

(7) 吹雪対策技術

ア 道路吹雪対策マニュアル

道路吹雪対策マニュアルは、吹雪による吹きだまり及び視程障害対策としての防雪施設に関する技術資料及び一般的技術基準を示し、基本的考え方を解説したものである。

(ア) 「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交通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・施工及び維持管理に関する一般的技術基準の策定が求められていた。

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、防雪柵及び道路防雪林の設置ガイドラインの検討を行った。その結果、平成2年3月に、当時の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始めていた「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）防雪柵編」「同防雪林編」が発刊された（写真1）。

このうち防雪林編は、米国連邦道路庁（FHWA）により翻訳され、活用されている（写真2）。

(イ) 「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）」の発刊後10年以上が経過し、その間、除雪機械の能力が向上して、吹雪対策の主眼が吹きだまりから視程障害対策へと変わるとともに、高規格幹線道路など一般道に比べ規格の高い道路構造に対応した吹雪対策についても必要になっていた。また、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など、マニュアル改訂の気運が高まっていた。

北海道開発局では、独立行政法人北海道開発土木研究所に委託して、「道路吹雪対策マニュアル（案）」の改訂を行った。独立行政法人北海道開発土木研究所では、平成12年度から3年にわたり吹雪対策技術検討会（座長：竹内政夫氏）の場で検討を行った。その結果、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」が作成され、平成15年7月に発刊された（写真3）。



写真1

道路吹雪対策マニュアル（案）（平成2年）
防雪柵編（左）、防雪林編（右）



写真2

米国連邦道路庁が
翻訳したマニュアル

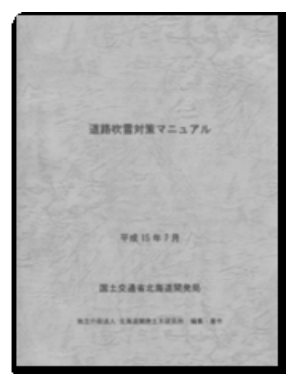


写真3

道路吹雪対策
マニュアル
（平成15年度改訂版）

<平成 15 年改訂版の更新ポイント>

- 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等
- 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等
- 防雪柵編：実施設計手法の一部改訂、設計計算例の充実等

このマニュアルは、平成 15 年 8 月から平成 23 年 3 月まで、独立行政法人北海道開発土木研究所（平成 18 年 4 月から独立行政法人土木研究所寒地土木研究所）のホームページに掲載され、期間中の総アクセス数は 3 万件を超え、北海道のみならず東北地方や JR などでも吹雪対策の基本書として広く用いられた。また、英訳概要版を PIARC 国際冬期道路会議等で配布したことにより、中国、韓国、米国等でも参考とされている。

(ウ) 「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見られ、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の改善要望も見られた。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、平成 19 年 5 月に発刊した「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挙げられており、両者の統合が必要とされていた。

これらの背景の下、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所では、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」の改訂を行うため、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平成 21 年度～22 年度に検討が行われ、平成 23 年 3 月に「道路吹雪対策マニュアル」が改訂され、現在も広く活用されている（写真 4）。



写真 4
道路吹雪対策
マニュアル
(平成 23 年改訂版)

<平成 23 年改訂版の更新ポイント>

- 共通編：全体の記述内容の精査、吹雪対策施設適否表の策定等
- 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等
- 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等
- 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

このマニュアルは、平成 23 年 3 月から独立行政法人土木研究所寒地土木研究所のホームページに掲載され、同年 6 月には英訳版についても同ホームページに掲載されている。今後も、北海道のみならず国内外の多くの道路技術者の間で活用され、積雪寒冷地の道路吹雪対策に貢献することが期待される。

(8) 雪崩対策技術

ア 雪崩による道路交通障害

北海道の道路では、雪崩の発生や雪崩発生のおそれによる通行止めがほぼ毎年発生している。主要都市が広域に分散し、都市間の距離が長く、かつ、峠や山間部を挟むことも多い北海道においては、雪崩による国道の寸断は、地域生活や社会経済活動に大きな影響を与える（写真1）。

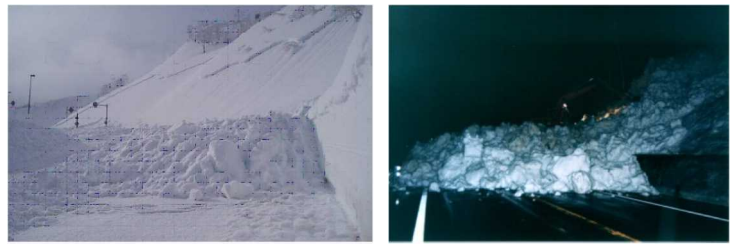


写真1 雪崩の発生による道路交通障害

雪崩の発生するおそれのある冬の峠や山間部の国道が本格的に除雪されるようになったのは、昭和40年代（例えば、国道230号中山峠は昭和40年、国道38号狩勝峠は昭和41年から）に入ってからである。北海道の道路雪崩対策が始まったのもそれからであった。それまでは、大多数の峠は初冬から春まで冬期通行止め区間となっていた。

イ 雪崩対策技術の始まり

(ア) 国道230号中山峠の雪崩対策

定山溪国道とも呼ばれる国道230号の山岳区間（定山溪から中山峠）は、ルート選定時から雪崩を考慮していた。現在のルートは三つの案の検討結果から昭和38年に（現在の薄別峠に沿うルートが）採用されている。定山溪国道は、改築も困難な急峻な地形に自動車道路としての規格を充たし、美しく走りやすく経済的な道路をつくることを目標としていた。

雪崩対策は、地滑りと共にルート選定時の重要な検討項目であった。雪崩の危険箇所を迂回・回避するルートを選定し、道路が雪崩の走路を横切る箇所は回廊、覆道やトンネルによって、雪崩のエネルギーをやり過ごした。雪崩や落石を避けた薄別回廊



写真2 薄別回廊
(230号、建設当時)



写真3 仙境覆道
(230号)

（写真2）は無意根大橋とクロソイド緩和曲線で結ばれ、仙境覆道（写真3）は雪崩と落石を避ける構造物であるが眺望を妨げる柱がなく、それ自体が自然にとけ込み独特の景観となって道内外に人気の高い観光道路ともなっている。

定山溪国道の新ルートが開通した昭和44年以降、通行止めを伴うような雪崩災害は発生していない。

(イ) 国道38号狩勝峠の雪崩対策

国道38号狩勝峠は、北海道の中でも雪崩の発生頻度が高く、最も早くから雪崩予防柵やスノーシールド等の多くの雪崩対策工法が導入された先駆的な道路である。雪崩対策は現道の改築・改良に並行して昭和41年の雪崩柵の設置から始まり道路の維持管理と並行しながら整備が進め

られた。

狩勝峠の雪崩対策は、雪崩予防施設（雪崩予防柵、雪庇予防柵）と雪崩防護施設（スノーシェッド等）からなっている。ほぼ同時期に中山峠に建設されたスノーシェッドと共に雪崩対策としては北海道では初めての施工と言え、その後の雪崩対策技術に大きな影響を与えている。

狩勝峠では、昭和42年から54年までに15件の雪崩の発生があり、そのほか、雪崩のおそれによる通行止めが8件記録されている。昭和55年以降は、こうした雪崩対策の実施により、狩勝峠では雪崩による通行止め等の被害は発生していない。

ウ 雪崩予防柵

北海道における雪崩予防施設の整備は、昭和41年に狩勝峠で雪庇予防柵と雪崩予防柵を設置することから始まった。以降、全道の峠や山間部などで雪崩予防柵（吊柵）を中心に整備を行っている。

(ア) 雪庇予防柵

山岳部の稜線に雪庇が発達し、その下に吹きだまりができると、雪崩を誘発する要因となる。狩勝峠では、昭和41年から44年までに、稜線の雪庇を防止するため、稜線の風上側20mの位置に柵高3.1m、空隙率30%の吹きだめ柵を設置した。稜線に達する飛雪を柵

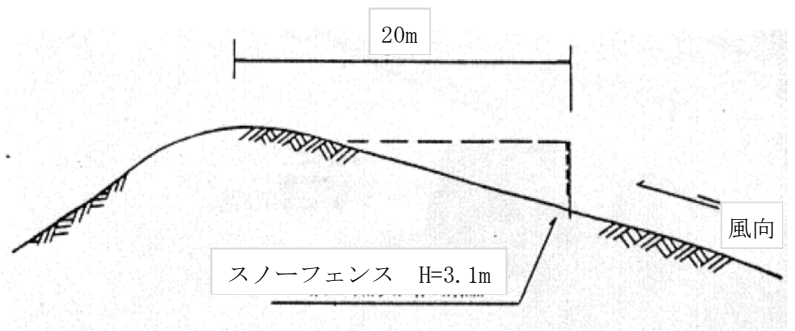


図1 雪庇予防柵の設置図 (38号)

で止めるためのものであり、雪庇の生長を抑制し、稜線下の吹きだまりについても減少させ、合わせて雪崩の発生を防止した(図1)。柵の長さは全長で977mあったが、その後のスノーシェッドの建設により撤去されている。雪庇予防柵は、現在も国道243号美幌峠、国道238号豊岩等に設置されている。

(イ) 雪崩予防柵

雪崩予防柵は、雪崩の発生区域に設置し、崩れようとする雪を抑え、雪崩を未然に防ぐための施設である。狩勝峠では、一時は柵高3.5mもの高い柵が設置されたこともあったが、最大積雪深に相当する柵高2.5m、柵幅6.0mの柵を列間距離20~25m、柵間距離3mの千鳥配列として設置された(図2)。

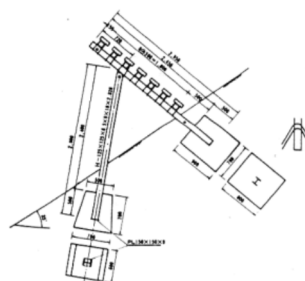


図2 雪崩予防柵の設計図 (38号)



写真4 工場製作品搬入状況 (38号)

当初は現地において基礎コンクリートの打設を行っていたが、斜面上における型枠の据付けや生コンクリートの運搬打設等の作業が困難であったことから、昭和 44 年からは、柵の支柱と基礎コンクリートを工場製作で一体化し、現地に搬入して据付けを行うなど、以降の施工にも技術的な影響を与えた（写真 4）。

その後、北海道では、斜面の法肩等の地盤に打ち込んだアンカーにワイヤーロープを連結させ、そのワイヤーロープにより柵を支持する吊柵を中心として雪崩予防柵の整備を行うようになった。現地の地形その他の条件にもよるが、アンカーを任意位置に設置することができ、斜面の土質を選ばないことから施工が容易であるなどの理由によって、吊柵がその後普及したと考えられる。

北海道の国道における雪崩防止柵は、札幌や旭川を始め、全ての開発建設部管内において設置されており、平成 22 年 4 月時点では 1,222 か所、延べ延長約 142km、平成 31 年 4 月現在は 2,220 か所、延べ延長約 374km にまで実用が進んでいる。

(ウ) 本州における雪崩予防柵の設計雪圧の見直し

雪崩予防柵に作用する設計雪圧の大きさは、スイスの示方書に準拠して算出されてきた。しかし、本州における雪崩予防柵（固定柵）の倒壊を機に、平成 5 年に設計基準が見直され、本州では、雪崩予防柵の設計雪圧の算定に用いるグライド係数の値が従来の約 1.5 倍に大きく設定された。

一方、北海道では、部材強度が原因で雪崩予防柵（吊柵）が破損した例がほとんどないこと及び北海道開発局開発土木研究所が国道の切土法面（国道 275 号朱鞠内湖畔、国道 230 号中山峠の 2 か所）において 6 冬期（昭和 63 年～平成 6 年）にわたり現地計測を行った結果から、スイスの示方書による雪圧の計算値は、現地計測による雪圧の計測値に対して十分に安全な範囲にある

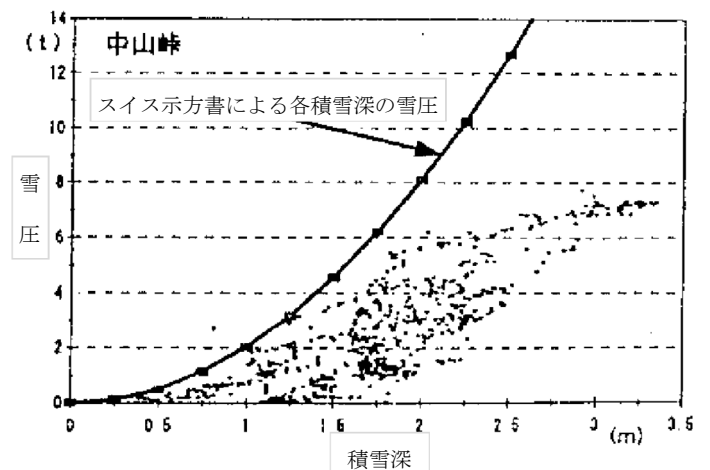


図 3 中山峠における計測雪圧と計算雪圧との比較

ことが分かり、北海道では従来どおり、スイスの示方書によるグライド係数を用いて設計を行うこととした（図 3）。

(エ) 雪崩予防柵をすり抜ける雪崩対策の確立

これまでの雪崩予防施設等の整備により、車両が巻き込まれるような大規模な雪崩の発生は少なくなった。しかし、近年は、斜面積雪が雪崩予防柵の柵面をすり抜けて道路に達する現象（以下「すり抜け現象」という。）が発生するようになった。

すり抜け現象の発生は、平成 10 年に野塚峠（国道 236 号）で報告されたのが最初である。以降、毎年のように報告され、野塚峠のほか、大雪湖周辺、三笠地区、支笏湖畔など比較的限られた地域で発生が見られた（写真 5）。こうした地域では、すり抜け現象を防止するため、既設の

雪崩予防柵の柵面にネット等を設置した対策が試行されるようになっていたが、対策に必要な考え方は整理されていなかった。

そのため、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所において、平成 18 年から、すり抜け現象を伴う雪崩事例の気象解析や対策効果把握のための現地試験が実施され、柵面へのネット等の設置による雪崩の発生抑止効果が確認された（写真 6）。

こうした試験結果を基に、すり抜け現象を伴う雪崩対策の設計に必要な技術的事項が盛り込まれた「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）」が作成された（写真 7）。

技術資料は、平成 22 年 3 月から独立行政法人土木研究所寒地土木研究所のホームページに掲載されており、北海道における道路雪崩対策の設計に活用されている。

エ 雪崩防護施設（スノーシェッド）

雪崩防護施設は、雪崩の走路に設置し、道路への雪崩の侵入を防ぐものである。このうちスノーシェッドは、道路が雪崩の走路を横切る場合において、道路上に屋根を設置し、雪崩を通過させることを目的とした雪崩防護施設である。

北海道の国道で初めてスノーシェッドが建設されたのは、昭和 42 年に国道 38 号狩勝峠に設置された鋼製スノーシェッド（狩勝第 2 覆道の一部）である（写真 8）。

以降、翌年の昭和 43 年には国道 12 号の春志内シェッドが、昭和 44 年には国道 230 号の薄別回廊と仙境覆道（共に落石兼用）が完成している。

狩勝峠では、急傾斜の雪崩発生区の下を走る西北斜面にスノーシェッドを設置しており、昭和 61 年までに延長計 1,069m（狩勝峠覆道 L=903m、狩勝第 2 覆道 L=166m）の建設を完了した。狩勝峠の雪崩危険区間の 4 割弱にスノーシェッドが施工されたことになる。

スノーシェッドは、雪を防ぐシェルターや落石防護の機能も兼ねることが可能である。降雪の多い峠や山間部の急崖地では、雪崩のほかにそれらに対する副次的効果についても期待できる。そのような箇所では、より抜本的な対策としてスノーシェッドの整備が行われている。

平成 31 年 4 月現在、北海道の国道におけるスノーシェッドの設置箇所は 87 か所、総延長は約 15km、落石兼用のものを含めると設置箇所は約 179 か所、総延長は約 30km に及んでいる。

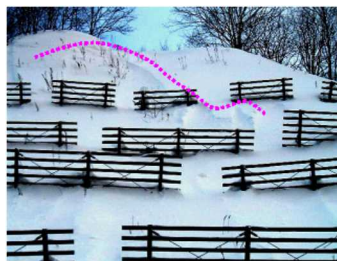


写真5 すり抜け現象を伴う雪崩事例（破断面が柵面を横断）



写真6 ネット設置によるすり抜け対策例



時間の流れ

現地試験の状況



写真7 北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）



写真8 狩勝第2覆道（38号）

(9) 流雪溝技術

ア 流雪溝の定義

流雪溝とは、路上等にある積雪を流水により流下させる溝（側溝やボックス）を道路に設置し、これに人力により雪を投入して排雪する防雪施設である。

道路構造令では、第 33 条において次のように位置付けられている。

【第 33 条】 なだれ、飛雪又は、積雪により交通に支障を及ぼすおそれがある箇所には、雪覆工、流雪溝、融雪施設その他これらに類する施設で国土交通省令で定めるものを設けるものとする。

さらに、流雪溝は「道路構造令の解説と運用」の中で、次のように解説されている。

『除雪・融雪施設』

- ① 流水を利用して排雪することが適切な箇所においては、流雪溝を設けるものとする。
- ② 路上の積雪または路面の凍結を防止するため、必要な箇所には散水、電熱等による融雪施設を設けるものとする。

流雪溝は、家屋連担部等で、路側に堆雪敷を確保することが困難で、近くに適当な雪捨て場が得られない場合や、機械除雪で十分に積雪を処理できない場所等に設置するものである。豊富な流量、適当な流速を保つ勾配及び容易に利用することができる流末処理が得られる地域では、有効な施設である。流雪溝の計画に際しては、次の点に留意する必要がある。

- i) 投雪量、雪質等をよく検討のうえ、雪塊が流下しやすく、浸水するおそれがないように断面形状、流量等を選定する。
- ii) 取水については、容易に取水ができ、維持の手間がかからないようにする。
- iii) 流末の処理については、排出された雪塊が停滞することのないようにする。

イ 雪処理施設の種類

流雪溝のように水を利用して雪処理を行う施設には、流水により雪塊を下流（河川、海等）へ流す流雪タイプと雪塊を熱源により溶かす融雪タイプがあり、水温と水量により、対応することができる処理施設が決まる。

水源による雪処理施設のタイプを以下に示す（図 1）。

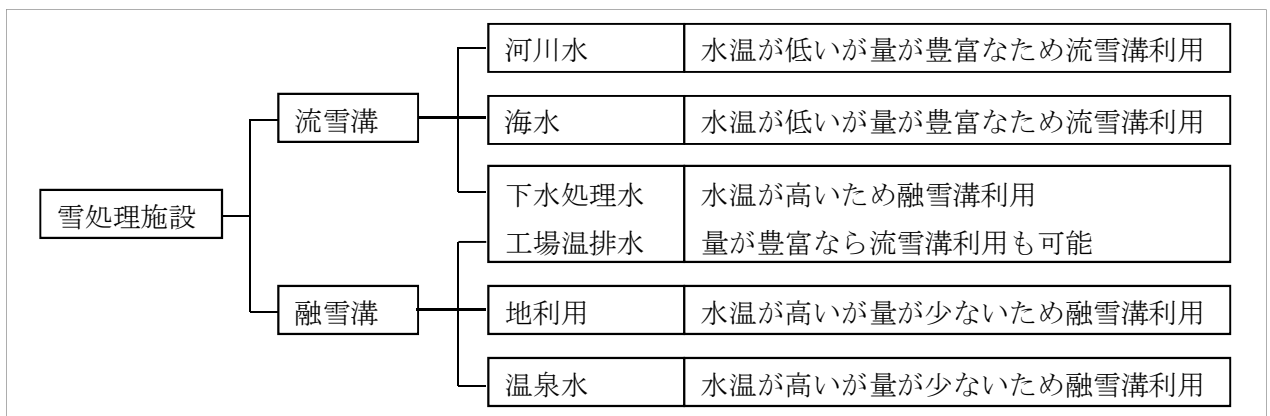


図 1 流融雪溝利用水源

ウ 流雪溝の設置状況

道内における流雪溝は、昭和 54 年に供用開始となった喜茂別町から始まり、現在、表 1 に示す市町村で供用されている。また、表 1 に示す箇所以外にも、ダンプにより排雪された雪を融かす融雪槽を設置している自治体もある。流雪溝や融雪溝などが設置されている市町村では、車歩道に堆雪がなく、冬期交通の安全性や住民の利便性が向上している。

表 1 流・融雪溝設置実績

(単位：m)

No	代表 路線 名	市町名箇所名	種別	北海道開発局		北海道		市町村		計	備考
				延べ 延長	完成 年度	延べ 延長	完成 年度	延べ 延長	完成 年度		
1	5	余市町	流・融	2,844	H15	420	H15	421	H15	3,685	河川水
2	5	倶知安町(R5,276)	流	4,862	S61	980	S53	2,142	S62	7,984	河川水
3	12	砂川市	流	6,200	H2	114	S62	2,240	S62	8,554	火力発電温排水
4	12	滝川市(R12,38,451)	流	5,762	H4			1,340	H2	7,102	河川水
5	12	旭川市(R12,39)	流	4,525	H7	5,002	H7	13,970	H13	23,497	河川水
6	12	奈井江町	流	4,500	H8	1,300	H8	2,500	H14	8,300	下水処理水
7	40	士別市(R40,239)	流	3,724	H7	4,108	H7	2,521	H7	10,353	河川水
8	229	岩内町	流	4,688	H7	2,727	H2	2,397	H2	9,812	海水
9	229	積丹町(美国)	流	1,095	H8	975	H8	485	H8	2,555	河川水
10	230	喜茂別町	流	2,564	S53	940	S54	1,055	S54	4,559	河川水
12	230	今金町	流	1,881	H5	934	H5	850	H5	3,665	河川水
13	231	増毛町	流	190	H元	604	H2	1,571	H2	2,365	河川水
14	232	苫前町	流	281	H9	1,348	H9	694	H9	2,323	河川水
15	239	下川町	流	1,760	H2	1,477	H13	1,016	H元	4,253	河川水
16	275	沼田町	融	1,349	H13	398	H13	470	H13	2,217	地下水
17	276	京極町	流	1,662	H1	1,297	H2	1,162	H2	4,121	河川水
18	道	黒松内町	流			3,076	S63			3,076	河川水
19	道町	福島町	流			686	S63	220	S63	906	トソル湧水
20	233	秩父別町	融	1,716	H14	1,574	H11	1,614	H8	4,904	地下水
21	道町	美瑛町	流			2,365	H13	165	H13	2,530	河川水
22	40	名寄市	融	3,196	H13			2,120	H2	5,316	地下水
23	市	江別市	流					560	H2	560	下水処理水
24	337	長沼町	融	2,053	H11	1,564	H11	1,051	H12	4,668	温泉排水
25	229	せたな町(R229,230)	流	2,183	H11	288	H11	132	H11	2,603	河川水
26	道町	置戸町	流			3,237	H11	1,108	H11	4,345	河川水
27	道	八雲町	融			1,165	H9			1,165	地下水
28	町	枝幸町	融					450	H4	450	地下水
11	230	札幌市(藻岩下)	流	847	S63			2,821	S63	3,668	発電排水
29	市	札幌市(新琴似)	流					6,830	H3	6,830	下水処理水
30	市	札幌市(安春川)	流					2,411	H4	2,411	下水処理水
31	市	札幌市(発寒)	流					5,769	H6	5,769	下水処理水
32	市	札幌市(創成東)	流					5,681	H9	5,681	下水処理水
33	市	札幌市(琴似)	流					5,400	H14	5,400	下水処理水
34	市	札幌市(北郷)	流					3,060	H15	3,060	下水処理水
35	市	札幌市(新琴似北)	流					5,600	H22	5,600	下水処理水
箇所計				21		23		33		35	(28市町35箇所)
延長計				57,882		36,579		79,826		174,287	(28市町35箇所)

延長：国道/平成31年4月、地方道/平成23年4月時点

(10) 冬期道路管理の高度化

ア 北海道の気象条件

北海道は、多雪寒冷な厳しい気象条件かつ国土面積の 22%を占める約 8 万 3 千 km² と広域な土地を有しており、冬期の気温や降積雪といった気象条件は、道央、道南、道北、道東で異なるが、多くの市町村で 12 月から翌年 3 月は平均気温が 0℃を下回り、積雪日数も平均すると 100 日を超える。特に、人口 190 万人を有する札幌市は、1991 年から 2020 年の統計による年平均値を見ると年合計降雪深さ 479cm、最深積雪は 97cm に達し、このような多雪寒冷な気象条件を有する大都市は世界的に見てもまれである。都市間距離が長く多雪寒冷な気象条件の下、社会・経済活動を支え、日常生活を維持するためには冬期道路管理が必要不可欠となっている。

イ 北海道における冬期道路管理の経緯（概略）

昭和 25 年、北海道における資源の総合的な開発を目的とする北海道開発法（昭和 25 年法律第 126 号）が制定され、昭和 26 年に北海道開発局が設置された。北海道開発局の発足を契機に、都市部を中心とした全道 1,010km の国道除雪が始まり、また、除雪機械等の研究・開発が本格化し、以降、北海道開発局は、冬期において安全・安心・快適な道路交通機能確保に資する冬期道路管理に取り組んでいる。

昭和 31 年には、積雪寒冷地域における産業の振興と民生の安定へ寄与することを目的に、積雪寒冷地域における道路交通の確保に関する特別措置法（昭和 31 年法律第 72 号）（雪寒法）が制定された。同法によって、本格的に雪寒事業（除雪、防雪、凍雪害の防止及び除雪機械の整備）が推進されることとなった（図 1）。

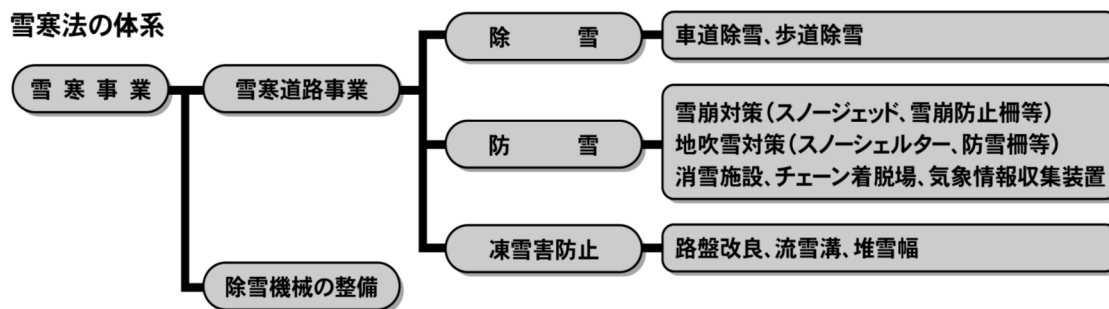


図 1 雪寒法の体系（出典：国土交通省）

また、昭和 37 年には雪害の防除等に関する総合的な対策の樹立及び対策の推進により、産業の振興と民生の安定向上に寄与することを目的とする豪雪地帯対策特別措置法（昭和 37 年法律第 73 号）が制定された。以上のような法制度の整備を背景に、国産の除雪機械の開発が進められ、ロータリ除雪車、除雪グレーダ、除雪トラック等除雪機械の多様化、高度化及び普及が進んだ。北海道の国道では、除雪機械の普及とともに除雪率についても伸展し、昭和 30 年度に 20 数%であった除雪率が昭和 40 年度には 80%を、昭和 44 年度には 90%を超えるに達し（図 2）、平成 31 年 4 月現在の除雪率は国道 334 号知床峠の冬期交通不能区間 L=23.8km を除き 99.7%となっている。

昭和 38 年以降、冬期道路での走行性能が高いとしてタイヤのトレッド面に金属等で作られた鋌

を打ち込んだスパイクタイヤが急速に普及し、昭和 40 年台後半にはスパイクタイヤ装着率はほぼ 100%に達した。しかし、スパイクタイヤの普及に伴って道路の損傷（舗装磨耗やわだち掘れ）の問題とともに沿道地域における粉じん等の増加による大気環境への影響が大きな問題となり、平成 2 年 4 月の中央公害対策審議会によるスパイクタイヤの使用規制等の措置を定めた法律制度が必要である旨の答申を取りまとめたことを踏まえ、同年 6 月にスパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律（平成 2 年法律第 55 号）が成立、公布、施行され、スパイクタイヤの使用が規制された。その結果、スパイクタイヤ装着率の減少とともに降下ばいじん量も大きく減少し、大気環境は大きく改善された。しかしながら、スパイクタイヤの使用規制後には非常にすべりやすい路面、いわゆる「ツルツル路面（写真 1）」が発生するようになり、冬期特有の交通渋滞及びスリップ事故を中心とした交通事故が増加した。

ウ 冬期路面管理マニュアル（案）の策定

スパイクタイヤ使用規制以降、冬期路面状態の変化による冬期交通特性の変化（悪化）に対応するため、路面管理に重きが置かれ、凍結防止剤・すべり止め材の散布量が著しく増加し、スパイクタイヤ規制以前にはほとんど散布されていなかった凍結防止剤が平成 12 年には約 6 万 t 散布されるようになった。

冬期交通特性の変化に対応した凍結防止剤散布等の凍結路面对策の重要性が高まる中、北海道開発局は、より効果的かつ効率的に冬期路面管理を行うため、「冬期路面管理マニュアル（案）」を平成 9 年に策定した。本マニュアル（案）では、路面の分類、管理目標、凍結防止剤散布の基本的考え方や留意事項等が示されており、具体的には、対象路線の交通量及び沿道状況に応じて路面管理目標（路面水準の目標）を設定し、凍結防止剤の散布等の路面管理を行うことや、凍結防止剤等の散布の手順・基本的考え方として、気温の低下、降雪条件あるいは気象予測等により、路面凍結のおそれがある場合に出動待機し、気象状況の変化に応じて雪氷巡回、散布及び再散布を行うこと等を取りまとめ、スタッドレスタイヤに適応した冬期路面管理の基礎となり、現在に至る過程の中



図 2 北海道の国道の除雪率の推移（昭和 25～63 年）



資料提供：寒地土木研究所
写真 1 非常に滑りやすい「ツルツル路面」

で、道路気象観測装置、道路管理用画像及び情報処理技術の高度化が進み、冬期路面管理についてもシステム活用に移行しているが、道路情報凍結防止剤の散布の基本的な考え方は現在に生かされている。

エ 道路除雪の効率化、コスト縮減

道路除雪については、地域の実情を踏まえながら、一層の効率化、コスト縮減に取り組んでいる。

新雪除雪に関しては、5 cm～10 cm程度の降雪量を目安として、気象条件、交通状況等を勘案し、道路交通に支障をきたすおそれがある場合に実施としている。運搬排雪に関しては、これまでは除雪によって路肩、歩道上に堆積された雪山は全て排雪により除去していたが、気象条件や道路構造によっては通行に支障のない範囲で部分排雪とする区間を設ける等のコスト縮減を行っている。



図1 道路気象観測システム

また、道路気象観測システム（図1）による気温、積雪深、路面温度等の道路気象情報、CCTVカメラによる道路画像情報、気象予測情報等の情報を入手し、オペレータや除雪機械の配備、除雪の出動タイミング、除雪作業方法等を決定することにより、効率的な道路除雪を行っている。

オ 冬期路面管理支援システム

冬期における降雪や路面状況の変化を予測することにより、的確かつ効率的な除雪作業及び冬期路面管理を行うことが可能となる。北海道開発局は、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所と連携して、降雪と路面凍結を予測する「冬期路面管理支援システム」（図2）を平成17年度から試行運用した。

本システムは、降雪予測情報や路面凍結予測情報等の気象予測情報についてインターネットを通じて発信するシステムであり、路面凍結予測情報などを地図上に表示し、道路管理者や維持除雪業者に提供している。気象予測情報については6時間後まで、路面凍結予測情報に関しては16時間後まで情報を提供しており、本情報の活用により、効率的な除雪作業及び凍結防止剤の散布が可能となる。



図2 冬期路面管理支援システム

平成22年度末時点で道路管理者が得られていた13区間約281kmの路面凍結予測情報は、約10年経過した現在においては、国道25路線約600kmにまで情報量が拡大し、冬期路面管理の効率化に寄与している。

カ 「i-Snow」の取組

道路除雪におけるオペレータ等の高齢化や、担い手確保等の課題を踏まえ、除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組として、「i-Snow プラットフォーム」を平成 29 年 3 月に立ち上げ、令和 2 年度末までに 8 回の会議を開催した。プラットフォームでは、産学官民の幅広い連携を確保しながら、これまでに様々な実証実験による成果や先進技術の情報が報告されている。

具体的な取組の一つとして、冬期間通行止めとなる国道 334 号知床峠における除雪作業省力化に向けた「除雪装置自動化実証実験」では、ロータリ除雪車に搭載した運転支援ガイダンスシステムによる投雪方向切替えの自動化等を行い、あらかじめ設定された変化点において、シュート装置の自動制御に成功した。

令和 2 年度は、一般車が通行する国道 38 号狩勝峠において、安全対策技術の検証を含め、除雪装置自動化の実用化に向けた実証実験を実施した。今後も「i-Snow」における維持除雪の効率化に向け、さらなる発展を目指す（図 3）。

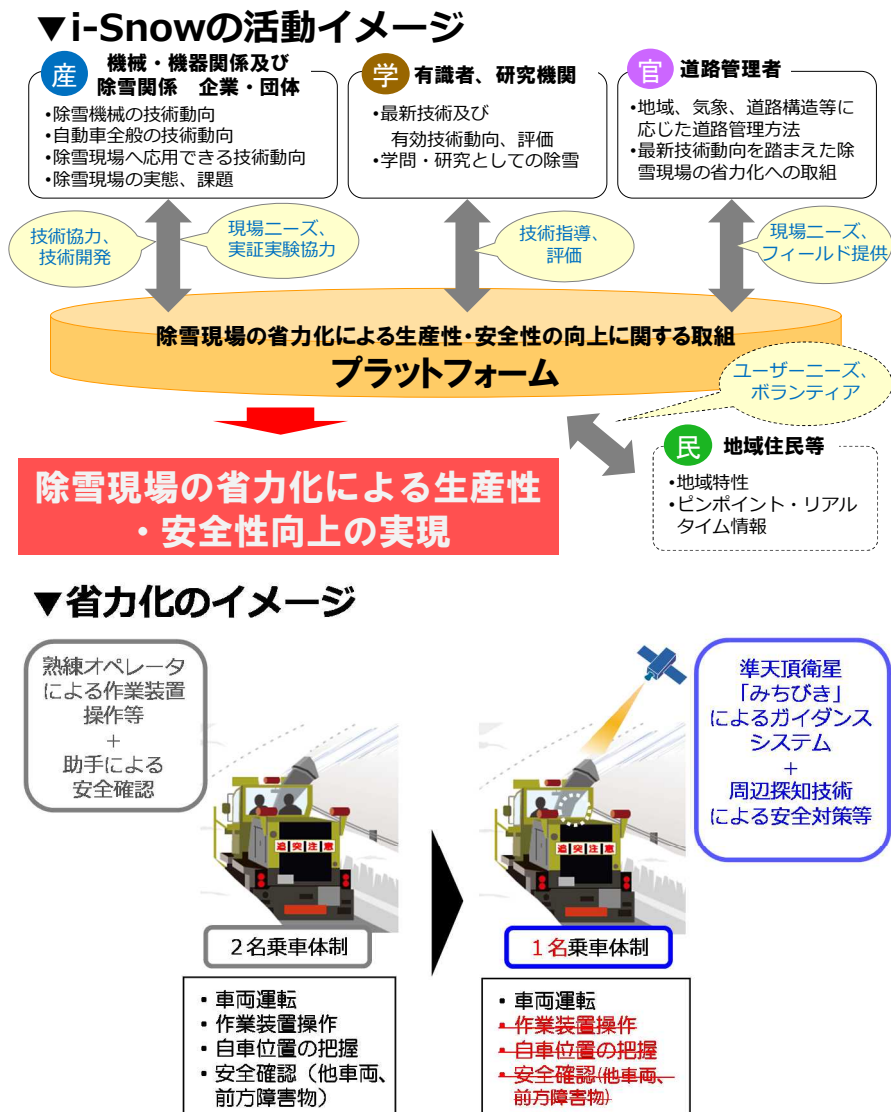


図 3 「i-Snow」の取組概要

(11) 冬期道路管理における路面管理技術

ア 粗面系舗装の技術開発

冬期路面のすべりを防止する方法として、舗装の表層材料のすべり抵抗性を高めたり、舗装材料に凍結を抑制する機能を持たせたりする方法がある。ロードヒーティングや凍結防止剤の散布などと比較して、維持管理コストを低減する効果がある。こうした技術は凍結抑制舗装と呼ばれており、通過車両により舗装がたわむことで雪氷面を破壊する「物理系」、舗装体内に混入した塩分などで凍結を抑制する「化学系」、これらを複合した「物理化学系」、舗装表面を粗くすることで滑りにくくする「粗面系」などに分類される。寒地土木研究所では、主に「粗面系」の技術の開発を行ってきた。

排水性舗装の表面の粗さに着目して、室内試験のほか、寒地試験道路や実道ですべり試験車を用いた試験を行い、舗装表面の凹凸が覆われてしまう圧雪や氷板では効果が小さいが、薄いシャーベットやブラックアイスにはすべり抵抗性を高める効果があることを確認した。

(ア) 機能性 SMA の開発

排水性舗装はブラックアイス時のすべり対策として効果的なことが分かったが(図1)、寒冷地では排水性舗装の除雪やタイヤチェーンなどによる摩耗や凍結融解作用への耐久性が十分とはいえないことが懸念材料であった。そこで、寒地土木研究所は、民間との共同開発により排水性舗装のすべり抵抗性と耐久性に優れた砕石マシ

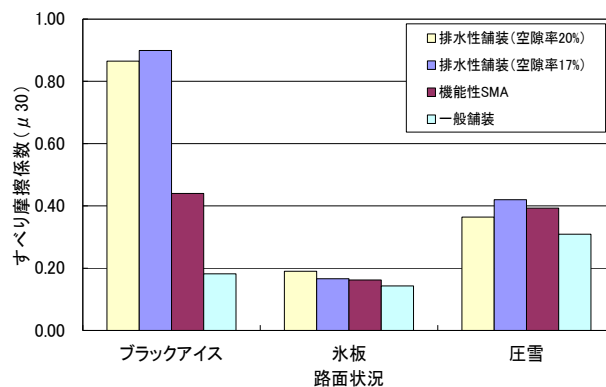


図1 舗装種類別の凍結路面でのすべり抵抗性

ック舗装(SMA)の長所を併せ持つ新混合物を1層として構築する技術である「機能性SMA」を開発した。本技術は、舗装の表層として十分な耐久性(耐流動性、耐摩耗性、耐骨材飛散抵抗性等)を持つとともに、安全性(排水性、すべり抵抗性、防眩性等)、環境保全性(低騒音性等)、快適性(平坦性等)といった機能をもバランス良く合わせ持ち、これまでに全国の国道及び市町村道の交通量の多い幹線道路やロードヒーティング停止箇所などの高いすべり抵抗性が求められる箇所などで多数採用されている(写真1・図2)。



写真1 機能性 SMA の効果

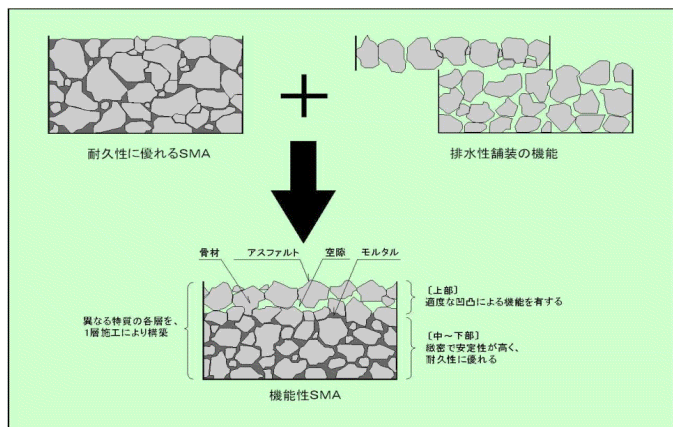


図2 機能性 SMA

(イ) 北海道型 SMA の適用

平成 10 年代には、雨天時の走行安全性の面や騒音対策等の沿道環境整備の観点から、排水性混合物が高規格幹線道路及び一般国道の表層に使用されるようになり、排水性舗装の冬期路面に対する効果についても認知されるようになってきた。一方で、高度経済成長期に構築された舗装が大半を占め、それら大量の舗装ストックの老朽化に伴う問題が懸念される中、平成 20 年代前半には、排水性混合物表層の骨材飛散、ポットホール、層間はがれといった損傷が多く発生するようになり、融解期のポットホール等の舗装損傷が顕在化し、耐久性が改めて問題視される状況となった。そのような情勢下において、道路舗装の延命化や耐久性向上を図りながら道路維持管理を進めるため、北海道内における道路管理者や有識者との連携の下で、材料や施工に関わる技術の検討や、舗装の劣化や破損、特に北海道特有の融雪期に発生する舗装破損（ポットホール等）の要因とメカニズムを把握し、道路舗装の耐久性を向上させる具体の方策の検討に取り組んできた。平成 25 年には、検討の結果を「北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する技術ハンドブック」として取りまとめ、道路の維持管理を担当する技術者が留意すべき技術の共有を図った。図 3 には、凍結融解による舗装破壊のメカニズムとして、前述のハンドブックから抜粋したポットホールの発生メカニズムの一例を示す。ポットホールの発生には、凍結融解、水の存在、荷重が影響していることが明確になった。

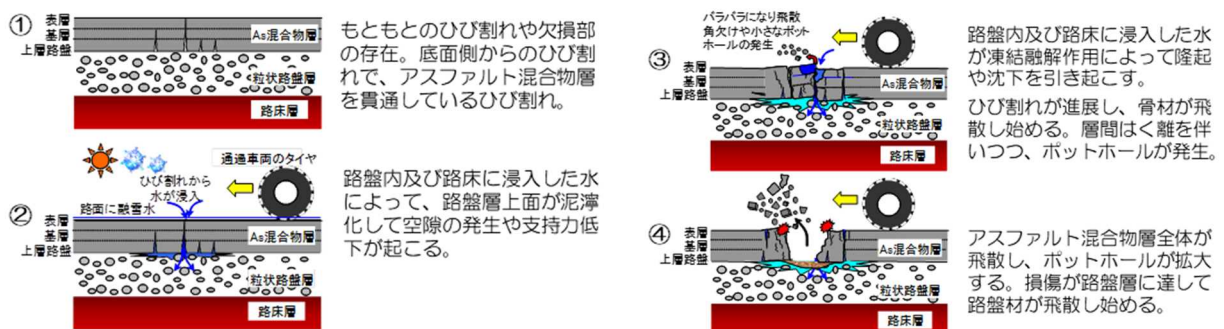


図 3 凍結融解による舗装破壊のメカニズム(ポットホールの一例)

検討の結果、排水性舗装と同様の表面機能を有しつつ、内部は密実で摩耗や凍結融解作用への耐久性が高い混合物であり、施工実績もある機能性 SMA が候補となった。試験施工による検証等を経て、平成 26 年度に「北海道型 SMA の施工の手引き(案)」を作成し、高規格幹線道路の標準的な表層用混合物として、「北海道型 SMA」と称して運用している。平成 29 年度には、開発局設計要領に記載しており、主に高規格幹線道路や交差点部などを対象に採用している。

(ウ) グルーピング工法の適用

既存の道路のすべり対策工法として、グルーピング工法がある。これは、舗装表面に一定間隔で細い溝を切削する工法であり、溝の凹凸で道路のすべり抵抗性を高めたり、道路上の雨水や融雪水の排除を促進したりする効果がある。道路に対して横断的に設置する横グルーピング工法は、主に交差点部やトンネル出入口のすべり対策として北海道内の道路に設置されている。

グルーピング工法の排水効果に着目し、寒地土木研究所では、路肩に縦断的にグルーピングを設置することで融雪水が路肩から路面に流出して再凍結することを防止する技術である「路肩グルーピング工法」について、その排水効果、二輪車などへの安全性、メンテナンス方法などについて試験道路や実道で試験を行い、その設計仕様について研究を行ってきた。路肩グルーピングは道内の国道に設置され、初冬期や融雪期などに路面凍結対策として効果を発揮している（写真2）。



設置前



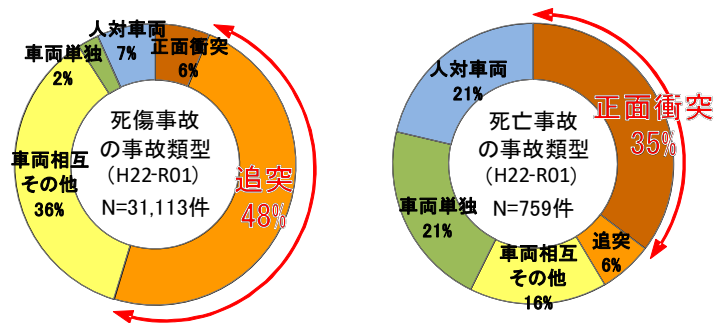
設置後

写真2 路肩グルーピングの効果

(12) 北海道における交通事故対策

ア 北海道の交通事故

北海道の国道における交通事故の特徴として、死傷事故では追突事故が最も多く全体の約5割、死亡事故では正面衝突事故が全体の約4割を占めており、この要因として積雪寒冷地域でかつ広域分散型社会による都市間距離が長いことに起因する、漫然運転や郊外部での旅行速度が高くなりやすく、このため、交通事故が起きると死亡事故につながりやすいと考えられる(図1)。



(図1) 北海道の国道における事故の特徴

正面衝突事故対策として、中央分離帯や簡易分離対策(ラバーポール、チャッターバー)などがあるが、中央分離帯は設置に必要な道路幅員の確保が必要であり、整備期間やコストが高いことから、整備の必要性を充分検討の上、実施する必要がある。簡易分離対策(ラバーポール、チャッターバー)は除雪作業の支障となるため、冬期間の取り外しの可否など課題があり、広く普及せず、北海道に有効な新しい正面衝突事故対策手法の開発が期待されていた。

イ ランブルストリップスの整備及び効果

ランブルストリップスは、既存の正面衝突事故対策の課題を解消する新たな対策として、舗装路面に切削溝を設置し、その上を通過する車両に音や振動でドライバーに車線を逸脱したことを警告する交通事故対策(写真1)であり、米国・高速道路の路外逸脱事故対策として1990年代から急速に普及していたランブルストリップスについて日本への導入が検討された。

平成13年当時は国内における施工事例はなく、施工機械(写真2)の開発からの着手となり、ランブルストリップスの音と振動による警告効果と、自動車、二輪車の走行時の安全性を確認するため、苫小牧寒地試験道路において試験施工を行い、実道への設置における適正な規格を決めるために、平成13年11月に、道路利用者による走行実験等を実施し、最適となる規格を決定した。

その後、平成14年7月22日に八雲町の国道5号で初めて施工され、北海道開発局において、平成15年度からランブルストリップスを正面衝突事故対策として積極的に整備し、令和3年3月現在までに約920kmが整備されている。



写真1 ランブルストリップス(R5)



資料提供：寒地土木研究所
写真2 施工機械

これまでの整備効果については、整備前・後の事故件数で比較し、正面衝突事故件数では約 60%減少、死者数では約 70%減少となっており、大きな事故削減効果を挙げている。

なお、ランブルストリップスは、その高い効果が認められ、国土交通省の新技术活用システム (NETIS) において、平成 21 年度に全国で初めて「推奨技術」に認定された。

ウ ワイヤロープ式防護柵の導入

ランブルストリップスに次ぐ正面衝突事故対策の新たな対策として、スウェーデンで 1993 年から導入されているワイヤロープ式防護柵 (写真 3) について、日本国内への導入が検討された。

国内における施工実績がなく、平成 20 年度から、現国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所と社団法人鋼製防護柵協会との共同研究の下、日本の防護柵設置基準に合致するワイヤロープ式防護柵の開発が進められた。

その後、苫小牧寒地試験道路において性能確認試験 (写真 4) を重ね、平成 24 年 1 月に防護柵設置基準に定める分離帯としての基準値を満足することを確認し、北海道では平成 24 年 11 月に道央自動車道 (大沼公園 IC~森 IC 間の一部)、平成 24 年 12 月に一般道では全国初となる国道 275 号音威子府村天北峠において実道での試行導入を行い、平成 30 年 6 月に国土交通省から重大事故につながりやすい高規格幹線道路の正面衝突事故の緊急対策として、供用済みの土工区間を先行してワイヤロープ式防護柵 (図 2) を整備する方針が示された。

さらに、令和 2 年 3 月には、中小橋への設置方針が示されたところである。

国土交通省北海道開発局においても平成 30 年度から整備を行い、令和 3 年 3 月現在では高規格道路 9 路線 (IC 間 31 区間) 約 100km に整備されている。

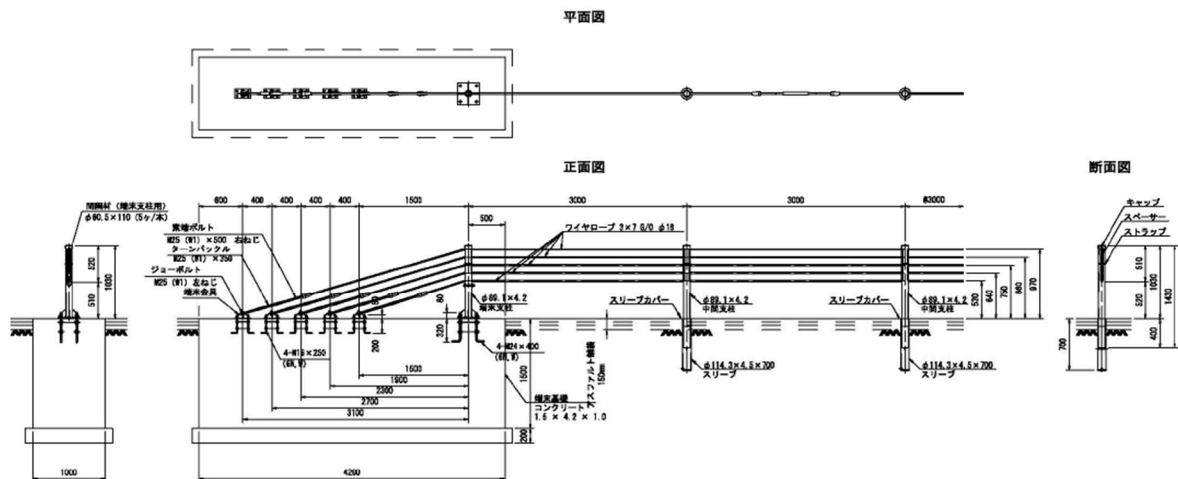
整備効果については、全道のワイヤロープ接触事故件数から見て 223 件の路外逸脱・正面衝突につながる事故を防ぐことができおり、非常に高い効果を発揮している。



写真 3 ワイヤロープ式防護柵
(E5A 黒松内新道)



資料提供：寒地土木研究所
写真 4 性能確認試験



資料提供：寒地土木研究所
 図2 ワイヤロープ式防護柵

エ ラウンドアバウトの導入

国内の平面交差点は、十時、丁字等の形状に信号や一時停止等の制御によって運用されており、これらの交差点は、車両間の交錯点が多く存在するため、運転者の見落としや見誤りから出会い頭や右折時の交通事故が発生しやすく、また、信号待ちによる無駄な遅れ時間が生じるなど課題がある一方、先進諸国ではこれら課題の解決策として、ラウンドアバウトを積極的に導入するようになっており、こうした背景から、平成26年9月に改正道路交通法が施行され「環状交差点」が適用されることとなった。

北海道開発局においても、交差点の交通事故対策におけるラウンドアバウト整備を対策工の検討に追加し、平成28年度には国道228号の上ノ国町における交通事故対策として、道内初となるラウンドアバウトの導入・整備（写真5）を行い、令和元年10月に整備を完了した。

整備後の1年間において交通事故は発生しておらず、今後も積雪寒冷地域におけるラウンドアバウト整備について効果の確認を行っていく。

また、令和元年度には国道275号浜頓別町交差点において、隣接する道の駅「北オホーツクはまとんべつ」の開業による交通流動の変化を受け、新たな交通課題にも対応できる対策として、ラウンドアバウトへの整備計画の変更（写真6）を行い、令和2年10月に整備を完了し、道北では初の整備となった。



整備前



整備前



整備後



整備後

写真5 国道228号上ノ国町ラウンドアバウト整備

写真6 国道275号浜頓別町ラウンドアバウト整備

(参考) 道路事業の技術に関して協力関係にある研究機関の名称の変遷

昭和 26 年 7 月 北海道開発局土木試験所

昭和 63 年 4 月 北海道開発局開発土木研究所

平成 13 年 4 月 特定独立行政法人北海道開発土木研究所

平成 18 年 4 月 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所

平成 27 年 4 月 国立研究開発法人寒地土木研究所