

一解 説②一

道 路 防 災 と 気 象

北海道開発局開発土木研究所道路部防災雪氷研究室 石 本 敬 志

1. は じ め に

旅客、貨物、いずれも、北海道内の全輸送量に占める自動車輸送量の分担率は90%¹⁾前後であり全国平均より高い。広域分散型社会の典型とも言える、北海道を支えている道路を自然災害から守るため、種々の気象統計値はもとより、リアルタイム気象データをも利用して道路の安全性を高めることが期待されている。どんな気象データが道路との関わりで、どのように利用されているかを紹介すると共に、今後の方向についても述べてみたい。

2. 気象統計値と道路

この原稿を準備している時、北海道南西沖地震があった。翌日の朝には、開発土木研究所からも、いくつかの調査グループが現地に向かった。半年前には釧路沖で大きな地震があり、道東を中心に道路も被害を受け、現在、国道の未開通区間はなくなったが、完全な復旧は年を越える。南西沖地震でも、落石対策としての覆道をはじめ、橋、道路の盛土などが大きな被害を受け、いまだに国道の未開通区間がある。地震について、過去の地震動強度の地域区分や、各種構造物の重要度を考慮して、耐震設計についての考えが整理されている²⁾。橋などの主な構造物には、強震計が設置されており、大きな地震の後で解析され、将来、耐震対策を改善してゆく基礎資料となっている。過去の北海道周辺の地震から地震動の距離減衰式を用いて、ある地盤を想定した時の影響を全道的に調べる仕事も進んでいる³⁾。このように、点ではなく、線、あるいは網としての道路は自然環境と不可分の関係がある。

本来の気象統計値に話を戻すと、気温が高い本州の道路や飛行場の滑走路に使われているアスファルトは、流動を防ぐため、硬さの指標である針入度が小さい。また、道路の凍結抑制舗装厚は、積算寒度を指標にしている。また、道路の排水施設は、確率降雨強度を考慮する⁴⁾など、例を挙げればきりが無いほど、道路を作る上で気象条件が関与している。そこで新たな道路が計画されると、道路周辺の気象条件が調べられる。気象庁が整備している各種気候値はもちろん、それらを1km毎に加工したメッシュ気候値は我々道路防災を検討する者にも大変貴重であり、日常的に利用させていただいている。

ただ、気象官署のデータしか使っていないので、その限界をわきまえて利用しなければならない。例えば、長期間の平均気温は標高補正などで概ね妥当であるが、最低気温はそうならないことがある。メッシュ気候値の最低気温で数度の差がある中山峠と石狩について、雲で被われることの多い山岳部を通る中山峠は、10

分平均の冬の最低気温が、ここ数年 -20°C 以下になっていない。一方、放射冷却で冷える石狩は、場所によって一冬に何度か -20°C 以下になることがある。広域の路面状況と気象条件を議論する際、気をつけねばならないことである。降積雪についても、道路の雪対策の基本資料として、降積雪の再現期待値が計算されるが、その際もアメダス資料では欠けることの多い峠山間部のデータを補うため、全道数十箇所の道路気象テレメータや、除雪センターの資料が利用される⁹⁾。異常気象時の道路管理に使うだけでなく、貴重な実測値としてデータの質と保存方法に特段の配慮を払うべきだと考えている。

本州と比べ、気温が低いので吹雪による通行規制が多いのが北海道の国道の特色である。たとえば、既存の気象条件から吹雪による障害が予測される地域では、既存林を道路防雪林として利用する方策が考えられたり、吹雪の影響を受けにくい道路構造が検討されたりする。具体例の一つは、雪国の道路が、除雪の為の堆雪余裕幅を確保しているので雪の影響を受けない地方より、幅員が広がっていることなどである。現在、20年ぶりに道路構造の根幹である、道路構造令の見直しが進められており、雪国の実態が反映されるよう我々も努力しているところである。

3. 北海道の国道における通行規制実態と最近の気象条件

北海道の国道の、主な通行規制要因となっている吹雪、雪崩、落石・土砂崩壊による年間通行規制件数を、1971年から1990年までまとめたのが図1⁶⁾である。防災対策の充実により、通行規制の総件数は減っている。雪に関する通行規制は、雪崩と吹雪であるが、中でも吹雪による規制件数は、依然として多く、最大の冬期交通障害要因となっている。図2に、吹雪による通行規制件数の月別頻度を示したが、1月から2月にかけての厳冬期に、頻度がその年の最大になるとは限らない。図から判るように、初冬、晩冬に吹雪による障害が多い年もある。こうした、季節はずれの吹雪は、北海道付近を、低気圧が台風なみに、発達し

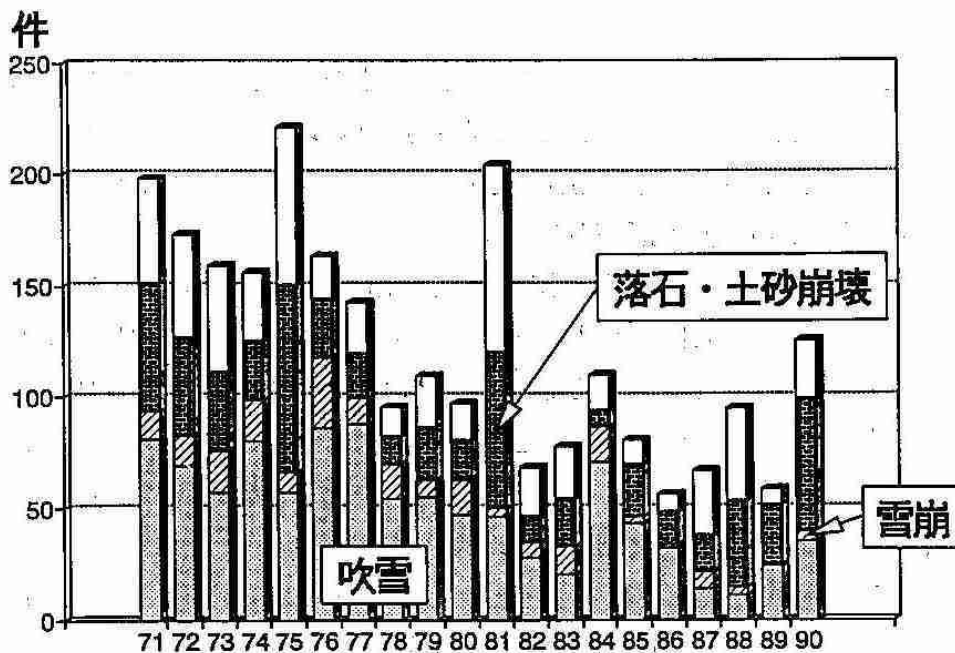


図1 道内国道の通行規制件数の推移

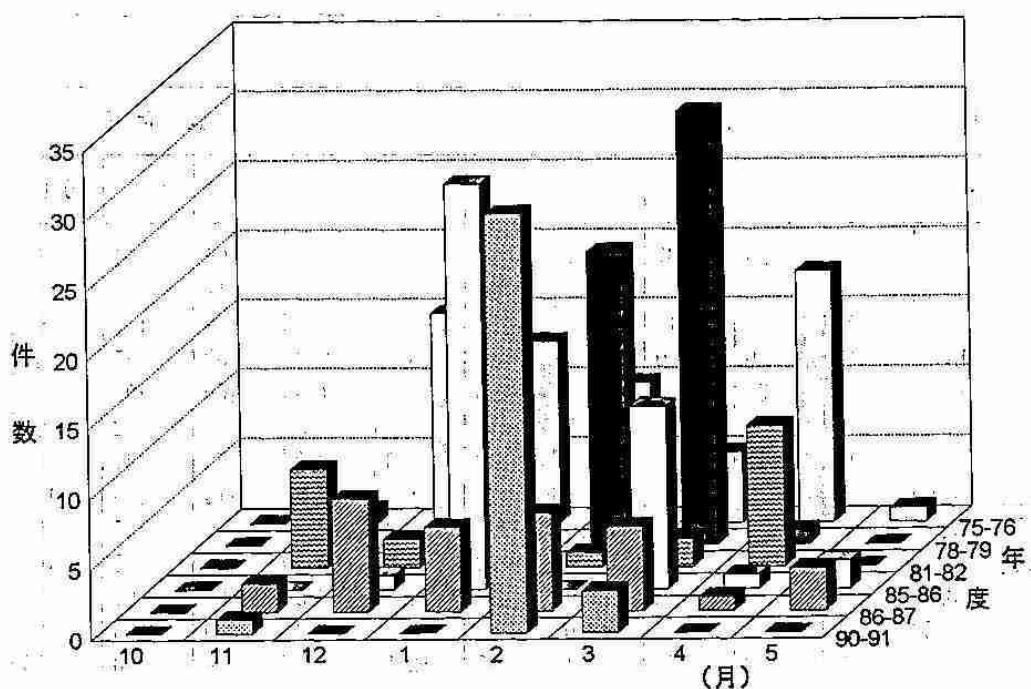


図2 道内国道の月別通行規制の推移

ながら通過することによる場合が多い。季節はずれであるが故に、厳冬期以上に注意を要する側面を持っていることを忘れられない。図からもわかるように、吹雪による通行規制は最近確実に減っている。しかし、1991年2月中旬には、低気圧による吹雪が北海道を襲い、道東を中心に一般国道16路線、39カ所、道々155路線、169区間が通行止めになった。この時は、道路だけでなく、航空路、鉄道など全ての交通機関が大きな影響を受けている。冬の初めや終わりころに、北海道周辺で発達する低気圧は、北海道周辺に来る台風より中心示度が低いこともあり、季節外れの猛吹雪が道路に限らずあらゆる交通手段に影響を与えている。

最近の気象状況でも吹雪対策が必要なことを示す事例である。1992年3月17日朝、風は弱かったものの、降雪を伴う中、186台の車が断続的に衝突し、2名の死者、106名の負傷者を出す国内最大規模の交通事故があった。短時間ではあったが、札幌市のSネットのレーダで局地的な強い降雪の推移がとらえられ解析されている⁷⁾。今後は、これらの成果を予知へと結び付けられるよう幅広い協力体制を充実させる必要がある。

近年の暖冬傾向と言われる状況を吹雪との関連で具体的に知る目的で、表1に道内気象官署の寒候期(12～3月)の気温、風速、積雪深について、92年度まで最近3年度と90年度までの平年値を比較して示した。気温については、室蘭の90年度を除いて全て高く、確実に全道的に暖冬であると言える。しかし、風は弱くなっておらず、積雪も少なくなっているわけではない。積雪は道東・オホーツク海岸沿い、道南でやや少ない地域の特徴が見られるものの、道北、道央地域では、平年値より多い場所もある。暖冬で、雪粒子相互の付着力が小さくなることはあっても、本州のように雪が雨になるには至らず風や積雪状況に大きな変化がなく、この程度の暖冬では、今後も吹雪対策を欠くことができない。しかし、暖冬の程度によっては

表1 道内の気象官署における最近3年間の気温、積雪深、風速と平年値の比較。

地 点	日最大風速10m/s以上の日数				日 平 均 気 温 (°C)				年 最 大 積 雪 深(cm)			
	平年値	90	91	92	平年値	90	91	92	平年値	90	91	92
稚 内	36.8	38	29	31	-3.7	-2.9	-2.5	-1.9	95	114	77	76
北見枝幸	5.2	8	2	6	-5.0	-2.3	-3.6	-3.0	117	95	96	99
羽 幌	12.2	25	18	13	-3.5	-2.6	-2.3	-2.0	108	111	91	103
雄 武	13.1	17	9	9	-5.4	-2.5	-3.9	-3.3	82	45	42	61
留 萌	48.5	38	39	50	-3.1	-2.3	-2.1	-1.5	109	104	66	88
旭 川	0.2	-	-	-	-5.7	-4.8	-4.4	-3.8	94	72	95	80
網 走	13.3	15	11	16	-4.7	-3.8	-3.3	-3.0	59	42	45	58
小 樽	4.0	10	-	8	-2.0	-1.3	-1.2	-0.6	114	123	110	123
札 幌	0.8	-	-	3	-2.5	-1.7	-1.2	-0.6	100	125	66	95
岩 見 沢	9.3	11	10	8	-4.1	-3.2	-2.9	-2.4	123	85	105	116
帯 広	3.0	-	-	2	-5.3	-4.4	-4.2	-3.5	61	96	39	55
釧 路	18.5	17	9	16	-4.0	-3.2	-3.2	-2.3	40	63	28	32
根 室	26.8	31	38	55	-3.1	-0.5	-2.1	-1.4	30	38	56	12
寿 都	71.2	10	5	14	-1.3	0.3	-0.6	0.1	78	94	78	66
室 蘭	53.4	57	35	46	-0.9	-1.1	-0.2	0.2	30	15	20	30
苦 小 牧	35.8	7	5	10	-2.7	-0.6	-1.8	-1.0	31	28	20	24
浦 河	61.5	58	58	59	-1.5	0.2	-0.7	-0.3	21	46	20	12
江 差	80.5	88	73	79	0.1	1.8	1.3	1.6	42	19	23	21
函 館	4.0	3	-	26	-1.6	-0.8	-0.3	0.1	44	32	34	38
倶 知 安	1.5	-	4	11	-4.5	-2.6	-3.4	-2.6	200	173	159	179
紋 別	18.4	20	12	14	-4.6	-1.9	-3.4	-2.7	70	32	45	45
広 尾	7.9	11	4	8	-3.2	-1.4	-2.4	-2.0	94	131	54	96

道路への新たな影響も懸念される。積雪沈降圧の増大がガードレールや橋の欄干などの構造物に与える影響、滑りやすい路面の増大、斜面積雪の不安定化などが、どの程度に及ぶか注意を払っているところである。

4. リアルタイムデータの利用に向けて

道路を作る為だけでなく、災害の未然防止のため落石・土砂崩壊と過去の雨量との関係から一般国道では、連続降雨量が一定値を越えると、災害の未然防止を目的に通行を規制する区間が設けられている。該当区間の道路では、規制区間であることを示す表示が掲げられている。警報が出る程度の気象条件になると、道路管理担当者は、時に昼夜を分かつたず災害の未然防止のために働いているのが実態である。こうした降雨量などの、局地的気象条件を実時間で把握するため、道路気象テレメータが、峠山間部などに設置されている。また、滑りやすい路面の出現や、雪氷路面上での交通事故の規模が大きくなる傾向があり、単に通行可能であるだけでなく、より高い安全性が道路にも求められるようになってきている。車を運転するために最も重要なのは視覚情報であるが、この視覚情報の円滑な取得を妨げるのが視程障害である。視程障害が車の速度に及ぼす影響を調べるため、霧や吹雪による視程障害が起きている中山峠の、路側に設置した反射型視程計によ

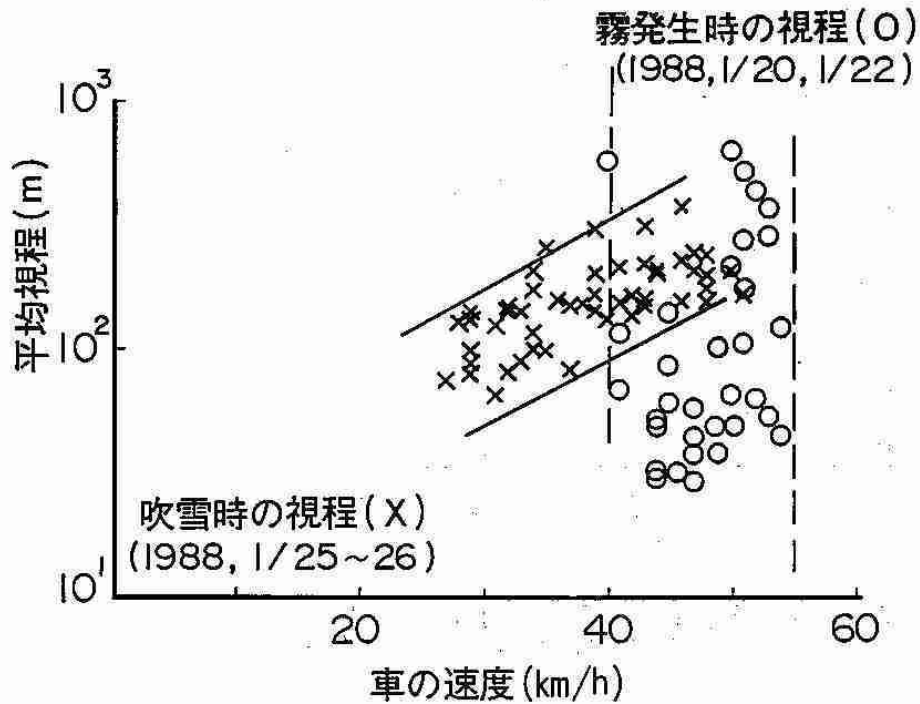


図3 霧と吹雪による視程障害時の平均車速 (10分)

る10分平均の視程と、車速の関係をしらべた結果を、図3に示した。路面状況は、霧の場合も吹雪の場合も、圧雪であった事が道路パトロールで確かめられている。図より明らかに、霧による視程と車の速度には相関がなく、信頼度90%の相関係数は、0.25から0.27である。霧が発生している状況で、視程30mでも、車は50km/h近くで走っている。一方、吹雪による場合、信頼度90%の相関係数の範囲が0.64から0.65であり、相関がある。更に、視程が100mを切ると、車の速度は、20~40km/hに落ちている。霧に比べ吹雪では、視程の変動周期が速く、変動幅が大きい。この、速い大きな変動が、平均視程の割に、吹雪が車速により大きな影響を与えている理由である。吹雪による視程障害を緩和するため、防雪林や防雪柵などが用いられ、事故多発区間の汚名を返上した箇所も多い。峠山間部などに設置されている視程計による観測結果は、情報板や路側放送等でドライバーに伝えられているほか、音声応答など伝達手段の多様化、障害の予知についても研究が進められている。風の予測が精度良くできると吹雪の予測も可能になると思われる。現在では、新たな道路が計画される時点から、あらかじめ雪による障害のない道路構造が検討されるようになってきている。

霧や吹雪だけでなく、車の雪煙も視程障害を引き起こす⁶⁾。図4に大型車による雪煙の発生状況、図5に中央分離帯に設置した視程計により観測した大型車と小型車による雪煙による視程の変化状況をそれぞれ示した。図4の写真でガードロープの影が道路上に見えることから判るように、晴天で路上にわずかでも雪があると雪煙が舞い上がる。同じ大型車でも空気抵抗が少ないよう工夫された車では、雪煙による視程障害が改善される。図6の左が改造していない車、右が改造された車による雪煙である。各々後続走行した吹雪

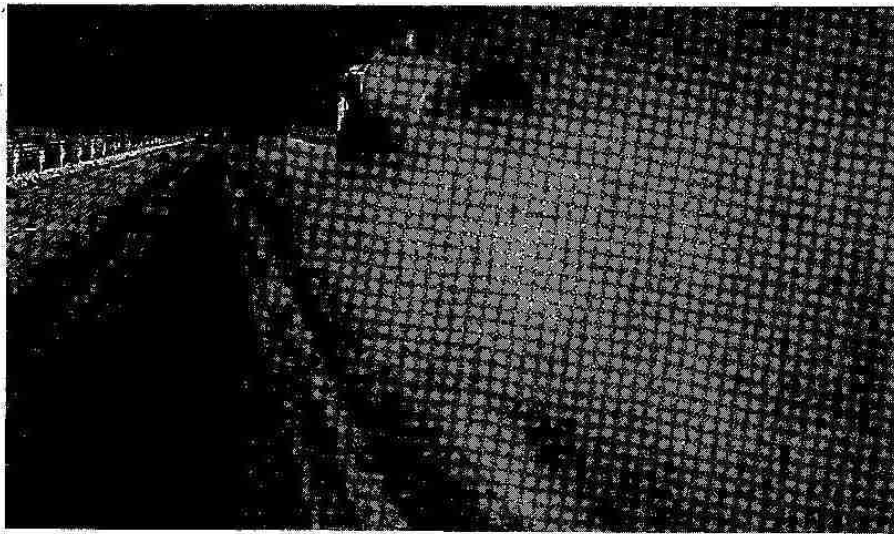


図4 大型車による雪煙発生状況.

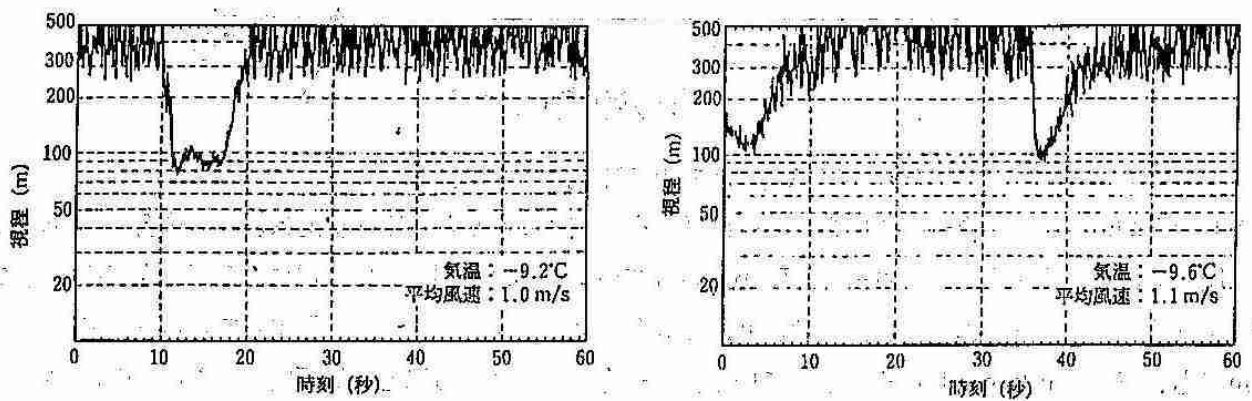


図5 大型車と小型車の雪煙による視程変化の違い.

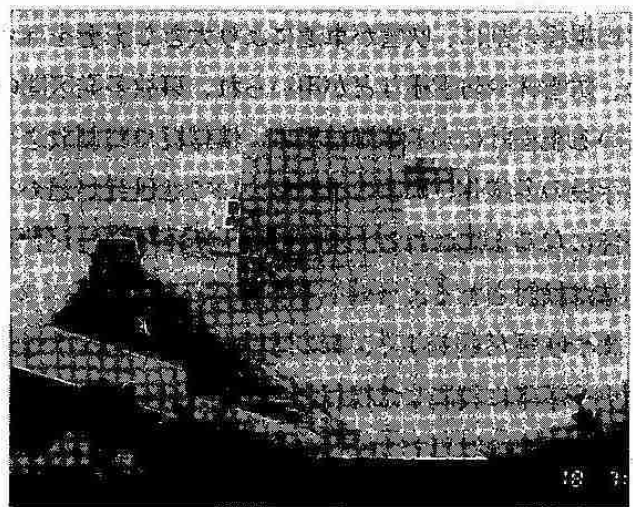
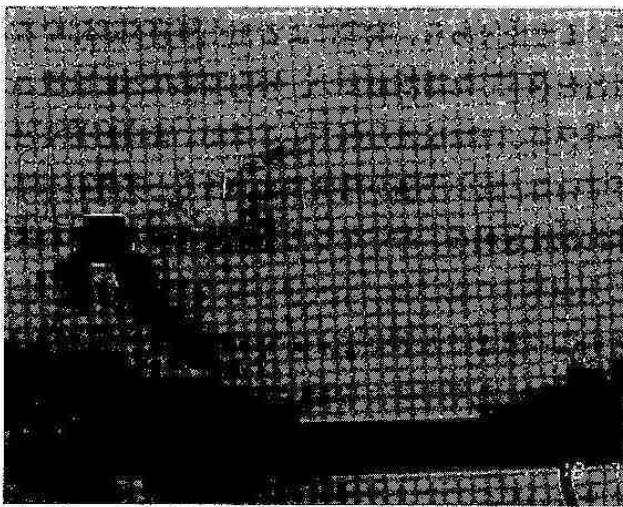


図6 改良されていない車 (左) と空気抵抗が少ないよう改良された車 (右) の雪煙.

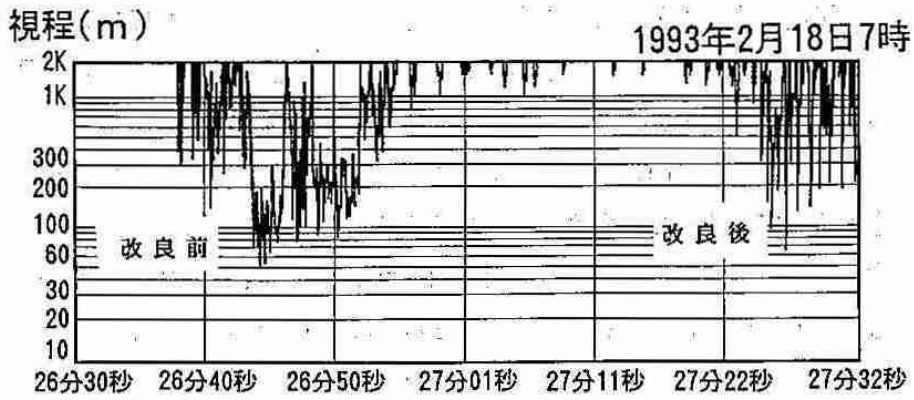


図7 改良前(左)と改良後(右)の大型車による雪煙:

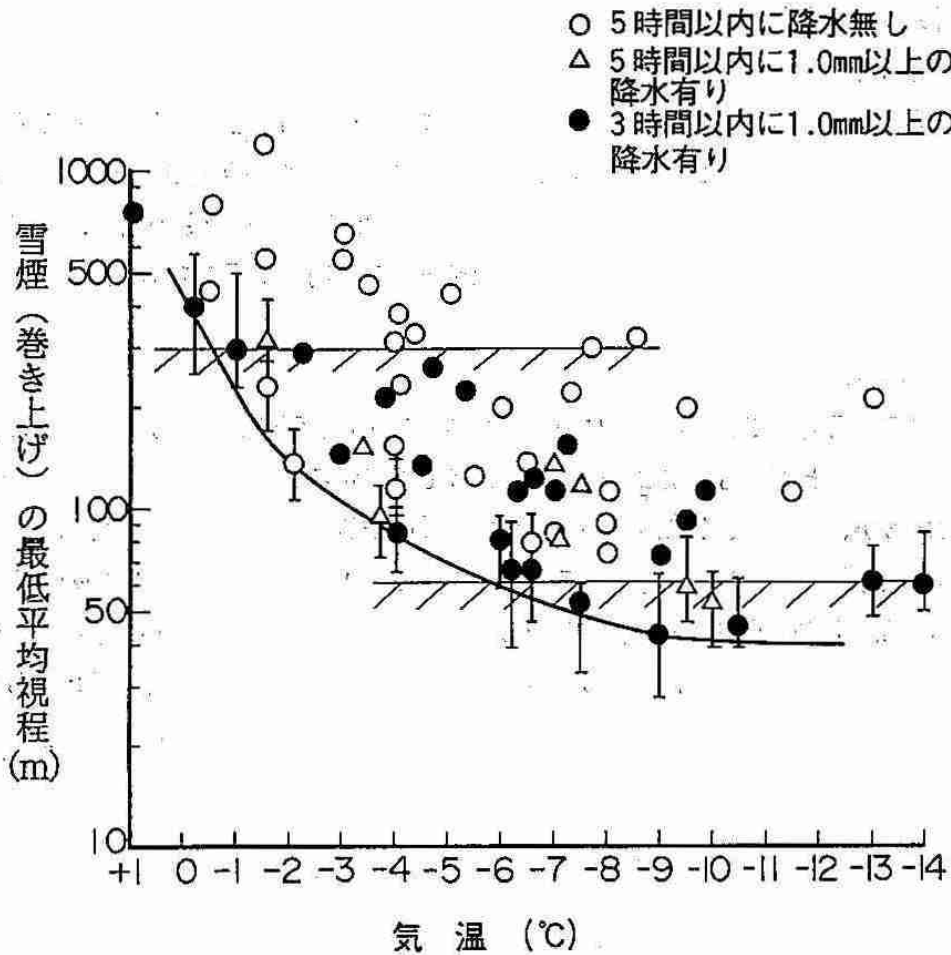


図8 雪煙発生条件.

観測車による視程減衰状況を図7に示した。こうした雪煙の発生条件が図8⁹⁾であるが、気温が低いほど雪粒子相互の付着力が弱くなり路面の雪は舞い上がりやすくなる。降雪や気温などから雪煙発生の可能性を予知することも技術的には可能である。

日本だけでなく、欧米でも冬期路面管理にリアルタイム気象データを使って、安全で効率の良い路面管理をめざした研究が進められている。たとえば、イギリスでは、路面の上にてできる霜をも含む路面凍結を予測するモデルを比較するなどの研究を進めている。道路固定点での路面凍結検知、熱収支の研究を凍結予測へと発展させる研究も内外で進められている。長波輻射を対象に、道路の持つ熱環境を種々の条件下で調べ、調査対象路線全体の凍結しやすさをリアルタイム気象データとあわせて路面凍結を予知するサーマルマッピングと呼ばれる技術がスウェーデンと英国で各々独立に開発された¹⁰⁾。欧米各地での実績はあるが、降雪量が多い日本で使うには独自の利用法を開発する必要があり、一般国道230号の喜茂別～石山間を対象に一冬を通した調査を行い、同一路面とみなせる区間及び道路構造と路面状況の関係等を明らかにした。

昨冬の初め、札幌をはじめとして滑りやすい路面の出現頻度が多かった。原因の解明と対策が求められており、関係機関が密な連絡をとりながら昨冬行った調査をとりまとめているところである。凍結防止剤を使用し、雪のない路面管理を行ってきた欧米の一部では、地下水にそれらの薬剤が含まれるなどの影響が出ている。少ない凍結防止剤を効率良く利用するには、路面に一樣に散布でき、飛散を防げるため、顆粒状ではなく液体の状態を使うことが推奨されている。また、条件によっては、砂や細かい碎石の利用が必要であるほか、圧雪や凍結路面の出現する1～3時間前に散布することで大きな効果が期待できる¹¹⁾。そのためには、降雪や路面凍結の予知が必要でリアルタイム気象データの利用が不可欠である。

5. 今後に向けて

吹雪対策は道路の防雪対策で、ほぼ完全に対処できる。しかし、雪煙は気温が低く路面にわずかでも雪があり高速で車が走ると、どこでも発生し、道路構造だけで対処することはできない。雪煙を防ぐために車体の改良が有効であるが、費用がかかる。その改良効果も車の空気抵抗が速度の二乗で効くため、車の速度が1割も速くなると無くなる。逆の言い方をすると、車の速度が1割遅くなれば、雪煙の発生を大幅に減らせるとも言える。凍結防止剤の使用による、つるつる路面对策も安全を得られるかわりに、費用はもちろん、車や環境への影響などを考慮しなければならない。道路雪氷対策も国により自然環境はもちろん、社会的背景が違うため、一樣ではない。全ての人が事実データを共有し、より安全な冬道をめざし、冷静な議論を経て社会的な合意を見い出したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 北海道開発政策研究会, 1991:開発要覧, (財)北海道開発協会, 246-249.
- 2) (財)日本道路協会, 1990:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 丸善.
- 3) 加治屋安彦, 1992:道路網の耐震性評価に関する研究, 開発土木研究所月報 No. 466, 17-25.
- 4) (財)日本道路協会, 1987:道路土工排水工指針, 丸善.

- 5) 加治屋安彦, 1992:最大日降雪深の再現期待値分布図について開発土木研究所月報 No. 472, 39-46.
- 6) 加治屋安彦, 1992:北海道の道路網に関する研究, 第35回北海道開発局技術研究発表会講演概要集, 49-52.
- 7) 菊地勝弘, 菊地理, 金村直俊, 藤井雅晴, 1993:1992年3月17日 道央自動車道衝突事故時の気象特性, 北海道地区自然災害科学資料センター報告 vol. 8, 31-45.
- 8) 石本敬志, 福沢義文, 奥谷智博, 竹内政夫, 1992:車の雪煙による視程障害と道路構造, 開発土木研究所月報, No. 475, 17-25.
- 9) 福沢義文, 竹内政夫, 石本敬志, 奥谷智博, 1991:自動車の走行による雪煙の発生と気象条件, 平成3年度日本雪氷学会予稿集, p. 58.
- 10) A. H. Perry and L. J. Symons, 1991: Highway Meteorology, E&FN SPON, 59-62.
- 11) スェーデン道路庁(北海道開発局開発土木研究所訳), 1992:より少ない塩による効果的な路面凍結対策概要版, (財)北海道道路管理技術センター.

