

# 雪氷期の津波沿岸防災対策の検討

## 報告書

平成 25 年 3 月

国土交通省北海道開発局

# 目次

(頁)

<b>第1章 冬季の津波防災対策検討の背景及び目的</b>	P-1
<b>第2章 雪氷期の津波発生時に想定される物理現象の検討</b>	P-3
2-1 北海道の雪氷現象の特性	P-3
2-2 雪氷期の津波による被害事例	P-3
2-3 雪氷現象による被害事例	P-5
2-4 北海道の雪氷現象から想定される津波発生時の物理現象	P-6
2-4-1 流水及び港内結氷	P-6
2-4-2 河川結氷	P-9
2-4-3 積雪・凍結・低温等	P-10
<b>第3章 雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討と課題抽出</b>	P-11
3-1 検討概要	P-11
3-2 北海道の地形的特長と津波特性	P-11
3-3 津波の発生状況	P-12
3-4 雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討	P-12
3-5 モデルケースの設定	P-15
3-6 津波の浸水による影響の検討	P-15
3-6-1 シミュレーション手法及び条件	P-15
3-6-2 検討結果	P-16
3-7 海水・河氷の漂流・遡上による影響の検討	P-18
3-7-1 シミュレーション手法及び条件	P-18
3-7-2 検討結果	P-19
3-8 避難行動の阻害要因による影響の検討	P-20
3-8-1 シミュレーション手法及び条件	P-20
3-8-2 検討結果	P-21
<b>第4章 ハード面及びソフト面の防災対策の検討</b>	P-23
4-1 雪氷期の津波特有の上乗せリスクの検討	P-23
4-1-1 想定されるリスク	P-23
4-1-2 津波レベルと防護ラインの整備水準による上乗せリスクの違い	P-26
4-2 ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめ	P-27
4-2-1 防災対策のとりまとめの考え方	P-27
4-2-2 防災対策のとりまとめ	P-28
<b>第5章 災害発生後のオペレーションの検証</b>	P-32
5-1 流水撤去実験	P-32
5-2 東日本大震災での啓開作業へのヒアリング	P-33
5-3 雪氷期の啓開・復旧において留意すべき事項の整理	P-33
<b>第6章 検討結果のまとめ</b>	P-34
<b>参考資料</b>	P-35

# 第1章 冬期の津波防災対策検討の背景及び目的

## 1) 検討の背景

北海道では、国内他地域と同様に、これまで地震や津波による被害が多数発生している。また、積雪寒冷の気候特性を有しており、冬期の津波による被害が発生した事例もある。

こうした中、北海道開発局ではH22年2月のチリ地震津波の発生を契機に「北海道開発局津波対策検討委員会」（委員長：河田恵昭関西大学教授）を設置し、北海道の地域特性を考慮した津波対策のあり方に関する検討を行ってきた。そのような中で、平成23年3月に東日本大震災が発生したため、この時の教訓や課題等も踏まえ、平成24年3月に『津波対策に関する提言書』がまとめられた。同提言書では、「いのち・地域を繋ぐ交通ネットワーク」「災害に強い地域づくり」「粘り強く信頼性の高い施設」といった観点から諸施策につながる提言がまとめられているとともに、特に冬期に津波が来襲した場合の被害拡大に留意する必要性について示されている。さらに、積雪寒冷地である北海道特有の課題を解決するため、調査検討を進めることの必要性についても示されている。

このようなことから、今回、積雪寒冷地特有の津波防災対策について検討を行うものである。

## 2) 検討の目的

北海道では、冬期に大規模な津波が発生した際、降雪、凍結等の住民避難への影響、厳冬の避難場所の確保等、積雪寒冷地特有の諸課題が想定されるとともに、流氷や河川結氷等を伴った津波の発生による重要構造物への被害が想定され、従来の漂流物対策に加えた津波被害要因の検討が必要であるといった北海道特有の課題を有しているが、それらを解決する技術的手法は確立していない状況にある。

今回の検討(以下「本取組」という)では、積雪寒冷地域の冬期の津波発生による沿岸防災対策を技術的見地から構築するため、津波発生時に流氷・河川結氷・港湾結氷・積雪等(以下「雪氷現象」という)が伴った場合の特有の物理現象やリスクを検討し、具体的防災対策や被災時オペレーションの技術的検討を行うことを目的とした。

なお、本取組では、海岸工学、河氷工学等の学識経験者等で構成する「雪氷期の津波沿岸防災対策検討会」（座長：木村克俊室蘭工業大学大学院教授）を設置し、雪氷現象の出現期(以下「雪氷期」という)の津波来襲時に生じる物理現象、特有の上乗せリスク、及びハード・ソフト面の防災対策の検討を行うこととした。

### 3) 検討会の構成

検討会は学識経験者等により構成する。委員を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 雪氷期の津波沿岸防災対策検討会委員

委員等	氏名	所属	職名	検討会		
				第1回	第2回	第3回
座長	木村 克俊	室蘭工業大学大学院 工学研究科 くらし環境系領域 社会基盤ユニット	教授	○	○	○
委員	柿沼 孝治	独立行政法人寒地土木研究所 寒地河川チーム	総括主任 研究員	—	○	○
	木岡 信治	独立行政法人寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム	主任 研究員	○	○	○
	岸 邦宏	北海道大学大学院 工学研究院 北方圏環境政策工学部門 技術環境政策学分野	准教授	○	○	○
	吉川 泰弘	北見工業大学 社会環境工学科	助教	○	○	○
	渡部 靖憲	北海道大学大学院 工学研究院 環境フィールド工学部門 水圏環境工学分野	准教授	○	○	○

※柿沼委員は第2回検討会より参画

※吉川委員は第1回検討会の開催時は寒地土木研究所寒地河川チーム所属、第2回検討会より現職

### 4) 検討スケジュール及び検討内容

本取組では、計3回の検討会を開催し、表 1-1-2 に示すスケジュールにて検討を行った。検討会の検討結果については、一般住民、行政関係者、研究者向けの報告会を開催することにより、広く周知・啓発を図った。

表 1-1-2 雪氷期の津波沿岸防災対策検討会のスケジュール

検討項目	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
雪氷期の津波発生時に想定される物理現象の検討	■						
雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討と課題抽出		■					
ハード面及びソフト面の防災対策の検討			■				
災害発生後のオペレーションの検証				■			
津波防災対策の周知啓発手法の検討					■		
検討会		● 10/18		● 12/21		● 2/28	
報告会							● 3/13

## 第2章 雪氷期の津波発生時に想定される物理現象の検討

### 2-1 北海道の雪氷現象の特性

北海道は積雪寒冷地であり、積雪、降雪、低温、凍結、流氷の到来、港湾や河川の結氷等の現象が生じる期間は、概ね12月～3月と長期間に及ぶ。ここで、北海道の雪氷現象の特性を整理すると図2-1-1に示すとおりである。

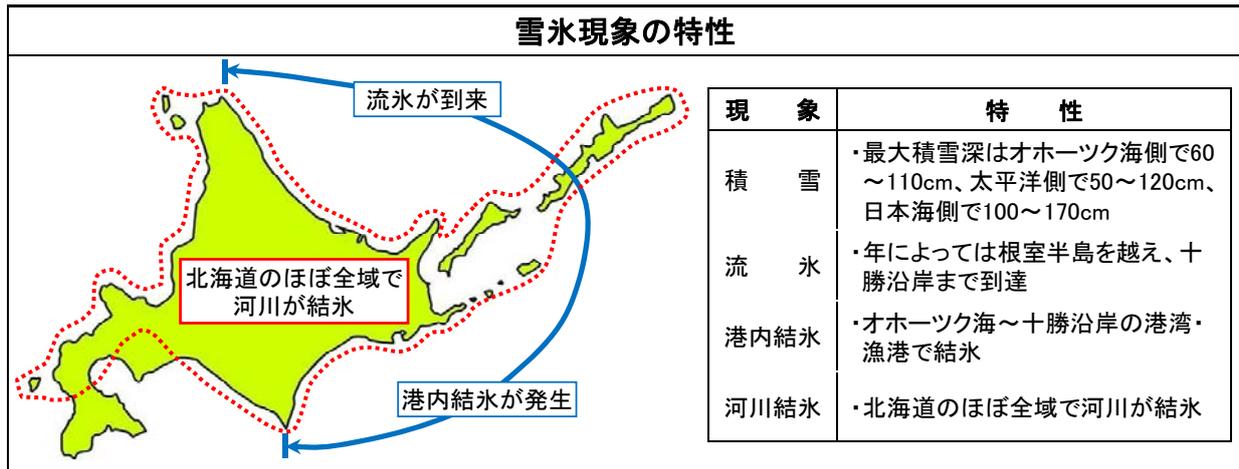


図 2-1-1 北海道の雪氷現象の特性

### 2-2 雪氷期の津波による被害事例

北海道では、雪氷期に地震・津波が発生して、流氷や河水が津波とともに遡上し、それにより被害を受けた事例がある。このような事例について、資料収集を行った結果をまとめると表2-2-1に示すとおりである。

この内「1952(昭和27)年 十勝沖地震」の被害状況を図2-2-1に、「2011(平成23)年 東北地方太平洋沖地震」における被害状況を図2-2-2に示す。

表 2-2-1 雪氷期の津波被害の事例

地震名	状況	備考
1894年3月 根室沖地震	国後島で流氷を伴った津波の遡上により、家屋の倒壊3棟、船の破損5隻	※1
1923年2月 カムチャッカ地震	カムチャッカ半島で波に押し流された氷塊によって魚缶詰工場が破壊	※2
1952年3月 十勝沖地震	浜中町霧多布で流氷を伴った津波の遡上により家屋が多数全壊	
2011年3月 東北地方太平洋沖地震	道内の河川で河川結氷が漂流し、鵜川ではアイスジャムが発生	

※1：鏡味洋史、「北海道の地方新聞に掲載の被害関連記事-1984.3.22 根室沖地震の被害に関する文献調査 その2-」、日本建築学会技術報告集、第15巻、第31号、2009年

※2：E. F. Savarenski et al. 「ソ連科学アカデミー 地震協議会報告 No.4」、1952年



＜ 市街地に打ち上げられた流氷 ＞



＜ 高台に避難する住民 ＞

出典：浜中町役場提供

図 2-2-1 1952 年十勝沖地震の被災状況(浜中町霧多布)



＜ 沖根婦漁港：津波により打ち上げられた流氷 ＞

出典：「平成 23 年 東北地方太平洋沖地震による北海道沿岸の港湾・漁港被害調査速報」、(独)寒地土木研究所、2011 年



＜ 十勝川 T1 樋門における氷板痕跡



＜ 新釧路川 K1 樋門 (KP. 4. 50L)における浸水・氷板痕跡及び、ゲート近傍の浮遊氷板(右上) ＞

出典：阿部ら、「北海道河川における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡調査」、第 55 回(平成 23 年度)北海道開発局技術研究発表会、2012 年

図 2-2-2 2011 年東北地方太平洋沖地震の海氷・河氷の遡上状況

## 2-3 雪氷現象による被害事例

雪氷現象による国内外の被害事例のうち、海氷や河氷によるものを図 2-3-1～図 2-3-2 に示す。



出典：G. W. Timco and A. Barker, "WHAT IS THE MAXIMUM PILE-UP HEIGHT FOR ICE?", Proc. of the 16th IAHR International Symposium on Ice, 2006.

＜ Ice pile-up in Stonehaven Harbour, Canada. ＞

図 2-3-1(1) 国外での被害事例(海氷のパイルアップ)



図 2-3-1(2) 国外での被害事例(河氷のアイスジャム・パイルアップによる橋の崩壊)



＜ 越氷による被害(1991年、網走港南防波堤) ＞

図 2-3-2 国内での被害事例(海氷による沿岸構造物の被害)

## 2-4 北海道の雪氷現象から想定される津波発生時の物理現象

前節までに整理した北海道の雪氷現象の特性、雪氷期の津波による被害事例、雪氷現象による被害事例をもとに、「流氷及び港内結氷」、「河川結氷」、「積雪・凍結・低温等」の観点から北海道の雪氷現象から想定される津波発生時の物理現象を想定した。さらに、「積雪・凍結・低温等」については、そこから想定されるリスクについて整理した。

### 2-4-1 流氷及び港内結氷

#### 1) 海水下の津波の伝播

図 2-4-1 に示すように海水で海域が覆われている状況において、通常の波浪(風波)は大きく発達せず、さらに波長が数 100m 程度と短いため海水下で減衰する。しかし、津波は波長が数 km~数百 km と長いため、海氷による減衰はほとんどなく、沿岸部に到達する。

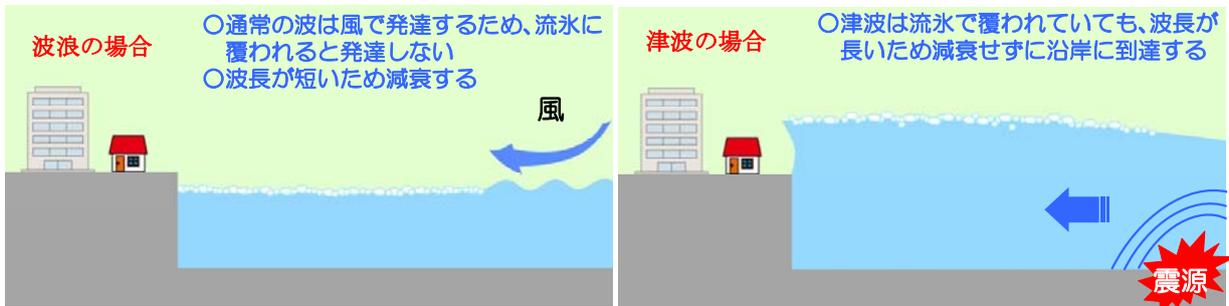


図 2-4-1 波浪と津波の伝播の違い (イメージ)

#### 2) 密接度に応じた漂流

海氷が津波によって漂流する場合、密接度(氷に覆われている海面の占める割合)の違いにより発生する物理現象は異なるものと考えられる。ここでは、密接度が疎の場合(海氷が単体の場合)と密な場合(海氷が群の場合)に分け、図 2-4-2~図 2-4-4 及び以下に示すとおり物理現象を想定した。

海氷の密接度が疎の場合、図 2-4-2 のように海氷は単体で漂流するとみなせることから、構造物等への衝突が主な現象になると想定される。

一方、海氷の密接度が密の場合、図 2-4-3 のように海氷は群状で漂流するため、水平方向の氷荷重が構造物へ作用することや、海水の流体力が海氷を介して氷荷重として構造物に作用することが考えられる。また、より海氷が密な状態においては、図 2-4-4 に示すようなアイスアーチが形成されやすくなり、さらにはアイスジャムを引き起こすことが想定される。



出典：「平成 19 年度 サロマ湖漁港施設整備検討業務」、網走開発建設部 網走港湾事務所

図 2-4-2 流水の漂流(疎の場合)：サロマ湖第 2 湖口



出典：「平成 19 年度 サロマ湖漁港施設整備検討業務」、網走開発建設部 網走港湾事務所

図 2-4-3 流水の漂流(密の場合)：サロマ湖第 2 湖口

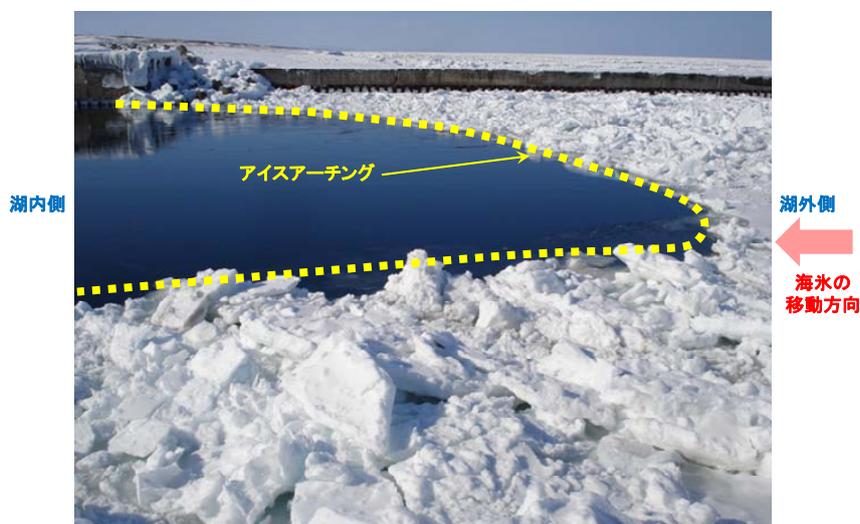


図 2-4-4 アイスアーチングの形成状況：サロマ湖第 2 湖口

### 3) アイスジャムやパイルアップの発生

多量の海氷が津波によって漂流し、陸域や河川に遡上した場合、建物等の位置・間隔、海氷のサイズ、津波の流速等の条件によって、**図 2-4-5(1)～(2)**に示すようなアイスジャムやパイルアップが発生する可能性がある。アイスジャムやパイルアップが発生した場合には、**図 2-4-5(3)**に示す水理模型実験結果から、水位上昇や建物に働く外力の増大等が生じることが想定される。

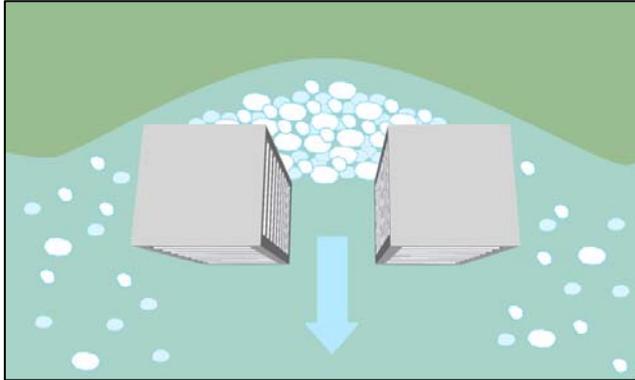


図 2-4-5(1) アイスジャムのイメージ

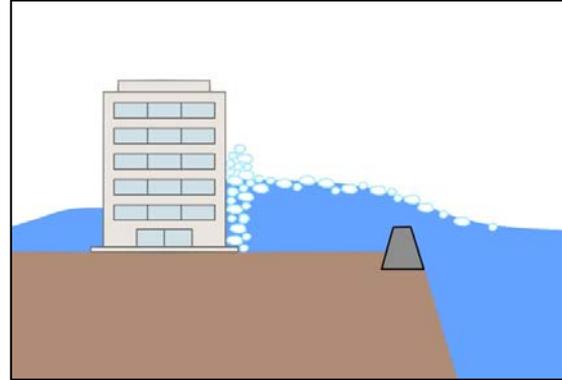
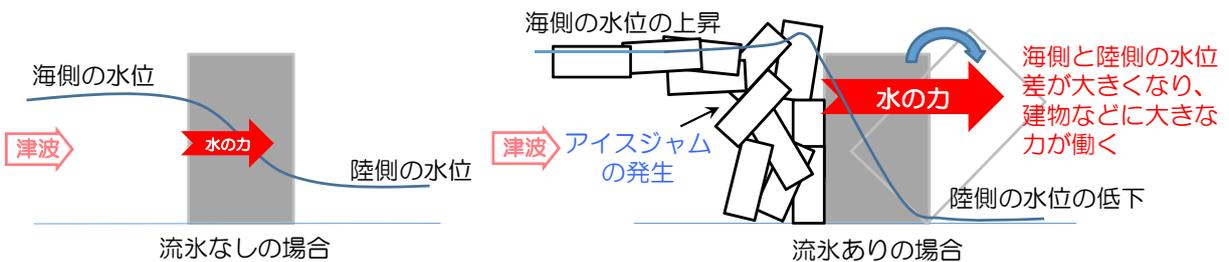
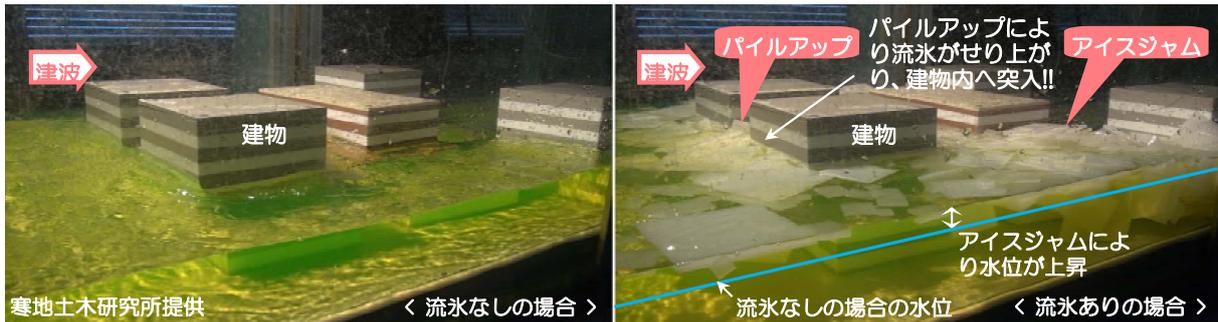


図 2-4-5(2) パイルアップのイメージ



出典：(独)寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム提供

図 2-4-5(3) 海氷を伴った津波氾濫に関する水理模型実験の概要

## 2-4-2 河川結氷

結氷している河川に津波が遡上した場合、**図 2-4-6** に示すとおり、津波により割れた河氷(氷板)が漂流・遡上し、治水施設への衝突や堤外地への遡上等が生じる。さらに、河川の狭窄部や橋脚部等においては、前節で述べたことと同様に、アイスジャムやパイルアップが生じるものと考えられる。



〈 十勝川 T<sub>1</sub> 樋門における氷板痕跡 (KP. 3.30 R) 〉



〈 砂州上の無数の氷板痕跡 (KP. 2.20 R 付近) 〉



〈 浦幌十勝川 U<sub>1</sub> 水門における津波痕跡 (KP. 1.10 L) 〉



〈 鶴川旧川跡を横切る管理用道路に打ち上げられた巨大氷板 (KP. 1.13 R) 〉

出典：阿部ら、「北海道太平洋岸地域における河川津波の痕跡調査」、寒地土木研究所月報、東北地方太平洋沖地震被害調査報告特集号、2012年2月

図 2-4-6 東北地方太平洋沖地震における北海道内河川での河氷の遡上・漂流の状況

### 2-4-3 積雪・凍結・低温等

雪氷期には図 2-4-7 に示すような積雪や凍結による避難路・歩道等の歩行困難、吹雪による視界不良、また図 2-4-8 に示すような地震に伴い発生した雪崩による避難路・避難場所の機能不全等が生じ、避難行動が阻害される可能性がある。さらに、低温や吹雪等により、防寒準備や屋外行動の躊躇といった避難行動の開始の遅れが生じるものと想定される。

また、津波に巻き込まれた場合、水温が低いことによる生存率の低下が懸念される(IMO(国際海事機関)の「国際航空海上捜索救助手引書」によると、水温 2℃未満における生存時間は 45 分以下である)。



図 2-4-7 平成 24 年 1 月の岩見沢市における豪雪の状況



〈 面発生乾雪表層雪崩の例 〉

〈 面発生湿雪全層雪崩の例 〉

出典：「雪氷現象の基礎に関する技術資料(案)」、(独)寒地土木研究所、平成 23 年 3 月

図 2-4-8 雪崩の発生状況

### 3-1 検討概要

本章においては、北海道の雪氷現象から想定される津波発生時の物理現象を踏まえ、北海道の地形的特徴や津波の発生状況を整理した上で、雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討を行う。この際、モデルケースを対象とした各種数値シミュレーションや既往知見を活用し、雪氷期の津波特有の上乗せリスクを検討し、課題を抽出する。

### 3-2 北海道の地形的特徴と津波特性

北海道は、太平洋・日本海・オホーツク海の3つの海に囲まれ、約4,400kmの海岸線を有している。北海道の海岸部の地形的特徴と津波の特性を整理すると、**図3-2-1**及び以下に示すとおりである。

- ・ 東部・西部太平洋沿岸やオホーツク海沿岸、北部日本海沿岸では、比較的単純な海岸地形が多くみられる。一方、背後の地形条件は、平地や崖地等、多様であり、津波の遡上形態はそれぞれ異なる（東部太平洋沿岸は背後が平野のため広範囲に遡上し、襟裳岬周辺や日本海沿岸は背後が急峻な崖のためせり上がる）。
- ・ 宗谷湾、石狩湾、函館湾、内浦湾、厚岸湾、根室湾等の湾状地形が多数あり、条件によっては湾内で副振動が発生して、水位が増幅する可能性がある。
- ・ 襟裳岬等の突き出した急峻な海底地形を有する箇所があるため、津波が屈折により集中しやすく、エッジ波が形成される可能性がある。
- ・ 河口周辺に港湾や漁港が立地し、その背後や河川に沿って市街地が形成されている場合には、津波による影響を受けやすい。
- ・ 沿岸部の市街地間の距離が長く、また点在しており、それらを結ぶ幹線道路が沿岸部に限られているため、津波での道路浸水等で孤立化しやすい。

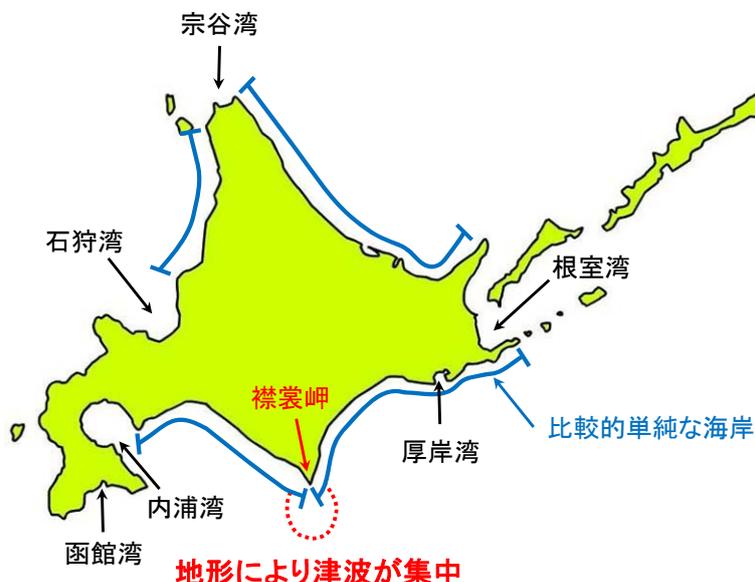
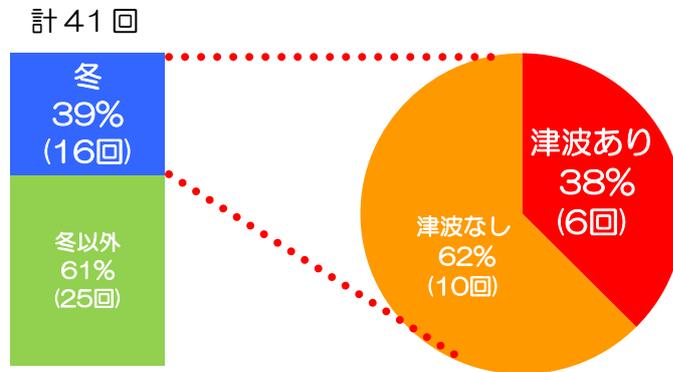


図3-2-1 北海道の海岸の特徴と津波の特性

### 3-3 津波の発生状況

北海道周辺において過去 200 年間に発生したマグニチュード 6 以上の地震 41 回の内、16 回が冬期（12 月～3 月）に発生し、その内 6 回は津波を伴う地震であった。このことから、冬期にも津波を伴う地震が発生していることが分かる。



出典：『理科年表(国立天文台編)平成 24 年』、丸善株式会社、等を基に作成

図 3-3-1 北海道周辺における過去 200 年間の地震・津波の発生状況 (M6 以上)

### 3-4 雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討

#### 1) 検討対象

雪氷期の津波によるリスクの上乗せのイメージは図 3-4-1 に示すとおりであり、雪氷期以外の津波は、図中の赤線のように発生確率が高い(津波規模が小さい)場合には被害が小さい、すなわちリスク(=発生確率×被害額)が小さいが、発生確率が低い(津波規模が大きい)場合にはリスクが大きくなる。これに加えて、雪氷期の津波発生時は、図中の青線のように雪氷現象による被害の拡大が生じるものと考えられ、同程度の発生確率(規模)においてもリスクが大きくなる、すなわちリスクの上乗せが想定される。

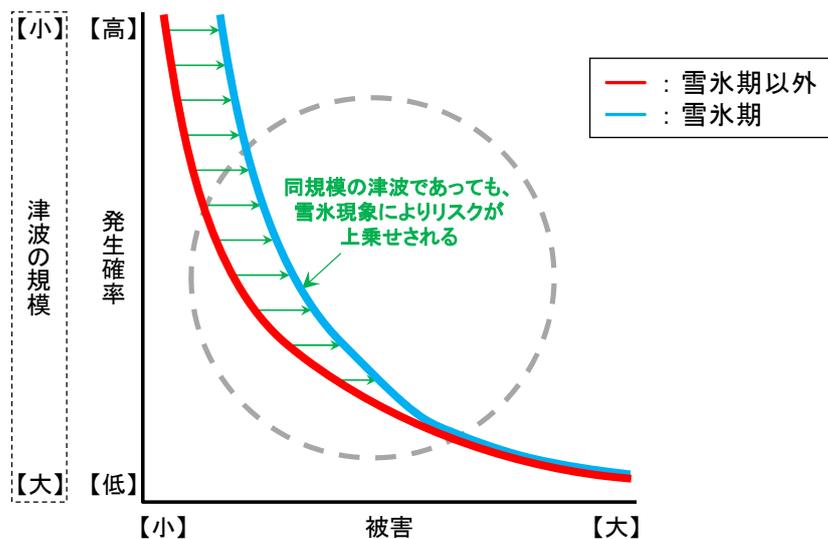


図 3-4-1 雪氷期の津波発生時におけるリスクのイメージ

## 2) 検討方法

第2章での検討結果を踏まえ、流氷・港内結氷、河川結氷、積雪・降雪、凍結及び低温といった雪氷現象毎に想定される津波災害シナリオ及びリスクを表3-4-1のとおり整理した。

表 3-4-1 雪氷現象による津波災害シナリオ及びリスクと検討方法

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	検討方法
流氷・港内結氷	海水が漂流して陸域に遡上	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾施設、漁港施設、建築物等へ衝突</li> <li>道路の閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設被害、人的被害、ライフライン被害等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
	流氷が河川・湖沼を遡上、漂流（河川結氷なし）	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>衝突による損壊等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
	パイルアップやアイスジャムの発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾施設、漁港施設、建築物等の破壊や、建物内への海氷の突入</li> <li>橋の崩壊（陸上輸送機能の寸断、水道・ガス管等のライフラインの損傷）</li> <li>河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設被害、人的被害、ライフライン被害等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
河川結氷	津波が結氷河川・湖沼を遡上	<ul style="list-style-type: none"> <li>氷版が破壊、漂流して堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>衝突による損壊等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
	パイルアップやアイスジャムの発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋の崩壊（陸上輸送機能の寸断、水道・ガス管等のライフラインの損傷）</li> <li>河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設被害、人的被害、ライフライン被害等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
	氷盤が市街地に遡上、漂流	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物等への衝突</li> <li>道路の閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設被害、人的被害、ライフライン被害等のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM 漂流 SIM
積雪・降雪	路面の積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> <li>積雪による避難ルートへの制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	避難 SIM
	避難場所の積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難場所としての機能喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	避難 SIM
	積雪の津波による輸送	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪泥流の建築物等への衝突</li> <li>瓦礫混入物の凍結の促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物等の被害のリスクが増加する</li> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	流氷撤去 実験*
	降雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> <li>啓開作業の遅延</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	避難 SIM 流氷撤去 実験
凍結	治水施設（水門、陸閘）が閉鎖不能	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水範囲の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水被害・人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	浸水 SIM
	路面凍結	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	避難 SIM
	瓦礫混入物の凍結	<ul style="list-style-type: none"> <li>瓦礫の撤去作業の遅延や啓開作業の遅延による緊急輸送物資等の輸送ルートの確保が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	流氷撤去 実験
低温	マイナス気温の継続	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難場所での体力低下、凍死等</li> <li>漂流者の生存時間の低下</li> <li>初動の遅れ（防寒等の準備時間）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	避難 SIM

※流氷撤去実験については、第5章で詳述。

ここで、これらの津波が雪氷現象に加わることによる物理現象は、メカニズムが十分に明らかとなっていない上、合理的な計算手法等も確立されていない状況である。このため、現在の技術レベルや知見を基に、それぞれのシナリオ及びリスクに対する検討方法を設定した。なお、数値シミュレーションについては、表 3-4-2 に示す手法を用いて、モデルケースでの検討を行うこととした。

**表 3-4-2 津波災害シナリオ及びリスクと検討に用いる数値シミュレーション**

津波シミュレーション	数値モデル
【津波浸水シミュレーション】	○非線形長波方程式によるモデルを採用
【漂流シミュレーション】	○漂流物を個別に取り扱うモデルを採用
【避難シミュレーション】	○マルチエージェントモデルを採用

### 3-5 モデルケースの設定

シミュレーションで対象とする地形は、雪氷期の津波発生時に想定される物理現象や、北海道の地形的特徴等を踏まえ、河川を中心に市街地が形成され、沿岸に港湾及び漁港が存在するものをモデル化した（図 3-5-1）。

一方、津波の規模は、雪氷期の津波特有の上乗せリスクを検討するため、モデル地域の防護ラインを超えて浸水するような津波（次節で述べるケース 1）をベースに設定し、各シミュレーションを実施した。

なお、モデルケースは、特定の地域や都市を想定したものではない。

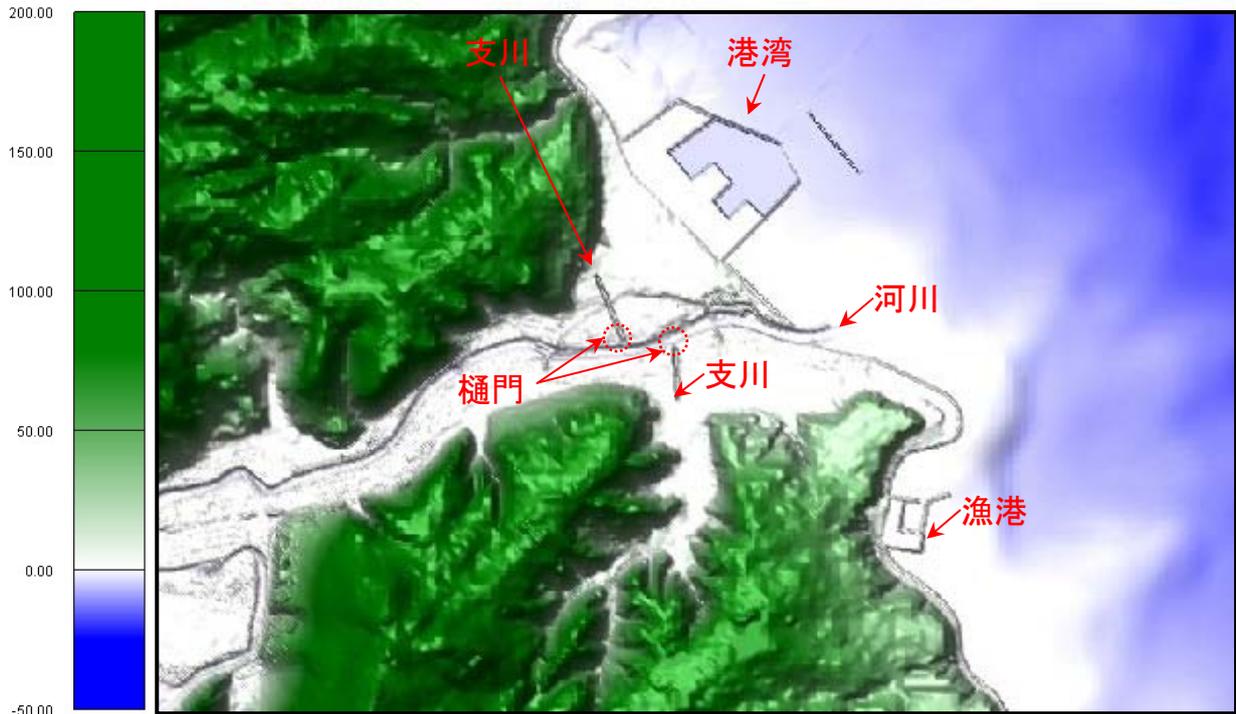


図 3-5-1 地形モデル

### 3-6 津波の浸水による影響の検討

#### 3-6-1 シミュレーション手法及び条件

津波の浸水による影響の検討は、『津波浸水シミュレーションモデル』により実施することとし、検討ケースは表 3-6-1 に示すとおりである。

表 3-6-1 津波浸水シミュレーションの検討ケース一覧

物理現象と数値シミュレーション	目的	検討ケース
<b>【津波による浸水】</b> ○津波浸水シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害シナリオ・リスクの前提条件の把握（浸水深、範囲、到達時間等）</li> <li>樋門の閉鎖が不能な場合におけるリスクの評価</li> </ul>	○ケース 1 : 防護ラインを超える津波（樋門閉鎖） ○ケース 2 : ケース 1 よりも規模の小さい津波※（樋門閉鎖） ○ケース 2-1 : ケース 1 よりも規模の小さい津波※（樋門未閉鎖） ※樋門の開閉により影響の差が出るレベルの津波

### 3-6-2 検討結果

#### 1) ケース 1 の検討結果

ケース 1 は、防護ラインを超えるレベルの津波として、モデルケースの沿岸部で 5m 程度（約 27 分で第 1 波到達）となる津波を設定したものである。予測結果の内、浸水による被害の概略想定を行った結果は図 3-6-1 に示すとおりである。

最大浸水深分布については、港湾や漁港の浸水深が 4m 以上、河川沿いの市街地が沿岸部で 2m 以上、その他は 2m 未満のレベルである。

また、ケース 1 の津波では、浸水 2m 以上の面積が河川沿いの低地において 7.3% 程度となっており、これは松富・首藤(1994)の「浸水深と家屋破壊程度」(図 3-6-2)に照らすと、木造家屋が全壊する目安のエリアとなっている。

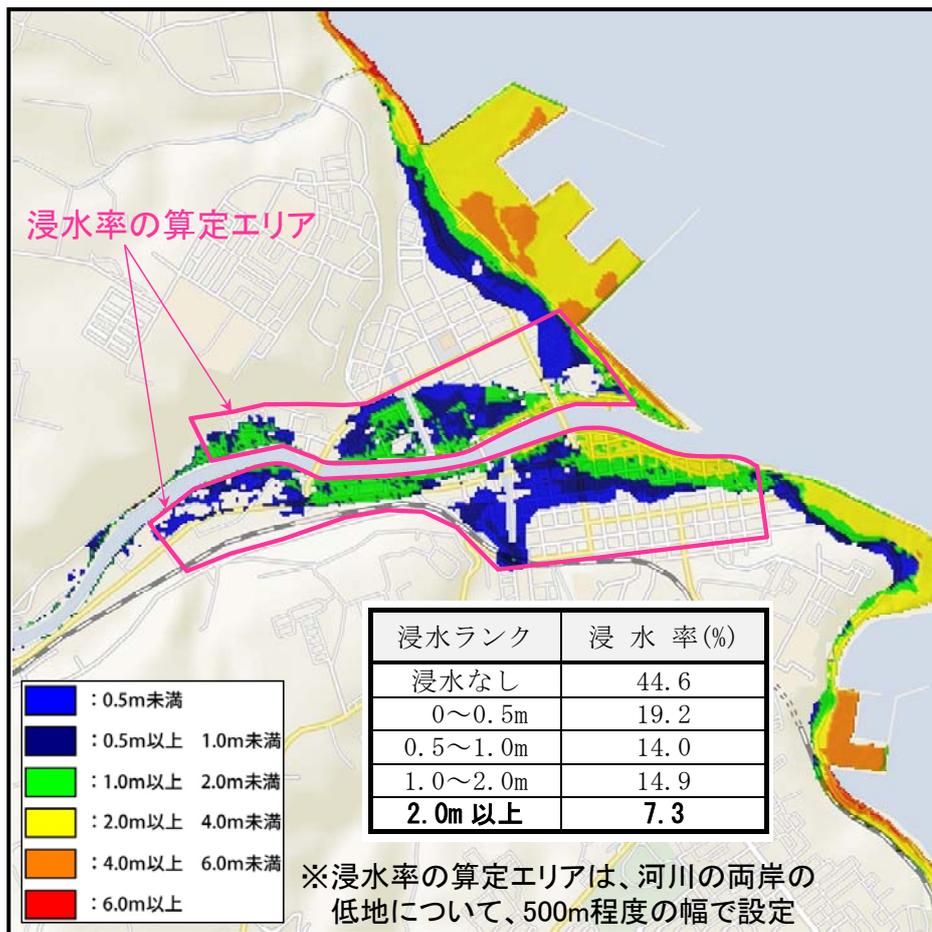
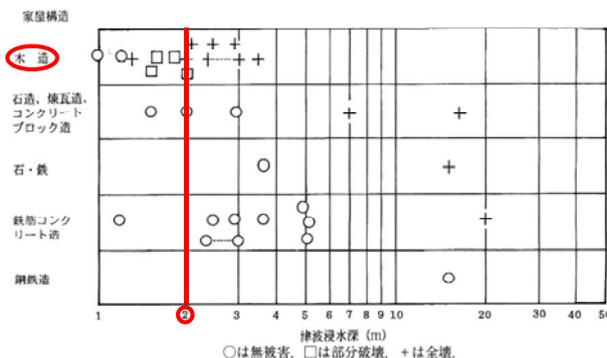


図 3-6-1 ケース 1 最大浸水深分布及び被害の概略想定



出典:松富・首藤、「津波の浸水深、流速と被害」、  
海岸工学論文集、第 41 巻、1994 年

図 3-6-2 浸水深と家屋破壊程度

## 2) ケース 2 及びケース 2-1 の検討結果

ケース 2 は、積雪、凍結等の要因により樋門が閉鎖不能となった場合の影響を把握し、津波災害シナリオ・リスクを評価するために実施したケースであり、ケース 1 よりも津波の規模が小さいレベル(沿岸部で3m程度)の津波を設定したものである。ここで、ケース 2 は樋門が閉鎖した状態、ケース 2-1 は樋門が未閉鎖の状態を想定したものであり、検討結果の内、最大浸水深分布を **図 3-6-3** に示す。同図から、樋門の内水地側に着目すると、樋門が閉鎖しない場合、浸水範囲が拡大する傾向が認められることから、積雪、凍結、河氷の堆積等により樋門が閉鎖しない場合、浸水被害のリスクが高まるものと考えられる。

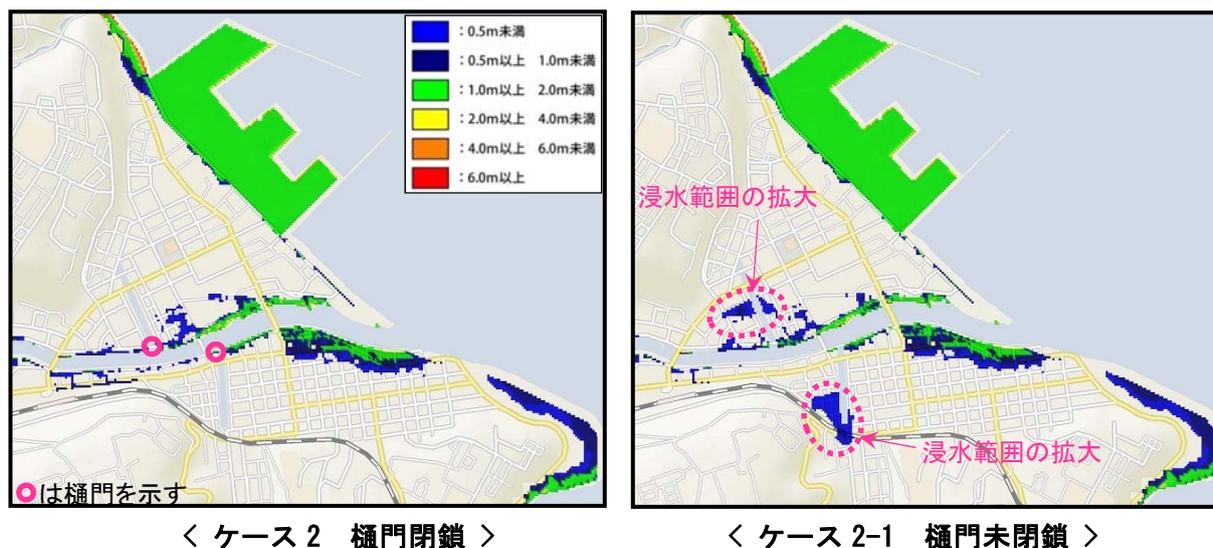


図 3-6-3 樋門の閉鎖・未閉鎖による最大浸水深分布の比較

### 3-7 海水・河水の漂流・遡上による影響の検討

#### 3-7-1 シミュレーション手法及び条件

海水や河水が存在する雪氷期に津波が沖合より伝搬し、津波が陸上や河川に遡上した場合の影響を検討するため、海水や河水を漂流物として個々の挙動を予測する『漂流シミュレーションモデル』による検討を実施した。ここで、漂流シミュレーションは、前節で示した津波浸水シミュレーションのケース 1(防護水準を超える津波)の計算結果における水位・流速を外力とし、漂流物に作用する漂流力はモリソン式により求める方法を採用した。

また、漂流シミュレーションは個々の漂流物(海水、河水)の挙動を個別に解くことに加え、相互の衝突等の影響を考慮して計算することから、漂流物の個数が多くなるほど、また衝突の回数が増えるような密接度の高い条件ほど、計算時間が膨大となる。このため、本検討においては、表 3-7-1 及び図 3-7-1 に示すように「ステップ 1」として広範囲・疎に海水を配置して陸域に遡上する海水の影響範囲を把握し、この結果をもとに「ステップ 2」として影響範囲に限定のかつ密に海水を配置した予測を、「ステップ 3」として河川内の河水を限定的かつ密に配置した予測を実施した。

表 3-7-1 漂流シミュレーションの検討ケース及び海水・河水の初期配置

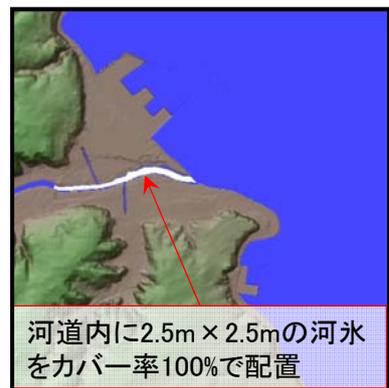
物理現象と数値シミュレーション	目的	検討ケース
<b>【海水・河水の漂流・遡上】</b> ○漂流シミュレーション	・海水・河水の漂流や遡上時の挙動、移動範囲、遡上範囲等の影響範囲の評価	○ステップ 1: <b>海水を広範囲・疎に配置</b> し、沿岸からの海水の漂流挙動、影響範囲を把握 ○ステップ 2: 影響範囲を確定し、その範囲に海水を <b>限定的に密に配置</b> して漂流・遡上の挙動を把握 ○ステップ 3: <b>河道内に河水を配置</b> し、漂流時の挙動や影響範囲を把握 ※海水・河水の喫水は 0.6m と設定



〈 ステップ 1 〉



〈 ステップ 2 〉



〈 ステップ 3 〉

図 3-7-1 海水の初期配置

### 3-7-2 検討結果

海氷・河水の漂流シミュレーション結果より、海水や河水の漂流・遡上によるリスクを整理すると、**図 3-7-2** に示すとおりである。同図によると、海水は浸水深 1.0m 程度の範囲まで到達する傾向が認められる。しかしながら、本検討においては、海氷の喫水を 0.6m としたものであり、現実には厚さの薄い氷盤も存在することを考慮すると、影響範囲はさらに拡大するものと想定される。このため、雪氷期以外の津波であれば、**図 3-7-3** 及び**表 3-7-2** に示すとおり、家屋の全壊を免れる目安である浸水深 2.0m 以下の津波であっても、海水や河水が存在する状況下で津波が来襲し、それらが漂流・遡上した場合には、家屋や臨港地区の石油・ガス等の危険物タンク等の被害リスクが高まるといえる。

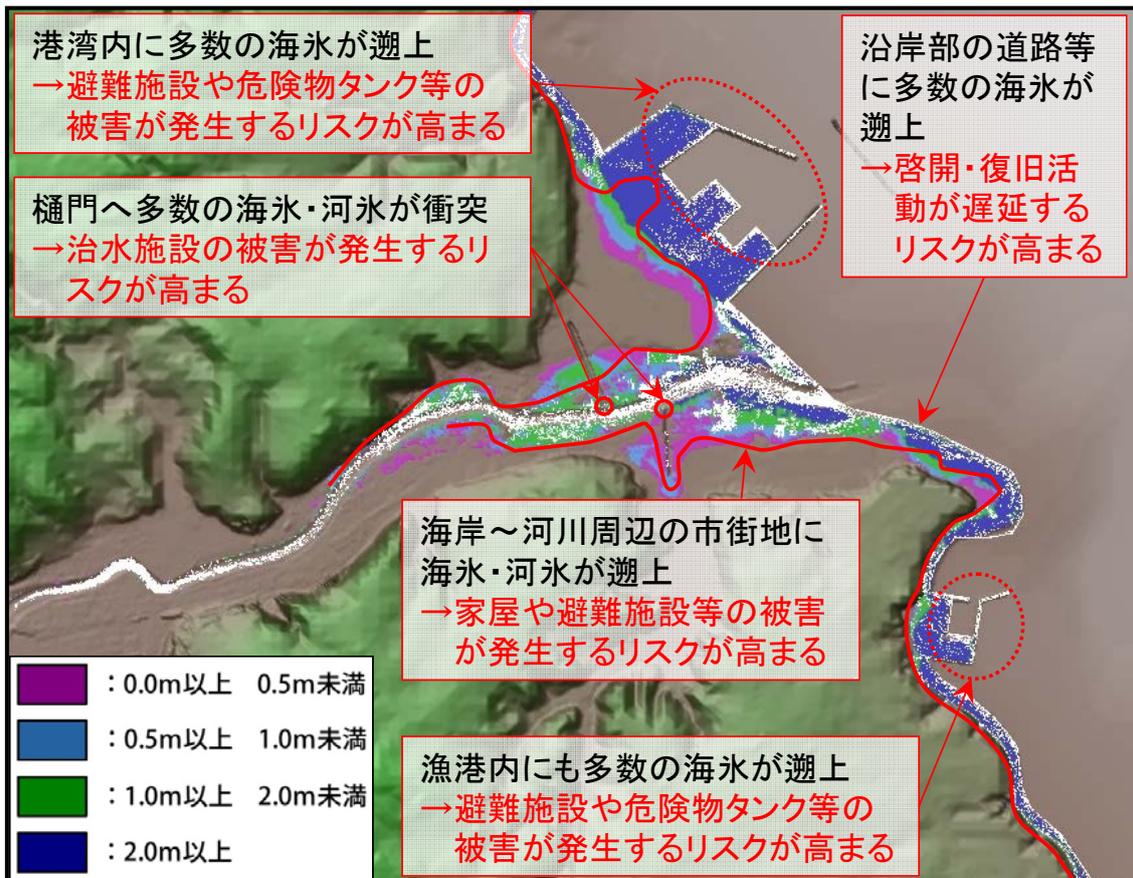


図 3-7-2 最大浸水深及び海水・河水の遡上範囲

表 3-7-2 海水・河水の漂流による上乗せリスク

浸水ランク	浸水率(%)
浸水なし	44.6
0～0.5m	<b>19.2</b>
0.5～1.0m	<b>14.0</b>
1.0～2.0m	<b>14.9</b>
2.0m以上	<b>7.3</b>

↑  
家屋・建築物等の被害  
↓  
リスクが増大

### 3-8 避難行動の阻害要因による影響の検討

#### 3-8-1 シミュレーション手法及び条件

雪氷期に津波が発生した場合、降雪、積雪、凍結等によって、歩行速度が低下することや歩道幅員が減少すること等、避難行動が阻害されることが考えられる。また、屋外の避難場所が積雪等により機能を喪失することも考えられる。さらに、避難行動を行う際には、低温や吹雪等により、防寒準備等に時間がかかり、避難行動の開始の遅れが考えられる。これらの影響を検討するため、『マルチエージェント・シミュレーションモデル』による検討を実施した。

津波避難シミュレーションは、**図 3-8-1** に示すとおり配置した 3000 名の住民が徒歩により避難場所へ避難することを前提とし、津波到達(地震発生から 25 分~30 分程度)までに避難完了した割合により評価することとした。**表 3-8-1** に検討ケース一覧を示す。

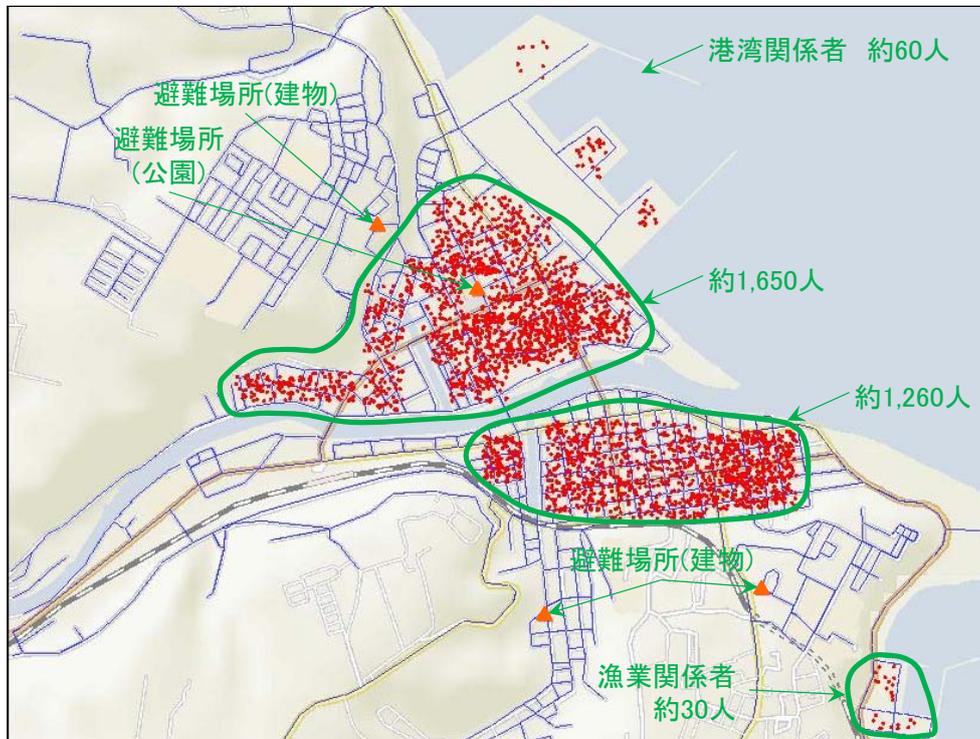


図 3-8-1 避難者の初期配置図

表 3-8-1 津波避難シミュレーションの検討ケース

検討ケース	検討条件						
	季節	人口	年齢	歩行速度	歩道幅員	避難場所	避難開始時間
ケース 1	雪氷期以外	3,000人	6才未満 (4.8%) 6才~65才 (70.5%) 65才以上 (24.7%)	1.0m/s (0.5m/s)  <b>0.7m/s (0.35m/s)</b> ※( )内は6才未満及び65才以上	主要: 3.5m 一般: 2.0m	4箇所	直後 (10%)
ケース 2	雪氷期					4箇所	0~5分 (20%)
ケース 2-1						3箇所 (公園使用不能)	5~10分 (50%)
ケース 2-2						4箇所	10~15分 (20%)
ケース 2-3						4箇所	直後 (10%) 0~5分 (10%) 5~10分 (30%) 10~15分 (50%) 10~15分 (100%)

### 3-8-2 検討結果

津波避難シミュレーションの結果より、避難行動の阻害要因によるリスクを評価するため、津波シミュレーション結果の例(ケース 2)を図 3-8-2 に、各ケースの避難完了率の比較を図 3-8-3 及び表 3-8-2 に示す。

これらの結果によると、雪氷期以外と比較して、雪氷期の避難完了率は低下傾向にあり、要因としては歩行速度の低下や歩道幅員の減少による避難行動の阻害があると考えられる。また、避難開始時間は、遅れば遅れるほど避難完了率が低下し、特に雪氷期でその影響が大きく、早期避難が重要であることがわかる。一方、避難完了率を比較すると、雪氷期で公園が避難場所としての機能を喪失したケース(ケース 2-1)の避難率が最も低いが、これは避難距離が長くなった影響が大きいものと考えられる。ただし、今回の検討結果はあくまで設定した地形条件や避難場所の位置といった条件によるものであることに注意が必要である。

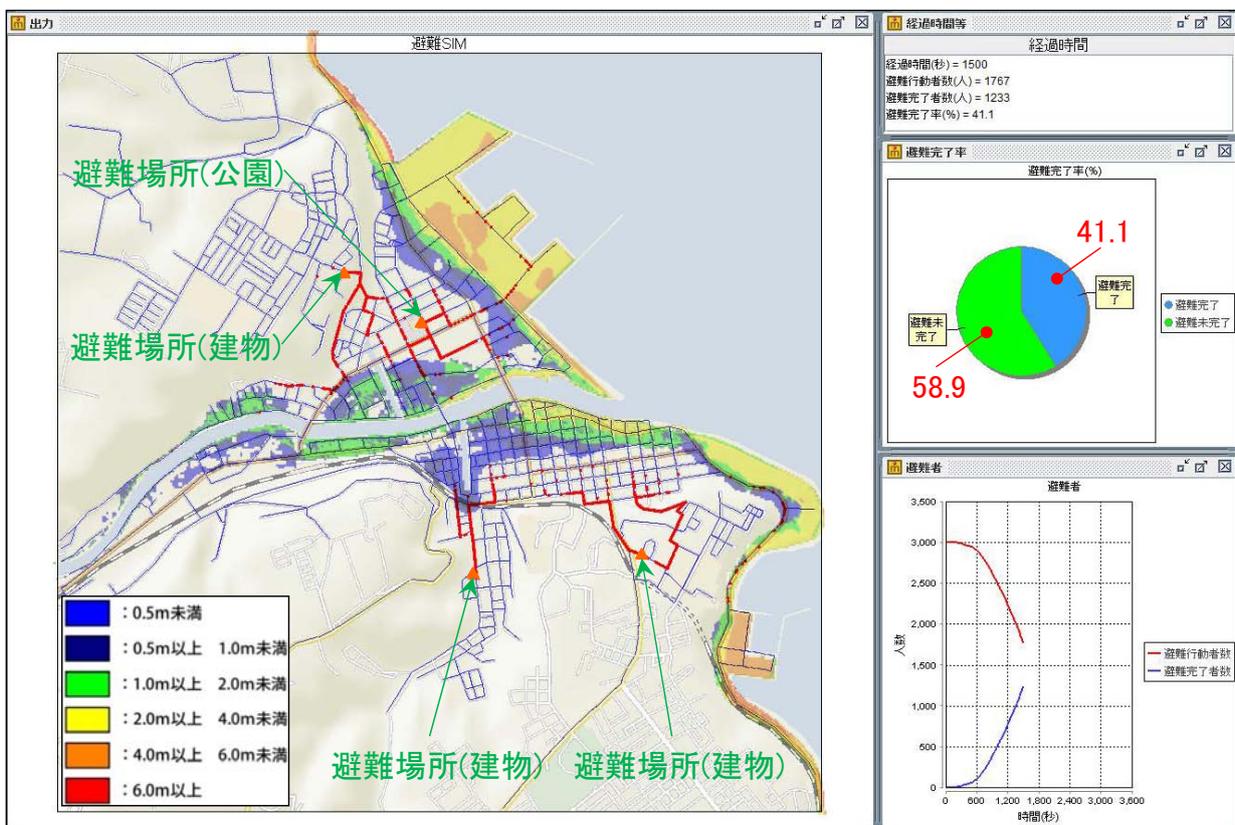


図 3-8-2 ケース 2(雪氷期) 第一波到達時(25 分後)の避難状況及び最大浸水深分布

表 3-8-2 避難完了率の比較

検討ケース	25 分後	60 分後
ケース 1(雪氷期以外)	61.9	99.6
ケース 2(雪氷期)	41.1	94.7
ケース 2-1(雪氷期：公園使用不能)	18.8	88.8
ケース 2-2(雪氷期：避難開始時間の遅れ①：10～15分に50%が避難)	33.5	93.2
ケース 2-3(雪氷期：避難開始時間の遅れ②：10～15分に100%が避難)	20.5	91.8

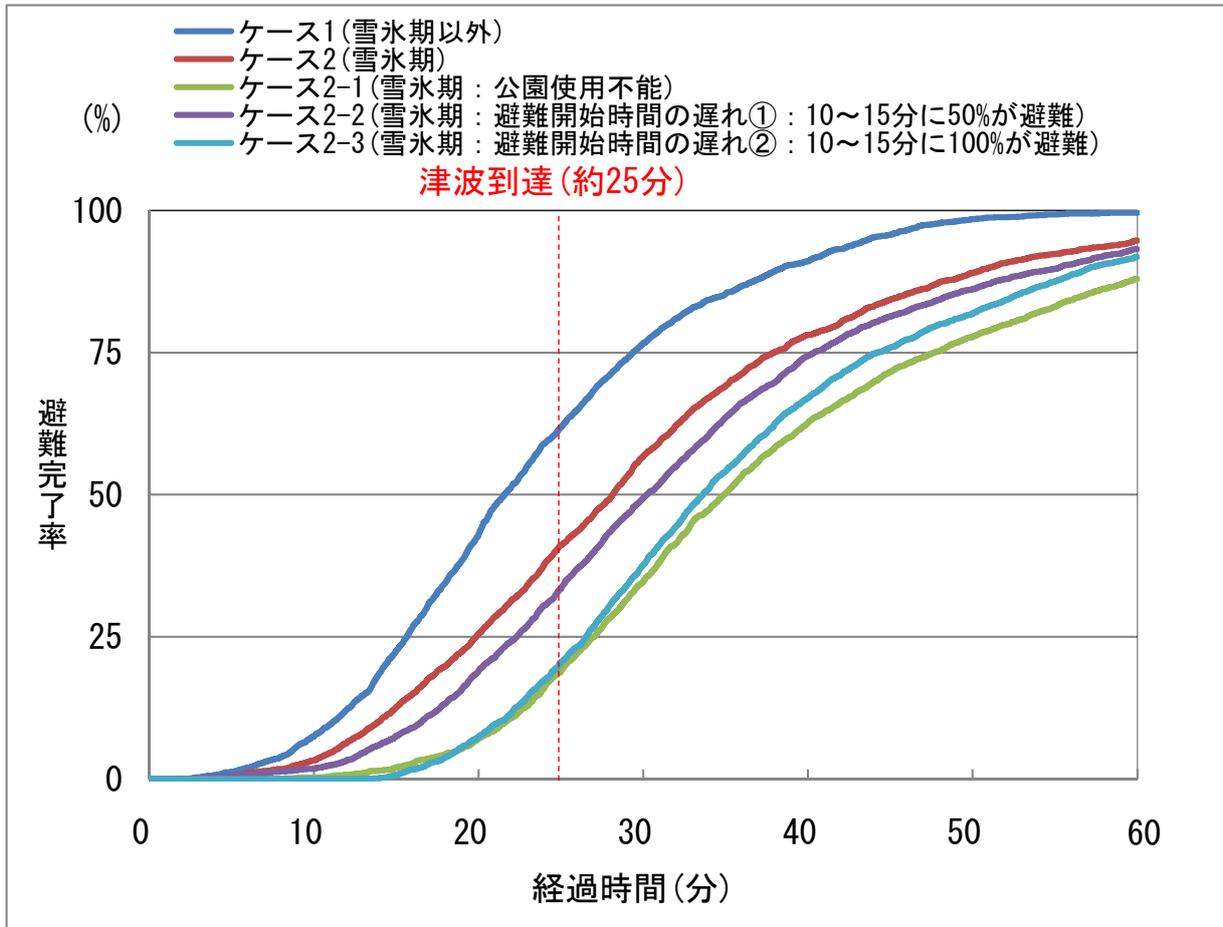


図 3-8-3 避難完了率の比較

## 第4章 ハード面及びソフト面の防災対策の検討

### 4-1 雪氷期の津波特有の上乗せリスクの検討

#### 4-1-1 想定されるリスク

第2章 雪氷期の津波発生時に想定される物理現象の検討、及び第3章 雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクの検討と課題抽出における検討結果をまとめると表 4-1-1(1)～(2)に示すとおりである。これらを踏まえ、雪氷期の津波特有の上乗せリスクをまとめると大きく以下の3点があげられる。

#### 雪氷期の津波特有の上乗せリスク

**○施設被害の拡大**

- ・多量の流氷・河氷・積雪が漂流物となって建築物等に衝突することによる被害の発生
- ・局所的にアイスジャムやパイルアップが生じることによる建築物等の被害の発生

**○避難行動の遅れや阻害**

- ・防寒準備等による避難開始の遅れ
- ・積雪・凍結等による避難時の歩行速度の低下

**○啓開・復旧活動の遅延**

- ・遡上した多量の流氷・河氷と瓦礫の撤去に膨大な労力と時間が必要
- ・上記に加え、積雪・降雪・低温等による救難救護や支援物資輸送への影響

雪氷期の津波防災を着実に推進するためには、上記の上乗せリスクに対応したハード面及びソフト面での防災対策が必要といえる。

表 4-1-1(1) 流水・港内結氷及び河川結氷における津波被害シナリオ・リスクと課題

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題
流水・港内結氷	海水が漂流して陸域に遡上	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾施設、漁港施設、建築物、危険物、船舶等への衝突、破壊</li> <li>道路の閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾施設、漁港施設、建築物、危険物等への衝突による損壊のリスクが増加する</li> <li>海岸・河川周辺の道路に海水が遡上し、啓開復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難施設の安全性確保</li> <li>危険物等の防護</li> <li>海水の流入を考慮した港湾施設、漁港施設の機能確保と港湾・漁業活動の早期再開体制の確保</li> <li>雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保</li> </ul>
	流水が河川・湖沼を遡上、漂流(河川結氷なし)	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>治水施設への衝突が生じ、損壊のリスク、洪水等の二次災害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重要な治水施設の防護</li> </ul>
	パイルアップやアイスジャムの発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾施設、漁港施設、建築物、危険物、船舶等への衝突・破壊や、津波避難施設内への海水の突入</li> <li>橋の崩壊(陸上輸送機能の寸断、水道・ガスパ等のライフラインの損傷)</li> <li>河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パイルアップやアイスジャムが発生し、施設被害、人的被害、ライフライン被害、二次災害、経済活動への影響等のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パイルアップ・アイスジャムの発生を前提とした防災・減災対策、避難対策、啓開計画等の検討</li> <li>津波によるパイルアップ・アイスジャムの発生メカニズムや影響の解明</li> </ul>
河川結氷	津波が結氷河川・湖沼を遡上	<ul style="list-style-type: none"> <li>平坦氷が破壊、氷盤が漂流して堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>治水施設への衝突による損壊、洪水等の二次災害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重要な治水施設の防護</li> </ul>
	パイルアップやアイスジャムの発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋の崩壊(陸上輸送機能の寸断、水道・ガスパ等のライフラインの損傷)</li> <li>河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パイルアップやアイスジャムが発生し、施設被害、人的被害、ライフライン被害、二次災害等のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パイルアップ・アイスジャムの発生を前提とした防災・減災対策、避難対策、啓開計画等の検討</li> <li>津波によるパイルアップ・アイスジャムの発生メカニズムや影響の解明</li> </ul>
	氷盤が市街地に遡上、漂流	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物等への衝突</li> <li>道路の閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物等への衝突による損壊等のリスクが増加する</li> <li>河川周辺の道路に河水が遡上し、啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波避難施設等の重要施設・建築物の安全性確保</li> <li>雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保</li> </ul>

表 4-1-1(2) 積雪・降雪・凍結・低温による津波災害シナリオ・リスクと課題

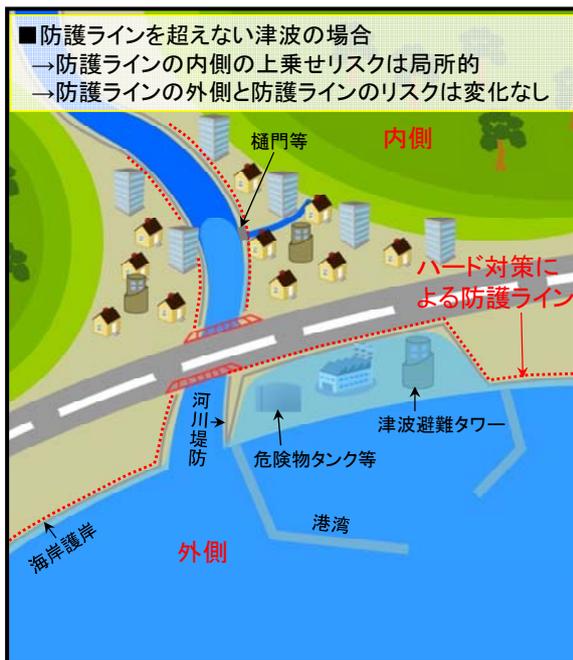
雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題
積雪・降雪	路面の積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> <li>積雪による避難ルートへの制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難に要する時間が増加し、人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪氷期における避難行動の阻害要因を考慮した避難計画の策定、避難行動の実施</li> <li>雪氷期にも利用可能な避難ルートの確保</li> </ul>
	避難場所の積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難場所としての機能喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難に要する時間が増加し、人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪氷期にも利用可能な避難場所の確保</li> <li>雪氷期の円滑な避難の実現</li> </ul>
	積雪の津波による輸送	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪泥流の建築物等への衝突</li> <li>瓦礫混入物の凍結の促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物等の被害のリスクが増加する</li> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波による雪泥流の発生メカニズム、建築物等への影響、啓開・復旧活動等への影響の解明</li> </ul>
	降雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> <li>啓開作業の遅延</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪氷期の避難計画の策定、避難行動の実施</li> <li>雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保</li> </ul>
凍結	治水施設(水門、樋門、陸閘等)が凍結により閉鎖不能	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水範囲の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水被害、人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樋門等の確実な閉鎖</li> </ul>
	路面凍結	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難時の歩行速度の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難に要する時間が増加し、人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪氷期における避難行動の阻害要因を考慮した避難計画の策定、避難行動の実施</li> </ul>
	瓦礫混入物の凍結	<ul style="list-style-type: none"> <li>瓦礫の撤去作業の遅延や啓開作業の遅延による緊急輸送物資等の輸送ルートの確保が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>啓開・復旧活動等への影響の解明</li> </ul>
低温	マイナス気温の継続	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難場所での体力低下、凍死等</li> <li>漂流者の生存時間の低下</li> <li>初動の遅れ(防寒等の準備時間)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害のリスクが増加する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全かつ暖房等を有する避難場所の確保</li> <li>雪氷期における早期避難のための個々人の準備</li> </ul>

#### 4-1-2 津波レベルと防護ラインの整備水準による上乘せリスクの違い

施設被害に関する雪氷期の津波特有の上乗せリスクは、前述のとおり雪氷現象が伴った津波が遡上することにより生じる。このため、**図 4-1-1 a)**に示すとおり、津波による堤内地への浸水を防ぐために設置した防潮堤や河川堤防等の施設を線的に結んだ『防護ライン』が一定のレベルまで整備されることにより、『防護ライン』よりも内側の上乘せリスクは軽減されるものと考えられる。よって、対策の方向性としては、レベル1対応の『防護ライン』を早急に整備することが最も重要と考えられる。

一方、**図 4-1-1 b)**に示すとおり、『防護ライン』を超える津波の場合、『防護ライン』の内側で上乘せリスクが発生すると考えられる。これは、平成25年2月に「太平洋沿岸における海岸保全施設等の設計に用いる津波の水位について」として北海道庁よりレベル1津波が公表されたものの、地域によっては『防護ライン』の整備水準がレベル1津波へ対応できていないという現状ともいえる。北海道全域でレベル1津波に対応した『防護ライン』の整備が完了するまでには、予算上の制約等もあり、長い期間を要するものと想定される。また、レベル2津波ではこれと同等以上の上乗せリスクが生じるものと推察される。

このように、津波レベルと防護ラインの整備水準により、上乘せリスクの違いが生じることから区分して考えることとする。



＜ a) 防護ラインを超えない津波の場合  
 将来：レベル1以下-防災 ＞

＜ b) 防護ラインを超える津波の場合  
 将来：レベル1超-減災 現状：レベル1以下-防災 ＞

図 4-1-1 防護ラインの整備水準による津波被害の違い

## 4-2 ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめ

### 4-2-1 防災対策のとりまとめの考え方

前節で示したとおり、雪氷期の津波特有の上乗せリスクは、津波レベルと防護ラインの整備水準により異なり、さらに防護ライン自体とその内側、外側というエリア別でも違いがある。このため、ハード面及びソフト面の防災対策は、**図 4-2-1** に示すとおり「**1. エリアに着目した区分**」、「**2. 津波レベルと防護ラインの整備水準に着目した区分**」を軸に、雪氷期特有の上乗せリスクと対策・対応の方向性を再整理することとした。



※『防護ライン』とは、津波による堤内地への浸水を防ぐために設置した防潮堤や河川堤防等の施設を線的に結んだものであり、平面的にみて、その防護ラインの堤内地側を『防護ラインの内側』とし、堤外地側を『防護ラインの外側』と呼ぶこととする。

図 4-2-1 ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめの考え方

#### 4-2-2 防災対策のとりまとめ

前項で示したとおり、「1. エリアに着目した区分」、「2. 津波レベルと防護ラインの整備水準に着目した区分」を軸に雪氷期特有の上乗せリスクと対策・対応の方向性を整理すると巻末の〈参考資料〉に示すとおりである。同表は、縦軸に防護ラインの内側、防護ラインの外側、防護ライン自体、防護ラインの内外共通というエリアの区分、横軸に①津波規模 L1：防護ライン整備未了、②津波規模 L1：防護ライン整備済み、③津波規模 L2 という津波レベルと防護ラインの整備水準を設定し、それぞれのエリア区分に存在する施設等を勘案しつつ雪氷期特有の上乗せリスクとハード・ソフトによる対策・対応の方向性を示したものである。また、同表を基に、エリア毎における上乗せリスクと対策の方向性を整理すると、**図 4-2-2(1)～(6)**に示すとおりである。

同図において、青字はレベル 1 津波への対応が未了な状況であり、津波の浸水により上乗せされる雪氷期特有の様々なリスクが存在するため、対策の方向性としては、ハード対策はレベル 1 対応の整備を早急に進めること、ソフト対策は雪氷期特有の上乗せリスクの発生可能性が高い箇所をハザードマップで周知すること等が重要である。さらに、まだ十分に明らかとなっていないアイスジャム・パイルアップ等の雪氷期の津波特有の物理現象について、施設等へ与える影響の研究を推進し、今後の対策へ知見を反映していくことが重要である。

また、レベル 1 対応の整備が完了した場合は赤字で示しており、リスクは局所的な現象となるため、対策も局所的な事象に対して対応すべき事項となるが、局所的な上乗せリスクの発生メカニズム等の研究を推進することも重要である。

レベル 2 においては緑字で示しており、レベル 1 対応が未了な場合と同様のリスクが当然生じるが、主にソフト対策を中心とした対応が必要である。

一方、啓開・復旧においては津波のレベルと被害の程度に応じて対応を図る必要があり、雪氷期の啓開・復旧活動において生じる課題等を事前に把握するための実験や、迅速に啓開・復旧活動を行うための計画・訓練が必要である。

加えて、避難に関しては、冬期の津波に関する知識や早期避難の重要性等の周知・啓発を着実に実施し、防護ラインの整備水準によらず適切な避難行動を促し、避難施設・避難路の確保等の避難対策を講じていくことが重要である。

これらの結果から、今後は、レベル 1 津波に対応した整備水準への対応を早急に進める一方、雪氷期の津波特有のリスクを地域住民に周知し、早期避難等の啓発を行うとともに、発災後の啓開・復旧を円滑に実施可能な体制を構築して、総合的に地域防災力を高めていくことが必要であるといえる。

##### ◆P-29～P-31 の図の見方

- ・図は、「エリアに着目した区分」、「啓開・復旧」、「避難」に分けて作成している。
- ・各図ともに左側に「上乗せリスク」、右側に「対策の方向性」を記載している。
- ・各図とも、エリア内の施設に着目して、「リスク」と「対応」を示しているが、図中に共通の対策については、一括して記載している。
- ・L1 未対応時点では、青色枠囲み内の「上乗せリスク」及び「対策の方向性」が考えられる。
- ・L1 対応完了時点では、青色枠囲み部分の「リスク」と「対策」は消えるが、赤色枠部分は残ることになる。
- ・L2 に対しては、緑色文字（避難は緑色枠）に示すように、L1 対応未了時と同様のリスクがあるため、ソフト対策を中心とした対応の検討が必要になる。
- ・L1 対応未了時と L1 対応完了時で差がないような場合は、黒色枠で示している。

**上乗せリスク**

**堤内地**

【レベル1対応未了時】

【レベル1対応完了時】

- 津波の浸水を免れた堤内地でも、防潮堤や河川堤防での局所的なパイルアップにより海水や河水が堤内地に侵入、また、周辺の建築物やライフライン等に衝突し、損壊
- 海水や河水が津波とともに防潮堤や河川堤防を超え、堤内地に遡上。建築物やライフライン等に衝突し、損壊
- 堤内地(市街地等)でパイルアップやアイスジャムの発生し、建築物等が倒壊

内側  
内側  
防護ラインそのもの  
(海岸護岸、河川堤防、防潮堤等)  
外側  
(港湾・漁港等)

**対策の方向性**

【レベル1対応未了時】

【レベル1対応完了時】

- ⑤局所的なパイルアップの生じるメカニズムを解明するための研究推進
- ⑤雪氷期特有のリスクの発生可能性が高い箇所についてハザードマップ等で周知
- ⓂL1対応の防護ライン整備を早急に推進
- ⑤パイルアップやアイスジャムの発生(防止)を考慮した沿岸部のまちづくり計画(土地利用、建築制限等)の検討
- ⑤建築物等に対するパイルアップやアイスジャム等の影響を定量化するため研究推進
- ⑤海水や河水の氾濫漂流に関する研究推進
- ⑤適切な啓開・復旧等の検討<詳細はP-31>

※レベル2に対しては、レベル1対応未了時と同様のリスクがあるため、ソフト対策を中心とした対応の検討が必要

【凡例】 Ⓜ:ハード対策、⑤:ソフト対策

図 4-2-2(1) 【A】 防護ラインの内側(堤内地)のリスクと対策の方向性

**上乗せリスク**

**堤内地の下水道等**

【レベル1対応未了時】

- 雪捨場等の積雪と津波とが混ざり合い(雪泥流化)、建築物等へ衝突することによる損壊

【レベル1対応完了時】

- 雪泥流が発生しマンホールや吞吐口が閉塞することによる下水道等の被害

**水門・樋門付近等**

【レベル1対応未了時/レベル1対応完了時】

- 水門等に海水や河水、積雪(雪泥流)等の堆積、凍結による閉鎖不能、積雪等による作業者のアクセス遅延のための閉鎖作業不能等で、局所的な堤内地の浸水、建築物等の浸水・損壊が発生

**対策の方向性**

【レベル1対応未了時/レベル1対応完了時】

- ⑤適切な啓開・復旧等の検討<詳細はP-31>

**共通的な対策**

【レベル1対応未了時】

- ⓂL1対応の防護ライン整備を早急に推進

【レベル1対応完了時】

- ⑤積雪と津波との混合物(雪泥流)の発生及び遡上、流下するメカニズムの解明
- ⑤雪氷期特有のリスクの発生可能性が高い箇所についてハザードマップ等で周知

【レベル1対応未了時/レベル1対応完了時】

- Ⓜ水門等の自動化の推進

※レベル2に対しては、レベル1対応未了時と同様のリスクがあるため、ソフト対策を中心とした対応の検討が必要

図 4-2-2(2) 【A】 防護ラインの内側(堤内地の施設等)のリスクと対策の方向性

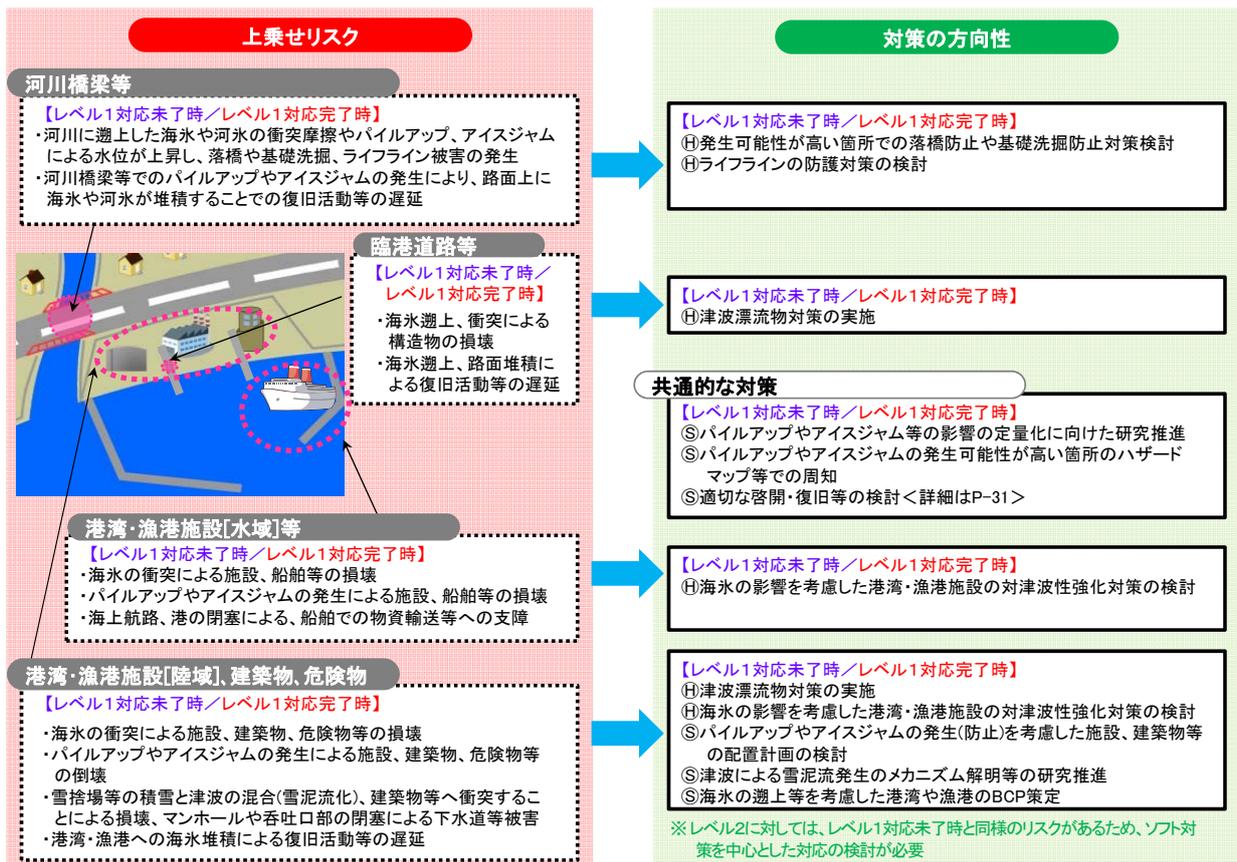


図 4-2-2 (3) 【B】 防護ラインの外側のリスクと対策の方向性

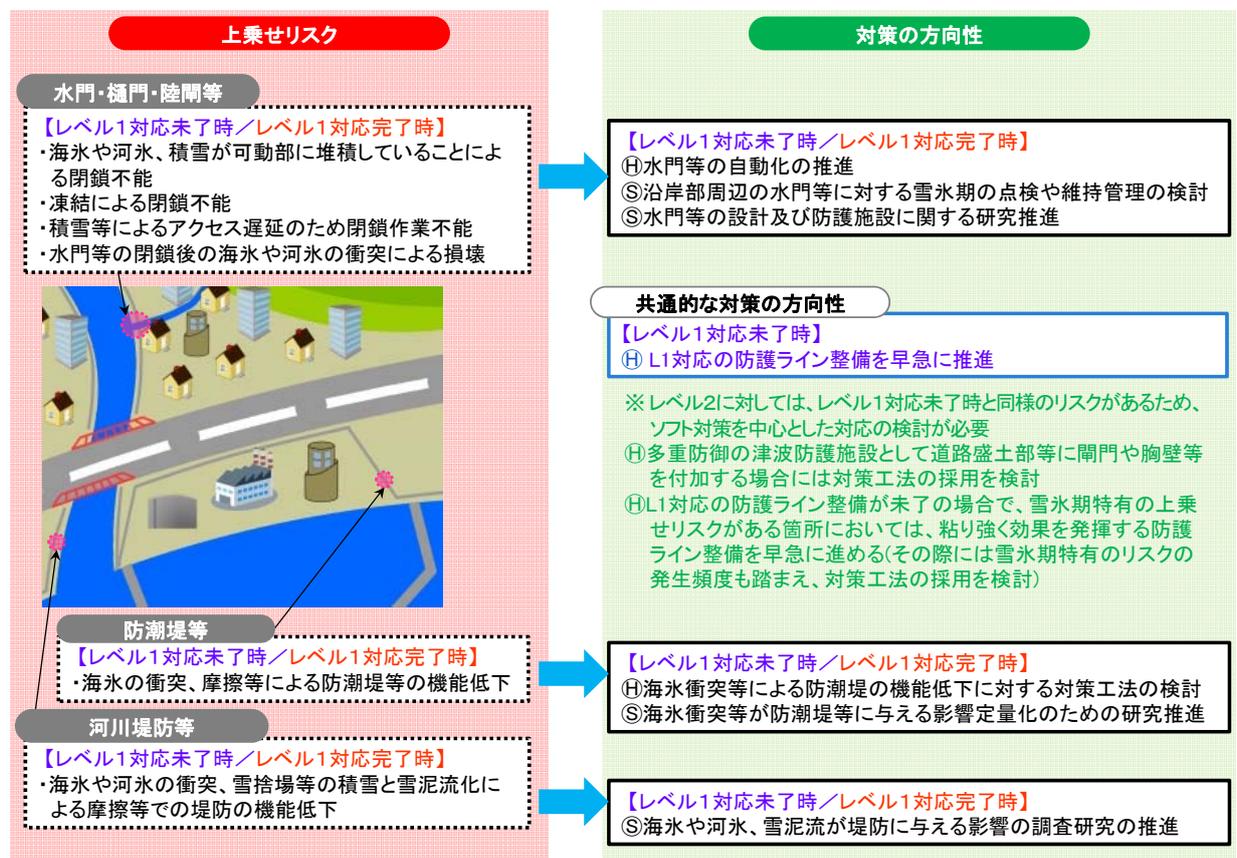


図 4-2-2 (4) 【C】 防護ラインのリスクと対策の方向性

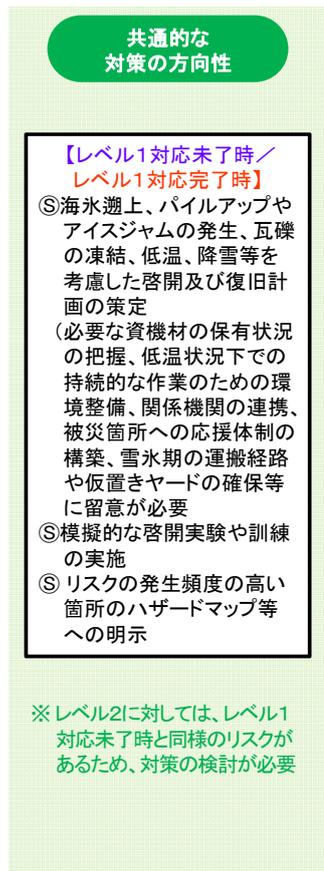
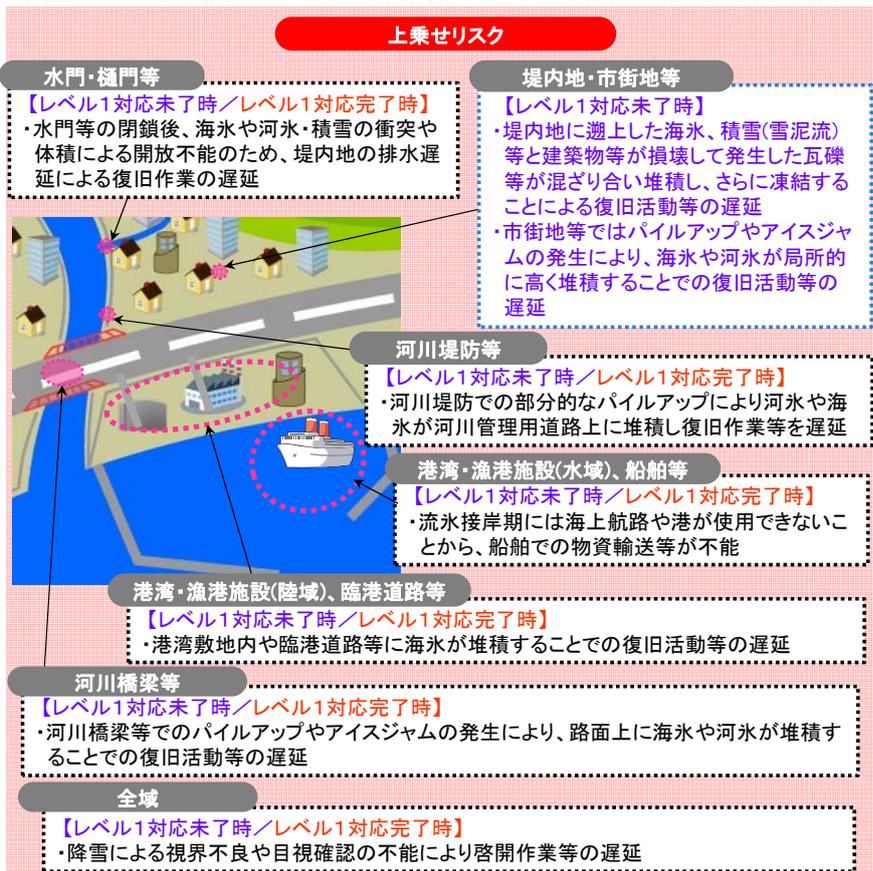


図 4-2-2 (5) リスクと対策の方向性【啓開・復旧】

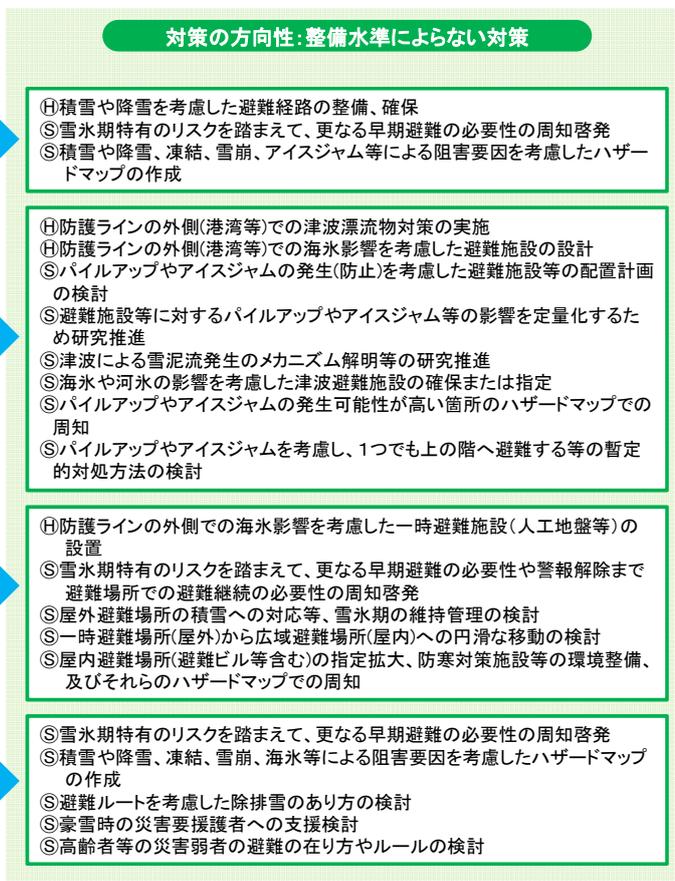
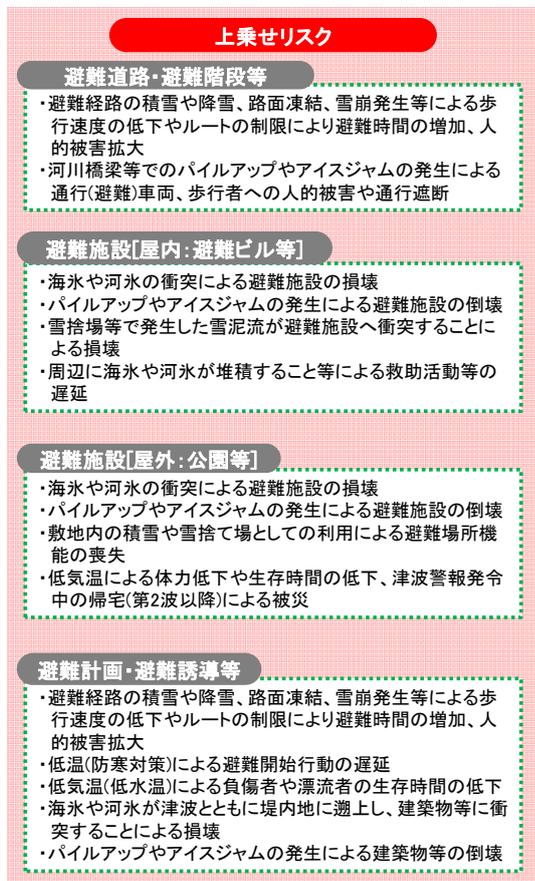


図 4-2-2 (6) リスクと対策の方向性【避難】

## 第5章 災害発生後のオペレーションの検証

### 5-1 流氷撤去実験

流氷撤去実験は、2013年2月9日から2月11日まで網走商港埠頭において開催された「あばしりオホーツク流氷まつり」の会場及び雪像・氷像を活用し、2月12日に準備作業を行って2月13日に実施した。実験は2パターン実施し、**図 5-1-1**に示すとおりAブロックは市街地以外に流氷が堆積した状況、Bブロックは市街地に流氷が瓦礫とともに堆積した状況を想定した。

流氷撤去実験の実施方法は、Aブロックについては作業員5名による安全確認作業、及びホイールローダによる撤去作業を基本とし、実施状況を**図 5-1-2**に示す。一方、Bブロックについては、作業員11名による安全確認作業、及びバックホウと人力の併用による撤去作業を基本とし、実施状況を**図 5-1-3**に示す。

流氷撤去実験の結果は、作業の時系列及び分あたりの作業量として整理するとともに、流氷撤去作業における問題点・課題等を明らかとするため、流氷撤去実験の終了後、作業従事者に対するヒアリングを実施した。

その結果、流氷と瓦礫が混じった状態においては、作業効率が低下し、撤去作業に時間を要することが明らかとなった。

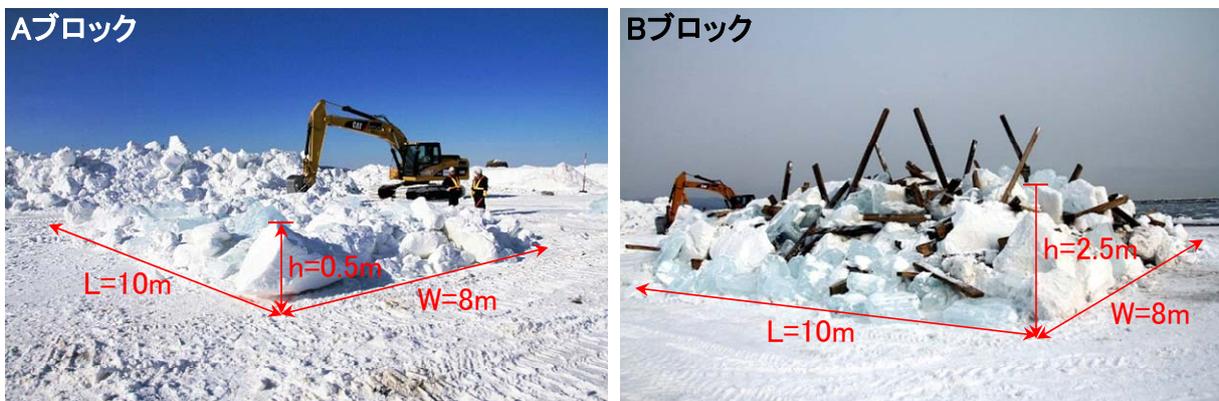


図 5-1-1 流氷撤去実験のパターン



図 5-1-2 実施状況(Aブロック)



図 5-1-3 実施状況(Bブロック)

## 5-2 東日本大震災での啓開作業へのヒアリング

雪氷期における啓開や初期の復旧作業時の課題を確認するため、前節の実験で得た知見に加えて、2011年3月11日に発生した東日本大震災において、実際に道路啓開を行った作業員(道路維持業者)、及び監督者(国土交通省東北地方整備局 仙台河川国土事務所 石巻国道維持出張所の職員)に対するヒアリングを実施した。

その結果、雪氷期の啓開作業において想定される課題としては、①瓦礫運搬経路の渋滞による作業効率の低下、②積雪寒冷地に対応した重機・燃料の確保、③低温・凍結等による作業員の健康状態の維持、④啓開作業中の余震に対する避難体制の確保等が挙げられた。

## 5-3 雪氷期の啓開・復旧において留意すべき事項の整理

本節においては、5-1 流水撤去実験及び5-2 東日本大震災での啓開作業へのヒアリングを踏まえ、雪氷期の啓開・復旧において留意すべき事項を整理した。留意すべき事項は、「資機材・労務における留意事項」、「作業の手順・方法等における事項」、「その他の留意事項」の3つの観点で整理し、図5-3-1に示すとおりである。

今後は、以下に示した留意事項について周知・啓発するとともに、事前に啓開・復旧に関わる計画やマニュアル等を作成し、迅速な啓開・復旧活動の備えをしていくことが肝要である。

### 資機材・労務における留意事項

- ・ 必要な機械やアタッチメント(掴み装置やブレーカ等)の保有状況の把握
- ・ 低温状況下での持続的な作業のための環境整備(交替要員、宿泊・休憩施設の確保等)
- ・ 被災箇所(沿岸部)への応援体制の検討(道外からの機械応援では寒冷地仕様や燃料の違いに配慮)
- ・ 滑り止め材等の資材の確保

### 作業の手順・方法等における留意事項

- ・ 被災状況(流水・河氷の量、サイズ等)に応じた重機・人員の適切な配置
- ・ 積雪・降雪時の安全確認方法
- ・ 雪氷期の瓦礫・流水等の運搬経路や仮置きヤードの確保(瓦礫と流水等との分別)
- ・ 啓開作業中に余震が発生した場合に備えた作業員の避難場所の確保

### その他の留意事項

- ・ 啓開作業にあたっての関係機関等を含めた対応方法の検討

図5-3-1 雪氷期の啓開・復旧における留意事項

## 第6章 検討結果のまとめ

本取組は、積雪寒冷地域の冬期の津波発生による沿岸防災対策を技術的見地から構築するため、津波発生時に流氷・河川結氷・港湾結氷・積雪等の雪氷現象が伴った場合の特有の物理現象やリスクを検討し、具体的な防災対策や被災時オペレーションの技術的検討を行うことを目的として実施した。

検討結果をとりまとめると、以下に示すとおりであり、雪氷期特有の上乗せリスクは大きく分けて①施設被害の拡大、②避難行動の遅れや阻害、③啓開・復旧活動の遅延であることを明らかとした。さらに、これらの上乗せリスクに対応するためには、ハード対策としては「防護ラインをレベル1津波に対応した整備水準とすること」、ソフト対策としては「雪氷期特有の上乗せリスクを周知し、早期避難の啓発等を推進すること」、「雪氷期特有の物理現象をメカニズムや対応方法等に関する研究を推進すること」、「発災後の啓開・復旧を円滑に実施可能な体制を構築すること」が重要である。

したがって、これらを総合的かつ着実に推進し、地域防災力の向上を図ることが肝要である。

### 雪氷期特有の上乗せリスク

#### ○施設被害の拡大

- ・多量の流氷・河氷・積雪が漂流物となって建築物等に衝突することによる被害の発生
- ・局所的にアイスジャムやパイルアップが生じることによる建築物等の被害の発生

#### ○避難行動の遅れや阻害

- ・防寒準備等による避難開始の遅れ
- ・積雪・凍結等による避難時の歩行速度の低下

#### ○啓開・復旧活動の遅延

- ・遡上した多量の流氷・河氷と瓦礫の撤去に膨大な労力と時間が必要
- ・上記に加え、積雪・降雪・低温等による救難救護や支援物資輸送への影響

### 防災対策のとりまとめ

#### < 主なハード対策 >

- レベル1クラスの津波<sup>※1</sup>に対応した防護施設(防潮堤等)の整備の着実な推進
- 雪氷期<sup>※2</sup>の津波による物理現象<sup>※3</sup>を考慮した避難路・避難施設の確保

#### < 主なソフト対策 >

- 雪氷期の津波による物理現象を踏まえたハザードマップの作成や、避難場所の確保
- 早期避難の周知・啓発
- 雪氷期の適切な啓開・復旧の検討
- 雪氷期の津波による物理現象のメカニズムや影響、対応方法等の研究推進

※1：大きな被害をもたらす津波で、人命及び財産を守るための海岸保全施設等を整備する上で想定する津波のこと

※2：降雪・積雪・低温・凍結や、流氷・河氷が存在する状況下

※3：雪氷期に津波が来ることにより生じるアイスジャム・パイルアップを含む様々な現象

## 參考資料

雪氷期特有の上乗せリスクとハード面及びソフト面の対策・対応の方向性(1)

対象	①津波規模 L1：防護ライン整備未了		②津波規模 L1：防護ライン整備済み		③津波規模 L2		
	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性	
【A】防護ラインの内側 建築物、道路（盛土・構造物等）、ライフライン等	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水が津波とともに防潮堤や河川堤防を超え、堤内地上に遡上し、建築物やライフライン等に衝突することによる損壊</li> <li>堤内地（市街地等）のバイルアップやアイスジャムの発生による建築物等の倒壊</li> <li>津波の浸水を免れた堤内でも、防潮堤や河川堤防での局所的なバイルアップにより海水や河水が堤内地上に進入、周辺の建築物やライフライン等に衝突することでの損壊</li> <li>雪捨場等の積雪と津波とが混ざり合い（雪泥流化）、建築物等へ衝突することによる損壊、マンホールや吐出口部が閉塞することでの下水道等の被害</li> <li>水門等に海水や河水、積雪（雪泥流）等が堆積することによる閉鎖不能、凍結による閉鎖不能、積雪等による作業者のアクセス遅延のための閉鎖作業不能等で、局所的な堤内地上の浸水が発生し、建築物等の浸水・損壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、「C」防護ライン自体に記載の対策工法の採用も合わせて検討）</li> <li>水門等の自動化の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波の浸水を免れた堤内でも、防潮堤や河川堤防での局所的なバイルアップにより海水や河水が堤内地上に進入、周辺の建築物やライフライン等に衝突することでの損壊</li> <li>河川敷（高水域）の雪捨場等の積雪と津波とが混ざり合い（雪泥流化）、マンホールや吐出口部が閉塞することでの下水道等の被害</li> <li>水門等に海水や河水、積雪（雪泥流）等が堆積することによる閉鎖不能、凍結による閉鎖不能、積雪等による作業者のアクセス遅延のための閉鎖作業不能等で、局所的な堤内地上の浸水が発生し、建築物等の浸水・損壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水門等の自動化の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備が未了の場合で、雪氷期特有の上乗せリスクがある箇所においては、粘り強く効果を発揮する防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、①に記載の対策工法の採用を検討）</li> <li>※L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の衝突による施設、建築物、危険物等の損壊</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生による施設、建築物、危険物等の倒壊</li> <li>雪捨場等の積雪と津波とが混ざり合い（雪泥流化）、建築物等へ衝突することによる損壊、マンホールや吐出口部が閉塞することでの下水道等の被害</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波漂流物対策の実施</li> <li>海水の影響を考慮した港湾・漁港施設の対津波性強化対策の検討</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生（防止）を考慮した施設、建築物等の配置計画の検討</li> <li>港湾・漁港施設、危険物等に対するバイルアップやアイスジャムの影響を定量化するため研究推進</li> <li>津波による雪泥流発生メカニズム解明等の研究推進</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生可能性が高い箇所のハザードマップ等での周知</li> <li>海水の遡上等を考慮した港湾や漁港のBCP策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波漂流物対策の実施</li> <li>海水の影響を考慮した港湾・漁港施設の対津波性強化対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>局所的なバイルアップの生じるメカニズムを解明するための研究推進</li> <li>積雪と津波との混合物（雪泥流）の発生及び遡上、流下するメカニズムの解明</li> <li>雪氷期特有のリスクの発生可能性が高い箇所についてハザードマップ等で周知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>
【B】防護ラインの外側 港湾・漁港施設【陸域】、建築物、危険物等 港湾・漁港施設【水域（防波堤等の外郭施設を含む）】、船舶等 臨港道路等 河川橋梁等（添架あるいは専用橋の電線・水道等のライフラインを含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の衝突による施設、船舶等の損壊</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生による施設、船舶等の損壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイルアップやアイスジャムの発生（防止）を考慮した施設、建築物等の配置計画の検討</li> <li>港湾・漁港施設、危険物等に対するバイルアップやアイスジャムの影響を定量化するため研究推進</li> <li>津波による雪泥流発生メカニズム解明等の研究推進</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生可能性が高い箇所のハザードマップ等での周知</li> <li>海水の遡上等を考慮した港湾や漁港のBCP策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の影響を考慮した港湾・漁港施設の対津波性強化対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水が遡上、衝突による構造物の損壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾・漁港施設等に対するバイルアップやアイスジャムの影響を定量化するため研究推進</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生可能性が高い箇所のハザードマップ等での周知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波漂流物対策の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川に遡上した海水や河水の衝突摩擦やバイルアップ、アイスジャムによって</li> <li>水位上昇による落橋や基礎洗掘等の発生</li> <li>ライフライン被害の発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生可能性が高い箇所での落橋防止や基礎洗掘防止対策の検討</li> <li>ライフラインの防護対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波漂流物対策の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイルアップやアイスジャム発生による橋梁等への影響や水位上昇等を定量化するため研究推進</li> <li>バイルアップやアイスジャムの発生可能性が高い箇所のハザードマップ等での周知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生可能性が高い箇所での落橋防止や基礎洗掘防止対策の検討</li> <li>ライフラインの防護対策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波漂流物対策の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	
【C】防護ライン内側 防潮堤等（海岸保全施設） 河川堤防 水門・樋門・陸閘等	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の衝突、摩擦等による防潮堤等の機能低下</li> <li>×海水が防潮堤を超え堤内地上に進入（→防潮堤本体のリスクでは無く【A】防護ライン内側のリスク）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、以下に記載の対策工法の採用等を検討）</li> <li>海水衝突等による防潮堤の機能低下に対する対策工法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の衝突、摩擦等による防潮堤等の機能低下</li> <li>×局所的なバイルアップやライドアップにより海水が防潮堤を超え堤内地上に進入（→防潮堤本体のリスクでは無く【A】防護ライン内側のリスク）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水衝突等による防潮堤の機能低下に対する対策工法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備が未了の場合で、雪氷期特有の上乗せリスクがある箇所においては、粘り強く効果を発揮する防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、①に記載の対策工法の採用を検討）</li> <li>※L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通を参照）</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水の衝突、雪捨場等の積雪の雪泥流化による摩擦等での堤防の機能低下</li> <li>×河水や海水が堤防を超え堤内地上に進入（→堤防本体のリスクでは無く【A】防護ライン内側のリスク）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、以下に記載の対策工法の採用等を検討）</li> <li>海水や河水、雪泥流が堤防に与える影響の調査研究の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水の衝突、雪捨場等の積雪の雪泥流化による摩擦等での堤防の損壊</li> <li>×局所的なバイルアップやライドアップにより河水や海水が堤防を超え堤内地上に進入（→堤防本体のリスクでは無く【A】防護ライン内側のリスク）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備が未了の場合で、雪氷期特有の上乗せリスクがある箇所においては、粘り強く効果を発揮する防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、①に記載の対策工法の採用を検討）</li> <li>※L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通を参照）</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水、積雪が可動部に堆積していることによる閉鎖不能</li> <li>凍結による閉鎖不能</li> <li>積雪等によるアクセス遅延のため閉鎖作業不能</li> <li>水門等の閉鎖後の海水や河水の衝突による損壊（→上記は何れも堤内地上（【A】防護ライン内側）の浸水被害拡大のリスクにもなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、以下に記載の対策工法の採用等を検討）</li> <li>水門等の自動化の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水、積雪が可動部に堆積していることによる閉鎖不能</li> <li>凍結による閉鎖不能</li> <li>積雪等によるアクセス遅延のため閉鎖作業不能</li> <li>水門等の閉鎖後の海水や河水の衝突による損壊（→上記は何れも堤内地上（【A】防護ライン内側）の浸水被害拡大のリスクにもなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水門等の自動化の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様のリスクがあり、それらの発生確率も高まる（ただし、津波外力自体がもたらす被害が非常に大きくなるため、雪氷期特有の上乗せリスクがもたらす影響は相対的に小さくなる）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L1 対応の防護ライン整備が未了の場合で、雪氷期特有の上乗せリスクがある箇所においては、粘り強く効果を発揮する防護ライン整備を早急に進める（その際には雪氷期特有のリスクの発生頻度も踏まえ、①に記載の対策工法の採用を検討）</li> <li>多重防御の津波防護施設として道路盛土部等に閘門や胸壁等を付加する場合には①に記載の対策工法の採用を検討</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸部周辺の水門等に対する雪氷期の点検や維持管理の検討</li> <li>水門等の設計及び防護施設に関する研究推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸部周辺の水門等に対する雪氷期の点検や維持管理の検討</li> <li>水門等の設計及び防護施設に関する研究推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸部周辺の水門等に対する雪氷期の点検や維持管理の検討</li> <li>水門等の設計及び防護施設に関する研究推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L2 に対しては減災の考え方のもと、住民避難を中心としたソフト対策を重視して対応することを基本（→【D】防護ラインの内外共通や①に記載のソフト対策を参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①と同様</li> </ul>	

雪氷期特有の上乗せリスクとハード面及びソフト面の対策・対応の方向性(2)

対象	①津波規模L1：防護ライン整備未了		②津波規模L1：防護ライン整備済み		③津波規模L2			
	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性	雪氷期特有の上乗せリスク	対策・対応の方向性		
啓開・復旧	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤内地に遡上した海水、積雪（雪泥流）等と建築物等が損壊して発生した瓦礫等が混ざり合い堆積し、さらに凍結することによる復旧活動等の遅延</li> <li>港湾敷地内や臨港道路等に海水が堆積することでの復旧活動等の遅延</li> <li>市街地等ではパイルアップやアイスジャムの発生により、海水や河水が局所的に高く堆積することでの復旧活動等の遅延</li> <li>河川橋梁等でのパイルアップやアイスジャムの発生により、路面上に海水や河水が堆積することでの復旧活動等の遅延</li> <li>河川堤防での部分的なパイルアップにより河水や海水が河川管理用道路上に堆積し復旧作業を遅延</li> <li>水門等の閉鎖後、海水や河水、積雪の衝突や堆積による開放不能のため、堤内地の排水遅延による復旧作業の遅延</li> <li>降雪による視界不良や目視確認の不能により啓開作業等の遅延</li> <li>流水接岸期には海上航路や港が使用できないことから、船舶での物資輸送等が不能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水遡上、パイルアップやアイスジャムの発生、瓦礫の凍結、低温、降雪等を考慮した啓開及び復旧計画の策定</li> <li>必要な資機材の保有状況の把握、低温状況下での持続的な作業のための環境整備、関係機関の連携、被災箇所への応援体制の構築、雪氷期の運搬経路や仮置きヤードの確保等に留意が必要</li> <li>模倣的な啓開実験や訓練の実施</li> <li>リスクの発生頻度の高い箇所のハザードマップ等への明示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>港湾敷地内や臨港道路等に海水が堆積することでの復旧活動等の遅延</li> <li>河川橋梁等でのパイルアップやアイスジャムの発生により、路面上に海水や河水が堆積することでの復旧活動等の遅延</li> <li>河川堤防での部分的なパイルアップにより河水や海水が河川管理用道路上に堆積し復旧作業を遅延</li> <li>水門等の閉鎖後、海水や河水、積雪の衝突や堆積による開放不能のため、堤内地の排水遅延による復旧作業の遅延</li> <li>降雪による視界不良や目視確認の不能により啓開作業等の遅延</li> <li>流水接岸期には海上航路や港が使用できないことから、船舶での物資輸送等が不能</li> </ul>	①と同様	①と同様	①と同様		
D【防護ラインの内外共通】	避難道路・避難階段等	避難関係については、最大クラスの津波（L2）を前提として対応				<ul style="list-style-type: none"> <li>避難経路の積雪や降雪、路面凍結、雪崩発生等による歩行速度の低下やルートの制限により避難時間の増加、人的被害拡大</li> <li>河川橋梁等でのパイルアップやアイスジャムの発生による通行（避難）車両、歩行者への人的被害や通行遮断</li> </ul>	ハード	<ul style="list-style-type: none"> <li>積雪や降雪を考慮した避難経路の整備、確保</li> </ul>
	避難施設（屋内：避難ビル等）					<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水の衝突による避難施設の損壊</li> <li>パイルアップやアイスジャムの発生による避難施設の倒壊</li> <li>雪捨て場等で発生した雪泥流が避難施設へ衝突することによる損壊</li> <li>周辺に海水や河水が堆積すること等による救助活動等の遅延</li> </ul>	ハード	<ul style="list-style-type: none"> <li>防護ラインの外側（港湾等）での津波漂流物対策の実施</li> <li>防護ラインの外側（港湾等）での海水影響を考慮した避難施設の設計</li> </ul>
	避難施設（屋外：公園等）					<ul style="list-style-type: none"> <li>海水や河水の衝突による避難施設の損壊</li> <li>パイルアップやアイスジャムの発生による避難施設の倒壊</li> <li>敷地内の積雪や雪捨て場としての利用による避難場所機能の喪失</li> <li>低気温による体力低下や生存時間の低下、津波警報発令中の帰宅（第2波以降）による被災</li> </ul>	ソフト	<ul style="list-style-type: none"> <li>パイルアップやアイスジャムの発生（防止）を考慮した避難施設等の配置計画の検討</li> <li>避難施設等に対するパイルアップやアイスジャム等の影響を定量化するため研究推進</li> <li>津波による雪泥流発生メカニズム解明等の研究推進</li> <li>海水や河水の影響を考慮した津波避難施設の確保または指定</li> <li>パイルアップやアイスジャムの発生可能性が高い箇所のハザードマップでの周知</li> <li>パイルアップやアイスジャムを考慮し、1つでも上の階へ避難する等の暫定的対処方法の検討</li> </ul>
	避難計画・避難誘導等					<ul style="list-style-type: none"> <li>避難経路の積雪や降雪、路面凍結、雪崩発生等による歩行速度の低下やルートの制限により避難時間の増加、人的被害拡大</li> <li>低温（防寒対策）による避難開始行動の遅延</li> <li>低気温（低水温）による負傷者や漂流者の生存時間の低下</li> <li>海水や河水が津波とともに堤内地に遡上し、建築物等に衝突することによる損壊</li> <li>パイルアップやアイスジャムの発生による建築物等の倒壊</li> </ul>	ソフト	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪氷期特有のリスクを踏まえて、更なる早期避難の必要性の周知啓発</li> <li>積雪や降雪、凍結、雪崩、海水等による阻害要因を考慮したハザードマップの作成</li> <li>避難ルートを考慮した除排雪のあり方の検討</li> <li>豪雪時の災害要援護者への支援検討</li> <li>高齢者等の避難弱者の避難の在り方やルールの検討</li> </ul>