

# 中越地震と豪雪がもたらした複合災害

河島 克久・和泉 薫・伊豫部 勉

新潟大学積雪地域災害研究センター

## 1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の大きな特徴の一つは、冬（積雪期）が間近に迫る時期に、我が国有数の豪雪地域に位置する中山間地で発生したという点です。このことは、冬までに災害復旧が間に合わなかった箇所については、雪氷災害の発生危険度が著しく高まったことを意味します。そこで（社）日本雪氷学会と日本雪工学会では、震災直後の11月2日に「新潟県中越地震・雪氷災害調査検討委員会」を合同で組織し、起こり得る雪氷災害の危険性を調査し、警鐘を鳴らしてきました<sup>1)</sup>。著者らも同委員会のメンバーとして、他の研究者・技術者と共同で被害の実態調査にあたりるとともに、積雪期に想定される雪氷災害の危険性を指摘してきました。本稿では、雪氷災害の視点からみた地震被害状況を述べるとともに、19年ぶりの豪雪となった2004-05年冬の気象・積雪状況、及びそれにとまなう被災地の雪氷災害（地震と豪雪の複合災害）の発生状況について報告します。

## 2. 積雪期前の被害調査

新潟県中越地震・雪氷災害調査検討委員会では、雪崩災害、融雪災害、道路交通、家屋などの視点から積雪期の雪氷災害の危険性を検討することを目的として積雪期前に現地調査を行いました。その結果まとめられた雪氷災害の危険性に関する要点を以下に示します。なお、この詳細については同委員会の報告書<sup>2)</sup>をご覧ください。

### (1) 雪崩災害

地震による斜面崩壊で植生や地形が大きく変化したり、雪崩予防柵やスノーシェッドなどの対策工が壊れたりしている箇所が多く存在する（図1）。このため、崩壊で生じた裸地急斜面や対策工の機能が低下した箇所での雪崩発生危険度が增大している。余震が雪崩の引き金となることもあり得る。

### (2) 融雪災害

土砂崩れによって河道や用排水路などの閉塞が多くの場所で発生している（図2）。融雪期には、多量の雪が融け出し、大雨が続くのと同一状態になるため、閉塞箇所では土石流、洪水、雪泥流が発生する危険がある。また、斜面や水田等に生じた亀裂に融雪水が浸透し、土砂崩れが多発する危険がある。

### (3) 道路交通

地震により道路が被災（陥没、段差など）したり、消雪パイプや流雪溝などが損傷したりしている箇所が多数ある（図3）。積雪期までに復旧が



図1 基礎ごと崩落した雪崩予防柵（小千谷市）



図2 溪岸崩壊による河道閉塞（川口町）



図3 消雪パイプの破損（小千谷市）



図4 ブルーシートで屋根を覆った地震被害家屋（川口町）

間に合わなかった箇所は、除雪・消雪機能が大幅に低下し、道路交通（車、歩行者）の安全が確保しにくくなる。

#### (4) 家屋

地震によって損傷した家屋は設計通りの強度がなくなっている可能性があるため、屋根雪の荷重で倒壊する危険性がある。雪が積もった状態で余震が起きるとさらに危険である。また、ブルーシートで屋根を覆っている家屋は、雪下ろし作業に大きな危険を伴う（図4）。

以上の調査結果に基づいて、同委員会では11月14日に雪氷災害軽減に向けた対応策を様々なメディアを通して公表するとともに、これを住民向けリーフレットとしてまとめ被災住民へ配布しました<sup>3)</sup>。

### 3. 2004-05年積雪期における中越地方の気象状況

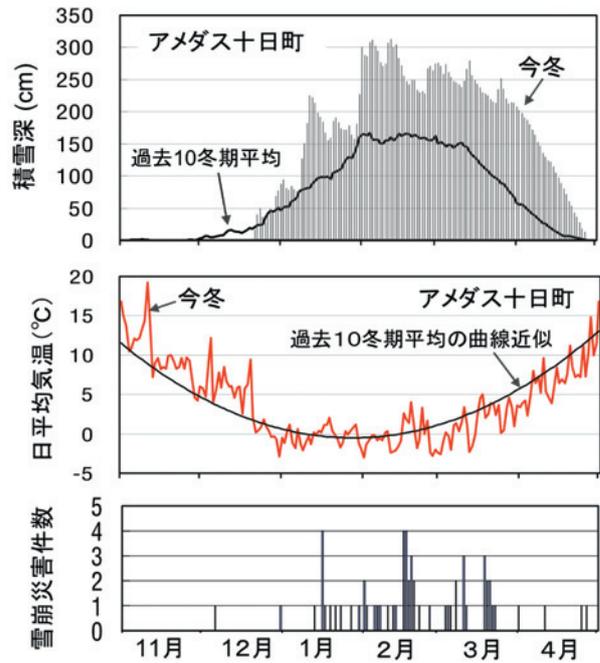


図5 アメダス十日町の積雪深・日平均気温と全国の雪崩災害件数の推移

気象庁の資料によれば、2004-05年積雪期は12月中旬まで全国的に気温の高い状況が続きましたが、12月下旬から冬型の気圧配置が強まって寒気が流入しました。その後は日本付近を低気圧や前線が通過することが多かったため、低気圧に向かって暖気が入り、通過後は冬型の気圧配置が強まって寒気が入ることを繰り返し、気温の変動が大きい状態が3月まで続きました。冬の平均気温としては全国的に平年を上回り暖冬傾向であったといえます。一方、降雪量は、寒気の流入や低気圧の通過によって北日本の日本海側で多く、東日本の日本海側の山間部では積雪量が平年を大きく上回る地点でもでした。

新潟県中越地方の山間部・平野部の初雪は多くの場所で12月21日であり、平年に比べて1ヶ月前後も遅いものでした。しかし、その後断続的に大雪がもたらされ、積雪量が平年を大きく上回りました。アメダス津南で2月21日に過去最大となる最深積雪369cmを記録したように61豪雪（昭和61年）以来19年ぶりの大雪となりました。中越地方のアメダス十日町における2004-05年積雪期の積雪深と日平均気温の推移を、過去10冬期の平均値と比較して図5に示します（気温は過去10冬期平均を曲線で近似したものです）。この図から、十日町では2004-05年積雪期の最深積雪が過去10冬期平均の約2倍に達したこと、冬（12-2月）全体の気温が暖冬傾向にあった過去10冬

期の平均を上回ったこと、12月下旬から3月中旬頃までは、日平均気温が0℃を挟んで大きく変動したこと、3月から4月にかけては過去10冬期平均よりも全体的に少し低めの気温であったことなどがわかります。また、2004-05年積雪期の消雪日は4月27日でしたが、これは過去10冬期の平均（4月9日）に比べて18日も遅い消雪日です。

#### 4. 2004-05年厳冬期における中越地方の積雪分布

上記のように「暖冬大雪」が特徴といえる2004-05年積雪期中越地方における積雪分布はどのようなものだったのでしょうか。著者らは、気象庁、国土交通省、新潟県、十日町市・栃尾市・長岡市・小千谷市などの市、防災科学技術研究所・森林総合研究所などの研究機関がWebサイト上で公開している積雪深データに独自の観測データを加えた約150地点の積雪深データを用いて、新潟県内の詳細な積雪深分布図を作成しました。中越地方では2月上・中旬に積雪深が最大になりましたが（アメダス十日町では2月12日）、図6はその時期の積雪深分布を表したものです。この図から、新潟県内では中越地方の山間部に降雪が集中し、積雪深が特に大きくなったことがわかります。積雪深が3mを超えている地域は、十日町市、川口町、山古志村（現長岡市）、魚沼市、津南町のほぼ全域と小千谷市・長岡市・栃尾市、南魚沼市などの山間部に広がっています。これらの地域は地震被害が極めて大きかった地域とほぼ一致しており、雪氷災害の発生危険度が被災地において極めて高い状態になったことを意味しています。

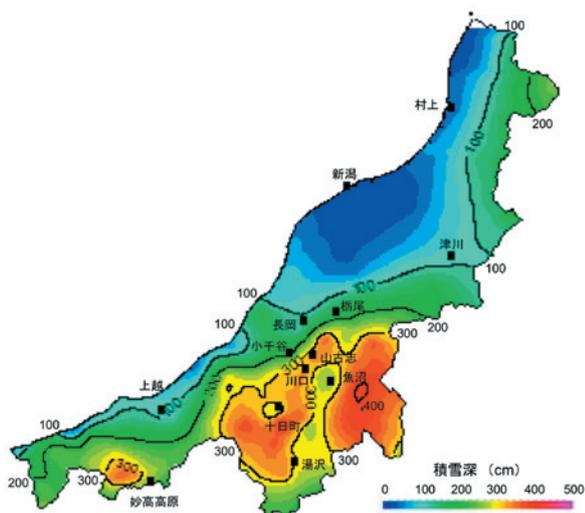


図6 2005年2月14日9時の積雪深分布

## 5. 中越地震と豪雪の複合災害

2004-05年積雪期は、上記の厳しい気象・積雪状況のもと、1月から様々な雪氷災害が発生しました。新潟県融雪災害警戒本部の発表（5月10日）によると、2004-05年積雪期の雪による人的被害は、死亡者26人、負傷者147人にも上りました。死亡、負傷を合わせた人的被害者数は、魚沼市（25人）、旧長岡市（24人）、旧十日町市（16人）の順に多く、中越地震の被災地に大きなダメージを与えたことがわかります。このような状況を受けて、新潟県では2月18日に61豪雪（1986年）以来19年ぶりに豪雪対策本部を設置しました。また、4月8日には、融雪災害の危険性が高まったため、新潟県融雪災害警戒本部が設置されています。ここでは、中越地震による被害と密接に関連している雪氷災害について、代表的な災害を取り上げて報告します。

### 5.1 雪崩災害

2004-05年積雪期は雪崩災害が全国的に多発しました。和泉<sup>4)</sup>によると、寒気が入って積雪が急増した際や、その後に暖気が入って気温上昇した際に雪崩災害が多くみられ、2004-05年積雪期の雪崩災害は全国で61件（死者8人）、新潟県で18件（死者2人）に達しました（図5）。また、災害をもたらした雪崩のほとんどが湿雪全層雪崩に分類されています。これは、まとまった降雪の後の気温上昇と降雨によって積雪のざらめ化が急速に進み、積雪層が全体として脆くなったためであると考えられます。図7は、近藤<sup>5)</sup>の方法（湿度から算出した雨雪の判別気温を用いる方法）を用いて、南魚沼市（魚沼消防署大和分署）の日降水量を降雪量と降雨量に分けて示したものです。

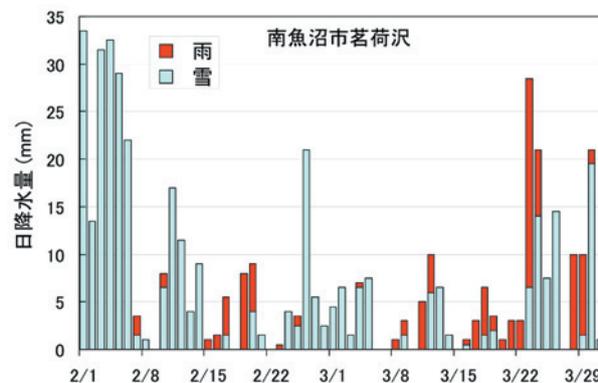


図7 南魚沼市における2005年2～3月の日降水量（雨雪別）

厳冬期である2月においても、しばしば降雨がもたらされていることが分かります。

新潟県にける雪崩災害の発生場所は中越地方の山間部に集中しています。これは、図6に示したように中越地方の山間部が大雪となったことに加えて、中越地震や平成16年7月の豪雨によって急斜面が荒廃したことが影響していると考えられます。新潟県で死者が出た2件の雪崩災害の一つである高柳町山中（現柏崎市）の雪崩（2月18日発生）は、平成16年7月の豪雨時に土砂崩れを起こした斜面において災害復旧工事中に発生したものです（図8）。積雪期前には、中越地震の余震が雪崩の引き金となることが懸念されましたが、幸いなことに余震発生時に災害となるような雪崩は認められませんでした。

中越地震の影響による雪崩災害の典型例は、3月19日に小千谷市西吉谷で発生した事例です。地震で痛んだ急斜面から未明に発生した湿雪全層雪崩が斜面下の川（茶郷川）をせき止め、隣接する民家が床上浸水しました。さらに、その7時間後に同じ斜面で再び発生した湿雪全層雪崩によって、この民家が損壊するとともに作業小屋が全壊しました（図9）。現場付近の積雪は、ほぼ全層が濡れざらめ雪からなっており、全体的に水を含んで非常に脆くなっていました。

南魚沼市浦佐では、2月4日に雪崩の危険があるとして3世帯に避難勧告が発令されました。3世帯は一棟のアパートに入居しており、このアパートは県道を挟んで急斜面に面していました（図10）。この斜面には雪崩予防柵や防護擁壁（県道脇）がありましたが、中越地震の際に発生した表層崩壊などによって斜面は荒廃し、柵は流され、擁壁裏側のポケットに土砂や樹木が溜まった状態になっていました。その後、ポケット内の土砂を取り除いたり、擁壁がない箇所にも雪堤を築いたりするという対策がとられたため、全層雪崩が複数発生したものの災害には至らずに済みました。

## 5.2 融雪災害

積雪期前には、河道閉塞箇所における土石流、洪水、雪泥流の発生と荒廃した斜面や農地等における土砂崩れの発生が融雪期の災害として懸念されていました。河道閉塞箇所においては、積雪期前の復旧工事や応急対策が功を奏し、19年ぶりの豪雪にもかかわらず大規模な災害をもたらす現象は発生しませんでした。しかし、小河川や溪流で小規模な河道閉塞が非常に多く出現したため、積雪期前に完全復旧が間に合わなかった箇所では、



図8 高柳町山中の雪崩災害現場



図9 小千谷市西吉谷の雪崩災害現場



図10 南魚沼市浦佐における雪崩発生斜面

融雪期に河川が氾濫し、河川脇の農地へ水が流れ込んでいる状況がみられました（図11）。その結果、農地が土砂で埋まったり、流水で侵食を受けたりした箇所もありました。このような現象の発生には、土砂のみならず雪崩デブリによる閉塞も関与



図 11 土砂と雪で河道が閉塞し氾濫を起こした茶郷川 (小千谷市)



図 12 十日町市魚之田川 (国道 252 号線) の土砂災害現場 (竹内由香里氏提供)

していました。

一方、地震で荒廃した斜面における土砂災害は、小千谷市、長岡市、十日町市、栃尾市などで多数発生し、道路通行止めが相次ぎました (図 12)。発生件数は特に 3 月下旬以降に急増しました。新潟県融雪災害警戒本部のまとめでは、4 月 1 日から 5 月 23 日までの発生箇所数は、土砂崩れ・山腹崩壊・土砂流出が 53 箇所、地すべりが 25 箇所となっています。図 13 に、南魚沼郡塩沢町において積雪ライシメーター (積雪下面に集水容器を敷設し積雪底面から流出する水量を測定する装置) を用いて測定した積雪底面からの日流出量 (融雪水+降雨) の変化を示します。日流出量は 3 月中旬頃から急激に大きくなっており、頻発した土砂災害が融雪の影響によるものであることが分かりま

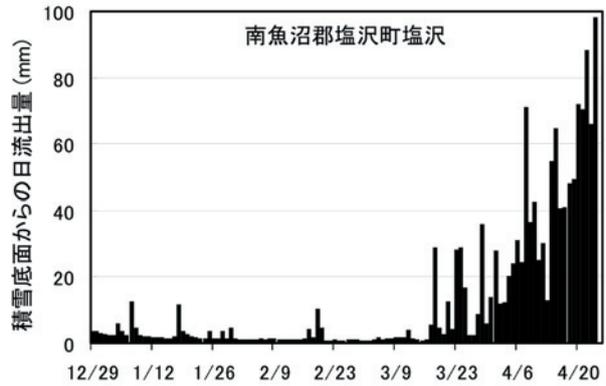


図 13 塩沢町 (塩沢雪害防止実験所) における積雪底面からの日流出量の変化

す。

荒廃斜面でみられた融雪期の土砂災害の多くは、斜面上に多量の積雪が存在する状況下で発生しており、土砂と積雪が同時に崩落・流下したことが特徴といえます。これは、一つには地震によって植生がなくなったり、亀裂が生じたりした斜面では、水の浸透によって崩壊が起こりやすい状態であったことに起因しています。また、豪雪にもかかわらず、冬季間の気温が比較的高かったため、積雪のざらめ化が厳冬期間中に促進され、融雪初期でも融雪水や雨水の地中への流出が起こりやすい状態にあったことも関係していると考えられます。もし冬季間の気温が低ければ (積雪のざらめ化が進んでいなければ)、融雪初期の段階では融雪水や雨水は積雪内部に貯留され、地中へはほとんど流出しません。つまり、2004-05 年積雪期は、積雪が多量に残っている融雪初期 (3 月中・下旬) から、地震により不安定化した斜面内へ多量の水の浸透が生じ、その結果、雪と土砂が混在して崩落する現象が多発したと考えられます。

### 5.3 道路交通

懸念されていた消雪設備の復旧は、精力的な復旧作業によって国道や県道では 12 月までにほとんど完了しました<sup>2)</sup>。しかし、市町村道では復旧工事が積雪期にずれ込んだり、応急的な対策で冬を過ごさざるを得なかったり、2004-05 年積雪期には復旧できなかったりした箇所が残りました。

消雪パイプや流雪溝が未復旧の道路では、路面上に多量の雪が残り交通渋滞を引き起こすことが度々ありました。消雪パイプ破損道路における応急対策としてよく活用されたのがサニーホースによる消雪です。図 14 は川口町に設置された事例です。サニーホースによる消雪は、降雪強度が小さい場合には有効でしたが、1 月上・中旬のよう



図 14 川口町で消雪用に設置されたサニーホース

な連続的な大雪の際には十分に機能することができず、図 15 に示すような路面状況になりました。また、サニーホースが走行車両に巻き込まれ破損することもありました。大雪時にサニーホースが機能しなかった原因として、一つには水量が不足していたことが考えられます。また、サニーホース上に雪（屋根雪、除雪した雪など）が多量に堆積するとその荷重でホースがつぶれてしまい、送水不能に陥った可能性もあります。もし弾性のある樹脂で保護された融雪用ホースを用いていれば、消雪不良や破損などの障害は防げたかもしれません。

この他に、被災道路の交通に関しては、除雪力の不足、除雪時間の増大、雪崩や土砂崩れによる通行止めなどの問題がみられましたが、孤立集落の発生のような重大な災害が生じることなく積雪期を乗り切ることができました。

#### 5.4 家屋

地震被災家屋の屋根雪荷重による倒壊や著しい損傷が各地でみられました（図 16）。新潟県危機管理防災課の発表（6月9日）によると、新潟県内の雪による建物滅失棟の総数は269棟であり、その内の約71%に当たる191棟が地震による被害認定で全壊認定を受けた建物です。滅失棟数は旧山古志村（85棟）、小千谷市（68棟）、栃尾市（21棟）、川口町（20棟）、魚沼市（18棟）の順に多くなっています。これらの地域では、冬を迎えても避難勧告・指示が解除されない地区を多く抱え



図 15 サニーホースによる消雪が機能しなかった時の路面状況（川口町，1月13日）



図 16 地震で被災した後に雪によって倒壊した家屋（魚沼市）



図 17 屋根雪落下による浴場倒壊事故が発生した小千谷市の旅館（浴場は写真の左下に位置する）

ており、そのため積雪期間中に雪下ろし作業がほとんどできなかったことが滅失棟数の増大をもたらした要因の一つであると考えられます。

地震と豪雪がもたらした家屋に関する災害の中で、1月26日に小千谷市の旅館において発生した屋根雪落下による浴場倒壊事故は最も痛ましいものでした(図17)。この事故では、半地下にある浴場(平屋建)の屋根上に旅館(旧館, 2階建)の屋根雪が落下し、その衝撃で浴場の屋根が崩落したため、入浴中の男性2人が死亡しました。この旅館は震災により市から半壊の認定を受けており、旧館の屋根(瓦屋根)には雨漏り防止用のブルーシートが張られていました。瓦屋根などのような凹凸面をブルーシートで覆った場合には、雪が少しずつ落下せずに溜まってしまい、それが一度に落下する危険性があります<sup>2)</sup>。また、溜まった雪が屋根から滑落した場合には、その落下速度が大きいため大きな破壊力を有します。実際、事故時には旧館の屋根上に雪が積もっていました。この屋根雪は1月上・中旬の大雪後の暖気によって融解が促進され、ほぼ全層が水を含んだ密度の高いざらめ雪になっていたと考えられます(1月27日における現場周辺の平地積雪の平均密度: 394 kg/m<sup>3</sup>, 含水率: 5~13%)。

## 6. おわりに

平成16年度は、新潟県中越地方にとって7月の集中豪雨(水害)、10月の中越地震、冬の豪雪と連続災害に見舞われた年でした。短期間にこれだけ多くの記録的な災害現象が続いたことは過去になかったのではないのでしょうか。雪氷災害についていえば、豪雨と地震によって斜面、地盤、河川、道路、家屋などが大きな打撃を受けた直後に豪雪に襲われたため、明らかに複合災害の様相を呈し、豪雪が単一でもたらす被害よりも規模・件数などが拡大したと考えられます。雪崩災害、融雪期の土砂災害、家屋の雪による倒壊などの件数の多さは、このことを如実に物語っています。

しかし、見方を変えれば、これだけの豪雪にもかかわらず被害を最小限に食い止めることができたともいえます。この背景には行政機関、地域住民、ボランティアなどの多大な努力があったことは間違いありません。行政による幹線道路の早期復旧とパトロールの強化、地域コミュニティの協力体制、ボランティアによる雪下ろし・除雪作業などが各地で見受けられました。また、多くの学会や研究機関が震災直後から迅速かつ精力的な活動(災害調査、提言、技術指導)を展開しましたが、これも雪氷災害の軽減に大きく寄与していると思われます。

19年ぶりの豪雪によって地震の復旧作業は遅れを余儀なくされています。また、地震や豪雨で荒廃した斜面や雪崩対策施設は、豪雪(融雪)によって一層荒廃が進みました。被害を受けた斜面や施設の場所や数が多いだけに、これらの完全復旧にはかなりの年月を要するものと思われます。完全な復旧・復興が成し遂げられるまでの期間、雪害対策にどのように取り組んでいくかが今後の大きな課題といえます。

最後に、中越地震にともなう雪氷災害の検討と調査活動を進める上でご協力いただいた新潟県中越地震・雪氷災害調査検討委員会、気象データをご提供いただいた魚沼消防署大和分署、及び積雪ライシメーターを用いた観測にご協力いただいた(財)鉄道総合技術研究所の関係各位に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 佐藤篤司, 2005, 雪氷北信越, 25号, 30-33頁.
- 2) 中越地震・雪氷災害調査検討委員会, 2005, 地震後の豪雪を乗り越えて—中越地震と2005豪雪が残した課題—, 80頁.
- 3) 上村靖司, 2005, 雪氷, 67巻, 1号, 33-38頁.
- 4) 和泉薫, 2005, 雪氷北信越, 25号, 14-17頁.
- 5) 近藤純正, 1994, 水環境の気象学, 朝倉書店, 350頁.