

地震長期評価を組み入れた津波防災事業の 定量的評価に関する研究

豊田泰晴¹・今村文彦²・佐藤健一³・佐々木洋之⁴

¹五洋建設株式会社 土木設計部主任 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)
E-mail: Yasuharu.Toyota@mail.penta-ocean.co.jp

²東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター教授 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06)
E-mail: imamura@tsunami2.civil.tohoku.ac.jp

³気仙沼市総務部総務課 危機管理室室長補佐 (〒988-8501 宮城県気仙沼市八日町1-1-1)
E-mail: satooc45@rose.ocn.ne.jp

⁴五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1)
E-mail: Hiroyuki.Sasaki@mail.penta-ocean.co.jp

近年、社会資本整備の効率性や透明性に対する要求が高まりをみせており、この傾向は津波防災事業においても例外ではない。津波防災事業の効果を定量的に評価するためには、対象津波に対する精度の高い被害推定手法の確立に加えて、津波の発生確率を評価することが必要であるが、これまでその評価は十分でなかった。本論文は、地震活動の長期評価の考え方を組み入れることで、津波の発生確率を評価する新しい津波防災事業効果の定量的評価方法を提案するものである。本提案に基づいた津波防災事業効果の定量的評価を、宮城県気仙沼市を対象に実施した結果を例として報告する。

Key Words : Tsunami, Risk analysis, Long-term probability, Geographic Information System, Numerical simulation

1. はじめに

近年、社会資本整備の効率性や透明性に対する要求が高まりをみせている。このような要求の高まりは津波防災事業に関しても例外ではなく、事業主体はより戦略的な防災計画の構築やその評価手法を模索している。

戦略的な防災計画を構築するためには、現状での津波被害に対して、被害額だけではなく、地域別の被害率や資産別の被害率を分析することが重要である。一方、津波防災事業の効果を定量的に評価するためには、対象津波に対する精度の高い被害推定手法の確立に加えて、津波の発生確率を評価することが必要である。しかし、このように津波の発生確率を考慮した上で詳細な被害分析を行い、その結果を防災計画の構築に応用させる考え方はこれまで十分ではなかった。本論文は、地震活動の長期評価の考え方¹⁾を用いて津波発生確率を算出し、GIS(地理情報システム)と津波・浸水シミュレーションを用いて、津波防災事業の効果を定量的に評価する新手法を提案するものであり、宮城県気仙沼市におけるケーススタディの結果を報告する。

2. 津波防災事業評価手順

津波防災事業評価はGIS(地理情報システム)と津波・浸水シミュレーションを用い、図1に示す手順で行う。

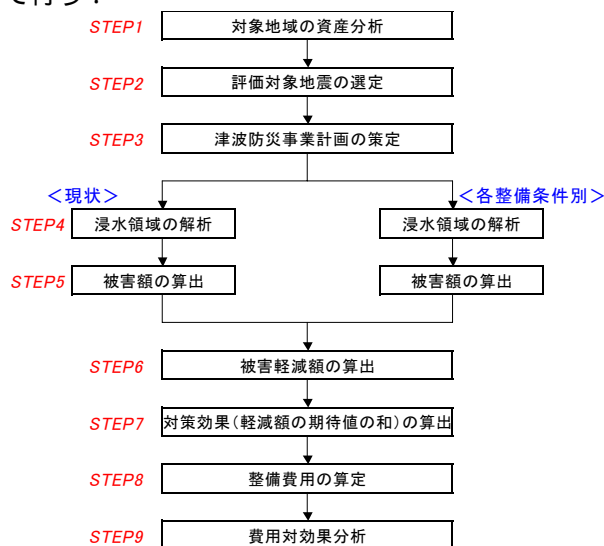


図 - 1 津波防災事業評価手順

3. 対象地域の資産分析

本検討では評価資産として、人的資産、家屋資産、

家財資産，事業所資産，漁業資産，公共土木施設・公益事業施設資産を対象とする．また，評価メッシュの大きさは50 / 3mとする．

(1) 人的資産

人的資産は人口（人，平成12年度国勢調査データ）との評価単価（80,000千円 / 人：生命保険料の平均値）の積として求める．

(2) 家屋資産

家屋資産は家屋の延べ床面積（ m^2 ，ゼンリンの住宅地図より求めたもの）と評価単価（宮城県：124.8千円 / m^2 ）²⁾の積として求める．

(3) 家財資産

家財資産は世帯数（世帯，平成12年度国勢調査データ）と評価単価（5,471千円 / 世帯）²⁾の積として求める

(4) 事業所資産

事業所資産は産業別に償却資産と在庫資産に分けて算出する．償却資産，在庫資産ともに従業員数（人，平成8年度事業所統計調査）と産業別に設定された評価単価（円 / 人）³⁾の積として求める．

(5) 漁業資産

漁船資産を計上する．漁船資産は漁港ごとの漁船数（隻）と1隻あたりの漁船資産額（円 / 隻，10年後実勢取引価格；漁船規模別）の積として求める（漁船数および10年後実勢取引価格は気仙沼市ヒアリング）．

(6) 公共土木施設・公益事業施設資産

公共土木施設（橋，道路，公園）・公共事業施設（電気，ガス，水道）資産は，一般資産（家屋，家財，事業所）に対する各地方別の便宜的な平均比率（東北地方 公共土木施設比率：381.67%，公益事業施設比率：3.39%）⁴⁾をもって算定する．

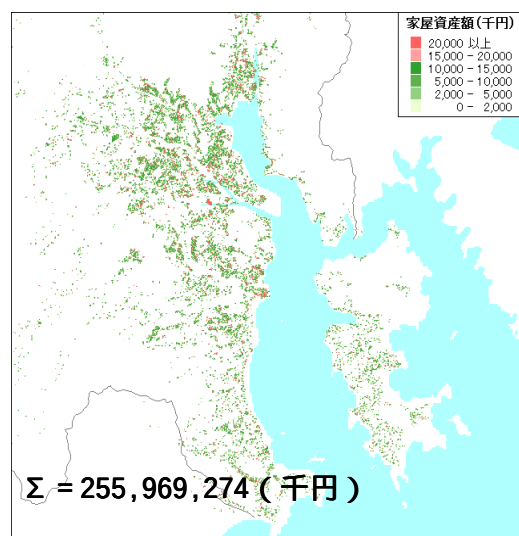


図 - 2 資産分布例（家屋資産分布）

(7) 気仙沼市の資産構成

その他にも，農業資産をはじめとする計上すべき資産は存在するが，本検討では省略する．これら6資産の合計は7,628,991,526（千円）となり，その内訳を図 - 3に示す．

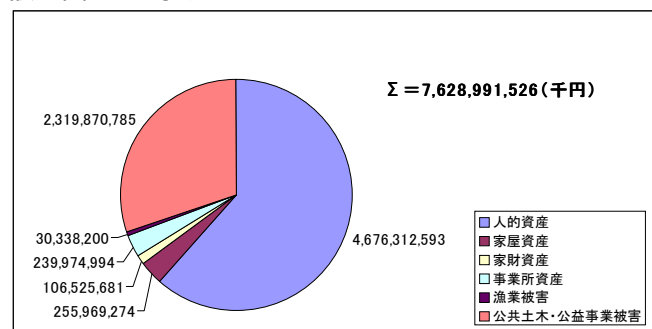


図 - 3 気仙沼市の資産構成

4．評価対象地震の選定

(1) 評価対象地震の選定

平成14年7月に，三陸地方を中心とする地震活動の長期発生確率⁵⁾が公表された．本検討では，これらの地震の中から，気仙沼市に津波の被害を及ぼす可能性のある地震を選び出し，これに長期評価結果が報告されている宮城県沖地震⁶⁾を加えて評価対象地震とする．

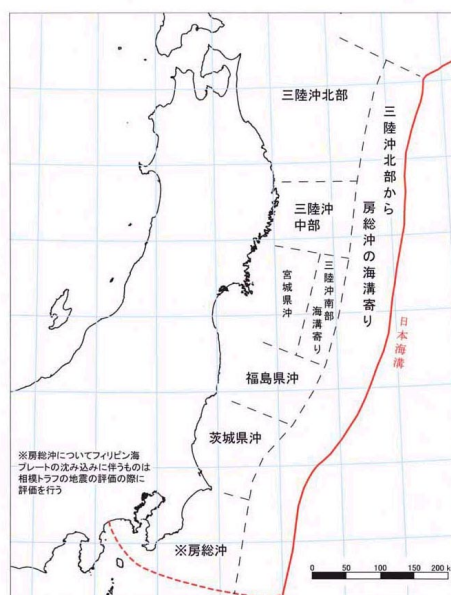


図 - 4 評価対象地震

(2) 津波の発生確率の考え方

これまでの津波を伴う地震の発生確率は，震源域を特定できない場合に，共通の地震地体構造を有する地域の地震発生確率モデルとして採用されるポアソン過程に基づいて評価されていた⁷⁾．この考え方では，地震発生確率は経年的に一定値となり，今回の報告で想定するような地震の周期性と最終発生からの経過年数は考慮されない．

本報告では固有地震のように当該地域における地震が比較的規則性を持った間隔で発生している場合には、更新過程をあてはめる際にBPT分布を適用し、固有地震以外の地震に対しては、更新過程をあてはめる際に指数分布を適用する。このようにして確率密度関数を決定したあと、最新の地震活動からの経過時間を考慮して、条件付確率の考え方により想定期間内の地震の発生確率を決定する。

表 - 1 対象地震と更新過程

	地震発生領域	更新過程	2050年までの発生確率	2100年までの発生確率
N1	宮城県沖地震	BPT分布	100.0%	100.0%
N2	三陸沖北部のプレート間大地震	BPT分布	29.0%	92.5%
N3	三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間大地震	指数分布	31.3%	52.8%
N4	三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート内大地震	指数分布	8.3%	16.0%
N5	三陸沖北部の固有地震として扱ったもの以外のプレート間地震	指数分布	99.6%	100.0%
N6	三陸沖南部海溝寄りのプレート間地震	BPT分布	96.5%	100.0%

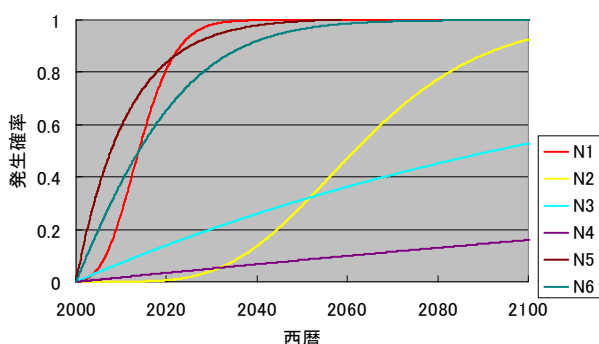


図 - 5 対象地震の発生確率

$$f(t) = \sqrt{\frac{\bar{T}}{2\pi\alpha^2 t^3}} \exp\left\{-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\bar{T}\alpha^2 t}\right\} \quad \text{BPT分布} \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{\exp(-t/\bar{T})}{\bar{T}} \quad \text{指数分布} \quad (2)$$

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3)$$

$$P(T_1) = 1 - \frac{1 - F(T_0 + T_1)}{1 - F(T_0)} = \frac{F(T_0 + T_1) - F(T_0)}{1 - F(T_0)} \quad (4)$$

$f(t)$: 確率密度関数

$F(t)$: 確率分布関数

$P(T_1)$: 想定年数 T_1 年間の地震発生確率

$\bar{T}$: 活動間隔の平均

α : ばらつきを表す係数

T_0 : 最新の活動からの経過年数

T_1 : 今後の想定年数

5. 津波防災事業計画の策定

評価対象地震による津波の被害を軽減するために、津波防災事業を計画する。今回のケーススタディでは、事業（案）として、図 - 6に示す湾奥部水門を考えた。湾奥部に位置する気仙沼市の市街地は、資産が集中しているにもかかわらず、土地収用や景観上の問題から防災施設整備が不十分である。そのため、整備効果の評価や詳細な分析を行う例として適していると判断し、本事業（案）を選定した。

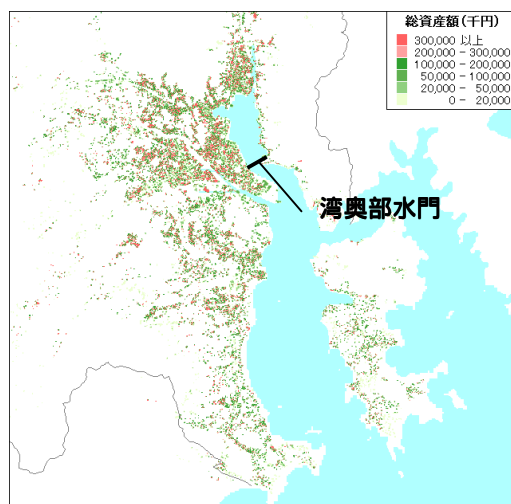


図 - 6 防災事業（案）

6. 浸水領域の解析

(1) 津波伝播モデル

津波伝播モデルは長波を考慮した長波理論の式を用いる。50m以上の深海に対しては線形長波理論、50m以下の浅海に対しては移流の効果が無視できないため、非線形長波理論を用いる⁸⁾。数値計算は、これらの式をStaggered leap-frog法により差分で行う。また地震による初期水位変動は、それぞれの地震について静的断層パラメータ⁹⁾を用い、Mansinha and Smylie(1971)の方法により求める¹⁰⁾。

(2) 計算方法

計算は図 - 7 に示す領域について行う。図の黒色の部分が陸地に相当し、日本海溝を含む領域である。

計算格子間隔は横断方向・縦断方向共に、断層が崩れる深海域では450mメッシュを用いて行い、深海から浅海に近づくにつれて、150mメッシュ（赤囲いされた部分）、50mメッシュ（白囲いされた部分）と格子間隔を狭めていく。

ここで最小メッシュサイズについては、陸地を含む浅海域の格子間隔を50mまで狭めれば、津波解析として妥当な津波高さを計算できるが、一つの湾にターゲットを絞り詳細な被害推定を行うには、さらに格子間隔を狭め数値計算精度を上げるべきである。よって気仙沼湾におけるメッシュサイズは50/3m（黒囲いされた部分）を用い、計4領域に渡って接続計算を行う。

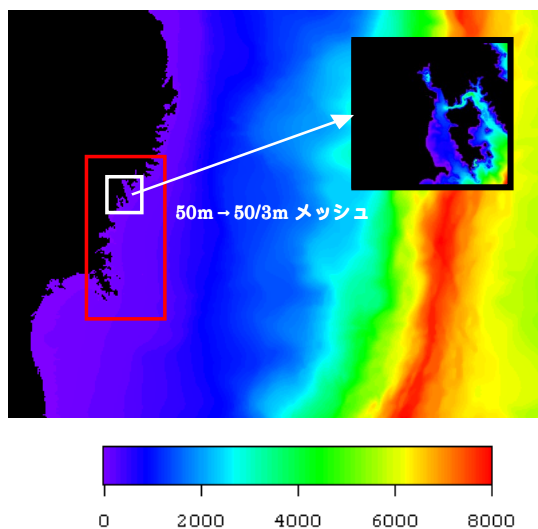


図 - 7 計算領域 [カラーバーは水深(単位: m)]

計算は各評価対象地震について、防災施設の整備条件別（現状，天端高TP+1.0mの湾奥水門事業，天端高TP+3mの湾奥水門事業）の3ケースについて行う．水門は狭窄部に湾を完全に塞ぐ形で設置する．

(3) 計算結果

今回の評価対象地震のうち，ケース N3 について計算結果を示す．慶長 16 年（1611 年 12 月 2 日）三陸沖において M8.1 の地震が発生し，この地震によって生じた津波は三陸の広い範囲に渡って来襲した．気仙沼湾の北に位置する三陸町越喜来では 8～10m の津波高さが推定されている¹¹⁾．

図 - 8 は地震による初期水位変動分布であり，最大で 5m の水位が海溝付近で変動している．三陸地震は「津波地震」の一つとも言われ，南北方向の長さに対して東西方向の幅が小さいのが特徴である．その為東西方向への指向性が強く，三陸沿岸部にエネルギーが集中する形で来襲する．

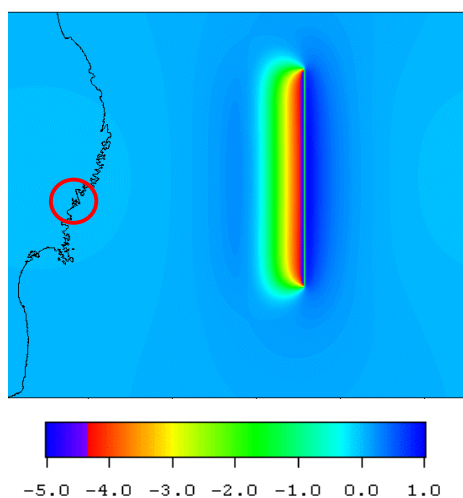


図 - 8 初期水位変動分布（単位: m）

図 - 9 に現状と水門設置（天端高 TP+3m）の場合の最大水位分布，図 - 10 に津波到達時間分布を示す．

津波は地震発生から約 20 分で湾の入口付近に到達し，その後 10 分～15 分で湾奥まで到達する．湾口部から湾奥へ津波が伝播する時間は，他ケースについても同様の結果が得られた．最大水位は湾の入口に位置する大島では 12m，湾奥においても 2～3m に達した．これは津波が水門を乗り越えて湾奥まで到達したことを意味している．

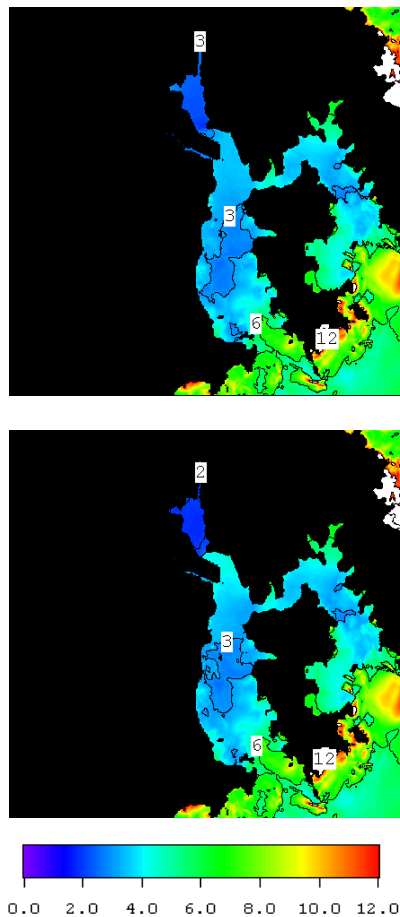


図 - 9 最大水位分布（単位: m）
（上：現状 下：水門天端 TP+3m）

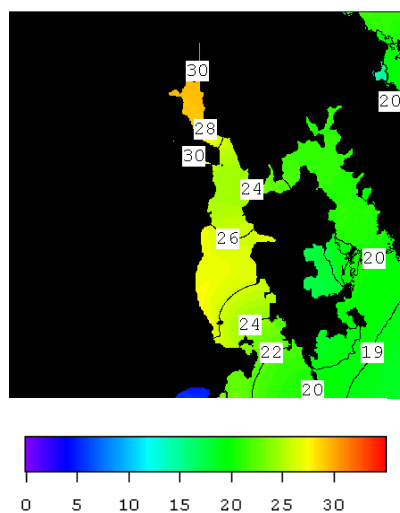


図 - 10 津波到達時間分布（単位: 分）

図 - 11にはN3による津波の浸水域を示す．水門の設置によって，湾口部および大島付近の結果に変化はないが，湾最奥部の浸水領域は縮小し，水門西側の浸水領域が拡大していることがわかる．

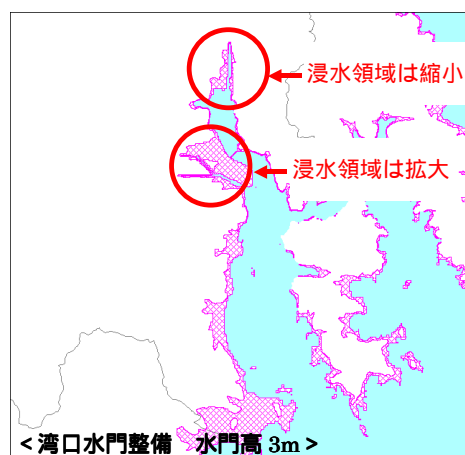
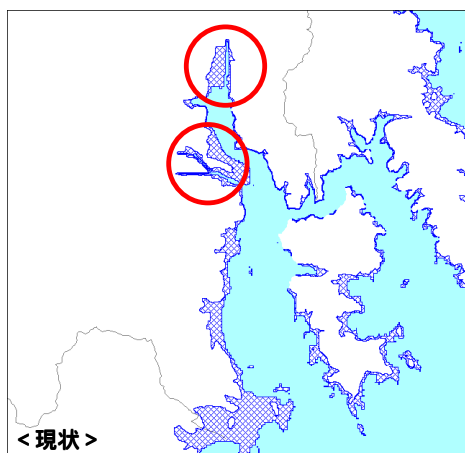


図 - 11 浸水領域（上：現状 下：水門天端TP+3m）

(4) 水門の設置と浸水領域の関係

水門を設置した場合，水門手前での水位が1mもしくは3mを超えなければ，津波は湾奥まで到達しないが，津波が水門を乗り越えた場合は，湾奥へ侵入した海水が湾外に出られない状態になり被害が拡大するエリアもある．また，水門の設置が近傍河川からの津波の遡上を助長するケースも見られ，本ケース（天端高TP+3m）の場合，水門西側の河川周辺への浸水の広がりが顕著に見られた．（1868KB MPG動画は[ここをクリック](#)）

このように，津波の大きさや入射方向によっては，水門の設置がかえって被害を拡大させることもあるので注意が必要である．

7．被害額の算出

各評価対象地震について，防災施設の整備条件別に被害額を算出する．公共土木施設・公益事業施設

資産を除く各資産に関しては，各資産分布に対して浸水エリアを重ね合わせ，浸水深に応じた被害率¹²⁾を考慮した被害額を算出する．公共土木施設・公益事業施設資産に関しては一般資産（家屋，家財，事業所）被害額に対する各地方別の便宜的な平均比率をもって算定する．

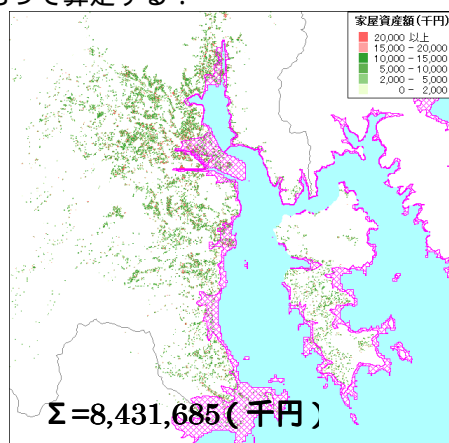


図 - 12 被害額の算出（N3 水門高3m 家屋被害）

(1) 人的被害

人的被害は死者数をメッシュごとに算定し，それに評価単価を乗じて求める．津波による死者数の算定は，浸水エリア内における津波影響人口（浸水深が1m以上となるメッシュ内の滞留人口）をもとに，避難率および津波の到達時間と要避難時間の関係¹³⁾を考慮して以下のように求める．

a) 避難行動をとらずに死亡する人口

$$C_1 = a \times (100\% - b_1 - b_2) \quad (5)$$

C_1 : 避難行動をとらずに死亡する人口

a : 津波影響人口

b_1 : 地震発生により避難を開始する人口の割合

b_2 : 警報発令により避難を開始する人口の割合

b) 地震発生により避難を開始するが，間に合わずに死亡する人口

$$C_2 = a \times b_1 \times Heavside(T_1 - T_2) \quad (6)$$

T_1 : 地震発生により避難を開始したときの要避難時間

深夜・早朝の時間帯で家屋の倒壊がない場合 :42分

T_2 : 津波の到達時間

数値解析により求める。

$Heavside(T_1 - T_2)$

$T_1 - T_2 \geq 0$ のとき 1

$T_1 - T_2 \leq 0$ のとき 0

c) 警報発令により避難を開始するが，間に合わずに死亡する人口

$$C_3 = a \times b_2 \times Heavside(T'_1 - T_2) \quad (7)$$

T'_1 : 警報発令により避難を開始したときの要避難時間

深夜・早朝の時間帯で家屋の倒壊がない場合 :50分

d) 総死亡人口

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (8)$$

(2) 家屋被害

家屋被害は浸水エリア内の延べ床面積に1m²あたりの評価単価と浸水深別被害率を乗じて求める。

表 - 2 家屋被害の浸水深別被害率

浸水深	50cm未満	50～99	100～199	200～299	300cm以上
被害率	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834

(3) 家財被害

家財被害は浸水エリア内の世帯数に評価単価と浸水深別被害額を乗じて求める。

表 - 3 家財被害の浸水深別被害率

浸水深	50cm未満	50～99	100～199	200～299	300cm以上
被害率	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991

(4) 事業所被害

事業所被害は償却資産被害額と在庫資産被害額にわけて求める。ともに、浸水エリア内の従業者数に産業別の評価単価と浸水深別被害率を乗じて求める。

表 - 4 事業所被害の浸水深別被害率

浸水深	50cm未満	50～99	100～199	200～299	300cm以上
被害率(償却)	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
被害率(在庫)	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

(5) 漁業被害

漁業被害は漁船被害を考える。漁船被害は津波到達エリア内の漁船数に10年後実勢取引価格と最大波高別被害率¹⁴⁾を乗じて求める。

表 - 5 漁船被害の最高波高別被害率

最高波高	200cm未満	200～400	400～800	800cm以上
被害率	0	0.2	0.5	1.0

(6) 公共土木施設・公益事業施設被害

公共土木施設・公益事業施設被害額は、一般資産被害額に便宜的な平均比率(公共土木施設被害額比率 = 381.67%, 公益事業等被害額比率 = 3.39%)を乗じて求める。

(7) 総被害額の算出

各被害額を足し合わせるにより、総被害額を

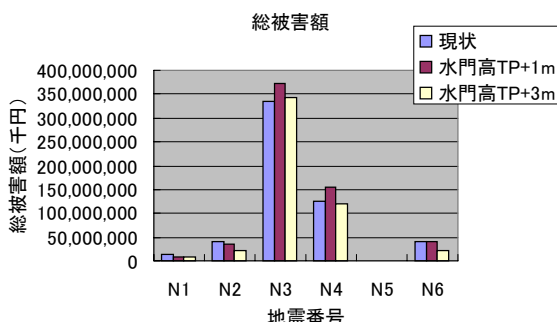


図 - 13 総被害額

地震番号N3やN4においては、水門を整備することにより被害額が増大する結果になっている。これは6. 浸水領域の解析でも述べたが、大津波が発生するN3やN4においては、湾奥部に水門を設置することにより、水門内へ侵入した海水が逃げ場を失い湾内の水位が上がることや、水門南部の河川からの津波の遡上が助長されることが原因であると考えられる(図 - 11参照)。防災計画において、施設建設により、こういった大津波も防ぐ対象とする場合は、当該場所の水門設置とともに、既存防潮堤の嵩上げや河川からの遡上を防ぐ河川水門の併設の必要性を示唆する結果となった。

8. 被害軽減額の算出

各評価対象地震について、防災施設の整備条件別に被害軽減額を算出する。

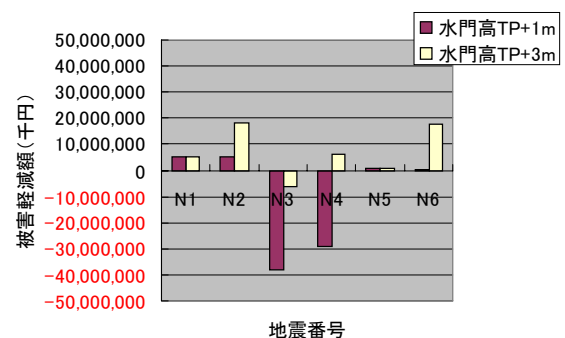


図 - 14 被害軽減額

図 - 14より、対象地震により必要となる防災施設の性能がかなり異なることがわかる。当該位置での水門建設を仮定した場合、地震番号N1やN5に関しては水門高がTP+1mとTP+3mで被害軽減額がほとんどかわらず、TP+3mの性能が過大であることがわかる。N2やN6に関しては、被害軽減額が大幅に増加していることからTP+1mの性能では不十分であることが読み取れる。これらの地震に関しては、さらに高性能(例えばTP+5m)の条件での解析結果によっては、TP+3mの性能でも不十分であることが判明する可能性もある。また、N3に関しては、TP+3mの性能の水門ではかえって被害を拡大し、N4に関してはTP+1mの性能では被害が拡大するが、TP+3mの性能を持たせると、若干の被害軽減が期待できることがわかる。ここで重要なことは、防災施設にすべての地震に対して十分な性能を持たせることは非効率的であり、各々の地震の発生確率を考慮した上で、ハード対策とソフト対策等、複数の対策を融合させた防災計画の構築が求められることである。

9. 対策効果の算出

各々の地震の発生確率を評価した対策効果は、期待被害軽減額の和として求められる。被害軽減額に地震発生確率を乗じることにより、期待被害軽減額を算出する。

期待被害軽減額は整備施設の耐用年数中の津波発生確率を考慮した被害軽減額であり、評価対象地震について、この期待被害軽減額を足し合わせたものが整備施設の効果（便益）となる。

$$B(t, h) = \int_{N1}^{N6} P_{(E, t)} \times \Delta D_{(E, h)} dE \quad (9)$$

$B(t, h)$: 耐用年数 t 、性能 h の施設建設の対策効果

$P_{(E, t)}$: t 年間の地震番号 E の発生確率

$\Delta D_{(E, h)}$: 性能 h の施設を建設したときの
地震番号 E に対する被害軽減額

$B(50\text{年}, \text{水門高TP+1m}) = -7,833,295$ (千円)
 $B(100\text{年}, \text{水門高TP+1m}) = -15,419,003$ (千円)
 $B(50\text{年}, \text{水門高TP+3m}) = 27,632,206$ (千円)
 $B(100\text{年}, \text{水門高TP+3m}) = 38,444,746$ (千円)

今回評価対象とする6つの地震に関しては、発生確率まで踏まえて総合的に評価すると、当該位置での水門建設を計画した場合、高さ1mの水門は、湾奥部の水位上昇や河川からの津波の遡上を助長し、被害の拡大をまねくことがわかる（対策効果がマイナスになる）。

また、施設の耐用年数により、期待被害軽減額が大きく変化する地震もある。図-15に示すように、地震番号N2は50年対応の施設に比べ100年対応の施設の期待被害軽減額が大きく増加する。これはこの地震の発生確率が2050年以降急激に上昇するからである（図-5参照）。

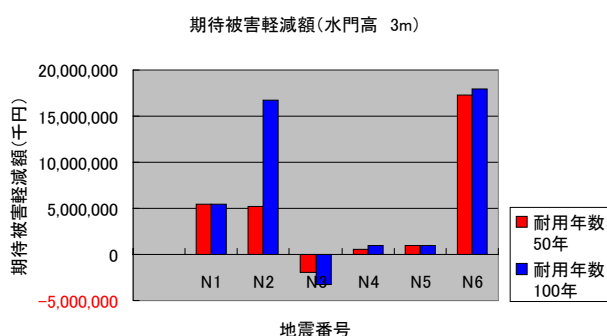


図-15 期待被害軽減額

10. 防災計画への適用

このような手法のもと算出した対策効果と、対策に要する費用を比較することで、費用対効果分析を行うことができる。当然、対策効果、対策費用ともに、施設を高性能にすればするほど高くなる。施設建設においては、対策費用と対策効果の比である費用便益比が、最大となるような性能を持たせること

が、投資効果という視点からは最適な防災計画といえることができる。このとき、地震番号N2の例で説明したように、施設の耐用年数を変化させると、評価地震の発生確率が変化するため、最適となる性能が変化することが考えられる。例えば、2000年から2050年を供用期間とする水門に持たせるべき性能と、2100年まで供用期間を延長したときにもたせるべき性能は異なり、耐用年数50年の施設を建設する場合はTP+3mの天端高さ、耐用年数100年の施設を建設する場合は、さらに性能の高いTP+5mの天端高さが最適であるというような結果が得られる可能性がある。しかし、こういった検討はあくまで投資効果という一視点からの結論であり、防災計画上で、他に優先されるべき目的（例えば人的被害を最小化する防災計画の構築）が掲げられている場合は、その目的を最大限に達成される性能を施設にもたせるべきである。このような評価を行う場合は、資産別の被害軽減率等が指標として有効になる。資産別被害軽減率は、それぞれの資産について、現状での被害額の何割が施設整備により軽減されるかを示したものである。図-16は地震番号N2の資産別被害軽減率であるが、漁業被害は本施設により全く軽減されないが、人的被害は天端高TP+3mの水門を設置することにより、約50%の被害が軽減されることがわかる。

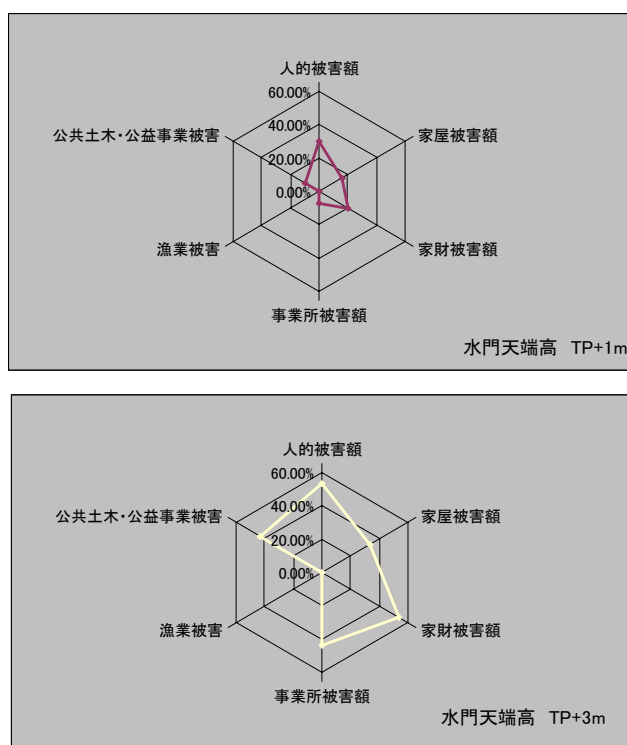


図-16 資産別被害軽減率（地震番号N2）

11. 今後の展望

本論文では、GISと津波・浸水シミュレーションを用い、津波防災事業の効果を定量的に評価する手法について述べた。今後は、防災施設の整備条件別解

析ケース数を増やし、評価精度の向上を目指す。また並行して、防災施設のライフサイクルコストの算出、地震による既存施設の破損率、津波発生確率のさらなる高精度化（評価期間内に複数回の発生を考慮したときの確率）等にも取り組む次第である。

謝辞：本報告にあたり、気仙沼海岸防災研究会に多大な協力を頂いた。記して、感謝の意を表す。なお、標高データは、国土地理院発行数値地図50mメッシュ（標高）を利用した。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について， pp. 2-16, 2002.
- 2) 運輸省港湾局海岸・防災課：費用便益分析資料集(案)， pp. 付 - 1, 1998.
- 3) 建設省河川局：治水経済調査マニュアル(案)， pp. 48-57, 2000.
- 4) 農林水産省構造改善局，農林水産省水産庁，運輸省港湾局，建設省河川局：海岸事業の費用対効果分析手法(平成9年度版)， 1998.
- 5) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について， pp. 2-16, 2002.
- 6) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：宮城県沖地震の長期評価， pp. 1-10, 2000.
- 7) 運輸省第二港湾建設局企画課：平成10年度 港湾海岸事業評価検討調査報告書， pp. 61-74, 1999
- 8) 今村文彦：津波災害とシミュレーション，計算工学会誌， Vol. 6, No. 3, pp. 311-315, 2001
- 9) 佐藤良輔：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック，鹿島出版会， 1995
- 10) 土木学会 原子力土木委員会 津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術， pp. 121-125, 2002
- 11) 羽鳥徳太郎：三陸沖歴史津波の規模と推定波源域，東大地震研究所彙報，第50号， pp. 397-414
- 12) 建設省 河川局：治水経済調査マニュアル(案)， pp. 48-57, 2000.
- 13) 今村文彦，金田資子，早川哲史：沿岸災害に対するリスク評価とマップ作成について - 津波を中心として - ，東北大学津波工学報告，第20号， pp. 1-11, 2003
- 14) 首藤伸夫：津波強度と被害，東北大学津波工学報告，第9号， pp. 101-136, 1992.

(2003.6.27 受付)

QUANTITATIVE EVALUATION OF THE PREVENTION FOR TSUNAMI CONSIDERED A LONG-TERM PROBABILITY OF EARTHQUAKES

YASU HARU TOYOTA, FUMIHIKO IMAMURA, KENICHI SATO
and HIROYUKI SASAKI

Today a fair process to deliver public infrastructure project is getting a greater concern for all public sector decision makers. In terms of tsunami hazard mitigation, their challenge is to quantitatively evaluate the effectiveness of all the planned infrastructures for tsunami hazard mitigation, such as seawalls and sluice gates, and to find the best plan.

This thesis proposes a method of quantitative evaluation of the tsunami hazard mitigation infrastructures, using a numerical simulation program and a geographic information system (GIS). The numerical tsunami simulation gives us a travel time and an inundation area of tsunami. On the other hand, GIS enables us to exactly understand the geographic distribution of human populations, building properties and so forth. Combining these two analysis, the estimation of the damage can be more detailed and precise. This evaluation can be a clue to deliver an ideal infrastructure project.

This thesis reports the result of the case study of a coastal community, Kesennuma City, Miyagi Prefecture.