

着雪氷防止技術に関する研究（第4報）

— 滑雪塗料の開発とその評価について —

吉田 光則, 吉田 昌充, 金野 克美
染谷 宏*, 森脇 元宏*

Investigation to Prevent Icing (part IV)

—Development of Snow Repellent Paint and its Evaluations—

Mitsunori YOSHIDA, Masamitsu YOSHIDA, Katsumi KONNO
Hiroshi SOMEYA *, Motohiro MORIWAKI *

抄 録

本研究では、親水性 / 疎水性ハイブリッド構造を形成することにより滑雪促進と着雪防止の両方の性質を兼ね備える滑雪塗料を開発した。親水性は雪氷体との界面により多くの水を捕水することができることから、水の潤滑作用により雪が滑りやすい。疎水性は雪氷体との付着力が小さいことから、着雪防止に優れている。ハイブリッド構造はマイクロ相分離構造を示し、構造及び相のサイズが滑雪促進と着雪防止の両方の効果を促していると思われる。実構造物に滑雪塗料を試験塗装して塗工性や冬期間の効果を検討した結果、優れた滑雪性が確認できた。

キーワード：着雪氷，滑雪，親水性，疎水性，塗料

Abstract

In this study, it has developed the snow repellent paint that hybrid structure made of hydrophilic and hydrophobic materials, its performance is snow-sliding and anti-snow. Hydrophilic material exhibits a snow-sliding by the lubrication of water that it keeps the thin water layer interface between snow and base materials, on the other hydrophobic materials exhibits a anti-snow state by the low adhesion of ice. The hybrid structure shows micro-phase separation, the structure exhibits snow-sliding and anti-snow state. The snow repellent paint was applied the various architectures, such as a roof, a traffic sign board and solar panel. From these tests, it is concluded that satisfactory effects were showed by this paint.

KEY-WORDS : icing, snow-sliding, hydrophilic, hydrophobic, paint

*大日本色材工業株式会社

*Dainippon Shikizai Kogyo Co., Ltd.

事業名：民間等共同研究

課題名：滑雪塗料の開発とその評価に関する研究

1. はじめに

積雪寒冷地において発生する着雪氷はさまざまな被害、障害を引き起こす。たとえば、橋桁・鉄塔・ビル・住宅の落雪による事故、船舶・車両・航空機・電気通信施設・道路交通標識・信号機の着雪氷による障害、流雪溝の内壁や投雪口の着氷による閉塞など、一般生活や多くの産業活動に影響を及ぼすことから着雪防止対策が各方面から望まれている。その対策の一つとして、落雪が予想される部位にヒーターを設置し融雪する方法がとられているが、エネルギーコストが高いことや融雪水による氷柱が新たな事故を発生させる原因となるなどの問題から、普及率は低く、抜本的な事故防止対策が進んでいないのが現状である。

一般に垂直に近い屋外構造物表面においても湿り雪や乾き雪は付着する。湿り雪の付着は雪中に含まれている水の表面張力によるものであり、乾き雪の場合は雪の水分子と構造物表面との分子間力によるものである。したがって、それぞれの付着は液体もしくは固体の水分子と構造物表面との間で生じるため、雪の付着力は構造物表面の物理的・化学的性質に大きく影響される。このような着雪氷を防止するひとつの方法は、構造物表面の化学的性質をコントロールすることが考えられる。つまり、雪との付着力を低減させることで、雪が剥離する表面特性を作り出すことである。そのためには撥水性の表面特性が有効であることが知られている^{1)~3)}。

勾配面のある屋外構造物では、冠雪した雪氷体が大きくならないように早期に滑雪することが望まれる。そこで、著者らは滑雪と材料表面の特性について調べ、湿り雪の場合は親水性素材の方が雪氷体が脱落しやすいことを明らかにした⁴⁾。これは被付着物の表面が水との親和性が高いため、雪氷体との界面により多くの水を捕水することができ、水の粘性力が小さいため雪が滑りやすいということである。

降雪時の着雪氷防止効果に優れているものが必ずしも滑雪性に優れているわけではない。つまり、着雪氷防止には、雪と構造物表面との付着力(着氷力)が小さいことが有利であるが、滑雪性については、雪と構造物表面の界面に水が存在し、その粘性の潤滑作用により雪は滑雪しやすくなる。このような性質を利用して、着雪防止と滑雪促進の両方の性質を兼ね備えた滑雪塗料を開発したので、その概要と性能評価について述べる。

2. 滑雪塗料の開発

勾配面のある構造物などでは、雪は付着するより冠雪し堆積する。そのような雪氷体は大きくならないように早期に滑雪することが望まれる。勾配屋根の滑雪特性については、屋根素材の表面性状、積雪の粒径・密度・含水量などの性状が大きく影響している。特に滑雪を開始する条件として、屋根

と雪氷体の界面の水膜が大きく影響している⁵⁾⁶⁾。

滑雪性促進には雪と構造物表面の界面に水膜を作り出して、水の粘性で滑らせる。着雪防止には雪と構造物表面との付着力が小さい撥水性が有利である。

まず、滑雪性に寄与する親水性素材として、原料オリゴマーにオルガノキシポリシロキサンを用いた。加水分解と縮合が進み成膜するとシラノール基(Si-O-Si)及び水酸基(-OH)が形成し、これらの性質によって親水性が増大し滑雪性能が発揮される。(図1参照)

次に、着雪防止に寄与する撥水性素材としてフッ素樹脂粉末、シリコン樹脂粉末、フッ素系界面活性剤、シリコン系界面活性剤などを用い所定の割合で配合した。滑雪塗料は親水性/疎水性のハイブリッド構造を形成することにより滑雪促進と着雪防止の両方の性質を兼ね備えることになる。親水性/疎水性のハイブリッド構造は、X線マイクロアナライザー(SEM-EDX)解析によりミクロ相分離構造であることが確認されており、この構造及び相のサイズが滑雪促進と着雪防止の両方の効果を促していると思われる。

滑雪塗料は一液型の塗料である。その性状及び塗工性を表1に示す。乾燥前の塗料液は無色透明の低粘度の液体で所定の有機溶剤に溶解している。塗工方法はローラーを用いるが、スプレーの場合は低圧タイプが好適である。ウェスなどによる拭き塗りも可能である。乾燥は室温で良好な塗膜が得られるが、加熱して乾燥を速めることもできる。

滑雪塗料を透明な特殊ポリオレフィンフィルムにコーティングし、裏面に粘着剤及び離型紙を塗布したフィルムタイプも開発した。その性状を表2に示す。フィルムタイプは溶剤型の塗料が施工できない箇所や冬期間の施工が可能である。フィルムは加熱収縮率が極力小さく、低温時の強度が安定な

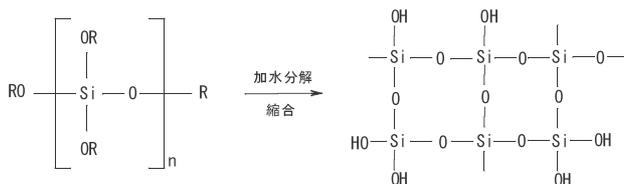


図1 塗膜の構造

表1 スノーグライドの性状と塗工性

一般性状	外 観	無色透明液体
	密 度	0.8 ~ 1.0 g/ml
	粘 度	1 ~ 10 mPa・s
	表面張力	15 ~ 20 mN/m
塗 工 性	溶剤成分	トルエン, キシレン, IPA
	塗工方法	ローラー, スプレー
	塗 布 量	30 ~ 100g/m ² 程度
	乾 燥 性	(20℃) 指触乾燥 約 10分 完全乾燥 約 6時間

表2 フィルムタイプの性状

基材の厚さ	80 μ m
基材の幅	1 m
引張り弾性率	7,000 kgf/cm ² (23°C)
	10,000 kgf/cm ² (0°C)
粘着力	2.1 kgf/25mm (23°C)
	3.3 kgf/25mm (0°C)
光沢	87 %

特殊ポリオレフィンフィルムを使用した。粘着力は使用後はく離が可能な程度の強度である。

3. 滑雪塗料の性能評価

3.1 摩擦係数

湿り雪の場合、ガラスのような親水性素材の方が、非常にゆっくりではあるが疎水性素材よりも滑雪することが分かった。これは水の粘性作用による流動と考えられることから、本塗料の滑雪性を摩擦係数により評価した。

雪との摩擦係数の測定は独立行政法人防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所新庄支所の人工降雪装置を用いて行った。まず、水平に置いた試験板上に人工雪を降らせて、台形状のアルミ製シェアーフレームを雪の上から押し込み、シェアーフレームを引張り、その時のせん断滑り力をプッシュプルゲージで読みとり、シェアーフレーム内の雪と試験板表面との滑り力を測定した(図2参照)。測定は水分を含まない乾いた雪と水分を含んだ湿った雪について行った。また、それぞれの雪の密度、含水率を測定した。

その結果、表3に示したように乾き雪(雪温 -7.5°C 、含水率0%、密度0.22)での静摩擦係数は、本塗料が0.95で、



図2 雪との摩擦係数の測定

表3 摩擦係数の測定結果

雪質		スノーグライド	フッ素コート	ガラス
雪温 $^{\circ}\text{C}$	含水率%			
-7.5	0	0.95	0.81	8.81
-0.1	0.49	0.79	1.42	1.34

フッ素コートとほぼ同程度で、ガラスよりはるかに小さい値を示し、湿り雪(雪温 -0.1°C 、含水率0.49%、密度0.26)の静摩擦係数は0.79でさらに小さい値であった。

3.2 実用化試験

本塗料の有効性を確認するために、実構造物に滑雪塗料を試験塗装して塗工性の検討や冬期間の効果を観察した。試験施工した実構造物の評価結果の一例を以下に示す。

(1) 民家住宅の屋根

一般民家の住宅屋根にフィルムタイプを試験施工した。屋根の右端部分の鋼板に直接フィルムを貼り付けた。図3には施工後2シーズン目の滑雪の状況(平成14年1月15日)を示した。写真に見られるようにフィルムタイプは優れた滑雪性を示すことが実証された。



図3 住宅の屋根での施工の状況
(屋根の右端部分にフィルムタイプを貼付)

(2) 自動車道の中央分離帯積雪防止板

自動車道に設置されている中央分離帯の積雪防止板に試験施工した。図4に設置の状況、図5に設置後の降雪中の状況を示した。本塗料を塗装した部分は、未塗装部分に比べて滑雪していることが確認された。



図4 中央分離帯積雪防止板の設置状況



図5 設置後の滑雪している状況

(3) 道路標識の積雪防止板

道路標識の積雪防止板に試験施工した。積雪地域では大型の案内標識の上部に屋根型の積雪防止板を取り付ける場合がある。このような積雪防止板の半分に塗装した。図6は標識正面から見て右側、図7は標識背面から見て左側の半分に本塗料を施工した。塗装部分の滑雪が認められた。



図6 標識の正面の状況



図7 標識の背面の状況

(4) ソーラーパネル

ソーラーパネルのガラス製の表面材に塗装した場合の、滑雪の状況を図8に示す。未塗装に比べて塗装したパネル(右側)は積雪と滑雪を繰り返しているため、積雪量が非常に少ないことが確認された。

その他、道路標識の積雪防止板、鉄橋の堆積制御板、トン



図8 ソーラーパネルでの試験状況
(右側のパネルに塗装)

ネル出入口の雪庇防止板、鉄道車両など各種の実構造物に試験施工し、現場施工性や滑雪性などについて検討し、良好な結果が得られた。

4. まとめ

着雪氷防止に優れた塗料を開発し、屋外の着雪実験及び人工雪による滑雪実験を行い、素材表面の疎水性や親水性などの水との親和性と着雪及び滑雪との関連性について検討した。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) オルガノキシポリシロキサンの加水分解・縮合型のシリケート系素材による親水性/疎水性のハイブリッド構造を形成する新しいタイプの滑雪塗料を開発した。
- (2) 試作した滑雪塗料を一般住宅の屋根、道路関連設備、ソーラーパネルなどの実構造物に試験施工し、冬期間の屋外試験を行った結果、優れた滑雪性が確認できた。
- (3) 本塗料は特許出願して商品名「スノーグライド」として商標登録し、鉄道車輛用材料の燃焼性試験により不燃性が認定された(車材燃試番号 13-356K)。

今後は塗料の耐久性向上などの改良を加え、最終的な商品化を目指す予定である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、独立行政法人防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所新庄支所の雪氷防災実験棟の人工降雪装置の使用に関して佐藤威支所長をはじめ関係各位には多大なご厚意を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉田光則, 金野克美, 小林勝雄, 浅井範夫ほか: 着雪氷防止塗料の開発と応用について, 寒地技術論文・報告集, 第13巻, pp87-92 (1997)
- 2) 湯浅雅也, 今津隆二, 藤原真也, 苫米地司: 道路標識における着雪抑制に関する基礎研究, 寒地技術論文・報告集, 第14巻, pp30-34 (1998)

- 3) 市田昌行, 外塚信, 湯浅雅也, 今津隆二: 道路距離標の着雪抑制に関する野外研究, 寒地技術論文・報告集, 第14巻, pp35-40 (1998)
- 4) 吉田光則, 吉田昌充, 金野克美: 滑雪と材料表面特性について, 北海道立工業試験場報告, No.299, p13-17 (2000)
- 5) 伊東敏幸, 高倉政寛, 苫米地司: 屋根雪の経時的変態に伴う滑落雪性状の変化, 寒地技術論文・報告集, 第13巻, pp352-357 (1997)
- 6) 高倉政寛, 伊東敏幸, 苫米地司: 滑雪現象の発生に影響を及ぼす外気温特性について, 寒地技術論文・報告集, 第13巻, pp332-336 (1997)