

# MAIN

# REPORT

メインレポート

時代背景と防雪柵

## 道路雪氷対策技術の変遷(1)



(財)日本気象協会北海道本部  
技師長  
竹内 政夫

はじめに

今から50年程前、日本の6割、北海道の全域をしめる積雪寒冷地の道路は雪に覆われバスや車は通れず、踏み固められた雪の上を馬橋や徒歩で行き来するだけであった。それも天候に恵まれた時で、大雪や吹雪になると長期にわたって交通は途絶し経済や社会活動、衣食住の生活全てに大きなハンディキャップであった。

今では隔々まで道路が除雪され、冬に備えて食料や燃料を備蓄しなければならなかった冬支度も、日常語として使われるのは夏タイヤからスタッドレスタイヤに交換する時くらいと思うほどになっている。まだ多くの面で冬の寒さや雪はハンデとなっているが、ここまで来るには道路の雪氷対策の技術の進歩、それを経済面で支えた国の制度・施策や人々の努力があった。

日本における最初の道路除雪は、1918年(大正14年)札幌の電車軌道をブルーム式除雪車で行ったものである。以後いくつかの道路除雪はこころみられたが、本格的な除雪は、終戦後の1945年、札幌市内の18kmと札幌 - 小樽間37kmで始まった。このように、除雪によって始まった雪対策であるが、広い北海道の隔々まで結び

つけるまでには、吹雪や雪崩を克服する防雪技術を必要とした。初めの頃は、車が通れるよう道路を確保することが目標であったが、モータリゼーションの急速な進展による、交通量の増加と高速化は冬型交通事故の多発という負の形で表れ、雪氷路面のすべりや視程障害対策が緊急な課題となっている。道路の雪氷対策の目標は、交通機能の確保から安全で確実な交通の確保、さらには信頼性や快適性も期待されるようになり、それにとめない雪氷対策も多様化してきた。雪氷対策として最も基本的な除雪機械や除雪技術については、既にいくつかのまとまった文献<sup>(1,2)</sup>があり、いずれ改めて本誌などで紹介されることもあると思うので、機械除雪以外の雪氷対策技術の変遷について述べることにする。ここでは雪氷技術を生んだ時代の背景と施策また防雪技術としては最も古い防雪柵の変遷について述べる。

### 1. 道路以前の雪対策

吹雪が止んだ後には、家や塀のまわりに吹きだまりができるのは、雪国の人々には極く日常的なことであった。家の周りを箆<sup>ひしほ</sup>でかこんだ雪囲や路に沿って木の枝や箆を路しるべにしたのも、防雪柵



(写真 - 1) 1957年頃の国道除雪(国道40号、稚内開発建設部)

やスノーボールの原型といえよう。記録に残る最古の防雪柵は150年前のノルウェーのもので、柵の周りの集めた吹きだまり雪を家畜の飲料水として使うためのものであった。今でもアメリカの乾燥地帯では、水源涵養や家畜の飲み水に使われているように、初めは防雪を意識したものではなかった。風上に設置した柵で吹きだまりを作ると、その分風下の雪が少なくなることから、欧米では鉄道の発達にともない吹きだまり防止に使われるようになった。やがて、防雪林の植栽が可能などころでは防雪林も造成されていった。日本では、明治期になってから道路が除雪されるまでは、冬の陸上交通の主役は鉄道であり、ラッセルやロータリー除雪車が活躍していた。しかし、大雪や吹雪・地吹雪によってできる吹きだまりは、これらの除雪性能を超え長期間交通が途絶することが多かった。このため、雪よけの板塀（木製筵張りの防雪柵）や切土では雪覆（木製のスノーシェルター）を設けていたが、いずれも木造であったため、強風による倒壊や側板の間隙からの吹雪の侵入、特に雪覆いの両口では吹き込みや吹きだまりが多く、除雪に困難を極めた。また、蒸気機関車からの散火による延焼やトンネル内のように暗く不快であるなど効果的な対策ではなかった<sup>3)4)</sup>。

今からみると、技術的な未熟さによるものだったと思うが、開通直後のものとしてはやむを得ないものであったろう。このため、カナダのパシフィック鉄道の防雪林の効果を視察した本多静六の提案を入れ、1893（明治26年）に東北本線水沢 - 小湊間に38カ所、50haの吹雪防止林を造成した。代表的

なものが野辺地駅周辺の「野辺地防雪林」で1960年には鉄道記念物第14号に指定されている。北海道でも、1907年（明治40年）の大雪害で大きな被害を受けたのを契機に、防雪林が計画され、1909年（明治42年）には、函館本線の塩谷 - 蘭越間に初めて設置された。大雪害は1908年にも連続して発生したが、当時の状況は「本道の鉄道は沿線広闊にして、四隣風雪を遮蔽するもの少なく、為に年々多額の費用を投じて各所に雪垣（防雪柵）を設置し、隧道出入口又は深き掘割の如き地区には半永久的雪覆いを設置して、防雪に充てるとともに、多数の除雪人夫に加えて排雪車の運転により、極力被害防止に努めたのであるが、なおこれ等の充分には実施されなかつたため、少しく強度の吹雪が来襲するときは、漂雪たちまちにして線路を埋没して遂にはなはだしきは数日にわたり列車運行を阻止することが連年一再に止まらずその損害の波及するところ莫大なるものにして・・・」云々とある<sup>3)</sup>。防雪林の構成は、当初ドイツの例に習い最狭用地幅36mであったが、防雪効果が十分でないということで、後では60~80mに増幅している。国鉄には防雪林としては、吹雪防止林のほかに雪崩防止林もあり、1981年には合計1652kmにわたって鉄道を吹雪や雪崩から守った。北海道には1134kmの鉄道防雪林があり、その95%以上は吹雪防止林である<sup>5)</sup>。緑の帯となって連なる防雪林は、北海道特有の景観としても親しまれているが、防雪効果の研究<sup>6)</sup>や樹種選定等営林上の様々な研究と苦勞を重ねて育ててきた人々のドラマがあった。中でも、それまで技術的に不可能とされていた宗谷本線の泥炭



(写真 - 2) 吹きだまりに埋まった片切土  
(1970年代初め、国道238号網走開発建設部)

地の造林を成功させた深川冬至の功績は大きく、剣淵 - 和寒間の防雪林「深川林地」にその名を残している。終戦後も国鉄における吹雪や防雪柵の研究はしばらく続いた、中でも地吹雪に乱流拡散理論を導入した塩谷正夫（鉄道技術研究所）の研究は世界的に知られている。

## 2. 道路における雪氷対策

冬の唯一の陸上交通手段であった鉄道から、防雪林や1937年に信越線で初めて使われた流雪溝等の雪対策技術が生まれ育った。やがて、陸上交通も鉄道の線から血管のように隔々まで面のように広がる道路の時代に比重が移った。災害は進歩すると言われるように、雪災害をインパクトとして時々の社会の要請を背景として様々な雪氷対策技術が生まれた。

### 1). 雪氷対策技術に影響した雪災害と制度・法令等

本格的な道路除雪が始まった1945年には55kmの除雪区間であったが、北海道では1950年には3000kmを越えるほどに急速に増加した。特に、1956年に「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」（雪寒法）が制定されてからは、除雪、防雪、凍雪害防止を雪寒事業費で実施す

ることになり、除雪延長の急増（北海道では、1960年には12443 km）<sup>7)</sup>や除雪機械の改良開発を促した。また、1960～61年の年始年末にかけての北陸豪雪を契機に、雪による被害を災害と見る考えが生まれ、「災害対策基本法」や「豪雪地帯対策特別措置法」（1962）が制定された。最初に災害対策基本法が雪害に適用されたのは、1963年1月から2月にかけて、北陸地方を中心に降った大雪で「昭和38年1月豪雪」と命名されている。431名の雪による死者をはじめとして、鉄道や道路が長期にわたって途絶し社会生活の混乱や経済機能のマヒなど、直接・間接に大きな被害が生じた。この頃は経済の高度成長期に入っており、工業生産や流通機能を阻害する道路交通を中心とする交通雪害の影響がこれまでになく大きいものであった。法令の整備と2次にわたる豪雪災害は、国産除雪機械の開発をはじめとし道路の雪氷対策技術やシステムの開発研究に一層拍車をかけることになった。

北海道では、1966年1月に道央に集中的な大雪があった。札幌市内の交通渋滞は1週間以上続き、北海道新聞では特集記事を組み「白い災害」とよんだ。札幌冬季オリンピック（1972年）を控えた札幌市内の除排雪問題がうきぼりにされ、消融雪も含めて雪対策の研究の機運をかきたてた。1996年1月、札幌に同じような集中的な大雪があり交通機関に大きな影響を与えた。30年前に比べて降雪量が多く交通量や除雪路線が比較にならないほど増えていたにもかかわらず、影響の大きかったバスのダイヤも夕方までにはほとんどの路線で回復していた。札幌の雪対策の充実ぶりを示すものであった

が、早朝の大雪ということもあって交通混乱を増幅させた車の乗り入れを防げなかったことで、情報提供の重要性がうきぼりになった。

1969年2月には暴風雪が襲い、死者13名をはじめとして北海道全域に大きな被害をもたらした。道路も、国道18、道道187路線が不通になり、特に国道12号江別市郊外では、車500台余が雪に埋まり約1500人が一夜を過ごし、完全復旧までに1週間を要した。この事故の発端は、吹雪でホワイトアウト（白い闇）状態になった道路で、一台のトラックが雪堤に突っ込み動けなくなったものであった。この頃になると、通行止めの原因は機械除雪で対処できるようになった吹きだまりから、吹雪で前が見えなくなる視程障害に変わってきた。

道路構造も積雪や除雪を考えたものになった。1951年の道路構造令改正時の主な内容は「道路幅員に除雪を勘案」、「合成勾配の制限」、「防雪・除雪施設の設置」等で、1982年には歩道についても堆雪幅を勘案して計画するように改正された。歩道除雪は1977年に試験的に始められたが、スクールゾーンなどの必要性の高い箇所に限定されたものであった。1988年には「冬期歩道空間確保パイロット事業」として本格的に行われるようにな

り交通の流れが円滑になり歩行者の安全が守られるようになった。

北海道開発庁が1985年から行っているふゆトピア事業は、産業活動の促進を図るための施策で、「北国のまちづくり」、「都市内総合雪対策」、「安全確実なふゆ道づくり」などのモデル事業を推進している。流雪溝、坂道融雪、道路防雪林や道路交通情報システムの整備等が主な道路関係の事業である。身の回りから快適な冬の環境づくりを推進するふゆトピアの理念は、冬を克服し肯定的に冬の明るい面を見ようとする機運をさらに盛り上げることにもなった。それは、1985年から続けられている「寒地技術シンポジウム」も同様で、生活文化、理工学や環境など広い分野から様々なアイデアの多数の研究が毎年発表され、寒さと雪の対策技術は生活レベルにまでおよぶようになった。

高速道路の延伸や除雪のサービスレベルの向上によって、冬の交通も夏期と同じように高速化されるようになったが、交通事故の多発・大型化が目立つようになった。特徴的なのが、1992年に道央自動車道で発生した186台の車を巻き込んだ多重衝突事故である。吹雪や地吹雪で発生する視程障害による数十台の多重衝突事故はそれまでにもあったが、この時は降



（写真・3）視程障害（1975年、国道230号札幌開発建設部）

雪と車が巻き上げる雪煙による視程障害と滑りやすい雪氷路面が被害を大きくしたものであった。

1962年に初めて輸入され、1983年にはほぼ100%装着されたスパイクタイヤは雪氷路面での制動性能を向上させたが、舗装面の磨耗や粉じん等の環境問題をもたらした。このため、1990年には「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が成立した。1992年4月には罰金制度が導入され、本格的なスタッドレスタイヤ時代に入ったが、様々な影響があらわれた<sup>9)</sup>。特に、罰金制度が始まった冬の札幌では、つるつる路面とかミラーバーンと呼ばれた雪氷路面が現れ、スリップ事故や交通渋滞の増加など連日のように新聞紙上をにぎわした。たまたま、札幌では冬期道路管理国際ワークショップが開催されていたこともあり、世界的にも注目された。

現在は、交通の安全面からの視程障害と雪氷路面対策が重要な課題となっている。そして、道路だけでなく、世界的に競って進められている、車や人の特性を含めた高度道路交通システム（ITS）の研究のなかで、積雪寒冷地特有の問題は開発土木研究所を中心に民間を含めた共同研究を組織して進められている。

## 2). 防雪技術の変遷

### (1) 防雪柵

交通の確保のため吹きだまり対策から交通の安全を重視した視程障害対策を目的にしたものになってきた。設置する柵の種類も、吹きだめ柵から吹き払い柵や吹き止め柵へと目的や用地難という制約で変わってきた。北海道で開発されたこれらの柵は、今では本州にも技術移転され随所で見ることができる。防雪技術としては最も

古く基本的な防雪柵から、その移り変わりをたどることにする。

#### イ. 吹きだめ柵

1963年頃までの北海道は、鉄道が不通になると災害であったが、大雪や吹雪で道路が通れなくなるのは当然のこととし、災害という意識は小さかった。北海道で道路雪害が、災害として初めて「気象災害年表」（札幌管区气象台）に記載されたのは、1963年1月のことで、道路の通行止めが路線や区間を含めて記録されたのは1969年の暴風雪の時であった。除雪路線が山岳道路や気象条件の厳しい地方へと延びるにしたがい、除雪機械の能力をこえる吹きだまりの対策が必要になった。吹きだまり対策として最初に日本の道路に設置された防雪柵は、道路の風上に設置した柵の前後に飛雪をせき止める吹きだめ柵であった。それ以前から実験的には設置されていたようである<sup>9)</sup>が、国道で最初に本格的な防雪柵が設置されたのは1963年のことである<sup>10)</sup>。北海道開発局建設機械工作所（江別工場）では、1962年頃から防雪柵の製作・開発を始めており、当初は、傾斜地に設置可能で、組立・解体を容易にする構造の吹きだめ柵で、柵の防雪板（羽目板）の間の空隙率は約20%の構造であった<sup>9)</sup>。防雪柵の基本的な性能は、柵の高さ（柵高）、空隙率と下部間隙（柵の下部と地面との間の空間）できまるが、空隙率を20%にした経緯は明らかでない。入手できた最も古い柵の写真を見ると、空隙率は50%になっており、初めの頃は欧米の例にない最も防雪容量の大きい空隙率50%のものから試験されたものようである。20%にしたのは、柵設置のための用地が十分ではなく防雪柵から道路までの距離を短く



(写真-4) 古い型(木製、空隙率50%)の吹き止め柵  
(1961年頃、石狩)



(写真-5) 最初の吹き払い柵(1967年、建設機械工作所)

するための工夫であったと思われる。空隙率が20%の柵の場合、50%のもの比べて防雪容量は小さいが風下側は柵の近くに吹きだまり雪丘ができるので、道路の近くに設置できる利点がある。それでも、吹きだめ柵は広い用地と仮設のために設置撤去を繰り返す必要があるため、しだいに吹き払い柵や吹き止め柵に代わってきている。

1963年からは打矢徹也（建設機械工作所）を中心にして、吹きだめ柵から吹き払い柵や雪底防止柵など当時の最先端を行く防雪柵の研究開発が行われた<sup>11)</sup>。材料についても試作実験を行っているが、実際に使われた材質は、鋼管を支柱とし防雪板は当初の木製から、1969年に塗装鉄板、1973年には亜鉛メッキ板が使用されるようになった。また、柵の高さは当初3m



(写真 - 6) 最初の吹き止め柵 (1986年、国道230号石狩)



(写真 - 7) 雪庇防止柵 (1972年、国道243号美幌峠)

であったが、気象条件の厳しい国道230号中山峠の5.5m (1973年) や美幌峠の5.65mなど防雪容量を大きくするため高い柵も設置された (1976年)。変わったものでは、1990年設置の美幌峠のワイオミング型の木製柵がある。これは国立公園の景観を損ねないことから環境庁から認められたものである。

防雪柵の開発には現地試験<sup>12)</sup>のほかにも風洞模型実験も行われた<sup>13)</sup>。

#### ロ. 吹き払い柵

吹き払い柵は、ますます制約が大きくなってきた用地難を解消するため、道路敷地内に設置できるものとし、建設機械工作所が1967年に開発に着手したものである。完成には現地実験や風洞実験が繰り返された<sup>14)</sup>。吹き払い柵は古くから知られていたが、道路で使用し始めたのは1969年のことであ

る。吹き払い柵は幾つかの種類が開発されているが、現在使用されている多くは多板式のものであるが、これは吹きだめ柵の横張り防雪板をピン止めにして実験したところ、風圧で風下に傾斜した防雪板による吹き払い効果がみられたことがヒントになったものである。中国には単板式の吹き払い柵が設置されているが、多板式のものは日本以外には見られないユニークなものである。初めは木製の防雪板が使用されていたが、間もなく亜鉛鉄板になった。この頃 (1969年) には、民間の工場でも製作や開発がされるようになり、冬期だけの仮設から1980年にはコンクリート製の土台に自立させた常設型も現れた。さらに、1985年頃には、柵が沿道の景観を目隠しにすることから、夏期には折り畳むなど収納するようになった。吹き払い柵の性能を上げる工夫もされてきた。当初は風を加速させて雪を吹き払うための下部間隙は、75cmであったが、現地実験をもとに1mから1.2mと変わってきた<sup>17)</sup>。吹き払い域 (一般には柵の高さの3倍程度) をさらに大きくするためには、他にも柵構造の研究は続けられているが、ここでは実用例の少ないものは省いた。

#### ハ. 土木試験所 (現開発土木研究所) の研究と吹き止め柵

竹内政夫 (土木試験所) は、1979~1980年にアメリカ合衆国林野庁ロッキー山系森林研究所 (ワイオミング州) において、1980年に招聘研究員として来日し日本の防雪技術に影響を与えた<sup>15)</sup> タブラー博士と、共同で吹雪と視程障害の研究を行った。その際、ロッキー山脈から吹き下ろす風がもたらす規模の違う猛吹雪と、必要に応じて2重3重と長大な防雪柵を配置

して道路を守る、タブラー博士の設計した州際道路80号線の防雪システムを見聞した<sup>16)</sup>。日本の文献や北海道で経験した、防雪柵の周りの吹きだまりの形状や大きさとの違いに驚かされ、改めて気象条件に合った防雪柵と設置方法を研究する必要性を感じた。石狩で7種類の柵を設置して実験し、吹きだめ柵の防雪容量と風下吹きだまり雪丘の長さを、柵の高さと柵の空隙率および気象条件である積雪深から計算する経験式をもとめ、気象条件に応じた柵の選択と設置位置を決める手法を確立した。また、成長過程においては、柵の高さが高いほど、下部間隙が小さいほど風上に飛雪を多く捕捉し、風下の吹きだまりは小さくなることを示した<sup>17)</sup>。これらは、新編防雪工学ハンドブック<sup>18)</sup>、道路防雪便覧<sup>19)</sup>や道路吹雪対策マニュアル<sup>20)</sup>に引用され以来防雪柵設計の指針となっている。

1980年代に入り、道路整備が進み多車線道路が吹雪多発地に延びるようになると、吹き払い柵では対処できなくなり、道路敷地内での吹雪対策に新たな問題が生じた。北海道開発局札幌建設部では、国道231号花畔地区において4車線に改築した道路の防雪対策を種々検討し、それ以後吹き止め柵と分類されるようになった新型の柵を採用した<sup>21)</sup>。これは、柵を高くし、下部間隙をなくした、空隙率の小さい柵は道路敷地内に設置可能であるという実験結果<sup>17)</sup>を利用したものである。ドライバーの視野に入る上部は忍び付きの空隙率30%の有孔板にし (下部は密閉)、道路に近い常設柵であるための圧迫感の緩和と景観の目隠しを防いだものになっている。防雪板に孔を空けて背景が透けて見えるように



(写真 - 8) 最初の吹き上げ防止柵 (1976年、国道230中山峠)

した有孔板は、この頃から使用されるようになってきた。吹き止め柵は、吹きだまり防止と、道路上の風速を弱め視程障害をも緩和するため設置延長が増えている。

## 二. 雪庇防雪柵と吹き上げ防止柵

山岳部や丘陵部には切土が多くなるが、低い切土では雪庇が張り出して吹きだまりや視程障害になったり高いと雪庇が崩落する危険がある。雪庇の発生を制御・防止するために建設機械工作所では、1969年から1973年にかけて吹き払い柵形式の各種雪庇防止柵を開発している<sup>22)</sup>。

また、斜面を吹き上げる風は斜面の雪を削って運ぶので、道路に大規模な吹きだまりと視程障害を発生させることが多い。飛雪を傾斜上に堆積させるために路肩より、低い位置に設置した密閉柵が吹き上げ防止柵である。建設機械工作所の指導で、国道230号中山峠に、最初の吹き上げ防止柵が設置されたのは1978年のことである。最初は、柵の高さは4m、設置位置は0.8m、柵の傾斜角は水平から10°であったが、1984年には、それぞれ5m、最大積雪深相当、20°と規格が統一されるようになった。あとがき

道路除雪が始まって50年余にな

り、個々の雪氷対策技術の発達の歩みをたどるにはよい節目でもあり、稿をすすめているうちに少しはまとまったものにしたと思うようになった。前段が長くなったのも、やや細部にこだわったのもそのためである。その結果、紙面が足りなくなり技術としては防雪柵を取り上げるにとどまった。機会を与えられれば、続編にまとめたいと考えている。数が多いため文献は代表的なものだけを紹介した。打矢徹也氏と村上正幸氏には貴重な写真と貴重な資料を提供していただいたことを感謝する。

## 参考文献

- 1) 北海道開発局建設機械工作所、1980：除雪機械の変遷
- 2) 北海道開発局建設部道路維持課、1991：冬の国道防雪対策、北海道道路管理技術センター
- 3) 日本国有鉄道施設局、1960：鉄道における営林技術発達史
- 4) 東日本旅客鉄道 株 入、1993：鉄道林
- 5) 上善峰男、1982：日本国有鉄道の鉄道林、森林文化研究、3巻、1号
- 6) 鷲谷瀧雄、1953：鉄道防雪林の研究、営林作業研究会
- 7) 北海道開発局、1989：北海道の道路、北海道開発技術センター

8) 高木秀貴・堀田暢夫、1993：北海道におけるスパイクタイヤ使用規制の影響と今後の課題、開発土木研究所月報、No.483

9) 北海道開発局建設機械工作所、1964：新案の防雪柵、けんき、No.1

10) 北海道開発局、1991：北海道開発局技術の歩み

11) 打矢徹也、1974：防雪柵による雪害防止工法について、建設機械工作所

12) 黒田、佐々木、打矢、1966：防雪柵の模型と現地実験による相关性について、技研報、No.35

13) 作家、黒田、打矢、1965：風洞による防雪柵模型試験について、技研報、No.29

14) 黒田満穂、打矢徹也、風洞による防雪柵の模型試験について(第2報)、技研報、No.32

15) Ronald Tabler.1983: Snow control and Engineering in Japan -Comments by a visiting scientist 土木試験所報告、81号

16) 竹内政夫、1981：ワイオミングの吹雪とその対策、24回北海道開発局技術研究発表会論文集

17) 竹内、石本、野原、福沢、1984：防雪柵の研究、雪と道路、No.1

18) 日本建設機械化協会、1977：新編防雪工学ハンドブック、森北出版

19) 防雪施設小委員会、1990：道路防雪便覧、日本道路協会

20) 北海道開発局、道路吹雪対策マニュアル(案)、1990：北海道開発技術センター

21) 藤田、倉橋、山口、長岡、竹内、1984：多車線道路における防雪柵の計画、札幌開発建設部

22) 打矢徹也、1979：雪庇防止用特殊防雪柵の制作及び現地実験について、技研報、No.46