

北海道らしい道路構造・道路交通管理に関する研究

研究予算：運営費交付金
 研究期間：平 18～平 22
 担当チーム：寒地交通チーム
 寒地機械技術チーム
 研究担当者：宗広一徳、武本 東、
 牧野正敏、大上哲也、
 石川真大、今滝茂樹
 高橋尚人

【要旨】

北海道内の一般国道は、物流・観光・医療関係の搬送等を含む多様な交通ニーズを担っている。一方、国道延長の9割以上が2車線道路により構成されており、安全な追越を許容しながら円滑な交通を促す際の支障となっている。本研究では、2車線道路で重要となる追越需要に対応し、安全な追越を可能とする付加車線を設置するためのモデルの開発、また、付加車線設置区間の効率的な除雪工法に関する検討を行った。その結果、2車線道路に一定間隔で付加車線を設置することにより、夏期に加え特に冬期における走行性が向上することを示した。また、付加車線設置区間の効率的な除雪工法として、広幅員なG装置左スライド型の除雪トラック2台による梯団除雪が有効であることを確認した。(316字)

キーワード：2車線道路、追越、付加車線、除雪幅員、除雪トラック

1. はじめに

北海道は、積雪寒冷の厳しい気象条件と、広域分散型の地域構造を有している。一方、高規格幹線道路の整備が地方部では途上であること等から、一般国道が多様な交通ニーズを支えている。しかし、国道延長の約9割が2車線道路により構成されていることから、安全な追越を許容して円滑な交通を促す際の支障となっている。本研究では、北海道内の2車線道路の現状と課題を整理しつつ、2車線道路への付加車線の設置効果（以下、広義で「2+1車線」道路と呼ぶ。）及び効率的な冬期除雪工法に関する検討を行った。具体的には、以下を明らかにすることを目的とする。

- 1) 路面状態の変化を考慮した2車線道路の追越実態の把握
- 2) 「2+1車線」道路の設置効果の検証
- 3) 「2+1車線」道路の効率的な除雪工法の提案

2. 北海道の道路階層区分の基礎整理

前述のとおり、北海道は都市間距離が長く（北海道内6圏域の中心都市間の平均距離は約180km）、本来、高規格幹線道路が担うべき長距離トリップのニーズが高いにも関わらず、北海道内の高規格幹線道路の整備率は45%に留まり、全国平均の68%と比

べて著しく低い水準にある（2009年3月現在）。このため、約9割が2車線道路で構成される一般国道が、物流・観光・医療関係の搬送等を含む多様な役割を担っている。

表-1は、北海道の道路階層区分の基礎整理を示したものである。2車線道路では、追越禁止区間が長距離連続し、また追越可能区間においても対向車線の存在から、自由に追越しができない（写真-1参照）。その結果、先頭車両が低速の場合、長時間追従を余儀なくされる場合が多いこと、特に冬期においては、降雪や雪氷路面の発生に伴い、さらに走行性が低下すること等が大きな課題となっている。

表-1 北海道の道路階層区分（案）

圏域	交通機能優先				
	高規格幹線道路		一般道路		
	高速自動車国道	一般国道の自動車専用道路	一般国道	道道	市町村道
	A	B	C	D	E
I 圏域間連絡 (100~300km)	○	○	△		
II 圏域内連絡 (100km)	○	○	○		
III 市町村連絡 (30km)			○	○	
IV 毎日買物連絡			△	○	○
V 生活道路				○	○
VI 地先道路					○

※ ○: それぞれの道路が本来担うべき機能
 △: 現状で一般国道が代替している機能



写真-1 北海道郊外部の典型的な2車線道路

3. 2車線道路の走行性に関する調査

3.1 2車線道路の追越実態調査

一般国道 275 号新十津川町 (KP65.8~KP68.2, L=2.4km) を対象とし、2車線道路の追越実態調査を実施した。同区間は、日交通量が約 10,000 台の2車線道路である (平日: 9,896 台/日、休日: 11,361 台/日、H17 道路交通センサスによる)。沿道利用は田畑が主であり地先交通は少ない。また、平坦な直

線区間であり、前後を追越禁止区間に挟まれた約 1.6km (KP66.2~KP67.8) の追越可能区間がある。調査区間内に定点ビデオカメラ (アルコム製: RD-3252 型) を 6 台、簡易トラフィックカウンター (3M 製: STC-2100P) を 8 台設置し、夏期と冬期の上下線の交通流を観測した。調査日は以下の通りである。

①夏期・乾燥路面

平成 19 年 7 月 16 日~7 月 17 日

②冬期・圧雪路面

平成 20 年 1 月 14 日~1 月 15 日

交通流のビデオ記録をもとに調査区間の追越台数を集計し、簡易トラフィックカウンターより時間交通量を集計して、以下の式から追越車率を求めた。

追越車率 (%)

$$= \text{追越車台数 (台/h)} \div \text{時間交通量 (台/h)}$$

図-1 は、夏期・乾燥路面時と冬期・圧雪路面時における追越車率と対向車線交通量の関係を示したものである。夏期・乾燥路面の場合、対向車線の5分間交通量が約 20 台以下になると、進行方向の追

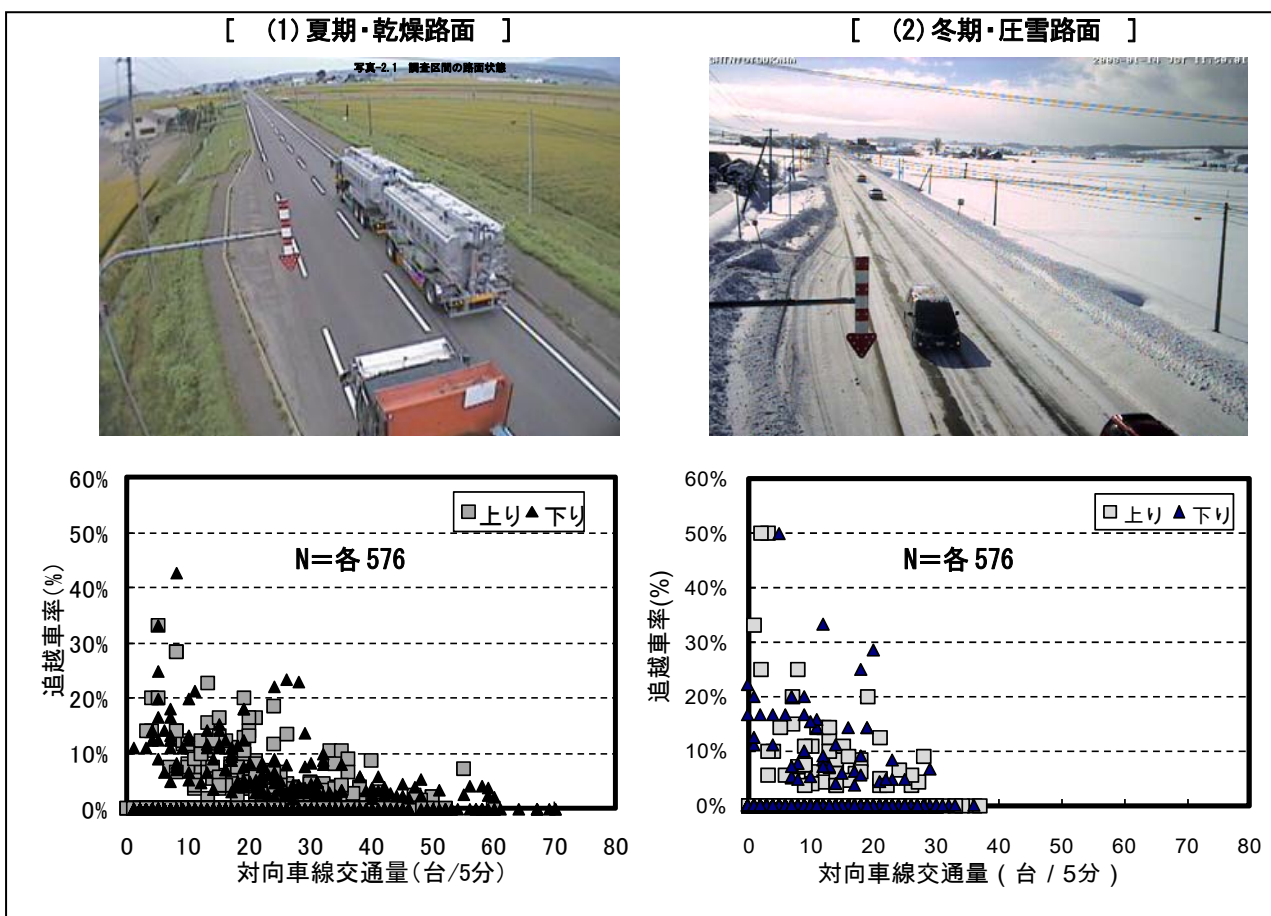


図-1 対向車線交通量と追越車率
(左: 夏期・乾燥路面、右: 冬期・圧雪路面)

越車率が 10%を超える傾向が見られた。他方、冬期・圧雪路面の場合、対向車線交通量に関わらず、夏期・乾燥路面と比べて追越しの発生頻度が極端に少なくなった。しかしながら、冬期・圧雪路面状態においても、対向車線の 5 分間交通量が約 20 台以下になると、進行方向の追越車率が 10%を超える場合が見られた。

自車追越中の対向車走行距離 = 追越必要距離 × (α - 1)
 自車と対向車が同じ速度の場合、追越必要距離と等しい

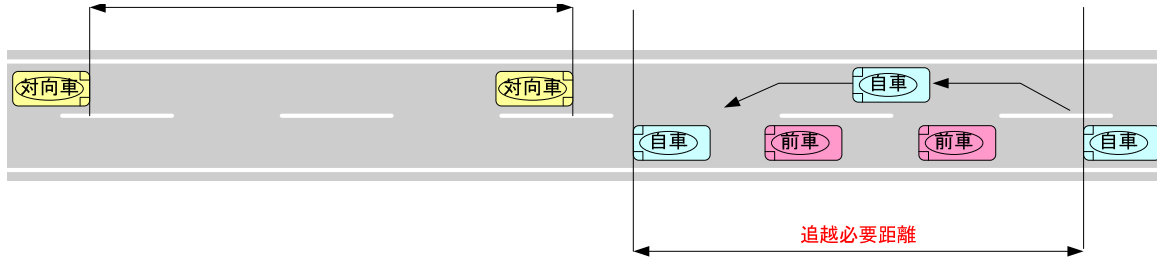


図-2 2車線道路の追越時の必要クリアランス値の考え方

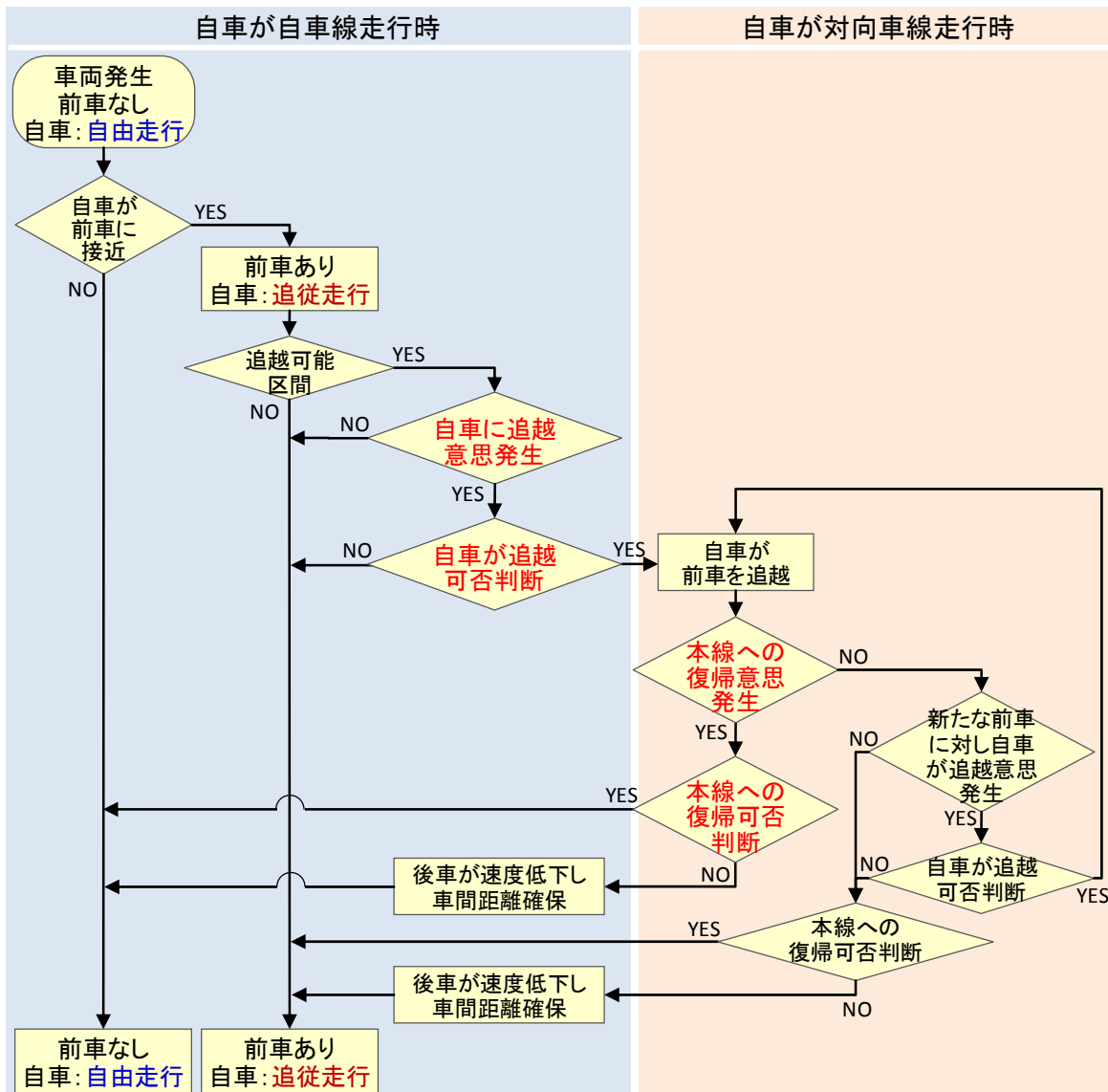


図-3 「SIM-R」による2車線道路の追越挙動発生時のフローチャート

ランス値を次式により求めた（図-2 参照）。

必要クリアランス値(m)
= 追越必要距離(m) + 対向車走行距離(m)
= 追越必要距離(m) + 追越必要距離(m) × (α - 1)

なお、必要クリアランス係数 α は現況再現時の調整パラメータであり、路面状態に従って α を設定するものとし、路面状態の変化（乾燥、圧雪など）を考慮した追越発生を再現することとした。図-3 は、交通流シミュレーションプログラム「SIM-R」を活用した2車線道路の追越挙動発生フローチャートを示したものである。

3. 3 「2+1車線」道路の設置効果

2車線道路の走行性を向上させるためには、安全で円滑な追越しが可能となる付加車線を設置するこ

とが有効と考えられる。図-4 は、付加車線の設置効果が持続する延長と付加車線設置間隔の模式図を示している。付加車線の設置により、同区間を走行する車両の走行速度は向上する。また、付加車線設置区間終了後においても、一定の範囲においては、その効果が持続することが確認された。

交通流シミュレーションプログラム「SIM-R」により、「2+1車線」道路の設置効果について、以下の条件により感度分析を行ったところ、図-5 の結果を得た。

- ① 評価区間延長 : 10km
- ② 付加車線設置延長: なし、0.5km、1.0km、1.5km、2.0km、3.0km、4.0km
- ③ 時間交通量 : 100~1,000台 (100台間隔)
- ④ 路面状態 : 乾燥、圧雪

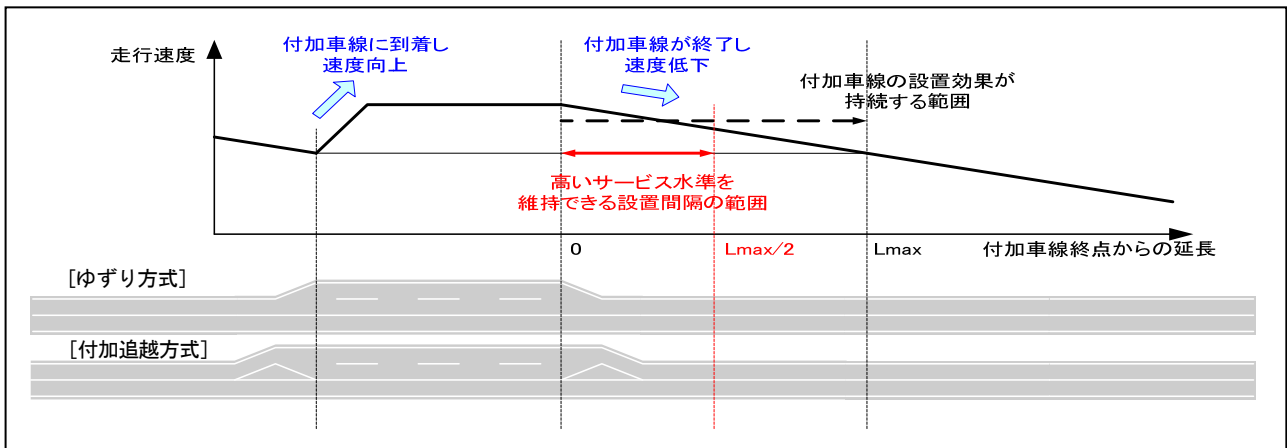


図-4 付加車線の設置効果が持続する延長と付加車線設置間隔の模式図

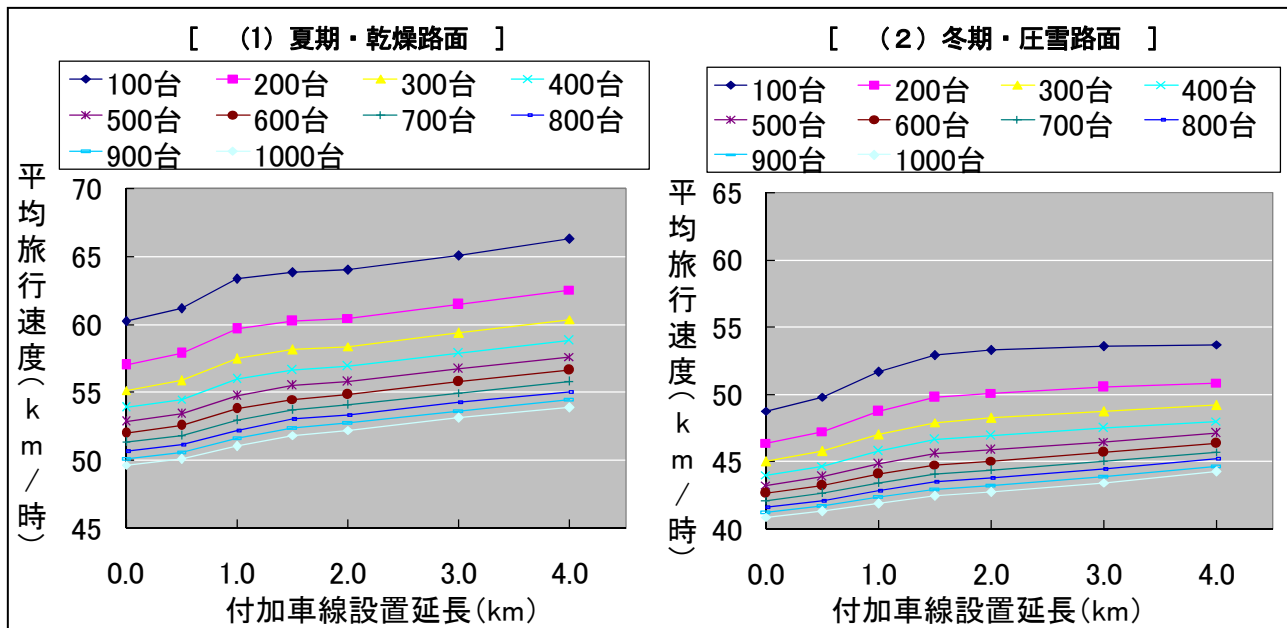


図-5 「SIM-R」による付加車線設置延長別の平均旅行速度（評価区間：10km）
（左：夏期・乾燥路面、右：冬期・圧雪路面）

夏期・乾燥路面状態では、区間内の付加車線の設置延長に比例して、区間内の平均旅行速度が向上すること、一方で、時間交通量が大きくなるに従って、平均旅行速度は低下することを示した。なお、冬期・圧雪路面状態においても同様の傾向を示したが、夏期・乾燥路面状態と比較して平均旅行速度は低下した。

4. 道路構造別除雪工法の検討に関する調査

積雪寒冷地に暮らす人々にとって、円滑な冬期道路交通の確保は必要不可欠な条件である。一方、近年の厳しい社会経済状況を踏まえて、北海道の地域、交通特性を考慮した、低コストで効果的な道路の運用・管理が求められている。このことから、地域・路線等により異なる道路構造に応じた冬期道路の効率的な除雪工法について検討した。

具体的には、道路管理者（北海道開発局）との連携の下、北海道内の国道における道路構造毎（単路部・交差点部）に、除雪機械及び除雪方法等の実態調査を行い、さらに、道路構造に応じた除雪機械の選定、除雪機種のご組合せについて検討した。

4. 1 実態調査の結果

北海道内の国道23箇所での付加車線区間における、除雪作業実態を調査した。この結果、除雪機械の配置台数が3台以上の箇所は8箇所あり、それ以外の15箇所は2台配置であった。また、2台配置箇所では、1回の除雪で2車線分の有効幅員を確保できていないため、全箇所付加車線区間を2回除雪していること、付加車線の機能を発揮できていない時間があること、除雪時間が長いことなどの実態が分かった。

4. 2 「2+1車線」道路の効率的な除雪

「2+1車線」道路の機能を発揮するためには、冬期においても2車線分の有効幅員を確保する必要がある。しかし、短い付加車線延長に対し、除雪機械を増強することは、経済的ではない。このことから、「2+1車線」道路の機能を効率的に確保するために（除雪機械台数を増やさない等の）除雪工法について検討した。

4. 2. 1 除雪必要幅員¹⁾

除雪が必要な幅員（冬期交通確保幅）は、道路構造及び交通の状況等を考慮して定めるものとされており、冬期側帯、冬期車道、冬期路肩で構成される。

3種2級道路における「2+1車線」道路の冬期交通確保幅の例を図-6に示す。

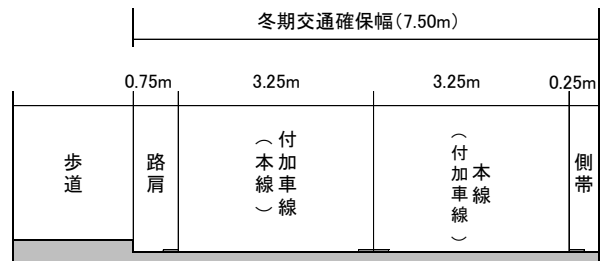


図-6 3種2級道路の冬期交通確保幅（例）

4. 2. 2 除雪機械

「2+1車線」道路の適用条件は、郊外部の片側1車線区間であることから、対象となる除雪機械は、郊外部を中心に配置されている除雪トラックが主となる。除雪トラックの除雪装置は、一般型（除雪幅員3.20m）のほか、少雪地域を中心に一部配置されている路面整形装置（以下：G装置）左スライド型（除雪幅員3.76m）がある。なお、高規格道路には、高規格道路用の一方向プラウ（以下：I装置）・G装置両スライド型（除雪幅員4.50m）も配置されている（表-2、写真-2）。

表-2 除雪トラックの一覧表

	除雪トラック		
	一般型	G装置左スライド型	両スライド型
除雪幅員	3.20m (I装置=3.20m G装置=2.90m)	3.76m (I装置=3.20m G装置=2.85~3.55m)	4.50m (I装置=3.10~4.50m G装置=2.85~4.50m)
導入箇所	一般国道	一般国道 (少雪地域を中心に一部)	高規格道路



写真-2 G装置左スライド型 スライド前後の比較

4. 2. 3 現場適応性の確認

効率的な除雪を行うためには、現場条件に適した除雪機械を配置する必要がある。しかし、G装置左スライド型は一般型に比べて除雪幅員は広いが導入実績が少なく、特に多雪地域での現場適応性は確認されていない。

このため、多雪地域である石狩市内の一般国道の除雪を担当している除雪トラックにG装置左スライド型を取付け、長期間の試験施工を行うことで、多雪地域での適応性を確認した。

試験施工の概要を表-3に示す。

表-3 試験施工の概要

施工期間	施工場所	取付車両
H21.10~H22.3	石狩市 R231、R337	除雪トラック 10t(4×4)、IG
H22.10~H23.3	石狩市 R231、R337	除雪トラック 10t(6×6)、IG

(1) ヒアリング調査

除雪装置（除雪幅員）の変更に伴う施工性（圧雪切削能力、運転挙動等）への影響について、除雪オペレータへのヒアリング調査により、施工性などを確認した。この結果、平成21年度調査では除雪負荷の少ない新雪除雪であっても、除雪条件（梯団内の走行順序、路面積雪状況等）によっては施工性に影響が生じるとの結果であった。しかし、平成22年度調査において取付車両を走行安定性に優れ国道除雪に一般的に使用されている六輪駆動（6×6）に変更した結果、新雪除雪では除雪幅員の変更に伴う施工性への影響はないとのヒアリング結果が得られた。

一方、除雪負荷が高い路面整正作業（重切削）では、六輪駆動車でも施工性への影響があるとのヒアリング結果であった。但し、主体作業である新雪除雪に比べ作業頻度が少ないこと、除雪幅員を狭くすることで、一般型と同様の作業が可能であることから、特段の支障はないと考える。

(2) 走行車線上の雪堤形状調査

梯団による新雪除雪では、先行する除雪機械は走行した左側の車線上に雪堤を形成する。この雪堤は、後続の除雪機械が施工するまで車線上にあり、その雪量が多い場合には一般通行車両が走行（車線変更等）する際の支障となる（写真-3）。このことから、除雪幅員の変化に伴う車線上の雪堤形状の変化（除雪幅員との相関）を確認するため、一般国道231号 KP12~13kmの区間において、異なる除雪幅員で上下車線の除雪を行い、それぞれ生じた雪堤形状をレーザーキャナーにより計測した。

この結果、除雪幅員と雪堤形状の相関は確認されず、広幅員化に伴う車線上の雪堤形状への影響はなかった（表-4）。また、除雪速度の影響も認められなかった。



写真-3 除雪による車線上の雪堤発生状況

表-4 車線上の雪堤形状の計測結果

		G装置左スライド型		変化量 (伸/縮)
		(縮:2.85m)	(伸:3.55m)	
2011/1/8	面積(cm ²)	870.0	660.0	75.9%
	高さ(cm)	13.7	11.4	83.2%
	幅(cm)	142.5	114.9	80.6%
	速度(km/h)	10.3	10.9	106.0%
2011/1/11	面積(cm ²)	4,060.0	4,390.0	108.1%
	高さ(cm)	33.0	39.5	119.7%
	幅(cm)	277.6	237.8	85.7%
	速度(km/h)	8.4	12.0	142.7%
2011/2/1	面積(cm ²)	2,340.0	1,930.0	82.5%
	高さ(cm)	22.2	20.3	91.4%
	幅(cm)	211.3	204.4	96.7%
	速度(km/h)	13.7	16.6	121.2%

(3) ブレード端部の視認性調査

G装置左スライド型は、スライド時に全幅からブレードが0.56mはみ出す（写真-2）ため、後続車両への注意喚起を目的に、ブレード左端部にLED灯火を取付た（写真-4）。

このことについて、除雪請負会社に対してヒアリング調査を実施した結果、後続車両からの視認性が向上したという意見のほか、除雪オペレータからもブレード端部位置の把握が容易になった旨の意見など、良好な評価が得られた。

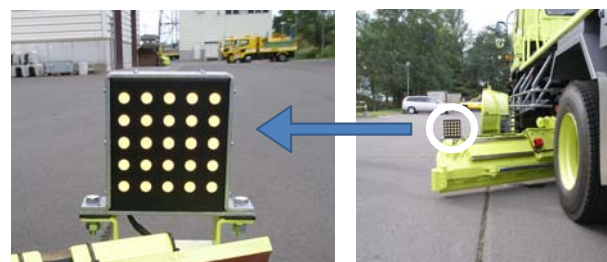


写真-4 LED灯火の取付状況

(4) 施工上の注意点

長期の試験施工により、G装置左スライド型での施工における注意点を確認した。

G装置左スライド型は、一般型とは異なり切削刃面が2面あり、その刃面は前後方向に17mmオフセットしている。このため、特に切削角度を短時間で変更させることにより、除雪後の圧雪路面上に段差を生じさせることが判明した。このことから、G装置左スライド型においては、極力段差を生じさせないよう施工上の注意が必要である。

4. 2. 4 除雪工法の提案

各種調査の結果、多雪地域でのG装置左スライド型の現場適応性が確認出来たことから、一般国道での梯団除雪機械として、一般型（施工幅員：3.20m）のほか、G装置左スライド型（施工幅員：3.76m）も組合せが可能となった（表-5）。

具体的な例として、冬期交通確保幅が7.5m（図-6）の道路を除雪する場合、一般型の除雪トラック2台による梯団除雪の除雪幅員は5.90m（表-5）であり、本線及び付加車線を一度の除雪で確保することが出来ない。このため、「2+1車線」道路の機能を発揮するためには3台以上による梯団除雪が必要である。

一方、G装置左スライド型では、2台による梯団除雪の除雪幅員は7.02m（表-5）であり、冬期交通確保幅のうち、本線及び付加車線のほか側帯及び路肩の一部も確保できることから、梯団除雪後における路肩部の幅員確保を前提に、除雪機械台数及びコストの削減が可能となる（表-6）。

表-5 除雪トラックの梯団除雪の除雪幅員（例）

機種・規格	除雪幅員／梯団台数			備考
	1台	2台	3台	
除雪トラック 一般型	3.20m	5.90m	8.60m	I装置含む
除雪トラック G装置左スライド型	3.76m	7.02m	10.28m	I装置含む

*除雪ラップ幅=0.5m

表-6 梯団除雪によるコスト比較（例）

		必要固定経費(千円/年)		
		購入費	整備及び修理費	計 (削減率:%)
一般型 (3台)	10t, 4×4, IG ×2台 10t, 6×6, IGS ×1台	3,688	2,221	5,909
G装置 左スライド型 (2台)	10t, 6×6, IG ×1台 10t, 6×6, IGS ×1台	3,029	1,862	4,891 (17%削減)

5. まとめ

(1) 路面状態の変化を考慮した2車線道路の追越実態の把握

一般国道275号新十津川町の直線区間1.6kmを対象とし、夏期・乾燥路面と冬期・圧雪路面における追越しの実態調査を実施した。この結果、夏期・乾燥路面では、対向車線交通量が約20台以下/5分間になると、進行方向の追越車率が10%を超えた。他方、冬期・圧雪路面では、対向車線交通量に関わらず、追越可能となる機会が極端に少なくなることが分かった。本実測調査の結果を踏まえ、路面状態の変化を考慮した2車線道路の追越モデルを構築した。追越モデルでは、自車の追越時に対向車との必要クリアランス値（路面状態を考慮した値）を設定することで、夏期と冬期の追越挙動を再現することが可能となった。

(2) 「2+1車線」道路の設置効果の検証

2車線道路の走行性を向上させるために、安全で円滑な追越が可能となる付加車線の設置効果について、交通流シミュレーションプログラム「SIM-R」による感度分析を行い検証した。その結果、評価対象区間内の付加車線の設置延長が長くなるに従って、平均旅行速度が向上することを示した。また、冬期・圧雪路面では、夏期・乾燥路面と比べて平均旅行速度が低下することを示した。

(3) 「2+1車線」道路に対応した除雪工法の提案

実際の除雪工法の策定にあたって、各現場状況（冬期交通確保幅、付帯除雪状況等）に応じた検討が必要であるが、G装置左スライド型の現場適応性を確認出来たことで、道路構造に応じた効率的な除雪工法の提案が可能となった。

(4) 技術資料の提案

北海道の地域、交通特性及び除雪作業を踏まえた道路設計・交通運用に関する技術資料として、「北海道における『2+1車線』道路の適用に関する手引き」（素案）をとりまとめた。

参考文献

- 1) 日本道路協会：「道路構造令の解説と運用」、平成 16年 2月