

# シナリオによって変化する津波・水害シミュレーション情報の適切な提示手法に関する研究

How should we use simulation based natural hazard information about flood and tsunami relating disasters?

○牧紀男<sup>1</sup>, 馬場俊孝<sup>2</sup>, 高橋智幸<sup>3</sup>, 柄谷友香<sup>4</sup>, 川崎浩司<sup>5</sup>, キム・ミンスク<sup>1</sup>  
 Norio MAKI<sup>1</sup>, Toshitaka BABA<sup>2</sup>, Tomoyuki TAKAHASHI<sup>3</sup>, Yuka KARATANI<sup>4</sup>,  
 Koji KAWASAKI<sup>5</sup> and Minsuk KIM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

<sup>2</sup> 徳島大学工学部

Faculty of Engineering, Tokushima University

<sup>3</sup> 関西大学社会安全学部

Faculty of Social Safety Science, Kansai University

<sup>4</sup> 名城大学都市情報学部

Faculty of Urban Science, Meijo University

<sup>5</sup> (株)ハイドロ総合技術研究所

Hydro Technology Institute Co.,Ltd.

This paper discusses about the scheme of natural hazard information dissemination. Natural hazard information should be developed reflecting the goal of risk management. Four steps procedure for water relating hazard information development scheme was clarified through discussion among experts and interviews to them. Democratic process for tsunami inundation scenario setting for pre-disaster recovery planning starting from group discussions and nominal process is introduced. As a base of tsunami scenario setting, 1506 types of tsunami simulation, historical tsunami, and government tsunami simulation are used, and the map system showing various tsunami inundation including the frequency within 1506 of tsunami inundation was developed.

**Keywords** : Risk Management, Tsunami Simulation, Flood Simulation, Land Use Regulation, Pre-disaster Recovery Planning

## 1. はじめに

防災対策を考えるためには、どういった被害が予想されるのかというリスク評価が不可欠である。リスクマネジメントについての国際標準規格である ISO31000 (JISQ31000) においてもリスクの同定・評価を行うことが規定されている。しかし、ISO31000 がリスクマネジメントの最初のステップとしているのは”Establishing the Context”であり、「リスクマネジメント方針 (2.1.2) に従って適用範囲及びリスク基準 (3.3.1.3) を設定すること。」<sup>1</sup>とされる。リスク基準とは「組織の価値観、目的及び資源を反映したもの」であり、リスクマネジメントの最初のステップは、何を目的にリスクマネジメントを行うのかを明確にすることである。”Establishing the Context”は、公式日本語訳では「組織の状況の確定」と訳されているが、何のためのリスクマネジメントなのか、企業の事業継続なのか、人的被害の軽減なのかということをもとに設定することが求められているという意味では「リスクマネジメントの目標の設定」といった方がよりその意味が明確になると考える。

本稿ではリスク評価の前提となるハザードシミュレーションについて検討するが、上記の前提を踏まえると、ハザードシミュレーションについても、何の目的でリス

クマネジメントを実施するのか、避難対策のような命を守る目的なのか、企業の事業継続なのか、さらにはまちづくりのためなのか、という目標を最初に設定することが不可欠である。本稿では「目的にもとづくハザード想定」という視点から、現在の津波・水害に関わる被害シミュレーションの現状について、専門家によるディスカッション、実務家に対するインタビュー調査をもとに明らかにする。さらに、これまであまり検討されてこなかったが、復興まちづくり、事前復興計画、さらには立地適正化計画の策定といった場合に必要となる「まちづくり」のためのハザード想定のある方について提案を行うことを目的とする。

## 2. 津波ハザード情報

現在、地震調査研究推進本部津波評価部会では津波情報についての検討が行われているが、津波ハザード情報をどのように提供するのかについて、本論文の筆者である牧・高橋・柄谷を中心に検討<sup>(1)</sup>を行った。シミュレーションの目的を明確にするという観点から津波ハザード情報の作成・活用方法、表1のように取りまとめた。

津波ハザード情報の作成・活用について4つのステップを設定した。STEP 1 : 目標と対策を設定するについて

表1 目的に応じた津波ハザード情報の作成・活用

STEP1. 目標と対策を設定する		STEP2. 想定される被害を明らかにする		STEP3. 対策実施のための想定被害を選択する		STEP4. 情報を活用する	
目的	対策手段	津波シミュレーションの種類	必要想定項目	シナリオの選択	被害想定シナリオ選択主体	対策	対策実施者
命を守る	避難、避難場所の設定、避難訓練	科学的合理性を持った最悪	浸水範囲、到達時間	最悪シナリオ	行政、住民	避難行動	住民
	津波避難施設設計(津波避難ビル等)	科学的合理性を持った最悪	浸水範囲、浸水深、到達時間	最悪シナリオ	行政、住民	津波避難施設建設	行政・住民
命・財産・業務を守る	土地利用計画	全て	浸水範囲+建物被害	合意可能なシナリオ	住民、事業者	浸水域での建築物の建設、構造規制	住民、事業者、行政
	堤防計画	発生確率の高いシナリオ	津波高	妥当性の高い複数のシナリオの中から合意可能なシナリオ	堤防設置者	堤防建設	堤防設置者(行政、堤外地の事業者等)
財産・業務を守る	保険	全て	確率密度をもった浸水範囲・浸水深	確率密度	保険業者	保険料率設定	保険業者
	事前復興計画	全て	建物被害	合意可能なシナリオ	市民、事業者	災害に強いまちづくり	住民、事業者、行政

は先述の通りである。

STEP2：想定される被害を明らかにする、については目的ごとのシミュレーションのシナリオについての検討を行い、命を守るという目的については「最悪シナリオ」、財産を守るという目的については「発生確率の高いシナリオ」、生活・業務を守るという観点については「すべてのシナリオ」というシナリオ設定が妥当であるという結論を得た。

Step3の「想定被害を選択する」では、例えば、命を守るという観点から最悪シナリオを想定しても、津波の場合、震源モデルにより様々な想定結果が存在することから、地域ごとに最悪シナリオが異なるような場合があることから「選択」というプロセスが存在することとなる。シミュレーションの結果の選択の考え方に、対策ごとにシナリオ選択の考え方について整理を行った。避難を目的とした対策については最悪シナリオ、土地利用計画についてはまちづくりにおいては合意形成が不可欠であることから合意可能なシナリオ、保険について確率密度という観点から選択するという結論を得た。堤防計画についても住民が参加するという事ではないが、堤防設置に関わる関係機関での合意性が重要であり合意可能なシナリオをした。Step4については、それぞれの対策のアウトプットと関係者について整理を行っている。

### 3. 洪水ハザード情報

津波ハザード情報については表1のような検討を行ったが、設定した4つのステップの妥当性を検証する必要がある。津波同様、水に関わる災害である洪水ハザードを対象に、シミュレーションの作成・シミュレーション結果の利用者に対するインタビュー調査を行い妥当性の検討を行った。インタビュー対象者は表2の通りである。インタビューはシミュレーションの実施手順に加えて、シミュレーション実施時のハザードシナリオの設定方法、シミュレーションに求める精度と利用目的との関係、シミュレーション結果の発信時に考慮する点等についてヒアリングを行った。以下、「命を守る」「財産を守る」「業務を守る」という防災対策の目的ごとに4つのStepの妥当性について検証する。

命を守るという目的で実施されている水害シミュレーションとしては、ハザードマップの基礎となる氾濫シミュレーションがある。ハザードマップ作製のための氾濫解析の方法については国土交通省作成のマニュアル<sup>2</sup>に定められており、現在は1/1000の確率の降雨強度についての氾濫解析が実施されている。命を守ることを目的とし

た氾濫解析は、津波シミュレーションのような複数の外力モデル(震源モデル)ではなく、一つの降雨外力に基づいて行われるためStep3の想定被害を選択するというプロセスは存在していない。

表2 インタビュー調査の概要

対象者	内容	日時
シミュレーション業務実施者(建設コンサルタント)	1) シミュレーションの実施手順 2) シミュレーション実施時のハザードシナリオの設定方法	2018年8月8日 14時-15時30分
シミュレーションデータ利用者(リスクマネジメントコンサルタント)	3) シミュレーションに求める精度と利用目的との関係 4) シミュレーション結果の発信時に考慮する点	2018年8月20日 13時30分-15時
国土交通省近畿地方整備局	5) その他	2018年9月13日 10時-11時30分

財産を守るためには、洪水が堤内地に浸水しないことが不可欠であり河川整備が基本的な対策となる。「河川整備計画」にもとづく堤防整備が行われ、計画策定のために基本高水のピーク流量・計画高水流量等を設定するためのシミュレーションが行われる。シミュレーションの手法は、ハザードマップのための氾濫シミュレーションとは異なっている。すなわち、命を守る対策、財産を守る対策というように目標に応じてシミュレーションが行われている(step1)。また想定外力についてもハザードマップのための氾濫解析では1/1000という降雨強度が設定されるのに対し、河川整備計画については1/30、1/100といった外力に対するシミュレーションが実施されており、財産を守るという目的に基づいたシミュレーションが実施される(Step2)。また、河川整備計画についてはシミュレーションのための降雨外力としては、過去のいくつかの降雨事例を引きのばした降雨波形が利用されるため堤防整備のためのシミュレーションにおいてはSTEP3の洪水被害を選択するというプロセスが存在している。したがって、水害ハザード情報についても津波ハザード情報と同様の4つのステップが洪水シミュレーションにおいても存在することが明らかになった。

### 4. まちづくりのための津波ハザード情報提供手法

#### (1) まちづくりのためのハザード情報

水災害に対する防災対策として避難・堤防整備に加えて、浸水が想定される地域に建物を建設しないという土地利用規制も有効な対策である。東日本大震災の復興においては沿岸部を「災害危険区域」として設定し、住宅

が立地することを規制している。また近年、自治体において立地適正化計画の策定が進められており、説明資料において津波・土砂災害・洪水による浸水地域等を居住誘導区域に含めないこととする事も示されている。

命を守るための対策については最悪シナリオ（津波についてはL2、洪水氾濫については1/1000）、堤防整備のような財産を守る対策については可能性の高いシナリオ（津波についてはL1、河川整備計画については数十年～100年に一回の降雨外力）が設定されている。しかしながら、これまで浸水シミュレーションに基づくまちづくりはほとんど実施されておらず、先述の東日本大震災の復興まちづくりが数少ない事例の一つである。東日本大震災の復興まちづくりにおいてはL1津波を防ぐ防潮堤を設置、盛土対策等をし、さらにL2津波（「今次津波」東日本大震災を引き起こした津波）の浸水シミュレーションを行い浸水深2m以上のところを災害危険区域に設定するということが行われた。

東日本大震災の場合は「今次津波」という外力設定が可能であったが、災害前に計画の基本となるハザード情報を設定する場合、どのような外力を設定することが妥当であるのかという議論が十分に行われていないのが現状である。立地適正化計画の策定についても「水防法（昭和24年法律第193号）第14条第1項に規定する浸水想定区域」ということが居住誘導区域の設定について検討すべき課題として挙げられているが、想定されている外力は、命を守ると目的で作成されるハザードマップのための設定であり、財産を守るということも目的とするまちづくりのための外力としては疑問が残る。

土地利用・まちづくりを進めるうえでの鍵は「合意形成」であり<sup>4</sup>「合意形成」という視点から和歌山県由良町衣奈での事前復興計画事例をもとにハザード情報提供のあり方について検討を行う。

## (2) 事前復興まちづくりのための津波ハザード情報提供

キム<sup>5</sup>らの研究で衣奈地区における事前復興計画策定の全体の流れについて報告を行っているが、本稿ではハザード設定というポイントに焦点を絞って、より詳細な検討を行う。

「合意形成」に基づくハザード情報の決定を行うためには「ハザード情報について選択肢が示されること」が不可欠であり、様々なシナリオが提供される必要がある。「命を守る」という対策を行う場合には行政が最悪シナリオを示す必要がある。しかし、まちづくりについては命に直接かかわるものではなく、命を守る避難の浸水情報を同時に示したうえで、住民が自ら決定していくことが可能であると考え、以下の検討を進める。

南海トラフ地震の津波ハザード情報については1) 昭和、安政、宝永といった過去の南海トラフ地震時の津波浸水範囲、2) 行政が提供するハザードマップ、3) その他の津波シミュレーション結果といった3つの情報が存在する。1)、2)については浸水範囲マップとして提供が可能である。3)については和歌山県の場合、DONETの津波観測情報を活用した県津波予測システムのために1506通りの波源モデルのシミュレーションが実施されているが、1506枚の浸水範囲図を示すことが可能であるが情報提供方法としては問題があり、どのような形式で情報を提供するのかが課題となる。

1506通りの津波浸水シミュレーション結果を同時に表示するため、まちづくり<建物が壊れる(2m浸水深さ)>、避難<浸水の有無(0.5m浸水深さ)>という目的ご

とに、各浸水深が1506シナリオのうち何回その場所で発生するのかという「度数」で示すという方法で多数の津波ハザード情報を同時に提供する仕組みの開発を行った。1) から3) の情報を示すためのシステムとして図1に示すような「多重津波浸水範囲表示システム」の開発を行った。本システムはGeoServer上で稼働するシステムでありブラウザを利用して閲覧可能なシステムとなっている。

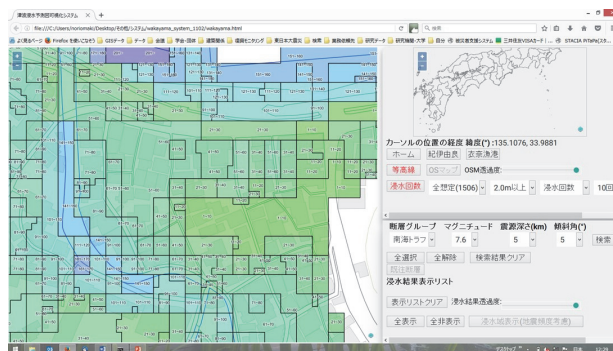


図1 多重津波浸水範囲表示システム

## (3) 事前復興まちづくりのための津波ハザード情報の利用方法

様々な浸水情報を提供した上で、どのようにまちづくりのための津波ハザード情報を設定するのが課題となる。衣奈地区における事前復興計画策定のための津波ハザード設定については図2に示すような4つの津波浸水情報をもとに事前復興計画策定のためのハザード設定を行った。

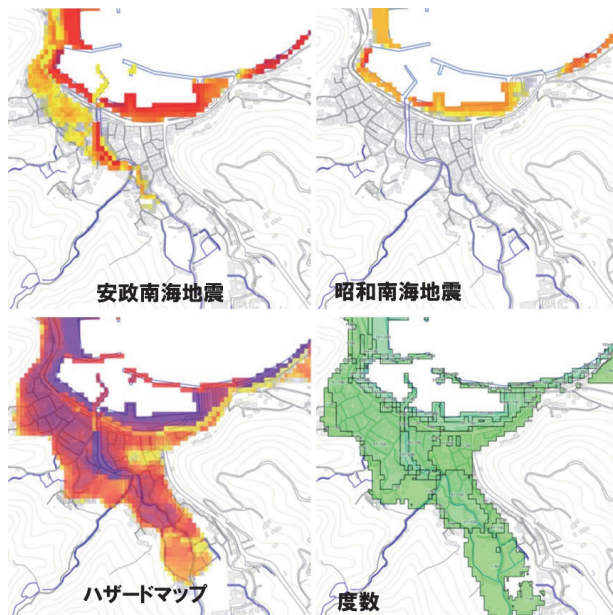


図2 様々な津波浸水シナリオの提示

ハザード情報の設定は図3に示すように、1) 考える、2) 共有する、3) 傾向を見る、4) 議論する、5) 決定する、という5の段階で実施した。1) 考える、のステップは図2に示す様々なハザード情報をもとに、参加者を5-7人の小グループに分けて4グループで討議を行い、グル

ープごとに「事前復興計画を考える」場合の津波ハザード情報について検討を行った。その際に、避難のためのハザード情報とは違うということを明確にするために、必ずハザードマップの津波浸水範囲についても同時に記載することに留意した。2) 共有する、のステップでは各グループの検討結果について、なぜその浸水範囲とすることに決めたのか、という理由とともに発表を行った。3) 傾向を見る、のステップでは全部グループの理由も含めた発表を聞いたうえで、どの浸水範囲設定が良いのかについて投票を行った。投票に際しては、多数決で決めるというのではなく、全体の傾向をみることが目的であることの説明を行った上で投票を行った。4) 議論する、のステップでは投票結果の傾向を見た上で疑問点等についての議論を行った。5) 決定する、のステップまでは本検討では現在のところまで至っていないが、合意可能な浸水範囲を決定することを目的としている。



図3 まちづくりのための浸水範囲決定のプロセス

各グループでの検討結果(図4)を見るとグループ2は浸水度数が高い西側(70-110回)を浸水範囲として設定し、さらにグループ1は西側の地域に加えて河川の遡上を考慮し、川沿いを浸水範囲として設定している。グループ3は津波の経験をもとに昭和の南海地震時の津波到達範囲に近い範囲を津波浸水範囲として設定し、グループ4はこういった形式で津波浸水範囲を設定することの意味について議論があり、津波浸水範囲の設定を行っていない。

投票傾向を見ると西側を浸水範囲とすることが適当と考える人が15人中、11人存在していたが、河川沿いについてどう設定するか、さらには昭和南海地震時の浸水範囲を適当と考える人も少なからず存在し、時間の関係もあり、議論継続ということで設定には至っていない。今後、具体的な土地利用計画を策定していく予定であり、L1津波対応の防潮堤を建設した場合の津波浸水範囲の情報も含めてさらに検討を行っていきたいと考える。

#### 4. 土地利用計画策定のためのハザード情報

本稿では目的に応じたハザード情報の提供という観点から津波・洪水ハザード情報の策定プロセスについて検討を行い、さらにこれまでほとんど検討されてこなかったまちづくりのためのハザード情報の設定手法についてのケーススタディ結果について報告を行った。

衣奈地区のケーススタディは現在も継続中であり、また一地域のみのものであり、本手法の妥当性については他地域への適応可能性等、ハザード情報にもとづきまちづくりを行った東日本大震災の復興まちづくりの検証

も含めて検証する必要があると考える。しかし、本事例は多くのシナリオを示し、住民がまちづくりのための津波浸水範囲を決定していくことが不可能ではないことを示していると考えられる。

今後、洪水ハザード情報についても同様の検討を行っていく必要があると考える。洪水情報については、現在、1/1000、1/100、地域のよっては1/30といった降雨外力の異なるデータが利用可能になっている。また洪水ハザードマップ作製のためには、多くの破堤点を設定した浸水シミュレーションが実施されており、洪水の浸水についても津波と同様に、様々な破堤点のシミュレーション結果を重ねることで度数による情報を作成することが可能である。洪水ハザードについても様々な浸水ハザード情報にもとづき、まちづくりのための合意可能な範囲の設定を行うような検討を今後実施したいと考える。



図4 浸水範囲の検討結果

#### 謝辞

本研究は「一般財団法人河川情報センターの平成29年度研究助成事業」、「文科省リスクコミュニケーションのモデル形成事業(学協会型)」による成果である。

#### 補注

(1) 牧の原案に基づき2015年2月27日に関西大学において牧、高橋、柄谷他で検討を行い、牧紀男、高橋智幸、柄谷友香「津波ハザード情報地図の提供に関わる論点メモ(Ver.4)」、2015年3月27日を作成した。その後、地震調査研究本部津波調査委員会委員のコメントの反映、その後の再検討も踏まえて作成を行っている。

#### 参考文献

- 1 日本工業規格、リスクマネジメント用語、<http://kikakurui.com/q/Q0073-2010-01.html>、2018年9月14日閲覧
- 2 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室、国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室、洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)、2015
- 3 国土交通省都市局都市計画課、改正都市再生特別措置法等について平成27年6月1日時点版、国土交通省、2015
- 4 Berke P, Kartez J, Wenger D. Recovery after Disaster: Achieving Sustainable Development, Mitigation and Equity. Disasters 1993; 17 (2): 93-109.
- 5 金 玖淑、佐藤克志、牧紀男、平田隆行、稲地秀介、岸川 英樹、田中秀宜「地域の営み」の継続に着目した事前復興計画策定手法の構築-和歌山県由良町衣奈での住民参加型ワークショップを通して-、地域安全学会論文報告集 No.30、pp.1-11、2017