調査研究レポート

吹雪の防災研究

防災科学技術研究所新庄雪氷防災研究支所
雪氷防災第2研究室長
東　浦　將　夫

1.　はじめに

降雪中に強い風が吹くと，雪粒子が風に吹き流されると同時に積雪表面上の雪粒子も風で飛ばされる。このような状態が吹雪である。降雪がなく積雪表面の雪粒子だけが風で吹き飛ばされる現象を地吹雪という。吹雪や地吹雪の時，雪粒子の空間密度と輸送量は，雪面付近で大きく，高くなるにつれ減少する。

吹雪になり，雪粒子の空間密度が増大すると，視界が悪化し，また，雪堤に挟まれた道路に吹き溜りが急速に形成され，道路交通等に種々の雪害を発生させるのである。

吹雪と人間の係わりを調べると，昔話の中で猟師が風雪の山中で遭遇する「雪女」が思い出されるように，ほとんどが遭難に関するものである。視界が悪く，吹き溜りで歩行もままならず，低温強風により体温が奪われ凍死したものと考えられる。特に，冬の山中で仕事をする猟師や樵，また，吹雪多発地を移動しなければならない旅人や仕事で出かけなければならない人などが，気象の急変などに伴ない生け贄となったのであろう。江戸時代の天保6年（1836年）に刊行された鈴木牧之の『北越雪譜』の中に，赤子を連れた若夫婦が吹雪に襲われたときの様子が写実的に表現されており，吹雪の恐ろしさが実感させられる。

2.　吹雪の現象

地吹雪の発生には，風速と気温が密接に関係しており，地吹雪の多発地域である北海道，東北地域の平野では，気温が－5℃位の時，風速（雪面上1mの高さの測定値）が4～5m/sになると地吹雪が発生するといわれている。しかし，地吹雪は気温，風速の条件だけで発生するのではなく，積雪表面の雪質も大きく影響している。

自然の積雪を低温にした風洞に持込み，時間をおいてから風を吹きつけても，雪粒は飛び上がらないことが実験で確かめられている。これは，積雪の雪粒と雪粒が焼結と呼ばれる現象で固結してしまうからである。雪が降り積った瞬間から雪粒子間の焼結現象は進行する。焼結とは融点以下の温度で互いに接触している粉末粒子の接触部が時間の経過とともに固結していく現象であり，陶器などの焼物はこの現象を利用している。この小さな雪粒の固結を破壊するには，自然の風圧だけでは不可能に近い。

それでは，なぜ，自然界では地吹雪が発生するのだろうか。降ってくる雪や樹木に着雪していた雪が積雪に衝突し，焼結部を切る。これが引金となって飛び散った雪粒が連鎖反応で次々と飛び出し，地吹雪が発生するので

図1　飛雪粒子の運動
(　)の数字：積雪面からのおよその高度

ある（図1）。

降雪や雪面上の雪などが風に運ばれる状態を飛雪というが，飛雪粒子の運動には，積雪面上を滑ったり，転がったりする転動(Creep)，雪粒が雪面と衝突したり跳ねたりを繰り返す跳躍(Salutation)，空中を漂う浮遊(Suspension)の3種類がある。この運動は，砂漠の砂や河床の砂などの運搬時に観察される機構と非常に類似している。先述のように，雪粒子の固結を破壊するのは，この跳躍によるものである。しかし，これらの砂粒子の性質は，相対的に変化しないのに対して，雪粒子は輸送されている間に昇華し，形状が著しく変化するという大きな違いがある。

3.　吹雪の災害

社会の変化に対応して，雪害の内容も変化してくるのは，他の自然災害と同様である。最近の顕著な雪害は，積雪地域の自動車の急激な普及と共に増加した交通災害である。特に，自動車輸送の大型化，高速化，長距離化にともない，吹雪・地吹雪は，冬期間の道路交通災害の要因として大きな問題となってきた。高速道路網も延長され，降雪期においても非雪国から雪国にたやすく進入できるため，気象の急変に直面する機会も多く，降積雪地の走行に不慣れな運転者も増加し，事故を誘発する可能性も増大している。

昭和62年2月26日午前6時50分ごろ，東北

写真1　東北自動車道の玉突事故
（日本道路公団仙台管理局提供）

自動車道下り線，岩手県花巻市椚ノ目地点で玉突事故が発生しトラックや乗用車など追突車両41台，死者1人，重軽傷者18人を出す惨事となった。当日の道路は圧雪2cmの状態でしかも地吹雪と車両の舞い上げる雪煙で視界不良という最悪の状況であった(写真1)。

他方，荘内日報は，昭和59年1月中旬に山形県庄内地域に発生した吹雪災害の状況を次のように報道した。「第1級の寒波に見舞われた庄内地方は，17日終日地吹雪が吹き荒れる真冬日となった。台風並みの低気圧の通過とともに典型的な冬型の気圧配置となった。17日午前9時半には県内全域に暴風雪警報が出された。この影響で，道路網は国道を中心に通行止めが相次ぎ，ズタズタに寸断，国鉄ダイヤも遅れがでた。また，小中高校などでは臨時休校や授業の打ち切りが相次いだ。この天気は18日まで続く見込みで，青果物を中心に食料品の不足など，住民生活への影響が心配される。」

この猛吹雪のため，1月16日～19日の庄内地域の交通機能は完全にマヒ状態であった。この中で，国道7号の酒田市広田～三川町横山の車両通行止め区間内に閉じこめられた車の搭乗者については，1月16日夜から17日夜

図２　地吹雪研究の概念図

にかけて，夜食・朝食を３回，計700食を酒田市と地元消防団で非常食として配り，防災救援活動が行われた。

4.　防災科学技術研究所の吹雪研究

(1)　研究の全体計画

地吹雪の災害防除を目的として，防災科学技術研究所では，特別研究として「地吹雪の発生機構の解明と災害防止技術の開発に関する研究」を昭和61年度より７ヵ年計画で推進している。この研究は，広域的な地吹雪現象の解明から対策技術の確立までを含む総合的研究を，所内共同研究として組織的に進めるものである。(なお，研究課題名で地吹雪という言葉が使われているが，社会的要請などのために用いたものであり，吹雪と置き換えたほうが実際的である。)

この研究の新しい視点は，次に示す通りである。

地吹雪多発地のテストフィールドにおいて，ドップラーレーダー及び低層ゾンデ（気象観測用気球）を使用して，下層大気の強風構造を３次元的（立体的）・連続的に観測するとともに，複数の地上観測点において，風向・風速，気温，SPC（スノーパティクルカウンター）による飛雪量等の連続自動観測及び移動観測を行ない，地表での地吹雪の２次元的（面的）挙動の観測を実施する（図２）。

これら上空と地上の観測結果を比較して，ドップラーレーダーによる地吹雪の広域的観測予知手法を研究し，あわせて地吹雪の発生機構を解明し，地吹雪予報及び地吹雪対策を開発することにある（写真２）。

写真２　上空を走査中のドップラーレーダー

図3　地吹雪予知・予測技術開発研究フロー

そのため，以下の課題を定めて研究を推進している。

1)　地吹雪の発生機構に関する研究：

地吹雪常襲地帯である庄内，津軽地方をモデル地域として，観測的研究により，悪視程の程度と気象・雪氷条件との関係を明らかにし，かつ，地吹雪の生起条件の解明を行う。また，地吹雪をもたらす強風の検出とその予測並びに地吹雪の面的挙動の研究を行う。

2)　地吹雪による広域的堆雪機構に関する研究：

野外調査や模型実験等による堆雪機構の解明と，リモートセンシング手法による広域的堆雪機構の研究を行う。

3)　地吹雪災害防除技術の開発研究：

1)，2)の研究成果をもとに，地吹雪予知・予測技術，視程確保技術及び地吹雪発生・堆積の制御技術等の開発を行う（図3）。

(2)　研究の実施内容

青森県五所河原市毘沙門に基準観測点を設置し，①三成分超音波風向・風速計，日射計，温度計（気温），露点温度計，視程計等の気象測器による観測を昭和63年～平成2年の冬期間に行った。また，これらに加え，集中（有人）観測では，②本研究の重要な計測システムであるドップラーレーダーの観測と，低層ゾンデ観測を行うと共に，サイクロン型吹雪計による観測点周辺の地吹雪量分布の測定を行った。さらに，③改良型のSPC（スノーパーティクルカウンター）等により，飛雪粒子の垂直分布の測定を行った。観測期間は，集中（有人）観測は毎冬1月下旬のほぼ10日間，無人観測は同じく12月上旬～翌年3月末である。

(3)　研究の成果

これまでの研究結果から，所期の目的であったドップラーレーダーによる吹雪・地吹雪の検知の可能性が見い出され，今後の研究に明るい見通しが得られている。成果の一部は，機関紙「雪氷」や日本雪氷学界全国大会などで報告している。

5.　おわりに

平成2年度は，青森県五所河原市を中心に，複数の観測点に気象測器等を設置し，ドップラーレーダー及び低層ゾンデによる大気境界層の観測とあわせて，立体的集中的な観測研究を実施する。また，吹払型防雪柵の視程改善効果について観測的研究を行う。

なお，この研究は後半に入ったので，レーダー情報から吹雪現象を即時的・面的に表示できる画像処理等の研究に重点を置き，吹雪の予知・予測技術の開発を行う計画である。