

函館開発建設部における濃縮海水を利用した冬期路面管理の検討

- 濃縮海水の散布効果に関する試験調査

宮本 修司* 小沢 宏行** 舟橋 誠*** 高橋 尚人**** 浅野 基樹*****

1. 調査の目的

スパイクタイヤ使用規制以降、塩化物等の凍結防止剤の散布量は増加を続け、平成14年度（2002年度）には過去最高の約5万5千トンに達し、つるつるの路面が発生しなかった平成3年度（1991年度）の約35倍に達した（図-1）。このような散布量の増大は、道路の維持管理費用の増加要因となっている。

そこで冬期路面管理コストの縮減を目的に、無尽蔵に存在する海水を利用した冬期路面管理が可能かどうかについて検討を行った。

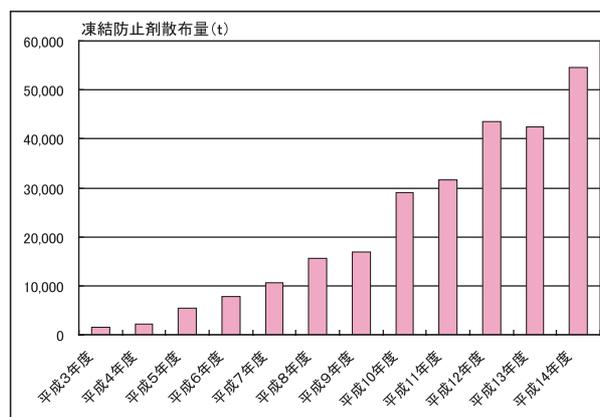


図-1 北海道開発局における凍結防止剤散布量

2. 海水の水質

環境に有害な物質を散布することはできないため、海水を道路に散布する場合については、凍結防止剤の有害物質の含有に関する規定に準ずることが適当と考えられる。凍結防止剤の場合、環境上の有害物質について、水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第3条第3項の規定に基づき定められる「排水基準を定める省令」（昭和46年総理府令第35号）の別表第一に定める有害物質（揮発性物質を除く）の種類、許容限度（一律排水基準）を適用することが適当と考えられる¹⁾。また一律排水基準では水質汚濁防止上不十分と認められる水域については、都道府県が本法に基づき条例により、厳しい許容限度を定めて（上乘せ排水基準）あり²⁾、該当する地域ではこちらの基準に従う必要がある。函館開発建設部管内においては、函館海域と大沼水系が、上乘せ排水基準対象地域となっているため、該当する地域ではこちらの基準に従う必要がある。

表-1 排水基準別表第一に定める有害物質の種類及び許容限度

番号	有害物質の種類	一律排水基準に定める許容限度	上乘せ排水基準に定める許容限度（函館海域・大沼水域）
1	カドミウム及びその化合物	1Lにつきカドミウム0.1mg	1Lにつきカドミウム0.01mg
2	シアン化合物	1Lにつきシアン1 mg	検出されないこと
3	有機燐化合物（パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトド及びEPNに限る）	1Lにつき1 mg	検出されないこと
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	1Lにつき六価クロム0.05mg
6	砒素及びその化合物	1Lにつき砒素0.1mg	1Lにつき砒素0.05mg
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	1Lにつき水銀0.0005mg
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8 mg	
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100mg	

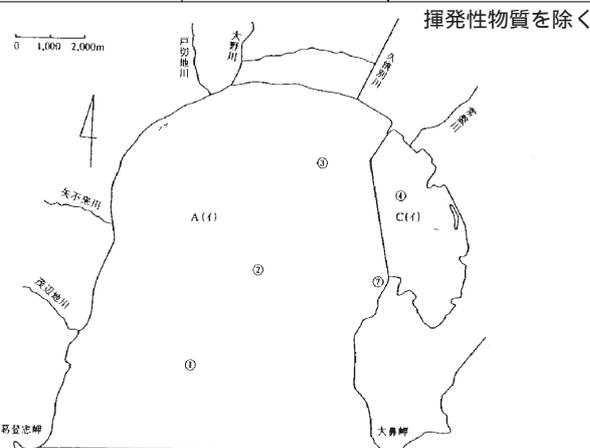


図-2 函館港湾内の水質試験実施地点

北海道における公共用水域については、北海道環境生活部環境室環境保全課で定期的に水質調査を行っており、この中で港湾関係についても実施している。

表-2 に平成12年度における函館港湾内の水質調査結果を図-2 に水質試験の実施地点を示す³⁾。この調査結果より、函館港湾内の海水は、散布に当たって水質的に支障とはならないと考えられる。しかしながら、凍結防止剤の規定にある物質の一部が実施されていないため、散布に当たっては補足調査が必要である。

表 - 2 函館港湾内の水質試験結果 (参考文献 2 より)

番号	有害物質の種類	地点									
		7月4日	10月23日								
1	カドミウム及びその化合物	0.001mg/1未満									
2	シアン化合物	0.1mg/1未満									
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E P Nに限る。)										
4	鉛及びその化合物	0.005mg/1未満									
5	六価クロム化合物	0.02mg/1未満									
6	砒素およびその化合物	0.005mg/1未満									
7	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.0005mg/1未満									
8	アルキル水銀化合物										
9	P C B			0.0005mg/1未満	0.0005mg/1未満			0.0005mg/1未満	0.0005mg/1未満		
10	チウラム			0.0006mg/1未満	0.0006mg/1未満			0.0006mg/1未満	0.0006mg/1未満		
11	シマジン			0.0003mg/1未満	0.0003mg/1未満			0.0003mg/1未満	0.0003mg/1未満		
12	チオベンカルブ			0.002mg/1未満	0.002mg/1未満			0.002mg/1未満	0.002mg/1未満		
13	セレン及びその化合物			0.002mg/1未満	0.002mg/1未満			0.002mg/1未満	0.002mg/1未満		
14	ほう素及びその化合物										
15	ふっ素及びその化合物										
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			0.05mg/1未満	0.05mg/1未満			0.05mg/1未満	0.05mg/1未満		

3. 海水の利用方法と試験内容の検討

海水を利用した冬期道路管理方法として、海水を直接道路に散布する方法と海水を濃縮して濃い塩水 (以下濃縮海水と記す) を作り散布する方法が考えられる。

また散布方法として、散水車で散布する方法と定置式の自動散布装置で散布する方法の2通りが考えられる。

3. 1 海水の直接利用

海水を直接散水車で散布する場合、海水の塩分濃度は約3%であることから、冬期路面管理マニュアル(案)³⁾で提案している30g/m²の塩分を散布するためには、約1,000ml/m²の散布が必要である。この散布量を5,500ℓの散水車で散布すると散布可能延長は約1.8km (散布幅3m)、同様に10,000ℓの散水車で散布すると散布可能延長は約3.3kmとなる。これに対して、2.5m³湿式散水車で塩化ナトリウムを散布する場合、一回当たり約2tの塩化ナトリウムを積載するので、散布可能延長は、約22km (30g/m²)となる。このことから、海水を散水車で直接散布する場合には、現状と比較して5,500ℓの散水車を使用した場合には10倍以上、10,000ℓの散水車を使用した場合でも約7倍の頻度での補給作業が必要となる。補給作業にかかる時間は、回送時間や補給施設の種類によって異なるが、このような頻繁な補給作業は散布の大きな支障となる。

そのため海水を直接利用する場合には、定置式の自

動散布装置で行うことが望ましいと考えられる。海水を直接道路に散布する方法については、青森県等で海水を直接道路に散水する散水消雪パイプの施工事例がある。そこで青森県と北海道の各都市の気象条件を比較し、北海道における利用可能性を検討した。

3. 2 濃縮海水の利用

濃縮海水を用いて30g/m²の塩分を散布するためには、濃度10%の場合には300ml/m²、濃度20%の場合には150ml/m²の散布量が必要となる。これらの散布量を5,500ℓの散水車で散布すると、散布可能延長はそれぞれ約6kmと約12km (散布幅3m)、同様に10,000ℓの散水車で散布すると散布可能延長はそれぞれ約11kmと約22kmとなり、10,000ℓの散水車で20%の濃縮海水を散布する場合には、現状よりもむしろ少ない補給頻度で散布が可能になると考えられる。

このことから、海水を濃縮することが可能な場合には、散水車による散布も可能と考えられる (函館開発建設部では、H16年度に海水淡水化装置が配備される予定であり、これを利用して海水を濃縮することが可能)。しかし、これまで濃縮海水の散布事例はないため、ここで推定した必要散布量を検証し、また適切な散布濃度、有効温度についても実際に試験を行う必要がある。

そこで苫小牧寒地試験道路 (以下寒地試験道路と記す) において、濃度や散布量を変えて散布効果試験を実施し、適切な散布量、散布濃度、について検討した。

4. 濃縮海水の散布効果試験

4. 1 試験方法

4. 1. 1 試験路面の作製

寒地試験道路内の直線部分に幅3.5m×延長600mに、雪氷路面を作製して試験を行った(図-3)。

作製した路面は、氷板路面(1.7mm)、氷板路面(3.3mm)、湿潤路面、圧雪路面の4種類とした。各試験路面の概要を表-3に示す。

4. 1. 2 散布前のすべり摩擦係数測定

北海道開発土木研究所所有のすべり試験車を用いて、濃縮海水を散布する前のすべり摩擦係数を計測した。

測定速度は40km/hとした。尚、濃縮した海水散布後の測定速度も、同じ速度とした。

すべり摩擦係数の測定に当たっては、冬期路面すべり測定用標準タイヤを用いた。

4. 1. 3 濃縮海水の作製

濃縮海水は、人工海水を作る時に用いる配合表⁶⁾を基に、比例配分を行って試験に使う濃縮海水を作製した(表-4)。

海水の成分は、主要な5種類で成分の99.7%以上を占めていることから、それ以外の成分の影響はほとんどないと考えられる。そこで今回の調査では、主要な5種類を配合して濃縮海水を作製した。

4. 1. 4 濃縮海水の散布

作製した濃縮海水を、延長50m×幅1mの範囲にそれぞれ散布した。散布量は、50ml/m²、100ml/m²、200ml/m²、300ml/m²の4種類とした。

また、散布効果を比較するため、一般に散布されている粒状の塩化ナトリウムと、塩化ナトリウムと塩化

マグネシウムを6:4に混合した混合物(以下、混合物と記す)についてもそれぞれ30g/m²(散布基準)散布した。

尚、濃縮海水の散布は、100ml/m²以上をジョロで、50ml/m²を噴霧器で行った。

4. 1. 5 すべり摩擦係数調査

散布作業が終了した地点で、すべり摩擦係数の測定を行った。その後、一般通行車両を模擬した車両(ダミー車)を走行させ、延べ50台(約25分間隔)の車両が走行する毎に300台通過(約2時間30分経過)まで、すべり摩擦係数の測定を行った。尚、測定は2回繰り返して行い、それらの平均値を計測値とした。

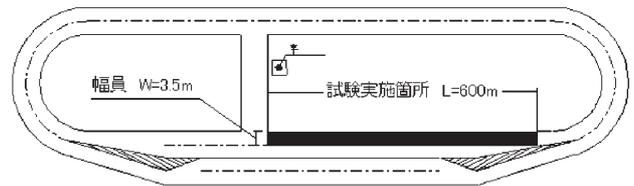


図-3 寒地試験道路内濃縮海水試験箇所

表-3 作製した路面と作製方法

雪氷路面の厚さ	路面の作製方法
氷板路面(1.7mm) 0.07インチ(1.7mm)	乾燥路面に散水車で散水を行い、完全に凍結させて作製した。このとき、散水が終了して凍結する直前に、水膜計を用いて水膜の厚さを計測し、計測した水膜の厚さに水分凍結時の体積膨張率(1.09)を掛けて雪氷路面の厚さとした。
氷板路面(3.3mm) 0.13インチ(3.3mm)	乾燥路面に散水車で散水を行い、完全に凍結したことを確認した後、再度散水を行い水分を完全に凍結させて作製した。散水が終了する毎に水膜の厚さを計測し、その合計の厚さに水分凍結時の体積膨張率(1.09)を掛けて雪氷路面の厚さとした。
湿潤路面 0.06インチ(1.5mm)	乾燥路面に散水車で散水を行い、路面が凍結し始めたときに試験を開始した。水膜の厚さは水膜計で計測した。
圧雪路面 1cm	圧雪を敷き均した後、乗用車で締め固めて作製した。雪氷路面の厚さは、ノギスによって計測した。

表-4 試験に用いた濃縮海水の配合

物質名(日本語)	物質名(英語)	化学式	人工海水 1kg当たり 配合量	10%海水	20%海水	本試験 での 配合
塩化ナトリウム(食塩)	Sodium chloride	NaCl	28.5g	95.0g	190.0g	
硫酸マグネシウム7水塩	Magnesium sulfate	MgSO ₄ ·7H ₂ O	6.82g	22.7g	45.5g	
塩化マグネシウム6水塩	Magnesium chloride	MgCl ₂ ·6H ₂ O	5.16g	17.2g	34.4g	
塩化カルシウム2水塩	Calcium chloride	CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.47g	4.9g	9.8g	
塩化カリウム	Potassium chloride	KCl	0.725g	2.4g	4.8g	
塩化ストロンチウム6水塩	Strontium chloride	SrCl ₂ ·6H ₂ O	0.024g			×
臭化ナトリウム	Sodium bromide	NaBr	0.084g			×
ホウ酸	Boric acid	H ₃ BO ₃	0.0273g			×
フッ化ナトリウム	Sodium fluoride	NaF	2.87mg			×
ヨウ化カリウム	Potassium iodide	KI	0.079mg			×

4. 2 試験結果

4. 2. 1 氷板路面 (1.7mm)

氷板路面 (1.7mm) に対する、散布前後のすべり摩擦係数の変化を図 - 4 と図 - 5 に示す。

10%濃度の場合、200ml / m²以上で十分な散布効果が見られ、100ml / m²でも散布前後ですべり摩擦係数が0.1から0.2まで向上している。

20%濃度の場合、300ml / m²では散布前後ですべり摩擦係数が0.1から0.25以上に向上しているが、それ以下の散布量ではほとんど効果がない。

今回の調査では、10%濃度の方が20%濃度よりも散布効果が大きい。この理由として、試験時の気温の違いが効果に影響を及ぼしていると考えられる。そのため、散布する濃縮海水の濃度と同様に、散布時の温度についても十分な配慮が必要である。図 - 5 において200ml / m²の散布効果は、塩化ナトリウムの30g / m²より低くなっている。従って、現在「路面管理マニュアル (案)」で示す固形物の散布基準である、塩化ナトリウム30g / m²と同等の散布効果を望むには、300ml / m²以上の散布が必要である。

4. 2. 2 氷板路面 (3.3mm)

比較的厚い氷板路面 (3.3mm) に対する、散布前後のすべり摩擦係数の変化を図 - 6 と図 - 7 に示す。

10%濃度の場合、散布前後のすべり摩擦係数がほとんど変化していない。この理由として、氷板が厚かったことや、試験時の温度が低かったことが考えられる。

20%濃度の場合、300ml / m²では散布前後ですべり摩擦係数が0.1から0.3に向上しているが、それ以下の散布量ではほとんど効果がない。この理由として、氷板の厚さが厚かったため、試験時の温度は比較的気温が高かったが、200ml / m²以下では、散布量が不足していたため、路面上の氷を全て溶かすことができなかったと考えられる。

4. 2. 3 湿潤路面 (事前散布)

凍結防止剤の散布方法には、路面上の雪氷融解を目的に散布する場合 (事後散布) と、主に夜間の温度低下に伴う路面の凍結防止を目的に散布する場合 (事前散布) がある。事前散布を行う場合、路上の水分が少なく、散布の時点で、全く路面が凍結していない状況での散布が最も効果的であるが、水分の一部が既に凍り始めている場合も考えられる。そこで本試験では、一部が凍り始めている条件を想定して試験を行った。

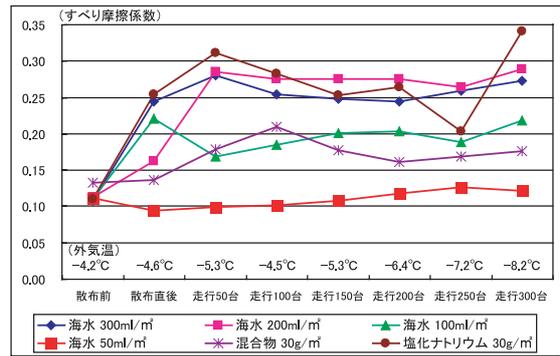


図 - 4 すべり摩擦係数測定結果
(氷板路面1.7mm : 濃度10%)

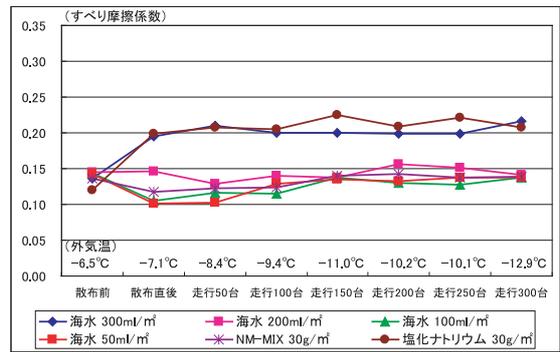


図 - 5 すべり摩擦係数測定結果
(氷板路面1.7mm : 濃度20%)

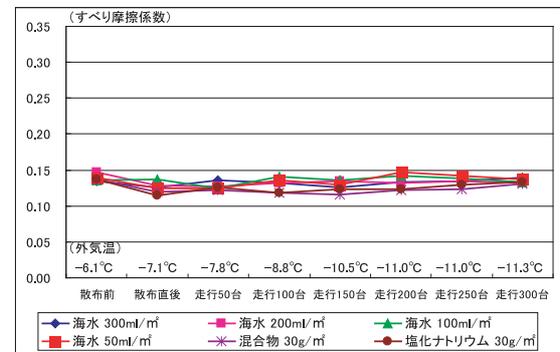


図 - 6 すべり摩擦測定結果
(氷板路面3.3mm : 濃度10%)

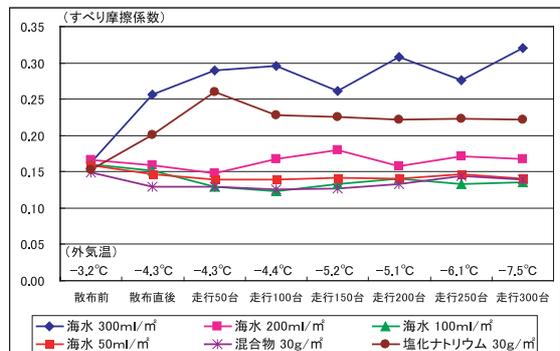


図 - 7 すべり摩擦測定結果
(氷板路面3.3mm : 濃度20%)

試験は、散水車で十分に散水を行い（水膜の厚さ1.5 mm）、路面が凍結し始めたことを目視確認して濃縮海水等を散布し、氷板路面と同様にダミー車両を走行させて、一定台数が通過した時点ですべり摩擦係数を測定した結果を図 - 8 と図 - 9 に示す。

いずれの条件についても、散布前のすべり摩擦係数は0.15～0.30の範囲となっており、目視では路面の一部が凍結状態となっていた。

10%濃度の場合、300ml / m²の散布で、散布直後のすべり摩擦係数が0.4よりも大きくなり、路面を湿潤状態に変化させることが確認できた。しかしながら、車両の走行や温度の低下ともすべり摩擦係数が低下しており効果の持続性に問題がある。20%濃度の場合、200ml / m²以上の散布で、散布直後のすべり摩擦係数が0.4よりも大きくなり、路面を湿潤状態に変化させることができた。また300台通過時においても、それぞれ0.3以上のすべり摩擦係数を確保しており、再凍結の発生も見られなかった。ただし10%濃度の試験時と比較して、気温が高い状態で推移しており、温度が低下した場合については、今回の試験結果では確認できなかった。

4. 2. 4 圧雪路面

路面に雪を敷き均し、乗用車で締め固めて作製した圧雪路面に濃縮海水を散布し、散布前後のすべり摩擦係数を測定した結果を図 - 10 に示す。

散布前のすべり摩擦係数は、おおよそ0.4以上となっており、比較的滑りにくい路面状態となっていた。

濃縮海水の散布直後は、むしろすべり摩擦係数が低下しており、散布によるすべり摩擦係数の改善効果は見られない。これは、今回試験を行った圧雪路面の厚さが、約1 cmと比較的厚い状態であったため、散布によって路面上の圧雪が溶けきらず、道路の舗装を露出させることができなかったためと考えられる。

ダミー車が走行したときの状況を見ると、50ml / m²の散布時を除き、走行50台以上でもすべり摩擦係数が0.3程度で安定していた。また、グラフに示すことはできないが、目視による観察でも路面に光沢のある「つるつる路面」は発生しなかった。

4. 3 試験結果のまとめ

濃縮海水の散布効果は、温度による影響を大きく受けるため、低温時における散布には注意を要する。

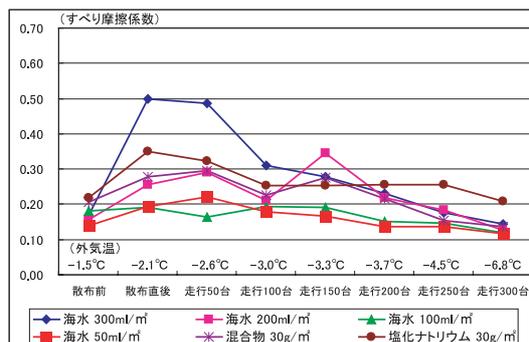


図 - 8 すべり摩擦測定結果
(湿潤路面：濃度10%)

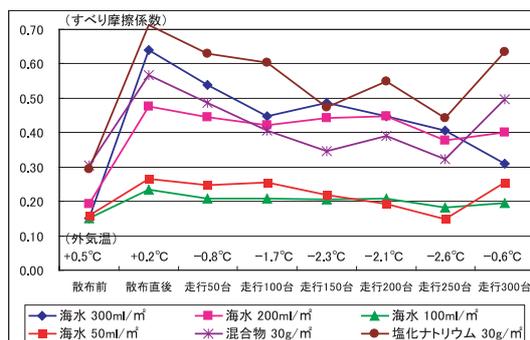


図 - 9 すべり摩擦測定結果
(湿潤路面：濃度20%)

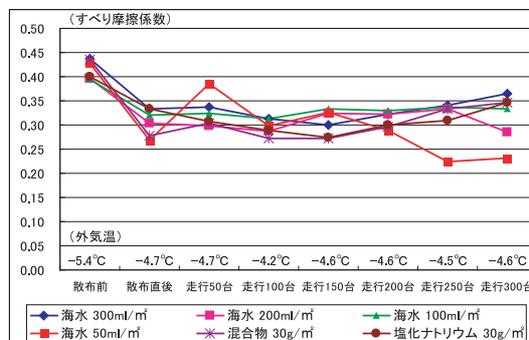


図 - 10 すべり摩擦測定結果
(圧雪路面：濃度20%)

図 - 4 より、10%濃度の濃縮海水は200mlの散布で、混合材の30 g / m²より事後散布効果がある。図 - 5 及び図 - 7 より、20%濃度の濃縮海水は300ml / m²の散布で塩化ナトリウム30 g / m²と同等の事後散布効果があるが、200ml / m²では劣っている。図 - 8 及び図 - 9 より、路面の水分が凍結し始めた路面に対して、20%濃度の濃縮海水は、200ml / m²の散布で滑りにくい路面を確保することができるが、10%濃度の場合には300ml / m²であって

も再凍結が発生し、再び路面が滑りやすくなった。これらの違いは、濃縮海水の濃度の違いや、散布後の温度の違いによって発生したと考えられ、事前散布の場合にも、散布にあたっては温度条件や塩分濃度に配慮して散布を行う必要がある。

図 - 10より、圧雪路面に対しては、散布直後に、すべり摩擦係数がむしろ低下している。しかしながら、ダミー車両が走行してもすべり摩擦係数が低下せず、「つるつる路面」も発生しなかった。このことから、濃縮海水を散布した状態で「つるつる路面」発生について、試験を行う必要がある。

5. 海水による散水消雪の検討⁴⁾

海水を直接利用する場合、濃度が約3%と薄いことが欠点であるが、無尽蔵の海水を利用することから、基本的には使用量に制限がないため、散水消雪パイプの水源として利用することができる。このことから、海水の直接利用は本州方面に多く設置されている散水消雪施設をモデルに検討する。

北海道では、海水を直接散水して路面の雪氷を融解する消雪施設の設置事例はない。しかしながら、比較的北海道に近い位置にある青森県むつ市や青森市などで散水消雪施設の設置事例がある。そこで道央・道南地方の各都市と散水消雪施設の設置されている都市との気象条件の比較を行い、北海道内における散水消雪施設の適用の可能性について検討した。

5. 1 散水消雪施設適用範囲

散水消雪施設は路面に直接散水する方式であるため、気温が極端に低下した場合には散水区間前後で凍結を起こすことがある。そこで図 - 11に『冬期路面対策事例集』（社団法人雪センター）で整理された散水消雪施設の水源別の適用地域を示す。

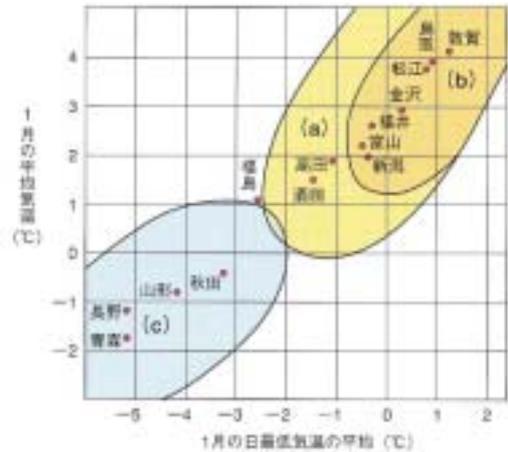
これら3種類の散水用水源の中で、海水による散水消雪施設については、1月平均気温が-2の青森で設置事例があることから、北海道の中でも温暖な地域では、適用の可能性があると考えられる。

5. 2 散水消雪施設使用都市と

北海道内各都市との気象条件の比較

次に、平年値データ(統計期間：1971-2000年)を用いて、散水消雪施設の設置されている各地域と北海道の代表地域における気温の比較を行った。図 - 12に、本州及び北海道の各都市における1月の月平均気温と平均日最低気温を示す。

この図より、道南の江差町については、青森市等の



- (a) 地下水および加温水(13 前後)：一般には1月の平均気温が0 以上の地域
- (b) 河川水および湖沼水(3 ~ 5)：一般には1月の平均気温が1 以上の地域
- (c) 海水：一般的には1月の平均気温が0 ~ -2 程度の地域(青森市内の実績)

図 - 11 散水消雪施設の水源別適用地域 (参考文献 3 より)

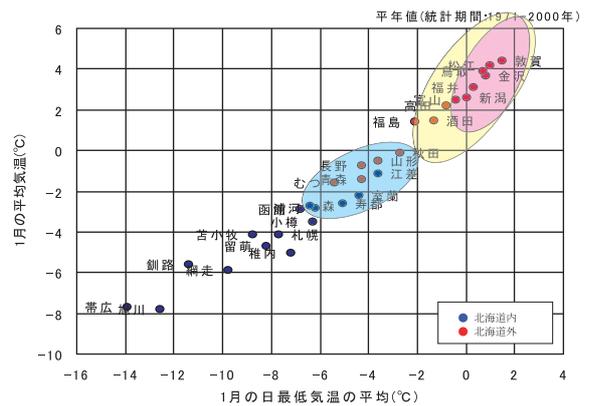


図 - 12 北海道内の各都市と本州の各都市の1月の月平均気温と平均日最低気温

海水を水源とした散水消雪パイプを設置している都市よりも1月の月平均気温、平均日最低気温とも高くなっており、設置による効果が期待できる。

道内のその他の都市では1月の月平均気温が-2以下となっており、海水散水消雪施設の適用については、事前に路面凍結に関する試験を実施する必要がある。

ただし、函館や室蘭などの道央・道南地域の比較的大きな都市においても、海水消雪施設が設置されている青森市等の厳冬期よりも平均気温や最低気温が下回る日は、厳冬期に限られていると考えられることから、時期によっては海水を利用した散水消雪パイプが使用できる可能性が高い。

6. 今後の課題

6.1 海水の濃縮方法の検討

濃縮海水を散布するためには、海水の濃縮方法を検討する必要があり、一般的に海水を濃縮する方法として、以下に示す蒸発法（塩田法）と逆浸透膜法がある。

・逆浸透膜法

半浸透膜を介して海水をその浸透圧以上に加圧することで、濃い塩水を得る方法。同時に淡水も得られる。

・蒸発法

海水を天日や加熱によって水分を蒸発させ、濃い塩水を得る方法。

北海道の冬期間は、低温であるため天日蒸発量が少ないことから、蒸発法による濃縮は難しいと考えられ、逆浸透膜法による海水の濃縮が適している。

現在、逆浸透膜法を利用した、淡水化装置は様々な機種が用途に応じて市販されており、離島の他、災害時の飲料水確保のため地方自治体でも導入を検討している例もある⁷⁾。

濃縮した海水を冬期道路維持管理へ応用するためには、海水の濃縮方法の検討が不可欠であることから、今後海水の濃縮方法に関するさらなる資料収集とコストや性能の調査を行う必要がある。

逆浸透膜法を利用した海水淡水化装置については、平成16年春に函館開発建設部函館港湾建設事務所へ配備される予定となっている。

6.2 散布方法の検討

濃縮海水や自然海水の散布方法として、自動散布装置の利用も考えられる。これまで自動散布装置は、薬液の補充が煩雑であるという欠点を有していた。小型の淡水化装置と組み合わせて用いることで、この欠点を補い自動運転が可能となると考えられ、特に海岸部

の凍結危険箇所への応用が期待できる。

6.3 湿式散布への利用

北海道においては、凍結防止剤やすべり止め材の湿式散布に使用する湿式剤として、塩化カルシウム等の水溶液を用いている。そこで湿式散布剤として、自然海水の使用可能性について検討する必要がある。

6.4 実道での散布効果の検証

今回の調査は、寒地試験道路で実施したものであり、実道での散布効果についても検証する必要がある。

また、今回の調査では、塩化ナトリウム30g/m²と同等の散布効果を得るためには、300ml/m²以上の散布が必要であることが明らかとなった。しかしながら、現在の北海道開発局における液体凍結防止剤の散布基準では50ml/m²となっており、実道における散布量と散布効果との関係を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 凍結防止剤性能及び品質管理検討委員会：凍結防止剤（塩化ナトリウム）の品質に関する調査報告書
- 2) 北海道環境生活部環境保全課 ホームページ
- 3) 北海道環境生活部環境保全課：平成12年度 公共用水域の水質測定結果：平成14年3月
- 4) 社団法人雪センター：冬期路面対策事例集，平成9年5月
- 5) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル（案），平成9年11月
- 6) 愛媛大学農学部 分子細胞生物学研究室 ホームページ
- 7) 株式会社九州電工 ホームページ



宮本 修司*

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員



小沢 宏行**

国土交通省
北海道開発局
函館開発建設部
工務課
道路防災係
係長



舟橋 誠***

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員



高橋 尚人****

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
主任研究員



浅野 基樹*****

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
室長
技術士（建設・総合）