

第1編 共通編

第1編　目　　次

第1章　総　　則

1. 目　　的	1-1-1
2. 適用範囲	1-1-2

第2章　吹雪対策の基本的な考え方

1. 吹雪対策の必要性	1-2-1
2. 吹雪と吹雪による災害に関する理解	1-2-2
3. 吹雪対策の目的と効果	1-2-5
4. 吹雪対策のあり方	1-2-6
5. 吹雪対策の種類と考え方	1-2-10

第3章　吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査

1. 吹雪対策計画の手順と調査の種類	1-3-1
2. 概略調査	1-3-10
3. 基本調査・解析	1-3-12
4. 設計条件調査	1-3-37
5. 追跡調査	1-3-39

資料編

資料1. 道路吹雪対策マニュアルの沿革	1-4-1
資料2. 吹雪に関する基礎知識	1-4-3
資料3. 気象雪氷調査で用いる資料	1-4-12
資料4. 気象雪氷調査法	1-4-31
資料5. 生育環境調査	1-4-55

参考文献	1-参考-1
------------	--------

第1章 總 則

第1章　目　　次

第1章 総則

1. 目的	1-1-1
2. 適用範囲	1-1-2

第1章 総 則

1. 目的

本編は、吹雪による吹きだまりおよび視程障害対策としての吹雪対策施設に関して、計画、設計、施工、維持管理を行うにあたり、業務の簡素化、設計思想の統一、設計内容の向上を図るため、技術基準および技術資料を示し、基本的考え方を解説するものである。

吹雪対策施設のうち、防雪林、防雪柵およびその他吹雪対策施設（道路構造による吹雪対策、視線誘導施設）の計画、設計、施工、維持管理については、それぞれ第2編、第3編、第4編で示すこととしており、本編では吹雪対策全般に共通する基本的な考え方を述べるとともに、吹雪対策の必要性評価、対策施設の選定等に対する指針を示す。また、各種吹雪対策施設について体系的に整理し、現場技術者に必要な吹雪に関する基礎知識および吹雪対策に関する調査について解説するものである。

2. 適用範囲

本編は、北海道開発局が整備する一般的な道路の吹雪対策施設に適用することを意図したものである。

本編は、北海道開発局が整備する吹雪対策施設全般に適用することを前提に作成したものである。高規格幹線道路での自発光視線誘導標については、「北海道開発局道路設計要領」（北海道開発局）を合わせて参照されたい。

本編は北海道における一般的技術基準を示すものであり、特殊な気象、地形であって本編によることが適当でないと判断される場合には、別途検討することとする。

第2章 吹雪対策の基本的な考え方

第2章 目 次

第2章 吹雪対策の基本的な考え方

1. 吹雪対策の必要性	1-2-1
2. 吹雪と吹雪による災害に関する理解	1-2-2
3. 吹雪対策の目的と効果	1-2-5
4. 吹雪対策のあり方	1-2-6
4-1 吹雪対策基本方針の考え方	1-2-6
4-2 新技術の導入	1-2-9
5. 吹雪対策の種類と考え方	1-2-10
5-1 吹雪対策の種類	1-2-10
5-2 吹雪対策施設の概要	1-2-11

第2章 吹雪対策の基本的な考え方

1. 吹雪対策の必要性

冬期道路交通の安全確保において、吹雪による吹きだまりや視程障害対策は重要課題の一つである。

北海道のような積雪寒冷地の道路では、吹雪による視程障害や吹きだまりが道路交通の安全確保にとって大きな障害となっている。これまで道路改良のほか、道路防雪林や防雪柵、スノーシェルター等の各種吹雪対策施設整備が行われ、また除雪能力も向上した結果、吹雪による通行止めは1970年代～1990年代にかけて減少してきている（図1-2-1）。一方2000年代には通行止め件数が増加してきており数年に一度は吹雪による冬期通行止めが100件を超える年もある。また冬期通行止めは依然として吹雪によるものが多い（図1-2-2）。また、視界不良に伴う交通事故は多く、多重衝突事故で代表されるように重大事故につながるケースも多い。

道路は最も重要な社会インフラの一つであり、安全で円滑な冬期道路交通を確保する上で、今後も、吹雪対策は積雪寒冷地の重要課題の一つと言える。

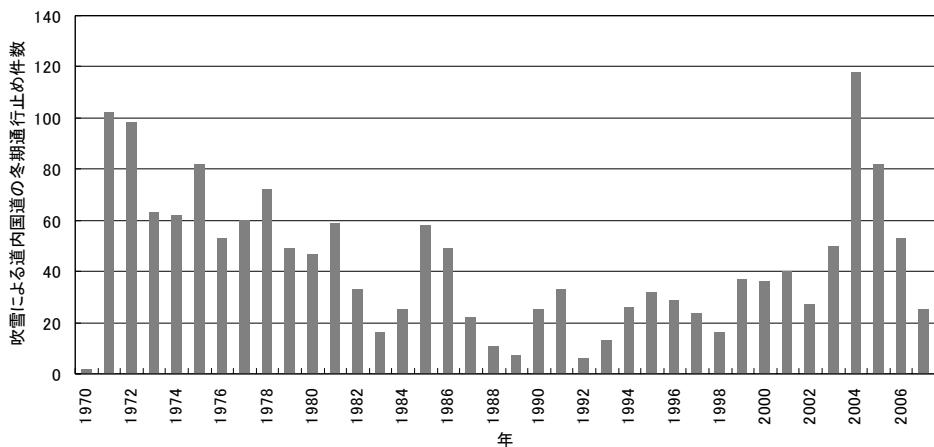


図1-2-1 吹雪による通行止め件数の推移（北海道内の国道）

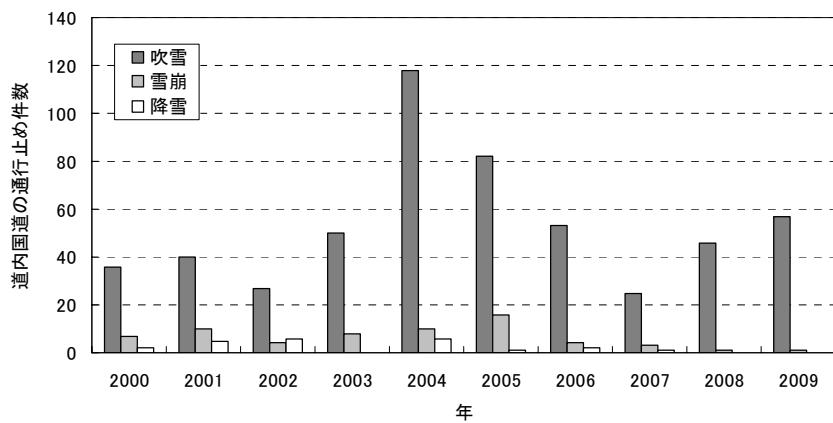


図1-2-2 原因別の冬期通行止め件数の推移（北海道内の国道）

2. 吹雪と吹雪による災害に関する理解

道路の吹雪対策を検討する上では、吹きだまりや視程障害を発生させる吹雪の特徴や吹雪災害の構造を十分理解しておくことが必要である。

吹雪は、降雪中の雪や積雪が強風によって空中に舞い上げられる現象で、強風を動力源として発生・発達する。その現象は「転動」「跳躍」「浮遊」に大別され、吹雪量の大部分を跳躍粒子が占めることが知られている。吹雪の発生によって、気流の変化する領域には吹きだまりが発生し、吹雪量が多くなると視界が遮られる視程障害が発生する。

吹きだまりは車両の走行性能を低下させ、時に通行止めを引き起こす。視程障害はドライバーの視覚情報を阻害し、交通の渋滞、交通事故などの災害発生誘因となっている。吹雪と人、車、道路が一体となって構成される冬期道路交通の特殊性から、吹雪災害はこれらの様々な要因が複雑に影響しあうことで発生する特徴がある。

以下に吹雪メカニズムを概説する¹⁾²⁾³⁾。なお吹雪メカニズムの詳細については第1編資料編資料2「吹雪に関する基礎知識」を参照されたい。

(1) 吹雪の発生と発達

吹雪粒子の動きには3つの異なった運動形態がある。地表を転がって進む転動と、衝突と反発を繰り返す跳躍、上空高く舞い上がる浮遊である。一般に風速5m/s以上になると、地表を転がる「転動」と10cm程度までの高さでの「跳躍」が発生する。さらに風速が大きくなると、跳躍粒子の一部が上空高く飛ぶようになり「浮遊」が発生する。転動と跳躍だけからなる地吹雪を低い地吹雪といい、さらに浮遊粒子が加わったのを高い地吹雪という。そして、地吹雪に降雪が加わったのを吹雪という（なお、吹雪は地吹雪を含めた総称でもある）。高い地吹雪が発生するようになると、顕著な視程障害が発生し交通障害が生じる。また吹雪は風下側に吹雪量を増加させながら発達するため、周囲が開けた場所において吹雪障害が発生しやすい。

(2) 吹雪の構造

吹雪量に占める跳躍粒子の割合は、風速が8m/s以下の低い地吹雪では100%、風速が15m/s以上の高い地吹雪でも60%以上である。跳躍層は雪面上10cm程度のごく低い高さの層であるが、高さが低いほど指數関数的に濃度が濃くなる。これが、吹雪時の視程が、高さによって大きく異なる要因である。路側に高い雪堤ができている道路で視程障害が発生しやすいのは、跳躍層の濃度の高い飛雪が雪堤を越えてドライバーの目線付近に達するためである。

(3) 吹きだまりと視程

吹きだまりは、風の流れを妨げる地物の風上側の弱風域と、風下で気流がはく離する乱流域の中にできる。このため、気象の他にも地形や地物、道路構造によって、吹きだまりの形成される位置や大きさ、形状が異なる。そのため、吹きだまり対策には吹きだまりを形成するこれらの要因の把握が重要になる。

視程は物理的には飛雪粒子による光の減衰で説明されるが、光の減衰に直接関係する雪の空間濃度よりも、目の前を通過する雪の移動量の方が、吹雪時の視程をより良く説明できるとされる。すなわち、同じ飛雪の空間濃度でも風速が大きいほど視程はより悪くなる。また背景が白い雪や空である場合と、沿道に樹木などのような雪と区別しやすい地物がある場合とでは、後者の方が見かけの視程（顕在視程）が大きくなる。

また吹雪による災害は、図1-2-3に示すとおり、吹きだまりや視程障害等の誘因と、素因、拡大要因がそれぞれ影響し合う構造を持っている⁴⁾。

(1) 吹雪災害の誘因

吹雪に伴う視程障害や吹きだまりは、吹雪災害発生の潜在性を示し、人や車、道路に作用する誘因といえる。この吹雪災害発生の潜在性は、主に吹雪量や吹雪頻度で表される。すなわち、吹雪災害の要因は現地の気象条件に相当する。詳細については第1編第3章3「3-3吹雪対策の必要性評価」を参照されたい。

(2) 吹雪災害の素因

吹雪災害は、吹きだまりと視程障害が誘因として、人、車、道路に作用することにより発生する災害である。被害の内容は、道路の通行不能や交通の渋滞、交通事故などである。全く同じ大きさや強さの吹雪でも、ドライバーの資質や車の性能、道路の線形や構造など、その素質によって事故や被害に遭いやすいか否かに大きな違いがある。これらの素質を素因という。

① ドライバーの素因

視覚情報によって運転操作を行う道路交通では、交通事故の発生にはドライバーの素因であるヒューマン・ファクターによる部分が大きいといわれている。ドライバーの素因には、経験、運転技能、情報・知識、職業、年齢、心理や生理状態、運転感を含めた個性など様々なものがある。

② 車両の素因

大型車にとって小さな吹きだまりは走行障害にならないが、小型車には障害になる。大型車と小型車とでは制動停止距離に違いがある。吹雪時の視程は高さによって大きく異なるため、車種（運転席の高さ）によって視程の差は大きくなる。

③ 道路交通の素因

道路構造と施設の素因によって、その道路が吹雪に強い（正の素因）か弱い（負の素因）か評価できるので、その把握は対策の計画・設計に関係する。

正の素因：防雪柵や道路防雪林などの防雪施設が整備された道路。上下車線が中央帯で分離された道路。

　　樹木が植栽された道路。飛雪が届かない高さにある橋梁や高架部。

負の素因：視距の悪い曲線道路。視線誘導になりうる目標物の少ない道路。滑りやすい雪氷路面。吹きだまりや雪堤が成長しやすい道路。飛雪が吹き上がりやすい道路。

一方、交通の素因としては、交通量や高速走行が挙げられる。いずれも増加するほど視程障害等による交通事故の発生リスクは増大する。

(3) 吹雪災害の拡大要因

拡大要因とは、吹雪災害の誘因である吹きだまりや視程障害を大きくする要因や、素因に働く災害を大きくする要因のことである。吹雪対策の計画や設計には拡大要因を調査し把握することが重要である。以下、誘因に働く要因と素因に働く要因とに分けて述べる。

① 誘因に働く拡大要因

田畠、草地など、風上側の吹走距離の長い場所では吹雪量を増大させ、路側の雪堤は目の高さの飛雪量を増大させ視程障害を拡大する。また、道路構造の不連続は、視程の変動をもたらす。逆に、沿道に十分な樹林があるなど風上側の吹走距離が切断されている場合では、風上側で発生した吹雪を捕捉し、視程障害を緩和するので、吹雪災害の誘因を弱めるように働く。このように、要因によっては安全側に作用する場合もある。

② 素因に働く拡大要因

道路交通を構成する人、車両、道路・交通の3つの素因を災害に弱くするように働くのが、拡大要因である。例えば、制動停止距離を長くし事故の危険度を高くする滑りやすい雪氷路面は、車の素因にはたらく拡大要因もある。

また道路交通では、多様なドライバーと性能の異なる車の混在が拡大要因となっている。運転席の高さによって視程は大きな差があり、また大型車の制動停止距離は小型車の2倍以上ある⁵⁾。ドライバーは、ホワイアウトのような危険な事象が発生した場合には、状況を認知、判断し、回避行動を起こす。しかし、反応時間や判断基準が個人によって異なるために、回避行動に大きな違いが生ずる。そのため、高速走行時に突発的な視程障害に遭うと、運転行動や制動停止距離の違いによって互いに事故に巻き込まれ、多重衝突事故になる危険がある。特に、交通量が多く、車群の形成や大型車の混入率の高い場合に多重衝突事故の発生率が高い。

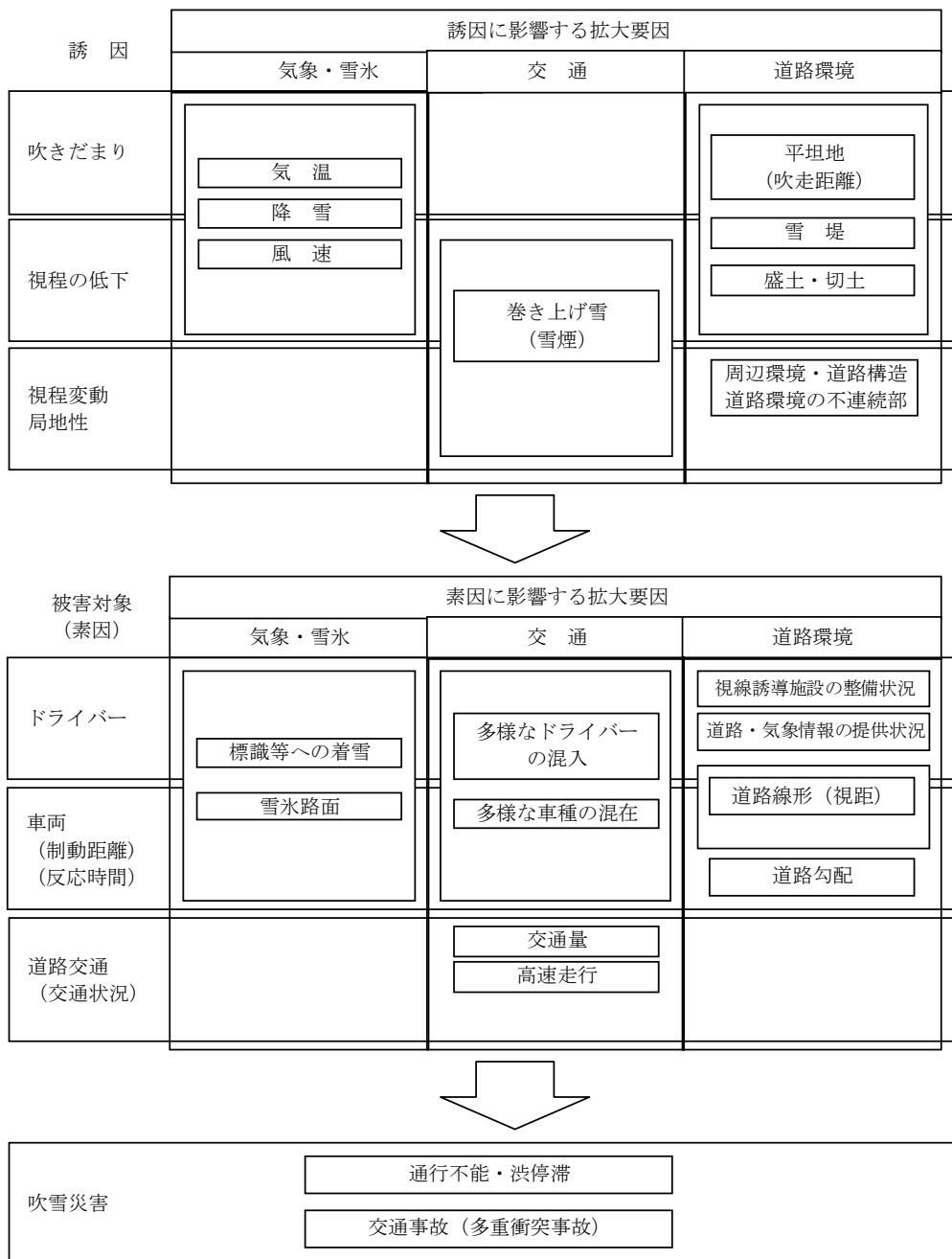


図1-2-3 吹雪災害の要因と構造⁴⁾

3. 吹雪対策の目的と効果

吹雪対策は、吹きだまり防止や視程障害の緩和により、冬期道路交通の確実性、安全性、経済性、利便性、快適性の向上を図ることを目的とするものである。

吹雪対策施設の整備は、大きく分けて、吹きだまりの防止と視程障害の緩和を図ることを目的とするものである。吹きだまりの防止は、直接効果として通行止めや視程障害の減少につながるほか、除雪出動回数の減少、除雪作業時間の短縮にもつながり、ひいては除雪機械の不足を補うことにもなり、その効果は大きい。視程障害の緩和は直接的に通行止めの減少を図るものであるが、この他に、走行速度の低下を防ぐことにより、走行時間の短縮や走行費用の減少、交通渋滞の緩和をもたらす。また、視程障害による交通事故を減少させ、冬期走行の走行安全性や安心感・快適性の向上につながる。このような吹雪対策は間接効果として、地域の生活機会や交流機会を拡大させるほか、災害時の代替路確保、公共施設へのアクセスが向上することによる公共サービスの向上にも寄与するものである。そのため、積雪寒冷地における地域生活の安定、地域の発展にとって欠かせないものと言える。

吹雪対策施設のうち、道路防雪林の整備は、防雪効果の他に沿道緑化、大気環境改善、快適な道路景観の創出など、沿道環境向上に果たす役割も大きい。

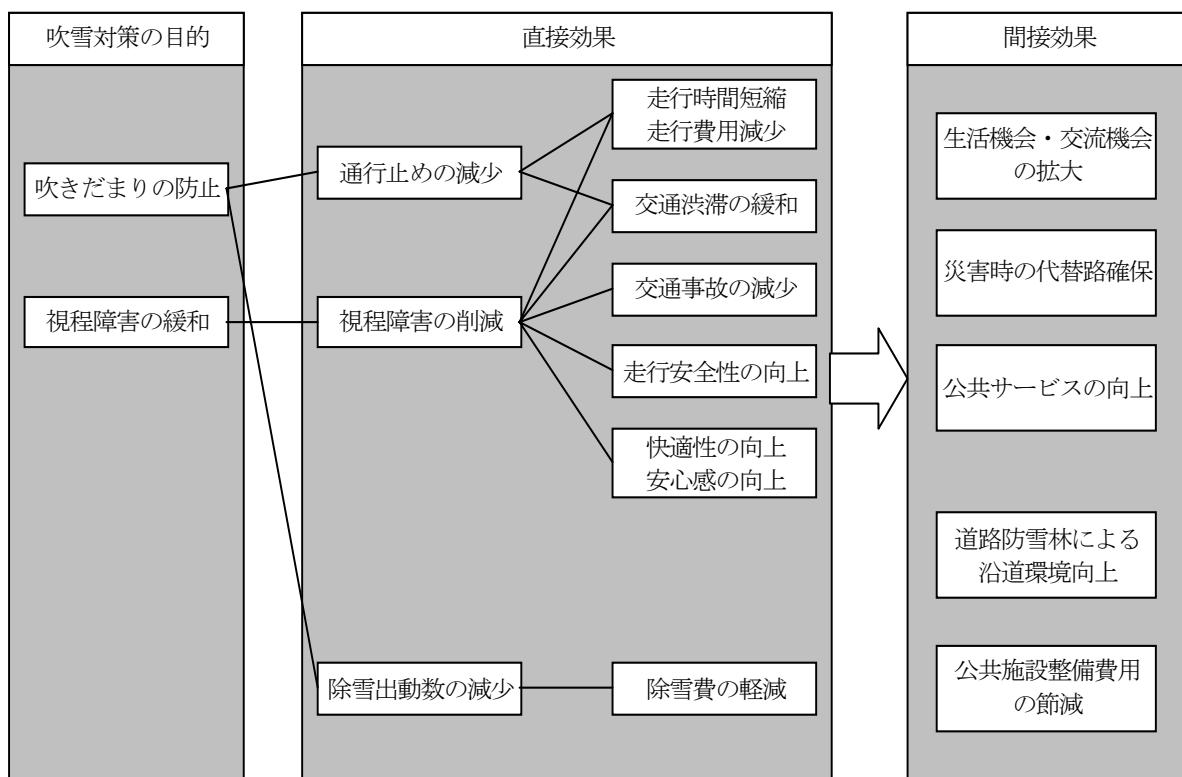


図1-2-4 吹雪対策の目的と効果（道路投資の評価に関する指針（案）^⑯を参考に作成）

4. 吹雪対策のあり方

4-1 吹雪対策基本方針の考え方

路線の吹雪対策基本方針では、図1-2-5に示す流れに従って、以下の項目について総合的な検討を行うことが望ましい。

- (1) 対象とする路線の吹雪対策検討の必要性
- (2) 対象とする路線の吹雪危険度評価
- (3) 路線の位置付け及び重要度に基づく吹雪対策のあり方
- (4) 吹雪対策調査の概要

路線の吹雪対策の検討を開始するに際して、吹雪対策基本方針を策定することが必要である。吹雪対策基本方針を策定するに際して次の項目を検討、記載することが望ましい。第一に、既存の気象資料や吹雪障害資料とともに、吹雪対策検討の必要性について検討する。次に、同様の資料と道路利用者や除雪業者の意見をもとに概略的な吹雪必要度評価を実施する（第1編第3章「3-3吹雪対策の必要性評価」を参照のこと）。さらに吹雪危険度に、広域的な観点からの路線の位置付けや地域としての路線の重要度（路線種別・除雪体制・交通量etc）を勘案して吹雪対策のあり方を検討する。ここで、吹雪対策施設整備に要するコストには限界があることから、プライオリティの高い路線に重点投資する考え方が重要である。さらに、吹雪対策調査の概要として、調査方法や道路事業に即した調査スケジュールを検討するものである。

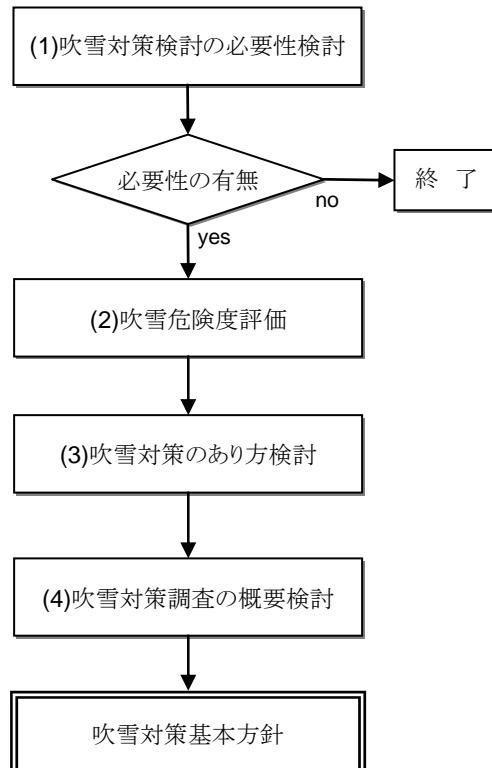


図1-2-5 吹雪対策基本方針検討の流れ

(1) 対象とする路線の吹雪対策検討の必要性

吹雪対策施設の必要性について検討を要する地域の気象条件としては、次の基準を目安にする。路線がこの基準に達している場合、吹雪対策の必要性について検討を要する。

- (1) 視程障害頻度分布図により視程障害頻度が10日以上の区間
- (2) 最大吹きだまり量が $20\text{m}^3/\text{m}$ 以上の区間
- (3) 吹雪による通行止めが過去10年間に10回以上発生している区間
- (4) 吹雪時の交通事故が過去に多発している区間
- (5) 吹きだまりによって除雪作業に支障をきたしている区間

視程障害頻度や最大吹きだまり量は、当該路線の地域において吹雪による吹きだまりや視程障害の発生ポテンシャルをマクロ的に表すことのできる指標である。そのため、視程障害頻度と最大吹きだまり量は当該路線において吹雪対策の必要性検討を行うための目安として位置付けられる。視程障害頻度や吹きだまり量は現地での実測から判断するのが正確であるが、既存気象資料（視程障害発生頻度分布図、全道吹きだまり量分布図）から、路線のおよその値を読み取ることができる。現地の最大吹きだまり量は、30年確率値を参考に決定する。

また、山岳地域など路線の特性上、既存気象資料による判断が難しい場合、現地の吹雪による通行止め記録や過去の吹雪時の交通事故履歴、除雪作業の実態から判断することができる。この通行止めや交通事故履歴、除雪作業状況は既存路線に限られるが、新規路線で履歴がない場合であっても周辺道路の実態を参考にすることができる。

(2) 対象とする路線の吹雪危険度評価

既存の気象資料や吹雪障害資料等を参考に、概略的な吹雪危険度評価を実施し、他地域、他路線に対する相対的な吹雪の危険性を把握する。

全道吹きだまり量分布図等の既存気象資料及び近隣路線の過去の吹雪災害資料を収集し、また必要に応じて道路利用者や道路管理者、除雪業者の意見を加え、吹雪危険度を概略的に評価する。吹雪危険度評価の詳細は第1編第3章3「3-3吹雪対策の必要性評価」に記載するが、ここでの評価のための各要因や評価対象区間の精度は、道路計画段階で知り得る情報や図面をもとにするため、ある程度粗いものであっても構わない。

(3) 路線の位置付け及び重要度に基づく吹雪対策のあり方

対象路線の吹雪対策のあり方を、路線の位置付けや重要度を明らかにすることで検討を行い、吹雪対策基本方針として取りまとめ、また道路概略設計のルート選定に資するものである。

吹雪対策のあり方を検討する際には、広域的視点で見た路線の位置付けや路線の重要度を十分に勘案する必要がある。路線の重要度を判断する項目として、表1-2-1に示す路線のサービスレベルや機能に関する指標があり、この指標について総合的に評価し、吹雪対策のあり方を検討する際の検討材料とする。

ここでは、対象とする路線の吹雪対策のあり方として、第1編第2章5「5-1吹雪対策の種類」に記す以下の吹雪

対策から検討を行う。

- ①路線計画
- ②道路構造
- ③付帯施設
- ④大型構造物
- ⑤維持管理
- ⑥情報管理

路線計画は道路設計の初期段階において吹雪危険地帯を回避したり、自然林の防雪機能を活かすようなルート検討を行うことである。また吹雪対策施設として一般的なものは、新規道路の予備設計・実施設計や既存道路において、道路構造や付帯施設、大型構造物による吹雪対策を行うものであり、そのうち管理レベルが高い道路等では、加えて供用後の維持管理または情報管理で対応することも検討するものである。

表1-2-1 路線の吹雪対策のプライオリティを評価する事項

区分	検討事項	概要・考え方
サービスレベル (管理目標)	路線種別	高規格幹線道路など高い水準で道路交通を確保する路線での吹雪対策の重要度は高い。
	管理レベル	除排雪体制の管理レベルに応じた吹雪対策の重要度を評価する。
路線機能 (役割)	交通量	交通量の多い路線の吹雪対策のプライオリティは高くなる。ただし、峠部などでは次の事項をあわせて考慮する。
	トリップ長	路線利用者のトリップ長が長い場合、重要度を高く評価する。
	地域条件	交通量が少なくとも、地域の実情や生活圏の範囲によっては吹雪対策の重要度は高くなる。
	代替性	地域における、また幹線道路としての代替性を考慮して吹雪対策の重要度を評価する。

(4) 吹雪対策調査の概要

吹雪対策のあり方と道路事業の今後の予定、既存資料の収集により明らかになった路線周辺の気象や吹雪状況を総合的に勘案して、今後の吹雪対策調査の項目及びスケジュールの立案を行う。

吹雪対策のあり方、道路事業の今後の予定、路線周辺の気象・吹雪状況等をもとに今後の吹雪対策調査の項目を検討するとともに、併せて予定されている道路事業のスケジュールに沿うように吹雪対策調査のスケジュールを検討立案するものである。吹雪対策調査の詳細については、第1編第3章「吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査」を参照のこと。なお道路事業の予定が不明の場合には、吹雪対策調査項目のリストアップを実施するにとどめても構わない。

4-2 新技術の導入

吹雪対策の検討や導入に際しては、本マニュアルに記載されている吹雪対策技術を基本とする一方で、最新の技術動向を把握するとともに必要に応じて新技術を取り入れるべきである。

吹雪対策技術は完成されたものではない。従来技術を見直し必要に応じて改良を加えていくと共に、新技術の導入も行っていくべきである。これまで培ってきた従来技術とどまることなく、例えば、現在国土交通省のNETIS（新技術情報提供システム：New Technology Information System）に登録されている防雪柵に関する新技術、さらに研究開発された新技術の効果や問題点を適切に判断し積極的な導入を図ることも、今後の吹雪対策の重要な視点である。

なお吹雪対策施設についてはNETISに掲載されている新技術が比較的少ない状況にある。またNETISには4種類の「活用等の型」があるが、このうち、事前審査を要する「活用等の型」での登録はきわめて少ない状況にある。このため、ほとんどの技術情報は開発者からの申請に基づいた「申請情報」として掲載されている。申請情報は、技術開発者からの申請に基づく情報であり、その内容について、国土交通省及び評価会議が評価等を行っているものではないことに留意し、以下の視点を踏まえた上で、新技術の導入・活用を図るべきである。なお、事前審査を要する「活用等の型」における掲載情報も個々の現場の条件その他により評価は変わりうる等の性格を有するものであることに留意されたい。

NETISに掲載されている技術情報には、風洞実験や数値シミュレーションといった模擬実験（第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照のこと）、あるいは現地における発煙装置を用いた気流可視化調査等の現地調査により得られた防雪効果が記載されていることが多い。これらの与条件や観測条件は、現在のところ不統一な状況である。NETIS掲載技術の利用にあたっては、情報にある防雪効果と現場条件との整合を確認した上で利用されたい。また、NETIS掲載情報は文字数等の制限があり全て掲載されていないことが多いので、必要に応じて開発者等に照会されたい。

なお、以下の項目例等を確認し、現地における防雪効果を評価することが有効である。

- ・風洞実験における風速の鉛直分布や設定風速などの妥当性
- ・数値シミュレーションにおける設定風速や境界条件などの初期条件、対策工モデル（例えば空隙率）、および出力結果の妥当性
- ・検討箇所の道路構造や環境条件等との整合性
- ・既施工箇所におけるヒアリング調査や現地調査による防雪効果、特に現地調査時の気象条件（風向風速や吹雪量等）の妥当性

5. 吹雪対策の種類と考え方

5-1 吹雪対策の種類

道路の吹雪対策は、以下の6つに大別される。

本マニュアルでは、(2)道路構造、(3)付帯施設、(4)大型構造物を吹雪対策施設と位置付け、その設計、配置等に関する基準、整備上の留意点について記述する。

- (1) 路線計画（吹雪を考慮した路線選定、吹雪危険地域の回避、自然林の活用等）
- (2) 道路構造（防雪切土や盛土による吹雪対策）
- (3) 付帯施設（道路防雪林、防雪柵、視線誘導施設等）
- (4) 大型構造物（スノーシェルター）
- (5) 維持管理（除排雪による対応、吹雪時の交通規制等）
- (6) 情報管理（情報のモニタリング、情報提供等）

高速道路調査会での検討結果⁷⁾などを参考にすると、道路の吹雪対策は以下の6つに大別される。

(1) 路線計画

吹雪対策としての「路線計画」では、吹雪の危険地帯を回避、または自然林の防雪機能を活用するなど、最適なルート選定によって吹雪災害に強い計画路線を検討するものである。吹雪対策を考慮した路線計画は道路計画または道路概略設計段階から検討しなくてはならないが、吹雪危険箇所を抜本的に回避するためその効果も大きい。

(2) 道路構造

「道路構造の検討」では、防雪切土や盛土を活用した道路構造が検討される。道路建設後、地形改良により対策が講じられる場合もある。

(3) 大型構造物

「大型構造物」であるスノーシェルターにより、吹雪から道路を遮断することを目的とした対策である。道路の位置づけや規格、建設コスト、また景観への配慮など総合的観点からの検討が必要である。

(4) 付帯施設

「付帯施設」で行う道路防雪林や防雪柵は、吹雪を防止したり、緩和するための対策施設で、施設の選定や配置、設計等の検討が行われる。吹雪対策施設には、視線誘導施設も含まれる。

(5) 維持管理

「維持管理」による吹雪対策は、除排雪の体制や回数を強化するものである。また、安全性の確保の点から、吹雪時に通行止め等の交通規制を行うことも含まれる。

(6) 情報管理

道路網が拡大する中で、全線にわたって十分な吹雪対策施設を整備することは事実上困難であることから、吹雪災害の素因であるドライバーや道路の災害に対する脆弱性を補うために情報管理が必要である。情報管理には、適切なモニタリングに基づくドライバーに対する吹雪情報の提供や、上述の維持管理の高度化に資するため、吹雪情報を有効活用することが含まれる。

5-2 吹雪対策施設の概要

吹雪対策施設（道路構造、付帯施設、大型構造物）は、その機能から、吹きだまり対策、視程障害対策、視線誘導といった目的に分類される。

吹雪対策工として候補にあげられるものは、大型構造物による積極的な対策を除くと、表1-2-2のように細分される。対策方法は大きく3つに区分され、道路の本体構造そのものを変えて吹雪に強くする対策方法、付帯施設として路外に設ける対策工、安全性・円滑性に資する視線誘導施設に分けられる。このうち、視線誘導施設は吹雪そのものを防止するものではないが、視程障害時の道路視認性を高める施設として位置付けられる。この3つの対策方法は、対策施設の配置や着眼の対象が異なるため、それぞれ併用することも可能である（第1編第3章3「3-4吹雪対策施設の適用条件」を参照）。例えば、道路構造を防雪切土とした場合、道路防雪林や視線誘導施設を配備することが可能となる。

表1-2-2 吹雪対策施設の分類

区分	種別	対策工	対策の主目的
道路構造	防雪切土による吹雪対策	防雪切土	吹きだまり対策
	盛土による吹雪対策	防雪盛土 緩勾配盛土	吹きだまり・視程障害対策
付帯施設	道路防雪林	標準林	吹きだまり・視程障害対策
		狭帯林	視程障害対策
	防雪柵	吹きだめ柵	吹きだまり対策
		吹き止め柵	吹きだまり・視程障害対策
		吹き払い柵	視程障害対策
		吹き上げ防止柵	吹きだまり・視程障害対策
	視線誘導施設	固定式視線誘導柱	除雪幅表示・視線誘導対策
		スノーポール	除雪幅表示・視線誘導対策
		視線誘導標	視線誘導対策
		視線誘導樹	視線誘導対策
		道路照明	交通安全施設・視線誘導対策

5-2-1 道路構造による吹雪対策

道路構造による吹雪対策とは、盛土や切土の法面勾配や法面長、盛土高さを改変することで、道路本線上に吹きだまりが形成しにくくなる効果、あるいはドライバー視線高を通過する飛雪量が少なくなり視程障害を緩和する効果を有するものである。

道路構造による吹雪対策は以下に記す3種類からなる。道路構造による対策であるため、新規路線であれば予定されている道路周辺の地形条件やそれに基づく設計図面、既存路線であれば現状の道路状況によって、適用の可否が決定する。また地形や道路構造的に適用が可能であっても、気象や吹雪状況によって適用可能かどうかを検討する必要がある。

道路構造による吹雪対策の詳細については、第4編第2章「道路構造による吹雪対策」を参照されたい。

(1) 防雪切土

吹雪多発地域の切土区間において、風上側の法面勾配を1:3.0より緩い勾配とし、さらに路側雪堤の高さを低く抑えられるよう堆雪スペースを設け、切土斜面上に安定した雪庇や吹きだまりを形成させ、道路上の吹きだまりや視程障害を軽減する道路構造を防雪切土という。

(2) 防雪盛土

盛土により路面に吹きだまりが形成されにくくし、路側雪堤を低く抑えることにより雪堤からの視程障害を防止するのを目的とした道路構造が防雪盛土である。

(3) 緩勾配盛土

緩勾配盛土による吹雪対策は、盛土の法面勾配を1:4.0程度に緩くすることにより、次の2点を期待する吹雪対策である。

- 1) 法肩での風の剥離を防ぎ、吹き上がりを低く抑えることにより路面上の吹きだまりを防止する。
- 2) 防護柵の設置を必要とせず、路側雪堤を低く抑えることにより雪堤からの飛雪を防止する。



写真1-2-1 防雪切土



写真1-2-2 防雪盛土



写真1-2-3 緩勾配盛土

5-2-2 道路防雪林

道路防雪林は、林帯が持つ防風能力により、林帯内や林周辺に飛雪を捕捉して道路上の吹きだまりを防止したり、道路上の視程障害の緩和を図ることを目的とした防雪施設である。

道路防雪林には、林帯幅10m以上の「標準林」と10m未満の「狭帯林」の2種類がある。

道路防雪林は、防雪機能の他、道路緑化による修景機能あるいは道路緑化を創出する機能、排ガス浄化や騒音軽減などの生活環境保全機能等の二次的な機能も併せ持つ。吹雪防止機能は他の施設で代替することが可能であるが、それ以外は生き物としての道路防雪林だけが持つ機能であり、ここに道路防雪林の最大の特徴がある。また、樹木の成長段階では十分な防雪効果が見込めない一方、ある程度まで成長すれば防風柵よりも背が高くなるため、より大きな防雪効果が期待できる。道路防雪林は、用地を必要とする、育成管理コストがかかる、また防雪効果の発現に時間がかかるというデメリットがあるものの、成長後は優れた防雪効果のほか多くの機能発揮が期待できることから、道路防雪林の特性を理解した上で、長期的な視点から吹雪対策計画に組み込む必要がある。

吹雪に対する道路防雪林の機能としては、視程障害を緩和し吹きだまりを防止する「吹雪防止効果」と、吹雪時にドライバーの視認物となる「視線誘導効果」の大きく2つがある。

道路防雪林の詳細については、第2編「防雪林編」を参照されたい。

(1) 標準林

現地の吹雪量に対して十分な林帯幅を持ち、吹きだまり防止と視程障害緩和の両方に能力を発揮する林帯幅10m以上の防雪林のこと。

(2) 狹帯林

視程障害緩和を主目的としており、吹きだまりの堆雪空間をほとんど持たない、林帯幅が10m未満の防雪林のこと。



写真1-2-4 標準林



写真1-2-5 狹帯林

5-2-3 防雪柵

防雪柵は、鋼板等の材料で作られた防雪板を用いて柵前後（風上、風下）の風速や風の流れを制御し、飛雪を吹きだめたり吹き払うことによって、道路の吹きだまり防止や視程障害の緩和を図ることを目的とした防雪施設である。

防雪柵に用いられる水平や垂直に張られた防雪板の材料は木や鋼材等からなり、各種の形状や構造のものが使用されている。防雪柵は、構造と機能の違いによって次に述べる4種類に分けられ、気象、地形、土地利用などの沿道環境、道路構造や目的に応じて使い分けられる。

防雪柵の詳細については、第3編「防雪柵編」を参照されたい。

(1) 吹きだめ柵

道路の風上側に設置して風速を弱め、柵の前後（風上側、風下側）に飛雪を堆積させることによって、道路への飛雪の吹き込みと吹きだまりを防止する。そのため、吹きだめ柵は吹きだまり防止のほか、視程障害緩和効果を有する。

(2) 吹き止め柵

吹きだめ柵の下部間隙を無くし、飛雪を風上に多く捕捉し、かつ風上の防雪容量を大きくするために柵高を高く、空隙率を小さくした柵が吹き止め柵である。吹き止め柵では、吹きだまり防止のほか、視程障害緩和効果を有する。

(3) 吹き払い柵

防雪板で風をせき止め、柵の下部間隙から吹き抜ける強い風を利用して、道路の路側や路面の雪を吹き払う。飛雪が路面すれすれに吹き抜けるので視程障害の緩和効果が大きい。

(4) 吹き上げ防止柵

主に山岳地の道路で、沢沿いに吹き上げる風がもたらす視程障害や吹きだまりを防止するために開発された防雪柵である。飛雪を風上に捕捉し道路の風速を弱める機能を有するなど、吹き止め柵の一種とである。



写真1-2-6 吹きだめ柵



写真1-2-7 吹き止め柵



写真1-2-8 吹き払い柵



写真1-2-9 吹き上げ防止柵

5-2-4 視線誘導施設

視線誘導施設は、路側や道路線形の視認性を高めることによって、ドライバーの視線誘導や除排雪作業の安全性・効率性確保のための吹雪対策施設である。

道路上を走行しているドライバーは、周囲（特に前方の障害物）や線形に対して安全に回避または走行できるかどうかを、常に判断しながら運転操作を行っている。その判断は、正しい距離感が把握できることを前提に、速度調節などで経験的に対応していると考えられる。しかし吹雪により視界が奪われると、前方の障害物が見えなくなるだけでなく距離感も失うようになり、ドライバーは距離が確認できるまで減速して対応するようになる。したがって、吹雪時を走行するドライバーにとって、視認できる距離を判別できるかが重要となる。

つまり、視線誘導施設は視程障害の程度によって3つの機能を有する吹雪対策施設と言うことができる⁸⁾。

- ① 道路線形誘導：道路線形に応じた視線の誘導
- ② 視認距離の把握（視程の顕在化）：視認できる距離を知らせる機能
- ③ 路側位置の把握：自車の車線位置を把握する機能

吹雪対策としては、道路防雪林や防雪柵の吹雪粒子に影響を及ぼし防雪効果を発現させる対策施設を優先させるが、吹雪が道路に及ばないように完全に防止するのは困難である。そのため、降雪や吹雪によって視程が多少悪化しても、視線誘導施設により上記の3つの効果や機能を高めることにより、安全な走行を確保することが必要になる。視線誘導施設には以下の4つがある。詳細については、第4編第3章「視線誘導施設」を参照されたい。

(1) 視線誘導標

車道側方に沿って連続的に配置することで道路線形を明示し運転者の視線誘導を行うものである。積雪寒冷地においては吹雪時等の除雪幅提示や道路視認性向上のための施設であり、自発光タイプのものもある。

(2) スノーポール

積雪量の多い地域で除雪作業の目標とするため、あるいはドライバーの視線誘導を行うため路側に設置される施設であり、自発光タイプのものもある。

(3) 固定式視線誘導柱

固定式視線誘導柱は路側に連続的に設置される施設で、本来除雪管理のための除雪幅を示すものであるが、吹雪時の道路視認性が高いことから視程障害対策として有効に活用されている。自発光タイプのものもある。

(4) 視線誘導樹

路側や中央分離帯に連続的に樹木を植栽することにより、日中の吹雪や降雪時の道路視認性を高める施設である。視線誘導樹としては半完成木を植栽するほか、間引き木を活用する方法もある。

(5) その他（道路照明）

夜間の吹雪や降雪時に道路線形の視認性を向上させる。また、車のライトは雪粒子に反射され光幕を形成し視認を著しく困難にするが、照明施設により光幕の影響を軽減させ、安全走行を支援することができる。



写真1-2-10 視線誘導標　写真1-2-11 スノーポール　写真1-2-12 固定式視線誘導柱　写真1-2-13 視線誘導樹

5-2-5 大型構造物

大型構造物の吹雪対策施設にはスノーシェルターがある。スノーシェルターは、吹雪が特に厳しい区間において、道路を覆って吹雪から完全に遮蔽する構造物であり、道路上の吹きだまりと視程障害を防止する施設である。

スノーシェルターは道路を完全に雪から遮断するため、吹雪対策の中では最も効果の高い施設である。高い吹雪防止効果を持つ一方、建設費が高い、景観を阻害する、通行者に圧迫感を与えるといったマイナス面もある。

きわめて吹雪量が多く周辺に風を遮るものが全くない場合や、複雑地形で風の変化が不規則な場合、山間部の峠部や渓谷内など他の吹雪対策では解決が困難で、路線の重要度が高い区間に適用する施設としてスノーシェルターは位置付けられる。

スノーシェルターは吹雪に対してはほぼ完全な施設であるが、日射を遮ることによるシェルター内部での路面凍結、シェルター出入り口での明暗差や急激な視程変化など、閉鎖空間であるが故の問題も抱える。スノーシェルターを整備する際には、以上のような付随する問題について、建設後にも注意を払う必要がある。また、シェルターの延長は、整備箇所の地形、風向、風速などの気象条件を十分調査し、吹き込みのないように決定する。また、シェルター出入り口での急激な視程障害は事故につながる可能性が高いので、シェルターアー周辺での他の吹雪対策（道路防雪林、防雪柵）についても必要に応じ検討を行う。

スノーシェルターの実施設計については、以下の要領を参照されたい。

- ・道路防雪便覧（平成2年5月、社団法人日本道路協会）
- ・PC道路防災構造物マニュアル（平成13年3月、北海道土木技術会）
- ・2005除雪・防雪ハンドブック（防雪編）（平成16年12月、社団法人日本建設機械化協会）
- ・道路防雪施設マニュアル（コンクリート構造編）（平成20年3月、社団法人北陸建設弘済会）



写真1-2-14 スノーシェルター

<パーキングシェルター>

パーキングシェルターはスノーシェルターの機能を拡張し、吹雪時にシェルター内で待避できるようにした、緊急避難場所として活用される施設である⁹⁾。

吹雪時に避難した車両は、パーキングシェルター内で休憩をとったり、車両についた氷を取り除くなどしたりして天候の回復を待つことができる。

北海道内の国道では、宗谷管内的一般国道40号に開源パーキングシェルターが、一般国道238号に猿払パーキングシェルターが設置されている。

本線の両側に3m幅の駐車帯が設けられており、数十台の車両の駐車を可能にしている。緊急避難施設であることから、シェルター内には、駐車場、男女・身障者用トイレ、公衆電話、消火器、ラジオ受信システム、道路情報板が設置されている。



写真 1-2-15 パーキングシェルター

5-2-6 吹雪対策施設の留意事項

吹雪対策施設を検討するにあたっては、防雪効果のほかに、以下の要件を考慮して総合的な検討を行う必要がある¹⁰⁾。

- (1) 安全が確保されること
- (2) 経済的であること
- (3) 自然環境の保全に配慮されていること
- (4) 施工が容易であること
- (5) 耐久性があること
- (6) 維持・補修が容易であること
- (7) 景観と調和がとれていること

以下の7項目はそれぞれ関連するものもあり、耐久性と初期整備費用のように相反するものもある。吹雪対策施設の検討に際しては、これらを十分に勘案した検討を行う必要がある。

(1) 安全が確保されること

防雪施設が一般交通の支障とならない必要がある。例えば、交差点やカーブ区間での防雪柵による視距障害、スノーシェルター出入り口での照度の急変等が検討項目となる。また、施工箇所の降雪量や風速の設計値に対し、必要十分な強度を持つ設計を行わなくてはならない。

(2) 経済的であること

初期の整備費だけではなく、ライフサイクルコストを抑える観点から、経済性は重要な検討項目である。ただ、経済性は、施設の本来の目的である防雪機能との総合的な判断により決定する必要がある。

(3) 自然環境の保全に配慮されていること

自然環境保全の観点から、道路建設による自然環境への影響ができるだけ少なくなるように配慮しなくてはならない。環境も社会にとっての共通の財産という考えに立ち、広い意味で社会の損失にならないような配慮が必要である。特に、防雪対策施設が生み出す廃棄物処理についても十分に配慮する必要がある。

(4) 施工が容易であること

整備コスト縮減の観点から、基礎工事や資材搬入等の施工が容易で、建設費が小さいものを利用する必要がある。

(5) 耐久性があること

施設の耐久性は、維持補修の容易さにつながるだけではなく、ライフサイクルコスト縮減にも関係するため、施設設計にあたって考慮すべき重要な項目である。

(6) 維持・補修が容易であること

耐久性に優れる施設は、結果として維持管理の手間と費用の軽減につながる。山腹斜面など容易な立ち入りが困難な施設などに関しては、特に維持・補修が容易であることは重要である。

(7) 景観と調和がとれていること

吹雪対策施設も、広い意味で道路景観の一要素であることから、周辺景観と調和がとれ、環境にできるだけ違和感を持たせないことへの配慮が必要である。

第3章 吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査

第3章　目　　次

第3章 吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査

1. 吹雪対策計画の手順と調査の種類	1-3-1
1-1 新規路線の吹雪対策計画	1-3-2
1-2 既存路線の吹雪対策計画	1-3-5
1-3 吹雪対策調査の種類	1-3-7
2. 概略調査	1-3-10
2-1 概略調査の位置付けと進め方	1-3-10
2-2 概略調査内容	1-3-11
3. 基本調査・解析	1-3-12
3-1 基本調査・解析の位置付けと進め方	1-3-12
3-2 基本調査・解析内容	1-3-13
3-3 吹雪対策の必要性評価	1-3-17
3-4 吹雪対策施設の適用条件	1-3-30
4. 設計条件調査	1-3-37
4-1 設計条件調査の位置付けと進め方	1-3-37
4-2 設計条件調査内容	1-3-38
5. 追跡調査	1-3-39
5-1 追跡調査の位置付けと進め方	1-3-39
5-2 防雪効果検証調査	1-3-40

第3章 吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査

1. 吹雪対策計画の手順と調査の種類

道路の吹雪対策は、道路の計画・設計・建設・供用の各段階において検討される。道路事業の各段階に応じて、適切な吹雪対策の調査・検討を行う必要がある。

また、吹雪対策施設の整備後は継続的に効果検証を実施し、必要に応じて施設改修を行い、その後の吹雪対策の充実に資する必要がある。

第2章に示した6つの対策の内、「路線計画」と「道路構造」は、建設後の見直しが容易ではないことから、計画、設計段階での熟慮した十分な検討が必要である。「付帯施設」や「大型構造物」による対策は、建設中または供用後でも検討を行うことが可能であるものの、道路用地や道路構造の制約で設計自由度が小さくなることが多く、極力道路設計段階で検討することが望ましい。供用開始後は、特に施設整備が不十分な路線や区間において、「維持管理」や「情報管理」による吹雪対策を充実させる必要がある。また、吹雪対策施設の整備後は継続的に効果検証を実施し、必要に応じた施設改修を行う必要がある。なお情報管理については、供用前の段階から、吹雪状況モニタリングや提供手法の検討を行うことが望ましい。

吹雪対策を進める上で、十分な検討を基に効果の高い吹雪対策を計画、検討することは当然であるが、整備後に効果検証を行い、その結果をフィードバックさせて、対策施設の改修やその後の吹雪対策計画に反映させる（図1-3-1、PDCAサイクル）。吹雪対策は複雑な自然現象を相手にするものであり、施設周辺の環境（土地条件等）や道路交通の変化（高速走行等）にも影響されるため、将来にわたって継続的に見直しを図り改善していくことが重要である。

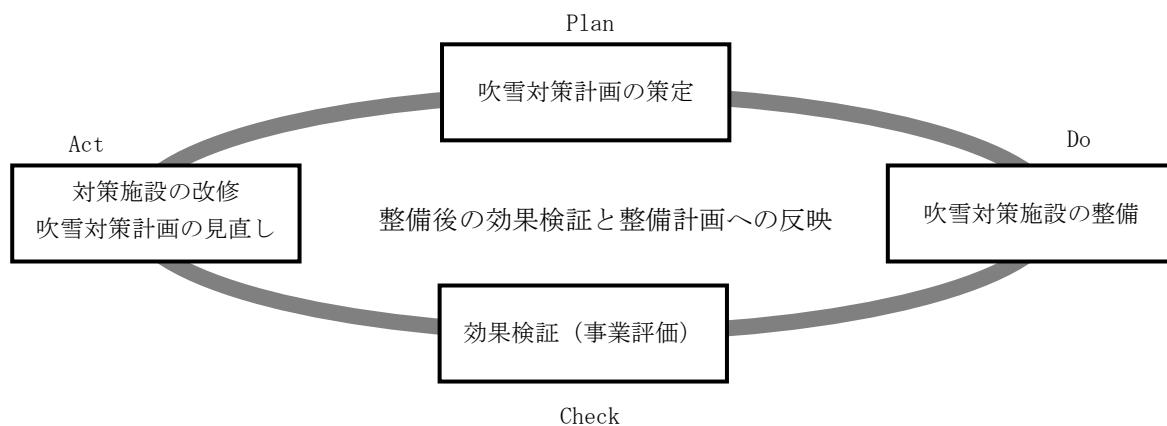


図1-3-1 吹雪対策の流れ

1-1 新規路線の吹雪対策計画

新規路線において吹雪対策計画を策定するにあたっては、路線計画、調査・設計、建設、維持管理の各段階において、設計に必要な項目を理解し、各段階に応じた適切な調査を実施する必要がある。

図1-3-2に新規路線における吹雪対策計画の策定手順を示す。なおこの手順は付帯施設による吹雪対策が対象であり、土工による吹雪対策は対象外である。新規に道路を建設する場合、ルート確定から始まり、中心線線形、吹雪対策施設を含む付帯構造物、用地幅等が、事業の進行レベルに応じて決定される。したがって、吹雪対策の検討においても、計画から建設に至る道路事業及び調査や設計の流れを把握した上で、吹雪対策に関する各種の調査・検討結果が設計に反映されるよう、調査の実施時期と内容に留意することが重要である。特に、ルート選定や道路構造など、詳細設計後の手直しが困難なものについては、十分な調査の実施と検討を経て、設計に反映させる必要がある。

(1) 計画・設計段階（路線計画調査・予備検討・概略設計）

路線計画調査・予備検討から概略設計（1/5,000・1/2,500）の段階においてルートは、開発計画や環境保全などの社会的要件、地形・地物による技術的制約、経済的条件等の様々な検討を経て決定される。その他にこの段階で、吹雪の危険地域を回避、あるいは自然林の防雪機能を活用するようなルート選定も、安全で確実な冬期道路交通を実現する上で重要である。そのため、ルートの比較により基本ルートが確定される段階までに吹雪の概略調査を実施し、吹雪対策基本方針を策定するとともに、対象路線地域の吹雪危険度を把握する必要がある。

(2) 調査・設計段階（予備設計）

ルート確定後、予備設計（1/1,000）において、道路構造の詳細が検討され用地幅や工費が概算される。この段階で吹雪対策施設の概要が決定している必要があるため、最新の道路設計図面を用いた基本調査・解析を行い、吹雪対策基本計画を立案する。この際、防雪切土等、道路構造による吹雪対策は建設後の適用が難しいため、この段階で検討を行い道路設計に反映させることが重要である。また、道路防雪林の場合十分な用地幅を必要とすることから、この段階で林帶幅を決定して設計に反映させることが有効である。

(3) 調査・設計段階（予備設計B）

また、路線測量等を経て実施する予備設計Bにおいて付帯構造物が決定される。したがって、この段階では吹雪対策施設の詳細を決定する必要があるため、予備設計（1/1,000）の結果をベースにさらに詳細な調査・解析を実施し、吹雪対策施設基本設計を実施する。防雪柵の場合はその仕様や設置位置を決定し、道路防雪林の場合は、成林の成否は生育環境条件の適切な整備に左右されることから整備条件を把握するための各種調査を実施し、配植や適用樹種、併用防雪施設を検討するものである。

(4) 調査・設計段階（実施設計）

実施設計段階においては、道路予備設計の結果や、基本調査・解析結果をもとに、設計条件調査を実施した上で、吹雪対策施設詳細設計を実施する。

(5) 工事完了（土工部）段階

前段の検討において吹雪対策施設の施工位置が土工部となった場合、土工完了後に設計条件調査を実施し、その上で吹雪対策施設の詳細設計を実施する。

(6) 維持管理段階

吹雪対策を充実させるために、供用後において対策施設の効果検証を行うことにより、吹雪対策計画、施

設配置等が適切であったか否かを評価し、施設の改修や吹雪対策計画の修正に反映させる。

また、調査・設計段階では想定し得なかった吹雪障害の課題が、供用後に顕在化することがある。その場合、供用後の現地調査によってそれらを明らかにし、新たな吹雪対策施設の計画・設計施工を行う必要がある。

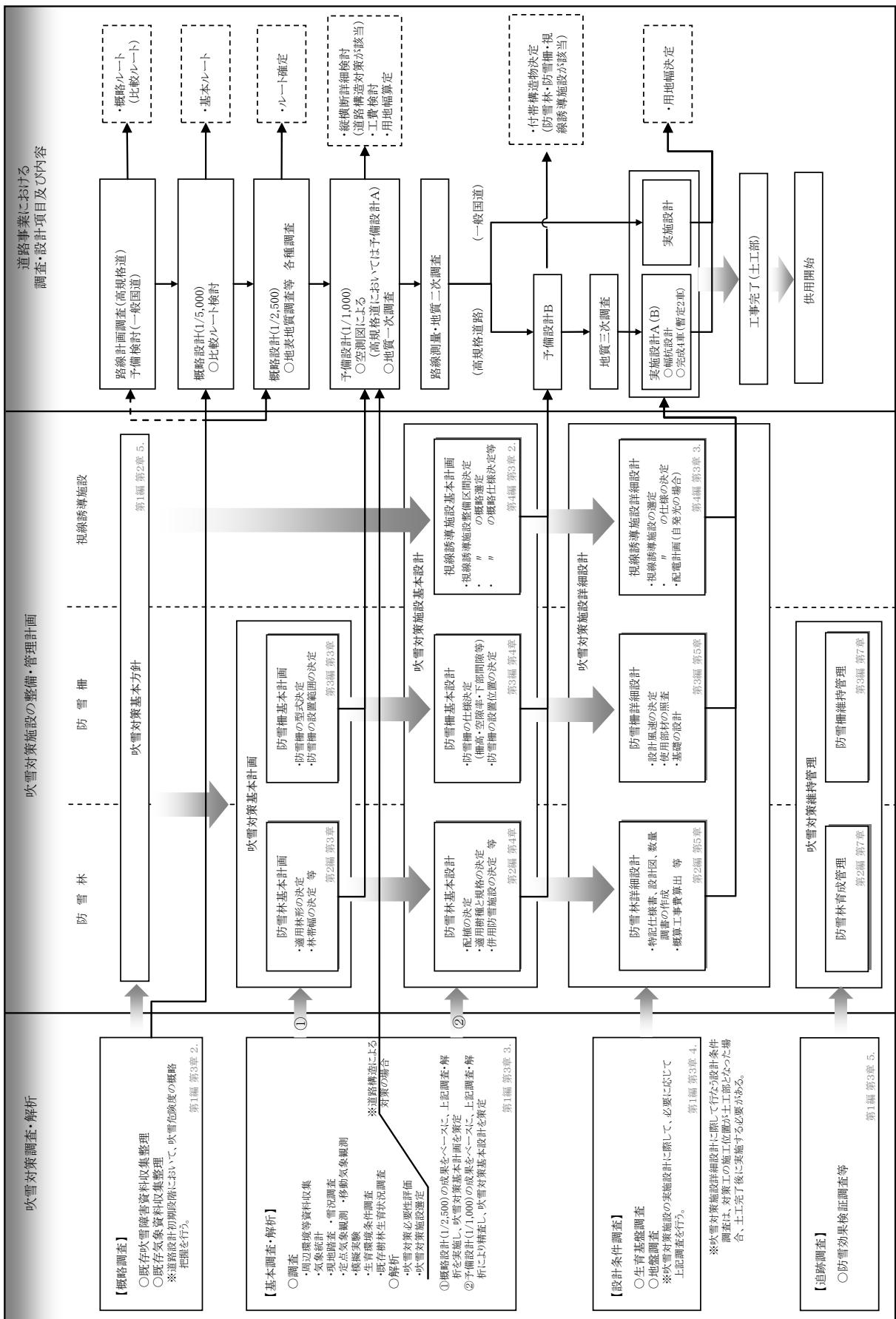


図1-3-2 吹雪対策計画の策定手順（新規路線）

1-2 既存路線の吹雪対策計画

供用中の路線の吹雪対策を策定するに際しては、現地観測を中心とした調査により吹雪状況を正確に把握すると共に、吹雪による交通障害や事故、道路パトロールの記録を整理、分析し、現地の特性に即した適切な吹雪対策計画を検討する。

図1-3-3に既存路線における吹雪対策計画の策定手順を示す。供用中の路線において吹雪対策が必要とされるのは、吹雪による障害が既に発生しており、早急な対応が必要とされている場合である。

したがって何らかの吹雪対策を実施することを前提に、基本調査・解析においては、既存吹雪障害資料収集整理や既存気象資料収集整理を実施し吹雪対策基本方針の策定、吹雪対策基本計画の立案を行う。その上で、現地の詳細な吹雪状況（吹雪頻度、吹雪量、吹雪時の風向等）の把握に主眼を置いた調査を実施し、吹雪対策施設基本設計として現地状況に即した吹雪対策必要区間の選定、吹雪対策施設の選定を実施し、その後、設計条件調査において対策施設の設計値を検討した上で吹雪対策施設詳細設計を実施する。複数の対策施設が考えられる場合には長短所を整理し、対策を実施するまでの各種制約、整備コストを含めた総合的観点から対策施設を選定する。

また、吹雪対策施設施工後の追跡調査は、新規道路と同様に実施するものである。

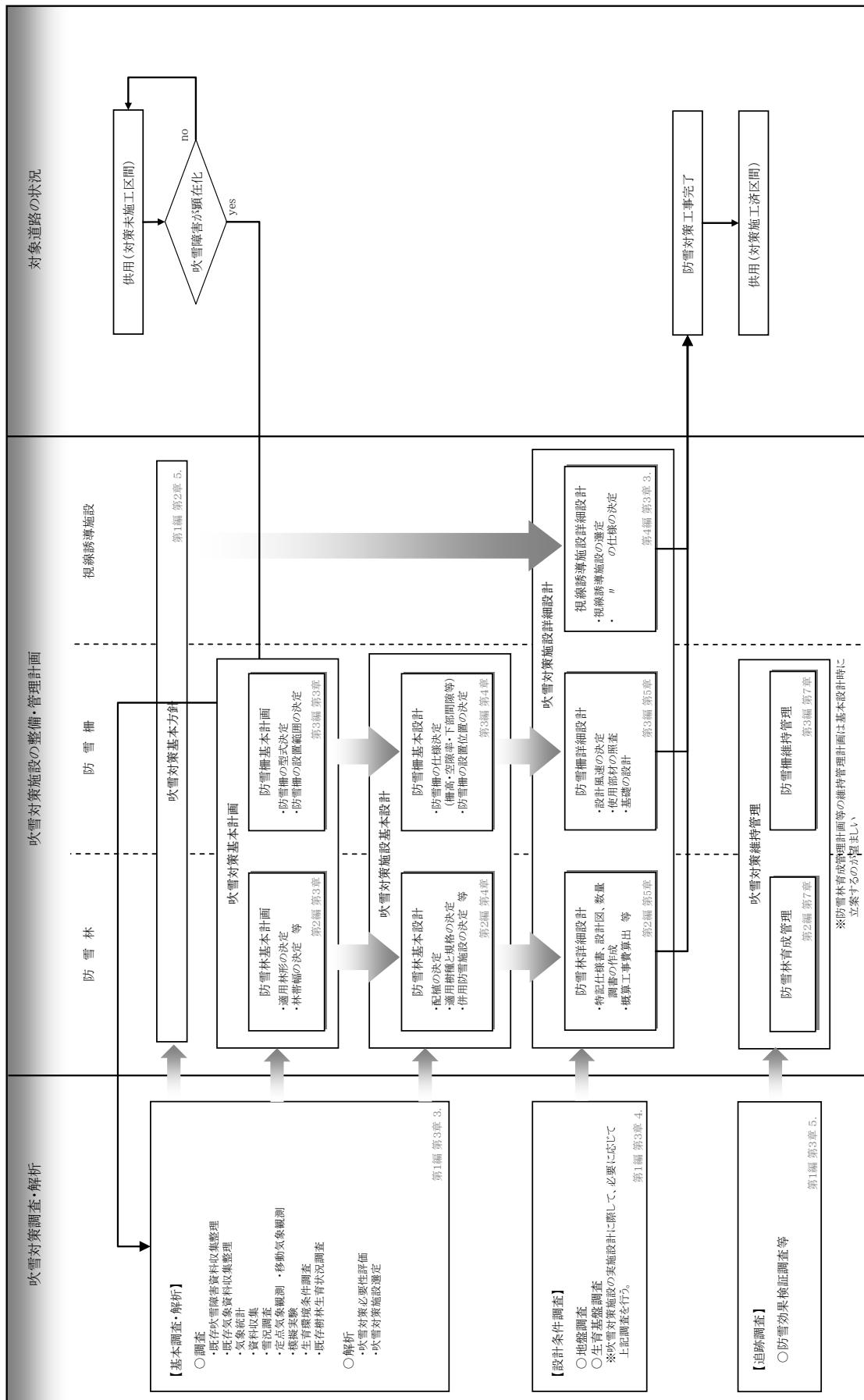


図1-3-3 吹雪対策計画の策定手順（既存路線）

1-3 吹雪対策調査の種類

吹雪対策に必要な調査は、概略調査、基本調査・解析、設計条件調査、追跡調査の大きく4種類に分けられ、それぞれ道路調査設計段階に応じて実施する。各調査の目的は以下の通りである。

概 略 調 査：冬期の気象及び吹雪状況把握、吹雪危険度の概略把握、吹雪対策の必要性の有無検討、今後の吹雪対策調査項目の検討、吹雪を回避したルート選定

基本調査・解析：吹雪対策施設の必要性評価、吹雪対策施設の設置範囲検討、吹雪対策施設の概略設計（吹雪対策施設の選定・仕様決定・設置位置等）、用地幅算定

設計条件調査：吹雪対策施設の設計値決定、道路防雪林整備区間の生育基盤把握、吹雪対策施設の詳細設計

追 跡 調 査：吹雪対策施設の点検・観察、吹雪対策施設の防雪効果検証

吹雪対策調査は吹雪による視程障害や吹きだまり障害に対し、吹雪危険度の算定、吹雪危険個所の抽出、対策必要箇所の絞り込み、対策工法の検討、施設の選定及びその設計に資することを目的に行うものである。

吹雪対策に必要な調査は、概略調査、基本調査・解析、設計条件調査、追跡調査の4種類に大別される。新規路線あるいは既存路線での道路調査設計段階に応じて、各種調査を段階的に実施し検討を重ねることが重要であり、各調査の目的と位置付け、及び実施すべき調査項目とその反映先を十分理解して調査計画を策定する必要がある（図1-3-2、図1-3-3、表1-3-1）。

(1) 概略調査

新規路線の吹雪対策計画において最初に実施する調査である。全道吹きだまり量分布図等の既存気象資料及び近隣路線の過去の吹雪災害資料を収集し、冬期の気象状況を把握するとともに吹雪危険度を概略的に把握する。これをもとに、吹雪対策の必要性の有無や今後の吹雪調査項目について検討し吹雪対策基本方針として取りまとめ、また、道路概略設計において吹雪危険地帯を回避したり、自然林の防雪機能を活かすようなルート検討に資する基礎資料を作成する。

(2) 基本調査・解析

基本調査・解析では、吹雪対策基本計画の立案、吹雪対策施設基本設計を行うために、吹雪量算出等の気象統計、周辺環境等資料の収集整理、雪況調査、定点気象観測、移動気象観測、模擬実験、生育環境条件調査、既存樹林生育状況調査を基本調査項目として実施する。また、その結果をもとに、吹雪対策必要性評価、吹雪対策施設選定を実施するものである。また道路構造による対策や道路防雪林が選定された場合、道路予備設計において吹雪対策に必要な用地幅が検討されるものである。

吹雪対策施設として道路防雪林が考えられる場合は、道路防雪林造成に通常必要となる用地幅だけで成林するか否かの判断をするために、現地踏査による周辺の既存樹林生育状況調査を実施する。また生育環境整備の必要条件を抽出するために、関連資料収集を主とする生育環境条件調査を実施する。

(3) 設計条件調査

通常の設計条件調査は道路建設前に実施されるが、吹雪対策施設の施工位置が盛土等の土工部の場合、土工完了後に設計条件調査を実施した上で吹雪対策施設の詳細設計を実施する必要がある。

設計条件調査では、吹雪対策施設基本設計結果を受けて詳細設計を行うに際し、吹雪対策施設の設計条件、特に防雪柵に関してはN値、道路防雪林に関しては様々な土壤データを得るために実施するものである。

道路防雪林の場合は原則として生育基盤調査を実施する。防雪柵の場合、対象路線周辺の関連資料を収集し、その資料から詳細設計に必要なN値が得られないと判断された場合には、地盤調査を実施する必要がある。

(4) 追跡調査

追跡調査では、新規道路においては吹雪対策施設が施工及び供用開始後、既存道路においては吹雪対策施設が施工された後、ハードとしての吹雪対策施設の点検・観察を行うとともに、吹雪対策施設が防雪効果を発揮しているか調査するものである。

追跡調査では、主に吹雪対策施設の損傷状況及び生育不良状況を点検・観察を行う調査と、防雪効果検証調査に分けられ、それぞれ独立して実施される。防雪効果検証調査では、通行止めや事故などの実際の吹雪障害の記録を逐次整理する他、状況に応じて現地踏査、雪況調査、定点気象観測、移動気象観測を実施する。その結果、重大な損傷や著しい生育不良が確認された場合、また防雪効果検証調査に関しては問題が確認された場合に、それぞれ防雪柵維持管理・改修や道路防雪林育成管理で対応することになる。

表1-3-1 吹雪対策に必要な調査項目と調査結果の反映先

調査の種類	調査主要目的	道路事業の中での実施時期 (概ねの目安とする)	道路設計等との対応	調査項目 ^(注1)										
				既存雪障害資料収集	既存気象資料収集	周辺環境等資料収集	気象統計	現地踏査	雪況調査	定点観測	移動気象観測	模擬実験	生育環境条件調査	既存樹林生育状況調査 ^(注2)
概略調査	●冬期気象吹雪状況の把握 ●吹雪対策の必要性の把握検討 ●今後の吹雪対策調査項目	整備計画策定期～ 概略設計(1/2,500) 実施時	●ルート選定 (概略設計(1/5,000・1/2,500))	○	○									
	●吹雪対策の必要性評価 ●吹雪対策区間の抽出 (対策設置の選定・仕様決定・設置位置等)	ルート確定時～ 予備設計時(1/1,000) または、予備設計B	●道路構造による対策 (予備設計(1/1,000)) ●吹雪対策設用地幅(予備設計(1/1,000))		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
基本調査・解析	既存路線	吹雪障害確認時～		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	●吹雪対策施設の設計直後	予備設計～実施設計 (土工部の対策については 土工完成後)	●実施設計A(高規格道路) ●実施設計(一般国道)								○	○	○	
設計条件調査	●道路防雪林整備区間の生育基盤条件把握 ●吹雪対策施設の詳細設計	※既存路線では供用期間	●吹雪対策施設改修に向けた設計 ●道路防雪林の育成管理	○	○	○	○	○	○	○				
	●吹雪対策施設点検・観察 ●吹雪対策施設の防雪効果検証	※既存路線においては、吹雪対策施設整備後												
追跡調査														
吹雪対策反映項目 ^(注3)	基本方針・ 基本計画	吹雪対策必要性評価 吹雪対策必要区间抽出 吹雪対策施設選定	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	
	防雪柵の設置位置・柵高決定 適用林形・林帶幅決定 適用樹種・植栽規格決定	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	
	併用防雪柵・植栽保護工決定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	生育基盤設計 設計条件(地耐力等)												○	
	生育基盤詳細設計												○	
	詳細設計												○	
													○	
													○	

注1) ○：実施すべき項目、○：必要に応じて実施すべき項目

注2) 道路防雪林の調査は吹雪対策施設として道路防雪林が選定された場合に実施する。

注3) ○：吹雪対策に活用可能な項目

※各調査項目の詳細は、概略調査、基本調査と解説、設計条件調査、追跡調査の詳細記述を参照のこと。

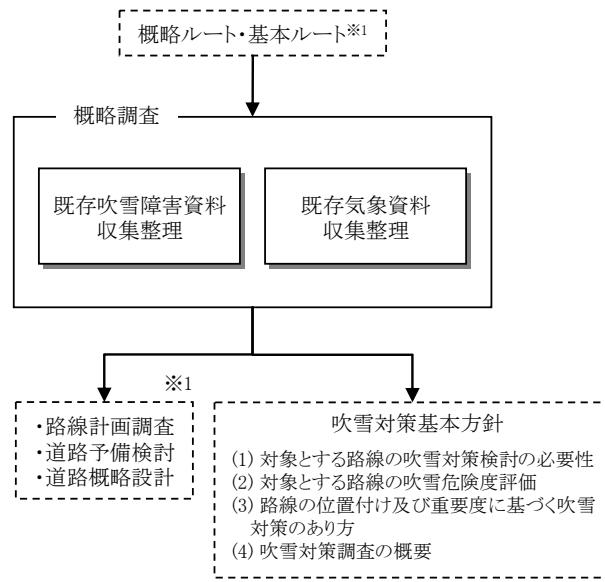
2. 概略調査

2-1 概略調査の位置付けと進め方

概略調査では、路線の計画されている地域における冬期の気象状況と吹雪危険度の概略的な把握を行い、道路概略設計等におけるルート選定の際の基礎資料とする。また、当該路線の吹雪対策基本方針を立案するための基礎資料とするものである。

新規路線を対象に、概略調査において対象路線の冬期気象状況及び概略的な吹雪危険度を把握することにより、吹雪対策の必要性の有無を判断するなど吹雪対策基本方針を立案するとともに、道路概略設計等の段階で、必要に応じて吹雪を回避するルートの選定及び線形を検討する。

概略調査の流れを図1-3-4に示す。概略調査では、「既存吹雪障害資料」「既存気象資料」を収集整理し、その資料からその路線周辺の吹雪特性検討し吹雪対策基本方針の立案を行うものである。



※1:道路設計段階によって異なる

図1-3-4 概略調査のフロー

2-2 概略調査内容

概略調査においては、冬期の気象状況と吹雪危険度の概略的な把握を主目的として、近隣路線における過去の吹雪障害資料及び既存気象資料を収集整理し、路線周辺の吹雪特性を把握する。

概略調査においては、対象路線の冬期気象状況及び概略的な吹雪危険度を把握することにより、吹雪対策の必要性の有無を判断するとともに、吹雪を回避するルート選定及び線形を検討する。

(1) 既存吹雪障害資料収集

吹雪による通行止め、視程障害時の交通事故や道路パトロールの記録を整理することにより、吹雪による障害の状況把握を行う。新規路線調査では、近隣の既存路線での障害記録を参考にする。

(2) 既存気象資料収集

表1-3-2に示す既存気候資料やアメダス等の統計資料をもとに、対象路線の冬期気象状況及び吹雪状況の把握を行う。

表1-3-2 吹雪に関する主な既存気象資料

資料名	内容	用途	作成元	入手先
全道吹きだまり量分布図	北海道における吹きだまり量メッシュマップ。吹きだまり量の平年値及び30年確率値	吹きだまり量の把握	(独) 北海道開発土木研究所※1	本マニュアル(資料編)
視程障害頻度分布図	北海道における吹雪による視程200m以下の日数出現率のメッシュマップ。視程障害頻度の平年値	吹雪危険度の概略把握	(独) 北海道開発土木研究所※1	本マニュアル(資料編)
最大積雪等深線図	北海道における積雪深分布の等值線図。平年値及び30年確率積雪深	吹雪視程障害状況の把握	北海道開発局	本マニュアル(資料編)
気象庁メッシュ気候値	過去30年の観測値を平均した平年値を1kmメッシュで推定したもの。 要素には平均気温、日最高気温、日最低気温、降水量、最深積雪、日照時間、全天日射量がある。	吹雪危険度の概略把握	気象庁	(財)気象業務支援センター
平年値	地上気象観測平年値、地域気象(アメダス)観測平年値	雪に関する施設設計	気象庁	(財)気象業務支援センター 気象庁ホームページ

※1 現：(独)土木研究所寒地土木研究所

3. 基本調査・解析

3-1 基本調査・解析の位置付けと進め方

基本調査・解析は、新規路線あるいは既存路線における気象や吹雪状況把握を行い、その結果から吹雪対策必要性評価及び吹雪対策区間の抽出、吹雪対策施設の選定を行い、吹雪対策基本計画や吹雪対策施設基本設計を策定することを主目的として行うものである。

基本調査・解析は、吹雪対策調査の骨格をなす項目である。対象路線が新規道路であれば設計段階に応じて、概略設計図面や予備設計図面、既設道路であれば道路台帳図をもとに、図1-3-5に示す流れで基本調査を行う。図に示す基本調査項目の中から、第1編第3章3「3-2基本調査・解析内容」の記述内容を参考に、必要と判断される調査項目を抽出し実施するものとする。

基本調査結果を受けて、吹雪対策必要性評価（第1編第3章3「3-3吹雪対策の必要性評価」を参照のこと）と吹雪対策施設選定を実施し（第1編第3章3「3-4吹雪対策施設の適用条件」を参照のこと）、設計段階に応じて吹雪対策基本計画、吹雪対策施設基本設計に反映させる。

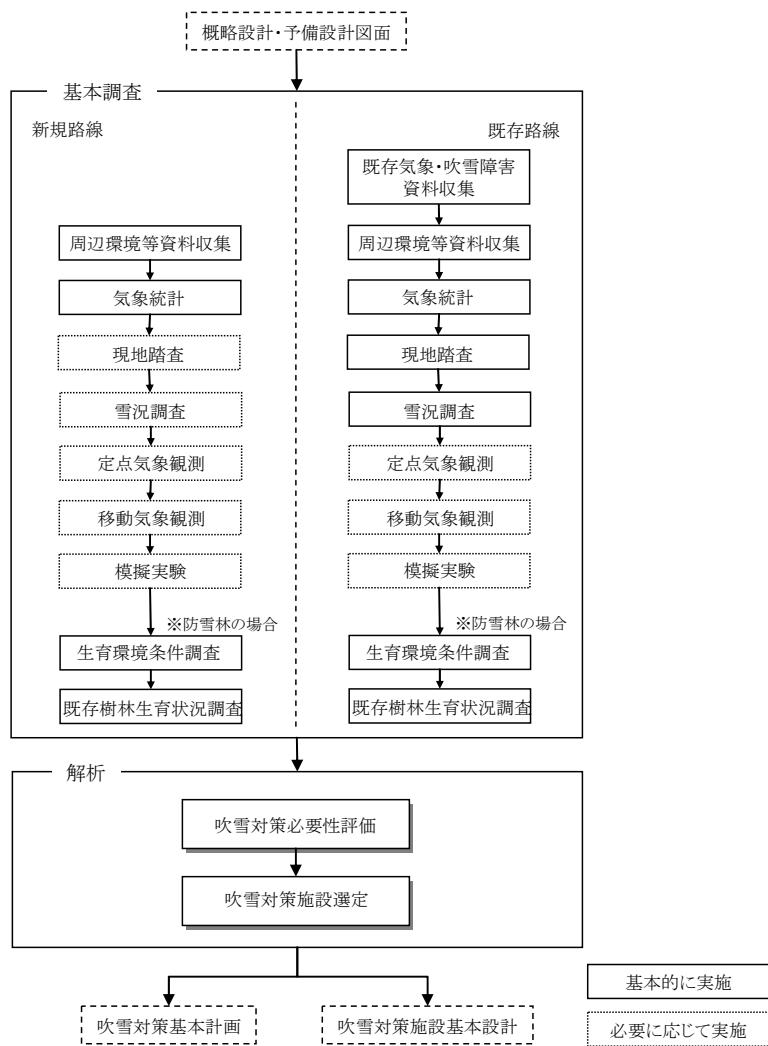


図1-3-5 基本調査・解析のフロー

3-2 基本調査・解析内容

基本調査・解析では、吹雪対策基本計画の立案、吹雪対策施設基本設計を行うために、吹雪量算出等の気象統計、関連資料の収集整理、雪況調査、定点気象観測、移動気象観測、模擬実験、生育環境条件調査、既存樹林生育状況調査を基本調査項目として実施する。また、その結果をもとに、吹雪対策必要性評価、吹雪対策施設選定を実施するものである。

基本調査・解析は、道路設計の段階に応じて、吹雪対策基本計画に資する場合と、吹雪対策施設基本設計に資する場合に分けられる。基本的に両者の実施内容は同じであるが、参照する設計図面あるいは道路台帳によって解析結果や精度が異なる。

調査項目は、対象路線が新規路線か既存路線かによって、新規路線であれば設計段階によって、また路線の周辺環境や既存気象観測所との位置関係によって、表1-3-1や以下の記述を参考に選定することとする。調査項目の選定に際して、必要以上の調査を行うことのないように、表1-3-1や図1-3-5において「必要に応じて実施する調査項目」については十分検討する必要がある。なお既存路線においては、概略調査（第1編第3章2「概略調査」参照のこと）で実施する。また既存吹雪障害資料収集整理、既存気象資料収集整理もあわせて行う必要がある。

(1) 気象統計

気象統計では、道路気象テレメータ、アメダス等の既存気象データを用い、気温、風向風速、積雪深等の気象要素について基本統計値を整理する他、吹雪日数及び吹雪量の推算を行う。気象や吹雪に関する統計については、第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照のこと。

(2) 周辺環境等資料収集

環境条件（地形、植生や家屋等）や道路構造、既存吹雪対策施設、既存路線については吹雪障害状況等、特に吹雪危険度評価や吹雪対策施設選定のために必要な資料を収集整理する（表1-3-3）。

表1-3-3 吹雪対策検討に関係する資料収集項目

対象項目	資料名	主な調査項目
環境条件	地形図 航空写真	平坦地、丘陵地、渓谷内斜面
	植生図 航空写真	植生の有無、樹冠粗密度、樹種（針葉樹、広葉樹）、林帯幅、樹高
	雪原長 地形図 航空写真	道路から樹林等の障害物までの距離
道路構造	幅員 設計図・道路台帳図	車線数
	盛土・切土 設計図・道路台帳図	平坦、盛土高、切土高、法面形状、片切片盛土
既設防雪施設 道路付帯施設 重要構造物	吹雪対策施設 設計図・道路台帳図	防雪施設の有無、工種、防雪効果
	照明・トンネル・橋梁 設計図・道路台帳図	各施設の位置・延長
	通行止め 交通事故 維持管理上の障害	通行止め件数、区間、時間 冬期交通事故件数（視程障害等） 視程障害や吹きだまり状況、吹雪対策の状況

(3) 現地踏査

対象路線の現地踏査を行い、路線周辺の周辺環境を把握し、吹雪危険度評価や対策必要区間抽出の基礎資料とするため、周辺の地形、植生等、路線の周辺環境を調査する。現地踏査は、(2)関連資料収集で得られた資料を基に、植生や道路構造が確認可能な非積雪期と、実際の雪面形状等が把握できる積雪期に行うことが望ましい。

現地踏査は既存路線において実施する必要がある。新規路線においては、森林伐採や大幅な地形改変が予定されている道路では供用後を想定したデータを得ることが困難であるため実施する必要は無いが、そうでない場合には道路構造が未完成の場合でも、概略の雪況状況を把握するために現地踏査を実施することが望ましい。検討目的や対象路線の延長を勘案して、観測項目や調査方法の検討を行うことが必要である。

(4) 雪況調査

主に概略調査で実施する既存の吹雪障害資料や気象資料の結果を確認する目的で、表1-3-4に示す気象や雪氷状況の現地調査を実施する。冬期の気象・雪氷状況はその年によって異なることから複数年の調査を行うことが望ましい。雪況調査の重要な目的の一つに、現地での吹きだまり量の把握がある。調査路線の近傍に防雪柵が整備されている場合には、防雪柵前後の積雪深の分布を測定することにより、吹きだまり量を求める（吹きだまり量の算出方法については、第1編資料編資料4「2.吹きだまり量及び吹雪量に関する調査」（P.1-4-37）を参照のこと）。

表1-3-4 雪況調査の観測項目

観測項目	観測概要
気象状況	路線上主要ポイントにおいて、風向風速、積雪深を観測し、路線上の気象分布を把握する。期間中の代表的な吹雪発生時に実施する。必要に応じて吹雪量も計測する。
雪氷状況	吹きだまり状況、吹雪による雪面模様等を観察し、路線の吹きだまり分布、吹雪時の主風向を調査する。期間中の代表的な吹雪発生時、または吹雪直後に実施する。
吹きだまり量	路線近傍に既存防雪柵等がある場合には、施設周辺の積雪深を計測することにより吹きだまり量を求める。冬期の最大吹きだまり量が得られる時期に実施する。

(5) 定点気象観測

対象路線を代表できる気象データが得られていないと判断される場合に、吹雪対策必要性評価や設計条件の精度向上を図る目的で、定点気象観測を実施するものである。定点気象観測では、対象路線を代表する地点や、周辺環境や道路構造から吹雪の危険性が高いと判断される地点で、自動気象計器による気温、風向風速、積雪深、視程等の連続観測を行う。観測地点の決定に際しては、地形、道路構造等を参考とし、必要に応じて現地踏査を実施する。計測データは、(1)気象統計と同様に、気象や吹雪に関する統計処理を行う必要がある。なお調査方法の詳細は、第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照のこと。

なお、定点気象観測の実施条件を以下のように考えるものとする。

①新規路線の場合の実施判断

新規路線においては、森林伐採や大幅な地形改変が予定されている道路では、供用後を想定した気象データを得ることが困難であるため実施する必要は無いが、そうでない場合には、道路構造が未完成の場合でも気象状況を把握するために実施することが望ましい。

②近傍に既存観測所がある場合の実施判断¹⁾

定点気象観測の実施判断は基本的に以下1)～3)に示す、山岳や海岸等の地理的条件、対象路線とアメダス等既存観測所との距離を判断基準として行う。

- 1) 最深積雪深や吹雪量、視程障害発生頻度など雪や吹雪に関する量的な指標を把握する目的の場合、つまり気温・風速・積雪深・視程を観測する場合には、既存観測所との距離が20km程度以上離れている場合に実施する。
- 2) 吹雪時風向を把握する目的の場合には、山岳地及び丘陵平坦地では実施する。
- 3) " 海岸地では、既存観測所との距離が5km程度以上離れている場合に実施する。

ここで実施不要という判断がされた場合、それはアメダス等既存観測所の気象データで対象路線を代表できることを意味する。ただし、既存観測所の観測条件や対象路線の道路条件や周辺条件、あるいはその間の地形や植生、建物等の現地条件を勘案して、最終的に判断をすることとする。

③実施年数¹⁾

定点気象観測を行う場合、基本的に3冬期程度の観測を行うことが望ましい。ただし、調査対象冬期の気象が概ね平年並みの気象であれば3年末満でもよい。

なお、吹雪時風向に関しては、長期的な卓越吹雪風向の平均的な場を把握するためには、海岸部では1年程度、山岳地や平坦丘陵地では3年程度実施することが望ましい。

(6) 移動気象観測

既存路線において、視程、風向風速等の分布を詳細に把握するため、気象計器を搭載した車両を用いて走行しながら観測を行う。路線上の連続的な気象データを取得することにより、路線全体の気象分布や気象の特異箇所を抽出するとともに、吹雪危険度評価の結果と合わせて吹雪対策必要区間の判定資料に用いる。対策施設の整備されている区間においては、整備区間前後の移動気象観測結果から、対策施設の効果を把握することができる（調査の詳細は第1編資料編資料4「4.移動気象観測」を参照）。

移動気象観測の結果は、路線上の実際の気象状況・吹雪状況を表しており、吹雪対策検討をする上で有効なデータであることから、対象路線の延長がそれ程長くなく、周辺環境・道路構造に違いがある路線の場合は移動気象観測を実施することが望ましい。

なお移動気象観測は、新規路線においては完成後の道路上で行う必要がある。完成前に近接する既存道路で行うことも可能であるが、その場合、予定路線と観測路線の位置関係や完成後の道路構造との違い、周辺環境の違いを考慮したデータの評価が必要になる。既存路線においては、吹雪危険区間が明確になっていない場合に実施する。

(7) 模擬実験

風洞実験や数値シミュレーションにより、吹雪対策施設の効果や道路建設が周辺の吹きだまり状況や視程障害に与える影響を事前評価する。また、対策施設の適正な設置位置や設置範囲等の設計に関わる検討資料とする（調査の詳細は第1編資料編資料4「5.吹雪模擬実験」を参照のこと）。

本調査は、新規路線において道路建設後の吹きだまり障害や視程障害を予測する必要がある場合、または新規道路及び既存路線において吹雪状況が甚大なことが予想されるため吹雪対策施設の防雪効果を予測する必要がある場合に実施することとする。

(8) 生育環境条件調査

吹雪対策施設として道路防雪林が選定される場合に実施する。主に既存資料や(1)気象統計で統計整理した資料、定点気象観測結果をもとに表1-3-5に示した調査項目について実施する。調査は道路防雪林の造成条件を検討する目的で行われ、主に植栽木や植栽方法の検討に資する気象条件調査と、生育基盤の検討に資する生育基盤概略調査に分けられる。調査の詳細は、第1編資料編資料5「1生育環境条件調査」を参照のこと。

表1-3-5 生育環境条件調査の項目と検討事項

調査名	調査内容	適用事項
気象条件調査	気温・土壤凍結	植栽時期
	降雪・積雪	雪圧対策
	降水量（時期）	生育基盤造成計画
	風向・風速	保護林・防風対策・取付道路配置
	霜の初日・終日	適用樹種
生育基盤概略調査	周辺の土壤分布	基盤材料の性質の把握と整備方法の検討

(9) 既存樹林生育状況調査

吹雪対策施設として、道路防雪林が選定される場合に実施する。本調査では表1-3-6に従い、現地踏査により周辺部における既存樹林の生育現況を把握するものである。特に風衝林形が観察される場合には、樹林の高さ、樹高が抑制されている部分の林帯幅に着目する。風衝林形を示す樹林帯が、防雪効果を発揮する道路防雪林の林帯幅を大きく上回るような場合には、道路防雪林の風上側への保護林の設置や費用対効果を考慮した他の吹雪対策の検討を行う必要がある。調査の詳細は、第1編資料編資料5「2.既存樹林生育状況調査」を参照のこと。

表1-3-6 既存樹林生育状況調査の項目と検討事項

調査名	調査内容	適用事項
既存樹林生育状況調査	風の影響調査	保護林・防風対策
	周辺樹林構成種調査	生育基盤・排水施設

(10) 吹雪対策必要性評価

吹雪対策基本方針策定、あるいは吹雪対策施設基本設計に資するため、(1)～(9)の基本調査結果に基づき、対象路線における吹雪対策必要性評価を実施する。吹雪対策必要性評価は、評点方式で吹雪危険度評価を実施した上で、その結果に路線重要度等を勘案して実施するもので、評価の考え方や実施方法の詳細は第1編第3章3「3-3吹雪対策の必要性評価」に記載する。

(11) 吹雪対策施設選定

吹雪対策施設基本設計に資するため、(1)～(9)の基本調査結果に基づき、吹雪対策施設が必要な場合に、対象路線に適切な対策施設を選定する。選定方法の詳細は第1編第3章3「3-4吹雪対策施設適用条件」に記載する。

3-3 吹雪対策の必要性評価

3-3-1 吹雪対策必要性評価の基本方針

道路吹雪対策の必要性を評価するにあたっては、次の検討を行い総合的に評価する。

- (1) 吹雪危険度の概略把握……………吹雪対策基本方針における路線全体の危険度評価
- (2) 吹雪危険度の算定……………路線上の個別箇所の危険度評価
- (3) 吹雪対策必要区間の選定……………(2)の結果に加えて移動気象観測や雪況調査等の結果や経済性など考慮して決定

第一に吹雪対策基本方針を策定する際、概略調査時の気象資料や吹雪障害資料に基づき吹雪危険度を評価し、路線全体で吹雪対策の必要性を概略的に把握する（第1編第2章4「4-1.吹雪対策基本方針の考え方」を参照のこと）。

続いて基本調査によって得られたデータに基づき、吹雪による障害区間の特定化を目的にした吹雪危険度の算定を行い、移動気象観測等の詳細な調査の結果や、経済性や維持管理での対応可能性を加味した吹雪対策必要区間の選定を行う。

吹雪危険度評価を実施するに際しては、可能な限りの現地の実測データ（吹雪量、吹雪頻度、積雪深等）を用いて評価の精度を高めると共に、吹雪危険度が高いと判定された箇所については実際に現地の状況を確認した上で、吹雪対策必要区間を抽出する必要がある。

また、吹雪危険度に関しては、吹きだまり要因と視程障害要因とに区別して評価することも、対策を検討する上で重要な視点である。

なお吹雪対策基本方針策定の段階で、最終的な吹雪対策必要性のあり方について、限られた投資を最大限に地域に活かす施策的な意味合いから、当該路線の吹雪対策の優先順位をサービスレベルや路線機能といった路線の重要度からマクロ的に捉える考え方で検討する必要がある（第1編第2章4「4-1.吹雪対策基本方針の考え方」を参照のこと）。

3-3-2 吹雪危険度の算定

(1) 吹雪危険度の算定の考え方

路線の当該箇所における吹雪危険度の算定は、現地での気象条件、周辺環境、道路構造から、吹雪による「吹きだまり要因」と「視程障害要因」に区分して評価する²⁾。吹きだまり要因及び視程障害要因は、構成する各要因の特性から危険要因と安全要因から構成される。このうち、危険度要因は気象条件による主要因と、周辺環境や道路構造による拡大要因に分けて考える。

当該区間において吹雪対策の選定を行う上では、その区間の吹雪障害の要因を系統的に把握しておくことが必要である。吹雪による吹きだまりの発生と視程障害の発生は運動し密接な関係にあるが、条件によっては吹きだまりに作用する要因や、視程障害に作用する要因がある。各種吹雪対策施設はそれぞれ吹きだまりや視程障害に対する長所・短所を有している。対策施設を検討する箇所の吹雪障害が、主として吹きだまりなのか、視程障害なのかを客観的に判断してこれに適する対策施設を選択しなくてはならない。

吹きだまり要因及び視程障害要因については、それぞれ各要因が作用する方向性を客観的に評価するため、障害側に寄与する要因（危険要因）、安全側に寄与する要因（安全要因）に区分した。このような考え方を採用することによって、対策施設の必要性の把握だけでなく、障害のカギとなっている要因を浮き彫りにし、これを排除する対策を選択することが可能になる。その上で、危険要因は吹雪による吹きだまりや視程障害の潜在性を表す気象要因（主要因）と、これを助長する周辺環境・道路構造（拡大要因）に区別して考えることができる。

また既に供用している路線については、すでに吹雪障害や維持管理作業実態として顕在化している履歴を加えて評価することで、総合評価点の精度を高めることができる。

この考え方を模式図に示すと図1-3-6のようになる。

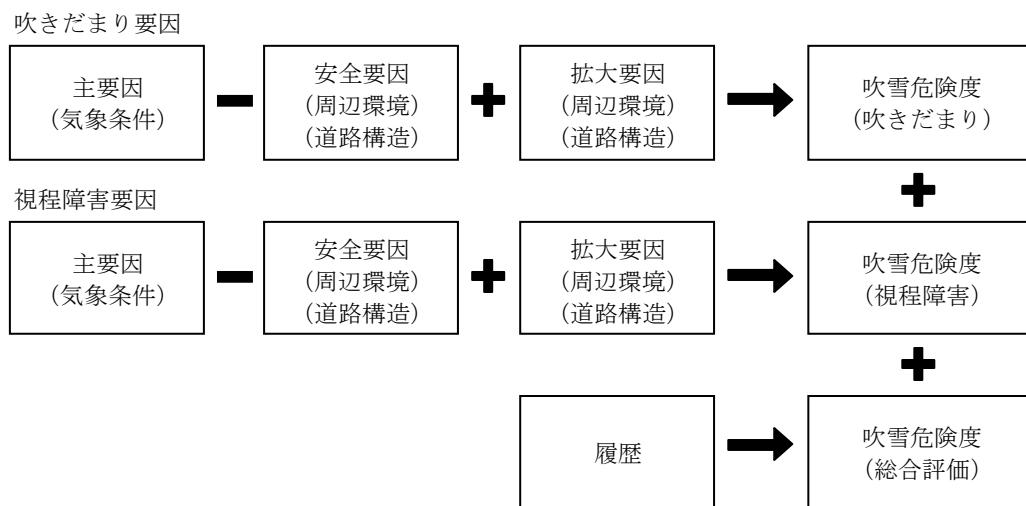


図1-3-6 吹雪危険度の考え方²⁾

(2) 吹雪危険度の評価要因

吹雪危険度の「吹きだまり要因」及び「視程障害要因」は、表1-3-7に示す要因によって評価する。

表1-3-7 吹雪危険度の算定要因³⁾

1) 吹きだまり要因

種別		危険要因	安全要因
主要因	気象条件	吹きだまり量 主風向 最深積雪	
拡大要因	周辺環境	風上側平坦地	樹林帯または連続した家屋
	道路構造	切土	盛土 路側の堆雪スペース

2) 視程障害要因

種別		危険要因	安全要因
主要因	気象条件	吹雪頻度 主風向 降雪量	
拡大要因	周辺環境	地形の急変箇所	路側の樹木や家屋
	道路構造	高い盛土 カーブ区間 トンネル坑口 橋梁端部や立体交差部	中央分離帯の有無 道路照明の有無

(A) 気象条件

① 吹きだまり量

現地における吹雪の程度を示す直接的指標であり、路線の吹雪の発生ポテンシャルを表す。広域的には全道吹きだまり量分布図などの気象資料が活用できるが、ややミクロな視点においては、現地での観測調査（気象観測など）から検討箇所に応じた値を検討する必要がある。具体的には、次のような方法によって求めることができる。ここで、対象路線が山岳地等の特異な気象状況にある場合は、気象観測を行うなどしてイ) ウ) のようにその地点近傍の一冬の吹雪量を推定することが望ましい（吹きだまり量の観測は困難であるため吹雪量でも可とするものである）。この場合、なるべく現地に近い箇所の気象データを活用することが望ましい。

ア) 全道吹きだまり量分布図（30年確率値）からの読み取り値

イ) 路線周辺の気象資料（風速、気温、積雪深）を用いた一冬の吹雪量の推定値（30年確率値）

ウ) 現地での定点観測結果（風速、気温、積雪深）を用いた一冬の吹雪量の推定値（30年確率値）

上記イ) ウ) については、一冬の吹雪量を実測することは難しいことから、気象資料から全冬期の吹雪量を推定するものである。イ) ウ) で吹雪量の30年確率値を計算する場合には、過去の吹雪量を推定する必要があるため、長期間の気象データを有する近傍観測所と現地の相関関係を明らかにすることで過去の気象データを統計的に推定する必要がある。確率計算は、吹雪量が対数正規分布をとると仮定し、水文統計学の分野でよく用いられる岩井法を適用するとよい。

なお、吹雪量の推定方法は第1編資料編資料4「2.吹きだまり量及び吹雪量に関する調査」（P.1-4-39）を参考されたい。

② 吹雪頻度

吹雪量と同じように吹雪に関する直接的指標であり、どちらかというと視程障害の発生ポテンシャルを表す。吹雪頻度は視程200m未満の発生日数を目安として判断するのが適当である⁴⁾。具体的に吹雪頻度を評価する方法としては次のような方法がある。ここで、対象路線が山岳地等の特異な気象状況にある場合は、気象観測を行うなどしてイ) ウ) エ) のようにその地点近傍の視程を推定することが望ましい。この場合、なるべく現地に近い箇所の気象データを活用することが望ましい。

ア) 視程障害頻度分布図からの読み取り値

イ) 現地での視程計による観測やビデオカメラ画像からの読み取り

視程計による視程実測値（日最低視程）が200m未満となった日を計数する。画像読み取りの場合は、予め設置した視程板（視程板については資料編参照）や、距離を測定した目標物を活用して視程を読み取る。毎時の視程推算値から日最低視程が200m未満になった日を計数する。なお、視程推算の方法は資料編資料4の視程障害頻度分布図作成方法を参考にされたい。

ウ) 現地での定点観測結果（風速、気温、積雪深）を用いた視程の推定値

既往の研究成果を活用して、毎時の気象資料（風速、気温、降雪量）から視程を推算することが可能である（詳細は第1編資料編資料3「気象雪氷調査で用いる資料」（P.1-4-12）を参照されたい）。その後はイ) と同様である。

エ) 路線周辺の気象資料（風速、気温、降雪量）を用いた視程の推定値

路線周辺の既存気象資料を用いる他は、ウ) と同様である。
なおそれぞれの値は、平年値や累年平均値を用いることとする。

③ 吹雪時の主風向

当該箇所に与える吹雪の程度や影響度合い、対策施設の選定要件として、現地の吹雪時の主風向を気象観測などから把握しておく必要がある。主風向は道路との角度の点で重要である。一般に主風向が道路に直交すると、道路横断方向の飛雪量が増大するため吹きだまりや視程障害を生じやすくなる。主風向を判断するためには、次の方法が基本となる。

ア) 路線周辺の気象資料

イ) 現地における定点気象観測結果

ウ) 雪況調査による風紋や吹きだまり形状調査結果

ただし北海道内では、地域や地形条件によって道路左右両側からの風向で、吹雪が発生する路線があることが知られている。この場合の危険度評価の考え方は（P.1-3-22）を参照のこと。

④ 最深積雪、降雪量

機械除雪力の高まった昨今では、吹きだまり防止より視程障害緩和が主たる防雪目的となってきた。路側の雪堤は最深積雪の多少に関係し、降雪量の多い地域では地吹雪でなく風雪による視程障害も深刻である。吹雪量や風向風速ほど局地性は大きくないが、必要に応じて現地での実測を行っておくことが望ましい。最深積雪は、最大積雪深等深線図や、現地における定点気象観測結果をもとに判断できる。山岳地等においては降積雪現象に局地性があるため、その場合は現地における定点気象観測結果等のデータを用いることが望ましい。

現地での降雪量としては、既存気象資料の降雪量（気象台では降雪の深さという）、道路テレメータや定点気象観測結果の積雪深を用いる。このとき気象台の現行の観測手法である、毎正時の積雪深差を集計する

方法を基準とするが（平成16年までは雪尺を用いて計測した1日3回の降雪量を合計）、既に降雪量として取りまとめられている資料を用いる場合、現行手法と旧手法のどちらによる降雪量かを明らかにした上で、それぞれの基準値（図1-3-8）を適用することとする。例えば、第1編資料編資料2「気象雪氷調査で用いる資料」に添付されている累計降雪深は旧来の方法によるものであるから留意する必要がある。なお現在の手法への切り替えに伴い、気象庁の平年値も変更されており、ほとんどの気象官署で旧来の平年値に比較して新しい平年値のほうが、降雪量が多くなっている⁵⁾。

視程障害要因の評価に際しては、直接的に視程障害要因になり得る降雪量を優先的に使用し、最深積雪は降雪深が得られない場合に用いるものとする。統計は、平年値（累年平均値）を用いることとする。

なお、吹きだまり障害の評価に際しては、最深積雪の30年確率値を用いることとする。

(B) 周辺環境

① 風上側平坦地

平坦地で一様な雪原の場合、その雪原の長さが長いほど飛雪輸送量が増加するため、地吹雪の発生可能性が大きくなる。一様な雪原では平坦地の長さが350～500mで吹雪が飽和に達するといわれており⁶⁾、日本の湿潤気候や安全面を考慮して、発達した地吹雪の発生条件としては、風上側平坦地の長さを300m⁷⁾としていることが多い。この風上側平坦地の距離は、現地踏査や地形図、航空写真によって判断できる。

② 地形の急変箇所

切盛境や山地部の沢筋など周辺の地形が複雑に変化する箇所では、局所的な気流の流れに伴う視程障害が生じることがある。このような場所は吹きだまりも生じる場合があるが、局所的な視程障害による走行環境悪化の影響の方が強く、視程障害の危険要因として扱う。なお、道路構造上の切盛境は広義には地形の急変箇所に該当するため、道路構造ではなく周辺環境における地形の急変箇所に含めて扱うことができる。現地踏査が基本となるが、机上で判断する場合、周辺地形だけでなく道路構造にも注意する。

③ 路線周辺の植生状況や家屋の有無（吹きだまりに対する安全要因）

風上側で家屋が連続する区間や、ある程度の規模の樹林帯がある区間では、吹雪を遮る効果があるため、この有無を吹きだまり防止の観点からの評価基準とすることができます。対象範囲の目安としては道路からの距離が横断方向に概ね50mの範囲とし、樹林帯や家屋の連続は吹きだまり防止機能の有無を現況から判断する必要がある⁷⁾。吹雪危険度の算定では、連続している家屋や樹林の、道路横断方向の幅を10m以上、30m以上で評価する。また視程障害要因に関しては、道路方向に連続していなくても断続的に存在していれば視線誘導効果が期待できることから評点を付す。風上側平坦地と同様に、現地踏査や航空写真によって判断できるが、樹林帯については飛雪が林内を通過しない程度の密度や幅を有しているかに注意する必要がある。

④ 路側付近の植生（視程障害に対する安全要因）

路側にある樹木が十分な吹きだまり防止機能を持たない密度であっても、ある程度連続的に路側に沿っている場合は、ドライバーの視的目標物として道路視認性の確保に役立つ。特に、視野に占める面積が大きく黒っぽく見える樹木などは、日中の吹雪時であっても比較的遠くからでも視認できることがある⁶⁾。同じく、現地踏査や航空写真によって判断するが、吹きだまりに対する安全要因としての評価ほど密度や幅を必要としない。

(C) 道路構造

① 盛土

盛土高が高くなると斜面を上昇する風が増幅されて飛雪を吹き上げる。法面勾配が急であると、この飛雪がドライバーの目線高さに吹き込み視界不良を生じやすくなる。また、盛土上は風が強いことや視的目標物が少ないため視程障害を生じやすい。そのため、盛土の法面勾配が大きいほど、吹雪による視程障害の危険性が高い。その一方、十分な盛土高が確保されていれば吹きだまりを生じにくくなる。したがって、視程障害要因では危険要因に扱っているが、吹きだまり要因としては安全要因として評価される。

② 切土

切土の場合、法面勾配が急で路側に十分な堆積スペースが確保されない場合、道路内に吹きだまりを生じやすくなる。防雪切土の考え方から、法面勾配が概ね1:3.0よりも急な場合は危険と考えることができる。

③ 路側の堆雪スペース

吹雪による視程障害の観点から、路側雪堤の形成のしやすさを評価しておく必要がある。路側に十分な堆雪スペースが確保されない場合、道路雪堤を形成するようになり視程障害を生じるようになる。

④ カーブ区間

カーブ区間では道路線形の視認性が重要であり、吹雪による視程障害下で事故のリスクは高い。そのため、視程障害に関する危険要因とした。

⑤ トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部

トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部などの地形の変化点では、交通上の要所であることに加えて、複雑な気流により視界不良を起こしやすいことから、視程障害に関する危険要因とした。なお、トンネルそのものや橋梁部、高架部では地吹雪による飛雪の影響を受けないので、吹雪や吹きだまりによる障害はほとんど発生しない。

⑥ 中央分離帯

中央分離帯は、事故対策として位置付けられていることから、視程障害要因における安全要因の一つとして扱う。

⑦ 道路照明

道路照明施設が整備される場合、道路線形の視認性は向上する。

(3) 吹雪危険度の算定

(A) 吹雪危険度の評価区間

吹雪危険度の算定を行う際の路線の区間分けは、基礎資料として吹雪危険ポテンシャルを把握するものであるという考え方方に立脚するためある程度粗い区間設定で良い。以下の点に留意して評価区間の抽出、あるいは区間分けを行う。

①評価区間を分ける必要のある場合

- 1) 吹きだまり量や吹雪頻度等の気象条件の評点ランクが変わる場合
 - 2) 履歴に関して、通行止や視程障害による交通事故の分布、維持管理上の障害状況に相違が見られる場合
- ②評価区間を同一にする必要のある場合
- 1) 市街地や集落等がまとまって存在する場合
 - 2) 大部分が同じような平坦地長さ、家屋・樹林状況で占められている場合

風上側平坦地の長さ、家屋・樹林状況といった周辺環境要因に関して、同一評点になるような状態（例：平坦地の長さ300m以上など）が、ある区間で全て、あるいは大部分を占めている場合は同一区間として抽出する。
 - 3) 大部分が同じような盛土・切土の構造で占められている場合

盛土・切土構造といった道路構造要因に関して、同一評点になるような状態（例：切土のり面勾配1:3.0未満など）が、ある区間で全て、あるいは大部分を占めている場合は同一区間として抽出する。
 - 4) 大部分がカーブ区間である、または橋梁が断続的に連なっている場合

(B) 吹雪危険度の算定

吹雪危険度の算定にあたっては、図1-3-7の危険度評価フローを用いる³⁾。

吹雪危険度の算定において、吹雪危険度の誘因から安全要因を差し引いた値が正の値であれば、拡大要因を加味しないことにしており。これは、主要因が安全要因によって十分に解決されている状況では、拡大要因が作用しなくなるためである。例えば、周辺の吹雪量がある程度大きい場合でも、十分にカバーできる林帯が風上側にあれば、平坦地や切土勾配などの影響を考慮しなくとも良いことを意味している。

さらに、供用中の路線の場合にはこの総合評点（Pf）に履歴を加味する必要がある。履歴とは、吹雪障害による通行止めや視界不良事故、維持管理上の障害の実態を示す。維持管理上の障害とは、通行規制まで至らないものの、吹雪や吹きだまりによって除雪作業などの維持管理に困難をきたしている履歴をさす。

なお表中の評点にかかる重み係数と吹雪の危険性に関する判定基準は暫定的に決めたものである。

(C) 吹雪危険度算定に際しての留意点

吹雪危険度評価は、吹雪対策施設の必要性や必要な区間を抽出するために行なわれるものであり、通常一つの吹雪時の主風向を想定して図1-3-7により算定される。ただし、地域や路線によっては道路の両側（L側・R側）から飛雪が吹き込み、吹雪障害が発生する区間がある。そのような区間で最終的に対策必要区間を決定するに際しては、風向（L側・R側）毎に吹雪危険度を評価することができる。

両側の危険度評価を行う場合、吹雪危険度の評価要因のうち周辺環境や道路構造、気象条件のうち主風向はそれぞれの風向に応じた要因を抽出するが、気象条件のうち吹きだまり量と吹雪頻度については全風向の値で評価する。なおこの方法で算出した道路両側の吹雪危険度は、道路両側それぞれの吹きだまり量や吹雪頻度に分けて評価していないため、図1-3-7の危険度評価フローにある吹雪危険度の判定基準を適用せずに、同じ区間の両側同士の比較など、相対評価の材料として活用することに留意する必要がある。一方、区間毎の吹雪危険度を比較する場合において、両側の危険度を算定している区間の場合は、両側の危険度のうち、評点の高い方を用いることを標準とする。

1. 要因

【吹きだまり要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹きだまり量 ※30年確率値	2.0m ³ /m以上	3
	3.0m ³ /m以上	6
	4.0m ³ /m以上	9
主風向と道路の角度	30°未満	1
	30°～60°	2
	60°以上	3
最深積雪深 ※30年確率値	5.0cm以上	2
	10.0cm以上	4
	15.0cm以上	6
	合計 (D 1)	

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
風上側平坦地の長さ	平坦地あり	3
	100m以上	6
	300m以上	9
切土法面勾配	1 : 3.0未満	3
	合計 (D 2)	

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	幅10m以上	4
	幅30m以上	6
盛土高さ	最深積雪×1.3以上	3
	あり	3
	合計 (S 1)	

D 1-S 1

D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1

P f b

【視程障害要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹雪頻度 ※平年値	2.0日/年以上	3
	3.0日/年以上	6
	4.0日/年以上	9
降雪量 (最深積雪) ※平年値	200cm未満*	3
	300cm未満 (80cm未満)	
	200cm以上*	6
旧手法による 降雪量の場合	300cm以上	
	400cm以上 (140cm以上)	9
	合計 (D 1)	

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
地形の急変箇所 (切盛境、沢筋など)	小規模または部分的	2
	大規模または連続的	3
盛土法面勾配	1 : 2.0未満	3
	あり	1
	200m未満	2
カーブ区間 (曲率半径)	100m未満	3
	あり	1
	トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部	3
	合計 (D 2)	

D 1-S 1

D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1

P f v

P f

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	断続的にあり	2
	幅10m以上	4
	幅30m以上	6
中央分離帯	あり	3
道路照明	あり	3
	合計 (S 1)	

2. 履歴

項目	基準値	評点
吹雪による通行規制回数	1回／数年	3
	1回程度／年	9
	数回／年	15
視界不良事故など事故件数	1件／数年	2
	1件程度／年	6
	数件／年	10
維持管理上の障害状況	1回／数年	1
	1回程度／年	3
	数回／年	5
	合計 (C 1)	

P

3. 判定

ランク	総合評点 (要因のみの場合)	判定
A	4.4以上 (3.5以上)	吹雪による障害の危険性が極めて高い
B	2.1～4.3 (1.5～3.4)	吹雪による障害の危険性がある
C	1.1～2.0 (1～1.4)	吹雪による障害に対して注意を要する
D	0以下 (0以下)	吹雪対策の必要なし

図1-3-7 吹雪危険度の評価フロー

3-3-3 吹雪対策必要区間の選定

吹雪危険度算定結果をベースに、基本調査における現地踏査や雪況調査、移動気象観測等の結果をもとに実際の現地吹雪障害状況を把握し、さらに対象路線の吹雪障害に対する潜在的な強さ・弱さを詳細に評価した上で、最終的な吹雪対策必要区間として抽出する。

対策施設の基本設計を行う段階までには吹雪対策必要区間を抽出する必要がある。現地踏査、雪況調査のほか、必要に応じて移動気象観測等を行い現地吹雪障害状況を把握した上で、その規模の大きいと判断される区間や箇所を吹雪対策必要区間として抽出するものである。地形的要因により局所的に吹雪障害が発生する区間も対策必要区間として抽出することに留意する必要がある。

ただし、現地調査だけでは吹雪障害状況を見逃す可能性も否定できないため、それを補完するために以下に示す参考条件を勘案するなどして、最終的な吹雪対策区間を抽出する必要がある。

①気象条件

- 1) 現地調査結果から得られた、吹雪時の卓越風向（出現頻度）や風向別吹雪量の検討結果から、道路のL側・R側（上り車線・下り車線）の両方で吹雪危険度が高いと判断された場合は、両車線を対策必要区間として抽出する。

②周辺環境

- 1) 道路風上側の沿線条件として、建物や樹林が疎で且つ風上側の平坦地が300m程度以上あるなど、発達した地吹雪が道路に到達するような区間・箇所は検討を要する。
- 2) 逆に、風上側に建物や樹林が連続して存在している場合には、吹雪が発達したとしても、その領域で緩和されるため対策は不要である。

③道路構造

- 1) 風上側が小さな切土となっており、吹雪時に大規模な吹きだまりが本線上に形成される、またはドライバー目線に飛雪が入り込み視程障害が引き起こされる区間・箇所は検討を要する。
- 2) 低い盛土構造の区間は、除雪による堆雪により雪堤が出来やすい。そのため吹きだまりが形成されやすく、またドライバーの視線に飛雪が入り込み視程障害が発生しやすいため、検討を要する。
- 3) 同様に、防護柵が施工されており雪堤が出来やすい区間・箇所は検討を要する。

④履歴

- 1) 吹きだまりや視程障害の規模や発生頻度が道路交通に与える影響が大きい区間・箇所（除雪業者等への聞き取り調査による。写真等状況証拠があることが望ましい）は検討を要する。

トピックス：吹雪危険度の算定例その1

算定箇所の概要	ほぼ平坦な平地内に位置し、道路構造は低い盛土の2車線道路である。周辺の土地利用は主として牧草地であり、周囲に開けた地形となっている。また、当該区間の道路走向は北東—南西で直線区間である。交通量は比較的少なく、視界不良事故の発生はないものの、吹雪による通行止めはほぼ毎年発生している。		
<u>盛 土 部</u>			
要因種別	要因	評価	
気象条件	吹きだまり量	30~40m ³ /m	全道吹きだまり量分布図（30年確率値）からの読み取り値から。
	吹雪頻度	20日未満	視程200m未満となる日数は、視程障害頻度分布図から読み取り。
	主風向と道路の角度	30~60度	○○アメダスでの冬期の主風向は西であり、道路走向（北東—南西）から、主風向の角度はほぼ45度となる。
	最深積雪	150cm以上	30年確率最大積雪等深線図から路線上の最深積雪は160cm前後と読み取れる。
	降雪量	200cm以上	北海道の累計降雪深分布図から路線付近の降雪量は250~300cm。
周辺環境	風上側樹木、家屋	該当なし	周囲には牧草地が広がり、樹林帯や家屋が乏しい。
	風上側平坦地の長さ	300m以上	風上側の平坦地（牧草地）は300m以上にわたって広がる。
	地形の急変箇所	該当なし	平坦地のため複雑地形ではない。
道路構造	盛土高さ	最深積雪 ×1.3以下	盛土高さは概ね1mであり、○○アメダスの平年の最深積雪120cm×1.3=1.6mより低い。
	盛土の法面勾配	1 : 2未満	当該区間の定規図から盛土勾配は1:1.5。
	切土法面勾配	—	切土区間ではない。
	曲率半径	—	直線区間である。
	路側の堆雪スペース	あり	現地の冬期の状況から道路雪堤は低く維持され、路側の堆雪スペースは十分に確保されている。
	中央分離帯	なし	中央分離帯は設けられていない。
	道路照明	なし	道路照明は設けられていない。
履歴	吹雪による通行規制	1回/年	維持管理記録から、吹雪による通行止めは10年間に8回発生している。
	視界不良事故件数	なし	当該区間において視界不良による人身事故は発生していない。
	維持管理上の障害	数回/年	除雪業者への聞き取り調査の結果、吹雪による吹きだまりや視程障害によって、毎年数回は除雪作業に苦慮している。
吹雪危険度の評価結果		総合評点=37点 吹雪による障害の危険性がある (図1-3-8)	

1. 要因

【吹きだまり要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

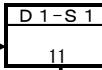
項目	基準値	評点
吹きだまり量 ※30年確率値	2.0m ³ /m以上	3
	3.0m ³ /m以上	6
	4.0m ³ /m以上	9
主風向と道路の角度	30°未満	1
	30~60°	2
	60°以上	3
最深積雪深 ※30年確率値	5.0cm以上	2
	10.0cm以上	4
	15.0cm以上	6
合計 (D 1)		14

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
風上側平坦地の長さ	平坦地あり	3
	100m以上	6
	300m以上	9
切土法面勾配	1 : 3.0未満	3
合計 (D 2)		9

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	幅10m以上	4
	幅30m以上	6
盛土高さ	最深積雪×1.3以上	3
	あり	3
合計 (S 1)		3



D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1



【視程障害要因】

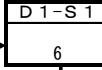
●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹雪頻度 ※平年値	2.0日/年以上	3
	3.0日/年以上	6
	4.0日/年以上	9
降雪量 (最深積雪) ※平年値	200cm未満*	3
	300cm未満 (80cm未満)	6
	200cm以上*	9
*旧手法による 降雪量の場合	300cm以上	6
	400cm以上	9
	140cm以上	6
合計 (D 1)		6

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
地形の急変箇所 (切盛境、沢筋など)	小規模または部分的	2
	大規模または連続的	3
盛土法面勾配	1 : 2.0未満	3
	1 : 2.0以上	1
カーブ区間 (曲率半径)	200m未満	2
	100m未満	3
トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部	あり	3
	なし	0
合計 (D 2)		3



D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1



○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	断続的にあり	2
	幅10m以上	4
中央分離帯 道路照明	幅30m以上	6
	あり	3
道路照明	あり	3
	なし	0
合計 (S 1)		0



2. 履歴

項目	基準値	評点
吹雪による通行規制回数	1回/数年	3
	1回程度/年	9
	数回/年	15
視界不良事故など事故件数	1件/数年	2
	1件程度/年	6
	数件/年	10
維持管理上の障害状況	1回/数年	1
	1回程度/年	3
	数回/年	5
合計 (C 1)		8



3. 判定

ランク	総合評点 (要因のみの場合)	判定
A	4.4以上 (3.5以上)	吹雪による障害の危険性が極めて高い
B	2.1~4.3 (1.5~3.4)	吹雪による障害の危険性がある
C	1~2.0 (1~1.4)	吹雪による障害に対して注意を要する
D	0以下 (0以下)	吹雪対策の必要なし

図1-3-8 吹雪危険度の計算例(1)

トピックス：吹雪危険度の算定例その2

算定箇所 の概要	片側2車線の4車線道路である。道路構造は低い盛土で、緩やかにカーブしている。路線の周辺は田畠が中心となっている他、民家が点在している。 都市近郊のため交通量は多く、郊外を結ぶ主要な幹線道路となっている。吹雪時の視界不良事故の発生が多く、過去に数回規模の大きい多重衝突事故が発生している。		
要因種別	要因	評価	
気象条件	吹きだまり量	30~40m ³ /m	全道吹きだまり量分布図（30年確率値）からの読み取り値から。また、近傍の防雪柵の吹きだまり量調査結果は約32m ³ /mであった。
	吹雪頻度	40日以上	現地における定点気象観測の結果から、視程200m未満となる日数はひと冬に48日であった。
	主風向と道路の角度	60度以上	路線は緩やかにカーブしているものの、道路走向は概ね北東-南西であり、現地の観測結果による主風向（西北西）とほぼ直交する。
	最深積雪	150cm以上	近傍の気象観測資料を統計すると、30年確率最大積雪等深は約162cmであった。
	降雪量	300cm以上	現地観測及び統計解析の結果、降雪量は10年平均で332cmである。
周辺環境	風上側樹木、家屋	該当なし	周囲に民家や樹木が点在するものの、連担せざ吹雪を遮るほどではない。
	風上側平坦地の長さ	300m以上	風上側の平坦地は300m以上にわたって広がる。
	地形の急変箇所	該当なし	平坦地のため複雑地形ではない。
道路構造	盛土高さ	最深積雪×1.3以下	盛土高さは2mであり、近傍観測資料の10年間の平均最深積雪110cm×1.3=1.4mを越える。
	盛土の法面勾配	1:2未満	当該区間の定規図から盛土勾配は1:1.5。
	切土法面勾配	—	切土区間ではない。
	曲率半径	カーブあり	カーブ区間であり、曲率半径は200m以上である。
	路側の堆雪スペース	あり	現地踏査の結果、道路雪堤は低く維持されていることから、路側の堆雪スペースは十分に確保されていると判断できる。
	中央分離帯	あり	中央分離帯が設けられている。
	道路照明	なし	道路照明は設けられていない。
	立体交差、橋梁	なし	単路部であり、立体交差や橋梁はない。
履歴	吹雪による通行規制	なし	都市近郊の幹線道路でもあり、吹雪による通行規制が行われたことがない。
	視界不良事故件数	1件/年程度	事故統計原票によると、当該区間では吹雪時の視界不良事故が毎年1件程度発生している。
	維持管理上の障害	数回/年	毎年数回は吹雪による激しい視界不良のため維持管理に苦慮している。
吹雪危険度の評価結果		総合評点=48点 吹雪による障害の危険性が極めて高い (図1-3-9)	

1. 要因

【吹きだまり要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹きだまり量 ※30年確率値	2.0 m ³ /m以上	3
	3.0 m ³ /m以上	6
	4.0 m ³ /m以上	9
主風向と道路の角度	30°未満	1
	30°～60°	2
	60°以上	3
最深積雪深 ※30年確率値	5.0 cm以上	2
	10.0 cm以上	4
	15.0 cm以上	6
合計 (D 1)		15

○安全要因

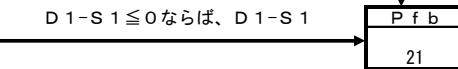
項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	幅10m以上	4
	幅30m以上	6
盛土高さ	最深積雪×1.3以上	3
	あり	3
合計 (S 1)		3

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
風上側平坦地の長さ	平坦地あり	3
	100m以上	6
	300m以上	9
切土法面勾配	1:3.0未満	3
合計 (D 2)		9

D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1



【視程障害要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

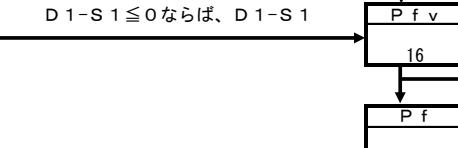
項目	基準値	評点
吹雪頻度 ※平年値	20日/年以上	3
	30日/年以上	6
	40日/年以上	9
降雪量 (最深積雪) ※平年値	200cm未満*	3
	300cm未満 (80cm未満)	6
	200cm以上*	9
*旧手法による 降雪量の場合	300cm以上 (80cm以上)	6
	300cm以上*	9
	400cm以上 (140cm以上)	6
合計 (D 1)		15

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
地形の急変箇所 (切盛境、沢筋など)	小規模または部分的	2
	大規模または連續的	3
盛土法面勾配	1:2.0未満	3
	あり	1
カーブ区間 (曲率半径)	200m未満	2
	100m未満	3
トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部	あり	3
	なし	0
合計 (D 2)		4

D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1

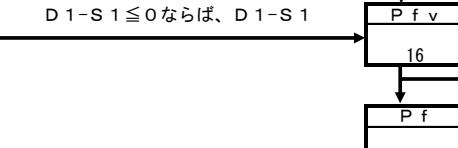


2. 履歴

項目	基準値	評点
断続的にあり	2	
	4	
	6	0
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	幅10m以上	4
	幅30m以上	6
	あり	3
中央分離帯 道路照明	あり	3
	あり	0
合計 (S 1)		3

D 1-S 1 > 0 ならば、(D 1-S 1) + D 2

D 1-S 1 ≤ 0 ならば、D 1-S 1



3. 判定

ランク	総合評点 (要因のみの場合)	判定
A	4.4以上 (3.5以上)	吹雪による障害の危険性が極めて高い
B	2.1～4.3 (1.5～3.4)	吹雪による障害の危険性がある
C	1～2.0 (1～1.4)	吹雪による障害に対して注意を要する
D	0以下 (0以下)	吹雪対策の必要なし

図1-3-9 吹雪危険度の計算例(2)

3-4 吹雪対策施設の適用条件

3-4-1 吹雪対策施設の選定

吹雪対策施設の選定にあたっては、対策区間の防雪目的、気象条件、道路構造、用地などの制約条件などから、表1-3-8に示す選定表を基本とするが、表1-3-9の吹雪対策施設の適用条件表および詳細な現地状況に応じて最終的に決定する。

表1-3-8は対象とする区間の対策主目的、気象条件、道路構造、用地などの諸条件などから整理したものである。現地の状況によっては必ずしも一概に決定できるとは限らない。実際の吹雪対策施設の選定にあたっては、表1-3-8に加えて表1-3-9と、第2編及び第3編を参考にする必要がある。

(1) 対策選定要因

(横断形状)

切土や盛土といった道路構造の違いによって、吹雪障害を引き起こす吹雪の挙動に違いがみられるため、対応する吹雪対策施設も必然的に異なる。また道路構造上、適さない対策施設が存在する。

(防雪目的)

吹雪危険度評価によって吹雪障害要因が構造化され、吹雪対策の主目的が「吹きだまり」「視程障害」「吹きだまり及び視程障害」に分けられる。その目的毎に吹雪対策施設が異なる。

(主風向)

道路に対して直交あるいは直交に近い風向で入射する場合、吹雪障害の度合は大きくなるものの、道路防雪林や防雪柵の防雪効果は確認されている。一方斜風になると、道路防雪林の効果はみられるものの、防雪柵の防雪効果は小さくなる。

(用地確保)

ここでの用地条件とは、概ね、道路防雪林（標準林）の用地や道路構造の対策の法面長が確保される用地を想定している。

(車線数)

車線数が増え幅員が広くなると、風下側車線で吹き払い柵の吹き払い効果が発現しない等、防雪効果に問題が生じる。吹雪対策施設の特徴を理解した上で、車線数の他、車道幅員、路肩幅員、中央帯の有無を考慮する必要がある。

(2) 吹雪対策施設の組み合わせ

① 適切な組み合わせ

1) 防雪切土・防雪盛土と道路防雪林・防雪柵

防雪切土または防雪盛土区間において十分な防雪効果が発現していない場合は、それを補完するために防雪切土や防雪盛土の風上側に道路防雪林や防雪柵を設置することが望ましい。なお、防雪切土と吹き払い柵はお互いの機能を相殺することから不適切な組合せとなる（防雪盛土の路肩に設置する場合はその限りではない）。

2) 道路防雪林と防雪柵

苗木で植栽した道路防雪林が一定の効果を発現するまでの間の防雪効果を機能させるために、道路防雪林風上側に併用防雪柵を設置する（詳細は第2編第4章4「併用防雪施設」を参照のこと）ことができる。

②不適切な組み合わせ

1) 緩勾配盛土と防雪林・防雪柵

緩勾配盛土の防雪機構は、路線上の気流の剥離を少なくして吹き払い効果を持たせ、さらに防護柵を設置せずに路側雪堤を取り除くことにより、視程障害緩和を期待するものである。従って、風上側に風を弱める対策施設を施すことは矛盾していると言える。ただし、除雪体制の問題や想定以上の吹雪量が確認されるなどして防雪盛土の効果が発現しにくい場合にはその限りでない。また、盛土斜面に防雪林を施工する場合に、その植栽条件を向上させるために盛土勾配を緩く構築することは許容される。

2) 防雪切土と吹き払い柵

もともと気流が弱められている切土内の道路路肩に設置しても吹き払い効果はみられない。もし吹き払われても、道路上に吹きだまりが形成されると考えられる。防雪切土法肩に設置すれば、吹き払われた飛雪粒子は道路本線上に入り込みやすくなり、防雪切土の意味をなさない。

3) 吹き払い柵と視線誘導施設

吹き払い柵は、適切な維持管理作業により下部間隙を確保すれば、十分な視程障害防止効果を有するものである。また道路路側に位置し視線誘導機能も有することから、視線誘導柱や視線誘導標等の視線誘導施設は過剰な施設配置と言える。特に路肩に施工する視線誘導標は、除雪の妨げになり、逆に吹き払い柵の効果を低減させる可能性がある。なお、吹き払い柵と反対側の車線における視線誘導施設はその限りではない。

表1-3-8 吹雪対策施設の選定表

選定条件					主要対策施設		道路構造		道路防雪林		防雪柵			視線誘導施設	大型構造物
横断形状	防雪目的	主風向	用地確保	車線数※2	緩勾配盛土	防雪盛土	防雪切土	標準林	狭帯林	吹きだめ柵	吹き止め柵	吹き払い柵※3			
盛土	吹きだまり対策	直交	可	多車線・片側1車線	○	○	—	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	×	◎	—	×	×	×	○	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	○	○	—	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	×	◎	—	×	×	×	○	×	△		
	吹きだまり対策&視程障害対策	直交	可	多車線・片側1車線	○	○	—	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	×	○	—	×	×	×	◎	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	○	○	—	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	×	○	—	×	×	×	◎	×	△		
	視程障害対策	直交	可	多車線	○	○	—	○	◎	○	○	×	○	○	
			片側1車線	○	○	—	○	◎	○	○	○	○	○		
		銳角	多車線	×	○	—	×	◎	×	○	○	×	○		
			片側1車線	×	○	—	×	◎	×	○	○	○	○		
ほぼ平坦	吹きだまり対策	直交	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△		
	吹きだまり対策&視程障害対策	直交	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	—	○	—	×	×	×	◎	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	—	○	—	×	×	×	◎	×	△		
	視程障害対策	直交	可	多車線	—	○	—	○	◎	○	○	×	○	○	
			片側1車線	—	○	—	○	◎	○	○	○	○	○		
		銳角	多車線	—	○	—	×	◎	×	○	×	○	○		
			片側1車線	—	○	—	×	◎	×	○	○	○	○		
切土	吹きだまり対策	直交	可	多車線・片側1車線	—	—	○	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	×	×	×	◎	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	—	—	○	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	×	×	×	◎	×	△		
	吹きだまり対策&視程障害対策	直交	可	多車線・片側1車線	—	—	○	◎	×	○	○	×	△	○	
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	×	×	×	◎	×	△		
		銳角	可	多車線・片側1車線	—	—	○	◎	×	○	○	×	△		
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	◎	×	○	○	×	○		
	視程障害対策	直交	可	多車線・片側1車線	—	—	○	○	×	○	○	×	◎	○	
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	×	×	×	○	×	◎		
		銳角	可	多車線・片側1車線	—	—	○	○	×	○	○	×	◎		
			不可	多車線・片側1車線	—	—	×	◎	×	○	○	×	◎		

凡例 ◎：一般的に優先して選定される対策施設である。

○：選定可能な対策施設であるが、詳細な現場条件を勘案し、検討する必要がある。

×：一般的に選定してはならない対策施設である。

△：◎または○と併用可能な対策施設

—：一般的に選定不可能な対策施設である。

※1 本選定表は、標準的な対策施設選定の考え方を示すものである。

※2 車線数のほか、車道幅員や中央帯の有無などを考慮する必要がある。

※3 上記選定条件のほかに、下部間隙除雪などの維持管理が必須条件となる。

3-4-2 吹雪対策施設の適用条件

吹雪対策施設は路線の(1)防雪目的と対象、(2)気象条件、(3)道路構造・道路幅員、(4)用地条件、(5)環境配慮、(6)整備費及び維持管理費などを総合して選択する。

吹きだまりや視程障害を防止または緩和する吹雪対策施設について、その適用条件を整理する。表1-3-9は、路線の立地条件や構造上の条件、気象条件などによる適用範囲を吹雪対策施設ごとにまとめたものであり、表1-3-8で選定された吹雪対策施設を最終的に決定する際に用いることができる。

(1) 防雪目的と対象

吹雪対策施設の整備にあたっては、その防雪目的と対象を明確にしなくてはならない。例えば、吹雪対策を必要とする箇所の防雪目的が吹きだまり対策か、視程障害対策であるのか、さらにその対象区間が盛土区間であるのか、切土区間であるのかといったことである。

(2) 気象条件

吹雪量の大小による適否に大きな差は少ない（ただし、土工や用地が大きい防雪切土や緩勾配盛土は吹雪量の少ない箇所ではコスト面から現実的でない）。道路防雪林のうち狭帯林の吹きだまり防止機能はまだ不明な点が多く、吹雪量が大きい区間では十分に対応できない可能性が高い。

(3) 道路構造・道路幅員

防雪盛土や防雪切土はその対策工法の性格から道路構造が自ずと限定される。道路防雪林や防雪柵は種類によって適用できる地形条件や道路構造が異なるが、標準林や吹き止め柵は適用条件が比較的広い。

また一般に、吹き払い柵の場合、防雪効果の範囲が2車線程度しか及ばないため、4車線以上の多車線には適用できない。他の対策施設は多車線への対応が可能である。

(4) 用地条件

緩勾配盛土や防雪切土は広い道路用地を要する。防雪柵では柵の設置位置の関係から、吹きだめ柵>吹き止め柵>吹き払い柵の順に用地幅が必要となる。また、標準林では一般的な道路端（路肩）から最大約40mの用地が必要である。

(5) 整備費及び維持管理費

防雪切土や防雪盛土は土工費、防雪柵は基礎工事費、施設費が当初かかるが、用地取得費と勘案して優劣が決定される。道路防雪林の場合には、整備後の樹木育成に関わる維持管理費が大きなウエイトを占める。

(6) 環境配慮

環境配慮の点では走行環境、景観、沿道環境の3つを考慮する必要がある。走行環境の点では、防雪柵は道路近くに設置する吹き払い柵ほどドライバーの側方視界を損ねる恐れがあり、離れて設置される吹きだめ柵などでは用地外隣接地への吹きだまりが懸念される。

景観の点では防雪切土、防雪盛土、道路防雪林が優れる。道路構造による吹雪対策は、付帯施設を伴わないことが多く良好な景観が保持される。道路防雪林は沿道を緑化するため景観に良いとされているが、良好な眺望景観を有する区間では道路防雪林がなるべく眺望を損なわないように注意する。また、路側に設置される防雪柵（特に吹き払い柵）は、特に景観に配慮する必要のある区間では、視界に入りにくい収納式とすることが景観配慮の面から望ましい。

沿道環境では、吹きだめ柵や吹き止め柵では吹きだまり雪丘の影響がある一方、道路防雪林では日照の阻害や落葉樹による落ち葉の影響もある。

表1-3-9 吹雪対策施設の適用条件（道路構造、付帯施設による対策施設）

対策施設	防雪目的		気象条件		道路構造・道路幅員		用地条件	整備費及び維持管理費		環境配慮		その他、留意点など
	吹きだまり量	規制限界	吹きだまり量	主風向が道路にかかり易角	立地条件	多車線への対応	樹幹高さ	イニシャルコスト	ランニングコスト	走行環境	景観	沿道環境
防雪壁士	防雪切土	○	○	○	△	法面での安い成りが形に成されにくく、定した吹きだまり量※	高い盛土	×	斜面は傾斜が大きい盛土	切り土の圧迫感	○	1斜面長と法面勾配によって防雪容量が決まる林の併用を検討する
防雪壁士	防雪盛土	○	○	○	○	低い盛土	△	○	○	○	○	2防雪容量が不十分な場合、防雪壁や道路防雪林の併用を検討する
防雪壁士	緩勾配盛土	○	○	○	○	低い盛土	○	土工費	法面維持	○	○	3盛土が特に高いと、ドライバーの視的目標物が極端に少なくなる
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	○	深い切土	×	土工費	法面維持	○	○	4防護柵の設置が不要となり、雪堤を低く管理できる
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	○	深い切土	×	緩勾配の法況	土工費	○	○	5路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ないとされる
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	○	低い盛土	×	○	○	○	○	6防雪柵でも転落や転覆の恐れが少ない、
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	○	低い盛土	×	○	○	○	○	7路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
防雪壁士	吹き止め柵	○	△	○	○	低い盛土	△	○	○	○	○	8路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	△	深い切土	×	○	○	○	○	9路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
防雪壁士	吹き止め柵	○	○	○	○	高い盛土	○	○	○	○	○	10路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
樹幹林	樹幹林	○	○	○	○	低い盛土	○	○	○	○	○	11路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
道路防雪林	樹幹林	×	○	○	△	深い切土	×	○	○	○	○	12路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、
道路防雪林	樹幹林	×	○	○	△	深い切土	×	○	○	○	○	13路外逸脱しても転落や転覆の恐れが少ない、

※吹きだまり量 小：40m³/m表満 中：40~60m³/m 大：60m³/m以上

○：適する △：要検討 ×：適さない、不可

<トピックス：吹雪対策施設の選定例1>

(吹雪量の多い平坦地の片側1車線道路)

選定箇所の概要		
ほぼ平坦な平地内に位置し、道路構造は低い盛土の2車線道路である。周辺の土地利用は主として牧草地であり、周囲に開けた地形となっている。また、当該区間の道路走向は北東—南西で直線区間である。交通量は比較的少なく、視界不良事故の発生はないものの、吹雪による通行止めはほぼ毎年発生している。		
選定箇所の状況、条件		
検討事項		
道路構造	ほぼ平坦	高さ1.0mの盛土構造となっているが、積雪面や周辺地形を考慮するとほぼ平坦地と解釈できる。
吹雪対策の主目的	吹きだまり対策	選定区間の吹雪量は $40\text{m}^3/\text{m}$ を越え、吹雪による通行止めが多い。交通量があまり多くないことから、視界不良事故は少なく、吹きだまり対策が主な目的である。
用地の制約条件	用地の確保可	風上側は牧草地や未利用の原野であり、用地取得は可能である。また、用地取得に関わるコストも小さい。
車線数	片側1車線	中央分離帯はない。
主風向	道路に対して約45度程度	吹雪時の主風向は概ね西であり、道路に対してやや角度を持っている。
その他	積雪深	30年確率最大積雪深は約160cmに達する（現地の平年の積雪深は約110cm程度）。
選定結果	標準林 ※ 用地取得が困難となった場合には、防雪盛土・吹き止め柵が代案となる。 ※ 選定箇所の最深積雪が150cmを越え、平年でも100cm以上であり、吹き払い柵は適用できない。また、吹雪量も $40\text{m}^3/\text{m}$ 以上と多い。	

<トピックス：吹雪対策施設の選定例2>

(吹雪量が多く視程障害も懸念される高い盛土区間)

選定箇所の概要		
○○市郊外に計画される地域高規格道路である。吹雪量が多い上に、降雪を伴った吹雪による視程障害も懸念される。道路構造は片側2車線の高い盛土で計画されている。道路走向はほぼ南北であり、冬期の主風向とほぼ直交する。		
検討事項		
道路構造	盛土	高さ5m以上の高い盛土で設計されている。
吹雪対策の主目的	吹きだまり対策 視程障害対策	選定区間の吹雪量は30m³/mを越える。周囲の道路では吹雪による交通事故が多い。そのため、吹雪対策の主目的は吹きだまり対策および視程障害対策である。また、地域高規格道路として高いサービスレベルを確保する必要があり、吹きだまり対策と視程障害対策の両者に配慮する。
用地の制約条件	用地の確保困難	盛土の風上側は民地であり、確保可能な用地は盛土の土工幅程度に限られる。
車線数	片側2車線	片側2車線で設計され、中央分離帯を有する。
主風向	道路に対してほぼ直交	吹雪時の主風向は概ね西であり、道路に対してほぼ直交する。
その他	積雪深	降雪量は多く最深積雪は150cmを越える。
選定結果	吹き止め柵 視線誘導施設 ※ 高いサービスレベルが求められ、吹き止め柵に加えて視線誘導施設を設け、吹雪時の安全走行に留意する。 ※ 最深積雪、車線数などの点で吹き払い柵は適用できない。	

4. 設計条件調査

4-1 設計条件調査の位置付けと進め方

設計条件調査では、吹雪対策施設基本設計結果を受けて詳細設計を行うに際し、吹雪対策施設の設計条件、特に防雪柵に関してはN値、道路防雪林に関しては様々な土壤データを得るために実施するものである。

設計条件調査の流れを図1-3-10に示す。設計条件調査は、既に実施されている「吹雪対策施設基本設計」で設計された吹雪対策施設によって実施調査項目が異なる。道路防雪林の場合は原則として生育基盤調査を実施する。防雪柵の場合、対象路線周辺の関連資料を収集し、その資料から詳細設計に必要なN値が得られないと判断された場合には、地盤調査を実施する必要がある。

なお、設計条件調査は道路建設前に実施されるが、吹雪対策施設の施工位置が盛土等の土工部の場合、土工完了後に設計条件調査を実施した上で、吹雪対策施設の詳細設計を実施する必要がある。

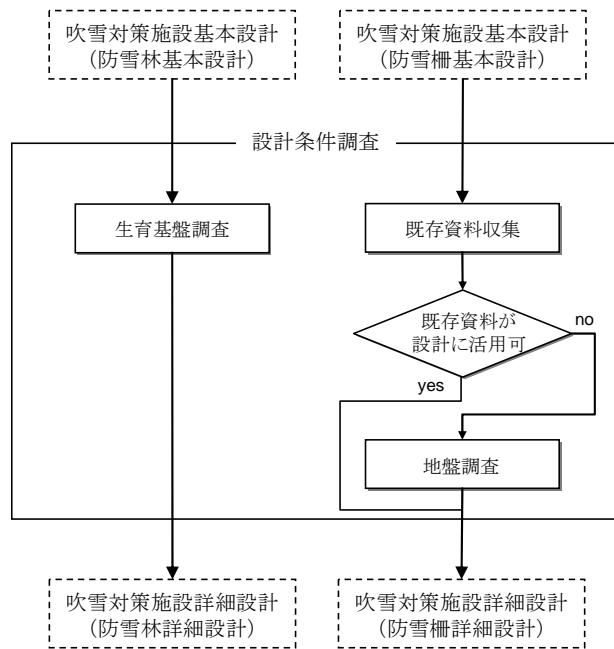


図1-3-10 設計条件調査のフロー

4-2 設計条件調査内容

設計条件調査は、関連資料収集、地盤調査、生育基盤調査からなる。地盤調査と生育基盤調査については現地の状況や、新規道路の場合は道路工事状況に応じて必要な調査項目を精査した上で調査を行うものである。

(1) 既存資料収集

道路本体工事や橋梁工事に伴い地盤調査が実施されている場合があるため、道路事業者に照会することで関連資料を収集し、防雪柵の詳細設計に活用することができるかを判断する。

(2) 地盤調査

地盤調査とは、防雪柵の基礎の詳細設計・施工に必要な情報（N値、必要に応じて粘着力c）を得るために行う調査で、標準貫入試験やスウェーデン式サウンディング試験等の現位置におけるサウンディング調査や、サンプリングした試料をもとに室内試験を行う。

各調査方法の詳細については（社）地盤工学会発行の「地盤調査の方法と解説」及び「土質試験の方法と解説」、その他関連JIS等を参照されたい⁸⁾。

(3) 生育基盤調査

生育基盤調査とは、道路防雪林の基本設計において概略的に実施した生育基盤検討結果をもとに最適な生育基盤を設計するための調査であり、簡易pH試験と土壤断面調査、土壤硬度試験、簡易透水性試験、試料分析を行うものである。通常は簡易pH試験と土壤断面調査を優先的に行い、土壤断面調査の結果から必要に応じて土壤硬度試験、簡易透水性試験、試料分析を実施する。

具体的な調査方法に関しては、第1編資料編資料5「4生育基盤調査」を参照されたい。

5. 追跡調査

5-1 追跡調査の位置付けと進め方

追跡調査では、新規道路においては吹雪対策施設が施工及び供用開始後、既存道路においては吹雪対策施設が施工された後、道路防雪林や防雪柵の点検・観察を行うとともに、必要に応じて吹雪対策施設が防雪効果を把握しているか調査するものである。

追跡調査では、主に吹雪対策施設の損傷状況及び生育不良状況について点検・観察を行う調査と、防雪効果検証調査に分けられ、それぞれ独立して実施される。前者についてはその詳細が、防雪柵に関しては第3編第7章「防雪柵の維持管理」に、道路防雪林に関しては第2編第7章「道路防雪林の育成管理」に記載されているので参照されたい。後者の防雪効果検証調査に関しては次頁を参照されたい。

追跡調査の流れを図1-3-11に示す。各種点検の結果、重大な損傷や著しい生育不良が確認された場合、また防雪効果検証調査に関しては問題が確認された場合に、それぞれ防雪柵の維持管理・改修や防雪林育成管理で対応することとする。

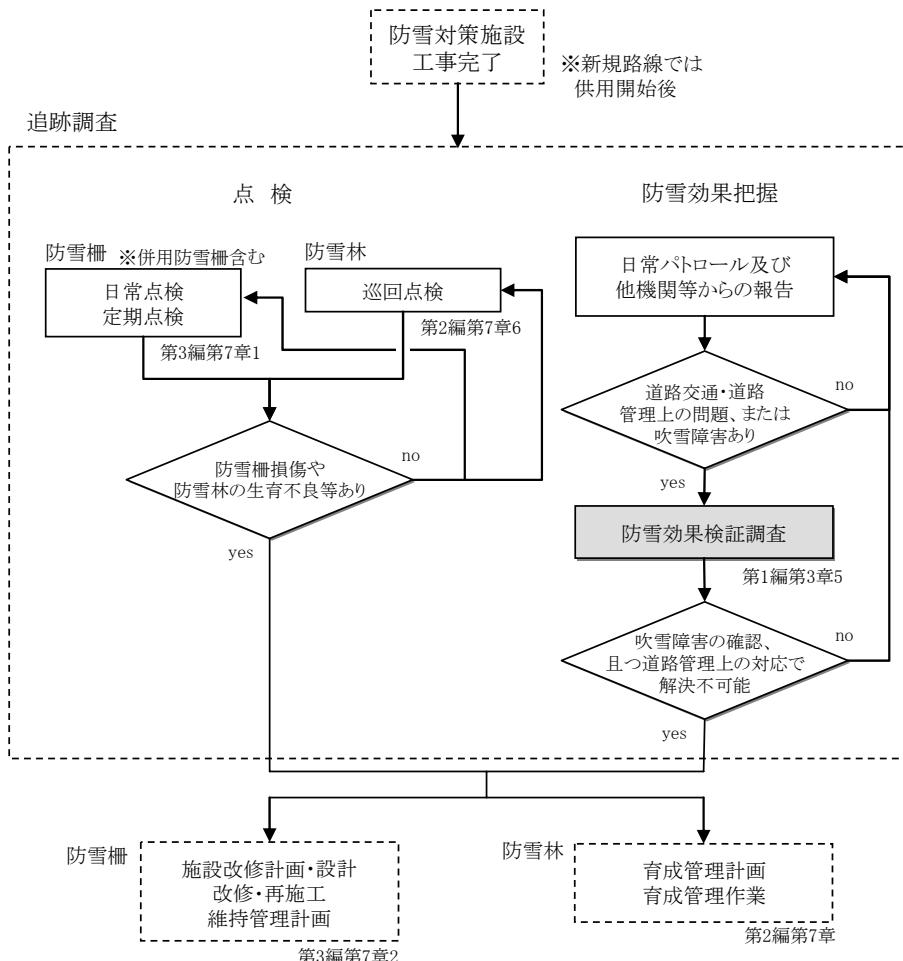


図1-3-11 追跡調査のフロー

5-2 防雪効果検証調査

防雪効果検証調査は、供用後の吹雪対策施設の効果検証と防雪上の問題点の抽出を行う調査で、その結果は吹雪対策施設の改修計画や維持管理に反映される。

吹雪対策は万全であることが望まれるが、供用後に当初想定し得ない事由により、吹雪対策施設の修正が必要になったり、維持管理上の問題が生じる場合がある。また、交通状況や道路環境の変化によっても、吹雪対策施設のレベルアップが要求され施設の改修や増設が必要になることもある。

防雪効果検証調査では、通常実施する道路パトロールのほか、他機関等からの報告により吹雪によると思われる道路交通上あるいは道路管理上の問題、吹雪障害が確認された場合に、防雪効果検証調査を実施する。その結果実際に吹雪障害が確認され、それが道路管理による対応で解決不可能な場合は改修の必要性及び方法について検討する（図1-3-11）。

なお吹雪障害が確認された場合はその要因を把握する必要があり、例えば既存林の伐採や風上側地形の改変など、周辺環境の変化に注意することが重要である。

吹雪対策の効果を把握することは、当該箇所のみならず今後の吹雪対策計画策定全般にとって重要である。したがって、必要に応じて供用後に表1-3-13に示すような調査を実施することにより、防雪効果を定量的に把握し記録に残すことが望ましい。なお防雪効果検証調査は、防雪柵の試験施工箇所においては必須の調査項目である。

表1-3-13 供用後の吹雪対策施設の効果検証に関する調査方法

調査方法	調査内容	長所	短所
雪況調査	<ul style="list-style-type: none"> 吹雪時に現地を徒歩または車両で踏査し、吹きだまりや視程障害状況を目視観察するとともに、ビデオや写真撮影を行う（調査方法は、第1編第3章3「3-2 基本調査・解析」を参照）。 吹雪時に、吹雪対策施設区間内と区間外において吹雪調査（風速分布・吹雪量・視程等）を行い比較する（観測方法は、第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照）。 	<ul style="list-style-type: none"> 特別な器材や技術を要せず実施可能。 効果発現状況をわかりやすいデータで取得可能。 直接的に、対策施設の効果を表す吹雪に関する指標を取得可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 定量的な効果把握は難しい。 調査のタイミングを計ることが難しい。
定点気象観測	<ul style="list-style-type: none"> 吹雪対策施設区間内と区間外における気象観測値（視程・風速）を比較する。 観測方法は、第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照。 	<ul style="list-style-type: none"> 冬期を通じた連続データが得られるので、平均的な防雪効果を評価可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 評価地点は限定される。 設置の際、除雪の影響を考慮する必要あり。
移動気象観測	<ul style="list-style-type: none"> 吹雪対策施設整備区間前後の路線を、気象計器（視程計、風速計、ビデオカメラなど）を搭載した車両を用いて移動気象観測し、路線上の気象の違いから防雪効果を求める。 観測方法は、第1編資料編資料4「気象雪氷調査法」を参照。 	<ul style="list-style-type: none"> 路線上の連続したデータが得られるので詳細な効果把握が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 観測回数を十分に取ることが必要。 調査のタイミングを計ることが難しい。

資 料 編

資料編 目次

資料1.	道路吹雪対策マニュアルの沿革	1-4-1
1	北海道における防雪対策の始まり	1-4-1
2	道路吹雪対策マニュアル（案）の発刊	1-4-1
3	道路吹雪対策マニュアルの発刊	1-4-1
4	吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル（案）の発刊	1-4-2
5	道路吹雪対策マニュアルの改訂	1-4-2
資料2.	吹雪に関する基礎知識	1-4-3
1	吹雪粒子の運動	1-4-3
2	吹雪の発生機構	1-4-5
3	飛雪鉛直分布	1-4-6
4	吹雪の発達と吹走距離	1-4-7
5	吹雪による視程障害	1-4-9
資料3.	気象雪氷調査で用いる資料	1-4-12
1	気象雪氷調査で用いる資料	1-4-12
資料4.	気象雪氷調査法	1-4-31
1	気象調査	1-4-31
2	吹きだまり量及び吹雪量に関する調査	1-4-35
3	防雪効果調査手法	1-4-41
4	移動気象観測	1-4-45
5	吹雪模擬実験	1-4-48
資料5.	生育環境調査	1-4-55
1	生育環境条件調査	1-4-55
2	既存樹林生育状況調査	1-4-61
3	生育基盤調査	1-4-63
4	生育不良箇所の生育基盤調査	1-4-64

資料1 道路吹雪対策マニュアルの沿革

1. 北海道における防雪対策の始まり¹⁾

積雪寒冷地である北海道の冬期道路では、降雪、吹雪による吹きだまりや視程障害によって通行止めや交通事故などが発生しており、吹雪が冬期道路交通に与える影響は大きい。このため、北海道の道路では道路防雪林、防雪柵、視線誘導施設などの道路吹雪対策施設の整備が過去から現在に至るまで進められている。

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、除雪延長は急増し除雪機械の改良開発されていった。それでも機械除雪の能力を上回る吹きだまりに対して、北海道開発局建設機械工作所が防雪柵の試験研究を開始し、1962年、北海道ではじめて吹きだめ柵が試験施工された。その後1969年には用地制約を受けにくい吹き払い柵が施工され、1980年以降には北海道開発局土木試験所の指導のもと北海道開発局が開発した吹き止め柵が施工されるようになった。

一方、1909年には函館本線に導入された防雪林であるが、道路防雪林として国道に設置されたのは、1977年一般国道12号岩見沢市岡山がはじまりである。道路防雪林は防雪効果に加えて景観性等から高く評価され、国鉄の防雪林技術等を参考に試行錯誤が繰り返されながら整備が進められてきた。

2. 道路吹雪対策マニュアル（案）の発刊～平成2年～

北海道の吹雪や吹きだまりから安全な道路を確保するための防雪柵・道路防雪林が整備される中で、それらの計画・設計・施工および維持管理に関する一般的技術基準の整備が求められていた。

このため北海道開発局では「克雪・冬みちづくり研究会」を立ち上げ、北海道開発局開発土木研究所や建設機械工作所のほか、防雪林編に関しては北海道立林業試験場の斎藤新一郎氏の協力を得て、防雪柵および道路防雪林の設置ガイドラインの検討が行われた²⁾。その結果平成2年3月に、当時防雪対策として一般的であった「防雪柵」と景観等の側面から高評価を得はじめていた「道路防雪林」に関する技術資料として、「道路吹雪対策マニュアル(案)防雪林編・防雪柵編」が発刊された。

3. 道路吹雪対策マニュアルの発刊～平成15年～

平成2年の道路吹雪対策マニュアル（案）発刊以降、吹雪対策方法を総括する「共通編」の必要性、防雪柵・道路防雪林以外の対策工の記述の必要性、発刊から10年余り経過し内容が現状にそぐわない等といった課題が顕在化し、マニュアル更新の必要性がでてきた。

(独)北海道開発土木研究所では2000年度～2002年度にかけて吹雪対策技術検討会（座長：竹内政夫氏）の場で検討を行い、共通編、防雪林編、防雪柵編の3編1冊構成で「道路吹雪対策マニュアル」を作成し平成15年7月に発刊した。マニュアル更新のポイントを以下に記す。

共通編：吹雪危険度評価手法の確立、吹雪対策計画の策定手順の策定、各調査項目が系統的に整理、資料編において気象雪氷調査や生育環境調査の方法の記述etc

防雪林編：育成管理手法の記述の充実、植栽保護工や生育基盤の記述の充実etc

防雪柵編：実施設計手法の一部改訂、設計計算例の充実etc

4. 吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル（案）の発刊～平成19年～

「道路吹雪対策マニュアル」に従い、北海道の吹雪対策として道路防雪林、防雪柵などの吹雪対策施設が広く活用されてきたが、視線誘導施設に関しては、吹雪時を想定した当該施設の仕様や設計等は「道路吹雪対策マニュアル」などに若干の記述が見られるだけであった。また、様々なタイプの視線誘導施設が現地で併用されている状況にあり、道路利用者の視点や維持管理の効率・コストの面から課題となっていました。

このような背景の下、北海道開発局では2002年度から(独)北海道開発土木研究所（現(独)土木研究所寒地土木研究所）に委託して、学識経験者や専門家で構成する「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル検討委員会（座長：小笠原章氏）」を立ち上げ、吹雪時の視認性実験や既存知見を十分活用して検討を行い、平成19年5月に「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル(案)」を発刊した。

5. 道路吹雪対策マニュアルの改訂～平成23年～

平成15年に「道路吹雪対策マニュアル」が改訂されてから6年以上経過し、その間に吹雪対策技術に発展がみられ、またマニュアルを活用する道路管理者や設計コンサルタントから改善要望もみられた。さらに、従来以上に効率的・効果的な道路整備のニーズも高まっていた。また「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル(案)」との整合が課題としてあげられており、両者の統合が必要とされていた。

これらの背景のもと、従来の「道路吹雪対策マニュアル」に内在する問題点や課題をマニュアル利用者からの聞き取り等によって抽出し、マニュアル改訂後の新たな知見を取り入れ「道路吹雪対策マニュアル」改訂を行うため、(独)土木研究所寒地土木研究所では吹雪対策に造詣の深い有識者や学識経験者から構成される吹雪対策技術検討会（座長：竹内政夫氏）を設けた。この検討会において2009年度～2010年度に検討を行い、平成23年に道路吹雪対策マニュアルが改訂された。マニュアル更新のポイントを以下に記す。

共通編：全体の記述内容の精査etc

防雪林編：全体の記述内容の精査、管理用道路の規定、植栽保護工の記述の充実、生育状況評価ランクや生育不良要因推定フローの導入etc

防雪柵編：全体の記述内容の精査、風速再現期待値の地点拡充、実施設計手法、設計計算例の一部修正etc

その他の吹雪対策施設編：道路構造による吹雪対策の記述、視線誘導施設の記述

資料2 吹雪に関する基礎知識

北海道の冬の気象の特徴は、西高東低の気圧配置による北西の季節風と、発達した温帯低気圧による降雪と強風がもたらす吹雪である。季節風は日本海沿岸を中心とした地域が、温帯低気圧配置時には台風並に発達し全道的に猛吹雪（暴風雪）をもたらす。寒冷な北海道の乾いた雪は跳びやすいため吹雪・地吹雪が発生しやすく、北海道の都市間道路では吹雪が雪害の主要因となっている。ちなみに、北陸では湿った重い多量の積雪、東北はその中間で地域によって降雪や積雪、吹雪が雪害要因となる。道路交通において、吹雪は吹きだまりと視程障害の形で障害となっている。吹きだまりは車両の通行の障害や除雪負荷の増大になり、視程障害は通行に必要な視覚情報を阻害し交通事故の誘因となっている。このため、道路交通の安全および信頼性を確保するために、このマニュアルで取り扱っている道路防雪林や防雪柵等のハードや情報提供等のソフトの吹雪対策が行われている。この章では、吹雪対策を行うために必要な、現象としての吹雪や障害要因の基礎的な知識について述べる。

1. 吹雪粒子の運動

風の力は雪面の雪粒子にせん断応力や揚力として働く。これらの力が大きくなつて重力や雪粒子相互の付着力や結合力との均衡が破れると雪粒子は動きだし飛雪となつて風に運ばれる。飛雪の運動には、転動、跳躍、浮遊の三つの形があり、温度にもよるが、風速が5m/s以上になると粒径0.1 mm以上の雪粒子の転動と跳躍が始まる。8~9 m/sを超えると跳躍粒子の中から篩い分けられた小さい粒子が乱流渦にのって浮遊粒子に発達する。また、量的には小さいが、風の力を受けにくく小さい粒子が、跳躍粒子の衝突によって弾きだされて直接浮遊粒子になる場合もある。浮遊粒子は最大で0.2 mm程で、風に乗って煙のように空中を漂う間に昇華や蒸発するので、無限に小さい粒子も含まれる。吹雪粒子の運動を模式的に示したのが、図1-4-1である。このように、積雪の表面から雪粒子が飛び跳ねながら移動する現象を地吹雪というが、「地上気象観測指針」³⁾では、飛雪粒子が雪面すれすれに跳ぶものを低い地吹雪と定義し、目の高さを飛び視程を低下させるものを高い地吹雪と定義している。すなわち、低い地吹雪は転動・跳躍粒子からなる低い地吹雪と風速が大さく浮遊粒子を含む高い地吹雪に分けられる。

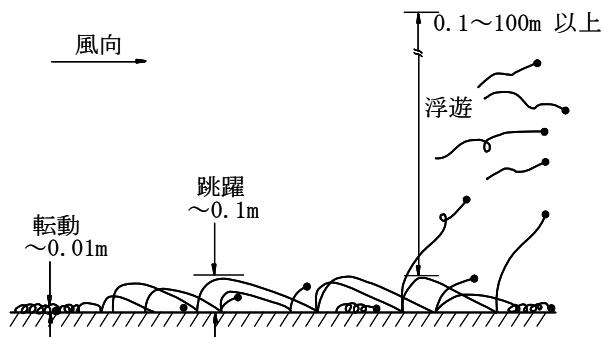


図1-4-1 飛雪の運動形態⁴⁾

飛雪の運動には転動、跳躍、浮遊の3つの形があり、地吹雪は転動、跳躍からなる低い地吹雪と風速が大きくなる浮遊粒子を含む高い地吹雪に分けられる。

表1-4-1 吹雪の分類⁵⁾

	分類	および定義	降雪有無	飛雪の運動形	
地吹雪	積雪表面の雪粒子が風によって飛び跳ねながら移動する現象。	低い地吹雪 高い地吹雪	雪が目の高さより低く跳ぶ。 雪が目の高さより高く飛び視程を悪くする。	無 無	転動・滑動・跳躍 転動・滑動・跳躍・浮遊
吹雪	強い風で地表に積った雪が舞い上がり、同時に雪が降っているため視程が悪くなる現象。舞い上がる雪で降雪の有無がはつきりしない場合もいる。		有	転動・滑動・跳躍・浮遊	
風雪	飛雪の有無には関係なく強い風によって横なぐりに雪が降る現象。		有	_____	
ブリザード	もともとは北米の方言で、風速15m/s以上、視程400m以下で3時間以上続く吹雪のことをいう。ホワイトアウトになることが最も多い気象条件である。日本では猛吹雪、暴風雪を表すのに使われることが多い。		有	転動・滑動・跳躍・浮遊	

2. 吹雪の発生機構

2-1 雪粒子の付着と固結

雪面の雪粒子の間には付着力と結合力が働いている。これが飛砂と異なり地吹雪現象を複雑にしている。気温が0°C以上の雪の表面が濡れているときには水の表面張力が付着力として働く。0°C以下でも氷（雪）の表面には非常に薄い液体状の膜（疑似液体層）があり温度が高いほど厚く付着力も大きい。温度が0°C以下であっても、地吹雪発生限界風速が異なるのはそのためである。また、雪粒子の接触部分は、焼結や融解凍結によってくっつき合う（固結）。氷点下で接触部を固結させる焼結は温度が高いほど速く時間とともに太く成長する。降雪直後の雪は跳びやすく、時間が経つにつれて発生し難くなるのはこのためである。このような雪粒子に働く付着や固結が破られると吹雪は発生する。

2-2 吹雪の二つの発生条件（静と動）

時間を経た静止した表面の雪粒は固結のため、非常に大きな風速がなければ動き出さない。しかし、地吹雪がない時でも、人が歩く足下から地吹雪が発生し風下でどんどん発達して行くことがよくある。これは、風の力では難しい場合でも雪粒が衝突すると比較的簡単に雪粒子間の結合が破られる事を示している。このように、跳躍粒子の発生を吹雪の発生とすると、吹雪には静的なものと動的な二つの発生条件がある。

2-3 吹雪発生限界風速

吹雪を発生させる風速は運動している雪粒子の有無によって大きな違いがある。静止状態の雪粒が飛び出す時の風速を静的吹雪発生限界風速、飛雪のある時のものを動的吹雪発生限界風速という。静的限界風速は付着力や特に結合部の大きさによって、すなわち雪質によって非常に違いが大きいので、実際に測定してもその値は大きく異なり一概に表すことはできない。しかし、降雪が伴う場合の限界風速は、降雪粒子が引き金になる動的限界風速とみなすことができ、この場合は雪質による違いは小さい。動的限界風速は降雪直後のように雪粒の結合が小さく無視できるような場合の、静的限界風速に限りなく近く吹雪を持続させうる最小の風速ともいえる。このように吹雪発生条件を動的発生条件で表すと、吹雪発生のポテンシャルを示すことにもなる。

動的吹雪発生条件は、観測をもとに風速と付着力に関係する温度で図1-4-2の曲線Iのように与えられているよう、温度の影響が大きいことがわかる。

曲線IIは転動・跳躍粒子の低い地吹雪から断続的な浮遊粒子を含む高い地吹雪の発生限界、曲線IIIは連続的な高い地吹雪の発生限界を表す。この図から高い地吹雪の温度依存性は小さいことがわかる。

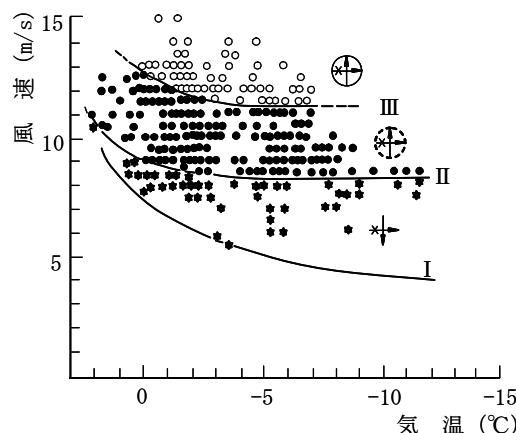


図1-4-2 吹雪発生限界風速（降雪時）⁴⁾

3. 飛雪鉛直分布

図1-4-3は飛雪濃度の実測例をもとに分かりやすくするため鉛直分布を模式図で表したものである。両対数グラフで表すと高さ10 cm以上では直線になるがその下では曲線になる。これは、浮遊粒子の分布（直線部分）は乱流拡散理論にしたがっていることを示している。また、図の10 cm以下の曲線部分は跳躍粒子からなる層であり、片対数グラフで示すと直線の関係になり、これは跳躍粒子の分布は運動力学理論で表されることを示している⁶⁾。このように、飛雪粒子の鉛直分布は高さとともに指數関数的に急激に減少する。このことは、地表面に近いほど視程が低下し、運転席の低い車ほど視程の影響が大きくなることを意味している。同様に雪堤が高くなると相対的に運転席が低くなるため視程障害が大きくなる。

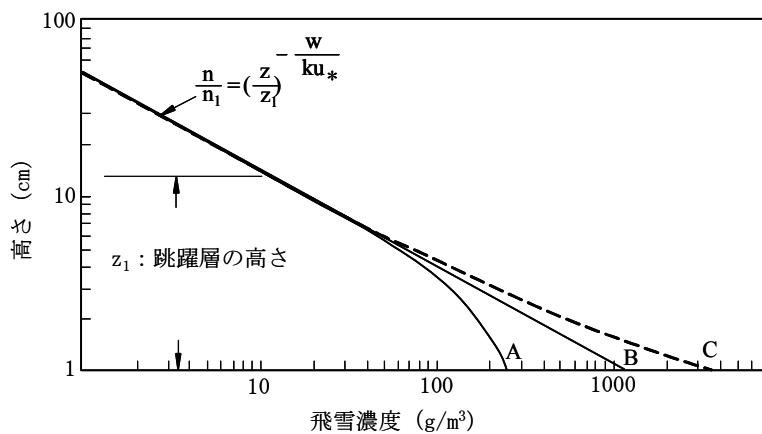


図1-4-3 跳躍層と飛雪濃度分布の概念図⁶⁾

浮遊粒子が雪面から発生しているとその分布は直線Bで表され、さらに、跳躍粒子が加わるので全体では曲線Cで表される分布になるはずである。実際の飛雪分布は曲線Aの分布を示し、跳躍層が存在し跳躍粒子から浮遊粒子に転化していることを示している。

4. 吹雪の発達と吹走距離

4-1 吹雪の量的な発達過程

跳躍粒子は空中で風からエネルギーをもらい、速度を増して雪面に衝突する。これが雪面から新たな雪粒子をたたきだす要因となり、風下に行くにしたがって飛雪は増加する。このようにして、飛雪すなわち吹雪量が増加するのが吹雪の発達過程である。風は飛雪にエネルギーを奪われる所以、飛雪の量が大きくなるほど風速は減少する。風速が低下すると飛雪が減少し、飛雪の減少は風速の回復を促す。このように風と吹雪量は相互に調節しあうので吹雪量の増加には限度がある。吹雪の発生点から風下の距離である吹走距離とともに吹雪量は増加するが、やがて増減のない平衡状態になるまで吹雪は発達する。吹雪量は吹走距離の他に風速や植生、雪面の雪質によっても異なるが、平衡状態の吹雪量を平衡吹雪量という。一般に平衡吹雪量が吹雪量の上限である飽和吹雪量に等しいが、氷板のように雪粒子の結合力が大きく新たな雪粒の飛び出しがない雪面では必ずしもそうはならない。この場合は、平衡状態であっても降雪があれば吹雪量は増加する。

4-2 吹走距離と吹雪量の増加

吹雪の発達過程では、雪面が風食されて様々な雪面模様がみられるが、吹雪が発達して平衡吹雪量になると、雪面に入ると飛び出る飛雪は等しいので雪面の状態は変わらない。平衡状態の吹雪に降雪が加わったり風速が低下したりすると、吹雪量は上限である飽和吹雪量を越えるので飛雪の一部は運動を停止し堆積する。このため、吹走距離が十分あり地形や植生等の条件が一様であれば、吹雪が発生し発達するまでの間には、風食域、平衡域と堆積域がみられる。図1-4-4は石狩川河口近くの河川敷で風下に沿って積雪を測定したものである。吹雪は川岸から発生するが、積雪が増加する200mまでは風食域、積雪深がほぼ一定の200～350mの間は平衡域、その先は堆積域となっている。この積雪分布は吹雪が何度も繰り返された結果で、必ずしも1回の吹雪でこうなるわけではない。吹雪の発達は図1-4-5のように、200m位までに急速に発達し、その後は発達の程度は小さくなっている。これらの図から、飽和吹雪量になるまでの吹走距離は降雪強度が大きいと350～400m程度といえる。降雪がなければ800mを超えて飽和にならない。また、湿度の低い大陸であるアメリカやロシアでは約3000mと計算されている。一方、日本では湿潤気候のため、降雪強度の大きい場合の300mを目安にして良い。吹雪の発生箇所では道路の風上側が、田畠や草地のように吹雪を遮る物のない沿道環境では防雪対策の必要性が高いのはこのためである。

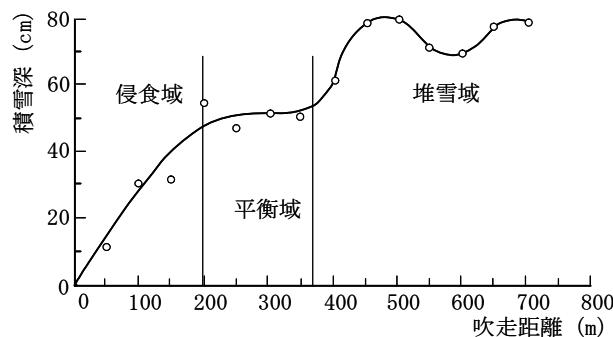


図1-4-4 吹走距離と積雪深分布⁷⁾

吹雪の発生点の川岸から風下に測定した積雪深の分布を見ると、積雪深の増加する侵食域、変化の小さい平衡および堆積域が見られる。

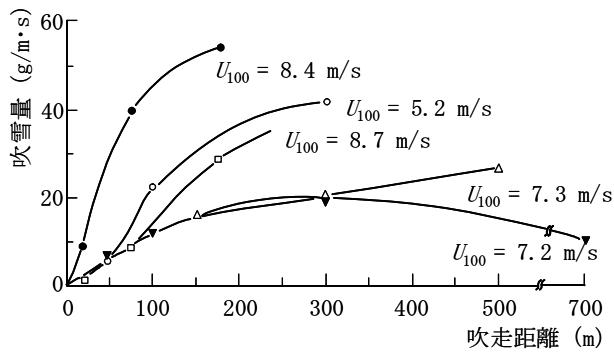


図1-4-5 吹走距離と吹雪量の増加⁷⁾

吹雪は発生してから連鎖反応的に量を増やしながら発達する。

4-3 吹雪の質的発達（低い地吹雪から高い地吹雪へ）

吹雪量には量的な発達の他に質的な発達もある。風が強くなると低い地吹雪から浮遊粒子が混じった高い地吹雪になるが、これは飛雪の運動形態からみた質的発達といえる。浮遊粒子は跳躍粒子が風の乱れの渦によって高く舞い上がったもので、量的には跳躍粒子と比べて少ないが目の高さを超えるので視程障害を発生させる。浮遊粒子の発生条件は、跳躍粒子と異なり付着や結合の力は働くないので、風速と粒子の大きさで決まると考えて良い。図1-4-2の吹雪発生限界風速の中で、高い地吹雪の発生条件である曲線II、IIIの温度依存性が小さいのはこのためである。このような跳躍粒子が浮遊粒子に変わるのは、構造物の風下、雪堤や地形の凹凸によって地表風がはく離する場合にもみられる。

5. 吹雪による視程障害

5-1 視程と空間浮遊物

視程障害は、降雪や吹雪などによって視程が悪くなるために、交通事故、道路閉鎖、渋滞のような交通障害が発生することである。視程とは見ようとする物体を識別できる最大距離のことで、気象学的には物体の大きさ（視角0.5~5°）、色（黒）が定められている。物体から離れていてそれが見えなくなるのは、大気中に含まれる雪、霧などの空間浮遊物によって光が減衰され目が刺激されなくなる場合と、光は届いているが物体の明るさと周囲の明るさを見分けられない場合がある。物体が見えなくなる距離は、物体の大きさ、光の強さなど物体自身の性質と、空間浮遊物の物質、量や大きさが関係する光の散乱、反射、吸収の他に、目がどの程度の刺激を感じ取れるか、どの程度の明るさや色の違いを認識できるかという心理・生理上の問題も関係している。

黒い物体から遠ざかると、物体からの見かけの明るさが増して白っぽくなり、やがて背景の明るさと見分けがつかなくなる。これは、物体との間に大気物質や空間浮遊物によって太陽光などの外来光が散乱、反射、吸収されて目に達するためで、実際には空間の明るさを見ていることになる。物体と目の間の空間は長いほど、雪など空間浮遊物の量が多いほど明るくなる。

物体の明るさBd、背景の明るさBhとすると、BdとBhの差とBhの比が、目が区別できなくなる限界の閾値 ε に等しくなる距離が視程Vとなる⁸⁾。

$$\frac{|Bd - Bh|}{Bh} = \varepsilon \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-1})$$

$$\varepsilon = e^{-\delta V} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-2})$$

$$V = \frac{1}{\delta} \ln\left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-3})$$

式1.7.3は、空間浮遊物を含む大気が一様に分布することを前提にした、視程に関するKoschmiederの式として知られており、交通の分野では ε の値は0.05が使われている。また、 σ は光の消散係数で空間浮遊物に比例する。

5-2 雪と光の消散

Koschmiederの式は、空間浮遊物の粒子が霧のように小さく、主として散乱によって光が減衰される場合に適用されている。散乱は光の回折干渉による現象で空間浮遊物の粒子が光の波長に比べて十分小さいとRayleigh散乱、波長と同程度の可視光では直径20μmまでがMie散乱の領域になる。20~40μmは中間領域であるが、40μm以上は屈折反射の幾何光学で取り扱われる。雪粒子は量的には40μm以上が大多数であり、光は反射によって減衰されると見なしうる。雪粒子による光の消散係数は雪粒子の断面積に比例し、式1-4-4で表される⁸⁾。

$$\delta = \sum R_i \cdot n_i \pi r_i^2 = \sum R_i \cdot n_i \cdot \frac{\pi r_i^3}{r_i} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-4})$$

ここに、 R_i ：粒子の反射面積係数

n_i ：半径 r_i の粒子の個数

式1-4-4は、光の消散係数は雪の空間濃度（単位空間体積あたりの雪粒子の質量： πr_i^3 に比例する）に比例し粒子の半径に反比例することを示している。これは、同じ空間濃度では粒径の小さいものほど（粒子数は多く）、

光の消散係数は大きくなることを示している。また、光の消散係数は雪の結晶形によっても異なる。

5-3 雪と視程

雪粒子の反射によって光は消散される。雪の場合の視程も式1-4-3で表されるように光の消散係数に反比例するが、吹雪の場合のように視程が150m以下になると、Koschmiederの式で予想される関係が視程の低い方に外れる⁴⁾。視程は雪の空間濃度にも反比例するが、雪の空間濃度との関係は図1-4-6のように、現象によっても大きな違いがある。しかし、同じデータに風速をかけた雪の移動量で表すと図1-4-7のように一つの曲線になる。そして視程が低くなるにつれて曲線の勾配（視程の低下の割合）は大きくなっている。これらのこととは、雪粒子が目に見える大きさをもつことから生ずる、目の残像の影響を含めた心理・生理的な影響と考えられている⁸⁾。

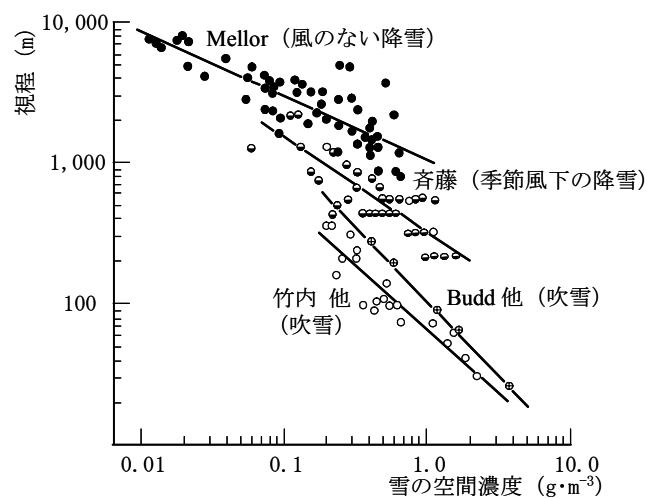


図1-4-6 視程と雪の空間濃度⁸⁾

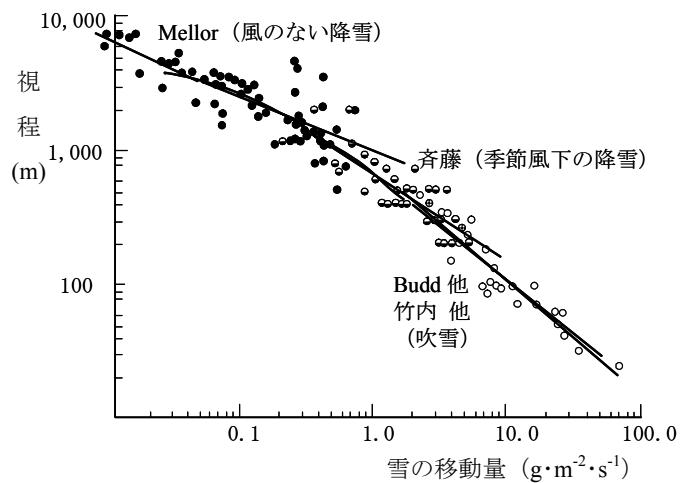


図1-4-7 視程と雪の移動量⁸⁾

5-4 吹雪による視程障害の特徴

車が安全に走行できる速度は、視程と路面の滑りによって表される。すなわち空走距離を含めた制動停止距離は路面の摩擦係数と速度で決まるが、視程より長いと危険な状態になる。視覚情報によって走行位置を決め、状況に応じた運転操作する道路交通、特に積雪寒冷地においては、吹雪による視程障害は最も大きな障害要因の一つである。吹雪による視程障害の特徴を述べる。

(1) 潜在する視程

ドライバーは、レーンマークや中央線などの路面表示を見て車の走行位置を決め、各種視線誘導標によって道路の線形を判断している。しかし、雪道では路面表示は雪で見えず路側の雪堤によって、道路の端や幅を判断することが多い。雪は光を乱反射し凹凸による陰影がぼかされ立体感も失われる。このような背景が雪の状態で吹雪になると、最悪では視界全体が白一色のホワイトアウト（白い闇）になるが、視界に視線誘導や樹木があると意外に遠くても見えることがある。気象学的には視程は視標が連続的にある場合の値であるが、雪道では目標物の有無やその状態によって、実際にドライバーの感じ取れる視程（頗在視程）に大きな違いが生ずる。このように、雪道では気象学的な視程はポテンシャルとして潜在していることが多い。各種の視線誘導施設は潜在視程の頗在化も目的としたもので視程障害対策として重要になっている。

(2) 高さによる視程の違い

視程を低下させる地吹雪粒子の流量は、高さによって異なり雪面に近づくに従って指數関数的に急増する。吹雪で運転席の低い乗用車が視程障害に苦しんでいるときに、大型車が楽に走行できるのもドライバーの目線の高さの違いによるものである。路側に高い雪堤ができた道路では飛雪粒子が雪堤を越えて吹き込むため、ドライバーの目が雪堤の高さだけ雪面に近づくのと同じことになり、視程は著しく低下する。雪堤が高くなると路面に吹きだまりもできやすくなるので、冬の道路管理では雪堤を低くすることが重要になっている。

(3) 視程の変動

飛雪粒子の流量は、降雪量や変動幅の大きい風速に連動して変化するため、吹雪時の視程は短時間に激しく変化する。視程の急変は雪道では多重衝突事故の誘因となる。視程の変化は降雪や霧においても見られるが、ゆっくりとしたもので変動強度は小さく変動レベルは吹雪の1/1000程度である。吹雪時の視程は周期が短く大きな変動幅で変動する特徴がある⁹⁾。このように、吹雪では視程自体の変化が激しいだけでなく、同じ気象条件でも道路では道路構造や沿道環境（地形、植生、土地利用、雪堤）によっても大きく変化する。沿道環境の変わり目では極端な場合は数100mの視程が瞬間にホワイトアウトになることも稀ではない。吹雪の他に車の走行によって路面の雪を巻き上げる雪煙による視程の変化、特に大型車に追い越されたりすれ違ったりするときの視程変化も大きい。

(4) 吹雪による交通障害（道路災害）

吹雪は路面雪氷とともに冬期道路交通の最大の障害要因になっている。吹雪による交通障害は、吹きだまりによる車両に与える走行障害と視程障害によるドライバーの視覚情報の阻害がある。吹雪による道路の通行不能、交通の渋滞、交通事故などは一種の災害と見なしうるものであり、路面雪氷とともに北海道の冬期交通の最大の吹雪災害と定義すれば、視程障害と吹きだまりはその誘因である。

資料3 気象雪氷調査で用いる資料

1. 気象雪氷調査で用いる資料

1-1 気象資料

ここでは、表1-4-2に示す、吹雪対策調査設計で用いられる気象資料を提示した。なお、吹きだまり量分布図と視程障害頻度分布図について、その作成アルゴリズムを以下に示す。

表1-4-2 気象雪氷調査で用いる資料の一覧（北海道）

項目	種類	内容	統計期間
降雪深 積雪深	累計降雪深分布図 (平年値)	日降雪深の積算値 ^{※1}	1981年12月～ 1994年3月
	最大積雪等深線図 (平年値)	年最大積雪深の平年値	観測開始～1998年3月(最長109年)
	最大積雪深等深線図 (10年確率値)	年最大積雪深から求めた積雪深の確率値	観測開始～1998年3月(最長109年)
	最大積雪深等深線図 (30年確率値)	年最大積雪深から求めた積雪深の確率値	観測開始～1998年3月(最長109年)
吹雪 吹きだまり	全道吹きだまり量分布図 (平年値)	全道1kmメッシュの平年の吹きだまり量マップ	1981年12月～ 1996年3月
	全道吹きだまり量分布図 (30年確率値)	全道1kmメッシュの30年確率吹きだまり量マップ	
	視程障害頻度分布図 (平年値)	視程200m以下の出現日数のメッシュマップ	1980年12月～ 1998年3月

※1 日降雪深は、旧来の雪尺による降雪の深さの測定方法によることに留意されたい。

(1) 吹きだまり量分布図

吹きだまり量分布図は図1-4-8に示すように、既存の地上気象データと吹きだまり量の関係を明らかにし、一方で、地形因子から気象要素のメッシュ値を作成することで、その気象要素のメッシュ値から吹きだまり量のメッシュ値が推定されるものである⁸⁾。現在は北海道エリアの吹きだまり分布図が作成される。

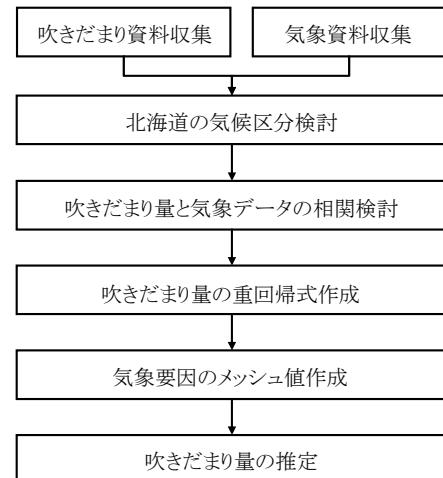


図1-4-8 吹きだまり量分布の算出フロー
(福澤ら¹⁰⁾より作成)

①北海道の気候区分検討

冬期間の北海道では、吹きだまり量に影響を与える気象因子は地域毎に異なることが想定されるため、吹きだまり量を精度良く推定するための前段階として、北海道全域の気象資料を用いた主成分分析により以下の3つの気候区分に分割される。

I 領域：道央・道北の日本海側

II 領域：道南

III 領域：それ以外の地域

②吹きだまり量と気象データの相関検討

上記の3気候区分について、吹きだまり量の実測値と近傍気象観測所の気象データの相関解析により、吹きだまりに大きく影響する気象因子（気温と風速、累計降雪深）が明らかになり、重回帰分析から以下の回帰式が求められた。

表1-4-3 吹きだまり量と気象要素の重回帰式¹⁰⁾

領域	重回帰式	相関係数（標準誤差）
I 領域	$Y=0.024X_1+0.017X_2+16.17$	0.84 (5.98)
II 領域	$Y=0.014X_1+0.022X_2+21.13$	0.88 (5.39)
III 領域	$Y=0.048X_1+0.00058X_2+15.66$	0.69 (7.69)

Y : 吹きだまり量 (m^3/m)

X_1 : 表1-4-4の出現回数

X_2 : 累計降雪深 (cm)

表1-4-4 吹きだまり量との関係を求める風速と気温の組み合わせ¹⁰⁾

気温	風速
0°C以上	8m/s以上
0～-5°C	7m/s以上
-5°C以下	5m/s以上

③吹きだまり量の1kmメッシュ値推定

はじめに気温と風速、累計降雪深の平年値、10年及び30年確率値を推算し、次に地形要因を説明変数とした重回帰式（式1-4-5）を適用して任意の気象観測を行っていない地点の気象要因を推定し、メッシュに展開した上で、②の重回帰式を用いて1kmメッシュの吹きだまり量（平年値・30年確率値）が求められる。

$$X = \sum A_j \cdot OFj + G \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-5})$$

ここで、X : 気象要因、OF : 地形因子、A : 係数、G : 定数、j : 地形因子番号 である。

なお、福澤らの解析で用いられた地形因子は、以下の21因子である¹¹⁾。

最低標高・最大傾斜方向・緯度・経度・海岸距離・平均高度・標高差・陸度
方位別開放度(W)・方位別開放度(E)・方位別開放度(N)・方位別勾配量(NE)・方位別勾配量(E)
方位別勾配量(SE)・方位別勾配量(S)・方位別勾配量(SW)・方位別勾配量(NW)・方位別勾配量(N)
平均勾配量

(2) 視程障害頻度分布図

視程障害頻度は以下に示す、アメダス気象データから視程を推定する手法に基づき、まとめられたものである。

①吹雪の鉛直分布を推定

アメダスの気象データ（気温・風速）を、竹内ら⁶⁾による式1-4-6に適用して高度毎の飛雪空間濃度Nが推定された。また風速の鉛直分布は式1-4-7のように対数分布を仮定している。なお、現在1-4-6式は1-4-8式のように改良されている¹²⁾ので使用の際は留意されたい。

$$N(z) = \frac{P}{w} + \left(N_t - \frac{P}{w} \right) \left(\frac{z}{z_t} \right)^{\frac{w}{\kappa U_*}} \quad \text{(式1-4-6)}$$

$$U_z = \frac{U_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad \text{(式1-4-7)}$$

$$N(z) = \frac{P}{w_f} + \left(N_t - \frac{P}{w_f} \right) \left(\frac{z}{z_t} \right)^{\frac{w_b}{\kappa U_*}} \quad \text{(式1-4-8)}$$

ここで、P：降雪強度(g/m²/s)、w・w_f：降雪粒子の落下速度(m/s)、w_b：高い地吹雪粒子の落下速度(m/s)、N_t：基準高度Z_tにおける飛雪空間濃度(g/m³)、κ：カルマン定数（≈0.4）、U_{*}：摩擦速度(m/s)

②ドライバーの視線高の飛雪流量を推定

最終的に道路上のドライバーの視線高（乗用車で概ね1.2m）の視程で評価することになるが、通常冬期道路では路側に雪堤があるため、雪堤高を積雪深SDと等しいと仮定し、ドライバー視線高を流れる飛雪流量mf(g/m²/s)は式1-4-9で計算される。

$$mf = U(1.2 - SD) \cdot N(1.2 - SD) \quad \text{(式1-4-9)}$$

③飛雪流量より視程を推定

松澤ら¹²⁾によると、飛雪流量mfと視程Vis(m)の間には(6)の関係がある。推定された飛雪流量から(6)式を用いて視程が計算される。なお現在、式1-4-10は式1-4-11のように改良されているので使用の際は留意されたい。

$$\log(Vis) = -0.76 \log(mf) + 2.76 \quad \text{(式1-4-10)}$$

$$\log(Vis) = -0.773 \log(mf) + 2.845 \quad \text{(式1-4-11)}$$

④アメダスポイントの視程障害発生頻度を1kmメッシュ展開（視程障害頻度分布図）

①～③の作業からアメダスデータを用いて毎時の視程が推算され、視程障害を視程200m以下と定義することで、全道のアメダスポイントの過去の一冬期あたりの視程障害日数が推定される。この視程障害出現日数の累年値は正規分布に従うと仮定した確率計算により、30年確率視程障害出現日数が求められる。さらに1kmメッシュの30年確率吹きだまり量とアメダスポイントの視程障害出現日数の相関解析を行い、その回帰式と1kmメッシュの30年確率吹きだまり量から、1kmメッシュの視程障害発生頻度分布図が作成される。

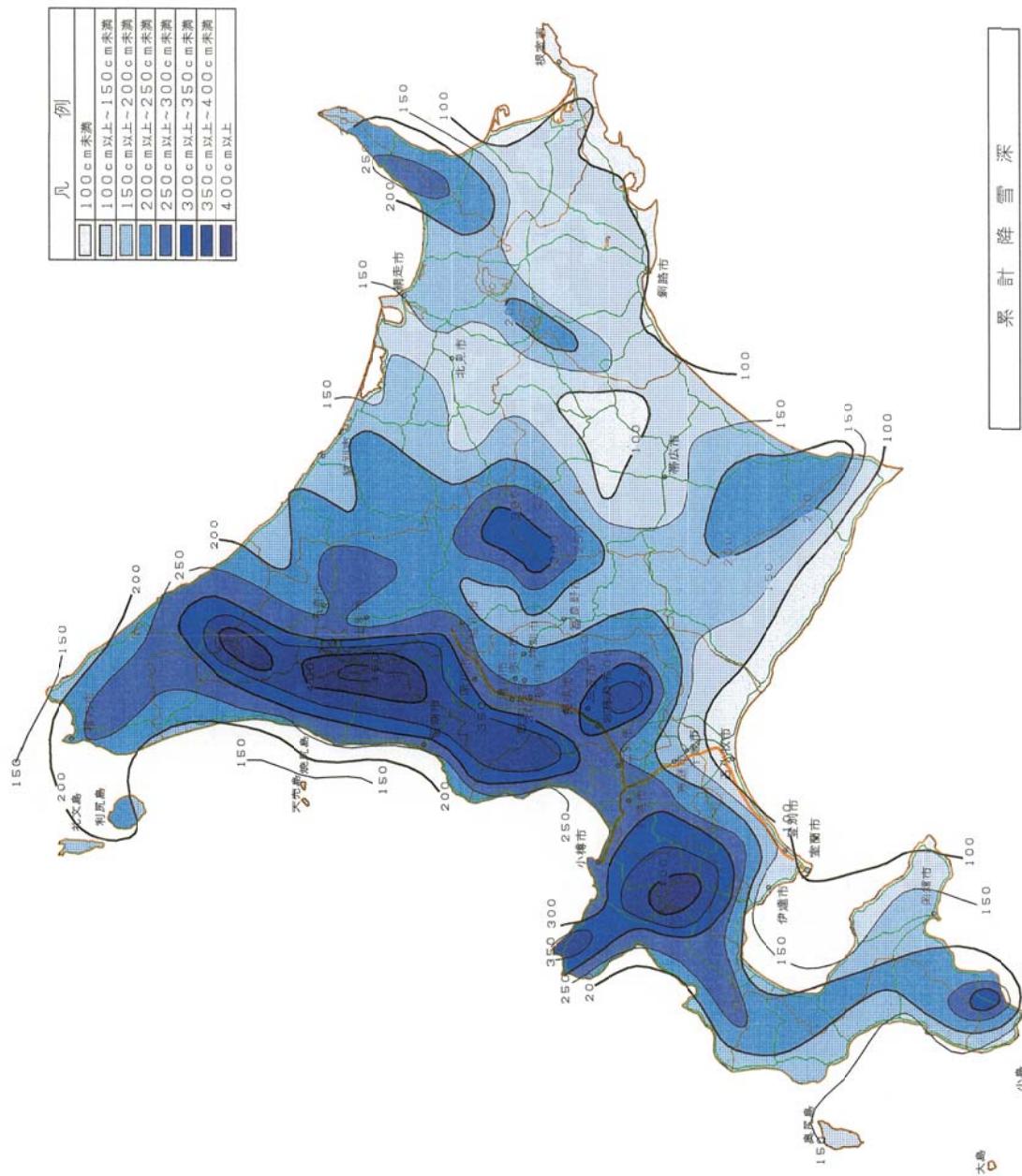


圖1-4-9 累計降雪深分布圖（平年值、統計期間：1981年12月～1994年3月）

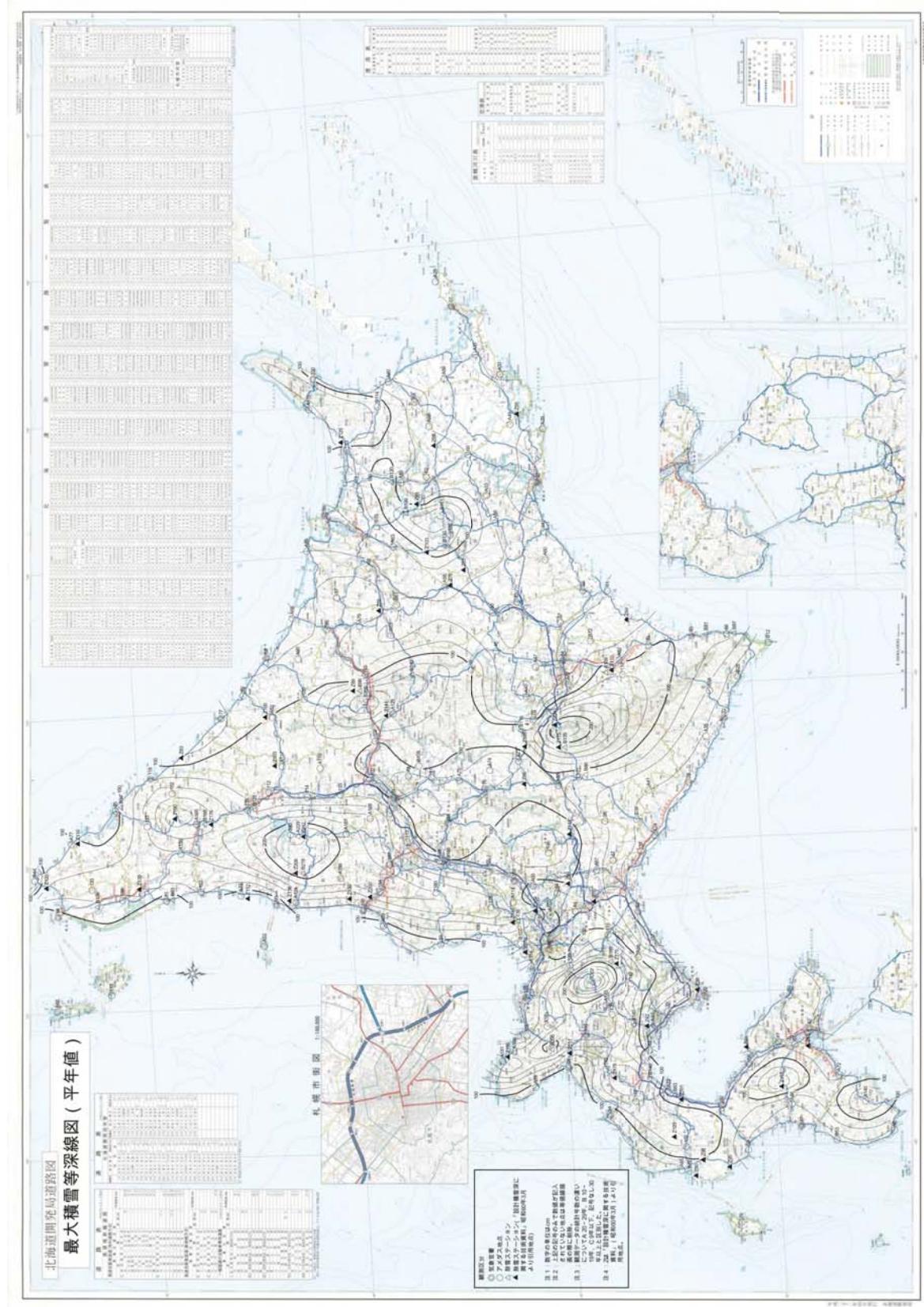


圖 1-4-10 最大積雪等深線圖（平年值、統計期間：統計開始～1997年）

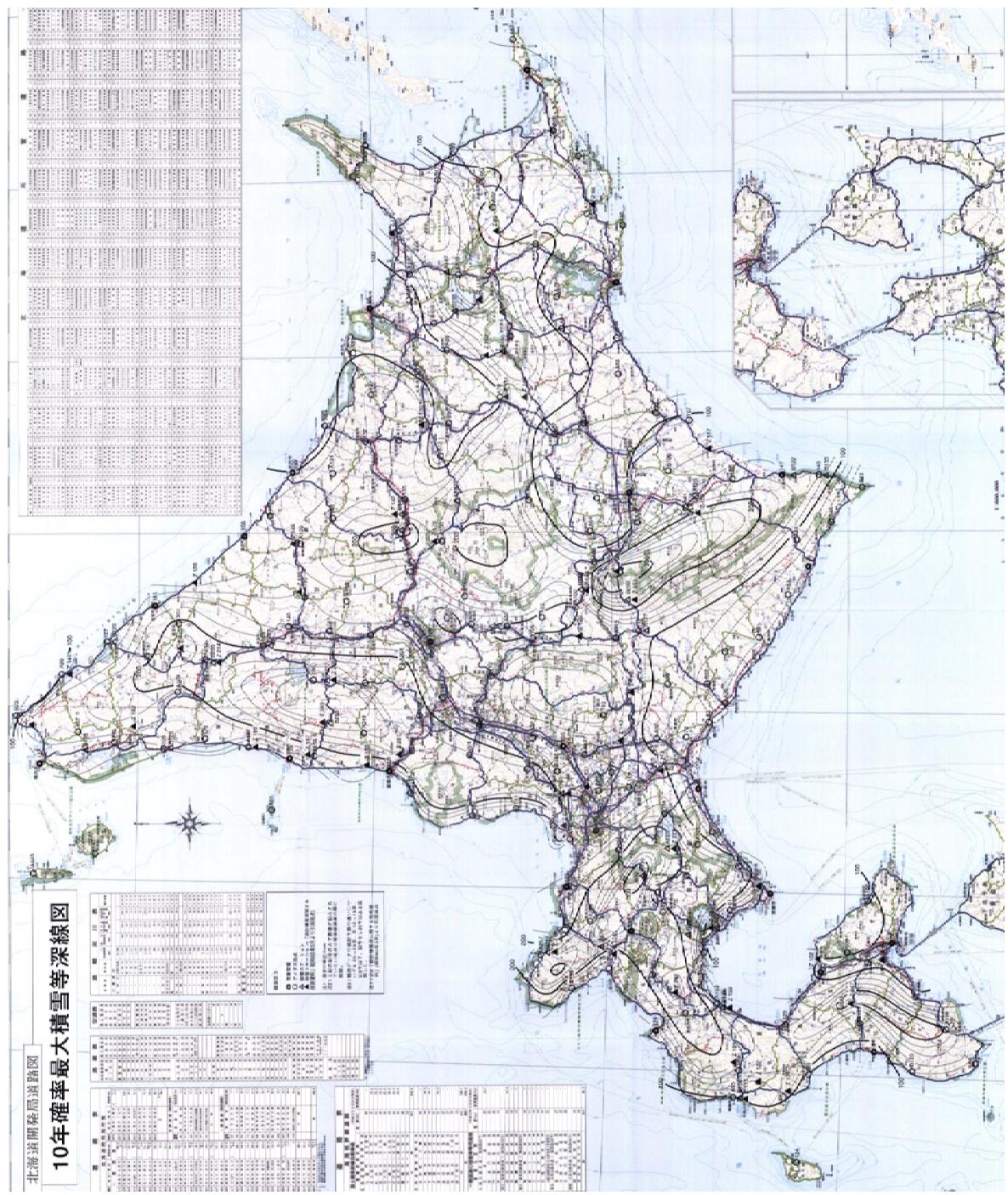


圖1-4-11 10年確率最大積雪等深線圖（10年確率值、統計期間：統計開始～1998年3月）

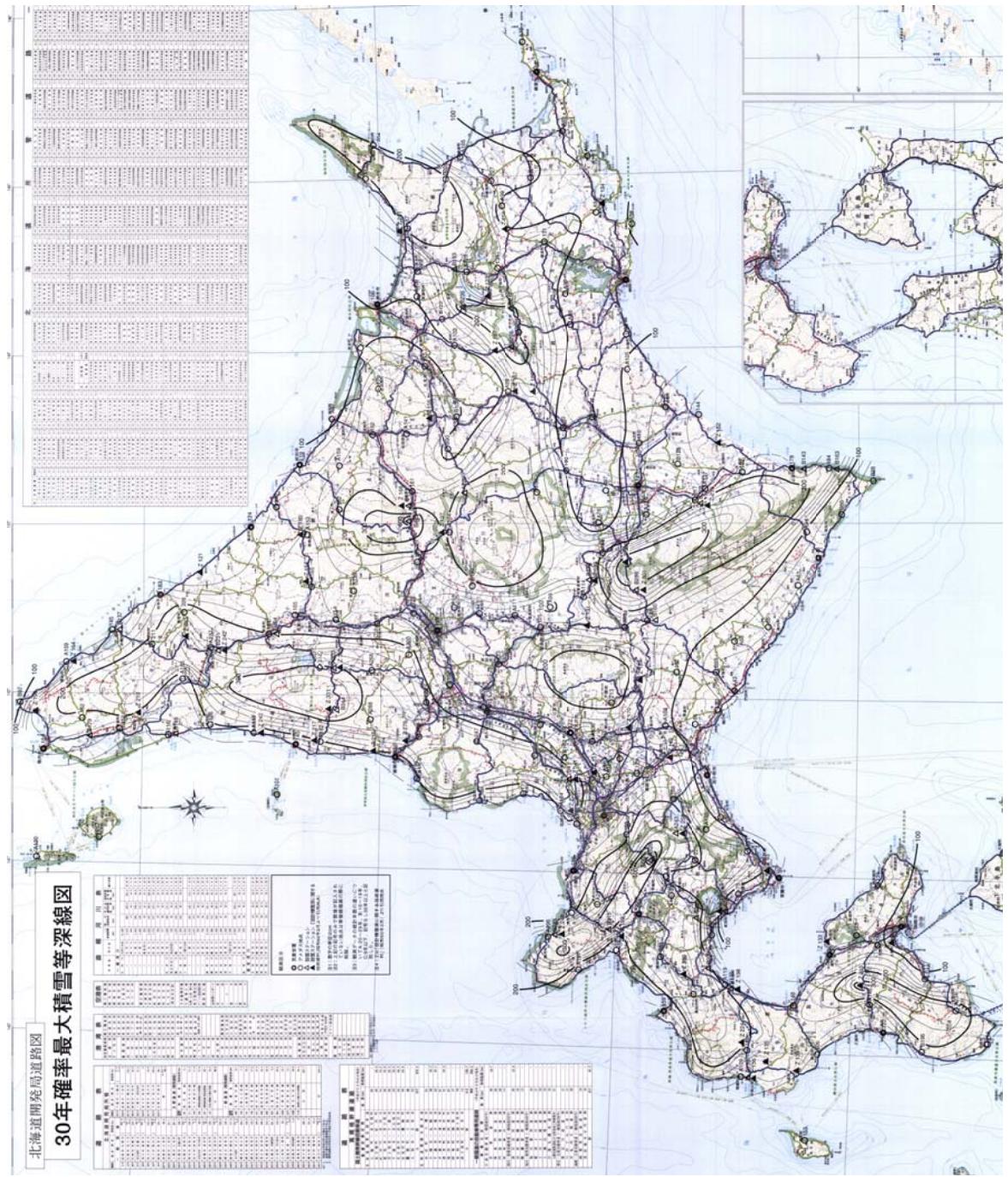


図1-4-12 最大積雪等深線図（30年確率値、統計期間：統計開始～1998年3月）

全道吹きだまり量分布
(平年値)

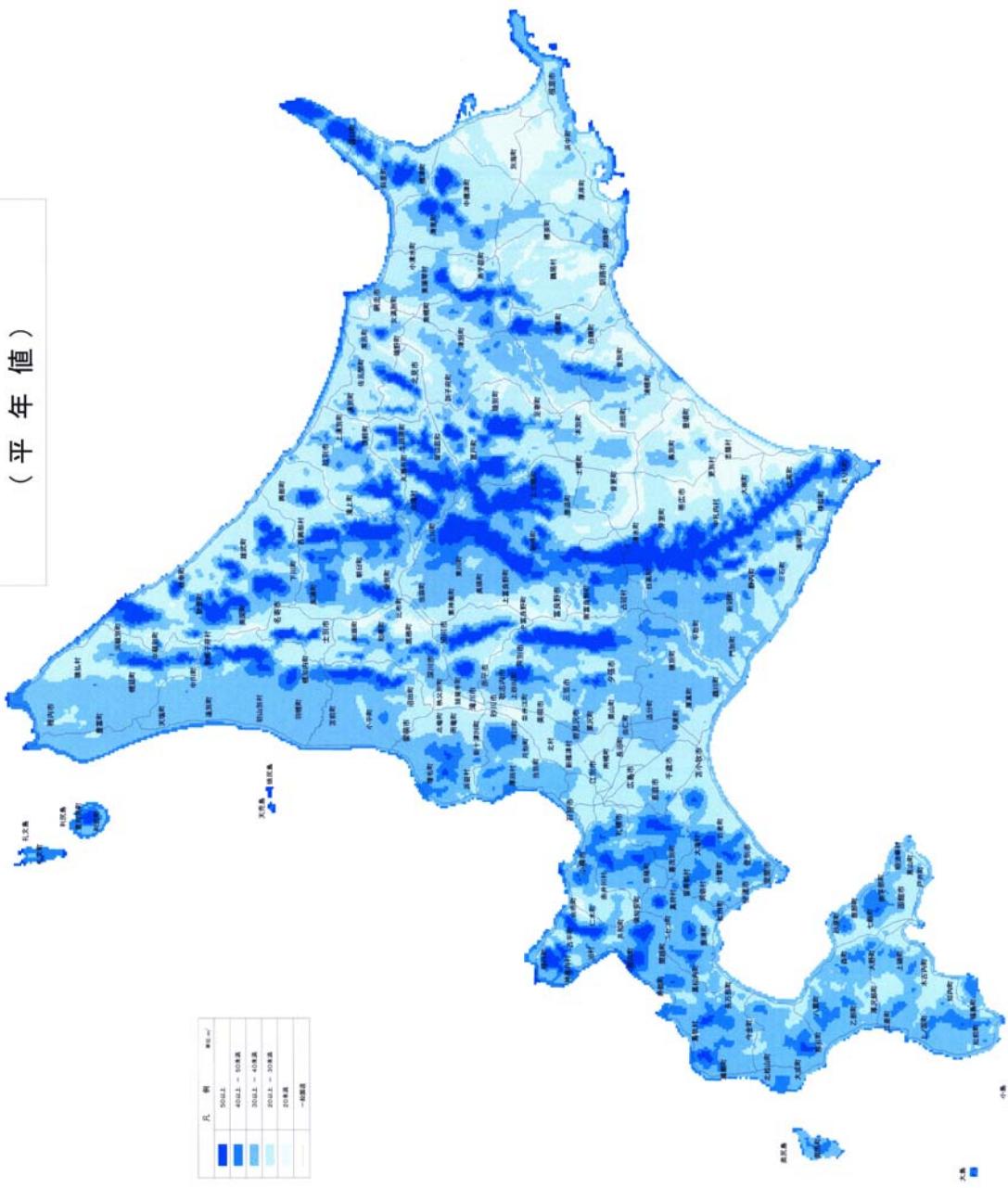


図1-4-13 全道吹きだまり量分布図（平年値、統計期間：1981年12月～1996年3月）

全道吹きだまり量分布
(30年確率値)

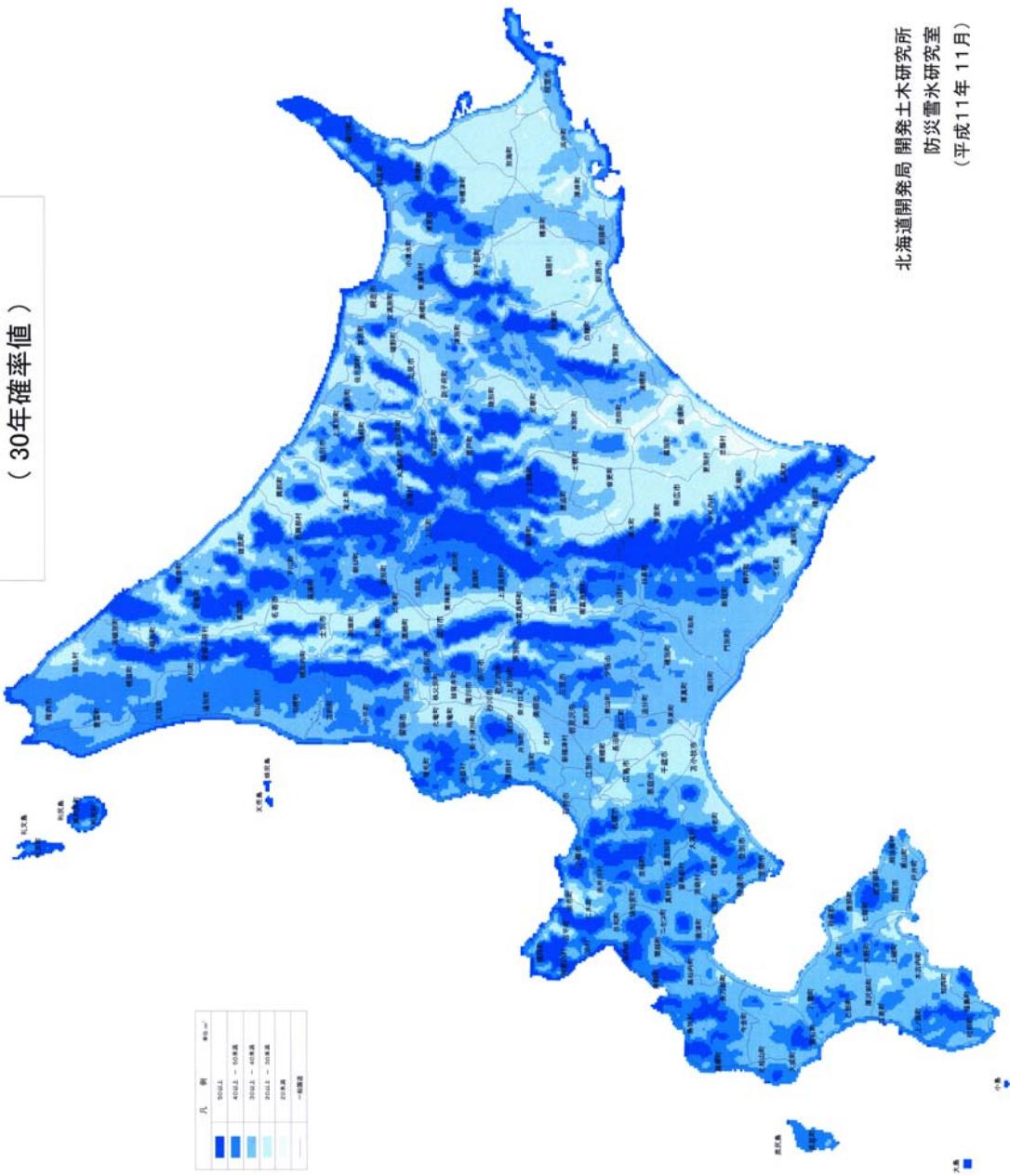


図1-4-14 全道吹きだまり量分布図（30年確率値、統計期間：1981年12月～1996年3月）

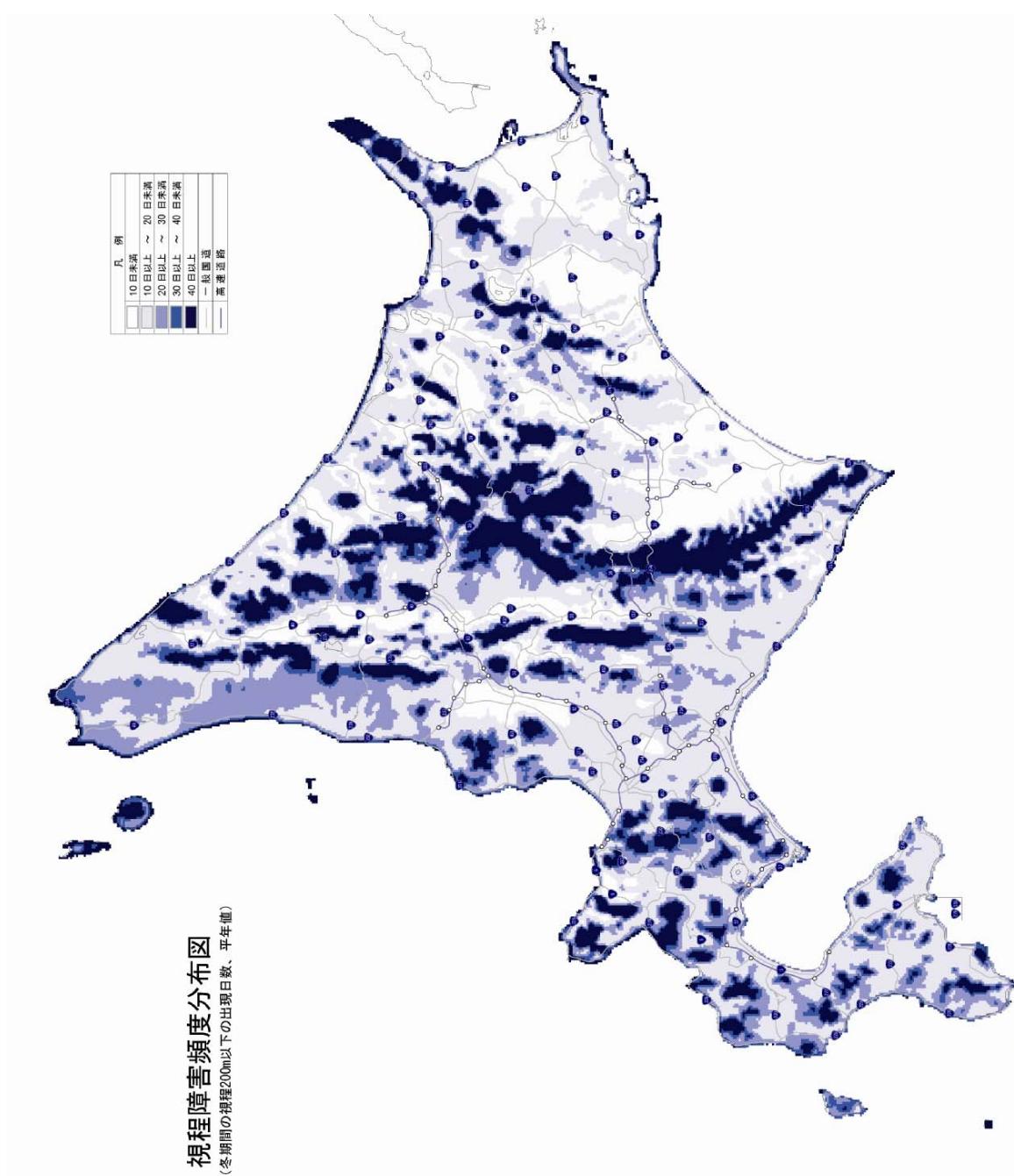


図1-4-15 視程障害頻度分布図（平年値、視程200m以下の出現日数、統計期間：1980年12月～1998年3月）

1-2 気象観測点資料

以下にアメダスと開発局道路テレメータの一覧を示す。なおアメダスや道路テレメータ等の気象観測データを入手先の一例を表1-4-2示す。

- ① 北海道内の気象観測点（アメダス、道路テレメータ）配置図（図1-4-16）
- ② アメダス観測地点一覧（表1-4-3～表1-4-5）※4要素観測点および積雪深観測点を対象とする
- ③ 開発局道路テレメータ観測地点一覧（表1-4-6～表1-4-9）

(1) 地上気象観測所（気象台・測候所）及び地域気象観測所（アメダス）

表1-4-2 気象資料（気象庁の気象観測所のデータ）の入手先

機関	提供方式	データ	備考
気象庁	ホームページ閲覧 (無料)	地上気象観測所 (毎時・日データ等) 地域気象観測所 (10分値・毎時・日データ)	提供サイト： http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php ※htmlの表形式のため多量データの取得が困難
(財)気象業務支援センター	CD-ROM配布（有料） FTP ^{*1} （インターネット経由）による提供（有料）	地上気象観測所 (1分値・毎時・日データ等) 地域気象観測所 (10分値・毎時・日データ)	http://www.jmbsc.or.jp/index.html ※若干の時間を要するが、加工しやすいcsvファイル形式などでの提供

※FTP：ネットワークを介したファイル転送方式

なおアメダスデータの利用の際は、観測所移転の有無について確認することが望ましい。気象庁ホームページに全国のアメダスのリスト（地域気象観測所一覧）が掲載されており、観測所の移転情報も記載されているが、情報が最新ではないことがある。

(2) 道路テレメータ（北海道開発局）

道路テレメータのデータは、道路管理者がリアルタイム値を参考に、特に異常気象時の道路管理を適切に行うために活用されるものであるが、気象庁の観測所の空白地帯を中心に配置され、且つ毎時データが長期間（概ね1995年頃～）保存されていることから、吹雪調査を行う上で有効なデータと言える。

最近はHP等でリアルタイムデータが公表されるようになったが、蓄積された過去データを利用する場合には、当該エリアを管轄する開発建設部の道路維持担当課に連絡し、使途を明示した上で借用を願い出る必要がある。

なお、道路テレメータは、峠部など気象の厳しい箇所等に設置されていることが多く、気象データ、特に積雪深データに異常値が含まれていることがある。テレメータデータを利用するときは、必ずデータチェックを行う必要がある。



図1-4-16 北海道内の気象観測点（アメダス、開発局道路テレメータ）配置図

表1-4-3 アメダス観測地点一覧(1)

2008年7月現在

支庁	観測所名	観測所番号		観測開始年月日	緯度		経度		海面上高さ(m)	風速計高さ(m)	備考
		4要素	積雪		度	分	度	分			
宗谷	宗谷岬	11001	—	昭53.10.30	45	31.2	141	56.1	26	8.0	—
宗谷	幌泊	11012	—	平18.3.16	45	27.3	141	2.3	27	7.3	日照を除く
宗谷	稚内	11016	11903	昭50.4.1	45	24.9	141	40.7	3	23.4	—
宗谷	礼文	11046	—	平15.10.17	45	18.3	141	2.7	65	6.5	—
宗谷	声問	11061	11904	平18.3.16	45	24.2	141	48.0	8	8.0	日照を除く
宗谷	浜鬼志別	11076	11900	昭53.10.30	45	20.1	142	10.2	13	6.5	—
宗谷	本泊	11091	—	平18.3.16	45	14.5	141	11.2	30	7.6	日照を除く
宗谷	沼川	11121	11905	昭52.10.20	45	14.9	141	51.1	23	8.0	—
宗谷	沓形	11151	—	昭52.10.24	45	10.6	141	8.3	14	6.5	—
宗谷	豊富	11176	11910	昭52.10.25	45	6.4	141	45.9	16	10.0	—
宗谷	浜頓別	11206	—	昭52.10.19	45	6.7	142	21.7	13	8.0	—
宗谷	中頓別	11276	11915	昭52.10.19	44	57.9	142	16.8	25	8.0	—
宗谷	北見枝幸	11291	11917	昭51.1.1	44	56.4	142	35.1	7	16.9	—
宗谷	歌登	11316	11920	昭52.10.25	44	50.4	142	28.8	14	8.0	—
上川	中川	12011	—	昭52.10.19	44	49.7	142	4.6	22	8.0	—
上川	音威子府	12041	12905	昭52.10.17	44	43.6	142	15.9	40	10.0	—
上川	美深	12141	12900	昭52.10.6	44	28.8	142	20.5	77	6.5	—
上川	名寄	12181	12910	昭51.4.1	44	22.2	142	27.3	89	8.0	—
上川	下川	12231	12925	昭52.10.14	44	18.1	142	37.4	140	6.5	—
上川	土別	12261	—	昭52.10.13	44	11.2	142	25.0	135	8.0	—
上川	朝日	12266	—	昭52.10.13	44	7.0	142	35.7	225	6.5	—
上川	和寒	12301	12915	昭52.10.12	44	1.7	142	24.6	138	6.5	—
上川	江丹別	12386	—	昭52.10.11	43	53.3	142	14.3	140	6.5	—
上川	比布	12396	—	昭52.10.11	43	52.2	142	28.6	167	6.5	—
上川	上川	12411	12920	昭52.10.12	43	50.8	142	45.2	324	6.5	—
上川	旭川	12442	12927	平16.9.9	43	45.4	142	22.3	120	46.4	—
上川	東川	12451	—	昭52.10.5	43	42.1	142	30.5	215	6.5	—
上川	東神楽	12501	12932	平18.3.16	43	40.2	142	26.8	211	9.4	日照を除く
上川	志比内	12512	—	平4.10.9	43	38.6	142	34.9	310	8.5	—
上川	美瑛	12551	12935	昭52.10.6	43	35.3	142	29.6	250	6.5	—
上川	上富良野	12596	—	昭52.10.8	43	27.3	142	27.9	220	6.5	—
上川	富良野	12626	12940	昭51.4.1	43	20.0	142	23.9	174	9.4	—
上川	麓郷	12632	—	昭53.10.25	43	18.1	142	31.3	315	6.5	—
上川	幾寅	12691	12945	昭52.10.7	43	10.1	142	34.1	350	9.4	—
上川	占冠	12746	12950	昭52.10.7	42	58.7	142	23.7	332	6.5	—
留萌	天塙	13061	13900	昭52.10.26	44	53.6	141	45.6	9	6.5	—
留萌	遠別	13086	—	昭52.10.26	44	43.0	141	49.5	10	6.5	—
留萌	初山別	13121	13905	昭52.10.28	44	31.4	141	46.2	27	10.0	—
留萌	焼尻	13146	—	昭52.10.27	44	25.7	141	25.4	34	6.5	—
留萌	羽幌	13181	13907	昭51.1.1	44	21.7	141	42.0	8	21.4	—
留萌	達布	13261	—	昭52.10.31	44	2.9	141	51.4	30	8.0	—
留萌	留萌	13277	13915	昭55.6.21	43	56.7	141	37.9	24	16.1	—
留萌	増毛	13311	—	昭53.10.24	43	51.0	141	30.7	20	9.4	—
留萌	幌糠	13321	13920	昭52.10.31	43	51.3	141	45.5	20	8.0	—
石狩	浜益	14026	—	昭52.10.12	43	34.9	141	23.2	3	6.5	—
石狩	厚田	14071	14900	昭52.10.12	43	23.9	141	26.2	5	8.0	—
石狩	新篠津	14101	14910	昭53.10.23	43	13.2	141	38.7	9	8.0	—
石狩	山口	14116	—	昭52.10.11	43	8.8	141	13.3	5	6.5	—
石狩	石狩	14121	14905	平2.3.6	43	11.6	141	22.2	5	8.0	—
石狩	江別	14136	—	平12.10.31	43	6.6	141	36.0	8	8.0	—
石狩	札幌	14163	14913	平13.9.26	43	3.5	141	19.7	17	59.5	—
石狩	恵庭島松	14206	14920	昭52.10.13	42	55.5	141	33.9	30	6.5	—
石狩	支笏湖畔	14286	—	昭52.10.14	42	46.3	141	24.4	290	8.4	—
石狩	千歳	14296	14923	平18.3.16	42	46.5	141	41.5	22	9.8	日照を除く
空知	朱鞠内	15041	15900	昭53.10.24	44	17.0	142	9.7	255	8.0	—
空知	幌加内	15076	15905	昭52.10.28	44	0.6	142	9.6	159	9.4	—
空知	石狩沼田	15116	—	昭51.4.1	43	48.9	141	55.6	63	10.0	—
空知	深川	15161	15910	昭52.10.7	43	43.1	142	4.4	55	6.5	—
空知	空知吉野	15231	—	昭53.11.2	43	35.7	141	43.9	100	8.0	—
空知	滝川	15241	15930	昭51.4.1	43	34.2	141	56.4	50	9.6	—
空知	芦別	15251	15915	昭53.10.25	43	31.0	142	11.4	90	17.3	—
空知	月形	15311	—	昭52.10.6	43	19.8	141	37.1	50	8.0	—
空知	美唄	15321	15920	昭52.10.5	43	21.7	141	49.6	16	6.5	—
空知	岩見沢	15356	15923	昭50.4.3	43	12.6	141	47.1	42	21.9	—
空知	長沼	15431	—	昭52.10.5	43	0.7	141	41.5	13	6.5	—
空知	夕張	15442	15925	昭51.4.1	43	2.3	141	57.4	293	9.4	—

表1-4-4 アメダス観測地点一覧(2)

2008年7月現在

支庁	観測所名	観測所番号		観測開始年月日	緯度		経度		海面上 高さ(m)	風速計 高さ(m)	備考
		4要素	積雪		度	分	度	分			
後志	美國	16026	—	昭52. 10. 25	43	16.2	140	33.6	75	8.0	—
後志	神恵内	16061	—	昭52. 10. 24	43	8.7	140	25.4	50	6.5	—
後志	余市	16076	16905	昭52. 10. 31	43	10.9	140	45.5	20	8.0	—
後志	小樽	16091	16903	昭50. 12. 23	43	10.9	141	1.0	25	13.4	—
後志	岩内	16156	16910	昭52. 10. 24	42	59.1	140	32.6	33	6.5	—
後志	蘭越	16206	16915	昭52. 10. 20	42	48.6	140	32.5	39	8.0	—
後志	俱知安	16217	16917	平3. 8. 28	42	54.0	140	45.4	176	31.5	—
後志	寿都	16252	16918	平元. 9. 22	42	47.7	140	13.4	33	13.4	—
後志	真狩	16281	—	昭53. 10. 27	42	46.5	140	52.9	440	8.0	—
後志	喜茂別	16286	16920	昭52. 10. 21	42	47.6	140	56.9	264	8.0	—
後志	黒松内	16321	16925	昭52. 10. 20	42	39.8	140	18.6	27	8.0	—
網走	雄武	17036	17903	昭50. 12. 1	44	34.8	142	57.8	14	16.4	—
網走	興部	17076	—	昭52. 10. 28	44	28.2	143	6.5	8	10.0	—
網走	西興部	17091	17900	昭52. 10. 28	44	19.9	142	56.2	120	8.0	—
網走	紋別	17112	17904	昭58. 1. 1	44	20.7	143	21.3	16	19.4	—
網走	紋別小向	17116	—	平18. 3. 16	44	18.2	143	24.2	18	10.4	日照を除く
網走	湧別	17166	—	昭52. 10. 26	44	12.8	143	37.2	5	9.4	—
網走	滝上	17196	17905	昭52. 10. 27	44	10.6	143	3.6	165	6.5	—
網走	常呂	17246	—	昭52. 10. 21	44	7.0	144	2.9	4	6.5	—
網走	遠軽	17306	17910	昭52. 10. 24	44	3.2	143	32.4	80	6.4	—
網走	佐呂間	17316	17915	昭52. 10. 21	43	59.1	143	43.4	59	8.5	—
網走	網走	17341	17917	昭50. 4. 1	44	1.0	144	16.7	38	15.6	—
網走	宇登呂	17351	17935	昭53. 10. 26	44	3.1	144	58.9	144	8.5	—
網走	白滙	17482	17955	平5. 1. 27	43	51.9	143	9.2	475	8.5	—
網走	生田原	17501	—	昭52. 10. 25	43	53.2	143	31.3	198	6.5	—
網走	北見	17521	17925	昭51. 4. 1	43	48.6	143	52.5	114	9.4	—
網走	女満別	17531	17965	平18. 3. 16	43	52.8	144	9.8	33	8.6	日照を除く
網走	小清水	17546	—	昭52. 10. 19	43	50.5	144	29.1	52	10.0	—
網走	斜里	17561	17940	昭52. 10. 19	43	53.0	144	42.0	15	6.5	—
網走	留辺蘗	17596	17930	昭53. 11. 1	43	44.5	143	27.0	325	6.5	—
網走	境野	17607	—	昭52. 10. 25	43	42.4	143	38.6	184	8.5	—
網走	美幌	17631	—	昭52. 10. 20	43	46.2	144	10.3	60	10.1	—
網走	津別	17717	17950	昭63. 10. 4	43	42.1	144	2.0	100	6.5	—
根室	羅臼	18038	18925	平17. 11. 1	44	1.2	145	11.4	15	9.5	—
根室	標津	18136	—	昭52. 10. 18	43	39.7	145	7.9	3	8.0	—
根室	上標津	18161	—	平15. 10. 16	43	31.1	144	45.1	181	6.5	—
根室	中標津	18171	18910	昭52. 10. 18	43	32.6	144	58.6	50	6.5	—
根室	根室中標津	18174	18930	平18. 3. 16	43	34.6	144	57.6	65	9.2	日照を除く
根室	別海	18256	18915	昭52. 10. 14	43	23.0	145	6.9	23	6.5	—
根室	根室	18273	18917	平5. 8. 26	43	19.8	145	35.1	25	29.0	—
根室	納沙布	18281	—	昭52. 10. 13	43	23.6	145	45.5	12	6.5	—
根室	厚床	18311	18920	昭52. 10. 14	43	13.9	145	15.5	40	10.0	—
釧路	川湯	19021	19900	昭52. 10. 6	43	37.0	144	27.4	158	9.5	—
釧路	弟子屈	19051	—	昭52. 10. 6	43	30.6	144	28.1	170	10.0	—
釧路	阿寒湖畔	19076	19910	昭52. 10. 7	43	26.0	144	5.2	430	8.5	—
釧路	標茶	19151	19915	昭52. 10. 11	43	17.5	144	35.2	20	10.0	—
釧路	鶴居	19191	19920	昭52. 10. 5	43	13.9	144	19.5	38	6.5	—
釧路	中微別	19261	19925	昭52. 10. 7	43	11.9	144	8.5	80	6.5	—
釧路	柳町	19311	—	昭52. 10. 12	43	7.2	145	6.6	2	9.5	—
釧路	鶴丘	19347	19935	平18. 3. 16	43	2.4	144	11.5	95	9.4	日照を除く
釧路	太田	19376	19930	昭52. 10. 11	43	5.5	144	46.8	85	6.5	—
釧路	白糠	19416	19940	昭52. 10. 5	42	58.2	144	3.7	9	6.5	—
釧路	釧路	19432	19950	平12. 10. 5	42	59.1	144	22.6	5	65.9	—
釧路	知方学	19451	—	昭53. 10. 27	42	56.2	144	44.1	149	6.6	—

表1-4-5 アメダス観測地点一覧(3)

2008年7月現在

支庁	観測所名	観測所番号		観測開始年月日	緯度		経度		海面上高さ(m)	風速計高さ(m)	備考
		4要素	積雪		度	分	度	分			
十勝	陸別	20146	20900	昭52. 10. 21	43	28.1	143	44.3	207	8.2	—
十勝	糠平	20186	20910	昭51. 4. 1	43	22.0	143	11.5	540	8.1	—
十勝	上士幌	20266	20920	昭52. 10. 20	43	14.1	143	18.2	295	10.0	—
十勝	足寄	20276	—	昭52. 10. 21	43	14.6	143	33.2	90	8.0	—
十勝	本別	20341	20935	昭51. 3. 10	43	7.9	143	36.0	67	8.0	—
十勝	新得	20356	20930	昭52. 10. 24	43	4.6	142	50.4	178	8.3	—
十勝	鹿追	20361	—	昭53. 10. 30	43	6.2	142	59.7	206	8.0	—
十勝	駒場	20371	—	昭52. 10. 20	43	3.0	143	11.1	112	6.5	—
十勝	芽室	20421	20940	昭52. 10. 24	42	54.0	143	2.6	90	9.5	—
十勝	帶広	20432	20943	昭50. 4. 1	42	55.2	143	12.7	38	—	気温、雨
十勝	帶広	20432	—	平10. 1. 28	42	54.5	143	13.4	45	11.0	風、日照
十勝	池田	20441	—	昭52. 10. 26	42	55.2	143	27.5	42	8.0	—
十勝	浦幌	20506	20945	昭52. 10. 27	42	48.5	143	39.4	20	8.3	—
十勝	帶広泉	20551	20955	平18. 3. 16	42	44.0	143	13.0	149	9.9	日照を除く
十勝	糠内	20556	—	昭53. 10. 30	42	47.2	143	19.7	70	8.0	—
十勝	上札内	20601	20950	昭52. 10. 25	42	38.5	143	5.8	251	6.5	—
十勝	更別	20606	—	昭52. 10. 25	42	38.9	143	11.4	190	6.5	—
十勝	大津	20631	—	昭52. 10. 27	42	41.1	143	38.8	4	6.5	—
十勝	大樹	20696	20960	昭52. 10. 26	42	30.0	143	16.5	87	6.5	—
十勝	広尾	20751	20965	昭50. 12. 19	42	17.6	143	18.9	32	19.9	—
胆振	厚真	21111	—	昭52. 10. 5	42	43.8	141	53.2	20	6.5	—
胆振	穂別	21126	21905	昭52. 10. 5	42	45.7	142	8.6	56	8.0	—
胆振	大滝	21161	21910	昭52. 10. 7	42	40.2	141	4.7	390	8.0	—
胆振	森野	21171	—	昭52. 10. 27	42	37.9	141	14.7	170	10.0	—
胆振	苦小牧	21187	21913	昭63. 6. 25	42	37.3	141	32.8	6	19.1	—
胆振	大岸	21226	21915	昭52. 10. 11	42	35.4	140	38.6	8	6.5	—
胆振	白老	21261	21920	昭52. 10. 6	42	32.6	141	21.1	6	6.5	—
胆振	鶴川	21276	—	昭53. 10. 26	42	35.4	141	56.0	10	6.5	—
胆振	伊達	21297	—	昭52. 10. 11	42	28.4	140	52.6	16	10.0	—
胆振	登別	21312	21925	昭58. 8. 10	42	27.5	141	7.1	197	6.5	—
胆振	室蘭	21323	21930	昭60. 7. 1	42	18.7	140	58.5	40	18.2	—
日高	日高	22036	22900	昭52. 10. 19	42	52.6	142	26.5	280	6.5	—
日高	日高門別	22141	—	昭51. 3. 11	42	31.3	142	2.2	10	6.5	—
日高	新和	22156	—	昭52. 10. 18	42	32.6	142	20.0	60	6.5	—
日高	静内	22241	22920	昭52. 10. 17	42	20.7	142	21.7	10	9.6	—
日高	三石	22291	—	昭52. 10. 17	42	14.7	142	39.7	10	6.5	—
日高	中杵臼	22306	22910	昭53. 10. 31	42	13.4	142	56.9	80	6.5	—
日高	浦河	22327	22913	昭58. 3. 1	42	9.7	142	46.6	33	14.5	—
日高	えりも岬	22391	—	昭53. 12. 27	41	55.5	143	14.6	63	8.0	—
渡島	長万部	23031	23900	昭52. 10. 12	42	31.4	140	22.9	10	6.5	—
渡島	八雲	23086	23905	昭52. 10. 12	42	15.1	140	16.3	8	9.4	—
渡島	森	23166	23925	平14. 3. 1	42	4.0	140	35.3	125	8.0	—
渡島	川汲	23206	—	昭52. 10. 13	41	54.3	140	58.2	25	6.5	—
渡島	北斗	23226	—	昭52. 10. 13	41	53.2	140	39.2	25	6.4	—
渡島	函館	23232	23915	平4. 7. 23	41	48.9	140	45.2	35	25.6	—
渡島	高松	23281	23930	平18. 3. 16	41	46.2	140	49.3	34	10.1	日照を除く
渡島	木古内	23326	—	昭52. 10. 14	41	41.2	140	26.7	6	9.4	—
渡島	松前	23376	—	昭52. 10. 14	41	25.4	140	5.2	30	9.4	—
桧山	せたな	24041	—	昭52. 10. 19	42	27.0	139	51.1	10	6.5	—
桧山	今金	24051	24900	昭52. 10. 19	42	25.7	140	0.5	19	7.9	—
桧山	奥尻	24101	—	平12. 1. 28	42	14.9	139	33.4	5	6.5	—
渡島	熊石	24141	24905	昭52. 10. 18	42	7.8	139	58.7	34	8.0	—
桧山	米岡	24156	—	平18. 3. 16	42	4.3	139	25.7	52	10.4	日照を除く
桧山	鶴	24201	24910	昭52. 10. 18	41	55.8	140	18.7	53	9.4	—
桧山	江差	24217	24915	昭54. 8. 30	41	52.0	140	7.4	4	19.4	—

表1-4-6 開発局道路テレメータ観測地点一覧(1)

2010年7月現在

名称	番号	観測所名	所在地	路線	観測項目							緯度	経度	
					風速	気温	路温	雨量	積雪	瞬風	視程	気圧		
札幌	1	送毛	浜益郡浜益村大字志利内村字送毛	231号	○	○	○	○	○				43	31 36 141 22 56
札幌	2	千代志別	浜益郡浜益村大字群別村字千代志別	231号	○	○	○	○	○				43	41 26 141 20 23
札幌	3	無意根	札幌市南区定山渓国有林	230号	○	○	○	○	○				42	53 22 141 8 12
札幌	4	滝笛	千歳市滝笛	276号	○	○	○	○	○				42	42 28 141 11 31
札幌	5	厚田	厚田郡厚田村大字安瀬村34番地	231号	○	○	○	○	○				43	25 20 141 25 42
札幌	6	八幡	石狩郡石狩町大字生振村	231号	○	○	○	○	○				43	14 12 141 21 40
札幌	7	東中山	虻田郡喜茂別町字上川中山峠	230号	○	○	○	○	○				42	51 26 141 5 46
札幌	8	母子里	雨竜郡幌加内町母子里無番地	275号	○	○	○	○	○				44	22 7 142 15 38
札幌	9	登川	夕張市登川国有林	274号	○	○	○	○	○				42	55 12 142 6 54
札幌	10	国見	深川市音江別字国見	12号	○	○	○	○	○				43	42 23 142 6 18
札幌	11	遠幌	夕張市南部住之江町84番地	452号	○	○	○	○	○				43	0 40 142 1 53
札幌	12	江別太	江別市江別太120番地の1	12号	○	○	○	○	○				43	6 58 141 34 54
札幌	13	北奥漁	恵庭市盤尻国有林	453号	○	○	○	○	○				42	50 18 141 18 18
札幌	14	四番川	樺戸郡新十津川町字幌加383番7	451号	○	○	○	○	○				43	32 40 141 37 49
札幌	15	鹿島	夕張市夕張国有林	452号	○	○	○	○	○				43	51 53 142 5 46
札幌	16	月形	樺戸郡月形町字南耕地216-24	275号	○	○	○	○	○				43	19 47 141 39 27
札幌	17	三川	夕張郡由仁町字中三川63番地	274号	○	○	○	○	○				42	56 54 141 49 29
札幌	18	西長沼	夕張郡長沼町西6線南7号	274号	○	○	○	○	○				42	59 4 141 37 22
札幌	19	北奈井江	空知郡奈井江町字奈井江123番地先	12号	○	○	○	○	○				43	27 17 141 53 46
札幌	20	晩生内	樺戸郡浦臼町字晩生内307番地の4地先	275号	○	○	○	○	○				43	24 28 141 47 11
札幌	21	七夜	芦別市奥芦別国有林	452号	○	○	○	○	○				43	22 27 142 10 28
札幌	22	美々	千歳市平和1388番地先	36号	○	○	○	○	○	○	○	○	42	47 46 141 41 16
札幌	23	大曲中央	北広島市大曲112番地先	12号	○	○	○	○	○				42	58 37 141 28 15
札幌	24	滝川東	滝川市新町2丁目1番31号	12号	○	○	○	○	○				43	33 4 141 54 41
札幌	25	朱鞠内道路	雨竜郡幌加内町字朱鞠内756-21	275号	○	○	○	○	○				44	17 12 142 9 53
札幌	26	支寒内	千歳市支寒内国有林	276号	○	○	○	○	○				42	44 9 141 21 12
札幌	27	幌加内峠	深川市多度志町字	275号	○	○	○	○	○				43	54 26 142 6 46
札幌	28	西芦別	芦別市上芦別町19線	38号	○	○	○	○	○				43	29 38 142 12 13
札幌	29	三芦	三笠市国有林	452号	○	○	○	○	○				43	16 44 142 3 28
札幌	30	札幌道路	札幌市豊平区水車町1丁目1-2	36号	○	○	○	○	○				43	31 13 141 21 52
札幌	31	支笏湖	千歳市支笏湖温泉	453号	○	○	○	○	○	○	○	○	42	46 21 141 24 14
札幌	32	当別	石狩郡当別町対雁43の1	275号	○	○	○	○	○				43	12 24 141 31 23
函館	1	木直	茅部郡南茅部町字木直1386番2	278号	○	○	○	○	○				41	53 19 141 3 44
函館	2	矢不來	上磯郡上磯町字矢不來37番4	228号	○	○	○	○	○				41	47 1 140 37 2
函館	3	雲石	山越郡八雲町鉛川	277号	○	○	○	○	○				42	10 53 140 5 28
函館	4	静狩	山越郡長万部町字静狩397番1	37号	○	○	○	○	○				42	35 49 140 27 44
函館	5	松浦	松浦郡福島町字松浦386の1	228号	○	○	○	○	○				41	24 43 140 12 56
函館	6	美利河峠	瀬棚郡今金町字美利河	230号	○	○	○	○	○				42	28 21 140 12 1
函館	7	函館	函館市大川町1番27号 北斗市追分4丁目11番2号	228号	○	○	○	○	○				41	47 52 140 44 21
函館	8	江差	桧山郡江差町字泊179番地	227号	○	○	○	○	○				41	53 32 140 8 27
函館	9	瀬棚	瀬棚郡瀬棚町字南川176の2番地	229号	○	○	○	○	○				42	26 26 139 51 10
函館	10	森	茅部郡森町字森川町280番地の1	278号	○	○	○	○	○				42	51 45 140 34 43
函館	11	八雲	山越郡八雲町東雲町23番地	5号	○	○	○	○	○				42	14 56 140 17 1
函館	12	松前	松前郡松前町字建石48番地	228号	○	○	○	○	○				41	25 30 140 5 23
函館	13	大野中山	龜田郡大野町字中山	227号	○	○	○	○	○				41	56 45 140 27 51
函館	14	館浦	爾志郡乙部町館浦104番の2	229号	○	○	○	○	○				41	58 40 140 7 54
函館	15	千軒	松前郡福島町字檜倉	228号	○	○	○	○	○				41	31 43 140 15 18
函館	16	須築	瀬棚郡瀬棚町字北島歌	229号	○	○	○	○	○				42	35 38 139 49 32
函館	17	鹿部	茅部郡茅部町字大岩	278号	○	○	○	○	○				42	0 35 140 51 47
函館	18	西大沼	龜田郡七飯町字西大沼	5号	○	○	○	○	○				41	58 33 140 38 28
函館	19	長磯	久遠郡大成町字長磯	229号	○	○	○	○	○				43	8 44 139 54 25
函館	20	高岱	龜田郡惠山町字高岱237	278号	○	○	○	○	○				41	48 11 141 6 15
函館	21	二俣	瀬棚郡北檜山町二俣	229号	○	○	○	○	○				42	15 41 139 54 18
函館	22	砂原降灰	茅部郡砂原町字彦洞	278号	○	○	○	○	○				42	71 32 140 42 53
函館	23	小砂子	檜山郡上ノ国町字小砂子261	228号	○	○	○	○	○				41	38 16 139 59 47
函館	24	新道	上磯郡木古内町字新道107-20号より	228号	○	○	○	○	○				41	39 46 140 25 54
函館	25	鹿部降灰	茅部郡茅部町字宮野	278号	○	○	○	○	○				42	3 8 140 48 10
函館	26	姫川降灰	茅部郡森町字姫川	5号	○	○	○	○	○				42	51 12 140 35 7
函館	27	押出降灰	茅部郡砂原町字押出	278号	○	○	○	○	○				42	7 1 140 38 17
函館	28	山崎	山越郡八雲町山崎	5号	○	○	○	○	○				42	20 14 140 16 43
小樽	1	親子別	岩内郡岩内町字敷島内 雷電トンネル終点側電気室内	229号	○	○	○	○	○				42	56 36 140 25 12
小樽	2	栄浜	島牧郡島牧村字原歌172-1	229号	○	○	○	○	○				42	41 28 139 58 24
小樽	3	稲穂峰	岩内郡共和町字稻穂峰	5号	○	○	○	○	○				43	3 1 140 40 55
小樽	4	三の原	虻田郡留寿都村字三の原	230号	○	○	○	○	○				42	41 34 140 50 13
小樽	5	大森	古平郡神恵内村大字赤石村35番地先	229号	○	○	○	○	○				43	9 52 140 23 10
小樽	6	神岬	積丹郡積丹町字草内	229号	○	○	○	○	○				43	19 18 140 21 43
小樽	7	沖町	古平郡古平町字沖町 沖トンネル第1電気室	229号	○	○	○	○	○				43	15 18 140 40 49

表1-4-7 開発局道路テレメータ観測地点一覧(2)

2010年7月現在

名称	番号	観測所名	所在地	路線	観測項目							緯度	経度		
					風速	気温	路温	雨量	積雪	瞬風	視程	気圧			
小樽	8	豊浜	余市郡余市町字豊浜	229号		○							43°14'	140°42'	33
小樽	9	鮫取洞	寿都郡寿村字鮫取洞	229号		○							42°50'	140°19'	18
小樽	10	木巻	島牧郡島牧村字植單	229号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°41'	140°19'	30
小樽	11	目名峠	寿都郡黒松内町字白井川	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°42'	140°24'	55
小樽	12	稻穂	余市郡仁木町字大江町3丁目	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°4'	140°42'	0
小樽	13	馬無峠	小樽市朝里川温泉1丁目地先	393号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°8'	140°0'	46
小樽	14	オブカル石	古宇郡神恵内村大字珊瑚内村字	229号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°14'	140°20'	6
小樽	15	積丹	積丹郡積丹町大字神岬村字沼前	229号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°16'	140°20'	43
小樽	16	俱知安峠	虻田郡俱知安町字峠下237番地の1	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°55'	140°43'	20
小樽	17	張碓峠	小樽市張碓	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°9'	140°5'	57
小樽	18	小樽	小樽市長橋4-14-34	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°12'	140°57'	58
小樽	19	岩内	岩内郡岩内町字東山105	229号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°58'	140°31'	46
小樽	20	俱知安	虻田郡俱知安町北7条東1丁目4-9	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°54'	140°45'	16
小樽	21	黒松内	寿都郡黒松内町字熱郛	5号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°41'	140°18'	16
小樽	22	川上	虻田郡喜茂別町字栄	230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°49'	140°0'	34
小樽	23	美國	積丹郡大字美国	229号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								43°17'	140°37'	48
小樽	24	樺立	虻田郡俱知安町字大和	393号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○								42°57'	140°52'	46
旭川	1	天城岩	上川郡上川町字層雲峽国有林	銀河トンネル第3電気室	39号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°42'	140°143'	0
旭川	2	狩勝峠	空知郡南富良野町字落合地内		38号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°71'	140°45'	42
旭川	3	富和	中川郡中川町字富和		40号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°44'	140°13'	6
旭川	4	石北峠	上川郡上川町字層雲峽国有林		39号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°39'	140°31'	18
旭川	5	浮島	上川郡上川町上越		273号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°54'	140°58'	31
旭川	6	神居古潭	旭川市神居町神居古潭		12号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°43'	140°11'	51
旭川	7	金山峠	空知郡南富良野町字金山		237号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°51'	140°23'	56
旭川	8	土別峠	士別市温根別仲線9号		239号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°11'	140°13'	28
旭川	9	士別	士別市南町西一区3142番地		40号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°10'	140°23'	38
旭川	10	三国	上川郡上川町字三国峠		273号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°38'	140°7'	33
旭川	11	春志内	旭川市神居町春志内		12号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°45'	140°15'	15
旭川	12	白楊平	上川郡上川町字層雲峽		273号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°54'	140°58'	31
旭川	13	上川	上川郡上川町旭町38番地		39号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°50'	140°46'	52
旭川	14	三の山	空知郡南富良野町字幾寅3460		38号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°11'	140°35'	2
旭川	15	美馬牛	空知郡上富良野町2222-21		237号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°32'	140°43'	20
旭川	16	塩狩峠	上川郡比布町北18線14号		40号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°57'	140°26'	43
旭川	17	カルンユナイ	上川郡上川町字層雲峽国有林		39号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°32'	140°30'	28
旭川	18	音威子府	中川郡音威子府村字音威子府		40号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°43'	140°42'	59
旭川	19	美深道路	中川郡美深町字敷島143		40号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°29'	140°20'	27
旭川	20	下川橋	下川町西町222		239号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							44°18'	140°37'	46
旭川	21	富良野道路	富良野市西扇山1		38号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°20'	140°23'	48
旭川	22	西神楽	旭川市西神楽2線16 西神楽除雪ST		237号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°40'	140°23'	54
室蘭	1	目黒	幌泉郡えりも町字目黒		336号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°61'	140°49'	16
室蘭	2	冬島	様似郡様似町字幌満111-7		336号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°41'	140°12'	58
室蘭	3	成香	虻田郡洞爺村字香川29-1番地先		230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°39'	140°48'	44
室蘭	4	高崎	沙流郡日高町字日高618-4番地先		237号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°54'	140°26'	38
室蘭	5	上大成	寿都郡黒松内町字東栄719-2番地先		37号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°35'	140°31'	28
室蘭	6	大狩部	新冠郡新冠村字大狩部		235号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°24'	140°15'	9
室蘭	7	丸山	苦小牧市字丸山		276号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°45'	140°23'	25
室蘭	8	上杵臼	浦河郡浦河町字上杵臼		236号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°17'	140°57'	2
室蘭	9	王古丹	勇払郡穂別町字福山		274号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°53'	140°51'	50
室蘭	10	境浜	幌泉郡えりも町字目黒		336号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							43°81'	140°38'	13
室蘭	11	白老	白老郡白老町社台		36号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°33'	140°52'	55
室蘭	12	優徳	有珠郡大滝村字優徳		453号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°38'	140°52'	21
室蘭	13	仁世宇	沙流郡平取町仁世宇		237号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°43'	140°32'	4
室蘭	14	三石	三石郡三石町旭町		235号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°14'	140°46'	14
室蘭	15	追分	勇払郡追分町		234号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°53'	140°51'	43
室蘭	16	鶴川米原	勇払郡鶴川町字米原ウヌ-1		234号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°33'	140°58'	50
室蘭	17	室蘭道路	登別市大和町2-34-1		36号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°23'	140°6'	41
室蘭	18	白鳥大橋	室蘭市白鳥大橋		36号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°21'	140°9'	57
室蘭	19	有珠復旧	虻田郡虻田町字入江54-10		37号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°32'	140°13'	30
室蘭	20	苦小牧道路	苦小牧市日吉町2-1-5		36号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°37'	140°33'	12
室蘭	21	富川道路	沙流郡門別町富川東2丁目8-1		235号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°30'	140°14'	37
室蘭	22	浦河道路	浦河郡浦河町		235号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°11'	140°0'	47
室蘭	23	日高道路	沙流郡日高町字日高251-4		274号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°52'	140°48'	53
室蘭	24	伊達館山	伊達市館山町		37号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°28'	140°41'	18
室蘭	25	室蘭本部	室蘭市入江町1-14		36号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°19'	140°16'	28
室蘭	26	月浦-1	虻田郡虻田町		230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°35'	140°16'	34
室蘭	27	月浦-2	虻田郡虻田町		230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°34'	140°38'	16
室蘭	28	洞爺湖温泉-1	虻田郡虻田町		230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°34'	140°16'	56
室蘭	29	洞爺湖温泉-2	虻田郡虻田町		230号	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○							42°33'	140°54'	58

表1-4-8 開発局道路テレメータ観測地点一覧(3)

2010年7月現在

名称	番号	観測所名	所在地	路線	観測項目							緯度	経度				
					風速	気温	路温	雨量	積雪	瞬風	視程	気圧					
室蘭	30	泉	虻田郡虻田町	230号	○				○		○	42	32	49	140	47	20
室蘭	31	入江	虻田郡虻田町	230号	○				○		○	42	32	49	140	46	28
釧路	1	美幌峠	川上郡弟子屈町屈斜路美幌峠	243号	○	○	○	○	○			43	38	55	144	14	56
釧路	2	根北峠	標津郡標津町根北峠	244号	○	○	○	○	○			43	45	46	144	47	46
釧路	3	知床峠	目梨郡羅臼町知床峠	334号	○	○	○	○	○			44	1	51	145	6	27
釧路	4	羅臼峠	目梨郡羅臼町幌萌町631の1	335号	○	○	○	○	○			43	55	37	145	6	39
釧路	5	双岳台	阿寒郡阿寒町双岳台	241号	○	○	○	○	○			43	27	17	144	13	23
釧路	6	左股	白糠郡白糠町左股	274号	○	○	○	○	○			43	10	47	143	50	29
釧路	7	深山	釧路郡釧路町大字昆布森村字チヨロベツ	44号	○	○	○	○	○			42	58	54	144	35	19
釧路	8	達古武	川上郡標茶町塘路	391号	○	○	○	○	○			43	6	45	144	31	14
釧路	9	片無去	川上郡標茶町字塘路321の16	272号	○	○	○	○	○			43	7	35	144	38	44
釧路	10	西春別	野付郡別海町西春別	272号	○	○	○	○	○			43	21	1	144	49	4
釧路	11	種香	根室市種香	44号	○	○	○	○	○			43	18	27	145	32	2
釧路	12	釧路道路	釧路市貢塚3丁目3番15号	44号	○	○	○	○	○			42	59	55	144	24	39
釧路	13	又オ口	川上郡標茶町チヨロ原野	274号	○	○	○	○	○			43	17	24	144	23	15
釧路	14	尾幌	厚岸町尾幌	44号	○	○	○	○	○			43	3	23	144	45	19
釧路	15	オクルシベ	阿寒町オクルシベ	240号	○	○	○	○	○			43	25	45	144	8	35
釧路	16	春日	羅臼町春日	335号	○	○	○	○	○			43	56	51	145	7	39
釧路	17	西春別カープ	別海町字西春別	272号	○	○	○	○	○			43	23	1	144	51	59
釧路	18	上春別	別海町字上春別	272号	○	○	○	○	○			43	25	42	144	53	39
釧路	19	尺別	音別町字尺別原野	38号	○	○	○	○	○			42	52	4	143	53	42
釧路	20	阿寒防災St	釧路市阿寒町仲町1丁目34番地	240号	○	○	○	○	○								
釧路	21	根北峠2	標津郡標津町根北峠	244号	○	○	○	○	○			43	45	30	144	49	32
釧路	22	瑠辺斯	標津郡標津町根北峠	244号	○				○			43	45	5	144	52	20
釧路	23	北標津	標津郡標津町根北峠	244号	○				○			43	44	10	144	55	18
釧路	24	姉別	浜中町字後静村熊牛原野	44号	○	○	○	○	○			43	13	3	145	8	4
釧路	25	中標津道路	標津郡中標津町東23条北1丁目1	272号	○	○	○	○	○			43	33	35	144	59	38
釧路	26	弟子屈	川上郡弟子屈町鈴蘭4丁目4-1	243号	○	○	○	○	○			43	29	51	144	27	22
釧路	27	阿寒道路	阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔番外地	240号	○	○	○	○	○			43	25	59	144	51	28
釧路	28	根室道路	根室市敷島町1丁目5番地	44号	○	○	○	○	○			43	19	32	145	34	30
釧路	29	厚岸道路	厚岸郡厚岸町字宮園町194番地	44号	○	○	○	○	○			43	31	50	144	49	26
釧路	30	伊茶仁	標津郡標津町伊茶仁47番地8地先	244号	○	○	○	○	○			43	41	40	145	6	42
釧路	31	別海	別海町別海	243号	○	○	○	○	○			43	21	29	145	9	10
釧路	32	萩野	川上郡標茶町紅別原野416-1	243号	○	○	○	○	○			43	28	22	144	37	37
帯広	1	日勝峠	上川郡清水町石山	274号	○	○	○	○	○			42	57	41	142	45	46
帯広	2	池北峠	足寄郡陸別町字小利別	242号	○	○	○	○	○			43	36	39	143	37	38
帯広	3	三国峠	河東郡上士幌町字三股国有林	273号	○	○	○	○	○			43	34	3	143	7	4
帯広	4	足寄峠	足寄郡足寄町茂足寄国有林	241号	○	○	○	○	○			43	25	48	143	59	33
帯広	5	音調津	広尾郡広尾町字音調津	336号	○	○	○	○	○			42	12	20	143	19	36
帯広	6	野塚峠	広尾郡広尾町字上トヨイ基線国有林	236号	○	○	○	○	○			42	21	21	143	2	26
帯広	7	川上	十勝郡浦幌町字炭山	274号	○	○	○	○	○			43	8	34	143	45	53
帯広	8	芽登	足寄郡足寄町芽登本町	241号	○	○	○	○	○			43	16	24	143	25	38
帯広	9	中瓜幕	河東郡鹿追町瓜幕西27線	274号	○	○	○	○	○			43	11	7	143	1	52
帯広	10	土幌東	河東郡上士幌町字士幌東1線167番12号	241号	○	○	○	○	○			43	10	7	143	16	2
帯広	11	広尾	広尾郡広尾町並木通り東2-5	336号	○	○	○	○	○			42	17	56	143	19	1
帯広	12	帯広	中川郡幕別町札内西町7-6	38号	○	○	○	○	○			42	55	14	143	14	8
帯広	13	清水	上川郡清水町南4条11-1	38号	○	○	○	○	○			43	1	0	142	53	36
帯広	14	浦幌道路	十勝郡浦幌町字帯富78	38号	○	○	○	○	○			42	49	9	143	39	40
帯広	15	足寄	足寄郡足寄町栄町1-43	241号	○	○	○	○	○			43	19	58	143	33	6
帯広	16	中札内	河西郡中札内村大通北8丁目	236号	○	○	○	○	○			42	42	30	143	8	24
帯広	17	生花	広尾郡大樹町字生花	336号	○	○	○	○	○			42	35	56	143	27	5
帯広	18	豊似	広尾郡広尾町紋別	236号	○	○	○	○	○			42	24	3	143	18	25
帯広	19	忠類	広尾郡忠類村元忠類5-7	236号	○	○	○	○	○			42	34	15	143	18	24
帯広	20	土狩	河西郡芽室町	338号	○	○	○	○	○			42	56	1	143	6	27
帯広	21	新内	上川郡新得町字新内西7線204番地	38号	○	○	○	○	○			43	9	41	142	48	13
帯広	22	北新得	上川郡新得町新得	274号	○	○	○	○	○			43	7	19	142	50	36
帯広	23	幌加	河東郡上士幌町幌加	273号	○	○	○	○	○			43	26	52	143	8	54
帯広	24	陸別	足寄郡陸別町312 陸別除雪ST内	242号	○	○	○	○	○			43	27	29	143	44	26
帯広	25	茂足寄	足寄郡足寄町茂足寄85-5 茂足寄除雪ST内	241号	○	○	○	○	○			43	22	51	143	53	38
帯広	26	勇足(本別)	中川郡本別町勇足 本別除雪ST	242号	○	○	○	○	○			43	51	37	143	31	37
網走	1	北見峠	紋別郡白滝村字国有林	333号	○	○	○	○	○			43	52	46	143	1	29
網走	2	イトムカ	常呂郡留辺蘗町字富士見国有林	39号	○	○	○	○	○			43	39	55	143	10	41
網走	3	本岐	網走郡津別町字本岐48番地4号	240号	○	○	○	○	○			43	39	7	143	59	32
網走	4	天北峠	紋別郡西興部村字興部1番の1	239号	○	○	○	○	○			44	19	55	142	48	41
網走	5	ルクシ峠	常呂郡佐呂間町国有林	333号	○	○	○	○	○			43	57	47	143	44	34
網走	6	野上峠	斜里郡小清水町国有林	391号	○	○	○	○	○			43	41	18	144	27	59
網走	7	オシンコシン	斜里郡斜里町ウトロ西	334号	○	○	○	○	○			44	2	38	144	57	10
網走	8	釧北峠	網走郡津別町字相生	240号	○	○	○	○	○			43	27	52	144	0	57

表1-4-9 開発局道路テレメータ観測地点一覧(4)

2010年7月現在

名称	番号	観測所名	所在地	路線	観測項目							緯度	経度	
					風速	気温	路温	雨量	積雪	瞬風	視程	気圧		
網走	9	大曲	網走市大曲1丁目6番3号	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	0 47 144 13 30
網走	10	浮島崎	紋別郡滝上町字滝奥	273号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	56 21 142 56 46
網走	11	北見道路	北見市三輪674-5	39号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	49 1 143 54 56
網走	12	興部道路	紋別郡興部町字興部120の2	239号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	28 11 143 7 54
網走	13	宇登呂	斜里郡斜里町大字遠音別村字岩宇別	334号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	51 28 145 1 28
網走	14	斜里	斜里郡斜里町西町36	244号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	54 43 144 39 0
網走	15	幌岩	常呂郡佐呂間町字幌岩	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	51 23 143 53 58
網走	16	遠軽	紋別郡遠軽町大通北7丁目	242号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	41 11 143 31 47
網走	17	端野	常呂郡端野町辯牛内	39号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	53 15 143 59 17
網走	18	沼の上	紋別市字沼の上124-1地先	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	14 10 143 31 33
網走	19	滝美	紋別郡滝上町字第2区	273号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	11 20 143 4 23
網走	20	栄町	常呂郡留辺蘗町栄町	39号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	46 54 143 36 28
網走	21	神浦	斜里郡小清水町字神浦174-1	334号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	52 5 144 24 34
網走	22	大山町	紋別市大山町4丁目	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	21 4 143 19 57
網走	23	旭野	紋別郡生田原町	333号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	59 8 143 35 2
網走	24	北斗	斜里郡小清水町字北斗51	244号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	54 45 144 28 45
網走	25	白滝	紋別郡遠軽町白滝	333号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	53 9 143 11 59
留萌	1	岩老	増毛郡増毛町大字岩尾村字岩老206番地の1	231号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	46 27 141 22 9
留萌	2	奥霧立	苦前郡苦前町字霧立	239号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	12 1 142 3 22
留萌	3	力屋	留萌市小平町字豊浜	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	12 31 141 39 27
留萌	4	雄信内	天塩郡天塩町字雄信内	40号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	54 28 141 53 59
留萌	5	金浦	天塩郡遠別町字金浦	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	39 46 141 47 36
留萌	6	堀川	留萌市堀川町2丁目83番地	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	56 15 141 38 14
留萌	7	羽幌	苦前郡羽幌町栄町57番地の2	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	21 23 141 41 33
留萌	8	天塩	天塩郡天塩町新地通り1丁目4426番地	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	52 48 141 44 54
留萌	9	別苅	増毛郡増毛町大字別苅字別苅817番地の1	231号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	49 39 141 28 16
留萌	10	上平	苦前郡苦前町字力屋	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	14 11 141 39 26
留萌	11	花岡	留萌郡小平町字大槻	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	3 8 141 39 49
留萌	12	美葉牛峰	留萌市峠下町字峠下2013	233号	○	○	○	○	○	○	○	○	43	50 54 141 48 44
留萌	13	霧立	苦前郡苦前町字霧立63番地	239号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	13 12 141 52 4
留萌	14	初山別	苦前郡初山別村字初山別19番地の5	232号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	31 43 141 45 56
稚内	1	開源	天塩郡豊富町上サロベツ5537-3	40号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	13 34 141 44 36
稚内	2	峰岡	稚内市大字宗谷村字豊岩	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	28 40 141 58 26
稚内	3	サラキトマナイ	稚内市大字問字サラキトマナイ原野	40号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	21 42 141 43 45
稚内	4	音標	枝幸郡枝幸町字オチシユベツ266の6	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	42 10 142 48 43
稚内	5	浅茅野	宗谷郡猿払村浅茅野2674の1	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	11 6 142 16 53
稚内	6	斜内	枝幸郡浜頓別町字トンナイ	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	4 0 142 28 29
稚内	7	小頓別	枝幸郡中頓別町字小頓別215	275号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	49 33 142 17 44
稚内	8	中頓別	枝幸郡中頓別町字上駒	275号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	57 42 142 15 44
稚内	9	新生	天塩郡豊富町新生	40号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	41 52 141 45 15
稚内	10	浜鬼志別	宗谷郡猿払村字猿払4628-4	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	19 57 142 10 29
稚内	11	潮見	稚内市潮見5丁目7番37号	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	23 43 141 42 37
稚内	12	浜頓別	枝幸郡浜頓別町字戸出	275号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	7 12 142 21 19
稚内	13	枝幸	枝幸郡枝幸町字枝幸7020-1	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	44	55 54 142 34 3
稚内	14	宗谷岬	稚内市大字宗谷村字豊岩27-1先	238号	○	○	○	○	○	○	○	○	45	30 25 141 57 43

資料4 気象雪氷調査法

1. 気象調査

気象や雪氷の調査を実施するに際しては、測器や調査方法に関する十分な理解が必要である。気象雪氷調査に従事する技術者向けに「雪氷調査法」¹³⁾が刊行されており、本資料編と合わせて参照されたい。

1-1 気象調査の目的と概要

気象調査は、路線上の気象特性を把握する上でもっとも基本となる調査である。対象路線近傍に位置する道路気象テレメータやアメダス等の既存気象資料を収集する一方、対象路線を代表する地点や特に気象が厳しいと推測される地点等において、自動気象計器により連続観測を行う。

1-2 調査内容

吹雪の発生は気温と風速、降雪・積雪に依存することから、気温、風向風速、積雪深、視程の4要素が基本的な収集及び観測対象となる。主な気象要素と、対応する吹雪に関する統計値及び活用目的の関係を表1-4-10に示す。なお、気象分布図（吹きだまり量分布図等）の使用も可能である。

表1-4-10 吹雪統計値の活用目的と気象要素の関係

検討項目	吹雪統計値	対応気象要素			
		風向風速	気温	積雪深	視程
吹雪危険度の算定	吹きだまり量（吹雪量）	○	○	○	
	吹雪頻度（視程障害頻度）	○	○	○	○
	吹雪時の卓越風向	○	○	○	○
	積雪深			○	
	降雪量			○	
概略設計	対策工選定	吹雪時の卓越風向	○	○	○
		吹雪量	○	○	○
	柵種検討	積雪深		○	
		風速（吹雪時）	○	○	○
		吹雪時の卓越風向	○	○	○
		吹きだまり量	○	○	○
	柵高検討	吹きだまり量	○	○	○
		積雪深		○	
	柵離れ検討 (吹きだめ柵)	吹きだまり量	○	○	○
		積雪深		○	
	林帯幅検討	吹きだまり量	○	○	○
	防雪盛土高検討	積雪深		○	
	切土斜面長検討	吹きだまり量	○	○	○

1-3 調査データの一次整理

収集したデータは月毎に平均や合計などの基本統計を行う。また、時間変化図や頻度分布図を作成することでより詳細な現地の気象状況を知ることができる。風向は風配図（風速階級別の風配図や、ある風速以上の風配図）に整理することにより吹雪時の卓越風向を知ることができる。気象データの整理例を図1-4-17、図1-4-18に示す。

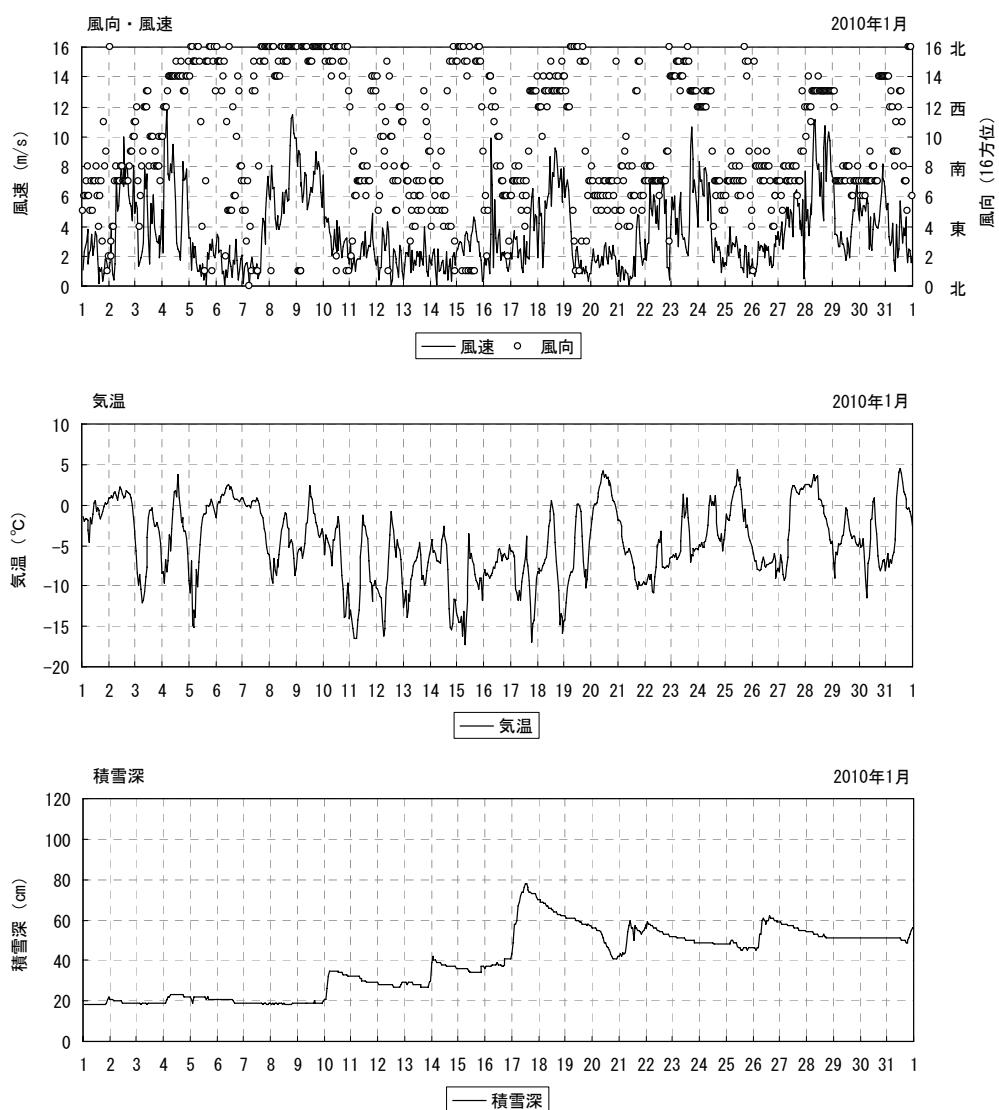


図1-4-17 気象データの整理例(1)、時間変化図の例（気象の月変化）

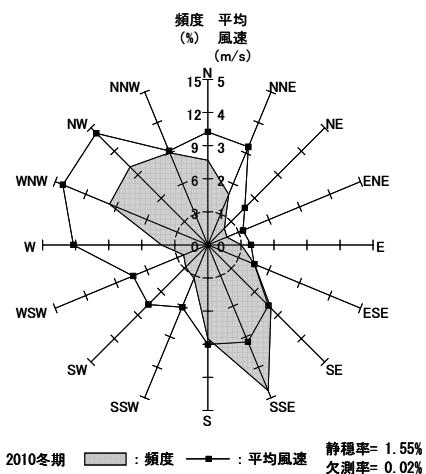


図1-4-18 気象データの整理例(2)、風配図の例（風速階級別風配図）

1-4 定点気象観測の方法と留意点

定点気象観測においては、その設置位置や観測条件が、観測結果に少なからず影響を及ぼす。「地上気象観測指針（以下、指針とする）」³⁾を参考にして、以下の点に留意して観測を実施することが望ましい。

(1) 気象観測所の位置

吹雪は強風時に発生し気流のため雪粒子が舞う現象であり、地形の影響を受けるかなり局地性の高い現象である。そのため、定点気象観測においては、第一に観測地点の選定が重要である。地点選定は、路線の代表性、路線の中のより気象の厳しい箇所の状況把握、気象が大きく関係する道路構造物の配置等を考慮して行う。現地を事前調査し、周辺の植生や地形を考慮して、以下の要素毎の設置条件を勘案して最終的に観測地点を決定するものである。

吹雪対策検討における定点気象観測所は、検討対象の路線近傍に設置されることが多い。あまり近い場合は、道路除雪の影響を受けてデータに悪影響や、測器自体の故障が発生する可能性があるため、可能であれば10m程度以上離して設置することが望ましい。また、吹雪対策施設がある場合は、それによる吹きだまりや気流に対する影響がない位置、例えば風上側10m以上離れた箇所を選定する必要がある。また、新規路線であれば、道路建設後且つ供用前に道路本線上で実施されることもある（写真1-4-1）。



写真1-4-1 吹雪対策調査のための定点気象観測所

対象路線の盛土上に設置。風上側に開け、代表的な気象条件を把握可能な観測条件となっている。

(2) 風向風速

指針によれば、「風の測器は、平らな開けた場所を選んで、独立した塔または支柱を建て、地上10mの高さに設置することを標準とする」とされている。吹雪調査で風向風速を計測する際にも、この指針に準拠することが望ましい。特に、事前調査で冬期主風向を把握し、計測位置の風上側には障害物がない、若しくは障害物があっても気流に影響を及ぼさないような距離を確保することが重要である。なお、10mより低い高さで実施する事例もみられるが、一般に観測高度が低いほど風速は小さくなるので、風速の鉛直分布（例えば対数分布）を考慮した解析を行うことが必要である。

風向風速計感部の取り付けに際して、感部をできるだけ鉛直に据付けること、感部の北とその地域の真北（磁北と異なる）を合わせることが重要である。

(3) 気温計測

指針によれば、「気温計の高さは、日本では地上1.5mの高さを基準としており、また多雪地では雪面上1.5mの高さを維持することとしている。特に冬期は、雪面からの放射冷却が激しく、地表面のわずかな高度差で数°C気温が異なることが往々にしてあることから、気温計高さには留意する必要がある。

また、気温計は観測所付近の気温の代表性を考えて設置しなければならない。感部が、日射や建物からの反射放射の影響を受けないようにすることが重要である。

(4) 積雪深計測

指針によれば、「できるだけ気流が水平になるような場所を選ぶ。地面がくぼんだり高くなっている場所あるいは傾斜地は避け、風の吹き上げがある崖縁や山の稜線からはできるだけ遠い場所を選ぶ。また、風が吹き抜けたり吹きだまるようなところも避けなければならない」とされている。

道路近傍の広大な畠地などであればこれら条件は満たすが、場合によっては狭小な土地しか利用できないケースも多々あるものと考えられる。積雪の値は、吹雪対策調査・検討・設計の結果に大きな影響を与えるため、場所の制約がある場合でも、その路線や地域を代表するような積雪深を取得できるように、特に吹きだまりや吹き払いの影響を受けないことを念頭に積雪深計の設置を行う必要がある。

なお最近の積雪深計は、超音波積雪深計やレーザー式積雪深計などの非接触タイプが主流である。設置時には積雪の測定位置を確認し、上記留意点をチェックすることが必要である。

(5) 降雪量の算定

気象庁による降雪深の算出方法は、以前は9時、15時、21時の降雪深の合計値を採用していたが（旧方式）、現在は、積雪深差日計（毎時積雪のプラス側の差の合計値：新方式）となっている。定点気象観測により降雪深を算定する場合でも、気象庁で公開されている降雪深と整合を取る方が都合良いため、積雪深差日計を日降雪深として扱うこととする。

2. 吹きだまり量及び吹雪量に関する調査

吹きだまり量及び吹雪量の算出は、吹雪対策の必要性、対策工の選定、施設の設計値決定等、吹雪対策を検討する上で必須と言える。算出方法の詳細については「雪氷調査法」¹³⁾の第2章吹雪・吹きだまりの調査を参照されたい。

2-1 吹きだまり量及び吹雪量の定義

風の障害物周辺では、風上から運ばれてきた飛雪が、風速の低下や障害物後方の渦（乱流域）に取り込まれることにより堆積する。このように、飛雪が移動を停止して、降雪により形成された積雪（自然積雪）以上に堆積した雪が吹きだまりである。対象箇所に堆積した雪から自然積雪を差し引いた雪の量が、吹きだまり量である。

吹雪量は単位時間に風向に直角な単位幅を通過する雪の総量でkg/m/sの単位で表され、これを時間積分すると一冬の吹雪量になる。ある地点を通過する吹雪が全てその場所に堆積したとすると、吹雪量と吹きだまり量は等しくなることから、吹雪量は最大可能吹きだまり量ともみなせる。

一冬の吹雪量を正確に実測することは難しいため、防雪柵周辺の吹きだまり量を便宜的に吹雪量としたり、気象データとともに経験式から吹雪量を推定したりしている。

2-2 現地吹雪調査

(1) 吹雪量観測

吹雪量は、1960年代から定量的に計測されはじめたと考えられるが、現在その測定原理から、以下の3つのタイプの吹雪量計が存在する。なおこれらは厳密には、飛雪流量 (g/m²/s) を測定するものであり、吹雪量に換算する場合は、鉛直方向に飛雪流量を数点測定し、鉛直方向に積分する必要がある。

①重力を利用して捕捉：サイクロン型やロケット型といった計器があり、容器に入った飛雪粒子が、容器内で風速が減衰することで、気流から分離・捕捉されるタイプのものである。

②雪粒子と気流を分離して捕捉：ネット式吹雪量計とも言われ、筒に網目の袋を取り付け、飛雪粒子を直接袋に捕捉する方法（写真1-4-2）。留意点として風向に追従する機能を持たせることや、吹雪粒子の昇華を防ぎ、また捕捉率を上げるために観測時間を短くする（数分から10分程度）ことが必要である。

③光による直接計測：スリット間を通過する飛雪粒子が、射出されている光線を遮り、その大きさと数を計測し飛雪流量を推定する（写真1-4-2）。



写真1-4-2 ネット式吹雪量計（左）とSPC（右）

最近用いられているタイプとしては②と③が多い（①は観測に時間がかかるためほとんど用いられていない）。③の光を用いた測器は、SPC（スノーパーティクルカウンター）と呼ばれ、自動測定することができるため長期間（一冬）の吹雪量を把握可能という長所を持つ。②の気流から分離するネット式吹雪量計では、飛雪を取り込む口が風上側を向くような仕組みと、プランクトンネット（メッシュの大きさ 100μ 程度が適当）があれば容易に準備できる。ただし、ネット式の飛雪捕捉率は85%程度とされており¹⁴⁾補正が必要である。また、捕捉率を低下させないように、あまりネットの中に雪を溜めすぎないことに留意する必要がある。

（2）風速分布観測

吹雪は、降雪粒子や雪面から舞い上がった雪粒子が、強風によって移動し乱流によって拡散する現象である。雪面で雪粒子を移動させ舞い上げるためにせん断応力（気流の鉛直分布から決まる摩擦速度の2乗に比例）が雪面に働く必要がある。これらのことから、吹雪量を直接計測できない場合には、強風時の風速分布を知ることで、吹雪状態を推定することが可能である。

防雪柵や道路防雪林は、風速を弱めることで、その周辺に吹雪を捕捉し道路を吹雪から守るという施設である。このことから、このような施設の効果（減風率・減風範囲）を計測・検証するために風速の水平分布を測定することが多い。また各対策の効果を相対的に検証するため、道路脇に対策工の断面数だけ、風速計を1～2高度に設置して風速分布を計測することもある。

写真1-4-3に風速分布計測の状況の一例を示す。5mのポールに高度別に5個の三杯式風速計を取り付けている。風速の鉛直分布は基本的には対数分布に従うため、雪面付近での減風の度合（摩擦速度）が大きい。そのため、雪面付近に測定点を密にしているのがわかる。

また、対策施設の効果を評価する場合には、風上側の平坦地に基準点を設け、基準点の風速で基準化した風速比で評価することが多い。



写真1-4-3 風速分布計測の状況

(3) 吹きだまり量観測

吹きだまり量は、次の手順で、吹きだまりの形成されている箇所の積雪から自然積雪相当分を差し引くことにより求める（図1-4-19）。

①吹きだまり形成箇所の積雪深分布測定

吹きだまり量の測定の基本は、吹きだまり領域の積雪深分布を計測することである。積雪深は、積雪層に貫入可能なセンチメートル単位の目盛付の積雪深棒を用い測定するか、積雪面をレベルや光波測距儀で測量し現地盤との差分から積雪深を測定する方法がある。ただし、例えば畑の耕起後は地面に凹凸があり、積雪深棒を用いると正確な積雪深が測定できないことがある。吹きだまりの端で積雪深は緩やかに変化するが、自然積雪深のポイントまで測定を行なわないと正確な吹きだまり量は測れない。

②自然積雪深の把握

積雪深の分布等を参考に、自然積雪深を求める。自然積雪深をどう見積もるかが、吹きだまりの算出精度に大きく影響する。

③吹きだまり量の算出

得られた積雪深から自然積雪深を減じることにより、吹きだまりに相当する積雪深を求め、風上側及び風下側の吹きだまり面積を合計すると、これが単位幅あたりの吹きだまりの体積、すなわち吹きだまり量となる。

吹きだまり量は、一般的に、吹雪時の風向に直角な単位幅あたりの吹きだまりの体積 (m^3/m) で表されるが、これに積雪密度をかけて、吹きだまり質量 (kg/m) で表現する場合もある。吹きだまり量とは基本的には吹きだめ柵前後の吹きだまり量のことを指す。またなるべく最大の吹きだまり量を測定できるような観測時期を選定する必要がある。

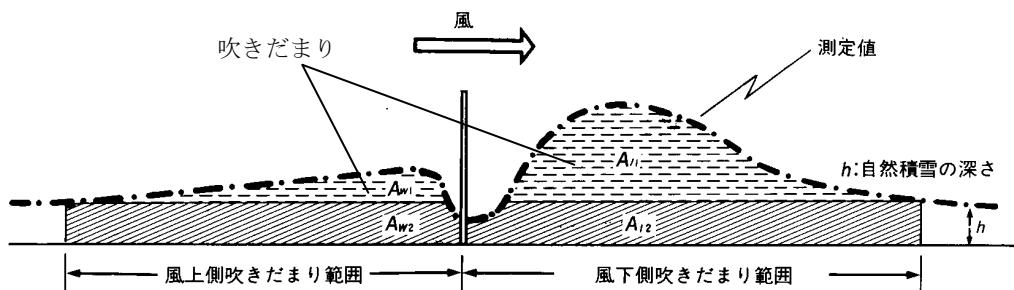


図1-4-19 防雪柵前後の吹きだまり状況の模式図¹²⁾

(4) 視程観測

視程観測は、吹雪障害の一つである視程障害状況を直接計測するために実施される。

指針によれば、視程とは「その方向の空を背景として黒ずんだ目標物を肉眼で認められる最大距離」として定義されている。この視程を計測する手法は大きく以下の2つある。

(視程板による計測)

路側等に20mや50m間隔で視程板を設置し、目視やビデオカメラで撮影し視程を読み取る方法である。視程板を設置する際は、ある一定の視角を設定し（指針によれば視角 $0.5^\circ \sim 5^\circ$ 、図1-4-20に示す）遠くの視程板ほど大きくして、測定者からは同じ大きさに見えるようにすることが望ましい。この方法だと200m程度先の視程板がかなり大きくなるので、現実的にそれ以上の距離を計測することは困難である。なお、この方法は夜間観測には適さない。

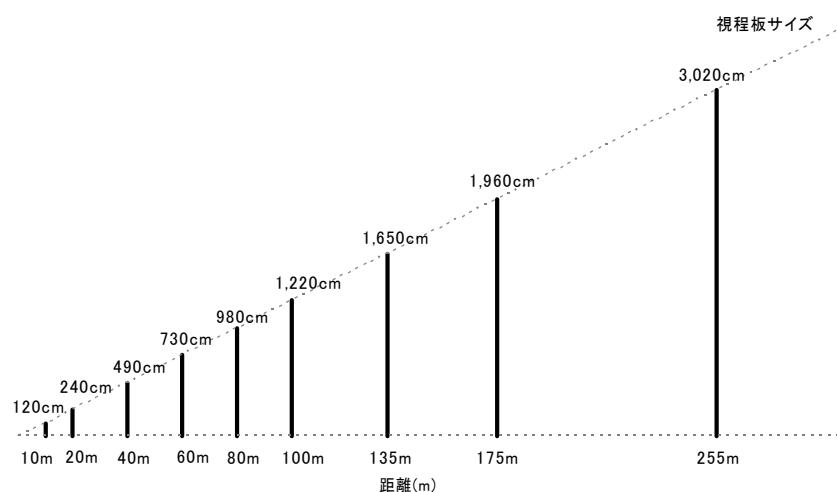


図1-4-20 石狩吹雪実験場（土木研究所寒地土木研究所）の視程板の状況

※視角約0.7°で設計。平面的には概ね同じ大きさに視程板が横に並んでいるように見える

(視程計による計測)

視程計は、透過率計と散乱型（後方散乱・前方散乱）視程計がある。透過率計は飛雪による大気の混濁の度合を透過率として計測し視程（MOR：気象光学距離）に換算するものであり、散乱型視程計は飛雪粒子による散乱光を計測しMORに換算するものである¹⁵⁾。最近は、取付けが容易で、周辺状況に設置条件があまり影響されない前方散乱型視程計がよく用いられている。

2-3 気象データによる吹雪量の推定

吹雪量は、吹雪量計を用いて直接計測することができるが、吹雪対策調査では気象データによる吹雪量の推定がよく行われる（図1-4-21）。気象データから推定する吹雪量は、その地域での最大吹きだまり量（吹きだまり量のポテンシャル）とみなすこともできる。

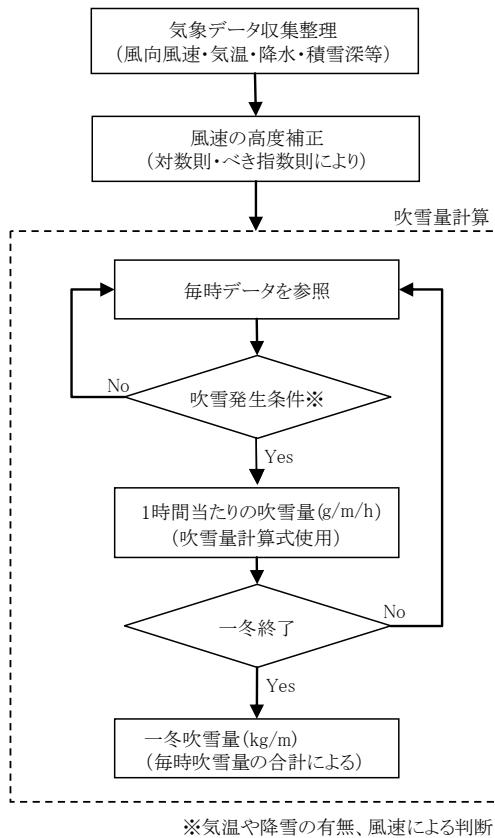


図 1-4-21 気象データによる一冬吹雪量の推定フロー

(1) 吹雪発生条件

吹雪量の推定フローでは、吹雪量を計算する際に、吹雪現象を引き起こす気温や風速、降雪の有無といった気象要素を用いて、吹雪発生の判断をすることが必要である。

吹雪の規模と気温・風速の関係を表した、図1-4-2を参考に、気温と風速について吹雪発生条件を設定することが必要である。なおこの図における風速は、地上高7mの風速値を使用することとする。

(2) 吹雪量の計算式（図 1-4-21フロー図の「吹雪量計算式」）

吹雪量と風速の関係は過去多くの研究者（例えば小林¹⁶⁾）によって発表されているが、関係式によって100倍も吹雪量が異なることがある。これは、地形や吹雪発達の度合、気温条件、測定方法の違いによるものと考えられている。最近では、北海道石狩の実測結果に基づき式1-4-12が提案されている（松澤ら¹⁷⁾）。

$$Q = 0.005U_{1.2}^4 \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-12})$$

ただし、Q : 吹雪量 (g/m/s) 、 U_{1.2} : 1.2m高の風速 (m/s) である。

一様な水平面上の風速の鉛直分布は対数分布をとることが知られており、式1-4-13のように表される。1.2m高さの風速を推定する場合には、式1-4-13を用いて $z=1.2$ と $z=\text{観測高度}$ の場合で連立させて解けばよい。

$$U(z) = \frac{U_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \dots \quad (\text{式1-4-13})$$

ただし、 z ：高度(m)、 $U(z)$ ：任意高度 z の風速(m/s)、 U_* ：摩擦速度(m/s)、 κ ：カルマン定数 (=0.4) 、 z_0 ：粗度長(m)である。なお、一様な雪面の粗度長は 1.4×10^{-4} とされている¹⁸⁾。

3. 防雪効果調査手法

第1編第3章5「5-1防雪効果把握調査」において提示された、吹雪対策工の防雪効果を把握するための調査手法について、計測手法や評価方法に統一性を持たせ調査結果の信頼度を向上させるため、特に表1-3-13における「雪況調査」「定点気象観測」についてその方法を概説する。

3-1 測定項目

(1)連続観測

連続観測では、風向風速と視程を取得することが望ましい。視程は直接的に視程障害状況を把握できる値で、連続的に計測できる計器が流通している。風向風速は、視程障害時の気象状態を把握するための要素ある。風向風速は10mの高さで測定できなければそれより低い位置で測定して、後から高度補正しても構わない。

(2)臨時観測

臨時観測では、風速と飛雪流量の鉛直分布を計測することが望ましい。飛雪流量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) は吹雪の規模を表す量で、式1-4-11を用いて視程に換算することも可能である。また風速分布は、対象吹雪対策工による気流変化の立体構造を捉えることができ、風速緩和効果の側面で防雪効果評価の補助資料となり得る。

3-2 測定機器

(連続観測)

連続観測の場合は、長期間無人状態で設置しておくことから、それに耐え得る測器・計測システムである必要がある。

風向風速については、超音波風向風速計、風車型風向風速計が望ましいが、風速のみ風杯型風速計で取得することも可能である。視程については、視程計とビデオ撮影がある。視程計は、前方散乱型と後方散乱型、透過率計の3タイプが考えられるが、後方散乱型は測定レンジが対象の吹雪対策工（あるいは無対策が続く）区間におさまるように配慮しなければならない（図1-4-23）。透過率計は光軸をあわせる必要があり設置に経費と労力がかかる。前方散乱型は、その受光部と投光部に挟まれたわずかな空間の飛雪空間濃度から視程（MOR：気象学的視程）を計測するものであるため、取り扱いが容易である。また、ビデオ撮影は安価な設備で計測できるが、視程読取者の主觀が入りやすいという問題がある。

(臨時観測)

風速分布計測では基本的に風速のみ計測する。複数高度程度で実施することから、鉛直ポールに高度毎に据付がしやすい風杯型風速計が適している。吹雪量はSPC（スノーパーティクルカウンター）が適しているが高価であることから、臨時観測であれば、過去から実績のあるネット式吹雪量計で十分である。

3-3 測定位置

防雪柵風下側でもっとも視程の低下する位置の測定を実施するという立場から、既往の研究成果¹⁹⁾から、基本的に防雪柵から17m程度風下側の位置（2車線道路：道路風下側路肩、4車線道路：中央分離帯）、路面からの高さ1.5mを測定位置とする（図1-4-22、図1-4-23）。ただし除雪状況や道路環境に応じて変更することはある。

道路縦断方向の測定位置は対策工の中心部が最適である。またそれが困難な場合、図1-4-24に示すとおり柵端部付近には端部効果が確認されるため、少なくとも20m程度は柵端部よりも柵側に設置することが望ましい。なお、後方散乱型視程計や透過率計を用いる場合には、その測定レンジが対策工の外や端部効果の領域に入らないように留意する必要がある。風向風速や吹雪量も、基本的には視程と同じ位置・高さで計測するものとする。

風速分布計測の場合、計測位置は同様とするが、計測する高さは1・2・3mなど複数設定することが望ましい。

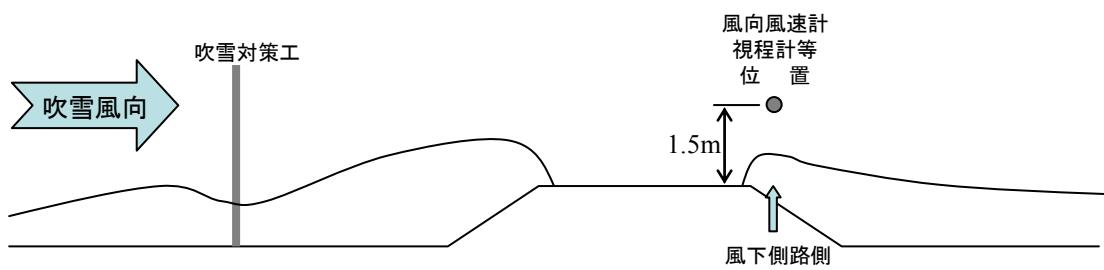


図1-4-22 測定位置（横断方向）

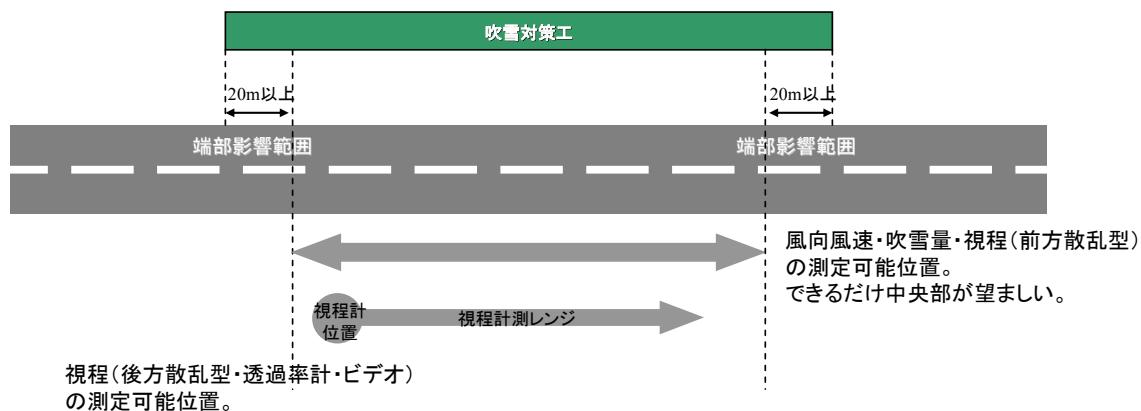


図1-4-23 測定位置（縦断方向）

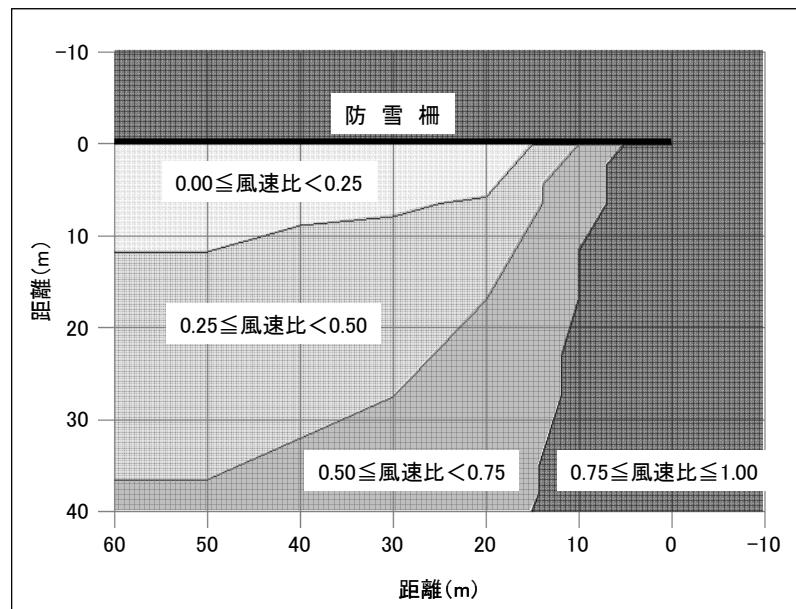


図1-4-24 防雪柵端部の風速比²⁰⁾

(柵に直交風の場合：防雪柵なしに対する風速比)

3-4 測定時期

調査は基本的に一冬季で良いと考えられるが、できるだけ様々な気象条件下でのデータを得るために、12月～3月までの間測定することが望ましい。最低でも厳冬期である1月～2月の2ヶ月間は測定を行う必要がある。

臨時観測の場合、基本的に時期設定は連続気象観測と同様であるが、実施回数（日数）は最低3回程度とする必要がある。

3-5 データ処理方法（連続気象観測）

図1-4-25に石狩吹雪実験場で吹き止め柵風下側で計測された、視程の瞬間値と平均値の関係を示す。視程を見ると5秒・10秒平均では瞬間値との差はほとんど見られないが、30秒程度から瞬間値と平均値の残差が大きくなる傾向が見られる。記録装置に対する負荷も考慮し、最低でも1分程度の平均処理が必要である。なお、この平均化する生データは1秒サンプリング（1Hz）程度以下が望ましい。ビデオ計測をした場合は、このような細かな処理は不可能なので、1分あるいは10分の最低視程を読み取ることとする。

風速の場合、防雪効果評価に際しては風速の瞬間値を用いる必要はなく、1秒サンプリング、10分平均値程度で十分であると考えられる。

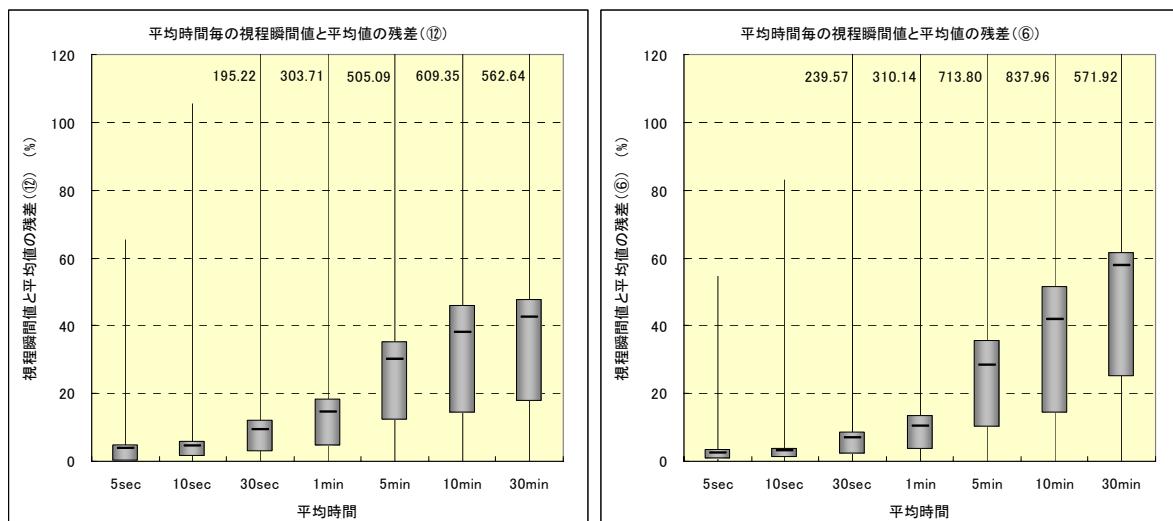


図1-4-25 平均時間毎の平均視程と瞬間視程の残差（左：柵なし、右：柵あり）²⁰⁾

3-6 評価項目と方法

(連続観測)

風向風速については、期間を通じた風配図、吹雪イベント毎の平均風速、最大（瞬間）風速、乱流強度を算出し、対策の有無でそれらを比較評価する。また、例えばそれぞれの10分平均値の比をとって、それを平均した風速比も評価要因にするものである。

視程に関しては、期間を通じた視程障害出現頻度（例えば視程200m以下）、吹雪イベント毎の平均視程、最低視程、視程変動強度比を算出し、対策の有無でそれらを比較評価する。また、例えば視程ランク毎に10秒平均値の比をとり、それを視程比として評価要因にするものである。

(臨時観測)

風速、吹雪量とともに、それぞれの同時に観測したデータで比をとり、観測回数分を平均して、風速比、あるいは吹雪量比として評価項目とする。比較をするのは、対策施設の有無の2地点の場合と、風上側に基準点を設けている場合は、基準点と路側の測定点の比になる（後者の場合は測定時刻が異なるが、基準点との比をとることで対策有無の比較評価を行うものである）。

表1-4-11 防雪効果調査手法概要

測定項目	計測方法				
	測定機器	測定位置	測定時期	データ処理 (連続観測のみ)	評価項目と方法
風向風速	○超音波風向風速計 ○風車型風向風速計 △風杯型風速計	【横断位置】 (2車線道路) 道路風下側路側 (4車線道路) 中央分離帯 【縦断位置】 ◎対策中央部 ○対策端より20m以上 対策工側であればOK	◎12月～3月 ○1月～2月 ※上記観測期間を設定することで、複数の吹雪イベントを取得する	【平均時間】 ○10分等	【全期間】 ○風配図 【イベント】 ○平均風速 ○最大(瞬間)風速 【対策有無の比較】 ○風速比
視程	○前方散乱型 ○透過率計 ○後方散乱型 ○ビデオカメラ	【測定高さ】 路面から1.5m高 ※風速分布観測では、1・2・3m等適宜設定		【サンプリング】 ○1秒 ^{※1} (視程値平均時間) ◎10秒平均 ○1分平均 (ビデオ) ○1分最低値 △10分最低値	【全期間】 ○視程障害(200m以下) 出現頻度 【イベント】 ○平均視程 ○最低視程 ○視程変動強度比 【対策有無の比較】 ○視程改善率
風速分布	○風杯式風速計		◎12月～3月 ○1月～2月 【観測回数】 ○3回／年		【観測回数分平均】 ○風速比 ※対策有無で同時測定の場合は、両者の比 ※基準点をベースにする場合は、基準点との比
吹雪量	○SPC ○ネット式吹雪量計		※上記時期を調査対象期間と設定することで、3回/年程度の吹雪イベントを取得する		【観測回数分平均】 ○吹雪量比 ※対策有無で同時測定の場合は、両者の比 ※基準点をベースにする場合は、基準点との比

◎推奨 ○適合 △場合によって可

※1メーカー・機種によって1秒サンプリングに適応しない場合があるため留意が必要

4. 移動気象観測

4-1 移動気象観測の目的

移動気象観測は、気象計器を搭載した車両を走行させることにより連続的な気象データを取得し、路線上の詳細な気象特性を把握することを目的として実施する。移動気象観測を行うことにより、限られた定点での気象観測では得られない路線上の気象変化をはじめ、局所的な気象の特異点を抽出することが可能となる。得られたデータは、路線全体の吹雪危険度の判定にも用いられる。

また、吹雪対策施設前後の気象を比較することにより、吹雪対策施設の効果を直接把握することが可能である。

4-2 移動気象観測車の例

気象データはGPSセンサによる位置データとともに、車内のパソコンに収録される。これとは別に観測車内に取り付けたビデオカメラからの映像を記録する。視程計は小型車のドライバーの目線高さに取り付けられており、車内のビデオカメラと合わせてドライバーの視点に対応した視界状況の観測が可能である。



図1-4-26 移動気象観測車の例 ((独)土木研究所寒地土木研究所所有)

また、対象路線を日々走行する道路パトロール車にビデオカメラを取り付けて、吹雪状況の動画を撮影し、動画取得後にキロポスト毎に視程ランクを読み取ることで、吹雪危険度の評価を行った事例²¹⁾がある。この方法で得られる視程は、人間の目で確認された頤在視程であり、調査結果に読み取る人間による誤差がある程度含まれるなどの課題はあるものの、一冬期に何度もデータを得ることが容易であり、路線の平均的な吹雪状況を把握するのに有利である。

4-3 調査結果の活用

(1) 道路構造や吹雪対策施設の評価

取得したデータと道路構造及び吹雪対策施設の配置をマッチングさせることによって、道路構造の違いが吹雪に与える影響や吹雪対策施設の評価を定量的に行うことができる。

(2) 吹雪危険度の評価

基本調査で行う吹雪危険度と移動気象観測によって得られた路線上の気象データを組み合わせると、対象路線の総合的かつ詳細な吹雪危険度の評価が可能となる（図1-4-28）。

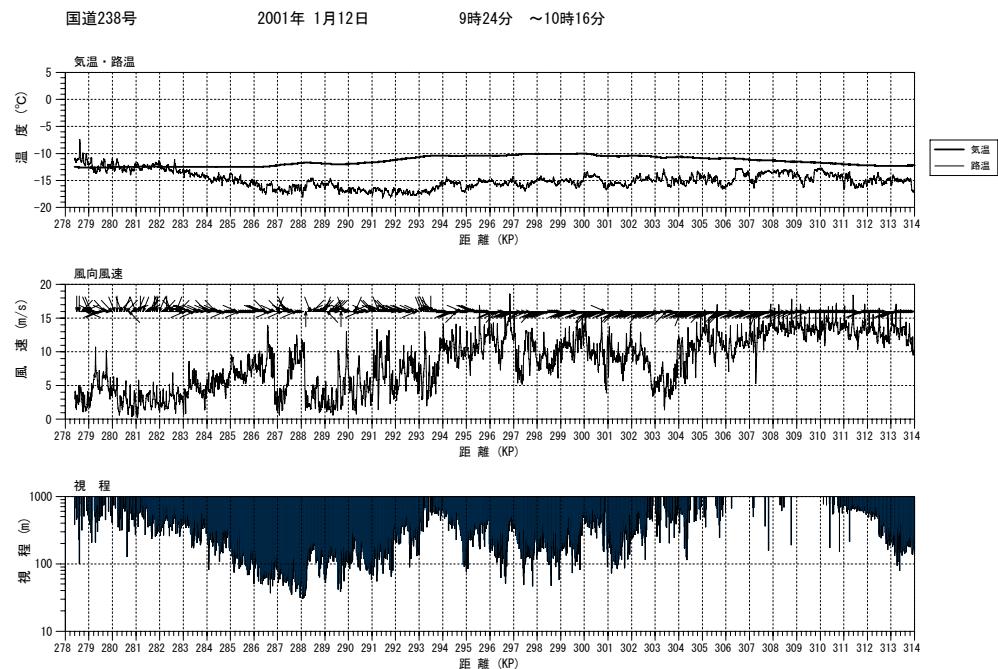


図1-4-27 移動気象観測による観測事例(1)²²⁾

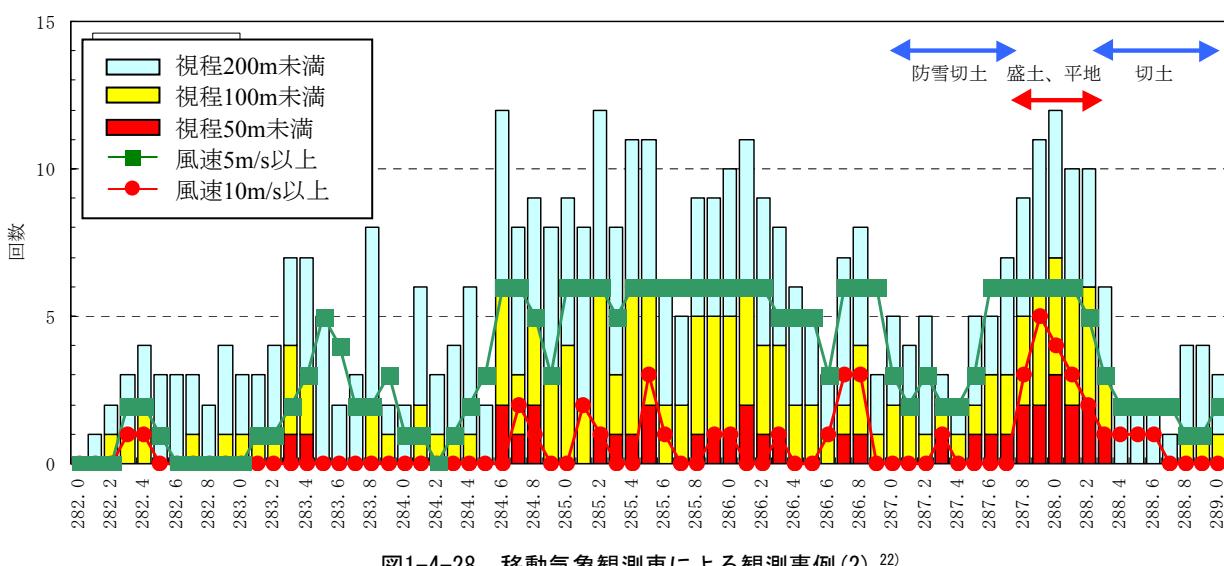


図1-4-28 移動気象観測車による観測事例(2)²²⁾

4-4 移動気象観測時の留意点

①良質なデータ取得に向けて

- ・冬期前に計測機器や記録装置が正常稼動するかどうか確認を行う。
- ・車載型視程計の飛雪吹き込み防止用シートへの着雪は視程に異常をきたす。前方散乱型視程計は普通、汚れの影響を自動的に排除する機能がついているものの、着雪状況をこまめに確認・除去することが望ましい。
- ・対象路線で吹雪が発生するようないくつかの気象条件（異なる吹雪風向など）下で観測を実施することで、調査結果に現地の吹雪特性を十分反映させることができる。
- ・観測の実施に際して、同じ区間において可能な限りデータを取得することによって、より精度の高いデータを得ることができる。
- ・計測後はこまめにデータのバックアップをとることが望ましい。
- ・前方を走行している車両の雪煙の影響を受けないように、できるだけ車間距離をとる必要がある。
- ・ビデオ画像により、前方車や追い越し車両の雪煙がないかチェックし、視程データから雪煙の影響を排除することが必要である。

②安全上の留意点

- ・通常の冬道用の装備（スコップ、ヘルパー、牽引ロープ、防寒着etc）を搭載して観測を行うこと。
- ・観測準備や後片付けは必ず駐車場等安全な場所で行うこと。
- ・走行中はヘッドライトを点灯させ、安全運転を心がける。
- ・吹きだまりや視程障害により危険を感じた場合には速やかに観測及び運転を中止すること。
- ・必要以上に低速度、若しくは高速度での運転は行わずに、周りの車両と同じような速度で走行すること。

5. 吹雪模擬実験

5-1 吹雪模擬実験とは

吹雪模擬実験は調査・設計段階において、対象箇地域の吹きだまり危険個所や吹雪対策工の防雪効果を事前に把握したり、複数の対策工や施設配置案を比較検討したりする場合に実施する。周辺地形や道路構造、また防雪柵や防雪林などの対策施設を自由に配置して吹雪状況を再現することができるため、様々なケースの吹雪状況や対策工の効果を比較検討できるのが最大の特徴である。

主に、吹雪に関する模擬実験には、現在のところ「数値シミュレーション」と「風洞実験」という二つの実験手法が存在する。表1-4-12にその概要を整理する。

表1-4-12 模擬実験の概要

実験種別	実験概要	長所	短所
数値シミュレーション	<p>気流や吹雪の物理仮定をモデル化し計算機に取り込み、気象条件や地形を入力することで、定常的な気流・吹雪（視程）・吹きだまり状況を再現する。</p> <p>道路形状や吹雪対策施設を取り込んだ空間スケール（数10m～数100m程度）の再現が可能。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○気象や地形の実験条件の変更が容易である ○大がかりな設備を必要としない 	<ul style="list-style-type: none"> ●複雑な地形について再現性は確認されていない ●時間的に非定常な吹雪の再現が困難 ●メッシュ格子の大きさや計算時間が計算結果に影響を及ぼすため、十分な経験と知識を要する
風洞実験	<p>大規模の風洞装置に、再現したい周辺地形を含む道路の縮尺模型をセットし、所定の風速のもと模擬雪（活性白土等）を吹かせて、定常的な吹雪・吹きだまり状況を再現する。</p> <p>測定洞の大きさや境界層の厚さによって模型そのもののスケールが決まるので、広い範囲を対象とする場合には縮尺が小さくなり、対策工や道路を詳細に再現する場合には、狭い範囲を対象とすることになる（数10m～数100mの空間スケールが対象）。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○吹きだまり状況が視覚的に理解し易い ○これまで風洞実験の実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ●複雑な地形について再現性は確認されていない ●実験結果を実スケールで評価することが困難 ●視程の評価が困難 ●模型製作に時間と経費がかかる

5-2 数値シミュレーション

(1) 調査内容

吹雪・吹きだまりの数値シミュレーションでは最初に気流の計算を行い、次のステップで気流場の結果を用いて吹雪の計算を行う。数値シミュレーションで得られるのは、以下の項目である。

- (1) 風向風速（気流分布）
- (2) 飛雪空間濃度
- (3) 吹きだまり量
- (4) 視程

(2) シミュレーションモデルの概説（アルゴリズム）

吹雪の数値シミュレーションは、Uematsuら²³⁾によって20年程度前から始められた。このシミュレーションモデルは、気流モデルと雪粒子運動モデルの2つのモデルが独立して構成されている（図1-4-29）。また、雪粒子運動モデルは浮遊モデルと跳躍モデルに分けて扱われている。根本ら²⁴⁾によれば、多くの吹雪モデルはこのように浮遊モデルと跳躍モデルそれぞれを別個に取り扱っていることから、一般的な吹雪モデルということができる。以下に、そのモデルのアルゴリズムの概要を記す。

なお、シミュレーションの初期条件として風向風速と降水強度を与えるが、風向風速は予め雪面等の粗度長を考慮した対数則による鉛直分布を与えることが必要になる。

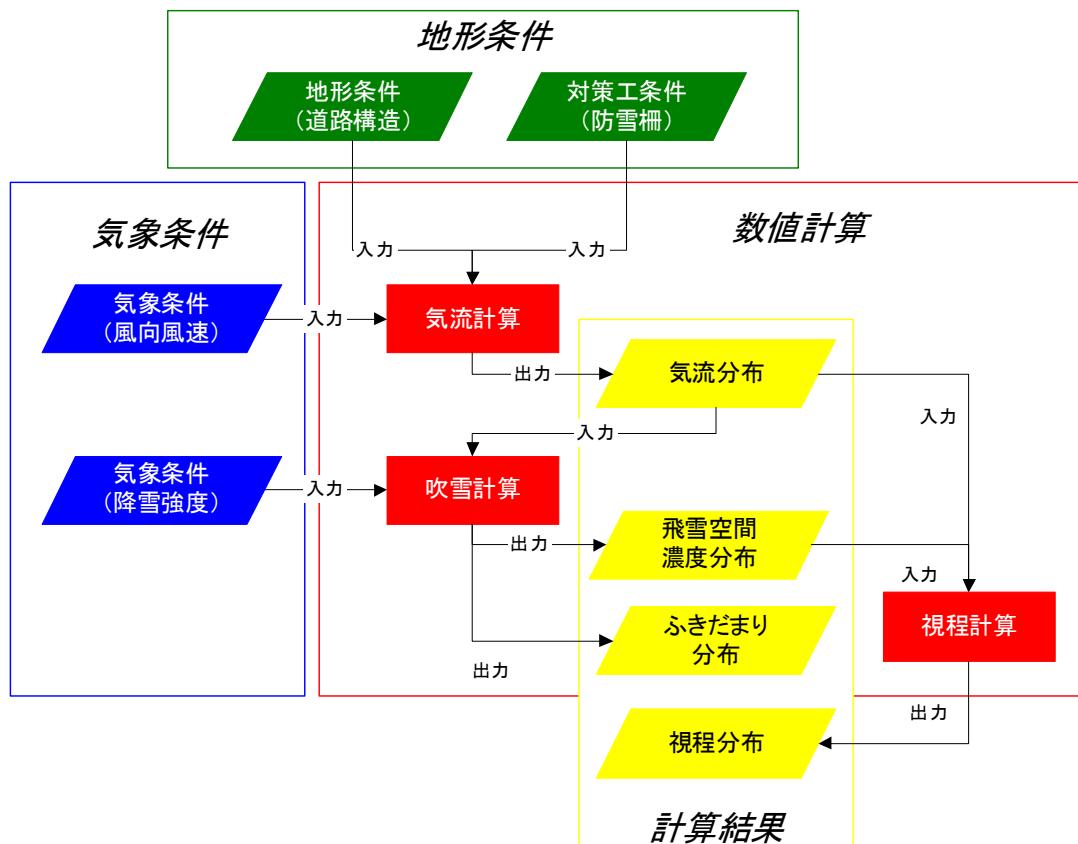


図1-4-29 吹雪・吹きだまり数値シミュレーションの計算フロー

1) 気流計算

気流分布の計算には、連続の式（式1-4-14）と流体の支配方程式であるナビエ・ストークス方程式を平均したレイノルズ方程式（式1-4-15）が用いられる。また乱流は例えばk-εモデル（式1-4-16～式1-4-19）で表される。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \dots \quad (\text{式1-4-14})$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right\} \quad \dots \quad (\text{式1-4-15})$$

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad \dots \quad (\text{式1-4-16})$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial k u_j}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \varepsilon \quad \dots \quad (\text{式1-4-17})$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon u_j}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad \dots \quad (\text{式1-4-18})$$

$$(C_\mu, C_{1\varepsilon}, C_{2\varepsilon}, \sigma_k, \sigma_\varepsilon) = (0.09, 1.44, 1.92, 1.0, 1.3) \quad \dots \quad (\text{式1-4-19})$$

ここで、

x_i : 空間座標 (x_1 :x方向, x_2 :y方向, x_3 :z方向) u_i : 平均風速ベクトル(m/s) P : 動圧(kg/m/s²) t : 時間(s)

ρ : 空気密度(1.29kg/m³) k : 乱流エネルギー(m²/s²) ε : 乱流エネルギー消散率(m²/s³) ν_t : 渦粘性係数(m²/s)

である。なお、式1-4-19はk-εモデルパラメータである。

2) 吹雪計算

吹雪計算は、雪面付近の跳躍と浮遊に分けて計算を行うことで理論的な取り扱いが容易になると言われている。

i) 浮遊モデル

雪の浮遊状態は拡散方程式でモデル化できる。雪の浮遊状態における拡散係数は運動量の渦拡散係数 ν_t に等しいと仮定すると、曲線座標系での浮遊のモデルは以下の式1-4-20になる。

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial \phi u_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\nu \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial w_f \phi}{\partial x_3} \quad \dots \quad (\text{式1-4-20})$$

ここで、 ϕ : 飛雪空間濃度 (g/m³) 、 w_f : 雪粒子の落下ベクトル (m/s) 、 ν : 渦粘性係数(m²/s)である。

ii) 跳躍モデル

吹きだまりは、雪粒子の沈着(deposition)と気流による侵食(erosion)の差として求めることができる。ところで、雪粒子は重力による落下があるため、式1-4-21の条件の地表面や壁面において、沈着と侵食が定義できる。

$$(u_f, v_f, w_f) \cdot n < 0 \quad \dots \quad (\text{式1-4-21})$$

ここで、 n : 地表面や壁面から外向きの法線ベクトルである。

沈着速度D(g/m²/s)は跳躍層での飛雪空間濃度を ϕ_h とすれば式1-4-22で表すことができる。

$$D = \phi_h(u_f, v_f, w_f) \cdot n \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-22})$$

一方、侵食速度E(g/m²/s)は跳躍による吹雪輸送量Qを用いて式1-4-23で表す。

$$E = -\frac{Q}{u_h h} (u_f, v_f, w_f) \cdot n \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-23})$$

ここで、 u_h ：跳躍層での平均風速(m/s)、 h ：跳躍層の厚さ(m)である。なお吹雪輸送量Q(g/m/s)は様々な実験式があるのでそれを活用することが多い。例えば、Iversen (1975) によるとQは以下の式1-4-24で求まる。

$$Q = c \left(\frac{\rho}{g} \right) \frac{|(u_f, v_f, w_f) \cdot n|}{u_*^2} u_* (u_* - u_{*t}) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式1-4-24})$$

(3) 数値シミュレーションの例

図1-4-30と図1-4-31はそれぞれ、盛土周辺の気流と飛雪空間濃度の数値シミュレーションの例、吹雪対策施設による吹雪時の視程障害緩和効果を評価するために行われた数値シミュレーションの例である。視程障害緩和効果の図をみると、無対策時の道路上の視程は30~100mであるが（上段）、防雪柵を設置することによって視程が150m以上に改善されている（下段）。

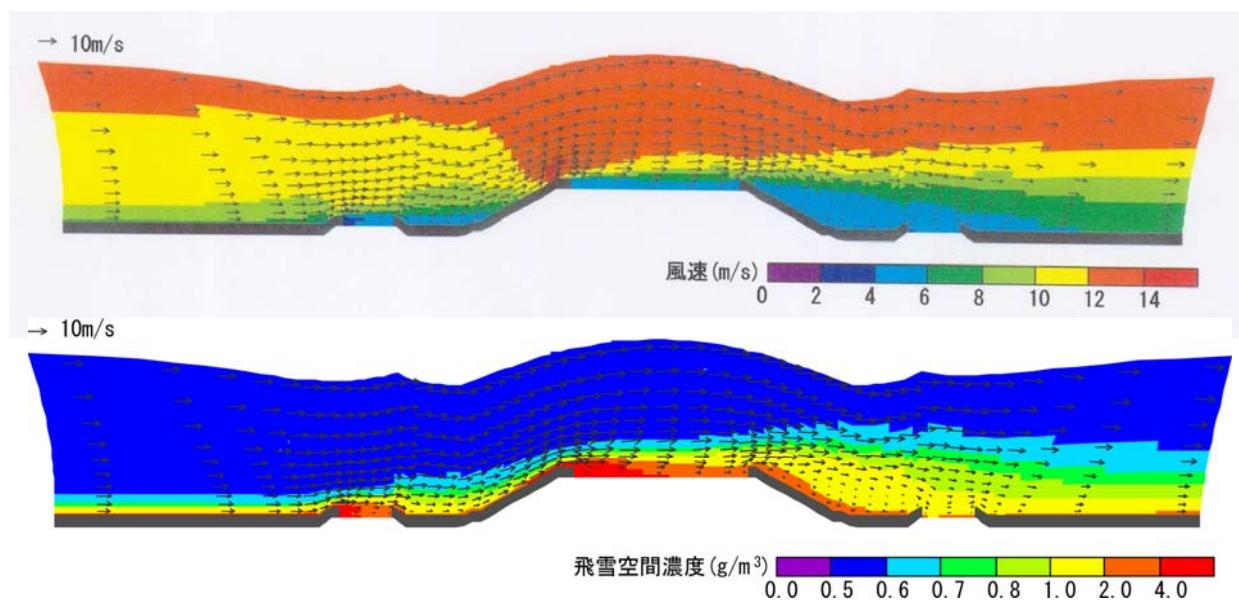


図1-4-30 吹雪・吹きだまり数値シミュレーションの例（上段：風向風速、下段：飛雪空間濃度）²⁵⁾

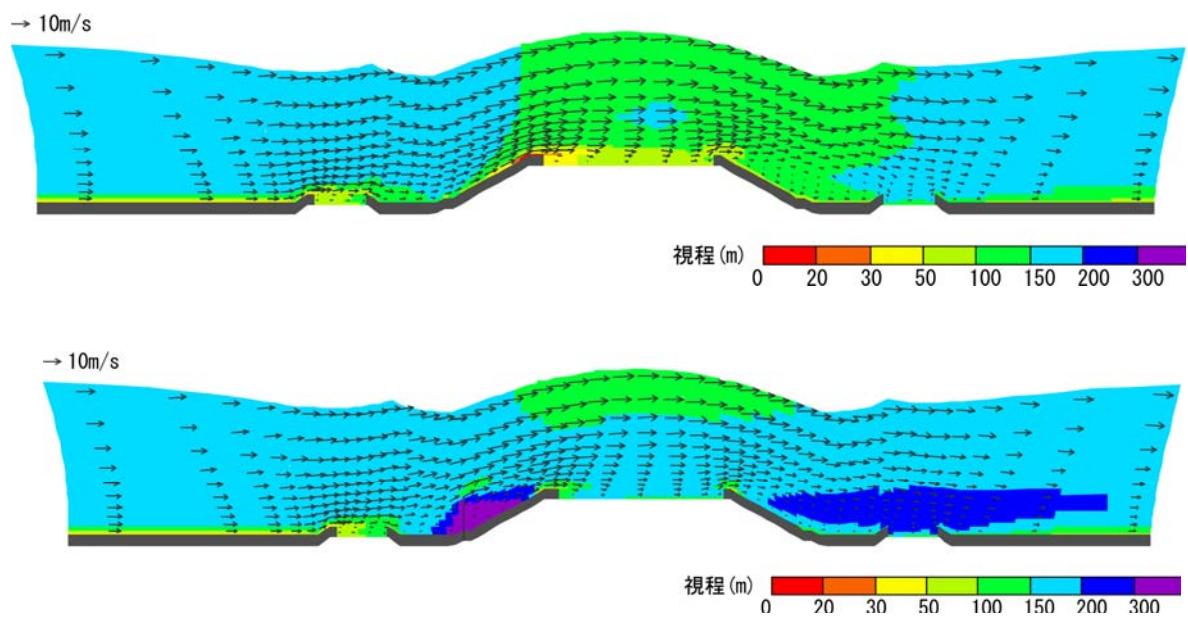


図1-4-31 防雪柵設置前後の視程の計算結果（上段：対策無し、下段：対策有り（吹き止め柵））²⁵⁾

5-3 風洞実験

風洞実験は数値シミュレーションと同様に、吹雪危険箇所、対策工の効果や適正な配置を事前に把握し比較検討したい場合に実施する。

(1) 調査内容

風洞実験では、まず風洞の規模に合わせた模型を製作し、これを風洞内に設置する。この風洞に模型雪を供給した風を送り込むことによって、対象地域の吹きだまり状況を再現し、その形状を計測する。

実験に使用される模型雪は炭酸マグネシウムに始まり、酸化アルミナ、ガラスピース、くるみなど多種の模型雪が用いられてきたが、現在は自然雪の安息角に近い活性白土が主流となっている。

吹きだまりの結果を視覚的に表すことができるのが最大の特徴であるが、地形模型を変更するためには時間と費用を要するため、実験には模型製作上の制約がある。また、視程の評価は風洞実験では困難である。

(2) 吹雪風洞実験の条件

風洞実験に際して、以下の実験条件を定める必要がある。

1)模型縮尺 2)実験風速 3)模型雪供給量 4)実験時間

これらの条件によって実験結果は大きく変わるので、実験結果の再現性を高めるためには、これら実験条件の検討が必要である。またこのほかに、風速の鉛直分布を実現象に相似させることも必要になる。

特に、1)の模型縮尺については、乱れスケールと対象物のスケールを、現地と風洞で相似させすることが必要とされている²⁶⁾。また、風洞装置の接地境界層よりも十分に模型が小さければよいとも言われている。2)～3)の実験条件も、基本的には現地との相似性を確保する必要がある。

模型実験による結果（模型現象）が実際の現象（実現象）と一致するためには、あるパラメータを介して模型現象と実現象が相似である必要がある。

建物や防雪施設等の幾何学的な形状が、实物と模型で相似であるのはもちろんのこと、厳密には、気流や雪粒子の運動も相似である必要がある。このような物理現象をどのように相似させるのかを以下に記す。

吹雪は様々な物理的プロセスが絡まりあって起きる現象であり、それは実現象でも模型現象でも同様である。そこで、模型現象の再現性を確保するためには、実現象と模型現象のそれぞれにおいて、例えば雪の濃度といった物理量をあわせる必要がある。このときそのまま濃度 (g/m^3) を比較しても、用いる雪の物性や現象の空間的スケールが異なると、値を類似させることは困難である。そこでその物理量、例えば濃度に関係する諸量を用いて無次元化させてその量を比較することで、空間スケールに違いを考慮せずに相似を検討することができる。この無次元数（量）のことを π （パイナンバー）と呼んでいる。

なおこのパイナンバーは、それぞれの現象を司る全ての物理量の数だけ存在することになるが、これらの相似を全て満たすことは現実的ではないため、着目するべき現象に密接に関わると思われる物理量のパイナンバーを比較することになる。

気流実験については、よくレイノルズ数 (UL/ν , U : 風速(m/s), L : 代表長さ(m), ν : 動粘性係数(m^2/s)) の相似が言われるが、実際の風洞でレイノルズ数の相似をとることは不可能と言ってよい。ただし角状の物体に関しては、あまりレイノルズ数によって気流性状は変化しないとも言われており、一般的な吹雪対策に関しては考慮する必要はないと言える。

粉体実験の相似側については、老川等²⁷⁾によって吹きだまり性状に関して重要とされたパイナンバーが提案されており、それを表1-4-13に示す。

表1-4-13 相似パラメータ（パイナンバー）のうち重要なものの²⁷⁾

パイナンバー	定義	概要
臨界摩擦速度比	u_{*t}/U	雪粒子が気流から受けるせん断応力により動き始めるときに関与するパラメータ
ストークスパラメータ	T_{res}/T_{flow}	雪粒子の流れ場に対する追従性を表すパラメータ
粒子流入質量	$Q_{in}/\rho a U H^2$	対象領域に流入する雪粒子の質量に関するパラメータ

ここで、表1-4-13に示した変数は以下のとおりである。

u_{*t} ：臨界摩擦速度(m/s)

U ：風速(m/s)

T_{res} ：粒子応答時間(s)

T_{flow} ：流れ特性時間(s)

Q_{in} ：流入飛雪流量(g/m²/s)

ρa ：空気密度(kg/m³)

H^2 ：投影面積(m²)

(3) 風洞実験の例

写真1-4-4は道路に防雪林を植栽した場合について、写真1-4-5は同じ道路に防雪柵を整備した場合について、吹きだまり状況を予測することを目的に実施した風洞実験の結果である。

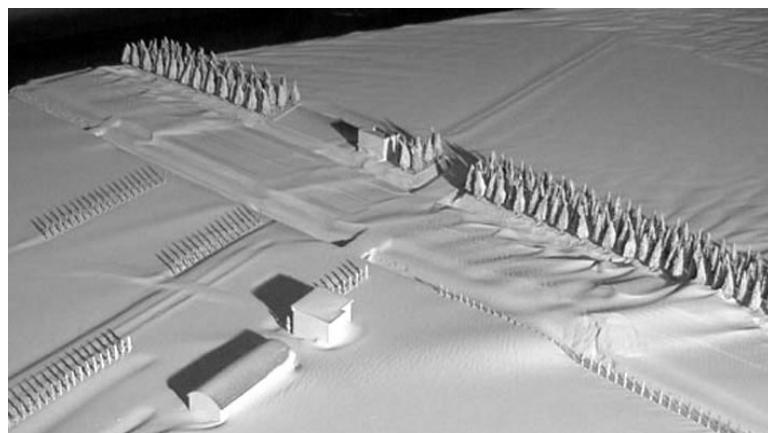


写真1-4-4 風洞実験の例(1). 防雪林整備後の吹きだまり状況

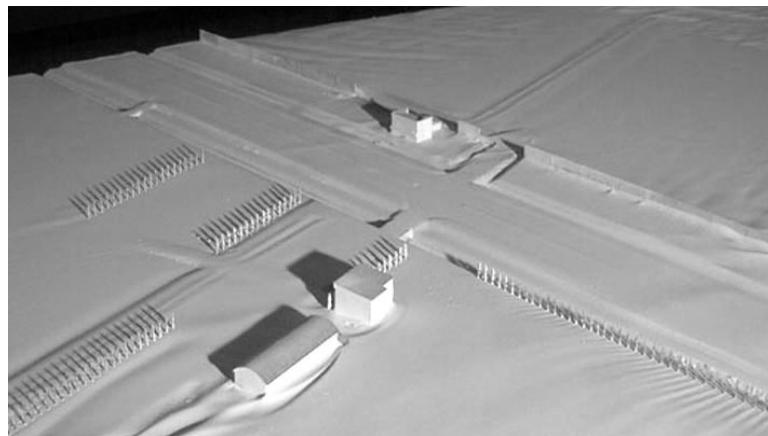


写真1-4-5 風洞実験の例(2). 防雪柵整備後の吹きだまり状況

資料5 生育環境調査

1. 生育環境条件調査

生育環境条件調査は、道路防雪林の植栽木に作用すると考えられる環境ストレスを抽出し、基本計画・基本設計における与条件を整理するために行うものである。この調査は、主に既往資料に基づくものとする。

1-1 気象条件調査

(1) 気象条件調査の目的

気象条件調査は、路線上あるいは防雪林造成箇所の樹木生育環境のうち植栽およびその後の成長に影響を及ぼす気象要因を把握することを目的に実施するものである。

(2) 調査内容

気象条件調査では、次に示す内容のデータを収集する。

表1-4-14 調査項目

要素	項目
気温	月平均気温、土壤凍結深
降水量	月別降水量
積雪	積雪深、長期積雪の初終日
風向・風速	月平均風速、月最多風向、吹雪時の風向
霜の初日、終日（気象官署のみ）	平年値、最早・最晚起日

(3) 調査方法および期間

データ収集方法については資料編資料4「1.気象雪氷調査で用いる資料」を参照する。

これらのデータについては、直近10カ年程度のデータを収集し、整理することが望ましい。

また、長期積雪の初終日と霜初日・終日については、気象官署のデータだけでは防雪林造成箇所付近の実態を把握できない可能性が高い。このため対象箇所付近の行政機関・研究機関等にヒアリングを行い傾向を把握する。土壤凍結深については、第3編第5章5「各部の設計」（P.3-5-28）の路線別置換厚を参考とする。

(4) 気象条件調査結果の計画・設計への反映内容

気象条件調査の結果は次のような形で計画・設計へ反映する。

表1-4-15 計画・設計時の検討項目と気象条件調査の内容の関係

計画・設計時の 検討項目	調査内容	項目	反映する内容
保護林	風向・風速	月平均風速、月最多風向	海からの風が卓越風の場合には保護林の必要性を検討。
適用樹種		霜の初日、終日	樹種の検討。 晩霜害（春の遅霜）が頻繁に生じる地域では、トドマツなど開葉が早い樹種の選定を控える。
生育基盤造成計画	降水量	月別降水量	工事時期の検討。 降水量が多い時期には基盤造成工事を控える。
強風対策	風向・風速	月平均風速、月最多風向	前生林、防風柵等の設置検討。
	積雪	積雪深 長期積雪の初終日	植栽保護工の検討。 少雪寒冷地では冬期～初春の強風で寒風害が発生しやすい。 初春の融雪前後の強風に対して防雪柵が有効に機能しない場合、この時期の風向に対する防風柵を設置する。
取付道路配置	風向・風速	吹雪時の風向	取付道路の方向、冬期の仮設防雪柵等の設置を検討。
雪圧対策	積雪	積雪深	雪圧防止杭の必要性検討。
植栽時期	気温	月平均気温	植栽対象樹種の開葉時期と気温の関係から植栽時期を検討。
		土壤凍結深	土壤凍結深が深い地域では秋植栽を避ける工程を検討。

1-2 生育基盤概略調査

(1) 生育基盤概略調査の目的

生育基盤概略調査は、路線上あるいは、防雪林造成箇所に分布する土壤の性質を把握することにより、生育基盤造成あるいは改善の必要性を判断することを目的としている。

なお、生育基盤概略調査は既存資料に基づく資料調査とする。

(2) 調査内容

土壤の生成には、気象や地形、表層地質、植生が強く関与している。本調査では既存資料に基づき、路線や造成箇所周辺の地形、表層地質と土壤の分布状況・植生に関わるデータを収集し、分布図などとして整理する。また、予定箇所および周辺の特殊土壤に関する資料を収集し整理する。

(3) 調査方法

①資料収集

・地形、表層地質、植生

20万分の1縮尺の情報については、「20万分の1土地分類基本調査及び土地保全基本調査」による。国土交通省土地・水資源局国土調査課 (<http://tochi.mlit.go.jp/tockok/index.htm>) より閲覧することができる。

・地質

5万分の1縮尺の情報については、「5万分の1地質図幅」による。地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所 (<http://www.gsh.pref.hokkaido.jp/>) より閲覧することができる。

・土壤

10万分の1縮尺の情報については、「北海道農業試験場土性（土壤）調査報告書及び附図」による。独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター (<http://cryo.naro.affrc.go.jp/>) より閲覧することができる

・植生

5万分の1縮尺、2.5万分の1縮尺の情報については、「現存植生図」による。環境省自然局生物多様性センター (<http://www.biodic.go.jp.proxy.blastsound.com/>) より閲覧することができる。

②特殊土壤

特殊土壤とは、一般に「限られた地域に分布し、土木施工上あるいは営農上特別に問題となる不良な性質をもつ土壤」と定義される²⁸⁾。北海道内には表1-4-16に示す特殊土壤が出現する。計画地およびその周辺で出現する特殊土壤を把握する。

特殊土壤の主な分布域については、図1-4-32～図1-4-33に示す。

表1-4-16 北海道の特殊土壤²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾

名称	母材	問題点	主な分布域
火山放出物未熟土	火山噴出物	保肥力に乏しい 過旱	駒ヶ岳・有珠・樽前・アトサ・カムイ・摩周火山の周辺
黒ぼく土		強酸性 リン酸不足	支笏・洞爺・然別・屈斜路・摩周カルデラ周辺や駒ヶ岳、大雪・十勝の山麓、中央凹地南部・北見・斜里地域
ボドヅル性土 酸性褐色森林土 擬似グライ土	粘土堆積物	過湿 過旱 排水不良	石狩低地帯や天塩山地、北見山地周辺の低山地・丘陵地・河岸段丘、オホーツク海岸の海岸段丘
低位泥炭土 中間泥炭土 高位泥炭土	泥炭	支持力不足 過湿 排水に伴う不等沈下 強酸性 カルシウム・マグネシウム不足	石狩・勇払・釧路・サロベツ・風蓮等の河川流域低地
砂丘未熟土	砂	過旱 保肥力不足 養分不足	石狩・勇払・十勝の内陸、噴火湾・石狩湾・天塩・オホーツクの沿岸
酸性硫酸塩土	新第三系堆積物 洪積世段丘堆積物	極強酸性 (pH3.5以下)	全道の低山地～丘陵地や台地に局所的に出現
蛇紋岩土壤	蛇紋岩	重金属含有 カルシウム不足 排水不良	神居古潭変成帶の西側

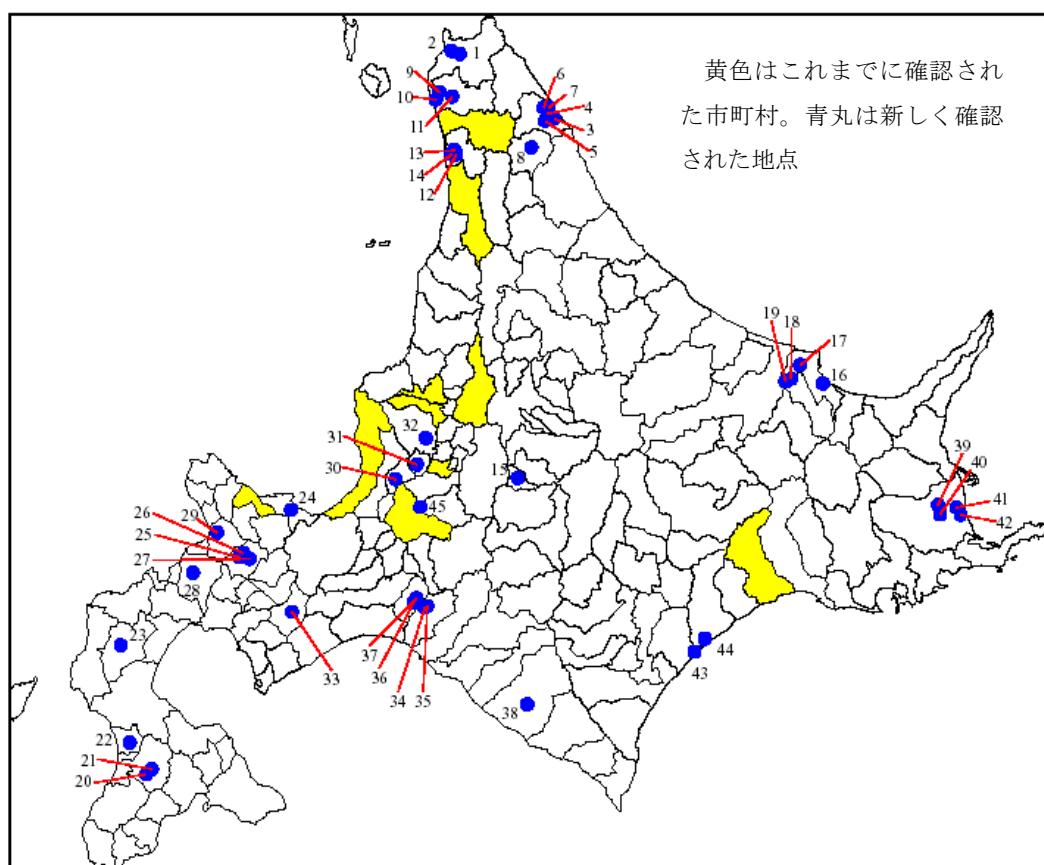


図1-4-32 北海道の酸性硫酸塩土壤の分布図³⁷⁾

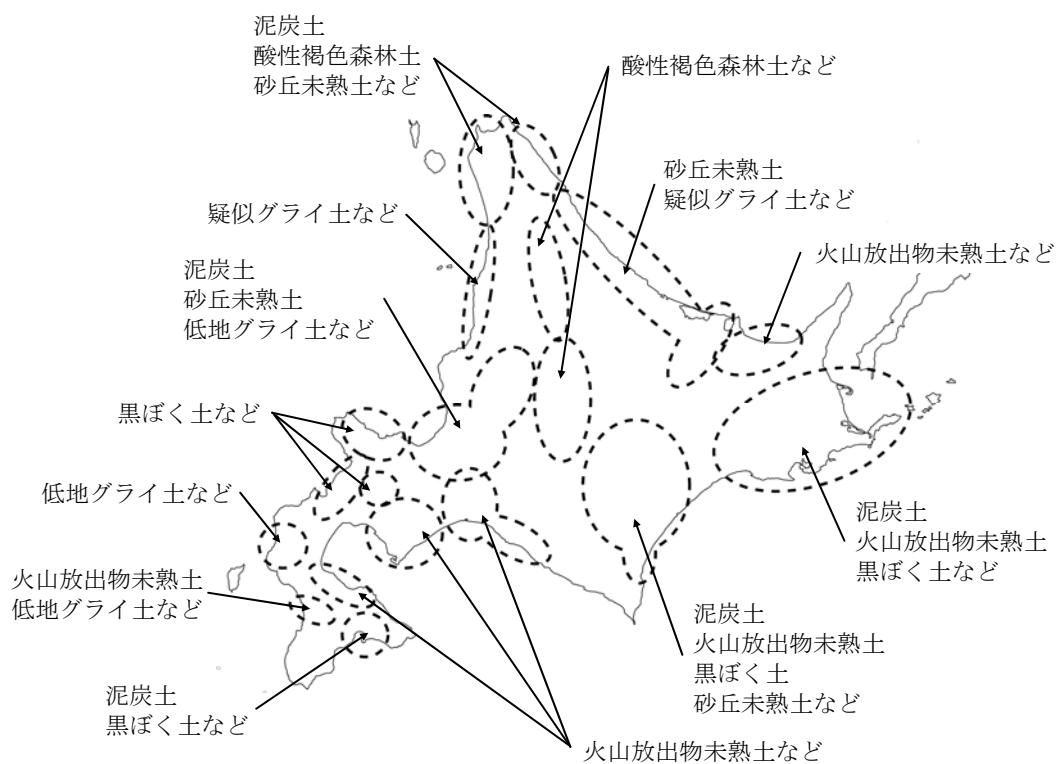


図1-4-33 北海道の特殊土壤の分布図³⁸⁾

(北海道土壤図³⁸⁾より作成)

(4) 生育基盤概略条件調査結果の計画・設計への反映内容

生育基盤概略条件調査結果は表1-4-17に示すように、現地盤への植栽の可否、盛土材料の性質や排水施設の必要性等の検討する上で活用する。

表1-4-17 生育基盤概略条件調査結果の計画・設計への反映内容

計画・設計時の 検討項目	調査内容	調査結果により検討する内容
現地盤への植栽の可否	地形・土壤・植生 特殊土壤	主に過湿となりやすい場所や特殊土壤の有無により現地盤に直接植栽が可能か否かを検討する
盛土による生育基盤 造成時の材料	表層地質 特殊土壤	盛土による生育基盤造成が必要された場合の盛土材料の性質を検討する
排水施設	地形・土壤・植生	排水施設の必要性を検討する

2. 既存樹林生育状況調査

2-1 既存樹林生育状況調査の目的

計画地およびその周辺における樹木の生育状況を把握し、防風施設等の保護工の必要性や生育基盤の高さ（盛土の必要性）を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。

2-2 調査内容

既存樹林生育状況調査は、周辺樹林における風の影響の把握と周辺樹林の構成種と比高の関係の把握の2つがある。現地踏査により、これらの状況を把握する。

2-3 調査方法

(1) 風の影響調査

計画地および周辺に出現する風衝樹形の出現状況を調査する。調査項目は風衝樹形のグレードと風衝樹形から計測される卓越風向とする。卓越風向を平面図上に整理した事例を図1-4-34に示す。また、風衝林形が出現した場合には、図1-4-35に示すように風上林縁から樹高5mの高さに至るまでの距離（L）を計測する。5mは道路防雪林が機能を発揮する高さである。風衝樹形のグレードについては第2編第2章3「道路防雪林の林型」を参照する。

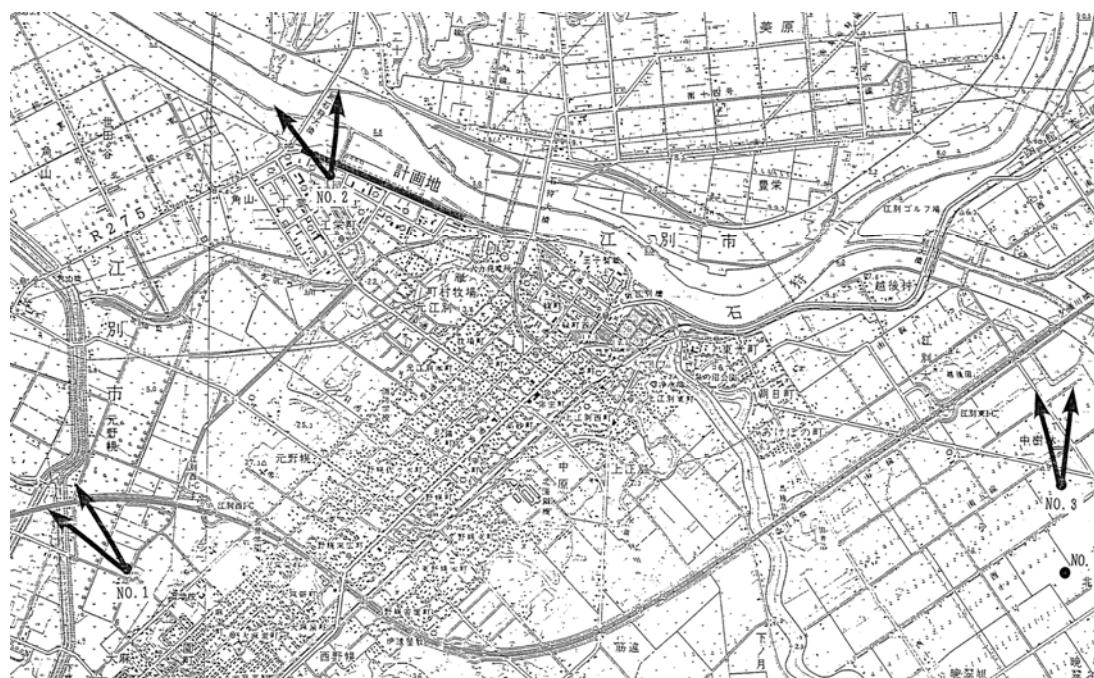


図1-4-34 風衝樹形から判断した卓越風向推定のイメージ図³⁹⁾

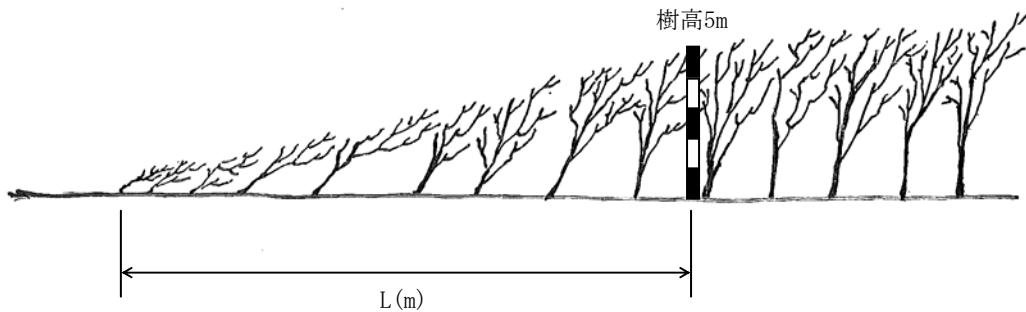


図1-4-35 風衝林形から判断した卓越風の影響範囲

(2) 周辺樹林構成種調査

計画地および周辺の樹林に出現する樹種と比高の関係を調査する。

北海道の沖積低地ではヤチダモやハルニレが優先した湿性林と呼ばれる樹林が発達する。一方、これよりも比高が大きいやや乾性の立地ではカシワやミズナラなどが出現するようになる⁴⁰⁾。計画地周辺で湿性林構成種が多い場合、排水施設や盛土による生育基盤造成を検討することになる。

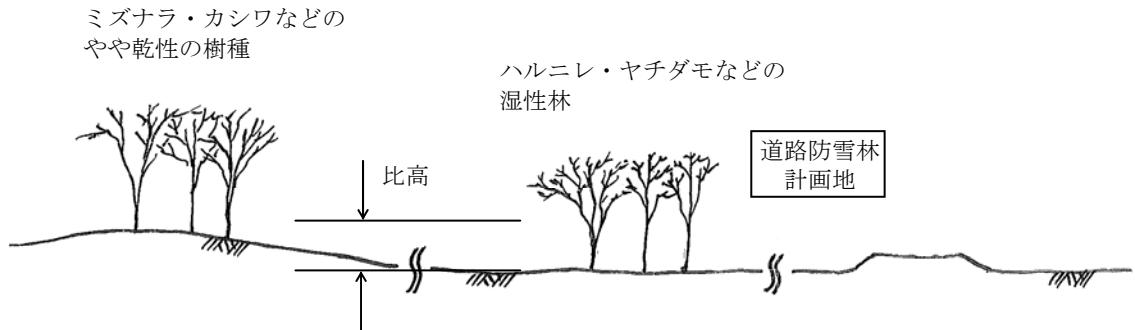


図1-4-36 周辺樹林構成種調査のイメージ図

2-4 既存樹林生育概況調査結果の計画・設計への反映内容

これらの調査の結果は、防風施設や生育基盤改良を検討する上で活用する。

表1-4-18 既存樹林生育概況調査結果の計画・設計への反映内容

計画・設計時の 検討項目	調査内容	調査結果により検討する内容
防風施設	風の影響調査	保護林の必要性の有無 防風施設の必要性や防風施設の方向
現地盤への植栽	周辺樹林構成種調査	湿性林構成種の場合、盛土による生育基盤造成も検討
排水施設		排水施設の必要性を検討

3. 生育基盤調査

3-1 生育基盤調査の目的

生育基盤の特性は、現地盤に植栽する場合にはあらかじめ調査することができるが、盛土による基盤造成を行った場合には、基盤造成後でなければ特性を把握することはできない。生育基盤調査は、設計条件調査として基盤造成後に改良が必要か否かを判断することを目的に行う。

3-2 調査内容

調査内容は次の通りである。

表1-4-19 生育基盤調査の内容

調査・試験等	調査内容
簡易pH試験	生育基盤内の有害なイオン成分の確認
土壤断面調査	生育基盤に試坑を掘り、断面観察を行い、層位別に土性・土色・構造・地下水位等を記録し、樹木の生育の阻害要因の有無を確認
土壤硬度試験	根系の伸長阻害要因となる生育基盤の硬さの確認
簡易透水性試験	生育阻害要因となる「水はけ」の悪さに関する確認
試料分析	簡易pH試験や土壤断面調査の結果から詳細な分析が必要と認められた場合の実験室による各種分析

3-3 調査方法

断面調査については「土壤調査ハンドブック」⁴¹⁾を参照する。また他の調査や試験方法は「植栽基盤整備技術マニュアル 改訂第2版」⁴²⁾を参照する。

3-4 生育基盤調査結果の計画・設計への反映内容

生育基盤調査結果は、生育基盤改良に反映する。主なものは以下の通りである。

表1-4-20 生育基盤調査結果の計画・設計への主な反映内容

設計時の検討項目	調査内容	調査結果により設計に反映する内容
生育基盤の耕耘等	土壤硬度試験	根系の伸長に十分な柔らかさにするための方策
排水施設	土壤断面調査（地下水位） 簡易透水性試験	暗渠・明渠などの排水施設設計
pHの改良	試料分析	酸度矯正
保水性や保肥性の確保	土壤断面調査 試料分析	腐植の混入

4. 生育不良箇所の生育基盤調査

4-1 調査目的

ここで記載する生育基盤調査は、既設道路防雪林において群状に生育不良が確認された場合で、生育基盤に起因すると考えられる要因を推定し、対策を検討するまでの基礎資料とすることが目的である。

4-2 調査の手順

生育基盤に関する生育基盤調査の手順を図1-4-37に示す。

生育不良が確認された場合、予備調査→詳細調査項目・分析項目の検討→詳細調査→試料分析→調査データ、分析データの解析→対策検討の順に作業を進めるものとする。

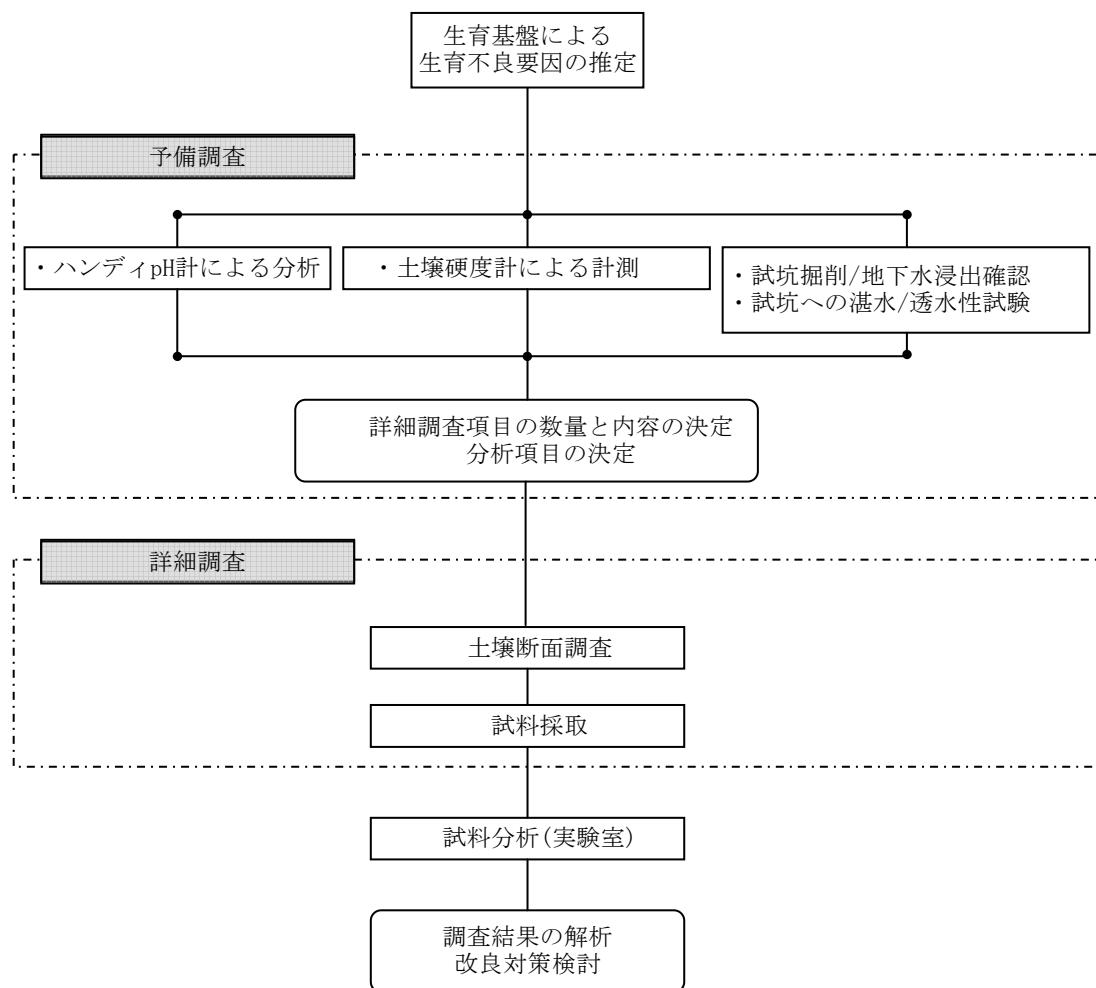


図1-4-37 生育基盤に関する生育阻害要因の調査検討の進め方フロー図

4-3 予備調査

予備調査の内容は表1-4-21に示す内容である。

表1-4-21 予備調査一覧

調査・試験名称	概要
簡易pH試験	ハンディpH計を使用した現地でのpH測定
土壤硬度計による計測	長谷川式土壤貫入計または山中式土壤硬度計を用いた硬度計測
地下水の浸出確認・透水性試験	試坑を掘っての地下水の浸出確認 試坑への注水による浸透性の確認

(1) ハンディpH計による簡易pH試験

現地でハンディpH計を用いて簡易pH試験を行う。

pH(H₂O)は、原則として風乾細土(自然乾燥して2mmのフレイで篩った土)を用いることになっている³⁷⁾。現地で生土を用いた場合実験室の分析値よりも精度は劣るが、pH異常をその場で推定できる。

現地でpH4.5以下、pH6.9以上の値を示したときには、強酸性土壤やアルカリ土壤の可能性がある。試料を持ち帰り、実験室で再分析を行う必要がある。



写真1-4-6 ハンディpH計の例

(2) 土壤硬度計による計測

現地で、長谷川式土壤貫入計または山中式土壤硬度計を用いて硬度を計測する。

①長谷川式土壤貫入計

長谷川式土壤貫入計は、図1-4-38に示すように、2kgの錘を落下させ1回あたりの貫入深度を読み取る機器である。試坑を掘削することなく計測できる利点がある。普通タイプで70cmの深さまで計測することができる。

長谷川式土壤貫入計で1回の落下での貫入深が1.5cm以下の数値を示す層があった場合には「硬さ」が生育阻害要因として作用していると推定される。4.0cm以上を示す場合は「軟らかすぎる」状態で、低支持力や乾燥が問題となる³⁷⁾。

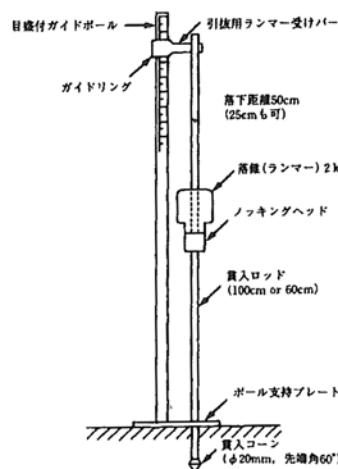


図1-4-38 長谷川式土壤貫入計⁴²⁾

②山中式土壤硬度計

山中式土壤硬度計は、土の表面に図1-4-39に示す機器の円錐部をさしこみ、その抵抗値を土壤の硬さとして計測するものである。農業関係で使用され、多くの作物と土壤硬度の関係が導き出されている。ただし、試坑を掘って深さごとに断面に挿して硬さを測る必要がある。

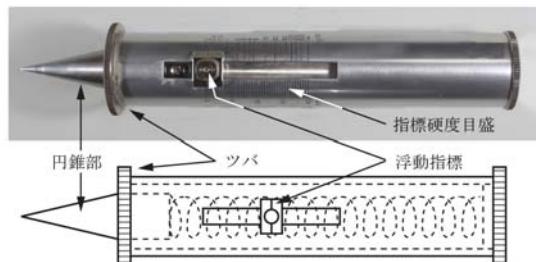


図1-4-39 山中式土壤硬度計（植栽基盤整備技術マニュアル⁴²⁾を参考に作成）

山中式土壤硬度計で20mm以上の数値を示す層があった場合には「硬さ」が生育阻害要因として作用していると推定される。また11mm以下を示す場合は「軟らかすぎる」状態で、低支持力や乾燥が問題となる³²⁾。

<参考>

長谷川式土壤貫入計と山中式土壤硬度計で計測した土壤硬度の生育基盤としての評価

土壤硬度と根系伸長の関係は表1-4-22に示すように、長谷川式では1.5～4.0(cm/drop)、土壤断面で計測した山中式では11～20mmの範囲に含まれるのが最適の状態である。

表1-4-22 土壤硬度と生育基盤の評価⁴²⁾

生育基盤としての評価	固さの表現	土壤硬度	
		長谷川式土壤貫入計 S値(cm/drop)	山中式土壤硬度計 (mm)
一	膨軟過ぎ	4.0以上	11以下
良	軟らか	1.5～4.0	11～20
可	締まった	1.0～1.5	20～24
不良	硬い	1.0以下	24以上

(3) 地下水の浸出確認・透水性試験

①地下水の浸出の確認

生育基盤が過湿となっている場合、比較的浅い深度で地下水が浸出する可能性がある。30cm程度で地下水の浸出があれば、樹木の生育には明らかに過湿と判断することができる。

このような場所では、ヨシやアブラガヤなどの湿性植物が生育している場合が多いので、湿性植物の存在も過湿の判断材料となる。



写真1-4-7 道路防雪林の生育基盤での地下水の浸出状況

②透水性試験

地下水の浸出は確認されないが、数日間晴天が続いた状態で掘りあげた土を握りしめると水がにじみ出てくる状態は過湿と判断される。また、表1-4-19に示す土壤断面調査で埴壤土・埴土と判断された場合には、粘土含有率が高く透水性に劣る。

このような場合には、有効土層厚(深さ60cm)まで試坑を掘って湛水し、透水性を判断することができる。図1-4-40に方法を示す。水深20cmまで湛水し、1時間後・24時間後・48時間後に水深を測定する。24時間後に底面に水が認められない場合には排水性は良好、24時間経過後に滯水が認められたときには排水性に劣り、排水施設の検討対策の対象の目安とする³⁷⁾。

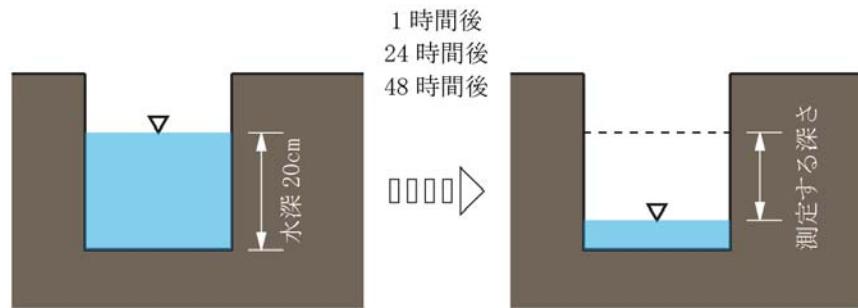


図1-4-40 試坑を利用した透水性試験（植栽基盤整備技術マニュアル⁴²⁾を参考に作成）

(4) 予備調査の分析

以上の予備調査結果を分析し、詳細調査および試料分析に必要な項目を検討する。

4-4 詳細調査

(1) 土壌断面調査

土壌断面調査は、地表からは見えない地下部を観察することで、生育不良要因を推定する情報を収集する方法として重要である。

幅1.0mで深さ0.7～1.0m程度の試坑を掘り、土色・土性・層構造・根の分布状況等を記録する。観察時の記録内容を表1-4-23に示す。また、記録用の土壌断面調査票の例を図1-4-41に示す。

調査にあたっては、「土壌調査ハンドブック」⁴¹⁾により観察、記録を行うものとする。なお、道路防雪林は平坦である場合が多いことから、試坑掘削に小型バックホウを用いると作業が効率的である。

表1-4-23 土壌断面調査の観察記録項目⁴¹⁾

調査項目	方 法	内 容
層位区分	目視	層の堆積順序、層厚
土性	目視・触診	土性区分（細粒・中粒・粗粒）
土色	比色	標準土色帖に基づく（写真1-4-9）
礫	目視	石礫（2mm以上の粒子）の分布状況
腐植	目視・触診	腐植の含有状況
土壤硬度	山中式硬度計	硬度の測定
根系	目視	木本・草本の根の分布状況
孔隙・亀裂	目視	孔隙径、亀裂幅、形状、方向性、連続性を判断
乾湿具合	目視・触診 三相比分析	乾湿具合の分布状況
pH	ハンディーpH計	土壤pHの測定

土 壤 断 面 調 査 票												日本ペドロジ学会						
地 点 番 号			土 壤 分 類			調査日		天 候	調査 前		調査者	土地利用・植生および付近の見取図						
土 壤 名								晴 度										
調 査 地 点						所有者	耕 作者	經 度										
地 質 母 岩			堆 積 式			氣 気												
地 形					標 高		傾 斜											
使 用			排水性			地 表 の 地 岩		人 为										
断 面 スケッチ	層 位	深さ cm	層界 試料 番号	土 色	表 皮 状 態	有機 物 質 量 率 %	土 性	層 構 造	コンシスティンス	キュー ターン	孔隙	根 生 物 活 動	乾 燥 度 地 下 水 面	反 応	備 考			
		0							粘着性	可塑性	乾燥度	孔隙	根 生 物 活 動	Fe II	Mn	Al	pH	
									可塑性	液性限	塑性限	孔隙						
									液性限	塑性限	孔隙							
									孔隙	孔隙	孔隙							
その他の																		

図1-4-41 土壌断面調査票の例⁴¹⁾

<参考>

道路防雪林における土壤断面調査票の記載例

調査地 浜頓別町山軽 地目 道路防雪林 L 樹木No. B35											調査日 2005/11/8			天候 晴れ 前日の天候 曇り				
生育状況 不良																		
	厚さ	層界	層位	土性	礫	腐植	土色	構造	孔隙	斑紋・結核	緻密度	粘着性	可塑性	湿り	根の状態	pH	三相比	備考
	0																	
	10																	
	20	42cm	漸変波状	盛土	L 一部 にCL	あり	あり	7.5YR3/2 黒褐色 CL部 7.5YR6/4 にぶい橙	角塊状	あり 細	斑鉄富む 5YR5/8 明赤褐色	23.2	弱 CL部 弱	弱 CL部 中	半湿 -20cmまで 細根 多	6.0 固:液:気相 50:37:13		
	30																	
	40																	
	50	23cm	画然平坦	A1	SIL	あり	含む	7.5YR3/4 暗褐色	団粒	あり 細	なし	25.0	中	弱	半湿 細根 多	6.5 固:液:気相 50:46:4		
	60																	
	70	16cm	画然平坦	A2	CL	あり	すこぶる富む	10YR3/1 黒褐色	角塊状	なし	斑鉄含む 5YR3/6 暗赤褐色	20.4	中	中	湿 細根まれ	6.8 固:液:気相 50:37:13		
	80																	
	90	19cm-		B	CL	なし	なし	10YR4/1 褐灰色	角塊状	なし	なし	19.4	弱	強	湿 なし	6.3		
	100																	
											樹木のデータ 植栽年度 平成 8 年度 樹高 79 cm 前年樹高 72 cm 当年伸長量 7 cm 樹冠級数 3			特記事項 				

図1-4-42 道路防雪林における土壤調査時の断面調査票記載事例⁴³⁾

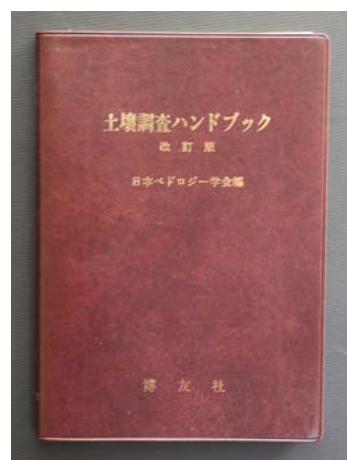


写真1-4-8 土壤調査ハンドブック

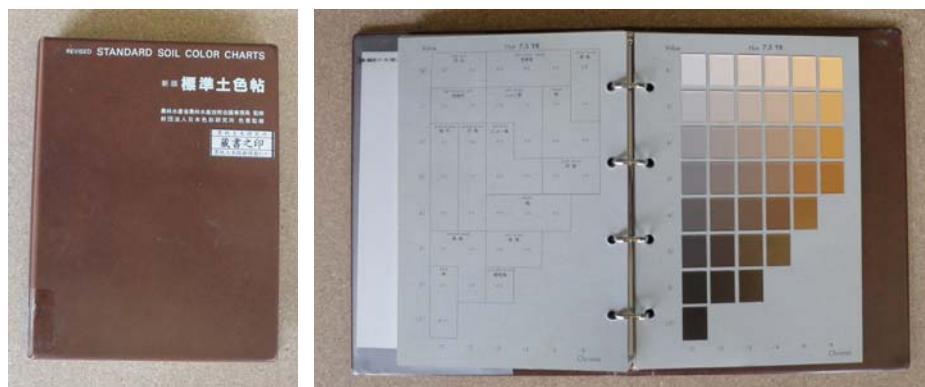


写真1-4-9 標準土色帖⁴⁴⁾

(2) 試料採取

① 化学性 (pH) に問題がある可能性の場合

- ・土塊による試料採取 : pH等の分析。

② 物理性 (主に硬さ) に問題がある可能性の場合

- ・試料用円筒による試料採取 : 仮比重、三相比計測のため。硬さにともなう乾燥が生育不良要因の可能性がある場合には、pF試験のため。

これらの試料は層を乱してはならないので、写真1-4-10のような試料用円筒を用いて採取し持ち帰る。



写真1-4-10 試料用円筒、採土器および採土補助器

- ・土塊による試料採取 : 粒度分析(国際土壤学会法)、腐植含有量計測のため。

③ 物理性 (主に排水性) に問題がある可能性の場合

- ・試料用円筒による試料採取 : 仮比重、三相比計測、透水試験のため。層を乱してはならないので、試料用円筒を使用する。
- ・土塊による試料採取 : 粒度分析(国際土壤学会法)。

4-5 試料分析

(1) 化学性分析

現地から試料を採取し、実験室で化学性の分析を行う。

pH (H₂O) 分析は必ず行う。

この結果、異常値が検出された場合には、以下の分析を追加する。

- ・ EC (電気伝導度) : 重金属を含む有害物質の検出。
- ・ pH (H₂O₂) : pH (H₂O) が3.5以下の場合、酸性硫酸塩土壌である可能性が高い。過酸化水素水でpHを測定する。
- ・ 塩類等 : pHの値が高い場合、アルカリ土壌となっている可能性がある。Ca、Na、Mg等の塩類を測定する。

(2) 物理性分析

①物理性（主に硬さ）に問題がある可能性の場合

- ・ 仮比重、三相比の計測、pF試験、粒度分析(国際土壤学会法)、腐植含有量の計測を行う。

②物理性（主に排水性）に問題がある可能性の場合

- ・ 仮比重、三相比計測、透水試験、粒度分析(国際土壤学会法)を行う。

参考文献

第2章 吹雪対策の必要性と今後のあり方

- 1) 竹内政夫, 1996: 吹雪とその対策(1)－吹雪のしくみ－. 雪氷, 58, 161-168.
- 2) 竹内政夫, 1999: 吹雪とその対策(2)－吹雪と視程－. 雪氷, 61, 303-310.
- 3) 竹内政夫, 2000: 吹雪とその対策(3)－吹きだまりの発生機構と形－. 雪氷, 62, 41-48.
- 4) 竹内政夫, 2002: 吹雪とその対策(4)－吹雪災害の要因と構造－. 雪氷, 64, 97-105.
- 5) 福沢義文・竹内政夫・石本敬志・磯部圭吾, 1990: 吹雪時の結氷路面における安全速度. 雪氷, 52, 171-178.
- 6) 道路投資の評価に関する指針検討委員会, 1998: 道路投資の評価に関する指針(案). (財)日本総合研究所, 176pp.
- 7) (財)高速道路調査会, 1974: ふぶき, 吹きだまり対策に関する調査研究報告書. 109pp.
- 8) 加治屋安彦・松澤勝・鈴木武彦・丹治和博・永田泰浩, 2004: 降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察. 寒地技術論文・報告集, 20, 325-331.
- 9) 伊東靖彦, 2010: [地方の常識]第4回パーキングシェルター. 土木学会誌, 95(4), 34.
- 10) (社)日本道路協会, 1990: 道路防雪便覧. 丸善株式会社, 381pp.

第3章 吹雪対策計画の手順と吹雪対策調査

- 1) (独)土木研究所寒地土木研究所, 2009: 道路吹雪対策マニュアルの改訂補助業務.
- 2) Yasuhiko ITO, Masaru MATSUZAWA, Yasuhiko KAJIYA, 2004: Planning Blowing-Snow Control Facilities According to Danger Assessment. Transportation Research Circular E-C063, Snow Removal and Ice Control Technology, 158-166.
- 3) 福澤義文・伊東靖彦・松澤勝・加治屋安彦・阿部正明・丹治和博, 2002: 吹雪危険度評価に関する一考察(1)－吹雪危険度評価フローの検討. 寒地技術論文・報告集, 18, 354-358.
- 4) 加治屋安彦・松澤勝・鈴木武彦・丹治和博・永田泰浩, 2004: 降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察. 寒地技術論文・報告集, 20, 325-331.
- 5) 金田安弘・遠藤八十一, 2008: 降雪深の観測値に与える影響因子についての考察. 寒地技術論文・報告集, 23, 407-410.
- 6) 竹内政夫, 1980: 吹雪時の視程に関する研究. 土木試験所報告, 74, 1-31.
- 7) 道路防災点検の手引き編集委員会, 2009: 道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）. (財)道路保全技術センター, 179 pp.
- 8) (社)日本道路協会, 2009: 道路土工要領. 丸善(株), 77.

資料編

- 1) 竹内政夫, 1997: 道路雪氷対策技術の変遷(1). 北の交差点, 2, 12-17.
- 2) 大橋猛, 1990: 北海道における防雪対策. 道路, 1990-9, 40-45.
- 3) 気象庁, 2002: 地上気象観測指針. (財)気象業務支援センター, 154pp.
- 4) 竹内政夫, 1990: 吹雪と道路交通－道路を吹雪から守るためにどんな研究をしてきたか－. 第3回（平成元年度）開発土木研究所講演会特集号, 42-64.
- 5) (社)日本建設機械化協会編, 1988: 新編防雪工学ハンドブック. 森北出版株式会社, 527pp.
- 6) 竹内政夫・松澤勝, 1991: 吹雪粒子の運動と垂直分布. 雪氷, 53, 309-315.
- 7) Takeuchi Masao, 1980: Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport. J.Glaciology, 26, 481-492
- 8) 竹内政夫, 1980: 吹雪時の視程に関する研究. 土木試験所報告, 74, 1-31.

- 9) 石本敬志, 1995: 雪粒子による視程変動の研究. 開発土木研究所報告, 107, 57pp.
- 10) 福澤義文・加治屋安彦・小林利章・苦米地司, 2000: 北海道全域の吹きだまり量分布の推定. 雪氷, 62, 291-300.
- 11) 北海道開発局開発土木研究所, 1998: 平成9年度視程障害観測解析業務報告書.
- 12) 松澤勝・竹内政夫, 2002: 気象条件から視程を推定する手法の研究. 雪氷, 64, 77-85.
- 13) 日本雪氷学会北海道支部, 1991: 雪氷調査法. 北海道大学図書刊行会, 244pp.
- 14) 石本敬志, 1987: 車載型吹雪計の開発. 土木試験所月報, 413, 13-17.
- 15) World Meteorological Organization, 2008: WMO GUIDE TO METEOROLOGICAL INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION Chapter9 Measurement of visibility. WMO.
- 16) 小林大二・小林俊一・石川信敬, 1969: みぞによる地ふぶき量の測定. 低温科学物理篇, 27, 99-106.
- 17) 松澤勝・金子学・伊東靖彦・上田真代・武知洋太, 2010: 風速と吹雪量の経験式の適用に関する一考察. 寒地技術論文・報告集, Vol.26, 45-48.
- 18) 近藤純正, 1998: 水環境の気象学－地表面の水収支・熱収支－. 朝倉書店, 101.
- 19) 山田毅・伊東靖彦・松沢勝・加治屋安彦, 2008: 防雪柵を評価するための適切な視程の測定位置の検討. 雪氷研究大会（2008・東京）講演要旨集, 91.
- 20) (独)土木研究所寒地土木研究所, 2009: 道路吹雪対策マニュアル改訂補助業務報告書.
- 21) 阿部康明・飯田茂・本田秀敏, 2007: 宗谷地域における道路吹雪対策必要区間の抽出調査. 第50回（平成18年度）北海道開発局技術研究発表会概要集.
- 22) 北海道開発局稚内開発建設部, 2000: 平成12年度一般国道238号稚内市東浦地域吹雪対策調査検討業務報告書.
- 23) T.Uematsu et al, 1991: Three-dimensional numerical simulation of snowdrift. Cold Regions Science and Technology, 20, 65-73.
- 24) 根本征樹・西村浩一, 2003: 吹雪の物理モデルの現状と課題. 雪氷, 65, 249-260.
- 25) 北海道開発局札幌開発建設部, 2001: 平成12年度道央圏連絡道路江別市美原道路防雪対策検討業務報告書.
- 26) 風洞実験法ガイドライン研究委員会, 2008: 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック2008版. (財)日本建築センター, 157pp.
- 27) 老川進・苦米地司・石原孟, 2007: 建物近傍の雪吹きだまりの風洞相似則に関する考察. 日本雪工学会誌, 23, 2, 13-32.
- 28) 岩田進午, 1997: 土の環境圈. フジ・テクノシステム, 27.
- 29) 北海道開発局編, 1979: 北海道の特殊土壤－生成、分布と土地改良－. 394pp.
- 30) 日本土壤学会北海道支部編, 1987: 北海道農業と土壤肥料1987. 財団法人北農会, 475pp.
- 31) 北海道火山灰命名委員会, 1972: No.1北海道の火山灰分布図.
- 32) 重粘土グループ, 1967: 北海道北部の土壤. 北海道開発局, 195pp.
- 33) 北海道開発局編, 1972: 特殊土壤農地化調査資料1重粘土－その分布と特性－. 36pp.
- 34) 石渡輝夫他, 1986: 北海道で見出された酸性硫酸塩土壤および熱水変質安山岩風化物の分布と性状. 土木試験所月報, No398, 15-25.
- 35) 土壤保全研究室, 1987: 酸性硫酸塩土壤の分布. 土木試験所月報, No412, 41-42.
- 36) 水野直治, 1979: 蛇紋岩質土壤の化学的特性と農作物の生理障害に関する研究. 北海道立農業試験場報告第29号, 1-79.
- 37) 石田哲也, 2011, 北海道における酸性硫酸塩土壤の追録－新たな出現地点の追加と全地点の位置情報(緯度・経度)の補完－. 第54回（平成22年度）北海道開発技術研究発表会, http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/giken/h22_pre_intra/pdf_files/KK/KK-28.pdf.

- 38) 北海道農業試験場, 1985: 北海道土壤図 農牧地および農牧適地.
- 39) 北海道開発局石狩川開発建設部, 1993: 平成4年度石狩川改修工事の内対雁緑の回廊検討業務. 77pp.
- 40) 宮脇昭編, 1988, 日本植生誌 北海道. 至文堂, 71.
- 41) 日本ペドロジー学会編, 1997: 土壤調査ハンドブック改訂版. 博友社, 169pp.
- 42) 国土交通省都市・地域整備局公園緑地・景観課緑地環境室, 2009: 植栽基盤整備技術マニュアル改訂第2版. 169pp, (財)日本緑化センター.
- 43) (独)北海道開発土木研究所, 2006: 平成17年度山軽防雪林生育基盤調査業務報告書.
- 44) 農林水産省農林水産技術会議事務局・(財)日本色彩研究所, 1995: 新版標準土色帖. 日本色研事業(株).