

- 13) 草野成一・広沢正雄・斉藤正司・杉井謙一・中岡重治：除雪作業の不要なオープングレーチング橋梁，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，I-A，pp.676-677，1999.

8. 諸外国における雪害問題—ヨーロッパアルプス諸国における雪崩災害を中心として—

丸井英明*・青山清道*

8.1 はじめに

地球上の高緯度地域あるいは高山地域には多雪地帯が存在する。ヨーロッパではアルプス周辺地域やスカンジナビア半島地域等，北米ではカナダやアメリカ北部等は多雪地帯であり，様々な雪害が生じている。多雪地帯において人口密度が比較的稠密であるためにヨーロッパアルプス諸国においては雪害が社会的に大きな問題となっており，様々な対策が組織的に行われている。この地域において発生の頻度と人的被害の大きさの故に顕著な雪害が雪崩災害である。

また，近年中欧諸国で頻繁に生じている洪水災害の原因の一つとしてアルプス山地に降り積もった多量の積雪層からの融雪水の影響が大きいことも注目される。本稿では，主としてアルプス地域において社会的影響の大きい雪崩災害とその対策に関して報告する。

8.2 雪崩対策の歴史的背景

ヨーロッパアルプス地域における雪崩災害は日本の場合と比較して遙かに発生頻度が高く規模も大きい。古い時代から山岳地域の谷間に集落が発達するとともに，南北ヨーロッパを結ぶ交通の要路が通過していることから，山岳地域内の人口密度が比較的高く，この地域における雪崩対策の重要性は高くその歴史は古い。特に，スイスやオーストリアでは，国土の大部分が急峻で積雪の多い山岳地域にあるために雪崩災害が多発している。山地斜面における森林の雪崩防護機能に関しては

古くから認識されており，スイスのアルトドルフ村では既に1366年に保安林が制定されている。また，オーストリアのチロル地方では最初の雪崩防護壁に関する記述が既に1613年にパツナウン谷のガルテュア村の古記録に見られる。

しかしながら，本格的な雪崩対策が行われるようになったのは19世紀の半ばからである。当初は鉄道の整備・拡張に伴い線路の防護のため，その後アルプスを縦横断する道路の建設に伴い道路の防護のための雪崩対策工が施工されるようになった。19世紀末にはアルプス各地で集落雪崩災害が多発したことを受け公共事業として雪崩対策が行われるようになった。特に第二次世界大戦後の1950年から1951年にかけての冬期に，スイス及びオーストリアで犠牲者100名規模の甚大な雪崩災害が発生したことを契機として雪崩対策が強化されるようになった。その後両国において強力に雪崩対策が進められてきたが，1999年の冬期にはアルプス地域は数十年振りの異常な豪雪に見舞われ，2月にはフランス，スイス，オーストリアで大規模な雪崩災害が相次いで発生した。このため，戦後数十年に亘って行われてきた雪崩対策の効果が改めて問われることとなった。図8-1にオーストリアにおける第二次世界大戦以降の雪崩災害による死者数を示す。図8-2にはスイスにおける1941年以降の雪崩災害による死者数を示す。

8.3 1999年大規模雪崩災害の状況

(1) スイスの状況

1999年2月，スイスでは1,000箇所以上で何らかの被害をもたらした雪崩が発生し（図8-3），17人の死者があり，3億フラン（約200億円）を越える甚大な物的被害をもたらした，さらに営業停止等の間接的被害も同程度の金額に及んだといわれる¹⁾。これは今世紀最大規模の雪崩災害であったと考えられ，北部アルプス地域における甚大な被害にも関わらず，最近数十年間に相当の費用を投じて実施された包括的な雪崩対策の有効性が実証されたものと受け止められている。1951年の災害時と比較して，山間地の開発に伴い雪崩危険地域への人口の集中が進んでいるにも拘わらず死

* 新潟大学積雪地域災害研究センター

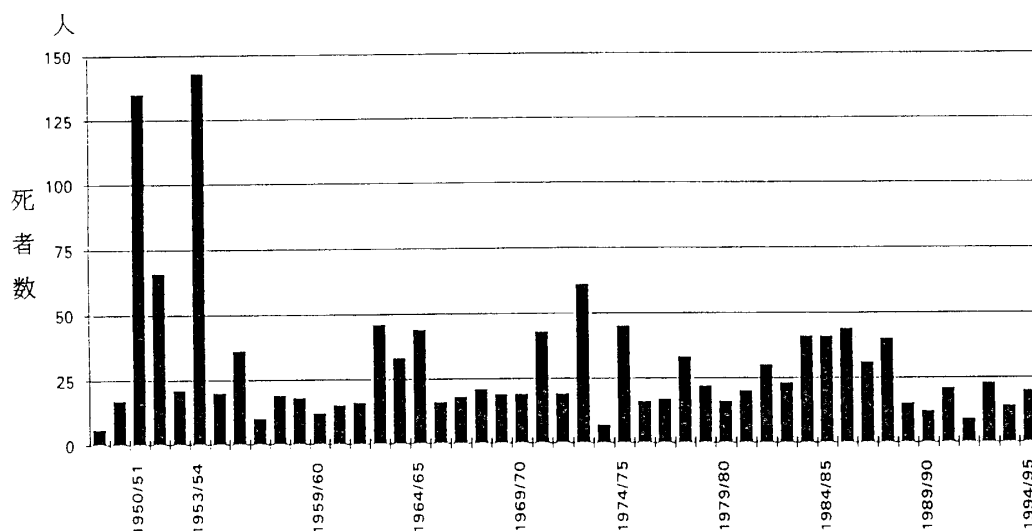


図 8-1 オーストリアにおける雪崩災害による死者数
(Gayl & Bauer, アルプス安全協会年報, 雪崩及び溪流研究所による)

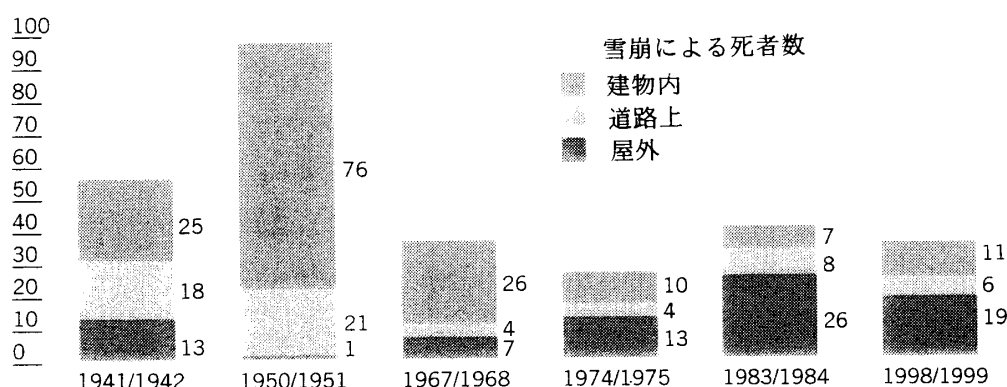


図 8-2 雪崩による死者数の推移

図は各時期における雪崩による死者数を場所別に示している。統計資料によると、以前は特に建物内及び道路上での死者が多かったのに対し、近年ではウィンタースポーツの活発化により屋外での死者が顕著になった。また、平均的な冬の気象条件下においても毎年 20 人程度が多くは自身で引き起こした雪崩によって亡くなっている。1999 年には 1000 箇所以上で被害をもたらした雪崩が発生しているが、死者数に関しては例年に比べて極端に多きわけではない。

(スイス雪・雪崩研究所資料による。スイス連邦環境・森林・景観局 (1999) より引用)

者数がずっと少なかった点が注目される。スイスでは 1950 年以降の 50 年間に延長距離 500 km を越えるスノーブリッジが設置される等、雪崩対策が精力的に進められてきた。部分的には施設が損壊したり、積雪に埋塞したケースも生じているが、全体としては雪崩対策工が有効に機能したことが報告されている。

災害規模に比して被害が比較的少なかった理由

としては、1951 年の雪崩災害の経験に学び、過去 50 年間に包括的あるいは総合的な雪崩対策が強力に推進されてきたことが大きい。雪崩対策の基本的な考え方は後に示すような相互に補完する種々の対策法を適正に組み合わせて用いることにある (表 8-1)。それには造林や雪崩防備林の維持管理、土木構造物の設置、地域計画上の規定や組織的対策などが含まれる。組織的対策には、雪崩予報に

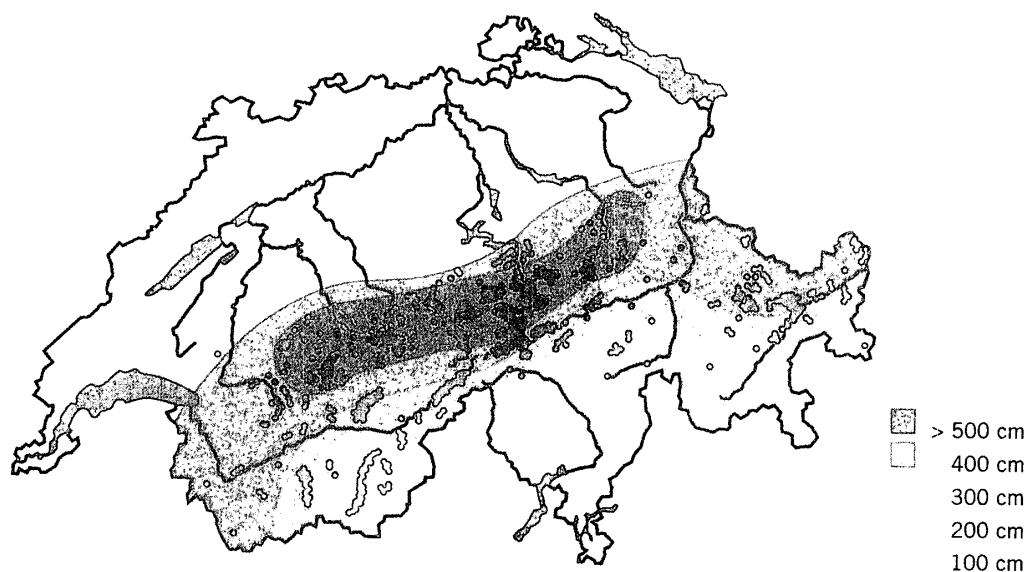


図 8-3 1999 年 2 月、スイスアルプスの領域における被害をもたらした雪崩の発生状況
 黒点は雪崩発生箇所を示す。等値線図は標高 1500 m 地点における 1 ヶ月間の降雪量を 100 cm から 500 cm 以上まで 5 段階で示している。被害をもたらした雪崩は降雪が多かった領域で集中的に発生している。
 (スイス雪・雪崩研究所資料による。スイス連邦環境・森林・景観局 (1999) より引用)

に基づき多量の降雪に際して事前に警報を発することや、避難あるいは道路の閉鎖等の措置が該当する。

1999 年の記録的な降雪にも拘わらず、処により 8 m を越える積雪に際しても良好な森林の存在している領域では実際問題として雪崩発生は見られなかったことが指摘されている。スイスアルプスでは約 3 分の 1 の領域が森林で覆われており、天然の森林限界である標高 2,000 m までの領域では常緑針葉樹が面的に極めて有効な雪崩防護機能を果たしている。ただし、その効果を維持するためには持続的な維持管理と天然の状態に近い森林への更新が必要である。現在、山地の森林によって 7,000 ha に及ぶ住宅地域や工業地域さらに道路や鉄道が有効に雪崩災害から防護されている。その効果は 13 万軒による家屋と数百キロに亘る鉄道および道路網に及ぶ。このような広域の保護は雪崩防備林なくしては経済的に不可能である。

アルプス地域の広い領域において発生する雪崩を全て阻止することは不可能であるが、雪崩危険区域図に基づいて雪崩による被害を軽減することは現実的に可能である。それは 1999 年 2 月の雪崩災害に際しても極めて有効であることが実証さ

表 8-1 ヨーロッパアルプス地域における雪崩対策

直接対策
[構造物による対策]
- 発生域における雪崩発生予防工
- 走路及び堆積域における雪崩誘導工
- 堆積域における雪崩減勢工及び雪崩阻止工
- 建築物に対する直接的防護工
[流域(森林)の管理・改良]
- 雪崩対策を目的とする森林管理
- 雪崩発生予防工の雪崩防備林への置換
- 防護林帯による減勢
[人工的雪崩発生]
- 爆薬・ガス爆発等による雪崩の事前処理
間接対策
[被害の防止・軽減]
- 雪崩危険区域における土地利用・開発の規制
- 雪崩危険区域における既存家屋・施設の移転
- 雪崩危険区域における警戒・避難
- 保険及び政府・公的機関等による経済的援助

れた。雪崩危険区域図を活用し、適切なタイミングで事前に警報を発令することにより多くのケースで雪崩発生以前に避難がなされたことが報告されている。また、地域計画上、危険性の高い場所での住宅の建築を規制して被害を軽減することも実施されている。

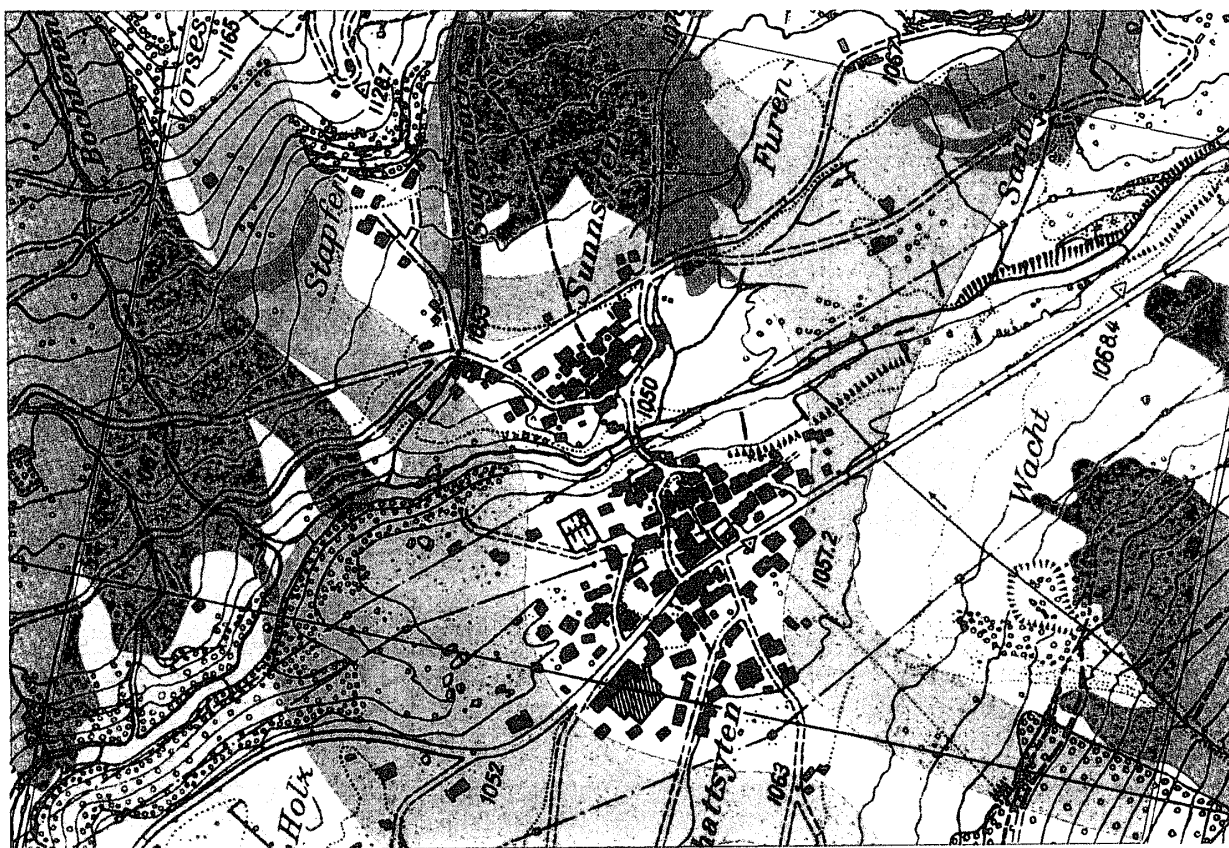


図8-4 スイスの危険区域図の事例

雪崩危険区域を危険度により3段階に区分し、赤地域、青地域、黄地域として表示している。1999年2月に発生した雪崩の到達範囲（灰色表示）は大部分が赤地域と一致している。赤地域では建築が禁止されている。（スイス連邦環境・森林・景観局（1999）による）

1999年冬の雪崩に関しても大多数の場合において実際の雪崩の到達範囲と図示された危険区域とはよく一致していたが、部分的には雪崩の一部が図上の危険区域を越えて到達した場合があったことが指摘されている（図8-4）。さらなる改良が課題となる。

（2）オーストリアの状況

1999年2月末には、オーストリアにおいてもチロル州で大規模な雪崩が集中的に発生し、パツナウン谷のガルテュア村とヴァルズア村の2箇所合計38名が死亡している²⁾（写真8-1）。森林の破壊・損傷等の物的被害も甚大であった。ガルテュア村は雪崩の危険性が極めて高い立地にあり、集落北側斜面の雪崩発生域の大半には雪崩発生予防柵が設置されていた。しかしながら、今回の雪崩発生箇所に関しては、過去の雪崩発生記録に基

づき1689年以来長年に亘って雪崩の発生が無かったことから、予防柵が設置されていなかった。集落内の人家は危険区域の表示範囲外にあったが、今回の雪崩の到達範囲は一部危険区域から突出し、そこで建物の倒壊とそれに伴う多数の死者があった。雪崩危険区域の範囲推定方法の精度を高め、より信頼度の高い雪崩対策法を模索する努力が求められる。

8.4 雪崩対策の概要

ヨーロッパアルプス地域に用いられている種々の雪崩対策法は表8-1に示すように直接対策と間接対策とに大別することができる^{3), 4)}。

直接対策の目的は、雪崩の破壊的影響を直接防止・軽減することにある。土木構造物による対策として雪崩の発生予防、流下方向の変更、エネル



写真 8-1 パツナウン谷ガルテュア村の建物の被害状況（死者 31 名）
（写真提供：イン川上流工事事務所／1999 年 2 月撮影）

ギーの減勢等の工事が行われる。建築物に対する直接的な防護工事が施される場合もある。また、適正に造成・維持管理された雪崩防備林によって雪崩の発生は有効に防止される。必要に応じて破壊的な雪崩の発生以前に、爆薬等により人工的に雪崩を発生させ危険性を除去することも行われる。雪崩対策の基本は発生域において雪崩の発生を防止することであり、スノーブリッジ型式の雪崩発生予防柵が多用されるが、近年スノーネット等種々の構造物が開発されている。発生域における対策が困難な場合は走路あるいは堆積域で流下・運動中の雪崩に対処するための誘導工や減勢工あるいは雪溜工等が施工される。また、道路や鉄道等の雪崩危険区間はスノーシェッドによって防護される。

間接対策の目的は、雪崩危険区域内にある保全対象物の被災を防止・軽減することにある。雪崩危険区域内における土地利用や開発の規制、建物や施設の移転あるいは住民の避難等の方法が含まれる。人口の増加並びに観光開発の進展に伴いアルプス山中の谷底低地内の建造物が増加し、雪崩危険区域内に侵入あるいは接近してきている。そのため、土地利用の制限や危険区域内での住居建

築の規制等の措置が必要となっている。

8.5 おわりに

ヨーロッパアルプス諸国においては雪崩災害の発生頻度と規模が大きく、雪崩災害の防止・軽減は社会的に大きな重要性を持ち、雪崩対策が強力に推進されている。我が国においては、社会経済的条件においても、法体系等制度面においても状況は異なるが、総合的な雪崩対策の考え方は我が国の雪崩対策の在り方を検討する参考になると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Leben mit dem Lawinenrisiko, 1999.
- 2) Weber, C: Bericht über Lawinensituation v. 6.-28.2.1999, 1999.
- 3) Land Tirol: Lawinenhandbuch, 1996.
- 4) Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Lawinen in Österreich, 1989.