

徳島自動車道 鳴門JCT～徳島ICにおける路温特性

石川 明弘*1、横田 淳*1、足立 憲次*2、四宮 敬介*2、大本 英輝*2

1. はじめに

平成27年3月14日に、西日本高速道路四国横断自動車道の徳島IC～鳴門JCT（10.9km）が供用開始となった。高松自動車道と徳島自動車道が直結し、四国各地と鳴門大橋を通じた京阪神方面を結ぶ路線が2ルート選択できるようになり、通行止め時や渋滞時におけるルートの選択肢が広がった。また、将来発生が懸念される南海トラフ地震による津波発生時には、京阪神方面から徳島市・四国方面に直結する緊急輸送路としての機能や防波堤機能、津波一次避難場所としての機能を有する「命の道」としても重要路線となる。

一方、吉野川河口部を通過する徳島IC～鳴門JCT間には、橋長1181.6mの今切川橋（鋼18径間連続橋）が存在し、低温時の路面凍結の発生が懸念されている。徳島IC～鳴門JCT周辺は少雪地域であるため、通常、道路利用者は冬タイヤの装着等、冬道対策が十分でなく冬道運転にも習熟していない。したがって、少量の積雪や局所的な路面凍結に対しても、寒冷積雪地域以上にきめ細かい路面管理が必要である。このような与条件のもと、供用開始区間での路温分布や橋梁部での路温低下の程度について、調査を実施することとなった。

2. 調査方法

調査は以下の2つの方法により実施した。

①今切川橋と周辺気象観測所の気象比較

今切川橋と近隣の道路テレメータを対象に、連続気象観測値を比較し徳島IC～鳴門JCT間および今切川橋における時間帯別・天気別の気温・路温の違いを把握した。

- ・比較地点（図1）：今切川橋、徳島IC、大代古墳IC
- ・比較要素：気温、路温
- ・統計期間：平成27年12月1日～平成28年3月31日

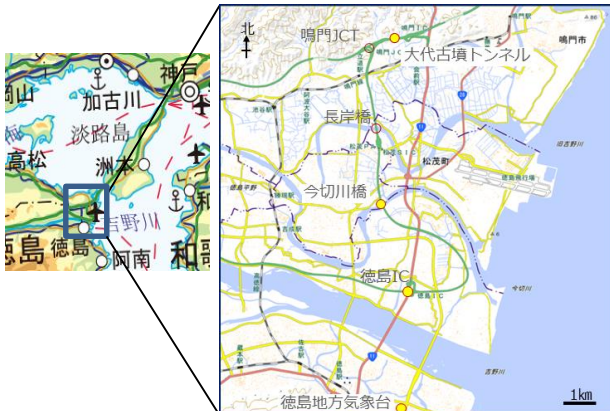


図1 徳島IC～鳴門JCTと周辺気象観測所の位置

（地理院地図 <http://maps.gsi.go.jp/>使用）

②サーマルマッピング調査（移動気象調査）

徳島高速道路事務所管轄の道路パトロール車に、気象観測機器（図2）を搭載し、気象・位置データを取得しながら走行することで、気温・路温分布の調査と凍結要注意区間の抽出を行った。

- ・観測要素：気温、路温、位置情報
- ・観測インターバル：1秒毎

車速80km/hに対して約20m毎に相当、SDカードに収録

- ・観測期間：平成27年12月20日～1月27日
（日中18ラン、夜間16ラン）



図2 観測装置の搭載状況

*1 一般財団法人 日本気象協会、*2 西日本高速道路株式会社 四国支社

3. 調査結果

3.1 期間を通じた気温の比較

連続気象観測値から、今切川橋と土工部の徳島IC、山沿いの大代古墳IC（標高約20m）における期間を通じた気温の統計結果をまとめると、以下の通りとなった。

- ①今切川橋の雪氷期の平均気温は、大代古墳TNより0.7℃高く、徳島ICより0.9℃低かった。
- ②今切川橋の雪氷期の最高気温は、徳島ICより5.2℃低かったが、最低気温は徳島ICとの差が0.5℃と小さく、最高気温の地点差に比べ小さかった。

3.2 気温・路温の時刻変化

【気温】

今切川橋と徳島IC、大代古墳ICにおける統計期間内の時刻別平均気温の統計結果をまとめると、以下の通りとなった。

(図3)

- ①今切川橋の気温は、日中は徳島ICや大代古墳TNより低く、夜間は徳島ICとほぼ等しい。
- ②今切川橋は、日最低気温と日最高気温の差（日較差）が他の2地点より小さい。

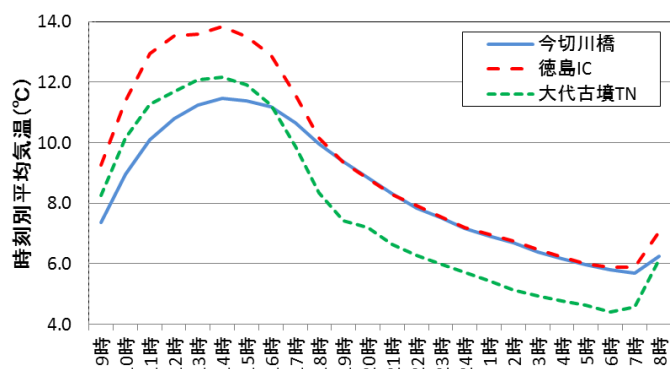


図3 今切川橋と周辺気象観測所の時刻別平均気温の比較

【路温】

気温と路温の連続観測が行われている今切川橋において、気温と路温（土工部、橋梁部）の時刻別平均値（図4）、気温と橋梁部路温との差の時刻変化（図5）および土工部と橋梁部との路温差の時刻変化（図6）をまとめると以下の通りとなった。

- ①日中の路温は、土工部・橋梁部とも気温に比べて大きく上昇する。また、日中の橋梁部の路温は土工部の路温より低い（図4）。
- ②深夜～早朝にかけて、路温（土工部、橋梁部とも）は気温とほぼ同じとなった（図4、図5：気温-橋梁部路温差がほぼ0℃）。
- ③正午過ぎから夕方にかけての橋梁部の路温は、土工部より平均値で3～4℃低くなった（図6）。

④午後から夕方にかけては土工部より橋梁部のほうが低温のため、低温時には土工部より夕方の早い時間帯から路面凍結となりやすい（図4、図6）。

⑤本年度の今切川橋において、深夜～早朝の時間帯で橋梁部の路温が土工部の路温より最も低かった事例では、土工部と橋梁部の路温差が2.1℃（平成28年1月25日1時、3時）となった（図6）。

土工部と橋梁部における路温の日変化の違いの原因として、以下の事項があげられる。

- ①日中の橋梁部の路温が土工部の路温より低くなる原因
 - ・橋梁部は温度変化の小さい河川水に近く、路温上昇が低減される。
 - ・日中の路面では気温より路温が高く、路面の熱量が風により大気中に運ばれる（顕熱輸送）が、橋梁部では中空の下部からも熱量が運ばれるため、土工部より路温上昇が低減される。
- ②午後～夜半の橋梁部の路温が土工部より早く低下する原因
 - ・橋梁部は中空の下部からも熱量が大気中に放射されるため、土工部より路温低下が早くなる。
- ③夜間～早朝にかけての橋梁部と土工部の路温の違いは、構造や部材等によっても異なり、土工部より橋梁部の路温が低下しやすい橋梁もある（例：徳島自動車道吉野川橋）。

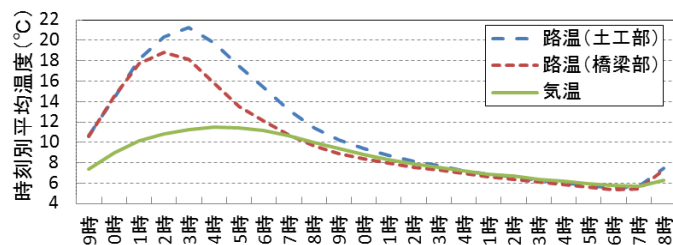


図4 路温（土工部、橋梁部）と気温の時刻変化

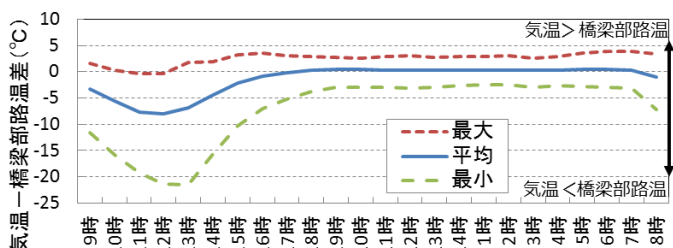


図5 気温と橋梁部路温との差の時刻変化

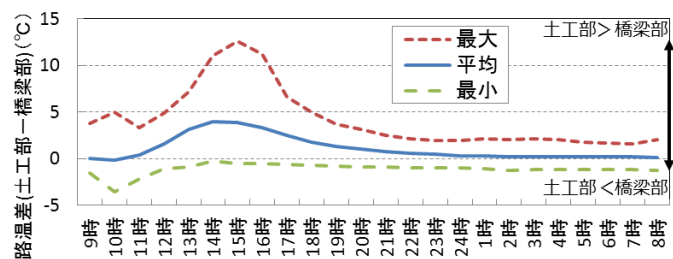


図6 土工部と橋梁部との路温差の時刻変化

3.3 天気の違いによる気温・路温変化

平成28年1月24日～25日にかけては、記録的な寒気と強い冬型気圧配置の影響で、四国地方の高速道路でも積雪や路面凍結により通行止めやタイヤ規制が実施され、徳島IC～鳴門JCT間でも降積雪となった。本事例において、天気の違いによる気温・路温の変化をまとめる。

【天気の変化】

1月23日日中に日本の南海上と日本海を低気圧が東進した。このため、23日日中は曇りやにわか雨となり、23日夜から24日夜にかけて降雪となった。近隣の徳島地方気象台では、24日1時頃から雪が降り始め、7時～10時と17時～24日10時には積雪を観測した（最深積雪：24日20時、2cm）。25日日中からは、次第に冬型気圧配置が緩み晴れ間が出た。

【気温の地点差】 図7

- ①日中に晴れた時の気温上昇は、土工部の徳島ICでは他地点より大きく、今切川橋では小さかった（図中①）。
- ②夜間から早朝にかけて晴れると、山沿いの大代古墳TNの気温低下は他より大きかった（図中②）。
- ③曇りや雨雪の場合、3地点の気温差は小さくなった（図中③）。

【今切川橋における気温と路温の変化】 図8

- ①曇りや雨雪が続いた23日夕方～24日早朝にかけては、気温と路温（土工部、橋梁部）の温度差が小さかった（図中①）。
- ②寒気が入り冬型気圧配置が強まった24日午前、晴れ間も出たが雲が多かった。この時間帯の気温上昇は小さかったが路温は上昇し、橋梁部と土工部の路温差は小さかった（図中②）。
- ③冬型気圧配置が緩み始めて晴れ間が出た24日夜から25日未明にかけては、橋梁部の路温は最低気温（ -4.2°C 、24日22時）程度まで低下し（ -4.6°C 、25日2時）、気温が上昇し始めた早朝でも上昇しなかった。土工部の最低路温は -2.6°C と、橋梁部のほうが 2.0°C 低かった（図中③）。
- ④25日夕方には、橋梁部の路温が土工部より先に凍結に注意が必要な 2°C 以下となった（図中④）。

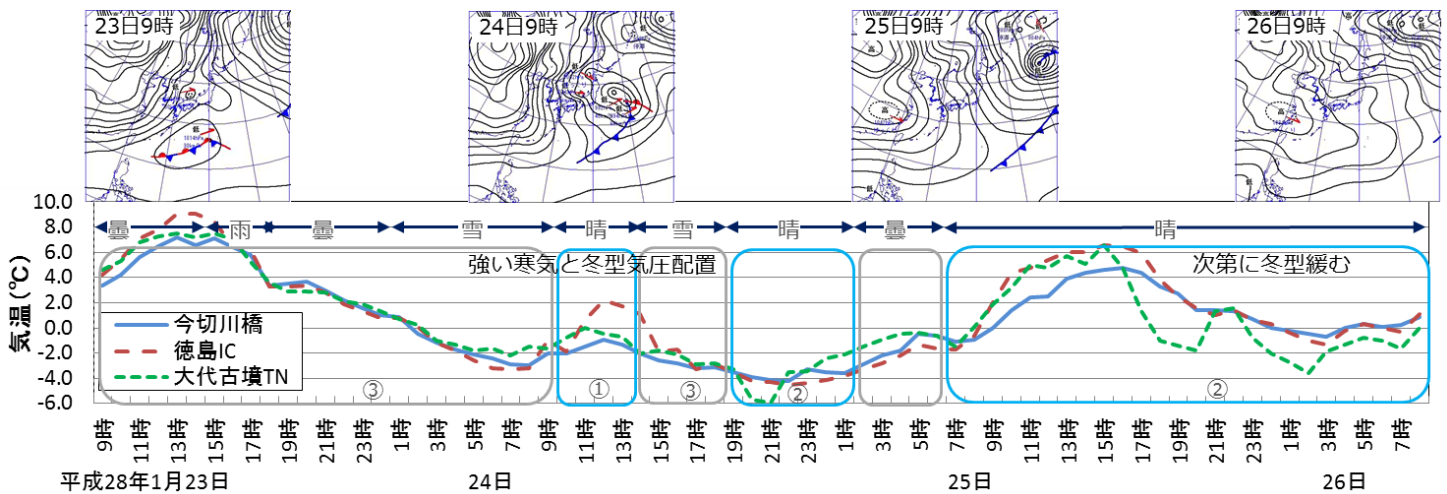


図7 今切川橋と周辺気象観測所の気温変化（平成28年1月23日～26日）

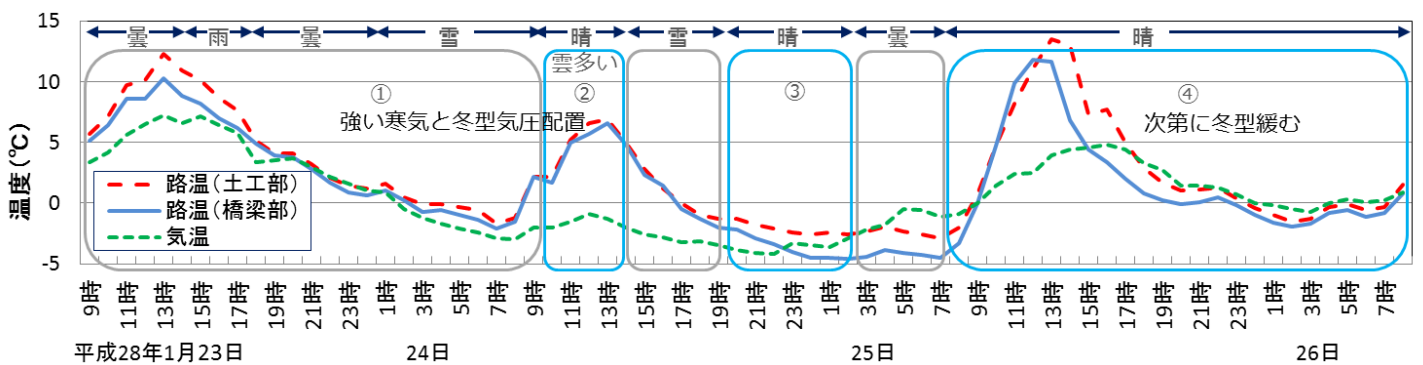


図8 今切川橋における気温と路温（土工部・橋梁部）の変化（平成28年1月23日～26日）

3.4 サーマルマッピング調査の結果

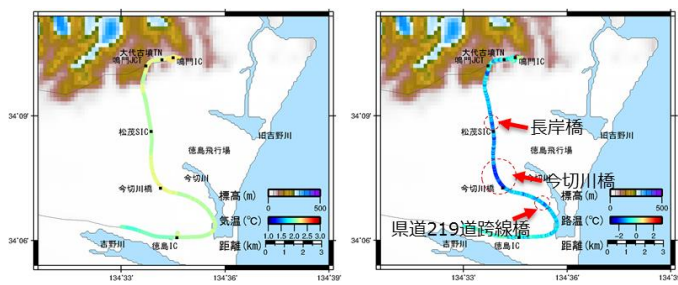
サーマルマッピングの調査結果を以下にまとめる。

【平成28年1月24日～26日の温度分布】

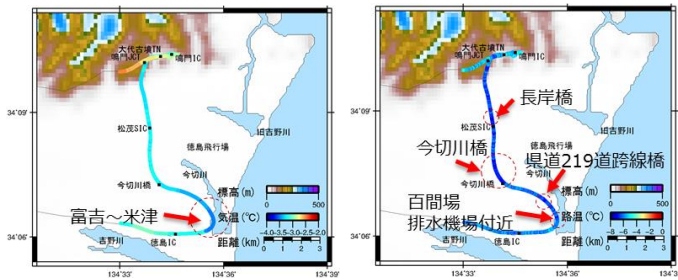
記録的な強い寒気が南下した平成28年1月24日～26日の観測例を図9に示す。

気温：どの事例も区間内の気温差は2℃以内であり、1月24日（降雪、深夜）や26日の観測結果（晴れ、早朝）では気温差は0.3℃以下と小さかった。1月25日の事例では、富吉～米津や今切川橋～長岸橋では周辺に比べ気温がやや低い。

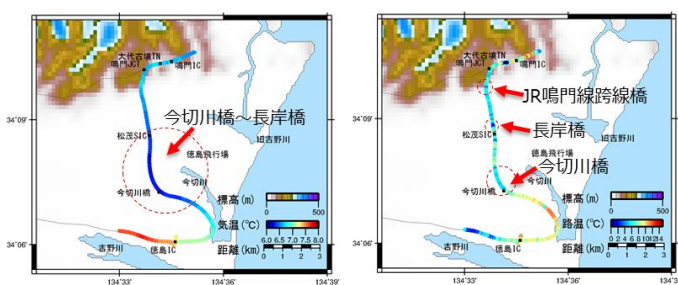
路温：どの事例でも、今切川橋の路温は周辺に比べて低い。また、距離は短いものの長岸橋や県道219号跨線橋（米津）～富吉、JR鳴門線跨線橋でも周辺より路温が低下した。気温に比べ路温は、道路構造等による地点差が大きい。



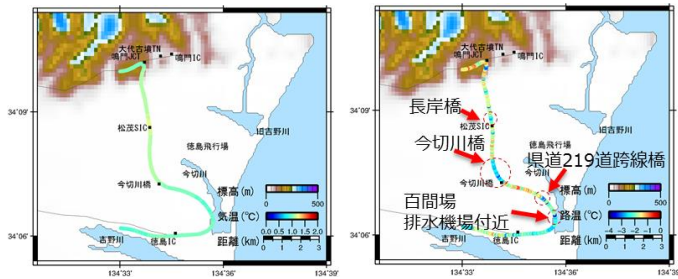
平成28年1月24日0時02分～0時18分（雪）



平成28年1月25日0時05分～0時28分（曇り）



平成28年1月25日15時42分～16時03分（晴れ）



平成28年1月26日6時34分～6時46分（晴れ）

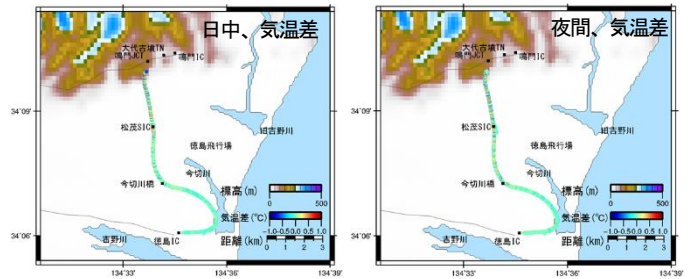
図9 1月24日～26日の温度分布の観測例（左：気温、右：路温）

【日中と夜間の温度差分布】

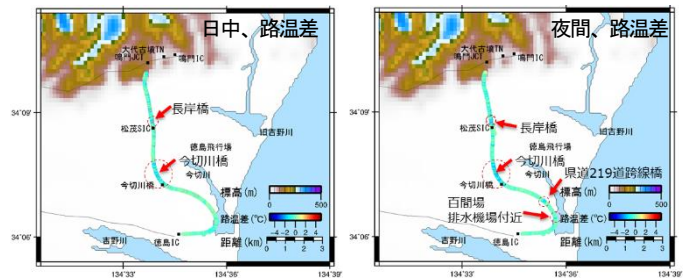
平成27年12月20日～1月27日（日中18ラン、夜間16ラン）における観測結果から徳島ICとの温度差を計算し、その結果を日中・夜間別に分類し、各事例を緯度経度毎に平均化した。その結果を図10に示す。

気温：日中夜間とも、今切川橋と徳島ICの気温差は0.1℃以内と小さかった。徳島IC～鳴門JCT間でも、気温差は±0.1℃以内と小さかった。

路温：日中夜間ともに、今切川橋や長岸橋では周辺に比べ路温が低く、どちらの橋梁とも徳島ICより日中で0.9℃、夜間で1.2℃低かった。また、距離は短いものの、夜間は県道219号跨線橋（米津）や百間場排水機場付近でも周辺より路温が低下し、徳島ICより0.8～0.9℃低かった。これらの地点では、徳島ICとの日中の路温差は0.5℃未満であり、夜間の路温は日中に比べ地点差が大きい。



徳島ICとの気温差分布



徳島ICとの路温差分布

図10 徳島ICとの日中・夜間別温度差分布（左：日中、右：夜間）

【天気別・日中夜間別の気温差分布】

天気別・日中夜間別に分類した観測結果から徳島ICとの気温差を計算し、各事例を緯度経度毎に平均化した。その結果を図11に示した。

日中：晴れた日には、今切川橋～鳴門JCT間では徳島ICよりやや低温となる地点が多く、河川に近く最も低温の今切川橋～長岸橋では徳島ICとの気温差が1℃程度となった。曇りや雨の日は、徳島ICとの気温差は±0.5℃以内と小さくなる。

夜間：晴れた日には、米津～今切川橋や長岸橋～鳴門JCTでやや低温となり、最も低温の今切川橋周辺では徳島ICとの気温差が0.7℃となった。曇りや雪の日には富吉～米津でわずかに低温となっているが、最も低温の百間場排水機場

～富吉でも徳島ICとの差は0.4℃以下と小さかった。雨の日の気温差は0.2℃とさらに小さくなった。

橋で徳島ICより1.5℃程度低く、雪の夜間は今切川橋や長岸橋、県道219号跨線橋（米津）、百間場排水機場付近、JR鳴門線跨線橋で1.1～1.5℃低かった。曇りや雨の日は地点による路温差は小さく、今切川橋で徳島ICより1.1℃の路温低下となった。

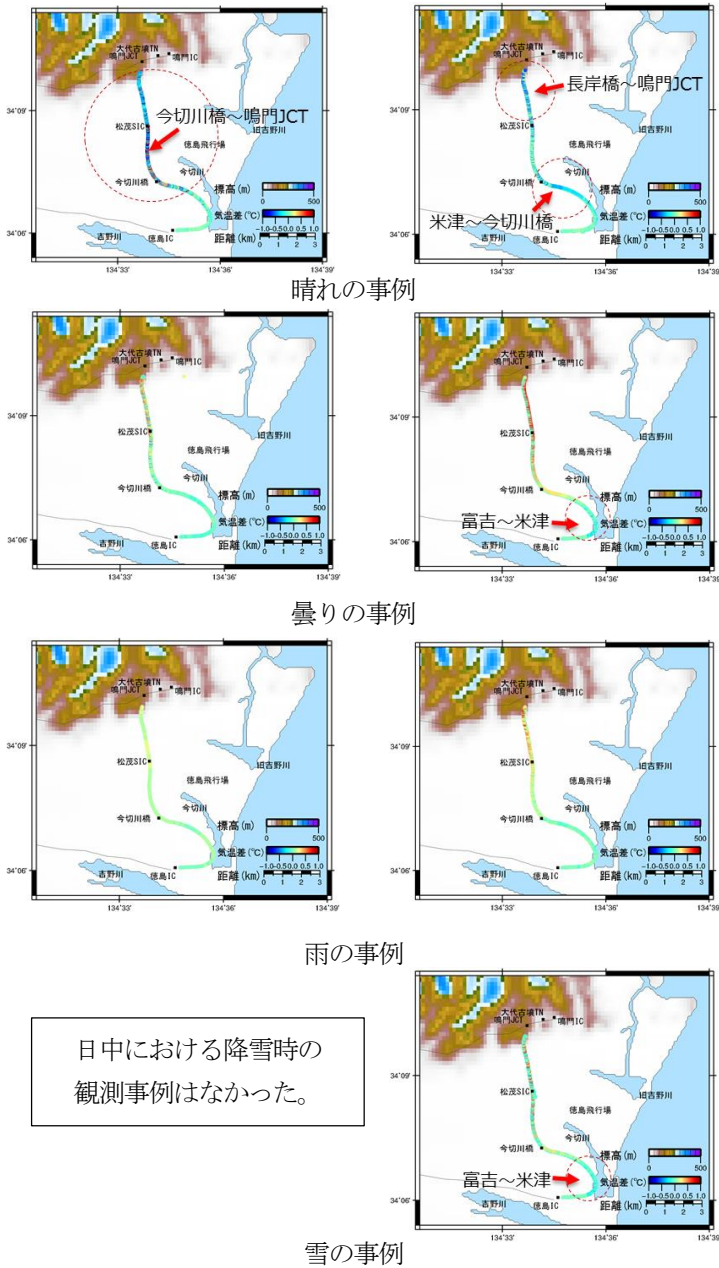


図11 徳島ICとの天気別気温差分布（左：日中、右：夜間）

【天気別・日中夜間別の路温差分布】

天気別・日中夜間別に分類した観測結果から徳島ICとの路温差を計算し、各事例を緯度経度毎に平均化した。その結果を図12に示した。

日中：晴れた日には地点毎の路温差が大きくなり、今切川橋や長岸橋、JR鳴門線跨線橋では徳島ICより1.5℃程度低温となった。曇りの日は、今切川橋が徳島ICより0.8℃低温となり、他地点と徳島ICの路温差は0.5℃以下となった。雨の日は、今切川橋と県道219号跨線橋（米津）で0.6℃低温となるにとどまった。

夜間：晴れた日の路温は、今切川橋や長岸橋、JR鳴門線跨線

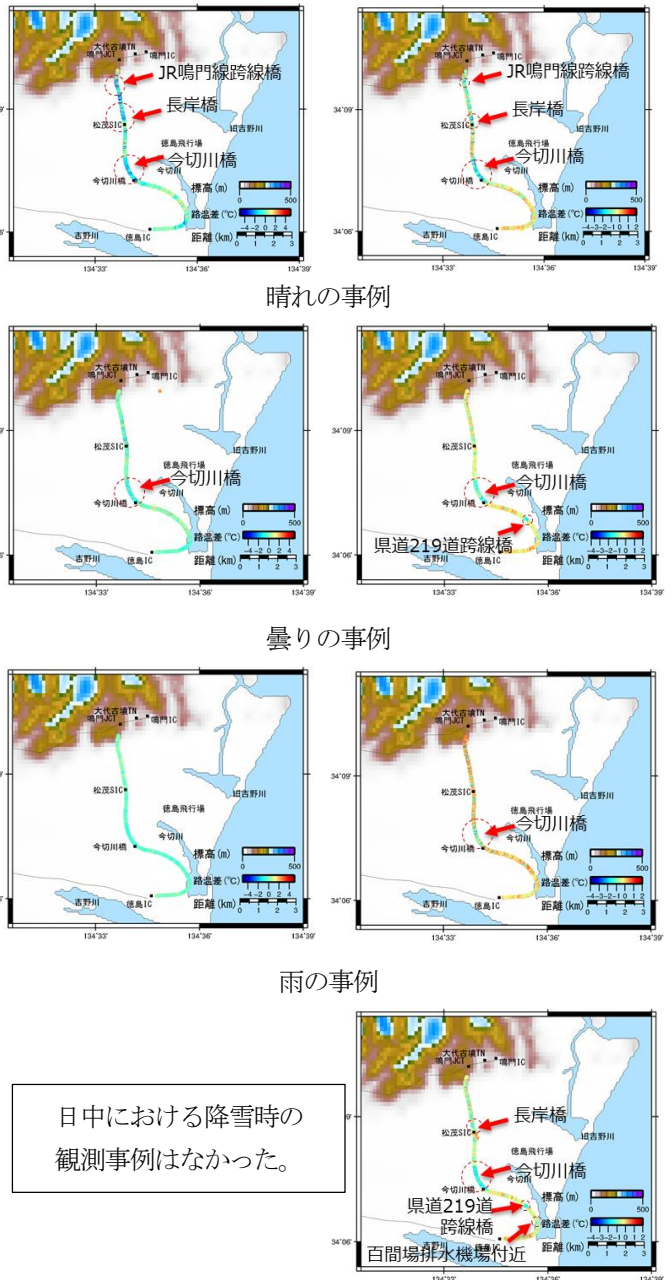


図12 徳島ICとの天気別路温差分布（左：日中、右：夜間）

4. まとめ

平成27年3月14日に供用開始となった、西日本高速道路四国横断自動車道の徳島IC～鳴門JCT間において、路面凍結発生が懸念される今切川橋の気温・路温特性と区間内の路温分布と凍結要注意地点の抽出を行った。

【気温特性】

- ①今切川橋の統計期間中（平成27年12月～平成28年3月）の平均気温は、山沿いの大代古墳TNより高く土工部の徳島ICより低い。
- ②今切川橋では、日中は徳島ICや大代古墳TNより気温が低く、夜間は徳島ICとほぼ等しい。そのため、今切川橋の橋梁部の気温日較差は、土工部より小さい。
- ③今切川橋～鳴門JCT間では、晴れた日中は徳島ICよりやや低温となり、河川に近く最も低温の今切川橋～長岸橋では徳島ICとの気温差が1℃程度となった。
- ④晴れた夜間は、米津～今切川橋や長岸橋～鳴門JCTでやや低温となるが、徳島ICとの気温差は小さい。
- ⑤曇りや雨の日中は、徳島IC～鳴門JCT間の気温差は、晴れた日中に比べてさらに小さくなる。
- ⑥曇りや雪の夜間は富吉～米津でやや低温となるが、徳島ICとの差は小さく、雨の日の気温差はさらに小さくなる。

【路温】

・今切川橋の土工部と橋梁部の路温の比較

- ①非常に強い寒気が南下した平成28年1月25日早朝には、橋梁部は土工部より2.0℃低温となった。統計期間で平均すると、深夜～早朝にかけては土工部・橋梁部とも路温は気温とほぼ同じとなり、日中は気温に比べ路温上昇が大きかった。
- ②統計期間で平均すると、午後の橋梁部の路温は、土工部より平均値で3～4℃低く、低温時には土工部より夕方早い時間帯から路面凍結となりやすい。

・今切川橋と周辺の路温の比較

- ①路温は晴れた夜間や降雪時の夜間を中心として、日中より道路構造等による地点差が大きくなる。また、気温の地点差より大きくなる。
- ②日中夜間を通じて、今切川橋ともうひとつの橋梁部である長岸橋では、土工部である徳島ICより1～2℃路温が低下する。また夜間の晴天時や降雪時には、JR鳴門線跨線橋や県道219号跨線橋（米津）、百間場排水機場～富吉でも徳島ICより1～2℃路温が低下する。
- ③曇りや雨の日は、日中夜間ともに地点毎の路温差は小さい。

以上のように、徳島IC～鳴門JCT間の今切川橋や長岸橋では午後の橋梁部の路温が土工部に比べ3～4℃低く、低温時には夕方早い時間帯から路面凍結に注意が必要である。また、

晴れた夜間や雪の夜間には、今切川橋や長岸橋より距離は短いものの、JR鳴門線跨線橋や県道219号跨線橋（米津）、百間場排水機場～富吉も路面凍結の要注意地点として抽出された。米津や富吉には盛土のり面を利用した津波避難施設が設置されている。

徳島IC～鳴門JCT周辺は少雪地域であり、道路利用者の冬道対策が十分でない。したがって、少量の積雪や局所的な路面凍結に対しても寒冷積雪地域よりきめ細かい路面管理が必要である。

なお、今回の調査期間において降積雪時の事例蓄積が十分ではなかった。そのため、降雪時の観測データをさらに蓄積し、路面への積雪の深さの違いによる路温低下の程度、積雪時の気温・路温分布の調査をさらに進めることが今後の課題となる。