

2017/9/7

一般社団法人レジリエンス協会 第27回定例会

# 背後地の津波リスクを考慮した 防潮堤高さの検討

福谷 陽

(関東学院大学 准教授)

1. 津波リスクの考え方
2. 現状における防潮堤高さの決定プロセス
3. 津波リスクを考慮した防潮堤高さの検討

# 1. 津波リスクの考え方

# 伝統的なリスクの考え方

$$D = f(H, E, V)$$

Where D: 被害

H: ハザード (理学)

E: 暴露量 (都市計画)

V: 脆弱性 (土木建築構造)

## Tsunami Risk (津波リスク):

津波ハザードによってもたらされるであろう**予想される損失**(死傷者数、負傷者数、財産損害額、経済損害額など)

工学的には、**ハザード(発生確率)**と**脆弱性の積**として表される

||

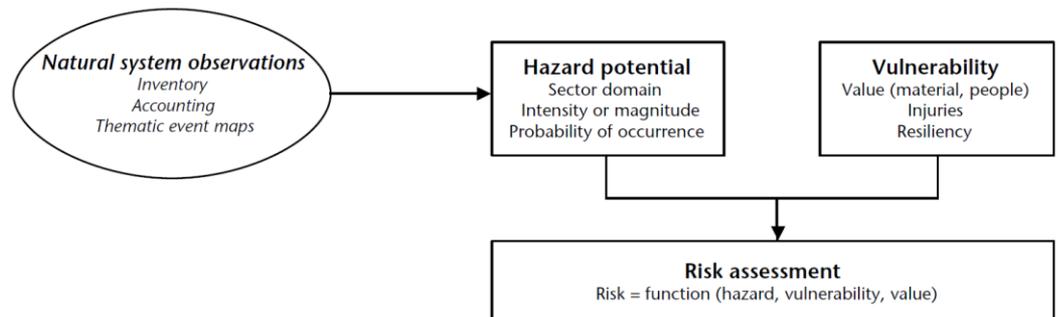
## Tsunami Hazard Potential (津波潜在危険):

潜在的にダメージを与えるであろう**津波現象の強度と発生確率**

×

## Vulnerability (脆弱性):

津波ハザードが襲来した時の**損害確率** (0%~100%)



(Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards (WMO, 1999))

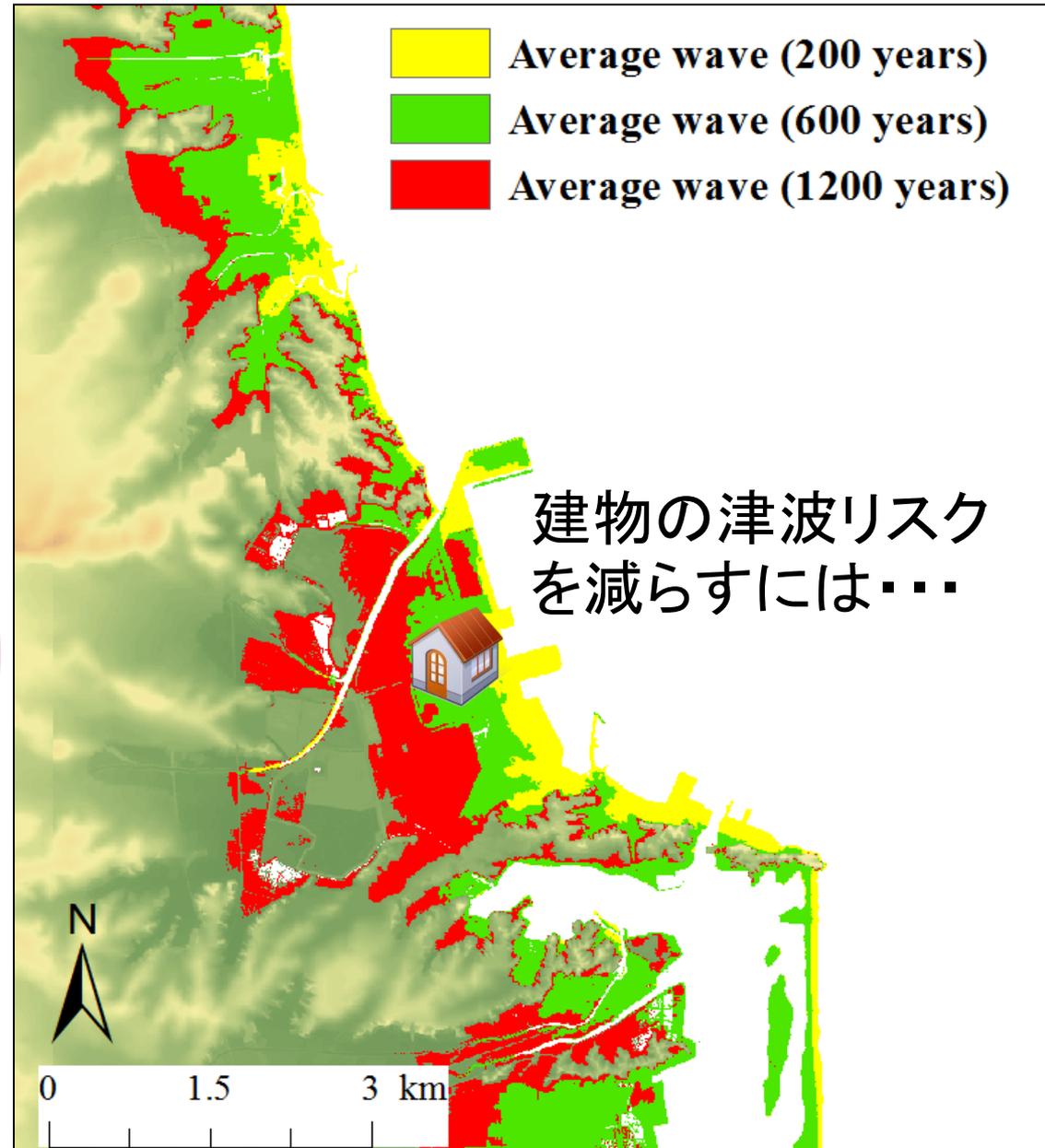
# 建物の津波リスク

津波ハザード

**Risk**

建物の脆弱性

リスクの概念図



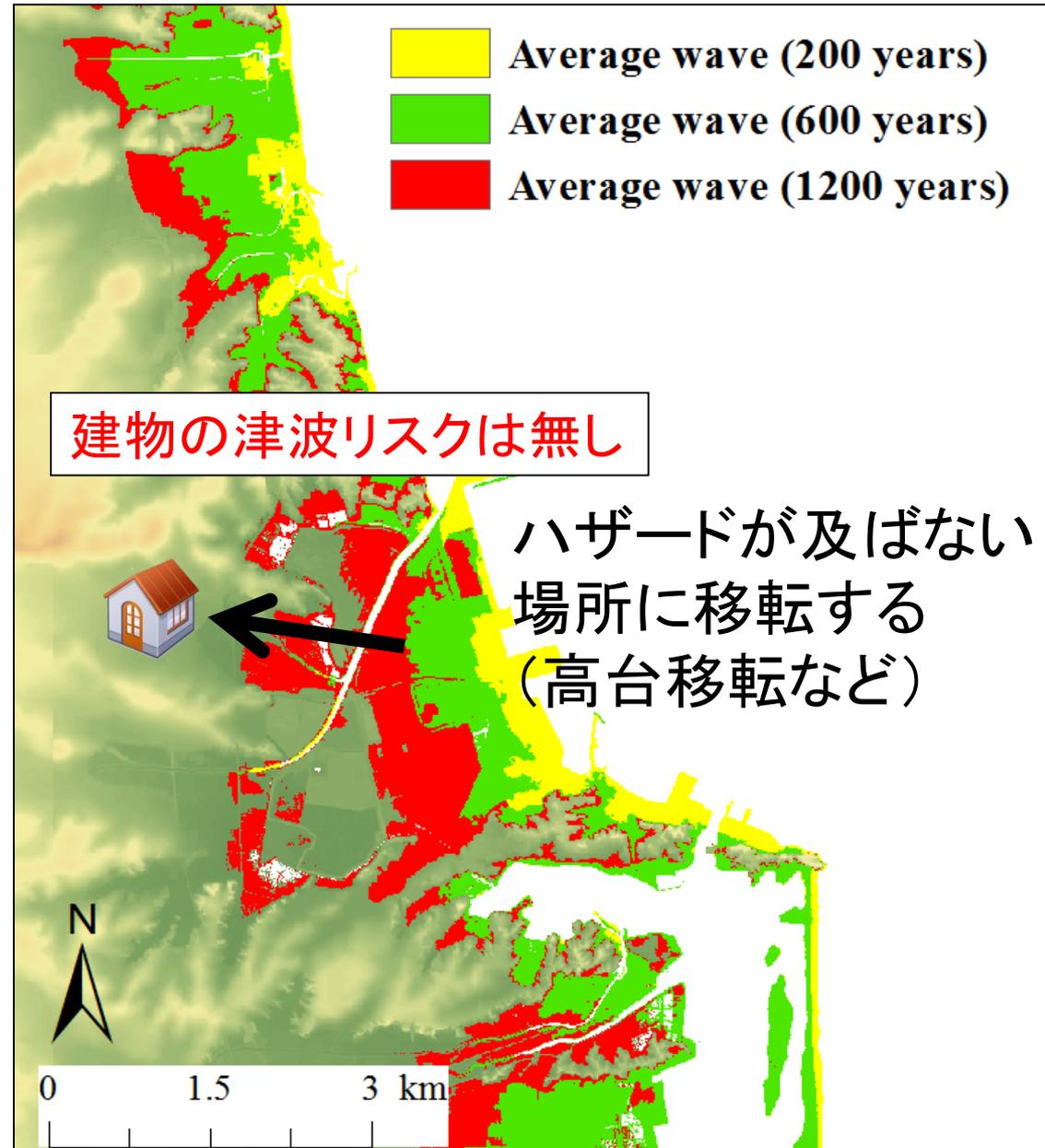
# 建物の津波リスク

津波ハザード

No Risk

建物の脆弱性

リスクの概念図



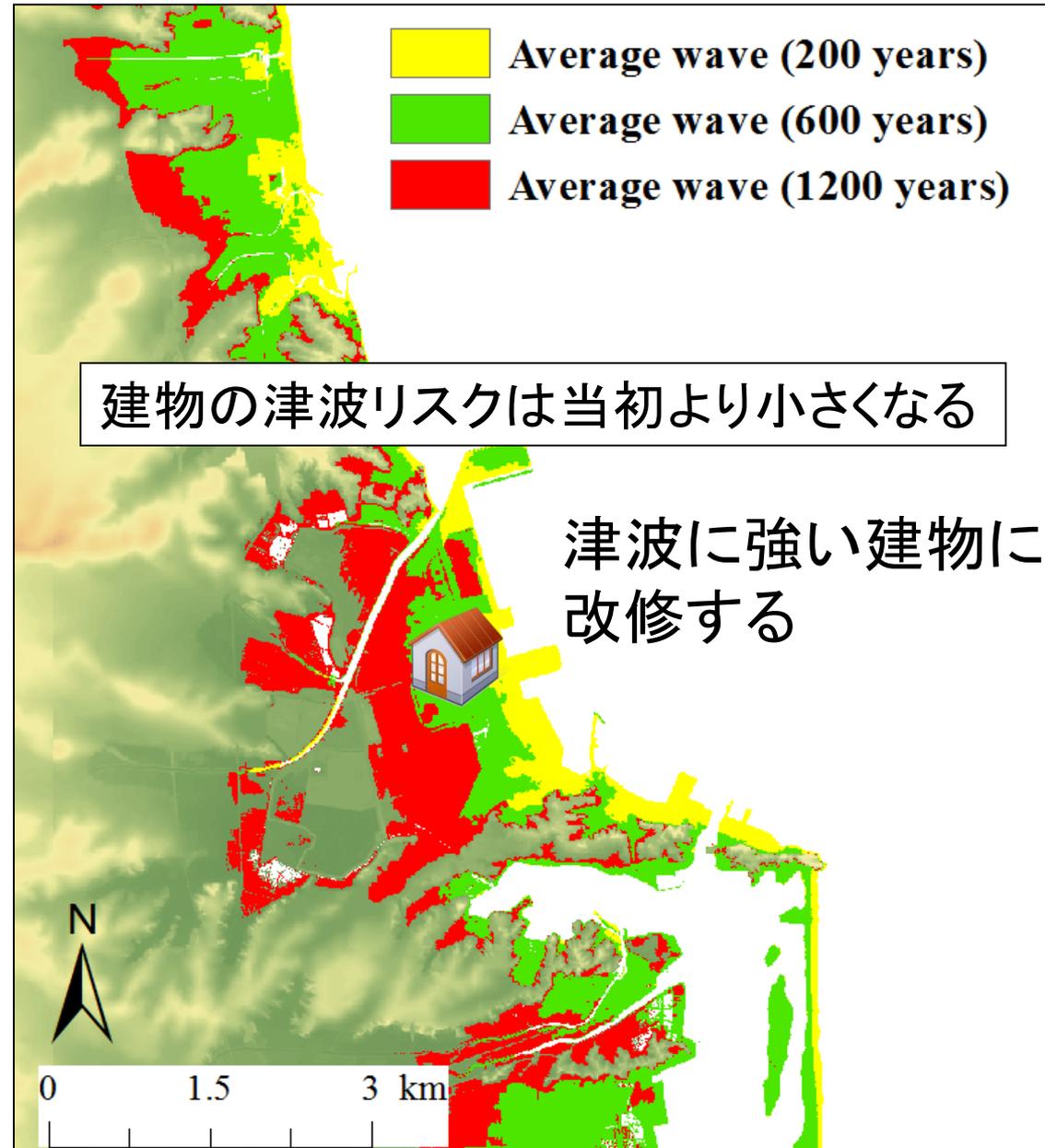
# 建物の津波リスク

津波ハザード

Low Risk

建物の脆弱性

リスクの概念図



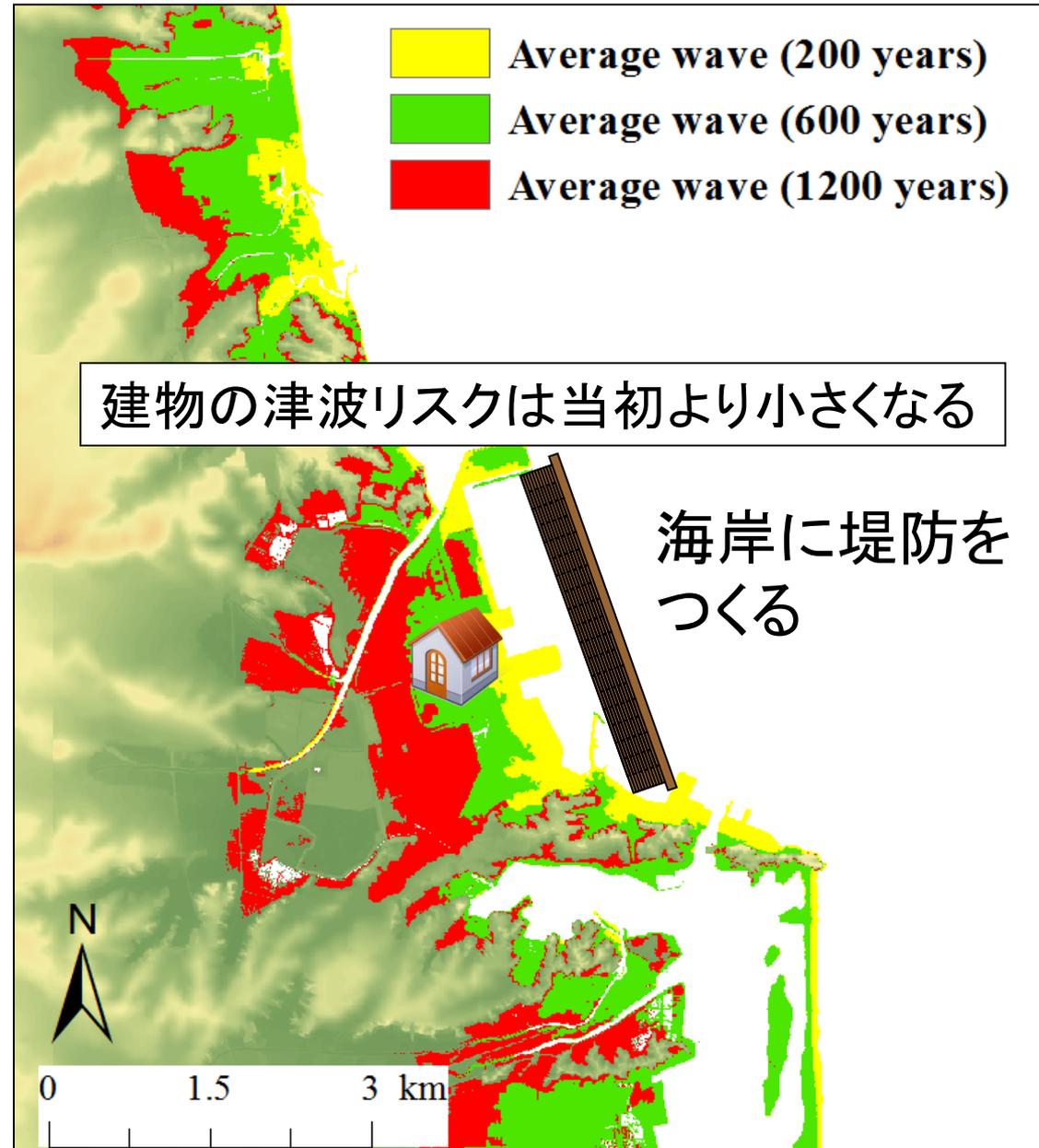
# 建物の津波リスク

津波ハザード

Low Risk

建物の脆弱性

リスクの概念図

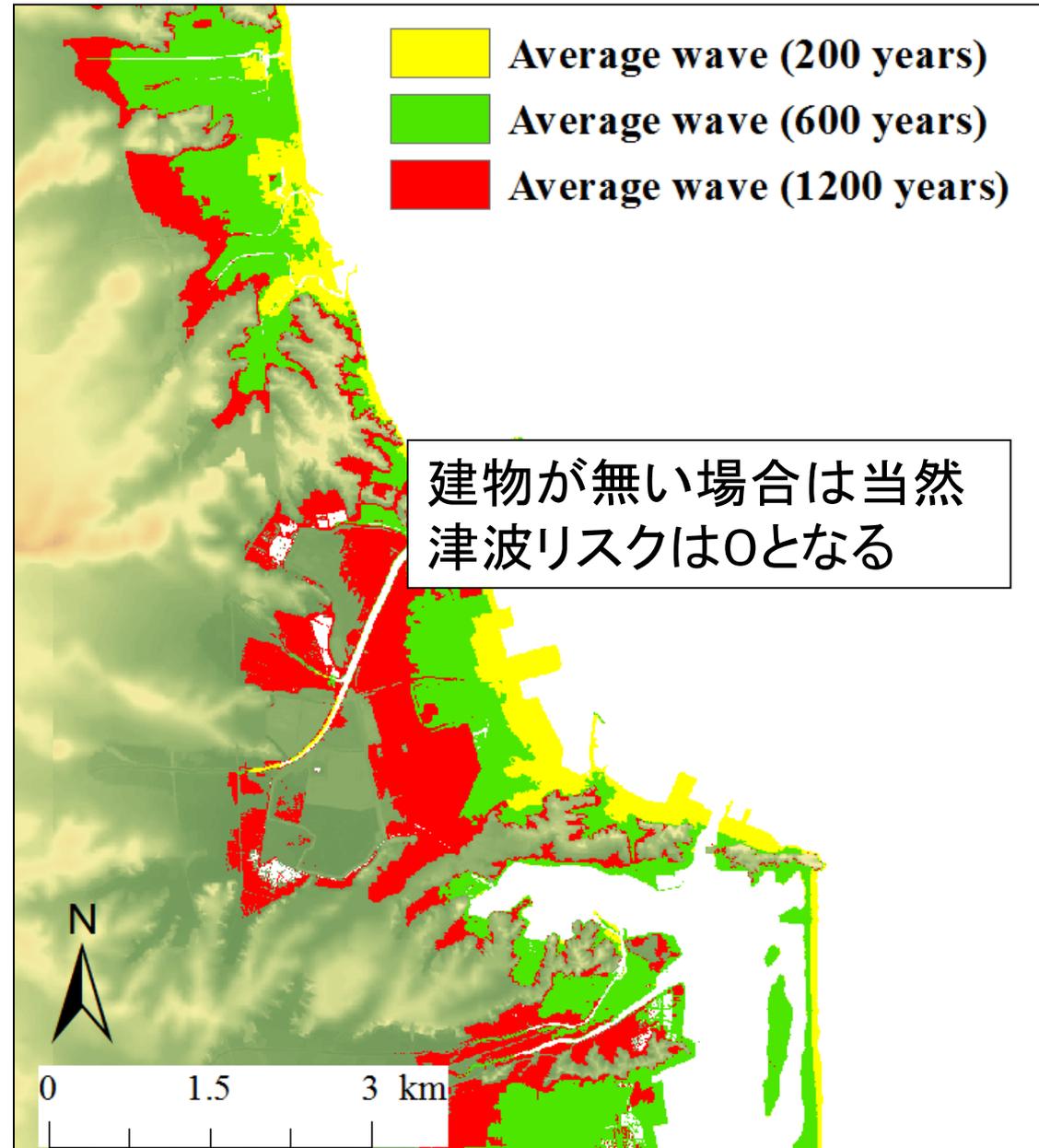


# 建物の津波リスク

津波ハザード

**No Risk**

リスクの概念図



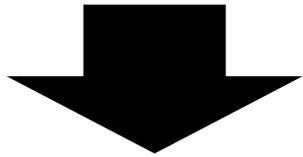
$$D = f(H, E, V)$$

Where D: 被害

H: ハザード (理学)

E: 暴露量 (都市計画)

V: 脆弱性 (土木建築構造)



$$R = f(D, A, T)$$

Where

R: レジリエンス

D =  $f(H, E, V)$

A: 人間活動

T: 時間

※林春男会長の資料を基に作成

自然現象 (ハザード) と人間活動の双方を考慮した  
防潮堤高さの検討

## 2. 現状における防潮堤高さ の決定プロセス

## 一律、7.2mの防潮堤



東京海洋大学・  
岡安教授の資料より

宮城県亘理町の防潮堤



「みやぎ復興ツーリズム  
ガイド」ホームペー  
ジより

宮城県山元町の防潮堤



宮城県石巻市松原町一渡波海岸 長浜地区海岸防潮堤

防潮堤.net (<http://sea-wall.net/>) ホームページより抜粋



アクリル板をはめ込んだ小窓がある防潮堤(撮影:笹島康仁)

Yahoo!ニュース特集「巨大防潮堤で「海が見えない」防災か日々の暮らしか」より  
(<https://news.yahoo.co.jp/feature/699>)

# 岩手県宮古市



宮古市にある東日本大震災以前に造られた窓付き防潮堤

防潮堤.net (<http://sea-wall.net/>) ホームページより抜粋

# レベル1とレベル2の津波

## レベル1 (L1)の津波とレベル2 (L2)の津波

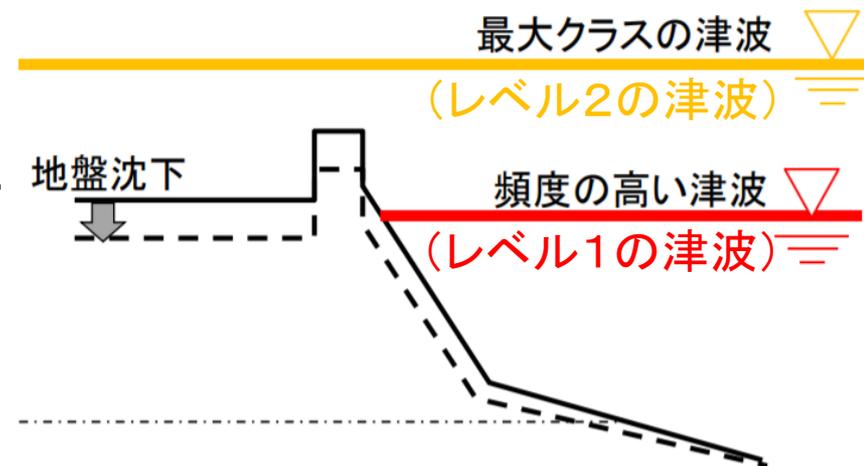
(2011年土木学会津波特定テーマ委員会)

### 【レベル1 (L1)の津波】(例: 宮城県沖地震) → 防災

- 比較的頻度の高い津波(数十年から百数十年に一度)
- 津波高は比較的低いものの、大きな被害をもたらす津波
- 海岸保全施設の設計(ハード対策)で用いる津波高さ(設計津波高さ)

### 【レベル2 (L2)の津波】(例: 東北地方太平洋沖地震) → 減災

- 発生頻度は極めて低い(千年に一度)
- 津波高は高く、発生すれば甚大な被害をもたらす津波
- まちづくり計画や住民避難を軸としたハード・ソフトの総合的な津波対策措置を行うレベル



# レベル1津波(設計津波)の設定手法

設計津波の水位の設定方法等に関する課長通知(農林水産省、国土交通省:平成23年7月8日)

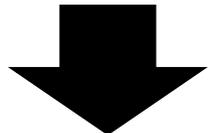
## ①過去に発生した津波の実績津波高さの整理

➤ 痕跡高調査や歴史記録・文献等を活用

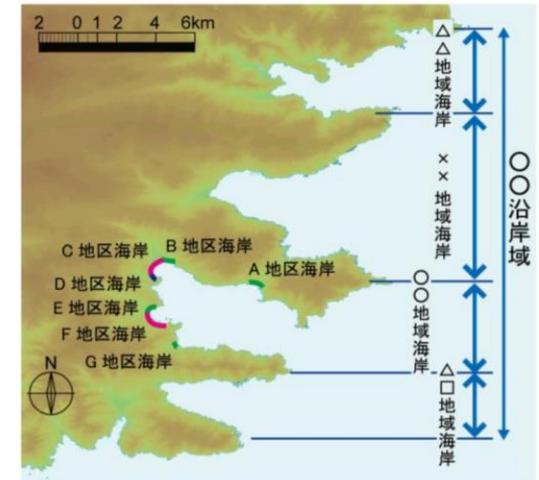


## ②津波シミュレーションによる津波高さの算出

➤ 十分なデータが得られない時には、シミュレーションを実施しデータを補完。



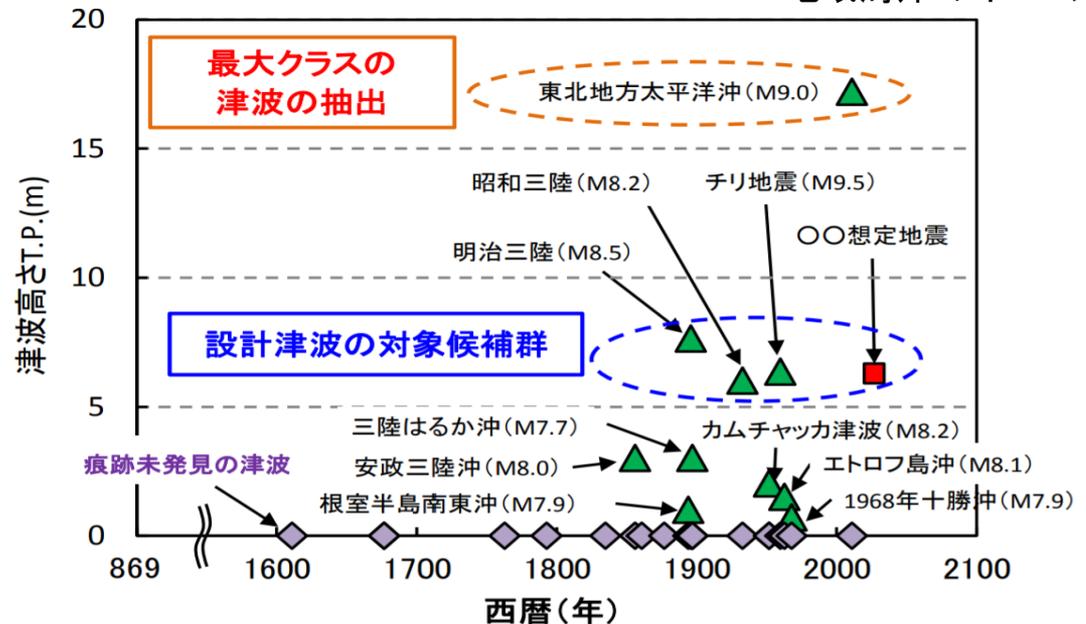
## ③設計津波の対象津波群の設定



地域海岸のイメージ



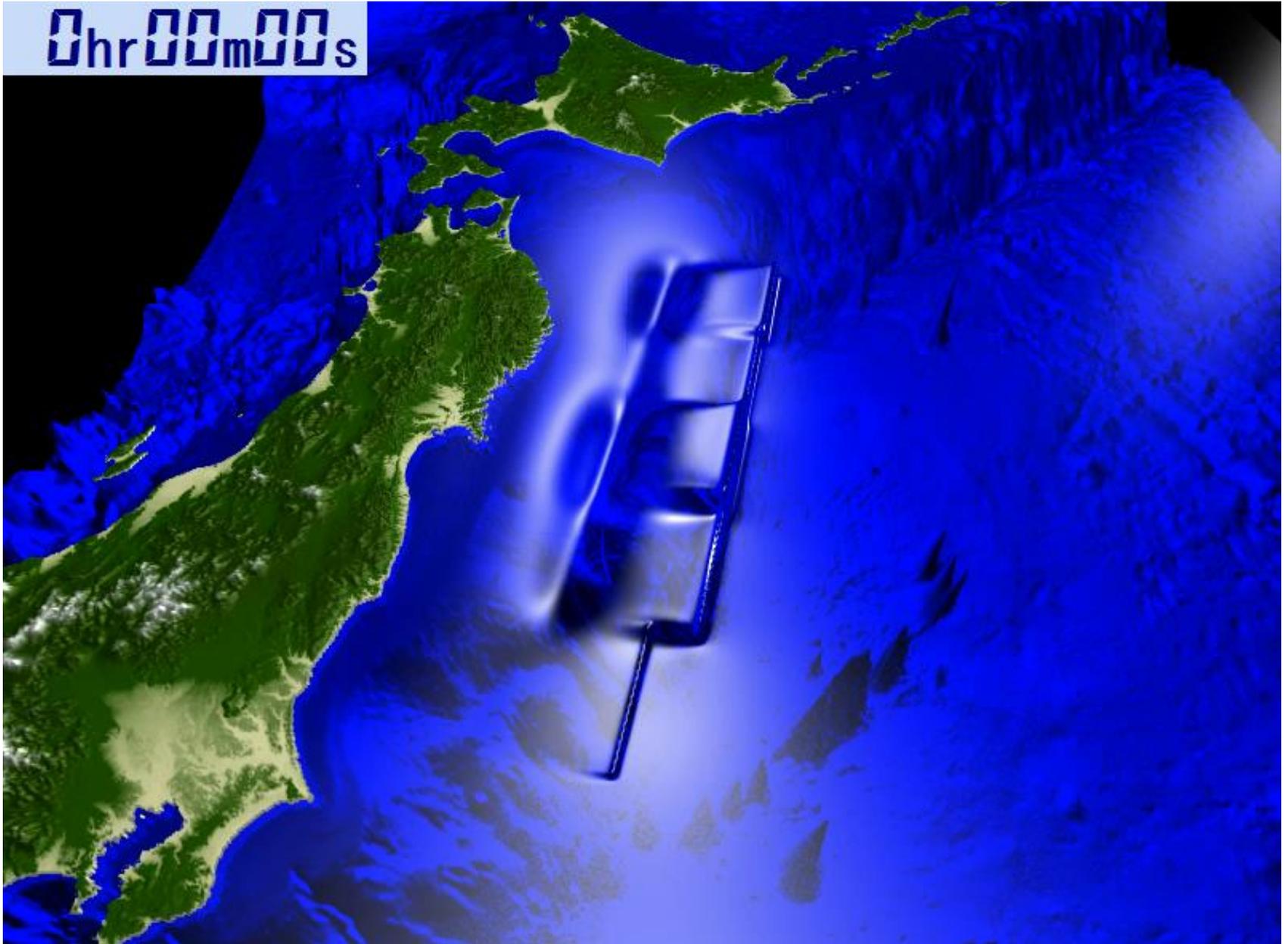
## ④設計津波の水位



地域海岸における津波高さの整理例

# 東北地方太平洋沖地震津波の計算

0hr00m00s



# 南海トラフ地震津波の計算

0hr00m00s



# 東京湾～相模湾の地域海岸



「設計津波の水位の設定(神奈川県)」より抜粋

# 東京湾川崎地域

## 4. 設計津波の対象津波群の設定

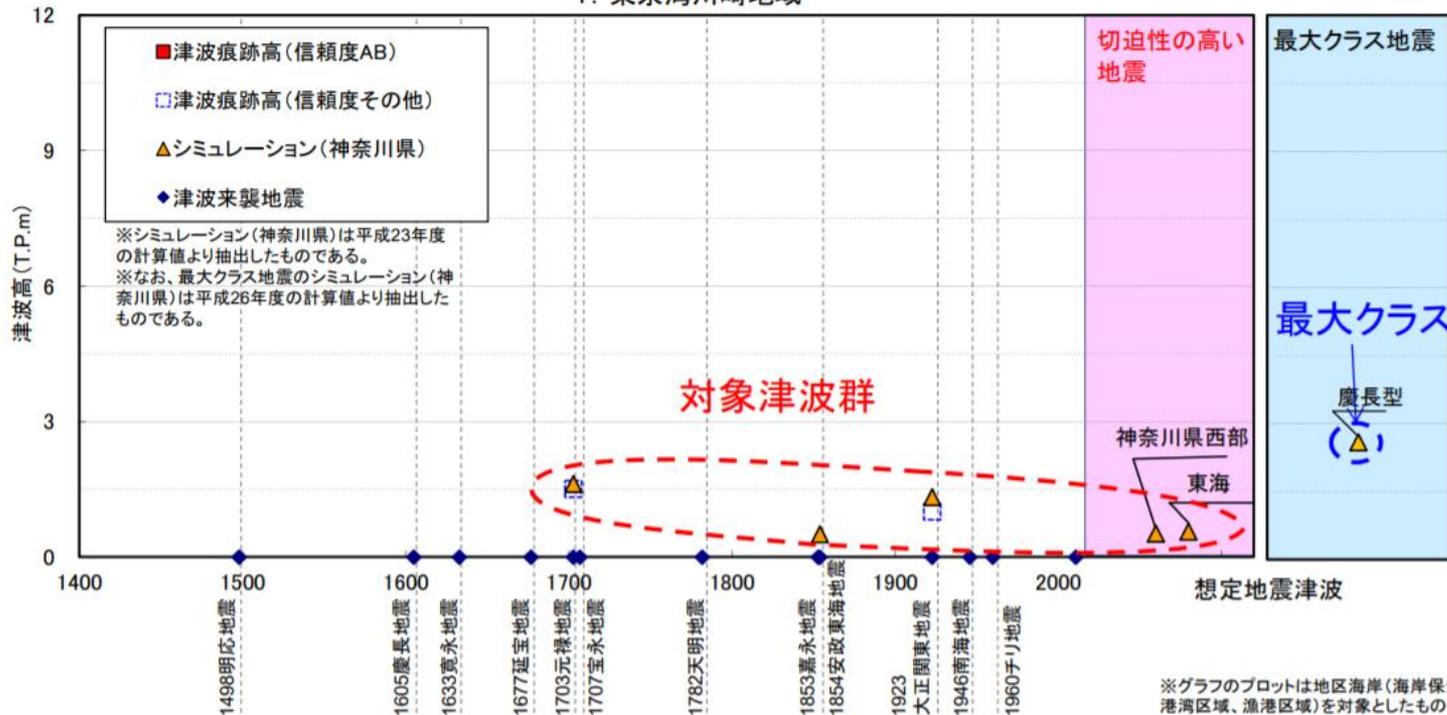
### ① 東京湾川崎地域

最大クラスの津波地震※	慶長型地震
設計津波の対象津波群	元禄地震、安政東海地震、大正関東地震、神奈川県西部地震、東海地震

※ 発生頻度は極めて低いものの発生すれば甚大な被害をもたらす津波



1. 東京湾川崎地域



「設計津波の水位の設定(神奈川県)」より抜粋

# 湘南海岸地域

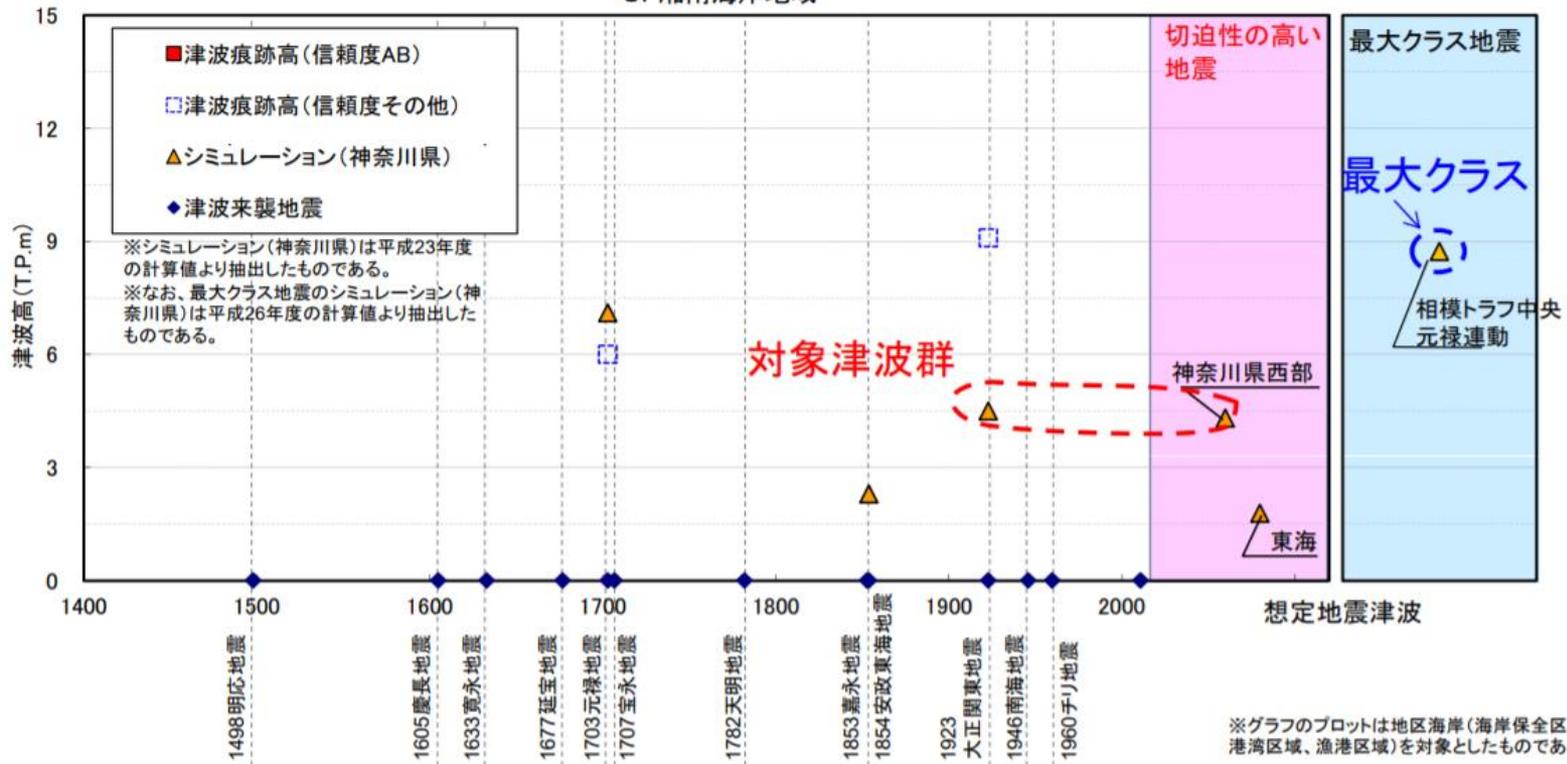
## ⑧湘南海岸地域

最大クラスの津波地震	相模トラフ中央地震※1、元禄連動地震※2
設計津波の対象津波群	大正関東地震、神奈川県西部地震

※1相模トラフ沿いの最大クラスの地震ケース2(中央)  
※2元禄型関東地震と国府津-松田断層帯の連動地震



8. 湘南海岸地域



※グラフのプロットは地区海岸(海岸保全区域、港湾区域、漁港区域)を対象としたものである。

「設計津波の水位の設定(神奈川県)」より抜粋

# 地域海岸毎の設計津波の水位



図 地域海岸の設定

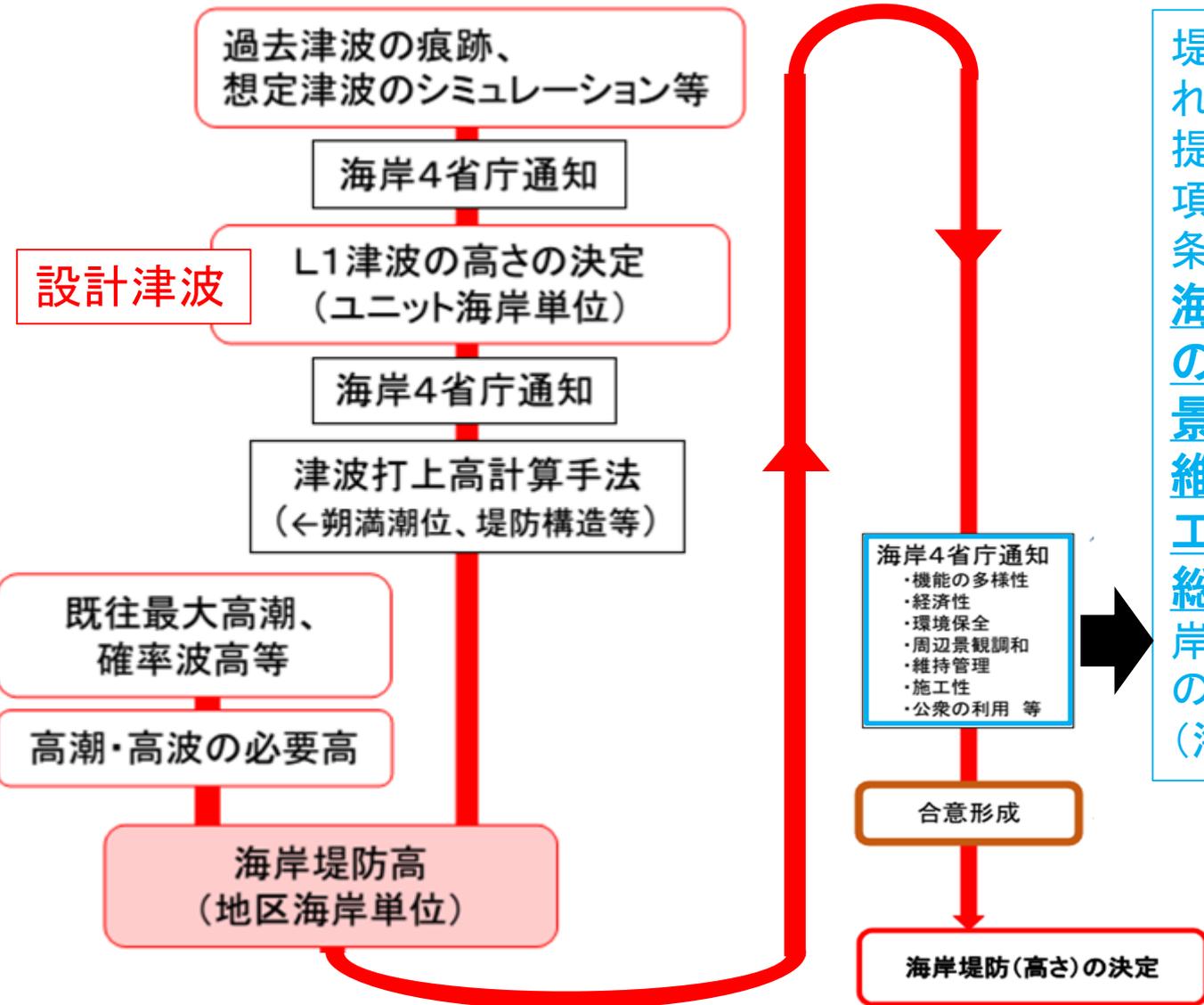
○設計津波の水位結果

沿岸名	地域海岸名	対象地震津波	対象地震の断層モデル	設計津波の水位(T. P.)
東京湾沿岸	①東京湾川崎地域	元禄地震	行谷 (2011)	+2.5m
	②東京湾横浜地域	元禄地震		+2.6m
	③東京湾横須賀地域	大正関東地震	Matsu'ura et al (1980)	+1.8m
	④三浦半島東部地域	神奈川県西部地震	石橋 (1988) の「西相模湾断裂」に基づく	+3.7m
⑤三浦半島南部地域	神奈川県西部地震	+4.1m		
⑥三浦半島西部地域	神奈川県西部地震	+5.9m ※		
相模灘沿岸	⑦鎌倉・逗子・葉山地域	大正関東地震	Matsu'ura et al (1980)	+6.0m
	⑧湘南海岸地域	大正関東地震		+6.3m
	⑨二宮・大磯西部地域	大正関東地震		+5.1m
	⑩小田原東部地域	大正関東地震		+4.9m
	⑪真鶴東部・小田原西部地域	大正関東地震		+7.1m
	⑫湯河原・真鶴南部地域	大正関東地震		+6.4m

※ 地形及び構造物の影響により、狭小部分で設計津波の水位を超える箇所があります。

「設計津波の水位の設定(神奈川県)」より抜粋

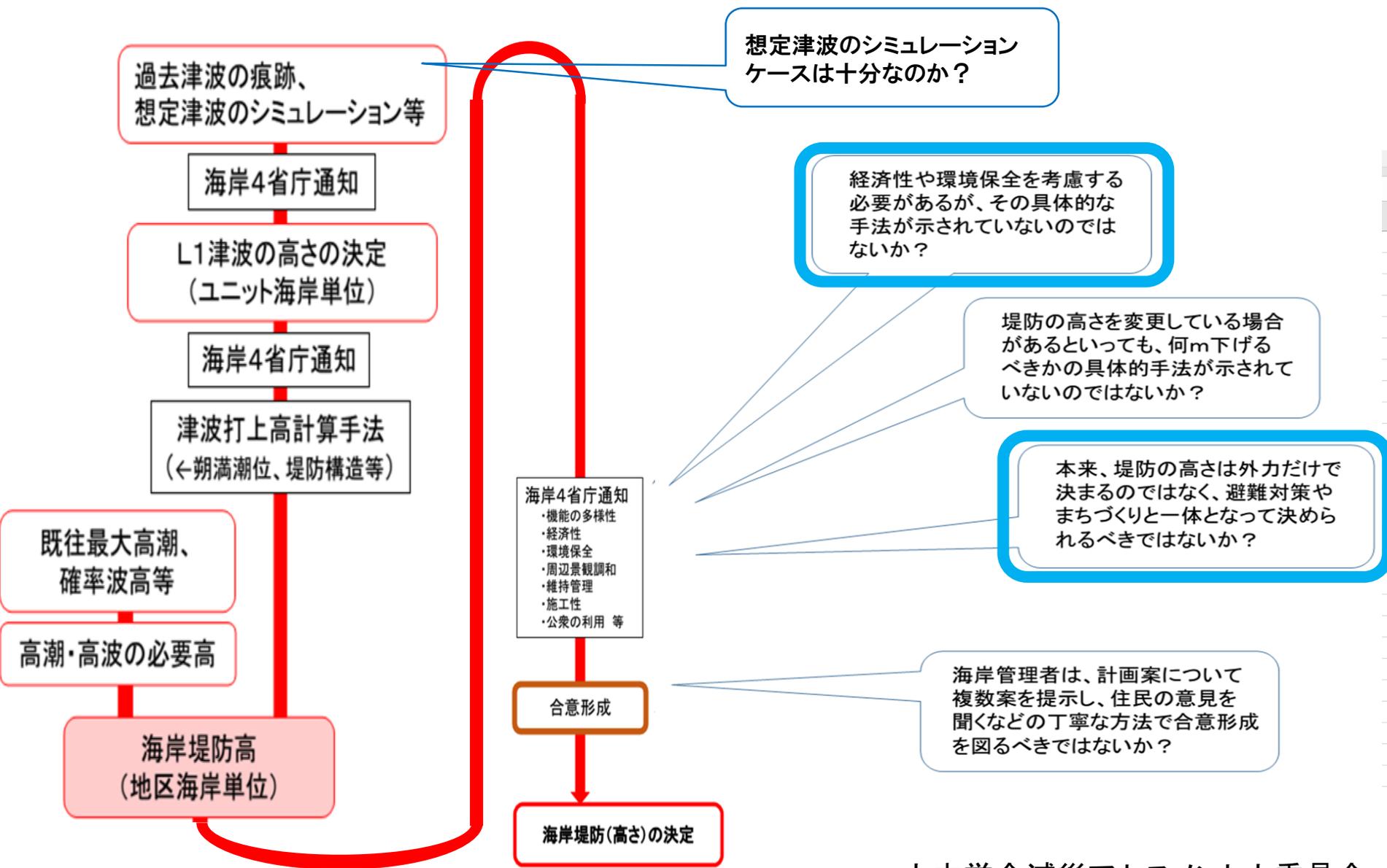
# 防潮堤高さの決定プロセス(現状)



堤防等の天端高は、設定された設計津波の水位を前提として、省令第三条第一項及び第三項並びに第五条に定められた基準に従い、海岸の機能の多様性への配慮、環境保全、周辺景観との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用等を総合的に考慮しつつ、海岸管理者が適切に定めるものであることに留意する。  
 (海岸4省庁通知)

# 3. 津波リスクを考慮した 防潮堤高さの検討 (減災アセスメント小委員会の活動)

# 現状の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題



- ✓ 防潮堤高さのデフォルト値はレベル1津波(100年～150年に1回程度発生する津波)の設定のみで決まる



- 後背地の利用状況, まちづくり計画や避難の実効性などにより, 必要な防護レベルは変化するのでは?

さらに

- 防災施設(防潮堤)や防災まちづくりが, まちの活性化自体を左右する。生業の成立と街の発展を考慮すべき。

## 減災アセスメント小委員会

### 【委員会の設立趣旨】

東日本大震災の復旧・復興について、防護レベルを超えた津波の被害軽減(減災)に関しての「粘り強い構造」の堤防や費用対効果の考え方など、検討すべき課題が多い。想定巨大地震の津波対策についても、「海岸堤防」、「土地利用規制」、「避難」等の役割と限界を認識し、社会的公平性や経済的効率性、リスク管理等の観点から、実効的な対策を検討する必要がある。

本小委員会では、これらに関する学術研究・技術開発や諸制度の導入(災害事前アセスメントによる土地利用誘導など)を学際的・分野横断的に検討する。

なお、減災アセスメントは自然災害一般に関わる広い概念であるが、まず津波対策に焦点をあてた検討を実施する。

## 減災アセスメント小委員会

### 【委員会メンバー】

【共同小委員長】 多々納 裕一（京都大学防災研究所）

【共同小委員長】 岡安 章夫（東京海洋大学）

【幹事】 河野 達仁（東北大学）

【幹事】 安田 誠宏（関西大学）

### 【委員】

•高木 朗義（岐阜大学）

•羽藤 英二（東京大学）

•平野 勝也（東北大学）

•藤見 俊夫（熊本大学）

•横松 宗太（京都大学防災研究所）

•井上 智夫（国土交通省）

•越村 俊一（東北大学）

•高橋 智幸（関西大学）

•田島 芳満（東京大学）

•原田 賢治（静岡大学）

•有川 太郎（中央大学）

•宇野 喜之（エコー）

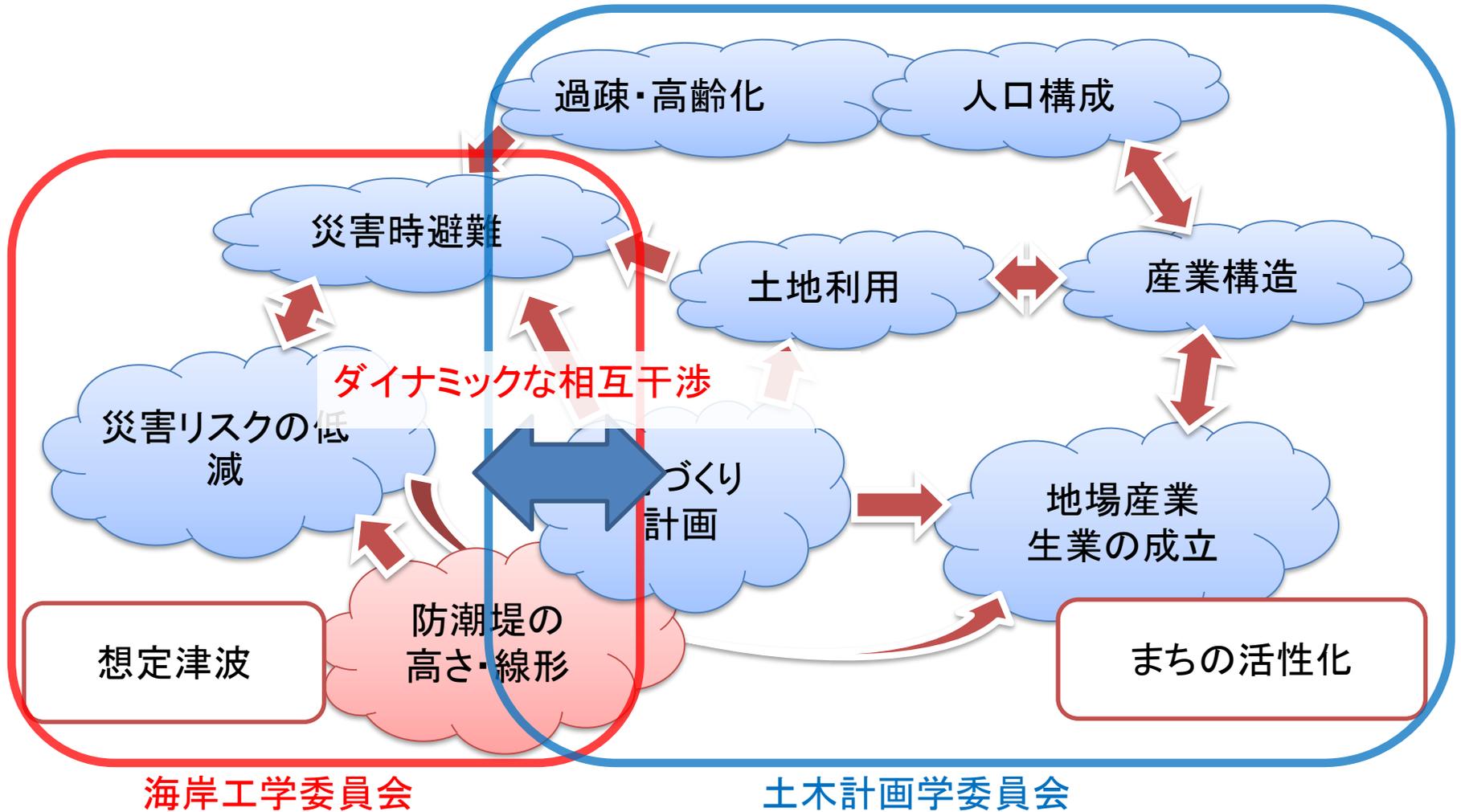
•内藤 正彦（国土交通省）

•福谷 陽（関東学院大学）

•山中 亮一（徳島大学）

•北野 利一（名古屋工業大学）

# 防災・減災機能の実現とまちの活性化との両立



## 費用便益分析に基づく防潮堤の最適高さ: $H^*$

$$H^*(X) = \arg \max_H \underbrace{\int_0^\infty B(H, S; X) f(S) dS}_{\text{被害軽減額の期待値}} - \underbrace{C(H)}_{\text{防潮堤の建設費}}$$

被害軽減額の期待値

防潮堤の建設費

$H$  : 防潮堤高さ

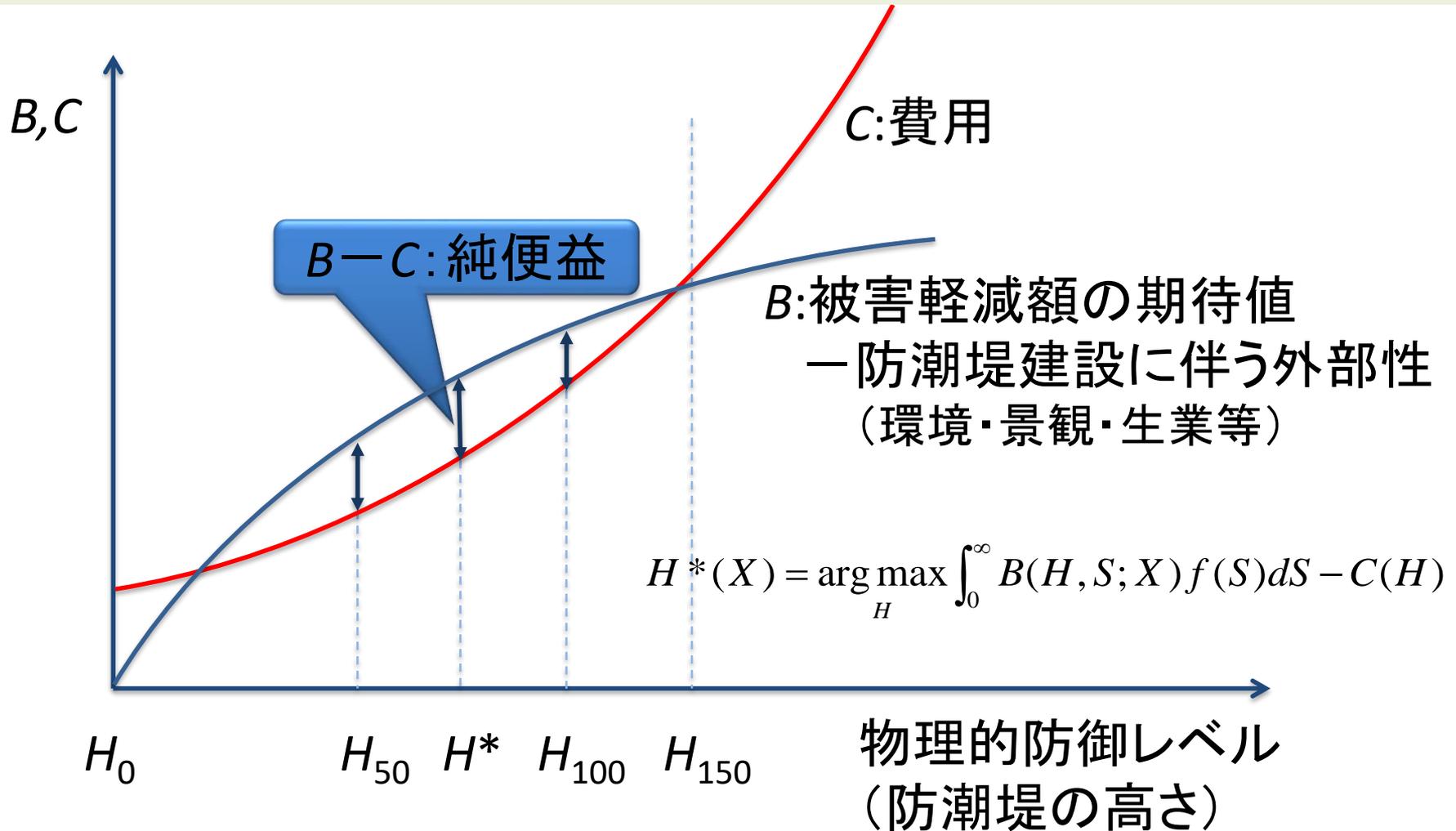
$B(H, S; X)$  : 便益関数

$f(S)$  : マグニチュード  $S$  の津波の生起確率関数

$X$  : 土地利用規制, 税制, 補助などの政策(外生)

$C(H)$  : 防潮堤の建設費

(減災アセスメント小委員会, 2015)



➡ 純便益を最大化する防潮堤高さを評価する

# 地域の合意により計画変更された事例

## 【茨城県大洗町】

### 自治体

大洗町近辺の沿岸2.2キロに海拔4.5メートルの防潮堤の建設計画案。  
市場がある海側と、飲食店などが並ぶ陸側を真っ二つに割るもの。



### 住民

漁業関係者を中心に、  
「市場関係者の利便性が格段に落ちる」

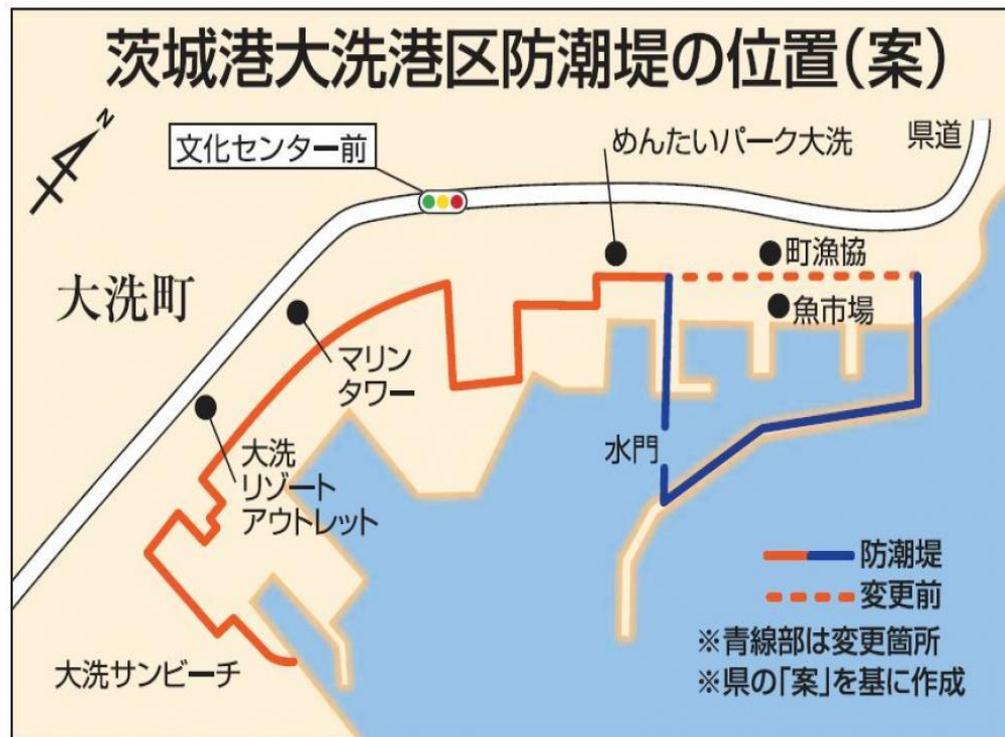
「観光の中心地なのに景観が悪くなる」という懸念

→町が県に計画の再検討を要望



### 自治体

海上にある今の堤防をかさ上げし、港の出入り口に水門を設置する方式に変更した。



茨城新聞クロスアイ「防波堤かさ上げ 大洗の防潮堤計画で県方針」(2016年11月8日)より抜粋

# 地域の合意により計画変更された事例

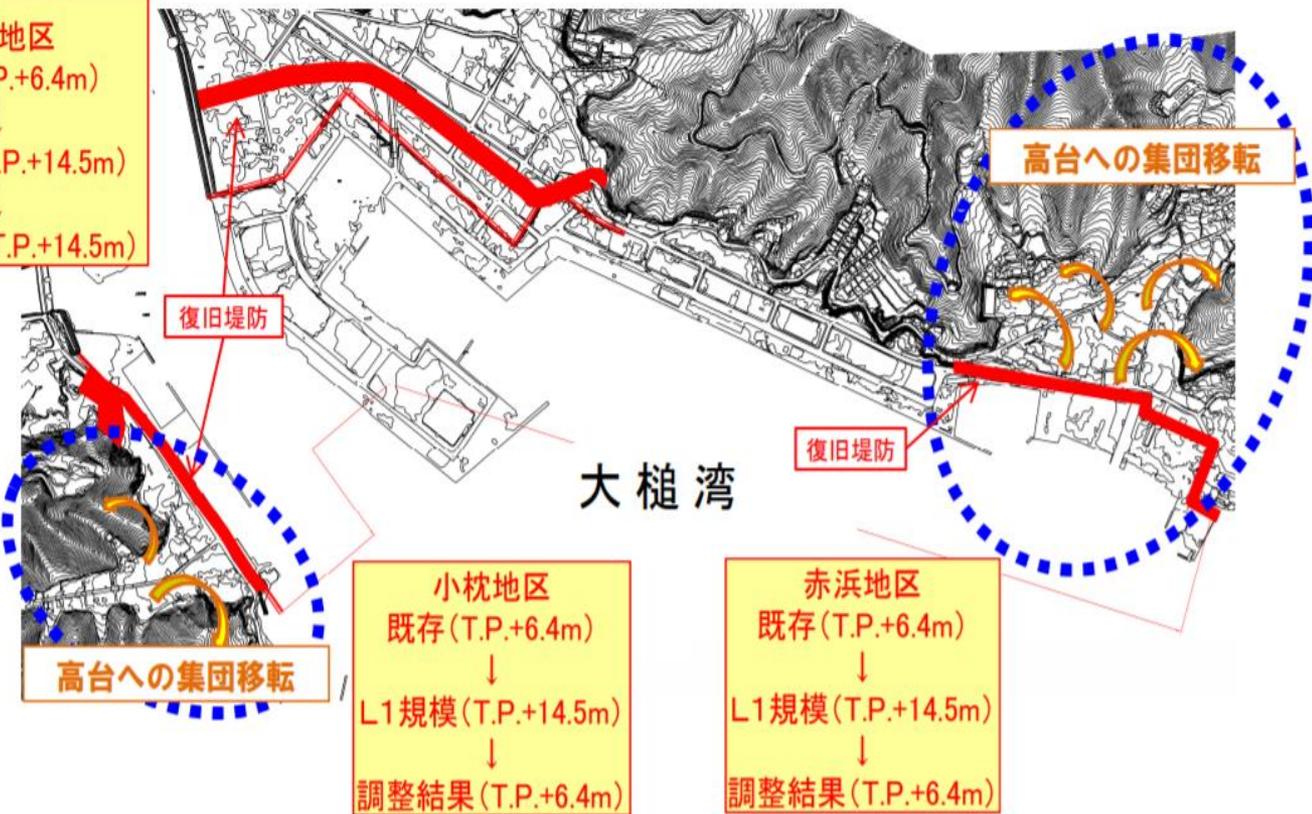
## 【岩手県大槌町】

岩手県大槌町の赤浜地区・小枕地区では、災害危険区域の指定や高台への集団移転等を踏まえ、地域の合意の下に復旧する堤防を既存高さにとどめることとしている。

【位置図】



あんど  
 安渡地区  
 既存 (T.P.+6.4m)  
 ↓  
 L1規模 (T.P.+14.5m)  
 ↓  
 調整結果 (T.P.+14.5m)



# 地域の合意により計画変更された事例

## 【静岡県伊豆地域】

「地震・津波対策アクションプログラム」(静岡県、2013年)

No.	アクション名	目標指標	数値目標	達成時期
23	レベル1津波に対する津波対策施設(海岸)の整備	レベル1津波に対する整備が必要な津波対策施設(121.5km)の整備率	65%	H34年度末
24	レベル1津波に対する津波対策施設(河川)の整備	レベル1津波に対する整備が必要な河川(67河川)の整備率	60%	H34年度末
25	津波到達までに閉鎖可能な津波対策施設の整備	津波到達までに閉鎖可能な津波対策施設(628基)の整備率(水門・陸閘の自動化・遠隔化等)	80%	H34年度末

「地震・津波対策アクションプログラム」(2013年)の計画開始から4年が過ぎた28年度末時点での整備率は0.2%(0.28km)



主な原因は伊豆地域での住民合意の難航。観光や漁業への影響を懸念して、全体の4割に当たる21地区が防潮堤ではなく避難場所の整備を中心とした対策を希望



「地震・津波対策アクションプログラム」の整備目標を見直しへ

# 静岡県松崎町の沿岸



Yahoo!ニュース特集「巨大防潮堤で「海が見えない」防災か日々の暮らしか」より  
(<https://news.yahoo.co.jp/feature/699>)

# 防潮堤とレジリエンス

## 「静岡モデル」の津波対策が「ジャパンレジリエンスアワード」受賞



静岡県及び関係市町は、「巨大津波に備える防潮堤『静岡モデル』整備の取組」が評価され、平成27年3月に、(一社)レジリエンスジャパン推進協議会の「ジャパン・レジリエンス・アワード(強靱化大賞)2015」の金賞(地方自治体部門)を受賞。



### ○ 静岡方式の取組

地域の強靱化を推進する上で、「静岡方式」として、以下の方針に基づき推進する

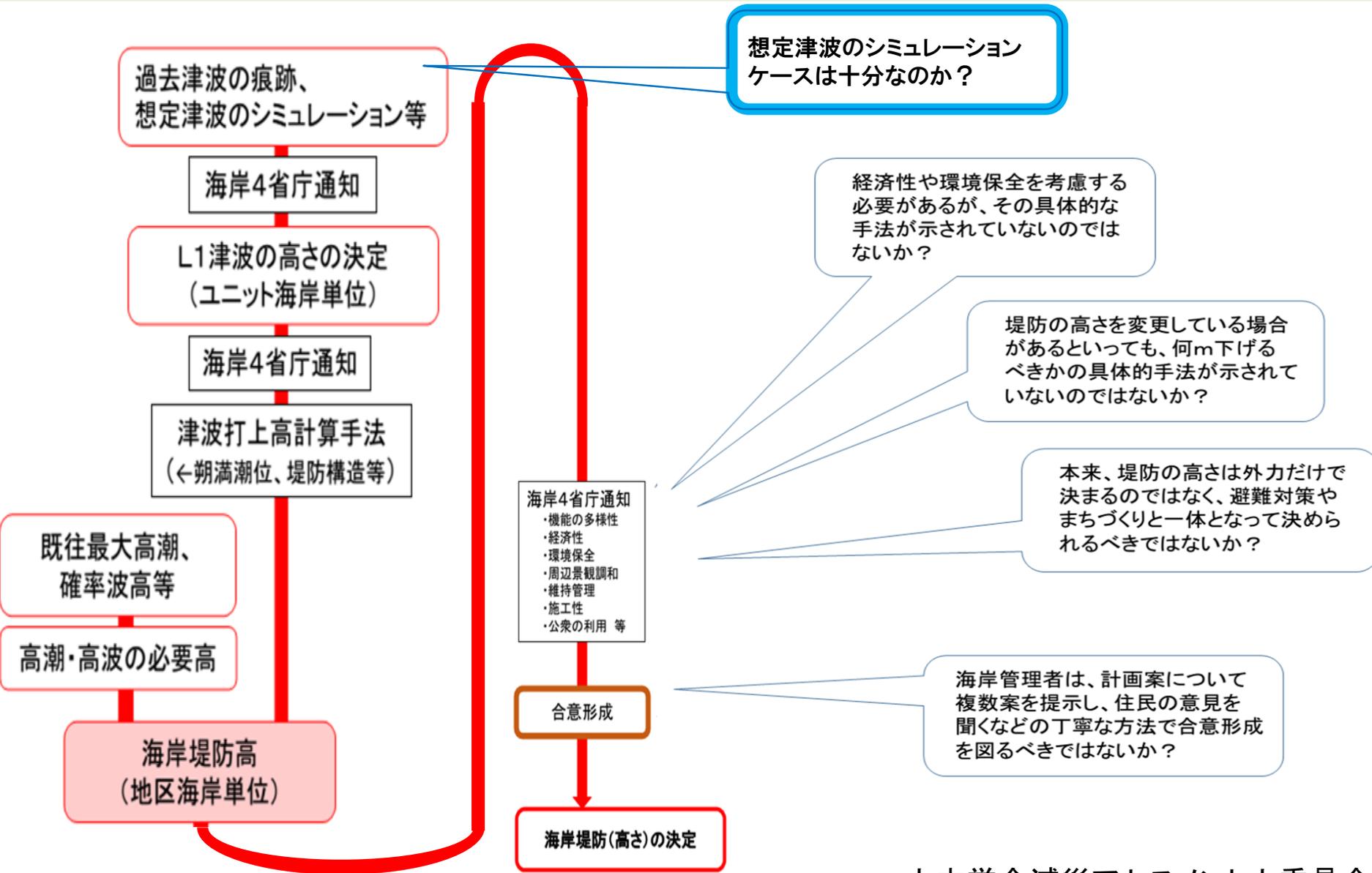
- ①地域の文化、歴史、風土及び暮らしに根ざした方式とする
- ②地域の意見を取り入れながら、県と市町が協働で推進する
- ③自然との共生、環境との調和及び景観の維持に配慮する

津波対策においては、県と市町、自治会等の地域の代表者・関係団体等で構成する「津波対策地区協議会」を立ち上げ、ハード・ソフト対策の進め方について議論し、**地域における合意形成を図りながら、各地域の特色を踏まえた施策を進めている。**



# 4. 津波波高の不確かさに関する研究 (確率論的津波ハザード評価)

# 現状の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題

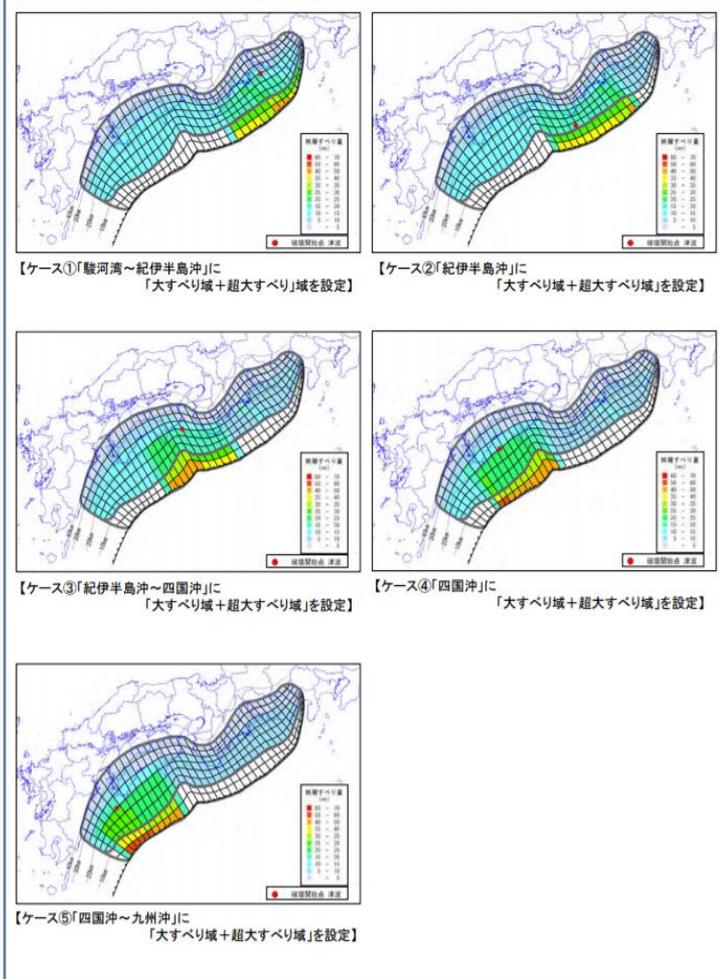


# 確率論的津波ハザード評価

## 南海トラフ巨大地震(内閣府(2012)公表)

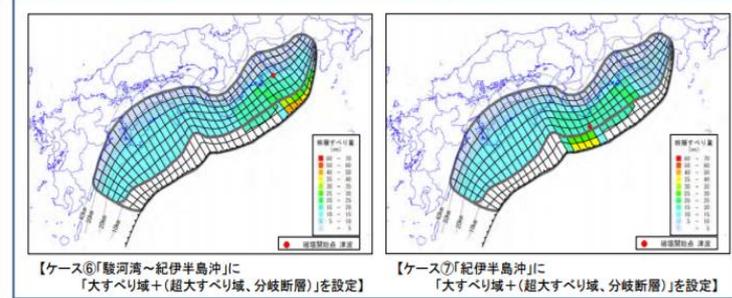
### 【基本的な検討ケース】(計5ケース)

大すべり域、超大すべり域が1箇所のパターン【5ケース】

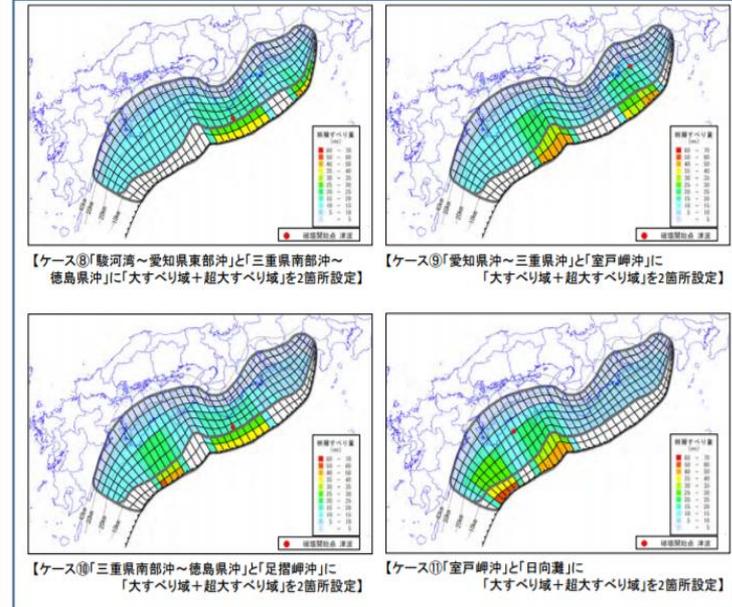


### 【その他派生的な検討ケース】(計6ケース)

大すべり域、超大すべり域に分岐断層も考えるパターン【2ケース】



大すべり域、超大すべり域が2箇所のパターン【4ケース】



# 確率論的津波ハザード評価

## 南海トラフ領域の地震(内閣府および静岡県公表)

### 5地震総合モデル (Mw8.72)

【すべり量】

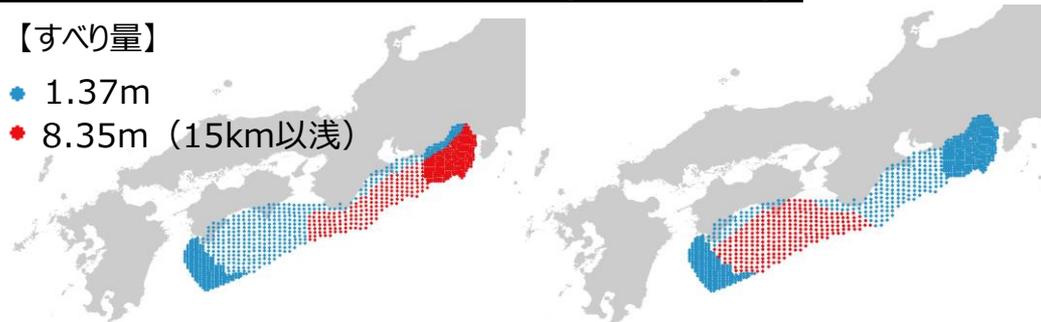
- ◆ 1.49m
- ◆ 6.30m (20km以浅)
- ◆ 13.51m (10km以浅)



### 東海・東南海・南海地震モデル (Mw8.65)

【すべり量】

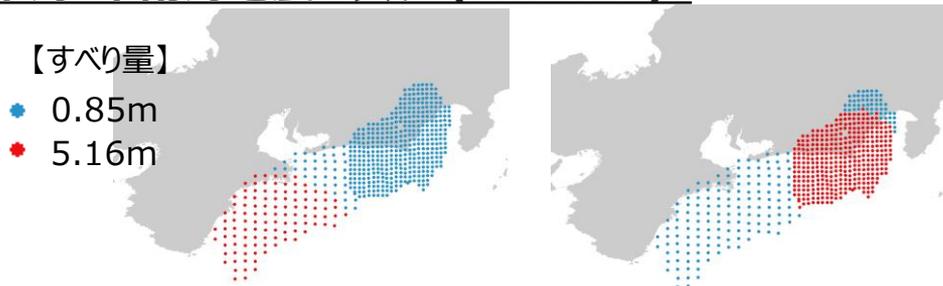
- ◆ 1.37m
- ◆ 8.35m (15km以浅)



### 東海・東南海地震モデル (Mw8.23)

【すべり量】

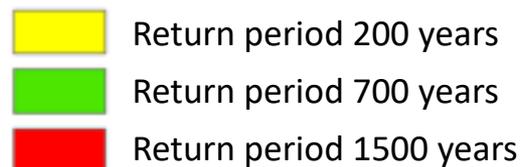
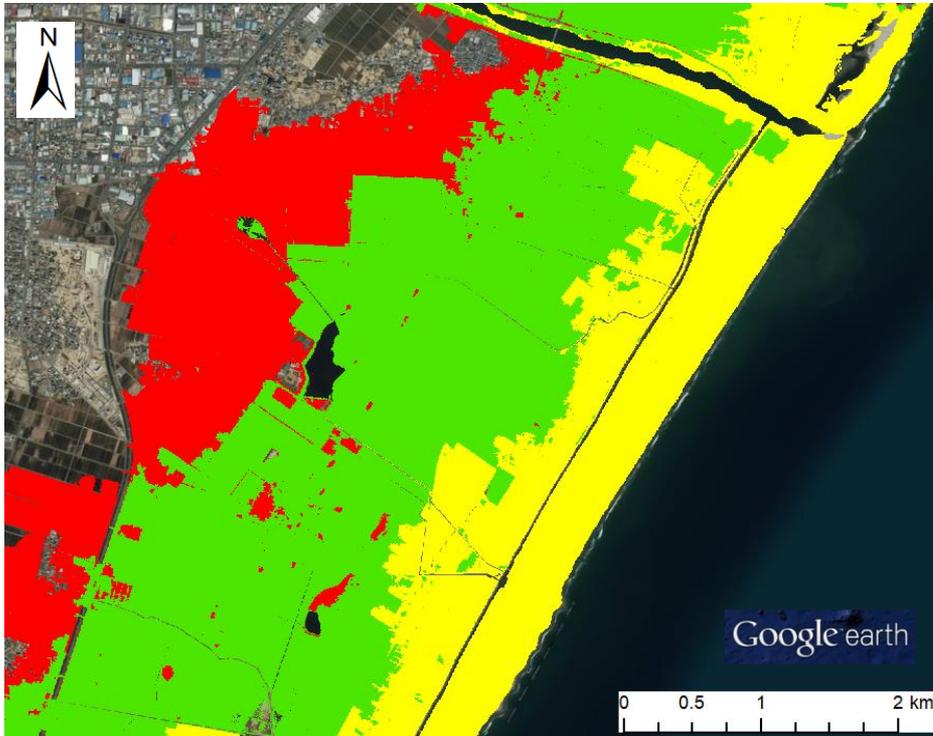
- ◆ 0.85m
- ◆ 5.16m



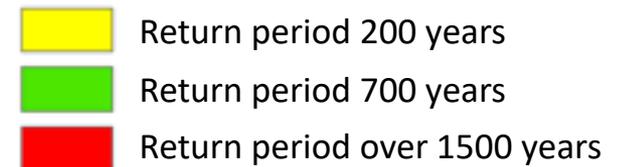
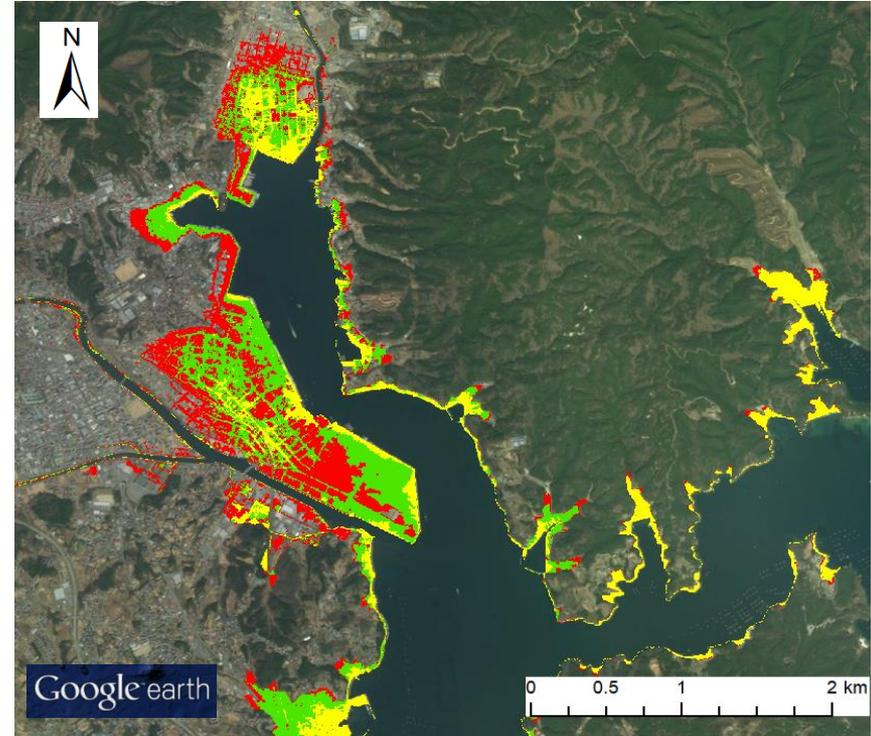


# 確率論的津波ハザード評価

## 仙台市



## 気仙沼市



Fukutani et al. (2017) in prep.

ご清聴ありがとうございました。  
ご質問がございましたら、以下までご連絡下さい。

E-mail: [fukutani@kanto-gakuin.ac.jp](mailto:fukutani@kanto-gakuin.ac.jp)

TEL: 045-786-7146