

大規模地すべりの深部における移動を観測（トチ山地すべり）

小川 猛*

1. はじめに

ここに報告する地すべりは、幅約1km、斜面長2kmにおよぶ極めて規模の大きな地すべりである。しかも地すべり中頭部では深度55mにすべり面が存在し、ほぼ初生的な地すべりブロックの規模で微量であるが移動していることが判明した。

このような移動がただちに大崩壊に至るような地すべり活動（たとえば隣接する柵口地すべりの昭和22年の活動）の前兆現象として考えるべきかは、今後の継続的計測や解析結果を待たねばならない問題であるが、大規模地すべりにおける深部の移動が計測されたことは比較的めずらしいケースと考えられる。

ここでは、地すべり地の概要、使用した計測機器ならびに計測結果の一部を紹介するものである。

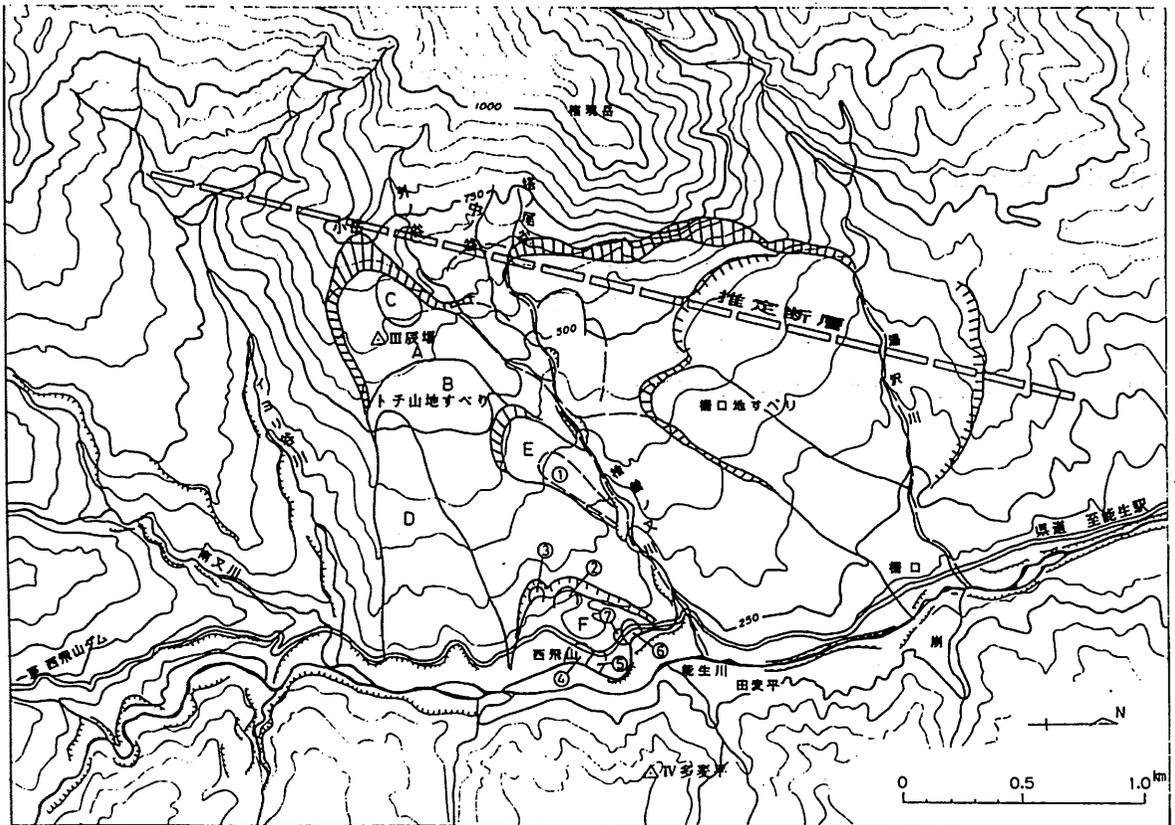


図-1 トチ山地すべり地の周辺の地形概念図

* 株式会社北信越事業所

2. 地すべり地の概要

トチ山地すべり防止区域は、能生川河口から上流約11km、左岸側の新潟県西頸城郡能生町大字西飛山山地内にあり、権現岳（標高1,104 m）の東斜面にあたる（図-1）。

トチ山地すべりの最も大きなブロックの分布範囲は椈曾の又川とイヨリ谷に挟まれた平坦な尾根状の部分全体におよび、その規模は幅約1km、斜面長約2kmで、本地区のすべての地すべりブロックを包含している。

本地区の基盤地質は新第三系能生谷層と、同層を貫く玢岩(Dp)からなる。能生谷層は泥岩主体の泥岩砂岩互層であり、砂質泥岩(Nm)、砂岩(Ns)および泥岩砂岩互層(Nal)に区別される。

地すべり地内や、能生川左岸斜面では能生谷層の走向は北西方向で北東に10~30°傾斜している。したがって、能生谷層は地すべり斜面に対して流れ盤となっている。イヨリ谷の両岸では走向は東西方向で、北に傾斜している。

玢岩は権現岳や、鉾ヶ岳では塊状で大規模な貫入岩体を形成すると推定されるが、本地区付近では能生谷層の層理面に沿って板状に貫入した岩床（シート）である。地すべり冠頭部に見られる岩床の幅（厚さ）は約60mと推定される。

椈曾の又川の上流部（塔の尾谷）では、玢岩の貫入岩体と能生谷層の境界部に走向N30°E、傾斜50°SEの断層が確認されている。この断層は南南東方向に明瞭なリニアメントとして追跡されている（図-1参照）。

3. 観測体制の観測種目

(1) 観測体制

現地は、県下でも有数の豪雪地帯（多い年で積雪深8m）であるため、12月~5月の約半年間は雪の下になる。このため、地すべりの発生しやすい積雪期から融雪期にかけてのデータ収集が困難であることから、当地区では下記の観測体制のもとに図-2の項目について表-1のセンサーを使用しデータ測定を行っている。

- ① 半自動観測システムによる観測
- ② 自記記録による観測
- ③ 手動による観測

なお、すべり面観測用のセンサーには、微動変動を考慮し本県の企業が自社開発した傾斜センサーを採用し、それに当社が自社開発した自動観測システムを接続している。

表-1 本地区に設置した各種センサーの仕様

センサー	形式名	製造元	備考
間隙水圧計	BP-2KC	共和電業(株)	耐圧2kg/cm ²
	BP-5KC	共和電業(株)	耐圧5kg/cm ²
自記水位計	BP-5KB	共和電業(株)	耐圧5kg/cm ²
埋込型傾斜計	GIC-50A-45S	シマダケイ(株)	
温度計	白金抵抗型温度計PT-100改良型	(株)キタック	-50°~+50°C
積雪深計	SK-108	(株)コントラインズ	8m計(自記式)
転倒ます型雨量計	RT-5	(株)池田計器製作所	1転倒=0.5mm
融雪量計	観測樹	現場打ち	4000×4000mm
	転倒型雨量計 RT-10	(株)池田計器製作所	1転倒=0.00196換算雨量(mm)

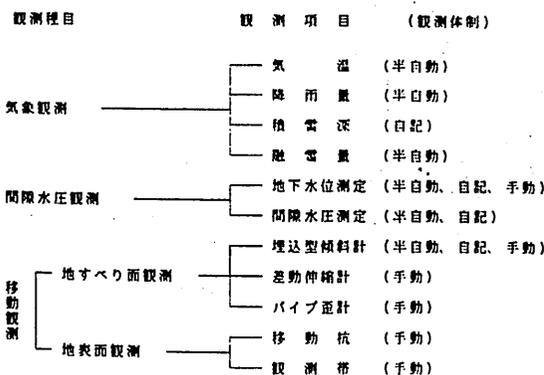


図-2 観測項目

(2) 自動計測

自動観測の観測地点は、本地区中央の主測線上に位置し、両サイドの二次地すべり（D、Eブロック）の影響を受けにくい地点である1-2（気象、間隙水圧、地すべり面観測）および1-6（間隙水圧）である（図-3参照）。

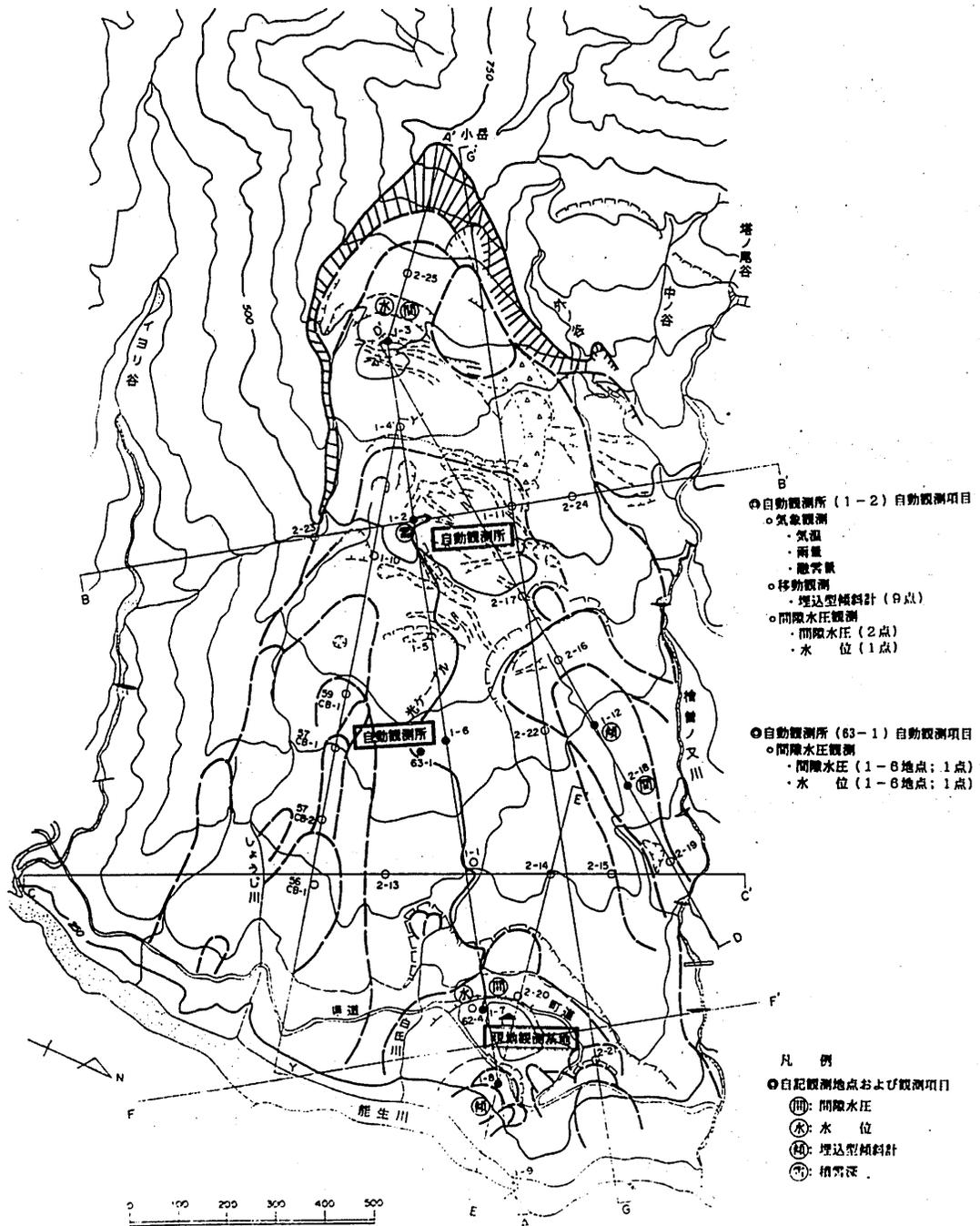


図-3 半自動観測および日記観測体制図

システム構成は、①センサー、②データ収録器、③現地観測基地、④観測事務所からなり、当地区では図-4、5に示す構成となっている。

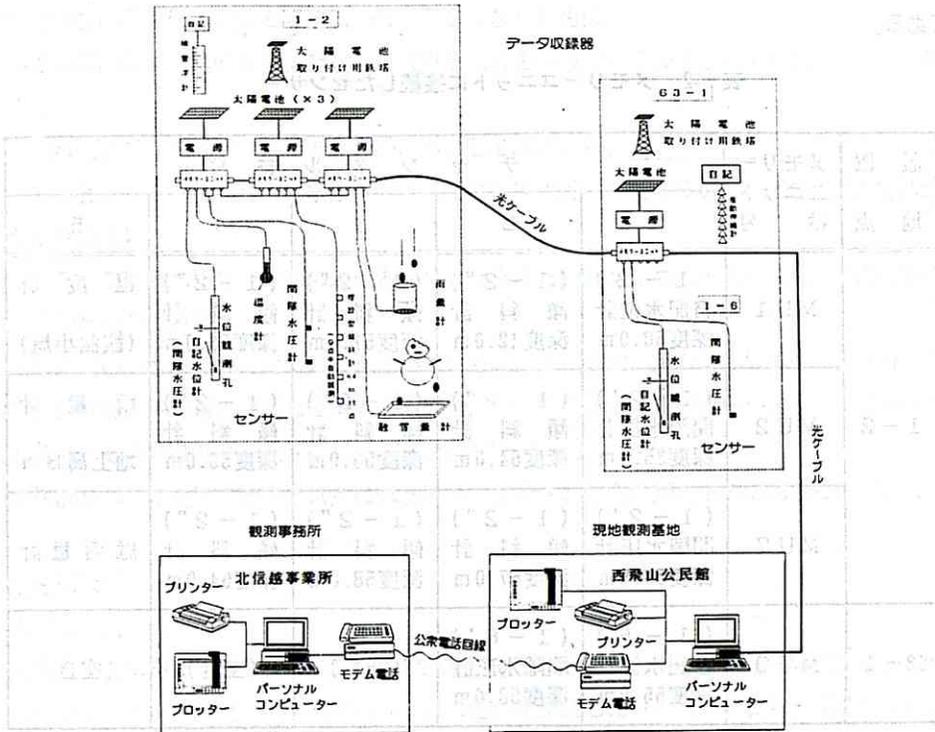


図-4 トチ山地すべり半自動観測システム図

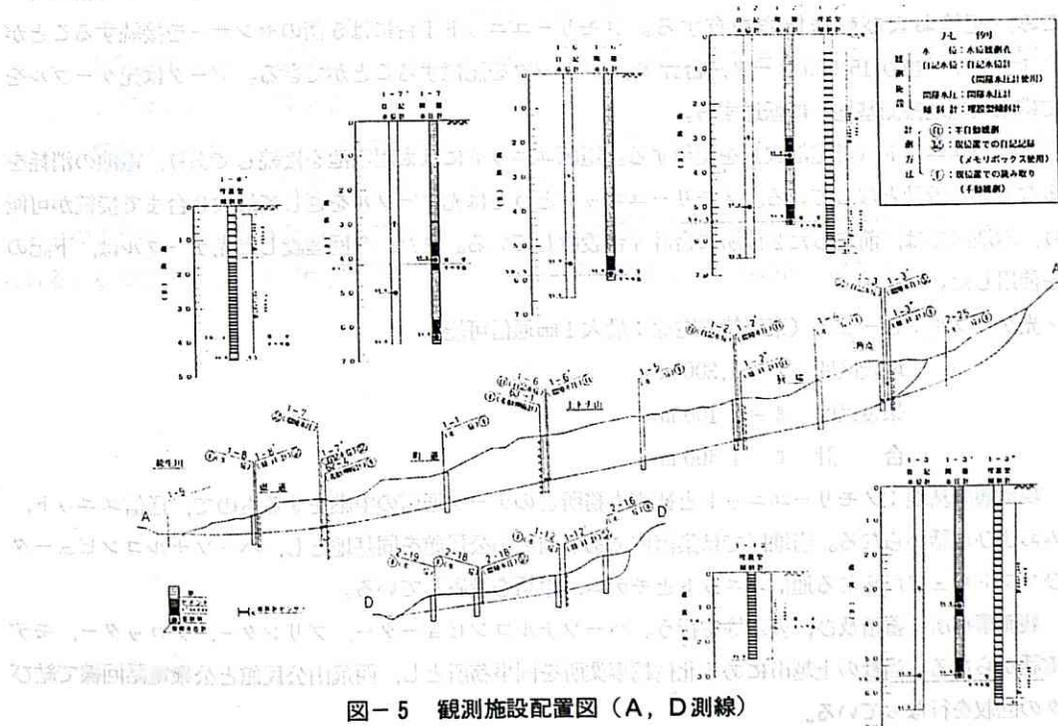


図-5 観測施設配置図 (A, D測線)

① センサー：当社のシステムには、各社から発売されている動態観測気象観測用の各種タイプ（歪、温度、電圧、電流、パルス、抵抗 etc）のセンサーが接続可能であり、当地区では表-2に示したセンサーを接続してある。

表-2 メモリーユニットに接続したセンサー

設置地点	メモリーユニット番号	チャンネル番号				
		1	2	3	4	5
1-2	MU1	(1-2) 自記水位計 深度50.0m	(1-2") 傾斜計 深度42.0m	(1-2") 傾斜計 深度51.0m	(1-2") 傾斜計 深度53.0m	温度計 (観測小屋)
	MU2	(1-2') 間隙水圧計 深度35.0m	(1-2") 傾斜計 深度54.0m	(1-2") 傾斜計 深度55.0m	(1-2") 傾斜計 深度56.0m	雨量計 地上高8m
	MU7	(1-2') 間隙水圧計 深度54.5m	(1-2") 傾斜計 深度57.0m	(1-2") 傾斜計 深度58.0m	(1-2") 傾斜計 深度64.0m	融雪量計
63-1	MU0	(1-6) 自記水位計 深度55.0m	(1-6') 間隙水圧計 深度58.0m	(空き)	(空き)	(空き)

② データ収録器：メモリーユニット（銻キタック製）と呼ばれ、センサーからの測定データを自動的にとりこみ、記憶および転送機能を有する。メモリーユニット1台には5個のセンサーを接続することができ、1センサー当り15,000データ、合計75,000データを記憶することができる。データは光ケーブルを通じて端末（現地観測基地）に転送する。

電源は電源ユニット（著電池式）を使用する。電源ユニットには太陽電池を接続してあり、電池の消耗を極力少なくする設計となっている。メモリーユニットどうしは光ケーブルを通じて最大8台まで接続が可能であり、本地区では、前述した2箇所合計4台設置している。また、今回埋設した光ケーブルは、下記のものを使用した。

・光ケーブル：S-2X（東京特殊電線：最大1km通信可能）

埋設区間 $l = 1,300$ m

架設区間 $l = 100$ m

合計 $l = 1,400$ m

③ 現地観測基地：メモリーユニットと観測事務所とのデータ通信の中継をするもので、通信ユニット、モデムおよび電話からなる。本地区では集落内にある西飛山公民館を同基地とし、パーソナルコンピュータおよびソフトウェアからなる通信ユニットとモデム、電話を設置している。

④ 観測事務所：蓄積及び、表示等を行う。パーソナルコンピューター、プリンター、プロッター、モデム、電話からなる。当社の上越市にある北信越事業所を同事務所とし、西飛山公民館と公衆電話回線で結びデータの回収を行なっている。

4. 観測結果

観測結果は、図-6、7のとおりであり、結果を要約すると以下のようである。

(1) 水位および間隙水圧の変動と降水量（融雪量を含む）の関係

① 多くの観測孔では降雨量および融雪量（以下両者を合わせて降水量とする）と速やかに連動して水位が変動する。

② 間隙水圧も多くの場合降水量と速やかに連動して変動する。

③ 1-2孔、1-6孔地点では水位と間隙水圧はほぼ平行に変動するが、1-3孔地点では間隙水圧の変動量がやや小さい。

④ 1-7孔の間隙水圧は、ほかの地点と異なりほとんど振幅が認められない。融雪期にはやや上昇するものの変動量は僅かである。

⑤ 間隙水圧の分布は深度により違いが認められる。深部（基盤内、および地すべり面付近）と地すべり崩土中間部の間隙水圧はほぼ平行に変動するものの、いずれも深部の間隙水圧の方が、地すべり崩土の中間部よりも低い。その差は $0.4 \sim 0.5 \text{ kg/cm}^2$ （水位換算 $4 \sim 5 \text{ m}$ ）である。

以上の諸状況から、本地区の地下水は主に降水により供給された自由面地下水であることが明らかとなった。

(2) 地盤変動状況

① A測線付近

辰場三等三角点：1907年～1983年にA測線方向下方に 3.3 m 水平移動（年間平均 4.3 cm ）

傾斜計1-2：深度 55 m で月間約 0.5 mm の変位を確認した（平成元年12月～平成2年6月）。変動量は融雪期に大きい。

傾斜計1-3：深度 55 m で月間約 1 cm の変位を確認した（平成元年12月～平成2年6月）変動量のほとんどは融雪期のものである。

傾斜計1-8：深度 33 m で僅かな変位を確認した。深度 20 m で月間約 0.5 mm の変位を確認した。

② Eブロック（D測線付近）

傾斜計1-12：深度 10 m で月間 6 mm の明瞭な累積変位を確認した。変位は3月下旬～4月上旬の融雪のピークに大きくなっている。

以上のように、変位量の大きさは斜面の頭部と中腹～末端部で異なるものの、すべての計器に変位が認められる。このことから、Aブロック全域に地すべりの移動が生じているものと推定される。

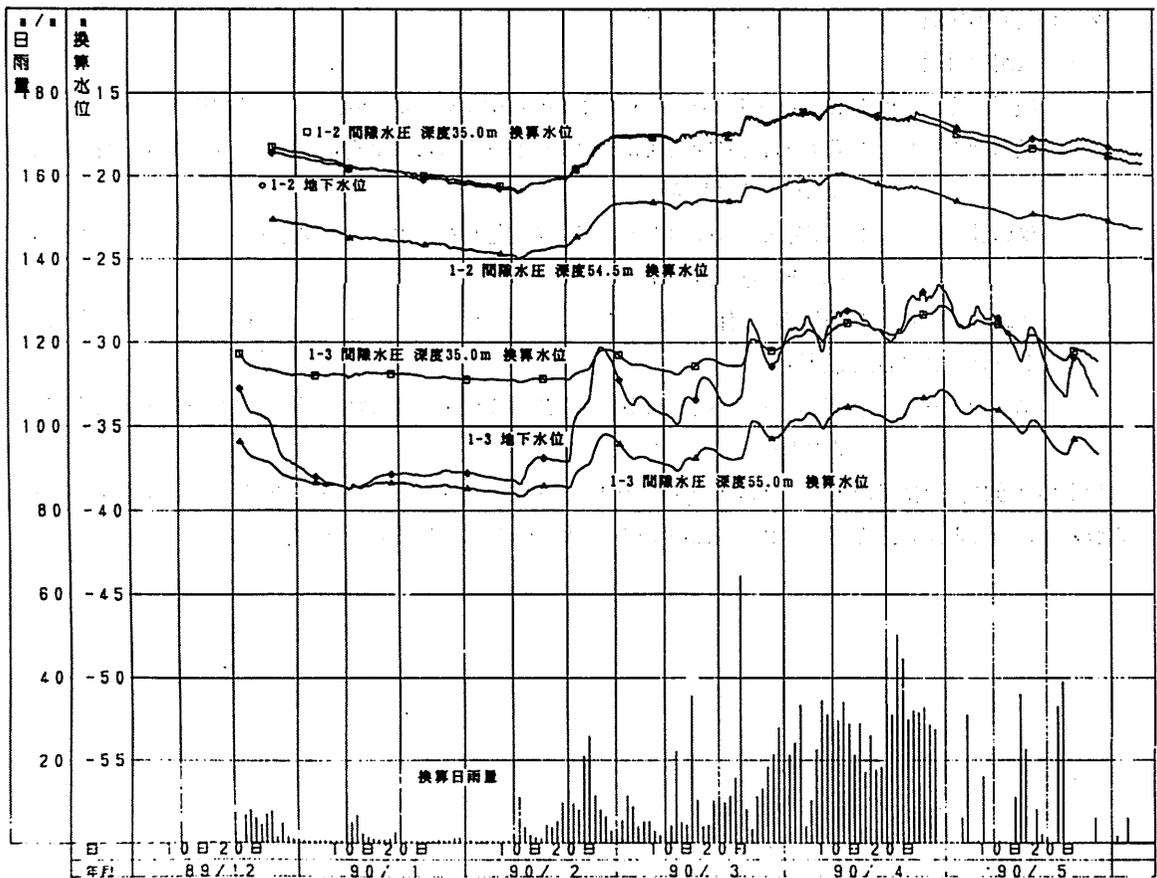
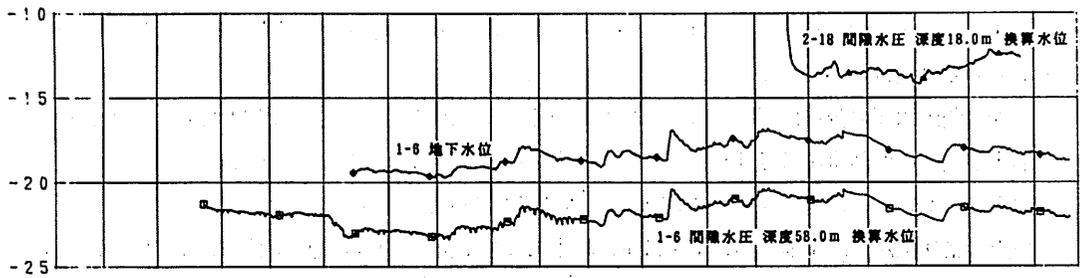
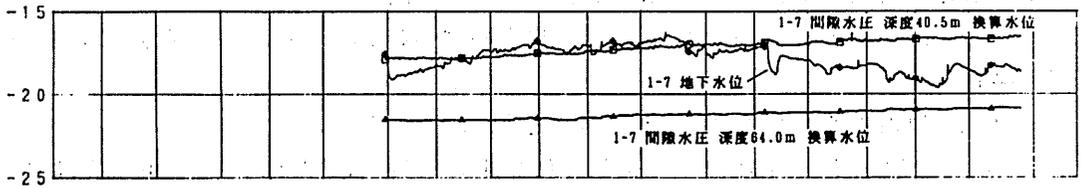


図-6 水位変動図

5. おわりに

深い位置のすべり面を計測しようとした場合、従来のセンサーでは微小変動の計測はかならずしも良い結果が得られなかった。この原因は、測定誤差の累積と埋積時の問題などいろいろと指摘されているが、不明な点が多い。埋込型の傾斜センサーを使用したところ、データのばらつきも小さくかなり良い結果が得られている。

今回計測された深部での微小な動きについての解釈が、今後の最も重要な課題である。平成2年度の融雪期の移動量と辰場三等三角点での移動量から推察される年間移動量とは、ほぼ類似していることからすると、このような微小移動は知りうる範囲でも過去80年にもわたって継続していることになり、通常の地すべり滑動のイメージとはかなり異なったものとも考えられるが、今後のデータの集積によって大規模な活動へつながる前兆現象として考える必要があるかどうか検討する予定である。