

吹雪観測と交通管理への利用

——一般国道40号稚内～豊富——

Observations of Blowing Snow and Applications in Traffic Operations

福沢義文* 竹内政夫**
石本敬志*** 野原他喜男*

北海道の冬の国道で発生する通行止めは、吹雪が原因であることが多い。本報文では、一般国道40号(稚内～豊富)で、強い吹雪が発生したときの気象変化の特徴と視程障害が車の流れに与える影響を明らかにした。
《吹雪; 視程; 交通止め; 交通管理; 交通流》

まえがき

一般国道40号の稚内～豊富間は冬期間迂回路がなく、稚内と旭川方面を結ぶ経済および生活道路として重要な路線である。

宗谷付近一帯は、北海道でもとくに風が強く吹雪の多発地帯の1つであるが、稚内～豊富間では昭和53年から吹雪が原因の通行止めは13回発生している。

この吹雪対策のために防雪林が計画されており、その調査の一環として昭和54年から更喜苦内において吹雪の観測を行っている。6年間の気象観測データおよび視程障害の実態調査に基づいて、通行止め時の吹雪の特徴と視程障害発生時の車の流れの関係を明らかにするとともに、これらを踏まえて稚内～豊富間の交通規制の方法を、過去の事態にできるだけ沿うようにして流れ図を考えた。

1. 観測方法

吹雪観測所の設置場所は図-1に示した位置で、一般国道40号より東方向に100m離れていて、稚内市街より約5kmの所にある。この付近の道路は、写真-1のように片側1車線で南北方向に走っている。吹雪観測所の全景を写真-2に示す。

この場所は吹雪の多発地帯で、図-1からわかるように両側が広い牧草地になっている。風で運ばれる飛雪が道路に吹込む地形になっている。このなかに切土部で視程

障害の悪化しやすい所があって、その個所を図に斜線で示した。

観測した気象要素は、視程、風向風速、気温、気圧、積雪深、それに交通量観測である。各気象要素の信号は吹雪観測所からテレメータによって専用電話回線で伝送され、稚内開発事務所の気象観測監視盤(写真-3)で指示・記録される。

視程の観測には光減衰型視程計を用いた。視程20～300mの範囲を精度よく測定するために投受光間隔10mに設置し、光軸の高さを1.5mとした。

光の強さが降雪や飛雪によって減衰され、電気信号に変換された透過率から視程への換算は竹内¹⁾の方法によった。

すなわち、Koschmieder²⁾により導かれたように、視程を、目標物の明るさを人間の目が識別できなくなる距離として、次のように定義する。

$$\frac{B_0 - B_b}{B_b} = -\varepsilon = -e^{-\sigma V} \dots\dots\dots (1)$$

B_0 : 目標物の見かけの明るさ

B_b : 背景の見かけの明るさ

ε : 人間の目の明暗対照臨界値
(道路気象では0.05をとることが多い)

σ : 光の消散係数

V : 視程

次に明るさ B の平行光線の減衰について、Bouger の法則から光の消散係数と透過率の関係式が得られる。

*応用理化学研究室主任研究員 **同室長 ***同室副室長

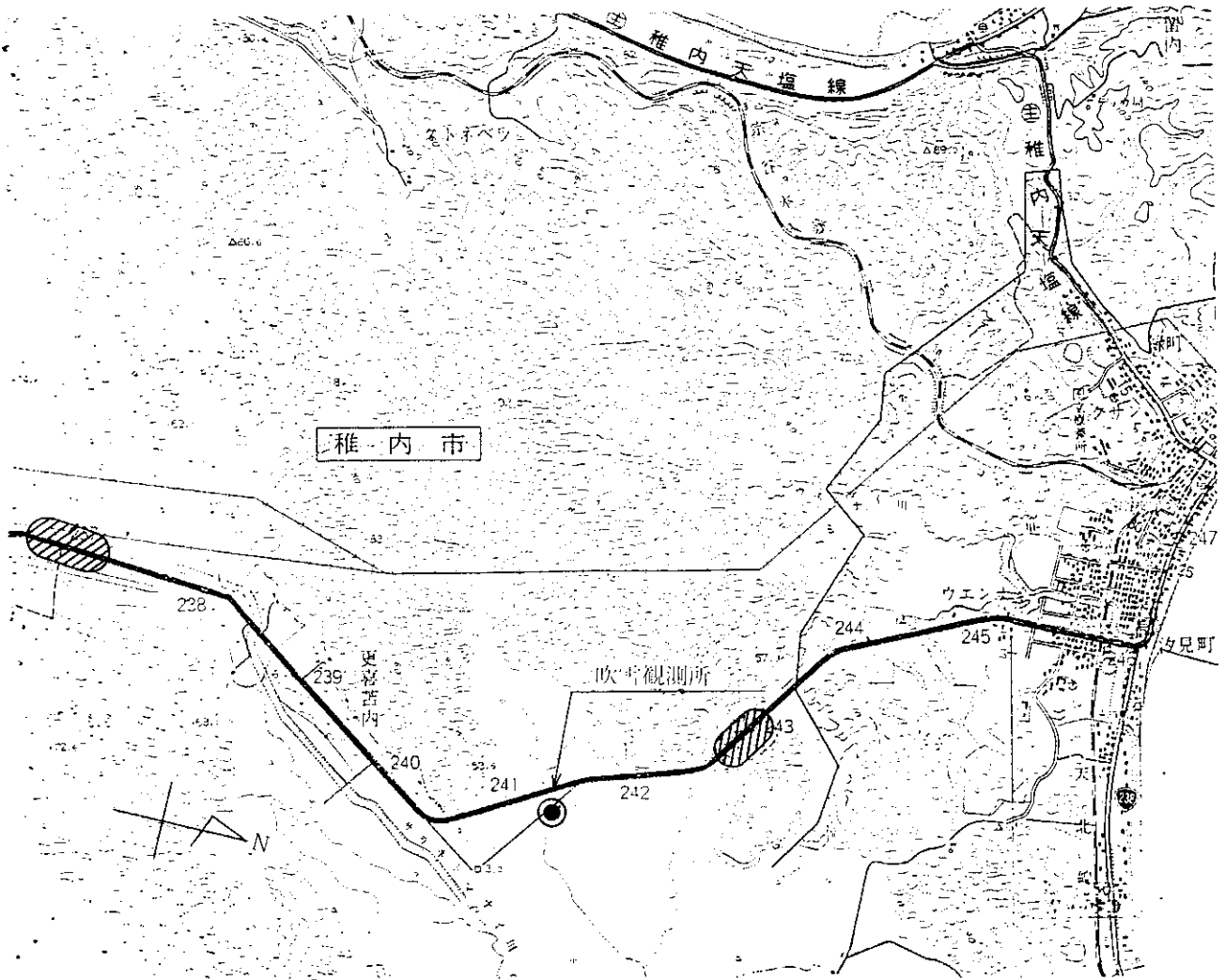


図-1 吹雪観測所の設置位置



写真-1 観測所付近の道路

$$\sigma = \frac{1}{L} \log e \frac{1}{T} \dots\dots\dots (2)$$

(1)と(2)式から、透過率と視程の関係式は次のようになる。

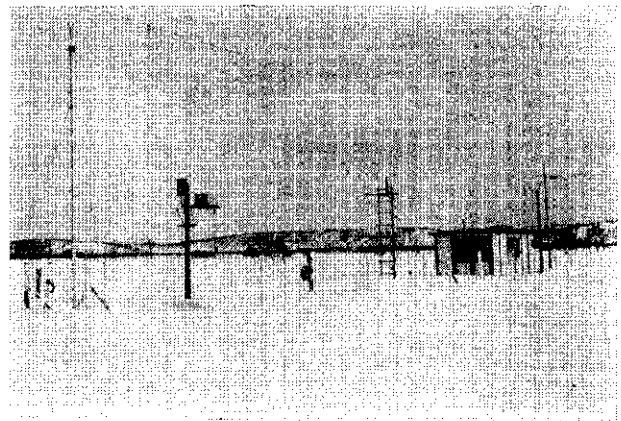


写真-2 吹雪観測所の全景

$$V = \frac{L}{\log e \frac{1}{T}} \cdot \log e \frac{1}{\epsilon} \dots\dots\dots (3)$$

(3)式を視程 V と光の減衰率 T との関係を図-2に示す。投受光間隔 L は目的によって選ばれるが、道路交通で

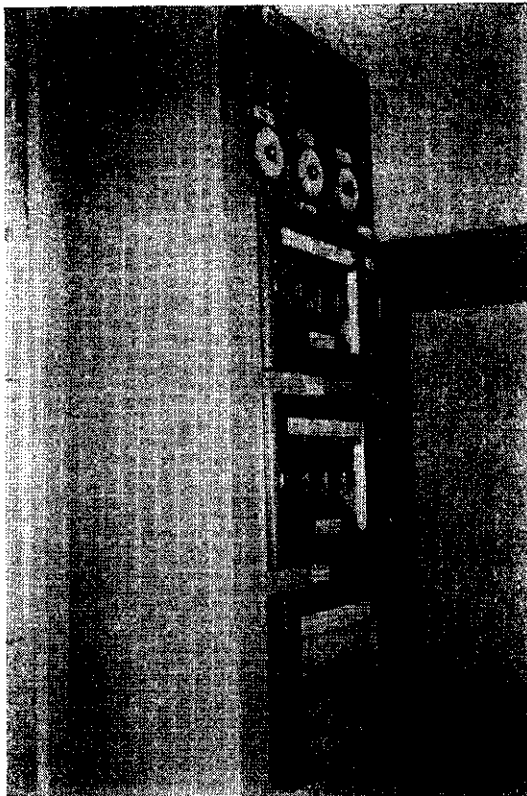


写真-3 稚内開発事務所内の気象観測視盤

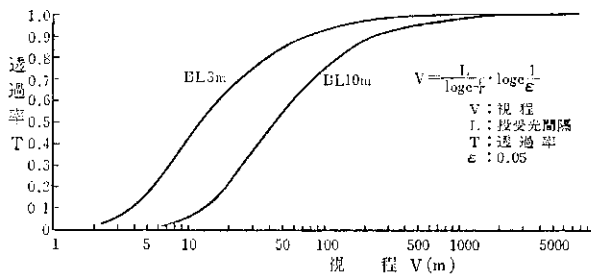


図-2 視程と透過率の関係

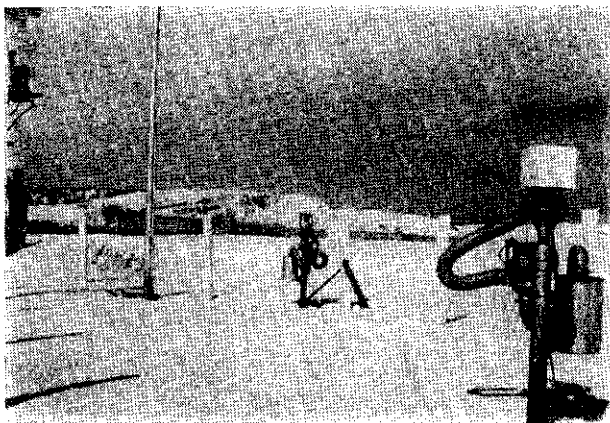


写真-4 視程計の設置状況

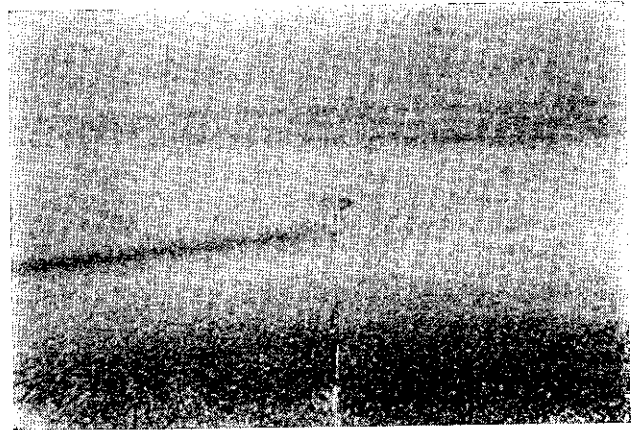


写真-5 交通量観測装置の地磁気センサーの埋込み跡

問題になる視程 300 m 以下を精度よく測定するためには、投受光間隔が 10 m 必要になる。視程計の設置状況を写真-4 に示す。

交通量の測定には、地磁気方式の測定装置を使用した。吹雪観測所そばの上り（旭川方面）の片側車線に、地磁気センサー 2 個を 6 m の距離をおいて、写真-5 のようにアスファルトの中に埋込んだ。このセンサーは車が通過したときの地磁気の乱れを利用して検出するもので、検出信号は演算回路で速度、台数、それに大型車と小型車の判別を行ってテレメータで伝送し、稚内開発事務所ですべて表示・プリント記録した。

2. 更喜管内の気象特徴

冬の交通管理を考える上では、交通障害が発生するときの気象特徴を知る必要があって、とくに、交通に与える影響の強い視程や風向風速について調査した。

この場所で、吹雪によって交通が著しく影響を受けるときは、発達した低気圧と冬型気圧配置によるもので、そのときの気象特徴について述べる。

また、将来交通管理を合理的に行うためには、通行止め、または、渋滞の発生時期を数時間前に予測することが大切になるので、低気圧の移動コース、発達の状態などの気象特徴から、交通障害が最も悪化する時期を予測できる可能性について調べてみた。

(1) 風向風速

稚内付近は、強い風が頻繁に発生する所で、視程障害緩和などを目的とした防雪工法を考える場合に、大切な吹雪頻度や主風向を知るために、昭和 59 年 12 月～昭和 60 年 3 月の観測データから、1 時間ごとに 10 分間平均風速を読みとって、吹雪発生限界の風速 5.0 m/s 以上を合計すると 887 時間ある。平均的にみると 3.3 日ごとに 24 時間地吹雪が発生したことになり、観測地点付近は頻

風 配 図

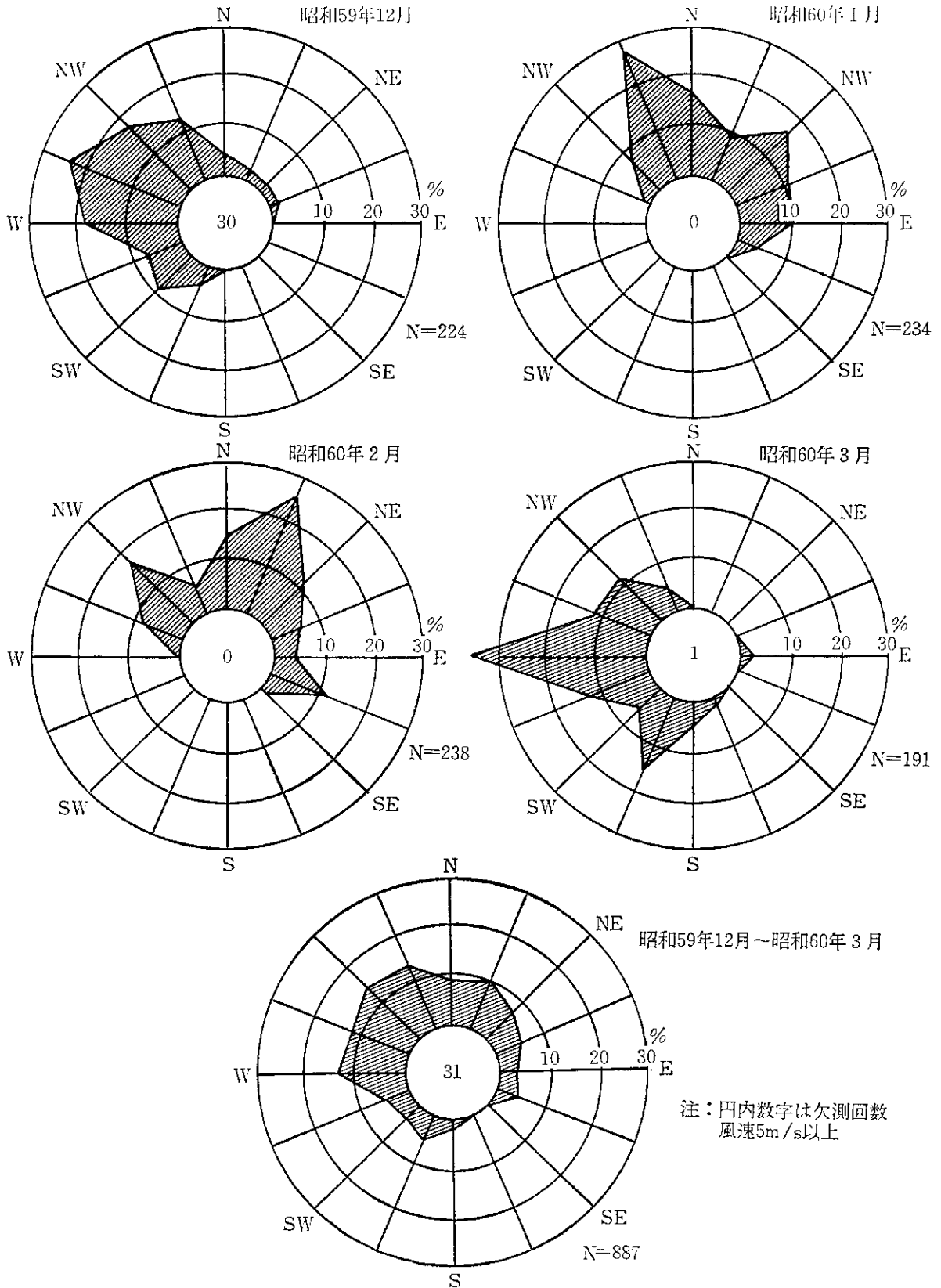


図-3 風速 5.0 m/sec 以上の風配図

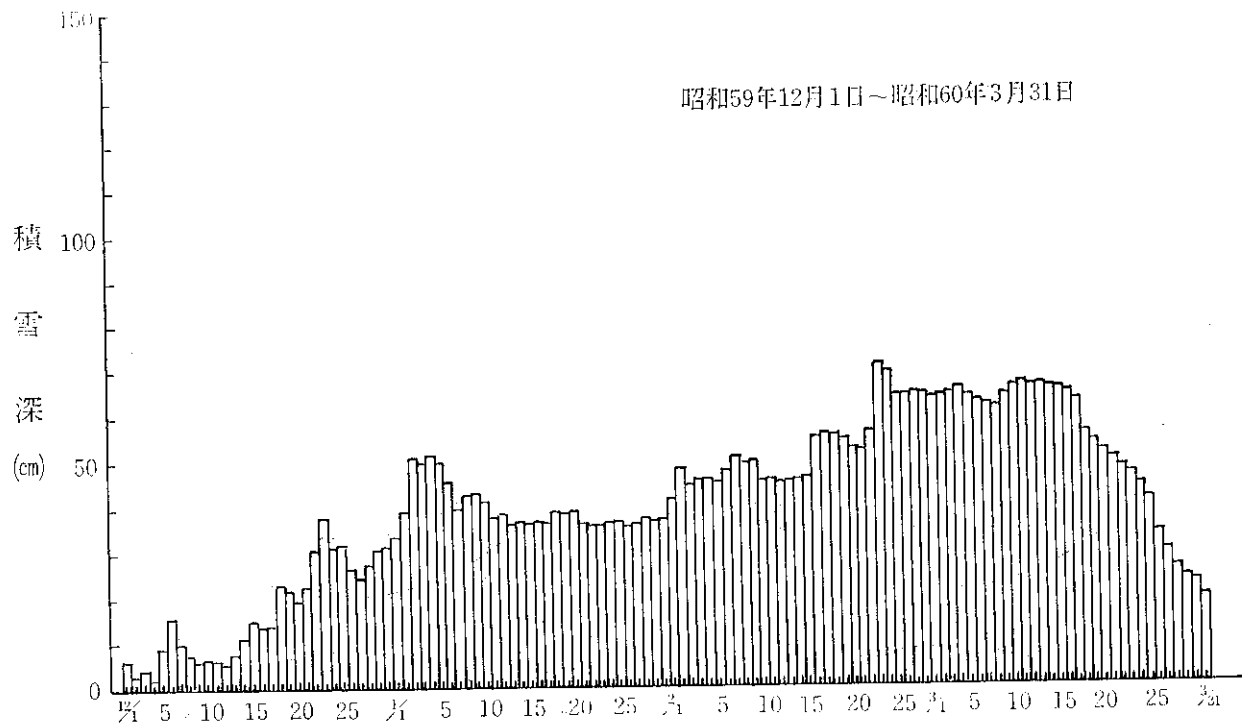


図-4 積雪深の日変化

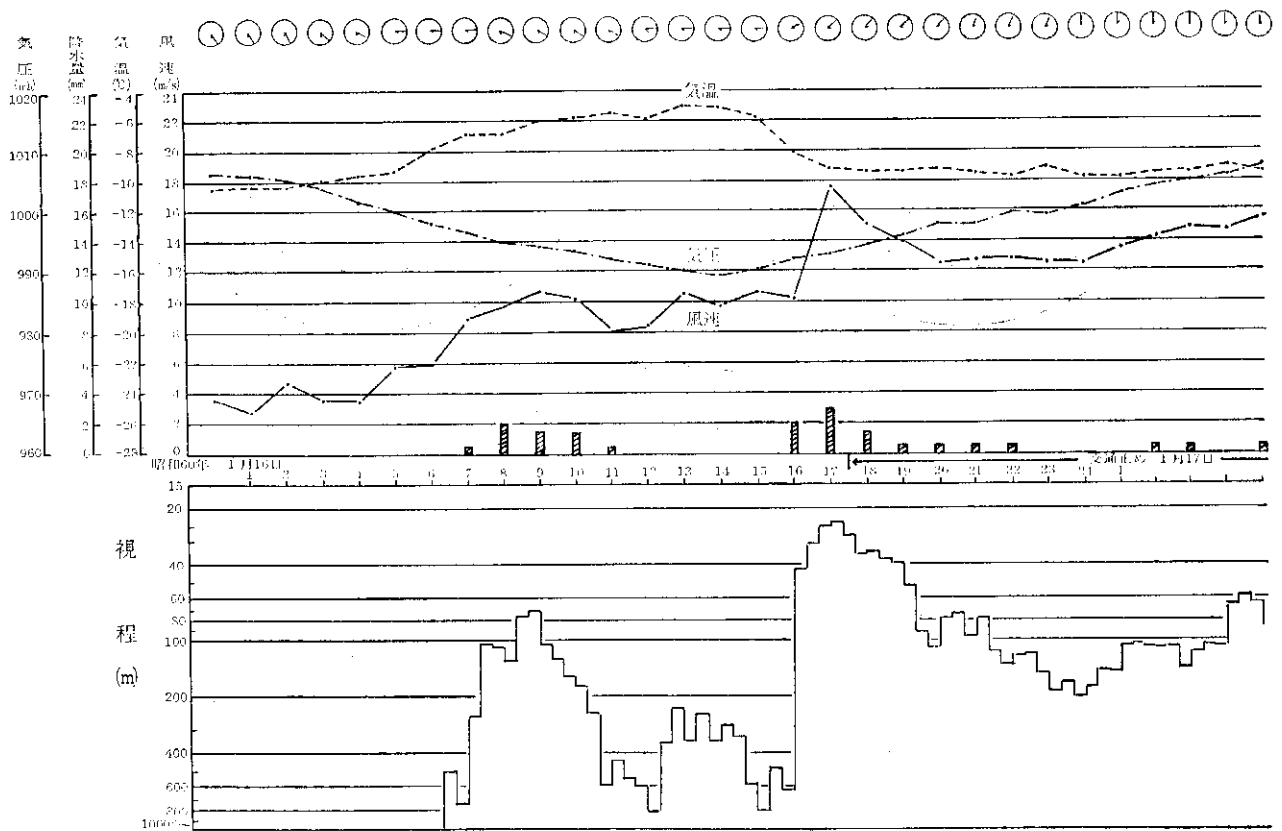


図-5 通行止めになったときの気象要素の変化

繁に吹雪が発生するところであるといえる。強い吹雪発生時には、ほとんどの場合 10 m/s 以上の強風を伴うことから、風速 10 m/s 以上を合計すると 122 時間 (5.1 日間) あった。

月別の主風向をみるのに風速 5.0 m/s 以上のときだけ読みとり、風配図を図-3 に示し、中央には欠測数を示した。図を見てわかるように、風向は月ごとにはっきり異なっており、12~2 月にかけて西~東方向に変化している。このように、冬期間を通じて主風向がはっきり定まらないことから、視程障害や吹溜りの軽減を目的とした防雪柵などを設置する場合、道路環境にもよるが道路の両側に設置するなど、主風向の変動に対して最も効率

のよい方法を検討する必要がある。他年度のときの主風向も月ごとに変化し、ほぼ同様な傾向を示してこれは宗谷付近の風向の特徴である。

更喜苔内の積雪は例年 12 月初旬から積り始め、最大積雪深は平均 60 cm である。図-4 に昭和 59 年 12 月~60 年 3 月の積雪深日変化を示した。最大積雪深は 70 cm で、例年からみて約 10 cm 深く、2 月下旬~3 月中旬にかけて降雪の多い年であったことがわかる。

(2) 強い吹雪時の気象変化

吹雪が原因で通行止めが発生する場合は、視程障害や吹溜りの影響によって事故や渋滞が発生したとき、また、視界の安全が十分確認できなくなり、吹雪の回復見

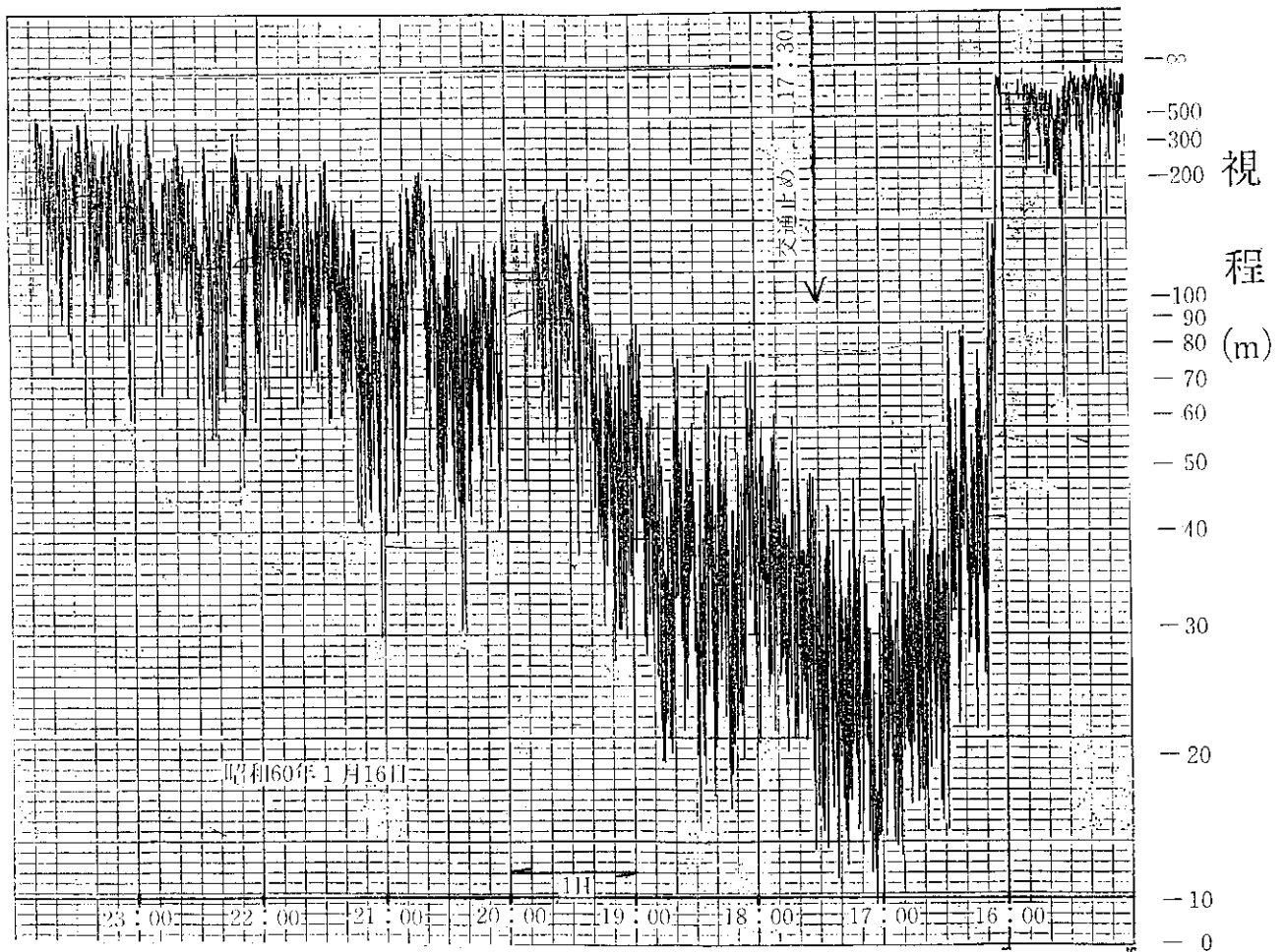


図-6 通行止め時の視程記録例 (昭和 60 年 1 月 16 日)

表-1 強い吹雪が発生するときの気象特徴

風速	風向	気圧変化 (3時間降下)	視程 1 km 以下の吹雪が発生してから視程 200 m 以下の強い吹雪が発生するまでの時間	降雪との関係
7.5 m/sec 以上	ESE } NE	2.3 mb } 7.5 mb	平均 3.5 時間後	降雪と同時にふぶくことが多い

込みがない場合に通行止めになることが多い。過去の観測データによって、通行止め発生時の視程や風速などの気象の特徴を知ることは、その路線の交通規制などを考える場合特に重要である。

通行止めが発生したときの気象要素の変化を、図-5の例のように整理して変化の特徴を調べた。

視程データは15分間平均で表わし、他の気象要素については1時間ごとの変化で示した。図の例の場合、通行止め30分前の平均視程は24 m、10分間平均風速17 m/sの猛吹雪になっていて、飛雪によって車のまわりが白一色でホワイトアウトになり、除雪車でさえ走行することが困難な状態にあったとみられる。このとき、低気圧は日本海側にあつて、さらに発達すると予想されたため、短時間で吹雪回復の見込みがないと判断し、通行止めになったものである。そのときの視程データの記録を図-6に示す。

他の例について気象変化をみると、通行止めを決定したときの視程は200 m以下、風速10 m/s以上で通行止めが発生している。風向はほとんどがNNE~ESEの東寄りなときで、しかも、現地気圧が最低を記録した数時間以内に発生することが多い。

このように、一般国道40号では視程障害がそれほど悪化しているとは思われない視程200 m程度の吹雪であっても、その後の気象状況の変化や道路の障害状態によっては通行止めにする必要がある。視程200 m以下、風速10 m/s以上の吹雪の発生時期を2~3時間前に予知できれば、ドライバーへの情報提供や除雪作業の準備など、効率のよい道路維持管理を行うことができると考えられるので、昭和54年から低気圧の影響によって通行止めにしたときと昭和59年度の強い吹雪が長時間継続したときの気象データと合わせて、11例について吹雪始めの気象要素を調べると、約80%のものに表-1に示したような気象変化の特徴があることがわかった。

平均視程が100~50 m以下になるような強い吹雪は、短時間で突然発生することは滅多に起こらないので、表-1の気象条件の中で平均視程1 kmの吹雪が発生すると、風速に比例して徐々に吹雪は強まり、その後強い吹雪が長時間継続するものと考えてさしつかえないので、表-1の特徴から視程200 m以下、風速10 m/s以上の吹雪の発生時期を1~3時間前に予測するための流れ図を図-7のように考えて示した。

(3) 通行止め時の視程と風速

吹雪時の交通規制を行うための基準などを検討するためには、その路線の過去の通行止め決定時の視程障害の悪化程度を知る必要がある。図-8に視程と風速の関

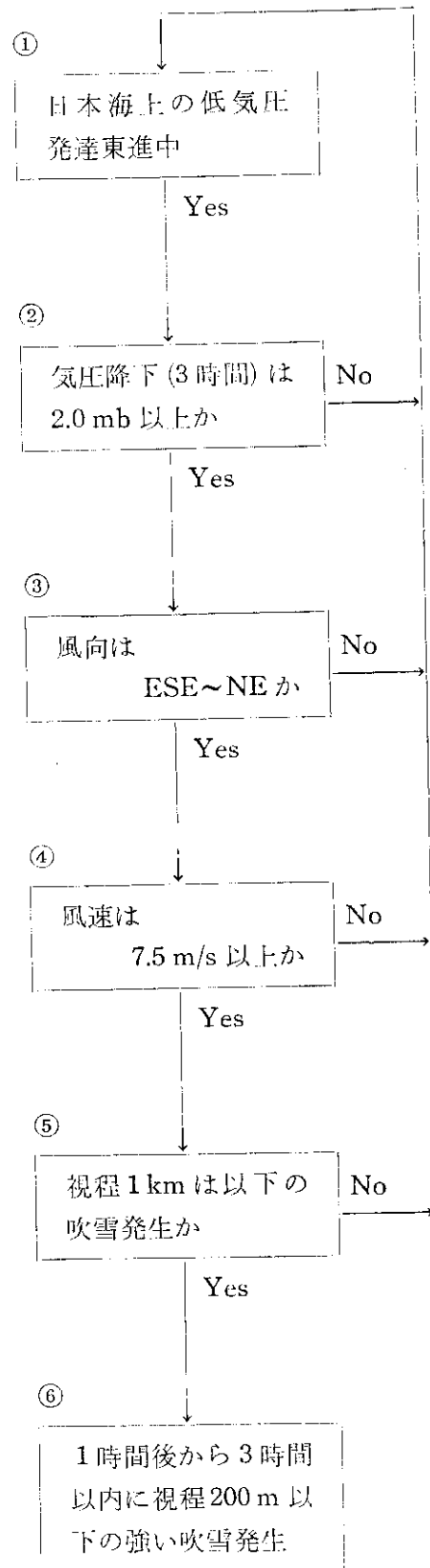


図-7 強い吹雪(視程200 m以下)の発生を予測する流れ図(低気圧による吹雪の場合)

係を示した。同図には比較のために、強い吹雪が発生して通行止めにならなかったときの視程と風速の関係も示した。

これからわかるように、通行止めは視程 200 m 以下、風速 10 m/s 以上の気象条件で発生している。後で述べ

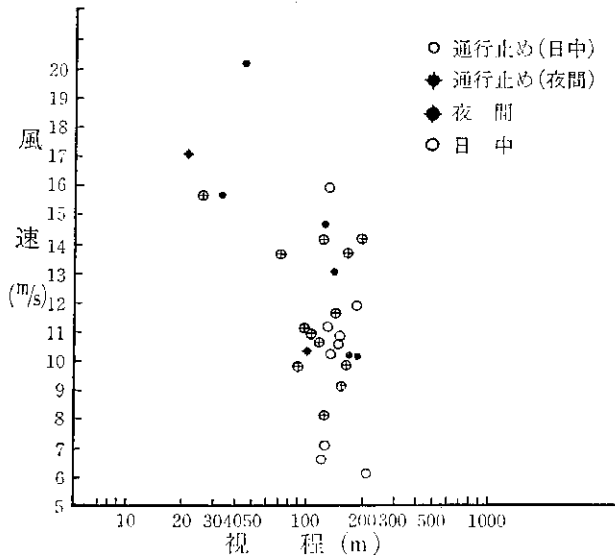


図-8 通行止め時と強い吹雪発生時の視程と風速の関係

る図-10の③④⑤のときは、低気圧が日本海側を通過中に通行止めになったもので、視程障害がそれほど悪化しているとは思われない視程 150~200 m で通行止めになっているが、このとき、いずれも二つ玉低気圧の一方の低気圧が東進していたことによって、さらに視程障害の悪化が予想されたため、早目に通行止めを決定したものである。

視程 50 m 以下の吹雪では、夜間に発生した1回を除いて3回通行止めになっていることと、風速 15 m/s 以上の強風で、しかも、視程変動が激しいことを考え合わせて、稚内~豊富間は視程 50 m 以下での走行は危険で

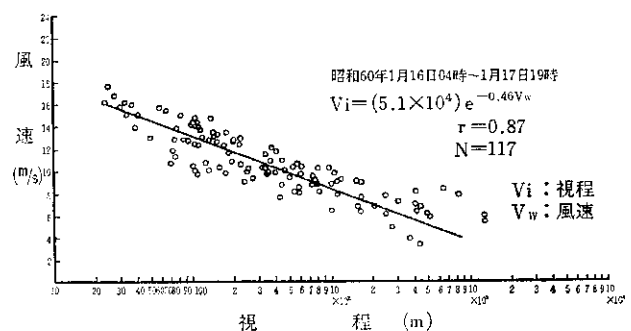


図-9 降雪を伴った吹雪時の視程と風速の関係

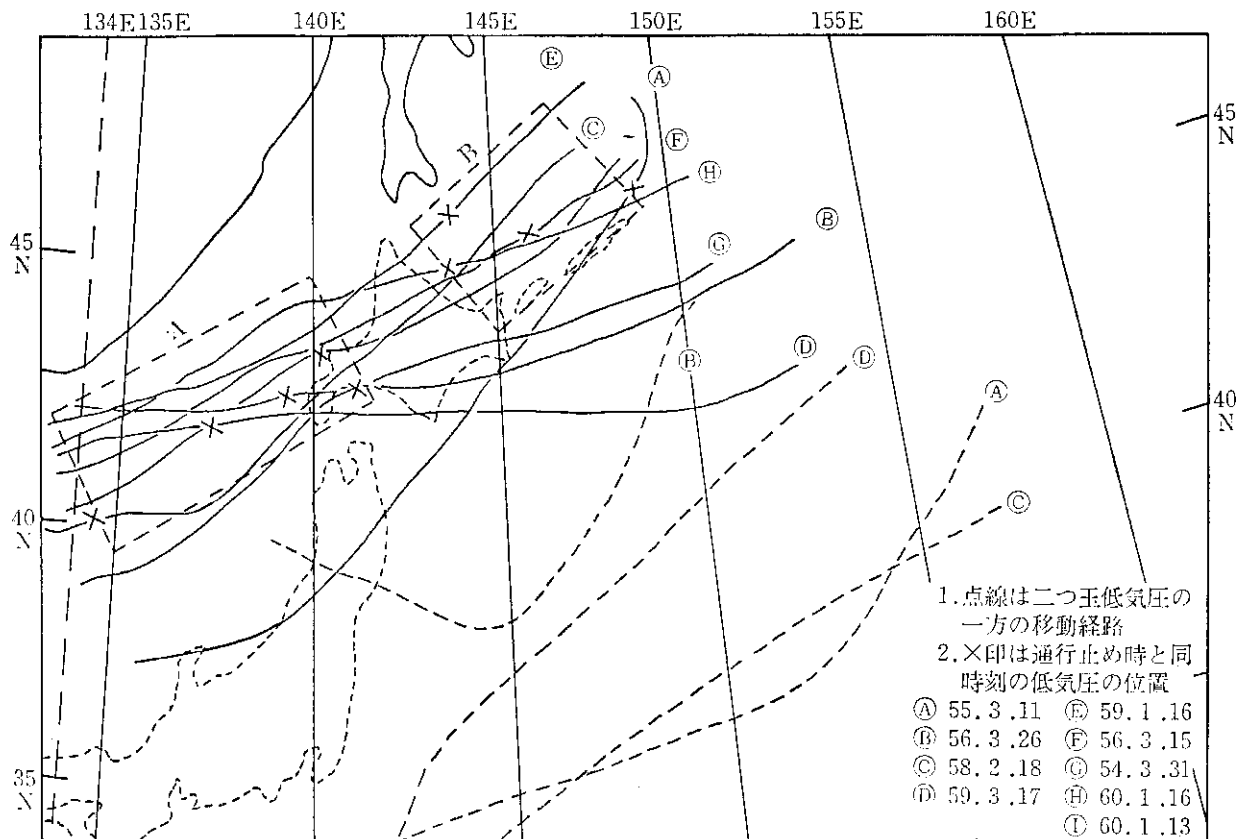


図-10 通行止め時の低気圧の移動経路

あると現場担当者が判断し、通行止めにしたものと思われる。また、視程 200 m 以下、風速 10 m/s 以上になると、通行止めにいたるような障害の発生する可能性が高くなるといえるので、同気象条件を警戒基準として、担当者は交通の流れや気象状況の変化に十分注意を払う必要がある。

風速と視程との間では、ほぼ相関関係³⁾になることが知られているので、昭和 60 年 1 月 16 日の強い降雪を伴った吹雪について、10 分間平均視程を風速の関係を図-9 に示した。図からわかるように、観測値に多少ばらつき

はあるが、逆相関でかなりよい相関関係になっており、風速から更喜苦内付近の吹雪の強さを予測することができ

(4) 通行止め時の低気圧の移動コース

交通の流れが著しく影響を受けるような強い吹雪が継続するときは、低気圧が本道付近を発達しながら通過前後に多く発生する。また、低気圧の移動コースによって、北海道の特定の地域⁴⁾に猛吹雪が発生することが知られている。

一般国道 40 号が通行止めになったときの天気図を見

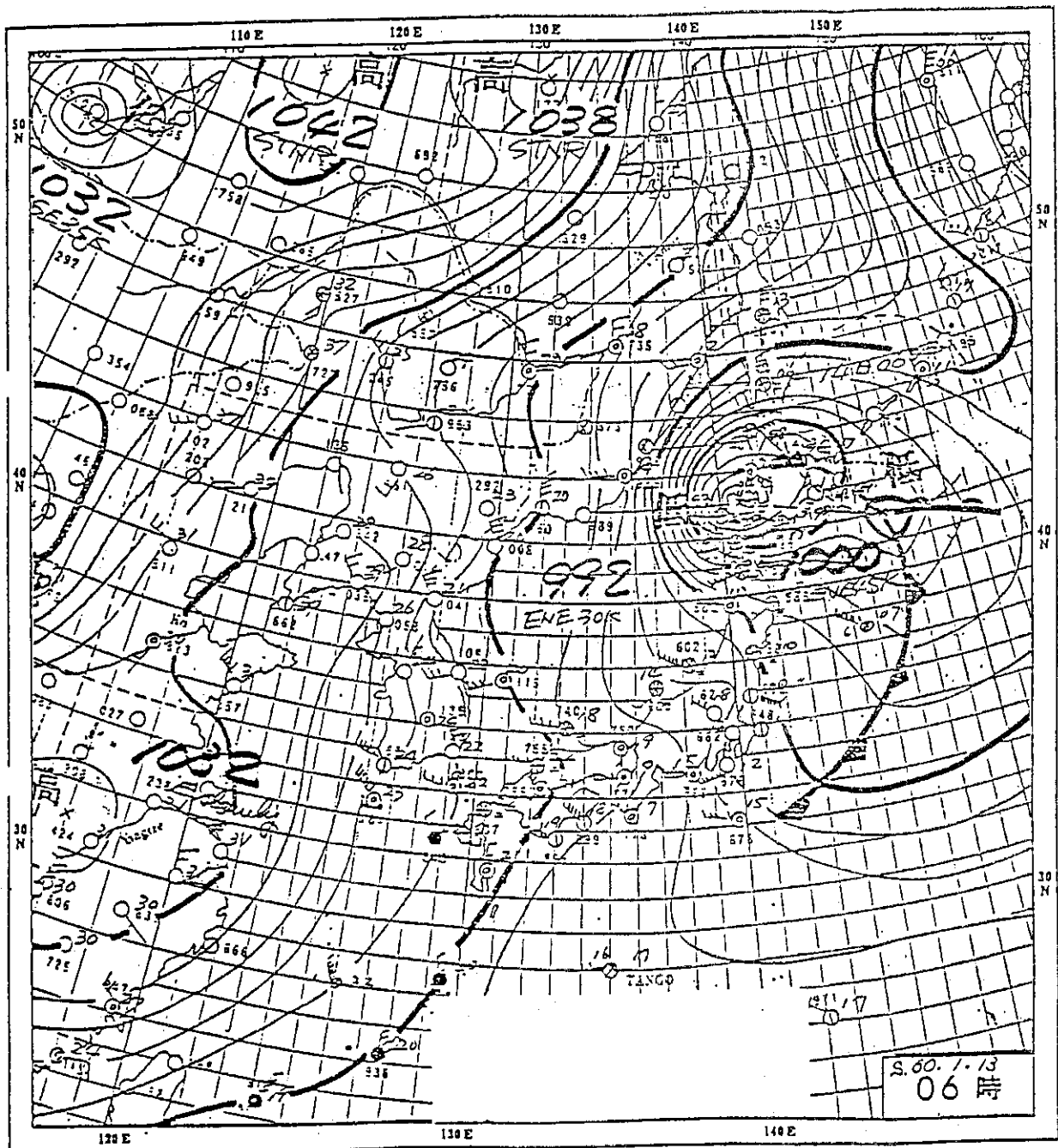


図-11 低気圧が日本海側において通行止めになったときの天気図

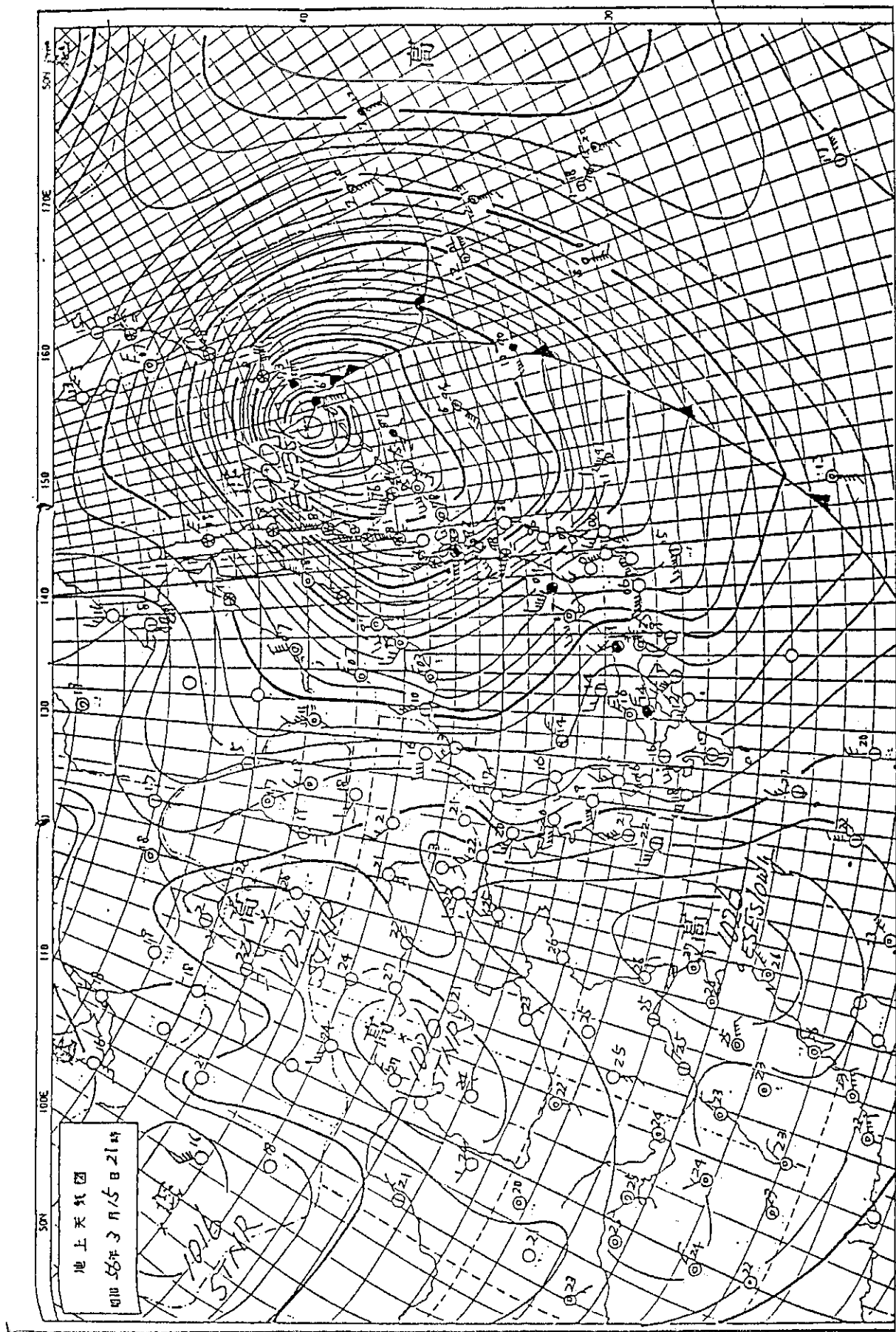


図-12 低気圧がオホソク海側にあって通行止めになったときの天気図

ると、いずれも典型的に発達した温帯低気圧が本道を通過した前後に通行止めが発生している。昭和54~60年の間に通行止めになったときの低気圧移動コースを調べて図-10に示した。

低気圧は日本海中部から移動速度 35~40 km/h で発達しながら本道を通過し、千島列島中部および北方海上に抜けたものがほとんどで、その内、二つ玉低気圧によるものは4回あった。

移動コースの×印は、通行止めになったときと同時刻の低気圧の位置を示したもので、その位置がほぼ2カ所の区域に集中しているのが特徴的である。

日本海中部から北海道寄りの海上を発達しながら通過中に、図のA区域付近で強い降雪と風を伴って通行止めが発生した。そのときの天気図の例を図-11に示す。一方、図-12の天気図は本道付近を通過後、オホーツク海のB区域で通行止めが発生したときの例である。

さらに、低気圧の移動コースと通行止め時の位置を注意してみると、三陸沖を北東進する場合を除いて、移動コースが留萌を中心にして北方を通過した場合は、オホーツク海側で通行止めが発生している。日本海側で通行止めになった場合は、留萌より南方を通過していることがわかった。今後、視程障害多発個所に防雪林が設置されるなど、道路環境が大きく変化しない限り、このような通行止めパターンは継続するものと考えられるので、低気圧の移動コースにも注意する必要がある。

3. 視程障害と走行速度

吹雪の中を走行中のドライバーは、視程障害の影響によって見通しが悪く、安全を十分確認することができないので、危険を感じて速度を抑制⁵⁾して走行するようになる。速度の抑制程度は、視程のほか、交通量、道路環境によって異なり、実態を知ることはその路線の交通規制方法を考える場合重要になる。

図-13は、通行止め(昭和60年1月16日)になったときの15分間平均速度と平均視程の変動を示したもので、視程の悪化が走行速度に強く影響しているのがわかる。

また、同図に吹雪時の時間ごとの通過台数を晴天時と比較してみると、日中で平均36%少なく、最も差の大きいときで44%となり、強い吹雪になると交通量がかなり少なくなっている。

強い吹雪が発生したときの観測値について、15分間平均速度とそれに対応する平均視程を日中と夜間別にプロットし、その関係を図-14に示した。視程が300m前後から平均速度のばらつきが小さくなって、ドライバーが視程障害の影響をとくに強く受け始めることがわかる。視程100m程度の吹雪では、日中の平均速度が51kmで晴天時の平均速度に比べて20%減速走行するようになるのに対して、夜間の同じ強さの吹雪では、晴天時からみて40%減速走行している。夜はライトの飛雪からの反射によって見通しが悪くなり、日中にくらべて視程障害の影響をかなり強く受けるようになるため、視程障

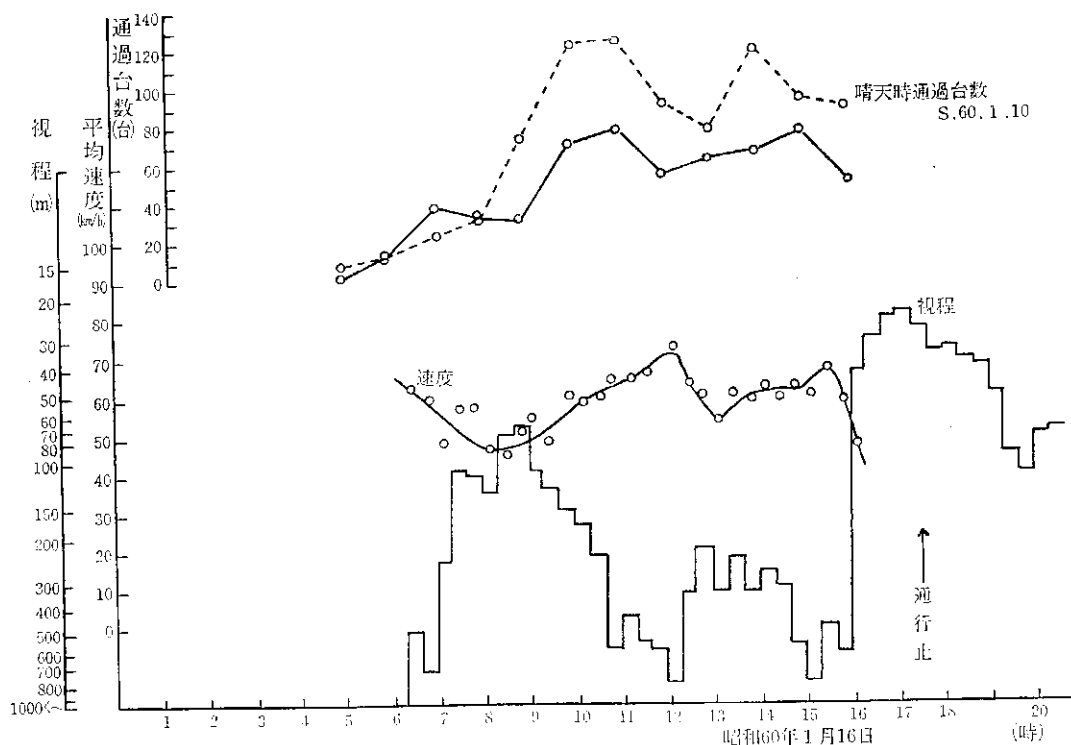


図-13 強い吹雪発生時の視程変動と平均速度の関係および晴天時の通過台数の比較

表-2 寒冷地で路面が氷結した場合の制動停止距離 ($f=0.1$) (道路構造令)

設計速度 (km/h)	走行速度 (km/h)	f	$0.694 V$	$0.00394 \frac{V^2}{f}$	D (m)	ラウンド値 (m)
80	60	0.15	41.6	94.6	136.2	135
60	50	0.15	34.7	65.7	100.4	100
50	40	0.15	27.8	42.0	69.8	70
40	30	0.15	20.8	23.6	44.4	45
30	20	0.15	13.9	10.5	24.4	25
20	20	0.15	13.9	10.5	24.4	25

(注) スノータイヤ、チェーンなどを装着している場合である。

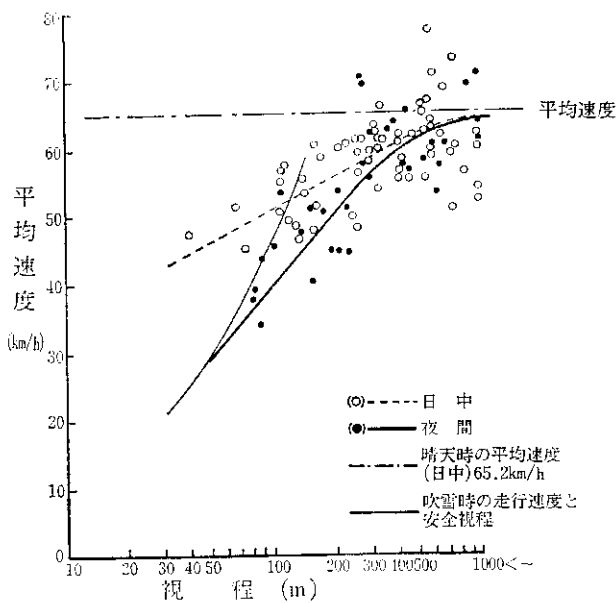


図-14 視程障害発生時における視程と走行速度の関係

害の影響が日中と夜間では差が大きいことを考えると、速度規制などの基準を別々に設定する必要があるものと思われる。同図には、後で述べる表-2の視程(制動停止距離)と安全速度の関係を細い実線で示した。

平均速度で比べると、夜間の場合は安全速度で走行しているようにみえるが、実際には雪からの反射によって目が眩むなどの問題があって、危険な状態になっているのではないと思われる。日中についていえば、視程 120 m 以下の吹雪では安全速度をかなり上まわっており、非常に危険な走行状態になっている。視程が悪化すると、飛雪によって全体に白くなることによって立体感が狂わされ、スピードや視程を正確に判断することがむずかしくなる。そのため、ドライバーは危険な走行状態になっていることが自覚できないので、交通安全の面から考えて道路情報板などで安全速度を知らせる必要がある。

吹雪の中で事故を未然に防止し、安全に走行するためには、制動停止距離が視程を上まわらない速度で走行することが大事で、制動停止距離を基準にして考える必要がある。道路構造令⁶⁾によると、表-2の走行速度と制動停止距離との関係は、スノータイヤ、チェーンなどを装着した場合の f (摩擦係数) = 0.15 に基づいて与えられており、スパイクタイヤの装着率の実態からみると、安全が見込まれた値となっているため、この関係で速度規制を行うのが適当であると考えられる。しかし、今後はスタッドレスタイヤに関連した路面管理の問題があり、道路環境や交通の実情に合わせた速度規制を考える必要があろう。

4. 交通規制方法の検討

稚内～豊富間の路線長が南北方向に 43 km と長く、道路付近の地形が一樣でないこともあって、視程障害程度とその発生個所を全路線にわたって、更喜内吹雪観測所の観測データだけで正確に予測することはむずかしい。しかし、図-8の過去の通行止め時の視程と風速の関係からわかるように、視程 200 m 以下、風速 10 m/s 以上で通行止めが発生し始めていることからみて、この気象条件より悪化すると、交通の流れが著しく影響を受けるものと考えられるので、道路管理者は気象状況の変化や吹溜りなどの障害状況に応じて、除雪車出動や通行止めなどの交通規制を行う必要があると考えられる。また、強い吹雪発生時の気象特徴と考えあわせて、稚内～豊富間の交通規制の方法を過去の実態に沿うように考えて流れ図を図-15に示した。

本道付近を低気圧が発達しながら通過すると、ほとんどの場合強い吹雪が発生するので、図-15の①～⑤では、気象庁発表の 24 時間後の予想天気図や 1 日 4 回の現況放送によって、低気圧の移動コース、速度、発達程度をテレビ・ファックスでかなり詳しく知ることができ

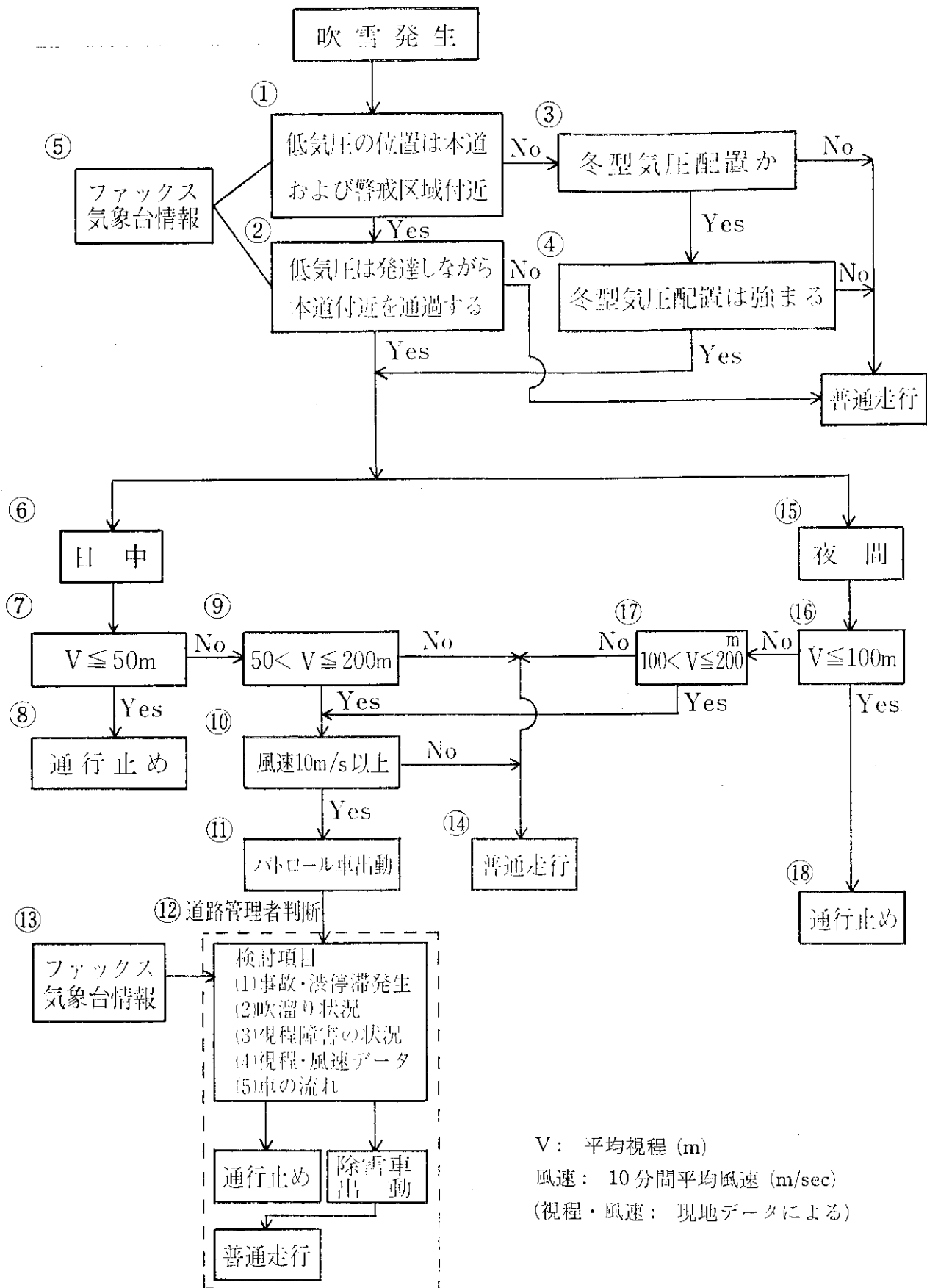


図-15 交通規制の流れ図

るため、強い吹雪の発生が予想された場合は、現地気象要素の変化に十分注意する必要がある。

吹雪が強まって⑦では、図-7の実績から知れるように、視程 50 m 以下の吹雪ではほとんどの場合通行止めになっていることからみて、交通の流れを維持することが不可能であると考えられるので、視程 50 m 以下で通行止めを考慮すべきである。⑨の視程 50 m 以上 200 m 以下で風速 10 m/s 以上に強まったら道路パトロールを行い、⑩のように、事故や渋滞発生の有無、吹溜り、視程障害の状況、さらに、気象台情報を参考にして、道路管理者が交通規制を行う。

視程 200 m 以上の吹雪では、過去の実績で通行止めが発生していないが、通常走行を保ちながら気象変化の推移に注意し、長時間継続するようであればパトロールを行って吹溜りの有無を点検する必要がある。

夜間はライトの光が飛雪に反射して見通しが悪く、日中に比べてかなり厳しい条件下で走行することになるので、視程が 100 m 以下になったら通行止めを考慮すべきであろう。⑦の視程 100 m 以上 200 m 以下、風速 10 m/s 以上の吹雪でパトロールを行い、⑩の各項目を判断して適当な交通規制を決定する。

一般国道 230 号中山峠のように、道路維持管理のサービスレベルが十分な箇所でも平均視程が 30 m³⁾ (H中)、50 m (夜間) 以下の吹雪で、ほとんどの場合通行止めが発生している。また、道路交通の流れを維持できる限界

理由もしくは原因	積雪	吹雪
規制もしくは注意		
通行止め	除雪終了後の路面降雪が 20 cm 以上および所長の判断 (除雪区分第 2, 3 種路線)	視程 (日中 30 m 以下, 夜間 50 m 以下), 吹溜りの発生状況および所長の判断
速度落せ	路面降雪 10~20 cm	視程 約 100 m 以下
通行注意	路面降雪 5~10 cm	—
視界注意	—	視程 100~200 m
チェーン必要	夏タイヤを装着して走行する晩秋あるいは初春で、山地部に積雪がある場合	

注 1; 視程は 30 分平均値

注 2; 地吹雪については所長の判断により表示および解除する

図-16 雪 (積雪・吹雪) に関する規制基準⁷⁾
(北海道開発局)

であることから、これが、図-16の「道路交通情報提供の運用マニュアル⁷⁾」(北海道開発局吹雪による通行止め基準)となっている。稚内~豊富の場合は、地域的な事情などあって図-15のような交通規制を行っているが、安全施設の充実やサービスレベルを向上させることによって、将来北海道開発局の通行止め基準に近づくものと思われる。

5. ま と め

一般国道 40 号 (稚内~豊富) で通行止めが発生したときの気象の特徴を明らかにし、過去の実態にできるだけ沿うようにして交通規制の流れ図を考えて示した。結果を要約すると次のとおりである。

(1) 稚内付近は、冬の主風向が西~東方向に月ごとに変化し、風が強く吹雪が頻繁に発生する所である。

(2) 一般国道 40 号での通行止めは、ほとんどの場合典型的に発達した温帯低気圧が本道付近を通過前後に発生している。そのときの低気圧の位置が、日本海側とオホーツク海側の 2カ所に集中しており、低気圧の移動コースにも注意する必要がある。

(3) 一般国道 40 号では、視程 50 m 以下の吹雪のときに通行止めを考慮する必要があるものと考えられる。

また、視程 200 m 以下、風速 10 m/s 以上の気象条件で、通行止めにいたる障害の発生する可能性がかなり高くなることがわかった。

(4) 更喜内付近の上り線の日合計交通量は約 1,120 台で、強い吹雪が継続すると日中平均で 30% 以上交通量が減少していることがわかった。

(5) 視程障害と走行速度の関係から、夜間は日中に比べて視程障害の影響をとくに強く受けることがわかったので、速度規制などの基準を日中と夜間別に設定する必要があるものと考えられる。

(6) 吹雪時の速度規制は、現在のところ表-2の結水路面における走行速度と制動停止距離 (道路構造令) との関係から、制動停止距離を視程として速度規制を行うのが適当であると考えが、今後は視程障害の実態調査を継続しながら、道路環境や道路の実情に合わせた速度規制を行う必要がある。

(7) 一般国道 40 号 (稚内~豊富) の交通規制の方法を過去の実態に沿うようにして流れ図を考えたが、安全施設の充実やサービスレベルを向上させることによって、将来北海道開発局の通行止め基準に近づくものと考えられる。

あ と が き

昭和54年から行った吹雪観測と視程障害等の実態に基づいて、通行止め時の吹雪の特徴を明らかにするとともに、稚内～豊富間の交通規制の方法を検討して流れ図を考えた。

交通規制の流れ図はできるだけ過去の実態に沿うように考えたが、今後、現場で実際に使用してもらい、問題の項目があれば再び検討を加えたい。

また、交通規制の参考にするために他の視程障害多発地点に小型吹雪計を設置し、更喜苦内との相関関係を調査してみたいと考えている。

最後に、吹雪観測の実施および装置の維持管理に御協力いただいた、稚内開発建設部稚内開発事務所の方々に対し深く感謝の意を表わすものである。

参 考 文 献

- 1) 竹内政夫・福沢義文 (1975): 光減衰式吹雪計による吹雪の観測, 土木試験所月報 No. 266.
- 2) Koschmieder, H. (1924): Theorie der Horizontalen Sichtweite Beitr. physy freien atm., 12, p. 33-53.
- 3) 福沢義文・竹内政夫 (1984): 中山峠における吹雪の特徴, 第27回北海道開発局技術研究発表会論文集, p. 208-213.
- 4) 石本敬志ほか2名 (1976年): 北海道における冬期間の通行止と吹雪の地域性, 第19回北海道開発局技術研究会表会論文集, p. 258-265.
- 5) 福沢義文ほか3名 (1981): 吹雪時における自動車の走行速度について, 第24回北海道開発局技術研究発表会論文集, p. 258-265.
- 6) 日本道路協会 (1983): 建設省道路構造令の解説と運用.
- 7) 北海道開発局 (1986): 道路情報提供の運用マニュアル, p. 54.

*

*

*