

38.1 豪雪によせて

—日本の雪の研究の現況と問題点—

福 井 篤*

今日、雪氷学と称せられる分野において、氷の結晶の問題から、積雪・融雪の物理学的問題に至るまで、学問的体系をととのえてきたのは、最近ほぼ10年位の進歩によるものであろう。氷の結晶、雪の結晶及び降雪現象については、雲物理学の進展も含めて純基礎的学問の分野で進められてきたが、積雪現象については、従来主として応用科学的に取扱われ、特に産業分野における防災対策上の問題として研究が進められてきた。

特に、多雪による大災害の発生を見ると急速にその対策研究が要望され、昭和9年、11年、15年等の大雪年の際は、農林業・鉄道などの被害が大きく、これらの分野では、積雪による直接災害に対する対策に必要な調査研究が個々に行なわれるようになった。戦後に至ってやや暖冬の傾向にあった時期においては、雪に対する研究調査の必要性は、世間的に認められるところではなかったが、産業構造の発展によって、各分野における積極的な対策研究が進められたほか、積雪現象の純学問的な取扱いがなされるようになってきた。近年に至り、両者の歩み寄りが次第に深まりつつあるときに当って、昭和35～36年の新潟における豪雪、そして今回の北陸地方から西日本一帯を襲ったいわゆる38.1豪雪となった。従来の産業分野における十数年にわたる対策研究も相当の効果があったにもかかわらず、再度大災害をまねく結果になった。このため、雪害対策について再び大きな話題を呼び、多くの対策研究の再検討と同時に雪（この場合降雪積雪現象を対象として）そのものに対する基礎的研究の必要性が論ぜられるようになった。しかしこのことを論じるに当っては、特に38.1豪雪に際しての災害の実態が何であったか、また今日の雪に関する基礎的研究がどのような現状にあるかを見極めなければならないであろう。

38.1豪雪による災害の実態については、各方面で調査が試みられ、それぞれの分野における被害の様相が発表されているものもあるが、相互の関連性についての究明がなされていない面もあり、真の意味の災害の様相がつかみにくい。また一方一般的に雪害というものがどのような形態で発生するかについてもいままで総合的に調査されたものが少なく、社会科学に立った対策に至っては全く未開発の問題にもなっている。これらの点も考えて、現在雪国のおかれている地理的社会的条件と雪との相互関係及びこの問題を解決する基礎的な雪そのものに関する研究との連繫について考える必要がある。このような意味において、雪に関する研究調査の現況と問題点を述べてみたいと思うが、積雪学という立場における理論的發展過程については、本誌の吉田順五先生によって詳しく述べられておるので、ここでは、主に雪害の防災的見地に立って述べることにしたい。

38.1 豪雪による災害の様相について

まず、38.1豪雪の災害の概略について述べよう。警察庁の調査による被害表を1月から5月までの間で集計して見ると、第1表のように、死傷者が約600人、家屋（非住家も含めて）1万1千戸以上、罹災者が約1万人に達するもので、これを台風による被害数と比べると、ほぼ中級の台風が本州を通過したときの被害に相当する程のものである。警察庁の資料は、なだれによる災害と、なだれ以外の雪による災害と分けて統計されるが、人的被害のうち、死者はなだれに多く、負傷者はなだれ以外のものに多いのが目

* 国立防災科学技術センター

第 1 表 38.1 豪雪の被害表*

		北 海 道			東 北			北 陸			関 東・甲 信		
		雪 雪崩 計			雪 雪崩 計			雪 雪崩 計			雪 雪崩 計		
死 者	人	2	7	9	13	26	39	41	40	81	2		2
負 傷 者	人	5		5	18	20	38	112	12	124	2	5	7
行 方 不 明	人							2	1	3			
全 壊	棟		1	1	21	2	23	453	33	486	2		2
半 壊	棟				29	1	30	177	23	200			
一 部 破 損	棟	2	1	3	134	3	137	1,468	11	1,479	4		4
非住家被害	棟	1		1	207	1	208	1,356	32	1,388	2		2
道路損壊	箇所	4	11	15	10	13	23	61	49	110			
橋梁流失	箇所	2		2	2		2	16	2	18			
山くずれ	箇所				11	7	18	20	1	21	1		1
鉄軌道被害	箇所		2	2	9	3	12	24		24		2	2
通信施設被害	回線	335		335	2,032	6	2,038	17,603		17,603	114		114
罹災者概数		7	9	16	571	97	668	4,194	232	4,426	10	5	15
被害発生件数		16	8	24	319	47	366	(557)	90	647	12	14	26

第 2 表 38.1 豪雪被害表 (北陸 4 県)

		新 潟			富 山			石 川			福 井		
		雪 雪崩 計			雪 雪崩 計			雪 雪崩 計			雪 雪崩 計		
死 者	人	12	10	22	14	8	22	10	1	11	5	21	26
負 傷 者	人	44	4	48	38	1	39	5	1	6	30	6	36
行 方 不 明	人	1		1	1		1					1	1
全 壊	棟	3	11	42	55	1	56	37	12	49	330	9	339
半 壊	棟	18	14	32	30	4	34	15	2	17	114	3	117
床上浸水	棟	58		58	195		195	3		3	299		299
床下浸水	棟	1,020		1,020	1,443	1	1,444	152		152	2,342		2,342
一部破損	棟	67	2	69	46	3	49	25		25	1,330	6	1,336
非住家被害	棟	365	7	372	80	1	81	76	9	85	835	15	850
道路破損	箇所	3	32	35	2	8	10	4	2	6	52	7	59
橋梁流失	箇所	3		3	1		1		1	1	12	1	13
堤防決壊	箇所	1		1				1		1	1		1
山くずれ	箇所	3		3				5		5	12	1	13
鉄軌道被害	箇所	2	1	3	18		18	4		4			
通信施設被害	回線	7,610		7,610	50		50	2,071		2,071	7,872		7,872
罹災者概数		426	121	547	1,480	29	1,514	200	26	226	2,083	56	2,139
被害発生件数		255	40	297	134	22	156	161	23	184	不明	23	(23)

立つ。また家屋の災害は、なだれによるものは少く、一般に雪によるものが非常に多い。道路は、両者がほぼ同じ位で、通信線の災害になるとなだれ以外のものが非常に多い。これらの数字の差は、雪害の様相をそのまま物語るものであるとともに今冬の雪害の特徴をも示している。この点については、後に述べるが、第 1 表の地方別の一般災害を見ると、北陸 (4 県) が最も多く、中国・近畿がこれについて被害が大きい。これも今冬の雪の降り方の地域特性と関連するところである。このような雪害の地域差は、北陸 4 県

(地方別)

東 海	近 畿	中 国	四 国	合 計
雪 雪崩 計	雪 雪崩 計	雪 雪崩 計	雪 雪崩 計	雪 雪崩 総計
5 5 10	9 13 22	25 23 48	1 1	98 114 212
3 1 4	77 5 83	97 10 107	4 4	318 53 371
				2 1 3
7 1 8	39 13 52	377 5 382	28 2 30	899 55 954
18 18	108 9 117	555 7 562	67 1 68	954 41 995
42 2 44	1,605 2 1,607	1,720 13 1,733	34 34	5,009 32 5,041
28 6 34	1,090 6 1,090	1,614 7 1,611	167 1 168	4,465 53 4,518
28 62 90	20 2 22	9 1 10	16 16	148 138 286
		1 1	1 1	22 2 24
5 2 7	10 27 37	23 12 35	2 2	72 49 121
1 1	3 3	5 23 28		42 30 72
493 493	1,749 22 1,771	4,237 7 4,244		28,601 35 28,636
11 11	645 112 757	2,962 78 3,040	323 7 330	8,712 551 9,236
6 66 72	1,311 28 1,339	155 243 398	256 105 361	(2,632) 601 (3,233)

の中についても現われており、人的被害、建物被害、道路・通信等施設の被害、それぞれ各県毎に特徴があり、そのうちでも、雪によるもの、なだれによるもの等それぞれ異った災害の様相がうかがえる。もちろん、すべての災害がそうであるように、自然現象による災害量は、災害をひきおこす自然現象の強度と社会条件によって決まるので、ここに現われた生の数字で災害量とその様相を論ずることはできないが、概略的な災害の様相は把握することができる。

さて、以上の一般災害に加えて、各部門における雪害について見ると、各方面で報告された災害量のうち例えば、中央防災会議が各省報告からまとめたものによると、農林水畜産物は約390億円、公共土木関係などの施設被害が92億円といわれ、さらに、間接的災害として例えば、富山県で除雪費用（各戸における除雪費用の集計）が6億円と称されたりしている。このほか、雪害と称されるもののなかに、交通機関の杜絶による産業・商業機能が停止したための見込収入減まで問題にされている。

このように、38.1 豪雪に対して、雪害調査が各方面でなされ、「雪害とは何ぞや」という問題が提起されることになった。

前記の警察庁統計による被害は、いわゆる一般被害であって、雪による直接的災害を現わしたものであり、除雪費用の増大や、産業・商業の活動停止による収入減は、全くの間接災害である。この両者の区別は割合明確にすることが出来るが、農林水産業関係の災害に至っては、直接災害も、間接災害も含まれていて、それぞれ分析することがむずかしい。

雪害の様相というものが、このように、直接・間接災害混合で現われるのが、台風などの風水害による災害と異なる点で、通常雪害といわれるものには、間接的災害が大きい場合が多い。38.1 豪雪においても、この点が大きく、特に交通杜絶による被害が社会問題化した感がある。しかしこのような間接災害といえども交通機関の混雑が、降雪現象と直接関連する部分においては直接災害とも考えられるし、また、防災対策の点からは、今後最も重要な分野でもあるため、雪害の様相の一つとして解明しなければならないであろう。

また、38.1 豪雪の雪害のうち、直接災害の1例として一般災害を挙げたが、このうち、なだれによる人的被害は、168名で、昭和32年の195名に次ぐものであるが、なだれ以外の雪によるものは、418名で、これは、近年にない大きなものである。なだれ以外の雪による災害の人的被害は主として積雪荷重による

家屋倒壊によるもので、このことは、建物被害数に端的に現われている。これは、同時に、後に述べるように今冬の降雪の時間的集中特性と地域特性によるものである。また、農業災害についても、直接災害と見られる果樹関係の被害が大きかったのは、今回の雪の降り方に関連している。

結局、雪害の要因となる降積雪現象を分類すると、

- (1)降雪量とその時間的配分——主に直接災害（降雪強度）
- (2)降雪量の累計——主に間接災害（季節降水量）
- (3)降雪時の気温、風——主に直接災害（降雪時の雪質とも関連）
- (4)積雪量——主に間接災害（最深積雪値）
- (5)積雪量の時間的変化——直接及び間接災害
- (6)根雪期間——間接災害
- (7)積雪層雪質の時間的変化——主に直接災害

などが考えられる。このうち今回の豪雪被害に最も関連しているものは直接災害としては、降雪強度が大きかったことではなかったかと思う。

第3表 各年雪による災害数（その他はなだれ以外の雪によるもの）

		32 年		33 年		34 年		35 年		36 年		37 年		38 年	
		なだれ	その他	なだれ	その他	なだれ	その他	なだれ	その他	なだれ	その他	なだれ	その他	なだれ	その他
死 者	人	111	16	31	13	11	18	32	17	85	34	32	10	114	98
家 屋 全 壊	棟	18	11	4	15	3	23	12	27	16	80	4	38	55	899
通 信 施 設	回線	6	3,768	1	4,373	1	2,945	0	548	0	3,070	0	5,177	35	28,601

第4表 昭和37～38年冬の最深積雪、過去の最深積雪の最大値と平年値
(単位 cm)

地 名	札 幌	青 森	秋 田	山 形	新 潟	長 岡	高 田
最深積雪							
昭・37～38 冬(起日)	69(2.12)	135(1.27)	82(2.8)	95(1.25)	61(1.25)	318(1.30)	142(1.31)
過去の最大値 (起 日)	169 (1939.2)	209 (1945.2.21)	97 (1917.2.11)	105 (1938.1.8)	120 (1961.1.18)	295 (1945.2.26)	377 (1945.2.26)
平 年 値	101	105	50	55	47	190	176

地 名	赤 倉	富 山	伏 木	金 沢	福 井	高 山	松 江
最深積雪							
昭・37～38 冬(起日)	160(1.22)	186(1.26)	225(1.27)	181(1.27)	213(1.31)	84(1.14)	82
過去の最大値 (起 日)	510 1927.3.3	208 1940.1.29.30	182 1940.1.31	180 1940.1.27	209 1927.2.12	113 1956.2.	87 1926.12.26
平 年 値	306	81	80	70	79	61	27

38.1 豪雪の降雪状況について

今回の豪雪について雪の降り方の特徴を見ると、まず第一に地域的には、北陸地方を中心に、近畿、山陰に至る地方まで例年以上の降雪があり、北海道では平年より少なかった。第4表は各地の今冬の最深積雪、過去の最大値、平年値を表わしたものであるが、北陸地方の平野部では、過去の最大を上回る記録で

あった。東北の一部や山陰でも平年よりはるかに多い積雪であったことがわかる。しかし、一般にいわれるように、今回の大雪は、いわゆる里雪型であったわけで、山間部は平年並かやや少ない状況で、これは、昭和20年の大雪と大分様子が違っている。特に、今回は、西寄りの季節風が卓越したことと関連して、東西方向の谷、西向き斜面をもつ地域（例えば、福井県山間部、磐越西線、米坂線沿いの地域）には非常に多く、南北方向の谷、北向き斜面をもつ地域（例えば、高山線、大糸線、上越線沿いの地域）は、平年より少ないところもあった。

一冬期間の最深積雪値が現われる日は、年によってかなり変動があり、平野部であるか山間部であるかによってもことなるが、大雪年といわれる年においては、平野部では、1月下旬から2月上旬にかけて多く、山間部では2月下旬に多い。38年の冬の雪の降り方を見ると、37年12月は、北海道をのぞいて、ほとんど各地とも顕著な降雪がなく、1月に入って3日頃から本格的な季節風型となって、降雪がはじまっている。このあと、1月上・中旬には数回季節風の吹出しで山間部の降雪が多く、下旬は、主に平野部で連続的な降雪があった。しかし、2月に入ってから、比較的季节風が弱く、山間部でも1～2回顕著な降雪があった程度で、結局この冬の雪は大部分が1月中の降雪によるものであった。このため、各地の最深積雪は、ほとんどが1月26日ころから2月5日位までの間に現われており、前述の山間地では、ところによっては、1月中旬にはこの冬の最深積雪となってその後積雪が増加していない地域もある。（岐阜県高山では、1月14日、長野県大町では1月9日であった。）

その年の雪の多い少いを以上のように最深積雪で比較することは従来とも行なわれており、地理学的気候学的には、これでもよいわけで、雪害と関連づけて考える場合にも、間接的または概略的災害について論ずる場合は重要な要素である。しかし、今回の雪害の様相から見て、この冬の雪の降り方に対して最深積雪の比較のみでは、不十分であることがわかった。

降雪強度は、ある時間内の降雪量cmで表わすが、10分間、1時間、3時間、6時間、12時間、24時間といろいろの時間のとり方があって、利用目的、観測方法によって異なるが、現在の観測資料からいって通常数時間から24時間の降雪強度が用いられる。除雪対策等に利用する降雪強度では分の単位で測定し1～2時間の降雪量の推定が問題となろうが、現在そのような観測方法もなく資料も得られていない。

さて、今回の豪雪時において、最も問題となったのは、この降雪強度の大きさと日数である。平年北陸地方で、日降雪量が30cm以上の日数は、平野部で3～5日、山間部では5～10日位で、50cm以上になるとせいぜい2日位である。ところが、38年1月中の降雪量を見ると、1日30cm以上の日数が20日以上あった地域は、山形、新潟県境と福井県西部の地域で、10日以上あった地域は、東北地方南部、越後平野、富山県及び山陰地方の一部である。日降雪量50cm以上の分布についてもほぼ同様で、新潟山形県境、新潟福島県境及び福井県西部では10日以上に達している。これは、平年の数倍に当るわけで、しかも、この大部分が1月下旬に集中していることを考えると、この冬の雪がいかに異常であったかがうかがえる。

このような豪雪に当って、ただ降雪強度が異常であったばかりでなく、気温も異常に低く、また場所によっては、強風を伴い降雪時における対策作業が思うように行かない結果をまねいたようである。このように低温でかつ、季節風の強いことも異常な豪雪年として当然考えられることで、今回の豪雪についての気象学的解析については、すでに、気候変動の立場からや、高層気象学、メソ気象学の立場からもそれぞれ解析が行なわれる程度の意見がまとめられている。気候変動の立場からは、9年周期の復活説や、1947～8年頃から続いた暖冬の時期もすでに終り、寒冬の域に入ったとも云われている。また、北半球の大気循環の立場からは、高層における平均気圧場の解析や、平均気温偏差分布の解析によって、北極寒波のはんらんの様相が現象的に解析されている。これによると、この冬の北半球における寒暖両域がそれぞれ三つの地域に分れていて寒冬域はヨーロッパ、北米大陸と東支那海を中心とした極東地域であることが示されている。しかし、このような環流のモデルから日本における地域的な気温分布や、積雪分布の説明には

不十分で、大規模な環流の低温域内にあって、さらに地域的降雪現象や異常低温の出現については、別の見方が必要であろう。これには、極東地域の日々の高層天気図や、中間スケールにおける気象学的解析から解明できることであるが、これらについてもある程度現象の解析が行なわれている。これによると、北極からはらんする寒波の先端は中緯度までのび、ちょうど日本海付近で中心をもつように一種の寒気核が形成されて、西日本はより低温の場が与えられた。このため日本海を吹走する西よりの季節風によって水蒸気の補給は大きく、対流不安定は一層に助成されるので、豪雪の大きな原因となった。里雪になるか、山雪になるかは、以上の寒波のはらんの様相の変化、特に寒気核の形成される場所によっても左右されるものと考えられるが、38.1 豪雪が里雪型であり、寒波のはらんによる寒核が日本海中部から西日本にしばしば現われたことに原因するといわれている。

さらに降雪の地域性については、メソスケールの立場から解析が試みられているが、なお今後の問題が多く残されている。

以上、38.1 豪雪に際しての雪害の概要と気象的立場から見た豪雪の状況について述べたが、このような大雪害に当って日本の雪害防災の研究がどのような現況にあるか考えて見よう。

雪に関する研究の分類

雪氷学の学問的形態を整えてきたのは、前にも述べたように比較的近年になってからであり、それもまだ決して完成された形になっているとは云えない。氷及び雪の結晶に関する問題は、基礎的に体系づけられてきているが、積雪に関する学問は、はじめ雪害の対策研究として行なわれてきているため、積雪の物理学的取扱いは、林業ないし交通等に関連する応用科学として研究が行なわれてきた。しかし、これらの研究は結局積雪に関する物理的性質の究明によるほかはないわけで、1936年には、「雪の科学」(平田徳太郎：応物 5,6)として、Seligmanの“Snow Structure and Ski Fields”が紹介され、続いて1941年、積雪の科学的研究(平田徳太郎：雪氷 3)が発表されて、積雪の分類、密度、融雪、力学的性質などの分類によって整理されてきた。これは後に、「積雪の科学」として単行本となりこの時代から今日に至るまで、積雪に関する教科書となっている。これによって積雪に関する学問的体系がある程度与えられた形となったが、一方では、雪に対するいわゆる対策研究、応用研究がかなり活発に行なわれ、同時にまた、北大低温研を中心として応用研究の基礎となる積雪自体の物理的性質についての研究が盛んに行なわれるようになり、戦後の数年間に発展した積雪の物理的研究が主に、積雪自体の静的ないし力学的性質について論じられてきたのに対して、1950年代に至って、積雪自体のもつ動的な性質についての研究が盛んになってきた。これは従来の対策研究が、すでに積雪の静的研究の中では進展しなくなった当然の結果で、特に力学的性質の解明が急務とされている。

このように積雪に関する研究が、基礎的研究の基盤に立って対策研究が進展することは、最も重要なことであるが、一方においては、積雪の現象解析が一層重要な分野となりつつある。これは、基礎的分野に属するものと、応用分野に属するものとが混合して発展しフィールドにおける実験ないし調査研究が多い。またこれらの研究は、降雪現象、融雪現象と合せて、気象との関連も深く、場合によっては、地理学的、気候学的取扱いも必要となっている。

このように雪に関する研究のうちで、防災対策と直接関連する問題について分類を試みるにしても、その関連する分野が非常に広範囲にわたり、いずれも基礎的研究との連繋が強く、また相互の関連が密接であるため、その体系づけが非常に困難になっている。

しかし、この広範囲にして複雑な形態をもつ雪の研究も、今後の防災対策研究としてある程度の分類は必要で、個々の研究調査の相互の関連性について認識することが重要であろう。

今一つの考え方として、除雪現象については純気象学的に、また積雪現象については純物理学的にのみ取扱う分野について「基礎的研究」とし、降雪及び積雪の地理学的考察を考慮した研究や防災対策になん

第5表 雪に関する研究分野の分類

	基 礎 研 究	応 用 研 究	施 工 研 究
降雪現象	雪の結晶 雪に関する雲物理 降雪現象の気象学的解析 降雪時の電気的性質	1. 人口降雪 2. 降雪量, 降雪強度測定 of 測器の 開発 3. 降雪量予報 (降雪強度) の研究 4. 着雪, 冠雪, 吹雪, 吹溜り等の 降雪現象の解析研究 5. 電波伝播に関する研究	貯水池水管理 除雪, 消雪方法等に関する研究 各現象防止対策の研究 (例) テレビ受像機の雑音防止の研究
積雪現象	積雪の構造・性質 (積雪の物理的諸性質の 相互関係と層構造の動的 変化に関する研究及び 各性質の測定方法, 測器の開発に関する研究) 積雪現象の気象学的解析 (上記の項に関連) 積雪表面の状態	1. 雪質に関する時間的変化と地理 的分布 2. 積雪面の電波伝播に関する研究 3. 積雪量及び積雪現象の気候学的 地理学的解析及び予報に関する 研究 4. 積雪荷重, 沈降力の研究 5. 斜面雪圧の研究 6. なだれの研究	(例) 除雪車, 雪上車の開発 積雪地帯の電波障害の改善 構造物に対する耐雪構造の研究 斜面構造物, 森林等に対する耐雪 研究 なだれ防止施設, 施工に関する研究
融雪現象	融雪機構の研究 (積雪の動的性質に関連)	1. 融雪量の予報の研究 2. 融雪と河川流出との関連に関する 研究 3. 融雪冷水の研究 4. 融雪促進の研究	洪水対策, 治水対策, 貯水池管理 農業災害の対策 農業災害の対策, 貯水池管理, 交 通対策

らかの形で応用される分野については、「応用研究」とし、さらに、例えば、除雪車の開発やなだれ防止施設のような直接災害防止研究の分野については、「施工研究」として、三つに大別することができよう。この考え方によって、雪に関する研究分野の分類を行なうと概ね第5表のようになる。この表において、雪に関する現象を降雪、積雪、融雪の3項にわけたが、これも相互の関連が深いもので、基礎研究分野においては、かなり密接な関係がある。また応用研究、施工研究においては、相互にかなり密接な関連性があり、切りはなすことのできない分野もあるが、一方全く相互が無関係のものもある。また今仮りに施工研究と称した分野の中には、工学的研究と応用物理学的研究と比較的はっきり分離することが出来る。またこのほかに、雪の防災対策のうち間接災害に属するものとして、積雪地帯における地域社会構造の改善の面を考えると、経済学、医学の分野に至るまで雪に関する研究が関連することになる。これは自然科学と社会科学の境界の問題にもなり、また一方、ここで施工研究として考えられる対策研究においても災害の防除という命題のもとには、いずれ社会科学の分野が考慮されなければならないであろう。

各研究分野における現状と問題点

降雪現象 降雪現象の基礎的研究は、主に北大はじめ2～3の大学、気象庁関係において行なわれている。

北大においては、人工雪による雪の結晶の分類から天然雪による分類の補充が行なわれ、同時に天然雪の発生機構に関する研究が急速に進展した。気象庁においては豪雪特別観測によって、北陸地方の豪雪の機構の解析が行なわれている。この観測は、航空機、高層観測、地上観測及び日本海の海上調査によって

豪雪の気象学的現象を一挙にとらえようとするもので年次観測によって成果を上げようとしている。この研究は、従来の天気図スケールによる降雪予報では豪雪の可能性のみが予測されたのに反して、豪雪の気象学的機構が解明されるので降雪の量的予報の急速な進歩が期待できる。しかしこの観測はメソスケールにおける観測を主体にしたものであって、この研究によって得られた結果を将来の予報方式にどう取入れるかが今後の問題であろう。したがって、雨量予報でも同じようにメソスケールにおける一般的研究とレーダー利用による雲物理の研究、及び日本海上の気象要素の観測方法の確立が必要であろう。この豪雪に関する研究は北陸地方を主体として行なわれるが、東北及び北海道、あるいは山陰に対してどう応用されるかが今後の研究課題である。雪害防災の立場から、地域的降雪量の予報が根本をなすものであるから、早急にこの研究成果が得られることが望まれる。

雪の結晶、雲物理に関する研究はそのまま人口降雪（雨）の研究に応用される。人工降雪の研究は、人工降雨研究グループによって進められており、水資源の供給源として期待さるべきものであるが、いまだ実用段階にはかなりの期間が必要であろう。

降雪現象の応用研究として最も問題になるのは、降雪量の測定方法と、降雪強度に関する研究であろう。降雪量の測定は、通常、積雪板による24時間またはそれ以内のある時間内における新積雪を観測するほか、雪量計によって降水量換算値として測定する。従来気象観測値が気候資料として用いられてきたためこの種の観測でも十分であったが、社会生活の発展に伴って、積雪地帯の積極的地域開発の要求と、直接雪害を防除しようとする現状においては、24時間の降雪量のほかに、単位時間の降雪強度の統計値が必要となり、また、積雪の深さとして測定する降雪量のほかに、新積雪の密度等物理的性質をも考慮する必要があるが生じてきた。一方この観測値は、気候資料として記録されるのではなく、雪害対策上即刻通報されなければならないものでもある。雨量計型の雪量計は雪片の捕捉率の問題でゆきづまりの感がある。現在、アイソトープ型式のロボット化が実用段階にあるほか、重量式が将来ロボット化することが期待される。また、任意の時間内の降雪深さを遠隔測定しようとする器械の開発が進められている。この両者の完成は、山地積雪、及び雪国の交通管理に重要な意味を持っている。降雪強度の研究は、雪害対策の根本をなすものであり、1時間降雪強度が要求されているが、現存資料による統計解析が急務であろう。

着雪、冠雪、吹雪、吹溜り等の現象については、個々の対策研究の一つとして現象の基礎的解析が進められてきたが、それぞれの対象物によって直接対策研究となるので、鉄道、電力、通信関係でその成果が著しいが、各分野の連繋がのぞましく、また38.1豪雪における果樹等の冠雪害は、林業における冠雪害の研究の応用研究として再び問題となっている。

積雪現象 積雪に関する基礎的研究は、前にも述べたように、積雪の物理的性質の解明が基本となっており、これの研究現状については本誌の別項で詳しく述べられているが、雪の研究の中で最も基礎的かつ重要な問題である。約30年に及ぶ雪害の対策研究が行なわれてきた間において常に積雪の基礎的性質についての研究が要望され、その都度この方面の研究が進展してきているが、今回またこの最も基本的問題が重要な課題になっている。特に雪質と称せられるものの物理的性質が何によって代表されるか、またそれぞれの相関関係が解明されれば、工学的対策研究は急速に進歩することとなる。しかし積雪の構造及び性質については、静的状態における現象の把握に関しては、地域的分布の研究が最も要望され、また近年急速に発展した動的性質の物理的研究においても、気象学的解析と地域的解析が特に必要であろう。また防災対策上から考えると、積雪の構造及び性質のうちで最もシンプルな要素については、簡単な測器によって、全国的に同時測定が行なえることが必要で、基礎的研究のための測器の開発と合せて、場合によってはオーダーを一つ下げた測定器の開発が急務と考える。

積雪量に関する研究は、積雪の気候学的統計資料として、最深積雪、根雪期間の問題が取扱われていて、雪害の間接災害に関連する対策上の重要な資料となっており、また雪の予報の一つの大きな分野にもなっている。これらは主に気象庁関係において行なわれているが、1948年頃からは、融雪洪水と、雪と水資

源開発との両面から山地の積雪調査が盛んに行なわれるようになり、建設、電力、大学、気象関係で多くの研究成果が発表された。しかし、山岳地の積雪調査は多大の経費と人員とを必要とし多くの危険を伴う作業であった。近年多くの開発地域においてダムが完成したこともあって、積雪調査は一部かなり簡便の方法で行なわれている程度となった。

一方、完成したダムにおいて有効な水管理を行なう上においては、やはり集水域の正確な積雪量が必要であり、また、地域開発の点から見ても積雪分布の精度の高いものが必要であるが、現在、積雪観測値が得られるのは、ほとんど平地に属する地域であるため、山地における積雪分布が精確に把握されていない。

38.1 豪雪を契機として、積雪量を航空写真測量によって測定しようという試みが行なわれ、その有効性がある程度認められるところとなった。この研究は、山地における積雪測定器の開発と合せて、積雪調査の変革をもたらすものとして注目すべきである。積雪調査において航空機を利用することはかなり以前から行なわれていたが、積雪深として航空三角測量による方法を用いて測定することは今回がはじめてで、今後に雪に対する写真撮影の技術的問題点が多く残されている。

雪の研究に空中写真を用いることによって最も効果があると考えられるのは、前記の積雪深測定と共に、積雪表面の状態の観察となだれの発生機構の問題であろう。

なだれの研究は、第1に積雪層構造の物理的性質と気象履歴による変化過程の研究であり、第2に地形等の固定条件の解析であって、人工なだれによる発生機構の解明と相まって、一方においては、できるだけ多くの資料の集積とこれの分析が必要となっている。このため空中写真という有力な武器が与えられれば、急速に進歩することと考えられる。現在、なだれに関する研究は、北大、弘前大、京大等の大学関係はじめ、雪水学会、写真測量学会、国鉄等で現象的研究が進められ、林業試験場、土木研究所、国鉄等においても施工上の研究が進められている。これらの研究は、雪の研究の中でも最も活発なものの一つで、今後総合的に資料及び研究成果の交換の場がもたれることによって近い将来に大きな成果を期待することが出来よう。

斜面雪圧及び積雪荷重・沈降力に関する研究は、鉄道技研、林業、農業関係で研究が進められているが、いずれも積雪現象の基礎研究と直接関連する問題で、積雪の動的な物理的性質の研究の進展によってこの応用研究も雪害防止の対策研究も同時に進んでゆくであろう。

融雪現象 融雪に関する基礎研究は、積雪の層構造性質と直接関連しており、また、本誌別項でも詳しくのべられているのでここでは省略したい。ただ、将来の問題として従来野外における実験観測が主体となって研究が進められてきている点を考慮して、今後実験室内での研究が必要ではなからうかと考える。

融雪の応用研究においては、大規模な融雪促進の実験や、鉄道における分岐器の融雪促進の研究が、農林、鉄道で行なわれているが、一方道路、飛行場、あるいは構造物に対する降雪処理の研究も次第に行なわれるようになった。

む す び

以上、38.1 豪雪の災害の様相をかえりみて、現在わが国の雪の研究がどのような分野と広がりを持っているかを述べたが、紙面の都合もあって、いずれの研究分野においても具体的事例を上げて研究内容にふれ説明することができなかったが、雪の基礎的研究においては、外国に類例のない研究が行なわれており、応用施工研究においても、産業、交通、通信等あらゆる分野において研究が進められている。これらの成果は、今次の豪雪時においても、十分役立っており、例えば電力関係で着雪防止のビニール電線が普及したことによって配電線の雪害は非常に少なかった。

このように雪の研究が進められているにもかかわらず、なお今次のような大災害を引きおこしたことは、一つに雪の研究において地域性の欠けていること、二つに社会生活構造が近年急激に変革していることによるものであろう。このため、38.1 豪雪を契機として雪の研究分野においてもその重要性が大きく変化

し、例えば、雪質については、地域的分布の把握が必要となり、降雪予報は、時間的にも地域的にも非常に精度の高いものが要求され、除雪等の防雪対策が高速化することによって一層重要な問題となってきた。

今次雪害において各個の雪の研究は一層盛んになると考えられるが、最も重要なことは、雪に関するいずれの研究においても基礎研究の進展につながり、相互の関連が強いため総合的に行なわなければならないという認識が深められたことが大切であろう。