

あられ検知器を活用した情報提供システムの開発と運用

—北陸自動車道 朝日 IC～上越 JCT間—

東日本高速道路(株) 新潟支社 道路管制センター
(株)ネクスコ・メンテナンス新潟 上越事業所

1 はじめに

北陸自動車道朝日 IC～上越 JCT 間は、構造物比率7割の連続トンネルを有する山岳道路であり延長約69km 間にトンネルが26本あり、橋梁も多い(図1)。地形は、海岸線が近く、気象の急変を起こしやすいという特徴をもった路線である。天候が不安定な初冬期は、日本海側に多頻度で発生するあられ(図2)により、トンネル出口付近は路面が瞬時に白くなり事故が多発する。そのため巡回・気象観測機器から収集した降雪情報から、IC 区間単位で「トンネル出口・ユキ」という情報提供をしているが、降雪がないなど、実際とは異なった情報提供となっている場合がある。雪氷作業は事故車や事故に伴う滞留車が支障となる。そこで、事故の発生及び拡大の防止を図るため、走行する車両に対しリアルタイムかつ的確に路面状況の変化を注意喚起し雪氷作業の初動対応を迅速に行うことを目的として、あられに特化した気象観測機器の開発を行うと共に、リアルタイムな情報提供システムを確立した。

本論文では、雪氷作業がより効率化されるよう、その運用及び効果について検討した。



図1 位置図

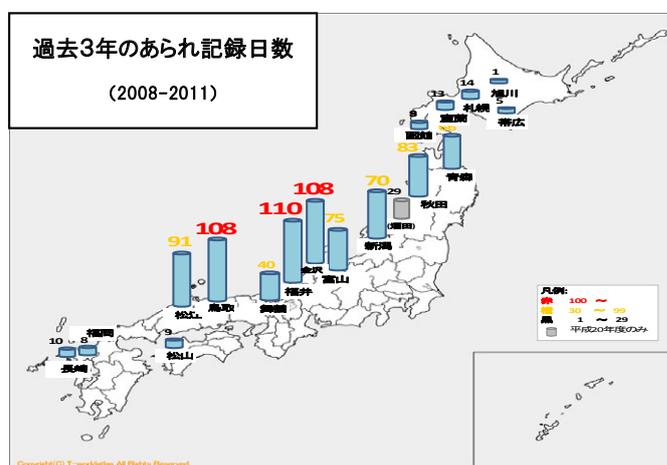


図2 あられの発生分布図

2 道路管理における現状と課題

新潟県内では、冬期の事故が通常期の3～4倍に達する。これは多くがスリップ事故に起因するもので、路面状況が大きく影響する。当事業所管内の事故は、北陸自動車道朝日 IC～上越 JCT 間のうち、下り線の山王トンネルと筒石トンネル出口が突出して多くなっている(図3)。

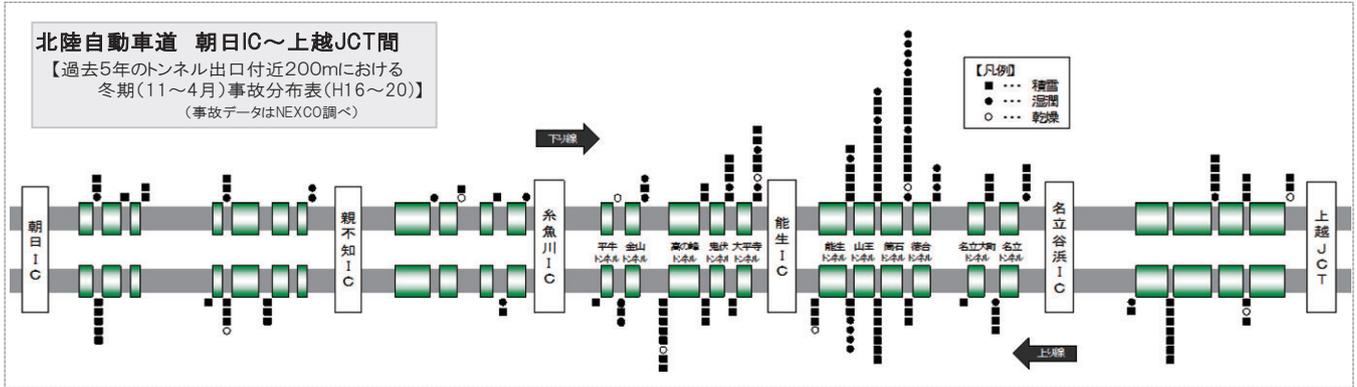


図3 事故分布図

これまで、冬期間における事故削減のため様々な対策がなされてきた。除雪トラック配置の強化・見直し、ロードヒーティング・路面散水装置等がその例である。しかし、日本海側に多く発生するあられに対しては、これまでの対策はあまり有用ではなかった。その理由は、あられの特性が瞬時に路面を変化させる(図4)こと、またその事象の範囲が雪や雨に比べ非常に小さいことが要因であると考えられる。トンネル間では、その特性が大きく影響し、トンネル通過前は湿潤路面であったのに、出口においてはあられによりシャーベット路面となる場合が多々生じ、連続トンネル間の場合、その影響は顕著に現れる。路面状況の急変が運転操作に与える影響が大きいことから、スリップを誘発する一因となっている。

情報提供として、トンネル内に「ユキ・出口注意」と情報板に表示しているが、必ずしも情報と状況が一致しない場合があり、情報の信頼性が低下するため、注意喚起の効果も薄れていたのではと推察される。従って事故の削減のためには、適切な情報提供と雪氷作業の出動タイミングが課題である。

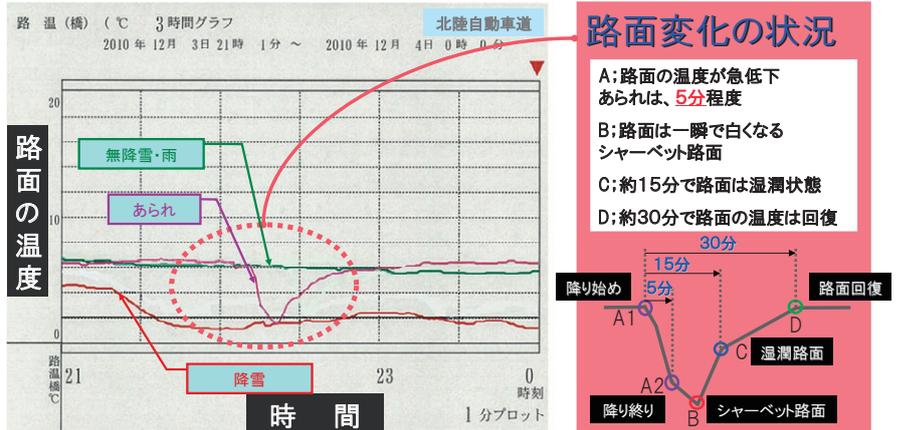
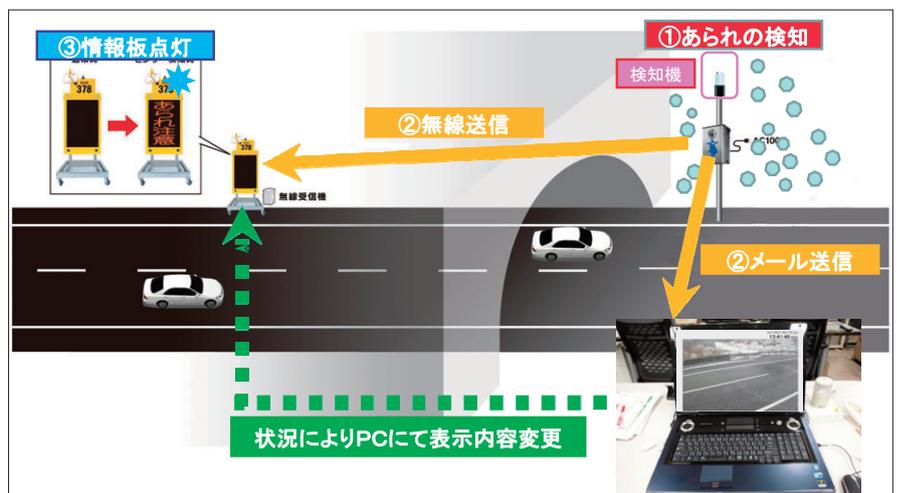


図4 路面温度の変化グラフ

3 「リアルタイムな情報提供」による対策

平成22年度は、「リアルタイムな情報提供」に主眼に置き、以下のように対策を施した。図5にあられ検知器を用いた情報提供システムを示す。

図5 あられ検知器を用いた情報提供システム



トンネル出口にあられ検知器と路面監視カメラを設置し、気象の急変を監視した（写真1）。

また、その情報を管理事務所の雪氷対策室へメールにより自動送信するとともにトンネル内に設置した簡易情報板へリアルタイムに無線送信で「出口あられ⇔走行注意」と表示するシステムの運用を行った。あられを検知してから情報提供・終了するまでのフローを図6に示す。

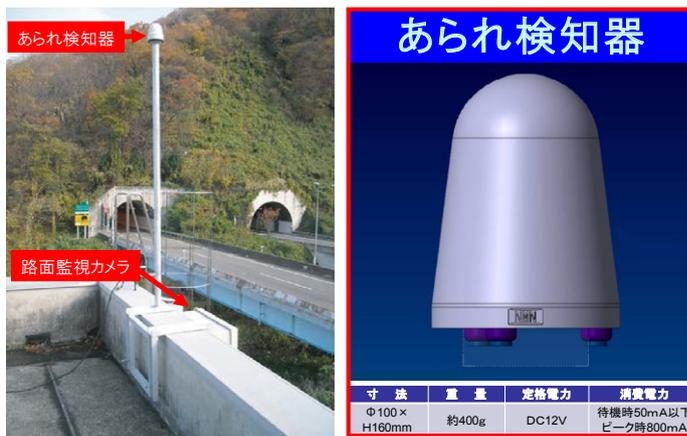


写真1 機器の設置状況

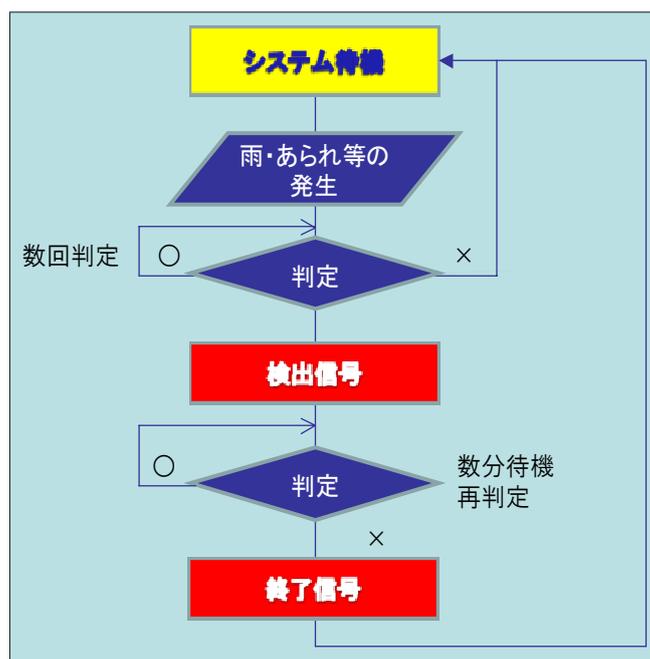


図6 あられ検知から情報提供・終了までのフロー

従来の気象観測機器において、ドップラー効果を利用した製品があるものの、あられに対し特化した製品が無かったため、今回はシステム運用も含め、開発を行ったものである。

4 あられ注意喚起情報の提供による効果評価

あられに関する注意喚起情報の効果を評価するため、情報を発報した時間帯におけるトンネル坑口付近の速度変化と通常時の速度変化を比較し、情報発報による速度低下の傾向を分析した。速度変化の計測は、情報板付近に設置した簡易トラカンのデータを用いた。設置個所の位置関係を図7に示す。

なお、あられ注意喚起情報をリアルタイムに提供することによって、次の効果を期待している。

- ① 気象変化の状況把握が雪氷作業に直結
→雪氷作業の迅速化に繋がる。
- ② 事故直後の拡大防止と滞留車両の最小化
→雪氷作業の効率化に繋がる。
- ③ 気象状況に見合った情報をリアルタイムに提供
→情報の信頼性が増し、注意喚起効果が向上する。

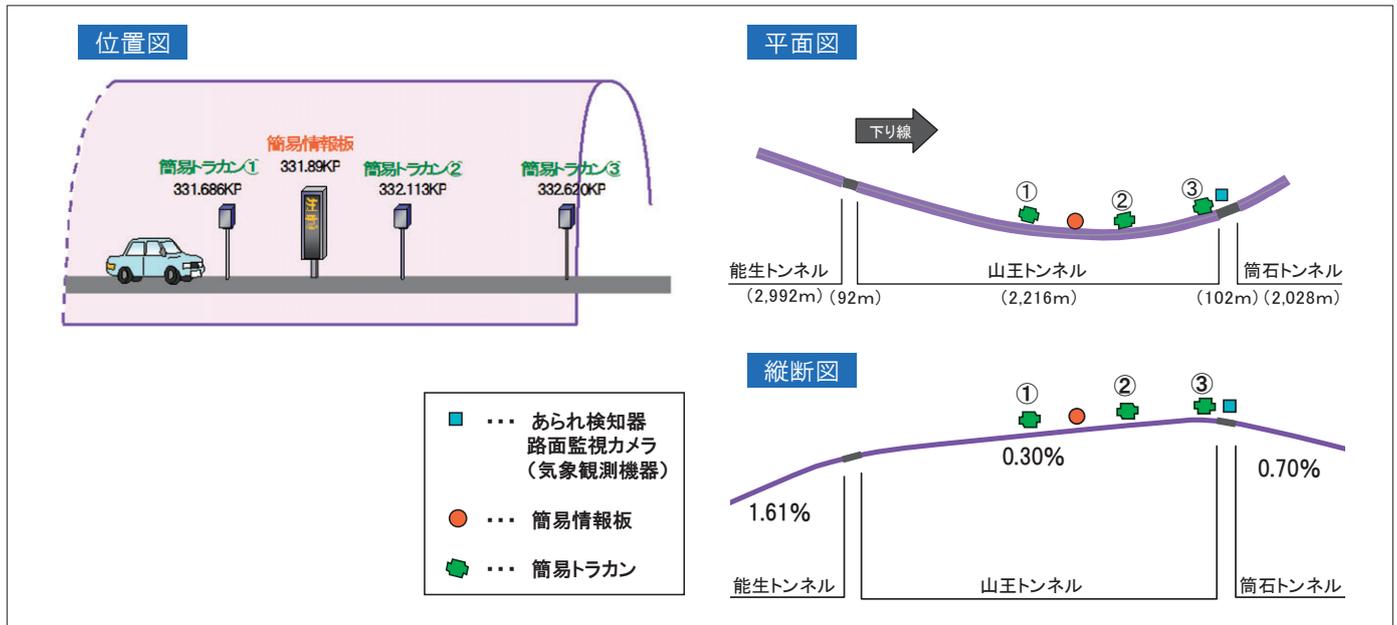


図7 速度測定器等設置位置図

5 効果検証

5.1 速度低下状況

5.1.1 分析対象データ

あられ注意喚起情報は、12月に33回、1月に29回、2月に2回、3月に1回の発報を行った。そこで対象期間を発報回数の多い12月～1月のうち、基礎分析の結果、速度データの安定している1月を対象とした。分析では、先に当該期間に通過した全車両を対象とした走行速度について基礎分析を行い、次に、あられ注意情報を発報した時間帯を対象とした効果評価分析をそれぞれ実施した。本分析で対象としたあられ注意喚起情報の一覧を表1に示す。

- 期間：平成23年1月1日～31日
- 使用データ：簡易トラカンデータ（車種別1分間交通量および速度データ）
- 除外データ：除雪作業等で発生する低速度データ（50km/h未満）

表1 注意喚起の履歴一覧

DATE	TIME	注意喚起の継続時間
2011/01/01	17:23:35	15分
2011/01/01	21:18:36	15分
2011/01/02	06:18:36	15分
2011/01/02	09:43:36	15分
2011/01/02	18:08:36	45分
2011/01/02	18:58:36	15分
2011/01/02	19:33:36	15分
2011/01/02	20:38:36	15分
2011/01/06	08:18:39	15分
2011/01/07	14:23:41	15分
2011/01/07	15:53:41	15分
2011/01/14	14:38:48	20分
2011/01/15	06:18:49	15分
2011/01/16	15:38:51	15分
2011/01/16	16:43:51	20分
2011/01/16	17:08:51	15分
2011/01/16	22:53:51	30分
2011/01/17	08:33:52	15分
2011/01/17	20:53:52	15分
2011/01/18	05:58:53	15分
2011/01/19	12:58:54	15分
2011/01/20	03:53:55	15分
2011/01/20	05:58:55	20分
2011/01/20	07:13:55	15分
2011/01/20	09:38:55	15分
2011/01/21	04:58:56	15分
2011/01/22	08:23:57	15分
2011/01/22	23:23:58	15分
2011/01/30	02:51:52	15分
合計	29回	8.25時間

5.1.2 速度分布の基礎分析

上記使用データの速度分布状況を把握するための速度分布のイメージを図8に示す。

日時	全体		普通車		大型車	
	交通量[台]	速度[km/h]	交通量[台]	速度[km/h]	交通量[台]	速度[km/h]
2010/12/5 0:00	2	91.5	0	0	2	91.5
2010/12/5 0:01	1	92.7	1	92.7	0	0
2010/12/5 0:02	4	95.3	1	91.5	3	96.7
2010/12/5 0:03	2	103	1	115.9	1	92.7
2010/12/5 0:04	2	102.8	0	0	2	102.8

55~60	0	1分間速度データをもとに5km/hごとの速度域で振り分け、それぞれの速度域にある交通量を合計
60~65	21	
65~70	73	
70~75	44	
75~80	66	

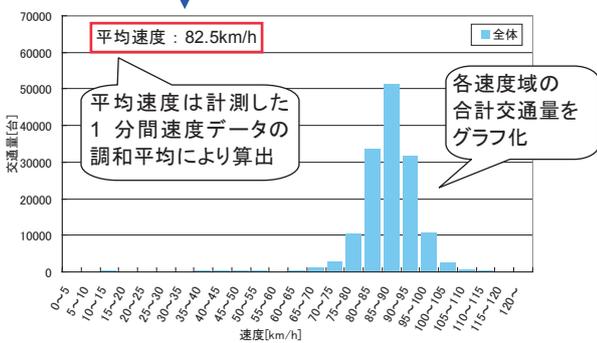


図8 作成イメージの速度分布図

ただし、実走行速度と計測値の間に誤差が生じるため、簡易トラカン①～③の計測値を相互に比較する場合、誤差による差が含まれる。そのため、図8のように実走行データを下に、簡易トラカン①～③の計測値を正規化する「速度の補正值」を算出し、それぞれの計測値を補正值で割り戻したうえで、分析を行った。(図9)

No.	走行速度(km/h)	計測値(補正済み)			備考
		下り331.68	下り332.1	下り332.6	
		(km/h)	(km/h)	(km/h)	
1	100	87.8	86.6	92.7	
2	100	89.1	107.4	97.6	
3	80	72.0	76.9	67.1	
4	100	86.6	89.1	84.2	
5	100	89.1	87.8	80.5	
6	100	87.8	86.6	92.7	
7	100	90.3	93.9	81.7	
8	100	84.2	92.7	83.0	
平均値		87.84	92.01	87.49	No.3を除く平均

簡易トラカン①の平均値を「1」とした場合

図9 速度の補正值

上記期間の速度分布状況を図10に示す。簡易トラカン③の位置では平均速度が低下しているが、これは山王トンネル坑口付近における明順応等による速度低下と考えられる。

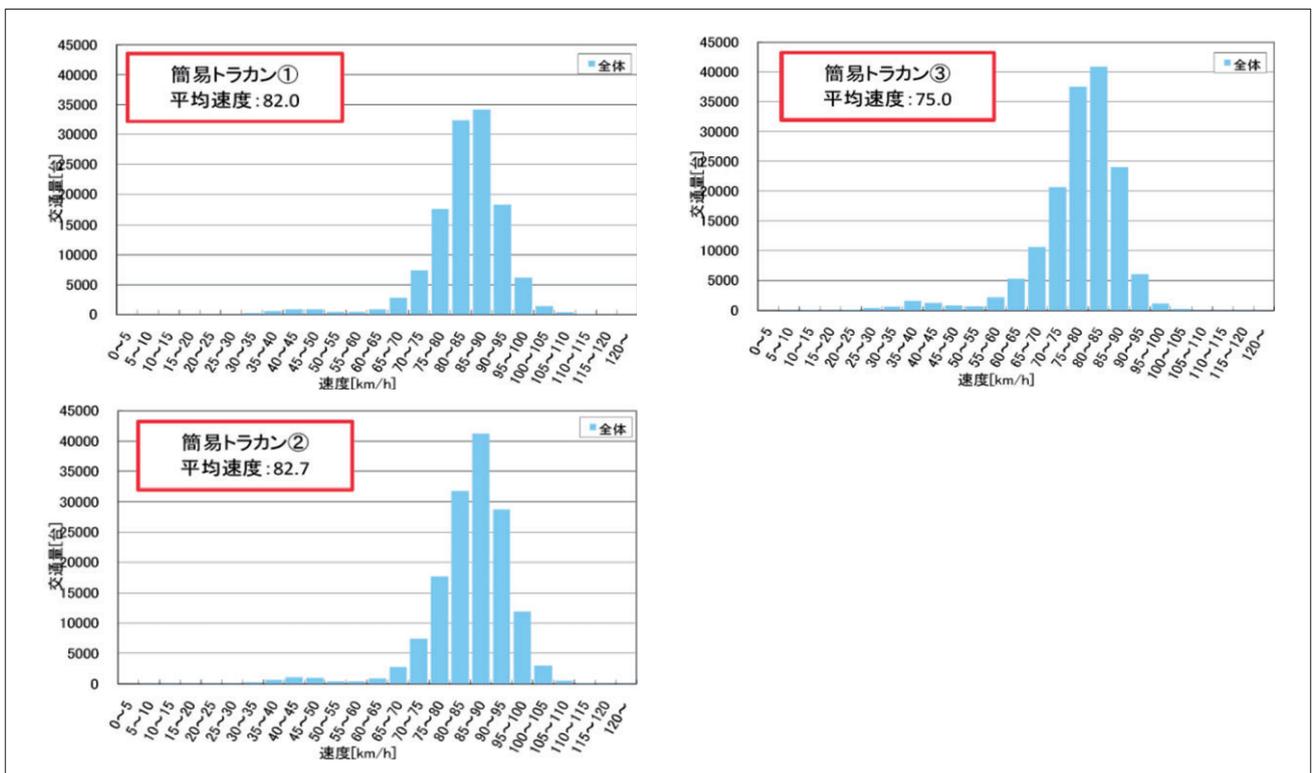


図10 速度分布状況図

5.1.3 情報提供前後での速度分布状況

注意喚起情報提供の有無を確認し、提供された時間の前10分間を提供前、提供されていた時間を提供後として抽出し、提供前後での速度変化を比較する。

平成23年1月1日～31日の簡易トラカンによる提供前後の速度状況について、全体（1ヶ月間）と悪天候時（あられが生じた時）の情報提供前後の平均速度を比較し、その推移を図11に示す。

1ヶ月間の全体の速度の平均は、トンネル内ではほぼ一定の速度となっているが、出口で減速している。一方、あられが発生する直前10分間の悪天候時は、外より走りやすいトンネルの中で徐々に速度を上げ、出口で1ヶ月全体平均値と同程度の速度まで減速している。あられ検知後、リアルタイムに情報提供した時の平均速度は、トンネル内で速度は徐々に上がるものの、出口では情報提供前の10分間に比べて、全体に速度が落ちている傾向を示した。注意喚起情報の効果があったものと推察される。速度低下については僅かなものであるが、減少傾向を示したことで、今後も引き続き精度の高い情報提供を継続し、長い目で注視していく必要がある。

簡易トラカンによる速度分布状況を、80km/h未満、80～90km/h、90km/h以上の3領域に分けて、その割合を提供前後で比較した。その結果を表2に示す。

表2から80km/h未満の割合は、簡易トラカン①および②ではほぼ同様であるが、出口付近に位置する簡易トラカン③では、提供前に比べて提供後は10%以上増加している。このことから、高速域で走行していたドライバーが、注意喚起情報によって出口付近で速度を低下させて、より安全な速度で走行したことが推察される。

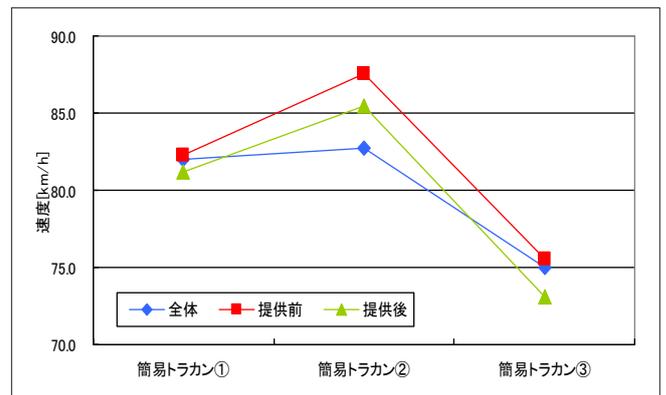


図10 情報提供前後の速度変化図

表2 情報提供前後の速度分布割合

	提供前	提供後
簡易トラカン①	<p>N=805</p> <p>90km/h以上: 20%</p> <p>80km/h未満: 33%</p> <p>80～90km/h: 47%</p>	<p>N=1173</p> <p>90km/h以上: 11%</p> <p>80km/h未満: 36%</p> <p>80～90km/h: 53%</p>
簡易トラカン②	<p>N=848</p> <p>90km/h以上: 45%</p> <p>80km/h未満: 19%</p> <p>80～90km/h: 36%</p>	<p>N=1300</p> <p>90km/h以上: 34%</p> <p>80km/h未満: 20%</p> <p>80～90km/h: 46%</p>
簡易トラカン③	<p>N=862</p> <p>90km/h以上: 4%</p> <p>80km/h未満: 67%</p> <p>80～90km/h: 29%</p>	<p>N=1322</p> <p>90km/h以上: 1%</p> <p>80km/h未満: 79%</p> <p>80～90km/h: 20%</p> <p>80km/h未満の割合が大きく増加</p>

5.2 トンネル出口付近の事故発生状況

冬期におけるトンネル出口200mにおける対策前の平成16～20年度の5年間平均値と平成22年度の事故発生状況を図11に示す。平成22年度は厳冬で降雪量が多く、事故は全体的に増加傾向にあったものの、情報提供をリアルタイムに行った下り線の山王トンネルと筒石トンネル出口での事故の発生状況は、過去5年間の平均と比較して減少傾向を示した。

事故発生状況についても、あられ注意喚起情報の提供効果があったものと推察される。

他の増加傾向にあるトンネルに対してどのように監視し情報提供していくのか今後の課題である。

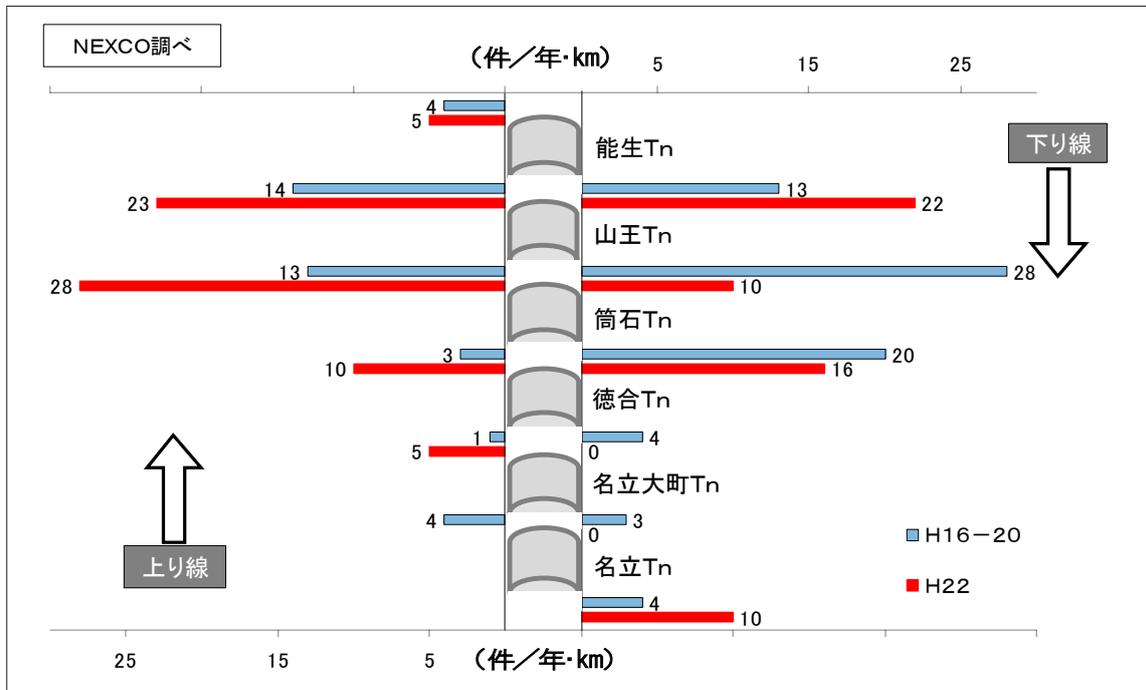


図 11 過去 5 年間のトンネル出口付近 200m と比較した冬期 (11 ~ 4 月) 事故発生状況図

6 おわりに

あられ検知器を用いたシステムによる、実際の気象状況にあった情報提供は、「あられを見逃さない」、「リアルタイムな状況把握ができる」という効果が得られた。

この結果、トンネル出口付近の事故が減少したのではないかと考えられる。またトンネル出口付近の状況によっては、迅速な初動対応が可能となる。このシステムにより、情報の信頼性が増し、注意喚起効果が向上したと思われる。平成 23 年度冬期は監視する箇所を拡大して運用し、効果検証を継続していく。

私たちが目指すのは、より安全な走行環境の提供であり、提供する情報の信憑性が重要な要素の一つとなる。そのため、①精度の高い情報の取得、②安定した検知機能の確保、③リアルタイムで信頼性の高い情報提供が必要不可欠である。

平成 22 年度における冬季期間の事故が減少したことは、雪氷作業の一部が効率化に繋がったと言える。

気象急変に伴うあられは瞬時に路面をシャーベット状態とするなど一時的に白くなるが、15～30分程度で回復するため、除雪作業は間に合わない。

そのため今後は、あられを予想して除雪梯団を出動させるタイミングを見出していくことが必要と考えている。そのためには、気象学の知識を身につけ、あられの予測・予知の精度を上げ、事前の準備をしっかりと行って、除雪体制など雪氷作業をより効率的にできるよう検討をしていく。

そして気象急変時においても、適切な情報提供と迅速な除雪を行うことで、お客様がより安全に走行できる環境を提供していきたいと考えている。