

一般国道231号石狩市雄冬地区における 越波対策について

—越波のハード対策とソフト対策—

札幌開発建設部道路維持課 ○吉岡 宏昌
札幌開発建設部道路維持課 林 華奈子
札幌開発建設部滝川道路事務所 楡井 賢司

一般国道231号石狩市雄冬地区では、冬季間（11月～3月）の高波が通行に支障をきたすため、これを解消して国道利用者の安全通行を確保することが急務となっている。対策工は、平成21年度に既設消波工を拡幅する恒久対策（ハード対策）を行うこととなっているが、それまでの期間は波浪ポイント予報を用いて初動監視体制を整えて通行の安全確保（ソフト対策）を図っていくものである。本論文では、雄冬地区における越波のハード対策、ソフト対策について報告する。

キーワード：安全

1. はじめに

日本海側の札幌市から留萌市に至る一般国道231号は、11月～3月の冬季間に発達した低気圧通過や北西季節風に伴う高波によって越波が発生する。

特に、札幌開発建設部管内の石狩市浜益区幌から雄冬の区間は、道路護岸前面の海底勾配が1/20と急なため越波で年1回程度の通行止めが発生しており、越波対策が急務となっている（図-1参照）。

本論文では、対象区間の中でも最も対策優先度の高い雄冬地区における越波のハード対策およびソフト対策について報告する。

2. 越波の現状

(1) 越波による通行止めの履歴

本区間における越波の通行止め履歴は表-1に示すとおりであり、昭和56年から平成20年の27年間で11回発生している。また、直近10年では年1回程度発生しており、通行止めが2日間に及ぶことも多い。



図-1 国道231号石狩市における越波箇所

(2) 通行止め時の気象海象

通行止め時の気象海象は表-2に示すとおりであり、本区間では波高3m以上になると通行に支障をきたすような越波が発生する。また、通行止め時には西寄り（海から陸方向）10m/s以上の強風が吹いており、護岸で打ち上がった波の一部が道路に吹き寄せられている。

表-1 越波による通行止め履歴

年	通行止め開始	通行止め解除	規制時間
昭和56	10月24日 10:00	10月25日 13:00	27:00
平成5	12月13日 8:00	—	—
平成10	10月20日 8:00	10月20日 17:00	9:00
平成13	2月2日 19:00	2月3日 9:00	14:00
平成14	10月28日 20:30	10月29日 17:00	20:30
平成15	11月22日 14:00	11月23日 9:00	19:00
平成16	9月8日 13:30	9月9日 18:00	28:30
平成17	11月29日 23:30	12月1日 12:00	36:30
平成18	11月22日 20:00	11月23日 14:30	18:30
平成19	11月20日 20:30	11月22日 16:30	44:00
平成20	9月24日 10:30	9月25日 7:00	20:30
平成20	11月7日 18:00	11月9日 6:30	36:30

表-2 通行止め時の気象海象

年月日	波浪			風	
	波高 (m)	周期 (S)	平均波向	風速 (m/s)	風向
昭和56年10月24日	4.9	10.0	WSW	17	WSW
平成10年10月20日	3.2	8.6	WNW	15	W
平成13年2月2日	5.8	10.5	WNW	17	W
平成14年10月29日	3.7	9.0	WNW	10	NNW
平成15年11月22日	5.1	10.0	WNW	15	W
平成16年9月9日	5.3	10.9	WNW	10	W
平成17年11月30日	4.8	10.0	WSW	14	WSW
平成18年11月23日	5.7	11.0	WNW	13	W
平成19年11月21日	3.1	7.7	W	14	W
平成20年9月24日	4.4	9.2	W	14	W
平成20年11月7日	5.3	10.8	SW	16	W

※波高は、留萌港観測値より雄冬沖に換算した値

(3) 各工区の越波の状況

本区間では越波が発生しやすい場所として、幌、千代志別、ガマタ、雄冬の4工区があげられる（図-2参照）。

ここで、各工区の波向波高別の推定越波流量を比較すると、千代志別やガマタに比べて、雄冬と幌で越波が発生しやすく、波高3m以上になると許容越波流量 $q = 1.0 \times 10^{-4}$ (m³/m/sec) を超える（表-3参照）。

また、通行止め時の雄冬と幌の越波現地観測結果より、幌に比べて雄冬で越波が頻発しており、本区間では雄冬の越波対策を最優先に行うこととした（図-3参照）。



図-2 各工区の状況

表-3 各工区の推定越波流量

幌工区 単位: m ³ /m/sec					ガマタ工区 単位: m ³ /m/sec				
波向	沖波波高H ₀ (m)				波向	沖波波高H ₀ (m)			
	3m	4m	5m	6m		3m	4m	5m	6m
NNW	9 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁴	9 × 10 ⁻⁴	NNW	4 × 10 ⁻⁶	2 × 10 ⁻⁵	5 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁵
NW	9 × 10 ⁻⁵	4 × 10 ⁻⁴	7 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³	NW	2 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻⁵	9 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴
WNW	9 × 10 ⁻⁵	5 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³	2 × 10 ⁻³	WNW	4 × 10 ⁻⁵	4 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁴
W	1 × 10 ⁻⁴	8 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³	W	5 × 10 ⁻⁵	5 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻⁴
WSW	2 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³	WSW	5 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	3 × 10 ⁻⁴

千代志別工区 単位: m ³ /m/sec					雄冬工区 単位: m ³ /m/sec				
波向	沖波波高H ₀ (m)				波向	沖波波高H ₀ (m)			
	3m	4m	5m	6m		3m	4m	5m	6m
NNW	7 × 10 ⁻⁶	3 × 10 ⁻⁵	6 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁵	NNW	5 × 10 ⁻⁶	5 × 10 ⁻⁴	8 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³
NW	2 × 10 ⁻⁵	4 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁵	9 × 10 ⁻⁵	NW	1 × 10 ⁻⁴	7 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻³	4 × 10 ⁻³
WNW	3 × 10 ⁻⁵	6 × 10 ⁻⁵	8 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	WNW	4 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻³	4 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻²
W	4 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	3 × 10 ⁻⁴	W	3 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³	9 × 10 ⁻³
WSW	5 × 10 ⁻⁵	8 × 10 ⁻⁵	2 × 10 ⁻⁴	4 × 10 ⁻⁴	WSW	9 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻⁴	8 × 10 ⁻⁴

許容越波流量を超えるレベル

3. 雄冬工区の越波の現状

雄冬工区では、図-5に示す区間で消波工設置断面の不足が越波の発生原因となっていたため、平成17年度に予備検討を始め、道路防災ドクターの助言をいただきながら平成19年度に消波工拡幅による恒久対策（ハード対策）を行うとの結論を出した。ただし、消波工拡幅には漁業者との協議が必要であり、図-4に示すように消波ブロックを設置するまでに冬季の越波時期を2回経験することになる。

そこで、応急対策として平成19年12月に仮設防波柵を設置するとともに、波浪ポイント予報を用いて越波監視体制の初動目安を設定して、通行の安全管理（ソフト対策）を行うこととした。

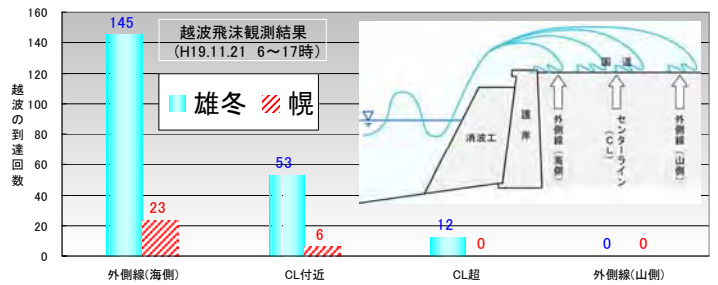


図-3 雄冬と幌の越波観測結果

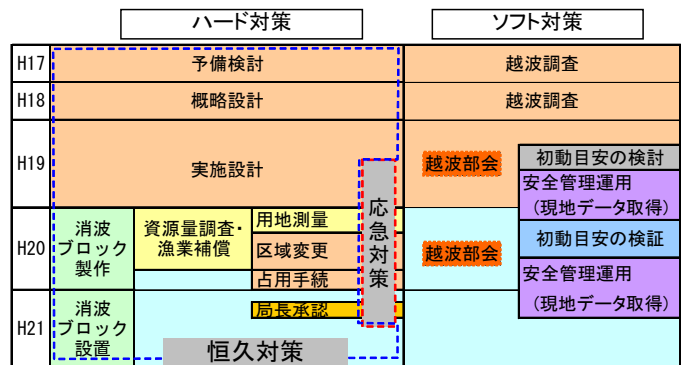


図-4 雄冬工区の越波対策スケジュール

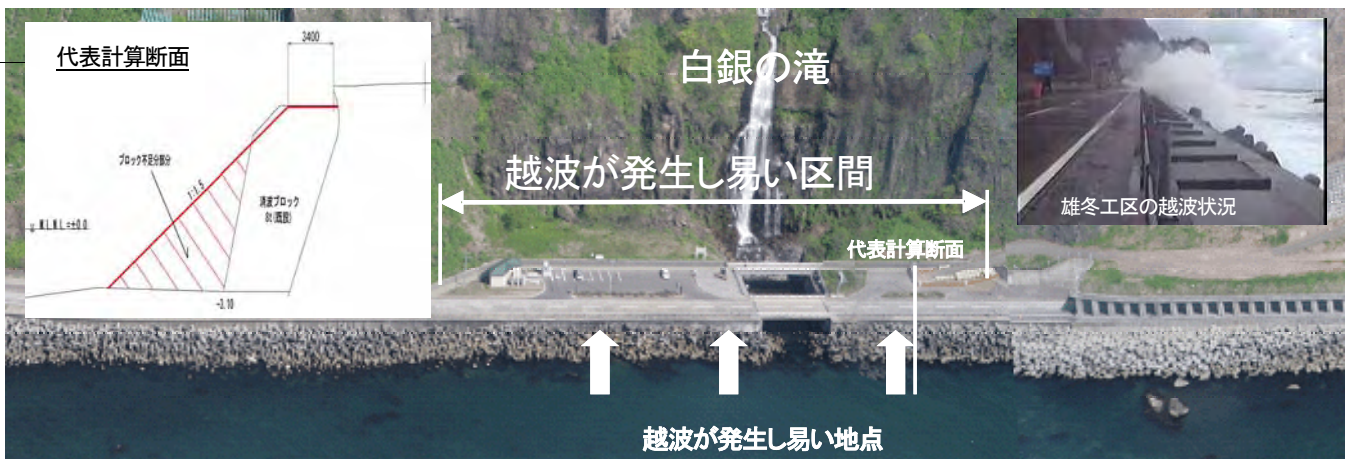


図-5 雄冬工区の状況

4. 雄冬工区のハード対策

(1) 恒久対策

a) 設計条件

『北海道開発局道路設計要領』では、越波対策に用いる波浪は以下のように定められている。

- ① 構造物の安定：50年確率以上の波。
- ② 護岸天端高の算定：道路の通行止め履歴や迂回路の有無等を考慮して、**数年確率の波**。

雄冬工区では、構造物の安定には50年確率波、護岸天端高算定には通行止め時の最大波高が7年確率程度であったことから、安全を考慮して10年確率波を用いた（表-3参照）。

b) 恒久対策工の選定

雄冬工区は暑寒別天売焼尻国定公園内に位置し、国道背後には景勝地である「白銀の滝」が存在している。

防波柵は、経済性では有利だが、海側の景観を損なうことや設計基準が確立しておらず、ここでは水理模型実験による波力の評価が必要なため、不採用とした。そこで、海側景観を保全でき、構造的な維持管理等について総合的に有利な「消波工天端4個並び」を恒久対策として選定した。

(2) 応急対策

雄冬工区は表-3および図-3に示すように本区間でも最も越波が発生しやすいことから、応急対策として道路用地内で短期間に設置できる工法である仮設防波柵を選定した。設計方法については「一般国道231号雄冬地区道路防災対策検討委員会 第1回越波部会」において以下のように決定した。

a) 防波柵の高さおよび設置範囲

防波柵高は、『海岸・港湾』（土木学会、合田良實著）p.258より、打ち上げ高の上位20波平均（ $R_{1/20}$ ）による必要柵高の考え方を採用した。

ここで、平成19年1月8日と11月21日の越波調査結果より、越波の打ち上げ高 $R_{1/20}$ を整理すると2.8mと2.9mである（表-4参照）。よって、仮設防波柵の高さを3mとすることで平成19年度通行止（波高3m程度）時の規模の越波を防ぐこととした。

また、防波柵の設置範囲は、現地越波調査で越波が頻繁に確認された駐車場前面の区間（ $L=174m$ ）とした。

b) 防波柵の設計荷重

防波柵の設計荷重については、『海岸保全施設の技術上の基準・同解説』（海岸保全施設技術研究会編）p.2-18より、「2～3年程度の期間の仮設構造物であれば、10年間程度の対象再現期間で行われることが多い」とあることから10年確率波に対して安定であるものとした。その結果防波柵全体には風によって運ばれるしぶき荷重、高さ1.3mまで波力が作用し、防波柵下部にはそれらの合力 $13.66kN/m^2$ の荷重が作用する。

表-3 雄冬工区の設計沖波

発生確率	波向	沖波波高 H_0 (m)	沖波周期 T_0 (sec)	屈折係数 K_r	換算沖波波高 H_0' (m)
10年確率	W	6.8	12.0	0.915	6.22
50年確率	W	8.4	14.0	0.918	7.71

$$\text{※}H_0' = H_0 \times K_r \times K_d \quad (K_d=1.0)$$

表-4 越波打ち上げ高

年月日	雄冬沖波高 (m)	打上高 $R_{1/20}$ (m)	規制
平成19年 1月 8日	3.1	2.8	片側規制
平成19年11月21日	3.1	2.9	通行止

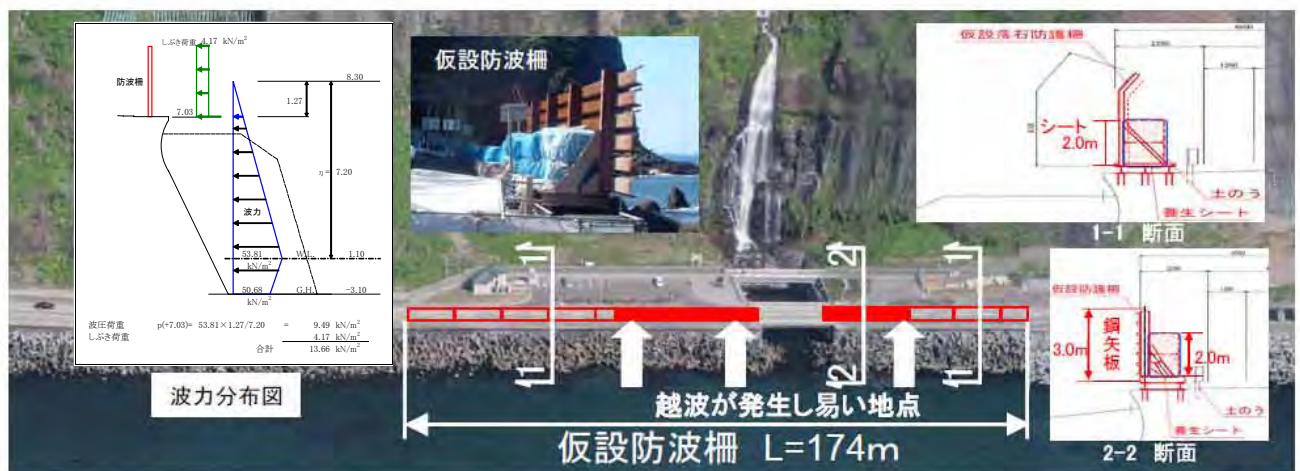


図-6 仮設防波柵の状況

5. 雄冬工区のソフト対策

雄冬工区では、仮設防波柵の設置により波高3m程度までは道路への越波の進入を防ぐことが可能となった。

しかし、それ以上になると仮設防波柵を越えて越波が道路に到達する恐れがあり、表-5に示すように月に2~3日程度はその危険性がある。

そこで、雄冬沖で実施している波浪ポイント予報を活用して、事前に越波監視の初動体制を整え、道路パトロールや越波定点観測により安全管理を行うこととした。

以下に、越波安全管理の初動体制の手順を示す(図-7および図-8参照)。

- ①. 36時間以内に雄冬沖で波高3m以上が予測されると、携帯メールにより情報受信する。
- ②. 取得情報をもとに維持業者に初動体制準備を指示する。
- ③. 予測波高が2.5mを超える時間より、維持業者による道路パトロールを開始し、越波状況を確認する。
- ④. 越波が確認された場合は、雄冬と幌において越波の定点観測を行う。
- ⑤. 状況に応じて職員パトロールおよび通行止めの検討を行う。

表-5 雄冬沖波高の発生頻度

	雄冬沖波高(m)					
	2.5m以上	3.0m以上	3.5m以上	4.0m以上	4.5m以上	5.0m以上
平成13年度	17	14	9	3	1	1
平成14年度	25	16	7	4	0	0
平成15年度	20	13	10	6	2	0
平成16年度	29	18	13	9	5	2
発生頻度	1回/8日	1回/12日	1回/19日	1回/33日	1回/91日	1回/243日

※雄冬沖波高は、留萌港観測波高より推定した

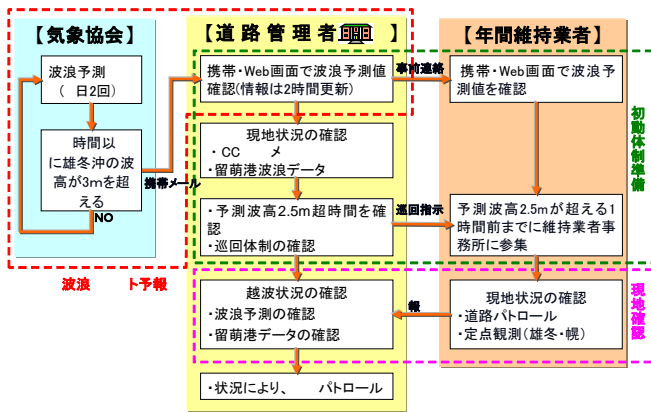


図-7 越波安全管理の初動体制

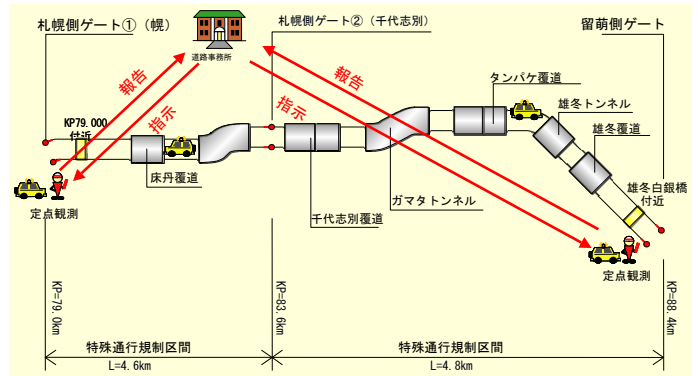


図-8 道路巡回および定点観測

6. 越波対策の効果

(1) ハード対策(仮設防波柵)の効果

図-9に平成19年11月21日(仮設防波柵設置前)、図-10に平成20年2月14日(設置後)の雄冬と幌の越波観測結果を示した。

両日とも北西寄りの高波であったが、前者は雄冬沖波高3.0m程度、後者は雄冬沖波高4.0m程度であり、設置後の観測時の方が高波浪であった。

しかし、設置前は幌に比べて雄冬で越波が頻発しており、波高3m程度でセンターラインを超える越波も発生したため通行止を実施している。一方、設置後は越波発生回数は幌と同程度となり、4m程度でもセンターラインを超えることもなかったため、片側規制で対応することができた。

このように、設置前は月3回程度通行止めとなる危険性があったが、設置後は月1回程度まで規制回数を低減することができた。

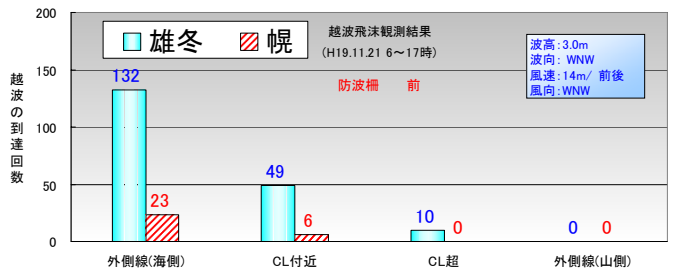


図-9 平成19年11月21日の越波観測結果

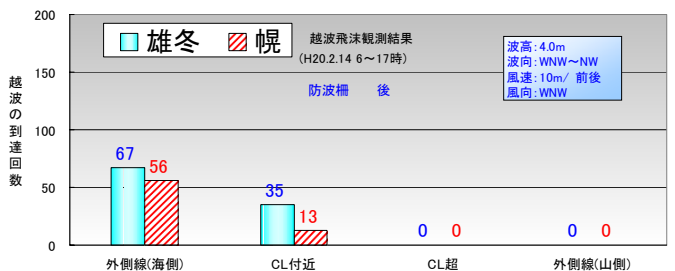


図-10 平成20年2月14日の越波観測結果

(2) ソフト対策の効果

ソフト対策（越波安全管理）の効果としては、以下の点があげられる。

- ①. 波浪ポイント予報により、初動体制準備までの時間を確保できる。
- ②. 初動目安波高を設定することで、波浪予測に基づき初動開始時刻を想定できる。
- ③. 波高変化予測は、通行規制開始や解除の判断材料の一つとなる。

なお、図-11は平成20年2月13日～14日の片側規制時の波浪ポイント予報値、波浪観測値と初動体制について示したものである。

この時は、メール受信から片側規制実施まで半日程度の体制準備が可能であった。また、現地越波状況と波高予測値の低下傾向を総合的に判断することで、夜間でも適切に規制解除を行うことができた。

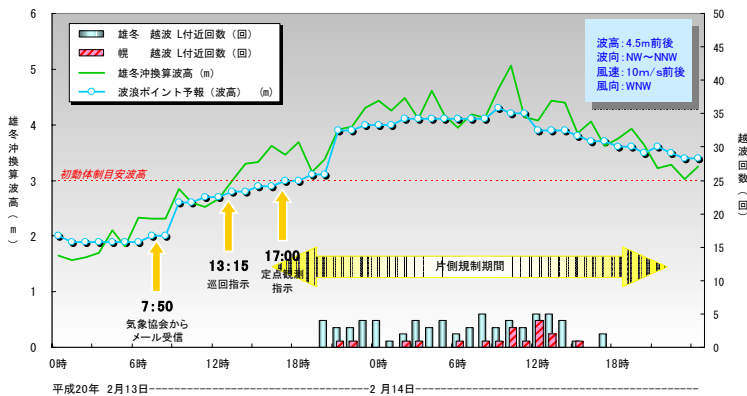


図-11 波浪ポイント予報と初動体制

7. おわりに

本路線で最も越波の危険度が高い雄冬工区は、平成21年に消波工拡幅による越波対策により、越波通行障害は解消される予定である。

一方、雄冬工区の次に越波が発生し易い幌工区は、既に対策工の設計は完了しているが、対策延長がL=1340mで対策が完了するまでには数年を要すると考えられる。

そこで、今後は幌工区においても必要に応じて仮設防波柵の設置や波浪ポイント予報を活用した安全管理を検討していく必要があると考えている。

謝辞：本路線の越波対策検討に際しては、海岸分野の道路防災ドクターである室蘭工業大学工学部建設システム学科の木村教授、及び（独）寒地土木研究所寒地水圏研究グループ寒地沿岸チームの山本上席研究員に、現地をご視察頂くとともに、一般国道231号雄冬地区道路防災対策検討委員会 越波部会において貴重なご助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 海岸保全施設技術研究会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説
- 2) 土木学会：二訂版 海岸・港湾。