HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	積雪特性からみた日本海沿岸平野部の堆積環境区分
Author(s)	河島, 克久; 山田, 知充
Citation	低温科學. 物理篇, 47, 15-24
Issue Date	1989-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18561
Type	departmental bulletin paper
File Information	47_p15-24.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Katsuhisa KAWASHIMA and Tomomi YAMADA 1988 Dividing of Snow-Depositional Environments by Snow Characteristics in Plain Areas along the Japan Sea Coast. *Low Temperature Science, Ser. A, 47.* (With English Summary p. 23)

積雪特性からみた日本海沿岸平野部の堆積環境区分*

河島克久
(北海道大学大学院理学研究科)
山田知充
(低温科学研究所)

(昭和63年11月受理)

I. 緒　言

積雪の密度，硬度，雪質，雪温などの積雪特性は堆積速度，堆積量，堆積後の気象状態など，様々な気象・気候条件に依存している。ここでは，このような積雪特性に影響を及ぼす外的要因を総称して「堆積環境」と定義する。

我国の積雪地域は南北に長いため，堆積環境は地域的に大きく異なっている。そのため積雪特性にも大きな地域差が生じていることは古くから定性的には良く知られきた。しかし実際に我国の積雪地域全域について堆積環境や積雪特性の地域差を定量的に明らかにし，地域区分を行った例はない。

そこで著者らは日本海沿岸積雪地域の堆積環境を各地の積雪特性の相違から区分することを目的として，1986年及び1988年に広域同時積雪調査を実施した。1986年には，北海道の石狩平野9地点と青森県から福井県までの日本海沿岸29地点で調査し，(1)積雪特性の不連続性から調査地域は5つの堆積環境の異なる地域に区分できること，(2)各堆積環境区ごとに，積雪深と積雪水量との間に明瞭な直線関係が認められることを明らかにした（河島他[1]）。1988年の調査では，この結果を追試するために，さらに調査地域を広げ，北海道から京都府にいたる日本海沿岸地域97地点で積雪調査を行った。

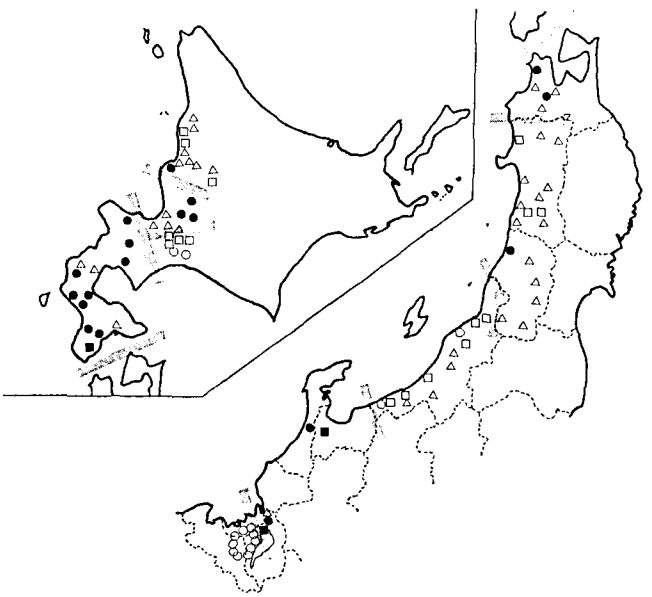
本論文では1988年に実施した積雪調査の結果得られた堆積環境区分を示し，その区分と堆積時の降雪現象や堆積後の気象条件の地域特性との対応を検討する。

II. 調査地点と観測項目

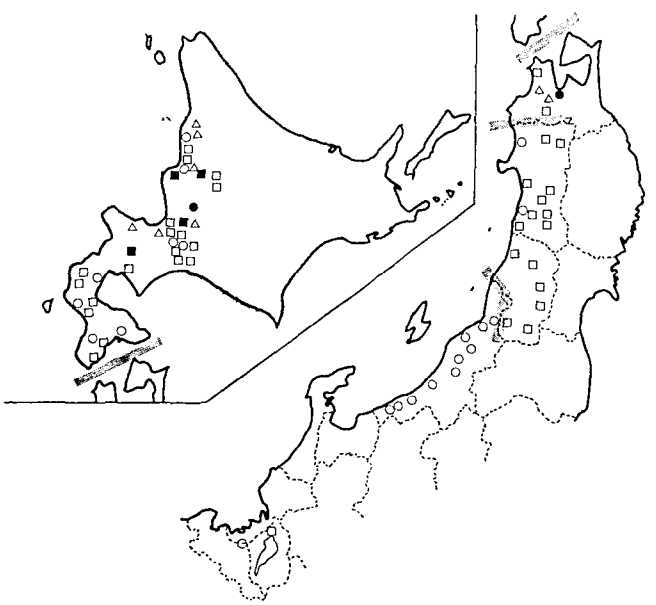
調査は積雪深が最大となる1988年2月下旬～3月上旬に行った。調査地点は，標高による影響を排除するため，標高200 m以下の平野及び内陸の盆地にとった。観測は主に地面の平らな農耕地で行った。もっとも，1988年は比較的寡雪の年であったので，富山県から福井県にかけての一部地域では積雪が既に消失していたために観測できなかった。広域同時一斉観測を理想とするため1測点を短時間に観測する必要があり，観測項目は積雪深，積雪水量，積雪の層

* 北海道大学低温科学研究所業績　第3180号

位構造，雪質，雪温，ラム硬度のみに限定した。1986年に比べると，ラム硬度が新たに付け加わった。積雪の層位構造及び雪質の観測は可能な限りピットを掘って行ったが，積雪深の深い地点では時間的制約からスノーサンプラーで採集した柱状コアーを用いて観測した。



第1図 平均密度の分布（○：≦0.20 g/cm³，□：0.20～0.25，△：0.25～0.30，●：0.30～0.35，■：＞0.35）

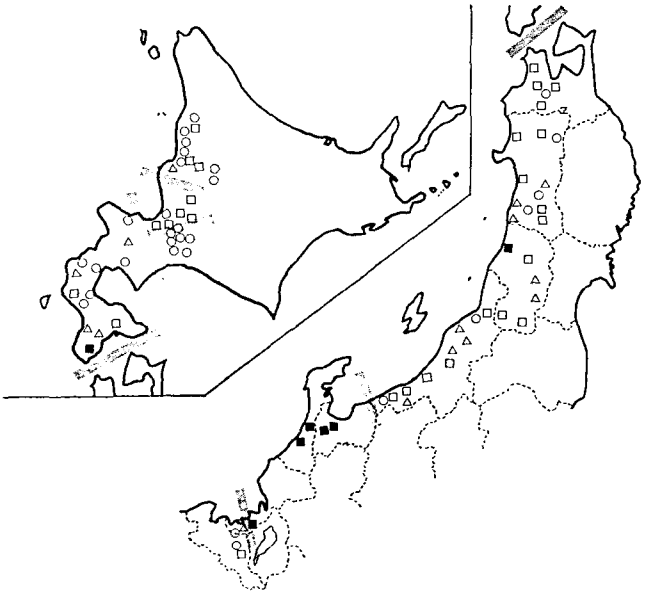


第2図 平均ラム硬度の分布（○：≦10 kg，□：10～20，△：20～30，●：30～40，■：＞40）

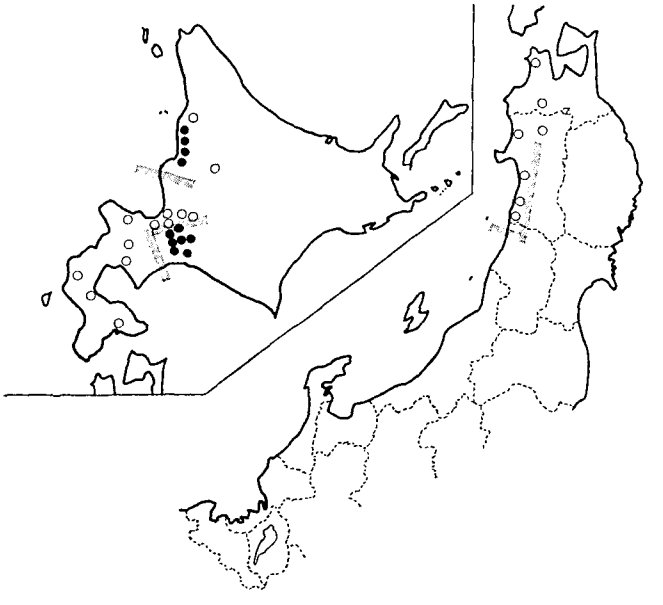
III. 観 測 結 果

1. 積雪の物理的性質と雪質の地域差

第1図～第4図にそれぞれ平均密度，平均ラム硬度，全積雪深に占めるざらめ雪の割合



第3図　全積雪深に対するざらめ雪の占める割合（ざらめ率）の分布
（○：≦20%，□：20～40，△：40～60，●：60～80，■：>80）



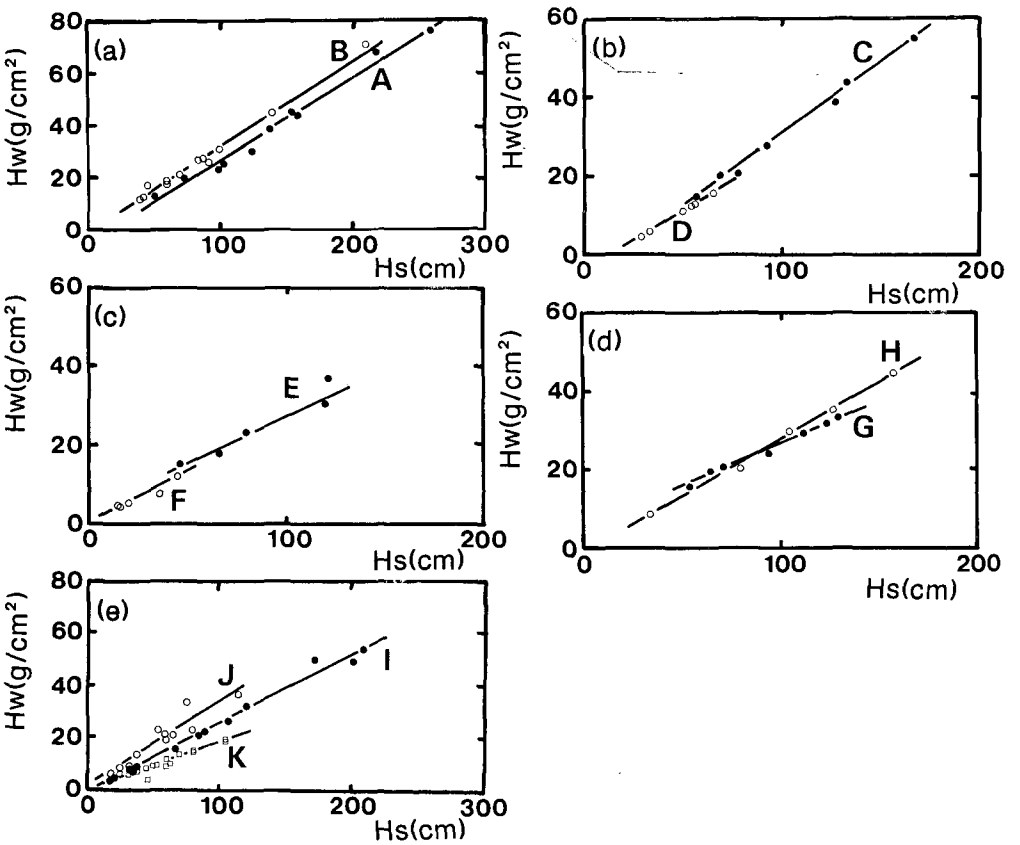
第4図　こしもざらめ雪，しもざらめ雪が認められた地点の分布
（○：こしもざらめ雪，●：しもざらめ雪）

(ざらめ率), しもざらめ雪及びこしもざらめ雪が認められた地点の分布を示す。ざらめ率としもざらめ雪・こしもざらめ雪の分布には明瞭な南北差が認められる。平均密度と平均ラム硬度の分布には明瞭な南北差はないが, 各図中に太線で示したように, 堆積環境の相違の結果生じたものと解釈される分布の不連続が認められる。

2. 積雪深と積雪水量との関係

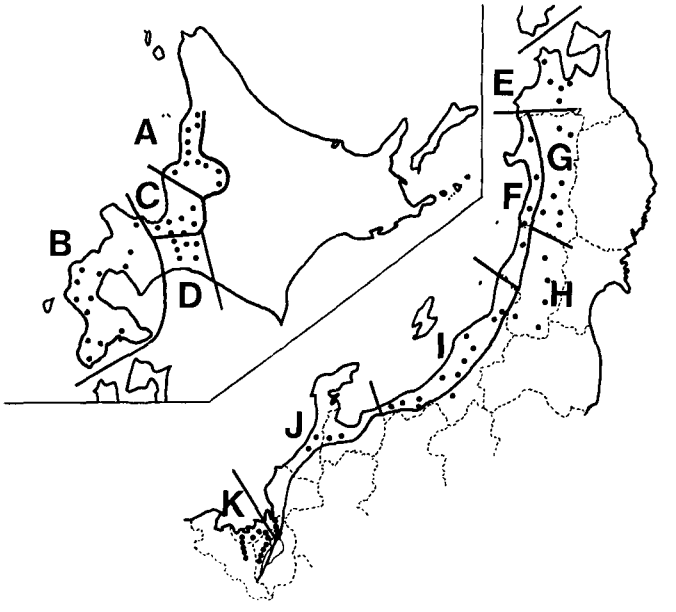
上記の積雪特性の不連続から, 調査地域は10地域に区分できることがわかった。この10地域について, 1986年にみられたと同様の, 積雪深と積雪水量との間の直線関係が成り立つかどうかを調べた。その結果, 第5図に示したように, 秋田・山形県盆地部を除いた他の地域では良い直線関係が認められた。秋田・山形県盆地部は第5図 (d) に示したように秋田県と山形県に分けると, それぞれに良い直線関係が認められる。これは, 第1図～第4図の分布には現れなかったが, 両者の堆積環境に相違があることを示唆するものである。

以上の積雪特性の不連続及び積雪深と積雪水量との関係から, 北海道から京都府に至る調



第5図 積雪深と積雪水量との関係 (H^s; 積雪深, H_w; 積雪水量)

(a) A: 北海道北部, B: 北海道南部
(b) C: 石狩平野, D: 勇払平野北部
(c) E: 青森県西部, F: 秋田・山形県平野部
(d) G: 秋田県盆地部, H: 山形県盆地部
(e) I: 新潟県平野部, J: 北陸地方平野部, K: 琵琶湖以西



第6図　平地積雪の堆積環境区分図
(図中の記号は第5図と同じ，黒丸は観測地点を示す)

査地域は第6図に示したように少なくとも以下の11堆積環境区に区分できることが明らかになった。即ち，(A) 北海道北部 (増毛山地以北)，(B) 北海道南部 (渡島・桧山・後志地方)，(C) 石狩平野，(D) 勇払平野北部，(E) 青森県西部，(F) 秋田・山形県平野部，(G) 秋田県盆地部，(H) 山形県盆地部，(I) 新潟県平野部，(J) 北陸地方平野部，(K) 琵琶湖以西の11堆積環境区である。この区分は1986年の調査結果と良く一致している。

IV. 考　　察

上記のような堆積環境区分を規定する要因としては，大きく分けると (1) 堆積時の降雪現象，(2) 堆積後の気象条件の2つがあげられる。ここでは，この2つの要因の地域特性と堆積環境区分との対応について，過去の研究と照らし合わせながら検討する。

1. 堆積時の降雪現象

1) 冬季降水の時空間変動に着目した地域区分との比較

これまで，冬季降水の時空間変動に着目した地域区分は鈴木[2]，真野[3]，黒坂[4]，脇阪[5]，立花[6] 等によって行われている。ここではそのうち日本全国にわたって区分を試みた鈴木，真野，脇阪の地域区分と著者等のみいだした堆積環境区分とを比較する。

鈴木は，季節風時の降水域端を日本の気候区分に利用し，冬型気圧配置のとき降水のある日本海側 (裏日本気候区) と降水のない太平洋側 (表日本気候区) と，その中間に位置する漸移帯 (準裏日本気候区) の3地域に区分した。この区分では，日本海沿岸地域の大部分が裏日本気候区に分類されているのに対して，石狩湾沿岸と若狭湾沿岸のみが準裏日本気候区に属している。第6図において，この2地域は独立した堆積環境区に分類されており，鈴木の区分と地

域的に対応している。

脇阪は冬季降水量の日変動が類似している地域を，季節風時の日降水量のクラスター分析を行うことによって区分した。得られた区分の境界は石狩湾東部（A–C 境界），石狩湾西部（B–C 境界），青森県南部（E–F，E–G 境界），新潟県西部（I–J 境界），若狭湾東部（J–K 境界）にあり，また秋田県と山形県の盆地部は丁岳・神室山地（G–H 境界）で区分されている。

一方，真野は，脇阪によって区分された各地域で，冬季降水量変動の類似性が毎年成立していることを示している。即ち，彼は 27 年間（1951～1977 年）の全国の 1 月降水量について，稚内，釧路，小樽，秋田，東京，伏木，鳥取を基点とした相関を調べ，冬季降水量の年変動の類似性に基づく地域区分を行った。但し北海道は，どの基点に対しても他地点との相関が非常に低かったために，地域区分の対象から外された。その結果，本州の日本海沿岸地域は，青森県～山形県，新潟県～若狭湾東部，若狭湾西部～島根県東部の 3 地域に区分され，脇阪の地域区分と良く一致していると共に著者等の区分とも矛盾しない。

このように今回の調査結果から得られた堆積環境区分は，冬季降水の分布や時間的変動に着目した地域区分と良い対応が認められる。これは，降雪現象の地域的相違が，積雪の地域特性に大きな影響を与えていることを強く示唆している。降雪現象の地域的相違は，我国の複雑な地形条件が重要な決定因子となっていると考えられるので，次に降雪現象に及ぼす地形の影響を堆積環境区分の地理的特徴と照らし合わせて考察してみる。

2） 地形による降雪現象の地域差と堆積環境区分の地理的特徴との関連

堆積環境区分の各境界線に着目すると，その多くが標高 1,000 m 以上の山地（増毛山地，余市岳や無意根山等からなる石狩平野西方の山地，白神山地，出羽山地，朝日山地，飛騨山脈）と一致しているという地理的特徴を持っていることがわかる。これは地形が季節風時の風系や雪雲の運動に大きな影響を及ぼすためと考えられる。河村[7]は季節風時の降水は，標高 1,000 m 以上の山地の風下側で少ないことを指摘し，遠藤・秋山[8]は小樽における降雪と風の観測から，定常的な季節風のもとでは地形の影響で降雪域が固定することをみいだした。また，東根[9]や遊馬・菊地[10]は石狩湾周辺地域を対象とした雪雲のレーダー観測とレーダーエコーの統計解析等から，石狩湾上の雪雲が積丹半島や石狩平野西方の山地（B–C 境界）の影響を受けて，雪雲の侵入経路と山地との位置関係によって石狩平野の降雪の分布が決まることを示した。鈴木[2]の気候区分で，石狩平野が準裏日本気候区に分類されているのもこのためであろう。地形が雪雲に影響を及ぼす例としては，日本海上の雲の動きや走向が佐渡島や能登半島によって曲げられることが八木・内山[11]によって報告されている。

若狭湾周辺地域における降雪特性として脇阪[12]は，季節風時の 3 時間降水量分布の解析を行い，若狭湾岸西部（堆積環境区 K）では周辺地域と異なる総観場のもとで降水が起こることを示した。これは若狭湾東部（J–K 境界）で積雪特性に不連続が生じていることと場所的対応がある。この現象は，若狭湾の東西で奥丹後半島と越前岬周辺が日本海に張り出していること，若狭湾の湾入が深いこと，日本海岸の走向が若狭湾付近で東一西から南西一北西に変化すること等の地形的特徴と関連していると考えられている。また，海岸地形に関係して奥丹後半島から越前岬付近にかけての海上で若狭湾不連続線が形成されることが指摘されている（井野[13]，

坂根・沢田[14])。この現象も若狭湾東部のJ-K境界形成に重要な役割を果たしているであろう。つまり，若狭湾周辺地域の降雪現象には海岸地形が大きな役割を果たしているといえる。

次に，秋田県盆地部，山形県盆地部，勇払平野北部のような内陸地域について述べる。秋田・山形県盆地部は米代川，雄物川，最上川，荒川によって形成された盆地周囲を1,000～2,000 m級の山地によって囲まれている。特に山形県の盆地は丁岳山地，奥羽山脈，飲豊山地，朝日山地などの2,000 m級の山地に囲まれているので，独立した気候状態にあることが推測される。秋田・山形県の盆地の降積雪特性が日本海沿岸平野部に比べて異なった状態にあることは，伊藤[15])が行った最大積雪深の諸統計量による東北地方の地域特性の考察からも明らかであるが，その気象学的意味付けについては不明な点が多い。勇払平野北部と石狩平野のと間(C-D境界)には，山地等の特徴的な地形は全くないにもかかわらず明瞭な境界が形成される。この原因の1つとしては，河村[7,16])が指摘したように，下層風の風向と風速によって降雪域に変化が生じることがあげられる。つまり，下層風向が北西の場合には季節風が直接石狩湾から太平洋に吹き抜け，降雪域は勇払平野まで達することもあるが，気流の方向が西北西から西に近付くと降雪域は石狩平野のみに限られる。この現象も，先に示した積丹半島や石狩平野西方の山地の影響で生じていると考えられる。

上記の考察は季節風に伴う降雪現象に関するものであるが，冬季間の降水量に占める低気圧による降水の割合は，山陰地方を除いた日本海沿岸地域で30～40%に達する[17])ので，降雪現象の一形態として無視はできない。しかしながら，低気圧に伴う降水分布は季節風時のそれに比べて地形による影響は小さく，規則性に乏しいことが指摘されている[18,19])。従って，低気圧による降水は季節風による降水に比べて顕著な地域特性を示さない。これは低気圧時の雲の分布が季節風時に比べ広域，かつ雲頂高度も高いために局地的な地形の影響を受けにくいことが原因であろう。

以上の考察から，山地や海岸地形等の地形条件によって季節風時の降雪現象に地域差が生じ，その結果，積雪特性にも相違がみられると考えられる。

2. 堆積後の気象条件

積雪の地域特性に及ぼす堆積後の気象条件の影響については，これまで主に積雪の変態過程に着目して研究が進められており，積雪のしもざらめ化やざらめ化と気温との関係が明らかになってきている。それを積雪特性の地域区分に結び付けた研究としては，遠藤他[20])が石狩平野と勇払平野北部の雪質に違いがみられる原因の1つとして，勇払平野北部の冬季の気温が石狩平野に比べて極めて低いことをあげている。また，秋田谷・遠藤[21])は気温と積雪深のデータを使って，北海道全域をしまり雪が卓越する地域としもざらめ雪が卓越する地域に区分している。その区分でも石狩平野と勇払平野北部は，それぞれしまり雪地域，しもざらめ雪地域に分類され，著者等のみいだした区分と一致している。

気温以外の気象条件と積雪の地域特性との対応については，これまでほとんど研究されていないが，例えば風速も積雪の地域特性に影響を及ぼすと考えられる。特に冬季の風速は，河村[22])が示したように海岸部と内陸盆地部とで顕著な差があるので，秋田・山形県の海岸部と盆地部の積雪特性に地域差をもたらす要因の1つとなっている可能性がある。他の気象条件と積

雪の地域特性との関係は今後の研究に待たねばならない。

V. 結　　語

日本海沿岸平地積雪の堆積環境を各地の積雪特性から区分することを目的として，1988年2月下旬～3月上旬に広域同時積雪調査を実施した。観測された積雪の状態や性質から堆積環境を区分し，その区分と降雪現象及び堆積後の気象条件の地域特性との対応を検討した。その結果明らかになったことは以下のとおりである。

(1) 雪質，積雪の物理的性質，積雪深と積雪水量との関係から，北海道から京都府に至る日本海沿岸平野部の調査地域は少なくとも11の堆積環境区に分類できる。

(2) 著者等のみいだした堆積環境区分と，冬季降水現象の時空間変動に着目した地域区分とには良い地理的一致が認められる。これは，降雪現象の地域的相違が積雪の地域特性に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。

(3) 堆積環境区は，山地や地形的に特徴的な海岸で区切られている。これは地形条件によって降雪現象や堆積後の気象条件に地域的な不連続が生じていることに対応している。つまり地形条件は堆積環境区分を規定する重要な要因の1つであるといえる。

以上の調査結果及び考察より，積雪の堆積環境区分は，堆積後の気象条件の地域差だけでなく，従来あまり注目されていなかった降雪現象の地域的相違にも依存していることが明らかになった。今後は，堆積後の気象条件や降雪現象が積雪特性にどのような影響を及ぼすかを定量的に明らかにする必要がある。また，今回調査できなかった山陰地方や山岳地帯の積雪の堆積環境の区分についても今後の課題として残される。

広域同時積雪調査を実施するに当たり，北海道南部と北部は低温科学研究所の清水弘教授，秋田谷英次助教授，本山秀明助手によって，新潟県西部は新潟大学積雪地域災害研究センターの和泉薫助教授によって，富山県と石川県は富山大学理学部の川田邦夫助手と黒部市吉田科学館の飯田肇氏によって，福井県，滋賀県，京都府は京都大学防災研究所の井上治郎助手によって貴重なデータを得ることができた。ここに深く感謝の意を表する。なお，本調査に要した費用の一部は，昭和62年度文部省科学研究費補助金「比較調査による豪雪災害の地域特性の研究」(研究代表者：山田知充) から支出された。

文　　献

1) 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.
2) 鈴木秀夫 1962 日本の気候区分．地理学評論，**35**，205-211.
3) 真野裕三 1978 地域差を考慮した冬季日本海側の降水量の長期傾向．京都大学大学院理学研究科修士論文，64 pp.
4) 黒坂裕之 1978 東北地方の降雪分布に関する総観気候学的研究．地理学評論，**51**，841-851.
5) 脇阪義和 1986 日本列島における冬型降水分布の地域特性．地理学評論，**59**，85-97.
6) 立花義裕 1988 北海道の降雪分布域の変動と総観場について．北海道大学大学院理学研究科修士論文，40 pp.

7) 河村　武 1964　日本における冬の天候分布の総観気候学的解析．地理学評論，**37**, 64-78.
8) 遠藤辰雄・秋山敏弘 1970　メソスケール降雪域に及ぼす地形による風の影響．天気，**17**, 429-433.
9) 東根　総 1985　北海道西岸，積丹半島付近における冬期季節風時の降雪雲に対する地形の効果に関する研究．北海道大学大学院環境科学研究科修士論文，125 pp.
10) 遊馬芳雄・菊地勝弘 1987　レーダー・エコーの進入方向別にみた札幌市内域の降雪特性とエコーの出現頻度特性について．北海道大学地球物理学研究報告，**49**, 317-330.
11) 八木正允・内山良子 1983　能登半島と佐渡島を迂回し合流する雪雲の流れ——上越地方の大雪に関連して．天気，**30**, 291-294.
12) 脇阪義和 1986　若狭湾周辺地域における冬型降水分布の時間的変化特性．地理学評論，**59**, 606-624.
13) 井野英雄 1965　冬季若狭湾に形成される不連続線について．気象研究ノート，**16**, 329-332.
14) 坂根教關・沢田芳夫 1976　若狭湾前線の解明．気象庁研究時報，**28**, 395-402.
15) 伊藤　驍 1987　東北地方における最大積雪深の地域特性に関する研究．東北地域災害科学研究，**23**, 70-73.
16) 河村　武 1961　北海道における冬季の降水分布の総観気候学的考察．地理学評論，**34**, 583-595.
17) 田坂郁夫 1988　冬季降水量変動の地域性について．地理学評論，**61**, 485-495.
18) 鈴木秀夫 1957　日本中部の気候区界について．地学雑誌，**66**, 82-90.
19) 鈴木秀夫 1962　日本北部および日本南部の気候区界について．地学雑誌，**71**, 7-16.
20) 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.
21) 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.
22) 河村　武 1977　全国地上風分布図．気象庁技術報告，第91号，76 pp.

Summary

The characteristics of snow depend on meteorological and climatological conditions in winter. The conditions are defined as snow-depositional environments in this paper. The characteristics of snow vary according to the locality of snow-depositional environments.

Aiming at dividing snow-depositional environments using snow characteristics in plain areas along the Japan Sea coast, observations were made from 17 February to 4 March, 1988, of snow stratigraphy, snow depth, snow temperature, snow type, the water equivalent of snow and the Ram hardness at 97 sites selected in plains and basins below 200 m a.s.l.

The areas observed can be divided into 11 regions as shown in Fig. 6, according to drastic shifts in snow characteristics obtained from physical properties of snow, such as mean density and mean Ram hardness of the snow cover (Figs. 1, 2), and the type of snow texture (Figs. 3, 4) and also in relationships between snow depth and the water equivalent of snow (Fig. 5).

As compared with such other regional divisions with relation to temporal and areal distributions of precipitation during the winter monsoon season as were obtained by Suzuki (1962), Mano (1978) and Wakisaka (1986), the regional division of snow-depositional environments presented in this study is in good agreement with them. It suggests strongly that the generation of the characteristics of the snow cover is attributable to the regional characteristics of snowfall phenomena in addition to meteorological conditions after snow deposition.

We can find that most of the boundaries between the regions of snow-depositional environments are consistent with the topographical features, such as mountain ranges, peninsulas and bays. Previous investigators found out that the cloud movement in the winter monsoon season was subjected to the above topographical features, which exerts an influence on the wind

system. As a result, the snowfall phenomena shift regionally (e. g. Yagi and Uchiyama (1983), Asuma and Kikuchi (1987)). This might lead to the result that the regional divisions of snow-depositional environments depend remarkably on topography.

Judging from the foregoing facts, topographical conditions constitute one of the most important factors in dividing snow-depositional environments.