

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 —

高野 哲 夫*

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、豪雪に備え地方自治体毎に除雪本部が設置される。除雪本部では地域内に積雪センサー等を配備し、除雪作業を担う実施業者と共にその観測結果を常時監視している。翌朝までの降雪量が基準値を超えると予想される場合や、パトロールにより路面状況が悪く除雪が必要と判断される場合、各除雪本部から実施業者に対して除雪要員の待機や除雪車出動の要請を行う。これらの要請を行うか否かの判断に、気象庁や気象事業者の予報が利用されている。特に、降雪があったにも関わらず除雪車が出動しなかった、または除雪車の出動準備を整えたにも関わらず降雪が無かった、と言った「降雪現象の発生」と「除雪車の出動」のミスマッチを低減する事が大きな課題となっている。

除雪事情の一例を挙げると、筆者の居住する新潟県長岡市では、毎年12月1日～翌年3月31日まで、本庁および各支所毎に除雪本部を設置している。この期間中、除雪本部では毎日、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する。24時に路面状況のパトロールを開始し、その結果を基に3時までに除雪車出動の要否を決定し、必要と判断されれば除雪車が出動する。除雪車による除雪作業は、通勤ラッシュ前の7時までの作業完了を目標に取り組んでいる

(長岡市 2013)。

冬期間、一般に公開される降雪予報としては、例えば新潟地方気象台が「新潟県降雪量予報」(<http://www.jma-net.go.jp/niigata/yuki/yukijoho.pdf>)を08時と16時に発表している。08時発表では当日09時～翌日09時の24時間降雪量、16時発表では当日17時～翌日09時の16時間降雪量が予想されている。また、新潟県のホームページ上では「新潟県の雪情報」(<http://www.chiiki.pref.niigata.jp/yuki/>)が発表され、特に16時発表では当日15時～翌日09時の18時間降雪量が予想されている。筆者が所属する気象事業者もまた「特定向け予報」として、多くの除雪本部や除雪実施事業者を対象とした降雪予報サービスを提供している。

新潟県平野部では特に早朝の時間帯(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風の収束や気温低下の影響が考えられる事は、高田(2004)によって既に指摘されている。昨シーズン(2012年12月～2013年3月)は特に早朝の04～05時に降り始める事が多く、除雪作業が通勤ピークの時間帯に重なる事が多かった。このような場合は除雪作業を一時中断して渋滞が起きないように配慮する一方、除雪作業を進めないと積雪が交通の妨げとなり更なる渋滞を招く要因となる(長岡新聞 2013)。筆者もまた新潟県内の降雪予報に関する業務に関わっているが、昨シーズンは降雪の時間帯が後ろにシフトしているとの感触があった。

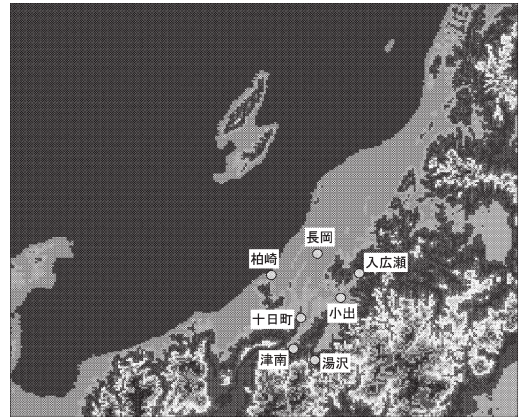
そこで本研究では、長岡市を含む新潟県中越地方における最近のシーズンの時間帯と降雪量の関係について分析・比較を試みた。本報告では、昨シーズンの特徴を明らかにすると共に、除雪作業の支援の観点から降雪予報への課題についても言及する。

* Tetsuo TAKANO, 株式会社 SnowCast.
takano@snowcast-web.com

© 2013 日本気象学会

2. 使用する観測データ

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月の時系列値（計8550件/地点）を使用し、「12～15時」「15～18時」「18～21時」「21～24時」「00～03時」「03～06時」「06～09時」「09～12時」の各時間帯毎に3時間降雪量を求め、その値が「1～4 cm/3h」および「5 cm/3h以上」となった件数を各々集計した。降雪量の計算は、ある正時に観測された積雪深 [cm] が1時間前に観測された積雪深 [cm] より大きい場合にこの差分（増加量）を1時間降雪量 [cm/h] として扱うものとした。

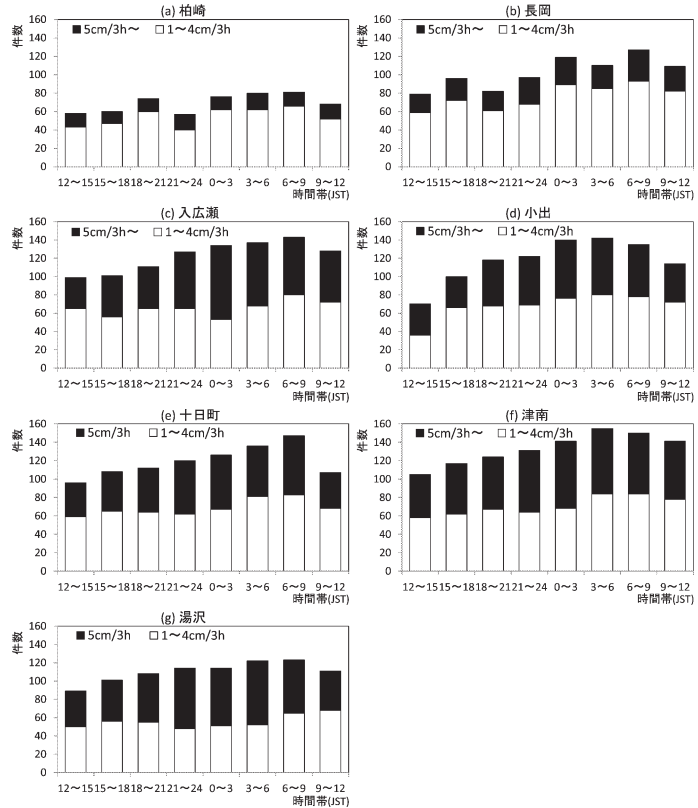


第1図 新潟県中越地方の降積雪アメダス観測位置。

また、今回使用した観測データにおいて、6地点で計77件の積雪深の欠測が存在した（長岡：1件、入広瀬：16件、小出：14件、十日町：5件、津南：16件、湯沢：25件）。ここで、例えば十日町の5件は実際には2013年2月22日07時～11時の5時間連続の欠測であるが、これは1件ではなく5件の欠測としてカウントしている。

欠測時の77件の降雪量については、1時間降水量 [mm/h] と欠測前後の積雪深の値から、欠測時間における降雪の有無を判断した。すなわち、時間降水量が0.0 mm/h、または欠測前後の積雪深の値から降雪は無かったと判断できる53件については、この間の1時間降雪量を0 [cm/h] として計上した。一方、時間降水量が0.0 mm/hを超える、または欠測前後の積雪深の値から何らかの降雪があったと判断できる24件については古市ほか（2010）に従って、気温の観測値 T [°C] を基に下記のロジスティック関数より雪水比 $r(t)$ [cm/mm] を推定し、これに時間降水量 [mm/h] を乗じた値を時間降雪量 [cm/h] として代用した。このロジスティック関数については別途、付録にて述べる。

$$r(T) = \frac{a}{1 + \exp\{b(T+c)\}} \tag{1}$$



第2図 時間帯と降雪量の発生件数の関係。白の部分は1～4 cm/3h、黒の部分は5 cm/3h以上の件数を表す。両者を合わせた棒グラフ全体の高さが1 cm/3h以上の件数全体を表す。

ここで係数の値は、 $a=1.74$ 、 $b=1.93$ 、 $c=-0.42$ を適用した。

3. 観測データの分析

3.1 時間帯と降雪量の発生件数の関係 (第2図)

第2図は、過去6シーズンを通しての、3時間降雪量が1 cm以上となる降雪が発生した件数を時間帯別に示したものである。

ここで、「3時間降雪量が1 cm以上」とは、「3時間降雪量1~4 cm」および「3時間降雪量が5 cm以上」の件数を合計したもので、これらの降雪が発生した件数全体を指す。また、各年共に1~2月のみを分析の対象としており、例えば「2013年」について言及した場合、これは「2013年1~2月」のシーズンを意味する。尚、これらの表記は以下も同様である。

柏崎では概ねフラットの傾向であるが、その他の地点では昼から夜間にかけて増加し、概ね00~09時の間

でピークとなる傾向が見られる。これは高田(2004)の指摘とも概ね符合する。

また、3時間降雪量が5 cm以上となる比率に着目すると、柏崎・長岡では概ね20~30%台と比較的低い水準にある一方、入広瀬・小出・十日町では概ね40~50%台とやや高く、津南・湯沢では概ね50~60%台と比較的高い水準にある。この比率は海側の平野部に比べて山沿いの地域で大きく、また夜遅くから早朝にかけての21~06時の間に特に大きい事から、この時間帯ではまとまった降雪となりやすいと考えられる。

以上の事に鑑み、「00~03時(除雪前)」、「03~06時(除雪中)」、「06~09時(除雪後)」の3つの時間帯に注目し、これらの時間帯の降雪量の年次変化について検討する。

3.2 00~03時の降雪量の年次変化 (第3図)

第3図は、未明の時間帯「00~03時」において3時間降雪量が1 cm以上の降雪件数の年次変化を示したものである。これは除雪本部がパトロールを行い、除雪車の出動の要否を判断する時間帯に相当する。

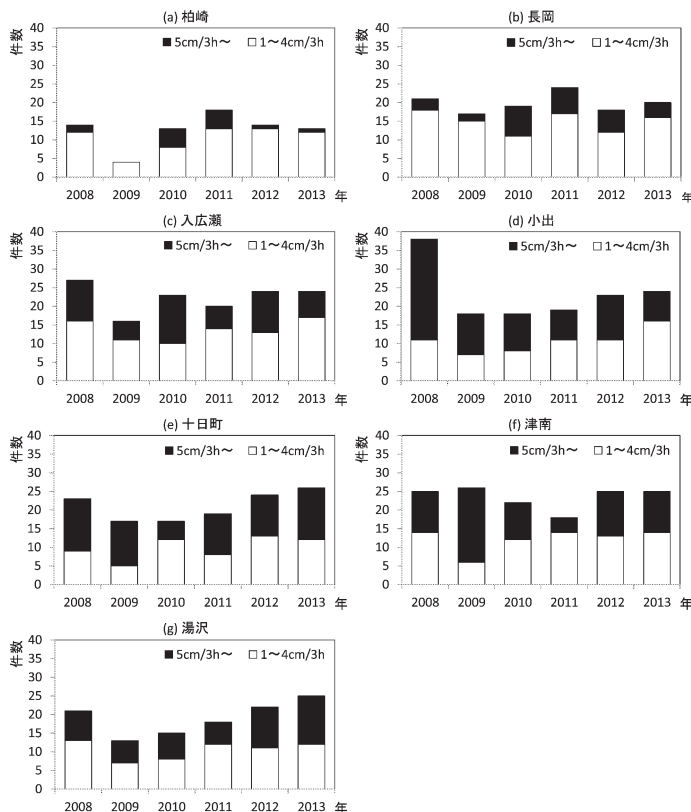
全体の降雪件数を見ると、柏崎・長岡では、2011年はやや多いものの概ねフラットの傾向であり、入広瀬・津南もまた概ねフラットの傾向である。その一方で、小出・十日町・湯沢では、2009年から2013年にかけて緩やかな増加傾向にある。

3時間降雪量が5 cm以上となる比率に着目すると、十日町・津南・湯沢では2012~2013年の比率が、その前の2010~2011年に比べて大きくなっている。

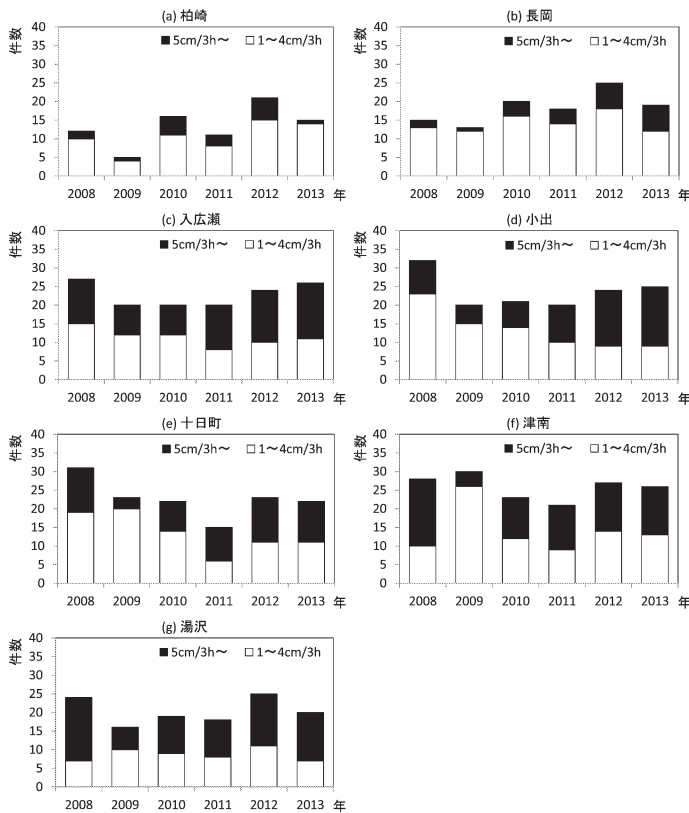
3.3 03~06時の降雪量の年次変化 (第4図)

第4図は、早朝の時間帯「03~06時」において3時間降雪量が1 cm以上の降雪件数の年次変化を示したものである。これは除雪車が出動し、除雪作業を行う時間帯に相当する。

全体的な降雪件数を見ると、柏崎・長岡は概ね年を追って緩やかな増加傾向にあり、2012年の件数が特に多く、その次に2010年と2013年が続



第3図 00~03時の降雪量の年次変化。白の部分は1~4 cm/3 h、黒の部分は5 cm/3 h以上の件数を表す。両者を合わせた棒グラフ全体の高さが1 cm/3 h以上の件数全体を表す。



第4図 03～06時の降雪量の年次変化。白の部分は1～4cm/3h、黒の部分は5cm/3h以上の件数を表す。両者を合わせた棒グラフ全体の高さが1cm/3h以上の件数全体を表す。

いている。入広瀬・小出は、2009～2011年は概ねフラットな傾向であるが、以降は緩やかな増加傾向にある。十日町・津南・湯沢は、年毎の上下変動は見られるが、特に年を追っての増加・減少の傾向は見られない。

3時間降雪量が5cm以上となる比率に着目すると、柏崎は2010～2012年の比率が概ね30%台と特に高い水準にあるが、2013年の比率は10%未満と低い水準になっている。長岡は2011年まで概ね10～20%台の水準であったが、2012～2013年では概ね30～20%程度の水準にまで増加している。入広瀬・小出・十日町では2008～2010年では概ね20～40%台の水準であったが、2012～2013年では概ね50～60%台の水準にまで増加している。これらの一方で、津南・湯沢は概ね50～60%台で安定している。

3.4 06～09時の降雪量の年次変化（第5図）

第5図は、朝の時間帯「06～09時」において3時間

降雪量が1cm以上の降雪件数の年次変化を示したものである。これは除雪作業が概ね完了した後の通勤ラッシュの時間帯に相当する。

全体的な件数を見ると、柏崎・長岡は2008～2011年に比べて2012～2013年の件数が多く、入広瀬・小出も2009～2010年に比べて2011～2013年の件数が多い。十日町・湯沢では2009～2013年にかけて年を追って緩やかな増加傾向が見られる。一方、津南では2009～2011年にかけて緩やかな減少を見せたが、2012～2013年で件数が増加している。

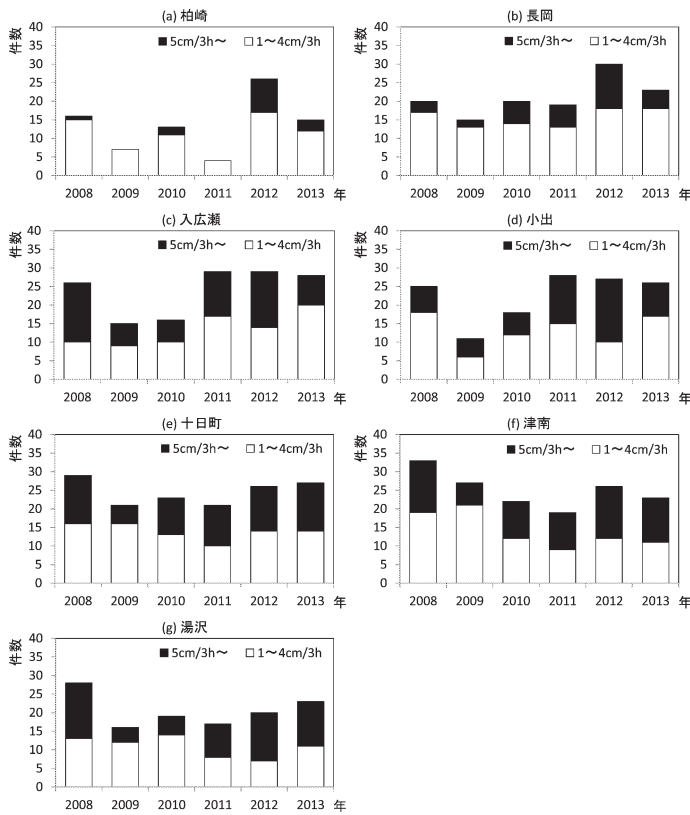
また、3時間降雪量が5cm以上となる比率に着目すると、各地点共に年次変動が大きいが2009～2011年に比べて、2012～2013年の比率が高めの傾向が見られる。

柏崎は2008～2011年では20%未満であったのに対し、2012～2013年は概ね20～30%台となった。長岡では2008～2009年は概ね15%前後、2010～2011年は概ね30%台、2012年は40%、2013年は22%となっている。

入広瀬は2009～2011年は概ね40%前後で経過し、2012年に52%に上昇した後、2013年には29%に低下した。小出は2008～2010年は概ね30～40%台であったが、2011～2012年には概ね50～60%台に上昇し、2013年には再び35%に低下した。十日町は概ね40～50%台、津南は概ね50%台で推移している。湯沢は概ね50～60%台で推移しているが、2009～2010年には一時的に概ね20%台に低下した。

3.5 まとめ

3時間降雪量が1cm以上の降雪件数に関しては、柏崎・長岡・入広瀬は早朝～朝（03～09時）、小出は未明～朝（00～09時）の時間帯で、それぞれ年を追って緩やかな増加傾向が見られた。また、十日町・津南・湯沢は未明（00～03時）および朝（06～09時）の時間帯で年を追って緩やかな増加傾向が見られるが、早朝（03～06時）の時間帯は年毎の変動が大きく、特に年を追っての増加もしくは減少の明瞭な傾向は見られなかった。



第5図 06～09時の降雪量の年次変化。白の部分は1～4cm/3h、黒の部分は5cm/3h以上の件数を表す。両者を合わせた棒グラフ全体の高さが1cm/3h以上の件数全体を表す。

3時間降雪量が5cm以上となる比率に関しては、柏崎・長岡・入広瀬・小出は早朝～朝(03～09時)の時間帯で年を追って緩やかな増加傾向が見られた。十日町・津南・湯沢では未明(00～03時)および朝(06～09時)の時間帯では同様の増加傾向が見られる一方、早朝(03～06時)の時間帯は比較的安定していた。

続いて、昨シーズン(2013年)の特徴について考察する。

柏崎・長岡の3時間降雪量が1cm以上の降雪件数は、未明(00～03時)は前年とほぼ同等であるが、早朝～朝(03～09時)では前年に比べて少なかった。それでも過去8シーズンの中では比較的多い水準である。さらに3時間降雪量が5cm以上となる比率に着目すると、長岡では早朝(03～06時)の比率が前年よりも大きく、この時間帯では特にまとまった降雪が発生しやすかった事が窺える。このため、先述のように

除雪作業が通勤ピークの時間帯に重なることが多かったものと考えられる。

その他5地点の3時間降雪量が1cm以上の降雪件数は、未明～朝(00～09時)まで概ね前年とほぼ同等であり、過去8シーズンの中でも比較的多い水準であった。さらに3時間降雪量が5cm以上となる比率も高い水準を維持しており、未明～朝(00～09時)の時間帯で安定的にまとまった降雪が発生しやすかった事が窺える。

4. 降雪予報の課題

先述のように「未明の時間帯(00～03時)にパトロールを実施し、早朝の時間帯(03～06時)に除雪作業を行い、朝の時間帯(06～09時)に通勤ラッシュを迎える」という現状の除雪態勢に鑑みると、例えば、夜遅くから未明にかけて(21～03時)まとまった降雪があり、その後は降雪が弱くなるようなパターンであれば対応しやすいであろう。

しかし、実際には未明から朝にかけての広い時間帯(00～09時)で降雪が発生しやすく、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が見られた。このような場合は、自ずと除雪作業の時間帯も延長されるため、朝の通勤ラッシュの時間帯(06～09時)にも重なる。

もし、強い降雪のピークが未明の時間帯(00～03時)であれば、早朝の時間帯(03～06時)に除雪作業を行う事で対応できるが、強い降雪のピークが早朝の時間帯(03～06時)であれば、その後の朝の時間帯(06～09時)にまで除雪作業を延長する必要が出てくる。従って、強い降雪のピークとなる時間帯に応じて、どのような対応策を採る事が出来るのか、検討の余地がある。

除雪本部サイドにおいて様々な対応策(選択肢)が用意されるとしても、どの対応策を選択するかは意思決定に際しては、16時の時点における予報が重要な判断材料となるのは言うまでもない。

現状、16時の時点の予報では「翌朝までの降雪量」が基準値を超えるか否かが最も重視されている。今回の分析結果を踏まえると、このような情報に加えて、予想される降雪が「00～03時」「03～06時」「06～09時」の内のどの時間帯で特に強く降り得るかの情報が加われば、さらに付加価値が増すものと考えられる。

謝 辞

本報告の原稿作成に当たり、株式会社 SnowCast 代表取締役 杉浦 聡 気象予報士より、多くの御助言と御支援を頂きました。本調査ノートの投稿に際しては、担当編集委員の藤部文昭様より有益なアドバイスを頂きました。

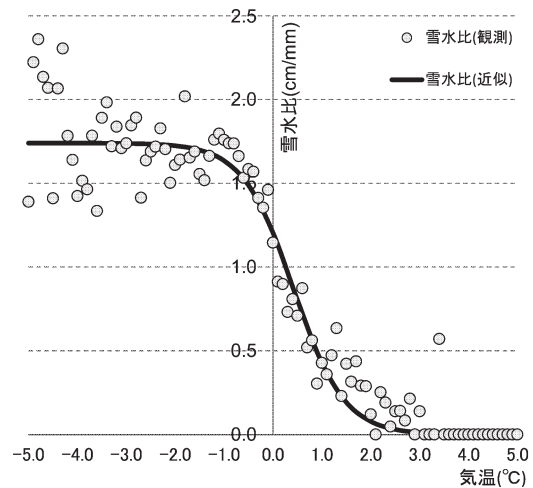
弊社が降雪予報を実施するに当たり、除雪本部および実施事業者の皆様からもエンドユーザーの視点から貴重な御意見を多数お寄せ頂きました。本報告の第1図の作成に際して国土地理院の数値地図1 km メッシュを使用しました。地上気象観測データは、気象庁・(一財)気象業務支援センターより公開・提供されたデータを使用しました。

以上、各関係者の皆様から心より感謝を申し上げます。

付 録

以下、雪水比のロジスティック関数について補足する。雪水比のロジスティック関数(1)は、古市ほか(2010)を参考に、降水量、気温、降雪量の観測データから以下の要領で求めた。

- ① 観測データは、新潟県内(佐渡地方を除く)に設置されている降積雪観測アメダス(15箇所)における、2012年1月1日～3月31日の特別観測値(降水量、気温、降雪量)を用いる。
- ② ①の観測データの中から「1時間降水量=0.0 mm/h」および「1時間降水量=0.5 mm/hかつ1時間降雪量=0 cm/h」のデータを除外する。
- ③ ②から、気温の値が「 -5.0°C ～ $+5.0^{\circ}\text{C}$ 」の外にあるデータを除外する。
- ④ ③のデータを基に「 -5.0 ～ -4.9°C 」「 -4.9 ～



第A1図 気温-雪水比の関係とロジスティック曲線。

-4.8°C 」…「 4.9 ～ 5.0°C 」と気温階級を 0.1°C 単位で区切り、各階級毎に「(雪水比) = (降雪量) / (降水量)」の平均値を算出する。

- ⑤ ④から得られた「気温-雪水比」の関係にフィットするロジスティック関数の係数 a , b , c を探索し決定する(第A1図)。

参 考 文 献

- 古市 豊, 小泉友延, 松澤直也, 2010: 気象庁における降雪量ガイドライン。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8回)」, (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/seppyo/kenkyu_naiyou/conf_ws/kouws201003/ws-abst/abst_HURUICHI.pdf (2013.04.17閲覧)。
- 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。
- 長岡新聞, 2013: 豪雪に負けない 市民生活の安全に完璧な除雪体制を組む 奮闘する市の除雪部隊。2013.01.08。
- 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「降雪とレーダー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/seppyo/kenkyu_naiyou/conf_ws/kouws200403/Takada_KousetsuWS20040308.pdf (2013.04.17閲覧)。