

福島県会津地域における2010年12月の大雪について

本吉弘岐*・中井専人*

On Heavy Snowfall in the Aizu Region of Fukushima Prefecture in December 2010

Hiroki MOTOYOSHI and Sento NAKAI

**Snow and Ice Research Center,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan
himotoyoshi@bosai.go.jp, saint@bosai.go.jp*

Abstract

On December 24 to 26 in 2010, heavy snow fell in the Aizu region of Fukushima prefecture and its neighboring mountainous district in the Chuetsu region of Niigata prefecture, Japan. It caused various influences on the infrastructure and daily life, such as traffic disruption, major power failures and agricultural damages. The snowfall concentrated in a area (100 km long in the east-west direction and 70 km long in the north-south direction). In this area, the strong maximum hourly snowfall of 7~12 cm were recorded and the snowfall continued for more than 30 hours. At many observation sites, the precipitation form could change from rain to snow as the air temperature decreased from above 0 °C to below 0 °C during the precipitation event. This could enhance the snow accretion. The heavy snowfall was caused by two predominant precipitation systems: One was the stationary line-shaped snowband extending eastward from the Joetsu region to the Chuetu region in Niigata prefecture and the other was the T-mode precipitation system which consisted of clouds moving successively from the Echigo plain to the Aizu basin across the Echigo mountain range. The snowfall from T-mode precipitation systems was intensified when it passed over the Echigo mountain range. In order to prevent snow disasters due to heavy snowfall in the Aizu basin, detailed analysis on orographic effects on snowfall of not only the Echigo mountains but also the Iide mountains located northwest of the Aizu basin is required.

Key words : Concentrated heavy snowfall, Snow related disasters, Wet snow condition, Line-shaped snowband, T-mode precipitation system

1. はじめに

2010/2011 冬期は12月下旬から2月上旬にかけて、冬型の気圧配置が続き、断続的に強い寒気が南下するとともに、集中的な降雪により様々な災害や生活への影響を伴う顕著な大雪事例が頻発した。12月24日から26日にかけての福島県会津地域を皮切りに、大晦日から元旦にかけての鳥取県を中心とした山陰地方^{1), 2)}、ほぼ同時期の岩手県を中心とした東北地方、1月16日から17日にかけての山陰地方から北陸地方にわたる地域、1月29日から31日にかけての福井県を中心とした北陸地方³⁾の大雪などが代表的なものである。図1に気象庁の輪島の高層気象観測による2010/2011冬期の上空850 hPaと500 hPaの9時(日本時間)の気温の推移を示す。上述した大雪の

各時期を灰色の領域で示しているが、上空気温の低下(寒気吹き出し)とともにこれらの大雪が生じていた。これらの大雪事例では、いずれも1日~数日程度の短期間にそれまでの記録を塗り替えるような強い降雪を観測した地点が多かったのが特徴であり、中井ほか¹⁾の解析による多雪指数でも上述の大雪に見舞われた地域では軒並み大きな値を示している。

本報告では、今冬最初の顕著な大雪事例である2010年12月下旬の福島県会津地域と新潟県中越地域での集中降雪を取り上げ、災害の発生状況の概略、および、降積雪状況、気象状況および降雪をもたらした降水系について報告する。また、会津若松における過去の大雪事例についても簡潔に述べる。

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

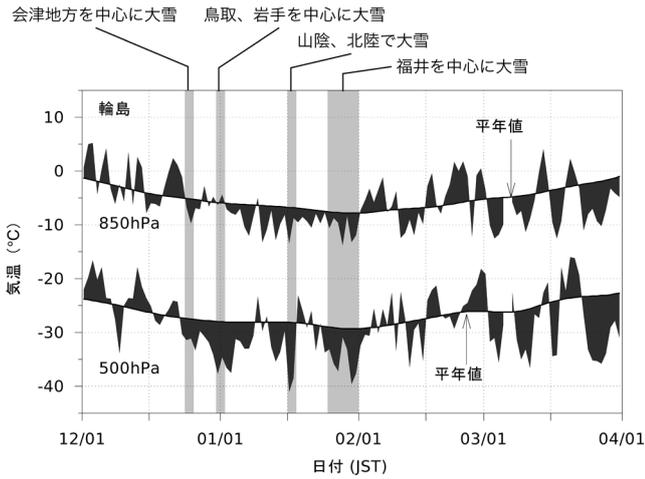


図1 2010/2011 冬期の輪島の高層観測による気温
 Fig. 1 Upper air temperatures at 500 hPa level and 850 hPa level by routine aerological observations at Wajima in 2010/2011 winter.

本報告の解析対象地域である新潟県上越および中越地域と福島県会津地域の主な地形と名称を図2に示す。山地名称やその範囲については様々な定義があるが、本報告ではここに示した名称を用いることとする。また、降積雪や気象状況の解析には、気象庁により提供される地上気象観測点データ、高層観測データ、天気図、全国合成レーダーデータ、気象庁メソスケールモデルのGPVデータなどを用いた。以下では観測点名について、観測点の種別（気象官署、特別地域気象観測所、アメダス）等を省略して記述する。

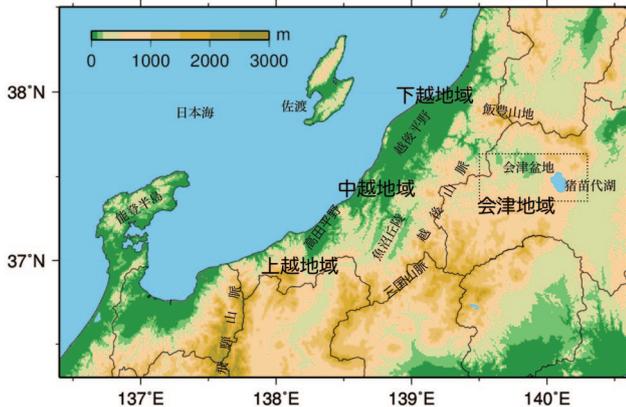


図2 解析対象地域の地形図
 Fig. 2 Topographical map of the analysis area.

2. 大雪による災害発生状況

2010年12月24日から12月26日にかけて、福島県会津地域と新潟県中越地域を中心に大雪となった。会津盆地の若松における積雪深は、24日の深夜に0 cmから増加しはじめ、26日05:00には105 cmに達した。これは、若松での観測史上1位タイの記録であり、25日の降雪の深さ日合計の94 cmも歴代2位の記録であった。また、会津地域山間部の金山では、積雪深が0 cmから積り始め、

表1 大雪時の会津地域の災害の時系列
 Table 1 Time series of snow related disaster at heavy snowfall around the Aizu region.

《磐越道》	
25日朝	：西会津IC～会津坂下IC間で通行止め
25日午後	：西会津IC～郡山IC間で通行止め
26日午後	：全線通行止め解除
26日17:30	：国道49号迂回路として無料開放
26日07:00	：無料開放終了
《国道49号》	
25日19:10	：西会津～会津坂下間で渋滞
25日21:35	：西会津～会津坂下間12kmで通行止め
26日04:10	：会津若松～猪苗代間22kmで通行止め
26日05:00	：東北地方整備局管内の他事務所へ除雪機械等の応援要請
26日10:30	：西会津～会津坂下間でスタック車両約300台確認
26日17:00	：スタック車両、猪苗代で約30台、西会津で約100台
26日18:00	：スタック車両、猪苗代で約20台、西会津で約70台
26日16:00	：福島県知事から自衛隊に災害派遣要請（人員140名、車両30台）
26日21:30	：スタック車両、西会津で約36台
26日23:30	：スタック車両の排除完了
27日07:30	：両区間の通行止め解除
《停電など》	
25日夕	：郡山市、西会津町で雪による倒木で電線が切断され約4600戸が停電
27日9時すぎ	：昭和村で村内全域停電解除
28日正午	：柳津町など4町村で205戸停電続く
28日15:20	：会津地方で続いていた停電解消、会津地方を中心として15市町村で延べ1万3904戸、昭和村では一時全戸停電



図3 大雪時の国道49号の通行止め区間
 Fig. 3 Sections of Route 49 closed to traffic due to heavy snowfall.

最大で148 cmに達した。幸いこの大雪による死亡者はなかったものの、このときの強い降雪の影響で、磐越道・国道49号が通行止めや鉄道の運休、会津地域の山間部を中心に停電などが次々と生じ、数日にわたり住民生活に影響を与えた。また、ビニールハウスの倒壊や農作物への被害や倒木など森林被害も生じた。表1に当時のオンライン掲載された新聞記事や東北地方整備局郡山国道事務所の防災情報⁴⁾などから、この大雪時の福島県会津地域での災害状況についてまとめた。

高速道路の磐越道では25日朝から西会津IC～会津坂下IC間で、25日午後からは西会津IC～郡山IC間で通行止め（解除は26日午後）となった。磐越道と平行する国道49号でも大型車がスリップすることで道路をふさぐなどし、25日夜には西会津～会津坂下の12 km区間、26日朝には会津若松～猪苗代の22 km区間で一部区間（図3）で通行止め（解除は27日朝）となった。その間に、通行止め区間内で最大で約300台の車両が立ち往生（スタック）して

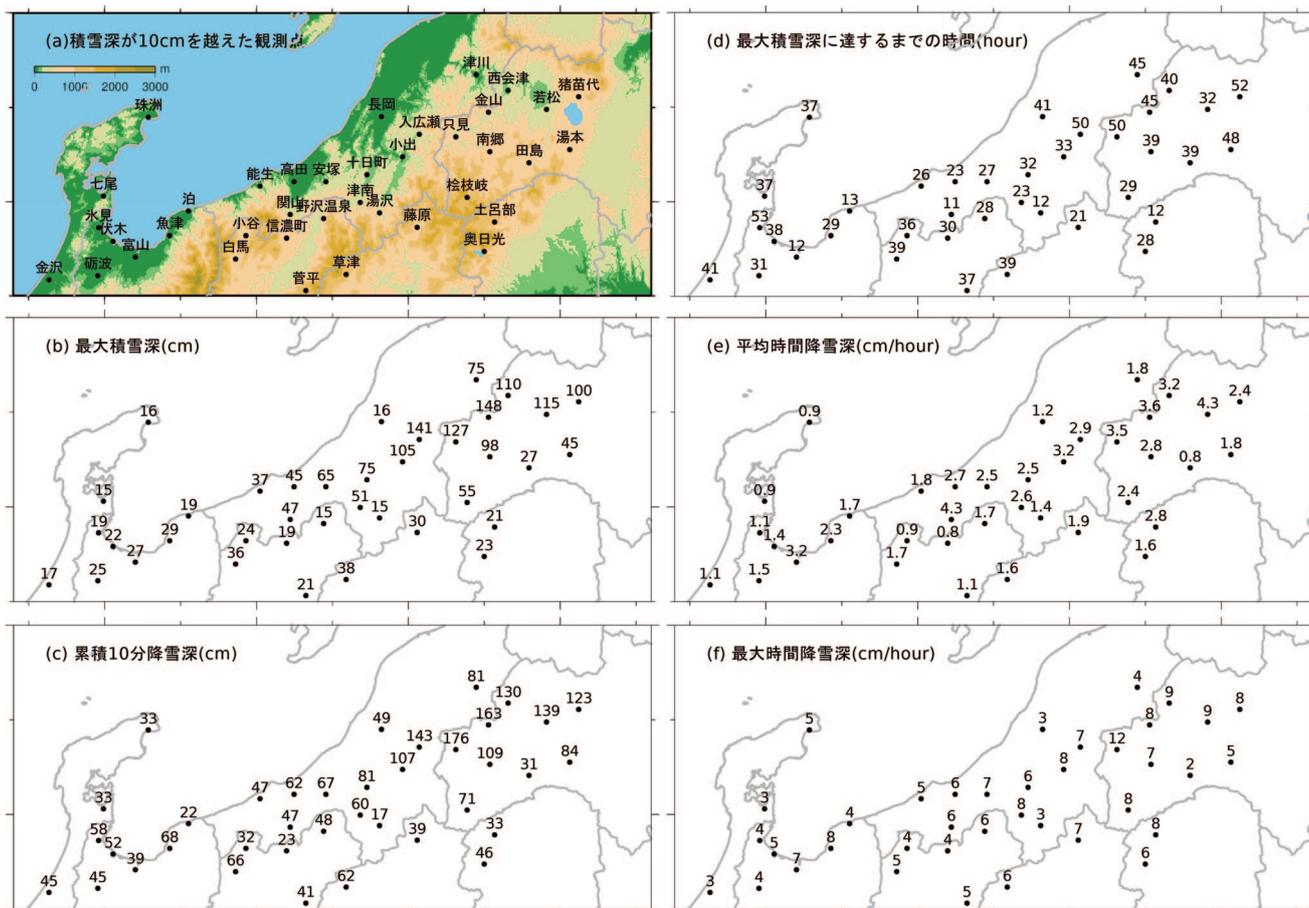


図4 大雪時の積雪観測点での積雪状況. 最大積雪深が 10 cm を越えた地点のみ掲載
 Fig. 4 Distributions of the snow related records at snow observation sites during the heavy snowfall event.

いた。除雪およびスタック車両の排除作業が難航したため、福島県知事はこの作業のため 26 日午後には自衛隊に対し災害派遣要請を行い、延べ人員 140 名、車両 30 台が派遣され、作業が完了したのは 26 日深夜となった。

25 日夕方から 28 日午後にかけて会津地域の 15 市町村にわたる延べ 1 万 3,904 戸で断続的に停電が生じた。これらの停電は冠雪の重みで倒れた樹木による電線の切断等で生じた。冠雪による森林の被害については伊豫部ほか⁵⁾が 2011 年 4 月に会津地域の主要幹線道路沿いのスギ林の冠雪被害を調査しており、只見町～柳津町、阿賀町～西会津町にかけて多くみられたと報告している。農業被害では農作物が 1 億 788 万円、農業施設は 1,054 棟、6,505 万円に上った。

福島地方気象台⁶⁾からは、大雪注意報が 24 日 7:42 に会津地域南部、24 日 18:20 に会津地域全域に発表され、25 日 3:35 には会津地域全域で大雪警報に切り替わった。26 日 5:44 には大雪警報から大雪注意報となり、12:54 には大雪注意報は解除となった。この間、雷注意報、なだれ注意報、着雪注意報も合わせて発表されていた。

3. 大雪時の降積雪状況

降積雪状況を見るため、12 月 23 日から 26 日の間の積雪開始時から最大積雪深に達するまでの積雪データを図 4 に示す。図 4 では積雪観測点のうち、この大雪時における最大積雪深が 10 cm を越えた地点(図 4a: 地点名)のみ記載している。図 4b は最大積雪深で、福島県側では金山、只見、若松、西会津、猪苗代、新潟県側では入広瀬、小出が 100 cm を越える積雪であった。最大積雪深が大きかった範囲は、富山付近から福島会津地域までの東北東に向かう線状に分布しており、富山湾を囲む地域で 15 cm ～ 29 cm、新潟県上越地域で 37 cm ～ 65 cm、そして中越地域で 51 cm ～ 141 cm、福島県会津地域で 55 cm ～ 148 cm という順で積雪深が大きくなる傾向が見られる。分布の中心を南北にはずれると豪雪地帯にかかわらず積雪深が他と比べて少ない地点が見られる。例えば、南側では野沢温泉、湯沢、田島、北側では長岡などである。図 4c の累積 10 分降雪深は、10 分毎の積雪深データの増加分のみを累積した値で降雪の深さを表すが、図 4b の最大積雪深と同様な分布傾向が見られた。図 4d の積雪開始から最大積雪深に達するまでの時間をみると、関山の 11 時間から猪苗代の 52 時間まで幅があるが、積雪深が 100 cm を越

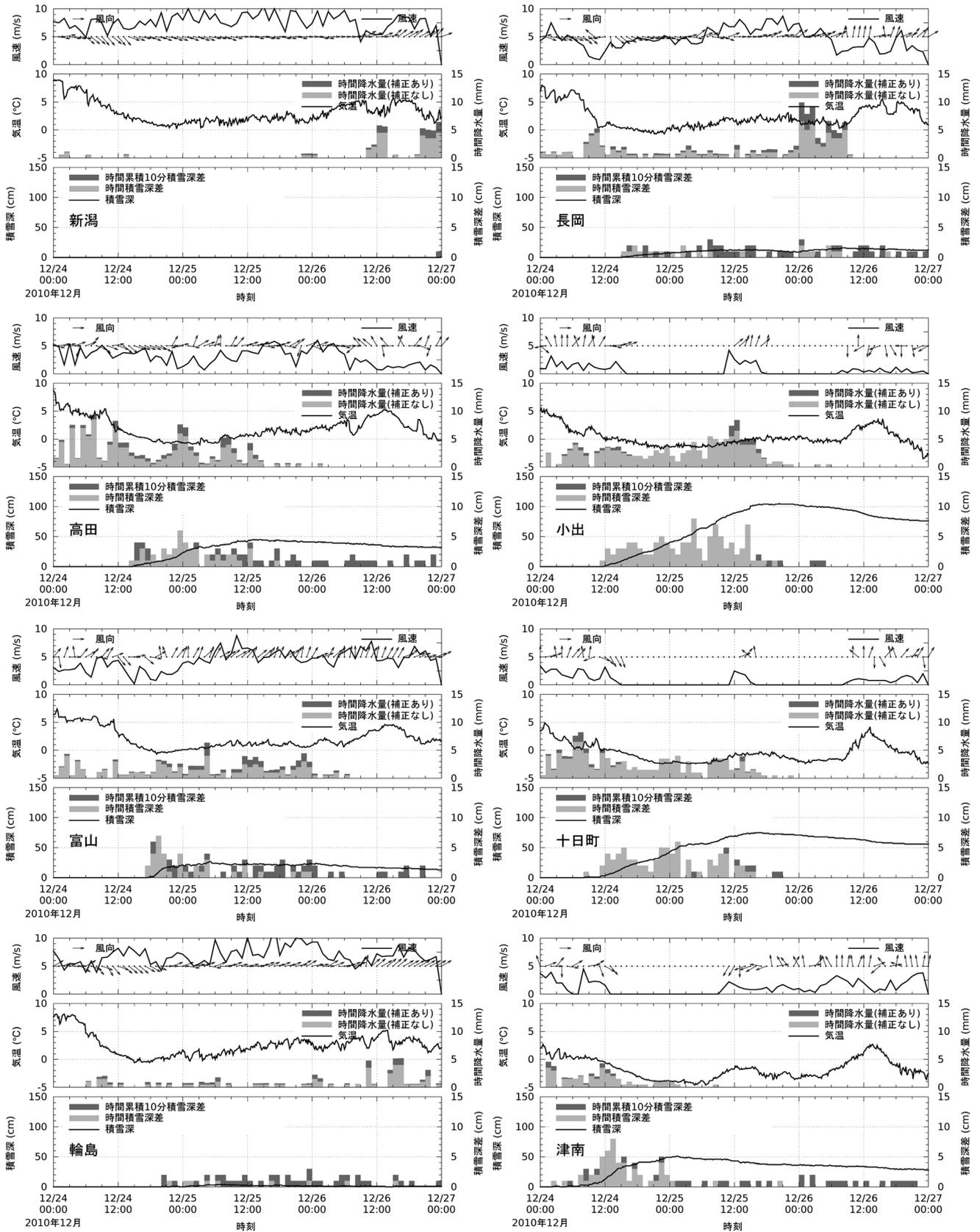


図5 気象庁積雪観測点の16地点の風向・風速，気温，降水量，積雪深，累積積雪深差の時系列データ。網掛け部分は風速または降水量が欠測であった時間帯を示す。

Fig. 5 Time series of wind direction and wind speed, air temperature, precipitations, snow depth, accumulated difference of snow depth at the snow observation sites of JMA. Hatched area indicates the period when the wind or precipitation data was missed.

福島県会津地域における 2010 年 12 月の大雪について—本吉ほか

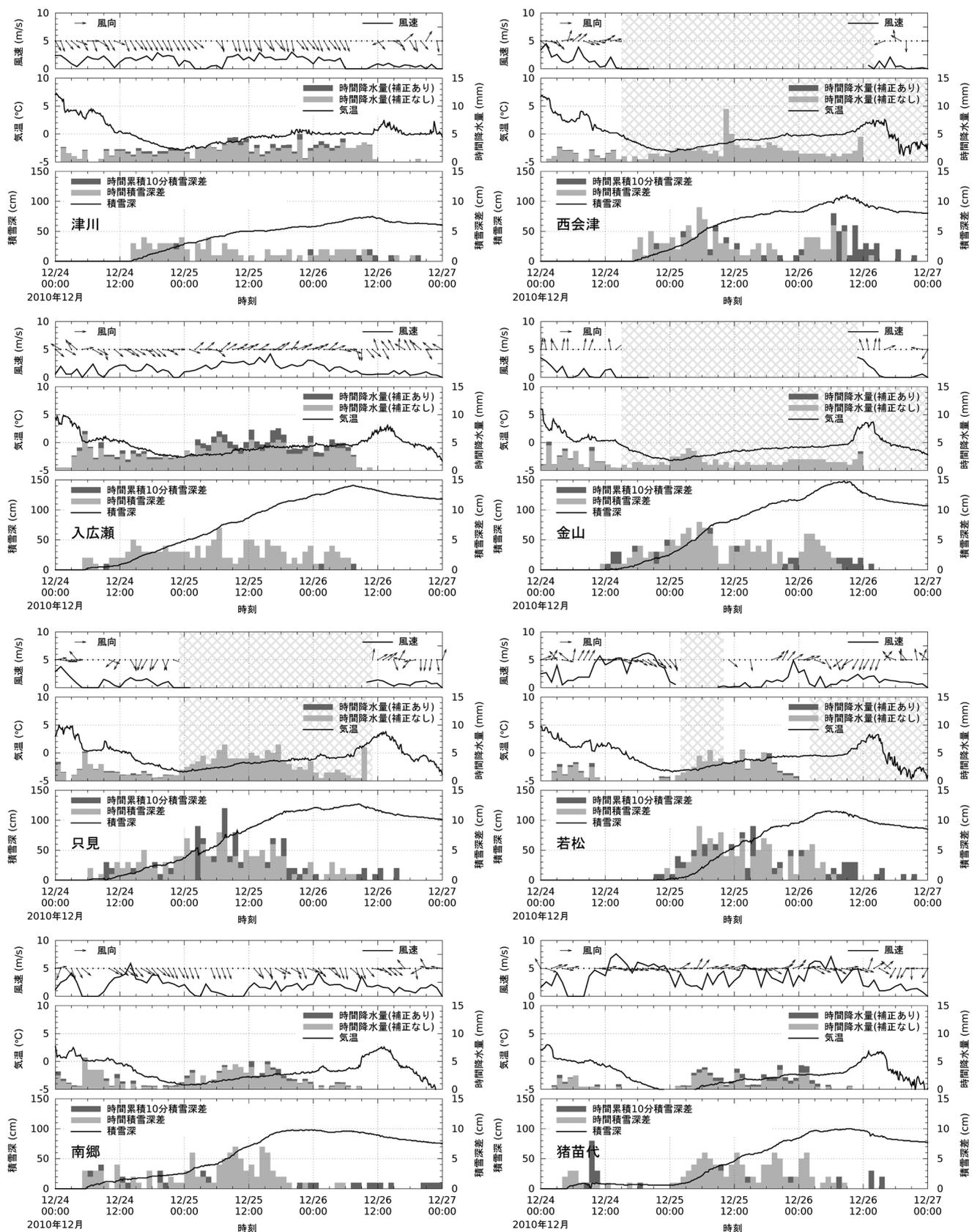


図5 気象庁積雪観測点の16地点の風向・風速、気温、降水量、積雪深、累積積雪深差の時系列データ。網掛け部分は風速または降水量が欠測であった時間帯を示す。(つづき)

Fig. 5 Time series of wind direction and wind speed, air temperature, precipitations, snow depth, accumulated difference of snow depth at the snow observation sites of JMA. Hatched area indicates the period when the wind or precipitation data was missed. (continued)

えた地点では、おおむね30時間から50時間である。特に、若松では32時間と比較的短い時間で最大積雪深に達している。これは図4eの平均時間降雪深にも現れており、若松では平均で1時間当たり4.3cmもの降雪があった。図4fの最大時間降雪深をみると、只見で1時間当たり12cmという非常に強い降雪があったことが分かる。また、前節で述べた災害発生地域(西会津、会津若松、猪苗代)でも、1時間あたり8~9cmとやはり非常に強い降雪の時間帯があったことがわかる。

次に代表的な観測地点での気象条件の推移をみるために、気象庁の16地点の観測点についての風、気温、降水、積雪の時系列変化を図5に示す。時間降水量については、気温と風速を用いて、雨雪判別⁷⁾と捕捉率の式⁸⁾から捕捉損失補正⁹⁾を行った降水量と、福島県側で風速の観測値が欠測となっていた地点が多かったことから補正をしていない降水量も合わせて示した。積雪深差については、1時間毎の「時間積雪深差」と、10分毎の積雪深の増加分のみを1時間分累積した「時間累積10分積雪深差」を示した。いずれの地点でも、初期の24日0時において、気温は0℃以上であり、積雪深は0cm(ただし、猪苗代を除く)であった。積雪深の増加から推定される降雪の開始時刻は地点毎に異なるが、多くの地点では24日午前から昼過ぎに始まっていた。若松と猪苗代では降雪の開始時刻は他地点よりも遅く24日深夜とみられる。降雪の開始前には、多くの地点でプラスの気温から0℃付近まで気温の低下が観測されており、この間が降水形態が雨から雪に推移する時間帯があったと考えられる。伊豫部ほか⁵⁾は、雪の降り始めに湿った雪の降る時間帯があったことと、その後に乾雪が多量に降ったことが、森林の冠雪害の条件となっていたと指摘している。また、渡邊¹⁰⁾は、今回の降雪では福島県西部で相対的に高密度の降雪があり、交通障害の一因となったと指摘している。図5の風速、降水量のグラフのハッチ部分は風速データもしくは降水量データが欠測のため、降水量の捕捉損失補正ができなかった時間帯を表しているが、測器に対しても、同様に着雪や冠雪が起こりやすい状況であったと推測される。

この期間の累積の降水分布を見るため、12月24日12時から12月25日12時までの気象庁全国合成レーダーによる降水強度の積算を図6に示す。地形による影やいくつか地点のレーダーデータを合成する際に生じる不連続がみえるが、ここでは期間中に降水エコーが集中していた地域をみるという目的で利用する。富山湾から、富山新潟県境付近の沿岸、新潟県上越地域、中越地域そして福島県会津地域にわたる西南西から東北東に伸びる東西で100km、南北で70km程度の比較的狭い領域に降水エコーが集中がしていたことが分かる。この領域の南北方向の広がり、西側で狭く、東に行くほど広がりをもっており、図4で見た地上の積雪データで積雪の多かった領域と一致している。

4. 大雪時の気象場について

図7は12月24日9時から12月26日9時にかけての

PR.tot(mm/24hr):From 2010122412 to 2010122612 (JST)

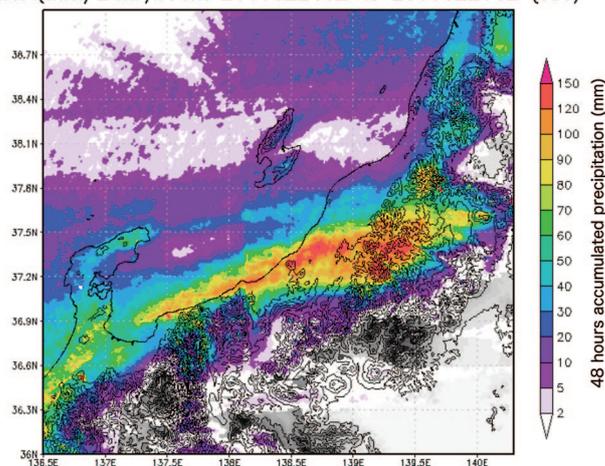
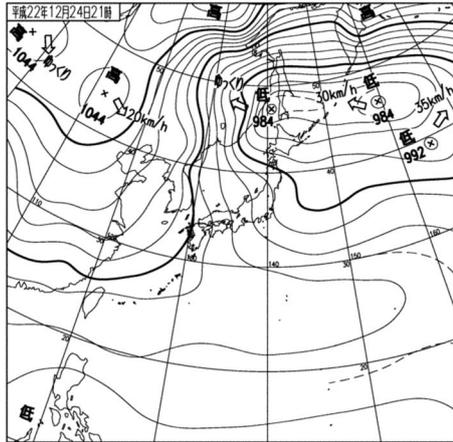


図6 2010年12月24日12時から12月26日12時までの気象庁全国合成レーダーによる降水強度をもとにした積算降水量(mm)

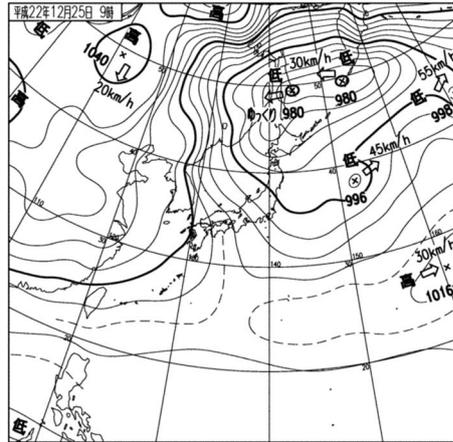
Fig.6 Accumulated precipitation from 12:00JST, December 24 through 12:00JST, December 26 in 2010 obtained from the JMA nationwide radar composite data.

地上天気図である。23日に三陸沖にあった低気圧が北海道東方沖で発達しながら北上し、24日から26日にかけて中心気圧およそ980hPaを維持したままサハリン付近に停滞していた。このため西高東低の冬型の気圧配置が強まり、特に25日は前後の24日、26日に比べて等圧線の間隔が狭くなっていた。25日9時の500hPa面の高層天気図(図8a)では、青森県付近を中心に上空に強い寒気が入っており、北陸地方の上空は気圧の谷となっている。この気圧の谷に沿ってジェット気流は本州付近まで南下しており、25日9時の輪島の上空では、500hPa面で51m/s、700hPa面で30m/s、850hPa面で28m/sと、この冬期でも2番目(500hPa面)の非常に強い西風が吹いていた。上空の寒気は24日から26日にかけてほぼ同じ位置に停滞していたが、26日9時には朝鮮半島北東部に南下してきた寒気の影響で、北陸地方の上空では西南西の風が変わっていた(図8b)。この時の新潟県、福島県の風上にあたる輪島の高層観測による気温と湿度の鉛直分布を図9に示す。4,000m付近に温度の逆転層があり対流混合層は4,000m程度であったことを示している。また、対流混合層の気温は24日9時が最も低く、26日9時にかけて5℃程度徐々に上昇していた。図10は25日6時と22時の気象衛星(MTSAT-2)の赤外画像である。図10aでは新潟県から福島県にかけて西南西から東北東の向きに細長い雲頂温度の低い(-40℃~-25℃)領域があり、雲上高度の高い雲域がある。このとき、朝鮮半島の付け根の山岳地域を迂回した気流が合流することで形成される日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)に伴う帯状雲の雲域は日本海中部(38N-40N, 132E-136E)にみられ、その風下は秋田県南部から山形県北部に当たる。一方、福島上空の雲域の風上にあたるのは能登半島西側の山陰沖で、その地域の海

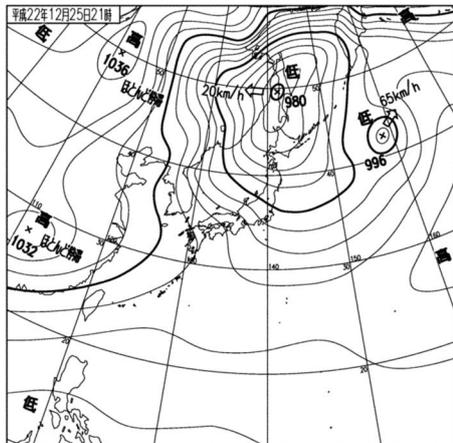
2010年12月24日21時



2010年12月25日9時



2010年12月25日21時



2010年12月26日9時

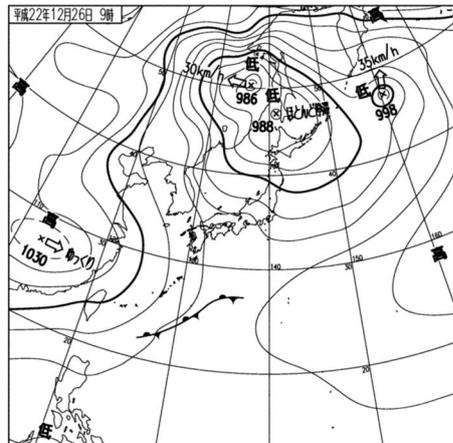
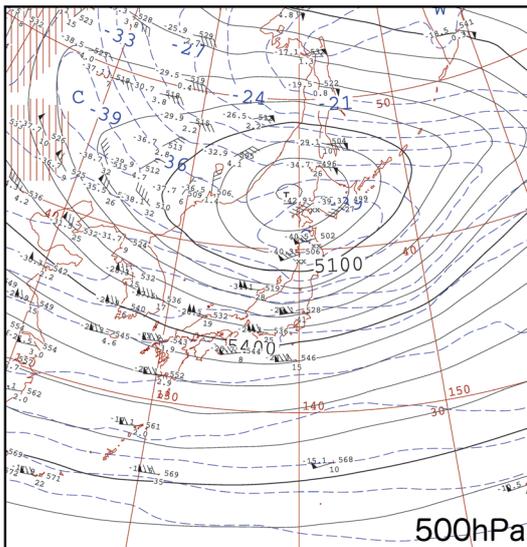


図7 2010年12月24日21時から12月26日9時までの地上天気図(気象庁)

Fig. 7 Surface weather maps from 21:00JST on December 24 to 09:00JST on December 26 in 2010 provided by JMA.

2010年12月25日9時



2010年12月26日9時

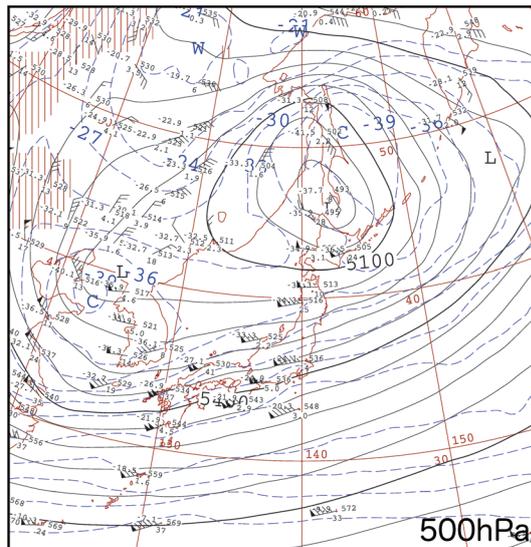


図8 2010年12月25日9時と12月26日9時の500 hPa面の高層天気図(気象庁)

Fig. 8 Upper air weather map at 500 hPa level at (a) 09:00 on December 25 and (b) 09:00 on December 26 in 2010 provided by JMA.

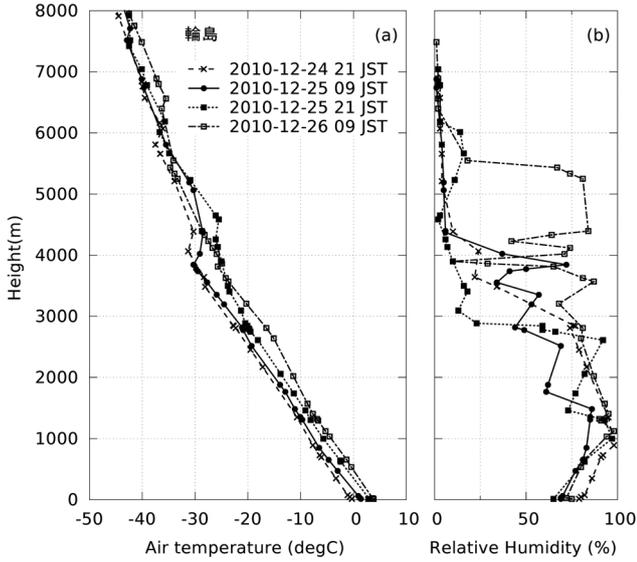


図9 輪島の高層観測による気温、湿度の鉛直分布
 Fig. 9 Vertical profiles of temperature and relative humidity by routine aerological observations at Wajima.

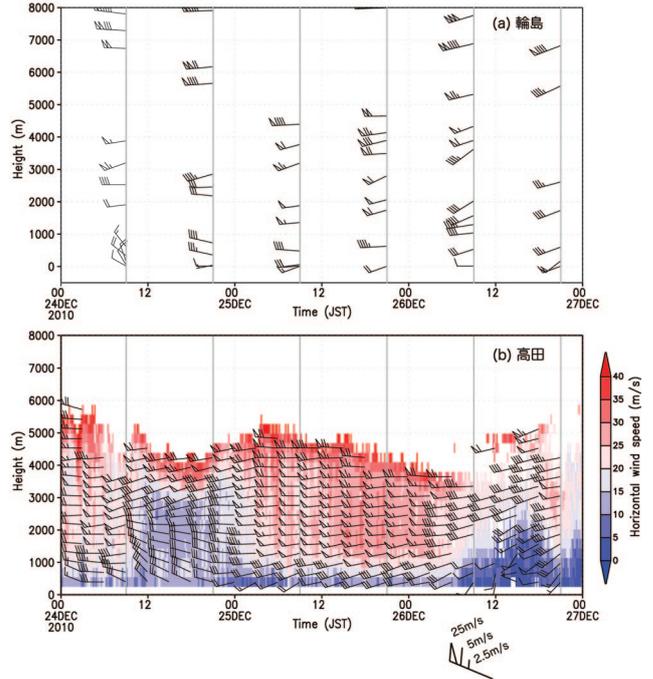


図11 (a)輪島の高層観測による風速の鉛直分布と(b)高田のウィンドプロファイラーによる水平風速の鉛直分布
 Fig. 11 Time series of vertical profiles of wind by (a) aerological observation at Wajima and (b) wind profiler at Takada.

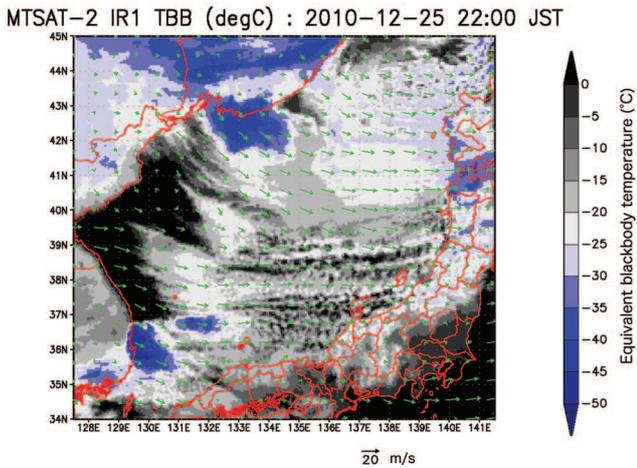
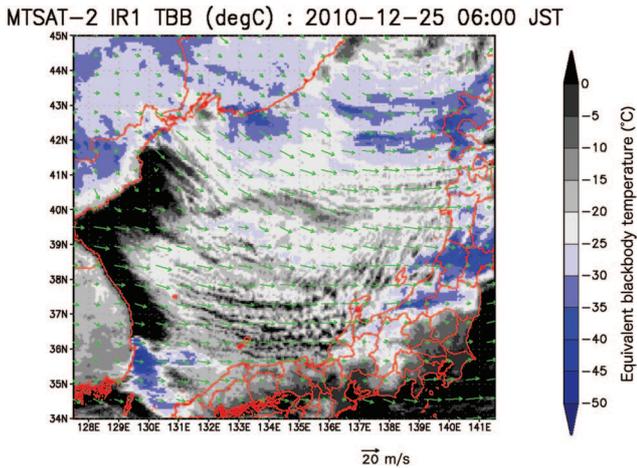


図10 静止気象衛星 MTSAT-2 赤外 IR1 チャンネルによる等価黒体温度と気象庁メソスケールモデル(MSM)による地表面風速(矢印)
 Fig. 10 Equivalent blackbody temperature from MTSAT-2 IR1 channel and surface wind (arrow) by JMA mesoscale model (MSM).

上の風向はほぼ真西であり、このことから福島県にかかる雲域は JPCZ に伴う雲域とは別のものであることがわかる。25日22時(図10b)には、新潟福島県境付近にかかる雲域の雲頂温度(-20℃~-30℃)は上昇するように推移していた。

図11は輪島の高層観測と高田のウィンドプロファイラーによる上空の風のデータである。上でも述べたが、25日9時の輪島の上空では、2010/2011冬期を通して非常に強い西風が吹いていた。高度4,000m付近では両地点とも期間を通して西または西南西よりのおよそ30m/sの風であった。高田では、24日12時頃から25日0時ごろまで高度500mから3,000mまで風速が15m/s程度で、下層では北西より、上層では西南西よりの、風向に鉛直シアのある場であった。その後、25日0時ごろから26日の3時ごろまで、1,000mから4,000mにかけて鉛直で風速、風向ともにほぼ一様な、風速25m/s程度の西風の場が継続していた。ウィンドプロファイラは、大気の流れによる屈折率のゆらぎや降水粒子により散乱される電波の周波数のドップラーシフトを利用して、上空の風や降水粒子の速度を測定する。水蒸気量や降水粒子の少ない上空では散乱強度が小さく、S/N比が小さくなるため、図12bのようにデータが存在する上限(観測高度)より上では空気は乾燥していることを表す。観測高度をみると25日6時ごろが5,000mで最も高く、その後26日6時ごろにかけて徐々に4,000mまで低下している。これは、図10a-bで示した雲頂温度と図9の輪島の気温プロファイルから推測される雲頂高度の低下傾向と整合的であった。

冬型の気圧配置における北陸地方の豪雪時の降雪分布

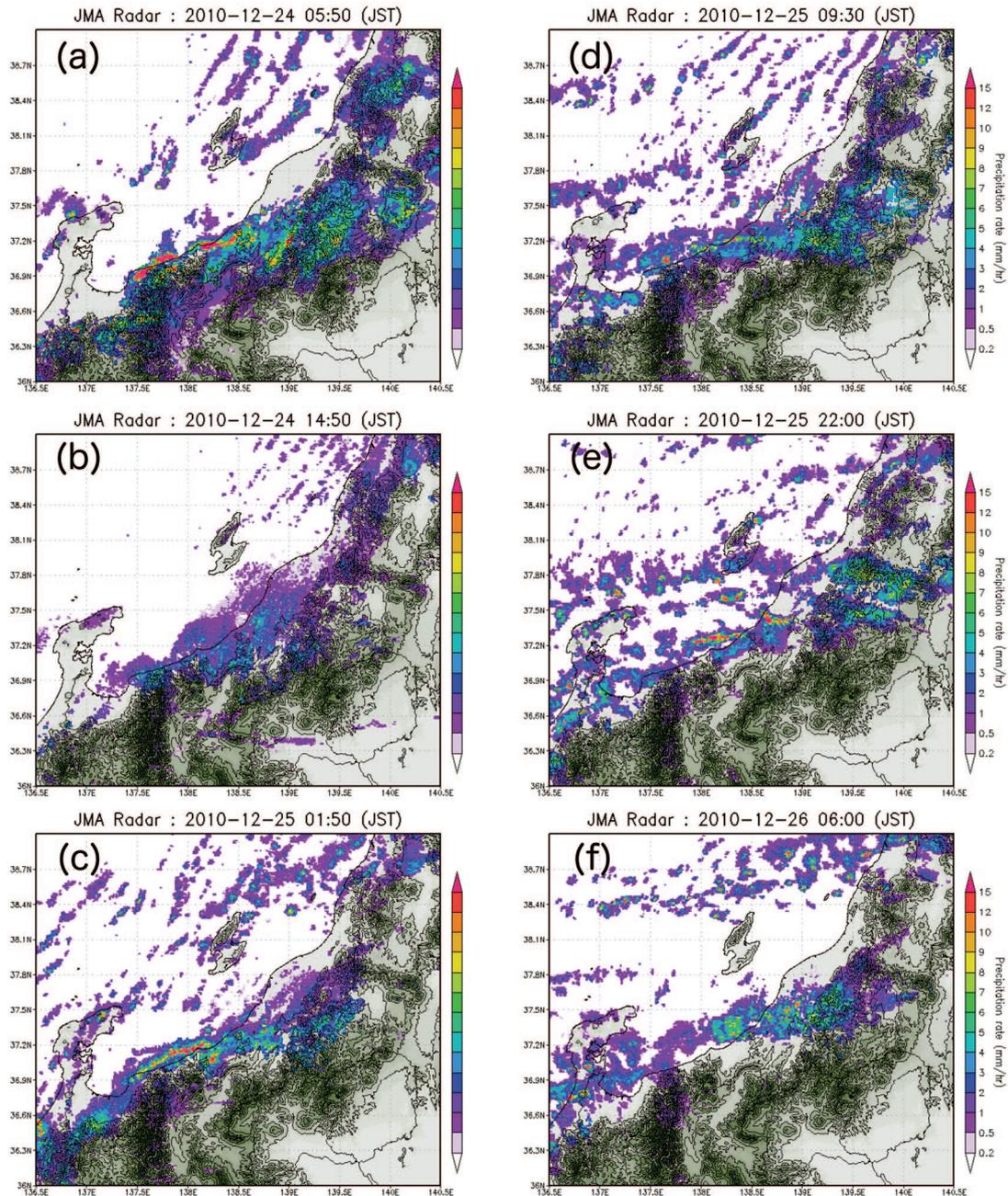


図 12 気象庁全国合成レーダーによる降水強度分布. それぞれ, 2010 年 12 月 24 日の (a) 05:50, (b) 14:50, 12 月 25 日の (c) 01:50, (d) 09:30, (e) 22:00, および 12 月 26 日の (f) 06:00 の画像
 Fig. 12 Precipitation intensity distribution by JMA nation-wide radar mosaic data for (a)05:50, (b)14:50 on December 24, (c) 01:50, (d) 09:30, (e) 22:00 on December 25 and (f) 06:00 on December 26, 2010.

の特徴から, 山岳部に多くの降雪をもたらす山雪型, 平野部で大雪となることのある里雪型とに類別され, これらの発生には大規模循環場との強い関連があると言われている^{11), 12)}. 今回の大雪では, 上空に寒気を伴う低気圧による気圧配置や日本海上で西風が卓越するなど里雪型の特徴を有していた. また, 線状の降水エコーの位置や方向¹³⁾, 新潟地域の地上風速の特徴¹⁴⁾からも里雪型に類別されるものと考えられる. ただし, 里雪型に対して言われるような下層の風速が弱いという特徴とは異なり, 図 8 にみられるような強風であったという点はこの大雪の特徴であると言える.

5. 大雪をもたらした降水系について

この大雪時の特徴的な降水分布をみるために気象庁全国合成レーダーの画像を図 12 に示す. 以下は図 12 の (a) から (f) の各図についての説明である.

(a) 24 日未明から冬型が強まり下層では北西の風が西よりの風となり, 4 時頃から 8 時頃まで新潟県上・中越および福島県会津地域の山間地にわたる範囲で強い降水エコーが見られた. この降水域に含まれる山沿いの観測点では, 24 時未明に 5℃程度あった気温が 0℃付近まで低下し積雪が始まる地点があった(図 5: 津南, 入広瀬, 只見, 南郷). また, 富山新潟県境付

近の沿岸や上越地域にも線状の強い降水エコーが見られた。

- (b) 24日11時半頃から23時頃まで西北西の風となり、新潟県上・中越の平野部と丘陵、山岳北西斜面を中心に面状の停滞した降水域がみられ、平野部の長岡、十日町、小出、高田、山沿いの金山、西会津、津川でも積雪が始まった(図5)。この時間帯は、図11の24日午後に見られた高田の上空3,000 mまで風速が一様に10-15 m/sと弱くなっていた時間帯に対応している。
- (c) 24日23時頃からは西風となり、富山新潟県境沖から上越地域にかけて、線状の強いエコーが見られはじめた。その延長上の越後山脈にも降水帯がかかっており、若松ではこの頃から積雪が始まった。
- (d) 25日未明から、(c)でみられた線状の強い降水エコーの北側に、山形県沿岸から伸びる風向に斜交する縞状の降水エコーをもったTモードの降水系が目立ち始めた。この降水系の配置は25日19頃まで続き、このTモードの降水系が西風により次々と越後平野から越後山脈を越えて会津盆地に進入していた。この間、風上側の平野部の巻や三条における降水量は、西会津、若松、金山での降水量に比べてかなり少なく、越後山脈を越える際に降雪の強化が生じていたものと考えられる。
- (e) 25日19時ごろから線状の降水エコーの軸がわずかに反時計回りに南西-北東寄りとなり、会津盆地は線状降水帯の延長上に位置していた。この時点からは図12dでみられたはっきりとしたTモードの降水エコーは見られなくなった。線状降水エコーの北側海上にこれと平行な線状の降水エコー域がみられた。
- (f) 26日6時ごろには会津若松では積雪深が最大となり、陸上では目立った降水域は線状の降水エコーによる降水域のみとなった。26日午後には、線状降水帯は北へ抜け、佐渡の南側沿岸から下越地方にかかる位置に移動していた。

会津盆地での強い降雪があった時間帯に対応するのは、図12の(c)-(f)である。このときの降雪雲の移動の様子をみるため、図13に25日09:40-10:30(図12dの時間帯)の10分おきの画像、図14に25日21:20-23:00までの20分おきの画像を並べたものを示す。図13では、図12dの説明でも述べたように、南南西から北北東に延びる縞状のTモードの降水域(図13に楕円で示す)が南北方向の位置を変えずに、西向きに会津盆地に次々と進入していることがわかる。このパターンでの降雪雲による降雪が約19時間の間継続しており、若松ではこの時間帯に最も積雪の増加が大きかった(図5:若松)。このとき線状の降水エコーは、Tモードの降水エコーの南側にあり、この線状降水帯がこの時間帯の若松での降雪に直接の影響していないことが分かる。図14の時間帯は図12eに対応するが、23:00の画像で会津盆地にかかっている降雪雲(図14の円で囲った部分)は、21:20では線状降水帯と重なる位置にあり、

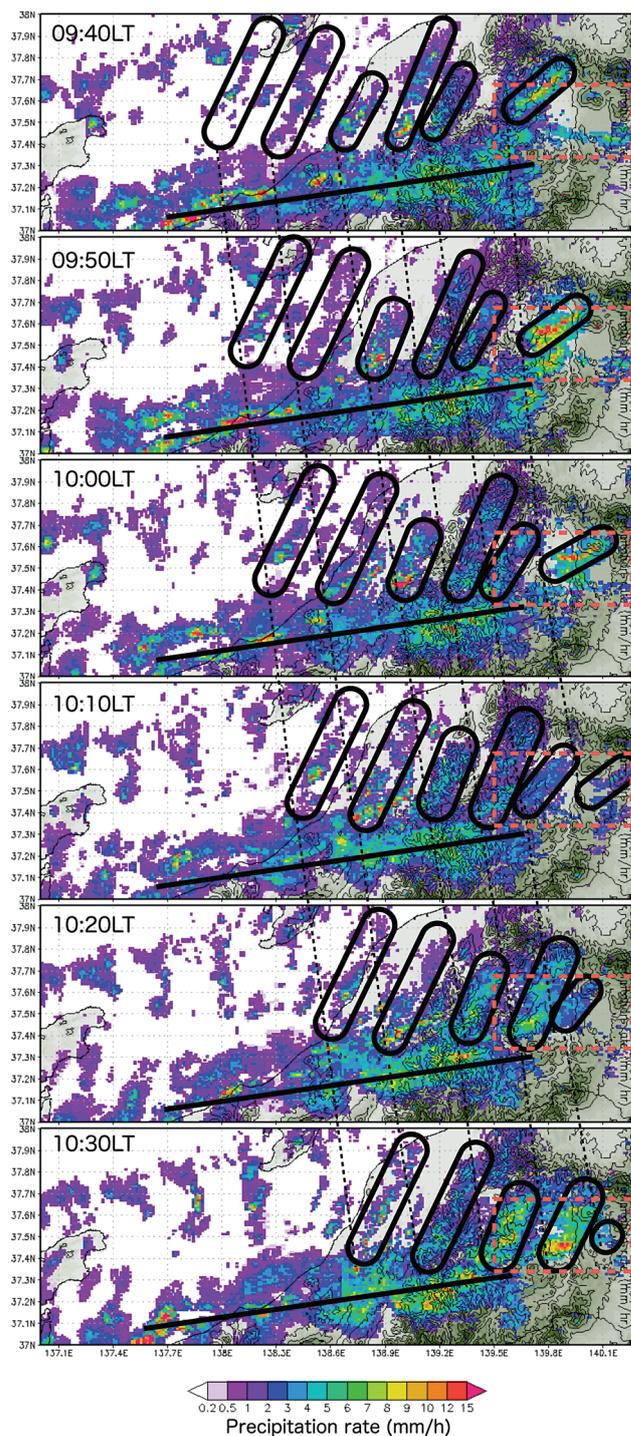


図13 2010年12月25日09:40から10:30までの10分毎の気象庁全国合成レーダーによる降水強度分布。赤の破線で囲った長方形は図3の地図の領域を示す。

Fig. 13 Precipitation intensity distribution by JMA nationwide radar composite data in every 10 minutes from 09:40 to 10:30, December 25, 2010. Rectangle drawn by red dashed line indicates the region of the map shown in Fig. 3.

東北東の向きに移動しながら、線状降水帯にさしかかると一部に強いエコーを示し、越後山脈を越える際には線状の降水エコー上でみられたような局所的に強いピークはみられず、広がりをもった降雪エコー域となっていた。

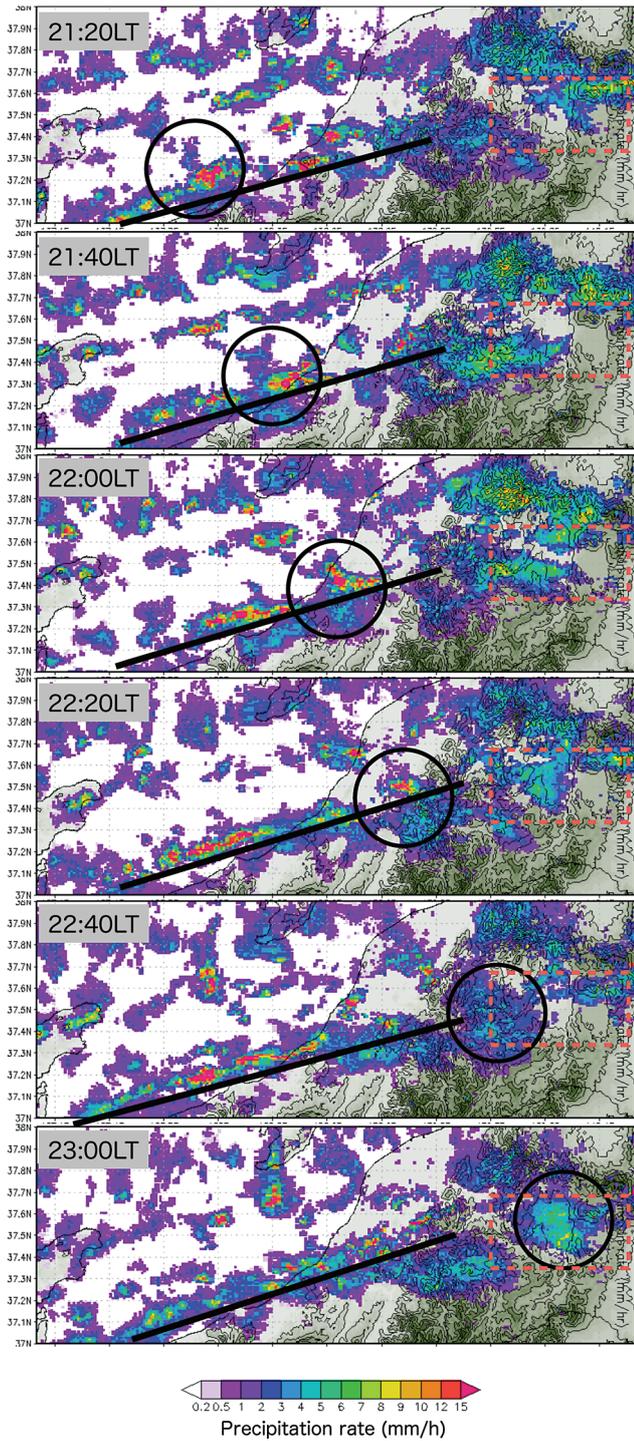


図 14 2010 年 12 月 25 日 21:20 から 23:00 までの 20 分毎の気象庁全国合成レーダーによる降水強度分布。赤の破線で囲った長方形は図 3 の地図の領域を示す。

Fig. 14 Precipitation intensity distribution by JMA nationwide radar composite data in every 20 minutes from 21:20 to 23:00, December 25, 2010. Rectangle drawn by red dashed line indicates the region of the map shown in Fig. 3.

力石¹⁵⁾は、今回の大雪での会津盆地でのドカ雪に対する飯豊山・吾妻山による障壁効果の影響を指摘している。越後山脈北縁部は 1,000 m 級である一方、会津盆地の北側に位置する飯豊山地から吾妻山にいたる山系は 2,000 m 級

の山並みである。西会津や金山などは、飯豊山地と越後山脈に挟まれた地峡に位置しており、図 13、図 14 のように、西から次々と進入した T モードの降水系に対する地形による効果は重要であると考えられ、詳しい解析については今後の課題である。

積雪深分布(図 4)や全国合成レーダーの降水エコーのパターン(図 6, 図 12)から、この大雪では新潟県中越地域(十日町, 小出, 入広瀬)や福島県南会津地域(只見)の降雪に対しては線状降雪帯が重要な役割を果たしたと考えられる。Eito *et al.*¹⁶⁾は、2001 年 1 月 16 日に新潟沿岸域に生じた線状降雪帯の発生・維持機構について、北西季節風と陸風との収束が降雪バンドの発生の要因であること、陸風がない場合でも雪の昇華蒸発による冷却により降雪バンド下層に冷気層ができ、気団変質を受けた高相当温位の空気塊が冷気層前面の下層収束域で上空に持ち上げられることで線状降雪帯が維持されることを、非静力学モデルを用いた数値計算により明らかにした。また、岩本ほか¹⁷⁾も 2005 年 1 月 12 日と 2005 年 2 月 1 日の線状降水帯による集中降雪事例を非静力学モデルを用いて計算し、西風が卓越したケースで風に明瞭な収束帯やシアラインが見られない場合には、上越地域の山岳域の影響で海岸線に平行な風が生じ、これによる収束により上昇流が強化されることで強い降雪雲が発生していたことを指摘している。これらを踏まえて、アメダス観測から今回のケースの線状降雪帯付近での風の収束について見ておく。

図 15 に示した 2 本の線 (A-A', B-B') 上の全国合成レーダーによる降水エコーとそれぞれの線に沿って選んだ近傍の地上観測点の風と気温についての時間緯度断面図を図 16 に示す。図 16a は海岸線に沿った地点についての断面図である。24 日午前から 25 日 22 時頃まで、すべての地点で気温が 1℃以下まで下がっている。これは北西よりの風により冷たい空気が沿岸にもたらされたため、このとき新潟の平野部の広い範囲で降雪がみられ(図 12c)、富山県の平野部でも 19 時ごろから積雪(図 5: 富山)があった。25 日 22 時頃から 26 日 9 時ごろまでは、レーダーエコーの強い領域が泊から柏崎付近に停滞しており、これが線状降水帯が海岸線と交差していた部分にあたる。線状降水帯の北側の地点(新潟県中, 下越)では西から西北西の風で、南側の地点(糸魚川, 富山県)では南から南西の風となっており、線状降水帯を挟むかたちで下層で風の収束があったことを示唆している。線状降水帯の下に位置した大潟では、線状降水帯が南側にあるときは西よりの強い風、北側にあるときは西南西の弱い風を示しており降水帯を挟んで風向と風速に差があったことを示している。図 16b から降水帯の北側(長岡以北)と、南側(小出以南)では気温に 3℃から 4℃の差がある。また、降水帯の移動に伴い、降水帯の下に入ると気温が 1℃程度低下している様子がみられた。一方、南側の地点は北側に比べ風速が弱く、明瞭な陸風は確認できなかった。新潟県上, 中越地域の丘陵, 山岳地帯では 24 日午前から午後にわたり広範囲で降雪があり、0℃付近までの気温の低下もみられたため、このとき内陸部に冷気層が形成されてい

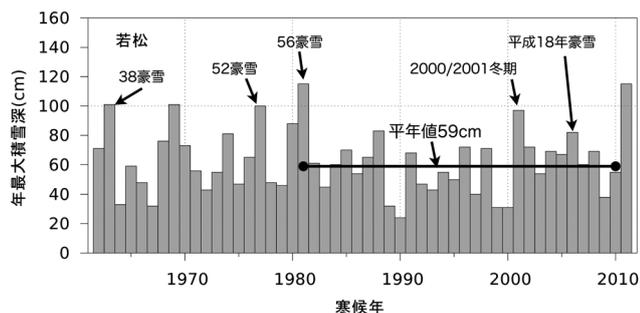


図 17 若松における 1962 年から 2011 年までの年最大積雪深
Fig. 17 Annual maximum snow depth at Wakamatsu from 1962 to 2011.

6. 会津若松の 2010/2011 冬期の積雪と過去の大雪事例

この大雪による若松の最大積雪深は観測史上 1 位タイの 115 cm であったが、もう一つの 1 位の記録は 1980/1981 冬期 (56 豪雪) の記録である。実に 30 年ぶりの記録更新ということになる。図 17 に 1962 年以降の若松における年最大積雪深の変化を示す。1981 年以降でそれに次ぐのは 2000/2001 冬期で 97 cm、全国的に豪雪の年であった 2005/2006 冬期 (平成 18 年豪雪) では 82 cm であった。1980 年から 2010 年までの統計期間での年最大積雪深の平均値が 59 cm であり、2010/2011 冬期の最大積雪深は平均値の約 2 倍であった。

2010/2011 冬期と 1981 年以降で年最大積雪深が多かった年 (2005/2006 冬期, 2000/2001 冬期, 1980/1981 冬期) の若松の日最大積雪深と日降雪を図 18 に示す。2010/2011 冬期は、12 月中旬に数 cm の積雪があったもののすぐに消雪し、12 月 24 日から 12 月 26 日にかけての大雪がこの冬期の初の本格的な雪であった。その後の 1 月中はほぼ連日の降雪がみられるものの、この大雪時の積雪深がこの年の年最大積雪深となった。一方、2005/2006 冬期 (図 18b) は 12 月初旬から 1 月初旬にかけて段階的に増加しており、今年のような顕著な集中豪雪事例はみられなかった。ただし、平成 18 年豪雪では会津地域でも山間部を中心として雪により災害や生活への多大な影響があったことに変わりはない^{18), 19)}。一方、2000/2001 冬期 (図 18c)、1980/1981 冬期 (図 18d) では、それぞれ 1 月初旬、12 月下旬に、1 日～数日間で一気に積雪深が 100 cm 近くに達するような顕著な大雪事例があるという点で 2010/2011 冬期と状況が似ている。実際、2001 年 1 月初旬の大雪により、磐越道では磐梯熱海以西が長時間にわたり通行止めとなったり、国道 49 号も事故や倒木で通行止めとなるなど、今回の大雪と同様な災害が生じていた。56 豪雪 (図 18d) でも、12 月 14 日に今回の大雪を上回る日降雪 98 cm を記録し、最深積雪も 93 cm と冬期のはじめの大雪となった。この時の降雪量は周辺地域をみても会津若松が突出しており、会津を中心とした大雪であったことが伺える。また、56 豪雪の冬に北陸地方で大雪が本格化したのは 12 月後半であり、会津若松ではその前にひと足早く大雪となっていた。集中豪雪は、気象場や卓越降水系だけでなく、

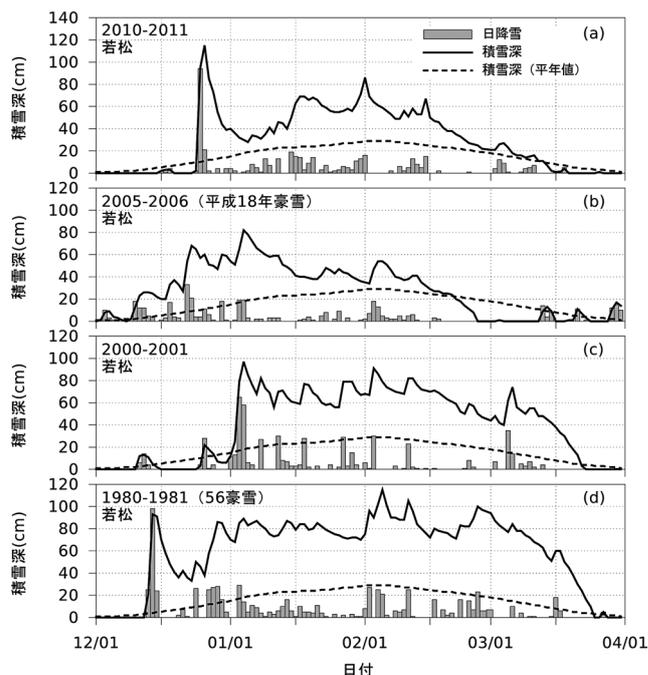


図 18 若松における日降雪ならびに日最大積雪深とその平均値。(a) 2010/2011 冬期, (b) 2005/2006 冬期, (c) 2000/2001 冬期, (d) 1980/1981 冬期

Fig. 18 Daily snowfall (bars) and maximum snow depth (solid line) with its climatic normal (broken line) at Wakamatsu in (a) 2010/2011 winter, (b) 2005/2006 winter, (c) 2000/2001 winter and (d) 1980/1981 winter.

周辺地域の地形などによる降雪の強化の影響があり、地域性がある。会津若松の過去の事例のように、冬の初めに一降りで 90 cm を越えるような大雪に関して、地域性を含めて集中豪雪の特徴を捉えておくことは、防災の観点からも重要であると考えられ、今回の大雪事例の詳しい解析と過去の大雪事例の特徴比較は防災の観点からも重要であり、今後の課題である。

7. まとめ

2010 年 12 月に福島県会津地域を中心として雪氷災害を生じた大雪について、災害状況を概観し、気象庁が観測したデータを利用して降積雪状況、気象場、および大雪をもたらした降水系について記述した。12 月 24 日から 26 日までの降積雪の状況から、車両の立ち往生や停電などの多くの雪氷災害が発生した福島県会津地域、および新潟県中越地域の山沿いを中心に東西約 100 km、南北約 70 km の比較的狭い領域で、7～12 cm という最大時間降雪深を記録するような集中豪雪があったことがわかった。上記の集中豪雪のあった多くの地点で 30 時間以上もの間降雪が継続することにより多量の雪がもたらされており、また、積雪開始時刻に気温が 0 °C 前後であった地点が多く、雨から雪に変わる状況で湿雪による着雪・冠雪が多く発生しやすい状況となり、様々な障害の原因となっていたと考えられる。24 日以降北海道停滞していた上空の

トラフに伴う強い西風の影響の下、新潟県上越地方から中越地方にかけて形成された線状降水帯と、その北側で越後平野から会津地域に越後山脈を越えて次々と進入したTモードの降水系によりこの大雪がもたらされていたことが気象庁全国合成レーダー画像から推測された。この大雪に関連した線状降水帯の形成・維持過程や、会津盆地に向かって越後山脈を越えてくる降水系に対する山地地形の影響などについては、本報告の解析では不十分であり、ドップラーレーダー解析や防災科学技術研究所による中越地域での山地積雪観測ネットワークによる時間分解能の高い降積雪データおよび気象モデル計算により、より詳細な解析が必要であろう。また、過去の会津若松の大雪事例から、今回同様に冬の初めに会津地域で大雪となった例(2000/2001冬期, 1980/1981冬期)が見られたが、過去の会津盆地の大雪がどのような降水系によりもたらされたかなどの特徴を把握することは防災の観点からも重要であり、このような解析についても今後の課題といえる。

謝辞

防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの佐藤威センター長、石坂雅昭研究参事には本報告書の作成にあたり多くの助言をいただきました。気象データについては、気象庁により公開されている地上および高層気象観測データ、天気図、気象庁メソスケールモデルのGPVデータなどを利用しました。また、MTSAT-2データについては高知大学気象情報頁において公開されているデータを利用しました。データ解析および作図にはGrADSを使用しました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中井専入・山口 悟(2011)：平成23年豪雪時の降雪特性と雪氷災害の発生－全国概況と鳥取の集中豪雪－。防災科学技術研究所主要災害調査, No.47, 1-16.
- 2) 石坂雅昭・納口恭明(2011)：2010/2011鳥取・島根の集中豪雪による船の転覆について。防災科学技術研究所主要災害調査, No.47, 91-96.
- 3) 川本義海(2011)：平成23年大雪による福井県内の雪害状況等についての報告。日本雪工学会誌, 27, 87-94.
- 4) 東北地方整備局郡山国道事務所(2011)：【防災情報】郡山国道事務所 大雪に伴う道路状況について, 第1報～第12報, (<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/kisya/saigai/sback/zokuhou1048.htm>).
- 5) 伊豫部勉・河島克久・和泉 薫・鏡 仁美(2011)：2010年12月に福島県会津地方で起きたスギ林の冠雪外発生時の気象状況について。雪氷北信越, 31, 32pp.
- 6) 気象庁福島地方気象台(2010)：強い冬型の気圧配置による大雪 平成22年12月24日～26日。災害時気象資料, 気象庁福島地方気象台ホームページ(<http://www.jma-net.go.jp/fukushima/topics.html>).

- 7) 菅谷 博(1990)：暖地積雪面の微細気象的特性とそれに基づく積雪質量推定モデル。北陸農業試験場報告, 32, 43-64.
- 8) 横山宏太郎・大野宏之・小南靖弘・井上 聡・川方俊和(2003)：冬季における降水量計の捕捉特性, 雪氷, 65, 303-316.
- 9) 中井専入・横山宏太郎(2009)：降水量計の捕捉損失補正の重要性－測器メタデータ整備の必要性－。天気, 56, 69-74.
- 10) 渡邊 明(2011)：2010年12月25日の会津地方の豪雪。東北の雪と生活, 26, 28-33.
- 11) Akiyama, T. (1981): Time and spatial variations of heavy snowfalls in the Japan Sea region. Part I. Principal time and space variations of precipitation described by EOF. J. Meteor. Soc. Japan, 59, 578-590.
- 12) Akiyama, T. (1981): Time and spatial variations of heavy snowfalls in the Japan Sea coastal region. Part II. Largescale situations for typical spatial distributions of heavy snowfalls classified by EOF. J. Meteor. Soc. Japan, 59, 591-601.
- 13) Miyazawa, S. (1968): A Mesoclimatological study on heavy snowfall – A synoptic study on the mesoscale disturbances -. Papers in Meteorology and Geophysics, 19, 487-550.
- 14) Iwamoto, K., Nakai, S., and Sato, A. (2008): Statistical analysis of snowfall distribution in the Niigata area and its relationship to the wind distribution. SOLA, 4, 45-48.
- 15) 力石國男(2011)：北半球の大気循環異常による2010/11年冬季の北日本の豪雪。雪氷研究大会(2011・長岡)講演要旨集, 101pp.
- 16) Eito, H., Kato, K., Yoshizaki, M., and Adachi, A. (2005): Numerical simulation of the quasi-stationary snowband observed over the southern coastal area of the Sea of Japan on 16 January 2011. J. Meteor. Soc. Japan, 83, 551-576.
- 17) 岩本勉之・中井専入・石坂雅昭・佐藤篤司(2005)：新潟県中越地域における2005年冬の集中豪雪のメカニズム。寒地技術論文・報告集, 21, 284-289.
- 18) 国土交通省東北地方整備局郡山国道事務所・福島県土木部道路領域(2006)：豪雪と闘う会津の人々<平成17年度の豪雪がもたらした地域生活への影響> (http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/8696_kisya_preview.html).
- 19) 国土交通省東北地方整備局郡山国道事務所・福島県土木部道路領域(2006)：『平成18年豪雪』の記録 会津地方に与えた影響・克雪に向けた取り組み (http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/9483_kisya_preview.html).

(2011年11月8日原稿受付,
2011年12月5日改稿受付,
2011年12月5日原稿受理)

要 旨

2010 年 12 月 24 日から 26 日にかけて、福島県会津地域から新潟県中越地域の山沿いにかけて大雪となり、交通機関への影響や広範囲にわたる停電、農業被害といった様々な社会的影響が生じた。降雪は東西約 100 km、南北約 70 km の領域に集中しており、この領域では 1 時間あたり最大で 7～12 cm という強い降雪があり、30 時間以上もの間降雪が継続することにより多量の雪がもたらされていた。また、多くの観測点で降雪開始時に雨から雪への遷移があった可能性があり、湿雪による冠雪・着雪による障害が発生しやすい状況であったと考えられる。この大雪は、新潟県上越地域から中越地域にかけて形成された東西方向に延びる停滞性の線状降水帯と、その北側を越後平野から会津盆地に向けて越後山脈を越えて次々と進入した T モードの降水系によるものである。T モードの降水帯は越後山脈を越える際に降水が強化されていた可能性があり、会津盆地における大雪に対する防災の観点からも、越後山脈と会津盆地の北西にある 2,000 m 級の飯豊山地の地形が降雪過程に及ぼした影響について、過去の事例も含めてより詳細な解析が必要である。

キーワード：集中豪雪，雪氷災害，湿雪，線状降雪帯，T モード降水帯