

弱層に着目した広域積雪調査

尾関俊浩・秋田谷英次（北大低温研）

1. はじめに

表層雪崩の発生を予測するには弱層の有無を知ることが重要である。積雪の断面を観察すると、いくつもの層が重なりあっているのがわかるが、その中にせん断破壊しやすい層が挟まれていることがある。この層は弱層と呼ばれ、表層雪崩の滑り層となることが知られている。

北海道の広域積雪調査は例年積雪の地域的特性に着目して層構造や積雪水量、ラム硬度などを観測してきた^{1) 2)}。これによって北海道内の積雪の地域的特性は明らかになってきたが、従来の観測では弱層についてはわからなかった。本調査では弱層の種類とその成因や特徴、さらにその地域的特性を明らかにすることを目的に、弱層に着目をして広域積雪調査を行なった。

2. 観測

観測は平成7年2月20日から3月6日にかけて行なわれた。この期間は北海道では融雪期前で積雪水量が最も多く、積雪のざらめ化が進んでいないので地域的特性がよく現れる。また、信越地方は平地では融雪が進んでいるが内陸部ではまだ融雪初期であると考えられる。そこで本観測では北海道上川地方、後志地方、新潟県内陸部、長野県八ヶ岳標高2240m地点で観測を行なった（第1図）。観測項目として従来の積雪の層構造、雪質、粒径、ラム硬度、全積雪水量に加え、弱層テストとシアートテストを行なった。

3. 結果

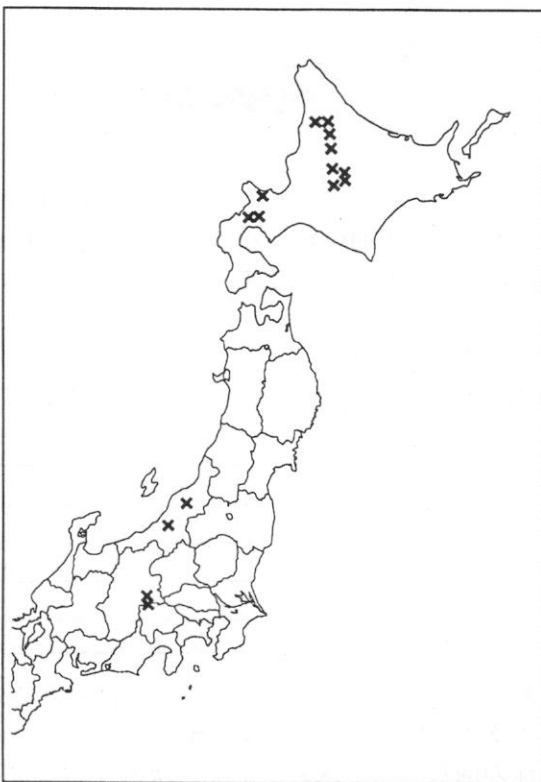
1) 弱層の種類とその成因

観測された弱層29例について第1表に示す。観測された弱層は降雪結晶（六花、アラレ）、しもざらめ雪、表面霜、内部融解層（クラスト）、ぬれざらめであり、

降雪結晶が全体の約半分を占めていた（第2図）。

弱層となる降雪結晶（六花、アラレ）はいずれも強度が増しづらい結晶形で、埋没後も弱層として残ったと考えられる。雲粒の付いていない広幅六花が微風下で水平に積もった層が特に弱く、本観測で最も弱かった層（せん断強度 17.2kg/m^2 ）と2番目に弱かった層（同 27.2kg/m^2 ）はいずれもこのタイプであった。

表面霜、しもざらめ雪は双方ともに水蒸気の昇華凝結によって形成される弱層で、積雪の表面付近で形成されることが多い。表面霜が大気から雪面への水蒸気輸送なのに対して、しもざらめ雪は積雪



第1図 1995年2-3月広域積雪調査。

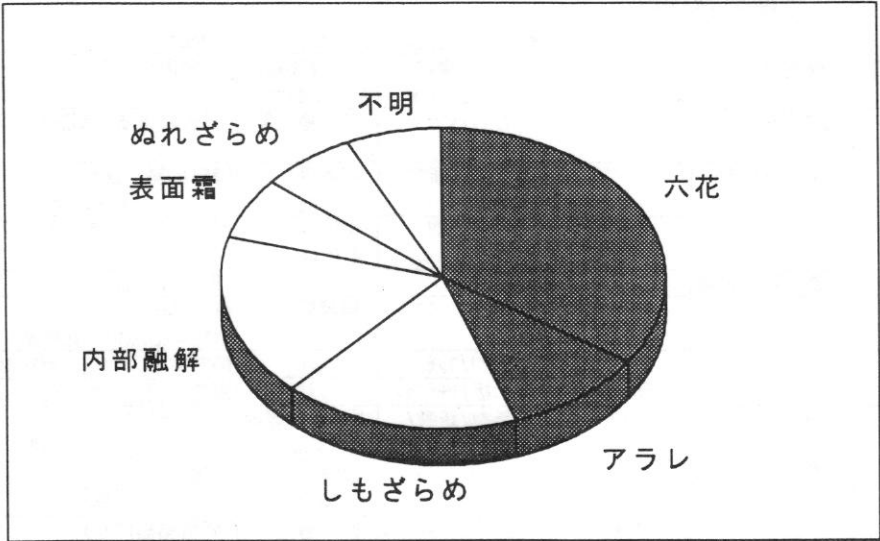
×：観測地点

第1表 弱層観測結果

層境界の破断面はなめらか、 *250cm²のシアフレーム使用

年 月 日	観測場所	深 さ cm 地面から/表面から	層と雪質 上層/下層	シアテスト破断面 とせん断力*	弱層形成条件
1995 2/20	富良野	42 / 14	コシマリ/サラム	サラム層上部	日射による内部融解
2/21	十勝岳望岳台	? / 37	新雪/新雪	層境界 2.0 kg	降雪結晶、雲粒なし六花 水平に積もる
		? / 45	コシマ/シマリ	層境界 4.0 kg	温度勾配によるシマ化
	十勝岳吹上温泉				顕著な弱層なし
2/22	美瑛	70/4	新雪/コシマリ	層境界	降雪結晶、広幅六花、 雲粒なし広幅六花観測
		61/13	コシマリ/コシマ	コシマリ層内	降雪結晶、六花、雲粒なし
		55/19	氷板/シマ	シマ層内	温度勾配、シマ化
2/24	ニセコ湯本	?/10~13	新雪/新雪/ 新雪	中央新雪層内 0.43 kg	降雪結晶、大六花、 水平堆積
	雪秩父横	?/20	コシマリ/コシマリ	層境界 1.56 kg	降雪結晶、広幅六花、 雲粒なし
		? / 60	シマリ/サラム(1cm 厚、アレル混)	サラム層内	降雪結晶(アレル)、 内部融解でサラム化
		?/63	シマリ/シマリ	層境界	表面霜アリ、放射冷却
		?/74	シマリ/サラム	サラム層内	サラム2cm厚、内部融解サラム
2/25	ニセコ曾我	?/10	コシマリ/サラム	コシマリ層内 0.68 kg	降雪結晶残る、六花、 初期から低密度雪(無風)
	東山麓	?/15	サラム/コシマリ(アレル 混入)	コシマリ層内 1.64 kg	降雪結晶、アレル混じり
		?/20	コシマリ/シマリ	層境界(アレル)	降雪結晶、境界がアレル
		?/28	コシマ/サラム	層境界	不明
		?/34	サラム/シマリ	層境界	不明
	余市登町奥	84/16	コシマ/シマリ	層境界 2.8 kg	コシマ層にサラム残る、 内部融解サラム・シマ化
		74/26	シマリ/シマリ	層境界	境界に表面霜アリ、放射冷却
2/28	比布				顕著な弱層なし
	上土別				顕著な弱層なし
	名寄(ヒヤシリ)	85/4	コシマ/コシマ・クラスト	クラストの上 0.7 kg	日射内部融解・放射冷却
3/1	母子里	140/6.5	コシマ/コシマ・クラスト	クラストの上 0.89	日射内部融解・放射冷却
		129/16	コシマ/コシマ	層境界 2.47 kg	温度勾配、シマ化
3/4	新潟県入広瀬	377/5	新雪/サラム	層境界 1.35 kg	全層濡れ雪、降雪結晶 雲粒なし
	大白川	365/17	サラム/サラム	上部サラム層内 2.85 kg	全層濡れ雪、融解サラム化 (日射融解)
3/5	新潟県十日町	185/15	新雪/サラム	層境界	全層濡れ雪、降雪結晶 雲粒なし
	試験地内	180/20	サラム/サラム	下部サラム層内 3.05 kg	全層濡れ雪、融解サラム化 (日射融解)
3/6	長野県八ヶ岳 北向緩傾斜	? / 12	コシマ/新雪/コシマ	新雪層内	降雪結晶、雲粒なし 新雪層厚:1cm
		?/30	コシマ/シマサラム/ コシマ	シマサラム層内 1.7kg	温度勾配、シマ化 初期低密度層のシマ化
	南向急斜面	?/(13~16)	新雪/新雪	下部新雪層内	降雪結晶、六花、雲粒ナシ
		?/(16~24)	新雪/コシマ	コシマ層内 1.0 kg	温度勾配、シマ化

弱層29例の内訳 降雪結晶:13(六花:10、アレル:3)、しもざらめ:5、内部融解(サラム化、シマ化):5
表面霜:2、ぬれざらめ(日射融解):2、不明:2



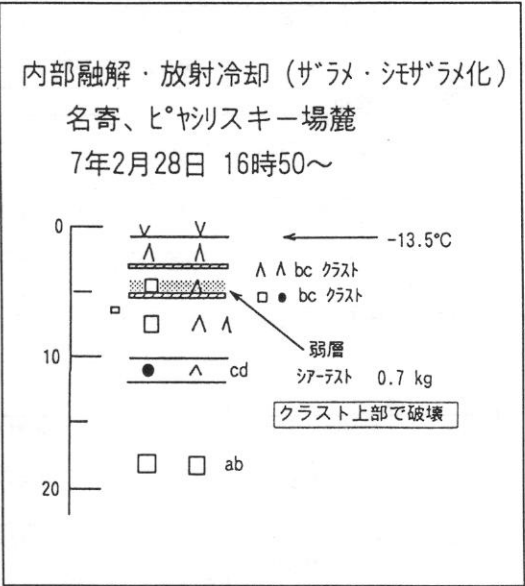
第2図 弱層の種類とその割合。

下層から上層へ向けての輸送であるが、ともに積雪表面が冷却される晴天の夜間や寒気の入ったときに形成される。今回の観測時期は太陽高度が上がり日射によって内部昇温が頻繁に起こる時期であったことから、しもざらめ雪が形成されやすかったと思われる。第3図は2月28日に名寄で観測された弱層の断面図だが、弱層は内部融解でできたクラストの上部に形成された。これは快晴の夜間、積雪表面が放射冷却されるのに対し、内部融解層はなかなか再凍結しないので、積雪表層に極めて大きな温度勾配が現れ、しもざらめ雪が急速に形成されたと考えられる。

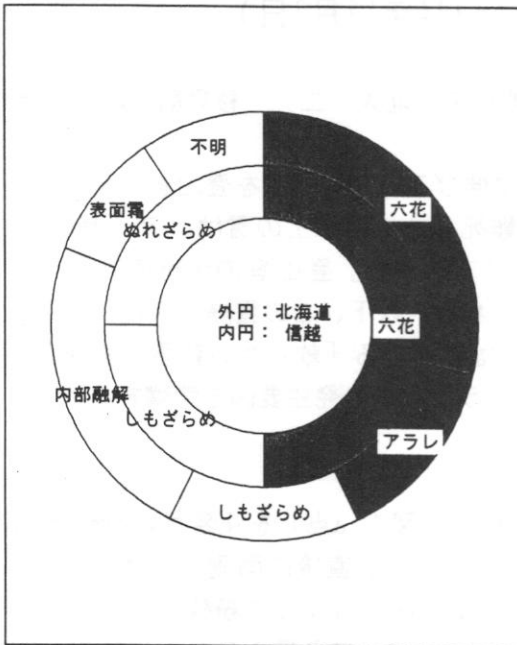
信越で見られた弱層にぬれざらめ雪がある。高い気温と強い日射がある場合には表層のざらめ雪は結合が弱くなり弱層となったと考えられる。しかし今回、このタイプは顕著な弱層とはなっていないかった。

2) 弱層の地域的特性

弱層の種類のも地域的特性を明らかにするために、弱層を北海道と信越に分けて第4図に示す。両地方とも、やはり降雪結晶が弱層の半分以上を占めていたが、今まで



第3図 名寄の積雪断面。△：しもざらめ、▽：表面霜、□：こしもざらめ、●：ざらめ



第4図 北海道と信越における弱層の相違。

寒冷な北海道で多く見られると考えられていたしもざらめ雪も両地方で見られた。信越ではぬれざらめの弱層が見られたが、これは気温が高いことと太陽高度が高いことによると思われる。

1ピット当りの弱層数を求めたところ、全ピットの平均は1.9であるのに対し、ニセコ周辺で5.0という値が得られた。このことからニセコは弱層のできやすい地方であると思われるが、そのメカニズムはまだわからない。

4. まとめ

弱層の種類とその成因や特徴、地域的特性を明らかにするために、弱層に着目をして広域積雪調査を行なったところ、以下のことがわかった。

弱層はいずれも降雪中もしくは降雪のないときに積雪表層で形成されたものであった。その種類は六花状降雪結晶、アラレ状降雪結晶、しもざらめ雪、表面霜、ぬれざらめ雪であった。また、北海道と信越で弱層の種類を比較したが大きな差はなく、両地方とも降雪結晶が弱層となる例が最も多かった。さらに、ニセコ周辺で弱層が多く形成されることが示唆された。

今後は観測時期や観測地域を北海道北・東部や、東北地方に広げると、より弱層形成の実態がわかると思われる。また今回弱層が多く見つかったニセコ周辺については、集中観測を行なってその地域的特性および弱層形成メカニズムを明らかにすることが望まれる。

この広域積雪調査は以下の多くの方々の協力のもとで行なわれた。ここに感謝の意を表す。また、費用の一部は文部省雪崩事業費によってまかなわれた。

研究協力者：北海道大学低温科学研究所 成瀬廉二、北海道大学地球環境科学研究科大学院生 川島由載、天見正和、鎌田慈、新潟大学 和泉薫、森林総合研究所新潟試験地 遠藤八十一、信州大学 新田隆三、同大学院生 杉山元康、日本勤労者山岳連盟 中山建生 以上敬称略。

参考文献

- 1) 石井吉之・秋田谷英次・野村睦 1992 北海道内の広域積雪調査 - 1992年2月一、低温科学、物理編、51、資料集、9 - 22.
- 2) 秋田谷英次・石井吉之 1992 北海道北部・東部の広域積雪調査、北海道の雪氷、11、8 - 10.