

支笏湖特有の気象特性に対する 維持管理の検討

札幌開発建設部 千歳道路事務所 ○新保 貴広
札幌開発建設部 千歳道路事務所 吉田 昭幸
札幌開発建設部 千歳道路事務所 樋口 侯太郎

一般国道 453 号を管理する千歳道路事務所では、支笏湖の越波発生により、度々通行規制を実施している。淡水湖における越波の発生事例は国内でも珍しいうえに、国立公園内に位置するため対策工の実施にも制約が課せられている。

本稿は、支笏湖における越波の観測結果や気象条件から、越波発生 of 要因を分析することにより、事前の通行規制等、国道の維持管理体制について考察するものである。

キーワード：自然災害、防災、気象情報、越波、維持管理体制

1. はじめに

支笏湖畔を通る一般国道 453 号(以下:国道 453 号)では、支笏湖の越波発生により度々通行に支障をきたし、通行規制を実施している(写真-1)。これまで越波に関する通行規制の基準値等がないため、年間維持工事による道路パトロールまたは CCTV カメラの情報により、越波が路面を覆うような状況で通行に支障をきたすような場合には、直ちに通行規制を実施してきた。

図-1 に示すとおり、国道 453 号は支笏湖北東側湖畔に面しており、道路の標高は約 251m で湖面から約 3 m 程度の高さにある。支笏湖の標高は約 248m、最大水深が約 350m で、北東から南西方向で距離が最も長く約 12 km、北西から南東方向で約 5 km である。周辺の地形は北西側に恵庭岳、南東側に風不死岳、北東側に紋別岳と 1,000 m 級の山々がある。このように支笏湖周辺の地形は複雑であり湖面上からの風と水位により国道 453 号に影響を及ぼす波浪となる。

本稿では、支笏湖における越波発生 of 観測結果や気象条件から、越波発生 of 要因を分析し、事前の通行規制準備などの維持管理体制についての考察を行った。



写真-1 国道 453 号に打ち寄せる越波

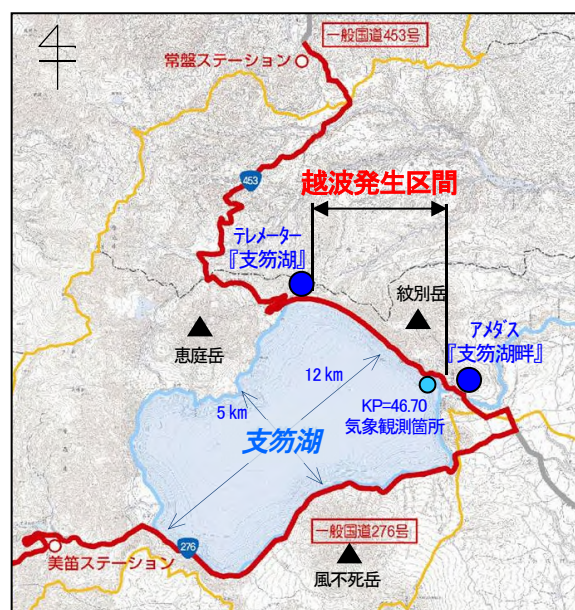


図-1 支笏湖における越波発生区間

2. 越波による通行規制および発生時の状況

国道 453 号支笏湖畔では、越波の発生に伴い車両走行中の「視界の遮断」(写真-2)、波飛沫による「路面の凍結」(写真-3)、「湖床礫の散乱」(写真-4)、「車両等への影響」(写真-5)等、通行車両へ支障をきたすケースが確認されている。

直近 5 年間ににおいても計 8 回の通行規制を実施している(表-1)。

表-1 越波発生による通行規制履歴

	越波発生による規制	規制方法
平成24年	11月29日10:30～11月29日16:00	R側(湖側)車線規制
	12月6日15:30～12月7日9:00	全面通行止め
平成25年	11月26日11:30～11月27日7:00	R側(湖側)車線規制
平成26年	11月4日13:00～11月4日19:10	R側(湖側)車線規制
	11月13日15:00～11月14日3:00	R側(湖側)車線規制
	11月14日9:30～11月14日12:50	R側(湖側)車線規制
平成27年	12月3日14:00～12月3日18:00	R側(湖側)車線規制
平成28年	10月4日12:00～10月4日17:00	全面通行止め

以下に、越波発生時の気象状況や支笏湖水位の状況、発生箇所について整理する。

(1) 越波発生時の気象状況

過去の越波発生時の気象状況は、いずれのケースも日本海側を発達しながら北上する低気圧が存在し、西寄りの強風が吹きやすい気圧配置であった。

道路気象テレメータ「支笏湖」の風向は、南～南東寄りの風から、越波発生時には徐々に西寄りの風に変わり、支笏湖の湖面側から国道 453 号に吹き付ける風となったものの、風速は概ね 5m/s 以下で、強風は観測されていない状況であった。

支笏湖畔における局所的な気象特性を把握するため、平成 26 年 9 月より国道 453 号 KP=46.70km に簡易気象観測装置(風向・風速計、雨量計)を暫定的に設置し観測を行っている。

図-2 に越波発生時の気象状況として、平成 26 年 11 月 4 日のデータを例として挙げる。

観測の結果、越波の発生時には、風速 10m/s 以上の西寄りの強風が長時間観測されていることが確認された。



写真-2 越波による影響（視界の遮断）



写真-3 越波による影響（路面の凍結）



写真-4 越波による影響（湖床礫の散乱）



写真-5 越波による影響（車両等への影響）

(2) 越波発生時の支笏湖の水位状況

図-3 に過去 5 年間(平成 24 年～平成 28 年)の支笏湖の水位を示す。

支笏湖は降雨に伴いオコタンベ川と美笛川などの周辺河川からの流入量と千歳川への流出量の収支によって水位変動しているほか、年間での季節変動の傾向があり、冬から春にかけて低下し、融雪が始まる 5 月頃から上昇し、台風や

秋雨等によって夏から秋冬にかけて再度上昇する傾向がみられる。年間の変動差は概ね 1m 程度である。

越波発生時の支笏湖の水位は、249m 前後(248.45～249.3m)となっており、支笏湖の水位は季節変動はあるものの通常時よりもやや高い時期であった。

支笏湖テレメータ					支笏湖畔アメダス					KP=46.70km 気象観測箇所			札幌 管区气象台		苫小牧 測候所	
日時		降水量 (mm)	気温 (℃)	風(m/s)		降水量 (mm)	気温 (℃)	風(m/s)		降水量 (mm)	風(m/s)		気圧 (hPa)			
				風速	風向			風速	風向		風速	風向				
平成26年 11月4日	7	1.0	0.8	1.5	西	0.5	0.1	2.0	西南西	0.5	9.0	西	西寄りの強風が長時間続く	1003.2	1006.7	
	8	0.0	1.7	2.1	西	0.0	1.3	4.0	西	1.0	11.1	西		1004.1	1007.6	
	9	0.0	3.0	3.5	西南西	0.5	2.7	4.8	西	0.0	12.3	西		1005.0	1009.0	
	10	0.0	4.2	3.8	西南西	0.0	4.2	6.2	西	0.0	17.2	西		1006.1	1009.8	
	11	0.0	4.6	3.5	西南西	0.0	4.8	7.3	西	0.0	18.8	西		1006.2	1009.8	
	12	0.0	6.1	4.1	西	0.0	5.6	7.2	西	0.0	18.1	西		1006.4	1010.1	
	13	0.0	6.4	5.9	西	0.0	6.3	6.6	西北西	0.0	18.1	西		1006.9	1010.3	
	14	0.0	6.5	5.8	西	0.0	6.5	7.7	西北西	0.0	20.1	西		1007.5	1011.2	
	15	0.0	6.2	6.1	西南西	0.0	6.1	7.4	西	0.0	14.8	西		1008.4	1012.4	
	16	0.0	6.1	6.4	西南西	0.0	6.0	5.2	西北西	0.0	12.7	西北西		1009.3	1013.4	
	17	0.0	6.2	4.0	西南西	0.0	6.1	4.2	西	0.0	6.6	西北西		1010.3	1014.3	
	18	0.0	6.5	1.5	南東	0.0	6.5	3.7	西	0.0	9.1	西		1011.2	1014.9	
19	0.0	6.2	1.8	東南東	0.0	6.3	1.4	南西	0.0	6.0	西	1012.4	1015.7			
20	0.0	6.9	0.7	北東	0.0	6.7	0.8	南南西	0.0	2.7	南西	1013.0	1016.5			
21	0.0	6.6	1.2	東北東	0.0	6.4	0.6	南東	0.0	0.8	南西	1014.1	1017.6			

通行規制実施

図-2 越波発生時の気象状況(平成 26 年 11 月 4 日) ^{1), 2)}

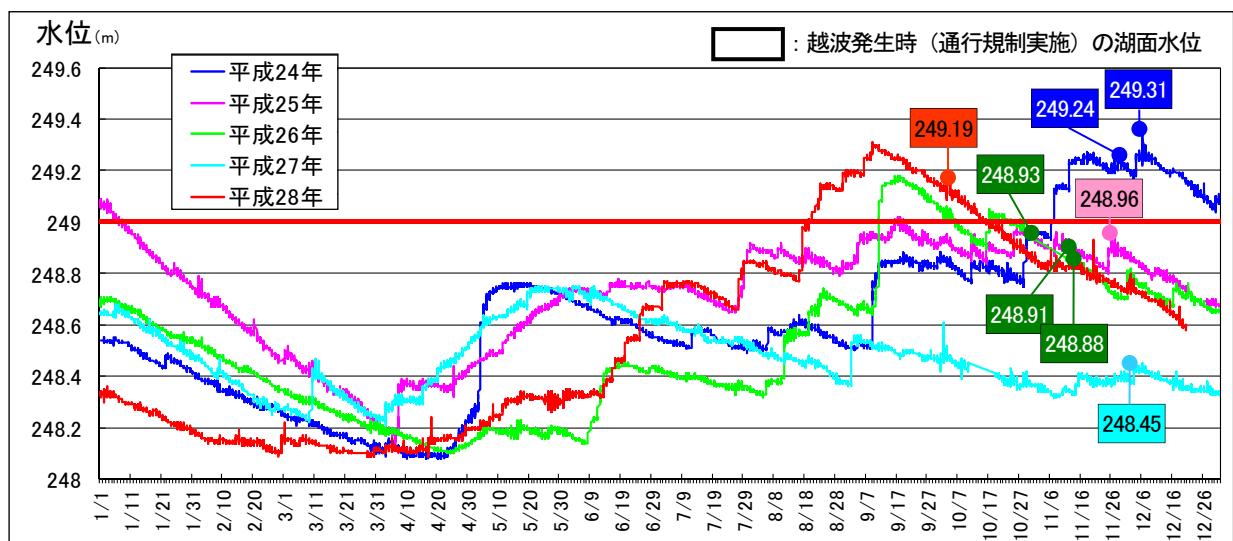


図-3 過去 5 年間の支笏湖の湖面水位(平成 24 年～平成 28 年) ³⁾

(3) 越波の発生が顕著な箇所

越波発生区間のうち越波の発生が顕著な箇所は下記の 5 箇所であることが調査結果から得られた。

- ・ KP=43.6～43.7 km (写真-6)
- ・ KP=44.5～44.6 km (写真-7)
- ・ KP=45.4～45.5 km (写真-8)
- ・ KP=46.0～46.1 km (写真-9)
- ・ KP=46.4～46.5 km (写真-10)

図-4 に越波の発生が顕著な箇所を示す。

越波の発生箇所は概ね現況の岸壁消波ブロック高さが路面より低い箇所で発生する傾向がある。ただし覆道箇所(KP=43.6～43.7 km)では、例外的に消波ブロックが路面より高くても越波が確認されているが、これは覆道部は沢地形であり、それに伴い湖底が深く大きな波長のまま消波ブロックに衝突するためと考えられる。

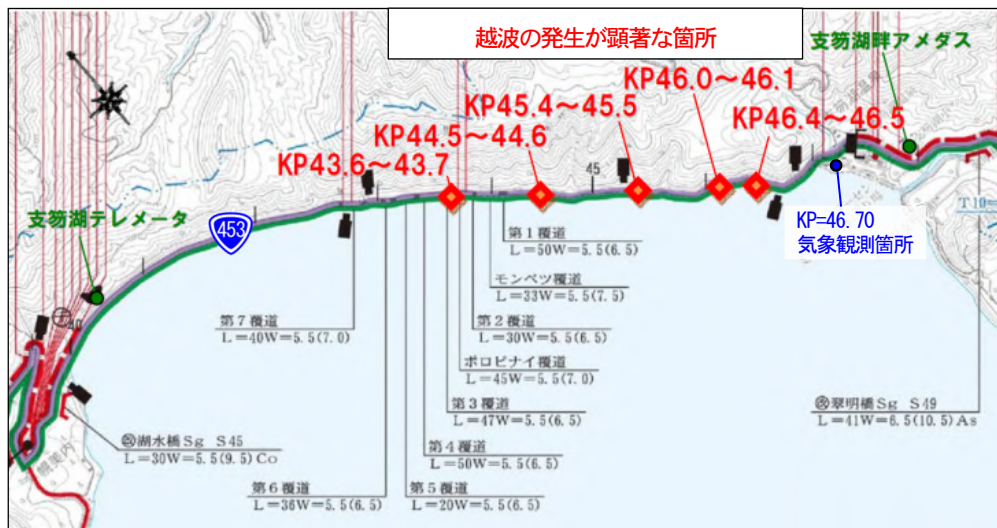


図-4 越波の発生が顕著な箇所



写真-6 KP43.7 付近
岸壁に打ち付ける波が強く越波を確認できる。



写真-7 KP44.5 付近
頻度はやや低い越波を確認できる。



写真-8 KP45.4 付近
岸壁に打ち付ける波が強く規模の大きな越波を確認できる。
飛沫が走行車線に到達するケースもある。



写真-9 KP46.0 付近
岸壁に打ち付ける波が強く越波を確認できるが
頻度はやや低い。



写真-10 KP46.4 付近
岸壁に打ち付ける波が強く越波を確認できる。

3. 越波の発生予測

気象条件や水位の状況分析で述べたように、当該区間は支笏湖特有の気象条件が揃うと水位上昇および波浪が発達しやすい条件となる。

季節変動による水位の上昇が起こり、卓越した風向・風速が伴った場合に通行止めに至るような越波が発生するものとする。

これらより越波の発生しやすい条件は以下のとおりである。

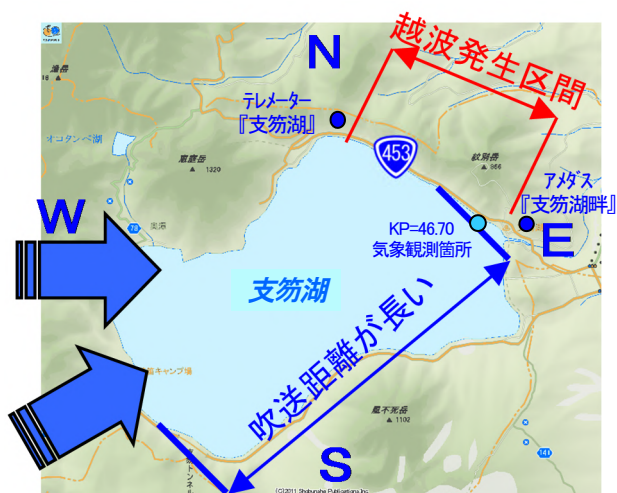


図-5 越波発生時の風向と道路の位置関係

(1) 西寄りの強風に伴う波浪の発達

図-5 に示すとおり、越波発生区間は西寄りの風では、湖面延長（吹送距離）が長くなるため、強い風が継続した場合、波浪が発達しやすい状況となる。

支笏湖テレメータおよび支笏湖畔アメダスでは吹送距離が長い西寄りの強風の傾向が掴みにくいが、KP=46.70 に設置した簡易気象観測装置では、西寄りで10m/s前後の強風が長時間続くことが確認されている。

特に冬型の気圧配置のような日本海側に低気圧が発達した場合、その傾向は強まる。

(2) 湖面の水位

台風や秋雨の影響により夏から秋・冬にかけ水位が上昇する傾向にあり、ここに西寄りの強風により湖水が吹き寄せられたことが誘因となり、湖面の水位が更に上昇し、標高249m前後と高い状態となった場合に越波が発生している。

4. 維持管理体制（初動体制）の構築

(1) 維持管理体制を整える際に必要な気象情報

越波発生時の通行への影響を極力抑え、迅速に通行規制を実施するためには、計画的な気象情報の収集が重要であり、前述のとおり越波発生時には以下の特徴がある。

- ・湖畔に向かって西寄りの強風が吹き続けると水位上昇および波浪が発達しやすい。
- ・西寄りの風により湖水が吹き寄せられたことによる水位上昇。
- ・豪雨や長雨による湖面水位の上昇。

このような気象条件になりそうかどうか情報を収集、確認しながら対応を行う必要がある。

また、日本気象協会と提携した気象情報提供サービス（MICOS）による支笏湖の「波浪越波予測」も事前の維持管理体制構築の判断材料として有用である（図-6）。

これら支笏湖の水位・気象データおよび「波浪越波予測」等をもとに、越波発生時の初動体制構築時期の目安とする。

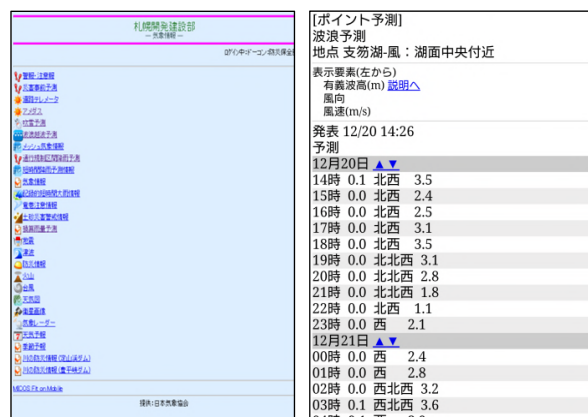


図-6 「MICOS」による波浪情報の入手⁴⁾

ここで、「いつ、どのような情報」が有用であるかを（表-2）にまとめた。

事前の準備として、「週間予想天気図」を確認し、気圧配置への該当の有無を確認する。前日には、体制構築の判断をするため、気象庁の気象情報や気象情報提供サービスの「道路災害事前予測情報」や「波浪越波予測」から、予想される災害、波浪や風速などの把握を行う。

また、波浪や風向・風速の実況は、「支笏湖テレメータ」（図-7）・「支笏湖畔アメダス」や「CCTV」（写真-11）により把握を行う。

表-2 維持管理体制の構築に有用な情報と取得時期

時期	確認事項	情報	入手先
1週間前	気圧配置	週間天気予報 予想天気図	気象庁
3日前	予測風向・予測風速	波浪越波予測	気象情報提供サービス (MICOS)
～	波浪予想(風向・風速)	波浪予測	GPV気象予測
1日前	支笏湖の水位	リアルタイム水位	国土交通省 「水文水質データベース」
当日・実況	風向・風速	気象テレメータ	北海道開発道路テレメータシステム
		アメダスデータ	気象庁
	越波状況	CCTV画像 道路パトロール	北海道地区道路情報サイト 職員巡回・年間維持工事

気象情報詳細(センサ名:支笏湖)					
観測地点 一般国道453号 千歳市温泉内 (KP40.45)					
関連付けされた事前通行規制 関係建設部設定通行規制5番					
観測日時	時間雨量 (mm/h)	連続雨量 (mm)	平均風向	平均風速 (m/s)	気温 (℃)
12/18 00:00	0	0	北東	1.3	-1.5
01:00	0	0	南西	1.3	-1.0
02:00	0	0	南西	1.7	-0.6
03:00	0	0	南西	1.6	-0.1
04:00	0	0	南南東	1.8	0.4
05:00	0	0	北東	1.0	-0.8
06:00	0	0	東北東	1.5	0.8
07:00	0	0	南南東	1.9	1.4
08:00	0	0	南南西	1.7	2.6
09:00	0	0	西南西	4.7	3.1
10:00	0	0	西南西	3.3	4.6
11:00	0	0	西	3.8	5.5
12:00	0	0	西	3.2	5.8
13:00	0	0	西南西	4.3	5.7
14:00	0	0	西南西	3.4	5.5
15:00	0	0	西南西	1.4	5.1
16:00	0	0	西	0.7	4.2
17:00	0	0	東北東	1.8	3.5
18:00	0	0	東北東	1.7	3.5
19:00	0	0	東	2.6	3.3

図-7「支笏湖テレメータ」による風向風速情報の入手



写真-11 CCTVによる越波状況の確認

(2) 維持管理体制構築に向けての課題

前述のとおり維持管理体制構築には気象データの収集が重要であり、風速データについては KP=46.7 に設置した簡易気象観測装置が精度の高い観測結果を得られることを確認できたが、あくまで暫定的な観測装置であり、リアルタイムの確認ができないことと、永続的に使用できないことから、既存のテレメータやアメダス、気象協会波浪越波予測における風速予測値との相関性について更なる検証をする必要がある。

また、支笏湖畔は大雨による土砂災害や強風による倒木、冬期には雪崩といった異常気象時に災害が発生する恐れのある地域として、度々通行規制を実施している区間である。

現時点では越波での通行規制基準を設けていないため、維持管理体制構築のためには、今後規制実施に向けた基準値の設定（湖畔の風向・風速と湖面の水位）の検討も必要となる。

5. まとめ

本稿は、国道 453 号支笏湖畔で発生する越波の特性を整理し、維持管理体制を整える際に、「いつ、どのような」情報が得られると有用かを考察したものである。

支笏湖畔では、湖面上を風速 10m/s を越えるような西寄りの強風が長時間続き、かつ湖面の水位が 249m 前後と通常より高い条件が揃った場合に、通行車両に支障がでるような越波が発生する傾向が確認できた。

また、今後ともこの特性を踏まえた維持管理を行うことは重要であり、そのために必要な体制を確保するために引き続き、気象情報等を収集・確認することが求められる。

一方で、消波ブロックや「波返し」といった越波に対するハード対策の検討も行っているが、当面のハード対策完了までの期間は、湖面水位と風向・風速予測を参考に通行規制などのソフト対策を実施していく方針である。

謝辞

本論文の作成にあたり、支笏湖畔の気象特性について分析して頂いた株式会社ドーコン防災保全部の山本茂夫氏、日頃より支笏湖畔の異常気象時における現場対応を行って頂いている北海道ロードメンテナンス株式会社深尾徳司氏、関係者の皆さまに謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 北海道地区道路情報ホームページ
- 2) 気象庁ホームページ
- 3) 国土交通省「水文水質データベース」
- 4) 気象情報提供サービス（日本気象協会）