

雪氷路面对策の土木史的評価

Historical Study in Civil Engineering on Winter Road Surface Maintenance

浅野 基樹

By Motoki ASANO

要旨

我が国は、雪寒法などにより、機械除雪の改良・普及、除雪延長の延伸などに力を注ぎ、道路除雪事業の充実を図ってきたが、1970年代後半からスパイクタイヤ粉じんが社会問題化し、条例等によるスパイクタイヤ使用の部分規制の後、1990年には「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」が施行され、スパイクタイヤ使用は実質に全面禁止となった。その結果、粉じん問題は解消されたが、当初想定していなかった非常に滑りやすい路面が発生し、路面管理の重要性が増した。スパイクタイヤ規制は、従前からの道路除雪事業に加え、路面管理を冬期道路管理の最も重要な要素技術の一つとさせた土木史上の転機であった。本論文では、冬型事故増加、凍結防止剤散布量増加および冬期交通特性悪化などの負の影響も考慮した雪氷路面对策に関する論理的・総合的な政策評価の必要性を論ずるものである。

1 はじめに

北海道などの積雪寒冷地では、1970年代後半から、スパイクタイヤ粉じんによる生活環境の悪化、人の健康への懸念、舗装の磨耗、わたちによる交通事故等の問題が社会問題化した。様々な脱スパイクタイヤ運動の後、1990年には、「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」(以下、スパイクタイヤ規制法)が施行され、スパイクタイヤは実質的に禁止となった。スパイクタイヤ装着を実質的に全面禁止する政策を、北海道のような多雪寒冷でなおかつ都市を抱える地域で導入しているのは、世界的にも稀で、非常に先駆的な政策である。しかし、法の施行後、スパイクタイヤ粉じんの問題は解消されたが、当初想定していなかった非常に滑りやすい路面が発生し、冬型事故の増加、冬期交通特性の悪化、および凍結防止剤による環境懸念などの負の影響も現れていると筆者らは報告している¹⁾。

本論文は、我が国のスパイクタイヤ規制の雪寒道路事業史上の位置づけやスパイクタイヤ規制後の課題について述べ、雪氷路面对策に関する政策評価の必要性を論じるものである。

2 北海道の雪寒道路事業の歴史

(1) 馬そり交通時代：戦前

戦前、北海道の道路の機械除雪は、市内の一部を除いて行われておらず、ほとんどが人力と馬力牽引三角プラウによるものである。冬期の郊外部の道路交通は、いわ

ば馬そり交通の時代であると言ってよい。

(2) 除雪事業の黎明期：昭和20年代

本格的な道路除雪は、終戦直後の1945年、駐留米軍の命令によって始められた。除雪延長は初年度、小樽～札幌～真駒内間等の約55kmであった。除雪機械は、旧日本軍の滑走路用除雪車で、合わせて多数の労務者を必要とした。1947年には、バス会社(北海道中央バス)による除雪も行われている。

1948年度からは、中央との折衝の結果、初めて道路修繕費による機械除雪が北海道で開始された。初めて公共事業費で除雪が実施されたということである。

除雪技術の面では、除雪専用の機械による除雪ではなく、国産土工用グレーダによる除雪、外国製除雪ドーザの導入など、機械除雪の黎明期とも言える時期である。

(3) 除雪に関する法制度等の整備・確立：昭和30年代

1956年には、積雪寒冷地における交通の確保に本格的に取り組むため、「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」(いわゆる、雪寒法)が施行され、平年的な降積雪の場合においても、雪対策が総合的な施策として計画的に行われるようになった。

この法律に基づき、1957年度から「積雪寒冷特別地域道路交通確保五箇年計画(略：雪寒五箇年計画)」(第1次は六箇年計画)が策定され、この年から雪寒事業(除雪、防雪、凍雪害防止事業)が開始され、本格的に除雪事業が展開されるようになった。

また、36豪雪を機に、1962年には、地域振興的色彩合いが強いが、恒常的な降積雪のある豪雪地帯対策に対する基本的法律である「豪雪地帯対策特別措置法」(いわゆる、豪雪法)も制定された。

この時期は、積雪寒冷地の道路に関する基本的な法制

*Keyword : スパイクタイヤ規制、冬期路面管理、除雪

**正会員(独)北海道開発土木研究所道路部交通研究室
(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

表-1 北海道における雪寒道路事業に関する年表

制度等		事業・技術	
1911			・鉄道除雪(米国製ラッセル車)
1925			・札幌電気軌道「ブーム式除雪車(ササラ電車)」
1932~1933		戦前:馬そり交通時代	・米国製トラックによる札幌市内での試験除雪
1942~1943		(人力除雪・馬力牽引 三角ブラウ)	・戦争による鉄道撤去にともなう代替バス運行のための試験除雪 ・国産Vブラウ付き外国製トラックの導入
1945	除雪事業黎明期		昭和20年代 機械除雪黎明期 ・駐留軍の命令による除雪(指定路用除雪車、小橋~札幌~真駒内間55km) 北海道中央バスによる除雪(札幌市豊平~月寒間)
1947			
1949		北海道で道路修繕費による機械除雪開始	
1950		北海道道路運送冬期対策協議会(第1回札幌雪まつり)	・国産の土工用クレータによる除雪開始
1951			・外国製Vブラウ付きタイヤドーザの導入
1954		(駐留軍撤退)	
1955			昭和30年代 除雪機械導入の初期
1956		雪寒法(平年の降積雪の場合においても、雪対策が総合的な施策として計画的に行われるようになった)	・国産初の専用ロータリ除雪車を試作
1957		第1次雪寒五箇年計画(第2次から五箇年計画)	・国産初のタイヤドーザの導入
1959		雪寒事業(除雪、防雪、凍雪害防止事業)の開始	
1960		(兼用車用スノータイヤ販売)	除雪率 国道66%、道道26%、札幌市10数%
1961		第2次雪寒五箇年計画(36豪雪)	
1962		豪雪法(恒常的な降積雪のある豪雪地帯に対する基本的法律、地域振興法的色合い)	(スパイクタイヤ関連)
1963		(38豪雪)	・スパイクタイヤ国内販売開始
1964		雪寒地域建設機械整備費	・トラック・バス用スノータイヤ販売
1964		第3次雪寒五箇年計画	
1965		豪雪対策基本計画	昭和40年代 除雪機械の増強(トラック、クレータ、ロータリ)
1967		第4次雪寒五箇年計画	除雪率 国道94%、道道66%、札幌市20数%
1968		(43豪雪)	・大型ロータリ除雪車(1000PS)の開発
1969		(44豪雪)	
1970		第5次雪寒五箇年計画	・道路構造令改正(堆雪幅) 大型除雪クレータ(4m級)の開発
1970		豪雪法改正(特別豪雪地帯の地域指定)	除雪率 国道97%、道道76%、札幌市約40%
1972		第11回札幌オリンピック冬季大会	・トラック・バス用スパイクタイヤ販売
1974		第6次雪寒五箇年計画(49豪雪)	・歩道除雪開始
1975			・道内乗用車スパイクほぼ100%
1976		(51豪雪)	昭和50年代 除雪機械の大型化、高速化、専用化
1977		雪寒機械格納施設補助事業(除雪ステーション)	除雪率 国道97%、道道84%、札幌市50数%
1978		防雪対策として防雪林設置(52豪雪)	
1979		第7次雪寒五箇年計画、雪寒事業に初めて流雪溝事業を採択	・トラッククレータの開発
1980			除雪率 国道97%、道道85%、札幌市90数% 除雪クレータにサイドシャッタ導入、歩道用サイドブラウ(クレータ装着)の開発
1981		(56豪雪)	・水結防止試験舗装
1982			
1983		第8次雪寒五箇年計画	・除雪機械の施工記録装置と処理システム開発
1984		(59豪雪)	・圧雪粗面形成装置の開発
1985		(60豪雪)	昭和60年代 除雪機械自動化 除雪率 国道97%、道道85%、札幌市90数% 昭和60年代 流雪溝、ロードヒーティング、歩道除雪等の本格 取組、"ふゆトピア"事業
1986		(61豪雪)	・耐摩耗・耐流動コム入りアスファルト試験舗装
1987		(62豪雪)	・ICカードによる除雪管理システムの開発
1988		第9次雪寒五箇年計画	・自動制御除雪クレータの開発、自動制御型ロータリ除雪車の開発
1989		(64豪雪)	・安全対策型小型除雪機の開発
1990		北海道脱スパイクタイヤ推進条例(北海道)	平成年代 除雪機械の多機能化、操作性の向上、質の向上
1990		北海道・長野県の弁護士有志、国を相手に「スパイクタイヤ使用禁止等調停申請」提出	・ロータリ除雪車走行自動制御技術の開発
1991		スパイクタイヤ生産中止	・一車線積込型ロータリ除雪車の導入
1991		スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律の施行	除雪率 国道98%、道道91%、札幌市90数% 総輪駆動式除雪クレータ導入、広幅員(4.3m級)除雪クレータ導入、自動変速、自動路面製正装置付除雪トラック導入
1992		道央自動車道で史上最大の多重衝突事故(巻き込まれ台数186台)	・簡易操作型歩道除雪機導入
1993		第10次雪寒五箇年計画	・多車線型凍結防止剤散布車
1994			・粗面形成車の開発
1995			・ブラシ付凍結防止剤散布車
1997			移動道路情報車の開発
1998			路面に残さない除雪作業の徹底
2000		第11次雪寒五箇年計画	路面製正除雪回数増加
2001			凍結防止剤散布量の増加
2002			凍結防止剤しみだし工法
2003			砂箱の設置
2004			耐流動性舗装
2005			グルーピング舗装
2006			ロードヒーティング
2007			排水性舗装
2008			道路情報の拡充
2009			路面凍結予測技術
2010			チェーン着脱場
2011			広報強化
2012			ゴムマット舗装
2013			SNET情報共有化
2014			舗装表面処理工法
2015			峠情報画像提供システム
2016			寒地ITS

参考文献:北海道道史(1行政計画編、II技術編)、北海道道史調査会編、平成2年6月;北海道の道路、北海道開発局、平成7年7月;雪国の視座、雪国の視座編集委員会編、2001年、毎日新聞社;北海道関係行政機関スパイクタイヤ対策連絡協議会「冬道対策検討部会資料」、2002年;冬期路面対策事例集(社)雪センター、1987年5月;札幌市雪対策基本計画(H12~H21)、札幌市、2000年8月;北海道開発局における除雪機械の変遷、北海道開発局建設機械工作所、1980年3月;冬期道路管理、国土交通省北海道開発局、2002年1月;除雪事業に果たしたバス事業者の役割、第19回寒地技術シンポジウム

度の整備、確立がなされた時期である。

これらの制度面の整備により、本格的に専用の除雪機械の開発も行われるようになり、ロータリ除雪車や除雪用タイヤドーザ、除雪トラックなどの開発、普及が始まった。

(4) 法制度等の充実：昭和40年代～50年代前半

その後、1970年には特別豪雪地帯の地域指定を行う豪雪法の改正や道路幅員に堆雪幅を設ける道路構造令の改正、1977年には除雪ステーションの整備を行う雪寒機械格納施設補助事業の採択、1978年には雪寒事業での流雪溝の採択があり、冬期道路に関わる法整備等のさらなる充実がなされた。

この時期には、除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車等の除雪機械の増強、除雪機械の大型化、高速化などが進み、また、歩道除雪も開始され、技術面も発展した。

(5) スパイクタイヤ使用制限強化の時代：1980年代

a) スパイクタイヤの普及

スパイクタイヤは、1950年代に北欧において登場した。我が国では、1962年から販売され、1970年ころから本格的に普及し、1985年には800万本に達した²⁾。

スパイクタイヤが急速に普及した背景には、氷結路面上におけるすべり止め装置としての優秀性がある。発進や停止、コーナリング時の信頼性に加え、タイヤチェーンと比較して耐久性、着脱性、乗り心地等において優れているからである^{3) 4)}。なお、札幌オリンピックが開催された1972年には、北海道の条例によって冬期のすべり止め装置が義務付けられている⁵⁾。

b) 諸外国のスパイクタイヤ規制⁵⁾

1983年当時、スパイクタイヤの使用が許可されている諸外国においても、使用期間、車種、スパイクピン、速度などの規制は行われていた。

諸外国での規制理由は、道路舗装の損傷が激しいこととその補修費が膨大であることである。

その他、わだち掘れ、わだち掘れに起因するハイドロプレーニング・滑りやすい路面・走行位置の変化・水はね、マーキングの磨耗、騒音およびスピード超過等が悪影響として認識されていた。

c) 我が国におけるスパイクタイヤ問題²⁾

我が国においては、諸外国と同様の舗装磨耗やわだち等の問題に加え、スパイクタイヤ粉じんによる大気環境への影響が大きな問題となった。その影響として、喉の痛み、咳、気管支喘息等、動物実験による肺とリンパへの異物沈着などの健康影響、身体や衣服の汚れ、不快感、洗濯物や家具の汚れなどの生活環境への影響が報告されている。

d) 脱スパイクタイヤ運動と法の施行²⁾

このような状況の中で、市民活動家、医療関係者および弁護士等が車粉公害防止を訴え始め、1983年には、第1回東北六県北海道札幌市「スパイクタイヤ問題連絡幹事会」が開催されるなど、行政機関での検討も開始され

た。その後、スパイクタイヤ製造販売の中止を内容とする1988年の国の公害等調整委員会の調停成立を挟んで、1985年には宮城県、1987年には札幌市、1989年には北海道のスパイクタイヤ規制に関する条例が制定された。

その後、中央公害対策協議会の申告を受け、1990年6月にスパイクタイヤ規制法が公布施行され、現在に至っている。

なお、この時期の除雪機械技術の発展としては、自動化、多機能化、操作性の向上など、質の向上に関する事柄が多い。

(6) スパイクタイヤ規制法の適用以降：1992年以降

スパイクタイヤ規制法の施行以降、1992年には罰金規則が適用となり、この年度の冬から指定地域内でのスパイクタイヤ装着車はほとんどなくなった。その結果、それまで想定していなかった非常に滑りやすい路面（いわゆる、つるつる路面）が発生するようになった。これは、スパイクタイヤに替わるスタッドレスタイヤが雪氷路面に磨きをかけた結果発生した路面である。スパイクタイヤがある程度混入していた時代にはスパイクピンによる粗面効果によりこのような路面は発生していなかったが、スパイクタイヤが全くなかった時点でその効果も消え去り、それまで想定していなかった路面が発生し始めたということである。その結果、道路管理者が行う冬期路面対策の強化が強く求められるようになった。

3 スパイクタイヤ規制の効果と課題²⁾

(1) スパイクタイヤ規制の効果

スパイクタイヤ規制の効果は、車粉の解消による大気環境の改善である。

図-1は、地域指定の目安となっている降下ばいじん量の札幌市における経年変化を示す。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減少し、平成6年度には基準の20トン/km²/月⁶⁾を下回っており、大気環境は改善されたと言ってよい。

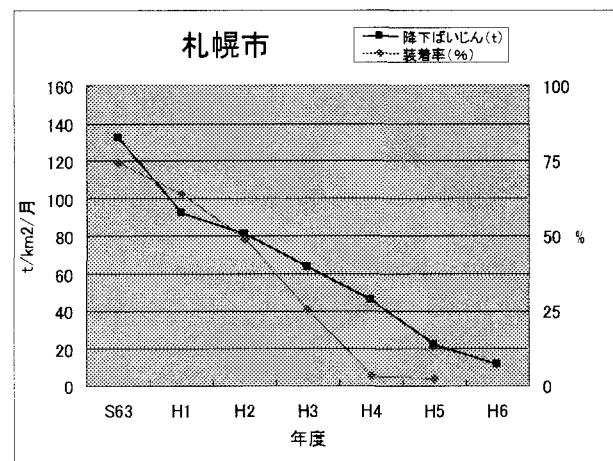


図-1 スパイクタイヤ装着率と降下ばいじん量の推移（札幌市）²⁾

また、浮遊粒子状物質（SPM）についても、降下ばいじん量と同様に、スパイクタイヤ装着率の減少とともに

に確実に減少した。なお、平成13年に増加したのは黄砂等の影響であると考えられている。

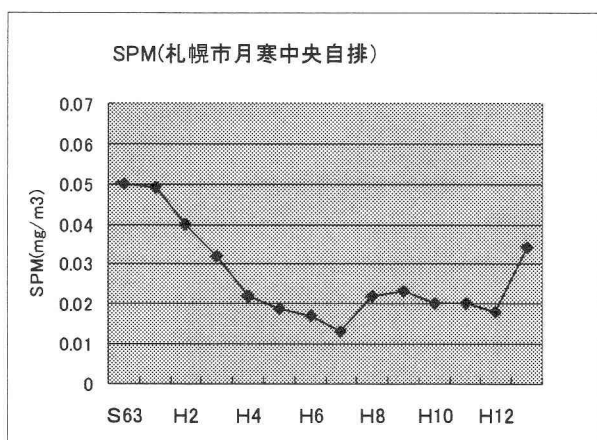


図-2 浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度の推移 (札幌市月寒中央自排)²⁾

スパイクタイヤ規制前後の大気の写真で見るとその効果が視覚的に理解できる。



写真-1 スパイクタイヤ規制前²⁾

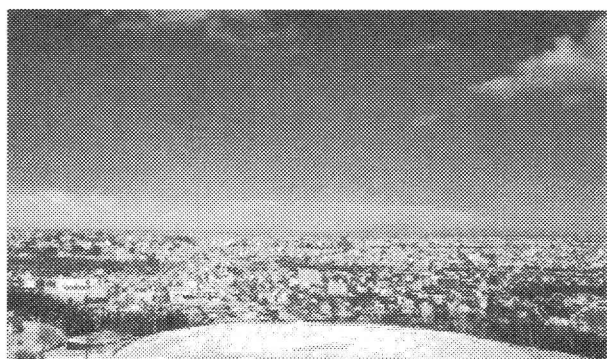


写真-2 スパイクタイヤ規制後²⁾

(2) スパイクタイヤ規制後の課題

a) つるつる路面の発生

スパイクタイヤ規制による罰金規則が適用となった平成4年度の冬には、スパイクタイヤ規制の指定地域内では、スパイクタイヤの装着率が2~3%となり、スパイクタイヤはほぼ使われなくなった。その結果、過去には想定できなかった非常に滑りやすい路面(つるつる路面)

が発生した(写真-3)。

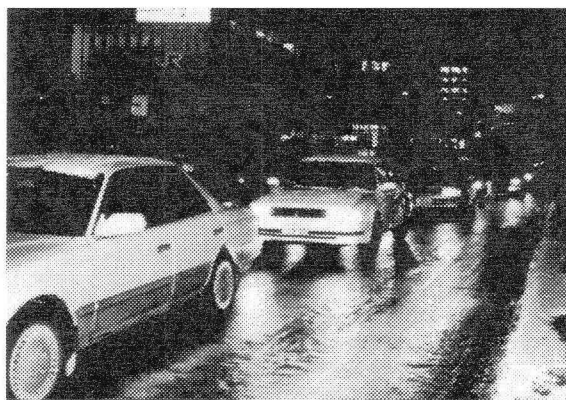


写真-3 平成4年度の札幌市内のつるつる路面

b) 冬型交通事故

スパイクタイヤ使用の自粛や条例の制定に伴い、スパイクタイヤの装着率は、法律の施行以前から下がり始めていたが、スリップ、わだち、および視程障害による事故で構成される冬型事故件数は、スパイクタイヤの装着率が下がるにしたがって増加し、平成元年から平成5年までに倍増した(図-3、図-4)。

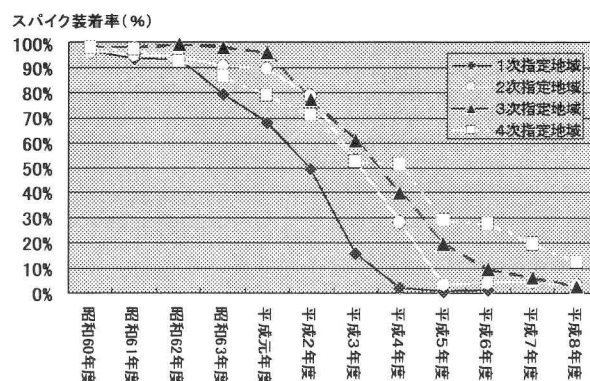


図-3 スパイクタイヤ装着率

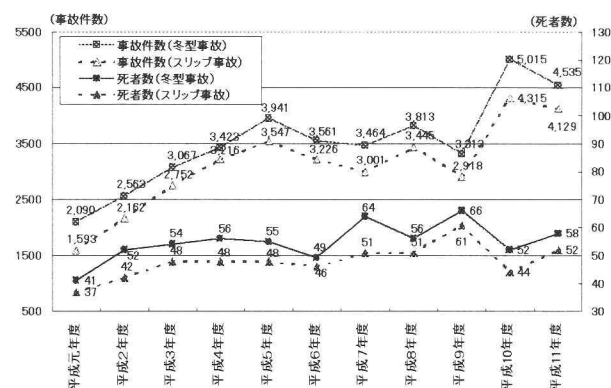


図-4 冬型事故件数の推移

c) 冬期交通特性⁷⁾

昭和61年と平成9年に行われた旅行速度に関する調査の結果を用いてスパイクタイヤ規制前後の札幌都市圏の

平均旅行速度を比較したところ、規制前で39.0km/h、規制後で32.8km/hとなり、16%の減少であった。交通密度と速度の関係式であるk-v式での比較は表-2のとおりであり、交通容量についても減少していることが分かった。下條らの調査⁸⁾では、スパイクタイヤ規制後の冬期交通容量は、路面状態が良い時でスパイクタイヤ規制前の85%、非常にすべりやすい路面では68%まで低下したと報告している。

表-2 スパイクタイヤ規制前後のk-v式の比較

項目	スパイク期	スタッドレス期	単位	低減率	備考
臨界密度 k_0	43.9	40.2	台/km	—	最大交通量となる交通密度
臨界速度 v_0	16.3	13.8	km/h	—	最大交通量となる速度
自由速度 v_f	44.2	37.6	km/h	15.0%	密度0の時の速度
交通容量 q_0	713.8	555.4	台/h	22.2%	最大交通容量
決定係数 R^2	0.7698	0.8048	—	—	k-v式の決定係数

$$q_0 = k_0 v_0 \quad v = v_f e^{-kx}$$

d) 凍結防止剤散布量の増加

凍結防止剤の散布については、昭和40年代において、積雪寒冷地の増大する交通量に伴って多発するスリップ事故対策として検討され、散布効果に関する試験研究が行われた。その結果、効果が非常に大きいことが確認されたが⁹⁾、その後スパイクタイヤが急速に普及したため、北海道では実際にはあまり使われなかった。

しかし、スパイクタイヤ規制後、つるつる路面が発生し始めた平成4年度から、塩化ナトリウムや塩化カルシウムを主体とした凍結防止剤の使用量が急激に増加し、今に至っている。

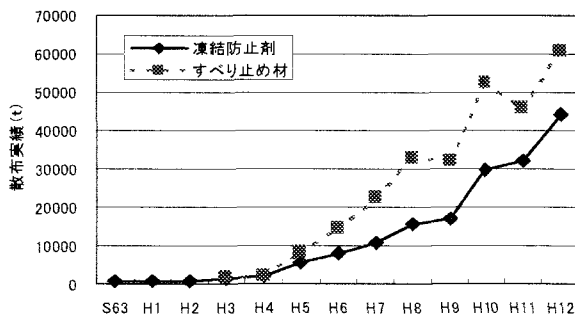


図-3 北海道の国道の凍結防止剤散布量等の推移¹⁰⁾

(3) 凍結防止剤の環境への影響について

凍結防止剤の環境への影響については、幸い我が国では未だ明確な影響は出ていないが、古くは1968年に板倉が紹介した文献¹¹⁾に、米国の道路の沿道において土中の塩分濃度が植物の成長に損害を与えるほど増加した例を紹介している。

近年の北欧の例では、スウェーデンにおいて、1985年～1991年にかけて、MINSALTプロジェクトと呼ばれる塩害の影響を少なくするための研究が実施されている。この中で、スウェーデンでは1960年代に入り凍結防止剤として塩化ナトリウムを使用し始めたが、すべり止

め効果としては十分なものの、コンクリートへの害、鋼構造物の腐食、樹木・植物への害、汚れなどが特に市街部で問題になったと報告している。報告書¹²⁾では、塩化ナトリウムの使用量の低減に向けて、ウェット散布、CMAや石灰石の利用、スポット的散布、凍結抑制舗装、道路気象情報の利用と提供などの技術的提案を述べている。

また、フィンランドでも、凍結防止剤の地下水への影響が最大の環境問題であり、多くの研究が行われているが、簡単な解決策はないとされている。凍結防止剤の総使用量や地下水への浸透量を削減することを目指し、地下水シールドの設置、制限速度の低減を伴った地下水脈上道路の散布量削減や不散布、非塩化物系薬剤の地下水での反応などの研究が行われている¹³⁾。

諸外国と我が国では、地勢や気象条件が異なるため一概に同様な議論はできないが、我が国でもこのまま凍結防止剤の使用量が増加した場合には、環境への影響が出るものと予想される。したがって、我が国においても、環境への影響についてモニタリングや、薬剤使用量が増加しないような手立ての検討が必要である。

(4) スパイクタイヤ規制後の課題への対応

一方、スパイクタイヤ規制後の課題に対応するため、冬期路面に関する各種検討会やワークショップの開催、除雪・舗装・情報提供等の冬期道路技術の研究開発、冬道運転に関する啓蒙、スタッドレスタイヤや自動車性能のさらなる向上、および凍結防止剤の環境への影響調査などを実施し、課題解決のための努力をはらってきている。しかし、未だに冬期路面の課題が毎年のように議論されており、2002年には北海道関係行政機関スパイクタイヤ対策連絡協議会の中に冬道対策検討部会が設置される²⁾など、規制後の課題は未解決のままである。

4 スパイクタイヤ規制の土木史的評価と今後の課題

我が国は、昭和20年代の除雪事業の黎明期以後、雪寒道路事業として、雪寒法の制定、雪寒五箇年計画の継続実施、および機械除雪技術の向上・普及等により、道路上の雪を取り除くといういわゆる”除雪”事業を飛躍的に発展させてきた。それに伴い、積雪寒冷地においても道路交通が一年を通して確保されるようになり、現在、道路交通のモビリティを夏冬通して確保することは道路管理者の重要な使命となっている。

一方、1990年の「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」の施行は、それまであまり想定していなかった非常に滑りやすい路面を発生せしめ、従来の道路除雪に加えて、冬期路面管理の充実を重要な課題とさせた。

基本的には、凍結防止剤散布、路面整正除雪、路面に雪を残さない除雪の徹底、チェーン着脱場等の整備であるが、舗装技術としては、ロードヒーティング、グルーピング舗装、凍結抑制舗装、耐流動性舗装などの技術が

研究開発され、情報系では、道路情報の拡充、雪情報の共有化、峠情報画像提供システムなどの技術開発が進んでおり、寒地ITS技術も期待されている。

また、最近では、歩行者転倒事故も増加傾向にあることから、冬期歩行空間の路面対策も強く求められており、横断歩道付近への砂箱に設置や、ヒーティング技術などの研究も進められている。また、交通バリアフリー法の制定に伴う冬期バリアフリー施策の展開も図られている。

このように、スパイクタイヤ規制は、冬期道路技術に対するニーズを、高度化・多様化させ、従前からの道路除雪事業に加えて、冬期路面管理を雪寒道路事業の中で最も重要な要素技術の一つとさせた土木史上の転機であり、それら技術を発展させている大きなきっかけとなったと言える。

しかし、その一方で前項で述べたように、スパイクタイヤ規制後発生した課題は根本的に解決したとは言えず、今後、正の効果と負の影響を論理的かつ総合的に捉えた政策評価を行い、評価結果や残された課題の共通認識化、説明責任の達成を目指す必要がある。

5 あとがき

本論文では、スパイクタイヤ規制の雪寒道路事業上の位置づけとスパイクタイヤ規制後の課題について述べ、雪氷路面対策に関する政策評価の必要性を論じた。

スパイクタイヤ規制は、車粉公害を解消させたが、冬型交通事故増加、冬期交通特性悪化および凍結防止剤散布量増加などの負の影響も与え、冬期路面管理を雪寒道路事業の中での重要な要素技術とさせ、それら技術を発展させた。しかし、規制後の課題は解決していない。

今後、社会経済情勢や冬期路面に関係する各指標のモニタリングを継続しつつ、スパイクタイヤ規制の事後評価の説明責任を果たすため、論理的・総合的な政策評価を実施し、さらなる「望ましい脱スパイクタイヤ社会」の実現を目指すべきと考えている。

参考文献

- 1) 浅野基樹, 原文宏, 田邊慎太郎, 横山真吾: スパイクタイヤ規制後10年間の評価と今後の課題, 北海道開発土木研究所月報No. 580, pp. 16-23, 2001. 9.
- 2) 高島巧: スパイクタイヤ規制後の評価と今後の課題について, (社) 雪センター「ゆき」第51号, 2003. 4, pp. 26-33.
- 3) 寺田章次: スパイクタイヤ問題の最近の動向について, 舗装 21-2, 1986. 2, pp. 3-8.
- 4) 小野田光之: スパイクの分類と現状, 舗装 16-3, 1981. 3, pp. 19-23.

- 5) 久保宏: 諸外国におけるスパイクタイヤ規制の背景と経緯, 北海道開発局土木試験所月報No. 356, 1983. 1, pp. 19-24.
- 6) スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律施行について, 平成2年7月3日付け環大第84号都道府県知事宛環境庁大気保全局長通達
- 7) 浅野基樹, 田邊慎太郎, 原文宏, 横山真吾: 環境影響を考慮したスパイクタイヤ規制の経済評価, 第17回寒地技術シンポジウム, 寒地技術論文・報告集 vol. 17, pp. 224-231, 2001. 11.
- 8) 下條晃裕, 高木秀貴: スタッドレス化後の2車線道路の冬期交通現象について, 土木学会北海道支部論文報告集第53号(B), pp. 548-553, 1997. 2.
- 9) 高橋毅, 佐藤馨一: 道路の除雪と防雪施設-薬剤除雪について-, 第9回日本道路会議論文集, 1969, pp. 172-174.
- 10) 北海道土木技術会道路研究委員会「スパイクタイヤ規制後の課題と対策に関する討論会」資料
- 11) 板倉忠三: 冬期道路交通維持技術について(1)-(6), 道路建設 vol. 7-12, 1968
- 12) より少ない塩による効果的な路面凍結対策, MINSALTプロジェクト最終報告概要, スウェーデン道路交通研究所報告369SA, 1991, (財) 北海道道路管理技術センター, 1992. 11
- 13) Snow & Ice Databook, 2002PIARC第11回国際冬期道路会議札幌大会日本実行委員会, 2002. 1.
- 14) 北海道道路史調査会編: 北海道道路史(Ⅰ行政計画編、Ⅱ技術編), 1990. 6.
- 15) 北海道開発局: 北海道の道路, 1995. 7.
- 16) 雪の視座編集委員会編: 雪国の視座, 毎日新聞社, 2001.
- 17) 北海道庁: 「北海道関係行政機関スパイクタイヤ対策連絡協議会」冬道対策連絡協議会「冬道対策検討部会資料, 2002.
- 18) (社) 雪センター: 冬期路面対策事例集, 1987. 5.
- 19) 札幌市: 札幌市雪対策基本計画(H12~H21), 2000. 6.
- 20) 北海道開発局建設機械工作所: 北海道における除雪機械の変遷, 1980. 3.
- 21) 国土交通省北海道開発局: 冬期道路管理, 2002. 1.
- 22) 北海道開発局長官房広報室: 北海道開発局45年史, 1998. 3.
- 23) 若菜千穂, 原文宏: 除雪事業に果たしたバス事業者の役割, 第19回寒地技術シンポジウム, 寒地技術論文・報告集 vol. 19, pp. 859-863.