

8. 暴風雪災害による影響と対策

8.1 活動概要

吹雪現象を扱う際に、状況を的確に表す指標が無いことは、道路管理上の課題の一つである。視程計で計測する“視程”は、吹雪の状況を示す指標であるが、整備台数が少なく、広域的な吹雪の状況を把握することは難しい状況にある。

一方、道路管理用 CCTV カメラは北海道内の国道沿いに整備されている。この道路管理用 CCTV カメラの画像を、画像解析により数値化し、道路の視界状況を把握できれば、吹雪時の道路維持管理を支援する基礎資料の作成が可能であると考えられたため、取り組んだ。

8.1.1 活動目的

冬期道路交通が抱える大きな問題である暴風雪災害に対し、安全安心な道路管理に利活用するための基礎的な調査を行う。道路管理用 CCTV カメラ画像を活用して吹雪の程度を数値化し、気象パターン別の吹雪発生状況を全道レベルで記録、蓄積することで、事前に予想される吹雪の発生地域・規模を想定し、吹雪時の道路維持管理を支援するための基礎資料を作成した。

8.1.2 活動内容

活動内容を以下に列記する。

(1) 暴風雪時の道路画像収集

平成 28 年度冬期から平成 30 年度冬期までの 3 冬期の道路画像を収集し、顕著な暴風雪時の画像を抽出・整理した。

(2) 暴風雪時の通行規制および気象情報の収集

平成 28 年度冬期から平成 30 年度冬期までの 3 冬期について、通行止め情報や各種気象情報を収集・整理した。

(3) 暴風雪時の道路画像による視界状況把握

平成 27 年度冬期から平成 29 年度冬期までの顕著な暴風雪事例について、収集済の道路画像を基に視界レベルを算出し、吹雪発生状況を時系列で整理した。

(4) 吹雪発生状況と気象データとの対応

平成 27 年度冬期から平成 29 年度冬期までの顕著な暴風雪事例について、吹雪発生状況と気象データ（気象レーダー、主要地点の風向風速、積雪深等）の対応を分析した（ケーススタディ）。

(5) 不適画像の自動処理機能の導入検討

視界レベル算出の際に影響を及ぼす不適な画像（画像提供停止、水滴、車のハイビーム等）について、自動除去の可能性を検討する。なお、不適画像の自動処理については、別途北海道大学と共同で検討している画像処理アルゴリズムを適用した。

8.2 暴風雪時の道路画像収集箇所

平成 28 年度冬期から平成 30 年度冬期までの道路画像を収集した。画像の収集は、図 8.1 に示す「北海道地区道路情報」の管理者用サイトにおいて、15 分間隔で更新されている静止画像を全て記録する方法とした。画像収集の対象とした道路監視用 CCTV カメラの地点は表 8.1 のように、一般国道 630 箇所、高規格幹線道路 63 箇所の計 693 箇所とした。

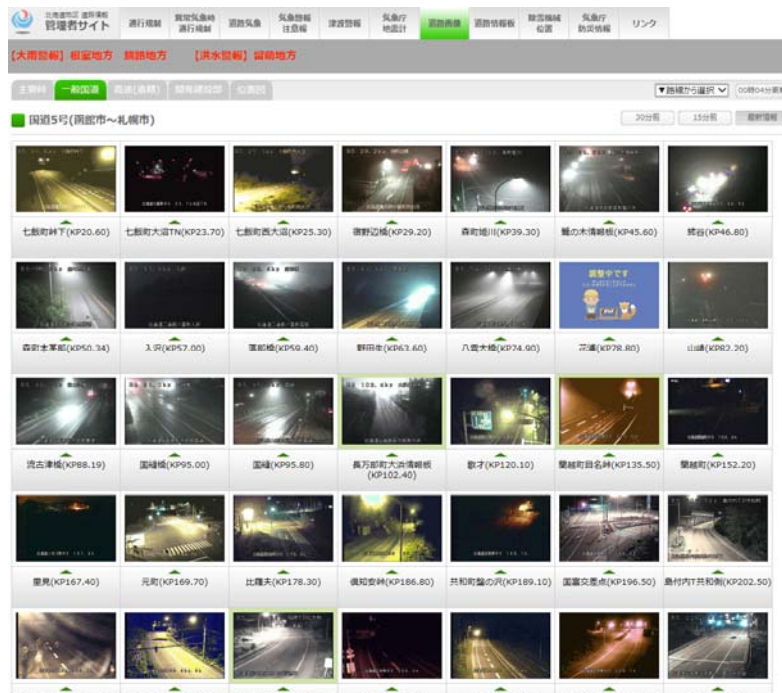


図 8.1 北海道地区道路情報の管理者用サイト

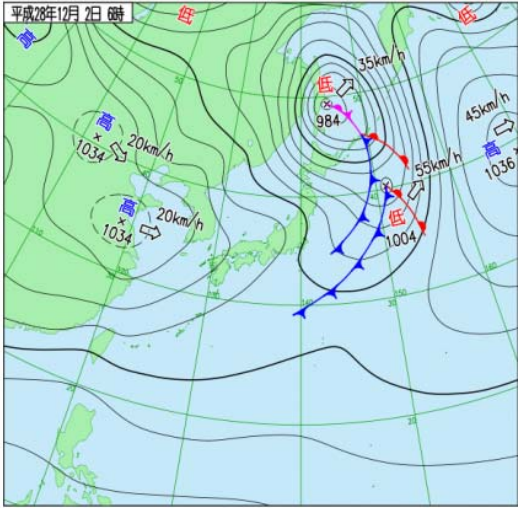
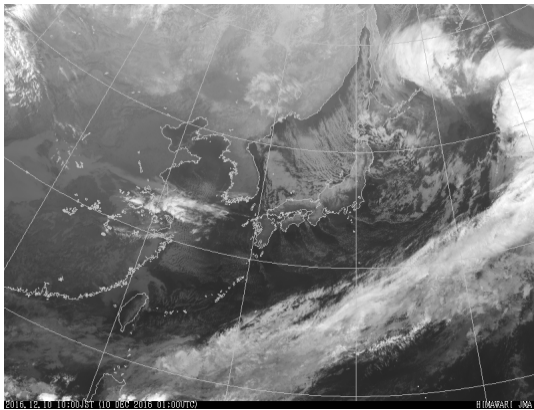
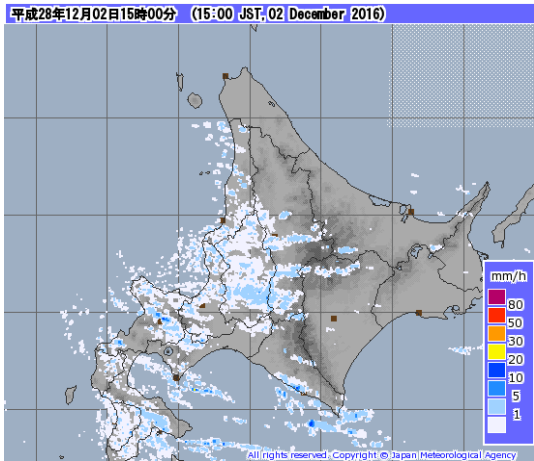
表 8.1 画像収集の対象とした道路監視用 CCTV カメラの路線ごとの箇所数

国道番号	箇所数	国道番号	箇所数	国道番号	箇所数	高規格など	箇所数
国道 5 号	33 箇所	国道 235 号	9 箇所	国道 277 号	3 箇所	北見道路	4 箇所
国道 12 号	11 箇所	国道 236 号	3 箇所	国道 278 号	5 箇所	旭川紋別自動車道	13 箇所
国道 36 号	14 箇所	国道 237 号	15 箇所	国道 333 号	2 箇所	白鳥大橋	2 箇所
国道 37 号	14 箇所	国道 238 号	54 箇所	国道 334 号	4 箇所	黒松内新道	1 箇所
国道 38 号	30 箇所	国道 239 号	9 箇所	国道 335 号	16 箇所	深川留萌道	9 箇所
国道 39 号	26 箇所	国道 240 号	9 箇所	国道 336 号	13 箇所	帯広広尾自動車道	8 箇所
国道 40 号	26 箇所	国道 241 号	6 箇所	国道 337 号	21 箇所	道東自動車道	4 箇所
国道 44 号	17 箇所	国道 242 号	5 箇所	国道 391 号	3 箇所	日高自動車道	4 箇所
国道 228 号	11 箇所	国道 243 号	17 箇所	国道 392 号	1 箇所	函館江差道	3 箇所
国道 229 号	28 箇所	国道 244 号	25 箇所	国道 393 号	8 箇所	函館新道	2 箇所
国道 230 号	31 箇所	国道 272 号	14 箇所	国道 451 号	1 箇所	函館新外環状道路	1 箇所
国道 231 号	21 箇所	国道 273 号	7 箇所	国道 452 号	1 箇所	美幌バイパス	2 箇所
国道 232 号	28 箇所	国道 274 号	32 箇所	国道 453 号	13 箇所	豊富バイパス	3 箇所
国道 233 号	4 箇所	国道 275 号	15 箇所			幌富バイパス	2 箇所
国道 234 号	4 箇所	国道 276 号	21 箇所			名寄美深道路	5 箇所
				合計	630 箇所	合計	63 箇所

8.3 暴風雪の通行規制及び気象情報の収集内容

平成 28 年度冬期から平成 30 年度冬期にわたり、通行止め情報や各種気象情報を収集・整理した。収集した通行規制情報と気象情報を表 8.2 表に示した。

表 8.2 対象とした通行規制情報と気象情報

分類	内容	概要
通行規制情報		北海道内の国道の通行止めデータ
気象情報	天気図	
	気象衛星画像	
	降水レーダー	

8.4 暴風雪時の道路画像による視界状況把握

8.4.1 活用する画像解析技術について

北海道大学の萩原らは、CCTV カメラの画像から吹雪時の視界状況を判定する手法として、人間のコントラスト感度関数に着目した研究を行ってきた。右図は Campbell-Robson CSF chart¹⁾ と呼ばれ、横軸に縞の細かさ（空間周波数）、縦軸に縞の輝度の比（コントラスト）を変化させている図である。縞模様に見える部分と縞模様に見えない部分の境目が、我々がコントラストを認識できる限界のコントラストである。図から分かるように、人間の視覚は縞の細かさによって縞を認識できる輝度の限界が異なるという特性がある。

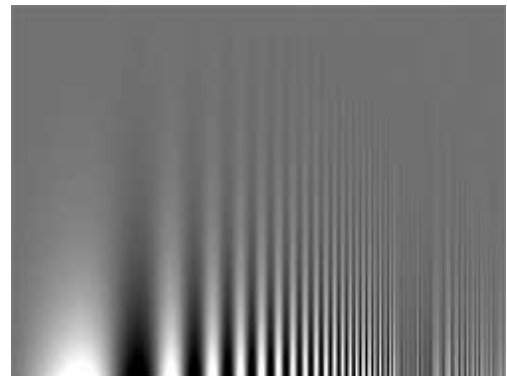


図 8.2 Campbell-Robson CSF chart

萩原らの開発した評価方法は、視界不良の評価指標として画像の空間周波数を利用し、人間のコントラスト感度を利用したバンドパスフィルタ処理により、人間にとって見やすい領域の空間周波数から画像の見づらさを定量化するものである^{2) 3)}。画像の見やすさを定量化した指標 WIPS（Weighted Intensity of Power Spectrum）の算出プロセスを以下に示す。

- ①CCTV 道路画像から視界情報算出エリアの静止画像を切り出し、グレースケールに変換する。
- ②各画素の明るさの分布を 2 次元フーリエ変換によって、空間周波数成分に分解し、得られた各々の空間周波数に対応するパワースペクトルを算出する。
- ③パワースペクトルにおいて、1.5～18cpdの範囲が人間の感じることのできる空間周波数の範囲であり、この範囲内のパワースペクトルの合計値を **WIPS** とする。

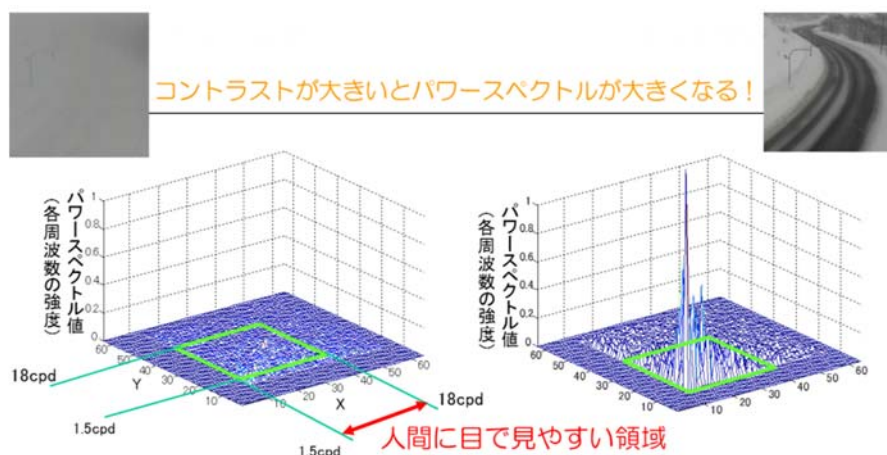


図 8.3 視界不良時と良好時の画像のパワースペクトル値

図 8.3 のように、視界不良時の画像は、各周波数のパワースペクトル値が全体的に小さくなり、視界良好時の画像はパワースペクトル値が大きくなる。WIPS（Weighted Intensity of Power Spectrum）は、人間にとって見やすい領域の空間周波数帯のパワースペクトルの合計値であり、視界不良時の画像は、図 8.4 のように画像全体が灰色もしくは白っぽくなるため、WIPS の値も小さくなる。



図 8.4 画像の視界状況とパワースペクトルの合計値の関係

道路監視用 CCTV の画像から WIPS を算出する方法としては、北海道大学と北海道開発技術センターで開発された「視界情報処理システム」の一部機能を使用した。

一方、WIPS は画像内の背景、視的目標物の有無などの影響を受ける。同じ好天時においても、図 8.5 のように、WIPS の値が大きい地点と、やや小さい地点がある。そのため、単純に WIPS の値を比較することでは視界状況を正しく評価することができない。そこで、WIPS から視界状況をより正確に評価することを目的として、表 8.3 のように、WIPS の値が最大となる好天時からの WIPS の低下量で視界状況をレベル化することとした。

表 8.3 WIPS の低下量と視界状況および視界レベル

WIPS の低下量	視界状況	視界レベル
2.5 未満	視界は悪化していない	レベル 1
2.5 以上～4.0 未満	やや視界が悪化している	レベル 2
4.0 以上～5.0 未満	視界不良	レベル 3
5.0 以上	厳しい視界不良	レベル 4



WIPS=9.614



WIPS=10.942

図 8.5 好天時の道路画像と WIPS の値

- 1) Campbell, F.W. and Robson, J.G., Application of Fourier Analysis to the Visibility of Gratings, Journal of Physiology, Vol.197, pp. 551-566, 1968.
- 2) Hagiwara, T., Kizaka, K. and Fujita, S.; Development of Visibility Assessment Methods with Digital Images under Foggy Conditions, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No.1862, pp.95-108, 2004.
- 3) Hagiwara, T., Ota, Y., Kaneda, Y., Nagata, Y. and Araki, K.; A Method of Processing CCTV Digital Images for Poor Visibility, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No.1973, pp.95-104, 2006.

8.4.2 暴風雪時の視界状況把握結果

表 8.4 には平成 27 年度冬期から平成 29 年度冬期までの顕著な暴風雪事例を示す。これらの事例について、収集済の道路画像を基に視界レベルを算出し、吹雪発生状況を時系列で整理した。整理結果として、表 8.4 に黄色で示した暴風雪事例について、次節の「吹雪発生状況と気象データとの対応」において、気象データとともに整理した。

表 8.4 顕著な暴風雪事例（平成 27 年度冬期～平成 29 年度冬期）

		期間	概要
平成 27 年度冬期	①	平成 28 年 1 月 18 日 ～21 日	1/18、低気圧が発達しながら三陸沖を北東に進み、1/19 には根室の南東海上に進み停滞。1/21 にかけてゆっくりと東に進み、強い冬型の気圧配置になった。全道的に暴風雪や大雪となり、網走管内を中心に国道・道道で大規模な通行止めが発生。オホーツク海側の白滝では日最深積雪が 128cm となり統計開始以来の極値を更新。
	②	平成 28 年 2 月 14 日 ～15 日	2/14、低気圧が発達しながら北海道付近を通過。2/15 には別の低気圧が宗谷海峡付近に発生。夜にかけてオホーツク海南部に進み、冬型の気圧配置となった。留萌地方などで 14～15 日にかけて暴風雪となり、高速道路、国道、道道で通行止めが発生。
	③	平成 28 年 2 月 29 日 ～3 月 1 日	2/29 に日本海から低気圧が発達しながら近づき、3/1 に進路を東に変えて北海道を通過。午後には冬型の気圧配置となった。日本海側や太平洋側西部を中心に、最大風速が統計開始以来の極値を更新。道内の広い範囲で暴風雪や大雪となり、国道・道道で通行止めが発生し、交通機関が大きく乱れた。
平成 28 年度冬期	①	平成 28 年 12 月 22 日 ～23 日	12 月 22 日 9 時、日本海西部の低気圧が発達しながら北東に進み、23 日 9 時には渡島半島付近に達し、23 日夜には北海道の南海上に進んだ。
	②	平成 29 年 1 月 27 日 ～28 日	1 月 27 日から 28 日にかけて発達した低気圧が北海道付近を通過し、強い冬型の気圧配置となり、暴風雪や大雪となった。
	③	平成 29 年 2 月 24 日	2 月 23 日から 26 日にかけては低気圧を含む気圧の谷の影響で広い範囲で雪が降った。
平成 29 年度冬期	①	平成 29 年 12 月 25 日～ 26 日	日本海を北東へ進む低気圧と、本州の南岸から三陸沖を進む低気圧がともに急速に発達しながら、25 日夜にはオホーツク海でひとつにまとまってさらに発達し、強い冬型の気圧配置となった。
	②	平成 30 年 2 月 17 日 ～18 日	日本海から低気圧が急速に発達しながら北海道に接近し、2 月 17 日に北海道の西海上から太平洋側西部にかけて通過した。また別の低気圧が 17 日夜に根室海峡付近に発生し、18 日にかけて南東に進み、気圧の傾きが大きくなった。
	③	平成 30 年 3 月 1 日 ～3 日	日本海と三陸沖から低気圧が、急速に発達しながら 3 月 1 日から 2 日にかけて北海道付近を通過し、ひとつにまとまりながらオホーツク海に進んだ。このため北海道付近は気圧の傾きが大きくなり、低気圧の通過後は冬型の気圧配置が強まった。

8.5 吹雪発生状況と気象データとの対応

平成 27 年度冬期から平成 29 年度冬期までの顕著な暴風雪事例について、前節で整理した吹雪発生状況と気象データ（気象レーダー、主要地点の風向風速、積雪深等）を比較し、分析した。以下に、表 8.4 に黄色で示した暴風雪事例について、吹雪発生状況と同時刻の気象データを示す。

（1）平成 27 年度冬期の暴風雪事例（平成 28 年 1 月 18 日～21 日）

平成 28 年 1 月 18 日～21 日の事例は、低気圧が北海道の東を通過した事例である。全道的に暴風雪や大雪となり、網走管内を中心に国道・道道で大規模な通行止めが発生した。なお、オホーツク海側の白滝では日最深積雪が 128cm となり統計開始以来の極値を更新した。

図 8.6 には平成 28 年 1 月 18 日 15 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。同日は低気圧が発達しながら三陸沖を北東に進んだ。道南と日高南部、十勝地方に雲のエコーがかかっており、道南や十勝地方でレベル 2 程度の視界不良が発生していた。カメラ画像からも更別村更別（帯広広尾道 KP40.1）で視界不良が発生していたことがわかる。

平成 28 年 1 月 19 日 9 時の吹雪発生状況と気象情報を図 8.7 に示した。低気圧は根室沖の南東海上に進んでおり、道東を中心に雲のエコーが確認できる。十勝地方や釧路地方、根室地方で視界不良が発生しており、視界レベル 4 まで低下している地点も目立つ。更別村更別（帯広広尾道 KP40.1）のカメラは前日よりやや視界が悪い程度であるが、標茶町字虹別（R242 KP72.3）では、厳しい視界不良が発生していることがわかる。同日 15 時の吹雪発生状況と気象情報を図 8.8 に示した。低気圧は根室の南東海上で停滞しており、9 時の画像と同様に道東に濃い雲のエコーがかかっている。十勝地方では視界は改善しているが、釧路地方、根室地方では、視界レベル 3、視界レベル 4 の地点も点在しており、吹雪による視界不良が発生していた。カメラ画像からも、更別村更別では視界不良が解消しているが、標茶町字虹別（R242 KP72.3）では引き続き厳しい視界不良となっていることが明らかである。

図 8.9 には、平成 28 年 1 月 20 日 9 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。低気圧は北海道の東海上をゆっくりと東進していた。図 8.9 の雲の画像より、雲のエコーは非常に狭くなっているが、画像解析ではオホーツク海側を中心に視界不良が発生していた。同時刻の釧路北峠（R240 KP72.3）と枝幸町音標（R238 KP170.0）のカメラ画像からも視界不良の発生が確認できる。図 8.10 には、同日 15 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。図 8.9 と同様に、低気圧は北海道の東海上をゆっくりと東進しており、雲のエコーも点在する程度まで減少している。オホーツク海側の視界不良も徐々に解消されてきているが、一部地点では視界レベル 3、4 程度の視界不良が発生していた。釧路北峠（R240 KP72.3）のカメラ画像は同日 9 時に比べて視界がかなり回復しているが、枝幸町音標（R238 KP170.0）についてはほとんど変化していなかった。

図 8.11 は、平成 28 年 1 月 21 日 9 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。低気圧は北海道の東進しており、オホーツク海側や道東の視界不良はほぼ解消した。カメラ画像からも、釧路北峠（R240 KP72.3）と枝幸町音標（R238 KP170.0）の視界不良がほぼ解消されたことが確認できる。一方、冬型の気圧配置となっており、石狩北部や留萌地方に日本海側から筋状の雲が入り込んでおり、留萌付近で視界不良が発生していた。

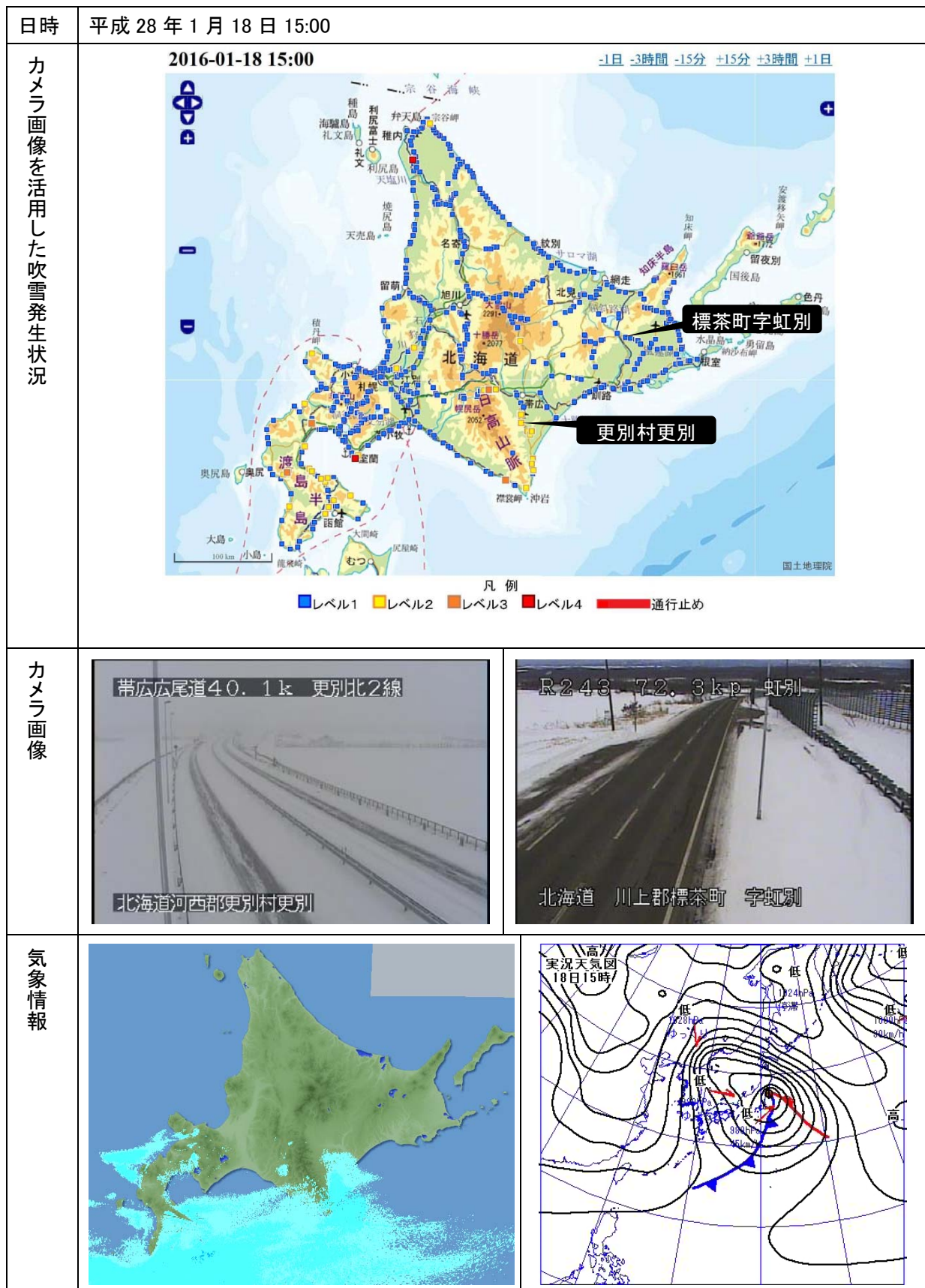


図 8.6 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 18 日 15:00）

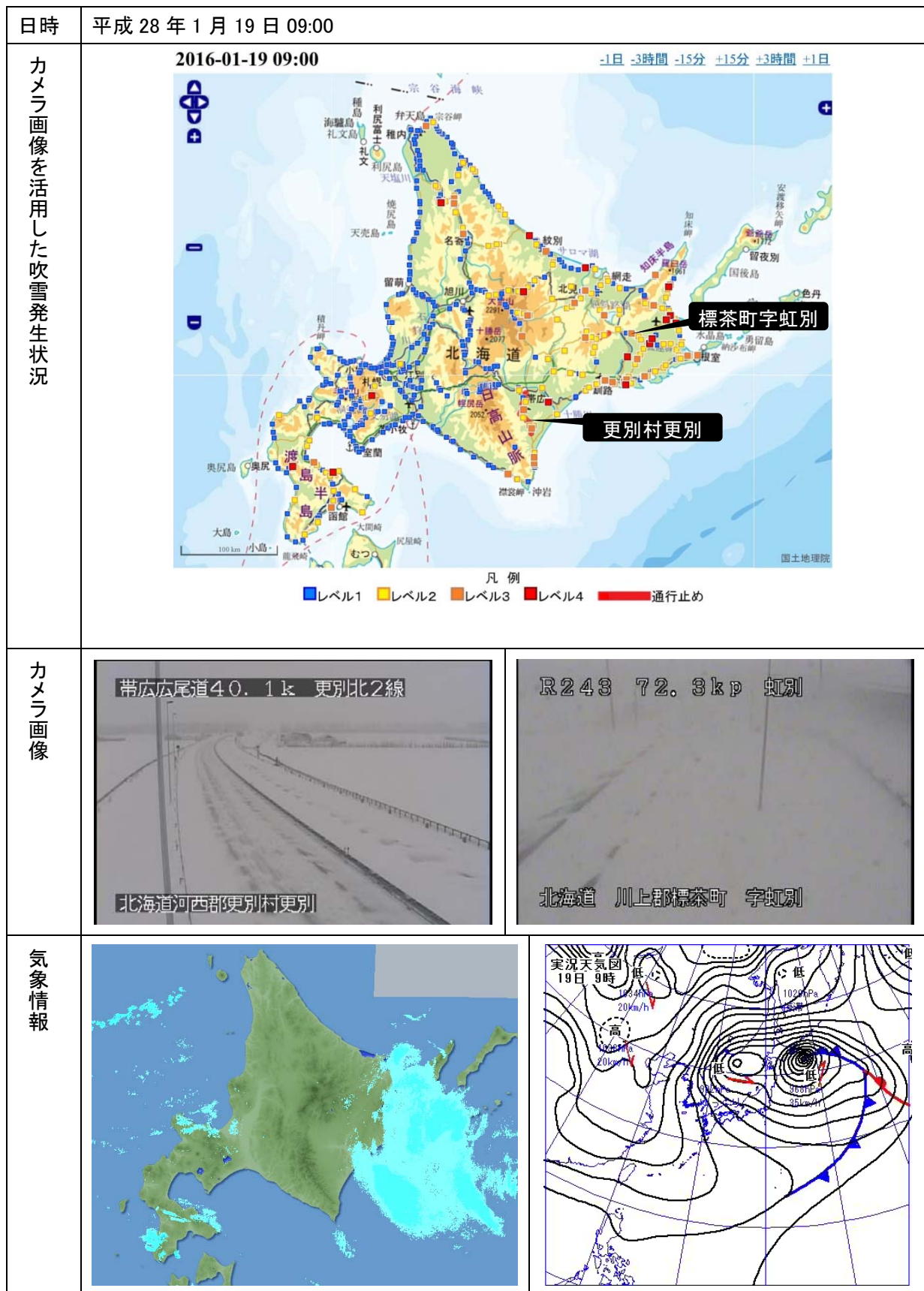


図 8.7 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 19 日 09:00）

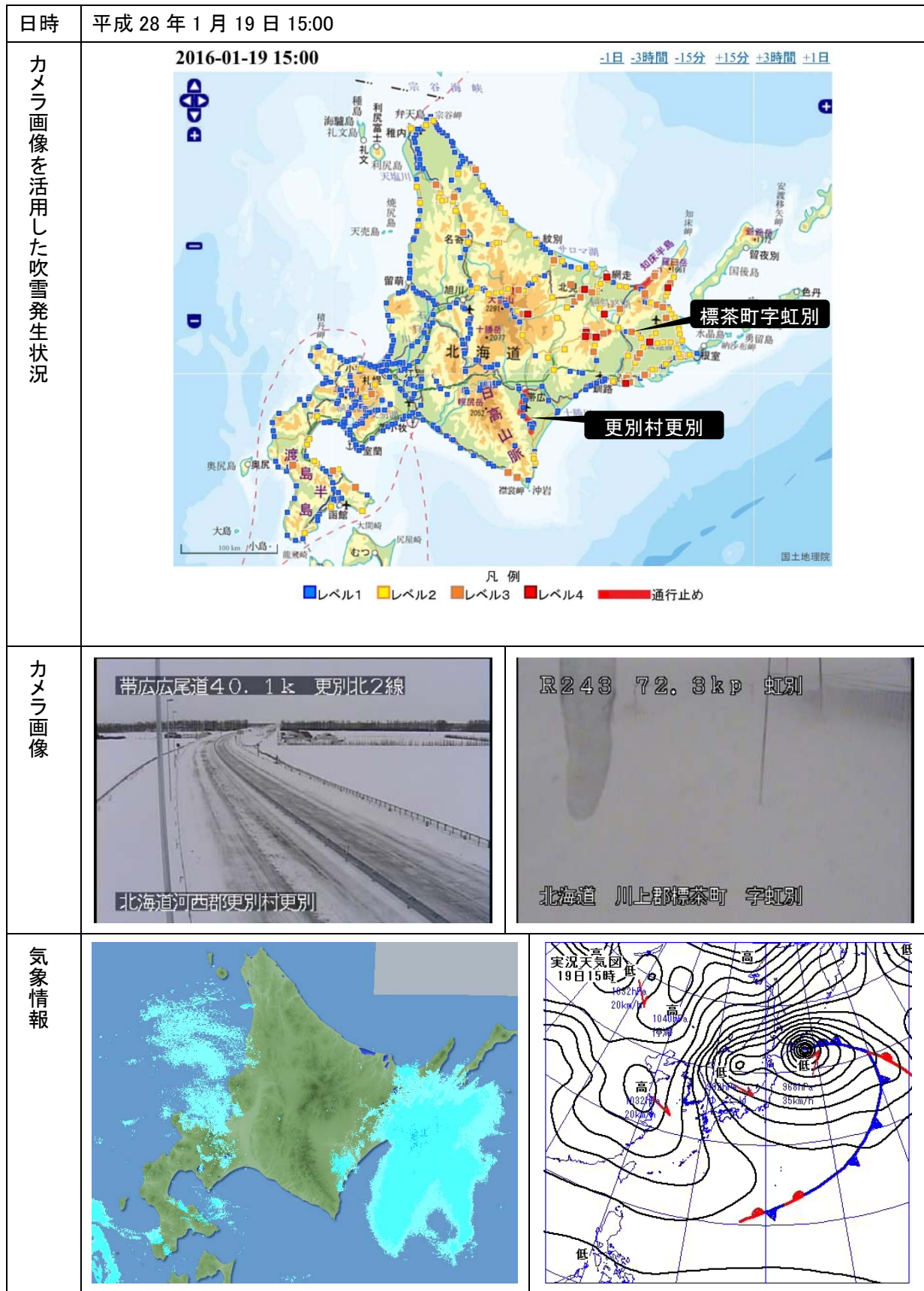


図 8.8 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 19 日 15:00）

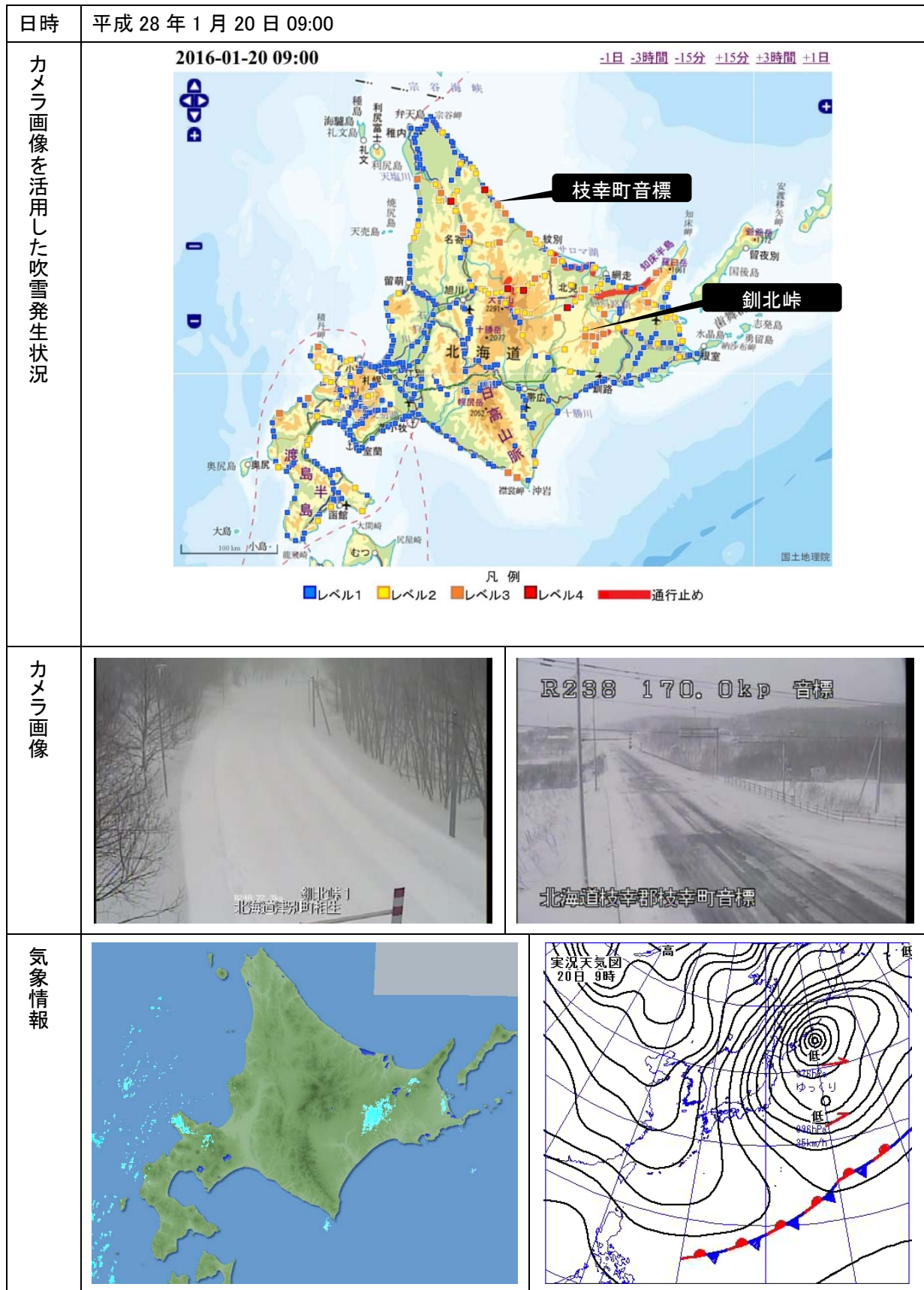


図 8.9 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 20 日 09:00）

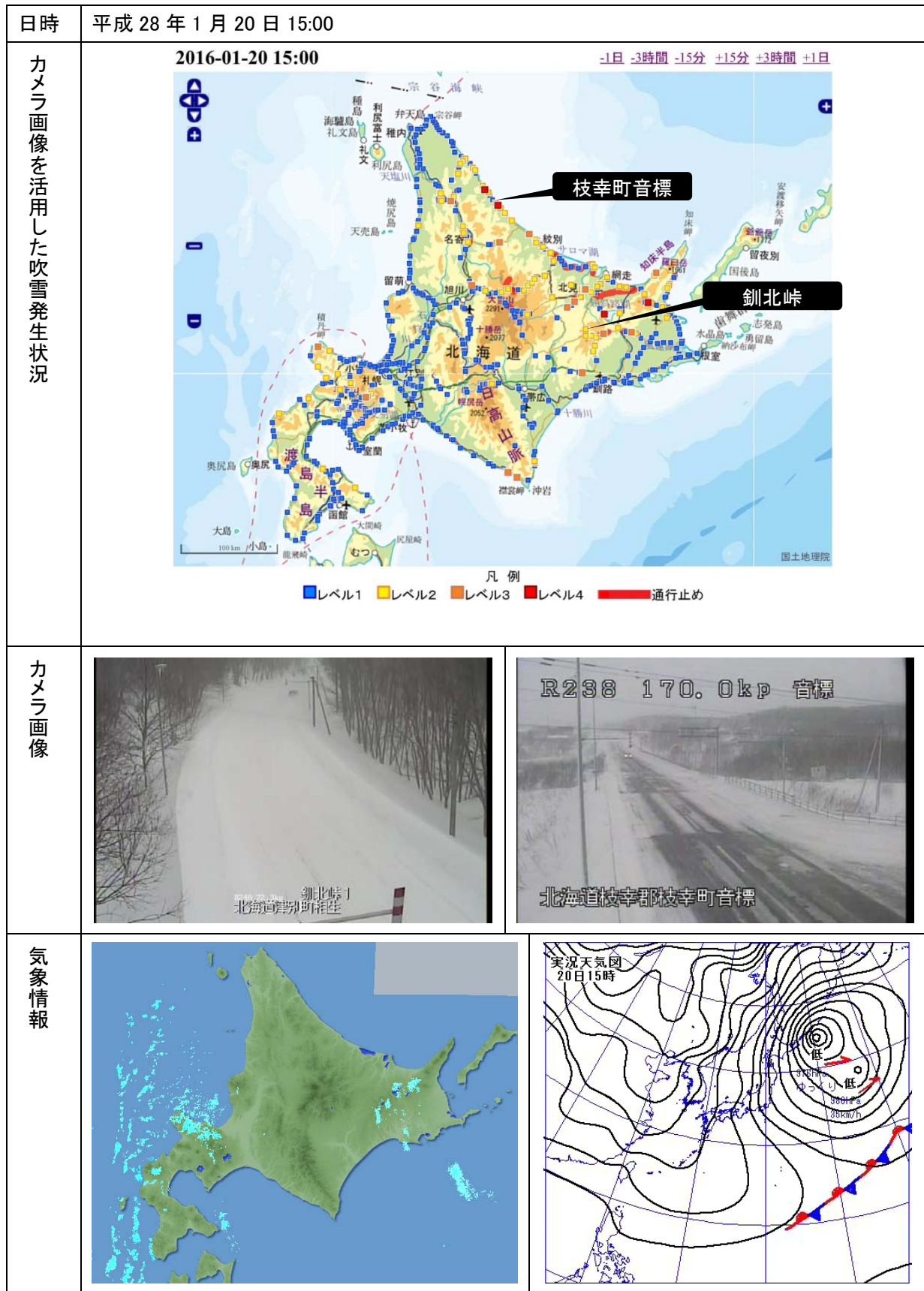


図 8.10 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 20 日 15:00）

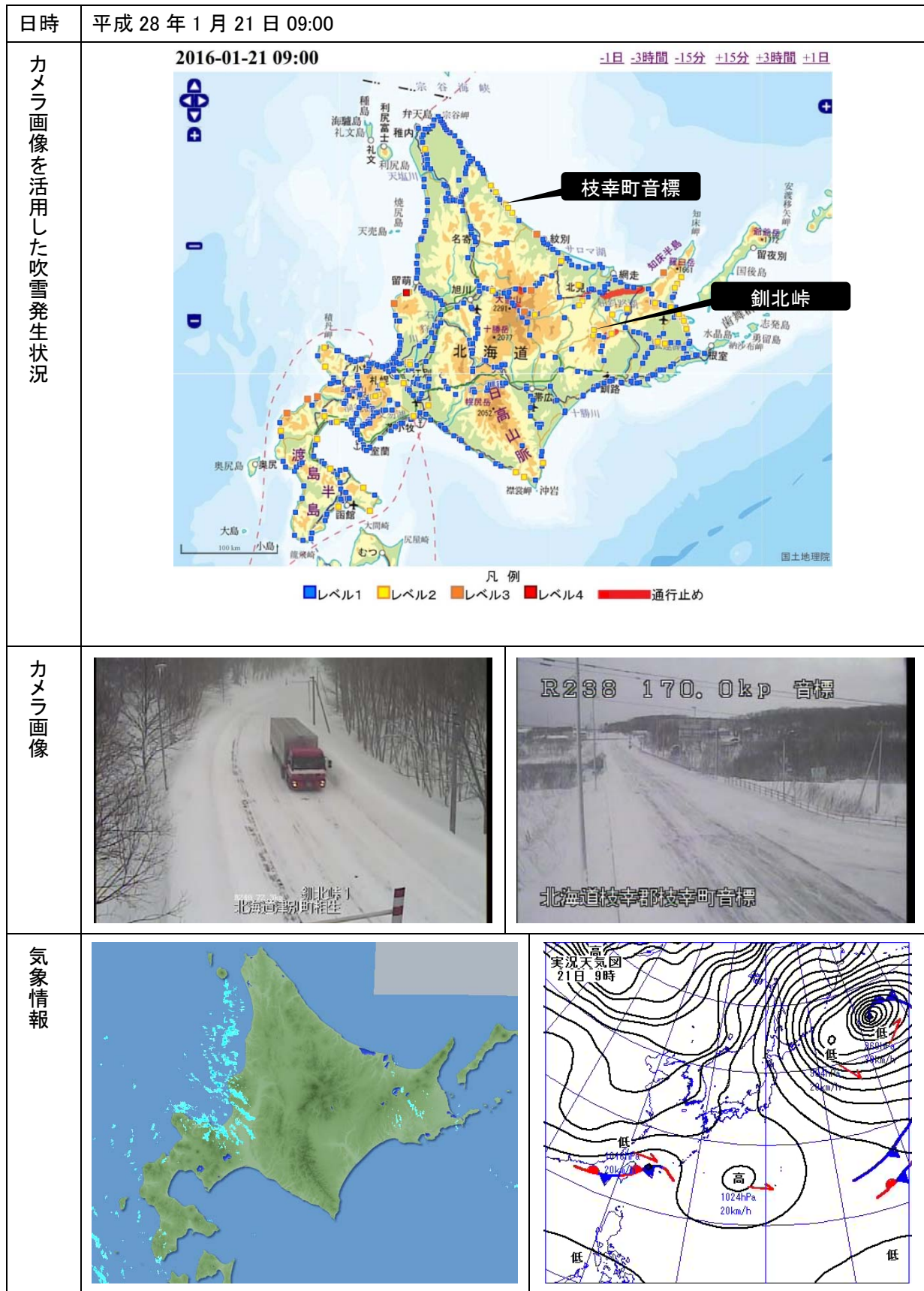


図 8.11 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 28 年 1 月 21 日 09:00）

（2）平成 28 年度冬期の暴風雪事例（平成 29 年 1 月 27 日～28 日）

平成 29 年 1 月 27 日～28 日の事例は、南北に延びた前線を伴った低気圧が発達しながら北海道の北側を通過し、強い冬型の気圧配置となった事例である。全道的に暴風雪や大雪となり、旭川紋別自動車道や名寄美深道路、一般国道 232 号で吹雪による通行止めが発生した。

図 8.12 には平成 29 年 1 月 27 日 15 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。低気圧が発達しながらサハリン付近を東に進んでいる。道央や日高山脈付近に雲のエコーがかかっているが、視界不良はほとんど発生していない。

図 8.13 は、平成 29 年 1 月 28 日 9 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。低気圧はサハリンの東側で発達し、978hpa まで低下している。冬型特有の筋状の雲が日本海から入り込んでおり、石狩地方や空知地方、留萌地方、上川地方に達している。雲の帯のある地域や、その延長線上に位置する石狩地方や上川地方では視界不良が発生しており、視界レベル 4 まで悪化している地点も確認できる。旭川紋別自動車道では 27 日の 21 時から、名寄美深道路では 27 日 23 時から通行止めが発生しており、28 日 9 時の時点でも通行止めは継続していた。図 8.13 の CCTV カメラの画像からも、名寄美深道路のサンフラワー橋（名寄美深道路 KP8）ではホワイトアウトに近いような厳しい視界不良が発生していることがわかる。また、一般国道 273 号の浮島トンネル手前（R273 KP125.3）でも視界不良の発生が確認できる。

図 8.14 は、平成 29 年 1 月 28 日 15 時の吹雪発生状況と気象情報を示した。低気圧はサハリンの東側で停滞しており、気圧も 978hpa のままであった。日本海からの筋状の雲が引き続き入り込んでいる空知地方や上川地方では、視界レベル 4 まで悪化している地点もあった。なお、旭川紋別自動車道、名寄美深道路、一般国道 232 号の通行止めはこの時間も継続していた。CCTV カメラの画像からも、名寄美深道路や浮島トンネル付近での視界不良の発生が確認できる。

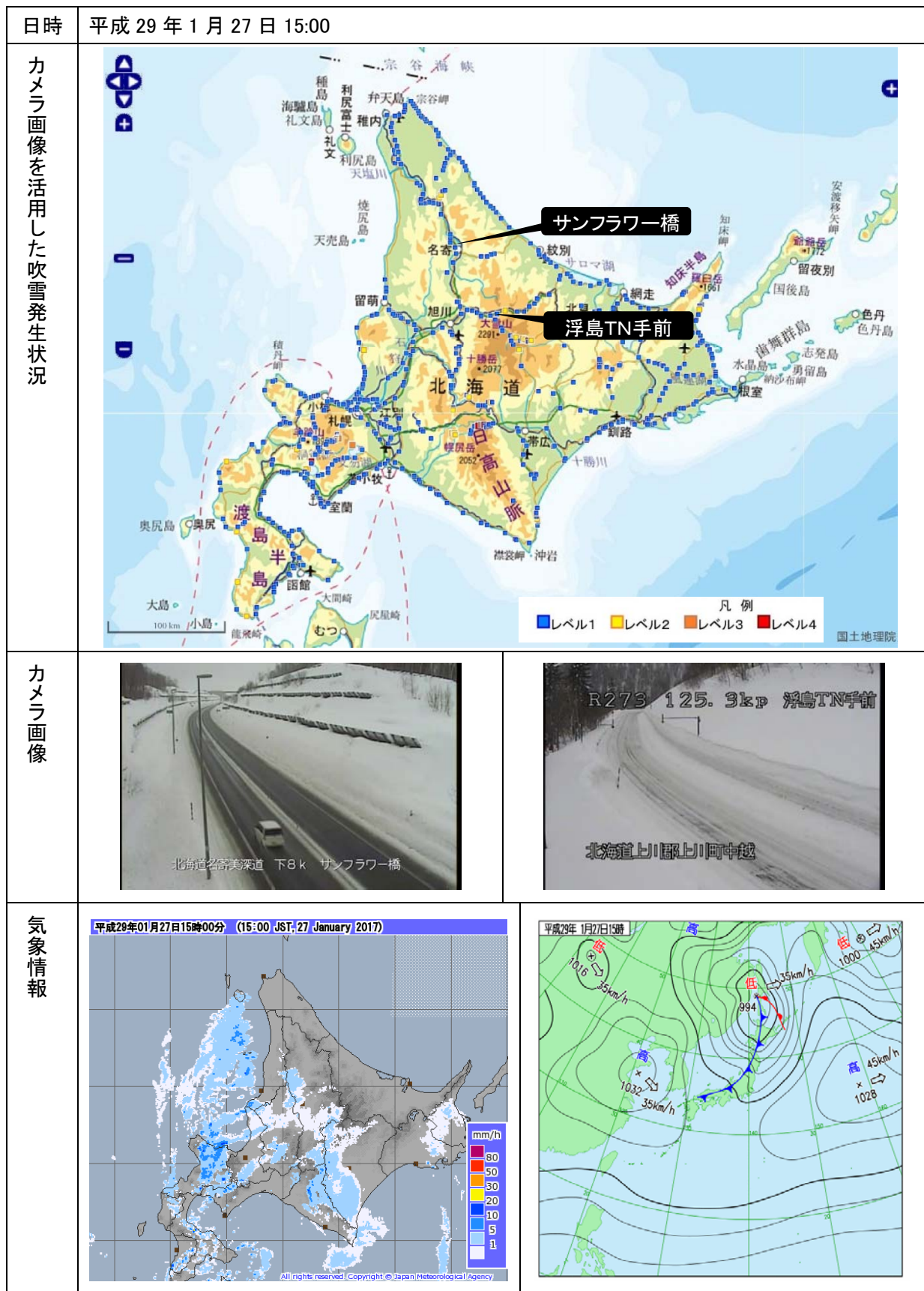


図 8.12 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 29 年 1 月 27 日 15:00）

日時		平成 29 年 1 月 28 日 09:00	
カメラ画像を活用した吹雪発生状況			
カメラ画像			
気象情報			

図 8.13 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 29 年 1 月 28 日 09:00）

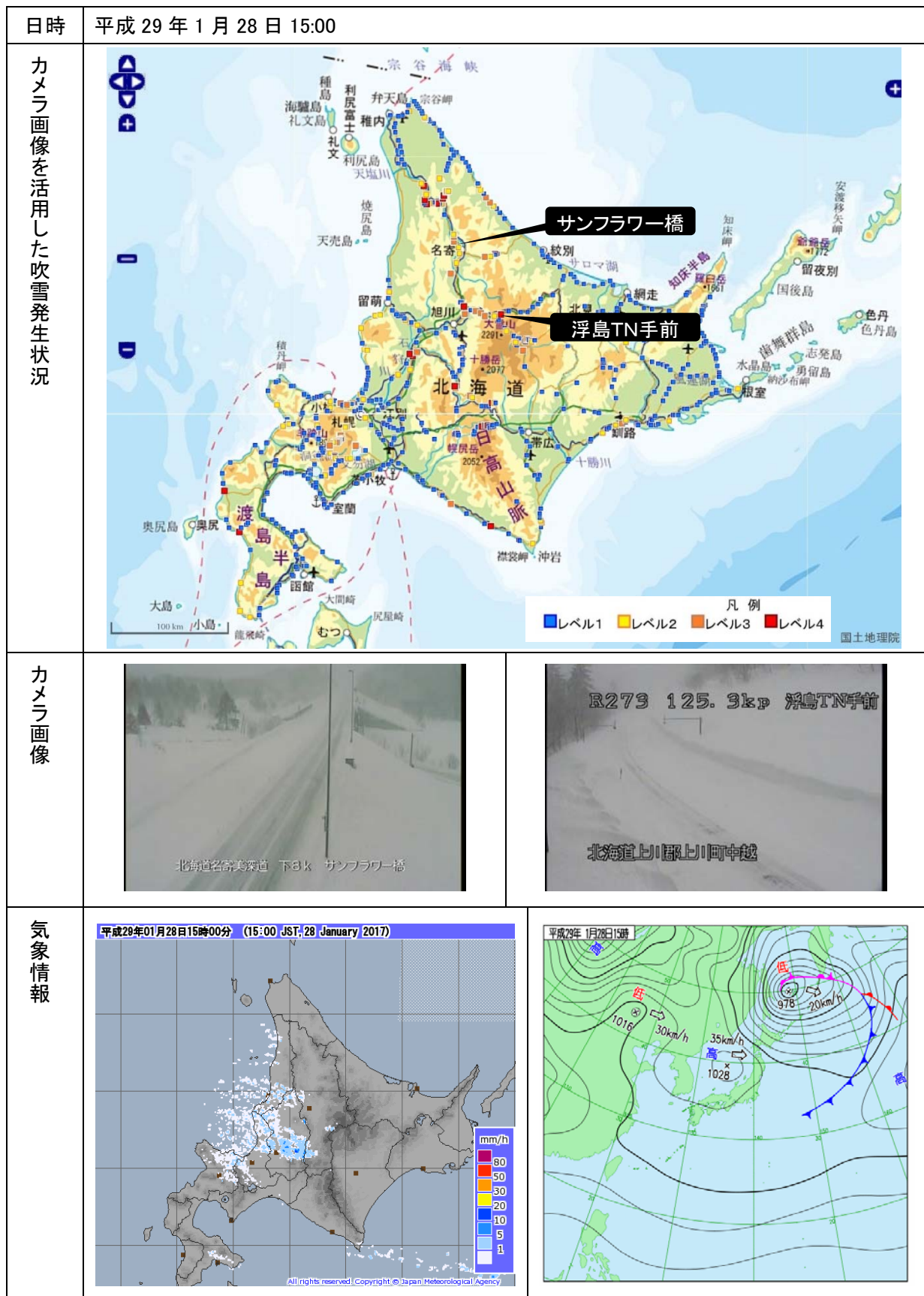


図 8.14 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 29 年 1 月 28 日 15:00）

（3）平成 29 年度冬期の暴風雪事例（平成 30 年 3 月 1 日～3 日）

平成 30 年 3 月 1 日～3 日の事例は、日本海と三陸沖から低気圧が急速に発達しつつ北海道付近を通過し、ひとつにまとまりながらオホーツク海に進んで、通過後に冬型の気圧配置が強まった事例である。全道的に暴風雪や大雪となり、一般国道 453 号、276 号、227 号、230 号、243 号、241 号、238 号、453 号、244 号、39 号、232 号、334 号、275 号、273 号、333 号、337 号、274 号のほか、黒松内新道、道東自動車道、旭川紋別自動車道、函館江差自動車道で通行止めが発生した。

図 8.15～図 8.21 には、平成 30 年 3 月 1 日から 3 月 2 日にかけての視界状況、気象情報を示した。図 8.15 の全道の視界状況分布図より、3 月 1 日 7 時の段階では、釧路地方、根室地方の北部を除いてはほとんど視界不良が発生していなかった。9 時ごろからは、図 8.16 のように、洞爺湖周辺のカメラで視界不良が発生し始めている。この視界不良のエリアは徐々に東に広がり、12 時（図 8.17）には日高地方や十勝地方で、15 時（図 8.18）には釧路地方や根室地方でも視界不良の発生が確認できる。また 15 時から宗谷地方でも視界不良の発生が確認できる。翌 3 月 2 日 9 時の段階では、図 8.19 のように、道南地方、道央地方の広いエリアで視界不良が発生していた。また、宗谷地方やオホーツク地方でも視界不良の発生が確認できる。図 8.20 の気象情報（降雪レーダー）からもわかるように、2 日の 12 時から、降雪域が日本海から帯状に入り込み始めており、午前から視界不良が続く道央地方、道南地方のほかに、留萌地方や石狩北部などで視界不良が発生していた。

図 8.15～図 8.21 には、厳しい視界不良が発生した一般国道 230 号の大原(KP84.4)と花和(KP94.4)の CCTV カメラの画像を示している。3 月 1 日 7 時の段階では、両カメラの地域の風速は 10m/s 以上に達していたものの、気温がプラスであったため、図 8.15 の画像のように、あまり視界は悪化していなかった。その後、9 時までの間に、気温が徐々に低下するとともに弱い降雪があり、図 8.16 に示した 9 時画像では、道路上に積雪が確認できる。気温がほぼ 0℃まで低下した 10 時ごろから、やや強い風と降雪により視界不良が発生し、図 8.17 に示した 12 時の画像からは吹雪による視界不良の発生が確認できる。なお、当該区間は、12 時から通行止めが開始されている。15 時の時点では、近傍の気象観測点の風がやや強まったものの、気温がやや上昇したため、道路の視界不良は図 8.18 のように小康状態になっていた。翌朝は、早朝 6 時に近傍の気象観測点で風速 15m/s を超える非常に強い風が観測されるなど、吹雪による視界不良が発生しやすい状況となっていた。図 8.19 に示した 3 月 2 日 9 時の画像でも厳しい視界不良の発生が確認できる。図 8.20 に示した 12 時の画像、図 8.21 に示した 15 時の画像も視界は悪化しているが、9 時の画像に比べると、視界不良が徐々に緩和されてきた状況が把握できる。

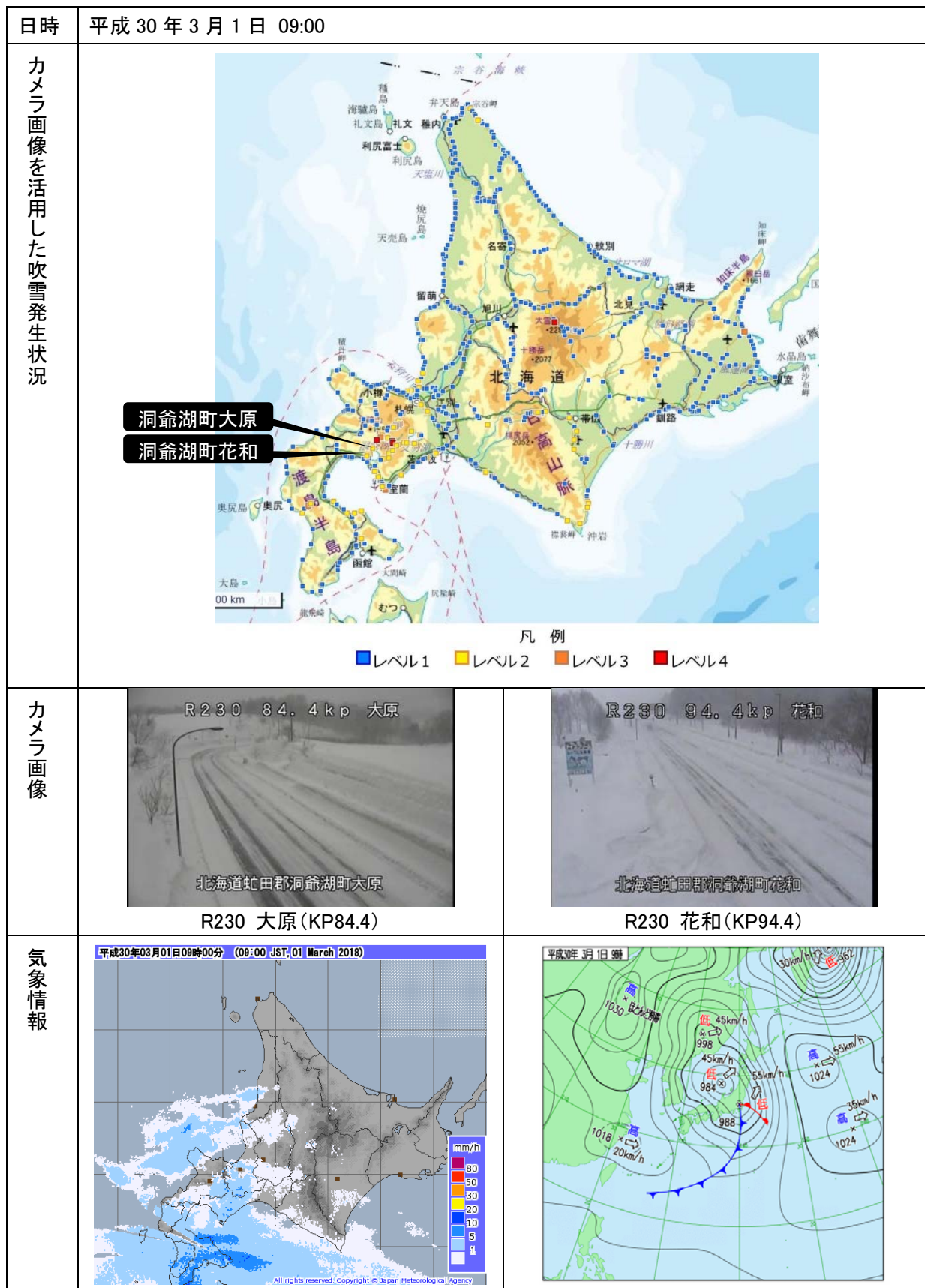


図 8.16 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 30 年 3 月 1 日 09:00）

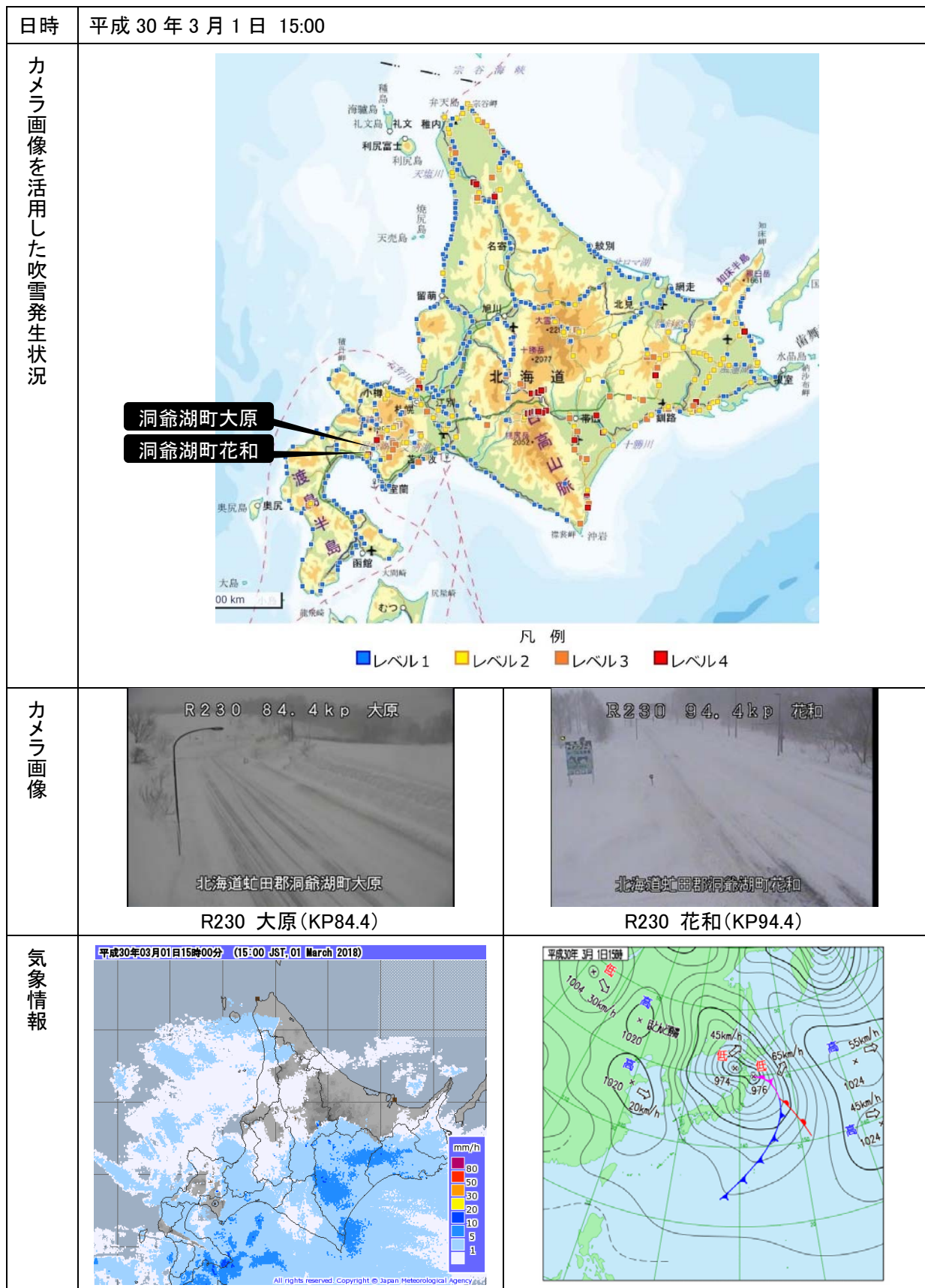


図 8.18 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 30 年 3 月 1 日 15:00）

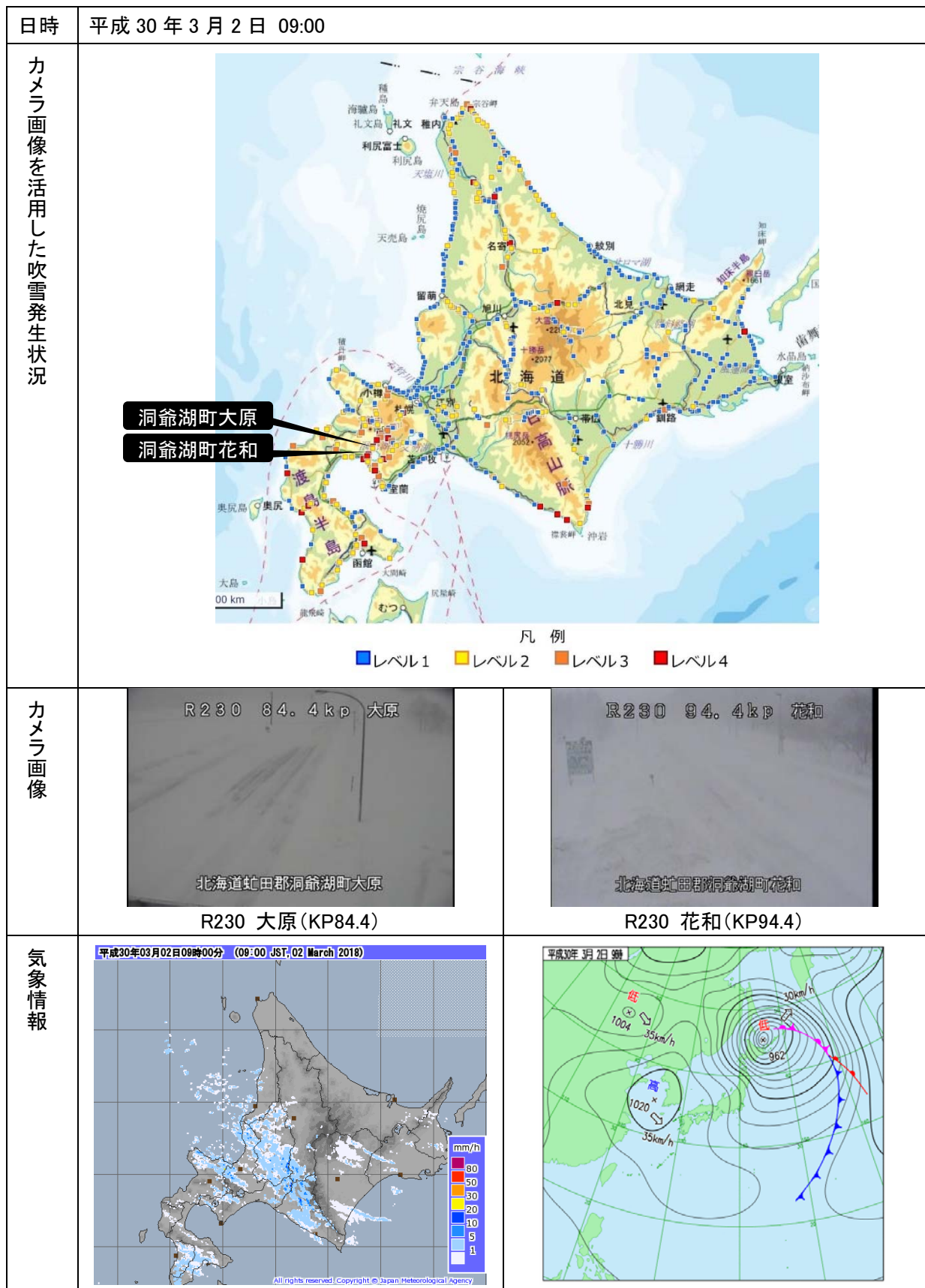


図 8.19 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 30 年 3 月 2 日 09:00）

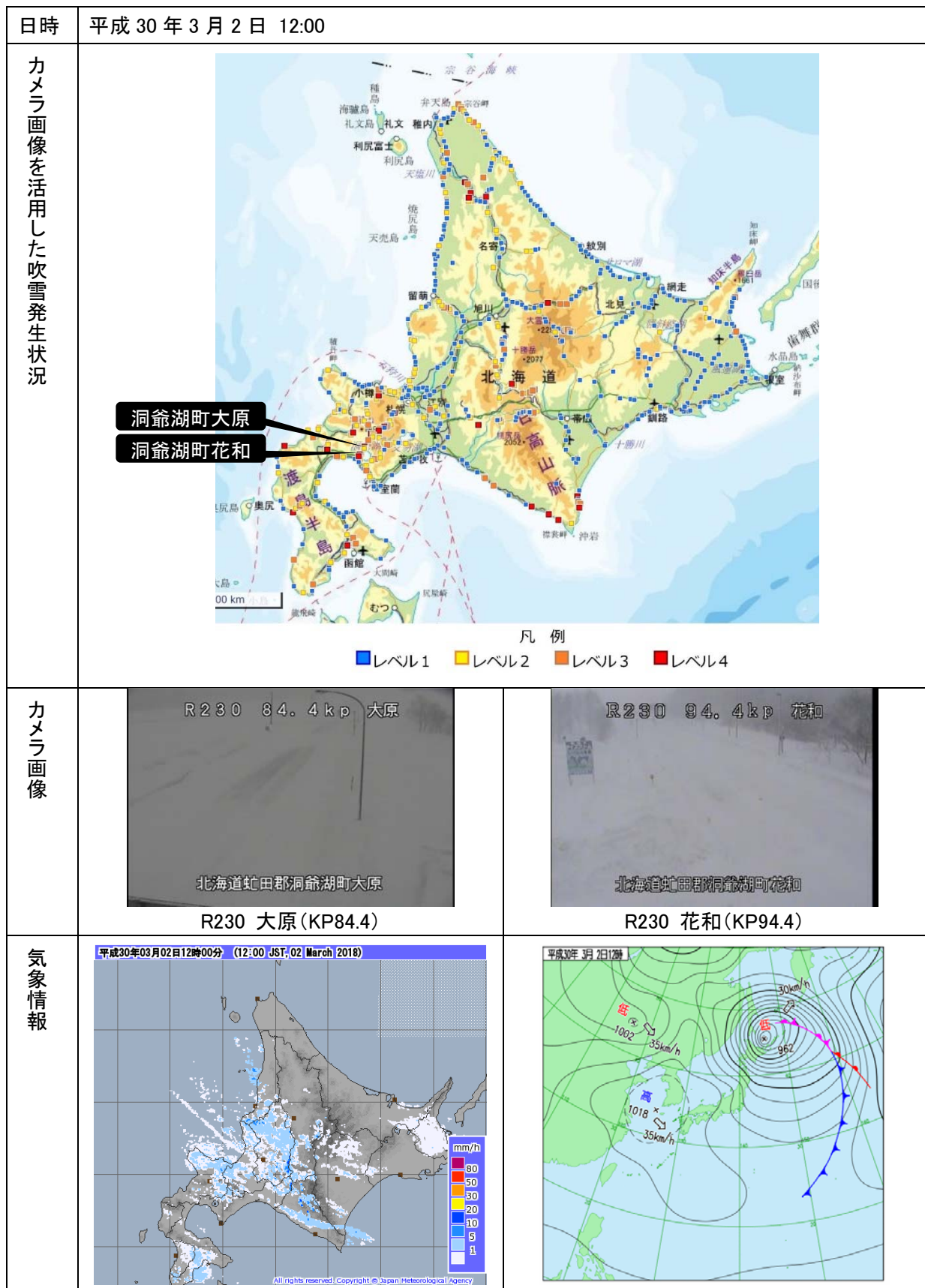


図 8.20 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 30 年 3 月 2 日 12:00）

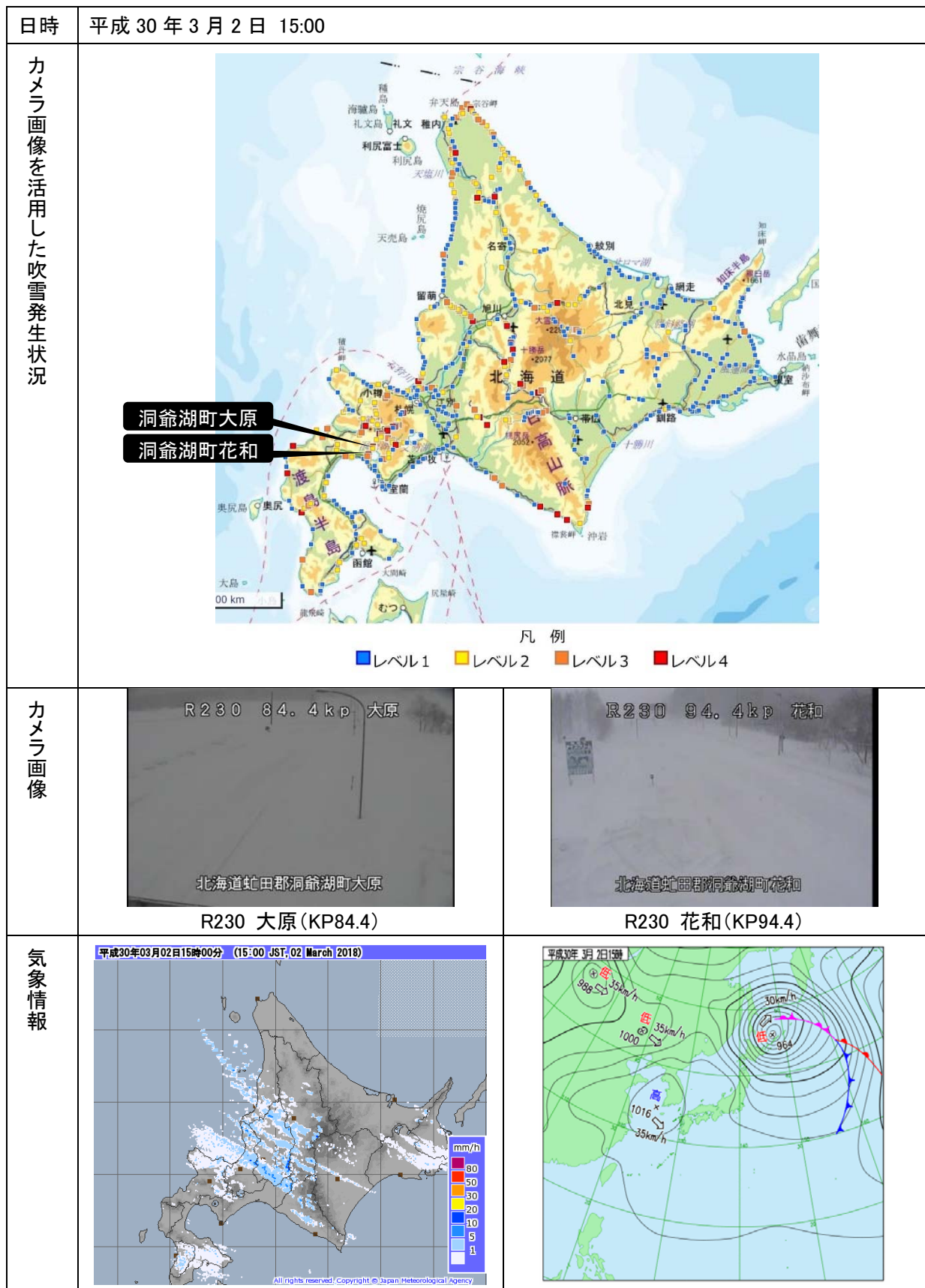
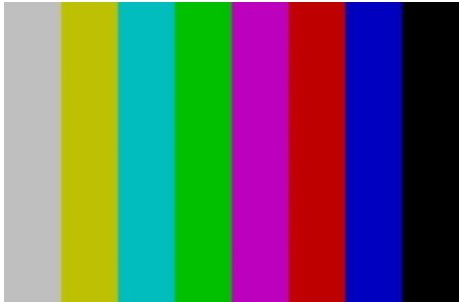


図 8.21 カメラ画像を活用した吹雪発生状況と気象情報の比較（平成 30 年 3 月 2 日 15:00）

8.6 不適画像の自動処理機能の導入検討

視界レベル算出の際に影響を及ぼす不適な画像（画像提供停止、水滴、車のハイビーム）について、自動除去の可能性を検討した。不適画像としては、表 8.5 に示すような 4 項目を挙げた。

表 8.5 視界レベル算出における不適画像

分類	画像例	状況
通信エラー画像		そもそも評価すべき画像ではない →評価対象外としたい
調整中画像		そもそも評価すべき画像ではない →評価対象外としたい
夜間のハイビーム画像		判別精度の低下 →画像の白トビが著しい場合には、視界不良と判別する可能性が高い
カメラ前面の着水画像		判別精度の低下 →画像の着水が著しい場合には、判別制度に影響を及ぼす可能性がある

(1) 通信エラー画像

通信エラーによる画像については、そもそも CCTV カメラが現地状況を撮影できておらず、視界状況を評価すべきではないと言える。評価に不適な画像であり、評価対象外と自動除去すべきと考えられる。

通信エラー画像の抽出方法は、画像の WIPS 値が非常に小さくなることを利用して、「不適」と判別する方法を用いた。この方法により、平成 28 年 12 月 1 日から平成 29 年 2 月 20 日までの期間、CCTV カメラ 10 地点（駒場、石北峠 6 合目、湧別町屯田市街地、北見市端野 4、元新、中標津町界、共春、九虫橋、越川 2、古梅）の画像について、自動検出を行うとともに、目視にて「不適画像」の判別を行った。自動検出によって、通信エラー画像による「不適」と判別した結果を図 8.22 に示した。図の下部の赤点線で囲まれた部分は画像に対する自動検出の結果であり、チェックの入った項目が検出された事象である。図 8.22 のような通信エラー画像の場合、横方向に隣接するピクセルで色が変わる箇所を除き、色の変化がないため、コントラストが 0 となり、WIPS が非常に小さな値となっていた。この点を利用し、図 8.22 のような画像は、自動的に通信エラー画像と判別できていた。また、図 8.23 のように、当初予定していたパターン以外であっても、真青な通信エラー画像についても「不適」と判別されていた。

結果として、図 8.22、図 8.23 のような通信エラー画像は、自動的に評価画像から除去できることが確認できた。



図 8.22 自動判別に成功した通信エラー画像の事例

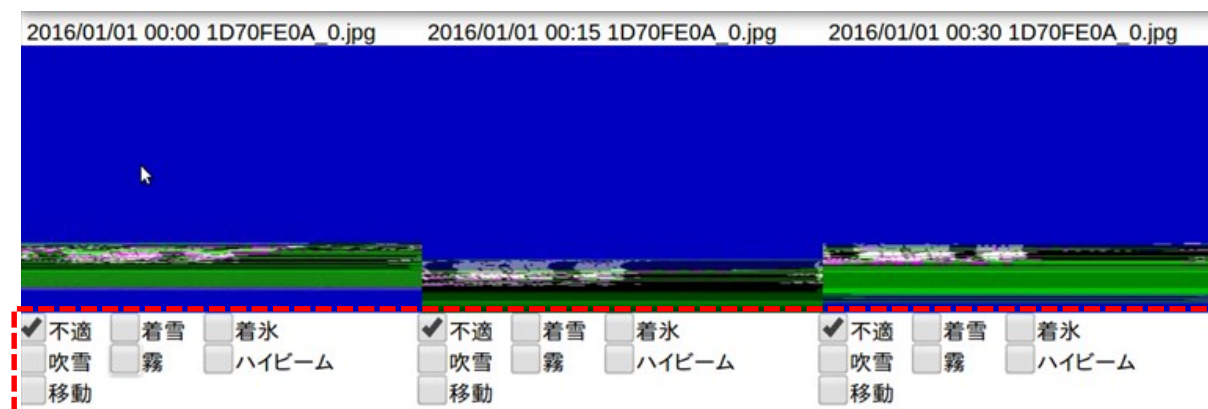


図 8.23 自動判別に成功した通信エラー画像の事例（別パターン）

(2) 調整中画像

CCTV カメラ調整時に表示される調整中画像も、CCTV カメラは現地状況を撮影できておらず、評価対象外と自動除去すべきと考えられる。

調整中画像の抽出方法としては、WIPS 値が一定になることを利用して、「不適」と判別する方法を用いた。この方法により、通信エラー画像と同様に、平成 28 年 12 月 1 日から平成 29 年 2 月 20 日までの期間、前述の CCTV カメラ 10 地点の画像について、自動検出を行うとともに、目視にて「不適画像」の判別を行った。通信エラー画像の際と同様に、図の下部の赤点線で囲まれた部分が画像に対する自動検出の結果であり、チェックの入った項目が検出された事象である。実際に収集した画像について、調整中画像であり不適と判別した結果を図 8.24 に示した。調整中画像についても、目視の判別と同様に「不適」と判別できていた。

図 8.24 のような調整中画像についても、自動的に評価画像から除去できることがわかった。



図 8.24 自動判別に成功した調整中画像の事例

(3) 夜間のハイビーム画像

夜間のハイビーム画像については、画像の一部が真っ白になってしまう状況が発生する。視界状況を評価、判定する 256×256 ピクセルの切抜位置が真っ白になった場合には、厳しい視界不良が発生したと誤判定してしまう事例があることが分かっていた。

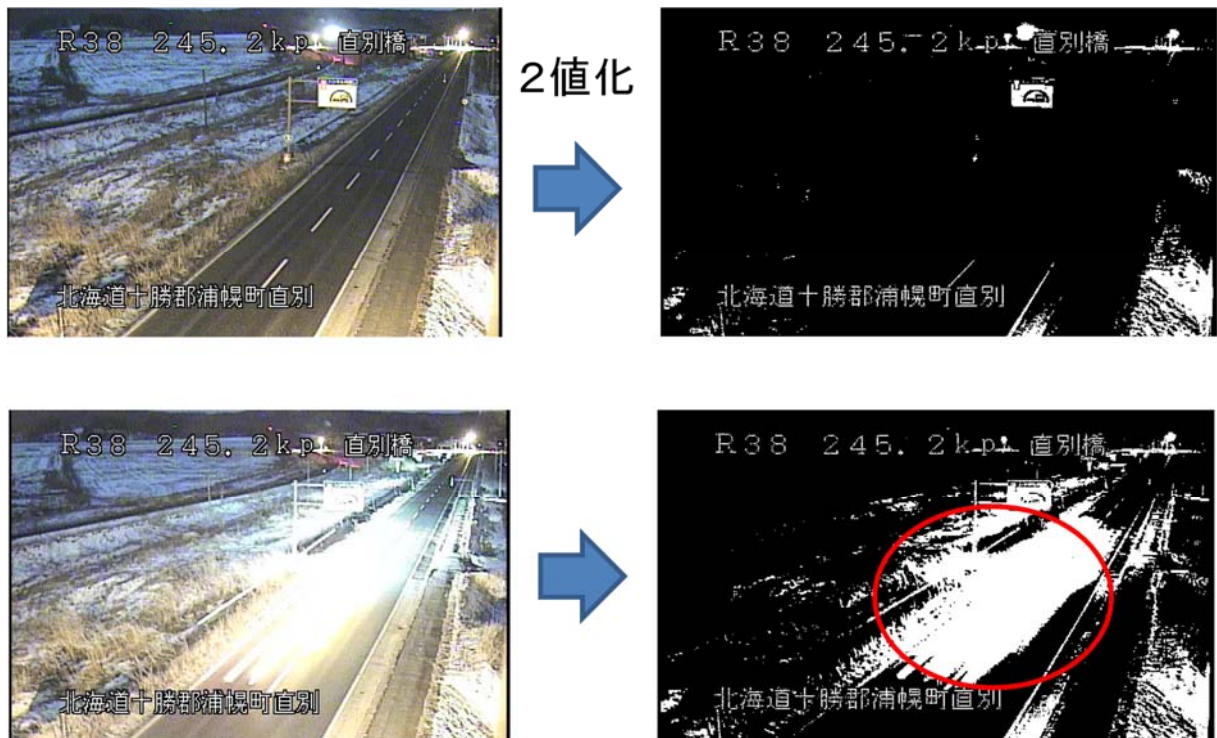


図 8.25 夜間のハイビーム画像の抽出方法（右下図のような大きな白い領域がある場合に判定）

夜間のハイビーム画像の抽出方法としては、画像を白と黒のみで表現するバイナリー画像に変換（2 値化）し、図 8.25 のように、直前の画像と比較して大きな白い領域が発生していた場合に、ハイビーム画像と判定する方法を用いた。この方法によって平成 28 年 12 月 1 日から平成 29 年 2 月 20 日までの期間、前述の CCTV カメラ 10 地点の画像について自動検出を行うとともに、目視にて「夜間のハイビーム画像」の判別を行った。ハイビーム画像の判別に成功した事例を図 8.26～図 8.29 に示した。図 8.26、図 8.27 では、赤枠で印をつけた 2 コマ目のみ対向車のハイビームを認識している。一方、図 8.27 の 1 コマ目は、対向車側のライトによって白くなっている領域が小さいため、ハイビームとして認識されなかった。図 8.28 についても、1 コマ目だけがハイビームと判別されており、2 コマ目、3 コマ目は白くなっている領域が小さいため、判別されていない。図 8.29 については、赤枠で印をつけた 2 コマ目と 3 コマ目について、対向車のハイビームを認識できていた。

一方、目視によるハイビーム画像の事例は、82 日間×10 地点の画像において 26 事例あったが、判別できたのは、図 8.26～図 8.29 の事例のみであった。また、目視ではハイビーム画像と判定されていないが、自動検出ではハイビーム画像と検出された事例も 2 事例あった。夜間のハイビーム画像の判別精度向上のためには、白くなっている領域の大きさの設定や、256×256 ピクセルの切抜位置との関係など、さらに詳細な分析が必要と考えられる。



図 8.26 自動判別に成功した夜間のハイビーム画像の事例（1）



図 8.27 自動判別に成功した夜間のハイビーム画像の事例（2）



図 8.28 自動判別に成功した夜間のハイビーム画像の事例（3）



図 8.29 自動判別に成功した夜間のハイビーム画像の事例（4）

（4）カメラ前面の着水画像

カメラ前面への着水画像は、視界状況判別への影響は、不適画像や夜間のハイビームほど大きくないと考えられるが、判別精度の低下を招く可能性があり、検討を行った。

カメラ前面の着水画像の抽出方法としては、はじめに夜間のハイビーム画像判別と同様に画像を2値化（画像を白と黒のみで表現するバイナリー画像に変換）し、その画像に図 8.30 右下）のような円形模様の存在を検出することで判別する方法を用いた。

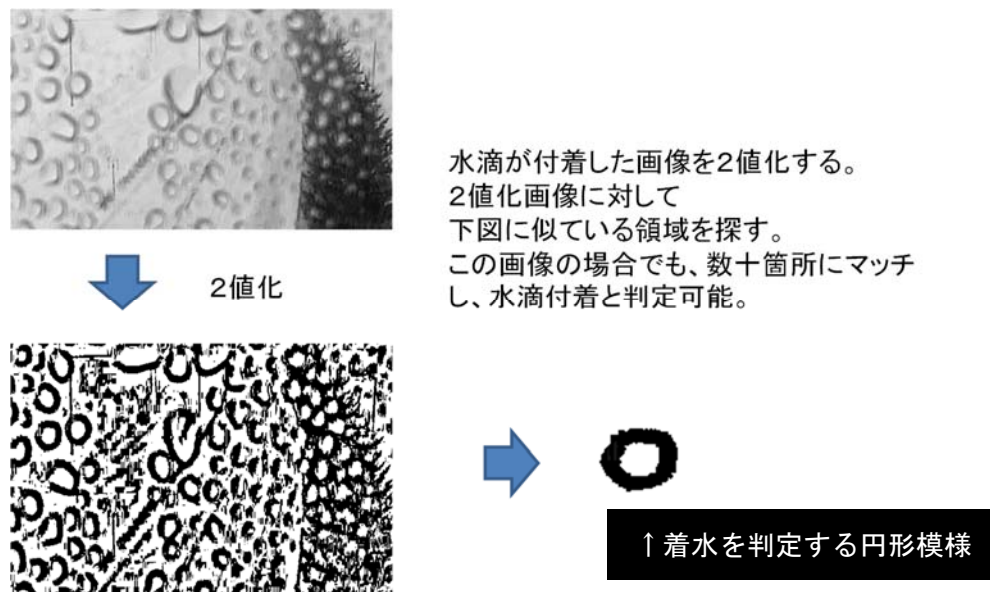


図 8.30 カメラ前面の着水画像の抽出方法（右下のような円形模様がある場合に判定）

画像を2値化し、円形模様を検出する方法を用いて、平成 28 年 12 月 1 日から平成 29 年 2 月 20 日まで期間、前述の CCTV カメラ 10 地点の画像について、自動検出を行うとともに、目視にて「カメラ前面への着水」の判別を行った。目視による着水画像の事例は、82 日間×10 地点の画像において 119 事例あり、きちんと判別できたのは 64% の 76 事例であった。目視では着水画像ではないものの、自動検出で誤って着水画像と判別した事例はなかった。判別に成功した事例を図 8.31、図 8.32 に示した。図 8.31 では、着水の発生した 2 コマ目のみ、自動判別で「水滴（カメラ前面の着水時のタグ）」にチェックマークがついている。また、図 8.32 については、1 コマ目は「水滴」にチェックマークがついているが、着水が減少した 2 枚目は「水滴」のチェックマークが消えていた。

図 8.33、図 8.34 には、自動判別の失敗事例を示した。図 8.33 については、水滴による円形模様が想定より小さく、2 値化によって得られる円形のサイズが一致しなかったことが原因であった。図 8.34 については、水滴の形状が想定より崩れており、円形になっていないことが原因であった。着水画像については、着水していない事例を自動検出で誤って着水画像と判別した事例はなく、導入によって貴重なデータを失うような可能性は低い、実用レベルまでの高い精度を得るためには、もう少し分析事例を増やす必要があると考えられる。



図 8.31 自動判別に成功したカメラ前面の着水画像の事例（1）

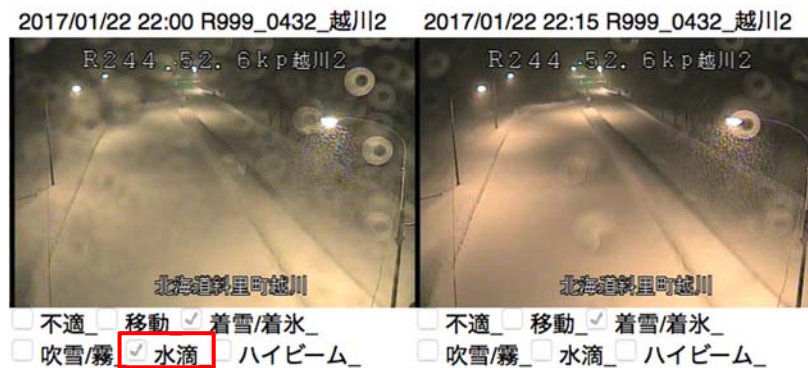


図 8.32 自動判別に成功したカメラ前面の着水画像の事例（2）



図 8.33 自動判別に失敗したカメラ前面の着水画像の事例（1）



図 8.34 自動判別に失敗したカメラ前面の着水画像の事例（2）

8.7 まとめ

活動を通じて、道路管理用に整備されている CCTV カメラの画像を、画像解析により数値化し、道路の視界状況を把握できる可能性を確認できた。また、画像解析に適さない画像のうち、通信エラー時の画像や、調整中の画像については、自動的に判別できることが確認できた。

課題としては、画像解析に適さない画像のうち、水滴や着雪、車のハイビームが画像に映りこんだ際に、解析の精度に悪影響を及ぼす可能性があり、そのような画像を自動的に抽出できていないことが挙げられる。また、本手法で画像解析を開始した平成 27 年度以降、北海道内で厳しい吹雪が減少しており、道内全域で吹雪が発生するような事例を取得できていない。

いくつかの事例については、暴風雪時の視界不良の発生状況を把握できており、これらを蓄積することで、吹雪時の道路維持管理を支援する基礎資料として活用できればと考えている。