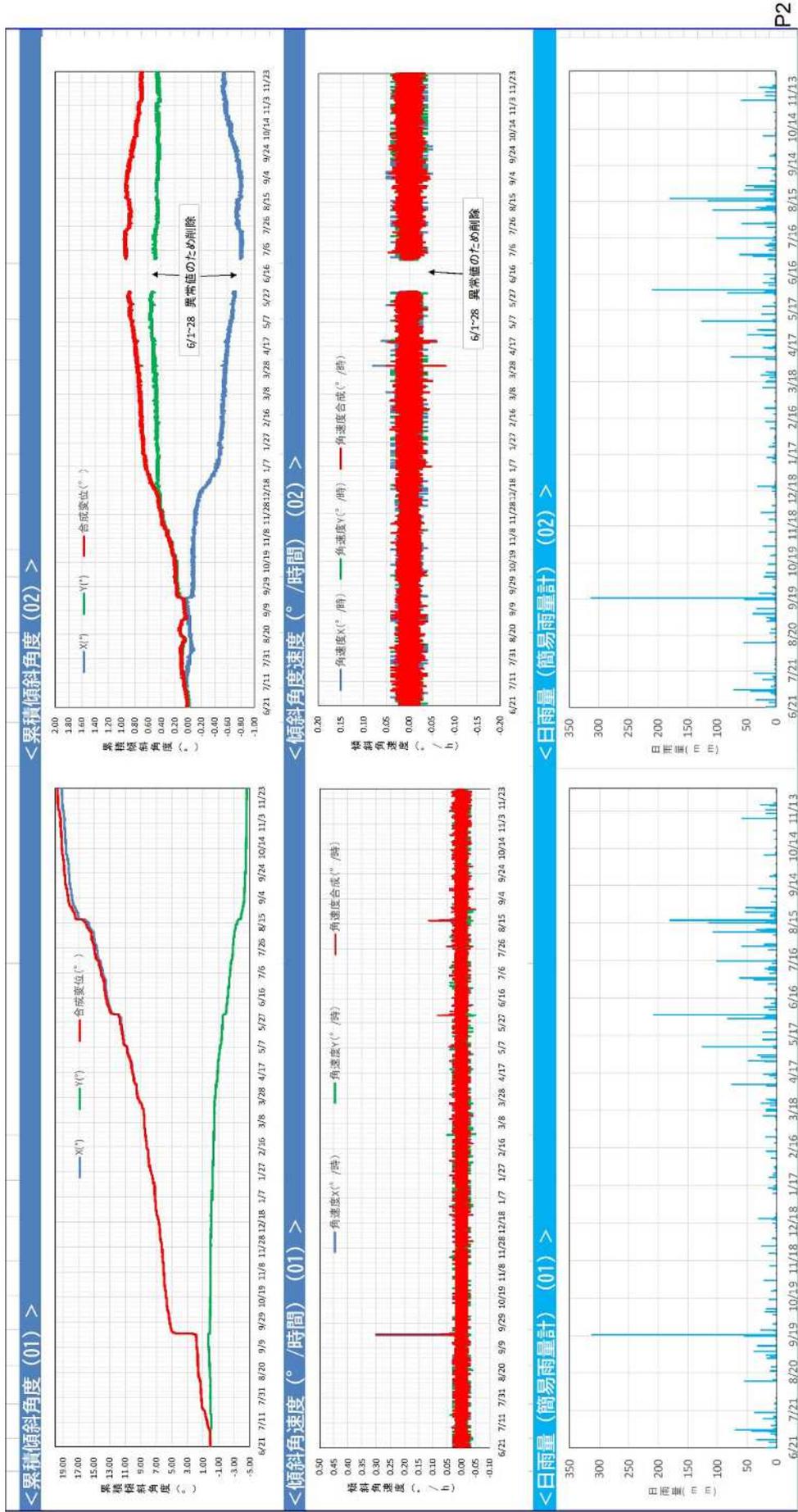


図 3-45 明治コンサルタント モニタリング結果

⑥ 中央開発(株)  
モニタリング結果  
(令和4年6月～令和5年11月)

# 傾斜センサー(感太郎)の計測結果

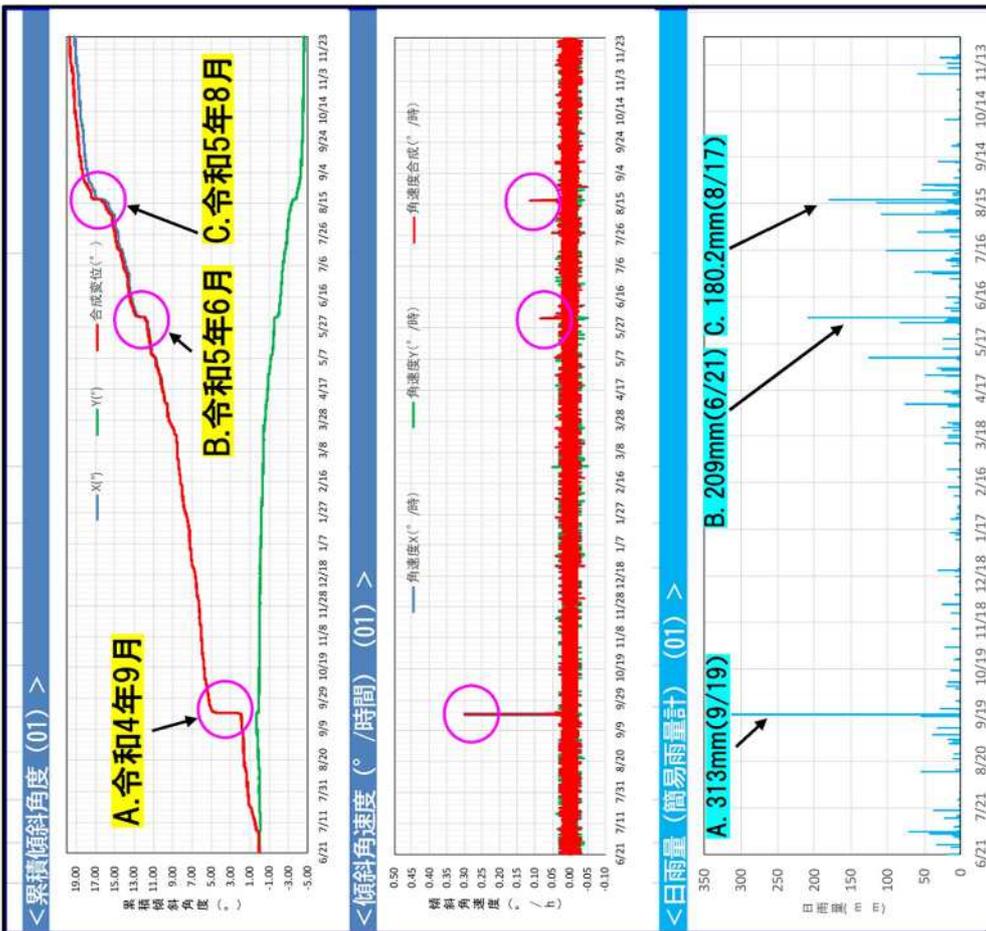
※計測時間:10分一定



P2

図 3-46 中央開発 モニタリング結果

# 傾斜センサー(感太郎)の「01」計測結果



①設置時から現在までの傾斜角度は連続的に増大傾向である。

②令和4年6月の設置時の傾斜角度を0° とすると、令和5年11月末現在の傾斜角度 (X・Yの合成角度) は約20° である。

③観測期間中、大きなイベントは以下の3回で、いずれも多量の降雨 (現地の簡易雨量計) が確認されている。

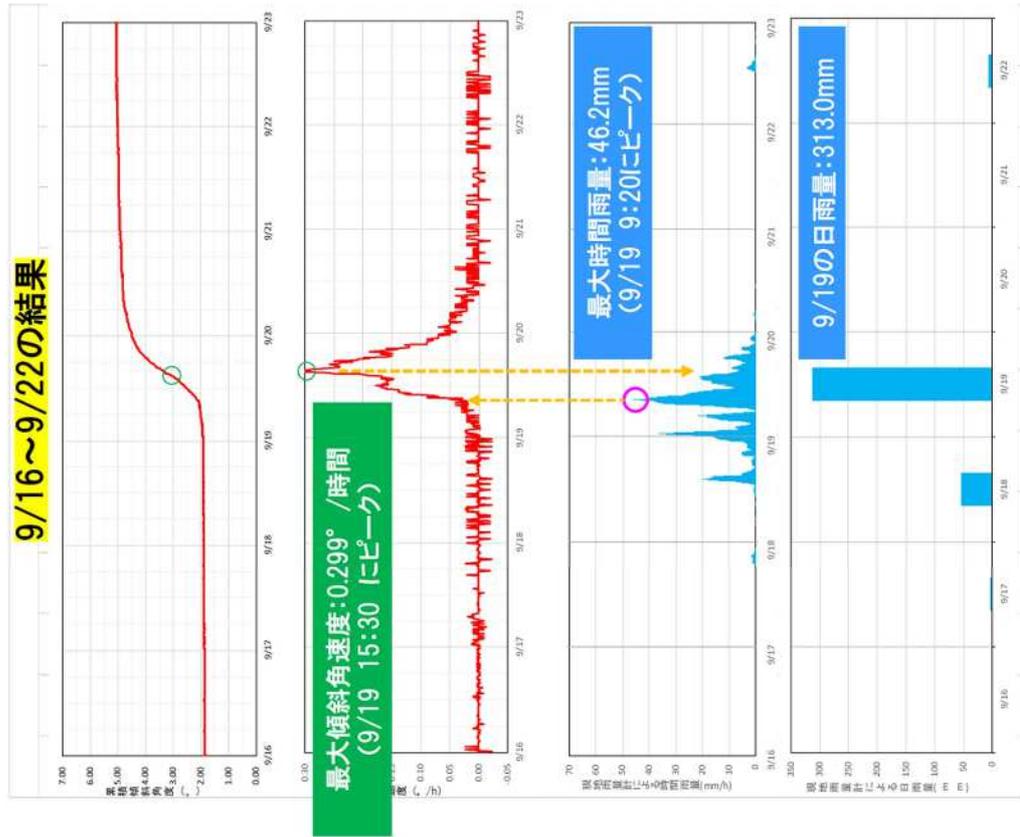
- A : 令和4年9月19日 ⇒ 日降水量313.0mm
- B : 令和5年6月21日 ⇒ 日降水量209.0mm
- C : 令和5年8月17日 ⇒ 日降水量180.2mm

※令和5年10月30日に鉛直 (傾斜角度0°) に再設置



図 3-47 中央開発 モニタリング結果

## A. 令和4年9月19日のイベント



## B. 令和5年6月2日のイベント

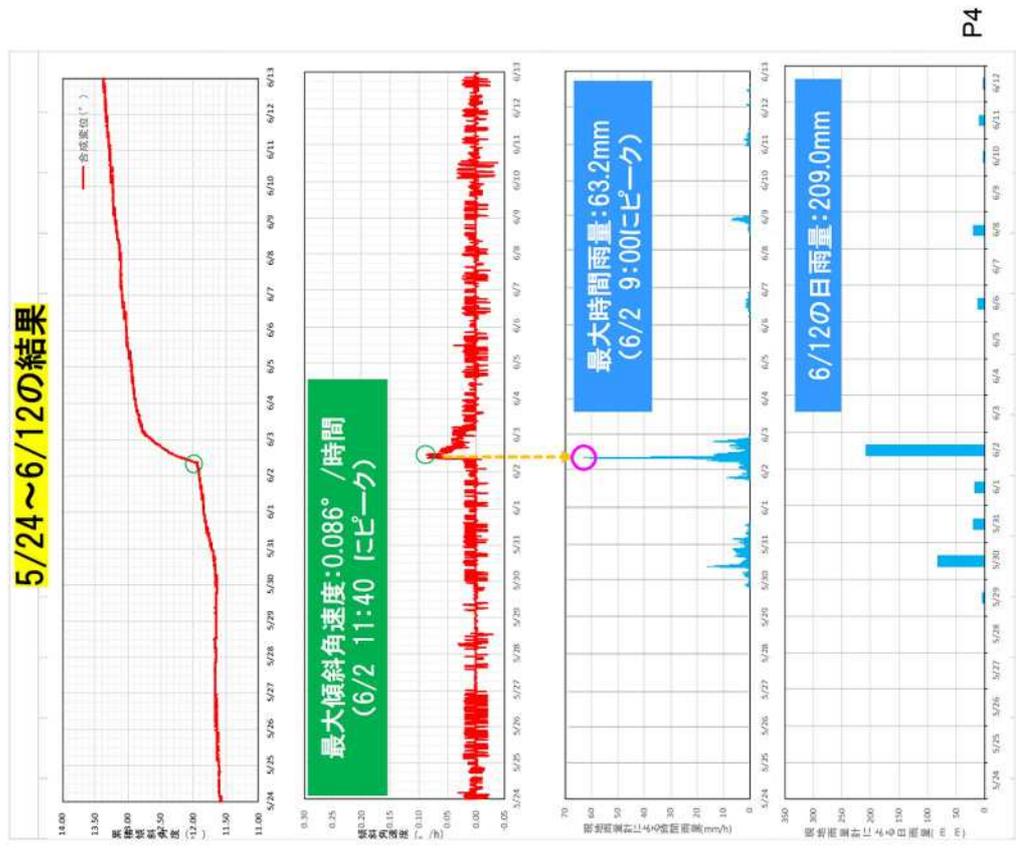
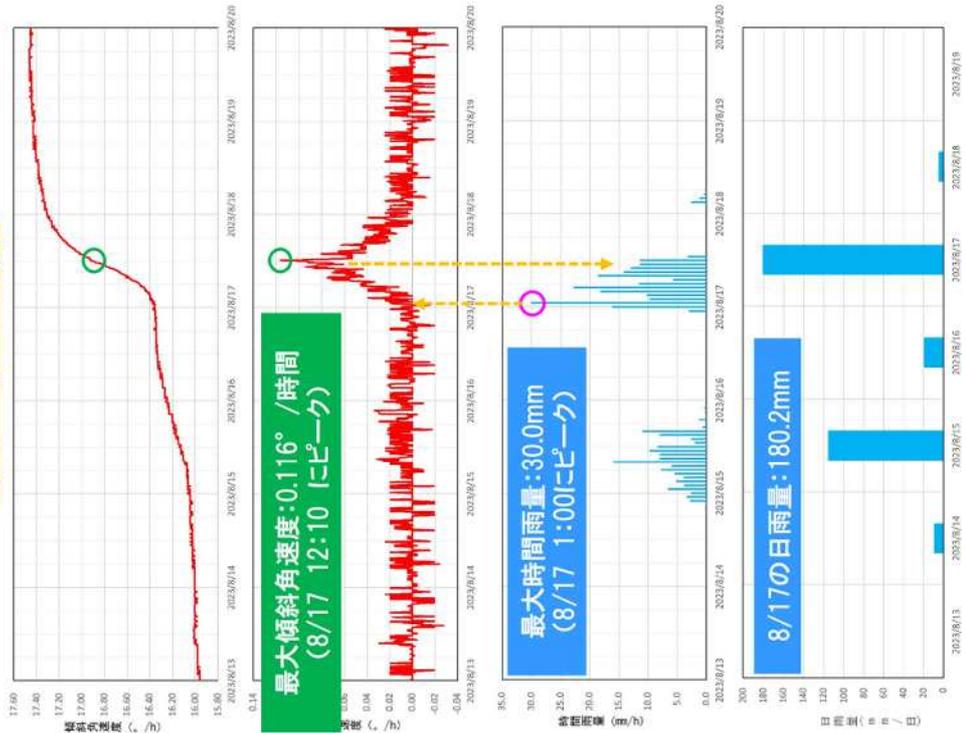


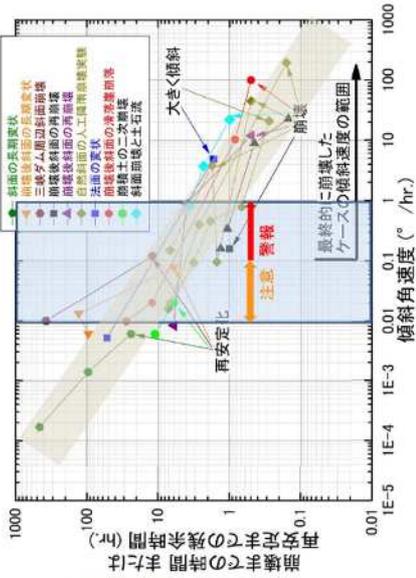
図 3-48 中央開発 モニタリング結果

# C. 令和5年8月のイベント

## 8/13~8/19の結果



# 計測結果まとめ



警戒レベル	傾斜角速度	崩壊までの時間または再安定化までの時間 ※10分	対応
警戒レベル3	1.0°/1時間	最終部分	即時連絡
警戒レベル2	0.1°/1時間	崩壊1時間	避難準備
警戒レベル1	0.05°/5時間	最終5時間	注意警戒

## CKC警戒レベル2超過

番号	時刻	最大傾斜角速度 (°/時間) ※10分で算出	時間雨量 (現地雨量計)	日雨量 (現地雨量計)
A	令和4年9月	0.299°/時間	46.2mm	313.0mm
B	令和5年6月	0.086°/時間	63.2mm	209.0mm
C	令和5年8月	0.116°/時間	30.0mm	180.2mm

**CKC警戒レベル1超過**  
(あと少しで警戒レベル2を超過)

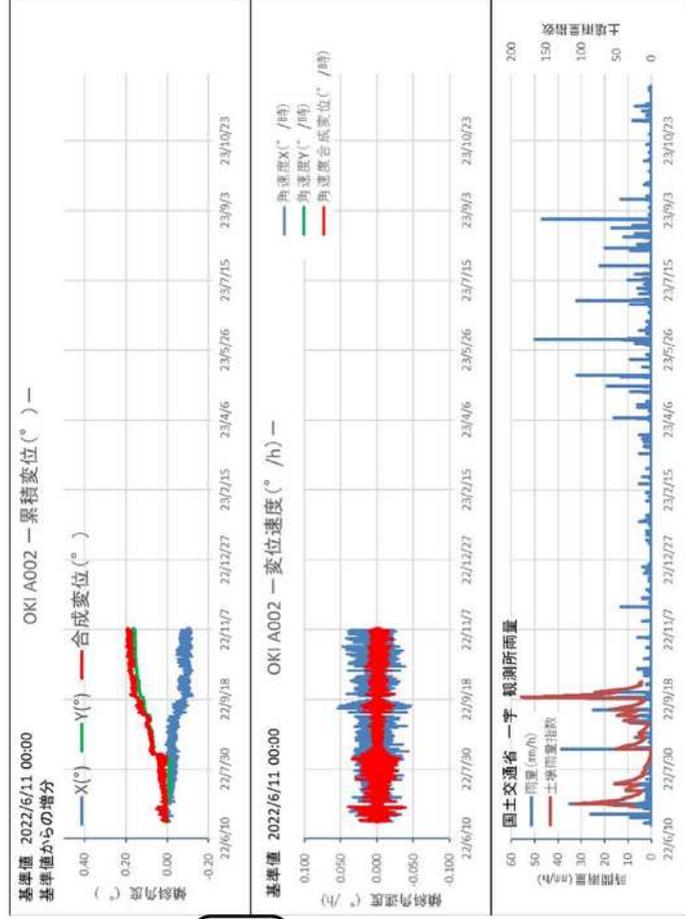
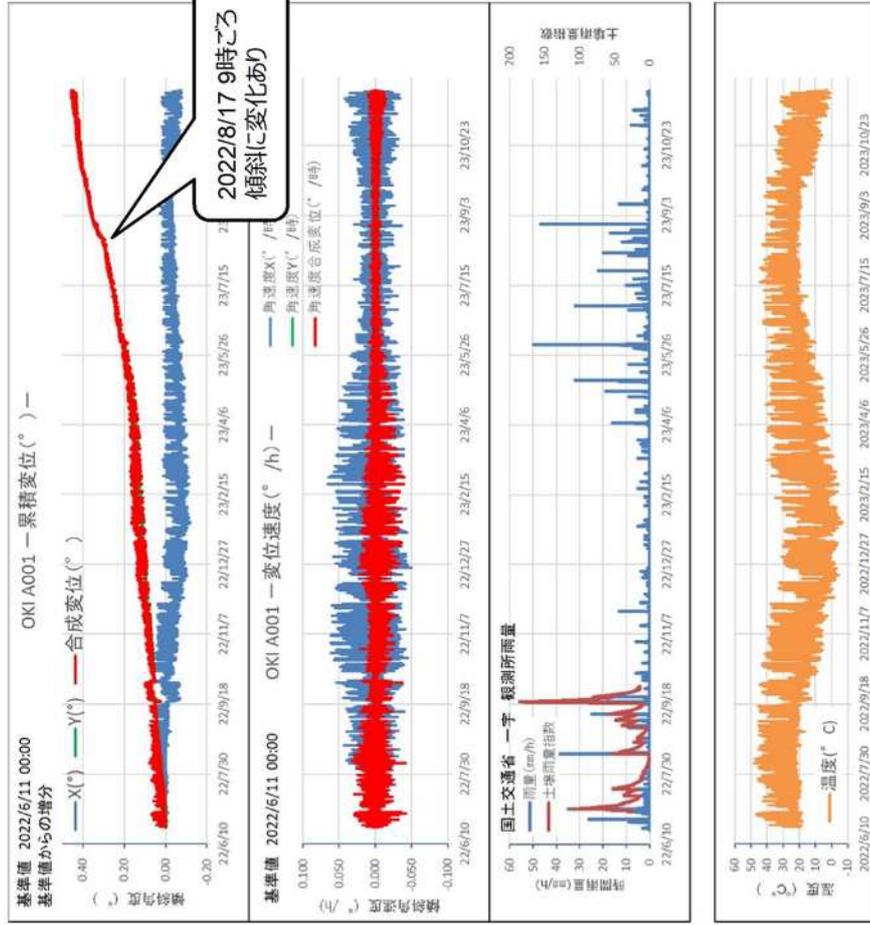
P5

図 3-49 中央開発 モニタリング結果

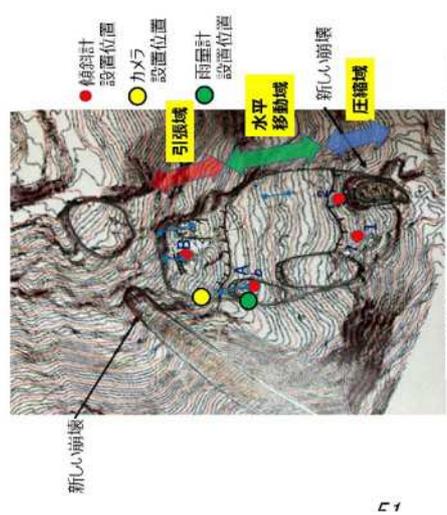
⑦ 沖電気工業(株)  
モニタリング結果  
(令和4年6月～令和5年11月)



# 傾斜の状況 (2022/6 - 2023/12)



# 傾斜の方向 (東側に倒れこむ形で傾斜が進んでいる)



四国山地防事務所のLPデータによるコンター図

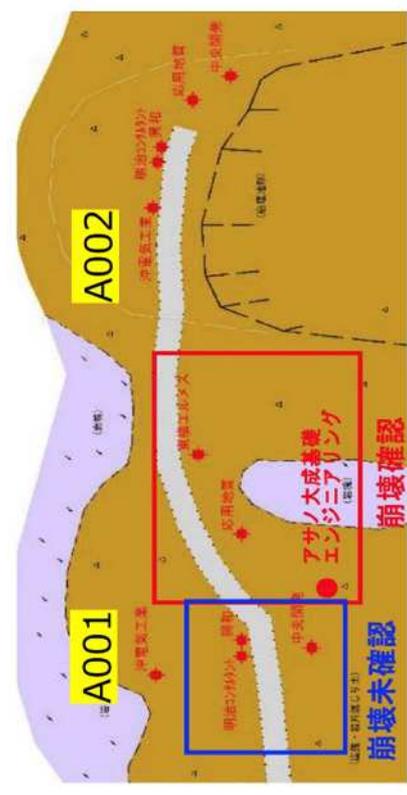
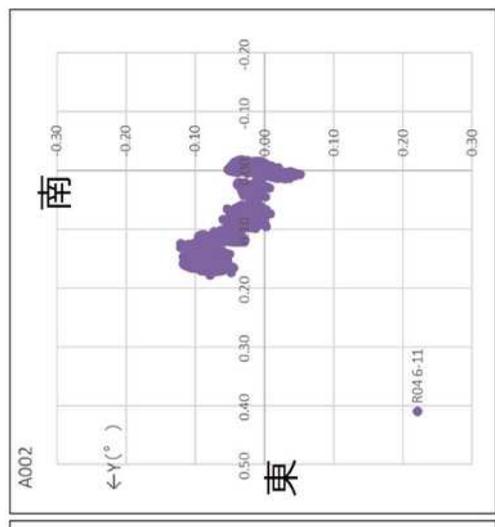
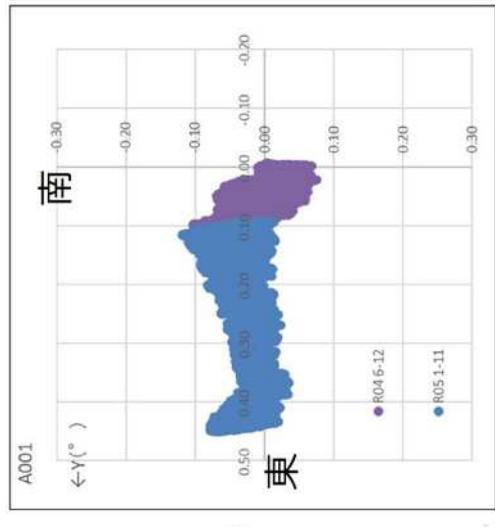


図 3-51 沖電気工業 モニタリング結果

各社傾斜センサー計測結果比較一覧図(傾斜角度・傾斜角速度):2022年7月3日~25日

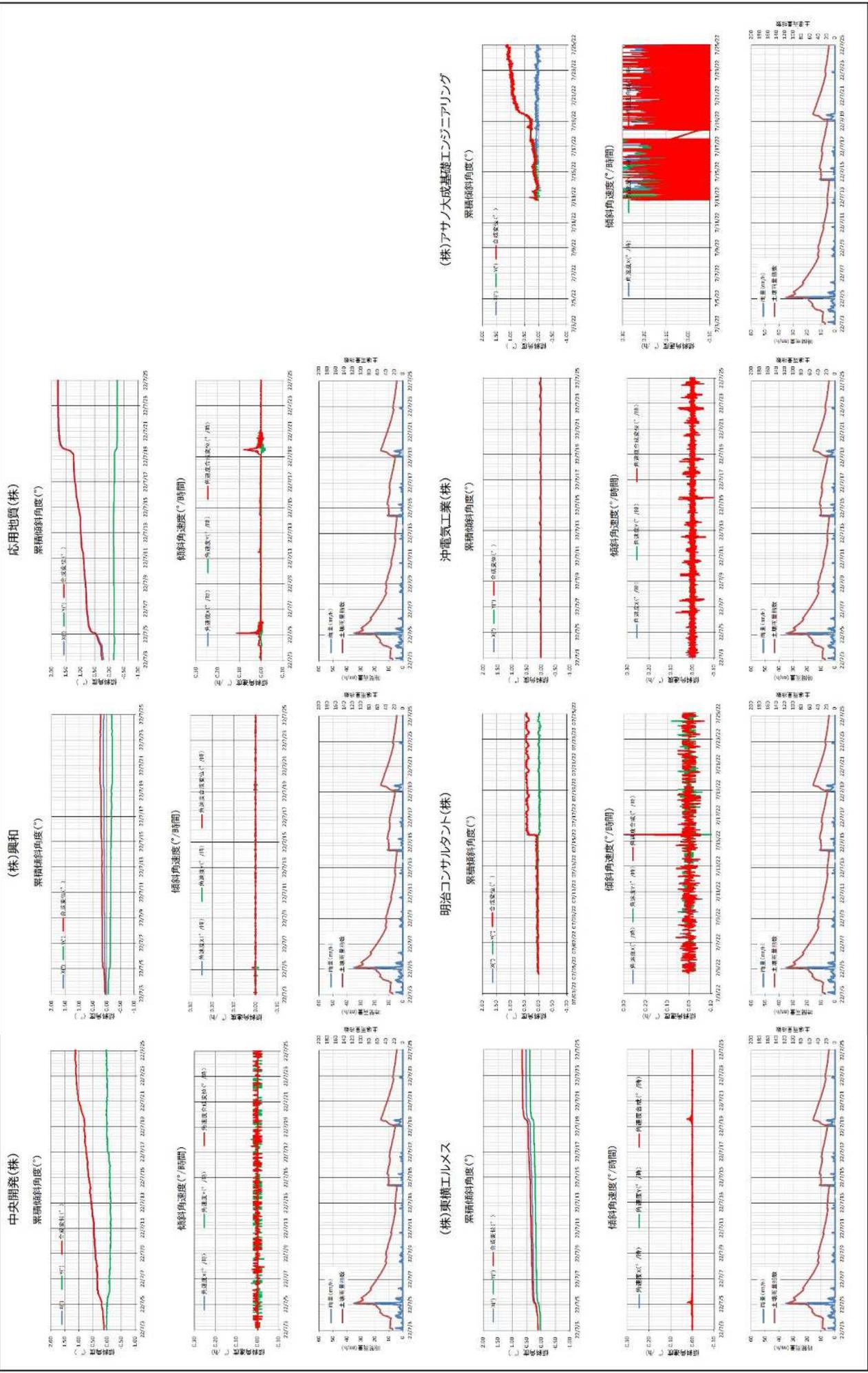


図 3-52 各社モニタリング結果比較一覧図(傾斜角度・傾斜角速度) 令和4年7月3~25日

各社傾斜センサー計測結果比較一覧図(傾斜角度・傾斜角速度):2022年9月17日~22日

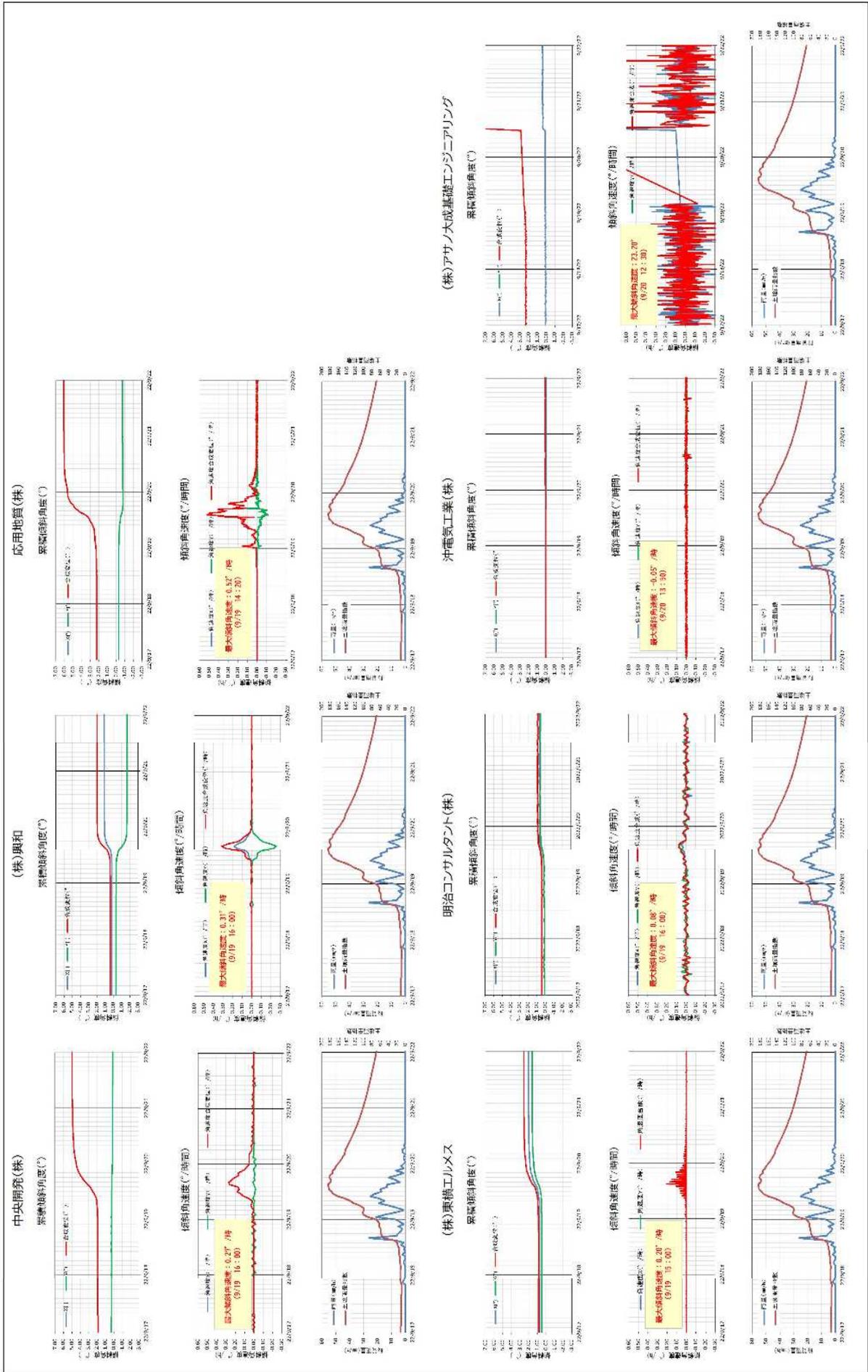


図 3-53 各社モニタリング結果比較一覧図 (傾斜角度・傾斜角速度) 令和4年9月17~22日

## 3-4 市場開拓ワーキングの活動報告

### 3-4-1 傾斜センサーユーザーへのアンケート調査結果

#### (1) アンケートの目的

- ・傾斜センサーによる斜面モニタリングの紹介、認知度の向上
- ・傾斜センサーへの関心、期待、支払い可能額、支障事項等の把握

#### (2) アンケートの対象

- ・市町村防災セクション：777自治体（次頁以降）

#### (3) アンケートの選定条件

- ・土砂災害特別警戒区域（いわゆるレッドゾーン）の保有の全市町村から、県別に40%程度の区町村をランダムに抜き出した

#### (4) アンケートの方法

- ・上記対象の担当セクション（自治体の場合、防災セクション）に郵送で依頼状を送付。
- ・Web上に用意したオンラインアンケートへの入力。

#### (5) アンケートの設問

- ・傾斜センサーの紹介と概略ニーズ把握を目的にアンケート調査を実施。
- ・アンケートの設問は別紙の通りである。

#### (6) アンケートの回答

- ・アンケート実施時期は、アンケート送付：令和5年1月20日～アンケート期限：令和5年2月28日としたところ、回答数は64であった。
- ・未回答でホームページ上に問合せメールの記載がある217自治体にアンケートの再依頼メールを3月14日に送信（アンケート再期限：令和5年3月31日）したところ、回答数は3であった。
- ・したがって、アンケート最終回答数は67（アンケート実施期間：令和5年1月20日～3月31日）であった。

16016	鶴路町	088-0692	割路郡割路町別保1-1
14087	糸市町	048-8548	糸市郡糸市町朝日町26
14524	鹿瀬町	071-1292	上川郡鹿瀬町南1条3丁目5番1号
14052	積丹町	048-0292	積丹郡積丹町大字美園町宇船洞48-5
13943	南越町	048-1392	横谷郡南越町南越町258-5
14711	中川町	098-2892	中川郡中川町宇中川337
16632	厚岸町	088-1582	厚岸郡厚岸町湯沸445番地
15113	清里町	098-6232	泉谷郡清里町栗志別西町172-1
15488	清里町	099-4492	泉谷郡清里町羽衣町13
12211	名寄町	098-3888	名寄市大通南1-1
14681	下川町	098-1208	上川郡下川町幸町63
15130	中頓別町	098-5585	枝幸郡中頓別町字中頓別172-6
12190	紋別町	094-3707	紋別市幸町2-1-18
14061	古平町	048-0192	古平郡古平町大字浜町40-4
14532	神楽町	071-1592	上川郡神楽町南1条西1丁目3-2
15638	雄武町	098-1792	紋別郡雄武町本町
14273	由仁町	069-1292	夕張郡由仁町新光200
14630	占冠村	078-2201	真狩郡占冠村字中央
14028	岩内町	045-8565	岩内郡岩内町宇高台134-1
16934	標津町	086-1632	標津郡標津町北2条西1-1-3
22021	弘前市	038-8551	弘前市大字上白根町1-1
22063	十和田市	034-8815	十和田市西十二番町16-1
24431	田子町	039-0292	三戸郡田子町大字田子字天神堂平81
24244	東通村	039-4292	下北郡東通村大字砂子又字沢田5-84
24503	新郷村	039-1801	三戸郡新郷村大字戸来字邑呂前10
24015	野辺地町	039-3131	上北郡野辺地町字野辺地123-1
24082	野北町	039-2492	上北郡野北町北則1北南4-32-484
24457	南郷町	039-0592	三戸郡南郷町大字平字広場28-1
22012	青森市	030-8555	青森市中央1-22-5
23043	蓬田村	030-1211	青森縣蓬田村大字蓬田字汐越1-3
23612	藤崎町	038-3803	南津軽郡藤崎町大字西豊田1-1
24252	風間浦村	039-4502	下北郡風間浦村大字易園岡字大目1-5
23621	大鰐町	038-0292	南津軽郡大鰐町大字大鰐字羽黒坂2-3
24485	階上町	039-1201	三戸郡階上町大字道公字天当平1-87
23434	西目屋村	038-1492	中津軽郡西目屋村大字田代字神田57番地
22101	平川市	038-0104	平川市柏木町藤山25-6
24066	横浜町	039-4145	上北郡横浜町字寺下35
23213	津軽浜町	038-2792	西津軽郡津軽浜町大字舞戸町字嶋戸32番地
35076	津野町	028-7895	九戸郡津野町津野町23-27
34851	菅代村	028-8392	下閉伊郡菅代村第9地割宇洞屋13-2
32158	奥州市	023-8501	奥州市水沢大字町1-1
32093	一関市	021-8501	一関市竹山町7-2
34827	山田町	028-1392	下閉伊郡山田町八幡町3-20
33219	紫波町	028-3392	紫波郡紫波町紫波中央駅前2-3-1
32059	北上市	024-8501	北上市秀町1-1
33669	西和賀町	028-5512	和賀郡西和賀町川尻40地割40番地71
34614	大館町	028-1119	上閉伊郡大館町上町1番3号
35017	軽米町	028-6302	九戸郡軽米町大字軽米10-85
33022	葛巻町	028-5485	岩手郡葛巻町葛巻16-1-1
34835	岩手町	027-0585	下閉伊郡岩手町岩手郡字鷺畑59-5
33014	紫石町	027-0585	岩手郡紫石町字利田5-1
32085	遠野市	028-0582	遠野市中央通09-1
34410	住田町	028-2396	鳳仙郡住田町世田米字川向88-1
32107	陸前高田市	029-2292	陸前高田市高田町字嶋石42-5
42056	気仙沼市	988-8501	気仙沼市八丁目1-1
43231	柴田町	988-1892	柴田郡柴田町船岡中央2-3-45
45811	女川町	986-2265	牡鹿郡女川町女川1-1
44016	松島町	981-0215	宮城郡松島町高城字福命院下一19-1
43621	山元町	989-2292	亶理郡山元町字新並4-5
42099	多賀城市	985-8531	多賀城市中央2-1-1
43028	七ヶ宿町	989-0592	刈田郡七ヶ宿町字園128
44067	利府町	981-0112	宮城郡利府町利府字新並4
42161	富谷市	981-3392	富谷市富谷坂本30
46080	南三陸町	988-0725	本吉郡南三陸町志津川字沼田101

16098	元気町	058-0292	晴巻郡元気町字本町206
12319	西庭市	061-1498	西庭市京町1
14576	上川町	078-1753	上川郡上川町南町180
14842	羽咲町	078-4198	吉前郡羽咲町南町1-1
15784	白老町	059-0995	白老郡白老町大町1-1-1
13215	松前町	049-1592	松前郡松前町字福山248番地1
13323	福島町	049-1392	松前郡福島町字福島320
12254	瀬川市	073-8686	瀬川市大町1-2-15
16918	海部町	086-0205	野付郡海部町別海部盛町280
16488	陸奥町	089-4311	陸奥郡陸奥町字陸奥1条3-1
12207	上野市	095-8686	上野市真6条4-1
12973	富良野市	076-8555	富良野市新生町1-1
13374	七飯町	041-1192	南豆郡七飯町本町6丁目1-1
16659	弟子屈町	088-3292	川上郡弟子屈町中央2-3-1
13894	京極町	044-0101	虻田郡京極町字京極227
13625	上ノ国町	049-0698	檜山郡上ノ国町字大町100
13455	森町	049-2393	茅渚郡森町字御幸町144-1
15857	森平町	059-1585	虻田郡森平町早来太町95
14036	泊村	045-0202	古平郡泊村大字茅沼村字白別191-7
12025	南穂市	040-8666	南穂市真雲町4-13
12165	厚別市	075-0711	厚別市北条町1-3
14311	清田町	061-0892	樺戸郡清田町字ウラスナイ183-15
14693	遠別町	038-3543	天来郡遠別町字本町3-37
16420	広尾町	089-2692	広尾郡広尾町西4条7-1
15814	厚真町	059-1692	虻田郡厚真町京町120
13260	豊茂別町	044-0292	虻田郡豊茂別町字豊茂別123
15121	浜頓別町	038-5792	北斗市中央1-3-10
16912	日高町	039-5792	枝幸郡浜頓別町中央南1
13714	せたな町	049-4592	せたな町高町門本町210-1
14613	中富良野町	071-0795	空知郡中富良野町本町9-1
13927	野田町	048-0406	標津郡野田町字藤島町140-1
18926	田澤町	086-1197	津軽郡田澤町丸山2-22
13978	留妻郡村	048-1731	虻田郡留妻郡村字留妻町175
13960	真狩村	048-1631	虻田郡真狩村字真狩118
15865	むかわ町	054-8660	虻田郡むかわ町美幸2-88
15750	杜町	052-0101	有珠郡杜町字滝之町287-7
16438	黒川町	089-0892	中川郡黒川町本町130-1
14621	南富良野町	079-2402	空知郡南富良野町字美栄867
14693	美幌町	038-2252	中川郡美幌町字西町18
14702	青森子府村	088-2501	中川郡青森子府村字青森子府444-1
14591	美幌町	071-0292	上川郡美幌町本町4-6-1
12262	砂川市	073-0195	砂川市西条北2-1-1
14851	初山別村	078-4492	吉前郡初山別村字初山別98-1
16381	中札内村	089-1392	河西郡中札内村東1条南1丁目2番地1
13471	長万町	049-3592	山越郡長万町町字長万町453-1
14320	新十津川町	073-1103	樺戸郡新十津川町字中央301-1
16365	清水町	089-0192	上川郡清水町南4条2-2
15458	斜里町	089-4192	網走郡斜里町本町2
12070	帯広市	080-8870	帯広市西5条南7-1
16462	北町	089-3392	中川郡北町北2-4-1
15463	美幌町	082-8650	網走郡美幌町字東2条北2-25
14371	北郷町	078-2512	陸奥郡北郷町字和川1-1
16322	十勝町	080-1292	河東郡十勝町字十勝225
12106	岩見沢市	068-8686	岩見沢市嶋が丘1-1-1
12131	苫小牧市	053-8722	苫小牧市旭町4-5-6
16373	芽室町	082-8651	河西郡芽室町東2条2-14
12181	赤平市	079-1192	赤平市泉町4-1
13617	江差町	043-8560	檜山郡江差町字中敦町193-1
14044	神楽内村	045-0301	古平郡神楽内村大字神楽内村81-20
12989	深川市	074-8850	深川市2条17-17
13633	厚沢町	043-1113	檜山郡厚沢町字新町207
14362	厚岸町	078-2892	厚岸郡厚岸町字アソコウ104
14303	月形町	061-0592	樺戸郡月形町1219

82333	行方市	311-3892	行方市衛生1561-9
82040	古河市	309-0291	古河市下大野2248
82228	鹿嶋市	314-8655	鹿嶋市大字野井1187-1
82244	守谷市	302-0198	守谷市大柏950-1
82325	神栖市	314-0192	神栖市神口4991-5
82171	取手市	302-8585	取手市幸田5139
82121	常陸太田市	313-8611	常陸太田市金井町3690
85642	利根町	300-1696	北相馬郡利根町布川1841-1
83640	大子町	319-3526	久慈郡大子町大字大字2-866
82350	つくばみらい市	300-2395	つくばみらい市福田105
82317	桜川市	309-1293	桜川市羽田1023
83020	茨城町	311-3192	茨城郡茨城町大字小塚1080
82031	土浦市	300-8636	土浦市大和田9-1
82252	常陸大宮市	319-2292	常陸大宮市常町3135-6
82198	牛久保市	300-1292	牛久保市中央3-15-1
82147	高萩市	318-8511	高萩市本町1-100-1
84072	那須町	329-3292	那須郡那須町大字宇子丙3-13
82053	鹿沼市	322-8601	鹿沼市今宮町1698-1
93645	野木町	329-0195	下都賀郡野木町大字丸林571
94111	那珂川町	324-0692	那須郡那珂川町鳥居555
92134	那須塩原市	321-4293	芳賀郡塩原町大字益子2030
92134	那須塩原市	325-8501	那須塩原市共栄社108-2
92061	日光市	321-1292	日光市今市本町1
93441	市貝町	321-3493	芳賀郡市貝町大字市橋1280
92029	足利市	329-8601	足利市本陣3-2145
93432	茂木町	321-8598	芳賀郡茂木町大字茂木155
92045	佐野市	327-8501	佐野市高砂町1
102113	安中市	379-0192	安中市安中1-23-13
103675	神流町	370-1592	多野郡神流町万場90-6
104281	高山村	377-0792	吾妻郡高山村大字中山2886-1
104299	真吾妻町	377-0892	吾妻郡真吾妻町大字原町1046
102083	荒川市	377-8501	荒川市石原80
104256	端本村	377-1692	吾妻郡端本村大字大前110
10485	昭和村	379-1298	利根郡昭和村大字糸井388
102105	富岡市	370-2392	富岡市富岡1460-1
103843	甘楽町	370-2292	甘楽郡甘楽町大字小磯161-1
102067	沼田市	378-8501	沼田市下之町888
102032	桐生市	376-8501	桐生市藤森町1-1
104493	みどりおひろ町	379-1393	利根郡みどりおひろ町後園318
104394	片品村	378-0498	利根郡片品村大字彌田3967-3
112071	秩父市	368-8636	秩父市藤木町8-15
112429	日高市	350-1292	日高市大字南平沢1020
113433	小川町	385-0392	比企郡小川町大字大塚55
112224	越谷市	343-8501	越谷市越谷谷4-2-1
113425	蕨山町	365-8601	蕨山町中央1-1
112020	熊谷市	365-0211	比企郡蕨山町大字杉山1030-1
112259	入間市	360-8601	熊谷市宮町2-47-1
112171	葛飾市	358-8511	入間市栗園1-16-1
112399	坂戸市	350-0292	坂戸市平代町1-1-1
112151	狭山市	350-1390	狭山市入間川町23-5
113492	ときがわ町	355-0395	比企郡ときがわ町大字玉川2490
111007	さいたま市	369-9588	さいたま市浦和区常盤6-4-4
112059	所沢市	359-8501	所沢市本木1-1
112275	朝霞市	351-8501	朝霞市本町1-1
113020	皆野町	369-1492	秩父郡皆野町大字菅野1420-1
112305	新座市	352-8623	新座市野火止1-1-1
113697	東秩父村	365-0393	秩父郡東秩父村大字御堂534
122211	八千代市	276-8501	八千代市大和田新田312-5
124011	一宮町	299-4396	秩父郡一宮町一宮2457
124025	鎌子町	288-8601	鉾子町若宮町1-1
122246	鎌ヶ谷市	273-0195	鎌ヶ谷市新鎌ヶ谷2-6-1
122262	厚津市	283-8506	厚津市下越野2443
122129	市原市	290-8501	市原市国分寺町中央1-1-1

869-2393	巨摩郡巨摩町字悠里1
987-8602	遠田郡喜里町北倉字駒米13
981-4122	加美郡色麻町四喜字北谷地41
989-1295	柴田郡大河原町字新南19
987-2292	茨原市紫雲薬師1-7-1
981-4293	加美郡加美町字西田3-5
885-8377	宮城郡七ヶ浜町東宮浜字丑谷辺5-1
010-8360	秋田県山王1-1-1
012-1131	雄勝郡後田町西馬島字中野177
017-8555	大館市字中郷20
014-1293	山北市田沢郡生保内字菅ノ後30
010-0595	仙北市田川郡湯船川字成吉66-1
010-0201	湯上市玉宇橋沼合226-1
018-1792	南秋田郡五城目町西蔵ノ目1-1-1
018-3201	山本郡藤里町藤字藤巻8
018-3392	北秋田市花園町19-1
018-0192	にかほ市象潟町字栗ノ田1
015-8501	由利本荘市
016-8501	鹿代市上町1-3
990-0392	鹿角市郡山辺町緑ヶ丘5
999-5292	東上郡雄川村大字佐渡2003-7
994-8510	天童市孝野森1-1
990-1442	西村山郡朝日町大字菅宿1115
996-0212	鷹上郡大蔵村大字清水2528
990-1101	西村山郡大江町大字左沢892-1
992-0392	東置賜郡高田町大字高島436
999-4112	北村山郡大石町町緑町1
999-5402	鷹上郡金山町大字金山324-1
999-1363	西置賜郡小国町大字小国小坂町2-70
998-8540	酒田市本町2-2-45
999-0193	東置賜郡川西町小松977番地1
993-8601	長井市栄町1-1
990-0492	鹿角市郡中山町長崎120
999-3795	東根市中央1-1-1
999-6401	鷹上郡玉沢村大字古古270
990-0792	西村山郡西川町大字瑞味510
969-1392	安達郡大玉村玉井字草内70
969-7201	河津郡柳津町大字柳津字下平乙334
967-0004	西会津郡会津町田島字後原甲5931-1
963-8304	石川郡古殿町大字松川字新森原31
963-7683	石川郡石川町字長久保185-4
969-3123	耶麻郡猪苗代町字城南100
969-3392	耶麻郡磐梯町大字磐梯字中ノ橋1855
963-7796	田村郡三善町字大町1-2
969-0101	西白河郡泉崎村大字泉崎字八丸145
979-1306	双葉郡大蔵町大字川原字南平1/17
976-8601	相馬市村字北町63-3
967-0525	西会津郡檜枝岐村字下ノ原880
966-8601	喜多方市字柳清水町244-2
979-1602	双葉郡葛尾村大字落合字落合16
961-8602	八河市八幡小路7-1
960-0692	伊達市原町字舟巻160
979-2792	相馬郡新地町谷地小字字羅田30
968-0011	大沼郡西郷村大字川口字谷地393
961-8501	西白河郡西郷村大字鹿倉字折口原40
963-3492	田村郡小野町大字小野新町字館通2
963-6292	石川郡澁川町大字澁川字青谷地112-15
963-4393	田村市船引町船引字畑流76-2
963-8401	奥白川郡殿川町大字赤坂中野字新宿39-5
960-8601	糟谷市五老内町3-1
970-8686	いわき市平草海木21
82155	北茨城市磯原町磯原1630
83101	成田市東茨城郡成田市大字石塚1428-25
311-1392	東茨城郡大洗町磯浜町6881-275
83097	大洗町

153079	聖蹟町	957-0192	北浦原郡聖蹟町大字諏訪山1635-4
151009	新湯市	951-8550	新湯市中央区学校町通上番町602-1
153613	由上町	969-1503	南浦原郡由上町原々崎新田3070
152102	十日町市	948-8501	十日町市王成町3-3
153427	弥彦村	959-0392	西浦原郡弥彦村大字矢作402
152226	上越市	943-8601	上越市木田1丁目1-3
152129	村上市	958-8501	村上市三之町1-1
152251	魚沼市	946-8601	魚沼市小出島910
152170	妙高市	944-8688	妙高市栄町5-1
152111	真狩市	954-8686	真狩市昭和町2-1-1
152086	砺波市	939-1398	砺波市栄町7-3
152108	南砺市	939-1692	南砺市荒木1530
152094	小矢部市	932-8611	小矢部市本町1-1
152116	射水市	939-0294	射水市新町410-1
152090	湯川市	936-8601	湯川市寺家町104
153431	朝日町	939-0793	下新川郡朝日町道下1133
152065	加賀市	922-8622	加賀市大聖寺南町2-41
152087	能登町	927-0492	鳳珠郡能登町宇出津1号50番地1
153860	宇津志水町	929-1492	羽咋郡宇津志水町宇子浦13-1
152022	七尾市	929-1792	七尾市相分江町イ部25
152090	おほく市	929-1165	おほく市宇野気-81
154611	穴水町	927-8601	鳳珠郡穴水町字川島ラ174
152073	羽咋市	925-8501	羽咋市旭町240
152031	小松市	923-8650	小松市小馬出町91
154420	美浜町	919-1192	三方郡美浜町郷土25-25
152061	勝山市	911-8501	勝山市元町1-1-1
152028	敦賀市	914-8501	敦賀市中央町2-1-1
152010	若井市	910-8511	若井市大字3-10-1
152044	小浜市	917-8585	小浜市大手町6-3
152019	吉浜町	919-1393	三方市中郡吉浜町中央1-1
154047	南越前町	919-0292	南越前郡南越前町東大塚23-1
154301	高士河口湖町	401-0392	南都留郡高士河口湖町船津1700
152062	南アルプス市	409-0395	南アルプス市小笠原376
153461	三ヶ部町	409-3601	西八代郡三ヶ部町市川大門1790-3
154247	忍野村	401-0592	南都留郡忍野村忍島1514
152121	上野原市	409-0192	上野原市上野原3932
153658	身延町	409-3392	南巨摩郡身延町切石350
152112	苗岐市	408-8510	苗岐市石和町市船777
153666	南都町	409-2192	南巨摩郡南都町富士28505-2
152023	高士吉田市	403-8601	高士吉田市下吉田6-1-1
154298	鳴沢村	401-0398	南都留郡鳴沢村1575
152074	華崎市	407-8501	華崎市水俣1-3-1
154255	山中湖村	401-0595	南都留郡山中湖村山中237-1
152066	大月市	401-8601	大月市大月2-6-20
204293	王滝村	397-0201	木曾郡王滝村3623
204251	木祖村	399-6201	木曾郡木祖村敷原1191-1
202151	塩尻市	369-0788	塩尻市大門7番町3-3
203076	北相木村	384-1201	南佐久郡北相木村2744
204480	生坂村	369-7201	南佐久郡生坂村5493-2
205621	木島平村	389-2392	下高井郡木島平村大字住類914-6
202029	松本市	380-8620	松本市丸の内3-7
202011	長野市	380-8512	長野市大字鶴賀緑町1613
203611	下諏訪町	393-8501	諏訪郡下諏訪町4813-8
202053	飯田市	395-8501	飯田市大久保町2534
204021	松川町	399-3303	下伊那郡松川町元大島3823
204811	池田町	399-8698	北安曇郡池田町大字池田3203-6
204510	朝日村	390-1188	東筑摩郡朝日村大字吉見1565-1
204501	山形村	390-1392	東筑摩郡山形村2030-1
204226	上松町	399-5603	木曾郡上松町駅前通り2-13
204137	天龍村	399-1201	伊那郡天龍村平岡878
202193	東御市	389-0692	東御市泉281-2
203629	高士見町	399-0292	諏訪郡高士見町落合10777

122254	君津市	299-1192	君津市久保2-13-1
123360	香取市	287-8501	香取市佐原口2127
122103	茂原市	297-8511	茂原市通泰1
122008	流山市	270-0192	流山市昭和台1-1-1
122301	八街市	289-1192	八街市八街35-29
124630	鋸南町	299-2192	安房郡鋸南町下佐久間3458
122338	鴨川市	296-8601	鴨川市博清1450
122343	南房総市	299-2492	南房総市富浦町香木28
124419	大多喜町	298-0292	夷隅郡大多喜町大多喜93
122394	大網白里市	299-3292	大網白里市大網115-2
123191	印西市	270-1396	印西市大森2364-2
123471	多古町	289-2292	香取郡多古町多古584
123468	いすみ市	289-2198	香取郡八日市町八日市7193番地2
122094	野田市	298-8501	いすみ市本原7400-1
122084	野田市	278-8550	野田市鶴峯7-1
123778	山武市	289-1392	山武市鶴峯296
123498	重庄町	289-0692	香取郡真庭町菅川14713-131
124095	芝山町	289-1892	山武郡芝山町小池992
131172	北区	114-8508	北区王子本町1-15-22
133612	大島町	100-0101	大島町元町1-1-14
131105	白根区	153-8573	白根区上目黒2-19-15
132195	沼江市	201-8585	沼江市和成本町1-1-5
131113	大田区	144-8621	大田区蓮田5-13-14
131130	渋谷区	150-8010	渋谷区幸田川町1-1-1
132209	東大和市	207-8585	東大和市中央3-930
131091	品川区	140-8715	品川区平町2-1-36
132292	西東京市	188-8666	西東京市南町5-6-13
132080	調布市	182-8511	調布市小島町2-35-1
132128	日野市	191-0916	日野市神明1-12-1
131916	千代田区	102-8688	千代田区九段南1-2-1
132276	羽村市	205-8601	羽村市谷丘5-2-1
131193	板橋区	173-8501	板橋区板橋2-66-1
132063	府中市	183-8703	府中市豊西町2-24
133051	日の出町	190-0192	西多摩郡日の出町平井2780
131202	練馬区	176-8501	練馬区豊玉北6-12-1
132233	武蔵村山市	208-8501	武蔵村山市本町1-1-1
132101	小金井市	184-8504	小金井市本町6-6-3
133647	神津島村	100-0601	神津島村904
133822	御蔵島村	100-1301	御蔵島村字入かねが沢
132217	清瀬市	204-8511	清瀬市口里5-842
134210	小笠原村	100-2101	小笠原村父島宇西町
132098	町田市	194-8520	町田市栗野2-2-22
132241	多摩市	206-8666	多摩市栗戸6-12-1
132021	立川市	190-8666	立川市泉町1156-9
131067	台東区	110-8615	台東区東上野4-5-6
142042	鎌倉市	248-8686	鎌倉市扇町18-10
143634	松田町	258-8585	足柄上郡松田町松田2037
143618	中井町	259-0197	足柄上郡中井町比奈窪56
143413	大磯町	255-8555	中郡大磯町東小深188
142158	海老名市	243-0492	海老名市鎌漕175-1
143626	大井町	258-8501	足柄上郡大井町金子1995
142131	大和市	242-8601	大和市下鶴岡1-1-1
142166	厚木市	252-8566	厚木市谷丘1-1-1
144031	鎌山市	243-0392	愛甲郡鎌山町角田251-1
142034	平塚市	254-8686	平塚市浅間町9-1
142085	逗子市	249-8696	逗子市逗子5-2-16
142174	足柄市	250-0192	足柄市関本440
142051	藤沢市	251-8601	藤沢市朝日町1-1
141500	相模原市	252-5277	相模原市中央区中央2-11-15
141305	川崎市	210-8577	川崎市川崎区宮本町1
152234	阿賀野市	959-2092	阿賀野市南山町10-15
152056	柏崎市	945-8511	柏崎市日石町2-1
154610	湯沢町	949-6192	南魚沼郡湯沢町大字神立300
152137	越前市	959-0295	越前市吉田西木田1934
155811	関川村	959-3292	岩船郡関川村大字下間912

235610	鞍森町	441-2301	北設楽郡鞍森町田口字辻前14
471-8501	豊田市西町3-60		
475-8668	半田市西津町7-1		
516-8601	伊勢市岩瀬1-7-29		
511-0295	鳥羽市岩瀬三丁目山田1800		
517-0011	鳥羽市鳥羽三丁目山番1号		
510-8522	三重郡朝日町大字小向883		
519-0195	鳥山市本丸町377		
519-2404	多気郡大台町依盾750		
516-2195	度会郡度会町棚橋1215-1		
519-5292	阿牟郡御浜町大字阿田和6120-1		
519-0495	度会郡玉城町田和114-2		
511-8601	桑名市中央町2-37		
510-8601	四日市市諏訪町1-5		
510-1292	三重郡菟野町大字調田1250		
519-3252	北牟婁郡紀北町東長島769番地1		
520-3288	湖南市中央1-1		
527-6527	東近江市八日市後町10-5		
520-1592	高島市新旭町北畑665		
520-8575	大津市御陵町3-1		
522-0341	大上郡多度町大字多翼324		
521-8501	米原市米原1016		
522-8501	彦根市元町4-2		
529-1698	彦生郡日野町河原1-1		
617-8685	向日市宇戸町中野20		
626-8501	宮津市宇津瀬町345-1		
611-8501	宇治市宇治琵琶33		
619-1303	相模郡笠置町大字笠置小学西通90-1		
610-0302	与野郡井手町大字井手小学南玉水67		
626-0493	与野郡井手町大字井手小学南玉水67		
625-8555	舞鶴市字北吸1044		
620-8501	榑知山市字内記13-1		
610-0289	綴郡茅渚田原町大字立川小学坂口18-1		
619-1295	相模郡和束町大字釜塚小学生水14-2		
629-2292	与野郡与野町大字若狭1798-1		
576-8501	交野市私部1-1		
590-0495	泉南郡能取町野田1-1-1		
599-0292	阪南市尾崎町35-1		
582-0003	箕面市西小路4-6-1		
589-8501	大阪狭山市深山1-2384-1		
564-8550	吹田市泉町1-3-40		
590-0582	泉南市榎井1-1-1		
573-8686	枚方市大坪内町2-1-20		
583-8686	池田市城南1-1-1		
584-8511	高田市市常盤町1-1		
583-8580	河内郡太子町大字山田88		
585-8585	河内郡河内町大字白木1359-6		
577-8521	東大阪市荒本北1-1-1		
574-8555	大東市谷川1-1-1		
618-8570	三島郡高本町様井2-1-1		
586-8501	泉南郡田尻町大字嘉津寺375-1		
586-8501	河内郡野市原町1-1-1		
668-8666	豊后市中央町2-4		
675-1380	小野市中島町531		
673-0452	三木市上の丸町10番30号		
669-3692	丹波市水上町成松字甲賀1		
673-453	加東市社50		
679-5380	加西市北条町横尾1000		
679-5380	佐田郡佐田町佐田2611-1		
664-8503	伊丹市千鶴1-1		
656-8686	洲本市本町3-4-10		
673-8686	明石市中崎1-5-1		
675-8501	加吉川市加吉川町北在寮2000		
667-8651	養父市八幡町八厘1675		

389-7701	真野郡麻績村麻3837		
399-3892	上伊那郡中川村大字草4045-1		
385-8501	佐久市中央3056		
384-2305	北佐久郡立科町大字菅田2532		
389-1601	小京郡青木村大字沢田111		
399-7501	東筑摩郡北村西条4195		
385-8601	下伊那郡平谷村384		
399-4192	駒ヶ根市赤須町20-1		
399-4592	上伊那郡南箕輪村4825-1		
384-1302	南佐久郡南牧村大字海ノ口1051		
391-0192	飯沼郡原野町中央1		
399-0493	上伊那郡御代田大字北城7025		
389-2292	諏訪市大字坂山1110-1		
399-8617	伊那市下新田3050		
389-1293	上水内郡飯綱町大字牟礼2785-1		
399-9393	北安曇郡白鳥村大字北城7025		
398-3601	大町市大町3887		
384-1211	南佐久郡南相木村3825-1		
389-0292	北佐久郡御代田町大字馬瀬口1794-6		
509-6195	瑞浪市上平町1-1		
509-0292	可成市成島1-1		
509-0492	加茂郡七宗町上麻生2442-3		
509-2193	不埴郡壘井町宮代2957-11		
501-3792	美濃市1350		
509-7292	恵那市長島町正家1-1-1		
509-2295	下呂市森980		
509-1192	加茂郡白川町河崎715		
509-4292	飛騨市古川町本町2-22		
509-3608	美濃郡茂市大字田3431-1		
501-3392	加茂郡富加町津田1511		
505-0192	可成郡瑞浪町御岩1239-1		
503-8601	大垣市丸の内2-29		
501-5692	大野郡白川町鳩谷517		
503-2492	揖斐郡池田町六之井1468-1		
503-1302	多治原市日ノ出町2-15		
507-8703	美濃郡森下町高田798		
410-3686	賢茂郡松崎町宮内301-1		
438-3650	織田市西町3-1		
437-1692	御前崎市池新田5585		
410-1395	駿東郡小山町藤曲57-2		
410-8601	沼津市御幸町16-1		
421-0385	椋原郡吉田町佳吉87		
431-0492	湖西市吉雲3268		
410-3514	賢茂郡西伊豆町仁科401-1		
420-8602	静岡市葵区退手町5-1		
414-8585	伊東市大原二丁目1-1		
412-8601	御殿崎市萩原483		
413-0411	賢茂郡東伊豆町福取3364		
425-8502	焼津市本町2-16-32		
415-8501	下田市東本郷1-5-18		
425-0313	椋原郡川根本町上長尾627		
427-8501	島田市中央町1-1		
470-0295	砂丘市三好町小坂50		
475-8601	東海市中央町1-1		
470-0192	日進市島守町地下288		
444-1398	高浜市吉本町4-1-2		
441-3482	田原市田原町南番場30-1		
441-1392	新城市字東入船115		
440-8501	豊橋市字松町1		
489-8701	瀬戸市道分町64-1		
470-0190	賢茂郡東細町大字台木字羽根穴1		
479-8610	常滑市藪倉台3-3-5		
449-0292	北筑摩郡東条町大字本郷字上柳畑25		
443-3501	西尾市奇作町下田22		

204483	麻績村		
203866	中川村		
202177	佐久市		
203246	立科町		
203491	青木村		
204528	青木村		
204899	平谷村		
202100	駒ヶ根市		
203858	南箕輪村		
203050	南牧村		
203637	原野町		
203823	原野町		
202134	諏訪市		
202096	伊那市		
205907	飯綱町		
204894	白鳥村		
202126	大町市		
203068	南相木村		
203298	御代田町		
212083	瑞浪市		
212148	可成市		
215040	七宗町		
213616	壘井町		
212075	美濃市		
212105	恵那市		
212202	下呂市		
215066	白川町		
212172	飛騨市		
212113	美濃町		
215023	富加町		
215210	御岩町		
212044	大垣市		
216046	白川村		
214043	池田町		
213411	森下町		
212041	多治原市		
223031	松崎町		
222119	織田市		
222232	御前崎市		
223441	小山町		
222038	沼津市		
222241	吉田町		
222216	湖西市		
223089	西伊豆町		
221007	静岡市		
222098	伊東市		
222151	御殿崎市		
223018	東伊豆町		
222127	焼津市		
222194	下田市		
224294	川根本町		
222097	島田市		
223260	砂丘市		
222220	東海市		
232301	日進市		
232271	高浜市		
232319	田原市		
232211	新城市		
232041	瀬戸市		
233402	東細町		
232165	常滑市		
235628	東条町		
242131	西尾市		

	432148	阿蘇市	369-2695	阿蘇市一の宮町宮地504-1
	434035	大津町	869-1292	阿蘇郡大津町大字大津1233
	432067	玉名市	865-8501	玉名市岩崎163
	441112	五木村	868-0201	阿蘇郡五木村甲2672-7
	442011	大分市	870-8504	大分市荷崎町2-31
	443221	姫島村	872-1501	阿蘇郡姫島村1630-1
	442046	日田市	877-8601	日田市島2-6-1
	444618	九重町	879-4885	玖珠郡九重町大字後野上8-1
	442119	宇佐市	879-0492	宇佐市大字上田1039-1
	442135	由布市	879-5498	由布市庄内町柿原302
	442054	佐伯市	876-8585	佐伯市中村町1-1
	442089	竹田市	878-8559	竹田市大字会々1650
	442038	中津市	871-8501	中津市豊田町14-3
	454052	川南町	889-1301	阿蘇郡川南町大字川南13680-1
	452084	西都市	881-8501	西都市聖陵町2-1
	453820	国富町	880-1192	阿蘇郡国富町大字本庄4800
	453412	三股町	889-1935	北諸県郡三股町五本松1-1
	454214	阿用町	889-0896	阿蘇郡阿用町甲坂城東1番号
	452076	東国町	888-8555	東国町大字西方5550
	454028	新宮町	889-1493	阿蘇郡新宮町大字上田7491
	453617	高原町	889-4492	西諸県郡高原町大字西郷899
	452041	日南市	887-8585	日南市中央通1-1-1
	454427	日の影町	882-0401	西臼杵郡日の影町大字七折9079番地
	452017	宮崎市	880-8505	宮崎市橋通西1-1-1
	454419	高千穂町	882-1192	西臼杵郡高千穂町大字三田井13
	454290	諸塚村	883-1392	西臼杵郡諸塚村大字家代2683
	462209	南さつま市	897-8501	南さつま市加世田川畑248
	464040	長島町	899-1498	出水郡長島町鷹巣1875-1
	463275	龍郷町	894-0192	大島郡龍郷町浦10
	465241	宇摩村	894-3382	大島郡宇摩村湯湯915
	462217	志布志市	899-7192	志布志市志布志町志布志2-1-1
	464911	南大隅町	893-2501	肝属郡南大隅町根占川北226
	462179	曾於市	899-8692	曾於市末吉町二之方1980
	465020	西種子町	891-3792	鹿毛郡西種子町中之上2793-1
	462136	西之表市	891-3193	西之表市西之表7612
	464902	鶴江町	893-2392	肝属郡鶴江町城元893
	465054	屋久高町	891-4207	鹿毛郡屋久高町小瀬田849-20
	462101	指宿市	891-0497	指宿市十町2424
	463043	十島村	892-0822	鹿毛郡十島村
	462144	蕨水市	891-2192	蕨水市上町114
	464821	東串良町	893-1693	肝属郡東串良町川西1543
	465292	薩摩川内市	891-6292	大島郡薩摩川内町大字渡1746
	462152	薩摩川内市	891-7192	大島郡薩摩川内町大字東江3-22
	462225	鶴美酒市	894-8550	薩摩川内市神田町3-22
	462241	伊佐市	894-8555	薩摩川内市大兼久157
	464520	湧水町	895-2511	伊佐市名瀬幸町25-8
	472140	宮古島市	906-8501	宮古島市平良字西里186
	473626	八重瀬町	901-0492	島原郡八重瀬町字真風平188
	473154	伊江村	905-0592	国頭郡伊江村字東江町38
	473286	中城村	901-2493	国頭郡中城村字当間585番地1
	473032	大宜味村	905-1392	国頭郡大宜味村字大兼久157
	473031	東村	905-1292	国頭郡東村字平良804
	473483	与那原町	901-1392	島原郡与那原町字上与那原16
	473065	島仁村	905-0492	国頭郡島仁村字仲宗根219
	472051	首野湾市	901-2710	首野湾市野高1-1-1
	473545	座間味村	901-3486	高島郡座間味村座間味109
	473031	本郷町	905-0292	国頭郡本郷町字草5
	472131	うるま市	904-2292	うるま市みどり町1-1-1
	473014	国頭市	905-1495	国頭郡国頭村字辺土名121
	472085	浦添市	901-2501	浦添市安波奈1-1-1
	473278	北中城村	901-2392	中頭郡北中城村字善喜寺428-2
	473260	北谷町	904-0192	中頭郡北谷町字善喜寺428

福岡県(27)	402176	筑紫野市	818-8686	筑紫野市石崎1-1-1
	838-8601	朝倉市	朝倉市善見寺412-2	
	820-0696	嘉穂郡桂川町	大字生居424-1	
	810-8620	福岡市中央区天神	1-8-1	
	811-2292	糟屋郡志免町	志免中央1-1-1	
	834-8585	八女市	八女市本町647	
	811-3192	古賀市	取原1-1-1	
	822-1392	田川郡糸田町	1975-1	
	838-0198	小郡市	小郡市小郡285-1	
	838-1792	朝倉郡真峰村	大字雲珠山6425	
	807-8501	速野郡水鏡町	清水北1-1-1	
	816-8510	大野城市	曙町2-2-1	
	811-0192	糟屋郡新宮町	大字高野984	
	822-1492	田川郡香春町	大字高野984	
	811-1292	那珂川市	西隈1-1-1	
	820-8501	飯塚市	新立岩5-5	
	820-0392	築上郡築上町	大字権田891-2	
	811-2392	糟屋郡粕屋町	大字丁一目1-1	
	820-1192	藤原郡小竹町	大字藤原3167-1	
	816-8501	春日市	春日市原町3-1-5	
	823-0011	宮崎市	宮田29-1	
	824-0512	田川郡大任町	大字大任3067	
	839-1393	うきは市	吉井町新治316	
	827-8501	田川郡川崎町	大字田原789-2	
	811-2192	糟屋郡宇美町	宇美5-1-1	
	809-8501	中間市	中間市中間1-1-1	
	849-4192	西松浦郡有田町	立部乙2202	
	845-8511	小島町	石月町長神田2312-2	
	849-1192	中島郡石町	大字福田1247-1	
	843-8639	武雄市	武雄市武雄町大字昭和12-10	
	842-8601	柳井市	神崎町大字542-1	
	849-1312	鹿島市	大字納富分2643-1	
	841-8511	鳥栖市	宿町1118	
	842-8601	神埼郡吉野ヶ里町	吉野ヶ里田321-2	
	849-0113	三養基郡外ヶ谷町	大字尻尾737-5	
	846-8501	多久市	北多久大字小竹7-1	
	859-5192	平戸市	岩の町1508-3	
	857-8585	佐世保市	八幡町1-10	
	817-8510	羽島市	藤原町園分1441	
	856-8686	大村市	坂島1-25	
	853-8601	五島市	瑞江町1-1	
	859-3692	葦原郡郡川棚町	中郷郷1518-1	
	859-1107	志賀市	吾妻町牛口名714	
	859-4598	松浦市	志賀町志免385	
	811-5192	志賀市	郷ヶ浦町大字辰洲2786	
	869-0198	玉名郡長洲町	大字辰洲2786	
	868-0621	筑後郡前町	1989-1	
	869-4814	八代郡水川町	島地642	
	866-8601	八代市	中央市取本町1-1	
	861-1195	合志市	松江町1-25	
	861-3192	上益城郡嘉島町	上島530	
	869-6401	球磨郡球磨村	大字渡戸1730	
	869-1404	阿蘇郡南阿蘇村	大字河陽1705-1	
	864-8686	荒尾市	宮内町390	
	867-8555	水俣市	唐内1-1-1	
	861-1392	菊池市	隈町888	
	861-0899	玉名郡南阿蘇町	大字64番地	
	869-1192	菊池郡菊池町	大字久保田2800	
	868-8501	球磨郡相良村	大字深木2500-1	
	869-1602	阿蘇郡高森町	大字高森2168	
	868-0302	球磨郡錦町	大字一丘1587	
	869-5692	葦北郡津奈木町	大字小津奈木2123	

自治体向け

IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングに関するアンケート

昨今、気候変動の影響により各地で豪雨が多くなり、斜面が崩壊するなどの斜面災害が多発しています。このような斜面災害に対し、土砂災害警戒区域の指定、土砂災害ハザードマップの整備、土砂災害警戒情報に伴う避難体制の充実などが図られています。しかしながら、警戒情報を伝達しても逃げ遅れによる被災や事故などが絶えません。

一方、「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」によって、斜面災害の被害を低減することが期待できます。個々の斜面に微小な斜面の傾きを測定できる装置を組み込んだ傾斜センサーを設置し、斜面の動きをインターネットを介して監視することで、崩壊の予兆を捉えます。そして、崩壊が予測される場合に、事前に警戒アラートを発信して、適切な避難や応急工事などの対策を打つことが期待できます。

このアンケートは、「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」について自治体、関係する事業者の皆さまのご関心やご期待などについてお聞きするものです。そして、斜面災害を未然に防ぐために貢献すべきことを明らかにしていこうとするものです。

※質問は計18問で、回答時間は15分程度です。ぜひ、ご回答をよろしくお願いいたします。  
集計結果については事後にお知らせいたします。

◎IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングとは？

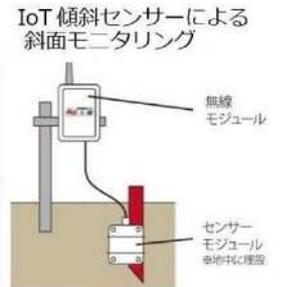
IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングは、急傾斜地の崩壊（がけ崩れ）の危険性を監視するもので、IoT傾斜センサーを地中に埋設し、遠隔地からモニタリングによって、崩壊を予測しようとするものです。

目視による点検よりも正確で、省力化にもなります。国内でも10社以上が製造し、斜面モニタリングのサービスを提供しはじめています。

しかしながら、このような技術は、斜面防災のサービスとしてはまだ確立しきれていない部分があるとともに、各社でコストも様々です。そのため、このアンケートを通して、皆さまの期待やニーズ、懸念事項などをお聞きするものです。

【IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングに期待できること】

斜面の崩壊を事前にキャッチし、警戒情報を発信する	適切な避難行動や対応策（応急工事など）につなげる	個別の斜面に設置して挙動をモニタリングする
ハード対策よりも安価に設置できる	簡易な作業で容易に設置できる	メンテナンスの手間が少なく、連続して使用することができる



詳しくはこちら

問1 必須

「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」の存在をご存知でしたか？

※ 1つ選んでください

- (1)よく知っている
- (2)ある程度知っている
- (3)あまり知らなかった
- (4)知らなかった

問2 必須

先の説明を読んで、「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」に関心を持たれましたか？

※ 1つ選んでください

- (1)非常に関心がある
- (2)ある程度関心がある
- (3)あまり関心がない
- (4)関心がない

問3 **任意**

問2で「(1)非常に関心がある」または「(2)ある程度関心がある」と答えた方にお聞きします。どのような点に関心を持たれましたか？

※問2で「(1)非常に関心がある」または「(2)ある程度関心がある」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1)斜面や擁壁などの危険性をモニタリングできる
- (2)災害情報の発信に活かせる
- (3)避難の警告の発出に活かせる
- (4)避難の準備の参考になる
- (5)道路の通行／通行止めの判断に活かせる
- (6)鉄道の運行／運行停止の判断に活かせる
- (7)二次災害や災害の拡大の防止に活かせる
- (8)斜面崩壊を未然に防ぐ対策ができる
- (9)工事の安全管理に活かせる
- (10)災害情報の解除に活かせる
- (11)斜面のハード対策よりも安価である
- (12)その他（以下の欄にご記入ください）

**任意**

問4 **任意**

問2で「(3)あまり関心がない」または「(4)関心がない」と答えた方にお聞きします。なぜ、そのように思われましたか？

※問2で「(3)あまり関心がない」または「(4)関心がない」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1)危険性のある斜面はないもしくは多くないため
- (2)既存の災害情報や体制で十分と考えるため
- (3)費用がかかりそうであるため
- (4)予算が確保できないと思われるため
- (5)空振りや見逃しが心配であるため
- (6)有効な方法かどうかよく分からないため
- (7)多くの斜面があり、どこに設置すべきかの選択が困難であるため
- (8)様々な製品やサービスがあり選択に迷うため
- (9)継続的に使用しなければならないため
- (10)管理できる人材やノウハウがないため
- (11)よくわからない
- (12)その他（以下の欄にご記入ください）

**任意**

問5 **必須**

「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」を使ってみたいですか？

※1つ選んでください

- (1)使いたい
- (2)試行的に使ってみたい
- (3)使いたくない
- (4)わからない

問6 **任意**

問5で「(1)使いたい」または「(2)試行的に使ってみたい」と答えた方にお聞きします。その理由について、あてはまるものを全て選んでください。

※問5で「(1)使いたい」または「(2)試行的に使ってみたい」と答えた方はその理由について、あてはまるものを全て選んで必ずご回答ください。

- (1)危険性のある斜面に設置したい
- (2)使用することで防災体制を充実したい
- (3)逃げ遅れをなくしたい
- (4)災害や事故を未然に防ぎたい
- (5)安価であれば使用したい
- (6)試しに使って有効かどうか確認したい
- (7)鉄道の運行の判断に活かしたい
- (8)道路の通行の判断に活かしたい
- (9)その他（以下の欄にご記入ください）

任意

## 問7 任意

問5で「(1)使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方にお聞きます。具体的に、試行的に設置したい斜面や擁壁などがありますか？

※問5で「(1)使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1)試行的に設置したい斜面がある
- (2)試行的に設置したい擁壁などがある
- (3)設置したいがどこが適切かわからない
- (4)よくわからない
- (5)その他（以下の欄にご記入ください）

任意

## 問8

問7で「(1) 試行的に設置したい斜面がある」または「(2) 試行的に設置したい擁壁などがある」と答えた方にお聞きます。具体的にどのような斜面や擁壁なのかについて、斜面の状態、擁壁の構造、被害が想定される内容などについて、分かる範囲で教えてください。

※後日、本コンソーシアムの参加企業で、試行的にIoT傾斜センサーが設置できるかどうかを検討させていただきます。 任意

※問7で「(1) 試行的に設置したい斜面がある」または「(2) 試行的に設置したい擁壁などがある」と答えた方は必ずご回答ください。  
(無償での設置を予定) 400字以内

## 問9 必須

「IoT傾斜センサーによる斜面モニタリング」にあたって懸念事項や支障となる事項があれば教えてください。

※その理由について、あてはまるものを全て選んでください。

- (1)関心が持てない
- (2)費用がない
- (3)斜面が多く設置箇所を選定しにくい
- (4)住民の理解を得にくい
- (5)設置に手間がかかりそう
- (6)性能や耐久性に不安がある
- (7)空振りや見逃しが心配である
- (8)精度が十分かどうか不安である
- (9)操作や扱いが難しそうである

- (10)警戒を判断する基準が確立されていない
- (11)現在の防災情報や体制で十分である
- (12)情報を発信しても避難してくれない可能性がある
- (13)避難のタイミングが難しい
- (14)斜面の地主の理解を得にくい
- (15)斜面モニタリングよりもハード対策を行いたい
- (16)その他（以下の欄にご記入ください）

**任意**

#### 問10

管轄される区域に土砂災害の危険性がある箇所がどの程度あるか教えてください。

自治体で土砂災害警戒区域に指定されている箇所がある場合には、その箇所数をお答えください。また、そうでない場合は、危険だと思われる箇所数をご回答ください。

土石流の危険がある箇所数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

土石流の危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

急傾斜の崩壊の危険がある箇所数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

急傾斜の崩壊の危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

地滑りの危険がある箇所数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

地滑りの危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値か不明を記入して下さい。概数でも結構です。

#### 問11 **必須**

管轄される区域において、この10年間の土砂災害の経験について教えてください。

※1つ選んでください

- (1)数箇所で大なる被害がたびたび生じた
- (2)数箇所で大なる被害が生じた
- (3)数箇所の軽微な被害にとどまっている
- (4)被害はほとんど発生していない

#### 問12 **必須**

土砂災害に対する地域住民の意識について教えてください。

※1つ選んでください

- (1)非常に関心がある
- (2)ある程度関心がある
- (3)あまり関心がない
- (4)ほとんど関心がない

**問13** 必須

土砂災害に対する防災対策として講じられている事項を教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)土砂災害ハザードマップの作成・配布
- (2)防災計画や事業継続計画などの策定
- (3)自主防災組織の結成と育成
- (4)避難訓練
- (5)避難のタイミングの周知
- (6)土砂災害に関する教育や啓発
- (7)土砂災害警戒情報の収集
- (8)避難指示の発令
- (9)防災対策本部の設置
- (10)豪雨時の見回り
- (11)避難場所の指定と開設
- (12)兆現象の確認
- (13)急傾斜の斜面や地滑りへのハード対策
- (14)関係者の緊急連絡網
- (15)災害時の支援協定の締結
- (16)その他（以下の欄にご記入ください）

任意

**問14** 必須

土砂災害について懸念されている事項があれば教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)豪雨の増大による頻発、激甚化
- (2)住民の意識が希薄
- (3)逃げ遅れの可能性
- (4)要配慮者の避難
- (5)設や構造物への被害
- (6)重大な事故につながる可能性
- (7)その他（以下の欄にご記入ください）

任意

**問15** 必須

土砂災害に対する避難において、活用している情報を教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)土砂災害警戒情報
- (2)大雨警報（土砂災害）
- (3)降雨の予測情報
- (4)土砂災害警戒情報（土砂キキクル）
- (5)記録的短時間大雨情報

(6)土壌雨量指数の情報

住所 **必須**

電話番号 **必須**

e-mail **必須**

送信する

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

モニタリング方法に関するお問い合わせ

- (4)孔内傾斜計によるモニタリング
- (5)伸縮計によるモニタリング
- (6)目視によるモニタリング
- (7)特になし
- (8)その他（以下の欄にご記入ください）

**任意**

問17 **任意**

その他、ご意見などがあればご記入ください。(400字以内)

ご自身について教えてください。

所属機関名 **必須**

ご担当者名 **必須**

主な業務内容 **必須**

## (7) 県別の回答率

・ 県別の回答率を示す。

県	送付数	回答数	回答率
北海道 <sup>※1</sup>	85	14	16.5%
青森	18	0	0.0%
岩手	16	2	12.5%
宮城	17	2	11.8%
秋田	12	4	33.3%
山形	17	1	5.9%
福島	26	3	11.5%
茨城	19	1	5.3%
栃木	11	0	0.0%
群馬	13	0	0.0%
埼玉	19	0	0.0%
千葉	24	3	12.5%
東京	27	1	3.7%
神奈川	15	1	6.7%
新潟	15	1	6.7%
富山	7	2	28.6%
石川	9	3	33.3%
福井	8	0	0.0%
山梨	13	2	15.4%
長野	37	1	2.7%
岐阜	17	0	0.0%
静岡	17	2	11.8%
愛知	15	1	6.7%
三重	13	1	7.7%
滋賀	8	0	0.0%
京都	12	1	8.3%
大阪	17	1	5.9%
兵庫	17	2	11.8%
奈良	16	1	6.3%
和歌山	15	0	0.0%
鳥取	8	1	12.5%
島根	9	2	22.2%
岡山	13	0	0.0%
広島	11	1	9.1%
山口	9	0	0.0%
徳島	10	0	0.0%
香川	8	1	12.5%
愛媛	9	0	0.0%
高知	17	1	5.9%
福岡	27	5	18.5%
佐賀	10	1	10.0%
長崎	10	1	10.0%
熊本	22	2	9.1%
大分	9	1	11.1%
宮崎	13	1	7.7%
鹿児島	21	0	0.0%
沖縄	16	0	0.0%
<b>合計</b>	<b>777</b>	<b>67</b>	<b>8.6%</b>

※1 北方領土6村を含む

## (8) アンケート集計結果

- ・アンケート集計結果を示す。

## 問 1

「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング」をご存知でしたか？

※ 1つ選んでください

- (1)よく知っている
- (2)ある程度知っている
- (3)あまり知らなかった
- (4)知らなかった

回答：

【表 1：問 1 に対する回答】



## 問 2

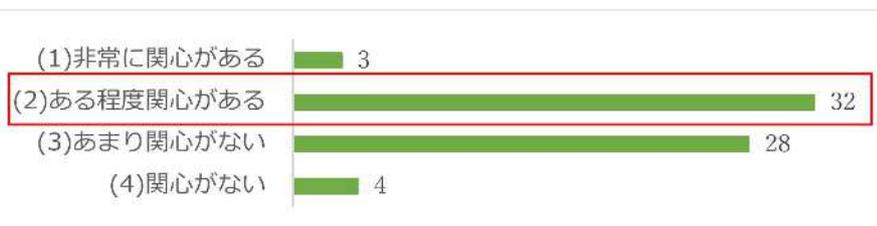
先の説明を読んで、「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング」に関心を持たれましたか？

※ 1つ選んでください

- (1)非常に関心がある
- (2)ある程度関心がある
- (3)あまり関心がない
- (4)関心がない

回答：

【表 2：問 2 に対する回答】



## 問3

問2で「(1)非常に興味がある」または「(2)ある程度興味がある」と答えた方にお聞きします。どのような点に関心を持たれましたか？

※問2で「(1)非常に興味がある」または「(2)ある程度興味がある」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1)斜面や大規模盛土法面、擁壁などの危険性をモニタリングできる
- (2)災害情報の発信に活かせる
- (3)避難の警告の発出に活かせる
- (4)避難の準備の参考になる
- (5)災害情報の解除に活かせる
- (6)道路の通行／通行止めの判断に活かせる
- (7)鉄道の運行／運行停止の判断に活かせる
- (8)二次災害や災害の拡大の防止に活かせる
- (9)斜面崩壊を未然に防ぐ対策、工事ができる
- (10)工事の安全管理に活かせる
- (11)斜面のハード対策よりも安価である
- (12)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表3：問3に対する回答】



その他：

## 問 4

問2で「(3)あまり関心がない」または「(4)関心がない」と答えた方にお聞きします。なぜ、そのように思われましたか？

※問2で「(3)あまり関心がない」または「(4)関心がない」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1)危険性のある斜面はないもしくは多くないため
- (2)既存の災害情報や体制で十分と考えるため
- (3)費用がかかりそうであるため
- (4)予算が確保できないと思われるため
- (5)空振りや見逃しが心配であるため
- (6)有効な方法かどうかよく分からないため
- (7)多くの斜面があり、どこに設置すべきかの選択が困難であるため
- (8)様々な製品やサービスがあり選択に迷うため
- (9)継続的に使用しなければならないため
- (10)管理できる人材やノウハウがないため
- (11)よくわからない
- (12)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表4：問4に対する回答】



その他：

「警戒情報を発信」とあるが、どういった状態になった時に、どの警戒レベル相当の情報が発信されるのか非常に不透明。システム開発が先行し、制度設計が不十分

〇〇都道府県 〇〇市町村

問5

「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング」を使ってみたいですか？

※1つ選んでください

- (1)使いたい
- (2)試しに使ってみたい
- (3)使いたくない
- (4)わからない

回答：

【表5：問5に対する回答】



問6

問5で「(1) 使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方にお聞きします。その理由について、あてはまるものを全て選んでください。

※問5で「(1) 使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方はその理由について、あてはまるものを全て選んで必ずご回答ください。

- (1)危険性のある斜面や大規模盛土法面、擁壁などに設置したい
- (2)使用することで防災体制を充実したい
- (3)逃げ遅れをなくしたい
- (4)災害や事故を未然に防ぎたい
- (5)安価であれば使用したい
- (6)試しに使って有効かどうか確認したい
- (7)鉄道の運行の判断に活かしたい
- (8)道路の通行の判断に活かしたい
- (9)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表6：問6に対する回答】



その他：

本市では既に試行的に利用をしております。

問 7

問5で「(1) 使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方:

試行的に設置したい斜面や擁壁などがありますか？

※問5で「(1) 使いたい」または「(2) 試行的に使ってみたい」と答えた方はあてはまるものを全て選んで必ずご回答ください

- (1) 試行的に設置したい斜面や大規模盛土法面がある
- (2) 試行的に設置したい擁壁などがある
- (3) 設置したいがどこが適切かわからない
- (4) よくわからない
- (5) その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表7：問7に対する回答】



その他：

本市ではこれから対策工事を実施する斜面において工事までの期間をモニタリングするために試行的に利用をしております。

問 8

問7で「(1) 試行的に設置したい斜面がある」または「(2) 試行的に設置したい擁壁などがある」と答えた方にお聞きします。具体的にどのような斜面や擁壁なのかについて、斜面の状態、擁壁の構造、被害が想定される内容などについて、分かる範囲で教えてください。

※後日、本コンソーシアムの参加企業で、試行的に無償でIoT傾斜センサーが設置できるかどうかを検討させていただきます。

回答：

擁壁工事済（土砂災害警戒区域）がけ地の上に民地が複数あり

2022年7月豪雨により国道沿いで土砂崩れが発生し、町全体が孤立した経験から、同様の事例を無くしたいと考えている。

本町の災害物資拠点が警戒区域内にあるので、裏山の斜面に設置してみたい。

土石流の危険性がある地域で警戒レベル4が頻発されていた地域

土砂災害警戒区域に指定されており、宅地などが隣接する斜面で、擁壁はなく、崩壊した場合人命・財産に大きな被害をもたらす可能性がある。

本町は中山間地域にあるため町内に多数のレッドゾーンがある。地域に代わりになる施設がないため、レッドゾーンがかかっている指定緊急避難場所や指定避難所がある。そのような施設の裏山斜面等が想定される。

問 9

「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング」にあたって懸念事項や支障となる事項があれば教えてください。

※その理由について、あてはまるものを全て選んでください。

- (1)関心が持てない
- (2)費用がない
- (3)斜面が多く設置箇所を選定しにくい
- (4)住民の理解を得にくい
- (5)設置に手間がかかりそう
- (6)性能や耐久性に不安がある
- (7)空振りや見逃しが心配である
- (8)精度が十分かどうか不安である
- (9)操作や扱いが難しそうである
- (10)警戒を判断する基準が確立されていない
- (11)現在の防災情報や体制で十分である
- (12)情報を発信しても避難してくれない可能性がある
- (13)避難のタイミングが難しい
- (14)斜面の地主の理解を得にくい
- (15)斜面モニタリングよりもハード対策を行いたい
- (16)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表 8：問 9 に対する回答】



その他：

モニタリングの必要がある斜面がないため、導入の必要性を感じない。

〇〇都道府県 〇〇市町村

斜面において点的な観測になるため、設置位置の判断がむずかしい。

〇〇都道府県 〇〇市町村

イニシャルコスト、ランニングコストが高額であると捻出が難しい

〇〇都道府県 〇〇市町村

土砂災害警戒区域に指定されているが法面崩壊することが起きると思えない

〇〇都道府県 〇〇市町村

土砂災害警戒区域の指定は千葉県が行うため市ではあまり活用方法がない。

〇〇都道府県 〇〇市町村

## 問 10

管轄される区域に土砂災害の危険性がある箇所がどの程度あるか教えてください。

自治体で土砂災害警戒区域に指定されている箇所がある場合には、その箇所数をお答えください。また、そうでない場合は、危険だと思われる箇所数をご回答ください。

土石流の危険がある箇所数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

土石流の危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

急傾斜の崩壊の危険がある箇所数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

急傾斜の崩壊の危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

地滑りの危険がある箇所数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

地滑りの危険がある箇所のうち、特に警戒すべき区域（特別警戒区域）数 **必須**

数値を記入して下さい。概数でも結構です。

\_\_\_\_ 箇所

※回答は非公開

## 問 11

管轄される区域において、この 10 年間の土砂災害の経験について教えてください。

※ 1つ選んでください

- (1)数箇所で甚大な被害がたびたび生じた
- (2)数箇所で甚大な被害が生じた
- (3)数箇所の軽微な被害にとどまっている
- (4)被害はほとんど発生していない

回答：

【表 9：問 11 に対する回答】

(1)数箇所で甚大な被害がたびたび...	1
(2)数箇所で甚大な被害が生じた	13
(3)数箇所の軽微な被害にとどまっ...	31
(4)被害はほとんど発生していない	22

**問 12**

**土砂災害に対する地域住民の意識について教えてください。**

**※ 1つ選んでください**

- (1)非常に関心がある
- (2)ある程度関心がある
- (3)あまり関心がない
- (4)ほとんど関心がない

**回答：**

【表 10：問 12 に対する回答】



### 問 13

土砂災害に対する防災対策として講じられている事項を教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)土砂災害ハザードマップの作成・配布
- (2)防災計画や事業継続計画などの策定
- (3)自主防災組織の結成と育成
- (4)避難訓練
- (5)避難のタイミングの周知
- (6)土砂災害に関する教育や啓発
- (7)土砂災害警戒情報の収集
- (8)避難指示の発令
- (9)防災対策本部の設置
- (10)豪雨時の見回り
- (11)避難場所の指定と開設
- (12)前兆現象の確認
- (13)急傾斜の斜面や地滑りへのハード対策
- (14)関係者の緊急連絡網
- (15)災害時の支援協定の締結
- (16)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表 11：問 13 に対する回答】



その他：

衛星 SAR を活用した地盤の変動観測

〇〇都道府県 〇〇市町村

防災行政無線等の警報手段の整備

〇〇都道府県 〇〇市町村

全町域の公共測量（航空写真、レーザ計測、MMS）を実施し、0.5mグリッド数値標高モデルを作成している

〇〇都道府県 〇〇市町村

## 問 14

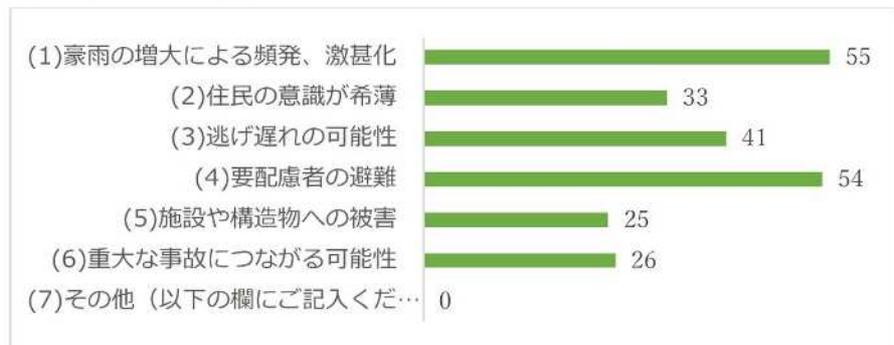
土砂災害について懸念されている事項があれば教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)豪雨の増大による頻発、激甚化
- (2)住民の意識が希薄
- (3)逃げ遅れの可能性
- (4)要配慮者の避難
- (5)施設や構造物への被害
- (6)重大な事故につながる可能性
- (7)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表 12：問 14 に対する回答】



その他：

問 15

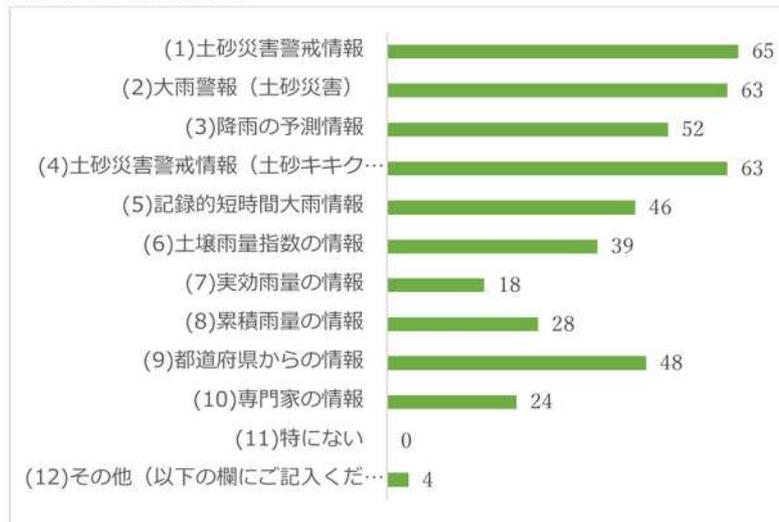
土砂災害に対する避難において、活用している情報を教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)土砂災害警戒情報
- (2)大雨警報（土砂災害）
- (3)降雨の予測情報
- (4)土砂災害警戒情報（土砂キキクル）
- (5)記録的短時間大雨情報
- (6)土壌雨量指数の情報
- (7)実効雨量の情報
- (8)累積雨量の情報
- (9)都道府県からの情報
- (10)専門家の情報
- (11)特にない
- (12)その他（以下の欄にご記入ください）

回答：

【表 13：問 15 に対する回答】



その他：

避難情報については、防災部局が土砂災害警戒情報等を活用し判断

都道府県 市町村

気象台による気象解説

都道府県 市町村

気象庁からの情報、お天気アプリ

都道府県 市町村

気象庁ホットライン、Windy、ECMWF、Naval Oceanography Patrol

都道府県 市町村

問 16

現在、斜面のモニタリングに活用している方法があれば教えてください。

※あてはまるものを全て選んでください

- (1)土壌水分計によるモニタリング
- (2)GPS や GNSS によるモニタリング
- (3)衛星データによるモニタリング
- (4)孔内傾斜計によるモニタリング
- (5)伸縮計によるモニタリング
- (6)目視によるモニタリング
- (7)特にない
- (8)その他 (以下の欄にご記入ください)

回答：

【表 14：問 16 に対する回答】



その他：

全町域の航空レーザー計測レベル1000を実施して、3次元データを取得している

都道府県 市町村

ワイヤーセンサーによる監視

都道府県 市町村

民間企業によるセンサーバイル実証実験への協力

都道府県 市町村

## 問 17

### その他、ご意見などがあればご記入ください。

変動の閾値について 傾斜センサーの設置にあたり、危険等のアラートを出す閾値(どの程度変動していたら危ない等)について何か知見等ございましたらご教授頂きたいです。

〇〇都道府県 〇〇市町村

IoT センサーによる斜面モニタリングの利点として、費用が安価であることを挙げられていますが、具体的な価格を知りたいと思いました。IoT 傾斜センサーの設置はハード対策より安価とありますが、IoT 傾斜センサーの設置をするだけでハード対策は施さないということは難しいと思いますので、IoT 傾斜センサーの設置の有無に関係なく、ハード対策が必要になってくるのではないのでしょうか。また、センサーが異常を検知してから避難する時間的な余裕はあるのでしょうか。

〇〇都道府県 〇〇市町村

土砂災害による町の孤立は、大きな病院のない町としては救急搬送が発生するなどした場合、災害の二次被害的な死亡が発生する可能性があります。主要道路だけでも、事前に予測できる体制が確立できれば、住民の安心安全の確保につながると思います。

〇〇都道府県 〇〇市町村

デジタル田園都市国家構想交付金を利活用して、全町域のデジタルオルソ地上解像度10cmレベル1000、デジタルマップレベル1000、0.5mグリッド数値標高モデル、3D都市モデル(LOD1)、モバイルマッピングシステム(車載レーザー)町内道路全域など行っているが、レーザー計測(設計仕様4点/m:実際平均20点/m程度)による等高線データをDMデータに反映するなど、微地形地図などをもとに土砂災害への対策など応用をおこなってきたいと考えております。センサー設置など実証実験などあれば、3次元測量成果、現地実地などを状況に応じて利用・ご相談など、いただければと存じます。

〇〇都道府県 〇〇市町村

北海道胆振東部地震以降、本町にも同種の提案をされる企業様が複数いらっしゃいましたが、共通事項としてシステム開発、実績作りが先行し、具体的に市町村がどのような運用をするかといった制度設計がほぼ考慮されていない部分が見られます。今後気象業務法第23条及び関係政令の改正が見込まれているとお話しも一部で見聞しますが、現状市町村が高齢所等避難や避難指示といった避難情報発令の運用に堪えうるシステムは、気象庁や国土交通省といった公官庁のシステムのほかないものと認識しております。本システムを運用した際、センサーが人命を左右するという事の重大性を深くご認識いただき、真に市町村の防災業務に寄り添ったシステム開発を切に願います。

〇〇都道府県 〇〇市町村

アンケートへの回答はいたしましたが、メールは防災危機管理室共通メールですのでDM等はお断りいたします。

〇〇都道府県 〇〇市町村

### (9) クロス集計結果

「A. IoT傾斜センサーの関心の有無」と「B. 過去の被害の有無」と「C. 地域住民の土砂災害に対する意識」と「D. IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングにあたっての懸念事項や支障となる事項」の4項目について、クロス集計をおこなった。その結果を以下に示す

#### 【A. IoT傾斜センサーの関心の有無で分析】

##### 問 2

先の説明を読んで、「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング」に関心を持たれましたか？

※ 1つ選んでください

- (1)非常に関心がある
- (2)ある程度関心がある
- (3)あまり関心がない
- (4)関心がない

回答：

【表 2：問 2 に対する回答】



#### 【B. 過去の被害の有無で分析】

##### 問 11

管轄される区域において、この 10 年間の土砂災害の経験について教えてください。

※ 1つ選んでください

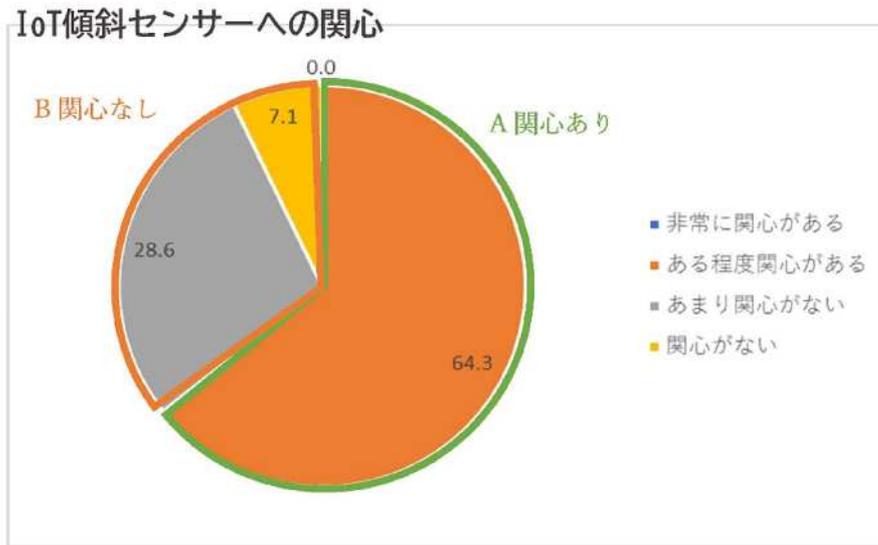
- (1)数箇所で大被害がたびたび生じた
- (2)数箇所で大被害が生じた
- (3)数箇所の軽微な被害にとどまっている
- (4)被害はほとんど発生していない

回答：

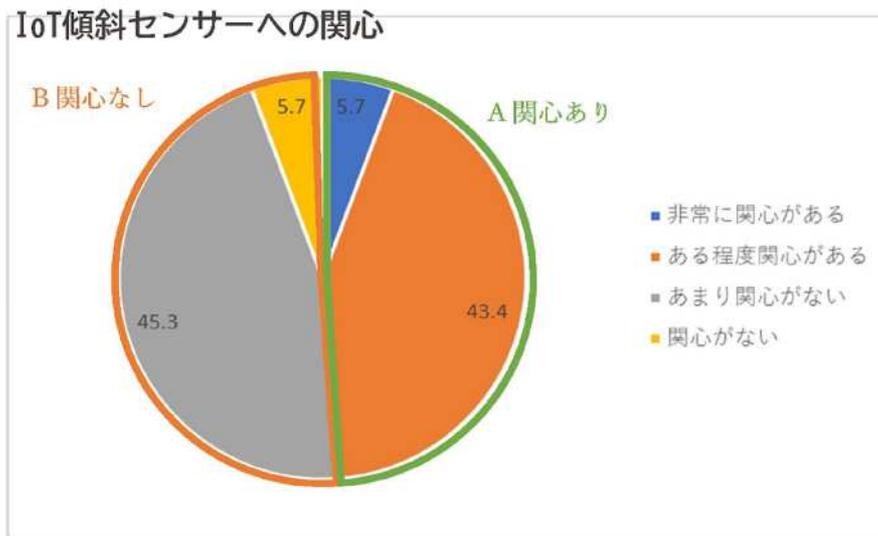
【表 9：問 11 に対する回答】



「A. IoT傾斜センサーの関心の有無」と「B. 過去の被害の有無」との相関を示す。



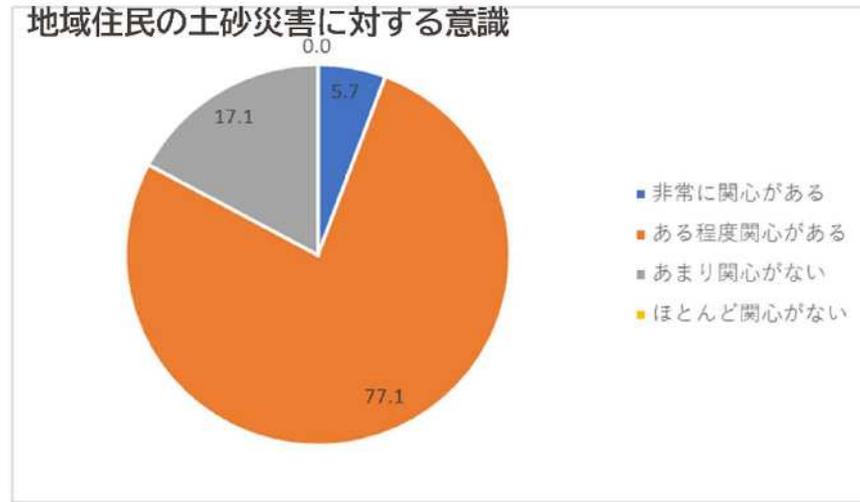
C 過去に大きな被害あり



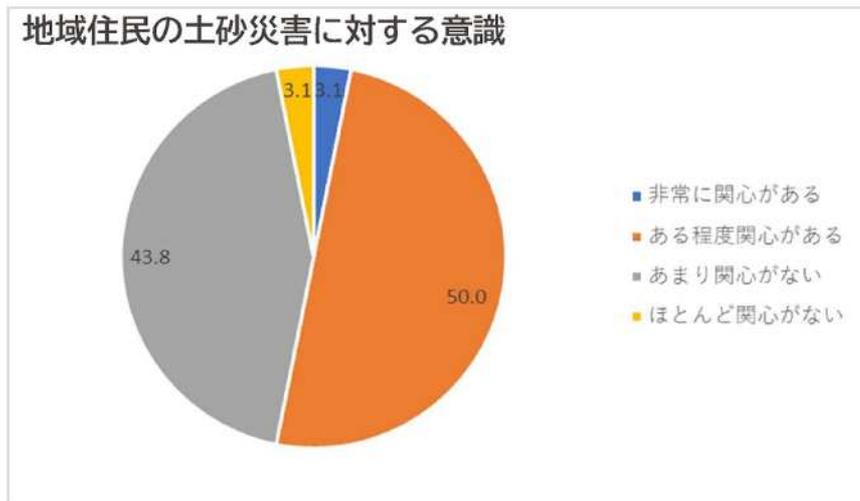
D 大きな被害なし

これより、過去に大きな被害があった自治体の方が、IoT傾斜センサーへの関心が高いことが分かる。

「C. 地域住民の土砂災害に対する意識」と「A. IoT傾斜センサーの関心の有無」の相関を示す。



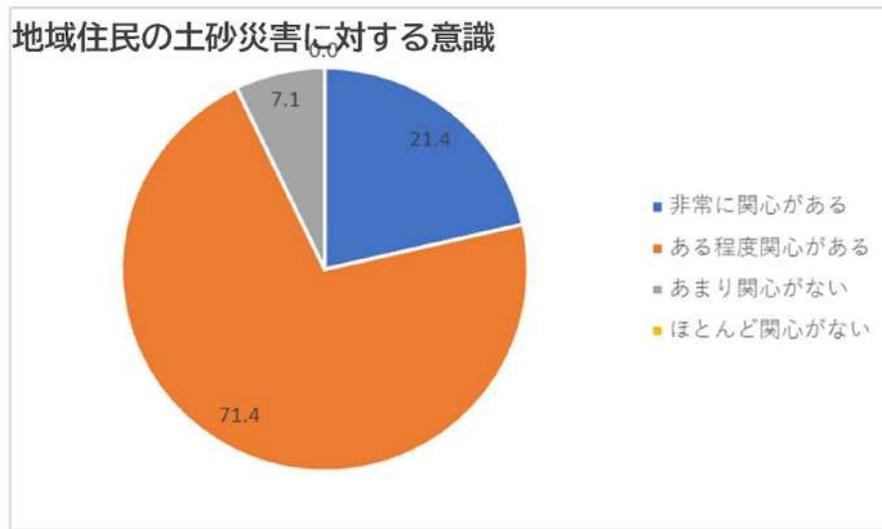
A 関心あり



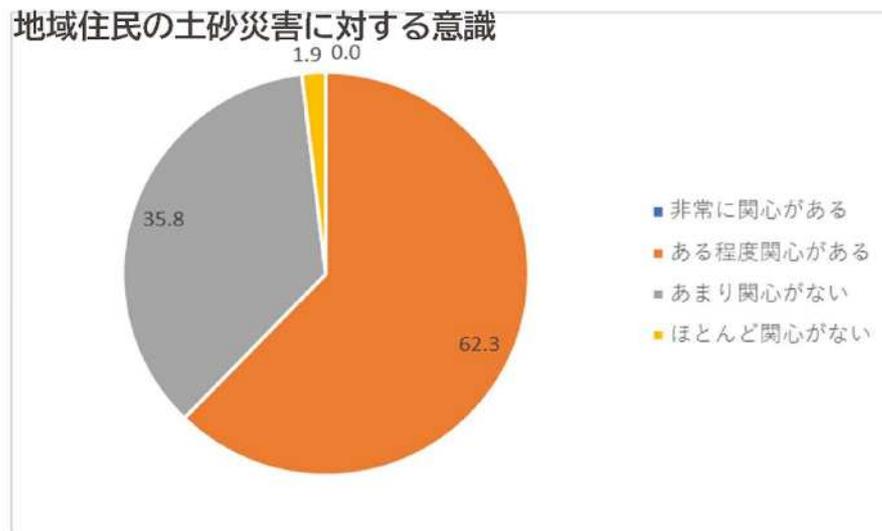
B 関心なし

これより、地域住民の土砂災害に対する意識が高い自治体の方が、IoT傾斜センサーへの関心も高いことが分かる。

「C. 地域住民の土砂災害に対する意識」と「B. 過去の被害の有無」との相関を示す。



C 過去に大きな被害あり



D 大きな被害なし

これより、過去に土砂災害が発生した自治体では、地域住民の土砂災害に対する意識が高いことが分かる。

「D. IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングにあたっての懸念事項や支障となる事項」と「A. IoT傾斜センサーの関心の有無」との相関を示す。

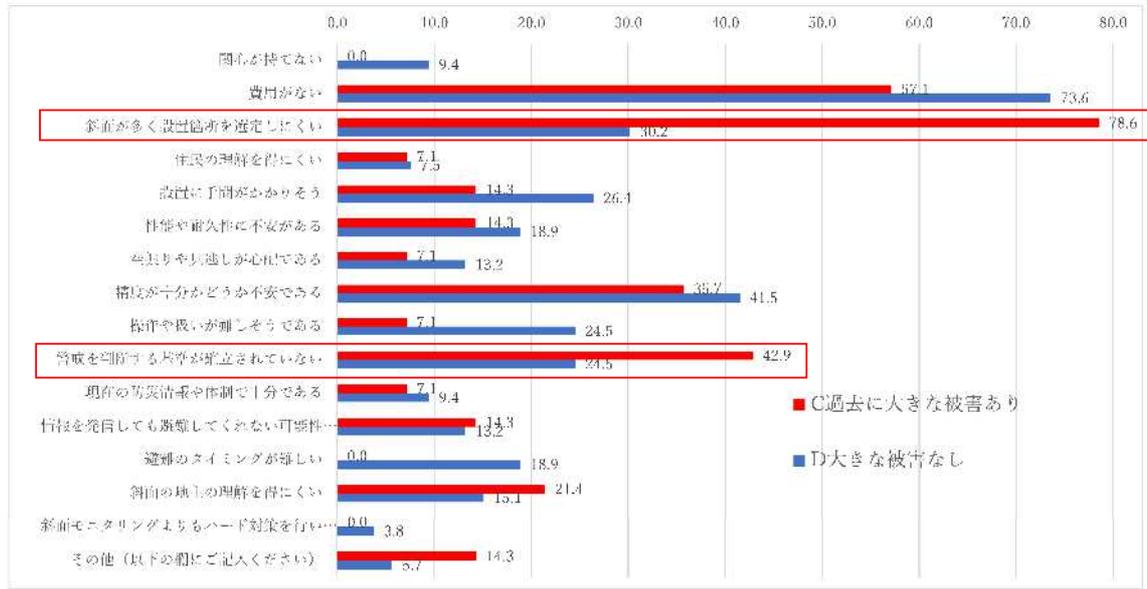


これより、

- ・「住民の理解を得にくい」という回答が傾斜センサーに関心なしの自治体からのみ得られた。
- ・傾斜センサーに関心ありの自治体の方が「空振りや見逃しが心配である」と考えている。
- ・傾斜センサーに関心ありの自治体の方が「精度」に不安を持っている。

ことが分かる。

「D. IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングにあたっての懸念事項や支障となる事項」と「B. 過去の被害の有無」との相関を示す。



これより、「過去に大きな被害ありの自治体」の方が適用性の懸念や支障事項（設置箇所を選定しにくい、警戒判断の基準が未確立）が多いことが分かる。

### 3-4-2 コンソーシアムWebサイトの構築

#### (1) 目的

- ・コンソーシアムの情報発信
- ・コンソーシアムの信頼性
- ・市場開拓のためのポータルサイトとしての機能の確保

#### (2) コンテンツ

- ・コンソーシアムの概要（背景と目的、IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングとは？、目標）
- ・会員企業
- ・各社の傾斜センサー/事例の紹介→各社のWebサイトへのリンク
- ・情報発信/情報交換（学識経験者の講演概要等）
- ・成果/投稿論文
- ・傾斜センサーコンソーシアムに関する問合せ

#### (3) ポータルサイト

本コンソーシアムのホームページは、以下のURLである。

<https://tiltsensorcon.com/>

以下に、ホームページの内容を示す。

#### 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム



本コンソーシアムは、「斜面災害からの『逃げ遅れゼロ』を促進することで、人命・財産を守る」を目標に、全国地質調査業協会連合会の支援を受けて「新マーケット創出型・提案型事業」として設立しました。

コンソーシアムの概要

会員企業

傾斜センサー・事例の紹介

情報発信・情報交換

成果 / 投稿論文

コンソーシアムに関する問合せ



## ●コンソーシアムの概要

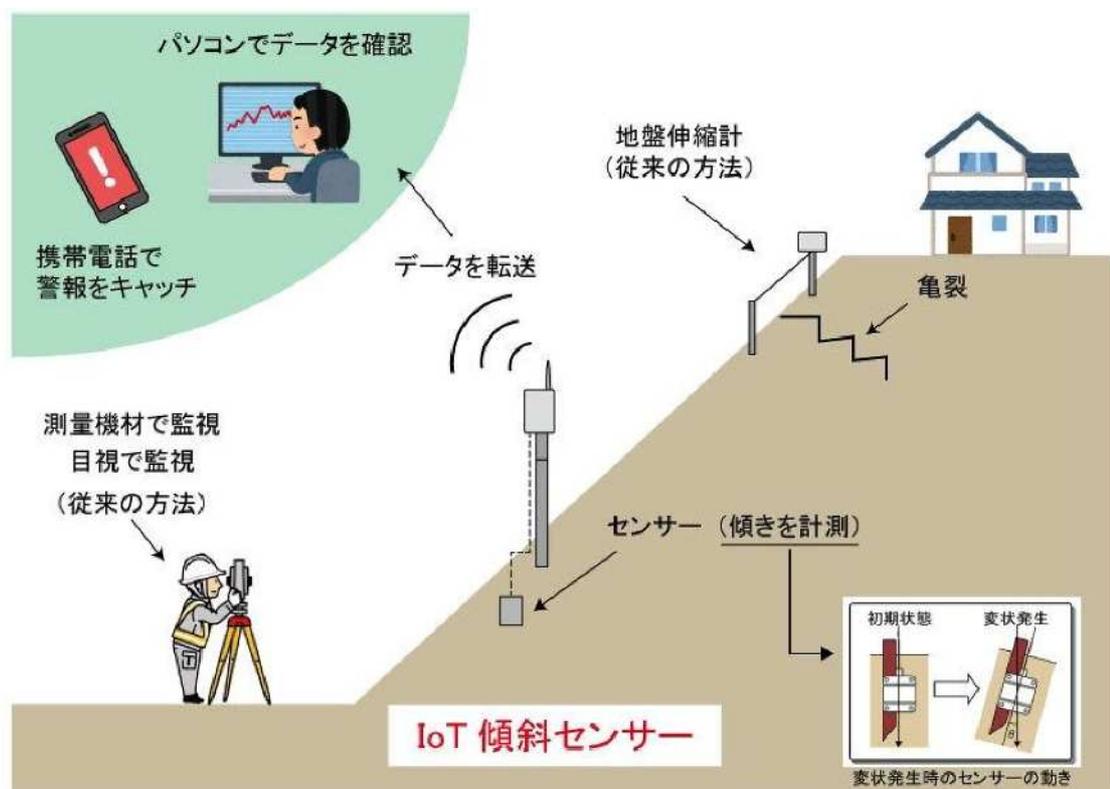
### 背景と目的

- 近年、気候変動の影響を受け、全国各地で土砂災害が多発し、激甚な被害が生じているが、対策としてハード、ソフトの取組が展開しているものの、被害が低減しされていない。
- 安価で設置が容易なIoT傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのシステムが複数開発されており、斜面崩壊の予兆をキャッチして早期警報を発令することで、その被害を低減することへの貢献が期待される。
- しかしながら、このようなIoT傾斜センサーは国内および海外においても設置されている斜面はまだ少なく、実際に崩壊を捉えた事例も少ない現状がある。
- そのため、IoT傾斜センサーによる斜面監視モニタリングの認知度を高め、その潜在マーケットを開拓して普及を図っていくことによって、社会の防災・減災に貢献することを目的とする。

### IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングとは？

IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングは、急傾斜地の崩壊（がけ崩れ）の危険性を監視するもので、IoT傾斜センサーを地中に埋設し、遠隔地からモニタリングによって、崩壊を予測しようとするものです。

従来の目視や測量機材による点検よりも正確で、人の手がかかりません。また、地盤伸縮計などの方法に比べても、容易かつ安価で、リアルタイムの自動監視データをパソコンやスマートフォンで確認でき、崩壊の危険度に応じた警報を出すことができます。国内でも10社以上が開発しています。



## 目標

### 【上位目標】

斜面災害からの『逃げ遅れゼロ』を促進することで、人命・財産を守る。

### 【目標】

IoT傾斜センサーを用いた多点配置モニタリングによる防災ビジネスマーケットを開拓・拡大する。

### 【成果イメージ】

#### 技術開発

- 斜面の傾斜データの共有による斜面の挙動の傾向が把握される（斜面の健康診断へ）。
- IoT傾斜センサーの適用性が明確になり、多点配置モニタリングが標準化される。
- 斜面防災への適用の有効性が実証され、有識者や国の機関にオーソライズされる。
- 管理基準値のオーソライズへの足掛かりが得られる。

#### 市場開拓

- IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングの必要性・有効性の認識が広がり、認知度が高まる。
- 多点配置モニタリング・情報配信システムの積算歩掛が整備される。
- 国内の道路斜面、宅地斜面への市場が開拓される（公共予算、制度確立など）。
- 海外展開の展望が開ける（ODA への適用の深化など）。

#### ●会員企業

1. (株)アサノ大成基礎エンジニアリング
2. (株)アバンス
3. 応用地質(株)
4. (株)興和
5. 国際航業(株)
6. (株)相愛
7. (株)日さく
8. (株)東建ジオテック
9. 東邦地土工機(株)
10. 東邦地水(株)
11. (株)東横エルメス
12. 明治コンサルタント(株)
13. 沖電気工業(株)(オブザーバー)
14. 大日コンサルタント(株)(協力企業)
15. 中央開発(株)(幹事会社:事務局)

(五十音順)

●各社の傾斜センサーの紹介 → 各社のWebサイトへのリンク



●情報発信・情報交換（学識経験者の講演概要等）

2022.6.23 講演報告：斜面災害の近況とモニタリングに基づく安全の達成

東畑郁生（東京大学名誉教授、関東学院大学客員教授）

2022.8.24 講演報告：「避難スイッチ」を中心とした豪雨災害避難対策

矢守克也（京都大学防災研究所・教授）

2022.11.1 講演報告：四国C X研究会の設立とトライアングル愛媛の取組

安原英明（愛媛大学大学院理工学研究科 教授）

2024.04.25 講演報告：水文地形モデリングに基づく斜面災害のハザード評価

松四雄騎（京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 教授）

### 3-4-3 関係省庁への働きかけ

表3-4にヒアリング結果一覧表、表3-5に話題提供および意見交換会一覧表に示す。

表3-4 ヒアリング結果一覧表

番号	日時	ヒアリング対象者	コンソーシアム 出席者（敬称略）
①	R4.9.14	省庁A	宮本・佐藤渉・王寺
②	R4.9.14	省庁B	宮本・佐藤渉・谷川・ 王寺
③	R4.9.22	省庁C	宮本・佐藤渉・王寺
④	R4.9.29	省庁D	宮本・谷川・王寺
⑤	R4.11.15	行政法人	宮本・王寺
⑥	R5.5.22	省庁E	王寺・谷川・佐藤渉・ 藤谷
⑧	R5.6.16	省庁F	谷川

表3-5 話題提供および意見交換会一覧表

番号	日時	関係省庁	内容
⑥	R4.11.2	省庁G	地すべり事業
⑦	R4.11.2	省庁H	地すべり事業

### 3-4-4 論文投稿および発表

本コンソーシアムでの活動内容を「技術開発ワーキング」と「市場開拓ワーキング」に分けて、令和5年9月6～7日開催の「全地連技術フォーラム2023横浜」と令和6年9月26～27日開催の「全地連技術フォーラム2024新潟」の2回にて投稿、発表した。

#### **■令和5年度 全地連技術フォーラム2023横浜**

##### **【技術開発ワーキング】**

- タイトル：傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムの活動報告（IoT傾斜センサーが捉えた表層崩壊事例と管理基準値の設定に向けた考察）
- 発表者：八木 雅（応用地質株式会社）

##### **【市場開拓ワーキング】**

- タイトル：傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムの活動報告（市場開拓ワーキング）
- 発表者：森 大器（中央開発株式会社）

#### **■令和6年度 全地連技術フォーラム2024新潟**

##### **【技術開発ワーキング】**

- タイトル：斜面傾斜コンソーシアム技術開発WGの活動報告（IoT傾斜センサーによる斜面の変形及び崩壊のプロセスの考察と新たな管理基準値の暫定案）
- 発表者：谷川 正志（応用地質株式会社）

##### **【市場開拓ワーキング】**

- タイトル：斜面傾斜コンソーシアム市場開拓WGの活動報告
- 発表者：森 大器（中央開発株式会社）

# 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムの活動報告 (IoT 傾斜センサーが捉えた表層崩壊事例と管理基準値の設定に向けた考察)

応用地質株式会社 ○八木 雅

全地連コンソーシアム「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓

## 1. はじめに

IoT 傾斜センサーとして開発された多くの地表面傾斜計は、斜面の表層の変形を安価で多点に設置ができるメリットがある。一方で、災害時などの管理基準値は手動での測定による古い基準<sup>1)</sup>であるため、管理を伴う現場での適用が難しいデメリットもある。そこで、全国地質調査業協会連合会では、2022年4月にIoT 傾斜センサーを開発メーカーと地質コンサルタントの計15社による「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム」(以下、全地連傾斜計コンソーシアムとする)を設立し、表層崩壊が懸念される斜面に集中的にセンサーを設置しモニタリングを開始した。その結果、2023年3月23日の夕刻に斜面崩壊が発生し、表層崩壊が発生する間の斜面の変化をIoT 傾斜センサーによるデータを取得することができた。本論文は、この表層崩壊のデータにより、繰り返し変形する斜面の「状態の変化」と降雨との相関について土壌雨量指数を指標として考察し、IoT 傾斜センサーの管理基準値の設定の可能性と今後の課題と展望について述べるものである。

## 2. IoT 傾斜センサーと管理基準値設定に向けた取り組み

地盤の傾斜を測定する機器には、伸縮計や孔内傾斜計、地表面傾斜計など多様であるが、昨今のIoT 技術により開発された地表面傾斜計は安価かつ設置が容易であることから、地表の変位を簡便に調べる機器として期待されている。しかしながら、伸縮計や孔内傾斜計のような十分な経験値に基づく管理基準値が不十分であるため、適用できる場面に限りがあった。この課題に対して、全地連傾斜計コンソーシアムの内、傾斜計メーカーの7社により2022年6月からA地区におけるモニタリングを開始した。

表 1 IoT 傾斜センサーの参加企業 (傾斜計メーカー)

・株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング
・応用地質株式会社
・沖電気工業株式会社
・株式会社興和
・中央開発株式会社
・株式会社東横エルメス
・明治コンサルタント株式会社 計7社

## 3. A 地区での表層崩壊の発生

A地区は、三波川帯の泥質片岩主体(一部、砂質片岩)にある明瞭な地すべり地であり、現地において引張域と水平移動域、そして圧縮域が明瞭である(図-1参照)。特に圧縮域では、表層崩壊が発生しており、地すべり端部での崩壊による浸食が進行している(図-1、図-2参照)。各社のIoT 傾斜センサーは、崩壊地形に隣接した勾配45°の岩砕が分布する斜面に設置し、崩壊地形の上部斜面の比較的岩塊が残る箇所にも設置した(図-2参照)。モニタリングを行った結果、崩壊地形の上方斜面に設置したIoT 傾斜センサーは明瞭な変形は見られなかったが、隣接する勾配45°の岩砕が分布する斜面にIoT 傾斜センサーは降雨時に明瞭な変形を示した(図-4参照)。

表層崩壊が発生した5日後には、現場視察を行った。崩壊幅は5m程度、斜面長10m程度の小規模な表層崩壊であった(図-3参照)。崩壊した土砂の一部は直下に堆積していた。崩壊部にあったセンサーは、土砂に巻き込まれたものもあるが、確認できたセンサーはすべて前に倒れ込んでいた。



図-1 A 地区の SfM による立面図(2023年3月28日撮影)

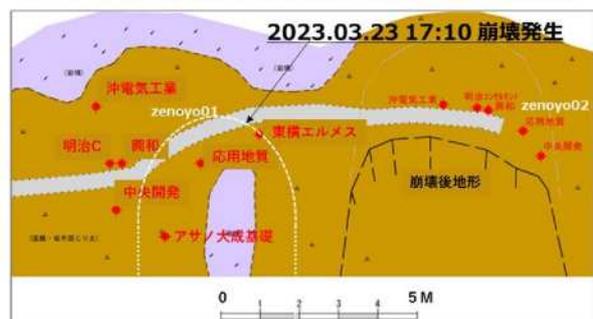


図-2 設置平面位置図(白点線の箇所が崩壊箇所)

明瞭に変形を捉えたセンサー群の代表として応用地質のセンサ（以下、zenoyo01と呼ぶ）について動態の特徴を述べる。変形は常に前傾し、降雨時に変形が大きく（角速度が早くなる）なる傾向を繰り返した。特に、最寄りの雨量計により算出した土壌雨量指数<sup>2)</sup>と角速度のピークは、明瞭な相関が確認された。2022年9月19日の台風14号の影響による降雨（最大時間雨量26mm、土壌雨量指数185）では大きく前傾（最大の角速度：0.52° / 時間）し、降雨による変形がより顕在化した（図-4参照）。

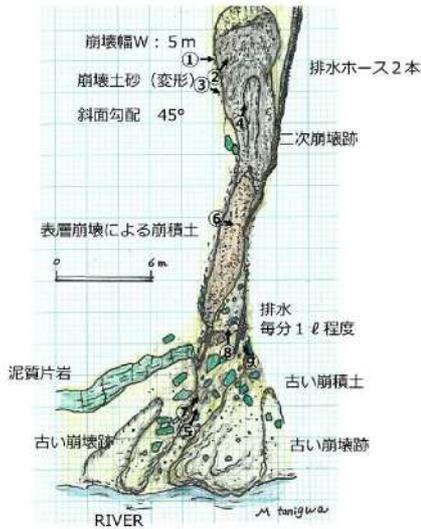


図-3 2023年3月28日の表層崩壊後の現地視察

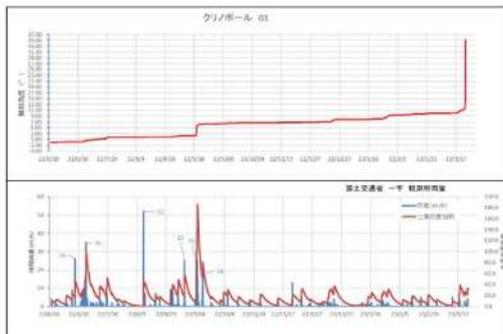


図-4 zenoyo01の傾斜計の変化と雨量との相関図

表層崩壊は、2023年3月23日の17:10に発生した。変形は、土壌雨量指数のピークであった3月23日8:00から角速度が0.02° / 時間を超えて変形が継続し、明瞭なクリーブ曲線を描き、角速度が66.34° / 時間に達して崩壊へと至ったものである。

#### 4. IoT 傾斜センサーによる管理基準値(案)の考察

前述のように zenoyo01は、土壌雨量指数のピークと角速度のピークに明瞭な相関があることから、これをグラフ化（図-5参照）した結果、下記の特徴が確認された。

- ・角速度が概ね0.02° / 時間を超過すると角速度が加速度的に大きくなる。
- ・上記の角速度の変化は、降雨時の土壌雨量指数が高ま

る際に生じるが、必ずしも一律ではない。

- ・降雨が少ない場合でも角速度が0.1° / 時間を超過すると変形は加速度的に継続し、本事例では崩壊へ至った。
- ・2022年9月19日の台風14号では、土壌雨量指数が180を超過し、角速度が0.52° / 時間に達しても崩壊へは至らなかった。

上記の特徴から角速度と土壌雨量指数の相関図に危険度のレベルを意識した閾値を加筆した（図-5参照）。これをテンプレートにすることで、土壌雨量指数を考慮した角速度による危険度のレベル区分（管理基準値の設定）が可能ではないかと考えた。

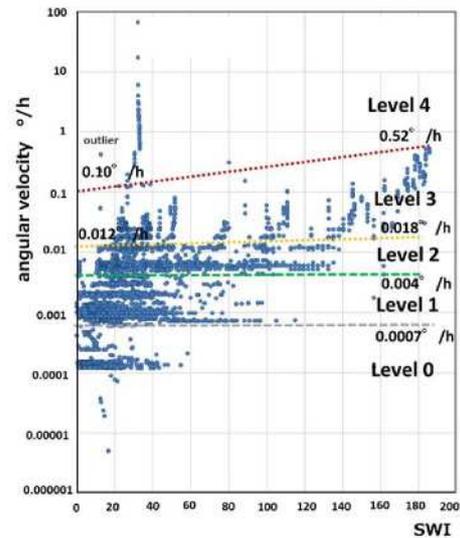


図-5 角速度と土壌雨量指数との相関図

#### 5. 今後の課題と展望

本論文では、IoT 傾斜センサーが崩壊を捉えた事例から角速度と土壌雨量指数との相関性図をテンプレートとした危険度のレベル区分の設置（管理基準値の設定）の可能性について提言した。今後はIoT 傾斜センサーによる崩壊事例データを更に増やし、危険度のレベル区分の妥当性を検証し、閾値の精度を向上させる必要がある。また角速度との相関値として、現地の雨量や、土壌雨量指数以外の土壌水分との関係についても検証していく必要がある。

今後は、上記の課題を整理し、安価かつ設置が容易なIoT 傾斜センサーによる斜面管理の普及に繋げることにより、安心・安全な社会の実現に寄与したいと考えている。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 高速道路調査会: 地すべり危険地における動態観測施工に関する研究 (その3). 1988.
- 2) 岡田憲治 (2000): 土砂災害の軽減に向けた「土壌雨量指数」の開発. 消防科学と情報, No.60

## 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムの活動報告（市場開拓ワーキング）

中央開発株式会社 ○森 大器

全地連コンソーシアム「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓」

### 1. はじめに

近年、気候変動の影響などを受け、全国各地で土砂災害が多発し、激甚な被害が生じている。その対策としてハード、ソフトの取組が展開されているものの被害を低減しきれていない。このような中、近年 IoT 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのシステムが複数開発されてきており、斜面崩壊の予兆をキャッチして早期警報を発令することで、その被害を低減することへの貢献が期待される。しかしながら、このような IoT 傾斜センサーは国内および海外においても設置されている斜面はまだ少なく、実際に崩壊を捉えた事例も少ない現状がある。

そのため、IoT 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングの認知度を高め、その潜在マーケットを開拓して普及を図ることで、社会の防災・減災に貢献することを目的として、「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム」を設立した。本コンソーシアムは全国地質調査業協会連合会が支援する新マーケット創出・提案型事業に令和 4 年 4 月に採択され、会員企業 15 社で構成されている（表-1）。

表-1 コンソーシアム会員企業

企業名	傾斜センサー	備考
株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	○	
株式会社アバンス		
応用地質株式会社	○	
株式会社興和	○	
国際航業株式会社		
株式会社相愛		
株式会社日さく		
株式会社東建ジオテック		
東邦地下工機株式会社		
東邦地水株式会社		
株式会社東横エルメス	○	
明治コンサルタント株式会社	○	
中央開発株式会社	○	幹事会社
沖電気工業株式会社	○	オブザーバー
大日コンサルタント株式会社		協力会社

### 2. コンソーシアムの活動

本コンソーシアムでは、「斜面災害からの“逃げ遅れゼロ”を促進することで、人命・財産を守る」、「傾斜センサーを用いた多点配置モニタリングによる防災ビジネスマーケットを開拓・拡大する」を目標として活動している。具体的な活動は、「技術開発ワーキンググループ（以下WG）」と「市場開拓ワーキンググループ（以下WG）」の2つの分科会に分かれて行っている<sup>1)</sup>。本稿では主に市場開拓ワーキンググループの活動について報告する。

#### (1) 技術開発ワーキンググループ

技術開発 WG では、「斜面の IoT 傾斜センサーデータ

の共有による斜面の挙動の傾向の把握」、「管理基準値（閾値）の基準化」などを目標に活動している。今回非会員企業を含めた全12社の IoT 傾斜センサーメーカーに対してアンケートによる実態調査を行った。設問内容は主として IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリング開始の契機、技術的および市場的課題、さらには実績などである。その結果、各社の認識や問題意識は以下に示す共通な傾向が見受けられた。

- ・IoT 傾斜センサーのメリット（強み）は、設置の容易さ、安価さである。
- ・IoT 傾斜センサーのデメリット（弱み）は、管理基準値が存在しない、認知度が低いことである。
- ・IoT 傾斜センサーに対する要望は、設置条件（場所・数）の基準化である。
- ・顧客拡大のための取組みは、国への働きかけ、関連学協会や学識者の支援である。

#### (2) 市場開拓ワーキンググループ

市場開拓 WG では「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリングの必要性・有効性の認識、認知度の向上」を目標としている。これらの目標達成に対し、まずはユーザーのニーズを把握するため、全国市町村の防災担当セクションに対してアンケート調査を実施した。また本コンソーシアムのポータルサイトの構築による情報発信、関係省庁などへのヒアリングおよび意見交換会を行い、さらなる市場開拓に向けての活動を展開している。

### 3. 市場開拓 WG の活動報告

#### (1) アンケート調査

自治体に対するアンケート調査は、ユーザーのニーズ把握や IoT 傾斜センサーの紹介・認知度の向上を目的として行った。対象は市町村の防災担当セクション（777自治体）とし、土砂災害特別警戒区域（いわゆるレッドゾーン）を保有する全市町村から、県別に40%程度の区町村をランダムに抜き出した。アンケートには IoT 傾斜センサーのモニタリングについての概要も記載した。約2か月間の回答期間で67自治体から回答が得られた。また設問内容は IoT 傾斜センサーの認知度、試行使用の関心度、懸念事項や支障となる事項、さらには土砂災害に対する防災対策の現状や避難活用情報などである。

アンケート調査の結果、半数以上に当たる56自治体が IoT 傾斜センサーモニタリングについて「あまり知らなかった」または「知らなかった」という回答であった。

## 全地連「技術フォーラム 2023」横浜

しかし、アンケートを通して IoT 傾斜センサーのモニタリングに関心があると回答した自治体は半数に近い32自治体となっており、IoT 傾斜センサーモニタリングへの関心を示す結果となった。

図-1にアンケートの回答の一例を示す。設問は前問の「IoT 傾斜センサーによる斜面モニタリングに関心を持たれましたか」という問いに対して「関心がある」と回答した自治体に対して具体的にどのような点に関心があるかの回答である。これらの結果から、自治体では、災害情報の発信への活用や避難の警告の発出などへの活用が高い関心があることがわかった。

一方で、関心がないと回答した自治体の理由としては費用の不透明さや予算確保の難しさが挙げられた。



図-1 自治体向けアンケートの回答の一例

### (2) 関係省庁への働きかけ

関係省庁に対し、本コンソーシアムの存在・活動の認知、IoT 傾斜センサーの現状と今後の展望などについて、ヒアリングおよび意見交換会を実施した。現時点における対象者は5つの省庁関連部署である。ヒアリングおよび意見交換会にて関係省庁の担当者から伺った主な意見を下記に示す。

- ・IoT 傾斜センサーの設置箇所や設置数はどのように決めているのか、
- ・防災カルテ点検で活用が検討されている LP や SAR との組み合わせで活用できる可能性があるのではないか、
- ・道路通行止め解除の定量的な判断材料としての利活用できる可能性がある、
- ・IoT 傾斜センサーを活用した自治体の成功事例に関心がある、

また、ヒアリングにご協力いただいた関連部署の担当者からの話題提供では、モニタリングの現状や今後のIoT 傾斜センサーの適用可能性について情報提供を頂いたとともに、それについての議論を行った。

今後はコンソーシアムとして、自動モニタリング、住民や道路管理者への警戒情報の発信、工事中の安全管理、事業完了後のIoT 傾斜センサーを用いたモニタリング手法について検討し適宜提案していく予定である。

### (3) Web サイトの構築

コンソーシアム活動の情報発信を目的として Web サイ

トを構築・公開している<sup>2)</sup>。Web サイトでは、コンソーシアムの概要やIoT 傾斜センサーモニタリングについての説明、会員企業のIoT 傾斜センサーの紹介などを行っている。また、コンソーシアムで実施した学識経験者の講演内容などの情報を発信しており、コンソーシアムについての問合せも受付けている。



図-2 本コンソーシアムの Web サイト

### 4. 今後の展望

市場開拓 WG では、引き続き関係省庁への働きかけを行っていき、さらには先進自治体およびマスコミへの働きかけを行うとともに、技術展示会への出展、シンポジウムおよび学協会への技術論文投稿・発表を考えている。

### 5. おわりに

傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムでは、共通の目標達成に向け企業の枠を超えて、業界としてのIoT 傾斜センサーモニタリングの発展に向け活動している。今後もIoT 傾斜センサーモニタリングの潜在的または新規のマーケット開拓を行っていき、「斜面災害からの“逃げ遅れゼロ”を促進することで、人命・財産を守る」という上位目標の達成を目指していく所存である。

### 《引用・参考文献》

- 1) 地質関連情報 WEB, 新マーケット創出・提案型事業、傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム報告書  
[https://www.zenchiren.or.jp/market/pdf/R3con\\_report.pdf](https://www.zenchiren.or.jp/market/pdf/R3con_report.pdf)
- 2) 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム IIP  
<https://tiltsensorcon.com/>

# 斜面傾斜コンソーシアム技術開発 WG の活動報告 (Iot 傾斜センサによる斜面の変形及び崩壊のプロセスの考察と新たな管理基準値の暫定案)

応用地質株式会社 ○谷川 正志, 傾斜センサによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

## 1. はじめに

2022年4月に設立した「傾斜センサによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム(以下、コンソーシアムとする)では、技術開発WGとして表層崩壊やがけ崩れなどの斜面の変形および崩壊のデータが集積され参加した7社の内3社で崩壊を捉えた<sup>1)</sup>。コンソーシアムを含む200万程度のデータの解析では、土壌雨量指数と角速度の相関性や、斜面の段階的な変形の特徴が鮮明となった。本論文では、取得したデータに基づき、斜面変形が3つの段階に区分できる可能性を提示し、Iot 傾斜センサの角速度による管理基準値の暫定案を土壌雨量指数によるキキクル<sup>2)</sup>と対比して提示するものである。

## 2. 土壌雨量指数と角速度の相関性と変形ベクトル

日本各地で計測した200万程度のIot 傾斜センサのデータによる角速度と土壌雨量指数の相関を図-1に示す。

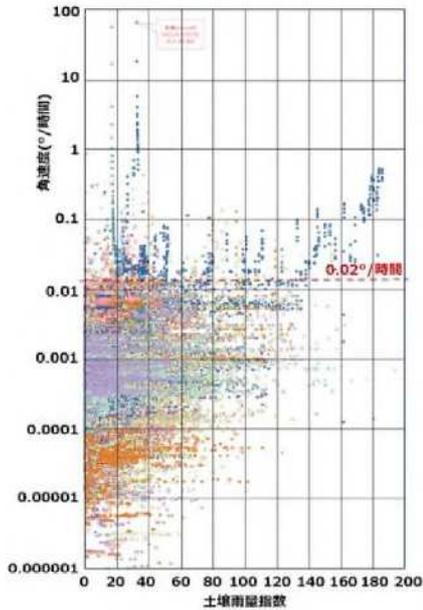


図-1 斜面変形の角速度と土壌雨量指数との相関図

上図の相関図から下記の特徴が確認された。

- ・角速度が0.02° /時間を超過すると継続的に変形が進む場合は、角速度が加速的に大きくなる。
- ・上記の角速度の変化は、降雨時の土壌雨量指数が高まる際に生じるが、必ずしも一律ではない。
- ・降雨が少ない場合でも角速度が0.1° /時間を超過した変形は加速的に継続し、2つの事例で崩壊へ至った。
- ・2022年9月19日の台風14号で確認された土壌雨量指数180の超過時には角速度が0.52° /時間に達したが崩壊には至っていない。

次に、X軸とY軸の合成角度によりIot 傾斜センサの変形ベクトルをオービットとして図-2に示す。

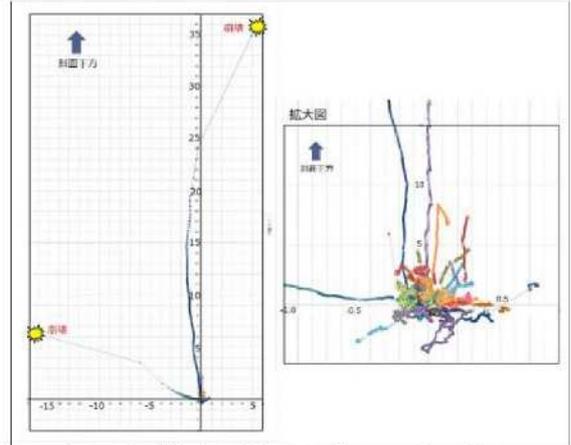


図-2 合成角度による変形ベクトルのオービット

上図の変形ベクトルでは、下記の特徴が確認された。

- ・初期の斜面変形では、変形ベクトルの軌跡がランダムである。
- ・斜面変形が進行した段階では変形ベクトルが一定の走向に収束する。
- ・人工的な外力によりIot 傾斜センサが反応した場合は、上記の軌跡を逸脱する。

## 3. Iot 傾斜センサによる斜面の変形の特徴

Iot 傾斜センサのデータを整理している過程で、下記の特徴的な斜面の変形があることを確認した。

- 1) 常時もしくは豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に特徴的な変形を示さない。
- 2) 豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に一時的に角速度0.02° /時間を超える斜面下方の変形を示すが、その後の無降雨時に斜面上方へと緩やかな角速度で変形が継続し、変形の累積変形が小さい(図-3左図参照)。
- 3) 豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に一時的に角速度0.02° /時間を超える斜面下方の変形を示し、その後の無降雨時でも0.02° /時間を下回る角速度を継続しながら徐々にその速度が収束する。(図-3右図参照)。
- 4) 3)の特徴的な変形が偏在化すると、わずかな降雨や小さな土壌雨量指数のピークでも敏感に反応し、角速度0.02° /時間を超える斜面下方の変形が頻繁に発生する。無降雨時に角速度も3)の変形よりは早い角速度となる。
- 5) 4)の特徴的な変形を繰り返す内、0.02° /時間を下

回らない角速度を継続し、かつ指数関数的に大きくなる。無降雨もしくは少量の雨で $0.1^\circ$ /時間を上回る角速度に達したものは2つ事例共に確認されているが、いずれも崩壊した（図-4参照）。

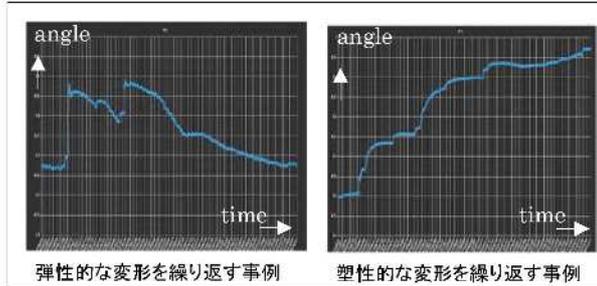


図-3 lot 傾斜センサによる特徴的な変形事例

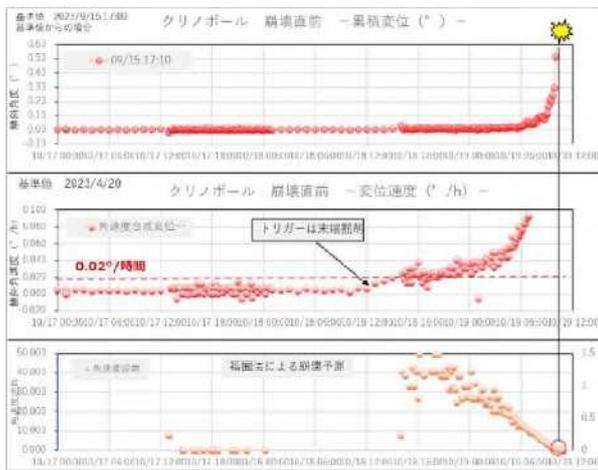


図-4 表層崩壊が発生した事例

4. 変形および崩壊のプロセスの考察

lot 傾斜センサによる変形と崩壊のデータに基づき、斜面の変形および崩壊のプロセスを整理した（図-5参照）。

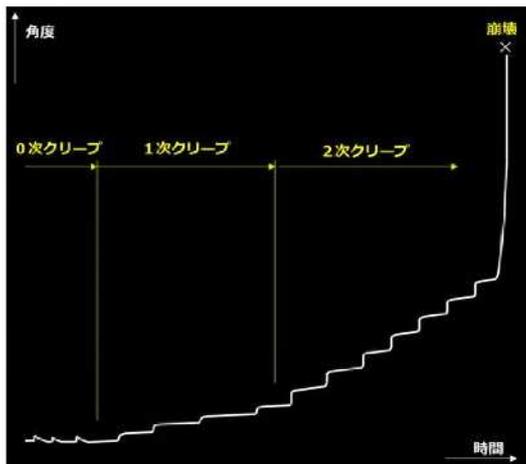


図-5 lot 傾斜センサによる変形と崩壊のプロセス図

上図のクリープの特徴とクリープレベル区分は、下記のように考察している。

0次クリープ：図-4の弾性的な変形の段階である。降雨

などの誘因により一時的に変化するが徐々に回帰。図-2のオービットは不規則。

1次クリープ：図-4の塑性的な変形の段階である。降雨などの誘因による変化と平常変形を伴う。

2次クリープ：1次クリープが顕在化した段階である。

※1次と2次は図-2のオービットは一定の走向を示す。

3次クリープ：変形が加速的に変化し崩壊に至る。

5. lot 傾斜センサの管理基準値の暫定案

lot 傾斜センサによる実測値を踏まえ、土壌雨量指数による災害発生危険度をレベル分けしたキキクル<sup>2)</sup>と、lot 傾斜センサによる角速度の変化を対比することで警戒レベル管理基準値の暫定案を提示する（図-5、表-1参照）。

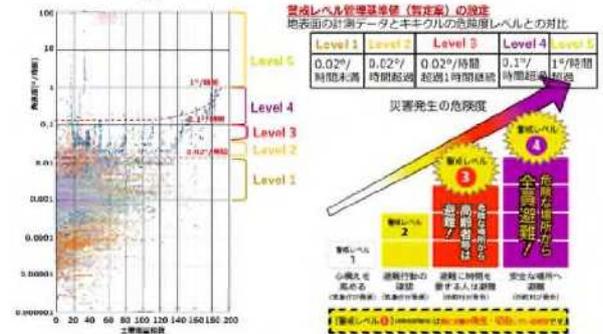


図-5 表層崩壊が発生した事例

表-1 lot 傾斜センサによる警戒レベル管理基準値の暫定案 地表面の計測データとキキクル<sup>2)</sup>の危険度レベルとの対比表

lot傾斜センサ	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
		0.02°/時間未満	0.02°/時間超過	0.02°/時間 超過1時間継続	0.1°/時間 超過
キキクル <sup>2)</sup> 警戒レベル	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
	心構えを高める	避難行動の確認	避難に時間を要する人は避難	安全な場所へ避難	災害が切迫・発生
	気象庁発表	気象庁発表	市町村発表	市町村発表	市町村発表

5. 今後の課題と展望

本発表では、全国の200万程度の lot 傾斜センサのデータの整理による斜面の変形及び崩壊のプロセスの考察と新たな管理基準値の暫定案を提言したものである。

今後は、地質や土質、斜面傾斜角度などの要因別の lot 傾斜センサの相関や、その理論的な裏付けを検討したいと考えている。

《引用・参考文献》

1) 八木雅, 全地連斜面傾斜コンソーシアム (2023) : 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムの活動報告 (IoT 傾斜センサーが捉えた表層崩壊事例と管理基準値の設定に向けた考察), 全地連技術フォーラム2023論文集, 論文 C088.

2) 気象庁 (IP, 2024. 5. 15閲覧) : キキクル (警報の危険度分布), <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/snow/sosai/risemap.html>

# 斜面傾斜コンソーシアム市場開拓 WG の活動報告

中央開発株式会社 ○森 大器

傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

## 1. はじめに

「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム」(以下、全地連傾斜センサーコンソーシアム)はIoT 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングの認知度を高め、その潜在マーケットを開拓して普及を図ることで、社会の防災・減災に貢献することを目的として令和4年4月に全国地質調査業協会連合会が支援する新マーケット創出・提案型事業に採択され発足した。本コンソーシアムは会員企業15社で構成されている。

## 2. 全地連傾斜センサーコンソーシアムの活動

全地連傾斜センサーコンソーシアムでは、具体的な活動を、「技術開発ワーキンググループ(以下WG)」と「市場開拓ワーキンググループ(以下WG)」の2つの分科会に分かれて活動している<sup>1)</sup>。当初コンソーシアムの活動期間は2年間の予定であったが、活動期間を1年間延長した。表-1にコンソーシアムの活動スケジュール<sup>1)</sup>を示す。

表-1 コンソーシアムの活動スケジュール<sup>1)</sup>

	2022年度(令和4年度)	2023年度(令和5年度)	2024年度(令和6年度)
準備会・勧誘	実施		
全体コンソーシアム活動	実施	実施	実施
学識経験者との意見交換	実施	実施	実施
実証サイトにおける傾斜センサーの比較検証	実施	実施	実施
活動			
傾斜データの収集・整理・分析	実施	実施	実施
傾斜センサーの傾向・適性の分析	実施	実施	実施
とりまとめ：各社センサーの傾向整理、標準化、活用方法の整理		実施	実施
活動			
市場開拓、普及・啓発の戦略・行動計画の検討	実施	実施	実施
市場開拓、普及・啓発の活動の実施		実施	実施
国内関連機関への働きかけ	実施	実施	実施
海外関連機関への働きかけ		実施	

技術開発 WG では、IoT 傾斜センサーメーカーに対するアンケートによる実態調査や実証サイトにおけるモニタリングを実施している。

市場開拓 WG では、全国市町村の防災担当セクションに対してアンケート調査を実施し、関係省庁などへのヒアリングおよび意見交換会を行った。また、ポータルサイトを構築し、会員企業各社によるIoT 傾斜センサーの事例紹介などの情報発信を行っている。

## 3. アンケート調査

### (1) IoT 傾斜センサーメーカーへのアンケート調査

IoT 傾斜センサーメーカーに対するアンケート調査は全地連傾斜センサーコンソーシアムに参画するIoT 傾斜センサーメーカー7社とコンソーシアム外のメーカー5社の計12社に回答を依頼した。アンケートの内容はIoT 傾

斜センサーに関しての斜面モニタリングの契機、技術的課題、市場的課題、実績とした。

図-1に「IoT 傾斜センサーの解決すべき技術的課題」についてのアンケート結果を示す(複数回答可)。およそ8割のメーカーが「管理基準値(閾値)の設定」の回答であった。IoT 傾斜センサーには現在のところ公的に定められた管理基準値がなく、業界として運用面での課題となっていることが明らかとなった。

図-2に「IoT 傾斜センサーの有利な点(メリット)」についてのアンケート結果を示す(複数回答可)。どのメーカーも安価であること、設置の容易さ、自由度をIoT 傾斜センサーの強みだと認識しているとわかった。

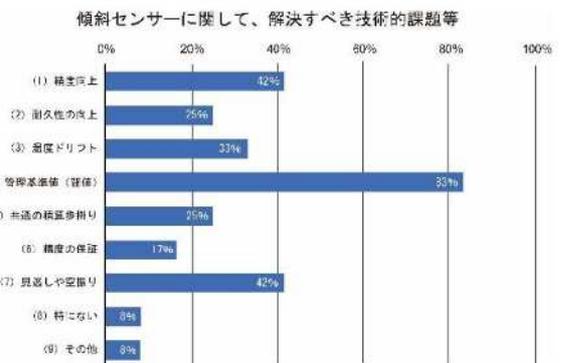


図-1 IoT 傾斜センサーメーカーのアンケート回答①

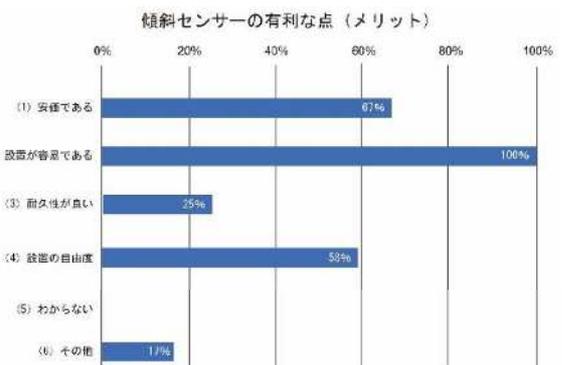


図-2 IoT 傾斜センサーメーカーのアンケート回答②

IoT 傾斜センサーメーカーに対するアンケート結果をまとめると、全体として高い回答率は特定の回答に集まる傾向がみられ、各社のIoT 傾斜センサーに対する認識や問題意識は共通していることが窺えた。

### (2) 自治体へのアンケート調査

自治体に対するアンケート調査は、ニーズ把握やIoT 傾斜センサーの紹介・認知度の向上を目的として行った。

全地連「技術フォーラム 2024」新潟

対象は市町村の防災担当セクション（777自治体）とし、土砂災害特別警戒区域（いわゆるレッドゾーン）を保有する全市町村から、県別に40%程度の区町村をランダムに抜き出した。アンケートにはIoT傾斜センサーのモニタリングについての概要も記載した。

IoT傾斜センサーに関心があると回答した自治体へどのような点に関心があるかを問うた設問の結果を図-2に示す。関心がある自治体では、災害情報の発信への活用や避難の警告の発出などへの活用が高い関心があることがわかった。一方で、関心がないと回答した自治体の理由としては費用の不透明さや予算確保の難しさが挙げられた。



図-3 自治体向けアンケートの回答の一例

また、得られたアンケート結果から「A.IoT傾斜センサーの関心の有無」と「B.過去の被害の有無」と「C.地域住民の土砂災害に対する意識」と「D.IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングにあたっての懸念事項や支障となる事項」の4項目について、クロス集計をおこなった。図-3にクロス集計の結果の一例を示す。クロス集計の結果、過去に土砂災害が発生した自治体や地域住民の土砂災害の意識が高い自治体では、IoT傾斜センサーへの関心が高いことが分かった。また、そういった自治体ではIoT傾斜センサーのモニタリングに対して、精度や設置箇所を選定、警戒判断などの基準が未確立であるという具体的な懸念に関心があることが分かった。

IoT傾斜センサーへの関心

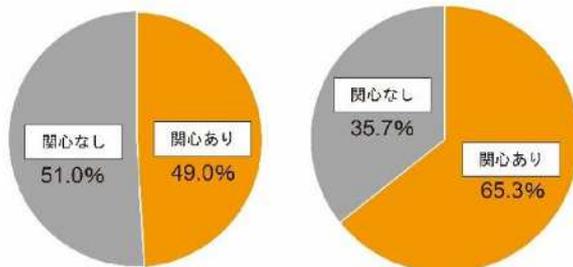


図-4 クロス集計結果の一例

(3) 関係省庁への働きかけ

関係省庁に対し、本コンソーシアムの存在・活動の認知、IoT傾斜センサーの現状と今後の展望などについて、ヒアリングおよび意見交換会を実施した。対象者は7つの省庁関連部署である。

また、関連部署の担当者からの話題提供では、モニタリングの現状や今後のIoT傾斜センサーの適用可能性について情報提供を頂き、それについての議論を行った。

4. IoT傾斜センサーの適用事例

全地連傾斜センサーコンソーシアムのHP<sup>2)</sup>上では会員企業のIoT傾斜センサーの仕様やその適用事例について掲載しており、本稿ではその一部を紹介する。

(1) 災害現場の安全監視

崩壊した国道に面する斜面において、モニタリングを実施し通行規制解放の基準として運用。

(2) 工事現場の安全監視

工事中の安全監視、労働災害防止を目的にモニタリングを実施。

(3) 鉄道沿線斜面の変状監視

鉄道沿線斜面の安定性を定量的に把握する目的で「斜面変位」と「体積含水率」のモニタリングを実施。

(4) 道路法面の変状監視

国道沿いの道路法面にクラック等の変状が見られたため、変状の進行を把握する目的でモニタリングを実施。

(5) 土砂災害警戒区域内でのモニタリング

土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）において、豪雨時に斜面崩壊の危険が懸念されたためモニタリングを実施。

5. おわりに

全地連傾斜センサーコンソーシアムはIoT傾斜センサーの普及を目的に活動し、今後も展示会参加やWebセミナーの開催、管理基準値の設定に向けての活動予定している。管理基準値が整備されIoT傾斜センサーの認知度が向上し、普及することで防災・減災に寄与していくことが期待される。

《引用・参考文献》

- 1) 地質関連情報WEB, 新マーケット創出・提案型事業, 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム報告書(最終閲覧日2024.5.24) [https://www.zenchiren.or.jp/market/pdf/R5con\\_report.pdf](https://www.zenchiren.or.jp/market/pdf/R5con_report.pdf)
- 2) 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアムHP(最終閲覧日2024.5.24), <https://tiltsensorcon.com/>

### 3-4-5 展示会への出展

本コンソーシアムでは、令和6年9月26～27日開催の「全地連技術フォーラム2024新潟」での展示会に出展した。主な出展物は以下の通りである。

- ・ 各社の傾斜センサーの実機
- ・ 各社の傾斜センサーの概要を明記したパネル
- ・ 各社の傾斜センサーのパンフレットおよび事例集
- ・ 活動報告会セミナーの案内ビラ
- ・ 全地連技術フォーラム2024新潟の発表論文2編
- ・ 崩壊動画

**TILTSENSORCON** (一社) 全国地質調査業協会連合会による「新マーケット創出・提案型事業」

## 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム

【会員企業：全15社（50音順）】

1. (株)アサノ大成基礎エンジニアリング	6. (株)相模	11. (株)東横エルメス
2. (株)アパンス	7. (株)日ざく	12. 明治コンサルタント(株)
3. 応用地質(株)	8. (株)東建ジオテック	13. 沖電気工業(株)(オペサーバー)
4. (株)興和	9. 東邦地下工機(株)	14. 大日コンサルタント(株)(協力企業)
5. 国産航業(株)	10. 東邦地水(株)	15. 中央開発(株)(幹事会社：事務局)

※特別顧問 安原英明 教授(京都大学) 宮本善和 教授(鳥取大学)

### 傾斜センサーとは？

従来の地盤伸縮計とは異なり、傾斜センサーによって、**地表面の地盤傾斜角度**を定時に測定することで、**斜面崩壊の予兆**を事前に把握することができます。

また、傾斜センサーは地盤伸縮計とは異なり、**現地の変状（開口亀裂）に左右されずどこにでも設置可能**です。

IoT傾斜センサー

### 私たちの団体は？

「斜面災害からの“逃げ遅れゼロ”を促進することで、人命・財産を守る」ことを目標に、傾斜センサーによる斜面モニタリングによって、**斜面防災・減災に貢献**していこうと活動している団体です。

本コンソーシアムでは、実証サイトにて**傾斜センサーで崩壊を検知**することができました。

### 私たちの目標は？

- ① 斜面災害からの**住民の適切な避難**の促進、道路や鉄道等のインフラに関する**斜面の安全管理**を図っていくことです。
- ② 警報を発出するための**管理基準値の標準化**、それによる**空振りや見逃しの低減**など技術的な共通課題を解決していくことです。
- ③ 傾斜センサーによる斜面モニタリングの**認知度の向上**を図るということです。

図3-54 展示パネルの一例



写真 3-3 展示会出展状況 (1)



写真 3-4 展示会出展状況 (2)



写真 3-5 展示会出展状況 (3)



写真 3-6 展示会出展状況 (4)

### 3-4-6 活動報告会セミナーの開催

「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 活動報告・発表会」というテーマで、令和6年12月11日にオープンセミナーを開催した。本セミナーは、Zoomによるオンライン形式のみによる開催形式とし、コンソーシアム内で検討した傾斜センサーの管理基準値についての提言や会員企業および顧問大学による傾斜センサーの活用事例などを紹介した。

さらに、特別講演として、京都大学大学院安原英明教授による「LPWA 無線技術による地表面傾斜計測と AI 予測モデルを用いた斜面変状監視システムの開発」という題目にてご講演をいただいた。

共催団体は、「公益社団法人 地盤工学会関東支部」と「四国CX研究会」で、CPD認定プログラムとし、参加費は無料とした。なお、事前告知として、「一般社団法人 全国地質調査業協会連合会」の全地連E-mailかわら版を活用した。

#### ■「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 活動報告会セミナー」開催について

令和4年4月に全地連の「新マーケット創出・提案型事業」にて「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 コンソーシアム」を民間企業15社で発足しました。豪雨によって頻発する斜面災害に対して、IoT傾斜センサーによる斜面モニタリングによって斜面防災・減災に貢献していく目的で活動しています。当コンソーシアムでは、その成果報告として「活動報告会セミナー」を開催いたしますので、この機会に是非ご参加ください。

主 催： 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 コンソーシアム」  
共 催： 公益社団法人 地盤工学会 関東支部、四国 CX 研究会  
日 時： 2024年12月11日(水) 14:00~17:00  
参加方法： Zoomによるウェビナー形式（オンラインのみの開催）  
参加費： 無料  
参加申込： コンソーシアムのホームページから申込み（2024年10月上旬から申込み開始予定）  
問合せ先： コンソーシアム事務局：中央開発株式会社（担当：藤谷・森） TEL：048-250-1481

詳細については「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 コンソーシアム」のホームページをご確認ください。

コンソーシアム HP：<https://tiltsensorcon.com/>

図3-55 全地連E-mailかわら版による事前告知

次頁以降に活動報告会セミナーの案内リーフレットおよび講演内容を示す。



(一社) 全国地質調査業協会連合会

傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓

# 活動報告会セミナー

参加  
無料

CPD 認定  
プログラム

◆主催：一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
「傾斜センサーによる斜面監視モニタリング  
のマーケット開拓コンソーシアム」  
◆共催：公益社団法人 地盤工学会関東支部  
四国 CX 研究会

2024年 **12月11日** (水) **14:00~17:00**  
 Zoomによるウェビナー形式  
 (オンラインのみの開催)

※2024年10月上旬から参加申込み開始

コンソーシアムのホームページから参加登録をお願いします。  
 先着順ですので早目にお申込みください(参加者数は最大500名)。



コンソーシアム HP

報告	「コンソーシアムの活動報告」 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングコンソーシアム	10分
特別講演	「LPWA 無線技術による地表面傾斜計測と AI 予測モデルを用いた斜面変状監視システムの開発」 京都大学大学院 工学研究科 安原 英明 教授	70分
第1部	「IoT 傾斜センサーの管理基準値の提言」 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングコンソーシアム	20分
第2部	「各社の IoT 傾斜センサーの取組状況及び活用事例紹介」 株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング 応用地質株式会社 中央開発株式会社 明治コンサルタント株式会社 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科	60分

## 「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 活動報告会セミナー」

■主催：一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 コンソーシアム」

■共催：公益社団法人 地盤工学会関東支部、四国 CX 研究会

○日 時：2024年12月11日（水） 14：00～17：00

○参加方法：Zoomによるウェビナー形式（オンラインのみの開催）

○参加費：無料

○参加申込：コンソーシアムのホームページから申込み ⇒ こちらのQRコード

※2024年10月上旬から開始予定 <https://tiltsensorcon.com/>



※本セミナーは、継続教育（CPD）制度の認定プログラムです。

番号	時間	分	項目	内容	講演・発表者
1	14:00～14:05	5	開会 挨拶	—	王寺 秀介 (中央開発株式会社)
2	14:05～14:15	10	報告	コンソーシアムの活動報告	森 大器 (中央開発株式会社)
3	14:15～15:15	60	特別講演	LPWA 無線技術による地表面傾斜計測 と AI 予測モデルを用いた斜面変状監視 システムの開発	安原 英明 (京都大学大学院 工学研究科 教授)
	15:15～15:25	10		質疑応答	
4	15:25～15:40	15	発表 第1部	IoT 傾斜センサーの管理基準値の提言	谷川 正志 (応用地質株式会社)
	15:40～15:45	5		質疑応答	
-	15:45～15:55	10	休憩		
5	15:55～16:05	10	発表 第2部	① IoT 傾斜センサーを用いた斜面管理の 新たな取り組みについて	藤森 研治 (株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング)
6	16:05～16:15	10		② IoT 傾斜センサーの崩壊検知および 活用事例紹介	谷川 正志 (応用地質株式会社)
7	16:15～16:25	10		③ IoT 傾斜センサーによる斜面崩壊 パターンの考察	王 林 (中央開発株式会社)
8	16:25～16:35	10		④ 地表面傾斜計の法面崩壊検知に おける有効性の確認事例	渡邊 信一 (明治コンサルタント株式会社)
9	16:35～16:45	10		⑤ IoT 傾斜センサーを用いた住民参 加型斜面防災モニタリング	宮本 善和 (鳥取大学 工学部 社会システム 土木系学科 教授)
-	16:45～16:55	10		質疑応答	—
10	16:55～17:00	5	閉会 挨拶	—	佐藤 渉 (国際航業株式会社)

【問い合わせ先】 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓 コンソーシアム

事務局 中央開発株式会社 埼玉県川口市西青木3-4-2 (担当：藤谷・森)

TEL：048-250-1481 E-mail：fujitani@ckcnet.co.jp

活動報告会セミナー終了後には、聴講参加者にアンケートを実施した。アンケートは以下の5項目である。

1. 今回のセミナー開催を何でお知りになりましたか？（複数選択）

- コンソーシアム事務局からの案内
- コンソーシアムのホームページ
- 全国地質調査業協会連合会からの案内
- 共催学協会（地盤工学会関東支部、四国CX研究会）からの案内
- 関係者からの紹介
- その他

2. 今回のセミナーを聞いて、傾斜センサーに期待することは何ですか？（複数選択）

- 管理基準値（閾値）の設定
- 精度向上
- 耐久性の向上
- 温度ドリフトの低減
- 見逃しや空振りの低減
- その他

3. 今回のセミナーを聞いて、今後傾斜センサーを使用したいと思いましたが？（単一選択）

- 是非使用したい
- 使用してもよい
- 使用したくない
- わからない

4. セミナーのテーマ・内容はいかがでしたか？（単一選択）

- 満足
- やや満足
- 普通
- やや不満
- 不満

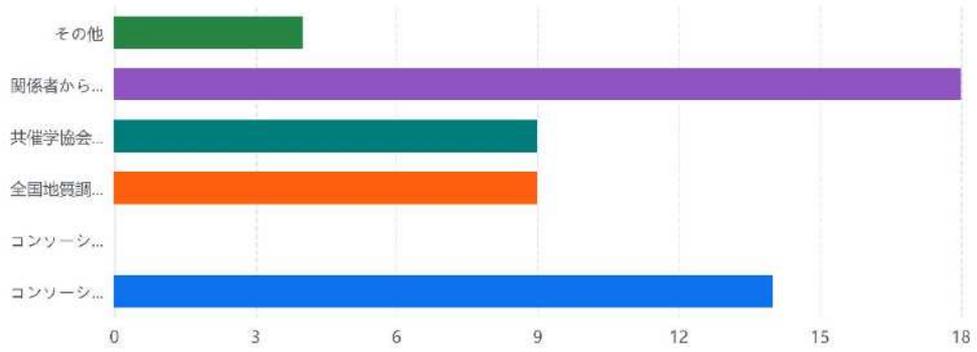
5. 今回のセミナーへのご意見があればご記入ください（長い回答：100文字以上）

次頁以降にアンケートの結果を取りまとめた。

1. 今回のセミナー開催を何でお知りになりましたか? (複数選択) (複数選択) \*



(52/52) 100% が回答しました

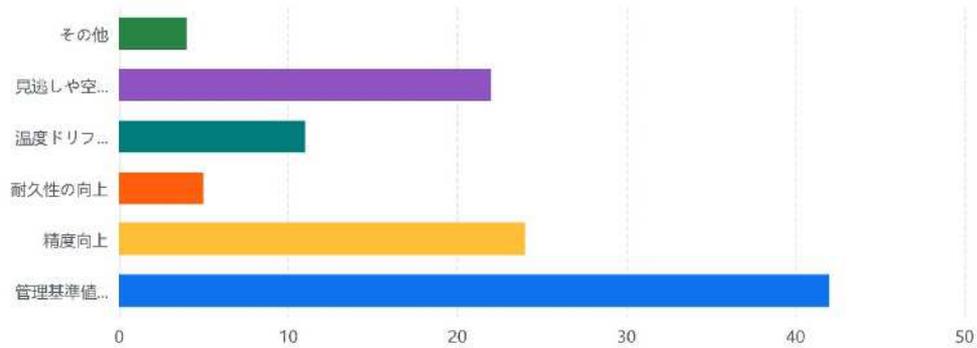


関係者からの紹介	18/52 (35%)
コンソーシアム事務局からの案内	14/52 (27%)
共催学協会（地盤工学会関東支部、四国CX研究会）からの案内	9/52 (17%)
全国地質調査業協会連合会からの案内	9/52 (17%)
その他	4/52 (8%)
コンソーシアムのホームページ	0/52 (0%)

2. 今回のセミナーを聞いて、傾斜センサーに期待することは何ですか?(複数選択) (複数選択) \*



(52/52) 100% が回答しました

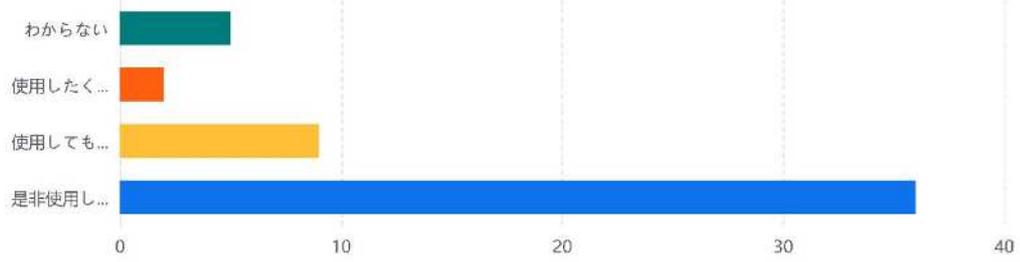


管理基準値（閾値）の設定	42/52 (81%)
精度向上	24/52 (46%)
見逃しや空振りの低減	22/52 (42%)
温度ドリフトの低減	11/52 (21%)
耐久性の向上	5/52 (10%)
その他	4/52 (8%)

3. 今回のセミナーを聞いて、今後傾斜センサーを使用したいと思いましたが?(単一選択) (単一選択) \*



(52/52) 100%が回答しました

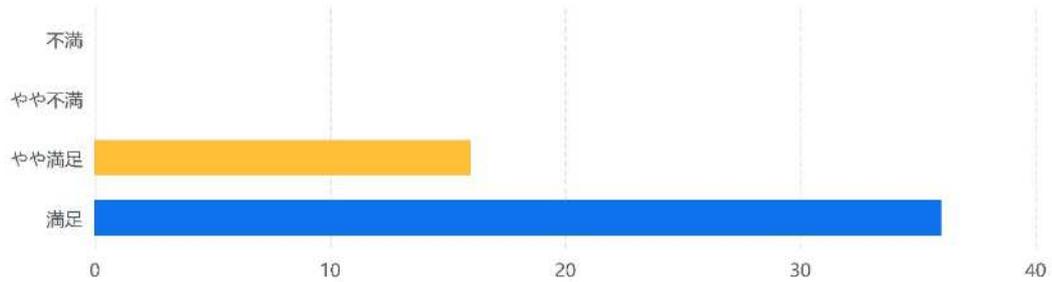


是非使用したい	36/52 (69%)
使用してもよい	9/52 (17%)
わからない	5/52 (10%)
使用したくない	2/52 (4%)

4. セミナーのテーマ・内容はいかがでしたか?(単一選択) (単一選択) \*



(52/52) 100%が回答しました



満足	36/52 (69%)
やや満足	16/52 (31%)
やや不満	0/52 (0%)
不満	0/52 (0%)

## 5. 今回のセミナーへのご意見があればご記入ください（100文字以上を入力）

- ・特化した技術の紹介があり大変勉強になりました。大きな卒踏みと合わせて議論しながら戦略的に市場開拓ができればより良いと思いました。特に良い使い方して、成果を得たことを広くPRし続けることが大切だと思いました。本日はありがとうございました。
- ・これまでの傾斜センサーコンソーシアムの活動報告から、崩壊事例から設定した管理基準値についてのお話、さらに傾斜センサーの具体的な活用例や運用事例についての話題もあり、大変有意義なセミナーでした。ありがとうございました。
- ・管理基準値の設定が非常に難しいと思っています。表層崩壊では地下構造や雨量、植生、根の張り方など環境の変化が影響すると考えています。詳細調査を行ったうえで、モニタリングデータとあわせて評価していくことも重要かと思います。今後も継続的に報告いただけると幸いです。
- ・各社競争性を維持し、協調的に進めてください。挙動や降雨浸透において表層地質の特性（土質や土質の不均質性）の影響が気になります。動き始めて以降は、影響を無視できる動きになると理解しますが、避難の時間稼ぎがむつかしいような気がします。今後各社の観測結果を可能な限り集積し、適切な方向性が見えてくることを期待しています。
- ・傾斜センサーなどを利用した取組が、色々なメンバー（産官学）が参加・発表頂き非常に参考となりました。テーマにありましたマーケット開拓は課題だと認識していますので、今後も継続した交流をお願いします。ありがとうございました。
- ・「崩壊させない」では無く、崩壊しても誰も被害にあわない、この目的のためには人家や集落単位等で個別にセンサーを設置・管理してゆくことが求められるが、精度と利便性が設置箇所数に反比例してゆくと思いました。
- ・昨今の豪雨災害が多発する状況で、傾斜センサーによる法面のクリープ変状、法面崩壊探知が可能となれば非常に有効だと思いました。また、法面形状、地質状況に応じた傾斜センサーの設置すべき箇所についても勉強になりました。但し、土砂災害計画区域（約70万区域）、土砂災害特別警戒区域（約60万区域）もある中で、工費的及び労力的な観点から、傾斜センサーを設置する区域の抽出の課題を強く感じました。
- ・様々なテーマの講演、発表があり、観測手法としての課題や、リスク管理として利用するにあたっての課題など、傾斜センサーに関連する情報や知識を得ることができ、とても有意義でした。土質・地質に関連する技術者として、現地の地形・地質を十分に把握

して適切な観測手法を用いる必要があると改めて感じました。どのようなものを対象として、どのような目的を持って、どのように観測するのかをしっかりと考えて、傾斜センサーを活用できるようにしていきたいと思います。

- 大変興味深く、様々な取り組みについて知ることが出来ました。近年斜面崩壊による被害が多発しており、被害を抑制するために、必要だと考えます。大学で行っている研究と重なる部分もあり、私にとって大変有意義な時間になりました。
- 興味深いお話しが多く、今後の傾斜センサーの動向が気になる講演でした。特に宮本先生のでは、警戒レベル用いたモニタリング事例が分かりやすく、傾斜角速度の見極めや管理基準値の重要性を再認識しました。傾斜センサーの管理基準値が構築されることに期待しています。
- AI など先端技術の応用から事例紹介までの内容で、視野が広まり非常に参考になりました。LINE を警報を知らせるツールとして使うなど、すぐにでも応用できそうな情報もありました。よりよいアイデアのために刺激剤に致します。
- 不確定な要素の多い自然現象を、最新技術の AI などを含めた色々な視点からのモデル化を試みていることに関心がわいたとともに、今後の自身の研究活動に参考になる活動報告会セミナーでした。ありがとうございました。
- 実証的な様々な事例が示されて計測データに基づいた検討結果の報告で分かり易くて良かった。設置場所の選定が難しい点もあるが AI で出来るようになるとセンサー設置においても非常に有用となるのではないかと感じた。今後も継続した計測をされた結果について報告されることが期待される。
- 傾斜センサーを活用したモニタリングについて最新の研究や活用事例を聴くことができ、大変勉強になりました。住民参加型のモニタリングについては現在もセンサーを設置しているようでしたので、今後、傾斜センサーを活用することで地域住民の方々が避難をしやすくなる、人的被害が減っていくようなことにつながればと思いました。
- 全 세미나を拝聴しました。なお現在 IOT センサを利用する機会はありません、過去の経験でコメントします。まず、谷川さんの「センサと設置するのはどこが効果的」かを伺い、場所の選定にこだわる必要があったと反省しています。次に警報発生条件（閾値、継続時間）に関する情報の蓄積が進んで、今後の研究の進展が期待されました。ユーザにとって何でもないときに警報メールが飛び込んで（LINE でも同じ事ですが）オオカミ警報とわかっていても責任上確認に行ったり、頻度が増すと発注者からのクレームがあ

りました。宮本先生の警報条件設定の研究進展に期待します。

- ・今回初めて拝聴させていただきました。大変興味深い内容ばかりで、次回も参加したいと思います。分解能と温度ドリフトの低減や、センサーの使い分け、プロセスの学習など興味深い内容でした。また住民参加型も苦労が多かったと思いますが、斜面林での計測に対し住民参加することは今度取り入れたい内容でした。
- ・傾斜センサーを様々な場所で計測したい値や、対象地の地形によって計測方法を変えていて臨機応変に計測していくことが、精度の高い観測を行う上で大切であると感じた。特に計測場所は、場所によって計測して出てくる値が変わってくるので、場所の精査をしっかりと行うことが大事であることを学びました。
- ・セミナー参加のご連絡ありがとうございました。多くのご意見があり、大変勉強になりました。本日聞いた内容を元に、今後の開発に活用できればと存じます。またご機会がありましたら、今度ともよろしくお願い致します。
- ・大変興味深く聞かせていただきました。様々な課題と可能性を示唆していただきありがとうございました。各社様の取り組みが今後広まることを願っています。本日の資料が提供可能であればいただきたいのでよろしくお願いたします。
- ・傾斜センサーについてとても勉強になりました。まだまだ管理者さんには、理解していただけない部分もあるかと思いますがこれからマニュアルや基準値など明確な仕様を策定できたらと感じました。また、今回は傾斜計センサーに特化していましたが、伸縮計の取り組みなどがありましたら見てみたいと思いました。
- ・報告会セミナーの開催、ありがとうございました。コンソーシアムへの参加を通じて、IoT 傾斜センサーの特徴や使いどころなどを、詳しく理解することができました。IoT 傾斜センサーが活かせるような現場があった場合には、検討していきたいと思います。
- ・全体的に興味深い発表が多くとても参考になりました。特に谷川さん@応用地質の IoT 傾斜センサーの管理基準値の提言については、「警戒レベル管理基準値（全地点案）」や「傾斜角度から見たクレープの特徴とクレープレベル区分」等を分かり易く説明いただき、とても参考になりました。
- ・表層傾斜計に関するさまざま取り組み事例を拝聴し、とても勉強になりました。安原先生のお話し全般や、アサノ大成さんの IQS、中央開発さんの CKC 観測王の Line 対応、宮本先生の斜面林に関するお話などはとくに興味深く、今後も参考にさせていただきます。

と思います。今後とも、よろしく願いいたします。

- やはり今後広げていくためには、安価であること、設置が容易であること、有用性を感じることが出来ること、住民と協力して進めること、などが重要であると思います。ぜひそれらをクリアしていただきたいと思います。
- 傾斜センサーによる道路沿いなどでの面的な観測により、斜面管理の精度向上や予防保全等への適用が可能なことがよく理解できた。また、管理基準値については、精度がよすぎるとの意見もあり、感度をあげることと管理のしやすさを両立する必要があるように感じられ、非常に困難であると理解できた。今後の取り組みに期待しております。
- 模擬斜面を形成しての実験は非常に興味深かった。応用地質、中央開発、西松建設の機器の位置づけのように他社の機器を当てはめるとどのようになるかが気になった。帰宅の目安に使う場合の時間の目安をどのように考えるのが良いのかはAIの使用が効果的だと思った。今後も継続的な開催を期待します。
- 応用地質谷川さんの管理基準値の設定の章の中で、オービットの弾性的挙動と塑性的挙動の違いがあることは大変興味深く聞かせて頂きました。もっと掘り下げて研究を進めれば崩壊や侵食に関する新知見が得られそうであると感じました。今後も何かの機会に報告を聞かせて頂けますと幸いですと感じました。ありがとうございました。
- 各社の取り組みが非常に参考になりました。管理基準に関しては、自分自身も研究対象としておりこちらについても非常に参考になりました。センサーの設置およびデータの監視に関する費用がもう少し安価にならないと、広く一般住民への展開は難しいのかなという印象ですが、そのあたりの進歩に期待したいと思います。
- 管理基準値の概念によりセンサーごとの住み分けが進んでいることを実感した。また地域社会における実装はワークショップ等ありきでようやく実装されるのであれば、計測機器導入・使い方を教えることまでサービスを拡充しないと、人の命を守るために使えるシステムとして2次・3次官庁への導入されがたいのではないかと感じました。
- 傾斜センサーによる斜面監視モニタリングについては、多くの斜面や地すべり現場で使用されている。今回 IoT 傾斜センサーを用いた事例を聴講した。問題点は多くあるが、現場での省力化や情報化に向けて必要な技術であり、今後の開発と技術向上に期待している。
- センサーの性能の優劣、データ処理に関する課題、予測方法の向き不向きと現状の実用

性がすでにあること、設置場所による結果への影響や管理基準値だけを用いた管理方法の課題に関して本音が聞けたように思いました。今後の改良への良い情報になりました。

- ・貴重な公演ありがとうございました。当社でも傾斜センサーを用いたモニタリングを実施しているので勉強になりました。モニタリング対象、設置箇所、気候等の様々な要因が計測には影響を及ぼすため少しでも精度向上を目指した業務を実施していきたいと思えます。
- ・非常に興味深く拝聴させていただきました。今後地盤伸縮計の代用となるような精度、基準値等が出るようになれば緊急時の避難誘導態勢の構築などの選択肢が増えることになるだろうと思ひ、期待している。気になるのは価格面であり、設置方法からして崩壊に巻き込まれると破損・消失して廃棄になる可能性が高いので、ある程度安価でないと気軽に使えないものになると思う。
- ・斜面センサーを用いた監視モニタリングの最新の研究についてお話を伺い、大変勉強になりました。特に、管理基準値の設定や温度ドリフトの低減といった、モニタリングにおいて欠かせない要素について詳しくお聞きできたことが非常に有益でした。ありがとうございました。
- ・内容も豊富で非常に充実したセミナーだったと思います。導入事例に関しても興味深く聴講させていただきました。当社でも斜面やインフラ構造物のモニタリングを多く実施していますが、1つのセンサーでは一長一短がございますので、その他の計測機器などとの組み合わせも想定した上で、今後傾斜センサーについても積極的に活用できるようにできればと考えています。
- ・各事業者の Iot 傾斜センサーを活用した取組事例が聞けて良かった。AI 等の技術との連携や住民参加型の活用についての発表もあり、今後も多様な連携事例が聞ければよいと思った。また、RPA の活用により各事業者が独自のプラットフォームにおいて実施しているモニタリングを一眼的に集約し監視できるのでは、とあったが、集約した結果の新たな見地が気になった。
- ・当社では、主に砂防、急傾斜地、道路法面の設計を行っています。法面の崩壊は、降雨と法面勾配・地質との因果関係が主であると考えています。この場合、降雨は降雨データより分かりますが、地質については地質データが無い場合が多くあるので、そこが難しいと考えております。
- ・いろんな事例を紹介してもらい、勉強になり、今後の計測機器のあり方についてもご教

授頂き、個人的に今後、仕事に活かせる内容がたくさんありました。弊社としても計測機器の活用方法が分かり大変参考になりました。

- 普段から傾斜センサーを用いて法面監視を行っておりますが、今回管理基準値の設定に対する考え方や精度向上、斜面防災への活用に向けた取り組み等を学ぶことができ、大変勉強になりました。またの機会がございましたら、参加したく思います。本日はありがとうございました。
- 今後、管理基準値の精度向上に期待します（現状のコンソーシアム提言では敏感過ぎるのでは??→オオカミ少年の発生を懸念しています）
- 最後に、できればアンケートがどの手順でできるかの告知がほしいです。zoom 退室でアンケート未回答で終わってしまいますかと思いました。
- 傾斜センサーのメンテナンスフリーもしくはそれに近い状態（1年以上の電池交換不要）と安定した通信を期待します。プラットフォームの標準化はユーザーには良いことと思います。管理基準値は情報があるまると、数年後に見直しが発生するかもしれません。
- 傾斜センサーの基準値の提言と実用事例のご提示があり、傾斜センサーが今後の斜面監視手法のスタンダードになるものと思いました。特に傾斜センサーの基準値の提言値は、公的機関の基準、指針等にも採用されることを期待いたします。本日は大変勉強になりました。ありがとうございました。
- たくさんの現地計測事例のご紹介を頂き、とても参考になりました。計測結果や計測状況のモニタリングが危険度の把握や関係者への警戒通知に役立っている一方で、管理基準値をはじめとした課題もまたたくさんあると感じました。今後の研究開発や普及促進による事例蓄積に期待したいと思います。本日は貴重な報告会ありがとうございました。
- 管理基準値として、日変動量も設定した方がよいかと思います。何か情報を頂ければ幸いです。実際に傾斜センサーを使用してモニタリングを実施していますが、センサーによって、温度ドリフトが問題になることが多いです。センサーの精度はありますが、温度ドリフトのデータは非常に大事だと思います。セミナーはとても充実した内容で大変勉強になりました。運営等、事務局の方々、ありがとうございます。
- 各社による IoT 傾斜センサーを活用した具体的な取り組みの発表を通じ、現場での利点や課題を深く理解することができました。特に、住民参加型モニタリングの紹介は、地域防災の意識向上や効率化に寄与する点で非常に印象的でした。今後はこれらの技術を

統合し、センサー、AI、住民参加型モニタリングをいかに効果的に連携させ、包括的な斜面防災システムを構築することが重要と考えます。斜面防災のさらなる発展と現場での実効性向上に向け、技術開発と実証実験を引き続き推進していただきたいと期待しています。

- ・センサーの設置位置や設置方法の基準化も必要性が感じられた。対象住民の避難スイッチが速やかに入るように説明できる指標として傾斜センサーのデータを分かり易く説明する方法の必要性を感じた。わかりやすく説明できるものとなることを期待します。
- ・IoT 傾斜センサによるモニタリングの概要を把握することができた。安原先生の講演で言及されていたように各社のダッシュボードを集約した標準プラットフォームの構築がいち早く必要と感じた。また、谷川氏の発表にあったように目的によって管理基準が異なるので、各センサによる適用範囲の整理と、今後のり面業者との協調が望まれる。
- ・傾斜計について様々な角度から理解を深めることができた。現在では既にネットでつながっており IoT 化されていること、そして住民レベルでの活用も試験運用されている等、激甚化している災害防止に一步ずつ前進している。しかし、まだまだ一般レベルにまで落とし込めていないと思われるので、同じ業界で働く身として、今後少しでも傾斜計の普及に貢献できればと思う。
- ・センサー傾斜計の精度は重要ですが、設置する位置はさらに重要だと思います。0 次谷を抽出し、かつ人的被害の可能性がある斜面に、いくつか設置しておき、なんらかの実績（早期避難に役立ったとか、表層崩壊の前兆をとらえたとか）がつかれると良いと思います。
- ・地表面の移動量について、一般的に地盤伸縮計がポピュラーですが、移動方向は予め決定しているのが現状です。IoT 傾斜センサーを使用することで、移動方向と傾斜角度が把握できるのは画期的であると感じました。また、宮本教授のお話も降雨時における避難体制の向上につながるものとして、興味深く拝聴いたしました。
- ・大変興味深い内容でした。特に、AI 予測モデルを活用した監視システムの開発についての講演は、実践的な知見が得られました。また、住民参加型の防災モニタリングの取り組みも印象的で、地域防災への貢献が期待されます。全体を通じて大変勉強になりました。ありがとうございました。

## 4. 講演

### 4-1 斜面災害の近況とモニタリングに基づく安全の達成

令和4年6月23日に、東京大学名誉教授、関東学院大学客員教授である東畑郁生先生をお招きして、「斜面災害の近況とモニタリングに基づく安全の達成」という題目でご講演いただいた。以下、その概要を示す。

#### (1) 斜面災害の事例

- ・2014年の広島の高雨と土石流災害では、人々が宅地を選ぶ時に日当たりや交通の便を優先し、安全という視点はほとんどないことが明確になった。
- ・2018年の北海道胆振頭部地震では、地震と降雨の複合効果で災害が広域に及んだ。
- ・2004年の新潟県中越地震では、兵庫県南部地震と比較して降雨が多い時期であったため斜面災害が多かった。

#### (2) 事例中の着目点

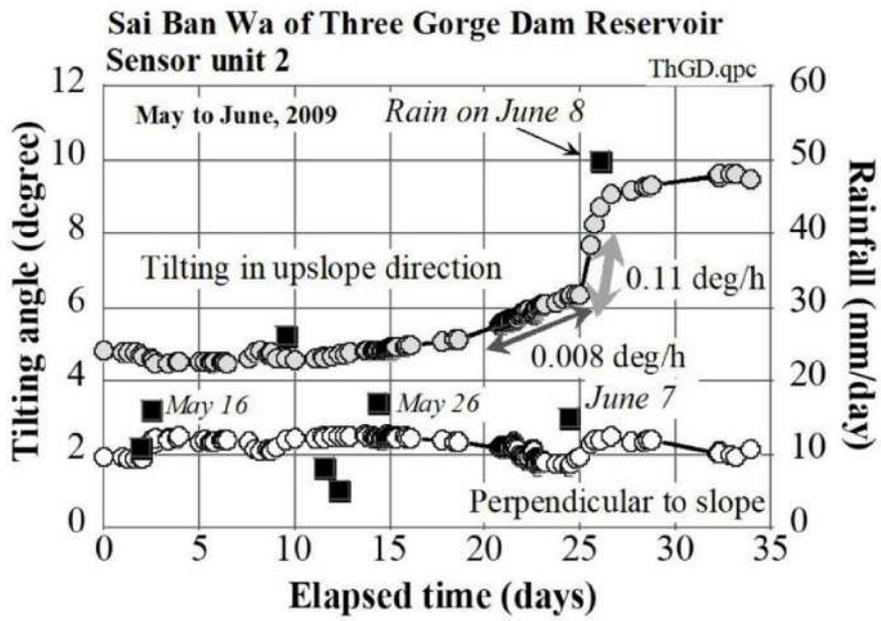
- ・洪水ハザードマップでは危険されているが、準工業地での指定ため、人が居住できてしまう矛盾が課題である。
- ・インフラの劣化はコンクリートと鋼だけに注意が向いているが、吊り橋ケーブルのアンカーの岩の風化による崩壊も発生する。一時的な点検だけでなく、経時的なモニタリングが必要である。

#### (3) 斜面モニタリングと早期警報

- ・気象庁の土壌雨量指数による危険判定は、十分役に立っているが、あくまで5km<sup>2</sup>メッシュの危険度であり、特定の斜面は対象外である。
- ・伸縮計が有効なのは、すべり土塊の範囲が明確であり、ゆっくり動く地すべりである。豪雨による突発的な斜面崩壊は難しい。
- ・傾斜センサーの警報基準値にはデータの蓄積が必要である。これまでの経験から、傾斜速度が0.1°/hを超えると斜面崩壊は近い。また、斜面変位に換算して1mm以下の分解能が必要である。

#### (4) 早期警報の在り方

- ・警報が必ず崩壊につながるわけではない。空振り三振は許容すべきである。
- ・見逃し三振は絶対に避けなければならない。



- 傾斜角度の変化速度が0.1度/時間を超えると斜面崩壊に近い。
- 全くの経験値。
- ロッド長さが1mとすると、0.1度は頂部の変位=1.7mmに相当する。
- 斜面変位に換算して1mm以下の感度/分解能が必要。

## 4-2 「避難スイッチ」を中心とした豪雨災害避難対策

令和4年8月24日に、京都大学防災研究所教授である矢守克也先生をお招きして、「「避難スイッチ」を中心とした豪雨災害避難対策」という題目でご講演いただいた。以下、その概要を示す。

### (1) 避難について考えるときに大事なこと

- ・「いつ」逃げるのか＝何を「避難スイッチ」にして逃げるのか。  
⇒これまでの研究の中で、「避難スイッチ」に相当すること・もの・情報を前もって具体的にみんなで決めていた地域で犠牲者ゼロを実現している場合が相対的に多いことがわかった。
- ・「どこへ」の逃げるのか⇒行政の指定する避難場所も大事であるが、「セカンドベスト」（次善：100点満点でなくても60点とれる場所）も見つける。  
⇒災害で求められる避難行動を10とした場合、実際の災害現場では1か2しかできないことも多い。そのためセカンドベスト・サードベストの避難場所を事前に考え、その場所に避難することで命が救われているケースが多くあった。次の写真は西日本豪雨の際、京都府京丹波町のある地域で利用された、住民が「お堂」と呼んでいるセカンドベストの避難場所である。

### 避難について考えるときに大事な たった2つのこと

- 「いつ」逃げるのか  
＝何を「避難スイッチ」にして逃げるのか
- ・九州北部豪雨（2017年）：「5年前も最初に浸かった家をスイッチに」（福岡県朝倉市）
  - ・東北豪雨（2017年）：「前年の岩手県のグループホームの災害を教訓に雄物川の水位データをスイッチに」（秋田県大仙市）
- 「どこへ」逃げるのか
- ・西日本豪雨：京丹波町の「お堂」⇒集落内、近所に「セカンドベスト」（次善：100点満点でなくても60点とれる場所）も見つける行政の指定する避難場所もちろん大事



### (2) 「避難スイッチ」

- ・「避難スイッチ」は文字通り、避難するためのスイッチのことである。
- ・高知県黒潮町のある地区では、過去の土砂災害の経験から累積雨量200mmを「避難スイッチ」と決めている。
- ・京都府福知山市のある地区では、3つの避難スイッチを用意している。
  1. 「ポテンシャル情報」：事前の心構えを持つための災害ポテンシャル情報
  2. 「ローカルエリアリスク情報」：地域で判断するための土壌雨量指数（過去の災害事例比較、次図）
  3. 「傾斜センサー情報」：ピンポイントの異常を検知するローカル情報

ローカルエリアリスク  
情報発表表 基準値



### 4-3 四国CX研究会の設立とトライアングル愛媛の取組

令和4年11月1日に、愛媛大学大学院理工学研究科教授である安原英明先生をお招きして、「四国CX研究会の設立とトライアングル愛媛の取組」という題目でご講演いただいた。以下、その概要を示す。

#### (1) 四国CX研究会

- ・四国及び日本のインフラを護るため、また安心・安全な社会を今後も発展させていくために、土木に携わる産官学が結集し一人ひとりが知恵を絞って考える研究会である。慢性的な労働力不足、インフラ維持管理対象の老朽化、自然災害の増加、という目の前にある課題に対し、IoT、AI、クラウドなどの新技術やDXを積極的に導入し、社会実装できる技術、仕組みを開発する。現在、正会員34社、賛助会員8社で活動している。
- ・初年度の研究テーマは以下の通りである。

1. LPWAを活用した計測管理自動化（斜面監視の自動計測）
2. ビッグデータ：各種データの活用研究（衛星・点群）
3. オープンイノベーション：新技術全般の情報収集
4. 若手によるCX

特に、「1.LPWAを活用した計測管理自動化」は本コンソーシアムとも大きく関係し、管理基準値の設定や標準プラットフォームの開発は、協力して進めていきたいと考えている。

#### (2) トライアングル愛媛実装加速化プロジェクト

- ・愛媛県では、デジタル技術やロボットを実装し、地域課題の解決にチャレンジする「デジタル実装加速化プロジェクト」を令和4年度より展開している。
- ・安原先生を研究代表者とし、11社のPJメンバーで「LPWA無線技術を用いた斜面災害監視システムの実装化プロジェクト」を企画し、採択された。
- ・今後、愛媛県内の斜面災害を監視するシステム（愛媛モデル）の開発により、低コスト化・省人化を目指す。

『四国CX研究会』の設立(令和4年4月1日):

四国及び日本のインフラを護るために、また、安心・安全な社会を今後も発展させていくために、土木に携わる産官学が結集し一人ひとりが知恵を絞って考える研究会です。慢性的な労働力不足、インフラ維持管理対象の老朽化、自然災害の増加、という目の前にある課題に対し、IoT、AI、クラウドなどの新技術やDXを積極的に導入し、社会実装できる技術、仕組みを開発します。



#### 4-4 斜面災害とODA

令和5年4月11日に、JICA地球環境部防災グループの南谷太一様をお招きして、「斜面災害とODA」という題目でご講演いただいた。以下、その概要を示す。

- (1) DRRの国際的な流れ
- (2) JICAのDRRに関する方針
- (3) ODAによる斜面災害の支援

## 4-5 水文地形モデリングに基づく斜面災害のハザード評価

令和6年4月25日に、京都大学防災研究所地盤災害研究部門教授である松四雄騎先生をお招きして、「水文地形モデリングに基づく斜面災害のハザード評価」という題目でご講演いただいた。以下、その概要を示す。

### (1) 人新世の地形災害と課題

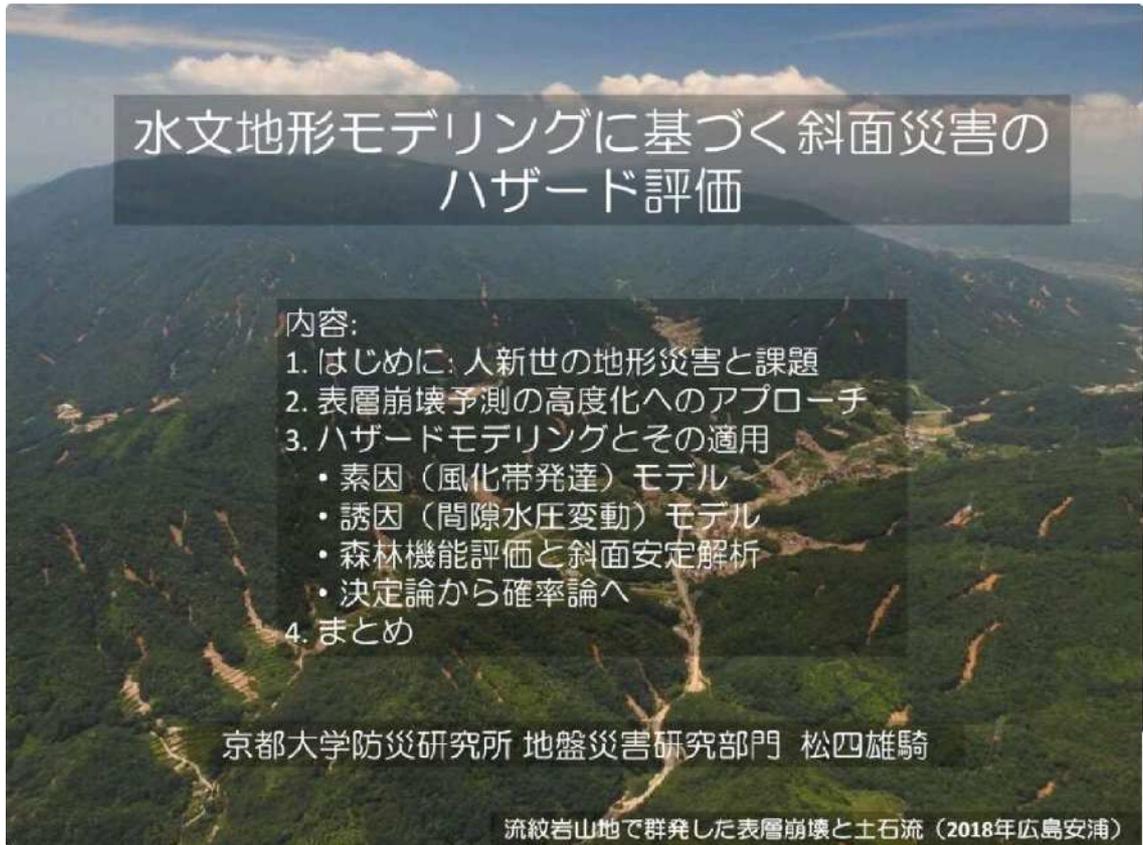
- ・ 豪雨による近年の地形災害は、土砂の供給域と集積域双方での環境変化と、人為的な気候変動をそれぞれ素因と誘因の一部として発生し、都市周縁域での地形災害リスクは上昇・増大傾向にある。
- ・ 人的被害の軽減には情報に基づくソフト対策を併用した施策が不可欠であるが、正常性バイアスによりハザードを我が事としての確に捉えることは難しい。  
→住民が適切に判断できるハザードをリアルに可視化し、認知を共有できるリスクコミュニケーションツールが必要

### (2) 表層崩壊予測の高度化へのアプローチ

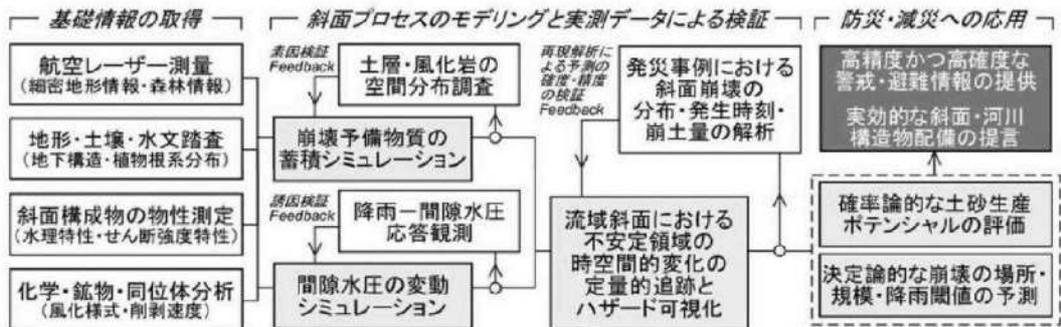
- ・ 表層崩壊予測の高度化には、風化帯発達（素因）と水循環（誘因），そして森林生態系の相互作用が創り出す地表近傍境界域の水文地形学的モデリングが不可欠。
- 風化帯発達（素因）モデル
  - ・ 風化帯構造は、航空レーザ測量（細密地形情報）と宇宙線生成核種（土層生成速度）、現場踏査でモデル化。
- 水循環（誘因）・森林モデル
  - ・ 土層中の間隙水圧予測は水文カップリングモデルで、植物根系効果は帰納的定式化による森林機能モデリングで表現。
- 斜面ハザードの可視化
  - ・ 斜面ハザードの時空間変化で実際の崩壊事例を再現可能。ただし、過大評価している箇所も多く見受けられる。
  - ・ 決定論的モデルに基づくアンサンブル解析により、任意の流域における土砂・流木生産量の確率論的評価が可能。

### (3) 実務展開と社会実装の見通し

- ・ 短期的には土砂災害ハザード予測に、中・長期的には流域砂防計画の策定や土砂災害のイベントアトリビューション、土砂動態の変容評価への応用が考えられる。
- ・ 行政担当者あるいは地域住民とのリスクコミュニケーションツールとしても活用可能。



### モデル枠組みの総括



表層崩壊の発生予測と流域からの土砂生産量評価のための水文地形モデリングのフレームワーク。

山地斜面の地表近傍境界域における水文地形過程のモデル化により、素因条件と誘因作用の両方が評価されることによって、表層崩壊の三要素予測が可能になった。

ただし、いかに高性能なプロセスベースモデルを構築したとしても、全ての表層崩壊を厳密に予測することは原理的にできない。→先行降雨の影響や崩壊発生履歴、土層や岩盤の物性の空間的多様性、生物活動といった確率的振る舞いをもつ要因が存在するため。

決定論的なモデルをベースにしたサイクルシミュレーション等のアプローチによる斜面崩壊の確率論的な予報が意味を成す (e.g., 「流域内で $10^3 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3/10^5 \text{ m}^3$ の流域出口への土砂流出を伴う斜面崩壊が、3時間以内に発生する確率が80%/50%/10%」といった斜面変動確率予報が目標)。

## 5. 管理基準値（暫定版）の提言

傾斜センサーの精度向上に伴い、表層崩壊やがけ崩れなどの斜面の変形および崩壊のデータが集積されている。変形はその状態によって弾性的変形と塑性的変形に大別され、塑性的変形では土壌雨量指数と変形時の角速度が相関しながら、3つの特徴的なクリープの段階を経て、崩壊へ至るメカニズムを捉えた。これらの動的特徴から管理基準値を立案し、土壌雨量指数によるキキクルとの相関的管理を暫定案として提示する。

### 5-1 土壌雨量指数と角速度の相関性と変形ベクトル

日本各地で計測した 200 万程度の地表面傾斜計のデータによる角速度と土壌雨量指数の相関と、X 軸と Y 軸の合成角度により地表面傾斜計の変形ベクトルのオービット図を図 5-1 に示す。

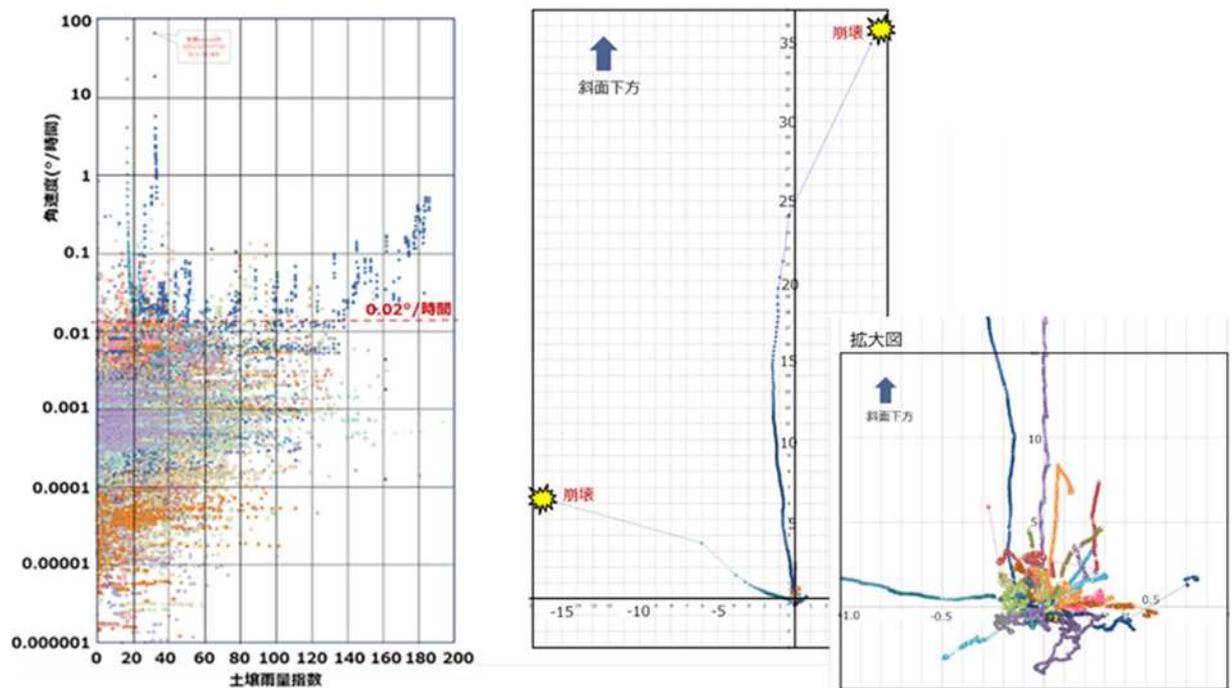


図 5-1 変形時の角速度と土壌雨量指数との相関図と合成角度による変形ベクトルのオービット

- ・角速度が  $0.02^{\circ}$  /時間を超過すると継続的に変形が進む場合は、角速度が加速的に増加。
- ・角速度の変化は、降雨時の土壌雨量指数が高まる際に生じるが、必ずしも一律ではない。
- ・降雨が少ない場合でも角速度が  $0.1^{\circ}$  /時間を超過した変形は加速的に継続し、うち 2 事例で崩壊へ至った。
- ・土壌雨量指数 180 の超過時には角速度が  $0.52^{\circ}$  /時間に達したが崩壊には至っていない。
- ・初期の変形ではベクトルの軌跡がランダムである。

- ・変形が進行するとベクトルが一定走向に収斂する。
- ・人工的な外力により傾斜センサーが反応した場合は大きく逸脱する。

## 5-2 傾斜センサーによる斜面の変形の特徴

傾斜センサーのデータを整理している過程で、下記の特徴的な斜面の変形があることを確認した。

- ・ 常時もしくは豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に特徴的な変形を示さない。
- ・ 豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に一時的に角速度  $0.02^\circ$  /時間を超える斜面下方の変形を示すが、その後の無降雨時に斜面上方へと緩やかな角速度で変形が継続し、変形の累積的変形が小さい（図 5-2 左図参照）。
- ・ 豪雨時や土壌雨量指数の相対的ピーク時に一時的に角速度  $0.02^\circ$  /時間を超える斜面下方の変形を示し、その後の無降雨時でも  $0.02^\circ$  /時間を下回る角速度を継続しながら徐々にその速度が収束する（図 5-2 右図参照）。
- ・ 特徴的な変形が偏在化すると、わずかな降雨や小さな土壌雨量指数のピークでも敏感に反応し、角速度  $0.02^\circ$  /時間を超える斜面下方の変形が頻繁に発生する。無降雨時に角速度も早い角速度となる。
- ・ 特徴的な変形を繰り返す内、 $0.02^\circ$  /時間を下回らない角速度を継続し、かつ指数関数的に大きくなる。無降雨もしくは少量の雨で  $0.1^\circ$  /時間を上回る角速度に達したものは 2 つの事例では、いずれも崩壊した（図 5-3 参照）。

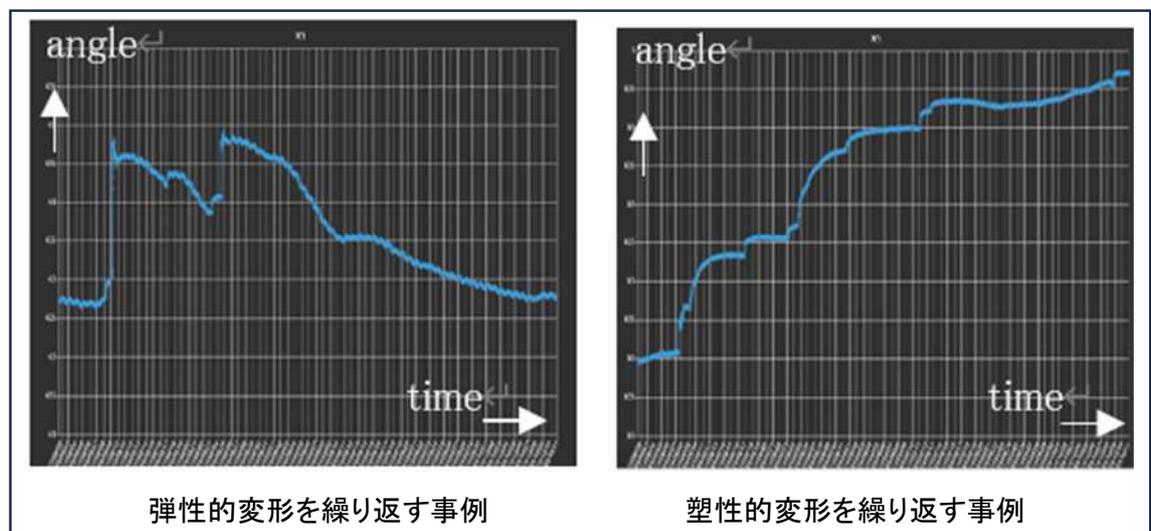


図 5-2 傾斜センサーによる特徴的な変形事例

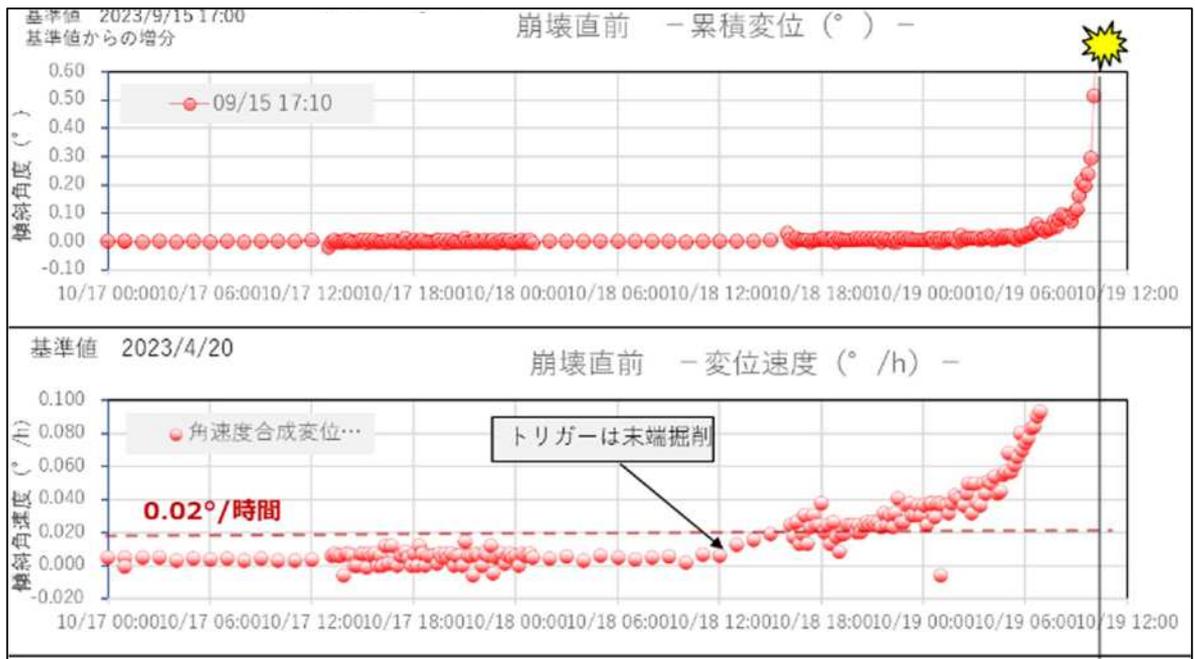


図 5-3 表層崩壊が発生した事例

### 5-3 変形および崩壊のプロセスの考察

傾斜センサーによる変形と崩壊のデータに基づき、斜面の変形および崩壊のプロセスを整理した（図 5-4 参照）。クリープの特徴とクリープレベル区分は、下記のように考察している。

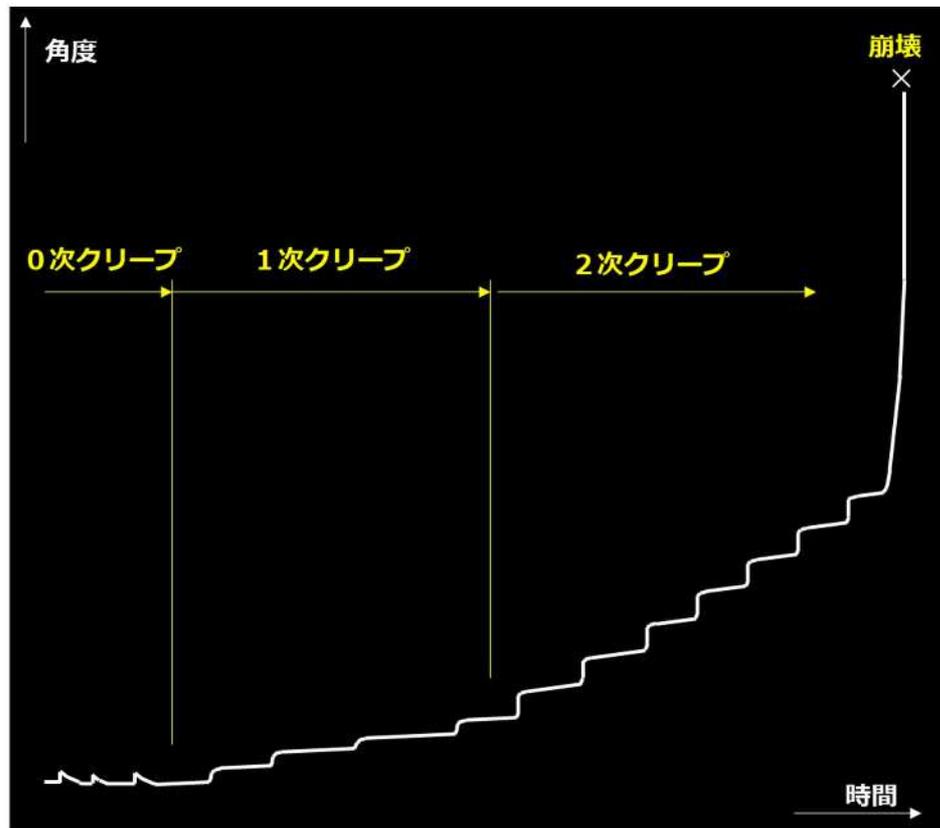


図 5-4 傾斜センサーによる変形と崩壊のプロセス

#### ■0次クリープ：

図 5-2 の弾性的な変形の段階である。降雨などの誘因により一時的に変化するが徐々に回帰。図 5-1 のオービットは不規則。

#### ■1次クリープ：

図 5-2 の塑性的な変形の段階である。降雨などの誘因による変化と平常変形を伴う。

#### ■2次クリープ：

1次クリープが顕在化した段階である。※1次と2次は図 5-1 のオービットは一定の走向を示す。

### 5-4 傾斜センサーの管理基準値の暫定案

傾斜センサーによる実測値を踏まえ、土壌雨量指数による災害発生危険度をレベル分けしたキキクルと、傾斜センサーによる角速度の変化を対比することで警戒レベル管理基準値の暫定案を提示する（図 5-5 および図 5-6 参照）。

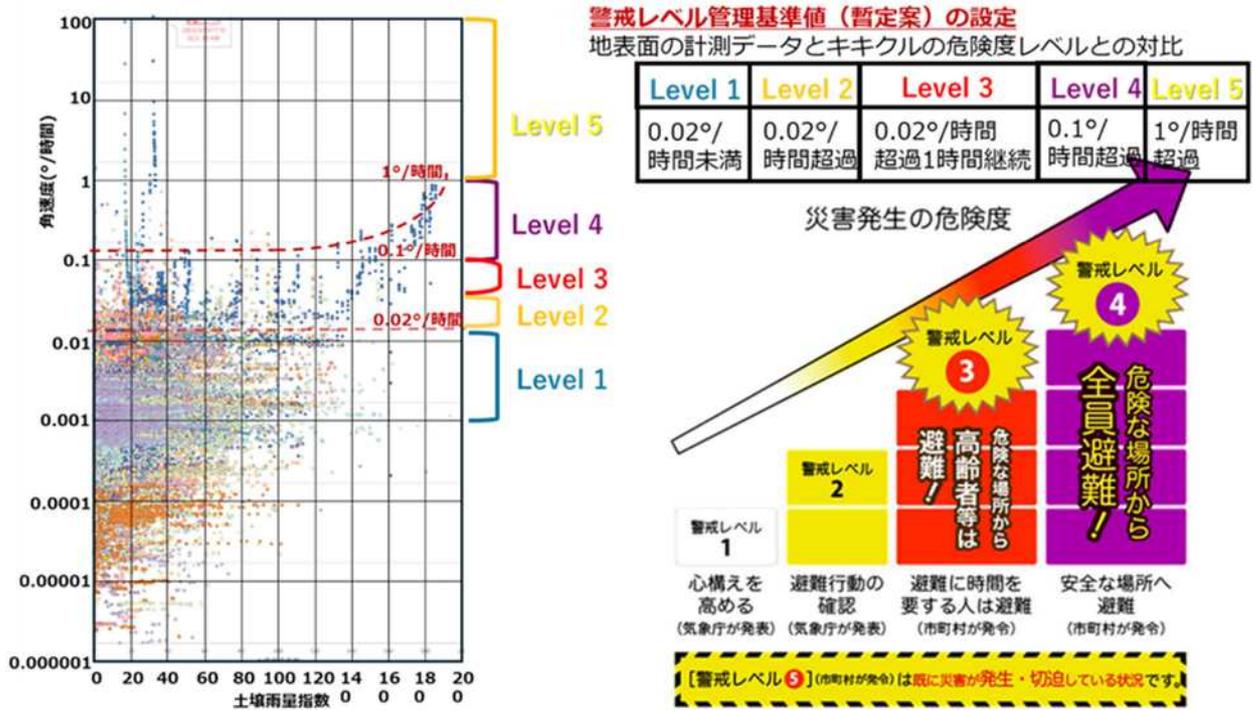


図 5-5 傾斜センサーの管理基準値の暫定案

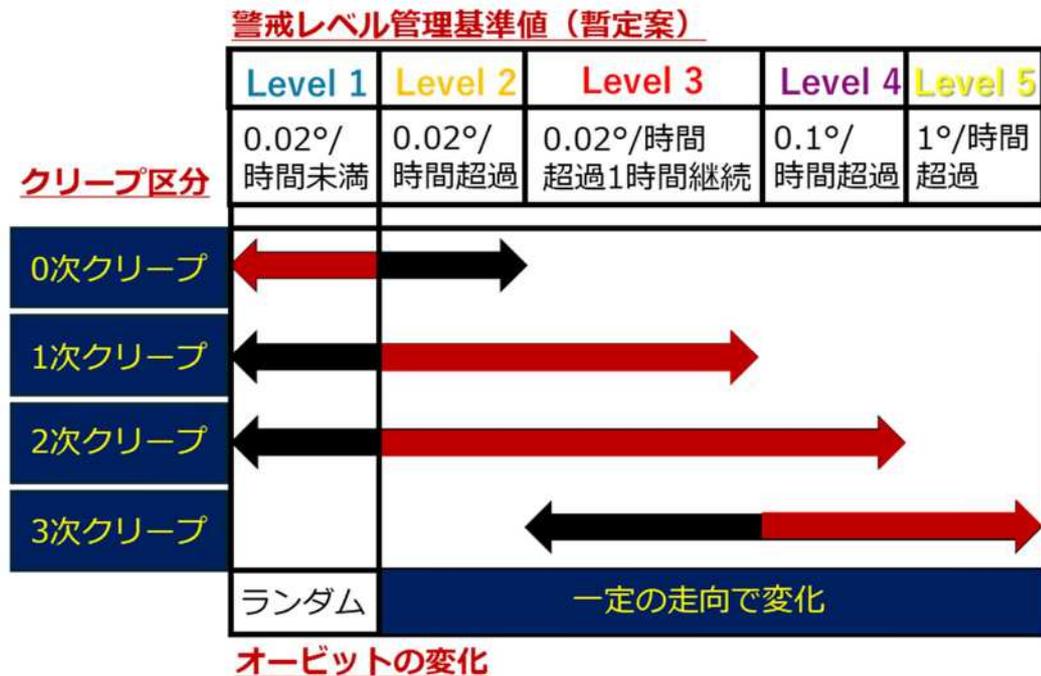


図 5-6 クリープ区分と警戒レベルとの関係図

なお、今後も継続して傾斜センサーによる実績を増やしていくことで、その都度管理基準値を適切に見直していく必要があると考える。

## 6. 謝辞

本事業を遂行するにあたり、実証サイトを快くご提供していただいた国土交通省四国山地砂防事務所の関係者様、その調整にご尽力していただいた京都大学の安原英明教授には、貴重な計測データを取得することができ、深く感謝申し上げます。

また、ヒアリング調査にご協力いただいた関係省庁ならびに行政法人の皆様、さらにはアンケート調査にご協力いただいた傾斜センサーメーカー5社の皆様、自治体の皆様、活動報告会セミナーにご参加していただいた皆様には、貴重なご意見をいただき、深く感謝いたします。