

1. 砂防研究報告会発表事例

1. 長野県における土砂災害情報相互通報システムの構築について

長野県土木部砂防課

2. 立山カルデラ内における土砂崩壊危険箇所の推定

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所

3. 手取川上流部掃流砂量調査解析

国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所

4. 集水井による排除地下水の有効利用について

—排除地下水を利用したマイクロ水力発電—

高知県土木部越知土木事務所

5. 映像検知現地試験結果報告

国土交通省九州地方整備局大隈河川国道事務所

1. はじめに

長野県は、我が国のほぼ中央に位置し、周囲8県に接し、関東、中部、北陸の各地方に及ぶ、東西約120km、南北約212kmと南北に長く、総面積13,560km²の県である。また、日本の屋根と呼ばれ、3,000m級の山々に四方を囲まれており、日本アルプスを始めとして本州の脊梁を形成し、長大河川の水源をなしている。なかでも信濃川を始め木曽川、天竜川、姫川等の代表的な河川がある。地質的には、南北に糸魚川-静岡構造線が走っており、また、諏訪湖付近から中央構造線が南にのびている。糸魚川-静岡構造線の東側は、フォッサマグナ地帯になり、新第三紀層が分布しており、東西端に古生層、中生層がみられる。全体的に地質構造は複雑で断層や破碎帯が多く、また温泉変質を受けた山地も各地にみられ、これが土砂災害発生の素因をなしている。

県内は急峻な地形のため過去には、幾度も土石流が発生するなど土砂災害に数多く見舞われている。昨年度の台風第22号、23号は記憶に新しいところである。

過去の経験から、また昨今の集中豪雨による全国の土砂災害等により、年々、市町村職員や住民の防災への関心は、高まってきている。

その中で、長野県においては、早期避難に役立てていただこうと市町村の既存インフラを利用した土砂災害情報相互通報システムの整備を行ってきています。今回は、システム整備の概要、利用状況、今後の課題などについて紹介します。

2. 長野県における土砂災害情報相互通報システム整備の概要

現在県内238箇所の雨量観測データを建設事務所から県庁に集約し、インターネットの「砂防情報ステーション」で住民に情報提供しています。このリアルタイムの雨量情報や、災害情報等を市町村を通じて、既存のCATV(図-1)を使って住民へ提供していく。また、住民からは地域の状況を行政側へ通報していただく、つまり土砂災害に関する情報を行政と住民が相互に通報し、共有するシステムです。そのほかインターネットを使って、住民に危険箇所、警戒区域、雨量情報、災害情報を提供します。そして、市町村役場の災害対策本部あるいは町長室などに設置し

たモニターで、いわゆる「WebGIS」上に、情報の整理をし、CTIシステム(電話応答通報装置)で受話器を取ることなく、地域住民の避難に関する状況も把握できます。

3. 利用状況

整備をしてきた町村での利用状況の一例を紹介したいと思います。

最初に白馬村のホームページの状況を説明します。トップ画面(図-2)では、現在の村の情報として気象情報、道路の通行規制の状況などをお知らせしています。土砂災害情報マップでは、既に指定となった

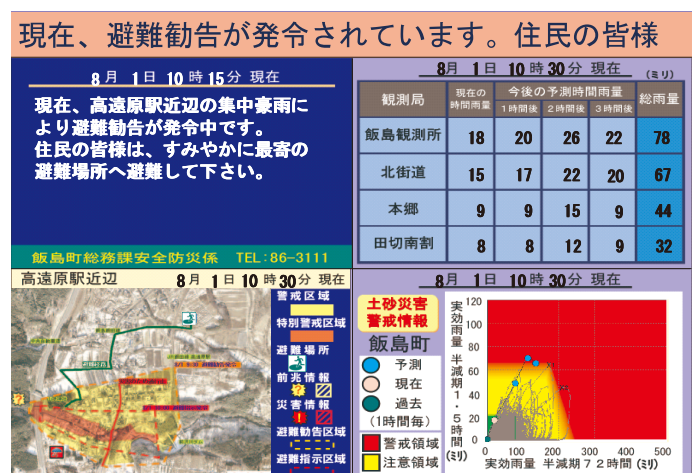


図-1 CATV画面

土石流の土砂災害警戒区域と避難所(図-3))を表示しています。その他として災害時の心得、土砂災害危険箇所、避難所の一覧を示し、住民の方への周知を図っています。

次に、飯島町においておこなわれた土砂災害情報相互通報システムを利用した避難訓練の状況を紹介します。

昨年、2度にわたり飯島町において、土砂災害情報相互通報システムを利用した防災訓練がおこなわれました。1回目は、新しいシステムの導入ということで、役場関係職員のシステムの操作方法及び緊急時の体制確認をおこないました。これを踏まえ、2回目は、地域住民を交え、実際の災害発生を想定し参加者が一定の役割をもち、その役を通じ災害を疑似体験する方式で(写-1)総合的な一連の防災訓練がおこなわれました。

4 今後の課題

飯島町において、2度にわたって行われた防災訓練により、課題が見えてきた。

1点目として、住民と町との間はシステムが整備されたが、町と県の間は従前と同じ電話連絡になるため、連絡体制が課題となる。

2点目として、CTIなどのシステムの簡略化があげられる。システム導入後、幸いにも大災害に見舞われていないため、緊急時にシステムを容易に操作する事ができるのかが課題となる。役場職員は訓練を通じシステムの操作を把握できるが、住民は実際の災害時に初めて使う人がほとんどである。初めての方も高齢者の方も容易に使いこなせるように住民の方への説明や、わかりやすいシステムとする必要がある。

3点目として、大災害の際には、電気等のライフラインが途絶える事が想定されることから、システムが稼働できない時の体制についても考えておく必要がある。

5 まとめ

各市町村のインフラ状況に合わせ、CATVなどを利用した整備を行っているため、比較的住民の方はスムーズにシステムに入っていけると思われる。しかしながら、実際の災害時に落ち着いて操作できるのかは、未知数である。日頃からの慣れが大切になると思われる。また、山間地などは、高齢化が進んでいるため、高齢者などの自力避難困難者への支援や、電気などのライフラインが途絶えたときの対策も考えておく必要があると思われる。



図-2 白馬村インターネット画面1

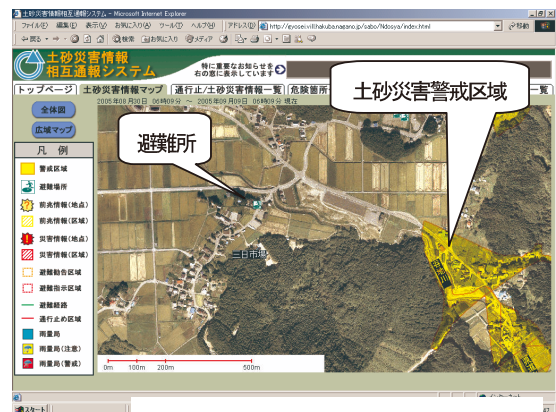


図-3 白馬村インターネット画面2



写-1 避難訓練

立山カルデラ内における土砂崩壊危険箇所の推定

調査機関名 立山砂防事務所

1. はじめに

立山カルデラは、富山県南東部で北アルプスの北部、雄山を主峰とする立山連峰の西側に位置する。立山カルデラでは安政5年に大崩壊が発生し、鳶泥と呼ばれる崩壊土砂が谷を埋め尽くして多枝原平を形成したと言われている。現在では、その多枝原平の中を多枝原谷、西谷、新谷、泥谷等が刻んでおり、昭和44年には集中豪雨に起因する崩壊が発生し、それまで存在していなかった六九谷が形成された。

本調査では、立山カルデラ内で起きる土砂崩壊発生機構について調査を行い、大規模な土砂崩壊が起きる区域（以下「土砂崩壊危険区域」と称する）を推定することを目的としている。

2. 調査の進め方

調査地は六九谷と同様の深層崩壊が発生する可能性が高く、流域の基幹堰堤である白岩砂防堰堤の直上流地域である多枝原谷左岸斜面～六九谷形成地付近を選定した。また、六九谷崩壊の既存調査より以下のように本調査項目を選定した。

・排水能力以上の雨が地中に浸透し、地下水圧が一時的に過剰となり、地下水の出口になる斜面が過剰水圧に耐えきれなくなつて崩壊が発生した → 地下水賦存状況（位置、水位、経路等）の把握

調査項目：高密度電気探査 ボーリング調査 地下水調査 水質分析 河川水位観測

・崩壊最大深さは約35mであり、崩壊土砂は鳶泥である。このことより、崩壊は透水性の良い鳶泥等未固結堆積物と基盤岩上層部で発生した → 地質状況（未固結堆積物の厚さ等）の把握

調査項目：高密度電気探査 ボーリング調査

3. 調査結果及び考察

調査地は上部をルーズな鳶泥、下部に基盤岩が分布する地質構造のため、その境界では比抵抗値が明確に異なることが推定できる。そこで、未固結堆積物の層厚を把握するため、測線上に広く比抵抗値



六九谷（崩壊当時）

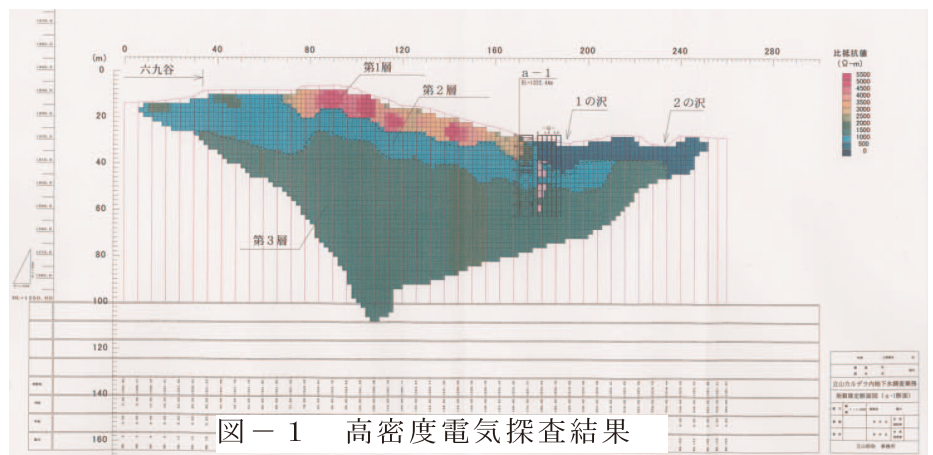
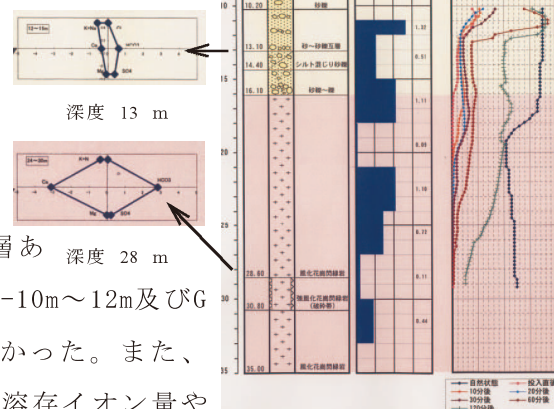


図-1 高密度電気探査結果

が測定できる高密度電気探査を行った（図－1）。図より、比抵抗値は3区分に大別され、ボーリング結果を踏まえて判別すると、第1層：表土、土石流堆積物等、第2層：崩壊堆積物、第3層：基盤岩であり、未固結堆積物（第1層及び第2層）の深度は最大約30mに達することがわかった。

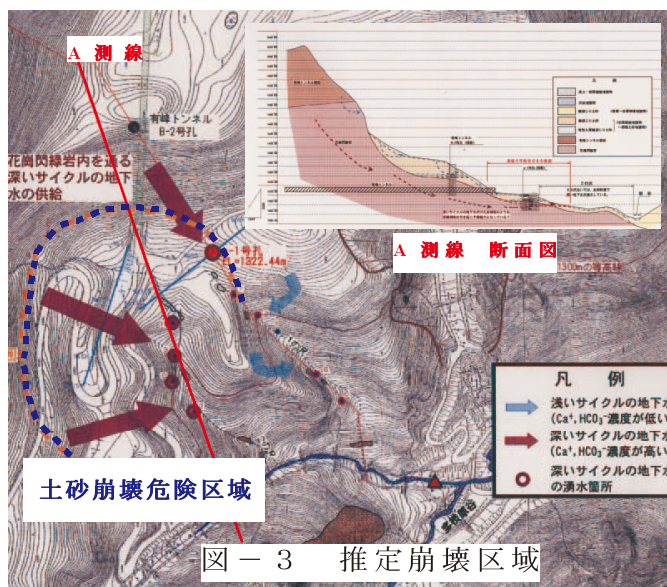
ボーリング孔を利用して、地下水賦存状況を把握するため地下水検層、簡易揚水試験等を行った（図－2）。簡易揚水試験結果では、GL-18m～21mの上下で揚水量や回復水位が大きく異なること、地下水検層結果では、自然状態の比抵抗値がGL-17m～19mを境に異なることから帯水層が2層あることが推定できる。また、比抵抗値の回復具合より、GL-10m～12m及びGL-20～23m付近に流動性の富んだ地下水帯があることがわかった。また、ボーリング孔内水の水質分析を行ったところ、深さにより溶存イオン量や成分構成が明らかに異なることがわかった。



図－2 地下水調査結果

本調査結果より、調査地付近の地下水は、上部と下部の2層に分かれていると推定できる。上部地下水は溶存イオンが少なく電気伝導度も低いことから、降雨等が地下に浸透し、浅層を通して短時間で地表に出るような浅い地下水と考えられる。一方、下部地下水は基盤岩の中層部以下まで浸透して再び地表に出るような経路をたどる深い地下水と考えられる。この深い地下水は六九谷にも湧水として見られており、六九谷崩壊の原因となった地下水である可能性がある。したがって、この深い地下水が湧出している斜面は崩壊の危険性が高いと推定した。

そこで危険性の高い斜面について地質断面図を作成した（図－3）。地形的に緩斜面を形成している箇所には、未固結堆積物が厚く堆積しており、その層厚は上段緩斜面約30m、中段緩斜面約15mと推定できた。前述のように九谷崩壊は、崩壊深度より未固結堆積物～花崗閃緑岩上層部で崩壊しているため、今後同様の崩壊が発生する場合、最大深度は約30m程度と推定できる。また、斜面における浅層地下水、深層地下水の湧出箇所を考慮することにより、調査地付近における土砂崩壊危険区域はの通りに推測した。



図－3 推定崩壊区域

4. 今後の進め方

現段階での結論は、ボーリング調査や湧水等、点のデータの解析が主であり、それらのつながりは推測にすぎない。

今後は「地下水の経路や分布状況の把握」及び「気象条件との関連性の解明」を進めて地下水の平面的な解析を行うことにより、土砂崩壊危険区域推定の精度を上げる。最終的には、土砂崩壊前の対策を可能にして、砂防工事の安全性向上につなげたい。

手取川上流部掃流砂量調査解析

金沢河川国道事務所 流域対策課 笹原 有紀

1. はじめに

侵食・崩壊による地形変化の激しい重荒廃地である白山を源流とする手取川は、歴史的に数多くの土砂災害・洪水災害が発生してきたため、上流域では昭和2(1927)年より直轄砂防事業を展開している。

当事務所では、手取川上流域において、白山砂防事業計画に用いる掃流砂量式の継続的な検証と土砂流出状況の監視を目的として、掃流砂の観測を実施したのでその成果のいくつかを報告する。

2. 調査手法

掃流砂観測は流水中でサンプラーを用いて掃流砂を採取する方法などの直接採取法が主体であったが、作業に危険が伴うことや短い時間間隔での計測が困難なこと、流れを阻害するため計測値の妥当性が低いことなどが問題となっていた。こうした問題点を踏まえ、本調査では継続的に安定して測定でき、実績が重ねられつつある音響センサー等を用いて掃流砂を観測する間接測定法を採用した。ただし、間接測定法では、間接的に掃流砂を測定するため、較正（キャリブレーション）のための詳細な調査解析を初期に実施しなければならないことが課題となる。

ハイドロフォンによる観測は、鉄パイプに衝突する砂礫の音をマイクロフォンで採り、その回数（パルス数）を数える方法で、同時に水位や移動土砂量を計測することにより、砂礫衝突パルス数－水位－移動土砂量（礫径）を関連付けるものである。移動土砂の波形を時系列的に観測できるので、縦断的に配置すれば、複数のハイドロフォン間での土砂の到達時間差からいくつかの移動集団の土砂移動速度の推定が可能である。

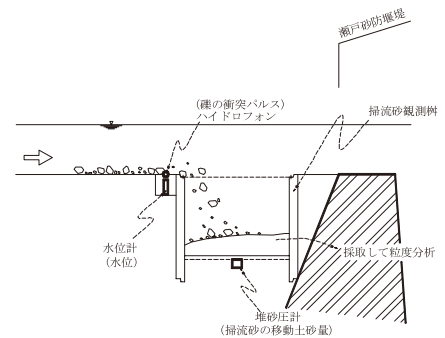


図-1 ハイドロフォンと掃流砂観測柵

観測箇所を設置位置は、①観測結果を検証するために周辺に流量観測機器等が設置されている箇所、②特殊な土砂移動状態でない箇所、③縦断勾配が一様な箇所、とした。当事務所の砂防事業計画では、主として流水の力によって土砂が流送される区間である掃流区間、重力と流水との組み合わせで土砂が流送される土砂流区間で土砂流送を表現する式を変化させているため、区間を分けて観測することとした。掃流区間では、手取川の支川尾添川の最下流にある瀬戸砂防堰堤、土砂流区間では手取川本川筋の細谷第1号砂防堰堤及び細谷第10号砂防堰堤を選定した。土砂流区間は、移動土砂量が多く粒径も大きいことが予想されたため、観測柵による移動土砂量の観測を行わずにハイドロフォンを縦断的に配置して、主として土砂移動速度についての観測を実施することとした。

3. 調査結果

洪水の観測結果について、パルスの増幅値毎に1分間隔の観測データを1時間間隔の平滑化データとし、水位と平滑化したパルスを時系列的に整理した。パルスの増幅値が高いチャンネルほど細かい砂礫の鉄パイプへの衝突を多く表しており、増幅値が低いチャンネルほど比較的粗い粒径の砂礫の鉄パイプへの衝突を多く表していると解釈される。

掃流区間では、出水初期には水位とパルスの変動は対応しているが、水位上昇後になると、パルス

変動は水位波形とは異なった挙動をし、水位・流量と一対一に対応していない(図-2)。水位が高い時には、1024 倍(細かい粒径)でも 16 倍(粗い粒径)でもいったんパルスが減り、減水期に再度増加する傾向がある。これは、洪水ピーク時に土砂移動が減って河床洗掘を起こし、洪水後半に埋め戻すという経験的な知見と対応していると考えられる。

図-3、図-4 は水位とパルスの関係を表したものである。

増幅値 1024 倍(細かい粒径)でも 16 倍(粗い粒径)でも、融雪期初期から徐々にパルス/水位の傾きが減少した後に、今梅雨期で最大となる出水で再度パルスが大きくなり、パルス/水位の傾きも大きくなっている。手取川流域では一洪水時の土砂流送がそれまでの土砂生産や河道内土砂堆積に影響され、次の出水にも影響することから、土砂生産量が一洪水期間を超えて変動していることが分かる。また、増幅値 16 倍の方が梅雨期の大きな出水でパルスが大きくなる度合いが大きい。このことから、洪水出水期の流出土砂の方が積雪・融雪期のものよりも粒径が大きく、土砂生産の質が季節的に変動していることが分かる。

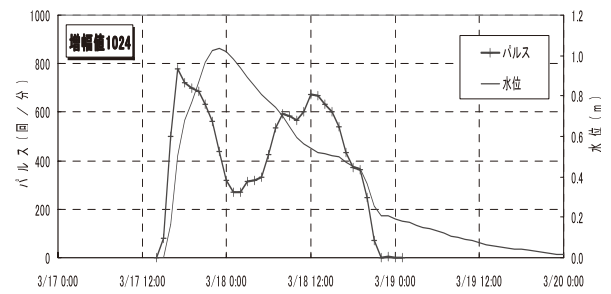


図-2 パルスと水位の関係(瀬戸)

(増幅値 1024 倍)H17.3.17 融雪出水

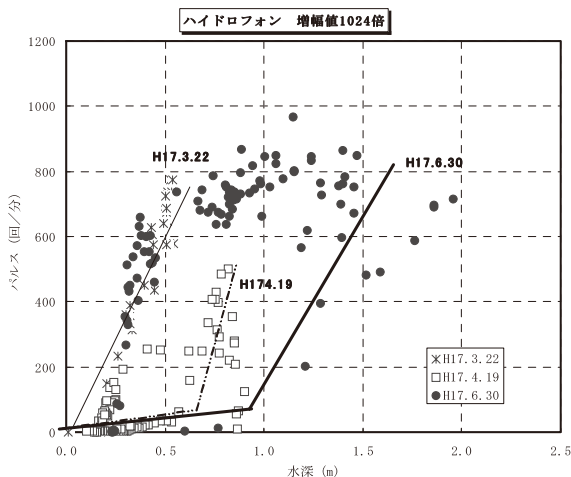


図-3 水位とパルスの関係(瀬戸)

(増幅値 1024 倍)

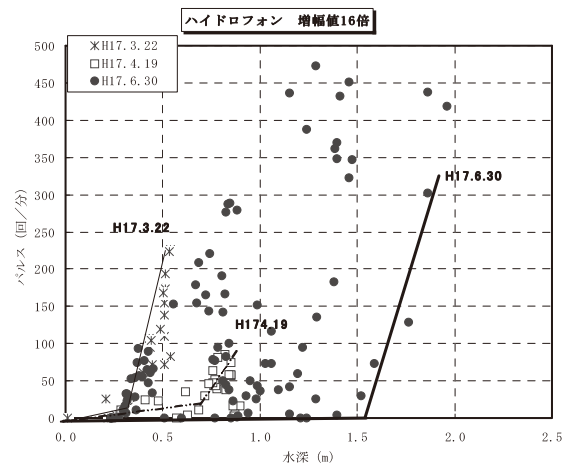


図-4 水位とパルスの関係(瀬戸)

(増幅値 16 倍)

4. 結論

現段階で掃流区間の観測データから、①出水時の土砂の出方として、一山の流量であっても、水位上昇に伴う初期と水位低下時に伴う後期とからなる二山の土砂流出パターンがある、②水と土砂の移動が時間的にずれていることから、それぞれ独立した観測として掃流砂観測が必要である、③季節別あるいは出水期間中に河道内を移動する土砂の粒度分布が変化する特性がある、ということが明らかになった。

今後、融雪期や大規模土砂流出後の河道形成過程を把握するため、音響エネルギーを用いた粒径判別手法を確立していく必要がある。当事務所では調査を継続してモニタリング資料を蓄積し、手取川での季節及び出水パターン別に土砂流出パターンを類型化していきたいと考えている。

集水井による排除地下水の有効利用について ～排除地下水を利用したマイクロ水力発電～

高知県越知土木事務所

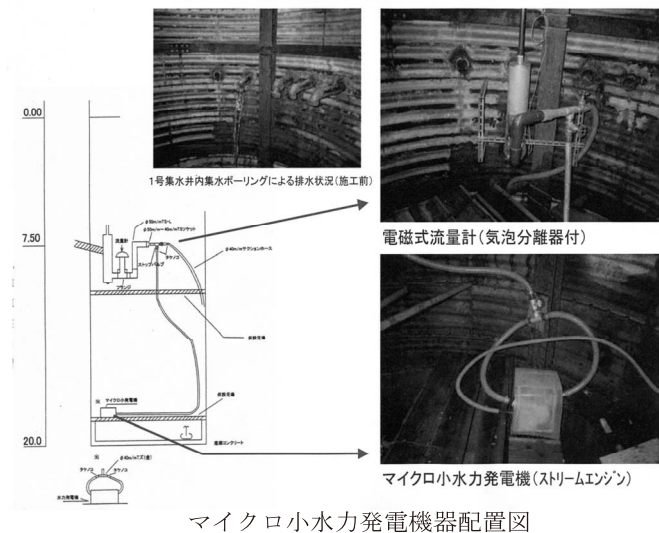
1. 調査の目的

地すべり地においては、地すべり工法として地すべりの誘因となる地下水を排除することにより地すべり活動を抑制する工法が用いられています。従来の地すべり事業では、この排除された地下水は、整備された流路工から速やかに地すべり地外へと排出されており、地域内で有効な利用はあまり行われていませんでした。そこで、地すべり地における地下水をより有効に利用するために、既設集水井内の集水ボーリングから排除される地下水の水量と落差を利用してマイクロ水力発電機による発電を行い、現地観測機器への電源として利用することを計画しました。今回の調査では、実際に発電機の稼働状況の実証並びに発電量の調査を行うことを目的としています。

2. 調査の方法

調査地については、高知市の西方約 25km 地点にある高岡郡越知町谷ノ内地すべり地を調査対象としています。当地すべりは、一級河川仁淀川水系谷の内川の上流右岸に位置し、昭和 33 年に地すべり防止区域に指定され、平成 13 年の追加指定を含めると、防止区域の指定面積は 131.21ha となっています。また、地すべりの概要については、現在想定されている地すべりブロックは、幅約 400m、奥行き 1,200m にも達しており、地すべりの平均層厚は約 60m と深く、場所によってはすべり面が 100m を超えるところも存在し、規模が大きいといわれる四国の破碎帯地すべりの中でも最大の規模となっています。

調査の方法は、昭和 54 年に施工された 1 号集水井内部の集水ボーリングより排除された地下水をパイプラインにより経由させ、特殊ノズルを通過して、更に加速させることで水車（タービン）を回し、その軸に結合しているマイクロ発電機を回転させることで発電を行い、その発電量を現地で観測しています。また、発電量と流量の関係を求めるために集水ボーリングの孔口には電磁式流量計を設置して、発電量と流量の相関関係を調査するようにしています。



3. 調査の結果

調査の結果については、設置したのが平成 17 年 3 月の渇水期にもかかわらず、毎分 30 ㍓の流量に対して約 20 ㍓の発電量を確認することができ、また、この発電量は現地の観測機器へ十分な電力を供給することが可能であることも確認できました。今後の調査については、年間を通じて安定した電力供給が可能であるか検証を行う必要があり、また長期的な維持管理についての調査も進めていきたいと思っています。

映像検知現地試験調査報告

九州地方整備局 大隅河川国道事務所 調査第二課
赤星 綾香

1. はじめに

桜島では、①工事従事者の安全確保、②土砂災害情報の提供、③土砂災害防止のための安全対策を目的とし、土石流の検知・観測を実施している。土石流検知センサーはこれまでに様々なタイプが開発されているが、いずれのタイプもその機能原理等から検知能力には一長一短がある(表-1)。また、土石流災害防止のためには、土石流検知だけでなく流量や流速等の定量的なデータの取得も求められる。

一方、近年の技術発展に伴い映像解析手法を用いた動態検知システムが開発され、防犯面や防災面(落石検知等)で実用化されている。

以上から映像解析による動態検知システムが土石流検知に適用可能であるかの検証と、適用に際し土石流検知に必要な条件を公平な立場で評価し、実用化に向けた検討を実施することを目的とし、平成 15 年度から映像解析による土石流検知システムの比較及び VTR 映像による室内試験と現地での実証試験を実施している。

本発表は、映像解析による土石流検知システムの実用化に向けて実施中の現地実証試験の現時点での評価と本システム実用化の課題についてまとめたものである。

表-1 代表的な土石流検知センサーとその長所・短所

	原理	センサー名	長所	短所
接触式	土石流がセンサーに直接触れることで土石流を検知	ワイヤーセンサー	検知の確実性が高い	土石流の連続的検知不可
		ハネルセンサー	検知の確実性が高い	点での検知のため、土石流がセンサー設置地点を通過しないと検知不可能
非接触式	土石流が発する音や振動等をセンサーで捉え、それを解析して土石流を検知	振動センサー	連続検知が可能	ノイズによる誤検知の可能性あり
		音響センサー	連続検知が可能	ノイズによる誤検知の可能性あり
		光センサー	連続検知が可能	障害物等による誤検知の可能性あり

2. 現地実証試験の概要

今回実施した実証試験の概要とこれまでの経緯を以下に示す。

(1)これまでの経緯

■平成 15 年度

- ・ 土石流検知センサーや映像検知システムの現状把握
- ・ 映像検知システムの選定
- ・ 土石流 VTR を利用した室内実証試験の実施
- ・ 実運用化に向けた課題等の整理

■平成 16 年度

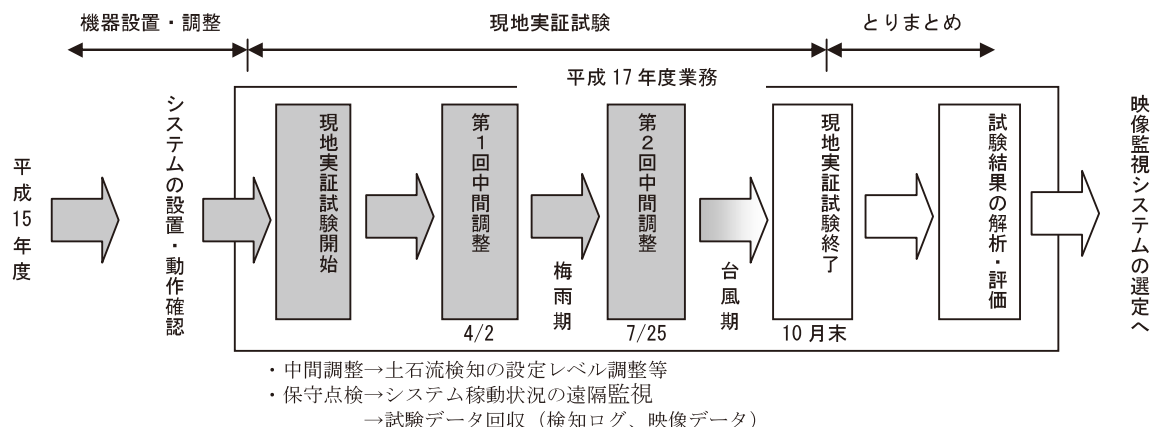
- ・ 現地実証試験実施計画書(案)の作成(試験実施溪流・カメラの選定、試験方法、システム構成の検討)

現地実証試験の試行(平成 17 年 3 月～:システム機器設置・調整、疑似動態による動作確認)

(2)現地試験概要

平成16年度に設置した3方式の映像解析システムを以下の手順で試験する(図-1)。

図-1 現地試験フロー



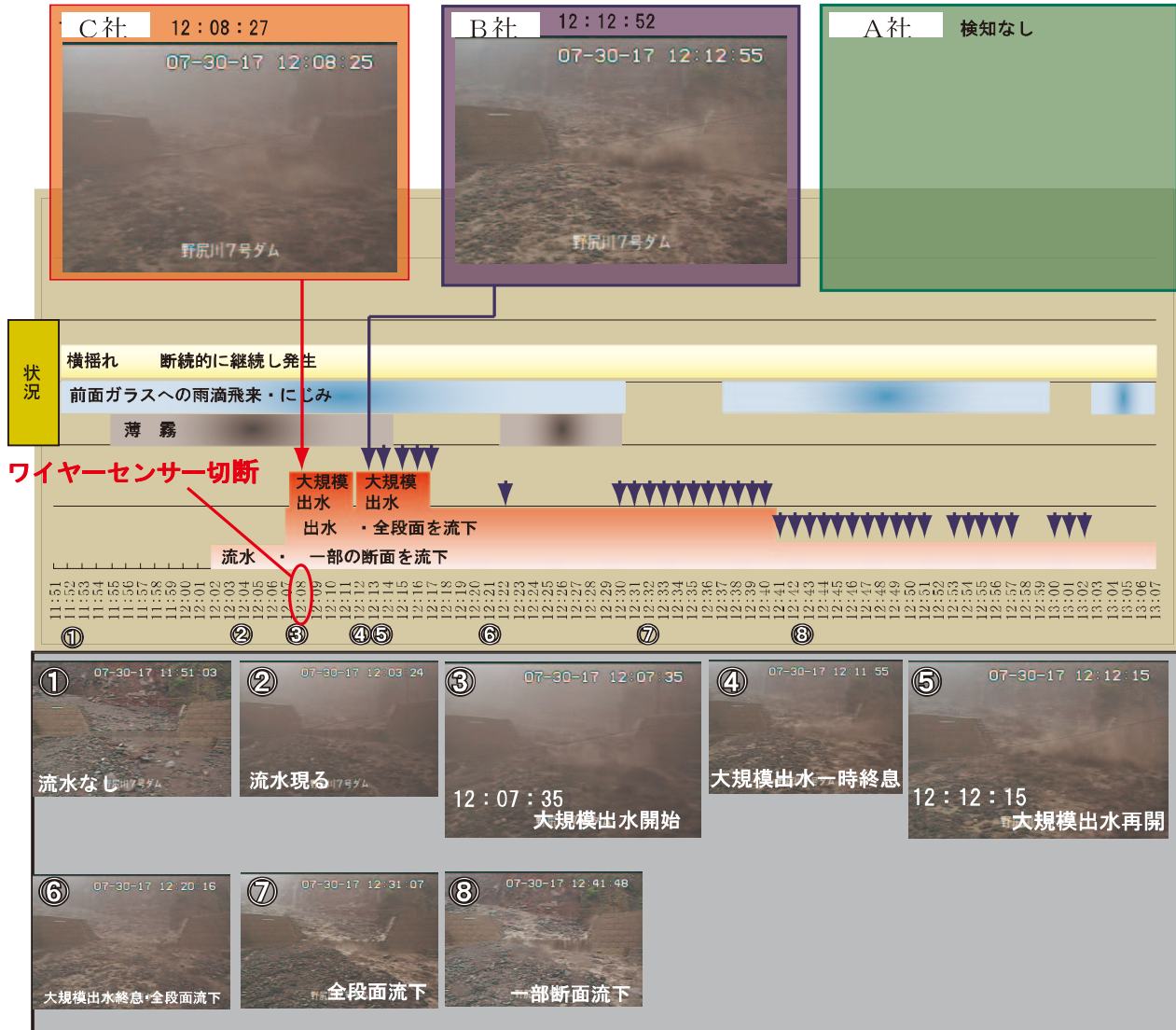
3. 現地実証試験実施状況

試験開始から現在(8月3日)までの各社の検知状況を示す。なお、この期間に土石流(出水)が2回(5月1日、7月30日)発生している。

(1) 土石流検知例

映像検知システムが土石流(出水)を検知した事例を示す。(7/30 出水)

図-3 7月30日土石流検知状況



■ センサーの検知状況

〔ワイヤセンサー(既設)〕: 第1波目の大規模出水で検知(12:08)

- ・第1波目の大規模出水でえん堤天端から1段目(60cm)および2段目(120cm)のワイヤセンサーが切断された。(3段目 180cm は切断されなかった)

〔A社: フレーム間輝度差分方式〕: 検出されず

- ・7/30の出水では土石流の検知がされなかった。誤検知もなかった。
- ・5/1に発生した土石流では検知されていた。(5/1 土石流の規模は7/30と同程度)

〔B社: オプティカルフロー方式〕: 第2波目の大規模出水で検知(12:12)

- ・第1波目の大規模出水では検知しなかったが、第2波目の大規模出水発生の約40秒後に検知。
- ・検知後、出水終了までの間(約1時間)に、相当数の検知信号が発生した。

〔C社: 動画パターン検出方式〕: 第1波目の大規模出水で検知(12:08)

- ・ワイヤセンサー切断と同時刻に検知した。
- ・検知後は出水終了まで、検知信号は発生していない。

（２）誤検知発生状況

各社の映像検知システムは、土石流発生時以外も検知を記録した。映像からは土石流等の発生が確認されていないことから、これらの検知情報は全て誤検知であると判断できる。各社の映像検知システムで発生している主な誤検知発生原因を表－３に示す。

誤検知は単独の因子のみで発生する場合および複合的に因子の組み合わせで生ずる場合があった。

例）前面ガラスに雨滴が飛来した状態での横揺れの発生

表－３ 誤認値の主な原因

誤検知の主な原因	
ワイパーの作動	→②
カメラの横揺れ	→②
映像途絶・乱れ(システムに起因した誤検知)※1→②	
映像画角変更(人為的なもの)	
前面ガラスへの雨滴飛来・にじみ	→①
雨落下・浮遊軌跡(雨筋を誤検知)※2	→①
濃霧 ※2	→①
薄霧 ※2	→①
逆光	→①
低層雲影(晴れている日の雲の動きを誤検知)	→①
夜間時稲光	→①
流水	→①
野鳥の飛来	→①
虫の飛来	→①
原因不明	

※1: 画面の瞬断など

※2: ハレーションの影響あり

4. 実用化に向けた課題と今後の発展

(1) 実用化に向けた課題

これまでの試験結果を踏まえると、映像検知システムの誤検知原因としては大きく「①自然現象によるもの、②機器によるもの」に分類できる。このうち、「②機器によるもの」については、ソフトウェアやカメラの改良等のハードウェアにより対処が可能である。しかしながら、「①自然現象によるもの」については、雨滴についてはカメラの改良（旋回式ワイパーやエア－ワイパーへの変更、庇設置等）、により対処が可能であるが、濃霧については映像検知システムのソフトウェアそのものの改良が必要である。

(2) 今後の発展

本実証試験では土石流の「検知」を目的としているが、映像解析の手法によっては物体の形状認識やベクトル解析も可能であることから、今後、流量・流速等の定量的データの取得にも応用が可能であると考えられる。

今後、現在明らかになっている課題の解決、並びに、定量的データの取得によって現在桜島に設置されている水位計や流速計、ワイヤーセンサー等は、全て発展型映像検知システムに変更が可能であると考えられる。これにより、土石流監視・観測に関する機器設置やランニングコストの低減や映像を介した市町村・住民への情報提供が可能になると考えられる。