



フィンランドの冬期道路管理手法



ヘルシンキ 1993

フィンランド道路庁

監修 北海道開発局 建設部 道路維持課
北海道開発局 開発土木研究所 道路部
発行 財団法人 北海道道路管理技術センター

フィンランドの 冬期道路管理手法

フィンランド道路庁
ヘルシンキ 1993年

ISBN 951-47-8115-5

TIEL 2230006E

Kangasalan Kirjapaino Oy
Kangasala 1993

フィンランド語原本名：

Teiden talvihoito II; Menetelmäohjeet

ヘルシンキ 1992年発行

ISBN 951-47-6071-9

TIEL 2230006

問い合わせ先

フィンランド道路庁
(FinnRA)

R&D Unit in Tampere

TIEL/Kanslerinkatu 6

FIN-33720 TAMPERE

FINLAND

Tel. int +358 31 316 5190

Fax. int +358 31 316 5195

はじめに

フィンランドは道路管理者に多くの難題を与えている。地質は複雑で柔らかい粘土質から硬い岩まで様々であり、気候も暑い夏から、北極圏の冬までである。国土は広く、人口は少なく、湖や川が無数に存在する。社会はできるだけ低コストで高いレベルのサービスや、経済的な道路管理法および環境を維持できるような政策を求めている。しかし、フィンランドの道路網の状態は非常に良く、有効で迅速な輸送手段を社会に提供している。その証拠に、高速道路交通は、旅客および物資輸送の双方で圧倒的優位を占めている。

フィンランド道路庁 (FinnRA) は、フィンランドの公道の管理、計画設計、建設および維持管理という困難な任務に対し責任を負っている。このような困難な状況下に置かれながら、年々業務や管理をより効率化し、費用効果を高めるようにせざるを得ない。その結果、世界中に認められ、他の道路管理者のモデルとなる専門的で教養深いスタッフや、近代的な管理法および幅広い先進的な道路管理システムと技術が生まれた。

FinnRAの専門知識は、1970年代半ばからFinnRA輸出サービス (Export Services) を通じて海外で利用されている。これはFinnRAの財政的に独立した部門であり、FinnRA、フィンランドのコンサルタント、その他の専門機関の人材やノウハウを使って世界中の運輸分野のプロジェクトにコンサルティングやトレーニングサービスを提供している。

本書ではフィンランドで使用されている冬期道路管理手法を説明する。また読者の皆様に役立つフィンランドのノウハウや技術についても若干説明したい。ぜひ我々の経験を読者の皆様と分かち合いたいものである。

本書は、フィンランド語の原本をTampereのFinnRA, R&D UnitのTapio Raukolaが抜粋英訳したものである。

フィンランド

フィンランドは、北緯60度と70度の間に位置し、アイスランドに次ぐ極北の国である。フィンランドはスカンジナビア諸国の一つであり、隣国として西にスウェーデンとノルウェー、東にロシア、南にエストニアがある。また、南と西側でバルト海に接している。

面積では、フィンランドはヨーロッパ最大の国の中に入る。338,000km²の総面積のうち10%は水域、65%は森林、そして8%は耕地である。人口は500万人で、そのうち94%はフィンランド語、6%はスウェーデン語を母国語としている。

フィンランドは政治的に中立な西側の民主国家で、大統領は選挙で選ばれ任期は6年である。国会は議員200名から成り、単一議院制で議員は4年毎に選挙で選ばれる。フィンランドはEFTAに加盟しており、現在ECへの加盟を交渉中である。1992年の国民一人あたりのGDPは22,000USドル程で、世界第15位である。

フィンランドは、高度に発達した企業、特に林業、造船、化学やエレクトロニクス産業で有名である。国際的に有名な冬期道路関連のシステムや製品には、道路気象情報システム、タイヤおよび携帯電話がある。

一月の平均気温は南部で-5°C(-23°F)、北部で-15°C(-15°F)である。冬は10月から11月にかけて始まり3月から4月まで続く。



訳 者 序

92/93冬期に、実質的な「スタッドレス元年」を迎えた札幌圏では、「ツルツル路面」と言われるような非常に滑り易い路面が多く出現して、冬期路面管理の一層の充実が求められるようになった。これに対して、道路管理者である北海道開発局は、北海道や札幌市、日本道路公団と連携をとりながら、除排雪の強化や除雪機械の改良、ロードヒーティングや流雪溝の整備、凍結防止剤や砂の散布の強化、道路情報提供の充実、凍結抑制舗装や路面凍結予測、冬期路面管理手法に関する試験研究の実施等により、冬期路面管理の充実を図ることとしている。

こうした状況の中、本書を刊行することは時宜を得たものであり、活用の機会も数多くあるものと思われる。本書は、フィンランド道路庁が1993年12月に発行した"Winter Road Maintenance Methods in Finland"を全文翻訳したものであり、同庁がフィンランドで用いている冬期道路管理手法を実務面に至るまで詳細に記述したものである。

開発土木研究所では、昭和62年よりフィンランド道路交通研究所と研究協力を行っており、現在は「積雪寒冷地域の冬期交通安全対策に関する研究」というテーマで国際共同研究も実施している。また、昨冬には当所が開催した冬期道路管理国際ワークショップにフィンランド道路庁の専門家をお招きしたり、スパイクタイヤの規制可能性を研究する同庁及び道路交通研究所を中心とするグループの日本視察を受け入れるなどしており、同国とは冬期道路管理に関して積極的な技術交流を図っている。

本書にも記述されているように、フィンランドは人口が約500万人と北海道と同程度で、国土は約34万平方キロメートルと非常に広いものの、人口の集中する南部を見ると都市の分散や高規格道路網整備の状況は北海道と非常によく似ている。国土が平坦で雪も少ないなど、地形的・気候的な違いはあるが、冬期の寒冷の度合いも類似しており、本書の内容は我が国の、とりわけ北海道の今後の冬期道路管理の技術開発・計画策定等に大いに参考になるものと考え、ここに翻訳して関係各位に紹介するものである。

なお、本書の翻訳はフィンランド道路庁の許可を得て北海道開発局開発土木研究所道路部で行った。同庁のご好意には改めて感謝の意を表する次第である。翻訳に関しては、原文をなるべく分かりやすく訳することに努めたが、時間的制約などにより用語及び表現の統一がなお不十分なところもあると思われる。読者の方々のご叱正をお願いしたい。

また、(財)北海道道路管理技術センターには、本書の発行を公益事業としてお引き受けただけ、道路管理関係者に広く頒布できることとなった。同センターのご理解とご尽力には深く感謝の意を表する次第である。

本書が道路管理関係者に広く活用され、我が国の積雪寒冷地の冬期道路管理技術の向上にいささかでも役立てば、訳者として望外のよろこびである。

平成6年2月1日

北海道開発局開発土木研究所

道路部長 根岸 正 充

目次

1	目的	9
1.1	冬期道路管理基準	9
2	冬期作業計画と準備	12
2.1	原則	12
2.2	除雪計画	12
2.3	路面整正計画	12
2.4	凍結防止計画	12
2.5	スノーポール計画	13
3	除雪機械	15
3.1	基本ユニット	15
3.2	基本ユニット付属品	15
3.2.1	スノープラウ	15
3.2.2	その他の除雪機械	20
4	除雪の安全要因	23
4.1	概論	23
4.2	除雪速度	23
4.3	人や他の車両のある中での除雪	23
4.4	交通標識や信号に対する損傷の防止	24
4.5	広過ぎる除雪幅の防止	24
5	除雪方法	25
5.1	代替方法	25
5.2	非分離道路	25
5.3	分離道路	25
5.4	歩道と自転車道路	27

5.5	都市部での作業	28
5.6	除雪における特別な事項	28
5.6.1	吹きだまり	28
5.6.2	休憩施設とパーキングエリア	28
5.6.3	オーバースと鉄道踏切	29
5.6.4	バス停、追越し車線およびその他の広幅員部分	29
5.6.5	スラッシュの除去	29
5.6.6	段切りと拡幅除雪	30
5.6.7	除雪後の作業	32
6	路面整正と圧雪／氷の除去	33
<hr/>		
6.1	目的	33
6.2	路面整正の方法	33
6.3	オーバースと鉄道踏切	36
6.4	作業速度と溝	36
7	除氷および凍結防止手法と材料	37
<hr/>		
7.1	概要	37
7.2	化学的氷処理および凍結防止	37
7.2.1	乾燥塩	38
7.2.2	プレウエット塩	38
7.2.3	塩水	40
7.2.4	塩水の製造と保管	43
7.2.5	塩の事前散布	45
7.3	塩に代わる凍結防止剤	46
7.4	路上の塩の環境に対する影響	46
7.4.1	塩害の防止	46
7.5	すべり止め材の使用	48
7.5.1	砂	48
7.5.2	砂／塩の混合物	49
7.6	すべり止め材の品質条件	52
7.6.1	すべり止め材	52
7.6.2	塩化ナトリウム	52
7.7	材料の保管	53
7.7.1	純粋なすべり止め材	53
7.7.2	砂／塩の混合物	53

7.7.3	塩化ナトリウムと塩化カルシウム	53
7.8	凍結防止および除氷作業に必要な装置	54
7.8.1	塩水生成装置	54
7.8.2	塩および砂の散布機械	56
8	冬期間の特別な作業	58

8.1	排水路の凍結防止とカルバート内の融解	58
8.1.1	カルバートからの氷融解	58
8.1.2	排水路の凍結防止	58

付録

1 目的

1.1 冬期道路管理基準

フィンランド道路庁(FinnRA)では、冬期道路管理基準を定めている。この基準に従ってフィンランドの各道路に提供されるサービスのレベルが決まる。サービスレベルは、交通量、時間帯、除雪作業（除雪、除氷、スラッシュの除去）に基づいている。冬期道路管理のため道路はその種類と平均日交通量(ADT)によって分類されている。分類表を以下に示す。

冬期道路管理のクラス分類表

ADT	幹線道路	主要道路	地方道路	接続道路
> 12000	Isk	Isk	Isk	Is
6000 - 12000	Is	Is	Is	I
3000 - 6000	I	I	I	Ib
1500 - 3000	I	Ib	Ib	Ib
500 - 1500	Ib	II	II	II
200 - 500	II	II	II	III
< 200		II	III	III
歩道や 自転車専用道路	IV	IV	IV	IV

	舗装露出道路
	冬期寒冷条件下では雪路面
	雪路面

（「目標水準値およびサイクルタイム」の表も参照のこと）

Note: Isk=高規格分離道路 Is=高規格非分離道路
Ib=薄い圧雪を許容する

表1： 道路管理分類表

幹線道路網は、国の地方組織を結合するシステムである。幹線道路は大半が二車線だが、交通量の最も多い道路は高速道路か準高速道路（インターチェンジ付きで分離されていない）あるいは四車線の道路である。

主要道路は幹線道路網を補完し、その基準は、幹線道路のそれとほぼ同じで、二車線もしくは四車線である。

地方道路は、地方都市と他の地域的に重要な場所を結んでいる。

接続道路は、上記の道路クラスに入らない公道である。ほとんどは交通量が少なく、砂利道である。

これらの各種道路はすべて道路庁がその建設及び管理を行っている。

各道路管理のクラス分類に対しFinnRAは一定の水準を定めている。道路状況がこの水準を満たさなくなった場合は、一定期間内に必要レベルまで回復しなければならない。滑りやすさ、雪の状態や平坦さは、以下のごとくこの水準の要素と見なされている。

		サービスレベル				
管理の水準値 要素	1悪い	2並	3十分	4良い	5非常に良い	
滑り易さ 滑り摩擦係数 路面状態	0.00-0.15 完全に凍っているか非常に滑り安い	0.15-0.25 乾いた氷または圧雪	0.25-0.30 寒冷気象時の粗い氷または圧雪	0.30-0.45 湿潤露出またはわだち内圧雪	0.45-1.0 乾燥露出	
雪の状態 乾雪 湿雪 スラッシュ 吹きだまり雪	>50mm >40mm >30mm 通過困難な箇所あり、吹きだまりで車の立ち往生あり	<=50mm <=40mm <=30mm 路上全体に吹きだまりまたは路側多少の堆雪あり、時々スピードを落とす必要あり	<=30mm <=25mm <=20mm 路上で部分的に吹きだまりの場合によりスピードを落とす必要あり	<=20mm <=15mm <=10mm 外側車線中央まで部分的に吹きだまり、普通はスピードを落とす必要なし	- - -	
路面の平坦さ わだち 他の凹凸	>30mm 路面状態が非常に悪い凹凸が予想される、減速し凹凸部分避ける必要あり	<=30mm すり減った箇所または妨げとなる穴が多く、場所により減速が必要あり	<=20mm 路面平坦、多少凹凸があっても実際に運転の妨げになることはない	<=10mm 路上の車両通行部分の凹凸 <=10mm	- -	

表2： フィンランドの冬期道路管理の水準

目的

サイクルタイムとは、水準以下の道路条件になった時から復旧に至る間の時間の長さである。目標とする水準値とサイクルタイムの範囲を以下に示す。

道路の分類 クラス	目標水準値	サイクルタイム			
		除氷	除雪	スラッシュ 除去	路面整正
Isk	4	2h	2.5h	2.0h	1日
Is	4	2h	2.5h	2.0h	1日
I	4	2h	3.0h	2.5h	1日
Ib	4/3	3h	3.0h	3.0h	1日
II	3	4h	4.0h	4.0h	3日
III	2	6h	6.0h	6.0h	5日
IV	3	4h	4.0h	4.0h	2日

表3： 目標水準値とサイクルタイム

なお、目標とする摩擦係数(目標水準値)は、温度が以下の表に示す温度より低い場合に適用される。

道路の分類 クラス	目標水準値の適用	下記温度以上で 塩使用 °C / °F
Isk	24h/日	-8/18
Is	24h/日	-6/21
I	静かな夜間を除き常時	-6/21
Ib	水準値3に対しては24h/日 水準値4については静かな夜間を除き常時	-2/28
II	週日：6:00から22:00 週末：日中のみ	-
III	週日：6:00から22:00 週末：日中のみ	-
IV	その他の時間は、水準値2を適用 許容最大積雪は10cm 隣接の道路と同じ水準値を適用	

表4： 目標摩擦係数(目標水準値)を適用する状況

また、この他にも中央政府から年ごとに特定の目的のために指示が与えられることがある。

2 冬期作業計画と準備

2.1 原則

効率的に冬期の作業を実施するためには、人員、装置および資材の使用計画を立てる必要がある。装置は点検、調整しておかなければならない。管理する冬期道路を計画・選定し、地図に印をつけておかなければならない。

計画には、装置故障や気象状況の変化に備えて代替案を用意すべきである。人員計画には超過勤務時間に対する同意や各人の責任分担も含まれる。

2.2 除雪計画

冬期道路管理基準に基づく除雪計画を立てる必要がある。コンピューターを使って各除雪機械の最適ルートを決定することができる。

経費節約のため、FinnRAと自治体間の協力が望まれる。管轄の変更に伴って生ずる責任の問題も解決する必要がある。

2.3 路面整正計画

交通量の多い道路の圧雪の除去には、モーターグレーダーを使用している。他の道路では、車体下部装着ブレードのついた除雪機械を使って固まっていない雪や圧雪を除去している。雪氷の固まり具合に合わせて多くのカッティングエッジの中から選択することができる。ピボットタイプのローリングカッター（システム2000）は、圧雪の除去には非常に効果的である。

2.4 凍結防止計画

凍結防止の効率的な運営は、最も大変な労力を要する、重要な冬期管理作業である。作業はタイミング良く行わなければならないし、塩は無駄にしてはいけないし、また結果が良くなければならない。この作業は、道路の分類によって事前あるいは事後対策として行われる。塩散布は、優れた計画が成否の半分を占める技でありかつ科学である。

2.5 スノーポール計画

スノーポールは道路の端を確認するために用いられる。雪が激しい時に、ドライバーが道路上を走り続けるのに役立つ。スノーポールは、地面が凍結する前に設置する必要がある。スノーポールの間隔は、道路の形態や幅員によって決まる。交通量の多い道路には反射型スノーポールが望ましい。

線形	スノーポールの間隔(m)		
	幅員 : <7m	7-9m	>9m
直線	80	90	90
ゆるやかなカーブ	60	80	80
曲がり道	40	50	70

表5： スノーポールの設置間隔

各スノーポールの長さは1.5から2.0mである。



写真1：トラックに取り付けた自動スノーボール設置装置



写真2：軽トラックに取り付けたスノーボール設置装置

3 除雪機械

3.1 基本ユニット

出動編成は基本的に以下の車両で構成される。

- * あらゆる除雪作業用トラック
- * 歩道や自転車専用道路およびいくつかの二次道路用軽量除雪トラック
- * 少量の雪用の小型除雪トラック
- * 各種対策用のトラクター
- * 主要道路や街区の湿雪の除去と全ての道路の雪堤を低くするための
モーターグレーダー
- * 雪の積み込み、除去用のホイールローダー

これらの装置のメンテナンスは、状況の許す限りできるだけ速く終了させる。
これによって次の出動時の遅れや機械の不足を防ぐことができる。

3.2 基本ユニット付属品

3.2.1 スノープラウ

プラウには一方向スノープラウ、V-プラウ、ダブルブレード・プラウ、伸縮プラウ、2ウェイスノープラウ、アンダーボディー（車体下部装着式）プラウ、サイドウイングやスラッシュ用に特別に設計されたプラウ（わだち内で柔軟性がある）など、数多くの種類がある。これらのプラウはすべて油圧制御である。クイックチェンジ・バッファースystemを使うと、プラウの着脱はわずか数分で可能である。直線的スチール製カッティングエッジが最も良く使われている。しかし、耐摩耗性のブレードがますます広く使われるようになってきた。

一方向スノープラウは、フィンランドではもっとも一般的である。これはダブルブレードや伸縮可能プラウなど、他のプラウの一層の開発の基本になっている。

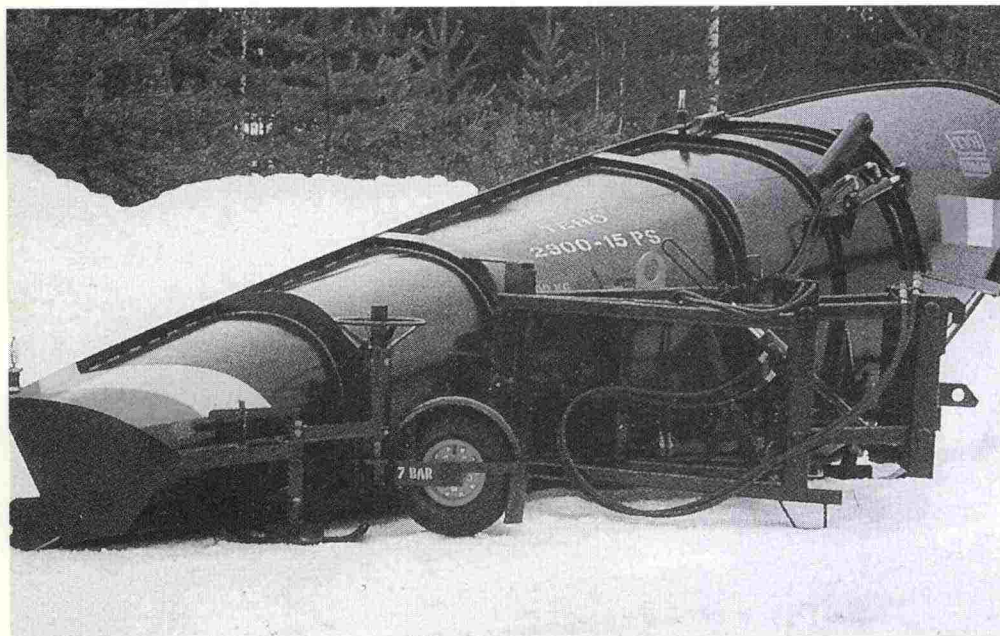


写真3：一方向スノープラウ。作業幅は約2.8から3.0m。

V-プラウは積雪が非常に深くて重い時、または道が閉鎖された時にだけ使用する。



写真4：最新のV-プラウ

2ウェイスノープラウは、道路のどちら側にも除雪できるため、高速道路では便利である。最新のタイプはダブルブレード構造になっている。



写真5：2ウェイスノーブラウ。作業幅は3から4m。

油圧式伸縮ブラウは、最近開発された。ブラウの幅はタイプにより左または右側に延ばすことができる。幅が変化する道路（フィンランドの砂利道の多くのように）に最適である。伸縮ブラウは2.8から3.5mの間で幅の調整ができる。



写真6：左側伸縮ブラウ



写真7：右側伸縮プラウ

ダブルブレード・プラウには、スチール製のメイン・カッティングエッジとスラッシュ除去用の二次ラバーブレードが付いている。

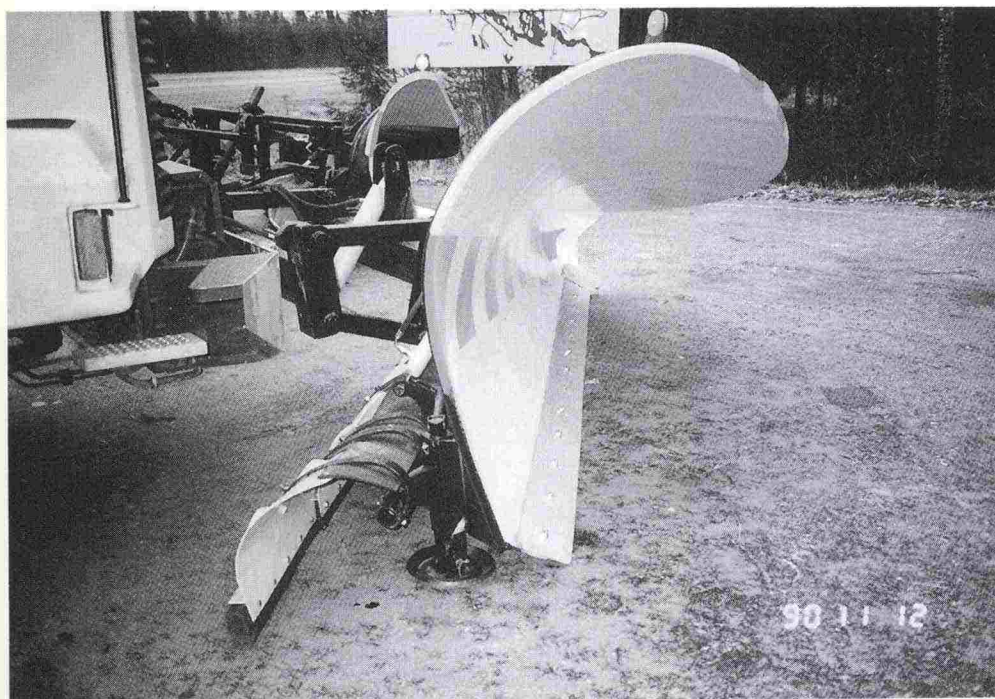


写真8：ダブルブレード・プラウ。除雪幅は、2.8から3.0m。

スラッシュ除去プラウは一つまたは複数のカッティングエッジで構成されている。スラッシュ用ブレードは、路面上にかかる圧力を維持するためにスプリングまたは油圧で制御されている。これらのプラウは、わだちの清掃に際し柔軟性を発揮する。フィンランドではスパイクタイヤの使用の結果、わだちができる。

これらのプラウは、そのラバーエッジが圧力に耐えられないため、湿雪や圧雪の除去はできない。平坦な道路ではスラッシュの除去にはスチール製のカッティングエッジの方が良い。

サイドウィングは、トラックやモーターグレーダーに取り付けることができる。一方スノープラウやアンダーボディー・プラウはサイドウィングと同時に使うことができる。サイドウィングは、道路の幅員が7m以上の場合に必要である。

サイドウィングはまた冬期に段切りをしたり、春に拡幅するのにも使用する。



写真9：2ウェイスノープラウと同時に使われるサイドウィング

3.2.2 その他の除雪機械

モーターグレーダーは以下のような各種付属品を利用することができる。

- * サイドウィング
- * 雪堤上に、雪を積み上げるための、積み上げ用拡張部品と小型の主要ブレード拡張部品
- * 雪堤を低くするための側溝清掃ウィング
- * 交差点等を清掃するブルドーザー・ブレード
- * ウィンドロー（除雪で生じる雪の列）を雪堤上に、吹きとばすためのロータリー（ブローワー）
- * 交差点または車道でウィンドローの発生を防ぐための雪止めフランジ
- * スラッシュ除去用ブレード



写真10：積み上げ用拡張部品



写真11：雪止めフランジ



写真12：モーターグレーダー・サイドウィング



写真13：雪堤を低くするのに適当なブレードをつけたバックホウが使用される。

フィンランドでは、特別な状況の場合にしかロータリーを除雪に使用していない。

歩道や自転車専用道路の除雪には、プラウ付きトラクターや時としてブルーム（ほうき）を付けたトラクターやトラックを使用する。

スノースクープは、雪を効率良くすくうことができる大きなシャベルで、都市部に三次元的に操作できる装置を装着する場合もある。

4 除雪の安全要因

4.1 概要

除雪作業には危険な状況が数多く考えられる。除雪自体が人や物を危険にさらすこともある。例えば、サイドウィングは、障害物や歩行者を避けるよう注意して取り扱わなければならない。安全な除雪技術を十分に教えるためには、作業訓練プログラムが必要である。

4.2 除雪速度

安全な除雪速度は、40から60km/h(25-35mph)の間である。70km/h(45mph)で除雪することは可能だが、結果は良くない。運転者は、常に高速道路上やその周辺の状況に応じて減速することを覚えておかななければならない。時には雪煙が舞って除雪車を覆い、視程距離がごくわずかになることがある。低速にすれば雪煙は少なくなる。

4.3 人や他の車両のある中での除雪

除雪車は、他の道路利用者に追い越す機会を与えるため一定の間隔で止まるか減速しなければならない。はねた雪が人、車両または他の物に当たらないように常に注意を払うことが大切である。



写真14： 雪煙が舞い重大事故の危険が増す

4.4 交通標識や信号に対する損傷の防止

除雪作業中には、はねた雪が交通標識や信号に損傷を与えることがある。こうした損傷は、ブラウの放出方向制御装置を使うか除雪速度を下げることで防ぐことができる。標識や信号が雪で覆われた場合は、できるだけ早く雪を除去しなければならない。

4.5 広過ぎる除雪幅の防止

除雪幅が広過ぎる場合とは、道路の端を越えて除雪することを言う。これにより車両が道をそれて側溝に落ちる危険性が生じる。このような除雪をした場合は、その箇所に新しくスノーポールをただちに設置しなければならない。

5 除雪方法

5.1 代替方法

除雪車の数や除雪方法は、サイクルタイム、ルート of の長さ、道路の幅員や雪の量、質によってその都度決まる。

除雪車を除雪と除氷の両作業に同時に用いるのがますます一般化してきている。一方向スノープラウまたは2ウェイスノープラウに加えて除雪車にサイドウィングや、アンダーボディー・プラウを取り付けることができる。

5.2 非分離道路

一方向スノープラウのみを使用した場合、除雪車2台が必要である。除雪車が伸縮プラウを使っているかフロントプラウ付きのサイドウィングを有している場合は、一台の除雪車で拡幅作業能力がある。プラウの幅が十分広くない場合は、通行車両によって雪がいくらか車道に戻されたり散乱させられる。これは清掃過程においては望ましくない。吹雪や強い降雪中に、道路のみを先ず除雪し、後で路肩やバス停を除雪する。

5.3 分離道路

このような道路では、一回の走行で道路をきれいに除雪するためには2、3台の除雪車が必要である。通常は2ウェイスノープラウを付けた最初の除雪車が中央側(左端)の車線を走行して雪を左側(もしスペースがあれば)か右側に除雪する。2台目の除雪車はその後ろを、隣の車線を走ってついて行き、サイドウィングを使って雪を右に除雪する。最後に右端の除雪車が道路から雪を除去する。作業中は、運転車は連絡を取り合ってお互いの車間距離をうまく取り、他の車両を通過させなければならない。

ランプの除雪は時間を要する。通常は除雪には一台の車両が必要である。2ウェイスノープラウが一番良い。

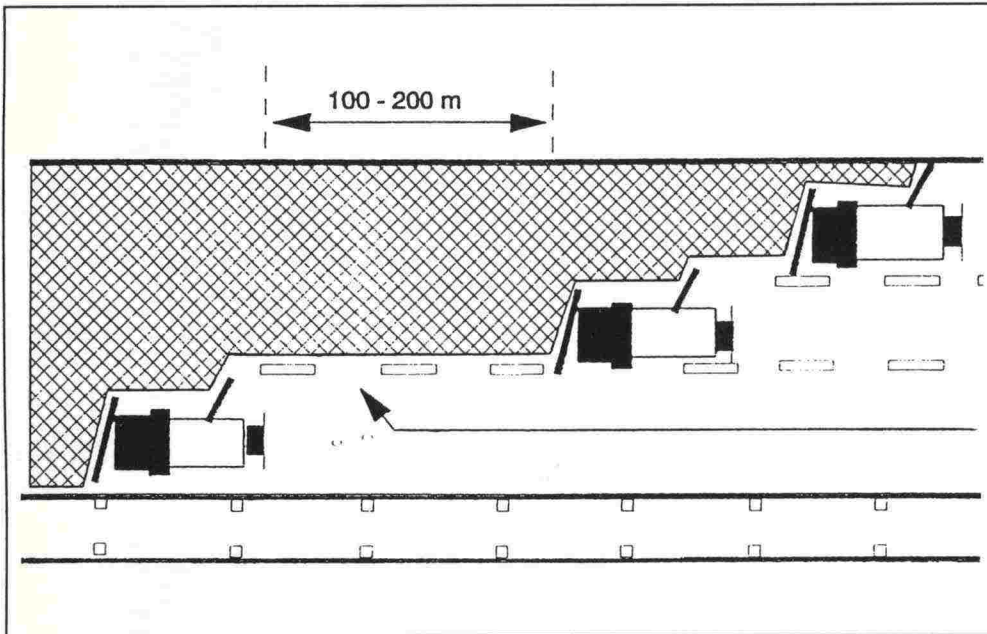


写真15: 分離道路上の除雪車

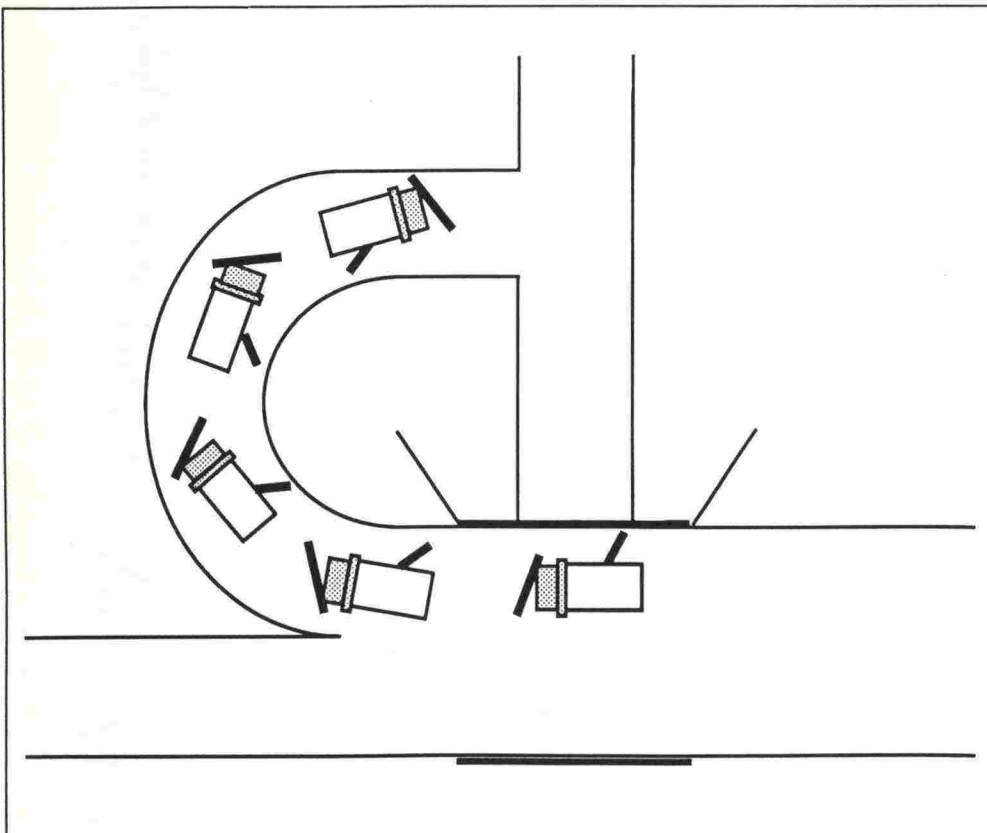


写真16: 一回の走行で効率的にランプを除雪するための2ウェイスノーブラウとサイドウィングの利用方法

5.4 歩道と自転車専用道路

歩道や自転車道路が車両車線から離れている場合は、除雪作業を独立して行うことができる。隣合っている場合は、まず車両車線を清掃してから歩道や自転車道路をできるだけ早く除雪する。通常、歩道や自転車道路を除雪する場合は、人が道路の路肩へ行かないようにすることに、特に注意が払われる。

歩道や自転車道路は、軽トラック、トラクターまたはピックアップを使って除雪することができる。一方向スノープラウまたは軽量タイプの2ウェイスノープラウを使用する。橋上の雪はまず雪を貯めておくスペースのある隅の所に動かしてからホイールローダーでさらに除雪する。

歩行部分が滑りやすくないように、歩道や自転車道路の上では目の粗いカッティングエッジを使うことが肝心である。



写真17：歩道と自転車道路の除雪。プラウには穴を開けたスチール製の目の粗いカッティングエッジが付いている。

5.5 都市部での作業

都市部での冬期間の除雪作業にあたっては以下のような考慮すべき点がある。

- * 高くなっている歩道は車両車線と同時に除雪すべきで、できない場合は車道の後にできるだけ早く行う。
- * 駐車車両を含む交通量の多さが除雪の障害になる。
- * マンホール、縁石等の構造物が障害になるため、プラウの運転車はその位置を熟知して、ぶつからないようにしなければならない。
- * 雪捨て場まで雪を運搬しなければならない場合もある。
- * 雪で覆われた樹木に損傷を与えてはいけない。
- * 除雪作業は朝のラッシュ前に完了するのが一番望ましい。

一方向スノープラウ、2ウェイスノープラウ、および伸縮プラウをトラックに装備したものは、何れも都市部での作業には適している。多機能性があるためモーターグレーダーが良く使用される。

5.6 除雪における特別な事項

5.6.1 吹きだまり

吹きだまりは、一般的にはフィンランドではあまり大きな問題ではない。しかし広く開けた場所で予防策を講じた所はある。軽い雪は、4.5m/sの風速で吹きだまりを形成し始める。吹きだまった雪は固い圧雪状態になり、その中を進む時には、運転者は側溝に落ちないように注意しなければならない。このような困難な状況ではV-プラウが最適である。

予防策には道路の改策や防雪施設の使用等がある。防雪施設は恒久的なものでも仮設でも良い。恒久的な防雪施設には天然の防雪林や、種々の構造物がある。仮設防雪施設は高くつくため、この20年で使用が減っている。さらに、除雪機械が一層強力になってきたため、防雪施設使用の必要性が減っている。

5.6.2 休憩施設とパーキングエリア

休憩施設とパーキングエリアは降雪や吹雪の後に除雪する。離れているエリアは道路と同時に除雪する。冬期間は使用状況によって多くの施設が閉鎖されるか縮小される。

5.6.3 オーバーパスと鉄道踏切

道路や鉄道のオーバーパスから雪を落としてはいけない。除雪の速度を十分に落とすことにより雪が橋の上に残り、下を通る車両に危害を与えないようにしなければならない。最後に雪を橋から除去しなければならない。短い橋では除雪車で即座に除雪することができる。

電線が下を通っている鉄道のオーバーパスを除雪する場合は、感電の危険を避けるため特に注意を要する。橋上保護施設は整備しておかなければならない。

鉄道踏切では、スノープラウの運転者は、踏切上でギアを入れ換えなくて良いように正しいギアに入れておかなければならない。雪塊がレール上にとってしまった場合は除去しなければならない。

5.6.4 バス停、追越し車線およびその他の広幅員部分

除雪車を2台使う場合は、バス停は道路と同時に除雪する。サイドウィングと伸縮プラウを使うと1回の走行でできるだけ広く除雪するのに有効である。除雪車を1台しか使わない場合は、最も重要なバス停だけを道路と同時に除雪する。

交差点の左端の車線：交差点の中間区域の堆雪スペースは通常ごくわずかである。このため雪を路側のり面にただちに除去しなければならない。

追越し車線とその他の幅広い部分：道路には一方が2車線で反対方向が1車線になっている部分もある。2車線のうち左側の車線は追越し車線と呼ばれる。冬期間は、この車線は右側車線に比べてより高度な管理をして安全な状態にしておく必要がある。スラッシュは両車線から頻繁に取り除かなければならない。

5.6.5 スラッシュの除去

スラッシュ状の路面状態は、露出して乾いた路面状態に比べ交通に対する危険度が10倍高い。道路の中央部からできるだけ早くスラッシュを取り除くことが非常に重要である。道路のわだちのため、スラッシュの除去には特殊な装置が必要となる。スラッシュの除去には二重のラバーブレードのプラウが最適である。

ダブルブレード・プラウは、スラッシュが湿っていたり乾いていたりと等様々に変化する場合に非常に便利である。ラバーブレードでは湿ったスラッシュしか効果的に除去できない。スラッシュが湿っていればいる程、ラバーブレードは厚いものを使う。ノーマルプラウ、モーターグレーダー・ブレードおよびアンダーボディー・

ブレードにはラバー・カッティングエッジを装着することができる。ラバーの質は非常に重要である。フィンランドでは1992-1993年の冬に実験室で数種類の配合ラバーを使って摩耗試験を行った。古タイヤから取ったラバーが一番良いようである。ラバーブレードの厚みは30から50mmの間にするのが良い。

通行車両によってスラッシュが再び道路に戻されないように、スラッシュは路肩に除雪することが重要である。

5.6.6 段切りと拡幅除雪

雪堤が高くなると交差点やインターチェンジでの視距を遮ることになる。またより重大な吹きだまりの問題も生じる。雪堤が非常に高い場合は、除雪する時にその上を越えて雪を投げるのが困難になる。

雪堤の最大許容高さは、道路の形状や地吹雪の影響の受けやすさによるが、およそ0.8mである。雪堤は0.4-0.6m位に低くするべきである。作業は、注意深く行い、スノーポールや道標に損傷を与えないようにしなければならない。

雪堤を低くするには、サイドウィング付きトラック、付属品付きモーターグレーダー、ホイールローダー、トラクターおよび掘削機を使うことができる。視程が悪かったり交通量が多い場合は作業のために交通規制を実施しなければならない。

春には雪堤を路肩からのり面上に押し出さなければならない。雪が解けて道路上に流れ出ると、道路上にひどく濡れて凍った部分ができることがある。

雪堤を押し出す前に、道路上に解けた雪がたまっている箇所には特に注意が必要である。この場合は雪堤を通して排水をしなければならない。



写真18: 雪堤による視距低下



写真19: サイドウィングを使って雪堤を低くする



写真20: モーターグレーダー・ブレードを使つての雪堤の路肩への押し出し

5.6.7 除雪後の作業

運転者は、監督者に対し除雪作業中に見られた道路上の欠陥をすべて知らせなければならない。

除雪車はすべて除雪後に点検し、修理は直ちに行う。

プラウ等は、地面に凍りつかないように構内に保管する。

6 路面整正と圧雪／氷の除去

6.1 目的

圧雪は、交通量の少ない道路には、良好な白い運転路面を形成する。凹凸やわだちが生じると、路面を再び路面整正して良い状態に戻す。路面整正作業は、圧雪を薄くするためにも行われている。路面が運転に非常に不快な状態になったり、雪が解けている場合は、圧雪や氷を除去しなければならない。路面整正することで、できるだけ最良のサービスレベルの状態に回復する。プラウに、くし歯や、穴あき、またはローリングピボット・タイプのカッティングエッジを使用した場合、路面を溝状に仕上げる。これにより車両により強い駆動力が与えられる。溝状の路面は、危険な歩行状態を避けるために歩道上でも有効である。

固い雪や氷板は、モーターグレーダーを使って路面整正や除去を行う。平坦な道路には、トラックのアンダーボディー・プラウも使える。トラクターのアンダーボディー・ブレードは歩道や自転車道路にも使用できる。

6.2 路面整正の方法

非分離道路：道路の幅員が7mかそれ以下の場合は、モーターグレーダーかトラックで往復1回の走行で路面整正することができる。より幅員の広い道路では2台使うか2往復の走行が必要である。

複数車線の分離道路：どの方法を採用するかは圧雪／氷の堅さと、作業に使用できるモーターグレーダーの数による。

雪は、堆雪スペースがある場合は、道路のどちら側かに除雪する。ウインドローはその日のうちにプラウで除去しないと凍結してしまったり固まってしまうこともある。除雪中は作業車間の距離は200m(約200ヤード)に保つ。

バス停など：バス停やその他のポケット型のスペースは、主要道路と共に路面整正する。広い休憩施設は、除雪作業により主要道路の方の作業が大幅に遅れる場合には後から扱ってもよい。

カーブ：カーブではよく深いわだちが生じる。これを取り除くには数回走行する必要があることがよくある。

交差点：交差点は写真に示すように路面整正する。

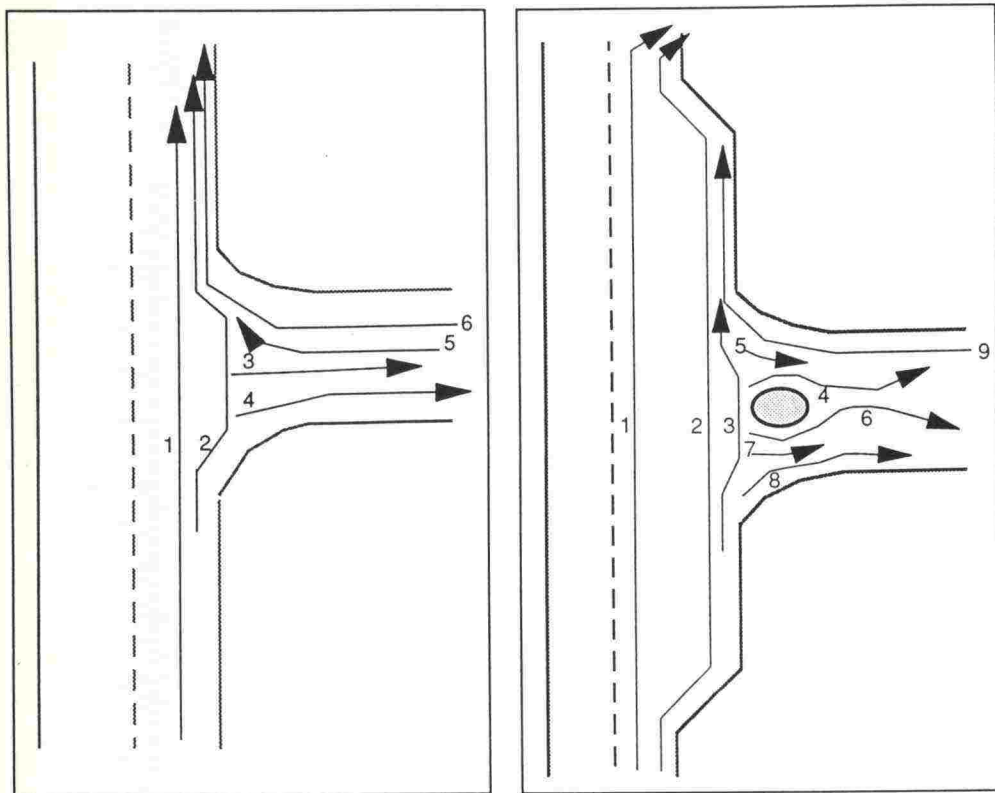


写真21：開かれた交差点と交通島のある交差点での作業手順

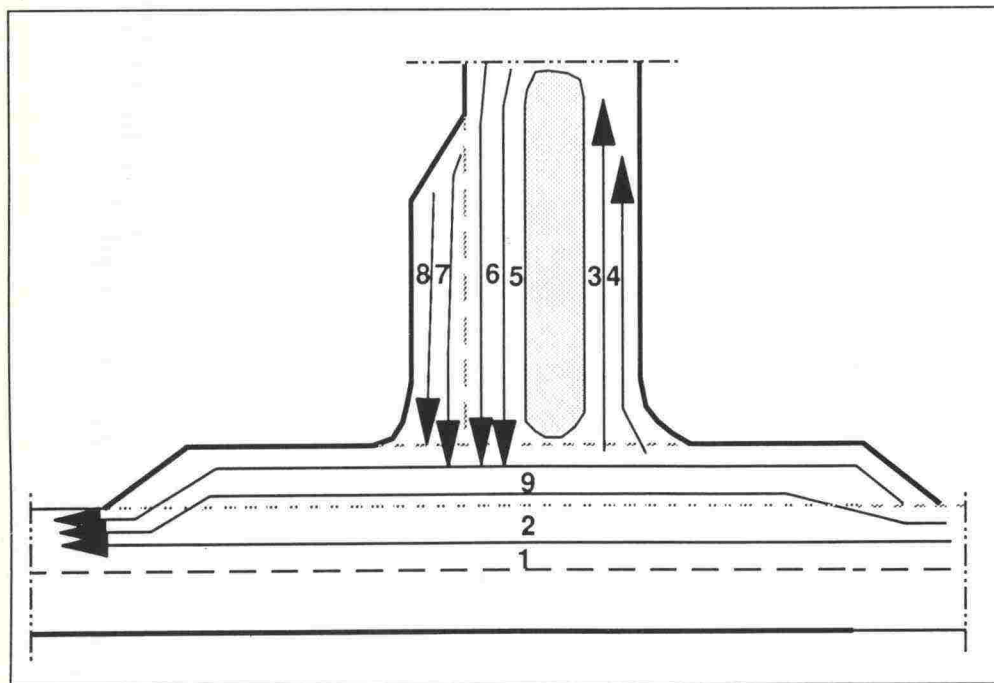


写真22：交通島のある複数車線の交差点での作業手順

急な坂道：下り方向でのみ作業可能。交通規制が必要である。

舗装の種類：ピボットタイプのブレードは、舗装を傷つける可能性があるので特に注意が必要である。薄くて、削れ易いタイプの路面には目の粗いカッティングエッジは使用しない方が良い。

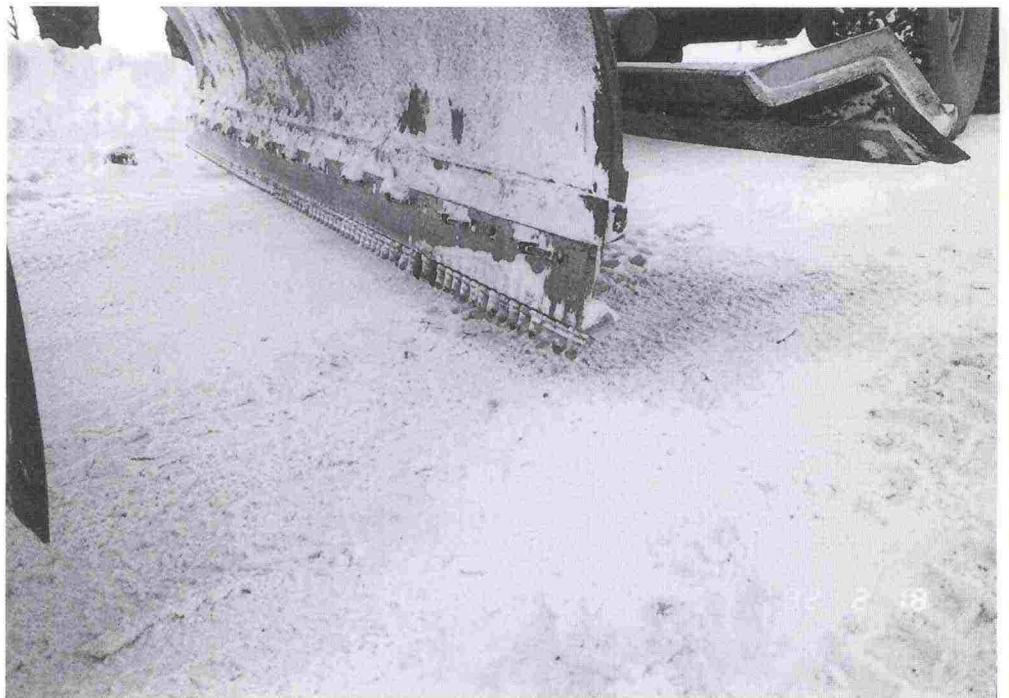


写真23：ピボットタイプのローリング・カッティングエッジ

6.3 オーバーパスと鉄道踏切

下を走る道路や鉄道に雪を落としてはいけない。

鉄道踏切での作業は、鉄道当局と密接に協力して行わなければならない。列車との問題を避けるため注意しなければならない。

6.4 作業速度と溝

速度を出しすぎないように、また凹凸路面を生じさせないために、モーターグレーダーの速度は注意深くコントロールしなければならない。もし凹凸が生じた場合は、ただちに除去しなければならない。そうしないと、走行のたびに凹凸が大きくなる。凹凸の除去は、路面整正の角度を調整して行う。

目の粗いブレードを使用した場合、作業車は通常の走行車線を走らなければならない。これは、溝によって車両が間違った車線に導かれるのを防ぐためである。

アンダーボディー・ブレードで路面整正する場合、最高速度は20km/h(13mph)である。

7 除氷および凍結防止手法と材料

7.1 概要

雪水処理作業は凍結防止剤と機械の両方を使って行う。舗装を露出させる方式は、1500台以上の交通量のある主要道路に適用される。通常は塩化ナトリウムを使用する。塩化カルシウムは、液体またはプレウエットさせて使用するが、顆粒状で使用することはめったにない。交通量の少ない道路には、必要な時と場所にすべり止め材を適用する（圧雪路面方式）。舗装された交通量の少ない道路には、秋と春に塩を散布する。

1980年代後半には、塩の使用が150,000トン／年に増加した。塩は環境、道路構造および車両に望ましくない作用をもたらすため、塩の散布量を50,000-60,000トン／年のレベル（1980年代中期と同レベル）まで下げるといった目標が採択された。1992-93年の冬の塩の使用量は、95,000トン（対前年16%減）であった。

塩の使用量を減らすということは交通安全を犠牲にするということではない。新しい塩散布方法の導入によって高速道路の状態がかえって良くなることも考えられる。これを成功させるには道路管理職員のトレーニングがキーファクターの一つである。

塩の使用量を最小限に抑えるには、効果的に除雪を行うことがもう一つの重要な要因となる。解かす雪の量が少なければ少ないほど、塩の所要量は少なくなる。

7.2 化学的氷処理および凍結防止

塩は、氷の形成を防ぎ、すでにできた氷を除去し、また氷点近くの温度で雪が結合するのを防ぐために使用する。秋に最初に見られるブラックアイス（固い透明な薄氷）の状態が最も危険である。ブラックアスを防ぐためには、塩水などの予防的塩散布法が最適である：滑りやすくなることはない。

道路気象情報や気象レーダーや衛星からの情報は、凍結防止剤を使っての凍結防止や除氷作業の信頼できる基礎資料となる。気象については付録1で詳説する。

凍結防止剤の使用は、路面の温度が -7°C (20°F)以上の場合効果的である。塩散布後にスラッシュができた場合は、できるだけ早く除去しなければならない。

7.2.1 乾燥塩

乾燥塩は、特に予防の目的ではまったく使用しないほうが良い。降雪状態においての使用が最適である。乾燥塩は、30km/h(20mph)以上の高速で散布してはならない。風および、散布車両や通行車両からの乱流などによる影響を受ける場合は、乾燥塩は雪氷を融かし始める前に道路から飛び去ってしまう。

7.2.2 プレウエット塩

プレウエットの目的は、塩の重量を増やし、塩の細かい粒子を結合させ、塩に粘着性を持たせ、雪氷を融かし始めるのに必要な湿気を与えることである。プレウエット塩は、車両交通量の多い場合には乾燥塩と同様に簡単に道路から飛散してしまうという点に注意が必要である。

フィンランドでは塩のプレウエットには2種類の方法がある。1つは、スピナー(回転型散布装置)の上か前に塩水を散布する方法である。もう1つは、塩を登載したトラックのボックスに水を加える方法である。散布機の上からプレウエットする場合は、液体の量は散布する塩の重さの0から30%の間に通常調整される。トラックのボックスでプレウエットする場合は、水の適量は、散布機のタイプや散布機からの塩の出具合いにより80-100 l /m³である。

液体が塩の中に浸透する時間を十分とることが大切である。ボックス内でプレウエットにする場合、余ったプレウエット塩を保管するのは難しいので塩の量が多すぎないようにしなければならない。

プレウエット塩を使用した場合の最大散布速度は30-40km/h(20-25mph)である。速度が速いほど、車両の後部の乱流効果が高くなる。

塩をより多く道路に残すために、狭い散布幅で塩を散布することを勧める。非分離道路では、通常、道路の中央部に3-4mの幅で散布するのがブラックアイスの状態に適している。降雪時に、散布装置の後ろで直接散布する場合は2mの幅が良い。

表6： プレウエット塩の使用率

路面温度 または 気象条件	ブラック アイスの状態		着氷性の雨		着氷性のみぞれ		吹雪	
	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²
+...-2°C	14-35	2-5			70-175	10-25		
0...-7°C			35-140	5-20				
安定している							70-140	10-20
変わりやすい							70-210	10-30

表中の数値は、幅員7mの道路に対する推奨値。本表から逸脱する場合は、経験に基づくこと。

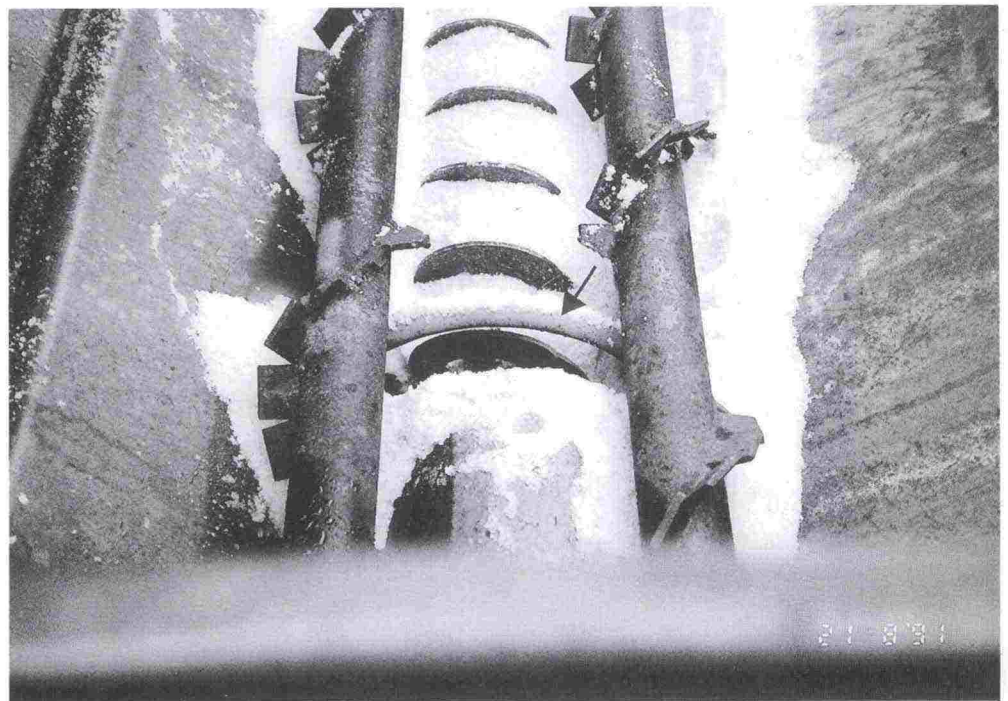


写真24：オーガー・コンベヤー・散布機の端のプレウエット塩・チューブ



写真25：トラックのボックス内での水によるプレウエットイング

7.2.3 塩水

液状塩散布の利点は、非常に少ない量で散布されてもほぼ100%路上に残ることである。フィンランドでは、塩水は塩化ナトリウムから作るのが最も一般的である。塩化カルシウムは、塩化カルシウム工場に近い地域で使用されている。年間にごく少量しか使用しない場合には、既製の塩化カルシウム塩水が代替物としては最適である。塩化ナトリウムの濃度は、23-25%を目標にしている。レディ・ミックスの塩化カルシウムの塩水は、濃度32%で引き渡されている。濃度が低すぎると作業が失敗に終わることがあるため、濃度を調べる必要がある。

塩化ナトリウムの塩水は、道路管理・ステーションにある混合装置で作られる。中には非常に容量の大きな物もある。これらは一つのステーションだけでなく複数のステーションに供給していることが多い。

液状塩散布は、結氷、薄氷および霜の防止に最適である。厚い氷や雪の層は、液体で解かさないう方がよい。融かされた液体で塩が薄められるためである。降雪中に使用する場合は、散布は除雪と同時に行わなければならない。

塩水は、スピナータイプかスプレーバータイプの散布機を使って散布することができる。スピナータイプの適当な散布速度は40-55km/h(25-35mph)で、スプレーバータイプは50-70km/h(30-40mph)である。



写真26：液状塩のスプレータイプ散布機

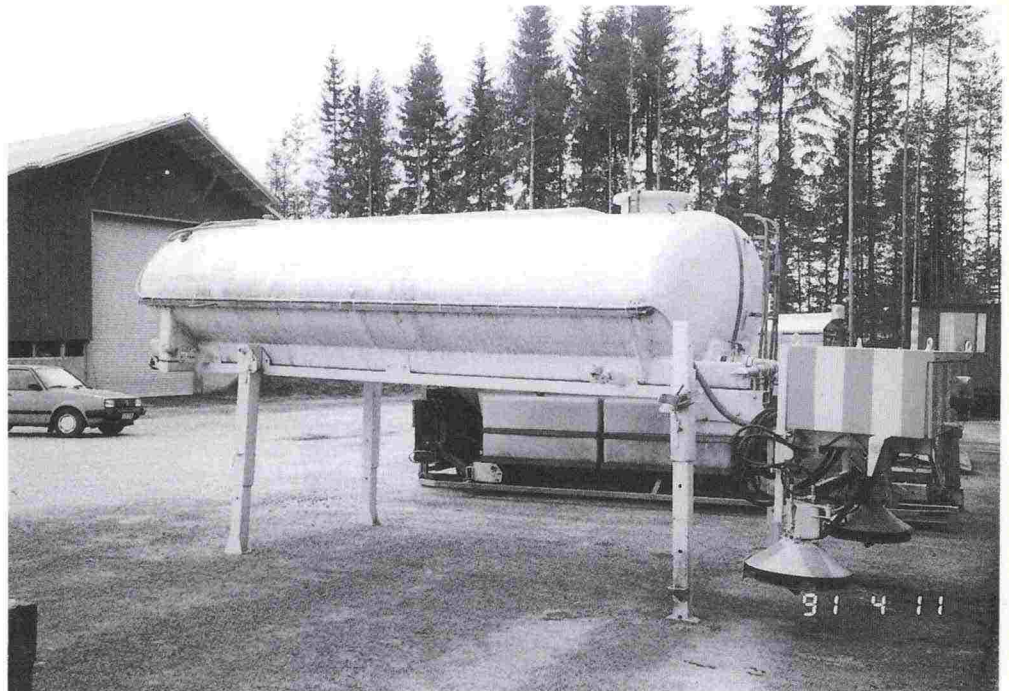


写真27：液状塩のスピナータイプの散布機

液状塩使用の利点：

- * 予防的凍結管理に適當
- * 緊急使用に際し用意しやすい
- * 瞬間または殆ど瞬間的に解かす能力がある
- * 少ない使用率で済むので塩の使用量が少ない
- * タンク一杯の塩水で長距離の散布ができる
- * 一台で通常の散布作業時間外に2、3の道路管理・ステーションのエリア内のパトロールも行える
- * 最適使用率により、はねたりすることなく、すぐに乾き最適な路面状況を実現できる
- * 道路が素早く安全に走行できる路面状況に復元される

液状塩使用の欠点：

- * 装置に多額の設備投資が必要
- * 散布機の後ろの飛沫現象
- * 再凍結の恐れがあるため、より頻繁に再使用する必要がある
- * 不純物でフィルターやノズルが詰まることがある

表7： 幅員7 m (23フィート) の道路に25%濃度の塩化ナトリウム塩水を使用する場合の推奨値

路面温度	ブラック アイスの場合		予防的塩散布		降雪およびみぞれ		寒冷気象で 滑りやすい	
	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²
+...-2°C (35-28°F)	35-140	5-20	35-105	5-15	140-280	20-40	70	10
+...-3°C (35-26°F)								
-15°C (35-5°F)								

注：

- * 少量液体散布の例：幅員7mの高速道路に14g/m²とは高速道路1m当りわずか1dlということである。
- * 路面は液体散布後は濡れているのではなく、湿っていなければならない。これに十分な交通量が相まって舗装の乾きが速くなる。
- * 「寒冷気象で滑りやすい」とは、-10°C(14°F)以下の温度をさす。少量の使用率と交通が相まって路面の粘着性が増す。

7.2.4 塩水の製造と保管

塩水の製造

塩水を作る際には以下のことを覚えておくと良い：

- * 塩は、速く溶けるように少量ずつ小分けにして混合装置の中に入れるようにする。
- * 塩濃度は、デジタル表示のついた固定センサーか簡単な比重計を使って計測する。
- * 圧縮空気を使うと塩が速く溶ける。

- * 混合液状塩の濃度は、23-25% (塩化ナトリウム)または32%(工場生産の塩化カルシウム)でなければならない。
- * 凍結を避けるため混合装置は室内に保管すべきである。

塩水の保存

保存タンクは混合装置と一緒に置いても別々に置いても良い。

以下の点を確認すること：

- * タンクの状態を毎年点検し、タンクの整備を行うこと。シーズン後には適当な清掃を行うことが大切である。夏の間ポンプは、液体中に入れておかなければならない (不凍液が望ましい)。
- * 塩水は時々ポンプで循環して液の層化 (底の方が濃く、上部が薄い) を防ぐこと。
- * 保存タンクは凍結させない (地熱、暖房、断熱)
- * 周囲 (環境) に対する漏出を防止する (オーバーフローの点検)
- * 素早く処理しトラックのタンクに素早く積み込めるように送水管は十分に大きくする。
- * 濃度の点検は極めて重要である。

表8： 各濃度における塩化ナトリウムと塩化カルシウムの比重。太字は指示値。

濃度%	比重		濃度%	比重
	0°C	+10°C (40.2°F)		
12	1.092	1.089	22	1.206
14	1.108	1.105	23	1.218
16	1.124	1.120	24	1.228
18	1.140	1.136	25	1.239
20	1.156	1.152	26	1.250
21	1.164	1.160	27	1.260
22	1.173	1.169	28	1.272
23	1.181	1.177	29	1.283
24	1.189	1.185	30	1.295
25	1.198	1.194	35	1.351
26	1.207	1.202	40	1.410

7.2.5 塩の事前散布

塩の事前散布つまり凍結防止は、氷や雪が路面に付着するのを防ぐために行われる。この目的には塩水の使用が最適であるが、重量車両の交通量が少ない場合は、プレウエット塩でも良い。

特にブラックアイスに対して、定期的にこの凍結防止方法を行うことにより、交通の安全性は大幅に改善できる。凍結防止作業を有効に行うためには、正確な天気予報が必要である。今後の天気ははっきり予想できずに使用する時もある。塩散布が不要だったことが、後になってわかることもある。しかし、液状塩を使用する場合は、使用量は非常に少ないので失敗についてはあまり心配する必要はない。

塩の事前散布は、凍結が予想される時間の最低1-6時間前に行うことができる。但し、この間に湿度の超過または温度低下が起こらないものとする。塩化カルシウムの残留物は、塩化ナトリウムの残留物と同じくらい、長く道路上に残る。温度低下または湿度の超過は、溶液の希釈により舗装の再凍結を引き起こす恐れがある点を覚えておくことが大切である。舗装を乾かすためには散布後に十分な交通量を必要とする。

降雪中の塩散布は、雪が降り始めた直後に行うべきである。これは大抵プレウエット塩を使って行われる。

7.3 塩に代わる凍結防止剤

フィンランドではいくつかの井戸や地下水で塩分濃度の増加が計測されている。これまでのところは、代替の凍結防止剤が必要なほど重大な問題にはなっていない。

しかし、フィンランド北部のトナカイ保護区域の多くでは、試験的にCMA (カルシウム・マグネシウム・アセテート)を使っている。トナカイは塩が好きなため道路に集まり、車両交通を危険にし、年間4000件以上の事故を引き起こしている。道路付属物に対する被害額は高額に及ぶ。

CMAは酢の匂いがし、トナカイを引き寄せないのでトナカイは近寄らず、交通を恐れるようになる。CMAの使用は新しい地域にも広がっているが、他の代替物の使用を試すことも考えられる。

砂1m³に対しCMA15-20kgの割合で混合すると匂いが十分し、また冬中砂が凍結することもない。この混合物は通常の散布装置を使って散布する。

CMAは、酢酸が生物分解前に粗い土を通して浸透する可能性があるため、地下水に影響を与えやすい地域には使用していない。酢酸が地下水に達し、そこで生物分解すれば、融解している酸素量を減らしてしまう。

7.4 路上の塩の環境に対する影響

現在使用されている凍結防止剤には環境に対する悪い影響が多くある。道路利用者にとってはこうした凍結防止剤は、交通安全には役立つが、しぶきが飛ぶという現象や車両の腐食や汚れという問題も増える。道路管理者にとっては、塩は、路面を長時間濡らしたり湿めらせておくことによって、スパイクタイヤによる舗装の摩耗が増えるという問題を生じる。さらに、塩はコンクリート構造物を腐食する。環境面では、塩は飲料水の質に悪影響を与えるため有害といえる。この他、道路周辺の樹木も塩の害を受ける。

7.4.1 塩害の防止

上記の塩害を減らすには、塩の使用を最小限に抑えるのが最も良い方法である。これは、新しい塩散布方法の導入と道路地域の冬期道路管理方針の適用によって行われている。

導入されている新しい方法は、液状塩とプレウエット塩である。新しい方針の中には新しい分類が採り入れられている。これは、道路地域において、少ない塩の使用により、交通量の少ない道路区間を管理する可能性を与えるものである。つまり、天候が悪くて他に解決法がない時にだけ塩を使用するということである。

フィンランドには、非常に影響を受けやすい地下水の地域がいくつかある。こうした地域では、地下水は通常浅く地表に近い。多くの場合、道路の法面には、有害薬品の輸送事故に備えて防護設備が付いている。このシステムは塩にも有効である。防護設備がない場合は、必要最小限の塩を使用するか、極端な場合はまったく塩を使用しない。その場合、唯一の代替案はすべり止め材の使用である。

橋のコンクリート部分の腐食防止には、春に塩散布をした高速道路沿いの橋を、すべて清掃するのが一番良い。腐食は温度が上昇する時に始まる。



写真28：春には橋を完全に清掃することが大切である。

7.5 すべり止め材の使用

圧雪路面では、タイヤと路面の間の摩擦力を高める最も一般的な方法は、モーター・グレーダーかトラックを使って道路を路面整正することである。交差点、カーブ、坂道やバス停など重要な部分では、やはり砂を使っている。冬期に雨が降ると普通こうした道路は非常に滑りやすくなるので、砂かもっと目の粗い(0...16mm)砕石を全長にわたって使用しなければならない。狭い道路では一方向の使用で十分であり、広い道路では二方向の散布が必要である。

Iクラス的高速道路では、温度が非常に低くて塩では効果がない場合には0...6mmの砂を使用している。

歩道や自転車道路の砂散布は非常に重要である。作業を直ちに行わなければ、人が歩道や自転車道路から路肩へと移動してしまう。こうした道の片側はその滑走を円滑にするために砂散布をしないでおいても良い。塩は靴について家の中に運び込まれるため、歩道や自転車道路には塩は絶対使用しない。

すべり止め材の使用で最大の問題の一つは、すべり止め材が路面上に長く残らないということである。すべり止め材を使うと春には清掃の問題もある。ある研究によると、細かい粒子が散布直後に最高の摩擦効果をもつということである。しかし、細かい粒子は交通のために消失してしまうので、粒子状物質の効果はきわめて小さいことがわかる。

上述の事実を考慮すると、地域で最も安価で手に入るすべり止め材を使用するのが一番良い。最も一般的なすべり止め材は、砂とマカダムである。砕石は高価であり、効果が高いということも確かではない。

すべり止め材の目が粗く、車両速度が高ければ高いほど、フロントガラスの損傷が発生しやすくなる。

7.5.1 砂

砂は、散布直後に適当な滑り止め特性を持っているが、貯蔵中に凍結したり、道路が乾いている時に簡単に飛散したり、ころがったりして無くなってしまふ。濡れた氷には砂を使うと良い。

砂の適当な使用率は、約150-350g/m²である。これは0.3-0.5m³/車線・kmに相当する。薄氷に砂散布作業を行う場合は、使用率は少なくする。重要な箇所には400g/m²すなわち0.6m³/車線・kmが必要となる。

散布作業にはロールシャフトタイプの散布機とスピナー付きのベルトコンベヤータイプの散布機を使用している。トラックでの適正な散布スピードは30-40 km/h(20-25mph)である。

温めた砂の使用に対しては多くの国でテストが行われている。フィンランドでは、結果はあまり良くない。砂の細かい粒子がやはり飛散するし、あちこちに分散した目の粗い粒子では効果がない。

7.5.2 砂／塩の混合物

砂の粘着性を高め、貯蔵中の凍結を防ぐため、15-20kg/m³の割合で塩を加えている。これ以上塩の量を増やすと、圧雪が柔らかくなって運転の快適性が低下したり、散布装置がつまることもある。運転速度が速い場合、砂／塩混合物は砂だけの時よりもそれほど長く道路にのこらない。

砂／塩混合物は、Iクラスの道路において気温が低く、塩の使用が勧められない場合に使用する。この混合物はインターチェンジ、停止および加速エリア等、道路の重要な部分のみに散布する。

IIやIIIクラスの道路では、圧雪路面が固くなっているか、乾いたアイスバーン状態になっている場合に砂／塩混合物を使用する。

Iクラスの道路に対する使用率は、100-200g/m²である。他の場所では7.5.1に記した奨励値に従う。砂だけの場合と同じタイプの装置を使用することができる。プレウエットティング機能を備えたスピナータイプの散布機もある程度使用している。適当な散布速度は30-40km/h(20-25mph)である。

砂と塩の混合物は、砂の上に塩水を散布しても作れる。この方法は、乾燥塩と砂の混合物に比べ、散布後に路上の砂がすでに湿っており、ごく少量の塩の使用(塩5g/m²に相当)で済むなど有利な点がある。

長く、あるいは急な坂道には、ドライバーが使えるように砂箱が用意されている。



写真29： ロールシャフト散布機を使った砂／塩混合物の散布。後部扉の幅全体に均等に散布される。

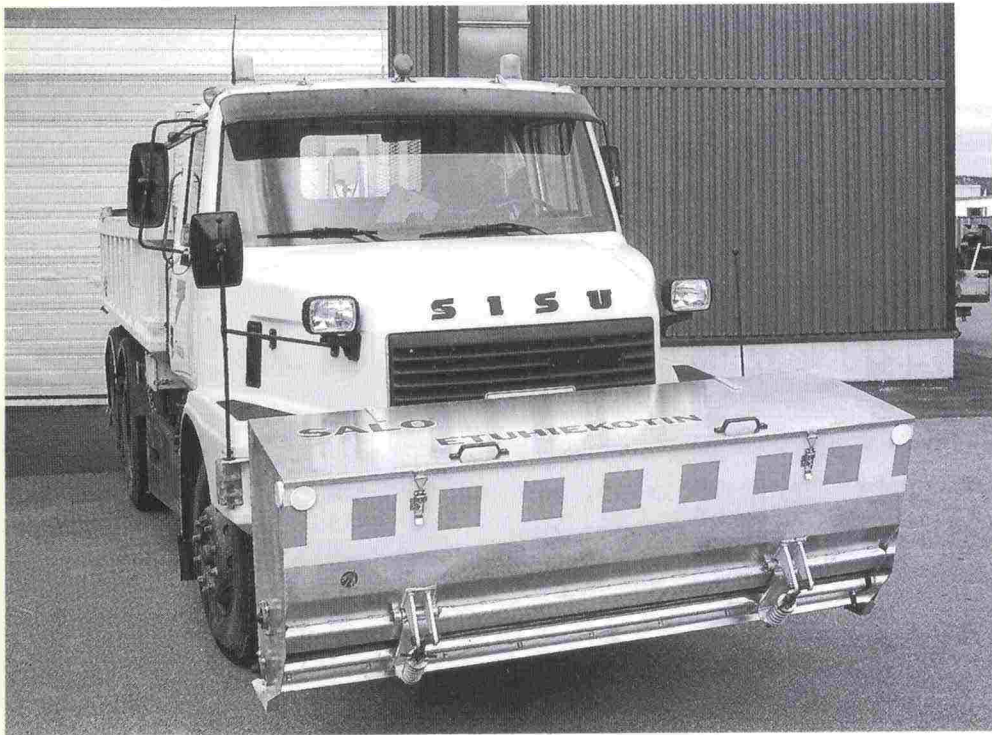


写真30： 滑りやすい状態において、牽引力と操縦性を保つためトラックのフロントバッファに取り付けた砂散布機。

砂と塩の混合

塩は、保管庫に保存する時に砂に混ぜても、使用する直前に少量混ぜても良い。短い区間にだけ混合物が必要だったり総使用量が少ない場合は、後者の方法が良い。砂は春や初夏に蓄える。ドアを開けておけば換気が良くなり砂が乾燥し、冬期にも凍結しない。

大量に砂と塩を混ぜる時は、正しい混合手順を取らなければならない。例えば塩は、ベルトコンベヤーにちらばせて乗せ、光学センサーで塩の送り量をコントロールしてベルトコンベヤーが止まるとスイッチが切れるようにする。自動散布機もフィーダーとして使用することができる。

砂／塩混合物は凍結防止のために、互いに疎な状態で、高く積み上げて貯蔵する。



写真31：ベルトコンベヤーに塩をちらばせている。送り量は光学センサーでコントロールする。

7.6 すべり止め材の品質条件

7.6.1 すべり止め材

すべり止め材には、粒子が軽くて簡単に吹き飛ばされるような腐食物が入ってはいけな。粒子がかどぼつていたり、粗かったりするとすべり止め材が道路上に残りやすい場合もある。

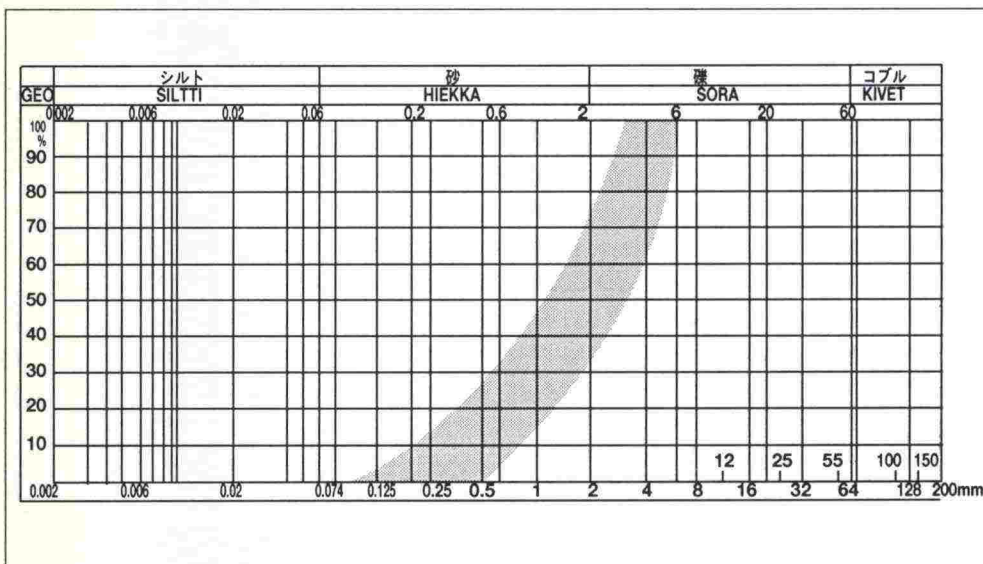


図1：主要道路で使用しているすべり止め材の粒度範囲

7.6.2 塩化ナトリウム

塩化ナトリウムの最大粒径は5mmで、貯蔵のための最大許容含水率は1.0%である。塩化ナトリウムの成分濃度は最低96%でなければならない。塩水に用いる塩は、非溶解性固形物が0.3%以上入ってはいならない。さらに、塩には、塩散布の妨げになる不純物が入ってはいならない。塩化ナトリウムには詰まり防止剤が入っている。

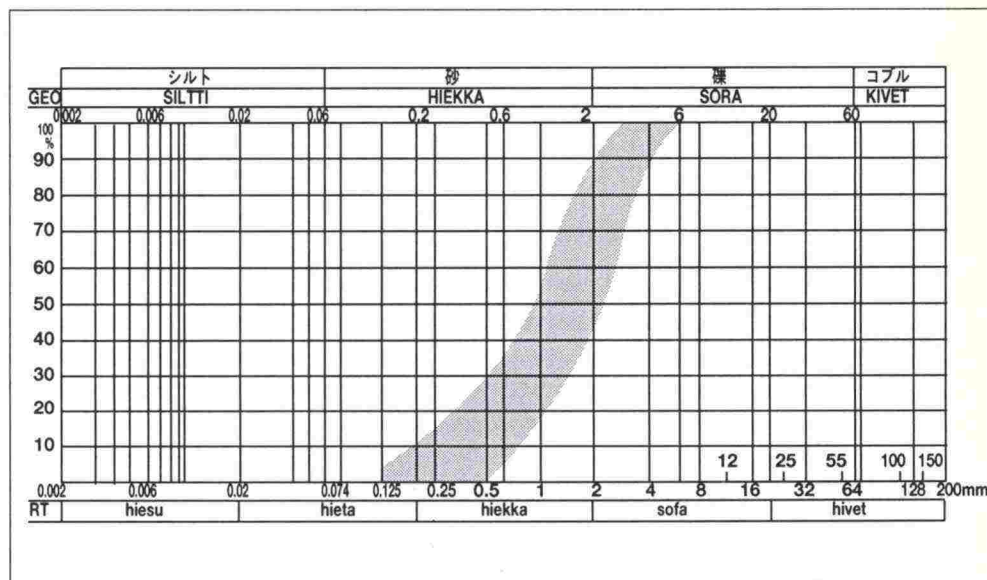


図2：塩化ナトリウムの粒度範囲

7.7 材料の保管

7.7.1 純粋なすべり止め材

純粋な砂やその他の純粋なすべり止め材の保管にはロックサイロが一番良い。場所がない場合は、納屋に保存するか、少なくとも防水シートで覆うべきである。細かい粒子の入っていないマカダムは、戸外に保存しても凍結しない。

7.7.2 砂／塩の混合物

砂／塩を貯蔵する場合は、常に覆いをかけておく必要がある。地面は不透水性でなければならず、水の流出も管理しなければならない（これには除雪した雪から解け出る水も含まれる）。

砂と混ぜた塩の95%は、戸外に山積み保存した場合、混合物を使用する前に水に溶けて、流れ出してしまうことがわかっている。従ってフィンランドでは戸外の貯蔵は許可されていない。

7.7.3 塩化ナトリウムと塩化カルシウム

大量の塩化ナトリウムや塩化カルシウムは、常に地面に保護対策を加え排水設備を備えた保管用の特別な建物に常に保存する。屋外で積み込みや取扱いを行う場所は、不透水性の材質で舗装しなければならない。たまった水は塩水廃棄用タンクか大きな湖あるいは海に流すようにしなければならない。

塩の袋は、袋に傷がつかない所に保管する。塩塊は、塩水生産に使用することが

塩の袋は、袋に傷がつかない所に保管する。塩塊は、塩水生産に使用することができる。

この他に、塩の保存に適用される法律や規制もある。

7.8 凍結防止および除氷作業に必要な装置

7.8.1 塩水生成装置

一時的または小規模生成用の簡単な装置は、古いタンクやその他の装置を使って作ることができる。大量の生成には、より効率の良い装置を使用すべきである。大量生成装置は、道路庁と民間企業がそれぞれ開発している。新しく装置を購入する際には、以下の点を考慮すべきである。

- * 将来の必要性に備え追加容量を計画に入れる。
- * 十分な水の注入容量がある。
- * 場所に関する要件
- * ポンプ容量に関する要件
- * 地熱の有効利用の可能性
- * 圧縮空気の使用準備
- * オーバーフロー制御の必要性

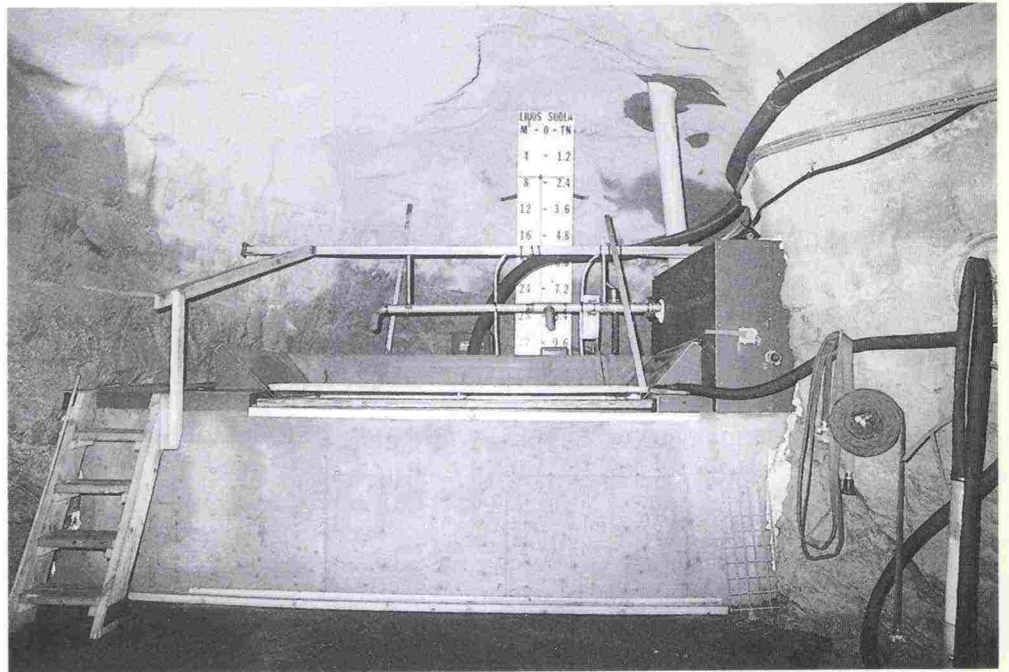


写真32：道路庁の設計による大量塩水生成装置。圧縮空気が利用可能。岩のほら穴の中で撮った写真。

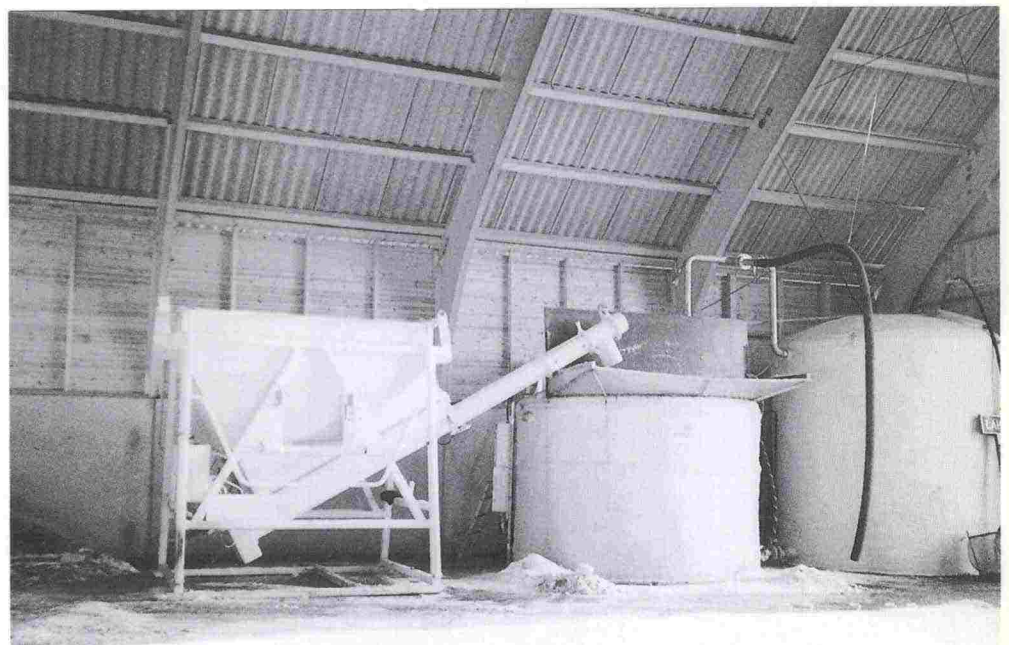


写真33：工場生産されたファイバーグラス製の分散装置の付いた大量塩水生成装置。圧縮空気が利用可能。

7.8.2 塩および砂の散布機械

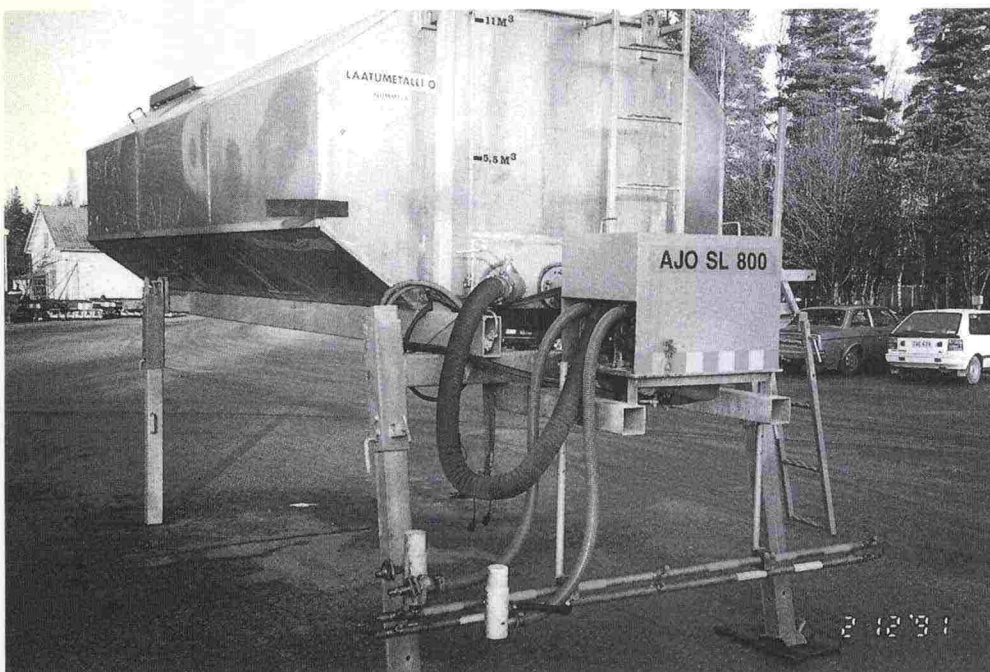
すべり止め材の散布には、ロールシャフトとスピナータイプの砂まき機の両方を使用している。通常は、塩散布作業にはスピナータイプの散布機のみを使用している。液状薬剤はスピナーとスプレーバータイプの散布機を使って散布している。コンビネーションタイプの散布機は最新設計であり、これにより同じ装置を使って顆粒から液体まであらゆる散布が容易に行える。

散布機は精度の必要条件を満たしていなければならない。利用率や散布される物質により時々調整（検定）しなければならない。散布機を多くの異なる物質に頻繁に使用する場合は、2週間おきに目盛りを点検した方が良いかも知れない。トラックの油圧系統も定期的に点検しなければならない。監督員は、ドライバー全員これを実行したことを必ず点検しなければならない。

運転速度の変化に係わらず散布率は、一定に保たなければならない。最高速度は：

乾燥塩30km/h(20mph)

- * プレウエット塩30-40km/h(20-25mph)
- * 液状塩でスピナータイプの散布機を使った場合40-55km/h(25-35mph)
- * 液状塩でスプレーバータイプの散布機を使った場合50-70km/h(30-40mph)



58写真34: 液体用の簡単で安価なスプレーバータイプの散布機



写真35: このコンビネーション散布機は塩/砂、プレウエット物質、および液体を散布することができる。



写真36: 圧雪上に散布した4-8mmのマカダム。

8 冬期間の特別な作業

8.1 排水路の凍結防止とカルバート内の融解

凍結により、地下またはその他の場所の水圧が上がり始める。圧力のかかった水は地面の高さまで上昇し、凍結する。これが続くと、水分が道路まで上昇し、氷でカルバートが塞がれる。側溝からのオーバーフローは農場所有者にも問題となる。

最も問題の多い場所には、冬の前に保護（断熱）措置を講じると良い。状況によっては、構造的な道路改良も考慮しなければならない。

8.1.1 カルバートからの氷融解

カルバートを塞ぐ氷は、雪解けの時期が始まる前に融かすべきである。これには蒸気発生機を使うと良い。交差点部の塞がったカルバートの融解作業は、異なる道路管理者（道路庁、自治体、民間道路委員会）が行うことがある。

8.1.2 排水路の凍結防止

水が上昇してきて地上で凍結する冬期の現象は、クラスティー・アイス（外皮の堅い氷）と呼ばれる。これが起こりやすい箇所は：

- * カルバートの上流または下流の天然の水路
- * いくつかの、ある種のカルバート
- * 道路部の側溝
- * 水のしみ出ている外側の斜面
- * 特にフィンランド北部では、側溝を通して泥炭地から流れ出る水
- * 岩の割れ目の表面から流れ出る水

クラスティー・アイスの発生は、雪や温度の状態によって年ごとに変化している。

日常の管理によって、以下の手段によってクラスティー・アイスの発生を防止することができる：

- * 溝／カルバートの底や橋の下に通した被覆した電熱線で融かす。
- * カルバートの両端をふた、またはプラスチックフィルムで遮断し、最後は雪で覆い、断熱する。
- * ダムを設けて水位を一定レベルに保つ。カルバートの端末は、覆われ、断熱される。
- * カルバートを二重にする：そのうち一つは冬期間閉鎖してもよい。
- * 径の小さいカルバートを大きなカルバートの中に入れて冬期間は、その中に水を流すことができる。場合によっては、小さいカルバートを冬期間閉鎖して春だけ開けることもできる。こうすると水流で大きい方のカルバートも除氷される。
- * カルバートの上のクラスティー・アイスは溝に雪を固めて、クラスティー・アイスを離れた所に形成することによって防ぐことができる。
- * 溝より上にダムをいくつか作る。こうするとクラスティー・アイスは冬期間に道路まで達することができない。

排水を流れ続けさせるために塩化ナトリウムまたは塩化カルシウムを使用してはならない。

クラスティー・アイス発生防止の構造上の対策には、カルバート全体の断熱、メインのカルバートの下の特別な冬期用カルバートの配置、メインのカルバートの上のオーバーフロー用カルバートの設置、自然の勾配に従ったカルバートの設置、クラウン溝やアンダードレインの使用などがある。

クラスティー・アイスの除去には蒸気発生機、掘削機や付属品をつけたモーター・グレーダーを使用できる。側溝を開く時は、できるだけ狭く、深く掘って蒸発効果を最小限に抑えるようにする。その後降雪によって掘削した溝が覆われると最高の状況になる。

付録1

Yrjö Pilli-Sihvola, 気象専門家, フィンランド道路庁 :

気象と冬期道路管理

一般天気予報、道路気象ステーション、および職員の経験が道路気象情報の主要な情報源である。

最新の道路気象情報システムは、フィンランドでは1991-92年の冬に導入された。道路気象ステーションネットワークは全国をカバーしている。このネットワークは、南部と沿岸地方では密集しており、北部地方では散在している。

滑りやすい状況は様々な条件で生じる :

路面の凍結

- *濡れた路面の凍結
- *霜／ブラックアイス
- *暖気によって生じる滑りやすさ

降水や霧

- *冷たい路面上に降る雨
- *着氷性の雨
- *降雪
- *霧

濡れた路面の凍結

夕方や夜間に太陽の放射量が減少すると、今度は逆に道路から大気に対する放射が大きくなる。空が晴れていればいるほど、大気への放射が大きくなる。この状況が長く続けば続くほど、路面が冷たくなる。路面温度は気温よりも早く下がり、路面は大気よりも冷たくなる。これは、放射冷却と呼ばれる。路面が濡れていれば、気温が0°C(32°F)に達する前に凍結する。気温は零度以下にならない場合もある。

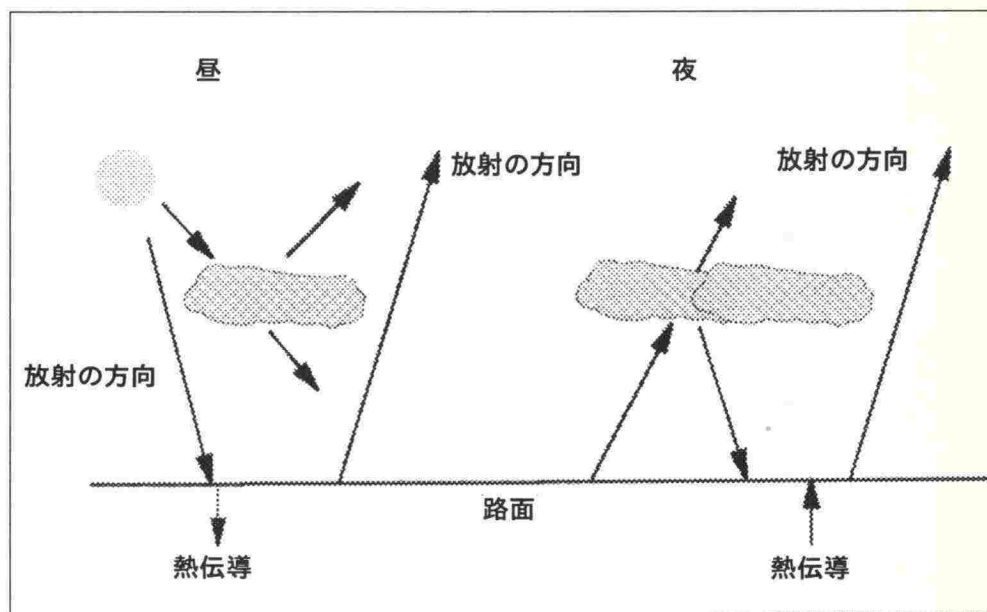


図1：放射収支の模式図

霜

霜は放射冷却の結果生じる。交通の流れによって霜はブラックアイスのように滑りやすくなる。霜は乾いた道路にも発生するが、熱容量(warmth capacity)が小さいため橋上でより多く発生する。

露点温度とは、空気中の湿気が道路などの表面上に凝結し始める温度である。

路面温度が露点温度以下に下がると、湿気が路面上で凝結し始める。路面温度と露点温度の差が大きく、またその状態が長く続けば続くほど、凝結が多くなる。

霜はまた、路面温度が氷点以下で、暖かく湿った空気が冷たい舗装に吹き付けている時にも発生する。霜の一部は交通によっても融け、氷と水の混ざった状態になって路面が滑りやすくなる。

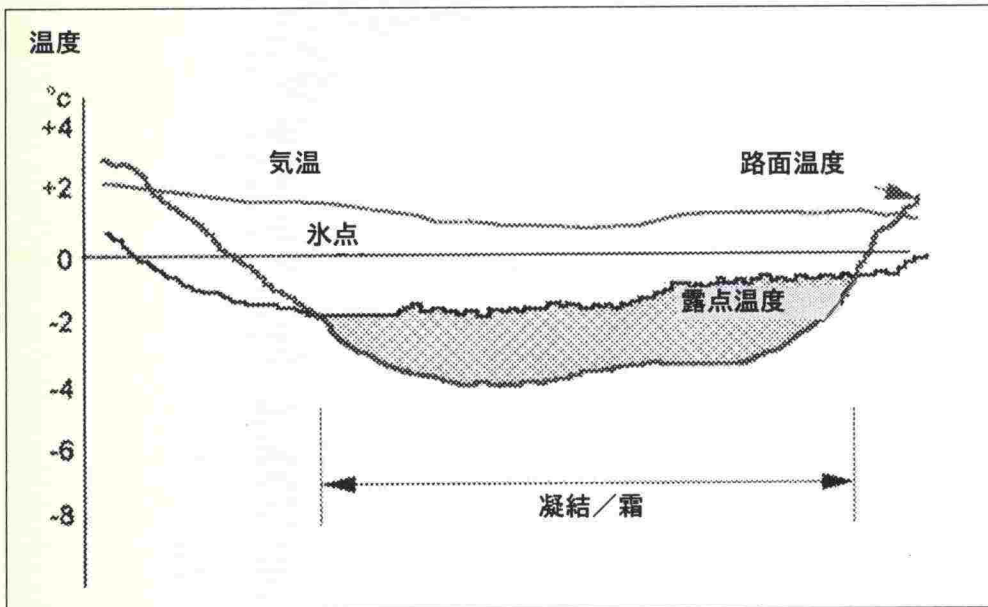


図2： 露点温度と気温の曲線の間の色濃い部分で霜が発生する。

暖かい天候によって生じる滑りやすさ

この状態は霜の状況に非常に近い。暖かい空気は冷たい空気よりも湿気を多く加えることによって道路に影響を与える。露点温度が上がり、上述の状態を引き起こす。

この際、温度が非常に低いことも考えられ、非常に困難な状況を招くことがある。温度が低いため、塩は効果がないかも知れない。温度が -30°C (-22°F)から -20°C (-4°F)に変化した場合は、スリップ防止措置が必要となる。通常これは砂を散布して行うが、少量の液状塩を使うと十分な交通量と相まって路面の粘性が増す。

この種の状態は春に典型的に見られ、2、3日続くこともある。

冷たい道路上に降る雨

氷点以下の温度の路面に雨が降ると、雨水が凍結して氷になる。路面温度は変化するので、ドライバーは滑りやすさを予測できないことがある。

着氷性の雨

着氷性の雨は、温暖前線の通過時に発生することがある。冷たい空気の上に暖かい空気があり、雨滴が落ちてくる時に、冷たい大気の中で零度以下まで冷える。この雨滴は路面に当たり凍結して滑りやすくなる。氷の層は時によっては厚くなることもあり、塩の効果がないことがよくある。

降雪

雪は水の結晶でできている。温度が低いと、雪は一層結晶形を保つ。湿った雪は乾いた雪よりも滑りやすい。雪が、アイスパーンの上に降った場合は、極端に滑りやすい状態になることがある。

降雪の強度は降水に換算してミリメートルで計られる。大体降水1mmが降雪1cmに相当する。予報では5mmの降水は5cm以上の降雪を意味する。

みぞれは降雪と降雨の混じった現象である。

霧

霧は、局所的なこともあれば広範囲を覆うこともある。局所的な霧は、局所的な大気条件によって生じる。広範囲の霧は、通常暖かくて湿った低気圧帯で発生する。霧は視程が200m以下の場合には交通安全上に重大な危険をもたらす。

温度が零度以下の場合、霧は路面上に凍結することがある。霧の粒子は非常に小さく、このため路面の氷の層は通常薄い。

付録2 1. 道路の湿り気

定義,	水 g/m ²	状態,
少し湿っている	5-20	舗装が黒く見える
湿っている	20-50	明らかに舗装が暗く見える
濡れている	50-200	しぶき現象が始まる
非常に濡れている	200-400	空中に小さな水滴
流れている	400-	勾配に従って流れる、はねる

2. 水膜と対応する氷の厚さ

水 g/m ²	氷の厚さmm
10	0.01
30	0.03
100	0.10
300	0.30
500	0.50

1mm = 25/64"

3. 湿り気と塩濃度による氷点

状態	水 g/m ²	氷点					
		塩 g/m ²					
		2	5	10	20	30	
少し湿っている	10	-16	-21	-21	-21	-21	°C
		3	-6	-6	-6	-6	°F
湿っている	30	-3	-10	-21	-21	-21	°C
		26.6	14	-6	-6	-6	°F
濡れている	100	-1.5	-2.5	-7	-11	-21	°C
		29	27.5	19.4	12	-6	°F
非常に濡れている	300	-0.4	-1	-2	-3.5	-5	°C
		31	30	28.4	26	23	°F
流れている	500	-0.1	-0.4	-1.5	-2	-3	°C
		31.8	31.3	29	28.4	26.6	°F

4. 道路に散布した23%の液状塩の氷点

状態	水 g/m ²	氷点				
		液 g/m ²				
		5	10	20	40	
少し湿っている	10	-5	-6	-10	-16	°C
		23	21	14	3.2	°F
湿っている	30	-1	-4	-5	-9	°C
		30	25	23	16	°F
濡れている	100	0	-1	-2	-4	°C
		32	30	28.4	25	°F
非常に濡れている	300	0	0	0	-2	°C
		32	32	32	28.4	°F
流れている	500	0	0	0	0	°C
		32	32	32	32	°F

フィンランドの冬期道路管理手法

ヘルシンキ 1993 フィンランド道路庁

監修 北海道開発局 建設部 道路維持課
北海道開発局 開発土木研究所 道路部
発行 財団法人 北海道道路管理技術センター

〒060 札幌市北区北7条西2丁目
札幌テーエムビル5F
電話 (011) 736-8577

