

〔農工研技報 211〕  
215～221, 2011〕

## 平成21年（2009年）に発生した山形県鶴岡市七五三掛（しめかけ） 地区における地すべり災害対策への農工研の参画と技術開発

木下勝義\*・川本 治\*\*・正田大輔・石田聡\*\*\*・中里裕臣\*\*\*\*・田頭秀和\*\*\*\*\*

### 目 次

I 緒 言	215	2 農村総合研究部広域防災研究チーム (地すべり機構の解明及び技術支援関係)	218
II 参画の経緯及び参画内容	215	3 施設資源部構造研究室及び基礎地盤研究室 (地すべり機構の解明及び技術開発関係)	218
1 農林水産省関係(支援要請)	215	IV 結 言	219
2 山形県関係(支援要請)	216	参考文献	220
3 農工研関係(独自対応)	216	Summary	221
III 具体的な技術支援内容	217		
1 施設資源部基礎地盤研究室(派遣要請関係)	217		

### I 緒 言

平成21年（2009年）2月25日、住民が亀裂を発見し、鶴岡市朝日庁舎に通報があった山形県鶴岡市七五三掛（しめかけ）地区における地すべりは、4月9日、3戸に自主避難を要請するほど動きが激しくなった。

平成21年4月9日、農林水産省東北農政局より支援要請を受けた独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所（以下「農工研」という。）は、翌4月10日、職員一名を現地に派遣し、状況把握を行った。以降、4月22日までに計5箇所に観測機材を設置し、観測を開始した。

その後、観測機材より収集したデータの分析及び現地の地形・地質状況、ボーリング掘削時の孔内水位変化状況等により、地すべり活動に対して深さ25mのすべり面直下の被圧地下水の影響が大きいと判断し、当該被圧地下水を含めた地すべり土塊内の地下水を排除する対策工法（＝ディープウェルによる地下水排除）が提案され、当該工法の実施に対応し動きが沈静化した。

一方、平成20年度に実施された調査により、深さ50m以深にすべり面があることが確認されている。農工

研では、農林水産省防災課災害対策室の要請を受け、農林水産省東北農政局の支援を受けながら、平成22年1月、ダムや基礎地盤の埋設計器として開発されたワイヤレス間隙水圧計をベースに開発した観測機材を当該すべり面の挙動観測用に設置し、データの収集を開始するとともに、データの解析及び当該観測機材の性能試験を継続している。また、これとは別に、農林水産省が設置した委員会における委員の指摘に対し、農工研独自の活動として、すべり面の試料を採取し、せん断試験による残留強度等と逆算法によるすべり面強度の比較等を行っている。

本技術資料では、七五三掛地区の地すべり災害に関する農工研への支援要請がなされてから今日までの農工研の参画の経緯及び参画内容、並びに具体的な技術支援内容等についてとりまとめるものである。

なお、山形県鶴岡市七五三掛地区における農工研職員の現地調査その他において、農林水産省農村振興局防災課、東北農政局、山形県、山形県鶴岡市ほか関係機関にはご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

### II 参画の経緯及び参画内容

#### 1 農林水産省関係（支援要請）

平成21年4月9日、農林水産省東北農政局整備部次長より農工研施設資源部基礎地盤研究室長あてに「山形県鶴岡市七五三掛（しめかけ）地区における地すべり活動が活発になっているので、現地に来て対策等の指導をしてほしい」との電話要請があった。農工研は、災害対策基本法に基づく指定公共機関として、派遣要請があっ

\* 企画管理部

\*\* 農村総合研究部広域防災研究チーム

\*\*\* 農村総合研究部地球温暖化対策研究チーム

\*\*\*\* 施設資源部基礎地盤研究室

\*\*\*\*\* 施設資源部構造研究室

平成23年1月24日受理

キーワード：地すべり、派遣要請、指定公共機関、技術支援、ワイヤレスセンサ

た場合、特段の支障がない限りこれに応える義務を負い、その対応窓口は企画管理部防災研究調整役とされていることから、同室長が防災研究調整役に状況を説明した。防災研究調整役は農工研に派遣要請があったことを農工研所長に伝えた後、企画管理部長ほか関係者と協議し、基礎地盤研究室長を現地に派遣することが決定された。翌4月10日、現地において同室長による状況把握が行われ、その後観測機材（古野電気 MG-2110。以下「GPS」と記す。）による地すべり移動量観測が4月14日より開始された。

農林水産省東北農政局は、七五三掛地区地すべり指定区域内で平成21年度に実施する調査及び対策事業等の技術検討を行い、同区域の緊急及び恒久的な地すべり対策等に資するため、「七五三掛地区地すべり技術検討委員会」を、また、同委員会の円滑な審議に資するための「技術検討会」を、それぞれ設置した。同委員会については、平成21年7月30日、平成21年11月11日の2回、それぞれ現地で開催され、また同技術検討会については、平成21年7月29日、平成21年10月14日、平成22年3月9日の計3回、それぞれ現地近く又は農林水産省内にて開催された。

これらの技術検討委員会又は技術検討会の開催に前後し、農工研関係者は、平成21年6月4日、平成21年6月11日、平成21年6月19日及び平成21年10月8日に農林水産省防災課との打合せを、平成21年7月3日に農林水産省災害対策室ほかとの合同現地調査及び打合せを、それぞれ行った。

平成22年度に入り、平成22年12月7日、山形県七五三掛地すべり防止区域において農林水産省が施行する地すべり防止工事のための調査・計画・設計・施工及び維持管理等に関して、専門的立場から総合的かつ具体的に検討することを目的とする「庄内あさひ地区地すべり対策技術検討会」が開催され、農工研からは、農村総合研究部広域防災研究チーム長及び施設資源部基礎地盤研究室長が同検討会の委員として参加した。

また、東北農政局庄内あさひ農地保全事業所より、広域防災研究チーム長及び基礎地盤研究室長に対し、技術検討会の委員としての参画とは別に、個別案件毎に指導・助言が求められ、「七五三掛地区は農工研が災害派遣要請を受け対応するという段階は終了した」との観点から、農工研で平成22年度より開始した「特別対策」により、これを行っている。

## 2 山形県関係（支援要請）

基礎地盤研究室長は、山形県主催の「七五三掛地区地すべり対策技術検討会」の委員を委嘱され、5月18日に行われた第1回会合及び現地調査に参加した。

山形県（知事）の依頼を受けた独立行政法人土木研究所は、平成21年5月29日、現地調査を行った。この調査には、農林水産省防災課災害対策室長ほか参加した

が、同災害対策室の要請を受け、農工研基礎地盤研究室長も参加した。

山形県主催の「七五三掛地区地すべり対策調整会議・技術調整部会合同会議」（以下「合同会議」という。）が平成21年6月12日に行われ、農工研所長、基礎地盤研究室長及び防災研究調整役が出席した。なお、この3名は、合同会議開催前に現地調査を行うとともに、現地調査終了後合同会議前に山形県知事と農工研所長が懇談している。また、この合同会議後、農工研所長が単独記者会見を行った。

この合同会議は、その後第2回が平成21年8月26日に、第3回が平成22年2月16日に、第4回が平成22年9月1日に、それぞれ開催された。第4回会議において、七五三掛地区地すべり対策調整会議・技術調整部会合同会議を現地に密着した新たな組織体制へ移行することとされ、これまでの災害対策から復旧に向けた取組を進めていくこととされた。

一方、基礎地盤研究室長は、山形県知事より「七五三掛地区地すべり対策調整会議の中の技術調整部会」の技術アドバイザーを委嘱された（平成21年5月29日付け。委嘱期間：平成21年7月末日まで）。同室長が技術アドバイザーとして活動したのは「平成21年6月13日～14日」、「平成21年6月20日～21日」、「平成21年6月27日～28日」、「平成21年7月4日～5日」、「平成21年7月11日～12日」、「平成21年7月25日～26日」の計6回。このうち、平成21年7月11日～12日において、農工研より「主変動域内のディープウェル工による排水により、6月25日以降、顕著な移動速度低下が認められ、7/8～7/10の降雨（総雨量84mm）による大きな加速は認められない」とコメントした。この時のコメントが農工研の沈静化表明と言え、この沈静化について、農工研HPに掲載した。以降、地すべりの沈静化傾向は今日まで大きな変化はない。

また、七五三掛地すべり対策活動に貢献したとして、平成22年9月16日、山形県副知事より山形県知事名の感謝状が基礎地盤研究室長に贈呈された。

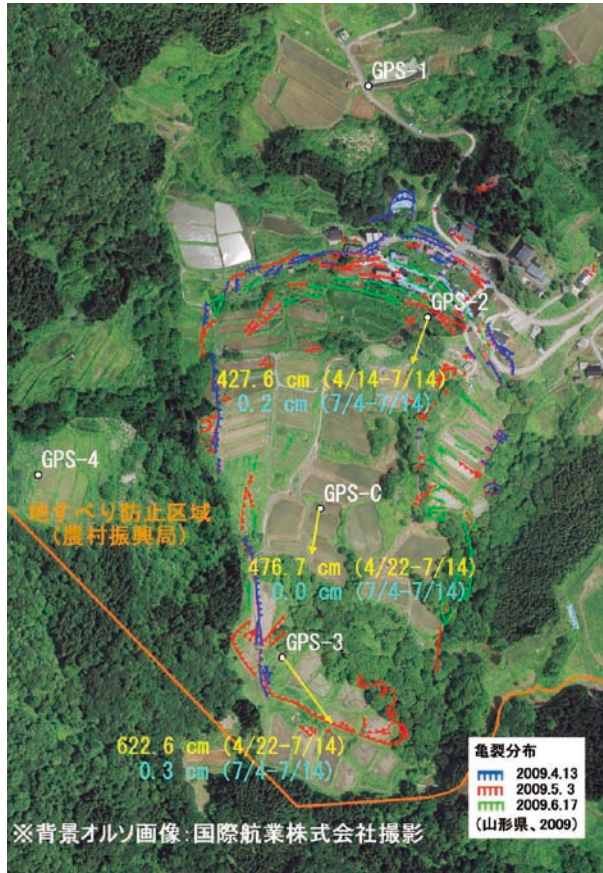
## 3 農工研関係（独自対応）

平成21年6月12日の記者会見において、農工研所長が「農工研の組織を挙げて支援する」と表明し、平成21年6月15日、農工研内に「七五三掛地区地すべり対策チーム」を設置した。その後、地すべりの動きが沈静化したこと等により、平成21年8月17日、「七五三掛地区地すべり対策チーム」を再編した。

平成21年7月9日、9月1日～2日、11月10日の計3回、同対策チームのメンバー（一部）ほかによる現地調査（7月9日は現地調査及び土質試験用の資料採取、9月1日～2日は地下水採取、11月10日は現地調査）をそれぞれ実施した。

### Ⅲ 具体的な技術支援内容

組織別、支援の開始時期の順に記述すると以下の通りである。なお、Ⅰ又はⅡで述べている内容と重複するところがある。

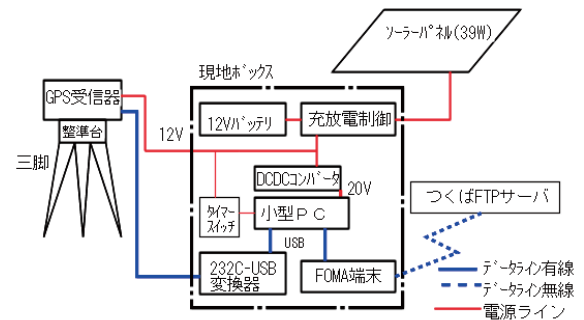


**Fig.1** 七五三掛地すべり防止区域における GPS 設置位置および水平累積移動量  
Location and horizontal movement of GPSs at SHIMEKAKE landslide area

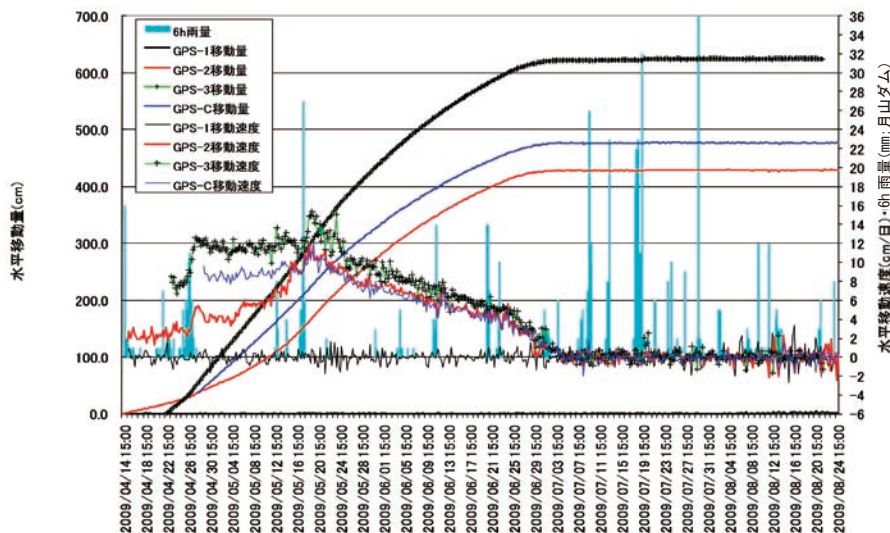
#### 1 施設資源部基礎地盤研究室 (派遣要請関係)

農林水産省東北農政局整備部より派遣要請のあった平成21年4月9日の翌日、現地において農工研施設資源部基礎地盤研究室長による状況把握が行われた。その後、4月14日に2箇所 (GPS-1及びGPS-2) のGPSを設置して観測を開始し、4月22日に3箇所 (GPS-3、GPS-4及びGPS-C) のGPSを追加設置した (計5箇所。**Fig.1**)。なお、GPS-2およびGPS-Cについては、観測期間中、設置位置を、当初設置した位置の直近に移設した。また、このGPS設置において、小型PC等を利用した経済的な自動観測システムを構築した (**Fig.2**)。

当初、観測システムはGPS受信機 (MG-2110) の内蔵メモリと外部電池によるオフライン観測とし、その後データ収録・通信装置を追加し、太陽電池を電源とするオンライン観測とした。観測当初地すべりが加速傾向にあり機材亡失のリスクがあったことから、オンライン観測制御に低価格ノートPCを用いた。本システムではGPS受信機以外の機材費を低減できるが、通信が不安



**Fig.2** 低価格小型PCを用いるGPS観測システム  
GPS survey system with low price and small PC



**Fig.3** GPS 累積水平累積移動量及び水平移動速度の変化  
History of the amount and speed of horizontal movement at GPS at observdion points

定になる場合があり、あくまで応急的な観測システムと位置づけられる。GPSによる観測結果はFig.3のとおりである(各GPSの動きはFig.1参照)。Fig.3に示すとおり、各GPSの移動速度は6月25日以降減速傾向が大きくなり、7月5日以降は誤差幅以内の変動となり、地すべりは沈静化状態にあることを示す。平成21年7月に地すべりの動きが沈静化したことについて、平成21年7月15日、農工研のHPにこのことを掲載した。平成21年7月以降は地すべりの動きが沈静化したため、平成21年10月23日にGPS-2、GPS-4及びGPS-Cを、同年12月10日にGPS-1及びGPS-3を、それぞれ撤収した。

## 2 農村総合研究部広域防災研究チーム(地すべり機構の解明及び技術支援関係)

平成21年11月11日に行われた七五三掛地区地すべり技術検討委員会において、委員より「資料を採取し、室内試験による安定解析を行うべきではないか」との指摘があったが、農工研独自の活動として、平成22年2月18日、農村総合研究部広域防災研究チーム長が試料採取を行い、当該試料のリング剪断試験等を行っている。

平成22年4月1日に着手された直轄地すべり対策事業では、主要工事の1つとして排水トンネル工が計画されている。排水トンネル工の施工に当たり、排水トンネル設置周辺の土質の性状の把握及びすべり面の位置の把握が必要になる。広域防災研究チーム長は、現地にて採取したすべり面部の試料に対し、土質の性状を分析する

ため土質試験を実施し、その解析結果を、東北農政局庄内あさひ農地保全事業所に提供するとともに、関連する種々の技術的な相談に応じている。

## 3 施設資源部構造研究室及び基礎地盤研究室(地すべり機構の解明及び技術開発関係)

ディープウェル設置等の対策工を実施した効果により、平成21年7月以降のBブロックの動きは沈静化しているが、ボーリング孔(番号:BV20-1。Fig.4参照)で平成20年11月28日から平成21年3月20日に行われた調査において、深度51m及び85mにすべり面があることが確認されており、幅1.5km、長さ1.5kmに及ぶ巨大地すべりブロックが融雪期を中心に年間数cmの移動を示していることが把握されている。しかしながら、当該深層すべり面の挙動については、浅層すべり面の動きが激しかったため、既存の観測設備(孔内傾斜計)が観測孔深度51mで屈曲されており、地すべりの安定度に大きく影響するそれぞれのすべり面に作用する間隙水圧変化について対策事業計画に有用なデータが得られない状態となっていた。地上とセンサー間に信号ケーブルが必要な従来の間隙水圧観測手法では浅層地すべりの影響を受けずにより深層のデータを取得することは不可能である。農工研が設置したGPSの観測結果より、緊急対策の手法を指摘し、その実施により地すべりの沈静化に効果はあったものの、地表に置かれたGPSのデータは、各層の地すべりの動きの総和であり、深度51m及

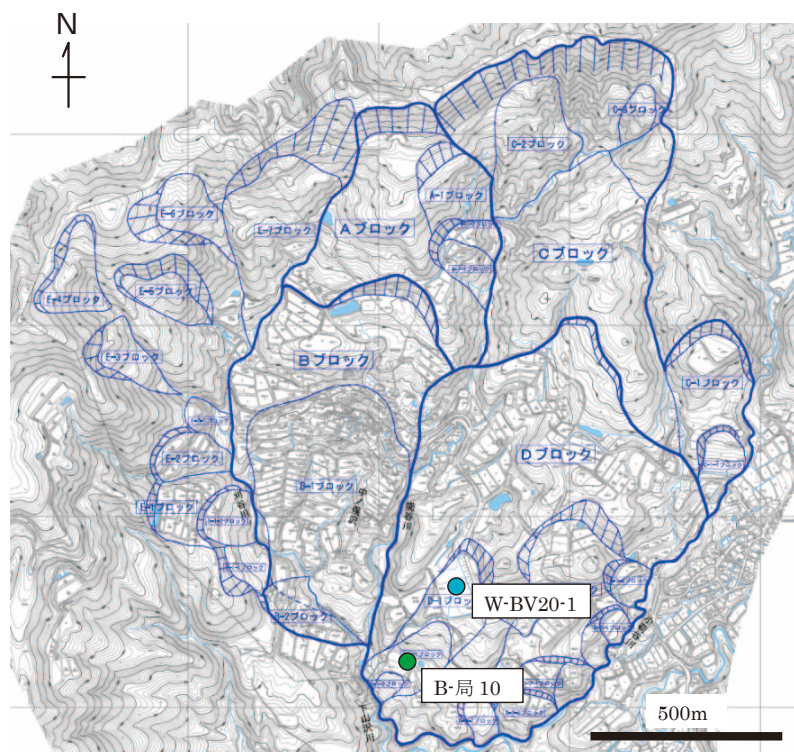


Fig.4 地中変位計等観測機材設置位置図\*

Survey points at SHIMEKAKE landslide area

\*ワイヤレス地中変位計: B・局10孔, ワイヤレス間隙水圧計: W-BV20-1孔

び85mのすべり面の個々の動きがどう影響しているのかはわからない。このような深層すべりはより浅層の地すべりの安定度を損なっている可能性があり、この深層のすべり面対策を行うため、深度51m及び85mのすべり面のデータを取得する必要がある。

この課題に対応するため、これまでフィルダム等を対象に開発されてきたワイヤレスセンサ技術(官民連携新技術研究開発事業「地中無線通信型ダム用埋設計器の研究開発」(平成13~15年度。共同開発者:農工研施設資源部構造研究室,坂田電気(株),東京電力(株))を応用し、変位量と変位方向の両方を観測可能で、浅層の地すべり活動による信号線破断の影響を受けないワイヤレス地中変位計を開発し、七五三掛地区に設置するとともに、複数のすべり面を観測対象とするワイヤレス間隙水圧計を設置した。ボーリング孔掘削については、東北農政局に実施していただき、観測機器の開発及び設置を農工研が行った。平成22年2月より観測を開始した。

今回開発したワイヤレス地中変位計は、変位量を検知する埋設型のすべり面変位計(伸縮計)とすべり面位置および変位方向を検知するための歪み計を組み合わせ、これにデータ伝送用のワイヤレス地中通信システムを加えたものである(Fig.5)。設置場所は、動作確認を主眼として設置の確実性が高く、すべり面深度の比較的浅い地点としてB-局10孔とした(Fig.4)。ワイヤレス間隙水圧計設置孔は、2層のすべり面が確認されたBV20-1孔の5m横とし、それぞれのすべり面の上下にセンサーを配置し、最上部の有線センサー以外をワイヤレス間隙水圧計とした(Fig.4, Fig.6)。各センサーの上下はベントナイトペレットにより遮水し、センサー間はセメント

ベントナイトで充填した。また、深部センサー受信用に深度21.2mに受信アンテナを設置した(注)。

ワイヤレスセンサのデータ回収は、月に1回程度ポータブル受信機により地表からオフラインで行っている。回収したデータ及び分析結果については、東北農政局庄内さひ農地保全事業所に提供するとともに、関連する種々の技術的な相談に応じている。

注:共同研究「老朽化フィルダムの挙動監視システム開発に関する研究」(平成20~22年度。共同研究実施者:農工研施設資源部構造研究室,坂田電気(株),川崎地質(株),計測ネットサービス(株),(株)トブコン)と連携して実施された。

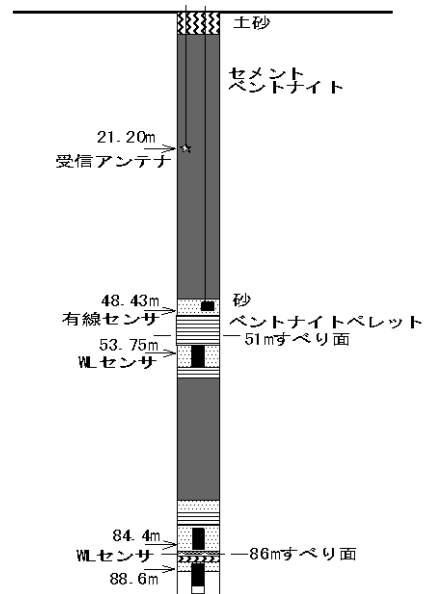


Fig.6 ワイヤレス間隙水圧計構造図  
Section of a wireless underground piezo meter

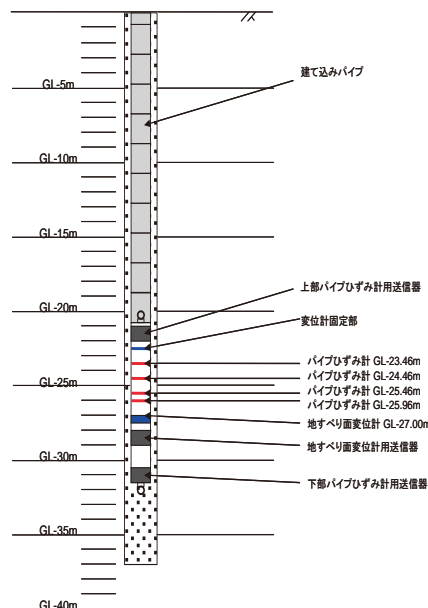


Fig.5 ワイヤレス地中変位計構造図  
Section of wireless underground strain meter

#### IV 結 言

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構(以下「農研機構」という)は、災害対策基本法(昭和36年法律第223号)に基づく指定公共機関として、災害応急対策等のための要請に対し、著しい支障のない限り職員を派遣する義務を負う(同法第31条)。また、農研機構防災業務計画において、農地・農業用施設に係る災害対応は農工研が中心となっていくことを定めている。

農工研では、これまでに多くの職員を派遣し、災害発生後の支援要請に応じているが、本報告における平成21年4月9日及びそれ以降(一定期間内)の職員派遣もこれに該当する。今回のケースでは、派遣職員の「まずはデータを取得し、地すべりの原因を特定する必要がある」との判断によりいち早くGPSを設置し、それに

より得られたデータを解析し、地すべりを沈静化させるための適切な対策工法の提案に貢献した。

また、大きな地すべりの原因と見られる深さ25mのすべり面より深い位置のすべり面の観測は、従来の有線式観測機器では深さ25mのすべり面で有線部分が切断され継続した観測が行えないため、施設資源部構造研究室が共同開発したダム用のワイヤレスマルチセンサをベースにボーリング孔用の観測計器を開発し、それを現地に設置して観測を続けている。観測を続けることにより計器の信頼性を確認しているが、この観測により得られたデータ及びそれに基づく解析結果を提供することを通じ、農工研の技術支援が継続的に行われることが期待される。

今回のケースでは、災害派遣要請に基づき派遣された職員が適切にその要請に応えるとともに、既存の技術をベースとした新たな技術の開発が、災害現場における技術支援と密接に関連していることを示している。

農林水産省は、山形県からの支援要請（平成21年6月5日）を受け、6月8日に東北農政局整備部内に対策本部を、鶴岡市に現地対策室を設置した。6月15日以降、直轄地すべり災害関連緊急事業等による地すべり対策工事に着手した。平成21年度に農林水産省東北農政局が行った地すべり防止のための緊急対策工事は、ディープウェル工、水抜きボーリング工及び集水井工である。平成22年4月1日に東北農政局庄内あさひ農地保全事業

所を設置し、直轄地すべり対策事業「庄内あさひ地区」に着工した。

日本には多くの地すべり危険地があり、類似の災害が発生する可能性がある。七五三掛地区の地すべりが、農林水産省所管の国営事業により行われる対策工事により安定化することを望むとともに、今回開発した技術の適用性が確かめられ、多くの地すべり箇所でも有効に活用されることを期待したい。

## 参考文献

- 1) 中里 裕臣・木下 勝義・奥山 武彦・荒川 隆嗣、渡邊 史郎・三浦 智明・高見 智之(2009)：山形県鶴岡市七五三掛地区地すべり災害における応急対応，日本応用地質学会平成21年度研究発表会講演論文集，203-204
- 2) 中里 裕臣・田頭 秀和・木下 勝義・樋口 佳意、永江 祐，中山 健二(2010)：複数すべり面を持つ地すべりの長期観測のためのワイヤレスセンサの適用，日本応用地質学会平成22年度研究発表会講演論文集，287-288
- 3) 川本 治・正田 大輔・寺田 剛(2010)：山形県七五三掛地区地すべりにおけるすべり面強度，農業農村工学会東北支部第53回研究発表会講演要旨集，172-173

# **The Participation and Technological Development of NIRE in Disaster Controls for Landslide at Shimekake Area Occurred in 2009**

KINOSHITA Katsuyoshi, KAWAMOTO Osamu, SHODA Daikue, ISHIDA Satoshi,  
NAKAZATO Hiroomi and TAGASHIRA Hidekazu

## **Summary**

National Institute for Rural Engineering (NIRE) of National Agriculture and Food Research Organization (NARO) has a duty to send staffs to a disaster site when Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery (MAFF) or Prefectures and so on request it except the special case not to answer the request. NIRE has sent a lot of staffs to disaster sites by the request and contributed to solve problems at the site.

NIRE has been developing a lot of new technologies through solving the problems at disaster site based on the technologies developed by NIRE. This report shows the activity and the technical support of NIRE staff at a landslide disaster occurred in Shimekake, Tsuruoka City, Yamagata Prefecture, and this report also shows that there is a close relationship between technical support and developing new technology by the activity at disaster site.

**Keywords** : disaster site, technical support, landslide, wireless sensor