

積雪災害の現状と問題点

青山 清道

1. はじめに

わが国の冬は、太平洋側（表日本）と日本海側（裏日本）では同じ国土なのにまるで趣きが異なっている。太平洋側でも関東以西は、雪月花といわれるように、幸いにして雪を美しいと思わせる温暖な気候に恵まれている。雪は厄介なものではなく、うれしい訪問者であって、雪がチラチラ空から舞いおりてくると、もうそれだけで初恋の人にも会う心境で、ところかまわず歩きまわるといふ南国育ちの友人がいる。

しかし、この発想は日本海側の豪雪地の人たちには、雪国に住んだことのない、ロマンチックな詩人のたわごとのように聞こえる。雪が降りはじめると、来る日も来る日も降り続く。そして時には雪のために尊い命さえ奪われることもある。

「我越後のごとく年毎に幾丈の雪を視ば、何の楽しき事かあらん。雪の為に力を尽し財を費し千辛万苦すること下に説くところを視て思いはかるべし」と天保8年に刊行された『北越雪譜』で雪国の苦難に満ちた生活を鈴木牧之が世に訴えた時代から、雪の量は昔も今も少しも変わっていないのである。

「雪地獄父祖の地なれば住み継げり」豪雪地新潟県十日町市に伝わるこの句は古くて新しい命題

あおやま きよみち
新潟大学 積雪地域災害研究センター
〒950-21 新潟市五十嵐2の町8050

である雪との苦闘を如実に現わしている。

雪害防止施策のむずかしい点は道路や住宅、都市構造がほとんど変わらないのに画一的な生活様式の近代化が山村僻地にまでおよび、急速な車社会の構造に雪対策が追いつけなくなった点である。雪害は非常に多方面にわたっており、限られた紙面にその全容を総括することは困難なので、最近の問題点を重点的にとりあげた。なお、雪崩災害[6]についてはここではふれない。

雪害とはかく一過性の災害と考えて春の雪消えとともに忘れられがちである。そのため、前冬の経験や他所での経験が活用されない場合が多い。雪害防止の科学技術を蓄積し、有効に活用することによって総合的な耐雪性を高めていく努力が必要である。

2. 雪に対する住民意識調査

豪雪地として知られる新潟県新井市は、今後の克雪・利雪まちづくりを推進するための基礎資料とするために、道路除雪や屋根雪処理等、雪処理全般についての市民意識、克雪・利雪のための提案、提言等の調査を表1[1]のような方法で実施した。

「雪は好きですか」の問いに対する回答結果が図1である。「すき」は1割で、大半の人が雪に悩まされ続けている実態が浮きぼりにされている。

「あなたの家では、1回の雪おろし時間はどれくらいでしたか（2人以上の場合は延べ時間）。

表 1 調査の方法および回収結果

調査対象	新井市在住満20歳以上の市民
調査標本数	1,481名(選挙人名簿より7%無作為抽出)
調査方法	郵送無記名回答方式
調査実施年月	昭和59年7月
照会数	1,481名
回答数	793名
回収率	53.5%

なお、おろした後のすかしや流雪溝への運搬等も含めます」の解答を図2に示した。屋根雪処理に4～10時間かかる場合が46.4%もあり、住民は屋根雪おろしに困窮していることがうかがえる。屋根の上の雪は屋根の上で処理するという克雪住宅（屋根雪処理対策を施した住宅）も普及しはじめているが、イニシャルコストの他にランニングコストの問題がある。

新井市の持ち家住宅 793戸のうち克雪住宅はわずか5.1%(滑落式3.8%, 融雪式0.9%, 耐雪荷重式0.4%)で、他の住宅は人力除雪(94.9%)を必

表 2 3多雪冬期の新潟県、富山県の雪による事故死数の内訳 [3] (人)

原因	冬期名		55～56		58～59		59～60	
	新潟	富山	新潟	富山	新潟	富山	新潟	富山
A 雪崩	16		9		3	1		
B 屋根雪除雪中転落	4	1	9	6	15	3		
C 屋根雪除雪中発病	1	5		1	1	1		
D 倒壊した家の下敷								
E 落下屋根雪の下敷	4	3	2	4	12	2		
F 家屋周辺除雪中発病		5		3				
G 崩壊した雪の下敷	1	1	3			4		
H 川・流雪溝等に転落	11	6	8	5	7	1		
I 車の中でガス中毒			1			2		
K 除雪車による事故	1	1			3	1		
Z その他	3			2	1			
計	41	22	32	21	48	9		

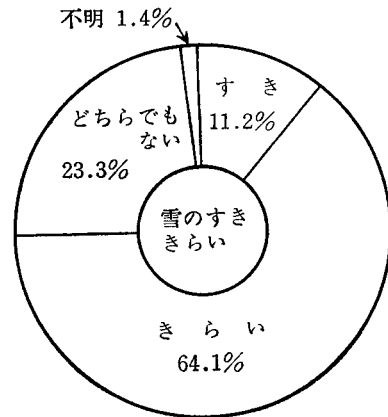


図 1 雪のすききらい意識調査結果 [1]

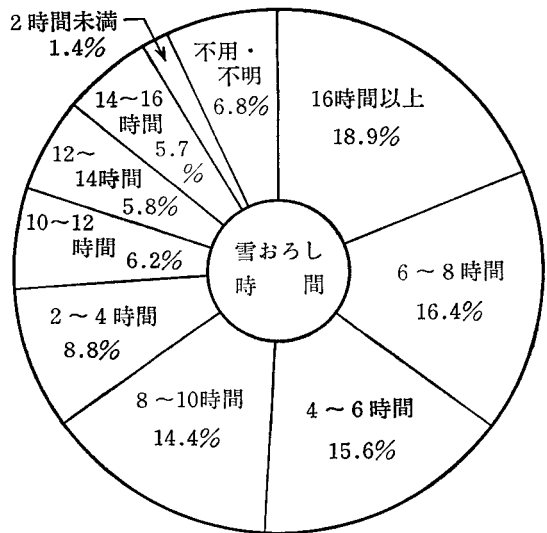


図 2 1回の屋根雪処理に必要な時間 [1]

要とする。このように人力除雪の比率が圧倒的に高いのは、人力を要しない雪処理方式は費用がかさみ、個人の資金では負担が大きいためである。滑落式住宅は堆積場所の確保を必要とし、融雪式は融雪装置の他に運転費も必要とし、耐雪荷重式住宅は上部構造のみでなく基礎構造も堅固なものにしなければならない。

以上のことを考慮すると、高齢化社会をむかえても、行政サイドの政策の転換をはからないかぎり、当分は人力除雪の比率が下がらないので、屋根雪処理に関連した事故死[表2]を低減させることは困難であろう。これから、ますます核家族化が進み、大家族がなくなってくることを前提に

考えると、屋根の雪を自力でおろすということは非常にむずかしい。50歳をすぎて自分は若いんだと思っても、反射神経が鈍っているので人身事故をおこす確率が高い。56年豪雪で全国で亡くなった人は133人、そのうち51歳以上が60%を占めている [4]。

豪雪地ほど高層住宅が望ましいという発想もある。建築基準法上の制約があるものの、平屋を2階建、2階建を3階建にすれば、床面積を変えないで屋根面積をそれぞれ1/2、2/3に減少させることができる。これにより、処理すべき屋根雪量を減少させ、敷地内の堆雪場所を増加させることができる。昔は屋根雪を家の前の道路におとしても問題は生じなかったが、新しい車社会に入って道路は完全に車に占領され、雪おろし可能な場所がなくなりつつある。共有地を確保しておけばそこへもってゆくこともできるが、地価の高い都市部では困難な問題である。21世紀へ向けて、日本は国際化社会、高度情報都市化社会、高齢化社会へと進むなかで多雪地の人たちの雪に対する意識はどのように変化するのであろうか。

3. 積雪の性質による工学的対応

日本の積雪地帯の面積は国土の52%におよび、そこに2千万人以上の人々が生活を営んでいる。南北に長い地形をもつため、南と北では雪の性質もいちじるしく異なることは定性的によく知られている。しかし、実際の雪害対策をたてる場合には、積雪の性質が定量的に把握されていなければならない。

北海道や高所山岳地帯のように気温の低い所では乾雪と呼ばれる軽い雪である。北陸地方では冬の平均気温がプラスであることが多く、降雪も積雪もほとんどの場合、水を含んでぬれていて重い。そのため雪の変態と圧密化が非常にはやく、積雪は短時間のうちにザラメ化してしまう。

除雪、排雪、防雪等の計画をたてる場合、積雪の力学的性質を把握しておく必要がある。

積雪は緩慢な力に対しては流体のようにふるまい、衝撃的な力に対しては固体のように対応する粘弾性体である。その力学的特性は複雑であり、単純なモデルでは広範囲の条件での積雪の挙動を再現できない。

このため、数多くの複雑な力学モデルを提案して、それで種々の条件下における積雪の挙動がある程度精度よく再現できたとしよう。しかし、力学モデルが複雑になればなるほど、モデルを表わすための定数が増加する。実際の問題を解析するには、複雑な力学モデルを用いるので、数多くの必要な定数をどのように決定するかという点である。定数を決定する場合には、積雪調査および積雪試験の結果を用いて、種々の問題に対する適用が行なわれている。

寒冷地のように降雪が少ないが融解がないために漸次積雪が増して大きな最大積雪深となる場合と、北陸地方でよくみられる集中豪降雪の場合とで、同じ積雪深であっても、雪処理におけるその工学的な対応は大きく異なる [5]。たとえば、適正な道路除雪車の所要台数を推計するための基礎資料とする時などである。

4. 耐雪性と耐寒性の基準設定

日本を網の目のように走る高速道路、国道、主要地方道では現在、毎冬大雪に見舞われても、交通はほとんど途絶することはないが、38豪雪時には日本海側の道路は完全にマヒし、市民生活に甚大な影響を与えた。38豪雪から18年後の56豪雪時には、除雪機械のいちじるしい進歩と台数の充実があり、記録的な豪雪にもかかわらず、多量の雪を迅速に処理する機能がそなわっていた。この耐雪性の向上は日本の高度経済成長と無関係ではありえない。幹線道路は積雪時においてもスムーズな交通流が確保されなければならない。ただ、現在のような厳しい財政事情のもとで除排雪体制をどの水準に想定するのが妥当かという基準設定が必要となる。

表 3 積雪都市の最深積雪の統計値の例 [2]

地名	平均値 (cm)	標準偏差 (cm)	変化係数	最大値 (cm)	最小値 (cm)	サンプル数
新 庄	144	45	0.31	250	49	86
長 岡	144	64	0.44	318	33	60
十日町	247	78	0.32	381	84	68
上 越	172	75	0.44	377	34	63
富 山	83	43	0.52	208	25	47
金 沢	64	36	0.56	181	6	99
福 井	72	45	0.63	213	12	88

データの出所：新庄は新庄測候所及び国立防災科学技術センター新庄支所，長岡は長岡市建設部，十日町は農林水産省林業試験場十日町試験地，そのほかは当該地域所管の気象官署である。

自然現象である降積雪は年々変動する。表 3 に示すように，最深積雪の変動係数は富山，金沢，福井で 0.5 以上である。このように降積雪量の変動が大きな場合に，耐雪レベルを再現確率何年の雪量を基準にするかは，防災効果と投資効果の関係で検討される [2]。

これからは，冬期間の道路でも，ただ車が通ればよいのではなくて，一定速度で渋滞することなく車が流れなければならないので，OR の手法を用いて，積雪処理方法をもっと単純に法則化して経験をつまない人にもわかりやすいものにする必要がある。

長野県諏訪地方の1984年1月から2月にかけての日平均気温の推移(図 3)を見ると，この年は記録的な寒さだったことがわかる。2月の日平均気温は -5.3°C で，平年よりも 4.1°C も低く，真冬日は14日もあった。2月1日～29日の最低気温は，2日間を除いて平年より 10°C 以上も低かった。特に2月18日から21日までは厳寒の日が続き平年を $11\sim 16^{\circ}\text{C}$ も下回った。諏訪地方の耐寒性をはるかに越える寒さであったことと，都市化が進み車社会が積雪寒冷地まで及び，積雪はすぐに除雪され，雪の断熱作用が失われるため，以下のような凍上による甚大な被害が生じた。

- ①道路の舗装面の亀裂
- ②水道管やガス管の破損

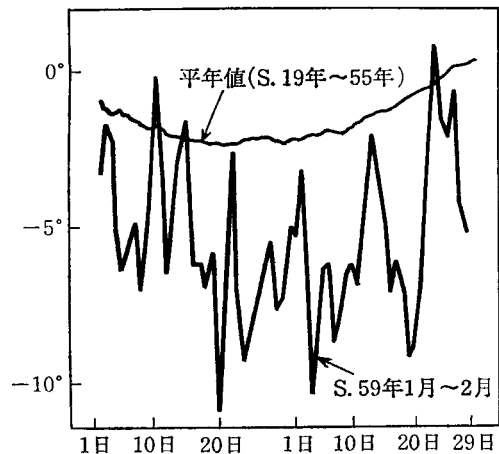


図 3 長野県諏訪地方の日平均気温の推移 (諏訪測候所調べ)

③道路の側溝や用水路などの浮き上がりや破損
冬期の完全除雪区間が拡大するにつれて凍上による被害は増大する。耐雪性と同様に都市や道路の耐寒性も向上させなければならない。

5. 豪雪地の地盤沈下

地下水の豊富な豪雪地帯では冬期間の交通を確保するため，消雪パイプの普及が進み，地下水を大量に汲み上げるため，積雪地帯に新しい地盤沈下が生じるようになった。新潟県の高田平野と南魚沼地方では昭和59年の豪雪で消雪用に大量の地下水を使用したため冬期間の地下水水位が急激に低下した。上越市西城町で年間 101mm ，南魚沼郡六日町余川で 92mm の地盤沈下が生じ，全国1，2位の沈下量を記録した(新潟県環境保健部公害対策課，国立公害研究所水質土壌環境部調査)。

冬になると低下する地下水水位も，春になって積雪がなくなると，水位を回復するが，地盤はゴムのように弾性体ではないので，年々沈下量が蓄積していく。

この地盤沈下の予測にあたって次のようなモデルが提案されている。

- ① 地下水水位が変わると軟弱地層の圧密が生じるといふ土質力学の手法を導入した「水位・圧密モデル法」

② 過去の沈下実績をもとに計算する「時系列モデル法」

③ 累計沈下量と地下水の累計汲み上げ量の相関によってはじきだす「汲み上げ量・沈下量回帰モデル法」

④ 「水収支モデル法」

各方法とも一長一短があり、どの方法がベストであるかは断定できない。ただ、モデル化でいろいろな数字が使われるため仮定が入っている点に注意しなければならない。地下水位の変化の予測は、降雪量や社会的変化の予測と相関しており、ORの手法をとり入れた数値計算での説明が期待される。

6. おわりに

積雪災害は、つねに古くて新しい研究課題であり、また片時も念頭を離れない重要な関心事である。ここでは、研究者、技術者が雪害を防止・軽減するうえで果すべき役割を、雪害の生起過程を考慮しつつ私見を述べてきた。

わが国の日本海側は世界有数の豪雪地帯であり、それぞれの地域の耐雪性を越えた降積雪の年に甚大な被害を被っている。これらの雪害をもたらす自然現象は、発生の機構や人間社会とのかかわりにおいて千差万別であるため、特定地点の具体的な雪害の対象に関数をどう設定するかということになると、まだ十分な精度で定量的評価をくだしにくいのが現状である。雪害との闘いの終極的な目標は有効かつ経済的な対策方法、工法の提言であり、そこにORの手法が必要となる。

本文はOR学会誌という表現から予想されるような数値の並んだものと異なって、雪害の問題点を提起してOR研究者に未解明の問題を系統的に評価する方法を検討していただきたい内容となっている。しかし注意しなければならない点は、電子計算機を用いた計算結果は数値的には正確であるが、複雑な過程を処理することのみに専念して、その計算の基本過程や前提条件の妥当性につ

いての検討が表面に現われないことである。シミュレーションにおいては、モデル化された計算過程が現実面に対応しているかどうかの確認が特に重要である。

雪害の防止手法は、雪と土木、建築、機械、電気、化学といった境界領域で、深い知識と優秀な技術を有する研究者や技術者によって確立されることは、これまで幾多の実績によって示されることである。

これらの観点から、雪害およびその防止を工学的に研究するために、土木、建築、機械、電気、化学等の素養を有する研究者、技術者が中心となり、1986年に新しい雪関係の学会として日本雪工学会が発足した [7]。

これまでの日本雪氷学会の活動に更に日本雪工学会の活動が加わり、雪害防止の研究活動が一段と活発に展開されることを期待するものである。

参考文献

- [1] 新井市「新井市克雪・利雪まちづくり市民意識調査結果報告書」新潟県新井市, 1984
- [2] 栗山 弘「雪国の都市計画のすすめ方」雪氷, Vol. 41, No. 1, 1986, pp. 30~36
- [3] 栗山 弘「積雪地域の雪による人的被害の特徴」国立防災科学技術センター研究報告, Vol. 36, 1986 pp. 79~94
- [4] 国立防災科学技術センター「昭和56年豪雪による北陸地方の災害現地調査報告」国立防災科学技術センター, 1982
- [5] 中峠哲朗「豪雪時の交通を中心とした社会的機能のシミュレーション」日本積雪連合, 1982
- [6] 中俣三郎, 青山清道「土質工学における雪と氷—雪と土工学—」, 土質工学会誌「土と基礎」, Vol. 30, No. 12, 1982, pp. 67~74
- [7] 日本雪工学会(会長 内山和夫 東北大学名誉教授) 日本雪工学会事務局 〒980 仙台市荒巻字青葉, 東北大学工学部建築学科防災工学研究室 電話(022)222-1800 内線4640~2