

平成 27 年度 重点研究課題（研究助成金）

津波被害軽減のための事前対策と復旧・復興のため
の制度設計の検討

報 告 書

平成 28 年 3 月

土木学会 減災アセスメント小委員会

概 要

我が国では 30 年以内の大地震発生が高い確率で予測されている地域が多く、津波に対する予備的対策、ならびに、津波発生後の復旧・復興の枠組みを事前に準備しておくことが喫緊の課題である。東日本大震災の復旧・復興における問題事例も一部顕在化してきており、津波防災・減災については、津波防護に対する海岸工学的検討のみならず、まちづくりに関する土木計画学的見地からの検討・議論も必要なことを示している。本研究では両者の立場から、今後起こりうる巨大津波・高潮等による災害に対する減災システムを統合的に設計することを目的としている。

海岸工学における既存の設計法は、「波浪、高潮、津波等の外力に対して、耐力（あるいは許容量）の基準を定め、それに対して最適な構造物を設計、整備する」というものであった。それに対して、本研究課題では、「外力に対する許容量を後背地の活動の予測・計画を踏まえて決定していく」ための新たな方法論の構築を検討している。

具体的には、1) 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2) 減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの利用可能性の検討、3) 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理を行った。特に、成果として、1)、2)、3)の知見を踏まえた海岸防災・減災対策決定プロセス（案）を作成した。費用便益分析に基づく防潮堤整備高の設定方法などをはじめとした、現在の政策決定とは異なるプロセスの政策導入についても検討し、その海岸防災・減災対策決定プロセス（案）に反映している。

平成 28 年 3 月

研究代表者

岡安章夫・多々納裕一

土木学会 減災アセスメント小委員会

委員構成

(50 音順, 敬称略)

小委員長	岡安章夫	東京海洋大学
小委員長	多々納裕一	京都大学防災研究所
幹 事	河野達仁	東北大学大学院
幹 事	安田誠宏	京都大学防災研究所
委 員	有川太郎	中央大学
委 員	井上智夫	国土交通省水管理・国土保全局
委 員	越村俊一	東北大学災害科学国際研究所
委 員	高木朗義	岐阜大学
委 員	高橋智幸	関西大学
委 員	田島芳満	東京大学大学院
委 員	羽藤英二	東京大学大学院
委 員	原田賢治	静岡大学
委 員	平野勝也	東北大学災害科学国際研究所
委 員	藤見俊夫	熊本大学
委 員	横松宗太	京都大学防災研究所

推薦委員会

海岸工学委員会
土木計画学委員会

目 次

1. 研究の背景と目的および成果の概要	1
2. 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法についての最先端研究の把握と その利用可能性の検討	8
3. 減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデル	19
4. 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理	24
4.1 津波に対する地域防災力の総合アセスメント	24
4.2 当面達成を目指す物理的な防御レベルの設定	24
4.3 現在の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題と対案	26
5. 社会実装のためのケーススタディの実施を見据えた課題整理と予備調査	30
5.1 ケーススタディ実施を見据えた課題整理	30
5.2 ケーススタディ実施対象候補地	31
5.3 ケーススタディの予備調査	32
6. 結 論	36
参考文献	37
付録 A. 減災アセスメント小委員会の活動状況	38
付録 B. 小委員会における話題提供資料	39

1. 研究の背景と目的および成果の概要

地震調査研究推進本部が2014年12月に発表した「全国地震動予測地図」によると、今後30年以内に震度6弱以上の地震に襲われる確率は、横浜市、千葉市、水戸市および高知市が70%を超え、静岡市と和歌山市が60%~70%、奈良市や大分市が50%となっている。このように、全国的に人口密度も高い地域で将来起こりうる震災への対策が急務となっている。

そこで、震災に対する減災のために、1) 震災前に対処すべきハードおよびソフトの予備的対策、さらに、2) 震災後の復旧・復興において行うべき政策の制度設計を事前に行う必要がある。本研究では、東日本大震災における成功事例・問題事例を海岸工学および土木計画学の知見から整理し、その結果をもとに今後起こりうる津波災害に対する総合的減災計画を設計するための方法論の開発を目的としている。

津波対策に対する総合的減災計画の方法論開発上の具体的な検討課題を、1) 事前対策と2) 事後対応に区別すると、以下のようである。

- 1) 震災前に対処すべきこととして、津波の起こる確率およびその規模の予測、その津波予測に対応した防災のための土地利用の見直し、ならびに防潮堤整備といった準備が必要である。例えば、人口密度の高い太平洋沿岸において、浸水低減に防潮堤整備が有効か、「粘り強い構造」の防潮堤の建設が可能かを検討すること、または高台移転を含む土地利用計画も併せて計画することが必要である。また、そういったハード面だけの対策でなく、「避難」行動を促す防災教育や、津波災害警戒区域の設定、移住促進政策などのソフト対策が必要である。
- 2) 震災後には、早期の人命救助、その後の復旧・復興の過程を効率よく行う必要がある。災害対応、復旧、復興という一連の過程を、時間的制約の中で計画し、調整し、実施していくことは容易ではない。このためには、災害発生後のこれら一連の過程を、住民合意を形成しながら、円滑にかつ効率性を保ちつつ実施していくことを可能とするような、事前の準備や制度の構築が必要である。

事前対策と事後対応は相互に関連している。例えば、東日本大震災後の津波対策対応において問題が生じており、ここから事前および事前対策の両方を検討する必要性が示唆される。東日本大震災を受けて、我が国の中央防災会議は、津波防護施設の整備水準を、これまでの既往最大基準から、L1（レベル1）、L2（レベル2）という二つの津波レベルを導入したものに改訂した。これは、数十年から百数十年に一度の津波（L1 津波）は防護するが、500 年か

ら 1000 年に一度とされる最大クラスの津波（L2 津波）に対しては、避難を中心とした減災対策をとるというものである。これは、あまりに巨大な津波に対して、既往最大主義を抜本的に見直す点においては大きな意味を持つ。しかしながら、津波被災地での被災者感情からは、L2 津波に位置付けられた今次津波と同規模の津波に再び襲われた場合に、被害が出てしまうような防御は、到底受け入れられるはずもなかった。そのため、事実上の L2 津波防災がほとんどの被災市町村の復興まちづくりで目指されることになった。具体的には、リアス式海岸部では高台移転が、平野部では高盛土道路と内陸移転の併用が L2 津波防御の中心を担っている。つまり、復興まちづくりは、防御水準との基本的な齟齬から始まったと言っている。特に、リアス式海岸部では、L1 津波といえども決して低いものではないため、様々な問題が起こっている。

まず、被災自治体の多くは急激な人口減少に直面している。そのため、復興にあたっては津波災害に対して安心できるだけでなく、持続可能で魅力的な復興が求められている。つまり、防潮堤が安全性と裏腹に、環境・景観・利便性にもたらす悪影響は決して軽視できるものではない。例えば、海を感じられることが市街地の魅力として観光の要であったまち、防潮堤の建設によって砂浜が消滅する可能性のあった海水浴場の有名だった海岸などでは、生業に直接・間接に影響を与えるような防潮堤の建設に対しては、当然であるが反対の声が多く挙がった。それだけでなく、反対の声の背景には、先述の高台移転も関係している。高台に移転して住まいの安全性は確保できているのに、防潮堤が高くなることで環境・景観・利便性が下がることに納得がいかない、という意見がある。こうした被災者の素朴な疑問は、多くの浜で聞かれるものであるが、そこにある道路が L1 津波に被災することによって孤立集落が発生するリスクや、市町村の復興計画で目指す事実上の L2 津波防御やそれに応じた土地利用計画に防潮堤が果たす役割なども、「素朴な疑問」に合わせて考えていかなければならないこともまた事実であり、この問題の複雑さや難しさを物語っている。

こうした齟齬により防潮堤事業が抱えている課題のひとつは、通常の事業であれば、計画とは別に費用便益分析等による事業性の評価がなされるが、今回、災害復旧事業として急ぎ整備を行ったために、事業評価が適切に行われていないことである。さらに、事業費が国費からすべて支弁されたことも手伝い、財政規律も万全であったとは言い難い。事前対策の際には、災害復旧のようなスピードは要求されない。十分な検討をした事業を行うことが可能である。

本研究では、1)の事前対策、特に防潮堤整備に関わることについて検討を行う。防潮堤整備等、少なくともハード対策と呼ばれる減災施策の計画には、災害のリスクを計量化し、各種施策によって実現される被害軽減効果を算定し、費用と比較する費用対効果分析を中核に据えた方法論の開発が有効である。それにより、地域固有の事情を反映した効率的な整備が可能となる。

現在の方法論では、海岸構造物の設計は原則として既往最大主義をとっており、背後地の人口・資産の集積状況やその時間的な変化状況などによらず整備水準が決定されている。このため、人口や資産の集積が進んでいる大都市圏でも、背後地が森林や町地である場合にも、整備の目標は同程度の水準が設定されている。しかしながら、施設の設計水準を上回る規模のハザードが発生する可能性は常にあり、加えて、そのような事態が発生した場合の被害は、背後地の状況によって大きく異なる。このような状況を鑑みると、最低限度の安全性能を保証するだけでなく、地域の実情に応じて、より高い安全性能を付与することを可能とするような方法論の開発が必要であろう。このためには、あらゆる規模の外力とその発生頻度を予測し、施設規模に応じた被害の程度の違いを便益として計量化し、費用との比較によって計画や設計の妥当性を評価しうるような方法論の開発が必要となる。

ソフト対策もハード対策の状況に依存してその効果は異なる。したがって、ハード・ソフト対策から構成される総合的な減災施策の効果を定量化し、計画や設計に反映することの重要性は論を待たない。本研究では、リスク情報の提供や土地利用の規制・誘導、避難に役立つ施設整備や避難のためのソフト施策等の効果も合わせて分析していくための方法論の開発も進めていく。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・分野横断的に検討している。

具体的には本研究において、1)津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2)減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの利用可能性の検討、3)整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理を行った。1)、2)、3)の知見を踏まえたうえで、現在の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題を整理する（図 1.1 を参照）とともに、費用便益分析に基づく防潮堤整備高の設定方法などをはじめとした現在の政策決定とは異なるプロセスの政策導入を含む新たなプロセスを提案する（図 1.2 を参照）。

海岸防災・減災対策決定プロセスについて提起された課題

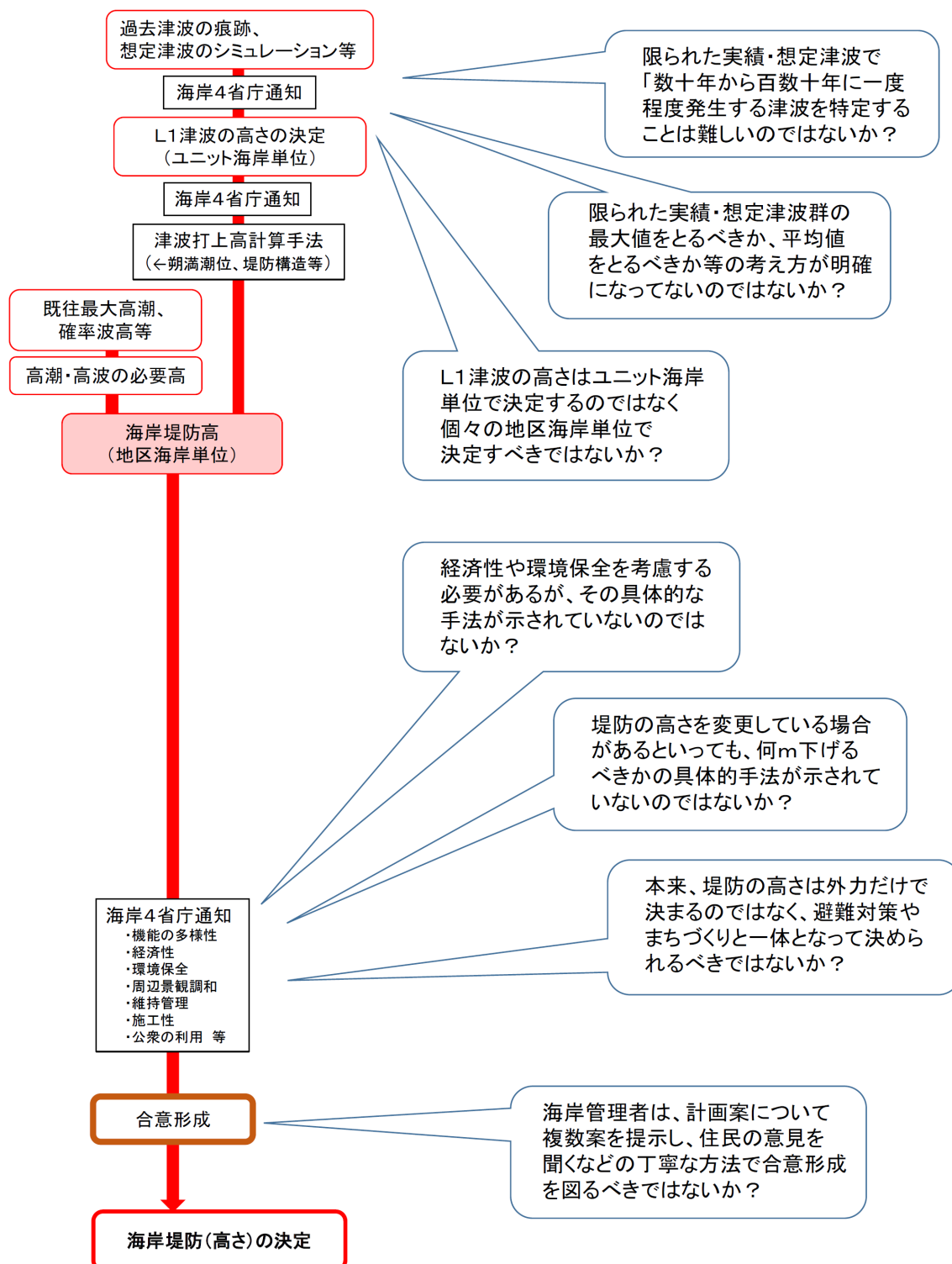


図 1.1 海岸防災・減災対策決定プロセスにおける課題

海岸防災・減災対策決定プロセス(案)

©土木学会減災アセス小委

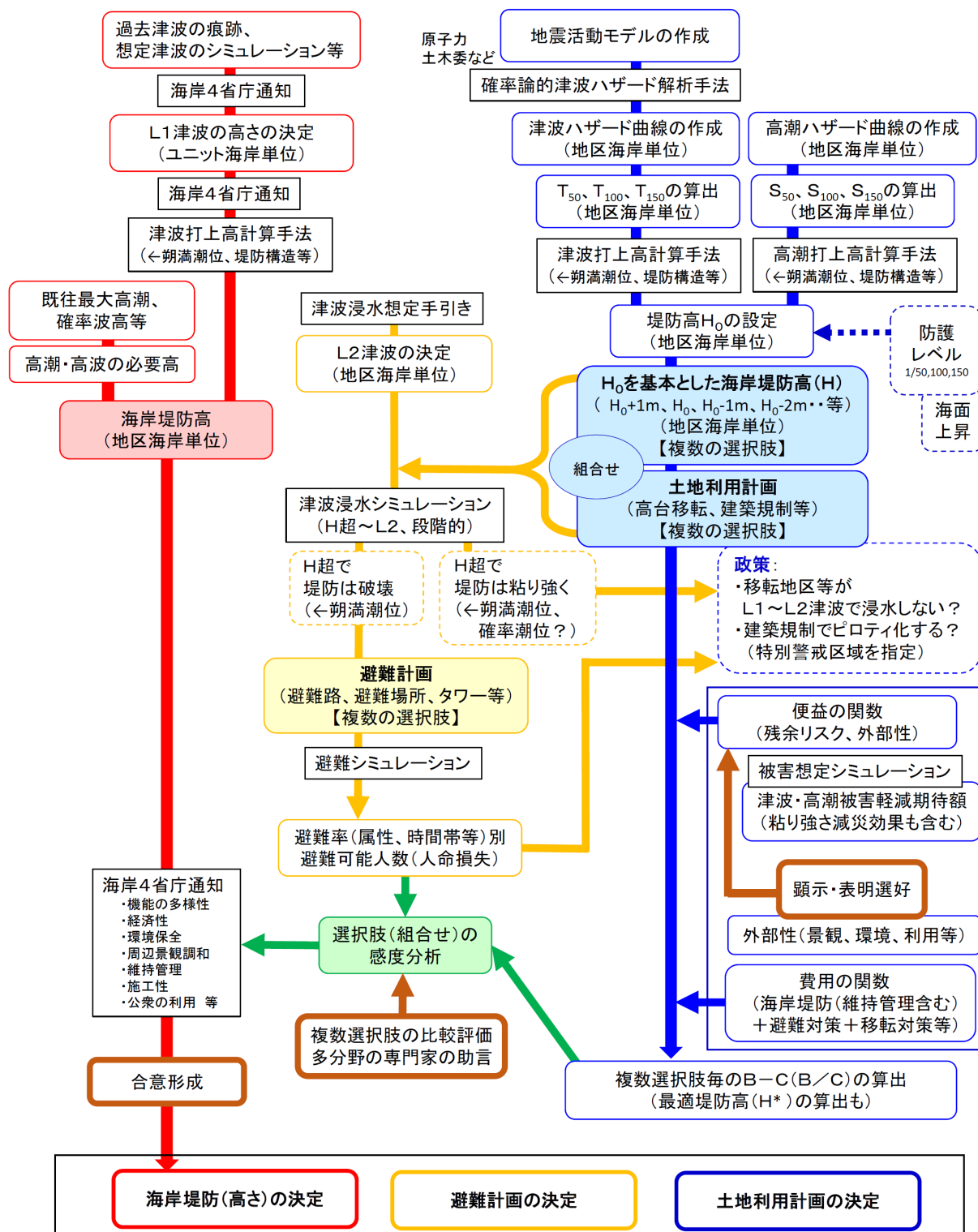


図 1.2 海岸防災・減災対策決定プロセス (案)

図 1.2 では、純便益指標（B-C）を用いて津波防御レベルの設定を行うプロセスを導入している。これは、L1 津波が数十年から百数十年と幅があることに着目すれば、例えば、西日本では再現期間 50 年程度（昭和南海級）、100 年程度（安政南海級）、150 年程度（宝永級）等の津波（物理的防御水準）を想定し、背後地の利用状況を考慮した上で、それぞれに対して経済的な照査を行い、効率性基準を満たす範囲内で最も望ましい防御水準を採択するという方法である。図 1.3 に示すように、横軸に防潮堤の高さを取り、縦軸にその便益と費用をとる。このとき、費用は防潮堤の高さとともに逓増する。一方、便益は防潮堤によって守られる生命、財産であり、これらは被害軽減額の期待値で表される。便益は、防潮堤の高さとともにその増加が一般に逓減する。このとき、純便益指標（B-C）を最大化する防潮堤の高さが効率的な高さとなる。本研究においては、この効率的な高さを H^* と呼んでいる。この H^* の数式による定義は、4.2 節に示した。また、防潮堤を例に経済均衡モデルで試算した H^* とその計算方法を 3 章に示した。

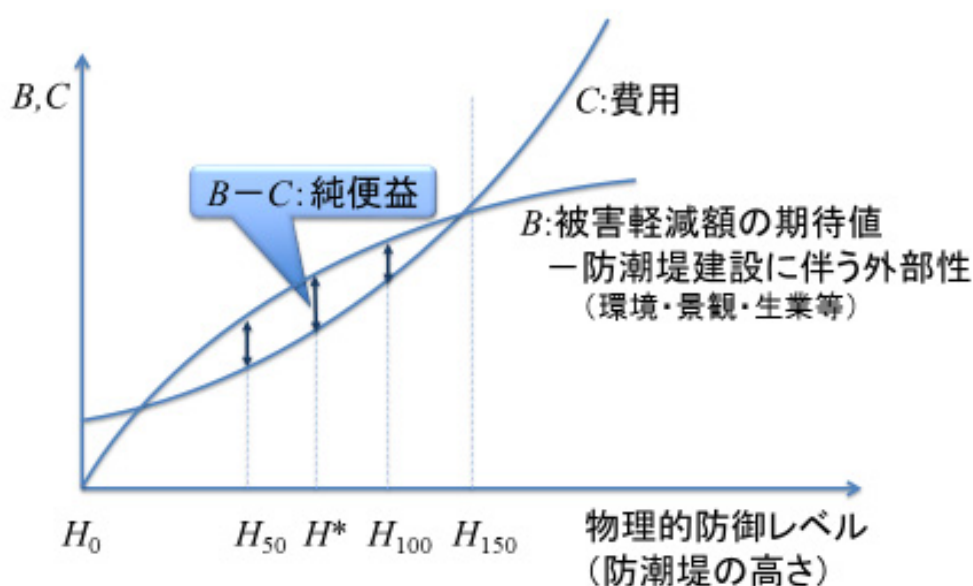


図 1.3 防潮堤の高さとその便益と費用

以上、研究の背景・目的と研究成果の概要を示した。以下の章では、2 章では津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法についての最先端研究をまとめ、その手法の利用可能性の検討をする。3 章では減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの構築例を紹介し、その利用可能性を探る。4 章では、整備すべき防潮堤高の検討に必

要な情報と考え方の整理を行い， 5 章では，社会実装のためのケーススタディの実施を見据えた課題整理と予備調査について整理する． 6 章で本研究をまとめ，今後の課題を述べる．

2. 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討

まちづくりに配慮した津波防護施設というのは、これまでの海岸保全施設整備の観点からは大きく異なるものである。従来から海岸保全施設の整備レベルは、波浪や高潮、津波などの生起確率あるいは既往最大をベースに、ある一定の防護レベルを満たすよう物理的検討により設定されており、この中に後背地の社会的経済活動を包含するファクターはない。具体的な構造物の設計においては、利便性や環境について配慮されているものの、防護基準そのものについては、これらの要素や後背地の社会経済活動などは考慮されていない。一方で、沿岸市町村におけるまちの活性化は、海岸の利用形態や構造に大きく左右されるため、活性化を目的主体としたときの最適防護施設の姿は物理要因からのみでは決定できない。これらは、基本的に防護レベルが低く、社会要求に満たない場合にはそれほど大きな問題とはならないが、整備が進み防護レベルがある程度以上に上がれば、時として「防護レベルが過剰ではないか」という議論が生じてくるのはむしろ自然であると言えよう。

問題は、いかにして様々な社会要求と防護レベルとのバランスをとるか、という点であるが、これについて藤間・樋渡 (2013) は「残余のリスク」という考え方をを用いて、後背地の土地利用状況に応じた最適津波防護施設高を求める方法について論じている（図 2.1 参照）。

「残余のリスク」は、防護施設で守り切れない災害による期待損失のことであるが、期待損失を減らすことを便益ととらえれば、この考え方は防護施設の建設コストをマイナス要因とした純便益最大化と同等と考えられる。本研究では、この視点に立って、便益をどのように査定するかを中心として議論しているが、便益評価の中には、津波の生起確率特性や社会資本蓄積の状況、避難・人命の考え方、対象期間における社会構造変化など、様々な要素があり、これらの変動や規制・インセンティブを通じた誘導などの要因を考えれば、極めて複雑な評価とならざるを得ない。これらを現実的な評価手法として社会実装するための議論や、住民合意のための情報伝達手段としてのツールの開発が望まれる。

近年、津波シミュレーション手法は大きく進歩してきており、海洋を伝播する津波の計算精度への信頼性は高くなっている。津波被害評価における困難な課題は、将来、津波を発生させる可能性のある地震の特性を予測することであり、特に、すべり分布が津波特性に大きな影響を与える。地震特性に関連する不確実性は大きく、不確実性の評価は過去の地震の科学的事象を基に、起こりうる多数のシナリオを考慮しなければならない。東日本大震災以降、

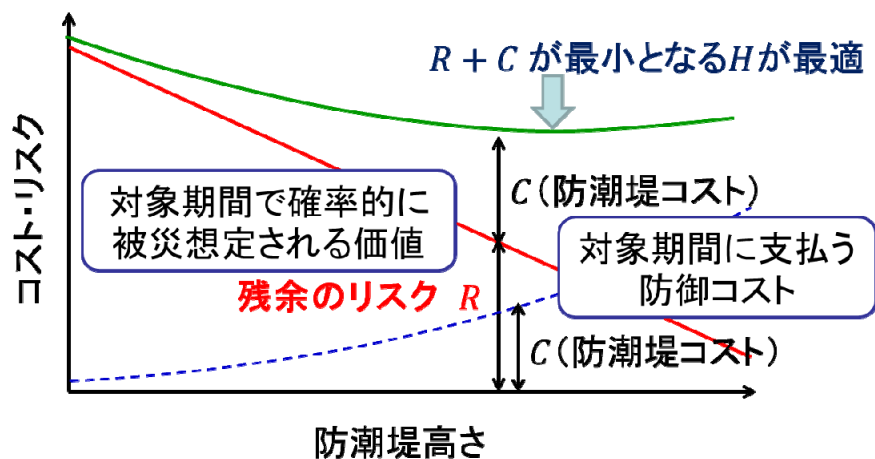


図 2.1 藤間・樋渡 (2013) の「残余のリスク」を用いたコスト最小化の概念図．残余リスクに防潮堤整備に伴うその他様々なコストを反映させることが可能であるが、実際には、コストの計量化に伴う不確定性の問題や計量化が難しい項目をいかに克服するかが課題となる．

シナリオ地震による津波ハザード評価への限界から、確率論的な津波ハザード評価手法の研究が活発になってきている（例えば、平田ら, 2014；原子力安全基盤機構, 2014）．

Goda et al. (2014) は、東北地方太平洋沖地震を対象に、多数のすべり分布を確率的に生成するモデルを開発した．確率すべり分布の生成には、空間相関性をパワースペクトルで表現するという Mai and Beroza (2002) による確率的手法を基にしている．確率津波モデルは、沈み込み地震を想定した津波シミュレーションを多数行うことに有用である．東北地方太平洋沖地震を対象に推定されたインバージョンすべり分布はいくつかあるが、そのうちの 11 モデル（図 2.2）を検討対象としている．ここで、インバージョンすべり分布とは、観測された地震波形の逆解析を行うことで推定された断層面のすべり分布、あるいは地震により生じた津波の観測波形から逆解析することにより推定された断層面のすべり分布のことである．

確率すべり分布を生成するために、インバージョンすべり分布に対する空間的相関性を利用する．波数スペクトル解析を行うことで、すべり量の空間的相関性を一般化する．このインバージョンすべり分布に対して 2 次元フーリエ変換を行い、走行方向の波数 (x) と傾斜方向の波数 (z) のパワースペクトル分布に変換する．中心から放射状にパワースペクトルの平均値をとった周方向平均それぞれに対して、波数とパワースペクトルの関係をプロットし、このスペクトル勾配に対して線形回帰分析を行う．線形回帰分析時の傾きとハースト指数（空間相関性を表すパラメータの一つ）の関係式、周方向平均の理論式を用い、曲線に最も合致するようなハースト指数 H と相関長 A_x , A_z の組み合わせを模索して決定する．また、周方向平均の理論式に関して、様々な理論式のモデルが存在するが、描いた曲線に最も合致すると

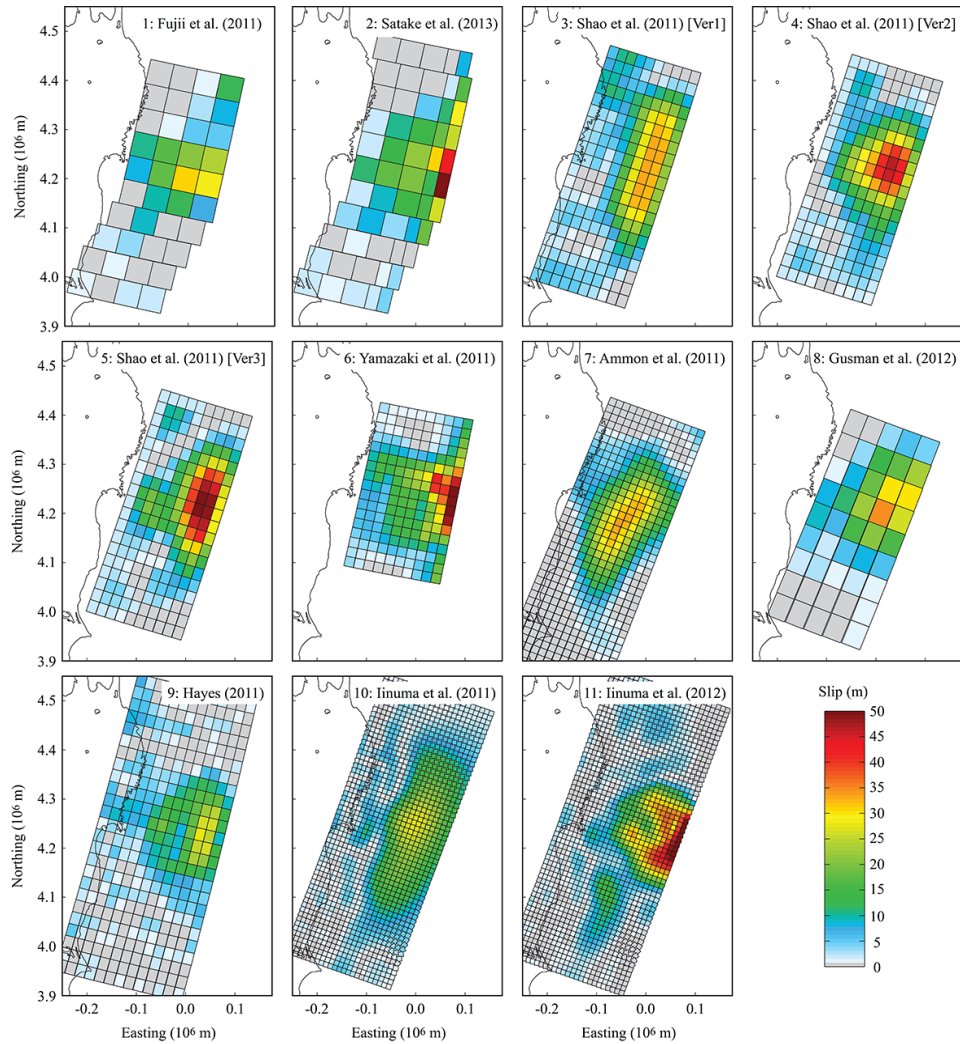


図 2.2 東北地方太平洋沖地震のインバージョンすべり分布モデル

してフォンカルマンモデルの周方向平均の理論式を採用した．一方で，インバージョンすべり分布が最も正規分布に近づく時を考える．あるデータを正規分布に近づけるときには，一般的に **Box-Cox** 変換が用いられる．変換前と変換後のすべり分布を比較し，最も相関係数が 1 に近づくときの値を，**Box-Cox** 変換のパラメータ λ として定める．

波数スペクトル解析手法を用いることで，空間相関性を表す 3 つのパラメータ，すなわちハースト指数 H ，相関長 A_x , A_z を求めることができる．そのパラメータを用いてフォンカルマンモデルのパワースペクトルの理論値（絶対値）を算出し，位相をランダムに変化させ，複素領域でのフーリエ変換の値を算出する．これをすべての波数領域に適切に拡張し，逆フーリエ変換から空間領域のすべり量を得る．その後，逆 **Box-Cox** 変換を行い，非正規化する．すべり量の平均値と標準偏差を元のインバージョンすべり分布の統計値に合わせる操作や，アスペリティ領域を設定する操作が可能である．これら一連の方法を，図 2.3～2.5 に示す．

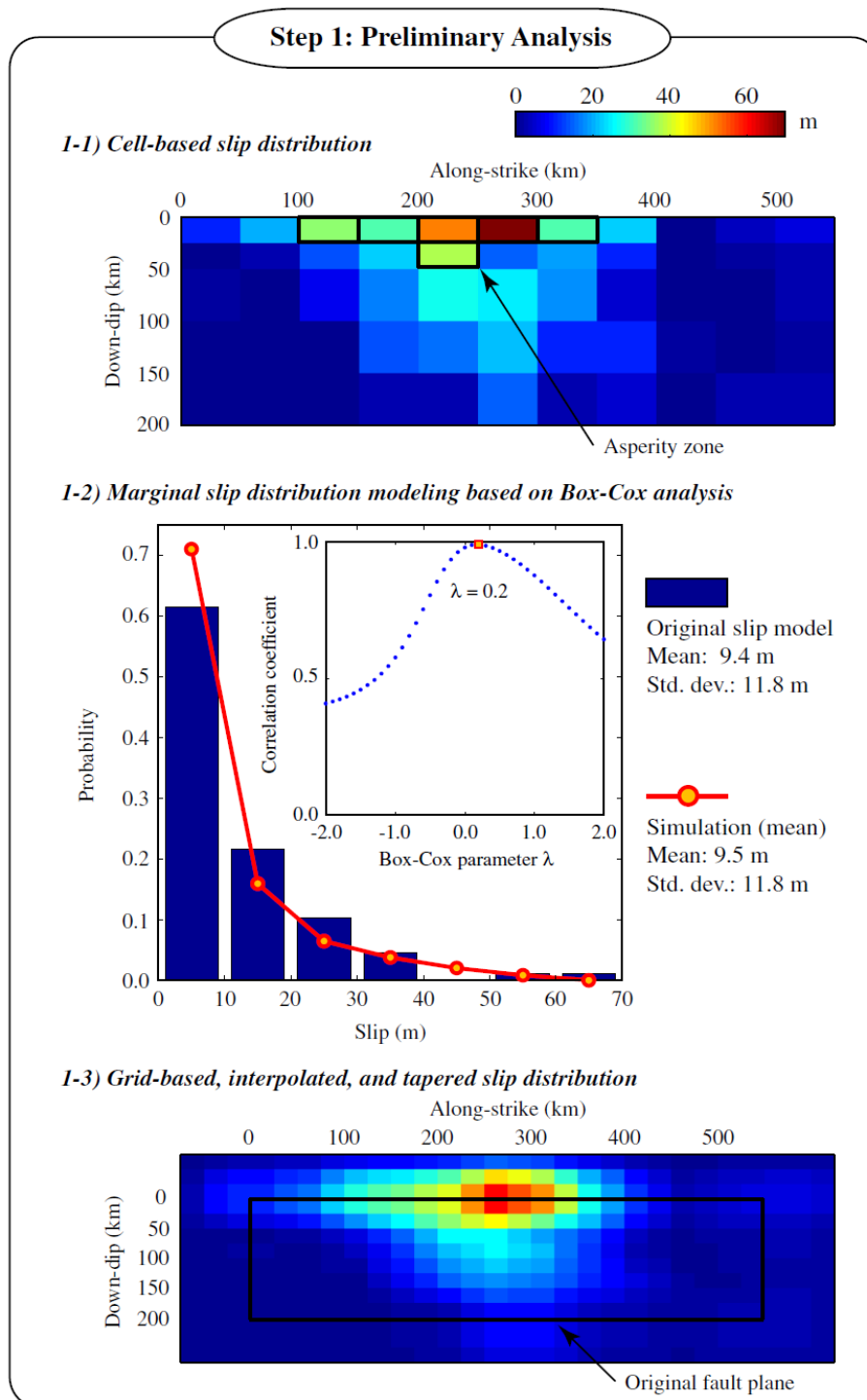
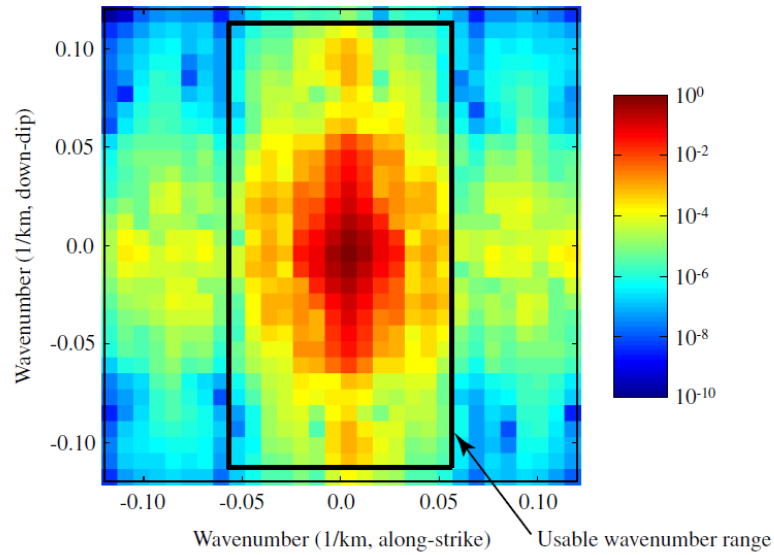


図 2.3 確率すべり分布モデル：STEP 1 予備解析

さらに，Goda et al. (2015) は，得られた確率津波モデルを用いて，東北地方沿岸部における津波浸水計算をし（図 2.6），その結果と建物（被害）分布データ（国土交通省，2011）， fragility curves (Suppasri et al., 2013) を用いることで，確率的津波リスクマップを求めている（図 2.7）．確率的津波リスクマップは，津波に対する建物の被害確率の空間分布を示

Step 2: Spectral Analysis

2-1) 2D Fourier transform of the interpolated and tapered slip distribution



2-2) Fitting of the anisotropic auto-correlation model

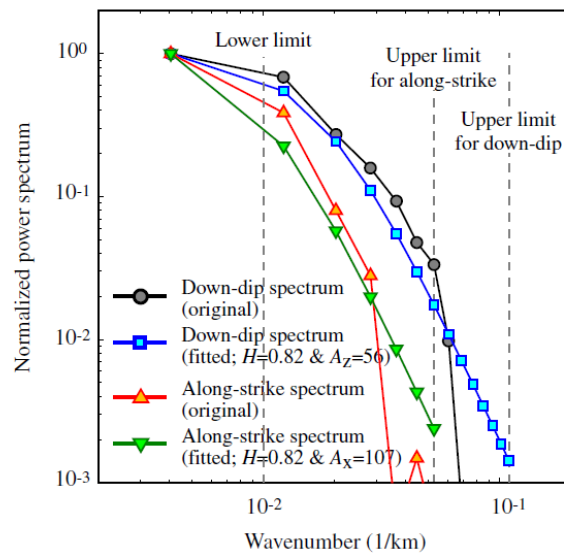
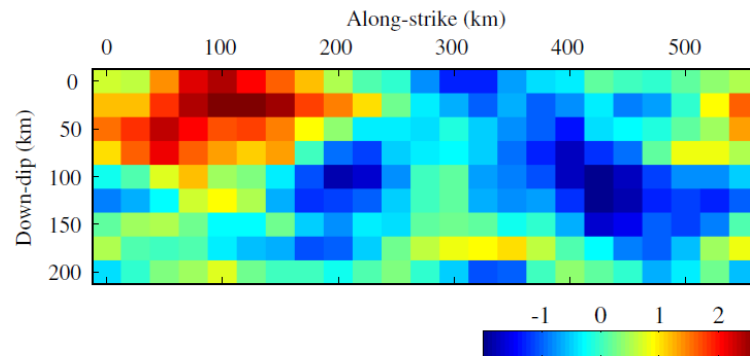


図 2.4 確率すべり分布モデル：STEP 2 スペクトル解析

すことができ、起こり得る特定の津波シナリオに対してだけでなく、建物の津波抵抗力の不確実性まで示すことができる。確率論的津波リスクマップとリスクカーブの両方が、地形の影響、津波波源との近さ、および建物の特性（材料の種類と階数）の影響を受けることが示された。確率的津波リスク評価において異なるインバージョンすべり分布モデルを用いるこ

Step 3: Spectral Synthesis

3-1) Stochastic synthesis of random fields using the estimated auto-correlation model and random phase (quasi-normal marginal slip distribution)



3-2) Box-Cox transformation of the synthesized slip distribution (Step 1-2)

3-3) Evaluation of asperity location of the synthesized slip distribution in comparison with the asperity zone (Step 1-1);

3-4) Repeat Steps 3-1 to 3-3 until the criteria for the asperity location are met

3-5) Adjustment of mean and standard deviation of the slip values

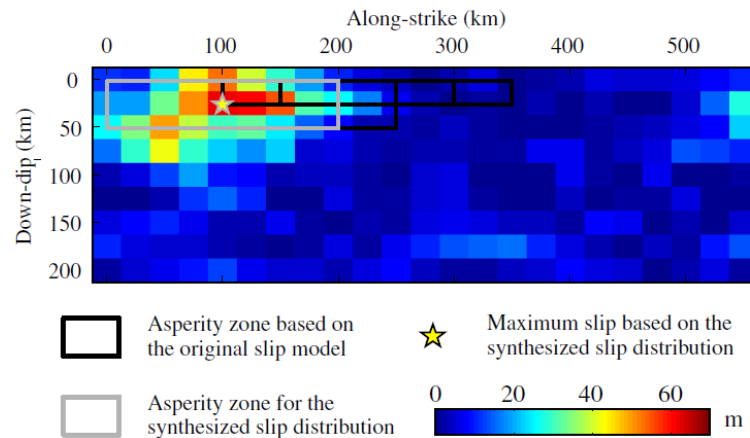


図 2.5 確率すべり分布モデル：STEP 3 スペクトル合成

とは、予測不確実性の評価に重要であるといえる。現在の限られた地震学の知識では、沈み込み帯における巨大地震の予測不確実性は大きいため、ある特定のシナリオに基づいて津波避難と減災施策をすることは危険であり、確率的評価が望ましいと考える。

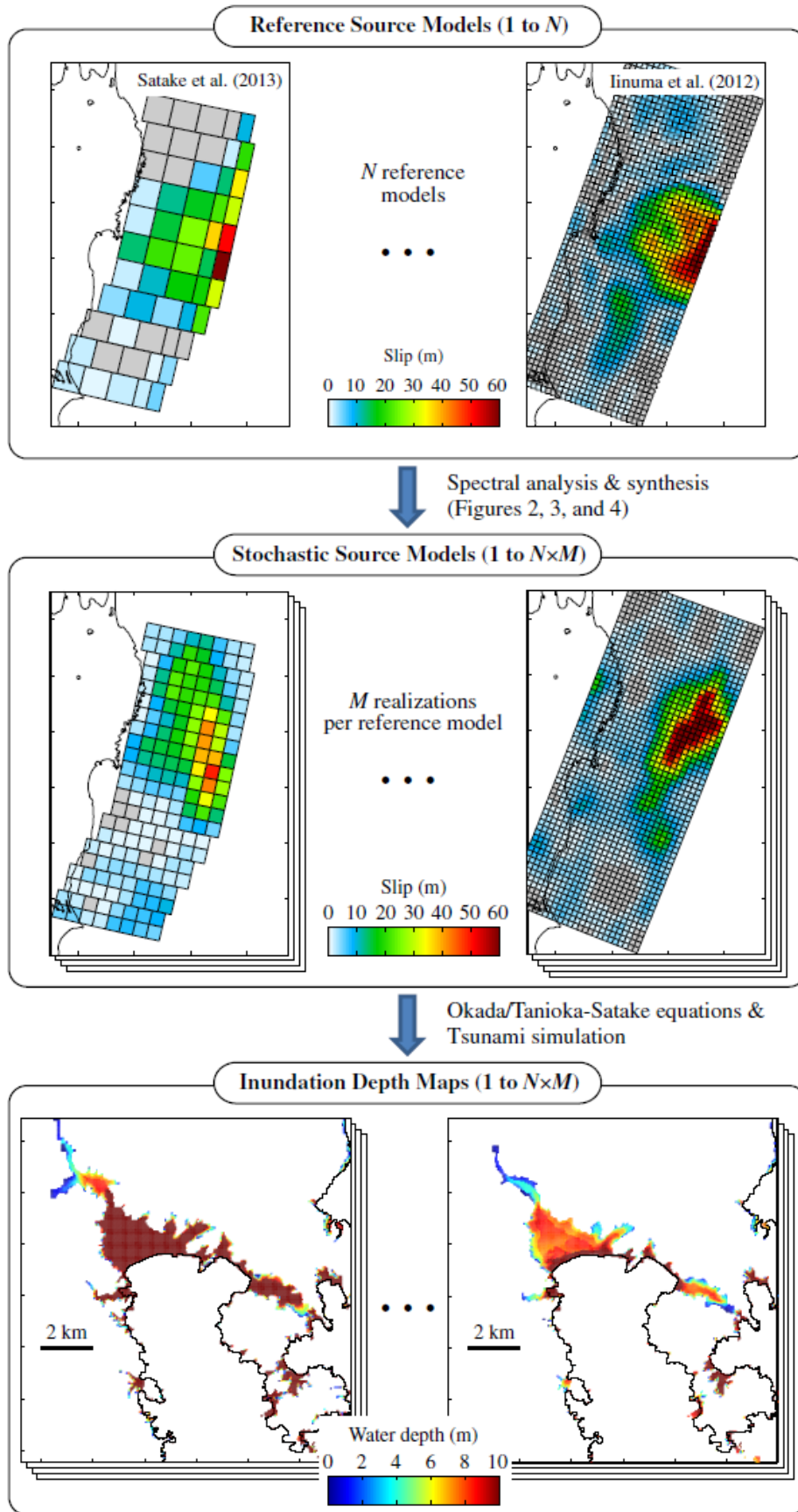


図 2.6 確率津波モデルを用いた確率すべり分布の生成とそれを用いた津波浸水計算

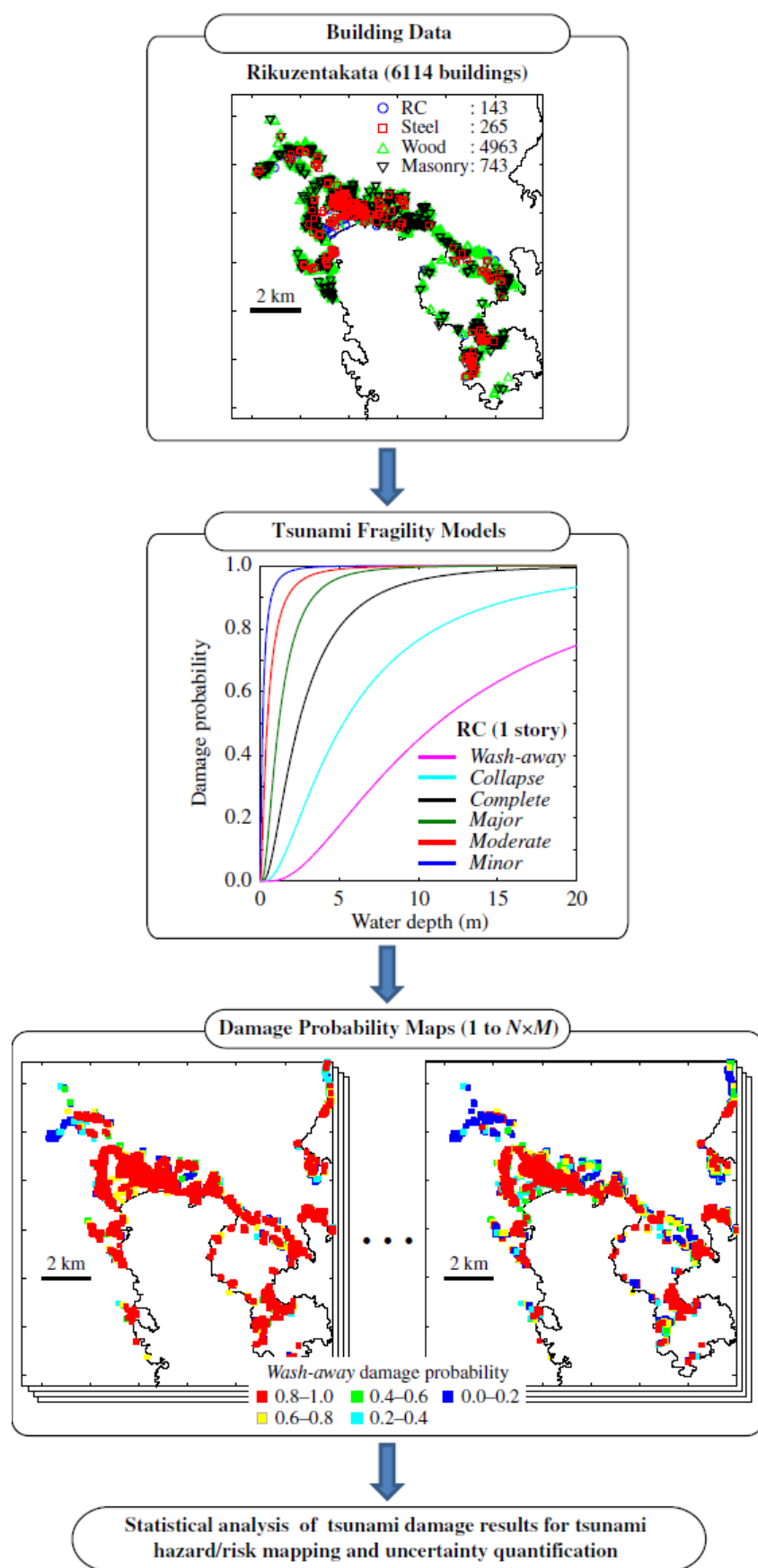


図 2.7 建物分布とフラジリティカーブおよび浸水計算結果を用いた確率津波被害マップ

福谷ら (2014) は、ロジックツリーを用いた確率論的津波ハザード評価の手法を応用し、陸上の地点における津波浸水深を確率論的に評価した後、津波による建物のフラジリティ評価と結合させることで、特定の地点に立地する特定の建物が保有する津波リスクを定量的に評価している。津波リスクを定量的に評価することができれば、構造の違う建物や別地域に立地する建物のリスク量を客観的に比較することが可能であり、防災分野の多様な場面における客観的な判断の指標値として利用されることが期待される。

東日本大震災以前、宮城県では宮城県沖地震を想定地震として、被害想定と対策を行ってきた。津波ハザードを確率論的に評価するためには、多数の地震やパラメータ変動を考慮する必要がある。そこで、防災科学技術研究所 (2013) が公表する確率的地震動予測地図に用いられている日本海溝沿いの海溝型地震の発生領域から、図 2.8 に示す 11 領域を選定した。これらの断層領域を対象にロジックツリーを構築した (図 2.9)。ロジックツリーの分岐として、

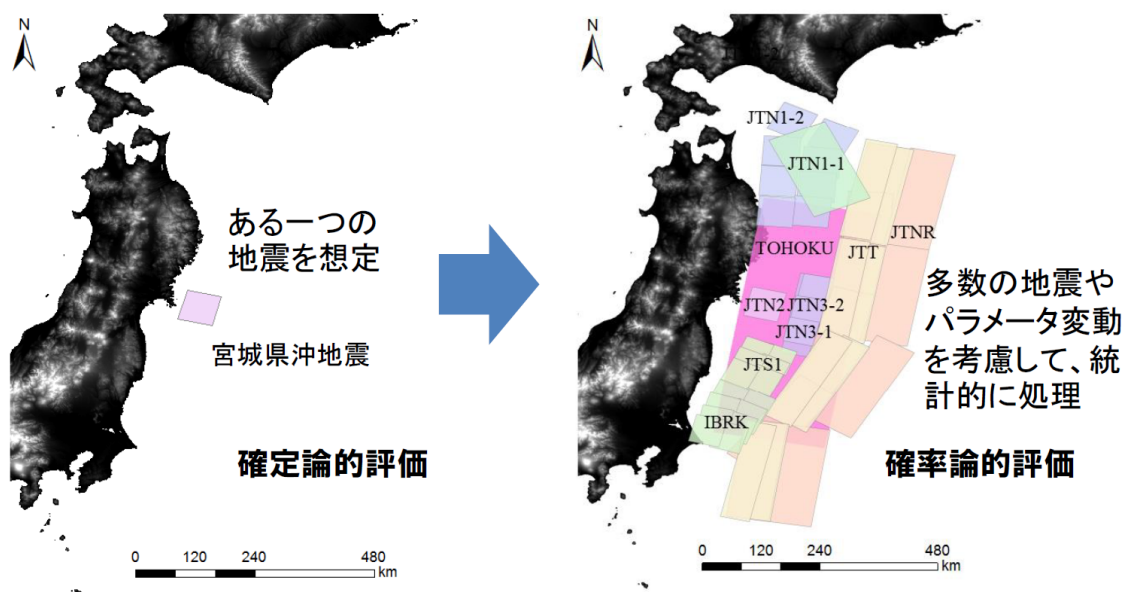


図 2.8 確定論的評価と確率論的評価による想定地震領域

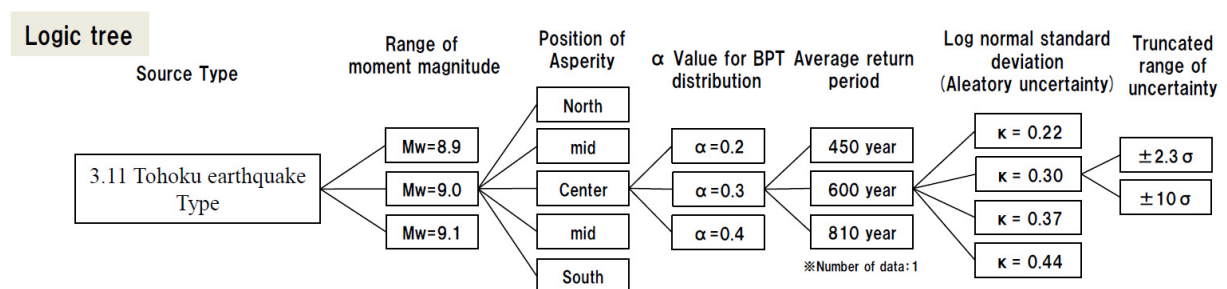


図 2.9 東北地方太平洋沖地震を対象としたロジックツリー (福谷ら, 2014)

(1) Mw 範囲, (2) 断層のアスペリティ位置, (3) 地震の平均発生間隔, (4) 波高のばらつき度 (対数標準偏差), (5) 対数標準偏差の打ち切りの 5 分岐を設定した. (1) Mw 範囲は, 断層面積から決定した基準となる Mw から ± 0.1 の範囲で 3 通り, (2) 断層のアスペリティ位置については, 断層の長さが 150km 以上の場合に, 断層の中心と断層の両端付近にアスペリティが位置する 3 通り, (3) 平均発生間隔については, 地震動の長期評価で決定された平均発生間隔に, 信頼区間を考慮した 3 通り, (4) 波高のばらつき度 (対数標準偏差) と (5) 対数標準偏差の両端の打ち切りの 2 項目の分岐に関しては, Annaka et al. (2007) に示されている分岐を踏襲した.

構築したロジックツリーの一分岐毎に, 津波の数値計算で得られた最大波高とそれらのばらつき度 (対数標準偏差) が決まるので, 計算された最大波高を中央値として, 対数標準偏差を適用して, 超過確率分布を描くことで, 各メッシュ点において 1800 本のハザードカーブが生成できる. 全断層領域の各ハザードカーブを積算すると, 95%フラクタル曲線, 50%フラクタル曲線, 5%フラクタル曲線, 単純平均曲線が構築できる (図 2.10) .

Suppasri et al. (2013) は, 東日本大震災における建物の被害データを用いて解析を行い, 津波により建物が流出する建物構造別の確率を表す脆弱性カーブを求めている (図 2.11) . ハザードカーブと脆弱性カーブから, 損害確率と年超過確率の関係で表される津波リスクカーブを導いた (図 2.12) 指数関数で回帰分析を行い, 得られた各係数を表 2.1 に示す. 回帰した指数関数を利用し, 損害確率 0.01 刻みで, 指数関数下方の面積を積分して求めた結果も示しており, この結果が, 津波リスクの期待値であり, リスクの定量化の結果である.

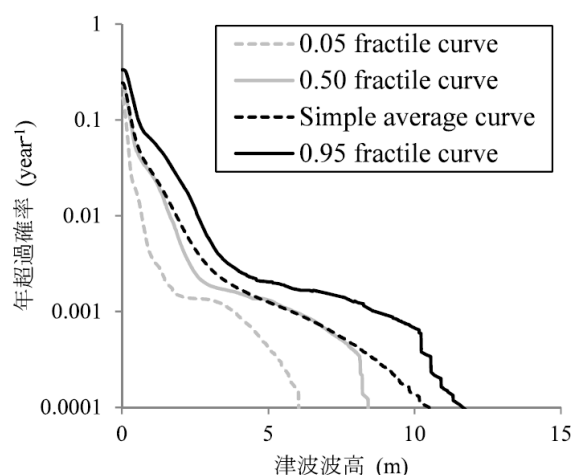


図 2.10 ハザードカーブの一例 (福谷ら, 2014)
(福島県相馬港沖, 水深 10m 地点)

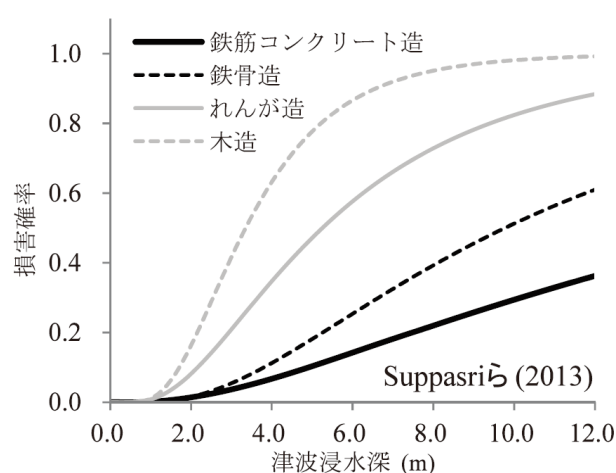


図 2.11 建物構造別の脆弱性カーブ
(Suppasri ら, 2013)

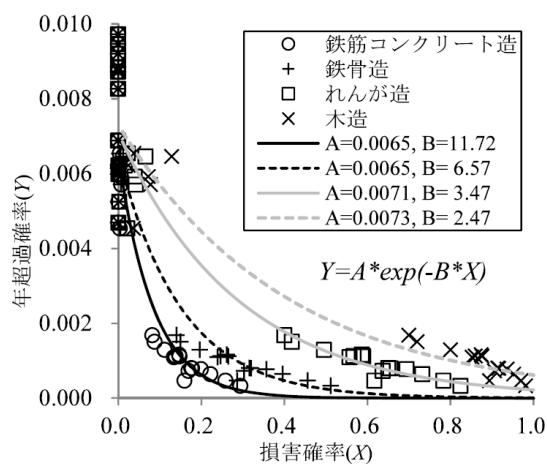


表 2.1 指数関数の回帰分析結果と積分結果 (福谷ら, 2014)

	鉄筋コンクリート造 (RC造)	鉄骨造 (S造)	れんが造 (B造)	木造 (W造)
A	0.0065	0.0065	0.0071	0.0073
B	11.72	6.57	3.47	2.47
決定係数 R^2	0.94	0.94	0.96	0.94
積分結果	5.2×10^{-4}	9.6×10^{-4}	2.0×10^{-3}	2.7×10^{-3}

図 2.12 各建物構造物のリスクカーブ
(福谷ら, 2014)

津波リスクは、津波ハザード評価の情報や津波脆弱性評価の情報をここに捉えているのではなく、これらの情報を組み合わせて考えることで初めて理解できる。この手法は、国内外を問わず別地域にも応用可能であり、津波ハザードの大きさが相違する別地点に立地する建物が保有する津波リスクを定量的に評価して、比較・検討することが可能である。

3. 減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市 均衡モデル

復興計画における防災インフラ整備において問題となりうる動学的不整合問題について分析した河野他 (2013), Kono et al. (2016)の結果を、都市均衡モデルによる最適防潮堤計算ならびに動学的不整合問題の定量分析の一例として示す。動学的不整合問題とは、時間やある主体の行動タイミングの前後で最適政策が異なることである。復興計画における例としては、津波危険エリアにおいて過大な開発計画を立案することで、過大な防災投資に繋がることが挙げられる。なお、近年、制度化が進んだ費用便益分析を用いても、開発計画に基づいて費用便益分析がなされる限り、この動学不整合問題を解決できない。

河野他 (2013), Kono et al. (2016)の都市モデルは、現実データにより経済モデルのパラメータキャリブレーションをして定量分析を行なっている。なお、当該研究はインフラ整備における一般的な不整合問題のメカニズムとその定量分析を目的としており、実際の復興計画の評価を意図していない。

都市均衡モデルの詳細は論文に譲り、ここでは都市均衡モデルのキャリブレーションに必要なデータの規模や種類を示すために、実際に河野他 (2013), Kono et al. (2016)で用いられた出た時間価値、所得、土地・交通パラメータ、通勤・通学時間の推計およびキャリブレーションに用いたデータ出典とその方法を順に示す。

○時間価値 w (=平均労働賃金率) : 2000 年 NHK 国民生活時間調査 (全国編) による一人当たり拘束時間¹ (時間/日・人) を 2005 年国勢調査より求めた年齢階層別人口 (人) を用いて加重平均し、365(日)と総人口 (人) をかけあわせたものを全体の年間労働時間 (時間) とし、これで県民経済計算の雇用者所得 (円) を割ったものを時間価値 (=平均労働賃金率) とする。データの出典および単位等詳細を表 3.1 に示す。(表 3.1 の No. 1~5 を参照)

○年齢階層別所得 I_i^m : 推計した時間価値 (円/時間) に一人当たり拘束時間から後で作成するゾーン別通勤・通学時間を差し引いたものをかけあわせて作成する (すなわち、 $I_i^m \equiv w(t^m - s_i^m)$)。 (表 3.1 の No. 5 と 6 および表 3.2 を参照)

○交通パラメータ α_x^m : 交通パラメータは年あたり交通消費額 (円/年) を表す。交通消費額は、時間価値に一人当たり私事トリップ(トリップ/人) × 一人あたり私事トリップ時間 (時間/ト

¹ 家庭や社会を維持向上させるために行う義務性・拘束性の高い行動と定義される。仕事関連、学業、家事、社会参加からなる。

リップ)×365(日)をかけあわせて作成する。(表3.1のNo.5,7,8,9を参照)

○土地パラメータ α_l^m ：土地パラメータは年あたり土地消費額(円/年)を表し、年齢階層別所得に住宅ローン負担率をかけあわせて作成する。(表3.1のNo.10と11を参照)

○通勤・通学時間 s_i^m ：非高齢者および高齢者は通勤・通学を行う。通勤・通学時間は発地ゾーン別平均時間である。ゾーン間所要時間を着地の通勤・通学トリップで加重平均したものに一人あたり通勤・通学トリップ(トリップ/人)を乗じて作成する。(表3.2参照)

表 3.1 時間価値および所得

No.	項目	単位	データ出典または計算方法
1	一人あたり年齢階層別拘束時間	時間/日・人	国民生活時間調査2000(全国編)、平日、全体の平均時間利用、非高齢、高齢者(60代と70歳以上の平均)
2	年齢階層別人口	人	2005年国勢調査
3	年齢階層別総年間労働時間	時間/年	1.一人あたり年間労働時間×2.年齢階層別人口×365日
4	雇用者所得	円/年	県民経済計算、雇用者報酬
5	時間価値 w	円/時間	4.雇用者所得/3.年間労働時間
6	所得 $I=w(t-s)$	円/年	5.時間価値 w ×(1.拘束時間 t -通勤通学時間 s)
7	一人あたり私事発生トリップ数	トリップ/人	推計私事トリップ(補遺2参照)/人口
8	私事トリップ時間	時/トリップ	発ゾーン別期待最小費用
9	α_x^m (=交通消費額)	円/年	365日×5.時間価値×7.一人あたり私事発生トリップ数×8.私事トリップ時間
10	住宅ローン負担率	%	家計調査年報、住宅ローン返済世帯(土地家屋借金返済)の実収入に占める土地家屋借金返済額(全年齢平均：15.5%※)
11	α_l^m (=土地消費額)	円/年	6.所得×10.住宅ローン負担率

表 3.2 通勤・通学時間

No.	項目	単位	備考
1	トリップあたりの通勤時間	時間/トリップ	ゾーン間所要時間を着地の通勤トリップで加重平均
2	トリップあたりの通学時間	時間/トリップ	ゾーン間所要時間を着地の通学トリップで加重平均
3	一人あたり通勤発生トリップ	トリップ/人	通勤発生トリップ/人口
4	一人あたり通学発生トリップ	トリップ/人	通学発生トリップ/人口
5	通勤・通学時間 s	時間/人	1.通勤時間×3.一人あたり通勤トリップ+2.通学時間×4.一人あたり通学トリップ

次に、パラメータをキャリブレーションした経済均衡モデルによるアウトプットの例として、当該研究の定量分析結果を以下に示す。

(1) 最適防潮堤高（動学的不整合のない社会最適ケース）

対象都市の中心市街地を守る防潮堤（延長 1997m）について、T.P. 5m～15m の高さで整備した際の便益、整備コスト、純便益を図 3.1 に示した。T.P. 6m の防潮堤を基準としてその防潮堤からの差分で効果を表している。便益を水色線、防潮堤整備費用を紺色線で表し、便益から整備費用を差し引いた純便益を赤線で示している。整備防潮堤が 8m を超えると、便益の伸びが鈍化する。これは、8m を超える津波の到来回数が少ないからである。この図に示されているように、最適な防潮堤高は T.P. 10m であり、その際の純便益は約 114 億円（現在価値）と計算された。

この最適防潮堤高 T.P. 10m という値は震災前の防潮堤高よりもかなり高い。なお、防潮堤で防御されるエリア（市街地中心部）の人口を見ると、最適な防潮堤高 T.P. 10m の時の人口は 8440 人と計算された。震災前人口は 6885 人であり、不十分な防潮堤高のために居住人口が過小であったことを示している。

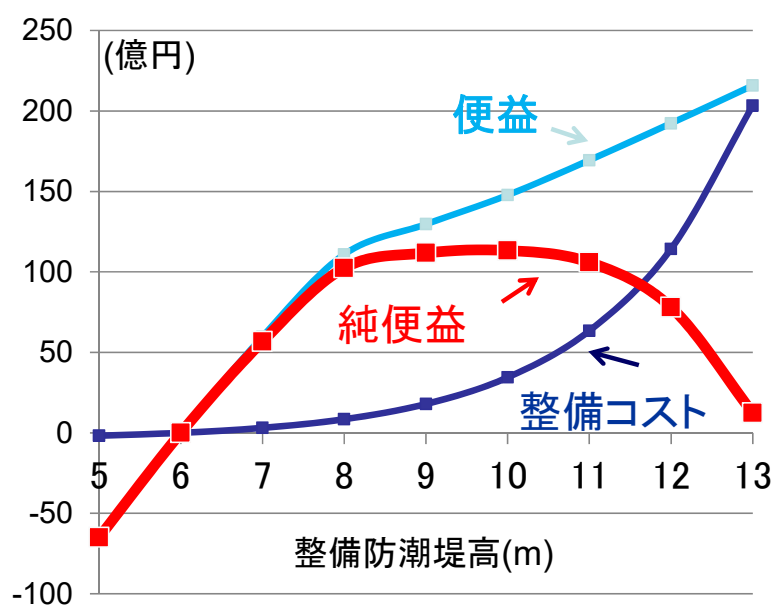


図 3.1 社会的最適ケース結果

(2) 防潮堤高決定における動学的不整合問題

当該研究の主目的はインフラ整備における動学的不整合問題の定量分析にある。また、今後の防潮堤整備においてもこの動学的不整合問題は起こりうる問題である。そこで、動学的不整合に関する定量分析についても簡単にここでみる。

対象地区について、動学的不整合がない場合の最適防潮堤高は T.P. 10m と推算された。一方、図 3.2 に示すように、動学的不整合が起こる場合、防波堤で防御されるエリアの人口が社会的最適の約 1.5 倍程度（震災前の 2 倍程度）の 13080 人になる可能性が十分あり、整備される防潮堤高は T.P. 11m となることが分かった（なお、旧市街地の土地利用として、本研究が想定した震災前と同様の住宅利用を含む利用の代わりに、現在計画が進行中の産業・公園利用であっても、同様に動学的不整合問題は起こりうる）。最適防潮堤高 10m と 11m のコスト差を、社会的割引 4%を用いて年あたり費用に直すと約 1.2 億円となる。この額は、対象都市の毎年予算の 1%強に相当する。

本研究は、一般的にインフラ整備において費用便益分析を用いても動学的不整合問題が起こりうることを指摘している。特に、費用便益分析の義務化により、住民が費用便益分析に基づく公共投資政策を期待して戦略的に行動することで、動学的不整合問題により最適規模以上のインフラ整備が行われることを示している。

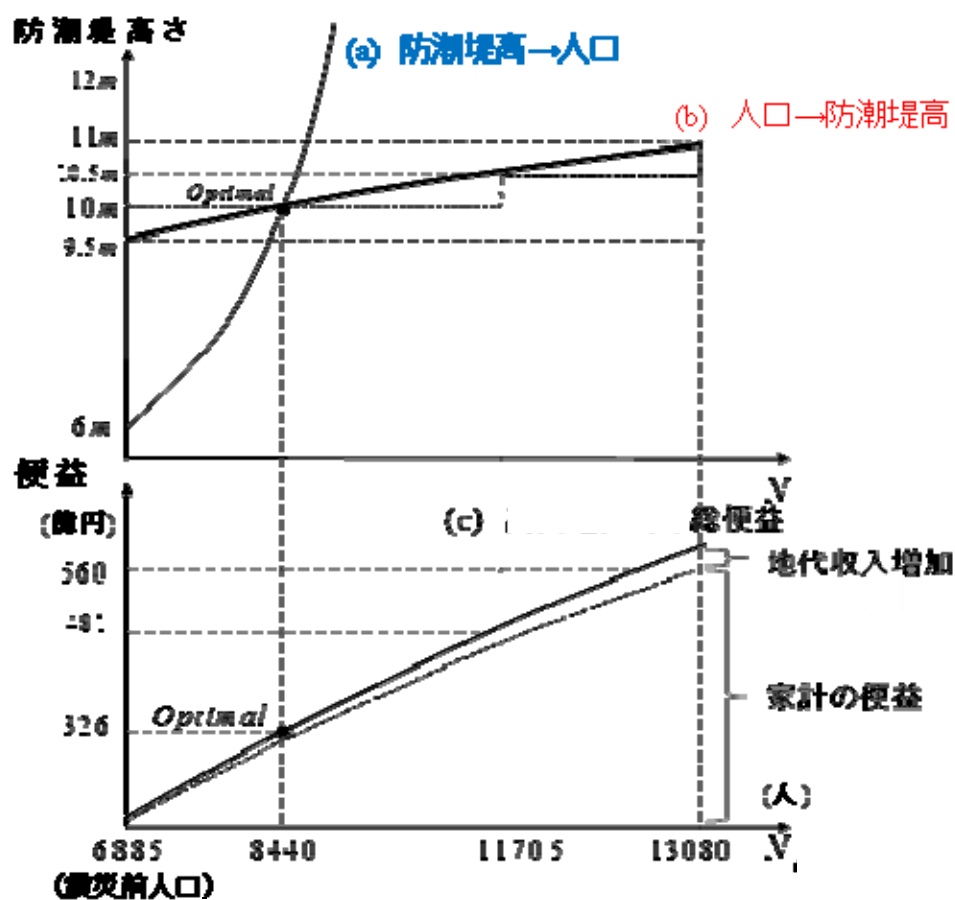


図 3.2 動学的不整合結果

(3) 今後のインフラ整備における動学的不整合問題

防潮堤整備は、図 3.1 の青線が示すように、整備規模拡大によるコスト上昇が急激な費用逓増のインフラ整備といえる。そのため、デベロッパーによる戦略的行動によって、多くの住民が旧市街地に最適の 1.5 倍の人口になる程度に移住してきても、便益上昇による防潮堤高は社会的最適の T.P. 10m から T.P. 11m へと変化するにとどまっている。一方、道路整備のように規模拡大による整備費用の上昇が緩やかなインフラ整備を想定すると、戦略的行動に対する整備規模増加がより敏感となり、より規模の大きい動学的不整合問題の非効率が生じるといえる。

こういったインフラ整備における動学的不整合問題を避けるためには、次の方法が考えられる。1 つ目は、費用の全額を受益者である主体が負担するという方法が論理的には考えられる。たとえば、防潮堤整備の場合、受益を得る地区の固定資産税率を上げれば徴収可能である。次に、顕示選好データに基づいた整備評価ではなく、住民の効用水準を直接計測できれば、政策当局は最善投資水準を決定でき、その最適政策をコミットメントできる。なお、投資水準でなく、人口水準を土地利用規制などで最適にコントロールしても最善政策を達成することが可能である。ただし、ここで挙げた固定資産税率の上昇や効用水準の直接計測、土地利用規制による人口制限は容易ではなく、動学的不整合問題の完全な回避は一般に難しく、緩和に努めることが次善策といえる。

4. 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理

4.1 津波に対する地域防災力の総合アセスメント

図 4.1 は、災害リスクの構成要素を図解したものである。災害のリスクは、災害をもたらす外力（ハザード）、被害を受ける人口や資産、社会経済活動の存在（エクスポージャ）、災害に暴露される人口・資産・社会経済活動の脆弱性（ヴァルナラビリティ）によって規定される。このような要素を明示的に考慮して津波リスクのアセスメントを実際に行った上で、総合的な減災施策の検討や実施のためのプロセスを提案しようというところに特色がある。2章で述べたように、津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）の開発の考え方や実行可能性に関して検討を重ねており、概ね方法論に関して合意を得つつある。

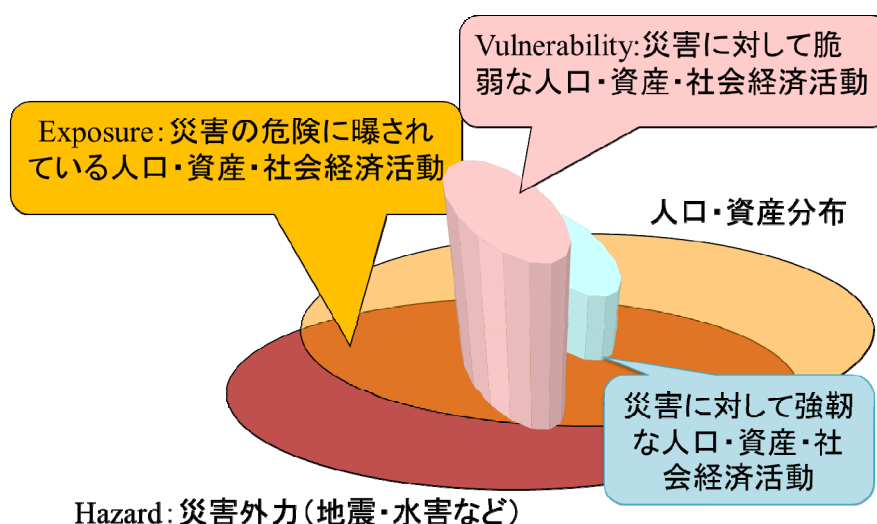


図 4.1 災害リスクの構成要素：災害外力であるハザード、災害の危険に曝される人口・資産・経済活動であるエクスポージャ、及び、災害に対するエクスポージャの脆弱性であるヴァルナラビリティ

4.2 当面達成を目指す物理的な防御レベルの設定

例えば、南海トラフ沿いの地域を考えると、L1 防潮堤を計画したとしても、必要とされる事業規模に比べて予算や人材に限られることから、計画を実現するまでにはかなりの年月を必要とすることが予想される。一方で、昭和南海地震津波から 69 年が経過し、南海トラフ沿いの地震の生起確率が今後 30 年間で 70%と切迫している状況を考えれば、実際に達成すべき津波防災・減災システムを今後 30 年以内に実現する必要性には論を待たないであろう。

先述したように、本研究では、純便益指標（B-C）を用いて物理的津波防御レベルの設定を行うための方法に関して議論を進めている．図 4.2 に示すように、L1 津波が数十年から百数十年と幅があることに着目すれば、例えば西日本では、再現期間 50 年程度（昭和南海級）、100 年程度（安政南海級）、150 年程度（宝永級）等の津波（物理的防御水準）を想定し、背後地の利用状況を考慮した上で、それぞれに対して経済的な照査を行い、効率性基準を満たす範囲内で最も望ましい防御水準を採択するという方法が考えられる．

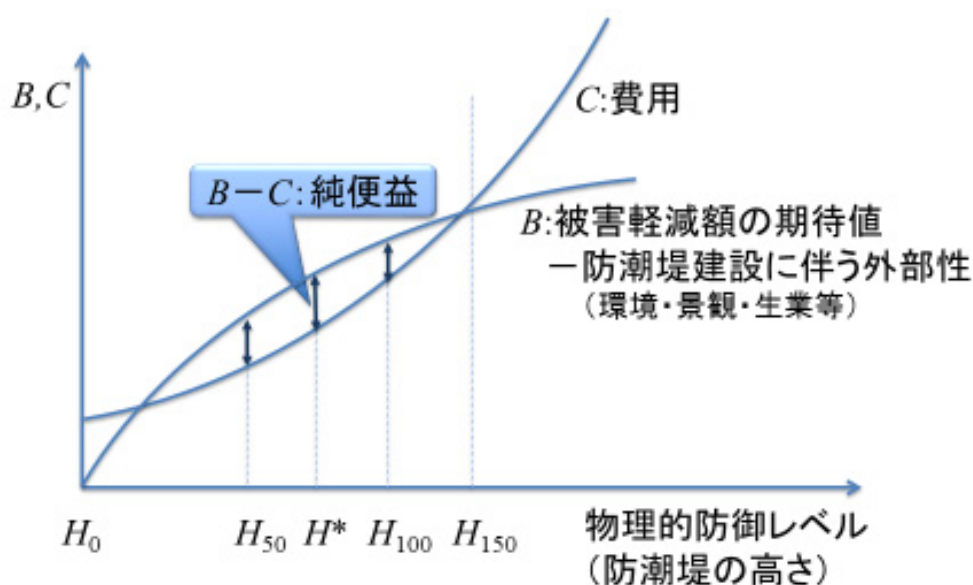


図 4.2 防潮堤の高さとその便益と費用

本研究においては、この効率的高さを H^* と呼んでいる．この H^* の数式による定義は次のように示すことができる．ここでは、最初に地震生起確率の動学的変動は無視して、定常状態を仮定する．

$$H^* = \arg \max_H \int_0^{\infty} B_n(H, f(S); X) f(S) dS - C(H) \quad (4.1)$$

ここで、 $B_n(H, f(S); X)$ は純便益関数

H は防潮堤高さ

$f(S)$ は規模 S の津波および高潮の生起確率関数

X は政策（外生）．政策の例としては、土地利用規制、税金、補助等が挙げられる．

$C(H)$ は防潮堤建設コスト

現時点を 0 時点とすると、純便益関数は、

$$B_n(H, f(S); X) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-it} b(H, f(S), t) dt \quad (4.2)$$

ここで、 i は社会的割引率、

t は時間

b は各年度単位の便益

便益の計測方法は一般均衡分析、ヘドニックアプローチなど様々ありうる。なお、この便益を計測するとき、次のような関数を想定して計測することも可能である。

$$b(H, f(S), t) = b(L(H, X, f(S)), K(H, X, f(S)), E(H, X, f(S)), t) \quad (4.3)$$

ここで、 L は土地利用（密度や用途）

K は景観

E は環境

これらが防潮堤高さ H 、政策 X 、津波および高潮生起確率関数 $f(s)$ に依存する。ただし、どこまでその内生性を考えるべきかは要検討。例えば、景観は $K(H)$ と考えればよい場合が多いと思われる。

なお、地震生起確率が時間に依存して変化する場合は、上記の式を $f(S)=f(S,t)$ と変更すればよい。

4.3 現在の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題と対案

現在の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題を整理する。図 4.3 に示すように、現在のプロセスにおいては、いくつかの課題が考えられる。まず、L1 津波の想定において、限られた実績・想定津波で「数十年から百数十年に一度程度」発生する津波を特定することは難しいのではないか、限られた実績・想定津波群の最大値をとるべきか、平均値をとるべきか等の考え方が明確になっていないのではないか、という疑問点がある。また、ユニット海岸単位で L1 津波を想定するとされているが、個々の地区海岸単位で決定すべきではないか、という意見もある。ユニット海岸単位で決定された L1 津波高をもとに、打上げ高、計画潮位を考慮し、高潮・高波による必要天端高と比較した上で、地区海岸毎の海岸堤防高が設定される。その上で、海岸 4 省庁通知に基づき、機能の多様性、経済性、環境保全、周辺景観緩和、維持管理、公衆の利用等を考慮して計画案が出され、住民との合意形成がなされて、海岸堤防

高が決定される。しかしながら、この決定プロセスにおいても、いくつか課題が考えられる。

1) 経済性や環境保全を考慮する必要があるが、その具体的な手法が提示されていないのではないか、2) 堤防の高さを変更している場合があるといっても、何 m 下げるべきかを定量化する具体的な手法が示されていないのではないか、3) 本来、堤防の高さは外力だけで決まるのではなく、避難対策やまちづくりと一体となって決められるべきではないか、4) 海岸管理者は、計画案について複数案を提示し、住民の意見を聞くなどの丁寧な方法で合意形成を図るべきではないか、などである。

そこで本研究では、費用便益分析に基づく防潮堤整備高の設定方法などをはじめとした、現在の政策決定とは異なるプロセスの政策導入を含む、新たなプロセスを提案する。それを図 4.4 に示す。

海岸防災・減災対策決定プロセスについて提起された課題

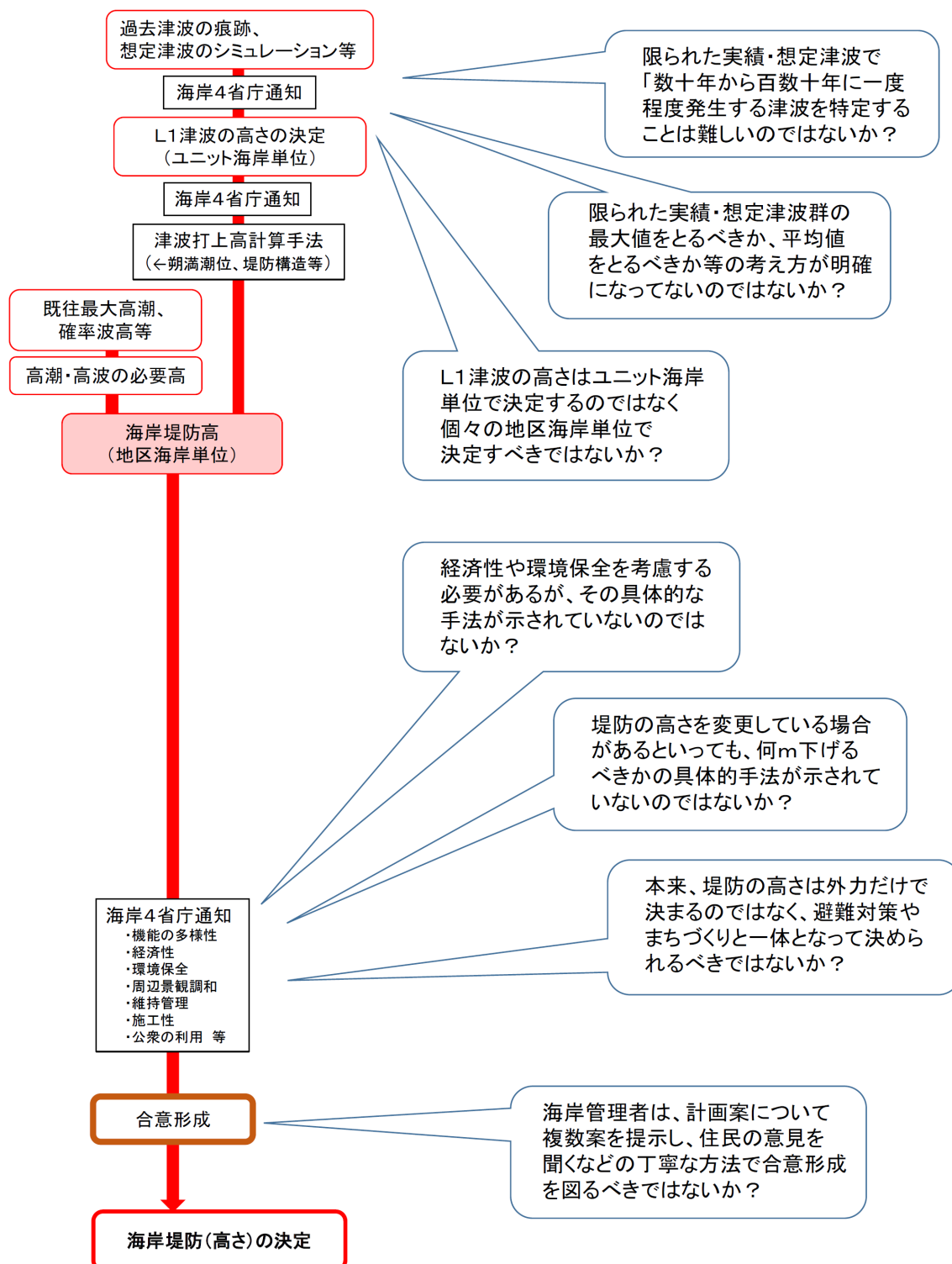
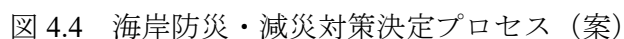


図 4.3 海岸防災・減災対策決定プロセスにおける課題

©土木学会減災アセス小委



5. 社会実装のためのケーススタディの実施を見据えた課題整理と予備調査

5.1 ケーススタディ実施を見据えた課題整理

ケーススタディを実施しながら社会実装を検討する。成果の活用を見据えると海岸4省庁全体でケーススタディに関わることが重要と考えられ、今後、共に議論していく必要がある。

また、これまでの検討では、防潮堤とまちづくりの関係を中心に議論してきたが、プロセス案にも示したとおり、避難もあわせて検討する必要がある。市町村長は、都市計画法に基づいたまちづくりの責任（都市計画の策定、避難タワー等の避難施設の整備等）を有しているが、もう1つ、災害対策基本法に基づく住民の安全確保の責任（避難計画策定、避難指示の発表、避難訓練・誘導の実施等）も有している。防潮堤を低くする代わりに高台移転や地盤嵩上げを行うことはコストも時間もかかるため、既成市街地においては当面の間、避難対応の充実を図ることが必要である。住民を避難率に応じて機械的に移動させるシミュレーションを行うことは工学でも可能であり、この点は海岸工学でも検討されてきているが、避難率の向上は住民の避難行動に関する意識や住民の属性（高齢者かどうか、夜間かどうか等）に左右される。プロセス案で示した避難計画を、災害対策基本法に基づく地域防災計画としてしっかり位置づけることが、その実効性を上げ、実際の減災が図られることになる。海岸堤防・まちづくり・避難の三位一体の重要性は間違いないところであり、今後、議論していく必要性は高いといえる。

まちづくりの施策は、海岸堤防のように公的資金を投入して計画的に整備する性格の施策とは異なり、避難タワー等以外は、私的財産の権利調整を伴う合意形成による計画づくり（防災集団移転促進を含む）や建築規制（安全な地域における容積率の緩和を含む）による更新時の住まい方改善対策促進等の誘導的な性格の施策が中心となっている。海岸行政としては、これらの施策を推進するための災害リスク評価（津波・高潮浸水想定や津波災害警戒区域指定）でまちづくりを支援しているが、まちづくりそのものへの改善についてはどうしても即効性は低く、30年から50年くらいかけてゆっくりと都市（まち）を変化させていくことになる。そうすると、南海トラフ巨大地震津波に襲われる地域においても、ケーススタディの成果は、「事前復興計画」の策定のツールとして使われるくらいに留まり、当面の間は、まちづくりで災害リスクを低減できない代償として、海岸堤防で対応せざるをえない状況になる（かといって海岸事業の予算も十分ではない）ことに注意を払っておく必要がある。

一方、東日本大震災を踏まえて制定された「津波防災地域づくり法」には津波防護施設整備という制度があるが、実は1件も活用されていない。この制度は、見方を少し変えれば、海岸堤防の高さを低く抑えざるをえない場合に、背後のまちにある道路を少し嵩上げすることでその道路背後（たとえば住居）の災害リスクを低減させることができる制度である。この制度の活用には、地方交付金を充てることができるので、堤防に交付金を使わずに（すなわち、堤防を高くせずに）安全度を高めることができる。実現できれば即効性のある対策になる可能性があるため、この制度を検討に盛り込むことも考えていきたい。

5.2 ケーススタディ実施対象候補地

ケーススタディ実施対象候補地の一つとして静岡県賀茂郡松崎町を考えている。松崎町では、東日本大震災の後、2012年に各地区の代表者や町民からの公募委員などによる那珂川河口治水対策検討委員会で、防潮堤、水門についての意見のとりまとめが行われ、松崎町長への答申が出されている。また、静岡県は第4次地震被害想定を2013年に行い、これを受けて松崎町はアクションプログラムを2014年に作成し、地域防災計画を2015年3月に修正している。このような経緯の後、2015年に下田土木事務所と松崎町が事務局となり、松崎町を3つの区域にわけ地元住民を主体とした議論の場として地区協議会を開催しており、地区協議会の前には、津波防災まちづくりシンポジウムを開催している。地区協議会には、防潮堤、水門、避難などの津波対策の必要性やまちづくりの観点など総合的な観点から、幾つかのグループに分かれてワークショップ形式で議論をしている。今後も引き続き議論を行い、防潮堤、水門、避難などを勘案して、地元住民が望む津波対策案の検討をする予定である。最終的には、地元住民の意見を取り纏めたものを作成し、これを海岸管理者の静岡県に答申として提出することになる。また、松崎町では、2015年度に津波ハザードマップの作成と避難計画の策定を進めている。ハザードマップ、避難計画の検討に合わせて、避難シミュレーションも検討しており、避難時間の不足が明らかであることが示されている。地区によっては、各自の避難経路の検討を独自に行っている地区もあるが、十分な検証はできていない。避難の課題については、今後も引き続き検討が必要である。

5.3 ケーススタディの予備調査

今年度は、予備調査として、静岡県賀茂郡松崎町松崎地区周辺にて、今後想定される同地域での津波浸水被害・避難予測のための建物・街区調査を行った。

(1) 予備調査の概要

調査目的は、津波浸水想定地域における浸水計算において、建物の構造特性（木造、RC 等）と建物階数に応じた被災率を適用し、より詳細な資産被害想定を行うための基礎資料とすることである。また、調査結果は、居住者と併せ、非居住者（観光客）を想定した避難シミュレーション実施の基礎資料としても有用である。

調査は、平成 28 年 3 月 12 日（土）～14 日（月）に行った。調査内容は、戸別建物構造調査と非居住用途施設調査、地震・津波時街路ハザード調査であり、各調査の詳細は以下の通りである。

a) 戸別建物調査

松崎地区周辺の戸別建物について、建物構造（木造、RC 等）と階数の全数調査を行う。調査は外観のみによるものとし、対面調査等は行わない。また、得られたデータと個人情報（氏名等）とのリンクは行わず、地点情報のみとする。

b) 非居住用途施設調査

同地区の非居住用途施設、特に宿泊施設の規模・周辺情報を外観により調査し、非居住者避難における基礎資料とする。立ち入り調査等は行わない。

c) 地震・津波時街路ハザード調査

地震時に避難のハザード（障害物）となりうる建築物、街路構造物等について調査を行う。

調査対象地区は、図 5.1 に示す、松崎町が公表しているレベル 2 津波による浸水予測エリアとした。この地区では、海辺の町ならではの風景（図 5.2）や海水浴利用がある砂浜などが観光資源になっており、それら現在のまちの特性を生かすため、防潮堤や水門によるハード的な津波対策の議論を進めつつ、避難タワー（図 5.3）などの避難促進による対策が進められている。

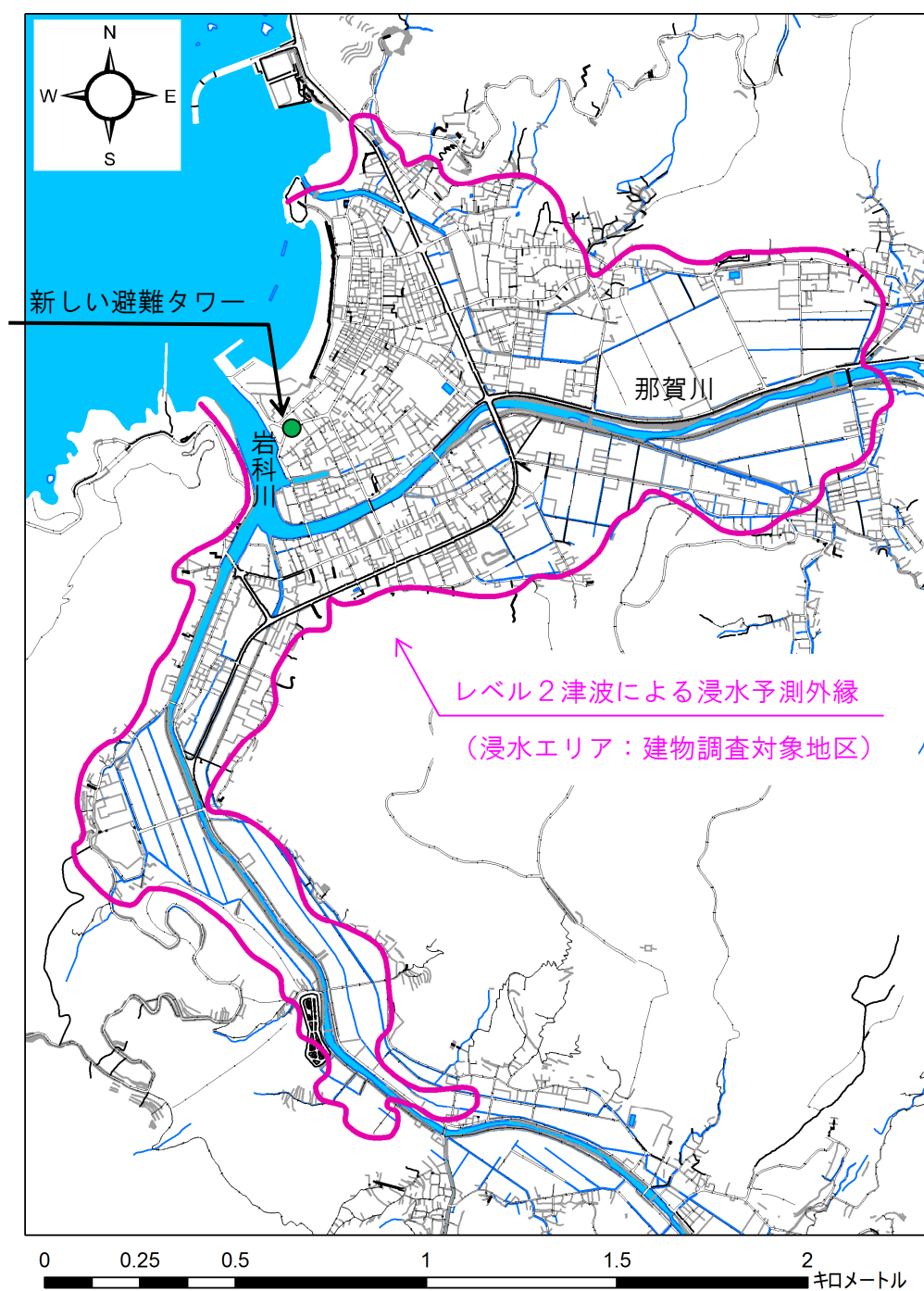


図 5.1 松崎町建物調査対象区域



図 5.2 岩科川と那賀川の合流地点から海を臨む風景



図 5.3 新設された避難タワー

(2) 建物調査結果の整理方法

調査によって得られた階数や屋上への避難可否などの建物情報は、図 5.4 に示すように、ESRI 社製の地理情報システム ArcGIS を用いて、電子住宅地図「ZMAP TOWN II 2015 静岡県 松崎町」（株式会社ゼンリン）の建物外縁データとともに整理した。この図からは、海岸付近には住居が密集していること、緊急避難先となりうる 3 階建て以上の住居は少ないこと、緊急時の避難路としては利用が難しい狭い街路であること等が確認できる。

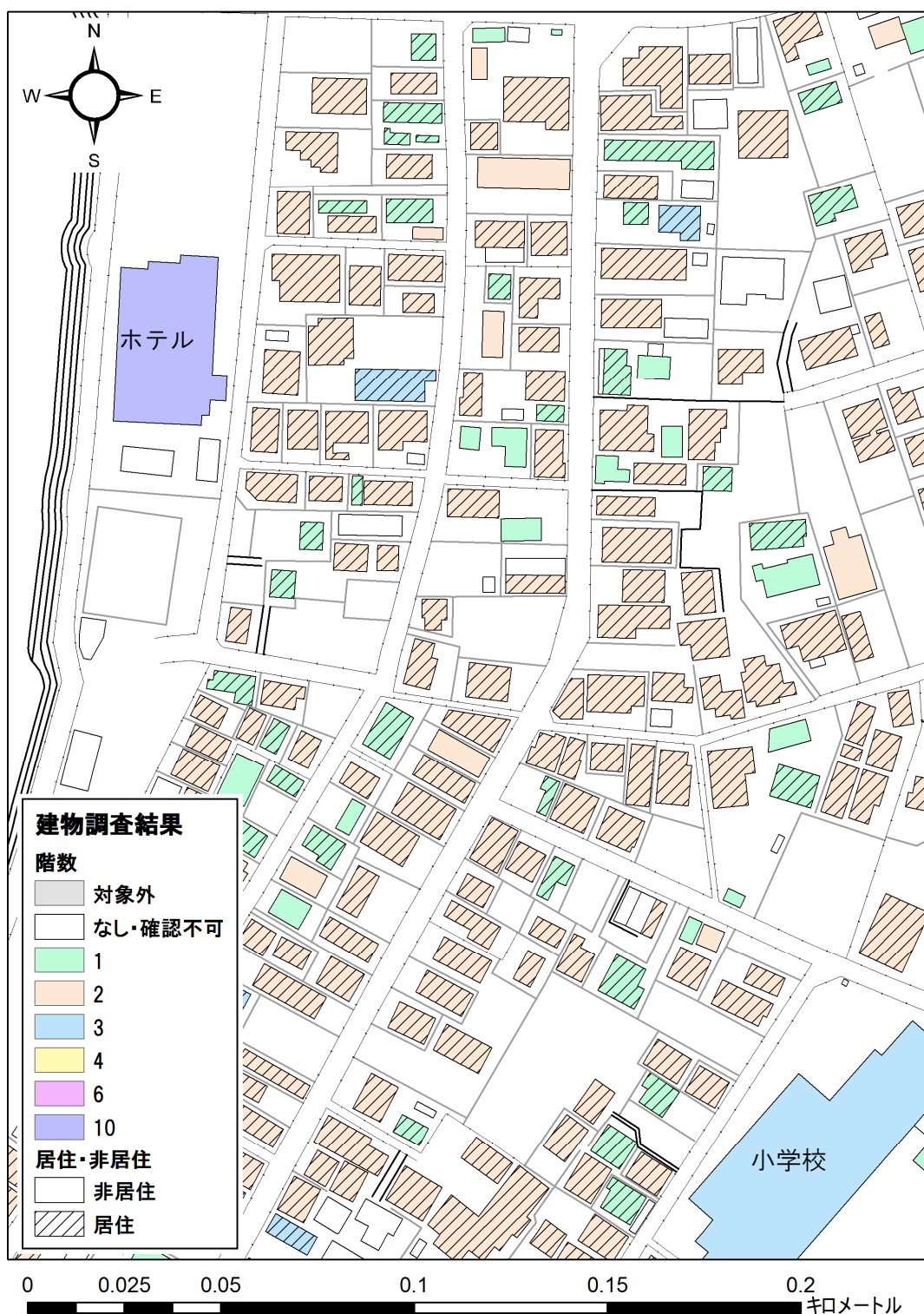


図 5.4 建物調査結果の一例（建物の階数，居住・非居住）

6. 結 論

本研究では、リスク情報の提供や土地利用の規制・誘導、避難に役立つ施設整備や避難のためのソフト施策等の効果も合わせて分析していくための方法論の開発を進め、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・分野横断的に検討した。具体的には、1）津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2）減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの利用可能性の検討、3）整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理を行った。1）、2）、3）の知見を踏まえたうえで、現在の海岸防災・減災対策決定プロセスの課題を整理するとともに、費用便益分析に基づく防潮堤整備高の設定方法などをはじめとした、現在の政策決定とは異なるプロセスの政策導入についても検討し、新たなプロセスを提案した。

今後の課題として、以下の2点が考えられる。

（1）総合的な減災施策の策定と実現化方策

当面目指すべき物理的防御レベルを所与としても、その実現化方策は必ずしも防潮堤によるという必要性はない。防潮堤の高さを低く抑えたとしても、防災集団移転事業などの活用によって、背後地の人口・資産・社会経済活動に影響が生じうる外力のレベルを限定することは可能である。このような観点に立てば、物理的防御レベルを所与として、より費用効率や実現可能性の高い代替案とした場合でも、土地利用の規制誘導等の施策を含む総合的な減災施策を検討することが可能となるであろう。この点に関しても、今後、制度的な提案をも含めて議論を深めていくとともに、事前復興の考え方も含めて総合的に検討して行く予定である。

（2）アクションプランの作成と住民参加・合意形成の必要性

もちろん、この種の総合的な施策の実現を推し進めていくには、地域住民との合意形成が欠かせない。このためには、早い段階から、計画の立案・実施過程への住民の関与が重要である。少なくとも、地域社会が抱えている諸課題に関する理解の上に立ち、住民の声に耳を傾け、当事者として積極的に計画づくりやその実施に関与いただくことが重要であろう。そのためには、具体的な防災・減災システムについて、住民にも分かりやすく、また様々なオプションについて考えられるような、視覚性と柔軟性に優れた情報提供の手法も開発すべきと考えており、この種のプロセスに関しても検討を進めていく予定である。

参考文献

- 河野達仁, 北村直樹, 山崎 清, 岩上一騎 (2013): 防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析: 陸前高田市防潮堤整備を例として, RIETI Discussion Paper Series 13-J-045, 42p.
- 国土交通省 (2011): 東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査のとりまとめについて, <http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html>.
- 日本原子力学会 (2012): 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準: 2011, 139p.
- 平田賢治 ほか 19 名 (2014): 日本全国を対象とした津波ハザード評価の取り組み, 日本地球惑星科学連合大会 2014 年大会, HDS28-04.
- 福谷 陽, Suppasri Anawat, 安倍 祥, 今村文彦 (2014): 確率論的津波遡上評価と津波リスクの定量化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_1381-I_1385, doi:10.2208/kaigan.70.I_1381.
- 藤間功司, 樋渡康子 (2013): 津波防災施設の最適規模と残余リスクを明示する手法の提案, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.I_345-I_357, doi:10.2208/jscejsee.69.I_345.
- 防災科学技術研究所 (2013): 地震ハザードステーション確率論的地震動予測地図, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html>.
- Annaka, T., K. Satake, T. Sakakiyama, K. Yanagisawa, N. Shuto (2007): Logic-tree approach for probabilistic tsunami hazard analysis and its applications to the Japanese coasts, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 164, Issue 2, pp 577-592, doi:10.1007/s00024-006-0174-3.
- Goda, K., P.M. Mai, T. Yasuda, N. Mori (2014): Sensitivity of Tsunami Wave Profile and Inundation Simulations to Earthquake Slip and Fault Geometry for the 2011 Tohoku Earthquake, *Earth Planets and Space*, pp.66-105, doi: 10.1186/1880-5981-66-105.
- Goda, K., S. Li, N. Mori, T. Yasuda (2015): Probabilistic Tsunami Damage Assessment Considering Stochastic Source Models: Application to the 2011 Tohoku Earthquake, *Coastal Engineering Journal*, Vol. 57, No. 3, pp. 1550015-1-38, doi:10.1142/S0578563415500151.
- Kono, T., Kitamura, N., Yamasaki, K., Iwakami, K. (2016). Quantitative analysis of dynamic inconsistencies in infrastructure planning: An example of coastal levee improvement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 43, 401-418.
- Mai, P.M., G.C. Beroza (2002): A spatial random field model to characterize complexity in earthquake slip, *J. of Geophysical Res.*, 107, B11, 2308, doi:10.1029/2001JB000588.
- Suppasri, A., Mas, E., Charvet, I., Gunasekera, R., Imai, K., Fukutani, Y., Abe, Y., Imamura, F. (2013): Building damage characteristics based on surveyed data and fragility curves of the 2011 Great East Japan tsunami, *Natural Hazards*, 66, 2, pp.319-341, doi:10.1007/s11069-012-0487-8.

付録 A. 減災アセスメント小委員会の活動状況

減災アセスメント小委員会では、現在までに 9 回の小委員会の開催、土木計画学研究発表会での 2 つの特別セッションの開催、全国大会での研究討論会の開催など、議論を重ねてきた。表 A.1 に現在（2016 年 3 月）までの活動の経緯を示す。

表 A.1 減災アセスメント小委員会の活動の経緯

- 第 1 回 2014 年 10 月 12 日 13:00～15:00 at 東京大学本郷キャンパス
委員紹介，主旨説明，話題提供：残余のリスク
- 第 2 回 2014 年 11 月 13 日 9:00～11:00 at ウィンクあいち会議室（名古屋）
話題提供：土木計画学的視点からみた減災アセスメント研究の課題について，
海岸をめぐる制度の概要
- 第 3 回 2015 年 1 月 20 日 13:00～16:30 at 土木学会
話題提供：海岸工学における外力の確率評価，
費用便益分析と動学的不整合
- 第 4 回 2015 年 3 月 27 日 13:00～17:00 at 土木学会
話題提供：実務的な防潮堤設計，土地利用規制の課題等，
現場の視点から防潮堤の外部性について
- ◆ 2015 年 6 月 7 日 午後 土木計画学研究発表会スペシャルセッション at 九州大学
「津波減災：総合的な減災施策とその評価方法のデザインに向けて」
「津波減災：減災対策の外部性をいかに克服するか」
- 第 5 回 2015 年 6 月 7 日 18:00～20:00 at ハミングバード貸会議室（福岡）
話題提供：防潮堤整備水準の設定のための方法論
- 第 6 回 2015 年 7 月 28 日 10:00～13:00 at 土木学会
話題提供：防潮堤と土地利用の議論のための基本モデルの提案
- ◆ 2015 年 9 月 18 日 16:20～18:20 at 岡山大学（土木学会全国大会研究討論セッション）
「復興と土木：対話できる社会基盤と新たな国土デザインを考える」
- 第 7 回 2015 年 9 月 19 日 15:00～18:30 at 京都大学東京オフィス
話題提供：津波の生起確率関数の考え方，津波脆弱性について
- 現地視察 2015 年 11 月 5，6 日 5 日：徳島県庁，6 日：徳島県海陽町，阿南市ほか
- 第 8 回 2015 年 12 月 19 日 15:00～18:00 at 東京海洋大学
話題提供：均衡土地利用について
- ◆ 2016 年 3 月 1 日 10:00～12:00 土木学会東日本大震災 5 周年シンポジウム at 発明会館
「セッション 1 減災アセスメント：津波総合減災を目指して」
- 第 9 回 2016 年 3 月 15 日 10:00～13:00 at 関西大学東京センター
議題：海岸防災・減災対策決定プロセス，ケーススタディについて

付録 B. 小委員会における話題提供資料

第1回：

藤間功司・樋渡康子「津波防災施設の最適規模と残余リスクを明示する手法の提案」
土木学会論文集 A1（構造・地震工学）

第2回：

井上智夫「海岸をめぐる制度の概要」
羽藤英二「土木計画学（都市計画と交通計画）的視点からみた減災アセスメント研究
の課題について」

第3回：

安田誠宏「海岸工学における外力の確率評価」
河野達仁「費用便益分析と動学的不整合」

第4回：

平野勝也「防潮堤のもたらす外部性」
井上智夫「津波減災アセスメントを検討するにあたって」

第5回：

藤見俊夫「減災アセスメント小委員会の作業方針にかかる叩き台」

第6回：

横松宗太「津波対策の経済評価のための線形空間モデル」

第7回：

福谷 陽「確率的津波ハザード評価と津波リスクの定量化」
安田誠宏「確率的すべり分布モデルを用いた津波被害の不確実性評価」

第8回：

高木朗義「災害リスクマネジメントに基づいた総合治水対策の評価モデルの構築」

第9回：

山崎明日香・佐藤慎司「伊豆半島西海岸の津波災害に対する総合的なリスク分析と
効果的な津波対策の提案」

土木学会誌 第101巻第3号（2016年3月）：

平野勝也・岡安章夫・多々納裕一「津波総合減災を目指して ―減災アセスメント
小委員会の活動―」