

## ハード・ソフト両面でも取り組んできた 津波対策に関する研究

河川研究部 海岸研究室の成果より

令和3年12月20日

国土技術政策総合研究所  
河川研究部長  
福濱 方哉

(明治)

1896年: 明治 三陸地震津波

(大正)

1923年: 関東大震災による津波

(昭和)

1933年: 昭和 三陸地震津波

1944年: 昭和 東南海地震津波

1946年: 昭和 南海地震津波

1952年: 十勝沖地震津波

1960年: チリ地震による津波 (海外より来襲した津波)

1983年: 日本海中部地震津波

(平成)

1993年: 北海道南西沖地震津波

2004年: スマトラ島沖地震津波 (海外の被害)

2011年: 東北地方太平洋沖地震津波

# 研究テーマの一覧

	第1期(東日本大震災以前の研究)	第2期(東日本大震災をふまえた研究)
ハード対策の研究	<p>○2004年</p> <p>津波波力に関する研究</p>	<p>○2011年</p> <p>設計津波の設定方法</p> <p>○2014~2016年</p> <p>自然・地域インフラに関する研究</p> <p>○2011年</p> <p>津波防護施設の構造に関する研究</p> <p>○2016~2017年</p> <p>津波防護施設の候補箇所の抽出手法に関する研究</p> <p>○2011~2014年</p> <p>津波に対して粘り強い海岸堤防に関する研究</p> <p>○2012年~</p> <p>【研究成果】粘り強い構造による海岸堤防の復旧</p> <p>○2012年~</p> <p>海岸堤防の耐震照査に関する研究</p>
ソフト対策の研究	<p>○2005~2006年</p> <p>破堤等を考慮した津波浸水計算に関する研究</p> <p>○2007~2009年</p> <p>津波避難促進施策に関する研究</p>	<p>○2011年</p> <p>津波浸水想定に関する研究</p> <p>○2012年</p> <p>【研究成果】津波浸水想定の設定の手引き</p>

## ハード対策

- ① 海岸堤防に作用する津波波力
- ② 粘り強い海岸堤防

## ソフト対策

- ③ 破堤や地形変化を考慮した津波浸水計算
- ④ 津波避難の促進
- ⑤ 津波防災地域づくり(津波浸水想定の設定)

# ① 海岸堤防に作用する津波波力



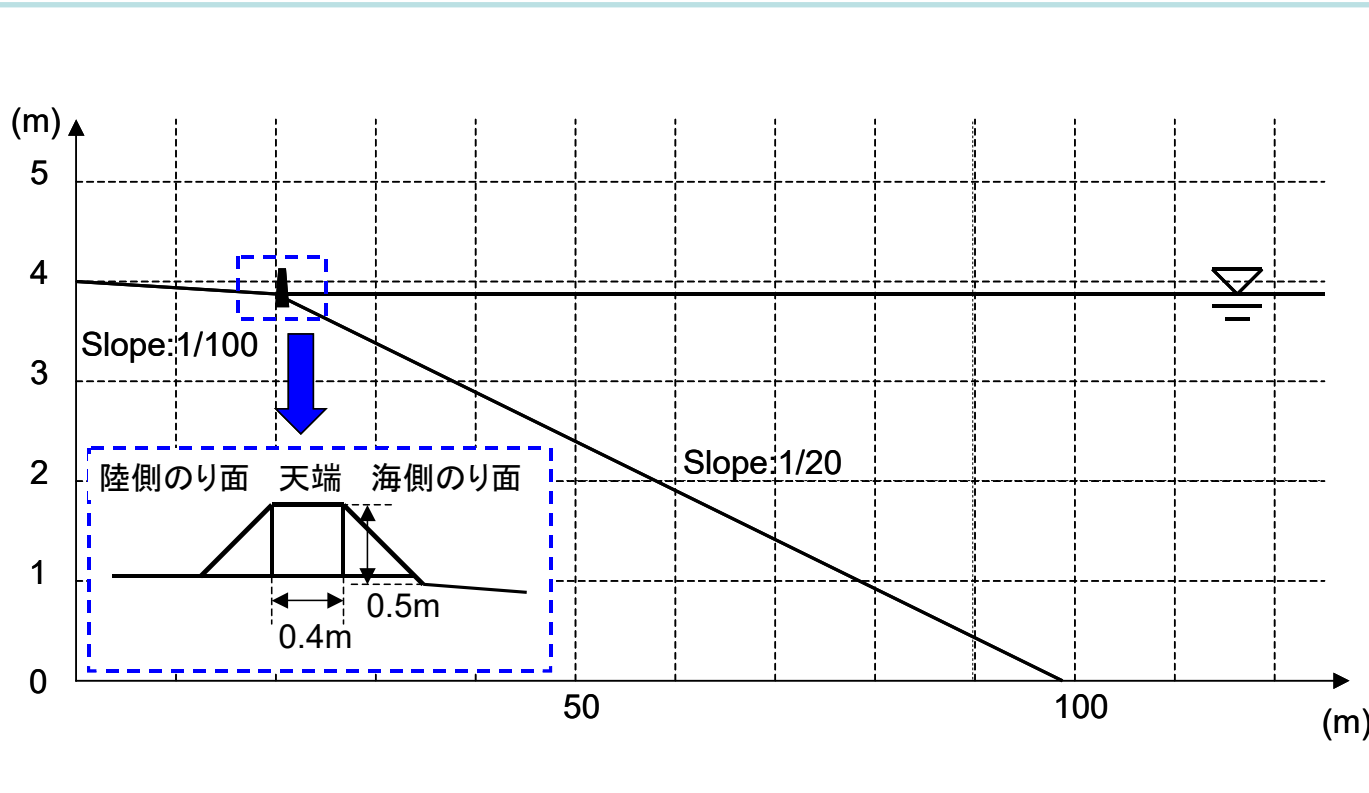
1993年北海道南西沖地震津波の被害

津波により、海岸堤防が被災している。  
陸地への浸水、遡上を防ぐ堤防の設計にあたっては、  
津波の波力を適切に把握する必要がある。

## 実験施設の概要

### 実験水路

#### 造波機



縦断図

長さ: 140m

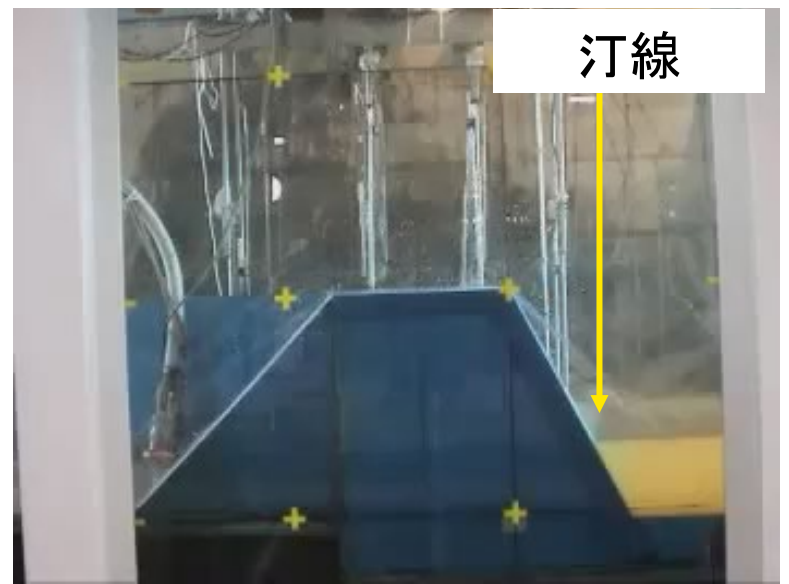
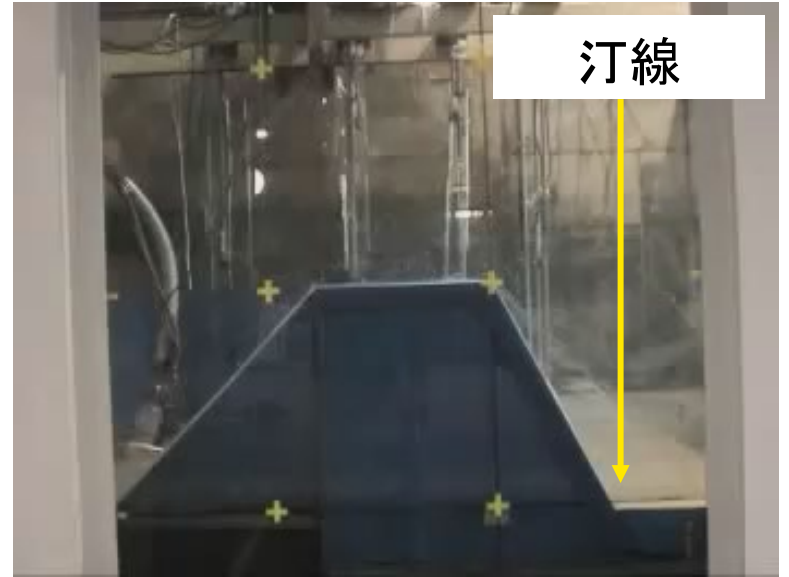
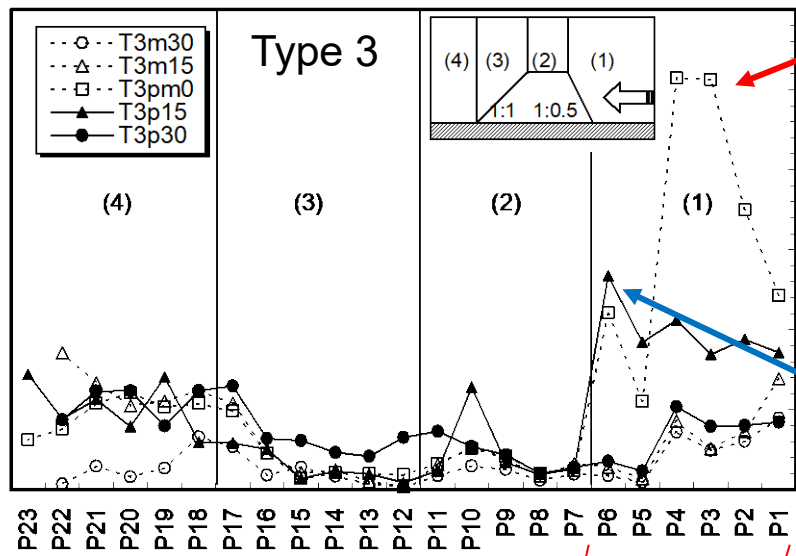
幅: 2m

深さ: 5m

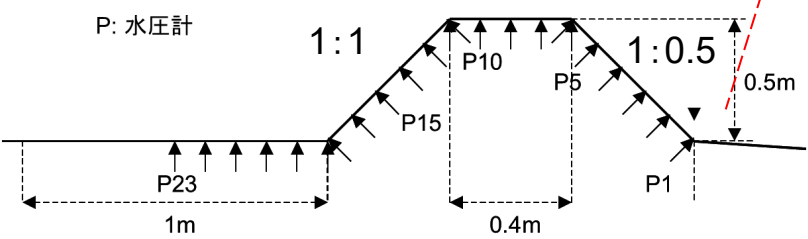
# ① 海岸堤防に作用する津波波力

波高: 40 cm

T3pm0



T3p15



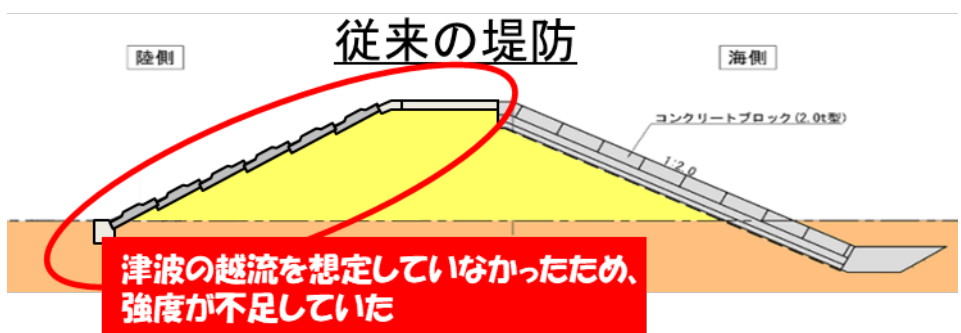


## ② 粘り強い海岸堤防

## 2011年 東北地方太平洋沖地震津波による破堤



陸側の法面が崩れ落ちている堤防が多かった





## ② 粘り強い海岸堤防

### <粘り強い海岸堤防のポイント>

#### ① 堤防の基礎・地盤部分の補強

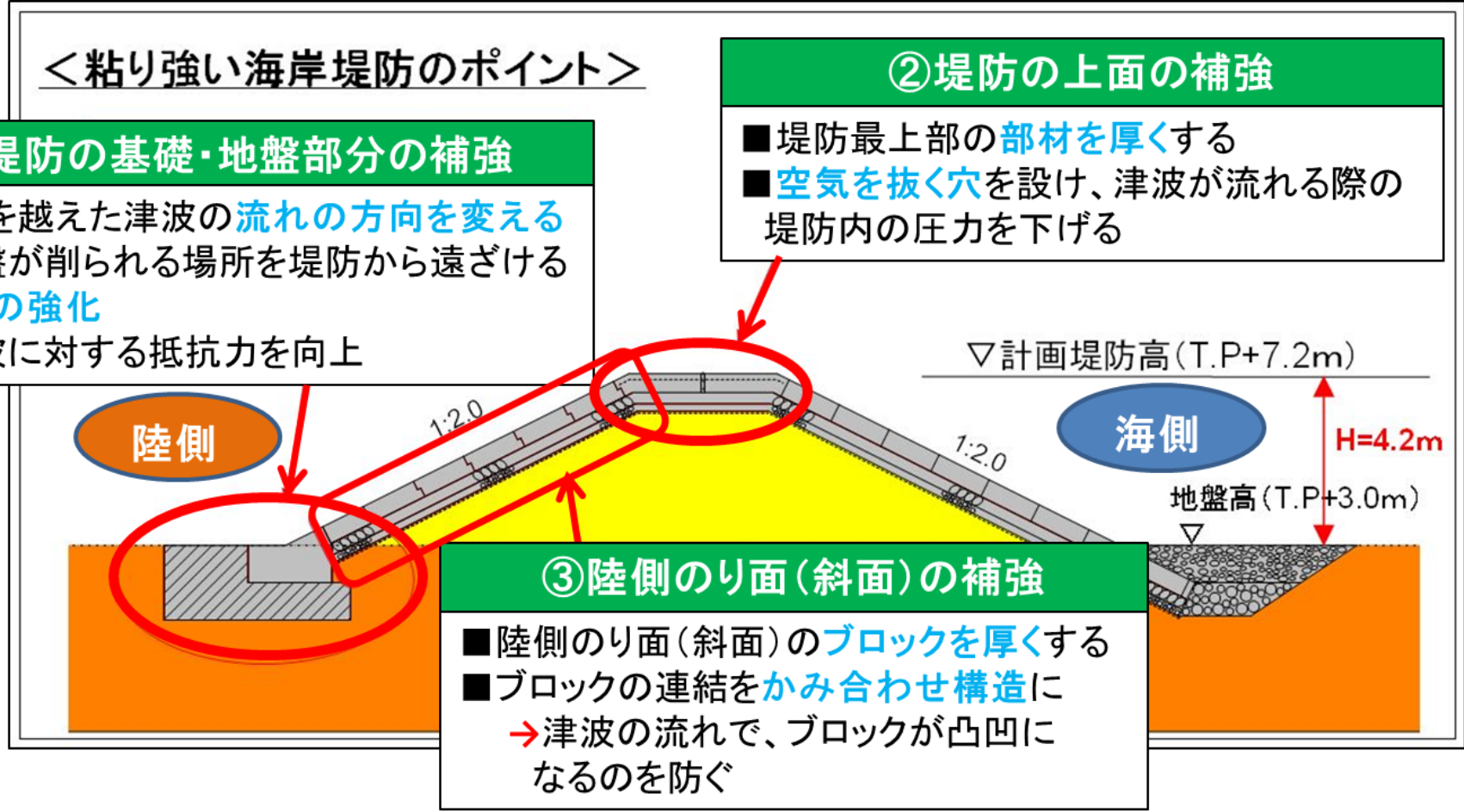
- 堤防を越えた津波の**流れの方向を変える**  
→ 地盤が削られる場所を堤防から遠ざける
- **基礎の強化**  
→ 津波に対する抵抗力を向上

#### ② 堤防の上面の補強

- 堤防最上部の**部材を厚くする**
- **空気を抜く穴**を設け、津波が流れる際の堤防内の圧力を下げる

#### ③ 陸側のり面(斜面)の補強

- 陸側のり面(斜面)の**ブロックを厚くする**
- ブロックの連結を**かみ合わせ構造**に  
→ 津波の流れで、ブロックが凸凹になるのを防ぐ



## ② 粘り強い海岸堤防

粘り強い構造

従来の構造

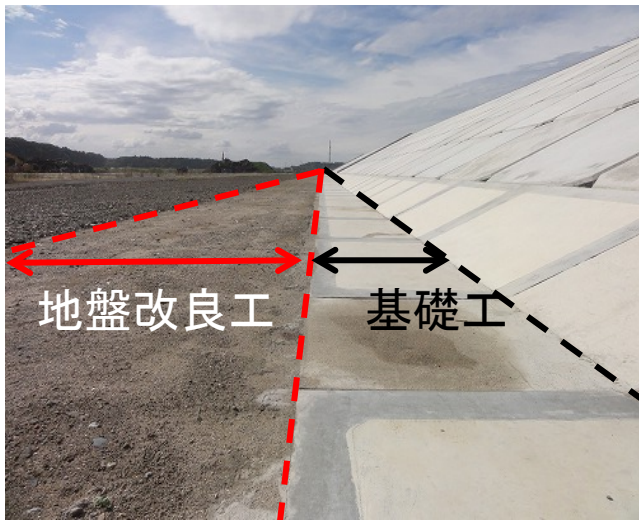


注) 動画は4倍速で再現しています。

海岸研究室HPにて、技術速報や実験映像を公開しています。  
[http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/labo/02\\_02.html](http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/labo/02_02.html)



## 仙台湾南部海岸復旧工事への活用



海岸法改正 (H26.6)  
技術基準改定 (H27.2)

設計津波を超える津波の作用に対して、当該堤防の損傷等を軽減する機能を有するものとする。  
**(粘り強い堤防構造を規定)**

### ③ 破堤や地形変化を考慮した津波浸水計算

### ③ 破堤や地形変化を考慮した津波浸水計算

津波による背後地の浸水被害については、海岸堤防が被災するか否かで、状況が変わる。

そのため、

地震動による海岸堤防の沈下

津波の掃流力による海岸堤防の破堤

を評価することが重要。

また、

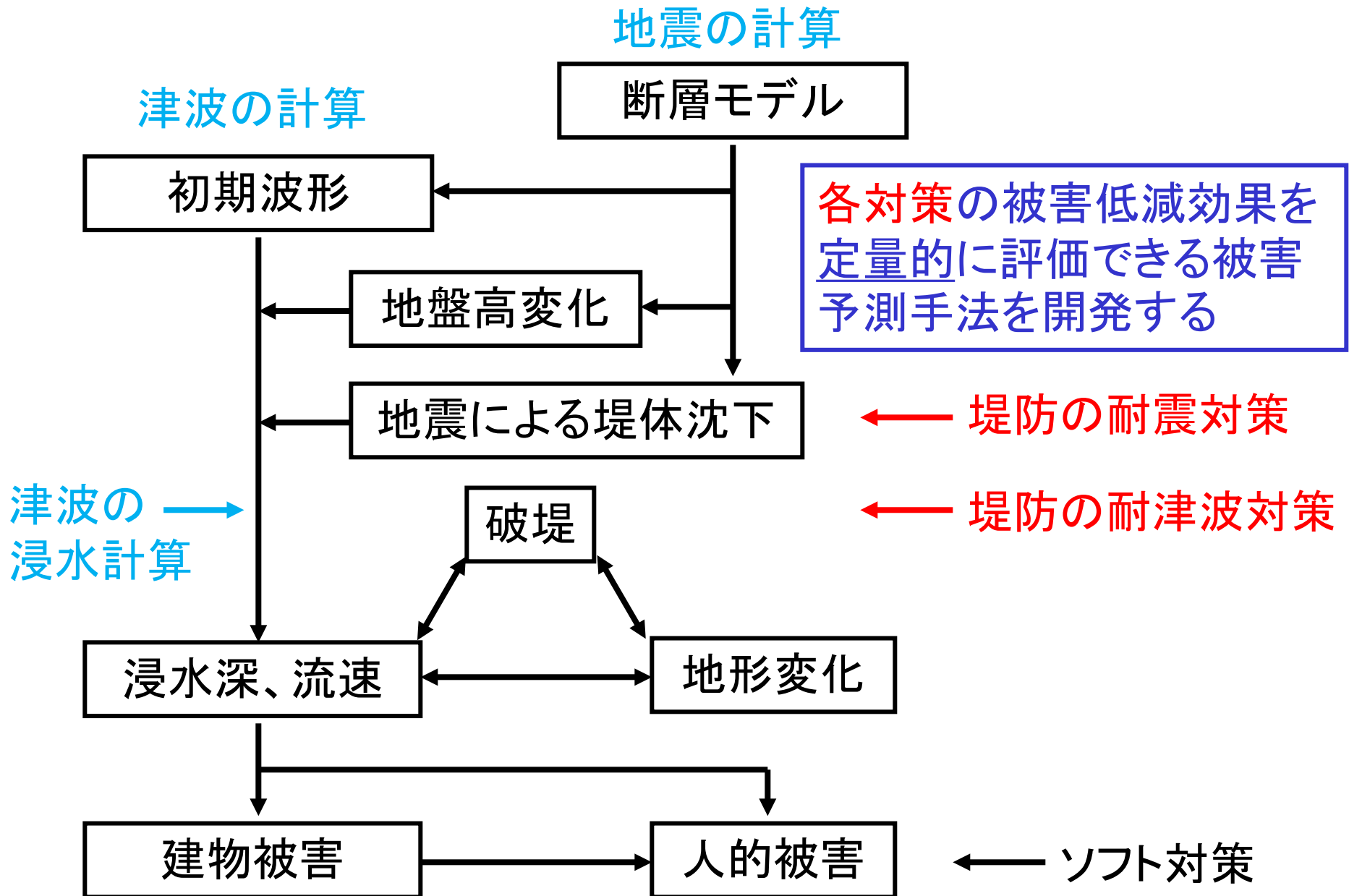
津波による河口砂州や砂浜の変形は、

津波の河川遡上や海岸堤防の安定性に影響する。

そのため、津波による地形変化を評価することが重要。

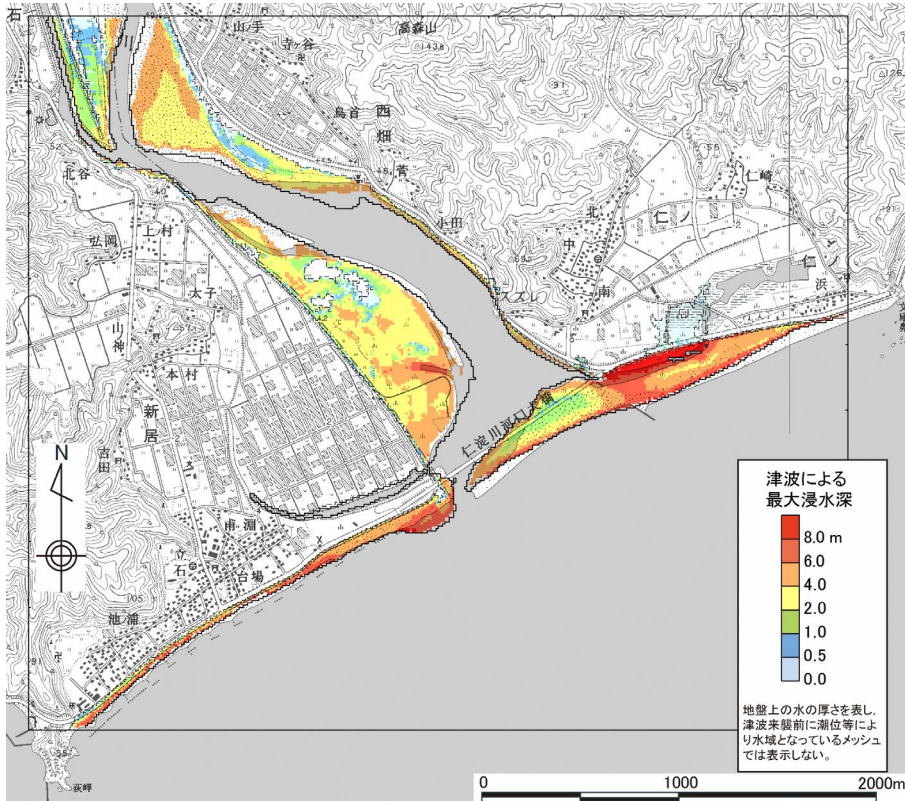


### ③ 破堤や地形変化を考慮した津波浸水計算



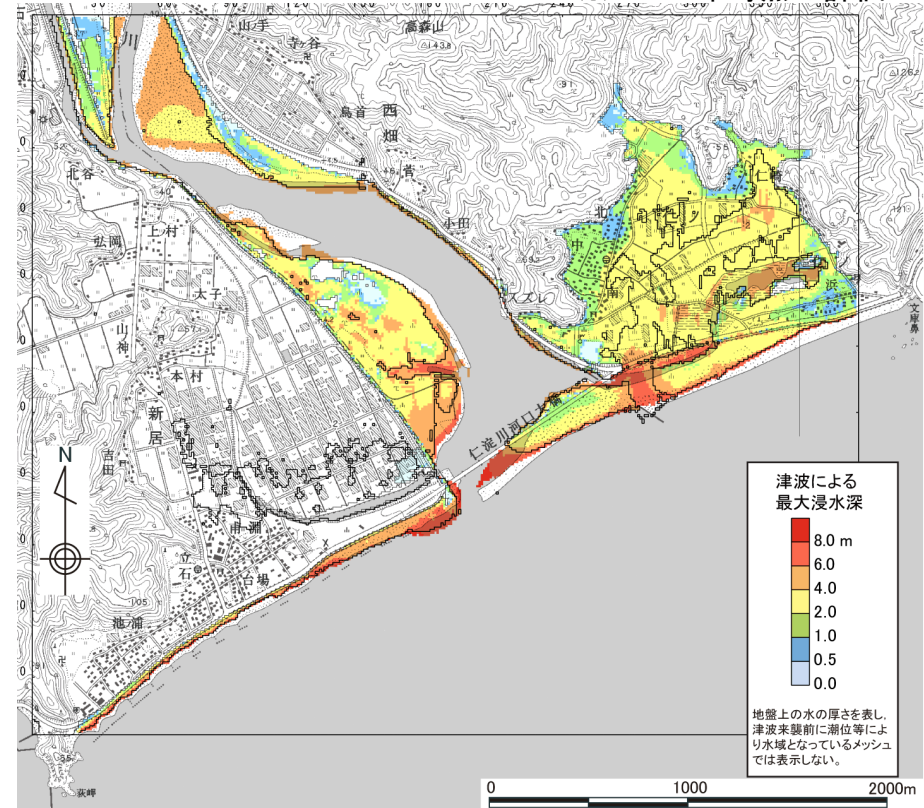
# ③ 破堤や地形変化を考慮した津波浸水計算

堤防や地形に津波の作用  
を取り入れていない最大浸水深



堤防にかかる地震動や、津波による  
地形変化を取り入れた最大浸水深

※ 2006年時点の評価



評価をもとに、ハード・ソフト対策を行っていくことが重要。  
後述の津波浸水想定の設定に、堤防の耐震性や津波による決壊を考慮することにつながっている。

## ④ 津波避難の促進

## ④ 津波避難の促進

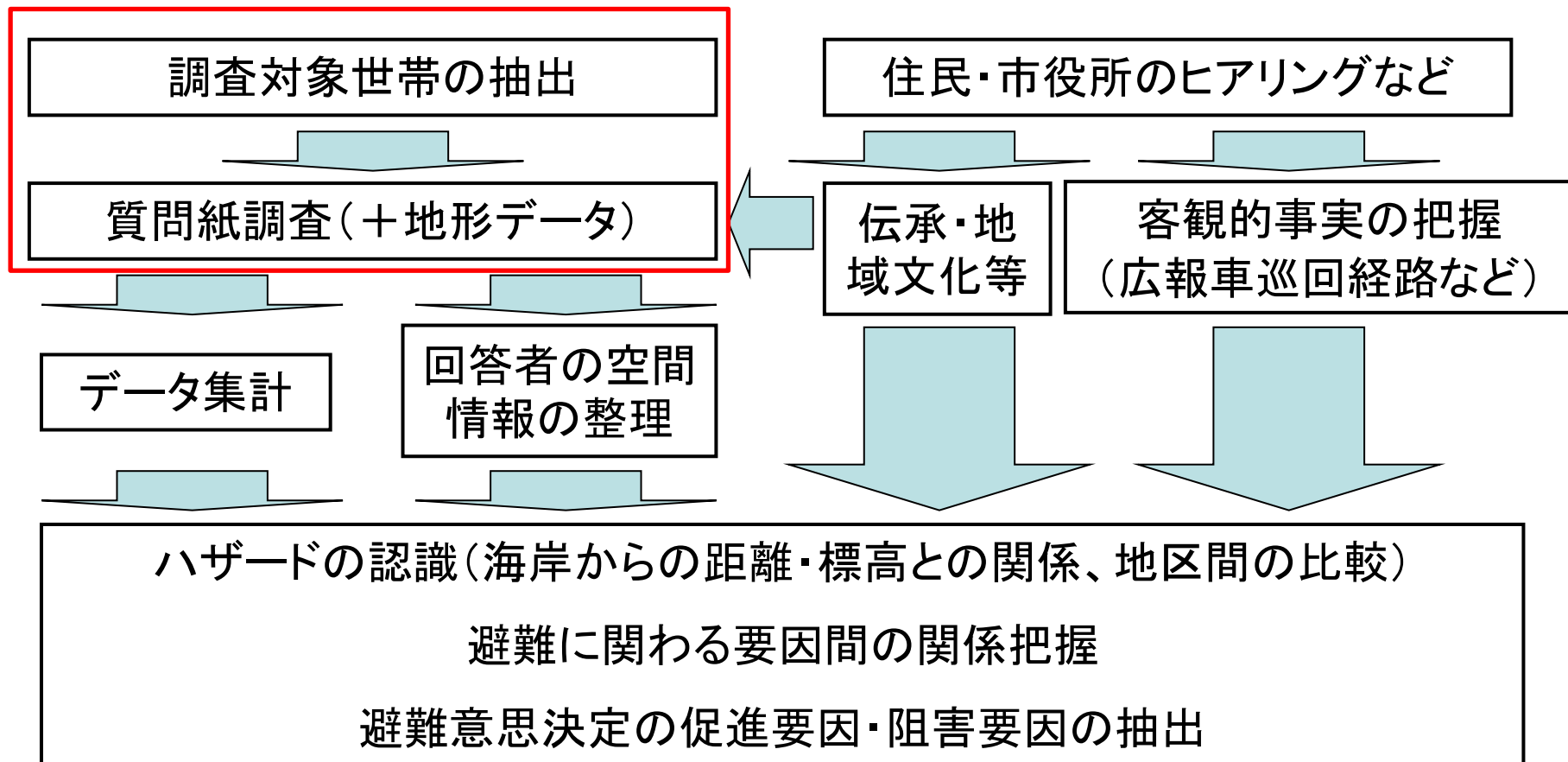
- ・津波警報が発令されても**避難しない住民が多い**のが現状。
- ・津波は発生間隔が比較的長く、前回の教訓が生かされにくい。
- ・過去の**災害教訓の伝承**と、予想される**災害像の周知**が防災上重要である。
- ・また、その避難においては**住民同士の声掛け**や**要援護者の支援**が、被災時には復旧・復興に向けた**地域での取り組み**が必要である。

住民間のつながりや防災活動への参加意欲がないと、地域での取り組みは容易に実現・持続しないのではないか？



**ソーシャルキャピタル**※を歴史的に形成されてきた地域防災力の礎と捉え、避難促進施策の検討のため**避難意志決定要因**に関する調査を行った。

※人々の協調行動を活発にすることによって社会の効率性を高めることのできる、「信頼」、「規範」、「ネットワーク」といった社会組織の特徴（≒地域力）



- ・GISによる回答者の空間情報の把握
- ・共分散構造分析による避難意思決定要因の分析

調査対象：平成18年11月15日の千島列島沖地震の津波に対して  
避難勧告が発令された釧路市内の650世帯（回収総数  
302世帯）

サンプリング：層化多段抽出

調査方法：訪問配布、郵送回収（受取人払い）

調査項目：ハザードの認識、警報・避難勧告の認知、避難行動、  
避難呼びかけの有無、避難訓練への参加経験、災害経  
験、ソーシャルキャピタル（他人への信頼感、近所つき  
合い、地域の地縁活動、個人の活動）など

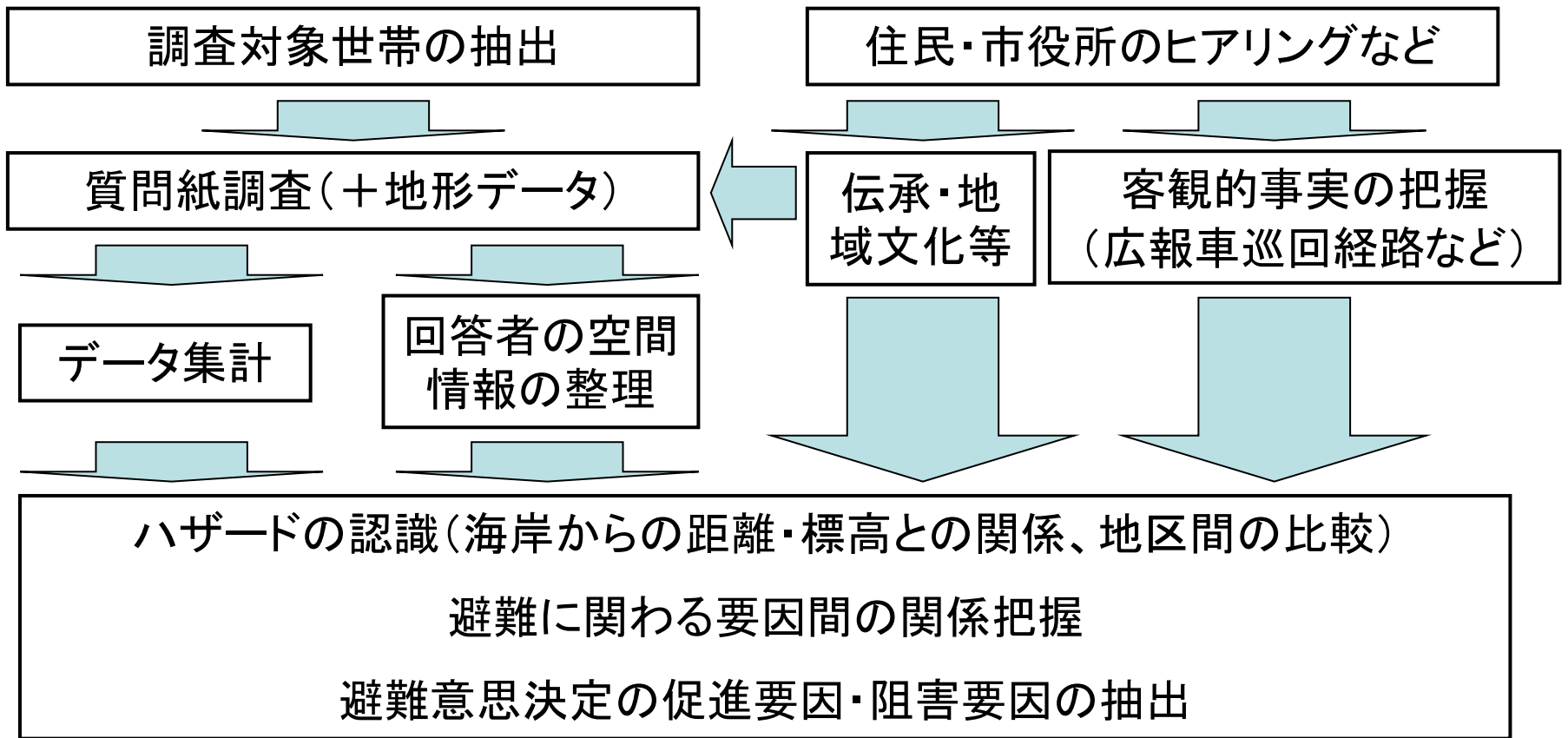
分析：単純集計、共分散構造分析による意思決定要因の検証

釧路市（平成18年11月と19年1月の地震で避難勧告発令）

避難勧告の対象：2,561世帯（4,675人）

避難率（避難所に避難した人の割合）：8%（18年11月）、4%（19年1月）

調査時期：平成19年12月



- ・GISによる回答者の空間情報の把握
- ・共分散構造分析による避難意思決定要因の分析

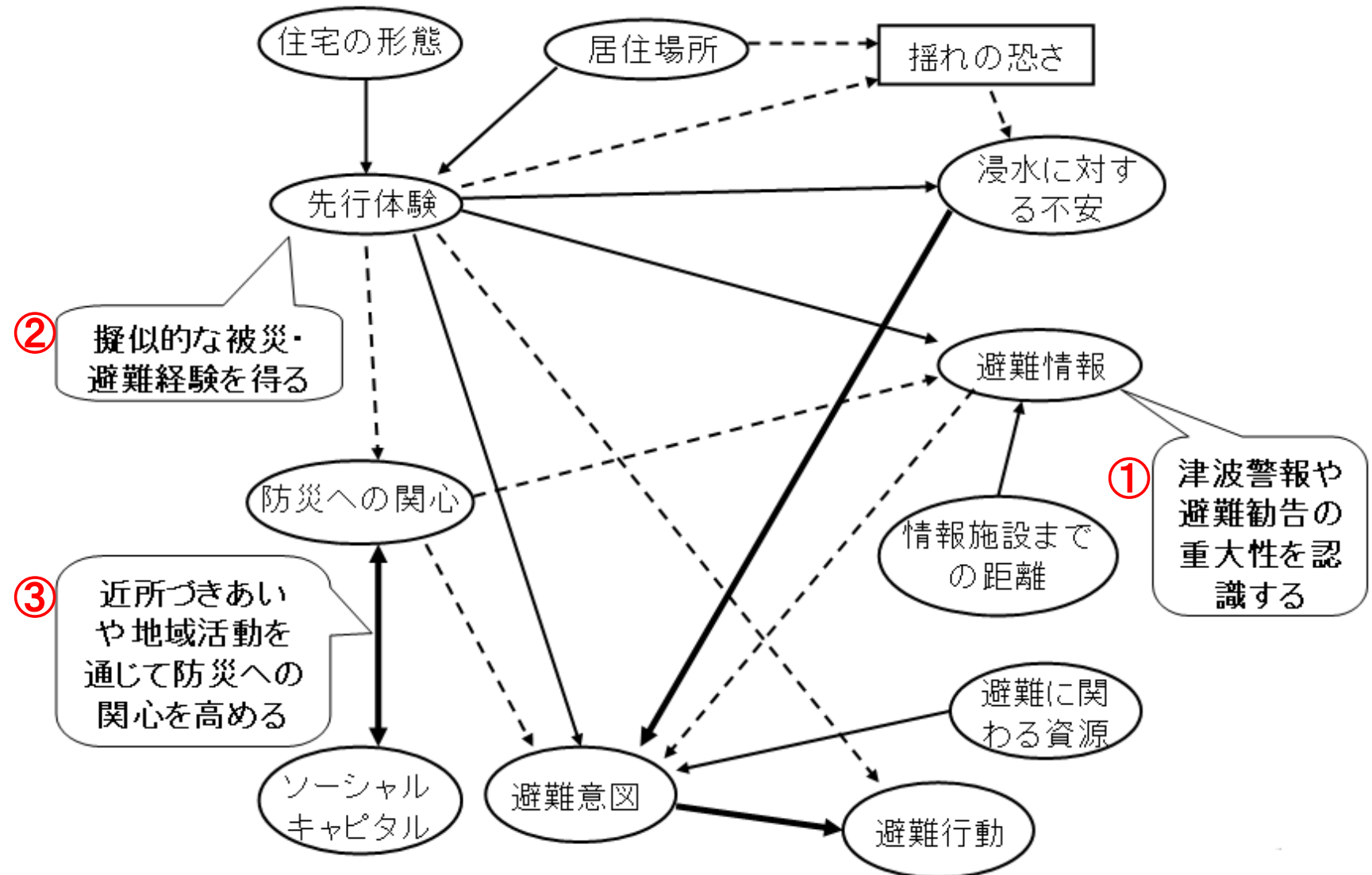


### 分析結果

- ・浸水に対する不安、津波の被災・避難経験、避難場所までの距離等が、避難意図・避難行動に繋がっている
- ・津波警報や避難勧告を多くの人が認知したが、その認知は浸水に対する不安や避難行動に繋がっていない(正常化の偏見など)
- ・津波の被災・避難経験を半数以上の人は持っていない
- ・防災への関心(避難場所の認知、防災訓練の参加経験など)は、警報等の認知や避難行動にあまり関係していない
- ・ソーシャルキャピタルは、防災への関心に関係している(ソーシャルキャピタルと防災への関心との間に双方向の関係が示唆されている)
- ・地縁活動に参加していない人が過半数で、近所とのつきあい程度や永住意向が比較的薄い



## 避難意思決定要因間の関係

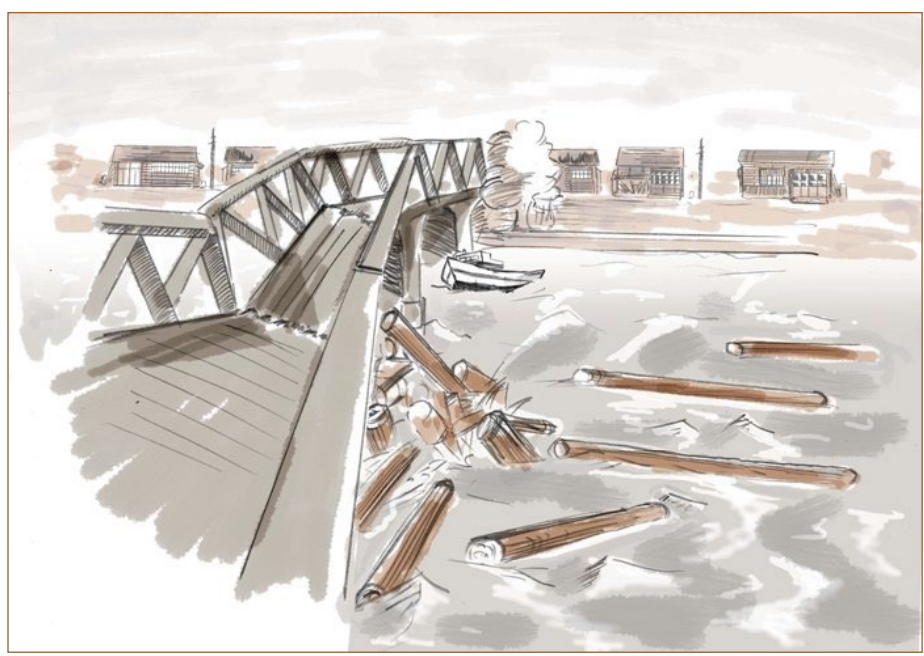


# ④ 津波避難の促進

1952年の十勝沖地震や1960年のチリ地震における避難及び釧路川での津波の挙動について、多数の体験談が得られた。それをふまえて、市役所があった高台への避難の様子や、釧路川に架かる久寿里橋の被災状況を絵にした。議論の中では、津波がやって来る方向に避難場所がある、廃校となった小学校を避難場所として活用できないかなどの意見が出された。



旧市役所への避難(1952年の十勝沖地震)



壊れた久寿里橋(1952年の十勝沖地震)

## ⑤ 津波防災地域づくり (津波浸水想定の設定)



# ⑤ 津波防災地域づくり(津波浸水想定の設定)

- ・最大クラスの津波が発生した際も「なんとしても人命を守る」
- ・ハード・ソフトの施策を総動員させる「多重防御」



津波による災害を防止・軽減する効果が高く、将来にわたって安心して暮らすことのできる安全な地域の整備、利用及び保全する**津波防災地域づくり**。

**津波浸水想定**は都道府県知事が「津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針」に基づき作成する、

最大クラスの**津波があった場合に想定される浸水の区域・水深**である。

国総研においては、国土交通本省と共同で、**津波浸水想定**の設定手法をとりまとめ、津波防災地域づくりに貢献している。

# ⑤ 津波防災地域づくり(津波浸水想定の設定)

## 津波浸水想定の設定手法

### ①最大クラス津波の設定

- ・実績、想定津波のリストアップ
- ・地域海岸毎に波源設定

### ②計算条件の設定

- ・LP地形データ活用し最小格子間隔10m
- ・堤防の破壊条件

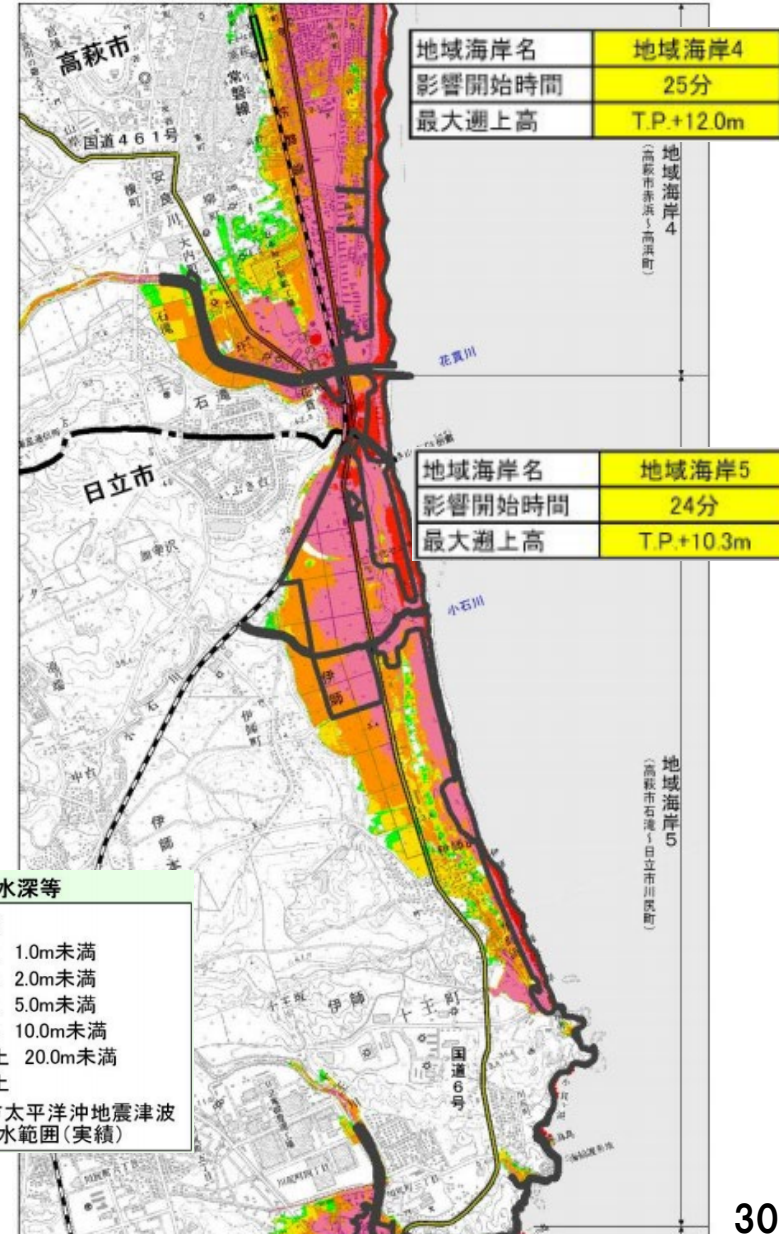
### ③津波浸水シミュレーション

- ・非線形長波方程式
- ・基準水位計算法

### ④浸水区域・浸水深出力

- ・浸水深別色分け
- ・沿岸に到達する時間

## 津波浸水想定(作図イメージ例)





- 1) 国総研資料 第485号「公共土木施設の地震・津波被害想定マニュアル(案)」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0485.htm>
- 2) 国総研資料 第568号「高潮・津波からの避難に関する調査」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0568.htm>
- 3) 国総研資料 第622号「2010年チリ地震津波からの避難に関する調査」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0622.htm>
- 4) 国総研プロジェクト研究報告 第52号「津波からの多重防御・減災システムに関する研究」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/kpr/prn0052.htm>
- 5) 国総研資料 第977号「海岸堤防(盛土を含む構造)の耐震性能照査に関する技術資料」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0977.htm>
- 6) 国総研資料 第986号  
「津波防災地域づくりにおける自然・地域インフラの活用に関する技術資料」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0986.htm>
- 7) 国総研資料 第1035号「津波越流に対する海岸堤防の粘り強い構造の要点」  
[http://www .nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1035.htm](http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1035.htm)
- 8) 国総研資料 第1074号「指定津波防護施設の候補及び津波防護施設の整備候補箇所  
の抽出に関する技術資料」  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1074.htm>
- 9) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.10  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kaigan/tsunamishinsui\\_manual.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kaigan/tsunamishinsui_manual.pdf)