

ISSN 1346-7328
国総研資料 第412号
平成19年7月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.412

July 2007

凍結防止剤散布と沿道環境

環境研究部 道路環境研究室
木村恵子、曾根真理、並河良治
桑原正明、角湯克典

Spreading De-icing Salts and Roadside Environments

Road Environment Division
KIMURA Keiko, SONE Shinri,
NAMIKAWA Yoshiharu,
KUWABARA Masaaki, KADOYU Katsunori

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

凍結防止剤散布と沿道環境

木村 恵子^{*}, 曾根 真理^{**}, 並河 良治^{***}, 桑原 正明^{****}, 角湯 克典^{*****}

Spreading De-icing Salts and Roadside Environments

KIMURA Keiko^{*}, SONE Shinri^{**}, NAMIKAWA Yoshiharu^{***}, KUWABARA Masaaki^{****}, KADOYU Katsunori^{*****}

概要

本資料は、凍結防止剤散布による沿道環境の調査結果を学識経験者による検討を経て、とりまとめたものである。スパイクタイヤの禁止以降、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。このため、凍結防止剤の飛散量に関する物質収支把握、土壌塩分調査、地下水調査、沿道植物調査等を行い、凍結防止剤による沿道環境への影響について検討した。この結果、土壌から植物への影響は極めて小さいということ、路肩端から 5 m 以遠では凍結防止剤による影響が少ないことが確認できた。

キーワード：凍結防止剤、冬期道路管理、沿道環境、塩害

Synopsis

This technical note on environmental impact of de-icing salts is obtained based on a study of this theme by academic experts.

In snowy and cold areas in Japan, road administrators spread de-icing salts on roads to ensure safe driving in the winter. It is necessary to spread de-icing salts for winter road management and 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 of de-icing salts that have been spread damages roadside environments. Therefore we have conducted field surveys to analyze the mass balance of de-icing salts, soil investigations, groundwater investigations, studied effects on the environment, etc., and have considered the environmental impact of de-icing salts. In this study, we have concluded that 1) soil has little influence on plants and 2) de-icing salts may influence plants within 5 meters from the road edge.

Key Words: De-icing Salt, Winter Road Management, Roadside Environment, Salt Damage

[*]	道路環境研究室研究官	Researcher, Road Environment Division
^{**}	道路環境研究室主任研究官	Senior Researcher, Road Environment Division
^{***}	道路環境研究室長	Head, Road Environment Division
^{****}	前道路環境研究室研究官	Former Researcher, Road Environment Division
^{*****}	前道路環境研究室主任研究官	Former Senior Researcher, Road Environment Division

まえがき

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ます。しかし研究開始当初、凍結防止剤による植物への影響については、高速自動車国道以外には十分な資料が無く、一般国道における状況に対しては、いくらかの懸念がありました。

本資料は、最新の知見に基づき、冬期道路交通の安全・安心・円滑が確保され、沿道環境への影響が少ない凍結防止剤散布方法について検討する目的で設立した、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」(平成17年度～18年度)の成果をとりまとめたものです。

本資料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平成12年から行われてきたものです。関係者の方々に謝意を表します。

また、委員長を務めて頂きました長岡技術科学大学丸山暉彦教授をはじめ、委員の皆様には、専門的な見地から貴重なご意見を多数いただき、深く感謝の意を表します。

本委員会の実施に際しては、社団法人雪センターの中川誠さん、石平貞夫さん、沖田圭右さんには、事務局としてひとかたならぬご支援をいただき、この場を借りて心から感謝の意を表します。

本資料が、関係各位の情報共有により、冬期路面の維持管理の発展に寄与することとなれば幸いです。

目次

まえがき

第1章 委員会の概要.....	1
第2章 凍結防止剤散布について.....	6
2.1 冬期道路管理の概要.....	6
2.1.1 雪寒対策の概要.....	6
2.1.2 凍結防止対策の概要.....	6
2.1.3 路面凍結の形態.....	7
2.1.4 凍結防止剤の種類.....	8
2.1.5 雪寒地域の多様性.....	8
2.1.6 凍結防止剤の散布量.....	10
2.1.7 凍結防止剤が備える要件.....	11
2.2 凍結防止のメカニズム.....	13
2.2.1 凍結防止剤の特性.....	13
(1) 凍結防止剤の凝固点降下	
(2) 氷の融解作用	
2.2.2 摩擦抵抗の確保.....	16
(1) 凝固点の低下と路面状態の関係	
(2) 薬剤散布量とすべりとの関係	
2.2.3 化学的特性.....	17
2.3 凍結防止剤 (NaCl) の基準.....	19
2.3.1 凍結防止剤の使用状況.....	19
(1) 凍結防止剤の種類	
(2) 原産地	
2.3.2 塩化ナトリウムの品質規定.....	20
(1) 目的	
(2) 適用範囲	
(3) 塩化ナトリウムの品質に関する検討項目	
(4) 純度	
(5) 異物等	
(6) 粒径	
(7) 含水率	
(8) 有害物質	
2.4 凍結防止剤の散布実態.....	27

2. 4. 1 出動時の判断	27
2. 4. 2 凍結防止剤と散布の概要	28
2. 4. 3 凍結防止剤の形態別の特徴.....	28
2. 4. 4 凍結防止剤の散布方式.....	29
(1) 主な散布方式	
(2) その他の散布方式	
2. 4. 5 散布方法経年変化の近年の推移	31
2. 4. 6 凍結防止剤の散布要領.....	32
第3章 凍結防止剤の飛散について	33
3.1 凍結防止剤の飛散メカニズム.....	33
3.1.1 調査概要	33
3.1.2 調査結果	34
(1) 総散布量	
(2) 路外流出量	
(3) 浮遊飛散量の観測	
(4) 浮遊飛散量調査結果	
(5) 飛散落下量調査結果	
(6) 車両付着量調査結果	
3.1.3 凍結防止剤の物質収支.....	41
3.2 凍結防止剤の飛散調査.....	42
3.2.1 調査概要	42
(1) 目的	
(2) 調査の概要	
3.2.2 調査地点の概要.....	44
3.2.3 調査地点別の凍結防止剤散布状況.....	46
3.2.4 調査結果	47
(1) 凍結防止剤の飛散状況	
(2) 各種条件との関係検討	
3.2.5 まとめ	52
第4章 沿道への影響調査.....	53
4.1 植生への影響文献調査.....	53
4.1.1 調査概要	53
(1) 目的	
(2) 調査の方法	
4.1.2 検索結果	55
(1) 凍結防止剤成分と農作物への望ましい影響レベル	

(2) 塩化物類の散布と植物への影響	
(3) 潮等による植物への影響	
(4) まとめ	
4.2 全国土壌調査	61
4.2.1 調査概要.....	61
(1) 目的	
(2) 調査の内容	
(3) 調査方法	
4.2.2 調査地点の概要.....	65
4.2.3 調査地点別の凍結防止剤の散布状況.....	68
(1) 使用された凍結防止剤の種類	
(2) 調査地点別の凍結防止剤の散布状況	
(3) 複数散布の状況	
4.2.4 調査結果.....	73
(1) 全国調査結果	
(2) 凍結防止剤の散布量と土壌中濃度	
4.2.5 追跡調査地点での変化傾向	80
4.2.6 まとめ	82
4.3 沿道植物現地調査.....	83
4.3.1 調査概要	83
(1) 調査目的	
(2) 調査の概要	
(3) 調査方法	
(4) 調査地点周辺の凍結防止剤の散布状況	
4.3.2 全国調査の結果.....	90
(1) 沿道の樹木の生育状況	
(2) 沿道の樹木の概要	
4.3.3 各地点の状況	97
(1) 生育不良・損傷発生要因	
(2) 沿道の樹木の被害等の状況	
(3) 被害等の状況	
4.3.4 まとめ	115
(1) 調査結果のまとめ	
(2) 今後の課題	
第5章 地下水への影響調査	116
5.1 調査概要	116
5.2 調査結果.....	120

(1)連続観測結果	
(2)採水分析結果	
5.3 まとめ.....	126
(1)調査結果のまとめ	
(2)今後の課題	
第6章 まとめと今後の課題.....	127
(1)植物への影響について	
(2)地下水への影響について	
(3)河川への影響について	
(4)凍結防止剤散布量削減の工夫	
参考 河川への影響調査.....	参-1
1. 調査概要.....	参-1
(1)目的	
(2)調査の概要	
(3)調査地点	
2. 調査結果.....	参-6
(1)河川水中の塩化物イオン濃度について	
(2)連続観測結果	
(3)観測期間中の発生分布状況	
3. まとめ.....	参-15
(1)調査結果のまとめ	
(2)今後の課題	

第1章 委員会の概要

委員会設立趣意

冬期道路交通の確保において、路面の凍結を防止するための凍結防止剤の散布は欠かせないものとなっており、近年凍結防止剤の使用量が増大してきています。一方で、農作物や果樹、土壌等への影響を懸念する声も一部で聞こえています。

こうしたことから、最新の知見に基づき、沿道環境への影響が少ない凍結防止剤散布方法について検討を行う必要があります。

また、これまで行なわれてきた調査及び今後の調査結果の精査のため、道路工学や森林環境保全学、環境化学等の学識経験者の専門的な立場から審議・提言を賜ることを目的に「効率的な凍結防止剤散布方法に関する検討委員会」を設立するものです。「検討委員会」では、関係者が情報共有し、共通認識を持つことにより、冬期路面の維持管理の方向性を見出すことに寄与するものと考えます。

平成17年10月

効率的な凍結防止剤散布方法に関する検討委員会 委員名簿

委員長	丸山 暉彦	長岡技術科学大学工学部 環境・建設系 教授 (研究分野:道路工学、雪国の交通管理)
委員	堀井 雅史	日本大学工学部 土木工学科 教授 (研究分野:交通計画)
	春木 雅寛	北海道大学大学院 地球環境科学研究院 助教授 (研究分野:森林環境保全学、森林生態学)
	中田 誠	新潟大学大学院 自然科学研究科 助教授 (研究分野:森林環境科学)
	吉永 淳	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 助教授 (研究分野:環境化学、医学)
	並河 良治	国土技術政策総合研究所 環境研究部道路環境研究室長
	岡 邦彦	国土技術政策総合研究所 道路研究部道路空間高度化研究室長
	久保 和幸	独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
	浅野 基樹	独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所寒地道路研究グループ 寒地交通チーム 上席研究員
	加治屋安彦	PIARC委員 (独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所寒地道路研究グループ 雪氷チーム 上席研究員)
	森田 義則	東北地方整備局 東北技術事務所長(第1回～第3回)
	金内 剛	東北地方整備局 東北技術事務所長(第4回～第5回)
	平田 五男	北陸地方整備局 北陸技術事務所長
	酒井 孝	社団法人雪センター 理事長
事務局	曾根 真理	国土技術政策総合研究所 環境研究部道路環境研究室 主任研究官
	木村 恵子	国土技術政策総合研究所 環境研究部道路環境研究室 研究官
	中川 誠	社団法人雪センター 企画部長
	石平 貞夫	社団法人雪センター 次長(企画担当)
	沖田 圭右	社団法人雪センター 副参事

(敬称略)

—委員会実施内容—

第1回 委員会

委員会日時 : 平成17年10月26日

会場 : 東京都千代田区 砂防会館別館3F 穂高

議 事

- (1) 冬期道路管理の概要
- (2) 凍結防止のメカニズム
- (3) 凍結防止剤の基準
- (4) 凍結防止剤の散布実態
- (5) 凍結防止剤の飛散メカニズム

第2回 委員会

委員会日時 : 平成17年12月8日

会場 : 東京都千代田区 全共連ビル B1F No.18 会議室

議 事

- (1) 講話
春木委員：植物などへの凍結防止剤の影響について
中田委員：森林への海塩沈着量について
- (2) 第1回検討委員会の議事録確認
- (3) 凍結防止剤の飛散調査結果
- (4) 植生への影響調査（文献調査）結果
- (5) 全国土壌調査結果

第3回 委員会（パネルディカッション方式）

委員会日時 : 平成18年2月3日 「ゆきみらい2006 in 上越」

会場 : 上越市 ホテル センチュリーイカヤ

登壇者(パネラー) : 丸山委員（コーディネーター）、堀井委員、
春木委員、浅野委員、曾根（並河委員代理）

- (1) 我が国におけるスパイクタイヤ規制と凍結防止剤散布の必要性；浅野委員
- (2) 凍結防止剤散布に関する調査検討結果；曾根（並河委員代理）
- (3) 凍結防止剤の植物への影響；春木委員
- (4) 道路交通流が雪にどの程度影響を受けるか；堀井委員

- (5) 北欧におけるスパイクタイヤ・薬剤の使用
北欧における冬期道路管理の性能規程と薬剤散布量抑制について
薬剤散布手法について；浅野委員
- (6) 中田委員の研究紹介「森林と海塩の関係について」；曾根（並河委員代理）
- (7) 討議：凍結防止剤の今後について

第4回 委員会

委員会日時 : 平成 18 年 10 月 24 日
会場 : 東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17
(社) 雪センター会議室 (日本橋三洋ビル 8 F)

議 事

- (1) 第2回検討委員会、第3回検討委員会の報告
- (2) 植物への影響兆候把握調査
- (3) 凍結防止剤の地下水への影響調査結果
- (4) 凍結防止剤の河川への影響調査結果

第5回 委員会

委員会日時 : 平成 19 年 3 月 6 日
会場 : 東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17
(社) 雪センター会議室 (日本橋三洋ビル 8 F)

議 事

- (1) 委員会報告書の採択

凍結防止剤の環境への影響調査に関して

凍結防止剤の行方

環境への影響

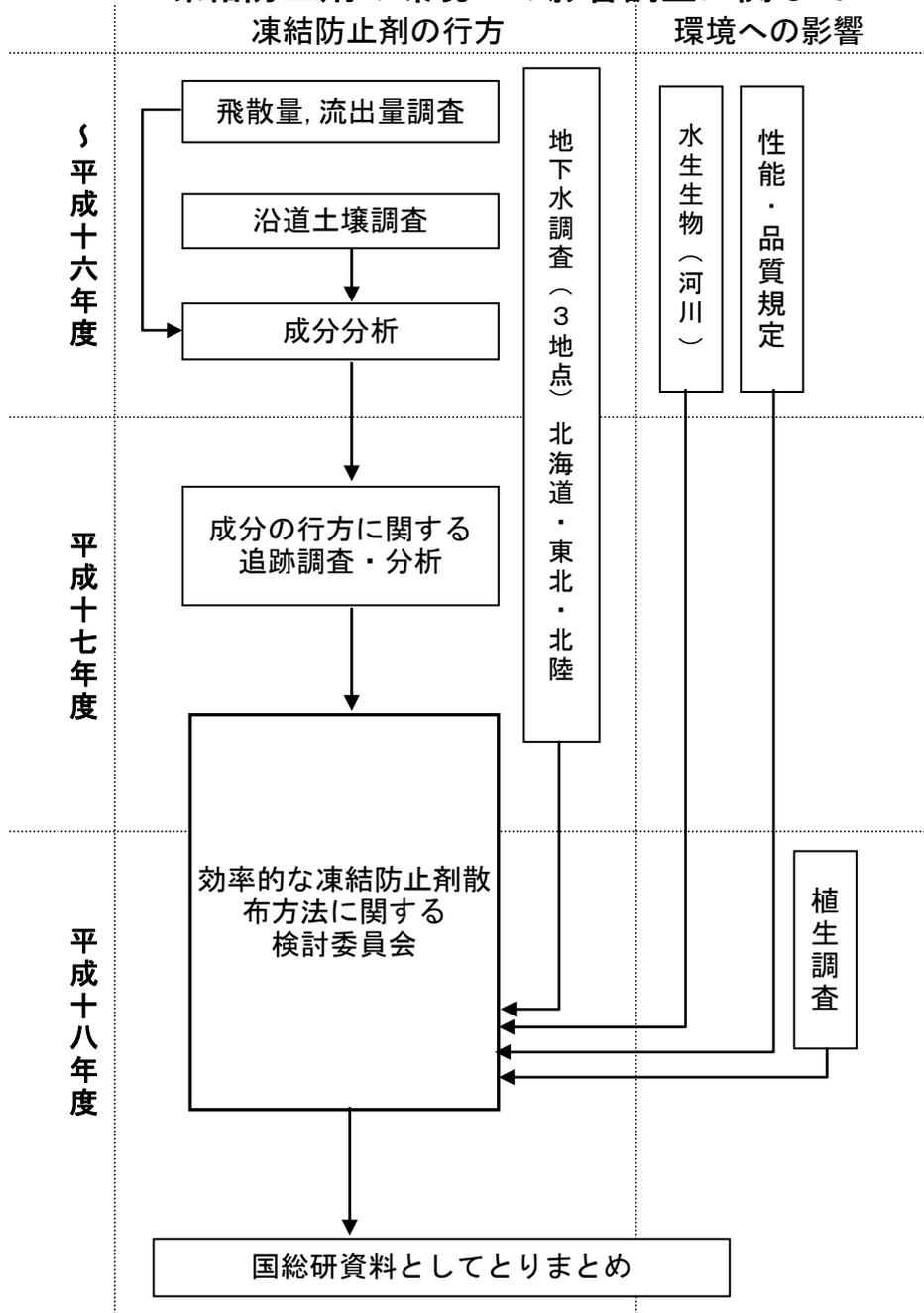


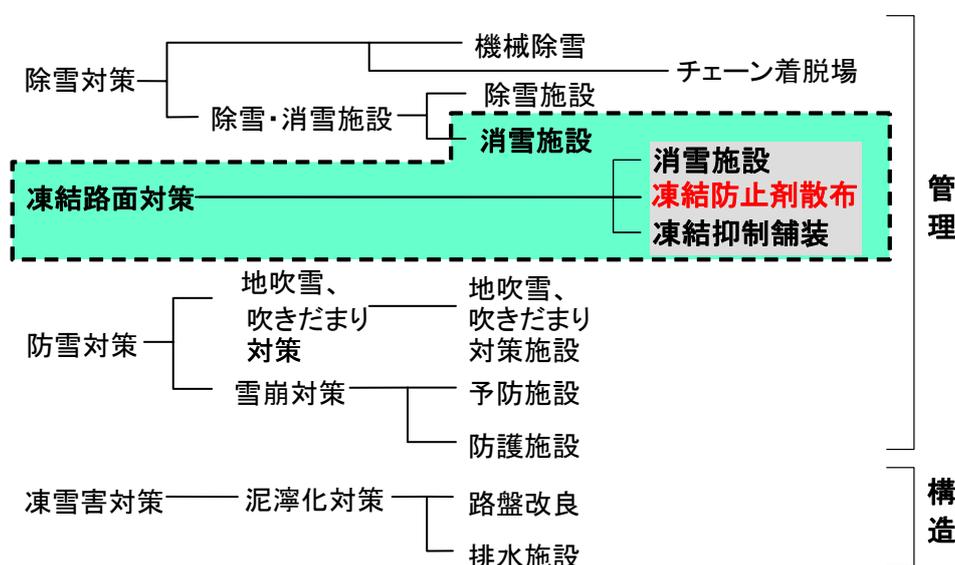
図1 「効率的な凍結防止剤散布方法に関する検討委員会」の位置付け

第2章 凍結防止剤散布について

2. 1 冬期道路管理の概要

2. 1. 1 雪寒対策の概要

積雪寒冷という厳しい条件下でも、道路は安全な交通の確保と人々の生活を維持するという機能が求められる。そのため、道路の除雪や消雪、地吹雪対策などにより安全で快適な冬期歩行空間の確保を行う必要がある。このような積雪寒冷地域での対策の体系を図2-1-1に示した。これらの雪寒事業のなかでも、凍結路面对策は円滑な冬期道路交通を確保する上で、重要な施策と位置付けられている。



出典：(社)雪センター資料

図2-1-1 雪寒対策の概要

2. 1. 2 凍結防止対策の概要

積雪寒冷地域では、路面温度の低下によって道路上の水分が凍結して「凍結路面」が発生する。一口に凍結路面といっても、滑りやすい氷板路面、圧雪、新雪、また氷板の上に積雪がある二層になった路面もある。雪氷の有無、表面の光沢、路面上の雪氷が二層になっている場合の下層の状況等により路面の状況が分類される。

凍結路面对策は図2-1-2に示すような施策体系となり、大きく施設面、運用面に分類されるが、「機械による粗面化工法」「固定式凍結防止剤散布」、「凍結防止剤散布」、「防滑剤散布」は施設面、運用面の両面で実施される対策となっている。



出典：(社) 雪センター資料

図 2-1-2 凍結路面対策の概要

2.1.3 路面凍結の形態

路面凍結は、路面の温度が凍結点以下に降下し、路上の水分が凍結する現象である。路上の水分が凍結に至る過程は、表 2-1-1 に示すように 3 つの形態に分類できる。我が国は、冬期間に降雪や降雨が多く、また、欧米諸国と比較すると緯度が低いため冬期であっても、昼間の日照で路面上の雪が溶けやすい。したがって、我が国では、表 2-1-1 のうち①と②が多く発生し、③の発生は少ない。

表 2-1-1 氷になるプロセス

	プロセス	概要
①	雪→氷	路上の雪が部分的な凍結・融解を繰り返し、圧雪を経由して凍結する場合
②	水→氷	湿潤路面あるいは排水不良の路上水分が凍結する場合
③	水蒸気→氷	空気中の水蒸気が直接昇華によって路面に付着して凍結する場合

路面上の水分の発生原因には、降雨によるもの、降雪・融雪によるもの、路側雪堤からのしみ出し水によるもの、漏水によるもの、降霜や結露によるもの、車両のタイヤによって持ち込まれるものなどの種々の形態がある。このような路面凍結形態を一般化して整理すると表 2-1-2 のように分類される。

表 2-1-2 路面凍結の形態

プロセス	路面凍結形態	説明
① 雪→氷	圧雪型	路面積雪が通過車両のタイヤによって圧雪化し、タイヤの熱や日射、気温上昇で圧雪表面だけ融けた後、気温低下に伴って圧雪表面が凍結するもの。
	融雪型(路上残留)	降雨後や融雪後に路上に残った水分が気温低下に伴って凍結するもの。
② 水→氷	融雪型(除雪水)	気温上昇に伴い路側や中央分離帯の雪堤が一部融解し、車道にしみ出してきて気温低下時に凍結するもの。
	漏水型	道路に出た地下水やトンネル湧水が気温低下に伴って凍結するもの。
	引き水型	通過する車両のタイヤによって引き込まれた水がトンネル内等の日陰部で凍結するもの。
	降霜・結露型	寒気流の通り道、川面に近い場所、日陰部等で霜がそのまま凍結するもの。また、河川周辺や放射霧多発地で結露がそのまま凍結するもの。
③ 水蒸気→氷	凍雨型	海拔高度の高い寒冷山間地に多く、過冷却の雨が路面に接触すると同時に凍結するもの。



圧雪



圧雪型



融雪型(除雪水)

出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

2. 1. 4 凍結防止剤の種類

現在国内で市販あるいは開発等されている主な凍結防止剤の種類は、表2-1-3に示すように塩化物系と酢酸系に大別される。

一般的に使用されているのは塩化物系が多く、中でも塩化ナトリウムの使用が多くなっている。

表2-1-3 凍結防止剤の種類

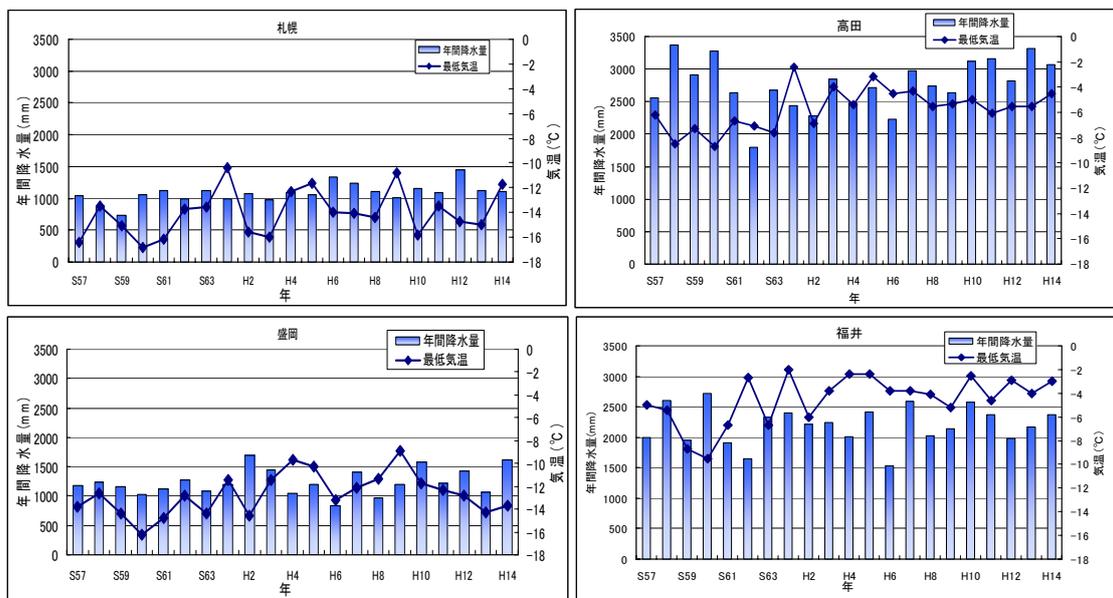
分類	凍結防止剤名	化学式
塩化物系	塩化ナトリウム系	NaCl
	塩化カルシウム系	CaCl ₂ · nH ₂ O
	塩化マグネシウム系	MgCl ₂ · nH ₂ O
酢酸系	酢酸カルシウムマグネシウム系	CaMg ₂ (CH ₃ COO ₂) ₆
	酢酸ナトリウム系：(開発中)	Na(CH ₃ COO ₂)
	酢酸カリウム：(開発中)	K(CH ₃ COO ₂)

出典：(社)雪センター資料

2. 1. 5 雪寒地域の多様性

凍結防止対策が実施される寒冷地域の気象状況について、北海道、東北地方、及び日本海側の気象データを整理し、図2-1-3、図2-1-4に示した。

年間の最低気温及び降水量を比較すると、札幌と盛岡は、最低気温はほぼ同じレベルで推移しているが、年間降水量は盛岡の方がやや多くなっている。日本海側の高田や福井は、気温は札幌と盛岡に比べてやや高く、年間降水量は2倍~2.5倍と多くなっている。

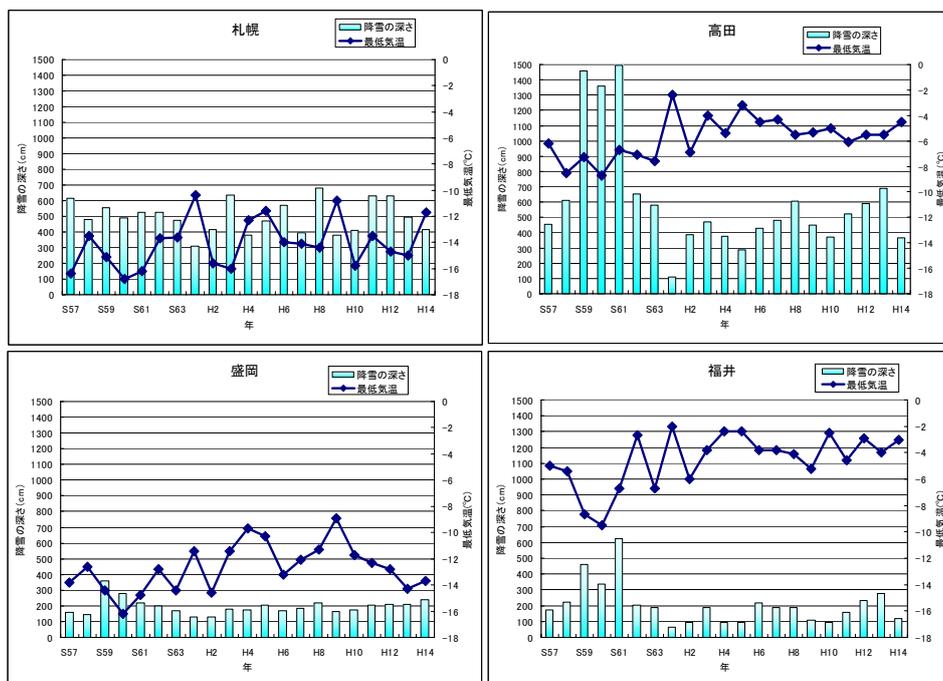


出典：気象庁観測データ(年間：1月~12月)

図2-1-3 各地の年間降水量と年間最低気温

年間最低気温と累加降雪深の深さについて図2-1-4に示した。

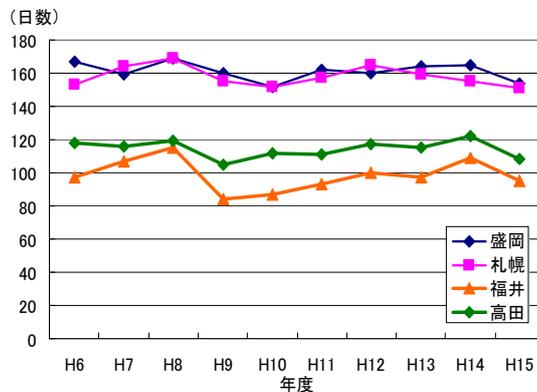
高田では1980年代に10mを越える豪雪も見られたが、全体的には気温が高く、積雪量の多い地域となっている。札幌は最低気温も低く積雪も例年多く、盛岡の最低気温は低いものの積雪は少ない。高田の最低気温は札幌、盛岡に比べやや高く、積雪はもっとも多い。福井は最低気温も高く、積雪はばらつきが多く一時的な降雪が多い状況となっている。



出典：気象庁観測データ(年間：1月～12月)

図2-1-4 各地の累加降雪深と年間最低気温の経年変化

冬の雪寒対策実施の目安のひとつとなる、最低気温3℃以下の近年10ヵ年の発生日数を図2-1-5に示した。札幌・盛岡はほとんど同程度の発生日数で160日前後で推移している。次いで高田が120日、福井が100日前後となっている。雪の降り方は地域性があるものの、福井を除きどの地点でも100日以上となっている。



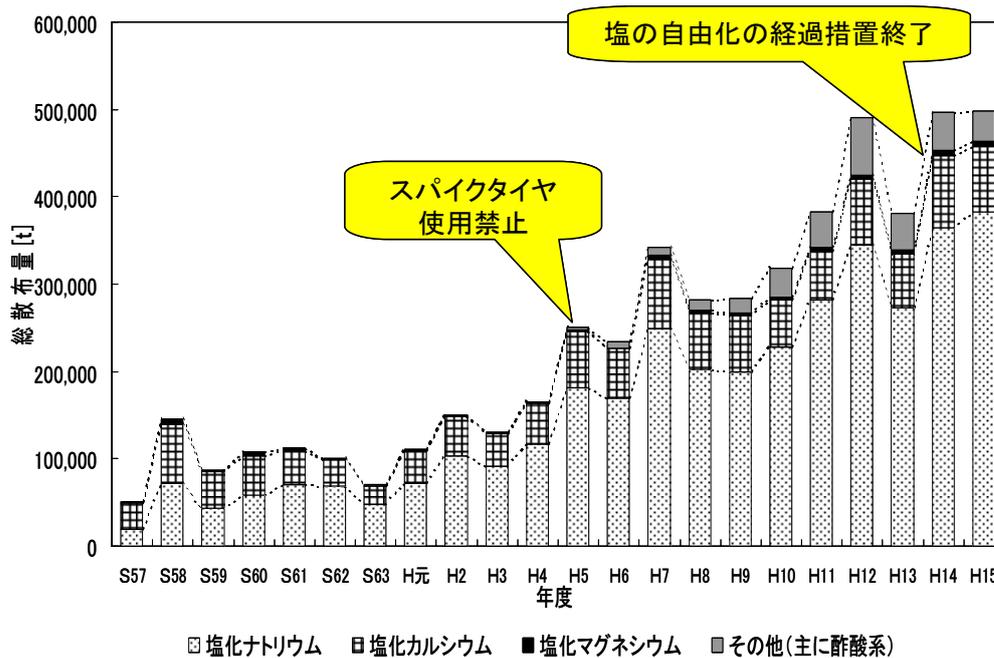
出典：気象庁観測データ(年間：1月～12月)

図2-1-5 近年10ヵ年の最低気温3℃以下発生日数

2. 1. 6 凍結防止剤の散布量

凍結防止の主要な対策である凍結防止剤の散布は図2-1-6に示すように、平成5年のスパイクタイヤ使用禁止以降、年々増加傾向にあり、平成15年度には全量で49.8万tとなっている。

使用されている薬剤はNaCl、CaCl₂、MgCl₂及びその他として一部酢酸系のものとなっている。CaCl₂は従来から使用されておりその使用量も昭和57年度以降変動はないが、NaClについては平成5年度頃から使用量が急激に増加しており、最近では全使用量の70%以上を占めるようになっている。



出典：平成16年 「凍結防止剤散布実態調査(8)」報告書

図2-1-6 近年22年間の凍結防止剤の散布経年変化（全国）

北陸地方での、平成元年以降の凍結防止剤散布量の推移と、除雪工事費に占める凍結防止剤散布費用の推移を図2-1-7に示す。全国的な傾向と同様に平成5年のスパイクタイヤ禁止以降、散布量は年々増加傾向を示しており、散布費用も除雪対策費用全体の35~40%にまで増加している。ちなみに、冬期の平均的な散布量は概ね8~12t/車線-kmである。

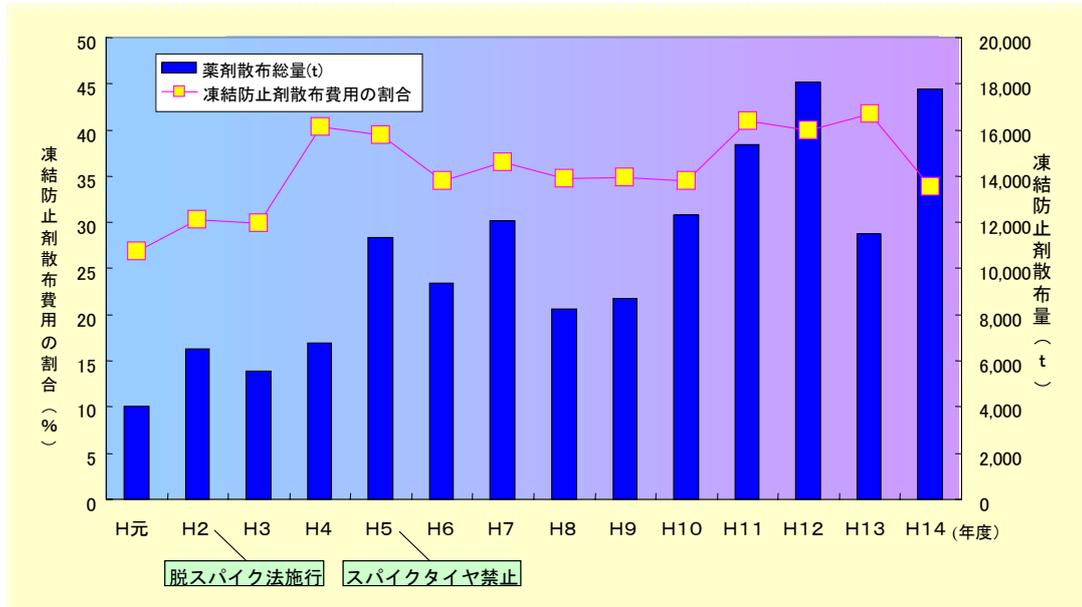


図2-1-7 凍結防止剤の散布量と散布対策費の推移（北陸）

2.1.7 凍結防止剤が備える要件

凍結防止剤の選定にあたっては、定められた基準はないが、使用、選定にあたっては概ね次のような要件を備えておくことが望ましいとされている。

① 凍結温度が低く、溶解性、即効性にすぐれ、効果の持続性が良いこと

冬期には同じ時間帯に広い範囲にわたって凍結が発生する。凍結が予想される箇所には事前に散布することも行われている。気温の低下が早いと凍結が早く起こるので、散布した後にすぐに効果が出るような即効性が求められる。また、散布した後に効果が持続することで、散布回数を少なくすることが可能となる。

② 価格が安く、供給量が豊富で容易に入手できること

「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」が平成2年度に施行されて以来、凍結防止剤の使用量が増える傾向にあるため、凍結防止剤の費用が安価で多くの量を入手できることが条件である。

③ 必要な時に必要な量を使用できるよう、貯蔵し易く運搬しやすいこと

凍結防止剤を保管する時は、取り扱い易さを考慮してフレキシブルコンテナ（略して「フレコン」と呼ばれている）が多く用いられている。冬期間は散布

に備えて各事務所や事業所とその除雪ステーションなどの薬剤庫や倉庫に「フレコン」を保管している。保管している間に固結しないことも大切な条件である。

④ 運搬および散布しやすいなど取り扱いに優れていること

凍結防止剤の散布は、通常は凍結防止剤散布車を使って行われる。薬剤の形も液体状、粒状がある。場合によっては、人力散布、定置施設からの散布も行われている。各種の使用方法があり、それぞれの方法に対応できることが求められる。

⑤ 散布による副次的なマイナス影響が少ないこと

凍結防止剤が道路に散布され雪を融かした後には、いろいろな形で自然界に戻る。土壤に浸透するもの、河川に流れるもの、自動車に付着するもの、車の走行により霧状の飛沫となり植物に付着するものがある。散布効果や経済性に優れ、土壤や河川等の自然環境に影響の少ないことが必要である。

以上のような点を、凍結防止剤の性能、使用の容易さ等に分類し、整理すると次の表 2-1-4 のようになる。

このような要件を備える凍結防止剤として、総合的に優れている NaCl の使用が多くなっている。

表 2-1-4 凍結防止剤の備える要件

- | | |
|----------|--|
| ① 性能 | : 凍結温度が低く、溶解性、速効性に優れ、効果の持続性が良い。 |
| ② 使用の容易さ | : 価格が安く、供給量が豊富で入手が容易。必要な時に使用でき、貯蔵し易く扱い易い。運搬及び散布しやすい。 |
| ③ その他 | : 散布による副次的なマイナス影響が少ない。 |

2.2 凍結防止のメカニズム

2.2.1 凍結防止剤の特性

凍結防止剤の散布は、気温の低下に伴う路面の積雪や水分の凍結を防止することを目的に実施されている。

凍結防止剤を散布することによる凍結防止の効果は、主に路上の水分が凍結する前に水分の凝固点を低下させ凍結を遅らせる機能や、凍結した氷雪を融解させる機能を利用するものであり、一般に良く利用される NaCl や CaCl₂ を例として、凍結防止のメカニズムを整理する。

(1) 凍結防止剤の凝固点降下

① 凝固点降下と溶解度

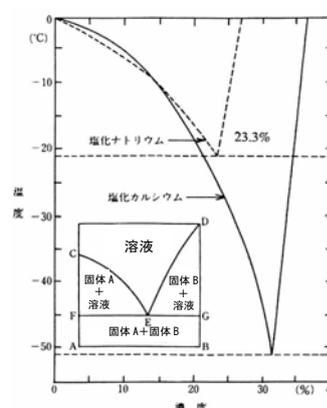
凍結防止剤を散布して路上水分をある濃度の水溶液にすると、単なる水より低い結氷点（凝固点）が得られることは良く知られている。凍結防止剤である塩化ナトリウムと塩化カルシウムの諸性質を表2-2-1に示し、その様子は図2-2-1の左側の曲線（凝固点曲線）で表される。右側の曲線は溶解度曲線といい、温度によってどこまで溶かせるかを表している。凝固点曲線から分かるように、高い濃度の水溶液ほど凝固点（結氷点）が低くなる。しかし、濃度には限界があって、塩化ナトリウムでは23.3%、塩化カルシウムでは32%で凝固点曲線は終わる。尚、一般に販売されている塩化カルシウム溶液の原液は35%といわれているが、これは常温でここまで溶かせるということである。

図2-2-1の中に示した小図（挿入図）は状態図といい、凝固点曲線と溶解度曲線で区切られた各領域の相の状態を示している。NaClを例にとれば、固体Aが水の結晶つまり氷、固体Bが塩化ナトリウムの結晶に相当する。この状態図は種々の温度—濃度条件に対する平衡状態を示していて、凍結防止剤の凍結防止効果を説明している。

CaCl₂は凝固点が低く、厳寒地でも使用が可能であるが、一般の寒冷地ではNaClの方が持続性が高く利用しやすい。

表2-2-1 塩化ナトリウムと塩化カルシウムの諸性質比較

項目	塩化ナトリウム	塩化カルシウム
共融点	約-21℃	約-51℃
溶解度	低い	高い
吸湿性	無い	有る
溶解熱	吸熱反応	発熱反応



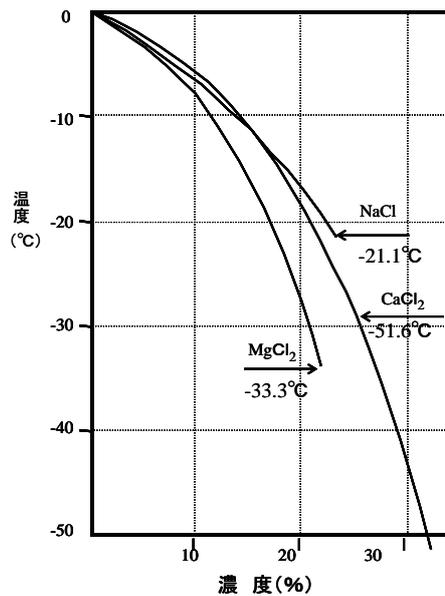
出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

図2-2-1 塩化ナトリウムと塩化カルシウムの凝固点曲線と溶解度曲線

② 凍結温度を下げる効果

凍結温度を下げる効果は、路面上の凍結防止剤成分の濃度と大きな関係がある。図2-2-2は凍結温度と凍結防止剤成分の濃度の関係曲線である。凍結温度の低下はCaCl₂の方が大きく「低温度」まで凍らないものである。前項で示したNaClとCaCl₂の状態図でも示したように、NaClとCaCl₂の凝固点曲線はほぼ同じ位置を通過している。このことは、同濃度であれば、NaClとCaCl₂は-20℃程度まで同程度の凍結防止効果を持っていることを意味している。

また、極寒地のように気温が非常に低くなる地域では、凝固点の低いCaCl₂やMgCl₂の方が大きな効果を期待できることになる。



出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

図2-2-2 凝固点と溶解度の関係

(2) 氷の融解作用

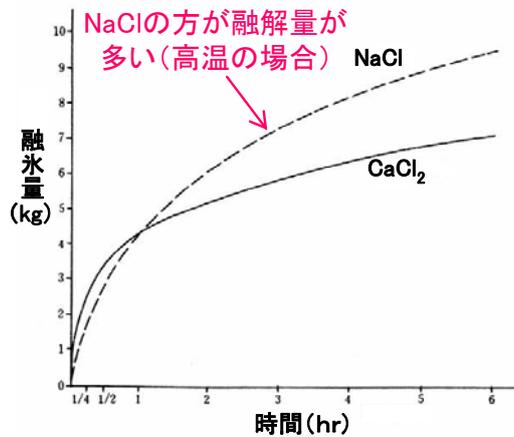
凍結防止剤の一方の効果である雪氷の融解作用でみると、NaCl、CaCl₂の比較は以下ようになる。

凍結防止剤1kgの散布量で融解できる氷の量を表2-2-2に示した。温度-12℃のときには散布後1時間たっても、散布量の2倍程度の氷しか融解できないことになる。

図2-2-3、図2-2-4では温度-3℃と-12℃の場合のNaClとCaCl₂の溶解可能な氷の量の経時変化を示した。これらから見ると、速効性はCaCl₂が高く、持続性としてはNaClの方が高い傾向がみられる。

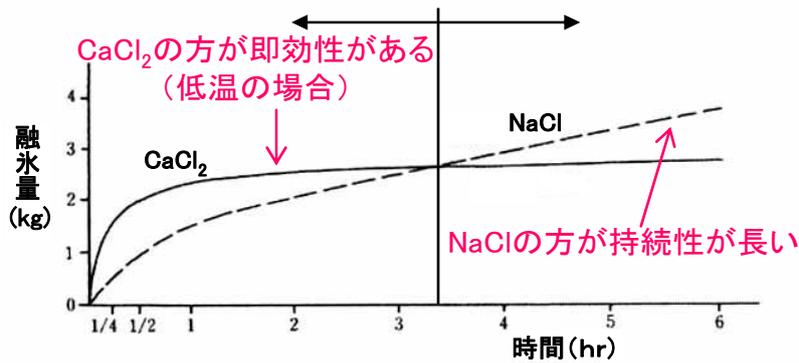
表 2-2-2 NaCl と CaCl₂ の融雪量の時間変化

		1kg の凍結防止剤散布で融解した氷の量 (kg)							
温度		-3°C		-7°C		-12°C		-15°C	
凍結防止剤		CaCl ₂	NaCl	CaCl ₂	NaCl	CaCl ₂	NaCl	CaCl ₂	NaCl
超過時間	15分	2.6	1.8	2.5	1.6	1.7	0.5	1.3	0.1
	30分	3.4	2.9	3.1	2.6	2	0.9	1.7	0.1
	1時間	4.4	4.3	3.6	4.1	2.4	1.6	2	0.3
	6時間	7.1	9.5	5.3	7.5	2.8	3.8	2.3	1.9



出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

図 2-2-3 1kg の凍結防止剤散布で融解できる氷の量の時間変化 (温度-3°C)



出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

図 2-2-4 1kg の凍結防止剤散布で融解できる氷の量の時間変化 (温度-12°C)

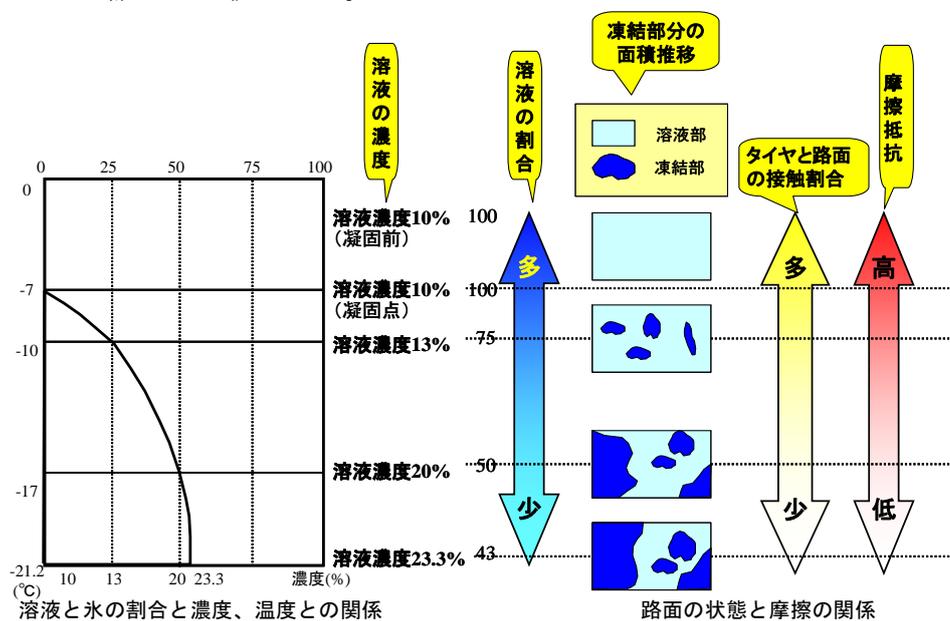
2.2.2 摩擦抵抗の確保

(1) 凝固点の低下と路面状態の関係

凍結防止効果のある濃度の水溶液が冷えていく場合の状態を例にとって整理した。

図2-2-5は10%濃度の塩化ナトリウム水溶液が冷却した場合の状態変化を示したものである。温度が低下するとともに純水分が氷結し、残存溶液の濃度は増大し、氷結温度はさらに低下することになる。すなわち、冬期道路交通にとって重要な点は次の通りである。

- ① 塩水は、その濃度に応じて氷点降下するだけでなく、水の場合のようにその氷点（0℃）で液相から固相に急変しなくなる。
- ② 塩水は、寒冷の度が増しても全部が固相にならずに、純氷が増える状態は共融点まで続くこと。



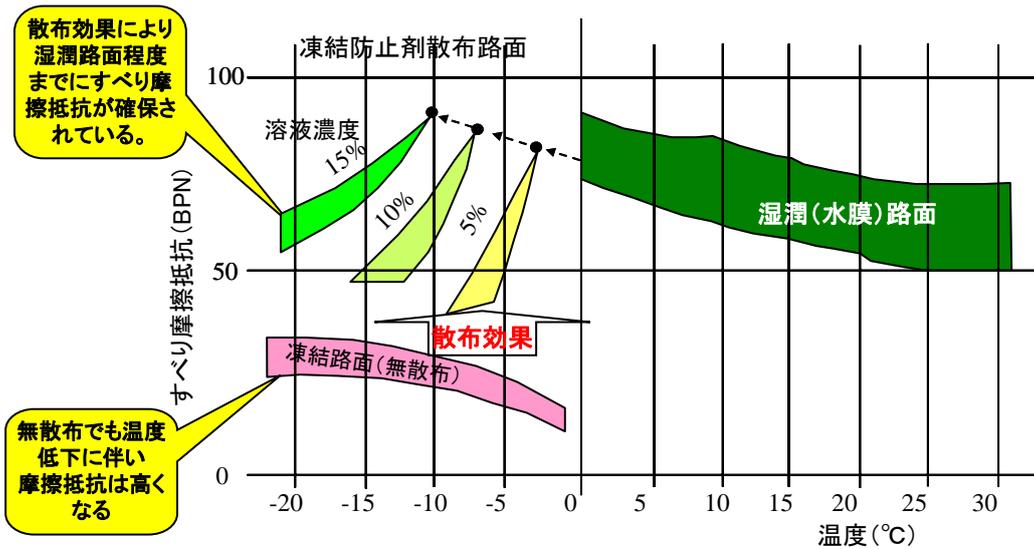
出典：凍結防止剤に関する基礎知識と現状(2003)

図2-2-5 濃度10%の塩化ナトリウム水溶液を冷却したときの状態変化図

(2) 薬剤散布量とすべりとの関係

路上に水分があるとき、凍結防止剤を散布するか否かで、その後の温度低下時の路面のすべり抵抗は異なる。路上水分を塩水にした後の氷点以下の温度域における、路面すべり抵抗の変化は図2-2-6に示したように、路上水分は凍結防止剤を散布していないと0℃でその全部が凍結してしまうが、凍結防止剤を散布しておくとも単に氷点降下するだけでなく、水だけの場合より氷点でその全部が凍結しなくなり、極端なすべり抵抗の減少がなくなる。

すなわち、凍結防止剤の散布により、凍結が防止され湿潤路面程度まで、摩擦抵抗が確保されることになる。また、無散布でも温度の低下により摩擦抵抗が高くなる。



出典1：凍結防止剤に関する基礎知識と現状 (2003)

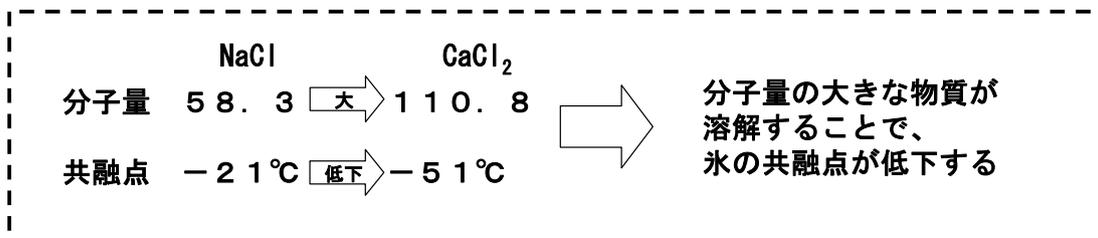
2：冬期路面管理に使用する薬剤

図2-2-6 薬剤散布による氷点降下とすべりやすさの改善効果の簡略図

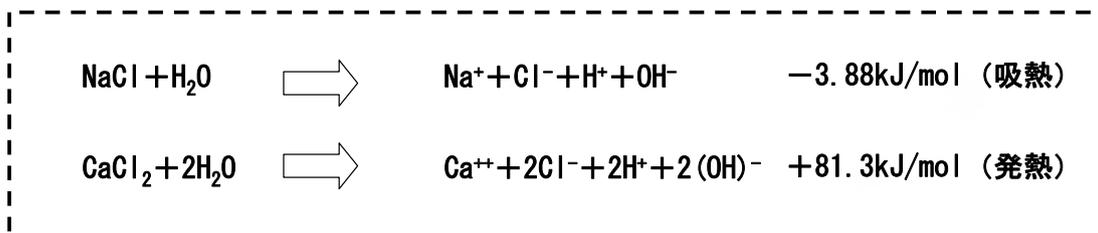
2.2.3 化学的特性

主に凍結防止剤として用いられるNaClとCaCl₂の化学的な特性は以下のように示される。

共融点の低下



溶解反応



共融点の低下は、溶質が溶媒に溶け込むことによって溶媒の凝固点が低下する「凝固点降下現象」を示したものである。溶解する物質の分子量が大きいほど水の共融点（水の凝固温度）は低下する。凍結防止剤の散布の場合では、溶媒は「水」、溶質は「凍結防止剤」にあたる。上記の共融点の温度は、凝固する最低温度を示している。

溶解反応は、単体の物質が定圧で水に溶解する場合のエンタルピー（内部エネルギー）の変化を示したものである。NaCl と CaCl₂ の比較では、NaCl の散布により散布箇所では温度低下を生じることになるが、実際には共融点（凝固点）の低下作用により凍結しにくくなる。一方、CaCl₂ の溶解反応は発熱反応を伴うこととなるが、実際の道路上での融雪は、このような発熱反応を利用したものではなく凝固点の低下と気温との間に発生する温度差を利用したものである。

また、CaCl₂・n H₂O のように結晶水を持った製品の場合、単体物質で発生するようなエネルギーは発生しない。

2.3 凍結防止剤（NaCl）の基準

2.3.1 凍結防止剤の使用状況

(1) 凍結防止剤の種類

一般に使用されている、あるいは開発中の凍結防止剤は、塩化物系と酢酸系、その他がある（参照表2-1-3）。よく使用されるのは塩化物系のものとなっている。

凍結防止剤の使用量は図2-1-6に示すとおり、年々増加傾向にあり平成15年度には49.8万tの使用量となっていた。使用している種類は塩化ナトリウムが圧倒的に多くなっている。

管理機関別の平成15年度の凍結防止剤の購入量比率は、次の通りである。

高速道路管理での購入量が42%、直轄国道管理での購入量が25%、次いで県管理で30%、市管理では3%程度となっており、高速道路および直轄国道での使用が全体の67%を占めている（図2-3-1参照）。

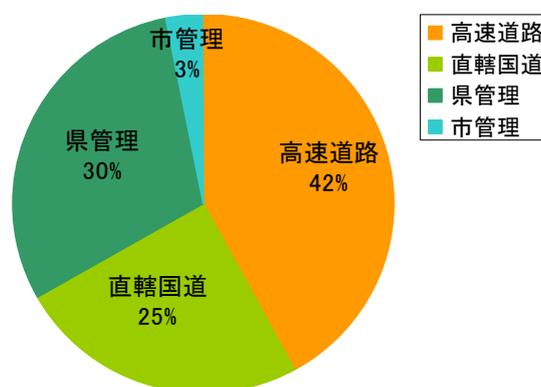


図2-3-1 機関別凍結防止剤購入量（平成15年度）

(2) 原産地

購入塩の原産地を整理すると以下の通りである。

日本道路公団はメキシコ産が多いが、日本道路公団以外では中国産が多く、1/2を占める。全体では、国内産は全体の約24%程度で、中国産が最も多く全体の35%を占めている。

表2-3-1 塩化ナトリウム購入塩の原産地（単位：t）

原産地	全体	日本道路公団	日本道路公団以外
日本	85,511	25,756	59,755
メキシコ	109,441	89,194	20,247
オーストラリア	24,347	18,842	5,505
中国	126,487	42,983	83,503
その他	16,228	14,296	1,932
合計(t)	362,014	191,071	170,943

その他は、原産地が複数（日本及びメキシコ、メキシコ及びオーストラリア）のもの

（集計期間：平成14年11月13日～平成15年4月24日）

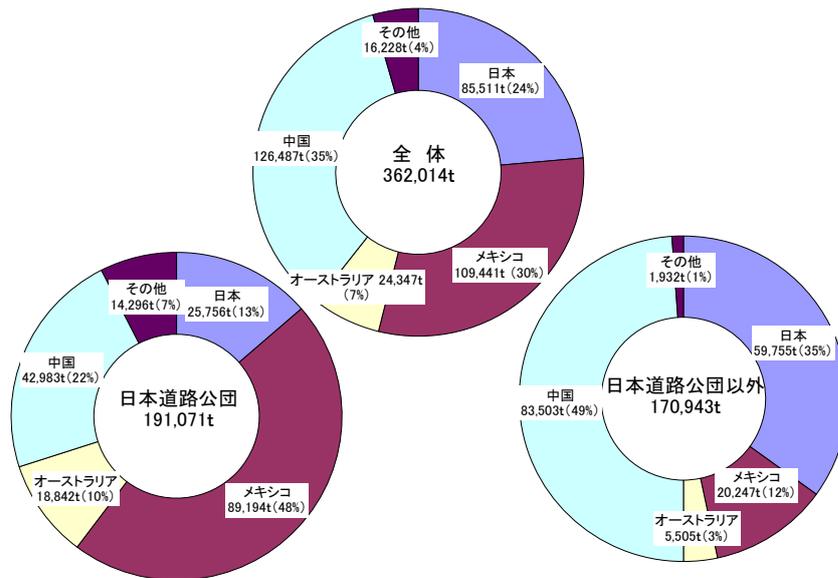


図 2-3-2 塩化ナトリウム購入塩の原産地

2.3.2 塩化ナトリウムの品質規定

平成 14 年 4 月からの塩の輸入自由化に伴い、道路の凍結防止剤として使用する輸入塩について、平成 16 年 3 月に国土交通省道路局国道・防災課道路防災対策室によって検討委員会が設置され、塩化ナトリウムの品質規定がまとめられた。

(1) 目的

(目的)

道路で凍結防止剤として使用する塩化ナトリウムが有すべき品質について検討したものである。

(2) 適用範囲

(適用範囲)

凍結防止剤として使用する塩化物のうち、塩化ナトリウムに適用するものであり、塩化ナトリウムと他の塩化物等の混合物については検討対象外である。

なお、道路管理者は、地域特性・雪氷作業状況等を勘案し、凍結防止剤として使用する塩化ナトリウムの品質を設定することができる。

(3) 塩化ナトリウムの品質に関する検討項目

(検討項目)

塩化ナトリウムの品質として、以下の項目について検討を行った。

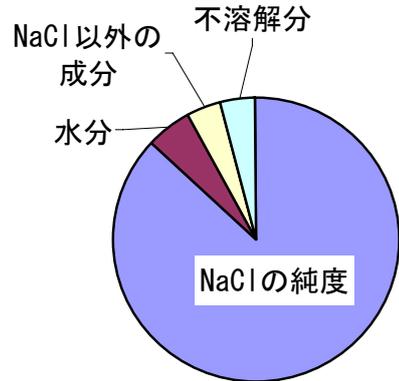
- (1) 純度
- (2) 異物等
- (3) 粒径
- (4) 含水率
- (5) 有害物

(4) 純度

(純度)

純度は95%以上を基本とすることが適当と考えられる。

1) 用語の定義

用語	定義
純度	<p>試料に含まれる水分・NaCl以外の成分・不溶解分を除いた塩化ナトリウムの重量割合を表す。</p> 

2) 設定根拠

純度 95%以上とする理由

- ・ 純度が低下すると凍結防止効果も低下するため、純度は高い方が望ましい。
- ・ (財)塩事業センターが輸入する際の品質規格として、純度95%以上としている。
- ・ ほとんどの機関が95%以上を採用している。
- ・ 現状の国内に流通している塩は、すべて純度95%以上であり、純度と凍結防止効果の関係を検討する材料がない。そのため、純度規定を下げる根拠が見あたらず、95%以上を採用することとした。

(5) 異物等

(異物等)

異物の混入、異臭が無いことが適当と考えられる。

納入時に固結のないことが適当と考えられる。

1) 用語の定義

用語	定義
異物	試料に含まれる不溶解分のうち、異質で著しく大きなもので、金属類・石等の無機物質・昆虫類・ゴミ等、一般的に塩に混入しない物質をいう。
異臭	試料に付着したカビや油分などの異臭をいう。
固結	水分、または、低温が原因で塩が固まることをいう

2) 設定根拠

① 「異物の混入、異臭が無いこと」とした理由

- ・ 塩事業センターでは、納入元に対して「異物の混入、異臭、汚損塩または不純物の異物含有が無いこと」を「輸入塩委託契約書」に記載している。
- ・ 汚損塩は、食用を前提として、船積み時の錆の付着や油汚れを考慮したものであるため、凍結防止剤としての機能としては規定する必要はないとした。
- ・ 不純物については、別途有害物質の項目があるため、明記しないこととした。

② 「納入時に固結のないこと」とした理由

- ・ 保管状態等により固結する場合が考えられるため、凍結防止剤散布に支障がない様、納入時に固結のないこととした。

(6) 粒径

(粒径)

地域特性・雪氷作業状況・保管状況等を考慮し、下記の範囲内で設定することが適当と考えられる。

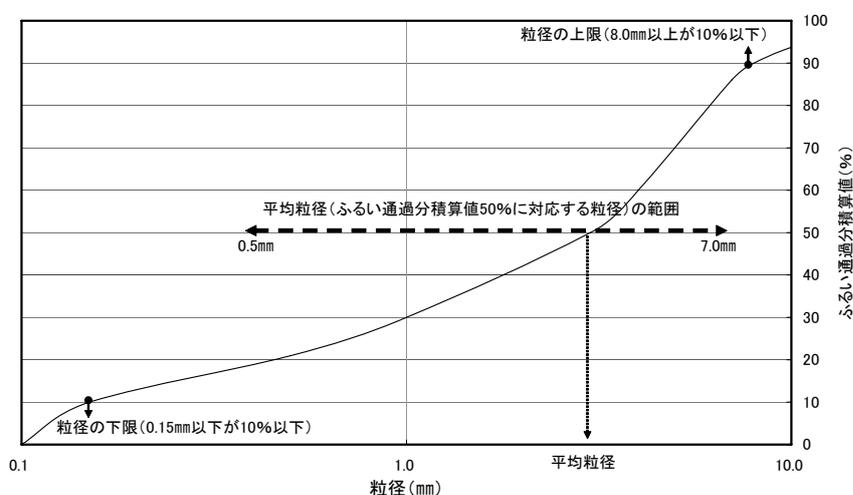
- ・ 平均粒径 0.5~7.0 mm
- ・ 最大粒径 16 mm
- ・ 粒径の上限・下限 8.0 mm以上が10%以下、0.15 mm以下が10%以下

ただし、溶液散布用に対しては上記の規定は適用しない。

1) 用語の定義

用語	定義
平均粒径	ふるい分け試験*を実施し、ふるい通過分積算値 50%、または、ふるい残分積算値 50%に相当する粒径を平均粒径とする。(下図の通り)
最大粒径	J I S Z 8801に規定されているふるい目開きのうち、ふるい残分が0となる最小の目開きを最大粒径とする。
粒径の上限	ある粒径以上の重量割合の規定。(下図の通り)
粒径の下限	ある粒径以下の重量割合の規定。(下図の通り)

「ふるい分け試験：J I S K 0069 (化学製品のふるい分け試験方法)」



粒径の定義 (平均粒径・粒径の上限・粒径の下限)

2) 設定根拠

- ① 地域特性・雪氷作業状況・保管状況等を考慮し、下記の範囲内で設定した理由
 - ・ 低温地域において、細かな粒径が多いものは、低温時の固結の可能性がある。
 - ・ 雪氷作業状況や保管状況によっても、地域特有の条件があると想定されるため、全体を包含する基準値の範囲内で設定することが適当とした。
- ② 平均粒径を 0.5～7.0 mmとする理由
 - ・ 平均粒径 0.5 mm以上で作業性・効果を実証されている。(日本道路公団)
 - ・ 凍結防止剤散布車を使用した場合、粒径が大きい(7～8 mm以上)と遠くまで飛散しすぎる。
 - ・ 各機関の平均粒径の設定範囲は、0.5～7.0 mmの範囲にある。
- ③ 最大粒径を 16 mmとする理由
 - ・ ベルトコンベア方式の凍結防止剤散布車の場合、ベルトコンベアとゲートの最小間隔が 12.6 mmとなり、最大粒径は、この間隔より小さいことが望ましい。
 - ・ ただし、過去の散布実績より 15 mmふるいを通過した原塩での閉塞は発生していない。

- ・ 塩事業センターの輸入塩の規格が 15 mm以下であり、直近のふるいサイズを考慮して、最大粒径は 16 mmとした。
- ④ 粒径の上限・下限 8.0 mm以上が 10%以下、0.15 mm以下が 10%以下とした理由
 - ・ 上限・下限および許容限度については、各機関の現状の規格を包括することを考慮した。
 - ・ 上限の 6.7 mmについては、ふるい目サイズを考慮して、6.7 mmを包括する 8.0 mmとした。
 - ・ 粒径範囲は 0.15 mm～8.0 mm、許容限度はそれぞれ 10%以下とした。

(7) 含水率

(含水率)

含水率は 3%以下が適当と考えられる。
 なお、低温固結が予想される場合は 1%以下が望ましい。

1) 用語の定義

用語	定義
含水率	試料に含まれる水分の重量割合を表す。

2) 設定根拠

① 含水率 3%以下とした理由

- ・ 含水率が 5～6%を超えると塩の下部に水がたまる状態となる。
- ・ 含水率は少しでも小さい方が望ましいが、(財)塩事業センターの輸入塩の基準が 3%以下であり、この基準を採用した。

② 低温固結が予想される場合は 1%以下が望ましいとした理由

- ・ 含水率が高くなるほど、また、低温になるほど固結の程度が大きくなる。
- ・ 低温時に、含水率が 0.5～1%以上になると固結の程度が大きくなるため、低温固結が予想される場合は 1%以下が望ましいとした。

(8) 有害物質

(有害物質)

凍結防止剤（塩化ナトリウム）溶液の含有成分が水質汚濁防止法の排水基準のうち別表の基準に適合することが適当と考えられる。

溶液濃度は、飽和溶液（20℃における飽和濃度 26.4%）を原則とするが、道路排水の塩分濃度に関して明確な測定資料がある場合には、道路管理者が資料に基づき溶液濃度を規定することが適当と考えられる。

なお、水質汚濁防止法第3条第3項の規定に基づいて、都道府県が条例で設定する排水基準がある場合はこれに準拠することが適当と考えられる。

別 表

番号	有害物質の種類	許容限度
1	カドミウム及びその化合物	1Lにつきカドミウム0.1mg
2	シアン化合物	1Lにつきシアン1mg
3	有機燐化合物（パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNに限る。）	1Lにつき1mg
4	鉛及びその化合物	1Lにつき鉛0.1mg
5	六価クロム化合物	1Lにつき六価クロム0.5mg
6	砒素及びその化合物	1Lにつき砒素0.1mg
7	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	1Lにつき水銀0.005mg
8	アルキル水銀化合物	検出されないこと。
9	PCB	1Lにつき0.003mg
10	チウラム	1Lにつき0.06mg
11	シマジン	1Lにつき0.03mg
12	チオベンカルブ	1Lにつき0.2mg
13	セレン及びその化合物	1Lにつきセレン0.1mg
14	ほう素及びその化合物	1Lにつきほう素10mg
15	ふっ素及びその化合物	1Lにつきふっ素8mg
16	アンモニア、アンモニウム化合物亜硝酸化合物及び硝酸化合物	1Lにつきアンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量100ミリ

(注) 水質汚濁防止法における有害物質の排水基準のうち、揮発性物質を除いた項目

ほう素およびその化合物、ふっ素およびその化合物は海域以外の公共用水域の基準を採用

(注) 固結防止に使用されるフェロシアン化物は、シアン化合物に分解される恐れがあるため、その環境影響について科学的な知見が得られるまでは、フェロシアン化物は添加しないことが望ましい。

1) 用語の定義

用語	定義
有害物質	水質汚濁防止法による排水基準項目に定める 27 項目をさす。

2) 設定根拠

① 水質汚濁防止法の排水基準を適用する理由

- ・ 整備局等の資料によれば、冬期間、土壤中の残留した塩素量 (Cl⁻) は最大でも 500mg/kg 以下であり、排水基準の許容限度まで有害物質が含まれていると仮定した場合でも、土壤の汚染に係る環境基準の許容限度を大きく下回る。さらに、過去 10 年間の追跡調査の結果では、土壤中の残留塩分量は増加傾向にないことから土壤に有害物質が蓄積されることは想定されない。
- ・ そのため、散布した凍結防止剤の多くが排水施設から流出していると考えて、水質汚濁防止法の排水基準を考慮することが適切と考えられる。

② 水質汚濁防止法の排出基準項目のうち、揮発性物質を除く理由

- ・ 揮発性物質の用途は、塩の製造過程とは無関係であり、凍結防止剤に混入する機会が想定されない。
- ・ 揮発性物質が仮に原塩に混入していたとしても、塩の精製過程で水分より先に揮発するため、固体の塩には残留しないと考えられる。

③ 排水濃度を飽和濃度とすることを原則とする理由

- ・ 溶液散布は、20%溶液の散布を実施している。
- ・ 路面上の残留濃度は、一時的に飽和状態になることも想定される。
- ・ 最大限安全サイドを考慮すると飽和溶液を規定することが望ましい。
- ・ 温度規定は、室温の 20℃が一般的であり、なおかつ、安全サイドとなるので、20℃ (室温) における 26.4%を採用することが望ましい。

④ 道路管理者が資料に基づき溶液濃度を規定することができる理由

実際の排水に含まれる塩分濃度の上限は 10%程度であるとの報告例もあるため、道路管理者が、明確な排水濃度の根拠を示す資料を提示することができる場合には、道路管理者が溶液濃度を規定してもよいと考えた。

2.4 凍結防止剤の散布実態

2.4.1 出動時の判断

積雪寒冷地域では、路面温度の低下によって道路上の水分が凍結して「凍結路面」が発生する。

このような、冬期の道路交通機能の低下を防ぐために、維持管理業務として凍結防止剤の散布が重要な対策として実施されている。

凍結防止材の散布の実施にあたっては、図2-4-1に示すように、管理区間内に設置されている各種の測定データを基に、「凍結予測」を行うとともに、「維持管理パトロール」による道路状況の確認、「一般天気予報」による予測等を総合的に判断して、「出動（対策実施）」判断を行っている。

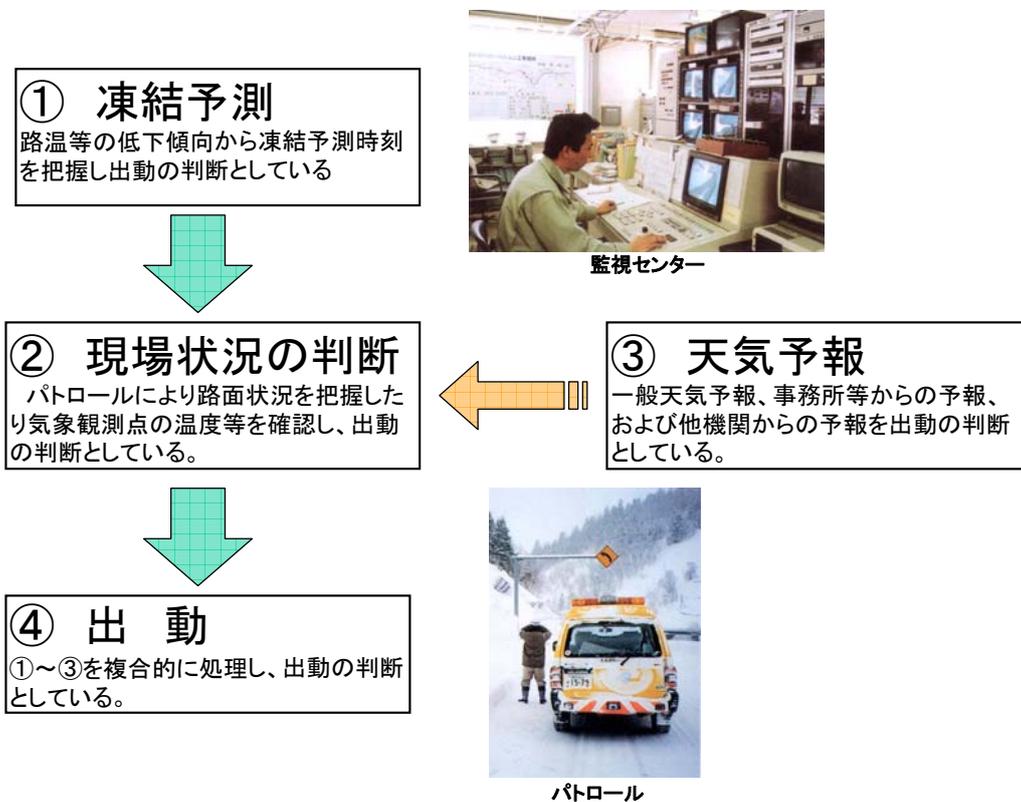


図2-4-1 凍結防止対策の出動判断フロー

2.4.2 凍結防止剤と散布の概要

凍結防止剤の散布には、凍結防止剤の持つ2つ大きな機能を利用して路面凍結の防止を行っている。

- ①凍結防止剤散布による、路上水分の凝固点降下作用。
- ②凍結防止剤散布による、路上の氷積雪融解作用。

これらの機能を効果的に発揮させるために、「散布の時期」や「散布の目的」を明確に判断する必要がある。

散布時期とその目的（期待する効果）は、図2-4-2に示すように、事前散布（凍結発生前）と事後散布（凍結及び氷積雪発生後）に大別される。

事前散布は、主に凍結防止剤散布による凝固点降下（路面水分の凍結温度低下）機能を利用したものであり、事後散布は、凍結防止剤散布による融解（氷雪の融解）作用を期待したものである。

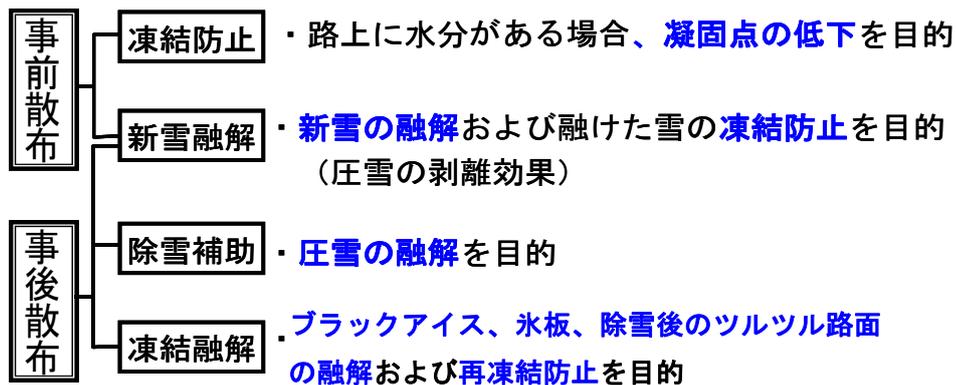


図2-4-2 凍結防止剤散布の時期と目的

2.4.3 凍結防止剤の形態別の特徴

凍結防止剤の散布は、気象条件・路面条件等を考慮し、散布方法を選定し、道路利用者の安全性を確保した上で、最小限の散布量で効果的な利用を図る必要がある。

凍結防止剤の散布方法には、固形の凍結防止剤をそのまま散布する**固形剤散布**、凍結防止剤を水に溶かして溶液として散布する**溶液散布**、固形剤を散布する際に溶液を混合する**湿式散布**といった方法がある。これらの方法は表2-4-1に示したようにそれぞれに特徴があるため、これらの特徴を十分考慮し、路面の状態や気象条件にあわせて適切な方法を選択することが必要である。

表 2-4-1 凍結防止剤の散布方式別の特徴

項目	固形剤散布	溶液散布	湿式散布
持続性	良い	やや劣る	良い
即効性	やや劣る	良い	良い
横断勾配の影響	あり	流れやすい	なし
風・交通による影響	あり	なし	なし
作業上の注意	凍結防止剤が湿ると散布機 のシュートがつまり易い	濃い溶液を長時間散布車 に貯蔵するとノズルを詰 まらせ易い	固形剤と溶液を別々に積 み込むことから積み込み 時間がかかる

2.4.4 凍結防止剤の散布方式

(1) 主な散布方式

凍結防止剤の散布は、現在では散布車を用いる方式が最も一般的となっており、それぞれの特徴は次のとおりである。散布車の一般的な散布幅は、2～8m程度とされている。

①固形剤散布（車）

現在主流になっているのは、ベルトコンベヤー式後部散布方式で、自動制御装置を装備し、走行速度が変化しても散布量を自動的に調整し、散布幅も運転席から調整できるようになっている。

溶液散布に比べ、持続性に優れている。(図 2-4-3)



図 2-4-3 固形剤散布車

②溶液散布（車）

車速同調散水装置が設置されるのが標準仕様となっている。タンク容量は最大でも 10,000 L 程度であり、タンク内面に対塩対策を施した散水車が用いられる。

緊急で即効性を必要とされる場合や風により飛散が予想される場合により効果的とされている。(図 2-4-4)



図 2-4-4 溶液散布車（散水車）

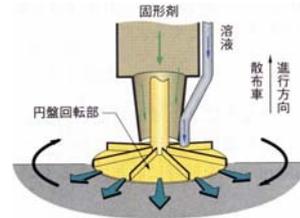
③湿式散布（車）

最も一般的な方法で、国道幹線や高速道路で多く用いられている。

散布車両には、固形剤ホップと溶液タンクを搭載し、散布直前に固形剤と溶液を混合し散布する。混合割合は通常重量比で、2.5（固形剤）：1（溶液）が用いられる。路面への付着性が良いことや、風や通行車両による飛散が少なく、速効性や持続性が優れている。（図2-4-5）



湿式散布車



散布直前の混合方式

図2-4-5 湿式散布車

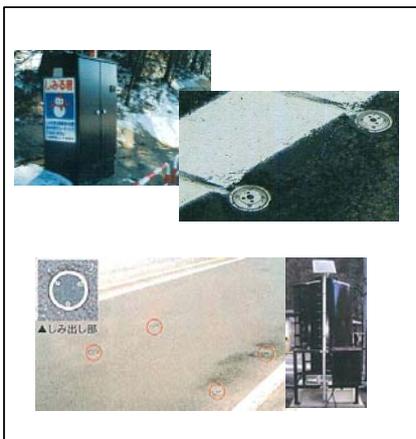
(2) その他の散布方式

その他の散布方式として、あらかじめ路面凍結が発生しやすい箇所や、沿線上に凍結防止剤の散布装置を設置し、気象条件や路面状況によって自動的に凍結防止剤を散布し、迅速な対応、作業の効率化など目指したシステムも導入されている。

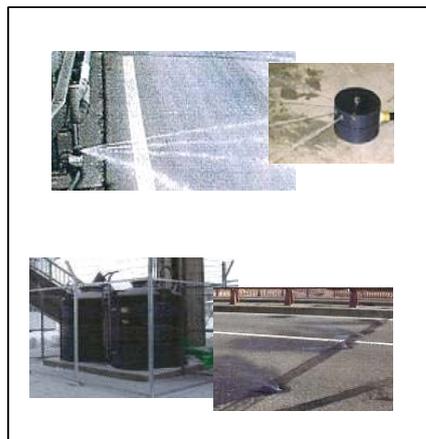
また、手撒きによっても散布されている。（図2-4-6）



定置式固形剤散布方式



溶液にじみ出し方式



溶液散布方式



手撒き散布

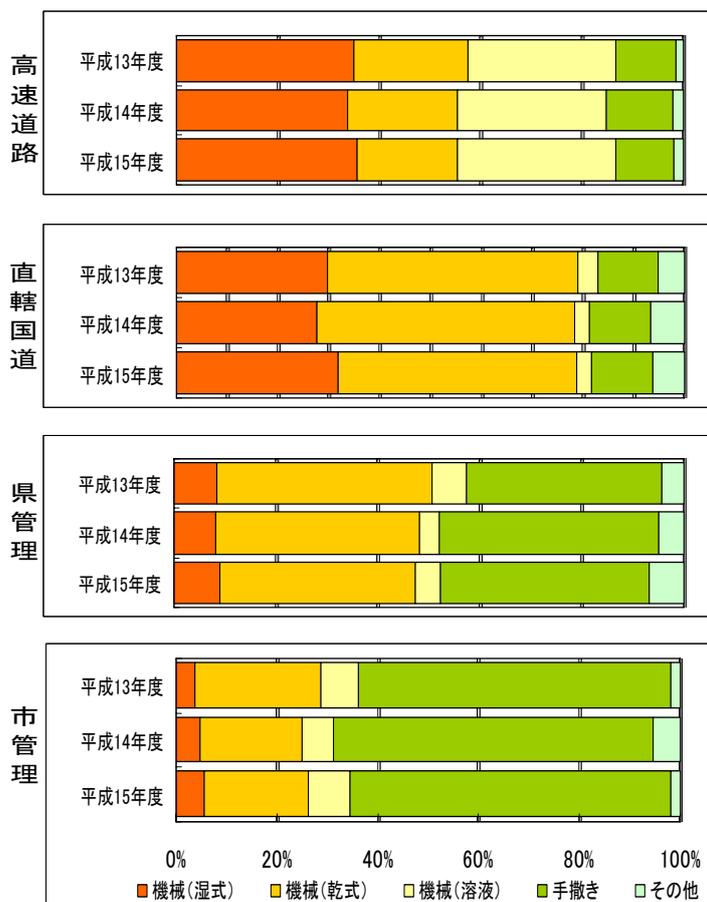
図2-4-6 その他の散布方式

2.4.5 散布方法経年変化の近年の推移

近年は、前項で示したように、車両を用いた凍結防止剤の散布が一般的になっているが、道路管理の管理者によって、主に使用する散布方法が異なっている。

既出の図2-3-1は凍結防止剤の平成15年度の購入量比率を示したもので、高速道路での使用量が最も多くなっており、ついで直轄国道が多く、両者で全体の67%程度となっている。

散布方法をみると図2-4-7に示すように、高速道路や直轄国道では、機械散布方式が全体の80~85%を超える状況となっている。都道府県では約50%が機械散布方式、約30~35%が手撒き、市単位では手撒きの比率が60%を超える状況となっている。



出典：平成16年効率的な凍結防止剤散布方法に関する検討委員会 資料

図2-4-7 機関別の散布方法

2.4.6 凍結防止剤の散布要領

凍結防止剤の散布を実施する基準については、統一的な基準が定められている状況ではない。管理する区間の気象条件や地形的特長、あるいは交通量等によって散布の必要度や必要量が異なるためである。

NaCl の場合の各機関別の「凍結防止剤散布要領」を整理し表 2-4-2 に示す。尚、この散布要領も固定的なものではなく、逐次改訂されている。

表 2-4-2 国内での凍結防止剤 (NaCl) の散布要領

北海道開発局	路面状態	-8°C程度以上	-8°C程度以下
	圧雪		すべり止め材 (砂・碎石: 150~350g/m ²)
薄い圧雪 氷板	凍結防止剤 (湿式散布: 30g/m ²)		
氷膜 (凍結予防)	凍結防止剤 (湿式散布: 15g/m ²) (溶液散布: 50ml/m ²)		

出典: 平成9年 冬期路面管理マニュアル(案) 北海道開発局

東北地方整備局	目的	凍結防止 (g/m ²) (事前散布)	凍結融解 (g/m ²) (事後散布)
	気温		
-4°C以上		20	20
-4~-8°C		—	30
-8°C以下		—	基本的に散布しない

北陸地方整備局	目的	凍結防止 (g/m ²) (事前散布)	凍結融解 (g/m ²) (事後散布)
	気温		
-3°C以上		20	40
-3~-6°C		30	40
-6°C以下		40	40

出典: 雪センター資料 凍結防止に関する基礎知識と現状

表 2-4-3 ノルウエーの国道管理における凍結防止剤の散布要領

気温	条件	散布量 (g/m ²)
-2 < t < 0	・積雪前 ・霜が降りる前又は路面水が凍結する前	5~8
-4 < t ≤ -2	・積雪前 ・霜が降りる前又は路面水が凍結する前 ・薄凍結路面	10~12
	・車道に降雪がはりついた時	10~12
-6 < t ≤ -4	・降雪中。但し、除雪作業で残った薄い層の雪氷路面	15~18
	・除雪することが困難な凍結路面	20~25又は砂もしくは塩を混ぜた砂
-6 < t < 0	・激しい降雪が予想されるとき	15~18

出典: 雪センター資料 凍結防止に関する基礎知識と現状

第3章 凍結防止剤の飛散について

3.1 凍結防止剤の飛散メカニズム

3.1.1 調査概要

冬期の路面への凍結防止剤の散布は、通常「湿式」「乾式」「溶液」といった方式がとられている。

散布された薬剤は、散布直後に散乱・飛散および、一般車両による巻き上げ等による飛散が生じると考えられる。

散布された凍結防止剤の路外への飛散・流出は図3-1-1に示すような経路が考えられる。



図3-1-1 散布した凍結防止剤の飛散状況イメージ図

凍結防止剤による道路周辺環境への影響を検討するにあたり、飛散・流出のメカニズムを明らかにすることとした。

現地調査は、平成16年1月30日から3月26日までの8週間にわたり、図3-1-2に示す新潟県新潟市の新潟西バイパス曾和IC(64KP)付近(舗装構成;密粒度AS)で実施し、

- ① 総散布量
- ② 路外流出量
- ③ 浮遊飛散量
- ④ 車両付着搬出量

のそれぞれの現象について実測を行い、流出状況を把握するとともに、総散布量に対する物質収支を算出する手法を取った。



図3-1-2 調査地点位置図

3. 1. 2 調査結果

(1) 総散布量

調査地点周辺では、凍結防止剤散布車により NaCl 固形剤が散布されていた。

凍結防止剤散布車が散布する NaCl 固形剤の量は、1 回当たり 20 g/m² または 30 g/m² であった。

調査期間中に散布された凍結防止剤の総量は、NaCl で 2400 g/m² であった。(表 3-1-1、図 3-1-3)

表 3-1-1 凍結防止剤散布量

調査期間	散布時の天候 (回数)				散布時の気温℃ (回数)					散布時の路面状況 (回数)				散布回数 (NaCl 固形剤を 20g/m ² または 30g/m ² 散布)						散布量 【NaCl (g/m ²)】		
	晴れ	くもり	雨	雪・小 雪・ みぞれ	-2 以下	-1	0	1	2 以上	乾き・ 半乾き	濡れ	シャーベット	積雪・ 圧雪・ 凍結	上り			下り			上り	下り	計
														20g/m ²	30g/m ²	計	20g/m ²	30g/m ²	計			
第1週	4	25	1	9	0	3	13	21	2	2	17	11	9	14	8	22	9	8	17	520	420	940
第2週	3	12	0	7	3	5	6	3	5	5	11	5	1	6	5	11	6	5	11	270	270	540
第3週	0	6	0	5	0	1	2	6	2	0	9	2	0	6	0	6	5	0	5	120	100	220
第4週	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
第5週	1	8	0	9	0	4	6	8	0	2	8	3	5	9	0	9	9	0	9	180	180	360
第6週	2	11	0	4	2	2	9	4	0	0	15	2	0	9	0	9	8	0	8	180	160	340
第7週	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
第8週	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	10	62	1	34	5	15	36	42	9	9	60	23	15	44	13	57	37	13	50	1270	1130	2400

(注) 上り：調査側線側 下り：BG側

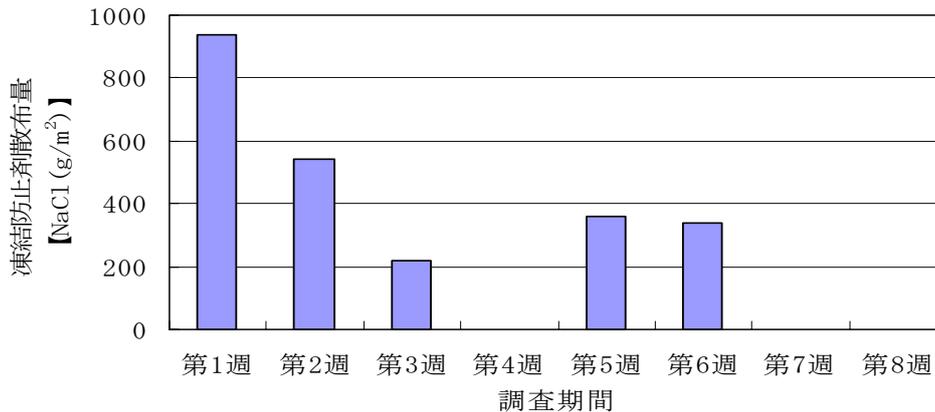


図 3-1-3 凍結防止剤散布量

(2) 路外流出量

路外流出量は、路線の上り車線、下り車線のそれぞれの車線脇にある排水路で、図 3-1-4 に示すような、水位センサー、電気伝導度センサーを各々の排水路の流末に 1 箇所ずつに設置し、流量と濃度を測定し、流出量の算出を行った。

排水路による流出量は、総散布量の約 72 % となる結果であった。(表 3-1-2、図 3-1-5)

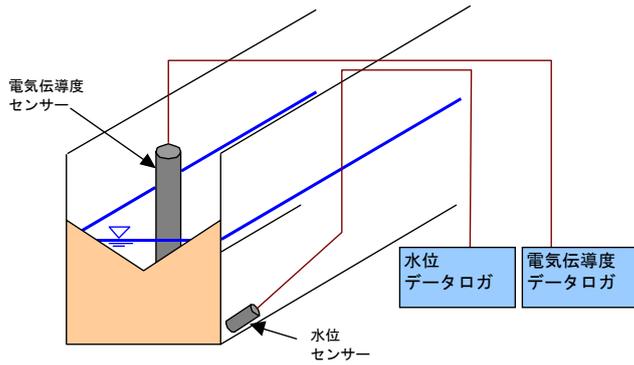


図 3-1-4 散布量と路外流出量

表 3-1-2 路外流出量の算出結果

	散布量 (Cl換算 : (kg))		流出量 (Cl換算 : (kg))		流出率 (流出量/散布量)	
	上下合計 (上り) (下り)	上下合計 (上り) (下り)	上下合計 (上り) (下り)	上下合計 (上り) (下り)	上下合計 (上り) (下り)	上下合計 (上り) (下り)
第1週	257 (142) (115)	79 (53) (26)	31% (21%) (10%)			
第2週	148 (74) (74)	185 (112) (73)	125% (76%) (49%)			
第3週	60 (33) (27)	45 (33) (12)	75% (55%) (20%)			
第4週	0 (0) (0)	11 (3) (8)	-			
第5週	98 (49) (49)	42 (15) (27)	43% (15%) (28%)			
第6週	93 (49) (44)	105 (67) (38)	113% (72%) (41%)			
第7週	0 (0) (0)	3 (2) (1)	-			
第8週	0 (0) (0)	1 (1) (0)	-			
計	656 (347) (309)	471 (286) (185)	72% (44%) (28%)			

注: 集水域は1650m²とした。上り下りとも150m区間に合わせ、道路幅は11mとした。
注: 上り、下りの流出率は上下合計の散布量に対する割合を示す。

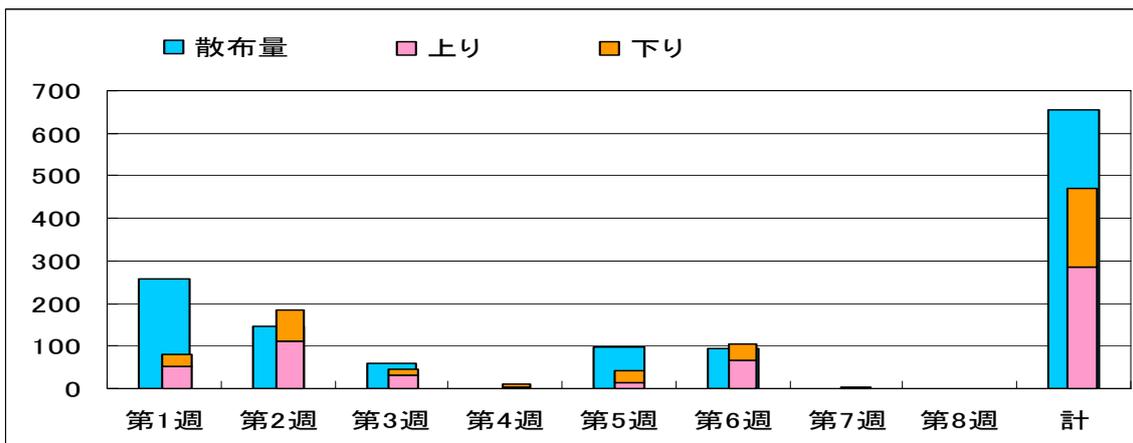


図 3-1-5 散布量と路外流出量

出典: 「凍結防止剤飛散流出状況調査整理業務」報告書

(3) 浮遊飛散量の観測

浮遊飛散量については、霧状の浮遊状況の確認と周辺への飛散落下量の2つの現象についてそれぞれ実測を行った。

調査は、図3-1-6に示すように車線の風下側に調査測線を設定し、空中に浮遊飛散したものと、地上に落下したものをそれぞれ採取する手法をとった。また、バックグラウンドについては、車線の風上側に設定した。

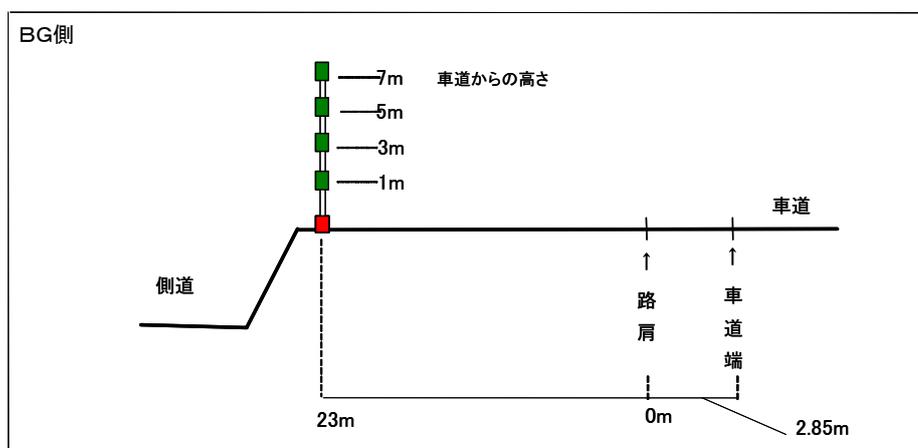
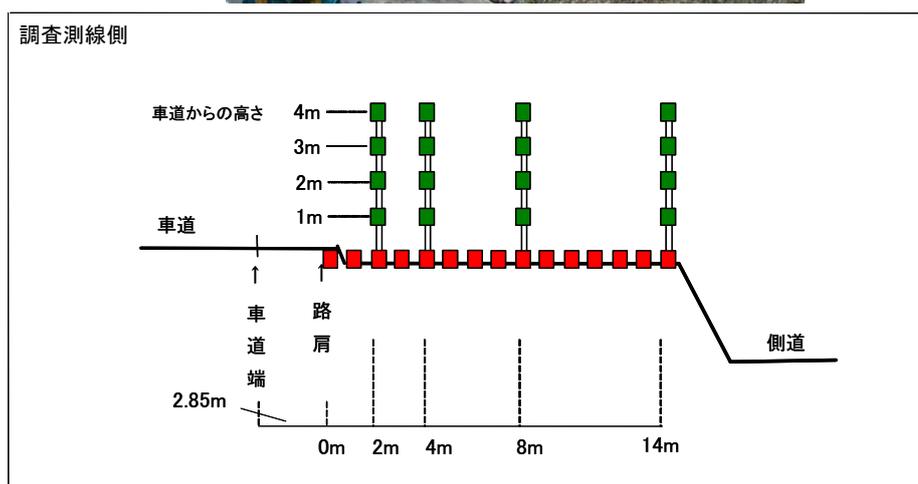


図3-1-6 調査ポイントの設置状況

(4) 浮遊飛散量調査結果

路上に散布された凍結防止剤は、通行車両の巻上げ等により、霧状あるいは水滴として空中に飛散するものと考えられる。空中に浮遊する粒子は一般に表3-1-3の上段に示すように区分される。この区分を元に、凍結防止剤を含む浮遊性の粒子の内、粒径 $10\mu\text{m}$ 未満を霧として「液体捕集法」で採取し、 $10\mu\text{m}$ 以上を水滴として「ガーゼ法」により採取することとした。

表3-1-3 飛沫の区分と捕集方法

	保温-液体捕集法	ガーゼ法
捕集対象	長時間浮遊していると想定される微細粒子 (粒径の大きい飛沫等は捕集できない)	飛散量 (粒径の大きい飛沫等も含め、ガーゼに接触して捉えられた粒子のC1量)
	<p>資料: 「塩害 (I)」 (1986 技報堂出版株)</p> <p>保温-液体捕集法で捕集するイメージ (ミスト等)</p> <p>ガーゼ法で捕集するイメージ (スプレー等より大きな粒子)</p> <p>この境界線は便宜的に引いたもの (厳密に規定しているわけではない)</p>	
模式図		
算出方法	C1捕集量/吸引ガス量	C1捕集量/開口部面積/1000 (ガーゼ開口部 から 当たりのC1捕集量算出し、g単位に換)

調査期間 8 週間で採取した量を CI 換算値として図 3-1-7、図 3-1-8 に示した。

< ガーゼ法での採取結果 >

ガーゼ法で採取した浮遊量（図 3-1-7 参照）では、高さ方向では H : 2m ~ H : 4m までは、ほとんど差の無い結果であった。路肩から 8m 以遠で若干の距離減衰が見られている。

路肩から 2m、H : 1m では、他に比べて高い値を示していた。これは、車道から直接飛び跳ねる飛沫成分を捉えた結果と考えられる。

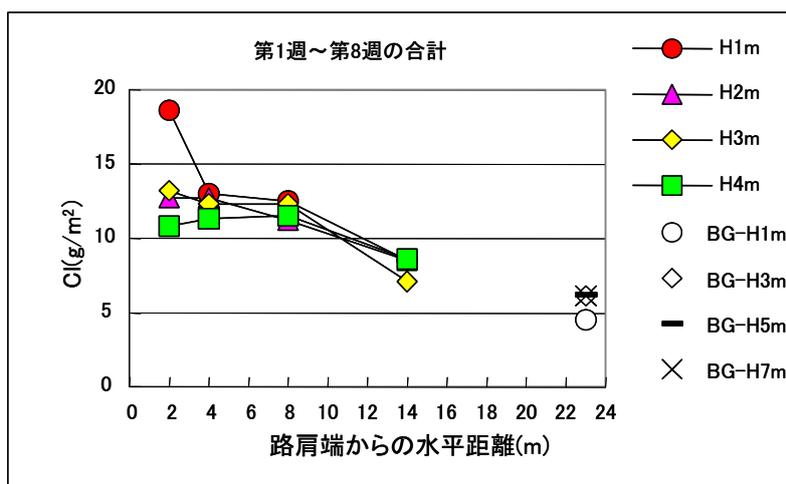


図 3-1-7 ガーゼ法による捕集結果

< 液体捕集法での採取結果 >

液体捕集法で採取した浮遊量の結果（図 3-1-8 参照）では、路肩端からの距離及び高さに関わらず、飛散浮遊量は BG と概ね同程度の値となっていた。

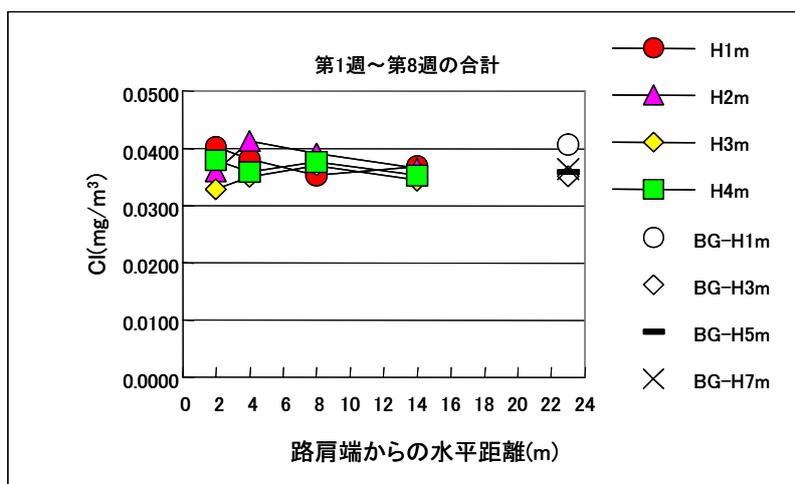


図 3-1-8 液体捕集法による捕集結果

(5) 飛散落下量調査結果

調査期間中の凍結防止剤の飛散落下量を Cl 換算値で、図 3-1-9 に示した。

路肩端から離れるにつれ、Cl 量の減衰が見られた。路肩端から 0m~3m までで、落下量全体の約 72.5 % を占める結果であった。

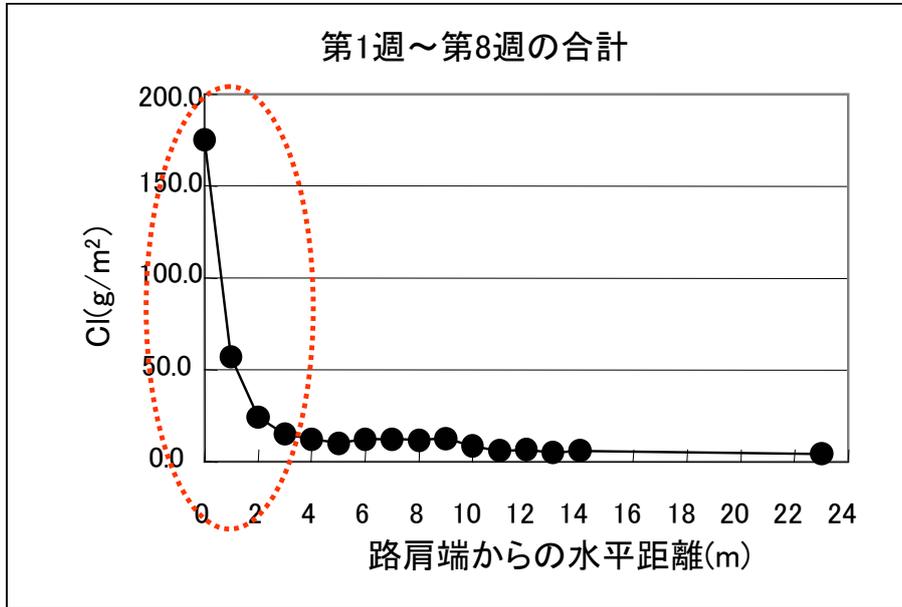


図 3-1-9 飛散落下量の調査結果

道路車線の両脇での、飛散落下量の算出イメージは図 3-1-10 に示すとおりと考えられる。

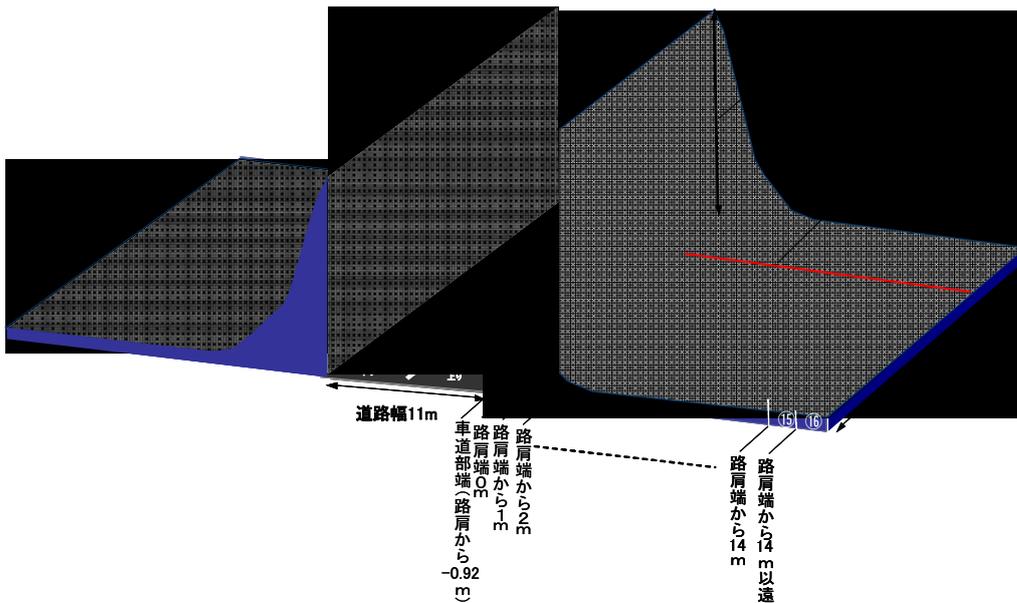


図 3-1-10 飛散落下量の分布イメージ図

出典：「凍結防止剤飛散流出状況調査整理業務」報告書

(6) 車両付着量調査結果

試験車両の走行により、タイヤスプレー等による、凍結防止剤の車両への付着量を測定した。また、トラフィックカウンタによる交通量調査を実施した。この2つの結果をあわせて、車両に付着し系外に搬出される凍結防止剤の量を測定した。測定方法は、試験車両を走行させ、車両のボンネット、右側窓、後方窓、右後輪の泥除け部に付着したC1を調査した。(図3-1-11)

調査結果では、C1換算で、上り車線：9kg、下り車線：7kgの搬出が確認された。車両の付着による域外への搬出は、両車線で散布量の約2%にあたる。(表3-1-4)



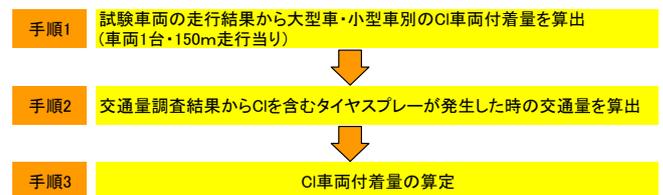
図3-1-11 車両付着量の調査方法

出典：「凍結防止剤飛散流出状況調査整理業務」報告書

表3-1-4 車両付着量の算出結果

調査期間	C1 車両付着量 (kg)	
	上り	下り
第1週	2	2
第2週	2	3
第3週	0	1
第4週	0	0
第5週	1	1
第6週	2	2
第7週	0	0
第8週	0	0
計	7	9

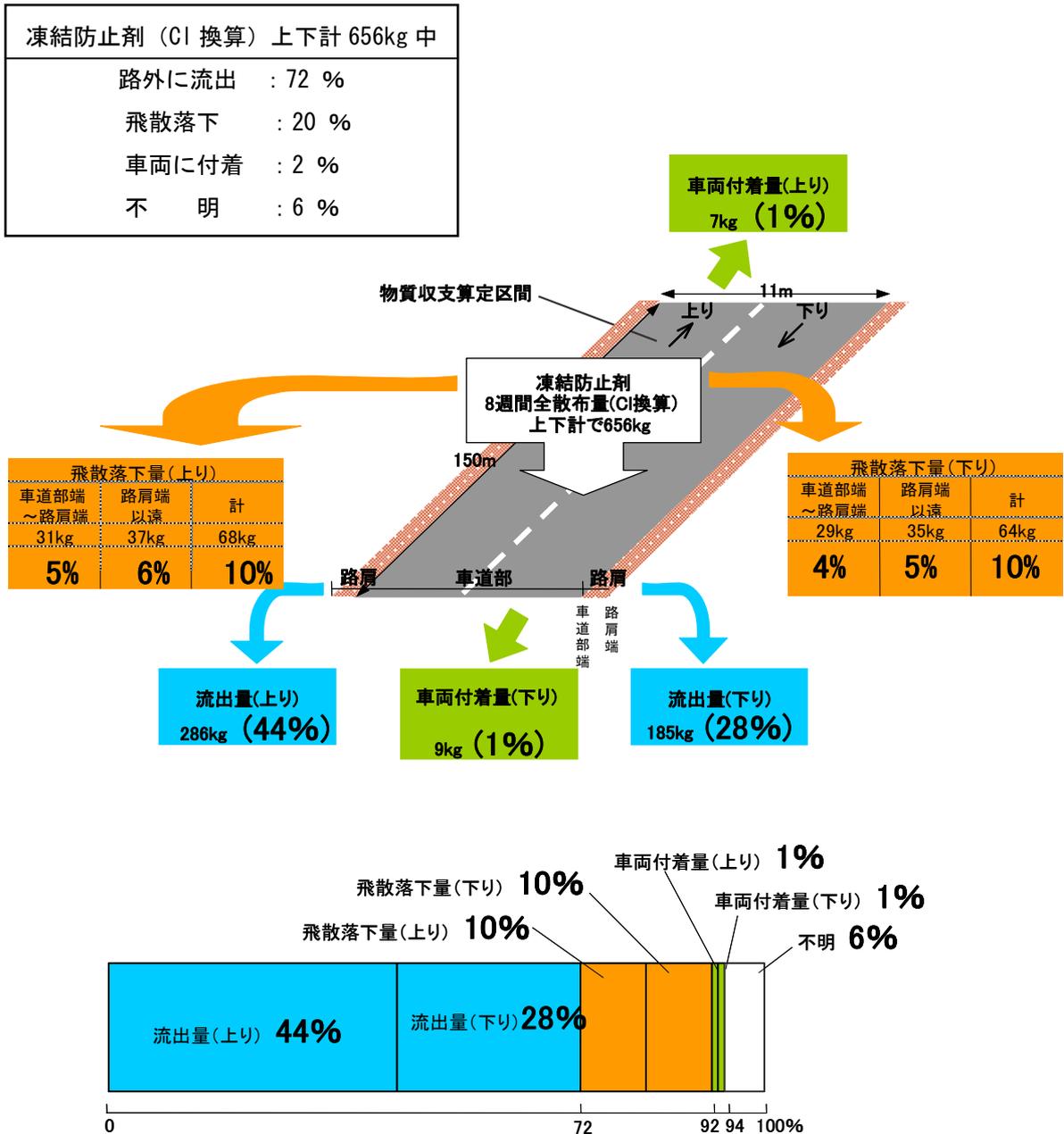
<算出手順>



3. 1. 3 凍結防止剤の物質収支

平成 16 年 1 月 30 日から 3 月 26 日までの 8 週間にわたった、新潟県新潟市の新潟西バイパス曾和 IC (64KP) 付近で実施した調査結果を基に、散布した凍結防止剤の総量と飛散・流出量との物質収支を整理すると、図 3-1-12 に示すとおりであった。

8 週間に散布した凍結防止剤総量 656 kg (C1 換算量) の 72 % が道路脇の側溝からの流出、道路周辺への飛散量が 20 %、車両に付着し系外に搬出された量が 2 %、その他不明 (誤差) が 6 % となった。



出典：「凍結防止剤の飛散流入状況調査整理業務」報告書

図 3-1-12 散布された凍結防止剤の飛散・流出の収支

3.2 凍結防止剤の飛散調査

3.2.1 調査概要

(1) 目的

平成12年度から平成15年度までに、各地方整備局等において実施された凍結防止剤の現道における飛散に関する実験結果のデータを整理し、凍結防止剤の散布と飛散の関係について検討した。調査地点の散布量は、概ね全国平均かやや多い地域において実施したものである。

(2) 調査の概要

調査は、表3-2-1、図3-2-1に示す地点において凍結防止剤散布の最盛期の4～9週間にわたって、道路状況や凍結防止剤散布状況並びに、道路脇に飛散した凍結防止剤を採取し影響について調査したものである。

調査時の各種条件について、表3-2-2示す道路条件、気象条件、路面条件、交通条件、散布量、飛散塩分量について整理した。

表3-2-1 調査地点と調査時期

年度	地域	道路名	距離(kp)	調査期間		凍結防止剤	除雪方法
H12	宮城県 仙台市青葉区	国道48号	34.3	H13.1.30～H13.3.13	8週間	NaCl固形剤 NaCl水溶液	グレーダー ロータリー
H12	新潟県 寺泊市	国道116号	-	H13.1.14～H13.3.14	9週間	NaCl固形剤	(不明)
H14	北海道 苫小牧市	日高自動車道	13.4	H15.2.24～H15.3.24	4週間	NaCl固形剤(湿式) NaCl水溶液	(不明)
			15.0				
			17.0				
H14	宮城県 仙台市	国道48号	11.8	H15.1.10～H15.3.7	8週間	NaCl水溶液	グレーダー
H14	新潟県 新潟市	新潟西バイパス	64.0	H15.1.24～H15.3.14	8週間	NaCl固形剤	(不明)
H15	新潟県 新潟市	新潟西バイパス	64.0	H16.1.20～H16.3.26	8週間	NaCl固形剤	(不明)

出典：平成12年度路面凍結抑制剤影響実態調査報告書

平成12年度凍結防止剤飛散調査作業報告書

平成14年度現道における凍結防止剤の飛散状況調査報告書

平成14年度凍結防止抑制剤に関する調査報告書

平成14年度植物耐塩性実験調査作業報告書

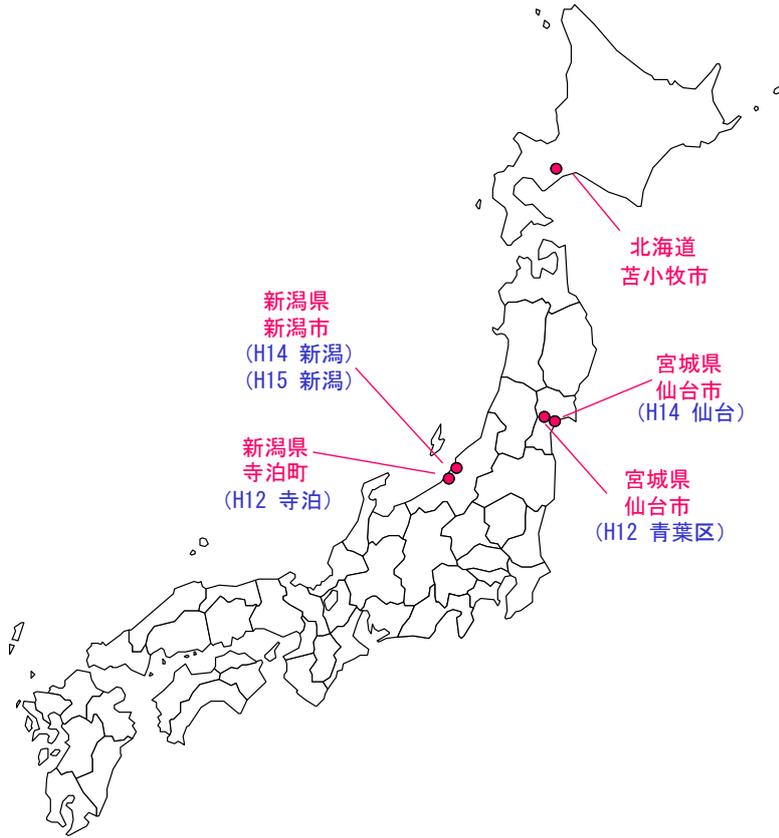


図 3-2-1 調査地点位置図

表 3-2-2 取りまとめ内容

道路条件	盛土高 (m)
気象条件	順風率 (%)
	順風時平均風速 (m/s)
	平均気温 (°C)
路面条件	平均地温 (°C)
交通条件	大型車両数 (台)
	小型車両数 (台)
	平均走行速度 (km/h)
散布塩分量	NaCl 散布量 (g/m ²)
	路幅 (m)
	NaCl 散布量 (g/m ²) × 路幅
路肩からの距離 (m) に対する 飛散塩分量 (NaCl) (g/m ²)	1m
	2m
	:
	:

3.2.2 調査地点の概要

調査は、各地方整備局等の管内の直轄国道で実施したものであり、それぞれの調査地点の概要を表3-2-3に示した。

各調査地点の調査期間中の平均交通量や平均気温と凍結防止剤散布量の関係では、調査年度により特徴があり多様な条件下での調査であった。(図3-2-2、図3-2-3参照)
調査地点での調査方法の模式図を図3-2-4、図3-2-5に示した。

表3-2-3 調査地点の概要

年度	地域	道路名	路幅(m)※	盛土高(m)	調査期間交通量(台)		採取測線長(m)	採取ポイント数
					大型車	小型車		
H12	宮城県 仙台市青葉区	国道48号	3.7	0.0	139,902	170,856	30	21
H12	新潟県 寺泊町	国道116号	6.0	—	216,090	699,489	30	18
H14	北海道 苫小牧市	日高自動車道	10.25	7.5	30,022	175,450	20	9
			6.75	1.0	30,022	175,450	8	6
			6.75	5.0	30,022	175,450	15	8
H14	宮城県 仙台市	国道48号	3.78	0.0	243,432	1,028,720	10	7
H14	新潟県 新潟市	新潟西バイパス	3.0	0.3	226,357	1,387,917	22	7
H15	新潟県 新潟市	新潟西バイパス	3.0	0.3	220,242	1,413,057	14	15

※路幅:片側車線の道路幅

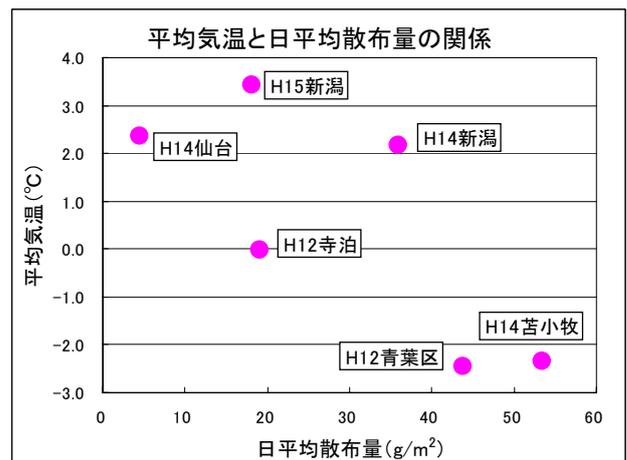
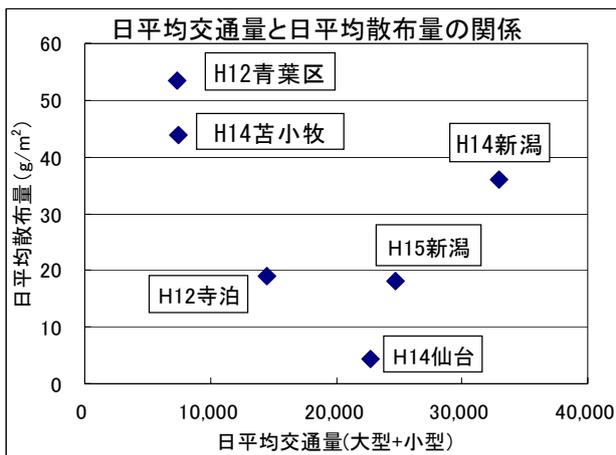


図3-2-2 調査地点の状況(交通量と散布状況) 図3-2-3 調査地点の状況(気温と散布状況)

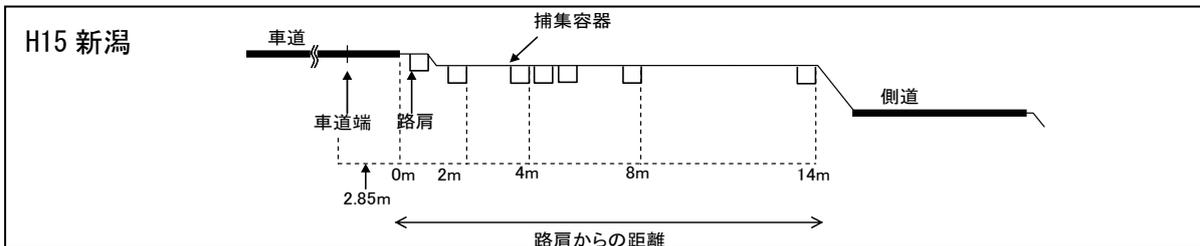
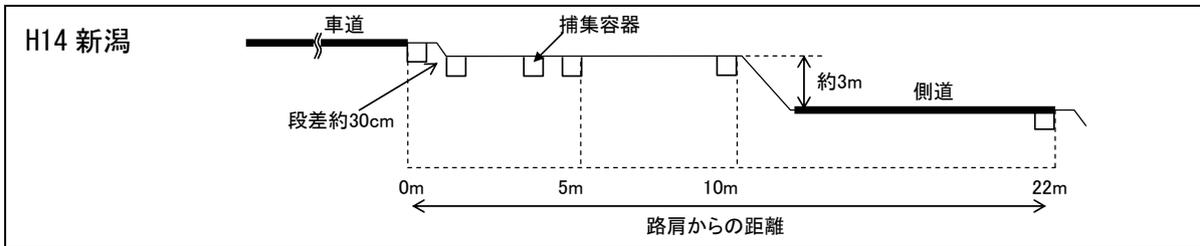
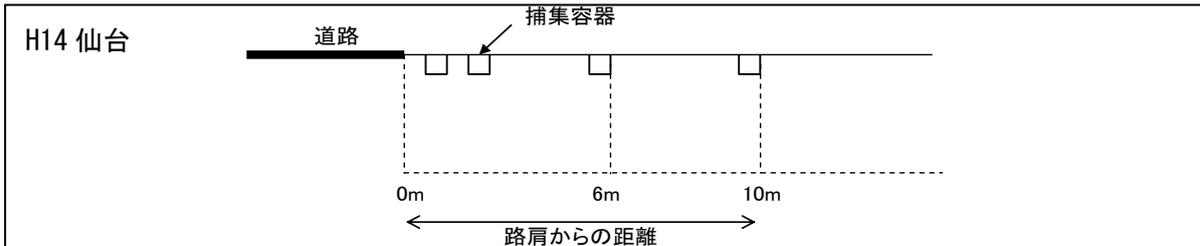
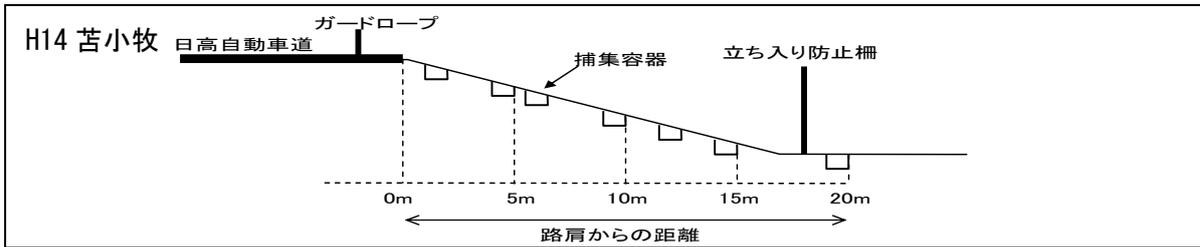
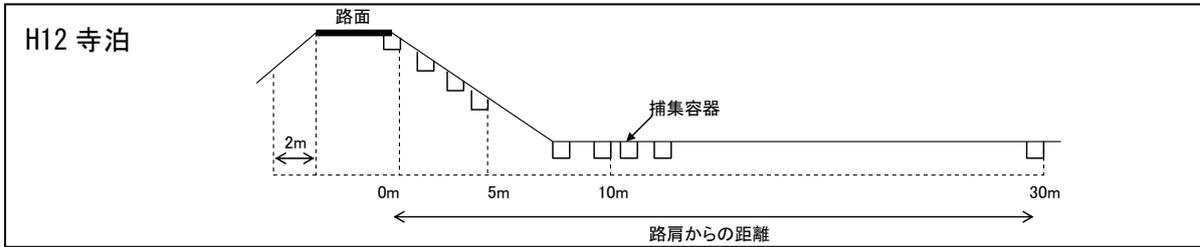
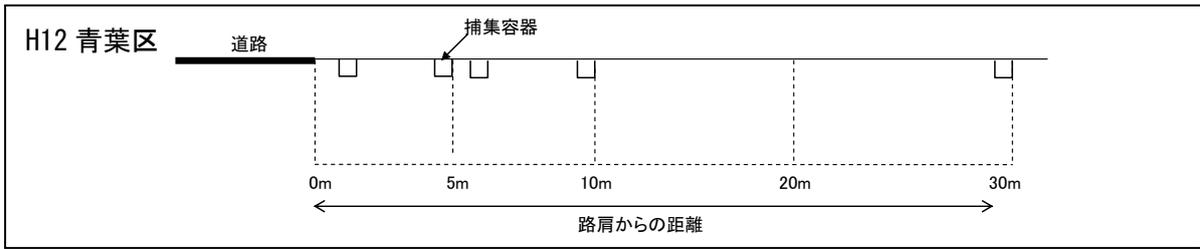


図 3-2-4 調査方法の模式図

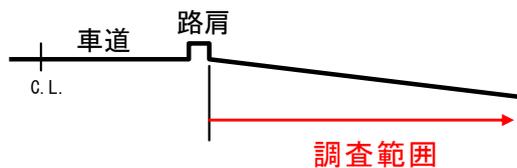


図 3-2-5 調査範囲

3.2.3 調査地点別の凍結防止剤散布状況

調査地点別の凍結防止剤の散布状況は図3-2-6、図3-2-7に示すとおりである。

各調査地点とも使用した凍結防止剤は、NaClであるが、地域により湿式散布・乾式散布あるいは溶液散布と異なっているため、整理・取りまとめにあつては、NaClの固形剤量の単位面積あたりに換算した。

平成14年度の東北地方では、調査期間中の平均気温が2.4℃であり、平成12年度の-2.5℃に比べ暖かい状況であったことから、散布量も少なくなっている。

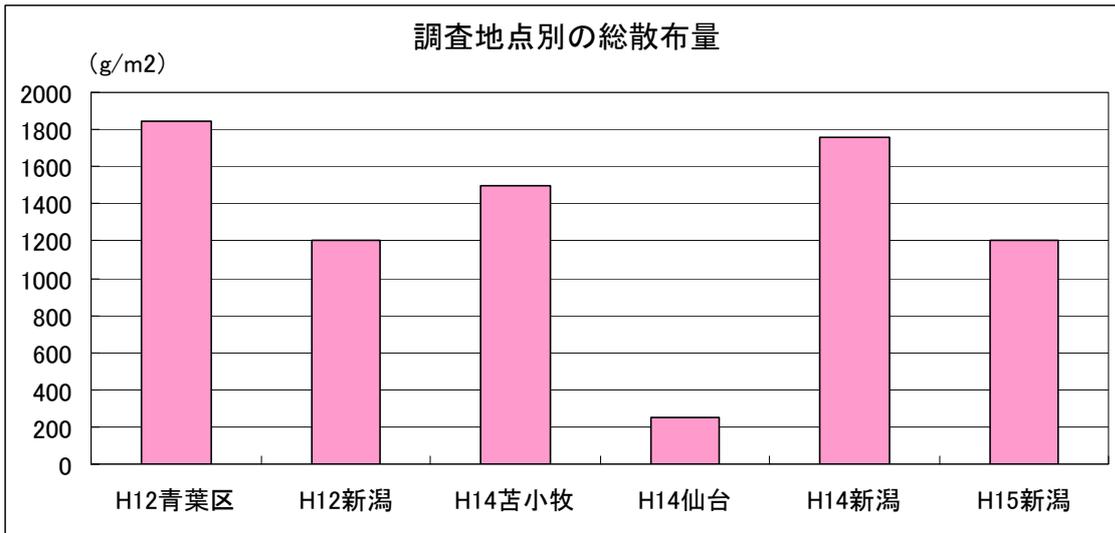


図3-2-6 凍結防止剤の総散布量の比較 (NaCl換算)

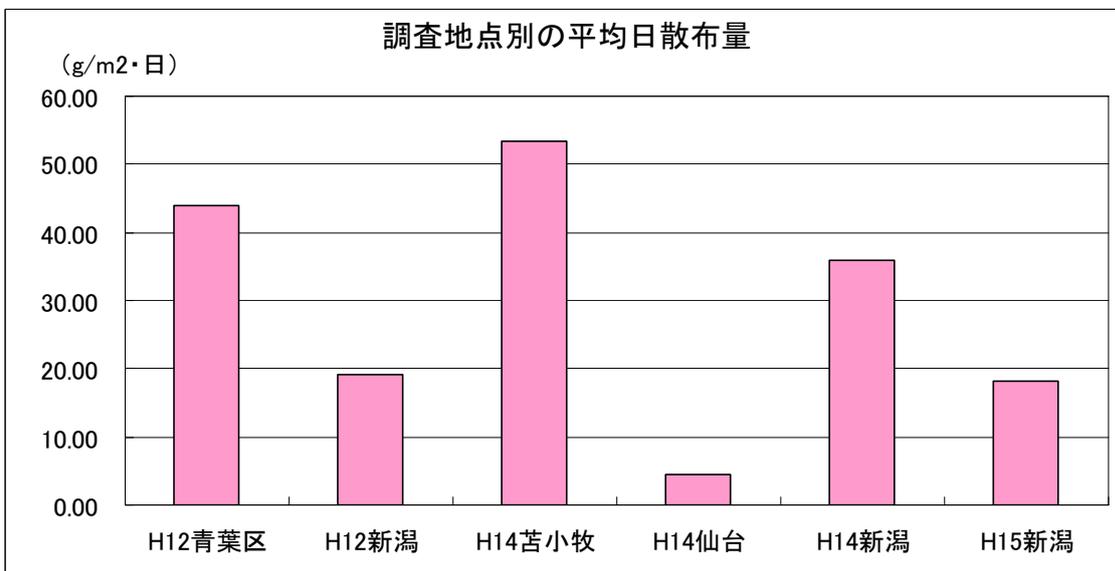


図3-2-7 凍結防止剤の単位散布量の比較 (NaCl換算)

3.2.4 調査結果

(1) 凍結防止剤の飛散状況

各調査地点の道路脇の調査測線上に設定した採取ポイントの距離と飛散塩分量の集計結果を表3-2-4に示し、飛散量と距離との関係を図3-2-8、図3-2-9に示した。観測結果では、飛散状況は飛散塩分量をY、路肩からの距離をXとすると $Y = aX^b$ の式に近似された。

各調査地点とも、道路からの距離により飛散量の減衰が顕著に見られ、5mまでは飛散量が多く、6m以上の飛散量は5mまでの飛散量の半分以下となっていた。

表3-2-4 調査期間中の採取された飛散塩分量

		H12青葉区	H12寺泊	H14苫小牧			H14仙台	H14新潟	H15新潟	
		全期間	全期間	No.1地点 全期間	No.2地点 全期間	No.3地点 全期間	全期間	全期間	全期間	
路幅 (m) 注)		3.70	6.00	10.25	6.75	6.75	3.78	3.00	3.00	
散布塩分量 (g/m ²)		NaCl散布量 (g/m ²)	1,842	1,200	1,494.41			247.9	1,760	1,200
散布塩分量 (g/m)		NaCl散布量 (g/m ²) × 路幅	6,815	7,200	15,317.71	10,087.28	10,087.28	936	5,280	3,600
路肩からの距離(m)に対する 飛散塩分量(塩化ナトリウム) (g/m ²)	1m	169.0	133.9	62.32	61.34	39.35	42.740	189.07	93.80	
	2m	113.4	74.7	34.74	70.68	30.65	10.304	59.61	40.10	
	3m	85.0	50.7	31.27	21.94	32.28	7.382	38.58	24.80	
	4m	80.1	32.1	16.88	15.72	25.22	4.932	26.30	20.20	
	5m	54.8	25.0	9.27	17.26	26.47	3.832	17.97	16.60	
	6m	41.1	19.6	9.27	17.26	26.47	3.329	17.97	20.10	
	7m	32.8	21.8	9.27	17.26	26.47	3.329	17.97	19.90	
	7.5m			6.74	3.22	5.03	3.329	17.97		
	8m	27.3	21.0	6.74	3.22	5.03	3.329	17.97	19.10	
	9m	26.1	18.2	6.74	3.22	5.03	3.329	17.97	20.80	
	10m	24.0	18.3	2.99	3.22	1.99	2.260	10.34	14.20	
	11m	23.2	19.9	2.99	3.22	1.99	2.260	10.34	10.00	
	12m	22.4	18.9	2.99	3.22	1.99	2.260	10.34	10.90	
	13m	22.1	16.8	2.99	3.22	1.99	2.260	10.34	8.20	
	14m	21.1	15.9	2.99	3.22	1.99	2.260	10.34	9.60	
	15m	20.4	16.8	1.15	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60	
	16m	19.3	15.9	1.15	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60	
	17m	18.6	17.7	1.15	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60	
	18m	17.7	17.7	1.15	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60	
	19m	17.2	17.7	1.15	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60	
20m	15.0	17.7	0.85	3.22	1.16	2.260	10.34	9.60		
22m							10.23			
30m	9.1	9.7								
1～5mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	502.3	316.4	154.5	186.9	154.0	69.2	331.5	195.5
6～10mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	151.3	98.9	35.0	44.2	65.0	15.6	82.2	94.1
11～15mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	109.2	88.3	13.1	16.1	9.1	11.3	51.7	48.3
16～20mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	87.8	86.7	5.5	16.1	5.8	11.3	51.7	48.0
21～30mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	9.1	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0
30mまでの飛散量集計(g/m ²)		合計値	859.7	600.0	208.1	263.3	233.9	107.4	527.4	385.9
散布塩分量に対する割合(%)		30mまで	12.6	8.3	1.4	2.6	2.3	11.5	10.0	10.7
散布塩分量に対する割合(%)		5mまで	7.4%	4.4%	1.0%	1.9%	1.5%	7.4%	6.3%	5.4%

注)：路幅は片側車線の道路幅

H15 新潟は、「3.1 凍結防止剤の飛散メカニズム」(34頁)で示した調査結果と同じ

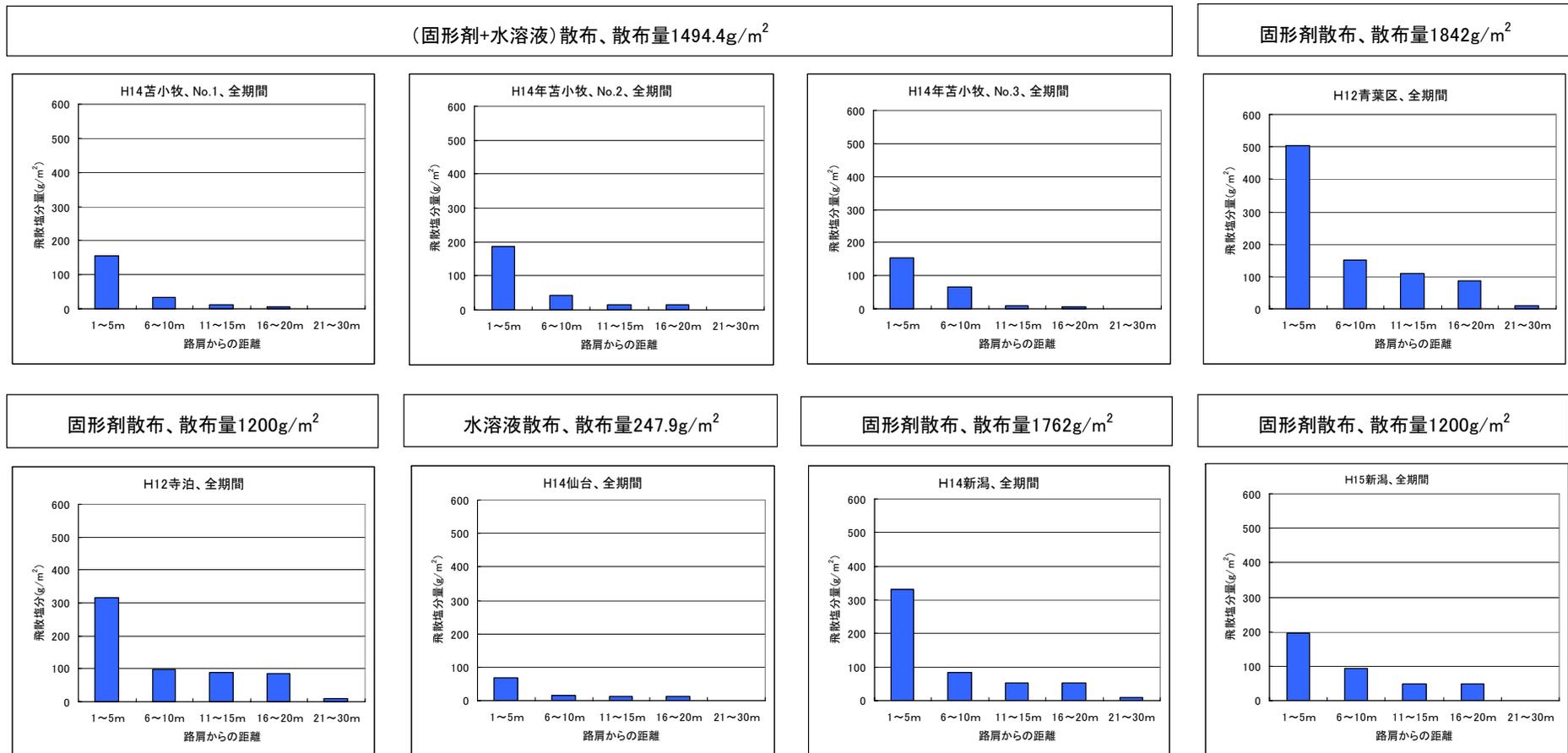
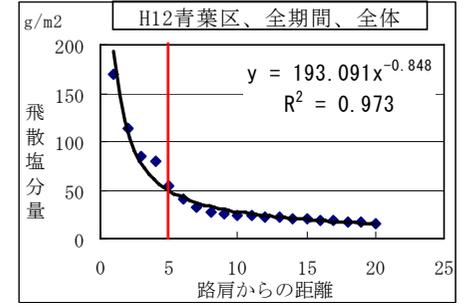
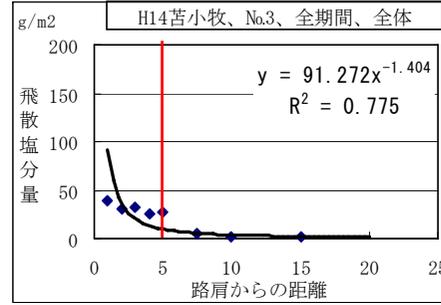
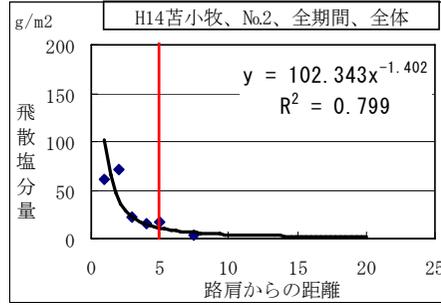
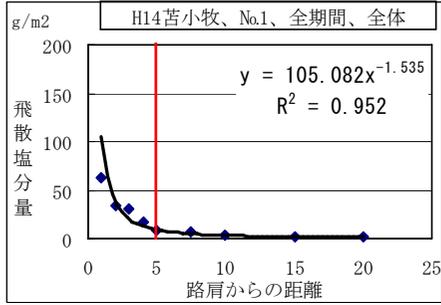


図 3-2-8 飛散塩分量と距離の関係

(固形剤+水溶液) 散布、散布量1494.4g/m²

固形剤散布、散布量1842g/m²



固形剤散布、散布量1200g/m²

水溶液散布、散布量247.9g/m²

固形剤散布、散布量1762g/m²

固形剤散布、散布量1200g/m²

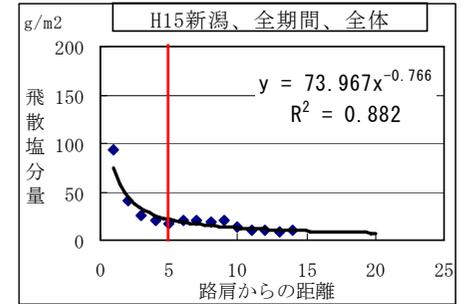
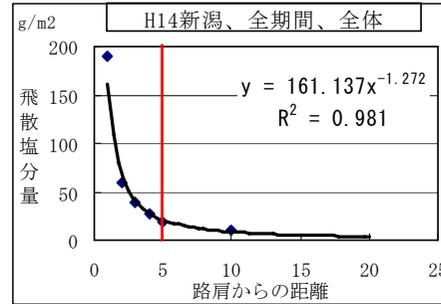
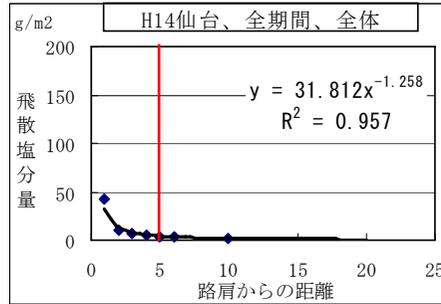
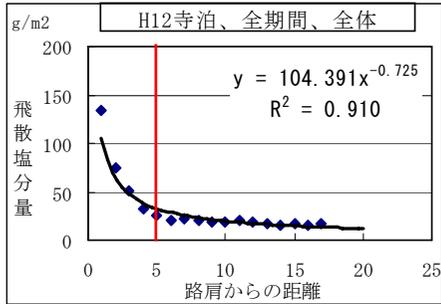


図 3-2-9 飛散塩分量と距離の関係

(2) 各種条件との関係検討

6 地域、8 箇所を実施した飛散調査結果を元に、飛散塩分量と諸条件の関係を統計量で整理し、一覧を表 3-2-5 に示した。項目毎の関係は図 3-2-10 に示した。

散布量との関係では遠方地点より近傍地点でやや高い相関関係が見られた。その他の項目では、順風率との相関関係は見られたが、それ以外の項目では、明確な関係は見られなかった。

表 3-2-5 検定統計量一覧表（飛散塩分量と諸条件の関係解析）

諸条件		全データ	近傍(1~5m)	遠方(5~20m)
散布条件	散布量 (g)	1.48	2.15	0.98
	大型車両数 (台)	0.66	0.29	1.09
交通条件	小型車両数 (台)	0.16	0.44	0.16
	平均走行速度 (km/h)	1.68	1.09	2.35
	盛土高 (m)	0.65	0.24	0.89
気象条件	平均気温 (°C)	0.43	0.55	0.17
	順風率 (%)	2.98	3.49	2.35
	平均順風速度 (m/s)	0.34	0.64	0.00

* 表中の値は検定統計量|T|を示す。

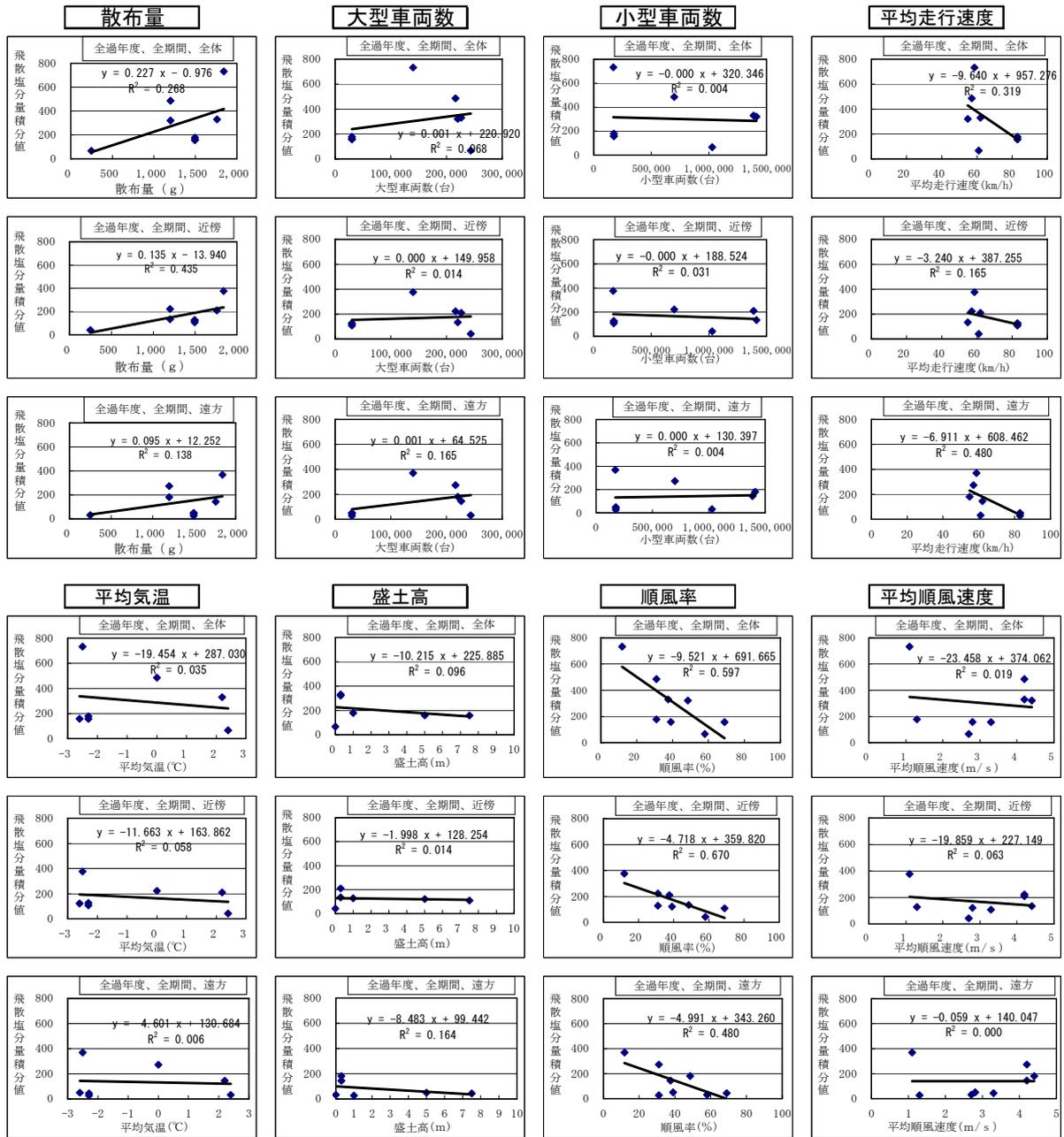
飛散塩分量と各諸条件との間に相関があるか否かを検定する。

$$\text{検定統計量 } T = r\sqrt{(N-2) / \sqrt{1-r^2}}$$

有意水準 $\alpha = 0.05$ (5%) $r = \text{相関係数}$ $N = \text{自由度}$

$T_{N-2}(\alpha/2)$ は t 分布表より算出。

$|T| > T_{N-2}(\alpha/2)$ の時、相関関係があると言える。



飛散塩分量積分値：近似式より算出した区間積分値

出典：平成15年 「凍結防止剤調査結果整理業務」報告書

図3-2-10 諸条件と飛散量の関係

3.2.5 まとめ

散布塩分量と飛散塩分量との関係および飛散塩分量と各種条件との相関関係を整理、検討した結果は以下のとおりであった。

- ・ 散布塩分量と飛散塩分量の関係：

散布塩分量のうち道路外に飛散する塩分量は路肩端から 1～5m の範囲で 7.4%以下であった。

- ・ 飛散塩分量と各種条件との相関関係：

飛散塩分量と各種条件の相関関係では、順風率との間に相関関係が見られ、散布量との関係では遠方地点より近傍地点でやや高い相関関係が見られた。

参考として、今回の飛散塩分量調査で得られた値が、どの程度の値であったかを、中田委員及び春木委員の研究結果と比較し、表 3-2-6 に示した。

- ・ 植物の散布影響実験による影響レベルは、海塩由来の森林流入量の数倍レベルになっている。

- ・ 凍結防止剤の飛散量は、海塩風（ピーク時）の約 70 kg/ha（＝約 7g/m²）に対し、路肩端より 10m 以上離れた地点では、概ね 1/2～1/4 のレベルであった。

- ・ 沿道への飛散落下量 5m 地点の平均値は、植物の散布影響実験による影響が出る値よりも低い値であった。

表 3-2-6 飛散実験と飛散落下調査結果の比較

研究・調査の内容	Cl ⁻ 濃度	備考
植物等への散布影響実験 (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

第4章 沿道への影響調査

4.1 植生への影響文献調査

4.1.1 調査概要

(1) 目的

凍結防止剤の植物への影響を検討するために、既往文献の収集・整理を行った。

(2) 調査の方法

文献検索は、独立行政法人 科学技術振興機構（JST）の持つ以下の文献データベースを用い、凍結防止剤や塩害と植物の関係をキーワードとして検索を行った。

また、その他にも農林水産試験研究年報、凍結防止剤関連書籍についても整理を行った。

独立行政法人 科学技術振興機構（JST）の文献データベースは以下のものである。

I : JSTPLUS

科学技術全分野に関する文献情報を収録。世界 50 カ国の情報を含む 1981—
（月 4 回） 約 1,400 万件

II : JST7580

科学技術（医学を含む）全分野に関する文献情報を収録。世界 50 カ国の情報
を含む 1975—1980 約 220 万件

III : JMEDPLUS

日本国内発行の資料から医学、薬学、歯科学、看護学、生物科学、獣医学、
等に関する文献情報を収録。 1981—（毎月） 約 280 万件

文献検索は上記のデータベースについて以下のような条件で文献抽出を行った。

- ① 対象：国内文献・資料
- ② 期間：近年 10 カ年程度
- ③ 検索キーワードと抽出文献

キーワード別の件数は以下の通りであった。

塩害 3933 件

塩害&被害 207 件

凍結防止剤 2587 件

凍結防止剤&被害 49 件

塩害&植物&被害：JSTPLUS 76 件+JST7580 7 件 =83 文献

凍結防止剤&植物&被害：JSTPLUS 13 件+JST7580 4 件 =17 文献

以下の農林水産試験所の研究資料についても確認を行った。

- ・農林水産試験研究年報 農業編・林業編 国立（平成12年度～13年度）
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 公立（平成12年度～14年度）
農林水産技術会議事務局編

その他の書籍関係として以下の凍結防止剤関連書籍についても参考とした。

□土壌について

「改著 土壌肥料ハンドブック」奥田東ら共著，養賢堂，1965

「塩集積土壌と農業」日本土壌肥料学会編，博友社，2000

□植物への影響

「農学大事典」農学大事典編集委員会編，養賢堂，1987

農作物等に対する被害発生塩分量。

「路面凍結防止剤と植物」有村恒夫

「作物の耐塩性とその機構」但野利秋，化学と生物 Vol.21, No.7, p439～445，
1983

「土と食料—健康な未来のために」日本土壌肥料学会編，朝倉書店，1998

「植物と環境ストレス」伊豆田猛 編著，コロナ社，2006

□河川への影響

「農業水利学」石橋豊林ら共著，朝倉書店，1966

□水源への影響

「水質基準に関する省令（H4.12.21 厚令69）」

□魚類への影響

「魚類生理学概論」田村保編，恒星社厚生閣，1977

□凍結防止剤の飛散に関して（日本道路公団資料）：平成14年度に入手（以降未調査）

平成13年度凍結防止剤によるアルカリ骨材反応影響確認試験報告書

（日本道路公団中部支社名古屋技術事務所 技術指導課 調査等 2001年度）

防錆剤添加凍結防止剤の諸特性試験報告書

（日本道路公団試験研究所交通環境研究部 交通研究室 調査等 1997年度）

平成11年度北上管内凍結防止剤実態調査報告書

（日本道路公団東北支社北上管理事務所 工務 調査等 1999年度）

凍結防止剤の副次的影響調査（その3）報告書

（日本道路公団試験研究所交通環境研究部 交通研究室 調査等 2000年度）

凍結防止剤流出調査報告書

（日本道路公団東北支社山形管理事務所 工務 調査等 1991年度）

凍結防止剤の副次的影響調査（その2）報告書

（日本道路公団試験研究所交通環境研究部 交通研究室 調査等 1999年度）

平成10年度凍結防止剤の副次的影響調査報告書

(日本道路公団試験研究所交通環境研究部 交通研究室 調査等 1998年度)

□その他

- 「冬季路面管理と環境の調和 1992 年 1 月調査報告書」(北方都市会議 冬季都市環境問題研究部会)
- 「土壌の事典」(久馬一剛ら編, 朝倉書店, 1993)
- 「土壌肥料綜説」(奥田東, 養賢堂, 1991)
- 「植物生産生理学」(石井龍一, 朝倉書店, 2001)
- 「作物の要素過剰欠乏症」(高橋英一ら, 農山漁村文化協会, 1990)
- 「作物の生育と環境」(西尾道徳ら, 農山漁村文化協会, 2004)
- 「新しい水道の常識」(藤田賢二 監修, 日本水道新聞社, 1995)
- 「土壌養分分析法」(土壌養分測定法委員会編, 養賢堂, 1997)
- 「調査研究報告 薬剤散布と路面塩分濃度の測定方法」(西村泰弘ら, ゆき No. 28, 1997)

4.1.2 検索結果

独立行政法人 科学技術振興機構 (JST) の持つ全ての文献(約 2000 万件)及び「農林水産試験研究年報 農業編・林業編」国立2年分と公立3年分、その他の26冊の書籍を確認した。検索資料の中から、調査の対象文献リストを表4-1-1、表4-1-2に示した。

文献及びその他資料を基に、凍結防止剤及び凍結防止剤成分の植物への望ましい影響レベルを整理した。

表 4-1-1 凍結防止剤の影響に関する調査対象文献

No	タイトル	著者	年-月
凍結-1	高速道路に植栽されたトウヒ属樹木の被害状況	香山雅純, 北岡哲, 北橋喜範, (北大) 丸山温, 北尾光俊, (森林総研 北海道支所) QUORESHI A M, 小池孝良, (北大 北方生物圏フィールド科セ)	2002-02
凍結-2	道路凍結防止剤散布による植物枝葉の枯れ方	春木雅寛, (北大)	2001-11
凍結-3	道路凍結防止剤の植物, 土壌動物などへの影響	春木雅寛, (北大)	1999-11
凍結-4	凍結防止剤による道路際の植物への影響	古川, (長野県林業総セ)	1994-12
凍結-5	凍結防止剤の植物に及ぼす影響	井上省子, 里内勝, (滋賀県短大)	1979
凍結-6	凍結防止剤に対する植物の耐塩性について(1)	足立克久	1974

表 4-1-2 潮（塩害）に関する調査対象文献

No	タイトル	著者	年-月
塩害-1	潮風による水稻の減収推定尺度	丸山篤志, (九州農試)	2001-10
塩害-1'	潮風による水稻の減収推定尺度	丸山篤志, 大場和彦, 黒瀬義孝, (九州農試)	2001-09
塩害-2	水稻に対する塩害と対策技術	長谷川進, (北海道花・野菜技術セ)	1998-07
塩害-3	海浜台地の畑作のダイズにおける 1995 年の潮風害の症状	芝山秀次郎, 田中明, 千布寛子, 長谷川千絵, 真島佳代子, 松尾光弘, (佐賀大 海浜台地生物生産研セ)	1997-12
塩害-4	1991 年に発生したカンキツに対する潮風害の実態	夏秋道俊, 野方俊秀, 岩切徹, (佐賀県果樹試)	1996-03
塩害-5	カンキツの潮風害とその回復対策 第 1 報 潮風害が果実, 細根, 翌年の生長に及ぼす影響と落葉後に発生した秋葉の耐凍性	緒方達志, 高辻豊二, 村松昇, (果樹試 口之津支場)	1995-03
塩害-6	台風によるシブキの発生と塩害	戸原義男, 森健, 四ヶ所四男美, 平松和昭, (九大 農)	1994-07
塩害-7	佐賀県における 1991 年大型台風の気象特性と水稻被害の実態および解析	山本勇, 福田敬, 三原実, 松雪セツ子, 横尾浩明, 広田雄二, (佐賀県農業試験研セ) 中村大四郎, (佐賀県経済連) 雪竹照信, (佐賀県農大)	1993-12
塩害-8	長崎県における平成 3 年大型台風による水稻被害の実態と解析 第 1 報 水稻被害の実態	小川義雄, 佐田利行, 下山伸幸, (長野県総合農林試)	1992-12
塩害-9	1991 年の台風 17 号による水稻潮風害の実態について	市丸喜久, 牧山繁生, (佐賀県小城農業改良普及所) 水田徳美, 土橋利則, 釘本忠人, 岩田誠一郎, (小城郡農協)	1992-12
塩害-10	臨海埋立地における緑化樹の潮風害の季節的变化	沖中健, 賤機高康, 堀口正昭, 小林達明, (千葉大 園芸)	1989-03
塩害-11	緑化樹の耐塩性に関する研究 葉内浸入塩素量を指標として	沖中健, 菅原恩, (千葉大 園芸)	1986-10
塩害-12	模型ヘリコプターによる風倒木調査と潮風害の研究	川瀬清, 太田路一, (北大農・演習林)	1983
塩害-13	台風 6 号による南関東地方の塩風害調査	中原孫吉, (千葉大) 上平末男, (生物環境技術研究所)	1976

(1) 凍結防止剤成分と農作物への望ましい影響レベル

凍結防止剤の主な成分の土壌中濃度と農作物への影響を示した数値を、表 4-1-3 から表 4-1-5 に示す。

項目別には以下のとおりである。

- ・Cl⁻ : 「キュウリ」のような耐塩性の低い作物の場合には 400 mg/kg 以下、一方「水稻」は耐塩性が強く、最も影響を受けやすい本田初期では 700 ppm 程度まで、発芽初期では 6000 ppm 程度までの高い濃度まで耐性があるとされていた。(表 4-1-3、表 4-1-4 参照)

- ・Na⁺ : 通常の農用地で、良好土壌といわれるものでは、各塩基の割合は、
Ca : Mg : K : Na = 70~80 % : 10~20 % : 5~10 % : 5~10 %
とされている。

Na⁺は、一般の農用地では、Ca、K と並び一定濃度が必要とされており、0.5 me/100g 程度以下は望ましくないレベルとなっている。(表 4-1-5 参照)

しかし、塩基置換容量との比 (Na⁺/CEC) では、12~15 % を超えると土壌硬化が発生し、農作物の生育に影響を及ぼすとされている。(表 4-1-3 参照)

表 4-1-3 農用地土壌の評価目安

	対象物	項目	望ましい影響レベル	影響レベルを満足しない時に予想される現象
a)	土壌（農作物等）	Cl ⁻	400 mg/kg 以下	耐塩性の弱いキュウリの生育不良が発生
b)	土壌	(Na ⁺ /CEC)	12~15 % 以下	土壌の硬化、透水性の悪化

出典：a) 奥田ら（1965）土壌・肥料ハンドブック-1965年-

b) (社) 日本土壌肥料学会

表 4-1-4 塩素イオン濃度と水稻の生育被害濃度

発育ステージ	Cl ⁻ 濃度と被害内容
発芽	6000 ppm で遅れ、8000 ppm で発芽率低下
苗代	1800 ppm で育成抑制、3000 ppm で枯死
本田初期	700 ppm 前後から被害（内容不明）
出穂後	1000 ppm 以下で被害軽微（内容不明）

出典：土壌通論(p143)

表 4-1-5 農用地土壌中の各吸収態塩基量の標準レベル

項目	望ましい量			望ましくない量		
	目方(mg)	me/100g	乾土に対するパーセント	目方(mg)	me/100g	乾土に対するパーセント
カルシウム(Ca)	200以上	10以上	0.2%以上	100以下	5以下	0.1%以下
マグネシウム(Mg)	20以上	1.7以上	0.02%以上	10以下	0.8以下	0.01%以下
カリウム(K)	20以上	0.5以上	0.02%以上	10以下	0.25以下	0.01%以下
ナトリウム(Na)	特殊作物以外はKと同等または以下			土壌の塩基吸収能の12~15%以上		

出典：土壌・肥料ハンドブック-1965年-(p156)

望ましい量：良好土壌として必要な量
 望ましくない量：良好土壌として少なすぎる量
 乾土：乾燥土壌

注) 乾土：乾燥土壌
 目方(mg)は100g当たり

(2) 塩化物類の散布と植物への影響

凍結防止剤に用いられる薬剤の散布と植物への影響については、室内実験や圃場実験によって、主に沿道に植栽される植物を対象として影響レベルが検討されている。

文献から抽出した影響レベルを表4-1-6に整理した。

散布剤毎に濃度（量）の単位が統一されていないが、塩化ナトリウムの場合では、植物への付着濃度が 5,000 ppm 程度、枝葉への散布量で 5 g/m² 程度で枯死率が 100 %（モンタナマツ）とされている。

塩化カルシウムでは、植物への付着濃度が 10,000 ppm 程度、枝葉への散布量で 5 g/m² 程度で枯死率が 40 %（モンタナマツ）、25 g/m² 程度で枯死率が 100 %（イチイ）、とされている。

表4-1-6 凍結防止剤の散布量と植物への影響

物質	対象植物等	調査・実験方法等	対象場所・部位	望ましい影響レベル	影響レベルを満足しない時に予想される現象	出典
ナトリウム	ヨーロッパトウヒ	道央自動車道	土壤中濃度	22.33~22.94(mg/100g土壤)	光合成能力が全般的に低下し、早朝の水ポテンシャル、および日中の蒸散量の低下	2002-02、香山ら(1)
	アカエゾマツ		土壤中濃度	44.30~54.32(mg/100g土壤)		
塩化ナトリウム	落葉性多年生草本、落葉性広葉樹、木本性ツル植物、常緑針葉樹	植栽実験	葉などの植物体への散布	5,000ppm以下	付着水溶液は細胞から道管へ移動し主に植物の先端側の細胞へ拡散していくと考えられた	2001-11、春木(2)
	イチイ	圃場内実験 室内実験	枝葉散布	5g/m ²	枯死率30%	1999-11、春木(3)
	モンタナマツ			5g/m ²	枯死率100%	
	シロツメクサ			5g/m ²	枯死率15%	
	オノエヤナギ		土壤散布	25g/m ² 以下	実験開始後3 - 5日で根からの吸収により全体が枯死した	
シマミミズ		土壤と餌	69%	散布から6週間後の生存率		
塩化カルシウム	落葉性多年生草本、落葉性広葉樹、木本性ツル植物、常緑針葉樹	植栽実験	葉などの植物体への散布	10,000ppm以下	付着水溶液は細胞から道管へ移動し主に植物の先端側の細胞へ拡散していくと考えられた	2001-11、春木(2)
	イチイ	圃場内実験 室内実験	散布	25g/m ²	枯死率100%	1999-11、春木(3)
	モンタナマツ		散布	5g/m ²	枯死率40%	
	シロツメクサ		散布	25g/m ²	枯死率15%	
	オノエヤナギ		土壤散布	25g/m ² 以下	実験開始後3 - 5日で根からの吸収により全体が枯死した	
	シマミミズ		土壤と餌	95%	散布から6週間後の生存率	
	マサキ	鉢植実験	根元に散水	10%	48日後に100%褐色に枯れる	1979、井上ら(4)
ウバメガシ	根元に散水		5%	48日後に50~100%褐色に枯れる		
カイズカイブキ	根元に散水		—	10%でも、48日後において正常		
塩化ナトリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム	小松菜	室内実験	土壤	土壤での残留塩濃度が約0.5%	小松菜に害があらわれる	1974、足立(5)

(ppm=mg/kg)

- (1) 高速道路に植栽されたトウヒ属樹木の被害状況 2002-02 (北大)
- (2) 道路凍結防止剤散布による植物枝葉の枯れ方 2001-11 (北大)
- (3) 道路凍結防止剤の植物、土壤動物などへの影響 1999-11 (北大)
- (4) 凍結防止剤の植物に及ぼす影響 1978-09
- (5) 凍結防止剤に対する植物への耐塩性について

(3) 潮等による植物への影響

潮等による植物への影響については、農業試験場等で台風等による海水飛散の塩害（潮害）を契機として被害状況や影響レベルについて調査・実験がされている。

潮風や台風時に発生する植物への影響を表4-1-7に整理した。

潮風による影響では、塩化ナトリウムで葉への付着量が0.3 mg/穂で発育障害の影響が出るとされている。塩水の濃度については数値レベルが明確になっていないが、柑橘類で0.4~0.5 g/葉 m²で落葉、3 g/葉 m²で80%が落葉するとされている。

表4-1-7 潮等による植物への影響

物質	対象植物等	調査・実験方法等	対象場所・部位	望ましい影響レベル	影響レベルを満足しない時に予想される現象	出典
塩化ナトリウム	水稻	人工風洞実験	稲体の塩付着量	濃度増加に伴い減少	収穫量の減少を指数関数で表現	2001-10、丸山(1)
	水稻	現地調査	穂	0.5(mg/穂)以下	収穫量に影響が見られるようになる。	1993-12、山本ら(佐賀農試)(2)
	水稻		穂	0.3(mg/穂)	潮風害発生限界濃度	
塩水	マテバシイ	室内実験	葉面	塩素が葉内に殆んど浸入せず、従って被害の現れない	葉面に現れる可視被害	1986-10、沖中ら(3)
	トウネズミモチ、イチヨウ、ケヤキ、ヤシヤブシ		葉面	低濃度の付着に対しても、急速に浸入して早く被害の現れる	葉面に現れる可視被害	
	ヤマモモ		葉面	高濃度の付着に対しては、かなり早く浸入して被害が現れ、低濃度の付着では少量の塩素が徐々に浸入するが、殆んど被害の現れない	葉面に現れる可視被害	
	柑橘類	実験	葉面	0.4~0.5g/m ² 葉 3g/m ² 葉	落葉 80%が落葉(付着後6時間以内に水洗いすれば被害を軽減可)	1996 佐賀県果試報(4)
電気伝導度	水稻	ポット実験	水田土壌	0.5ms/cm以下	被害が殆ど認められない状況	1998-07、長谷川(5)
塩素量	イチヨウ	現地調査	葉内	0.5%(対乾物%)以下	葉の黄変枯死	1976、中原ら(6)
被害状況	スギ植林地	現地調査(台風19号)	樹冠	沿岸から1km以上	被害林分の45%の分布	1994、中田(7)

(1) 潮風による水稻の減収推定尺度 九州農業試験場 2001-10

(2) 佐賀県における1991年大型台風の気象特性と水稻被害に実態及び解析 1993-12

(3) 緑化樹の耐塩性に関する研究—葉内浸入塩素量を指標として— 1986-10

(4) 1991年に発生したカンキツに対する潮風害の実態 1996-03

(5) 水稻に対する塩害と対策技術 1998-07

(6) 台風6号による南関東地方の塩害調査 1976

(7) スギ塩風害の発生と地勢条件との関係

—1991年19号台風により佐渡島で発生した塩風害— 1994

(4) まとめ

凍結防止剤の成分が植物へ影響を及ぼす恐れのあるレベルを文献調査から「評価レベル」として抽出し、また各種の影響レベルが報告されているなかで、最も厳しいレベルを選定するものとした。

選出した項目と評価レベルを表4-1-8に示した。

凍結防止剤の成分のうち、カルシウム、マグネシウム、ナトリウムについては被害を及ぼす上限は明確に設定されていない状況であった。

表4-1-8 評価レベル

—被害を及ぼすレベル—

項目	望ましい影響レベル	影響レベルを満足しない時に 予想される現象
Cl ⁻	400 mg/kg 以下	耐塩性の弱いキュウリの生育不良
(Na ⁺ /CEC)	12~15 %以下	土壌の硬化、透水性の悪化

—農用地での最小必要レベル—

項目	最小必要レベル	備 考
カルシウム(Ca)	5 me/100g 以上	窒素(N)、リン(P)等と同様に、植物の生育に必要な成分のため、最低必要レベルを下回らないことが望ましいレベルとされている。
マグネシウム(Mg)	0.8 me/100g 以上	
ナトリウム(Na)	0.25 me/100g 以上	

<参考>

Cl⁻ : 400 mg/kg ⇒NaCl : 約 659 mg/kg に相当

Ca : 5 me/100g ⇒Ca²⁺ : 1002 mg/kg に相当

Mg²⁺ : 0.8 me/100g ⇒Mg²⁺ : 97.2 mg/kg に相当

Na⁺ : 0.25 me/100g⇒Na⁺ : 57.4 mg/kg に相当

*分母は乾燥土壌量を示す。

4.2 全国土壌調査

4.2.1 調査概要

(1) 目的

冬期間道路に散布される凍結防止剤（NaCl、CaCl₂、MgCl₂等）の自然環境への影響を把握することを目的とし、各地方整備局等管内の直轄国道42箇所では土壌中の塩分濃度を調査した。

(2) 調査の内容

・調査地点

調査の地点は、過年度の調査実績から各地区において凍結防止剤散布量の多い地点の中から各地方整備局等が継続的に調査可能な地点を選定し、全国の42地点を調査地点とした。

全国土壌調査42地点及び比較対象地点3地点は、表4-2-1、表4-2-4及び図4-2-1に示した。

表4-2-1 調査地域別の調査地点数

調査地区	地点数
北海道地区	14
東北地区	12
関東地区	2
北陸地区	5
中部地区	3
近畿地区	4
中国地区	2
計	42
比較対象地点	3

比較対象地点

：海岸付近の凍結防止剤の散布の無い地点
（調査位置は図4-2-1参照）

・調査時期

調査は、表4-2-2に示すとおり平成16年度には、夏期から融雪期に4回の調査を実施した。また影響レベルを超えている地点において追跡調査として平成17年度も調査することとした。

各調査地点において採取した土壌試料については、植物への吸収を考慮し、置換性成分について分析を行った。（表4-2-3参照）

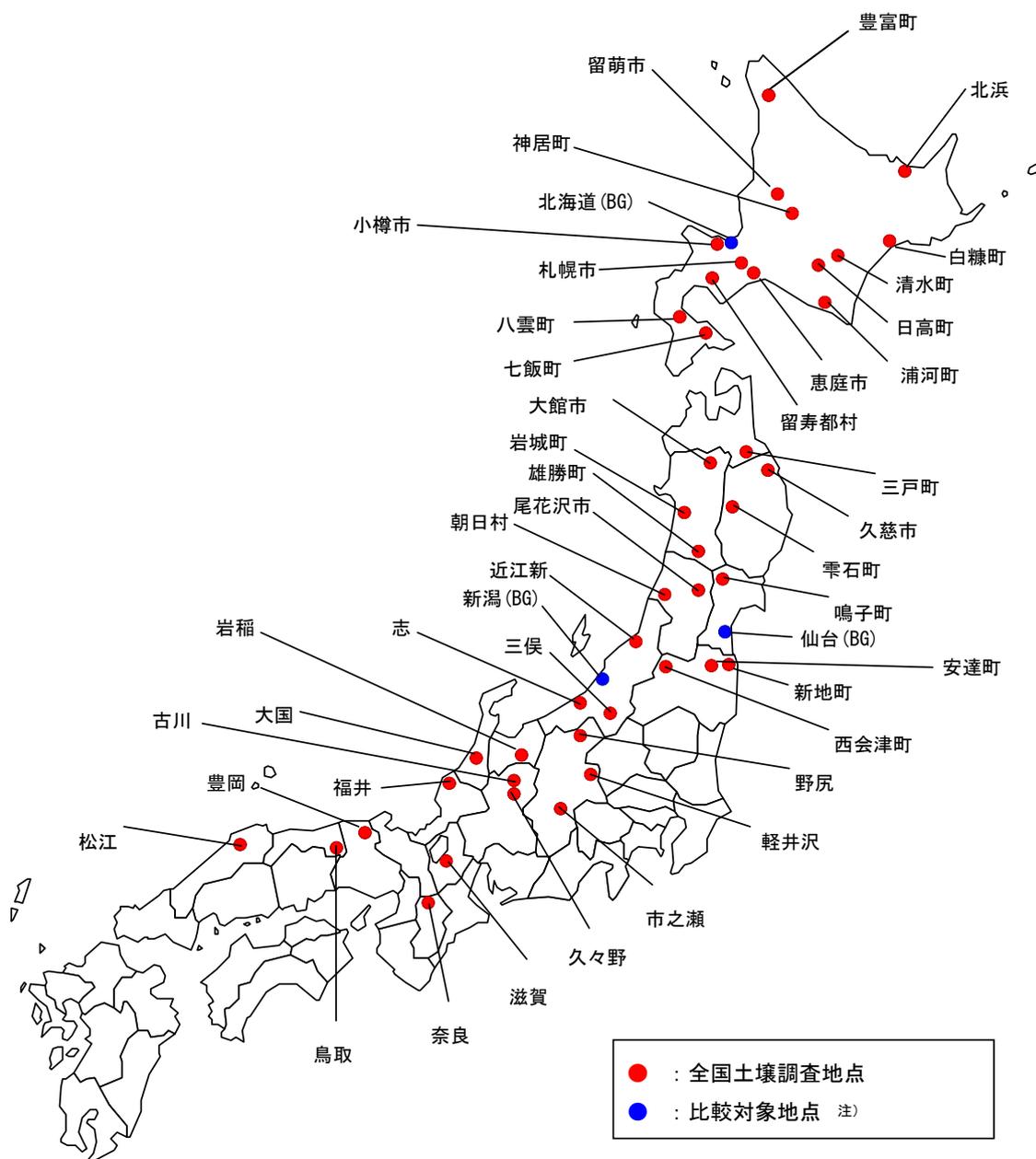
表4-2-2 調査時期

調査時期	時期の設定
平成16年度	夏期 概ね8月～9月
	降雪前 各調査地点の初雪前(概ね11月)
	降雪中 凍結防止剤散布盛期(概ね1月)
	融雪期 各調査地点の初春(概ね3～4月)
平成17年度	8月 特定の追跡調査地点のみ
	11月 特定の追跡調査地点のみ
	12月 特定の追跡調査地点のみ
	1月 特定の追跡調査地点のみ
	2月 特定の追跡調査地点のみ
	3月 特定の追跡調査地点のみ

表 4-2-3 分析項目と測定方法

計測項目	前処理	計測方法
pH	調整液作成	JIS K0102 12.1 ガラス電極法
置換性ナトリウムイオン (Na ⁺)	塩基置換後ろ過	JIS K0102 48.2 フレーム原子吸光法
置換性カルシウムイオン (Ca ²⁺)	塩基置換後ろ過	JIS K0102 50.2 フレーム原子吸光法
置換性マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	塩基置換後ろ過	JIS K0102 51.2 フレーム原子吸光法
塩素イオン (Cl ⁻)		JIS K0102 35.3 イオンクロマト法
塩基置換容量 (CEC)	塩基置換後ろ過	JIS K0102 42.1 及び 42.2 インドフェノール青色吸光法

(注) 塩基置換は、土壤養分試験法の土壤浸出装置または同等の性能を有する装置とする。



注) 比較対象地点：海岸付近の凍結防止剤の散布の無い地点

図 4-2-1 全国土壌調査地点位置図

表 4-2-4 全国土壤調査地点一覧表 (1)

	地点	散布区 間延長 (km)	開発建設部	国道	地先名	散布日数	散布剤 (乾式・湿式 ・溶液)		凍結防止剤名
北海道地区	神居町	40.8	旭川開発建設部	一般国道12号	旭川市神居町台場地先	130	乾式	塩化マグネシウム	
							水溶液	塩化カルシウム	
	浦河町	50.723	室蘭開発建設部	一般国道236号	浦河郡浦河町宇西幌別	55	乾式	塩化ナトリウム	
							乾式	塩化カルシウム	
							乾式	塩化マグネシウム	
							不明	塩化マグネシウム	
							水溶液	塩化カルシウム	
	留寿都村	18.9	小樽開発建設部	一般国道230号	虻田郡留寿都村留寿都	114	湿式	塩化ナトリウム	
							水溶液	塩化カルシウム	
	白糠町	61.6	釧路開発建設部	一般国道392号	白糠郡白糠町茶路	30	湿式	塩化ナトリウム	
							乾式	塩化ナトリウム	
							乾式・湿式	塩化マグネシウム	
							水溶液	塩化カルシウム	
	札幌市	44.4	札幌開発建設部	一般国道230号	札幌市南区小金湯地先	139	不明	塩化ナトリウム	
							乾式	塩化ナトリウム	
							乾式・湿式	塩化ナトリウム	
							乾式	塩化カルシウム	
							乾式・湿式	塩化カルシウム	
							乾式	7号碎石	
							水溶液	塩化カルシウム	
小樽市	16.5	小樽開発建設部	一般国道5号	小樽市オタモイ地先	108	不明	塩化ナトリウム		
						乾式・湿式	塩化ナトリウム		
清水町	57.2	帯広開発建設部	一般国道274号	上川郡清水町清和地先	26	乾式	塩化ナトリウム		
						乾式	焼砂		
恵庭市	55.6	札幌開発建設部	一般国道36号	恵庭市北柏木町地先	84	乾式・湿式	塩化ナトリウム		
						湿式	塩化マグネシウム		
						乾式・湿式	塩化マグネシウム		
						水溶液	塩化カルシウム		
豊富町	49.4	稚内開発建設部	一般国道40号	天塩郡豊富町開源地先	139	湿式	塩化ナトリウム		
						水溶液	塩化カルシウム		
日高町	38.009	室蘭開発建設部	一般国道274号	沙流郡日高町地先	112	湿式	塩化ナトリウム		
						乾式・湿式	塩化ナトリウム		
						不明	塩化ナトリウム		
						乾式	焼砂		
						水溶液	塩化カルシウム		
七飯町	1.7	函館開発建設部	一般国道5号	亀田郡七飯町大川地先	54	湿式	塩化ナトリウム		
						不明	塩化ナトリウム		
						水溶液	塩化カルシウム		
八雲町	53.678	函館開発建設部	一般国道5号	山越郡八雲町山越	70	湿式	塩化ナトリウム		
						乾式・湿式	塩化ナトリウム		
						水溶液	塩化カルシウム		
北浜	42.0	網走開発建設部	一般国道244号	網走市北浜	104	乾式	焼砂		
						水溶液	塩化カルシウム		
留萌村	31.1	留萌開発建設部	一般国道233号	留萌市留萌村チバベリ	78	湿式	塩化マグネシウム		
						湿式	NMmi x82		
						水溶液	塩化カルシウム		

表 4-2-4 全国土壤調査地点一覽表 (2)

	地点	散布区 間延長 (km)	事務所	国道	地先名	散布日数	散布剤 (乾式・湿式 ・溶液)	凍結防止剤名
東北地区	三戸町	52.2	十和田国道維持出張所	一般国道4号	青森県三戸郡三戸町上平地内	—	湿式	塩化ナトリウム
	雫石町	37.8	盛岡西国道維持出張所	一般国道46号	岩手県岩手郡雫石町上野	—	乾式	塩化ナトリウム
	久慈市	0.3	三陸国道事務所	一般国道45号	岩手県久慈市宇部町第13地割	62	乾式	塩化ナトリウム
	鳴子町	43.9	仙台海川国道事務所	一般国道47号	宮城県玉造郡鳴子町	62	湿式	塩化ナトリウム
	岩城町	61.6	秋田河川国道事務所	一般国道7号	秋田県由利郡岩城町勝手	63	乾式・湿式	塩化ナトリウム
	雄勝町	30.5	湯沢国道維持出張所	一般国道13号	秋田県雄勝郡雄勝町小町	—	乾式	塩化ナトリウム
	大館市	53.0	能代河川国道事務所	一般国道7号	秋田県大館市釈迦内	96	湿式	塩化ナトリウム
	尾花沢市	35.6	山形河川国道事務所	一般国道13号	山形県尾花沢市五十沢	114	乾式	塩化ナトリウム
	朝日村	8.068	酒田河川国道事務所	一般国道112号	山形県東田川郡朝日村大綱	95	乾式・湿式	塩化ナトリウム
							湿式	塩化ナトリウム
	安達町	35.7	福島河川国道事務所	一般国道4号	福島県安達郡安達町油井	41	乾式	塩化ナトリウム
乾式・湿式							塩化ナトリウム	
西会津町	31.8	郡山国道事務所	一般国道49号	福島県耶麻郡西会津町	75	湿式	塩化ナトリウム	
						湿潤	塩化ナトリウム	
新地町	4.0	原町維持出張所	一般国道6号	福島県相馬郡新地町	—	乾式	塩化ナトリウム	
関東地区	野尻	長野国道事務所	一般国道18号	信濃町大字野尻	101	不明	塩化ナトリウム	
						乾式	塩化ナトリウム	
						湿式	塩化ナトリウム	
						湿式、湿潤	塩化ナトリウム	
軽井沢	75.8	長野国道事務所	一般国道18号	軽井沢町大字大倉	52	湿式	塩化ナトリウム	
						湿式	塩化ナトリウム、 塩化カルシウム	
北陸地区	近江新	28.9	新潟国道事務所	一般国道7号	黒川村大字追近江新地先	61	不明	塩化ナトリウム
	三俣	13.6	長岡国道事務所	一般国道17号	湯沢町大字三国字萱付	114	不明	塩化ナトリウム
	志	12.8	高田河川国道事務所	一般国道18号	新井市大字志 地先	90	不明	塩化ナトリウム
	岩稲	20.3	富山河川国道事務所	一般国道41号	富山県婦負郡細入村岩稲	80	乾式	塩化ナトリウム
	大国	13.2	金沢河川国道事務所	一般国道157号	石川県鶴来町大国	63	乾式	塩化ナトリウム
中部地区	市之瀬	49.1	飯田国道事務所	一般国道153号	長野県下伊那郡羽村市市之瀬	89	乾式	塩化ナトリウム
							乾式	塩化カルシウム
	久々野	66.7	高山国道事務所	一般国道41号	久々野町無数河地先	88	乾式	塩化ナトリウム
古川	47.8	高山国道事務所	一般国道41号	飛騨市古川町末真地先	108	乾式	塩化マグネシウム	
近畿地区	滋賀	18.7	滋賀国道事務所	米原ハイパス(R8)	坂田郡近江町顔戸地先	32	乾式	塩化カルシウム
	奈良	31.6	奈良国道事務所	一般国道25号	天理市福住町地先	19	乾式	塩化ナトリウム
	福井	17.2	福井河川国道事務所	一般国道8号	坂井郡金津町瓜生地先	36	乾式	塩化ナトリウム
	豊岡	33.0	豊岡河川国道事務所	一般国道9号	美方郡岡村寺河内地先	55	乾式	塩化ナトリウム
中国地区	松江	61.0	松江国道事務所	一般国道54号	飯南町上赤名地先	84	乾式	塩化ナトリウム、 塩化カルシウム
	鳥取	15.5	鳥取河川国道事務所	一般国道29号	八頭郡若桜町白糸地先	82	湿式	塩化ナトリウム

(3) 調査方法

調査は、対象とした直轄国道の道路脇に採取ポイントを設定することとしたが、調査箇所ごとに状況が異なるため、細かい地点については以下のような条件で決定した。

- ① 原則として沿道の管理区域内
- ② 近辺に農用地があること
- ③ 隣接する民地（農用地）に近い点
- ④ 継続的に採取可能な地点

各調査ポイントで、表層部分を取り除き、表層から 5cm～30cm までの土壌試料を採取した。（図 4-2-2 参照）

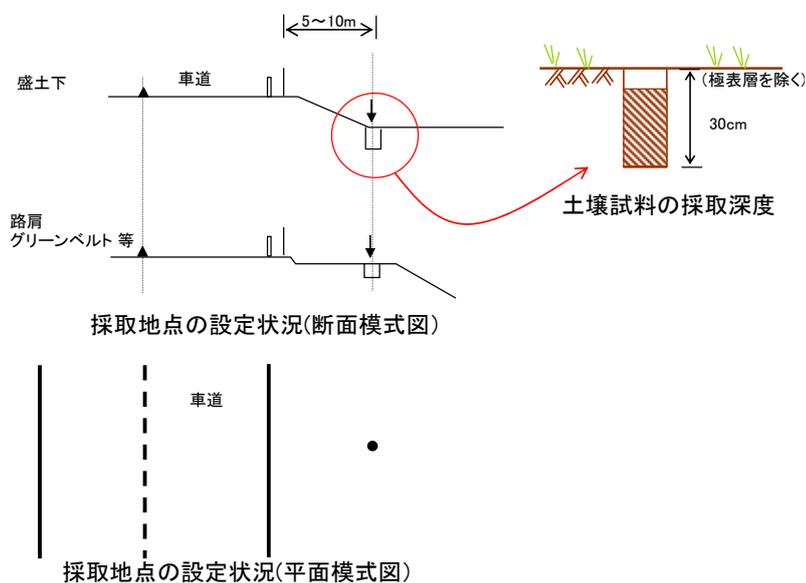


図 4-2-2 採取方法の模式図

4.2.2 調査地点の概要

土壌の採取地点は、凍結防止剤を散布する直轄国道の道路脇を原則としたが、各調査地点で採取箇所には制約があるため、距離関係は図 4-2-3 に示すように統一されていない。採取地点は、北海道では路肩から 10m 前後、本州では 5m 前後の地点を設定している。（表 4-2-5）

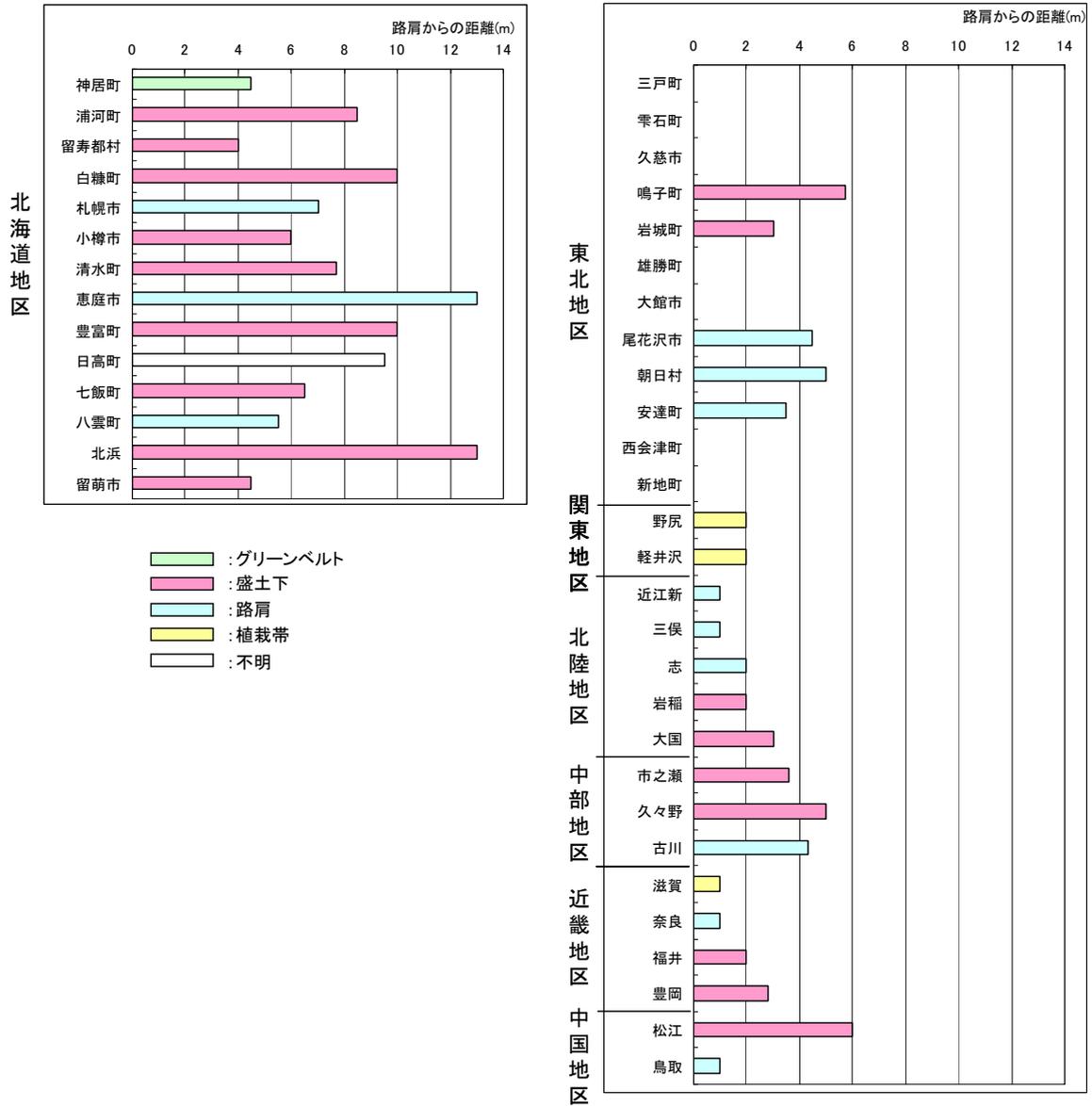


図 4-2-3 採取地点の路肩からの距離

表 4-2-5 調査地点の概要

	地点名	国道名	地先名	路肩からの距離(m)	位置	積雪(cm)
北海道地区	神居町	一般国道12号	旭川市神居町台場地先	4.5	グリーンベルト	70
	浦河町	一般国道236号	浦河郡浦河町字西幌別	8.5	盛土下	10
	留寿都村	一般国道230号	虻田郡留寿都村留寿都	4	盛土下	100
	白糠町	一般国道392号	白糠郡白糠町茶路	10	盛土下	30
	札幌市	一般国道230号	札幌市南区小金湯地先	7	路肩	-
	小樽市	一般国道5号	小樽市オタモイ地先	6	盛土下	50
	清水町	一般国道274号	上川郡清水町清和地先	7.7	盛土下	40
	恵庭市	一般国道36号	恵庭市北柏木町地先	13	路肩	60
	豊富町	一般国道40号	天塩郡豊富町開源地先	10	盛土下	100
	日高町	一般国道274号	沙流郡日高町地先	9.5	不明	100
	七飯町	一般国道5号	亀田郡七飯町大川地先	6.5	盛土下	65
	八雲町	一般国道5号	山越郡八雲町山越	5.5	路肩	30
	北浜	一般国道244号	網走市北浜	13	盛土下	40
	留萌村	一般国道233号	留萌市留萌村チバベリ	4.5	盛土下	200
東北地区	三戸町	一般国道4号	青森県三戸郡三戸町上平地内	不明	不明	不明
	雫石町	一般国道46号	岩手県岩手郡雫石町上野	不明	不明	不明
	久慈市	一般国道45号	岩手県久慈市宇部町第13地割	不明	路肩	-
	鳴子町	一般国道47号	宮城県玉造郡鳴子町	5.7	盛土下	30
	岩城町	一般国道7号	秋田県由利郡岩城町勝手	約3	盛土下	-
	雄勝町	一般国道13号	秋田県雄勝郡雄勝町小町	不明	不明	不明
	大館市	一般国道7号	秋田県大館市釈迦内	不明	盛土下	50
	尾花沢市	一般国道13号	山形県尾花沢市五十沢	4.5	路肩	80
	朝日村	一般国道112号	山形県東田川郡朝日村大綱	約5	路肩	242
	安達町	一般国道4号	福島県安達郡安達町油井	3.5	路肩	不明
	西会津町	一般国道49号	福島県耶麻郡西会津町	不明	盛土下	40
	新地町	一般国道6号	福島県相馬郡新地町	不明	不明	不明
関東地区	野尻	一般国道18号	信濃町大字野尻	2	植栽帯	180
	軽井沢	一般国道18号	軽井沢町大字大倉	2	植栽帯	35
北陸地区	近江新	一般国道7号	黒川村大字近江新地先	1	路肩(植栽帯)	35
	三俣	一般国道17号	湯沢町大字三国字萱付	約1	路肩	350
	志	一般国道18号	新井市大字志 地先	2	路肩	180
	岩稲	一般国道41号	富山県婦負郡細入村岩稲	2	盛土下	10
	大国	一般国道157号	石川県鶴来町大国	2~4	盛土下	10
中部地区	市之瀬	一般国道153号	長野県下伊那郡羽村市之瀬	3.6	盛土下	10
	久々野	一般国道41号	久々野町無数河地先	5	盛土下	30
	古川	一般国道41号	飛騨市古川町末真地先	4.3	路肩	100
近畿地区	滋賀	米原ハイパス(R8)	坂田郡近江町顔戸地先	1	植栽帯	-
	奈良	一般国道25号	天理市福住町地先	1	路肩	10
	福井	一般国道8号	坂井郡金津町瓜生地先	2	盛土下	30
	豊岡	一般国道9号	美方郡岡村寺河内地先	2.8	盛土下	75
中国地区	松江	一般国道54号	飯南町上赤名地先	6	盛土下	30
	鳥取	一般国道29号	八頭郡若桜町白糸地先	1	路肩	30

4.2.3 調査地点別の凍結防止剤の散布状況

(1) 使用された凍結防止剤の種類

調査地点毎に使用された凍結防止剤の種類は、表4-2-6に示すように、固形剤としてはNaCl、CaCl₂、MgCl₂の3種で、水溶液としてはCaCl₂溶液である。

地域別にみると、北海道では、固形剤のNaCl、CaCl₂、MgCl₂や、CaCl₂溶液散布が実施されており、厳しい環境条件下で多様な対応がなされている。東北地方から中国地方においては、ほとんどがNaClの固形剤が使用されているが、そのなかで中部地方の古川、久々野ではCaCl₂、MgCl₂の固形剤も使用されていた。

表4-2-6 使用された凍結防止剤の種類

凍結防止剤の種類	地点 方法	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国
		14	12 (11)	2	5	3	4	2
NaCl	乾式	4	6	1	2	2	3	
	湿式	6	5	2				1
	不明	9	3	1	3			
CaCl ₂	乾式	2				1	1	
	湿式							
	不明	1						
MgCl ₂	乾式	2				1		
	湿式	2						
	不明	3						
NaCl & CaCl ₂	乾式							1
	湿式			1				
CaCl ₂	溶液	13						

注) 東北地方では12箇所中1箇所不明

(2) 調査地点別の凍結防止剤の散布状況

調査期間中の調査地点別の凍結防止剤の散布状況として、「総散布量 (t)」を図 4-2-4 に、「単位散布量 (t/km)」を図 4-2-5 に示し、散布量から換算した「凍結防止剤の成分別の単位散布量 (t/km)」を整理し図 4-2-6 に示した。

単位散布量 (t/km) で各地点を比較すると、固形剤では、北海道の小樽市での散布量が、80t/km 以上で非常に多く、次いで北陸地方の三俣、志、大国といった地点では 20~50 t/km の散布であった。

冬期に複数の凍結防止剤を散布しているのは、北海道が多く、本州では関東地方の軽井沢となっている。

凍結防止剤の成分別の散布量 (換算値) でみると、塩素 (Cl) の散布では北海道の小樽と東北地方の朝日村が特出している。カルシウム (Ca) やマグネシウム (Mg) は北海道で多く散布されている。なお、軽井沢については、塩化カルシウムと塩化マグネシウムの混合物の散布であったため、個々の量について詳細は不明であった。

置換性成分 (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) : 土壌中のイオン成分

塩基置換容量 (CEC) : 置換成分の総合計 (飽和量ともいう)

主に Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , H^+ が含まれる。

“me” or “meq” (メルク) : 置換性成分は通常 me/100 g で表し、me は当量を示す単位。

(算出方法)

分析結果 (mg/100g) / 分子量 / 荷数 (電子荷)

項目 : 分子量 : 荷数

Na^+ : 22.99 : 1

Ca^{2+} : 40.08 : 2

Mg^{2+} : 24.31 : 2

凍結防止剤の分子量

(Cl:35.45, Na:22.99, Ca:40.08, Mg:24.31)

NaCl : $22.99+35.45 = 58.44$

CaCl_2 : $40.08+35.45 \times 2 = 110.98$

MgCl_2 : $24.31+35.45 \times 2 = 95.21$

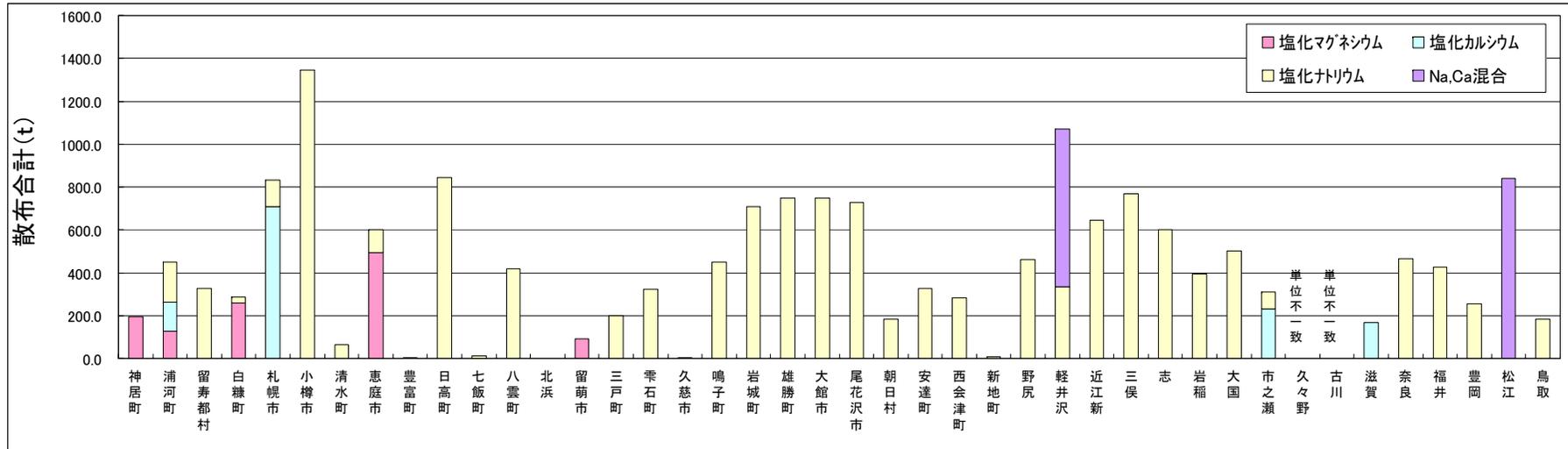
散布量の換算

NaCl : 1kg → Na:0.39kg

CaCl_2 : 1Kg → Ca:0.36kg

MgCl_2 : 1kg → Mg:0.26kg

固形剤散布状況



70

溶液散布状況 (溶液濃度不明)

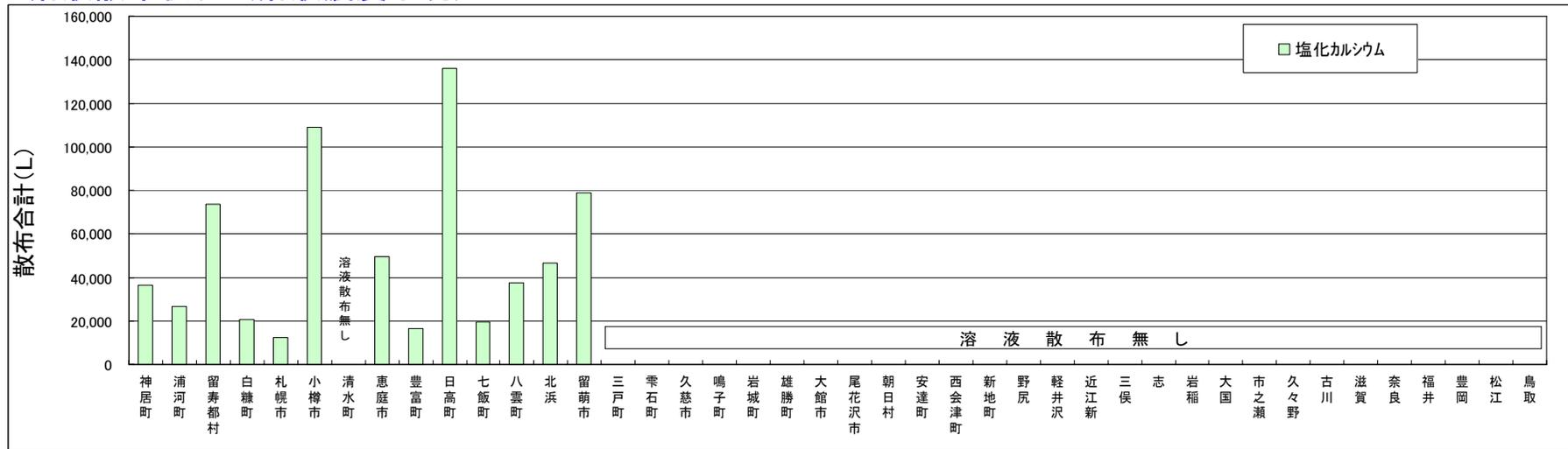
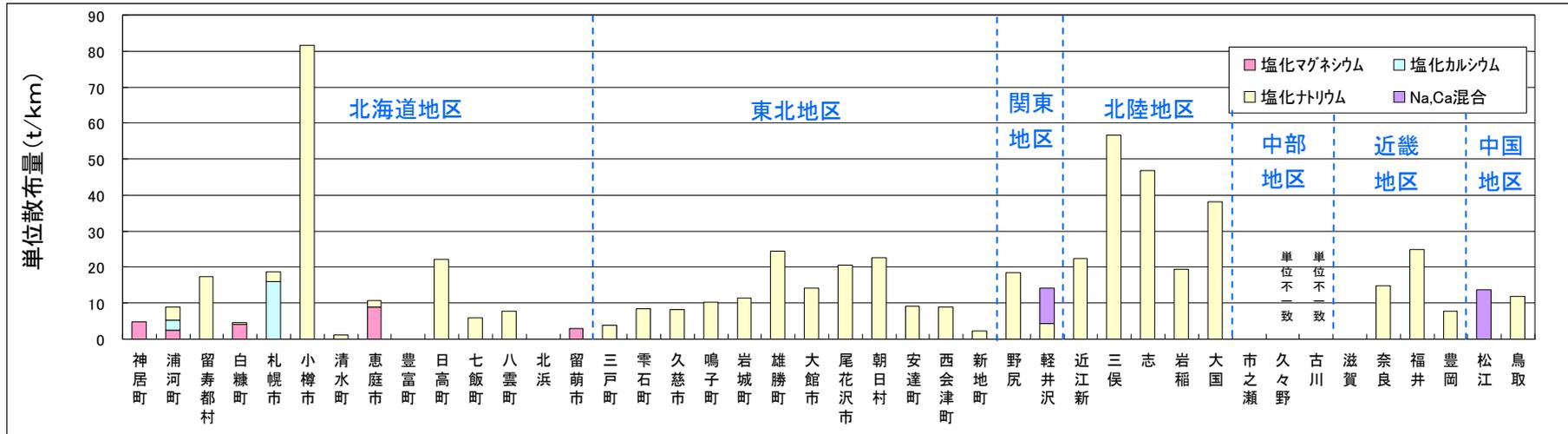


図 4-2-4 調査地点別の凍結防止剤散布量 (総量)

(溶液濃度不明)

固形剤散布状況



71

溶液散布状況 (溶液濃度不明)

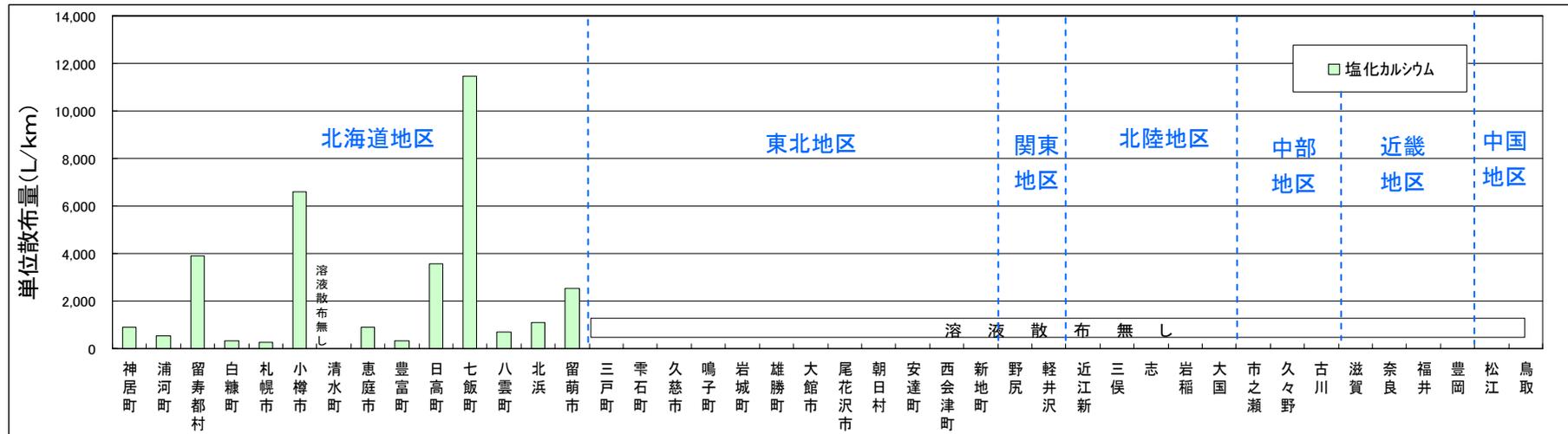


図4-2-5 調査地点別の凍結防止剤散布量 (単位散布量=総量/管理区間延長)

(溶液濃度不明)

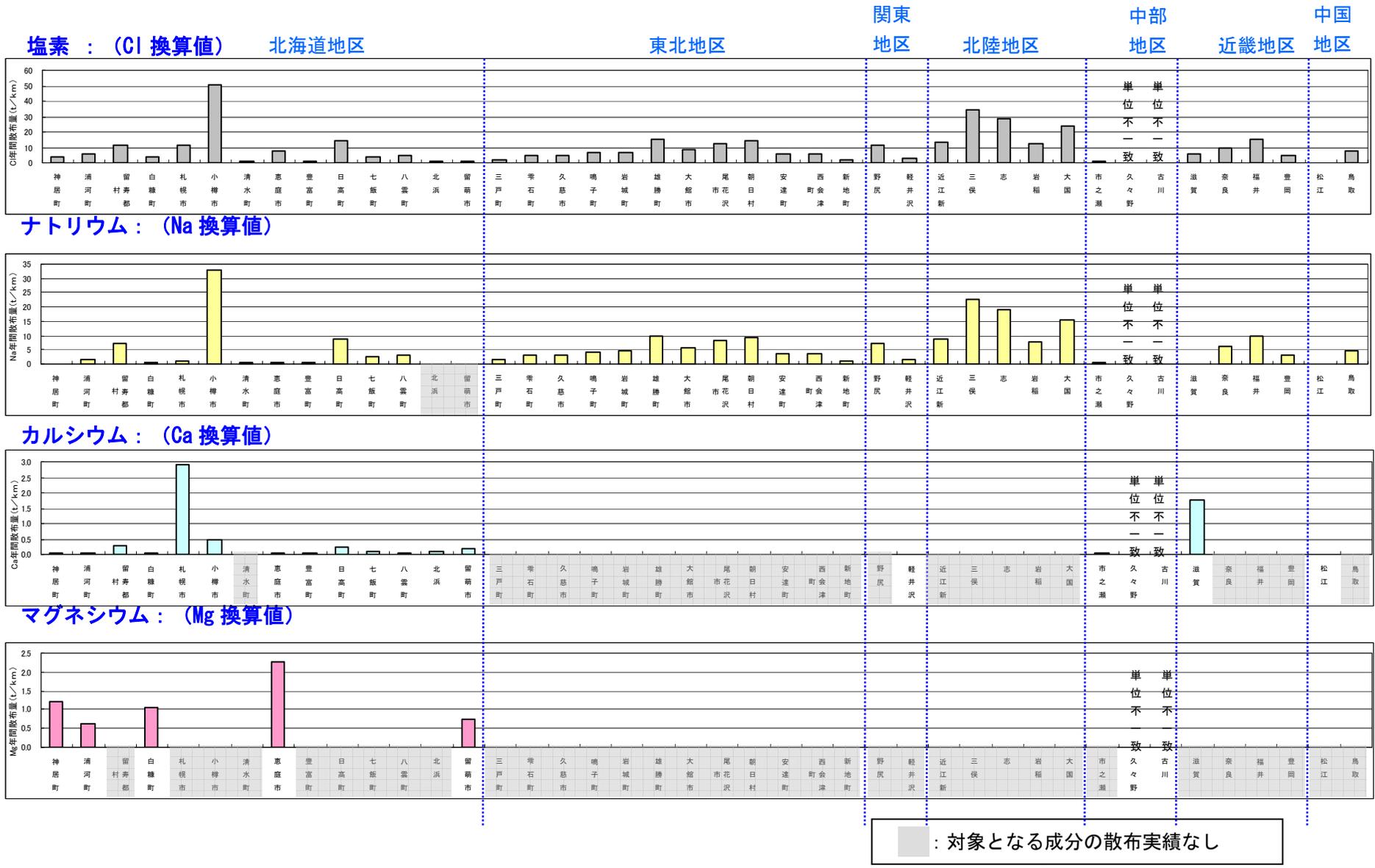


図 4-2-6 調査地点別の凍結防止剤成分別の散布量 (成分別単位散布量)

(CaCl₂ 溶液濃度は 20% と仮定)

散布量の換算

Na:1kg → NaCl : 約 2.5kg
 Ca:1kg → CaCl₂ : 約 2.8kg
 Mg:1kg → MgCl₂ : 約 3.9kg

(3) 複数散布の状況

複数の散布を行っている、北海道地方の浦河、札幌と関東地方の軽井沢での月別の散布状況を図4-2-7に示した。

浦河では、厳冬期の2月に塩化カルシウムの固形剤と溶液を使用している。札幌については12月から2月に塩化カルシウムの固形剤散布が主体となっている。また軽井沢では1月、2月に塩化ナトリウムと塩化カルシウムの混合剤を用いている。

いずれの地域も、厳冬期に低温でも持続性が高い塩化カルシウムの固形剤や即効性のある溶液散布が行われている。

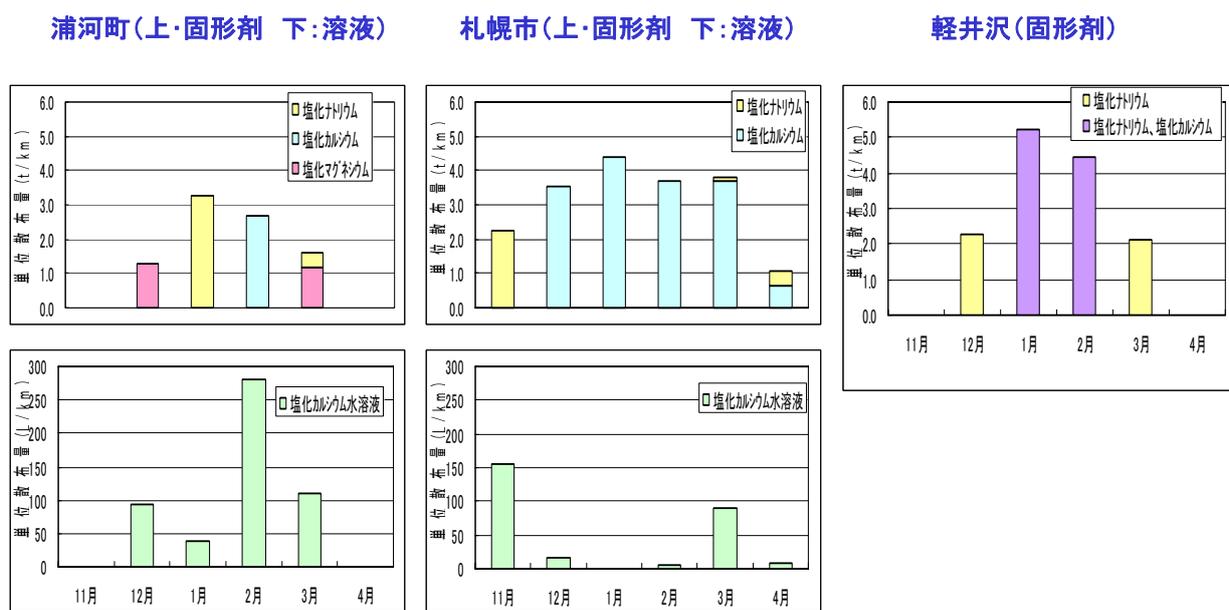


図4-2-7 複数散布の状況

4.2.4 調査結果

(1) 全国調査結果

全国42箇所および比較対象地点3箇所で行われた、土壌調査の結果を図4-2-8から図4-2-11に示した。

分析項目別の特徴は表4-2-7のとおりであった。

なお、平成16年度の調査で、降雪期に影響レベルを超えている状況が北海道の北浜、東北地方の朝日村、北陸地方の志、中部地方の久々野、古川の5箇所に見られたため、平成17年度に追跡調査を実施した。追跡調査を含めた調査結果を図4-2-13に示した。

表 4-2-7 項目別の特徴

項目	当該成分の 散布箇所	特徴
pH	—	地域により若干の変化が見られるが、各地点での調査時期別には大きな変化は見られていない。
塩素イオン濃度； (Cl ⁻)	42 箇所	全体として凍結防止剤を散布する冬期及び凍結防止剤を散布後の融雪期に塩素イオン濃度 (Cl ⁻) の増加する傾向が見られたのは、東北地方で 3 箇所、関東地方で 2 箇所、北陸地方で 2 箇所、中部地方で 1 箇所であった。
置換性ナトリウムイオン (Na ⁺)	30 箇所	凍結防止剤を散布する冬期及び凍結防止剤を散布後の融雪期に増加傾向が見られたのは、関東地方で 2 箇所、北陸地方で 1 箇所、中部地方で 2 箇所であった。
置換性カルシウムイオン (Ca ²⁺)	15 箇所	塩化カルシウムの散布は、北海道で 11 箇所、関東地方で 1 箇所、中部地方で 1 箇所、近畿地方で 1 箇所、中国地方で 1 箇所である。 その内、冬期から融雪期に上昇が見られたのは、軽井沢のみであった。
置換性マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	6 箇所	塩化マグネシウムの散布は、北海道で 4 箇所、関東地方で 1 箇所、中部地方で 1 箇所、である。 その内、冬期から融雪期に上昇が見られたのは、北海道の浦河のみであった。
CEC	—	CEC は土壌中の塩基性成分の総量を示す指標である。 地域により大きな変動があるが、凍結防止剤の散布との相関は顕著に現れておらず、地域の土質特性による左右される傾向が強い。
(Na ⁺ /CEC) 比	—	(Na ⁺ /CEC) 比は土壌硬化傾向を示す指標である。 この値が大きいか或いは、変動の大きな地点は北海道で 1 箇所、東北で 2 箇所、関東で 1 箇所、北陸で 2 箇所、中部で 2 箇所であった。

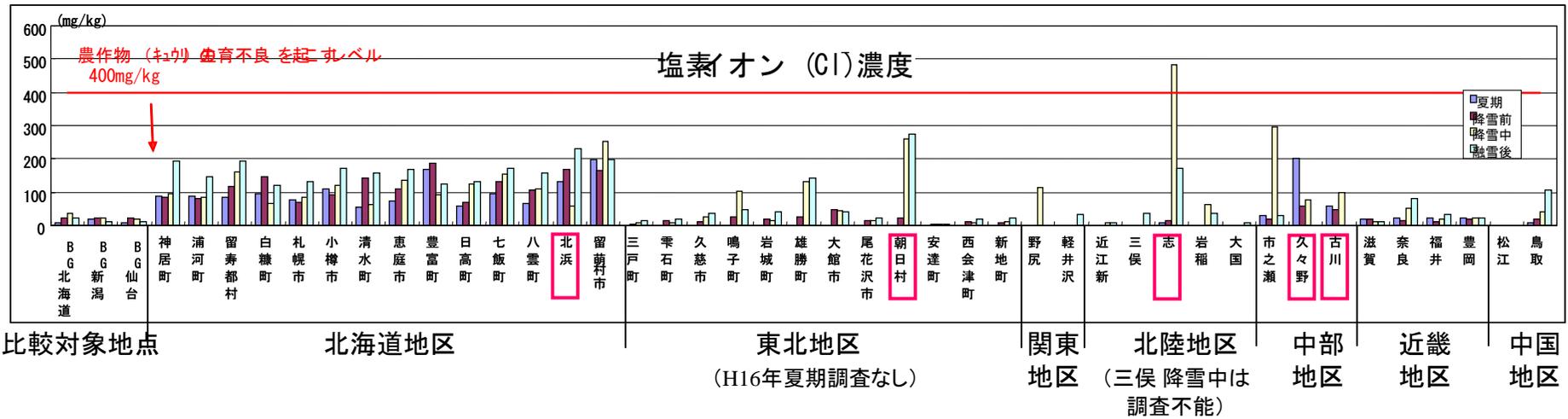
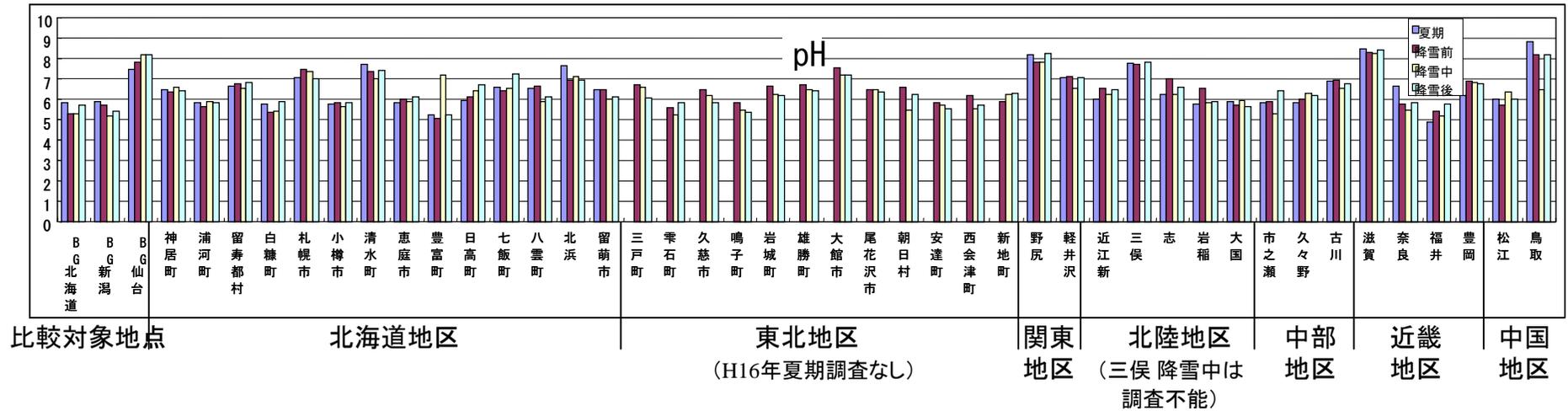
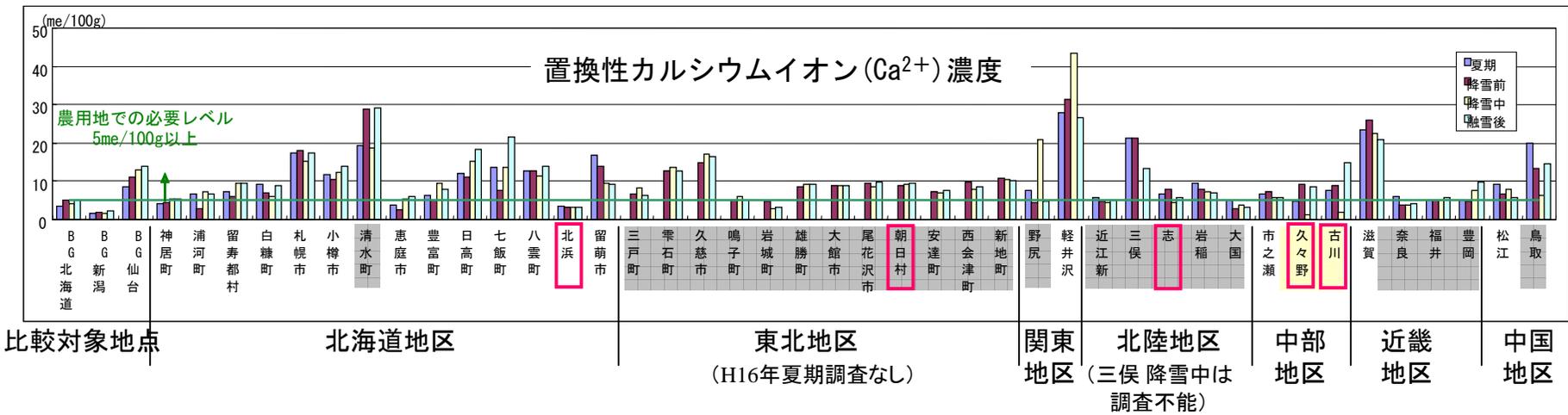
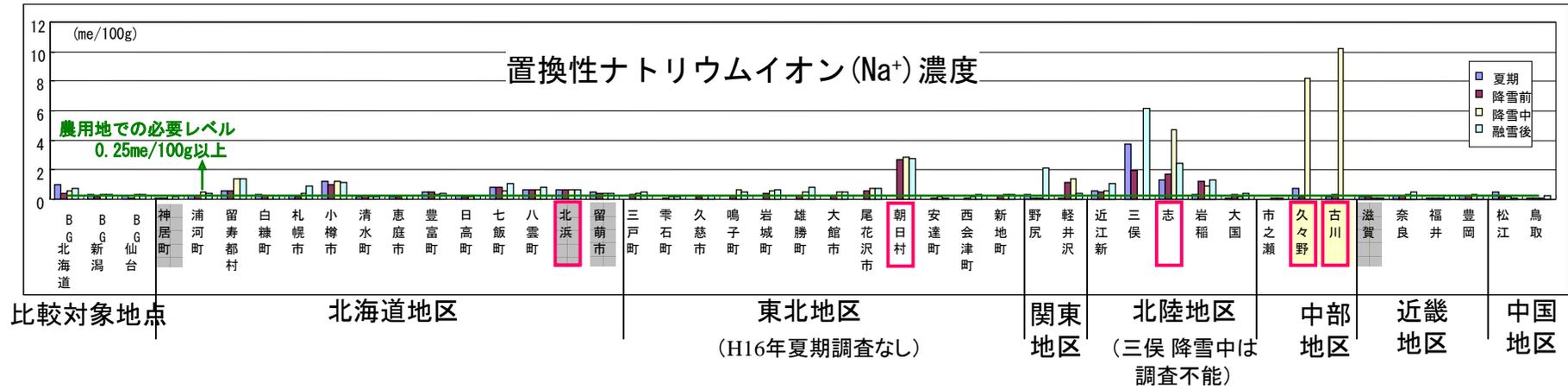


図 4-2-8 全国土壌調査結果 (1)



■ : 対象となる成分の散布実績なし

図 4-2-9 全国土壌調査結果 (2)

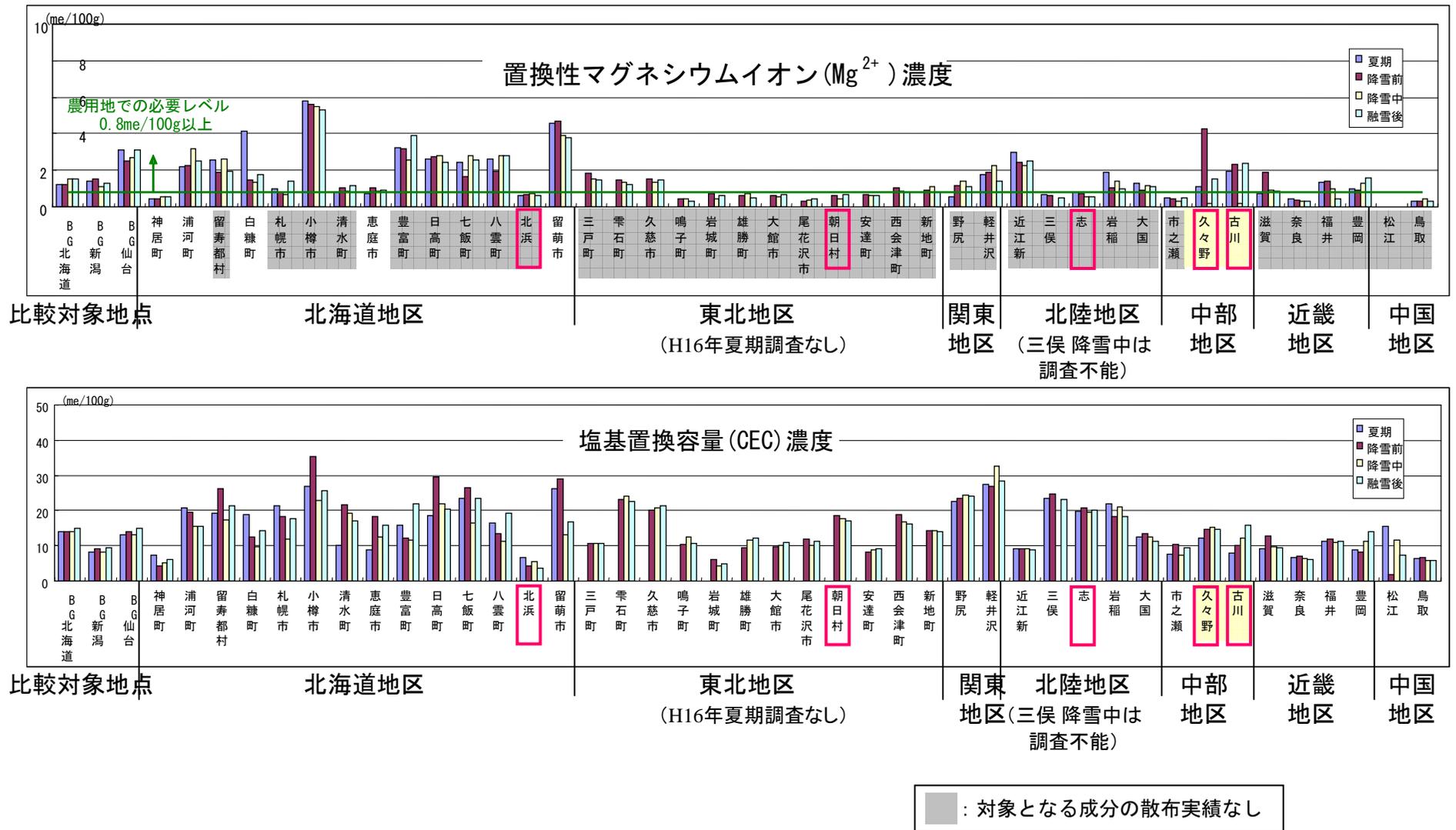


図4-2-10 全国土壌調査結果 (3)

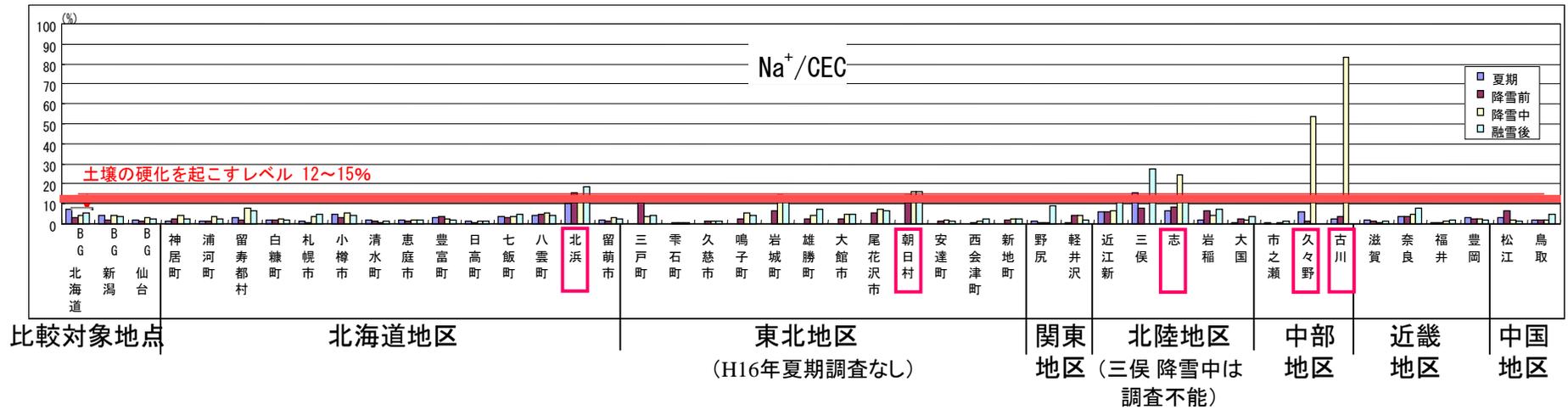
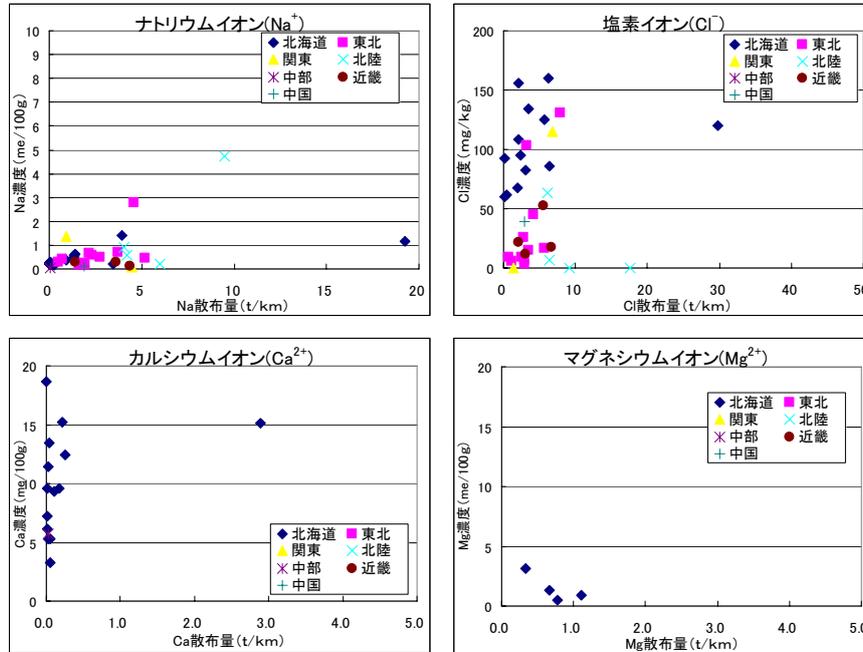


図 4-2-1 1 全国土壤調査結果 (4)

(2) 凍結防止剤の散布量と土壌中濃度

凍結防止剤の散布量と土壌中濃度の関係を、降雪期（概ね 1 月）、融雪後（概ね 3 月～4 月）のそれぞれについて図 4-2-1 2 に示した。降雪期のナトリウム（Na）では、散布量が多くなると置換性ナトリウム濃度も高くなる傾向も見られるが、全体としてはばらつきが大きく、顕著な関係は見られない状況であった。

<降雪期>



<融雪後>

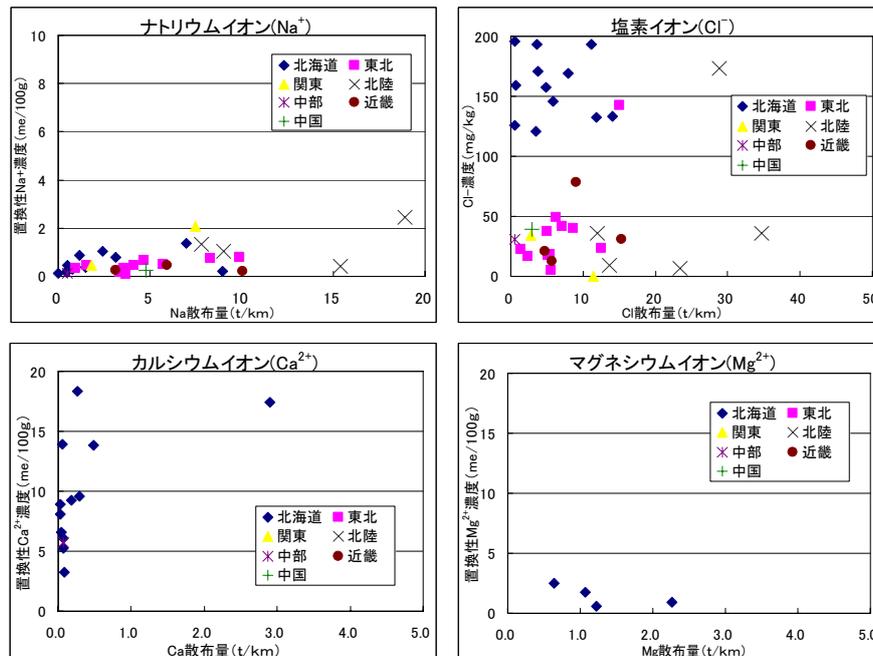


図 4-2-1 2 凍結防止剤の散布量と土壌中濃度

4.2.5 追跡調査地点での変化傾向

全国調査で抽出された影響レベルを超えていた地点 5 箇所（北海道：北浜、東北：朝日村、北陸：志、中部：久々野、古川）の各地点での年間変動を図4-2-13、表4-2-8に示した。

通年で変化傾向を見ると、ナトリウムイオン (Na^+)、塩素イオン (Cl^-) 及び (Na^+/CEC) 比は降雪中は濃度が増加するが、融雪後以降から低下しつづけ、夏期には基準値を下回り、散布前の値に戻ることを確認された。したがって、凍結防止剤の散布直後には、一時的に濃度が高くなるものの長期に残留することはないものと考えられる。

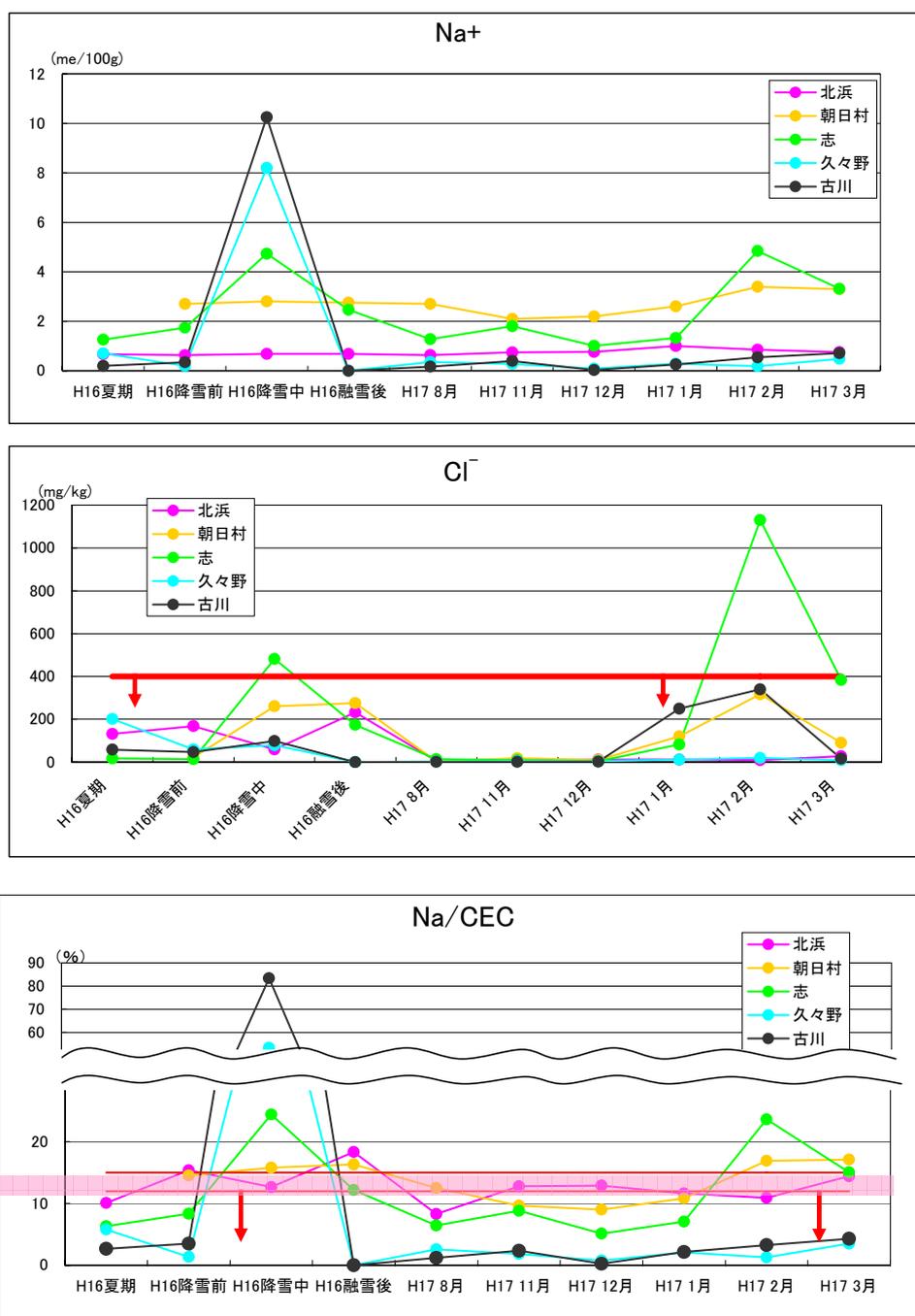


図4-2-13 追跡調査地点の経月変化図

表 4-2-8 追跡調査地点の通年変化傾向一覧

		項目	Na ⁺	Cl ⁻	(Na/CEC)
		単位	me/100g	mg/kg	-
北浜	平成16年度	夏期	0.68	131.5	10.10
		降雪前	0.63	168.0	15.35
		降雪中	0.69	60.0	12.65
		融雪後	0.68	232.0	18.35
	平成17年度	8月	0.51	10.2	5.45
		11月	0.46	6.7	6.46
		12月	0.57	14.7	7.08
		1月	0.61	14.0	6.85
	2月	0.55	12.9	6.45	
	3月	0.47	17.6	7.24	
朝日村	平成16年度	夏期	-	-	-
		降雪前	2.70	22.3	14.51
		降雪中	2.80	260.9	15.78
		融雪後	2.75	275.3	16.29
	平成17年度	8月	2.77	3.5	12.75
		11月	1.30	10.2	6.15
		12月	1.40	12.3	6.23
		1月	1.70	95.6	7.43
	2月	3.27	246.0	19.67	
	3月	2.47	221.2	18.68	
志	平成16年度	夏期	1.26	17.0	6.30
		降雪前	1.74	13.5	8.35
		降雪中	4.73	481.5	24.40
		融雪後	2.47	173.5	12.20
	平成17年度	8月	1.52	16.0	7.54
		11月	1.92	10.0	9.44
		12月	1.26	34.5	6.05
		1月	1.67	356.1	8.53
	2月	5.02	1196.7	23.36	
	3月	3.61	593.7	16.70	
久々野	平成16年度	夏期	0.70	201.5	5.80
		降雪前	0.20	59.0	1.35
		降雪中	8.20	78.5	53.30
		融雪後	<0.1	<1	0.00
	平成17年度	8月	0.20	2.0	1.39
		11月	0.26	6.9	1.53
		12月	0.08	5.5	0.53
		1月	0.35	27.7	2.58
	2月	0.29	15.3	1.87	
	3月	0.55	6.3	3.62	
古川	平成16年度	夏期	0.20	58.0	2.65
		降雪前	0.35	46.5	3.50
		降雪中	10.25	98.0	83.35
		融雪後	<0.1	<1	0.00
	平成17年度	8月	0.18	1.6	1.14
		11月	0.35	7.0	2.18
		12月	0.07	3.3	0.45
		1月	0.16	178.6	1.20
	2月	0.40	155.0	2.42	
	3月	0.49	9.7	3.04	

4.2.6 まとめ

調査の結果、降雪中、凍結防止剤による道路近傍地点での影響レベルを超える地点は、全国 42 箇所のうち 5 箇所であった。

このうち Cl⁻については、影響レベル (400 mg/kg) を超えた地点は 1 箇所 (北陸・志) あるが、融雪後 (3~5 月) には基準値以下まで低下していた。

また、Na⁺/CEC 比については、影響レベル (15 %以下) を超えている地点は 5 箇所 (北海道・北浜)、(東北・朝日村)、(北陸・志)、(中部・久々野、古川) あった。このうち、久々野、古川の 2 箇所については、融雪後 (3 月) に基準値以下まで低下した。また、北浜、朝日村、志については、夏期 (8 月) に基準値以下まで低下した。

さらに、今回の調査結果では、冬期に凍結防止剤の成分物質が、道路近傍で濃度が上昇する傾向が見られるものの、植物 (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ものと考えられる。

4. 3 沿道植物現地調査

4. 3. 1 調査概要

(1) 調査目的

平成 16 年度の全国土壌調査実施地点 42 地点について、平成 18 年度は沿道の植物、特に街路樹を対象とし、生育状況を把握し、凍結防止剤との関連を検討する基礎資料とするものである。

(2) 調査の概要

凍結防止剤散布量と沿道植物への被害発生モデルを図 4-3-1 に示した。図は冬期に凍結防止剤の散布をした場合、葉中の塩分濃度は春から初夏にかけて増加し、夏期以降は低下することを示しており、植物の明白な被害は、夏期にもっとも現れる。

よって本調査は、沿道植物を対象とし、夏期に実施することとした。

調査は表 4-3-1、表 4-3-2、図 4-3-2 に示す 42 地点において沿道の街路樹を中心とした調査対象域の樹木群の中の樹木の生育状況を、「生育不良・損傷有」、「生育不良有」、「損傷有」及び「被害無」について観察を行った。樹木群の中で優先的に生育している樹木に 1 本でも生育不良や損傷が見られた場合は被害有りとした。

また、「道路構造例の解説と運用（平成 16 年 2 月 日本道路協会）」を基に標準断面を図 4-3-3 に示した。以下の通りに区分し、管理区域は原則として車道端から 3.5m までとした。

- ・ 道路区分：都市部のそのほかの道路を対象とする。
- ・ 路肩：4 種（0.5m）
- ・ 歩道幅員：第 11 条 その他の道路（2m）
- ・ 植樹帯幅員：おおむね 1m 以上 2m 以下（最小値を安全と見て 1m とする）

調査の結果、42 地点中 27 地点が街路樹であった。

また、各調査地点と車道端からの距離を図 4-3-4 に示した。多くの地点において車道端からの距離が 5m 以内の場所に樹木が見られた。

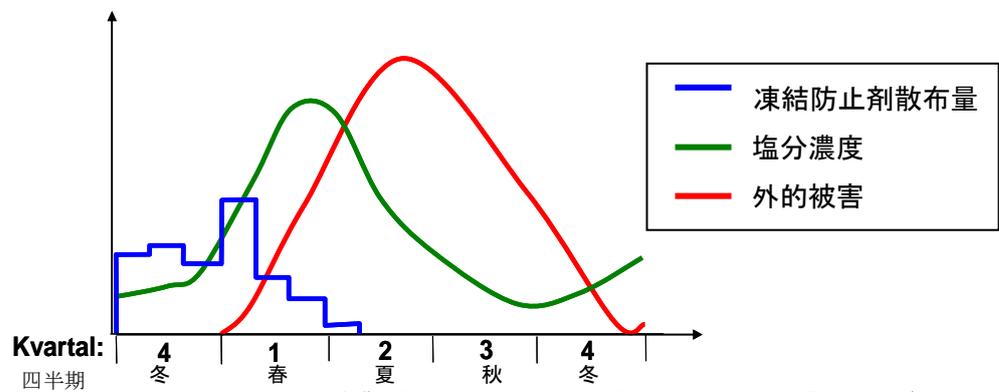


図 4-3-1 凍結防止剤散布量の減少と沿道植物への被害の発生モデル

表 4-3-1 植物への影響調査の調査地点概要

	総地点数	街路樹	街路樹以外			樹木無
			常緑針葉樹	落葉針葉樹	落葉広葉樹	
北海道地区	14	8	1	1	3	1
東北地区	12	8	2		2	
関東地区	2	1			1	
北陸地区	5	3	2			
中部地区	3	3				
近畿地区	4	2	1		1	
中国地区	2	2				
合計	42	27	6	1	7	1

表 4-3-2 植物への影響調査の調査地点と樹種

	地点名	植物調査地点 (kp)	植生形態	車道端からの距離 (m)	代表樹木		調査時期	
北海道地区	神居町	126.0	街路樹	2.2	アカエゾマツ	常緑針葉樹	9月28日	
	浦河町	132.9	街路樹	2.2	ナナカマド	落葉広葉樹	9月27日	
	留寿都村	73.0	街路樹	1.5	ナナカマド	落葉広葉樹	9月13日	
	白糖町	4.1	街路樹	4.0	ナナカマド	落葉広葉樹	9月25日	
	札幌市	23.0	常緑針葉樹帯	15.0	トドマツ	常緑針葉樹	9月12日	
	小樽市	238.6	街路樹	0.5	メタセコイヤ	落葉針葉樹	9月12日	
	清水町	176.0	落葉針葉樹帯	3.5	カラマツ	落葉針葉樹	9月26日	
	恵庭市	25.1	街路樹	7.0	トウヒ・マツ、ナナカマド	常緑針葉樹、落葉広葉樹	9月27日	
	豊富町	228.0	落葉広葉樹帯	6.0	シラカンバ	落葉広葉樹	9月29日	
	日高町	121.9	街路樹	3.0	カツラ	落葉広葉樹	9月26日	
東北地区	七飯町	9.9	落葉広葉樹帯	1.0	アキグミ	落葉広葉樹	9月14日	
	八雲町	68.0	街路樹	2.3	クロマツ	常緑針葉樹	9月14日	
	北浜	12.2	無		無	無	9月24日	
	留萌市	37.0	落葉広葉樹帯	5.0	オオヤマザクラ	落葉広葉樹	9月28日	
	三戸町	623.3	落葉広葉樹帯	1.5	サクラ科、コブシ	落葉広葉樹	9月26日	
	雫石町	13.8	街路樹	1.5	ナナカマド	落葉広葉樹	9月29日	
	久慈市	346.9	落葉広葉樹帯	4.0	オニグルミ	落葉広葉樹	9月26日	
	鳴子町	71.0	街路樹	3.0	ソメイヨシノ	落葉広葉樹	9月26日	
	岩城町	262.6	街路樹	1.0	イブキ、アベリア	落葉広葉樹	9月28日	
	雄勝町	130.5	街路樹	5.0	シダレザクラ	落葉広葉樹	9月26日	
地関区東	大館市	384.2	街路樹	1.0	イチョウ	落葉広葉樹	9月27日	
	尾花沢市	129.0	常緑針葉樹帯	5.0	アカマツ	常緑針葉樹	9月27日	
	朝日村	75.3	街路樹	4.0	ナナカマド	落葉広葉樹	9月25日	
	安達町	254.8	街路樹	1.3	フウ、ツツジ科	落葉広葉樹	10月1日	
	西会津町	165.8	常緑針葉樹帯	5.0	スギ	常緑針葉樹	9月22日	
	新地町	299.0	街路樹	2.0	アメリカハナミズキ	落葉広葉樹	10月1日	
	野尻	159.0	落葉広葉樹帯	4.5	ハンノキ、カラマツ	落葉広葉樹、常緑針葉樹	10月2日	
	軽井沢	47.0	街路樹	1.5	イチイ	常緑針葉樹	9月29日	
	北陸地区	近江新	46.0	街路樹	2.5	ドイツウヒ	常緑針葉樹	9月28日
		三俣	194.8	常緑針葉樹帯	5.0	スギ	常緑針葉樹	9月19日
志		178.9	常緑針葉樹帯	7.6	スギ	常緑針葉樹	9月19日	
岩稲		231.5	街路樹	1.0	ハナミズキ	落葉広葉樹	9月27日	
大国		17.5	街路樹	1.8	サクラ科、ケヤキ	落葉広葉樹	9月26日	
中区部地	市之瀬	95.2	街路樹	2.0	シラカンバ	落葉広葉樹	9月29日	
	久々野	139.3	街路樹	2.0	スギ、ヤマザクラ	常緑針葉樹、落葉広葉樹	9月28日	
	古川	175.7	街路樹	1.7	ケヤキ	落葉広葉樹	9月27日	
近畿地区	滋賀	514.1	街路樹	1.2	トウカエデ	落葉広葉樹	9月25日	
	奈良	83.3	落葉広葉樹帯	2.0	ネムノキ	落葉広葉樹	10月13日	
	福井	392.2	常緑針葉樹帯	3.0	スギ	常緑針葉樹	9月26日	
	豊岡	155.0	街路樹	1.2	ソメイヨシノ	落葉広葉樹	10月12日	
地中區	松江	99.5	街路樹	5.0	ナナカマド	落葉広葉樹	10月11日	
	鳥取	89.0	街路樹	3.0	イチョウ	落葉広葉樹	10月10日	

*kp(距離標)とは、道路管理のための起点からの距離を表示したもの。

調査期間：9月～10月

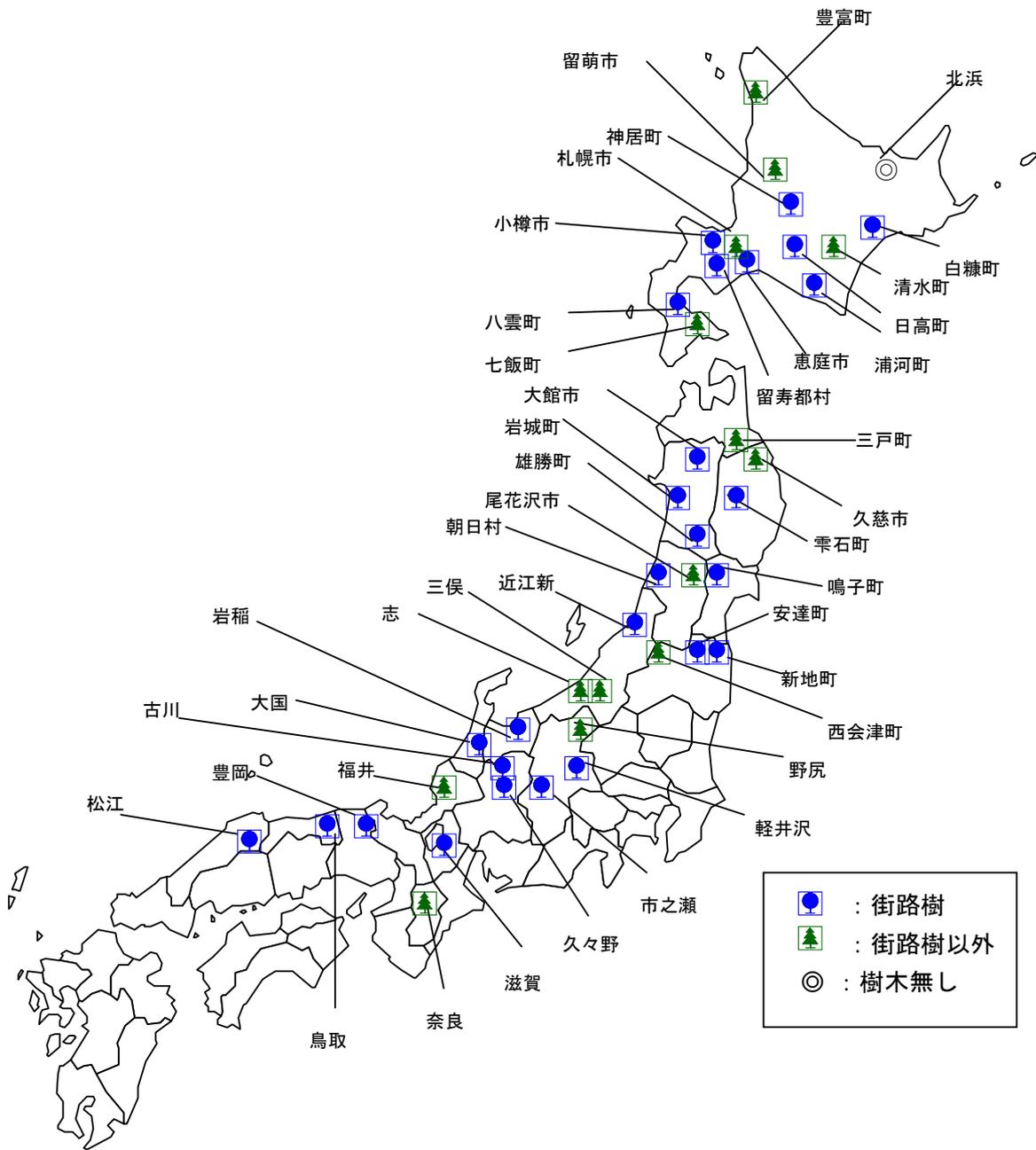


図 4-3-2 全国植物兆候調査地点

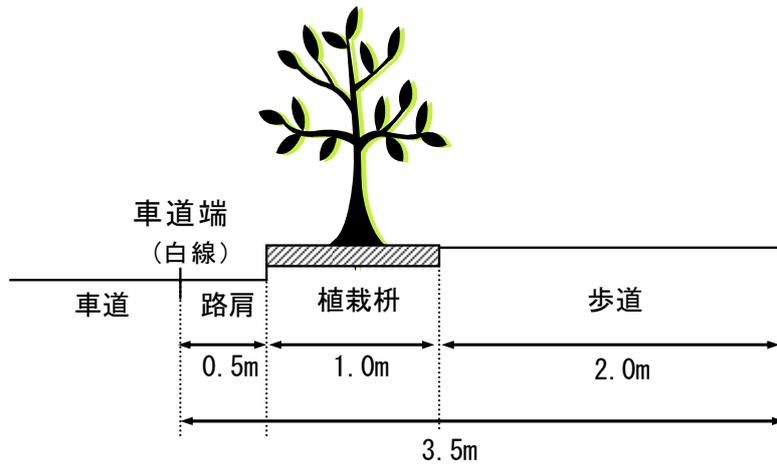


図 4-3-3 標準断面図

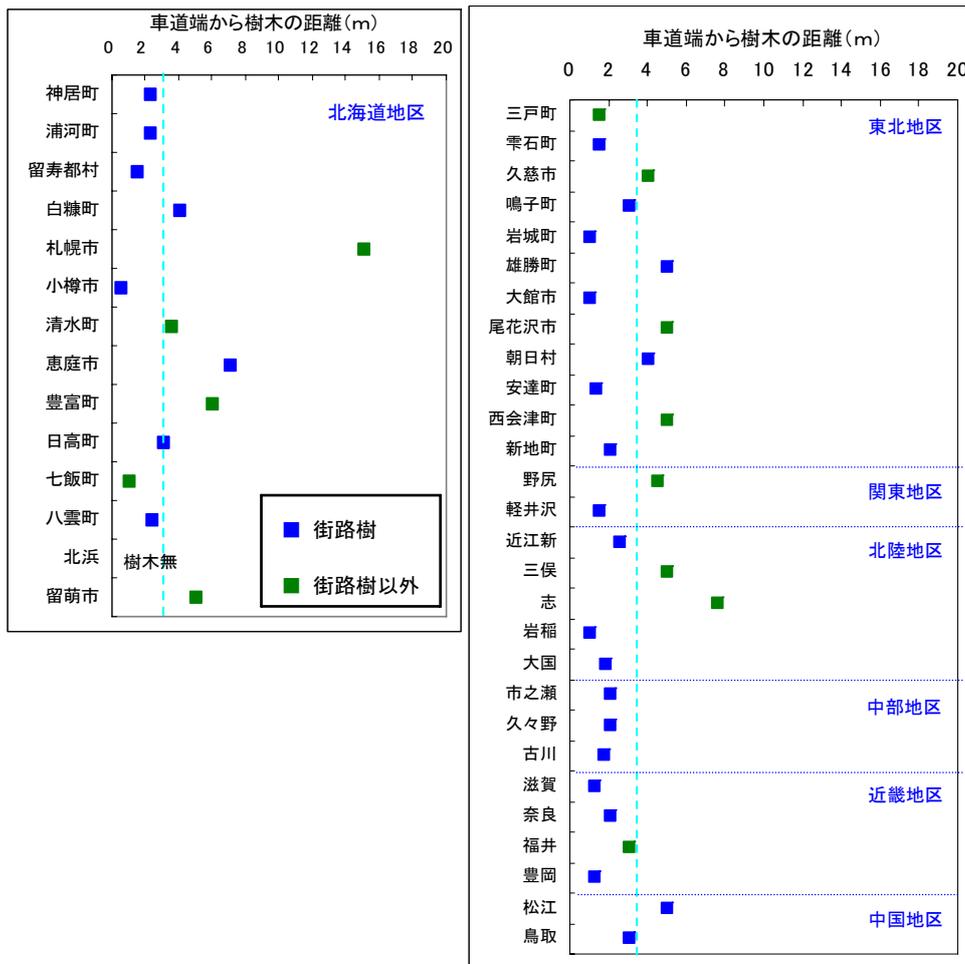


図 4-3-4 植物への影響兆候調査地点の車道端からの距離

(3) 調査方法

調査は全国土壌調査地点の周辺 50m の間の街路樹を対象に実施した。(図 4-3-5) 土壌調査地点において樹木が無い場合には、その近傍或いは同一路線内で土壌調査地点から 2~5km 程度を踏査し、道路に隣接している樹木群を選定した。原則として土壌調査地点に最も近い樹木群を優先的に選定した。

観察は、凍結防止剤の飛散が概ね 5m 程度までとされているため、最大 10m 程度までの樹木を観察することとした。また、同時に対象範囲の草類も観察し、生育不良等が発生しているかどうかについて確認を行った。

なお、観察範囲の樹木群は、必ずしも管理区域全体の代表を示すものとは言えない。

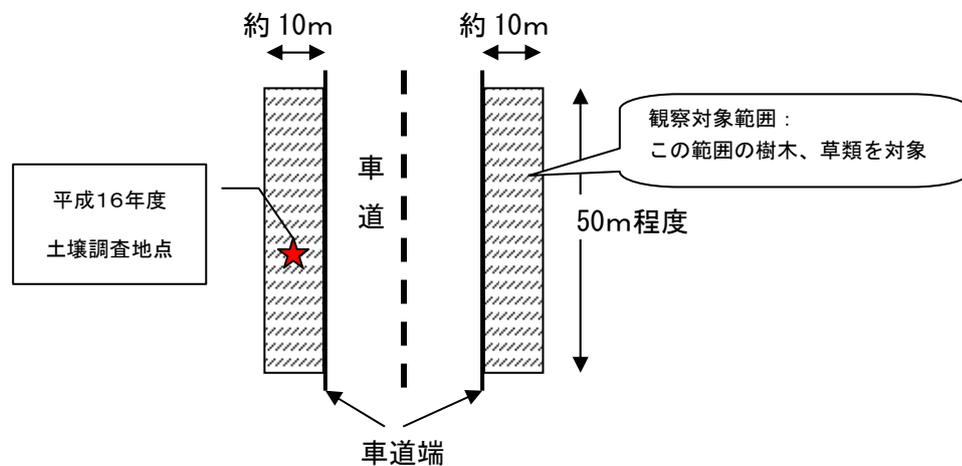


図 4-3-5 観察範囲の概要

各調査範囲では概ね以下のような項目について観察を行った

- a) 樹木の位置・範囲
- b) 道路からの位置関係
- c) 植樹形態
- d) 樹木の種類
- e) 生育不良・損傷の有無
- f) 生育状況
- g) 樹木周辺の土壌の状態
- h) 樹木周辺の草類の状態

植物の状態については、生育不良発生状態を「先枯れ状態」、「部分枯れ状態」、「立枯れ状態」等に分類した。また、損傷の状態については、「幹の損傷」、「幹の折れ」、「枝の折れ」等に分類した。(図4-3-6)

①生育不良発生樹木の例



先枯れ状態



部分枯れ状態



立枯れ状態

②損傷樹木の例



幹の損傷



幹の切断



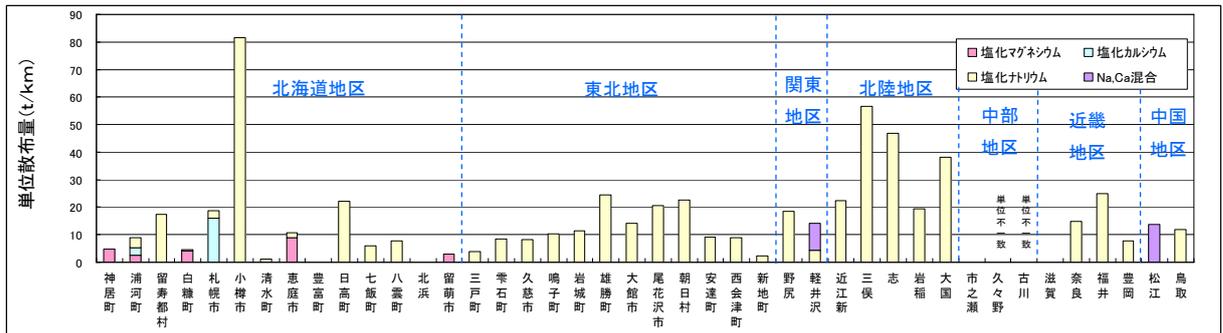
枝の折れ

図4-3-6 植物の状態の分類

(4) 調査地点周辺の凍結防止剤の散布状況

調査対象とした沿道の凍結防止剤の散布状況の特徴を比較するために、平成16年度にアンケート調査を集計した結果から、凍結防止剤の散布状況を図4-3-7に整理した。

地域により散布量は大きく異なり、特に多いのは北陸地区であった。また、ほとんどの地域で塩化ナトリウムを使用し、固形剤の複数散布は、全国で6箇所(浦河町、白糠町、札幌市、恵庭市、軽井沢、市之瀬)であった。溶液散布は北海道地区のみであった。



* 「Na, Ca 混合」とは、塩化ナトリウムと塩化カルシウムを併用使用し、それぞれの量は不明。

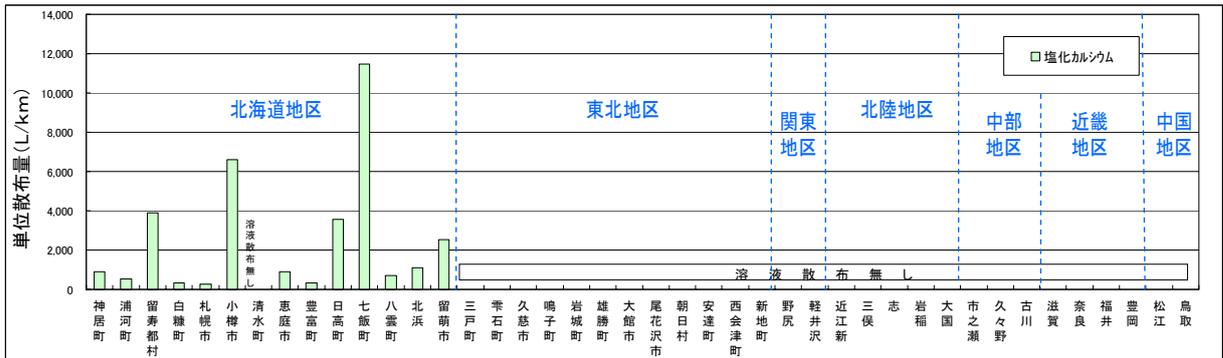


図4-3-7 調査地点周辺の凍結防止剤を散布状況 (H16年調査)

4.3.2 全国調査の結果

(1) 沿道の樹木の生育状況

北浜以外の地点において観察によって見られた、植物の生育状況と植栽地点の諸条件を整理し、図4-3-8から図4-3-9に示した。

車道端と生育不良や損傷の関係では、車道端から5m以内で生育不良や損傷が多く見られた。(図4-3-8参照)

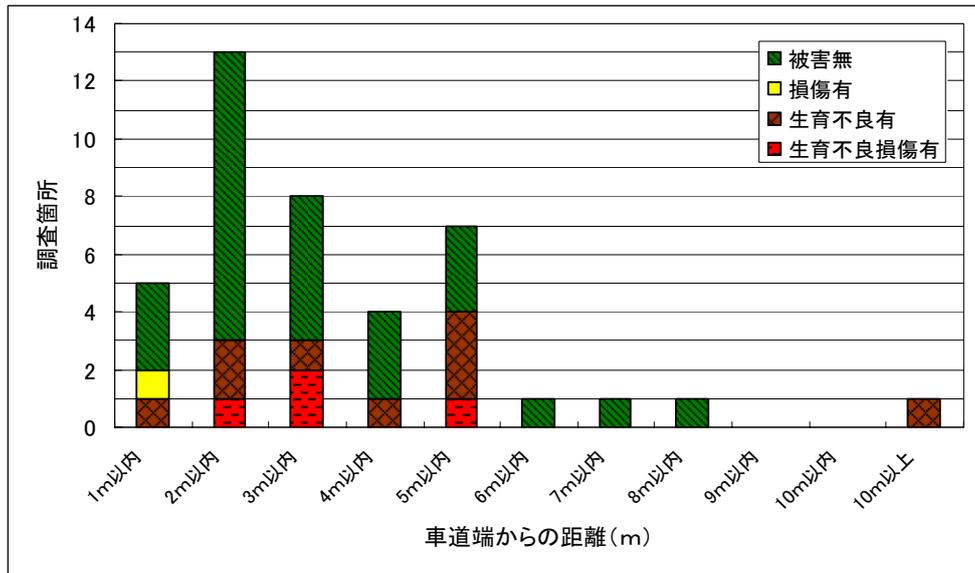


図4-3-8 車道端からの距離との関係

植物の植えられている植栽柵の開口幅と生育不良や損傷の関係では、開口幅に関係なく生育不良や損傷が見られた。(図4-3-9参照)

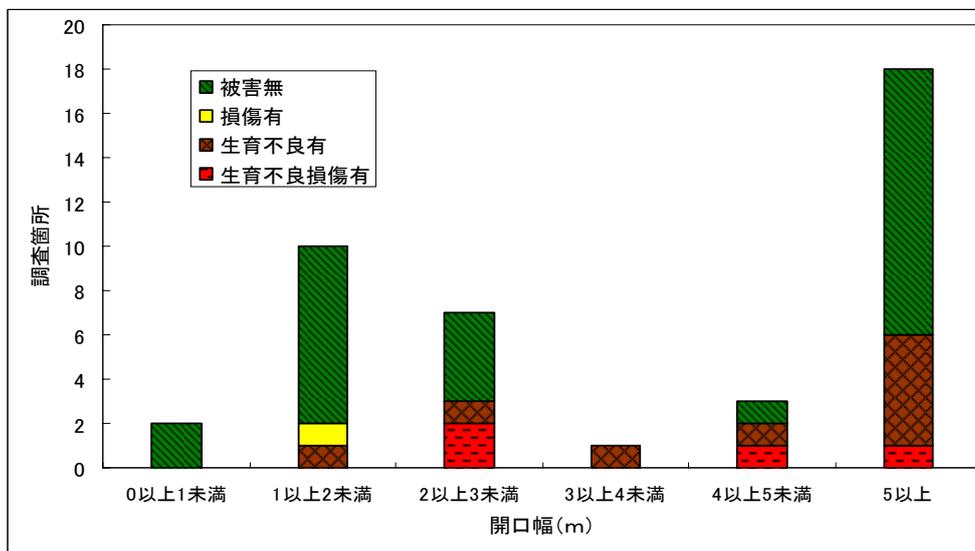
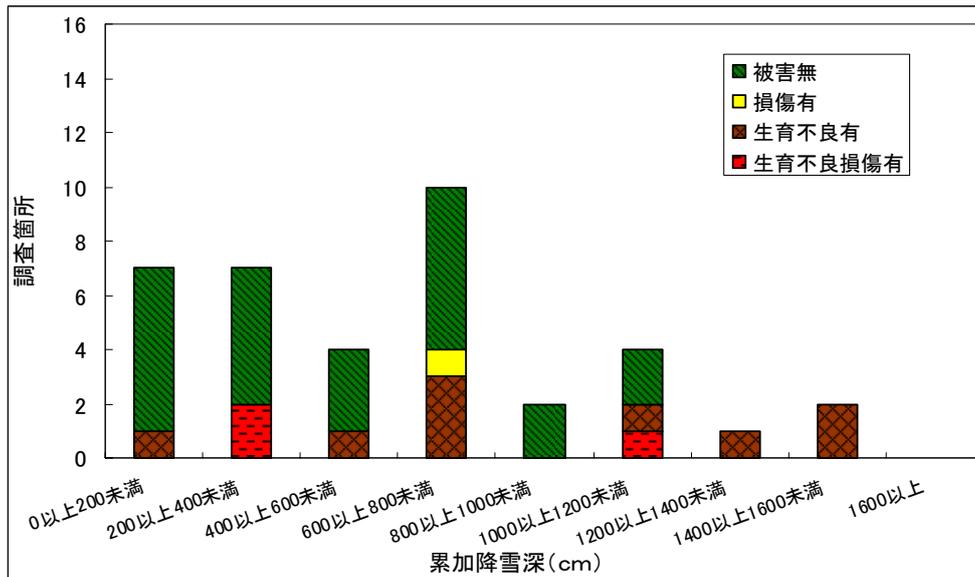


図4-3-9 植栽柵の開口幅との関係

累加降雪深と生育不良や損傷の関係では、累加降雪深の大小に関係なく生育不良や損傷が見られた。(図4-3-10参照)

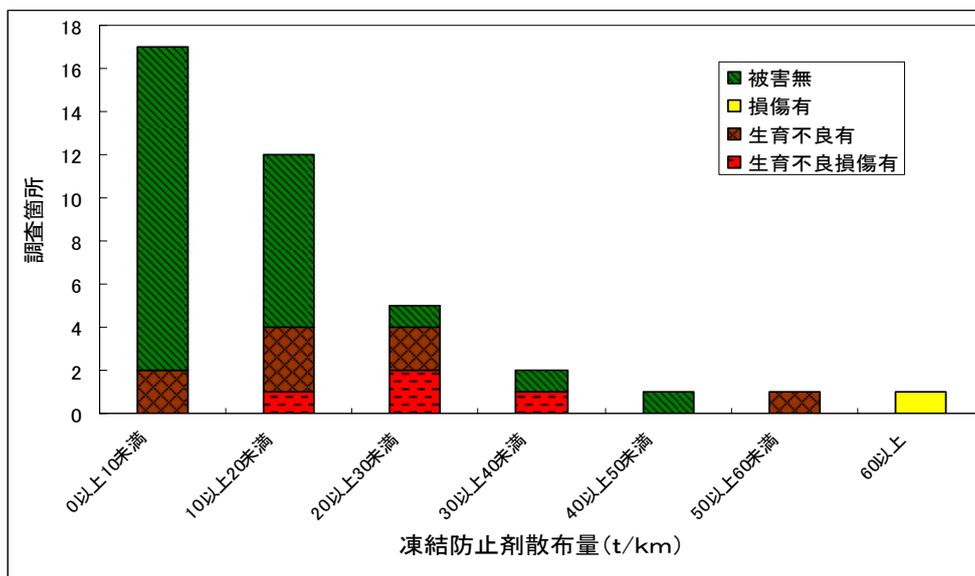


*累加降雪深データ：4地点(北浜を除く)が不明のため不足

図4-3-10 累加降雪深との関係

凍結防止剤散布量と生育不良や損傷の関係は、凍結防止剤散布量に関係なく散布量が多い地点においても少ない地点においても生育不良や損傷が見られた。

(図4-3-11参照)

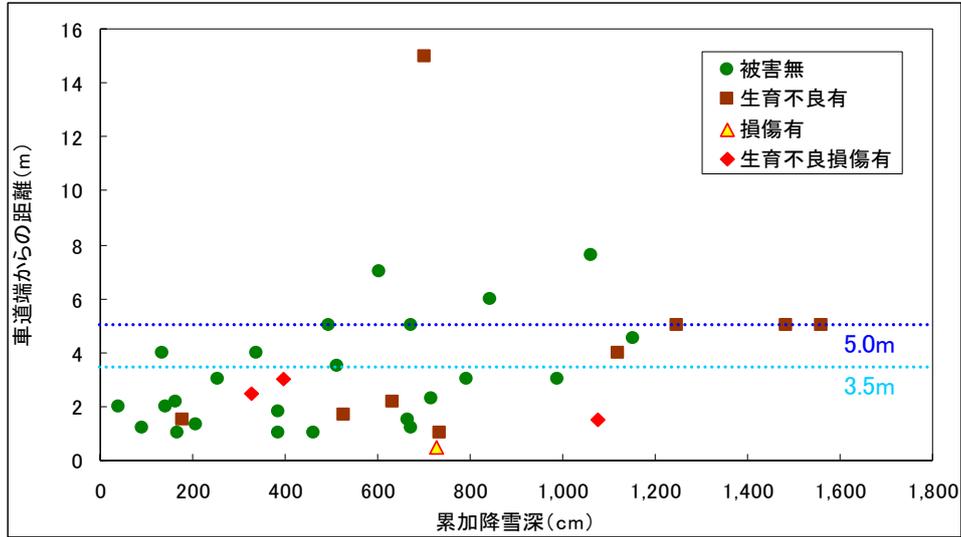


*凍結防止剤散布量データ：2地点(北浜を除く)が単位違いのため不足

図4-3-11 凍結防止剤散布量との関係

次に、生育不良や損傷の発生と諸条件の相互の関係を図4-3-12、図4-3-13、図4-3-14に示した。

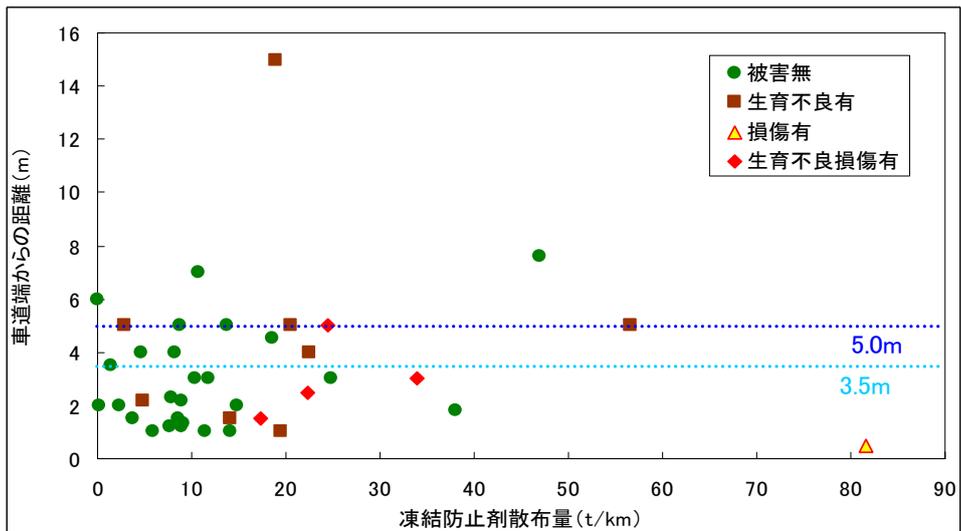
車道端からの距離と累加降雪深との関係を見ると、車道端から近く累加降雪深の多いところで生育不良が多くなる傾向が見られた。(図4-3-12参照)



*累加降雪深データ：4地点が不明のため不足

図4-3-11 車道端からの距離と累加降雪深との関係

車道端からの距離と凍結防止剤散布量との関係を見ると、散布量に関係なく車道端からの距離が3.5m以下の地点において生育不良や損傷が多くなる傾向が見られた。(図4-3-13参照)

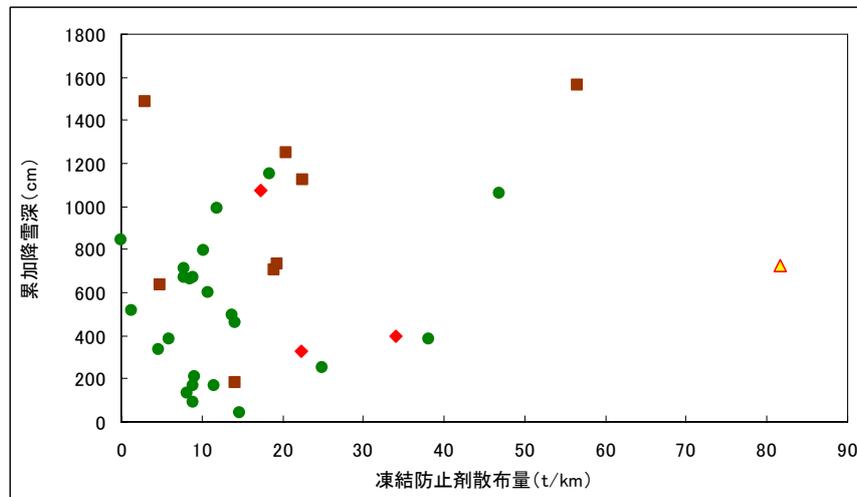


*凍結防止剤散布量データ：2地点(北浜を除く)が単位違いのため不足

図4-3-13 車道端からの距離と凍結防止剤散布量との関係

散布量については、少ない地点で被害が少ないという傾向も見られるが、明確な関係は見られなかった。また、累加降雪深についても明確な関係は見られなかった。

(図4-3-14参照)



*累加降雪深データ：4地点が不明のため不足、凍結防止剤散布量データ：2地点が単位違いのため不足

図4-3-14 累加降雪深と凍結防止剤散布量との関係

(2) 沿道の樹木の概要

1) 生育状況

樹木区分別の生育状況を整理した。

生育不良や損傷或いは両方といった、何らかの被害が見られていたのは常緑針葉樹で6箇所、落葉針葉樹で1箇所、落葉広葉樹で7箇所であった。

特に樹木区分による被害の差異は見られなかった。(図4-3-15参照)

各調査地点の状況を図4-3-16に示した。

表4-3-3 樹木区分別の生育不良発生状況

	常緑針葉樹	落葉針葉樹	落葉広葉樹	樹木無	合計
被害無	5	1	21		27
損傷有		1			1
生育不良有	5		4		9
生育不良・損傷有	1		3		4
樹木無				1	1
合計	11	2	28	1	42

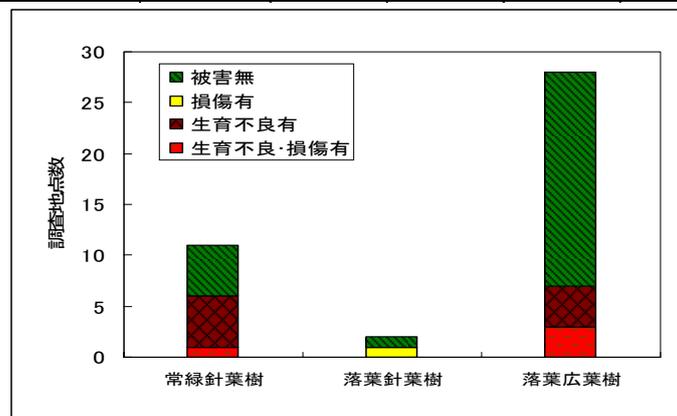


図4-3-15 植生調査地点の樹木区分と生育不良損傷状況

2) 樹木別の生育状況

全国 42 地点における樹木別の生育状況を図 4-3-17、図 4-3-18 に示し、42 地点の内、街路樹における生育状況を図 4-3-19、図 4-3-20 に示した。

<42 地点における生育状況>

全国 42 地点の代表樹木は落葉広葉樹が 28 地点、落葉針葉樹が 2 地点、常緑針葉樹が 12 地点であった。そのうち、生育不良や損傷が見られたのは落葉広葉樹が 7 地点、落葉針葉樹が 1 地点、常緑針葉樹が 6 地点であった。

沿道には多様な樹木が分布し、生育不良や損傷の発生は特定種には限らない。

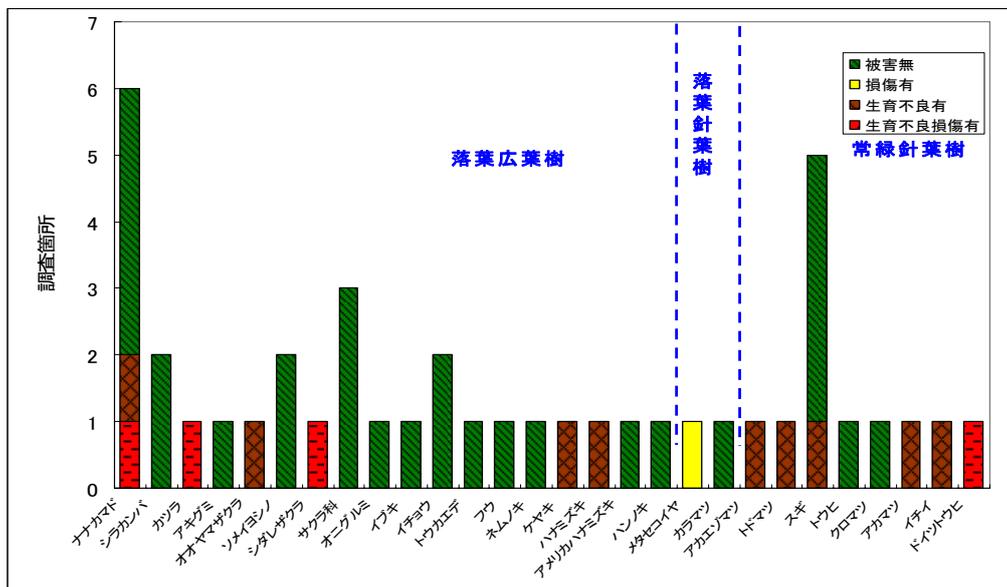
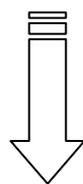


図 4-3-17 樹木種別生育状況



生育不良や損傷のある樹木を抽出

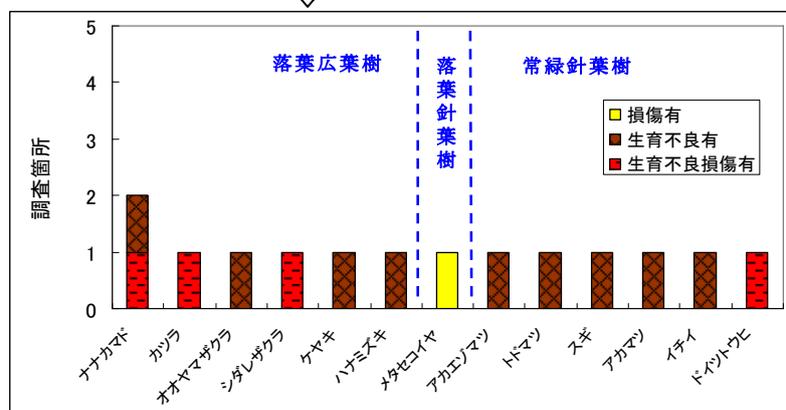


図 4-3-18 生育不良・損傷有の樹木一覧

<42 地点中の街路樹における生育状況>

全国 42 地点中、街路樹は 26 地点であった。代表樹木は落葉広葉樹が 21 地点、落葉針葉樹が 1 地点、常緑針葉樹が 4 地点であった。そのうち、生育不良や損傷が見られたのは落葉広葉樹が 6 地点、落葉針葉樹が 1 地点、常緑針葉樹が 2 地点であった。

街路樹も多様な樹木が植樹されており、生育不良や損傷の発生は特定種に限らない。

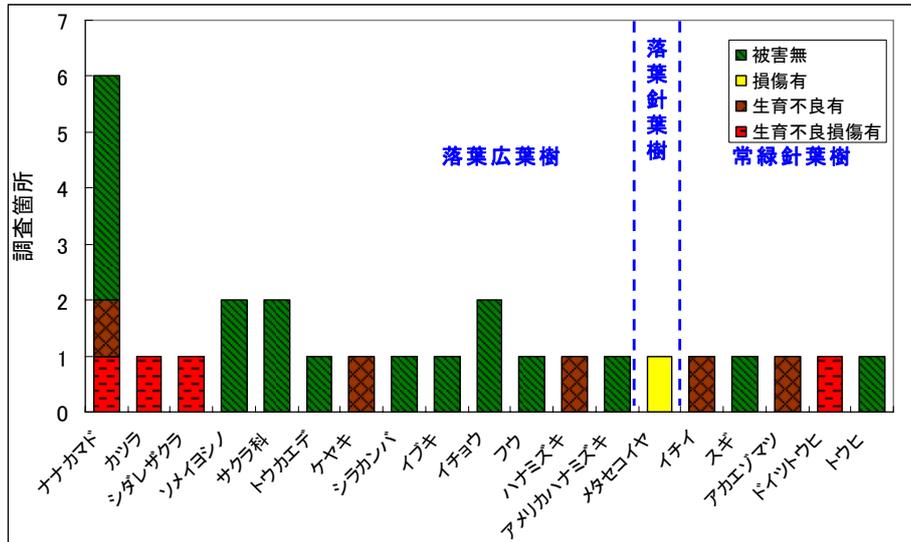
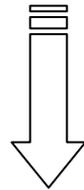


図 4-3-19 樹木種別生育状況（街路樹）



生育不良や損傷のある樹木を抽出

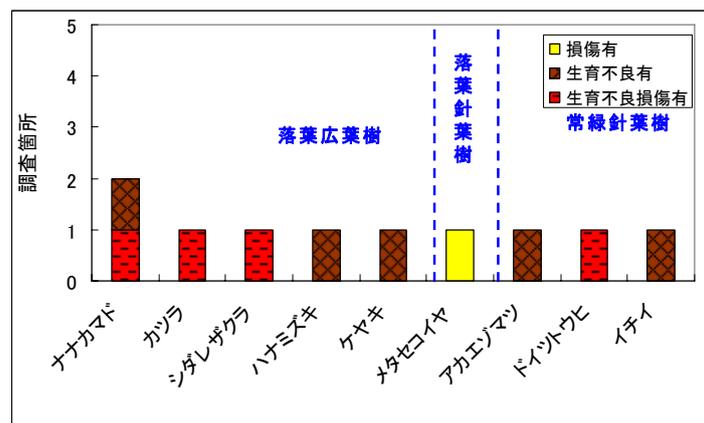


図 4-3-20 生育不良・損傷有の樹木一覧（街路樹）

3) 全国 42 地点調査状況

全国 42 地点での調査において、各地点の調査地点遠景と調査樹木を示した。また、参考までに平成 16 年度の積雪風景を示し、次頁から示した。

4.3.3 各地点の状況

全国調査の結果、生育不良や損傷の見られた地点において、その状況を地点別にまとめた。

(1) 生育不良・損傷発生要因

生育不良や損傷の発生要因を以下のように考えた。

① 植え方によるもの

植樹時点での、土の改良(客土)や水はけ等、根付きに問題がある。

② 樹種の選定によるもの

樹種の選定に疑問がある。

③ 場所によるもの

植樹されている植栽枡が狭い等の問題

④ 排気ガス等の交通によるもの

⑤ 除雪作業によるもの

投雪の接触や堆雪圧の増加、除雪車の直接接触といった物理的要因によるもの

⑥ 凍結防止剤によるもの

(2) 沿道の樹木の被害等の状況

全国 42 地点の調査の結果、生育不良や損傷の見られた地点は 14 地点であった。14 地点のうち生育不良のみが見られた地点は 9 地点、損傷のみ見られた地点は 1 地点、生育不良と損傷が見られた地点は 4 地点であった。生育不良が見られた 9 地点のうち、4 地点において立枯れ状態が確認された。

軽井沢と近江新では両車線において生育不良が見られた。その他の地点においては片側のみで生育不良や損傷が見られた。

観察によって見られた、植物の生育不良や損傷の状況を表 4-3-7 に整理し、各地点の状況を次ページから示した。

表 4-3-7 被害の状況一覧

	地点	植物調査 キロ ポスト(km)	植生形態	代表樹木	調査範囲における 生育不良 (○本/○本中)	調査範囲における 立枯れ (○本/○本中)	調査範囲における 生育不良損傷 (○本/○本中)	調査範囲における 損傷 (○本/○本中)	道路との距離 (最短)m	開口幅 (m)	凍結防止剤名 (固形剤)	凍結防止剤名 (溶液剤)	生育不良・ 損傷発生 の車線区分
北海道地区	神居町	126.0	街路樹	アカエゾマツ	2本/11本	1本/11本 樹高2.9m			2.2	3.0	塩化マグネシウム	塩化カルシウム	片側
	留寿都村	73.0	街路樹	ナナカマド	1本/6本		2本/6本		1.5	2.0	塩化ナトリウム	塩化カルシウム	片側
	札幌市	23.0	常緑針葉樹帯	トドマツ	3本/13本				15.0	全面	塩化カルシウム、塩化ナトリウム 7号砕石	塩化カルシウム	片側
	小樽市	238.6	街路樹	メタセコイヤ				4本/10本	0.5	1~2	塩化ナトリウム	塩化カルシウム	片側
	日高町	121.9	街路樹	カツラ	10本/15本	4本/15本 樹高3.5~3.8m	2本/15本		3.0	2.0	塩化ナトリウム、焼砂	塩化カルシウム	片側
	留萌市	37.0	落葉広葉樹帯	オオヤマザクラ	3本/3本	1本/3本 樹高2m			5.0	全面	塩化マグネシウム	塩化カルシウム	片側
東北地区	雄勝町	130.5	街路樹	シダレザクラ	4本/8本		3本/8本		5.0	4.0	塩化ナトリウム		片側
	尾花沢市	129.0	常緑針葉樹帯	アカマツ	3本/13本				5.0	全面	塩化ナトリウム		片側
	朝日村	75.3	街路樹	ナナカマド	1本/1本				4.0	全面	塩化ナトリウム		片側
関東地区	軽井沢	47.0	街路樹	イチイ	4本/6本	3本/6本 (6本/13本) 樹高2m程度			1.5	2.0	Na、Ca混合		両側
北陸地区	近江新	46.0	街路樹	ドイツトウヒ	25本/30本		3本/30本		2.5	全面	塩化ナトリウム		両側
	三俣	194.8	常緑針葉樹帯	スギ	4本/30本程度				5.0	全面	塩化ナトリウム		片側
	岩稲	231.5	街路樹	ハナミズキ	1本/4本				1.0	4.0	塩化ナトリウム		片側
中部地区	古川	175.7	街路樹	ケヤキ	1本/3本				1.7	1.5	塩化マグネシウム		片側
地点数					13	4	4	1					

*「Na、Ca 混合」とは、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの併用使用であり、それぞれの量は不明。

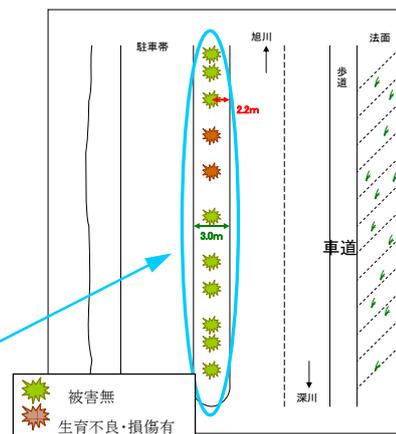
地点名	神居町（北海道旭川市）				
植物調査	126kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	2.2m
土壌調査	129.4kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名	固形剤	塩化マグネシウム	溶液剤	塩化カルシウム	

調査地点遠景



旭川方面

代表樹木(街路樹)：アカエゾマツ(常緑針葉樹)

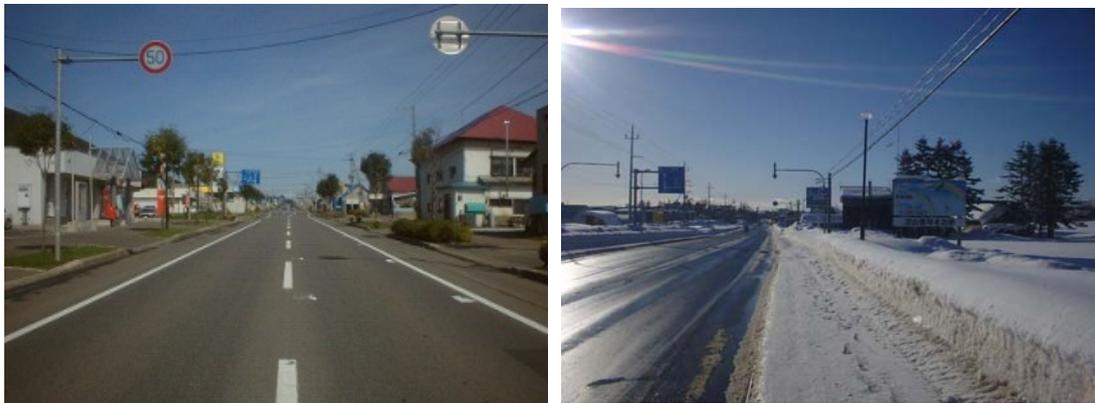


<生育不良有り>

- 11本中2本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：1.6～5.4m)
- そのうち1本が立枯れ(管理地内：樹高2.9m)
- 生育不良内容：先枯れ、立枯れ、道路側枝無し
- 生育不良要因：植栽方法等の可能性も考えられる。

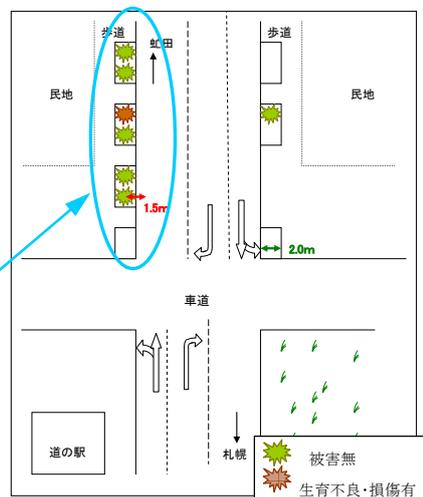
地点名	留寿都村（北海道虻田郡）				
植物調査	73kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	1.5m
土壌調査	74.4kp	生育不良発生	有	損傷	有
凍結防止剤名	固形剤 塩化ナトリウム		溶液剤 塩化カルシウム		

調査地点遠景



虻田方面

代表樹木(街路樹)：ナナカマド(落葉広葉樹)



< 生育不良損傷有り >

- 6本中1本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：4.0～6.0m)
- 6本中2本が損傷有り樹木
- 生育不良内容：先枯れ、部分枯れ等
- 生育不良内容：損傷等の影響による生育不良と考えられる。
- 損傷内容：幹折れ、傷有り。
- 損傷要因：歩道の除雪作業に伴う機材の接触や堆雪圧により損傷を受けた可能性も考えられる。

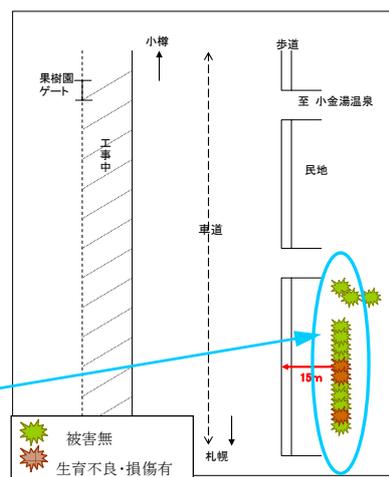
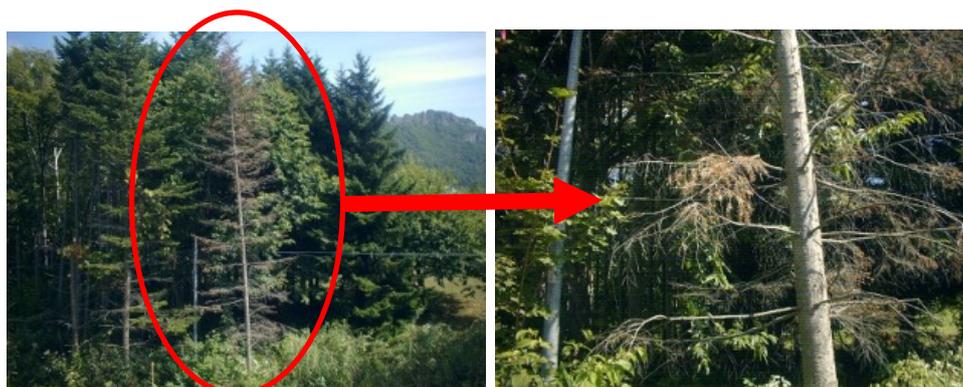
地点名	札幌市（北海道札幌市）				
植物調査	23kp	植生形態	常緑針葉樹	車道端からの距離	15.0m
土壌調査	22.2kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名	固形剤	塩化カルシウム、塩化ナトリウム、7号碎石	溶液剤	塩化カルシウム	

調査地点遠景



札幌方面

代表樹木：トドマツ（常緑針葉樹）



<生育不良有り>

- 13本中3本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：1.6～7.0m)
- 生育不良内容：部分枯れ（道路に隣接した樹木）
- 生育不良要因：拡幅工事の影響の可能性がある。また、法尻にあるトドマツの上部に凍結防止剤である塩化カルシウムが直接あたった可能性もあるが不明である。

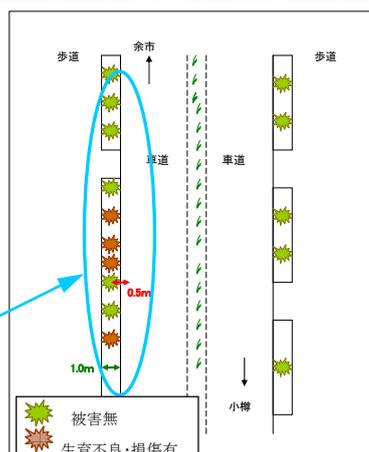
地点名	小樽市（北海道小樽市）				
植物調査	238kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	0.5m
土壌調査	238.6kp	生育不良発生	無	損傷	有
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム	溶液剤 塩化カルシウム		

調査地点遠景



余市方面

代表樹木(街路樹)：メタセコイヤ(落葉針葉樹)



< 損傷有り >

- 11 本中 4 本が損傷有り樹木
- 損傷内容：幹折れ
- 損傷要因：除雪作業に伴う機材の接触や積雪により損傷を受けた可能性が考えられる。
- 幹折れはあるが、新しい枝が再生している。
- 折れた部分についても再生した可能性が考えられる。

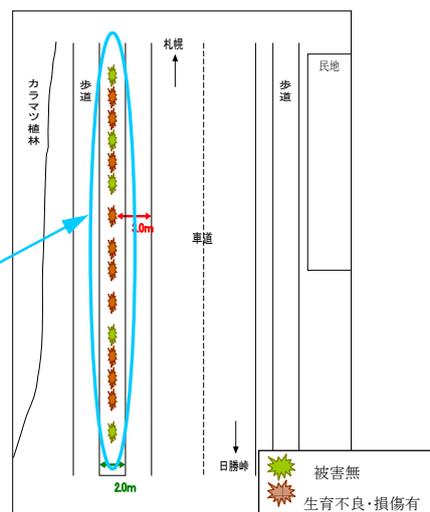
地点名	日高町（北海道沙流郡）				
植物調査	121kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	3.0m
土壌調査	121.9kp	生育不良発生	有	損傷	有
凍結防止剤名	固形剤	塩化ナトリウム、焼砂	溶液剤	塩化カルシウム	

調査地点遠景



札幌方面

代表樹木(街路樹)：カツラ(落葉広葉樹)



<生育不良損傷有り>

- 15本中10本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：3.0～4.3m)
- 15本中4本が立枯れ(管理地内：樹高3.5～3.8m)
- 15本中4本が損傷有り樹木
- 生育不良内容：先枯れ、立枯れ
- 生育不良要因：根付きが悪い可能性も考えられるが、様々な影響が考えられる。
- 損傷内容：幹の傷
- 損傷要因：除雪作業による影響と考えられる。

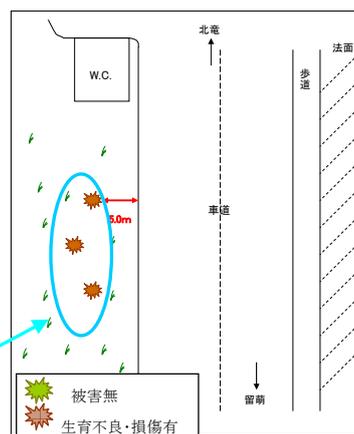
地点名	留萌市（北海道留萌市）				
植物調査	37kp	植生形態	落葉広葉樹	車道端からの距離	5.0m
土壌調査	35.2kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤	塩化マグネシウム	溶液剤	塩化カルシウム

調査地点遠景



北竜方面

代表樹木：オオヤマザクラ（落葉広葉樹）



<生育不良有り>

- 3本中3本とも生育不良発生樹木
（生育不良発生部位の高さ：2.0～5.0m）
- 3本中1本が立枯れ（管理地外：樹高2.0m）
- 生育不良内容：部分枯れ（道路側または道路と反対側）、立枯れ
- 生育不良要因：積雪の影響または、植え方による影響が考えられる。

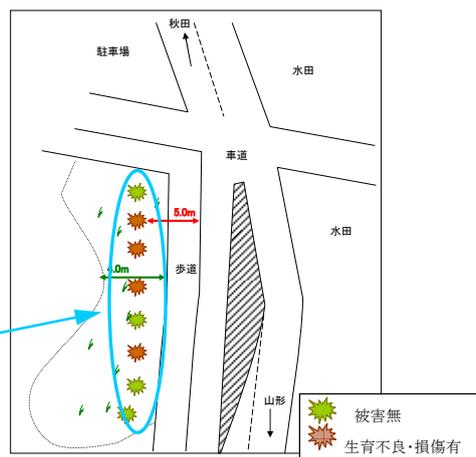
地点名	雄勝町（秋田県雄勝郡）				
植物調査	130kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	5.0m
土壌調査	200.1kp	生育不良発生	有	損傷	有
凍結防止剤名	固形剤 塩化ナトリウム				

調査地点遠景



秋田方面

代表樹木(街路樹)：シダレザクラ(落葉広葉樹)



<生育不良損傷有り>

- ・ 8本中4本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：2.0～4.5m)
- ・ 8本中3本が損傷有り樹木
- ・ 生育不良内容：先枯れ
- ・ 生育不良要因：植栽方法等の影響も考えられるが、生育不良の程度は軽微である。
- ・ 損傷内容：幹折れ、枝折れ
- ・ 損傷要因：除雪作業に伴う機材の接触や積雪により損傷を受けた可能性も考えられる。

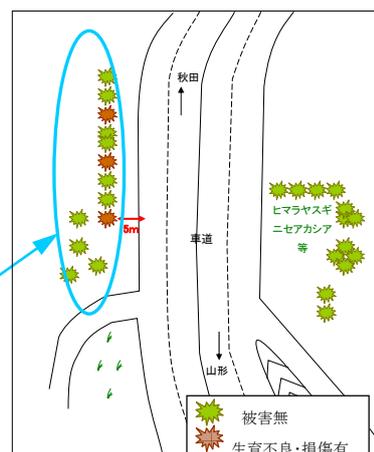
地点名	尾花沢市（山形県尾花沢市）				
植物調査	129kp	植生形態	常緑針葉樹	車道端からの距離	5.0m
土壌調査	128.9kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤	塩化ナトリウム		

調査地点遠景



秋田方面

代表樹木：アカマツ(常緑針葉樹)



<生育不良有り>

- ・ 13 本中 3 本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：1.0m～)
- ・ 生育不良内容：部分枯れ（道路側に隣接する 1 列）
- ・ 生育不良要因：凍結防止剤の影響も考えられるが、植栽場所等の影響も考えられる。

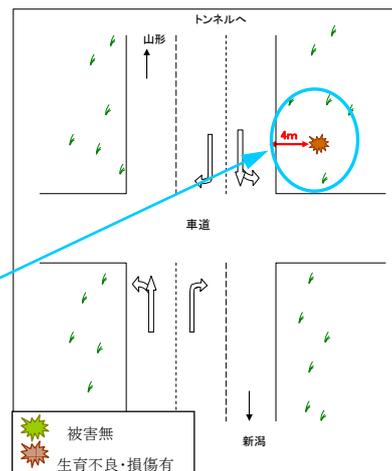
地点名	朝日村（山形県東田川郡）				
植物調査	75.3kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	4.0m
土壌調査	75.3kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム			

調査地点遠景



山形方面

代表樹木(街路樹)：ナナカマド(落葉広葉樹)



<生育不良有り>

- ・ナナカマド1本のみ

(生育不良発生部位の高さ：5.0～6.0m)

- ・生育不良内容：枯れ、不自然な幹の伸び
- ・生育不良要因：除雪作業により、幹が曲がった部分まで雪が詰まるため、積雪の影響と考えられる。

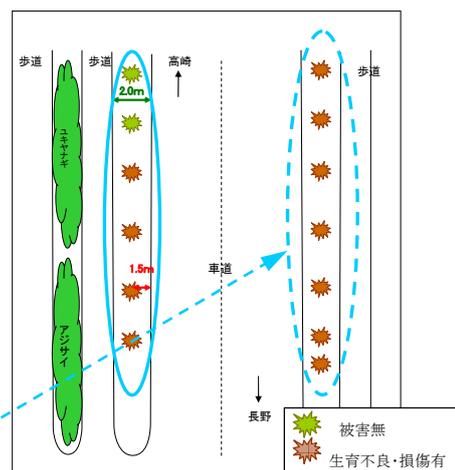
地点名	軽井沢（長野県北佐久郡）				
植物調査	47kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	1.5m
土壌調査	46.9kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム、塩化カルシウム混合			

調査地点遠景



高崎方面・長野方面

代表樹木(街路樹)：イチイ(常緑針葉樹)



<生育不良有り>

- 6本中4本が生育不良発生樹木（高崎方面）
（生育不良発生部位の高さ：0.5～2.2m）
- 7本中7本が生育不良発生樹木（長野方面）
（生育不良発生部位の高さ：0.5～2.0m）
- 計13本中6本が立枯れ（管理地内：樹高2.0m程度）
- 生育不良内容：部分枯れ（道路側）、立枯れ
- 生育不良要因：凍結防止剤の影響も考えられるが、樹種の選定、植え方にも問題があると考えられる。

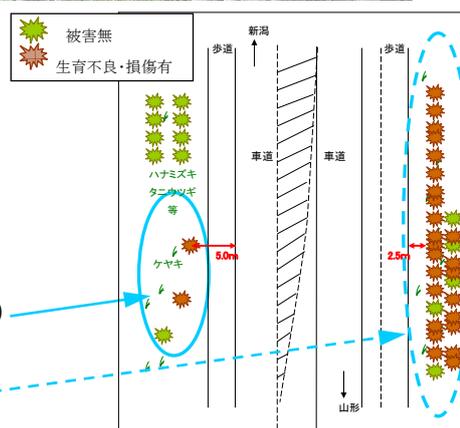
地点名	近江新（新潟県北蒲原郡）				
植物調査	46kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	2.5m
土壌調査	46.2kp	生育不良発生	有	損傷	有
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム			

調査地点遠景



山形方面

代表樹木(街路樹)：ドイツトウヒ(常緑針葉樹)



<生育不良有り>

- 3本中2本(ケヤキ)が生育不良発生樹木(新潟方面)
(生育不良発生部位の高さ：3.2～3.5m)
- 30本中25本が生育不良発生樹木(山形方面)
(生育不良発生部位の高さ：0.5～2.5m)
- 30本中3本が損傷有り樹木(山形方面)
- 生育不良内容：部分枯れ(道路側)
- 生育不良要因：凍結防止剤の影響も考えられるが、樹種の選定や植え方の影響とも考えられる。
- 損傷内容：幹の切断
- 損傷要因：除雪作業による影響と考えられる。

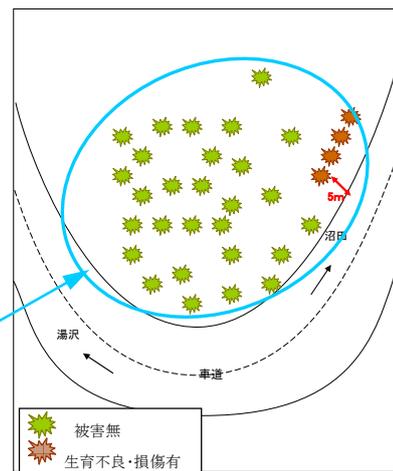
地点名	三俣（新潟県南魚沼郡）				
植物調査	194kp	植生形態	常緑針葉樹	車道端からの距離	5.0m
土壌調査	194.8kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム			

調査地点遠景



沼田方面

代表樹木：スギ(常緑針葉樹)



<生育不良有り>

- 30 数本中 4 本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：1.5～7.0m)
- 生育不良内容：先枯れ、部分枯れ
(カーブ終了後の道路側で生育不良が見られる)
- 生育不良要因：ロータリー除雪による投雪や風圧、凍結防止剤の飛散が直接あたるためと考えられる。

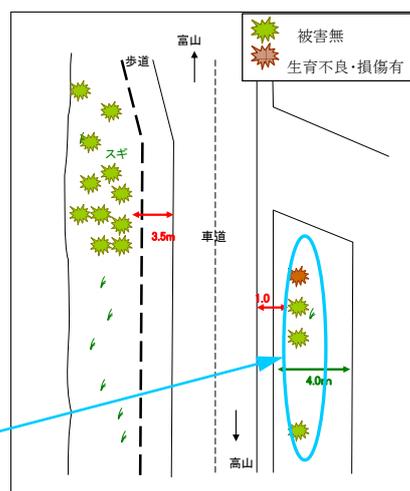
地点名	岩稲（富山県富山市）				
植物調査	231.5kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	1.0m
土壌調査	231.7kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤 塩化ナトリウム			

調査地点遠景



高山方面

代表樹木(街路樹)：ハナミズキ(落葉広葉樹)



<生育不良有り>

- 4本中1本が生育不良発生樹木 (生育不良発生部位の高さ：2.0～2.3m)
- 生育不良内容：先枯れ
- 生育不良要因：ガードレールの錆もひどく凍結防止剤の影響も考えられるが、生育不良発生が4本中1本のため植え方等の影響も考えられる。

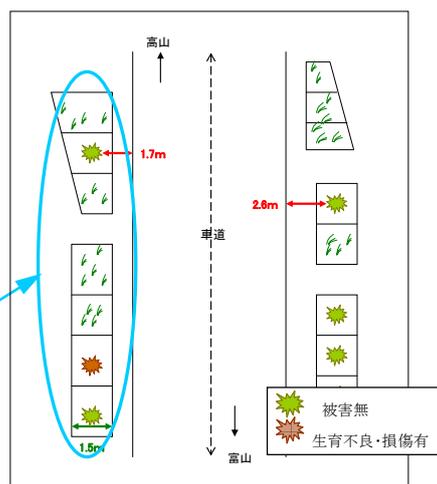
地点名	古川（岐阜県飛騨市）				
植物調査	175.7kp	植生形態	街路樹	車道端からの距離	1.7m
土壌調査	181.3kp	生育不良発生	有	損傷	無
凍結防止剤名		固形剤 塩化マグネシウム			

調査地点遠景



高山方面

代表樹木(街路樹)：ケヤキ(落葉広葉樹)



<生育不良有り>

- 3本中1本が生育不良発生樹木
(生育不良発生部位の高さ：4.0～5.0m)
- 生育不良内容：先枯れ（道路側）、紅葉が他の同種の樹木より早い
- 生育不良要因：生育不良部位が4m以上であることから、植え方に要因が高いと考えられる。

(3) 被害等の状況

全国 42 地点のうち生育不良や損傷の見られた地点についてその内容を表 4-3-8 に示した。

先枯れ、部分枯れ、立枯れと損傷に分け、その内容について明記した。

生育不良の見られた 14 地点では、札幌を除き、全ての地点において車道端から 5.0m 以内であった。また、そのうちの 9 地点は道路端から 3.5m 以内であった。

各地点の生育不良の要因は明確ではなく、植え方や樹種の選定、植栽場所、排気ガスなどの要因が複合的に重なった結果と考えられる。

したがって、凍結防止剤の影響があるかどうかを判断するためには追跡調査が必要と考えられる。

表4-3-8 生育不良及び損傷状況の一覧

	地点	代表樹木	生育不良状態			損傷状態	その他	考えられる生育不良要因							
			先枯れ	部分枯れ	立枯れ			植え方	選定	場所	交通	除雪	凍結防止剤		
北海道地区	神居町	アカエゾマツ	○	道路側において枝の無い部分有 部分枯れ発生高さ：1.6～5.4m	11本中1本(樹高:2.9m) 車道からの距離:2.2m 管理地内			○							
	留寿都村	ナナカマド	○	道路と反対側において生育不良 部分枯れ発生高さ：4.0～6.0m		幹の切断(損傷発生高さ:1.4m) 幹の傷(損傷発生高さ:1.0～1.5m)							○		
	札幌市	トドマツ		道路に隣接した樹木において生育不良 部分枯れ発生高さ：1.6～7.0m						○					
	小樽市	メタセコイヤ				幹の切断 (損傷発生高さ:1.0～1.5m)							○		
	日高町	カツラ	○	歩道側のみ枝のみ 部分枯れ発生高さ：3.0～4.3m	15本中4本(樹高:3.5～3.8m) 車道からの距離:3.0m 管理地内	幹の傷 (損傷発生高さ:0.5m～)		○					○		
	留萌市	オオヤマザクラ		道路側、道路と反対側が生育不良の樹木がそれ ぞれある 生育不良発生高さ：2.0m～5m	3本中1本(樹高:2.0m) 車道からの車道からの距離:5.0m 管理地外			○							
東北地区	雄勝町	シダレザクラ	○			幹の切断(損傷発生高さ:1.5～2.0m) 枝折れ(損傷発生高さ:1.0m～)		○					○		
	尾花沢市	アカマツ		2m前後の低い樹木で道路側において生育不良 部分枯れ発生高さ:1.0m～						○					○
	朝日村	ナナカマド		部分的に葉が無い状態 部分枯れ発生高さ:5.0～6.0m			幹が異常な伸び方 (道路と反対側に 異常な伸び方)						○		
関東地区	軽井沢	イチイ		道路(車の通行)側において生育不良 部分枯れ発生高さ:0.5～2.2m	6本中3本(樹高:2.0m程度) 両側で13本中6本 車道からの車道からの距離:1.4m 管理地内			○	○						○
北陸地区	近江新	ドイツトウヒ		道路に面した1列において生育不良 部分枯れ発生高さ:0.5m～		幹の切断 (損傷発生高さ:2.5m)		○	○				○		○
	三俣	スギ	○	道路に接した樹木において生育不良 部分枯れ発生高さ:0.5～2.5m									○		○
	岩稲	ハナミズキ	○				枝張り不自然	○							
中区部地	古川	ケヤキ	○				紅葉が同種の他の 樹木より早い	○							

(注1) 「考えられる生育不良要因」の6つのワードは以下を示す。
 「植方」…植え方によるもの 「選定」…植樹の選定によるもの 「場所」…植栽場所によるもの 「交通」…排気ガス等の交通によるもの 「除雪」…除雪作業によるもの 「凍結防止剤」…凍結防止剤によるもの

4.3.4 まとめ

(1) 調査結果のまとめ

植物への現地調査結果をまとめると以下のとおりであった。

- ・ 調査地点で生育不良や損傷等を確認した地点は、道路拡幅工事の影響が懸念される1地点以外は車道端から5m以内であった。
- ・ 42地点のうち生育不良の要因に凍結防止剤の影響があると考えられた地点は、4地点であり、全ての地点が車道端から5m以内の場所であった。よって、凍結防止剤の影響があると仮定しても範囲は限定的であるといえる。
- ・ 生育不良は、植え方や樹種の選定、植栽場所、排気ガスなど様々な要因が複合して起こっており、凍結防止剤による影響かは不明である。
- ・ 沿道植物の生育不良及び損傷の原因が凍結防止剤に起因するものなのかどうかを判断するためには、室内、苗圃における基礎実験及び現地での追跡調査をする必要がある。

(2) 今後の課題

- ・ 凍結防止剤散布無しの地域での沿道植物との比較が必要である。
- ・ 凍結防止剤の影響は、春先あるいは初夏までに新芽を観察する必要がある。
- ・ 専門的な観察が必要である。

第5章 地下水への影響調査

5.1 調査概要

平成16年度から平成17年度までに、北海道、東北地方、北陸地方において凍結防止剤を散布した沿道における地下水への影響の調査結果を整理し、現道における凍結防止剤散布と周辺地下水への関係について検討した。

地下水への影響調査は表5-1、図5-1に示す3地点において平成16年～平成18年にかけて、凍結防止剤散布道路の沿道で実施したものである。観測項目は水温・導電率の2項目である。地下水調査を実施した地点の概要を図5-2から図5-4に示した。

表5-1 地下水への影響調査の調査地点と調査時期

調査地点名	恵庭	仙台	津川	
都道府県名	北海道	宮城県	新潟県	
調査道路	国道36号(2車線)	国道4号(4車線)	国道49号(2車線)	
調査地点	kp25.1付近	kp346.52付近	kp188.4付近	
凍結防止剤	固形剤：塩化ナトリウム (湿式・乾式) 塩化マグネシウム (湿式) 水溶液：塩化ナトリウム	固形剤：塩化ナトリウム (湿式)	固形剤：塩化ナトリウム (乾式)	
観測期間	平成16年9月6日 ～平成18年4月31日	平成16年12月1日 ～平成17年3月31日	平成16年8月23日 ～平成18年3月22日	
観測項目	水温・導電率	水温・導電率	水温・導電率	
道路からの距離	5m	40m	65m	
井戸構造	井戸の深さ	GL-20.0m	GL-50.0m	GL-12.0m
	井戸の水位	GL-10.3m	GL-3.4m	GL-0.9m
	観測水深	GL-12.4m	GL-31.5m	GL-4.5m



図5-1 調査地点位置図

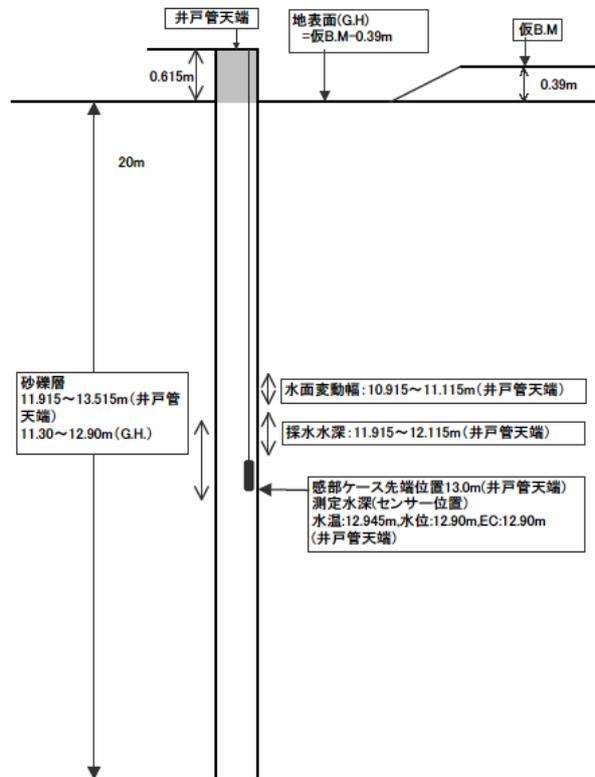
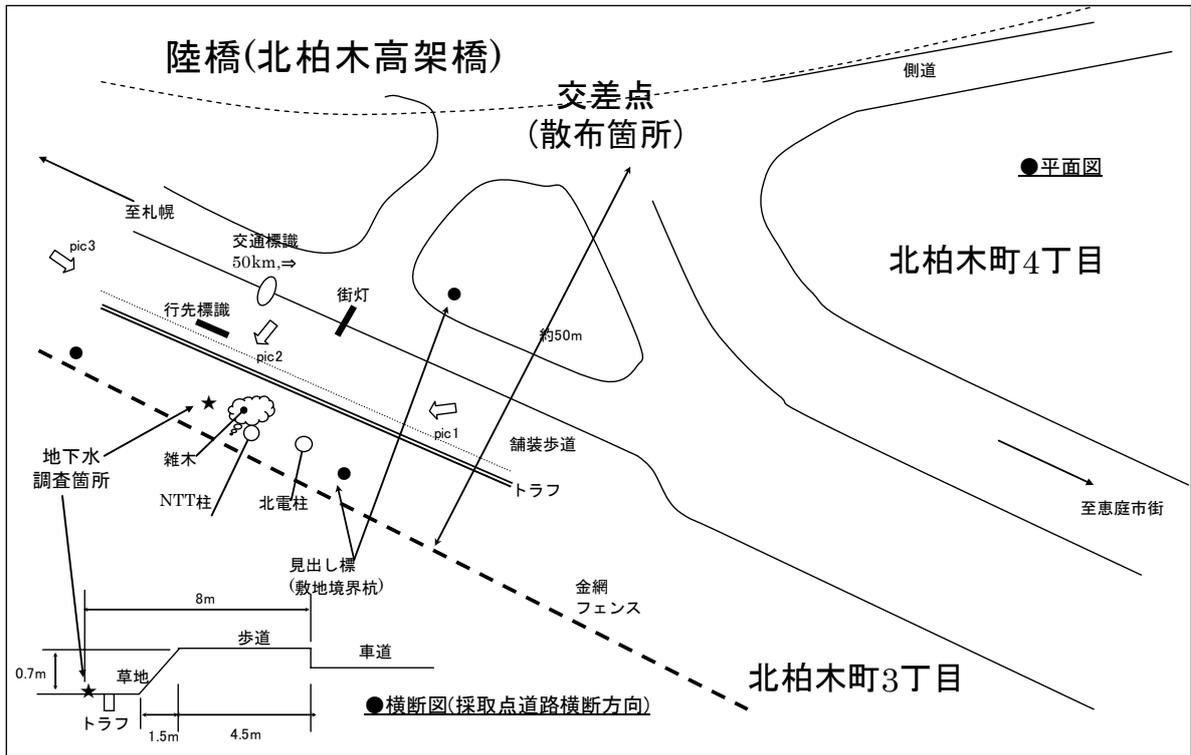


図5-2 調査地点図(恵庭)

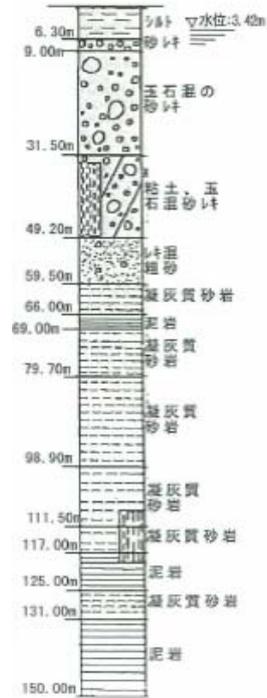
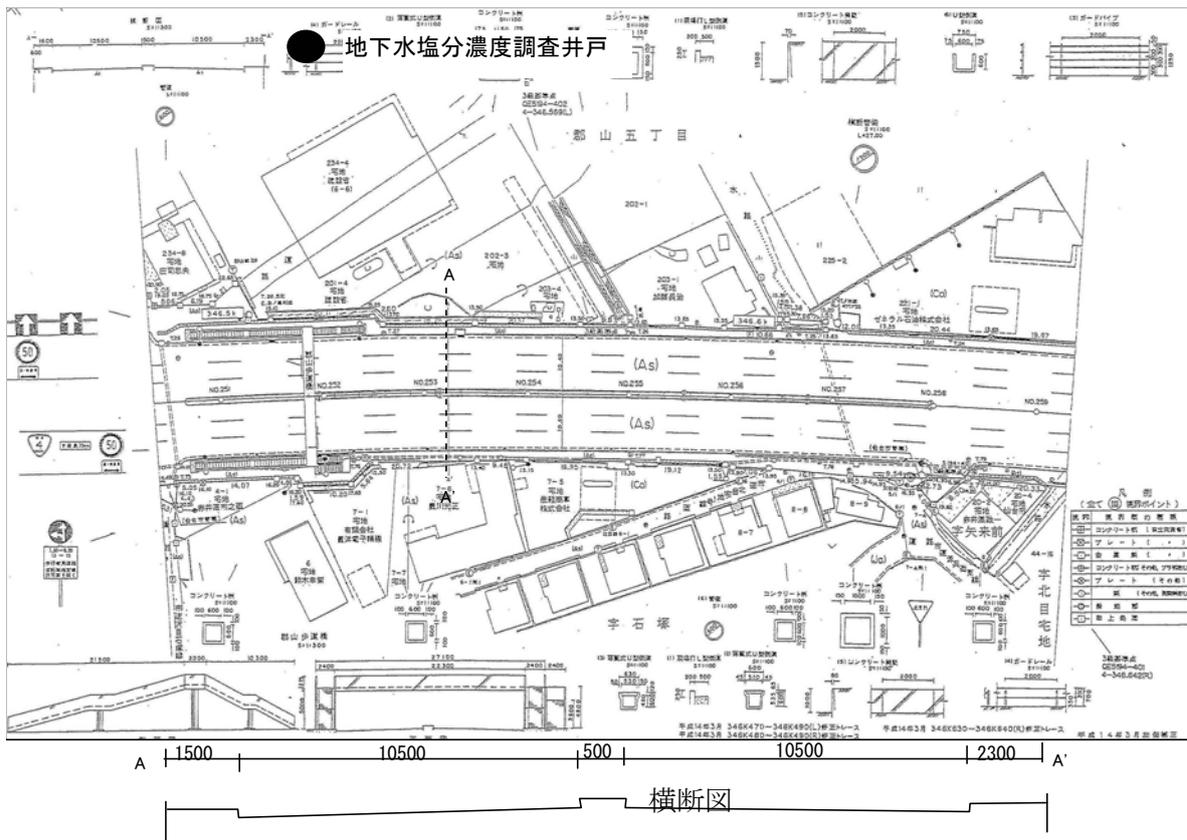


図5-3 調査地点図（仙台）

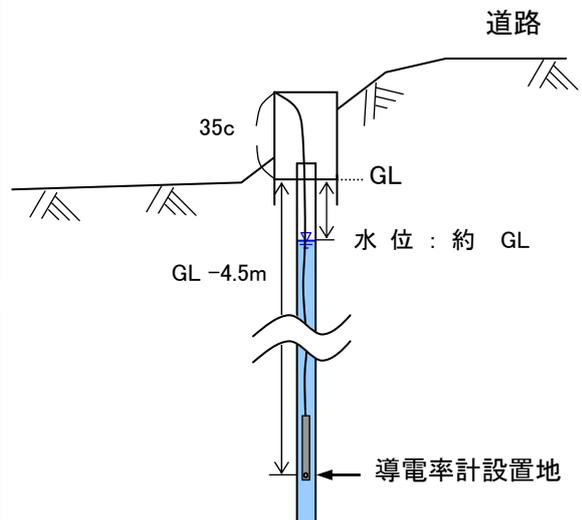
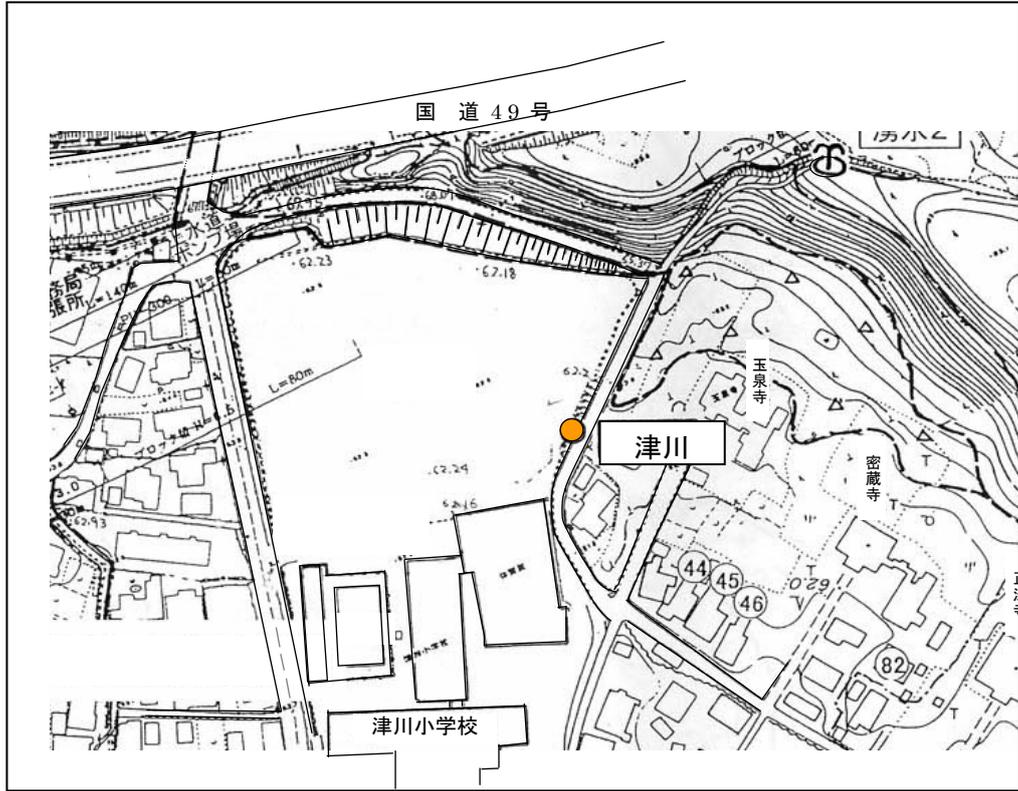


図5-4 調査地点図 (津川)

5.2 調査結果

(1) 連続観測結果

各調査地点での導電率の経時変化を図5-5から図5-7に示した。

調査地点での導電率の値を比較するために、周辺で実施されている公共用水域水質調査の地下水調査で実施されている導電率の値を示している。ただし、公共用水域水質調査の地下水は、調査年によって調査地点や調査頻度が異なるため近年5ヵ年程度をさかのぼり年平均値で示している。

各調査地点での状況は以下のとおりであった。

・北海道:恵庭

恵庭では、平成16年8月から平成18年4月末までの期間に連続観測を実施した。

平成16年の結果では、9月以降、導電率、水温ともほとんど変化が見られず、周辺での地下水調査結果と比較しても大きな変化は見られなかった。しかし、平成18年の観測では、凍結防止剤散布終了時期からその後の融雪期の3月に地下水中の導電率が約15 mS/m程度増加するのが観測された。この時期の地下水位は若干低下しており、水位の低下と相まって、地下水への凍結防止剤成分の流入の可能性が伺えた。しかし、導電率は4月下旬には低下しており、また、上昇時も周辺での公共用水域水質調査結果と比べ特に高い値ではなかった。

・東北:仙台

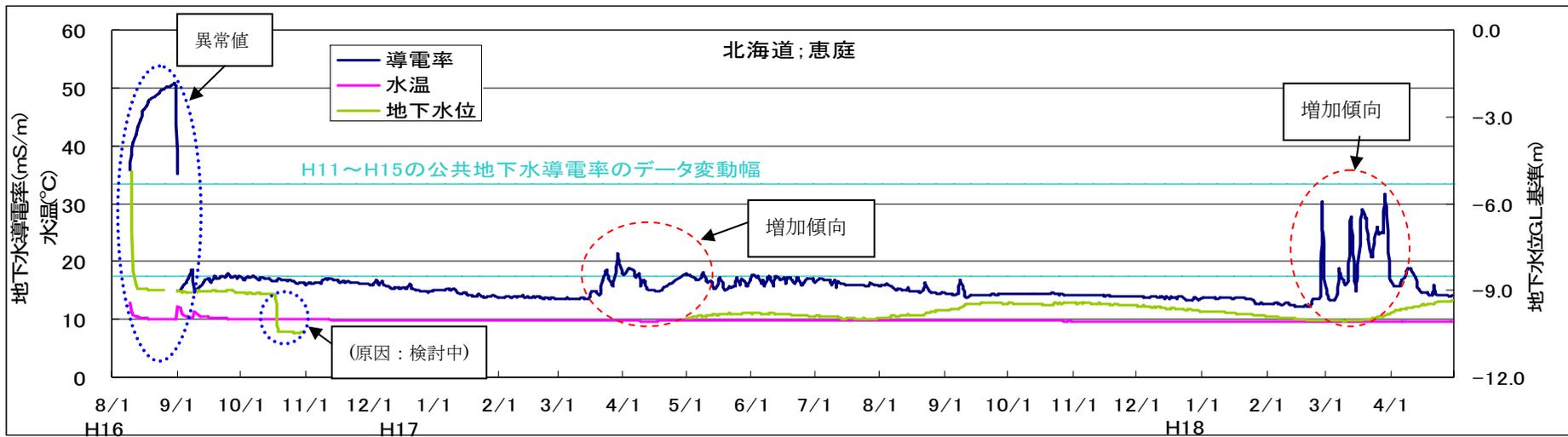
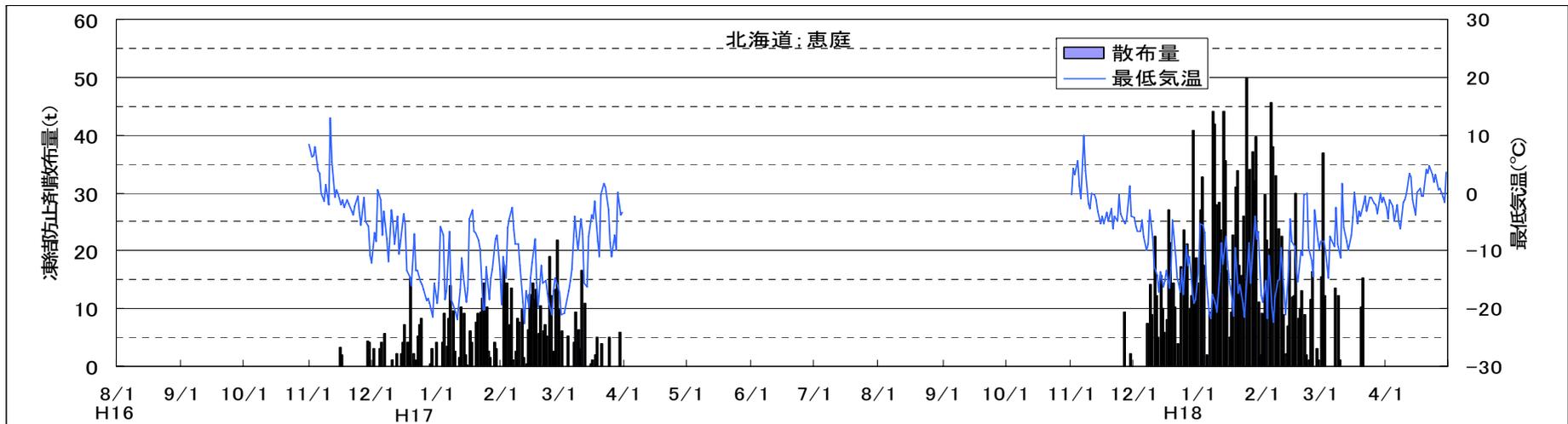
仙台では、冬期の凍結防止剤散布期間の平成16年12月から3月末までの期間に連続で観測を行った。導電率は冬期でも数値上昇が見られず、逆にわずかに減少する傾向が見られており、凍結防止剤散布の影響がでていないものであった。

数値レベルについては、周辺での導電率の観測実績がないため比較できなかったが、凍結防止剤の影響はないと考えられる。

・北陸:津川

津川では、平成16年8月下旬から平成18年3月中旬までの2ヵ年にわたり、凍結防止剤散布時期に連続観測を実施した。

津川では、夏期に導電率の変動が顕著であるが、凍結防止剤を散布する冬期には変動が少なく、夏期に比べ減少傾向を示した。特に4月以降の融雪期には年間で最小値を示した。しかし、冬期は減少傾向にあるが凍結防止剤散布後半期の2月・3月に減少傾向のなかでも約5 mS/m程度値が上昇する傾向が見られており、凍結防止剤散布による影響の可能性を捨てきれない。しかし、7月になると導電率が大きく上昇するので、原因は不明である。



公共地下水データ: 測定地点近傍で実施された公共用水域地下水調査結果を引用 (北海道庁)

図 5-5 地下水観測結果 (恵庭)

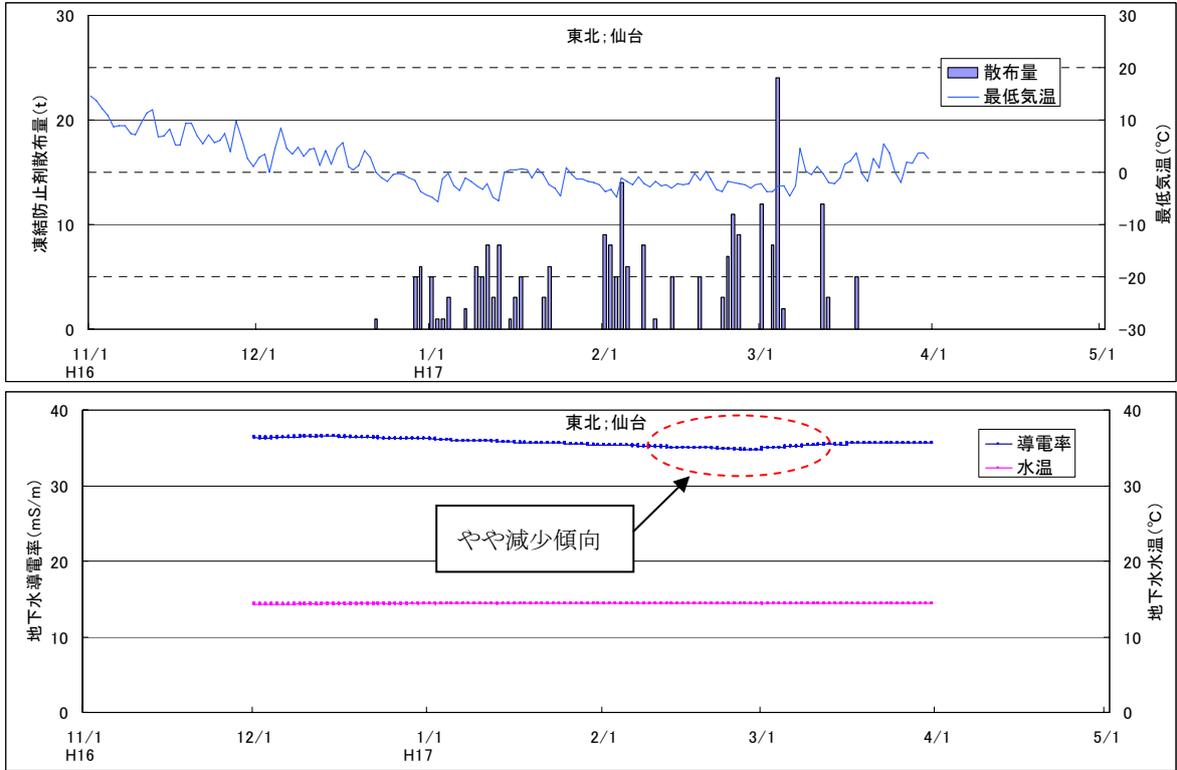
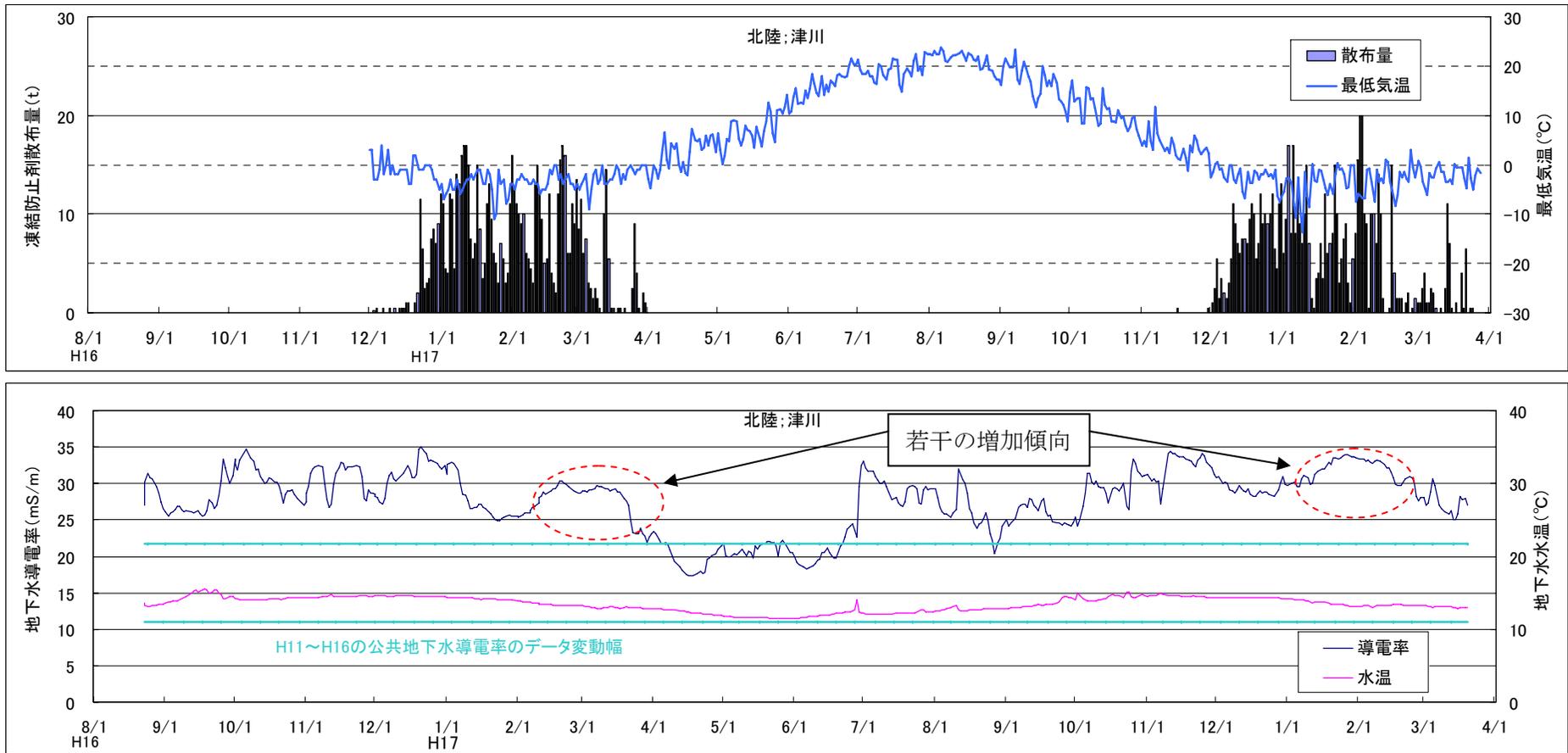


図 5-6 地下水観測結果 (仙台)



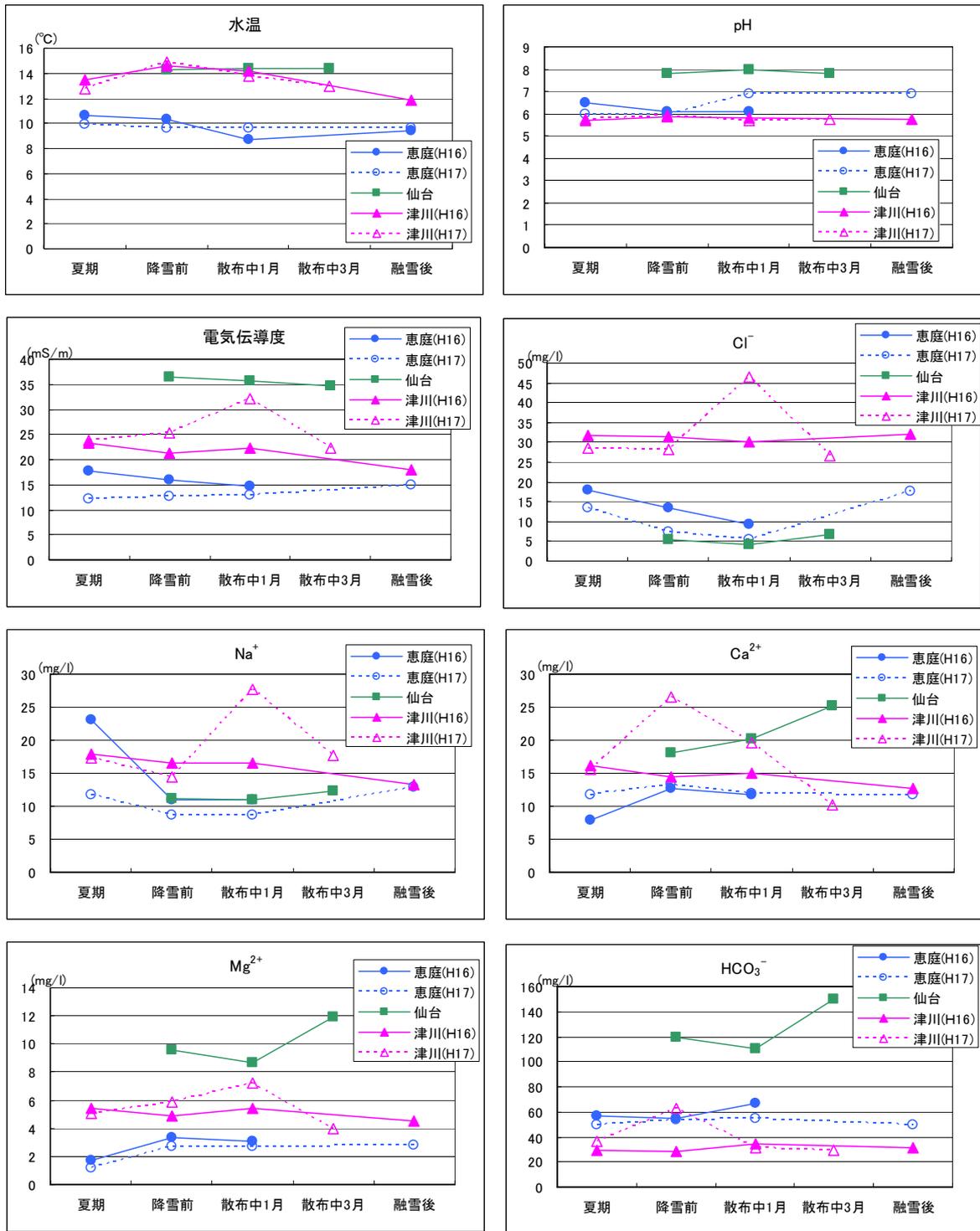
公共地下水データ：測定地点近傍で実施された公共用水域地下水調査結果を引用（新潟県）

図5-7 地下水観測結果（津川）

(2) 採水分析結果

連続観測期間中に実施した採水分析結果を図5-8に示した。

- ・ 恵庭では、融雪後に塩化物イオン濃度が 12 mg/l、ナトリウムイオン濃度が 4 mg/l 程度増加していた。当該地で多く使用されている塩化カルシウムと塩化マグネシウムの成分であるカルシウムイオンとマグネシウムイオンについては、ほとんど変化しない状況であった。
- ・ 仙台では導電率の連続観測同様に凍結防止剤の影響は見られていなかった。
- ・ 津川の平成 17 年度の観測では、導電率の上昇と同時期に塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度の増加が確認されており、凍結防止剤成分が地下水に流入している状況が確認された。
- ・ 恵庭や津川で塩化物イオン濃度の上昇が見られたが、恵庭で約 20mg/l、津川で約 45mg/l であり、水道水基準（200 mg/l 以下）に対し低い値であった。



* (年数) は年度を示す。

図5-8 採水分析結果

5.3 まとめ

(1) 調査結果のまとめ

地下水への影響調査結果をまとめると以下のとおりであった。

- ・ 凍結防止剤の影響はほとんどないものと考えられる。
- ・ 地下水の塩化物イオン濃度は、水道水基準（200 mg/l）を十分に満足するレベルであった。
- ・ 恵庭では、融雪期に導電率が約 15 mS/m 程度の増加が見られたが、4 月以降は低下した。
- ・ 津川では、散布時期に導電率が約 10 mS/m 程度の増加が見られたが、夏期に比べれば低い値であった。

(2) 今後の課題

今回の調査では、恵庭以外では地下水位の観測が同時に実施されていないため、水量の変化と導電率の変化の関係や周辺地域との比較ができていない。そのため今後の観測にあたっては以下のような課題が考えられる。

- ① 地下水位観測を合わせて実施
- ② 地下水の流れを考慮し、上流部・下流部での同時監視
- ③ 地下水位別の観測
- ④ 周辺の地質構図の把握
- ⑤ 観測井の構造の把握

第6章 まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、凍結防止剤の散布実態、凍結防止剤の飛散量に関する物質収支把握、飛散のメカニズム、全国での土壌塩分調査と沿道植物の現地調査を行い、凍結防止剤による土壌、植物および地下水への影響について検討した。

- ・凍結防止剤の散布による、沿道への影響を調査した結果、飛散は1～5mの範囲で見られ、飛散量は散布量の数%以下であった。
- ・全国42地点で実施した沿道土壌調査では、冬期に凍結防止剤の成分物質濃度が道路近傍で上昇する傾向が見られたものの、一時的な増加であり、植物(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結果となった。

このように、凍結防止剤散布による影響範囲や周辺土壌等へ影響について概ね把握されたものと考えられるが、植物の生育への影響や周辺の河川・地下水等の水域への影響については十分な知見が得られたとはいえない状況であった。したがって、さらに詳しく把握するために今後検討すべき課題を以下のようにまとめた。

(2) 今後の課題

①植物への影響について

沿道土壌調査42地点の周辺で実施した植物現地調査結果では、生育不良や損傷等が限定的に見られたが、沿道植物の生育不良の原因が凍結防止剤に起因するものか否かの明確な判断が出来なかった。したがって、植物への影響の有無を明らかにするためには、冬期の状況をよく確認すると共に、凍結防止剤散布終了後の春先から初夏にかけての植物の生育状況を詳細に観察する必要がある。その際には、散布の影響を受けない地点(バックグラウンド)との比較も合わせて行うものとする。

今後の検討にあたっては、以下のような視点が必要と考えられる。

- ・冬期の凍結防止剤の散布状況と植物への飛散等の直接影響の把握。
- ・植物の生育状況の詳細な把握。また春期以降の生育状況の差異の確認。
- ・飛散の影響を受けない植物との比較。

②地下水への影響について

地下水への影響調査では、恵庭の融雪期、津川の散布時に導電率の増加が見られたが一時的なものであり、凍結防止剤の影響はほとんどないと考えられた。しかし、水量の変化と導電率の変化の関係比較等の課題があり、今後同様の調査を実施する場合は、以下のような視点が必要と考えられる。

- ・伝導率の計測以外に地下水位観測を合わせた観測。
- ・地下水の流れを考慮し、上流部分及び下流部分での同時観測。
- ・周辺の地質構造を考慮した観測層の検討。

③河川への影響について

河川への影響調査については、調査事例も少なく、影響の有無が十分に把握されていないため、今後は評価レベルを検討等、新たな調査と検討が必要であると考えられる。

今後の検討にあたっては、以下のような視点が必要と考えられる。

- ・河川内の生態系にも配慮した評価レベルの検討。
- ・凍結防止剤の流入経路と河川内での拡散状況の把握。
- ・河川の流量と負荷量収支の確認。
- ・散布の影響のない水域との比較。

(なお、数少ない事例の一つとして過去に実施した河川域での調査結果の概要を参考として巻末に示した。)

④凍結防止剤散布量削減の工夫

安全な冬期道路交通の確保のために凍結防止剤散布は必要不可欠であるが、近年凍結防止剤は単位散布量や出動基準の見直し等により、様々な場所で散布量削減が試みられている。また、残留塩分濃度や摩擦係数、路面温度等により、効率的な散布量や散布タイミングを推定する方法も研究されている。これらの検討結果が実用されていくことにより、今後はより効率的な凍結防止剤散布や冬期道路管理が行われていくことが期待できる。しかし、今後多様化していくと考えられる凍結防止剤種類と散布方法については、それぞれ沿道に及ぼす影響について検討していく必要がある。

本報告書ではデータが少ないため触れられていないが、近年排水性舗装の施工が増えてきている。排水性舗装は凍結防止剤散布量が従来どおりであれば路外への飛散量は少なく抑えられるが、排水性舗装区間において凍結防止剤散布量を多く設定している場合も見受けられる。今後冬期道路管理の面では舗装種別と適正凍結防止剤散布量の検討が重ねられると思うが、その際沿道影響も考慮した上で検討されることを期待するものである。

最後に今回検討した結果は、今後一般の方々へ分かりやすく広報していき、共通の認識としていくことも課題の一つと考えている。

以 上

参 考

参考 河川への影響調査

1. 調査概要

(1) 目的

平成 12 年に地方整備局等において実施された凍結防止剤を散布した沿道における河川への影響の調査結果を整理し、現道における凍結防止剤散布と周辺河川への関係について検討した。

(2) 調査の概要

河川への影響調査は表 1-1、図 1-1 に示す 3 地点において平成 12 年に凍結防止剤散布の最盛期の 1 月～3 月に実施したものである。

表 1-1 河川への影響調査の調査地点と調査時期

調査地点名	ラウネナイ川	大堰川	広瀬川
都道府県名	北海道	岩手県	宮城県
調査道路	国道 36 号 (4 車線)	東北自動車道 (4 車線)	国道 48 号 (2 車線)
調査地点	kp8.17 付近	北上江釣子 I.C～花巻南 I.C kp469.056～KP469.530	kp35 付近
対象河川	石狩川水系 ラウネナイ川	北上川水系 大堰川	名取川水系 広瀬川
凍結防止剤	塩化ナトリウム 塩化マグネシウム 塩化カルシウム水溶液	不明	不明
流末位置	両岸	左岸	左岸
調査方法	排水口の上流、排水先直下、排水口下流に導電率計を設置し連続観測		
観測期間	平成 12 年 3 月 1 日～ 4 月 19 日	平成 12 年 1 月 26 日～ 3 月 25 日	平成 12 年 1 月 28 日～ 3 月 27 日
集水区間	不明	0.53km	0.19km

出典：「路面排水及び凍結防止剤の実態把握と公共用水域への影響検討業務」

注) ラウネナイ川：国道 36 号での散布剤は平成 16 年度実績

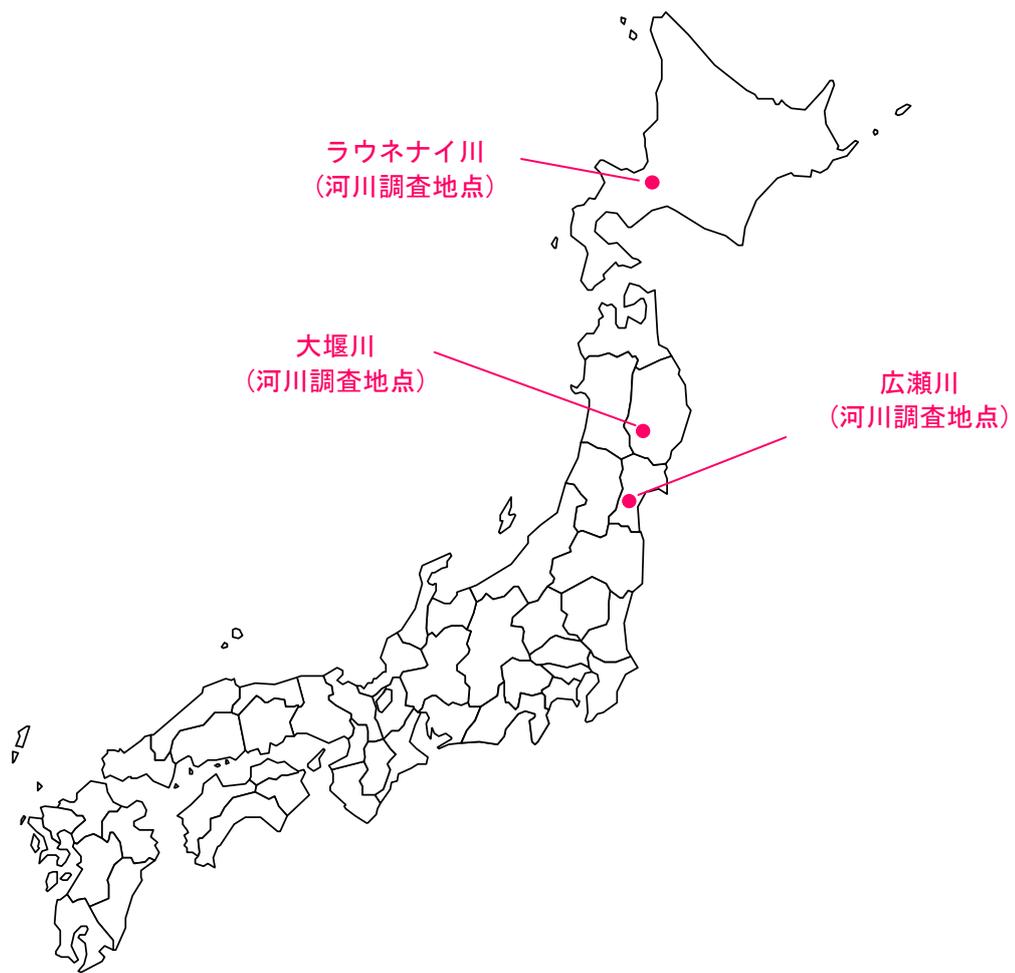


図 1-1 河川調査地点位置図

(3) 調査地点

各調査地点での詳細図を図 1-2 から図 1-4 に示した。

河川での導電率計の設置地点は、道路からの排水口直下、排水口の上流及び排水口の下流の 3 地点とした。

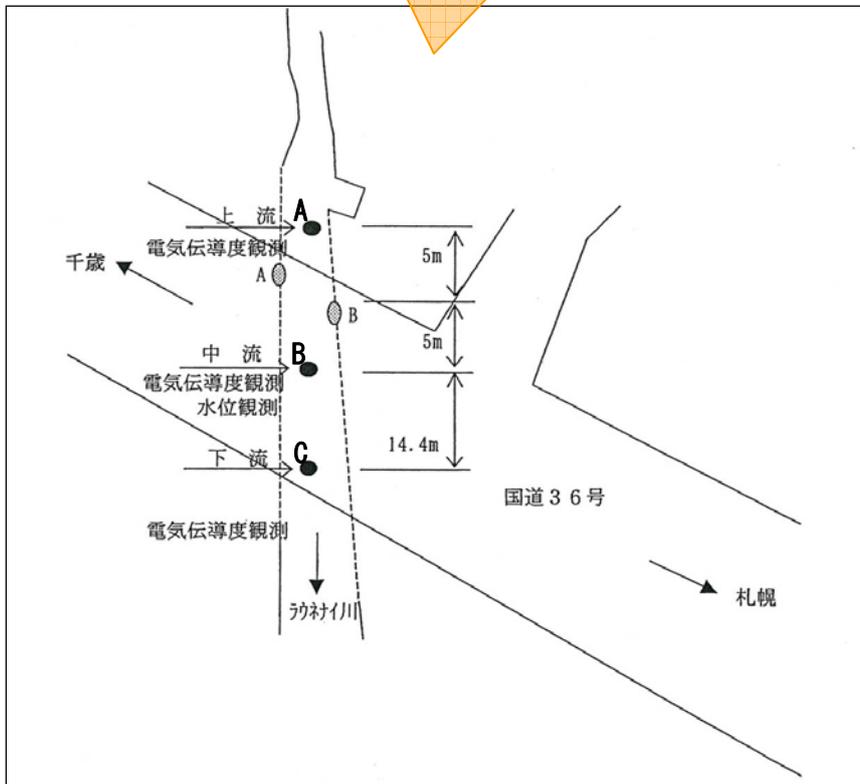
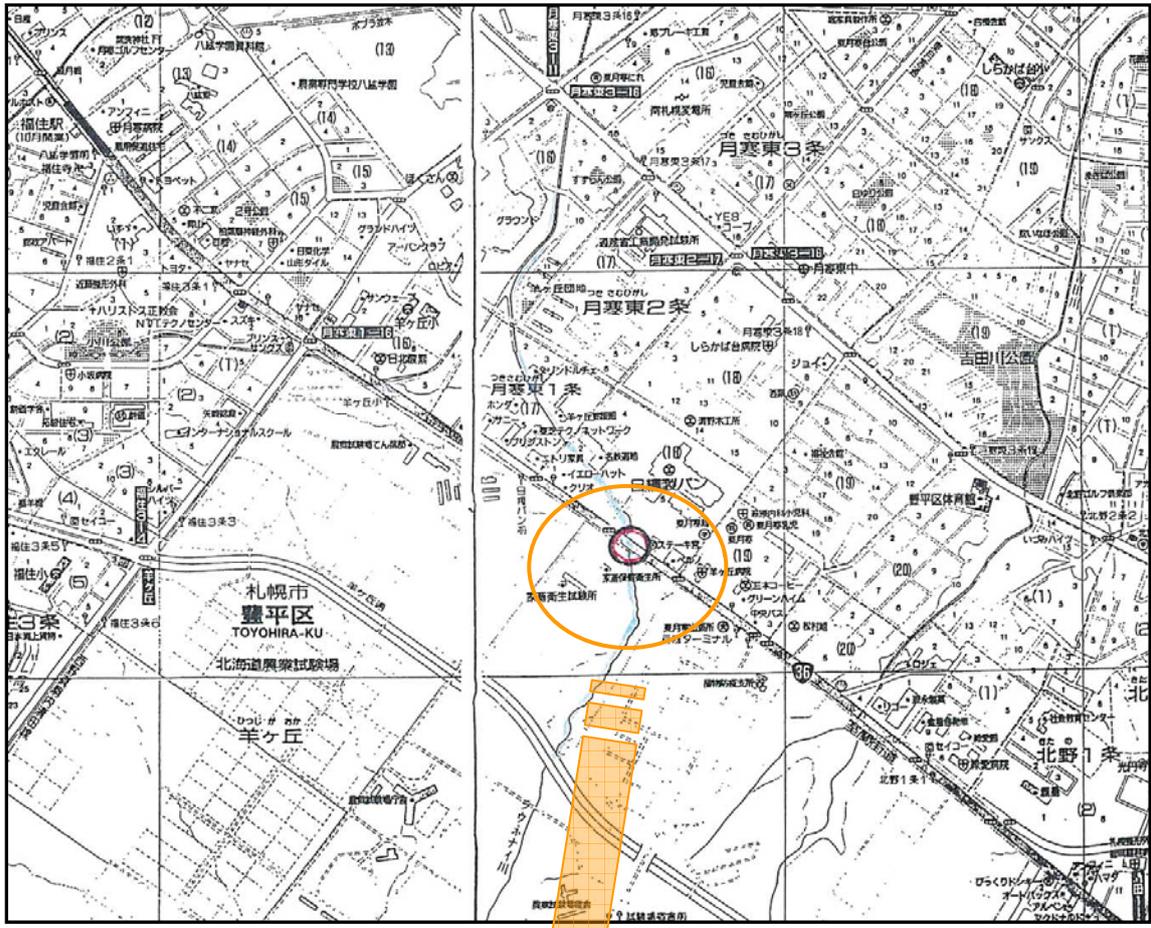


図1-2 調査地点図（ラウネナイ川：北海道：国道36号）

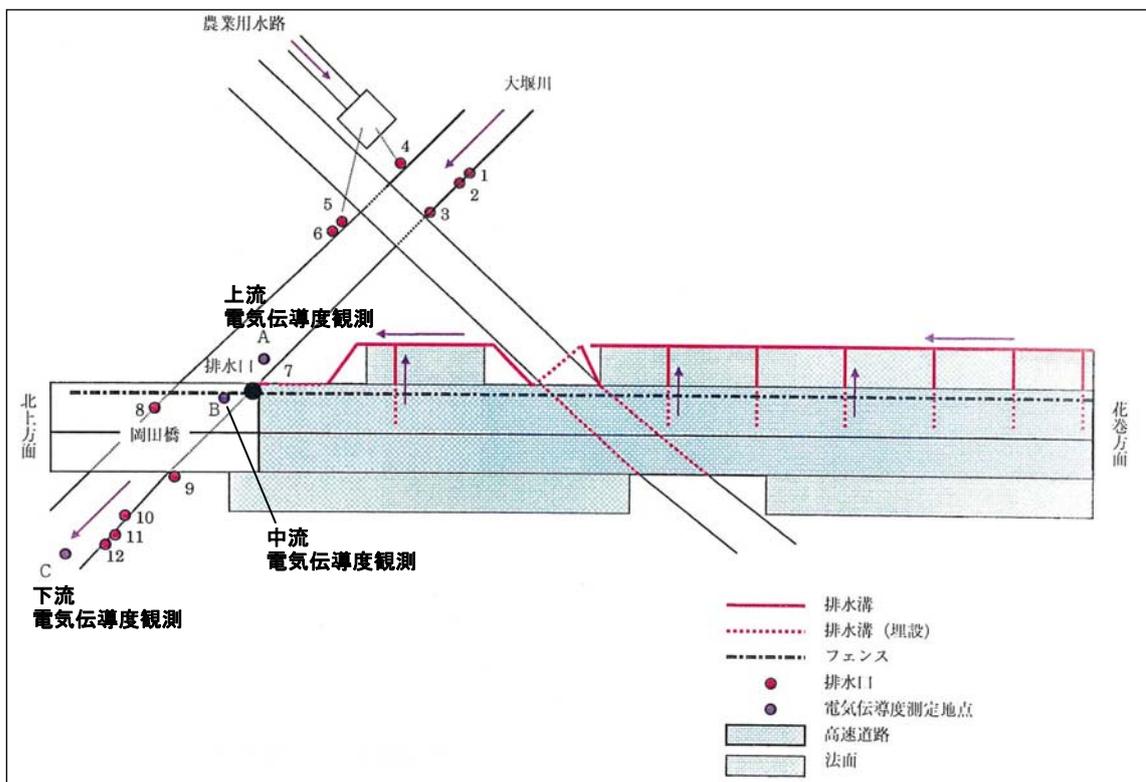
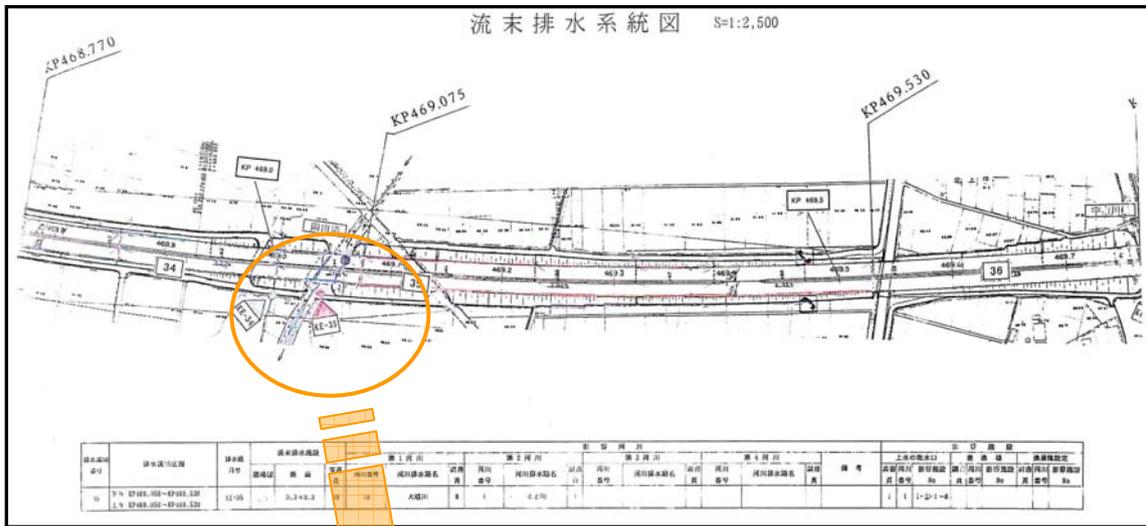


図 1-3 調査地点図 (大堰川：岩手県：東北自動車道)

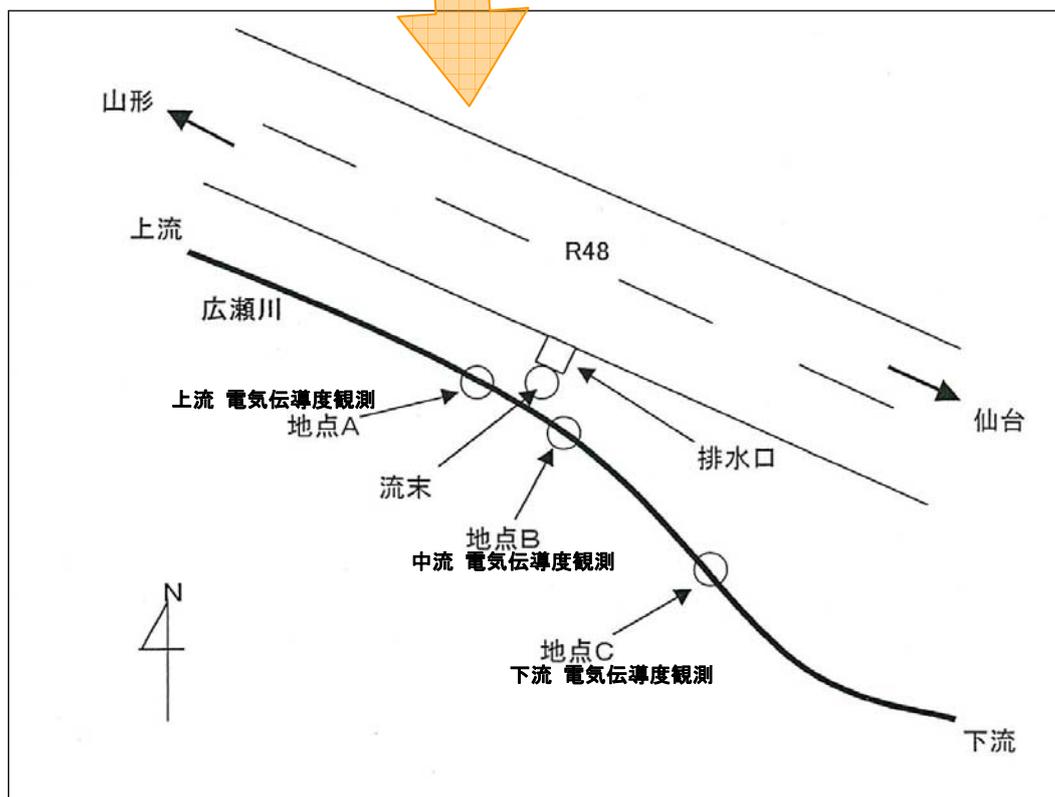
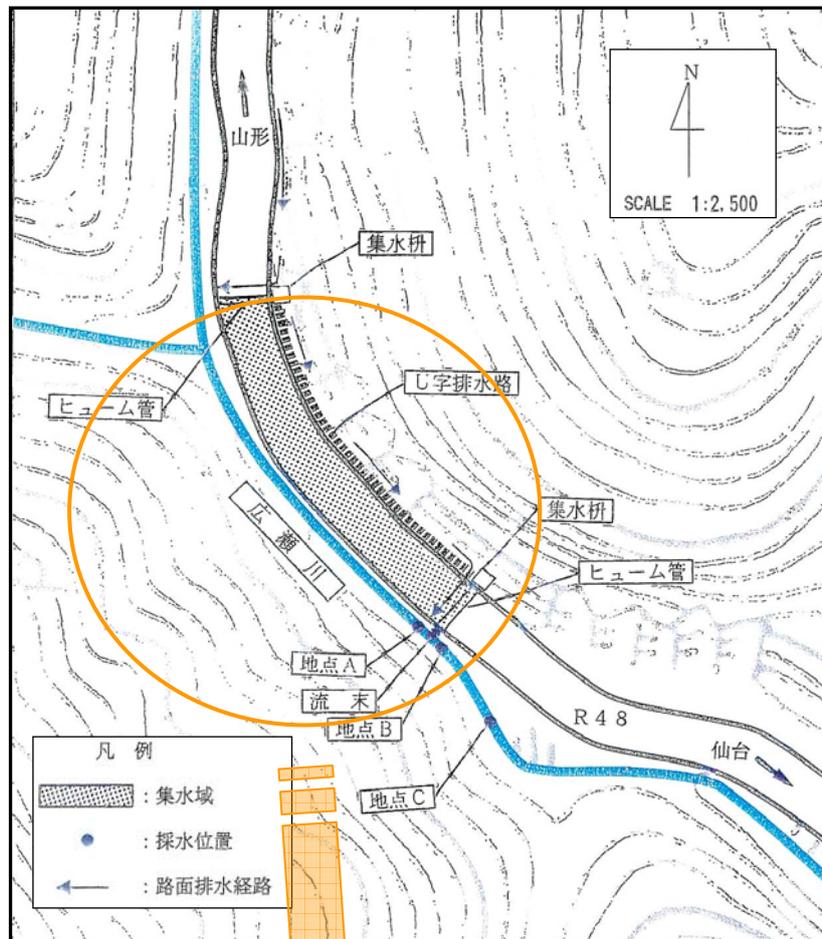


図 1-4 調査地点図 (広瀬川 : 宮城県 : 国道 48 号)

2. 調査結果

(1) 河川水中の塩化物イオン濃度について

既存の資料から求めた凍結防止剤の成分の塩素イオン濃度と魚類等への影響について表2-1に示した。

50%致死濃度で見ると魚類ではコイやドジョウが比較的低い値である。しかし、プランクトンのミジンコ類では3500 mg/lと魚類より低い値となっている。

許容濃度については、明確な値は示されていないが嫌忌極値としてヤマメが600～1800 mg/lとされている。

日本道路公団で実施したニジマスの実験では50%致死濃度の1/10の濃度で飼育した結果、異常が全く見られなかったことから50%致死濃度の1/10を許容濃度と推測できるとしている。

この事から河川への影響の評価としては、50%致死量が最小値であるミジンコ類の1/10の値(350 mg/l)を評価レベルとした。

表2-1 魚類等への影響にかかる塩化物イオン濃度（参考値）

魚種等	許容濃度 (mg/l)	50%致死濃度* (mg/l)	参考文献
ニジマス	(1,060)	10,600	「凍結防止剤の魚類ニジマスに対する影響報告書」(S60.3) 日本道路公団試験所 (財)食品農医薬品安全評価センター *50%致死濃度(NaCl): 17,500 (mg/l)
コイ	(850)	8,500	「水生生物と農業」急性毒性資料編(1978) 田中 二良 編集 *50%致死濃度(NaCl): 14,000 (mg/l)
ドジョウ	(850)	8,500	同上 *50%致死濃度(NaCl): 14,000 (mg/l)
ヒメダカ	(1,150)	11,500	同上 *50%致死濃度(NaCl): 19,000 (mg/l)
ヤマメ	嫌忌極値 600～1,800	18,100	「汚染生物学」(1964) 津田 松苗 著 *致死量(NaCl): 30,000 (mg/l) *嫌忌極量(NaCl): 1,000～3,000 (mg/l)
ミジンコ類	(350)	3,500	「水生生物と農業」急性毒性資料編(1978) 田中 二良 編集 *50%致死濃度(NaCl): 5,700 (mg/l)

*50%致死濃度：魚毒性試験における半数致死濃度(LC₅₀)。LC₅₀が一般的だが、代わりにTLmが用いられることがある。

TLm=Median Tolerance Limit

(注1) 表中の「50%致死濃度」は、参考文献による塩化ナトリウムの50%致死濃度から塩化物イオン濃度を算定したものである。

(Cl算出濃度) = NaCl濃度 × Cl/NaCl = NaCl濃度 × 35/58

(注2) 「許容濃度」は、「50%致死濃度」の1/10濃度とした。これは、ニジマスの参考文献である「凍結防止剤の魚類ニジマスに対する影響報告書」において、亜急性毒性試験(急性試験の50%致死濃度から対象魚種が安全に生育していける被験物質の適用濃度を決定する試験)において、1/10濃度で3週間飼育した結果、異常な所見は全く認められなかったことから、1/10濃度以下であれば十分に順応しうるものと考えられたことによる。但し、ヤマメについては、参考文献での「嫌忌極量」とした。

(2) 連続観測結果

各調査地点の調査期間中の凍結防止剤の散布の多い時期の観測結果を図 2-1 から図 2-3 に示した。

各地点とも、凍結防止剤散布後に道路からの排出先の河川で塩化物イオン濃度が増加する傾向を顕著に示している。各地点別の特徴は以下のとおりである。

・ラウネナイ川

凍結防止剤散布の 5～8 時間後に排出口中流（B 地点）の河川内で塩化物イオン濃度が一時的なピークを示すが、ピーク発生後 3 時間程度で通常状態に戻る。ラウネナイ川では、排出口上流部（A 地点）でも同様にピークを示し、さらに排出口下流（C 地点）より高くなる状況が多く、上流域での凍結防止剤散布の影響を受けているか、その他の何らかの要因が加わったものと考えられる。

・大堰川

凍結防止剤散布直後に排出先の河川内（B 地点）で塩化物イオン濃度が一時的なピークを示す。ピーク後 2～3 時間で平常状態に戻る。排水口上流部（A 地点）で濃度変化は見られておらず、上流域での凍結防止剤の散布の影響はほとんど受けていないものと考えられる。

・広瀬川

凍結防止剤散布直後に排出先の河川内で塩化物イオン濃度が一時的なピークを示す。ピーク後 2～3 時間で平常状態に戻る。排水口上流部では排水口直下（B 地点）や下流（C 地点）より濃度は低いものの、凍結防止剤散布時期に増加傾向があり、周辺道路での散布の影響を受けているものと考えられる。

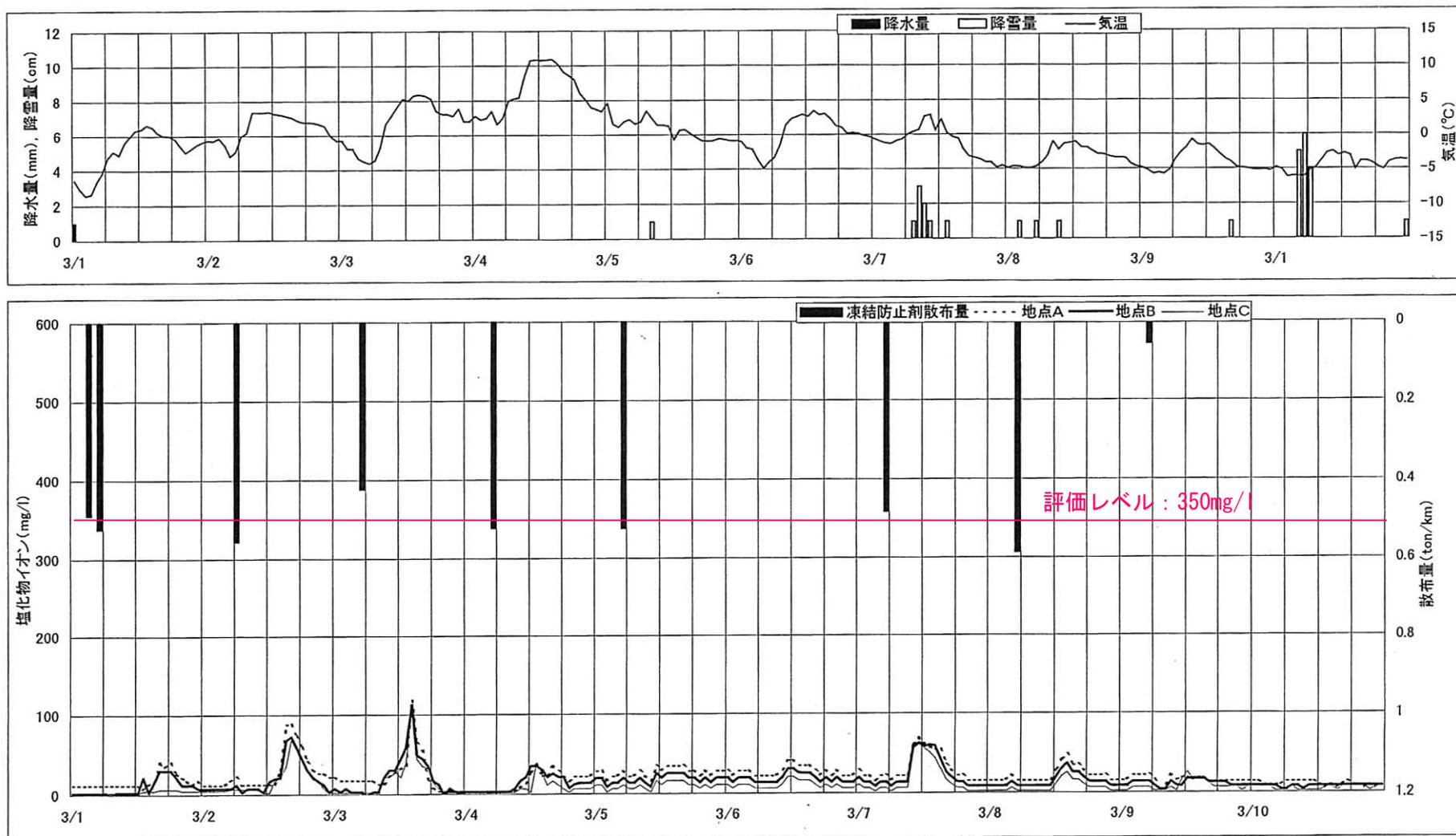


図2-1 凍結防止剤の散布と路面排水、河川の塩化物イオン濃度の状況（ラウネナイ川）

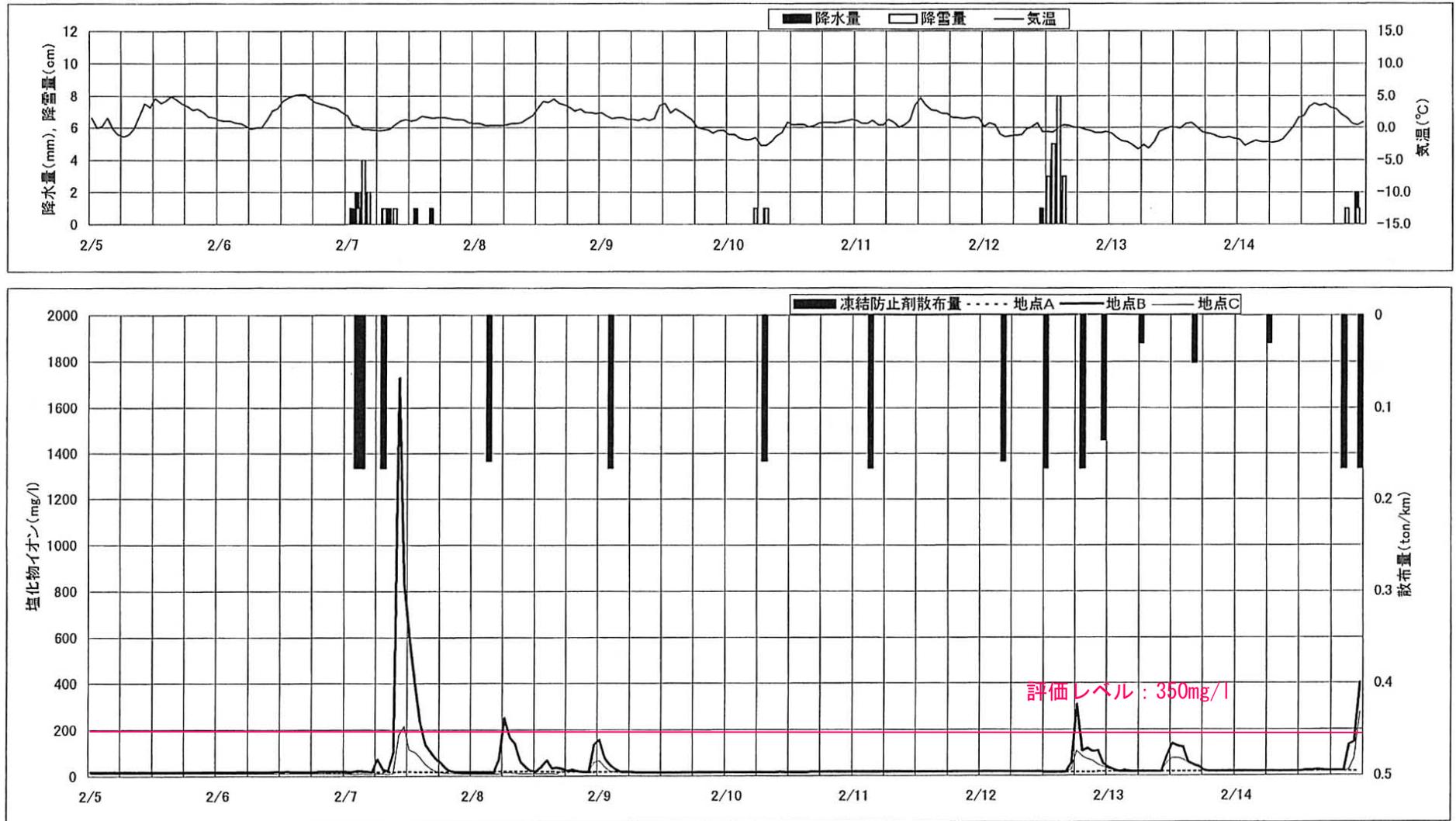


図 2-2 凍結防止剤の散布と路面排水、河川の塩化物イオン濃度の状況 (大堰川)

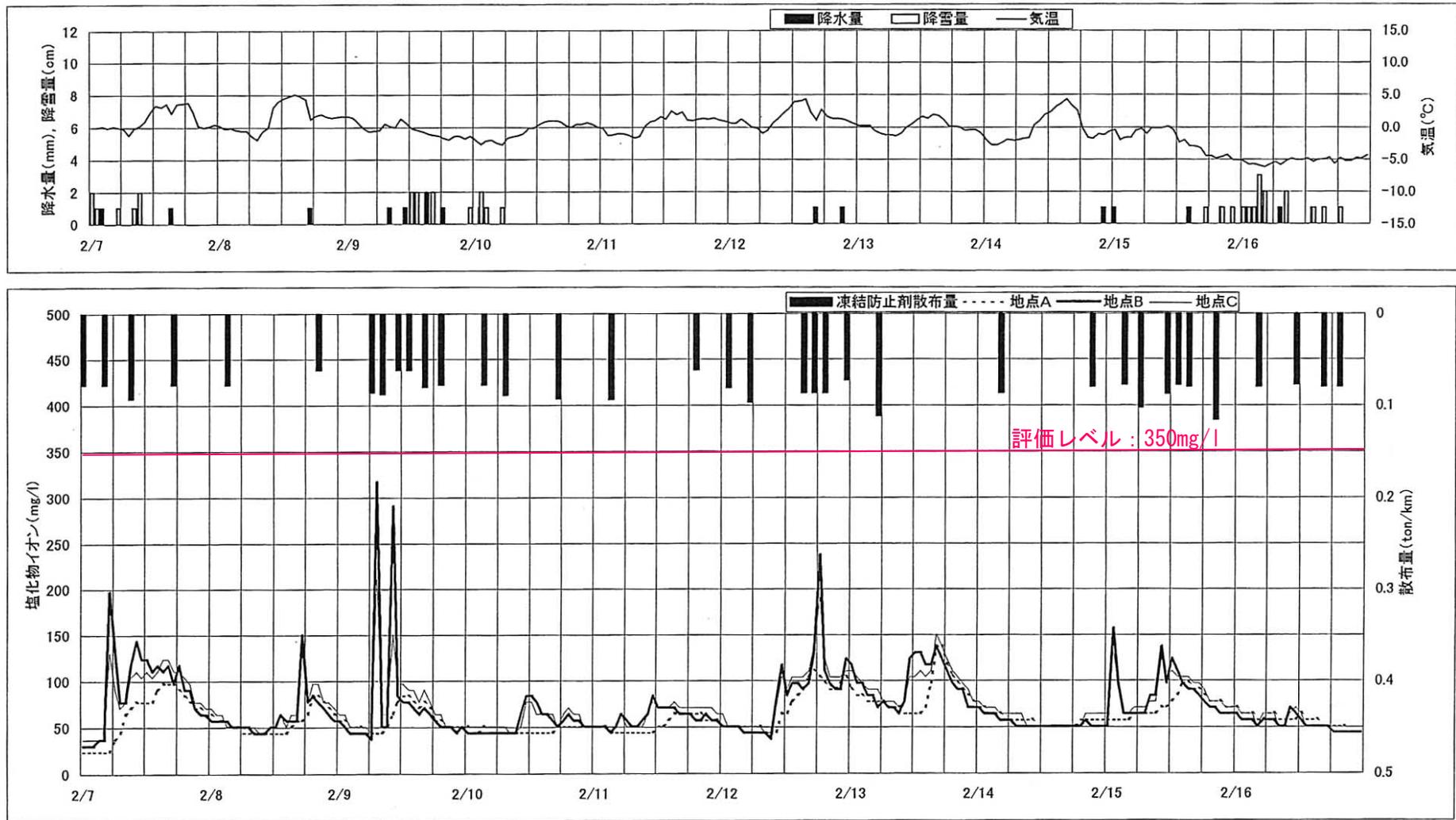


図 2-3 凍結防止剤の散布と路面排水、河川の塩化物イオン濃度の状況（広瀬川）

(3) 観測期間中の発生分布状況

文献による水生生物の50%致死濃度から推定した許容濃度のうち、最も低いミジンコ類の許容濃度350 mg/lを評価レベルとし、観測期間中の各調査地域の上流部(A)、排水口直下(B)、下流部(C)における濃度別の発生頻度を表2-2および図2-4から図2-6に示した。

大堰川では観測期間中に4回、河川中の濃度が350 mg/lを越える状況が見られている。350 mg/lを超えた時期のピーク発生前24時間の散布量が約0.4 t/kmを超え且つ、直前に降雪や降雨が重なった場合である。

ラウネナイ川や広瀬川では350 mg/lを超える状況は見られなかった。

表2-2 観測期間中の地点別発生頻度

調査地点	観測地点	最大値(mg/l)	350 mg/l 超過頻度
ラウネナイ川	A	117	無
	B	113	無
	C	107	無
大堰川	A	28.7	無
	B	1730	4回
	C	272	無
広瀬川	A	277	無
	B	317	無
	C	271	無

注) A : 排水口上流、B : 排水口直下、C : 排水口下流

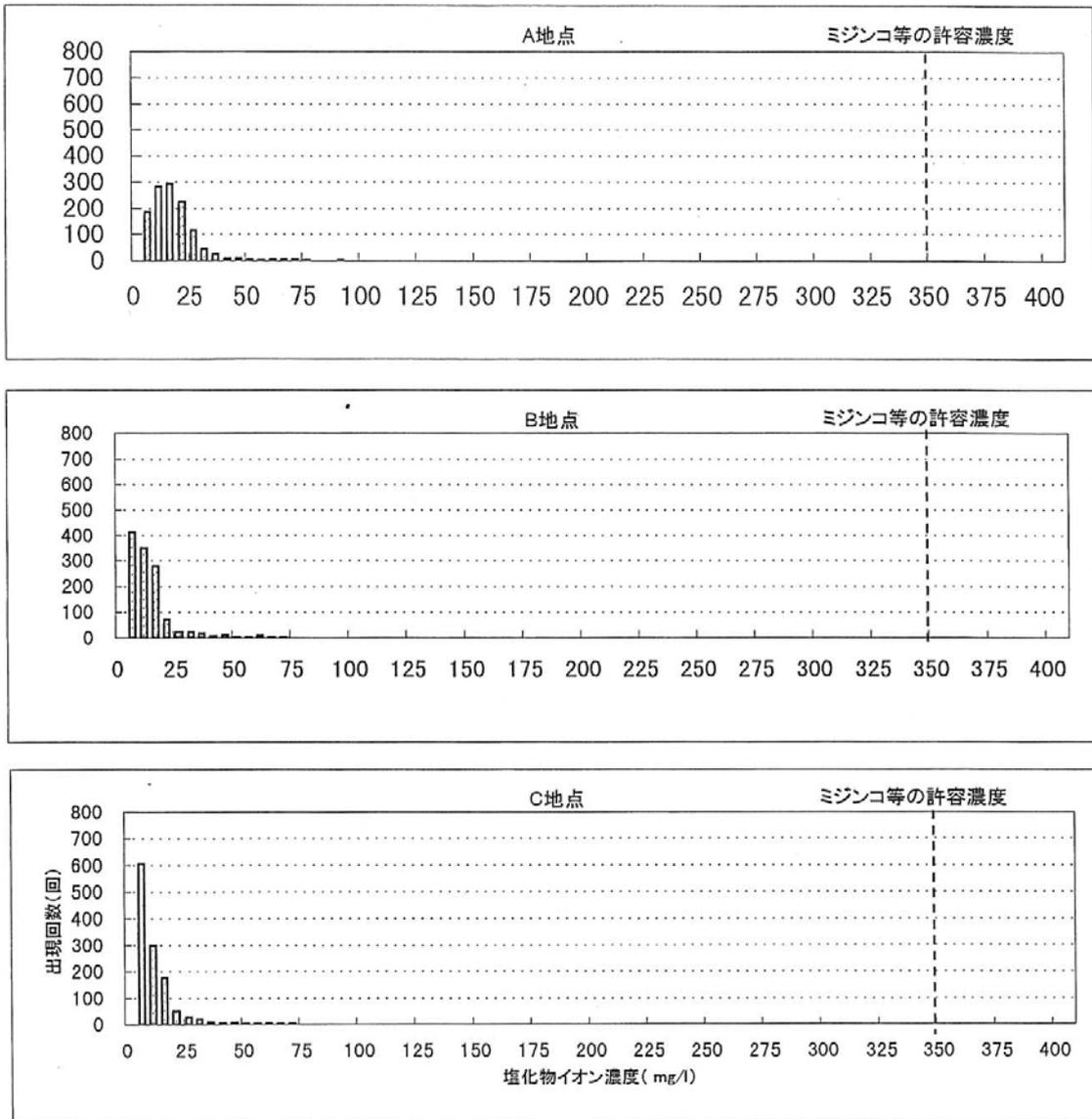


図 2-4 塩化物イオン濃度出現頻度 (ラウネナイ川)

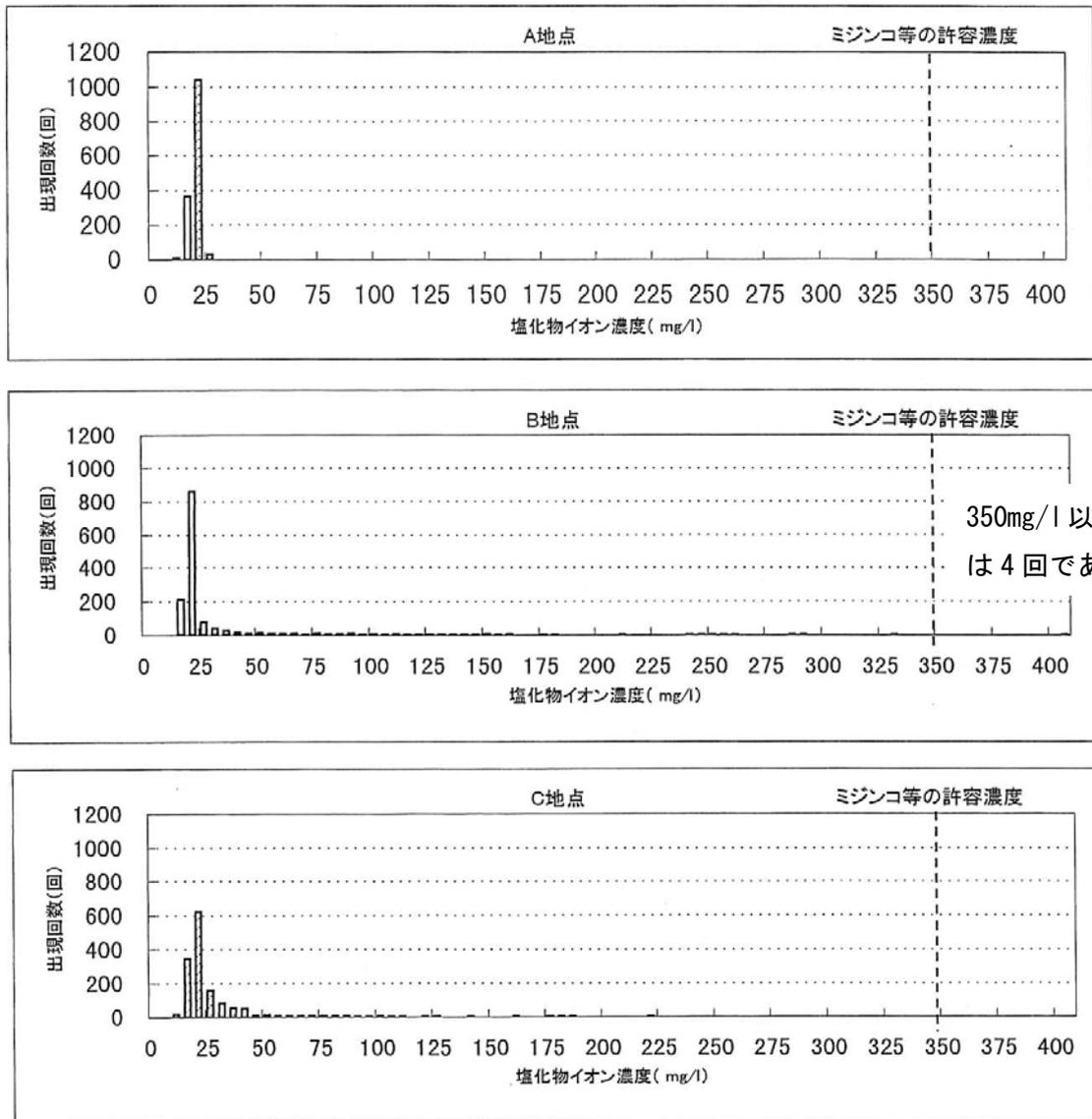


図 2-5 塩化物イオン濃度出現頻度 (大堰川)

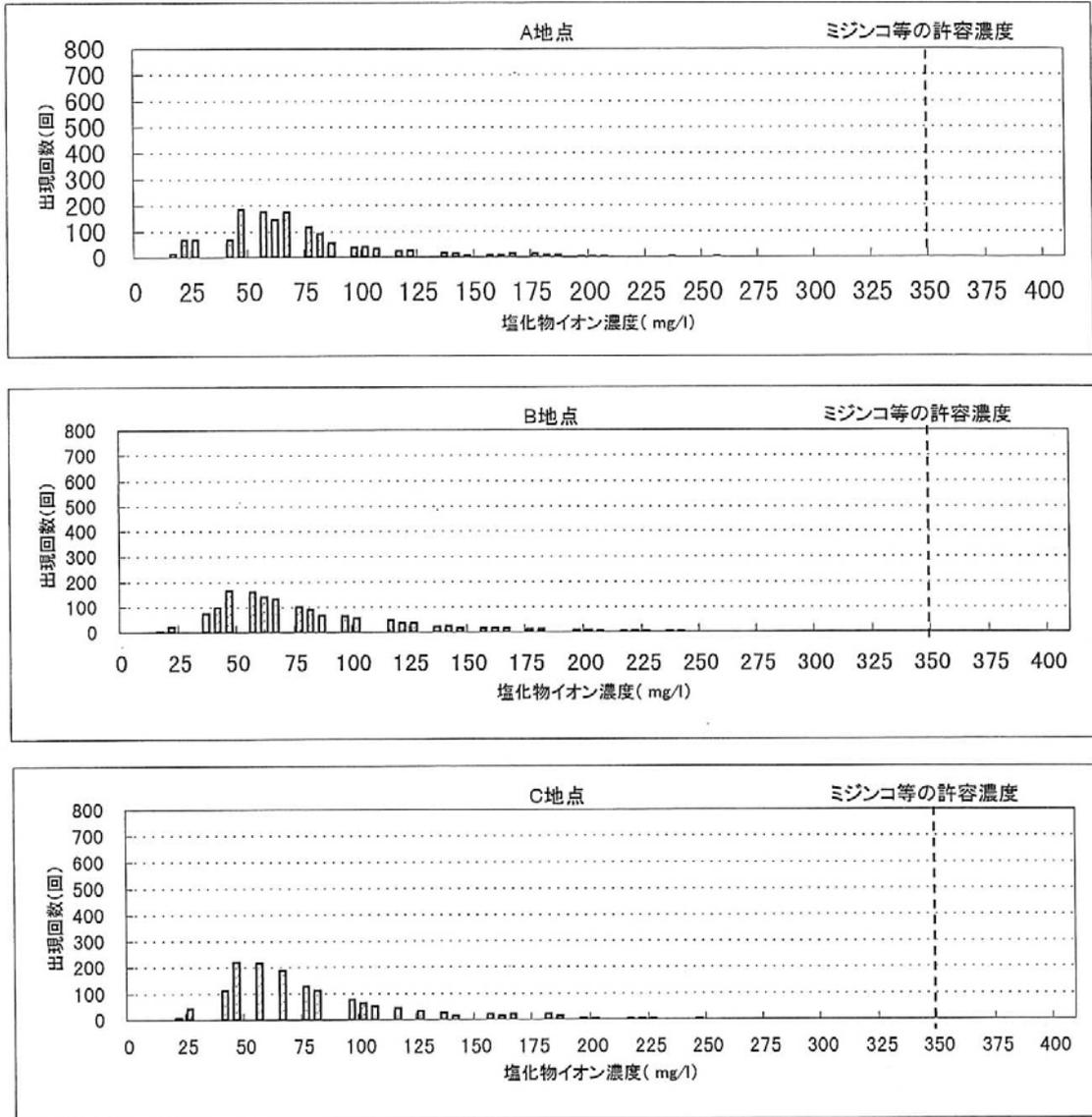


図 2-6 塩化物イオン濃度出現頻度 (広瀬川)

3. まとめ

(1) 調査結果のまとめ

河川での調査結果をまとめると以下のとおりであった。

- ・ 河川水質への影響は小さいものと考えられる。
- ・ 凍結防止剤散布後数時間内で河川への流出が見られるが、一時的な現象で、ピーク後数時間で平常状態に戻った。
- ・ 評価レベルを超える事例もあったが、一時的かつ局所的な現象と考えられる。

(2) 今後の課題

今回の調査では、道路からの排出先下流部でも凍結防止剤の影響が確認されていたが、影響範囲については不明である。そのため、今後の観測にあたっては、以下のような課題が考えられる。

- ①観測ポイントを詳細に見る必要がある。
- ②各河川の流量、流速、排出量の観測が必要である。
- ③河川への影響を評価する地点の検討が必要である。

評価レベルを超えた地点については、塩水と淡水がすぐに混ざらないため、塩分の濃い部分を採取してしまった可能性がある。

- ④評価レベル設定方法の再検討が必要である。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILM
No.412 July 2007

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675