

新潟県中越地方における冬期間の気温と風の時刻依存性の検討

高野 哲 夫*

要 旨

新潟県平野部における降雪の原因としては、北西季節風と陸風（陸から海へ向かう風）による収束や気温低下の影響が指摘されており、特に未明～朝の時間帯で降雪しやすい。

本研究では、この時刻依存性の要因について、新潟県中越地方におけるアメダスの風と気温の特別値の分析を行い、特に陸風に相当する南風成分に着目して検討した。

この結果、沿岸部を中心に夜遅く～朝の時間帯で陸風に相当する風向が出現しやすい傾向が確認された。過去6年間の統計データから、悪天が多く日射が弱い冬期の新潟県中越地方でも、海陸風／山谷風のように、気温の日変化に対応する風の日変化が存在することを示すことが出来た。

1. はじめに

東北・北陸の日本海側の冬期の豪雪は生活に大きな影響をもたらすため、地域の住民や行政・産業界にとって雪の情報に対する関心は非常に高い。

毎年12月を迎えると、地方自治体毎に除雪本部が設置される。一例を挙げると、新潟県長岡市では冬の間は毎日、翌朝までの降雪予報を基に夜間の除雪体制を計画・遂行している。16時の時点で翌朝までに基準値を超える降雪が予想される場合、実施業者に対して除雪要員の待機を要請し、翌03時までに除雪車出動の要否を決定する。除雪車による除雪作業は、通勤ラッシュ前の07時までの作業完了を目標に取り組んでいる（長岡市 2013）。

その一方で、長岡市を含む新潟県平野部では特に早朝から朝の時間帯（03～09時）に降雪が発生しやすく、その原因として季節風と陸から海へ向かう風（以下、「陸風」と表記）の収束や気温低下の影響と考えられる事が高田（2004）によって指摘されている。筆

者もまた、先の調査ノート（高野 2013）において、長岡市を含む新潟県中越地方における過去6シーズンの時間帯と降雪量の関係について分析・比較を試み、特に除雪作業を行う早朝の時間帯（03～06時）にまとまった降雪のタイミングが重なりやすい傾向の存在を指摘した。

これらの指摘から、新潟県平野部の降雪について、未明～朝の時間帯で特に発生しやすいという、ある種の時刻依存性が見られる。本研究ではこの要因についてアプローチする。

北陸地方では冬の雪の降り方に「山雪」と「里雪」の2つのタイプがある。特に平野部に大雪をもたらす里雪となる場合、東北地方の日本海側で北寄りの風が卓越し、北陸の内陸部では弱い南風が吹いている。これらの気流がぶつかり合う線は北陸不連続線と呼ばれる（倉嶋 2002）。また、倉嶋（2002）では北陸内陸部の南風の成因について、①夜間に高山付近で生じる局地的高気圧からの冷氣流、②北西季節風が山脈に当たり斜面に沿って逆流したもの、③北西季節風が海岸に沿って吹き付ける時、地面摩擦の増大と内陸部の放射冷却によって海岸線に沿って収束線が出来、それに向かって内陸部から南風が吹き込むことが紹介されている。

* 株式会社 SnowCast. takano@snowcast-web.com
—2013年9月9日受領—
—2014年4月18日受理—

筆者は高野（2009）で構築した3次元熱流体数値モデルを新潟県の地形に適用し、冬の季節風の風向とそれに付随するフルード数を変化させて理想実験を行った。この結果、フルード数の低い（季節風が弱い）状態では収束線は沿岸付近で明瞭となる一方、フルード数が高まる（季節風が強まる）につれて内陸側にシフトする傾向を再現した（高野 2011）。

これは倉嶋（2002）で挙げられた「②北西季節風が山脈に当たり斜面に沿って逆流する」メカニズムを理論的に確認したものと言える。しかし、この理論からのみでは先述の時刻依存性の要因について説明することが難しい。

以上の事に鑑み、本研究ではアメダスの風と気温の特別観測値の分析を行い、新潟県中越地方における冬の南風成分の時刻依存性の要因について考察した。

2. 使用する観測データ

本研究では高野（2013）に基づいて、第1図に示すアメダス（柏崎、長岡、入広瀬、小出、十日町、津南、湯沢）にて観測された2008～2013年の各1～2月の特別値の内、03時、06時、09時、12時、15時、18

時、21時、24時のデータを解析に使用した。以下、柏崎・長岡を沿岸部、入広瀬・小出・十日町を内陸部、津南・湯沢を山間部とグループ分けして呼ぶことにする。

風向・風速の観測値は、風速計の設置高度や観測所周辺の環境条件に依存するため、その使用には注意を要する。今回は、多数の特別値を基に全体的な傾向（北東、北西、南東、南西のどの象限が卓越しているか、さらに北風成分の風向と南風成分のどちらがより卓越しているか）を把握するものであり、この目的においては代表性を有していると考える。

3. 観測データの分析

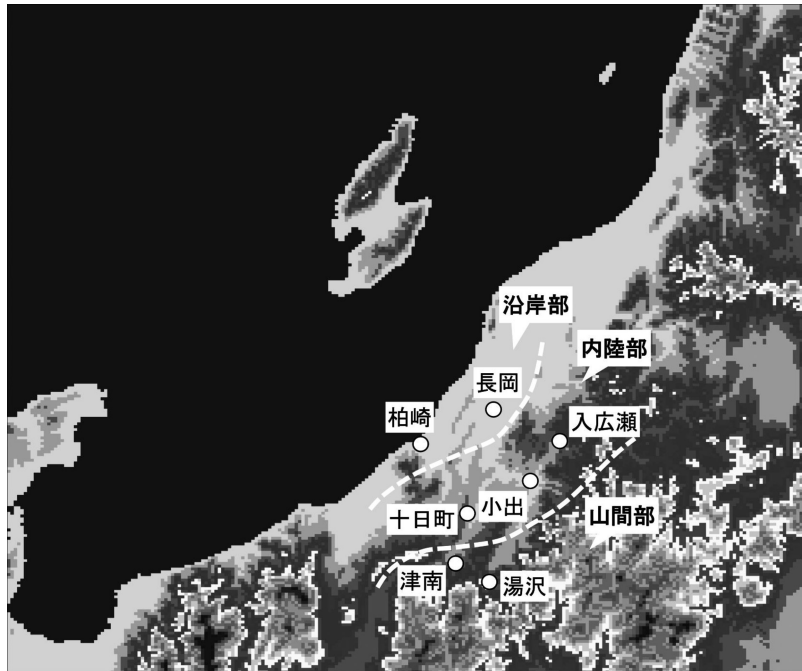
本研究では、以下の第2図から第5図にて地点別の風向および風速、気温およびその分布について各々の時刻との関係を示し、第6図および第7図では2地点間の気温差と南風成分の加速/減速の特性を示した。なお、時刻表記は全て日本標準時（JST）を用いた。

3.1 時刻と卓越風向の関係

第2図は、過去6シーズンを通しての03時および15時における風配図を地点別に示したものである。尚、

ここでは静穏（風速0.2 m/s以下）時のデータを解析の対象から外している。参考のため、地点・時刻毎のデータに占める静穏の場合の占める比率を静穏比率として、図中に示した。

沿岸部の柏崎（図中(a)）では03時における出現風向は南東象限の割合が概ね40%程度、北西象限の割合が概ね35%程度である一方、15時では北西象限の割合が概ね50%程度に達した。長岡では03時は南西象限の割合が概ね50%程度である一方、15時には明瞭な偏りが見られなかった（図は略）。従って、沿岸部では、夜遅く～朝の時間帯では陸から海に向かう風向が特に出現しやすい。



第1図 新潟県中越地方の降積雪アメダス観測位置。高野（2013）を基に作成（各アメダス局地点の標高は、柏崎：7 m、長岡：23 m、入広瀬：230 m、小出：98 m、十日町：170 m、湯沢：340 m、津南：452 m）。

内陸部の十日町 (図中 (b)) は03時では南寄りの風向の割合が概ね30%程度である一方、15時は北寄りおよび南寄りの風向の割合が共に概ね20%程度と偏り

が見られなかった。入広瀬では03時で北西象限の割合が概ね30%程度である一方、15時は概ね50%程度にまで達した (図は略)。

小出は全体的に静穏の割合が高く、特定の風向に偏りが見られなかった (図は略)。従って、内陸部では比較的静穏となりやすい。

山間部の湯沢 (図中 (c)) は03時には南東象限の割合が概ね45%程度、北西象限の割合が概ね30%程度である一方、15時の出現風向は北西象限の割合が約80%に達した。津南では03時には南西象限の割合が概ね45%程度である一方、15時は北西象限の割合が約30%、北東象限の割合が約25%に達した (図は略)。従って、山間部では、夜遅く～朝は陸から海に向かう風向が卓越しやすく、午後には海から陸に向かう風向が卓越しやすい。

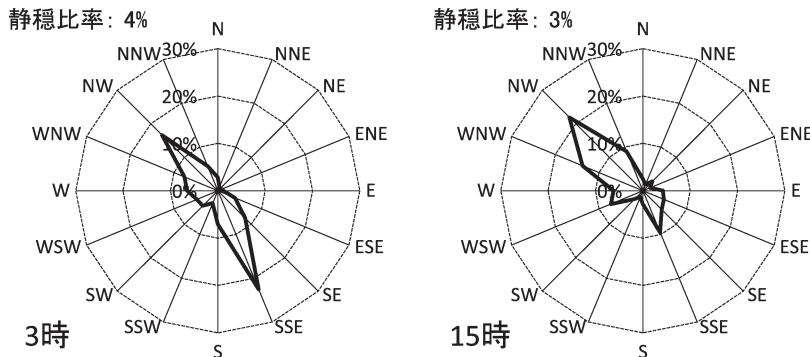
以上から、沿岸部と山間部では、夜間に南東象限 (陸から海へ) の風向が出現しやすい傾向が見られた。

3.2 時刻と風速の関係

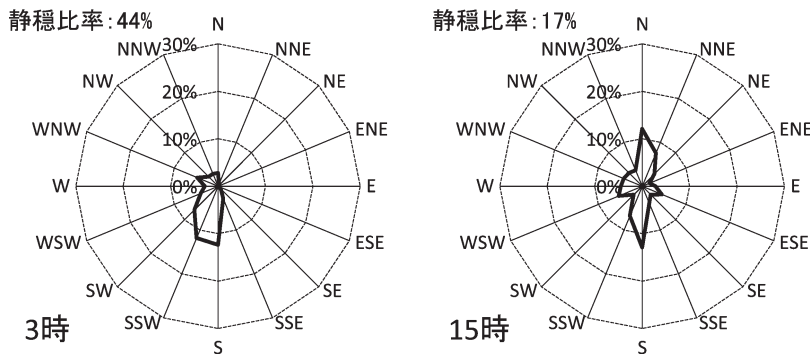
第3図は、沿岸部・内陸部・山間部のグループ毎に過去6シーズンを通しての03時、06時、09時、12時、15時、18時、21時、24時の各時刻における風速の出現比率を階級別に示したものである。

全体的に未明～朝の時間帯 (03時、06時、09時) と夕方～夜の時間帯 (18時、21時、24時) では風は比較的弱く、昼～午後の時間帯 (12時、15時) では比較的

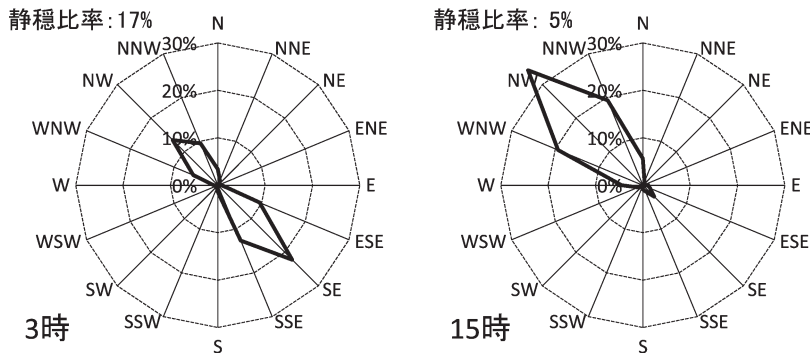
(a) 柏崎



(b) 十日町



(c) 湯沢



第2図 時刻と風向の関係。静穏 (風速0.2 m/s以下) 時のデータを解析の対象から外しているため、地点・時刻毎のデータに占める静穏の場合の占める比率を静穏比率として図中に示す。

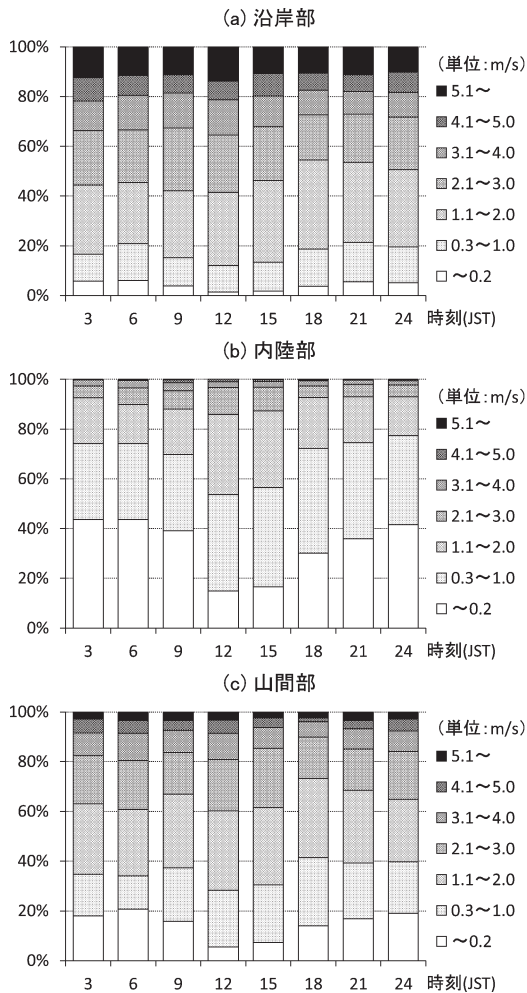
強まる傾向が見られた。以下、各地点における1.0 m/s以下(「 ~ 0.2 m/s」, 「 $0.3\sim 1.0$ m/s」) および 3.1 m/s以上(「 $3.1\sim 4.0$ m/s」, 「 $4.1\sim 5.0$ m/s」, 「 5.1 m/s \sim 」) の出現比率に着目した。

沿岸部では1.0 m/s以下の比率が全時間帯で12~21%である一方、3.1 m/s以上の比率が27~35%とやや高い水準であった。1.0 m/s以下の比率に着目すると、未明~朝および夕方~夜の時間帯では各々、15~21%、19~21%であるのに対し、昼~午後の時間帯では12~13%であった。沿岸部では比較的風速が大きい傾向にある。

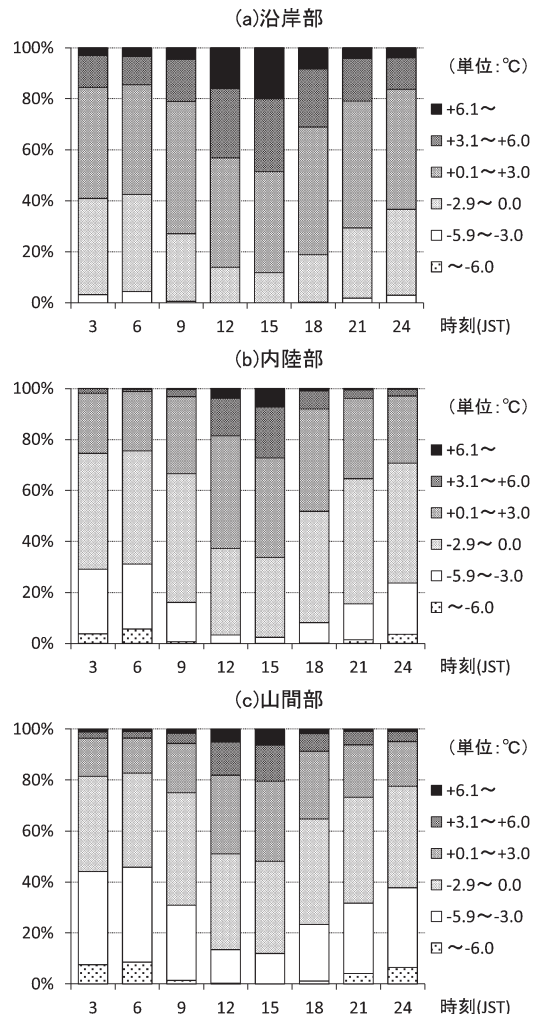
内陸部では1.0 m/s以下の比率が全時間帯で54~77%と非常に高い水準である一方、3.1 m/s以上

の比率は2~5%と非常に低い水準であった。1.0 m/s以下の比率に着目すると、未明~朝および夕方~夜の時間帯では各々、70~74%、72~77%であるのに対し、昼~午後の時間帯では54~57%であった。内陸部では一日を通して風速が小さい傾向にあり、特に夕方~夜および未明~朝では静穏状態の出現比率が高い。

山間部では1.0 m/s以下の比率が全時間帯で28~41%であり、3.1 m/s以上の比率も10~20%と低い水準であった。1.0 m/s以下の比率に着目すると、未明~朝および夕方~夜の時間帯では各々、34~37%、39~41%であるのに対し、昼~午後の時間帯では28~31%であった。



第3図 時刻と風速の関係。



第4図 時刻と気温の関係。

以上から、昼～午後の時間帯に比べて、夕方～夜および未明～朝の時間帯は風がより弱まりやすい傾向が見られた。

3.3 時刻と気温の関係

第4図は、沿岸部・内陸部・山間部のグループ毎に過去6シーズンを通しての03時、06時、09時、12時、15時、18時、21時、24時の各時刻における気温の出現比率を階級別に示したものである。

全体的に未明～朝の時間帯（03時、06時、09時）と夕方～夜の時間帯（18時、21時、24時）は気温が低く、昼～午後の時間帯（12時、15時）には気温が高い傾向が見られた。以下、各地点における $+3^{\circ}\text{C}$ 以上（「 $+3.1\sim+6.0^{\circ}\text{C}$ 」, 「 $+6.1^{\circ}\text{C}\sim$ 」）並びに -3°C 以下（「 $-5.9\sim-3.0^{\circ}\text{C}$ 」, 「 $\sim-6.0^{\circ}\text{C}$ 」）の出現比率に着目した。

沿岸部における $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の出現比率は昼～午後で43～49%、 -3°C 以下の出現比率は一日を通して0～4%であった。昼～午後の時間帯では $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の気温が出現しやすい一方、一日を通して -3°C 以下の気温は出現しにくい傾向にある。

内陸部における $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の出現比率は昼～午後で19～27%、 -3°C 以下の出現比率は未明～朝および夕方～夜で8～31%であった。昼～午後の時間帯では $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の気温が比較的出現しやすく、それ以外の時間帯では -3°C 以下の気温が比較的出現しやすい傾向にある。

山間部における $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の出現比率は昼～午後で18～20%、 -3°C 以下の出現比率は未明～朝および夕方～夜で23～46%であった。夕方～夜および未明～朝の時間帯では -3°C 以下の気温が出現しやすい傾向にある。

以上から、沿岸部では昼～午後での時間帯で $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の高温が出現しやすい一方、内陸部および山間部では、夕方～夜および未明～朝の時間帯では -3°C 以下の低温が出現しやすい傾向が確認できた。

3.4 時刻別平均気温の地域的特徴

第5図は、過去6シーズ

ンを通しての03時および15時に出現した気温の平均値の空間パターンを地図上に示したものである。ここでは、海面を基準とする各地点の標高に応じて、 6.5×10^{-3} [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$] の気温減率を用いて補正を加え、その空間平均（7地点平均）からの偏差を示した。

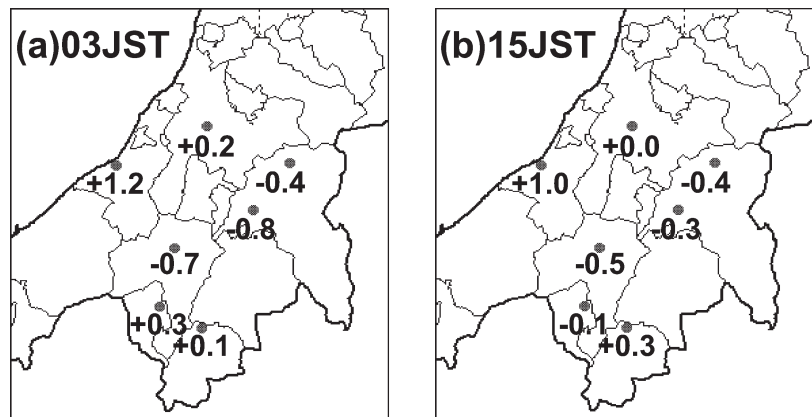
平均気温は沿岸部が最も高く、山間部がこれに続き、内陸部が最も低温となっている。このため、山間部の顕著な低温傾向は標高に起因し、内陸部の低温傾向は標高の他に寒気が停滞しやすいことに起因するものと推察される。

また、2地点間の気温差に注目すると、柏崎-十日町では03時で 1.9°C 、15時には 1.5°C であり、沿岸-内陸間の標高補正後の気温差は日中に極小、夜間に極大となる傾向が見られた。平野部における風の時刻依存性への寄与が考えられる。一方、十日町-湯沢では03時と15時で共に -0.8°C であり、日中と夜間の間で標高補正後の気温差が、平野部に比べて明瞭ではない。

3.5 2地点間の気温差と南風成分の加速/減速の関係

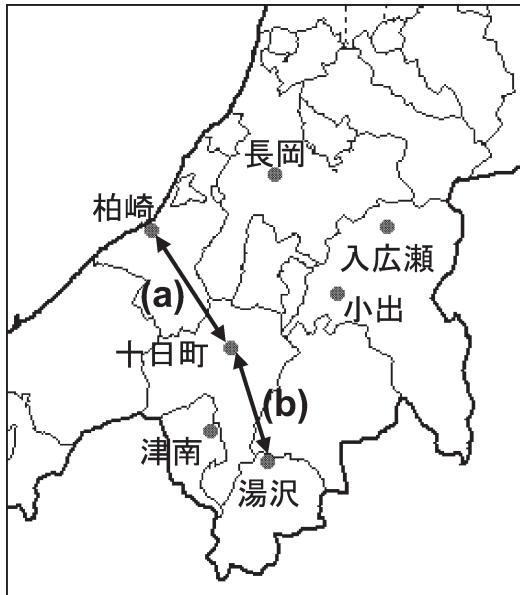
第6図に示す(a)柏崎-十日町および(b)十日町-湯沢の各区分における、2地点の気温差と南風成分の加速/減速の関係を第7図に示した。各区分における気温差は「(北側地点の気温) - (南側地点の気温)」で算出した。ここで、気温は前節3.4と同様に海面を基準とする各地点の標高に応じて、 6.5×10^{-3} [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$] の気温減率を用いて補正を加えたものを使用した。

また、同時刻における風速の南風成分 (V成分)

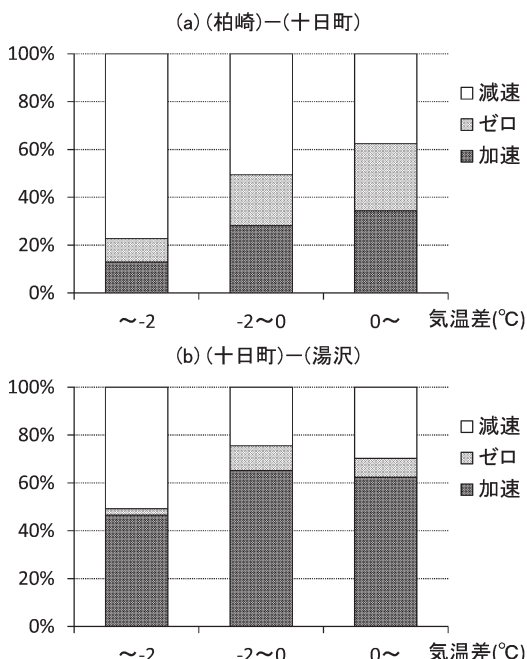


第5図 時刻別の各地点の平均気温の偏差（03時および15時）。海面を基準とする各地点の標高に応じて、 6.5×10^{-3} [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$] の気温減率を用いて補正を加え、空間平均（7地点平均）からの偏差を示している。

の差も同様に「(北側地点の南北成分) - (南側地点の南北成分)」で算出した。



第6図 気温差と南北成分の差の見る区間。



第7図 2地点間の気温差と南風成分の加速/減速の関係。

第7図において、2地点間の気温差は「 -2°C 」, 「 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ 」, 「 $0^{\circ}\text{C}\sim$ 」の3階級に分けた。この3階級は、基本的には昼夜の違い(昼間は陸側の気温が相対的に高い)を反映している。風速に関しては、南北成分の差が正の場合は2地点間で南風成分が「加速」され、負の場合は「減速」されるものとした。以下、各区間の気温差に応じて南風成分が加速される比率に着目した。

この結果、南風成分が加速される比率は、柏崎-十日町では、気温差が -2°C 以下の場合には13%、 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ では28%、 0°C 以上では34%であった。また、十日町-湯沢では、気温差が -2°C 以下の場合には47%、 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ では65%、 0°C 以上では62%であった。

従って、北側地点の気温が高いほど、または南側地点の気温が低いほど、南風成分の加速が大きい傾向が確認された。

4. 考察とまとめ

沿岸部・内陸部・山間部共に昼~午後の時間帯に比べて、夕方~夜および未明~朝の時間帯は風がより弱まりやすく、さらに内陸部および山間部では -3°C 以下の低温が出現しやすい。

また、北側地点の気温が高いほど、または南側地点の気温が低いほど、南風成分の加速が大きいため、沿岸部では夜間に南東象限(陸から海へ)の風向が出現しやすい傾向が見られた。

このような特性は、浅水流の山越え気流とは異なり、斜面下降流等の熱的局地風の影響である可能性も考えられる。

本報告では、過去6年間の統計データから、悪天が多く日射が弱い冬期の新潟県中越地方においても、海陸風や山谷風のように、気温の日変化に対応する風の日変化が存在することを示すことが出来た。

謝辞

本報告の原稿作成に当たり、担当編集委員の青柳暁典様、並びに2名の査読者より丁寧なアドバイスを頂きました。また、本研究を進めるに当たって、株式会社 SnowCast 代表取締役・杉浦 聡気象予報士より、多くの御支援を頂きました。

地上気象観測データは、気象庁・(一財)気象業務支援センターより公開・提供されたデータを使用しました。

以上、各関係者の皆様に心より感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- 倉嶋 厚, 2002: 大学テキスト 日本の気候. 古今書院, 220pp.
- 長岡市, 2013: 密着取材 暮らしを支える真夜中の除雪. ながおか市政だより, 2013.02.
- 高田伸一, 2004: 短時間大雪の面的監視・予測技術の開発. ワークショップ「降雪とレーダと数値モデルによる研究」, (独) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター, http://www.bosai.go.jp/seppyu/kenkyu_naiyou/conf_ws/kouws200403/Takada_Kousetsu_WS20040308.pdf (2013.4.17閲覧).
- 高野哲夫, 2009: 3次元熱流体数値モデルの独自開発—山形県置賜地方の冬季局地風への適用—. 天気, **56**, 471-476.
- 高野哲夫, 2011: 新潟県内における冬の季節風と陸風によるシアライン発生の数値実験. 日本気象学会2011年度春季大会講演予稿集, P338.
- 高野哲夫, 2013: 新潟県中越地方における降雪量と時間帯の関係 —除雪作業支援の観点から—. 天気, **60**, 591-596.

The Relationship between Local Wind, Temperature and Time in Chuetsu Area of Niigata Prefecture in Winter

Tetsuo TAKANO*

* *SnowCast Inc, Tonomachi 2-3-9-303, Nagaoka-shi, Niigata-ken, 940-0064, Japan.*
E-mail: takano@snowcast-web.com

(Received 9 September 2013; Accepted 18 April 2014)
