

## 鉄道トンネル内のつららの観測(第2報)

鈴木 大樹・小川 直仁 (JR 北海道)  
 岩花 剛・赤川 敏 (北海道大学大学院工学研究科)

### 1. はじめに

鉄道トンネルにおいて、車両や電気設備に損傷を与えるつららの対策は重要な課題である。そのため過去より、つらら対策として冬期間の鉄道トンネルでは、毎日欠かさず長柄の棒を使った人力による過酷なつらら除去作業が行なわれており、作業員に大きな負担をかけている。トンネル内のつらら発生箇所を解消するため、つらら発生箇所への凍結防止工の施工を進めているが、JR 北海道が管轄する全トンネルのうち 80%においてつららが発生する<sup>1)</sup>ため、その対策がつらら発生箇所全てに施されるまでの間は、人力によるつらら除去作業を併用した保守管理を継続せざるを得ない。人力によるつらら除去作業は過酷なため、つららが発生しない日を予想し除去作業日を軽減する事が求められている。そのためには、つららが発生しない日の鉄道トンネル内の気象条件を特定する必要があるが、鉄道トンネル内での現地観測例は少なく、JR 北海道においては現在実施していない状況であった。本稿では、平成 18 年度冬期から開始した鉄道トンネル内のつらら観測で得られた、トンネル坑内気温とつらら発生状況(場所・本数・長さ)の関係について、2 年間の解析結果を報告する。

### 2. 観測概要

トンネル坑内気温とつらら発生状況の観測は、JR 北海道旭川保線所管轄の 5 つのトンネルで、平成 18 年 12 月～平成 19 年 3 月、及び平成 19 年 12 月～平成 20 年 3 月までの 2 冬期間実施した。

トンネル坑内気温は、各トンネルの 1.5m 高に延長方向に 3 箇所ずつ温度ロガー (RTR-51, A&D, Japan) を設置して気温を測定した。また、第 2 伊納トンネルでは詳細な気温測定を行なうため、温度ロガーの設置箇所をトンネル延長方向に 5 つとし、クラウン部にも設置した(表 1)。つらら発生状況(場所・本数・長さ)は、つらら除去作業の際に観測期間中、毎日記録した。

表 1 計測器設置状況

| トンネル名    | 延長 (m) | 温度計設置数 (台) |    |    |    |
|----------|--------|------------|----|----|----|
|          |        | 入口         | 中央 | 出口 | 天井 |
| 神居トンネル   | 4523   | 1          | 1  | 1  | -  |
| 第1伊納トンネル | 1235   | 1          | 1  | 1  | -  |
| 第2伊納トンネル | 1240   | 5          | 5  | 5  | 5  |
| 第3伊納トンネル | 810    | 1          | 1  | 1  | -  |
| 嵐山トンネル   | 1300   | 1          | 1  | 1  | -  |

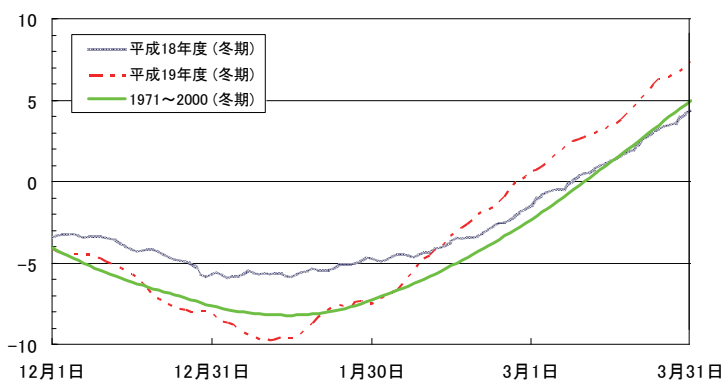


図 1 旭川地方気象台による観測値(平均気温)

### 3. 観測結果

#### 3.1 気象条件

図 1 に旭川地方気象台による気温観測値(平均気温)を示した. 図 1 によると平成 18 年度冬期は例年に比べ暖かく暖冬であったが, 平成 19 年度冬期は 12 月から 2 月上旬までは例年より寒く, 以降は暖かい気象であったことが分かった.

### 3.2 計測高による坑内気温の比較

図 2 は, 第 2 伊納トンネルの平成 18 年 12 月~平成 19 年 3 月におけるクラウン部及び 1.5m 高の日最低

気温分布図である. クラウン部で計測した気温分布をみると, 初冬においては出入口付近が冷却されているが, トンネル中央付近まで冷却は進行していない. 真冬には, 出入口付近の冷却はより進行し, トンネル中央付近も冷却され, トンネル全体が負の気温となった. 初春においては, トンネル中央付近から気温が上昇している. これらの傾向は, 1.5m 高で計測した値においても同様の傾向であった. また, クラウン部で計測した気温は, 1.5m 高で計測した値より, 平成 18 年度冬期では 0.8~1.7℃, 平成 19 年度冬期では 0.6~1.7℃高かった.

### 3.3 計測年度別の坑内気温比較

図 3 は第 2 伊納トンネルの平成 18 年度及び平成 19 年度冬期の 1.5m 高における日最低気温分布図である. 坑内気温の季節変化は, 平成 19 年度冬期においても 3.2 節と同様の傾向であることが確認できた. また, 坑内気温は外気温の影響を受け変化しているが, 暖冬であった平成 18 年度冬期に比べて厳しい冬であった平成 19 年度冬期は

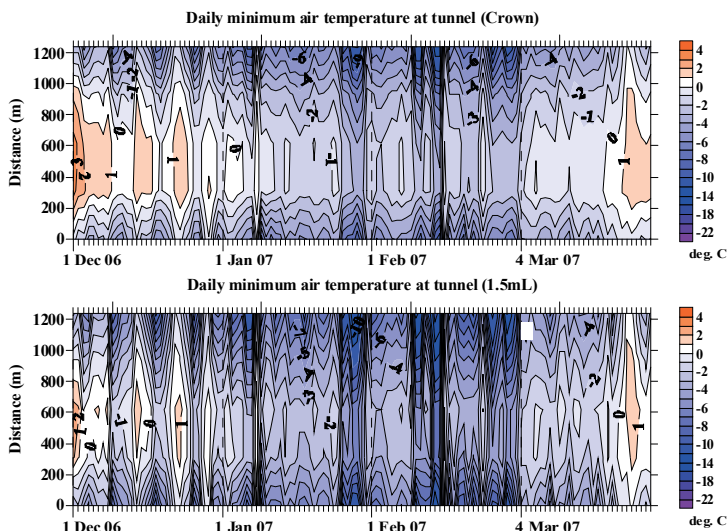


図 2 第 2 伊納トンネルにおける日最低気温分布図 (上)クラウン部(下)1.5m 高

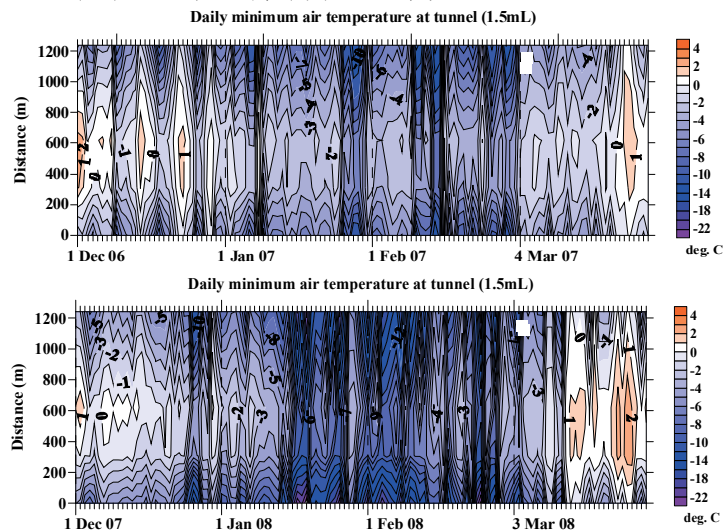


図 3 第 2 伊納トンネルにおける日最低気温分布図 (上)平成 18 年度(下)平成 19 年度

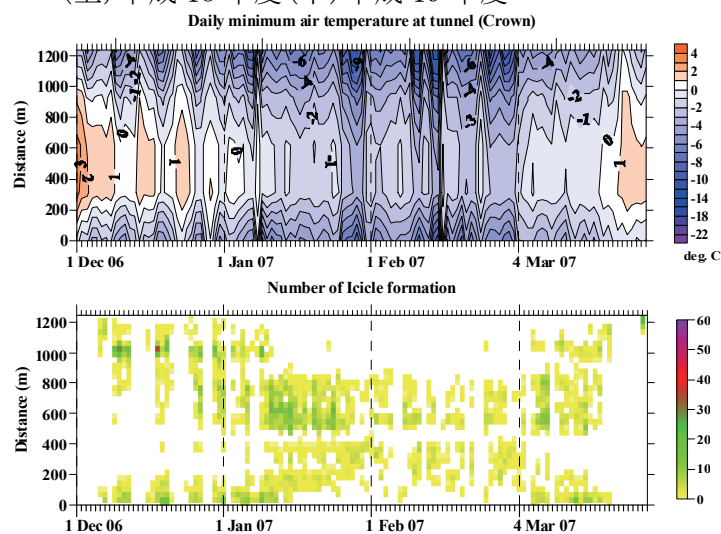


図 4 平成 18 年度冬季におけるクラウン部の日最低気温分布図(上)とつらら発生位置図(下)

より冷却されていることが確認できた。

### 3.4 つらら発生位置

図4に第2伊納トンネルにおける平成18年度の日最低気温分布とつらら発生位置図を示した。つららの発生は、12月から1月ではトンネルの出入口付近に発生しているが、1月から3月においてはトンネル中央部に発生位置が移動しており、3月にかけて発生位置はまた、トンネルの出入口付近に移動していることが確認できた。また、つららの発生は、トンネル坑内気温と相関関係があり、気温が高い箇所には発生せず、気温が寒すぎても発生しないことが分かった。

図5に平成19年度の日最低気温分布とつらら発生位置図を示した。つらら発生位置は、12月から1月中旬にかけては、平成18年度と同様の傾向を示していたが、1月中旬から3月はつららの発生がトンネル全体でほとんどみられなかった。これは、坑内気温が下がりすぎたため、つらら発生の原因であるトンネル内の漏水が凍結したためと考えられる。また、3月から4月にかけては、例年の月平均気温が1.2℃に対して、平成19年度は3.8℃と気温が高かったことから、トンネル坑内の気温の上昇も速まり、つららの発生はほとんどみられなかった。

### 3.5 日最低気温とつらら発生本数の関係

計測をおこなった5トンネルにおける、日最低気温とつらら発生本数の関係を図6に示す。つらら発生領域は平成18年度では約2.5

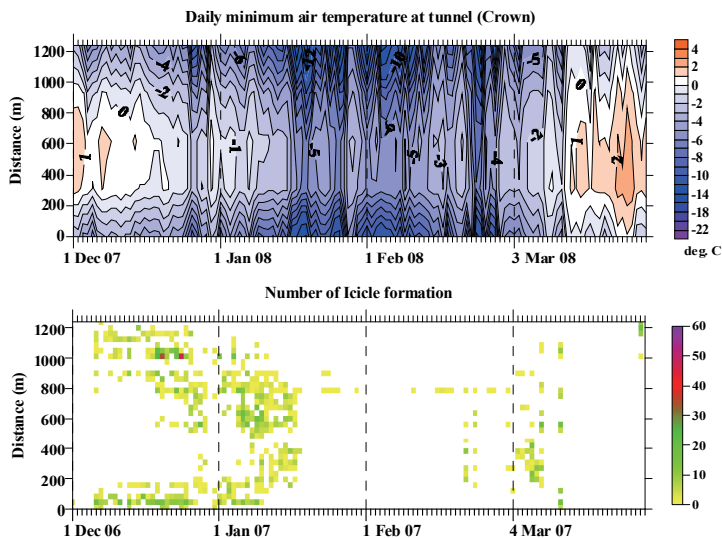


図5 平成19年度冬季におけるクラウン部の日最低気温分布図(上)とつらら発生位置図(下)

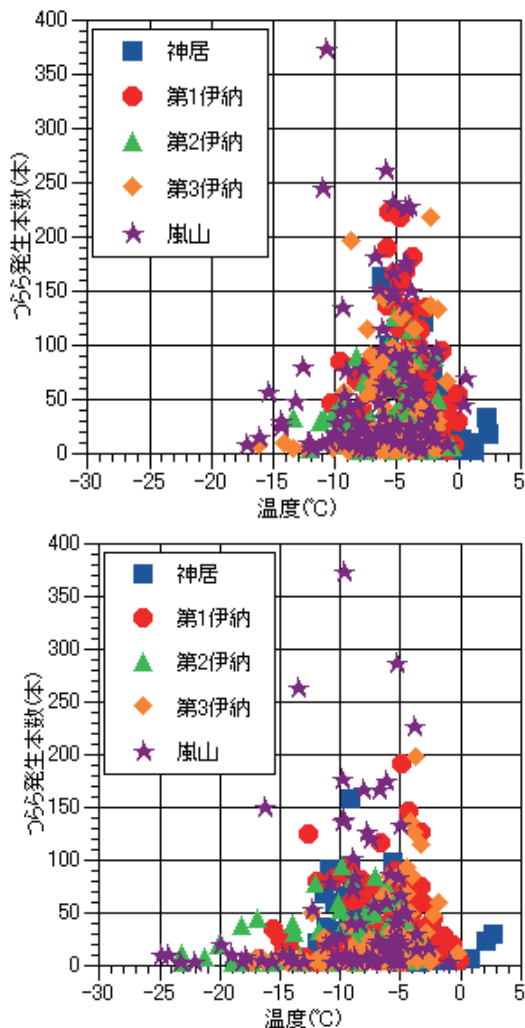


図6 日最低気温とつらら発生本数の関係 (上)平成18年度 (下)平成19年度

～-17.5℃, 平成19年度では約2.5～-25.0℃の間にあった。神居トンネルにおいてつらら発生領域が正の気温にも見られる理由は, 延長が4.5kmと長いことから外気温が上昇してもトンネル坑内の気温が上昇するまでに他のトンネルに比べて時間差があり, 気温計測を行なった箇所とつらら発生箇所での温度差が原因と考えられる。また, 計測年度でつらら発生領域が異なるのは, 坑内気温に影響している外気温が3.1節で述べたように, 計測年度によって異なる気象条件であったためと考えられる。

#### 4. まとめ

本報告では, トンネル坑内気温とつらら発生状況(場所・本数・長さ)の関係について, JR北海道旭川保線所管轄の5つのトンネルを対象としたつらら観測を行い, 平成18年度及び平成19年度冬期の計測結果から以下のことがわかった。

##### (1) トンネル内の温度分布

- ・トンネル内の中央部に向かうにしたがって, 気温が上昇していた。
- ・クラウン部で計測した気温は, 1.5m高で計測した値より, 平成18年度冬期では0.8～1.7℃, 平成19年度冬期では0.6～1.7℃高かった。
- ・トンネル内の気温は, 氷点下の部分が季節によって出入口付近から中央部に移動し, また出入口付近へ移動していた。

##### (2) つらら発生位置

- ・つららの発生位置は, 初冬から真冬にかけて出入口付近で多く発生し, 真冬は中央部に発生位置が移動し, 初春にかけて出入口付近へ移動していた。
- ・つららは氷点下付近から発生し始めるが, ある温度まで下がると発生が止まった。
- ・計測することで, 毎年多くつららが発生している箇所がわかった。
- ・気温計測及び解析を行なうことでつらら発生予想を行える可能性があることが分かった。

#### 5. おわりに

本稿では, つららが発生しない日を予想し鉄道トンネル内のつらら除去作業日を軽減したいと考え, 基礎資料取得のため鉄道トンネル内にてつらら観測を行なった。今後は, 取得したトンネル坑内気温とつらら発生状況(場所・本数・長さ)の関係について解析を進め, つらら発生の予想およびつらら除去作業の効率化に資する知見を得るべく研究を行なっていく。

#### 参考文献

- 1) 小川直仁, 岩花 剛, 赤川 敏・鉄道トンネル内のつららの観測(第1報)・北海道の雪氷, 第26号, pp. 53～56, 2007年