

札幌－旭川間における列車着雪の観測

尾関俊浩・北川弘光（北海道大学工学研究科）
香川英司（JR 東日本）・秋庭賢二（JR 北海道）

1. はじめに

雪国において雪害による交通障害は冬期間の深刻な問題である。なかでも列車着雪が原因となる鉄道交通の麻痺は、その公共性からぜひとも解決しなければならない課題であると考えられる。鉄道において現在もっとも頻繁に発生する雪氷害は、列車からの落下雪や持込み雪による分岐器の不転換であり、札幌周辺だけでも毎年数百件発生している¹⁾。

列車着雪に関する研究は古くからなされてきたが、特に東海道新幹線関ヶ原付近において雪害が頻繁に発生したことから本格的に取り組まれた。その成果は車両のボディマウント化や散水による軌条積雪の舞上り防止として東北新幹線や上越新幹線などの雪国を走る新線に応用され、効果をあげている。しかし在来線においては、ヒーターによる分岐器の融雪力強化等の取り組みを行なっているが、いまだに抜本的な対策となっていないのが現状である。

列車に着雪する雪の多くは車両の通過時に軌条積雪が舞い上げられて供給される²⁾。軌条積雪は厚さが常にレール面以下に保たれるなど列車による影響を大きく受けるので自然積雪とは大きく異なった雪質であると考えられる。本研究では雪の供給源である軌条積雪を連続的に観測し、近郊の自然積雪と比較することで軌条積雪の特徴を明らかにし、さらに車両から着雪を直接採取することによって、車両着雪の雪質とその分布を調査した。

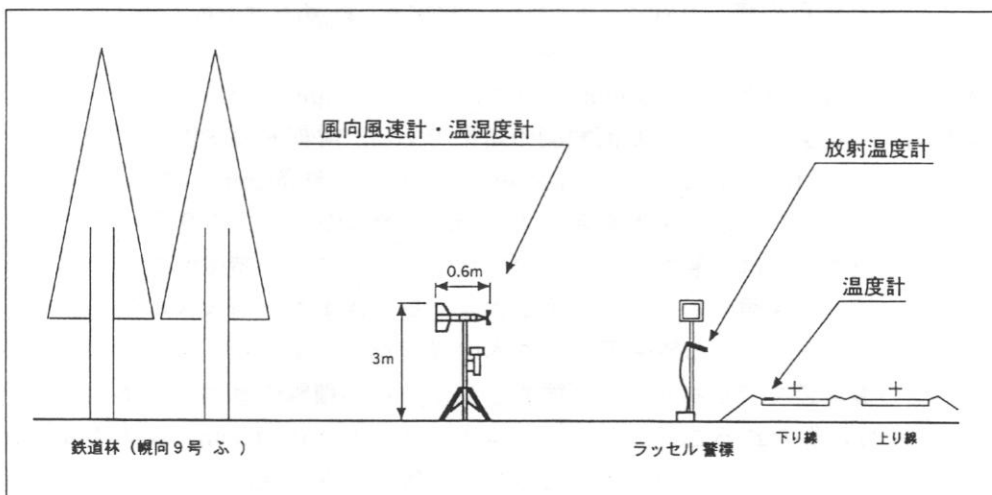


図1：上幌向の観測測器概略図

2. 観測

1) 軌条積雪の観測

観測は岩見沢近郊の函館本線沿線において 1996-97 年の冬期に行なわれた。岩見沢は北海道内において豪雪の影響をしばしば受ける地域であり、かつ観測の行われた上幌向は直線区間のため列車が高速で通過する地点である。観測地点に設置した測器の概要を図 1 に示す。軌条積雪内の温度勾配を把握するため、放射温度計によって雪面温度を、サーミスタ温度計によって枕木温度を連続観測した。また線路と鉄道林の間に気象観測ポールを設けて、温湿度と風向風速を測定した。写真 1 は 1 月 9 日の観測軌条内に堆積した雪の写真である。今期 1 月上旬は 2 日に降水があった後は好天が続いており、4 日には岩見沢周辺で雪えくぼが観察された。1 月 9 日 13:00 に行った断面観測によると積雪深は 9 cm、雪面温度 -6.7°C 、積雪下面温度 -4.7°C であり、雪質はバラストから 5 cm までが粒径 $1\sim 2\text{mm}$ のしもざらめ雪、5 $\sim 9\text{ cm}$ は粒径 $1\sim 2\text{mm}$ のしもざらめ雪とざらめ雪よりなっていた(写真 2)。またプッシュプルゲージ³⁾を使

った積雪表層の貫入硬度は 1.9 kg/cm^2 、平均密度は 0.38g/cm^3 であった。図 2 は同時刻に気象観測ポール脇で行なった断面観測の結果である。雪質 F は国際表記にしたがっており、H、 θ 、E、R、 ρ はそれぞれ積雪深(cm)、層位、粒径(mm)、貫入硬度(kg cm^{-2})密度(kg m^{-3})を表している。自然積雪では 45cm の積雪のうち、約 8 割がしまり雪であったのに対し軌条内では全層がしもざらめ雪化していたことが特徴的である。さらに、軌条内の積雪は自然積雪に対して、密度が大きく貫入硬度も一桁大きな値を示した。

1 月中旬の軌条内における雪面温度と枕木の温度を比較すると、日最大の温度差が約 11°C 、平均の温度差で 7°C あることが観測された。軌条積雪の厚さは列車の排障器によって 10cm 程度に保たれることから、軌条積雪にはおよそ 0.7°C/m と自然積雪の数倍大きな温度勾配であったことが分かる。圧密された雪に大きな温度勾配がかかると積雪が急速硬化する⁴⁾ことから、積雪期初期であっても軌条内に堆積していた密度の大きな雪

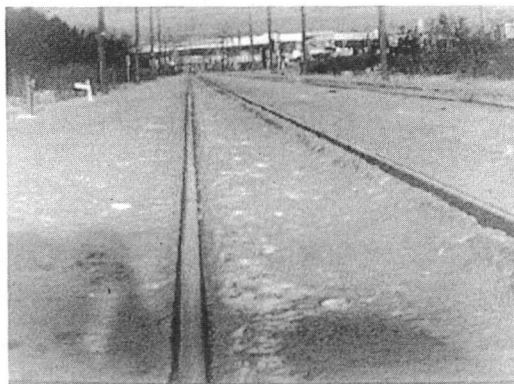
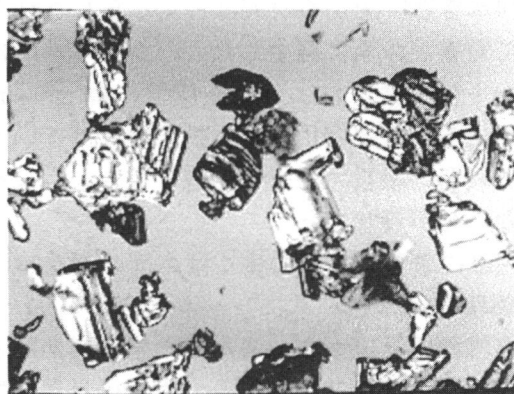


写真 1: 軌条内の積雪 (1997/1/9 撮影)



1mm

写真 2: 軌道内で採取したしもざらめ雪

が温度勾配によって急速に硬化したものと
考えられる。

気象ポール脇の自然積雪は2月下旬であ
っても積雪深の 8 割がまだ融解水の影響
を受けておらず、積雪深の 7 割がざらめ化
したのは3月中旬であったのに対し、軌道
内の積雪は 1 月下旬には早くも全層ざら
め化した。軌条内のしもざらめ雪やざらめ
雪は密度も硬度も大きいので、これらが雪
面に露出しているときには舞い上がりは
ほとんど見られなかった。この硬く密な雪
は排障器のレベルまで堆積しているので、
降雪などによりこの上に積もった雪は列
車によって直ちに舞い上げられ、着雪をも
たらすと考えられる。

H	θ	F	E	R	ρ
50					
40		△ ○	1-2	0.4	300
30		● ●	0.5-1	0.2 0.6	240
20		○ ○	1-2		
10		● ●	0.2-0.5		320
		○ ○	0.5-2		
		● ●	0.2-1		

図 2：1/9 上幌向における自然積雪断面。
△しもざらめ、○ざらめ、●しまり

2) 列車着雪の採取

列車着雪の採取は札幌手稲区にある札幌運転所において 2 月下旬に行われた。採取の
対象とした車両は同日に札幌―旭川間を 1 往復した 785 系特急列車(最高速 130km h⁻¹)
で、床下および妻面から雪を採取した。列車着雪はその雪質によって乾燥着雪、湿潤着
雪、氷化凍着雪、界面湿潤着雪の 4 種に分けられる²⁾。氷化凍着雪は氷化し凍着力が強
いため最も除去しづらい着雪であるが、本研究では分岐器への落雪を考慮して比較的凍
着力の小さい乾燥着雪と界面湿潤着雪に着目し観察を行なった。

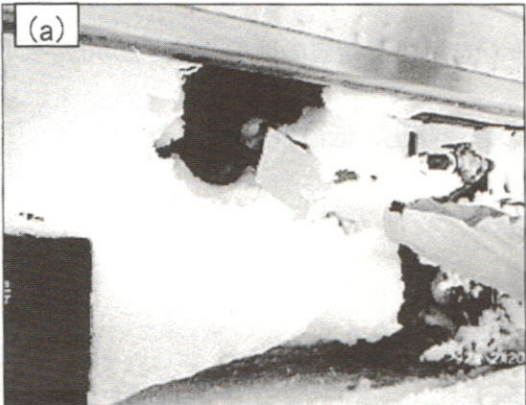


写真 3：列車の床下着雪。

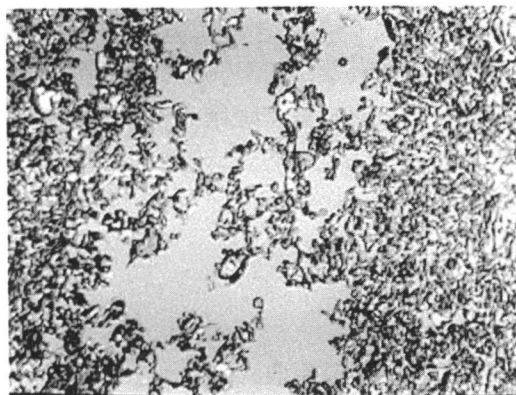
(a) 着雪内部にできた空洞,



(b)列車床部からの落雪。

写真3は床下の着雪の様子である。発熱のある個所では着雪の内部に空洞ができており(写真3a)、自重に耐え切れずに雪塊が落下しているのが見受けられた(写真3b)。発熱をしない中間連結器への着雪を観察すると、中間連結器との界面は湿潤着雪であり雪質はざらめ雪化もしくは氷化しているが、着雪の大部分は乾燥着雪であった。写真4は中間連結器付近から採取した着雪の薄片写真であるが、乾燥着雪部は粗と密な層が交互に重なり合って成長しており、その構造は雪庇や吹きだまり雪に見られるものと同様であった。薄片の雪粒子を比較したところ各層を形成する雪の粒径と雪質に違いは見られなかった。この密度の小さな層はせん断力によって容易に破壊することができ、この層を破壊面として雪塊を剥離することができた。したがって内部に空洞が形成された個所や、弱層が含まれている着雪は分岐器通過時の衝撃で容易に落下するものと思われる。

今後は着雪の強度を調査するとともに分岐器通過時の落雪のメカニズムを明らかにしたいと考えている。調査に協力いただいた JR 北海道技術開発推進室、江別保線管理室、札幌運転所の方々に深く感謝いたします。



1mm

写真4：乾燥着雪の薄片写真

参考文献

- 1) 青池宏樹, 1996. 雪に挑む JR 北海道. 北海道の雪氷 第15号, 20-23.
- 2) 若浜五郎, 1980. 列車着雪の実態について. 第17回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集.
- 3) 竹内由香里・他, 1996. プッシュプルゲージを用いた積雪の硬度測定. 1996年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集.
- 4) 秋田谷英次, 1985. 温度勾配による積雪の急速硬化. 低温科学 44, 27-35.