

論文

広域一斉積雪断面観測による平成18年豪雪 における積雪の地域特性の研究

河島克久¹⁾, 和泉 薫¹⁾, 伊豫部 勉²⁾, 阿部 修³⁾,
小杉健二³⁾, 山口 悟⁴⁾, 竹内由香里⁵⁾, 川田邦夫⁶⁾,
竹井 巖⁷⁾

要 旨

平成18年豪雪における積雪の地域特性を明らかにすることを目的として、日本各地の雪氷研究者の協力を得て広域一斉積雪断面観測を2006年2月(月上旬及び下旬)に2回実施した。観測地点数は、2月上旬の観測では北海道から中国地方にいたる46地点、2月下旬の観測では北海道から北陸地方にいたる26地点である。観測の結果、平成18年豪雪では、全国的にみた場合、融解凍結が関与するざらめ雪化の進行度合に雪質の地域的差異が最も明瞭に表れており、ざらめ率(積雪深に対するざらめ雪層の厚さの割合)は緯度と標高に強く依存して変化していた。また、積雪全層の平均密度と平均硬度には、2月上旬では低緯度ほど大きい傾向があったが、2月下旬になると平均硬度には顕著な南北差は認められなかった。豪雪地域(山間部)の住民から「今年は雪が硬い」という声が多数聞かれたことに対し、新潟県十日町市におけるラム硬度の観測データを用いて検証した結果、2006年2月上旬と下旬の十日町市の平均ラム硬度は1987年以降では群を抜いて大きいことが分かった。過去の豪雪年のラム硬度との比較から、平成18年豪雪における新潟県山間部の積雪硬度の著しい増加は、豪雪年の特徴であると考えられる。

キーワード: 平成18年豪雪, 積雪の地域特性, 積雪断面観測, ざらめ率, 積雪硬度

Key words: heavy snowfall of 2005/2006 winter, regional characteristics of snow cover, pit-wall observations of snow cover, ratio of granular snow thickness to total snow depth, snow hardness

- 1) 新潟大学災害復興科学センター
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町8050
- 2) 北九州市立大学国際環境工学部
〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1
- 3) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所
〒996-0091 新庄市十日町高壇1400
- 4) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター
〒940-0821 長岡市栖吉町前山187-16
- 5) 森林総合研究所十日町試験地
〒948-0013 十日町市辰乙614
- 6) 富山大学極東地域研究センター
〒930-8555 富山市五福3190
- 7) 北陸大学教育能力開発センター
〒920-1180 金沢市金川町ホ3番地

1. はじめに

我が国の積雪地域は、北海道から中国地方まで南北に長く横たわり、また標高差も大きいことから、主に冬期の気象条件の差異を反映して、積雪特性にも地域的に大きな違いがあることが知られている。この積雪特性の地域差は雪氷災害の種類、規模、発生メカニズムなどにも大きな地域差をもたらすものと考えられるので、広域雪氷災害の調査・解析を進める上で積雪の地域特性の把握は極めて重要である。これまで、我が国の積雪地域を広く網羅した積雪特性の調査は、Kawashima *et al.* (1994) によって1986年2月中旬～2月下旬と1988年2月中旬～3月上旬に行われている。これ

らの調査は、主に日本海沿岸平野部の積雪堆積環境を積雪特性から区分することをねらったものであり、調査地点が平野部に限られていた。

著者等は、平成 18 年豪雪における積雪の地域特性を山間部も含めて広域的に明らかにすることを目的として、日本各地の多くの雪氷研究者の協力を得て広域一斉積雪断面観測を 2006 年 2 月 (上旬及び下旬) に 2 回実施した。本稿では、それらの観測から明らかになった平成 18 年豪雪における積雪の地域特性に関して、主に緯度と標高による違いに焦点を当てて述べるとともに、豪雪時の新潟県山間部における積雪硬度の特徴について考察する。

なお、本稿には東北地方、北陸地方などの地方区分の名称が出てくるが、ここでは北陸地方は富山県・石川県・福井県の 3 県の総称として使用することにし、新潟県は含まれないものとする。

2. 広域一斉積雪断面観測の観測地点と観測項目

2 回実施した広域一斉積雪断面観測の観測地点名、観測日、観測地点の緯度、経度、標高、積雪深、観測項目を表 1 及び表 2 に示す。

第 1 回目の実施期間は 2006 年 2 月上旬であり、ほとんどの観測が 2 月 2~8 日の 1 週間内になされた。また、第 2 回目の実施期間は 2006 年 2 月下旬であり、ほとんどの観測が 2 月 22~28 日の 1 週間内になされた。

図 1 に各回の観測地点の分布を示す。第 1 回目は北海道から中国地方にいたる合計 46 地点 (13 道県) で、また第 2 回目は北海道から北陸地方にいたる合計 26 地点 (8 道県) で観測を実施した。観測地点は海岸平野部、内陸盆地部、山間部、峠、山腹など様々な地形条件下にあり、その標高は 0~1000 m に分布している (第 1 回目のみなかみ町谷川岳のみ 1000 m を超えている)。なお、観測場所は観測露場、グラウンド、公園、農耕地などの平坦地が主である。

観測項目は、積雪深、積雪水量、雪質、層位構造、粒径、密度、雪温、含水率、硬度である。観測道具や人手の関係から、全地点でこれら全ての観測ができたわけではない。特に、測定時間を要する含水率については、積雪が水を含んでいても

観測していない地点が多数ある。また、硬度測定には多くの地点でプッシュゲージ (竹内ら, 2001) が用いられたが、一部の地点では木下式硬度計やラム硬度計が使用された。

3. 2005-06 年積雪期における積雪深と気温の推移

広域一斉積雪断面観測の結果について述べる前に、北海道から中国地方にいたる多雪地域の代表地点 (山間部に位置するアメダス地点) として倶知安 (北海道, 標高 176 m), 阿仁合 (秋田県, 標高 120 m), 十日町 (新潟県, 標高 170 m), 大野 (福井県, 標高 182 m), 上長田 (岡山県, 標高 440 m) を取り上げ、2005-06 年積雪期間における積雪深と気温の変化を概観する。これら 5 地点のアメダスデータに基づく 2005 年 11 月から 2006 年 4 月までの積雪深と日平均気温の推移を、過去 10 冬期の平均値と比較して図 2 に示す。過去 10 冬期平均との比較などから、2005-06 年積雪期の特徴として以下の点が挙げられる。

- (1) 積雪深は、積雪期間のほぼ全体で 5 地点ともに過去 10 冬期平均よりも大きい。中でも、十日町、大野、上長田では過去 10 冬期平均との差が顕著である。気象庁 (2006) の発表では、2005-06 年冬 (2005 年 12 月~2006 年 2 月) の最深積雪は北海道を除いた日本海側の山間部で著しく大きいのにに対し、沿岸平野部では平年並みまたはそれ以下の地点が多数みられる。北海道では、最深積雪が平年よりも著しく大きい地点は本州に比べて少ない。
- (2) 積雪深のピーク期間は、倶知安・阿仁合・十日町では 1 月上旬から 2 月中旬にかけてであるが、大野・上長田では 12 月中旬から 1 月上旬までであり、期間が前者に比べて早く出現し、しかも短い。
- (3) 気温については、過去 10 冬期平均と比較すると、全国的に 12 月上旬から 1 月上旬までの期間が低温であったといえる。特に、十日町・大野・上長田では初冬の継続的な寒気進入が特徴的である。
- (4) 1 月中旬以降の気温は、全国的に過去 10 冬期平均を中心として大きく変動している点の特徴であり、新潟県以南では 1 月や 2 月の厳冬期においても降雪の合間に降雨や融雪が頻繁にもたらされたものと考えられる。

以上から、今回の広域一斉積雪断面観測は、第

表 1 広域一斉積雪断面観測 (第 1 回目) の観測地点と観測項目 (硬度の欄の (K) は木下式硬度計による測定を意味する)。

Table with columns: 道県名, 観測地点, 観測日, 緯度, 経度, 標高 (m), 積雪深 (cm), 観測項目 (雪質, 粒径, 密度, 雪温, 含水率, 硬度, ラム硬度, 全層水量). Rows list various locations across Japan with their respective coordinates and snow measurement data.

表 2 広域一斉積雪断面観測 (第 2 回目) の観測地点と観測項目 (硬度の欄の (K) は木下式硬度計による測定を意味する)。

Table with columns: 道県名, 観測地点, 観測日, 緯度, 経度, 標高 (m), 積雪深 (cm), 観測項目 (雪質, 粒径, 密度, 雪温, 含水率, 硬度, ラム硬度, 全層水量). Rows list various locations across Japan with their respective coordinates and snow measurement data.

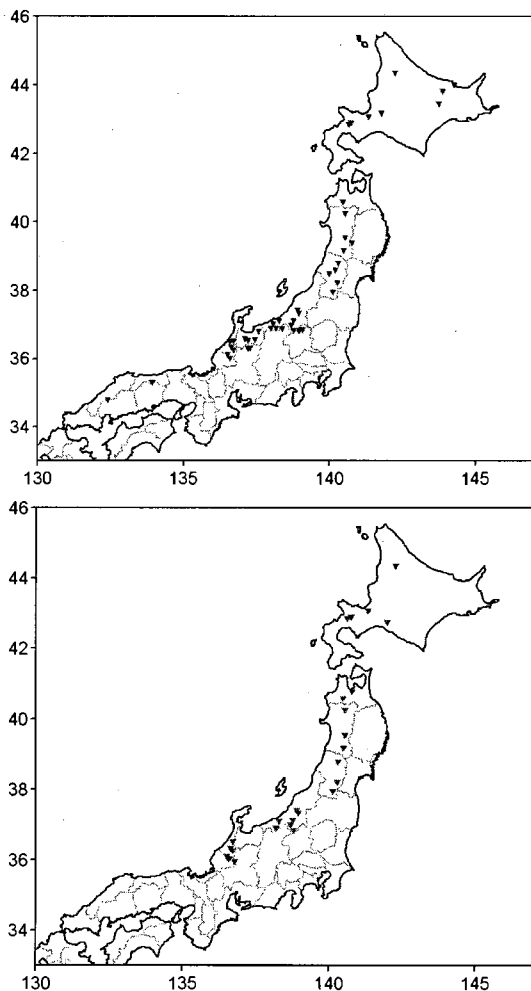


図1 広域一斉積雪断面観測地点の分布 (上: 第1回目, 下: 第2回目).

1回目については新潟県以北では豪雪のピーク期間内に、北陸・中国地方では豪雪のピークを過ぎた時期に行ったといえる。また、第2回目は、北海道を除くと、少なくとも標高が低い地点では融雪の初期・中期段階にあったものと考えられる。

4. 積雪特性の緯度と標高による地域的差異

各観測地点の積雪断面観測データについては、数量が多いため本稿では割愛し、平成17年度科学研究費補助金(特別研究推進費)研究成果報告書(河島, 2006)に付録された資料CD-ROMに積雪断面観測図と数値データ(表)を納めたので参照されたい。本章では、これらの観測から明らか

になった積雪特性の地域的差異について、特に標高と緯度による違いに焦点を当てて述べる。

4.1 雪質の地域的差異

今回の広域一斉積雪断面観測では、しもざらめ雪やこしもざらめ雪が観測され、温度勾配変態が卓越していたのは北海道の観測地点の一部(積雪深が比較的小さい地点)だけであり、全国的にみた場合、融解凍結が関与するざらめ雪化の進行度合に雪質の地域的差異が最も明瞭に表れていた。そこで、各観測地点において積雪深に対するざらめ雪(氷板も含む)の厚さの割合を百分率で表した「ざらめ率」(河島ら, 1987)を算出し、緯度との関係を図3に示す。この図では観測地点の標高を、300 m未満、300 m以上600 m未満、600 m以上に3区分し、マーカーの種類を変えて示している。

第1回目の観測では、ざらめ率は緯度が高い北海道では小さく20%以下であるが、本州では南下するにつれて大きなざらめ率も出現している。しかも、ざらめ率は標高に依存して大きく変化しており、図3に破線で示すように3段階の標高区分に対するざらめ率の境界線を引くことができる。この境界線によると、たとえば北陸地方を中心とする北緯36~37°では標高によってざらめ率の違いが大きく、標高300 m未満では60~100%であるのに対し、標高600 m以上では10~30%である。

第2回目の観測でも第1回目と同様な傾向は認められるものの、全体的にざらめ率が増加しており、緯度が高い北海道・東北地方でもざらめ率が50%を上回っている地点が多数ある。すなわち、雪質からみた場合、第2回目は第1回目に比べて積雪特性の地域差が幾分、不明瞭化したといえる。これは、2月中旬における全国的な気温上昇(図2)による融雪と降雨が大きく影響しているものと考えられる。

4.2 全層平均密度の地域的差異

各観測地点の緯度と全層平均密度との関係を図4に示す。この図でも図3と同様に観測地点の標高によってマーカーの種類を変えている。

第1回目の観測では、全層平均密度は秋田県以北(北緯39°以北)では 300 kg m^{-3} 程度であり、地点による差は小さい。一方、山形県から北陸地方に

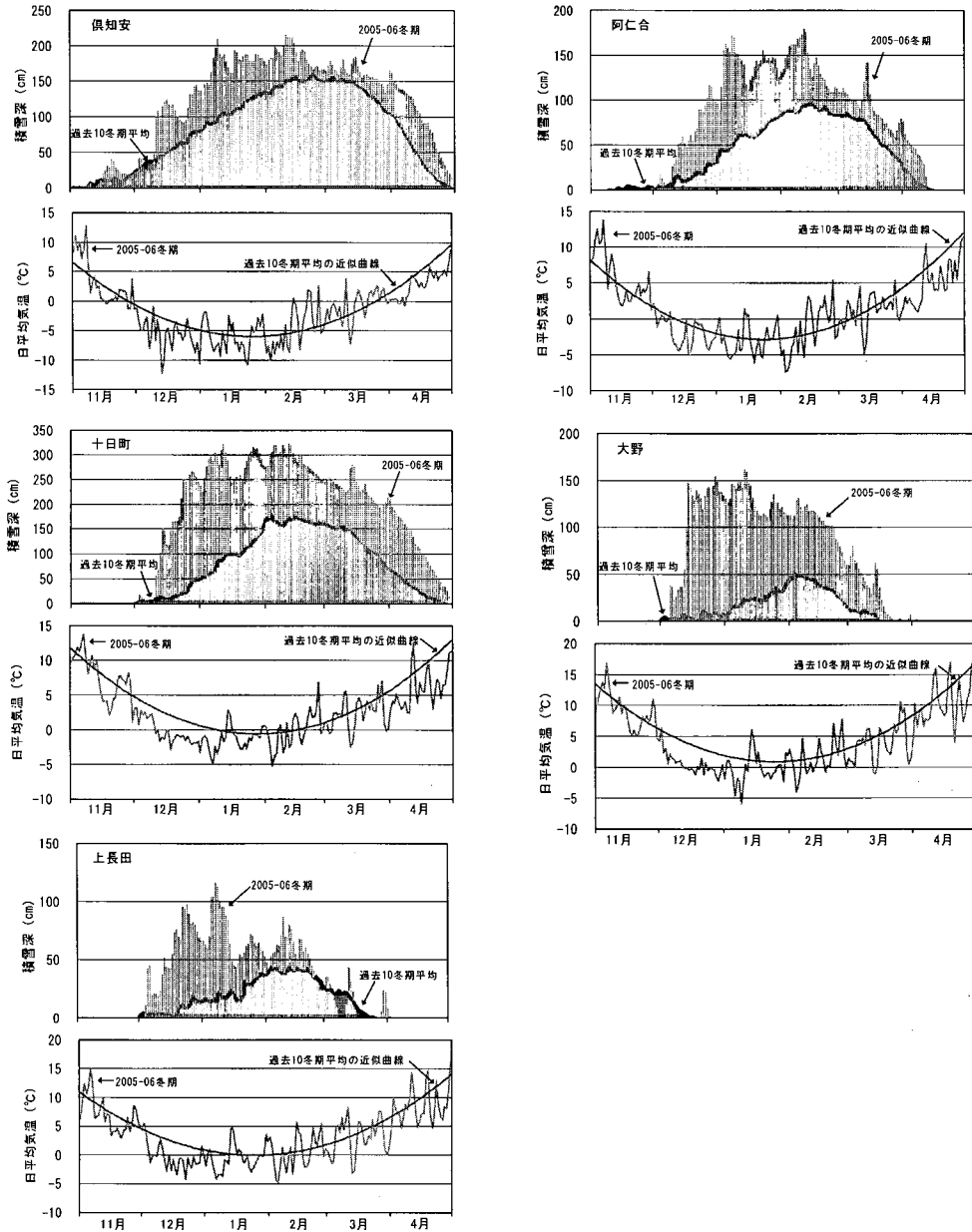


図 2 俱知安, 阿仁合, 十日町, 大野, 上長田における積雪深と日平均気温の推移 (過去 10 冬期平均との比較).

かけては、南下するに従って大きな全層平均密度の地点が出現するようになり、そのばらつきは $260 \sim 470 \text{ kgm}^{-3}$ と大きい。しかし、全層平均密度にはざらめ率のような標高依存性は認められない。

上記の結果は以下のように解釈することができる。すなわち、秋田県以北の観測点では、標高に

関係なく積雪のほとんど全層が乾いており、そのため圧密の進行が遅く、全層平均密度も小さい。一方、山形県から北陸地方にかけては、低標高地点では濡れ雪の割合が比較的大きく、観測時の含水状態によっては全層平均密度が大きい地点が出現している。また、図 4 の A (山形市菅沢), B (富

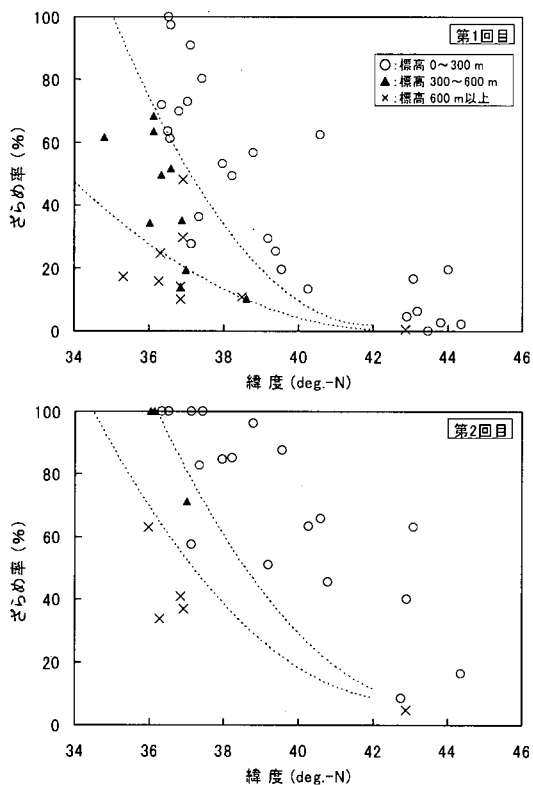


図 3 観測地点の緯度とざらめ率との関係。

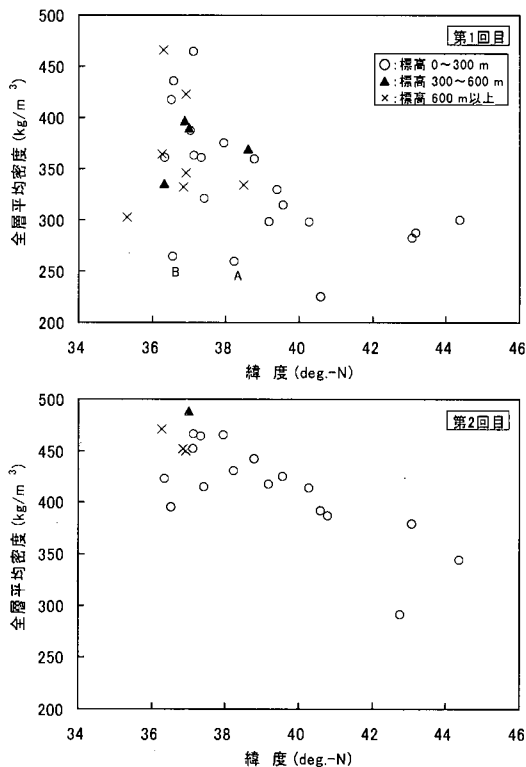


図 4 観測地点の緯度と全層平均密度との関係。

山市舟倉)のように、観測時に密度の小さい新雪層やこしまり雪層の占める割合が約40%もある地点では、全層平均密度はその周辺の地点に比べて著しく小さい。

山形県から北陸地方にかけての高標高地点の積雪内には、0℃近傍の乾きしまり雪層もしくはわずかに含水した濡れしまり雪層が多く含まれていた。このしまり雪層の密度は400~500 kg m⁻³と高く、この層の占める割合が多い地点では、積雪がほとんど濡れていないにもかかわらず全層平均密度が高い。このしまり雪層は積雪底部から中部にかけて存在していることから、低温傾向が続いた初冬の多量降雪が等温変態を受けて形成されたものと考えられる。高標高地点では、概して低標高地点よりも積雪深が大きく、また根雪の開始時期が早いため、上記のしまり雪層は大きな上載荷重を長期間受けることによって圧密が促進されたものと考えられる。

第2回目の観測では、全層平均密度のばらつき

は第1回目比べて小さいが、低緯度ほど全層平均密度が大きい傾向がみられる。これは、2月下旬になると北海道では乾き雪の割合が大きいものの、青森県以南では標高に関係なくほとんど全ての地点で全層が濡れ雪となっていることと対応している。濡れ雪化によって積雪層のほとんどがざらめ雪化する融雪期には、全層平均密度の地域による差異が極めて小さくなることが知られている(阿部, 1997)。新潟県や北陸地方では、特に標高が高く積雪深が大きい地点において450 kg m⁻³を超える大きな全層平均密度が多数出現している。これらの地点では、2月下旬でも温暖変態の進行が遅く、高密度のしまり雪層(濡れていることが多いが含水率は小さい)が多く含まれている点特徴的である。

4.3 平均硬度の地域的差異

各観測地点の緯度と平均硬度との関係を図5に示す。ここで、平均硬度とはプッシュゲージを用いて測定された硬度(硬度の鉛直プロファイル)

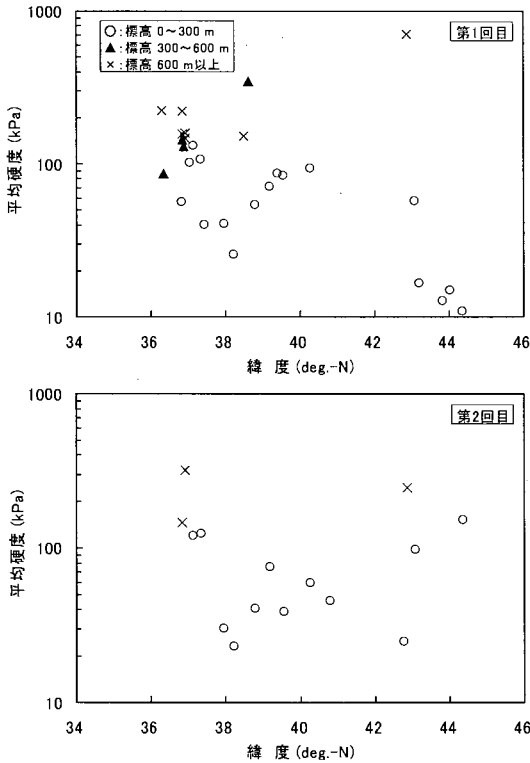


図 5 観測地点の緯度と平均硬度との関係.

を単純に平均した値である。この図でも、図 3 及び図 4 と同様に観測地点の標高によってマーカーの種類を変えている。また、縦軸（平均硬度）は対数目盛としている。

第 1 回目の観測では、ばらつきが大きいものの、全体的には低緯度ほど平均硬度が大きい傾向がみられ、低緯度ほど全層平均密度が大きい傾向を示したことと対応している。しかし、第 2 回目では、全層平均密度には緯度依存性があるにもかかわらず、平均硬度には顕著な南北差が認められない。これは、高緯度では乾き雪の圧密により硬度が増したのに対し、低緯度では濡れ雪化が進んだため、密度は増加したものの硬度の低下がもたらされた結果であると解釈できる。

一方、標高に着目すると、第 1 回目、第 2 回目ともに、標高 300 m 以上の地点の方が標高 300 m 未満の地点よりも平均硬度が大きい傾向が緯度によらず明瞭に認められる。これは、前節でも述べたように、高標高地点では積雪荷重が大きくしかも根雪の開始時期が早いために圧密が促進される

こと、及び濡れ雪化の進行が遅いことが関係しているものと考えられる。

5. 豪雪時の積雪硬度に関する考察

平成 18 年豪雪では、新潟県などの豪雪地域（山間部）の住民から「今年は雪が重い」、「今年は雪が硬い」という声が多く聞かれた。「今年は雪が重い」という住民の感想は、新潟県や北陸地方では、図 4 に示したように全層平均密度が 2 月上旬から 400 kg m^{-3} を超える地点が出現し、2 月下旬の時点ではほとんど全ての観測地点で $400 \sim 500 \text{ kg m}^{-3}$ に達していることによって裏付けられている。そこで、本章では「今年は雪が硬い」という住民の感想について、広域一斉積雪断面観測でラム硬度の測定が比較的多く実施された新潟県を例として検証するとともに、豪雪時の積雪硬度の特徴を考察する。

5.1 新潟県の山間部におけるラム硬度の特徴

新潟県の山間部における積雪断面観測結果の一例として、2006 年 2 月 2 日の湯沢町二居（標高 865 m）のデータを図 6 に示す。湯沢町二居は標高が比較的高いことから、雪質としては乾きしまり雪が卓越しており、積雪下部約 1.2 m のしまり雪は密度 $450 \sim 500 \text{ kg m}^{-3}$ まで圧密されている。ラム硬度も雪面から地表面に向かって増加傾向にあり、積雪下部約 1 m では 100 kg を超えている。

新潟県でラム硬度が測定された地点について、その観測日、標高、積雪深、積雪水量、全層平均密度、平均ラム硬度、積算ラム硬度を表 3 に示す。平均ラム硬度は $20 \sim 80 \text{ kg}$ の範囲にあり、標高が高いほど（積雪深や積雪水量が大きいほど）平均ラム硬度も大きい傾向が見受けられる。また、第 1 回目と第 2 回目を比べると、標高 200 ~ 300 m の十日町市（森林総研）や長岡市古志種芋原では増減が明瞭ではないが、標高が高い妙高市関山と湯沢町二居では第 2 回目の方が大きな値を示している。

5.2 本調査で得られたラム硬度の評価

表 3 に示した新潟県におけるラム硬度は、数値自体では地域住民が「今年は雪が硬い」と言うように通常よりも大きいものなのか否か判断しにくい。そこで、十日町市（森林総研）において 1982 - 83 年冬期から 2005 - 06 年冬期までの間、旬 1 回

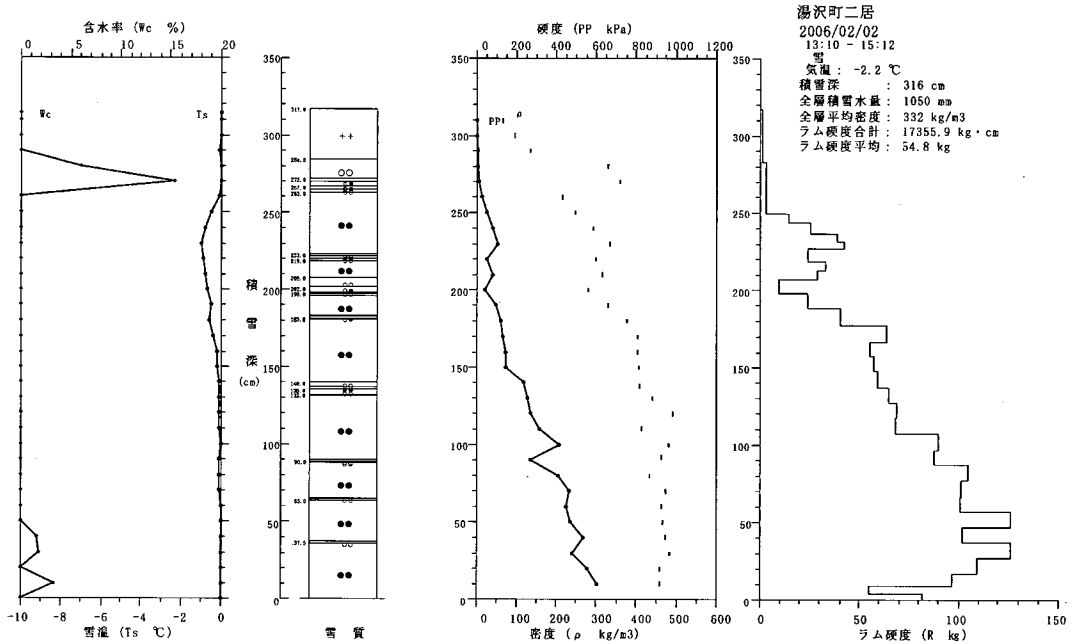


図 6 新潟県湯沢町二居における積雪断面観測結果 (2006 年 2 月 2 日).

表 3 新潟県においてラム硬度が測定された地点の観測データ.

	観測地点	観測日	標高	積雪深	積雪水量	平均密度	平均ラム硬度	積算ラム硬度
			m	cm	mm	kg/m ³	kg	kg cm
四 回 一 城	十日町市(森林総研)	2006/2/6	200	301	1092	363	24.8	7416
	糸魚川市柵口	2006/2/6	262	297	1150	387	22.8	6805
	長岡市古志種芋原	2006/2/3	280	305	1100	361	41.0	12556
	妙高市関山	2006/2/7	727	430	1820	423	54.0	23564
四 回 二 城	湯沢町二居	2006/2/2	865	316	1050	332	54.8	17356
	十日町市(森林総研)	2006/2/24	200	243	1132	466	27.9	6752
	長岡市古志種芋原	2006/2/28	280	248	1150	464	29.1	8007
	妙高市関山	2006/2/22	727	414	1863	450	79.2	32456
	湯沢町二居	2006/2/28	865	260	1175	452	63.5	16687

の間隔で測定されたラム硬度データ (十日町試験地・防災第一研究室, 1987; 山野井ら, 2000; 2005) との比較を試みた.

図 7 に十日町市 (森林総研) における平均ラム硬度 (2 月上旬, 2 月下旬) と年最大平均ラム硬度の経年変化を示す. 2 月上旬と 2 月下旬の平均ラム硬度には, それらの値も変動パターンにも大きな差はみられない. 2 月の硬度は 1984 年 (59 豪雪), 1985 年 (60 豪雪), 1986 年 (61 豪雪) の 3 冬期だけが 20~35 kg と極端に大きな値を示してお

り, 他の冬期では 10 kg 以下がほとんどであることが分かる. 表 3 から 2006 年 2 月の十日町市 (森林総研) の平均ラム硬度は 24.8 kg と 27.9 kg であり, 上記 3 回の豪雪時の値と同等である. すなわち, 1986-87 年冬期以降, 平均ラム硬度が比較的小さな年が続いていることから, 地域住民の「今年は雪が硬い」という言葉は十分うなずけるものである. また, 年最大平均ラム硬度 (3 月以降に出現することが多い) の経年変化からみても, 2006 年 2 月の平均ラム硬度は 1986-87 年冬期以降の年

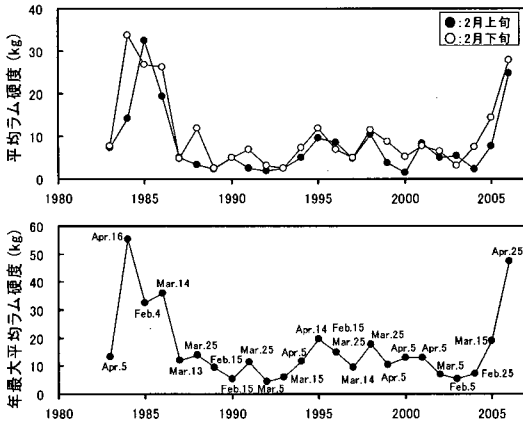


図 7 十日町市における平均ラム硬度 (2 月上旬, 2 月下旬) と年最大平均ラム硬度の経年変化 (下図中の日付は年最大値の出現日)。

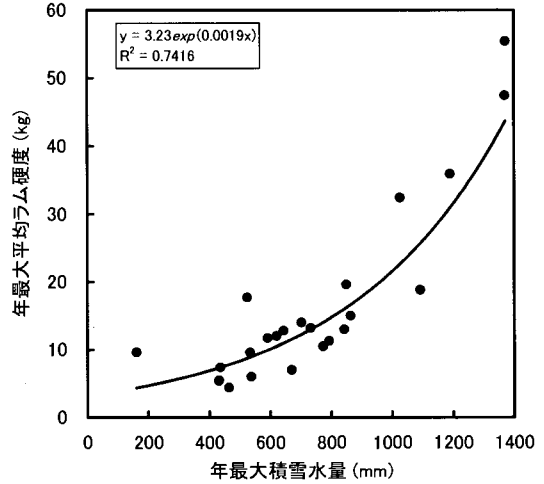


図 8 十日町市における年最大積雪水量と年最大平均ラム硬度との関係。

最大値よりも大きかったことが分かる。

5.3 新潟県における豪雪年の積雪硬度の特徴

上記の十日町 (森林総研) における 1982-83 年冬期から 2005-06 年冬期までのラム硬度データを用いて, 年最大積雪水量と年最大平均ラム硬度との関係を調べた。図 8 がその結果であり, 年最大積雪水量が大きいほど年最大平均ラム硬度も大きくなることが明瞭に分かる。年最大積雪水量に対する年最大平均ラム硬度の増加は, 直線的というよりもむしろ指数関数的とみなすことができ, 年最大積雪水量 1000 mm 以上 (これは年最大積雪深約 300 cm 以上に対応する) では年最大平均ラム硬度の増加が著しい。つまり, 2005-06 年冬期にみられた硬い雪 (積雪硬度の著しい上昇) は, 豪雪年における新潟県の積雪の特徴であると考えられる。

このことは, 和泉 (1982) が 56 豪雪時の 1981 年 2 月に新潟県において行った積雪調査結果と今回の観測データとの比較からも支持される。すなわち, 和泉 (1982) は新潟県内 35 地点に及ぶ観測結果から, 積雪水量 HW と積算ラム硬度 ΣR との間に次式の関係があることを示した。

$$\log HW = 1.441 + 0.401 \log \Sigma R$$

ここでは, HW の単位を mm, ΣR の単位を kg cm としている。2006 年 2 月における新潟県の

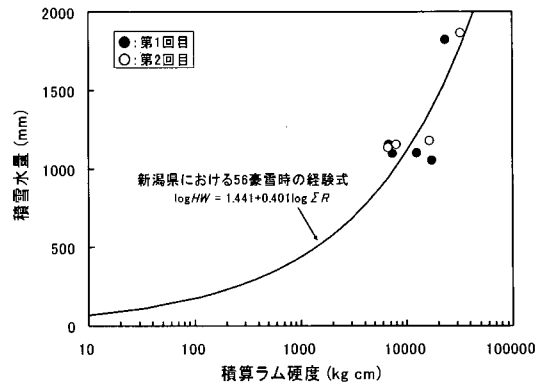


図 9 新潟県における積算ラム硬度と積雪水量との関係 (56 豪雪時の経験式との比較)。

ΣR と HW との関係を上式が表す曲線と比較して図 9 に示す。2006 年 2 月のデータは, 上式の曲線近傍に位置しており, 56 豪雪時 (2 月) と同じ傾向を示しているといえる。

6. まとめ

平成 18 年豪雪における積雪の地域特性を広域的に明らかにすることを目的として, 日本各地の雪氷研究者の協力を得て広域一斉積雪断面観測を 2006 年 2 月 (上旬及び下旬) に 2 回実施した。観測地点数は, 1 回目では北海道から中国地方にいたる 46 地点, 2 回目では北海道から北陸地方にいたる 26 地点である。得られた積雪断面観測デー

タに基づき、主に緯度と標高による積雪特性の違いに焦点を当てて論じるとともに、新潟県山間部における積雪硬度の特徴について考察した。本研究により得られた主な知見は次のとおりである。

(1) 平成 18 年豪雪では、全国的にみた場合、融解凍結が関与するざらめ雪化の進行度合に雪質の地域的差異が最も明瞭に表れていた。特に 2 月上旬では、ざらめ率（積雪深に対するざらめ雪層の厚さの割合）が緯度に強く依存して変化し、低緯度ほど大きな値を示した。また、新潟県以南では、ざらめ率は標高によっても変わり、同一県内でも平野部と山間部とでは融解凍結変態の進行に大きな差が認められた（山間部の方がざらめ率が小さい）。

(2) 積雪の全層平均密度は 2 月を通して低緯度ほど大きい傾向があったものの、ざらめ率のような標高依存性は認められなかった。2 月上旬の新潟県や北陸地方では、全層平均密度のばらつきが北海道・東北地方に比べて大きいことが特徴であり、大きいところでは 470 kg m^{-3} に達していたが、小さいところでは 260 kg m^{-3} 程度であった。これらの特徴は、積雪の乾湿、積雪期間の長短、積雪荷重の大小などが圧密の進行に影響を及ぼして生じたものと考えられる。

(3) 積雪全層の平均硬度は 2 月上旬には低緯度ほど大きい傾向があり、低緯度ほど全層平均密度が大きい傾向を示したことと対応していた。しかし、2 月下旬には、全層平均密度には緯度依存性があるにもかかわらず、平均硬度には顕著な南北差が認められなかった。これは、高緯度では乾き雪の圧密により硬度が増したのに対し、低緯度では濡れ雪化が進んだため、密度は増加したものの平均硬度の低下がもたらされた結果であると解釈できる。一方、標高に着目すると、2 月を通して高標高地点の方が平均硬度が大きい傾向が緯度によらず認められた。

(4) 豪雪地域（山間部）の住民から「今年は雪が硬い」という声が多数聞かれたことに対し、新潟県十日町市を例にラム硬度のデータを用いて検証した。その結果、2 月上旬と下旬の十日町市の平均ラム硬度でみると、1987～2005 年では $1.4 \sim 14.4 \text{ kg}$ （平均 8.6 kg ）であるのに対し、2006 年は 24.8 kg （2 月上旬）、 27.9 kg （2 下旬）と群を抜いて

大きいことが分かった。また、2006 年とほぼ同様な平均ラム硬度は 1984 年（59 豪雪）、1985 年（60 豪雪）、1986 年（61 豪雪）にみられ、新潟県山間部における積雪硬度の著しい増加（硬い積雪の形成）は、豪雪年の特徴であると考えられる。

本研究で実施した広域一斉断面観測は、平成 18 年豪雪における積雪の地域特性を明らかにする上で極めて有意義なものであった。しかし、3 章でも述べたように、平成 18 年豪雪の大きな特徴として寒気侵入や大雪のピークが 12 月～1 月に現れたことがあげられ、その意味では特に北陸・中国地方にとっては観測時期が若干遅すぎたと言わざるを得ない。機を逸することなく観測を行うためには、早めの研究組織作りを十分に考えておくことが必要であり、今後の課題として残された。また、本研究で明らかになった平成 18 年豪雪の積雪の地域特性が、多発した雪崩災害、生活関連や建築構造物の雪害などの発生過程やその規模とどのように関係しているのかについても今後明らかにしていく必要がある。

謝 辞

本研究で行った広域一斉積雪断面観測は、第 1 回目は 45 名、第 2 回目は 30 名の方々の参加と協力を得て実施されたものである。参加された方々に深甚なる謝意を表する次第である。また、本稿に関して貴重なコメントをいただいた 2 名の差読者に心からお礼申し上げる。なお、本研究は平成 17 年度科学研究費補助金（特別研究促進費）「2005-06 年冬期豪雪による広域雪氷災害に関する調査研究」（研究代表者：佐藤篤司）からの助成を受けて行われた。

文 献

- 阿部 修, 1997: 積雪の一生とその地域的特性, 雪氷防災一明るい雪国を創るために一 (改訂第 2 版), 高橋博・中村 勉編, 東京, 白亜書房, 86-99.
- 和泉 薫, 1982: 新潟平野における積雪の特性 (1980～81 年冬期). 新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報, 4, 121-128.
- 河島克久, 2006: 積雪断面観測結果 (広域一斉積雪断面観測). 平成 17 年度科学研究費補助金 (特別研究促進費) 「2005-06 年冬期豪雪による広域雪氷災害に関する調査研究 (研究代表者: 佐藤篤司)」研究成果報告

- 書, 資料 CD-ROM.
- 河島克久・山田知充・若浜五郎, 1987: 日本海沿岸積雪地域の堆積環境区分とその積雪特性. 低温科学, 物理篇, **46**, 1-13.
- Kawashima, K., Yamada, T. and Wakahama, G., 1994: Regional division of snow-depositional environments and metamorphism of snow cover in plain areas along the Japan Sea coast. IAHS Publ. 223, 187-196.
- 気象庁, 2006: 冬(12~2月)の天候, 気象庁報道発表資料(平成18年3月1日), 18pp.
- 竹内由香里・納口恭明・河島克久・和泉 薫, 2001: デジタル式荷重測定器を利用した積雪の硬度測定. 雪氷, **63**, 441-449.
- 十日町試験地・防災第一研究室, 1987: 雪質の調査資料(4)1975年12月~1985年4月, 10冬季. 林業試験場研究報告, 342, 61-151.
- 山野井克己・遠藤八十一・小南裕志・庭野昭二・渡辺成雄・大関義男, 2000: 雪質の調査資料(5)(1985年12月~1999年4月, 14冬季). 森林総合研究所研究報告, 378, 87-181.
- 山野井克己・竹内由香里・村上茂樹・庭野昭二・遠藤八十一・渡辺成雄, 2005: 十日町における雪質の調査資料(6)(1999年11月~2004年4月, 5冬季). 森林総合研究所研究報告, 396, 225-258.

Regional characteristics of snow cover by multipoint snow pit observations conducted during the heavy snowfall of 2005/2006 winter in Japan

Katsuhisa KAWASHIMA¹⁾, Kaoru IZUMI¹⁾, Tsutomu IYOBE²⁾, Osamu ABE³⁾, Kenji KOSUGI³⁾,
Satoru YAMAGUCHI⁴⁾, Yukari TAKEUCHI⁵⁾, Kunio KAWADA⁶⁾
and Iwao TAKEI⁷⁾

1) *Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University,
Ikarashi, Niigata 950-2181*

2) *Faculty of Environmental Engineering, The University of Kitakyushu,
Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu 808-0135*

3) *Shinjo Branch, Snow and Ice Research Center, National Research Institute for
Earth Science and Disaster Prevention,
Tokamachi, Shinjo 996-0091*

4) *Snow and Ice Research Center, National Research Institute for
Earth Science and Disaster Prevention,
Suyoshi, Nagaoka 940-0821*

5) *Tohkamachi Experimental Station,
Forestry and Forest Products Research Institute,
614 Tatsuotsu, Tohkamachi 948-0013*

6) *Center for Far Eastern Studies, Toyama University,
3190 Gofuku, Toyama 930-8555*

7) *Center of Development for Education, Hokuriku University,
Kanagawa-cyo, Kanazawa 920-1181*

Abstract: The objective of this study was to clarify the regional characteristics of snow cover during the winter monsoon season of 2006 when many regions in Japan witnessed record snowfall, which was officially named "Heisei 18 Heavy Snowfall". Pit-wall observations of snow cover were carried out at the beginning and end of February 2006, at 46 and 26 sites, respectively. Consequently, the major difference in snow characteristics from region to region was found to manifest in the degree of melt-freeze metamorphism. That is, the ratio of granular snow thickness to the total snow depth had a tendency to increase with a decrease in the latitude and altitude. The mean snow density tended to be greater at lower latitudes, irrespective of the altitude. Although the mean snow hardness increased with a decrease in the latitude at the beginning of February, this trend disappeared at the end of February. By comparing the Ram hardness data at Tohkamachi obtained in this study with those accumulated since the 1980s, the mean Ram hardness in February 2006 was observed to be the highest in the past 20 years. The remarkable rise in snow hardness in the mountainous regions of Niigata Prefecture is believed to be one of the most noticeable features of snow cover in the winter of extraordinarily heavy snowfall.

(2006年9月14日受付, 2006年11月11日改稿受付, 2006年12月3日再改稿受付, 2006年12月3日受理,
討論期限 2007年7月15日)