

領域 7 : 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する

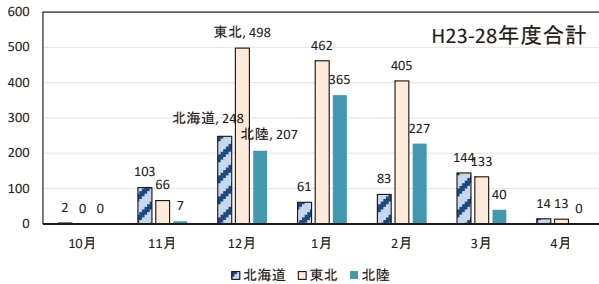


図2 月別の登坂不能車発生件数

3)時間帯別発生傾向(図3)

2)と同様に、北海道、東北、北陸の時間帯別発生件数を比較した。北海道は8時台から15時台の発生が多く、東北と北陸は全時間帯で発生し、特に東北は深夜時間帯でも多く発生していた。これらは気温や降雪の他、日照時間帯、交通の特性などの違いを踏まえ、今後確認する必要がある。

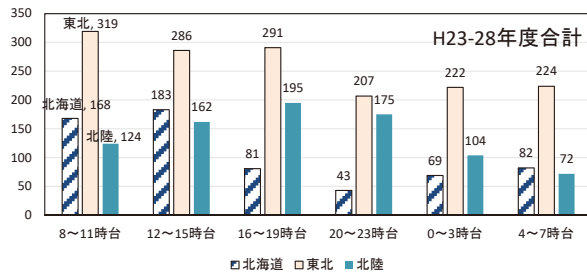


図3 時間帯別の登坂不能車発生件数

4)気温別発生傾向(図4)

気温は、0℃~4℃の範囲で多く発生し、全国的に概ね同じ傾向であった。ただし、-5℃以下については、北海道と東北が8割を占めていた。

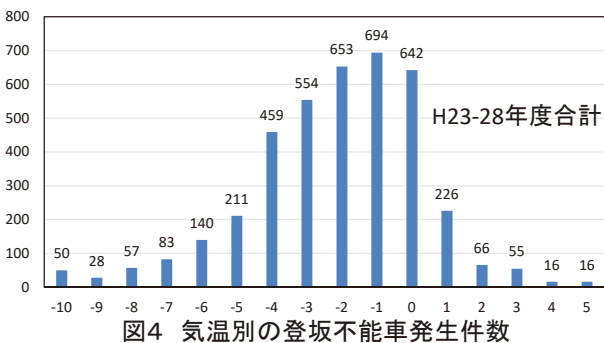


図4 気温別の登坂不能車発生件数

5)路面状態別発生傾向(図5)

4)の気温の傾向からは、凍結路面が多いと予想されるが、凍結は5%であった。これは除雪作業や凍結防止剤の散布が影響し、路面状態は凍結以外の状態に変化していると考えられる。一方で圧雪は72%を占めており、これは除雪作業や凍結防止剤の影響を受けた後の路面状態が圧雪に多く分類されているのではないかと考えられる。

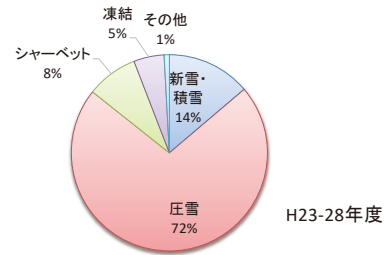


図5 路面状態別の登坂不能車発生割合

6)車種、タイヤ別発生傾向(図6)

車種は、大型車が最も多く全体の62%となった。タイヤは、不明データも多いが、スタッドレスタイヤではあるものの、チェーンは装着していない状況が多くなっていった。なお、ノーマルタイヤでチェーンを装着していないのは関東が最も多く、47%を占めていた。

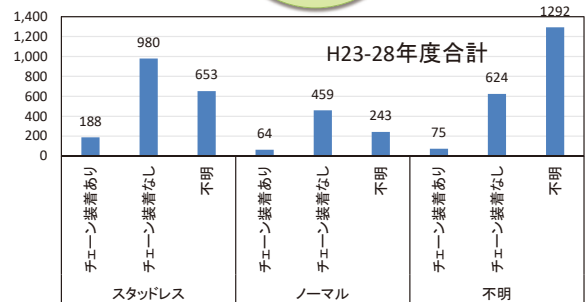
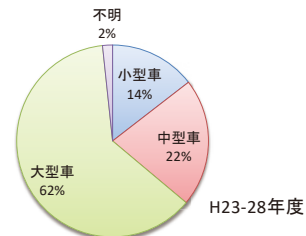


図6 車種別発生割合、タイヤ別発生件数

7)道路勾配別発生傾向(図7)

道路勾配は、5~6%台で多く発生し、全国的に同じ傾向であった。0%台でも比較的多く発生していた。

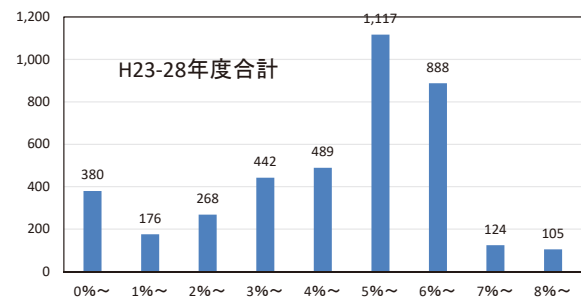


図7 道路勾配別の登坂不能車発生件数

【成果の活用】

本研究で整理した登坂不能車の発生傾向は、「雪に強い道路構造・施設に関する調査」に成果を反映し、引き続き、解決策の方向性検討などに役立てる。

表1 登坂不能車発生の4つの要因

①速度低下要因(道路構造要因)	
a. 急勾配	<ul style="list-style-type: none"> ●速度低下の主な要因は、5%程度の急勾配であり、坂道が長く続く場合やカーブがある場合には特に速度が低下しやすい。 ●市街部では、直線が続き、勾配があることにドライバーが気付いていない場合があり、3%程度の勾配でも速度が低下することがある。
b. 長い坂道	<ul style="list-style-type: none"> ●長い勾配が続く場合には、途中で止まってしまう車両が発生している。ギヤの切り替えなど運転技術の要因もある。
c. カーブ	<ul style="list-style-type: none"> ●カーブが連続する場合に速度が低下しやすい。山間部では曲線半径が小さく、中央分離帯が設けられている場合もあり、速度が低下しやすい。 ●カーブで路肩にはみ出てしまい、雪にはまる等によって登坂不能となる場合もある。
d. 交差点	<ul style="list-style-type: none"> ●交差点では、信号がない場合でも右折、左折する場合に速度が低下、あるいは一旦停止した場合に発進できないことがある。
e. 信号機	<ul style="list-style-type: none"> ●市街部では信号機の影響が大きく、赤信号で停止した場合に発進できないことがある。交通量が多い場合には、信号から車列が続き、勾配のある場合には交差点以外でも信号の影響で停止してしまうことがある。
f. 沿道施設の出入り	<ul style="list-style-type: none"> ●市街部では、沿道のコンビニやガソリンスタンド等との出入りによって、速度が低下しやすい。
g. 道路幅員	<ul style="list-style-type: none"> ●跨線橋などでは雪を捨てることができずに、幅員が狭くなり、速度が低下しやすい。
②気象要因	
a. 時間降雪量が多い	<ul style="list-style-type: none"> ●路面の状況としては、短時間で降雪が非常に多く除雪し続けても路面まで出せない場合、除雪した後急激な降雪があった場合等で、圧雪の上に新雪が積もり、滑りやすい。
b. 気温が氷点下以下	<ul style="list-style-type: none"> ●内陸部や沿岸部では、凍結防止剤や日中の気温で一旦溶けた雪が凍結すると、ザクレが発生しやすい。 ●沿岸部では、シャーベット状の路面になった場合や、それが再凍結した場合に滑りやすい。
③人的要因	
a. チェーン未装着	<ul style="list-style-type: none"> ●当該地点まで急勾配がなく、チェーンを装着していないことがある。 ●登坂不能車が多発していた地点が消雪パイプ等の整備によって、登坂不能車が解消されたために、チェーンを装着せずに当該地点まで来てしまうことがある。 ●冬タイヤを装着しているも、溝が潰れて古いタイヤの場合がある。 ●チェーンを装着している場合には、登坂不能はほとんど発生しない。ただし、ダブルタイヤの場合には、チェーンがシングルであると登坂不能が発生する場合がある。
b. 冬道に不慣れな運転	<ul style="list-style-type: none"> ●冬道に不慣れなドライバーが、高速道路のチェーン規制等のために、一般道を走行すると登坂不能が発生しやすい。 ●チェーンの装着の仕方がわからないドライバーも増えている。
c. 過積載、空車の貨物車	<ul style="list-style-type: none"> ●大型車の場合には、過積載のために登坂できなくなる車両が多く、また空車のために摩擦力が不足して登坂不能となる車両も多い。 ●荷物を駆動輪の上に置くなど工夫している車両は登坂不能になりにくい。コンテナを積んだトレーラーや液体を積んだ車両は登坂不能になりにやすい。
④被害拡大要因	
a. 高速道路の通行止め	<ul style="list-style-type: none"> ●高速道路が通行止めとなった場合には、一般道の交通量が増加するため、被害が拡大しやすい。 ●高速道路の通行止め、あるいはチェーン規制があると、冬道の装備をしていない車両や、冬道の運転に不慣れなドライバーが一般道を走行するために、被害が拡大しやすい。
b. 代替路がない	<ul style="list-style-type: none"> ●高速道路が通行止めになると、代替路がない場合には峠越えの車両が集中するために影響が大きくなる。
c. すれ違い困難な幅員	<ul style="list-style-type: none"> ●幅員が狭い道路ではすれ違いの際に速度を低下させる必要がある。また、登坂不能が発生した場合には、後続車両が追い越すことができずに、登坂不能車の多発を招きやすい。

多く、大半は坂の影響を受けていた(表1には、ヒアリングで把握した道路幅員を要因として追加している)。

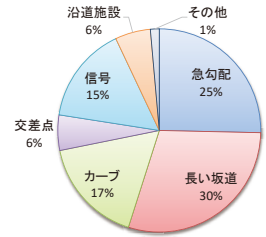


図2 速度低下要因の内訳

3)発生原因の整理

発生原因をツリー形式で整理した。なおこの整理は、気象条件(気温、降水量)で路面状態が異なると推測され、さらに郊外と市街地で対策(管理方法)が異なると想定されることから、山間/内陸/沿岸部と郊外/市街地の掛け合わせで分類して行った。図3は、分類した中で最もデータが多く北陸管内で典型的と想定される内陸部×郊外のツリーである。登坂不能車が発生する路面状況は、柔らかい圧雪やザクレなど、水分の多い状況が多い。よって走行抵抗が大きく、タイヤが雪にかまなかつたり、ハンドルをとられやすく、タイヤの空転、再発進不能の状況が多いと考えられる。速度低下要因は、一般的傾向を15%タイヤ値により見てみると、勾配は4%、坂道の延長は200mを超えると発生していた。同じく気象要因は気温0℃以下、人的要因はチェーン未装着の割合が78%となっていた。また、被害拡大要因の影響も大きく受けていた。

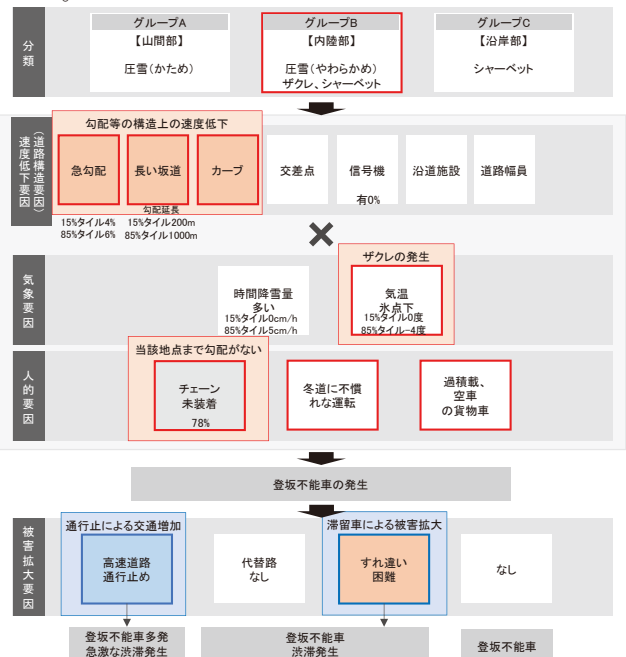


図3 登坂不能車発生の原因(北陸の内陸部×郊外の例)

[成果の活用]

本成果をもとに、今後は北陸を基準に他地域の登坂不能車発生傾向(地域差)の把握等を行う予定である。また、各地の有効な対策事例を収集し、事例を一般化するための検討を行う予定である。

災害発生時の被災規模等の早期把握技術に関する調査

Study on technologies of a damage survey on road in first stage after a disaster

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究員
Research Engineer

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
猿渡 基樹
Motoki SARUWATARI
石井 洋輔
Yosuke ISHII

When a large-scale earthquake occurs, it may take several hours or more to grasp the damage situation, in particular the damage occurs over a wide range and/or at night. For this reason, it is important to grasp the damage situation of the road at an early stage and enable prompt and efficient road opening.

In this study, for the purpose of grasping the damage situation and the scale of the affected area, the authors have examined and verified the early grasping technology focusing on road bridges which are difficult to recover quickly when the damage has become enormous.

〔研究目的及び経緯〕

大規模地震が発生すると、被災が甚大でその分布が広範囲にわたる場合や夜間に発生した場合など、被災状況の把握に数時間以上を要することがある。平成 23 年東北地方太平洋沖地震では、被災が甚大であった東北、関東地方は点検終了まで多大な時間を要した。平成 28 年熊本地震では、最大前震、本震双方とも夜間に発生したため、被災状況の規模等を把握することが困難であった。このため、道路の被災状況を早期に把握し、迅速かつ効率的な道路啓開を可能とすることが重要である。本研究は、被災状況や被災規模の把握を目的とし、道路施設のうち、被災が甚大となった場合に迅速な復旧が困難な道路橋に着目した早期把握技術の検討及び検証を行ってきた。

平成 27 年度は、東北地方太平洋沖地震で生じた道路橋の被災状況の分析を行い、把握すべき道路橋の被災状況を整理、道路橋の被災状況把握システム(図-1)の構築及び構成するセンサで各被災の挙動を把握できるかの検証を実施した。さらに、直轄国道の実橋に試験設置した。平成 28 年度は、道路橋の被災状況把握システムが、熊本地震で生じた道路橋の被災状況を把握可能かどうか分析した。さらに、把握できない被災について、把握可能なセンサを追加で試験設置した。

本年度は、過年度の検討結果を基に、道路橋の被災状況ごとの閾値の設定方法を整理した。また、試験設置したセンサなどの劣化状況を把握し、原因に対する改善策を整理した。

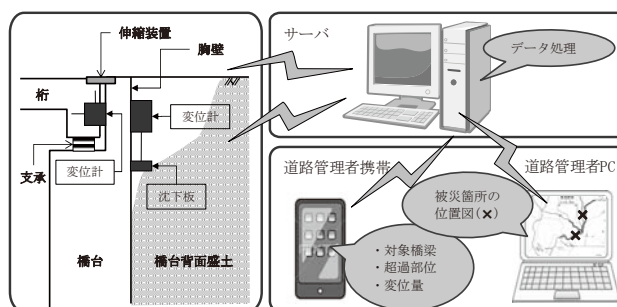


図-1 道路橋の被災状況把握システムの概要

〔研究内容〕

1. 被災状況を把握するための閾値設定方法の整理

道路橋の被災状況、被災状況を把握するセンサ、車両が通行可能かどうか判断する閾値の設定方法を、フロー形式で整理した。整理手順は、把握すべき被災状況を明らかにしたうえで、閾値設定のための効率的な手法を机上調査や計算等により選定した。

2. センサの劣化状況把握及び改善策の整理

センサの性能向上を図るため、平成 27 年度より実橋に設置したセンサなどの劣化状況を把握し、考えられる原因及び改善策を整理した。

〔研究成果〕

1. 被災状況を把握するための閾値設定方法の整理

被災状況ごとの閾値の設定方法についてフロー形式で整理した(図-2)。ここで、車両が通行可能かどうか把握するための閾値は、警告と注意の 2 種とし、警告

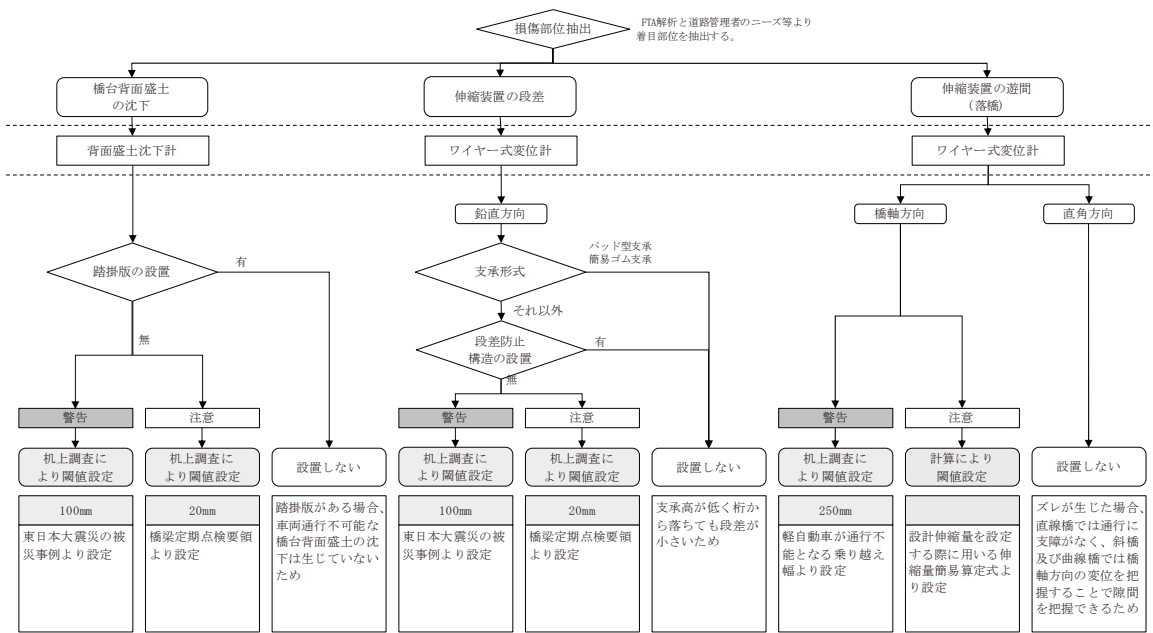


図-2 被災状況ごとの閾値設定方法

は車両通行不可能な状態、注意は損傷は生じているが通行可能な状態とした。

把握すべき被災状況は、平成 27 年度に実施した被災状況の分析結果より、橋台背面盛土の沈下、伸縮装置の段差・遊間とした。

①橋台背面盛土の沈下

盛土沈下の挙動に追従できるセンサを採用する。警告の閾値は東日本大震災の被災事例から、注意の閾値は橋梁定期点検要領における路面の損傷程度の評価区分から設定する。ここで、東北地方太平洋沖地震による道路橋の被災状況を分析した結果、踏掛版が設置されている道路橋では、車両通行不可能な橋台背面盛土の沈下は生じていなかった。このため、踏掛版が設置されている道路橋では、橋台背面盛土の沈下を把握するセンサは設置しない。

②伸縮装置の段差・遊間

鉛直方向と橋軸方向（車両の進行方向）の変位を把握できるセンサを採用する。橋軸方向は、警告の閾値は軽自動車通行不能となる乗り越え幅から、注意の閾値は伸縮装置の設計伸縮量を設定する際に用いる伸縮量簡易算定式から設定する。鉛直方向の閾値は、警告、注意双方とも橋台背面盛土の沈下を把握するセンサと同様の値を設定する。ここで、直線橋でズレが生じて通行には支障がないこと、また、斜橋及び曲線橋でズレが生じた場合、橋軸方向の変位を把握することで隙間を把握できることより、橋軸直角方向の変位を把握するセンサは設置しない。

2. センサの劣化状況把握及び改善策の整理

平成 27 年度より実橋に設置したセンサ、監視局、AD コンバータ、配管・ケーブルの劣化状況を現地確認し、考えられる原因及び改善策を整理した。ここで、AD コンバータとは、アナログ信号をデジタル信号に変換する装置である。

センサは、ワイヤーの伸縮を感知する回転計に塩分の付着及び錆が確認された。劣化原因は、試験設置した実橋が海岸近くにあるため、小さな隙間からセンサ内部への飛来塩分や水分の侵入と考えられる。そのため、改善策は、海岸近くに設置するセンサは、防錆に加え、内部侵入を防ぐため防塵・防水機能を有することとする。

AD コンバータは、通信チップの損傷が確認された。商用電源のブレーカが切れて停電状態であったため、劣化原因は、落雷によるものと考えられる。そのため改善策は、雷による過電圧・過電流を別回路へ放出させるため、複数の回路を有することとする。

配管・ケーブルは、曲げ半径が小さな配管で、亀裂が確認された。そのため、改善策は、曲げが生じないように必要最小限の配管・ケーブル長とすること、曲げが必要な場合は可能な限り曲げ半径を大きくすることとする。

【成果の活用】

緊急輸送道路における主要な道路橋で本システムの活用を図るとともに、各地方整備局の道路啓開計画に反映させ、道路啓開計画の高度化に貢献する。

道路橋の耐震補強効果の評価に関する調査

Study on effectiveness of seismic retrofit for highway bridges

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
研究官
Researcher

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
猿渡 基樹
Motoki SARUWATARI

Damage to highway bridges caused by the 2016 Kumamoto earthquake has occurred in a wide range and various investigations have been carried out. There are highway bridges that are estimated to have been alleviated damages by seismic retrofit. In this study, in order to effectively carry out seismic retrofit of highway bridges, the effect of seismic retrofit that has been promoted mainly by directly controlled national highway is analyzed quantitatively and statistically.

〔研究目的及び経緯〕

平成 28 年熊本地震では、熊本県及び大分県の広い範囲で道路橋に多数の被害が発生した。これらの道路橋の被害は、様々な調査や分析がこれまで実施されてきており、耐震補強により被害が軽減されたと推定されている道路橋もある。そこで、本研究は、道路橋の耐震補強を効果的に進めていくため、これまでに直轄国道等を中心に進められてきた耐震補強の効果を定量的、統計的に確認し、未補強橋梁に対する今後の耐震補強の進め方を検討するものである。

平成 28 年度は、熊本地震を対象に、道路橋の被害情報を、国土交通省、NEXCO 西日本、熊本県及び大分県から収集した上で、道路橋被害の分析を行った。

本年度は、昨年度収集した情報のほか、熊本地震を対象に、震度 6 弱以上の市町村から収集した道路橋の被害情報を基に、道路橋被害の分析を行った。また、道路橋被害が緊急活動に及ぼした影響の分析を行った。

〔研究内容〕

1. 道路橋被害の分析

熊本地震を対象に、国土交通省、NEXCO 西日本、熊本県、大分県及び両県下震度 6 弱以上の市町村（熊本県：10 市 9 町 2 村、大分県：2 市）が管理している道路橋を対象に、以下の①から④の情報を収集し、道路橋被害と適用基準や橋長等の関係を分析した。

- ① 構造諸元
- ② 熊本地震による被災状況
- ③ 耐震補強の実施状況（地震発生前）
- ④ 適用基準（当初建設、耐震補強実施）

2. 道路橋被害が緊急活動に及ぼした影響の分析

熊本地震を対象に、国土交通省、NEXCO 西日本、熊本県、大分県及び両県下震度 6 弱以上の市町村の管理

道路の通行止め情報、救急救命活動及び緊急輸送活動に関するヒアリングを実施した結果を基に、道路橋被害が緊急活動に及ぼした影響を分析した。

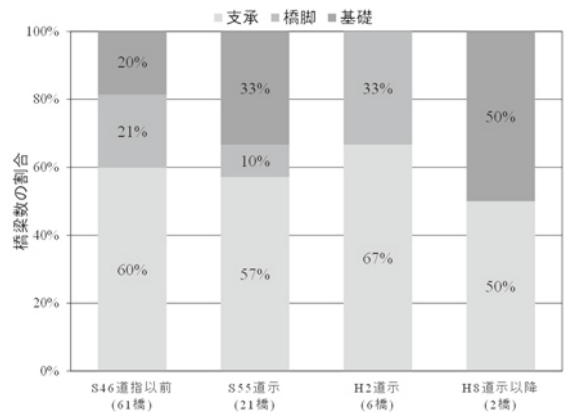
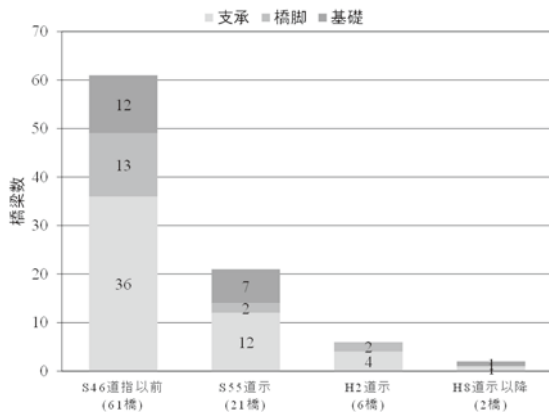
〔研究成果〕

1. 道路橋被害の分析

被災度 B 以上が生じた道路橋を対象に、適用基準と損傷部位の関係を整理した（図-1）。ここで、適用基準は、耐震設計の基準改定ごとに分類し、平成 8 年道路橋示方書以降（以下、H8 道示以降）、平成 2 年道路橋示方書（以下、H2 道示）、昭和 55 年道路橋示方書（以下、S55 道示）、昭和 46 年道路橋耐震設計指針・同解説以前（以下、S46 道指以前）とする。被災度とは、損傷内容を道路震災対策便覧（震災復旧編）に照らし合わせて、被害の程度ごとに区分したもので、大被害は被災度 A、中被害は被災度 B、小被害は被災度 C、被害無しは被災度 D である。まず、部位ごとの耐荷力の被災度を評価する。道路橋の被災度は、被災度の最も大きな部位の被災度とし、同じ被災度の部位が複数ある場合は、被災を引き起こした部位の評価結果を道路橋の被災度とする。

図-1（a）から、基準ごとに占める橋梁数に違いはあるが、基準の改定につれて、被災度 B 以上が生じた橋梁数は減少傾向である。また、図-1（b）から、各部位で損傷が生じているが、全ての適用基準で最も占める割合が大きい損傷部位は支承部であり、被災度 B 以上の 90 橋のうち 53 橋と、6 割近くを支承部の損傷が占めている。

ここで、支承部に被災度 A が生じた道路橋を対象に、落橋防止対策の実施状況と桁の移動方向を整理し、耐震補強の効果を確認した（表-1）。



(a) 橋梁数 (積み上げ) (b) 橋梁数の割合
 図-1 適用基準と損傷部位の関係 (被災度B以上の道路橋)

表-1 落橋防止対策の実施状況と桁の移動方向
 (支承部が被災度Aの道路橋)

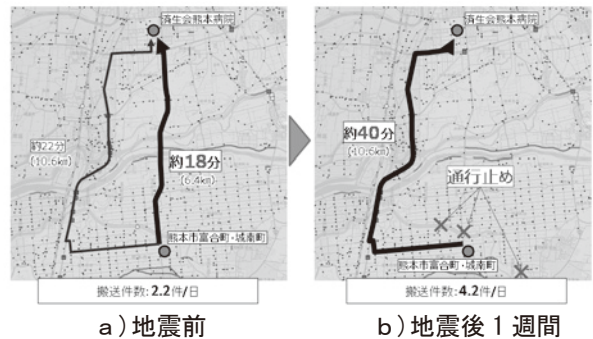
橋梁	落橋防止対策			桁の移動
	桁かかり長 (橋軸方向)	落橋防止 構造	横変位 拘束構造	
A橋	実施	実施		橋軸直角
B橋				橋軸 (小)
C橋				橋軸直角 (小)
D橋	実施	実施	実施	橋軸 橋軸直角
F橋		実施		橋軸
G橋		実施		橋軸
H橋		実施	実施 (損傷)	橋軸 橋軸直角
I橋		実施	実施 (損傷)	橋軸 橋軸直角
J橋				橋軸 (小) 橋軸直角 (小)
K橋			実施 (損傷)	橋軸 橋軸直角
L橋		実施 (破断)		橋軸
M橋				橋軸 (小) 橋軸直角 (小)

落橋防止構造が設置された7橋のうち、L橋では引っ張りによる破断が確認されたが、落橋に至っていなかった。また、残り6橋でも、桁の移動により落橋防止構造に引っ張りがかかっていた。このため、支承損傷時に落橋を防止する構造として機能したことが確認された。

横変位拘束構造が設置された4橋のうち3橋では、損傷が生じていた。また、D橋では、横変位拘束構造に桁が接触していた。このため、橋軸直角方向の桁の移動を拘束する構造として機能したことが確認された。

2. 道路橋被害が緊急活動に及ぼした影響の分析

耐震補強の実施の有無による緊急活動への影響や影響を及ぼした道路橋の被害の分析を行い、耐震補強の効果の評価を進めるため、まず、道路橋被害が、緊急活動の所要時間にどのように影響を及ぼしたか分析した。所要時間は、実際に緊急活動に用いた経路を対象に、民間プローブデータを用い時間帯別平均所要時間



a) 地震前 b) 地震後1週間

図-2 救命救急活動の所要時間

を算出し、最大となる値とする。

救急車の走行距離の増加や速度の低下は、医療機関への搬送時間の増加に繋がり、救命救急活動に与える影響は大きい。そこで、熊本地震前後の、熊本市南区における救命救急活動(救急車を用いた病院への搬送)に用いられた経路の所要時間を整理した(図-2)。熊本市南区における搬送先は済生会熊本病院(災害拠点病院)であり、通常、南区富合町・城南町からの搬送は県道182号田迎木原線を用いる。

熊本地震により、県道182号田迎木原線の道路橋のうち、上部工の移動により支承に被災度Bの損傷が生じ、通行止めとなったものがあつた。さらに、近隣の道路橋でも通行止めとなる損傷が生じた。これらの道路橋は、いずれも耐震補強が未実施であつた。そのため、道路橋被害が生じていない国道3号線まで迂回しなければならず、地震前の所要時間約18分のところ、地震後は約40分と2倍以上もの時間を要した。

【成果の活用】

熊本地震を対象に、道路橋被害と適用基準や構造形式などの関係や緊急活動に及ぼした影響を分析し、耐震性の改善効果を取りまとめた上で、道路の震災対策に関する技術基準等に反映する。

道路災害発生時の危機管理対応能力強化に関する調査

Survey on ability to respond to crisis management in case of road disaster

(研究期間 平成 28～29 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
今長 信浩
Nobuhiro IMACHOU
石井 洋輔
Yosuke ISHII

In the event of a large-scale earthquake disaster, swift removal of the road obstacles greatly affects first response to the disaster, such as grasping the damage situation, relief activities, transportation of emergency supplies, and so on. This report organized the issues of road obstacles in the event of a large earthquake disaster and proposed rubble intensity unit and calculation formula which are necessary for planning road opening operation. In addition, the authors also compiled examples of road opening using outside the road.

[研究目的及び経緯]

大規模震災時に道路管理者が早期に実施すべき行動の一つに道路啓開作業がある。この作業を迅速、適切に実施するには、道路啓開が容易な道路構造の把握、啓開ルートや啓開時間の想定、道路上を閉塞する瓦礫量の算定とそれに対応した人員、資機材量の把握、さらには道路用地以外を啓開ルートの一部として実施する場合の形態や課題、法的根拠等を整理しておく必要がある。

本研究は、道路啓開容易性の観点から考慮した道路の特性整理、沿道構造物密度・構造毎の瓦礫量原単位と算定式の構築、道路用地以外を啓開ルートの一部として使用した事例等について調査を行った。

[研究内容]

1. 啓開の容易性から見た道路の特徴整理

道路啓開の難易度は、救援救急活動や震災後の復旧に大きな影響を与える。迅速な道路啓開を実施するには、事前に啓開の容易な条件について整理しておく必要がある。そのため首都直下型地震や南海トラフ地震が懸念されている地域の道路管理者に対してヒアリングを実施、道路啓開に影響を与える項目とその特徴について整理した。

2. 瓦礫量原単位の作成

道路沿道建物の倒壊等により発生する瓦礫は道路啓開に影響を与える大きな要因の一つであり、道路管理者は自らが管理する道路沿道において発生が予想される瓦礫量を事前に把握しておく事が重要になる。そのため、沿線の構造物形式(木造、鉄筋コンクリート(以

下:RC構造)、スチール(以下:S構造))とその混在程度及び建物密度(0%~100%)毎の瓦礫量原単位を作成した。

3. 道路用地以外を活用した啓開事例と課題整理

大規模震災時、道路は瓦礫による閉塞や橋梁などの構造物損傷の要因により必ずしも活用可能とは限らない。

啓開作業を迅速に進めるには道路用地以外を活用した道路啓開も考慮しておく必要がある。そのため道路管理者へのヒアリング及び過去事例の収集等により、民地や河川敷などを道路啓開ルートの一部として利用する事例等について整理した。

[研究成果]

1. 啓開の容易性から見た道路の特徴整理

道路管理者へ、ヒアリングの結果、道路啓開に影響を与える項目は道路構造と、その道路が存在する地域特性、地形等に起因するものに分けられた。表-1に道路の啓開に影響を与える項目とその特徴を示す。この他、地震の発生時刻、余震回数、津波警報の発令等、動的要因も影響する。

表-1 啓開に影響を与える項目と特徴

項目	特徴整理
道路幅員	12m以上で閉塞の実績はほぼ無し。
路面勾配	勾配5%で車両移動時間が約2倍(人力移動の場合)
防護柵等	中央分離帯、防護柵、積石防止柵などは啓開作業の妨げになる
地 形	中山間部では迂迴路の確保が難しい。
地 質	沿岸部等液状化エリアは道路啓開に不利
交 差 物	震災時、停電時は踏切は閉鎖され道路啓開に不利
沿岸道路	沿岸部の道路は、津波浸水による被害により道路啓開に不利

2. 瓦礫量原単位の作成

瓦礫量原単位は航空写真の実体視により求めた。ここで算出した瓦礫量原単位は、道路啓開に要する時間や資機材量を算出することに使用することを目的としているため、建物倒壊により道路上を閉塞する瓦礫量とした。そのため、津波等により外部から運ばれてくる瓦礫については対象外としている。

実体視とは連続して撮影され重複箇所を有している2枚の航空写真を平行して設置、それを目視判読する手法である。この方法により物体の奥行きを読み取ることが可能となる。また、発生瓦礫量 V_r (m^3) は、瓦礫量原単位 q (m^3/km) に沿道道路延長 L (km) を乗じる事により求めた。使用したデータは阪神淡路大震災、東日本大震災、熊本地震時の航空写真約400事例とした。

表-2に作成した瓦礫量原単位を示す。ここで、建物密度0~20%は、沿道に建物がほとんど建っていない状況を示しており山間部や郊外部の道路で沿道に建築物が1~数軒建っているような箇所が対象となる。また、RC・S構造の建物が存在しその構成比率が50%を越える様な場所は、倒壊パターン毎（壁面剥落など部分的な損傷と建物本体の倒壊）に大きく瓦礫量が異なる結果になったため、中央値の他、上限値、下限値も合わせて表示した。

表-3は熊本県益城町において読み取りを行った瓦礫量推定値の瓦礫実量に対する比を示したものである。個々の道路区間では瓦礫量推定値と瓦礫実量に大きな乖離が見られるものもあるなどばらつきがみられている。読み取りを行った道路の総延長である約1.4kmと

表-2 瓦礫量原単位 (m^3/km)

建物種別の割合	建物分類		建物密度				
	木造	RC・S造	0~20%	20~40%	40~60%	60~80%	80~100%
80%超	20%未満	A	370	390	467	515	520
50~80%	20~50%	B	0	267	431	490	496
20~50%	50~80%	C	0	776 63~1610	600 294~1490	858 116~1820	4333 104~8770
20%未満	80%超	D	0	824 232~1880	2792 175~5760	2709 71~5490	3813 25~7650

表-3 瓦礫実量と算定式による推定値の比率

道路番号	路線	路上瓦礫実量(m^3)	道路延長(m)	瓦礫量原単位	推定瓦礫量(m^3)	推定/実量
1-1	上り	151	144.7	0.39	56.43	0.37
1-2	下り	143	144.7	0.39	56.43	0.39
2-1	上り	215	145.8	0.39	56.86	0.26
2-2	下り	95	145.8	0.39	56.86	0.60
3-1	上り	85	213.1	0.39	83.11	0.98
3-2	下り	17	213.1	0.37	78.85	4.64
4-1	上り	58	199.1	0.37	73.67	1.27
4-2	下り	41	199.1	0.39	77.65	1.89
全延長	上り	509	702.7	0.39	274.05	0.54
全延長	下り	296	702.7	0.39	274.05	0.93
道路総延長		805	1405.4	0.39	548.11	0.68

考えた場合では、瓦礫量推定値の瓦礫実量に対する比が0.7程度と比較的高い再現性が得られている。対象とする延長を長くすると再現性が向上する傾向は実施した多くのケースで見られており、これらの結果を踏まえると、算定単位は1km以上とするのがよい。

3. 道路用地以外を活用した啓開事例と課題整理

(1)啓開事例

道路管理者は原則として道路啓開において民地や道路用地以外を利用することは想定していないが、道路密度が低い山間部等において道路閉塞が発生し付近に迂回路等が存在しない場合、他に啓開ルートが存在しない場合などは、実際の活用例や活用想定があった。

写真-1は新潟県中越沖地震時に地滑りにより道路閉塞が発生した際、農地の一部を工事用道路に使用した例である。熊本地震においても被災県道の迂回路として道路側方の民地を活用した事例があった。また、活用想定として中部地方整備局で堤防天端道路と河川を渡る名神高速道路に緊急開口部を設けて接続、災害時には堤防天端道路を緊急輸送道路として活用する事例等があった。いずれの事例も道路啓開を迅速に進めるという効果を有している。

(2)課題整理

道路啓開において道路用地以外を使用することは道路法第42条「非常災害時における土地の一次使用等」、土地収用法第122条「非常災害時の際の土地の使用」の適用により可能である。ただし、実施上の課題として、活用には土地所有者による確認作業が必要であり不在や所有者被災等により確認作業が困難となることが整理された。そのため、事前に啓開路線沿線の土地所有者の状況について調査を行うこと、使用について土地所有者と事前調整を行っておくことが重要となる。また、土地の状況によっては竹木の撤去、それに伴う補償なども発生する可能性がある。

【成果の活用】

瓦礫量原単位、算定式は平成30年に四国地整で開催された南海トラフ受援会議に提示した。また本研究成果は道路の震災対策に関する技術基準等に反映する予定である。



写真-1 農地の活用事例(2007年新潟県中越沖地震)

災害対応時の管理基準に関する調査

Survey on management standards at the time of disaster response

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
今長 信浩
Nobuhiro IMACHOU
石井 洋輔
Yosuke ISHII

In order to secure road traffic in winter, a technique to properly grasp the situation of snow cover is needed. Also, it is important to organize the past snowfall conditions and cases of road snow damage, and to consider countermeasures at snowfall which is expected to occur. In this research, the authors have studied XMP radar, snowfall grasping technique with CMP radar, and snow damage knowledge recording the past road snow damage.

〔研究目的及び経緯〕

近年、局所的な豪雪等を原因とした道路交通障害が各地で発生している。冬期の道路交通を確保するには、積雪の状況を適切に把握する技術が必要となる。また、過去の降雪状況と道路交通への影響事例を整理、発生が予想される降雪時の対応を事前に検討することも重要である。本研究は、国土交通省が豪雨把握用に整備しているXバンドMPレーダ雨量計、CバンドMPレーダ雨量計（以下、XRAINとする）による降雪把握技術の検討、過去に発生した道路雪害状況を記録した雪害ナレッジの整備について調査を実施したものである。

〔研究内容〕

1. XRAINによる降雪把握

Cバンドレーダ雨量計の雨量データ補正技術であるダイナミックウィンドウ法による補正技術の適用について検討した。

2. 雪害ナレッジの記録

過去発生した道路雪害50事例を収集し、気圧配置、気象状況、道路交通への影響、被害等について整理した。

3. 降雪予測に関する検討

道路除雪を行う際に重要となる情報の1つに除雪体制の構築や資機材準備等の判断に要する降雪予測情報がある。降雪は大気の振る舞い、地形の影響等、複雑な要因が絡み合っ発生するためXRAINの情報（雲の移動速度、方向）では予測が困難である。そのため気象庁短時間降水予測データに雪水比による補正

を加え6時間先までの降雪予測について検討した。

〔研究成果〕

1. XRAINによる降雪把握

平成 28 年度の検討においてXRAINによる降雪検知は降雪有無については概ね把握可能であるが、量については大きな乖離が生じることが確認された。本年度は、レーダ雨量計の量補正技術の1つであるダイナミックウィンドウ法を用いて降雪量補正を実施した。図-1は2016年1月24日16時における長岡市～新潟市にかけてのXRAINデータにダイナミックウィンドウ法による補正を実施した結果である。また図-2は同日時間の気象庁雨量データを示したものである。ダイナミックウィンドウ法適用後は長岡市から新潟市にかけて分布する3mm～5mmの降雪が再現されている。解析は本データ以外の6地点でも実施、いずれも同様の補正効果が確認された。この結果からXRAINの補正においてもダイナミックウィンドウ法は一定の効果を有していると判断される。

2. 雪害ナレッジの整備

道路除雪を適切に実施するには、前述の如く降雪やそれに伴う道路状況を適切に把握することが重要であるが、道路雪害が発生する気象パターンには一定の特徴がある。この気象パターンと実際に過去発生した道路雪害をデータベースとして整理し、類似の気象パターンが観測された場合、道路雪害の発生予想地域（地方整備局など）に早めの情報提供を行うことにより、道路管理者は予想される道路雪害に対して備えることが可能になる。そのため、過去（約50年程度）に発生

した道路雪害の状況、その際の気象パターン等を整理した雪害ナレッジを構築した。図-3に雪害ナレッジ例(抜粋)を示す。この雪害ナレッジのデータを横断的に分析することにより時間積雪量と道路雪害状況の関係等の分析等、様々な気象と道路雪害の関係分析が可能となる。

3. 降雪予測に関する検討

道路管理者が除雪などの道路管理行動を実施する場合、最も重要となる情報は数時間先の降雪予測情報である。しかし、現在のXRAINは降雪予測機能を有していない。また降雪は雲の動きや地形の影響等により時々刻々変化するためXRAINのみの情報による移動予測では限界がある。そのため、気象庁短時間降水予報データを雪水比により補正し、6時間先までの降雪短時間予測を行う可能性について検討した。図-4左は、2016年1月24日、新潟地区における9時時点の降雪

量現況である。図-4右は、同日3:00の現況データを用いた6時間後の気象庁短時間降水予報データを、雪水比により補正したものである。降雪位置と降雪量の状況は、完全に一致はしないものの概ね同様な傾向で予測可能なことが確認された。しかし、この予測結果の再現性は、気象庁短時間降水予報モデルの精度が大きく影響する事から、複数の地点におけるデータ解析を実施、再現性を整理、それに対応した除雪等への活用形態について検討を行う必要がある。

[成果の活用]

本研究成果はふゆとぴあ2018in富山、国際冬期道路会議(PIARC2018)等で発表した。また、平成30年度に北陸雪害対策センターが主催する冬期道路管理に関する会議において公表し、道路管理者間で情報共有を図る予定である。

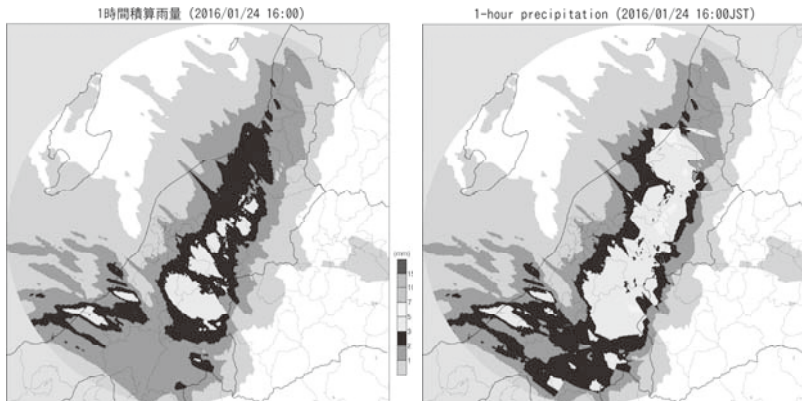


図-1 ダイナミックウィンドウ法による補正
(左:補正前、右:補正後)

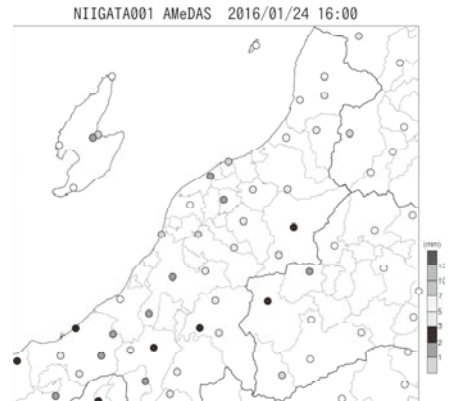


図-2 気象庁雨量計
(アメダスデータ)

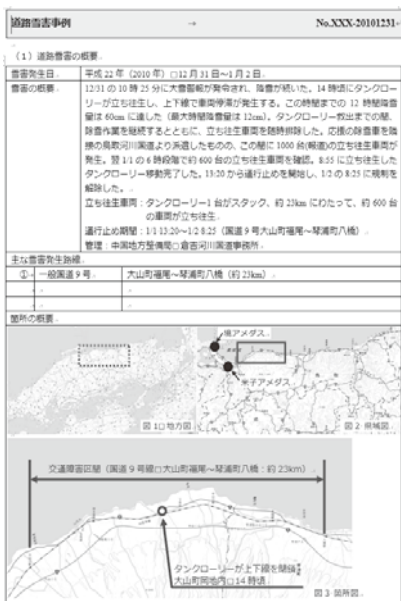


図-3 雪害ナレッジ(一部)

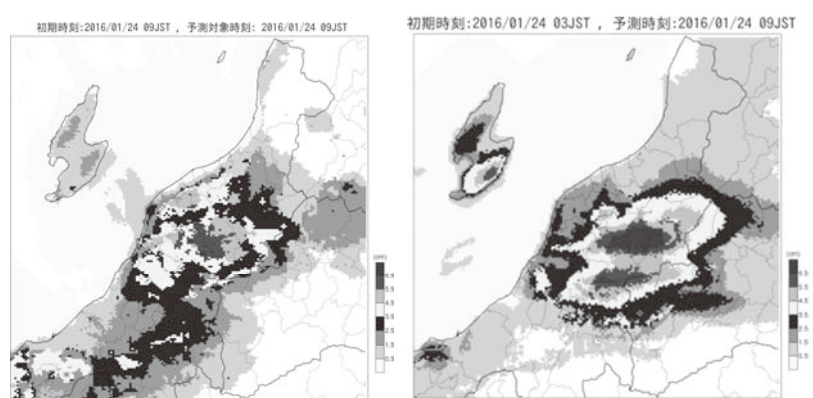


図-4 気象庁短時間降水予報の雪水比による補正例
(左:現況、右:予報)

道路の雪対策に係る国際的な比較調査

Study on countermeasures against snowfall on road of other countries

(研究期間 平成 29～30 年度)

社会資本マネジメント研究センター
建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management
Construction Economics Division

室長	小俣 元美
Head	Motoyoshi OMATA
主任研究官	竹本 典道
Senior Researcher	Norimichi TAKEMOTO
課長補佐	大城 秀彰
Deputy Head	Hideaki OSHIRO
研究官	齋藤 貴賢
Researcher	Takayoshi SAITOU

The purpose of this study is to propose useful countermeasures against snowfall on road. In this fiscal year, overview survey on overseas winter road management method, management level etc. and case study in urban area was conducted. Additionally, correspondence relationship with winter road management method, management level etc. in Japan and in other countries was organized.

〔研究目的及び経緯〕

地域により気候条件、社会条件が多様な我が国の積雪寒冷地では、これまで様々な雪対策が講じられ、道路除雪水準が向上することで地域発展に寄与してきた。一方、財政的な制約や積雪寒冷地での社会構造・生活様式の変化により、地域での冬期の道路の適切な除雪管理の水準設定や維持が求められている。本研究は、海外で行われている多様な道路の雪対策と住民ニーズ及び住民負担の実態を調査し、我が国への適用可能性を検討した上で、有用な雪対策を提案することを目的とする。

〔研究内容〕

1. 諸外国における冬期道路の管理方法、管理水準等の概要調査
2. 都市における事例調査
3. 我が国の冬期道路の管理方法、管理水準等との対応関係整理

〔研究成果〕

1. 諸外国における冬期道路の管理方法、管理水準等の概要調査

冬期における諸外国の幹線道路、生活道路、歩道それぞれについて、道路の管理主体、行われている管理方法と管理水準、管理委託の形態と評価方法、道路管理への住民の係わり方、経済性・費用負担方法について概要調査を行った。

冬期の気象状況は国や地域によりそれぞれ特徴がある。したがって、冬期の気象状況の特徴を踏まえた上

で、調査対象として 11 カ国を選定した（表 1）。

表 1 選定国と冬期の気象状況の特徴

選定国	冬期の気象状況の特徴
アメリカ、カナダ	降雪量が多い地域が存在する
フィンランド、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン	降雪量は多くなく、日中の気温は低く、路面凍結が発生する地域も存在
オーストリア、ベルギー、フランス、ドイツ、イタリア	降雪はあるが、長期間に渡る降雪は多くない

特徴的な管理方法として、オーストリアでは冬期道路の管理水準として、降雪の強弱によって、確保すべき車線数、許容積雪深を設定するというものがあった。また、歩道の管理状況が把握できた国は、オーストリア、カナダ、フィンランド、ノルウェー、アメリカで、そのうちオーストリア、カナダ、アメリカに関しては、道路に接する土地の所有者が除雪を行うことになっており、住民の役割が示されていることが分かった。

2. 都市における事例調査

1 の調査結果より、我が国の管理手法と比較して、特徴的な考え方により管理を行っていると考えられる事例のある 3 国（オーストリア、アメリカ、カナダ）から、事例を代表する都市をそれぞれ選定した。選定都市は、ウィーン（オーストリア）、シカゴ（アメリカ）、カルガリー（カナダ）の 3 都市とした。

(1) ウィーン（オーストリア）

市所有道路は、市の第 48 部署（廃棄物管理、街路清掃及び車両）が、道路を A ルート、B ルート、K ルートに区分し、管理している。

主要な道路、公共交通運行路線、病院・消防署などへのアクセス道は、Aルートに位置づけられ、24時間体制、2シフト体制で、5時間毎に除雪している。生活道路は、Bルート、Kルートに位置づけられる。Bルートは、必要な場合のみ24時間体制でメンテナンスされる。特に一部はパートナールートが設定され、受託者が除雪しきれない場合、他の除雪事業者がカバーし、影響を最小限に抑えている。歩道は、隣接の土地所有者が除雪を行う。

(2) シカゴ (アメリカ)

歩道と隣接する土地の所有者、借主、テナント等が除雪する条例(シカゴ市条例)が制定されている。歩道は、隣接住民が降雪後なるべく早く除雪し、夜間の降雪時は翌日午前10時までに行う必要がある。除雪未実施の歩道は、沿道施設のドアに除雪を促すハンガーを掛けられる(図1)。高齢者等除雪が不可能な場合は、雪かきボランティアを申請することができる。

(3) カルガリー (カナダ)

適用している管理方法に、「セブンデイ・スノープラン」がある。これは、除雪で路肩に寄せられた雪を降雪終了後7日間で廃棄する除雪計画で、幹線道路、生活道路、歩道の順に優先順位付けされている。

降雪後1日目は、中心部で交通量が多く重要な道路の除雪を行う。2日目は、次に交通量が多い道路、緊急用道路、バス路線、自転車レーンのある道路、危険箇所の除雪を行う。3日目は、右左折レーンや住宅地の指定されたフィーダー路線、公園ゾーン、生活道路などの除雪が行われる。4~7日目で残りの生活道路等の除雪が行われる。



図1 歩道の所有者に除雪を促すドアハンガー (左: 英語/右: スペイン語) (出典: シカゴ市)

3. 我が国の冬期道路の管理方法、管理水準等との対応関係整理

1、2の調査結果から、特に我が国と異なる管理方法を行っている事項を抽出し、我が国での有効性や適用する場合の課題を整理した(表2)。

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、さらなる検討・検証を加えた上で、今後の我が国の冬期道路対策に反映させていくことが考えられる。

表2 我が国と異なる冬期道路管理方法の抽出と有効性・適用可能性の考察

	我が国での管理方法	我が国と異なる管理方法	国・都市	適用場面	効果	課題・有効性・適用可能性
除雪水準のカテゴリ	・国道は、カテゴリ区分なし ・県道、市町村道では、交通量に応じた区分が設定される例が多い	都市・郊外部での管理水準設定	オーストラリア	・交通量の少ない地域・道路	・交通量等に応じた除雪水準を適用することで、除雪費用の削減効果が期待できる	・住民理解が得られない可能性 ・既に冬期閉鎖もあり、管理水準を落とせる区間は少なく、効果が低い可能性もある
サービス水準	・基本的にサービス水準が定められていない	摩擦係数	フィンランド等	・凍結が問題となる地域	・定量的、的確に道路を管理することで事故を抑制できる可能性がある	・新たな手間が発生する ・摩擦係数のコントロール方法が不明である
管理方法	・基本的には、各道路管理者が歩道除雪を実施する	沿道の所有者による歩道除雪	シカゴ等	・中心市街地など	・行政サービスを待たずに歩道が確保できる	・日本の風土になじみやすい一方で、近年のコミュニティ機能低下により、協力しない住民が発生する可能性がある
		セブンデイプラン	カルガリー	・都市部	・段階的、戦略的に除雪を実施することが可能	・優先順位が低い沿道住民はしばらく不便を強いられる
事業者との契約	・近年、降雪状況により業者への支払額が大きく変動しないように稼働保障を取り入れたり、最低補償額を取り入れる自治体も出てきている	顧客満足度調査によるポナナス	フィンランド等	・多くの除雪事業者がいる地域	・利用者の声が除雪に反映される。 ・事業者のモチベーションを高める	・日本では事業者の除雪技術力やモチベーションが高いため、利用者の評価基準が高く、高コストになる可能性もある
評価指標	・指標による冬期のパフォーマンス評価は公式には行われていない	事故リスク	ノルウェー等	・冬期道路管理の効果把握	・冬期道路管理の効果の把握、効率化の検討が可能	・日本への手法の適用可能性が課題 ・冬期道路管理に関する効率化の検討が可能