



Title	日本海沿岸積雪地域の堆積環境区分とその積雪特性
Author(s)	河島, 克久; KAWASHIMA, Katsuhisa; 山田, 知充 他
Citation	低温科学. 物理篇, 46, 1-13
Issue Date	1988-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18544
Type	departmental bulletin paper
File Information	46_p1-13.pdf



日本海沿岸積雪地域の堆積環境区分とその積雪特性*

河島克久

(北海道大学大学院理学研究科)

山田知充・若浜五郎

(低温科学研究所)

(昭和62年10月受理)

I. はじめに

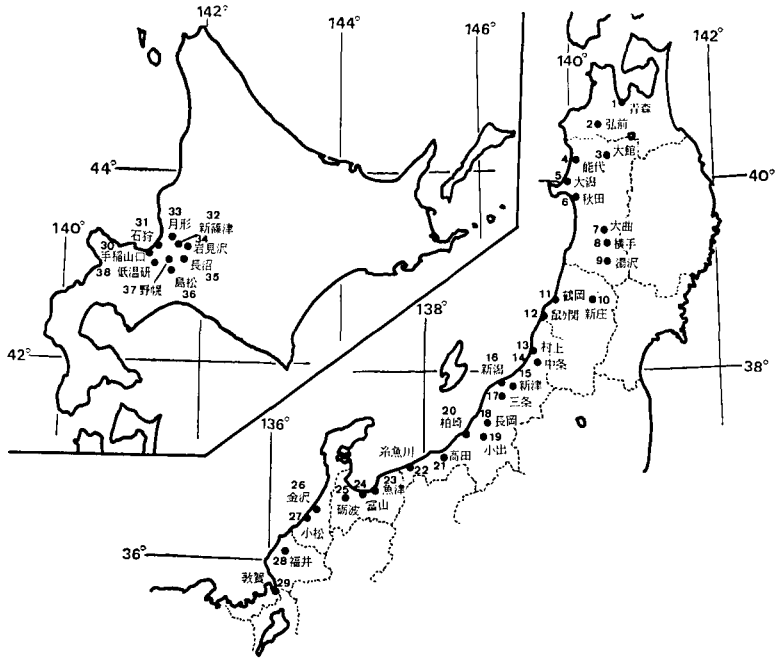
積雪内部は、各降雪に対応した層構造を形成している。そして、各層の雪質、雪温、密度、硬度、含水率などの状態や性質は、主に降雪時及び堆積後の積雪環境（気象条件及び地理的条件）によって異なるとともに時間的にも変化する。また、これらの状態や性質は積雪環境の違いに応じて地域ごとに異なる。このため我国の日本海側のような南北に長い多雪地域では、積雪の性質は地域ごとに著しく異なることが古くから定性的にはよく知られており、積雪特性の組織的な調査は昭和38年北陸地方を中心に起こった豪雪を契機に始まった¹⁾。その後、幾つかの大学や各省庁の研究機関が協力して毎冬同時に積雪観測を行ってきた²⁾。また、最近では様々な地域で精力的な積雪調査が行われており、積雪の地域特性が徐々に明らかにされてきている。中でも北海道においては、1975~76年冬期から6冬期にわたり毎年2月から4月にかけて調査が行われている^{3~9)}。しかしながら、積雪調査には多大な時間と労力を必要とするために観測点は限られており、広域な積雪現象を時間的に空間的にとらえるには至っていない。

そこで著者等は日本海側平地部の積雪環境区分を積雪の状態や性質から明らかにすることを目的として、1986年2月中旬に石狩平野の9地点及び青森から敦賀に至る本州の日本海側地域の29地点において積雪調査を実施した。この際、広域の積雪状態や性質を比較するため、短期間のうちにできるだけ多くの地点で観測を行うように努めた。この調査結果から今回の調査地域は積雪環境の異なった5地域から成っていることがわかった。次に、幾つかの場所で冬期間定期的に行われた積雪断面観測のデータを用いて、上記の各積雪環境地域内における積雪特性の時間的な推移を調べた。その際、特にざらめ化の進行の度合に着目して地域性を考察した。また最後に各地のざらめ化の進行度合（ざらめ率）を地上気象データから推定することを試みた。

II. 調査地点と観測項目

調査地点は第1図に示したように青森から敦賀に至る日本海側の標高100m以下の平野部

* 北海道大学低温科学研究所業績 第3091号



第1図 積雪調査地点

図中の数字は第1表の地点番号と対応している

及び盆地部 29 地点と北海道の石狩平野 9 地点で、観測結果を気象要素と比較できるように気象庁の AMeDAS が設置してある地点を選んだ。観測は主に地面の平らな農耕地で行った。調査月日は第1表に示したように本州が 1986 年 2 月 10 日～2 月 18 日、石狩平野が同年 2 月 21 日～22 日である。先にも述べたように短期間内に多地点で観測を行うように努めたため、観測項目は積雪深、積雪水量、積雪の層構造、雪質、雪温のみに限定した。積雪水量の測定にはスノーサンプラー（断面積 20 cm² の金属円筒）を用いた。積雪層の構造及び雪質の観測は可能な限りピットを掘って行うようにしたが、積雪の深い場所では時間的制約からスノーサンプラーで得たサンプルを用いて観測した。雪温はサーミスター温度計を用いて 10 cm 間隔で測定した。積雪の全層の平均密度は積雪水量/積雪深から求めた。

III. 観測結果

1. 雪質と雪温

第1表に、雪質を新雪、しまり雪（こしまり雪も含む）、しもざらめ雪（こしもざらめ雪も含む）、ざらめ雪（氷板も含む）の大きく 4 種類に分けて、それぞれの雪質の厚さの全積雪深に対する割合を百分率で示した。この際、ざらめ雪やしまり雪が一部しもざらめ化したものはしもざらめ雪に、しまり雪が一部ざらめ化したものはしまり雪に分類した。雪質は石狩平野ではしもざらめ雪が、青森から村上に至る東北地方の海岸部と秋田・山形県盆地部ではしまり雪が、中条から高田に至る新潟県平野部ではしまり雪とざらめ雪が、糸魚川以西の北陸平野部ではざらめ雪が卓越している。雪温は、石狩平野、青森から村上に至る東北地方の海岸部、秋田・山

第1表 積雪調査結果

地点番号	観測地点名	観測月日	積雪深 H_s (cm)	積雪水量 H_w (g/cm ²)	平均密度 \bar{G} (g/cm ³)	新雪 (%)	しまり雪 (%)	しもざらめ雪 (%)	ざらめ雪 (%)
1	青森	2月10日	221	64.0	0.29	19	66	0	15
2	弘前	2月10日	90	21.0	0.23	17	56	0	27
3	大館	2月10日	77	19.5	0.25	19	45	0	36
4	能代	2月10日	53	14.0	0.26	13	60	0	27
5	大湯	2月10日	43	11.0	0.26	21	62	0	17
6	秋田	2月11日	49	11.5	0.23	17	51	0	32
7	大曲	2月11日	175	46.0	0.26	10	74	0	16
8	横手	2月11日	167	45.0	0.27	21	59	0	20
9	湯沢	2月11日	135	38.0	0.28	17	52	0	31
10	新庄	2月11日	159	42.5	0.27	2	68	0	30
11	鶴岡	2月12日	38	11.0	0.29	8	67	0	25
12	鼠ヶ関	2月12日	25	7.1	0.28	0	44	0	56
13	村上	2月12日	66	16.0	0.25	24	43	0	33
14	中条	2月12日	86	16.0	0.19	8	15	0	77
15	新津	2月12日	74	24.0	0.33	0	44	0	56
16	新潟	2月13日	25	8.3	0.33	8	12	0	80
17	三条	2月13日	88	28.5	0.32	0	32	0	68
18	長岡	2月13日	216	74.0	0.35	3	45	0	52
19	小出	2月13日	296	103.0	0.35	0	70	0	30
20	柏崎	2月13日	162	52.5	0.32	0	42	0	58
21	高田	2月13日	263	82.5	0.31	0	46	0	54
22	糸魚川	2月13日	148	54.0	0.36	0	32	0	68
23	魚津	2月18日	93	34.5	0.37	0	34	0	66
24	富山	2月17日	71	26.5	0.38	0	17	0	83
25	砺波	2月17日	67	25.5	0.37	0	16	0	84
26	金沢	2月17日	40	16.0	0.40	0	7	0	93
27	小松	2月17日	54	20.5	0.38	0	13	0	87
28	福井	2月17日	60	22.5	0.38	6	0	0	94
29	敦賀	2月17日	57	20.5	0.36	6	0	0	94
30	手稲山口	2月21日	58	14.3	0.25	16	5	79	0
31	石狩	2月21日	79	23.2	0.29	13	23	46	0
32	新篠津	2月21日	173	52.3	0.30	7	43	49	1
33	月形	2月21日	200	61.0	0.31	7	40	32	21
34	岩見沢	2月21日	134	40.5	0.30	5	59	35	1
35	長沼	2月21日	101	29.0	0.29	2	17	80	1
36	島松	2月21日	82	22.0	0.27	2	14	81	3
37	野幌	2月21日	103	30.1	0.29	6	39	55	0
38	低温研	2月22日	92	24.4	0.27	8	35	52	5

形県盆地部ではほぼ全層 0°C 以下、中条から高田に至る新潟県平野部では上層部を除いて 0°C 、糸魚川以西の北陸平野部では全層 0°C であった。特に、村上と中条の間及び高田と糸魚川の間で雪質、雪温ともに急激な違いがみられた。この結果、雪質と雪温の状態から調査地域は石狩平野、東北海道と秋田・山形県盆地部、新潟県平野部、北陸平野部の4地域に区分することができる。

2. 積雪深と積雪水量

第1表に積雪深 H_s 、積雪水量 H_w 、全層平均密度 \bar{G} を示した。積雪深は石狩平野北西部、青森、秋田・山形県盆地部、新潟県で特に大きい。第2図に積雪深と積雪水量の関係を示した。図中の番号は第1表に示した地点番号である。平均密度は $\bar{G} = H_w/H_s$ で表されるので第2図において原点を通る直線は等密度線を表すことになる。この図から各点は青森、中条、長岡、小出など一部を除いてある同一地域ごとに直線関係があることがわかる。すなわち、石狩平野(A)、能代から村上に至る東北平野部(B)、秋田・山形県盆地部(C)、新潟県平野部(D)、糸魚川から敦賀に至る北陸平野部(E)に分けることができる。これは、上に述べた雪質と雪温による区分とほぼ一致する。この内、B、D、Eの各地域ではそれぞれの直線がほぼ原点を通っているので全層の平均密度が地域ごとに等しく、それぞれ 0.26 、 0.32 、 0.38 g/cm^3 である。ところが、AとCの地域ではそれぞれの直線は原点を通らず、全層の平均密度は一定ではない。Aでは積雪深が増すと平均密度も増すが、Cではその逆に積雪深が増すと共に平均密度は減少しているのが特徴である。

IV. 考 察

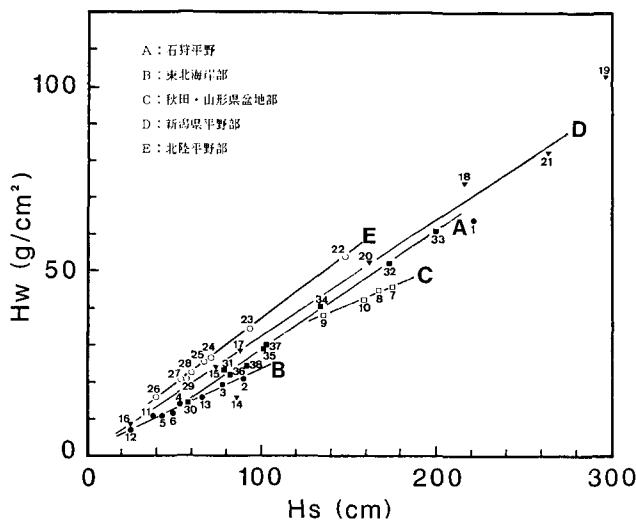
積雪深は、測定が比較的容易であり、また、データも豊富であるが、雪氷学的、気象学的に重要な物理量である積雪水量や積雪全層の平均密度は、その測定に時間と熟練を要するので使用できるデータは少ない。そのため、これまでデータの豊富な積雪深から積雪水量を見積る試みが多くなされているが、積雪深と積雪水量の関係の積雪期を通しての時間変化や地域ごとの違いなどは未だ系統的な調査が進んでいない。そこで、過去に幾つか観測されている積雪深と積雪水量のデータを用いて、今回の結果と比較するとともに、ある地域における積雪深と積雪水量の関係やその時間変化について調べてみた。

また、積雪は融雪水を含むとざらめ化が進行する。若浜(1963, 1968)^{10,11)}は、しまり雪とざらめ雪では浸透様式や浸透速度に差があり、全層がざらめ化して初めて浸透水が一様に流下することを観測しているので、ざらめ化の進行状態を知ることは融雪流出過程とその機構を考える際にも重要である。また、しまり雪がざらめ化すると雪の硬度、強度などが大きく変化するので、除雪などの雪対策にとっても積雪のざらめ化の進行状態を知ることは重要である。そこで、積雪環境区分された地域ごとの積雪のざらめ化の進行過程や、ざらめ化と簡単に利用できる気象データとの関係を調べてみた。特に、全層がざらめ化するための気象条件は融雪流出の予測にとって重要であるので、今回の調査結果を使って推定を行った。その際に用いた気象資料については、札幌管区气象台、青森、秋田、山形、新潟、富山、金沢、及び福井の各地方气象台発行の気象月報によった。

1. 積雪深と積雪水量との関係

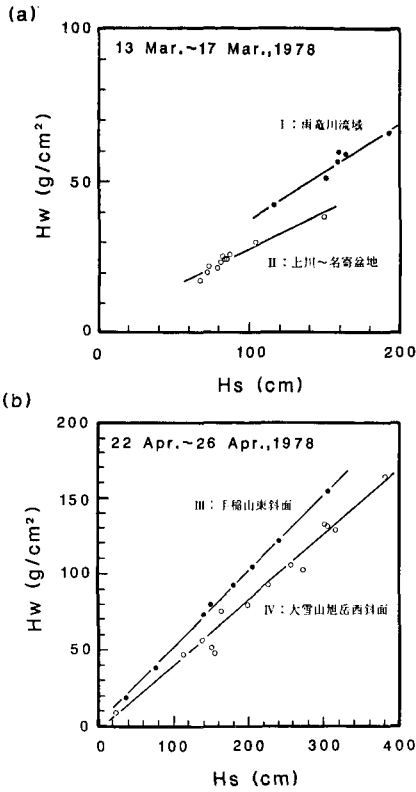
第2図にみられる積雪深と積雪水量の関係に類似した関係は秋田谷他 (1977)⁹⁾ の報告の中にもみられる。すなわち、彼らは1976～77年冬期2～4月にかけて北海道の石狩・空知・後志地方で積雪調査を行った結果、積雪深と積雪水量の関係は、乾き雪とぬれ雪(ざらめ雪)で明瞭な違いがみられ、両者ともほぼ直線関係があることを示した。今回の著者等の結果はA, B, Cの地域では全層がほぼ乾き雪, D, Eではほぼぬれ雪であったが、同じ乾き雪あるいはぬれ雪であっても地域ごとに異なった直線関係を示している。このうち、直線が原点を通るB, D, Eでは平均密度が地域ごとに等しいので、積雪内部の構造がそれぞれの地域内の各地点で類似していると思われる。また、Aのように積雪深の増加とともに平均密度も増加するのは、積雪深が大きい方が上載荷重も大きくなるので圧密がより進むためと考えられるが、Cのようにその逆になる原因は明らかではない。Cのような直線関係が生じる条件としては、積雪深が小さい地点ほど密度の大きいざらめ雪が多く形成される場合、または、積雪深の大きい地点ほど新雪が多い場合の2つが考えられる。実際、Cの各地点のざらめ雪の割合は、第1表より積雪深が小さいほど大きくなっている。

次に、地域ごとに積雪深と積雪水量が異なった直線関係を示す現象は、他の地域の積雪でもみられるかどうか、また、この直線関係は時間的にどのように変化するかを調べた。その結果、幾つかの平地や山地の積雪でも同様な現象がみられた。例えば第3図(a)は、小島他 (1979)¹²⁾ 及び遠藤他 (1978)⁹⁾ が1978年3月13～17日に北海道で観測したうち(I)雨竜川流域(添牛内～多度志)、(II)上川盆地～名寄盆地のデータを用いて著者が作図したものである。この2つの地域は標高400～800mの山地を境界として隣接しているにもかかわらず、積雪深と積雪水量の間には全く異なった直線関係がある。しかしながらI, IIともに第2図のCと同様に積雪深が増加すると平均密度は減少している。第3図(b)は、西村他 (1978)¹³⁾ 及び水津他 (1979)¹⁴⁾ が1978

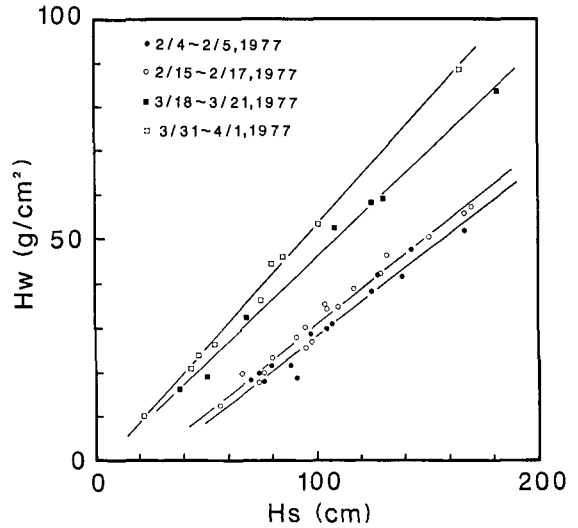


第2図 積雪深と積雪水量の関係

H_s : 積雪深, H_w : 積雪水量, 図中の数字は第1表の地点番号と対応している



第3図 積雪深と積雪水量の関係(1977~78年冬期 (a) 雨竜川流域と上川~名寄盆地 (b) 手稲山東斜面と大雪山旭岳西斜面)



第4図 積雪深と積雪水量の関係(1976~77年冬期 石狩・空知地方平野部)

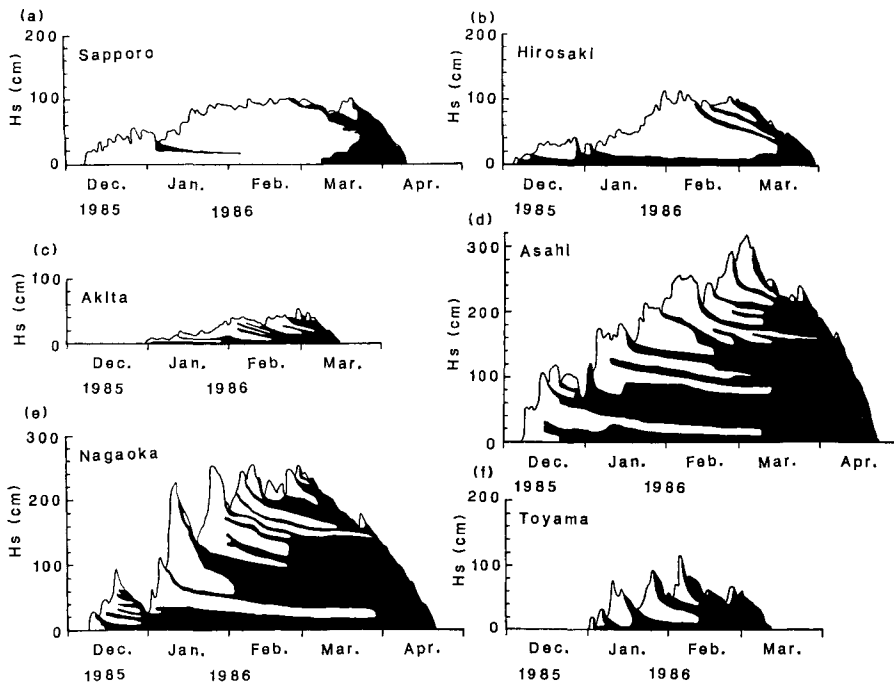
年4月22~26日に(III)手稲山東斜面(標高170~990 m)、(IV)大雪山旭岳西斜面(標高440~1730 m)で観測したデータを用いて著者が作図したものである。このように平地積雪だけでなく山岳積雪においても積雪深と積雪水量の間には直線関係が認められた。また、第4図は秋田谷他(1977)⁵⁾が北海道で観測したうち石狩・空知地方平野部の積雪深と積雪水量の関係を観測日ごとにプロットしたものである。この図より、当地域の積雪は冬期間を通して積雪深と積雪水量の間に直線関係を保ちながら密度を増していることがわかる。これと同様な現象は、大雪山旭岳西斜面でもみられており¹⁵⁾、積雪環境が同じ地域の特徴であるとおもわれる。これらの例から、積雪環境が同じ地域内での積雪は、積雪深と積雪水量の間に直線関係を保ちながら推移し、しかも直線関係とその推移の仕方は異なる積雪環境を持った地域ごとに異なると思われる。

以上の結果より、今回の調査で区分したA~Eの各地域は各々異なった積雪環境を持っているといえる。そこで次に、A~Eの直線関係の違いはどのような積雪環境の相違から生じたかを簡単に考察する。まず、平均密度の大きいEとDは冬期間の気温が比較的高いことが最も大きく影響していると思われる。例えば、Eの地域の1986年1月の平均気温は、砺波を除

いて $0.5 \sim 2.4^{\circ}\text{C}$ であり、D では直線にのらない長岡と小出を除いて $-0.3 \sim 1.0^{\circ}\text{C}$ である。このように両地域では、気温が高いために厳冬期でも融雪が起これるとともに、降水が雨としてもたらされたり雪が湿雪として降ることが多い。このためざらめ化と圧密が促進されて平均密度が大きくなったものと思われる。それに対して A, B, C の地域の1月の平均気温はそれぞれ $-5.7 \sim -9.2^{\circ}\text{C}$, $-1.9 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$, $-3.5 \sim -2.5^{\circ}\text{C}$ である。これらの地域では、気温は比較的低いので E, D のように水が関与することは少なく、密度増加は主に乾雪の圧密によって起こる。そのために平均密度は、気温よりも圧密する時間や上載荷重に大きく依存すると思われる。根雪日は、A, B, C それぞれ 1985 年 11 月 15 日～12 月 9 日, 1985 年 12 月 10 日～1986 年 1 月 10 日, 1985 年 12 月 10 日であり、A, C, B の順に早い。その結果、圧密する時間が長く積雪深も大きい A と C が B よりも平均密度が大きくなっている。

2. ざらめ化の進行の地域特性

毎冬定期的的に積雪断面観測が行われている札幌、弘前、秋田、山形県朝日村（庄内平野南端に位置する）、長岡、富山のデータを用いて 1985～86 年冬期のざらめ化の時間的推移を調べ、第 5 図にそれを示した。図で黒くぬりつぶした部分がざらめ雪である。これら 6 地点は第 2 図で区分した地域では札幌が A に、秋田が B に、長岡が D に、富山が E に属する。図に用いたデータは札幌では著者等と遠藤他 (1986)¹⁶⁾ が、弘前では佐藤他 (1987)¹⁷⁾ が、秋田では秋田大学の梶川が、朝日では山形大学農学部豪雪地林業実験研究グループ (1987)¹⁸⁾ が、長岡では五十嵐 (1986)¹⁹⁾ が、富山では石坂他 (1986)²⁰⁾ が観測したものである。これらの図から、札幌、



第 5 図 ざらめ化の時間的推移 (黒くぬりつぶした部分がざらめ雪を示す)

(a) 札幌, (b) 弘前, (c) 秋田, (d) 朝日, (e) 長岡, (f) 富山

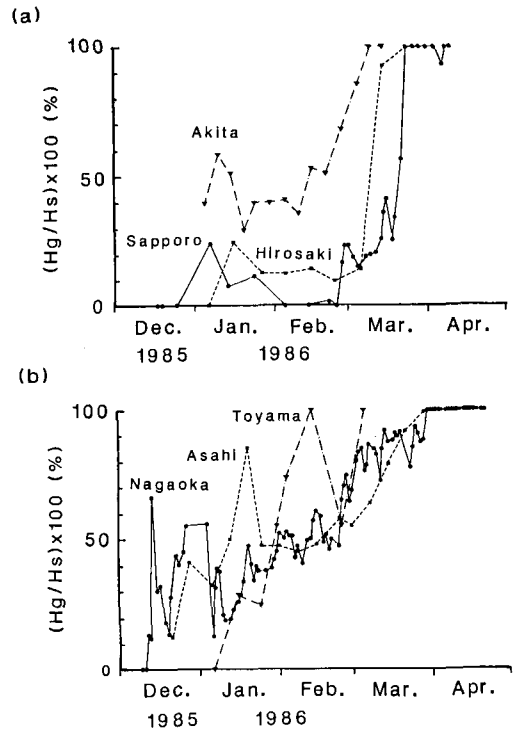
弘前と朝日、長岡とではざらめ化の進行に大きな違いがあることがわかる。札幌、弘前では初冬に作られたざらめ雪を除くと2月中旬まで新たなざらめ雪は形成されない。しかも札幌では、1月にできたざらめ雪は2月初めにはしもざらめ化し、消滅してしまっている。それに対して朝日、長岡では、初冬から本格的に融雪が起こる3月中旬頃までしばしばざらめ雪が作られている。特に一連の降雪と次の降雪の間にざらめ化が促進している。

次にざらめ化の進行度合を各地で比較するために、全積雪深 H_s に対するざらめ雪の厚さ H_g の割合を百分率で表した値を計算した。ここではその値をざらめ率 ($=H_g/H_s \times 100$) と呼ぶことにする。第6図 (a), (b) にそれぞれ札幌、弘前、秋田と朝日、長岡、富山のざらめ率の変化を示した。札幌と弘前ではざらめ率は2月下旬まで約20%以下の値を保ち続け、3月に入って急激に増加し約20日間で100%に達している。秋田では札幌、弘前の変化とよく似ているが急激な増加が起こ

る日が早く、またそれ以前のざらめ率は約40%前後である。それに対して朝日と長岡では、1月中旬までは大きな変化を繰り返すが、それ以後はあまり大きな変化なしに徐々に増加し約2カ月かかって100%に達している。富山では朝日、長岡に比べてもっと急速にざらめ化が進み、1月上旬から約1カ月で100%に達している。以上のようにざらめ化の時間的推移にA~Eの地域ごとに大きな違いがある事がわかった。従って、ざらめ率の違いは積雪環境の違いを大きく反映していると考えられる。すなわち、ざらめ率は積雪環境を表す重要なパラメータの1つとみなすことができる。

3. 気象データによる「ざらめ率」の推定

ざらめ率と簡単に利用できる気象データの関係を調べることによって、逆に気象データからざらめ率を推定する方法を考えた。まず第7図に今回著者等が観測した各地点のざらめ率と気象庁のAMeDASによって得られた1986年1月の月平均気温の関係を示した。図中の番号は第1表の地点番号に対応している。なお番号39は、2月15日に山形大学の矢野が山形において行った積雪断面観測のデータを用いて著者等が計算したものである。石狩平野の観測地点を除くと図中に示した2本の直線の中に各点はほぼ入っている。2本の直線はある1月の平均気温に対して約40%の幅を持っているが、1月の平均気温を使って最大積雪深時である2月中旬のざらめ率を大まかに推定することが可能である。また、この図より1月の平均気温が -5°C

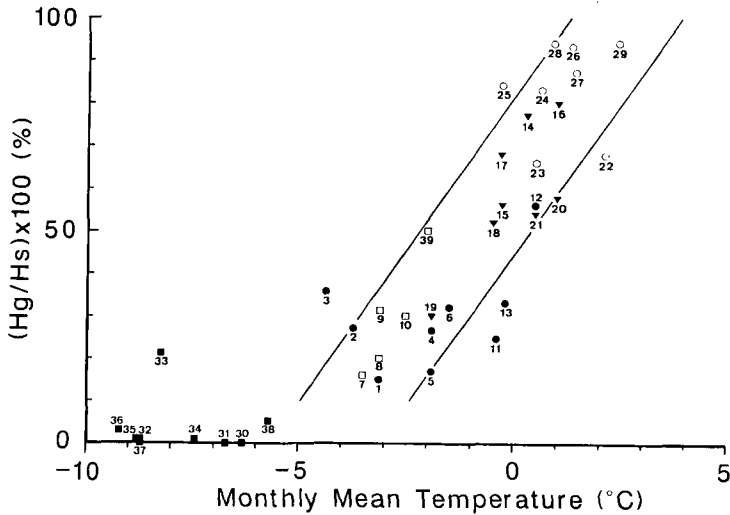


第6図 ざらめ率の時間変化

(H_s ; 積雪深, H_g ; ざらめ雪の厚さ)

(a) 実線; 札幌, 破線; 弘前, 一点鎖線; 秋田

(b) 実線; 長岡, 破線; 朝日, 一点鎖線; 富山

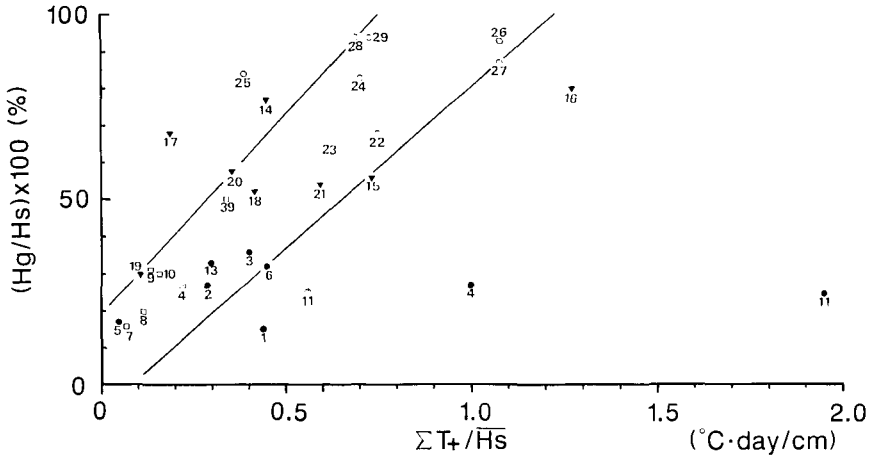


第7図 ざらめ率と1月の平均気温の関係

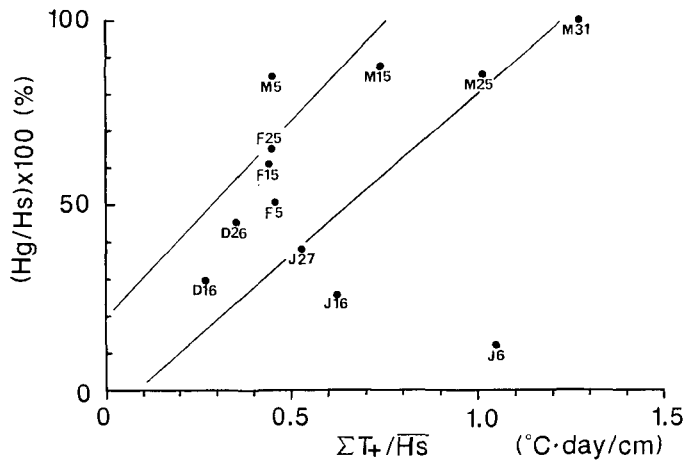
図中の数字は第1表の地点番号と対応している

以下の場所ではざらめ化はほとんど進行しないこと、及び1月の平均気温が少なくとも 3.5°C 以上の場所では2月中旬にすでに積雪全層がざらめ化していることがわかる。しかしながら、1月の平均気温からだけでは2月中旬のざらめ率しか推定できないばかりか、推定精度もあまりよくない。

そこで次に、冬期間中任意の時期のざらめ率を日平均気温と積雪深のデータのみを使って推定する方法を考えてみた。その際に、ざらめ率を推定する指標を以下のように決めた。融雪によってざらめ化は進むので、融雪量の指標として積算暖度を用いることにする。ここで積算暖度は、根雪になってからざらめ率を求めたい日までのプラスの日平均気温 T_+ を加算した量 ΣT_+ である。しかし、融雪量が等しくても積雪量の違いによってざらめ率は異なり積雪量が多いほどざらめ率は小さくなると考えられる。そこで、 ΣT_+ を根雪になってからざらめ率を求めたい日までの平均積雪深 \bar{H}_s で除した値 $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}/\text{cm}$) をざらめ化の進行状態を表す指標として用いることにした。第8図に著者等が観測した各地点のざらめ率と AMeDAS のデータから算出した $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の関係を示した。この図では冬期間、寒冷でざらめ化が進行しない石狩平野の値は除いた。各点は、能代、鶴岡など幾つかの地点を除いて図中に示した2本の直線の中に分布している。直線から大きく外れている能代と鶴岡は、両地点とも12月10日が根雪日であるが、その後降雪が少なかったので、12月31日には積雪深がそれぞれ4 cm、2 cmに減少した。そこでこの両地点の $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ を1月1日以降のデータで算出すると第8図に◎で示したように能代は2直線の間に入り、鶴岡も直線に近づく。2本の直線は、ある $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の値に対して20~40%の幅をもっているが、この図を使ってざらめ化の進行状態をある程度見積ることが可能である。次に、一冬期間を通してざらめ率と $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の関係が第8図の2直線間に分布するかどうかを調べるために、第9図に1985~86年冬期の長岡におけるざらめ率と $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の関係を、12月16日から全層がざらめ化する3月31日まで約10日ごとに示した。



第8図 ざらめ率と積雪深で規格化した積算暖度 $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ との関係
 (ΣT_+ ; 根雪日以降の積算暖度, \bar{H}_s ; 根雪日以降の平均積雪深)
 図中の数字は第1表の地点番号と対応している



第9図 長岡における1985~86年冬期のざらめ率と $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の関係
 図中の記号は月日を表す

図中の記号は月日を表し、例えば D 16 は 12 月 16 日である。また、図中の 2 本の直線は第 8 図の 2 直線と同じである。1 月 6 日のみが直線から大きく外れていることがわかる。これは、1 月 5 日の 1 日 50 cm もの降雪によって積雪深が約 2.5 倍に増加したためである。このように、 $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の算出に平均積雪深を用いているために、急激な積雪深の増加が起こった時は、一時的にざらめ率の大幅な低下をもたらし一般的な関係から外れてしまう。しかしながら、全体としては 2 直線内にはほぼ含まれ、 $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ を指標として使うことによって任意の時期のざらめ率を大まかに見積ることが可能である。この指標を用いると、気温と積雪深のデータさえ得られていれば、現地に行って観測をしなくてもざらめ化の進行状態の概況を推定できるわけである。融雪流出の予測にとって重要な積雪全層がざらめ化する時の $\Sigma T_+/\bar{H}_s$ の値はこの図から 0.7~

1.2°C·day/cm と求まる。

V. ま と め

日本海側平地部の積雪特性から積雪環境区分を明らかにすることを目的として以下のような調査、解析を行った。まず、1986年2月中旬に青森から敦賀に至る日本海側地域と石狩平野で積雪調査を実施し、観測された積雪の状態や性質から積雪環境区分を推定した。次に積雪環境が異なる札幌、弘前、秋田、朝日、長岡、富山の6カ所で冬期間中定期的に行われている積雪断面観測のデータを用いて、積雪環境区分を大きく反映しているざらめ化の時間的推移について、その地域特性を調べた。また、各地のざらめ化の進行状態を気象データで推定することを試みた。それらの結果明らかになったことは次のとおりである。

(1) 雪質と雪温の状態や、積雪深—積雪水量図に現れた直線関係から、今回の調査地域は5つの積雪環境の異なる地域に分けられる。

(2) 積雪環境が同じ地域内での積雪の諸特性は、積雪深と積雪水量の間に直線関係を保ちながら推移し、しかもその推移の仕方は積雪環境の異なる地域ごとに異なる。

(3) 積雪環境の違いは、積雪のざらめ化に反映される。従って、ざらめ化の時間的推移も積雪環境の違いに応じて異なる。

(4) 最大積雪深時である2月中旬のざらめ化の進行状態は、1月の平均気温を使って大まかに推定できる。また、1月の平均気温が少なくとも3.5°C以上の場所では、2月中旬に積雪全層がざらめ化する。

(5) 冬期間中の任意の時期のざらめ化の進行状態は、根雪日以降の積算暖度 ΣT_+ を根雪日以降の平均積雪深 H_s で除した値 $\Sigma T_+/H_s$ を使って大まかに推定できる。また、積雪全層がざらめ化する時の $\Sigma T_+/H_s$ の値は0.7~1.2°C·day/cm である。

以上の結果は、1985~86年の一冬の観測から得られたものである。本来、積雪環境区分は、気候学的見地に立って考えるべきであるので、今後も同様な観測を行うことによって今回の結果を検討する必要がある。また、例えば積雪深と積雪水量が積雪環境区分ごとに明瞭な直線関係を示す理由や、その直線関係の時間的推移の仕方と気象条件の関係などについては今後の興味ある課題であり、より詳細な観測にまたねばならない。

終わりに、石狩平野の積雪調査に御協力いただいた低温科学研究所の秋田谷英次助教授、貴重な積雪断面観測のデータを提供して下さった秋田大学の梶川正弘教授、山形大学の矢野勝俊博士、及び気象資料の収集に御協力いただいた大阪教育大学の小西啓之氏に深く感謝致します。

文 献

- 1) 吉田順五・木下誠一・若浜五郎・中村 勉・藤岡敏夫・清水 弘・秋田谷英次・清水孝一・権平長四郎・佐藤幸三郎・近江 満 1964 北陸豪雪の雪質調査. 低温科学, 物理篇, **22**, 129-146.
- 2) 吉田順五 1969 積雪災害の基礎的研究. 北海道大学低温科学研究所, pp. 67.
- 3) 遠藤八十一・秋田谷英次・高橋 徹・和泉 薫 1976 石狩・勇払平野における積雪の特性. 低温科学, 物理篇, **34**, 133-145.

- 4) 秋田谷英次・遠藤八十一 1977 石狩・空知地方の積雪調査. 低温科学, 物理篇, **35**, 105-115.
- 5) 秋田谷英次・遠藤八十一 1977 石狩・空知・後志地方の積雪調査. 低温科学, 物理篇, 資料集, **35**, 7-11.
- 6) 遠藤八十一・秋田谷英次 1978 北海道西部の積雪調査. 低温科学, 物理篇, 資料集, **36-37**, 7-10.
- 7) 秋田谷英次・遠藤八十一 1979 北海道の平地積雪の特性 (1977-1979年冬期). 低温科学, 物理篇, **38**, 33-40.
- 8) 秋田谷英次・遠藤八十一 1980 北海道内平地における厳冬期の積雪特性. 低温科学, 物理篇, **39**, 55-61.
- 9) 秋田谷英次・遠藤八十一 1981 北海道における融雪期の積雪特性. 低温科学, 物理篇, **40**, 51-59.
- 10) 若浜五郎 1963 積雪内における融雪水の移動 I. 低温科学, 物理篇, **21**, 45-74.
- 11) 若浜五郎 1968 積雪内における融雪水の移動 III —水路流下速度, 皮膜流下速度—. 低温科学, 物理篇, **26**, 77-86.
- 12) 小島賢治・油川英明・石川信敬・小林大二・久保田裕士・深見浩司・内藤明男 1979 低温多雪地帯(雨竜川流域)の消雪遅延機構. 低温科学, 物理篇, **38**, 93-111.
- 13) 西村 寛・水津重雄・山田知充・若浜五郎 1978 大雪山旭岳の積雪調査. 低温科学, 物理篇, 資料集, **36-37**, 25-33.
- 14) 水津重雄・山田知充・若浜五郎 1979 手稲山の積雪調査. 低温科学, 物理篇, 資料集, **38**, 7-15.
- 15) 西村 寛・水津重雄・山田知充 1980 大雪山旭岳における山地積雪の物理的特性. 雪氷, **42**, 9-15.
- 16) 遠藤八十一・秋田谷英次・水野悠紀子 1986 札幌の平地積雪断面測定資料報告. 低温科学, 物理篇, 資料集, **45**, 1-10.
- 17) 佐藤幸三郎・道上宗巳 1987 弘前地方の平地積雪 (昭和60-61年冬期). 東北地域災害科学研究報告, **23**, 88-94.
- 18) 山形大学農学部豪雪地林業実験研究グループ 1987 山形県朝日村積雪断面観測図 (1985年秋~1986年春). 山形大学農学部豪雪地林業実験施設報告, **10**, 資料4.
- 19) 五十嵐高志 1986 長岡における積雪の断積観測資料 (1985~1986). 防災科学技術研究資料, **114**, 1-140.
- 20) 石坂雅昭・黒田久喜 1986 富山市の平地積雪断面測定資料報告, 1985~1986年冬. 富山市科学文化センター研究報告, **9**, 103-108.

Summary

Aiming at dividing snow-depositional environments in plain areas along the Japan Sea, observations were made from 10 to 22 February, 1986, of snow stratigraphy, snow depth, snow temperature, the water equivalent of snow and the type of snow (Table 1) at the 38 sites selected in plains and basins below 100 m a. s. l., as illustrated in Fig. 1.

According to drastic shifts in snow characteristics, which include the type of snow, snow temperature and the mean density of the snow cover varying with the region, the areas observed can be divided into five regions from the viewpoint of the snow-depositional environment: (A) the Ishikari Plain — solid-type depth hoar with a mean density (MD) of about 0.29 (MKg/m³); (B) the coastal region in the Tohoku District — fine-grained compact snow with MD=0.26; (C) the Yokote and the Shinjo Basin — fine-grained compact snow with MD=0.27; (D) the plain fields in Niigata Prefecture — rich coarse grained granular snow with fine-grained compact snow with MD=0.32; (E) the plain fields in the Hokuriku District (Toyama, Ishikawa and Fukui Prefectures) — only coarse grained granular snow with MD=0.38. Snow temperatures are below 0°C in regions (A), (B) and (C); approximately 0°C in regions (D) and (E).

In each regions, linear relationships are observed between snow depth and the water equivalent of snow, as shown in Fig. 2. The data obtained by previous investigators also indicate

that linearity is seen in other regions in different winters and conserved through the snow season although the inclination changes with the lapse of time (Figs. 3 and 4). This phenomenon may be attributable to the effects of snow metamorphism controlled by the same snow-depositional environment realized in same extending areas of a region.

Corresponding to the change of a snow-depositional environment from region to region, a shift takes place in the degree of granular snow formation in the snow cover due to the percolation of snow meltwater. That is, the ratio of granular snow thickness (H_g) to the total snow depth (H_s) is found to serve as a good parameter for indicating a difference in snow-depositional environments (Figs. 5 and 6). The ratio, $(H_g/H_s) \times 100$ (%), in February, when the thickness of the snow cover reaches its maximum, can be roughly estimated from the monthly mean air temperature in January (T_j). The ratio increases with increasing T_j . In the region where $T_j > 3.5^\circ\text{C}$, the snow cover is entirely metamorphosed into granular snow (Fig. 7). For the purpose to estimate the ratio at a given time of a snow season, the value $\Sigma T/H$ was introduced, where ΣT is the cumulative daily mean temperature above 0°C from the beginning of snow deposition to the day when the ratio is estimated; H is the mean snow depth during the above period. By using this value, the ratio of granular snow can also be roughly estimated. When $\Sigma T/H > 0.7 - 1.2^\circ\text{C} \cdot \text{day/cm}$, the snow cover entirely changes into granular snow (Fig. 8).