

ウズベキスタン国
SMS, HYDROENGEО

ウズベキスタン国
地すべりモニタリング
技術向上支援プロジェクト

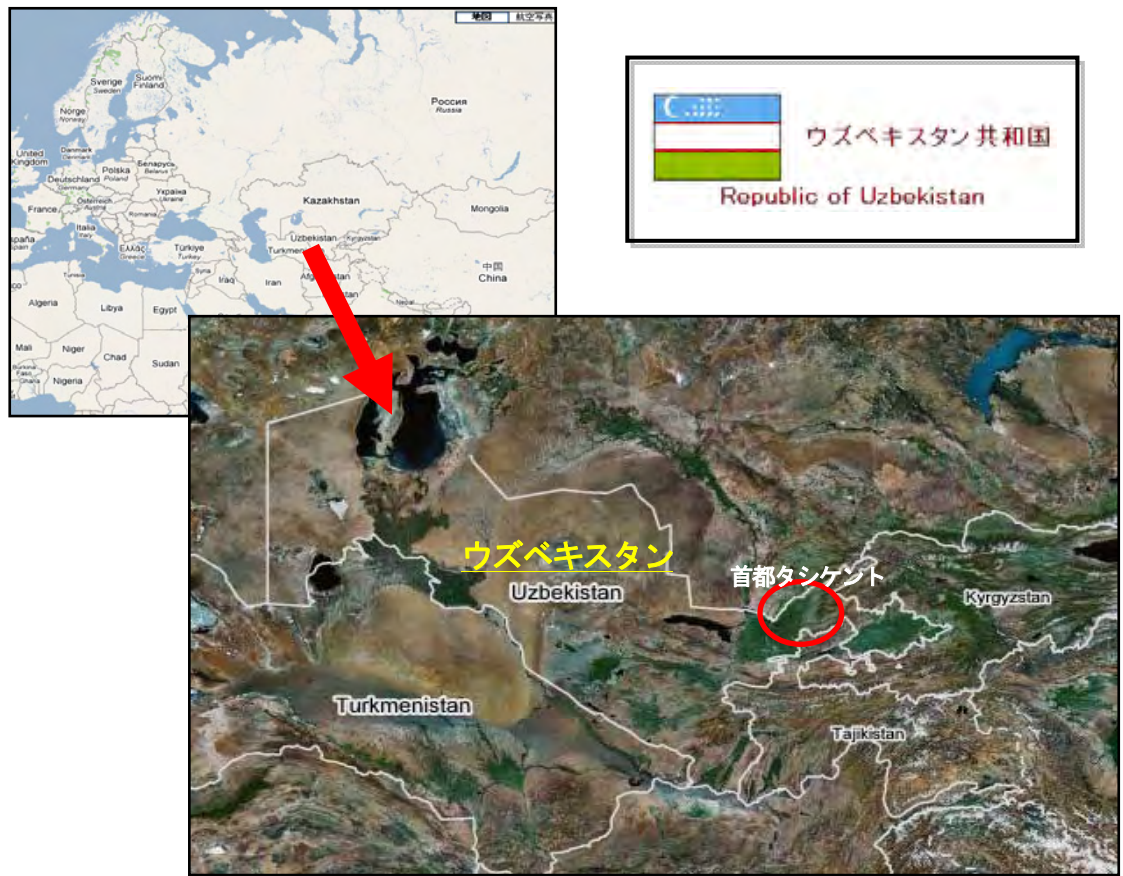
プロジェクト事業完了報告書

平成 22 年 9 月

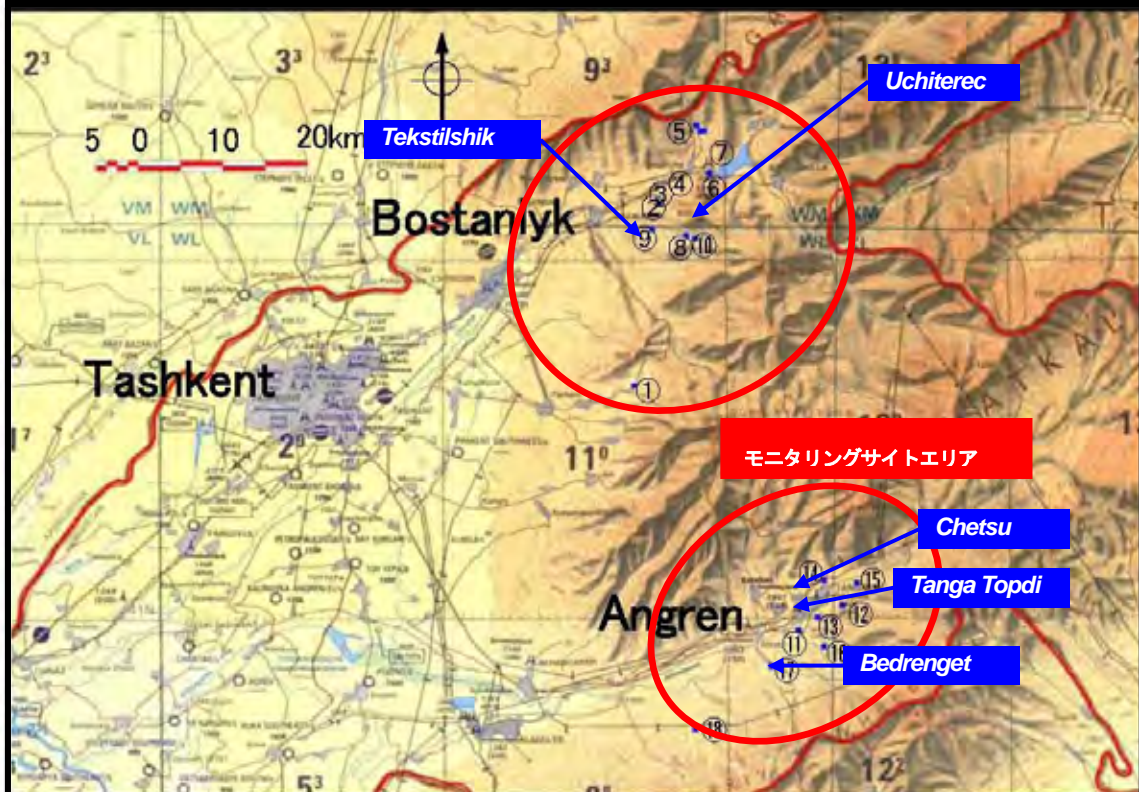
独立行政法人
国際協力機構（JICA）

国際航業株式会社

ウズベキスタン国地すべりモニタリング技術向上支援プロジェクト 対象地位置図



モニタリングサイト位置図 (ボスタンリーク地域及びアングレン地域)



プロジェクト写真 (1/6)



プロジェクトサイト (アングレン) 地勢

プロジェクト対象地域は標高 2000m 以上の山岳地にあり 4000m級の山並みが認められる。



IC/R 協議・JCC ミーティング

HYDROENGEО の会議室において、C/P とのイノベーションポ-ト協議を行ったのち、初回 JCC 委員会開催された。



IC/R M/M の調印

C/P の代表である SMS と HYDROENGEО の DIRECTOR と専門家チームとの間 10 月 25 日 IC/RMM が調印された。



モニタリングサイト 1 (テクスティルシク)

ポスタンリーク地域の大規模な地すべりで、斜面上部には子供の保養施設がある。写真は地すべり変形した路面。



モニタリングサイト 2 (ウチテレク)

サイト 1 と同様ポスタンリークにあり、地内に村落があるため、地元住民との協調モニタリングを試みる。



モニタリングサイト 3 (ベドレンゲット)

アングレン地域の小規模な表層崩壊に近い地すべり。下流側に小規模な村落がある。

プロジェクト写真 (2/6)



フィールドエクサカーション

アンダレンの大規模地すべりを C/P、専門家チーム、プロジェクト関係者にて現場検証した。



各週ミーティング

C/P の提案により毎週金曜日にミーティングの開催することとなった。懸案事項を毎週協議し善後策を検討した。



SMS サブステーション

SMS は地すべり変動を監視するステーションを数多く配置。作業員には山岳地帯の地域住民である。



開発中のデフォルメータ（変位計）

地中埋設型の変位計で、ワイヤーをアンカーで固定し、変動量を目視で観測。精度は悪い。



技術移転セミナー

技術移転と広報を目的として12月7日に実施。大臣の挨拶で開幕。様々な質問、討議が行われ、「ウ」国の地すべりに対する関心の高さをうかがわせた。



メタルビット作成

維持管理に関して最も懸念していたのは、ボーリングの消耗資材であった。SMS 横の工場ではメタルビットを作成しており、懸念が払拭された。

プロジェクト写真 (3/6)



計測器設置箇所（テクスティルシク）全景



計測器設置箇所（ウチテレック）全景



計測器設置箇所（ベドレンゲット）全景



本邦研修

2008年5月、カウンターパート4名が日本を訪問し、地すべりモニタリング、地すべり対策の研修を受けた。



機材供与式典

技術移転と広報を目的として7月30日に実施。大使、地質鉱山委員会委員長の挨拶で開幕。「ウ」国の地すべりに対する関心の高さをうかがわせた。



第二回技術移転セミナー

7月30日、引き続き、現地において供与機材の設置状況、使用方法等について、京都大学福岡准教授や本プロジェクトアドバイザーにより、説明が行なわれた。

プロジェクト写真 (4/6)



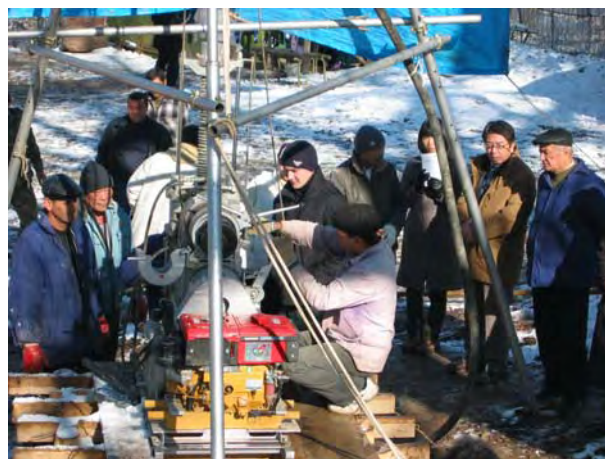
地盤伸縮計の設置技術指導の様子



ボーリング技術指導の様子



電気探査技術指導の様子



現地説明会

冬季におけるボーリング技術移転状況を視察する JICA
ウズベキスタン事務所所長。



第二回 JCC

12月4日、プロジェクトの進行状況、技術移転の問題点
と課題、今後の計画等を話し合った。



国際セミナー準備のため各国訪問（キルギス関係者と）

2010年4月に予定している中央アジア地域地すべりモニ
タリング国際セミナー開催のために、キルギスとタジキ
スタン訪問し、関係者と協議した。

プロジェクト写真 (5/6)



プロジェクトサイト(タンガトプディ)全景



プロジェクトサイト (チェツ) 全景



プロジェクトサイト (チェツ) 側面状況



ベドレンゲット伸縮計

杭上面に設置されていた伸縮計が台ごといたずらによって外された。伸縮計は近くに放置されていた。



第三回技術移転セミナー

技術移転と広報を目的として6月18日に実施。地質鉱山委員会副委員長の挨拶で開幕。「ウ」国の地すべりに対する関心の高さをうかがわせた。



第三回技術移転セミナー (オンサイトセミナー)

6月18日、引き続き、現地において供与機材の設置状況、使用方法等について、本プロジェクトアドバイザーにより、説明が行なわれた (写真は孔内傾斜計の説明)。

プロジェクト写真 (6/6)



ボーリング運搬の様子

2008年に計測機設置の技術移転は概ね完了した。第三年次作業では突発生地すべりを対象とし、主にC/P間での技術移転が主要課題であった。



ボーリング技術指導の様子



伸縮計設置（埋設型）の様子（タンガトプディ）



伸縮計設置（通常設置型）の様子（チェツ）



孔内傾斜計保護管設置状況



国際セミナー準備のため各国訪問（カザフ関係者と）

2010年4月に予定している中央アジア地域地すべりモニタリング国際セミナー開催のために、カザフスタンを訪問し、関係者と協議した。

調査対象地域位置図

プロジェクト写真

目 次

第1章	プロジェクト概要	1-1
1.1	プロジェクト目的.....	1-1
1.2	プロジェクト範囲.....	1-1
1.3	プロジェクト実施基本方針.....	1-4
第2章	プロジェクト業務実績	2-1
2.1	プロジェクト成果.....	2-1
2.1.1	成果0 モニタリングの実施準備が整う	2-1
2.1.2	成果1 地すべりの地中調査・計測技術が向上する	2-5
2.1.3	成果2 地すべりの地表計測の技術が向上する.....	2-10
2.1.4	成果3 地すべりの挙動解析・危険度評価技術が向上する	2-12
2.2	プロジェクト活動実施スケジュール	2-19
2.3	投入実績	2-21
2.3.1	専門家派遣実績	2-21
2.3.2	研修員受入れ実績	2-22
2.3.3	供与機材実績.....	2-25
2.3.4	携行機材購入.....	2-26
2.4	現地業務費実績.....	2-27
2.5	プロジェクト実施運営上の工夫.....	2-28
2.5.1	隔週ミーティング	2-28
2.5.2	技術移転セミナー	2-28
2.5.3	中央アジア地すべりモニタリング技術国際セミナー	2-29
2.5.4	ニュースレター（プロジェクトの広報）	2-31
2.5.5	プロジェクトの教訓	2-32
2.6	PDM 評価	2-33
2.6.1	PDM の変更.....	2-37
2.6.2	技術移転の達成度	2-39
2.7	キャパシティ・アセスメント.....	2-42

2.7.1	キャパシティ・アセスメントの概要とその手法.....	2-42
2.7.2	キャパシティ・アセスメント結果.....	2-43
2.8	JCCの開催記録.....	2-48

巻末資料

1. C/Pによる地すべり解析レポート
 2. 事業進捗報告書（第一号～第五号）
 3. JCC M/M（第一回～第三回）
 4. キャパシティ・アセスメント（結果、シート）
 5. ミーティング議事録（2007～2010）
 6. 技術移転セミナープログラム・参加者リスト（第一回～第五回）
 7. ニュースレター（第一号～第四号、C/P 自作のもの含む）
-
-

目 次

図 1 : 計測機器配置案 (ティクステルシク)	2-3
図 2 : C/P によるティクステルシク地すべり孔内傾斜計データのまとめ	2-8
図 3 : ティクステルシク全体電気探査断面	2-9
図 4 : 現地モニタリング計測資機材の数量・種類	2-12
図 5 : 土石流発生のイメージ図	2-12
図 6 : ホムサン地すべり下部の溪流状況	2-12
図 7 : 調査計画フロー	2-19
図 8 : ニュースレターの例	2-31

表 目 次

表 1：モニタリングサイト	1-1
表 2：段階的キャパシティ・デベロップメント	1-5
表 3：本プロジェクトの成果と指標、検証結果	2-1
表 4：地すべり候補地選定クライテリア	2-2
表 5：主要モニタリング候補地点評価	2-2
表 6：現地モニタリング計測資機材の数量・種類	2-4
表 7：各機材の用途と仕様	2-4
表 8：ボーリング孔掘削計画	2-5
表 9：重要なマイルストーンと技術移転の達成状況	2-6
表 10：パイロットサイトでの傾斜計測定状況	2-8
表 11：各サイトの伸縮計計測状況	2-11
表 12：地すべりサイトの変位	2-12
表 13：孔内傾斜計測定結果概要表	2-13
表 14：各測定地点の平均移動量	2-13
表 15：各サイトのすべり面の推定	2-13
表 16：「ウ」国の地質斜面災害リスクのパラメータ	2-14
表 17：地すべり危険度評価マトリクス表の例	2-15
表 18：日本国内の地すべりの警戒避難基準の例	2-16
表 19：高速道路調査会による地すべりモニタリング（維持管理段階）の管理基準値	2-16
表 20：本プロジェクトにおける早期警戒基準案	2-17
表 21：プロジェクト活動実施スケジュール	2-20
表 22：専門家派遣実績	2-21
表 23：本邦研修の内容	2-23
表 24：「ウ」国 C/P 本邦研修日程案	2-24
表 25：地すべりモニタリング調査調達資機材リスト	2-25
表 26：携行機材（水位計関係）	2-26
表 27：地すべりモニタリング技術セミナー	2-29
表 28：PDM0～3	2-34
表 29：PDM 検証結果	2-36
表 30：PDM4	2-38
表 31：技術移転の達成状況	2-40
表 32：キャパシティ・アセスメントのチェックリスト	2-42
表 33：プロジェクトの進行に応じたキャパシティ・デベロップメントの方法	2-43

表 34 : 第一回合同調整委員会 (JCC) の概要	2-48
表 35 : 第二回合同調整委員会 (JCC) の概要	2-48
表 36 : 第三回合同調整委員会 (JCC) の概要	2-48

写 真 目 次

写真 1 : 機材供与式典の様子	2-5
写真 2 : 機材設置視察（第二回技術移転セミナー）	2-5
写真 3 : 孔内傾斜計ガイドパイプ設置状況	2-7
写真 4 : C/P による孔内傾斜計測定の様子	2-7
写真 5 : 旧ソ連製のアナログ電気探査機	2-9
写真 6 : 供与したデジタル電気探査機の技術移転.....	2-9
写真 7 : 伸縮計設置（埋設型）の様子	2-10
写真 8 : 伸縮計設置完了後の状況（通常設置型）	2-10
写真 9 : いたずら防止のために伸縮計の箱を石で覆う	2-11
写真 10 : 「ウ」国で初めて設置された長スパン地盤伸縮計	2-11
写真 11 : 国際セミナー参加者の集合写真.....	2-31
写真 12 : ICL 佐々会長による地すべり 3 次元解析	2-31
写真 13 : 日本の伸縮計の説明を聞く参加者	2-31

略 語 一 覧

CA	Capacity Assessment	キャパシティ・アセスメント
CD	Capacity Development	キャパシティ・デベロップメント
CIS	Commonwealth of Independent States	独立国家共同体
C/P	Counterpart	カウンターパート
HYDROENGEO	Institute of Hydrology and Geological Engineering	水文・地質工学研究所
IC/R	Inception Report	インセプション・レポート
ILC	International Landslide Consortium	国際地すべりコンソーシアム
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
M/M	Minutes of Meetings	会議議事録
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PO	Plan of Operation	実施計画
R/D	Record of Discussion	討議記録
SMS	State Monitoring Service for Hazardous Geological Process	国家土砂災害モニタリング・サービス

第1章 プロジェクト概要

1.1 プロジェクト目的

(1) 上位目標

地すべり及びその影響に関する予警報が、適時・適切に発信され、人的・経済的被害が軽減される。

(2) プロジェクト目標

ウズベキスタン国（以下、「ウ」国）SMS（State Monitoring Service for Hazardous Geological Process: 国家土砂災害モニタリング・サービス）および HYDROENGEO（Institute of Hydrology and Geological Engineering: 水文・地質工学研究所）の地すべり計測および危険度評価技術が向上する。

(3) プロジェクト成果

プロジェクトの実施により期待される成果は、以下のとおりである。

- 1) モニタリングの実施準備が整う
- 2) 地すべりの地中調査・計測技術が向上する
- 3) 地すべりの地表計測の技術が向上する
- 4) 地すべりの挙動解析・危険度評価技術が向上する

1.2 プロジェクト範囲

本プロジェクトは、2007年6月29日に署名されたR/D及びM/Mに基づき以下の内容を実施した。またすべてのフェーズ開始時期においては、カウンターパート（以下、C/P）と協議・合意した結果に基づいてプロジェクトを実施した。

(1) プロジェクト対象地域および活動拠点

モニタリングサイトは、首都タシケント市の北東のボスタンリーク地域、南東のアングレ地域においてプロジェクト期間の第一年次に3箇所、第二年次に融雪期後突発地すべり2箇所の計5箇所で計測機設置作業とモニタリングを実施した。モニタリングサイトは以下のとおりである。

表 1：モニタリングサイト

No	管轄するSMS観測所	地すべりサイト名	備考
1	ボスタンリーク	テキステルシク (Tekstilshik)	当初予定箇所(第一年次設置)
2	ボスタンリーク	ウチテレック (Uchiterek)	当初予定箇所(第一年次設置)
3	アングレ	ベドングレット (Bedrenget)	当初予定箇所(第一年次設置)
4	アングレ	タンガトプディ (Tanga Topdi)	新規提案箇所(第二年次融雪後設置)
5	アングレ	チェツ (Chetsu)	新規提案箇所(第二年次融雪後設置)

(2) 相手国関係者

1) カウンターパート機関

- ・ 国家土砂災害モニタリング・サービス (State Monitoring Service for Hazardous Geological Process: SMS)
- ・ 水文・地質工学研究所 (Institute of Hydrology and Geological Engineering: HYDROENGEO)

2) その他関係機関

- ・ 国家地質・鉱物資源委員会 (State Committee for Geology and Mineral Resources)
- ・ 非常事態省 (Ministry of Emergency Situations) 等

3) 受益者

直接受益者

- ・ SMS および HYDROENGEO の C/P
- ・ モニタリングサイトの地すべりによるリスクに晒されている住民およびインフラ・施設の管理者

間接受益者

- ・ 地すべり災害危険地域に居住する住民
- ・ 地すべり災害危険地域にあるインフラ・施設の管理者

(3) JICA 専門家の業務範囲

- 1) JICA 専門家チームは、IC/R とフェーズ毎に作成した調査報告書を念頭に、前述のプロジェクトの目的を達成するために、業務を実施した。業務の内容は、PDM の活動と投入に準ずる。
- 2) JICA 専門家チームは、地すべりモニタリングに必要な資機材の選定、設置・観測方法の指導、研修・教育プログラムを検討した。
- 3) JICA 専門家チームは、本プロジェクトの進捗に応じて報告書を作成し、「ウ」国政府に説明・協議のうえ提出した。

(4) カウンターパートメンバー

1	Mavlonov Aslon	Director of HYDROENGEO (ボーリング、計測、危険度評価・解析)
2	Niyazov Rustam	Chief Research Officer of HYDROENGEO (計測、危険度評価・解析)
3	Bazarov Sherdonakul	Chief of SMS (ボーリング、計測)
4	Turabbaev Akmal	Chief of Bostanlik MS (ボーリング、計測)
5	Ahunjanov Alimjon	Chief Geologist of SMS (ボーリング、計測)
6	Minchenko Vecheslav	Head of HYDROENGEO Laboratory (計測、危険度評価・解析)
7	Abdullaev Shavkat	Head of HYDROENGEO Laboratory (計測、危険度評価・解析)
8	Uralov Ibragim	Chief of Angren MS (ボーリング、計測、危険度評価・解析)
9	Bimurzaev Amir	Chief of survey section of SMS (計測)

10	Bimurzaev Gani	Hydrogeologist, SMS (計測)
11	Dalimov Kamaletdin	Chief drilling engineer, HYDROENGEO (ボーリング)
12	Fasidinov Kamaletdin	Key hydrogeologist of Bostanlik MS (ボーリング)
13	Hamraev Abdurashid	Chief Engineer of Tashkent Expedition (計測)
14	Kamaletdinov Rishat	Key hydrogeologist of Bostanlik MS (計測)
15	Sobkina Natalya	Key hydrogeologist of Angren MS (計測)
16	Ubaydullaev Abdukahhor	Chief of geodetic section, SMS (計測)
17	Mingboev Kodirjon	Research officer, HYDROENGEO (計測、危険度評価・解析)
18	Tashpulatov Mansur	Category II geological engineer, HYDROENGEO (計測、危険度評価・解析)
19	Shodiev Davron	Drilling Engineer, SMS (ボーリング)
20	Turabbaev Evfrat	Key hydrogeologist of Bostanlik MS (ボーリング)
21	Suvonov Usuf	Hydrogeologist of Angren MS (計測)
22	Islomboev Norimon	Technician of Bostanlik MS (計測)
23	Djumanov Yakub	Technician of Bostanlik MS (計測)

() 内は、本プロジェクトにおける担当分野を示す。

1.3 プロジェクト実施基本方針

本プロジェクト実施の基本方針は以下のとおりである。

➤ 技術支援に係る基本方針

基本方針 1: C/P のキャパシティ・ディベロップメントの向上を支援する

基本方針 2: 効果的なモニタリング体制の確立を支援する

基本方針 3: 地すべり評価技術の向上を支援する

基本方針 4: 地すべりに係る情報の共有化を支援する

➤ 運営面に係る基本方針

基本方針 1: 「ウ」国の行政事情に明るい現地通訳を活用する

基本方針 2: 現地滞在期間中の安全管理を徹底する

プロジェクト実施のアプローチ

基本方針 1(技術): C/P のキャパシティ・ディベロップメントの向上を支援する

アプローチ 1 : SMS 及び HYDROENGEО のキャパシティの確認

アプローチ 2 : 段階的な技術移転の提案

アプローチ 3 : PDM 内容の確認

アプローチ 4 : 技術移転セミナー

アプローチ 5 : 本邦研修

基本方針 2(技術): 効果的なモニタリング体制の確立を支援する

アプローチ 1 : 「ウ」国の地すべり管理体制、管理能力に見合った機材調達

アプローチ 2 : ローカル技術の活用

アプローチ 3 : 若手技術者の育成

基本方針 3(技術): 地すべり評価技術の向上を支援する

アプローチ 1 : 地すべり分類手法の共有と、モニタリングに適した地すべり地の選定

アプローチ 2 : 危険度評価手法の向上

表 2：段階的キャパシティ・デベロップメント

発展段階	プロジェクト年次	キャパシティ・デベロップメントの方法
①各技術・解析の基礎的な学習段階	第一年次 第二年次	専門家がリーダーシップを取りながら、新しく導入するボーリング機械、計測機器の基礎的な知識を技術移転する。実施内容は、機械・機器の基本的な取り扱い、原理、特性などで、講習、セミナー、本邦研修などの方法を用いる。
②OJT段階	第二年次 第三年次	この段階では、C/Pが、専門家の指導のもと、現地におけるボーリング技術、地すべり計測機器の経験と、地すべり解析・評価の基礎的な知識を得ていく。解析作業では、基礎的な知識を学ぶこととし、その成果は、技術移転セミナー等で共有する。
③協働作業段階	第三年次	ボーリング技術については、C/Pが、専門家の指導を受けずにボーリング掘削を実施するが、トラブル発生に遭遇した場合は専門家の支援を得る。計測機器測定や解析技術に関しては、C/Pが、代表的なモニタリングサイトでの測定やデータ解析を、専門家のアドバイスを受けながらほぼ同等の立場で実施する。
④自立の段階	第四年次	ボーリング掘削は C/Pが独自に実施し、地すべり計測や解析、危険度評価も独自に行う。C/Pが独力で実施した事例やトラブルの発生した段階を、専門家と C/Pがセミナー等で討議し、C/Pのキャパシティの向上に努める。

基本方針 4(技術)：地すべり対策に係る情報の共有化を支援する

- アプローチ 1：合同調整委員会 (Joint Coordination Committee: JCC)の活用
- アプローチ 2：定例ミーティング等の開催
- アプローチ 3：プロジェクトの効果を高めるための C/P の本邦研修の活用
- アプローチ 4：中央アジア域内周辺国との情報共有
- アプローチ 5：地域住民への理解促進

基本方針 1(運営)：「ウ」国の行政事情に明るい現地通訳を活用する

基本方針 2(運営)：現地滞在期間中の安全管理を徹底する

- アプローチ：安全管理体制の確立、通信手段の確保

第2章 プロジェクト業務実績

2.1 プロジェクト成果

プロジェクトの成果については PDM によって計画された成果が、その指標のとおり達成されたか否かについて検証することとする。本プロジェクトで設定された4つの成果に対して指標の達成状況を次の表にとりまとめた。

表 3：本プロジェクトの成果と指標、検証結果

プロジェクトの成果	成果達成の指標	検証結果
0 モニタリングの実施準備が整う	0 3箇所のモニタリングサイトが選定され、各サイトにおけるモニタリング計画が策定されるとともに、日本側が供与する機材の品目、仕様、数量が決まる	0. 実施されるべき成果は達成された 0-1 モニタリングサイトが選定された(5ヶ所) 0-2 モニタリング計画が策定された 0-3 モニタリング計画に基づいて機材の品目、仕様、数量が決定された
1 地すべりの地中調査・計測技術が向上する	1 SMSもしくはHYDROENGEOにおいて、下記を満たす人材が少なくとも二人育成されている ・ボーリング機械を適切に利用、維持管理できる ・孔内傾斜計結果及び周囲の地質状況からすべり面を推定できる ・孔内傾斜計を設置し、地中の動きを計測できる	1 実施されるべき成果は達成された 1-1 地中調査・計測技術担当の責任者を2名以上選任した後、技術移転を実施し円滑に移転が完了した 1-2 孔内傾斜計測定結果と周囲の地質状況からすべり面を特定することができた 1-3 孔内傾斜計が設置することができ、地中変動の観測を行なえるようになった
2 地すべりの地表計測の技術が向上する	2 SMSもしくはHYDROENGEOにおいて、下記を満たす人材が少なくとも二人育成されている ・地表の動きを計測する機材を設置し、維持管理ができる ・設置された資機材を利用して、地表計測を行うことができる	2 実施されるべき成果は達成された 2-1 地表計測の責任者を2名以上選任し、円滑に担当者に技術移転を行なうことができた 2-2 地盤伸縮計、GPSの基本的な取り扱いができ維持管理ができるようになった 2-3 モニタリング機材が設置し、地表の変動観測が行えるようになった
3 地すべりの挙動解析・危険度評価技術が向上する	3 SMSもしくはHYDROENGEOにおいて、下記を満たす人材が少なくとも二人育成されている ・地すべり移動土塊を調査することができる ・地すべり発生のタイミングを予測することができる ・土砂の拡散範囲を予想することができる	3 実施されるべき成果は達成された 3-1 解析・評価の責任者を2名以上選任し、円滑に担当者に技術移転を行なうことができた 3-2 地すべり発生の予測を行なうためのデータ及び手法、原理を理解している 3-3 地すべり移動土塊量を把握することができ、拡散範囲を算定できるようになった

それぞれの成果達成のための活動内容と指標についてのより詳細な検証は以下のとおりである。

2.1.1 成果0 モニタリングの実施準備が整う

1) モニタリングサイトの選定

本プロジェクトの目的は、地すべりモニタリング計測技術の円滑な移転であることを踏まえ、以下の要件を満たすサイトを選定した。

表 4：地すべり候補地選定クライテリア

	要件	理由
A	地質、地形情報が2週間以内に準備可能で、情報も充実しているもの	事前情報により、調査のポイントがすぐに絞り込み、作業効率がよい
B	サイトへのアプローチが比較的容易であること	現場実習・計測業務が容易である
C	地すべりの形態が複雑でないもの	計測機の設置目的と意義が明確に説明できる
D	地すべりモニタリング活動を地域住民が協力できる、もしくは見学できる	住民の理解・協力を得る、もしくは広報活動に寄与する

地すべり候補地選定クライテリア案を用いて候補地を検証すると以下のとおりとなる。

表 5：主要モニタリング候補地点評価

No	管轄	地すべりサイト名	地すべりタイプ(地質)	規模	クライテリア				総合評価	保全対象
					A	B	C	D		
1	ボスタンリーク	ティクステルシク	複合ブロック型(レス、中生代)	大	◎	○	△	△	○	上部に子供の保養施設
2	ボスタンリーク	ウチテレック	複合ブロック型(レス、中生代)	中	○	△	○	◎	○	民家約 50 戸及び道路
3	アングレン	ビエルフニェトルスキー	複合ブロック型(中生代)	大	△	△	×	△	△	貯水池、道路
4	アングレン	ベドレンゲレット	流動型	小	○	△	○	◎	○	民家 10 戸
5	アングレン	タンガトプディ	複合ブロック型(レス、礫質度)	中	◎	○	△	○	○	国道(主要幹線)、貯水池
6	アングレン	チェツ	流動型・トップリング(石灰岩)	中	○	○	○	◎	○	国道(主要幹線)、土産物店

この表に示したとおり、地すべりそのものの危険度から判断せず、技術移転のしやすさ、広報活動のしやすさ、地元住民の災害に対する啓発・教育の機会と考え、C/P と協議の上、

- ① ティクステルシク
- ② ウチテレック
- ③ ベドレンゲレット
- ④ タンガトプディ
- ⑤ チェツ

をモニタリングサイトに決定した。このうち、①から③は第一年次に選定し、第二年次に作業を行ない、④と⑤については融雪期の突発生初動地すべりとして第三年次に選定し、作業を行なった。

2) モニタリング計画の策定

踏査したモニタリングサイトにおける具体的な計測機器設置箇所は、基本的に地すべりの中心部に移動方向と平行して縦断側線に設定する。最も活発だと思われる地すべりブロックの中央断面を通り、かつ地すべりの中央部を通る側線を主側線として設定した。同様に地すべりの中心から主横断線を設定し、地すべり地形内を均等に区分できるよう補助線を設定した。

滑落崖頭部、クラック等を挟んで伸縮計を配置し、これらの主側線と横断側線の交差点にボーリング孔を設定した。図1にティクステルシクの計測機器配置案を示した。

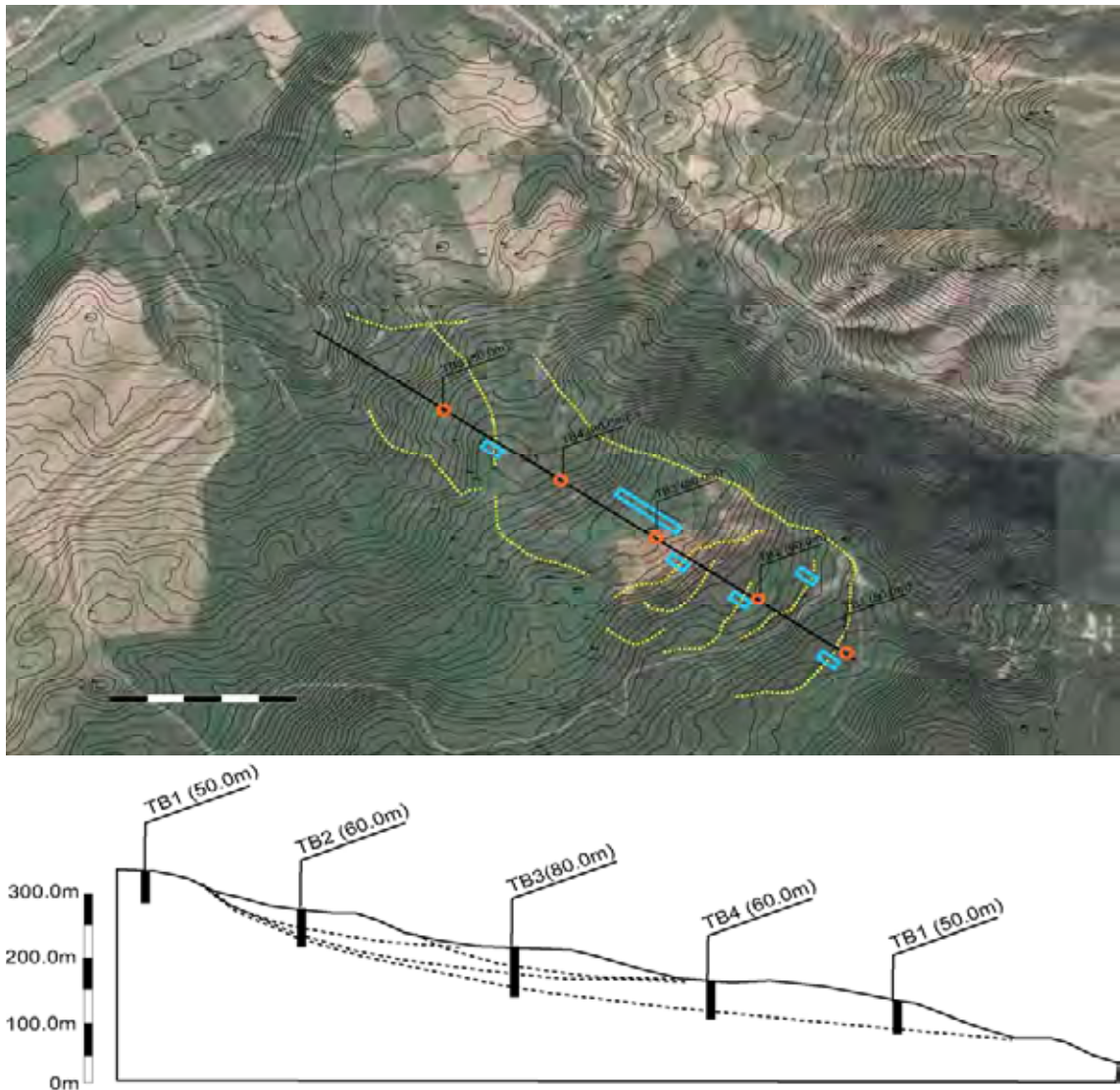


図 1：計測機器配置案（ティクステルシク）

(凡例：— 主側線 - - - 補助側線 — 縦断側線 ● ボーリング孔（傾斜計） ■ 伸縮計）

3) モニタリング計画に基づいた機材の品目、仕様、数量の決定と調達

IC/R で合意した供与資機材内容を念頭において、第一年次に決定した3サイトの詳細調査に必要な資機材設置計画、及び第二年次に決定する融雪期突発的初動地すべり2サイトについて必要機材を想定し、モニタリングにかかる資機材計画を策定した。各サイトにおける必要測定機材の数量を表6に示す。

表 6：現地モニタリング計測資機材の数量・種類

ステーション名	サイト名	孔内傾斜計			伸縮計		超スパン	地下水位測定器	水質測定器	雨量計	温度計	簡易地すべり警戒ユニット
		本体	孔数	延長	箇所数	延長						
		台	孔	m	ヶ所数	m						
ホスタリク	ステーション	1	-	-	-	-		2	1	1	1	
	テカシロク		4	240	6	180	300					
	ウチレク		4	160	4	120						1
アングレン	ステーション	1	-	-	-	-		2	1	1	1	
	バドレグド		1	40	2	100						1
	ウチゴブディ		2	150	4	120						1
	チエツ		2	150	4	120						
計		2	13	740	20	640	300	4	2	2	2	3

1. HYDROENGEIO所有の地形図は原地形とかなり異なるため、正確な断面は把握出来ない。既存断面図から推定し1本の深度40m～80mと一本の平均深度を60mとする（ある程度深度が特定出来るヶ所はその深度）。
2. 測定機材は基本的にステーション（アングレン、ホスタリク）1台とする。
3. 突発性地すべり地域は一カ所あたり3孔、伸縮計4カ所とする。
4. 地下水位測定は、リール式マニュアル測定器を採用
5. 次表の価格は参考価格である。
6. 伸縮計に必要なガード様塩ビ管、台座、セメント、杭、滑車等は現地で手配。本調達には入れない。
7. 孔内傾斜計のガイドパイプは失敗分も見込んで900mとする。合計300本

表 7：各機材の用途と仕様

	機材名	機材の用途	機材の仕様(機材調達に当たり重要となる機能)
1	ボーリングマシン	地すべり調査のためのコアボーリング及び孔内傾斜計の設置のため(当該国では小型の機材がない)	掘進能力:100m 以上、最大重量 450kg 以下、100kg 以下のパーツに区分可能。水平掘削可能。100m 掘削に必要なすべての資機材(ポンプ、ロッド、ビット、コアチューブ、やぐら、工具等)及び3年以上の消耗品一式
2	2-1 孔内伸縮計	地すべり土塊の変位箇所、方向及び変位量を測定する。	測定範囲:±30°内径 59mm のケーシングに挿入できること。対防錆性。ケーブル 100m 以上(ケーブルローラー付)、ケーブルホルダー及びアダプタ、データロガー(メモリー内蔵し PC に USB、RS232 又はメモリーカード経由で転送可能)。AC220V、50Hz 対応もしくは「ウ」国で購入可能な電池駆動、3 年以上の消耗品一式
	2-2 孔内傾斜計用ケーシングパイプ	孔内傾斜計測定専用のボーリング孔挿入用ケーシングパイプ	材質:防錆、外形:70mm 以下、内径:59mm(上記の孔内傾斜計が挿入可能な径) 長さ:3m、ケーシング上下キャップ(20 個)、カブラー(310)
3	3-1 伸縮計	地すべり地表面の変位を測定する機材	計測範囲:0～300mm 以上、解像度:0.1mm 以上 記録間隔:1 分～1 時間以上任意本体に 6 ヶ月以上データ蓄積可能なもの アラーム発信機能含む。 現場にて移動量が把握可能なもの(LCD 又は記録紙)。 「ウ」国内で調達可能な電池駆動(一回の交換で 3 ヶ月以上駆動)データ転送用ポート実装 3 年以上の消耗品一式
	3-2 伸縮計用データ収集機	伸縮計本体からデータを収集して PC に転送する機材	CF、SD、FlashATA もしくは他のメモリー記憶媒体にて PC に転送が可能なもの。 RS232C 又は USB にて PC に転送
	3-3 伸縮計用アラームシステム	伸縮計内蔵のアラームファンクションをリレーして一定の時間で設定変位を超えるとアラームが鳴るシステム	AC220 50Hz もしくは「ウ」国で調達可能なバッテリー駆動(DC12V)。
	3-4 (超スパン計測用インバー線)	100m 以上離れた位置にて大きな土塊の移動量を把握	150m、径 1.6mm のインバー線
4	4WD 車両	地すべり地内への人及び計測器の搬入、移動	4WD、左ハンドル、マニュアルトランスミッション、乗車定員 8 名以上
5	5-1 デスクトップ PC	地すべり解析、データ収集	CPU:コアデュオ 2.2GHz 以上、HDD80GB、メモリー512MB 以上、電源 220V50Hz
	5-2 ラップトップ PC	地すべり計測器データの取り込みとデータ整理	CPU:コアデュオ 1.8 GHz 以上、HDD80GB、メモリー512MB 以上、電源 220V50Hz

6	電気探査機	地すべり地内垂直方向の地層の比抵抗を測定して地下の地層状況を調査	測定深度 150m 以深、プースター使用可。内蔵メモリーを搭載し PC にデータ転送可能 (USB 又は RS232C)。3 年以上の消耗品一式
7	地下水位測定器	地すべり地内の水位測定	巻き尺式水位測定器。メジャー付、水位到達時にブザー警報又はライト点灯、100m 以上測定可能。3 年以上の消耗品一式
8	雨量計	地すべり計測エリア管轄のステーションにて雨量を観測	転倒弁式パルス伝達方式。雨雪兼用(ヒーター内蔵)0~1000mm 測定可能 3 年以上の消耗品一式
9	温度計	地すべり計測エリア管轄のステーションにて温度を観測	レンジ:-20~80℃、データ記録及び PC 転送可能
10	簡易水質分析機器	地すべり地の地下水位の源が表層水と関連しているかを調査	計測パラメーター:pH、濁度、電気伝導度、温度、塩分濃度 3 年以上の消耗品一式

これらの仕様にもとづいて JICA ウズベキスタン事務所が機材調達にかかる一般競争入札を行ない、最終的には供与機材実績の機材リストのとおり調達品目が納品された。



写真 1：機材供与式典の様子



写真 2：機材設置視察（第二回技術移転セミナー）

2008 年 8 月に行なわれた機材供与式典にて在ウズベキスタン日本大使から地質・鉱物資源委員会委員長に目録が手渡され、地すべりモニタリング技術向上支援にかかる準備作業は完了した。

2.1.2 成果 1 地すべりの地中調査・計測技術が向上する

1) ボーリング調査

ボーリング機材搬入の容易さと、孔内傾斜計設置の必要性から判断して、第二年次に選定した 3 サイトのうち、ティクステルシクとウチテレックを、また第三年次に選定した突発性地すべり 2 サイトのうちタンガトプディをそれぞれボーリング調査地点として選定し、孔内傾斜計を埋設した。各ボーリング孔の計画深度、実績を表 8 に示した。

表 8：ボーリング孔掘削計画

ボーリング番号・地点	掘削計画	掘削実績	指導期間	掘削担当	孔内傾斜計	
ティクステルシク	TB-1	60.0m	60.0m		SMS	○
	TB-2	50.0m	27.0m	08/7/22~8/02	Dalimov, Davron	
	TB-2 extra		50.0m		SMS	○
	TB-3	50.0m	6.5m	08/8/04~8/09	Dalimov, Davron	
	TB-3 extra		50.0m		SMS	○

2.1 プロジェクト成果

ウチテレック	TB-4	40.0m	未施工	—		
	UB-1	40.0m	60.0m	—	SMS	○
	UB-2	30.0m	35.0m	—	SMS	○
	UB-3	40.0m	40.0m	08/10/30～11/15	Davron, Efrat	○
	UB-4	30.0m	未施工	—		
タンガトプディ	TT-1	40.0m	6.1m	09/5/29～6/09	Efrat	○
	TT-2	30.0m	9.0m	09/6/10～6/15	Efrat	
	TT-2 extra		30.0m	10/4/24 完了	SMS	○
	TT-3	30.0m	18.4m	09/6/16～6/20	Efrat	○

※掘削担当の Dalomov 氏、Davron 氏、Efrat 氏はボーリングマイスターである。

表 8 に示すとおり、時間的な制約から日本のポータブルボーリングマシンと地質・鉱物資源委員会傘下のタシケント支所所属の「ウ」国製ボーリングマシンを併用して作業を行なった。また、ボーリング調査にかかる重要なマイルストーンと達成度は表 9 に示すとおりである。

表 9：重要なマイルストーンと技術移転の達成状況

	ボーリング技術移転のマイルストーン	達成状況
1	機材搬入・足場架設	機材搬入と足場架設を問題なく行なえる
2	やぐら、泥水溜の設置	問題なく設置できる
3	泥水ポンプ、ベントナイトミキサーの操作	問題なく操作できる
4	ボーリング掘削一般	機械の操作、ロッドの昇降、ウォータースイベル・ホイステイングスイベルの使い方、ロッドホルダの使い方等ほぼ問題なく操作できる
5	コア採取・孔内傾斜計設置	コア採取を行なうことができる。孔内傾斜計を問題なく設置できる
6	維持管理・保守点検	機械を分解・組立てができ、保守点検が問題なく行なえる

ボーリング調査の課題と解決策

1 レス層の掘削

レス層は中央アジア地域に広く分布する砂塵堆積層の総称であり、平野部を広く覆っている。この地層の物性は湿潤すると液状化し、原形を留めない。従ってコアサンプリングが困難であることに加えて、地すべりのすべり面の特定がほとんど不可能なことが判明した。このことから、すべり面の判定は周囲の地質状況や地すべり変位を手がかりとして、孔内傾斜計を用いて判定することとした。この変更は PDM に影響するため、C/P と打ち合わせた結果 PDM の内容を変更した (PDM₄)

2 砂礫層の掘削

アングレン地域タンガトプディでは、二次堆積の玉石混じり砂礫層が地すべり地内に散見される。玉石混じり礫は日本の技術者でも掘削が容易ではなく、本プロジェクトにおいても多くの時間を費やした。このような地層の掘削には、一般にメタルクラウン（先端に超硬質合金のチップを埋め込んだボーリング用ビット）を使用し、場合によってはダイヤモンドビット（先端にダイヤモンドチップを

埋め込んだボーリング用ビットで、メタルクラウンより硬質なビット)を併用しながら時間をかけて荷重を増し低速回転で掘進する必要がある。

3 ボーリング消耗品の供給

消耗資材の硬岩用メタルビットについて、C/Pと共同で調査を行なった。タシケント市北東方約30kmのチルチック市にあるメタルプラント社(Uzbek Refractory and Resistant Metals Plant)は超合金のメタルビットを製作しており、ボーリングビットも要求どおりに作製可能であることを確認した。超合金の硬度は、ダイヤモンドを100とした場合、86~92であり、硬岩掘削に十分対応できるものと思われる。また、ケーシングについてはアングレン市に製作会社があり、タシケントでも調達可能である。以上のように、消耗資材については現地で調達できるため、将来の消耗品の供給には問題はないと判断される。

4 ボーリングマシンのセキュリティ

「ウ」国ではボーリング作業を行なう場合、トレーラーハウスを持ち込み、ボーリングクルーがサイトに宿泊して掘削するのが一般的である。そのため、セキュリティに関してはクルーが担当しているケースが多い。供与したポータブルタイプのボーリングマシンは、斜面など搬入が困難な場所にも設置できるメリットがある反面、セキュリティについては問題が指摘された。本プロジェクトにおいては、サイトにテントを敷設して泊まり込んで作業を行なったものの、今後は当該ボーリングマシンを使用する際にクルーの他に見張り番などを付ける工夫が必要と考える。

C/PスタッフはボーリングマイスターのDalomov、Davron及びEfratの各氏で最低2名へのボーリング調査に係る技術移転は完了した。

2) 孔内傾斜計設置・観測

所定の深さ(想定地すべり面以深)掘削後、ガイドパイプとグラウトホースを抱き合わせてボーリング孔に建て込み、スリットの方に注意しながらパイプと孔壁の空隙を砂利やセメントペーストで充填した。グラウト硬化後1週間程度にガイドパイプの形状の初期値を測定した。



写真 3 : 孔内傾斜計ガイドパイプ設置状況



写真 4 : C/Pによる孔内傾斜計測定の様子

2.1 プロジェクト成果

設置した孔内傾斜計による計測は原則1週間に1回とするが、乾期で変動が少ないと判断される場合には1ヶ月に1回程度とした。計測されたデータは深度別変位量と累積変位量を計算し、グラフ化して地すべりのすべり面を想定する。

本プロジェクト期間内でパイロットサイトのうち地すべり地内で深度方向の変動がみとめられたのはティクステルシクのTKI-1、TKI-2とTKI-3のみであり、そのうちTKI-3は浅層崩壊によるものであったため、実際に地すべり現象としてすべり面が得られたのはTKI-1、TKI-2のみであった。

表 10：パイロットサイトでの傾斜計測定状況

サイト	傾斜計 NO	測定深度	初期値計測 月日	プロジェクト終了時点(2010年9月)での状況	担当測定者
ティクステルシク	TKI-1	60m	08/11/20	深度 46m で屈曲変形	Mansur, Kodirjon
	TKI-2	47m	08/9/25	深度 30m で屈曲変形、それ以深は測定不能	Mansur, Kadarjon
	TKI-3	47m	08/11/20	深度 2m で屈曲変形、それ以深では測定不能	Mansur, Kadarjon
チチレック	UI-1	60m	08/11/21	有意な変動は認められない	Mansur, Kadarjon
	UI-2	35m	08/11/21	有意な変動は認められない	Mansur, Kadarjon
	UI-3	35m	09/11/11	深度 18m 付近でわずかな変形認める	Mansur, Kadarjon
タンガブイト	TTI-2	30m	09/9/28	有意な変動は認められない	Kadarjon
	TTI-3	18m	09/9/28	有意な変動は認められない	Kadarjon

測定したデータはただちにグラフ化されて、深度毎の変動状況を観測した。これらの一連の作業は Nyazov、Michenco の両技術部長のもと、Mansur Tashpulatov 及び Kodirjon Mingboev の2名が各サイトの測定を担当した。設置、計測及びデータ整理の手法について技術移転を行なった結果、C/P 内で問題なくすべての作業が円滑に行えることを確認した。

以下にC/Pによって作成された、ティクステルシクのデータのまとめを示す。

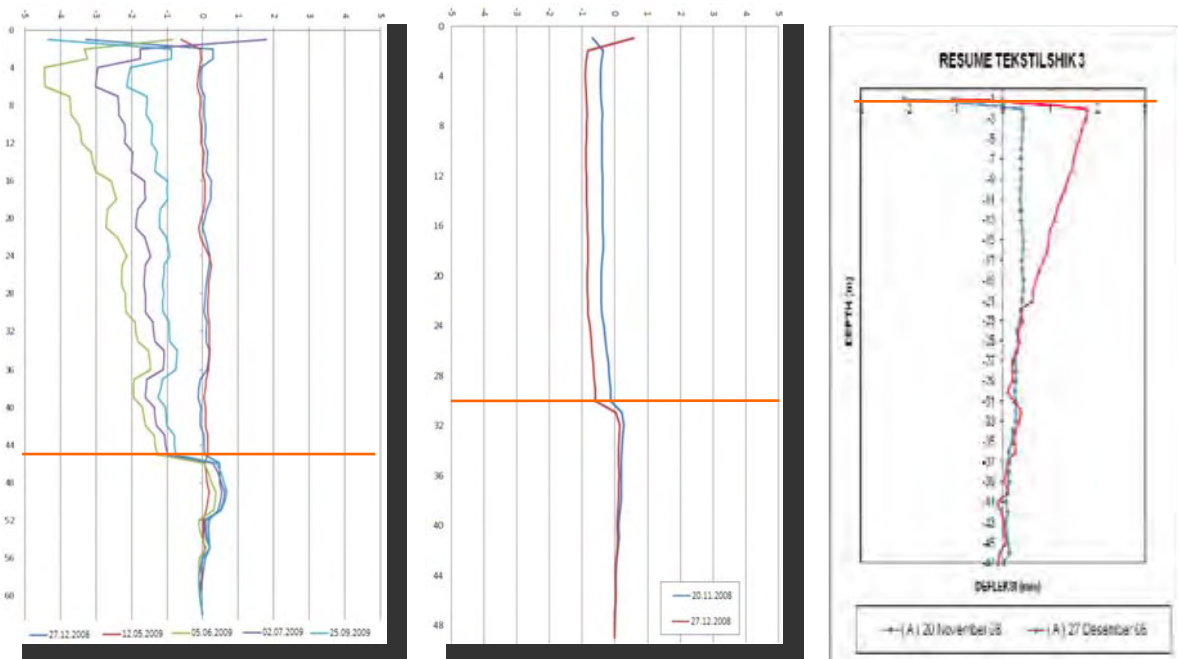


図 2：C/Pによるティクステルシク地すべり孔内傾斜計データのまとめ（赤線が想定すべり面）

これによって、最低2名の技術者（解析担当2名、測定担当2名）への孔内傾斜計の設置、観測およびデータ整理にかかる技術移転は問題なく完了した。

3) 電気探査

電気探査機材を使用した技術移転は2008年8月に行なわれた。C/P側には旧ソ連製のアナログ機材が一式あったため、電気探査の解析技術と現地測定については、旧ソ連製のものととの比較と探査結果の解析を主体とした。技術移転はウェンナー法、現地調査はC/Pらが今まで使用していたシュランベルジャー法を用いた。技術移転については問題なく完了した。



写真 5：旧ソ連製のアナログ電気探査機



写真 6：供与したデジタル電気探査機の技術移転

ティクステルシクについてボーリング調査の補助業務として各サイトの主測線の電気探査を2008年9月より2009年6月に渡って実施した。C/Pによってまとめられた各測定結果を以下に示す（シュランベルジャー法）。

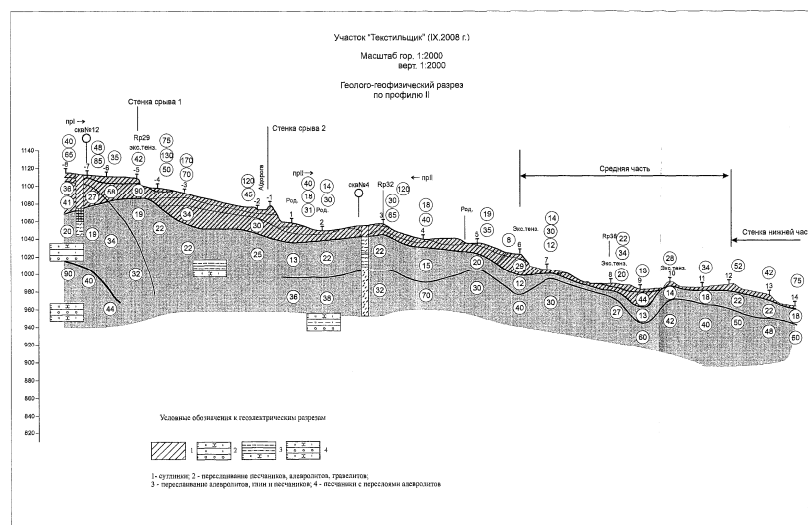


図 3：ティクステルシク全体電気探査断面

2.1.3 成果2 地すべりの地表計測の技術が向上する

地表伸縮計設置・観測

第一年次において測定機器設置を概略決定していたものの、地形図によって現地形との相関関係を明確化できなかったため、第二年次、第三年次においても、設置位置の妥当性確認のために再検証を行った。設置位置は基本的には主要な滑落崖やクラックをまたぐよう設置することとした。ただし、C/P と協議し、機材の搬入の難しさ、植生の状況、牛馬などの活動、盗難やいたずら防止など付随的な条件を考慮して、若干変更した。

いずれのサイトにおいても現地作業開始から約 10 日間の間に、C/P の熱心な対応のおかげもあり大幅に技術移転が進んだ。特に伸縮計の設置作業は、2、3 機設置指導した段階で、ほぼ C/P のみで対応可能な状況になった。なお、追加要員（地すべり計測技術 2：池元）により、効率的に機材設置が行われた。

機材について、冬季の降雪、家畜や住民の立ち入り、いたずら防止のために、機材の保護には特に留意した。しかし、地盤伸縮計 8 機のうち、3 機が破損、盗難の被害を受けた。うち 1 機は二度に渡り破壊・盗難にあった。そのため、地中に埋設したり、住民に見張りを行なわせたりすることで、これらのいたずらや盗難に備えた。



写真 7：伸縮計設置（埋設型）の様子



写真 8：伸縮計設置完了後の状況（通常設置型）

以下に今回設置された伸縮計とその変動状況について示す。設置作業の技術移転は SMS ボスタンリーク支所の Noriman、Yakob、Tullovoy 氏の各スタッフに技術移転し、設置にかかる技術移転は問題なく完了した。第三年次においてはボスタンリーク支所から SMS アングレン支所の Sergey 氏に対して支所内技術移転を行なった。データの取得と解析は Kodirjon が現場でデータを取得したのち、Niyazov 技師、Stas Sovin 技師の両名がグラフ化する。これらの一連の作業について問題なく行なうことができる。

表 11：各サイトの伸縮計計測状況

場所	番号	シリアル No.	設置日	観測された変動量	備考
ティクステル シク	TTE1	00000048	2008年7月10日	444mm	
	TTE2	00000034	2008年7月21日	771mm	
	TTE3	00000036	2008年7月28日	3288mm	
	TTE4	00000052	2008年7月28日	-	倒壊・撤去
	TTE5	00000051	2008年10月2日	なし	撤去、移動
ウチテ レック	UE1	00000042	2008年11月19日	-	盗難
	UE2	00000041	2008年12月20日	31mm	
	UE3	00000053	2008年10月28日	-	いたずらで断線
ベドレ ンゲツ	BE1	00000045	2008年10月15日 2009年6月10日より休止、6月16日修理後設置	なし	人や家畜によって破損(2回)
	BE2	00000047	2008年10月15日	107mm	
タンガ トプデ	TE1	00000039	2009年6月2日	0.5mm/day	
	TE2	00000043	2009年6月3日	なし	
	TE3	00000035	2009年6月2日	なし	
チ エ	CE1	00000044	2009年6月4日	257mm(1.0mm/day)	
	CE2	00000050	2009年6月4日	405mm(1.0mm/day)	



写真 9：いたずら防止のために伸縮計の箱を石で覆う



写真 10：「ウ」国で初めて設置された長スパン地盤伸縮計

また伸縮計においては、京都大学防災研究所の福岡准教授に指導をお願いして、比較的規模の大きな地すべりの全体的な動きを把握できる長スパン伸縮計測も実施した。以下にティクステルシクにおいて C/P が作成した伸縮計の移動量解析図を示す。

2.1 プロジェクト成果

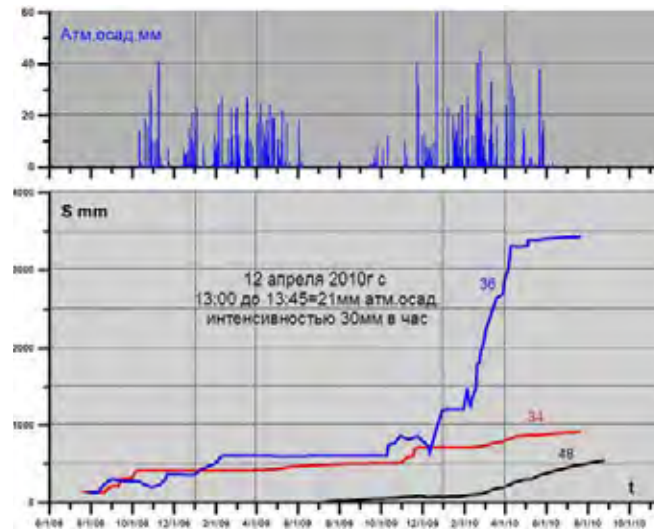


図 4：現地モニタリング計測資機材の数量・種類

2.1.4 成果3 地すべりの挙動解析・危険度評価技術が向上する

1) 測定結果の解析

第二年次から第三年次にかけて設置された動態観測用機材と、2010年2月までのそれぞれの観測結果概要を以下の表に示す。継続してデータを取りまとめている段階であるが、現時点までに把握したそれぞれの地すべりサイトにおける変位状況をまとめた。

モニタリング結果が蓄積されるにつれて、地すべりの挙動が少しずつ明らかになり、C/P が計測の意義を理解するようになり、積極的に参画するようになった。

表 12: 地すべりサイトの変位

No	SMS 観測所	地すべりサイト名	伸縮計 (設置数)	伸縮計による変位	孔内傾斜計 (設置数)	孔内傾斜計による変位
1	ボスタンリーク	ティクステルシク	5	有り(TK1~4)	3	No2,3にて顕著
2	ボスタンリーク	ウチテレック	3	なし	2	なし
3	アングレン	ベドレンゲット	2	なし	-	-
4	アングレン	タンガトプディ	3	有り(TE1)	3	確認されていない。
5	アングレン	チェツ	2	有り(CE1, 2)	-	-

孔内傾斜計の変位解析

孔内傾斜計に関しては、積雪により2009年1月~4月にかけてC/Pがデータを取得できないという事態となったため、地中変位にかかる各種解析作業が若干遅れているものの、作業方法の技術移転は順次進めた。すでに設置、観測及びデータのとりまとめについてはC/Pが独自に行うことができる。現在までの観測データは巻末資料に添付した。

孔内傾斜計は2008年から、ティクステルシク、ウチテレック、タンガトプディの3サイトに設置した。これらの孔内傾斜計の測定結果を総括すれば次のとおりとなる。

表 13：孔内傾斜計測定結果概要表

No	観測所	地すべりサイト名	設置数	変位	備考
1	ボスタ ンリーク	ティクステルシク	3	No2、3で確認	No1は変位なし。No2は28m付近、 No3は2m付近で変形した
2		ウチテレック	2	なし	3ヶ所ともにほとんど有意な変形は認められなかった
3	アング レン	ベドレンゲット	-	-	
4		タンガトプディ	3	未確認	一部再埋設中。現在はNo2のみ18m深度まで計測中
5		チェツ	-	-	

伸縮計の変位解析

モニタリング結果の解析グラフはC/Pと専門家が協働で作成している。基本的には明らかに人工的（人間や動物などの接触）を除いて、変動はイレギュラーが発生している。伸縮計の変位は、いずれのサイトにおいても設置後すぐに緩やかな変動が認められた。各伸縮計の変動状況結果のまとめを表14に示すとともに、各サイトの変動図を巻末資料に示す。

表 14：各測定地点の平均移動量

計測サイト		測定番号	シリアル番号	解析参照期間	日数	総移動量 (mm)	平均移動量 (mm/day)	備考	
Bostanlyk	Tekstilshik	TK1	LH000048	09/3/9 - 10/1/26	317	87.8	0.3		
		TK2	LH000034	09/2/16 - 09/8/31	195	90.9	0.5		
		TK3	LH000036			0			有意な変動無し
		TK4	LH000052	08/12/30 - 09/3/30	90	135.9	1.5		
		TK5	LH000051			0			有意な変動無し
Uchitelek	UCH1	LH000041	08/10/10 - 10/1/23	463	83.7	0.2			
	UCH2	LH000042			0			有意な変動無し	
	UCH3	LH000053			0			有意な変動無し	
Angren	Bedlenged	BE1	LH000045					有意な変動無し	
		BE2	LH000047	08/10/16 - 09/4/1	165	9.0	0.1		
	Tangatopdi	TE1	LH000039	09/6/6 - 09/10/27	141	30.9	0.2		
		TE2	LH000043			0			上下動？
		TE3	LH000035	09/6/3 - 09/10/27	144	3.0	0.0		
	Chetu	CE1	LH000044	09/6/5 - 09/10/24	139	42.0	0.3		
CE2		LH000050	09/6/5 - 09/10/27	142	42.2	0.3			

すべり面は、周辺の地形・地質状況と孔内傾斜計のモニタリング結果をもとに推定した。まだ観測実施中のタンガトプディや他のサイトにおいては、更に明瞭なすべり面を推定できると思われる。

表 15：各サイトのすべり面の推定

No	SMS 観測所	地すべりサイト名	すべり面深度	参考とした データ	備考
1	ボスタ ンリーク	ティクステルシク	浅層 2m、深層約 30m 付近	孔内傾斜計	孔内傾斜計 No2 は 28m 付近、 No3 は 2m 付近と 33m で変形した
2		ウチテレック	不明瞭 (16m 付 近)	孔内傾斜計	3ヶ所ともにほとんど有意な変形は認められな かったが、No3 で 16m 付近に変形あり
3	アング レン	ベドレンゲット	浅層(2~10m くら い)	目視による地表 面の状況	傾斜があり古い崩壊地形も浅いすべり面を持 つ
4		タンガトプディ	不明	(孔内傾斜計)	孔内傾斜計再設置、計測後に把握可能
5		チェツ	最大 15m 程度	目視による地表 面の状況	地表面のクラックは垂直に近いため、すべり 面ではなく、トップリング型岩盤崩壊の可能性 がある

2) 危険度評価

危険度評価・到達範囲予測は、地すべりのモニタリングデータに基づいて保全対象（家屋、道路など）に対する被害想定を評価するものである。将来、豪雨時、融雪期の急激な水位の上昇時等に地すべり土塊が大きく移動する場合、人命、ライフライン、家屋等にどの程度の影響が発生するかについて、危険度をランク付けするなどのリスク評価を行う。

危険度評価

.1 「ウ」国における危険度評価の実情

「ウ」国では過去の地質斜面災害（Hazardous Geological Process）の経験・履歴から、地すべりほかの地質斜面災害のリスクを以下のように算定している。

$$\text{地質斜面災害リスク} = H \times E \times V (\times D)$$

H：災害ハザード（Hazard of natural disaster）

E：災害の要素（Element of risk）

V：影響の受けやすさ（Vulnerability）

D：損害の種類（Kind of damage）（場合によって係数となり得る）

なお、それぞれの係数一覧は次のとおりである。

表 16：「ウ」国の地質斜面災害リスクのパラメータ（HYDROENGEО 内部資料）

地質斜面災害リスクのパラメータ		
H：災害ハザード Hazard of natural disaster	地質斜面災害が過去に何度も発生した地域	5
	地質斜面災害が発生する可能性がある地域	2
	地すべり事例が1つある地域	1
E：災害の要素 Element of risk	集落での変状	10
	レクリエーション施設での災害	5
	山岳道路の危険地域	2
V：影響の受けやすさ Vulnerability	4（現地状況の目視判断から、影響度が極大）	15
	3（同上、大）	10
	2（同上、中）	5
	1（同上、小）	0
D：損害の種類 Kind of damage	民家	30
	公共施設	20
	レクリエーション施設	20
	道路	5
	上下水道	5
	橋梁	10
	電線	5
	樹木	2
	河岸	2

「ウ」国においてはソ連時代から地質斜面災害の履歴の蓄積に基づいて、本式とそのパラメータを設定しており、現状では関連する大規模な被害の発生例はほとんどなく、概ね機能している状態であるといえる。そのため本プロジェクトで設置したモニタリング機材による観測結果を加味して、今後

さらに危険度評価手法を高精度化していくことを期待する。

2 日本の地すべり危険度評価

日本での地すべりの危険度評価は一般的に「地すべりの活動度」と「保全対象の重要度」によって評価される場合が多い。活動度ランクを A～C（活動度が高い A、中程度 B、低い C）に分類する。さらに「保全対象の重要度」も同様に A～C に分類する。保全対象の重要度に関して表 16 の例でいえば、民家や公共施設、レクリエーション施設が A（20～30）、道路、上下水道、橋梁、電線が B（5～20）、樹木や河岸が C（～2）になるものと思われる。さらに、その組み合わせにより 1～3 までの危険度ランク（高危険度 1、中度 2、低度 3）を設定する（表 17）。

表 17：地すべり危険度評価マトリクス表の例

		保全対象の重要度		
		A	B	C
地すべりの 活動度	A	1	1	2
	B	2	2	3
	C	3	3	3

本事例では各要素を A～C に、危険度を 1～3 ランクの 3 段階に分類しているが、地すべりが発生する現地状況に応じて、さらに詳細（場合によっては簡略）に分割して対応することも可能である。このような危険度評価を実施したのち、その危険度に応じて、管理基準値を厳しく設定するなどの対応が必要となってくる。

早期警戒基準の提案

1.1 日本における早期警戒基準の設定例

早期警戒基準値を設定するためには、地すべりの運動特性ならびに既往の警戒基準を十分に把握する必要がある。ここでは、地すべりの移動速度の算出事例を参照した上で、日本国内のいくつかの地すべり警戒基準の例を紹介する。

日本道路協会では道路斜面における地すべりについて「かなり活発な地すべり運動が発生していると判断するための変動量の目安（1999）」として次の基準を挙げている。

- ・伸縮計で 1mm/日以上が 10 日間連続
- ・伸縮計で 10mm/日以上が 2 日以上連続

また「地すべり地内への立ち入り制限を行う目安」としては次の基準を挙げている。

- ・伸縮計で 2mm/時以上が 2 時間以上継続

以上のような観測事例および目安を踏まえて、現況での日本の地すべり管理基準値の事例を示す。

2.1 プロジェクト成果

表 18 : 日本国内の地すべりの警戒避難基準の例 (木村・横山:2006)

発生年	地区名	場所 (発生当時)	崩壊発生	管理基準値			文献
				注意体制	警戒体制(避難準備)	避難	
2004	大塔村宇井	奈良県吉野郡大塔村宇井	有り		S: 2mm/h, 2時間		藤澤 (2004)
2004	市瀬	鳥取県八頭郡智頭町	有り	S: 2mm/h S: 50mm/day R: 10mm/h R: 35mm/day 大雨洪水注意報 WL: 2m (河川水位)	S: 2mm/h S: 75mm/day WL: 3m (河川水位)	S: 10mm/h S: 100mm/day WL: 4m (河川水位)	西上井ら (2005)
2004	大呂	鳥取県八頭郡智頭町	無し		S: 5mm/day S: 1mm/h 大雨洪水警戒	S: 10mm/day S: 2mm/h R: 20mm/h } and	丸毛・井筒 (2006)
2004	上松	長野県長野市	無し	R: 10~15mm/h R: 累計 50mm 大雨注意報・警報	S: 4mm/h R: 16~25mm/h R: 累計 70mm	S: 4mm/h 2回 R: 16~25mm/h R: 累計 70mm	原・藤井 (2005)
2003	錦ヶ酒	静岡県熱海市熱海	無し	S: 2mm/h	S: 2mm/h 2回 R: 15mm/h R: 60mm		藤澤ら (2004)
2003	くろしお鉄道中村線	高知県窪川郡佐賀町	有り	S: 2mm/h 以下 3時間	S: 2mm/h		高柳・細川 (2004)
2003	仙山峠	鳥取県太田市・多伎町仙山峠	無し	S: 2mm/h R: 30mm/day R: 連続 100mm	S: 10mm/h	S: 40mm/h (通行止めの基準)	山根 (2004)
2002	横塚	富山県上新川郡大沢町寺津	無し		S: 10mm/day	S: 4mm/h IC: 10mm/h	石橋 (2004)
1999	下石川	長野県 長野市	無し	S: 1~4mm/h R: 10~20mm/h	S: 4mm/h R: 20mm/h R: 連続 80mm	S: 10mm/h R: 30mm/h R: 連続 130mm	土屋・白石 (2004)
1993	落シ	富山県 東砺波郡 庄川町	無し	S: 変動発生 R: 20mm/h R: 30mm/3h R: 50mm/day R: 連続 80mm	S: 4mm/h S: 2mm/h, 3時間 R: 30mm/h R: 60mm/3h R: 100mm/day R: 連続 200mm		富山県 (1997)
1990	松尾	福岡県八女郡立花町	無し	S: 1cm/day	S: 2mm/h	S: 4mm/h R: 連続 100mm	福岡県 (1992)
1987	山籠	大分県日田郡大山町	無し		S: 4mm/h S: 20mm/day R: 20mm/h R: 50mm/3h R: 連続 80mm		大分県 (1990)
1979	棚谷	愛媛県上浮穴郡棚谷村	有り		S: 20mm/day S: 2mm/h R: 連続 50mm	S: 4mm/h R: 連続 100mm	堀ら (1986)
2003	大滝ダム白屋	奈良県吉野郡川上村白屋	無し		S: 10mm/day 気象警報	S: 2mm/h, 2時間	大滝ダム (2003)
2000 (※)	宇奈月ダム	富山県下新川郡宇奈月町	無し	K: 10 秒/day 以上 or 5 秒/day 3 日連続同一方向 IC: 0.5mm/day or 0.2mm/day 3 日連続同一方向 LC: 明瞭な荷重増加 SS: 明瞭なひずみ増加 and 累積変動 VS: K 計, IC 計とともに明瞭な引張り変動が生じる			武谷川ら (2003)
1989 (※)	寒河江ダム	山形県寒河江市・西村山郡西川町	無し	K: 3 日連続 5 秒/day 一定方向へ累積 K: 1 日だけでも 10 秒/day (累積が必要) VS: 3 日連続 1mm/day (引張り累積)			中村 (1989)

S:地盤伸縮計,R:雨量計,WL:河川水位,K:地盤傾斜計,IC:孔内傾斜計,LC:アンカー荷重計,SS:鋼管杭歪み計,VS:垂直伸縮計
(※) 試験湛水の年

表 19 : 高速道路調査会による地すべりモニタリング (維持管理段階) の管理基準値

計測区分と機器	対応区分	点検・要注意 または観測強化	対策の検討	警戒・応急対策 通行止めの検討	厳重警戒 通行止め
伸縮計	地表面の 変位速度	10mm 以上/30 日	5~50mm/5 日	10~100mm/日	100mm 以上/日
地中伸縮計					
光波測距儀					
挿入式 地中傾斜計	すべり面付近の 変位速度	1mm 以上/10 日	5~50mm/5 日	—	—
地盤傾斜計	累積値	10~50 秒 /10 日	—	—	—

2 早期警戒基準案の提案

本プロジェクトにおいて、現状までのデータ蓄積と日本の基準値設定の例から、表 20 に示すとおり、早期警戒基準案を提案する。ここで提案する基準値は「注意体制」、「警戒体制（避難準備）」、「避難体制」に分類され、伸縮計の時間累計と日累計、雨量計の時間雨量と連続雨量、伸縮計から判断するものである。

表 20：本プロジェクトにおける早期警戒基準案

	注意体制	警戒体制 (避難準備)	避難体制
伸縮計	2 mm/h 40 mm/day	4 mm/h 70 mm/day	10 mm/h 100 mm/day
雨量計	20mm/h 連続 40mm	30mm/h 連続 60mm	40mm/h 連続 80mm
傾斜計	0.5mm/day		

ただし、管理基準値を高精度化させていくためには、今後も引き続きモニタリングデータを蓄積し、各地すべりの活動特性を分析し把握することが極めて重要である。また本提案事例は、比較的活動が活発な3箇所の地すべりサイトのみを勘案しているものであるため、将来的には地域や地質・地形条件、気象条件などを踏まえた上で、各地すべり地域ごとに細分化する必要がある。

土石流など二次災害の発生予測

土石流とは「山や谷の土砂が豪雨などで崩壊し、水（河川水、表流水など）と混ざって急激に流下する現象（図 5）」をいい、特に泥質分が多いものは泥流と呼ばれる。土石流の発生は多くの場合、豪雨が原因であるが、地震や地すべりで崩壊した土塊が河川に流入することにより発生する二次災害の事例がある。

本プロジェクトにおいても、当初、ティクステルシク地域の地すべりの末端部が土石流（泥流）化して、地すべり下部から周辺地域に影響を及ぼす可能性が指摘されていた。しかしながら、現在は地すべり活動の進行により、現地の地形が大きく変化し、地すべり地域の中央部にあった谷地形（溪流）は消滅し、地すべり上部のから水はほとんど集水しなくなった。そのため、現状では地すべり下部、末端部からの土石流の発生は考えなくてよいと判断された。ティクステルシク地域以外の調査対象地すべりの大部分においても、集水地形は明確ではなく、二次災害としての土石流発生の危険性はないと考えられる。



図 5：土石流発生のイメージ図

2.1 プロジェクト成果

ただし、2010年6月から伸縮計による観測を始めたホームサン地すべりでは、末端部が狭まっており、溪流状の集水地形となっている（図6）。そのため、地すべり活動の二次災害としての土石流発生に注意が必要である。通常はほとんど流水がないが、豪雨時には泥流がホームサン集落に流れこむ可能性がある。影響範囲にある人家は3軒である。



図 6 : ホームサン地すべり下部の溪流状況