

長岡悠久山周辺地域の被害状況と地質

久保田喜裕^{*}・地学団体研究会新潟支部中越地震調査団

^{*}新潟大学理学部自然環境科学科

はじめに - 2004年10月23日 その時・・・

秋晴れの穏やかな一日もすっかり日が暮れ、そろそろ夕食をとろうとしていたその矢先、突然突き上げられ、ゴーという地響きとともに、家全体が大きくきしむようになった。長岡東山麓にひとりで暮らす母親はとっさにテーブルの下にもぐり、真っ暗やみのなか、家が崩れ落ちる恐怖に震えながら、ただひたすらテーブルの足にしがみついていたという。

10月23日(土)午後5時56分。30年以上我が家の時を刻んでいた時計が止まった。新潟県中越地方をマグニチュード(M)6.8の大地震が襲いかかった。続いて、午後6時3分(M=6.3)、11分(M=6.0)、34分(M=6.5)とそれはつぎつぎと襲ってきた。震源の中越地域では6弱～6強、のちに川口町では震度7と上方修正された。新潟市でも震度5弱で、恐怖を感じるには十分な揺れであった。



10月23日 その時・・・

まさか、と思いつつ、実家へ電話を入れたがすでにつながらなくなっていた。まさかがだんだんと現実になってきた。22時過ぎ、私は車で実家へ向かった。長岡へ向かう途中は順調に車を走らせ

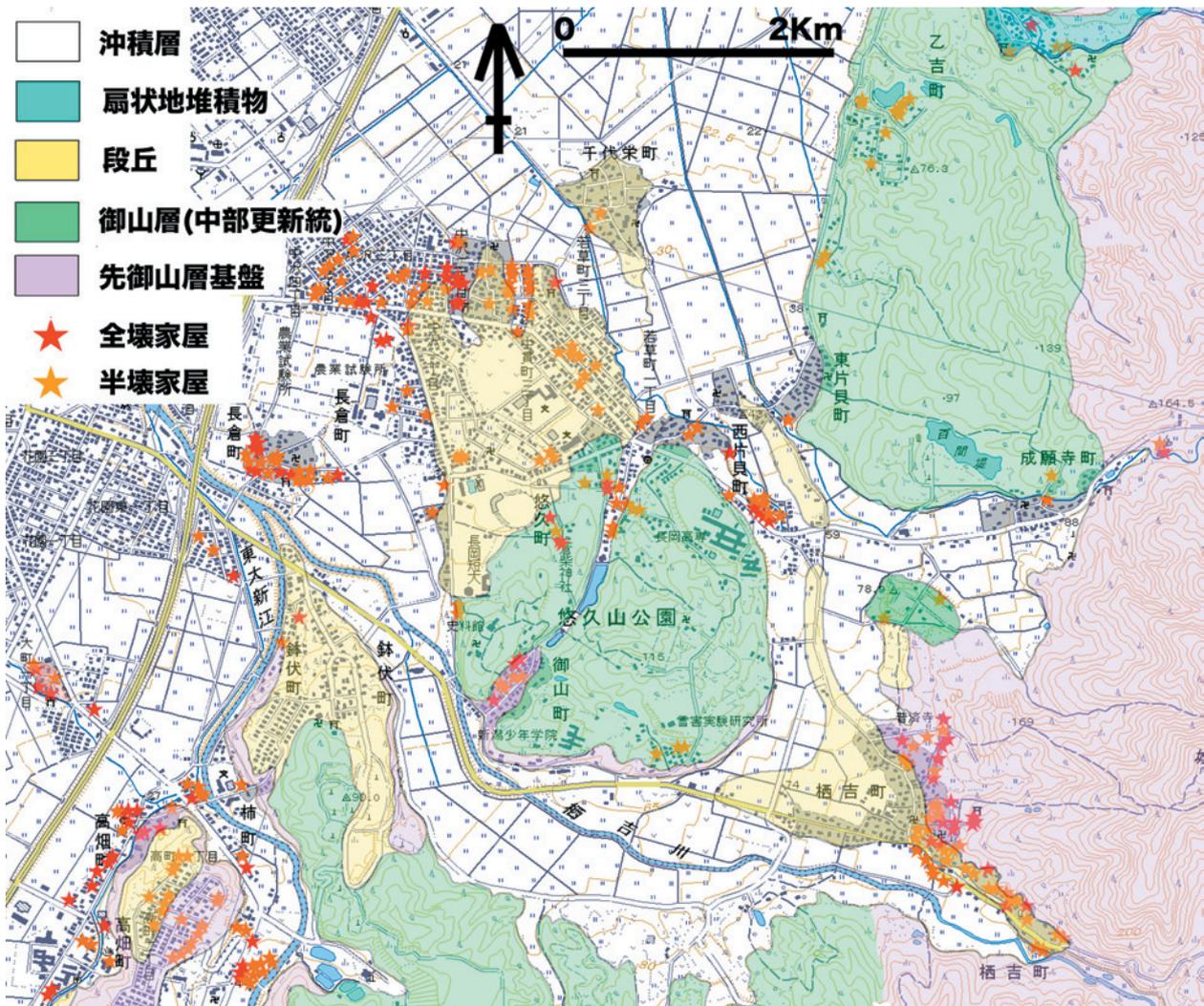
ることができたが、長岡に入った途端に、近道はすでに通行止め。ぐるぐる迂回しながら、ようやく町内へたどり着いた。が、あたりは真っ暗やみ。まるでゴーストタウンのよう。道路が変形し、亀裂が走っているようだ。ライトの陰になり亀裂がよく見えない。タイヤが落ちないようにハンドルを握る手に汗がにじんだ。実家に着き声をかけるが、なかからはなんの応答もない。庭にまわってなかのようすを見た。ひどすぎる。すべて崩れてめちゃくちゃであった。人を探すが見つからない。近くの学校へ走っていくと、すでに大勢の人が非難してごったがえしていた。体育館で、母親と姉夫婦の無事を確認し話を聞いた。御近所のおかげでようやくここまで避難してこられたことをしきりに言っていた。ひとり暮らしの老人と町内会のつながりはこのようなときに発揮されるものであるとつくづく実感させられた。新潟へ戻ったのは朝4時近くであった。

実家の片づけも一段落しようとした27日に地学団体研究会新潟支部の会員が地盤性状と被害状況の調査に乗り出した。住宅地図を用いて、一軒一軒人海戦術で、地盤・家屋の被害状況を記載していった。毎日、5-6名、休日ともなると休み返上で20名近く集まった。県内はもとより、近郊からも多くの会員が応援に駆けつけてくれた。年内の調査参加者は述べ340名を超えた。膨大な調査データの詳細は地学団体研究会から今夏発行の専報としてとりまとめられる予定である。

以下に調査範囲の一部である長岡悠久山周辺地域の地質と被害状況について概要を述べる(第1, 2図)。なお、図の地形図は国土地理院ホームページ「地図閲覧サービス ウォッチズ」(<http://watchizu.gsi.go.jp/>)を使用した。

長岡悠久山地域の地形・地質概説 (第1図)

調査地域は長岡の悠久山とその周辺地域にあたる。地域の中央に位置する悠久山は最高標高115mで多角形状～円形のドーム状の外形を呈する。周囲には悠久山を取り囲むように低地帯が発



第1図 長岡悠久山地域の被害状況と地質

達し、北側に成願寺川、南側に栖吉川がそれぞれほぼ東西に流下している。ここでは標高30～60mの低位段丘と低地帯となっており、主に水田に利用されている。

悠久山の地質は、下位の赤褐色くさり礫層および上位の砂泥層からなる御山層（中部更新統）を主体とする。悠久山東方の東山丘陵には新第三系～第四系（魚沼層）が分布する。悠久山の周囲は信濃川水系ないしは成願寺川水系、栖吉川水系のつくる中位～低位段丘（上部更新統）、扇状地成ないしは河川成堆積物（完新統）が分布している。また、悠久山中央のNNE-SSW方向の狭長な谷地形には悠久山断層（活断層）が推定されている。

長岡中部地域の地質と被害状況（第2図）

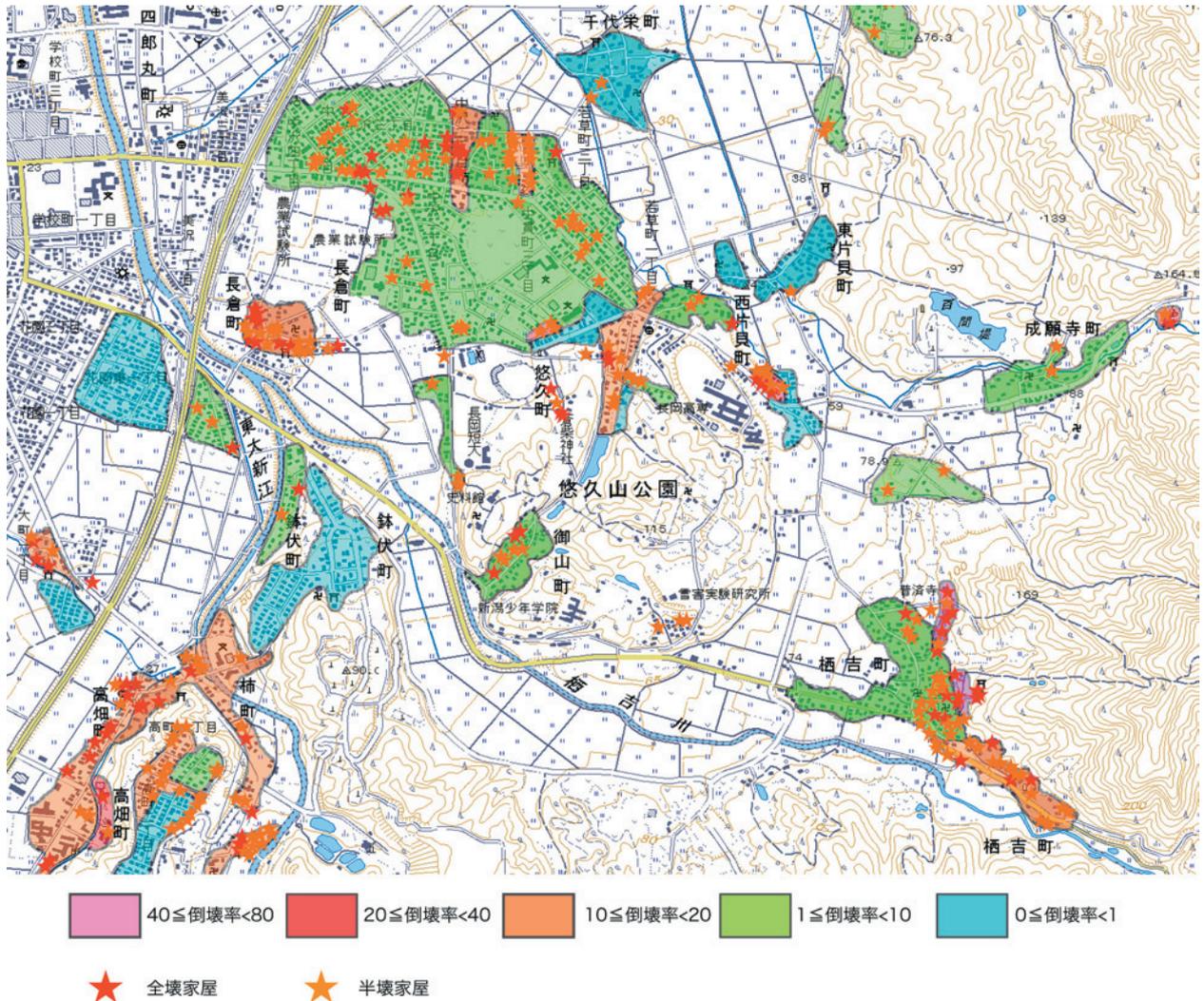
悠久山周辺（悠久町・御山町・東片貝町・西片貝町）

(1) 地質

悠久山の地質はおもに御山層（中部更新統）からなるが、安山岩ないしは石英安山岩を主とする赤色くさり礫層（下位）および砂泥層（上位）からなる。周辺は低位段丘と低地帯が取り囲んでいる。悠久山中央に位置する谷状低地帯（NNE-SSW）には活断層とされる悠久山断層が推定されている。この谷部の多くは盛り土地からなる。

(2) 家屋等の被害

悠久山は公園やゴルフ場、レジャー施設になっているが、住宅は谷筋の地山上ないしは谷埋め盛り土に集中している。谷中央に位置する泉翠池の上流域（南半部）では、全壊・半壊家屋は左岸側に集中し、二階だけが圧壊した古い家屋もあった。谷の下流（北半部）付近は広い谷に盛り土をしたかつての新興住宅地になっている。ここでは谷筋に沿って下流側に傾倒した家屋が2軒連続してみられた。盛り土の液状化による不同沈下で母屋が1m程抜け上がり歪んだ家屋や、庭先に谷の横断



第2図 長岡悠久山地域の家屋等の倒壊率

方向に大きく開口し家屋の土台まで延びた地割れも数本みられた。谷底方向へ盛り土がすべり大きく傾倒した家屋や、それに伴いコンクリート擁壁もすべり、幅約50cmの下水路を塞いだ箇所もある。全・半壊を免れた家屋でも多くの家屋で土台のひび割れ、外壁や屋根瓦の落下などがみられた。

長岡高専（長岡工業高等専門学校）は悠久山北東部に立地している。敷地中央部の長岡高専1号館・2号館は被害が目立たないが、周辺部の斜面付近では斜面の滑落（重力沈下）と押し出しによる地割れが目立ち、それに伴う建物の被害が目立った。斜面の擁壁は押し出され、ところどころ



二階が圧壊した家屋



下流側へ傾倒した家屋



盛り土の表層すべりで大きく傾倒した家屋



長岡高専の壁にできた共役性の亀裂



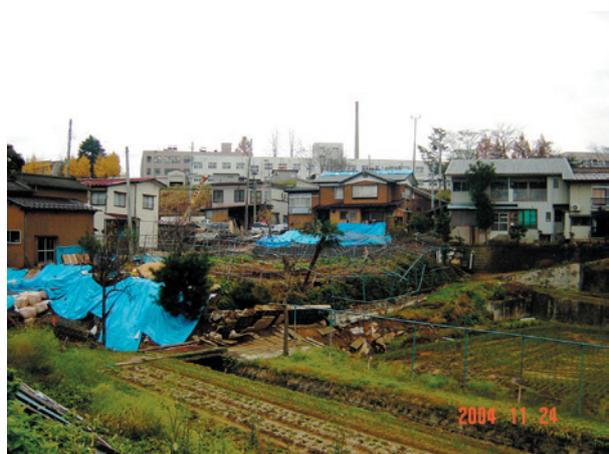
不同沈下した長岡高専の建物

ろ破壊している。とくに図書館・活動センターの後ろ洗心館・食堂との間の亀裂（N60～70W方向）は大きく、接合部が約180cm開き、南側が約60cm沈下している。また、寮の食堂も南斜面に幅190cmが地溝状に落ち込み、N80W方向の地割れにより基礎地盤が落ち込んで建物が抜け上がった。盛り土は浅く、粘土質マトリックスの礫層からなる基盤（御山層）が浅部にみえる。最近建ったと思われるテクノセンター（鉄筋5階建て）は北側の壁に共役性の亀裂がみられた。校舎の南西側にはNW方向の緩い谷がみられるが、校舎の一部はこの谷を埋め立て建設されている。ここでも谷側へ落ち込む地割れや、盛り土部では建物の抜け上がりが見られる。

高専南西側に位置する谷沿いの住宅では谷底へ両岸からの押し出し・滑落があり、谷埋め盛り土上の宿舎の中央が陥没・傾斜している。南側の斜面の切り土部に位置する家屋でも、壁・屋根瓦の落下、谷に直交する方向のガラス窓のガラス破損が生じている。



滑り落ちてきた擁壁で塞がれてしまった側溝



旧河道に盛り土をした住宅地

長岡高専の東麓には、かつての旧河道（幅 70～80m）とみられる NW 方向の地形が残っているが、約 4m の盛り土をした住宅地になっている。ここでは河岸の盛り土がかつての河道側へ家屋とともに滑落するなど、家屋・道路の変状ともに著しく、狭い範囲ではあるが損壊の顕著な地区である。一段高い段丘面では被害はほとんどない。

(3) 道路・地盤等の変状

道路の被害で顕著な箇所は泉翠池の湖畔で、地山斜面を切って造られたとのことであるが、約 70m にわたり道路の中央から池側が最大で約 1m 滑落した。滑落の程度は池の北半部（下流側）で著しい。対岸の遊歩道は砂利敷きであるが、池に沿う方向の地割れや波打ちがみられ、滑落は数 10cm 程度である。谷の上・下流部とも、埋設管のある道路では、波打ち、数 10cm～1m 程の陥没、亀裂、段差がいたるところで見られる。道路の地割れの方向は谷沿いの NNE-SSW 系とそれにほぼ直交する E-W 系が多い。

道路変状の要因は盛り土のすべりによるものがほとんどで、悠久山断層のあきらかな変位は地表では確認されなかった。しかし、老人福祉施設「お山の家」玄関前の道路にみられる約 30m にわたる NNE-SSW～N-S 方向の地割れは、御山層（赤色礫層）を切っており、破断面は開口幅 42cm、落差 45cm、73°～90° の正断層状である。また、谷底の NNE-SSW 方向の亀裂にはコンクリート製水路を約 3cm 左横ずれに変位させている箇所もあった。

悠久山北側に位置する蒼柴神社では、参道（E-W 方向）にある藩主墓（石燈籠）の転倒率はほぼ 100% で土台の回転は時計回りが 1 つ、半時計周り（5～30°）が 7 つであった。石灯籠・鳥居の



変状の著しい道路と家屋（悠久山）



御山層を切る正断層型の地割れ（悠久山老人福祉センター）



御山層を切る地割れにみられる鏡肌と条痕（悠久山老人福祉センター）



池側に滑落した道路（悠久山泉翠池）

倒壊方向は NNE 方向と SSW 方向、E 方向と W 方向が多い。悠久山球場西側の参道（N-S 方向）の燈籠（高さ 5～6 m）・鳥居の崩壊方向は NNE 方向と SSW 方向が顕著である。花崗岩の柱が破断して倒壊している。蒼柴神社、禰宜（神職）の住居は全壊し、建物は E-W、N-S に向いて建てられているが、多くは N 方向に倒壊した。付近の狛

犬や石灯籠の多くもN方向に倒壊し、大きな台座は左回りに回転している。はね上がって移動したと思われる台座も多くみられた。

悠久山東方の栖吉川沿い

(1) 地質

悠久山東方の栖吉川沿いの地質は、主に御山層ないしは低位段丘と河川成堆積物からなる。集落はほとんどが低位段丘ないしは河川成堆積物上に立地している。背後の東山丘陵は新第三系～更新統の火山岩類ないしは堆積岩からなる。

(2) 家屋等の被害

栖吉川上流谷部には古くからの集落が密集しており、家屋は主に右岸側の低位段丘上に立地している。

北側に位置する成願寺川の集落に比べると、栖吉川沿いでは全・半壊など被害がめだつ。とくに、栖吉川の谷部の集落は狭長な段丘上の急傾斜地に立地している。ここでは段差数mの平坦面上の段丘崖間際に立地した家屋の傾倒や圧壊が見られた。山際から離れた段丘崖付近の土蔵は完全に破壊されていた。擁壁は古くからの石積み擁壁が多く、コンクリートで接着していないものなどの崩落がめだつた。善照寺～普濟寺の山麓西斜面には小規模な地すべりや地割れが多く、栖吉神社や普濟寺の本堂や周囲の家屋にも大きな被害が集中していた。栖吉神社の西側斜面には幅110cm、段差70cmの地割れが30mにわたり複数生じていた。また、西側斜面の谷にあった田を埋め立てて造成した宅地でも半壊家屋が多くみられた。山際の急傾斜地から緩斜面への遷緩線付近の家屋や、かつての地すべり地上での被害が大きい。外観では分からないものの、家屋のすべりや歪みにより内部が激しく壊れている家が多かった。栖吉川の谷の出口にあたる栖吉町集落センター～農村公園周辺では、家屋の被害は壁や屋根瓦の落下等の一部破損が主でそれほど大きな被害はみられなかった。地盤は御山層ないしは低位段丘の緩傾斜地にあたる。栖吉川沿いの西部の集落は低位段丘に立地しているが、瓦や土蔵の壁の落下などの被害はあるが、家屋の外見からの顕著な損壊はみられない。

(3) 道路・地盤等の変状

栖吉川に近い普濟寺では幅30cmを越える地割れが寺の本堂を貫通していた。善照寺の墓石の倒

壊率は91% (438/482)、立っている墓石44基の内、20～120度左に回転しているものが21基、15度～120度右に回転しているものが2基であった。栖吉川の谷の出口周辺では、地割れも緩斜面での重力的な滑落であり、その方向は多様である。道路は下水管に沿って数10cm程いたるところで陥没している。陥没部分のアスファルトの下は空洞化しており、下水管を埋積した砂は流されたり、圧密沈下した箇所もみられた。田圃沿いの地域は圃場整備のために以前、田圃を全体に1mほど下げたとのことで、田圃と敷地との高さが約2m増し、一段高い敷地の地盤がずり落ち地割れが生じていた。付近の家屋も田圃側が一部傾倒した。バス通りも田圃側にずり出しており、通り下の側溝が押しつぶされ、道路には亀裂が生じていた。

悠久山北方の低位段丘地区（若草町・悠久町）

(1) 地質



崩壊した石積み擁壁（栖吉町）

悠久山北方地区は低位段丘と河川成堆積物ないしは氾濫原堆積物からなる低地帯にある。この地区は低位段丘上の古くからの集落と、田圃跡の氾濫原に盛り土をした昭和30～40年頃の大規模振興住宅地が分布する。

(2) 家屋等の被害

若草町の多くは昭和30～40年頃の住宅地で低位段丘上に立地している。半壊家屋は住宅地中央をNW-SE方向に走る2m程の低崖に沿って集中している。この低崖は現地の聞き込み調査からかつての谷の縁にあたることが分かった。低崖は地方道側へ向かうにつれて亀裂に変わり、家屋の床下にまで約300m延びている。段丘頂部の平坦地では顕著な被害はなく、壁のひび割れ、屋根の



低崖に立地し激しく歪んだ鉄筋コンクリート家屋（若草町）



盛り土の表層すべりによる道路の変状（悠久町）



盛り土地にみられる液状化痕（悠久町）

方流動が起こり、床下まで続く激しい地割れにより家屋に歪みや傾倒が生じた。

(3) 道路・地盤等の変状

若草町の道路は段丘の斜面と中央の谷部に限られるが変状が著しく、埋設管に沿う5～10cmの段差や波状変形、15cm程度のマンホールの抜け上がりなどがみられた。

悠久町の低地帯の上流部では、畑や道路はこの表層すべりによる末端が伸び上がったマウンドがみられた。道路は波状変形や斜面方向とそれに直交する方向の亀裂が生じていた。低地帯の下流部では現在も水田になっており、液状化痕がみられた。この低地帯の盛り土の縁に沿って、ほぼN-S方向に約6kmにわたる亀裂・段差がみられた。

悠久山北方の盛り土地区（中沢町）

(1) 地質

中沢町にはN-S方向の東西二本の谷をもつ低位段丘上に位置する古くからの集落と氾濫原に盛り土をしたかつての新興住宅地がある。

(2) 家屋等の被害

被害が著しい地区は、東西に並走するN-S方向の二本の谷（幅50～70m）の埋め立て地で、いずれもかつて湿地や田圃、溜め池があり、現在は盛り土により宅地となっている。かつての池は市のごみ捨て場になっていたというが、現在公園にされている。全・半壊家屋はこの谷部に集中し、谷の低部へのすべりに伴う歪みや傾倒によるものが多い。建造物や電柱の傾斜方向は全般的に南方向である。二本の谷に挟まれた段丘上に位置する専行寺の墓石の転倒率は41% (105/256) であっ



傾斜地の盛り土のすべりによる地割れ（悠久町）

ぐし瓦の損壊が主であった。悠久町の半壊被害は局所的であるが集中している。米軍の空中写真からNW方向の低地帯が判読されるが、半壊家屋はこの低地帯を埋め立てた最上流部に位置している。この付近では盛り土の液状化によって斜面側へ側



東方向へ連続する家屋の傾倒（中沢町）



一階が圧壊した家屋（中沢町）



東方向へ連続する家屋の傾倒（中沢町）



続く余震で次第に傾き倒壊した倉庫（中沢町）

た。段丘上の平坦地に立地する家屋の被害は小さい。

氾濫原の盛り土地での被害は中沢三叉路とその北方付近に集中し、そこではE方向に3軒連続して傾倒している家屋や圧壊・傾倒している家屋がみられた。これらの家屋は全てがとくに古いわけではなく、比較的新しい商店もあった。とくに、建築資材倉庫は70×30m程の大きな倉庫であるが、本震で傾き、続く余震で徐々にN方向へ倒壊したとのことであった。また、住宅地を通る幅数10cm～1m程の小さな下水路でも、液状化により盛り土が下水路側へ側方流動し、家屋の傾倒、歪みをもたらした。

昔田圃であった場所の埋め立て地で、とくに低位段丘縁にあたる低崖付近で損壊が顕著である。段丘西縁の埋め立て地では被害が集中し、SE方向やNW方向に傾倒している家屋が多い。

(3) 道路・地盤等の変状

道路変状が概して著しく、埋設物のある道路はそれに沿うように亀裂や段差、波状の変形、10



80cmに達するマンホールの浮き上がり（中沢町）

～30cm前後のマンホールの抜け上がりがみられた。とくに、段丘西縁の中沢三叉路付近では抜け上がりが顕著で、50～80cmに達する。この顕著な抜け上がりは、付近の道路標識が沈下し電線

に引っかかっていることから、地盤が局所的に20～30cm程度沈下したことに加えて、マンホールの浮力による浮き上がりによるものと考えられる。この地区北側には昔の水路を埋めたてた遊歩道があるが、そこでは液状化が顕著で道路の変状が著しかった。また、液状化により盛り土が側方流動し、陥没した通路が見られたマンションがあった。

長岡中部地区の被害と地質との関係

長岡中部地区の地質は、御山層（中期更新世）、段丘（後期更新世～完新世）、沖積低地（完新世）・盛り土地に大別できるが、被害の特徴はそれぞれの地質に対応している。

（1）御山層（中期更新世）・先御山層基盤分布域

悠久山の御山町、悠久町、西片貝町、栖吉町で特徴的にみられる。御山層はくされ礫を含む礫層と砂泥互層からなり、中部地域では比較的地盤強度は良好である。この切り土地に立地した家屋、建造物の被害の特徴として、2階が圧壊した全壊家屋や壁などに共役性の亀裂がみられたことから、震動が直接伝わったことによる被害が推定される。共役性の亀裂は盛り土地や埋め立て地の家屋・建造物では確認していない。同じ切り土地でも、中央の平坦部は被害が小さいのに対し、縁辺部では斜面すべりにより被害が大きくなっている。先御山層基盤が分布する栖吉町は山麓の急傾斜地で被害が大きく現れている。

（2）段丘（後期更新世～完新世）分布域

若草町、中貫町、悠久町、栖吉町、鉢伏町で特徴的にみられる。鉢伏町の住宅地の被害はきわめて小さいが、これは地盤の良好な中位段丘上の平坦地に立地しているためと思われる。若草町、中貫町、悠久町の段丘上でも被害は概して小さい。とくに、平坦部では被害が小さいが、低崖脇や緩い傾斜地上の家屋に強い被害が集中している。これも斜面すべりによるものと考えられるが、一部で、鉄筋コンクリート家屋の壁の亀裂や損壊跡か

ら、震動による被害と考えられるものもみられる。

（3）沖積低地（完新世）分布域・盛り土地

中沢町、西片貝町、長倉町で特徴的にみられる。中沢町は氾濫原の泥質堆積物に盛り土した大規模な住宅地である。被害が大きい箇所は段丘との境界付近や段丘上に形成された浸食谷の盛り土地である。浸食谷の盛り土地では斜面すべりによる被害が主であるが、盛り土地の平坦部でも被害が集中している箇所がある。低崖とは無関係な方向に傾倒した家屋やコンクリート建造物の壁の亀裂の特徴などから、震動による被害も考えられる。また、平坦地でも、家屋の脇に幅数10cm～1m程度の下水路が掘られ、側壁の土留め工がなされていない箇所では、その下水路側へすべり傾倒した家屋も見られた。

西片貝町の新興住宅地では、局所的ではあるが、被害が甚大な箇所がある。ここでは旧河道内の住宅だけに被害が集中しており、周囲の自然堤防上の家屋の被害は小さい。これは旧河道中を埋積した約4mの盛り土がかつての川底側へすべったもので、河岸では盛り土が1m以上滑落している。長倉町はボーリングデータでは地下に扇状地性の厚い礫層があるが、泥層と互層するためか、被害が大きくなっている。

以上のことから、被害要因として、震動による盛り土の液状化、側方流動が主とみられるが、段丘縁辺や谷沿いでは地下の地質構造に規制された震動による直接の被害も考えられる。氾濫原上に立地する新興住宅地は今後ますます増えていくものと思われるが、下水路などのわずかな凹地や斜面でも地盤が横すべりをするため、土留め工など地盤の流れを抑える対策が重要になる。