

降雪系弱層形成時の気象の特徴

Meteorological condition for formation of weak layers by non-rimmed new snow crystals

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

Kazuki Nakamura, Tomonori Sato and Eiji Akitaya

1. はじめに

2012-2013年の冬に十勝連峰で起きた3件の雪崩事故(12/16, 3/28, 4/22)は, 雲粒の付着が少ない降雪系弱層が原因であった. このことから, 降雪系弱層が原因となる表層雪崩の危険度を予め把握することが重要であることがわかる.

弱層となる雲粒の付着が少ない降雪結晶がいつ降るのか, 気象モデルや質量フラックスから定量的に推定する試みがなされているが, まだ課題は多い(例えば, 中村ら¹⁾, 石坂ら²⁾). また, 降雪結晶の弱層が生じる典型的な気象の特徴については, 中村ら³⁾の1事例の解析の報告はあるが, あまり知られていないのが現状である.

2. 目的

現状を踏まえ, 降雪系弱層の発生する典型的な気象の特徴を明確にして, 定性的に注意すべき天気図パターン, 地上気象の特徴を抽出することを目的とした.

3. 方法

2012/2013冬季に札幌市で降雪, 積雪の観測を行った(図1参照). 低気圧が北海道に接近した時に温暖前線に相当する層状雲から降る特徴的な雲粒のない降雪が複数事例認められた. これらの粒子を数日間追跡観測したところ, 積雪内で弱層を形成していた.

気象モデルWRFを使った気象解析, アメダスデータ, 天気図, 気象衛星画像等を用いて各事例の気象条件を考察し, 降雪系(雲粒のない降雪結晶)弱層形成時の気象の特徴を抽出した.

観測と解析の方法を以下に示す.

(1) 降雪, 積雪の結晶形の把握

- ・降雪, 積雪の雪結晶写真撮影
- ・定期的に積雪断面観測を実施して弱層を検出し, 新雪からこしまり雪への変態過程の雪結晶を撮影

(2) 降雪系結晶弱層形成時の気象条件の把握

- ・アメダスデータ(風向風速, 気温, 降雪の深さ)
- ・解析雨量(降雪エリアの確認)

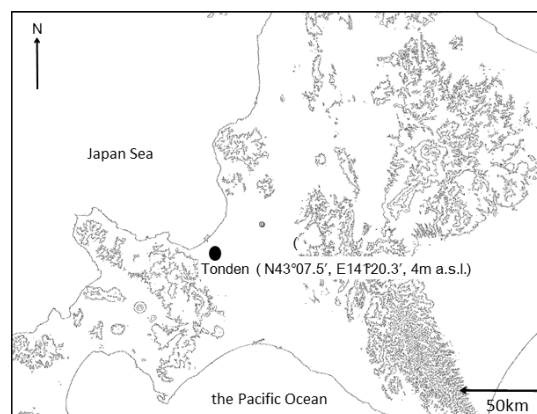


図1 観測地点(札幌市北区屯田)

- ・地上天気図 (典型気圧配置)
- ・気象衛星可視画像 (雲の種類)
- ・気象モデル WRF を使った気象解析 (地上風向風速, 降水量, 高層風向風速, 気温等により前線の解析)

4. 気象モデルWRFの特徴とダウンスケール

気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting model) は, 米国 NCAR を中心に開発され, 世界で最もユーザーが多いメソスケール気象モデルである. 天気予報のベースモデルとしても用いられており, 得られた成果を予報現場にフィードバックしやすい. また, 山岳地形や前線等の大気鉛直方向の状態を評価することができる. 本研究では, 初期値・境界値として, 気象庁再解析データ (110km 格子, 鉛直 40 層, 6 時間毎) を使用し, 5km 格子, 鉛直 45 層の条件で力学的にダウンスケールを行った.

5. 結果と考察

2012-2013 年の冬季に雲粒付着が少ない降雪結晶が弱層を形成した以下の 3 事例を取り上げて解析した.

- ・ Case1 (2013 年 2 月 4 日～5 日) の降雪・積雪事例
- ・ Case2 (2013 年 3 月 8 日～9 日) の降雪・積雪事例
- ・ Case3 (2013 年 3 月 20 日～21 日) の降雪・積雪事例

3 事例の弱層形成過程, 結晶写真等の詳細については, 本号の秋田谷・中村⁴⁾の報告を参照していただきたい.

3 事例ともほぼ同じ気象の特徴を示した. ここでは, 典型的な Case2 について詳細に示す.

図 2 に, 2013 年 3 月 8 日～9 日の札幌アメダス気象データと札幌市で観測された降雪結晶の写真を示す. なお, 降雪結晶の写真は, 9 日 7 時に積雪表層の新雪層 27cm から結晶を採取し撮影した. 表面から 0～25cm は雲粒付着が多く, 25～27cm は雲粒付着が少ない降雪結晶であった. 3 月 11 日と 12 日の積雪断面観測で, 9 日に認められた雲粒付着が少ない層が弱層を形成していることを確認した.

8 日～9 日の降雪の前半の南又は東寄りから西寄りの弱い風に変化する時に 0℃程度の高温で雲粒付着が少ない降雪結晶が降り, 後半の西寄りの強い風の時に気温が低下する中雲粒が多い降雪結晶が降って, 弱層と上載積雪を形成したことを確認した.

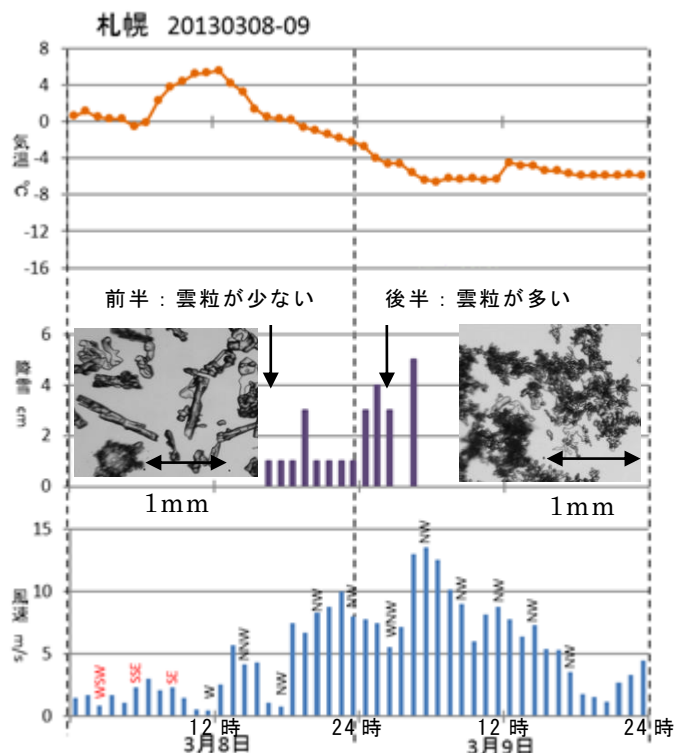


図 2 2013 年 3 月 8 日～9 日の札幌アメダス気象データ (気温・降雪の深さ・風向風速) と観測された降雪結晶. 風速棒グラフ上のアルファベットは風向を表す. 赤文字は南又は東寄りの風, 黒文字は西寄りの風.

(1) 弱層形成時の気象の特徴

図3に2013年3月8日15時の地上天気図，気象モデルWRFによる850hPa面の風向風速・気温，気象衛星可視画像，解析雨量を示す．8日～9日の降雪の前半に相当する．

地上天気図とWRFの850hPa面の風と気温の計算結果から，北海道の西に低気圧があって，温暖前線が地上では北海道の太平洋側に，850hPa面では道北地方に存在することが分かる．850hPa面の前線の位置は，気温と風向風速から判断した暖気の移流と風のシアから判断した．

気象衛星可視画像と解析雨量から，降雪をもたらしている雲は，可視画像でぼやけて撮像されている温暖前線の層状雲であることが推察される．

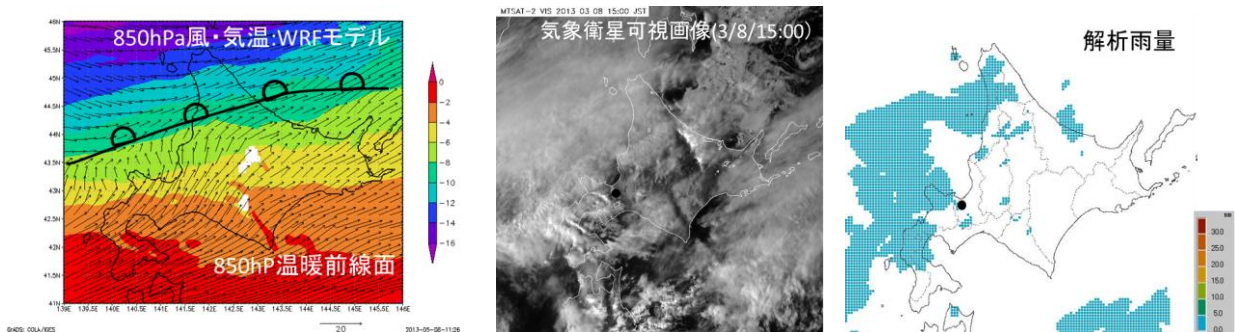
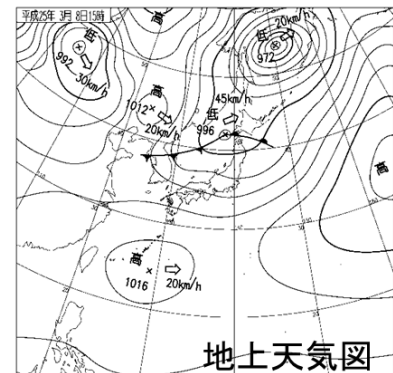


図3 2013年3月8日15時の地上天気図，WRFによる850hPa面の風向風速・気温，気象衛星可視画像，解析雨量（黒丸は札幌市観測地点）

(2) 上載積雪形成の気象の特徴

図4に2013年3月9日9時の地上天気図，WRFによる850hPa面の風向風速・気温，気象衛星可視画像，解析雨量を示す．8日～9日の降雪の後半に相当する．

地上天気図とWRFの850hPa面の風と気温の計算結果から，冬型の気圧配置になり，北西の季節風により大陸から寒気が移流していることが分かる．

気象衛星可視画像と解析雨量から，降雪をもたらしている雲は，可視画像ではっきりと撮像されている筋状の対流雲であることが推察される．

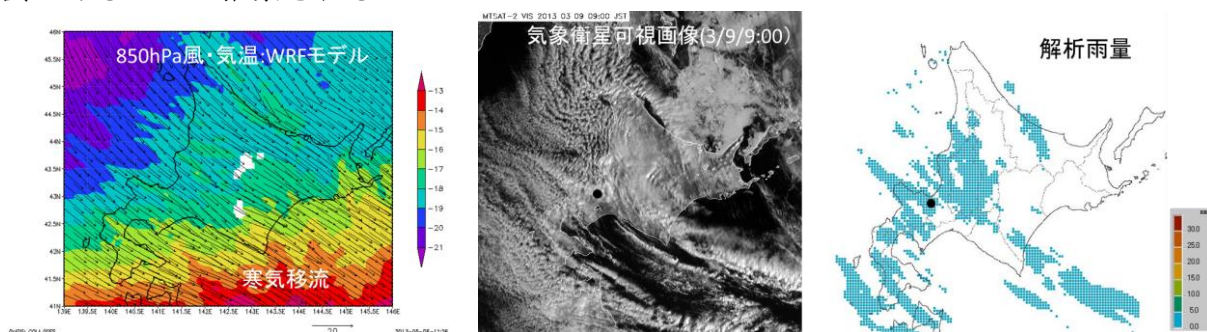
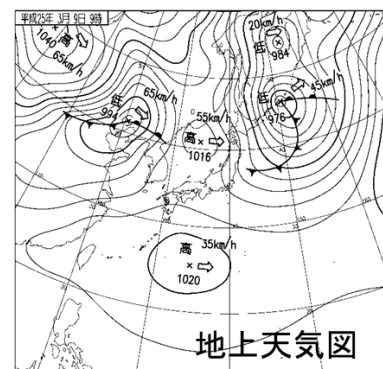


図4 2013年3月9日9時の地上天気図，WRFによる850hPa面の風向風速・気温，気象衛星可視画像，解析雨量（黒丸は札幌市観測地点）

6. まとめ

弱層形成時、及び上載積雪形成の気象の特徴を以下に示す。また、雲粒付着が少ない降雪結晶が弱層を形成する場合の典型的な天気図を図5に示す。

(1) 弱層形成時の気象の特徴

- ・ 低気圧の前面の温暖前線に相当する層状雲による降雪。
- ・ 気象衛星可視画像ではぼやけた雲に相当。
- ・ 天気図上で前線が描かれていなくても温暖前線相当の層状雲あり。
- ・ 暖気移流で気温は上昇しているが、0°C以下を保つ。

- ・ 南寄りまたは東寄りの風の後西寄りの風に変化。
- ・ 比較的弱い風速。

(2) 上載積雪形成の気象の特徴

- ・ 低気圧が通過した後の寒気移流による対流雲による降雪（冬型の気圧配置）。
- ・ 気象衛星可視画像でははっきりした筋状の雲に相当。
- ・ 寒気が移流し、低温になる。
- ・ 北寄りまたは西寄りの季節風。
- ・ 比較的強い風速。

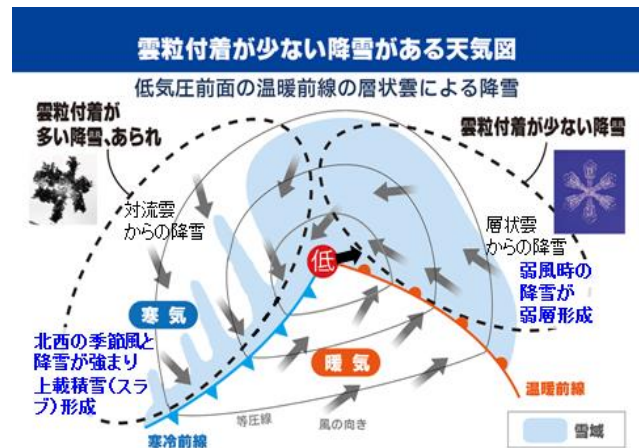


図5 雲粒付着が少ない降雪結晶が弱層を形成する場合の典型的な天気図

謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費（S-8-1(2)）、文部科学省気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)、IFES-GCOE モデリングタスクフォース、防災科学技術研究所・北海道大学共同研究「降雪結晶形の積雪モデルへの反映」、及び北海道大学大学院環境科学院・占冠村・株式会社星野リゾートトマム連携協定の一環として実施された。

また、解析雨量、可視画像データは、一般財団法人日本気象協会北海道支社から提供していただいた。

【参考・引用文献】

- 1) 中村一樹・佐藤友徳・藤吉康志・西村浩一，2011：北海道山岳域での雲粒なし降雪結晶による弱層の形成について，*雪氷研究大会(2011・長岡)講演要旨集*，p37.
- 2) 石坂雅昭・本吉弘岐・中井専人・熊倉俊郎・椎名徹・村本健一郎，2011：推定質量フラックスを用いた降雪粒子の連続的種類判別について，*雪氷研究大会(2011・長岡)講演要旨集*，p105.
- 3) 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.
- 4) 中村一樹・秋田谷英次，2013：低気圧前面の降雪結晶による弱層形成，*北海道の雪氷*，**32**，(本号投稿中).