

雪崩危険度予測システム検証のための 稚内市東浦での積雪観測結果について

小松麻美（日本気象協会北海道支社），西村浩一（名古屋大学大学院環境学研究科），
丹治和博（日本気象協会北海道支社），松岡直基（日本気象協会北海道支社），
石本敬志（日本気象協会北海道支社）

1. 本研究の目的

厳冬期の北海道では，多量の降雪に伴う表層雪崩が道路上でしばしば発生しており，雪崩発生危険性を正確に把握する方法が課題となっている．これまで筆者らは，雪崩の発生危険度を気象データから予測するシステムを構築し，道路管理者と利用者にとって有用な情報提供を行うことを目的に研究を進めてきた．

実際の雪崩発生には，吹雪による吹きだまりの形成などの要因が関与しているケースも多いことから，2008年に道路で雪崩災害が発生した稚内市東浦周辺を対象領域として，吹雪による積雪再配分モデルを積雪変質モデルに組み込むための研究を行ってきた．その結果，積雪再配分モデルで計算された吹きだまりを用いると，過去の雪崩発生事例について発生危険度をよりの確に表現できる可能性が示唆された．しかし，計算結果では吹きだまりの深さが4 m近いものとなり，その妥当性が課題であった（Komatsu et al., 2010¹⁾，小松など，2010²⁾）．

本研究は，積雪再配分モデルで計算された吹きだまりの分布やその密度を現地の観測結果と比較することで，雪崩危険度予測システムの精度を検証することを目的として行った．

2. 現地調査の概要

今冬期の観測では，稚内市東浦の法面上部の敷地に積雪深計を設置し，デジタルカメラで斜面の吹きだまり状況の連続撮影を行った．観測機器の設置状況を図1に示す．本研究では，積雪深および吹きだまりの観測結果から雪崩危険度予測システムで用いている積雪変質モデルの検証を行った．



図-1 観測機器の全景

3. 現地調査結果

今冬期（2010年12月22日～2011年3月31日）の観測結果から得た日最深積雪の経過を図2に示す．今冬期の最深積雪は，3月13日，15日に記録された78 cmであった．浜鬼土別アメダス・宗谷岬アメダスの気温と積雪深の経過が，平年に比べて暖冬少雪傾向を示していたことから，この観測結果も，同じ傾向を反映していると考えられる．

観測期間中の2月10日に，雪崩発生箇所（R238KP275.3）近くの法面の積雪深の横断分布の計測を行った（図3）．法肩から約5m離れた地点での斜面積雪が272cmと最

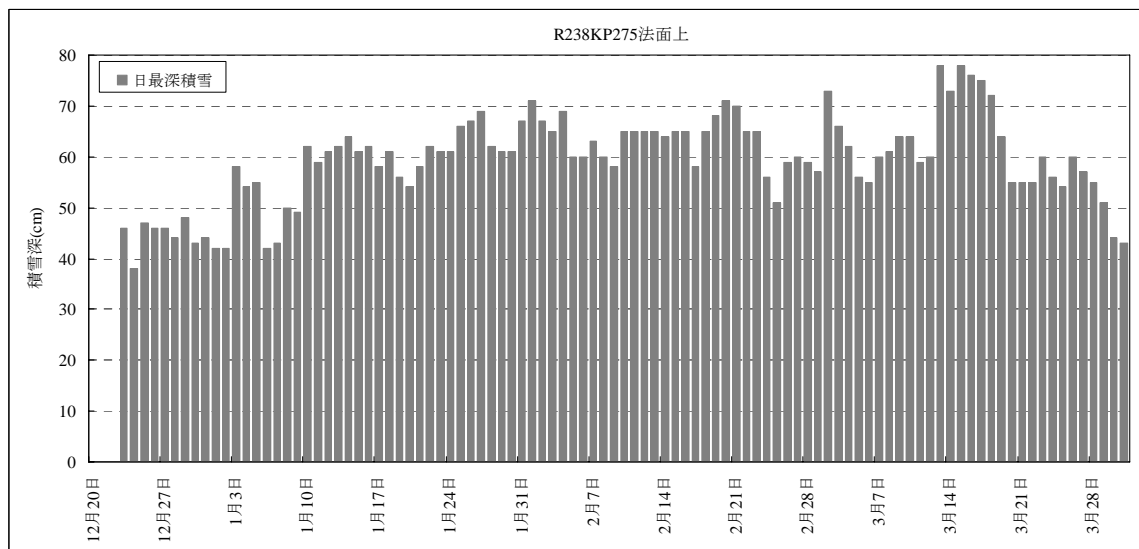


図-2 稚内市東浦法面上での積雪深観測結果

も積雪が深かった。この値は吹きだまり計算結果に比較的近いものであった。しかし、2008年の雪崩発生時には、斜面中段の吊柵（柵高 1.5 m）まで埋まっていたため、実際の雪崩発生時には更に大きな吹きだまりが形成されていたと考えられる。

斜面積雪が最も多くなって吹きだまりが形成されていた地点で、積雪断面観測を行った。その結果を図4に示す。

積雪上部から 80 cm程度はしまり雪で、密度は上部ほど小さく、 $0.13 \text{ g/cm}^3 \sim 0.23 \text{ g/cm}^3$ であった。その下にはこしもざらめ層が 20 cm程度、更にざらめ層が 30 cm程度存在した。こしもざらめ層とざらめ層の境界での密度は、積雪層での最大値 0.35 g/cm^3 を示していた。

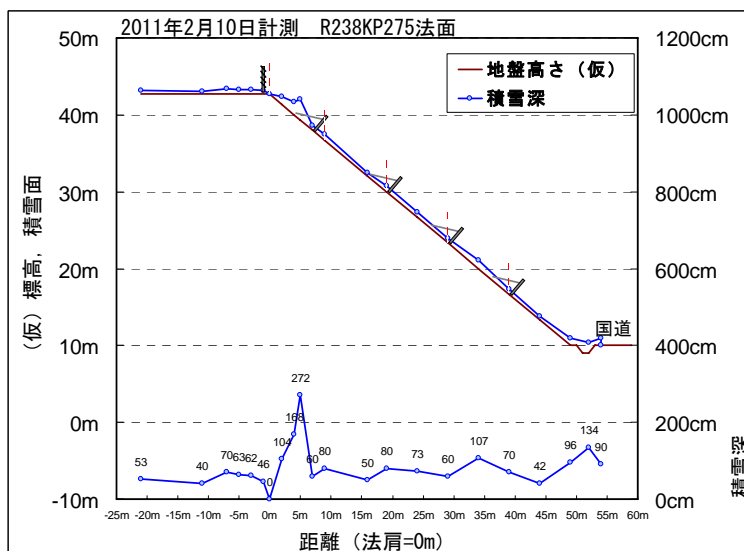


図-3 稚内市東浦での積雪横断面観測結果

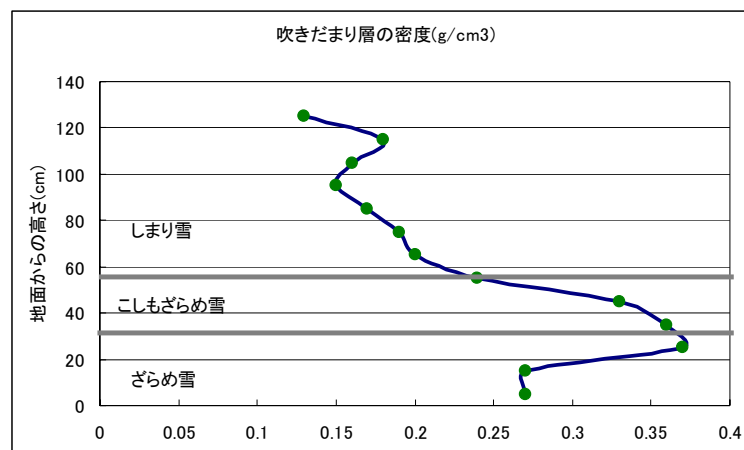


図-4 稚内市東浦での積雪断面観測結果

4. 吹きだまりを反映した SI の計算結果

4-1. 本調査での吹きだまり密度を反映した SI の計算結果

斜面における雪崩発生危険度の判定には、積雪のせん断強度と応力の比である積雪

安定度(Stability Index, SI)を指標として用いている。また、積雪再配分モデルで計算される吹きだまりの密度は、これまで成田英器氏による観測結果である 250 kg/m^3 を採用してきた。これに対し、図5は本調査で得られた吹きだまりの密度 (130 kg/m^3) としまり雪層の平均密度 (177.5 kg/m^3) を用いた場合のSIの比較結果である。

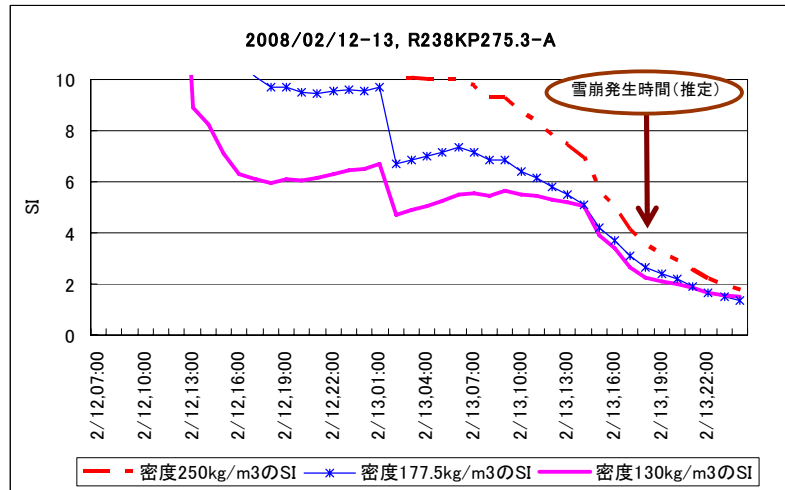


図-5 吹きだまりの密度による SI 計算結果の比較

また、図6には雪崩発生直前の12時間における雪質と積雪深を比較した結果を示す。積雪の密度 250 kg/m^3 では、最終的な吹きだまりは 4 m 近く、雪崩発生時のSIは 3.6 と、雪崩発生危険を著しく示すほどではないものの、注意を促すレベルの値になった。一方、今回の積雪断面観測により得られた吹きだまりの密度 (130 kg/m^3) を適用したところ、吹きだまりの深さは最終的に 3 m 弱、また雪崩発生時のSIは 2.2 となり、雪崩発生危険を強く示している。また、しまり雪層の平均密度である 177.5 kg/m^3 を採用すると、最終的な吹きだまりは 3.5 m 、雪崩発生時のSIは 2.7 となり、密度 250 kg/m^3 と密度 130 kg/m^3 の中間の値を示した。これらの計算結果は、積雪の密度が、積雪層の高さとSIの計算結果に大きく影響を与えることを示唆する。

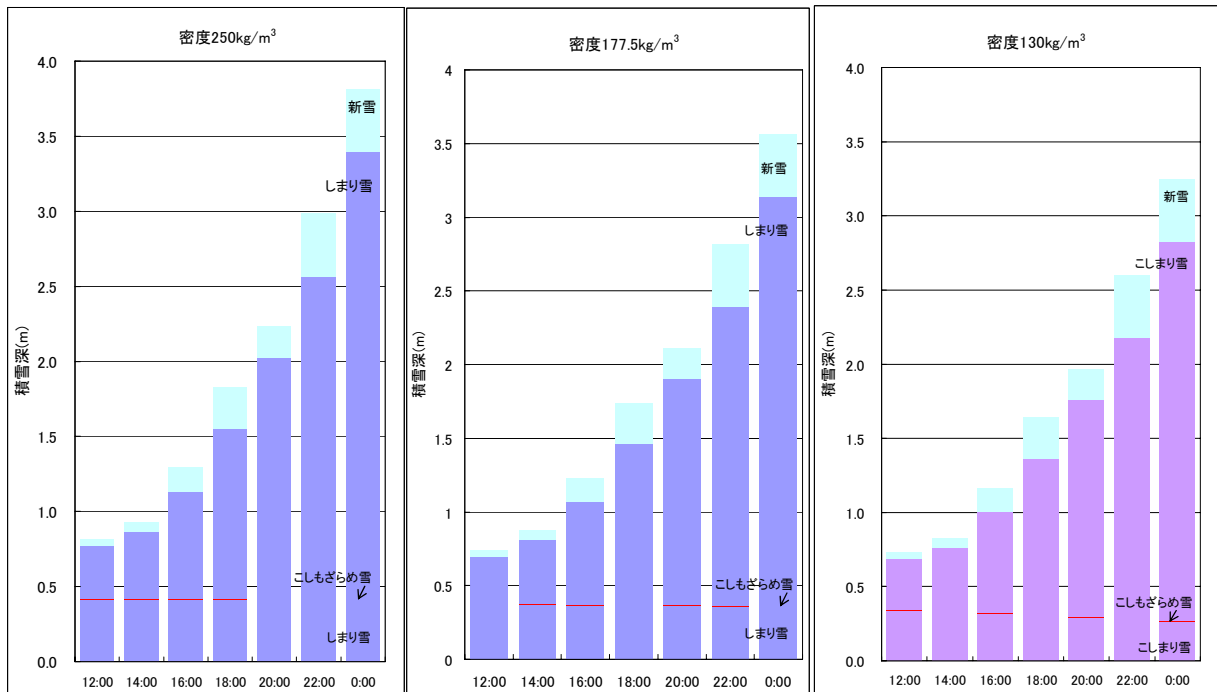


図-6 吹きだまりの密度による積雪層計算結果の比較
(2008年2月13日)

4-2. 吹きだまりの雪質の計算結果

密度 250 kg/m^3 と密度 177.5 kg/m^3 では積雪層の大半はしまり雪層であったが、密度を 130 kg/m^3 とすると、しまり雪層が全てこしまり雪層に変化した。これは積雪変質モデルで判定される雪質が密度と層の温度勾配に強く依存しているためである。そのため、現実の積雪層とは異なる雪質を示すようになった。特に、こしもざらめ層の下層で推定されているこしまり雪は必ずしも現実的ではなく、より詳細な検討が必要である。

5. まとめと課題

今冬期の稚内周辺の気象は、暖冬少雪傾向にあったため、法面の積雪深は平均すると 80 cm 程度と少なかったが、斜面上の積雪は法肩から 5 m 付近の地点で 3 m 弱に達し、最も深く吹きだまっていることを確認できた。また、今冬期の観測によって得られた吹きだまりの密度を積雪変質モデルに導入すると、よりの確に積雪層とその層に関わる雪崩の発生危険度を表現できることが示された。

今回取得した観測データを基に、積雪再配分モデルの計算結果をより実態に近づけることや、吹きだまりの密度や積雪層下部の雪質を的確に表現することが今後の課題である。

今後、北海道内を対象とした雪崩発生危険度予測の試行を行い、更に他地域へも展開可能な雪崩発生危険度予測システムの構築に努めていきたい。

なお、本研究での気象観測に際しては、稚内開発建設部稚内道路事務所に観測場所の提供などのご協力を頂いた。最後とはなったが、ここに感謝の意を表す。

【参考・引用文献】

- 1) Asami Komatsu, Kouichi Nishimura, Kazuhiro Tanji, and Naoki Matsuoka, 2010: Application of a simple snow cover model to avalanche warning systems, International Symposium on Snow, Ice and Humanity in a Changing Climate, Sapporo, Japan, 97.
- 2) 小松麻美, 西村浩一, 丹治和博, 松岡直基, 2010: 吹きだまりの影響を考慮した雪崩危険度予測システムの適用性について, 寒地技術論文・報告概要集, **26**, 84-87.