

(26) 凍結防止剤散布による沿道環境の 植物への影響に関する検討

木村 恵子^{1*}・並河 良治¹・曾根 真理¹

¹国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室 (〒305-0804茨城県つくば市旭1)

* E-mail: dokan@nilim.go.jp

スパイクタイヤの禁止に伴い、冬期の交通安全確保のために凍結防止剤を散布することは必要不可欠なものとなっている。近年は凍結防止剤の散布量が増加し、その環境への影響を懸念する声が高まってきている。本研究では、凍結防止剤の飛散量に関する物質収支把握、植物への凍結防止剤噴霧試験、全国での土壌塩分調査等を行い、凍結防止剤による植物への影響について検討した。この結果、土壌から植物へは影響の可能性が低いこと、植物の地上部への付着による影響は路肩端から3 m から5 m程度以内で影響を及ぼす可能性があることが確認された。国総研では、平成13年度から凍結防止剤による沿道植物への影響に関する研究を行ってきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。本論文は、これまでの研究成果をとりまとめるものである。

Key Words : De-icing salt, Winter road management, Salt damage, Roadside environment

1. 本研究の背景と目的

(1) スパイクタイヤの禁止と凍結防止剤散布

冬期間に凍結路面が発生し、すべり抵抗が低下すると、自動車の加速・制動が困難になる。この結果、交通渋滞、スリップ事故等の冬型交通事故が発生し、道路交通機能が低下する要因となる。現在、積雪寒冷地において、路面の凍結を防止する措置として凍結防止剤を散布することが幅広く行われている。このように、積雪寒冷地域における道路管理施策の中で、凍結防止剤散布による凍結路面対策は重要な位置を占めている。

積雪寒冷地域でのスパイクタイヤ使用による道路舗装からの粉塵問題を解決するため、平成5年にスパイクタイヤの使用が禁止された。これに伴ってスタッドレスタイヤが普及した。スタッドレスタイヤの普及は、スパイクタイヤによる粉塵問題の解決には大いに役立った(図-1)⁷⁾。一方、いわゆる「つるつる路面」が発生しやすくなり、交差点部での交通事故の増加等、冬期道路交通に新たな課題をもたらした。

現在、凍結路面に対応するため、様々な対策が実施されている。消雪パイプやロードヒーティング等の消融雪施設は、即効性・持続性に優れた対策であるが、都市部以外では経済性の面で問題がある。そのため、凍結防止剤の散布が都市部から郊外部に至るまで広範囲に実施さ

れている。

(2) 凍結防止剤の成分

凍結防止剤は、塩化物系と酢酸系に大別できるが、塩化ナトリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム等の塩化物系が多く、中でも安価な塩化ナトリウムの使用が多くなっている。酢酸系は、構造物への影響が少ないという利点を持つが、一方で高価なため橋梁部付近など一部の使用に止まっている。平成14年度の凍結防止剤の散布量を種類別に見ると、塩化ナトリウムが74%を占め、塩化カルシウム、塩化マグネシウム等の塩化物系凍結防

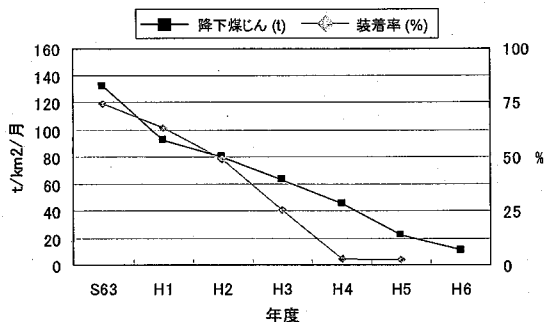


図-1 スパイクタイヤ装着率と降雪量の関係 (札幌市)

止剤全体で92%を占めている⁹⁾。

平成5年のスパイクタイヤの全面禁止以降、凍結防止剤の散布量は増加傾向にあり、コンクリート・鋼構造物、水質、植生等の沿道環境への影響が懸念されている。コンクリート・鋼構造物に関しては、塩害の事例が報告⁹⁾されており、他にも多方面で研究されている。水質への影響に関しては、河川については、大野ら¹⁰⁾が速やかに拡散・希釈するため影響がないとの報告を行った。地下水への影響は、現在調査中であり、近日中に当研究所より公表する予定である。植生に関しては、噴霧実験により幼芽に直接付着した時に影響があるとの報告があるが¹¹⁾、実際に国道周辺において、どの程度影響があるのかについては解明されていない点が多い。

(3) 本研究の目的

本研究では、凍結防止剤の中でも散布量が多い塩化物系凍結防止剤を対象とし、凍結防止剤が植物へ与える影響について、「葉からの影響」と「根からの影響」に関して検討を行った。

2. 研究の考え方

凍結防止剤は植物に対し、塩ストレスとして影響を与えるが、一般的な見解として、過剰な塩分濃度になると細胞の伸長と分裂、タンパク質や核酸の合成、光合成や乾物生産などを通じてほとんどのすべての成長過程を抑制するとされている¹²⁾。塩ストレスによる植物への影響過程は主に2経路考えられ、土壤に降下した凍結防止剤が根から栄養分や水分の供給とともに吸収される経路と葉に付着した凍結防止剤が葉の表面や気孔から侵入する経路である(図-2)。

以上の考えを踏まえ、両経路からの影響を把握するため次の実験および調査を行った。

- ① 凍結防止剤が植物へ影響を与える可能性確認のための実地試験
- ② 散布後の凍結防止剤の行き先を確認するための物質収支把握調査
- ③ 葉からの影響と塩分量の関係を確認するための噴霧実験および専門家へのヒアリング調査
- ④ 根からの影響を確認するため文献調査および全国土壌調査

3. 凍結防止剤による影響確認の実地試験

凍結防止剤が植物へ影響を与える可能性を確認するた

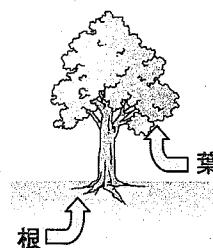


図-2 凍結防止剤の植物への影響経路

めに、以下の通り実地試験を行った。

(1) 国道における影響可能性を確認する意義

凍結防止剤の植物への影響については高速道路での研究結果が報告されている¹³⁾。これに対し、i) 国道での凍結防止剤の散布濃度は高速道路に比べて著しく低く高速道路の結果をそのまま用いることが適当ではないこと、ii) 研究開始時点で文献等において国道沿道の凍結防止剤の植物への影響事例が報告されていなかったことから、国道における凍結防止剤の影響の可能性について確認を行う必要があった。

そこで、研究の第1段階として、国道において凍結防止剤の影響可能性を確認するため実地試験を行った。

(2) 試験内容

影響確認のための実地試験は、平成15年1月24日から8週間、新潟西バイパス曽和IC付近の、上下各1車線かつ盛土区間の国道で行った。この付近は普段から凍結防止剤を散布しており、試験のために特別に凍結防止剤を散布することは行わなかった。本試験は、沿道地点と路肩端から約45 m離れたバックグラウンド地点(以下、「BG地点」という)にマサキ、ウバメガシおよびオオムラサキを設置した(図-3)。試験に使用する植物は、沿道に多く植栽されていて冬期に葉を付けている常緑樹から、耐塩性の程度を考慮して選定し、条件を揃えるため鉢に移植した。試験に使用した植物の本数および高さを表-1に示す。本試験では葉の変色の程度を観察し、葉の被害レベルを「被害レベル0: 葉の変色なし」、「被害レベル1: 変色部分が葉全体の50 %未満」、「被害レベル2: 変色部分が葉全体の50 %以上」とした。設定したレベル毎に葉数を計測し、全葉数に占める被害レベル別の葉数の割合を被害率とした。被害率の測定は、調査開始前、被害葉発現時、50 %被害葉発現時、調査終了時に行った。

(3) 試験結果・考察

図-4に被害率の変化を示す。被害の発生が最も早かったのは沿道地点のウバメガシとオオムラサキであった。また、ウバメガシは初めから葉が少なかったことから、第2週目で全ての葉に被害が発現した。ウバメガシとオオムラサキは、BG地点にも被害が発現していた。そのため、被害レベル2発現時の塩分量を測定した結果、表-2のとおり付着塩分量・体内塩分量ともに沿道地点よりBG地点の方が低かった。調査開始前の値も踏まえると、BG地点の被害は、寒さや植え替えの際のダメージによる可能性が高いと考えることができる。塩害に強い樹種であるマサキ¹³⁾は、沿道地点では調査終了時に80%の葉に被害が発現したが、BG地点では被害が現れなかった。

以上より、道路近接地点においては凍結防止剤散布により植物に影響を与える可能性があることを確認した。

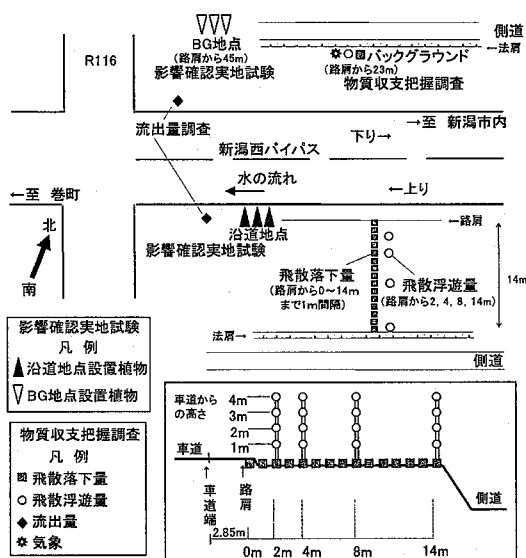


図-3 影響確認の実地試験および物質収支把握調査地点概要

表-1 設置植物の本数および高さ

設置植物	設置本数		植物の高さ
	沿道地点	BG地点	
マサキ	3	3	約1m
ウバメガシ	6	3	約1m
オオムラサキ	3	2	約60cm

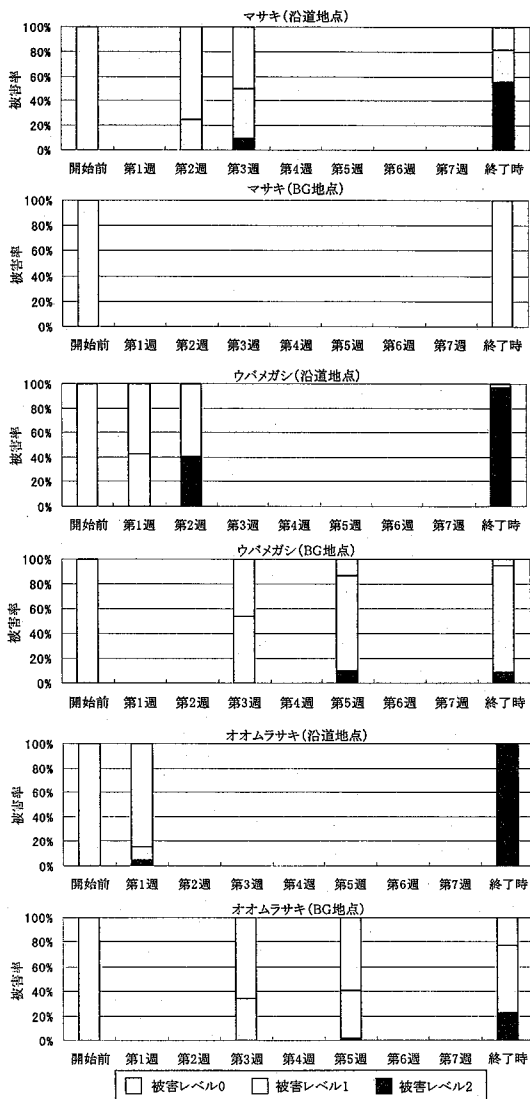


図-4 被害率の時間変化

表-2 付着塩分量および体内塩分量

		付着塩分量 [mg/cm ²]	体内塩分量 [mg/g 乾重]
マサキ	沿道地点	0.0147	36.34
	BG地点	-	-
	調査前	0.0002	2.50
ウバメガシ	沿道地点	0.1058	45.50
	BG地点	0.0125	4.55
	調査前	0.0001	0.11
オオムラサキ	沿道地点	0.0817	33.24
	BG地点	0.0119	6.61
	調査前	0.0005	5.04

4. 凍結防止剤の物質収支把握

次に、路肩端からの距離と凍結防止剤の影響との関係を把握するため、散布量に関する物質収支把握調査を行った。

(1) 物質収支把握調査概要

散布量に対する凍結防止剤の物質収支を把握するための実地調査は、3.の実地試験地の近傍において平成16年1月から3月の8週間にわたって調査した。本調査では、凍結防止剤の散布量、道路側溝への流出量、試験車両への付着量、路外への飛散落下量、路外への飛散浮遊量を計測し、調査地の状況は図-3に示すとおりであり、バックグラウンドでも計測した。

調査箇所周辺では、凍結防止剤散布車により塩化ナトリウム固形剤が1回当たり20 g/m²または30 g/m²散布されていた。調査期間中に散布された凍結防止剤の総量は、2400 g/m²であった（図-5）。

国道116号のトラフィックカウンタによると、週単位の交通量は193,085台から211,724台、大型車混入率は12.8%から13.9%、走行速度は53 km/hから56 km/hであった。上り・下り別では、下りの交通量が1割程度多かった。大型車混入率と走行速度は上り・下り別で大きな差異はなかった。

気象状況は、調査期間の平均気温は3.4℃、平均風速は3.3 m/s、総降水量は188.5 mm、降雪量は調査期間合計で58 mm、積雪の深さは最高値16 mmであった。また、新潟西バイパスから飛散落下量の調査線方向に吹く西—北—北東（135度）の風を順風とし、順風出現数を有風時出現数で除した値を順風率とすると、調査期間の順風率は平均48.6%、順風時平均風速は4.4 m/sであった。

(2) 物質収支把握調査結果・考察

a) 流出量・車両付着量

側溝への路外流出量の総量はCI換算で547.4 kgとなり、図-6に示すとおり、週ごとの流出量は、第2週が最も多く、第8週が最も少なかった。また、流出平均塩化物イオン濃度は調査期間平均で1.9 kg/m³であり、第2週と第6週が高かった。散布量は第1週が最も多かったが、流出平均塩化物イオン濃度は第2週が最も高かった。この原因は第1週後半から第2週前半および第5週後半から第6週前半において、凍結防止剤散布量が多く、かつ、積雪があったため、散布された凍結防止剤がすぐには流出せず、積雪の融解とともに凍結防止剤の流出が進行し、第2週および第6週に流出平均塩化物イオン濃度が高くなったと考える。

車両への付着量は、試験車両（ライトバン）に付着し

たCIを調査した結果、平均15.9 mg/m²であり、後方窓や右後輪の泥除けで多く、ボンネットや右側窓で少なかった。

b) 飛散落下量

路外への飛散落下量を図-7に示す。路肩端からの水平距離が0 mから大きくなるにつれて減少し、バックグラウンドの値に収束する傾向を示した。また、路肩端0 mから3 mまでの間に、飛散落下量全体の72.5%が落下した。路肩端からの距離が比較的小さな場所に飛散落下が集中するということは、車両走行に伴い発生する粒径の大きな粒子の飛沫塩が、道路に近いほど高濃度かつ高頻度で飛び跳ねてくるためと考える。

c) 飛散浮遊量

路外への飛散浮遊量は凍結防止剤のうち、粒子径がおよそ10 μm以下の大気中に長時間浮遊していると想定さ

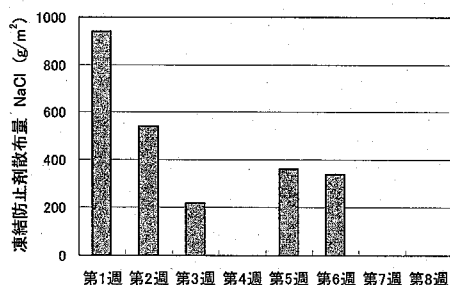


図-5 凍結防止剤散布量

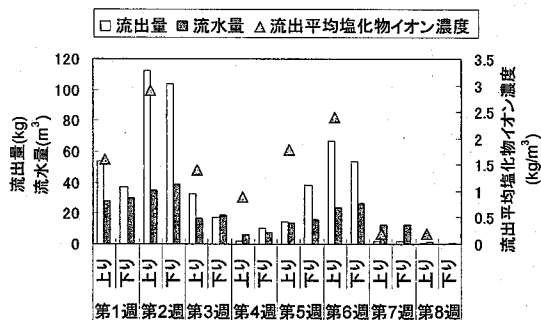


図-6 凍結防止剤の流出量および平均流出濃度

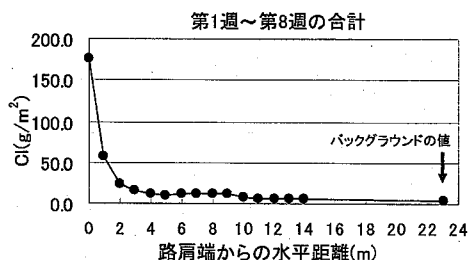


図-7 凍結防止剤の流出量および平均流出濃度

れる微細粒子(以下、「微細塩」という)と、粒子径がおよそ10 μm 以上の飛沫等(以下、「飛沫塩」という)の2種類を測定した。微細塩についてはガスで吸引し大気中の塩化物イオン濃度を測定した。飛沫塩については路肩端からの距離別および高さ別に設置したガーゼに付着した塩分濃度を測定した。

微細塩の飛散浮遊量は、路肩端からの距離や高さ方向に関係なく、バックグラウンドと概ね同程度の値であった(図-8)。すなわち、凍結防止剤由来の霧状の微細塩は、長期間浮遊することなく落下してしまうか、または風で拡散および希釈されてごく微量な濃度になっていると考える。一方、車道から飛び跳ねる飛沫塩は、高さ方向では、「高さ1m距離2m」の計測地点で高い値を示したが、高さ2mから4mでは大きな差異が見られなかった。水平方向では、2mから8mまでは概ね同じような値を示したが、路肩端から8m以遠は距離が大きくなるとともに減少する傾向を示した(図-9)。

d) 物質収支

本調査の計測結果を基に凍結防止剤の総収支を示したものが図-10である。8週間にわたる調査期間において、物質収支算定区間に散布された凍結防止剤は、C換算での上下計656 kgであり、その72 %が流出し、20 %が飛散落下し、2 %が車両に付着し、残り6 %が把握できないという結果となった。

(3) 飛散量と影響要因の相関関係

流出量、飛散落下量、飛散浮遊量と交通、気象条件等との相関を調べた。表-3は、飛散・流出と影響要因との相関係数を示す。主な特徴は次のように言える。

- ・散布量は、飛散落下量、飛散浮遊量、流出量と正の相関がある。
- ・順風率は、飛散浮遊量、浮遊落下量と正の相関がある。
- ・順風時風速は、飛散浮遊量と正の相関があるが、飛散落下量は相関がなかった。
- ・降水量は、流出量、飛散落下量、飛散浮遊量と正の相関がある。

以上のことより、路外への飛散は、凍結防止剤が散布され、降水・降雪があり、順風率が高い状態の時に多くなることが確認できた。また、路外への流出は、凍結防止剤が散布され、降水・降雪がある状態の時に多くなることが確認できた。つまり、路上の雪に残留していた塩分が降雪後の除雪にともなって、路外へ排出されたといえる。

(4) 飛散落下量調査

北海道、東北、北陸において、本調査と同様の飛散落下量調査を実施し、それらの結果との比較を行った。飛

散落下量調査を選定した理由は、物質収支把握調査の中で飛散量落下調査が最も簡便であり、また植生への影響と関連する可能性が高いからである。

調査地点を図-11に示す。調査結果は図-12のとおり、いずれも路肩端からの距離が大きくなるにつれて、落下量は減少を示した。本調査の結果より、一般的に路肩端から概ね5 m以内の場所に飛散落下量の大部分が落下することが確認できた。

(5) 考察

本調査により、凍結防止剤が路外へ飛散・浮遊するとき、路肩から離れると飛散総量は減少を示すが、大気中の塩化物イオン濃度は低くかつ一定であることがわかった。つまり、塩化物イオン濃度が低くかつ一定ということは、車両走行に伴って霧状の微細塩が発生したとしても、長時間浮遊することなく落下、または、風で拡散および希釈されてごく微量な濃度になっていると考える。したがって、飛散浮遊量は、「飛散し、浮遊し、落下する」過程にある粒径の大きい飛沫塩が支配的であり、浮遊する霧状の微細塩は飛沫塩に比べてほとんどないといえる。

平成17年度に行った現地調査で発見された地点における沿道植物の状況は、高さ約1.5 m以下程度で葉の色が変化しているのに対し、約1.5 m以上の高さになると色の変化はなかった。この結果と比較すると高さ1 m付近の飛沫塩量又は飛散落下量が植物に影響を及ぼす可能性が高いと考える。

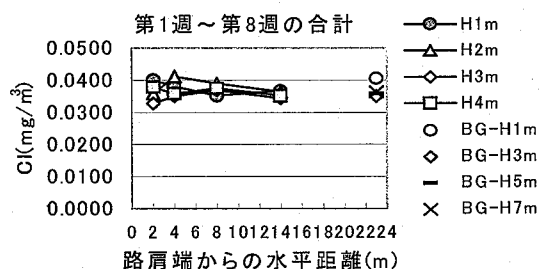


図-8 微細塩の飛散浮遊量

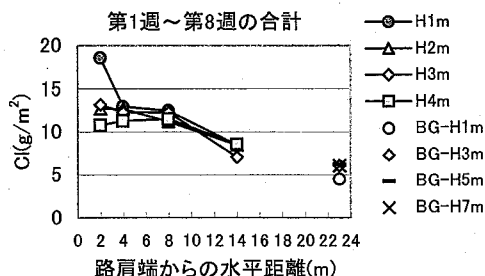


図-9 飛沫塩の飛散浮遊量

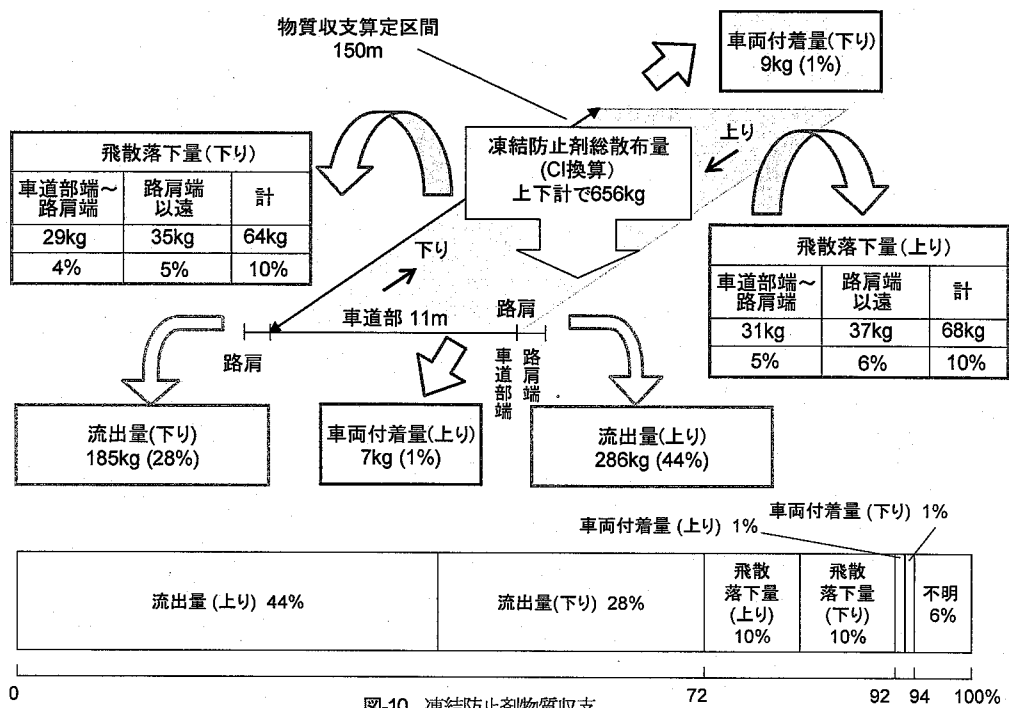


図-10 凍結防止剤物質収支

表-3 飛散・流出と影響要因の相関

単相関	凍結防止剤散布量	順風率	順風時風速	気温	降水量	大型交通量	小型交通量	交通量	大型車混入率	走行速度
飛散落下量	0.82◎	0.49○	0.04×	-0.85◎	0.68○	-0.84◎	-0.93◎	-0.97◎	-0.17×	-0.59○
飛散浮遊量	0.78◎	0.86◎	0.46○	-0.81◎	0.57○	-0.21△	-0.84◎	-0.77◎	0.53○	-0.23△
流出量	0.65○			-0.79◎	0.73◎	-0.88◎	-0.88◎	-0.93◎	-0.29△	-0.60○

(注) ×：ほとんど相関無し 0.0 ≤ |r| ≤ 0.2 △：弱い相関あり 0.2 < |r| ≤ 0.4
○：中程度の相関あり 0.4 < |r| ≤ 0.7 ◎：強い相関あり 0.7 < |r| ≤ 1.0

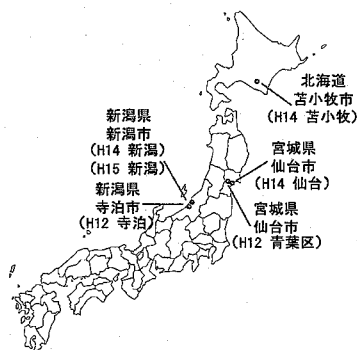


図-11 飛散状況調査地点

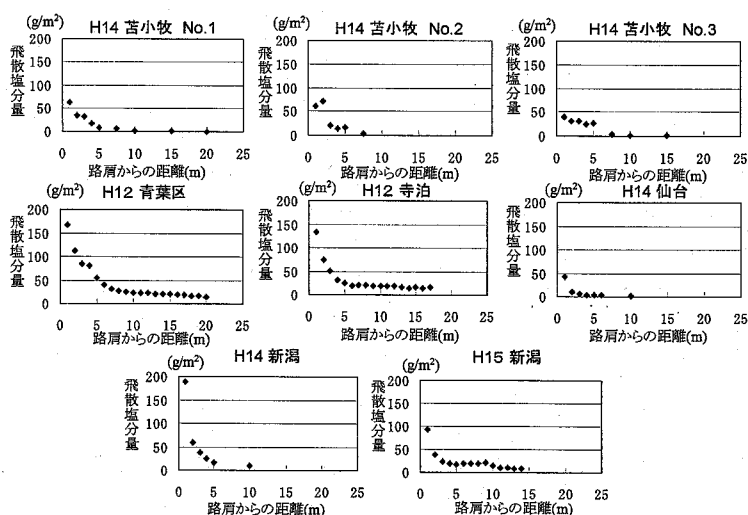


図-12 各地の飛散状況調査結果

5. 葉からの影響（塩分量と植物種の関係）

塩分量と凍結防止剤の植物への影響の関係を把握するため、塩水の噴霧実験を行い、さらに専門家からのヒアリング調査等を行った。

(1) 調査方法

植物への影響に関わる要素としては、塩分の葉への付着量、浸入量および植物の浸入許容塩分量があり、それらは樹種によって異なる。そこで植物への影響調査においては、対象樹種として沿道に多く植栽されていて冬期に葉を付けている常緑樹から、耐塩性の程度を考慮して、マサキ、ウバメガシ、オオムラサキ、スギを選定した。試験は屋内で食塩水を1日3回、投影面積1 m²当たり約50 mlを1ヶ月間または3ヶ月間にわたり噴霧し、付着率、浸入率を算出した。同時に、葉体の成分分析を行った。

(2) 調査結果

試験調査樹種の耐塩性、浸入率、変色被害発現閾値の結果は表-4に示す。体内塩分量が増加すると、被害が発現しやすくなる傾向が確認できた。被害が発現しやすくなる値をm²あたりの塩分濃度に換算することを試みたが、知見等が不十分であるため信頼できる値を算出できなかった。

(3) 既往の研究との比較

凍結防止剤の植物への影響について、独立行政法人科学技術振興機構（JST）のデータベース、農林水産試験研究年報¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾を用いて関連研究の検索を行い、さらに独立行政法人農業環境技術研究所図書館の蔵書から調査した。その結果、北海道大学大学院地球環境科学研究院春木雅寛助教授、新潟大学大学院自然科学研究科中田誠助教授が関連研究を行っていることが判明した。両者による研究以外では関連すると考えるものは発見できなかった。

a) 春木らの研究¹⁹⁾との比較

春木らが平成7年から13年にかけて凍結防止剤を想定した塩分散量の植生等への影響について研究を行っていることを確認した。この研究の実施者である春木助教授と直接打ち合わせを行い、被害が発現しやすくなる値を地表のm²あたりの塩分落下濃度に換算した結果、概ね15 g/m²以上から影響が出始める結果となった（表-5）。b) 中田らの研究²⁰⁾との比較

中田らが潮害を想定し、海風による森林への塩害に関する研究を行っていることを確認した。この研究の実施者である中田助教授と直接打ち合わせを行い、ピーク時の森林流入量の値を地表のm²あたりの塩分落下濃度に換算した結果、概ね7 g/m²となった（表-5）。

(4) 考察

噴霧試験からは、塩分量が増加すると被害が増加することが確認できた。しかし、凍結防止剤飛散落下量と被害との関係を示す閾値の設定を行うことはできなかった。この後、植物の専門家の研究成果より評価指標を設定した。これらの評価指標と飛散落下量調査の結果は表-5のとおりであり、比較すると、路肩端から10 m以上の飛散落下量は海塩由来の数分の1程度であり、5 m地点の平均値が植物への影響が出る値より低いことから路肩端から5 m離れた地点では、ほとんど影響がないといえる。

6. 根からの影響

根からの影響を確認するため、文献調査により評価指標を設定し、全国の土壌調査を行った。

(1) 文献調査

凍結防止剤の根からの影響に関する学術的文献はJSTのデータベース検索の結果存在しなかった。このため、農業関連の専門書の調査を行った。この結果、凍結防止剤の土壌からの影響について書かれた事例²¹⁾²²⁾はわずかしか発見できなかった（表-6）。

表-4 調査樹種の耐塩性および浸入率、発現閾値

試験調査樹種	耐塩性の特徴	耐塩強度	浸入率※	浸入塩分量 (mg/g 乾重量)	
				変色被害発現	50%以上変色被害発現
マサキ	塩分は付着しやすいが、浸入しにくい。浸入許容塩分量は大。	強	0.039	25	69
ウバメガシ	塩分は付着しにくく、かつ浸入しにくい。浸入許容塩分量は中。	強	0.043	25	42
スギ	塩分は付着しにくい。浸入しやすい。浸入許容塩分量は中。	中	0.133	18	—
オオムラサキ	塩分は付着しやすいが、浸入しにくい。浸入許容塩分量は小。	弱	0.065	6	31

※ 噴霧塩素イオン量に対する葉体内塩素イオン増加量

表-5 評価指標と飛散落下調査結果の比較

研究・調査の内容	Cl濃度	備考
植物への散布影響実験 (春木ら)	シロツメクサ；15～76 g/m ² イチイ；23～76 g/m ²	40%から60%の被害率となるレベル (NaCl散布からの換算)
	ミミズ；16 g/m ²	30%の被害率となるレベル (NaCl散布からの換算)
海塩由来の森林流入量 (中田ら)	約70 kg/ha →約7 g/m ²	11月期(ピーク時)の森林流入量
沿道への飛散落下量 (飛散落下量調査結果)	5m地点平均：9.6 g/m ² 10m地点平均：3.6 g/m ² 20m地点平均：1.5 g/m ²	平成12年度から平成15年度の調査結果による月間飛散量

表-6 評価指標

項目	閾値
塩化物イオン (Cl ⁻)	400 mg/kg
ナトリウムイオンと塩基置換容量の比 (Na ⁺ /CEC)	15%

土壌はClを吸着しにくい性質であり、Clが400 mg/kgを超過すると耐塩性が弱いキュウリの生育障害が現れる。

CECはCation Exchange Capacityの略であり塩基置換容量を指し、土壌が塩基類を吸着および保持する能力のことである。CECは土の種類によって決まり、粘土分や有機物が多いと値が大きくなる。Na⁺/CECが12%から15%を越えると、土壌の透水性の悪化や乾燥時の硬化が起こり、耕作に望ましくない土壌になる^{20,21}。

(2) 全国土壌調査

a) 調査方法

本調査は、平成16年度に、全国42地点の凍結防止剤を散布している国道で実施した(図-13)。土壌採取は、沿道から数メートルの範囲で行い、置換性ナトリウム(Na⁺)、塩化物イオン(Cl⁻)、塩基置換容量(CEC)を計測し、凍結防止剤による土壌への影響を評価した。

b) 調査結果

図-14に示すとおり、Clは1箇所で閾値を越えた。Na⁺/CECは4箇所で閾値を超えた。Na⁺/CECについて詳しく調べるとNa⁺の変動に伴い、一時的に15%を越えることもあるが、概ね15%以下であった(図-15)。

c) 追跡調査

平成16年度の調査で閾値を超えた5地点について平成17年度に追跡調査を行った。その結果、降雪中は高い値を示したが、融雪後には、降雪前のレベルに戻っていた(図-16,17,18)。

(3) 考察

塩化物イオン濃度が閾値400 mg/kgを超過した場所は、

除雪した雪が堆積し、滞留しやすい場所であり、その他の場所では閾値を大きく下回っていた。降雪中に閾値を越えたが融雪後には降雪前程度の値に下がったことは、降水量が1000ミリを越える湿润地域において、塩類は土壌から溶脱されるため塩類集積は起こらない²²⁾ことを確認した。従って、根からの影響は小さいと言える。

また、平成16年度には約20カ所の国土交通省国道事務所・除雪ステーション等の担当者を訪ねてヒアリングを実施し、平成17年度には国土交通省本省から北海道開発局および各地方整備局の担当者へ電話ヒアリングを実施した。それらヒアリングの結果では、被害報告はなかった。

以上のことより、今回の調査結果では、凍結防止剤の散布によって、土壌塩分濃度が農作物の成長を阻害するレベルに達することは、ほとんどないと考える。ただし、沿道の地形や雪の排雪方法により、局所的に高い値に達する可能性は否定できない点も明らかとなった。今後は、必要に応じて追跡調査を行うとともに、適切な散布方法や除雪した雪の処理方策を検討する必要がある。

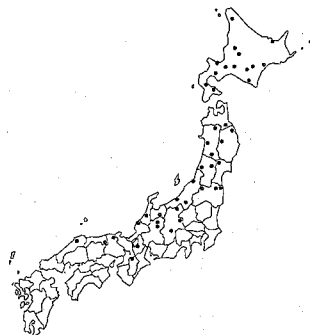


図-13 土壌調査地点(42地点)

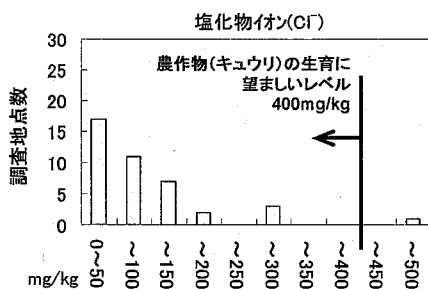


図-14 塩化物イオン濃度のヒストグラム

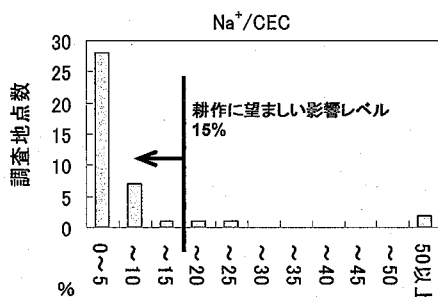


図-15 Na^+/CEC のヒストグラム

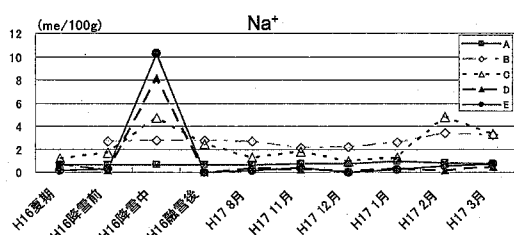


図-16 ナトリウムイオン濃度の経時変化

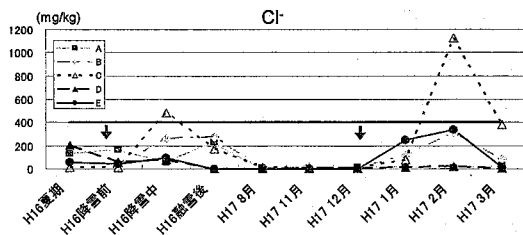


図-17 塩化物イオン濃度の経時変化

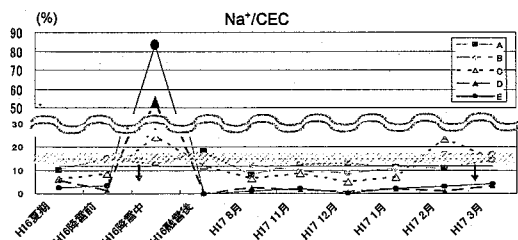


図-18 Na^+/CEC の経時変化

7. おわりに

凍結防止剤の植物への影響については、研究開始時点で、高速道路における事例¹⁾以外には、懸念が存在するのみであった。農業関連の学術論文を検索しても、わずかに春木、中田らの文献があるのみであった。その後、現地計測を行う過程において、沿道植物が変色している箇所を発見した。これは調査からの推定「路肩端から3 mから5 m以内の地上部に影響の可能性有り。」と概ね合致するものである。

田畑の農作物については、影響を及ぼす可能性が低いと考える。自然生態系についても、路肩端から3 mから5 m以内への影響の可能性があるので、生態系に広く影響を及ぼす可能性は低いと考える。今後は、これらの考えを確認するため、夏季の植物調査を行う予定である。また、路肩端から3 mから5 m以内の沿道植物の対策についても検討を行っていく予定である。

謝辞：本稿に示した現地調査および実験は国土交通省北海道開発局および各地方整備局の協力のもとに行われたものであり、関係者の方々に感謝の意を表します。内容の検討にあたっては、長岡技術科学大学丸山暉彦教授をはじめとした学識経験者による、「効率的な凍結防止剤散布方法に関する検討委員会」の検討を経たものとなっています。ここに記して関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 角湯克典, 大西博文, 並河良治: 凍結防止剤の飛散状況に関する研究, 第24回日本道路会議論文集, pp.152-153, 2001.
- 2) 桑原正明, 並河良治, 角湯克典: 凍結防止剤の飛散に対する風の影響, 第26回日本道路会議論文集, pp.154-155, 2001.
- 3) Katsumori Kadoyu, Hirofumi Ohmishi, Yoshiharu Namikawa, Tomofumi Nozaki and Shigeyuki Nakamae, Research on De-icing Chemical Scatter Patterns/Run-off Quantity, XI International Winter Road Congress, Vol. 11, IV-212, 2002.
- 4) 桑原正明, 並河良治, 曾根真理: 凍結防止剤の植物への影響予測・評価に関する研究, 第25回日本道路会議論文集, CD-ROM, 2003.
- 5) 木村恵子, 並河良治, 曾根真理: 凍結防止剤の飛散流出状況調査について, 第26回日本道路会議論文集, CD-ROM, 2005.
- 6) Keiko Kimura, Yoshiharu Namikawa, Sinri Sone, Masaaki Kuwabara, Research on Environmental Impact of De-icing Salts, XII International Winter Road Congress, Vol. 12, CD-ROM, 2006.
- 7) (社) 雪センター: 凍結防止剤をどう考えるか, 第18回ゆきみらい研究発表会パネルディスカッション, pp.3, 2006.

- 8) (社) 日本建設機械化協会：2005 除雪・防雪ハンドブック (除雪編)，pp.192-199, 2004.
- 9) 小尾稔，田口史雄，嶋田久俊：路面凍結防止剤がコンクリート橋の塩害、凍害に及ぼす影響，寒地土木研究所月報，No.635, pp.3-9, 2006.
- 10) 大野順通，大西博文，山田俊哉：凍結防止剤の公共用水域への影響，第 37 回環境工学研究フォーラム論文集，pp.64-66, 2000.
- 11) 齋藤辰哉，根本昇，本間信一，松田宏：凍結防止剤の植物への影響に関する研究，寒地技術論文・報告集 Vol.18, pp.37-43, 2002.
- 12) 石井龍一：植物生産生理学，pp.132-135, 朝倉書店, 1994.
- 13) 北陸地方建設局監修：積雪地域の道路緑化マニュアル，pp.154-155, 1980.
- 14) 農林水産技術会議事務局編：農林水産試験研究年報農業編・林業編 国立〈平成 12 年度〉, 2002.
- 15) 農林水産技術会議事務局編：農林水産試験研究年報農業編・林業編 国立〈平成 13 年度〉, 2003.
- 16) 農林水産技術会議事務局編：農林水産試験研究年報農業編・林業編 国立〈平成 12 年度〉, 2001.
- 17) 農林水産技術会議事務局編：農林水産試験研究年報農業編・林業編 国立〈平成 13 年度〉, 2003.
- 18) 農林水産技術会議事務局編：農林水産試験研究年報農業編・林業編 国立〈平成 14 年度〉, 2003.
- 19) 例えば，春木雅寛：道路凍結防止剤散布による植物枝葉の枯れ方，寒地技術論文・報告集 Vol. 17, pp.758-761, 2001.
- 20) 例えば，中田誠，金川聡：Relationships between salt spray damage of *Cryptomeria japonica* and geographical features, Journal of the Japanese Forestry Society, Vol. 76, No.5, pp.468-470, 1994.
- 21) 奥田東，五島善秋，川口桂三郎，小林章，塚本洋太郎：改著土壌・肥料ハンドブック，pp.79-81, 養賢堂, 1965.
- 22) (社) 日本土壌肥料学会編：土と食糧—健康な未来のために，pp.189, 朝倉書店, 1998.
- 23) 久馬一剛ら編：土壌の事典，pp.45, 朝倉書店, 1993.

(2006. 5. 26 受付)

Research of Impact on Road Side Plants of De-icing Salts

Keiko KIMURA¹, Yoshiharu NAMIKAWA¹ and Shinri SONE¹

¹Road Environment Division, Environment Department, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport

In snowy and cold area in Japan, road administrators spread de-icing salts on roads to ensure safe driving in the winter. The quantity of de-icing salts has increased every year since the use of studded tires was prohibited. Some people have expressed their fear that scattering de-icing salts that have been spread damages roadside environments. It is necessary to spread de-icing salts in order to ensure safe driving with minimum harming the natural environment.

So the purpose of this research is to ascertain the relations between de-icing salts and their impact of road side plants. This is a report on surveys of as follows:

- On site experiment to confirm the possibility of the impact.
- On site experiment to clarify spread of de-icing salt.
- Laboratory experiment and document survey to set threshold level.
- On site experiment salinity of roadside soil.

From the results, de-icing salts have little influence on herbaceous plant, so indicators shows under threshold level in spring, summer and autumn, because herbaceous plants are snowy in winter. De-icing salts have possibility to influence trees in from 3 to 5meters from road edge.