

欧州における雪崩対策施設を見て

和 泉 薫*

Report on the Facilities for Snow Avalanche Prevention in Europe

by

Kaoru IZUMI

I は じ め に

欧州諸国の専門技術者との技術交流および雪崩対策施設の現地視察を行って、雪崩対策の研究状況や技術の開発状況などを調査することを目的とした欧州雪崩対策施設技術調査団（財団法人鋼材倶楽部主催）に参加する機会を得て、1989年9月17日～9月29日にスイス、フランス、ノルウェー3ヶ国を訪問してきた。この調査で得られた成果については調査団の報告書に譲ることにし、ここでは訪問中特に印象に残ったことなどを紹介する。

II 豊かな自然の山岳国スイス

スイスは、北部にジュラ山脈、南部にアルプス山脈が走り、国土の75%を山地が占める山国である。3000m以上の峰が1500余りもあるといわれている（ちなみに日本は27しかない）。このため森林限界を越えた露岩の山々が目につく。こうした高標高の山々で発生した雪崩が麓の集落、鉄道、道路等に被害を及ぼしている。麓からは発生源がまったく見えないこともある。マッターホルン山麓の世界的に名高いアルペン・リゾートであるツェルマットもこうした所の一つである。街中からは見えないがゴルナグラード行の登山鉄道に乗って登って行くと、向いのワイスホルン（標高2928m）の斜面上部にびっしりと雪崩予防柵が設置されているのが見えてくる（写真-1）。尾根には雪庇防止柵も取り付けられ、これら柵群には圧倒される思いであった。スイスでは、街の上方にこうした雪崩発生源がある場合はどこでも見事なばかりの雪崩予防柵群が設置されていた。アンデルマットやダボスではそれが街中からでも見ることができる。しかも、それら柵の連なりが整然と配置され、森林限界以上にあっても自然景観とよく調和しているのが印象的であった。

スイスで訪問した雪崩の研究機関、国立雪・雪崩研究所は、標高約1500mのダボスの町からさらに登山電車で30分ほど登った標高2673mの終点ヴァイスフルヨッホにある。国立の研究所にしては不便なところにある感じがするが、現地に行くとここにある理由がすぐ納得される。ここはまさに周りが雪崩

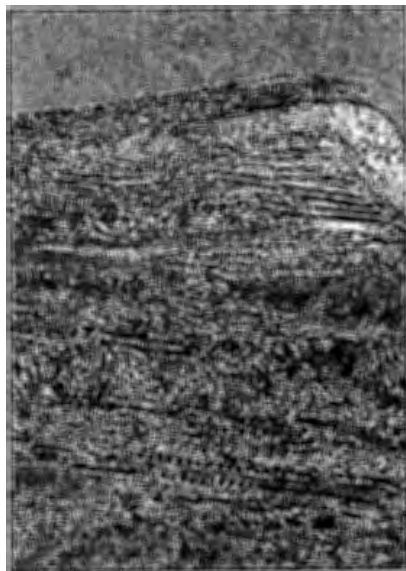


写真-1 ツェルマットの街を守る雪崩予防柵群（屋根には雪庇防止柵がある）

* 新潟大学積雪地域災害研究センター

の発生地帯であり、雪崩に関連した積雪や雪崩自体を研究するのに最適な場所なのである。

国立雪・雪崩研究所のすぐ近くでは、ダボスの街を守る各種の雪崩対策施設を見ることができた。写真-2には雪崩予防柵の他に減勢工の土塁と阻止工としてのアースダムが見える。これら土と石で造られた構造物は、遠くからではそれと指摘されなければよくわからないほど周囲の環境にとけ込んでいる。

一方、高標高から発生する雪崩は、点在する集落にとっても脅威である。こうした集落付近では、雪崩が流出する谷の出口に誘導工がつけられているのをよく見かけた(写真-3)。これらも土と石でできたものが多く、うっかりすると見落としてしまうほどであった。また、集落の外の雪崩危険地帯にある牧畜小屋などの建物では、斜面側が半分地下になるような構造にしたり雪崩割りをつけたりしているものを見かけた。ところがそうした危険と思われる所に教会が建っているのをいくつか見かけて驚いた。誘導堤の雪崩の通る側に建っている教会もあった。日本では寺や神社はだいたい災害に遭いにくい部落で最も安全な場所に建てられている。スイスでは神の加護を信じてのこととすれば、日本人は神仏の力を信じていないことになる。ともあれ、日本とは考え方に相違がありそうである。

国立雪・雪崩研究所の近くの雪崩防止柵の所では写真-4のような作業機械が予防柵のメンテナンスに使われていた。これは前の二本のアームとショベルを手足のようにうまく使って予防柵の間の斜面を上り下りできる。このように特殊な作業機械を開発して斜面での作業を容易にすることも雪崩対策の一環として日本でも重要なのではないだろうか。

ところで、スイスの地形図は地形の表し方の見事さ多色刷りの美しさで見ると魅了するが、よくみると地形図には雪崩予防柵の位置がしっかり記入されているのである。雪崩がスイスにとっていかに身近なものであるか、それらに対する意識がいかに高いかを物語っているように思われる。

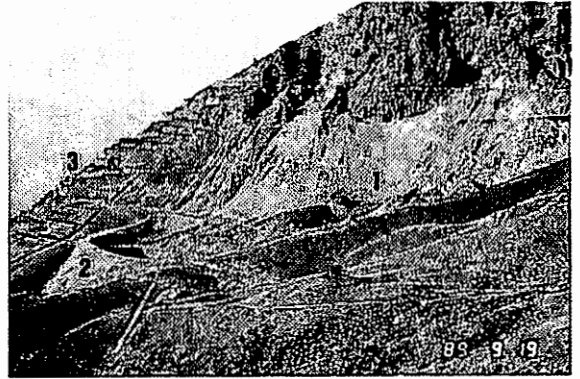


写真-2 ヴァイスフルヨッホの雪崩減勢土塁(1)とアースダム(2)及び雪崩防止柵(3)

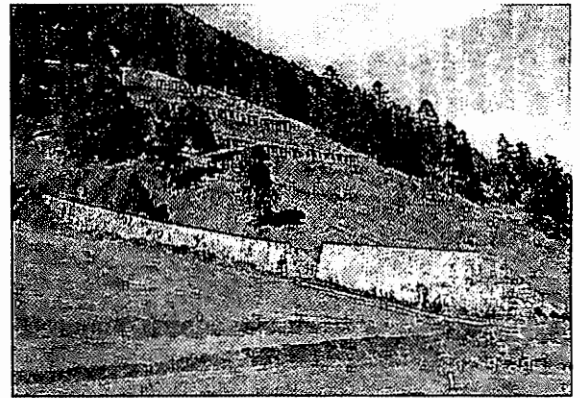


写真-3 スイスにおける誘導工の一例
誘導堤は石と土でできており、そのむこうにはレーキタイプの木製防雪柵が見える

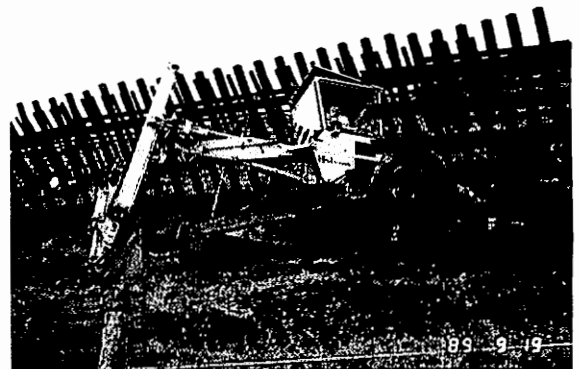


写真-4 雪崩防止柵のメンテナンスに使われていた作業機械

Ⅲ 創意工夫の国フランス

フランスはスイスと違って雪崩の危険のある地域は限られている。スイス・イタリア国境につらなるアルプスとスペイン国境のピレネー山脈一帯がその地域である。しかし雪や雪崩の研究に対する取り組みは、山岳国スイスに劣らず非常に熱心に行っているように見えた。フランスでの訪問地はグルノーブルである。ここはパリに次いでフランス第二の研究開発都市で、グルノーブル大学の中にも多くの国立機関の研究所があった。

グルノーブルではフランス雪・雪崩研究協会（ANENA）の方に案内していただいたが、このANENAは雪と雪崩の研究をしている人々と、この分野における進歩に様々な形で興味を抱いている人々の間の仲介を行うための公益法人で、研究機関ばかりでなく、行政機関、スキー場等の冬期スポーツ施設、それに各種企業もメンバーとなっている。いわば官・民・学の雪の関係者が一緒になって、雪と雪崩の基礎研究・応用研究に取り組んでいるのである。グルノーブルにはANENAの他に、グルノーブル大学に農林省の研究所（CEMAGREF）の雪学部門、気象庁の雪研究所などがあって、ここがフランスにおける雪・雪崩研究の中心となっている。

フランスでは最近では住民に雪崩による被害はでていないという。年間平均で40～50人の雪崩による死者はでるが、そのほとんどがスキーヤーの事故でしかもゲレンデ外の事故が多い。ゲレンデでは予防柵の設置や人工雪崩などの対策をとっているので雪崩事故は起きていない。そうしたゲレンデの一つのサンピエール・シャルトルーズスキー場で、ゲレンデ最上部に設置された雪崩予防柵を視察した。

ここはグルノーブルの北約25km、標高900～1800mのフランスでは中規模以下のスキー場である。グルノーブル市内の積雪は非常に少ないが、ここでの積雪は多く、柵の設計積雪深は4mを採用していた。約10年前に設置したレーキタイプの予防柵の脇に新型のブリッジタイプの予防柵が1988年に設置されていた（写真-5）。この予防柵は主柱の下部をアースアンカー1本に止めただけの実に簡単な構造をしている（写真-6）。このアンカーは現地引き抜き試験で30t以上の耐荷力が確認されている。斜面に

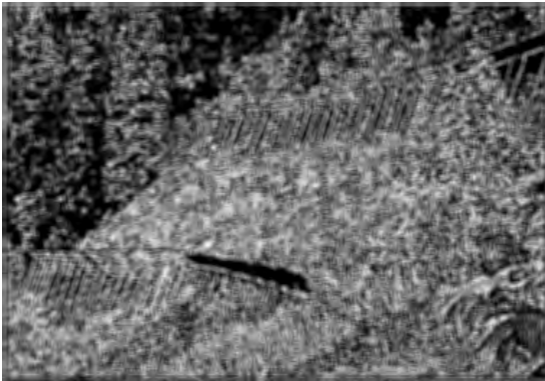


写真-5 サンピエール・シャルトルーズスキー場に設置された雪崩予防柵（手前がレーキタイプ、奥が新型のブリッジタイプ）



写真-6 新型の雪崩予防柵の主柱下部の構造（この下にあるアンカー1本で支えられている；ビームの鋼材の薄さもわかる）

アンカーが施工されると、後は予防柵本体をヘリコプターで運びアンカーに取り付けるだけで（取り付けは数分で済むとのことである）、施工がきわめて容易である。また斜面を荒すこともなく、工事費もスイスのアースアンカー方式より安い。この工事のために、斜面で自由に移動でき分解・ヘリコプター運搬が可能なドリルマシンがメーカーによって新たに作成された。

こうしたより良いフランス独自の予防柵を作っていくという研究開発奨励、新型の柵を施工するために必要なドリルマシンの開発依頼などは、ANENAという調整や支援をする組織があるおかげでスムーズに実行できたと考えられる。日本ではまだ紐張り意識があるためか、ANENAのような協会は存在していない。しかし、日本でも雪・雪崩研究をさらに総合的に発展させるためには、官・民・学の研究をまとめ調整・促進し、日本での雪・雪崩研究の交流、情報交換の窓口になるような、ANENA的な全国組織がぜひ必要と思われる。

ところで、この新型の予防柵はさわってみると、実に頼りない感じがした。たとえば、溶融亜鉛メッキ鋼材のビームは厚さが2.5mm程度で、上に乗ると人間の重さで歪むのがわかる程である（写真-6）。日本の予防柵と比べてみると、どうも設計積雪深4mに耐えられるようには思えない。これは、ここでの積雪が日本とはかなり違っているからなのだろう。やはり、無雪期の状況からだけでは十分な理解は難しく、ぜひまた機会を得て冬の状況も調べてみたいと考えている。

フランスでは雪崩予防工についての定まった設計示方書はないそうであるが、欧州各国が協力して検討し数年後には欧州全体のものが制定されることになっているという。このように欧州内では研究・情報交流は活発に行われ、共同で行っていることも多い。他国で開発された新しい工法があれば取入れ、その国に合わせて改良してゆくことも積極的に行われている。フランスばかりでなくスイス、ノルウェーでも同様である。このようなことは、欧州各国が陸続きのため日本で言えば国内的な感覚で他国と行き来できるからで、会議や見本市もすぐに国際的に行える。研究・情報交流が活発になるのもあたりまえで、うらやましい限りである。今回の調査団のようなものも含めて日本と欧州の各種の交流をもっと頻繁に行なうことが日本の雪崩対策にとって重要であることを痛感した。

この他、フランスで印象的だったことは、他の技術分野でもみられることだが、フランスが非常に独創的なものを創り出していることである。前述の新型の予防柵もそうであるが、貯蔵してあるガスを爆

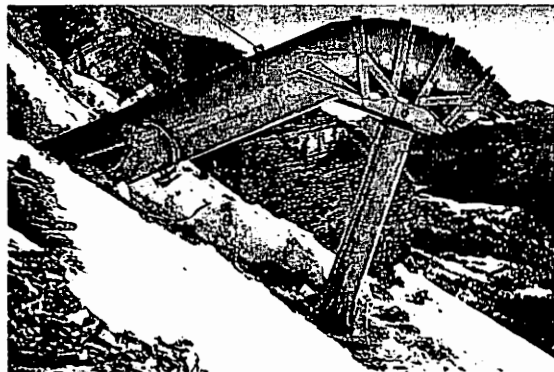


写真-7 ガス爆発で人工雪崩を起こすガス砲
(GAZ.EXのパフレットによる)

発させてその爆風によって人工雪崩を起こすガス砲（写真-7）もその一つであろう。固定式であるが数多く安く爆発でき、しかも爆発物の法規制を受けない利点がある。フランス、スイスで設置され成果をあげているとのことである。また、アメリカなどでも広く使われている、ケーブルによって爆発物を運んで人工雪崩を発生させるシステムはフランスで開発されたものである。技術力はあってもこうした発想面では日本はかなり遅れているのではないだろうか。

IV 堅実な北国ノルウェー

オスロにあるノルウェー地球工学研究所（NGI）を訪問して、ノルウェーにおける雪崩対策などについて詳しい説明を受けた。

ノルウェーは1000～1800m級の山岳が海岸線まで迫っていて、平地は山腹斜面の麓と海岸線との間くらいしかなく、そこに民家が集まっているところが多い。このため、高いところの雪崩の発生源対策は容易でなく、雪崩対策の工法は減勢工・防護工が一般的である。しかも減勢マウンドや防護堤など、近

くで得られる土や石でできているものが多い。これは、ノルウェーの大きさは日本とほとんど同じなのに人口は僅か400万人余りと人口密度が低いから、国内の各所に施工しなければならない雪崩対策も必然的に安価なものが求められるからであろう。しかし、自然の物を利用するためまわりの景観を損なうことが少ないという利点は大きい。

そうした防護工の中で雪崩防止池（写真-8）がユニークで印象深かった。雪崩に覆われる道路をフィヨルドの方に迂回させ、旧道との間を雪崩を堆積させる池にしたものである。この池はフィヨルドの海水が入り出すため、一度雪崩があっても、次の雪崩までにはかなり融解が進み、堆積効果は持続するということであった。なお、フィヨルドは深いため熱容量が大きく凍結することはない。この施工の費用は、旧道にスノーシェッドを作るとした場合の20%にすぎないとのことであった。

またもう一つ、コルゲートパイプを使った防護工（写真-9）も興味深かった。これは道路の雪崩危険箇所にコルゲートパイプを設置し、それを土や石で覆ってトンネル状にしたもので、コンクリート製のスノーシェッドの57%の費用ですむそうである。直径が6m程度なので幹線道路には使えないが、交通量の少ない地方道には有効な工法である。

一方、ノルウェーでも雪崩予防工の一つとしてスノーネットを使用している。その上部構造は一般的なタイプであるが、基礎構造で当地ならではの対処をしている事例の説明があった。ノルウェー北部の施工地では基岩の上にルーズなモレーン堆積物が厚く堆積していて、この堆積物がクリープを起こすので、その土圧も考慮した丈夫なパイルを基岩まで打ち込んで基礎構造としているとの話であった。日本でも軟岩地帯の雪崩予防柵の基礎の設置は難しい面があるが、ノルウェーにはかつて氷河に覆われていた寒冷地特有の問題もあるものだと印象深かった。

V あ と が き

これまで文献や話などでしか知らなかった欧州の雪崩対策施設の実状を実際に見ることができて、やっと自分なりに納得できたような気がする。まったく「Seeing is believing.」である。ただ訪問が無雪期であったため、雪自体、それに雪と各施設との関わりを直接体験できず、いま一つ体得しえない所もある。また、機会を得て冬の状況も調べてみたいと思っている。

総じて欧州の雪崩対策施設は、その多くが自然環境と良く調和していること、それぞれの国がその国



写真-8 旧道(1)を迂回させることによって作られた雪崩防止池(2)（新道(3)がまだ工事中の写真）

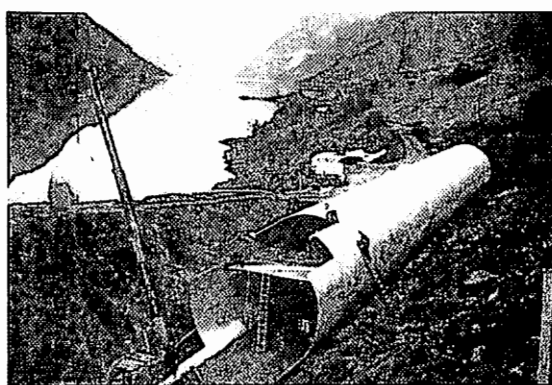


写真-9 コルゲートパイプを使った雪崩防護工の工事状況（このあと土や石を盛ってトンネル状にする）

に合った独自の工夫をし、改良を重ね実用化していることが印象的であった。これに対して日本の現状は、全体的に見ると、工夫してできるだけ施工量を抑えようというのではなく、鉄やコンクリートの物量でもって雪崩を止めてしまおうというきらいがあるように見うけられる。そのようにして作られた施設は周囲の環境にはあまり馴染まなく、斜面などを荒すことにもなるのではないだろうか。施設によって完全に雪崩を止めることに邁進するのではなく、スイスなどのようにハード（Active）な対策とソフト（Passive）な対策の両方を駆使して雪崩とうまく共存するというように発想を転換することが必要に思われる。それには、長期、短期の雪崩予測システム、雪崩危険度判定手法 雪崩危険地図作成手法の確立と、それらに対する住民の十分な理解をわが国でも図らなければならない。

また、フランスのANENAのような協会の役割を知って、わが国にも官・民・学の雪の関係者の仲介となるような雪・雪崩研究の全国組織の必要性を強く感じた。そうしたものがあれば、国内の雪の関係者の研究・情報交流はもっと進み、欧米ともそうした交流を頻繁に行うことができるであろう。

終わりに、この調査団に参加するにあたって、快くご援助くださった故大草重康教授に深く感謝の意を表します。この調査についてお話をしたのが亡くなる3日前のことで、それが先生との最後の会話となってしまいました。謹んで本報文を故大草重康教授に捧げます。