

## 低気圧前面の降雪結晶による弱層形成

### Formation of weak layers caused by snow crystals fallen in worm front

秋田谷英次 (雪氷ネットワーク), 中村一樹 (北海道大学大学院地球環境科学研究院)

Eiji Akitaya, Kazuki Nakamura

#### 1. まえがき

表層雪崩は積雪内の弱層の破壊によって引き起こされる。北海道で多く見られる弱層には霜系と降雪系が知られている。前者は表層のしもざらめ雪と表面霜が、後者はあられと雲粒の付いていない降雪結晶がある。中村ら<sup>1)</sup>は日本海にある低気圧の前面における層状の雲からの降雪は雲粒が少なく、弱層となりやすいと指摘した。さらに、この低気圧が発達しながら東進し太平洋側に抜けると冬型の気圧配置となり、北海道の日本海側や中央部の山岳域に大雪をもたらす。先に形成された弱層の上に大量の雪が堆積し、表層雪崩の危険が高まることになる。

北海道で2012-2013年冬期には、このような気象条件が複数事例見られ、札幌市北区で、そのうちの3事例の降雪結晶を観測し、その結晶の時間変化を追跡した。3例とも、その数日後にニセコ周辺と十勝岳周辺で事故雪崩が発生していたので、これら低気圧前面の降雪が弱層となり、その後の冬型の降雪がこれらの事故雪崩の原因となった可能性がある。

図1に弱層となりやすい雲粒なしの降雪結晶と、反対に多くの雲粒が付いていて、弱層にならない降雪結晶を示した。

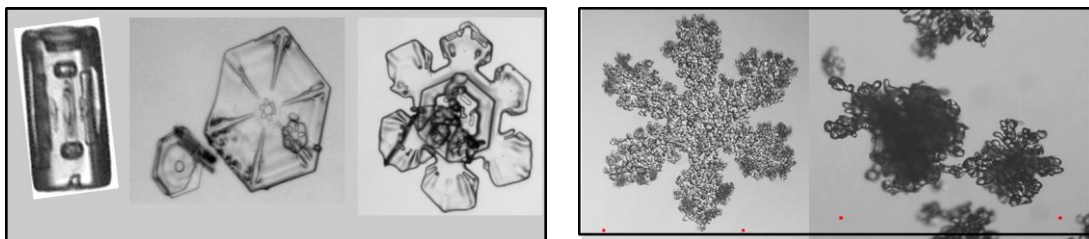


図1 左：弱層になる雲粒なし降雪結晶（左から角柱，角板，広幅六花），右：弱層にならない雲粒付き結晶（左：広幅六花の全面に雲粒が付着，右：0.5mm以下の雲粒の固まり，あられよりもはるかに小さい）

#### 2. 2013. 2. 6 羊蹄山の事故雪崩

2013年2月6日正午過ぎ、羊蹄山で表層雪崩が発生、1名が埋没し骨折の重傷を負った。降雪結晶の継続した観察やアメダスデータの解析から、この雪崩は2月4日に日本海にある低気圧前面の降雪が弱層となったことが原因の可能性があると推定した。札幌では2月4日午後から降雪があった。18時30分頃、降雪粒子を観察したところ、雲粒が全くない角柱状の結晶が観察された。気温は-3℃あまりで風速は小さかった。その後、次第に風速が増し降雪が続いた。

観測点に近い札幌と石狩のアメダスの毎時データを図2に示した。これら2つのグラフから見られる、その特徴的な点は次の通りである。

気温が高く、風速が弱く風向は南寄りである（風速グラフの赤文字）。4日午後から降雪が始まり5日になると風速が増し、風向は西寄りに変わった。

これら気温や風速の変化は、日本海にあった低気圧が津軽海峡付近を通過して太平洋側に抜け、冬型の気圧配置に変わったことに対応している。

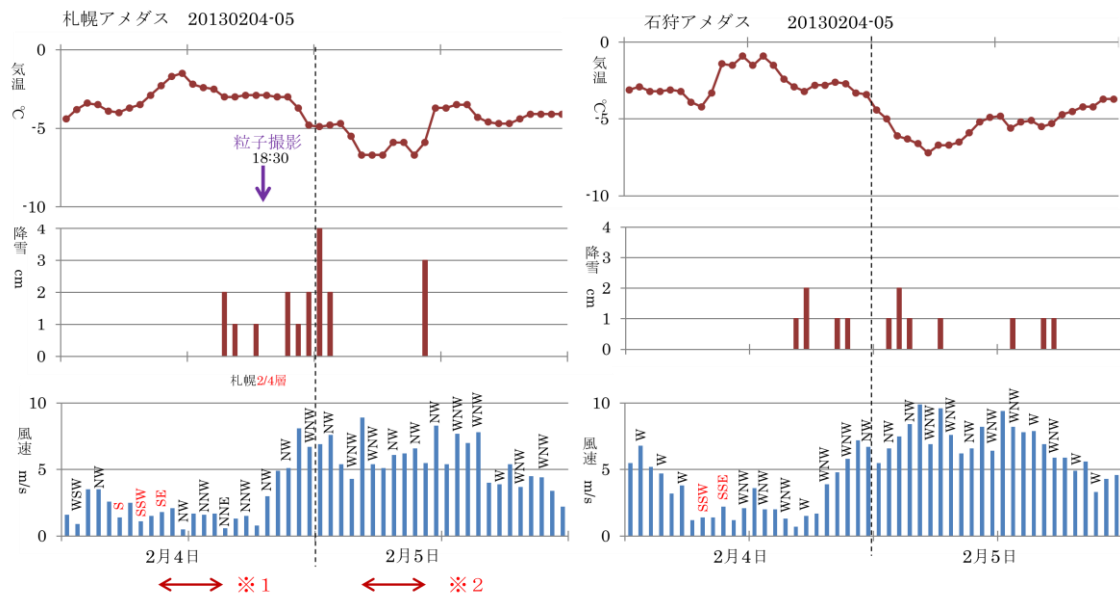


図2 札幌（左）と石狩（右）のアメダスデータ。風速棒グラフ上のアルファベットは風向を表す。赤文字は南より、黒文字は西よりの風。※1：低気圧が日本海、弱い南風、気温上昇、雲粒なしの降雪。※2：低気圧は発達しながら太平洋に抜け、冬型気圧配置で吹雪になる。

2月6日、羊蹄山の雪崩は札幌と同じ気象条件で形成された弱層が原因かどうかを、羊蹄山に近い倶知安と共和の気象データで検証した結果を図3に示した。

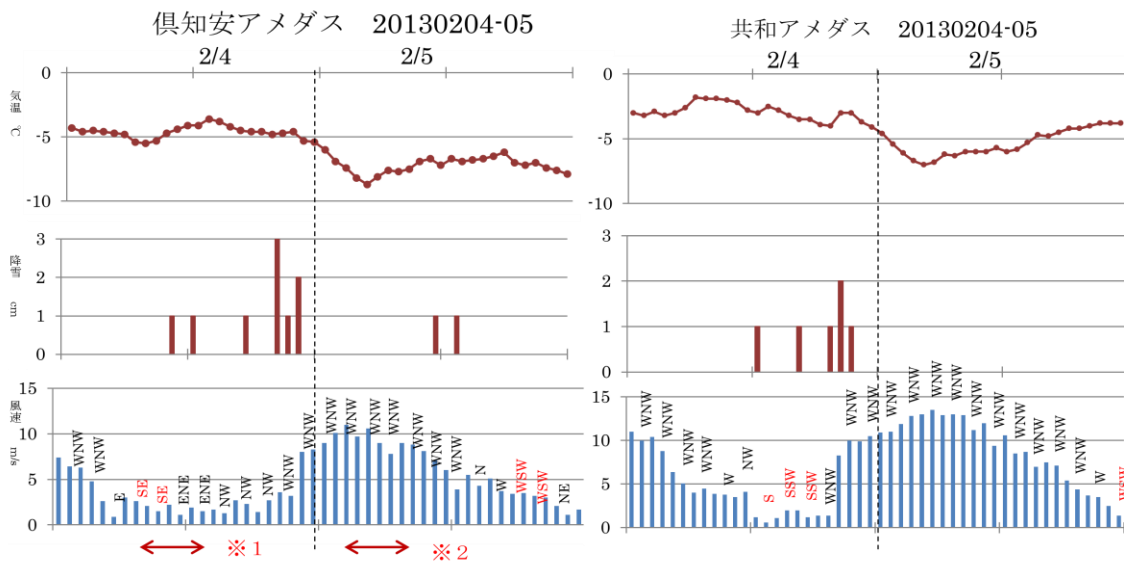


図3 倶知安（左）と共和（右）のアメダスデータ。気温・降雪・風速風向の傾向は札幌や石狩と類似である。

低気圧前面の2月4日の倶知安と共和の降雪は、低気圧の構造を考えると、札幌同様に雲粒なし降雪の可能性が高く、これが2月6日羊蹄山の雪崩の原因となったことが推察される。

次に札幌で観察された2月4日層が雲粒なしの降雪で、その後5日、6日、7日と、この層の粒子を追跡・撮影した写真を図4に示す。

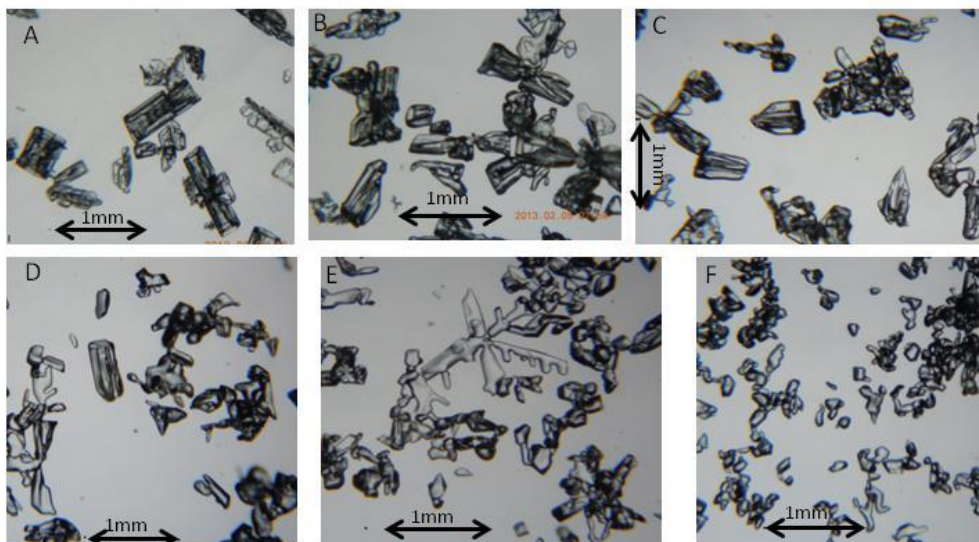


図4 2月4日層の追跡 A:2月4日層(降雪当日), B:2月5日(1日後), C:2月6日(2日後), D:2月7日(3日後, 雪崩の翌日, 表面から13cm下), E:2月7日(表面から10cm下), F:2月7日(表面から5cm下), E, Fは2月4日層の上に後から積もった雪。

図4の写真A~Dは低気圧前面の降雪で角柱や砲弾型が占めていて、雲粒は見あたらない。一方、E, Fは低気圧が太平洋側に抜け冬型気圧配置になってから積もった雪である。Eは樹枝と雲粒付きが、Fは雲粒付きが主体である。A~Dは脆く直ぐに崩れたが、その上に積もったE, Fはこしまり雪へと変態していた。

### 3. 3月13日と28日の十勝岳の事故雪崩

3月13日午前、上ホロカメットク山で2名が雪崩に流され1名が骨折。3月28日早朝、富良野岳で雪崩、1名死亡。2つの雪崩も低気圧前面の降雪結晶が弱層になった可能性が高い。前者の雲粒なし降雪は3月8日に、後者の降雪結晶は3月20日に札幌で観測された。

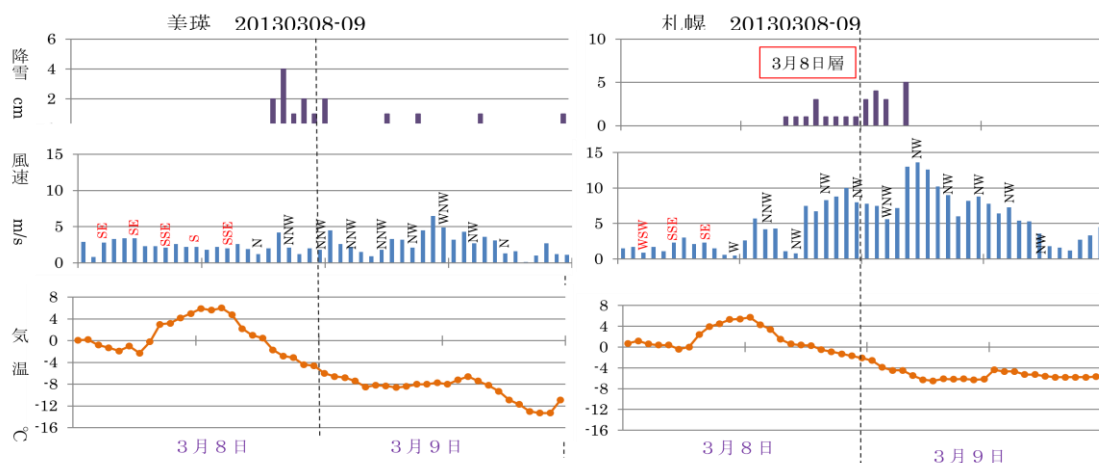


図5 美瑛(左)と札幌(右)のアメダスデータ

図5に3月8日-9日の美瑛と札幌の気象データを示した。図5によると美瑛の9日の風速は小さいが、北海道を横断した低気圧の影響を受けて、降雪、風向、気温の変化傾向は似ていて、札幌で観測された8日の層と似た結晶が降り、それが弱層になった可能性がある。

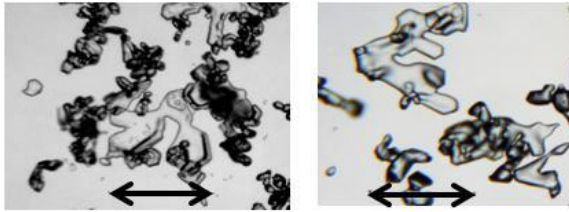


図6 左：札幌3月8日層，右：4日後の3月12撮影（矢印1mm），両写真には広幅六花の枝の一部と雲粒も見られる

図7は，3月28日雪崩の弱層となったと思われる3月20-21日の低気圧通過時の気象データである．札幌と美瑛アメダスは欠測のため富良野を示す．両グラフには共通点が多い．

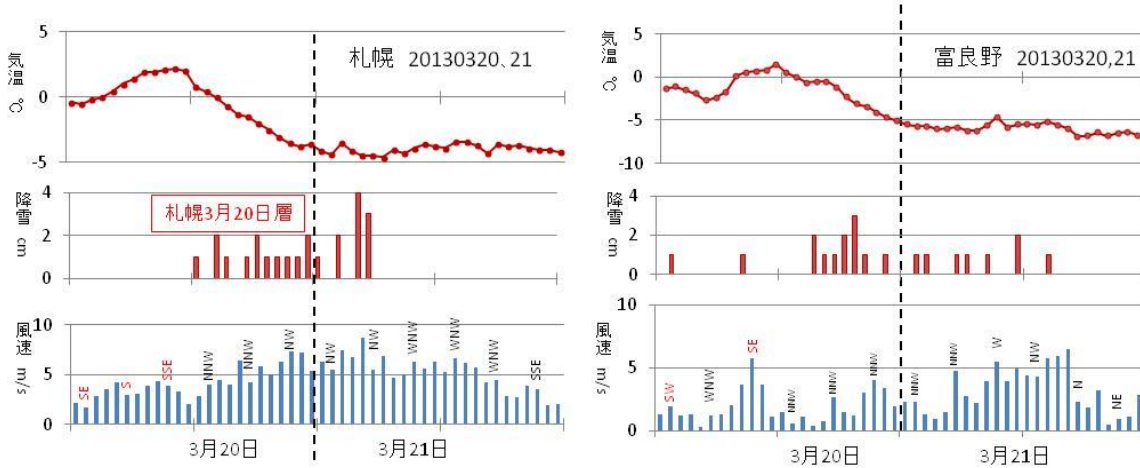


図7 札幌（左）と富良野（右）の気象データ．札幌の3月20日層が3月28日の弱層になったと考えられる．

図8は札幌3月20日層の結晶形の追跡結果で，20日の角板，広幅六花状結晶が3月26日まで鮮明に残っていた．雪崩当日の28日は気温が高く，結晶観察は融解が激しくできなかった．

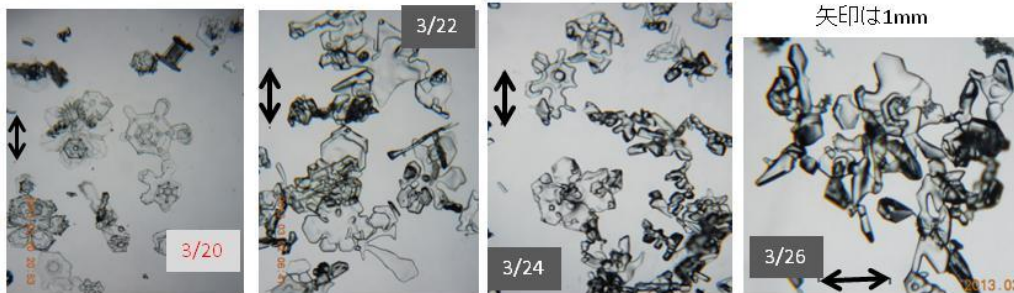


図8 札幌3月20日層の追跡結果．3月20層は雲粒が全く見られず，弱いまま残っていた．

#### 4. まとめ

低気圧が日本海にある時に，その前面（温暖前線相当）で雲粒のない又は少ない降雪結晶を3例確認した．この雪は時間が経っても強度が増さず弱層の状態が残っていた．3例とも，低気圧が太平洋に抜けて西高東低の気圧配置となり雲粒付きの降雪をもたらし，それが上載積雪となって雪崩の危険が増加したと考えられる．十勝連峰と羊蹄山で発生した雪崩は，これら地域の気象データから，札幌で観測されたと同じ雲粒なしの降雪があった可能性がある．これらの地方でも降雪結晶の観察があれば，より精度の高い雪崩危険度の予測につながると考えている．

#### 参考文献

- 1) 中村一樹・中林宏典・秋田谷英次，2009：2009年3月羊蹄山雪崩積雪調査について～積雪観測結果と気象条件からの考察～，北海道の雪氷，28，37-40.