

2014年2月8-9日及び14-15日南岸低気圧時の地上気象要素と降水の分布

中井専人*

Distributions of Precipitation and Surface Meteorological Elements Associated with Extratropical Cyclones on February 8-9 and 14-15, 2014

Sento Nakai

**Snow and Ice Research Center,*

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

Abstract

The distributions of precipitation and surface meteorological elements were analyzed in relation to heavy snowfall events associated with winter Japanese southern-coastal extratropical cyclones on February 8-9 (case 08) and 14-15 (case 14), 2014. The characteristics of the temporal changes were summarized briefly. Most snowfall in the Kofu basin occurred under weak wind and below freezing temperature conditions. In the Kanto plain, some wind systems were observed and the temperature increased above freezing during or immediately after precipitation. The motion of the precipitating cloud systems and duration of precipitation in the Kanto-Koshin district differed markedly between the two cases. Temperature and wind distribution at and around freezing point varied significantly on the Pacific side of the southern Tohoku district. Between cold land breeze and warm airflow from the cyclone over the ocean, there appeared to be a strong temperature gradient as well as wind shear. Surface precipitation was preceded by stratiform radar precipitation above. Thus, one should be careful when applying the result of an investigation of snowpack or disaster to another point.

Key words : Winter extratropical cyclones, Snowfall distribution, Meteorological element, Radar

1. はじめに

2014年2月8-9日、及び14-15日にかけて、南岸低気圧が2週続けて関東甲信地方から東北地方にかけて降雪をもたらした。特に14-15日の降雪の結果、これまでの記録を大きく上回る積雪となり、多大な雪氷災害を引き起こすことになった。中井(2015)は豪雪年と少雪年をバランスよく含む期間を基準として冬季最大積雪深を評価した「多雪指数」を提案しているが、2013/2014冬季の多雪指数は最大の甲府で7.5、これに続いて前橋、熊谷が6.0を、秩父、飯田、河口湖、白河、軽井沢、松本が3.0を超える値を示した。多雪指数は平均からのずれが標準偏差と

同じなら1になるよう定義してあるから、これらの地点での積雪深は並外れて極端に多かったことがわかる。この原因となった2回の南岸低気圧による降雪時の気象要素と降水の分布は、時間とともにどのように変化し、その地域による違いはどのようなものであったのだろうか。本報告ではその特徴について時間を追って記述し、災害発生要因に関する資料としたい。

2. データ

解析には気象庁の地上気象観測データの気温、風向、風速、積雪深と全国合成レーダーの降水強度値

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

を使用した。地上気象観測データは、気象庁 Web サイトから特別速報値を入手した。そのため、着雪欠測が無風と記録されている可能性がある。また、捕捉損失補正(横山ら, 2003; 中井・横山, 2009)は行っていない。レーダー降水強度データは気象庁全国合成レーダー(10分間隔)を使用した。このデータは、空間分解能約1 km であり、時間分解能以外は気象庁 Web サイトの『レーダーナウキャスト』(気象庁観測部, 2004; 杉浦ら, 2005; 木川, 2012)と同等であり、圧縮処理がなされている。このデータについてデコード、切り出し処理(中井・熊倉; 2007)を行ったのち、対流性降水のセル群相当が分解できかつそれより細かい変動を落とすため、約6 km 四方相当の移動平均による平滑化を行った。

3. 解析結果

2月8-9日の事例を case 08, 14-15日の事例を case 14 と略称する。

3.1 case 08

3.1.1 関東甲信地方

(1) 地上気象要素の変化

8日1時から4時(図1左)にかけて、甲信地方に弱い一様な降水が始まると同時に、甲府盆地内の気温が正から負に変化した。盆地内の風はほぼ無風もしくは東南東風であった。関東平野西部では降水が始まっておらず、弱風で気温は正から負に変化した。8日5時から9時にかけて、甲信地方では零下かつ無風の状態で降水が徐々に強まった。関東平野中西部では零下かつ弱い北北東～北北西風の状態で弱い降水が続いた。8日10時から16時にかけて(図1中)、甲信地方では零下かつ東南東風の状態で強い降水がもたらされた。関東平野でも降水がやや強まった。気温は零下であり、強い北風が東京湾や相模灘に吹き出していた。

8日17時から20時にかけて(図1右)甲信地方の降水は弱まり、盆地周辺部に残った。気温は零下かつ風はほぼ無風であった。関東平野では西縁に強めの降水があり、相対的に温かい北北西風に伴い気温が負から正に上昇した。8日21時から9日2時にかけて、甲信地方の気温は負でほぼ無風、降水は一部に残るのみとなった。関東平野でも降水は弱まり山地に残るのみとなった。関東平野西縁では気温が周囲より高い北西風が見られた。9日3時以降、甲信

地方の降水は終了し、気温は負でほぼ無風であった。関東平野においても前述の相対的に暖かい北西風がなくなり、福島県中通りからの北風が見られるようになった。9日8時以降、甲府盆地の気温は負から正に上昇し、関東平野の平地では気温は正であった。

(2) レーダー降水分布の変化

7日午後から比較的一様な広い降水域が北東進して接近し、南アルプスや秩父山塊を越えて甲府盆地や関東平野に進入した。甲信地方は8日0時以降に、関東平野は2時から3時にかけて全体が弱いレーダー降水域に覆われた(図2左)。甲府盆地では地上降水とレーダー降水の開始時刻にあまり差がなかったが、関東地方では2時間程度地上降水(0.5 mm以上)の開始が遅かった。8日5時以降、甲信地方では南西方向から比較的強い降水域が入ったが、関東平野では弱い断片的な降水域が見られるに留まった。8日10時から16時にかけても(図2中)、甲信地方では引き続き南西方向から強い降水域が連続して入った。関東平野の降水強度は西部で強く、中部で弱かった。

8日17時から20時にかけて、降水域は甲信地方から抜けて関東平野を北東進した(図2右)。その後9日2時にかけて、甲信地方及び関東平野では北東進のち南東進する弱い降水域が見られた。このとき風上側にあたる甲信地方の降水域が切れ切れになる一方、関東平野西縁では気温の上昇や相対的に高温な北北西風、すなわち山から平地に向かう温かい風が観測された。このことから、1) 関東平野西縁では弱いフェーン現象が起きていた、2) 甲信地方にある程度の降水がある間は降水粒子の蒸発がフェーンによる昇温を抑えていた、という仮説が考えられる。9日3時以降、関東甲信地方の降水域はほぼ見られなくなった。

3.1.2 東北地方南部

(1) 地上気象要素の変化

8日1時から4時にかけては降水前で、気温は零下であった。8日5時から9時にかけて、一様な弱い降水が福島県まで北上し、日本海側、太平洋側とも沿岸部では陸風が見られ、気温は零下であった。8日10時から16時にかけて(図3左)一様な弱い降水が山形県最上まで北上した。日本海側、太平洋側の沿岸部で陸風、気温が零下のまま変化がなかった。

8日17時から20時にかけて(図3中)山沿いと福

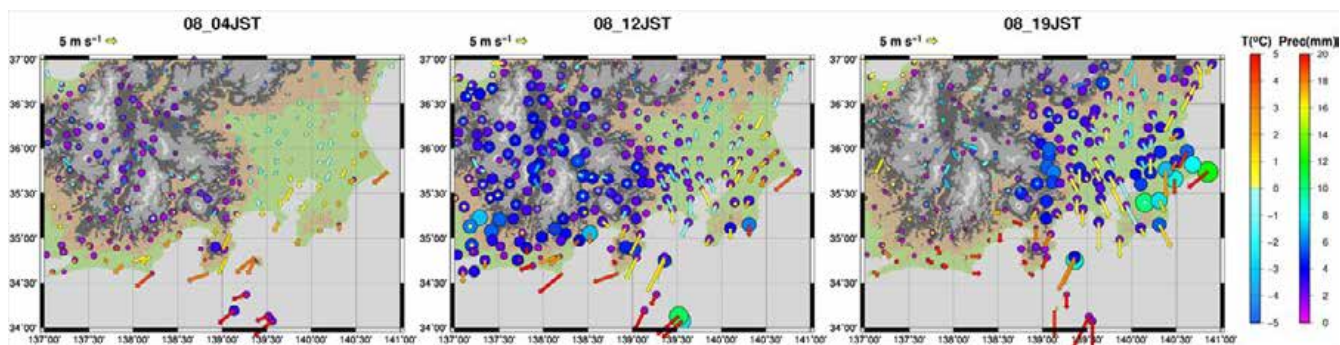


図1 case 08 の関東甲信地方の風向風速(矢印), 気温(矢印の色)及び降水量(●の色および大きさ)の分布. 日と時刻は各分布図の上を示す(JSTは日本標準時). 風について, 静穏(風力階級0, 0.3 ms^{-1} 未満)は◇で表す.

Fig. 1 Hourly precipitation (mm, ●), temperature ($^{\circ}\text{C}$, color of arrow), and wind arrows for the Kanto-Koshin district in the case 08. Calm ($< 0.3 \text{ ms}^{-1}$) is shown by ◇. The day in February and time are shown at the top of each panel.

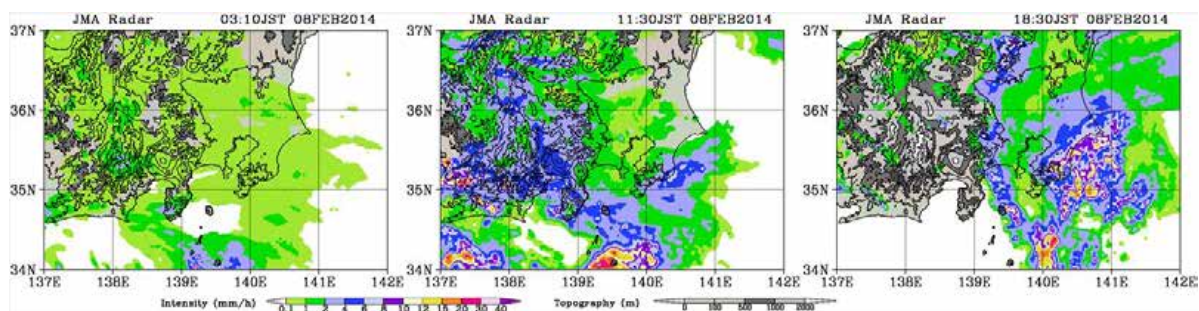


図2 case 08 の関東甲信地方のレーダー降水強度分布. 年月日と時刻を各分布図の右上に示す. 降水強度 (mm hour^{-1}) をカラーで表す. 等値線は標高を表す. なお, 降水のない場所は標高をカラーで表示している.

Fig. 2 Radar precipitation intensity (mm hour^{-1}) for the Kanto-Koshin district in the case 08. Areas with no precipitation show topography. The date and time are shown at the top of each panel.

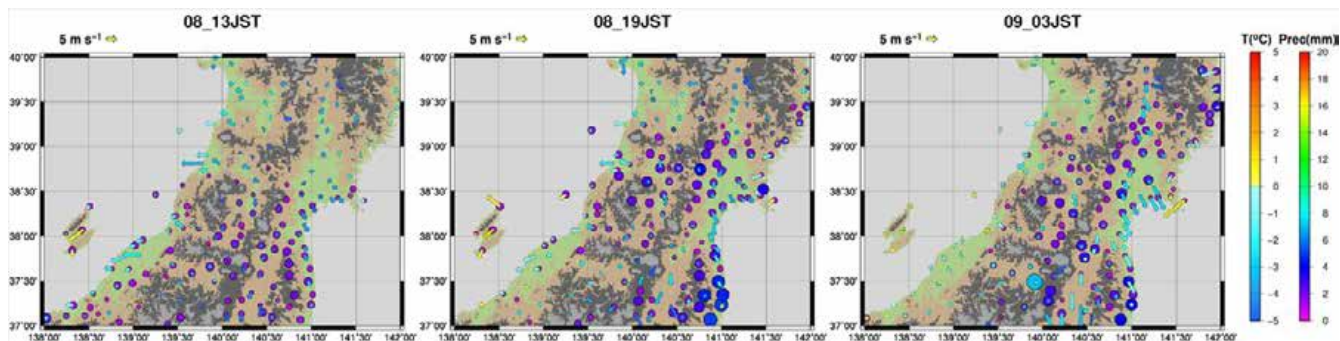


図3 図1に同じ, ただし東北地方南部

Fig. 3 Same as Fig. 1, except for the southern Tohoku district.

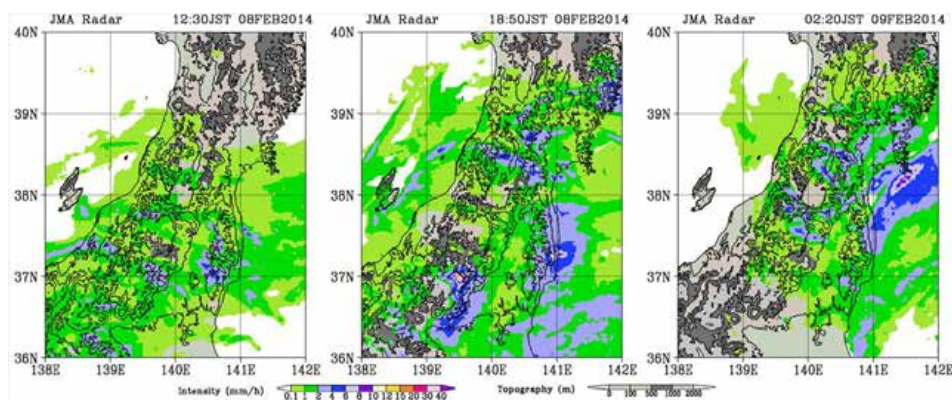


図4 図2に同じ, ただし東北地方南部

Fig. 4 Same as Fig. 2, except for southern Tohoku district.

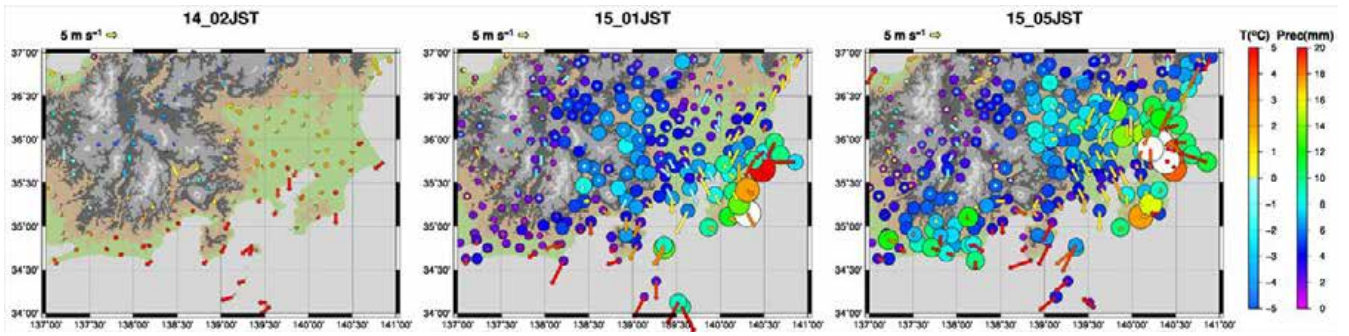


図5 図1に同じ, ただし case 14
 Fig. 5 Same as Fig. 1, except for the case 14.

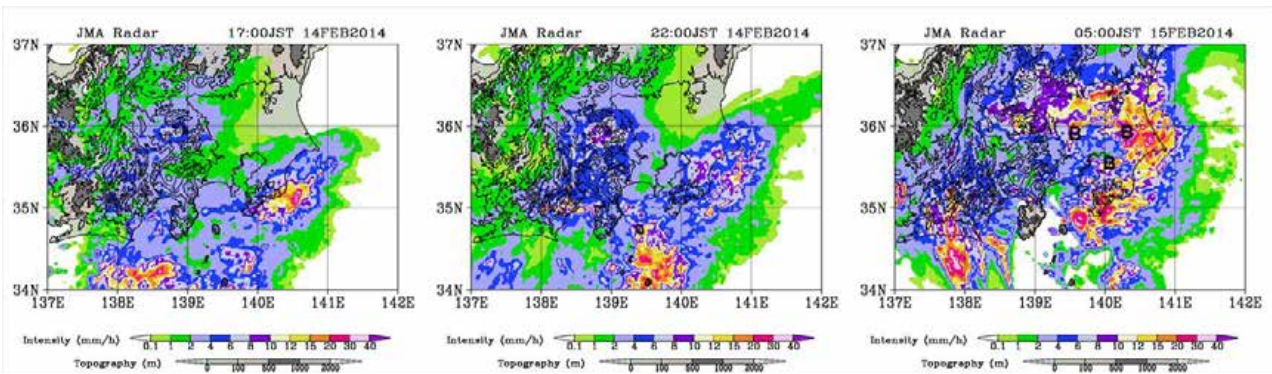


図6 図2に同じ, ただし case 14
 Fig. 6 Same as Fig. 2, except for case 14.

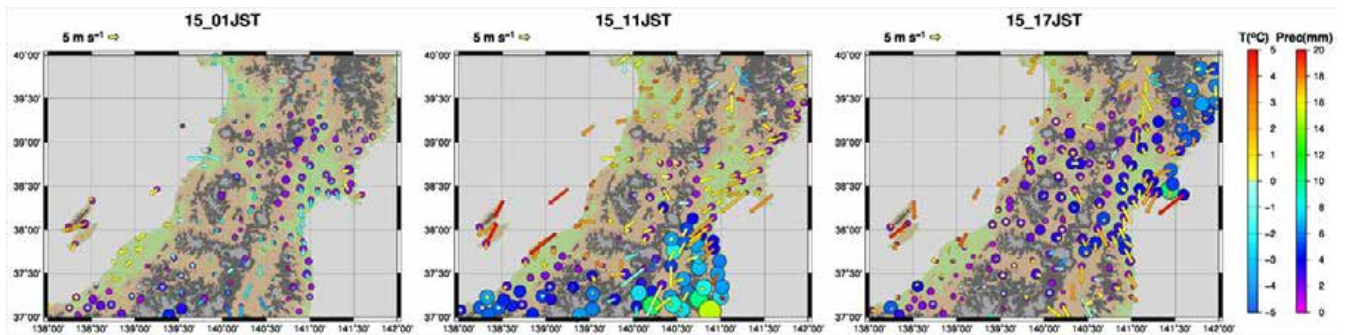


図7 図5に同じ, ただし東北地方南部
 Fig. 7 Same as Fig. 5, except for the southern Tohoku district.

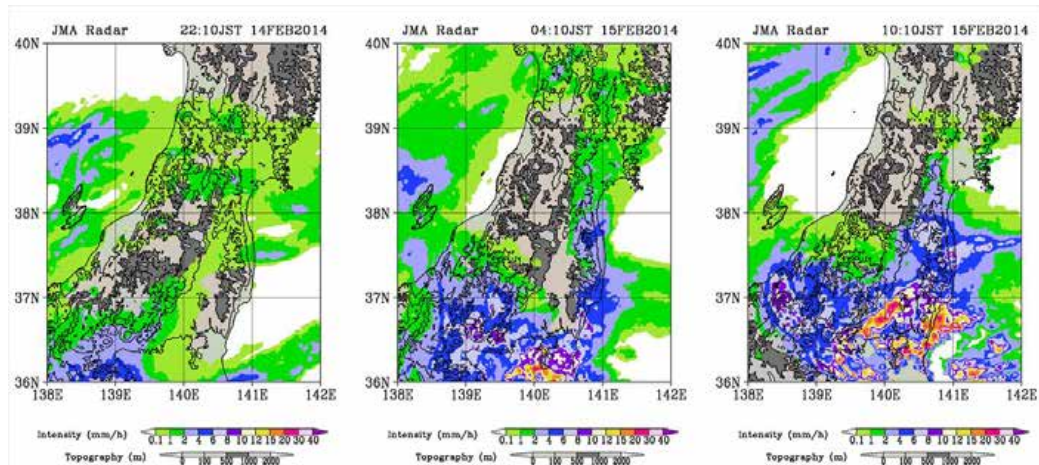


図8 図6に同じ, ただし東北地方南部
 Fig. 8 Same as Fig. 6, except for the southern Tohoku district.

島県浜通りを中心に降水がやや強まった。気温は上昇して0℃に近づいたが、沿岸部で日本海側、太平洋側とも陸風であることは変わりなかった。福島県中通りでは北風が強まった。8日21時から9日2時にかけて、太平洋側で風向が東北東～北北東で海上から吹く気温が正の温かい風と陸から吹き出す冷たい風が混在し、これらの中に収束があったと考えられる。山沿いでやや強い降水が見られたほか、福島県浜通りでも降水が強かった。9日3時から7時までの間(図3右)、局地的に強い降水が現れつつ全体には少しずつ降水が弱まり、気温は一部地点で正になった。宮城県江ノ島で東北東の温かく強い風が吹き続けており、海上の東成分を持つ風と陸風との収束は継続していたと思われる。日本海側は弱風であった。9日8時以降、降水は山地に残るのみとなり、気温は負から正に上昇した。

(2) レーダー降水分布の変化

東北地方南部の降水は8日5時ごろからで、9時にかけて弱い降水が福島県上空を南西-北東に移動した。その後8日10時から20時にかけて(図4左)不明瞭な構造を持つ降水域が北上して東北地方南部全域を覆った。17時以降(図4中)、福島県浜通り沖合でやや強い降水が見られた。8日21時から9日2時にかけてバンド構造(奥羽山脈上は走行が西北西-東南東、福島県浜通り沖は走行が南西-北東)を持つやや強い降水が北上し、9日3時以降はそのバンド構造が不明瞭になり走向が南南西-北北東に変化して消滅した。この過程で一時的に月山と福島県会津に停滞性の降水域が見られた(図4右)。9日8時以降、弱い降水域が東進して太平洋に抜けた。

3.2 case 14

3.2.1 関東甲信地方

(1) 地上気象要素の変化

降水開始前の14日2時においては、関東平野、甲府盆地ともに気温は正で、関東平野北部を除けば標高約500m以上の山地のみが零下であった(図5左)。14日6時では主として伊豆半島以西の海寄り地域と山岳において降水が記録された。甲府盆地内では降水は見られなかったが気温は零下へと低下しており、降雪粒子の蒸発による冷却が起こっていた可能性がある。風は一部の地点を除き弱かった(図5左)。この時点で関東平野の気温は+1～+2℃であり、降水は記録されていなかった。

14日8時頃から関東平野でも降水が始まったが、気温は0℃付近にとどまった。甲信地方の降水は気温が零下の状態ですぐに強くなった。15日1時にかけて降水の強い状態が続き(図5中)、その間甲府盆地や周辺山岳地域では弱風で気温が零下のまま維持された一方、関東平野では気温は0度近くに保たれ、秩父に近い山沿い地域でも気温がプラスになることがあった。関東平野の風について、東京都から神奈川県にかけてと栃木、茨城、千葉県では北寄りの風が強かったが、埼玉県から群馬県にかけてと茨城、栃木県境付近では弱風から無風であり、強風についてはいくつかの独立した風系が存在した可能性がある(図5中)。この時間帯に静岡県平野部と愛知県東部の気温はプラスであり山沿いは弱風、海岸近くは風が強かった。

15日2時ごろが降水分布の中心が関東平野に移る境目の時刻であり、関東平野と山梨県の境界付近の降水量が最も多かった。

15日3時以降甲信地方の降水は弱まり、5時頃から気温が正となる地点が現れた。一方、関東平野では降水が強まり、11時頃まで継続した。この間、気温は0℃付近から緩やかに上昇し、10時ごろの関東平野中西部では約2～3℃の地点が多かった。これらの地点のうち群馬県から埼玉県西部にかけては風が弱く、福島県中通りの南側になる栃木県から埼玉県東部にかけては風が強かった(図5右)。このときの降雪については着雪によると考えられる林業被害などが報告されているが、着雪の強風型、弱風型、また着雪体の密度など、解析にあたっては風速の地域による差異を考慮する必要がある。また、この強風は常に北風もしくは北北東風であり、茨城県の大雨域で東から吹き込む風と収束する形になっていた。東京都から神奈川県にかけては北北西もしくは北西風で海に風が吹き出す形になっていた。すなわち、これらの風は低気圧暖域のある海上からではなく、気温の低い北側や内陸から吹き出していた。にもかかわらず日照のない時間に気温が上昇していた理由は、現在のところ不明である。3.1.1で指摘した弱いフェーンの可能性もあるが、今後の解析が必要である。

15日10時以降、降水域は急速に北上し、甲府盆地と静岡県及び愛知県東部では10時以降、関東平野では12時以降、降水が終了に向かった。

(2) レーダー降水分布の変化

レーダーによる上空の降水は14日3時ごろから関東甲信地方の上空に現れ、14日6時には甲府盆地上空から埼玉県、茨城県にかけての広い範囲が弱い降水域に覆われ、その後も降水は弱いまま降水域が広がった。この時期は地上降水が観測され始め、同時に気温が低下した段階にあたる。14日9時ごろから山梨県周辺の降水が強くなり、13時から19時にかけては強い降雪雲が富士山と南アルプスの間を通過して南-北の移動方向で山梨県に入り、山梨県北部で消滅していた(図6左)。19時以降、降雪雲の移動方向が南南東-北北西に変わり、山梨県と群馬・長野県境に強い降水域が停滞した(図6中)。15日1時以降は関東平野西部に強い降水域が現れ始め、動きが遅く、強度が強い降水域が関東平野上にあった(図6右)。15日3時以降、南岸海上にあった強い降水域が移動して上陸し、降水域全体が反時計回りに回転しながら北上した。15日12時には関東平野のほとんどで降水がなくなった。

3.2.2 東北地方南部

(1) 地上気象要素の変化

東北地方南部で降水が記録されたのは14日14時ごろからで、しばらくは零下での弱い降水が続いた(図7左)。15日2時頃から福島県の降水が強くなり始め、同時に浜通りから気温が正に転じるようになった。毎時10mmに達するような強い降水は主として15日9時から15時まで(福島県)もしくは19時まで(宮城県)であり(図7中、右)、この間の気温は奥羽山脈や会津地方近辺の標高500m以上の山岳を除いて全て正であった。福島県内や宮城、山形県境付近では降り始めが負の気温で、その後0~2°Cの強い降水が続いた。

風向、風速を見ると、零下での弱い降水は弱風が陸から吹き出す風の中でもたらされていた(図7左)。気温の負から正への変化は急激で、同時に北東~東北東の強い風が変わった点が特徴的であった(図7中)。ただし、福島県中通りでは14日19時ごろから 5ms^{-1} を越える北風が吹いていた。宮城県平野部と福島県中通りでは、零下の弱い降水から気温が正の強風が変わった後に降水のピークという、比較的共通な変化があった。しかし、宮城、山形県境付近と海岸付近を除く福島県では、気温と風速の組み合わせが地点毎にかなり異なる変化を示した。大

まかには、阿武隈山地では、零下で気温の低い状態から降水が強くなり始め、その後に気温が正に転じたが風速は弱いままの地点が多かった。中通りでは降水前から比較的強い北風が吹いており、気温の正への上昇と降水が強くなるのがほぼ同じタイミングであった。15日17時には北~北西風となる地点が多く見られた(図7右)。

(2) レーダー降水分布の変化

レーダー降水としては、まず空間的に非常に一様な降雪雲が北上した。その降雪雲は14日11時ごろ南から福島県に入り、ゆっくりと北上、また既存の降水域の後方(南側)に新しい降水域を形成し、14日22時ごろには主に山形県から宮城県にかけて広範囲の降雪をもたらした(図8左)。15日1時頃から福島県東方の海上で降水が強くなり始め、浜通りと会津には降水が見られたが中通りと山形県村山、置賜、新潟県下越には15日5時ごろまであまり降水がなかった(図8中)。15日7時ごろから強い降水域が北上し、既存の強い降水域の後方に新たな強い降水域の形成を繰り返し、おそらくはこのために北上する速度は遅く、12時ごろまで福島県を中心として強い降水が続いた(図8右)。13時から降雪雲の北上速度が速まり、15時以降の降水の中心は宮城県、山形県に移った。21時ごろから降水域の移動方向が逆転し、以後は日本海側から降雪雲が上陸するようになった。

4. まとめ：2事例の降水系と気象要素の特徴

関東甲信地方においてcase 08では降水系が南のち南南東方向から甲府盆地に入ったのに対して、case 14では南西方向から南アルプスを含む高い山岳を越えて甲府盆地に入った。加えてcase 14は降水時間が非常に長いのが特徴であった。地上気温については、甲府盆地ではcase 08、case 14ともに降水時間中ほぼ零下であったが、関東平野においてはcase 08では降水後、case 14では降水から正の気温への上昇が見られた。この点は、降雪については乾雪、湿雪、また降雪粒子の密度の差異に関係し、雪氷災害の起こり方にも差異をもたらす要因と考えられる。関東平野の昇温は日射のない夜間に熱源のない内陸から吹き出す形で起こっており、上空の相対的に高温位の気塊が下りてきた可能性がある。これについては数値モデルを用いた解析が必要であ

る。一方、case 14に関連して原(2014)が降水粒子の蒸発による冷却と、その冷気塊の移流による気温の低下プロセスを指摘している。南岸低気圧による太平洋側の降水が気温0℃付近でもたらされた場合、これらの、加熱、冷却としてはあまり強くないプロセスが気温の正負に影響し、降雪粒子や雪氷災害の様相を変える可能性がある。大気下層と地表面(雪面)で起こる現象について定量的な評価を行うこと、予測の高度化と観測実況把握の充実が必要と考えられる。

東北地方南部においては、南岸低気圧の最接近前に弱い降雪が広くもたらされたのがcase 08, case 14に共通する特徴である。特にcase 14では非常に一様な層状の降雪であり、これらの降雪が積雪の弱層の形成につながったと推定される。このような降雪の後、低気圧の最接近に伴いまとまった降雪となるため上載荷重も増えやすい点にも注意を払うべきであろう。また、case 08, case 14とも特に太平洋側海岸付近で気温傾度や風の水平シアが大きく、弱風から強風への変化、また降雪特性が短い距離で大きく変化することも考えられる。雪氷災害の調査解析においては、このような降雪状況の多様性に特に注意が必要と考えられる。

謝辞

作図にはThe Generic Mapping Tools (GMT)及びThe Grid Analysis and Display System (GrADS)を使用しました。

参考文献

- 1) 原 旅人 (2014) : 南岸低気圧による関東での降雪の現業数値予報モデルによる予測可能性と

モデルの気温時間変化率から見た降雪に至る気温低下のプロセスの解析(2013年1月14日の関東での大雪事例を中心に)。ワークショップ『降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第13回)』, 2014年11月6日-7日, 長岡, 7-8. (http://yukibousai.bosai.go.jp/others-files/KouWS_FY2014Nagaoka/13thFY2014_Abstract.pdf 2015.1.3)

- 2) 木川誠一郎(2012) : 降水ノウキャストの改善。平成23年度予報技術研修テキスト, 量的予報技術資料第17号, 気象庁予報部(編), 40-58.
- 3) 気象庁観測部(2004) : 配信資料に関する技術情報(気象編)第162号。～1kmメッシュ全国合成レーダーGPVの提供等について～, 31pp.
- 4) 中井専人・熊倉俊郎(2007) : 平成18年豪雪における降雪分布の特徴 : 10分間隔3ヶ月間のレーダーデータ解析。雪氷, **69**, 31-43.
- 5) 中井専人・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.
- 6) 中井専人(2015) : “多雪指数”を用いた全国が多雪・少雪の年々変動と分布。天気, **62**, 187-199.
- 7) 杉浦伊織・國次雅司・辻村 豊・牧原康隆(2005) : 気象庁降水ノウキャストの概要。日本気象学会2005年度春季大会予稿集, 208.
- 8) 横山宏太郎・大野宏之・小南靖弘・井上 聡・川方俊和(2003) : 冬期における降水量計の捕捉特性。雪氷, **65**, 303-316.

(2015年9月28日原稿受付,
2015年10月7日改稿受付,
2015年10月7日原稿受理)

要 旨

2014年2月8日から9日、及び2月14日から15日にかけての南岸低気圧による関東甲信地方から東北地方南部の大雪について、気象要素と降水分布の変化を解析し、その変化の主たる特徴を要約した。甲府盆地ではほとんどが弱風かつ零下での降雪であったのに対して、関東平野ではいくつかの風系が形成されていたこと、降水中または降水後に負の気温から正の気温まで上昇したことが特徴であった。東北地方南部太平洋側においては、0℃をまたぐ気温変化と風の分布について一様性がともに低く、寒冷な陸風と海上の低気圧からの暖気流との間に強い気温傾度と風のシアーが形成されたと考えられる。レーダー降水分布では、降雪雲の動きや降水時間が2事例で全く異なっていたこと(関東甲信地方)、地上降水の前に上空の降水が広がったこと(関東甲信地方、東北地方南部)、降水の最初に弱い層状の降水がもたらされていたこと(東北地方南部)が特徴的であった。地上気象要素の多様性から、積雪や災害についてある地点の調査結果を他地点に当てはめるには慎重さを要すると考えられる。

キーワード：南岸低気圧、降雪分布、気象要素、レーダー