

雪氷期の津波沿岸防災対策検討会 第2回検討会

議 事 次 第

日時：平成24年12月21日（金）

15：15～17：30

場所：独立行政法人土木研究所

寒地土木研究所

- 1 開会
- 2 模型実験（流氷を伴った津波氾濫流の実験）
- 3 検討事項
 - （1）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
 - （2）ハード面及びソフト面の防災対策の検討
 - （3）災害発生後のオペレーションの検証
- 4 その他
- 5 閉会

雪氷期の津波沿岸防災対策検討会

第2回 検討会資料

日時：平成24年12月21日(金) 15:15～17:30

場所：独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 講堂



目次



1.雪氷期の津波沿岸防災対策検討会の検討内容	2
(1)検討スケジュール	3
(2)第2回検討会の検討内容	4
2.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	5
(1)津波災害シナリオ及びリスクの検討対象	6
(2)想定される津波災害シナリオ及びリスクと検討方法	8
(3)モデルケースの概要	11
(4)津波の浸水による影響の検討	14
(5)海氷・河氷の漂流・遡上による影響の検討	18
(6)避難行動の阻害要因による影響の検討	29
3.ハード面及びソフト面の防災対策の検討	38
(1)雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクから見た 現状の課題と対策(案)	39
(2)ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめの方向(案)	43
4.災害発生後のオペレーションの検証	44
(1)模擬啓開の目的及び実施内容	45
(2)模擬啓開の実施方法	46

◆ 具体の検討内容は以下に示すとおりである。

	検討内容
第1回 検討会	<ul style="list-style-type: none"> ○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(検討方法)
第2回 検討会	<ul style="list-style-type: none"> ○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(モデルケースの検討結果) ○ハード面及びソフト面の防災対策の検討(案) ○災害発生後のオペレーションの検証(現地での模擬啓開案)
第3回 検討会	<ul style="list-style-type: none"> ○ハード面及びソフト面の防災対策の検討(とりまとめ) ○災害発生後のオペレーションの検証(現地での模擬啓開結果)

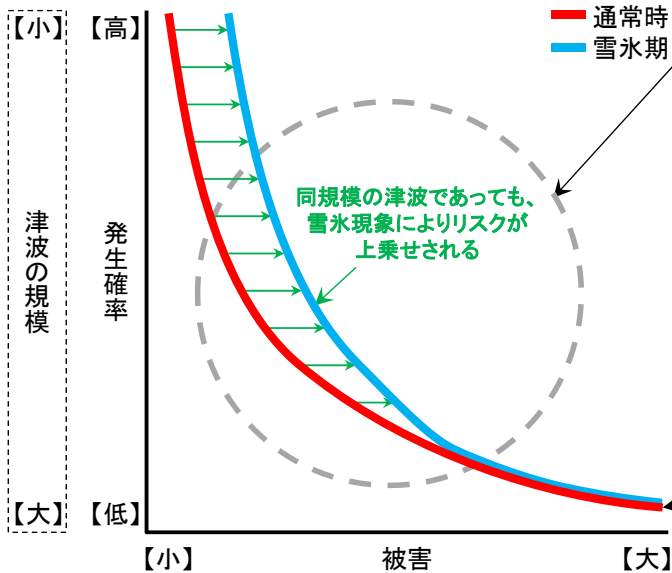
2.雪氷期の津波災害シナリオ及び

リスクの検討と課題抽出

- (1)津波災害シナリオ及びリスクの検討対象
- (2)想定される津波災害シナリオ及びリスクと検討方法
- (3)モデルケースの概要
- (4)津波の浸水による影響の検討
- (5)海氷・河氷の漂流・遡上による影響の検討
- (6)避難行動の阻害要因による影響の検討

(1)津波災害シナリオ及びリスクの検討対象

- ◆ 雪氷期の津波発生時においては、下図のとおり、各種雪氷現象による**リスクの上乗せ**が生じるものと想定される。
- ◆ 本検討会では、**リスクの上乗せ**について各種数値シミュレーションや既往の知見等を活用して検討する。



雪氷期の津波発生時におけるリスクのイメージ

繰り返し発生する一定規模の津波(レベル1~)



市街地に打ち上げられた流水



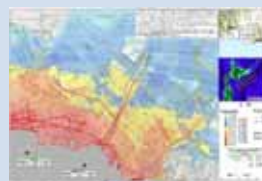
十勝川T,樋門における水板痕跡(KP.3.30R)



・雪氷現象によりリスクの上乗せが生じる

最大クラスの津波(レベル2)

・雪氷現象の有無に関わらず被害大



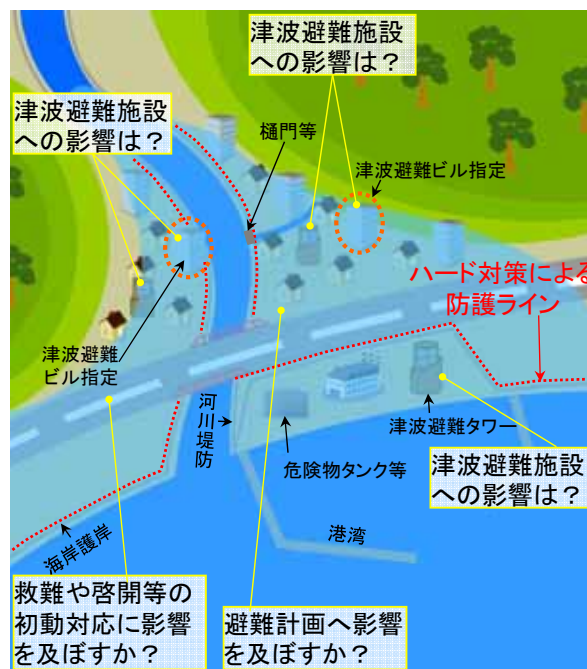
※北海道庁HP、旧根室測候所HP等より作成

(1)津波災害シナリオ及びリスクの検討対象

- ◆ 現在、わが国の津波防災・減災対策は、レベル1以下の津波に対してはハード対策による『**防災**』、レベル1を超える津波に対してはハード・ソフトの組合せによる『**減災**』を基本としている。
- ◆ 本検討においては、下図のように各津波レベルで想定される雪氷期特有の様々な**リスクの上乗せ**について検討する。



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



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

ハード対策による津波防護イメージ

(2)想定される津波災害シナリオ及びリスクと検討方法

- ◆ 雪氷期の津波来襲時における物理現象の検討結果を踏まえ、現時点で想定される津波災害シナリオ及びリスクを整理すると以下のとおりである。
- ◆ これらのシナリオ・リスクについて各種数値シミュレーション等を活用し、モデルケースによる検討を行う。

1)流水・港内結氷・河川結氷

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	検討方法
流水・港内結氷	海水が漂流して陸域に遡上	・港湾施設、漁港施設、建築物等へ衝突 ・道路の閉塞	・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 ・ただし、車両、船舶等の漂流物よりは衝撃力が小さく、リスクは小さい	浸水SIM 漂流SIM
	流水が河川・湖沼を遡上、漂流(河川結氷なし)	・堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突	・衝突による損壊等のリスクが増加する	浸水SIM 漂流SIM
	パイルアップやアイスジャムの発生	・港湾施設、漁港施設、建築物等の破壊や、建物内への海水の突入 ・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	浸水SIM 漂流SIM
河川結氷	津波が結氷河川・湖沼を遡上	・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	・衝突による損壊等のリスクが増加する	浸水SIM 漂流SIM
	パイルアップやアイスジャムの発生	・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	浸水SIM 漂流SIM
	氷盤が市街地に遡上、漂流	・建築物等への衝突 ・道路の閉塞	・氷盤が多量の場合は、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	浸水SIM 漂流SIM

※パイルアップやアイスジャムについては、「流水を伴った津波氾濫流の実験」(寒地土木研究所)を参考

(2)想定される津波災害シナリオ及びリスクと検討方法

2)積雪・凍結・低温

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	検討方法
積雪・降雪	路面の積雪	・避難時の歩行速度の低下 ・積雪による避難ルートの制限	・人的被害のリスクが増加する	避難SIM
	避難場所の積雪	・避難場所としての機能喪失	・人的被害のリスクが増加する	避難SIM
	積雪の津波による輸送	・雪泥流の建築物等への衝突 ・瓦礫混入物の凍結の促進	・建築物等の被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	模擬啓開
	降雪	・避難時の歩行速度の低下 ・啓開作業の遅延	・人的被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	避難SIM 模擬啓開
凍結	治水施設(水門、陸閘)が閉鎖不能	・浸水範囲の拡大	・浸水被害・人的被害のリスクが増加する	浸水SIM
	路面凍結	・避難時の歩行速度の低下	・人的被害のリスクが増加する	避難SIM
	瓦礫混入物の凍結	・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	・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	模擬啓開
低温	マイナス気温の継続	・避難場所での体力低下、凍死等 ・漂流者の生存時間の低下 ・初動の遅れ(防寒等の準備時間)	・人的被害のリスクが増加する	避難SIM

3)検討方法

◆ 想定される物理現象による津波災害シナリオ及びリスクを検討するため、現在の技術レベル・知見を基に、以下に示す各種数値シミュレーションを活用し、モデルケースでの検討を行う。

物理現象	検討目的	現在の技術レベル	数値シミュレーション
津波による浸水	・対象津波による浸水深・浸水範囲・流速・到達時間の把握 ・樋門等の未閉鎖による影響の把握	・非線形長波方程式やブシネスク方程式による浸水予測が一般的 ・局所的な検討においては、MPS法やVOF法等による3次元的手法もある ・非線形長波方程式は一般的な手法であり、※1で推奨され、北海道の津波浸水予測でも採用された実績を有する	【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
海水・河水の漂流や遡上	・海水・河水の漂流方向や遡上範囲の把握	・海水を流体として扱うモデル(2層流)や、DMDFモデルのような流水の広域分布を予測するモデルがあるが、津波との一体的な予測や遡上への適用事例がない ・海水・河水の漂流と遡上等を合理的かつ包括的に解析する手法が確立していない ・漂流物を個別に取り扱うモデルは、津波による船舶やコンテナ等の漂流予測で多数の実績がある	【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
積雪・凍結等による避難行動の阻害	・雪氷期以外と雪氷期の避難可能率の違いを把握	・様々な手法が提案されているが、最近では数理モデルを用いた手法や、マルチエージェントモデルの活用事例が多い ・マルチエージェントモデルは※2等の津波避難シミュレーションの検討事例を有する	【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

※1:「津波浸水範囲の設定の手引き」(平成24年4月、国土交通省)

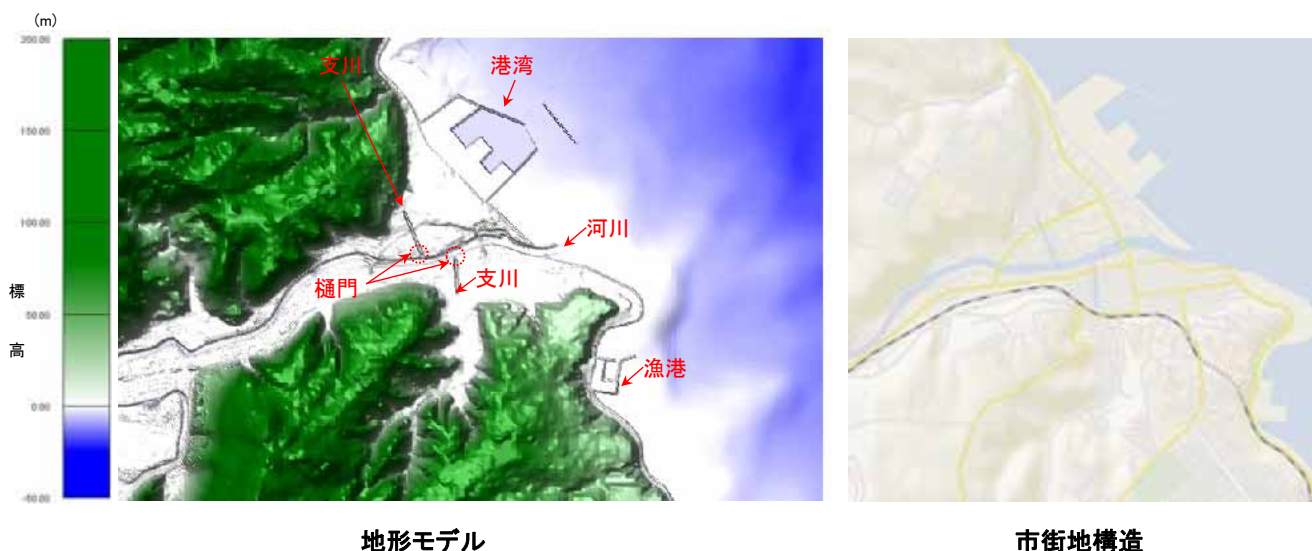
※2:「マルチエージェントシステムを用いた津波からの避難シミュレーション-青苗地区を例として」、斎藤・鏡見、日本建築学会計画系論文集、第597号、2005年

(3)モデルケースの概要

1)対象とする地形

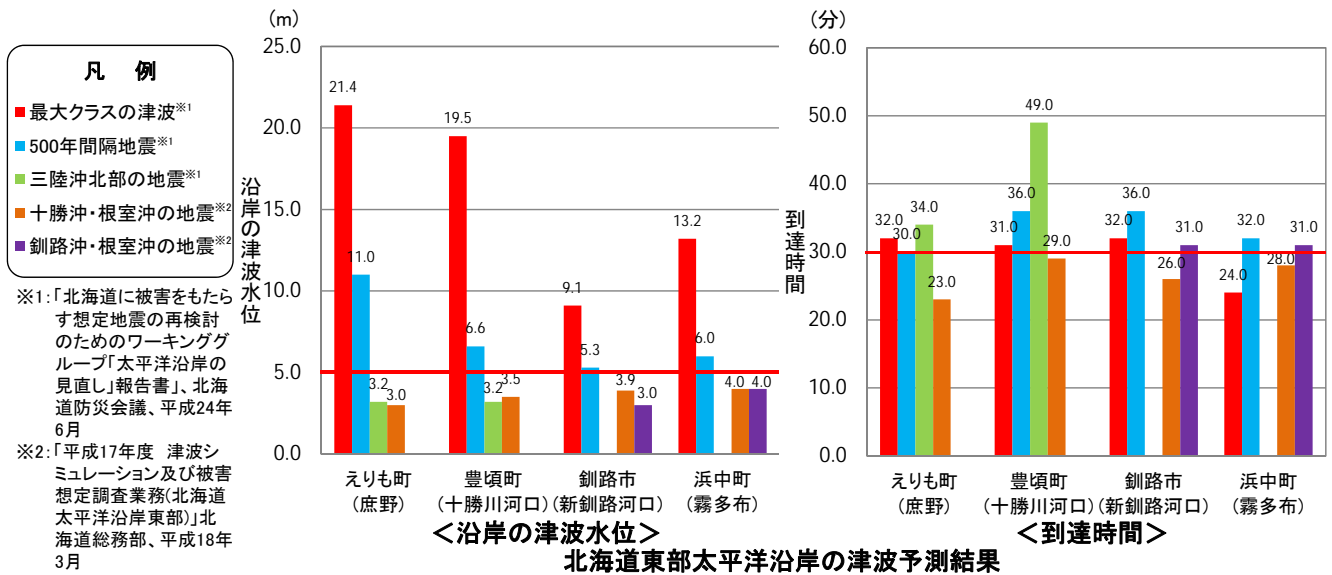
◆ 河川を中心に市街地が形成され、沿岸に港湾・漁港が存在する地形を北海道の代表的事例としてモデル化

※特定の地域や都市を想定したものではない



2)対象とする津波の規模

- ◆ 本検討会では、雪氷現象特有のリスクの上乗せを明確化するため、モデル地域の防護ラインを超えて浸水するような津波を対象とすることとし、既往の津波シミュレーション結果(北海道庁)を基に、津波の規模を設定する。
- ◆ 北海道東部太平洋沿岸の代表的な地点の津波水位・到達時間は下図のとおりであり、沿岸の津波水位が概ね5m程度(市街地の浸水深2m前後)、到達時間30分程度の津波を検討対象とする。



3)検討ケース

- ◆ 各種数値シミュレーションを用いて、以下のケースについて検討を行う。

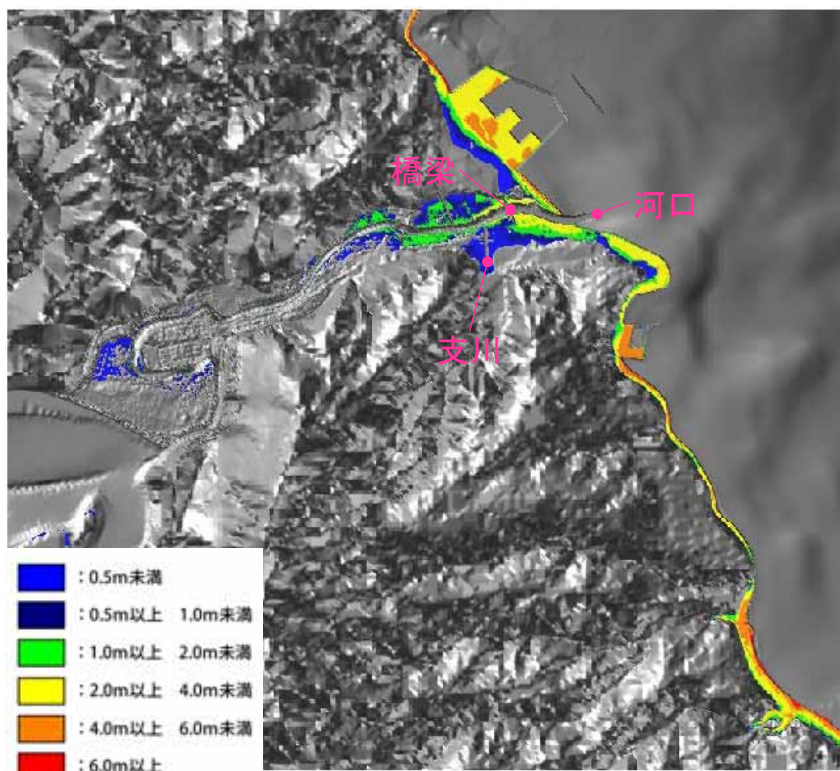
検討ケース

物理現象と数値シミュレーション	目的	検討ケース
<p>【津波による浸水】</p> <p>○津波浸水シミュレーション</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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) 樋門の閉鎖が不能な場合におけるリスクの評価 	<ul style="list-style-type: none"> ○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) <p>※樋門の開閉により影響の差が出るレベルの津波</p>
<p>【海水・河水の漂流・遡上】</p> <p>○漂流シミュレーション</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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 橋梁等でのアイスジャム発生の評価(流速、氷盤のサイズを基に検討) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ケース1: 海水を広範囲・疎に配置し、沿岸からの海水の漂流挙動、影響範囲を検討 ○ケース2: 上記により影響範囲を確定し、その範囲を限定的に密に配置して漂流・遡上の挙動を把握 ○ケース3: 河道内に河水を配置し、漂流時の挙動や影響範囲を把握
<p>【凍結・積雪等の避難行動の阻害】</p> <p>○避難シミュレーション</p>	<ul style="list-style-type: none"> 雪氷期以外と雪氷期の避難率の差異等々を評価 	<ul style="list-style-type: none"> ○ケース1: 雪氷期以外 ○ケース2: 雪氷期(歩行速度、歩道幅員の減) ○ケース2-1: 雪氷期(ケース2を基本に避難場所(公園)の使用不能) ○ケース2-2: 雪氷期(ケース2を基本に防寒準備等による避難行動開始の遅れ)

1)シミュレーション手法及び条件

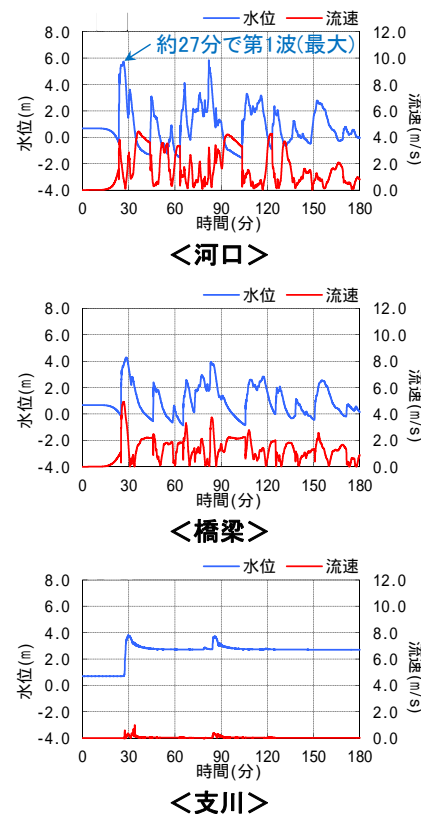
数値モデル	2次元非線形長波モデル $\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$ $\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$:水位 M:x方向線流量 N:y方向線流量 D:全水深 g:重力加速度 n:マンニングの粗度係数
計算スキーム	スタaggerド格子によるリーブフロッグ法
計算メッシュ	第1次領域(2,430mメッシュ:1760km×1460km)～第6次領域(10mメッシュ:8.2km×7.5km)
時間ステップ	C.F.L.条件より余裕を持たせた2.7秒(1次)～0.1秒(6次)
計算時間	3時間(試行計算により決定)
波先端条件	小谷ら(1998)の方法を準用。遡上計算は第5、6次領域で考慮 ※「GISを利用した津波遡上計算と被害推定法」(1998)、小谷美佐、今村文彦、首藤伸夫、海岸工学論文集
潮位条件	H.W.L.(T.P.+0.7m) ※北海道東部の平均的な値
河川流量	後述の海水・河水の漂流シミュレーションのため、遡上に対して危険側となる流量なしを設定
港湾・漁港・海岸・河川施設	地震や津波によって壊れないものとする
地盤条件	地震による地殻変動(地盤沈下)を考慮
対象地震・津波	モデル地区の津波水位5m程度、到達時間30分程度の津波を想定

2)検討結果 ①ケース1:最大浸水深及び時系列

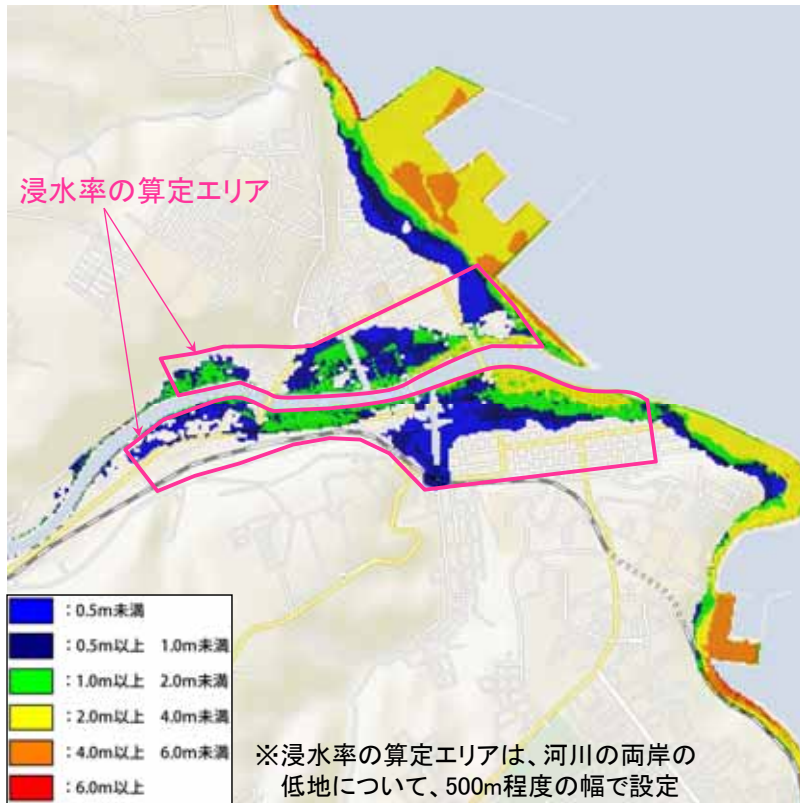


最大浸水深分布図(ケース1:防護ラインを超える津波)

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】



2)検討結果 ②ケース1: 浸水による被害の概略想定

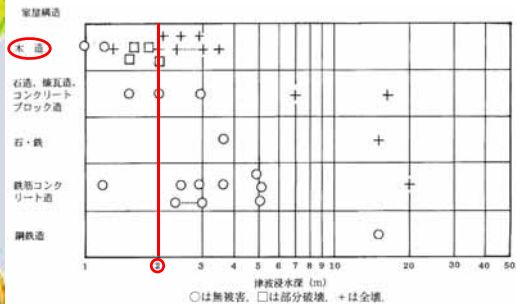


最大浸水深分布図

【※モデルケース: 特定の地域や都市を想定したものではない】

◆津波の浸水のみによって、河川沿いの低地において7.3%の木造家屋が全壊する危険性がある。

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

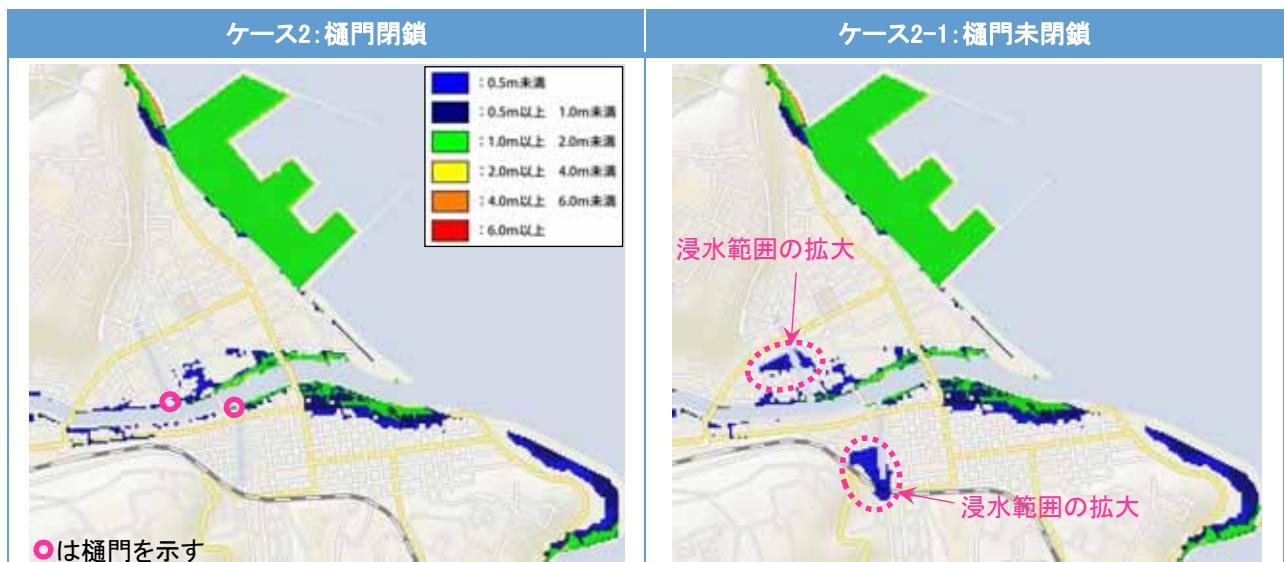


※出典: 松富・首藤(1994)、「津波の浸水深、流速と被害」、海岸工学論文集、第41巻

3)樋門の閉鎖不能による津波災害シナリオ・リスクの評価と課題

- ◆ 樋門閉鎖が不能な場合の影響を把握するため、検討を行った。
- ◆ 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。
- ◆ すなわち、凍結や河水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。

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題
凍結	治水施設(水門、陸閘)が閉鎖不能	・浸水範囲の拡大	・浸水被害、人的被害のリスクが増加する	樋門等の確実な閉鎖

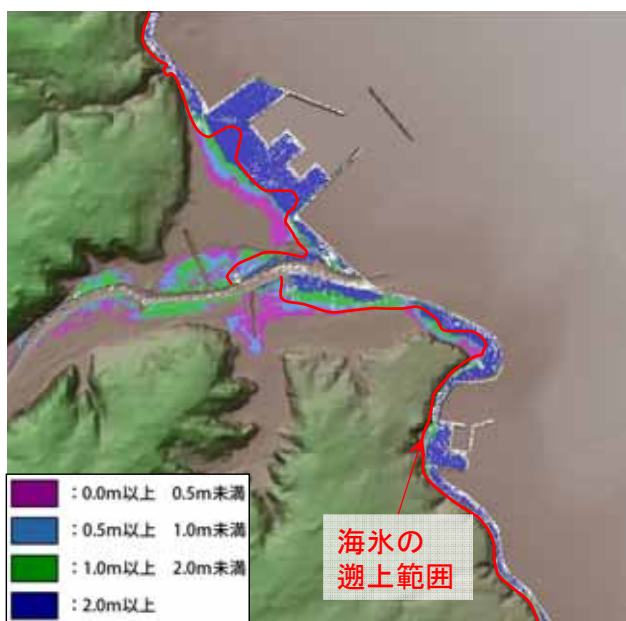


最大浸水深分布図

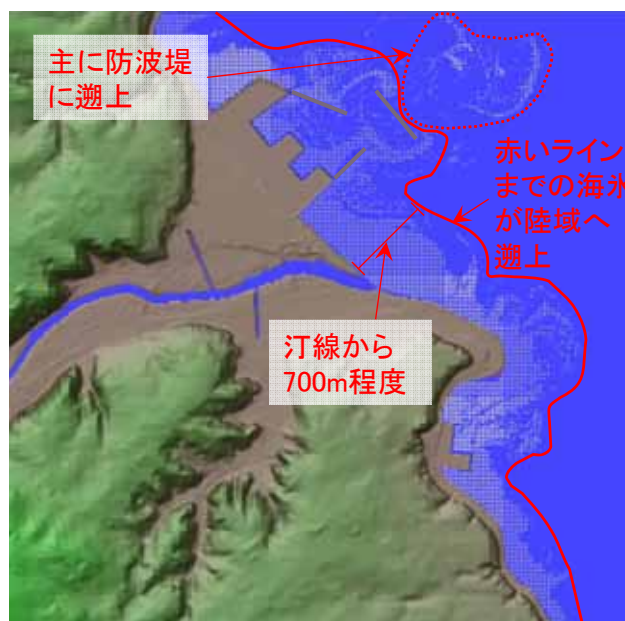
【※モデルケース: 特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ①ケース1(海水を広範囲に疎な状態で配置)

- ◆ 海水は浸水範囲に沿って沿岸に広範囲に遡上する。
- ◆ 遡上する海水は、汀線近くの限られた範囲のものとなる。本検討条件では、汀線から700m程度となる。



海水の最大遡上位置

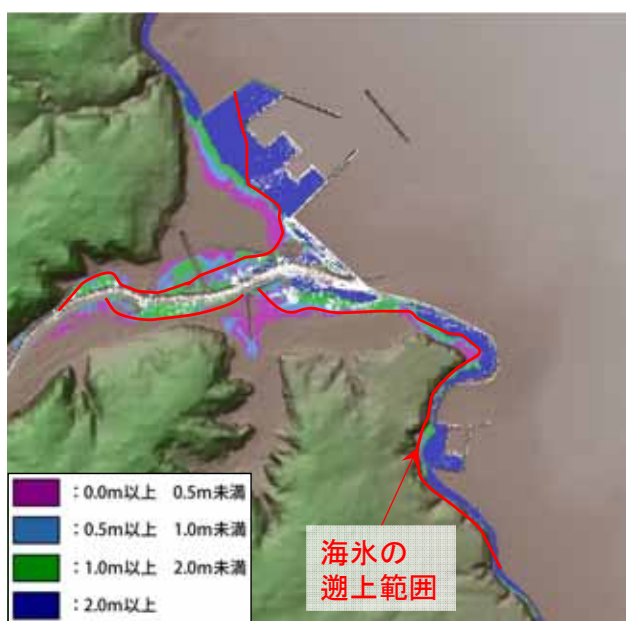


遡上した海水の初期位置

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ②ケース2(海水を限定的に密な状態で配置)

- ◆ 海水が密な状態の方が多量の海水が遡上する。
- ◆ 浸水深2m未満の区域にも海水が遡上する。
- ◆ 沿岸部の海水は河川に沿って遡上する。



海水の最大遡上位置

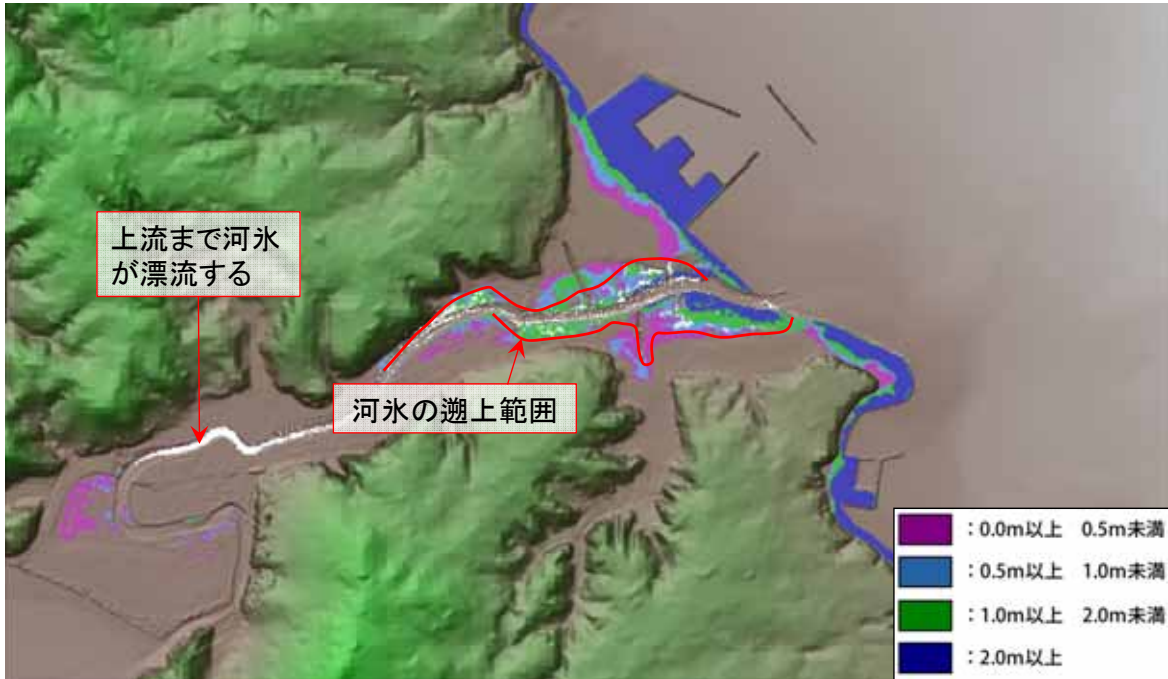


遡上した海水の初期位置

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ③ケース3(河水を河道内に密な状態で配置)

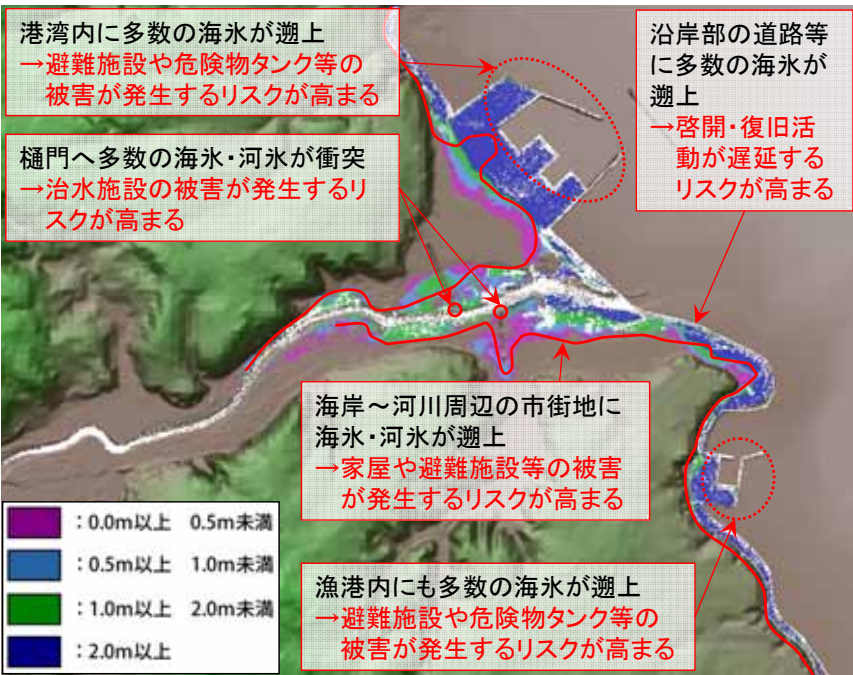
- ◆ 河道内の河水は、河川に沿って広範囲に遡上する。
- ◆ 河水は、河川内を4km以上に渡って上流に漂流する。



【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】 河水の最大遡上位置

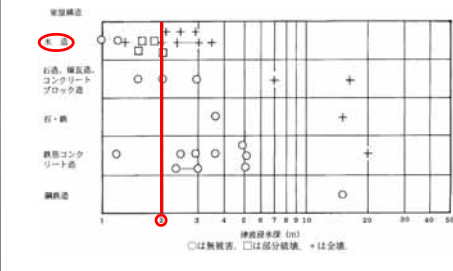
3)海氷・河水による津波災害シナリオ・リスクの評価 ①漂流・遡上によるリスク

- ◆ 海水は浸水深1.0m程度の範囲まで到達する。
- ◆ 本検討においては、海氷の喫水を0.6mとしているが、現実には薄い氷盤も存在することから、影響範囲は拡大し、家屋・建築物や、臨港地区の危険物タンク等の被害リスクが高まる。



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

家屋・建築物等の被害
リスクが増大



浸水深と家屋破壊程度

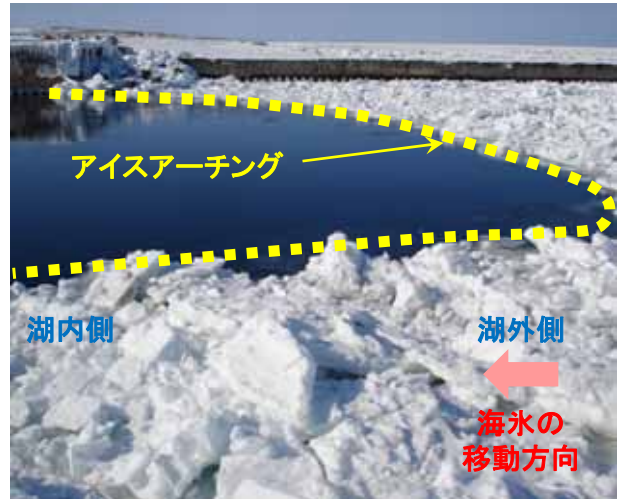
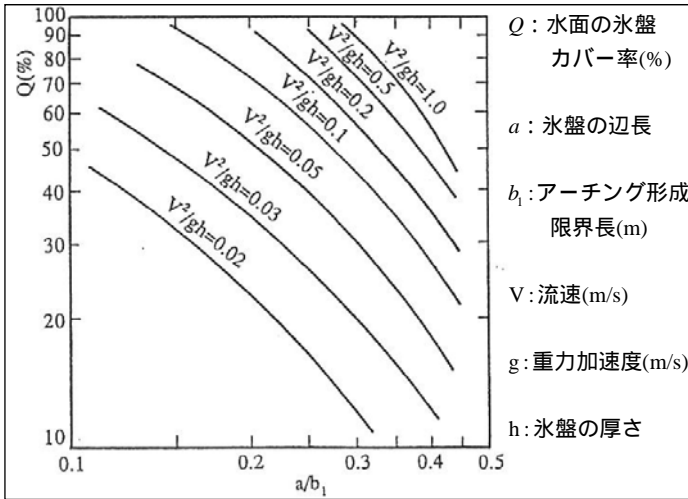
※出典:松富・首藤(1994)、「津波の浸水深、流速と被害」、海岸工学論文集、第41巻

最大浸水深及び海氷・河水の遡上範囲

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

3)海氷・河水による津波災害シナリオ・リスクの評価 ②アイスジャム発生によるリスク

- ◆ 漂流シミュレーションにより、海水、河水は津波により河川内・陸域を漂流・遡上することが明らかとなった。
- ◆ 海水・河水の漂流・遡上によるリスクとして、アイスジャムによる河道閉塞等が挙げられ、津波浸水シミュレーション結果によりアイスジャム発生リスクの評価する。
- ◆ アイスジャムは、海水・河水がアーチングを形成することにより発生する可能性が高まることから、「アーチ形成限界曲線」により評価を行った。



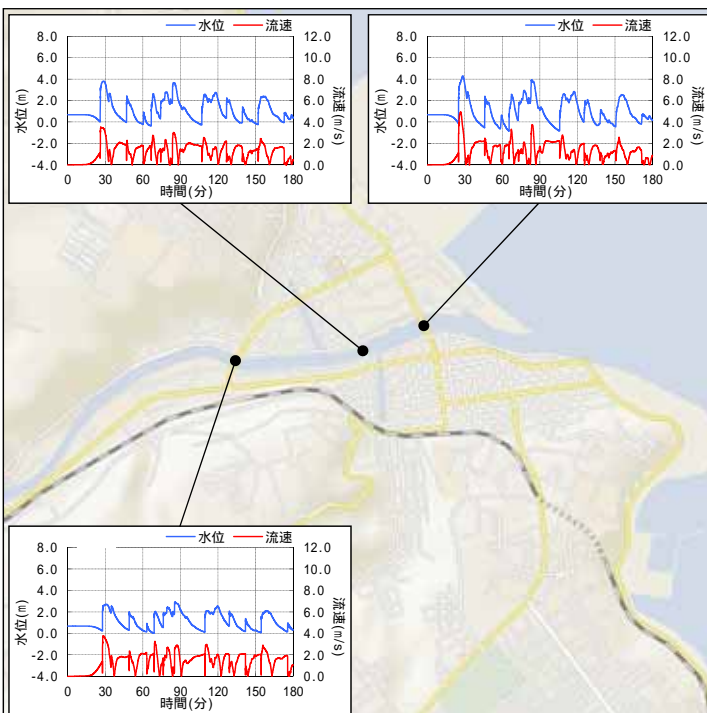
流速ごとのアーチ形成限界曲線

アイスアーチングの形成状況: サロマ湖第2湖口

出典: 原文宏, 「結氷河川に建設される橋脚の設計法に関する研究」

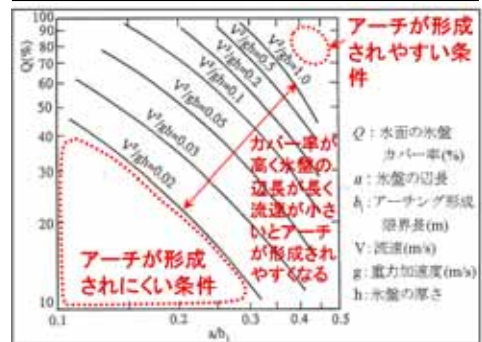
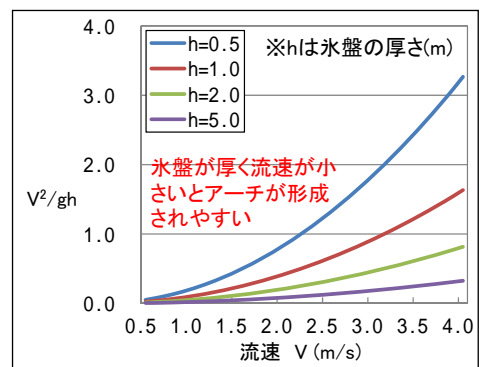
3)海氷・河水による津波災害シナリオ・リスクの評価 ②アイスジャム発生によるリスク

- ◆ 橋梁位置で発生流速は0.0~4.0m/s程度。
- ◆ 流速は押し・引きで変動するため、アーチングが形成される条件も生じている。



水位・流速の時系列図

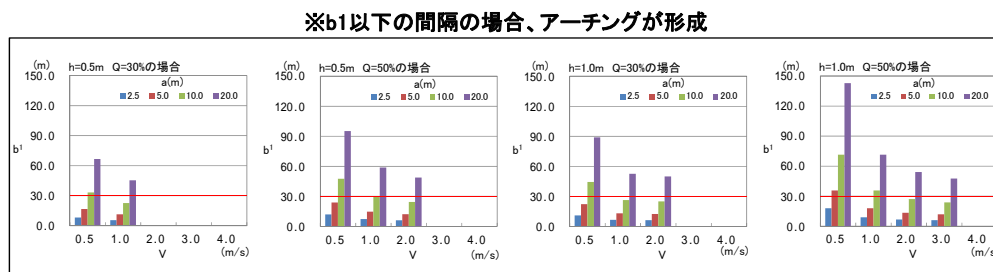
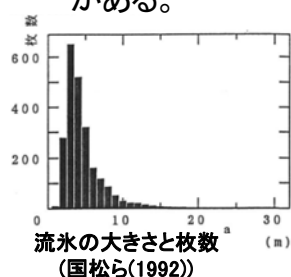
【※モデルケース: 特定の地域や都市を想定したものではありません】



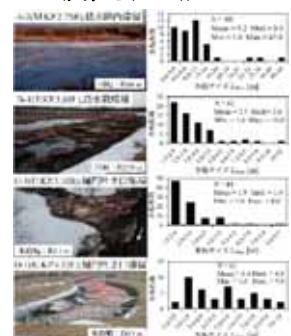
流速ごとのアーチ形成限界曲線

3)海氷・河水による津波災害シナリオ・リスクの評価 ②アイスジャム発生によるリスク

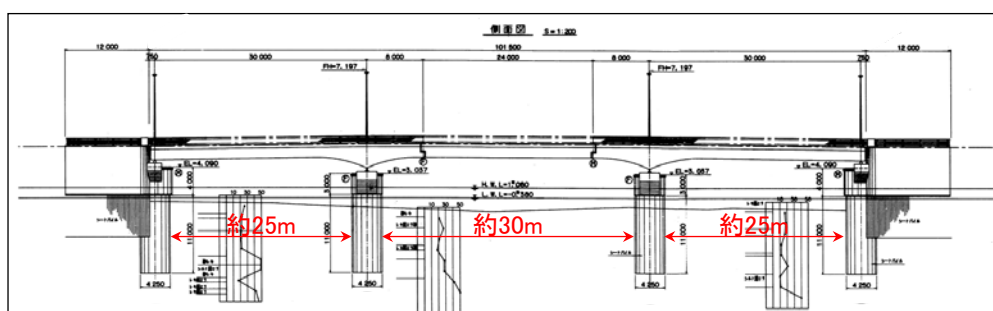
- ◆ アーチングの形成は、流速(V)、氷厚(h)、氷のサイズ(辺長a)、カバー率(Q)、構造物間隔(b₁)によって決まる。氷のサイズは下図のとおり数m~数十mである。
- ◆ 例として、h=0.5~1.0m、Q=30%~50%におけるa(2.5m、5.0m、10.0m、20.0m)、b₁の関係を整理すると、橋脚の間隔が30m程度でもアーチングが形成され、さらにアイスジャムが発生する可能性がある。



流速と氷のサイズによるアーチングの限界長



痕跡調査写真から抽出した痕跡氷板のサイズ(阿部ら(2012))



橋脚の間隔が30m程度の橋梁の側面図(例)

3)海氷・河水による津波災害シナリオ・リスクの評価 ②アイスジャムの発生によるリスク

- ◆ アイスジャムの発生により、水位の上昇やパイルアップが生じ、橋梁の崩壊、建物の損壊等のリスクが高まる。
- ◆ 橋梁でアイスジャムが発生した場合には、閉塞による水位上昇や崩壊による出水が生じ、二次的な災害や啓開・復旧活動の遅延等のリスクが高まる。



出典:寒地土木研究所 寒地沿岸域チーム 木岡主任研究員提供

3)流水・港内結氷・河川結氷による津波災害シナリオ・リスクと課題

- ◆ 津波浸水シミュレーション、漂流シミュレーション結果から、流水・港内結氷河川結氷による津波災害シナリオ及びリスクと課題を整理すると以下のとおりである。
- ◆ これらの課題に対応した、ソフト・ハード対策の検討が必要である。

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	・港湾施設、漁港施設、建築物、危険物、船舶等への衝突、破壊 ・道路の閉塞	・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 ・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	・避難施設の安全性確保 ・危険物等の防護 ・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 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保
	流水が河川・湖沼を遡上、漂流(河川結氷なし)	・堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突	・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	・重要な治水施設の防護
	パイルアップやアイスジャムの発生	・港湾施設、漁港施設、建築物、危建物、船舶等への衝突・破壊や、津波避難施設内への海水の突入 ・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	・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 ・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
河川結氷	津波が結氷河川・湖沼を遡上	・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	・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	・重要な治水施設の防護
	パイルアップやアイスジャムの発生	・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	・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 ・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
	氷盤が市街地に遡上、漂流	・建築物等への衝突 ・道路の閉塞	・建築物等への衝突による損壊等のリスクが増加する ・河川周辺の道路に河氷が遡上し、啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・津波避難施設等の重要施設・建築物の安全性確保 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保

(6)避難行動の阻害要因による影響の検討

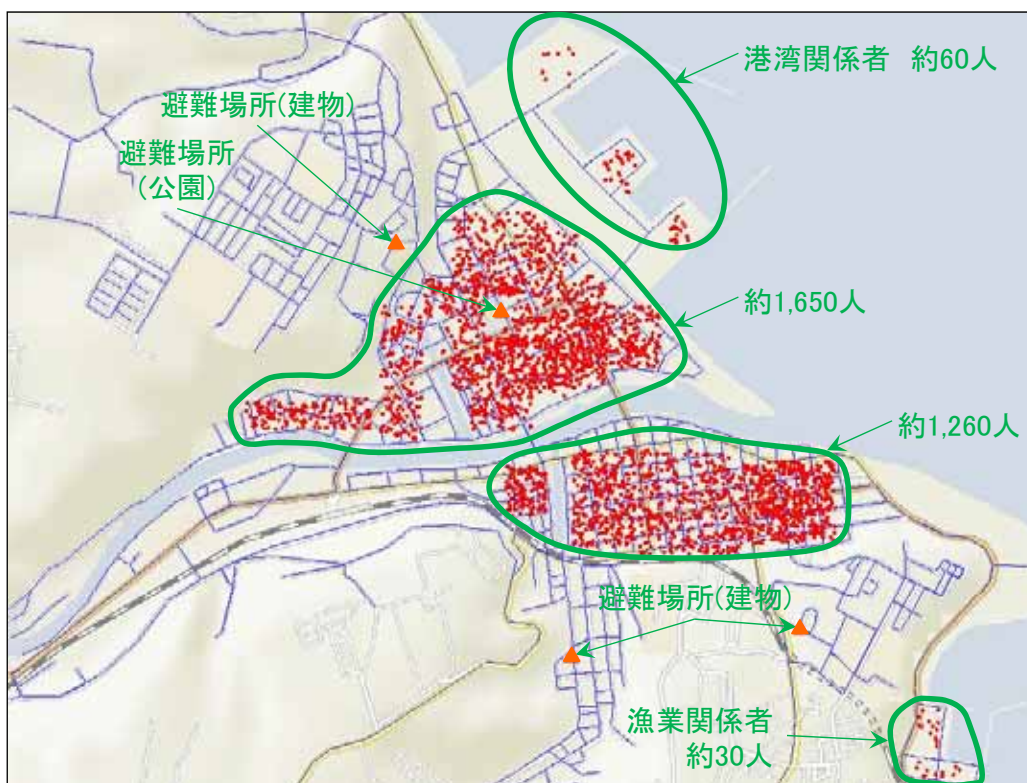
1)シミュレーション手法及び条件 ①概要

数値モデル	マルチエージェントシステム(artisoc3.0@構造計画研究所)による避難シミュレーション(※1を参考)
計算領域	3.8km×3.8km(500×500メッシュ)、道路(リンク)と交差点(ノード)で道路網を構成
時間ステップ	1秒
計算時間	地震発生直後～1時間(約25分で第1波到達)
避難条件	<ul style="list-style-type: none"> ○人口(北海道東部の都市における人口密度約3,000人/km²を参考) <ul style="list-style-type: none"> ・3,000名をランダム配置(配置面積 約1km²) ○年齢構成(H22国勢調査における北海道の平均値を参考) <ul style="list-style-type: none"> ・6才未満(4.8%)、6才～65才(70.5%)、65才以上(24.7%) ○歩行速度(「津波避難計画策定指針」(平成24年6月、北海道)、「津波避難のための施設整備指針」(平成24年3月、宮城県)を参考) <ul style="list-style-type: none"> ・1.0m/s(6才未満及び65才以上は0.5m/s) ・雪氷期は3割減を仮定 ・混雑度による歩行速度の低下を考慮 ○避難開始条件(「東日本大震災津波調査」、2011年9月8日、(株)ウェザーニューズを参考) <ul style="list-style-type: none"> ・地震発生直後:10%、0～5分:20%、5～10分:50%、10～15分:20%を仮定 ○歩道幅員(道路構造令及び歩道除雪で使用される除雪車の仕様を参考) <ul style="list-style-type: none"> ・主要道路:3.5m(雪氷期は2.0m) ・一般道路:2.0m(雪氷期は1.0m) ○経路選択 <ul style="list-style-type: none"> ・二項ロジットモデル、及び避難方向を考慮した経路選択モデル ○避難場所 <ul style="list-style-type: none"> ・4箇所を設定

※1:「マルチエージェントシミュレーションを用いた札幌市における帰宅困難者の行動分析に関する研究」佐々木・加賀屋、北海道大学

1)シミュレーション手法及び条件 ②初期配置等

◆ 道路網、避難者、及び避難場所の配置は下図のとおり。



【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

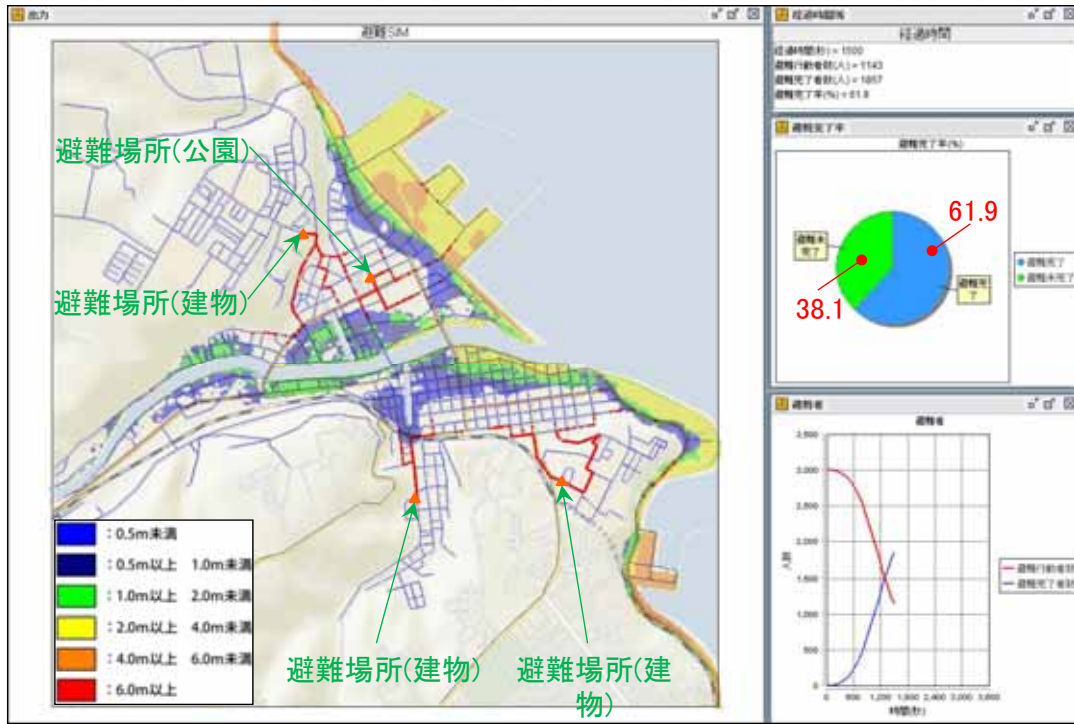
1)シミュレーション手法及び条件 ③検討ケースの詳細

◆ 各検討ケースの検討条件を整理すると以下のとおりであり、避難者が避難場所に到達した割合(避難完了率)により評価する。

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%)	1.0m/s (0.5m/s)	主要:3.5m 一般:2.0m	4箇所	
ケース2	雪氷期		6才~65才 (70.5%)	0.7m/s (0.35m/s) ※()内は6才未満及び65才以上	主要:2.0m 一般:1.0m	4箇所	直後 (10%) 0~5分 (20%) 5~10分 (50%) 10~15分 (20%)
ケース2-1			65才以上 (24.7%)				3箇所 (公園使用不能)
ケース2-2			4箇所			直後 (10%) 0~5分 (10%) 5~10分 (30%) 10~15分 (50%)	

2)検討結果 ①ケース1(雪氷期以外)

◆ 地震発生後25分の避難完了率は61.9%

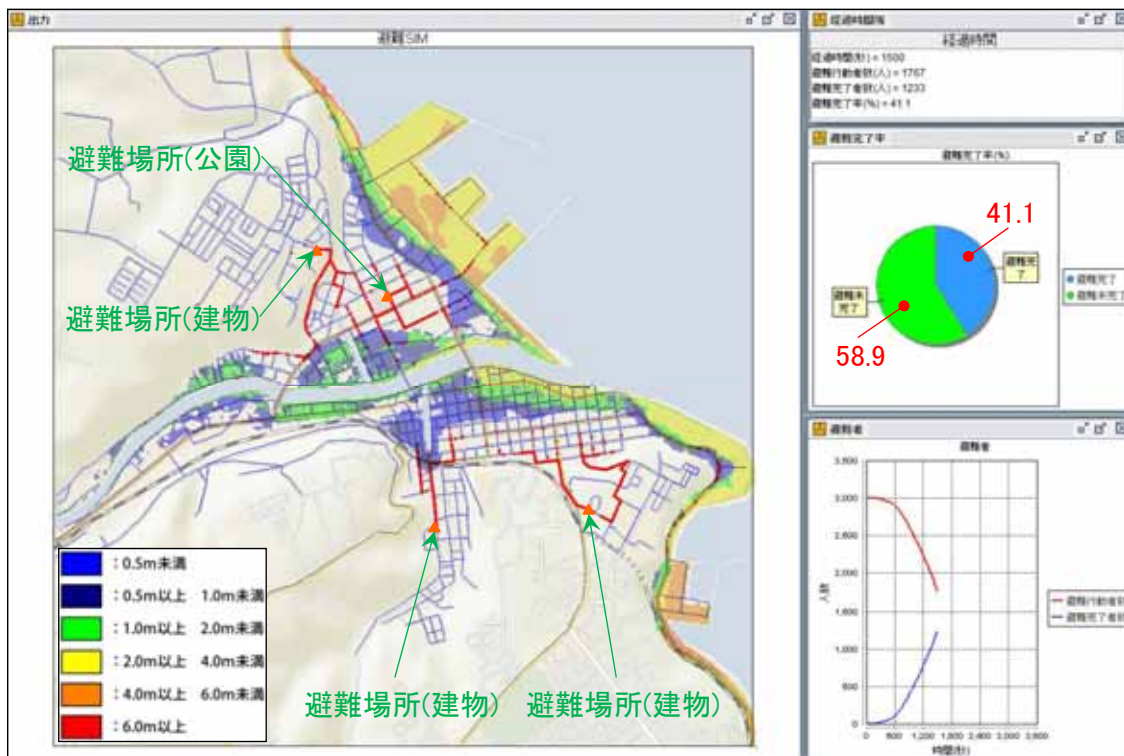


25分後の避難状況及び最大浸水深分布

※津波浸水SIMの結果、地震発生後約25分で第1波が到達することから、25分後の避難完了率で各ケースを比較する
【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ②ケース2(雪氷期)

◆ 地震発生後25分の避難完了率は41.1%であり、雪氷期以外よりも約20%低下する。

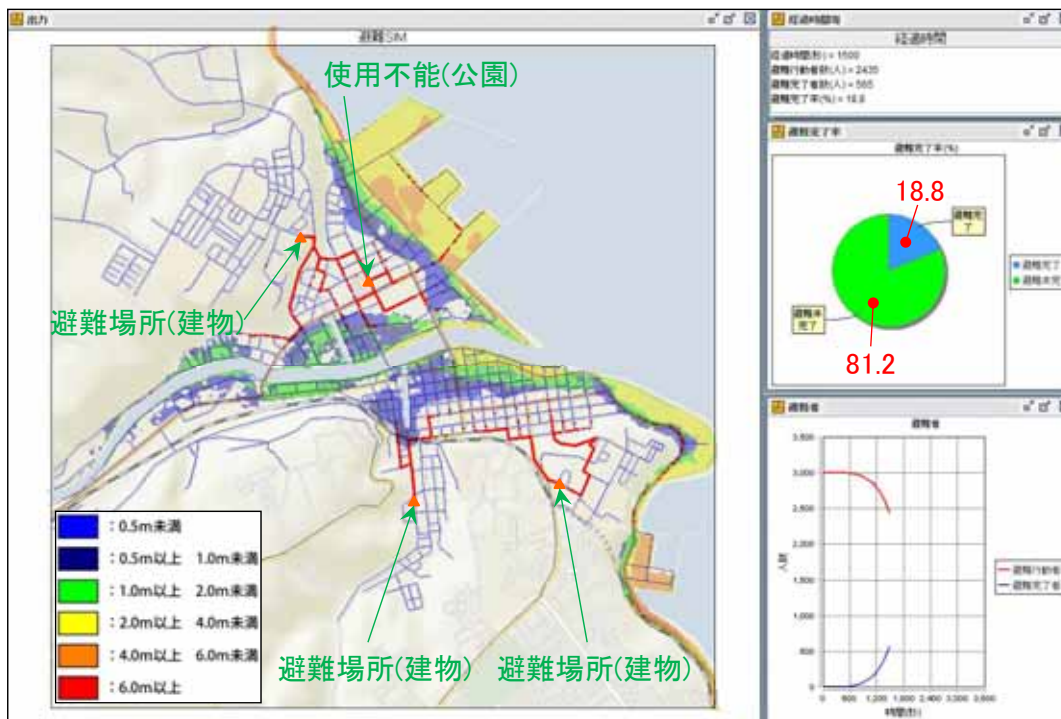


25分後の避難状況及び最大浸水深分布

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ③ケース2-1(雪氷期:避難場所(公園)の使用不能)

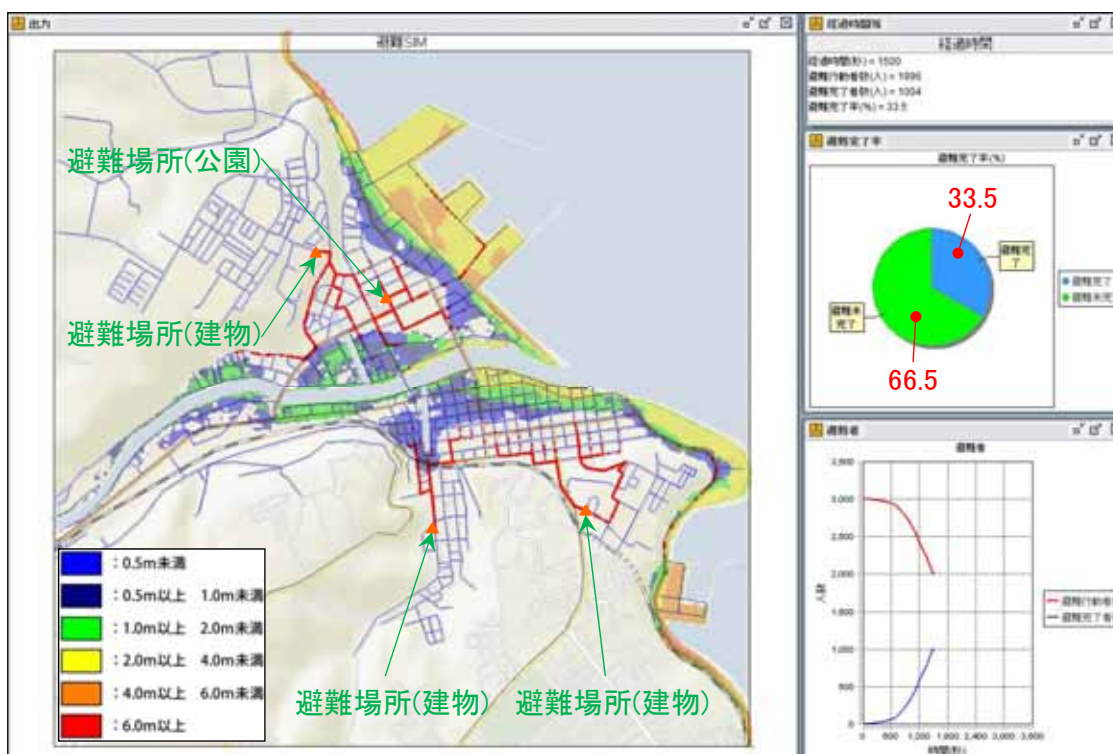
◆地震発生後25分の避難完了率は18.8%であり、避難場所(公園)の使用不能による避難時間の遅延の影響が認められる。



【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

2)検討結果 ④ケース2-2(雪氷期:避難開始時間の遅れ)

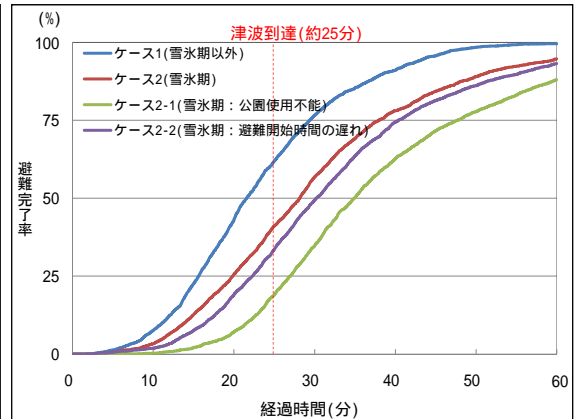
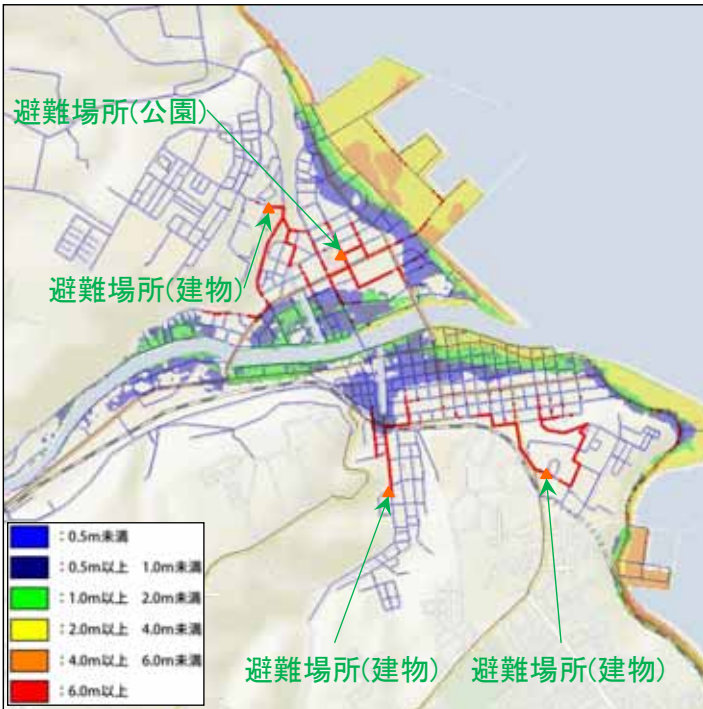
◆地震発生後25分の避難完了率は33.5%であり、初動の遅れは人的被害を拡大させる。



【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

3)積雪・凍結・低温等による津波災害シナリオ・リスクの評価と課題

◆ 雪氷期においては、雪氷期以外の季節よりも避難完了率が大幅に低下する傾向が認められ、人的被害が拡大するリスクがある。



避難完了率(%)

避難完了率(%)

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)	33.5	93.2

避難シミュレーション結果(ケース2を例:25分後)

【※モデルケース:特定の地域や都市を想定したものではない】

3)積雪・凍結・低温等による津波災害シナリオ・リスクの評価と課題

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	・避難時の歩行速度の低下 ・積雪による避難ルートの制限	・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	・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 ・雪氷期にも利用可能な避難ルートの確保
	避難場所の積雪	・避難場所としての機能喪失	・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	・雪氷期にも利用可能な避難場所の確保 ・雪氷期の円滑な避難の実現
	積雪の津波による輸送	・雪泥流の建築物等への衝突 ・瓦礫混入物の凍結の促進	・建築物等の被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・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
	降雪	・避難時の歩行速度の低下 ・啓開作業の遅延	・人的被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・雪氷期の避難計画の策定、避難行動の実施 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保
凍結	路面凍結	・避難時の歩行速度の低下	・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	・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
	瓦礫混入物の凍結	・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	・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・啓開・復旧活動等への影響の解明
低温	マイナス気温の継続	・避難場所での体力低下、凍死等 ・漂流者の生存時間の低下 ・初動の遅れ(防寒等の準備時間)	・人的被害のリスクが増加する	・安全かつ暖房等を有する避難場所の確保 ・雪氷期における早期避難のための個々人の準備

3.ハード面及びソフト面の防災対策の検討

(1)雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクから見た
現状の課題とその対策の方向(案)

(2)ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめの
方向(案)

(1)雪氷期の津波災害シナリオ及びリスクから見た現状の課題とその対策の方向(案) 

1)流氷・港内結氷における現状の課題とその対策の方向(案)

◆ 流氷・港内結氷による津波災害シナリオ・リスクから見た課題及び対策の方向(案)を整理すると以下のとおり。

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題	対策の方向
流氷・港内結氷	海水が漂流して陸域に遡上	・港湾施設、漁港施設、建築物、危険物、船舶等への衝突、破壊 ・道路の閉塞	・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 ・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	・避難施設の安全性確保 ・危険物等の防護 ・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 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保	・海水の影響を考慮した港湾施設、漁港施設の耐津波性強化対策 ・海水の影響を考慮した津波避難施設の確保または指定 ・二次被害の抑止や港湾・漁業活動の再開に資する津波漂流物対策の実施 ・海水の遡上等を考慮した啓開の検討、港湾・漁業活動のBCP策定 ・港湾施設、漁港施設、建築物等に対する海水影響の定量化のための研究推進
	流水が河川・湖沼を遡上、漂流(河川結氷なし)	・堤防、水門、樋門、取水施設等への衝突	・治水施設等への衝突が生じ、損壊のリスク、洪水等の二次災害のリスクが増加する	・重要な治水施設の防護	・樋門等の治水施設への海水影響の定量化のための研究推進 ・樋門等の防護施設の開発、研究の推進
	パイルアップやアイスジャムの発生	・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 ・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	・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 ・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	・海水の影響を考慮した津波避難施設の確保または指定 ・発生の可能性が高い箇所のハザードマップ等での周知 ・漂流物対策(危険物等の防護) ・パイルアップ・アイスジャムの発生等を考慮した啓開の検討(橋梁使用の可否、アイスジャム発生による啓開活動の制限等) ・海水の影響を考慮した港湾施設、漁港施設の耐津波強化対策 ・海水の遡上等を考慮した港湾・漁業活動のBCP策定 ・港湾施設、漁港施設、橋梁、建築物等に対するパイルアップ・アイスジャム等の影響の定量化のための研究推進 ・河川水位や津波遡上へのアイスジャムの発生による影響の定量化のための研究の推進

2)河川結氷における現状の課題とその対策の方向(案)

◆ 河川結氷による津波災害シナリオ・リスクから見た課題及び対策の方向(案)を整理すると以下のとおり。

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題	対策の方向
河川結氷	津波が結氷河川・湖沼を遡上	・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	・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	・重要な治水施設の防護	・樋門等の治水施設への河水影響の定量化のための研究推進 ・樋門等の設計及び防護施設に関する研究の推進
	パイルアップやアイスジャムの発生	・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) ・河川水位の上昇、氾濫による浸水深・範囲の増加	・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	・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 ・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	・河水の影響を考慮した津波避難施設の確保または指定 ・発生の可能性が高い箇所ハザードマップ等での周知 ・パイルアップ・アイスジャムの発生等を考慮した啓開の検討(橋梁使用の可否、アイスジャム発生による啓開活動の制限等) ・橋梁、建物等に対するパイルアップ・アイスジャム等の影響の定量化のための研究推進 ・河川水位や津波遡上へのアイスジャムの発生による影響の定量化のための研究の推進
	氷盤が市街地に遡上、漂流	・建築物等への衝突 ・道路の閉塞	・建築物等への衝突による損壊等のリスクが増加する ・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	・津波避難施設等の重要施設・建築物の安全性確保 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保	・河水の影響を考慮した津波避難施設の確保または指定 ・河水の遡上等を考慮した啓開の検討 ・建築物等に対する河水影響の定量化のための研究推進 ・河水の氾濫漂流に関する研究推進

3)積雪における現状の課題とその対策の方向(案)

◆ 積雪による津波災害シナリオ・リスクから見た課題及び対策(案)を整理すると以下のとおり。

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題	対策の方向
積雪・降雪	路面の積雪	・避難時の歩行速度の低下 ・積雪による避難ルートの制限	・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	・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 ・雪氷期にも利用可能な避難ルートの確保	・早期避難行動の周知・啓発 ・雪氷期の避難行動の阻害要因を考慮したハザードマップの作成 ・除排雪の実態等、雪氷期の状況を考慮した避難ルートの設定 ・積雪を考慮した緊急避難階段(シェルター付き等)の整備
	避難場所の積雪	・避難場所としての機能喪失	・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	・雪氷期にも利用可能な避難場所の確保 ・雪氷期の円滑な避難の実現	・避難場所(屋外)の除排雪 ・津波避難ビル等による避難場所(屋内)の指定 ・円滑な避難のための情報提供の検討 ・雪氷期の避難行動の阻害要因を考慮したハザードマップの作成
	積雪の津波による輸送	・雪泥流の建築物等への衝突 ・瓦礫混入物の凍結の促進	・建築物等の被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・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	・瓦礫混入物の凍結を考慮した啓開の検討 ・雪泥流による影響を解明するための研究の推進
	降雪	・避難時の歩行速度の低下 ・啓開作業の遅延	・人的被害のリスクが増加する ・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・雪氷期の避難計画の策定、避難行動の実施 ・雪氷期における迅速な啓開・復旧活動の実施体制の確保	・早期避難行動の周知・啓発 ・雪氷期の避難行動の阻害要因を考慮したハザードマップの作成 ・降雪を考慮した啓開の検討

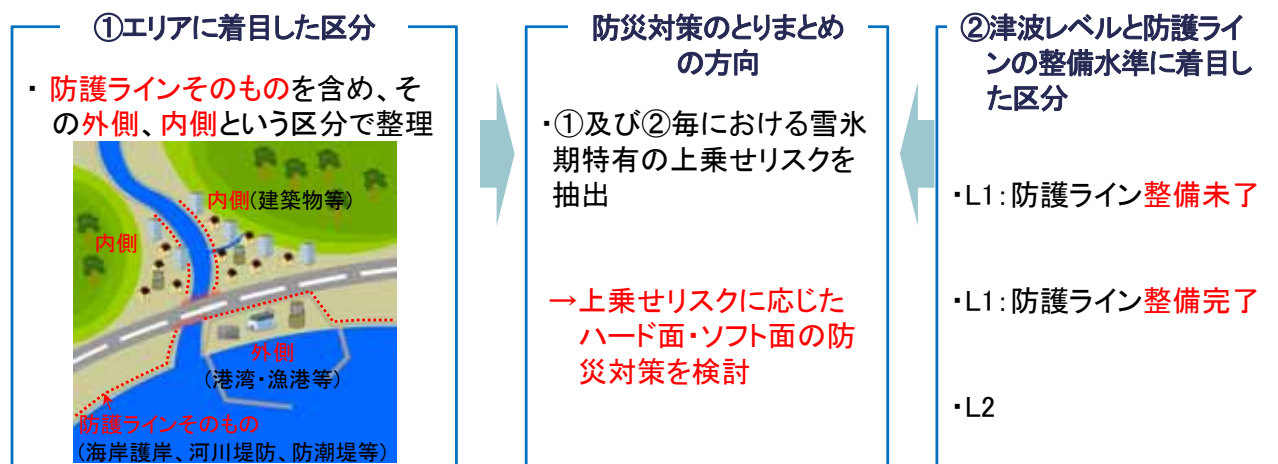
4)凍結・低温による現状の課題とその対策の方向(案)

◆ 凍結・低温による津波災害シナリオ・リスクから見た課題及び対策の方向(案)を整理すると以下のとおり。

雪氷現象	物理現象	津波災害シナリオ	リスク	課題	対策の方向
凍結	治水施設(水門、陸閘)が凍結により閉鎖不能	・浸水範囲の拡大	・浸水被害、人的被害のリスクが増加する	・樋門等の確実な閉鎖	・樋門の自動閉鎖化に加えて、雪氷期の維持管理を含めた確実な閉鎖方法の検討
	路面凍結	・避難時の歩行速度の低下	・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	・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	・早期避難行動の周知・啓発 ・雪氷期避難行動の阻害要因を考慮したハザードマップ作成 ・沿岸部の緊急避難施設の整備(避難ビル指定) ・緊急避難階段等の整備
	瓦礫混入物の凍結	・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	・啓開・復旧活動が遅延するリスクが増加する	・啓開・復旧活動等への影響の解明	・瓦礫混入物の凍結を考慮した啓開の検討 ・模擬啓開を含め、啓開活動への影響に関する試験・研究の推進
低温	マイナス気温の継続	・避難場所での体力低下、凍死等 ・漂流者の生存時間の低下 ・初動の遅れ(防寒等の準備時間)	・人的被害のリスクが増加する	・安全かつ暖房等を有する避難場所の確保 ・雪氷期における早期避難のための個々人の準備	・屋内の避難場所の指定、津波避難ビルの活用 ・早期避難行動の周知・啓発 ・屋内の避難場所を明記したハザードマップによる周知・啓発

(2)ハード面及びソフト面の防災対策のとりまとめの方向(案)

◆ ハード面及びソフト面の防災対策は、以下のとおり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に応じた対策を整理する。



(例)

エリア		津波レベルと防護ラインの整備水準		
		L1:整備未了	L1:整備完了	L2
【防護ラインそのもの】	雪氷期特有の上乗せリスク	・防護ラインの内側のリスク増加	・なし	・影響が小さい
○防潮堤	防災対策	・早急なL1対応の整備水準確保	—	・L1対応の整備において粘り強い構造とすることにより、L2に対する減災に資する

4.災害発生後のオペレーションの検証

(1)模擬啓開の目的及び実施内容

(2)模擬啓開の実施方法

(1)模擬啓開の目的及び実施内容

◆ 目的

雪氷期の津波発生後には、積雪による雪泥流や海氷が瓦礫とともに陸域に堆積すること、また、更にこれらが凍結すること等により、雪氷期以外の期間と比べて、啓開や復旧活動の遅延が懸念される。

このため、流水接岸期に津波が来襲した場合における啓開作業を想定した模擬啓開を行い、必要な資機材、人員、作業方法、作業時間等について雪氷期特有の課題を抽出することを目的とする。

◆ 実施内容

○実施場所

網走港内で行われる「第48回あばしりオホーツク流氷まつり」の会場とする。

○実施時期

流氷まつり(平成25年2月9日～11日予定)の終了翌日12日(火)に作業準備を行い、13日(水)に模擬啓開を行う。

○実施概略手順

流氷まつり会場のレイアウト(前回:平成24年2月の実施例)を参考に、次項に示す手順で実施する。

◆ 実施概略手順

