

## 新潟県中越地震とその後の豪雪による雪崩予防柵の被害に関する考察

福田 誠\*<sup>1</sup>・青山清道\*<sup>2</sup>・新関敦生\*<sup>3</sup>・南波真希子\*<sup>3</sup>  
木村智博\*<sup>4</sup>・猪爪高見\*<sup>1</sup>・バツライ パンカジ\*<sup>5</sup>

### A Research on the Mid-Niigata Earthquake and Post Heavy Snow Impact on the Defensive Structures

by

Makoto FUKUDA, Kiyomichi AOYAMA, Atsuo NIIZEKI, Makiko NANBA,  
Tomohiro KIMURA, Takami INOTSUME and Pankaj BHATTARAI

#### Abstract

Numerous snow defensive structures, built on Tertiary and Quarternary mudstone were collapsed and many others became vulnerable due to weakening of foundations during Mid-Niigata Earthquake. Heavy snowfall after the Mid-Niigata Earthquake further aggravated the problem.

This paper deals the impact of heavy snow load on the foundations of defensive structures and discusses their weakening mechanism after the Mid-Niigata Earthquake. Geology of the study area is studied in detail. Geotechnical properties of the foundation materials are determined. The laboratory assessments of the effects of slaking on the behavior of mudstone, especially, the influence of degradation on strength resulting from gradual slaking are examined.

*Keywords* : Snow avalanche defensive structure , Earthquake , Heavy Snow , fissure , fissility , weather , failure

キーワード : 雪崩防止柵, 地震, 豪雪, 亀裂, 剥離, 風化, 崩壊

#### はじめに

平成16年7月13日の水害は、新潟県中越地方を中心に24時間で400mmを超え、場所によっては時間雨量70mm以上の猛烈な雨によって引き起こされた。それに伴い越流および破堤が発生し、家屋等が甚大な被害を受け、尊い人命が失われた。筆者らの立場から、7.13水害やその後の台風23号に引き続いて発生した2004新潟県中越地震に着目し、複合災害の観点から斜面災害を看過出来ない現象と捉えている。

平成16年10月23日17時56分、新潟県中越地方にM6.8の地震が発生した。川口町では最大震度7、気象庁観測の最大加速度2513Galの強震を記録した。この地震の特徴は、本震後のマグニチュード6程度の余震が継続して発生した点にある。さらに、地すべり・斜面崩壊・河道閉塞(土砂ダム)等の斜面災害が、多発した。この斜面崩壊等に伴い、雪崩予防柵(以下予防柵)も各所において被災しているが、それにも増して、人的被害、建物被害、交通を初めとする公的施設の被害等が生じた現象も重要案件である。本地震による被害総額は約3兆円と言われている(新潟県調べ)。

次に地震後の降雪実態に着眼するが、19年ぶりの豪雪であり、中越地方では3m以上の積雪が見られた。平成16年晩秋には見られなかった斜面災害が、融雪期の平成17年2～5月

には新たに多数、確認された。即ち、単体としての新潟県中越地震というより、7.13水害と台風、その後の雪害から、中山間地における複合災害の様相を呈している。著者らは、継続的に予防柵の被害について、典型的な事例毎に、その都度報告してきたが、その後の事例・解釈をも加味して、総合的な観点から報告する。

#### 被害原因・状況等

中越地震の震源域は第四紀層分布域に重なるため、被害を受けた予防柵は当然ながら、第四紀層に集中して見られる傾向にある。ただ、事例件数は少ないものの、新第三紀層分布域でも被害が確認されている。

雪崩は主に $\theta$ が $50^\circ$ 前後の急傾斜地で発生するので、予防柵は急傾斜地に設置されるのが一般的である。例えば当該地周辺では、ケスタ地形(層理面の流れ盤方向に緩く傾斜し、逆に受け盤方向に急な傾斜を示す地形)を形成している場所が認められるが、急傾斜を呈するケスタ地形の受け盤や交差盤側で見られる急傾斜地では、斜面崩壊が発生しやすい。従って、予防柵は寧ろ受け盤や交差盤側に設置されるケースが多い。以下6つの事例(地点①～⑥)を選び、考察する。なお、事例報告の位置関係について図-1に示す。

\*<sup>1</sup>長岡工業高等専門学校 \*<sup>2</sup>新潟大学積雪地域災害研究センター \*<sup>3</sup>森村尾技建 \*<sup>4</sup>元 東京大学大学院生 \*<sup>5</sup>新潟大学自然科学研究科大学院生

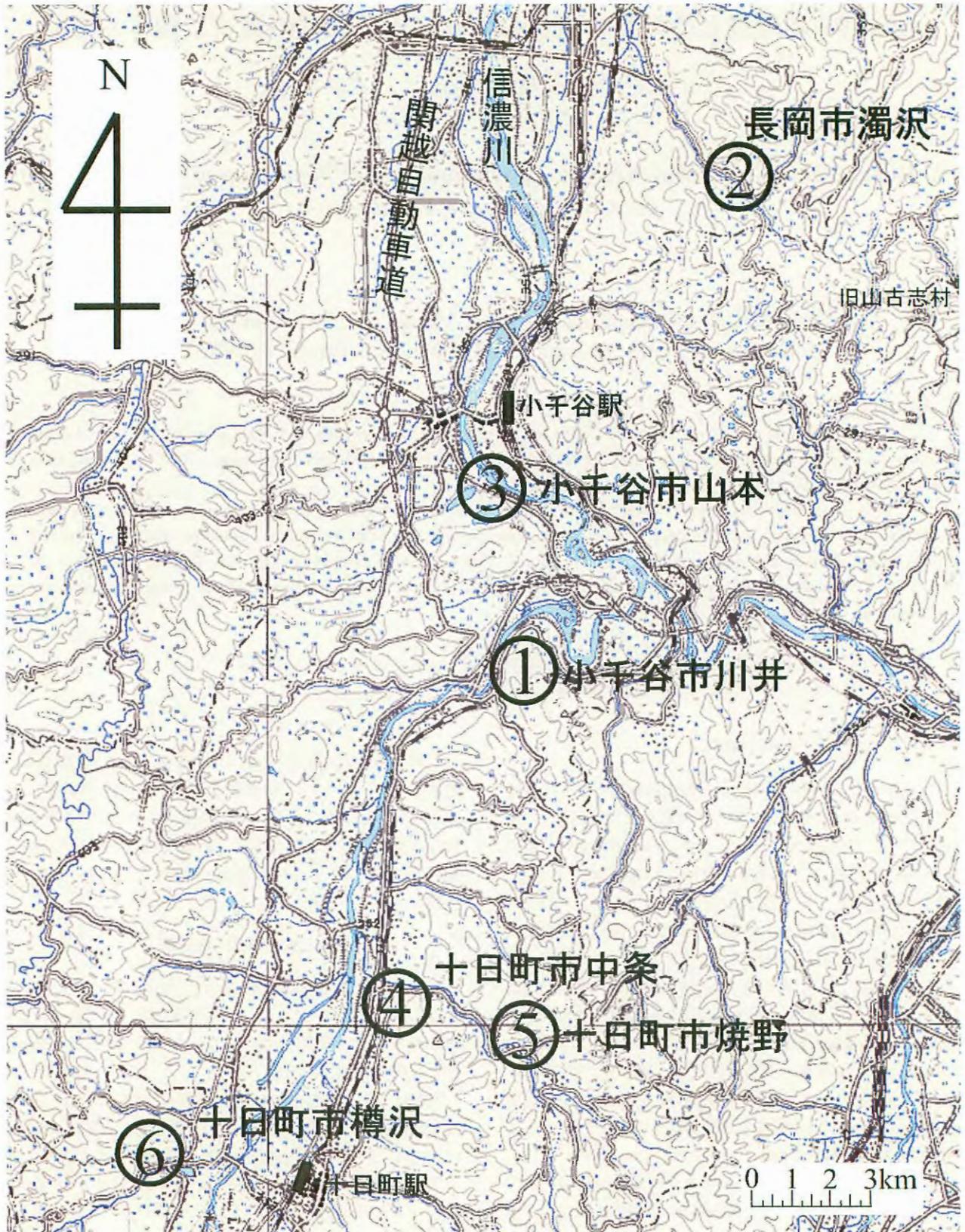


図-1 被災予防柵の調査位置図, 数値地図200000 国土地理院

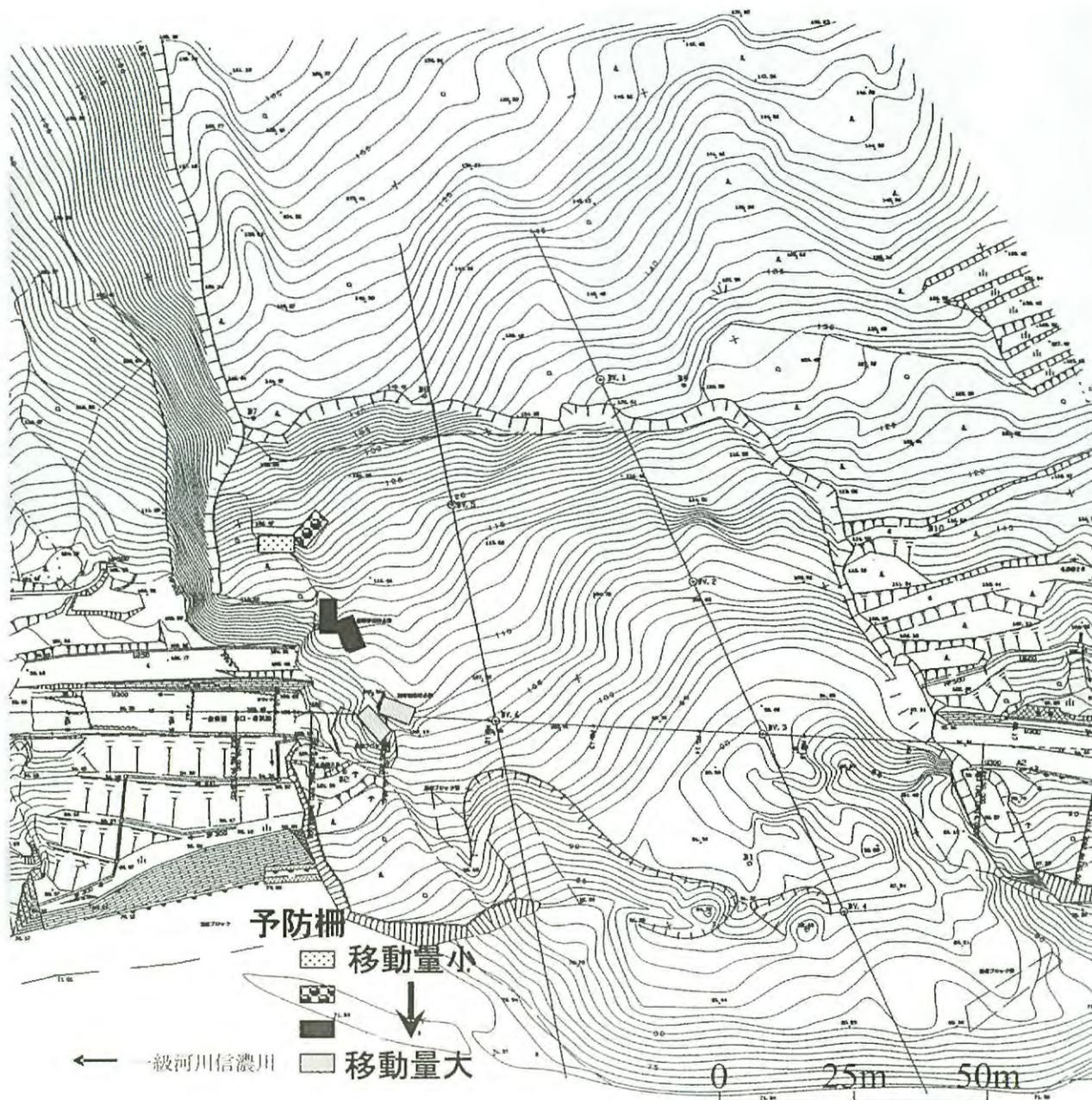


図-2 川井地すべり地平面図

写真-1



写真-2



写真-1, 2 小千谷市川井で倒壊した予防柵(図-2中の凡例; 移動量大の予防柵)



航空写真1 小千谷市川井, 2005年10月24日国土地理院撮影



航空写真2 長岡市濁沢, 2005年10月24日国土地理院撮影

### 小千谷市川井地先(県道川口・岩谷線沿い)

当該地①は、略南北の方向性を有して伸びる「魚沼丘陵」中に位置している。信濃川の右岸側にあり、かつ、激しく蛇行している川の攻撃斜面に当たっている。信濃川の浸食により岸が削り取られ、土および岩塊のバランスを崩しつつあった上に、地震が発生し、地すべりを生じたものである。本地震で発生した新しい川井地すべりの他に、後背地には、古い地すべりや斜面崩壊の履歴の存在が地表踏査の結果、確認されている。当該地の地質構成は、新生代第四紀更新世魚沼層である。これは、下部に「泥・砂・砂礫の互層」が広がり、その上部に「砂層」が分布する構成である。

魚沼層は形成年代が新しく、続成作用をあまり受けず、固結度が低い事もあり、攻撃斜面で受ける浸食に対して、抵抗力は概して高くない。これは、川井地すべりの上、下流両側に設けられている一般県道川口・岩谷線沿いや、信濃川の対岸に発生している現象からも明確である。川井地すべりは、地震によって、東側の山体が、西向きに予防柵や県道を載せたまま、末端部が信濃川中に滑り込んだものである。当地すべりは、地すべりブロックの南側で水平移動量が大きく、北側は小さい傾向が見られ、地すべり面の深さも同様であると推定された。予防柵は、ブロックの北側に設置され、水平移動量は約11m～22mと、33m～39mの2種である点が判明した(図-2参照)。

当該地は、古い地すべり地で、総じて雪崩が発生する様な急傾斜地ではなかったが、部分的に、雪崩発生危険性がある急傾斜地が存在した。当ケースでは、斜面崩壊危険地ではなく、地すべり地で発生した予防柵の破壊・転落の数少ない事例と考えられる。また、当地すべりは積雪期から融雪期を通じ、その規模を多少ではあるが拡大している。予防柵の転落・破壊を誘発させた地すべりの発生機構を以下に記す。

第一の原因は、信濃川による浸食作用によって土塊および岩塊バランスを大きく崩した点、さらに、第二に、踏査の結

果から、豊富な地下水脈の存在する点と、第三は、層理面が流れ盤を呈していた点である。古い地すべり履歴からも、若干の変動を考慮して、層理面の走向傾斜はN5°W, 25°Wである(現滑落崖の直近)。第四の誘因として、0.5m～1m間隔で発達する亀裂の存在が挙げられる。それ等の組み合わせによって変状に至る。走向傾斜は、N38°E88°NW, N65°W80°S, N-S85°Wの3種が代表的であり、その亀裂面には、地下水流動の水道を示す赤色沈殿物(酸化鉄、鉄バクテリア)が、顕著に認められる。以上4つの原因が複合して地すべり発生となり、それに伴い予防柵の破壊につながったと考えられる。図-2は、地すべり後のコンター図および、予防柵の位置を示している。航空写真1は、地震の翌日に撮影されたもので、丸で囲まれた部分が、今回対象とした地すべり箇所である。写真-1, 2は、地すべりによる被害を受けた予防柵の写真である。

### 長岡市濁沢(主要地方道23号沿い)

当該地②は、大田川中流域の右岸側に位置している。この周辺では大田川の左右両岸は、河川による侵食で、急崖を形成している場所が多く、今回の中越地震でも、地すべりや斜面崩壊等の地盤災害が多発した。また、地形的特性から、雪崩災害の発生を考慮し、予防柵が設置されている箇所も多い。

当該地周辺では、大田川は略北西流しているが、蛇行箇所が多く見られ、その攻撃斜面に位置する部分では、特に斜面災害が多発しやすい地形を呈している。当該地の東側には、略南北方向の背斜軸があり、周辺に中新世寺泊層と中新世・鮮新世椎谷層等が分布している。当該地は、その背斜軸の西翼に位置しており、椎谷層と鮮新世西山層の分布域に位置している。地質構成は、細から中、粗粒砂岩と泥岩との互層から成り、下部の泥岩と上部の粗粒砂岩との間に不整合面が確認された。小規模ではあるが、基底礫岩の存在も確認されている。不整合面から下部では層理面の走向は略N-Sで、傾斜

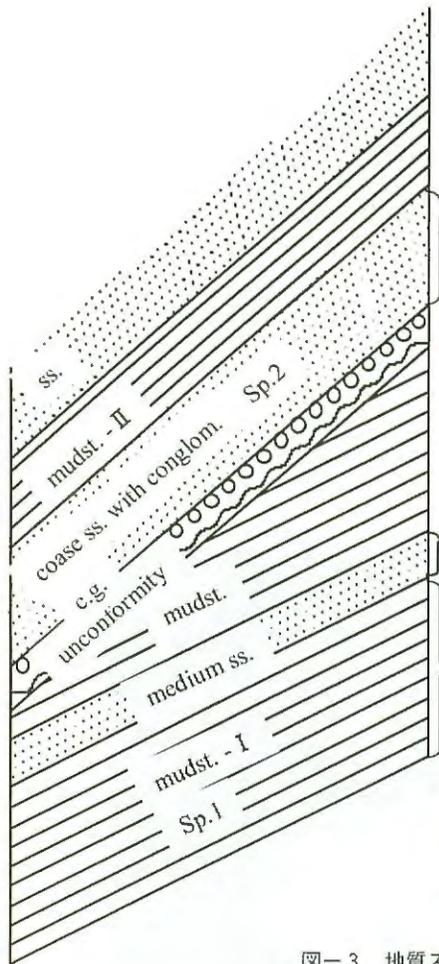


図-3 地質スケッチとその写真(長岡市濁沢)

写真-3

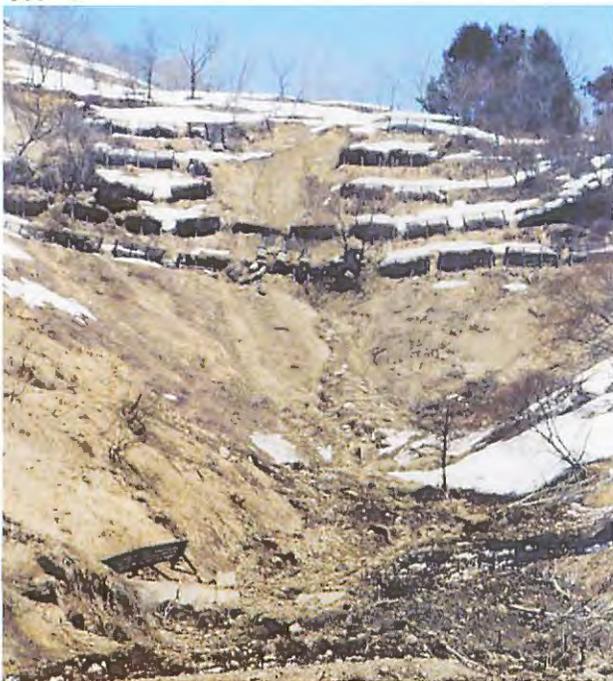


写真-3 流出した予防柵(長岡市濁沢)

写真-4



写真-4 破損・転落した予防柵(長岡市濁沢)

は $26^{\circ}$ Wである。不整合面及びその上部では、層理面の走向が略N-Sで、傾斜は $40^{\circ}$ Wである。不整合面は、規模の大きな不連続面の一種であり、それに沿って風化作用が進行し、剥離現象が発生した。また、その不整合面は、脈状地下水流動の場になり得る状況が推定される。これ等の点は斜面崩壊、ならびに予防柵破壊位置の分布から容易に評価される。

当該地の急崖斜面の高さは大田川から尾根までの間で、約250mである。この急崖斜面は裸地部分も多く、かつ斜面崩壊が多発している。長大斜面は、ほぼ南向きなので層理面との関係は交差盤である。その斜面基底周辺の地形が緩傾斜に変化する区間には、地すべりが確認されている。斜面崩壊に対して谷止工が設置されているが、満砂になっている。この長大斜面に設置されている予防柵が、地震動によって落下した。当該地区に設置されている予防柵の総数は80基であるが、破損した柵数は20基である。地震動で直接破損したものが15基で、その後の豪雪で破損したものが5基に上った。

現地踏査の結果から、原因として、第一に不整合面を呈する不連続面の存在で、それに沿って風化作用が進行すること、第二に脈状地下水のみずみち形成の可能性、第三に剥離現象が進行する等が挙げられ、複合的な要因から斜面崩壊が発生する過程を経て、予防柵の破壊に至ったと考えられる。図-3は、不整合面周辺の地質スケッチとその写真である。写真-3, 4は、予防柵の被害状況の写真である。航空写真2は、地震の翌日に撮影されたもので、丸で囲まれた部分が、今回対象とした箇所である(航空写真2, 図-3, 写真-3~4参照)。

#### 小千谷市山本(小千谷発電所周辺)

当該地③周辺は、新生代第四紀更新世魚沼層で構成され、泥・砂・砂礫の互層が主である。その上部に、礫を主体とする比較的新しい地層である中位段丘堆積物が分布している。この周辺の魚沼層は信濃川に侵食され、高く急峻な崖を形成し

写真-5



(地震から数日後の崩壊岩塊)

写真-6



(地震から数日後)

写真-7



(2005年2月)

写真-5~7 小千谷市山本



航空写真3 小千谷市山本, 2005年10月24日国土地理院撮影



航空写真4 十日町市中条, 2005年10月24日国土地理院撮影

写真-8



(地震から数日後)

写真-9



写真-10



(2005年2月)

写真-8 ~ 10 小千谷市山本

写真-11



(壊れた予防柵)

写真-12



写真-13



(地震から数日後)

写真-14



写真-15



(2005年2月)

写真-11～15 壊れた予防柵とその後の雪崩処理風景(十日町市焼野)

ている場所が多く、当該箇所も典型的な急崖地形である。

地震による被害状況は、予防柵中に岩塊が崩壊・堆積し、堆積岩塊や枝類で満杯となり、雪崩を受け止める機能を殆ど喪失するに至った。この現象を生じた主な原因は、「剥離現象」である。

魚沼層は堆積・形成時代が新しく、続成作用が少ないため、地盤内部の固結度が低く、垂直に切り立った急崖の自由面に向かって剥離しやすい性状を持っている。剥離を規制するのは風化作用と継続して発生する崩壊現象である。剥離に伴う応力解放が不安定度を増大するものと考えられる。さらに、当該地周辺では降水・降雪、および地震動に起因する剥離現象が今後も発生し得る危険箇所が認められる。

予防柵中に堆積している剥離岩塊は、その形成過程から、長軸方向に比べて厚さが薄く扁平な岩塊が多く見られた(写真-5～7参照)。航空写真3は、地震の翌日に撮影されたもので、丸で囲まれた部分が、今回対象とした地すべり箇所である。

#### 十日町市中条(国道252線沿い)

当該地④は、第四紀更新世魚沼層で構成され、泥、砂、砂礫の互層が主である。部分的には浮石質角礫凝灰岩を挟んでいる。この周辺は飛渡川によって浸食され、急峻な崖を形成している。飛渡川は西流して、信濃川本流に注ぐ一支流である。

地震後の被害状況は、予防柵のポケット内に巨岩塊が堆積し、雪崩を受け止める機能が殆ど失われている。当該地は南北方向の軸を有する背斜構造の西翼に位置し、層理面は緩く西傾斜している。走向は略南～北で、傾斜は13～15°Wである。従って、この急崖の自由面と層理面との関係は交差盤であり、斜面災害で大きな影響力を有しているのは、層理面よりは亀裂群の存在である。亀裂の方向性は縦横高の3方向を示している。3方向の亀裂によって、岩盤が切断され矩形を成し、巨岩塊が自由面に向かって抜け出す現象が発生した。交差盤は、流れ盤と比較すると抜け出し発生に関しては安全側である。

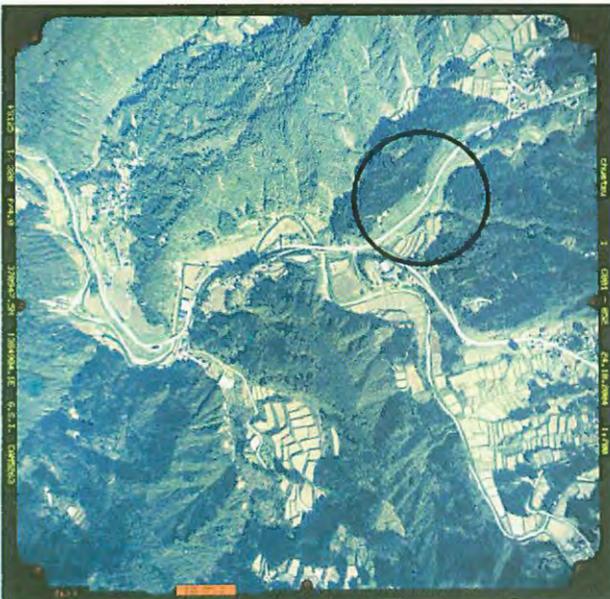
抜け出しの時点で最も有効に作用した力が、地震動によるものであったと考えられる。

当該崖は、条件が整えば、今後共岩塊の抜け出しが発生する危険性を有していると、亀裂の発達状況から推定される(写真-8～10参照)。航空写真4は、地震の翌日に撮影されたもので、丸で囲まれた部分が、今回対象とした地すべり箇所である。

#### 十日町市焼野(中条～堀の内間)

当該地⑤の地質構成は、第四紀更新世魚沼層で泥、砂、砂礫の互層が主である。南北の方向性を持つ、背斜構造軸の周辺に位置する関係上、地層中に発達する亀裂数が多い。これまでの事例と比較すると、亀裂に起因する風化作用が進んでいる。それに伴い、当該地の南側周辺に地すべり地形が発達している。当該斜面は南向きの急崖で、層理面との関係は交差盤と考えられる。地層の傾斜は南北方向の背斜軸を中心に、西落ちと東落ちを呈するが、ともに10°内外である。ただ、周辺は地すべり多発地帯で、慎重に走向傾斜を精査する必要がある。被害状況は7基の予防柵が破壊され、使用不能に陥ったために、設置斜面外に撤去されている。これにより、2005年2月19日に雪崩が発生した。写真-14は、国道252号線が一時通行止め措置となり、バックホウによる除雪が行なわれている状況にあった。

被害発生原因は、当該急崖は前述の理由から、比較的風化が進んでいる所に地震が発生したためであると考えられる。急崖中央部に、斜面崩壊の痕跡が確認され、その周辺の予防柵が斜面崩壊に伴って破壊されている。斜面崩壊は表層すべりの形態に近いと考えられた。即ち、当該地での予防柵破壊の誘因は風化作用の進行に伴って発生した、斜面崩壊によって引き起こされたものといえる(写真-11～15参照)。航空写真5の丸で囲まれた部分が、今回対象とした地すべり箇所である。



航空写真5 十日町市焼野、2005年10月24日国土地理院撮影



航空写真6 十日町市樽沢、2005年10月24日国土地理院撮影

### 十日町市樽沢(国道253号線近辺)

当該地⑥の地質構成は、新生代第四紀更新世魚沼層から成り、礫、砂、シルトの互層である。地質構造の位置付けは南北方向の背斜軸の東翼に当たっている。地形的な上部には更新世の中位段丘堆積物が載っている。当該地は樽沢川によって浸食された、南向きの高い急峻な崖である。

地震後の被害状況は、予防柵基礎部分の地層が崩落し、基礎の一部が宙吊り状態になり、極めて不安定な形態を示す場所も調査の過程で確認された。また、予防柵全体が道路まで落下した事例や、斜面途中まで落下して岩塊、植生群に引っかかっていたものもあった。急崖の上方に分布する中位段丘

堆積物中の安山岩礫が落下し、予防柵裏に堆積している箇所もある。その落石から道路を守るために、段丘堆積物部分にロックネット敷設の応急処置を施している箇所がある。

この周辺では原則として、急崖部分に浅く根入れし、予防柵を設置しているのが大半である。風化した魚沼層が地震動で剥落し、根入れ下部が三角形に落下したことが、被災の直接的原因である。道路まで落下せずに宙吊り状態の予防柵は降水・降雪・融雪状況、さらに魚沼層でスレーキング現象が生じることを考慮すると、雪荷重・自重に耐えられず落下する危険性が高いと考えられる。

その事由は、予防柵基礎の3分の1から2分の1の深さで

写真-16



写真-17



(地震から数日後)

写真-18



(遠景)

写真-19



(2005年2月)

写真-16~19 十日町市樽沢

魚沼層が剥落し、宙吊りになっているものが多いからである。応急的な対応が懸案となるが、予防柵基礎の位置と基礎形式の選定の再考が望まれる。斜面植生の損失も雪崩発生の危険性に拍車をかけると考えられた(写真-16~19を参照)。

航空写真6は、地震の翌日に撮影されたもので、丸で囲まれた部分が、今回対象とした地すべり箇所である。

## 試験結果

今回の調査対象地に分布する地質構成は、既述したように、主として第四紀層であり、一部(長岡市濁沢)に新第三紀層が分布している。この兩者について、岩塊の物理試験・浸水崩壊試験・軟岩ペネトロ計による現地での貫入力試験(1軸圧縮強度への換算)・X線回折試験等の諸試験を実施した。その結果を以下に示す。

表-1 物理試験結果

位置	項目	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	粒度試験			
					礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)
山本山 (風化部分)		—	101.6	43.9	—	—	—	—
山本山 (未風化部分)		—	88.7	47.6	—	—	—	—
樽沢 (崩壊斜面中部)		43.1	54.4	37.3	0	32	51	17
樽沢 (崩壊斜面下部)		33.6	NP	NP	12	76	12	

表-2 浸水崩壊試験結果(魚沼層泥岩の風化部分と未風化部分の比較)

岩質	1サイクル後の状況	6サイクル後の状況
魚沼層 風化部	・小気泡が発生して水中を立ち上る ・表面から細粒子が落下、小クラックの発生	泥状化した
魚沼層 未風化部	鋭角状の破壊形状で剥離現象開始	泥状化した

表-3 浸水崩壊試験結果(魚沼層と西山層泥岩の比較)

岩質	3サイクル後の状況	泥状化時
魚沼層 泥岩	亀裂が発生した	6サイクルで泥状化
西山層 泥岩	細粒化した	9サイクルで泥状化



写真-20 湿润崩壊試験状況

**物理試験**

表-1は、特に地盤強度の評価に関係させた項目を対象として、物理試験結果を示すものである。

**浸水崩壊試験**

魚沼層泥岩の風化部と未風化部の両者間の抵抗力について表-2に記したうえで、鮮新世西山層泥岩と、更新世魚沼層泥岩の両者間の抵抗力の相異を表-3、および写真-20に示す。

**貫入力試験**

軟岩ペネトロ計による貫入力試験を行なった。貫入量は10mmである。なお貫入力から一軸圧縮強度 $q_u$ (KN/m<sup>2</sup>)への換算式は、

$$q_u = 97.8 \times (\text{貫入勾配}) + 262.1$$

$$\text{貫入勾配} = \frac{\text{貫入力(N)}}{\text{貫入量(mm)}}$$

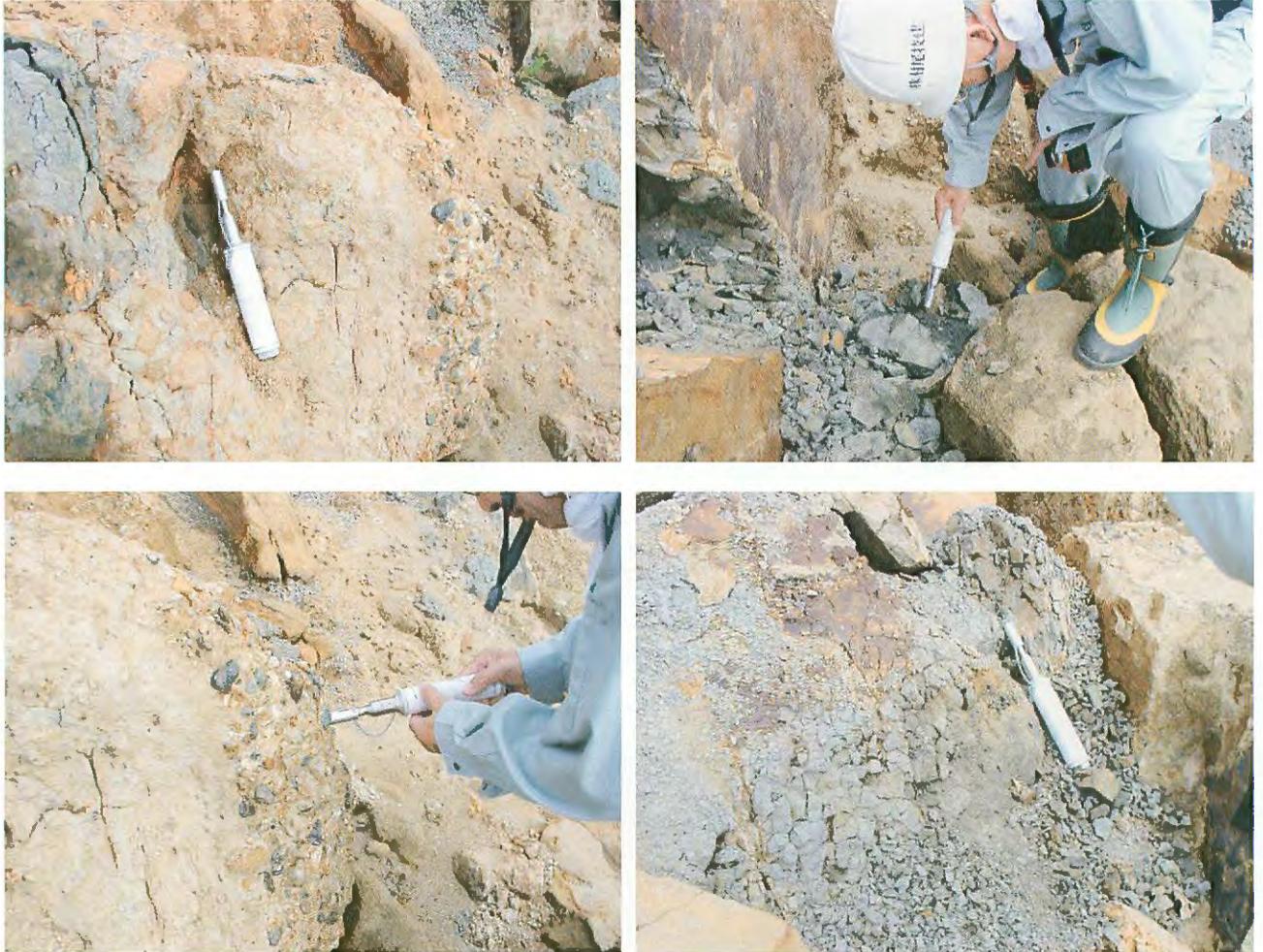


写真-21 小千谷市川井地すべり地の現地試験状況

表-4 貫入力試験結果(第三紀層と第四紀層との比較)

時代	地点及び岩質		$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_n$ (%)	$q_u$ $\times 10^2$ (KN/m <sup>2</sup> )
第四紀層	小千谷市山本	泥岩	—	52.7	6.5
	十日町市樽沢	シルト岩	—	38.4	8.0
第三紀層	長岡市濁沢	泥岩 I	2.55	27.9	10.4
		中粒砂岩	—	—	8.5
		粗粒砂岩	2.71	12.3	11.4
		泥岩 II	—	—	11.2

表-5 貫入試験結果(川井地すべり)

番号	岩質	貫入力 (N)	貫入勾配 (N/mm)	一軸圧縮強度 $\times 10^2$ (KN/m <sup>2</sup> )
1	中粒砂岩	35	3.5	6.0
2	粗粒砂岩	35	3.5	6.0
3	礫岩(マトリックス) I	45	4.5	7.0
4	泥岩 I	48	4.8	7.3
5	細粒砂岩	28	2.8	5.4
6	泥岩 II	51	5.1	7.6
7	中～粗粒砂岩	33	3.3	5.9
8	泥岩 III	20	2.0	4.6
9	礫岩(マトリックス) II	53	5.3	7.8

表-6 X線回折試験結果(主な粘土鉱物について)

場所	時代	地質	特徴的な含有粘土鉱物
山本山	第四紀層	魚沼層	カオリナイト群, スメクタイト, イライト
新地蔵	第三紀層	稚谷層	スメクタイト, カオリナイト群, 緑泥石

となっている。写真-21は、川井地すべり地における現地貫入力試験時の試料を示している。表-4は第三紀層と第四紀層の物理試験結果、および一軸圧縮強度quを比較したものである。また、表-5は川井地すべり地での貫入力試験結果から算出した一軸圧縮強度である。

### X線回折試験

多数の予防柵が破壊、および機能損失した地域の地質構成は主として第四紀層であり、場所によっては狭い範囲ながら、第三紀層が分布している。表-6では、それ等の両層について実施したX線回折結果を粘土鉱物の視点からまとめたものを示している。表中の特徴的な含有粘土鉱物は、左から順に含有量が多い。

【2004新潟県中越大地震による予防柵の被害状況】

表-7 新潟県道路管理課担当箇所(平成16年12月22日現在)

地域機関名	道路種別	予 防 柵 設置基数 (基) a	予 防 柵 被害基数 (基) c	被災予防柵 割 合 (%) d=c/a	被災項目内訳				
					全 壊	基礎のみ	崩土堆積	計	
長岡地域整備部	補助国道	611	41	6.7%	36	1	4	41	
	主要地方道	590	129	21.9%	45	27	57	129	
	一般県道	279	29	10.4%	16	12	1	29	
	小 計	1480	199	13.4%	97	40	62	199	
	与板維持管理事務所	補助国道	24	0	0.0%	0	0	0	0
		主要地方道	-	-	-	-	-	-	-
		一般県道	15	0	0.0%	0	0	0	0
	小千谷維持管理事務所	小 計	39	0	0.0%	0	0	0	0
		補助国道	97	17	17.5%	4	3	10	17
		主要地方道	497	27	5.4%	10	5	12	27
		一般県道	411	6	1.5%	1	5	0	6
	小 計	小 計	1005	50	5.0%	15	13	22	50
補助国道		655	14	2.1%	3	1	10	14	
主要地方道		296	0	0.0%	0	0	0	0	
一般県道		968	15	1.5%	0	0	15	15	
小 計	小 計	1919	29	1.5%	3	1	25	29	
	補助国道	1417	26	1.8%	7	0	19	26	
	主要地方道	249	18	7.2%	0	1	17	18	
	一般県道	659	47	7.1%	1	0	46	47	
小 計	小 計	2325	91	3.9%	8	1	82	91	
	補助国道	288	1	0.3%	0	0	1	1	
	主要地方道	366	7	1.9%	0	2	5	7	
	一般県道	408	7	1.7%	0	0	7	7	
小 計	小 計	1062	15	1.4%	0	2	13	15	
	補助国道	3092	99	3.2%	50	5	44	99	
	主要地方道	1998	181	9.1%	55	35	91	181	
	一般県道	2740	104	3.8%	18	17	69	104	
小 計	小 計	7830	384	4.9%	123	57	204	384	

表-8 新潟県治山課担当箇所(2004年12月14日現在)

地域機関	地区名	市町村名	被災状況	
			施設破損	土砂堆積
長 岡	大 野	栃 尾 市		予防柵7基
		天 下 高		予防柵5基
	間 内 平	山 古 志 村		予防柵3基
小 出	日 影	旧堀之内町		予防柵2基
		樽 沢 1	十 日 町 市	予防柵2基
十 日 町	津 池	十 日 町 市		予防柵5基
		小 国 沢	小 国 町	
柏 崎	小 国 沢	小 国 町		予防柵3基
合計	7 地区		予防柵2基	予防柵25基

表-9 新潟県砂防課担当箇所(2005年5月31日現在)

発生日	箇所名			災害種別	災害形態	被害状況
	郡・市	町・村	大字			
1月4日	長 岡 市	小 国	法 末	融 雪	新生山腹崩壊	柵1
4月3日	十 日 町 市		六 箇	雪 崩	全層雪崩	柵2
4月20日	柏 崎 市	高 柳	萩 ノ 島	融 雪	新生山腹崩壊	柵工6
5月7日	中 魚 沼 郡	津 南 町	中 深 見	融 雪	新生山腹崩壊	柵工1

## 試験結果の考察

以上の試験結果から、浸水崩壊では第四紀層で風化、未風化との間に大きな違いはなく、浸水崩壊抵抗力は同程度に弱い値を示している。ただ、第四紀層と第三紀層とを比較すると、第三紀層の方が若干、強い値を示しているものの、巨視的には両者とも弱い。貫入力でも、浸水崩壊抵抗力と同様の比較結果となった。X線回折の結果から、粘土鉱物は第三紀層、第四紀層も共に吸湿膨潤性を有するスメクタイト等の防災面(斜面崩壊の頻度、予防柵機能の敷設や維持点検等)において不利な粘土鉱物を含んでいる。また、地表踏査によって得られた所見と、試験結果の所見は同様の傾向を示し、斜面災害の調査視点からは、当該地周辺では不安定要素が卓越することが明確である。

## 雪崩予防柵被害箇所と被害率

表7～9は新潟県内の予防柵被害数を、県内担当部署毎にまとめたものである。道路管理課担当箇所について見ると、設置総数基数7830基中、被害を受けている基数は384基であった。その被害率は4.9%である。また、長岡市濁沢地区のように、総基数80基中、20基が被害を受け、被害率が25%の場所もあった。予防柵は年間を通じて利用されるものではなく、積雪期のみを防雪機能の面で期待されている。しかし、豪雪地帯という条件を考慮した十分な被害対策が不可欠となる。

## 現地調査、ならびに土質試験結果のまとめ

中越地震によって発生した予防柵の破壊や機能損失等について検討した。その結果を以下に記す。

検討対象地区は、震源域近傍の十日町市・小千谷市・長岡市である。主として第四紀更新世魚沼層や、第三紀鮮新世西山層等が分布している。魚沼層の当該地周辺での分布は南北の方向性を持って、並行に伸びている。魚沼丘陵と東頸城丘陵の両丘陵に渡っている。岩質的には、固結度の低さ、風化作用の進行状況、亀裂の発達状態等を指標とすれば第三紀層・第四紀層の典型例といえる。さらに、斜面崩壊や地すべり等の斜面災害、層理面・不整合構造も総合検討をする場合の重要な要素になる。以下にまとめを述べる。

## 雪崩予防柵の機能損失(被害)形態

- 岩塊・土砂・倒木等によって予防柵ポケット内が満杯・埋没するケース

予防柵の地形的上方部から、上記物質が落下し、原位置にある予防柵を満たし、積雪を受け止める機能を損失(喪失)する被害形態

- 予防柵自体が、破壊・落下するケース

予防柵が原位置に留まってはいるが、機能せずに破壊しているケースと、地山の崩壊・地すべりが発生して、予防柵が落下したために原位置に留まっていない被害形態

## 雪崩予防柵の機能損失(被害)原因

- 地質構造・亀裂により規制される抜け出し現象  
縦横高の3方向に発達する大亀裂や層理面・不整合面等

の不連続面に規制され、岩盤がほぼ四角の形状を呈する岩塊に切断され、地震動のため抜け出し、予防柵内のポケットを満杯にさせるケース。抜け出した岩塊の形状は矩形で角のある巨岩状が大半であった

- 剥離現象に伴う岩塊落下

河川の攻撃斜面に位置する急崖中において、自由面に向かって、発生する事が多い。その場合の地質条件としては、低続成作用の為に、固結度が低く、風化作用を受け易いという事がある。さらに、継続して発生する崩壊現象と、それに伴う急崖の応力解放とによって、不安定度が増大している。剥離現象であるが故に、予防柵中に堆積している岩塊は扁平な形状を呈する岩塊が多い。

- 風化作用に伴う斜面崩壊

当該地周辺は巨視的には低固結度の岩石の分布が多く、粘土鉱物の面からは風化作用を受けやすい岩石が分布している。さらに、褶曲構造が見られる場合が多く、不整合面が見られる場所もあるので、一段と風化作用を受けやすい条件である。風化作用が進んだ斜面は斜面崩壊が多発する。斜面崩壊発生域内の予防柵は、結果として落下することになる。これに加え、部材の強度劣化も懸案になる。

- 支持力不足による基礎部の破壊

予防柵設置に際し、地形的制約から急崖部に根入れするのは当然である。ただ、それを構成している地盤は軟岩～土砂であり、風化作用を受けやすいことは、試験結果等からも明白である。従って支持力不足で、柵全体が落下したり、基礎部の一部が落下し、柵が極めて不安定になる現象が認められた。その現象が地震動により、一層増大されている。

- 地すべりによる破壊

雪崩は急斜面で発生する頻度が高く、防災上、予防柵は急斜面内に設置されるのが一般的である。それに対して、地すべりは緩斜面でも発生し、その緩斜面中に、部分的に分布する急斜面中に設置されている予防柵の被害(急斜面に設置されている予防柵が地すべり移動に応じて崩壊・落下)も深刻であった。

## 豪雪による複合災害

新潟県の中山間地は、中越地震の後、二冬続けて豪雪に襲われている。図4は、十日町市における日最深積雪のグラフである。平年に比べ、2005年、2006年共に2倍近くの積雪であることが分かる。さらに、図5、図6はそれぞれ入広瀬、津南の日最深積雪グラフであり、十日町市と同様な傾向がある。それによって、2005年においては、雪崩、家屋の倒壊による事故が発生し厚い人命が失われる結果となった。今冬は(2005年12月～2006年1月末日まで)、死者こそないが負傷者を出す雪崩が発生している。新潟県道路管理課、砂防課の調査によると50件前後の雪崩が発生し、道路の通行止めを余儀なくされている。今後春先の気温の上昇や降雨により、雪崩が発生する危険性が高まっている。さらに、中越地震の影響による地すべりや斜面崩壊のために斜面が裸地化した事および、予防柵への土砂・岩塊・樹木の堆積等から、予防柵自

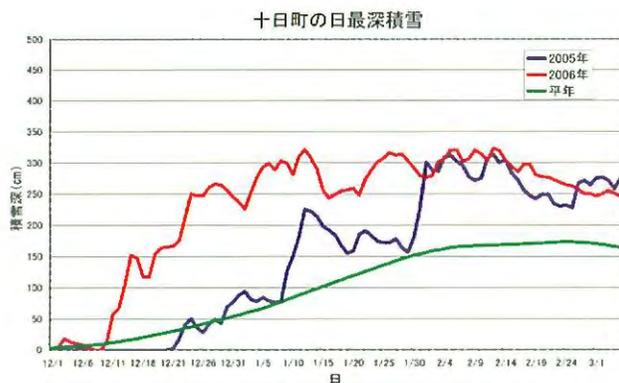


図-4 十日町市の日最深積雪(新潟地方気象台提供)

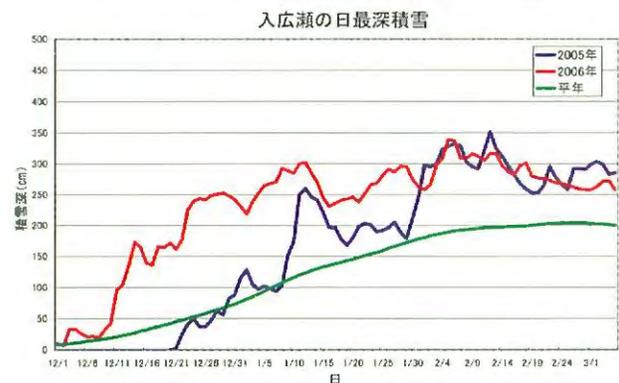


図-5 入込瀬の日最深積雪(新潟地方気象台提供)

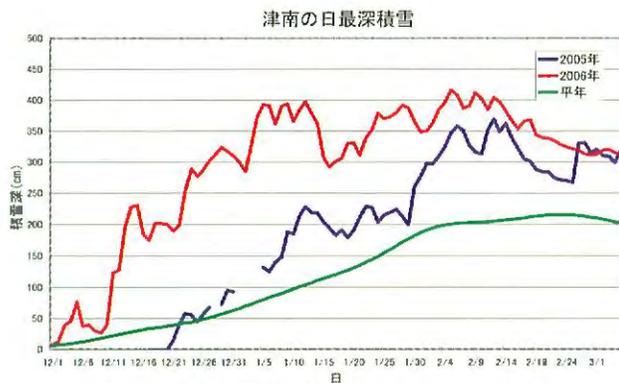


図-6 津南の日最深積雪(新潟地方気象台提供)

体の機能が損なわれている。しかし、短期間にそのハード的な対応を講じるのは困難であり、一時通行止めにする等のソフト的な対応が必要となってくる。さらに、雪融けが終了するまで斜面上の雪、すなわち雪崩に対する監視が必要である。豪雨と地震により斜面、地盤、家屋等が被害を受けた直後に、2年続けて豪雪に襲われたため、新潟県中越地方の中山間地は複合災害の様相を呈している。

### おわりに

積雪地域の冬季間の交通確保、集落保全のためには雪崩予防柵は不可欠である。予防柵が地震によって破壊され機能損失が発生した事象は、直ちに安全低下に結び付き、看過出来ない案件である。中越地震発生後、調査地点毎に、あるいは、土質試験等に研究結果を報告してきたが、今回は、防雪対策の展望を含め、それ等を集大成したものである。これまで述べてきたことを要約すると以下ようになる。

平成16年10月23日17時56分頃に発生した、新潟県中越地震

により、二次災害が発生した。被害事例の中に予防柵の破壊が含まれるが、予防柵の破壊は斜面災害の一形態と見なし得る。

①その形態は2大別される。

- 岩塊・土砂・倒木等によって予防柵ポケット内が溝杯・埋没し機能を損失する
- 予防柵自体が破壊・落下して機能を損失する

②予防柵破壊等の原因は、5大別される。

- 地質構造・亀裂により規制される抜け出し現象
- 剥離現象に伴う巨岩落下
- 風化作用に伴う斜面崩壊
- 支持力不足による予防柵基礎部の破壊
- 地すべりによるグライド力の作用による破壊

### 謝辞

本稿を作成するにあたり、積雪深データを新潟地方気象台から、予防柵の被害状況に関するデータを国土交通省北陸地方整備局、新潟県土木部、新潟県農林水産部、新潟県長岡地域振興局から提供していただきました。以上を記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 中俣三郎, 青山清道 編: 積雪地方における雪崩防止施設の構造研究. ㈱日本積雪連合, 資料No. 140
- 2) 青山清道: 豪雪災害, 土木学会誌別冊, 新しい時代の防災, Vol. 74-6, 1989.
- 3) Aoyama K., Bhattarai, P., Fukuda, M., Oku, J., and Sakai, T.: Geo-Environmental Problem of Snow Avalanche Defensive Structures in Mudstone Znes, Niigata Prefecture, Japan. Journal of Nepal Geological Society, vol. 27, pp 159-164, 2002.
- 4) 青山清道編: 積雪寒冷地域における地震防災対策の確立に向けた研究. ㈱日本積雪連合, 2003
- 5) 青山清道: 積雪予防柵にも被害, 毎日新聞朝刊, 2004年11月25日, 11版, 24面, 2004
- 6) 福田誠, 青山清道, 新関敦生, 村尾治祐, 木村智博, 猪爪高見: 新潟県中越地震による雪崩防止柵支持地盤の被害について. 第一回地盤工学会関東支部研究発表会, pp. 13-14, Mar. 2005.
- 7) 福田誠, 青山清道, 木村智博, 猪爪高見, 新関敦生: 新潟県中越地震による雪崩防止柵基礎地盤の斜面崩壊に関する一考察. 地盤工学会第40回全国大会, Jul. 2005.
- 8) 福田誠, 青山清道, 新関敦生, 村尾治祐, 木村智博, 猪爪高見: 新潟県中越地震における雪崩防止柵基礎に関する検討. 新潟大学積雪地域災害研究センター 研究年報 第26号, pp. 87-92, 2005. 新潟大学調査団報告書
- 9) 青山清道, 福田誠, 新関敦生, 村尾治祐, 木村智博, 猪爪高見: 新潟県中越地震による雪崩予防柵の被災状況に関する検討, 中越地震新潟大学調査団報告書, pp156-163, 2005.
- 10) 恒文社新潟支社編: 雪国を襲った大地震, 恒文社刊行, 2005.
- 11) 福田誠, 木村智博, 新関敦生, 猪爪高見, 青山清道, バックライ・パンカジ: 2004新潟県中越地震後の土砂崩壊に係る防雪施設の被害状況, 雪工学会ノート, Vol. 22, No. 23, 2006.
- 12) 青山清道: 日本海側を襲った豪雪の特徴と対応, 土木学会誌, Vol. 91, No. 3, 2006.