札幌市周辺に大雪をもたらした雪雲の構造と降雪過程

-2022 年 2 月 5 日の事例について-

三樹圭亮 [1], 上田博 [2],清水慎吾 [3],馬場賢治 [1]

(1:酪農学園大学大学院, 2:名古屋大学名誉教授, 3: 防災科学技術研究所)

1. はじめに

降雪雲の構造は、沿岸付近において陸風をはじめとした陸地に由来する様々な影響を受けることが先行研究によって明らかにされてきた(Takeda et al.1982 など)。そのため、札幌市周辺で見られる雪雲の構造と降雪過程についても、陸地に由来する要素の影響が考えられる。本研究では、札幌市周辺に大雪をもたらした 2022 年 2 月 5 日の事例について、レーダーの反射強度データおよび雲解像モデル CReSS を用いて、札幌市周辺で見られた雪雲の構造および、周辺の環境場を解析した。解析結果をもとに大雪をもたらした雪雲の構造、および降雪過程について考察した。

2. 方法

本研究では、X バンド偏波レーダー(X-MP)の 2022 年 2 月 5 日 1900JST～2355JST における観測値を用いた。X-MP は、石狩レーダー及び北広島レーダーの二台分のデータを使用した。また、雲解像モデル CReSS を用いたシミュレーションを行った。

3. 結果

3.1 レーダーによる解析

札幌管区気象台(以降、気象台)で降雪量 14cm/h を観測した、2022 年 2 月 5 日 2000JST ～ 2055JST における高度 1000m 平均反射強度分布を図 1 に示す。気象台南南西側に広範囲にわたって 30dBZ を超える領域が広がり、内陸で雪雲が発達していたことが分かる。また、気象台北側に狭い範囲で極大域が見られた。

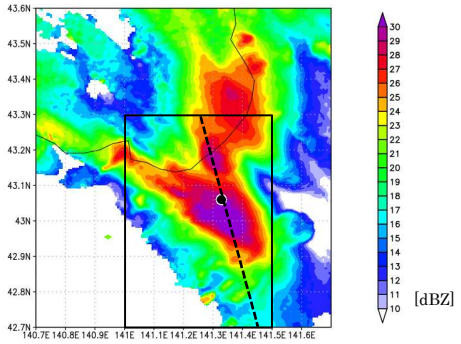

図 1：2022 年 2 月 5 日 2000JST～2055JST における高度 1000m 平均反射強度分布。●印は気象台、枠は図 2 の領域、破線は図 2 の断面の位置を表す。

図 2 では、三次元平均反射強度分布および断面図を示す。10dBZ 以上の反射強度分布は部分的に高度 4000m まで達していた。また、下層では内陸にかけて 30dBZ を超える高反射強度の領域が広がり、高さはおよそ 2000m 程度であった。

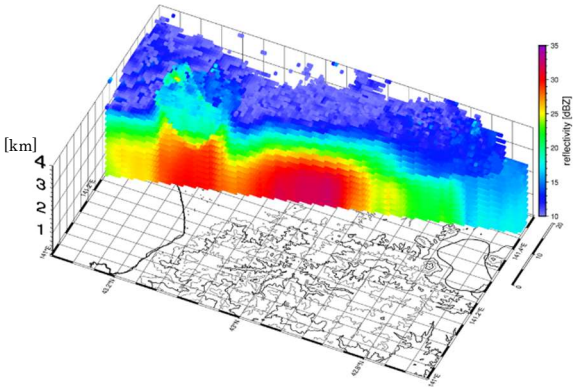

図 2：2022 年 2 月 5 日 2000JST～2055JST における平均三次元反射強度分布および断面。等値線は標高[m]を表す。

3.2 CReSS による解析

本研究では、水平格子間隔 500m、鉛直 53 層、計算時間 36 時間、2022 年 2 月 4 日 2100JST を初期時刻として再現実験を行った。対象としている雪雲は 2 時間半程度早く再現されたため、1730JST～1830JST の再現結果を解析した。図 3 に解析期間における高度 250m 平均収束発散場、累積降水量(霰)を示す。札幌市周辺は解析期間中主に収束場内にあった。また、霰の降水量ピークが気象台周辺に位置しており、30dBZ を超える領域が長時間持続していたレーダー反射強度分布とも整合的であった。

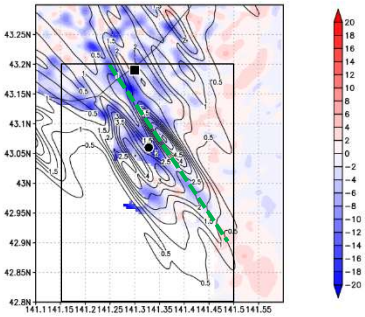

図 3 : 再現実験結果の 1730JST～1830JST における高度 250m 平均収束発散場[/s×10^4](シェード)、霰の累積降水量[mm/h](等値線)。●印は気象台、■は図 5 で示す地点、枠は図 4 の領域、緑破線は図 4 の断面図の位置を示す。

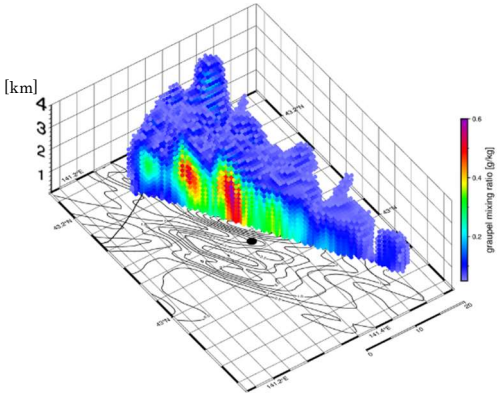

図 4 : 再現実験結果の 1730JST～1830JST における平均霰混合比分布の断面図。等値線は図 3 で示した霰の累積降水量[mm/h]、●印は気象台を表す。

霰混合比の三次元分布、および断面を図 4 に示す。上空の混合比分布のピークより、沿岸部から内陸部にかけてセルが連なっていることが分かる。

図 3 で示した、沿岸部の地点における水平風速場の高度-時間断面(図 5)では、北西寄りの風が卓越し、高度 1000m 以下は 12m/s を超える風が長時間見られた。

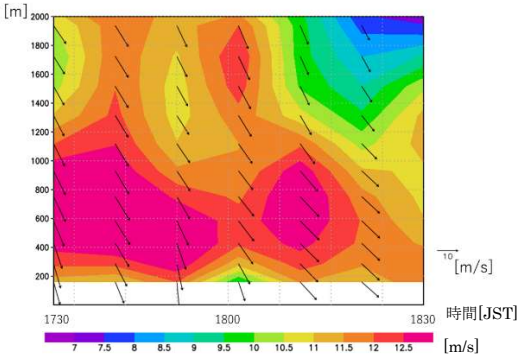

図 5 : 図 3 に示した■点における 1730JST～1830JST 水平風速場の時間-高度断面図。シェードは風速[m/s]を表す。

4. 考察

図 3 では、札幌市周辺に霰が多く落下しており、反射強度分布(図 1)でも 30dBZ 以上の値が分布していた。以上より、気象台で 14cm/h を観測した降雪は主に霰粒子によって引き起こされていた事が考えられる。

上空の霰分布について、図 4 では極大域が内陸にかけて連なっていることから、沿岸付近～数 km 程度内陸で発生した霰セルが収束線に沿って移動しながら発達し、15～20 ㎞内陸に集中的に落下していたと考えられる。また、沿岸部の収束場付近では強い下層風が再現されており（図 5)、霰のローディング及び蒸発冷却に伴う下降流の存在が示唆された。そのため、沿岸部で落下する霰と、発達しつつ移動し、内陸部へ向かう霰のセルがあった可能性が考えられる。

謝辞： 本研究で使用した X-MP による観測値のデータは、文部科学省が管理・提供しているデータ統合・ 解析システム DIAS(https://diasjp.net) から取得しました。