

## 鉄道トンネル内気温データによる氷柱不発生日の予測に関する試行

北海道旅客鉄道株式会社 正会員 ○小川 直仁  
 北海道旅客鉄道株式会社 正会員 鈴木 大樹  
 北海道大学大学院地球環境科学研究院 正会員 岩花 剛

### 1. 目的

寒冷地である北海道では冬期に鉄道トンネル内に発生する氷柱が列車運行に支障を来す恐れがあるため、列車運行前に人力による除去作業を行っている。そのため、鉄道トンネル内に氷柱が発生しない日（以下、「氷柱不発生日」）を予測することは、氷柱除去作業を効率的に行うため極めて有効である。

本研究では、氷柱不発生日を予測するため、寒さの厳しい旭川支社管内であり、当社主要都市間路線である函館線深川・旭川間で冬期間毎日の氷柱除去作業を行っている5トンネルを対象に、各トンネルの現場気温データ等を用いて氷柱不発生日を予測するとともに、実際の不発生日との比較を行ったので報告する。

### 2. 氷柱不発生日の予測方法

平成18年度及び平成19年度の気温データ等を基に以下の方法で予測を行った。

#### ① 気温指標の算出

実測データに基づき、日最低気温、日積算寒度、日積算温度の3つの気温指標を算出した。

#### ② 気温指標に基づく氷柱発生日の特定

氷柱サイズを全てと1,000mm以上の2つに分類し、気温指標を基に氷柱発生日を予測した(表-1参照)。

#### ③ 照査

②以外を予測氷柱不発生日とし、平成20年度冬期で実際の氷柱不発生日と比較し、予測した(表-2参照)。

表-1 全てのサイズ及び長さ1,000mmのつららを対象とした場合のつらら発生気温指標範囲  
 (各トンネルの気温データを使用した場合)

対象氷柱サイズ	トンネル名	日最低気温 (°C)		日積算寒度 (Degree Hours)		日積算温度 (Degree Hours)	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
全てのサイズ	神居	0.1	-22.7	332.2	0.0	44.9	-332.2
	第1伊納	-1.9	-25.0	372.4	12.2	17.2	-372.4
	第2伊納	-1.4	-23.4	334.7	5.3	9.5	-334.7
	第3伊納	-1.2	-21.1	320.5	14.5	21.5	-320.5
	嵐山	-1.1	-25.0	363.5	12.2	6.8	-332.2
1,000mm以上	神居	-1.5	-20.5	284.0	4.6	25.4	-284.0
	第1伊納	-3.2	-22.9	321.9	24.3	-6.7	-321.9
	第2伊納	-2.9	-23.4	334.7	45.4	-45.4	-334.7
	第3伊納	-3.4	-18.5	229.4	49.9	-49.9	-229.4
	嵐山	-4.0	-25.0	284.0	4.6	25.4	-284.0

表-2 各トンネルの気温データを用いて予測した長さ別つらら不発生日数

	対象氷柱サイズ	気温指標	神居	第1伊納	第2伊納	第3伊納	嵐山
			(L=4, 523m)	(L=1, 235m)	(L=1, 240m)	(L=800m)	(L=1, 260m)
予測日数 (予測/実際)	全てのサイズ	日最低気温	8 (11%)	18 (33%)	14 (17%)	11 (20%)	9 (14%)
		日積算寒度	0 (0%)	26 (47%)	17 (21%)	26 (48%)	24 (36%)
		日積算温度	12 (16%)	12 (22%)	25 (30%)	14 (26%)	26 (39%)
	1,000mm以上	日最低気温	33 (16%)	37 (20%)	32 (17%)	52 (26%)	42 (26%)
		日積算寒度	39 (19%)	43 (23%)	62 (34%)	72 (36%)	54 (33%)
		日積算温度	41 (20%)	35 (19%)	68 (37%)	74 (37%)	45 (27%)
実際の氷柱不発生日 (全てのサイズ)			75	55	82	54	66
実際の氷柱不発生日 (1,000mm以上)			206	183	183	200	164

キーワード 氷柱不発生日, 鉄道トンネル

連絡先 〒060-8644 札幌市中央区北11条西15丁目1番1号 北海道旅客鉄道株式会社工務部 TEL011-700-5794

トンネル内気温の測定には、株式会社ティアンドデイの小型防水ワイヤレスデータロガーRTR-51Lを使用した。RTR-51L 内部にサーミスタ温度センサーが内蔵されており、分解能 0.1 °C、範囲-40~80 °Cで測定可能である。複数の RTR-51L の測定器差をなくすため、温度制御可能な低温室内の断熱箱に精密温度計と共に数日間静置して校正を行った結果、測定精度を±0.2 °C以下と見積もった。観測期間は、平成 18 年 12 月 1 日から平成 20 年 11 月までである。毎年 12 月・1 月・2 月・3 月の 4 ヶ月間は、10 分の測定・記録間隔、残りの 8 ヶ月間は 30 分の測定・記録間隔でトンネル内温度を観測した。

### 3. 考察

平成 18・19 年度 (12 月~3 月) の 2 冬期間において調査対象トンネル毎に記録された全てのサイズの氷柱不発生日数は 54~82 日であり、1,000mm 以上の氷柱不発生日は 164~206 日であった。これらの氷柱不発生日数に対して、予測対象を全てのサイズの氷柱にした場合は、使用した気温指標や対象トンネルによって大きくばらつくが、最大で予想氷柱不発生日数 26 日とアメダスデータを用いた予測した場合の予想氷柱不発生日数 9 日より大幅に予測日数が増加した。しかし、延長距離が長く、特異な氷柱発生様式を示していた神居トンネルでの予測成績は悪く、日積算寒度を気温指標とした場合には 0 日であった (表・2)。

一方、1,000mm 以上の氷柱に限った場合は、予測氷柱不発生日数が大幅に増加し、最大で 74 日となった。使用した気温指標による予測成績の違いは、概ね日積算寒度と日積算温度のほうが日最低気温による予測より多くの氷柱不発生日を予測できることがわかった。日積算寒度と日積算温度による予測の差は、トンネルによって違ったが長さ 1,000mm 以上の氷柱に限った場合の両者の差は大きくなかった。

しかし、全てのサイズの氷柱を対象とした場合の神居トンネルでの日積算寒度の成績が 0 日であったことを考えると、氷柱の発生と強く関わる気温条件の様子を最もよく顕すと考えられる日積算温度を予測気温指標として用いることが現場の気温データを使用した予測の場合には最善である。また、この予想不発生日の算出により、1,000mm 以上のつららに限定した場合、第 3 伊納トンネルにおいて最大で 74 日間氷柱不発生日を予想することができた。

この結果、氷柱除去作業の出動日数を全氷柱不発生日の最大 37% (37 日/年) 大幅に削減できる可能性が示された。

### 4. 今後の課題

氷柱の発生は、トンネル延長や漏水量、その他発生点の微気象によって決まる複雑な現象である。本研究での旭川支社管内の 5 トンネルにおける調査の結果、トンネル内氷柱発生状況と気温の関係を詳細に考察するための実測データが初めて得られた。これらの実測された気温と氷柱発生の関係を用いて過去の氷柱不発生日を予測することがどの程度可能か検討した。現場の気温データを使用した予測の場合、日積算温度を予測気温指標として用いることが最善であった。

本研究で検討した気温指標による氷柱発生予測の検討の結果、対象とするトンネルと氷柱のサイズを限定すれば、氷柱除去作業の出動日数を全氷柱不発生の最大 37% (37 日/年) 大幅に削減できる可能性が示された。

しかし、管轄するトンネル数が多く、全てのトンネルで全てのサイズの氷柱を除去の対象とした場合には氷柱不発生日を予測することが困難であることもわかった。これは、管轄するトンネルの延長距離が多様であるために、冬期間を通した気象状況が同じでもトンネル毎に違った氷柱発生様式を有するためである。

今回行った気温指標を用いた氷柱発生の予測には、2 冬期分のデータを使用した。本結果を今後の基準として使用するのに十分な量のデータであったかどうかは、引き続き検討が必要である。また、除去対象の氷柱のサイズを限定した場合の予測については、小さいサイズの氷柱を放置した場合の継続成長量に関してはデータがないため、今回の結果の現場への適用は慎重にする必要がある。