

新潟県中越地震の斜面複合災害のモニタリングに関する研究
—メカニズム，維持管理，景観，生態系，廃棄物等の
総合的斜面工学からの検討—

(土木学会 平成 17 年度重点研究課題)

平成 18 年 3 月

社団法人 土木学会
地盤工学委員会 斜面工学研究小委員会

目次

第1章	はじめに	1
第2章	新潟県中越地震の概要	3
2.1	地震の概要	5
2.2	地形・地質	6
2.3	活断層	8
2.4	中越地方の植生	11
2.5	景観	14
2.6	土壌雨量指数と斜面崩壊	15
2.7	積雪環境	18
2.8	被災状況	21
第3章	斜面災害	26
3.1	自然地盤の斜面変動	26
3.1.1	斜面変動の概要	26
3.1.2	分類と特徴	26
3.1.3	斜面変動の事例	28
3.1.4	地形と斜面変動	31
3.1.5	融雪期以降の斜面変動	31
3.2	棚田、溜池等の被災状況	34
3.3	斜面对策工の被災状況	37
3.4	なだれ防止工の被災状況	47
3.5	住宅地における斜面災害	51
3.6	鉄道における斜面災害	60
3.7	高速道路の被害	63
3.8	河道閉塞の発生と決壊予測	65
第4章	景観と斜面災害	70
4.1	棚田	70
4.2	斜面景観	72
第5章	植生と斜面災害	83
5.1	植生と斜面崩壊	83
5.2	斜面植生の崩壊と保全効果	87
5.3	植生による防災効果	91
第6章	斜面と災害廃棄物	93
6.1	中越地震から生じた廃棄物の現状	93
6.2	災害廃棄物	102

第7章	斜面災害の復旧・復興	106
7.1	土砂災害からの復旧・復興	106
7.1.1	土砂移動実態と復旧・復興対策	106
7.1.2	崩壊・地すべり対策（生産源対策）	107
7.1.3	河道閉塞・流出土砂対策	112
7.1.4	今後の大規模・広域災害における流出土砂等の活用について	116
7.2	高速道路の復旧	120
7.3	鉄道の復旧	122
7.4	宅地の復旧	124
7.5	棚田の復旧・復興	125
7.6	復旧・復興時の労働災害	127
第8章	斜面複合災害のモニタリング	129
8.1	斜面崩壊	129
8.2	流出土砂量	133
8.3	植生	136
8.4	景観	138
8.5	災害廃棄物	140
第9章	あとがき	141
	謝辞	

第1章 はじめに

(1) 背景

平成16年（2004年）10月23日（土）17:56に新潟県中越地方を震源とする地震（マグニチュード6.8）が発生した。土木学会では、3次にわたる現地調査団の調査結果を総合化して、平成18年3月に「平成16年新潟県中越地震被害調査報告書（CD-ROM版）」を刊行した。地方都市と山村地域を襲った直下型地震による被害について詳細を報告するとともに、「地震被害災害軽減への提言」を社会に対して発信している。特に、交通・物流及びライフラインの復旧に関する提言、避難・支援等の緊急活動に関する提言、地域の復興に関する提言等のような社会的課題や今後取り組むべき課題について提起している。

土木学会 地盤工学委員会 斜面工学研究小委員会（以下、斜面工学研究小委員会）では、土木学会第二次調査団斜面災害総合調査サブワーキンググループに参加して、平成16年10月および11月に斜面災害に関する調査を重点的に行った。この現地調査により、今回の地震災害は地すべり多発地帯の豪雪地域で発生したもので、今後の時間経過をおいて、降雨や融雪及び余震等に伴う斜面災害が複合して起こる可能性が高いと考えられた。さらに、斜面災害の発生メカニズムだけではなく、今後の維持管理、景観、生態系（特に植生）、廃棄物等の総合的斜面工学からの検討が必要であることも認識した。そこで、斜面工学研究小委員会では、総合的斜面工学による検討を継続的に行うために、「土木学会平成17年度重点研究課題」に以下の題目で申請したところ採択された。

「新潟県中越地震の斜面複合災害のモニタリングに関する研究」—メカニズム、維持管理、景観、生態系、廃棄物等の総合的斜面工学からの検討—

（研究代表者：後藤聡 斜面工学研究小委員会委員長）

本報告は、上記の「重点研究課題」について、取りまとめたものである。災害直後の状況から約1年間を調査し斜面複合災害のモニタリングを行い、復旧・復興のあり方にまで踏み込んだ検討を行った。

(2) 研究内容

新潟県旧山古志村は第三紀層地すべりの多発地帯としても有名なところである。この地すべり地帯に直下型の地震が発生し、多くの斜面災害のために旧山古志村など東山山地において、交通・物流およびライフライン等が寸断され孤立した。しかもこの地方は日本有数の豪雪地域であり、地震で動き出した地すべりや斜面崩壊は今後数年間の融雪や降雨及び余震等で再活動する懸念がある。そこで、旧山古志村を中心として震災後の復旧・復興がどのように進むか約1年間を通じてモニタリングし、斜面災害の変化とその防災対策を検討した。本研究は、以

下の4つのテーマにそってまとめられている。

斜面災害：地震時において斜面災害は、崩壊や地すべりなど各種の形態で発生する。しかし、これらの斜面災害は震災後、堰止湖の決壊や豪雪による雪崩被害、融雪や降雨による地すべりの再活動などの時間の経過を辿った複合災害となる。そこで、それぞれの斜面複合災害の形態と実際の対策状況について調査し、地すべり豪雪地域全体の観点から災害対策のあり方について調査検討した。

斜面と景観：旧山古志村の景観的特徴は、ため池の多い棚田である。この景観は地すべりの活動により長い年月をかけつくられたものであり、旧山古志村の名産である錦鯉の養魚もこのため池によるものである。この棚田の復旧・復興がなければ中越地域固有の景観の復元もありえない。そこで、斜面地の復旧・復興状況と景観の変遷状況との関係を調査検討した。

斜面と生態系：斜面を形成しているのはその地質・土壌の他に様々な樹木や草本類である。こうした植生のあるところに様々な動物も生息する。災害はこうした生態系を破壊することになるが、その破壊をもたらした斜面災害により新しい生態系が成立することも考えられる。特に、植生への影響とその後の自然回復や人工復元について調査検討した。また、災害に強い植生や災害に適応した植生があることも分かってきた。

災害廃棄物：災害で生じた廃棄物は、丘などの斜面地周辺に仮置き場が設置されて、一時保管されることが多い。その仮置き場周辺への環境影響を震災後約1年間を追って調査するとともに、さらに発生する家屋等の解体廃棄物の仮置き状況や周辺環境への影響についても調査検討した。

(3) 現地調査

本重点研究課題は、斜面工学研究小委員会で計画立案した。委員会メンバーを中心に現地調査を行い、各種斜面災害の復旧・復興等を直接調査した。本研究で行った主な調査日程は以下のとおりである。

第1回 平成16年10月28日～31日

第2回 平成16年11月23日～28日

第3回 平成17年5月12日～22日

第4回 平成17年12月9日～12日

なお、現地調査は、土木学会地盤工学委員会で制定した災害調査マニュアルに従って実施した。各現地調査における調査ルートや調査結果について、および本報告書のpdf版（カラー）等は、以下の斜面工学研究小委員会のwebに公開しているので参照していただきたい。

<http://www.jsce.or.jp/committee/jiban/slope/>

（後藤聡・稲垣秀輝・大野博之・櫻井正明）

執筆者一覧

第1章 はじめに

後藤聡, 稲垣秀輝, 大野博之, 櫻井正明

第2章 新潟県中越地震の概要

稲垣秀輝, 櫻井正明, 中村洋介, 佐々木寧, 中野裕司,
岡田憲治

第3章 斜面災害

上野将司, 後藤聡, 櫻井正明, 佐々木靖人, 鈴木素之,
青木正雄, 岩佐直人, 平田文, 櫻井正明, 釜井俊孝,
太田英将, 島村誠, 友利方彦, 外狩麻子, 天野浄行,
小川紀一郎, 中濃耕司

第4章 景観と斜面災害

青木正雄, 中野裕司

第5章 植生と斜面災害

櫻井正明, 佐々木寧

第6章 斜面と災害廃棄物

大野博之, 八村智明, 宮原哲也

第7章 斜面災害の復旧・復興

中濃耕司, 小川紀一郎, 櫻井正明, 天野浄行,
築瀬知史, 島村誠, 友利方彦, 外狩麻子, 太田英将,
釜井俊孝, 青木正雄, 伊藤和也

第8章 斜面複合災害のモニタリング

後藤聡, 稲垣秀輝, 小川紀一郎, 櫻井正明, 中野裕司,
大野博之, 八村智明

第9章 あとがき

後藤聡

(執筆者26名, 敬称略)

2 新潟県中越地震の概要

新潟県中越地震は2004年10月23日に発生し、本震が川口町で震度7を記録した。本震後も長時間震度6以上の余震が続くなど長岡市・小千谷市・堀ノ内町・川口町・十日町・栃尾町・旧山古志村を中心に大きな地震被害をもたらした。中でも旧山古志村は、棚田の美しい里山、錦鯉の里としても親しまれている反面、地すべり多発地帯としても有名であった。

本地震の概略は以下のとおりである。

- ・ 地震発生時刻：2004/10/23 17:56
- ・ 震源：北緯37.3N 東経138.8E
- ・ 震源深さ：10km
- ・ マグニチュード：M6.8（最大震度7）

今回の地震は、地すべり地の多い新潟県内でも屈指の地すべり多発地域（旧山古志村）をおそった直下型地震である。1964年におこった新潟地震（M7.5）の経験から一般に、地震では大規模な地すべりなどは動き難いと言われてきた定説をくつ返し、多くの大規模地すべりや斜面崩壊が発生し、地すべり多発地域の旧山古志村を陸の孤島とし、長期の住民の避難生活を余儀なくしている。

また、本地震は、直前までに豪雨が記録されており、地盤中の地下水が高く、地盤が緩んだ状況であり、斜面災害を大きくした可能性がある。この地震により発生した大規模地すべりにより、天然のせき止め湖（河道閉塞）がいくつも出現し、せき止め湖決壊による大規模土石流の発生の懸念など、時系列的にいろいろな土砂災害要素を含む複合災害の様相を呈している。

さらに、旧山古志村は新潟県内で屈指の豪雨地帯であり、緩んだ不安定な斜面が融雪に伴う大量の表流水や地下水の発生でさらに被害を大きくする懸念もあった。時系列的にも豪雨→地震→斜面災害→土石流化→融雪・豪雨に伴う被害の再発といった複合的な土砂災害を研究・検討が重要な課題といえる。

ここでは、これらの背景を踏まえて新潟県中越地震の概要を2.1地震の概要、2.2地形・地質、2.3断層、2.4植生、2.5景観、2.6土壌雨量指数と斜面崩壊、2.7積雪環境、2.8被災状況に分けて説明する。

なお、本報告書を作成するにあたって現地調査したルートと調査地点番号を図2.1に示した。報告書内での写真地点番号はすべて図2.1に示した。報告書内での写真地点番号はすべて図2.1に示した地点番号を示している。

(稲垣秀輝・櫻井正明)

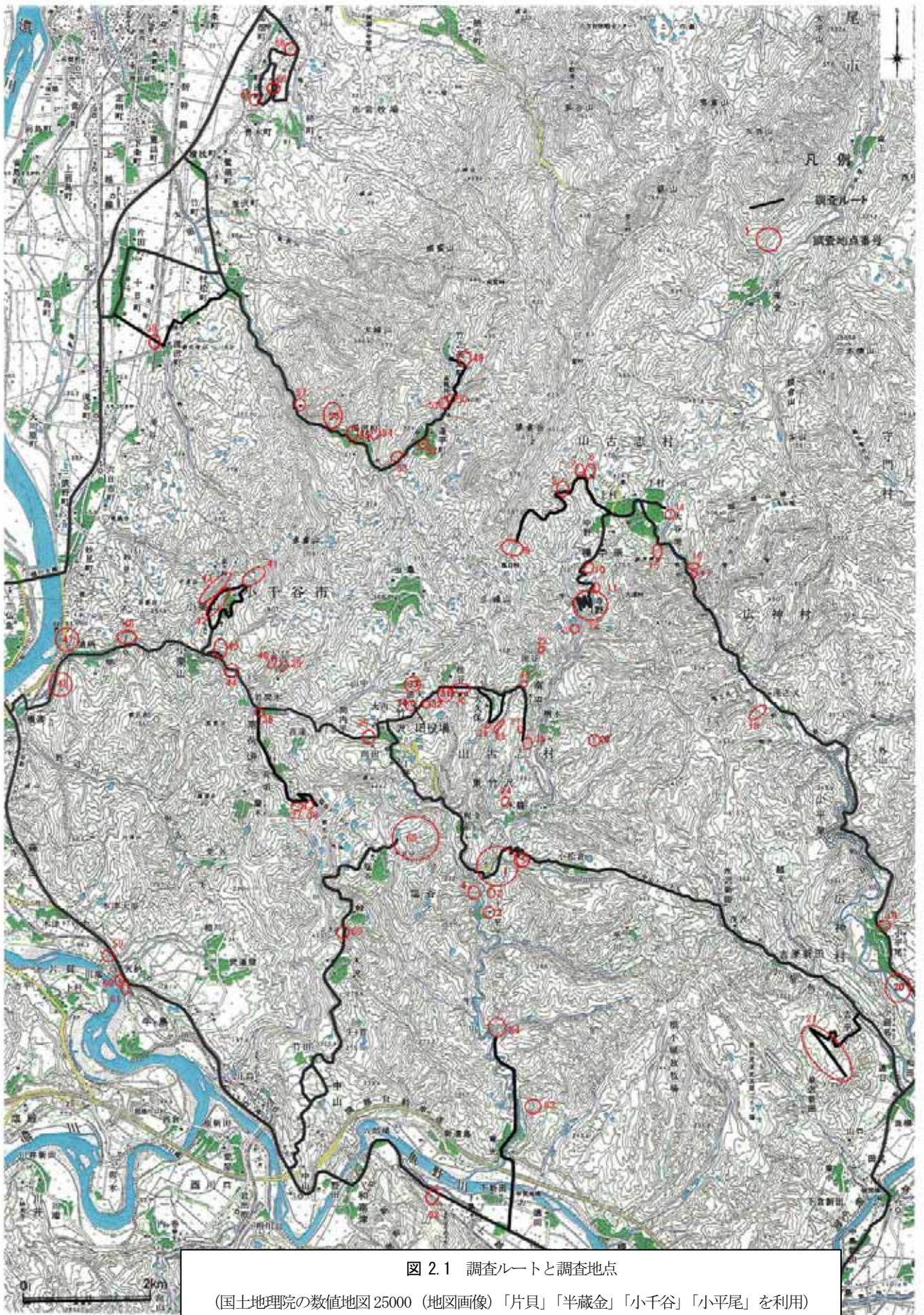


図 2.1 調査ルートと調査地点

(国土地理院の数値地図 25000 (地図画像)「片貝」「半蔵金」「小千谷」「小平尾」を利用)

2.1 地震の概要

2004年10月23日17時56分頃、新潟県中越地方の深さ13kmでMj6.8の地震（新潟県中越地震）が発生した。この地震により、新潟県の川口町で震度7、小千谷市、新潟小国町で震度6強、長岡市、十日町市、栃尾市、新潟中里村、越路町、新潟三島町、堀之内町、広神村、入広瀬村、新潟川西町、刈羽村、守門村で震度6弱を、東北地方から近畿地方にかけて震度1から5強を、それぞれ観測した¹⁾。

K-NETのNIG019(小千谷)で 13.07m/s^2 が記録されるなど、地震近傍で軒並み強い地震動が観測された²⁾。また、同日18時11分頃にMj6.0、18時34分頃にMj6.5の地震が発生し、いずれも最大震度6強を観測した。

新潟県の報告によると、この地震による被害は死者40名、負傷者2,859名、全壊・半壊家屋7,822棟、道路の破損6,062箇所、ならびに地すべり・崖崩れ442箇所等となっている³⁾。今回の地震では広い範囲で斜面崩壊や地すべりが発生した。

国土交通省は2004年10月24日に撮影された空中写真を基に1,662箇所の斜面崩壊を確認している⁴⁾。この報告によると1,662箇所の斜面崩壊のうち、234箇所が崩壊幅50m以上の規模の崩壊であった。

この地域では、NNE-SSW走向の逆断層が卓越している⁶⁾。新潟県中越地震の本震ならびに主な余震は、いずれもNNE-SSW走向の逆断層によって引き起こされており、本地域に分布する活断層の走向とほぼ一致する⁵⁾。

本震の震源は魚沼丘陵下であり、この地震活動はMj6.8の地震を本震とする本震-余震型であると考えられている¹⁾。本震は西側隆起の逆断層が動いたものであり、震源断層の地表延長部には活断層である小平尾断層の存在が指摘されている⁶⁾。

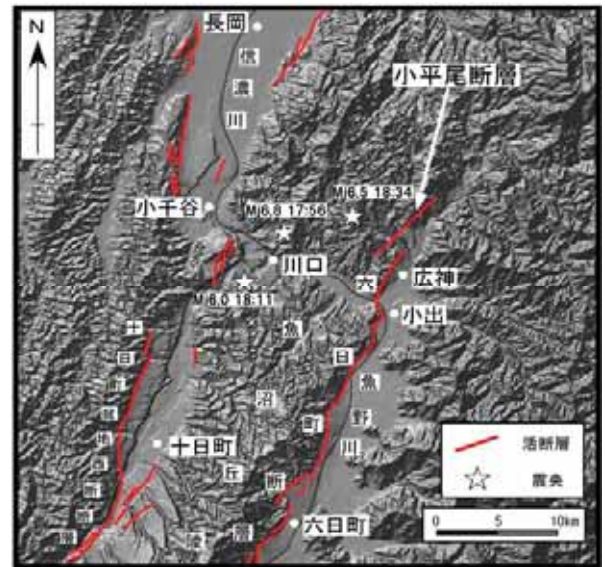


図 2.1-1 新潟県中越地方の地形と活断層

参考文献

- 1) 気象庁；平成16年(2004年)新潟県中越地震の被災地及び周辺地域に関する地震・気象情報。 http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/niigata.html, 2004.
- 2) 野津厚；2004年新潟県中越地震の震源モデル、経験的グリーン関数を用いた波形インバージョン、地震、58, pp.329-343,2006.
- 3) 新潟県；平成16年新潟県中越地震による被害状況について(第66報) http://saigai.pref.niigata.jp/content/jishin/higai1125_0900.pdf, 2004.
- 4) 国土交通省；平成16年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の発生状況について(速報)， http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/05/051101_2_.html, 2004.
- 5) 渡辺満久，鈴木康弘，伊藤武男；変動地形に基づく2004年中越地震の断層モデル，地震，58, pp.297-307,2006.
- 6) 渡辺満久，堤浩之，鈴木康弘，金幸隆，佐藤尚登；1:25,000都市圏活断層図『小千谷』，国土地理院技術資料D・1-No.388，2001.

(中村洋介)

2.2 地形・地質

新潟県中越地震の主な被災地は、信濃川とその支流である魚野川が合流する地域で、地形的には魚沼丘陵の一部である(図2.2-1参照)。魚沼丘陵は標高300~400mの斜面で構成された北北東から南南西方向にのびる丘陵地で、地すべりや斜面崩壊が多く認められる^{1),2),3)}。

本地域は顕著な褶曲地帯であり、主としてNNE-SSW走向のいくつかの背斜ならびに向斜が認められる³⁾。これらの走向は、後述する活断層の走向とほぼ同じである。本地域の地層は図2.2-1に示すとおり、主として魚沼層、和南津層、白岩層、牛ヶ首層、川口層、荒谷層と呼ばれる褶曲した新第三紀の堆積岩から構成される⁴⁾。分布する岩石は主として泥岩、砂泥互層、ならびに砂岩からなり、北部の一部地域にはデイサイトならびに安山岩が分布する³⁾。



写真 2.2-1 上原高原における河成段丘面の逆傾斜
(21 地点 : 05.5.13)

本地域には、十日町盆地西縁断層ならびに六日町断層を始めとするNNE-SSW走向の逆断層が卓越している。既に述べたように、本震は西側隆起の逆断層が動いたものであり、震源断層の地表延長部には活断層である小平尾断層の存在が指摘されている(写真2.2-1)。



写真 2.2-2 北堀之内駅周辺西方の斜面表層崩壊
(62 地点 : 04.10.31)

また、地震に伴って魚沼丘陵北部に多数の地すべりや崩壊が発生した(写真2.2-2~4)。本地域は第三系~第四系の堆積岩からなる地域であり、日本有数の地すべり地帯として知られている。なお、今回発生した地すべりの多くは既存の地すべりの再活動である⁵⁾。地質的にみると規模の大きな地すべりは、砂泥互層や凝灰岩層を挟在する流れ盤斜面が多く、泥岩の急崖では表層崩壊が多かった。



写真 2.2-3 小栗山における深層崩壊の頂部付近
(41 地点 : 05.5.14)



写真 2.2-4 白岩の岩盤崩壊
(48 地点 : 05.5.14)

参考文献

- 1) 黒田和夫, 岡重文, 村下敏夫; 土地分類 基本調査, 表層地質「長岡」, 国土調査, 経済企画庁, 31p, 1968.
- 2) 藤田至則, 茅原一也, 青木滋, 鈴木幸治; 新潟県山古志村における虫亀地すべりの形態とその形成過程, 新潟大学災害研究所年報, 3, pp.1-19, 1981.
- 3) 小林巖雄, 立石雅昭, 吉岡敏和, 島津光夫; 長岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 1991.
- 4) 柳沢幸夫, 小林巖雄, 竹内圭史, 立石雅昭, 茅原一也, 加藤碩一, 小千谷地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 1986.
- 5) 千木良雅弘; 中越地震による斜面災害の地質・地形的特徴, 平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集, pp.12-21, 2005.

(中村洋介・稲垣秀輝)

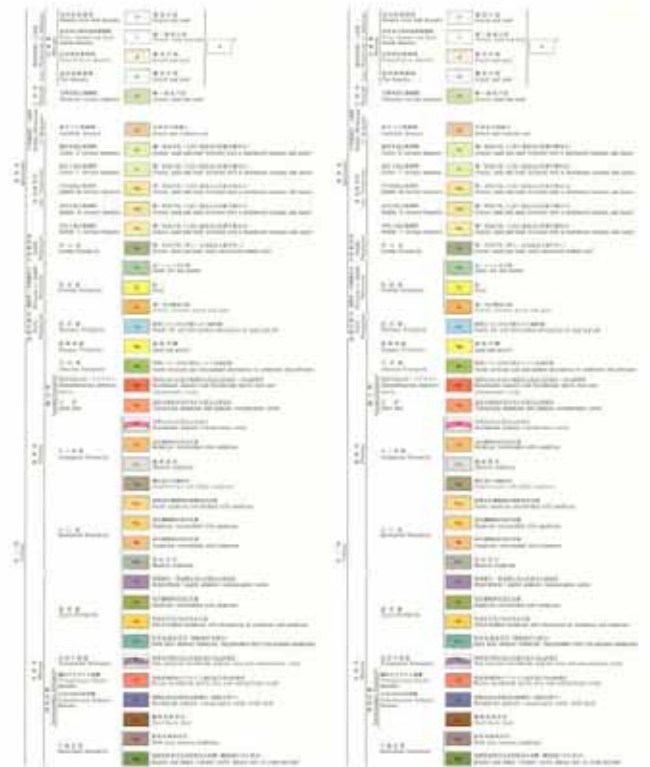
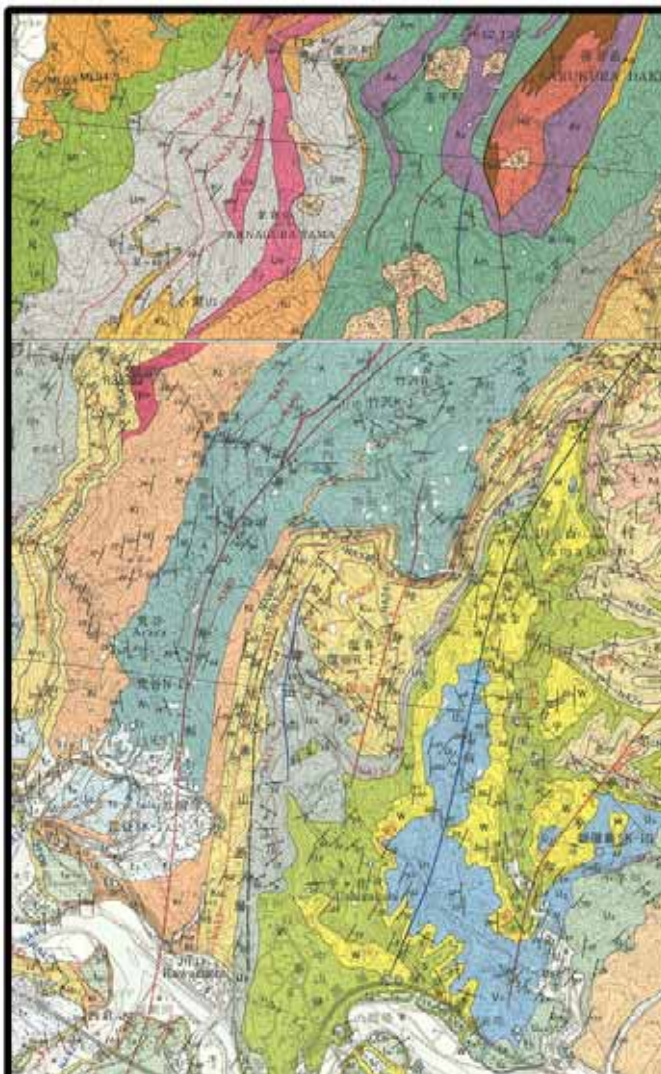


図 2.2-1 調査地周辺の地質概要図^{3), 4)}

2.3 活断層

この地域には、十日町盆地西縁断層、六日町断層を始めとする NNE-SSW 走向の逆断層が卓越している^{1), 2)}。既に 2.1 で述べたように、本震は西側隆起の逆断層が動いたものであり³⁾、震源断層の地表延長部には活断層である小平尾断層の存在が指摘されている^{1), 2)}。小平尾断層は北北東-南南西走向で長さ 6 キロメートルに渡って広神村に分布する西側隆起の逆断層である²⁾が、今回の地震に伴う地表地震断層の出現の有無については研究機関によって見解が分かっている。

産業技術総合研究所や名古屋大学調査団は小平尾断層の地表位置である小平尾地区において、水平短縮を被ったと判断される排水溝の破壊や道路の撓曲変形を確認し、これらが新潟県中越地震の地表地震断層である可能性が高いとしている^{4), 5)}。さらに、名古屋大学らの研究チームは、六日町盆地西縁断層沿いの数地点においても地表面の撓曲・短縮変形を確認し、小平尾地区における地表面の変形と同様に新潟県中越地震の地表地震断層である可能性が高いとしている。

一方で、新潟大学調査団は、小平尾周辺の地盤変状は規模が小さく連続性に乏しいことから地震に伴う地すべりや重力性の崩落によって引き起こされた可能性が非常に高いとして、地表地震断層の出現を否定している⁶⁾。

既述のように、今回の地震に伴う地表地震断層の出現の有無については研究機関によって見解が分かっている。本研究においても小平尾地区において、前述の産業技術総合研究所や名古屋大学調査団によって地表地震断層と報告されている地表面の変形の調査を行った。その結果、小平尾地区において報告されている 2 地点の地表面の変形は地表地震断層である可能性はあるものの、その上下変位量は共に数センチメートル程度であるとの結論に至った。

名古屋大学調査団は、国道 352 号線上の撓曲変形の上下変位量を 20 センチメートルであると報告している⁵⁾。しかしながら、現地を確認したところ、名古屋大学調査団が断層の上盤の傾斜とみなして補助線を引いた傾斜変換点は、地震発生以前から傾斜変換点として存在していたものであり、今回の地震の上下変位量を過大評価している可能性が非常に高い。

小平尾周辺では後期更新世に形成された河成段丘面が累積的に変形していることから、活断層としての小平尾断層

の存在が指摘されてきた^{1), 2)}。この場合の小平尾断層とは、断層が数 m 上下変位して造地形運動を伴う M7 クラス以上の地震を起こす断層として認定されたものである。

しかしながら、今回の地震では山地と平野の分化が進行するような造地形運動はほとんど行われていない。したがって、この地域に既に認められていた断層変位地形は今回の規模の地震の繰り返しのみで形成されることはない(言い換えれば、今回の規模の地震が何百回繰り返して発生しても山地と平野の分化は進行しない)。

よって、変動地形学的なアプローチからは新潟県中越地震の発生(造地形運動を伴わない規模の地震を起こすこと)を事前に予測することは不可能であったと言わざるを得ない。

とはいえ、地震学的にはそれほど規模の大きくない M6 クラスの地震でも、人的・社会的に甚大な被害が発生するのは周知のとおりである。したがって、昨年の宮城県北部地震のように、従来の変動地形学的手法では検出しにくい、断層運動に伴う変形が地表にほとんど現れない M6 クラスの中規模地震を起こす未発見の活断層の検出とその活動評価が今後の活断層研究の課題の 1 つである。

例えば、富山県の石動断層は、更新統の地層(埴生層)は撓曲しているものの後期更新世の地形に明瞭な変形が認められないことより、活断層とは認定されていない。しかしながら、2003 年宮城県北部地震のように M6 クラスの地震を起こすポテンシャルは十分にあると予想される、中村(2005)がした地震の再来間隔や規模の時間変化という概念を考えた場合、石動断層では時代と共に地震規模が小さくなってきて、造地形運動を伴う地震を起こさなくなってきたという可能性を否定できないからである⁷⁾。

こういった M6 クラスの中規模地震を起こす未発見の活断層の検出には、断層の背後の丘陵地の斜面崩壊の分布(特に逆断層の場合)と遺跡の調査(液状化など)などが有効であろう。特に遺跡の調査では、液状化現象が発見され周囲に活断層が特に認められない際にその原因を遠隔地の巨大地震(例えば天正地震等)に求める場合が多いが、近隣地の中規模地震(M6 クラス)の可能性も検討する必要があるのではないだろうか。

小平尾断層の例でも、(1)今回の地震がたまたま造地形運動を伴わない規模で起こったのか、(2)数万年スケールで引き起こす地震の規模が小さくなってきているのか、といっ

た問題は現段階では全く判明していない。また、(1)の問題では、(A)今後ずっと造地形運動を伴わない地震しか起こさないのか、(B)造地形運動を伴う地震と伴わない地震が交互に(もしくはランダムに)繰り返して発生するのか、といった問題も合わせて考えていくべきである。

したがって、本研究も含めた今後の変動地形学的、地震学的ならびに古地震学的等のアプローチによるM6地震活断層の研究の進展が望まれる。

以下に小平尾断層に関する説明ならびに筆者らが2004年10月に独自に実施した調査の説明を図と写真を用いて行う。筆者らが実施した調査では、崩壊源の幅が20m以下の比較的小規模な表層崩壊が最も多く認められた。表層崩壊の発生位置は図2.3-1に示すように小平尾断層よりも3~4km以西に集中しているように見える。

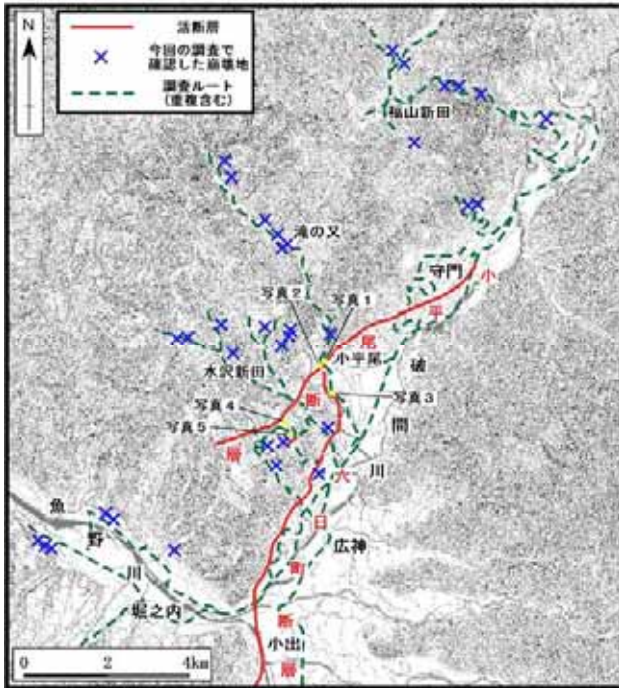


図2.3-1 2004年10月30日~31日の調査ルート



写真2.3-1A 小平尾地区の道路の変形
(19地点：04.10.30)



写真2.3-1B 小平尾地区の道路の変形
(解釈あり 19地点：04.10.30)



写真2.3-2A 小平尾地区の道路の変形その2
(18地点：04.10.30)



写真2.3-2B 小平尾地区の道路の変形その2
(解釈あり 19地点：04.10.30)



写真 2.3-3A 小平尾地区の水田に現れた活断層
(20 地点 : 04.10.30)



写真 2.3-3B 小平尾地区の水田に現れた活断層
写真奥が数 cm 隆起して手前に水が溜まっている
(解釈あり 20 地点 : 04.10.30)



写真 2.3-4A 上原高原における段丘面の変形
(21 地点 : 04.10.31)



写真 2.3-4B 上原高原における段丘面の変形
(解釈あり 21 地点 : 04.10.31)



写真 2.3-5 上原高原における段丘面の逆傾斜
写真の奥が河川の流下方向にもかかわらず、
下流側の土地が断層運動に伴って隆起している。
(21 地点 : 04.10.30)

参考文献

- 1) 池田安隆, 今泉俊文, 東郷正美, 平川一臣, 宮内崇裕, 佐藤比呂志編, 『第四紀逆断層アトラス』, 東京大学出版会, 260p, 2002.
- 2) 渡辺満久, 堤 浩之, 鈴木康弘, 金 幸隆・佐藤尚登 ; 1:25,000 都市圏活断層図『小千谷』, 国土地理院技術資料 D・1-No.388, 2001.
- 3) 気象庁 ; 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震の被災地及び周辺地域に関する地震・気象情報.
http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/niigata.html.2004.
- 4) 丸山 正, 伏島祐一郎, 吉岡敏和, 栗田泰夫 ; (平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震に伴う地震断層の緊急調査, 地質ニュース, no. 607, pp.9-12, 2004.
- 5) 鈴木康弘, 渡辺満久, 廣内大助 ; 2004 年新潟県中越地震の地表地震断層, 地学雑誌, 113, pp.861-870, 2004.
- 6) 新潟大学調査団 ; 2004 年新潟県中越地震, 新潟大学のページ, <http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~earthquake/>, 2004.
- 7) 中村洋介 ; 富山平野東縁, 魚津断層の第四紀後期における平均上下変位速度, 第四紀研究, 44, pp.353-370, 2005.

(中村洋介)

2.4 中越地方の植生

中越地震被災地の全域が、冷温帯の植生域に属し、植物社会学的分類ではブナクラスに位置づけられる。魚沼丘陵をはじめとする山地の自然植生は、裏日本多雪地域を特徴づけるチシマザサープナ群団のユキツバキープナ群集であり、被災地にもその残存林が散見できる。溪谷谷部にはジュウモンジシダーサワグルミ群集が、急傾斜面下部にはチャボガヤケヤキ群集の高木林が発達する地域である。

しかし、被災地地域の現存植生を概観すると、自

然の高木林はほとんど見られず、長い年月をかけ改変されてきたことを示している。

多雪地に特有の雪崩地や急崖地では、ウワバミソウーミヤマカワラハンノキ群集の低木林や大型スゲ類タヌキラン群集の多年生草本群落が発達している。とくにミヤマカワラハンノキ林では、ミヤマカワラハンノキの他ヤマモミジ、マルバマンサク、オオバクロモジ、タニウツギなどの低木類が、雪の重みで極端な引なり状に歪曲して生育している例が多く見られる。

一方タヌキラン群集に代表される崖地植生は、タヌキラン、ダイヤモンドソウ、ヤマブキショウマ、オオバ



図 2.4-1 長岡市濁沢地区 2004年11月28日

山地斜面一帯がブナクラスの夏緑広葉樹林樹で覆われ、山麓部がスギの人工林が占める。



図 2.4-2 種苧原地区 棚田の多い地域で、背後の山頂域はブナ林(04.11.27)



図 2.4-3 自然樹林の代表ユキツバキープナ群集
(旧山古志村東竹沢 05.5.13)



図 2.4-4 裏日本多雪地域を代表するユキツバキ
(旧山古志村東竹沢 05.5.13)

表 2.4-1 中越地区の植生類型（調査で確認された主要植生）

立地	自然植生	二次植生
山地丘陵 溪谷部 傾斜地	ユキツバキーブナ群集 ジュウモンジシダーサワグルミ群集 チャボガヤーケヤキ群集	オオバクロモジミズナラ群集 ハウノキアカイタヤ群落 オニグルミ林、アブラギリ林
雪崩地斜面 崖垂地・ 崖斜面	ウバミソウミヤマカワラハンノキ 群集 タヌキラン群集	タニウツギ群落 ススキ群落 ヤマシロトローイトリ群落



図 2.4-5 溪谷林の代表ジュウモンジシダーサワグルミ群集（小千谷市小栗山 45 地点 05.5.13）



図 2.4-6 傾斜地の自然樹林チャボガヤーケヤキ群集（長岡市濁沢の神社林 55 地点 05.5.13）

ギボウシが生育，斜面上部からの流水が絶えない立地であることを指標し，各地に広く分布している。



図 2.4-7 棚田周辺に多いオニグルミ林，パイオニア植生である。（小千谷市小栗山 44 地点 05.5.13）



図 2.4-8 雪崩地斜面に発達する低木林ウバミソウミヤマカワラハンノキ群集。（旧山古志村東竹沢 05.5.13）

とくに最近の主要な土地利用である棚田と錦鯉養殖池の設置によって，集落周辺地域の森林面積比率が小さくなっている。周辺地域で一般的に多いスギ人工林も，ここではまとまった林分は少ない。

田畑に利用されていない斜面上部や尾根部ではオオバクロモジミズナラ群集の二次林が占めている。しかし，これらの樹林も樹高の低い若齢林である。



図 2.4-9 早春植物のカタクリとともに多い
キクザキイチゲ。(小千谷市小栗山 05.5.14)



図 2.4-12 農家の庭先にも自生するミズバショウ。
(長岡市濁沢 55 地点 05.5.15)



図 2.4-10 湿性斜面に多いオオバクスミレ。
(小千谷市小栗山 05.5.14)



図 2.4-13 大型シダ植物のクサソテツ。
山菜としても利用する。(小千谷市小栗山 05.5.14)



図 2.4-11 流下水のある崖地斜面に多いダイヤモンドソウ。
(小千谷市小栗山 05.5.14)



図 2.4-14 流下水のある湿性斜面に生育するタヌキラン。
(長岡市蓬莱町 51 地点,05.5.14)

棚田など利用地の斜面や土手はタニウツギの低木林、ススキ群落が占めている。こうした代償植生の群落内にも雪解け早春にはカタクリ、オオバクスミレ、キクザキイチゲ、イチリンソウ、ニリンソウ、シダ植物クサソテツ、スギナなどが大群生し、土壤の含水量が高いこと示している。さらに斜面下部では、多くの場所で湧水があり、農家の周辺でもユリワサビ、ミズバショウの自生が見られ程であり、雪解け水、地下水の影響が日常的に影響している。また、この地域では斜面の上部までホウノキ、アカイタヤ、ミズキが群生し

ている（ホウノキアカイタヤ群落）。また、その林床にはリョウメンシダなど大型シダ植物が群生している。これらの植生群は湿性土壤の指標植物であり、斜面上部でも土壤含水率が高い状態にあることを示している。

(佐々木 寧)

2.5 景観

中越の景観形成要因として重要なものは、谷川岳に代表される脊梁山脈とそれに連なる越後山地、魚沼丘陵などの山地丘陵の存在と雪である。

気候は典型的な日本海型で、冬季に北西の季節風により多量の降雪がもたらされることにより我が国でも有数の豪雪地帯となっている。対馬暖流により暖められた日本海は水蒸気を発生するが、この水蒸気が冬季の季節風である北西風により運ばれ、新潟県境の脊梁山脈にぶつかり大量の雪を降らせることとなる。川端康成の雪国の出だしの「国境の長いトンネルを抜けると雪国であった」は、一言で中越の景観を余すことなく伝えている。

谷川岳など中央脊梁をなす内陸部は火山地帯であり温泉が多いが、これに続く中越地震の震源地となった山地丘陵地帯は新第三紀、第四紀に堆積した砂岩、泥岩の互層が第四紀の活発な地殻変動により隆起したもので、尾根の高さがほぼ同じ高さにそろって北東～南西方向の褶曲構造(活褶曲)が発達し、洪積段丘によって特徴づけられている。

中越地震による被害が甚大であった地域の90%以上が山地丘陵部であり、その構成は山地が約20%、丘陵は約70%である。山地丘陵部の隘部に発達する平野部には段丘崖を形成させた日本最長の川である信濃川が流れ、融雪水により水田を涵養し、魚沼産コシヒカリとして知られている我が国屈指の米所を形成している。

丘陵を形成する堆積物は固結度が低く半固結状態であり、我が国有数の地滑り地帯となっている。地滑りにより形成された丘陵緩傾斜面には集落や農地が点在し、その周辺の丘陵斜面には棚田が発達している。

中越地震の震源は、半固結状態の新第三紀層が厚く堆積する地すべり地帯の山間地域で発生しており、地震により著しい斜面崩壊が発生した。

この地域の景観を構成する要素は、海流と季節風により供給される雪と、半固結状態の第三期層により形成された山地・丘陵部の地滑り地形といえ、このような地形を巧みに利用し生活の場とした人々の手により作られ維持されてきた棚田とため池の存在といえる。また、深い雪によって生ずる雪崩により、山腹斜面には高木が少なく、低灌木・ススキなどによって覆われることとなり、春は山菜の宝庫、秋はヤマハギとススキにより色取られる山里景観を醸成した。

深い雪におおわれるこの地域は、やさしく忍耐強い気風と、おおらかな雪国の文化と独創的な産業を育て、小千谷縮の独特の風合いを生み出し、美しい錦鯉を全国に広めた。

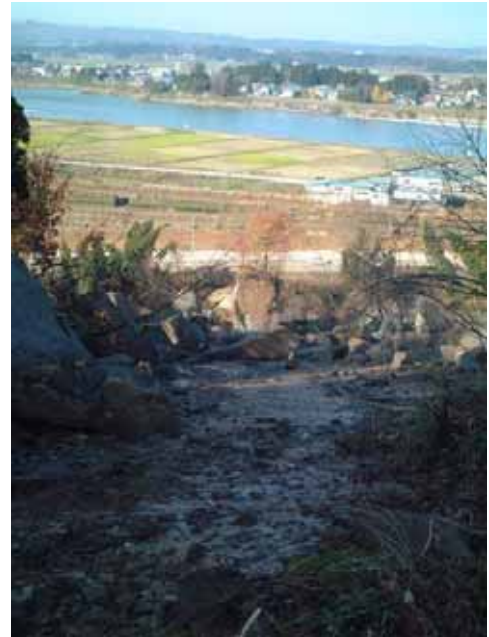


写真 2.5-1 信濃川と活褶曲景観

(白岩 48地点 : 04.11.26)

参考文献

- 1) 日本の地質「中部地方Ⅰ」編集委員会編、日本の地質4 中部地方Ⅰ：共立出版、1998.
- 2) 地学団体研究会新潟支部新潟県中越地震調査団編著：2004年新潟県中越地震—中越地震の被害と地盤—、地学研究団体、2005.
- 3) 天野和孝：新潟県地学のガイド(上)、pp.1-8、1990.
- 4) 鈴木郁夫：中越地震と活断層、地理、pp.25-35、2005.
- 5) 山形耕太郎：中越地震と地域特性、地理、pp.25-35、2005.

(中野裕司)

2.6 土壌雨量指数と斜面崩壊

1) はじめに

新潟県では平成16年7月の新潟・福島豪雨、福井豪雨後も断続的に雨が降り続いた。中越地震発生時には、これらの雨が土壌中に残っており、地震動による土砂災害の発生に少なからず影響していたと見られている。そこで、気象庁が開発した、5km×5kmメッシュごとに土壌中の水分量を過去の雨と比較して土砂災害の危険度を推定する「土壌雨量指数」を使って雨の影響を検証した。その結果、新潟豪雨・福井豪雨よりも、中越地震発生直前の10月20日に降った雨の影響が大きかったと推定される結果が得られた。

2) 土壌雨量指数から見た新潟県の特徴

土壌雨量指数は、全国の陸地を5km×5kmメッシュごとに14,132メッシュに区切って、3段直列タンクモデルを使って土壌中に貯まっている雨の量(指数値)を30分ごとに推定し、過去10年間の雨の履歴と比較して土砂災害発生の危険度を見積もる手法である¹⁾。

土壌雨量指数を使って平成3年から12年までに発生した土砂災害約8万7千件の中で分析した結果、約60%の土砂災害が履歴1位の雨で発生(図2.6-1)していたこと、大規模な土砂災害の多くが履歴1位の雨で発生していたこと、死者の8割以上が履歴1位の雨で発生していたこと等が確認できたことから、過去10年間の土壌雨量指数の履歴1位を更新した場合に、「重要変更! ○○市では、過去数年間で最も土砂災害の危険性が高い」という市町村を特定した大雨警報を発表し、土砂災害に対する最大限の警戒を呼びかけている。気象庁と国土交通省砂防部が連携して進めている「土砂災害警戒情報」でも指標として使われている。

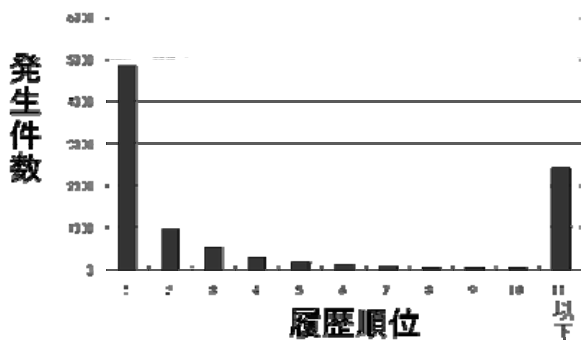


図2.6-1 発生時の履歴順位から見た土砂災害

平成16年7月の新潟・福島豪雨では、新潟県内で発生した大規模ながけ崩れの96%が履歴1位の雨が出現した市町村で発生しているなど、新潟県でも大雨時の履歴順位の効果は確認されている。しかし一方では、新潟県では上越地方を中心に半数の土砂災害(主に地すべり)は融雪期に発生しており、さらには夏の降雨期にも雨では説明できない(雨が止んでから数日後に発生する地すべりなどの)土砂災害が多いという特徴もある。

3) 山古志村の土砂災害と雨の関係

平成3年から12年までの10年間に山古志村では23件の土砂災害(崩壊量合計36万立方m)が確認(出典:新潟県砂防課など)されており、そのうち半数が地すべり、残りが分類不明の土砂災害とされている²⁾。

この期間中の履歴順位1位から4位の雨に絡んで6件の土砂災害が発生しているが、残りは雨との関連性の説明が困難な履歴21位以下の、雨が止んでから数日後、あるいは無降水期間中の発生である。季節的に見た場合には、初冬の発生では崩壊量が比較的少なく、4月頃の融雪期に発生した場合に崩壊量が多い傾向がある。

発生時の指数値は128から10まで(平均値43)とばらつきが大きく、崩壊量と指数値には相関は見られない。また、履歴20位以内に絡む土砂災害の中にも、雨の最中に発生している事例がある一方で、雨が止んでから10日後の発生まで時間的なばらつきも大きい。

最も崩壊量が多かったのは平成9年4月9日に山古志村種芋原字西山で発生した土砂災害で、長さ300m×幅100m×高さ7m×高さ100m、崩壊面積30,000平方m、勾配35度、土砂量210,000立方mであった。この事例では発生前の4日間に80mmを超える雨が降っていた。

融雪期に新潟県で発生する土砂災害は発生の半日から2日前頃に雨が降っている事例が多いことから、上記の土砂災害でも雨が融雪を促進し土砂災害発生に結びついた可能性が高いと推定される。

4) 新潟・福島豪雨と福井豪雨

平成16年7月12日に発生した新潟・福島豪雨時と、7月17日に発生した福井豪雨時の期間中に出現した山古志村周辺の指数値の最大値の分布を図2.6-2、図2.6-3に、同じく履歴の最高順位の分布を図2.6-4、図2.6-5に示す。山古

志村周辺では新潟豪雨の方が雨量は多かったが、新潟豪雨の雨が先行降雨となって土壌中に残っていたため、指数は福井豪雨時の方が高く、履歴順位は新潟・福井豪雨時は2位、福井豪雨時には1位だった。



図2.6-2 新潟・福井豪雨時に出現した指数値の最大値

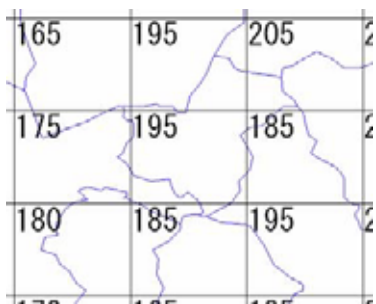


図2.6-3 福井豪雨時に出現した指数値の最大値



図2.6-4 新潟・福井豪雨時に出現した履歴の最高順位

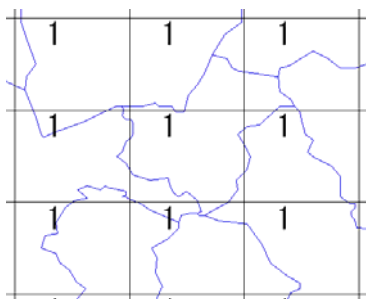


図2.6-5 福井豪雨時に出現した履歴の最高順位

5) 新潟県中越地震発生直前の状況

発生直前の10月23日17時の指数値の分布を図2.6-6に示す。

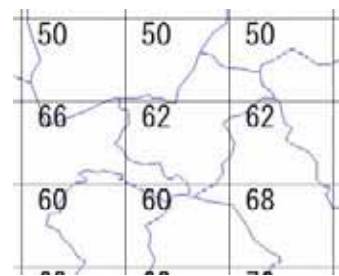


図2.6-6 地震発生直前の指数値

山古志村付近の50から70程度の指数値は、地震動が無くても希に土砂災害が発生している程度の値であった。

6) 先行降雨の影響

山古志村では新潟豪雨の期間中(7月10日から14日)に428mmの雨が降り、7月13日19時に最も高い指数値(=124)が出現した。その後、福井豪雨の期間中(7月16日から18日)に272mmの雨が降り、17日20時に最も高い指数値(=195)が出現し、平成15年までの10年間の最も高かった指数値(=131)を更新した。

図2.6-7に示すように8月上旬に指数値は一旦ゼロになったが、その後の断続的な雨により9月は指数値40前後で推移し、10月に入ると23日までの指数値の平均値は53とやや高めで推移した。このことから、新潟豪雨や福井豪雨により斜面が何らかのダメージを受けた可能性はあるだろうが、タンクモデルで見ると一旦ゼロになっていることから、7月の新潟・福井豪雨や福井豪雨の影響よりも8月中旬以降の断続的な雨、特に直前の10月20日の台風第23号による雨の影響があったと考えられる。

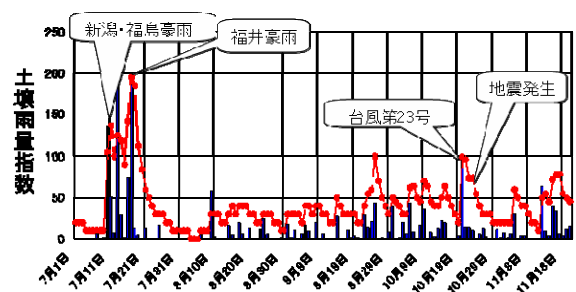


図2.6-7 指数値の時系列(山古志村)

棒グラフは日雨量

7) 他の地震での先行降雨の影響

平成7年兵庫県南部地震(図2.6-8)、平成12年鳥取県西

部地震（図 2.6-9）、平成 15 年宮城県沖地震（図 2.6-10）、平成 15 年宮城県北部地震（図 2.6-11）での発生直前の土壌雨量指数の被害が大きかった領域の発生直前の指数値を示す。宮城県北部地震以外は先行降雨の影響は無かったと思われる。

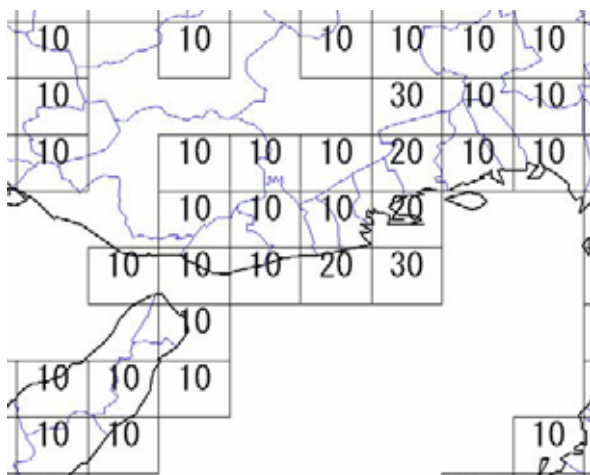


図 2.6-8 兵庫県南部地震（平成 7 年 1 月 17 日 05 時）

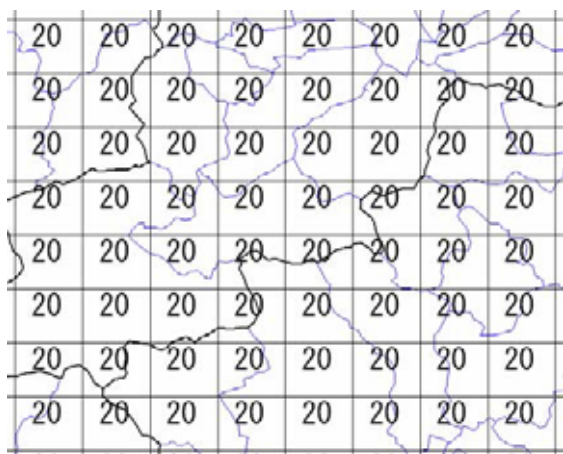


図 2.6-9 鳥取県西部地震（平成 12 年 10 月 6 日 13 時）

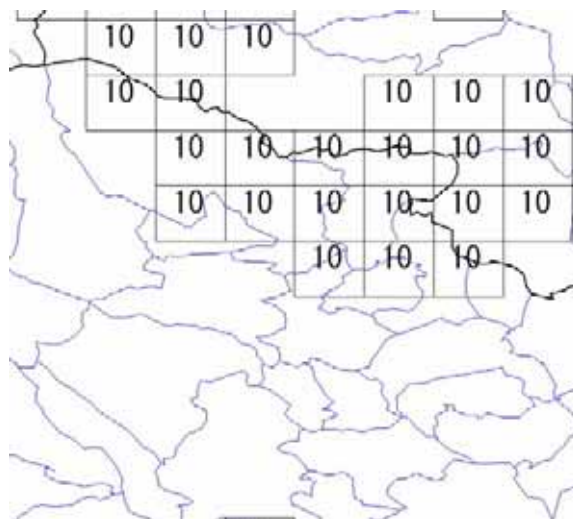


図 2.6-10 宮城県沖地震（平成 15 年 5 月 26 日 18 時）

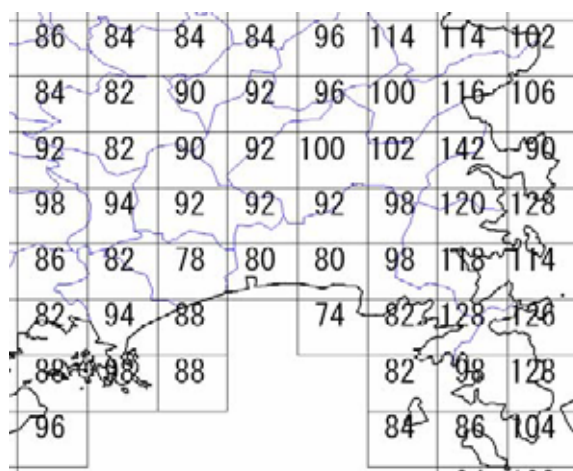


図 2.6-11 宮城県北部地震（平成 15 年 7 月 26 日 00 時）

8) まとめ

先行降雨があれば地震による被害はさらに大きくなる可能性が高いと考えた方が良いと思われる。

参考文献

- 1) 岡田憲治：雨からみた土砂災害，基礎工，Vol.32. No9, 2004.
- 2) 岡田憲治：土壌雨量指数からみた先行降雨の影響，文部科学省平成 16 年度科学技術振興調整費緊急研究「新潟県中越地震」シンポジウム,pp.92-100,2004.

(岡田憲治)

2.7 積雪環境

1) 被災地の積雪環境

新潟県中越地震の被災地周辺は、多雪地帯として知られており、積雪環境は被災地を特徴付ける立地環境の一つである。

豪雪地帯対策特別措置法(昭和37年法律第73号)では、「積雪が特にはなはだしいため、産業の発展が停滞的で、かつ、住民の生活水準の向上が阻害されている地域」を豪雪地帯と定義し、国土の半分以上が指定されている¹⁾。また、豪雪地帯のうち、「積雪の度が特に高く、かつ、積雪により長期間自動車の交通が途絶する等により住民の生活に著しい支障を生ずる地域」を特別豪雪地帯として指定することができるとしている。新潟県は全域が豪雪地帯であるが、新潟県中越地震の中心的な被災地である長岡市(旧長岡市、旧山古志村など)、小千谷市、川口町、魚沼市、栃尾市等は、いずれも特別豪雪地帯に指定されている(表2.7-1参照)。

表2.7-1 豪雪地帯と特別豪雪地帯

区分	指定要件	新潟県
豪雪地帯	過去30年間の累年平均積雪積算値が5,000cm日以上の豪雪地域が2/3以上の市町村	全域(20市21町10村)
特別豪雪地帯	豪雪地域のうち、過去20年間の累年平均積雪積算値が15,000cm日以上の地域が半分以上である市町村で、かつ積雪による自動車交通等が途絶するなど、住民の生活に著しい支障を生じる市町村	11市7町4村

崩壊地が多発した旧山古志村を中心とする山間地域は、年最大積雪深の平均値が2.5mを超える多雪地帯である。旧山古志村役場近くの山古志中学校(標高280m)では、1983年(昭和58年)からの23年間において、最大値4.25m(1984年、昭和59年)、平均値2.6mが記録されている(表2.7-2参照)。一般に、積雪深は、標高に比例して増加する傾向にある。旧山古志村を貫流する芋川流域を例にとると、標高は70~690mであり、稜線部はより多くの積雪が見られる。

そのため、冬季間は、地元住民の生活に、積雪が大きな影響を与えるとともに、なだれ等の雪氷災害が発生する。

2) 被災後の積雪期の状況

新潟県中越地震が発生したのは、2004年(平成16年)10月23日午後5時56分であるが、旧山古志村の山古志中学校では、同年12月22日から根雪となり、翌年の4月30日に消雪するまで129日間が根雪期間であった。その間、平成17年3月16日に最大値356cmを記録しているが、年最大積雪深が、この値を超えたのは1986年(昭和61年)依頼であり、2004-2005年の冬季は、19年ぶりの多雪年である(図2.7-1参照)。

筆者らは、2005年3月23日、山古志中学校に近い羽黒トンネル入口付近(竹沢)で、積雪調査を行ったところ次のとおりであった。

積雪深 270cm
積雪水量 1,270mm
全層積雪密度 470g/cm³

森林総合研究所十日町試験地の観測データによると、この後、融雪が進み積雪水量が減少している(図2.7-2参照)。このため、融雪期に崩壊の発生が確認されている(写真2.7-5参照)。

なお、2005-2006年の冬季も、山古志中学校に近い山古志支所(旧役場、標高250m)で、年最大積雪深310cmを記録しており、連続して多雪年が続いた。

参考文献

- 1) 国土庁地方振興局編：豪雪地帯の現状と対策，大蔵省印刷局，pp4, 1985.
- 2) 森林総合研究所十日町試験地 Web ページ，
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/tkmc/>
- 3) 長岡市：ながおか防災情報 Web ページ，
<http://www.bousai.city.nagaoka.niigata.jp/>

(櫻井正明)

表 2.7-2 被災地の年最大積雪深(cm)

区分	十日町試験地	山古志中学校	種芋原保育所
位置	十日町市	長岡市(旧山古志村)	
標高	200m	280m	360m
1983年	229	264	300
1984年	367	425	580
1985年	297	290	307
1986年	328	419	518
1987年	189	220	286
1988年	215	228	306
1989年	81	108	145
1990年	191	295	268
1991年	230	346	360
1992年	145	178	210
1993年	172	180	250
1994年	163	190	245
1995年	226	268	330
1996年	277	355	395
1997年	155	208	275
1998年	183	220	277
1999年	235	268	285
2000年	216	279	335
2001年	232	280	310
2002年	212	237	292
2003年	147	192	232
2004年	151	215	270
2005年	305	356	416
2006年	313	-	390
データ個数	24	23	24

注) 十日町試験地は森林総合研究所十日町試験地による観測結果を利用²⁾、
山古志中学校、種芋原保育所は長岡市提供

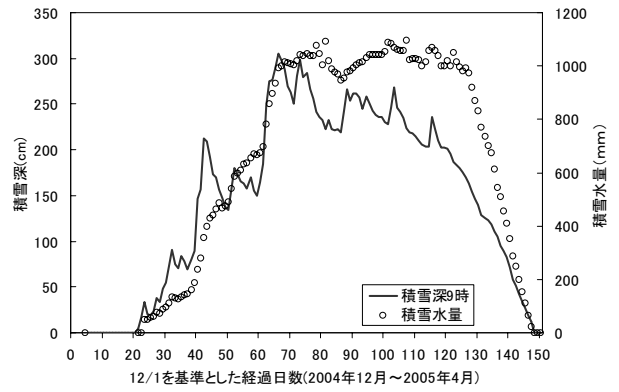


図 2.7-2 十日町試験地の積雪深等の変化(2004-2005年)

積雪深等データ：森林総合研究所十日町試験地提供



写真 2.7-1 積雪期の旧山古志村(05.3.22)



写真 2.7-2 雪に閉ざされた芋川流域
(旧山古志村南平付近, 25 地点 : 05.12.11)



写真 2.7-3 道路/集落を守るなだれ予防柵
(旧山古志村竹沢, 05.3.21)

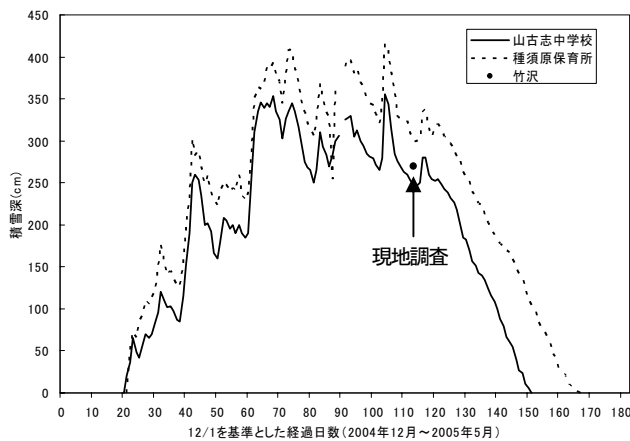


図 2.7-1 旧山古志村の積雪深の変化(2004-2005年)

積雪深データ：長岡市提供



写真2.7-4 積雪層を保持するなだれ予防柵
(旧山古志村竹沢, 31 地点 : 05.3.21)



写真2.7-5 融雪期の2005年3月23日夕方発生した崩壊地
(長岡市濁沢町, 56 地点 : 05.3.27)

2.8 被災状況



写真 2.8-1 旧山古志村東竹沢付近の大規模地すべりによる河川の閉塞とせき止め湖 (1 地点 : 04.10.29)

新潟中越地震の災害状況は、長期にわたって土砂災害が継続しているため、その状況把握は容易ではない。ここでは、直接的な地震災害を中心に被災状況を述べる。

今回の地震は阪神淡路地震と同じ直下型の地震であったが、大都市ではなく里山農村地域を中心の被害であった。しかも、台風 23 号の豪雨後に、日本の中でも有数の地すべり多発地帯を直撃した事も被害を大きくした原因の一つである。ここでは山地の地震被害の主体となる斜面災害を中心として被災の特徴をまとめる¹⁾。

- ① 地下水で飽和した大小多くの地すべりの高速性と、それによる河川の閉塞とせき止め湖の出現
- ② 地下水で飽和した盛土の崩壊とその末端部の流動化
- ③ 地下水位が高い状態で沖積層の液状化の多発
- ④ 尾根地形（凸地形部）での斜面崩壊
- ⑤ 急傾斜部の表層崩壊
- ⑥ ライフラインや宅地・建造物の倒壊・破損

写真 2.8-1 には旧山古志村東竹沢での大規模な地すべりの発生と河川のせき止め状況を示した。写真左側に滑落崖があり、写真右側の道路および中央の芋川を完全に閉塞している。この地すべりの模式断面は図 2.8-2 のように説明できる。



写真 2.8-2 地すべりの流動化した土砂による東竹沢小学校の被害状況 (1 地点 : 04.10.29)



図 2.8-1 東竹沢での大規模地すべりの発生による芋川の閉塞と堰止め湖の発生

写真 2.8-2 は、この地すべりの対岸にあった東竹沢小学校への地すべり土砂の押し出し状況である。この土塊前面には芋川の河床礫や魚が押し出され散乱していた。写真 2.8-3 は、地すべりで閉塞された芋川のせき止め湖の状況である。写真 2.8-4 は小千谷市上村付近の盛土地盤上の民家の被災状況である。地下水位が高い場合、地震被害が造成盛土に集中しやすい²⁾。なお、良好な地盤上にある耐雪用の家屋の被害は軽微であった。写真 2.8-5 は道路盛土の崩壊で、盛土基底面からの地下水の湧水が地震後も止まっていなかった。宅地や水田の盛土法面でも崩壊が多く、長く湧水が続いていた。



写真 2. 8-3 山古志村芋川での地すべり崩土による堰止め湖の出現
(2 地点 : 04. 10. 29)



写真 2. 5-7 白岩での尾根の道路切土法面の岩石崩壊現場。
埋まった女の子の救出が続いていた (47 地点 : 04.10.28)



写真 2. 8-4 小千谷市上村付近の盛土地盤での家屋の倒壊
(04. 10. 28)



写真 2. 8-8 急崖部の植生表土だけの表層崩壊 (04.10.29)



写真 2. 8-5 山古志村内の道路盛土の崩壊と大量の湧水
(5 地点 : 04. 10. 29)



写真 2. 8-6 小千谷市内水田の噴砂現象 (04.10.28)

写真 2. 8-6 は小千谷市内の水田の噴砂の跡で、市内の低地の水田で多数認められた。その他、道路沿いのマンホールの浮き上がりも認められた。写真 2. 8-7 小千谷市白岩の道路切土法面の崩壊現場で、尾根地形の切土で、崩壊ブロックは砂岩泥岩互層である。ここでは走行中の車が崩壊に巻き込まれ 2 名の死者があった。出尾根上部を中心とした崩壊特性は 2000 年の有珠山や神津島の火山性地震による被害と酷似していた^{3),4)}。写真 2. 8-8 は山古志村の急崖斜面の表層崩壊で、表土の植生部だけが滑落している。崩壊面は割れ目が少なく、植生根系は認められず、根系層崩壊といえる⁵⁾。写真 2. 8-9 には重要なライフラインである JR 信越線と国道 17 号の盛土崩壊被害を示した。崩壊は信濃川沿いの斜面であり、復旧には時間がかかった。



写真2.8-9 盛土部の崩壊により線路が宙吊りとなっている信越線と、不通が続く国道17号(61地点:04.10.28)

以下には地震後から1ヶ月・2ヶ月・4ヶ月後の新潟県発表の人命や家屋・インフラの被災状況を示した。

1) 2004年11月23日 新潟県発表(地震1ヶ月後)⁶⁾

＝被害状況＝

■人災

死者 40人

負傷者 2859人

■住宅

家屋全壊 2554棟

大規模半壊 469棟

半壊 4655棟

一部損壊 52649棟

■避難

避難者数 6570人

避難生活者 5803人(避難所数102箇所)

テント・車中泊 767人

■ライフライン

電気

停電戸数(電灯契約口数) 約1650戸

・旧山古志村全域約820戸

・小千谷市の一部約830戸

都市ガス

供給停止戸数 約3780戸

・北陸ガス(長岡市の一部) 約130戸

・見附市ガス上下水道局 約30戸

・小千谷市ガス水道局 約2470戸

・川口町建設企業課 約1020戸

・堀ノ内町企業課 約60戸

上水道

断水世帯数約2086世帯

・長岡(209), 旧山古志村(650), 小千谷市(780), 川口

町(385), 旧堀ノ内町(20), 旧広神村(13), 十日町(29)

※旧山古志村では全域で断水

下水道

【公共下水道施設】使用不能世帯数約50世帯

・長岡町(27), 川口町(4), 旧堀ノ内町(19)

【農業集落排水施設】

・川口町, 柏崎市(一部使用不能)

2) 2004年12月28日 新潟県発表(地震2ヶ月後)

＝被害情報＝

■人災

死者 40人

負傷者 4554人

■住宅

家屋全壊 2858棟

大規模半壊 1657棟

半壊 9300棟

一部破損 89095棟

■公共施設被害

348847棟

■土砂災害

箇所数 267ヶ所

死者 4人

負傷者 1人

家屋全壊 18棟

家屋半壊 27棟

家屋一部破損 48棟

3) 2005年2月25日 新潟県発表(地震4ヶ月後)⁶⁾

＝地震・土砂被害状況＝2005/1/21現在

■死傷者数

死者 40人

負傷者 4651人

■住宅

家屋全壊 2867 棟

大規模半壊 1664 棟

半壊 9349 棟

一部破損 92111 棟

=雪による被害情報=2005/2/24 現在

■死傷者

死者 8 人

負傷者 86 人

■住宅

住宅 45 棟

非住家 49 棟

計 124 棟

=現地情報=2005/1/23 現在

■避難

・現在、開設されている避難所・テント村はない。

=ライフライン=2005/1/23 現在

・立ち入りできない地域を除き、ほぼ復旧してる。

■電気

停電戸数（電灯契約数）約 330 戸

・旧山古志村全域 約 260 戸

・小千谷市の一部 約 70 戸

■都市ガス

供給停止戸数 解消

■上水道

断水世帯数 約 1013 世帯

・旧山古志村（650）・小千谷市（318）・川口町（16）

十日町市（29）

※旧山古志村では全域で断水

■下水道

【公共下水道施設】使用不能世帯数 約 46 世帯

・長岡市（27）、旧堀ノ内町（19）

【農業集落排水施設】

・川口町を除き応急復旧済

■仮住宅

13 市町村 3460 棟

4) 2005 年 7 月 23 日 新潟県発表（地震 9 ヶ月後）

新潟県長岡市は 2005 年 7 月 22 日正午、旧山古志村地域
で 528 世帯 1682 人の避難指示・勧告を解除した。

今回の地震による被災地域の社会的影響は大きい。余震の続くなか、復旧活動の長期化が予想されたが、新潟と首都圏を結ぶ主要鉄道・道路の復旧は関係者の努力により比較的早期に確保された。特に、関越自動車道の仮復旧は異例の早さで地震後 3 日目には、対面交通であるが、関係車両の交通が再開された（写真 2.8-10 参照）。



写真 2.8-10 復旧の進む関越自動車道の災害現場（04.10.29）



写真 2.8-11 小千谷市内での川崎市から来た給水車の救援活動（04.10.28）

また、地域生活にかかわる支援活動も地震直後から全国からの支援でおこなわれていた（写真 2.8-11 参照）。

しかしながら、地域の再建については、多くの斜面災害や宅地地盤の流失・木造家屋の倒壊があまりにも多く、困難が多い地域があった。特に、村民が孤立した旧山古志村では、道路などのライフラインの被害がいたるところに発生しているうえに、大規模な地すべりによる地盤の流失やせき止め湖の処理には困難が多かった。また、地域復興の上では豪雪による再度の避難生活など里山再建や名産のニシキゴイへの影響なども心配される（写真 2.8-12 参照）。

(稲垣秀輝)



写真 2. 8-12 豪雪内での被災住宅と復興工事
(55 地点 : 05. 12. 11)

地震後の、豪雨や融雪に伴う二次災害については、予想に反して大規模な土砂移動はなく、現状では大きな二次災害はなかったが、これについては、後の章で述べることにするが、旧山古志村の地すべり地帯において、今回大きく動かなかった地すべりについても各所に地表のクラックが認められ、これらの地すべりは今回の地震で相当に緩んだ状態となっている。今後数年～数十年の間に地盤の排水機能が低下したとき、再滑動を起こす可能性があり、土砂災害が長期化する懸念が指摘される。

今回の地震災害をみて、日常の暮らしやすさと災害時の安全性を共有した社会基盤整備の必要性を痛感した。そこには長い周期で繰り返される地震などの自然災害について、発生頻度と災害規模を取り入れたリスクマネジメントが必要である⁷⁾。特に、斜面災害により孤立させられた旧山古志村については、同村のニシキゴイを中心とする里山を復活するために、環境と防災を調和させた斜面工学の必要性を指摘したい⁸⁾。

参考文献

- 1) 稲垣秀輝, 釜井俊孝 : 2004 (平成16) 年10月新潟県中越地震災害速報, 土木学会誌, Vol.89, No.12, pp.10~13, 2004.
- 2) 釜井俊孝, 守随治雄 : 斜面防災都市, 理工図書, 200P, 2002.
- 3) TOHNO, Ikuo · Hideki INAGAKI · Hiroshi IMAI · Toshitaka KAMADA : Report of Emergency Survey Group of Usu Eruption Activity on March 31, 2000, Civil Engineering, Jsce, Vol.39, pp.37~37, July, 2001.
- 4) 稲垣秀輝 : 神津島の地形・地質的特長と2000年7月火山性地震による被災状況, 土と基礎, Vol.49, No.4, pp.27~29, 2001.
- 5) 稲垣秀輝 : 根系層崩壊, 土と基礎, Vol.50, No.5, pp.5~7, 2002.
- 6) <http://rescuenow.cocolog-nifty.com/jishin>.
- 7) 稲垣秀輝 : 暮らしとその安全のための応用地質, 応用地質, Vol.42, No.5, pp.5~7, 2002.
- 8) 稲垣秀輝 : 二十一世紀の斜面工学に向けて—斜面工学の必要性

3 斜面災害

3.1 自然斜面の斜面変動

3.1.1 斜面変動の概要

地震時には、地震により発生・伝播する地震波が引起す地盤の振動（地震動）が主な原因となって、斜面を不安定化し斜面崩壊等が発生する。過去の災害資料によると、地震の大きさを示すマグニチュードが5.5を超えると斜面崩壊が発生しやすくなり、マグニチュードが大きくなるに従って、斜面崩壊が増えるといわれている¹⁾。

新潟県中越地震のマグニチュードは6.8で、震源に近い川口町において震度7を記録している。そのため、東山丘陵、魚沼丘陵一帯では地すべり、斜面崩壊等の斜面変動が多数発生した。国土交通省の調査によると、大きな震度を記録した地域(面積1310 km²)において、3,791箇所の斜面崩壊が空中写真判読で確認された。そのうち、362箇所が、崩壊幅50m以上の規模の崩壊である²⁾。

こうした斜面変動の分布は、過去の事例と同様に、地震直後の余震の広がりである余震域と重なっており、特に、斜面変動が集中しているのは、震源北側の東山丘陵（川口町～旧山古志村）である（図3.1-1参照）³⁾。

斜面変動が集中する東山丘陵は、北北東から南南西方向にのびる標高200mから700mの山地である。地質は、新第三紀鮮新世から第四紀更新世に形成された堆積軟岩が分布しており、主として砂岩・泥岩またはその互層により構成されている。そのため、流れ盤斜面を中心に地すべり地形が発達しており、その多くが水田、養鯉池として利用されている。

また、土砂災害が多発した原因として日本有数の地すべりと豪雪の地帯において大地震が発生した点と地震直前に台風による降雨があった点が指摘されている。図3.1-2に示すように、長岡市では10月20日の日雨量102mm、10月23日までの2週間累積降雨量227mmを観測している。十日町市でも10月20日に日雨量88mm、10月23日までの2週間累積雨量193mmを観測している。現時点では、先行降雨が地震による地すべり(特に深い地すべり)に与えた影響は未解明な点が多く、今後の重要な課題であると考えられる。

土砂災害による被害は、死者4名、負傷者1名、家屋損壊85戸（表3.1-1参照）⁶⁾であり、山間部では斜面崩壊により生活道路が崩壊、電気・水道等のライフラインが寸断され、集落が孤立し、山古志村（690戸2,167人）は全村避難に追い込まれた。

さらに、東山丘陵では、斜面変動により各所で河道閉塞が発生し、なかでも、山古志村を貫流する芋川流域では、河道閉塞が52箇所発生し、道路の寸断、人家の水没等などの被害が生じた⁷⁾。

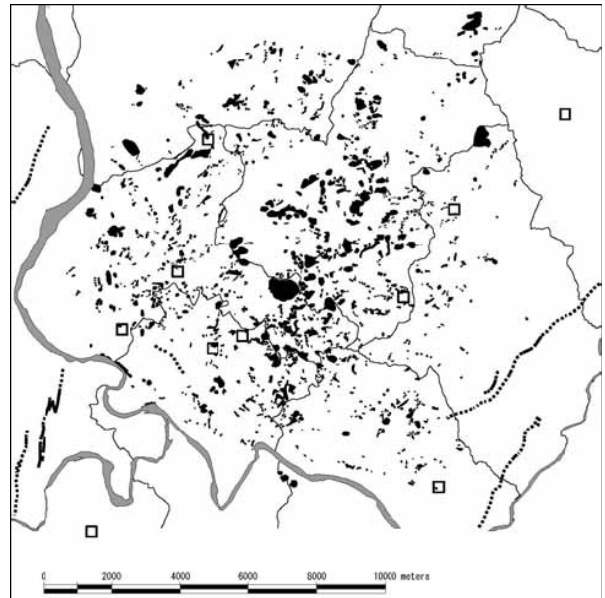


図 3.1-1 斜面崩壊の分布

斜面崩壊等の分布は、関連文献^{4,5)}などを参考として作成。□は、震度5弱以上を記録した地震の震源（気象庁調べ）。市町村名は災害当時のもの。

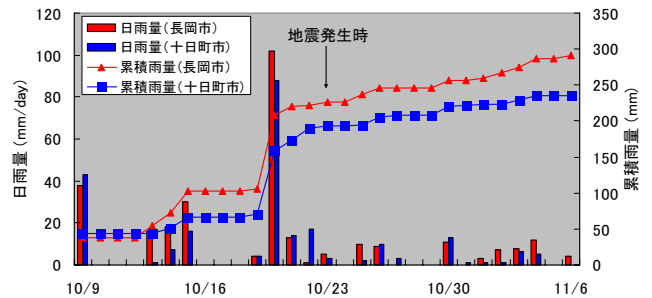


図-3.1-2 長岡市および十日町市における地震発生前後2週間の降雨状況（データは気象庁ホームページより引用）

表 3.1-1 人的被害が生じた斜面崩壊²⁾

位置	人的被害	被害の状況
長岡市 濁沢	死者2名	深層崩壊により家屋2戸全壊。男女2名が生き埋めとなり死亡。
長岡市 妙見町	死者2名 負傷者1名	母と子供2名が乗った自動車が県道で岩盤崩壊に巻き込まれる。男児救出。2名死亡確認。

3.1.2 分類と特徴

現地調査結果では主要な斜面変動形態として、土砂崩壊（表層崩壊、深層崩壊）、再活動型の地すべり、岩盤すべり、盛土の崩壊を確認した。これらの他に、崩壊土砂の土石流化、地すべり地形を主体とする斜面での多数の亀裂の発生や変位が認められた。ここでは主要な斜面変動形態のうち、盛土の崩壊を除いた自然斜面の変動について説明する。

a) 土砂崩壊（表層崩壊，深層崩壊）

今回の斜面変動の多くは急斜面における土砂崩壊であり，表層崩壊と崩壊深がやや深い深度に及ぶ深層崩壊に区分される．急斜面は受け盤斜面に形成されやすいため，土砂崩壊は受け盤斜面に多く発生している．

表層崩壊は薄い表層風化帯と植生の根茎がシート状に斜面を滑落したものが特徴的であり，面積的には比較的広い裸地を形成している．河川沿いの急斜面が発達する低標高部に発生箇所が多く，これらの多くは全層なだれの常習地で，草地ないし灌木地となっている．

深層崩壊はやや厚い土砂状の風化帯が形成された斜面に認められる．このような風化帯は長期的な風化作用を受けてきたと考えられる比較的標高の高い尾根部周辺に発達するため，深層崩壊は高標高部の尾根付近での発生が目立つ．また，地すべり地形の多い地質特性を反映し，古い地すべりの崩土が大規模に崩落したタイプがある．深層崩壊は，比較的規模が大きいことから，各所で道路の寸断や河川閉塞を引起している．



写真 3.1-2 風化の進んだ堆積軟岩が崩落した深層崩壊 (旧山古志村竹沢) (31地点：04.11.26)



写真 3.1-1 表層崩壊(旧山古志村大久保 28地点：04.11.26)

b) 再活動型の地すべり

明瞭な地すべり地形を呈する部分での斜面変動であり，代表的なものは芋川左岸などの流れ盤の斜面に認められる．旧地すべりの移動土塊またはその一部が再活動したもので，移動土塊の規模は 10 万～100 万 m³ のオーダーを示し，移動層は全体に風化が進んでいる．いくつかの地すべり移動土塊は河道を閉塞して大きな浸水被害を与えた．

現地調査の際に地すべり地で採取した土試料の物理特性を表 3.1-2 に示す．また，図 3.1-3 に土試料の粒径加積曲線を，図 3.1-4 に塑性図を示している．ただし，データの一部は文献 8)～14) から引用した．今回のデータに限れば，細粒分含有率 50%以上の土のほとんどが低液性限界シルト (ML) に，粗粒分含有率が 50%を超える土は砂質土 (S-F, SFG, SF 等) に分類される．これら試料の物理特性は本地域で従来問題とされる地すべり粘土のそれとは大きく異なる．

表 3.1-2 新潟県中越地震における地すべり地で採取された土試料の物理特性

採取地点	試料名	ρ_s (g/cm ³)	D _{max} (mm)	D ₅₀ (mm)	U _c	U _c '	F _{sand} (%)	F _{silt} (%)	F _{clay} (%)	F _C (%)	w _L (%)	w _p (%)	I _p	出典
東竹沢	A	-	-	-	-	-	80	15	5	20	29	26	3	Tuladhar et al. (2005)
	B	-	-	-	-	-	35	54	11	65	44	29	15	
	C	-	-	-	-	-	47	45	8	53	40	24	16	
	D	-	-	-	-	-	25	66	9	75	47	34	13	
	A-1	-	-	-	-	-	38	53	9	62	45	35	10	
	A-3	-	-	-	-	-	57	33	10	43	30	27	3	
	B-2	-	-	-	-	-	41	49	10	59	49	30	19	
	C-1	-	-	-	-	-	70	21	9	30	32	27	5	
	-	2.651*	-	-	2*	1.1*	90*	4.9*	4.2*	9.1*	-	-	-	
寺野	H-1	-	-	-	-	-	-	-	4**	-	-	-	-	Gratchev et al. (2005)
	T-1	-	-	-	-	-	-	-	10**	-	-	-	-	
	T-2	-	-	-	-	-	-	-	29**	-	45.6	25.5	20.1	
	T-3	-	-	-	-	-	-	-	11**	-	51.4	32.3	19.1	
	T-4	-	-	-	-	-	-	-	11**	-	41.0	30.9	10.1	
十日町市樽沢 (国道253号付近)	斜面崩壊中部	-	-	-	-	-	32	51	17	68.0	54.4	37.3	17.1	福田ほか(2005)
	斜面崩壊下部	-	-	-	-	-	76	-	-	12.0	-	-	-	
大日山	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.4	28.4	2.0	水橋ほか(2005)
寺野	寺野	2.616	2.00	0.164	2.1	0.9	89.7	5.7	3.2	8.9	-	-	-	-
東竹沢	東竹沢 A	2.588	14.3	1.190	49.0	1.5	51.9	15.0	3.1	18.1	-	-	-	鈴木ほか(2006)
	東竹沢 B	2.592	8.60	1.210	12.9	3.2	80.1	6.2	1.9	8.1	-	-	-	
横渡	横渡 A	2.352	2.00	0.144	29.0	1.4	63.3	27.8	8.9	36.7	-	-	-	鈴木ほか(2006)
	横渡 B	2.490	2.00	0.078	14.3	2.6	52.3	39.0	8.6	47.6	-	-	-	

* 採取した3試料の平均値
** 粒径2μm以下の粘土含有率

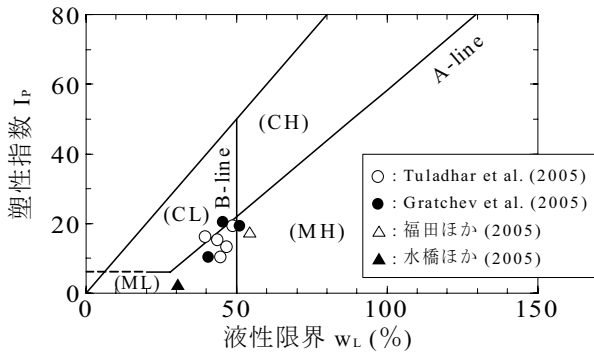


図 3.1-3 土試料の塑性図

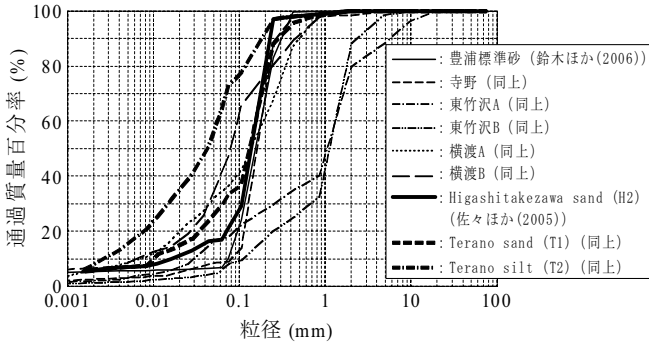


図 3.1-4 土試料の粒径加積曲線



写真 3.1-3 明瞭な地すべり地形を呈する箇所
発生した地すべりの滑落崖付近の状況
(小千谷市塩沢) (65地点 : 05.6.1)

c) 岩盤すべり

初生すべりに分類されるような岩盤すべりが数カ所で発生している。このすべりは比較的新鮮なシルト岩や砂岩が流れ盤の層理面上を滑動したもので、移動層は地形や岩質等の影響により、地質構造がほとんど乱されていないものや岩盤崩壊のように乱されたものがある。事例で述べるように、地すべり斜面ではクリープ変位が進んで斜面が不安定化していたものと考えられ、厳密な意味での初生すべりではない。



写真 3.1-4 酸化した層理面をすべり面とした岩盤すべり
(小千谷市浦柄, すべり面の傾斜は約22度)
(53地点 : 05.1.15)

3.1.3 斜面変動の事例

前項で説明した主要な斜面変動形態について事例を紹介する。

a) 土砂崩壊 (表層崩壊, 深層崩壊)

表層崩壊は信濃川や魚野川沿いの段丘崖や各支流の下流域の急崖斜面を中心に発生した。写真 3.1-5 の表層崩壊では節理面からはく離れた基盤のシルト岩を伴って落下したもので、写真 3.1-6 の表層崩壊では樹木と植生基盤層 (土壌) が滑落している。個別の崩壊土量はわずかであるが、広い面積で裸地を形成した。



写真 3.1-5 芋川下流部の水衝部における表層崩壊
(堀之内町竜光) (48地点 : 04.11.25)

今回の表層崩壊では崩壊土砂の到達距離が比高の2倍以上で流動性の高い斜面崩壊が散見された。えびの地震 (昭和43年) による災害と近傍の降雨災害を比較した資料によると、崩壊土砂の到達距離は、降雨に比べて地震

の方が短いとされ、地震の8割が比高の1/2倍未満の距離で、降雨の8割が比高1倍未満の距離で止まっていた⁷⁾。このことから**写真 3.1-7**に示すような流動性が高い表層崩壊は地震前の降雨の影響を受けたものと考えられる。



写真 3.1-6 上越新幹線妙見トンネル抗口の表層崩壊
(小千谷市浦柄) (地点: 04.11.26)



写真 3.1-7 流動性が高い表層崩壊 (旧堀之内町竜光)
崩壊地上端から崩土末端までの距離/比高=0.47
(63地点: 05.5.15)



写真 3.1-8 土留川上流の深層崩壊と河道閉塞
(旧山古志村) (地点: 04.11.25)

深層崩壊は崩壊土量が比較的大きいため写真3.1-8に示すように小規模な河道閉塞による湛水被害が発生し

た。

b) 再活動型の地すべり

今回の地震における斜面変動で特徴的なことは、溪岸で発生した再活動型の地すべりにより河道が閉塞され、各所で湛水被害が発生したことである。このうち、最大規模のものは、芋川流域の寺野、東竹沢で発生したもので、天然ダムの高さは30mを超える(表 3.1-2参照)。

表 3.1-2 深層崩壊と天然ダムの規模⁷⁾

区分	崩壊規模		天然ダムの規模	
	長さ×幅	土砂量	高さ	最大湛水量
寺野	360×230 m	1,040 千 m ³	31.1m	388 千 m ³
東竹沢	350×295 m	1,296 千 m ³	31.5m	2,561 千 m ³



写真 3.1-9 山古志村寺野の河道閉塞
(芋川の最上流部)(12地点:04.11.20)



写真 3.1-10 左岸の寺野地すべりの滑落崖
(白色の点線が滑落崖)(12地点:04.11.20)

こうした天然ダムの形成においては、河川沿いを通っていた道路等に直接的な被害が発生したほか、湛水により上流の道路・集落が水没した。また、天然ダムの破堤による下流への洪水災害の危険性があったことから、応急対策として、ポンプ排水、仮排水路の開削が行われた。

写真3.1-11には寺野地すべり側方滑落崖における土質

を示す。採取した土試料の物理特性は表3.1-2に記載している。本試料はすべり面を構成する土と同一であるか否かは不明であるが、弱い固結力を有する砂質土である。



写真 3.1-11 寺野地すべり側方滑落崖の土質(12地点 : 04.11.20)

図3.1-5に天然ダムによる堰止め土量と湛水量および継続時間の関係¹⁵⁾を示す。寺野および東竹沢のデータをプロットしている。両天然ダムともに「決壊せず」あるいは「決壊せず&T \geq 10日」の線より上方にあり、湛水量に対して必ずしも安定であるとはいえない状況にあった。実際、翌年の融雪期を見越し積雪期に入る直前の工事可能期間において河道閉塞部の地すべり土塊の安定化と排水設備の完備が要求された。

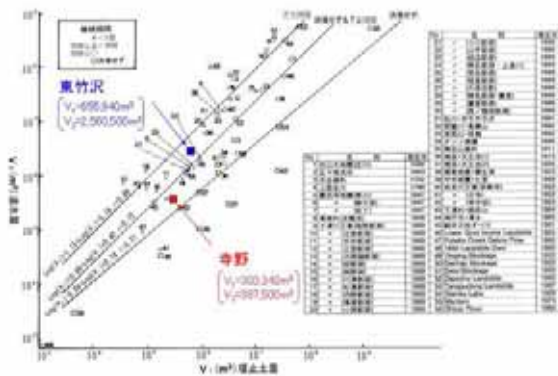


図 3.1-5 天然ダムによる堰止土量, 湛水量および継続時間との関係 (文献 15)の図面に加筆)

写真 3.1-12 には大日山東方(塩谷)の大規模地すべりの全景を示す。写真中央に見える山体が移動土塊と推定される。写真 3.1-13 に示す長岡市濁沢町地内における地すべりとそれに伴う家屋の倒壊により 2 名の方が亡くなった¹⁶⁾。濁沢の地すべりは旧地すべりの末端部が再活動したもので、地層の走向は N15~30° E, 傾斜 35~40° W の構造を呈し、すべり面の見掛けの傾斜は 28° と想定される。



写真 3.1-12 大日山東方(塩谷)の大規模地すべり(65 地点:05.10.9)



写真 3.1-13 濁沢町地内における地すべり(55 地点:05.10.8)

c) 岩盤すべり

写真3.1-14に長岡市妙見白岩で発生した岩盤すべりによる崩落を示す。通行中の親子が崩落岩塊に巻き込まれた現場である¹⁶⁾。写真3.1-15に上記の現場付近の小千谷市横渡における岩盤すべりを示す。斜面の傾斜角は約 22° であり、厚さ約 3m の岩盤が上載していたものと推定される。すべり面になった層理面 (走向 N10° E, 傾斜 20~22° W) は酸化して黄褐色を呈し、一部に黄褐色未固結の凝灰質砂質土薄層を挟在することから、クリープ変位が進んで斜面が不安定化していたものと考えられる。この薄層から採取した土の物理特性を表3.1-2に示している。周辺の斜面はケスタ地形特有の流れ盤構造を呈しており、これに隣接する斜面においても同様な岩盤すべりが発生していた。



写真 3.1-14 通行車両が巻き込まれた岩盤崩壊
(長岡市妙見町) (47地点: 04.11.26)



写真 3.1-15 小千谷市横渡における岩盤すべり(48地点:05.10.7)

3.1.4 地形と斜面変動

地形と斜面変動の関係については、独立行政法人土木研究所による定量的な分析¹⁷⁾がなされている。地形データは 10m メッシュ DEM を使用し、2,551 箇所 の斜面崩壊を対象に GIS 化して崩壊箇所の地形特性を解析しており、以下のようにまとめられている。

- ① 斜面の向きと傾斜の関係では、傾斜 35° を越える急斜面では斜面の向きに関係なく崩壊等の発生率は高いが、傾斜 35° 以下の斜面では斜面の向きが東～南～西において崩壊等の発生率が高い傾向にある。傾斜 35° 以下の斜面は地震動や地質構造の影響を受けていると考えられる。
- ② 斜面の凹凸の関係では、凸型斜面（尾根型斜面）で崩壊数が多く、また崩壊規模の大きなものが発生している傾向が見られた。

つぎに斜面変動の地形面的な位置について、顕著な河道閉塞が見られた芋川流域を対象に検討を行った。

芋川は全長約 17km、流域面積約 38km² の河川で、源流は旧長岡市と旧山古志村の境界をなして北北東から南南西に延びる 600～700m 級の尾根筋の猿倉岳付近にある。源流から南流した芋川は標高 70m 付近で魚野川に合流す

る。中上流部には 250～350m 級の緩斜面が発達し、下流域では左岸側に東西走向のケスタ地形が認められる。

芋川の支川を含めた河床縦断面図を図 3.1-6 に示す。崩壊土砂による河道閉塞のあった南平付近には河床の遷急点が存在し、上流からの河床の延長（点線）は支流の遷急点とも一致するレベルにあって、下流域に過去の河床を推定することができる。その延長は魚野川や信濃川の段丘面（約 1～2 万年前の更新世に形成）に連続するようである。したがって点線以下の現河床は過去の推定河床が浸食作用で削り込まれたものと考えられ、下流から中流域にかけて活発な浸食作用が及んでいることがわかる。

このような地形の形成状況から、下流域の斜面は新しい時代に浸食されて形成された急斜面が多く、中上流域の斜面は比較的古い時代に形成された斜面が多いものと思われる。地山の風化状況は前者の新しい浸食斜面で薄く、後者の古い時代に形成された斜面では比較的厚く分布する。このような風化状況を反映して、中上流域一帯や下流域の支川沿いではすべり面が深部に及ぶ大小の地すべりが発達し、下流部には主として表層崩壊が発生している。河道閉塞を起こした東竹沢地すべり末端は標高 130m、寺野地すべり末端は標高 220m であり、地すべり土塊は風化帯の比較的厚い部分に位置するものと考えられる。このような斜面の形成時期の違いにより、風化帯の厚さが異なることで斜面変動形態に違いがあらわれたものと考えられる。

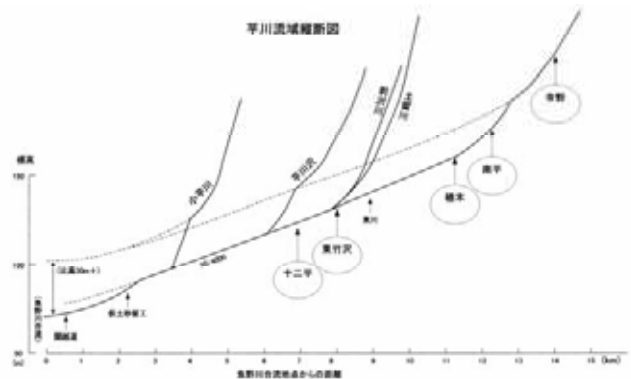


図 3.1-6 芋川の河床縦断と地すべり・崩壊箇所の関係¹⁸⁾
(地名○印は河道閉塞箇所)

3.1.5 融雪期以降の斜面変動

地震後の融雪期や降雨期には斜面変動が多発すると思われていたが、地震発生後から大きな変化は認められない。代表事例について以下に示すように、小規模な変状に止まっている。

写真 3.1-16 は同じ箇所の比較写真であるが、地震翌年の梅雨期に小崩壊が発生した。また、写真 3.1-17 も同じ箇所の比較写真で、融雪期に崩壊が発生し土砂が流出した。



写真 3.1-16 梅雨前線豪雨による拡大崩壊（平成 17 年 6 月 28 日発生）小規模な崩壊崩土の侵食により土砂流出
（31 地点：上 04.11.26，下 05.8.9）

写真 3.1-17 融雪期の崩壊（平成 17 年 3 月 23 日夕方発生）
融雪に伴う崩壊により県道施工箇所まで土砂流出
（56 地点：上 05.3.23，下 05.3.27）

このように崩壊地内や周辺の小崩壊などに止まっている理由として次のように考えられる。クラックが発生したような不安定な斜面での明瞭な変動が認められないことについては、現状ではクラックの排水性が良好な状態で水圧が作用していないものと思われる。そして、今後の融雪や降雨でクラックに土粒子が流入し、排水不良になって大きな斜面変動に結びつくことが懸念される。このような観点から、現状の斜面変動は小康状態にあるものと考え、今後も融雪期や降雨時には継続的な注意が必要である。

参考文献

- 1) 駒村富士弥：2.7 地震と崩壊，p180-181，砂防学講座第 3 巻 斜面の土砂移動現象，山海堂，1992.
- 2) 国土交通省：平成16年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の発生状況について（続報），
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/050113_html，2005.
- 3) 川邊洋，権田豊，丸井英明，渡部直喜，土屋智，北原曜，小山内信智，笹原克夫，中村良光，井上公夫，小川紀一朗，小野田敏：2004 年新潟県中越地震による土砂災害（速報），砂防学会誌，Vol.57，No.5，p41. 2005.
- 4) 国土地理院：1:25,000 都市圏活断層図「小千谷」，2001
- 5) 八木浩司，山崎孝成，守岩勉，山科真一：2004 年新潟県中越地震にともなう地すべり崩壊分布図，<http://japan.landslide-soc.org/2004>.
- 6) 国土交通省：災害情報・平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震（第 30 報），2004.
- 7) 湯沢砂防事務所：平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震による土砂災害と対応，2005.
- 8) Tuladhar, G.R., Marui, H., Bhattarai, P., Watanabe, N. and Tiwari, B.: Geotechnical characteristics of soil of Higashi Takezawa landslide area induced by earthquake, 第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.33-36, 2005.
- 9) 石井靖雄，野村康裕，藤澤和範，津國典洋，李黎明：地震動による地すべり土塊の強度低下について，第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.41-42，2005.

- 10) Gratchev, I., Sassa, K. and Fukuoka, H.: Cyclic behavior of soils with clay particles from earthquake-induced landslides, 第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.43-46, 2005.
- 11) 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基礎地盤の斜面崩壊に関する一考察, 第 40 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.2133-2134, 2005.
- 12) 水橋正典, Ramin, M., 東畑郁夫: 新潟中越地震の地滑り現場の土の圧密試験, 第 40 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.2129-2130, 2005.
- 13) 鈴木素之, 山本哲朗, 松原剛: 地すべり砂のリングせん断試験方法に関する 2,3 の検討, 第 41 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2006(投稿中).
- 14) 佐々恭二, 福岡浩, 汪発武, 王功輝: 平成 16 年新潟県中越地震により発生した再活動地すべり地における高速地すべり発生・運動機構, 第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.59-62, 2005.
- 15) 中村浩之, 土屋 智, 井上公夫, 石川芳治編: 地震砂防, 古今書院, pp.115-116, 2000.
- 16) 新潟県: 平成 16 年新潟県中越大震災による被害状況について(第 168 報)http://saigai.pref.niigata.jp/content/jishin/higai0201_1000.pdf, 2006.
- 17) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人土木研究所: 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震災害調査報告, 国土技術政策総合研究所研究報告第 27 号 土木研究所研究報告第 203 号, 第 2 編地形・地質, 2006 (印刷中)
- 18) 上野将司: 新潟県中越地震により発生した斜面変動に関する地形工学的検討, 平成 17 年度日本応用地質学会シンポジウム予稿集, pp.30-34, 2005.

(上野将司・後藤聡・櫻井正明・佐々木靖人・鈴木素之)

3.2 棚田, ため池等の被災状況

(1) はじめに

平地の水田および棚田は、一般に河川や湖等に水源を求め利用している。しかしそれが困難な所ではため池に依存したり、さらに天水に頼ったりしている。これは雨の少ない地域であるが、ため池は全国的に分布¹⁾している。稲の栽培と同じくため池も古くからあり、大きさ、所有形態も様々である。農業用水の確保が主目的であるが、大雨の際、雨水の一時貯留や、最近では人々の浸水空間の場として、また自然景観を形づくる重要な存在となっている。一方築造されて古いものが多く、農地の潰廃とともにため池も埋め立てられて減少している。ゴミや水質悪化、老朽化等から維持管理上の問題が浮かび上がっている。

(2) 棚田, ため池等の被災状況

棚田およびため池等、農業用施設は表 3.2-1~3.2-2²⁾ および図 3.2-1³⁾ に示すように、中越地震で大きな被害を受けた。被害数は 45 市町村で 14,848 箇所⁴⁾にのぼる。農業用施設の被害は、道路、水路等の損傷が多く、これにため池が続いている(写真 3.2-1)。農地の被害では、水田の破壊(写真 3.2-2)・耕作不能が多く、震源地に近い小千谷市、山古志村などの地域で際立っている。

表 3.2-1(a) 農業用施設被害状況 (新潟県: H16. 11. 14 現在)

被害対象物	箇所数	被害状況
ため池	561	堤体、洪水吐に亀裂、漏水、破堤
頭首工	63	
用排水機場	156	積みブロック崩壊
農地保全	154	
水路	4,491	法面崩壊による水路の落下
堤防	0	
道路	5,316	亀裂発生、隆起、液状化(砂利道)
橋梁	39	
農業施設合計	10,780 (43 市町村)	

表 3.2-1(b) 農地の被害状況

被害対象物	箇所数	面積 (ha)	主な被災地
農地	3,985 (32 市町村)	1,503	小千谷市、山古志村、栃尾市

水田・畑地の亀裂、崩壊、液状化、土砂による埋没

表 3.2-1(c) 生活関連施設

被害対象物	地区数	主な被災地
農業集落排水処理施設等	73 (21 市町村)	柏崎市、小千谷市

汚水管破損、マンホール浮上、排水不良

表 3.2-1(d) 公共土木施設 (農村振興局所管)

被害対象物	箇所数	主な被災地
地すべり防止施設	10	小国町、西山町、川西町

表 3.2-1(e) 行政管内別農業用施設

行政管内	総数 ()の 中は 箇所数	農業用施設			
		ため池	頭首工	水路	その他(揚水機, 堤防, 道路橋梁, 農地保全)
長岡地域振興局管内	12,977	446	54	4,040	5,226
三条農地事務所管内	317	10	0	142	40
上越地域振興局管内	9	2	0	165	0
小出地域振興局管内	909	64	5	44	195
柏崎地域振興局管内	157	8	3	1	76
新発田地域振興局管内	1	0	0	1	0
巻農地事務所管内	10	0	0	6	0
六日町地域振興局管内	17	0	0	5	3
十日町地域振興局管内	365	1	0	84	2
新潟農地事務所管内	3	30	1	3	123
新潟県計	14,765	561	63	4,491	5,665

新潟県/平成 16 年新潟県中越地震被害調査報告会 (日本地震工学会; 谷 茂)

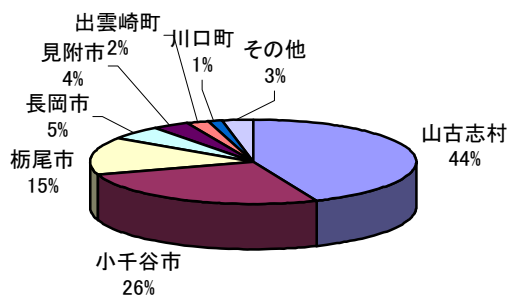


図 3.2-1(a) ため池の市町村別被害 (長岡地域振興局管内; 446 箇所)

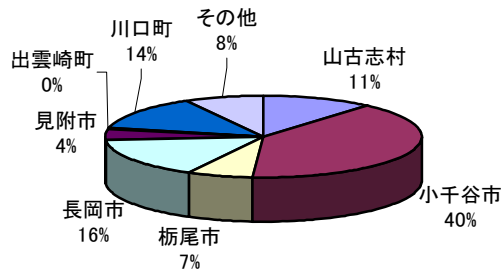


図 3.2-1 (b) 水路の市町村別被害
(長岡地域振興局管内; 4,040 箇所)



写真 3.2-1 (b) 被災ため池

コンクリートの洪水吐と堤体盛土(道路)との段差

(3) 農地・農業用施設の復旧状況

農地・農業用施設の復旧については、次のようである。

1) 被災農地の復旧状況について

農地の被災及び復旧状況を表 3.2-2 及び写真 3.2-1～3.2-2 に示す。被災した 8 市町の総水田面積農地のうち、地震により被害があった面積は約 4 割であり、早急復旧により、昨年 (H17.6.20) 作付け不可能面積は 989ha であり、来春 (H18) には 350 ha を見込んでいる。

表 3.2-2 被災農地の復旧状況 (新潟県; H17.12.22)

市町村名	市町村の総水田面積 (ha)	被災直後作付けに影響があった面積 (ha)	作付け不可能面積 (ha) (H17.6.20 現在)
長岡市	8,538	8,212	221
栃尾市	1,542	589	199
小千谷市	2,817	2,167	290
見附市	2,428	97	-
川口市	478	415	120
魚沼市	3,299	100	82
十日町市	5,608	800	77
柏崎市	4,558	30	-
計	29,268	10,410	989

大きな被害のあった 8 市町の復旧状況/H16.11.14(前出)時点での農地の(直接的)被害は、32 市町村、1,503ha であったが、上表の“被災直後作付けに影響があった面積計 10,410ha”は、H17.12.22 における直接・間接的作付けによる値であり異なる。



写真 3.2-1 (a) 被災ため池：ため池の漏水 (川口町)



写真 3.2-2 (a) 被災水田

地震により農業用水が供給できなくなり休耕した水田と仮設住宅 (川口町)



写真 3.2-2 (b) 被災水田

畦畔の崩壊、用水路の破損



写真 3.2-2(c) 被災水田
畦畔の崩壊，田面の亀裂

2) 復旧工事の進捗状況について

被災箇所 2,813 件（農地（971 件）・農業用施設（1,842 件）の内，H17.11 末時点では 2,768 件が発注済みの状況である（写真 3.2-3）.



写真 3.2-3(a) 小規模地すべり（復旧前；上越市提供）



写真 3.2-3(b) 小規模地すべり（復旧後）

参考文献

- 1) 内田和子：日本のため池，p64，海青社，2003.
- 2) 新潟県農地部：中越大地震で被災した農地・農業用施設の復旧状況について，2005.
- 3) 谷 茂：平成 16 年新潟県中越地震被害調査報告会 梗概集，P81，2004.

（青木正雄）

3.3 斜面对策工の被災状況

(1)はじめに

平成16年10月23日夕方に新潟県中越地方にM6.8の地震が発生した。この新潟県中越地震は、その後ほぼ30分以内に最大震度6強クラスの揺れが2度も生じたこと、地震の2日前に来襲した台風23号の影響もあって降雨と地震の複合的な災害であったこと、この地域が国内でも有数の地すべり地帯でもあると同時に低人口密度で高齢化が進んだ中山間地に発生した災害であること等から、様々な観点で調査が行なわれた。

この地域における主たる土砂災害は、斜面崩壊・地すべりであり、またその結果として生じた地すべりダムである。国土交通省の発表では崩壊箇所は3,791箇所であり、それらの内容については各機関で実態調査が行なわれて様々な機会に発表されている。ここでは斜面对策工の被災状況について報告する。

(2)斜面对策工の被災状況とその効果

一般的に斜面对策工は、道路土工のり面工・斜面安定工指針一、急傾斜地崩壊対策指針や治山技術指針等に基づいて対策工が施されており、中越地震の現場においても、なんらかの斜面对策工がこれら指針や基準に基づいて施されている。これらの斜面对策工の大部分は、表層崩壊については有効であった。しかし深い斜面崩壊や地すべりについては、崩壊規模が推定を超え対策工自体の損傷や土砂災害に至った箇所が大部分であった。以下に、主な対策工の被災状況を説明するが、その他いくつかの対策工についてはその効果及び融雪前後の状況について説明する。

①吹付け工

写真3.3-1～写真3.3-3に、吹付け工の損傷事例を示す。写真3.3-1は48地点の状況であり、吹付け工を施した切土のり面上部の吹付け部が剥離し、下写真に示すように道路上に剥離した材料やそれに伴う土砂が散乱している。また吹付け工表面には亀裂が生じている状況であった。このような損傷事例は、他の吹付け工施工箇所にも見られ、剥離箇所のほとんどが対策箇所の上部に見られることから、地震時の振幅が最も大きい箇所に該当していたためと考えられる。なお写真3.3-2は25地点の吹付け工の損傷状況であるが、この切土のり面に施した吹付け工部は、全体が剥離している箇所がパッチワーク状に存在している。吹付け工のこのような剥離規模の違いは、吹付け面と地山との間に生じる空洞の有無やその規模、地山の風化状態によるものと考えられる。写真3.3-3は写真3.3-2と同一箇所の雪解け後の状況であるが、若干の表層土の流出があるものの、ほとんど変化は見られない。



写真 3.3-1 吹付け工被災事例 (48 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-2 吹付け工被災事例 (25 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-3. 吹付け工の被災事例 (25 地点 : 05.05.14)

②のり枠工

写真 3.3-4 は浦柄地区の大規模岩盤崩壊現場に近い箇所で見られたのり枠工の被災事例である。上の写真では奥にあるのり枠工は健全な状態であるが、手前ののり枠工はすべりに伴って移動した状態である。こののり枠工を横から見たのが、下の写真である。こののり枠工は交点に長さ 2 m 程度の異形棒鋼が施されており、「のり枠工+鉄筋挿入工」として切土部の比較的浅いすべりに対する対策工としてなされていたものと考えられるが、深いすべりによって、異形棒鋼とのり枠工全体がすべり土塊毎移動したことによって破壊した事例である。

上越線沿いの天納地区、中山地区で見られたのり枠工の被災事例を写真 3.3-5、写真 3.3-6 に示す。いずれののり枠工もほぼ形を保った状態で、すべり土塊と一緒に斜面下方にすべった状況である。

写真 3.3-7 は施工中に被災したのり枠工の状況である。のり枠工の枠が吹付けまで完了した箇所については変状は見られない。しかし型枠しか施工されていない箇所については崩壊した。この隣の枠の状況を示したのが写真 3.3-8 である。のり枠工が完成した箇所については変状は見られないが、施工されていない上部の自然斜面において斜面崩壊が生じ、その土砂が完成



写真 3.3-5 のり枠工の被災事例 (60 地点 : 05.05.15)



写真 3.3-6 のり枠工の被災事例
(62 地点 : 東京電機大学安田教授提供)



写真 3.3-4 のり枠工の被災事例 (48 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-7 のり枠工被災事例 (50 地点 : 04.11.28)

したのり枠を覆っている。なお写真 3.3-8 ののり枠工の基礎を示したのが写真 3.3-9 であるが、地震によって基礎部となる擁壁が崩壊している。



写真 3.3-8 のり枠工の効果事例 (50 地点 : 04.11.28)



写真 3.3-9 のり枠工基礎部の被災状況
(50 地点 : 04.11.28)

写真 3.3-10 および写真 3.3-11 は、写真 3.3-7 と写真 3.3-8 ののり枠工の融雪後の状況を示している。

写真 3.3-10 ののり枠工を覆っている土砂量が若干増加していることや足場が雪によって崩壊している状況が見られるがのり枠自体に変状は見られない。写真 3.3-11 ののり枠は、コンクリート吹付けされていない

箇所。のり枠がほとんど無くなっている程度であり、吹付けされたのり枠の箇所については変状は見られない。



写真 3.3-10 融雪後の状況 (50 地点 : 05.05.15)



写真 3.3-11 融雪後の状況 (50 地点 : 05.05.15)

③擁壁工・ブロック積み工等

写真 3.3-12～写真 3.3-15 は、一般的な擁壁工の被災状況を示している。擁壁工では、転倒・滑動現象が見られた。写真 3.3-12 では、擁壁背後の土砂の移動に伴ってもたれ式擁壁が転倒した事例である。写真 3.3-13

は道路脇に設置されていたL型擁壁が底板部から滑動した状況である。ブロック積みについては、写真3.3-14のように、亀裂・折れ曲がりという現象が見られた。なおこの他、すべり土塊と一緒に動き擁壁工全体が形状を保ったまま転倒している事例も見られた。写真3.3-15では、のり面の侵食防止のためにプレキャスト製のコンクリートブロックを枠状に組立てる方法であ

るが、ブロック枠工内の間詰め石が地震によって飛び出す事例が見られた。（写真3.3-16参照）



写真 3.3-12 擁壁工の被災状況 (29 地点：04.11.27)



写真 3.3-15 ブロック枠工の被災状況
(55 地点：04.11.28)



写真 3.3-13 L型擁壁工の被災状況 (44 地点：04.11.27)



写真 3.3-16 飛散した間詰め石 (55 地点：04.11.28)



写真 3.3-14 ブロック積み擁壁の被災状況
(44 地点：04.11.27)

④井桁擁壁

地すべり地帯では、斜面のり尻部等に排水性の高い井桁擁壁が一般的に使用される。写真3.3-17～写真3.3-20に井桁擁壁の被災状況を示す。写真3.3-17は切土のり面に設置された井桁擁壁であるが、接合部の板が外れて裏込め材が流出しており、擁壁自体も中腹部に孕みだし現象が見られる。写真3.3-18及び-19は、盛土のり尻に設置された井桁擁壁の被災状況を前者は側面から、後者は正面から撮影したものである。背後の盛土部のすべりによって擁壁中腹部に亀裂が生じ、写真のような被災状況になったものであるが、これだけ変形したとしても背後土砂の流出はなく、機能は果たしていることに驚かされる。同じように大きく変形しても擁壁としての機能を果たしている例を写真3.3-19に示す。この場合も背後のすべりによって、井

桁擁壁が大きく孕んでいるが土塊の流出はない。



写真 3.3-17 井桁擁壁の被災状況 (45 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-18 井桁擁壁の被災状況 (36 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-19 井桁擁壁の被災状況 (36 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-20 井桁擁壁の被災状況 (6 地点 : 04.11.28)



写真 3.3-21 融雪後の井桁擁壁の状況
(36 地点 : 05.05.14)

写真 3.3-21 は南荷頃地区 (36 地点) の井桁擁壁の融雪後の状況であるが、変形はほとんど進行していない。このような現象は井桁擁壁の構造上の特性と中詰め材の栗石のせん断抵抗による“ねばり”による効果と考えられ、井桁擁壁を排水性だけでなく変形追随性が高い構造物であることを再認識させるものである。

⑤地すべり対策工

写真 3.3-22 は、地すべり抑止杭と思われる鋼製杭であるが、この鋼製杭を含む範囲が移動土塊が水を含み流動化し、杭間を中抜けした例である。また写真 3.3-23 にこの抑止杭を含む地すべり全景を示す。同写真内の赤丸箇所が地すべり抑制杭の箇所である。



写真 3.3-22 地すべり抑止杭の被災状況



写真 3.3-23 上記抑止杭含む地すべり全景
(8 地点 : 04.11.27)

写真 3.3-24 は、地すべり対策工として集水井とふとんかご工が施された棚田の事例である。この棚田の周囲の斜面や棚田は地震によって何らかの被災を受けているが、このような対策工が施された箇所は変状が見られない。



写真 3.3-24 集水井が施された棚田の状況
(6 地点 : 04.11.28)

⑥補強土構造物



写真 3.3-25 ジオテキスタイルによる補強盛土の状況
(35 地点 : 04.11.26)

写真 3.3-25 の上の写真が、ジオテキスタイルを盛土内に多層に配置して築造された補強盛土であることを説明した看板で、下の写真はその盛土上部の道路の地震後の状況である。路面上において多少の沈下が生じ

ているものの、ほとんどわからない。

写真 3.3-26 は、融雪後の同じ地点の状況である。路面が多少修正されていることに気がつく。このように補強土工法で築造された構造体については、微少な変形であり実用上障害に至るような被災はほとんど生じていない。



写真 3.3-26 融雪後の状況 (35 地点 : 05.05.14)

⑦軽量砕工



写真 3.3-27 軽量砕工の被災状況 (52 地点 : 04.11.28)



写真 3.3-28 融雪後の状況 (52 地点 : 05.05.15)

写真 3.3-27 は、切土のり面に設置された軽量のり枠工の被災状況である。この工法は切土や盛土のり面表面の侵食防止や緑化を目的に設置されるもので、プラスチック製、金属製や金網製の枠材をのり面に設置し交点に長さ 1 m 程度の杭を打設して枠を固定する方法である。地震によって金属製の枠材が浮き上がり、交点の鉄筋から外れて写真のように変形したものである。写真 3.3-28 は融雪後の状況であるが、雪によって更に変形が進んでいる。

⑧ふとんカゴ工

写真 3.3-29 は比較的浅い表層崩壊をふとんカゴ（ふとんカゴユニット一体の高さ 1 m）が捕捉した事例である。同一斜面で表層崩壊が発生した箇所と発生しなかった箇所の違いについては不明であるが、表層崩壊を捕捉した箇所は、(b)で示すように変形がほとんどない状態で捕捉している。一方写真 3.3-30 はすべりを捕捉しているようであるが、線材が座屈したためかごが変形している。写真 3.3-31 は、表層崩壊によってふとんカゴ（ふとんカゴユニット 1 体の高さ 50cm）全体が転倒している状況である。



写真 3.3-29(a) ふとんカゴの土砂捕捉効果
(49 地点 : 05.05.15)



写真 3.3-29(b) ふとんカゴの土砂捕捉効果
(49 地点 : 05.05.15)



写真 3.3-30 ふとんカゴ被災状況 (49 地点 : 05.05.15)



写真 3.3-31 ふとんカゴ被災状況 (23 地点 : 05.05.14)

ふとんカゴ工の効果が見られた箇所が写真 3.3-32 に示す小平尾地区の現場である。棚田周囲がこのような方法で補強されていない箇所ではすべりが発生していたが、この現場のように棚田周囲がふとんカゴや大型のふとんカゴで補強されている箇所では、変状がほとんど生じていない



写真 3.3-32 ふとんカゴによって補強された棚田
(20 地点 : 05.05.13)

写真 3.3-35 は、旧山古志村大谷地地区に過去の崩壊

地に山腹土留め工として設置された鋼製枠構造物の状況である。山腹土留め工とは治山事業において山腹に設置される擁壁工であり、枠構造物とはH鋼をボルトで組立て、栗石を中詰めした重力式構造物であり、特に排水性・地盤への追従性が要求される場合に採用されている。この現場では枠構造物前面の斜面に多少の変形が見られる他、電信柱も谷側に傾いている。しかし枠構造物背後の斜面は変状は見られない。写真3.3-36は同一箇所の融雪後の状況であるが、ほとんど変化は見られない。



写真 3.3-33 鋼製枠構造物の状況
(14 地点 : 04.11.27)



写真 3.3-34 上記現場の融雪後の状況
(14 地点 : 05.05.13)

⑨なだれ対策工

中越地震が発生した旧山古志村は、地すべり地帯であるとともに豪雪地帯でもある。そのため道路、民家を雪崩災害から防止するために雪崩予防柵を主体とした雪崩対策工が設置されている。雪崩予防柵の被災は、おおよそ次の3つの種類に分類される。

- a. 深い斜面崩壊による土塊と一緒に予防柵が崩壊した事例
- b. 表層崩壊によって雪崩予防柵の変形または基礎部が破壊し弱体化した事例
- c. 表層崩壊による表土が予防柵で捕捉され、予防柵

自体の雪崩防止機能が低下した事例

写真3.3-35、桂谷トンネル横の深いすべりによって被災した雪崩予防柵の状況である。上部工はほとんど変形しないまま基礎ごとすべった状況がわかる。写真3.3-36は、同様に深いすべりで被災した雪崩予防柵の状況であるが、土塊が一様にすべっていないため、上部工にねじれや折れ曲がりが見られる。基礎は露出していない。同じ箇所の融雪後の状況が写真3.3-37であるが、ほとんど変化は見られない。



写真 3.3-35 深いすべりによって土塊ごと移動した
予防柵の被災事例 (30 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-36 深いすべりによって土塊ごと移動した
予防柵の被災事例 (44 地点 : 04.11.26)



写真 3.3-38 同上融雪後の状況 (44 地点 : 05.05.14)

写真 3.3-39 は、旧山古志村役場付近の雪崩予防柵の被災状況である。斜面上部の柵の基礎前面土砂が表層崩壊によって流出と柵上部の表層崩壊によって予防柵がほぼ形を保ったまま移動した除強である。斜面下の柵は表層崩壊土砂を捕捉している状況であるが、柵自体は変形は生じていない。しかし積雪層の保持機能が低下しているため雪崩の発生する可能性がある。写真 3.3-40 は融雪後の状況であるが、若干の土砂流出は見られるものの積雪前とほとんど変化はない。



写真 3.3-39 表層崩壊によって基礎が破壊した事例と表土が予防柵で捕捉され予防柵機能が低下した事例
(34 地点 : 04.11.16)



写真 3.3-40 同一箇所の融雪後の状況
(34 地点 : 05.05.14)

写真 3.3-41 は、濁沢町竹之高地区の予防柵の被災事例である。深さ 1 m 程度の表層崩壊によって予防柵が基礎ごと移動している状況である。その基礎部の状況が写真 3.3-42 であるが、基礎が支持基盤内のすべり破壊によって一緒に移動したことがわかる。またこの予防柵と同列にある柵は、基礎前面の土砂が表層崩壊によってなくなっており、基礎部が弱体化している。

写真 3.3-43 は、融雪後の同一現場の状況である。写真 3.3-41 の予防柵は撤去されているが、斜面上に残っている予防柵の基礎前面の土砂が崩壊によってなくなっている状況は積雪前と変わらないが、以前として不



写真 3.3-41 表層崩壊で基礎ごと崩壊した予防柵の事例
(49 地点 : 04.11.28)



写真 3.3-42 被災した予防柵基礎部の状況
(49 地点 : 04.11.28)



写真 3.3-43 融雪後の同一現場の状況
(49 地点 : 05.05.15)

安定な状況にある。

なお写真 3.3-39 及び写真 3.3-41 のように表層崩壊によって予防柵が移動している現象については、基礎の支持基盤となっている第四紀層軟岩の風化（スレーキング）による強度低下も原因のひとつではないかと考えられ、今後の解明が望まれる。

(3) おわりに

本項では斜面对策工の被災状況について整理してきたが、被災状況調査は、斜面对策工の効果を確認することにもなった。その結果何らかの対策工が施されていれば、対策工自体に何らかの変状が生じたものがあるものの、被害が小さいことがわかった。

また今回の調査した範囲では、被災した斜面对策の構造物の被災状況が積雪及び融雪によって更に悪化したという現象は見られなかった。しかし吹付け工については、経年劣化と関係していると思われるようなパッチワーク的な剥離が生じており、他地域においても、吹付け工のり面の劣化度調査を行い危険箇所の把握を行う必要があると考える。

参考文献

- 1)国土交通省：平成 16 年度新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の発生状況について（続報），地震関連報道発表資料，2005.
- 2) 湯沢砂防事務所：平成 16 年新潟県中越地震による土砂災害と対応.
- 3) 大塚悟：切土斜面の地震被害，基礎工.Vol33.No10, 2005.
- 4)平田文：2004 年 10 月新潟県中越地震による斜面災害と斜面对策工，第 3 回土砂災害に関するシンポジウム論文集,2006,投稿中.
- 5)三澤雄一郎：新潟県中越地震による雪崩防止柵の支持地盤の崩壊について，平成 16 年度環境都市工学科卒業研究論文集，長岡工業高等専門学校，2005.

(岩佐直人・平田文)

3.4 なだれ防止工の被災状況

(1) なだれ防止工の被災

新潟県中越地震の被災地周辺は、豪雪地帯に位置することから、冬季には、斜面上の積雪が崩落するなだれが発生する危険斜面が山間部を中心に多数存在する。そのため、古くから道路・集落をなだれから守るために、危険斜面に対してなだれ防止工が設置されているが、今回の地震で、多くのなだれ防止工が被災した(図3.4-1、写真3.4-1～3参照)。特に、なだれ危険斜面に設置する予防柵(図3.4-2参照)は、なだれを直接的に防止することから確実な効果が期待できるために、ほとんどの危険斜面に設置されており、被災例も数多く見られる。なだれ防止工は、豪雪地帯において欠くことのできない重要な基盤施設であり、早急な復旧が望まれる。

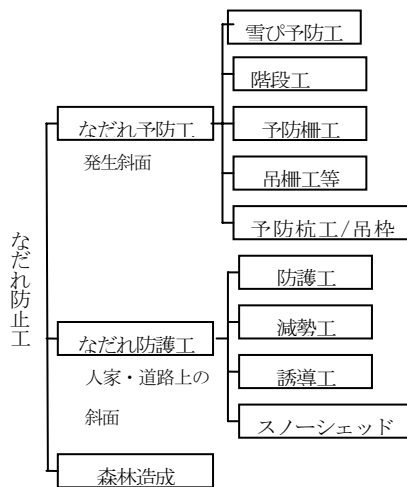


図 3.4-1 なだれ防止工の概要¹⁾

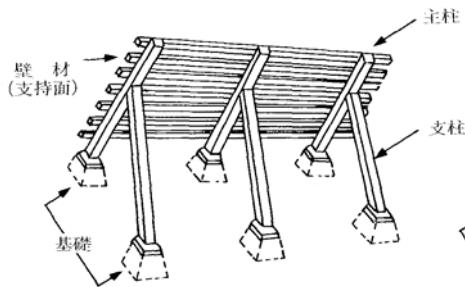


図 3.4-2 なだれ予防柵の模式図²⁾



写真 3.4-1 被災した予防柵(38地点: 05.323)



写真 3.4-2 被災した吊柵(旧山古志村竹沢05.531)



写真3.4-3 崩土により押しつぶされたスノーシエツド(12地点:04.11.27)

(2) 予防柵の被災状況

予防柵は、なだれ危険斜面において、斜面の積雪層を保持するために斜面全体に設けるものであり、治山事業(なだれ防止林造成事業)や道路管理者により多くの斜面に設置されている。こうした予防柵の設置斜面は、急斜面で岩盤が露出したところ多いが、今回の地震による崩壊等により、予防柵の被害が多発した。

被災地の大部分を所管する新潟県長岡地方振興局管内において、治山事業で実施された予防柵等の設置地区、予防柵等の被災状況を表3.4-1,2にまとめた。この結果によると設置地区113箇所のうち33%に当たる37箇所が被災している。被災地区は、いずれも震度6弱以上を記録した旧山古志村、旧長岡市、小千谷市、川口町であり、この区域では3～6割の地区がなんらかの被害をうけている。この区域は、斜面崩壊が集中している区域³⁾とほぼ一致する。また、被災地区には661基の予防柵があるが、4割近くが、崩落、破損等の被災を受けており、なだれ防止機能が大幅に低下している。

筆者らが現地調査を行った結果によると、被災を受けた予防柵には、次のような問題が生じている。

①崩壊による予防柵の崩落(写真3.4-4～8)

予防柵が崩落によって失われ機能が消失している箇所は、積雪期になだれ発生の危険性が高い。また、柵が崩落した部分の積雪移動が大きくなり、その移動圧によって崩落した柵に隣接した柵が被災する危険性がある。

表 3.4-1 治山事業における予防柵等の設置地区の被災状況

区分		震度	豪雪地帯	特別豪雪地帯	全数		被災地区数	比率
現在	災害発生時				地区数	柵基数		
長岡市	長岡市	6弱		○	26	434	15	57.7%
長岡市	山古志村	6強		○	16	390	9	56.3%
長岡市	越路町	6弱		○	3	32	0	0.0%
長岡市	小国町	6強		○	8	88	0	0.0%
小千谷市	小千谷市	6弱(6強)		○	17	118	8	47.1%
川口町	川口町	7		○	13	82	5	38.5%
長岡市	栃尾市	6弱		○	8	225	0	0.0%
柏崎市	柏崎市	5以下		○	5	204	0	0.0%
柏崎市	高柳市	5以下		○	10	185	0	0.0%
柏崎市	西山町	5以下	○		1	3	0	0.0%
加茂市	加茂市	5以下		○	2	3	0	0.0%
見附市	見附市	5以下	○		1	14	0	0.0%
三条市	下田村	5以下	○		3	11	0	0.0%
計					113	1789	37	32.7%

注) 柵基数には過去に撤去したものも含まれるために参考値である。

注) 被災状況は新潟県長岡振興局農林振興部森林施設課調べ

表 3.4-2 治山事業における予防柵等の被災状況

区分		被災地区数	被災地区の状況						
現在	災害発生時		柵基数	崩落	破損	小計	比率	要排土	比率
長岡市	長岡市	15	299	26	42	68	22.7%	91	30.4%
長岡市	山古志村	9	251	17	148	165	65.7%	51	20.3%
小千谷市	小千谷市	8	67	8	2	10	14.9%	18	26.9%
川口町	川口町	5	44	2	7	9	20.5%	6	13.6%
計		37	661	53	199	252	38.1%	166	25.1%

注) 被災状況は新潟県長岡振興局農林振興部森林施設課調べ

② 予防柵自体の被災(写真3.4-9～12)

斜面崩落により発生した崩土が衝突することにより、柵が変形・破壊している箇所が見られる。また、柵本体が被災を受けていなくても、コンクリート基礎が地震動によって、浮いたり、不安定となっているものもある。被災した柵は、積雪期の雪圧に耐え切れずに、崩落する危険性がある。

③ 予防柵への崩土堆積(写真3.4-13～14)

斜面崩落により発生した崩土が予防柵上に堆積している箇所があるが、積雪期に予防柵が機能を発揮せずに雪崩が発生する危険性が高い。また、多雪年に柵上からせり出した積雪により柵が積雪中に埋まった場合は、雪圧の数倍となる沈降力により、予防柵が倒壊する危険性がある。

以上のように、なだれ予防柵に何らかの被害が生じている斜面においては、予防柵の新設、柵・基礎の補修、崩土の排土を行う必要がある。また、対策が終了するまでの期間は、その危険度に合わせて、なだれの発生が予測される場合は、交通止め・避難などの処置が必要である。

参考文献

- 1) 土木学会斜面工学研究小委員会：知っておきたい斜面のはなしQ&A—斜面とくらす—, p144, 土木学会, 2005.
- 2) 林野庁監修：治山技術基準解説 防災林造成編, p252, 日本治山治水協会, 2004.
- 3) 櫻井正明, 後藤聡：自然斜面の崩壊と土砂災害, 基礎工 Vol. 33, No. 10, p66, 2005.

(櫻井正明)



写真 3.4-4 予防柵が崩落した斜面(旧山古志村竹沢,31地点) 左:崩落前・右:崩落後 新潟県長岡地方振興局提供



写真 3.4-5 崩土と共に崩落した予防柵(旧山古志村 05.5.31)



写真 3.4-8 倒壊した道路上の予防柵 (旧山古志村 05.5.31)



写真 3.4-6 表層崩壊によりすべり落ちた予防柵
(東竹沢 05.5.13)



写真 3.4-9 崩土の衝突により部材が変形した予防柵
(旧山古志村竹沢) (31 地点 : 05.5.31)



写真 3.4-7 表層崩壊により崩落した予防柵 (長岡市濁沢町)
(56 地点:05.3.27)



写真 3.4-10 深層崩壊により基礎が露出した予防柵
(旧山古志村 05.5.31)



写真 3.4-11 地盤の変位により基礎が浮いた予防柵
 (旧山古志村竹沢) (左: 32地点:04.11.26 右: 31地点:05.5.31)



写真 3.4-14 崩土が堆積した予防柵 (旧山古志村竹沢)
 (32地点: 04.11.26)



写真 3.4-12 深層崩壊により基礎が浮いた予防柵
 (旧山古志村竹沢) (31地点:05.5.31)



写真 3.4-15 崩土に埋まった予防柵 (長岡市濁沢)
 (56地点: 05.3.27)



写真 3.4-13 崩土・倒木が堆積した予防柵
 (旧山古志村寺野) (11地点: 04.11.27)

3.5 住宅地における斜面災害

(1) はじめに

今回の地震活動によって、道路や鉄道などの輸送路、下水道・電気などのライフライン、山地の自然斜面の崩壊、天然ダムの形成など、地盤に関連して多くの被害が報告されている。中でも、山古志村を中心とする山地斜面での地すべり災害が注目されたが、人口や経済的影響の点では都市域の宅地地盤の被害も深刻であったと言える。そこでここでは、都市域の住宅地で発生した斜面災害に焦点を当て、主に長岡市を中心とした東山丘陵北西縁部で発生した被害について述べる。

(2) 長岡盆地周辺の地形・地質



図 3.5-1 長岡盆地周辺の活断層と被害地域

長岡市付近の信濃川の両側に沿って、幅 15-20km の丘陵が北北東-南南西方向に連続している。東側の丘陵は全体として魚沼丘陵と呼ばれるが、丘陵を横切る魚野川の北側を特に東山丘陵と呼ぶ。西側の丘陵は長岡付近では西山丘陵と呼ばれ、南方に向かって次第に高度を上げながら頸城丘陵に連続する。東西 2 つの丘陵の間は長岡盆地と呼ばれる低地が形成されていて、北方の新潟平野に続いている。東山丘陵・西山丘陵は新第三紀及び第四紀の褶曲した地層からなる隆起帯となっている。丘陵を構成する地層の大部分は一連の海成砕屑岩類であるが、最上部の魚沼層は鮮新世末から第四紀中期までに堆積した内湾から平野の堆積物（礫、砂、泥、一部は火山灰）からなる。長岡盆地内部の河成段丘は、信濃川西岸域で発達が良く、東岸域では活断層沿いの地塁状の丘陵をわずかに修飾しているに過ぎない。したがって、盆地東縁部ではしばしば沖積面が直接丘陵斜面に連続する 경우가多く、この部分斜面勾配は総じて急である。

東山丘陵と西山丘陵は最近約 200 万年以降に陸地になり、現在に至るまで隆起を続けてきたと考えられている。その過程で隆起から取り残された部分が長岡盆地となった。したがって、長岡盆地の東西両縁部には変位速度のずれを表現した活構造が認められ、東縁部は活断層（悠久山断層）、西縁部は活断層と活撓曲軸（深部では活断層）が形成されている。すなわち、こうした丘陵の内部で発生した今回の新潟中越地震は、現在にまで引き続く地殻変動（丘陵と盆地を形成運動）が表現されたものであると考えられる。

(3) 長岡の都市発達

長岡市は、人口約 20 万、新潟県第 2 の都市である。長岡市郊外の開発は、戦災復興事業による区画整理から始まったが、昭和 41 年に開始された国の第一期住宅建設 5 ヶ年計画に呼応し、昭和 40 年代前半から加速した。この頃、10 数地区で土地の区画整理と市街化区域への編入が進められ、市、県住宅供給公社、民間の住宅、雇用促進事業団のアパート、市営アパートなどが建設され、水田地帯が急激に住宅地に変容していった。土地区画整理事業は、昭和 40 年代後半には更に大規模化し、昭和 50 年からは、長岡ニュータウンの建設も開始された。現在の市域が確定した昭和 35 年以降の人口の変化を見ると、昭和 55 年頃までは急増しているが、それ以後は二度のオイルショックの影響もあり漸増に転じている¹⁾。今回の地震による都市域の斜面災害は、こうしたバブル期以前の郊外住宅地で発生した。

(4) 都市域の地震動

長岡市周辺の強震観測点は、K-NET長岡支所（長岡雪氷防災研究所：NIG028）、K-NET長岡（千種小学校：NIG017）、JMA長岡、K-NET小千谷（NIG019）、JMA小千谷が存在する。このうち、K-NET長岡とJMA長岡は観測位置が近く、ほぼ同様の記録である。また、K-NET小千谷は表層地盤の液状化の影響を受けていると考えられる。

図3.5-2(a)は、本震の速度応答スペクトル（5%減衰）と速度の水平粒子軌跡である。山古志村の記録では、1~2秒の周期に400 cm/sに達する大きな応答のピークが認められ、1秒以下の周期では応答が急激に減少している。これに対し、K-NET長岡支所での応答スペクトルは短周期側が顕著となり、0.3秒から2秒程度の領域が優勢である。応答は100 cm/sを超える大きな値を示している。K-NET長岡の応答スペクトルはK-Net長岡支所のもものと類似しており、スペクトルの平坦領域が0.2秒から5秒と

拡大すると共に、応答値は50 cm/s 程度に低下している。

速度の水平粒子軌跡についてみると、直下型地震

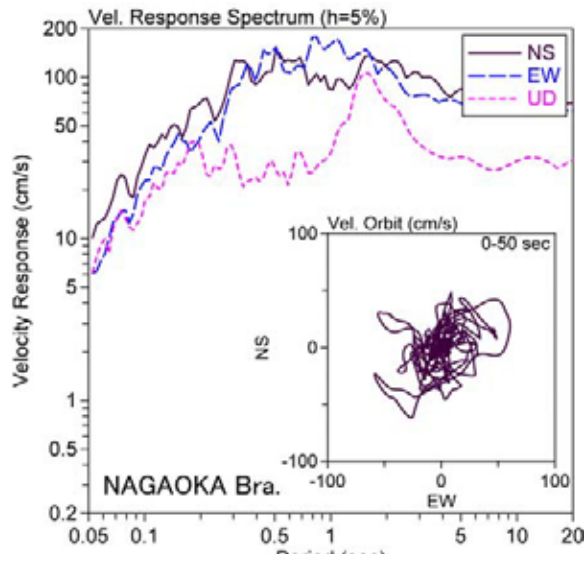
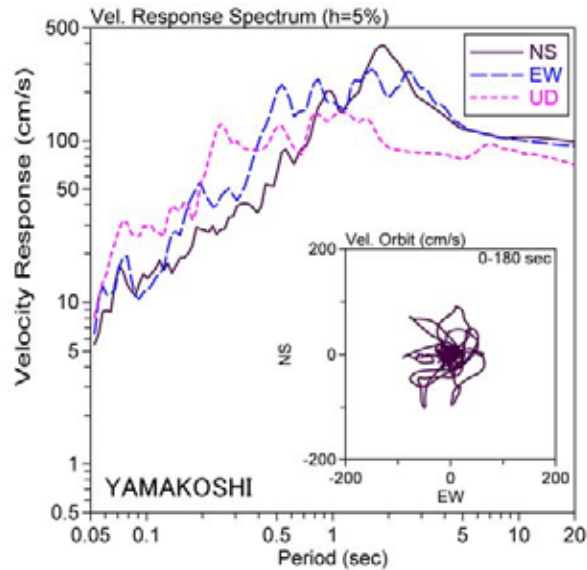


図 3.5-2 (a) 本震の震動特性（速度応答スペクトルと粒子の速度軌跡）

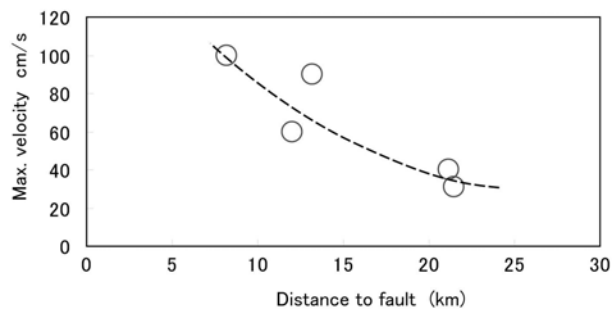
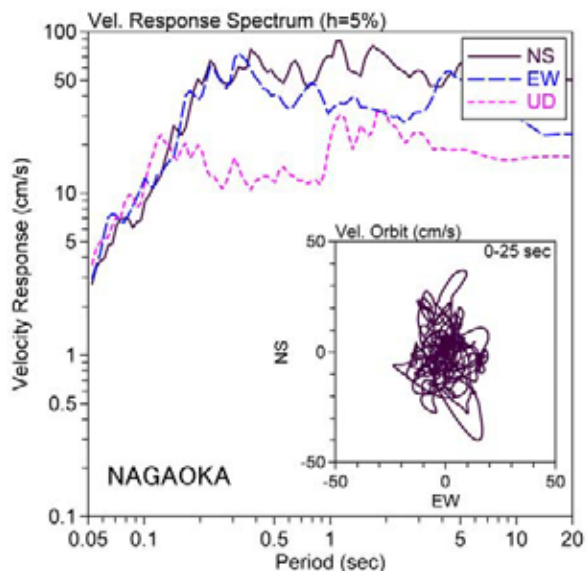


図 3.5-2 (b) 本震の震動特性（最大速度の距離減衰）

の性質を反映して震源断層に近い山古志の記録には定向性が認められないが、JMA 小千谷では断層の走向に直交する方向（北西—南東方向）に強軸方向が認められる。一方、震源断層からやや外れた K-NET 長岡支所と K-NET 長岡では、北東—南西及び南北方向に強軸方向が認められる。K-NET 長岡支所付近は、悠久山断層に沿って北東—南西の地質構造が支配的であり、こうした強軸方向の変化は地域的な地質構造の影響を受けている可能性が高い。このことは、縁辺部の活断層系を含めた広義の盆地構造が、山古志村～K-NET 長岡で見られた卓越周期の短周期化現象（図-2a）に影響していることを示唆するものと考えられる。

図3.5-2 (b)は、堀川の仮定した断層面²⁾までの

距離と本震の最大速度の関係である。ほぼ直線的に最大速度の距離減衰が認められるが、地震の規模（M6.8）に比べて絶対値が大きいことが特徴として挙げられる。

(5) 被害

今回の地震による宅地の斜面災害は、地形的に丘陵地端部の斜面と丘陵地と低地の境界部の低地側で発生しており、特に長岡市の東部郊外で顕著である（図 3.5-1）。まとまった被害としては、高町団地、悠久山周辺、乙吉町鶴が丘団地の被害が著しい。これらの地点は、いずれも活断層である悠久山断層に沿って分布しており、類似した地形地質条件を有している。

(6) 高町団地

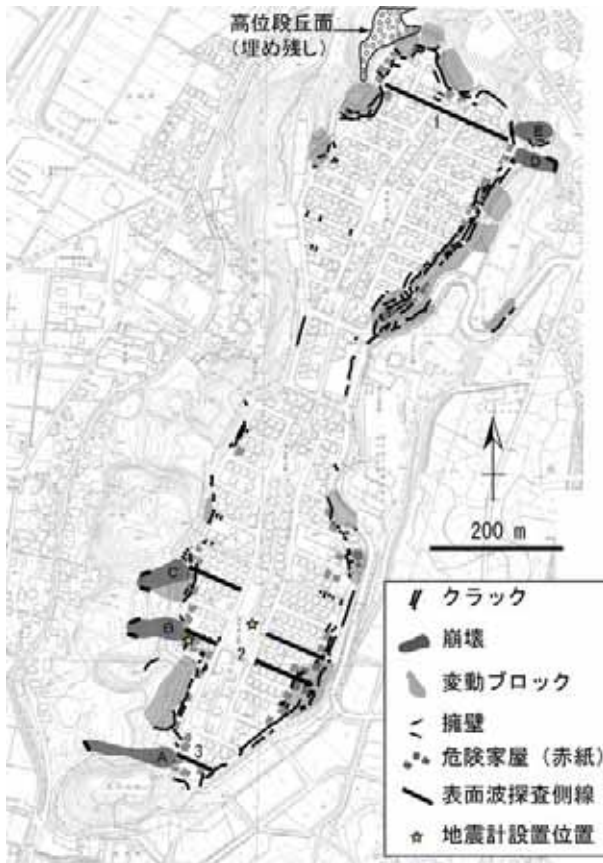


図 3.6-3 高町団地における被害の分布

開発と被害の概要

高町団地は、昭和 50 年代半ばごろに行われた民間の開発地である。昭和 55 年修正測量の 1/2.5 万地形図「片貝」³⁾に、一部の街区が記載されている。この当時、南側部分 (3, 4 丁目) の切り盛りは終わっているが、道路はできていない。開発以前は、魚沼層からなる標高約 90m の丘陵であった。東西両側を活断層 (悠久山断層) に画された南北に長い孤立した丘陵であり、団地の北東端を含む領域が高位段丘化 (標高約 60m) していた⁴⁾。開発は、基本的に標高 70m 以上の丘陵の頂部を切土し、周辺に盛土することにより、平坦地を多く確保する形式で行われた。したがって、盛土の大部分は粘土、シルトを主体とする魚沼層起源の土砂であり、締め固めによって凝灰岩のクサリ礫が特徴的に薄く引き延ばされている。周縁部に出現した高い盛土斜面は、コンクリート擁壁によって支持されていた。擁壁の高さは場所によって異なるが、ほぼ 4~6m で、主としてモタレ式擁壁である。団地の総戸数は 522 戸、人口は約 1820 人 (平成 15 年) でこのうち約 70 戸が応急判定によって危険家屋 (赤紙) と認定された。

被害と表層地盤

被害は周縁の盛土部に作られた外周道路とそれに沿った住宅に集中し、団地の中央部にはほとんど見られない (図 3.5-3)。このうちの 5 箇所では、斜面が崩壊し大きな被害が発生した。これ



写真 3.5-1 擁壁の割れ目から流出する地下水 (高町団地) (66 地点 : 04.10.31)



写真 3.5-2 高町団地における崩壊 A の頭部 (67 地点 : 04.10.31)

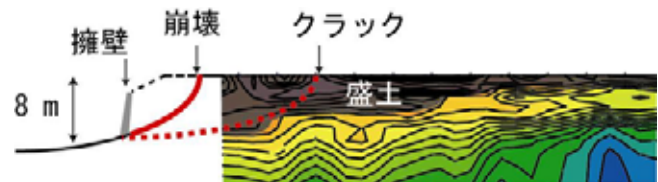


図 3.5-4 崩壊 B の背後斜面における盛土の分布

らは、全て浅い谷の谷頭部に相当し、盛土が谷埋めの形式となったため、周囲よりもやや厚く、擁壁に作用する土圧が大きかった箇所である。崩壊しなかった地点でも、クラックや沈下等の被害分布から変形ユニットを認定できる場合が多い。これらの変形ユニットの幅は場所によって異なるが、50~100m である。詳細に見ると外周部においても被害分布に

は粗密があり、崩壊斜面は、台地状造成地の北東端と南西端に分布しており、クラック等の変形もその周辺で顕著である。近くに位置する K-NET 長岡支所の速度記録では北東-南西の強軸が認められ、高町団地においても同様の強震動が作用したとすれば、こうした被害分布は地震動の強軸方向を反映している可能性がある。

盛土の厚さは、一般に周縁部ほど厚くなるが、開発前の丘陵の地形が複雑であったため、詳細に見ると場所によってかなり異なっている。高精度表面波探査の結果を見ると、崩壊した部分の盛土の厚さは、崩壊 B では約 7~8m である(図 3.5-4)。また、北西部では、10m に達する厚い盛土が広く分布する。これは、高位段丘面(標高約 60m)と計画した標高(約 70m)の比高の差を埋めたためであると考えられる。このため、団地北西端の住宅周辺では、旧地形では尾根上に当たるのにも関わらず、変動が顕著であり地盤が放射状に移動したことを示すクラック認められた。ただし、この部分の盛土の S 波速度は、崩壊地点の谷埋め盛土よりも約 1.2~1.5 倍程度早く、顕著な崩壊は発生しなかった。開発以前の地形が広く平坦な段丘面であり谷の様な集水地形では無いため、地下水位が比較的 low、サクシオンの影響を受けているためと考えられる。

また南東部では、幅の広い谷状の低速度帯が団地中央部の表層に認められる。S 波速度は、やや崩壊した周縁部の盛土よりも速いが、形状から見て谷埋め盛土である可能性が高く、旧地形によってはかなり内陸にまで谷埋め盛土が及んでいることを示している。昭和 6 年測量の 1/2.5 万地形図「片貝」⁵⁾には、この部分に短く深い谷が描かれているが、昭和 32 年の 1/1 万「長岡市全図」⁶⁾にはこの谷は描かれていない。この谷は開発以前に埋められていた可能性もあるが、それよりも測量精度の問題で表現されなかった可能性の方が高いと考えられる。したがって、この谷埋め盛土は、地形図(この場合は縮尺 1/1 万)の単純な比較によって谷埋め盛土を発見しようとする場合、その盛土規模に関する適用限界(下限)を示す事例と考えられる。

崩壊

残存する擁壁の壁面に地下水の古い流出痕が認められること、一部の擁壁の中央部付近から地震後も地下水の浸出が認められることから、通常は擁壁底面よりも高い位置に地下水位が存在していると考えられる。したがって、崩壊には間隙水圧の急激な上昇が影響したと考えるのが妥当である。しかし、崩壊土砂の到達距離が長く、土砂が流動化したと考

えられるのは崩壊 A のみであり、他は流動化に至らなかった。ただし、崩壊 A では、他に比べて崩壊源に残留している土砂が多く、ここでは後退的に崩壊が進行し、見かけの到達距離が長くなった可能性もある

崩壊の末端部に見られる擁壁の断片を見ると、前面に倒壊したものは少なく、底部から全体として移動し、谷の中央部付近にあったものが、最も遠方まで達しているケースが多い。これは、底面付近を巻き込む大きな土圧によって、擁壁が土砂と共に移動を開始し、土砂の速度場構造によって決まる到達距離に応じて断片が配置されたためであると考えられる。

(7) 悠久山周辺

悠久山は開発以前の高町団地と同じく、両側面を断層で画され、孤立した標高約 100m の丘陵である。悠久山には多くの文化財が分布し、中心部には本来の地形が残されている。しかし、周辺部は宅地化さ



図 3.5-5 悠久山一帯における被害の分布

れており、転々と谷埋め盛土が分布する。これらのうち 6 箇所地すべり性の変動が認められた(図 3.5-5)。5 箇所は悠久山北側の悠久町から東片貝町に至る斜面で発生した。各地点の盛土の最大厚さは、3~5m と比較的薄く、底面の傾斜は緩いのが特徴である。盛土の基底が、盛土の下流側に見られる低地面(水田の表面)へ滑らかに連続すると見られることから、盛土の下に旧谷底堆積物が残っていた可能性が高い。また、地下水位も多く盛土で高い位置にあると想定される。

(8) 乙吉町鶴が丘団地
開発と被害の分布



図 3.5-6 乙吉町における被害の分布

長岡市乙吉町の鶴ヶ丘団地は典型的な都市近郊のミニ開発地である。丘陵地末端の小さな谷を堰き止めてため池を建設し、上流側に谷埋め盛土（鶴が丘団地A）を行っている。また丘陵地側も簡単に整地して住宅地（鶴が丘団地B）とした。地震による被害は、鶴が丘団地A、Bの双方に発生した（図3.5-6）。

昭和41年改測の1/2.5万地形図「栃尾」⁷⁾には、



写真 3.5-3 鶴ヶ丘団地における谷埋め盛土地すべり
(04.10.30)



写真 3.5-4 谷埋め盛土地すべりの末端部（鶴ヶ丘団地）(04.10.30)

ため池と鶴が丘団地Bに向かう道路の一部が描かれているが、これらは昭和32年の1/1万「長岡市全図」には存在しない。この事は鶴が丘団地Aの開発は昭和42年であるとする、住民の証言とも一致するので、この地域の開発は昭和40年代初頭に行われたと考えられる。

鶴が丘団地A

この地区は、幅の広い谷の中に造成された住宅地（一部、別荘）である。谷の側壁の片盛土（ため池の南岸）とため池の上流側の谷埋め盛土が地すべり的に変動した。15戸が危険家屋（赤紙）の指定を受けると共に、谷埋め盛土の12戸は唯一の進入路が地すべりで破壊され、孤立した。盛土は魚沼層起源の緩い粘性土である。ため池の堰堤は、七月の台風災害で損傷していたが、応急修理によって池の水位は保たれていた。したがって、盛土内の高い地下水位が地すべりの原因となった可能性が高い。

変動ユニットは4個に分かれているが、上流部の谷埋め盛土が、最大幅100m、長さ約180mと最も大規模である。頭部の背後に人工の池があり、地下水が盛土の内部に供給されていた。高精度表面波探査（図3.5-7）の位置では、地すべり右翼の盛土（＝地すべり土塊）の厚さは2～4mであり、左翼の谷中央部の約8mに比べて非常に薄い。昭和32年の1/1万「長岡市全図」によれば、この部分には小さな尾根と浅い谷が描かれており、造成地はそれらを含んでいる。したがって、このことが盛土厚の横断方向における急激な変化の原因となり、地すべりの複雑な三次元形状を作り出していると考えられる。

鶴が丘団地B

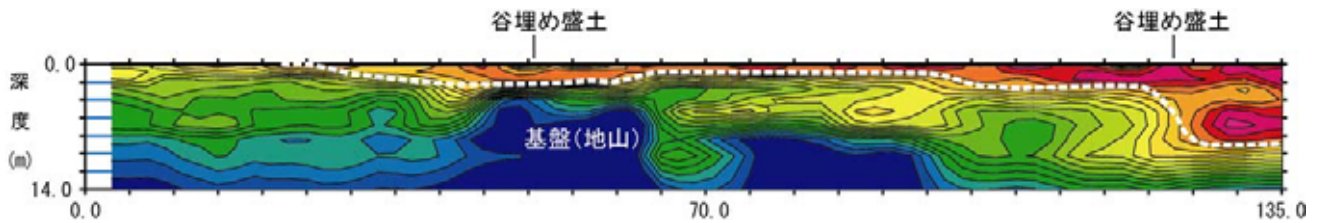


図 3.5-7 乙吉町における谷埋め盛土の S 波速度横断面

この地区は、鶴が丘団地Aの南の台地である。台地中央部に、長さ約 150m、幅約 25mのテンションゾーン（段差、引張クラックの集中する部分）が発達し、台地末端部には小規模な崩壊が 2箇所認められる。テンションゾーンに沿った 7 戸が危険家屋（赤紙）の指定を受けた。このテンションゾーンは、造成地盤の地形を切って連続する事から、人工地形改変の影響圏以深の現象を反映していると考えられる。1/5 万地すべり地形分布図「栃尾」⁷⁾には、この付近に地すべり地形が描かれており、このテンションゾーンは再活動した地すべりの頭部である可能性が高い。その場合の地すべりの規模は、最大幅 200m、長さは 150mである。

(9) 長岡ニュータウン

信濃川以西の丘陵地では、被害が急速に減少する。長峰町、上除町、関原町等の丘陵・段丘の造成地では、ほとんど被害が認められない。一方、より震源から遠い長岡ニュータウン陽光台 1 丁目では、2 棟ほどが沈下、傾斜する被害が出た（写真 3.5-6）。さらに、周囲の道路では噴砂とクラックが認められ、クラックの分布は、150m四方に及ぶことから変動は造成地全体に広がっていると考えられる（図 3.5-8）。陽光台 1 丁目の中心部は、約 35mに達する厚い谷埋め盛土である。沈下した住宅はほぼ谷の中央に位置していること、噴砂の跡が認められることから、被害の原因は液状化による沈下である可能性が高い。道路面上のクラックにも横ずれを示すものは見られず、地すべりの可能性は低い。同様の被害は、2003 年十勝沖地震の際にも、札幌市美しが丘で発生しており、比較的深い谷埋め盛土特有の被害形態である。

図 3.5-2b で示した最大速度の距離(断層面までの最短距離)に対する減衰関係を陽光台付近まで外挿すると、液状化が発生した地域の最大速度は約 25cm/s であったと推定される。この事は、谷埋め盛土において液状化被害が発生する下限の速度は約 20cm/s と考えられている事と矛盾しない。

長岡ニュータウンは、昭和 58 年に分譲を開始したが、計画通りに分譲が進まず不振が続いた。当初計画の 4 万人規模から 1 万人規模へ計画は縮小され



図 3.5-8 長岡ニュータウン（陽光台）における液状化被害



写真 3.5-6 地盤沈下によって傾斜した住宅（長岡ニュータウン）

たが、平成 15 年時点の居住者は約 3150 人に留まっている。したがって、陽光台では実際に建設された住宅は 3.5 戸に過ぎないため、被害が限定的であったと考えられる。

(10) 加茂市若宮町

震源から北北東に40 km以上の距離にあり相当離れているにもかかわらず、加茂市若宮町二丁目の住宅団地において被害が発生した。周辺で発生した住宅地の斜面変動としてはほとんど唯一の例である。この地区は尾根を切土し、谷側に幅約5m、高さ約4mの片盛土を行い造成された。盛土の末端は重力式擁壁で支えられていた。谷に沿って長さ約40mの地域が変動したため、住宅3戸が傾斜や沈下の被害を受けた。この造成地は昭和40年代の造成であるが、擁壁は老朽化しており古いクラックや地下水の浸出跡が認められた。この点で維持管理上の問題があった造成地であるといえる。

(11) 旧山古志村の宅地被害

旧山古志村内は、地震直後には立ち入りが困難であったため、雪解け後以降に調査を行った。

造成時の盛土部が被災した例

典型的な宅地盛土の滑動は、傾斜地にブロック積み擁壁を積み、背後を盛土して平坦な宅地を造り、住宅が建設されている箇所が発生した。片盛り型の造成地である。



写真 3.5-7 典型的な宅地の地震被害。擁壁などの急斜面部は容易に破壊され崩壊している。2005年12月には、家屋は全て撤去されていた。(53地点：05.5.15)

写真3.5-7地点は、2005年5月の雪解け後には擁壁背後の盛土部が崩壊し、家屋基礎部では大きな変状は見かけ上発生していなかったが、同年12月には家屋は全て撤去されていた。補修で居住できるレベルではなかったものと考えられる。

このような盛土は、道路横の急傾斜部や、斜面の肩部にもしばしば施工されており、非常に多くの箇所でも崩壊が発生している。特徴としては、家屋の基礎がある箇所は崩壊に至っていない場合が多いことである。これは地震時に地盤の変形を拘束あるいは制約する何らかの構造物があると被害の拡大が妨げられる可能性があることを示唆している。



写真 3.5-9 川沿いの急崖部の基礎地盤が崩壊。2006年12月にもまだ復旧工事に取りかかっていなかった。(31地点：05.5.14)



写真 3.5-8 池谷地区、道路横の急傾斜部の盛土上の構造物の被災例(23地点：05.5.14)



写真 3.5-10 楢木集落内の斜面肩部の崩壊
(05.5.14)



写真 3.5-12 池谷地区. 青い屋根の建物が沢の堆積物と
考えられる. (23 地点 : 05.5.14)



写真 3.5-11 池谷地区家屋. 盛土部の崩壊
(23 地点 : 05.5.14)



写真 3.5-13 池谷地区. 左側の水田が沢埋め土砂部. 家
屋は大きく変状している. (23 地点 : 05.5.14)

谷埋め盛土が変動した例

旧山古志村のような山岳地内の宅地を造成する場合、谷埋め盛土を行うような比較的規模の大きな造成をするのは希である。むしろ自然に谷に堆積した土砂を均して利用している例が多い。なお、旧山古志村においては、谷埋め盛土（沢埋め土砂）は、宅地よりもむしろ水田など農地として利用されている場合が多いようである。

盛土の沈下による被害

典型的な盛土の沈下変状は、旧山古志村役場に認められる。建物の基礎は大半が杭基礎で施工されていると考えられる。このため、構造物周辺の地盤が相対的に大きく沈下し、ライフラインの破断等の被害を発生させている。村役場などの重要構造物はしばしば、このような大規模盛土上に施工されるが、防災面を考えると再検討の余地がある。



写真 3.5-14 旧山古志村役場の盛土沈下 (34 地点 :
05.12.10)

(12) 住宅地における斜面災害のまとめ

新潟県中越地震では、長岡市を中心とした都市域においても、丘陵地と低地の境界部に建設された造成地（ニュータウン）において、低平地特有の斜面変動が発生した。斜面変動は、主に人工斜面で発生し、長岡市郊外の東側で顕著であった。

まとまった被害としては、高町団地、悠久山周辺、乙吉町鶴ヶ丘団地における宅地地盤の変動である。いずれも以前から良く知られた災害の形態であり、今回もそれが繰り返された。その意味では、過去の地震の教訓はあまり生かされていなかったと言える。

今回の被害は山地で発生した自然斜面の崩壊に比べて数少なく小規模であるが、典型的な都市型の斜面災害として、詳細に検討する価値を有している。

高精度表面波探査により、高町団地及び乙吉町鶴ヶ丘団地のS波速度構造を検討したところ、顕著な被害は主に浅い谷埋め盛土の部分で発生していることが判明した。高町団地において実施した余震観測の結果では、周縁部の盛土上での加速度は中央部の切土地盤に比べて約1.8倍、速度は約1.3倍に増幅されている。余震と本震の卓越周波数の違いを考慮すると、崩壊箇所（最大盛土厚約8m）の加速度は1Gを越えていたと考えられる。FLUSHによる等価線形解析の結果、入力動に対する加速度及び速度の増幅比は浅い盛土ほど大きくなり、最大盛土層厚が10mを越えると増幅はほとんど見られない。これは、短周期成分が卓越する今回の様な地震では、相対的に浅い宅地盛土に厳しい揺れが作用し、長周期成分を含むような地震ではより深い大規模な宅地盛土地盤で被害が発生することを示唆する結果である。したがって、宅地地盤の被害予測においては、極表層部の震動特性の把握が重要であると言える。

謝辞

調査に当たって、京都大学防災研究所のAurelian C. Trandafir博士、Tewodros Ayele博士、(株)村尾地研の村尾英彦氏の協力を得た。また、長岡市中央図書館文書資料室（互尊文庫）所蔵の旧版地形図を複写して使用した。本震の記録は、気象庁が収集した山古志村竹沢、K-NET長岡支所、K-NET長岡の記録を用いた。地震波形の解析はT. Kashima 制作のViewWave (ver. 1.49) を用いた。ここに記して感謝します。

文献

- 1) 長岡市 (1997) : 長岡市史 通史編下巻 965 p.
- 2) 堀川晴央(2004) :

<http://staff.aist.go.jp/h.horikawa/2004Chuetsu/source.html> (2005年5月26日現在)

- 3) 国土地理院(1982) : 1/2.5万地形図「片貝」(昭和55年修正測量).
- 4) 堤浩之ほか(2001) : 1/2.5万都市圏活構造図「長岡」, 国土地理院.
- 5) 国土地理院(1948) : 1/2.5万地形図「片貝」(昭和6年測量).
- 6) 長岡市(1957) : 1/1万「長岡市全図」.
- 7) (独) 防災科学技術研究所(2004) : 1/5万地すべり地形分布図「栃尾」.

(釜井俊孝・太田英将)

3.6 鉄道における斜面災害

(1) はじめに

鉄道沿線では、上越線、信越線、飯山線、越後線で斜面災害が発生した¹⁾(図 3.6-1、表 3.6-1)。ここで、斜面・築堤崩壊とは、盛土の変位・変形(特に、盛土肩部の沈下・亀裂)、盛土崩壊、橋台背面等での路盤陥没、道床流出なども含めたもので、列車の運転に支障が生じたもののみを計上している。



図 3.6-1 鉄道における主な斜面災害の位置図

表 3.6-1 鉄道における主な被害状況¹⁾

	斜面・築堤崩壊	トンネル損傷	橋梁変状	停車場変状	計
上越線	11	8	9	6	34
信越本線	4	3	1	4	12
飯山線	17	5	6	5	33
越後線	1	—	—	2	3
只見線	—	—	2	2	4
合計	33	16	18	19	86

・運転支障のあるもののみを計上している。なお、近接した被害箇所はまとめて計上している。
 ・その他にも、軌道変位や電化柱損傷などが多数発生しており、変電所の損傷も数箇所発生した。

今回の地震に起因する鉄道沿線の斜面災害の特徴として以下の点があげられる。

- ① 切取・盛土境界部に位置する盛土崩壊
- ② 谷、沢など段丘開析谷を埋め立てた集水地形上の盛土崩壊
- ③ 線増による腹付け盛土境界部の崩壊
- ④ 傾斜地盤上の盛土・斜面崩壊
- ⑤ 尾根や遷急線、河岸段丘の段丘崖頭部を発生源とする斜面の表層崩壊

また、地震発生前の降雨も斜面崩壊に影響を与えていると考えられる。

ここでは、特に被害の大きかった上越線、信越線について述べる。

(1) 上越線の主な斜面災害

上越線の斜面災害は、震源地に近い北堀之内駅～越後滝谷駅間に集中した。

(a) 上越線北堀之内駅北方(213k300m 付近)の斜面崩壊

線路左側の古い崩落崖をもつ斜面が延長約 300m、高さ 80m にわたり表層崩壊をおこした(図 3.6-2)。崩土は流動性に富み、崩壊地点と線路までの離麓距離約 100m を越えて並行して走る国道 17 号線まで達した(写真 3.6-1、写真 3.6-2)。

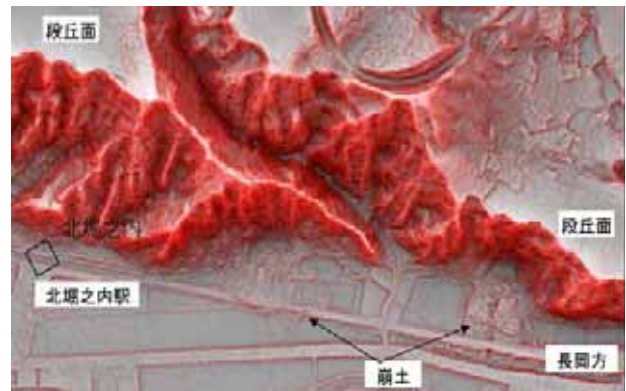


図 3.6-2 斜面表層崩壊(62 地点: JR 東日本提供)



写真 3.6-1 斜面表層崩壊全景(62 地点: JR 東日本提供)



写真 3.6-2 斜面崩壊による崩土の到達状況(62 地点: JR 東日本提供)

(b) 上越線天王トンネル(220k500m 付近)の盛土・切取り崩壊

下り線の盛土が延長約 60m, 高さ約 2~7m にわたり崩壊し, 約 9,900m³ の崩土がのり尻にあたる信濃川まで達した. 当該箇所は斜面中腹には, 土留擁壁, 張りブロック工等の既設構造物が施されていたが今回の地震で全て崩壊し, 斜面下方に押し流された(写真 3.6-3, 3.6-4). 現場付近は急崖地が連続し, 信濃川に面する攻撃斜面となっている(図 3.6-3).

当該地域の地質は, 基盤が泥岩であり, 上層に段丘堆積物が堆積し, その上部の盛土が崩壊した. 被災後の露頭では, 信濃川に向かう流れ盤と, 堆積構造に直交した開口亀裂が見られた.

その他, 天王トンネル出口付近の下り線の左側斜面の流れ盤に沿った崩壊, 上り線の天王トンネル上部の押さえ盛土で崩壊が発生した.

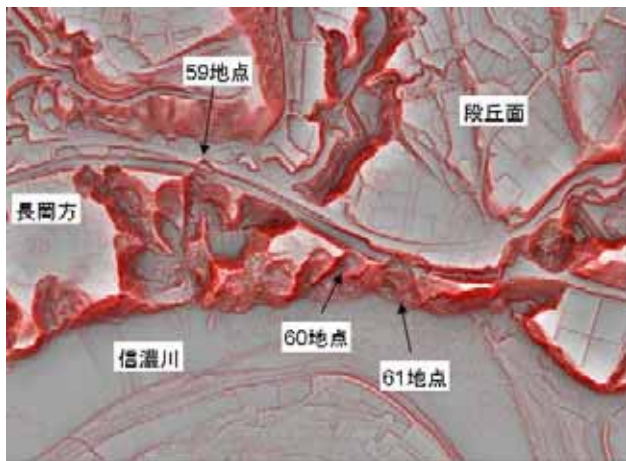


図 3.6-3 天王トンネル付近の地形
(59, 60, 61 地点: JR 東日本提供)



写真 3.6-3 盛土崩壊の状況(61 地点: JR 東日本提供)



写真 3.6-4 上越線下り線の盛土崩壊
(60 地点: JR 東日本提供)

(c) 上越線 221k000m 付近の盛土崩壊

上・下線の盛土が延長約 68m, 高さ約 4.5~12m にわたり崩壊し, 約 9,000m³ の崩土が流出した. 斜面中腹の重力式擁壁も崩土に巻き込まれ転倒・倒壊し, 斜面下方へ押し流された(写真 3.6-5). 当該箇所では, 上越線に並行して走る国道 17 号線の盛土および土留擁壁も同様に崩壊した. 当該箇所は, 信濃川へと注ぐ石田川の溜まり池をのり尻とした比高約 40m の谷渡り盛土区間で, 基盤は中粒砂岩からなり, 上層に割れ目の多いシルト岩が堆積し, その上部の盛土(礫混じり砂質土)が崩壊した. 被災後に出現した露頭から, 信濃川に向かう流れ盤であることが確認できた.



写真 3.6-5 盛土崩壊の状況(59 地点: JR 東日本提供)

(d) 上越線榎峠トンネル入口(227k500m 付近)の斜面崩壊

トンネル上部斜面が, 信濃川方向に大きく崩壊し, 崩土により榎峠トンネル下り線坑口が埋没した(図 3.6-3, 写真 3.6-6). 崩壊した斜面は, 砂岩泥岩の互層からなり, 表層近くには強風化した泥岩層が存在し, 信濃川へ

向かう流れ盤構造を呈する。崩土は鉄道敷地内だけでも約 3,000 m³に達した。

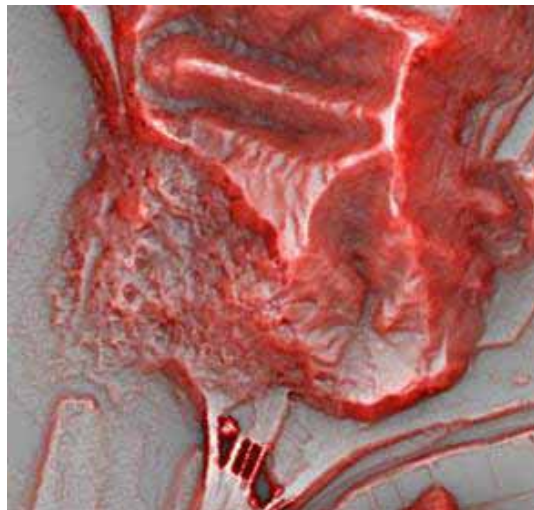


図 3.6-4 榎峠トンネル付近の地形
(47 地点：JR 東日本提供)



写真 3.6-6 榎峠トンネル上方の斜面崩壊全景
(47 地点：JR 東日本提供)

(2) 信越線の主な斜面災害

信越本線では、越後広田・長鳥間および長鳥・塚山間の 2 箇所において盛土が崩壊し、大きな被害を受けた。

(a) 信越線越後広田～長鳥間 48k500m 付近の盛土崩壊

沖積層の砂礫上に築上された盛土からなる区間で、延長約 300m、高さ約 3～5m にわたり盛土の陥没・崩壊が発生し、約 2,500 m³の崩土が流出した。この盛土崩壊により、架線柱や信号柱等の鉄道構造物に傾斜が生じた(写真 3.6-7)。



写真 3.6-7 盛土崩壊(JR 東日本提供)

(b) 信越線長鳥～塚山間 54k800m 付近の盛土崩壊

沖積層の砂礫上に築上された腹付け盛土(礫、シルト質細砂等)区間で、延長約 150m、高さ約 10m にわたり盛土崩壊し、約 10,400 m³の崩土が流出した。のり面には格子枠工、のり尻には腰土留擁壁が施工されていたが、崩土とともに下方へ押し流された(写真 3.6-8)。



写真 3.6-8 盛土崩壊(JR 東日本提供)

なお、ここに掲載した図面(図 3.6-1～図 3.6-4)については、地震発生の 16 日後に JR 東日本が計測した航空レーザー測量による 1mDEM から作成した詳細地形図である。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社：新潟県中越地震震災復旧記録誌，2005。

(島村誠・友利方彦・外狩麻子)

3.7 高速道路の被害

(1) 概要

新潟県中越地震では、度重なる余震も含め甚大な被害を受けた。ここでは、高速道路での土構造物（盛土・切土）を対象として被害状況について報告を行うものである。



図 3.7-1 震源と高速道路の位置関係

図 3.7-1 に震源、高速道路周辺の被害と高速道路との位置関係を示す。震源に近い箇所、堀之内地区、小千谷地区と名付ける破線で囲まれた箇所において被害が著しかった。

(2) 切土の被害状況

地震発生当時、斜面滑落や地すべりなどが報道で取り上げられたが、高速道路切土箇所でののり面の被害は無かった。唯一、休憩施設外側の段丘自然斜面で表層滑落が認められたが、軽微なものであった。

(3) 盛土の被害状況

切土に比べ盛土および盛土に関連した構造物に被害が多かった要因として次のことが挙げられる。1 度目の地震発生後、2 時間のうちに集中的に大規模な余震がたび重なり発生しているという特徴があったことと、当該年においては、7 月の新潟県内の集

中豪雨後、いくつかの台風の上陸により平年の 2 倍程度の降雨があったことである。特に地震発生 3 日前にも台風の上陸を受けており、軟弱な地盤や水の集中しやすい箇所の盛土が影響を受けて、被害を大きくさせたと考えられる。以下に、被害の大きかった堀之内 I C～越後川口 I C 区間を堀之内地区、越後川口 I C～小千谷 I C 区間を小千谷区間として、それぞれの被害状況について報告する。

(a) 堀之内地区の被害状況

最も被害が著しい区間であり、大規模な盛土の被害が多発し、車線全体が崩落するなどの激しい被害を受けた区間である。当該地区間における盛土材は、風化作用を受けたシルトまたはシルト質砂が主流である。盛土が飽和状態のうえ大きな地震力を繰り返したことによる影響であると推察される。

(i) 214. 5KP 付近の被害状況

盛土高さは 7 m 程度であり、盛土の基盤は、緩やかな傾斜を呈している。当該箇所の被害は、盛土が広範囲にわたり大きく瓦解したような状況であった。



図 3.7-2 遠景



図 3.7-3 近景

(ii)215. OKP 付近の被害状況

盛土高さが 10m 程度の傾斜地盤上の腹付け盛土である。当該箇所の被害は、下り線の盛土材が流出した状況であった。



図 3.7-4 遠景



図 3.7-5 近景

(iii)216. OKP 付近の被害状況

盛土高さは 13m 程度あり盛土材が谷筋に沿って大きく流出した状況であった。



図 3.7-6 遠景



図 3.7-7 遠景

(b) 小千谷地区の被害状況

当該区間は、道路線形から本線縦断方向の地震波を受けたと考えられることから盛土本体の大規模な被害はなかった。しかしながら、盛土沈下に伴う大規模な舗装の段差や縦断方向のクラック、また、のり尻部の L 型擁壁の破損が多数発生した。



図 3.7-8 カルバートボックス部における段差

参考文献

- 1) 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震による高速道路の被災状況と復旧概要, 日本道路公団技術情報, 2005.1.
- 2) 大窪, 浜崎, 横山: 土構造物の被災状況, 日本道路公団技術情報, 2005.4.
- 3) 松山, 緒方, 天野: 切土のり面における落石挙動に関する検討, 第 41 回日本地すべり学会研究発表会, 2002.8.

(天野浄行)

3.8 河道閉塞の発生と決壊予測

3.8.1 河道閉塞の特徴と決壊の危険性

2004年新潟県中越地震では、信濃川水系魚野川支流の芋川流域において総計54箇所にもおよぶ河道閉塞が生じた。また、2004年～05年の冬期は19年ぶりの大雪となり、融雪期には芋川流域でも大量の融雪水が発生し、河道閉塞箇所等では主に融雪水による侵食も生じている^{1), 2)}。



写真3.8-1 寺野地区における河道閉塞発生状況
(12地点：04.10.24, 写真提供：朝日航洋株式会社)



写真3.8-2 楯木地区における河道閉塞発生状況
(26地点：04.10.24, 写真提供：朝日航洋株式会社)

河道閉塞は、溪流や河道への土砂の流入・堆積により形成されるが、過去の事例に基づく河道閉塞の形成過程には次のような特徴がある。³⁾

- ・河道閉塞の形成誘因は、降雨による崩壊が最も多く、次いで地震による崩壊が多い。これらの2項目が全体の約75%を占める。
- ・河道閉塞の形成過程の約60%は崩壊・地すべりによるものである。また、崩壊あるいは地すべり発生後に移動土砂が泥流・土石流化した後に形成されるものを含めると約90%を占める。
- ・河道閉塞を生じさせる土砂は、谷壁斜面を起源とする土砂が約60%、支川からの流入土砂が約27%を示し、これらの2項目が約90%を占める。

河道閉塞は、堰止め湖を形成するだけであれば大きな

問題とならないが、決壊⇒土石流化する二次災害が発生しやすく、かつ下流域に甚大な被害を及ぼす危険性が高いことから、決壊の発生予測と警戒避難を含めた対策が必要な土砂移動形態と位置づけることができる。

河道閉塞の決壊過程には、①越流侵食による決壊、②すべり破壊による決壊、③進行性破壊（パイピング）による決壊がある。ただし、河道閉塞の決壊のほとんどが①越流侵食により発生するものである。⁴⁾

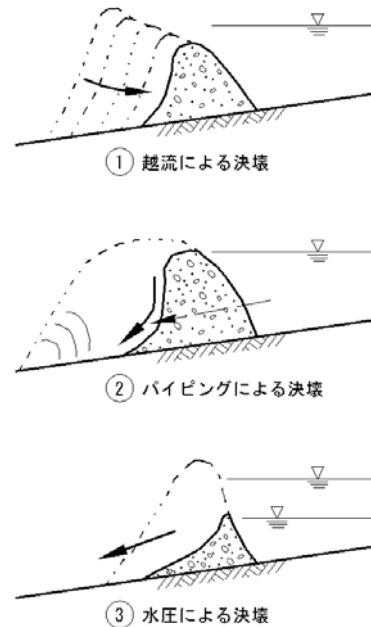


図3.8-1 河道閉塞箇所の決壊形態^{4), 5)}

過去の事例よれば、河道閉塞の決壊に関して、次のような特徴が知られている。³⁾

- ・河道閉塞の10日以内に決壊するものが約54%を占める。
- ・堰止め土量が多いほど河道閉塞の決壊までの時間が長い。
- ・堰止め高に対し、堰止め長（天端幅）が大きいほど河道閉塞は決壊し難い。
- ・溪流又は河道のピーク流量に対して湛水量が多いほど、満水になるまでの時間が長く、決壊するまでの時間が長くなる。
- ・湛水量が多いほど下流での災害危険度が大きくなる。

3.8.2 河道閉塞の決壊予測手法

(1) 河道閉塞の決壊予測の必要性

以上の河道閉塞の特徴をとりまとめると次のようになる。

- ①河道閉塞は、地震や降雨に伴い発生する崩壊・地すべり又は土石流の堆積により形成される。
- ②形成された河道閉塞は、上流側の湛水が越流することにより決壊する。ここで、規模の大きい河道

閉塞の場合、決壊時に土石流化し、下流域に被害を及ぼす。

③河道閉塞の多くは比較的短期間で決壊する。ここで、堰止め量多いほど、堰止め高が高いほど、堰止め長が長いほど、渓床又は河道の流量が小さいほど、決壊までの時間が長くなる。

④湛水量が多いほど決壊時の被災が大きくなる。

このような特徴を考慮すれば、河道閉塞形成後における流域住民等に提供する情報として、

- ・河道閉塞の決壊危険性
- ・河道閉塞の決壊時期
- ・河道閉塞決壊時の下流域の浸水区域

があげられる。河道閉塞の発生防止、人的被害の防止、減災のための緊急・応急対策を念頭にした場合、特に重要なものは、河道閉塞の決壊危険性と決壊時期等の決壊予測といえる⁶⁾。

(2) 過去の事例に基づく概略的な決壊予測

河道閉塞による堰止め土量と湛水量の関係として次図に示す関係が知られており、堰止め土量と湛水量により、概略的ではあるが河道閉塞の決壊危険性と決壊時期が把握される。図中には、寺野地区と東竹沢地区における堰止め土量と湛水量の関係も示したが、過去の事例を考慮すれば、寺野地区及び東竹沢地区における河道閉塞は、決壊する危険性を有すると判断される。

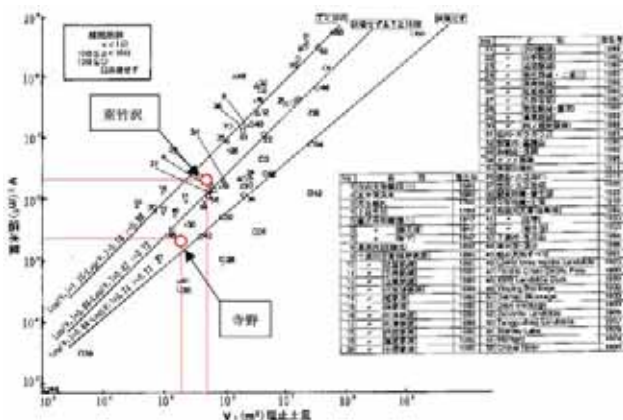


図3.8-2 河道閉塞の堰止め土量と湛水量の関係⁷⁾

(文献7)に加筆)

(3) 航空レーザ計測を用いた河道閉塞の決壊予測

1) 航空レーザ計測による地形把握

河道閉塞箇所安全性(決壊危険性)を評価するためには、河道閉塞箇所の侵食による地形変化を予測する必要があるが、河道閉塞箇所の地形変化に関する詳細なデータはほとんどないのが現状である。また、河道閉塞箇所の決壊による被害を最小限にするためには、現象発生後できるだけ早期に河道閉塞箇所とその状況を把握する必要がある。そのためには、河道閉塞箇所を把握するための方法を事前に確立しておくことが重要である。

近年、災害直後の地形を把握するため、航空レーザー

プロファイラーデータ(LPデータ:図3.8-3参照)が取得されることが多い。早期に河道閉塞箇所を把握するためにも、有効なツールとなると考えられる。そこで、A:地震発生直後(2004/10/28計測)、B:積雪期直前(2004/11/26計測)、C:融雪後(2005/5/11計測)の3時期に取得されたLPデータをもとに、河道閉塞箇所における地形変化の実態を把握した上で、その変化の特徴について検討した。

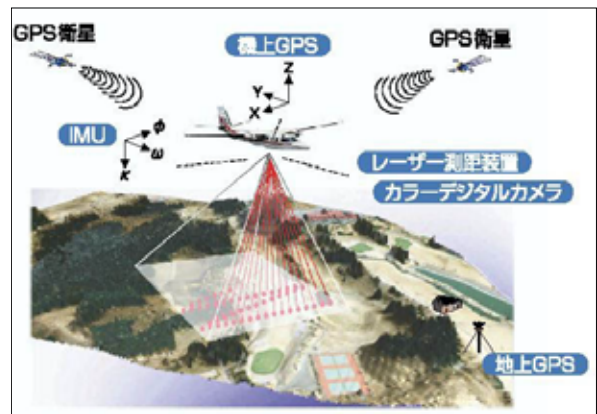


図3.8-3 航空レーザ計測の概要

2) 塩谷川における河道閉塞の形成とその変化⁸⁾

第3回芋川河道閉塞対策検討委員会で検討抽出された河道閉塞に加えて、2005/5/11計測のLPデータと2004/10/28計測のLPデータの差分をとり、顕著な侵食・



図3.8-4 河道閉塞箇所の抽出結果

堆積エリアを把握した上で、2005/5/11撮影のデジカメ画像と比較検証して、積雪期・融雪期の間に発生した新たな河道閉塞箇所を抽出した(図3.8-4)。その結果、新たに7箇所の河道閉塞を抽出し、すでに抽出されていたものに加えて合計54箇所の河道閉塞が抽出された。

図3.8-5に塩谷川における河道閉塞の地形の変化状況を断面図に示す。塩谷川では、中越地震により10箇所の河道閉塞が生じている。そのうちNo.3及びNo.5は地すべりによって形成されたものであり、その閉塞規模も大きい。これらの河道閉塞箇所では2004/11/26段階で河道閉塞の下流面は侵食が顕著である。No.3では、中越地震直後(2004/10/28)の下流面勾配は1/4~1/5であったが、2005/5/11では1/9と侵食の影響で勾配が緩くなっている。

塩谷川No.3における河道閉塞状況を整理すると図3.8-4のようになる。2004/10/24段階では地震により地すべりが発生し河道を閉塞したが、まだ湛水池は十分に形成されていない。それが1ヵ月後の2004/11/26では湛水が進行し湛水池が形成されているのがわかる。また、この時には同時に河道閉塞部分で強度に侵食が進んでいる。一方、2005/5/11では地すべり地内に再度比較的大きな新規崩壊が発生した。これは融雪期に融雪に伴う水が地中に浸透して発生した崩壊である。しかし、これによる河道閉塞への直接的な影響はなかった。これらの地表変

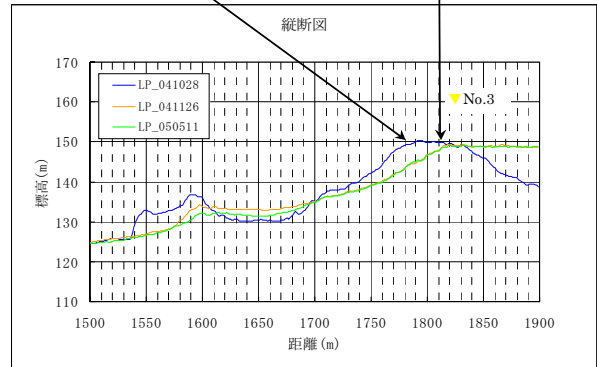
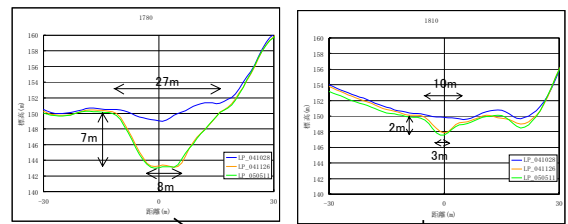


図 3.8-5 河道閉塞の侵食状況 (塩谷川 No. 3)

動をLPデータにより堆積/侵食状況を示すと図3.8-6の下に示したようになる。ここではLPデータの精度を勘案して1m以上の変化部分に色付けした。これによれば、地震が発生して融雪期が終わるまでの地形変化が明瞭に把握できる。

さて、塩谷川No.3の河道閉塞の現地状況を写真3.8-3に

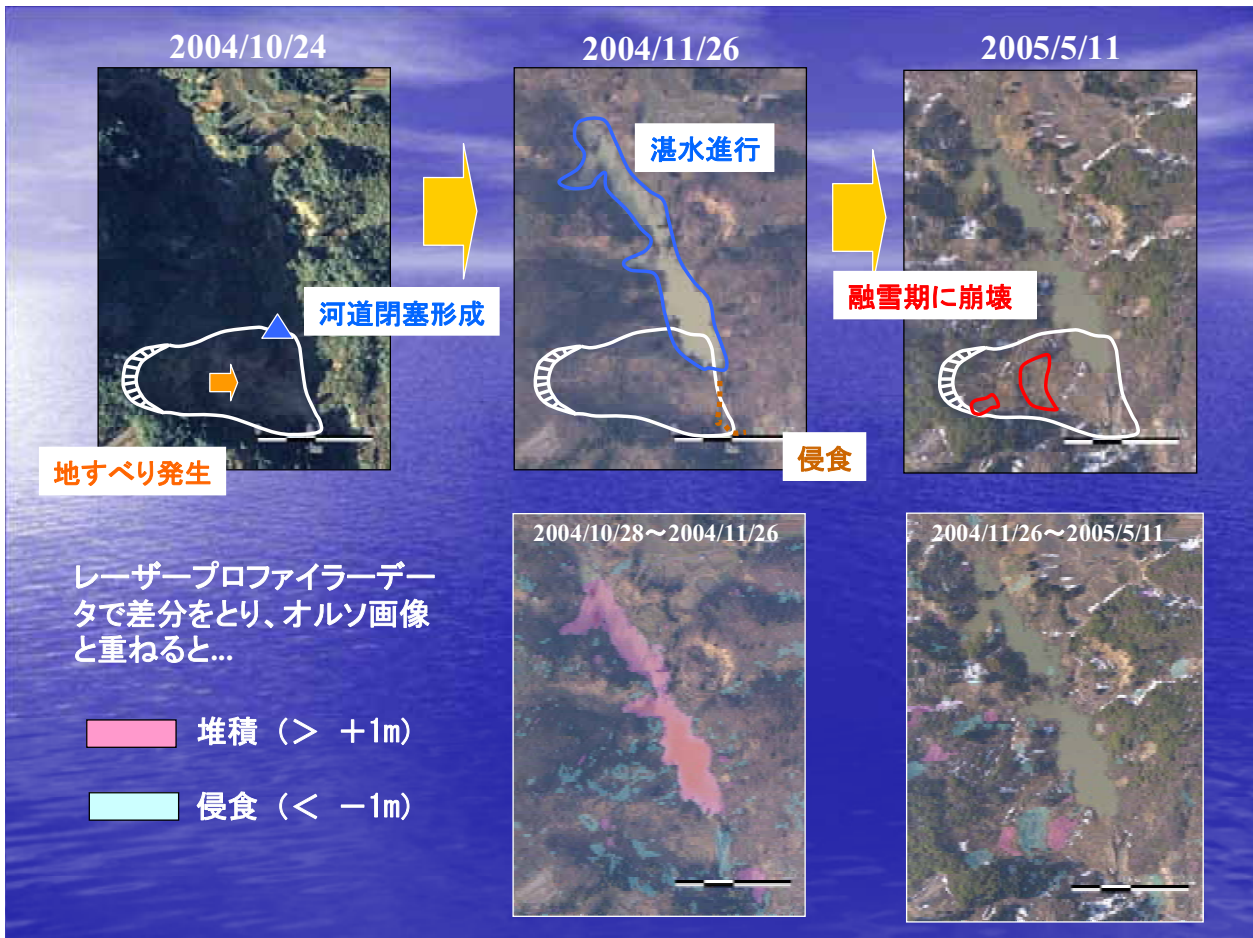


図 3.8-6 塩谷川 No. 3 における河道閉塞の変遷状況 (2004/10/28~2005/5/11)

示した。河道閉塞を引き起こした原因の地すべり上部からの状況である。写真の左側が湛水部であり、閉塞部の右側が侵食を強く受けた区間である。閉塞部直下の河床侵食状況を写真3.8-4に示す。左岸側の斜面には河床から3m付近のところに土砂の痕跡が残っており、斜面にあった樹木は倒されて土砂に埋もれており、流水により侵食を受けた跡が明瞭である。写真3.8-5は河道閉塞末端の下流部の状況である。河道閉塞部から流出した土砂は、下流側に平衡勾配と考えられる勾配で急に堆積している。これらの地形の詳細は航空レーザ計測成果とも整合しており、河道閉塞の特徴とその変化を示している。これらの河道閉塞の原因となった地すべりは写真3.8-6に示すとおりである。



写真3.8-3 No. 3河道閉塞の概況
(68地点付近：05. 11. 11)



写真3.8-4 河道閉塞下流の侵食状況
(68地点付近：05. 11. 11)



写真3.8-5 河道閉塞箇所から流出した土砂の堆積状況
(68地点付近：05. 11. 11)



写真3.8-6 No. 3河道閉塞を発生させた地すべり状況
(68地点付近：05. 11. 11)

3) 河道閉塞変化の特徴⁸⁾

芋川流域で発生した54箇所⁸⁾の河道閉塞は、侵食が生じた時期により、以下の(1)から(4)に分類できる。芋川流域で発生した河道閉塞箇所のうち、対策工事が施されていない比較的規模の大きな10箇所について分類した結果、(1)に属するものは見られなかった。

- (1) A～Cまで継続的に侵食されたもの：なし
- (2) 侵食されていないもの：塩谷川，冷子沢川，残流域1左支川，前沢川
- (3) A～B間では侵食されなかったが、B～Cの時期に侵食されたもの：冷子沢川
- (4) A～B間では侵食されたが、B～Cの時期に侵食されなかったもの：塩谷川，冷子沢川

なお、河道閉塞に対する侵食は河床方向が主体であり、それに合わせて側岸方向への侵食が見られたが、河床方向への侵食が停止した後の側岸侵食は、さほど顕著ではなかった。また、河道閉塞で侵食された土砂はその直下流数100m程度の間で顕著に堆積していた。

以上のように、河道閉塞が発生して早期にLP計測がで

できれば、河道閉塞の地形形状が把握でき、その後の定期的な航空レーザ計測により河道閉塞箇所の地形変化が明瞭になることがわかった。河道閉塞が発生する前の精度の高い地形図があれば、発生した現象の規模等も把握できる。今後は、このような河道閉塞の早期抽出手法を確立させることと、河道閉塞が決壊した場合の土砂移動予測技術の確立が重要な課題になると考えられる。早期航空レーザ計測との組み合わせによって、リアルタイムに危機管理ができるシステムを構築する必要がある。

参考文献

- 1) 川邊 洋, 権田 豊, 丸井英明, 渡部直喜, 土屋 智, 北原 曜, 小山内信智, 笹原克夫, 中村良光, 井上公夫, 小川紀一郎, 小野田敏: 2004 年新潟県中越地震による土砂災害 (速報), 砂防学会誌, Vol. 57, No. 5, p. 39-46, 2005.
- 2) 川邊 洋, 権田 豊, 丸井英明, 渡部直喜, 土屋 智, 小山内信智, 内田太郎, 中村良光, 井上公夫, 小川紀一郎, 小野田敏: 新潟県中越地震による土砂災害と融雪後の土砂移動状況の変化, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 3, p. 44-50, 2005.
- 3) 田畑茂清, 水山高久, 井上公夫: 天然ダムと災害, 古今書院, pp50-62, 2002.
- 4) 高橋 保: 土石流の機構と対策, 近未来社, pp151-172, 2004.
- 5) 国土交通省湯沢砂防事務所: 中越関係パンフレット, 湯沢砂防事務所 H P <http://www.yuzawasabo.net/imokawa/shiryou/pamphlet.html>.
- 6) 森 俊勇, 伊藤達平, 水山高久, 小田 晃: 天然ダム決壊時におけるすべり破壊可能性の検討, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 4, p. 41-45, 2005.
- 7) 中村浩之, 土屋 智, 井上公夫, 石川芳治編: 地震砂防, 古今書院, p116, 2000.
- 8) 小山内信智, 内田太郎, 小川紀一郎, 吉野弘祐: 航空レーザ計測による河道閉塞箇所の抽出と地形変化, 平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集, 印刷中, 2006.

(小川紀一郎・中濃耕司)

4 景観と斜面災害

4.1 棚田

(1) はじめに

棚田は斜面上の水田である。棚田景観を議論する場合にその水田の特質について把握しておく必要がある。

わが国は歴史的にも文化的にも食糧供給として、水田稲作を中心に発達してきた。水田稲作の開始は二千数百年以上も前の縄文・弥生時代に遡る¹⁾。その後水田開発は、当初水田農耕の広がりから、中小規模の開発、さらに大河川の downstream 平野の開田へ、また上は山を開拓して棚田を造り、下は湖沼・海面の干拓へと展開されて行った。

その水田において、夾雑物の点在しない平地の田園空間は、のどかで美しく緑豊かな光景を創造する。干拓地においても整然とまとまりのある空間が見られる。一方、棚田においてはもう一つの田園空間である。棚田は水田であり、立地条件が傾斜面上に位置しているということを再認識しておく必要がある。このような立地条件もあり、棚田は規模・様相も種々雑多で、景観的に美しいものから、単なる階段状の農地に過ぎず目立たないものまでいろいろである。

(2) 耕作放棄の現状と影響

米の食糧増産は、稲作農耕文化依頼、昭和 40 年代中頃まで続いた。国が農政面でも奨励してきた。しかし皮肉なことに経済の発展とともに人々の食生活は変わり、欧米志向波になり、生産量が消費量を上回るようになってきた。国は、対外貿易との摩擦、過剰米対策として生産調整を押し進めるようになってきた。生産コストは上がるが、逆に利潤は減少する、農業就労人口は高齢化し、後継者がいない等、不測の事態によって農業を取り巻く環境は悪化している。これが農業経営に横たわる深刻な理由である。

1995 年 (H7) 世界農林業センサス²⁾によれば、全国では農家数 3,443,550 戸、経営耕地総面積 4,120,280ha (田 2,393,309 ha, 畑 1,726,971 ha)、新潟県では農家数 128,901 戸、経営耕地総面積 165,453ha (田 147,460 ha, 畑 17,993 ha) であり、また 2000 年 (H12) 同センサスでは、全国では農家数 3,120,215 戸、経営耕地総面積 3,883,943ha (田 2,260,625 ha, 畑 1,623,318 ha)、新潟県では農家数 116,265 戸、経営耕地総面積 157,187ha (田 141,453 ha, 畑 15,734 ha) で、次第に農家数、耕地面積は減り続けている。その結果、耕作放棄地面積は増え続け、2000 年には、全国で 210,019ha (田 84,320 ha, 畑 125,699 ha)、新潟県では、5,982ha (田 3,662 ha, 畑 2,320 ha) に達している。一方、傾斜水田の耕作放棄に

ついて、農水省は 1991~1993 年度に全国の 1 ha 以上の水田団地のうち 1/20 以上と判定された水田団地を傾斜地水田と位置づけて行った調査では、全国に約 22 万 ha の傾斜地水田があり、そのうち 3/4 が中山間地域に位置している。傾斜がきつい団地、高齢化が進んでいる団地、農道の不備や区画の未整備な団地ほど耕作放棄が高くなっている結果が得られている。また、耕作放棄は都市的地域や平地農業地域に比べて、条件の悪い中山間地域での割合が高くなっていることがわかる。耕作放棄による荒廃化は、数々の悪影響を及ぼす。降雨の際の一次的貯留機能が低下がしたり、水田耕盤の破壊進行により浸透水が増大し地すべりを発生させる。また潜在植生の生育などにより病中害が発生したり、鳥獣害を被ったりする。その場所だけでなく周辺地域へも影響をもたらす (写真 4.1-1)。



写真 4.1-1 耕作放棄田

耕作放棄により荒廃化した棚田 (十日町市提供)

(3) 棚田・水田の効果

「水田は地球を救う」とさえいわれている。畑地は降雨による土壌侵食で次第に生産力を失いつつあるが、この点水田は畦を立て水を溜めることができるので、侵食を防止して地力を維持することが可能である。畑地とは違って、治水、土壌保全、水源涵養、水生生態系維持、景観維持などさまざまな国土保全的機能を持つことができる。特に水田の貯水機能は、人工的な治水ダム以上に相当するといわれている。近年減反政策が進む中においてもその価値が見直されるのは喜ばしいことではあるが、時代の流れはそれとは相反する方向に進んでいる。

傾斜地水田では、区画整備や農道整備等の遅れ、高齢化の進行が見られることから、傾斜が急であるであるほどこれらの不利な条件を克服する対策を講じる必要がある。

新潟県の一部の地方では、これまで秋の稲刈り後、田面に水を張り代を掻くことが慣行として行われてきた (写真 4.1-2)。一般的な稲作栽培ではこのようなことは

行われませんが、当地ではため池は周辺にあるもののほとんど天水に頼り、代掻き後、降雪の雪解け水も利用するという灌漑用水対策である。またこれは刈り取り後も田面を湛水状態にしておくため亀裂が発生せず、結果的には地すべり防止にも貢献するという先人知恵が生かされている。



写真 4.1-2 秋シロ水田（上越市提供）

(4) 棚田の景観

耕作放棄による荒廃化を防ぐことは、自然の景観を保全することに繋がる。労働作業に追われていると景観の美しさは目に入らない。しかしよく管理された圃場において、観点を変えて視覚的心理的に見た時、そこには自然と空間が創り出す光景が演出される。

同一の場所でも四季の変化や夜間の水面に映る月空は印象的な感動を与える(写真 4.1-3)。

参考文献

- 1) 山崎不二夫：水田ものがたり，一縄文時代から現代まで
—, p12, 山海堂, 1996.
- 2) 農林水産省：1995 農林業センサス
<http://www.maff.go.jp/census/index.html>.

(青木正雄)



写真 4.1-3(a) 千枚田の四季（春；山口育男氏提供）



写真 4.1-3(b) 千枚田の四季（夏）



写真 4.1-3(c) 千枚田の四季（秋）



写真 4.1-3(d) 千枚田の四季（冬；山口育男氏提供）

4.2 斜面景観

4.2.1 風土(景観・文化)

本調査は、旧山古志村(以下、山古志と称す)を中心に実施したため斜面景観と災害について山古志を主として述べる。

山古志は、標高 100~400m の山間斜面に位置し、その中に点在する 14 の集落に約 2000 名村民が暮らしていた。約 40km² の村面積の 80%以上が山林、残りの大部分が棚田やため池である。

当地の景観は、山腹斜面の棚田とため池の発達と、その周囲に広がる山林により形成されている。棚田は山腹から沢筋に沿って山腹中上部にまでさかのぼり造られ、山林は尾根筋、山頂斜面に認められる。低標高地から中腹部にかけてはスギ植林地、尾根筋、山頂斜面にはハウノキを主とする湿性の二次林が発達し、一部ブナ林が認められる。また、集落にはスギが散在することが棚田とあまった景観を形成しているが、暴風のための屋敷林として植え付けられたものである。

当地は名うての豪雪地帯であり積雪深は 3m を越えるために、雪崩の影響により勾配の急な山腹斜面の樹木は大型化することができず、急傾斜地にはタニウツギやススキを主とする低木叢林が発達していることも当地の景観を特徴づけている。

当地の山林は、地山が砂質で貧養であること、積雪・雪崩の影響、及び薪炭林などとしての過度の人為利用のため十分な発達をしている状態ではなく、森林景観としては貧弱なものといえる。

当地の景観を最も特徴づけているものは棚田と棚田上部に発達するため池と、小河川流域に設けられた錦鯉の養殖場である。当地の地形図を開くと数え切れないほどのため池を認め、なぜこんな山間部にため池がたくさんあるのかと驚いてしまうほどである。

ため池は棚田に対する用水の供給を目的として天水をためるために造られたものであり、一戸あたり 2 個程度のため池が設けられている。この棚田、ため池で鯉を養殖し、鯉の糞を肥料とする稲作りがなされた。当地は雪深い山間部に位置するために、山林生産物を徹底的に有効活用する生活様式が発達した。その一つが、夏場の養蚕とコイの養殖である。山腹斜面で栽培したクワの葉でカイコを飼い、そのさなぎをコイのエサとし、鯉の糞を稲作の際の肥料とし、さらに、稲藁・糠をウシやブタの飼料とし、その糞をクワの肥料とするという循環型・自給自足型の生活様式が形成された。衣食住にかかわるすべてがクワ → カイコ → コイ → コメ → ウシ・ブタ → クワという流れの中で自給自足がなされた訳である。すなわち、カイコは衣類、コイ、ブタは蛋白質源、コメは主食、ウシは耕耘・荷駄用に飼育するわけであるが、実際は年貢、租税として納められ、残こされたものと山の

幸により生活が営まれたものと推定される。当地が闘牛が盛んであることも、このような循環利用との関係が考えられる。闘牛(角突き)の牛は南部牛で、昭和 30 年代まで荷駄の運搬、耕耘に使役されていたものであり、角突きの有様は「南総里見八犬伝」にも出てくるほどのものである。しかし、おしよせる機械化の波により、昭和 30 年代に衰退したが、その後復活し現在に至っている。

コイの養殖は、田へ放流するときと田からコイを取り上げるとき以外はほとんど手がかからない便利なものであり食用鯉として養殖されていたが、江戸時代中期に突然変異により生まれた「色鯉」を観賞用に養殖したのが錦鯉の養殖の始まりとされている。これが近代に入り錦鯉が産業として成立するようになり、利便性の優れた小河川沿いに養殖場が造られることとなり、養殖池は約 2500 面、130ha に及んだ。

棚田は村の全域に分布しており、棚田面積は 176ha であり村の水田の大布分が棚田である。山古志の棚田の特徴は勾配が急なこと、石垣ではなく土堤による棚田であることである。棚田の多くは 1/6(約 10°)以上の急勾配地に造られ、草に覆われた緑の土手と棚田・ため池の水面の醸し出すコントラスト・ハーモニーが当地独特の景観を形成していた。

山腹斜面に存在する山林と棚田・ため池は、山古志の景観を形成し生活を支える基盤としての風土であったわけである。



写真 4.2-1 地震後山古志戻った闘牛
(小栗山 0455.14)



写真 4.2-2 雪の中のため池 (塩谷 05.12.12)

4.2.2 斜面災害による景観損傷

当地の景観は、地すべり地形の上に発達した棚田、ため池、およびそれを取り巻く林地により特徴づけられるものであるが、中越地震により集落家屋が崩壊し、棚田、ため池が損傷を受けるとともに、その周辺の山地急傾斜

地は広大な面積にわたる表層崩壊と地すべりが発生した。

山地斜面は、地すべり、表層崩壊により樹木を抱え込んだまま崩落し地山がむき出しの状態となり大きく景観が傷ついている。



写真 4.2-3 集落と山腹崩壊 (南平 05.5.14)



写真 4.2-4 山腹崩壊 (25地点 05.1514)



写真 4.2-5 棚田の崩壊 (楢木 05.5.14)



写真 4.2-6 山腹崩壊と地すべり (種荦原 05.5.14)



写真 4.2-7 盛土崩壊と岩盤崩壊(竹沢 05.5.14)



写真 4.2-8 家屋の崩壊 (梶金 05.5.1216)

斜面景観の損傷箇所は、表層崩壊と深層崩壊に分けられ、表層崩壊箇所は①段丘斜面、②河川斜面、③山腹斜面に、深層崩壊箇所は、①岩盤崩壊、②地すべりに分類できる。

(1) 表層崩壊と景観損傷

1) 段丘斜面の表層崩壊

当地の景観を特徴づけるものとして、段丘崖がある。隆起面の裾が河川により削り取られ急崖となった段丘崖には中低木が密に繁茂していたが、この部分が地震により剥落し表層崩壊が発生している。崩落界面

は、風化土層と硬質な地山の境界と考えられ、樹木根

系もろとも崩落していることが特徴的である。



写真 4.2-9 段丘斜面崩落 (北堀之内 05.5.15)



写真 4.2-10 段丘斜面崩落 (北堀之内 05.5.15)

2)河川の表層崩壊

河川に近接する急崖は、現在進行中の侵食谷であるが、この部分の風化土層には中低木が侵入・定着し繁茂していた。この風化土層が地震力により剥落し、河川に崩落している。

崩壊深が浅いことから単位面積あたりの崩壊土量は少ないものの、河川のほぼ全域に及んでいるために土砂の流出量が多いものと考えられ、水質汚濁の原因となっており、河川、及び水質に対する影響は大きなものがある。



写真 4.2-11 河川斜面表層崩壊 (大久保 04.4.26)



写真 4.2-12 河川斜面表層崩壊 (43 地点 小栗山 04.11.28)



写真 4.2-13 河川斜面表層崩壊 (大久保 05.4.26)



写真 4.2-14 河川斜面表層崩壊 (小栗山 05.5.10)



写真 4.2-15 河川斜面表層崩壊 (十二平 05.12.12)



写真 4.2-16 河川斜面表層崩壊 (白岩 04.11.26)



写真 4.2-17 河川斜面表層崩壊 (小栗山 04.11.26)



写真 4.2-18 河川斜面表層崩壊 (小栗山 04.11.26)



写真 4.2-19 河川斜面表層崩壊 (小栗山 05.5.15)



写真 4.2-20 河川斜面崩壊 (大久保 05.5.14)

3)山腹斜面の表層崩壊

勾配が急で風化土層が発達していたと見なされる山腹斜面は広い面積に表層崩壊が発生している。

山腹斜面で表層崩壊が発生した箇所は急勾配で雪崩の影響を強く受ける場所と推定され、中低木の繁茂していた部位と見なすことができる。この中低木の根

系が伸長していた下部が界面となり根系・土砂もろとも崩落している。また、斜面上部、尾根筋と接する肩部は深い土層が発達していたものと見られ、肩部に生育していたスギなど高木が表層崩壊に巻き込まれ崩落している。



写真 4. 2-21 モルタル吹付面の崩落と表層崩壊(池谷04.11.26)



写真 4. 2-22 山腹斜面表層崩壊(寺野05.5.16)



写真 4. 2-23 山腹斜面表層崩落 (種芋原05.5.16)



写真 4. 2-24 山腹斜面表層崩落 (種芋原05.5.16)



写真 4. 2-25 山腹斜面表層崩落 (寺野05.5.16)



写真 4. 2-26 山腹斜面表層崩落 (梶金05.5.16)

(2) 深層崩壊と景観損傷

1) 岩盤崩壊・深層崩壊

泥岩が箇所は岩盤すべりが発生し、地上に生育する



写真 4. 2-27 岩盤崩壊 (妙見トンネル 04.11.26)

樹木もろとも崩落している。比較的規模が大きく、景観を阻害する要因となっている。



写真 4. 2-28 岩盤崩壊 (羽黒山トンネル31地点 04.11.26)

2) 地すべり崩壊

先に示した表層崩壊箇所は、タニウツギなどの低木類により被覆されていたが、地すべり崩壊斜面の多くはスギの造林地や棚田・ため池が存在する箇所である。

地すべり土塊の活動にともない、重量の軽い樹木は表層に浮いた状態となり移動し、移動先で傾いた状態のままとなっていたり、根返りし転倒するという状態であった。



写真 4. 2-29 (小栗山 42 地点 05.5.15)



写真 4. 2-30 (小栗山 42 地点 04.5.15)



写真 4. 2-31 (9 地点 全景 05.5.16)



写真 4. 2-32 (白岩 04.5.14)

(3)崩壊と樹木根系

地震による表層崩落、岩盤崩壊、地すべりによる地盤の崩壊・滑動により樹木は根系もろとも移動・根返りを発生している。また、当地は砂山と言って良いほどルーズな箇所が存在する箇所があり、そのような部分では地山は移動することなく、表層の根系層のみが剥離・移動するという現象が認められた。一部では、倒木により建築物の破損が生じた箇所も認められた。

高木・低灌木が移動・根返りすることにより、裸地

が生ずるため景観の悪化を招くとともに、地山表層の侵食が発生しやすい状態となっている。また、スギ植林地を含む崩壊地では、崩壊地周辺の地山に緩みが発生し、樹木と樹木の間に割れ目が発達する箇所が認められ、融雪水や集中豪雨による雨水が浸透しやすい状態となっており、崩壊部の拡大が引き続くものと予想される。樹木根系が発達し、根系緊縛力が発揮されるまで注意を要する。



写真 4.2-33 タニウツギ根層移動 (大久保 04.11.26)



写真 4.2-34 タニウツギ根層移動 (大久保 04.11.26)



写真 4.2-35 スギ根株緩み (大久保 01.11.26)



写真 4.2-36 (寺野 04.11.27)



写真 4.2-37 建物への倒木 (濁沢町 04.11.28)



写真 4.2-38 根株間の割れ目の残雪 (尼谷地 05.5.16)



写真 4.2-39 根系の緩み箇所(小栗山41地点 05.11.28)



写真 4.2-40 根系の緩み箇所(小栗山41地点 05.5.28)
融雪水による侵食により転倒・崩落が進行している

4.2.3 斜面崩壊対策と景観

— 棚田の村から法枠の村へ、山林・茅原の村からはげ山の村へ —

山古志の復興工事は急ピッチで進められている。地すべり地帯であり、広大な面積の斜面表層崩壊が発生したために、その復興工事の第一は斜面对策工を行うこととなる。インフラ整備のための道路の復旧、地すべり土塊によって発生した自然堤防の決壊対策工時、および地すべりの拡大を防ぐための地すべり対策工などの斜面・法面崩壊対策工が進められている。

短期間で現状復旧を図るという復旧工事はやむを得ないことであるが復旧速度と経済性の観点から画一的なものになりがちである。

昨年(平成17年)12月の調査時点では、積雪に向かう時期にも急ピッチで復旧作業が進められていたが、法面保護工の大部分が法枠工によるものであった。

これにより、これまでの山林と棚田の村から、法枠の村へ、自然の柔らかなスロープにより構成されてきた景観が、定規で測ったような直線的・鋭角的な人工斜面・法面へとその姿を変貌させつつあったのは、半ば予想をしていたというものの残念なことであった。

景観・環境の保全という観点からのいっそうの配慮が求められる。

願わくば、法肩部にはラウンディングを付し、周辺斜面とのなじみを作り出し、法枠間中には樹木を導入し短期間で法枠の隠蔽を図り、周辺景観との調和をはかり環境の保全を行ってほしいものである。

これとは逆に、河川段丘斜面、山腹斜面の表層崩壊箇所は何の手だてもなされないまま放置されている。深い積雪が春一挙に溶け出す融雪水による侵食が懸念

される。昨年、今年と豪雪であり、特に今年は記録を塗り替える豪雪の年となった。昨年の融雪によっても表層崩壊跡地の土砂の流出が進んでいることが観察され、また、表層崩落跡地周囲、地すべり崩壊地の周囲には、地震によってゆるんだ樹木が融雪水を吸い込み崩落が進んでいることが確認されており、崩落の拡大をと土砂浸食を防止することが急がれる。

このような箇所は、早急に植生により被覆を図り浸食を止め、土砂の流出を抑制することを急がなければならない。

これまでの大規模災害地に対しては、ヘリコプター散布工などにより、牧草の種子と肥料を大量に播種し、早急に植生によって被覆することによって侵食を短期間で防止し、土砂の流出と浸食を抑制し土砂災害を防いだが、山古志に関してはそのような検討がなされたという話も聞かない。

生物多様性国家戦略や外来生物法の施行により、外来種の使用に対し臆病になっているが、このような災害時には我が国在来の植物では代替が不可能である。

治山・砂防工事によるはげ山緑化や法面に外来牧草を用いることにより過去、半世紀の使用実績があり、外来牧草を用いたとしても10~20年で周辺の自然植生の侵入により自然植生の回復が行われるということが確認されている。山腹・段丘斜面の表層崩落箇所に対しては、被覆力に優れた緑化植物を用い浸食防止を早急に実施することが重要と考える。

山腹斜面のように早急に緑化被覆すべき箇所、使うべき時・場所に対しては判断をあやまらずに牧草を用いて急速緑化を行い、土砂の流亡・浸食を抑制しつつ自然植生の回復を図ることが必要である。

(1)はげ山の村



写真 4. 2-41 表層崩壊箇所 小栗山 05.12.11)



写真 4. 2-42 表層崩壊箇所 (小栗山 05.12.10)



写真 4. 2-43 (65 地点より遠望 05.12.12)



写真 4. 2-44 (油夫 05.12.11)



写真 4. 2-45 (東竹沢 25 地点 05.12.10)



写真 4. 2-46 (羽黒トンネル 31 地点 05.12.11)

山腹斜面の表層崩壊の状況・広がりには雪をかぶった方がよく観察できる。表層崩壊跡地が白色であるのに対し、二次林、人工林が黒色となりコントラストがはっきりし明確となる。

山古志の山腹斜面のかなりの部分が崩壊していることがよくわかる。

植生により被覆されていないと雪崩の通り道となり、次第に浸食され沢へと発達してゆく。特に当地は固結度が低く、砂山と言っても良いほどの状態であるため浸食の進行は早いものと予想される。

被覆力の強い牧草で早急に緑化・被覆し、土砂の浸食防止ををこうなうことが望ましい。

(2)法枠の村



写真 4. 2-47 (妙見 47 地点 05.12.11)



写真 4. 2-48 (旧役場 34 地点より遠望 05.12.10)



写真 4. 2-49 (小栗山 05.12.11)



写真 4. 2-50 (旧役場 34 地点 05.12.11)



写真 4. 2-51 吹付枠工 (寺野 12 地点 05.12.10)



写真 4. 2-52 吹付枠工 (寺野 11 地点 05.12.10)

斜面復旧対策工として吹付枠工が多用されている。これにより、幾何学的な格子状の平面的な法面景観が形成される。早期の樹林化・自然回復が望まれることから、導入植物の吟味が必要である。

(2)農作業の再会・景観回復の端緒

地震発生の翌春には、小規模ながらも農作業が再開された箇所がある。元の水田とするためには、割れ目の入った畦の修復が必要であるが、重機の搬入路が寸断されているため、小型耕耘機持ち込み畑としての復旧である。

わずかな面積ではあるが、農作業が再開されたことから景観回復の端緒が開かれたものと考えられる。



写真 4.2-53 吹付粹工 (小栗山 11 地点 05.515)



写真 4.2-54 吹付粹工 (小栗山 11 地点 05.515)

参考文献

- 1) 原 光一：山古志村はコイの村，地理，pp. 8-12，古今書院，2004.
- 2) 須藤 巧：写真集 山古志村【宮本常一と見た昭和四六(1971)年の暮らし】，農産漁村文化協会，2005.

(中野裕司)

第5章 植生と斜面災害

5.1 植生と斜面崩壊

(1) 森林と崩壊

主要な被災地（震度6以上）は、6割が森林によって覆われており、都市部では少なく、山間部では多くなる傾向にある（表5.1-1参照）。新潟県中越地震により崩壊地が多発した山間部は、森林地帯に集落・農耕地がパッチ状に広がっており、森林内にも少なからず斜面崩壊が発生した。これらの斜面崩壊の特徴は、次のとおりで、地形、土地利用等と関係が見られる。

①高木林分布地の斜面崩壊

緩斜面は、集落、農耕地としても利用されているとともに、コナラ林、ブナ・ミズナラ林からなる広葉樹高木林（二次林）、スギ林が分布する。こうした緩斜面は、地すべり地形を呈している箇所が多いことから、地震により古い地すべりが再滑動したものなど、森林を乗せたまま厚い風化層が崩落する深層崩壊が数多く見られた（写真5.1-2,3参照）。

②低木林分布地の斜面崩壊

急斜面は、積雪の移動、なだれが卓越するために、高木林の成立が妨げられて広葉樹低木林が発達している。こうした急斜面の広葉樹低木林は、地震により薄い風化層が森林とともに崩落する表層崩壊が多発した（写真5.1-4,5参照）。

参考文献

1) 新潟県：これからの森林づくり（中越計画区地域森林計画書）,2002.

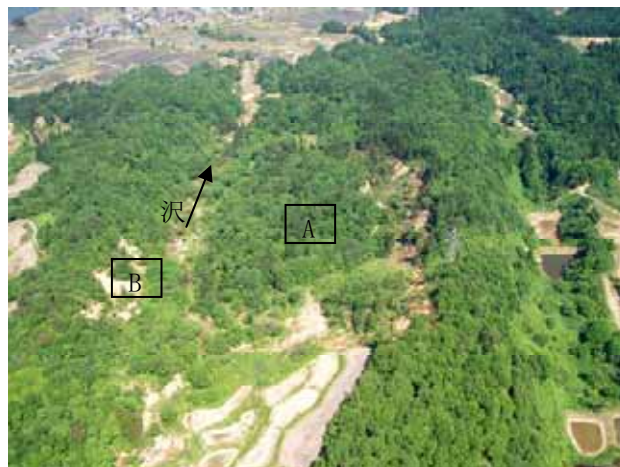


写真5.1-1 森林内に発生した斜面崩壊（長岡市妙見）

林野庁関東森林管理局提供

沢を挟んで、流れ盤の右岸側が緩斜面、受盤の左岸側が急斜面のケスタ状地形を呈している。緩斜面は広葉樹高木林・スギ林が分布しているが、岩盤地すべりが再滑動し（A）、広葉樹低木林の急斜面に表層崩壊（B）が発生している。

表 5.1-1 主要な被災地の森林面積

区分	現在	災害発生時	震度	災害救助法	激甚災害法	豪雪地帯	特別豪雪地帯	区域面積 (ha)	森林面積 (ha)			森林面積率
									国有林	民有林	計	
小千谷市	小千谷市	6強	○	○			○	15,512	8	6,535	6,543	42.2%
長岡市	長岡市	6弱	○	○			○	26,245	92	8,588	8,680	33.1%
長岡市	山古志村	6強	○	○			○	3,983	0	2,413	2,413	60.6%
長岡市	栃尾市	6弱	○				○	20,492	2,189	12,173	14,362	70.1%
長岡市	小国町	6強	○				○	8,615	45	5,613	5,658	65.7%
長岡市	越路町	6弱	○	○			○	5,844	4	2,468	2,472	42.3%
長岡市	三島町	6弱	○			○		3,647	0	2,217	2,217	60.8%
川口町	川口町	7	○	○			○	5,003	8	3,229	3,237	64.7%
魚沼市	堀之内町	6弱	○				○	6,900	12	4,720	4,732	68.6%
魚沼市	広神村	6弱	○				○	10,564	0	8,038	8,038	76.1%
魚沼市	守門村	6弱	○				○	12,003	737	9,450	10,187	84.9%
魚沼市	入広瀬村	6弱	○				○	27,214	16,453	9,579	26,032	95.7%
十日町市	十日町市	6弱	○	○			○	21,277	760	12,893	13,653	64.2%
十日町市	中里村	6弱	○				○	12,897	6,870	3,544	10,414	80.7%
十日町市	川西町	6弱	○	○			○	7,355	13	4,755	4,768	64.8%
刈羽村	刈羽村	6弱	○			○		2,628	0	1,116	1,116	42.5%
計								190,179	27,191	97,331	124,522	65.5%
新潟県全域		—				—	—	537,348	105,145	227,662	332,807	61.9%

注) 震度6以上の市町村（地震発生時）について掲載した。

注) 平成13年度末現在,新潟県農林水産部治山課調べ¹⁾



写真5.1-2 森林内で再滑動した地すべりの滑落崖
(長岡市妙見) (05.9.8)



写真5.1-5 急斜面の広葉樹低木林に発生した表層崩壊
(旧山古志村大久保) (28地点:04.11.26)



写真5.1-3 緩斜面(流盤)の地すべりの再滑動により
崩壊したスギ林(小千谷市小栗山)。(41地点:05.5.4)



写真5.1-6 急斜面の広葉樹低木林に発生した表層崩壊。
(小千谷市首沢) (05.6.1)

(櫻井正明)



写真5.1-4 急斜面(受盤)の広葉樹低木林に発生した
表層崩壊(小千谷市小栗山)。(43地点:05.5.14)

2) 植生類型と崩壊

表層崩壊や深層崩壊で樹木個体、樹林塊および植生ごとと滑落している例が多数観察された。どの樹林の滑落、崩壊頻度が高いのかを数的に表すのは困難であるとともに、現地に多数分布する植生の崩壊例がやはり多くなることから、崩壊頻度が高いからといって必ずしも崩壊しやすい樹種とはいえない。土砂とともに滑落した樹木

の観察例からみると、人工植栽の針葉樹スギの滑落・崩壊例が目立っており、樹木個体、樹林塊および植生ごとすべての崩壊例がみられる。当該地では大径木が少なく、その中でもスギは比較的大径木で、樹木重量も相対的に重いことも起因していると思われる。夏緑広葉樹では、やはり現地に多いオニグルミで、まとまった樹林塊



写真5.1-7 植栽スギ林が植生塊ごと滑落している例。
(旧山古志村大久保 05.5.14)



写真5.1-10 植生塊ごと滑落，斜面中部や下部にとどまり生存している表層崩壊の例。(旧山古志村東竹沢 05.5.14)



写真5.1-8 深層の大規模地滑りでスギ林の植生塊ごと滑落している例(小千谷市小栗山 05.5.14)。



写真5.1-11 崖地辺縁部の植生が滑落，冬の積雪で枯死している例。土砂の崩落量は少ない。
(旧山古志村東竹沢43地点：05.5.14)

ごと崩落している。小千谷市浦柄白岩の県道崩落地、横瀬の崩壊地での主要樹木はスギであり、小栗山の崩壊地はスギとオニグルミが多い。しかし、深層崩壊で斜面ごと滑落移動している東竹沢や小千市塩谷の例は、スギを含むミズナラ、コナラの雑木林が植生ごと滑落している。しかもその多くは斜面中・下部に滑落したまま生存している。その他樹種としてはハウノキ、アカイタヤ、ヤマモミジ、アブラギリなどが観察されるが、その事例は少

ない。当該地の自然植生であるブナ、サワグルミ、ミズナラ、ケヤキなどの樹林崩落例はほとんど観察されていない。もともと自然林の残存樹林が少ないこともある。一方で、これらの自然植生は長い時間をかけて形成、維持されてきた樹林であり、裏を返せばより安定した立地の植生であるといえる。



写真5.1-9 雪崩斜面地の表層崩壊，低木林の植生塊ごと滑落，植生は生存。(旧山古志村大久保 05.5.14)



写真5.1-12 単木あるいは樹林塊となって滑落している例。樹林はそのまま生存。(小千谷市小栗山 04.11.26)



写真5.1-13 冬期の大量の積雪と融雪によって削られている斜面の例（旧山古志村前沢川05.5.14）。



写真5.1-14 雪崩常習地の既存の急傾斜地。小規模な表層崩壊にとどまっている。（旧山古志村東竹沢05.5.14）



写真5.1-15 雪崩防止柵が設置された既存急傾斜地。小規模な表層崩壊にとどまっている。（東竹沢05.5.14）

また既存の雪崩地斜面は、これまでも小規模崩壊が繰り返されてきた場所で、今回の災害では大規模な崩落には至っておらず、その多くは表層崩壊にとどまっている。設置されている雪崩防止柵もそのほとんどが残存している。植生的にはミヤマカワラハンノキ、タニウツギ、オオバクロモジ、マルバマンサク、ヤマモミジなどの低木植生である。こうした崩落した樹木は、流木となり河道せき止めなど二次災害をもたらす事態が心配されるが、

多くは現場近くにとどまっており、その被害例は少ない。一方、棚田や錦鯉養殖池など、利用地の多い斜面では、もともと樹林がほとんどなく、棚田土手にスギが塊状に植栽されている程度である。旧山古志村種芋平などの深層崩壊の例では、谷斜面全体が滑落している。その主要な植生はススキやヨシ、イタドリ、ミヤマシシウドなどの草本植生とタニウツギなどの低木類が主となっている。（佐々木 寧）



写真5.1-16 道路脇に引き上げられた流木の例。大径木はほとんどない。（小千谷市小栗山 05.5.14）



写真5.1-17 深層崩壊した棚田地帯。立木はほとんどなく土手のススキが目立つ。（旧山古志村種芋原尼谷地 04.11.16）

5.2 斜面植生の崩壊と保全効果

1) 崩落植生

震災の中心部小千谷市、長岡市、堀の内町、川口町、旧山古志村の山間部では 300mから 400mの山地が連続的に連なるが、地域の土地利用形態は、棚田と養殖池であり、ゼンマイ栽培畑もある。主要な植生は、若いミズナラの二次林やパイオニア植生のオニグルミ林、およびスギの人工林である。緩傾斜地のほとんどは棚田や鯉養殖池が作られており、その分樹林の分布量が少なくなっている。自然の樹林は、断片的な植分しか残存していない。いずれの植生も根塊ごと、根こそぎ崩落、倒伏している。こうした大規模な地すべりや深層崩壊では、地盤上の植生はほとんど無力ともいえる。斜面地では、人工植栽の老齢スギなど、その加重で崩落をむしろ助長する結果をも招きかねない。



写真 5.2-1 地すべりで押し出されたスギ林。
(小千谷市横渡 47 地点 : 04.11.15)

被災地区に見られる人工植栽のスギは、樹齢約 50-60 年で、直径約 70-80 cm に及ぶ大径木も多い。戦後の植栽と思われる。オニグルミで 20-60 年生であった。

崩落したスギの根塊と土塊の大きさを計測した結果、直径 150-200 cm、深さは 70-150 cm 程度と浅いものであった。実際の根茎は約 2 倍弱の長さには達しているが、根茎はせん断されていた。スギ人工林の樹間間隔は数メートル以上あることから、地下の根茎は相互に重なり合うことはほとんどないことになる。



写真 5.2-2 崩落したスギの根茎 (小千谷市小栗山 04.11.15)



写真 5.2-3 地盤砂質堆積岩上の土壌形成は未成熟で根茎の発達は不良である (小千谷市小栗山 04.11.15)



写真 5.2-4 滑落枯死したアブラギリ。根茎の広がりはあるが、深さは 1 m に満たない浅い根茎。(旧山古志村寺野 05.5.14)

2) 自然林の保全効果

この地域の潜在自然植生はユキツバキブナ群集、ジュウモンジシダーサワグルミ群集、およびチャボガヤケヤキ群集である。二次林としてはオオバクロモジミズナラ群集、ハウノキアカイタヤ群落である。自然植生であるブナやサワグルミ、およびケヤキ優占の群落は、長い年月で遷移、更新して形成された森林であり、こう



写真 5.2-5 周辺に土砂崩壊や住宅被害も多かった旧山古志村桂谷地区。集落内に自然林のブナ林、住宅周辺にはケヤキ林が多く、土砂崩壊はほとんどなく被害軽減された。(旧山古志村桂谷 43 地点 : 04.11.15)

した樹林が残存する場所は、人為的攪乱の少ない安定した尾根部であることが多い。樹林が長期間存続したこと自体、安定した地盤でもあったことを示すもので、今回の震災でも、こうした自然性樹林の崩壊例はほとんど観察されていない。

今回の震災で、大規模な崩壊が生じた旧山古志村庁舎近く、羽黒山トンネル北側にある桂谷集落では、多くの住宅が倒壊しているが、急傾斜地であるにもかかわらず土砂の崩落は少なく、被害は最小限にとどまっている。ここでは尾根部に自然性のブナ林が残存、斜面地にはケヤキの樹林が多く、集落内斜面のケヤキ林(落葉樹)は、まったく崩壊していない(写真 5.2-7 参照)。

土砂崩壊で川沿いの住宅を飲み込んだ濁沢地区、ここでも隣接部にあったケヤキ樹林は健在であった(写真 5.2-8 参照)。

同じく大規模な地すべりと表層崩壊が多発した小千谷市小栗山地区でも、中山の砂防ダム付近沢筋にあるサウグルミ林は、その周辺を含め健在であった(写真 5.2-9 参照)。一方、尾根部にあたる東竹沢の例(写真 5.2-6 参照)など、強度に被災している地区にもかかわらず、ブナの樹林すべてが健在であった。



写真 5.2-7 桂谷地区に多い大径木のケヤキ林。(旧山古志村旧山古志村桂谷 43 地点 : 05.5.14)



写真 5.2-6 崩落した道路路肩、傾斜した電柱の傍で自然林のブナ樹林は無傷であった。(旧山古志村東竹沢 05.5.14)



写真 5.2-8 住宅を巻き込んで滑落した濁沢地区、隣接するケヤキ林(後方左側)はほとんど無傷であった。(長岡市濁沢 55 地点 : 04.11.15)

1) 自然植生の保全の必要性

被災地一帯が地すべり危険地帯であることから、未利用地の植生、樹林保持が重要である。とくにブナやミズナラなどの長い年月を経て形成された自然植生の残存林、渓谷林のサワグルミ林、傾斜地に発達するケヤキ林の保全及び整備拡大が必要である。

地盤が露出してしまった崖地は、砂質系の地盤と急傾斜地でもあることから、その急速な緑化は困難である場合が多い。今回の生じた多数の根茎層崩壊現場の内、根茎層崩壊の場合、斜面中腹に根茎層が止まっている例が多い。こうした根茎層は、とくに大きな危険がない限り、再緑化のコアとして、杭止め、簡単な柵止めで保全する方が有効となる。



写真 5.2-9 古い砂防ダムの堆積土砂上に自然に発達したサワグルミ林、まったくの無傷であった。(小千谷市小栗山 43 地点 : 05.5.14)

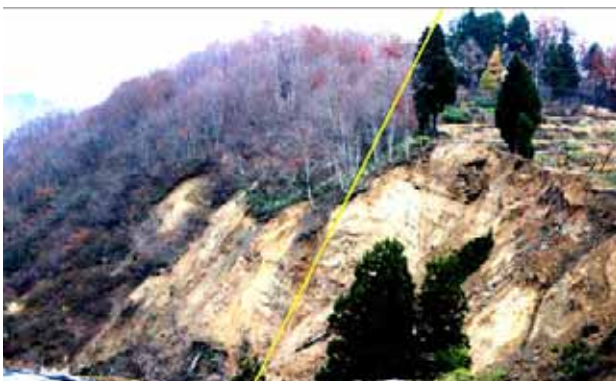


写真 5.2-10 同一斜面での左側奥域は二次林のミズナラ林、右側手前斜面はスギの人工植栽と耕地として利用している。全者は表層崩壊、後者は深層崩壊に至っている。(旧山古志村東竹沢 05.5.14)

2) ポンプ植物の利用

斜面下部や谷部には、砂・泥・シルト質の軟弱で、多量の水分を含み、蒸発散しにくい土壌が厚く堆積している。この地域では、積雪に起因する雪解け水の量はきわめて大きい。棚田や養殖池の設置は、こうした豊かな水を利用したものだ。しかし一方で、土壌の含水率を常時高めることに拍車をかける結果となっている。効果的に水分蒸散と土壌中の排水効果を高めるためには、ポンプ植物の植栽、利用が有効と考えられる。ポンプ植物の植栽は、ヨーロッパアルプスでも地すべり対策として行われてきた伝統的な工法の一つとされてきた手法であり、おもに *Fraxnus* 類が利用されている(文献 7)。

ここ被災地では、とくに放棄水田(棚田)や放棄された養殖池が、緊急の対象地域となる。雨水や雪解け水を大量に含み軟弱になりやすい砂質堆積土の地盤では、土壌水分をより効果的に蒸散させ、高い排水効果を持つポンプ植物の植栽を行い、土壌の水分含有量を早期に低下させる必要がある。



写真 5.2-11 ポンプ植物として利用可能な植物の一つトネリコ *Fraxinus japonica*。(小千谷市小栗山 05.5.14)

3) 小水路(排水路)の整備と管理

棚田や養殖池では、斜面上部からの流下水の導水、排水のシステムの管理が不可欠である。地域では斜面上部からの小水流を大小口径の塩ビ管を利用して導水、誘導水路を整備し、農業や養殖池の水確保に利用している。同時に定期的に水路管理をおこなってきている。

耕作や養殖が放棄されるということは、これらの水管理が放置されることを意味する。今回の被災によって、くいた水路が破断している例が数多く観察された。



写真 5.2-12 小水路の閉塞で、小規模な河道閉塞を形成、二次災害の危険を生む。(長岡市濁沢 43 地点：05.5.14)



写真 5.2-14 棚田に設置されてる集水枡の例。塩ビ管でネットワーク化されている。(小栗山 05.5.14)



写真 5.2-13 棚田の中に設置された水路と、導水、排水用の塩ビ管。(小千谷市小栗山 43 地点：05.5.14)



写真 5.2-15 養殖池内の導水管と、周囲の導・排水路。(小千谷市小栗山 43 地点：05.5.14)

災害による土砂崩落が小さな水路を塞ぎ、小規模な河道閉塞が形成されている例も多い(写真 5.2-12 参照)。

こうした状況は、水量豊富なこの地域では、異常出水時に限らず、土砂崩壊、地すべりの再誘発につながりかねない。こうした多雪地域の特殊性を持つ地域では、小規模流路の水管理システムの整備が欠かせない。

参考文献

- 1) 土木学会・第二次調査団：平成 16 年新潟県中越地震社会基盤システムの被害等に関する総合調査「調査結果と緊急提言」Ⅰ報告・提言編，pp. 1-40, Ⅱ記録・資料編，pp. 1-15, 2004.
- 2) 新潟県中越地震山古志村河道閉塞(天然ダム)：長岡技術科学大学，水工学研究室，2004.
- 3) 10.23 新潟県中越地震災害緊急現地調査の概要報告：日本応用地質学会・(社)日本地すべり学会合同調査団，pp. 1-8, 2004.
- 4) 秀輝：植生による斜面安定効果に関する地盤工学的研究. 118pp. 2004.
- 5) 稲垣秀輝，小坂英輝，平田夏実，草加速太，稻田敏昭：四国御荷鉢地すべりの多様な生態系. 地すべり 41(3)：29-



写真 5.2-16 集水枡の清掃，管理をする農民。(小千谷市小栗山 05.5.14)

38. 2004.
- 6) 横山賢治，横山俊治：異常現象を示す樹木をセンサーとする地すべり性開口クラックの検出と解析. 地すべり 41(3)：1-8, 2004.
- 7) 佐々木 寧監修：生態工学の基礎—生きた建築材料を使う土木工事—。築地書館. 268pp. 2004.

(佐々木 寧)

5.3 植生による防災効果

(1) 侵食現象に対する植生の防災機能

植生の持つ防災機能の主たるものは、表面侵食防止機能と表層崩壊防止機能である(表5.3-1参照)。また、豪雪地帯では、積雪の移動による侵食(雪食)も発生するが、良好な森林は、積雪の移動を防止することができる。

国内では、特殊な環境以外は森林が成立する環境下にあることから、開発が進んだ都市部を除いて、多くの部分を森林が占めているが、森林は災害防止に大きな役割を果たしている。

今回は、地震に起因した斜面崩壊により、森林が破壊されて、芋川等で河道を閉塞させて堰きとめを引き起こしたり、多量の土砂を流出させた(写真5.3-1,2参照)。また、土砂移動とともに、細粒土砂が浮遊して濁水が発生している(写真5.3-3参照)。したがって、土砂災害等を防止するためには、構造物の適正な配置を行うとともに森林整備により森林の持つ防災機能を回復する必要がある。

なお、濁水进行处理するためには細粒土砂が沈降するまで静水状態を維持する必要があり、堆砂を目的とした砂防・治山ダムでは、濁水を防止することは困難であることから、恒久的には、緑化、森林整備による発生斜面对策が重要性である。

表5.3-1 斜面の侵食現象と植生の防災機能(文献1を修正)

区分	植生の防災機能	
	森林	草地
表面侵食	大きな効果がある	効果がある。
表層崩壊	効果があるが、機能に限界がある。	あまり効果がない。
深層崩壊	影響を持たない。	全く影響をもたない。
土石流等	影響を持たない。	全く影響をもたない。
雪食防止	効果がある。	影響をもたない。

注) 樹木の根系の深さにより表層崩壊と深層崩壊を区分した。



写真5.3-1 斜面崩壊による芋川の堰きとめにより水没した木籠集落(旧山古志村, 05.5.31)



写真5.3-2 河床が上昇した芋川(旧山古志村植木集落, 05.5.31)



写真5.3-3 芋川と魚野川の合流点(旧堀之内町, 05.6.1)

手前の芋川から魚野川に濁水が流入している。

(1) 表面侵食防止効果

日本のように降雨が多い地域では、雨水による侵食が卓越する。地震により裸地が生ずると、降雨時に、地表面に衝突する雨滴や地表面を流れる表面流によって、地表面が侵食される表面侵食が起こる。表面侵食は、表面流が集まりリル・ガリーを発達させることが特徴である。

森林は、森林土壌が高い浸透能を持っているために(表5.3-2参照)、表面流自体が発生することがほとんどない。また、表面流が発生しても、森林土壌の表面を覆う落葉層・下草類が、抵抗体となって雨滴・表面流による侵食を防止する(表5.3-3参照)。また、草地においても、森林ほどではないが、表面侵食防止効果は高く、緑化工において草地を当面の目標にするのは、こうした機能を期待するためである。

表5.3-2 浸透能の違い²⁾

区分	浸透能 (mm/h)
裸地	8~30
放牧草地	50
人工林・人工草地	120~350
天然林	280~

表5.3-3 表面侵食量の違い³⁾

区分	侵食量(mm/年)
荒廃地	10 ² ~10 ⁴
裸地	10 ¹ ~10 ⁰
農耕地	10 ⁰ ~10 ⁻¹
草地・林地	10 ⁻¹ ~10 ⁻²

(2) 崩壊防止効果

森林は、樹木の根系が森林土壌を保持して表層崩壊を防止している。一方、森林内でも崩壊が起こることや根系の及ばない深層崩壊には効果が期待できないことから、機能に限界がある。そのため、崩壊の危険性の高い箇所においては、土木構造物を用いた対策を組み合わせる必要がある。

(3) 雪食防止効果

豪雪地帯では、裸地・草地・低木林等では、斜面上の積雪の移動により、恒常的に斜面が侵食をうけており、豪雪の年には、表層崩壊地が多発することがある⁴⁾(図5.3-1, 写真5.3-4参照)。これに対して、雪面上に多くの樹木が出現する良好な森林では、積雪の移動はほとんど見られず、雪食は発生しない。豪雪地帯では、一度、森林が破壊されて積雪の移動が大きくなると、樹木にとっても厳しい環境下に置かれるために、再び森林に自然回復することは極めて困難である⁵⁾。こうした箇所に森林を整備するためには、階段工、グライド防止工などの積雪の移動を制御する工法を組み合わせる必要がある⁶⁾。



図5.3-1 59豪雪後に新潟県魚沼丘陵に発生した崩壊地(1985年, 旧大和町) 空中写真の判読により作成⁴⁾。59豪雪をはさんで、崩壊面積率は1%から11%に急増した。



写真5.3-4 59豪雪後に新潟県魚沼丘陵に発生した崩壊地(旧大和町, 1984年) 周辺は広葉樹低木林で積雪期には積雪の移動が大きい。

(4) 風化防止効果

被災地は、主として新第3紀に堆積した堆積軟岩の分

布地が多いが、こうした堆積軟岩は、乾湿を繰り返すうちに風化して土砂化しやすい(スレーキング, 写真5参照)。そのため、掘削など土工を行う際には、軟岩斜面の崩壊を防止するために、早期に緑化工を行って植生により法面を保護する必要がある。



写真5.3-5 スレーキングを受けた泥岩の岩塊

(5) 洪水緩和効果

森林によって形成された森林土壌は、土壌中に大小の孔隙が形成されており、土壌中を流れる地中流は、表面流に比べると比較的流出が遅いことから、森林流域は、都市化した流域等に比べると、洪水時の流出が穏やかになる。なお、水田も、雨水を貯留することから、洪水の緩和に有効であり、山間地帯において、森林、水田等を適正に管理していくことは、洪水緩和の面からも有効である。

参考文献

- 1) 櫻井正明：治山緑化工の歴史と自然回復, 緑化工技術 第27集, p3, 日本緑化工協会, 2006.
- 2) 北原曜：植生による水土保全機能, 治山砂防緑化技術, p36, ソフトサイエンス社, 1997.
- 3) 川口武雄：流域管理における森林(上), 水利科学, Vol. 3, No4, p66, 1960.
- 4) 櫻井正明, 関口八郎, 狩野正雄：新潟県魚沼丘陵に多発した崩壊地の変遷, 日本林学会論文集第107号, pp339-342, 1996.
- 5) 小野寺弘道：多雪寒冷山地の荒廃と森林保全, 砂防学概論, p155, 鹿島出版, 1991.
- 6) 櫻井正明：森林造成のための積雪グライド抑制効果の試験, 第48回日本林学会関東支部大会発表論文集, pp121-122, 1996.

(櫻井正明)

6 斜面と災害廃棄物

6.1 中越地震から生じた廃棄物の現状

(1) はじめに

日本は、脆弱な地盤有し、地質構造的にも地殻のプレート構造の境界部に位置し、その構造運動を受け、地震を起こしやすい。また、気象的にも大陸と海洋の境界に位置するため、台風などの影響を受けやすく、豪雨が発生しやすい環境にある。さらに、近年は、地球温暖化等の影響を受けているのか、異常気象と呼ばれるような現象が発生しやすくなり、大規模な災害を被る場合が多くなっている。特に、2004年は、多くの台風の日本上陸(例年平均的に3個の上陸であるが2004年は10個と極めて多い)や平成16年(2004年)新潟県中越地震など、例年になく災害の多い年であった。

これらの災害発生にあたり、多くの予防、防災対策を実施しているが、特に災害に伴って発生する廃棄物(災害廃棄物)の処理・処分計画については、十分な対応がとられているとは言い難い状況である。

平成16年(2004年)新潟県中越地震は、平成16年10月23日17時56分に発生し、旧山古志村(平成17年4月1日より長岡市)を中心とする東山丘陵に斜面崩壊が多発し、集落が点在する山間地に大きな災害をもたらした。これに伴って、多くの災害廃棄物が発生した。

ここでは、こうした斜面災害によって発生した廃棄物について報告する。

(2) 中越地震における災害廃棄物

各種の災害に伴って、被災した箇所や避難場所から一時的にかつ多量に廃棄物が発生することは、過去の災害でも明らかとなっている。

例えば、全国版のニュースにはならなかった佐賀市の竜巻災害(2004年6月27日発生)でも、住宅の全壊13棟、半壊34棟、窓ガラスや壁など一部損壊297棟で、計344棟が被災している(朝日新聞2004年7月1日朝刊佐賀版より)。これに伴って発生した災害廃棄物は、家屋等の解体廃棄物を除き2004年7月12日時点で825トンと想定量300トンをはるかに上回った¹⁾。このように災害廃棄物の発生量一つとっても課題がある。

また、経済面では、平成6年度～8年度にかけて、阪神・淡路大震災(1995年1月17日発生)の影響で、災害廃棄物の処理費用は2628億円と膨大な費用となった事例もある。

さらに、災害復旧などがはかどらず、さまざまな形で災害廃棄物が放置されれば、各種の環境への悪影響が懸念されてくる。

また、災害廃棄物が、どのようなものか(どういった種類のものが発生するのか)といったことも十分に把握されているとはいえない。

ここでは、十分な知見をもとに網羅したわけではないが、災害廃棄物の種類を大きく以下のように

定義する。

a) 被災家屋から発生する廃棄物

土砂などにまみれた各種の家財道具が廃棄物となったもの。こうした廃棄物は、全壊・半壊の家屋はもちろん、全壊・半壊にいたらなかった家屋からも発生する。早期に発生するのは、被災状況が比較的軽い家屋からであり、全壊など被災状況が重い家屋からは、解体廃棄物として発生することになる。

b) 避難時に発生する廃棄物

避難場所等から発生する廃棄物であり、生活ごみが大半を占める。ただし、近年、平常時に比べ、飲料用のペットボトルやインスタント食品などの包装容器が増える傾向にあるようである。これらは、初期の避難時の一時的なものであり、水道やガスなどの社会的インフラストラクチャーが復旧し、避難指示が解除されればおのずと激減していく。

c) 家屋等の解体によって発生する廃棄物

全壊・半壊等、解体ないしは修繕して、家屋を改修しなければならない場合に生じる廃棄物。12種類ぐらいに分類されることが多いようである。分類の詳細は(4)項で述べる。

災害廃棄物のうち、この解体にともなう廃棄物(解体廃棄物)が最も厄介な廃棄物と言えそうである。全壊・半壊の評価がついても、その評価された全ての家屋が同時期に解体を行うわけではないために、その発生量の予測が難しい上、放置されたり埋まったりした家屋の処理も課題となるためである。

d) 社会的共通資本から発生する廃棄物

道路、橋や水道などの社会的インフラストラクチャー、樹木や土砂・水などの自然環境を構成するもの、教育や医療などの制度資本を社会的共通資本と呼んでいるが、これらの社会的共通資本からも災害時には多くの廃棄物が発生する。

水道・ガス・電気は災害時の復旧が最も急がれるものであるが、それらの破損物が廃棄物となり、その発生量は災害が甚大であればあるほど膨大になる。これらからの廃棄物は、金属類、コンクリート、木材、塩化ビニール類などである。また、道路などからはアスファルト・コンクリートが廃棄物として発生する。

自然環境を構成する樹木や土砂も、災害によって廃棄物となりえる。倒木、道路や川などをせき止めている土砂などがそれである。ただし、通常は廃棄物とみなされることは少なく、そのまま放置されることもしばしばある。

制度資本、特に医療などからの廃棄物は、被災者の数に比例して増大する。通常は、災害廃棄物とみなされないが、大規模災害になれば、一時的に膨大な量になると言う意味においては十分に災害廃棄物である。

e) その他被災にともなう廃棄物

上記以外の災害にともなう廃棄物として、自動車、自転車、バイクなどが挙げられる。これらも災害廃棄物として見落とされがちであるが、災害時には多量に発生する。

(3) 被災直後・避難時の廃棄物

a) 被災直後・避難時の廃棄物の状況

ここでは、被災家屋から発生する廃棄物のうち早期に発生するものと避難時に発生する廃棄物について述べる。

写真6.1-1に見られるような土砂などで使えなくなって破損した家具類や汚れた布団類などの家財道具は、全壊や半壊家屋、立ち入りができない地域以外からは早期の段階で発生する。また、写真6.1-2に見られるように、援助物資などを含めた生活ごみも発生する。



写真 6.1-1 被災直後の災害廃棄物の状況 (旧山古志村)
(04. 11. 23)



写真 6.1-2 被災直後の災害廃棄物の状況
(小千谷市山本山市民の家前広場) (04. 11. 23)

こうした災害廃棄物の発生量は、小千谷市においては、約 25,000 t (2005 年 5 月現在)、長岡市においては、約 6,500 t であった (2004/10/25 ~ 2005/5/30)。長岡市では、当初、最終処分場を一時集積場(仮置き場)としていたが、予想以上の発生量のため、西部丘陵地に仮置き場(約 3 ha)を設けた。なお、現在、西部丘陵地は建設残土の仮置き場(災害とは直接関係なし)として使用している。

b) 被災直後・避難時の廃棄物の仮置き場

小千谷市及び長岡市ともに、通常時より多量に発生している、被災直後・避難時における災害廃棄物(主に生活関連の廃棄物)のための仮置き場を、図 6.1-1及び図6.1-2に設置した。

ともに、被災直後でもあり、小千谷市は既存の山本山市民の家の前の広場を、長岡市は新潟県立歴史博物館の隣接地にある西部丘陵地を災害廃棄物の仮置き場とした。



図 6.1-1 小千谷市の一時集積場(仮置き場)の位置



図 6.1-2 長岡市の一時集積場(仮置き場)の位置

小千谷市における災害廃棄物の仮置き場は、市内の白山運動公園駐車場と山本山市民の家前広場の 2箇所に設置された。このうち、白山運動公園は主に布団類や木くず(木製家具等)が一時集積され、山本山市民の家前広場にはそれ以外の廃棄物が一時集積された。なお、両一時集積所とも中間処理施設の稼働等、処理・処分がスムーズに運んだ後、閉鎖された。



(a) 白山運動公園の状況



(b) 山本山市民の家前広場の状況

写真 6.1-3 小千谷市の一時集積場(仮置き場)の状況 (2004年11月24日)

白山運動公園の仮置き場は、全体が 60m×40m の敷地であり、2004 年 11 月 24 日の調査時点で、木くず(木製家具等：13m×9.5m×高さ 2.0m)と布団類(7.5m×6.0m×高さ 2.0m)が置かれ、富山市など他市町村の支援を受けながら、処理を行っていた。このときの現地調査中、富山市のパッカー車(4t)3 台が一時集積場に入り、布団類を約 2/3 運搬していった(運搬後：7.5m×2.0m×高さ 1.7m の体積に減少)。ここでは、特に発熱箇所も見られず、臭気やたまり水などもなかったため、廃棄物の体積のみを計測した(図 6.1-3)。

これに対して、山本山市民の家前広場の仮置き場は、全体が 100m×80m であり、可燃ごみ(15m×15m×高さ 2m)、缶類(11.5m×12.5m×高さ 2m)、廃プラスチック類(14m×20m×高さ 2.5m)、埋立ごみ(不燃・粗大ごみなど：二つの山があり、12m×11m×高さ 2.5m と 25.5m×20m×高さ平均 4m(最大 7m))がそれぞれに分別されて置かれていた。この仮置き場では、臭気があり、フェンスは設置されているものの、その高さは低く一部の廃棄物が場外に飛散していた。

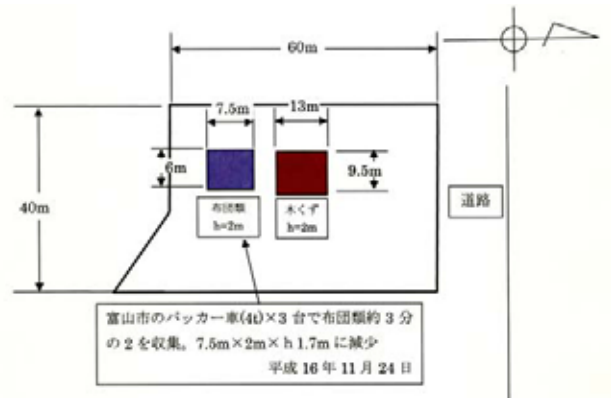


図 6.1-3 小千谷市白山運動公園の仮置き場の状況 (2004年11月24日の状況)

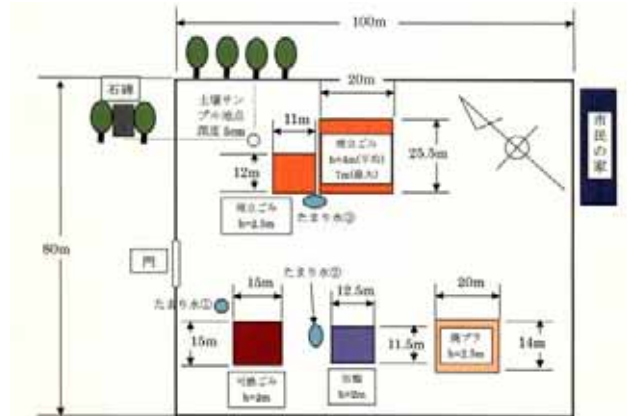


図 6.1-4 小千谷市山本山市民の家前広場の仮置き場の状況 (2004年11月24日の状況)

図 6.1-4 に示すように、可燃ごみ脇のたまり水(たまり水①)、可燃ごみと缶類の間のたまり水(たまり水②)と埋立ごみ脇のたまり水(たまり水③)が見られたので、それぞれの水質の調査を行い、たまり水①は採水して室内分析を行った。また、土壌の採取も行った。この結果、カドミウム、ヒ素、全水銀は、水・土壌ともに定量下限値未満であり、鉛は水で 0.006mg/L(環境基準 0.01mg/L)、土壌で定量下限値未満であった。このことから、2004 年 11 月の時点では、特に重金属の汚染の問題はないことがわかる。

2004 年 11 月 24 日の調査では、可燃ごみの箇所では、掘り返しが行われていたが、その箇所から湯気が発ち、湯気の発生箇所のごみが 17~18℃(掘り返していない表面のごみは 14℃)と、地温 12℃に対して 5℃以上も高い温度を示していた。この付近からは、一酸化炭素が時おり 5ppm、硫化水素ガスが 0.5~5ppm(平均 0.5~1.0ppm)が検知された。また、可燃ごみ脇のたまり水①では、酸化還元電位(Eh)：-99mV、電気伝導度(EC)：100mS/m、溶存酸素量(DO)：0.83mg/L、pH：5.05、水温 12.4℃となり、完全な還元状態の水であることがわかった。検知されたガスや水質の状況から考えると、この可燃ごみの箇所では、通性嫌気性微生物による酸発酵などが行われている可能性が高いと考えられる。



2004年11月24日の状況



2005年5月19日の状況

ごみの残留



2005年11月17日の状況

写真 6.1-4 小千谷市山本山市民の家前広場の仮置き場の状況

缶類と可燃ごみの間にあったたまり水②(水温 12.4℃)は、このたまり水①に比べ、電気伝導度も低く(20.6mS/m)、Eh(143mV)や pH(6.97)は高い。これに対して、たまり水③(水温 12.5℃)は Eh : 334mV、電気伝導度 : 26.4mS/m、DO : 4.97mg/L、pH : 5.74 となり、やや酸性ではあるが溶存酸素量も多く酸化状態の水であることがわかる。

たまり水②とたまり水③を比較すると、たまり水②の方が溶存酸素量は少なく、やや還元状態の酸化還元電位であることを考えると、断定はできないが、たまり水②が可燃ごみの近くであり、可燃ごみから

の浸出水の影響があるのではないかと考えられる。

ほとんどのこうした災害廃棄物は、発生から半年経過した 2005 年 5 月の時点で処理・処分された。この状況を写真 6.1-4 に示す。仮置き場内の廃棄物は若干の残物があるものの 2004 年 12 月 21 日で処理・処分された。山本山市民の家前広場は、2005 年 5 月 19 日段階で、可燃ごみ・廃プラスチックなどが若干残されていたが、周辺に見られるたまり水の水質はほぼ正常な値(DO : 5.40mg/L、Eh : 118mV、EC : 27.7mS/m、pH : 7.21)を示していた。また、この時点では脇に瓦礫が仮置きされていたが、2005 年 11 月の段階では、既に撤去され広場として再整備されていた。

長岡市の西部丘陵地には、不燃・粗大ごみ、家電製品及び一部の可燃ごみが一時集積されている。

2004 年 11 月 25 日の時点では、西部丘陵地の仮置き場は図 6.1-5 に示すように、約 100m×100m の 1ha 程度の面積を有し、混合ごみ(空き缶などや粗大ごみを含む。現地で空き缶などの鉄くずは選別している)、布団類、鉄くず、木くず、家電ごみ(家電 4 品目)が分別して置かれている。このうち、混合ごみが全体の体積にして最も多く、概ね半分以上を占めている。

混合ごみの中には、避難所から発生した各種の廃棄物が含まれ、援助物資などからの発生した廃棄物もある。この混合ごみの中には、空き缶をはじめとした鉄くずが含まれており、機械分別を行っていた。この混合ごみの付近には、いくつかのたまり水が見られたので、それらのたまり水の水質を現地で計測した(表 6.1-1)。これらの値を見ると、混合ごみの近傍の 2 箇所のたまり水は、Eh110mV 程度、DO3mg/L 前後でやや還元状態であり、電気伝導度も 100mS/m 以上と大きな値を示すものの pH は 7 前後と中性である。また、ガス検知器による硫化水素、一酸化炭素やメタンガスなどは検知されず、酸素濃度も通常の 20.9Vol%程度であった。ごみの温度は地盤温度が 12℃に対して 4~5℃高い 16~17℃を示し、ごく部分的に混合ごみに含まれる有機物の分解反応が生じていることも懸念された。これに対して、この混合ごみからやや離れた箇所のたまり水(図中のたまり水③)では、pH7 程度、EC は 130μS/cm 程度、Eh180mV 程度、DO4.6mg/L 程度と酸素も十分あり、普通の地表水の水質を示していた。

なお、布団類の集積箇所(一時集積場の出入り口門)では、特に悪臭が強かったが、メタンガスをはじめ硫化水素や一酸化炭素ガスは検知されなかった。

一方、これら混合ごみよりも離れた箇所に木くずを主体とした可燃ごみが置かれている。この近傍にもたまり水が存在していた(たまり水④)が、この水質もたまり水③と同様に、通常の地表水の値をしめした。一般に、木くずなどの有機物は、難生物分解性有機物(セルロースなど)から構成されており、早い段階で分解される易生物分解性有機物(炭水化物やタンパク質など)とは異なり、微生物の加水分解

反応で易生物分解性有機物に変化した後に通常の有機物の分解が開始される。被災後1ヶ月程度では、この難生物分解性有機物の分解もほとんど進んでいないものと考えられ、そのため、ガスの発生や水質の悪化が見られないものと考えられる。

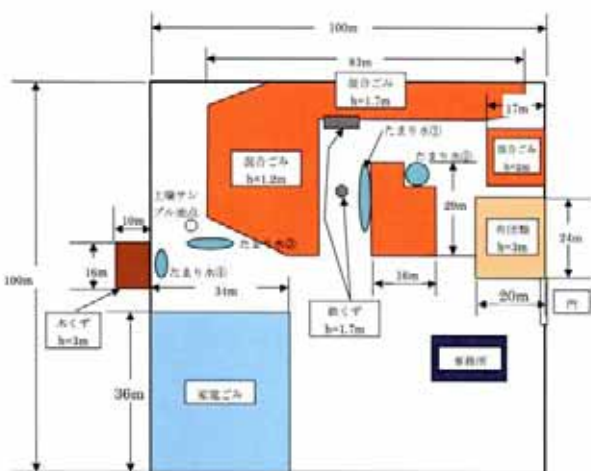


図 6.1-5 長岡市西部丘陵地の仮置き場の状況 (2004年11月25日の状況)

表 6.1-1 西部丘陵地のたまり水の水質(2004年11月25日)

	酸化還元電位 (mV)	電気伝導度 (mS/m)	pH	溶存酸素量 (mg/L)	水温 (°C)
たまり水①	115	136	7.21	3.12	10.7
たまり水②	112	145	6.89	2.74	9.2
たまり水③	183	13.1	7.07	4.59	14.3
たまり水④	282	13.8	6.82	3.99	13.5

家電ごみは、図 6.1-5 に示すように他のごみとは離れた箇所に分別されて置かれており、処理・処分先をそれぞれの家電に記号化して記載していた。また、1日のうち数回、家電ごみを民間業者が回収しにきている。このように比較的家電ごみに対しては、処理・処分のことも念頭に入れた処置がなされている(ただし、家電ごみの処理・処分先を示すナンバリングが行われていたが、「？」と記載された処理・処分先の決まっていないものも見られた)。

なお、これらの長岡市の仮置き場のごみの中には、長岡市に避難をしている旧山古志村住民から排出されたごみも含まれていると考えられる(すなわち、当時旧山古志村の住民も長岡市に避難しており、村役場の機能も長岡市内で行われているため)。

これらの仮置き場は、2005年5月20日の段階では、写真6.1-5に見られるように、全ての災害廃棄物は処理処分され、その後、仮置き場の表土を厚さ3cm程度取り、消毒をした後に覆土が施された。



2004年11月25日の状況



2005年5月20日の状況

写真 6.1-5 長岡市西部丘陵地の一時集積場(仮置き場)の状況

なお、長岡市の災害廃棄物の搬入量は、地震発生(平成16年10月23日)から10月末日までの期間が、可燃ごみで通常の1.3倍の1963トン、不燃・粗大ごみが通常の5.4倍の1673トンであった。通常量に対するピークはこの10月の段階までで、発生量としては、可燃ごみでは11月以降、通常量に戻ったが、不燃・粗大ごみは11月の段階ではまだ通常の3.2倍の4174トンの搬入量であった。しかし、これも12月以降はほぼ通常量に戻った。

さらに、西部丘陵地内の一時保管量は2004年11月3058トン、12月3146トン、2005年1月2265トンであったが、2月は294トンに減り、3月には0トンと、仮置き場内の廃棄物は全て処理処分された。

(4) 家屋等の解体廃棄物

a) 解体廃棄物の種類

家屋等の解体廃棄物においては、ミンチ解体をせずに、分別解体を実施している。分別解体の場合、小千谷市、長岡市(旧山古志村含む)においては表6.1-2のように12分類されている。

また、解体家屋からは、付随して家具類などの可燃・不燃粗大ごみ、特定廃家電(指定4品目:冷蔵

庫，エアコン，洗濯機，テレビ)やその他の廃家電なども発生する．これらについても分類を行い処理・処分がなされる．

表 6.1-2 家屋等の解体廃棄物の種類

	小千谷市	長岡市 (旧山古志村含む)
廃木材	木くず(柱・梁などの長尺物)	廃木材(長尺もの)
	木くず(上記以外の長尺物)	廃木材(長尺もの以外)
	木くず(短いもの)	木くず
廃プラスチック類	廃プラスチック類(電線類)	廃プラスチック
	廃プラスチック類(長尺物)	
	廃プラスチック類(短い物)	
ガラス類	ガラス・陶磁器くず	ガラス、瓦
たたみ	畳	たたみ
石膏ボード	石膏ボード	石膏ボード
金属類	金属くず	鉄・アルミ
がれき類	がれき類	壁土、コンクリートがら
その他	その他・残さ	その他

b) 解体廃棄物の処理・処分状況

小千谷市及び長岡市における解体廃棄物は，表 6.1-3 に示すように，それぞれ，25万トン以上の解体廃棄物が発生すると当初計画では予想された．

しかし，実際には，小千谷市では，2005年10月末現在で2,159棟の家屋が解体を完了しており，当初の計画よりは少ないと予想している(小千谷市市民生活課)．また，長岡市も2005年9月現在で106,546トンの解体廃棄物発生量であり，当初の計画よりは少ないのではないかと予想している(長岡市環境部環境施設課)．

しかしながら，長岡市では，実際の家屋の解体はなかなか進んでいない状況である．特に，2005年9月1日現在で，山古志地域の対象解体家屋数は635棟であるのに対して，解体申請された家屋数は48棟と全体の8%でしかなく，完了戸数は0である(2005年9月1日現在)．

また，長岡市全体でも解体・修繕対象住宅数9,174棟のうち，解体・修繕完了住宅数は2,207棟と24%である．この中越地域は，冬場の積雪により解体作業がやりにくいことを考えると，平成18年度も解体廃棄物が発生することが予想される．こうしたことから，小千谷市では仮置き場での解体廃棄物の受け入れを平成18年10月まで延長することを，長岡市では平成18年度以降も延長することを検討中である(2005年11月16日市役所聞き取り調査)．

なお，仮置き場における作業は除雪を行い，平成17年の冬期は作業を継続した(小千谷市)という実績もある．

こうしたことから，解体廃棄物においては平成18

年度の状況も調査する必要がある．

表 6.1-3 解体廃棄物の発生予想量(当初計画)

	小千谷市	長岡市
解体住宅数	2,700 棟	3,200 棟
発生量	250,000 トン	287,700 トン

備考) 解体住宅数 = (全壊 × 100% + 大規模 × 90% + 半壊 × 30%) で計算



写真 6.1-6 地震発生後半年以上経過後の家屋の状況(旧山古志村) (05. 5. 21)

c) 解体廃棄物の仮置き場

解体廃棄物も被災直後・避難時の廃棄物と同様に，一時集積場(仮置き場)に保管される．この仮置き場も，小千谷市と長岡市でそれぞれ計画設置された．

図6.1-6に小千谷市の解体廃棄物仮置き場の計画図を図6.1-7に長岡市の解体廃棄物仮置き場の計画図を示す．長岡市の仮置き場は，西部丘陵地の旧災害廃棄物仮置き場に隣接している(図6.1-2)．

当初，長岡市では最終処分場を一時仮置き場としていたが，予想以上の発生量のため，西部丘陵地に仮置き場(約3ha)を設けた．なお，現在，西部丘陵地は建設残土の仮置き場(災害とは直接関係なく)として使用している．

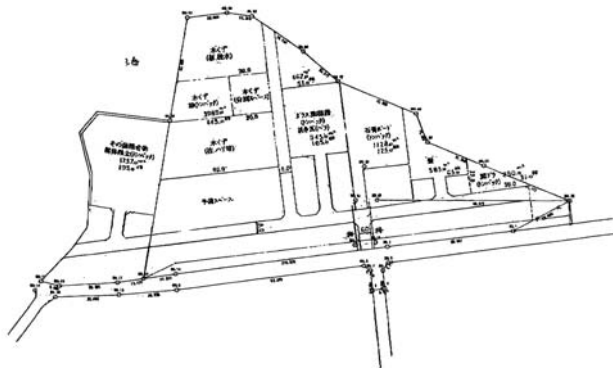


図 6.1-6 小千谷市の解体廃棄物仮置き場(小千谷市提供)



図 6.1-7 長岡市の解体廃棄物仮置き場(長岡市提供)

これらに従って、2005年11月16日時点でも一時集積が行われている。なお、仮置き場内の土壌と場内排水路出口の水を2005年11月16日に採取し、化学分析を行った。その結果を表6.1-4に示す。この表に示されるように、長岡市では浮遊物質が若干多めではあるが、その他の有害物質も含め特に問題となる値は示していない。なお、小千谷市においては、2005年5月19日にも表流水を採取し、化学分析を行ったが、この表とほぼ同様な値を示している。

これらの仮置き場では、分別・管理がきちんと行われており(写真6.1-7参照)、そうしたことがこの水質や土壌の分析結果に現れていると考えられる。逆に言えば、こうした分別・管理がずさんな場合(大規模災害の場合、用地確保ができないなどの関係から十分に可能性がある)、周辺環境を汚染するような事態も起こりえると考えられる。

一方、小千谷市の仮置き場内のいくつかの箇所の表流水の電気伝導度も2005年11月16日に計測した。その結果は、以下の通りである。

- ・排水路上流部：27～28mS/m
- ・排水路下流部：35mS/m
- ・畳周辺の水：300mS/m
- ・廃木材周辺の水：78～140mS/m
- ・コンクリートくず周辺の水：60mS/m程度
- ・伐採根と思われる周辺の水：20mS/m程度

なお、写真6.1-7の木くず付近からは、時折水蒸気が発生しており、表面温度は14℃(気温4～5℃)で

あった。有機物(木材や畳)の積載された山の中で微生物等による発酵が行われている可能性が考えられる。ただし、硫化水素(H₂S)、メタンガス(CH₄)、一酸化炭素(CO)ともに0ppmで、嫌気的なガスは検出されなかった。また、廃木材は、写真6.1-8に見られるように冬期に向かっていているために減少しているようであった。

表 6.1-4 解体廃棄物の仮置き場内の土壌と排水路出口の水

		計量 単位	小千谷市	長岡市	排水基準 又は 土壌環境 基準
表 流 水	pH	—	7.1	6.8	5.8～8.6
	BOD	mg/L	4.5	2.5	160
	COD	mg/L	21	21	160
	浮遊物 質	mg/L	25	200	200
	Cd	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.1
	Pb	mg/L	0.005 未満	0.016	0.1
	As	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.1
	T-Hg	mg/L	0.0005 未満	0.0005 未 満	0.005
	塩化物 イオン	mg/L	24	18	—
	EC	mS/m	37	29	—
	蒸発残 留	mg/L	330	470	—
土 壌	pH	—	5.7	—	—
	T-Hg	mg/L	0.0005 未満	—	0.0005
	Cd	mg/L	0.005 未満	—	0.01
	Pb	mg/L	0.005 未満	—	0.01
	As	mg/L	0.005 未満	—	0.01
	外観	—	極微黄色 微濁	—	—
	臭気	—	微腐敗臭	—	—



写真 6.1-7 解体廃棄物の仮置き場の状況
(小千谷市) (05. 11. 16)



写真 6.1-8 小千谷市の解体廃棄物の仮置き場の状況
5月に比べ11月は、廃木材が減少している
様子が伺われる。

一方、長岡市の解体廃棄物の仮置き場でも表流水の電気伝導度を計測したが、 $1\sim 20\text{mS/m}$ と低く、硫化水素(H_2S)、メタンガス(CH_4)、一酸化炭素(CO)ともに 0ppm であった。また、廃木材も5月の状況に比べて11月のその量は減少しているようであった

(ただし、廃木材以外の解体廃棄物は大きく変化していないような印象であった)。

(5) 社会的共通資本からの廃棄物

社会的共通資本といった場合、道路などの社会的インフラストラクチャーの他に、樹木や水・土砂などの自然環境、教育・医療などの制度資本が含まれる。こうした社会的インフラストラクチャー、自然環境、制度資本からも災害時は特に多くの廃棄物が発生する。ここでは、このことについて触れる。

a) 社会的インフラストラクチャーからの廃棄物

道路や水道など社会的インフラストラクチャーにおいては、建設リサイクル法の対象となるような廃棄物が発生する。写真 6.1-9のようなアスファルト・コンクリートやコンクリート、コンクリートと鉄からなる建設資材、木材などが建設リサイクル法の対象物であり、リサイクル対象として処理されることになる。しかし、写真 6.1-10に示すようなガードレールや標識などの鉄製品は建設リサイクル法の対象とはなっていない。これが、その後、どのように処置されたのかについては、現時点では把握できていない。今後は、こうした点の把握も必要となる。



写真 6.1-9 破損したアスファルト・コンクリート
(旧山古志村) (04. 11. 23)



写真 6.1-10 破損したコンクリートやガードレール等
(旧山古志村) (04. 11. 23)

b) 自然環境からの廃棄物

自然環境からの廃棄物の代表は、写真6.1-11に見られるような倒木や土砂である。これらも廃棄物として処理・処分されなければならないが、その処理・処分の実態については十分に把握されている状況ではないように思われる。今後は、こうした廃棄物の調査も行っていく必要があるだろう。



写真 6.1-11 崩壊によって発生した土砂や倒木
(旧山古志村) (04. 11. 23)

c) 制度資本からの廃棄物

制度資本から発生すると考えられる廃棄物としては、被災直後・避難時に多く発生する医療行為からの廃棄物が代表的であると考えられる。また、避難時の臨時的な教育活動においても廃棄物は発生すると思われる。

今回は、残念ながらこの側面についての調査は実施できなかった。

(6) その他の廃棄物

今回の地震でも写真6.1-12に見られるように自動車などからの廃棄物が見られる。このうち、廃ゴムタイヤは、衛環第197号厚生省生活衛生局水道環境部長通知(平成7年3月1日施行)による適正処理困難物である。この適正処理困難物は、市町村長が、製造者や販売者などの事業者に適正な処理が行えるように協力を求めることができる。この廃ゴムタイヤは、写真6.1-13のように一時保管がなされていた(2005年11月16日現在)。

また、タイヤ以外の自動車部品やバイクなども適正処理困難物にこそ指定されていないが、処理困難物である。

これらの処理・処分についても今後の推移を見守るべきであろう。



写真 6.1-12 地震発生後半年以上経過後も放置された自動車
(旧山古志村) (05. 5. 21)



写真 6.1-13 廃ゴムタイヤの集積状況
(長岡市関原集積場) (05. 11. 16)

(7) 謝辞

長岡市環境部環境施設課の米山立美課長補佐をはじめとした方々や小千谷市市民生活課の西脇秀夫課長をはじめとした方々には、聞き取り調査に多大なご協力を頂くとともに、現地調査の便宜を図っていただいた。ここに記して深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 片岡卓司：災害廃棄物処理の実体と課題－佐賀市竜巻災害廃棄物を例として－，生活と環境，2004年8月号，2004.
- 2) 大野博之：災害廃棄物の現状と課題－新潟県中越地震を例にして－，平成16年度廃棄物新戦略セミナー，2005.
- 3) 大野博之・八村智明・宮原哲也：新潟県中越地震における災害廃棄物の処理・処分にに関する研究，第13回地球環境シンポジウム講演論文集，p31-36，2005.

(大野博之・八村智明・宮原哲也)

6.2 災害廃棄物

(1) 災害廃棄物の処理・処分の現状

a) 新潟県中越地震における現状

廃棄物の仮置き場に持ち込まれた廃棄物の量は、仮設のため、当初は計量器が設置されなかった。そのため、正確な量が把握できなかつたのが現状であり、搬入台数などから見積もられている状況である。長岡市においては、その後、写真 6.2-1 に示すように、計量器が設置され、解体廃棄物においては、正確な量が見積もられるようになった。



写真 6.2-1 長岡市西部丘陵地の解体廃棄物仮置き場の計量器 (05. 5. 20)

また、解体廃棄物以外の災害廃棄物の分別についてもおおまかな分別作業は重機が中心であるが、ペットボトルなどの細分別は手作業に頼らざるを得ない状況である。

こうした手選別は、ごく少人数で行われており、発生量に対して十分に対応できていないと考えられる。すなわち、災害時では、行政側だけの努力では管理が十分に行われないう結果となっていた。

また、災害廃棄物は、一時期に多量に発生することから、自治体を持つ適正な処理・処分能力を上回ることが多く、写真 6.2-2 に見られるように、小千谷市などでは他の自治体の協力を得るなどの対応で、なるべく仮置き場の廃棄物量を減らす努力をしていた。しかし、災害の発生が 10 月下旬であったことから、災害後に冬の季節を迎え、これに伴う処理・処分作業の効率低下により、仮置き期間の長期化の可能性も十分に考えられる状況であった。実際に、若干の廃棄物は、2005 年 5 月の段階でも仮置き場に残った状況となっていた。

仮置き場での災害廃棄物(解体廃棄物を除く)の貯留期間が長期化すれば、有機物を含んだ廃棄物の嫌気的環境下での分解反応による硫化水素などの有毒ガスなどの発生、不燃ごみなどに含まれている可能性のある有害重金属の漏洩とそれに起因する周辺環境の汚染などが懸念される。さらには、この長期化により有機物の分解反応が進行すれば、場合によっては発熱などを原因とした火災の発生の可能性も考

えられる。このように、仮置き場が二次災害につながる場合があり、その対応策を事前に検討しておくことが重要となる。



写真 6.2-2 小千谷市における他自治体の協力状況 (小千谷市白山運動公園) (04. 11. 24)

また、被災家屋の復旧・復興が十分に進んでいないため、解体廃棄物においては、2005年11月時点でも完了しておらず、その後の推移を見守る必要があることも示された。

b) 他の災害も含めた仮置き場の状況と問題点

災害廃棄物の処理を衛生面や有効利用で考察する場合、多量に発生する雑多な廃棄物を早急に処理するための計画を立てる必要がある。しかしながら、多くの災害事例を見ると「仮置き場」をつくるオープンスペースを確保する際に多くの課題があり、仮置き場の設置に苦慮している状況が見られる。

例えば、三宅島の火山災害では、写真6.2-3に見られるように、2005年7月の時点で、学校のグラウンドに廃棄物が仮置きされている状況であった(この廃棄物は、その後、随時、船で島外に処理・処分されているとのことである)。



写真 6.2-3 学校のグラウンドに仮置きされた廃棄物 (東京都三宅島) (榊環境地質提供)

また、2004年6月27日に佐賀市で発生した竜巻災害では、写真6.2-4に示すように、佐賀市の既設処分場に、各種のごみが混じった状態の災害廃棄物が

山積みされた。こうした仮置きの状態が長期化すれば、各種の問題が生じることは十分に予想される。佐賀市の場合には、その後の8月の段階で、木くずやコンクリートブロックなどに分ける分別作業が進められ、適正に処理・処分が行われ、特に問題となるようなことはなかった。



(a) 当初の仮置きされた状態



(b) 8月の分別された状態

写真 6.2-4 既設の処分場に仮置きされた廃棄物
(佐賀市、2004年6月27日の竜巻災害)

また、新潟県中越地震でも、仮置き場として指定されていたわけではなく、住民等の任意の判断で写真6.2-5のような災害廃棄物の仮置きがされるという状況も災害発生直後の段階では見られる。

このように、仮置き場は、新潟県中越地震を含め

て、各種のスペースを利用している。このような仮置き場等の現状を既往調査や研究資料等から概査すると、各災害発生直後では、一般に以下に示すような公共スペースが利用されている。

- ① 公園
- ② 学校
- ③ 造成直後の平坦地
- ④ 競輪場などの遊戯場
- ⑤ 港湾施設などに作られた保管スペース
- ⑥ 駐車場
- ⑦ 廃棄物処分場で既に埋立られている区画
- ⑧ その他

これらの公共スペースのほとんどは各地域の緊急避難場所として指定されている場合が多く、緊急避難場所と廃棄物の仮置き場が併設される可能性も出てくる。こうした併設状況は、公衆衛生上、好ましい状況ではないが、緊急の場合、止む無く仮置きが行われることもありうると思われるべきである。

また、仮置き場の設置期間は、前述したように、公衆衛生や周辺環境に与える影響を考え、長期化することは避けるべきである。

さらに、大量に発生した災害廃棄物を処理し、単に埋立などの最終処分をするのでは、現状の処分場の不足状況を考えると妥当な処置とは言いがたい。

こうしたことから、災害廃棄物の有効利用を促進する必要がある。このとき最も重要なことは、分別、選別等の「前処理」、焼却、熔融等の「中間処理」を行う場所や施設の存在である。これらのうち、経済的に高価で建設に要する時間のかかる中間処理施設については、仮置き場の性能、機能、規模によって左右されるほか、緊急時に対応が難しくなるため、既存の施設を最大限に活用する必要がある。しかしながら、新潟県中越地震の場合にも見られたように、既設の施設が規模的に見合わなかったり、施設の損傷で中間処理ができなくなる場合もある。



写真 6.2-5 駐車場に仮置きされた廃棄物
(新潟県中越地震時：2004年11月23日)

以上の点から、仮置き場についての十分な検討を事前に行うことが、災害廃棄物対応においては重要な要件となる。このとき問題となるのが、以下の事

項と思われる。

- ① 発生した災害の種類と災害廃棄物の発生量、発生時期の予測
 - ② 各災害に対応した災害廃棄物仮置き場候補地の選定
 - ③ 各災害に対応した災害廃棄物の組成と区分、選別、処理の方法
 - ④ 仮置き場周辺の環境保全の手法
 - ⑤ 仮置き場撤退後の処置
- こうした点について、今後の検討を要する。

(2) 災害廃棄物に対する提言

a) 新潟県中越地震の観点からの提言

新潟県中越地震のこれまでの調査から、以下のことを進めていくべきと思われる^{2),3)}。

- ① 廃棄物処理は専門的な要素が強いが、手選別であればマニュアル等による指導で市民ボランティアも分別が可能になると思われる。こうしたことから、今後は、各地方自治体で作業の安全管理も含めたマニュアルの整備と市民ボランティアなどの人材を積極的に活用していくことが必要なのではないかと考えられる。
- ② 災害時に対応可能な仮置き場を地域計画の中にあらかじめ設置または計画しておく、貯留期間が長期化した場合の方策についても検討しておく必要があると考えられる。すなわち、地方自治体は、災害時の食糧備蓄だけでなく、衛生面を考慮に入れた災害廃棄物処理・処分の問題にも迅速に対処できる各種の体制をあらかじめ計画・整備しておく必要がある。
- ③ 廃棄物処理・処分施設の能力は平時でも余裕がないのが現状であり、災害の発生に対応できるものとなっていないので、これを早急に解消する必要がある。少なくとも、処分場においては5年以上の残余量を常に確保する必要があると思われる。
- ④ 阪神・淡路大震災においては大阪湾フェニックスを有効利用し、災害廃棄物の円滑な処理・処分が可能となり、神戸市等の早急な復旧に一躍かった事例もある。上記3の廃棄物処理・処分施設の不足解消には、こうした大規模処分場の有効利用も念頭に置き、閉鎖、廃止後の旧処分場跡地の有効利用や再生を考慮するとともに、一部の自治体だけでなく、県レベルやエリア全域など、より広域の処分場の設置についての検討・実施も行うべきものと思われる。
- ⑤ 仮置き場では、廃棄物の貯留、搬入・搬出、分別、処理などの作業が仮置き場内および周辺環境へ影響を及ぼす恐れがあることから、飛散防止ネットやしゃ水シートの設置、さらに防火消火対策も講ずる必要があると考えられる。また、周辺環境への影響についても併せてモニタリングしていくことが必要である

が、このモニタリング手法についても緊急時にも迅速に対応できることが望まれることから、今後リモートセンシング技術などを用いた手法^{5),6)}についても検討していくことが必要である。

b) 他の災害の観点も含めた提言

新潟県中越地震に限らず、他の災害も含め、今後は災害廃棄物において、以下のような検討が必要である。

- ① 災害廃棄物に関する処理及び資源化、有効利用法に係わるマニュアルの策定
 - ・ 災害廃棄物の衛生的管理、処理手法、発生廃棄物の最終埋立量の削減
 - ・ 各被災地への広域的支援手法の明確化、災害廃棄物の広域的処理手法の確立
 - ・ 財政的支援（交付金、補助金）制度の確立
- ② 災害発生時の仮置き場候補地選定方針の策定
 - ・ 地形、地質を活かした候補地の選定手法の確立（二次災害の防止も考慮）
 - ・ 被災者の衛生的管理を考慮に入れた候補地選定手法の確立
 - ・ 災害廃棄物発生量、処理作業効率向上に見合う土地（面積）の選定手法の確立
 - ・ 処理に対する交通の利便性確保の方策
 - ・ 跡地及び周辺環境の汚染を考慮した選定手法の確立
 - ・ 容易な浸出水管理の方法の確立
- ③ 仮置き場における資源化のあり方、有効利用促進手法の策定
 - ・ 廃棄物の前処理、分別、選別に必要な機材の選定手法の確立（移動可能な機材を広域で活用。最低でもそのまま使用できるものとそうでないものに区別できることが肝要。特にコンクリート骨材や盛土材として使用が可能なものは復旧工事に的確な使用を促す等も検討）
 - ・ 中間処理適合物の処理とその後の使用方法の検討（余裕のある施設を考える。溶融などを行った場合、スラグは道路復旧の路盤材等への積極的使用を促す等）
- ④ 仮置き場周辺の環境管理の手法及び基準の策定
 - ・ 周辺環境の簡易的モニタリング手法の策定（災害時のみであることが前提）
 - ・ 周辺環境の基準値の策定（特に臭気や騒音については災害緊急時であることを考慮に入れ、緩和しておく必要あり）
- ⑤ 仮置き場跡地の環境復元手法の方針、あり方策定
 - ・ 跡地の調査は土壌汚染対策法に準拠すべきか否かの検討（現況、処分場である場

合や最終処分場跡地である場合などについては別途検討)

- 汚染が確認された場合の対策は土壌汚染対策法に準拠すべきかの検討(同上)
- 仮置き場がその役目を終えた後は、現況の環境復旧をすべきであるのか、復旧後のイメージアップ(景観を含む)を図るべきか否かの検討
- 地下水汚染や河川水等の公共水域への汚染の確認を行い、必要ならば、対策工を実施することとするが、この際、その基準は環境基準とすべきか排水基準とすべきかの検討
- 対策工後のモニタリングについては、最終処分場の適正閉鎖基準に準ずることが望ましいか否かの検討(廃棄物の全量撤去+浸出水対策を行った現場には必要としない場合あり)

今後、災害廃棄物の処理・処分や3R(Reduce, Reuse, Recycle)も念頭に入れた対応策が十分に確立されることが望まれる。こうした対応がなされない場合、その災害廃棄物が不法投棄につながる場合があり、それが周辺環境への悪影響などさまざまな問題を引き起こすことになる。災害廃棄物の対策は、災害後のインフラストラクチャーの復旧・復興と同時に忘れてはならない重要な事項であることを最後に強調しておきたい。

参考文献

- 1) 片岡卓司：災害廃棄物処理の実体と課題－佐賀市竜巻災害廃棄物を例として－，生活と環境，2004年8月号，2004.
- 2) 大野博之：災害廃棄物の現状と課題－新潟県中越地震を例にして－，平成16年度廃棄物新戦略セミナー，2005.
- 3) 大野博之，八村智明，宮原哲也：新潟県中越地震における災害廃棄物の処理・処分に関する研究，第13回地球環境シンポジウム講演論文集，p31-36，2005.
- 4) 佐藤研一：災害廃棄物のごみの発生特性～福岡県西方沖地震の被害と災害ごみ～，平成17年12月17日研究会資料，2005.
- 5) 大野博之，小宮哲平，中山裕文，島岡隆行，眞鍋和俊，八村智明：廃棄物埋立地表層の広域的な環境地盤工学的特性のモニタリング，第5回環境地盤工学シンポジウム講演論文集，p.11-16，2003.
- 6) 眞鍋和俊，松山泰治，長野修治，大野博之：産業廃棄物安定型最終処分場の改善と搬入管理手法の提案，第51回廃棄物学会研究発表会論文集，p.1258-1260，2004.

(大野博之・八村智明)

7 斜面災害の復旧・復興

7.1 土砂災害からの復旧・復興

7.1.1 土砂移動実態と復旧・復興対策

(1) 芋川流域の現状と土砂移動状況

2004年10月23日新潟県中越地震発生後には、芋川流域において崩壊 842 箇所、地すべり 124 箇所、崩壊や地すべりに起因する河道閉塞箇所 52 箇所が確認されている（10月24日撮影空中写真の判読結果、10月28日計測航空レーザ測量による地形データ等に基づく）。現状では、崩壊や地すべりによる直接的な土砂災害とともに、その生産土砂による河道閉塞に伴う浸水被害が発生している。

今回の地震によって芋川流域では、崩壊や地すべりによる生産土砂が河道内に堆積し、以下に示すように土砂移動現象の発生が懸念される。

- 崩壊や地すべりによる多量の不安定土砂が存在しているため、融雪や降雨等により土砂が流出しやすく、また土砂流出が長期にわたる恐れがある。
- 崩壊や地すべりによって形成された河道閉塞箇所が数多く存在し、その決壊によって大規模な洪水や土砂流出の恐れがある。
- 今後の融雪や降雨等によって、不安定となった地山ではさらに崩壊や地すべりが発生したり、それに伴って新たな河道閉塞が形成される恐れがある。

芋川流域における崩壊 842 箇所、地すべり 124 箇所、河道閉塞箇所 52 箇所による暫定的な不安定土砂量は少なくとも約 980 万 m³ と見積もられている。この内訳を示すと次のとおりである。

崩壊に起因する不安定土砂量：約 210 万 m³

地すべりに起因する不安定土砂量：約 770 万 m³

これらの土砂は極めて不安定な状況で堆積しており、今後の融雪出水や降雨によって土砂流出しやすい状況にある。また、地震により斜面も新たな崩壊や地すべりが発生しやすい状況にある。さらに、木籠地区を中心に河道閉塞による湛水の影響（背水現象）と上流域の土砂流出のため、数万 m³ 以上の土砂が堆積している。

(2) 今後想定される土砂移動現象

芋川流域は、中越地震による崩壊や地すべりによる生産土砂、河道閉塞土砂は河道内に堆積しているため、融雪出水や降雨によって流出しやすい状況となっている。また、地震動によって地山が不安定になっていることが考えられるため、降雨や融雪によってあらたに崩壊や地すべりが発生しやすい状況となっている。

まず、土石流等による保全対象に対する直接的影響を整理すると次のようになる。

①河道閉塞の決壊

- 地震による崩壊・地すべりの発生
- 移動土塊による河道閉塞の形成
- 融雪期～洪水期での河道閉塞決壊
- 大規模な土砂の流出・段波の発生
- 洪水氾濫・土砂氾濫による被害発生

②崩壊・地すべり・土石流の発生

- 地震による不安定土砂の生産・地山の不安定化
- 融雪期～洪水期（豪雨時）での崩壊・地すべりの発生、不安定土砂の流動化（土石流発生）
- 崩壊・地すべり・土石流による被害発生

次に、流出土砂の堆積等による保全対象への影響を整理すると次のようになる。

③短期的な現象（融雪出水時・洪水期等の出水時）

- 地震による不安定土砂の生産
- 融雪期・洪水期での土砂生産
- 融雪出水・洪水期（豪雨）の出水による不安定土砂の大規模流出
- 河道部における急激な土砂堆積（河床上昇）
- 洪水氾濫・土砂氾濫による被害発生

④長期的な現象（短期的な現象を含む平常時の流水）

- 地震による不安定土砂の生産
- 融雪期・洪水期等での土砂生産
- 短期的な現象を含む平常時の流水による不安定土砂の流出
- 河道部における恒常的な土砂堆積（河床上昇）
- 洪水氾濫・土砂氾濫による被害発生

(3) 復旧・復興対策

以上の土砂移動現象を考慮すれば、下図に示すように出水・融雪などに起因する土砂災害等を防止し、地域の安全性確保と流出土砂の抑制を目標に生産減対策、流出土砂対策（河道閉塞含む）、流出土砂の有効活用等の復旧・復興対策が必要である。

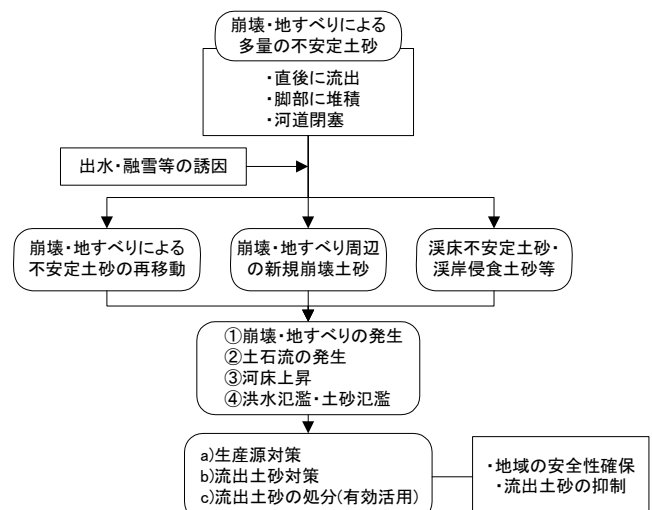


図7.1-1 復旧・復興対策

7.1.2 崩壊・地すべり対策（生産源対策）

(1) 崩壊・地すべり対策

新潟県中越地震により、旧山古志村を中心とした山間部には、崩壊、地すべりの再活動などが多発し、死者4名、家屋破損85戸の被害¹⁾を出したほか、各所で道路・ライフラインを寸断した。また、二次災害の危険があることから、全村避難をした旧山古志村（2,167名）を初めとして、避難指示1,024世帯（3,231名）、避難勧告18,723世帯（61,663名）にのぼった²⁾。

新潟県は、「すべての被災者が平成18年10月（降雪期前）までに生活再建の見通しが立てられること」を目標に、住民の生活再建支援策として、土砂災害防止を含む復旧計画を策定している³⁾。このうち、集落等の災害防止、土砂生産源の復旧を目的とした崩壊・地すべり対策は、主として治山・砂防と呼ばれる国土保全事業で実施されている。

ここでは、崩壊・地すべり対策として、治山で実施されている事例について述べるものとする。なお、土砂流出防止対策については、芋川で実施されている直轄砂防の事例が次項に紹介されているので、参照されたい。

(2) 治山による斜面崩壊の復旧

治山事業は、森林法、地すべり等防止法を根拠にし、山地災害の防止等を図る国土保全のための公共事業（林野庁所管）であり、国が行う直轄事業と都道府県が行う補助事業に区分される。

新潟県中越地震では、旧山古志村など、山間部を中心に、斜面崩壊が多発したことから、砂防、道路サイドと連携しながら、斜面崩壊を復旧することにより集落・道路等の保全と土砂生産の防止・軽減を図っている。

これら治山事業の施行主体は新潟県であるが、災害の規模が著しく大きな地区については、新潟県の要望にもとづいて、直轄事業（林野庁関東森林管理局）による復旧整備が図られている。

(3) 災害直後の対応

新潟県は、災害直後から、災害状況の把握とともに、排土、センサー設置などの応急対策を実施した。

また、余震、降雨、降雪による二次災害防止の観点から、林野庁、近隣の県、治山ボランティアの応援を受けて、平成16年11～12月に、山地災害危険地区、既設治山施設について、緊急点検を実施している（表7.1-1参照）⁴⁾。新潟県によると、既設治山施設で地震により被災を受けた構造物は、ほとんどがなだれ防止工であった。

なお、山地災害危険地区とは、林野庁・都道府県が、山地災害危険地区調査要領したがって、山腹崩壊、地すべり等による山地災害が発生する恐れがあると判定した地区で、山腹崩壊危険地区、地すべり危険地区、崩壊土砂流出危険地区がある⁵⁾。

表7.1-1 危険地及び治山施設に対する緊急点検

区分	点検対象	箇所数
山地災害危険地区	震度5以上を記録し山地災害が集中した市町村のうち、人命及び重要な公共施設に影響を及ぼす恐れの高い山地災害危険地区	16 市町村 1,351 箇所
既設治山施設	震度4以上を記録した市町村のうち、人家及び公共施設に近接した山腹構造物及び下流の人家や公共施設に被害を及ぼす恐れのある溪間構造物	21 市町村 1,598 箇所

注) 砂防では、震度5弱以上を記録した17市町村の土石流危険溪流、地すべり危険箇所、急傾斜地危険箇所の点検を実施している（2,319箇所）⁶⁾

(3) 恒久的な対応

斜面崩壊が多発した旧山古志村、長岡市、小千谷市などを対象に、人家・道路等が被災する危険性の高い箇所を主体として、100箇所を越える地区で治山事業が実施されている（表7.1-2参照）。

緊急に着手された治山事業実施箇所のうち、代表的なものは次のとおりである。

① 小千谷市小栗山・呼坂(写真7.1-1～4)

深層崩壊が発生し、国道及び県道が埋没し、朝日川に多量の土砂が流出した。国道・県道は、旧山古志村・小栗山集落（小千谷市）への重要な連絡道路であり、治山ダム、山腹工により復旧を図る計画である（直轄地すべり防止災害関連緊急事業）。



写真7.1-1 深層崩壊地の全景(小千谷市呼坂) 林野庁提供

表 7.1-2 新潟県中越地震に関連して治山事業等により対応した箇所（平成 16, 17 年度）（文献 1 に加筆）

区分		震度	災害救助法	激甚災害法	豪雪地帯	特別豪雪地帯	直轄地すべり防止 災害関連緊急		直轄地すべり防止 (H17)		災害関連 緊急治山		災害関連 緊急地すべり		治山施設 災害復旧		一般公共 (H16・H17)		小規模 県営治山		小規模 補助治山		合計	
現在	災害発生時点						箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費	箇所数	本工事費
小千谷市	小千谷市	6強	○	○		○	2	544	2	596	2	82					6	279	12	56			24	1,557
長岡市	長岡市	6弱	○	○		○	1	303	2	384							1	120	5	31			9	838
長岡市	山古志村	6強	○	○		○	1	70	3	310	1	169			1	210			4	11			10	770
長岡市	栃尾市	6弱	○			○			1	121							2	77	2	4			5	202
長岡市	小国町	6強	○			○					1	63					1	75	1	28			3	166
長岡市	越路町	6弱	○	○		○							1	86					2	3			3	89
長岡市	三島町	6弱	○		○																		0	0
川口町	川口町	7	○	○		○					1	83					2	56	6	18			9	157
見附市	見附市		○			○													2	17			2	17
柏崎市	柏崎市		○			○													3	50	3	8	6	58
出雲崎町	出雲崎町		○			○															1	1	1	1
高柳町	高柳町		○			○					1	45							2	18			3	63
西山町	西山町		○			○											1	27					1	27
魚沼市	小出町		○			○													1	1			1	1
魚沼市	堀之内町	6弱	○			○											1	78	2	1			3	79
魚沼市	広神村	6弱	○			○											2	101	4	5			6	106
魚沼市	守門村	6弱	○			○											1	56	1	2			2	58
魚沼市	入広瀬村	6弱	○			○																	0	0
南魚沼市	六日町		○			○													1	1			1	1
南魚沼市	塩沢町		○			○											1	50	1	1			2	51
十日町市	十日町市	6弱	○	○		○					1	32	1	46			3	75	8	9			13	162
十日町市	中里村	6弱	○			○											2	70	2	1			4	71
十日町市	川西町	6弱	○	○		○											2	60	3	4			5	64
妙高市	新井市					○											1	35					1	35
上越市	上越市		○			○													1	3			1	3
上越市	安塚町		○			○													2	5			2	5
上越市	牧村		○			○													1	3			1	3
刈羽村	刈羽村	6弱	○			○																	0	0
計							4	917	8	1,411	7	474	2	132	1	210	26	1,159	66	272	4	9	118	4,584

震度は6弱以上を表示。災害救助法、激甚災害法の○印は、新潟県中越地震で適用をうけた市町村。

金額の単位：百万円



写真7.1-2 崩土の流下状況（小千谷市呼坂） 新潟県提供



写真7.1-3 崩土の流出により国道が被災（小千谷市呼坂）
新潟県提供（45地点）



写真7.1-4 完成した治山ダム等（小千谷市呼坂）
林野庁提供（45地点：05.3）



写真7.1-6 崩壊が多発した斜面（長岡市貫）林野庁提供

② 長岡市濁沢町・貫（写真7.1-5～7）

地震で不安定化した濁沢集落の上部斜面では、地震の影響により表層崩壊が複数発生し、なだれ予防柵が被災していたが、平成17年3月、融雪に伴い崩壊地が複数発生した。治山ダム、山腹工により復旧を図る計画である（直轄地すべり防止災害関連緊急事業）。また、被災したなだれ予防柵の補修・再設置も計画されている。



写真7.1-5 融雪期の崩壊（長岡市貫）
新潟県提供（56地点）



写真7.1-7 施工状況（長岡市貫）林野庁提供（56地点）

③ 旧山古志村種芋原・風口（写真7.1-8～10）

複数の表層崩壊・深層崩壊が複合して発生して大規模な崩壊地を形成している。崩土の末端は既設ダムで停止したが、上部の林道、中腹の県道が寸断されており、山腹工により復旧を図る計画である（直轄地すべり防止災害関連緊急事業）。



写真7.1-8 深層崩壊地の全景（旧山古志村風口）
林野庁提供



写真7.1-9 崩壊地の状況(旧山古志村風口) 新潟県提供



写真7.1-10 崩壊地上部の施工(旧山古志村風口)
林野庁提供 (9地点)



写真7.1-13 施工中の崩壊地(旧山古志村竹沢)
新潟県提供 (31地点)

④ 旧山古志村竹沢(写真7.1-11～13)

県道が交差する羽黒トンネル坑口の隣接斜面に、深層崩壊が発生し、大量の崩土で県道が埋没したほか、人家2戸が全壊した。また、斜面上部に設置されていたなだれ予防柵97基のうち、43基が被災した。重要な連絡道路である県道・人家の保全のために、山腹工により復旧を図り、なだれ予防柵を設置する計画である(治山施設災害復旧事業、災害関連緊急治山事業)。

その他の地点における、崩壊・地すべりの被害状況や復旧対策等について写真7.1-14～写真7.1-19に示す。



写真7.1-11 崩壊地の状況(旧山古志村竹沢)新潟県提供



写真7.1-14 施工中の法枠工(小千谷市浦ノ山)
林野庁提供(46地点)



写真7.1-12 人家の被害状況(旧山古志村竹沢)新潟県提供



写真7.1-15 調査中の再滑動した地すべり（旧栃尾市滝之上）
林野庁提供



写真7.1-16 施工中の山腹工（小国町七日町）新潟県提供
急斜な深層崩壊地に対して、クライミングマシンにより不安定な土塊を取り除いている（法切工）。



写真7.1-17 施工中の治山ダム（小国町三桶）新潟県提供
土砂流出防止のために、緊急にブロックダムを施工。



施工前



施工後

写真7.1-18 山腹工の施工箇所（西山町大坪）新潟県提供



施工前



施工後

写真7.1-19 法枠工の施工箇所（高柳町高尾）新潟県提供

なお、写真7.1-1～19における写真提供は下記の通りである。

新潟県提供：長岡地方振興局農林振興部森林施設課

林野庁提供：関東森林管理局森林整備部治山課・関東森

林管理局中越森林管理署中越山地災害復旧対策室

7.1.3 河道閉塞・流出土砂対策

(1) 芋川砂防計画の基本方針⁷⁾

今回の地震によって芋川流域では、崩壊 842 箇所、地すべり 124 箇所、崩壊や地すべりに起因する河道閉塞箇所 52 箇所が確認されている。崩壊や地すべりによる生産土砂は河道内に堆積しているため、融雪出水や降雨によって流出しやすい状況となっている。また、地震動によって地山が不安定になっていることが考えられるため、降雨や融雪によってあらたに崩壊や地すべりが発生しやすい状況となっている。

このような著しい荒廃状況下では、今後の融雪期、出水期（梅雨期・台風期）には大量の土砂が流出し、芋川流域内および下流地域において土砂災害・浸水被害が発生することが考えられる。特に、河道閉塞箇所が決壊した場合には、その災害規模はさらに大きくなるものと考えられる。このため芋川における砂防計画は、崩壊や地すべりによる生産土砂の流出、河道閉塞とその決壊に伴う土砂流出による土砂災害・浸水被害の発生を防止することを目的に実施する。

芋川本川沿いにおける比較的規模の大きい河道閉塞箇所は、上流から寺野地区、南平地区、植木地区、東竹沢地区、十二平地区の 5 箇所である。また、支川流域では右支川塩谷川、神沢川、右支川冷子沢川などに位置している。これらの河道閉塞箇所の内、その湛水および決

壊した場合に芋川流域内や下流地域に対する影響が大きいのは、閉塞規模・湛水量等から寺野地区と東竹沢地区の河道閉塞箇所であると考えられる。

寺野地区の河道閉塞箇所は最上流に位置しており、これが決壊すると下流 4 箇所の河道閉塞箇所の決壊を助長する可能性がある。東竹沢地区の河道閉塞箇所の上流木籠地区では、湛水による浸水被害が深刻な状況にある。

このような状況を踏まえ、本計画は芋川に形成された河道閉塞に対する恒久的な対策と併せて、地域の復興計画と整合を図りつつ、芋川流域の大量の生産土砂量に見合う適切な砂防計画を策定し、今後予想される土砂流出に対する、芋川流域内および下流地域の安全を確保することを基本方針とする。

(2) 計画対象現象の設定⁸⁾

砂防計画を立案するに当たっての計画対象現象は、芋川流域の現状と今後想定される土砂移動現象に基づき設定した。まず、芋川流域における土砂移動状況を整理すると次のようになる。

■土砂生産源となるもの

- 1) 崩壊・地すべりに起因する生産土砂（河道内不安定土砂）
- 2) 河道閉塞土砂

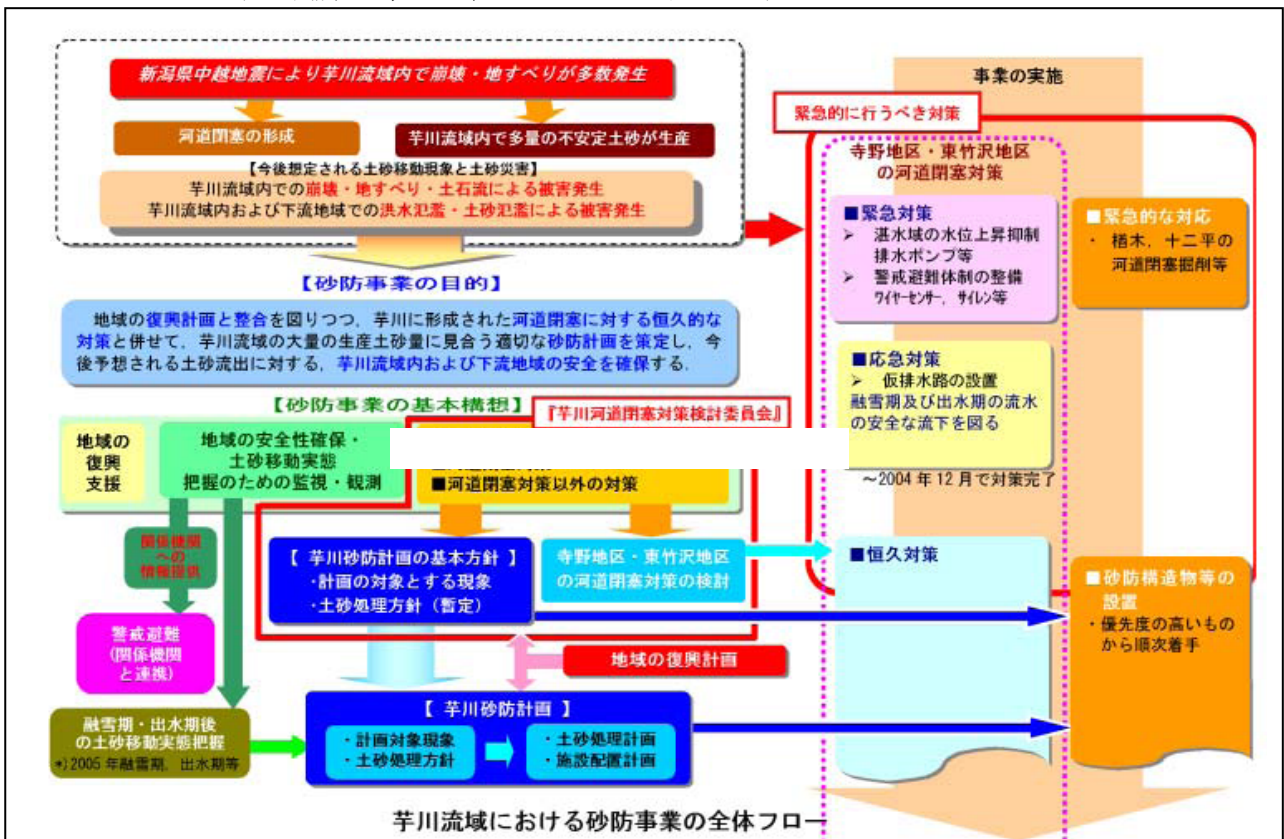


図 7.1-2 芋川流域における砂防事業の全体フロー⁸⁾

3) 地震動によって不安定となっていると考えられる地山

■土砂生産・流出を引き起こす現象

- 1) 100年超過確率規模降雨とそれによって発生する洪水
- 2) 出水期降雨
- 3) 融雪出水
- 4) 長期的な流量時系列

これらの現象をもとに計画対象現象（今後想定される土砂移動現象）を設定すると次のようになる。

- ① 新規崩壊・既往崩壊の拡大
- ② 地すべりの再移動
- ③ 河道閉塞箇所の決壊 → 大規模土石流
- ④ 土石流
- ⑤ 土砂流出（掃流状態）

また、本計画における対象土砂量は下記の区分により推定するものとした。

- ① 地震により発生した土砂量
崩壊不安定土砂量，地すべり不安定土砂量
 - ② 今後計画降雨時に発生が想定される土砂量
渓床不安定土砂量，崩壊土砂量，渓岸侵食土砂量
- 検討の結果，対象土砂量を整理すると次のようになる。
なお，これらの土砂量は確定値でなく，今後変更する可能性もある。また，地震により発生した土砂量には河道閉塞土砂量も含んでいる。

- 地震により発生した土砂量
 - 崩壊不安定土砂量 2,129,640 m³
 - 地すべり不安定土砂量 7,712,060 m³
- 今後計画降雨時に発生が想定される土砂量 m³
 - 渓床不安定土砂量 739,200 m³
 - 崩壊土砂量 1,536,900 m³
 - 渓岸侵食土砂量 110,700 m³
- 合計 12,228,500 m³

(3)土砂処理方針（暫定）⁸⁾

以上の検討結果を受けて芋川流域における暫定的な土砂処理方針を設定すると次のようになる。

- 河道内に堆積している不安定土砂が恒常的に流出する可能性が高いことから，芋川流域内および下流域では河床上昇に伴う洪水氾濫が考えられるため，支川及び本川で可能な限り不安定土砂の流出抑制を図る。
- 河床勾配が急な支川流域においては土石流が発生

する可能性が高いことから，土石流の発生抑制及び捕捉を図る。特に，直接的な災害が発生する可能性が高い土石流危険渓流等での整備を優先する。

- 崩壊地や地すべり脚部などでの不安定土砂の二次侵食・流出により，直接的な災害が発生する可能性が高いことから，崩壊地や地すべりでの土砂の生産抑制を図る。
- 芋川本川ならびに支川における河道閉塞箇所においては，河道閉塞部の侵食や決壊などに伴う大規模な土砂流出が考えられるため，土砂の撤去（掘削）や土砂生産・流出抑制を図る。
- 芋川流域内の丘陵地等（河道沿い以外の地域）に位置する集落や道路を保全し，地域の復興を支援するために，これらに影響を及ぼす可能性が高い崩壊地・地すべり対策を実施する。

ここで，支川での暫定的な土砂処理方針は次のとおりである。

- ① 崩壊・地すべりでの土砂生産抑制（生産源対策）を図る。
- ② 本川に影響がある崩壊・地すべり・河道閉塞箇所・渓岸・渓床部に対する土砂流出抑制を図る。また，保全対象やアクセス道路に被害を及ぼす恐れのある崩壊・地すべりへの防止対策を図る。
- ③ 河道閉塞箇所（不安定土砂）の土砂撤去や土砂流出抑制を図る。
- ④ 土石流発生抑制・捕捉を図る。

さらに，本川での暫定的な土砂処理方針は次のとおりである。

- ① 河道閉塞対策の位置付けを整理した上で，河道閉塞箇所の土砂の撤去もしくは土砂流出抑制を図る。
- ② 保全対象における河床上昇に対し有効に機能する地点において，上流からの流出土砂抑制を行う。
- ③ 本川河道沿いの崩壊・地すべり・渓岸渓床部での土砂生産抑制を図る。

(4)緊急・応急対策（河道閉塞）

芋川流域等の砂防事業は，河道閉塞の規模が大きく被災範囲も広範囲に及ぶこと，緊急性が高いこと等の理由により，平成16年11月5日より新潟県から国土交通省に引き継がれ，緊急・応急対策並びに恒久対策が鋭意実施されている。

緊急・応急対策は，災害直後に二次災害等の発生を防止し，周辺地域を保全する目的で実施する対策である。このうち緊急対策は，崩積土の除去等の災害直後に実施する対応・対処を示し，応急対策は恒久対策までの期間の仮の対策と位置づけられることが多い。ここでは，新

新潟中越地震による河道閉塞箇所における緊急・応急対策をまとめる。

河道閉塞箇所では、越流、パイピングや水圧による決壊を防止するために、被災直後より、以下のような緊急対策・応急対策が実施された。^{9),10)}

● 緊急対策

揚水ポンプによる湛水域の水位上昇抑制

鞍部の越流防止工

河道掘削（楢木地区、十二平地区等）

● 応急対策（融雪期及び出水期対応）

表面排水路（侵食対策含む）

寺野地区・東竹沢地区では、緊急対策とし、地震発生から7日後の平成16年10月30日より、監視カメラが設置され、11月5日（寺野地区）及び11月9日（東竹沢地区）からポンプによる淡水域の排水が開始された。その後、応急対策として、表面排水路が実施され、地震後約2ヶ月に相当する12月17日（寺野地区）及び12月28日（東竹沢地区）に完成されている。この応急対策は平成17年度の融雪後も機能し、河道閉塞部は決壊の前兆現象なども認められず、安全に工事が実施されている。

なお、河道閉塞箇所のうち楢木地区、十二平地区では、緊急対策として、それぞれ11月29日、12月9日より河道掘削が開始され、5～6日で河道掘削が完了されている。



写真7.1-20 緊急対策による排水管（東竹沢地区：1地点）



写真7.1-21 応急対策による表面排水路（東竹沢地区：1地点）



写真7.1-22 応急対策による表面排水路（寺野地区：12地点）

新潟中越地震の被災現場においては、迅速な初動体制の構築と適切な緊急・応急対策が実施されたことにより、河道閉塞部の決壊→土石流などといった形態で発生する二次災害を防止できたものと評価される。

(5) 恒久対策

芋川流域における、河道閉塞の固定・安定化、流出土砂の捕捉・調節するとともに地域の安全性を向上させ安心して生活できる基盤の構築を目的として実施する恒久対策には、次表に示すように砂防堰堤を主体としたハード対策が計画・実施されている。次表は直轄砂防工事をまとめたものだが、新潟県においても藤倉川、菖蒲沢、三石川において砂防堰堤が計画・実施されている。

表7.1-3 芋川流域における直轄砂防工事一覧表⁸⁾

地区名	対策工
寺野地区	砂防堰堤3基、のり面工
南平地区	砂防堰堤1基
西願寺川地区	砂防堰堤1基
東川地区	砂防堰堤1基
楢木地区	砂防堰堤1基、護岸工
冷子沢川地区	砂防堰堤2基、護岸工
東竹沢地区	砂防堰堤2基、護岸工、のり面工
神沢川地区	砂防堰堤1基
十二平地区	砂防堰堤1基、のり面工
塩谷川地区	砂防堰堤1基
竜光地区	砂防堰堤1基、遊砂地



写真7.1-23 寺野地区における地すべり頭部のり面工（12地点）



写真7.1-24 東川地区における砂防堰堤（ブロック堰堤）



写真7.1-25 東竹沢地区における砂防堰堤工事状況(1地点)



写真7.1-26 十二平地区における砂防堰堤工事状況(3地点)

なお、ハード対策の整備は経済性・施工性から長期間継続して完成するものであることから、優先度の高いものから随時実施し、住民帰郷後も地域の安全確保のために必要に応じて実施することとなる。

(6) 流出土砂の有効活用

今回の新潟県中越地震の被害のように広域で大規模な斜面災害が発生した場合、崩積土、地すべり土塊などが甚大な量に及ぶとともに、長期にわたり土砂流出が繰り返されることが予想される。そのため、土砂災害の危険度が長期間継続するとともに流出土砂の処分が、地域復興上、重要な課題となると考えられる。



写真7.1-27 地震後約1年経過後の流水の濁流状況

崩壊・地すべりからの流出土砂は、残土として処分するのではなく資源として有効活用することが望まれる。寺野地区、東竹沢地区をはじめ、新潟県中越地震の災害工事で地すべり土塊などの流出土砂の活用が計画・実施されている。

ここで、流出土砂の有効活用方法には、経済性・施工性から、流出土砂をそのまま使用する①直接的活用とセメントや水と混合して使用する②砂防ソイルセメント的活用が行われている。

直接的活用には、道路盛土等だけでなく神沢川地区の鋼製セル構造の砂防堰堤のように構造体の内部材としての活用される事例が認められる。また、砂防ソイルセメント的活用には、東竹沢地区の構造体内部材や寺野地区の砂防堰堤の基礎部への適用などの事例が認められる。

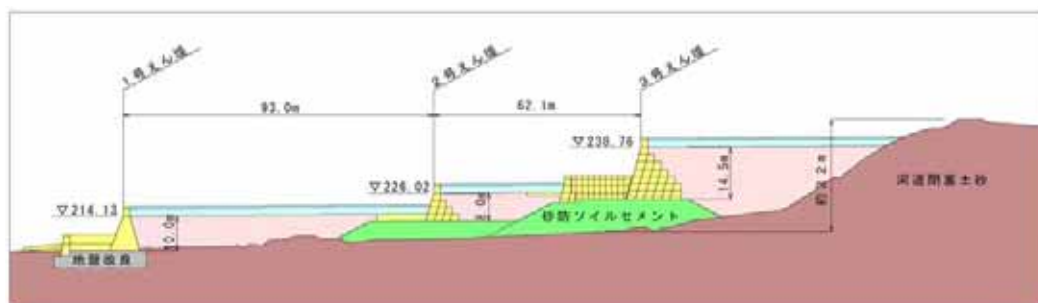


図7.1-3 寺野における砂防ソイルセメント的活用事例（図面提供；（株）本間組）



写真7.1-28 神沢川地区における砂防堰堤(鋼製セル構造)



写真7.1-29 砂防ソイルセメント製造状況(ISM工法：12地点)



写真7.1-30 ISM工法による砂防堰堤基礎部構築状況(12地点)

7.1.4 今後の大規模・広域災害における流出土砂等の活用について

新潟県中越地震災害の対策事業では、前述もしたように大規模に地すべり土塊等の流出土砂の有効活用が計画・実施されている。

災害廃棄物と同様に、斜面災害に伴う流出土砂（地すべり土塊、崩積土、土石流・泥流等の河床堆積物）や防災工事伴う掘削土砂等（以下、これらを総合して「流出土砂等」と称する）の処分は、新潟県中越地震災害だけでなく、同様な大規模・広域災害における重要な課題と考えられる。

このような実状を踏まえ、ここでは、今後の大規模・広域災害を念頭に、流出土砂等の活用についてとりまとめるものとする。

(1) 流出土砂の直接的活用

流出土砂等の直接的活用は、災害直後の道路復旧や地すべり地の押さえ盛土での活用だけでなく、神沢川地区の砂防堰堤と同様に、砂防堰堤等の構造物の内部材としての活用や造成地材料としての活用などが考えられる。

砂防堰堤等の構造物の内部材としての活用は、古くから実施されていることは周知の事実である。

広島県の福山藩では、1,700～1,800年代に石と土を組み合わせた構造物（砂留）が構築され、その多くが現存している。このようにコンクリートでなくとも、適切な部位に適切な適用を行えば、構造物に流出土砂等を直接活用することは可能と考えられる。



写真7.1-31 福山藩の砂留(広島県)

昭和40年代頃から、堰堤内部に土砂を活用する方法として、鋼製材料による外部拘束を行った砂防堰堤（ダブルウォール堰堤、鋼製セル堰堤）が開発されている。

このような構造としたことで、流出土砂等を直接的に活用しても、外力に対して安全度が向上することから、大きな外力が作用する土石流対策堰堤等への適用も実施されている。



写真7.1-32 土砂を中詰め材として活用した砂防堰堤(岐阜県)

以上の直接的活用は、有効ではあるものの、ひとつひとつの規模が小さいことから、大規模・広域災害における土砂処理上の効果は小さいといわざるを得ない。

土砂処理上の観点を重視すれば、谷埋めなどによる造成地の構築に活用することが有効であると考えられる。



図7.1-4 開析谷の造成地状況(熊本県)

ここで、谷埋め造成地での活用は、多量の流出土砂等が活用されるとともに、地震等で緩んだ斜面の安定性向上または危険斜面の消失等の効果が期待できる。また、地形的隔離状況の緩和と安全な生活基盤の創出等といった効果も期待される。なお、谷埋め造成地の場合、安全性確保の観点より谷出口は、コンクリート構造もしくは後述する砂防ソイルセメントで固定することが重要である。

(2) 砂防ソイルセメント的活用

流出土砂等を施工現場でセメント、水などと混合して製造する建設材料に、ソイルセメント、砂防ソイルセメントなどがある。ソイルセメントは地盤改良・改良土的な活用方法であり、砂防ソイルセメントはそれら包括し砂防堰堤等の構造物の構築までも念頭にしたもの¹¹⁾であることから、ここでは砂防ソイルセメントという表現でまとめるものとする。

砂防ソイルセメントは、流出土砂等をセメント等により固化させたものであることから、直接的活用よりも活用用途が広がるとともに、安全性の向上などの効果も期待できる。

下図に災害時における砂防ソイルセメントの効果をま

とめるが、高い施工性・経済性、材料としての安定性、流出土砂等の有効活用と行った特性から、以下のような効果が期待される。

- ・ 被災地域の安全性の早期向上・確保
- ・ 効率的な復興工事の実践
- ・ 安全な社会基盤の整備と被災地の復興支援
- ・ 不安定土砂・流出土砂の適正な処分

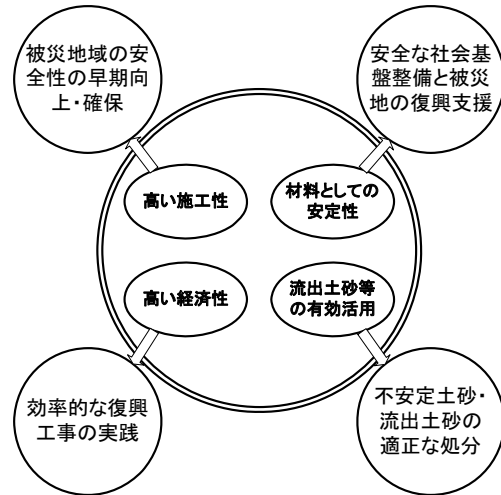


図7.1-5 災害時における砂防ソイルセメントの効果¹²⁾

(3) 応急施設・恒久施設への砂防ソイルセメントの適用

大規模・広域災害時における砂防ソイルセメントの活用方法を、応急施設、恒久施設に区分して下図にまとめる。なお、応急施設、恒久施設は、それぞれ独立させて考えるのではなく、応急施設の機能補強や用途拡大等を図ることで恒久施設へ移行していくことが、施工性・経済性から望まれる。

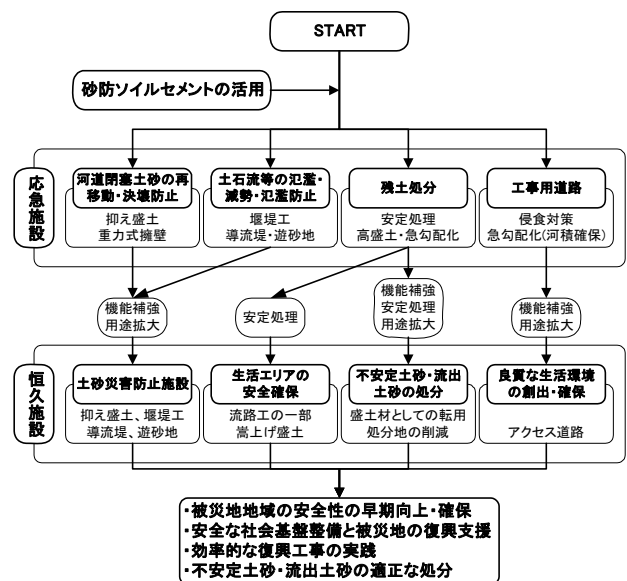


図7.1-6 災害時の施設への砂防ソイルセメント適用案

(文献12)に加筆)

応急施設は、不安定土砂・土塊の流出を防止・軽減し、被災地及び下流域の比較的短期的な安全性確保と安全な

工事の推進目的に、超過確率年5～10年程度を計画規模として実施される。このような応急施設のうち、砂防ソイルセメントの活用可能性が高い施設には、次のような施設が考えられる。

- ① 河道閉塞箇所等の再移動・決壊防止の施設
 - ・移動土塊脚部への抑え盛土・重力式擁壁
 - ・流路工・流水部（ただし、流水部には、吹付けコンクリートなどが必要）
- ② 土石流等の捕捉・減勢・氾濫防止のための施設
 - ・堰堤工，導流工，遊砂地
- ③ 残土処分・仮置きとしての活用
 - ・掘削土の安定化（安定処理としてのソイルセメント）
 - ・安定化に基づく残土処分場の急勾配化・高盛土化
- ④ 工事用道路における活用
 - ・流水接触部，越流部等における侵食対策としての活用
 - ・河積確保のためのり面急勾配化としての活用

恒久施設は、被災地の安全性を確保・向上させ地域復興を支援・促進するとともに、下流域における土砂災害を防止・軽減するための施設である。このような恒久施設への砂防ソイルセメントの活用施設・方法としては、次のような施設・方法が考えられる。

- ① 安全な地域の創出・確保のための施設

被災地の復興に向けて、最も重要な施設は、地域住民が安全で安心して生活できる『安全な地域』を集約的に創出するための次のような施設への砂防ソイルセメントの活用が考えられる。

 - 1) 土砂災害防止施設
 - ・地すべりの抑え盛土，堰堤工，遊砂地，導流堤
 - 2) 生活エリア（居住地区）の安全確保のための施設
 - ・流路工（流水部はコンクリートで保護が必要），高上げ盛土
- ② 良好な生活環境の創出・確保のための施設

被災地の復興においては、地域住民が暮らしやすい『良好な生活環境』を創出・確保することも重要な課題のひとつである。ここでいう『良好な生活環境』とは、『安全な地域』（新潟市のような遠距離地域を含む）間の物資・人の交流が速やかに行える生活環境をいい、次のような施設への砂防ソイルセメントの活用が考えられる。

 - ・アクセス道路等
- ③ 不安定土砂・流出土砂の処分のための施設

大規模・広域災害においては、数多くの地すべり・崩壊が発生し、不安定土砂が増大したとともに、荒廃化により今後一定期間土砂流出の頻発化が懸念される。これらの不安定土砂・流出土砂は①に示した土

砂災害防止施設によっても対処するが、不安定土砂・流出土砂の絶対量が短時間で完成できる土砂災害防止施設の効果量を大きく上回ることが予想される。そのため、除石等による対応が必要となり、除石の処分として次のような砂防ソイルセメントの活用が考えられる。

- 1) 除石した粘性土系の土砂の安定処理
 - 盛土材等への活用
- 2) 処分土砂の強度増加→高盛土化，のり面急勾配化
 - 処分効率の向上

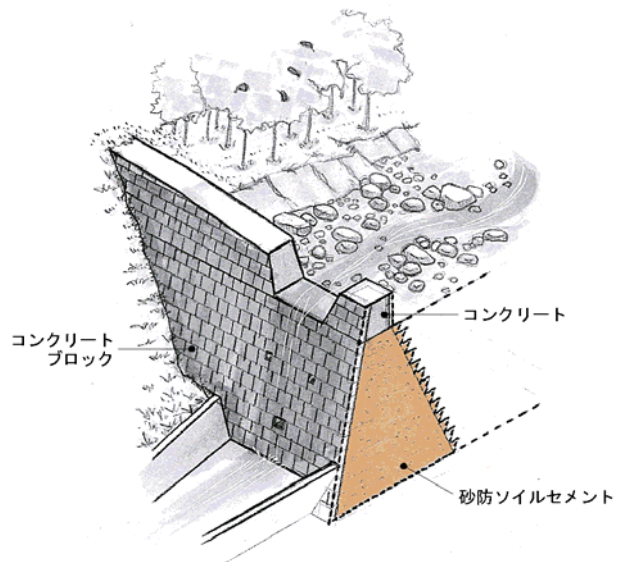


図7.1-7 砂防ソイルセメントによる堰堤構築例¹²⁾

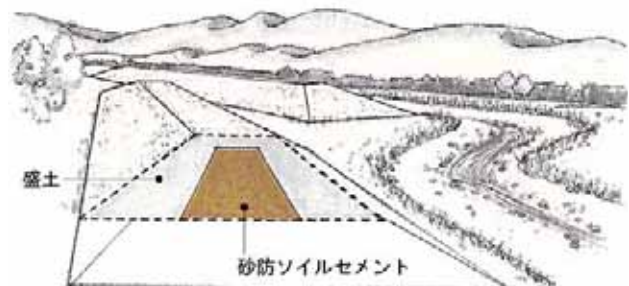


図7.1-8 砂防ソイルセメントによる築堤例¹²⁾



図7.1-9 砂防ソイルセメントによる斜面安定例¹²⁾

参考文献

- 1) 国土交通省：平成16年（2004年）新潟県中越地震（第30報），2004.
- 2) 内閣府：平成16年（2004年）新潟県中越自身について（第54報），2005.
- 3) 新潟県：新潟県中越地震大震災復興計画，2p6-7，2005.
- 4) 新潟県農林水産部林政課・治山課：平成16年林業関係災害の記録，p1-88，新潟県治山林道協会，2005.
- 5) 林野庁：山地災害危険地区の再点検について（平成7年10月20日付，7林野治2914），1995.
- 6) 山本悟，宮島邦康，鷺尾洋一：中越地震発生後の土砂災害危険箇所緊急点検及びその課題，砂防学会誌，Vol. 58, No. 6, p23-30, 2006.
- 7) 国土交通省湯沢砂防事務所：第1回芋川河道閉塞対策検討委員会資料，湯沢砂防事務所HP，http://www.yuzawasabo.net/chuetsu/topics/taisaku/iinkai_top.htm.
- 8) 国土交通省湯沢砂防事務所：第4回芋川河道閉塞対策検討委員会資料，湯沢砂防事務所HP，http://www.yuzawasabo.net/chuetsu/topics/taisaku/iinkai_top.htm.
- 9) 国土交通省湯沢砂防事務所：中越関係パンフレット，湯沢砂防事務所HP <http://www.yuzawasabo.net/imokawa/shiryou/pamphlet.html>.
- 10) 国土交通省湯沢砂防事務所：工事箇所位置図・一覧表，湯沢砂防事務所HP，<http://www.yuzawasabo.net/imokawa/genkyou/map.html>.
- 11) 砂防ソイルセメント活用研究会：砂防ソイルセメント活用ガイドライン，p1，鹿嶋出版会，平成14年1月.
- 12) 砂防エンジニアリング(株)パンフレット，砂防ソイルセメントの活用方法と効果，平成15年1月.

(小川紀一郎・櫻井正明・中濃耕司)

7.2 高速道路の復旧

(1) はじめに

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震により、関越自動車道と北陸自動車道において、盛土のり面の崩壊、路面の陥没や段差が多数発生し、甚大な被害を受けた（「3.8 高速道路における斜面災害」参照）。

旧 JH 北陸支社では、緊急点検や応急復旧を迅速・的確に行った結果、約 19 時間後には被災した全線で「緊急車両の通路」を確保し、約 76 時間後には被災規模が比較的小さかった北陸自動車道の通行止めを解除した。

さらに、関越自動車道についても、約 13 日後には暫定的な対応として片側 1 車線で一般車両の通行が可能となり、11 月 26 日には全線 4 車線を確保することができた。

ここでは、斜面（主に盛土）を中心として、開通に至るまでの復旧概要を報告する。

(2) 応急復旧工事

1) 緊急車両の通路確保【第一段階】

地震直後より、大規模で甚大な被害を受けた被災地の復旧支援を行うため、維持管理管理関連会社の協力のもと、緊急車両の通行を最優先に復旧作業を行った。

復旧にあたっては、早期に利用可能とするため、段階的に行う計画とし、路面の段差部には土のうを設置（写真 7.2-1）、大規模路面崩壊箇所などでは、民地への二次災害を防止するため崩落したのり尻に大型土のう（トンパック）を設置した後に、路面崩壊部に碎石を投入（写真 7.2-2）して緊急車両が徐行して通行できる路面を確保した。崩壊や段差等を碎石や土のう等で緊急的な措置を行い、地震発生から約 19 時間で緊急車両の通行路を確保した。

2) 緊急車両の走行車線を確保【第二段階】

今回の地震による被災で最も多い損傷のひとつが路面の段差であり、高速道路を横断する構造物の前後・切土部と盛土部との境などに発生した。

被災地への復旧・支援活動に必要な不可欠な緊急交通路として利用できるよう、緊急的に土のう等で措置していた被災箇所については、緊急車両がより迅速かつ円滑に走行できるよう簡易なすり付けによる応急的な舗装により復旧した。第二段階として、発災から約 100 時間後の 10 月 27 日には、片側 1 車線の緊急車両の通行車線を確保した（写真 7.2-3）。



写真 7.2-1 土のうによる緊急車両の通路確保(路面段差部)



写真 7.2-2 碎石投入による緊急車両の通路確保
(大規模路面崩壊部)



写真 7.2-3 緊急車両の走行を確保【第二段階】

3) 片側 1 車線での通行止め解除【第三段階】

地震で発生した段差を、一般車両が安全に走行できるように緩やかにすり付けるため、段差の大きい箇所については、碎石を敷き均した。

その後、厚さ 15cm の応急的な舗装により、路面を復旧した。

このような復旧作業を、余震の続く中、多数の緊急車両・災害派遣等従事車両の交通を確保しながら、24 時間体制で進めた。ガードレールが被災したところでは、

一般車両の安全性を確保するため、仮設ガードレールを設置する等の復旧を行った。

第三段階として、発災から約13日後の11月5日には片側1車線での暫定的な対応ながら、一般車両の通行が可能となった(写真7.24)。

4) 4車線の確保【第四段階】

今回の被災箇所は日本でも有数の積雪寒冷地であるため、冬期には視程障害や交通事故などの交通障害が多く発生する区間である。片側1車線での運用では、事故等により車線を閉鎖した場合には通行止めになる場合が考えられるため、4車線を確保することとした。

また、安全対策として仮設であった防護柵を復旧するとともに、視程障害対策の自発式デリニエーターの復旧を進めた。さらに、散水融雪設備の配管亀裂による漏水箇所の復旧作業も実施した。

第四段階として、発災から約1ヶ月後の11月26日には全線4車線を確保することができた(写真7.25)。

(3) 本復旧工事の概要

応急復旧については、本格的に降雪が始まる前の11月26日に4車線を確保した。しかしながら、11月末までの応急復旧工事は雪氷時期前の限られた期間での工事であったことから、一般車両が安全に走行でき、かつ雪氷対策に支障が出ない路面を確保するための必要最小限の工事に限定しており、残る本復旧工事については、雪解けが始まる春から実施した。本復旧工事のイメージ図を図7.2-1に示す。

被災の受けた盛土のり面は、大型土のう(トンパック)により応急復旧が実施されており、本復旧にあたっては、のり尻部に擁壁を用いる等、盛土の安定を図った。

(4) おわりに

このように、関越自動車道が、早期に車両の通行が可能となったことより、人々の往来に十分な機能を発揮したとともに、物流の幹線路としての役割になることができ、被災地域の復興支援に貢献できたと考えられる。また、緊急車両の通行が可能であったことから、川口町周辺の被災地域への給食活動の拠点として、陸上自衛隊による震災支援活動にも協力することができた。

最後に、今回の地震により亡くなられた方の哀悼の意を申し上げます。



写真7.24 片側1車線での通行止め解除【第三段階】



写真7.25 全線4車線確保【第四段階】

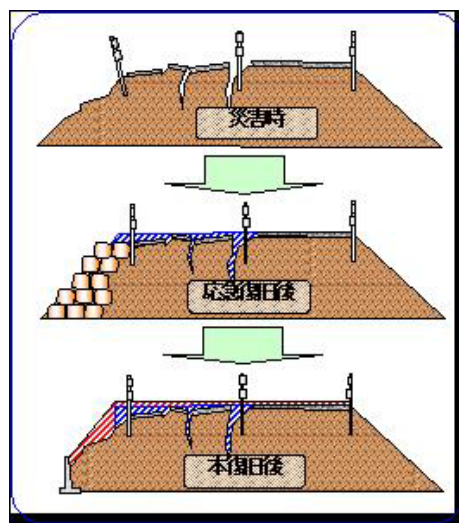


図7.2-1 盛土のり面の本復旧イメージ

参考文献

- 1) 平成16年(2004年)新潟県中越地震による高速道路の被災状況と復旧概要, 日本道路公団技術情報 2005.1
- 2) 平成16年(2004年)新潟県中越地震に伴う高速道路の被災状況及び復旧概要【第3報】: JH日本道路公団 北陸支社 (天野浄行・築瀬知史)

7.3 鉄道の復旧

(1) 復興の概要

盛土では、「鉄道構造物等設計標準（土構造物）」に示す構造細目を満足することを基本に盛土再構築の応急復旧を行った。なお、盛土構築の土量が大きく、工期が長くなる箇所については、扱い土量を大幅に削減することができ、工期短縮が可能で、高い耐震性、耐降雨性を有するジオテキスタイル補強土擁壁工法を適用した。自然斜面の復旧は、崩壊土砂の撤去、斜面整理および土砂崩壊に対する防護工を施工した。

(2) 上越線の復旧^{1) 2)}

(a) 上越線天王トンネル(220k500m)付近盛土崩壊の復旧

ジオテキスタイル補強土擁壁を用い、盛土の再構築を行った。崩土を盛土の支持地盤とするためセメント安定処理を行った後、のり面にモルタルを吹付け、さらに地盤変位を抑制するためのグラウンドアンカーを打設した。崩壊箇所が集水地形であるため、盛土支持地盤の排水処理として排水フィルタおよび暗渠排水管を盛土と支持地盤の境界に敷設した。その後、所定の高さまで順次面状補強材を敷きこみながら盛土の構築を行った（写真 7.3-1、図 7.3-2）。



写真 7.3-1 復旧状況(61 地点：JR 東日本提供)

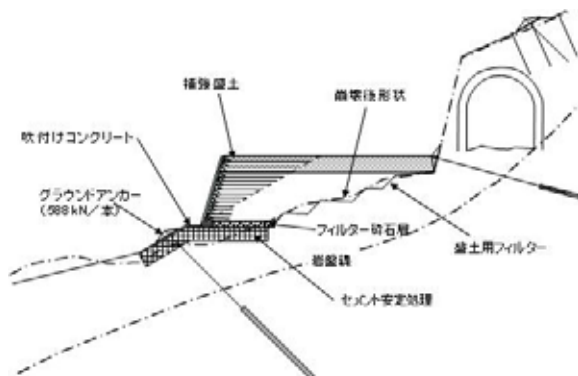


図 7.3-1 復旧断面図 (61 地点：JR 東日本提供)

(b) 上越線 221k000m 付近の盛土崩壊の復旧

壁面工基礎と支持地盤とを一体化し、壁面工に作用する水平力を支持地盤にとらせる構造とした。ロックボルト（L=2.0m, 2.0m ピッチ）を壁面基礎に配置することにより、斜面上の盛土および盛土基礎の安定性を向上させることができた。当該箇所は、道路に近接して盛土を構築することから、道路に作用する荷重についても設計に盛り込んだ。また、集水地形上にあるため、排水性を向上させるため基礎背面にフィルタ層を設け、基礎前面側に暗渠で導水する構造とした。面状補強材を敷き詰めながら順次盛土の盛り立てを行った（写真 7.3-2、図 7.3-2）。



写真 7.3-2 復旧状況(59 地点：JR 東日本提供)

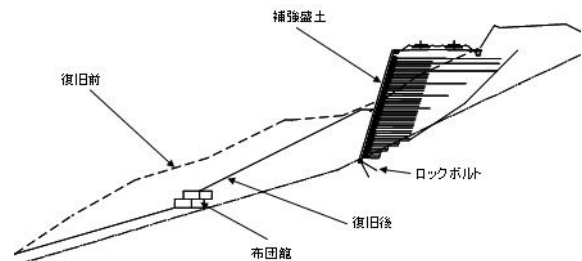


図 7.3-2 復旧断面図(59 地点：JR 東日本提供)

(c) 上越線榎峠トンネル入口(227k500m)付近斜面崩壊の復旧

斜面の崩壊土砂の撤去、斜面の整形、落石止め柵設置および、上・下線のトンネル坑口に落石覆い工などの防護設備を設置し運転を再開した。

その後、トンネル上部斜面では、不安定土塊を整理するとともに、のり面保護としてロックボルトを併用した吹付け格子枠を施工した（写真 7.3-3）。



写真 7.3-3 格子枠工による復旧状況
(47 地点：JR 東日本提供)



写真7.3-5 復旧状況 (JR東日本提供)

(3) 信越線の復旧^{1) 2)}

(a) 越後広田～長鳥間 48k500m 付近の盛土崩壊の復旧

盛土ののり尻に鋼矢板Ⅲ型を打設し、盛土を構築した。盛土下部は、崩壊した土砂をセメント系地盤改良材で改良を行った。盛土材料は、粒度調整碎石を用い、層厚管理材を敷設しながら盛土を構築した (写真 7.3-4)。



写真 7.3-4 復旧状況 (JR 東日本提供)

(b) 長鳥～塚山間 54k800m 付近の盛土崩壊の復旧

図 7.3-3 に示すように、崩壊した盛土材料をセメント系地盤改良材により改良を行い、再度盛土を構築した。盛土最下段には排水ブランケットを設置し、1.5m 毎 (3 層毎) に層厚管理材を敷設した (写真 7.3-5, 図 7.3-3)。

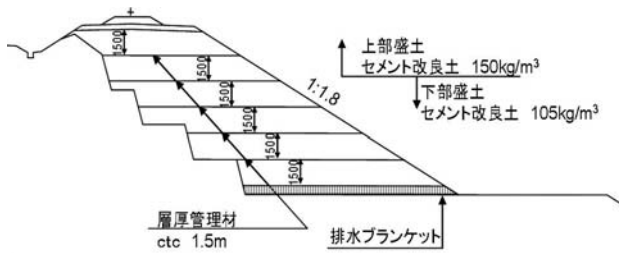


図7.3-3 復旧断面図 (JR東日本提供)

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社：新潟県中越地震震災復旧記録誌，2005.
- 2) 東日本旅客鉄道株式会社 設備部：新潟県中越地震鉄道土木構造物災害復旧記録誌，2006.

(島村誠・友利方彦・外狩麻子)

7.4 宅地の復旧

(1) 都市近郊

都市近郊で被災した宅地盛土の多くは、外周道路の復旧と併せて、雪解け後本格的な災害復旧工事が行われている。

高町地区の大規模な盛土崩壊箇所は、補強盛土工法による復旧が行われているようである。また、傾倒した擁壁工の補強としてはグラウンドアンカー工が施工されている。



写真7-4-1 高町1丁目。家屋の一部を巻き込んで大きく崩落した箇所。上段が被災直後，下段が復旧工事中（68地点：04.10.31および05.12.10）



写真7-4-2 高町団地へ昇る道路沿いの擁壁は、背後の盛土が変動したため、アンカー工で対策してある。（66地点：05.12.10）

(2) 旧山古志村

旧山古志村内の宅地の復旧は2005年12月現在で、あまり進んでいない。被災した家屋の撤去が一部で行われているが、被災時のまま放置されているものも多数存在する。また、旧山古志村役場の大きく沈下した盛土地盤の復旧工事も取りかかれていない。道路などのインフラの復旧後に本格的な復旧工事が始まるものと考えられる。



写真 7-4-3 家屋基礎部の崩壊に対しての復旧工事はあまり進んでいない。（31地点：05.12.11）

地震時に宅地盛土が変動することは、1995年兵庫県南部地震をはじめよく知られた現象であるにもかかわらず、有効な対策はこれまでとられてこなかった。今回の中越地震で被災した箇所においては、単に復旧するだけでなく、これまでの度重なる経験を生かし、今後同様の強震動を受けたとしても被害が最小限になるような強化復旧をする必要がある。

(太田英将・釜井俊孝)

7.5 棚田の復旧・復興

(1) はじめに

(旧) 山古志村および周辺地域は、地震によって著しい被害を受けた。復興するにもまるで手がつけられない状態である。小規模の斜面崩壊では、現行復興が前提になるが、一筆一筆がわからない状態では所有地の境界測量から実施しなければならない。通常、現況が残っていたとしても公図を基に境界を決め地籍測量を行うのは、お互いの利害関係が絡み容易ではない。交換分合、区画整理を行うにしても大変な困難を伴う。被災地域をどのような形に復興するかは、重要であり難しい課題である。まだ記憶に新しい阪神淡路大震災であれば、復興後は市街地の形成ということになるが、一戸建てでなくマンションの多かった地域は、建て替えに関して居住者の同意が得られず棚上げになったともいわれる。当地域は、中山間の山あいであり、自然が豊富に残っていた場所である。昔から棚田、錦鯉、闘牛の里として知られている。

(2) 棚田の被害と復旧・復興方針

被災後に実施された住民のアンケート¹⁾によれば、仮設住宅から自分の家に戻りたい、住み慣れた地で生活したい、ほとんどの人が待ち望んでいる。このことから、災害復興により、棚田米や養鯉を基軸とした農村復興を整備する必要がある。

2000年世界農林業センサス²⁾によると農業就業人口は、他地域と同様に65歳以上が多数を占め、高齢化、後継者不足が深刻である。これは日本農業の特徴ともいえるものである。国内における食生活のパターンは洋風化しているが、少なくとも、当地のような中山間部にあり、農地のある人は、食糧供給においては自給的農業を営むことが必要と思われる。被災前は祖先から受け継いだ自然美の棚田が多く展開する。しかしこれは眺める側からの印象であって、現実、農家の人は水田を耕作していくことができるか、耕作放棄せざるを得ないか切実なる苦境に立たされている。昔ながらの小区画、不整形の棚田において、いかに美的景観要素が潜在していたとしても農作業に対して車も入らないような所では、労働負担が大きく生産効率が極めて低い。中山間地での整備にあたっては、各区画までの農道の整備は欠かせない。未整備のため人力に頼わざるを得ない状況下と整備済みの農業機械を使用するの農作業には格段の差がある。未整備区と整備済み区では持続的営農意欲に影響を及ぼすとさえいえる。さらに整備にあたって大切なことは、圃場や隣接する道路、水路等の生産基盤の整備や農村公園、農業集落排水等の生活環境の整備も必要である。

通常の農業農村整備と違って、大規模な災害後の復旧であるため構想を立て具体化するまでには時間がかかる。

特に豪雪地帯であるため、工事が遅れるのは必至である。

阪神淡路大震災は被災から11年経過し、漸く表面的には整備されたかのように見えるが完全とはいいがたく、特に人々の心のキズは深く残っているとされる。中越地震の被災地においては、工事に着工できるのは多く見ても1年の2/3～3/4位であると想定される。面的な整備をする以前に農地や集落までの道路が崩壊しており進入路の確保が必要なのは言うまでもない。住民が昔ながらの生活が取り戻せるようになるには多くの年数を要する。農地の災害復旧(写真7.5-1～7.5-2)による取組みや場所によっては地すべり対策事業が必要になる。



写真 7.5-1 被災田 (新潟県提供)



写真 7.5-2 復旧田

棚田を整備し、全国的に知られる県産のブランド米・コシヒカリを播種し棚田米として生産することも目的達成の一つとなろう。この生産された棚田米は自家消費することは勿論、地産地消という立場から周辺地域での消費も視野に入れるべきであろう。とくに行政を通じて近隣の小学校等と協定し、それまでの流通のことも考え合わせ学校給食においては、1週間に1、2回程度取り入れ、食糧生産の歴史的文化的価値を伝え、さらに学校教育という観点からは、地の利を活かして学校田として借り受け、田起こしから稲刈りまで、主な農作業を体験させる。農村においても、棚田で作付けされた米が身近な子供たちの通う学校で消費され、またフィールドが教育現場の一端であることにより、自然や環境に対する関心度がより深まると考えられる。

(3) 棚田の復興と地域活性化

また地域の活性化のためには行政も取組み、都市と農村の交流を積極的に図るべきである。農村人口の高齢化、都市住民の自然欲、農業体験からグリーンツーリズムや棚田のオーナー制度（写真 7.5-3）を取り入れるべきであろう。しかしそれには、受け入れ側の整備が必要である。交通の便の良い所は、申し込み者が殺到することも考えられるが、人里離れた所では、マイカーしか乗り入れの手段が無いため軌道に乗るには時間がかかる。オーナー制は、貸し出す地主側のまとまった区画と行政関係、農協等の仲介役となる窓口が必要で、休憩施設の整備や農家サイドの個人、組織としての指導体制作りも欠かせない。

棚田に注ぐ熱意・PR もあって、ただ単に一枚一枚の階段状の水田が広く注目されつつある。あるいはされるようになってきて十数年になるが、平地の農業に比べて地形的位置付けとしては、多くの意味で極めて条件の悪い所である。わが国は、狭い国土、急峻な地形が展開し食糧確保のために長い歴史の中で開田されてきた所にすぎない。



写真 7.5-3(a) オーナー田



写真 7.5-3(b) オーナー制による学校田



写真 7.5-3(c) 棚田に展開するオーナー田

一方、この地は昔から錦鯉の里として知られている。今回の地震によって水田同様、野池（養鯉池）は崩壊、亀裂など多くの被害を受けている。錦鯉の死去数も相当数に上っている。錦鯉の養殖には、野池と越冬施設でのリサイクルが必要であることから養鯉業を営んでいる人にとっては、その復旧も欠かせない。水稻や錦鯉など生物にとって水は生命の源である。その復旧も同時に行われないと、単なる箱物だけに終止してしまうことになる。

棚田や養鯉施設、道路などの整備とあわせて地域のシンボルとなるモニュメントの設置も必要である。これには多くの想いが込められ、亡くなられた方を偲ぶとともに被災に遭われた人々を悼み、国土の安全を願うなどの意を込めての記念碑建立である。また被災の教訓を多くの人や後世に伝えるために、震災資料館を建築し写真やパネル、模型などを展示し広報活動に努める必要がある。

(4) おわりに

これまで農地の復旧に対しては、地域が広域であるため早急に公的な対応を期待できないことから、個人や一部仲間とともに修復を行い復旧に取り組んでいる様相も伺える。気象条件が厳しい中、気候的にも生活面でも苦しい日々がまだ続きそうで、早い対応が必須である。

参考文献

- 1) 山古志復興新ビジョン研究会：「今後の生活と復興に関する意識調査」（速報版），p62, 2005
- 2) 農林水産省：2000 農林業センサス
<http://www.maff.go.jp/census/index.html>

(青木正雄)

7.6 復旧・復興時の労働災害

(1) 新潟県中越地震に関わる労働災害発生状況と傾向

新潟県中越地震に関わる業種別の労働災害発生状況を表 7.6-1に示す。これは労働者死傷病報告(休業4日以上)により集計したもので、平成16年10月23日から平成18年1月末日までの累計である。なお、「地震」とは余震を含めた地震が直接的契機となって発生した災害をいい、「災害復旧」とは、地震の後片付け作業、復旧工事によって発生した災害をいう。この表から、建設業に関する労働災害が他業種に比べて多く発生していることが分かる。これは、新潟県中越地震の災害に対する治山工事・道路復旧工事ほかの公共工事、損壊等被害のあったビル・木造住宅等建築物の解体・改修・新築工事などの発注高が、例年と比較して金額ベースで8倍と大幅に増加していることに起因しているものと考えられる¹⁾。

建設業での労働災害を事故の型別に分類し、災害復旧工事と平成15年度の全国での様子²⁾を比較したものが、表 7.6-2である。平成15年度の事故の型別に分類した割合を比較すると図 7.6-1のようになり、「墜落・転落」の発生割合が低下する一方、「はさまれ・巻き込まれ」

が増加する傾向が見られる。なお、死亡災害については、件数が少ないため統計的な処理は行うことは出来ないが、通常の発生割合に比べて「倒壊・崩壊」の事故の型が非常に大きくなっている。

(2) 斜面崩壊による労働災害事例¹⁾

新潟県中越地震に関して、斜面崩壊により労働者が被災する事例は、現在(平成18年3月末日)のところ2件報告されている。以下にその災害事例について示す。

事例1

発生日時：平成16年11月8日11時15分

発生場所：魚沼市守門村

死傷者：負傷1名 男68歳 土木作業員

発生状況：本震で発生した土砂崩壊現場において復旧作業を行っていたところ、震度5強の余震が発生し、法面が崩壊して労働者1人が巻き込まれ、股関節骨折の重傷を負った。

事例2

発生日時：平成17年11月8日14時20分

発生場所：栃尾市

死傷者：死亡2名 男65歳 土木作業員

表 7.6-1 新潟県中越地震に関わる労働災害発生状況

区分 (人)	製造業		建設業		運輸交通業		農林業		その他の事業		全業種	
	死亡	休業4日以上	死亡	休業4日以上	死亡	休業4日以上	死亡	休業4日以上	死亡	休業4日以上	死亡	休業4日以上
地震		4		4		1				16		25
災害復旧		4	8	93		1			1	4	9	102
合計		8	8	97		2			1	20	9	127

平成18年1月末日現在
新潟労働局調べ

表 7.6-2 建設業での事故の型別発生状況(災害復旧工事と平成15年度の全国での発生状況の比較)

事故の型	墜落・転落	転倒	激突	飛来・落下	倒壊・崩壊	激突され	巻き込まれ	はさまれ	切れ・こすれ	交通事故	無理な動作	その他	計
災害復旧工事での死傷者数(人)	26 (1)	9 (1)	5	7	4 (3)	2	20 (1)	13	7 (2)	2	6	101 (8)	
全国(平成15年)での死傷者数(人)	8254 (247)	2098 (13)	1054 (3)	2678 (26)	817 (59)	1330 (23)	2816 (58)	2857 (1)	770 (72)	1110	737 (9)	24543 (548)	

()印は死亡者を示し内数
災害復旧工事は平成18年1月末日現在

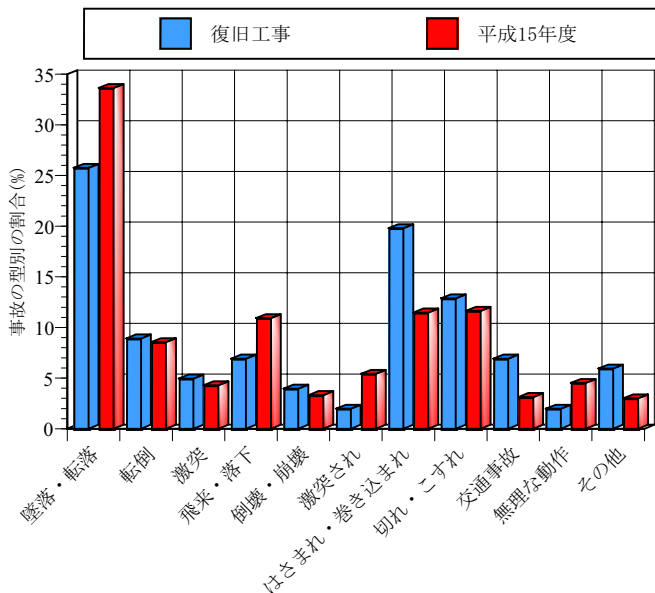


図 7.6-1 建設業での事故の型別分類



図 7.6-2 栃尾市での労働災害事例

男17歳 土木作業員

発生状況：新潟県中越地震による農業用水路復旧工事現場において、地山掘削後(掘削期間10月11日～10月18日、最高掘削高さ17m、掘削勾配・上部1割、下部のフトン籠部分の背面5分)に、土留め工としての大型フトン籠の中で5名の作業員が詰石作業を行っていたところ、地山の法面が、幅13m、直高13m、土量254m³に渡り崩壊し、フトン籠内で作業していた2名が生き埋めとなった(図 7.6-2)。

(3) 対策について

災害復旧工事中の斜面崩壊による労働災害を防止するための対策方法としては、基本的には、従前からの地山掘削工事中の安全対策と同じと考えてよい。簡単に列挙すると、

- ・ 設計の妥当性の確認
- ・ 施工前の調査(地盤調査, 踏査など)
- ・ 施工法のチェック
- ・ 施工中の点検

などが考えられる。新潟県中越地震の被災地域の復旧工事にあたっては、気候、湧水、含水、植生状況以外に、地震により自然地山が脆弱となっている等の特殊条件も考慮した判断を行うべきであろう。なお、労働安全衛生規則⁹⁾では、地震により崩壊した斜面の復旧工事現場における掘削勾配(手掘りによる地山の掘削作業に適用)は、「発破等により崩壊しやすい状態になっている地山」に該当すると考えられる(第357条)。この場合、掘削面の勾配を45度以下、又は掘削面の高さを2m未満としなければならないと定められている。また、施工法のチェックとしては、無理な施工法や工期・工程などが考えられる。新潟県中越地震の被災地域では、年度末までの工期であ

っても、豪雪により12月以降には事実上工事が遂行できない。そのため、降雪時までに工事を完了させるために、無理な工期設定や、雪崩などの雪災害が懸念される中での復旧工事が想定される。このような場合には、安全確保の面からも関係機関との十分な協議・検討が必要であろう。さらに、施工中の点検については、地山の崩壊又は土石の落下の前には、何らかの前兆が見られることがあるので、見張員を配置することによる斜面の巡視や、計測器による観測を行うことにより、崩壊の前兆を見逃さないこと、および、前兆を過少評価しないことが重要である。

今後、復旧工事から復興工事へと移行する際にも、構造物完成後の安全対策以外に施工中の安全確保についても十分検討していかなければならない。

謝辞：新潟県中越地震に関連する労働災害発生状況については、長岡労働基準監督署の高橋様から資料を提供して頂きました。ここに記して、深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 厚生労働省新潟労働局：平成 16 年新潟県中越地震関連施策, <http://www.niigataroudoukyoku.go.jp/kyoutuu/niigata-kencyuetujisin/niigatakencyuuttujisin.html>
- 2) 中央労働災害防止協会：労働者死傷災害の発生状況 業種別・事故の型別死傷者数, <http://www.jaish.gr.jp/user/anzen/tok/toukei01.html>.
- 3) 厚生労働省安全衛生部編(2004)：安衛法便覧 平成 16 年度版(I), 労働調査会, 2750p.

(伊藤和也)

第8章 斜面複合災害のモニタリング

8.1 斜面崩壊

(1) 斜面崩壊のモニタリングの必要性

第3章で示したように、中越地震による斜面崩壊（変動）の形態は主に以下の4つに分類できる。

- ・土砂崩壊（表層崩壊、深層崩壊）
- ・再滑動型の地すべり
- ・初生地すべりの岩盤すべり
- ・盛土の崩壊

ここで、「土砂崩壊（表層崩壊、深層崩壊）」は急斜面で多く発生しており、豪雨や融雪による表流水の増大により、表面侵食が進行する可能性がある。さらに、「再滑動型の地すべり」では、多数の亀裂が発生することから、雨水および融雪水の浸透により、地すべり誘因の一つである地下水圧の増大をもたらす危険性が高くなる。

このような理由から、地震後の降雨期や融雪期に「表層崩壊」の進行および「再滑動型の地すべり」の発生や進行などが指摘された。そこで、このような斜面崩壊の経年変化をモニタリングする必要性が生じる。

(2) 積雪前と融雪後における斜面崩壊の変化

地震発生直後（2004年10月）および融雪後（2005年5月）の斜面崩壊の進行性を現地踏査により確認した。地震後の融雪期には斜面崩壊が進展すると指摘されていたが、多くの場所において地震発生後から大きな変化は認

められない。旧山古志村でのいくつかの事例について写真8.1-1～10に報告するが、小規模な崩壊の進展しか認められない。また、図8.1-1および写真8.1-11に示したとおり、河道閉塞を発生させた東竹沢地すべり（地点5）では、古い地すべり地形の東部を残し、中腹部から下だけが今回すべっている。これは古い空中写真をみると、落ち残った頭部に地盤割れ目の開口を示す引張地形要素が多く認められ、地震時にこの頭部に過剰間隙水圧が働かなかったことを示唆している。つまり排水性の高い斜面は地震や豪雨・融雪時においてもすべりが発生しにくいことを表している。

これらのことから、地震後に緩んだ斜面において小規模な崩壊の進展しか認められない理由として次のように考えられる。地震により多くの亀裂が発生したと思われるが、おそらく地盤内での亀裂の排水性が良好であるため過剰間隙水圧が発生しないことにより、地震後の融雪や降雨によっても崩壊が進展していないものと思われる。しかし、これからの数年間あるいは数十年間において融雪や降雨で亀裂に土砂等が流入したり、地盤の風化が進むことによって地震で開口した亀裂が閉じることになる。この斜面地盤が排水不良になって過剰間隙水圧が発生し、大きな斜面変動に結びつくことが懸念される。このような観点から、今後も融雪期や降雨時には継続的なモニタリングが必要である。

（後藤聡・稲垣秀輝）

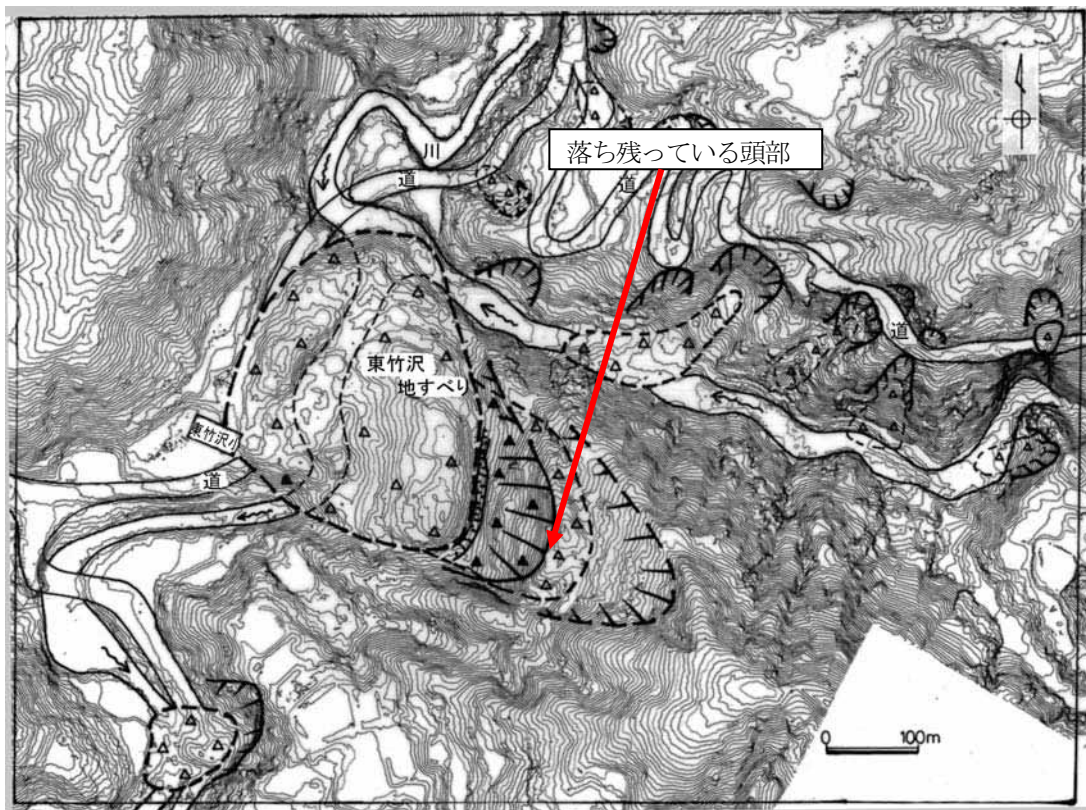


図 8.1-1 東竹沢地すべり地形解析図（頭部は落ち残っている）¹⁾



写真 8.1-1(a) 東竹沢 (1地点 : 04. 10. 29)



写真 8.1-3(a) 寺野 (12地点 : 04. 11. 27)



写真 8.1-1(b) 東竹沢 (1地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-3(b) 寺野 (12地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-2(a) 東竹沢 (5地点 : 04. 10. 29)



写真 8.1-4(a) 寺野 (12地点 : 04. 11. 27)



写真 8.1-2(b) 東竹沢 (5地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-4(b) 寺野 (12地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-5(a) 寺野 (12地点 : 04. 11. 27)



写真 8.1-7(a) 池谷南方の牛舎付近 (25地点 : 04. 11. 26)



写真 8.1-5(b) 寺野 (12地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-7(b) 池谷南方の牛舎付近 (25地点 : 05. 5. 14)



写真 8.1-6(a) 寺野 (12地点 : 04. 11. 27)



写真 8.1-8(a) 池谷南方の牛舎付近 (25地点 : 04. 11. 26)



写真 8.1-6(b) 寺野 (12地点 : 05. 5. 13)



写真 8.1-8(b) 池谷南方の牛舎付近 (25地点 : 05. 5. 14)



写真 8.1-9(a) 羽黒トンネル東方 (29地点 : 04. 11. 26)



写真 8.1-10(a) 羽黒トンネル東方 (29地点 : 04. 11. 26)



写真 8.1-9(b) 羽黒トンネル東方 (29地点 : 05. 5. 14)



写真 8.1-10(b) 羽黒トンネル東方 (29地点 : 05. 5. 14)

参考文献

- 1) 稲垣秀輝, 鈴木浩二, 柴田拓, 外山康彦 : 航空レーザー測量による斜面ハザードマップ, 地すべり, Vol. 42, No. 4, pp. 38-43, 2005.



写真 8.1-11 東竹沢地すべりでは開口割れ目が多く地下水位の低かった頭部は落ち残った (1 地点 : 04. 10. 29)

8.2 流出土砂量

(1) はじめに

2004年10月23日17時56分、新潟県中越地方で発生した震度6強の地震及びその後の余震で、小千谷市・山古志村・川口町・長岡市・堀之内町などでは、大きなゆれや地すべり・斜面崩壊等により、住宅や道路・鉄道・河川施設などに大きな被害が発生した。

各航測会社は、災害実態の把握や防災対策検討のため、翌日から空中写真撮影等を開始した。その中で文献¹⁾では、10月24日および29日にデジタル航空カメラDMC（高解像度デジタルカメラ）およびアナログ航空カメラによる緊急撮影、10月28日、11月26日、および2005年5月11日に航空レーザー計測を行った（図8.2-1）。¹⁾

今回、特筆すべきものとしては、DMCでの撮影が行われたことである。この高分解能デジタル航空写真（以下DMC画像）からは地震による被災状況や土砂移動の実態をより明解にすることができた。そこで、本報告ではこれらの成果のうちとくに流出土砂とそれによる砂防構造物等の被災事例に着目するものとした。

(2) DMCとその精度

今回用いたDMC画像はフィルム及びスキャニングが不要であり、空中三角測量も不必要であるので、即時的、効率的な撮影・解析が可能である。また、レンジ幅が12Bitであり色彩の再現性が高いことから、影部の明暗をより幅広く調整出来るなど、より高画質の画像取得が可能である。DMCの諸元は表8.2-1に示したとおりである。航空機には、GPS、IMU、ジャイロ架台、ビデオカメラなどとともにセットされる。DMCを活用することにより、これまでのアナログ処理に対して格段の効率化が図れるものである。

DMCは理論上、高度約500mから約5cmのものが分解可能である。今回の災害では緊急撮影のため対地高度は約1,200mであったが、それでも地上分解能は約12cmである。このため、地すべりブロック内の亀裂状況や、路面のクラック等の被災状況を詳細に把握することが

できた。特に、亀裂の抽出に際しては、周辺の崩壊状況などとも総合的に把握することができ、単なる沈下なのか、ブロック移動なのかなどが特定できる。また、高分解能のため、崩壊土砂の12cm以上の礫径なども把握することができる。さらに、各種画像処理により陰影部もデータを損なうことなく取得できるという利点がある。これらのような特徴を考慮すると本画像は、地震後の砂防構造物等の点検調査に対してもその有効性が期待できる。

(3) DMCによる被災状況の把握²⁾

地震動に伴い崩壊等の土砂移動が発生し、その衝撃力等で堰堤が破損する場合も多い。図8.2-2は芋川流域の土留川における流出土砂の衝撃力による堰堤袖部の水平移動を示したものである。現地調査の結果では約80cm下流側に水平移動したことがわかっている。図8.2-2によ

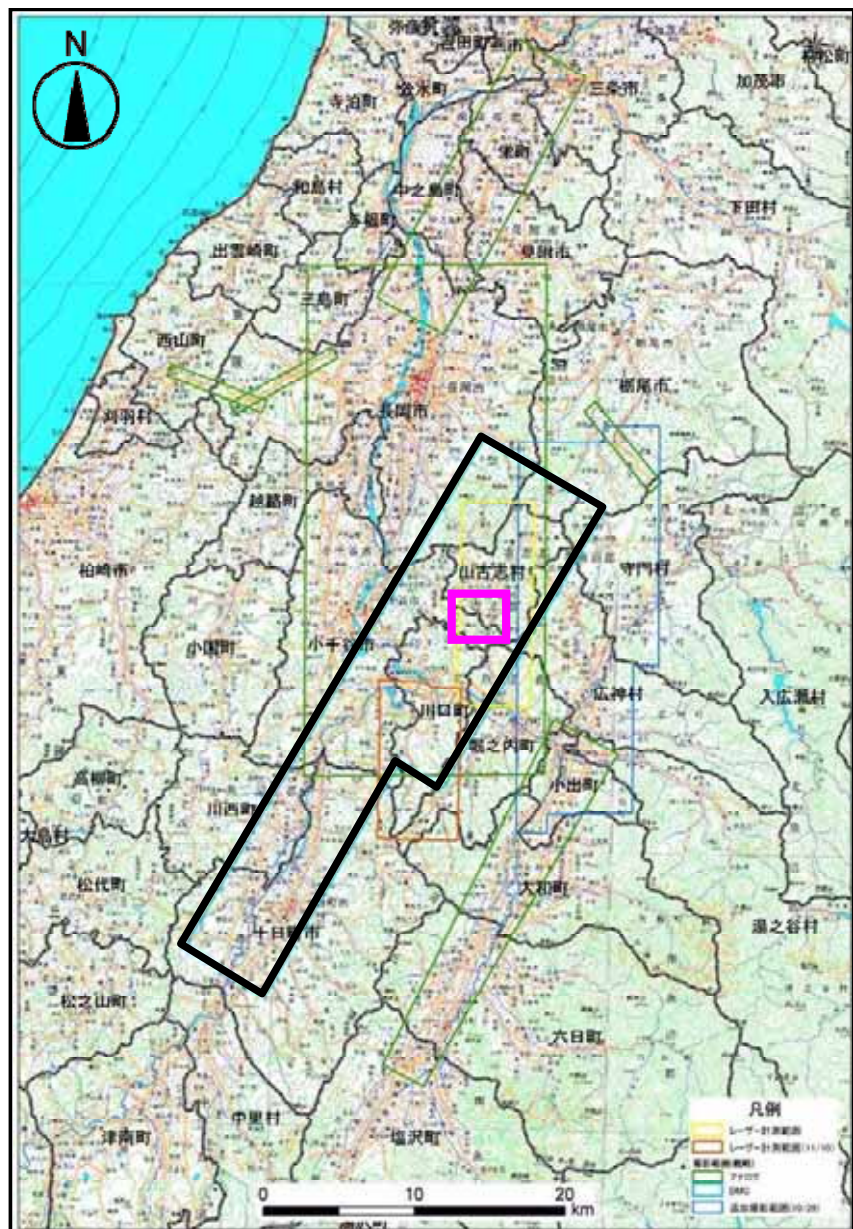


図8.2-1 空中写真撮影ならびに航空レーザー計測の実施範囲

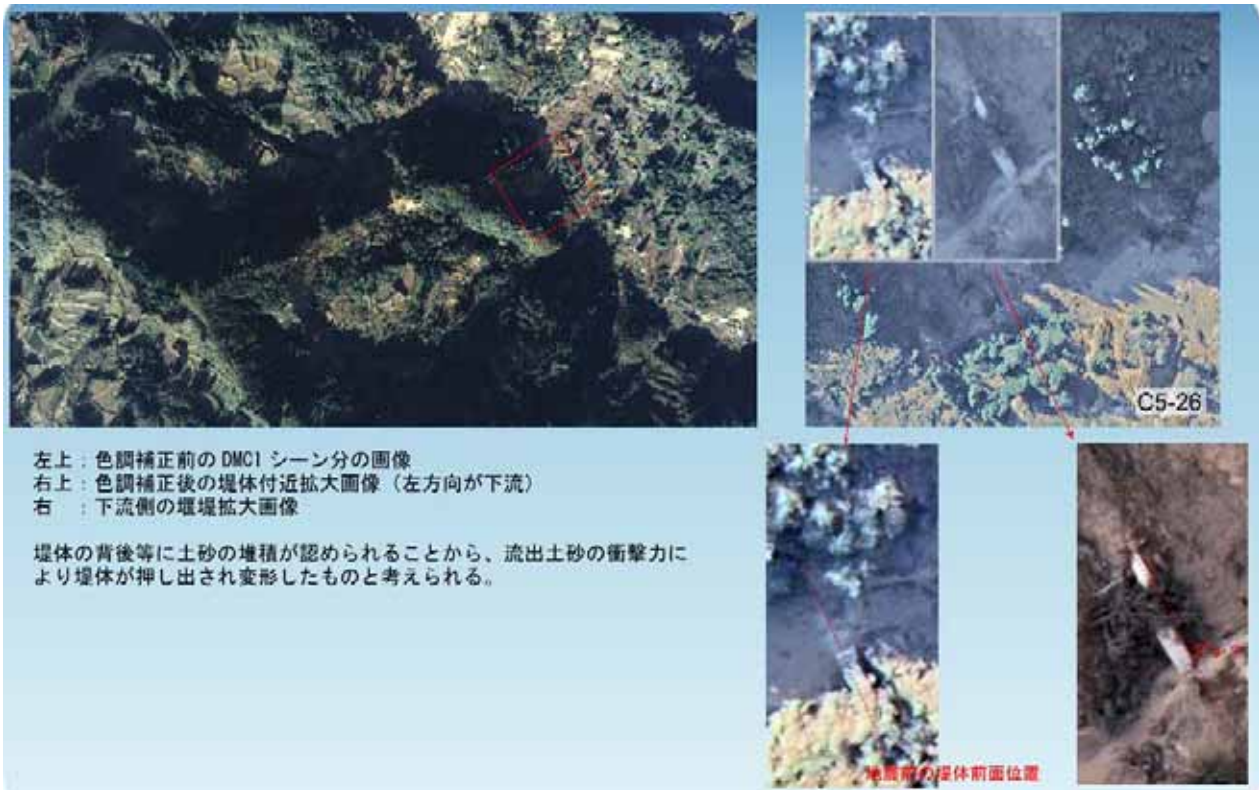


図 8.2-2 神沢川における流出土砂の衝撃力によるえん堤袖部の水平移動（DMC 画像判読による）

ればそのような状況は不明確だが、22倍に拡大した立体写真を判読することによりその事実を把握することができる（通常のアナログ写真の場合は10倍伸ばしが限界である）。なお、本堰堤の上流部にも右岸袖部が破損した堰堤があることも写真判読により認識することができる。本堰堤については現地侵入が容易ではないためその実態までは掴みきれていない。

(4) DEMデータとの融合

今回の災害撮影では、100,000Hz の照射が可能なレーザー計測も実施している（表 8.2-2）。レーザーで取得された1mDEMと前述したDMC画像とを融合することにより、定性的な状況把握だけではなく、定量的な計測が可能となる。

これらの表示空間の内部は全て3次元座標で保有しているため、距離、面積、体積計算を行うことが可能な他、位置情報に基づいた詳細な視野設定を行うことができる。さらに、測線と断面図をリンクさせ、リアルタイムで断面図の描画と更新を行うことができる。

本報告では航空レーザー計測を地震直後、積雪直前、融雪直後の3回実施しているため、その間の地形変化から芋川流域の土砂変動量を把握することができる。すなわち、崩壊地からの生産土砂、河床の変動土砂等を量的に把握することが可能なのである。

表 8.2-1 DMC の諸元表

パンクロの解像力	13,500×8,000ピクセル
4個のレンズシステム f =	1 : 4.0/120 mm
画角	69.3° × 42°
4チャンネルカラー RGB と NIR	2,000×3,000ピクセル
4個レンズシステム f =	1 : 4.0/25 mm
シャッター速度と絞り	可変式
記憶容量	840 GB
撮影間隔	2 秒
ラディオメトリックな解像力	12 bit
重量（記憶装置を除く）	約 80 kg

表 8.2-2 航空 LP の諸元表

形式	ALTM2033EDC, ALTM3100DC
運用高度	80~3,500m
観測幅	930m (対地高度 1,000m)
パルス周波数と 運用高度	33,000Hz/3,000~3,500m
	50,000Hz/2,500m
	70,000Hz/1,700m
	100,000Hz/1,100m
高さ精度(1σ)	15cm(対地高度 1,000m)
水平精度(1σ)	1/2,000~1/3,000 × 対地高度
走査角	0~±25° (可変)
パルスモード	ファースト/ラスト/中間パルス同時取得
レーザー反射強度	取得可
ビームの拡がり	狭角 20cmまたは30cm(対地高度1,000m)
	広角 80cm (同上)
搭載カメラ	カラー・赤外デジタルカメラ (1,600万画素)

(5) 流出土砂量

一般的に荒廃溪流における流域下流端の流出土砂量は、生産土砂量、河道への流入土砂量、河床変動量から求めることが多い(図8.2-3)。芋川流域においても同様である。ここで、生産土砂量は空中写真判読により崩壊地面積を算定し、現地調査から平均的な崩壊深を把握した上で両者の積で表すことが多い。ただし、これによって求められた崩壊生産土砂量のすべてが河道に流出するわけではない。一部の土砂は斜面に崖錐状に残存することになり、それを残土率として現地調査から把握する。すなわち、河道への流入土砂量は崩壊生産土砂量に残土率を掛けて算出する。

一方、河床変動量は2時期の河床変動測量から求める場合が多い。今回の場合は数時期の航空レーザ計測が行われているため、1mメッシュで2時期の河床変動量を算出することが可能である(図8.2-4)。こうして求められた河床変動量を先ほど求めた河道流入量から差し引くと流域下流端における流出土砂量を求めることができる。

現時点において芋川流域の流出土砂量は公開されていない。しかし、関係する各機関で作業が行われているようなので、近い将来その検討成果が発表されると考えられる。芋川流域における具体的な流出土砂量はその時まで待つ必要がある。

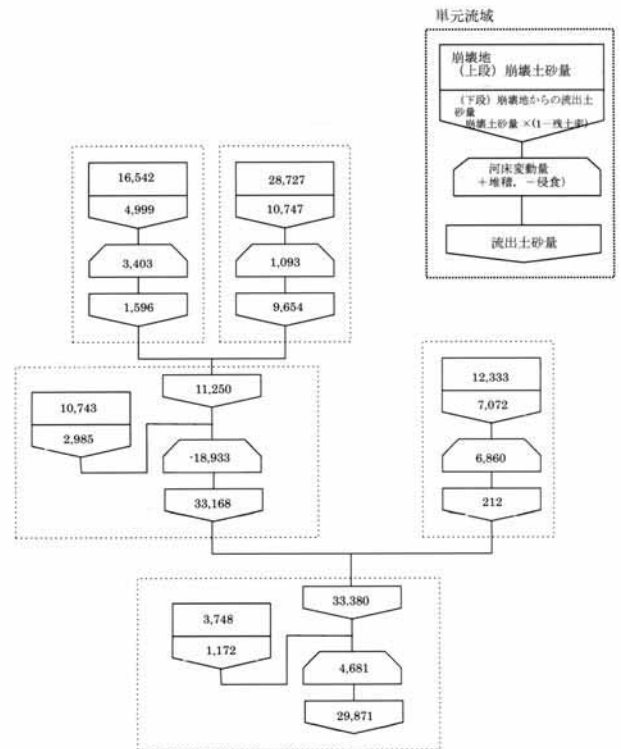


図 8.2-3 土砂収支図の例

(6) 参考文献

- 1) 小野田敏ほか(2005)：高分解能デジタル写真による中越地震の被災状況，応用地質学会シンポジウム概要集，p. 39-46.
- 2) 小川紀一郎ほか(2005)：高分解能デジタル航空写真を用いた砂防構造物等の被災事例調査，平成17年度砂防学会研究発表会概要集，p. 44-50.

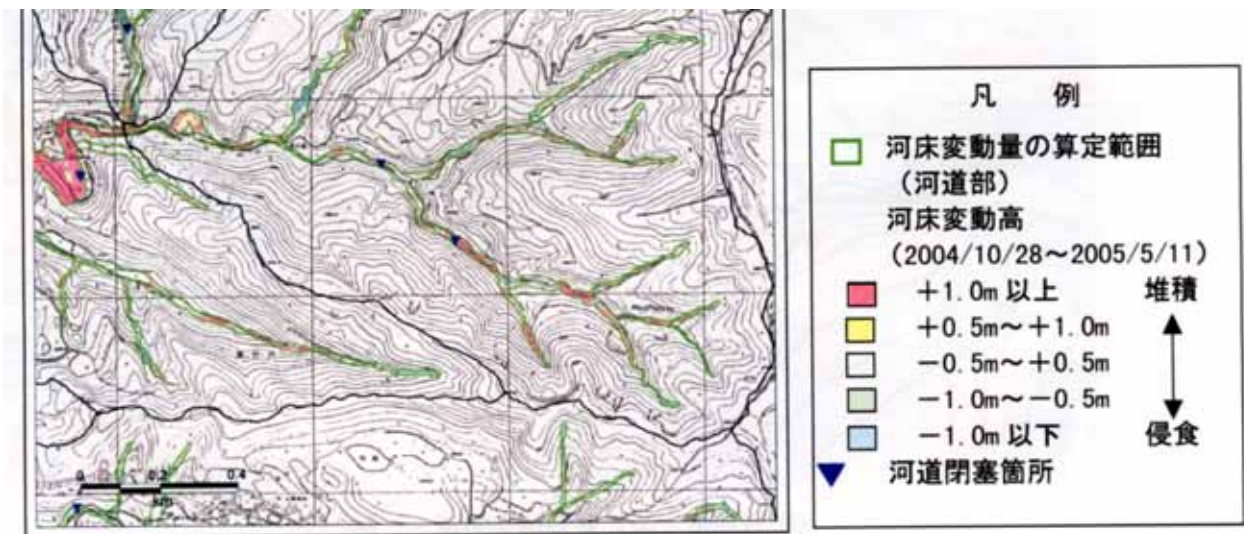


図 8.2-4 航空レーザ計測による河床変動量の算出例

8.3 植生

(1) 広葉樹低木林と雪食

山間部の急斜地に分布する広葉樹低木林は、昭和30年代ないし昭和40年代の初めまで、主として燃料用の粗朶を採取するために、10年前後の短い周期で繰り返し伐採されていた旧薪炭林が多く、「ぼい山」と呼ばれる。現在は、燃料事情の変化にともない放置されたままになっている林である。

こうした広葉樹低木林は、樹高4m程度の株立ちしたミズナラやウツギ・カエデ類によって構成されており、樹木の多くは斜立ないし匍匐している。積雪期には、積雪により倒伏して、雪面から上に出る樹木はほとんどない。冬季間の積雪の移動量は大きく¹⁾、当初は積雪層に埋まっている樹木で支えられているが、積雪の移動により樹木が抜けると、急速に積雪の移動が進行し、最終的にはなだれとなる。豪雪地帯の広葉樹低木林では、厳しい積雪環境が高木林の成立を阻んでおり、積雪の移動による侵食（雪食）を恒常的に受けている（写真8.3-1参照）。

今回の新潟県中越地震により、急斜面の広葉樹低木林は、多くの斜面が表層崩壊を引起しており、今後は雪食を含めて、表面侵食等が進行する危険性が高く、良好な森林への復旧を図る必要がある。



写真8.3-1 融雪期における表層崩壊地の侵食(広神村05.3.23)雪面上に土砂が流下、崩落部分を広げている。



写真8.3-2 融雪期における表層崩壊地の侵食（小千谷市首沢05.3.23）雪面上に流下した土砂が堆積している。



写真8.3-3 表層崩壊地における雪食の進行
(長岡市蓬平町) (50地点:05.3.23)

なだれ予防柵に崩土が堆積して機能が低下したことから、積雪期に発生したなだれ等により侵食が進行し、雪面上に流下した土砂が堆積している。

(2) 森林の消失と融雪水の増大

地すべり等が発生した箇所は、移動土塊が緩斜面を作りやすく、多数の亀裂が発生することから、雨水・融雪水の滞留・浸透により、地すべり誘因の一つである地下水の増大をもたらす危険性が高くなる。さらに、多量の降雪が積雪として融雪期まで保持される豪雪地帯では、地すべり等により森林が破壊された場合、地被状況の変化により、地すべり地への融雪水の供給が大きくなる危険性が高い。



写真8.3-4 斜面に設置されたなだれ予防柵
(長岡市蓬平町 05.3.23) 予防柵が一部崩壊している。



写真8.3-5 斜面に設置されたなだれ予防柵と積雪
(旧山古志村大久保05.3.23)

一般に、森林と空地の積雪量を比べると、厳冬期は、森林内の積雪は50～70%であり、森林内部で積雪量が少ない。また、融雪期になると、空地が急速に融雪が進むのに対して、森林内は、樹冠が日射を遮断することから融雪が進まず、森林の方が、1週間から10日程度消雪が遅れることから、森林は空地よりも融雪量が平準化されており、ある期間で見ると、空地に比べて融雪水の供給は少なくなる(図8.3-1参照)。



写真8.3-6 積雪期の森林内の状況
森林内は空地に比べて積雪深が小さい。

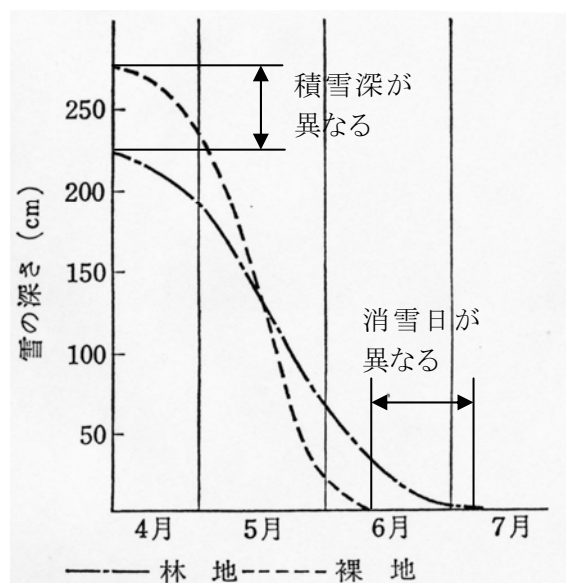


図8.3-1 林地と裸地の消雪状況の違い
(USAワシントン州,グリフィン, 文献3の図に加筆)

そのために、地すべり等で森林が破壊された箇所では、森林から裸地(空地)に変化したことにより、以前に比べて大量の融雪水が短期間に供給されて、斜面の安定性に影響を与える危険性があることに留意すべきであるし、恒久的には、森林の復元が必要である。

参考文献

- 1) 櫻井正明：新潟県魚沼丘陵における広葉樹低木林の積雪移動, 第49回日本林学会関東支部大会発表論文集, pp93-94, 1998.
- 2) 櫻井正明：積雪環境下における森林管理, 技術士 No. 420, pp119-120, 日本技術士会, 2002.
- 3) 大後美保：微気象の探求, p61, 日本放送協会, 1977.

(櫻井正明)

8.4 景観

本調査は、旧山古志村(以下、山古志と称す)を中心に実施しているため、景観に関するモニタリングも山古志を中心に継続的に実施する。

景観は、人間の視覚的認識として捉えられる「眺め」を環境要素として把握するものといえる。山古志における景観モニタリングは、中越地震によって生じた景観損傷の復旧課程の変化を「眺め」を通じて視覚的表現により記録しつつ、変化の方向が目指すべき方向性へ推移しているか否かの確認を行い、必要に応じて是正に関する提案を行ってゆく作業と位置づけできる。したがって、山古志の景観変化のモニタリングの実施にあたっては目指すべき方向、すなわち、景観回復の目標の設定が必要となる。山古志は、中越地震による斜面崩壊による景観の損傷であるため、地震前の山村風景への復旧がその目標と考えられるが、モニタリングは便宜的に、山地自然地域と里地自然地域に大別し、実施するものとする。

山古志は山間斜面に位置しているため自然度が高く、山地自然地域に属する斜面景観と、里地自然地域としての棚田・溜池の存在があり、この二つが渾然一体となり、当地の特徴的な景観を形成している(写真8.4-1)。

環境基本法では、「人と自然との豊かなふれあいが保たれること」が環境保全に係わる基本的施策策定指針として示され、「自然とのふれあい」を「景観」と「ふれあい活動の場」の二つの環境要素としている。景観モニタリングの実施にあたっては、単に「眺め」のみでなく、主体である人間の「自然とのふれあい」を可能とする方向についても考慮することが必要となる。したがって景観モニタリングにより、より地域特性を明確にして行くことが求められ、災害による景観損傷の回復過程のみならず、山古志において時世代に継承すべき景観資源の復元・保全という観点から実施することが適当である。



写真8.4-1 損傷の少ない棚田 (種芋原 05.5.16)

(1) 斜面景観損傷箇所に関するモニタリング

斜面景観の損傷箇所は、表層崩壊と深層崩壊に大別で

き、表層崩壊箇所は①段丘斜面、②河川斜面、③山腹斜面に、深層崩壊箇所は、①岩盤崩壊、②地すべりに分類できる。

斜面の景観回復過程をモニタリングするにあたって、自然の推移にまかせた景観回復に関するモニタリングと災害復旧工事による斜面・法面保護工実施箇所、すなわち人為を加えた場の景観回復に関して大別しモニタリングを進めることが必要である。

表層崩壊箇所は、地山そのものは安定状態であるため、道路・居住地に近いなど重要性の高い箇所に対してのみ災害対策を講ずるのみで、大多数、特に山腹斜面は自然の推移(植生遷移)に任せるという手法を採用することが多いものと考えられる。しかし、表層崩壊箇所の面積は大きく目立つため、景観モニタリングの実施にあたっては重要な部位である(写真8.4-2)。



写真8.4-2 棚田・山腹斜面崩壊 (梶金 05.5.14)

これに対し、深層崩壊箇所は、地山に不安定要因を内在することにより発生したものであるため、抑止・抑制工を実施した後、のり面緑化を図るという人為的な対策工を施すものと考えられる。このような箇所は、比較的小面積である。

したがって、モニタリングにより確認する事項は、自然の推移に任せる表層崩壊箇所については、全体景観とともに、雪崩の影響、雨水侵食などによる地山の不安定化、及び周辺植生の侵入による植生の回復、生物多様性の増加等に関する継続的な調査が必要となる。人為的に斜面・法面保護工を実施した箇所に関しては、法枠工等構造物の早期隠蔽が主となり、周辺景観との馴染み、調和に関するモニタリングを継続する。

調査頻度は、春・秋の年二回とし、秋・積雪前の状況について確認し、春・融雪後に法面の安定性、景観に関する調査を実施し、景観回復のめどがつくまで継続することが望ましい。

調査は現地踏査により実施し、定点(眺望点)を定め、目視、及びデジタルカメラによる画像情報に基づき、景

観の継続的な変化についての情報を集積し、山古志の斜面景観回復に関する基礎資料の整備に努める。また、これとあわせて、全体的な景観変化について継続的に確認し、景観資源としての評価・予測を行う。

評価・予測は、山古志における過去の画像資料との比較、及び経時変化等により行い、必要に応じて景観回復、環境保全のための提言を作成する。

(2) 棚田・溜池景観損傷箇所に関するモニタリング

棚田・溜池景観に関するモニタリングは、斜面景観の人為的な手が増えられた箇所に準じて行うが、棚田・溜池の修復は個人の裁量・力量による部分が大きく、復旧の進捗状況を見計らいつつ実施する。特に、棚田・溜池は、高齢化の影響により中越地震が発生する以前から標高の高い箇所より放棄が始まっていた(写真 8.4-3、写真 8.4-4)。このため、中越地震により農道が寸断され、復旧に手間とっているうちに、いっそう放棄が進むことが予想される。

地すべり地帯に造成される棚田は、水路や畦の絶え間ない管理により持続されてきたものであり、放棄により

管理が実施されなくなった場合、安定した自然の水路に復する途中、クラックの発生、地山への雨水浸透・流入などが発生し、不安定化してゆくことも考えられる。特に、山古志の棚田は土堤であることが特徴であり、畦のメンテナンス・補修を持続的に実施して行かなければ持続できないという特徴を持つものである。

したがって、景観のみならず、棚田・溜池を抱える斜面全体の安定、持続性に関する点にも留意しつつ、景観モニタリングを実施する必要がある。

参考文献

- 1) 環境庁企画調整局：自然環境のアセスメント技術(1)、生態系・自然とのふれあい分野のスコーピングの進め方、環境庁環境影響評価技術検討会中間報告書、大蔵省印刷局、1999。

(中野裕司)



写真 8.4-3 放棄棚田 (尼谷地 05.5.14)



写真 8.4-4 放棄棚田 (尼谷地 05.5.14)

8.5 災害廃棄物

(1) 災害廃棄物のモニタリングの必要性

平成17年度までの現地調査では、新潟県中越地震における災害廃棄物の仮置き場、及びその周辺環境において、特に問題となるような環境影響はなかった。これは、今回、当該自治体である小千谷市や長岡市を始め、周辺自治体の協力により、災害廃棄物のなるべく早い段階での処理・処分が実施できたためであると考えられる。

しかしながら、より規模が大きく被災範囲の広い地震、例えば、関東大震災のような災害が発生した場合には、周辺自治体も十分に協力できないような状況が発生する可能性がある。その場合には、仮置き場の災害廃棄物が長期に置かれることになることを前提とした処置が必要となる。

また、量こそ当初の仮置き量より格段に減ったとはいえ、処理・処分し切れていない災害廃棄物が平成17年度の段階では見られた。このように仮置きされた廃棄物は、その後、どのように処理・処分されるのであろうか。仮に、適切に処理・処分されなければ、いずれは不法投棄などの問題につながっていくことになる。

このように各種の問題が懸念される災害廃棄物は、その発生量や種類、処理・処分量を把握する必要がある。しかしながら、こうした災害廃棄物の実態を詳細に調査・検討した事例は極めて少ない。そのために、災害廃棄物の仮置きから処理・処分(再使用や再資源化も)までの対策方法が定量的にはできない状況であった。

今回の新潟県中越地震では、曲がりなりに、災害廃棄物の実態の一部を理解することができた。しかしながら、第6章でも触れたように、十分に把握できていない部分も多く残されている。特に、地方自治体の管轄外となる社会的共通資本から発生する廃棄物は、国土交通省などの管轄となり、市町村レベルでは把握しきれない。また、適正処理の困難な廃棄物もその発生量や処理・処分状況を把握するには至っていない。

こうしたことから、今後も、災害廃棄物のモニタリングを継続していく必要がある。

(2) 災害廃棄物のモニタリング

新潟県中越地震では、平成18年度も解体廃棄物の仮置き場の設置を延期することになっている。これは、地震発生後1年以上経過した時点でも、家屋等の解体作業が十分に進んでいないためである。

また、循環型社会の観点からは、災害廃棄物がどのように処理・処分されたのかという点も把握しておく必要がある。それが、今後の別の災害における対応策の策定のための貴重な資料になるはずである。

以上のようなことから、平成18年度以降も、以下に示すようなモニタリングが必要であると考えている。

- ① 解体廃棄物の今後の推移(解体廃棄物の発生量と仮置き場の状況変化など)
 - ② 多量に発生した災害廃棄物の行方(リサイクル量、焼却などの中間処理量、埋立などの処分量など)の把握
 - ③ 社会的共通資本から発生する災害廃棄物やその他被災に伴う廃棄物の実態の把握
- 以上のような観点から、平成18年度の調査を実施していきたいと考えている。

(大野博之・八村智明)

第9章 あとがき

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による斜面災害は、第三紀層地すべり多発地帯の豪雪地域で発生したもので、今後の時間経過をおって、降雨や融雪および余震等の誘因が相乗的に影響する「斜面複合災害」が発生する可能性が高いと考えられる。一方、これからの斜面工学は、斜面の力学的安定だけでなく、防災、維持管理、環境・生態系、景観・計画等の「総合的斜面工学」からの検討が必要である。そこで、地震直後の斜面災害の状況および融雪や降雨等を経た約1年間の状況について、総合的斜面工学の見地より現地調査を数回実施し、斜面災害の変化とその復旧・復興について検討したのが本報告書である。

第3章や第7章でも述べたとおり、予想したより斜面崩壊の進展が少ないことが判明したが、長期的には斜面内の透水性を高めた割れ目が目詰まりを起し、地下水による水圧が急激に上昇して斜面崩壊の誘因となる可能性があると考えられる。これからも斜面変動に関するモニタリングが必要である。重点研究課題は平成17年度で終了したが、比較的短い期間だったため残された課題も多々あり、このような調査研究はこれからも継続的に実施していく予定である。

本報告では全く触れることができなかったが、今回の地震を貴重な教訓にして日本の他の山間地における地域防災力の向上が緊急の課題であると思われる。各山間地における防災力の現状把握、問題・課題の抽出、対策の検討と課題等について都道府県および市町村を中心に検討すべきであろう。さらにこれらの検討結果を踏まえて、住民の自助・共助力の強化について、住民・住民組織・市町村との連携強化が急務である。

今回の現地調査では、調査団全員が旧山古志村に代表される東山山地の景観の美しさに心を奪われました。ここは日本有数の地すべり地帯であり、地すべりから湧く豊富で良質な水や斜面を利用して、棚田やため池、養鯉池、植生等が造られ、地すべりという災害の恵みの部分がうまく利用されてきました。その結果見事な景観や空間ができあがりました。時間はかかりますが、元の素晴らしい景観と空間に復興することを切望し、少しでもお役に立ちたいと思います。

最後になりますが、新潟県中越地震で犠牲になられた方々のご冥福を心よりお祈り申し上げます。また、被災された方々が一刻も早く、元の生活に戻られることを祈願いたします。

(後藤聡)

謝辞

本重点研究課題では、多くの関係機関や関係者・住民の方々のご協力のもとに調査研究を実施することができました。特に被災地住民の方々には、現地調査において貴重な情報を提供いただきました。末筆ながら、重点研究課題にご協力いただいた住民の方々および以下の機関の関係各位に御礼申し上げます。

- ・国土交通省 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所
- ・厚生労働省 新潟労働局
- ・林野庁 関東森林管理局 森林整備部 治山課
- ・林野庁 関東森林管理局 中越森林管理署 中越山地災害復旧対策室
- ・新潟県 長岡地域振興局
- ・新潟県 農林水産部 治山課
- ・長岡市 山古志支所 長岡事務所
- ・長岡市 環境部 環境施設課
- ・小千谷市 市民生活課
- ・長岡労働基準監督署
- ・独立行政法人森林総合研究所 十日町試験地
- ・東日本旅客鉄道株式会社
- ・東日本高速道路株式会社 新潟管理局 湯沢管理事務所
- ・財団法人 林業土木コンサルタンツ 前橋支所 新潟出張所、長岡出張所
- ・アジア航測株式会社
- ・朝日航洋株式会社
- ・中日本航空株式会社

現地調査でのミーティングにおいて、大塚悟先生および豊田浩史先生（長岡技術科学大学）から貴重な話題提供をいただきました。ここに感謝申し上げます。

最後に、現地調査を実施するにあたり、貴重な御意見をいただいた土木学会地盤工学委員会（関口秀雄委員長）、およびヘルメット等の送付や予算管理等でお世話になった土木学会研究事業課（川島一哲氏）に感謝申し上げます。