

(II-69) スキー場における雪崩発生条件と“ガゼックス”による雪崩制御技術について

長岡技術科学大学大学院 学生会員 関 伸介
長岡技術科学大学 正会員 早川 典生
(株) アルゴス 正会員 上石 勲
ARAI スキーリゾート (株) 山田 正則

1. はじめに

日本海沿岸に位置する北陸地方の山間部は、多量でかつ多湿の降雪を特徴とする豪雪地帯であり、人命に関わるような多くの雪崩災害が発生している。また近年、冬山登山、スキー・スノーボードを中心とする冬期のアウトドアレクリエーションが普及したことにより、それによる雪崩災害もまた多く発生している。

雪崩災害防止策は、①雪崩予防施設による方法、②雪崩防護施設による方法、③人工雪崩を用いる方法、の3種類が挙げられ、このうち我が国で用いられている手法は①ないし②であり、これらの技術レベルは十分高いといえる。しかし欧米においては③の技術も進んでおり、近年は、酸素とプロパンの混合ガスの起爆力を用いて人工雪崩を発生させる“ガゼックス”が普及している。

そこで、ガゼックスは、1992年に国内で始めて ARAI マウンテン&スノーパークに設置され、スキー場における不意な雪崩発生防止を目的として運用されている。そしてこのガゼックスが普及している欧米の山岳地帯と異なった気象条件である、当スキー場での有効性がこれまで研究され、雪崩誘発が可能であることが示された。本研究では、1993～94年シーズンから96～97年シーズンにおける人工雪崩発生記録と、その際の気象・積雪条件の相関性を検討し、雪崩発生条件を見出すこととする。

2. ガゼックスの位置的概要

現在、ARAI マウンテン&スノーパークには計6基のガゼックスが標高約1000m～1250mに設置されている。図-1にその概要を示す。

ガゼックスは、表層雪崩発生の可能性のある12月～3月において、一般スキーヤーが立ち入らない朝8:00頃にはほぼ毎日移動され、その都度雪崩発生の確認が行なわれている。そして、気象・積雪観測はガゼックス砲の近辺の標高980m地点にて毎時に自動観測されている。その観測項目は、積雪深、気温、平均風速、瞬間最大風速、気圧および降雪量である。

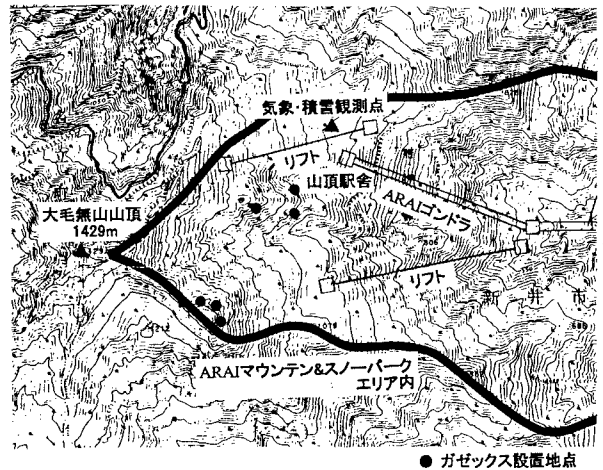


図-1 ガゼックス設置位置

3. 気象・積雪要素と人工雪崩発生の関係

3-1 各シーズン中の気象・積雪条件と人工雪崩発生

1993～94年、94～95年そして96～97年のシーズンにおいて、ガゼックスによって誘発された人工雪崩は、その全てが表層雪崩であった。図-2に各シーズンの雪崩発生時の気象・積雪要素の傾向を示す。この図は、各シーズンにおいて、最初に雪崩発生が確認された日から最後に確認された日までの各気象・積雪要素の朝9:00時点での平均値(期間平均値)とその標準偏差をとり、雪崩発生日の平均値(実線)をその軸内にあ

keyword: ガゼックス 雪崩制御 気象・積雪状況

新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境建設系 0258-46-6000

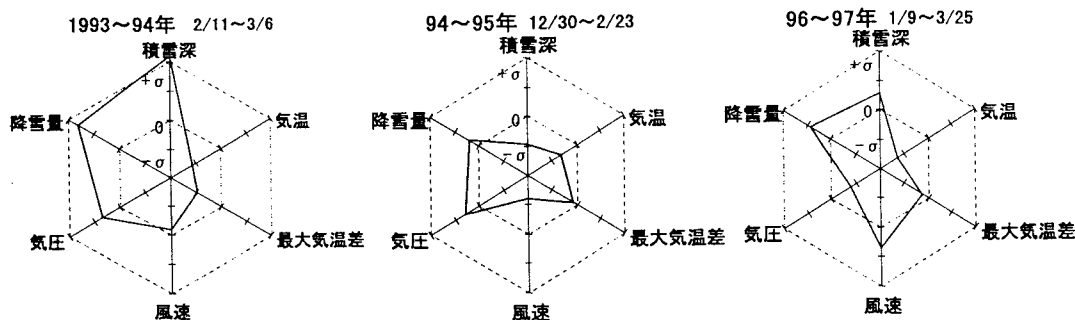


図-2 人工雪崩発生時の傾向（直線が人工雪崩発生時）

てはめたもので、発生日の各気象・積雪要素が期間平均値とどの程度異なっているかを示している。よって、各軸の原点は（期間平均値－標準偏差）、中央の破線は期間平均値、外側の破線は（期間平均値＋標準偏差）である。この図より、人工雪崩発生時の傾向として、気温が低いことそして降雪量が多いことがわかり、そして、積雪深については3シーズンで全く異なった傾向を示している。これは、94～95シーズンにおいて、積雪が多すぎたことにより、ガゼックス砲が雪中に埋没し、その結果起爆効果が薄れたため、雪崩が発生すべき日に発生しなかったのが原因であると考えられる。また、一般的には最大気温差（前日9:00～当日9:00までの最高気温と最低気温の差）の大きい場合に雪崩が発生しやすいといわれているが、3シーズンとも最大気温差は期間平均に比べて小さい結果を得ている。

4. 人工雪崩発生の予測

3より、人工雪崩発生時には、気象・積雪要素の特異性があることが示唆された。よって、これを用いて人工雪崩発生予測を試みた。図-3は、1996～97年シーズンの雪崩発生日と不発生日の降雪量と気温毎の頻度分布である。この結果、降雪量、気温共、発生日の分布が一部に偏っていることがわかる。そこで、各値毎に人工雪崩発生確率を求め、値と発生確率の一次近似式を算出した。

$$\text{降雪量による発生確率(\%)} = 0.77 \times \text{降雪量(cm)} + 10.1$$

$$\text{気温による発生確率(\%)} = -0.79 \times \text{気温(}^{\circ}\text{C)} + 11.7$$

そして、全シーズンにこの発生確率の関数をあてはめ、実際にどの程度的中しているかを求めたものを図-4に示す。これは、発生確率のしきい値をあらかじめ決定し、そのしきい値での的中率を示したものであり、この場合、予測で発生(○)実際に発生と、予測で不発生(×)実際に不発生との和が的中していることを示している。この結果、発生確率のしきい値を30～50%にするのが、妥当であるといえる。

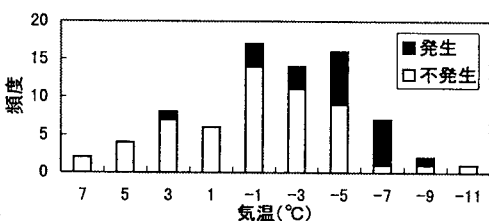
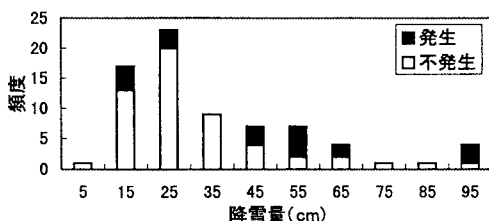


図-3 人工雪崩発生と不発生時の状況

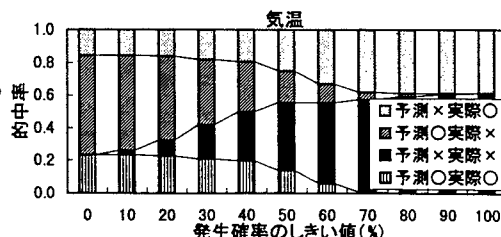
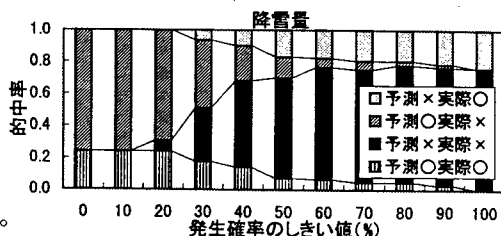


図-4 発生確率のしきい値と的中率