

人的被害に着目した津波防災施策の総合評価*

A Comprehensive Evaluation of Tsunami Risk Management based on Human Damage *

細井教平**・桑沢敬行***・片田敏孝****

By Kyohei HOSOI **・Noriyuki KUWASAWA*** and Toshitaka KATADA ****

1. はじめに

日本は世界でも有数の津波常襲国であり、過去甚大な被害が発生した津波災害のなかには、周期的に発生する大地震に起因するものが多く、近年、大規模な地震に伴う大津波の発生が危惧されている。このような緊迫した状況のなか、津波による被害が懸念されている沿岸地域では、様々な対策の中から人的被害の削減に効果的な対策を実施することが急務となっている。

津波による人的被害の規模は、津波発生シナリオや行政、住民などによる様々な社会の対応状況により、大きな差が生じる。したがって、人的被害の最小化を図るためには、防潮堤や防波堤などのハード施設の整備に加え、災害情報伝達や避難計画、防災教育などの様々な対策について検討する必要がある。また、災害時における人的被害は単独の事象に依存して発生するのではなく、複数事象の相互的な関係の中で発生すると考えられるため、防災施策を実効性のあるものにするためには、各種対策を個別に検討するだけでなく、事象間の相互関係によって発生する問題にまで及んだ総合的な検討を行う必要がある。

このような認識のもと本研究では、津波対策について、人的被害の規模を基準とした一元的な尺度で総合的に評価する手法を提案する。また、その手法を実現するためのツールとして、筆者らが開発している災害総合シナリオ・シミュレータ¹⁾の概要を示すとともに、その具体的な適用事例として米国オレゴン州Seaside Cityを対象としたシミュレーションを実施することで、本手法の有効性について論じる。

2. 津波防災施策の総合評価の重要性

津波災害による人的被害の規模は、発生する災害の規模や防災施設の整備状況に加え、災害情報の伝達状況、住民の避難状況など複数の事象が相互に影響しあうことで発生すると考えられる。例えば、津波の発生が予測された段階において、行政から避難勧告などが的確に住民に伝達されたとしても、住民の意識が低く、避難が行われなかった場合、多くの犠牲者が発生してしまうだろう。また、住民の意識が高く、地震発生からの迅速な避難が行われたとしても、家屋倒壊等により避難路が閉塞したり、適切な避難施設が整備されていなかった場合には多くの人的被害が発生してしまう。したがって、的確に現状の津波対策や計画を評価するためには、それぞれの問題を個別に扱うだけではなく、各事象間の相互関係によって生じる問題にまで及んだ総合的な検討を行うことが重要と考える。

これまでにも、効果的な津波防災対策の検討を目的として、ハード対策施設による効果や住民の避難対策を取り扱ったものなど多数の研究が行われている。しかし、それらの研究の多くは、津波の浸水状況のみに着目して、人的被害を予測しているものや、住民避難を扱っているのにもかかわらず、避難行動を開始する大きな要因と考えられる災害情報の伝達状況については考慮されていないなど、限定的な問題を対象としているものがほとんどであり、前述したように総合的に対策を検討しているものは見当たらない。

本研究では、このような課題に対応するためには、想定する津波災害時における津波の浸水状況に加えて、行政や住民などの社会対応状況を表現したうえで、人的被害を推計することのできる総合的な技術が必要であると考えた。これにより、既存の防災施設を反映した防災対策を分析することや、災害情報伝達施設や避難施設を増設した場合、防潮堤、防波堤などの防災施設を整備した場合の効果を人的被害量という単一の尺度で比較することで、具体的な判断基準を用いた整備計画が検討できる。さらには、住民の意思決定に関わる条件を操作することで、住民の防災意識にまで及んだシナリオを想定した総合的な津波防災対策の検討が可能である。

*キーワード：人的被害、津波防災、施策総合評価

**正員、工修、NPO法人社会技術研究所

(群馬県高崎市片岡町一丁目12番16号 フロンティアビル2階、TEL027-310-3170、FAX027-325-7370)

***正員、博(工)、NPO法人社会技術研究所

****正員、工博、群馬大学大学院工学研究科社会環境デザイン工学専攻

(群馬県桐生市天神町1-5-1、TEL0277-30-1651、FAX0277-30-1601)

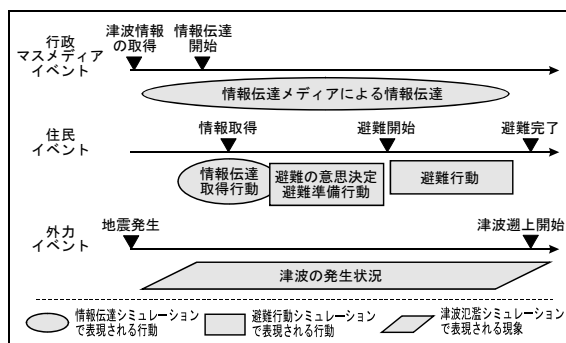


図-1 各シミュレーションの役割

筆者らはこのような手法を実現するための技術として、災害総合シナリオ・シミュレータを開発している。本シミュレータは災害情報の伝達状況、住民による避難行動、そして地震の発生からの津波の状況を総合的に表現することが可能であり、本研究で提案する人的被害を基準とした津波防災対策の検討ツールとして利用できる。次章では、本シミュレータの概要を示す。

3. 災害総合シナリオ・シミュレータの概要

災害総合シナリオ・シミュレータは、行政からの地域住民への情報伝達シミュレーション、情報を受けた住民が避難の意思決定を行い、避難行動を開始して避難する状況表現する避難行動シミュレーション、そして外力の状況を表現する津波氾濫シミュレーションという三つの要素技術により構成されている。

図-1は、本シミュレータを構成する三つの要素技術の役割を示したものである。情報伝達シミュレーションは、行政やその他情報伝達メディアによる情報伝達状況を表現するとともに、情報の受け手である住民の情報取得状況や住民間での情報伝達状況の表現を行う。情報伝達シミュレーションにより計算された情報取得時刻以降、住民はシナリオに応じて、避難の有無やタイミングを決定するとともに、避難の準備行動へと状態を変化させる。そして、避難開始となった段階で避難場所に向けて避難を開始する。本シミュレータでは、情報を得た住民が実際に避難を実施するかどうか、また、避難を実施する場合、その準備にどれぐらいの時間を要するかについて任意にシナリオ設定することが可能である。実際に避難行動が開始されると、一定時間毎に住民の分布と津波の氾濫範囲を空間解析し、津波の氾濫域内に住民が存在していた場合、人的被害の発生としてカウントする仕組みとなっている。

図-2は、本シミュレータを利用した防災対策の検討フローを示している。最初の試みとして対象地域の道路や建物分布などの地形的な条件や、屋外拡声器の設置箇所や伝達タイミング、避難施設の位置といった現状の防

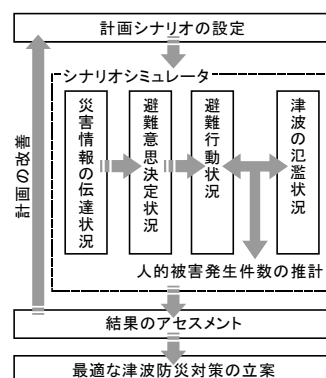


図-2 シミュレータによる対策の検討フロー

災計画を反映したシナリオをシミュレータの入力条件として設定する。次に、シミュレータにより、各シミュレーションを実施し、災害情報の伝達状況、住民の避難状況、そして、津波氾濫による人的被害の発生状況に関する結果を算出する。ここでシミュレータから得られた結果を評価することによって、シナリオとして設定した現状の防災対策の問題点を抽出することができる。また、次の段階として、抽出した現状のシナリオによる問題点を改善するための対策を検討し、さらに、その対策を考慮したシナリオに沿って再度シミュレーションを実施することとなる。

以上のような流れを住民と行政の対応行動や津波の発生規模に関わるシナリオを様々に変化させながら繰り返し実施することによって、災害時に発生する可能性のある種々の問題点の把握やその効果的な対応策の検討を効率的に実施することが可能となる。

4. 適用事例

本章では、津波対策の総合評価の具体的な事例として、米国オレゴン州Seaside Cityを対象とした津波防災対策のシミュレーション分析結果について示す。

(1) Seaside Cityの概要

Seaside Cityは、米国オレゴン州北西部、コロンビア川河口部から南に約30kmに位置し、人口は約5,900人、世帯数は約2,656世帯である。また、その範囲は南北に約5km、東西に約2kmであり、10.4km²の面積を有する。西側が太平洋に面しているとともに、南から北に流れるNecanicum川とNeawanna川によって、町は三分されている(図3参照)。また、自然が豊かなこともあり、オレゴン州最大の都市であるポートランドから近いことから、観光客の多い人気のあるリゾート地となっている。

(2) 問題点の把握

図-4はSeaside Cityにおいて公開されている津波避



図-3 対象地区



図-4 TSUNAMI EVACUATION MAP ²⁾

難地図である。これによると、海岸から内陸にかけて約1.5kmが津波遡上の想定区域であり、対象地域の大半が避難を要する地域となっている。また、避難所のなかには、2つの河川を越えて、海岸部からおおよそ2km離れた高台が指定されているものもある。このような状況から、沿岸地域から避難を行う際には、複数の橋を渡らなければならない、避難路が限定されていること、避難所までの距離が離れているために避難に時間を要することが問題点として挙げられる。また、前述のように、対象地域には多数の観光客が訪れることから、観光客を対象とした避難計画についても検討する必要があるといえる。

以上のような地域的な特性から生じる問題に対する検討に加え、住民への災害情報伝達体制、住民教育、車での避難行動、交通渋滞等に関する対策が検討項目として考えられる。

(3) 施策の評価検討事例

本節では前節で挙げた項目の中から、a) 避難路の整備、b) 避難施設の増設、c) 観光客に着目した避難計画について検討した結果を示す。なお、屋外拡声器や広報車などの住民への情報伝達施設に関しては、図-3のように仮想

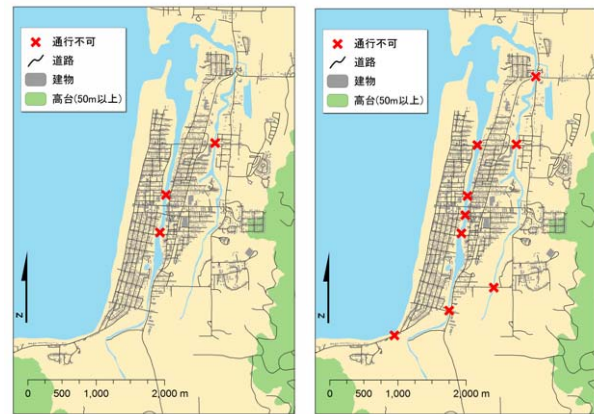


図-5 橋梁の落橋箇所

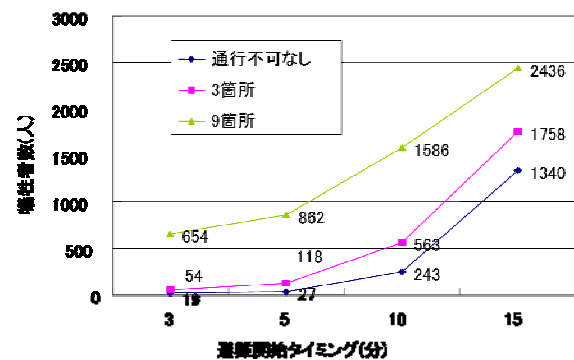


図-6 避難路の状況毎の犠牲者数

的に配置したものを用いた。

a) 避難路の整備

前述のとおり、沿岸部から避難を行う際には複数の橋を渡る必要がある。したがって、地震による落橋を想定した検討を行っておくことは重要である。そこで、Necanicum川に6箇所、Neawanna川に6箇所の計12箇所に架けられている橋梁を対象として、落橋による人的被害への影響について把握する。具体的には、落橋が起らなかった場合、落橋により3箇所が通行不可になった場合、9箇所が通行不可になった場合の3つのパターン(図-5参照)を設定し、犠牲者数を推計した。

屋外拡声器や広報車、マスメディアから避難情報が伝達されるタイミングを地震発生から3分後に固定し、情報取得後の住民の避難開始タイミングを変化させた各パターンの犠牲者数を図-6に示す。この図によると、避難路が限定されているほど、犠牲者が多くなっており、9箇所が通行できない場合では、情報取得後3分で避難を開始したのにも関わらず、654人もの犠牲者が発生する結果となった。

b) 避難施設の増設

沿岸部地域の住民は付近に避難できるような高台がなく、安全な地域へは約1.5kmの距離を避難しなければならない。このような現状を反映し、人的被害を推計したところ、避難が遅れた場合、沿岸地域において多くの犠牲者が発生する結果となった。そこで、ここでは、津



図-7 津波避難タワー(三重県大紀町)と避難施設の整備箇所

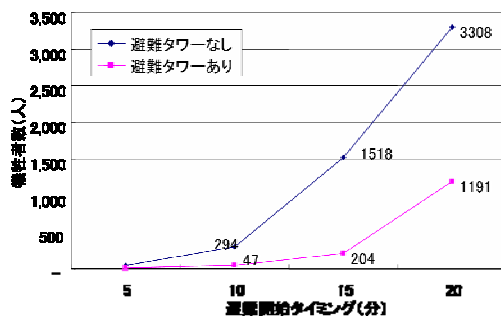


図-8 避難施設の整備毎の犠牲者数

波避難タワーを整備による効果について把握するために、図-7に示すように、沿岸部の2箇所に避難施設を整備した場合を想定し、犠牲者数を推計した。

図-8は情報伝達タイミングを3分後に固定し、情報取得後の住民の避難開始タイミングを変化させた各パターンの犠牲者数を示したものである。この図によると、情報を取得してから10分後に避難を開始した場合の犠牲者数は、整備前で294人、整備後には47人で217人の減少、情報取得後20分で避難を開始した場合には、整備前で3,308人、整備後には1,191人で、約2,000人減少となり、いずれの場合においても、避難施設を整備することによって、人的被害の低減に大きな効果を得ることを示す結果となった。また、その効果は、住民の避難タイミングが遅れた場合ほど顕著になることがわかった。

c) 観光客を考慮した場合の人的被害規模への影響

つぎに、観光客を考慮した場合の人的被害規模への影響を把握する。夏季を想定し、海辺に100人の観光客を図-9のように配置した場合での犠牲者数を推計した。図-10は情報伝達タイミングを10分後に固定し、対象地域に住民のみを配置した場合と、住民に加えて観光客を100人配置した場合の避難開始タイミング毎の犠牲者数について表したものである。この図によると、観光客を配置した海辺から避難場所まで遠いこともあり、多くの観光客が犠牲になる結果となった。さらに、情報取得後15分で避難を開始した場合では、観光客として配置した



図-9 観光客の配置

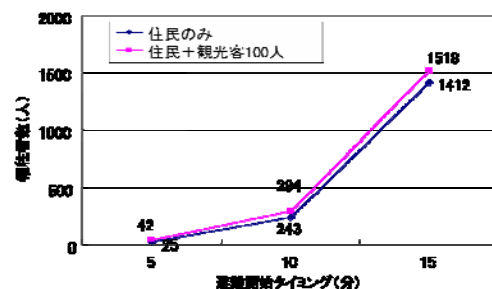


図-10 観光客の配置による犠牲者数の変化

全員が犠牲者となる結果になった。

ここでは、避難路の整備、避難施設の整備の効果について把握した。その結果、避難施設の実現することが人的被害の低減に非常に効果的であることが把握された。しかし、実際の検討を行うためには、今回の検討だけでは不十分であり、今回検討しなかった対策に加え、複数の対策を同時に実施した場合などについても検討することが必要である。

5. おわりに

本研究では、津波対策についてシミュレーション技術を用いた総合的に評価する手法を提案するとともに、具体的な適用例として、米国オレゴン州Seaside Cityを事例にシナリオ分析を行った。今後は、効果的な津波防災対策を立案するために、検討すべき項目や手順について検討し、整理するとともに、その手法を支援するツールを開発していくことが課題である。

参考文献

- 1) 片田敏孝, 桑沢敬行: 津波に関わる危機管理と防災教育のための津波災害総合シナリオ・シミュレータの開発, 土木学会論文集, 部門D, Vol. 62 No. 23, pp. 250-261, 2006-07.
- 2) Department of Geology and Mineral Industries, Oregon State, U.S.: 「Tsunami Evacuation Map」, 2002.