

冬期道路におけるすべり特性の把握と診断技術の開発について

(独) 土木研究所寒地土木研究所寒地交通チーム
(独) 土木研究所寒地土木研究所寒地交通チーム
(独) 土木研究所寒地土木研究所寒地交通チーム

○徳永ロベルト
藤本明宏
切石亮

寒地土木研究所は、路線の冬期路面状態を定量的に把握可能な路面すべり抵抗値測定装置を用いて冬期道路の路面状態を調査し、路面管理の実施による効果の説明性向上に資する研究に取り組んでいる。本報では、実道の冬期路面のすべり抵抗モニタリング調査から得たデータと気象・道路構造・維持管理等を踏まえた冬期路面状態の出現傾向、要注意箇所・条件等に関するこれまでの分析結果を紹介するとともに今後の展望について述べる。

キーワード：冬期道路、路面状態、すべり抵抗値、維持・管理

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地域の道路を所管する道路管理者は、冬期の交通機能確保・維持のため除排雪等の道路管理を恒常的に行っているが、昨今の厳しい財政事情により道路の維持管理費が削減され、管理基準等が見直されている。他方、道路を良好な状態に維持することは道路管理者の責務であるため、厳しい財政状況下でも冬期の維持管理をより効率的に行うことが求められている。このような中、冬期の路面管理の判断の基本となる路面状態の評価は、主に目視による担当者の経験と主観に基づいて行われているのが現状¹⁾であるため、凍結防止剤等の過剰散布や散布の見落としが懸念される²⁾。また、時々刻々と変化する気象・路面状態に対し、重点管理区間の選定や管理作業が適切に行われているかは定かではない。以上のような状況下において冬期道路の安全性・円滑性を引き続き確保・維持していくためには、冬期道

路の状態、維持管理による効果等を定量的に把握・評価することが不可欠である。

著者らは、路線の冬期路面状態を定量的に把握可能な連続路面すべり抵抗値測定装置を用いて冬期道路における路面状態を調査し、路面管理の実施による効果の説明性向上に資する研究に取り組んでいる。本報では、実道における冬期路面のすべり抵抗モニタリング調査から得た計測データと気象・道路構造・維持管理等を踏まえた冬期路面状態の出現傾向、要注意箇所・条件等に関するこれまでの分析結果を紹介するとともに今後の展望について述べる。

2. 冬期路面のすべり抵抗モニタリング

冬期路面のすべり抵抗モニタリングは、札幌圏内の一般国道230号を始め、北海道内外の国道や高速国道において過年度より実施している。

一般国道230号（KP0.9～45.2の区間）の場合、対象区間は始点（北1条西11丁目・標高約25m）から、都心部（DID区間）、郊外部、山間部を通過して峠部（中山峠・標高約840m）に至る約44kmであり、気象条件の変化や様々な沿道状況が観測可能である。当該路線における路面すべり抵抗モニタリングは、平成19年度冬期（12月上旬～3月上旬）より2往復/平日（未明～午前中）を実施している。

写真-1は、路面すべり抵抗モニタリングで使用した「連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT：Continuous Friction Tester）」³⁾である。CFTは、SUV型道路パトロールカーの後部に取り付け可能なけん引式計測装置で、測定輪にはけん引車両の進行方向に対して1～2度のトー角



写真-1 連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）

が設定されており、けん引車の走行によって横方向に発生する力からすべり抵抗値（HFN: Halliday Friction Number）を出力する。

HFNデータは、車両速度データ等と組み合わせて外部記録装置に記録されるとともに、通信端末を介して寒地土木研究所が所有する冬期道路マネジメントシステム⁴のサーバーにデータを15秒毎に転送し、WebGIS上に反映される仕組みとなっている。このシステムの活用により、道路巡回中の作業員と事務所の監督員はリアルタイムに情報を共有することができる。また、冬期路面管理作業データについては、当該路線を管理する国土交通省北海道開発局より提供頂いている。著者らは、データの取得に際して種々の分析を効率的に行うために、冬期道路マネジメントシステムの機能拡充に取り組んでいる。具体的には、道路管理者が所管している除雪機械等情報管理システム⁵から、維持管理車両毎の作業日時、作業区間等のデジタルデータを冬期道路マネジメントシステムに集約し、路面すべり抵抗モニタリングデータ等とマッチングの上データベースに蓄積できるようにしている。

3. 冬期路面状態およびすべり抵抗値の出現特性

図-1は、平成19～24年度の6冬期間（1月）に計測した一般国道230号の冬期路面状態（HFN）の出現率を示す。グラフの横軸は、キロポスト（KP）を表し、左側の始点（KP：1.0）から、都心部のDID区間、郊外部、山間部を通過して終点（KP：45.0）の中山峠部に至る。縦軸は、路面状態の出現傾向で、HFNデータをHFN：45未満（赤：雪氷路面）、HFN：45～59（黄：断続的な路面）、HFN：60～（緑：露出路面）の3水準に区分し、冬期の路面状態（HFN）の出現率を表している。

一般国道230号における冬期路面状態およびHFNの出現特性の主な特徴を以下に列挙する。

- ① 各年度によってHFNの出現率は異なる
- ② 各年度におけるHFNの出現率の分布系は概ね同じ
- ③ 気象条件が同様でもHFNの出現率は必ずしも一致しない

①の主な要因は、各冬の気象条件の違いがHFNの出現率に影響を与えていると考える。その例として、6冬期

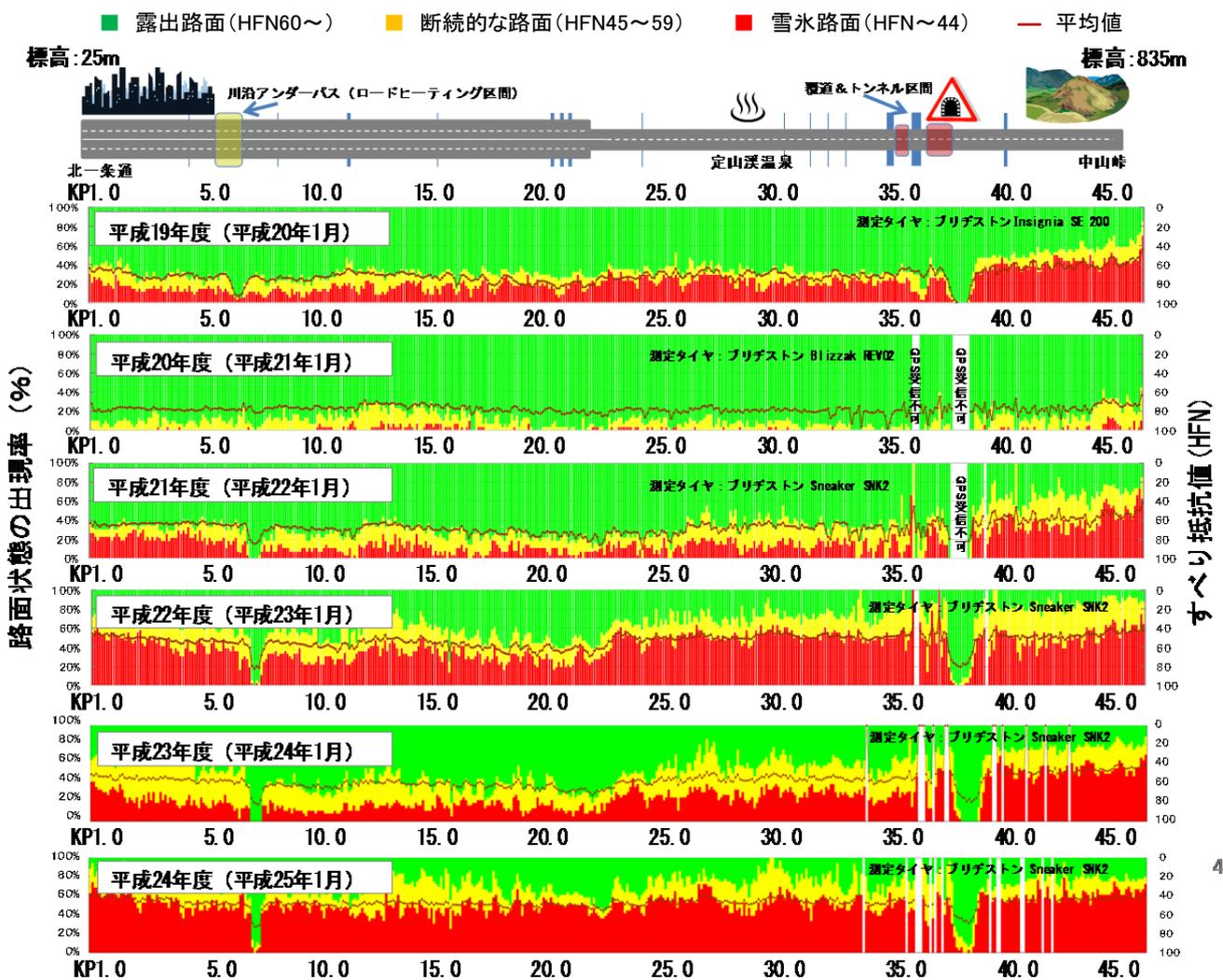


図-1 一般国道230号における路面状態及びHFNの出現特性（平成19～24年度・1月）

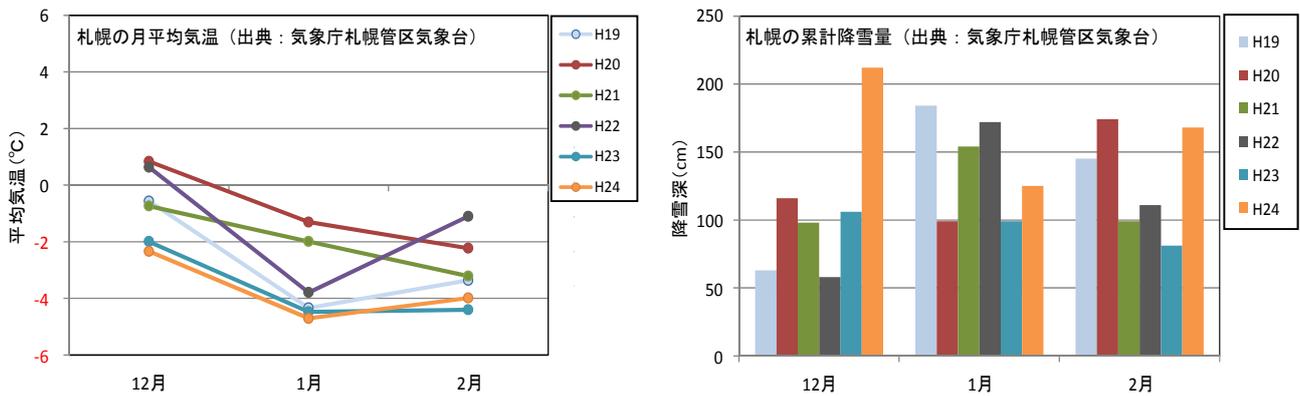


図-2 平成19~24年度における札幌圏内の月平均気温 (左) 及び累計降雪量 (右)

表-1 除雪作業の推移 (平成19~24年度・1月)

| 実施年度 | 除雪作業出動回数 (1月) | | |
|--------|---------------|------|------|
| | 新雪除雪 | 路面整正 | 拡幅除雪 |
| 平成19年度 | 80 | 90 | 75 |
| 平成20年度 | 63 | 141 | 99 |
| 平成21年度 | 65 | 151 | 82 |
| 平成22年度 | 89 | 45 | 29 |
| 平成23年度 | 75 | 96 | 47 |
| 平成24年度 | 82 | 115 | 43 |

間の中で1月の平均気温が最も高く、1月の月累計降雪量が最も少ない平成20年度 (図-2) は、雪氷路面 (赤色) の出現率がこれらの期間の中で最も低い。

②に関しては、いずれの冬期間も標高が高くなるに従って雪氷路面 (HFN: 45未満) の出現率が高くなる傾向を示している。また、トンネルやアンダーパス区間前後において路面状態の出現率の変化が著しいことも示している。よって、道路構造や標高と路面状態の出現率に一定の相関性があると言える。

③に関しては、図-2に示す月平均気温、月累計降雪量が類似している平成19年度 (平成20年1月) と平成22年度 (平成23年1月) を比較すると、平成22年度はHFN60以下の出現率が平成19年度より高い。一つの要因として、表-1の例 (除雪作業) のように平成22年度の冬期道路管理基準の見直しが課せられた際に、道路管理者が一層の努力と工夫によるコスト削減に取り組んだ⁹⁾ことが影響したと考えられる。

以上のように、路面状態の出現率は気象条件や道路構造の影響に限らず、維持管理作業等の影響も受けることが考えられる。今後は、関係データの蓄積を継続しながら、維持管理作業を含め、すべり特性に影響を及ぼす因子を明らかにし、総合的な評価による冬期道路管理水準の妥当性に関する検討を進める予定である。上記のような結果は、路線の要注意箇所の抽出に限らず、維持管理水準の違いによる効果を示すための説明性の高いツールとして活用が期待される。

4. 路線における冬期路面のすべり特性について

著者らは、道路構造、標高、気象条件が路線における冬期路面のすべり特性に与える影響を把握するための基礎分析を行った。本章では、トンネル坑口前後におけるすべり特性及びすべり特性診断技術確立の可能性について検討した結果を紹介する。

(1) トンネル坑口前後の冬期路面すべり特性

図-3は、北海道の高速道路における2つのトンネル坑口前後の冬期路面すべり特性を示す。同図は、上段にトンネルA、下段にトンネルB、左列は平成23年12月13日 (天候：曇り)、右列は同年12月15日 (天候：雪) のHFNの変化を示す。なお、これらの結果はトンネル外 (左) からトンネル内 (右) に向かって50~70km/hで計測した際のものである。まず、トンネルAに着目すると、12月13日のHFNはトンネル外でHFN80~100と高い値を示したが、坑口から約30mのトンネル内でHFNが急激に低下し、その先約50mに亘ってHFN35~40と低い値を示した。一方、12月15日の場合はトンネル坑口±100mにおいて著しい変化はなく、HFN40~50を推移した。

次に、トンネルBについて述べる。12月13日の場合、トンネル外でHFNが約40から坑口に向かって約70まで上昇したが、坑口から約20mトンネル内に入った地点でHFNが再び約40まで低下し、その後再上昇した。一方、12月15日の計測結果はトンネル外からトンネル内40mまでHFNが約40と低く、その後、約70まで上昇した。

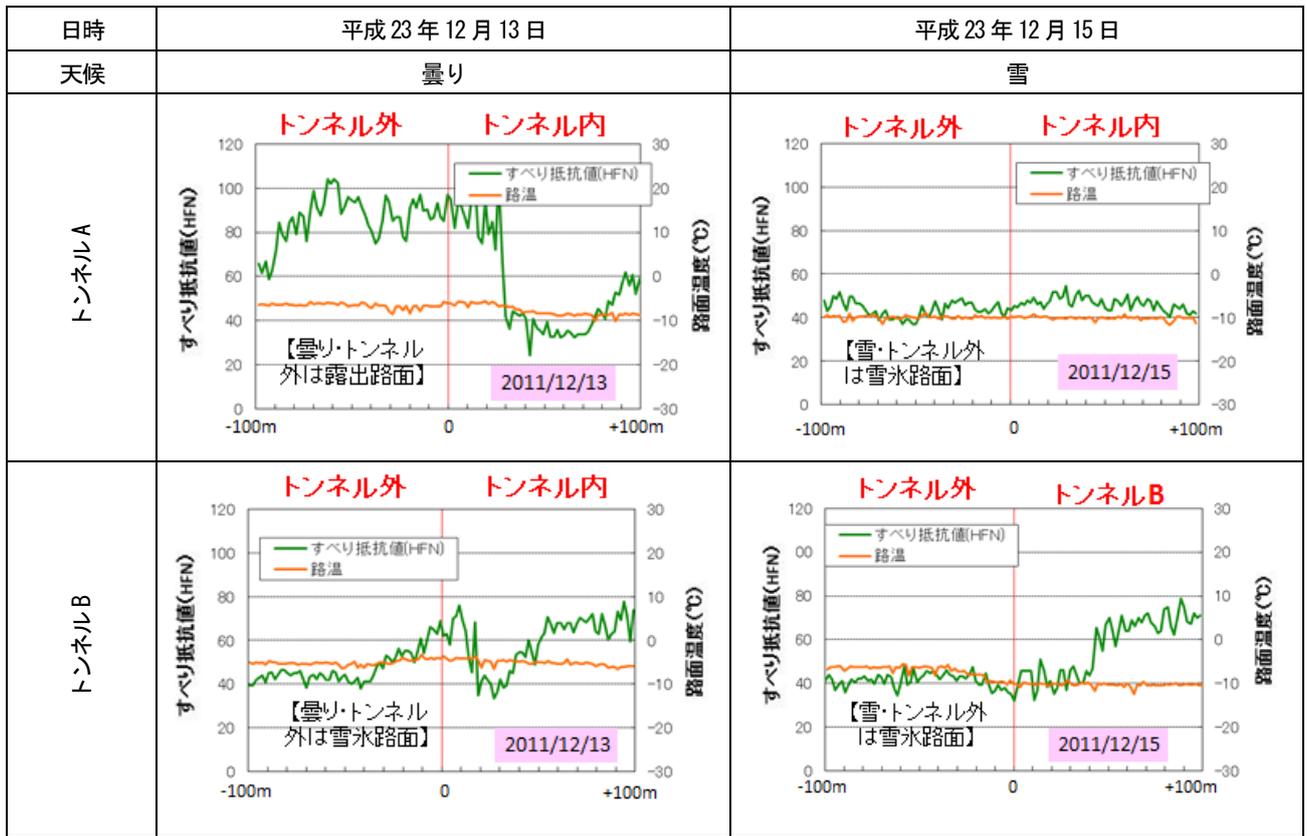


図-3 トンネル坑口前後における冬期路面のすべり特性

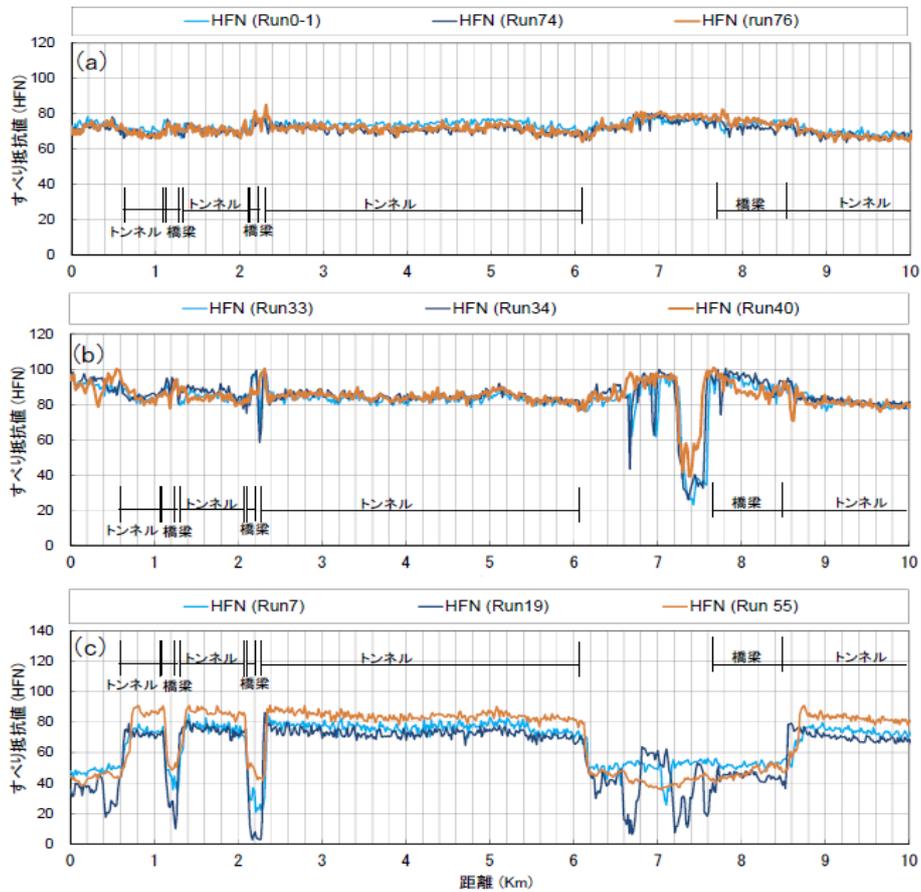


図-4 同一路線におけるすべり特性の再現性

(a:晴・晴天が続いた日、b:晴・気温が夜間に急激に低下した日、c:雪・日中の降雪のある日)

以上の結果から、同様の気象条件であってもトンネルによって坑口前後のHFNの分布は異なり、また、同じトンネルであっても気象条件や路面状態の違いによってHFNの分布が異なることを確認した。今後は、気象条件やトンネルを取り巻く環境条件を考慮したトンネル坑口付近の冬期路面すべり抵抗特性の定性的評価を行うため、継続的なデータ取得及び分析を進めたい。

(2) すべり特性診断技術確立に向けた検討

図-4は、冬期路面のすべり特性を気象条件で分類し、HFNの分布の再現性について調べた結果の一例である。同図上段 (a) は、晴・晴天が続いた日、中段 (b) は気温が夜間に急激に低下した日、下段 (c) は雪・日中の降雪のある日のHFN分布である。何れも、同路線及び区間における3日間のHFNデータを重ねて示したものである。同図 (a) では、路線方向のHFN変化が小さく、3日間ともに分布系がほぼ一致した。同図 (b) では、距離7~8kmの間で何れの日も急激なHFN低下が認められる。同じく、同図 (c) でも橋梁やトンネル坑口でHFN低下の度合は異なるものの、3日間ともに同じ区間で急激なHFN低下があった。このように気象条件で区別した路線のすべり抵抗分布には、一定の再現性があることを確認した。今後は、路線のすべり特性に影響を与える各要因及び条件を把握・分類し、道路気象・道路構造等を考慮した路線のすべり特性診断技術の確立を目指したい。

5. まとめと今後の課題

著者らは、路線の冬期路面状態を定量的に把握可能な路面すべり抵抗値測定装置を用いて冬期道路における路面すべり抵抗モニタリング調査を行い、得た計測データと気象・道路構造・維持管理等を踏まえた冬期路面状態の出現傾向、要注意箇所・条件等について分析した。

冬期路面状態 (HFNの出現率) については、気象条件や道路構造の影響に限らず、維持管理作業等の影響も受けることが分かった。また、路線のすべり特性については、トンネルの場合、同じ気象条件でもトンネル坑口前

後のHFNの分布は異なり、同じトンネルであっても気象条件や路面状態の違いによってHFNの分布が異なることを確認した。

冬期路面のすべり特性診断技術確立に向けた検討では、気象条件で分類したすべり特性の再現性について調べた。その結果、路面のすべりモニタリングデータを、気象条件で分類・集計することにより、路線や構造物前後の路面のすべり特性には一定の再現性が認められ、パターン化が可能であることを確認した。

今後は、引き続き道路管理者と緊密な連携を図りながら実道におけるすべり抵抗モニタリングを継続的に実施し、路線における冬期路面のすべり特性診断技術の確立を目指す所存である。

参考文献

- 1) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル (案)、平成9年11月
- 2) 高橋尚人、徳永ロベルト、舟橋誠：冬期路面状態の評価と管理手法に関する研究、土木学会安全問題研究論文集Vol.3、pp.17-22、平成20年11月
- 3) Halliday Technologies Inc.: RT3 Friction Measurement Technology Saves Lives & Money, URL: <http://www.hallidaytech.com/>, April 2012
- 4) 徳永ロベルト、切石亮、高橋尚人：冬期道路管理の高度化に資する意思決定支援システムの構築について、第29回日本道路会議論文集CD-ROM、平成23年11月
- 5) 佐々木憲弘、小野寺敬太、豊島真生：除雪機械のリアルタイムな位置情報を活用した除雪工区の弾力的な運用システムの開発、第53回 (平成21年度) 北海道開発技術研究発表会講演集、URL: http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/giken/h21_pre_intra/pdf_files_h20FY/FY-8.pdf、平成22年2月
- 6) 国土交通省北海道開発局建設部道路維持課：今冬の除雪の基本方針について、国土交通省北海道開発局報道発表資料 (平成22年12月3日)、URL: <http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyuu/h22/1203/06.pdf>、平成22年12月